

1-4-4. 機器・配管系及び建物・構築物の構造(耐震性及び波及的影響)に関する説明書  
(原子炉冷却系統施設の耐震性評価)

## 目 次

1. 原子炉冷却系統施設の耐震性評価.....	添 1 - 4 - 4 - 1
2. 応答倍率法による評価.....	添 1 - 4 - 4 - 10
2.1 評価手法 .....	添 1 - 4 - 4 - 10
2.2 評価結果 .....	添 1 - 4 - 4 - 10
3. 1次ヘリウム配管(二重管).....	添 1 - 4 - 4 - 33
3.1 解析条件 .....	添 1 - 4 - 4 - 34
3.2 解析 .....	添 1 - 4 - 4 - 40
3.3 1次加圧水冷却器管台接続部.....	添 1 - 4 - 4 - 97
3.4 ティー .....	添 1 - 4 - 4 - 111
3.5 エルボ .....	添 1 - 4 - 4 - 129
4. 1次ヘリウム主配管(単管).....	添 1 - 4 - 4 - 143
4.1 解析条件 .....	添 1 - 4 - 4 - 147
4.2 解析 .....	添 1 - 4 - 4 - 171
4.3 1次加圧水冷却器まわり配管の管台接続部.....	添 1 - 4 - 4 - 188
4.4 1次加圧水冷却器まわり配管のティール.....	添 1 - 4 - 4 - 205
4.5 1次加圧水冷却器まわり配管のエルボ.....	添 1 - 4 - 4 - 224
4.6 中間熱交換器まわり配管の管台接続部.....	添 1 - 4 - 4 - 242
4.7 中間熱交換器まわり配管のエルボ.....	添 1 - 4 - 4 - 259
4.8 中間熱交換器バイパス配管の管台接続部.....	添 1 - 4 - 4 - 277
4.9 中間熱交換器バイパス配管のエルボ.....	添 1 - 4 - 4 - 294
4.10 中間熱交換器バイパス配管のレジューサ.....	添 1 - 4 - 4 - 312
4.11 原子炉圧力容器安全弁配管のエルボ(その1) .....	添 1 - 4 - 4 - 329
4.12 原子炉圧力容器安全弁配管のエルボ(その2) .....	添 1 - 4 - 4 - 343
4.13 原子炉圧力容器安全弁配管のティール.....	添 1 - 4 - 4 - 359
4.14 原子炉圧力容器安全弁配管のレジューサ.....	添 1 - 4 - 4 - 379
5. 1次加圧水冷却器.....	添 1 - 4 - 4 - 395
5.1 解析条件 .....	添 1 - 4 - 4 - 396
5.2 1次冷却材入口管台.....	添 1 - 4 - 4 - 418
5.3 二重管台 .....	添 1 - 4 - 4 - 435
5.4 管板接合部 .....	添 1 - 4 - 4 - 452
5.5 伝熱管 .....	添 1 - 4 - 4 - 467

6. 中間熱交換器 .....	添 1 - 4 - 4 - 483
6.1 解析条件 .....	添 1 - 4 - 4 - 484
6.2 1次冷却材二重管台.....	添 1 - 4 - 4 - 486
6.3 2次冷却材二重管台.....	添 1 - 4 - 4 - 500
6.4 1次冷却材入口管台 .....	添 1 - 4 - 4 - 519
6.5 内筒下部レギュレーサ.....	添 1 - 4 - 4 - 533
6.6 高温ヘッダ .....	添 1 - 4 - 4 - 557
6.7 伝熱管 .....	添 1 - 4 - 4 - 572
7. 1次ヘリウム循環機 .....	添 1 - 4 - 4 - 597
7.1 解析条件 .....	添 1 - 4 - 4 - 599
7.2 ヘリウムガス入口ノズル(IHX用1次ヘリウム循環機) .....	添 1 - 4 - 4 - 611
7.3 上部ケーシング上部フランジ(IHX用1次ヘリウム循環機) ....	添 1 - 4 - 4 - 626
7.4 上部ケーシング蓋締付ボルト(IHX用1次ヘリウム循環機) ....	添 1 - 4 - 4 - 641
7.5 ヘリウムガス入口ノズル(PPWC用1次ヘリウム循環機) .....	添 1 - 4 - 4 - 652
7.6 上部ケーシング上部フランジ(PPWC用1次ヘリウム循環機) ...	添 1 - 4 - 4 - 669
7.7 上部ケーシング蓋締付ボルト(PPWC用1次ヘリウム循環機) ...	添 1 - 4 - 4 - 684
8. 1次冷却設備主要弁.....	添 1 - 4 - 4 - 698
8.1 解析条件 .....	添 1 - 4 - 4 - 703
8.2 解析 .....	添 1 - 4 - 4 - 707
8.3 弁箱(30MW除熱用止め弁(V1B)) .....	添 1 - 4 - 4 - 716
8.4 ふたボルト(30MW除熱用止め弁(V1B)) .....	添 1 - 4 - 4 - 731
8.5 弁箱(逆止弁(V2B)).....	添 1 - 4 - 4 - 742
8.6 ふたボルト(逆止弁(V2B)).....	添 1 - 4 - 4 - 757
8.7 弁箱(20MW除熱用止め弁(V3B)) .....	添 1 - 4 - 4 - 768
8.8 ふたボルト(20MW除熱用止め弁(V3B)) .....	添 1 - 4 - 4 - 783
8.9 弁箱(逆止弁(V4)).....	添 1 - 4 - 4 - 794
8.10 ふたボルト(逆止弁(V4)).....	添 1 - 4 - 4 - 809
9. 補助ヘリウム配管.....	添 1 - 4 - 4 - 820
9.1 解析条件 .....	添 1 - 4 - 4 - 822
9.2 解析 .....	添 1 - 4 - 4 - 835
9.3 補助ヘリウム配管(二重管)補助冷却器二重管台接続部.....	添 1 - 4 - 4 - 864
9.4 補助ヘリウム配管(二重管)のエルボ.....	添 1 - 4 - 4 - 878
9.5 補助ヘリウム配管(二重管)原子炉压力容器接続部.....	添 1 - 4 - 4 - 892

9.6	補助ヘリウム主配管(単管)ティー.....	添1-4-4-906
9.7	補助ヘリウム主配管(単管)補助冷却器1次冷却材入口管台接続部.....	添1-4-4-927
9.8	補助ヘリウム主配管(単管)エルボ(補助ヘリウムテストライン).....	添1-4-4-942
9.9	補助ヘリウム主配管(単管)ティー(補助ヘリウム循環機テストライン).....	添1-4-4-957
9.10	補助ヘリウム主配管(単管)1次ヘリウム純化系配管弁接続部.....	添1-4-4-978
10.	補助冷却器.....	添1-4-4-994
10.1	解析条件.....	添1-4-4-994
10.2	1次冷却材入口管台.....	添1-4-4-996
10.3	二重管台(外管).....	添1-4-4-1013
10.4	管板接合部(外管).....	添1-4-4-1030
10.5	伝熱管(はりモデル).....	添1-4-4-1047
11.	補助ヘリウム循環機.....	添1-4-4-1076
11.1	解析条件.....	添1-4-4-1077
11.2	ヘリウムガス入口管台.....	添1-4-4-1077
11.3	フィルタ交換用フランジ.....	添1-4-4-1094
11.4	上部ケーシングY継手部.....	添1-4-4-1111
11.5	フィルタ交換用フランジ締付ボルト.....	添1-4-4-1128
12.	補助ヘリウム冷却系主要弁.....	添1-4-4-1139
12.1	解析条件.....	添1-4-4-1139
12.2	解析.....	添1-4-4-1139
12.3	弁箱(補助ヘリウム循環機出口逆止弁(1411V1A, B)).....	添1-4-4-1149
12.4	ふたボルト(補助ヘリウム循環機出口逆止弁(1411V1A, B))... 添1-4-4-1164	
12.5	弁箱(補助冷却器ヘリウム戻し弁(1411V2A, B)).....	添1-4-4-1175
12.6	ふたボルト(補助冷却器ヘリウム戻し弁(1411V2A, B)).....	添1-4-4-1190
13.	原子炉冷却材圧力バウンダリに接続する配管(原子炉格納容器内のもの).....	添1-4-4-1201
13.1	1次ヘリウム純化設備配管(その1).....	添1-4-4-1201
13.2	1次ヘリウム純化設備配管(その2).....	添1-4-4-1206

13.3	1次ヘリウム純化設備配管(その3)	添	1	-	4	-	4	-	1210
13.4	1次ヘリウム純化設備配管(その4)	添	1	-	4	-	4	-	1215
13.5	1次ヘリウム純化設備配管(その5)	添	1	-	4	-	4	-	1220
13.6	1次サンプリング設備配管(その1)	添	1	-	4	-	4	-	1224
13.7	1次サンプリング設備配管(その2)	添	1	-	4	-	4	-	1229
13.8	1次サンプリング設備配管(その3)	添	1	-	4	-	4	-	1234
13.9	1次サンプリング設備配管(その4)	添	1	-	4	-	4	-	1238
13.10	1次サンプリング設備配管(その5)	添	1	-	4	-	4	-	1242
13.11	1次サンプリング設備配管(その6)	添	1	-	4	-	4	-	1246
13.12	燃料破損検出系配管(その1)	添	1	-	4	-	4	-	1251
13.13	燃料破損検出系配管(その2)	添	1	-	4	-	4	-	1255
14.	崩壊熱を除去するための施設	添	1	-	4	-	4	-	1259
14.1	補助冷却水設備配管 3	添	1	-	4	-	4	-	1259
14.2	補助冷却水設備配管 6	添	1	-	4	-	4	-	1263
14.3	補助冷却水設備配管 7	添	1	-	4	-	4	-	1267
14.4	補助冷却水設備配管 8	添	1	-	4	-	4	-	1271
14.5	補助冷却水設備配管 10	添	1	-	4	-	4	-	1275
14.6	炉容器冷却設備配管 22	添	1	-	4	-	4	-	1279
14.7	補機冷却水設備配管 9	添	1	-	4	-	4	-	1289
14.8	補機冷却水設備配管 12	添	1	-	4	-	4	-	1293
15.	炉容器冷却設備水冷管パネル	添	1	-	4	-	4	-	1297
15.1	概要	添	1	-	4	-	4	-	1297
15.2	諸条件	添	1	-	4	-	4	-	1298
15.3	応力評価	添	1	-	4	-	4	-	1315
16.	まとめ	添	1	-	4	-	4	-	1355

## 表 目 次

第 1.1 表	原子炉冷却系統施設の評価対象設備.....	添 1 - 4 - 4 - 2
第 1.2 表	固有周期解析の結果.....	添 1 - 4 - 4 - 3
第 2.1 表	S クラス評価(基準地震動 S <sub>s</sub> による許容応力状態Ⅳ <sub>A</sub> S).....	添 1 - 4 - 4 - 11
第 2.2 表	S クラス評価(弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> による許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> S).....	添 1 - 4 - 4 - 13
第 2.3 表	B クラス評価(1/2) .....	添 1 - 4 - 4 - 15
第 2.4 表	B クラス評価(2/2) .....	添 1 - 4 - 4 - 27
第 3.1 表	Ss1-4_SsD 地震動 相対変位 .....	添 1 - 4 - 4 - 35
第 3.2 表	Ss5 地震動 相対変位 .....	添 1 - 4 - 4 - 35
第 3.3 表	Sd1-4_SdD 地震動 相対変位 .....	添 1 - 4 - 4 - 35
第 3.4 表	Sd5 地震動 相対変位 .....	添 1 - 4 - 4 - 35
第 3.5 表	材料特性値.....	添 1 - 4 - 4 - 39
第 3.6 表	形状、寸法及び材料.....	添 1 - 4 - 4 - 98
第 3.7 表	配管要素応力係数.....	添 1 - 4 - 4 - 98
第 3.8 表	機械的荷重(Ss1-4_SsD 地震動) .....	添 1 - 4 - 4 - 99
第 3.9 表	機械的荷重(Ss5 地震動) .....	添 1 - 4 - 4 - 99
第 3.10 表	機械的荷重(Sd1-4_SdD 地震動) .....	添 1 - 4 - 4 - 100
第 3.11 表	機械的荷重(Sd5 地震動) .....	添 1 - 4 - 4 - 100
第 3.12 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 101
第 3.13 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 102
第 3.14 表	Sd1-4_SdD 地震動 S <sub>a</sub> の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 103
第 3.15 表	Sd5 地震動 S <sub>a</sub> の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 103
第 3.16 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 104
第 3.17 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 104
第 3.18 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1).....	添 1 - 4 - 4 - 105
第 3.19 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1).....	添 1 - 4 - 4 - 106
第 3.20 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 1).....	添 1 - 4 - 4 - 107
第 3.21 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 1).....	添 1 - 4 - 4 - 108
第 3.22 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 109
第 3.23 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 109
第 3.24 表	Ss1-4_SsD 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 110
第 3.25 表	Ss5 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 110
第 3.26 表	Sd1-4_SdD 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 110

第 3. 27 表	Sd5 地震動 座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 110
第 3. 28 表	形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 112
第 3. 29 表	配管要素応力係数	添 1 - 4 - 4 - 112
第 3. 30 表	機械的荷重 (Ss1-4_SsD 地震動)	添 1 - 4 - 4 - 113
第 3. 31 表	機械的荷重 (Ss5 地震動)	添 1 - 4 - 4 - 113
第 3. 32 表	機械的荷重 (Sd1-4_SdD 地震動)	添 1 - 4 - 4 - 114
第 3. 33 表	機械的荷重 (Sd5 地震動)	添 1 - 4 - 4 - 114
第 3. 34 表	機械的荷重 (Ss1-4_SsD 地震動)	添 1 - 4 - 4 - 115
第 3. 35 表	機械的荷重 (Ss5 地震動)	添 1 - 4 - 4 - 115
第 3. 36 表	機械的荷重 (Sd1-4_SdD 地震動)	添 1 - 4 - 4 - 116
第 3. 37 表	機械的荷重 (Sd5 地震動)	添 1 - 4 - 4 - 116
第 3. 38 表	機械的荷重 (Ss1-4_SsD 地震動)	添 1 - 4 - 4 - 117
第 3. 39 表	機械的荷重 (Ss5 地震動)	添 1 - 4 - 4 - 117
第 3. 40 表	機械的荷重 (Sd1-4_SdD 地震動)	添 1 - 4 - 4 - 118
第 3. 41 表	機械的荷重 (Sd5 地震動)	添 1 - 4 - 4 - 118
第 3. 42 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 119
第 3. 43 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 120
第 3. 44 表	Sd1-4_SdD 地震動 Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 121
第 3. 45 表	Sd5 地震動 Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 121
第 3. 46 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 122
第 3. 47 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 122
第 3. 48 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1)	添 1 - 4 - 4 - 123
第 3. 49 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1)	添 1 - 4 - 4 - 124
第 3. 50 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 1)	添 1 - 4 - 4 - 125
第 3. 51 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 1)	添 1 - 4 - 4 - 126
第 3. 52 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 127
第 3. 53 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 127
第 3. 54 表	Ss1-4_SsD 地震動 座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 128
第 3. 55 表	Ss5 地震動 座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 128
第 3. 56 表	Sd1-4_SdD 地震動 座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 128
第 3. 57 表	Sd5 地震動 座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 128
第 3. 58 表	形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 130
第 3. 59 表	配管要素応力係数	添 1 - 4 - 4 - 130
第 3. 60 表	機械的荷重 (Ss1-4_SsD 地震動)	添 1 - 4 - 4 - 131

第 3. 61 表	機械的荷重 (Ss5 地震動) .....	添 1 - 4 - 4 - 131
第 3. 62 表	機械的荷重 (Sd1-4_SdD 地震動) .....	添 1 - 4 - 4 - 132
第 3. 63 表	機械的荷重 (Sd5 地震動) .....	添 1 - 4 - 4 - 132
第 3. 64 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 133
第 3. 65 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 134
第 3. 66 表	Sd1-4_SdD 地震動 Sa の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 135
第 3. 67 表	Sd5 地震動 Sa の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 135
第 3. 68 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 136
第 3. 69 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 136
第 3. 70 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1)....	添 1 - 4 - 4 - 137
第 3. 71 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1).....	添 1 - 4 - 4 - 138
第 3. 72 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 1).....	添 1 - 4 - 4 - 139
第 3. 73 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 1).....	添 1 - 4 - 4 - 140
第 3. 74 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 141
第 3. 75 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 141
第 3. 76 表	Ss1-4_SsD 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 142
第 3. 77 表	Ss5 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 142
第 4. 1 表	Ss1-4_SsD 地震動 中間熱交換器 地震時応答変位量 ....	添 1 - 4 - 4 - 148
第 4. 2 表	Ss5 地震動 中間熱交換器 地震時応答変位量 .....	添 1 - 4 - 4 - 148
第 4. 3 表	Sd1-4_SdD 地震動 中間熱交換器 地震時応答変位量 ....	添 1 - 4 - 4 - 148
第 4. 4 表	Sd5 地震動 中間熱交換器 地震時応答変位量 .....	添 1 - 4 - 4 - 148
第 4. 5 表	Ss1-4_SsD 地震動 原子炉圧力容器 地震時応答変位量 ....	添 1 - 4 - 4 - 149
第 4. 6 表	Ss5 地震動 原子炉圧力容器 地震時応答変位量 .....	添 1 - 4 - 4 - 149
第 4. 7 表	Sd1-4_SdD 地震動 原子炉圧力容器 地震時応答変位量 ....	添 1 - 4 - 4 - 149
第 4. 8 表	Sd5 地震動 原子炉圧力容器 地震時応答変位量 .....	添 1 - 4 - 4 - 149
第 4. 9 表	解析モデル諸元(1次加圧水冷却器まわり配管).....	添 1 - 4 - 4 - 151
第 4. 10 表	解析モデル諸元(1次加圧水冷却器まわり配管).....	添 1 - 4 - 4 - 152
第 4. 11 表	解析モデル諸元(1次加圧水冷却器まわり配管).....	添 1 - 4 - 4 - 153
第 4. 12 表	解析モデル諸元 材料特性(1次加圧水冷却器まわり配管).....	添 1 - 4 - 4 - 154
第 4. 13 表	解析モデル諸元 支持部剛性(1次加圧水冷却器まわり配管).....	添 1 - 4 - 4 - 154
第 4. 14 表	解析モデル諸元(中間熱交換器まわり配管).....	添 1 - 4 - 4 - 155
第 4. 15 表	解析モデル諸元(中間熱交換器まわり配管).....	添 1 - 4 - 4 - 156



第 4.16 表	解析モデル諸元	材料特性(中間熱交換器まわり配管)...	添 1 - 4 - 4 - 156
第 4.17 表	解析モデル諸元	支持部剛性(中間熱交換器まわり配管).....	添 1 - 4 - 4 - 156
第 4.18 表	解析モデル諸元	(中間熱交換器バイパス配管).....	添 1 - 4 - 4 - 157
第 4.19 表	解析モデル諸元	(中間熱交換器バイパス配管).....	添 1 - 4 - 4 - 158
第 4.20 表	解析モデル諸元	(中間熱交換器バイパス配管).....	添 1 - 4 - 4 - 159
第 4.21 表	解析モデル諸元	材料特性(中間熱交換器バイパス配管).....	添 1 - 4 - 4 - 160
第 4.22 表	解析モデル諸元	(原子炉圧力容器安全弁配管).....	添 1 - 4 - 4 - 161
第 4.23 表	解析モデル諸元	(原子炉圧力容器安全弁配管).....	添 1 - 4 - 4 - 162
第 4.24 表	解析モデル諸元	材料特性(原子炉圧力容器安全弁配管).....	添 1 - 4 - 4 - 162
第 4.25 表	形状、寸法及び材料.....		添 1 - 4 - 4 - 189
第 4.26 表	配管要素応力係数.....		添 1 - 4 - 4 - 189
第 4.27 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 190
第 4.28 表	Ss5 地震動	機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 190
第 4.29 表	Sd1-4_SdD 地震動	機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 191
第 4.30 表	Sd5 地震動	機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 191
第 4.31 表	弾性追従の判定.....		添 1 - 4 - 4 - 192
第 4.32 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	一次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 193
第 4.33 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	一次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 194
第 4.34 表	長期一次応力の判定.....		添 1 - 4 - 4 - 195
第 4.35 表	Sd1-4_SdD 地震動	一次+二次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 196
第 4.36 表	Sd5 地震動	一次+二次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 196
第 4.37 表	Sd1-4_SdD 地震動	Sa の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 197
第 4.38 表	Sd5 地震動	Sa の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 197
第 4.39 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 198
第 4.40 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 198
第 4.41 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 199
第 4.42 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 200
第 4.43 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積クリープ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 201
第 4.44 表	Sd5 地震動	累積クリープ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 202
第 4.45 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 203
第 4.46 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 203

第 4.47 表	Ss1-4_SsD 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 204
第 4.48 表	Ss5 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 204
第 4.49 表	Sd1-4_SdD 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 204
第 4.50 表	Sd5 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 204
第 4.51 表	形状、寸法及び材料.....	添 1 - 4 - 4 - 206
第 4.52 表	配管要素応力係数.....	添 1 - 4 - 4 - 206
第 4.53 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重(1/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 207
第 4.54 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重(2/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 207
第 4.55 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重(3/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 208
第 4.56 表	Ss5 地震動 機械的荷重(1/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 208
第 4.57 表	Ss5 地震動 機械的荷重(2/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 209
第 4.58 表	Ss5 地震動 機械的荷重(3/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 209
第 4.59 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重(1/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 210
第 4.60 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重(2/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 210
第 4.61 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重(3/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 211
第 4.62 表	Sd5 地震動 機械的荷重(1/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 211
第 4.63 表	Sd5 地震動 機械的荷重(2/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 212
第 4.64 表	Sd5 地震動 機械的荷重(3/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 212
第 4.65 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 213
第 4.66 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 214
第 4.67 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 2)....	添 1 - 4 - 4 - 215
第 4.68 表	Sd5 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 216
第 4.69 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 217
第 4.70 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 217
第 4.71 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1)....	添 1 - 4 - 4 - 218
第 4.72 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1).....	添 1 - 4 - 4 - 219
第 4.73 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 220
第 4.74 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 221
第 4.75 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 222
第 4.76 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 222
第 4.77 表	Ss1-4_SsD 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 223
第 4.78 表	Ss5 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 223
第 4.79 表	Sd1-4_SdD 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 223
第 4.80 表	Sd5 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 223

第 4. 81 表	形状、寸法及び材料.....	添 1 - 4 - 4 - 225
第 4. 82 表	配管要素応力係数.....	添 1 - 4 - 4 - 225
第 4. 83 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 226
第 4. 84 表	Ss5 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 226
第 4. 85 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 227
第 4. 86 表	Sd5 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 227
第 4. 87 表	弾性追従の判定.....	添 1 - 4 - 4 - 228
第 4. 88 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 229
第 4. 89 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 230
第 4. 90 表	長期一次応力の判定.....	添 1 - 4 - 4 - 231
第 4. 91 表	Sd1-4_SdD 地震動 一次+二次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 232
第 4. 92 表	Sd5 地震動 一次+二次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 232
第 4. 93 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 233
第 4. 94 表	Sd5 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 234
第 4. 95 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 235
第 4. 96 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 235
第 4. 97 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 236
第 4. 98 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 237
第 4. 99 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 238
第 4. 100 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 239
第 4. 101 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 240
第 4. 102 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 240
第 4. 103 表	Ss1-4_SsD 地震動 座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 241
第 4. 104 表	Ss5 地震動 座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 241
第 4. 105 表	形状、寸法及び材料.....	添 1 - 4 - 4 - 243
第 4. 106 表	配管要素応力係数.....	添 1 - 4 - 4 - 243
第 4. 107 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 244
第 4. 108 表	Ss5 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 244
第 4. 109 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 245
第 4. 110 表	Sd5 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 245
第 4. 111 表	弾性追従の判定.....	添 1 - 4 - 4 - 246
第 4. 112 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 247
第 4. 113 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 248

第 4. 114 表	長期一次応力の判定.....	添 1 - 4 - 4 - 249
第 4. 115 表	Sd1-4_SdD 地震動 一次+二次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 250
第 4. 116 表	Sd5 地震動 一次+二次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 250
第 4. 117 表	Sd1-4_SdD 地震動 Sa の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 251
第 4. 118 表	Sd5 地震動 Sa の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 251
第 4. 119 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 252
第 4. 120 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 252
第 4. 121 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)...	添 1 - 4 - 4 - 253
第 4. 122 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 254
第 4. 123 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 255
第 4. 124 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 256
第 4. 125 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 257
第 4. 126 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 257
第 4. 127 表	Ss1-4_SsD 地震動 座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 258
第 4. 128 表	Ss5 地震動 座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 258
第 4. 129 表	Sd1-4_SdD 地震動 座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 258
第 4. 130 表	Sd5 地震動 座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 258
第 4. 131 表	形状、寸法及び材料.....	添 1 - 4 - 4 - 260
第 4. 132 表	配管要素応力係数.....	添 1 - 4 - 4 - 260
第 4. 133 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 261
第 4. 134 表	Ss5 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 261
第 4. 135 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 262
第 4. 136 表	Sd5 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 262
第 4. 137 表	弾性追従の判定.....	添 1 - 4 - 4 - 263
第 4. 138 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 264
第 4. 139 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 265
第 4. 140 表	長期一次応力の判定.....	添 1 - 4 - 4 - 266
第 4. 141 表	Sd1-4_SdD 地震動 一次+二次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 267
第 4. 142 表	Sd5 一次+二次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 267
第 4. 143 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 2)...	添 1 - 4 - 4 - 268
第 4. 144 表	Sd5 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 269
第 4. 145 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 270
第 4. 146 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 270
第 4. 147 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)...	添 1 - 4 - 4 - 271

第 4. 148 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 272
第 4. 149 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積クリープ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 273
第 4. 150 表	Sd5 地震動	累積クリープ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 274
第 4. 151 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 275
第 4. 152 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 275
第 4. 153 表	Ss1-4_SsD 地震動	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 276
第 4. 154 表	Ss5 地震動	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 276
第 4. 155 表		形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 278
第 4. 156 表		配管要素応力係数	添 1 - 4 - 4 - 278
第 4. 157 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 279
第 4. 158 表	Ss5 地震動	機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 279
第 4. 159 表	Sd1-4_SdD 地震動	機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 280
第 4. 160 表	Sd5 地震動	機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 280
第 4. 161 表		弾性追従の判定	添 1 - 4 - 4 - 281
第 4. 162 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	一次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 282
第 4. 163 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	一次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 283
第 4. 164 表		長期一次応力の判定	添 1 - 4 - 4 - 284
第 4. 165 表	Sd1-4_SdD 地震動	一次+二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 285
第 4. 166 表	Sd5 地震動	一次+二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 285
第 4. 167 表	Sd1-4_SdD 地震動	Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 286
第 4. 168 表	Sd5 地震動	Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 286
第 4. 169 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 287
第 4. 170 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 287
第 4. 171 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 288
第 4. 172 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 289
第 4. 173 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積クリープ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 290
第 4. 174 表	Sd5 地震動	累積クリープ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 291
第 4. 175 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 292
第 4. 176 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 292
第 4. 177 表	Ss1-4_SsD 地震動	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 293
第 4. 178 表	Ss5 地震動	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 293
第 4. 179 表	Sd1-4_SdD 地震動	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 293
第 4. 180 表	Sd5 地震動	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 293

第 4.181 表	形状、寸法及び材料.....	添 1 - 4 - 4 - 295
第 4.182 表	配管要素応力係数.....	添 1 - 4 - 4 - 295
第 4.183 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 296
第 4.184 表	Ss5 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 296
第 4.185 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 297
第 4.186 表	Sd5 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 297
第 4.187 表	弾性追従の判定.....	添 1 - 4 - 4 - 298
第 4.188 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 299
第 4.189 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 300
第 4.190 表	長期一次応力の判定.....	添 1 - 4 - 4 - 301
第 4.191 表	Sd1-4_SdD 地震動 一次+二次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 302
第 4.192 表	Sd5 地震動 一次+二次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 302
第 4.193 表	Sd1-4_SdD 地震動 Sa の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 303
第 4.194 表	Sd5 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 304
第 4.195 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 305
第 4.196 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 305
第 4.197 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)....	添 1 - 4 - 4 - 306
第 4.198 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 307
第 4.199 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 308
第 4.200 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)....	添 1 - 4 - 4 - 309
第 4.201 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 310
第 4.202 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 310
第 4.203 表	Ss1-4_SsD 地震動 座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 311
第 4.204 表	Ss5 地震動 座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 311
第 4.205 表	形状、寸法及び材料.....	添 1 - 4 - 4 - 313
第 4.206 表	配管要素応力係数.....	添 1 - 4 - 4 - 313
第 4.207 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 314
第 4.208 表	Ss5 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 314
第 4.209 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 315
第 4.210 表	Sd5 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 315
第 4.211 表	弾性追従の判定.....	添 1 - 4 - 4 - 316
第 4.212 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 317
第 4.213 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 318

第 4. 214 表	長期一次応力の判定.....	添 1 - 4 - 4 - 319
第 4. 215 表	Sd1-4_SdD 地震動 一次+二次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 320
第 4. 216 表	Sd5 地震動 一次+二次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 320
第 4. 217 表	Sd1-4_SdD 地震動 Sa の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 321
第 4. 218 表	Sd5 地震動 Sa の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 321
第 4. 219 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 322
第 4. 220 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 322
第 4. 221 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)...	添 1 - 4 - 4 - 323
第 4. 222 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 324
第 4. 223 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 325
第 4. 224 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 326
第 4. 225 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 327
第 4. 226 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 327
第 4. 227 表	Ss1-4_SsD 地震動 座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 328
第 4. 228 表	Ss5 地震動 座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 328
第 4. 229 表	Sd1-4_SdD 地震動 座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 328
第 4. 230 表	Sd5 地震動 座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 328
第 4. 231 表	形状、寸法及び材料.....	添 1 - 4 - 4 - 330
第 4. 232 表	配管要素応力係数.....	添 1 - 4 - 4 - 330
第 4. 233 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 331
第 4. 234 表	Ss5 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 331
第 4. 235 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 332
第 4. 236 表	Sd5 地震動 機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 332
第 4. 237 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 333
第 4. 238 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 334
第 4. 239 表	Sd1-4_SdD 地震動 Sa の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 335
第 4. 240 表	Sd5 地震動 Sa の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 335
第 4. 241 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 336
第 4. 242 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 336
第 4. 243 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1)...	添 1 - 4 - 4 - 337
第 4. 244 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1).....	添 1 - 4 - 4 - 338
第 4. 245 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 339
第 4. 246 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 340

第 4. 247 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 341
第 4. 248 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 341
第 4. 249 表	Ss1-4_SsD 地震動	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 342
第 4. 250 表	Ss5 地震動	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 342
第 4. 251 表	形状、寸法及び材料		添 1 - 4 - 4 - 344
第 4. 252 表	配管要素応力係数		添 1 - 4 - 4 - 344
第 4. 253 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 345
第 4. 254 表	Ss5 地震動	機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 345
第 4. 255 表	Sd1-4_SdD 地震動	機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 346
第 4. 256 表	Sd5 地震動	機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 346
第 4. 257 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	一次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 347
第 4. 258 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	一次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 348
第 4. 259 表	クリープ効果の判定		添 1 - 4 - 4 - 349
第 4. 260 表	Sd1-4_SdD 地震動	一次＋二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 350
第 4. 261 表	Sd5 地震動	一次＋二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 350
第 4. 262 表	Sd1-4_SdD 地震動	熱応力ラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 351
第 4. 263 表	Sd5 地震動	熱応力ラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 351
第 4. 264 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 352
第 4. 265 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 352
第 4. 266 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 353
第 4. 267 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 354
第 4. 268 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積クリープ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 355
第 4. 269 表	Sd5 地震動	累積クリープ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 356
第 4. 270 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 357
第 4. 271 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 357
第 4. 272 表	Ss1-4_SsD 地震動	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 358
第 4. 273 表	Ss5 地震動	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 358
第 4. 274 表	形状、寸法及び材料		添 1 - 4 - 4 - 360
第 4. 275 表	配管要素応力係数		添 1 - 4 - 4 - 360
第 4. 276 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重(1/3)	添 1 - 4 - 4 - 361
第 4. 277 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重(2/3)	添 1 - 4 - 4 - 361
第 4. 278 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重(3/3)	添 1 - 4 - 4 - 362
第 4. 279 表	Ss5 地震動	機械的荷重(1/3)	添 1 - 4 - 4 - 362
第 4. 280 表	Ss5 地震動	機械的荷重(2/3)	添 1 - 4 - 4 - 363



第 4. 281 表	Ss5 地震動 機械的荷重(3/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 363
第 4. 282 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重(1/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 364
第 4. 283 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重(2/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 364
第 4. 284 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重(3/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 365
第 4. 285 表	Sd5 地震動 機械的荷重(1/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 365
第 4. 286 表	Sd5 地震動 機械的荷重(2/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 366
第 4. 287 表	Sd5 地震動 機械的荷重(3/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 366
第 4. 288 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 367
第 4. 289 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 368
第 4. 290 表	クリープ効果の判定 .....	添 1 - 4 - 4 - 369
第 4. 291 表	Sd1-4_SdD 地震動 一次+二次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 370
第 4. 292 表	Sd5 地震動 一次+二次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 370
第 4. 293 表	Sd1-4_SdD 地震動 熱応力ラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 371
第 4. 294 表	Sd5 地震動 熱応力ラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 371
第 4. 295 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 372
第 4. 296 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 372
第 4. 297 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2) ...	添 1 - 4 - 4 - 373
第 4. 298 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2) .....	添 1 - 4 - 4 - 374
第 4. 299 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2) .....	添 1 - 4 - 4 - 375
第 4. 300 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2) .....	添 1 - 4 - 4 - 376
第 4. 301 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 377
第 4. 302 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 377
第 4. 303 表	Ss1-4_SsD 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 378
第 4. 304 表	Ss5 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 378
第 4. 305 表	Sd1-4_SdD 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 378
第 4. 306 表	Sd5 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 378
第 4. 307 表	形状、寸法及び材料 .....	添 1 - 4 - 4 - 380
第 4. 308 表	配管要素応力係数 .....	添 1 - 4 - 4 - 380
第 4. 309 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 381
第 4. 310 表	Ss5 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 381
第 4. 311 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 382
第 4. 312 表	Sd5 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 382
第 4. 313 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 383

第 4. 314 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	一次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 384
第 4. 315 表	クリープ効果の判定		添 1 - 4 - 4 - 385
第 4. 316 表	Sd1-4_SdD 地震動	一次+二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 386
第 4. 317 表	Sd5 地震動	一次+二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 386
第 4. 318 表	Sd1-4_SdD 地震動	熱応力ラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 387
第 4. 319 表	Sd5 地震動	熱応力ラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 387
第 4. 320 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 388
第 4. 321 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 388
第 4. 322 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 389
第 4. 323 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 390
第 4. 324 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積クリープ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 391
第 4. 325 表	Sd5 地震動	累積クリープ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 392
第 4. 326 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 393
第 4. 327 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 393
第 4. 328 表	Ss1-4_SsD 地震動	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 394
第 4. 329 表	Ss5 地震動	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 394
第 4. 330 表	Sd1-4_SdD 地震動	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 394
第 4. 331 表	Sd5 地震動	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 394
第 5. 1 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重(1次冷却材入口管台)	添 1 - 4 - 4 - 410
第 5. 2 表	Ss5 地震動	機械的荷重(1次冷却材入口管台)	添 1 - 4 - 4 - 411
第 5. 3 表	Sd1-4_SdD 地震動	機械的荷重(1次冷却材入口管台)	添 1 - 4 - 4 - 412
第 5. 4 表	Sd5 地震動	機械的荷重(1次冷却材入口管台)	添 1 - 4 - 4 - 413
第 5. 5 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重(二重管台)	添 1 - 4 - 4 - 414
第 5. 6 表	Ss5 地震動	機械的荷重(二重管台)	添 1 - 4 - 4 - 414
第 5. 7 表	Sd1-4_SdD 地震動	機械的荷重(二重管台)	添 1 - 4 - 4 - 415
第 5. 8 表	Sd5 地震動	機械的荷重(二重管台)	添 1 - 4 - 4 - 415
第 5. 9 表	機械的荷重(Ss1-4_SsD 地震動)		添 1 - 4 - 4 - 416
第 5. 10 表	機械的荷重(Ss5 地震動)		添 1 - 4 - 4 - 416
第 5. 11 表	機械的荷重(Sd1-4_SdD 地震動)		添 1 - 4 - 4 - 417
第 5. 12 表	機械的荷重(Sd5 地震動)		添 1 - 4 - 4 - 417
第 5. 13 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	一次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 419
第 5. 14 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	一次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 420
第 5. 15 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積非弾性ひずみの制限(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 421

第 5.16 表	Sd5 地震動	累積非弾性ひずみの制限(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 423
第 5.17 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 425
第 5.18 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 425
第 5.19 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 1)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 426
第 5.20 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 1)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 427
第 5.21 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 428
第 5.22 表	Sd5 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 430
第 5.23 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 432
第 5.24 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 432
第 5.25 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	一次応力の制限 (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 436
第 5.26 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	一次応力の制限 (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 437
第 5.27 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積非弾性ひずみの制限(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 438
第 5.28 表	Sd5 地震動	累積非弾性ひずみの制限(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 440
第 5.29 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限 (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 442
第 5.30 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限 (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 442
第 5.31 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 1) (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 443
第 5.32 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 1) (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 444
第 5.33 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 445
第 5.34 表	Sd5 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 447
第 5.35 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限 (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 449

第 5.36 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限 (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 449
第 5.37 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	一次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 453
第 5.38 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	一次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 454
第 5.39 表		クリープ効果の判定(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 455
第 5.40 表	Sd1-4_SdD 地震動	一次+二次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 456
第 5.41 表	Sd5 地震動	一次+二次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 457
第 5.42 表	Sd1-4_SdD 地震動	熱応力ラチェットの制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 458
第 5.43 表	Sd5 地震動	熱応力ラチェットの制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 458
第 5.44 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 459
第 5.45 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 459
第 5.46 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 460
第 5.47 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 461
第 5.48 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 462
第 5.49 表	Sd5 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 463
第 5.50 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 464
第 5.51 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 464
第 5.52 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	一次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 468
第 5.53 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	一次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 469
第 5.54 表		クリープ効果の判定(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 470
第 5.55 表	Sd1-4_SdD 地震動	一次+二次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 471
第 5.56 表	Sd5 地震動	一次+二次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 471

第 5.57 表	Sd1-4_SdD 地震動 熱応力ラチェットの制限(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 472
第 5.58 表	Sd5 地震動 熱応力ラチェットの制限(評価断面-内面) ..	添 1 - 4 - 4 - 472
第 5.59 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 473
第 5.60 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 473
第 5.61 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 474
第 5.62 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 475
第 5.63 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-内面) ..	添 1 - 4 - 4 - 476
第 5.64 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 477
第 5.65 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷係数の制限(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 478
第 5.66 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷係数の制限(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 478
第 5.67 表	Ss1-4_SsD 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 479
第 5.68 表	Ss5 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 479
第 5.69 表	Sd1-4_SdD 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 480
第 5.70 表	Sd5 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 480
第 6.1 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重(1次冷却材二重管台) .....	添 1 - 4 - 4 - 487
第 6.2 表	Ss5 地震動 機械的荷重(1次冷却材二重管台) .....	添 1 - 4 - 4 - 487
第 6.3 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重(1次冷却材二重管台) .....	添 1 - 4 - 4 - 488
第 6.4 表	Sd5 地震動 機械的荷重(1次冷却材二重管台) .....	添 1 - 4 - 4 - 488
第 6.5 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限(評価断面-内面) ..	添 1 - 4 - 4 - 489
第 6.6 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 490
第 6.7 表	Sd1-4_SdD 地震動 Sa の制限(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 491
第 6.8 表	Sd5 地震動 Sa の制限(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 491
第 6.9 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 492

第 6.10 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 492
第 6.11 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 1)(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 493
第 6.12 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 1)(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 494
第 6.13 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 495
第 6.14 表	Sd5 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 496
第 6.15 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 497
第 6.16 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 497
第 6.17 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重(2次冷却材二重管台)	添 1 - 4 - 4 - 501
第 6.18 表	Ss5 地震動	機械的荷重(2次冷却材二重管台)	添 1 - 4 - 4 - 502
第 6.19 表	Sd1-4_SdD 地震動	機械的荷重(2次冷却材二重管台)	添 1 - 4 - 4 - 503
第 6.20 表	Sd5 地震動	機械的荷重(2次冷却材二重管台)	添 1 - 4 - 4 - 504
第 6.21 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	一次応力の制限 (評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 505
第 6.22 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	一次応力の制限 (評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 506
第 6.23 表	長期一次応力の判定	(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 507
第 6.24 表	Sd1-4_SdD 地震動	一次+二次応力の制限 (評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 508
第 6.25 表	Sd5 地震動	一次+二次応力の制限 (評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 509
第 6.26 表	Sd1-4_SdD 地震動	Sa の制限 (評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 510
第 6.27 表	Sd5 地震動	Sa の制限 (評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 510
第 6.28 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限 (評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 511
第 6.29 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限 (評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 511
第 6.30 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 512
第 6.31 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 513

第 6. 32 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 3) (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 514
第 6. 33 表	Sd5 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 3) (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 515
第 6. 34 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限 (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 516
第 6. 35 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限 (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 516
第 6. 36 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重(1次冷却材入口管台)	添 1 - 4 - 4 - 520
第 6. 37 表	Ss5 地震動	機械的荷重(1次冷却材入口管台)	添 1 - 4 - 4 - 520
第 6. 38 表	Sd1-4_SdD 地震動	機械的荷重(1次冷却材入口管台)	添 1 - 4 - 4 - 521
第 6. 39 表	Sd5 地震動	機械的荷重(1次冷却材入口管台)	添 1 - 4 - 4 - 521
第 6. 40 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	一次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 522
第 6. 41 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	一次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 523
第 6. 42 表	Sd1-4_SdD 地震動	Sa の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 524
第 6. 43 表	Sd5 地震動	Sa の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 524
第 6. 44 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 525
第 6. 45 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 525
第 6. 46 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 1)(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 526
第 6. 47 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 1)(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 527
第 6. 48 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積クリープ損傷係数の導出(その 2)(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 528
第 6. 49 表	Sd5 地震動	累積クリープ損傷係数の導出(その 2)(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 529
第 6. 50 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 530
第 6. 51 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 530
第 6. 52 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重(内筒下部レジューサ)	添 1 - 4 - 4 - 534
第 6. 53 表	Ss5 地震動	機械的荷重(内筒下部レジューサ)	添 1 - 4 - 4 - 534
第 6. 54 表	Sd1-4_SdD 地震動	機械的荷重(内筒下部レジューサ)	添 1 - 4 - 4 - 535

第 6.55 表	Sd5 地震動 機械的荷重(内筒下部レジューサ) .....	添 1 - 4 - 4 - 535
第 6.56 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限(評価断面 1-外面) .....	添 1 - 4 - 4 - 536
第 6.57 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限(評価断面 1-外面) .....	添 1 - 4 - 4 - 537
第 6.58 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 1)(評価断面 1-外面) ....	添 1 - 4 - 4 - 538
第 6.59 表	Sd5 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 1)(評価断面 1-外面) .....	添 1 - 4 - 4 - 538
第 6.60 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面 1-外面) .....	添 1 - 4 - 4 - 539
第 6.61 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面 1-外面) .....	添 1 - 4 - 4 - 539
第 6.62 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の導出(その 1)(評価断面 1-外面) ....	添 1 - 4 - 4 - 540
第 6.63 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の導出(その 1)(評価断面 1-外面) .....	添 1 - 4 - 4 - 541
第 6.64 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 1)(評価断面 1-外面) .....	添 1 - 4 - 4 - 542
第 6.65 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 1)(評価断面 1-外面) .....	添 1 - 4 - 4 - 543
第 6.66 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面 1-外面) .....	添 1 - 4 - 4 - 544
第 6.67 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面 1-外面) .....	添 1 - 4 - 4 - 544
第 6.68 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限(評価断面 5-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 545
第 6.69 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限(評価断面 5-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 546
第 6.70 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 1)(評価断面 5-内面) ....	添 1 - 4 - 4 - 547
第 6.71 表	Sd5 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 1)(評価断面 5-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 547
第 6.72 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面 5-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 548



第 6.73 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限(評価断面 5-内面)	添 1 - 4 - 4 - 548
第 6.74 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 1)(評価断面 5-内面)	添 1 - 4 - 4 - 549
第 6.75 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 1)(評価断面 5-内面)	添 1 - 4 - 4 - 550
第 6.76 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 1)(評価断面 5-内面)	添 1 - 4 - 4 - 551
第 6.77 表	Sd5 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 1)(評価断面 5-内面)	添 1 - 4 - 4 - 552
第 6.78 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限(評価断面 5-内面)	添 1 - 4 - 4 - 553
第 6.79 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限(評価断面 5-内面)	添 1 - 4 - 4 - 553
第 6.80 表	Ss1-4_SsD 地震動	座屈の防止(評価断面 5)	添 1 - 4 - 4 - 554
第 6.81 表	Ss5 地震動	座屈の防止(評価断面 5)	添 1 - 4 - 4 - 554
第 6.82 表	Ss1-4_SsD 地震	機械的荷重(高温ヘッダ)	添 1 - 4 - 4 - 558
第 6.83 表	Ss5 地震	機械的荷重(高温ヘッダ)	添 1 - 4 - 4 - 558
第 6.84 表	Sd1-4_SdD 地震	機械的荷重(高温ヘッダ)	添 1 - 4 - 4 - 559
第 6.85 表	Sd5 地震	機械的荷重(高温ヘッダ)	添 1 - 4 - 4 - 559
第 6.86 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	一次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 560
第 6.87 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	一次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 561
第 6.88 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積非弾性ひずみの制限(その 1)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 562
第 6.89 表	Sd5 地震動	累積非弾性ひずみの制限(その 1)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 562
第 6.90 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 563
第 6.91 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 563
第 6.92 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 1)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 564
第 6.93 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 1)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 565

第 6.94 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 1)(評価断面-内面) ..	添 1 - 4 - 4 - 566
第 6.95 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 1)(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 567
第 6.96 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 568
第 6.97 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面) ..	添 1 - 4 - 4 - 568
第 6.98 表	Ss1-4_SsD 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 569
第 6.99 表	Ss5 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 569
第 6.100 表	Ss1-4_SsD 地震動 相対変位 .....	添 1 - 4 - 4 - 573
第 6.101 表	Ss5 地震動 相対変位 .....	添 1 - 4 - 4 - 573
第 6.102 表	Sd1-4_SdD 地震動 相対変位 .....	添 1 - 4 - 4 - 573
第 6.103 表	Sd5 地震動 相対変位 .....	添 1 - 4 - 4 - 573
第 6.104 表	機械的荷重(Ss1-4_SsD 地震動) .....	添 1 - 4 - 4 - 585
第 6.105 表	機械的荷重(Ss5 地震動) .....	添 1 - 4 - 4 - 585
第 6.106 表	機械的荷重(Sd1-4_SdD 地震動) .....	添 1 - 4 - 4 - 586
第 6.107 表	機械的荷重(Sd5 地震動) .....	添 1 - 4 - 4 - 586
第 6.108 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 587
第 6.109 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 588
第 6.110 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 1) ...	添 1 - 4 - 4 - 589
第 6.111 表	Sd5 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 1) .....	添 1 - 4 - 4 - 589
第 6.112 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 590
第 6.113 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 590
第 6.114 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1) ...	添 1 - 4 - 4 - 591
第 6.115 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1) .....	添 1 - 4 - 4 - 592
第 6.116 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 1) .....	添 1 - 4 - 4 - 593
第 6.117 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 1) .....	添 1 - 4 - 4 - 593
第 6.118 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 594
第 6.119 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 594
第 6.120 表	Ss1-4_SsD 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 594
第 6.121 表	Ss5 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 594
第 7.1 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 IHX 用循環機 上部ケーシング(3次元モデル)) .....	添 1 - 4 - 4 - 603

第 7.2 表	Ss5 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 IHX 用循環機 上部ケーシング(3次元モデル))	添 1 - 4 - 4 - 603
第 7.3 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 IHX 用循環機 上部ケーシング(3次元モデル))	添 1 - 4 - 4 - 604
第 7.4 表	Sd5 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 IHX 用循環機 上部ケーシング(3次元モデル))	添 1 - 4 - 4 - 604
第 7.5 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 PPWC 用循環機 上部ケーシング(3次元モデル))	添 1 - 4 - 4 - 609
第 7.6 表	Ss5 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 PPWC 用循環機 上部ケーシング(3次元モデル))	添 1 - 4 - 4 - 609
第 7.7 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 PPWC 用循環機 上部ケーシング(3次元モデル))	添 1 - 4 - 4 - 610
第 7.8 表	Sd5 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 PPWC 用循環機 上部ケーシング(3次元モデル))	添 1 - 4 - 4 - 610
第 7.9 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル 一次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 612
第 7.10 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル 一次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 613
第 7.11 表	Sd1-4_SdD 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル Sa の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 614
第 7.12 表	Sd5 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル Sa の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 615
第 7.13 表	Ss1-4_SsD 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 616
第 7.14 表	Ss5 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 616
第 7.15 表	Sd1-4_SdD 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル 累積疲れ損傷係数の算出(その 1)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 617
第 7.16 表	Sd5 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル 累積疲れ損傷係数の算出(その 1)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 618
第 7.17 表	Sd1-4_SdD 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル 累積クリープ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 619
第 7.18 表	Sd5 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル 累積クリープ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 621
第 7.19 表	Sd1-4_SdD 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 623

第 7.20 表	Sd5 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 623
第 7.21 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 一次応力の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 627
第 7.22 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 一次応力の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 628
第 7.23 表	IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 長期一次応力の算出(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 629
第 7.24 表	Sd1-4_SdD 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 一次+二次応力の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 630
第 7.25 表	Sd5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 一次+二次応力の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 630
第 7.26 表	Sd1-4_SdD 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ Sa の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 631
第 7.27 表	Sd5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ Sa の制限(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 632
第 7.28 表	Ss1-4_SsD 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 633
第 7.29 表	Ss5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 633
第 7.30 表	Sd1-4_SdD 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 634
第 7.31 表	Sd5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 635
第 7.32 表	Sd1-4_SdD 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 636
第 7.33 表	Sd5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 637
第 7.34 表	Sd1-4_SdD 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 638
第 7.35 表	Sd5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 638
第 7.36 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 IHX 用循環機 ボルト) .....	添 1 - 4 - 4 - 642
第 7.37 表	Ss5 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 IHX 用循環機 ボルト).....	添 1 - 4 - 4 - 642

第 7.38 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 IHX 用循環機 ボルト)	添 1 - 4 - 4 - 643
第 7.39 表	Sd5 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 IHX 用循環機 ボルト).....	添 1 - 4 - 4 - 643
第 7.40 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト ボルト等の一次応力及び二次応力の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 644
第 7.41 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト ボルト等の一次応力及び二次応力の制限(評価断面-内面)....	添 1 - 4 - 4 - 645
第 7.42 表	Sd1-4_SdD 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト Sa の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 646
第 7.43 表	Sd5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト Sa の制限(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 646
第 7.44 表	Ss1-4_SsD 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 647
第 7.45 表	Ss5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 647
第 7.46 表	Sd1-4_SdD 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト 累積疲れ損傷係数の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 648
第 7.47 表	Sd5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト 累積疲れ損傷係数の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 649
第 7.48 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル 一次応力の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 653
第 7.49 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル 一次応力の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 654
第 7.50 表	Sd1-4_SdD 地震動 PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル 累積非弾性ひずみの制限(その 2)(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 655
第 7.51 表	Sd5 地震動 PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル 累積非弾性ひずみの制限(その 2)(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 657
第 7.52 表	Ss1-4_SsD 地震動 PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 659
第 7.53 表	Ss5 地震動 PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 659
第 7.54 表	Sd1-4_SdD 地震動 PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル 累積疲れ損傷係数の算出(その 1)(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 660

第 7.55 表	Sd5 地震動	PPWC 用循環機	ヘリウムガス入口ノズル	累積疲れ損傷係数の算出(その 1)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 661
第 7.56 表	Sd1-4_SdD 地震動	PPWC 用循環機	ヘリウムガス入口ノズル	累積クリープ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 662
第 7.57 表	Sd5 地震動	PPWC 用循環機	ヘリウムガス入口ノズル	累積クリープ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 664
第 7.58 表	Sd1-4_SdD 地震動	PPWC 用循環機	ヘリウムガス入口ノズル	クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 666
第 7.59 表	Sd5 地震動	PPWC 用循環機	ヘリウムガス入口ノズル	クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 666
第 7.60 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	PPWC 用循環機	上部ケーシング上部フランジ	一次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 670
第 7.61 表	Ss5 地震動、Sd5 地震動	PPWC 用循環機	上部ケーシング上部フランジ	一次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 671
第 7.62 表	PPWC 用循環機	上部ケーシング上部フランジ		長期一次応力の算出(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 672
第 7.63 表	Sd1-4_SdD 地震動	PPWC 用循環機	上部ケーシング上部フランジ	一次+二次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 673
第 7.64 表	Sd5 地震動	PPWC 用循環機	上部ケーシング上部フランジ	一次+二次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 673
第 7.65 表	Sd1-4_SdD 地震動	PPWC 用循環機	上部ケーシング上部フランジ	Sa の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 674
第 7.66 表	Sd5 地震動	PPWC 用循環機	上部ケーシング上部フランジ	Sa の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 675
第 7.67 表	Ss1-4_SsD 地震動	PPWC 用循環機	上部ケーシング上部フランジ	メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 676
第 7.68 表	Ss5 地震動	PPWC 用循環機	上部ケーシング上部フランジ	メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 676
第 7.69 表	Sd1-4_SdD 地震動	PPWC 用循環機	上部ケーシング上部フランジ	累積疲れ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 677
第 7.70 表	Sd5 地震動	PPWC 用循環機	上部ケーシング上部フランジ	累積疲れ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 678
第 7.71 表	Sd1-4_SdD 地震動	PPWC 用循環機	上部ケーシング上部フランジ	累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 679
第 7.72 表	Sd5 地震動	PPWC 用循環機	上部ケーシング上部フランジ	累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 680

第 7.73 表	Sd1-4_SdD 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング上部フランジ クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 681
第 7.74 表	Sd5 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング上部フランジ クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 681
第 7.75 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 PPWC 用循環機 ボルト応力のためのモデル).....	添 1 - 4 - 4 - 685
第 7.76 表	Ss5 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 PPWC 用循環機 ボルト応力のためのモデル).....	添 1 - 4 - 4 - 686
第 7.77 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 PPWC 用循環機 ボルト応力のためのモデル).....	添 1 - 4 - 4 - 687
第 7.78 表	Sd5 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 PPWC 用循環機 ボルト応力のためのモデル).....	添 1 - 4 - 4 - 688
第 7.79 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト ボルト等の一次応力及び二次応力の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 689
第 7.80 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト ボルト等の一次応力及び二次応力の制限(評価断面-内面)....	添 1 - 4 - 4 - 690
第 7.81 表	Sd1-4_SdD 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト Sa の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 691
第 7.82 表	Sd5 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト Sa の制限(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 692
第 7.83 表	Ss1-4_SsD 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 693
第 7.84 表	Ss5 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 693
第 7.85 表	Sd1-4_SdD 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト 累積疲れ損傷係数の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 694
第 7.86 表	Sd5 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト 累積疲れ損傷係数の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 695
第 8.1 表	解析モデル諸元.....	添 1 - 4 - 4 - 703
第 8.2 表	解析モデル諸元.....	添 1 - 4 - 4 - 703
第 8.3 表	解析モデル諸元.....	添 1 - 4 - 4 - 704
第 8.4 表	解析モデル諸元.....	添 1 - 4 - 4 - 704
第 8.5 表	解析モデル諸元.....	添 1 - 4 - 4 - 704
第 8.6 表	解析モデル諸元.....	添 1 - 4 - 4 - 704
第 8.7 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 717

第 8. 8 表	Ss5 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 717
第 8. 9 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 718
第 8. 10 表	Sd5 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 718
第 8. 11 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 719
第 8. 12 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 720
第 8. 13 表	長期一次応力の判定	添 1 - 4 - 4 - 721
第 8. 14 表	Sd1-4_SdD 地震動 一次+二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 722
第 8. 15 表	Sd5 地震動 一次+二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 722
第 8. 16 表	Sd1-4_SdD 地震動 Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 723
第 8. 17 表	Sd5 地震動 Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 723
第 8. 18 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 724
第 8. 19 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 724
第 8. 20 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 725
第 8. 21 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 726
第 8. 22 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 727
第 8. 23 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 728
第 8. 24 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 729
第 8. 25 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 729
第 8. 26 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 732
第 8. 27 表	Ss5 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 732
第 8. 28 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 733
第 8. 29 表	Sd5 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 733
第 8. 30 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 ボルト等の一次及び二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 734
第 8. 31 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 ボルト等の一次及び二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 735
第 8. 32 表	Sd1-4_SdD 地震動 Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 736
第 8. 33 表	Sd5 地震動 Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 736
第 8. 34 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 737
第 8. 35 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 737
第 8. 36 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の制限	添 1 - 4 - 4 - 738
第 8. 37 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の制限	添 1 - 4 - 4 - 739
第 8. 38 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 743
第 8. 39 表	Ss5 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 743



第 8.40 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 744
第 8.41 表	Sd5 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 744
第 8.42 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 745
第 8.43 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 746
第 8.44 表	長期一次応力の判定 .....	添 1 - 4 - 4 - 747
第 8.45 表	Sd1-4_SdD 地震動 一次+二次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 748
第 8.46 表	Sd5 地震動 一次+二次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 748
第 8.47 表	Sd1-4_SdD 地震動 Sa の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 749
第 8.48 表	Sd5 地震動 Sa の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 749
第 8.49 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 750
第 8.50 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 750
第 8.51 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2) .....	添 1 - 4 - 4 - 751
第 8.52 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2) .....	添 1 - 4 - 4 - 752
第 8.53 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2) .....	添 1 - 4 - 4 - 753
第 8.54 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2) .....	添 1 - 4 - 4 - 754
第 8.55 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 755
第 8.56 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 755
第 8.57 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 758
第 8.58 表	Ss5 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 758
第 8.59 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 759
第 8.60 表	Sd5 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 759
第 8.61 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD ボルト等の一次応力及び二次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 760
第 8.62 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 ボルト等の一次応力及び二次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 761
第 8.63 表	Sd1-4_SdD 地震動 Sa の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 762
第 8.64 表	Sd5 地震動 Sa の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 762
第 8.65 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 763
第 8.66 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 763
第 8.67 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 764
第 8.68 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 765
第 8.69 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 769
第 8.70 表	Ss5 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 769
第 8.71 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 770

第 8.72 表	Sd5 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 770
第 8.73 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 771
第 8.74 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 772
第 8.75 表	長期一次応力の判定	添 1 - 4 - 4 - 773
第 8.76 表	Sd1-4_SdD 地震動 一次+二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 774
第 8.77 表	Sd5 地震動 一次+二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 774
第 8.78 表	Sd1-4_SdD 地震動 Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 775
第 8.79 表	Sd5 地震動 Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 775
第 8.80 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 776
第 8.81 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 776
第 8.82 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 777
第 8.83 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 778
第 8.84 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 779
第 8.85 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 780
第 8.86 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 781
第 8.87 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 781
第 8.88 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 784
第 8.89 表	Ss5 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 784
第 8.90 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 785
第 8.91 表	Sd5 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 785
第 8.92 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 ボルト等の一次応力及び二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 786
第 8.93 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 ボルト等の一次応力及び二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 787
第 8.94 表	Sd1-4_SdD 地震動 Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 788
第 8.95 表	Sd5 地震動 Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 788
第 8.96 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 789
第 8.97 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 789
第 8.98 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の制限	添 1 - 4 - 4 - 790
第 8.99 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の制限	添 1 - 4 - 4 - 791
第 8.100 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 795
第 8.101 表	Ss5 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 795
第 8.102 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 796
第 8.103 表	Sd5 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 796

第 8.104 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	一次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 797
	.....		
第 8.105 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	一次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 798
第 8.106 表	長期一次応力の判定		添 1 - 4 - 4 - 799
第 8.107 表	Sd1-4_SdD 地震動	一次+二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 800
第 8.108 表	Sd5 地震動	一次+二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 800
第 8.109 表	Sd1-4_SdD 地震動	Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 801
第 8.110 表	Sd5 地震動	Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 801
第 8.111 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 802
第 8.112 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 802
第 8.113 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 803
第 8.114 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 804
第 8.115 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積クリープ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 805
	.....		
第 8.116 表	Sd5 地震動	累積クリープ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 806
第 8.117 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 807
第 8.118 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 807
第 8.119 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 810
第 8.120 表	Ss5 地震動	機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 810
第 8.121 表	Sd1-4_SdD 地震動	機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 811
第 8.122 表	Sd5 地震動	機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 811
第 8.123 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	ボルト等の一次応力及び二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 812
第 8.124 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	ボルト等の一次応力及び二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 813
	.....		
第 8.125 表	Sd1-4_SdD 地震動	Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 814
第 8.126 表	Sd5 地震動	Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 814
第 8.127 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 815
第 8.128 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 815
第 8.129 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の制限	添 1 - 4 - 4 - 816
第 8.130 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の制限	添 1 - 4 - 4 - 817
第 9.1 表	Ss1-4_SsD 地震動	原子炉压力容器接続点地震応答変位量	添 1 - 4 - 4 - 823
	.....		
第 9.2 表	Ss5 地震動	原子炉压力容器接続点地震応答変位量	添 1 - 4 - 4 - 823
第 9.3 表	Sd1-4_SdD 地震動	原子炉压力容器接続点地震応答変位量	添 1 - 4 - 4 - 823
	.....		

第 9.4 表	Sd5 地震動 原子炉圧力容器接続点地震応答変位量	添 1 - 4 - 4 - 823
第 9.5 表	Ss1-4_SsD 地震動 格納容器貫通部地震応答変位量	添 1 - 4 - 4 - 824
第 9.6 表	Ss5 地震動 格納容器貫通部地震応答変位量	添 1 - 4 - 4 - 824
第 9.7 表	Sd1-4_SdD 地震動 格納容器貫通部地震応答変位量	添 1 - 4 - 4 - 824
第 9.8 表	Sd5 地震動 格納容器貫通部地震応答変位量	添 1 - 4 - 4 - 824
第 9.9 表	解析モデル諸元(補助冷却器、補助ヘリウム循環機)	添 1 - 4 - 4 - 825
第 9.10 表	解析モデル諸元(配管仕様)	添 1 - 4 - 4 - 826
第 9.11 表	解析モデル諸元 (弁関係)	添 1 - 4 - 4 - 827
第 9.12 表	解析モデル諸元 (縦弾性係数)	添 1 - 4 - 4 - 828
第 9.13 表	解析モデル諸元 (ノズル剛性等)	添 1 - 4 - 4 - 829
第 9.14 表	解析諸元 (補助ヘリウム循環機テストラインの弁) (1/2)	添 1 - 4 - 4 - 830
第 9.15 表	解析諸元 (補助ヘリウム循環機テストラインの弁) (2/2)	添 1 - 4 - 4 - 831
第 9.16 表	形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 865
第 9.17 表	配管要素応力係数	添 1 - 4 - 4 - 865
第 9.18 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 866
第 9.19 表	Ss5 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 866
第 9.20 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 867
第 9.21 表	Sd5 地震動 機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 867
第 9.22 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 868
第 9.23 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 869
第 9.24 表	Sd1-4_SdD 地震動 Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 870
第 9.25 表	Sd5 地震動 Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 870
第 9.26 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 871
第 9.27 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 871
第 9.28 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1)	添 1 - 4 - 4 - 872
第 9.29 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1)	添 1 - 4 - 4 - 873
第 9.30 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 1)	添 1 - 4 - 4 - 874
第 9.31 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 1)	添 1 - 4 - 4 - 875
第 9.32 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 876
第 9.33 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 876
第 9.34 表	Ss1-4_SsD 地震動 座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 877
第 9.35 表	Ss5 地震動 座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 877

第 9.36 表	Sd1-4_SdD 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 877
第 9.37 表	Sd5 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 877
第 9.38 表	形状、寸法及び材料 .....	添 1 - 4 - 4 - 879
第 9.39 表	配管要素応力係数 .....	添 1 - 4 - 4 - 879
第 9.40 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 880
第 9.41 表	Ss5 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 880
第 9.42 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 881
第 9.43 表	Sd5 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 881
第 9.44 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 882
第 9.45 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 883
第 9.46 表	Sd1-4_SdD 地震動 Sa の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 884
第 9.47 表	Sd5 地震動 Sa の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 884
第 9.48 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 885
第 9.49 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 885
第 9.50 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1) .....	添 1 - 4 - 4 - 886
第 9.51 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1) .....	添 1 - 4 - 4 - 887
第 9.52 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 1) .....	添 1 - 4 - 4 - 888
第 9.53 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 1) .....	添 1 - 4 - 4 - 889
第 9.54 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 890
第 9.55 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 890
第 9.56 表	Ss1-4_SsD 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 891
第 9.57 表	Ss5 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 891
第 9.58 表	形状、寸法及び材料 .....	添 1 - 4 - 4 - 893
第 9.59 表	配管要素応力係数 .....	添 1 - 4 - 4 - 893
第 9.60 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 894
第 9.61 表	Ss5 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 894
第 9.62 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 895
第 9.63 表	Sd5 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 895
第 9.64 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 896
第 9.65 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 897
第 9.66 表	Sd1-4_SdD 地震動 Sa の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 898
第 9.67 表	Sd5 地震動 Sa の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 898
第 9.68 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 899

第 9. 69 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 899
第 9. 70 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 1)	添 1 - 4 - 4 - 900
第 9. 71 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 1)	添 1 - 4 - 4 - 901
第 9. 72 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 1)	添 1 - 4 - 4 - 902
第 9. 73 表	Sd5 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 1)	添 1 - 4 - 4 - 903
第 9. 74 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 904
第 9. 75 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 904
第 9. 76 表	Ss1-4_SsD 地震動	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 905
第 9. 77 表	Ss5 地震動	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 905
第 9. 78 表	Sd1-4_SdD 地震動	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 905
第 9. 79 表	Sd5 地震動	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 905
第 9. 80 表	形状、寸法及び材料		添 1 - 4 - 4 - 907
第 9. 81 表	配管要素応力係数		添 1 - 4 - 4 - 907
第 9. 82 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重(1/3)	添 1 - 4 - 4 - 908
第 9. 83 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重(2/3)	添 1 - 4 - 4 - 908
第 9. 84 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重(3/3)	添 1 - 4 - 4 - 909
第 9. 85 表	Ss5 地震動	機械的荷重(1/3)	添 1 - 4 - 4 - 910
第 9. 86 表	Ss5 地震動	機械的荷重(2/3)	添 1 - 4 - 4 - 910
第 9. 87 表	Ss5 地震動	機械的荷重(3/3)	添 1 - 4 - 4 - 911
第 9. 88 表	Sd1-4_SdD 地震動	機械的荷重(1/3)	添 1 - 4 - 4 - 912
第 9. 89 表	Sd1-4_SdD 地震動	機械的荷重(2/3)	添 1 - 4 - 4 - 912
第 9. 90 表	Sd1-4_SdD 地震動	機械的荷重(3/3)	添 1 - 4 - 4 - 913
第 9. 91 表	Sd5 地震動	機械的荷重(1/3)	添 1 - 4 - 4 - 914
第 9. 92 表	Sd5 地震動	機械的荷重(2/3)	添 1 - 4 - 4 - 914
第 9. 93 表	Sd5 地震動	機械的荷重(3/3)	添 1 - 4 - 4 - 915
第 9. 94 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	一次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 916
第 9. 95 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	一次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 917
第 9. 96 表	クリープ効果の判定		添 1 - 4 - 4 - 918
第 9. 97 表	Sd1-4_SdD 地震動	一次+二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 919
第 9. 98 表	Sd5 地震動	一次+二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 919
第 9. 99 表	Sd1-4_SdD 地震動	熱応力ラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 920
第 9. 100 表	Sd5 地震動	熱応力ラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 920
第 9. 101 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 921
第 9. 102 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 921

第 9. 103 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 2)...	添 1 - 4 - 4 - 922
第 9. 104 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 923
第 9. 105 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 924
第 9. 106 表	Sd5 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 924
第 9. 107 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 925
第 9. 108 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 925
第 9. 109 表	Ss1-4_SsD 地震動	座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 926
第 9. 110 表	Ss5 地震動	座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 926
第 9. 111 表	Sd1-4_SdD 地震動	座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 926
第 9. 112 表	Sd5 地震動	座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 926
第 9. 113 表	形状、寸法及び材料.....		添 1 - 4 - 4 - 928
第 9. 114 表	配管要素応力係数.....		添 1 - 4 - 4 - 928
第 9. 115 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 929
第 9. 116 表	Ss5 地震動	機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 929
第 9. 117 表	Sd1-4_SdD 地震動	機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 930
第 9. 118 表	Sd5 地震動	機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 930
第 9. 119 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	一次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 931
第 9. 120 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	一次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 932
第 9. 121 表	クリープ効果の判定.....		添 1 - 4 - 4 - 933
第 9. 122 表	Sd1-4_SdD 地震動	一次+二次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 934
第 9. 123 表	Sd5 地震動	一次+二次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 934
第 9. 124 表	Sd1-4_SdD 地震動	熱応力ラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 935
第 9. 125 表	Sd5 地震動	熱応力ラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 935
第 9. 126 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 936
第 9. 127 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 936
第 9. 128 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 2)...	添 1 - 4 - 4 - 937
第 9. 129 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 938
第 9. 130 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 939
第 9. 131 表	Sd5 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 939
第 9. 132 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 940
第 9. 133 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 940
第 9. 134 表	Ss1-4_SsD 地震動	座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 941
第 9. 135 表	Ss5 地震動	座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 941

第 9. 136 表	Sd1-4_SdD 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 941
第 9. 137 表	Sd5 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 941
第 9. 138 表	形状、寸法及び材料.....	添 1 - 4 - 4 - 943
第 9. 139 表	配管要素応力係数.....	添 1 - 4 - 4 - 943
第 9. 140 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 944
第 9. 141 表	Ss5 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 944
第 9. 142 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 945
第 9. 143 表	Sd5 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 945
第 9. 144 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 946
第 9. 145 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 947
第 9. 146 表	クリープ効果の判定.....	添 1 - 4 - 4 - 948
第 9. 147 表	Sd1-4_SdD 地震動 一次+二次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 949
第 9. 148 表	Sd5 地震動 一次+二次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 949
第 9. 149 表	Sd1-4_SdD 地震動 熱応力ラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 950
第 9. 150 表	Sd5 地震動 熱応力ラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 950
第 9. 151 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 951
第 9. 152 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 951
第 9. 153 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)...	添 1 - 4 - 4 - 952
第 9. 154 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 953
第 9. 155 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 954
第 9. 156 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 954
第 9. 157 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 955
第 9. 158 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 955
第 9. 159 表	Ss1-4_SsD 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 956
第 9. 160 表	Ss5 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 956
第 9. 161 表	形状、寸法及び材料.....	添 1 - 4 - 4 - 958
第 9. 162 表	配管要素応力係数.....	添 1 - 4 - 4 - 958
第 9. 163 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重(1/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 959
第 9. 164 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重(2/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 960
第 9. 165 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重(3/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 960
第 9. 166 表	Ss5 地震動 機械的荷重(1/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 961
第 9. 167 表	Ss5 地震動 機械的荷重(2/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 962
第 9. 168 表	Ss5 地震動 機械的荷重(3/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 962
第 9. 169 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重(1/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 963



第 9. 170 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重(2/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 964
第 9. 171 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重(3/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 964
第 9. 172 表	Sd5 地震動 機械的荷重(1/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 965
第 9. 173 表	Sd5 地震動 機械的荷重(2/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 966
第 9. 174 表	Sd5 地震動 機械的荷重(3/3) .....	添 1 - 4 - 4 - 966
第 9. 175 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 967
第 9. 176 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 968
第 9. 177 表	クリープ効果の判定 .....	添 1 - 4 - 4 - 969
第 9. 178 表	Sd1-4_SdD 地震動 一次+二次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 970
第 9. 179 表	Sd5 地震動 一次+二次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 970
第 9. 180 表	Sd1-4_SdD 地震動 熱応力ラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 971
第 9. 181 表	Sd5 地震動 熱応力ラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 971
第 9. 182 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 972
第 9. 183 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 972
第 9. 184 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2) ...	添 1 - 4 - 4 - 973
第 9. 185 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2) .....	添 1 - 4 - 4 - 974
第 9. 186 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 2) .....	添 1 - 4 - 4 - 975
第 9. 187 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 2) .....	添 1 - 4 - 4 - 975
第 9. 188 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 976
第 9. 189 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 976
第 9. 190 表	Ss1-4_SsD 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 977
第 9. 191 表	Ss5 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 977
第 9. 192 表	Sd1-4_SdD 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 977
第 9. 193 表	Sd5 地震動 座屈の防止 .....	添 1 - 4 - 4 - 977
第 9. 194 表	形状、寸法及び材料 .....	添 1 - 4 - 4 - 979
第 9. 195 表	配管要素応力係数 .....	添 1 - 4 - 4 - 979
第 9. 196 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 980
第 9. 197 表	Ss5 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 980
第 9. 198 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 981
第 9. 199 表	Sd5 地震動 機械的荷重 .....	添 1 - 4 - 4 - 981
第 9. 200 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 982
第 9. 201 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限 .....	添 1 - 4 - 4 - 983
第 9. 202 表	クリープ効果の判定 .....	添 1 - 4 - 4 - 984

第 9. 203 表	Sd1-4_SdD 地震動	一次+二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 985
第 9. 204 表	Sd5 地震動	一次+二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 985
第 9. 205 表	Sd1-4_SdD 地震動	熱応力ラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 986
第 9. 206 表	Sd5 地震動	熱応力ラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 986
第 9. 207 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 987
第 9. 208 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 987
第 9. 209 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 988
第 9. 210 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 989
第 9. 211 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 990
第 9. 212 表	Sd5 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 990
第 9. 213 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 991
第 9. 214 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 991
第 9. 215 表	Ss1-4_SsD 地震動	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 992
第 9. 216 表	Ss5 地震動	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 992
第 9. 217 表	Sd1-4_SdD	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 992
第 9. 218 表	Sd5 地震動	座屈の防止	添 1 - 4 - 4 - 992
第 10. 1 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重 (1次冷却材入口管台)	添 1 - 4 - 4 - 997
第 10. 2 表	Ss5 地震動	機械的荷重 (1次冷却材入口管台)	添 1 - 4 - 4 - 997
第 10. 3 表	Sd1-4_SdD 地震動	機械的荷重 (1次冷却材入口管台)	添 1 - 4 - 4 - 998
第 10. 4 表	Sd5 地震動	機械的荷重 (1次冷却材入口管台)	添 1 - 4 - 4 - 998
第 10. 5 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	一次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 999
第 10. 6 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	一次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 1000
第 10. 7 表		クリープ効果の判定(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 1001
第 10. 8 表	Sd1-4_SdD 地震動	一次+二次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 1002
第 10. 9 表	Sd5 地震動	一次+二次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 1003
第 10. 10 表	Sd1-4_SdD 地震動	熱応力ラチェットの制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 1004
第 10. 11 表	Sd5 地震動	熱応力ラチェットの制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 1004

第 10.12 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1005
第 10.13 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1005
第 10.14 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1006
第 10.15 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1007
第 10.16 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-内面)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1008
第 10.17 表	Sd5 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-内面)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1009
第 10.18 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1010
第 10.19 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1010
第 10.20 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重(二重管台)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1014
第 10.21 表	Ss5 地震動	機械的荷重(二重管台)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1014
第 10.22 表	Sd1-4_SdD 地震動	機械的荷重(二重管台)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1015
第 10.23 表	Sd5 地震動	機械的荷重(二重管台)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1015
第 10.24 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	一次応力の制限 (評価断面-内面)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1016
第 10.25 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	一次応力の制限 (評価断面-内面)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1017
第 10.26 表	クリープ効果の判定(評価断面-内面)	.....	.....	添 1 - 4 - 4 - 1018
第 10.27 表	Sd1-4_SdD 地震動	一次+二次応力の制限 (評価断面-内面)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1019
第 10.28 表	Sd5 地震動	一次+二次応力の制限 (評価断面-内面)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1020
第 10.29 表	Sd1-4_SdD 地震動	熱応力ラチェットの制限 (評価断面-内面)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1021
第 10.30 表	Sd5 地震動	熱応力ラチェットの制限 (評価断面-内面)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1021
第 10.31 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限 (評価断面-内面)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1022

第 10.32 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限 (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 1022
第 10.33 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 1023
第 10.34 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 1024
第 10.35 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 3) (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 1025
第 10.36 表	Sd5 地震動	累積クリープ損傷係数の算出(その 3) (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 1026
第 10.37 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限 (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 1027
第 10.38 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限 (評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 1027
第 10.39 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重(管板接合部)	添 1 - 4 - 4 - 1031
第 10.40 表	Ss5 地震動	機械的荷重(管板接合部)	添 1 - 4 - 4 - 1031
第 10.41 表	Sd1-4_SdD 地震動	機械的荷重(管板接合部)	添 1 - 4 - 4 - 1032
第 10.42 表	Sd5 地震動	機械的荷重(管板接合部)	添 1 - 4 - 4 - 1032
第 10.43 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	一次応力の制限(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 1033
第 10.44 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	一次応力の制限(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 1034
第 10.45 表		クリープ効果の判定(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 1035
第 10.46 表	Sd1-4_SdD 地震動	一次+二次応力の制限(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 1036
第 10.47 表	Sd5 地震動	一次+二次応力の制限(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 1037
第 10.48 表	Sd1-4_SdD 地震動	熱応力ラチェットの制限(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 1038
第 10.49 表	Sd5 地震動	熱応力ラチェットの制限(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 1038
第 10.50 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 1039
第 10.51 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 1039
第 10.52 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 1040

第 10.53 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1041
第 10.54 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1042
第 10.55 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1043
第 10.56 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1044
第 10.57 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1044
第 10.58 表	機械的荷重(Ss1-4_SsD 地震動).....	添 1 - 4 - 4 - 1058
第 10.59 表	機械的荷重(Ss5 地震動).....	添 1 - 4 - 4 - 1058
第 10.60 表	機械的荷重(Sd1-4_SdD 地震動).....	添 1 - 4 - 4 - 1059
第 10.61 表	機械的荷重(Sd5 地震動).....	添 1 - 4 - 4 - 1059
第 10.62 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 一次応力の制限(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1060
第 10.63 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1061
第 10.64 表	クリープ効果の判定(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1062
第 10.65 表	Sd1-4_SdD 地震動 一次+二次応力の制限(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1063
第 10.66 表	Sd5 地震動 一次+二次応力の制限(評価断面-外面) ..	添 1 - 4 - 4 - 1064
第 10.67 表	Sd1-4_SdD 地震動 熱応力ラチェットの制限(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1065
第 10.68 表	Sd5 地震動 熱応力ラチェットの制限(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1065
第 10.69 表	Ss1-4_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1066
第 10.70 表	Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1066
第 10.71 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1067
第 10.72 表	Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1068
第 10.73 表	Sd1-4_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1069

第 10.74 表	Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1070
第 10.75 表	Sd1-4_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷係数の制限(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1071
第 10.76 表	Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷係数の制限(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1071
第 10.77 表	Ss1-4_SsD 地震動 座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 1072
第 10.78 表	Ss5 地震動 座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 1072
第 10.79 表	Sd1-4_SdD 地震動 座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 1073
第 10.80 表	Sd5 地震動 座屈の防止.....	添 1 - 4 - 4 - 1073
第 11.1 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台).....	添 1 - 4 - 4 - 1078
第 11.2 表	Ss5 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台)....	添 1 - 4 - 4 - 1078
第 11.3 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台).....	添 1 - 4 - 4 - 1079
第 11.4 表	Sd5 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台)....	添 1 - 4 - 4 - 1079
第 11.5 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台 一次応力の制限(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1080
第 11.6 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台 一次応力の制限(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1081
第 11.7 表	補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台 クリープ効果の判定(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1082
第 11.8 表	Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台 一次+二次応力の制限(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1083
第 11.9 表	Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台 一次+二次応力の制限(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1084
第 11.10 表	Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台 熱応力ラチェットの制限(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1085
第 11.11 表	Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台 熱応力ラチェットの制限(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1085
第 11.12 表	Ss1-4_SsD 地震動 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台 メカニカルラチェットの制限(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1086
第 11.13 表	Ss5 地震動 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台 メカニカルラチェットの制限(評価断面-外面).....	添 1 - 4 - 4 - 1086

第 11. 14 表	Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機	ヘリウムガス入口管台	累積クリープ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 1087
第 11. 15 表	Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機	ヘリウムガス入口管台	累積疲れ損傷係数の算定(その 2)(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 1088
第 11. 16 表	Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機	ヘリウムガス入口管台	累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 1089
第 11. 17 表	Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機	ヘリウムガス入口管台	累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 1090
第 11. 18 表	Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機	ヘリウムガス入口管台	クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 1091
第 11. 19 表	Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機	ヘリウムガス入口管台	クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-外面)	添 1 - 4 - 4 - 1091
第 11. 20 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機	フィルタ交換用フランジ)		添 1 - 4 - 4 - 1095
第 11. 21 表	Ss5 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機	フィルタ交換用フランジ)		添 1 - 4 - 4 - 1095
第 11. 22 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機	フィルタ交換用フランジ)		添 1 - 4 - 4 - 1096
第 11. 23 表	Sd5 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機	フィルタ交換用フランジ)		添 1 - 4 - 4 - 1096
第 11. 24 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機	フィルタ交換用フランジ	一次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 1097
第 11. 25 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機	フィルタ交換用フランジ	一次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 1098
第 11. 26 表	補助ヘリウム循環機	フィルタ交換用フランジ	クリープ効果の判定(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 1099
第 11. 27 表	Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機	フィルタ交換用フランジ	一次+二次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 1100
第 11. 28 表	Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機	フィルタ交換用フランジ	一次+二次応力の制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 1101
第 11. 29 表	Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機	フィルタ交換用フランジ	熱応力ラチェットの制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 1102
第 11. 30 表	Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機	フィルタ交換用フランジ	熱応力ラチェットの制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 1102
第 11. 31 表	Ss1-4_SsD 地震動 補助ヘリウム循環機	フィルタ交換用フランジ	メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)	添 1 - 4 - 4 - 1103

第 11. 32 表	Ss5 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ	メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 1103
第 11. 33 表	Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ	累積疲れ損傷係数の算定(その 2)(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 1104
第 11. 34 表	Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ	累積疲れ損傷係数の算定(その 2)(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 1105
第 11. 35 表	Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ	累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 1106
第 11. 36 表	Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ	累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 1107
第 11. 37 表	Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ	クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 1108
第 11. 38 表	Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ	クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 1108
第 11. 39 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1112
第 11. 40 表	Ss5 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1112
第 11. 41 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1113
第 11. 42 表	Sd5 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部)	.....	添 1 - 4 - 4 - 1113
第 11. 43 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部	一次応力の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 1114
第 11. 44 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部	一次応力の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 1115
第 11. 45 表	補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部	クリープ効果の判定(評価断面-内面) .....	添 1 - 4 - 4 - 1116
第 11. 46 表	Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部	一次+二次応力の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 1117
第 11. 47 表	Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部	一次+二次応力の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 1118
第 11. 48 表	Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部	熱応力ラチェットの制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 1119
第 11. 49 表	Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部	熱応力ラチェットの制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 1119



第 11.50 表	Ss1-4_SsD 地震動	補助ヘリウム循環機	上部ケーシング Y 継手部	メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 1120
第 11.51 表	Ss5 地震動	補助ヘリウム循環機	上部ケーシング Y 継手部	メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 1120
第 11.52 表	Sd1-4_SdD 地震動	補助ヘリウム循環機	上部ケーシング Y 継手部	累積疲れ損傷係数の算定(その 2)(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 1121
第 11.53 表	Sd5 地震動	補助ヘリウム循環機	上部ケーシング Y 継手部	累積疲れ損傷係数の算定(その 2)(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 1122
第 11.54 表	Sd1-4_SdD 地震動	補助ヘリウム循環機	上部ケーシング Y 継手部	累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 1123
第 11.55 表	Sd5 地震動	補助ヘリウム循環機	上部ケーシング Y 継手部	累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 1124
第 11.56 表	Sd1-4_SdD 地震動	補助ヘリウム循環機	上部ケーシング Y 継手部	クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 1125
第 11.57 表	Sd5 地震動	補助ヘリウム循環機	上部ケーシング Y 継手部	クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面).....	添 1 - 4 - 4 - 1125
第 11.58 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重(補助ヘリウム循環機	フィルタ交換フランジ締付ボルト).....	添 1 - 4 - 4 - 1129	
第 11.59 表	Ss5 地震動	機械的荷重(補助ヘリウム循環機	フィルタ交換フランジ締付ボルト).....	添 1 - 4 - 4 - 1129	
第 11.60 表	Sd1-4_SdD 地震動	機械的荷重(補助ヘリウム循環機	フィルタ交換フランジ締付ボルト).....	添 1 - 4 - 4 - 1130	
第 11.61 表	Sd5 地震動	機械的荷重(補助ヘリウム循環機	フィルタ交換フランジ締付ボルト).....	添 1 - 4 - 4 - 1130	
第 11.62 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	補助ヘリウム循環機	フィルタ交換フランジ締付ボルト	ボルト等の一次応力及び二次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 1131
第 11.63 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	補助ヘリウム循環機	フィルタ交換フランジ締付ボルト	ボルト等の一次応力及び二次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 1132
第 11.64 表	Sd1-4_SdD 地震動	補助ヘリウム循環機	フィルタ交換フランジ締付ボルト	Sa の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 1133
第 11.65 表	Sd5 地震動	補助ヘリウム循環機	フィルタ交換フランジ締付ボルト	Sa の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 1133
第 11.66 表	Ss1-4_SsD 地震動	補助ヘリウム循環機	フィルタ交換フランジ締付ボルト	メカニカルラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 1134

第 11.67 表	Ss5 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換フランジ締付ボルト	メカニカルラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 1134
第 11.68 表	Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換フランジ締付ボルト	累積疲れ損傷係数の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 1135
第 11.69 表	Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換フランジ締付ボルト	累積疲れ損傷係数の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 1136
第 12.1 表	解析モデル諸元.....		添 1 - 4 - 4 - 1142
第 12.2 表	解析モデル諸元 (縦弾性係数及びポアソン比).....		添 1 - 4 - 4 - 1143
第 12.3 表	解析モデル諸元 (スナバばね定数).....		添 1 - 4 - 4 - 1143
第 12.4 表	Ss1-4_SsD 地震動 機械的荷重(評価用地震動).....		添 1 - 4 - 4 - 1150
第 12.5 表	Ss5 地震動 機械的荷重(評価用地震動).....		添 1 - 4 - 4 - 1150
第 12.6 表	Sd1-4_SdD 地震動 機械的荷重(評価用地震動).....		添 1 - 4 - 4 - 1151
第 12.7 表	Sd5 地震動 機械的荷重(評価用地震動).....		添 1 - 4 - 4 - 1151
第 12.8 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	一次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 1152
第 12.9 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	一次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 1153
第 12.10 表	クリープ効果の判定.....		添 1 - 4 - 4 - 1154
第 12.11 表	Sd1-4_SdD 地震動	一次+二次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 1155
第 12.12 表	Sd5 地震動	一次+二次応力の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 1155
第 12.13 表	Sd1-4_SdD 地震動	熱応力ラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 1156
第 12.14 表	Sd5 地震動	熱応力ラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 1156
第 12.15 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 1157
第 12.16 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限.....	添 1 - 4 - 4 - 1157
第 12.17 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 1158
第 12.18 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 1159
第 12.19 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積クリープ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 1160
第 12.20 表	Sd5 地震動	累積クリープ損傷係数の算定(その 2).....	添 1 - 4 - 4 - 1161
第 12.21 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 1162
第 12.22 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限.....	添 1 - 4 - 4 - 1162
第 12.23 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 1165
第 12.24 表	Ss5 地震動	機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 1165
第 12.25 表	Sd1-4_SdD 地震動	機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 1166
第 12.26 表	Sd5 地震動	機械的荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 1166

第 12. 27 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	ボルト等の一次応力及び二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 1167
第 12. 28 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	ボルト等の一次応力及び二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 1168
第 12. 29 表	Sd1-4_SdD 地震動	Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 1169
第 12. 30 表	Sd5 地震動	Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 1169
第 12. 31 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 1170
第 12. 32 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 1170
第 12. 33 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の制限	添 1 - 4 - 4 - 1171
第 12. 34 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の制限	添 1 - 4 - 4 - 1172
第 12. 35 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 1176
第 12. 36 表	Ss5 地震動	機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 1176
第 12. 37 表	Sd1-4_SdD 地震動	機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 1177
第 12. 38 表	Sd5 地震動	機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 1177
第 12. 39 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	一次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 1178
第 12. 40 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	一次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 1179
第 12. 41 表	クリープ効果の判定		添 1 - 4 - 4 - 1180
第 12. 42 表	Sd1-4_SdD 地震動	一次+二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 1181
第 12. 43 表	Sd5 地震動	一次+二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 1181
第 12. 44 表	Sd1-4_SdD 地震動	熱応力ラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 1182
第 12. 45 表	Sd5 地震動	熱応力ラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 1182
第 12. 46 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 1183
第 12. 47 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 1183
第 12. 48 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 1184
第 12. 49 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 1185
第 12. 50 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積クリープ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 1186
第 12. 51 表	Sd5 地震動	累積クリープ損傷係数の算定(その 2)	添 1 - 4 - 4 - 1187
第 12. 52 表	Sd1-4_SdD 地震動	クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 1188
第 12. 53 表	Sd5 地震動	クリープ疲れ損傷の制限	添 1 - 4 - 4 - 1188
第 12. 54 表	Ss1-4_SsD 地震動	機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 1191
第 12. 55 表	Ss5 地震動	機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 1191
第 12. 56 表	Sd1-4_SdD 地震動	機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 1192
第 12. 57 表	Sd5 地震動	機械的荷重	添 1 - 4 - 4 - 1192

第 12.58 表	Ss1-4_SsD 地震動及び Sd1-4_SdD 地震動	ボルト等の一次応力及び二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 1193
第 12.59 表	Ss5 地震動及び Sd5 地震動	ボルト等の一次応力及び二次応力の制限	添 1 - 4 - 4 - 1194
第 12.60 表	Sd1-4_SdD 地震動	Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 1195
第 12.61 表	Sd5 地震動	Sa の制限	添 1 - 4 - 4 - 1195
第 12.62 表	Ss1-4_SsD 地震動	メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 1196
第 12.63 表	Ss5 地震動	メカニカルラチェットの制限	添 1 - 4 - 4 - 1196
第 12.64 表	Sd1-4_SdD 地震動	累積疲れ損傷係数の制限	添 1 - 4 - 4 - 1197
第 12.65 表	Sd5 地震動	累積疲れ損傷係数の制限	添 1 - 4 - 4 - 1198
第 13.1 表	1 次ヘリウム純化設備配管(その 1)の配管諸元		添 1 - 4 - 4 - 1205
第 13.2 表	1 次ヘリウム純化設備配管(その 1)の応力評価結果(一次応力)(最大値)		添 1 - 4 - 4 - 1205
第 13.3 表	1 次ヘリウム純化設備配管(その 1)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)		添 1 - 4 - 4 - 1205
第 13.4 表	1 次ヘリウム純化設備配管(その 2)の配管諸元		添 1 - 4 - 4 - 1209
第 13.5 表	1 次ヘリウム純化設備配管(その 2)の応力評価結果(一次応力)(最大値)		添 1 - 4 - 4 - 1209
第 13.6 表	1 次ヘリウム純化設備配管(その 2)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)		添 1 - 4 - 4 - 1209
第 13.7 表	1 次ヘリウム純化設備配管(その 3)の配管諸元		添 1 - 4 - 4 - 1214
第 13.8 表	1 次ヘリウム純化設備配管(その 3)の応力評価結果(一次応力)(最大値)		添 1 - 4 - 4 - 1214
第 13.9 表	1 次ヘリウム純化設備配管(その 3)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)		添 1 - 4 - 4 - 1214
第 13.10 表	1 次ヘリウム純化設備配管(その 4)の配管諸元		添 1 - 4 - 4 - 1219
第 13.11 表	1 次ヘリウム純化設備配管(その 4)の応力評価結果(一次応力)(最大値)		添 1 - 4 - 4 - 1219
第 13.12 表	1 次ヘリウム純化設備配管(その 4)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)		添 1 - 4 - 4 - 1219
第 13.13 表	1 次ヘリウム純化設備配管(その 5)の配管諸元		添 1 - 4 - 4 - 1223
第 13.14 表	1 次ヘリウム純化設備配管(その 5)の応力評価結果(一次応力)(最大値)		添 1 - 4 - 4 - 1223
第 13.15 表	1 次ヘリウム純化設備配管(その 5)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)		添 1 - 4 - 4 - 1223
第 13.16 表	1 次サンプリング設備配管(その 1)の配管諸元		添 1 - 4 - 4 - 1228

第 13.17 表	1 次サンプリング設備配管(その 1)の応力評価結果(一次応力)(最大値) . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 1228
第 13.18 表	1 次サンプリング設備配管(その 1)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値) . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 1228
第 13.19 表	1 次サンプリング設備配管(その 2)の配管諸元 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 1233
第 13.20 表	1 次サンプリング設備配管(その 2)の応力評価結果(一次応力)(最大値) . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 1233
第 13.21 表	1 次サンプリング設備配管(その 2)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値) . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 1233
第 13.22 表	1 次サンプリング設備配管(その 3)の配管諸元 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 1237
第 13.23 表	1 次サンプリング設備配管(その 3)の応力評価結果(一次応力)(最大値) . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 1237
第 13.24 表	1 次サンプリング設備配管(その 3)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値) . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 1237
第 13.25 表	1 次サンプリング設備配管(その 4)の配管諸元 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 1241
第 13.26 表	1 次サンプリング設備配管(その 4)の応力評価結果(一次応力)(最大値) . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 1241
第 13.27 表	1 次サンプリング設備配管(その 4)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値) . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 1241
第 13.28 表	1 次サンプリング設備配管(その 5)の配管諸元 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 1245
第 13.29 表	1 次サンプリング設備配管(その 5)の応力評価結果(一次応力)(最大値) . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 1245
第 13.30 表	1 次サンプリング設備配管(その 5)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値) . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 1245
第 13.31 表	1 次サンプリング設備配管(その 6)の配管諸元 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 1250
第 13.32 表	1 次サンプリング設備配管(その 6)の応力評価結果(一次応力)(最大値) . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 1250
第 13.33 表	1 次サンプリング設備配管(その 6)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値) . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 1250
第 13.34 表	燃料破損検出系配管(その 1)の配管諸元 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 1254
第 13.35 表	燃料破損検出系配管(その 1)の応力評価結果(一次応力)(最大値) . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 1254
第 13.36 表	燃料破損検出系配管(その 1)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値) . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 1254
第 13.37 表	燃料破損検出系配管(その 2)の配管諸元 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 1258

第 13.38 表	燃料破損検出系配管(その 2)の応力評価結果(一次応力)(最大値) .....	添 1 - 4 - 4 - 1258
第 13.39 表	燃料破損検出系配管(その 2)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値) ...	添 1 - 4 - 4 - 1258
第 14.1 表	補助冷却水設備配管 3 の配管諸元.....	添 1 - 4 - 4 - 1262
第 14.2 表	補助冷却水設備配管 3 の応力評価結果(一次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 4 - 1262
第 14.3 表	補助冷却水設備配管 3 の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 4 - 1262
第 14.4 表	補助冷却水設備配管 6 の配管諸元.....	添 1 - 4 - 4 - 1266
第 14.5 表	補助冷却水設備配管 6 の応力評価結果(一次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 4 - 1266
第 14.6 表	補助冷却水設備配管 6 の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 4 - 1266
第 14.7 表	補助冷却水設備配管 7 の配管諸元.....	添 1 - 4 - 4 - 1270
第 14.8 表	補助冷却水設備配管 7 の応力評価結果(一次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 4 - 1270
第 14.9 表	補助冷却水設備配管 7 の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 4 - 1270
第 14.10 表	補助冷却水設備配管 8 の配管諸元.....	添 1 - 4 - 4 - 1274
第 14.11 表	補助冷却水設備配管 8 の応力評価結果(一次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 4 - 1274
第 14.12 表	補助冷却水設備配管 8 の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 4 - 1274
第 14.13 表	補助冷却水設備配管 10 の配管諸元.....	添 1 - 4 - 4 - 1278
第 14.14 表	補助冷却水設備配管 10 の応力評価結果(一次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 4 - 1278
第 14.15 表	補助冷却水設備配管 10 の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 4 - 1278
第 14.16 表	炉容器冷却設備配管 22 の配管諸元.....	添 1 - 4 - 4 - 1288
第 14.17 表	炉容器冷却設備配管 22 の応力評価結果(一次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 4 - 1288
第 14.18 表	炉容器冷却設備配管 22 の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 4 - 1288
第 14.19 表	補機冷却水設備配管 9 の配管諸元.....	添 1 - 4 - 4 - 1292

第 14.20 表	補機冷却水設備配管 9 の応力評価結果(一次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 4 - 1292
第 14.21 表	補機冷却水設備配管 9 の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 4 - 1292
第 14.22 表	補機冷却水設備配管 12 の配管諸元.....	添 1 - 4 - 4 - 1296
第 14.23 表	補機冷却水設備配管 12 の応力評価結果(一次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 4 - 1296
第 14.24 表	補機冷却水設備配管 12 の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 4 - 1296
第 15.1 表	設計条件.....	添 1 - 4 - 4 - 1298
第 15.2 表	解析モデル諸元 (管).....	添 1 - 4 - 4 - 1312
第 15.3 表	解析モデル諸元 (フィン).....	添 1 - 4 - 4 - 1312
第 15.4 表	評価対象部位.....	添 1 - 4 - 4 - 1315
第 15.5 表	側部パネル水冷管の形状、寸法、材料及び応力係数....	添 1 - 4 - 4 - 1318
第 15.6 表	側部パネル水冷管の荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 1318
第 15.7 表	側部パネル水冷管の応力評価.....	添 1 - 4 - 4 - 1320
第 15.8 表	側部パネル水冷管と主管の接続部の形状、寸法、材料及び応力係数.....	添 1 - 4 - 4 - 1322
第 15.9 表	側部パネル水冷管と主管の接続部の荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 1322
第 15.10 表	側部パネル水冷管と主管の接続部の応力評価.....	添 1 - 4 - 4 - 1324
第 15.11 表	側部パネル主管入口管台(N-4)の形状、寸法、材料及び応力係数.....	添 1 - 4 - 4 - 1326
第 15.12 表	側部パネル主管入口管台(N-4)の荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 1326
第 15.13 表	側部パネル主管入口管台(N-4)の応力評価.....	添 1 - 4 - 4 - 1328
第 15.14 表	除熱量調節パネル水冷管の形状、寸法、材料及び応力係数.....	添 1 - 4 - 4 - 1330
第 15.15 表	除熱量調節パネル水冷管の荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 1330
第 15.16 表	除熱量調節パネル水冷管の応力評価.....	添 1 - 4 - 4 - 1332
第 15.17 表	除熱量調節パネル水冷管と主管の接続部の形状、寸法、材料及び応力係数.....	添 1 - 4 - 4 - 1334
第 15.18 表	除熱量調節パネル水冷管と主管の接続部の荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 1334
第 15.19 表	除熱量調節パネル水冷管と主管の接続部の応力評価....	添 1 - 4 - 4 - 1336
第 15.20 表	パネルサポート(1)の形状、寸法及び材料.....	添 1 - 4 - 4 - 1338
第 15.21 表	パネルサポート(1)の荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 1338
第 15.22 表	パネルサポート(1)の応力評価.....	添 1 - 4 - 4 - 1340
第 15.23 表	パネルサポート(2)の形状、寸法及び材料.....	添 1 - 4 - 4 - 1342

第 15.24 表	パネルサポート (2) の荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 1342
第 15.25 表	パネルサポート (2) の応力評価.....	添 1 - 4 - 4 - 1344
第 15.26 表	パネルサポート (3) の形状、寸法及び材料.....	添 1 - 4 - 4 - 1346
第 15.27 表	パネルサポート (3) の荷重.....	添 1 - 4 - 4 - 1346
第 15.28 表	パネルサポート (3) の応力評価.....	添 1 - 4 - 4 - 1348
第 15.29 表	側部パネル水冷管フィンの形状、寸法及び材料.....	添 1 - 4 - 4 - 1350
第 15.30 表	側部パネル水冷管フィンの発生応力と応力評価.....	添 1 - 4 - 4 - 1350
第 15.31 表	除熱量調節パネル水冷管フィンの形状、寸法及び材料.....	添 1 - 4 - 4 - 1353
第 15.32 表	除熱量調節パネル水冷管フィンの発生応力と応力評価.....	添 1 - 4 - 4 - 1353



## 目 次

第 3.1 図	評価箇所 .....	添 1 - 4 - 4 - 33
第 3.2 図	解析モデル .....	添 1 - 4 - 4 - 37
第 3.3 図	主冷却設備配管系 解析モデルイメージ .....	添 1 - 4 - 4 - 38
第 3.4 図	Ss1-4_SsD 地震動 二重管の軸力分布 .....	添 1 - 4 - 4 - 41
第 3.5 図	Ss5 地震動 二重管の軸力分布 .....	添 1 - 4 - 4 - 42
第 3.6 図	Sd1-4_SdD 地震動 二重管の軸力分布 .....	添 1 - 4 - 4 - 43
第 3.7 図	Sd5 地震動 二重管の軸力分布 .....	添 1 - 4 - 4 - 44
第 3.8 図	Ss1-4_SsD 地震動 二重管の曲げモーメント分布 .....	添 1 - 4 - 4 - 45
第 3.9 図	Ss5 地震動 二重管の曲げモーメント分布 .....	添 1 - 4 - 4 - 46
第 3.10 図	Sd1-4_SdD 地震動 二重管の曲げモーメント分布 .....	添 1 - 4 - 4 - 47
第 3.11 図	Sd5 地震動 二重管の曲げモーメント分布 .....	添 1 - 4 - 4 - 48
第 3.12 図	Ss1-4_SsD 地震動 中間熱交換器(外胴)のせん断力分布 ..	添 1 - 4 - 4 - 49
第 3.13 図	Ss5 地震動 中間熱交換器(外胴)のせん断力分布 .....	添 1 - 4 - 4 - 50
第 3.14 図	Sd1-4_SdD 地震動 中間熱交換器(外胴)のせん断力分布 ..	添 1 - 4 - 4 - 51
第 3.15 図	Sd5 地震動 中間熱交換器(外胴)のせん断力分布 .....	添 1 - 4 - 4 - 52
第 3.16 図	Ss1-4_SsD 地震動 中間熱交換器(内筒)のせん断力分布 ..	添 1 - 4 - 4 - 53
第 3.17 図	Ss5 地震動 中間熱交換器(内筒)のせん断力分布 .....	添 1 - 4 - 4 - 54
第 3.18 図	Sd1-4_SdD 地震動 中間熱交換器(内筒)のせん断力分布 ..	添 1 - 4 - 4 - 55
第 3.19 図	Sd5 地震動 中間熱交換器(内筒)のせん断力分布 .....	添 1 - 4 - 4 - 56
第 3.20 図	Ss1-4_SsD 地震動 中間熱交換器(外胴)の曲げモーメント分布 .....	添 1 - 4 - 4 - 57
第 3.21 図	Ss5 地震動 中間熱交換器(外胴)の曲げモーメント分布 ..	添 1 - 4 - 4 - 58
第 3.22 図	Sd1-4_SdD 地震動 中間熱交換器(外胴)の曲げモーメント分布 .....	添 1 - 4 - 4 - 59
第 3.23 図	Sd5 地震動 中間熱交換器(外胴)の曲げモーメント分布 ..	添 1 - 4 - 4 - 60
第 3.24 図	Ss1-4_SsD 地震動 中間熱交換器(内筒)の曲げモーメント分布 .....	添 1 - 4 - 4 - 61
第 3.25 図	Ss5 地震動 中間熱交換器(内筒)の曲げモーメント分布 ..	添 1 - 4 - 4 - 62
第 3.26 図	Sd1-4_SdD 地震動 中間熱交換器(内筒)の曲げモーメント分布 .....	添 1 - 4 - 4 - 63
第 3.27 図	Sd5 地震動 中間熱交換器(内筒)の曲げモーメント分布 ..	添 1 - 4 - 4 - 64
第 3.28 図	Ss1-4_SsD 地震動 1次加圧水冷却器(外胴)のせん断力分布 .....	添 1 - 4 - 4 - 65
第 3.29 図	Ss5 地震動 1次加圧水冷却器(外胴)のせん断力分布 ....	添 1 - 4 - 4 - 66

第 3.30 図	Sd1-4_SdD 地震動	1 次加圧水冷却器 (外胴) のせん断力分布	添 1 - 4 - 4 - 67
第 3.31 図	Sd5 地震動	1 次加圧水冷却器 (外胴) のせん断力分布	添 1 - 4 - 4 - 68
第 3.32 図	Ss1-4_SsD 地震動	1 次加圧水冷却器 (伝熱管) のせん断力分布	添 1 - 4 - 4 - 69
第 3.33 図	Ss5 地震動	1 次加圧水冷却器 (伝熱管) のせん断力分布	添 1 - 4 - 4 - 70
第 3.34 図	Sd1-4_SdD 地震動	1 次加圧水冷却器 (伝熱管) のせん断力分布	添 1 - 4 - 4 - 71
第 3.35 図	Sd5 地震動	1 次加圧水冷却器 (伝熱管) のせん断力分布	添 1 - 4 - 4 - 72
第 3.36 図	Ss1-4_SsD 地震動	1 次加圧水冷却器 (外胴) の曲げモーメント分布	添 1 - 4 - 4 - 73
第 3.37 図	Ss5 地震動	1 次加圧水冷却器 (外胴) の曲げモーメント分布	添 1 - 4 - 4 - 74
第 3.38 図	Sd1-4_SdD 地震動	1 次加圧水冷却器 (外胴) の曲げモーメント分布	添 1 - 4 - 4 - 75
第 3.39 図	Sd5 地震動	1 次加圧水冷却器 (外胴) の曲げモーメント分布	添 1 - 4 - 4 - 76
第 3.40 図	Ss1-4_SsD 地震動	1 次加圧水冷却器 (伝熱管) の曲げモーメント分布	添 1 - 4 - 4 - 77
第 3.41 図	Ss5 地震動	1 次加圧水冷却器 (伝熱管) の曲げモーメント分布	添 1 - 4 - 4 - 78
第 3.42 図	Sd1-4_SdD 地震動	1 次加圧水冷却器 (伝熱管) の曲げモーメント分布	添 1 - 4 - 4 - 79
第 3.43 図	Sd5 地震動	1 次加圧水冷却器 (伝熱管) の曲げモーメント分布	添 1 - 4 - 4 - 80
第 3.44 図	Ss1-4_SsD 地震動	中間熱交換器用 1 次ヘリウム循環機のせん断力分布	添 1 - 4 - 4 - 81
第 3.45 図	Ss5 地震動	中間熱交換器用 1 次ヘリウム循環機のせん断力分布	添 1 - 4 - 4 - 82
第 3.46 図	Sd1-4_SdD 地震動	中間熱交換器用 1 次ヘリウム循環機のせん断力分布	添 1 - 4 - 4 - 83
第 3.47 図	Sd5 地震動	中間熱交換器用 1 次ヘリウム循環機のせん断力分布	添 1 - 4 - 4 - 84
第 3.48 図	Ss1-4_SsD 地震動	中間熱交換器用 1 次ヘリウム循環機の曲げモーメント分布	添 1 - 4 - 4 - 85

第 3. 49 図	Ss5 地震動 中間熱交換器用 1 次ヘリウム循環機の曲げモーメント分布 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 86
第 3. 50 図	Sd1-4_SdD 地震動 中間熱交換器用 1 次ヘリウム循環機の曲げモーメント分布 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 87
第 3. 51 図	Sd5 地震動 中間熱交換器用 1 次ヘリウム循環機の曲げモーメント分布 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 88
第 3. 52 図	Ss1-4_SsD 地震動 1 次加圧水冷却器用 1 次ヘリウム循環機のせん断力分布 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 89
第 3. 53 図	Ss5 地震動 1 次加圧水冷却器用 1 次ヘリウム循環機のせん断力分布 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 90
第 3. 54 図	Sd1-4_SdD 地震動 1 次加圧水冷却器用 1 次ヘリウム循環機のせん断力分布 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 91
第 3. 55 図	Sd5 地震動 1 次加圧水冷却器用 1 次ヘリウム循環機のせん断力分布 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 92
第 3. 56 図	Ss1-4_SsD 地震動 1 次加圧水冷却器用 1 次ヘリウム循環機の曲げモーメント分布 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 93
第 3. 57 図	Ss5 地震動 1 次加圧水冷却器用 1 次ヘリウム循環機の曲げモーメント分布 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 94
第 3. 58 図	Sd1-4_SdD 地震動 1 次加圧水冷却器用 1 次ヘリウム循環機の曲げモーメント分布 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 95
第 3. 59 図	Sd5 地震動 1 次加圧水冷却器用 1 次ヘリウム循環機の曲げモーメント分布 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 96
第 4. 1 図	1 次加圧水冷却器まわり配管 応力評価位置 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 143
第 4. 2 図	中間熱交換器まわり配管 応力評価位置 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 144
第 4. 3 図	中間熱交換器バイパス配管 応力評価位置 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 145
第 4. 4 図	原子炉圧力容器安全弁配管 応力評価位置 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 146
第 4. 5 図	1 次加圧水冷却器まわり配管解析モデル . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 163
第 4. 6 図	1 次加圧水冷却器まわり配管 FEM モデル . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 164
第 4. 7 図	中間熱交換器まわり配管解析モデル . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 165
第 4. 8 図	中間熱交換器まわり配管解析 FEM モデル . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 166
第 4. 9 図	中間熱交換器バイパス配管解析モデル . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 167
第 4. 10 図	中間熱交換器バイパス配管 FEM モデル . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 168
第 4. 11 図	原子炉圧力容器安全弁配管解析モデル . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 169
第 4. 12 図	原子炉圧力容器安全弁配管解析 FEM モデル . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 170
第 4. 13 図	Ss1-4_SsD 地震動 1 次加圧水冷却器まわり配管 断面力分布 . . . . .	添 1 - 4 - 4 - 172

第 4.14 図	Ss5 地震動	1 次加圧水冷却器まわり配管	断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 173
第 4.15 図	Sd1-4_SdD 地震動	1 次加圧水冷却器まわり配管	断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 174
第 4.16 図	Sd5 地震動	1 次加圧水冷却器まわり配管	断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 175
第 4.17 図	Ss1-4_SsD 地震動	中間熱交換器まわり配管	断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 176
第 4.18 図	Ss5 地震動	中間熱交換器まわり配管	断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 177
第 4.19 図	Sd1-4_SdD 地震動	中間熱交換器まわり配管	断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 178
第 4.20 図	Sd5 地震動	中間熱交換器まわり配管	断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 179
第 4.21 図	Ss1-4_SsD 地震動	中間熱交換器バイパス配管	断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 180
第 4.22 図	Ss5 地震動	中間熱交換器バイパス配管	断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 181
第 4.23 図	Sd1-4_SdD 地震動	中間熱交換器バイパス配管	断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 182
第 4.24 図	Sd5 地震動	中間熱交換器バイパス配管	断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 183
第 4.25 図	Ss1-4_SsD 地震動	原子炉压力容器安全弁配管	断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 184
第 4.26 図	Ss5 地震動	原子炉压力容器安全弁配管	断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 185
第 4.27 図	Sd1-4_SdD 地震動	原子炉压力容器安全弁配管	断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 186
第 4.28 図	Sd5 地震動	原子炉压力容器安全弁配管	断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 187
第 5.1 図	1 次加圧水冷却器の評価箇所			添 1 - 4 - 4 - 395
第 5.2 図	1 次加圧水冷却器 はりモデル			添 1 - 4 - 4 - 397
第 5.3 図	外胴形状及び寸法図			添 1 - 4 - 4 - 399
第 5.4 図	支持コラム形状及び寸法図			添 1 - 4 - 4 - 400
第 5.5 図	内胴形状及び寸法図			添 1 - 4 - 4 - 401
第 5.6 図	内胴二重管曲部形状及び寸法図			添 1 - 4 - 4 - 402
第 5.7 図	全体モデルのノズル、支持コラム配置角度と中心からの距離			添 1 - 4 - 4 - 403
第 5.8 図	全体モデルの要素分割図			添 1 - 4 - 4 - 404
第 5.9 図	外胴モデルの要素分割図			添 1 - 4 - 4 - 405
第 5.10 図	内胴モデルの要素分割図			添 1 - 4 - 4 - 406
第 5.11 図	拘束条件			添 1 - 4 - 4 - 407

第 5.12 図	管台端部の要素分割図(はり要素を放射上に配置).....	添	1	-	4	-	4	-	408
第 5.13 図	形状、寸法及び材料.....	添	1	-	4	-	4	-	433
第 5.14 図	応力評価断面.....	添	1	-	4	-	4	-	434
第 5.15 図	形状、寸法及び材料.....	添	1	-	4	-	4	-	450
第 5.16 図	応力評価断面.....	添	1	-	4	-	4	-	451
第 5.17 図	形状、寸法及び材料.....	添	1	-	4	-	4	-	465
第 5.18 図	応力評価断面.....	添	1	-	4	-	4	-	466
第 5.19 図	形状、寸法及び材料.....	添	1	-	4	-	4	-	481
第 5.20 図	応力評価断面.....	添	1	-	4	-	4	-	482
第 6.1 図	中間熱交換器の評価箇所.....	添	1	-	4	-	4	-	483
第 6.2 図	中間熱交換器 はりモデル.....	添	1	-	4	-	4	-	485
第 6.3 図	1次冷却材二重管台の形状及び寸法図.....	添	1	-	4	-	4	-	498
第 6.4 図	応力評価断面.....	添	1	-	4	-	4	-	499
第 6.5 図	2次冷却材二重管台の形状及び寸法図.....	添	1	-	4	-	4	-	517
第 6.6 図	応力評価断面.....	添	1	-	4	-	4	-	518
第 6.7 図	1次冷却材入口管台の形状及び寸法図.....	添	1	-	4	-	4	-	531
第 6.8 図	応力評価断面.....	添	1	-	4	-	4	-	532
第 6.9 図	内筒下部レジューサの形状及び寸法図.....	添	1	-	4	-	4	-	555
第 6.10 図	応力評価断面.....	添	1	-	4	-	4	-	556
第 6.11 図	高温ヘッドの形状及び寸法図.....	添	1	-	4	-	4	-	570
第 6.12 図	応力評価断面.....	添	1	-	4	-	4	-	571
第 6.13 図	Ss1-4_SsD 地震動 入力スペクトル(1/2).....	添	1	-	4	-	4	-	574
第 6.14 図	Ss1-4_SsD 地震動 入力スペクトル(2/2).....	添	1	-	4	-	4	-	574
第 6.15 図	Ss5 地震動 入力スペクトル(1/2).....	添	1	-	4	-	4	-	575
第 6.16 図	Ss5 地震動 入力スペクトル(2/2).....	添	1	-	4	-	4	-	575
第 6.17 図	Sd1-4_SdD 地震動 入力スペクトル(1/2).....	添	1	-	4	-	4	-	576
第 6.18 図	Sd1-4_SdD 地震動 入力スペクトル(2/2).....	添	1	-	4	-	4	-	576
第 6.19 図	Sd5 地震動 入力スペクトル(1/2).....	添	1	-	4	-	4	-	577
第 6.20 図	Sd5 地震動 入力スペクトル(2/2).....	添	1	-	4	-	4	-	577
第 6.21 図	伝熱管の寸法.....	添	1	-	4	-	4	-	578
第 6.22 図	解析モデル.....	添	1	-	4	-	4	-	579
第 6.23 図	伝熱管断面力分布(Ss1-4_SsD 地震動).....	添	1	-	4	-	4	-	580
第 6.24 図	伝熱管断面力分布(Ss5 地震動).....	添	1	-	4	-	4	-	581
第 6.25 図	伝熱管断面力分布(Sd1-4_SdD 地震動).....	添	1	-	4	-	4	-	582
第 6.26 図	伝熱管断面力分布(Sd5 地震動).....	添	1	-	4	-	4	-	583
第 6.27 図	形状、寸法及び材料.....	添	1	-	4	-	4	-	595

第 6.28 図	応力評価断面	添 1 - 4 - 4 - 596
第 7.1 図	IHX 用 1 次ヘリウム循環機の評価箇所	添 1 - 4 - 4 - 597
第 7.2 図	PPWC 用 1 次ヘリウム循環機の評価箇所	添 1 - 4 - 4 - 598
第 7.3 図	IHX 用 1 次ヘリウム循環機の上部ケーシングの形状及び寸法図	添 1 - 4 - 4 - 600
第 7.4 図	IHX 用 1 次ヘリウム循環機の上部ケーシングの要素分割図	添 1 - 4 - 4 - 601
第 7.5 図	IHX 用 1 次ヘリウム循環機の上部ケーシングの拘束条件及び荷重条件	添 1 - 4 - 4 - 602
第 7.6 図	PPWC 用 1 次ヘリウム循環機の上部ケーシングの形状及び寸法図	添 1 - 4 - 4 - 606
第 7.7 図	PPWC 用 1 次ヘリウム循環機の上部ケーシングの要素分割図	添 1 - 4 - 4 - 607
第 7.8 図	PPWC 用 1 次ヘリウム循環機の上部ケーシングの解析条件	添 1 - 4 - 4 - 608
第 7.9 図	IHX 用 1 次ヘリウム循環機のヘリウムガス入口ノズルの形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 624
第 7.10 図	IHX 用 1 次ヘリウム循環機のヘリウムガス入口ノズルの応力評価断面	添 1 - 4 - 4 - 625
第 7.11 図	IHX 用 1 次ヘリウム循環機の上部ケーシング上部フランジの形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 639
第 7.12 図	IHX 用 1 次ヘリウム循環機の上部ケーシング上部フランジの応力評価断面	添 1 - 4 - 4 - 640
第 7.13 図	IHX 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルトの形状及び寸法図	添 1 - 4 - 4 - 650
第 7.14 図	IHX 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト 応力評価断面	添 1 - 4 - 4 - 651
第 7.15 図	PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズルの形状及び寸法図	添 1 - 4 - 4 - 667
第 7.16 図	PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル 応力評価断面	添 1 - 4 - 4 - 668
第 7.17 図	PPWC 用循環機 上部ケーシング上部フランジの形状及び寸法図	添 1 - 4 - 4 - 682
第 7.18 図	PPWC 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 応力評価断面	添 1 - 4 - 4 - 683

第 7.19 図	PPWC 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルトの形状及び寸法図	添 1 - 4 - 4 - 696
第 7.20 図	PPWC 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト 応力評価断面	添 1 - 4 - 4 - 697
第 8.1 図	30MW 除熱用止め弁 V1A~C の評価箇所	添 1 - 4 - 4 - 699
第 8.2 図	逆止弁 V2A~C の評価箇所	添 1 - 4 - 4 - 700
第 8.3 図	20MW 除熱用止め弁 V3A~C の評価箇所	添 1 - 4 - 4 - 701
第 8.4 図	逆止弁 V4 の評価箇所	添 1 - 4 - 4 - 702
第 8.5 図	1 次加圧水冷却器まわり配管解析モデル	添 1 - 4 - 4 - 705
第 8.6 図	中間熱交換器まわり配管解析モデル	添 1 - 4 - 4 - 706
第 8.7 図	Ss1-4_SsD 地震動 断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 708
第 8.8 図	Ss1-4_SsD 地震動 断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 709
第 8.9 図	Ss5 地震動 断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 710
第 8.10 図	Ss5 地震動 断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 711
第 8.11 図	Sd1-4_SdD 地震動 断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 712
第 8.12 図	Sd1-4_SdD 地震動 断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 713
第 8.13 図	Sd5 地震動 断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 714
第 8.14 図	Sd5 地震動 断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 715
第 8.15 図	形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 730
第 8.16 図	形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 740
第 8.17 図	応力評価断面	添 1 - 4 - 4 - 741
第 8.18 図	形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 756
第 8.19 図	形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 766
第 8.20 図	応力評価断面	添 1 - 4 - 4 - 767
第 8.21 図	形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 782
第 8.22 図	形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 792
第 8.23 図	応力評価断面	添 1 - 4 - 4 - 793
第 8.24 図	形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 808
第 8.25 図	形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 818
第 8.26 図	応力評価断面	添 1 - 4 - 4 - 819
第 9.1 図	評価箇所	添 1 - 4 - 4 - 821
第 9.2 図	補助ヘリウム冷却系配管 解析モデル(1/2)	添 1 - 4 - 4 - 833
第 9.3 図	補助ヘリウム冷却系配管 解析モデル(2/2)	添 1 - 4 - 4 - 834
第 9.4 図	Ss1-4_SsD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (二重管外管)	添 1 - 4 - 4 - 836

第 9.5 図	Ss5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (二重管外管) .....	添 1 - 4 - 4 - 837
第 9.6 図	Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (二重管外管) .....	添 1 - 4 - 4 - 838
第 9.7 図	Sd5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (二重管外管) .....	添 1 - 4 - 4 - 839
第 9.8 図	Ss1-4_SsD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (単管 A 系) .....	添 1 - 4 - 4 - 840
第 9.9 図	Ss5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (単管 A 系) ..	添 1 - 4 - 4 - 841
第 9.10 図	Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (単管 A 系) .....	添 1 - 4 - 4 - 842
第 9.11 図	Sd5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (単管 A 系) .....	添 1 - 4 - 4 - 843
第 9.12 図	Ss1-4_SsD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (単管 B 系) .....	添 1 - 4 - 4 - 844
第 9.13 図	Ss5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (単管 B 系) .....	添 1 - 4 - 4 - 845
第 9.14 図	Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (単管 B 系) .....	添 1 - 4 - 4 - 846
第 9.15 図	Sd5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (単管 B 系) .....	添 1 - 4 - 4 - 847
第 9.16 図	Ss1-4_SsD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (テストライン 1) .....	添 1 - 4 - 4 - 848
第 9.17 図	Ss5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (テストライン 1) .....	添 1 - 4 - 4 - 849
第 9.18 図	Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (テストライン 1) .....	添 1 - 4 - 4 - 850
第 9.19 図	Sd5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (テストライン 1) .....	添 1 - 4 - 4 - 851
第 9.20 図	Ss1-4_SsD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (テストライン 2) .....	添 1 - 4 - 4 - 852
第 9.21 図	Ss5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (テストライン 2) .....	添 1 - 4 - 4 - 853
第 9.22 図	Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (テストライン 2) .....	添 1 - 4 - 4 - 854



第 9.23 図	Sd5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (テストライン 2) .....	添 1 - 4 - 4 - 855
第 9.24 図	Ss1-4_SsD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (1次ヘリウム純化系供給配管) .....	添 1 - 4 - 4 - 856
第 9.25 図	Ss5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (1次ヘリウム純化系供給配管) .....	添 1 - 4 - 4 - 857
第 9.26 図	Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (1次ヘリウム純化系供給配管) .....	添 1 - 4 - 4 - 858
第 9.27 図	Sd5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (1次ヘリウム純化系供給配管) .....	添 1 - 4 - 4 - 859
第 9.28 図	Ss1-4_SsD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (1次ヘリウム純化系戻り配管) .....	添 1 - 4 - 4 - 860
第 9.29 図	Ss5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (1次ヘリウム純化系戻り配管) .....	添 1 - 4 - 4 - 861
第 9.30 図	Sd1-4_SdD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (1次ヘリウム純化系戻り配管) .....	添 1 - 4 - 4 - 862
第 9.31 図	Sd5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (1次ヘリウム純化系戻り配管) .....	添 1 - 4 - 4 - 863
第 10.1 図	補助冷却器の評価箇所 .....	添 1 - 4 - 4 - 995
第 10.2 図	1次冷却材入口管台の形状及び寸法図 .....	添 1 - 4 - 4 - 1011
第 10.3 図	応力評価断面 .....	添 1 - 4 - 4 - 1012
第 10.4 図	二重管台(外管)の形状及び寸法図 .....	添 1 - 4 - 4 - 1028
第 10.5 図	応力評価断面 .....	添 1 - 4 - 4 - 1029
第 10.6 図	管板接合部(外胴)の形状及び寸法図 .....	添 1 - 4 - 4 - 1045
第 10.7 図	応力評価断面 .....	添 1 - 4 - 4 - 1046
第 10.8 図	Ss1-4_SsD 地震動 入力スペクトル(1/2) .....	添 1 - 4 - 4 - 1048
第 10.9 図	Ss1-4_SsD 地震動 入力スペクトル(2/2) .....	添 1 - 4 - 4 - 1048
第 10.10 図	Ss5 地震動 入力スペクトル(1/2) .....	添 1 - 4 - 4 - 1049
第 10.11 図	Ss5 地震動 入力スペクトル(2/2) .....	添 1 - 4 - 4 - 1049
第 10.12 図	Sd1-4_SdD 地震動 入力スペクトル(1/2) .....	添 1 - 4 - 4 - 1050
第 10.13 図	Sd1-4_SdD 地震動 入力スペクトル(2/2) .....	添 1 - 4 - 4 - 1050
第 10.14 図	Sd5 地震動 入力スペクトル(1/2) .....	添 1 - 4 - 4 - 1051
第 10.15 図	Sd5 地震動 入力スペクトル(2/2) .....	添 1 - 4 - 4 - 1051
第 10.16 図	解析モデル寸法及び拘束条件 .....	添 1 - 4 - 4 - 1052
第 10.17 図	補助冷却器の伝熱管 Ss1-4_SsD 地震動 断面力分布 .....	添 1 - 4 - 4 - 1053

第 10.18 図	補助冷却器の伝熱管 Ss5 地震動 断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 1054
第 10.19 図	補助冷却器の伝熱管 Sd1-4_SdD 地震動 断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 1055
第 10.20 図	補助冷却器の伝熱管 Sd5 地震動 断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 1056
第 10.21 図	形状寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 1074
第 10.22 図	補助冷却器 伝熱管 評価位置	添 1 - 4 - 4 - 1075
第 11.1 図	補助ヘリウム循環機の評価箇所	添 1 - 4 - 4 - 1076
第 11.2 図	補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台の形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 1092
第 11.3 図	補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台 応力評価断面	添 1 - 4 - 4 - 1093
第 11.4 図	補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジの形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 1109
第 11.5 図	補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ 応力評価断面	添 1 - 4 - 4 - 1110
第 11.6 図	補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部の形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 1126
第 11.7 図	補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部 応力評価断面	添 1 - 4 - 4 - 1127
第 11.8 図	補助ヘリウム循環機 フィルタ交換フランジ締付ボルトの形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 1137
第 11.9 図	補助ヘリウム循環機 フィルタ交換フランジ締付ボルト 応力評価断面	添 1 - 4 - 4 - 1138
第 12.1 図	補助ヘリウム循環機出口逆止弁(1411V1A, B)の評価箇所	添 1 - 4 - 4 - 1140
第 12.2 図	補助冷却器ヘリウム戻し弁(1411V2A, B)の評価箇所	添 1 - 4 - 4 - 1141
第 12.3 図	補助冷却系配管解析モデル	添 1 - 4 - 4 - 1144
第 12.4 図	Ss1-4_SsD 地震動 断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 1145
第 12.5 図	Ss5 地震動 断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 1146
第 12.6 図	Sd1-4_SdD 地震動 断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 1147
第 12.7 図	Sd5 地震動 断面力分布	添 1 - 4 - 4 - 1148
第 12.8 図	形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 1163
第 12.9 図	形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 1173
第 12.10 図	応力評価断面	添 1 - 4 - 4 - 1174
第 12.11 図	形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 1189
第 12.12 図	形状、寸法及び材料	添 1 - 4 - 4 - 1199

第 12.13 図	応力評価断面.....	添 1 - 4 - 4 - 1200
第 13.1 図	1 次ヘリウム純化設備配管(その 1)のアイソメ図.....	添 1 - 4 - 4 - 1202
第 13.2 図	1 次ヘリウム純化設備配管(その 1)の解析モデル図(節点番号).....	添 1 - 4 - 4 - 1203
第 13.3 図	1 次ヘリウム純化設備配管(その 1)の解析モデル図(要素番号).....	添 1 - 4 - 4 - 1204
第 13.4 図	1 次ヘリウム純化設備配管(その 2)のアイソメ図.....	添 1 - 4 - 4 - 1207
第 13.5 図	1 次ヘリウム純化設備配管(その 2)の解析モデル図.....	添 1 - 4 - 4 - 1208
第 13.6 図	1 次ヘリウム純化設備配管(その 3)のアイソメ図.....	添 1 - 4 - 4 - 1211
第 13.7 図	1 次ヘリウム純化設備配管(その 3)の解析モデル図(節点番号).....	添 1 - 4 - 4 - 1212
第 13.8 図	1 次ヘリウム純化設備配管(その 3)の解析モデル図(要素番号).....	添 1 - 4 - 4 - 1213
第 13.9 図	1 次ヘリウム純化設備配管(その 4)のアイソメ図.....	添 1 - 4 - 4 - 1216
第 13.10 図	1 次ヘリウム純化設備配管(その 4)の解析モデル図(節点番号).....	添 1 - 4 - 4 - 1217
第 13.11 図	1 次ヘリウム純化設備配管(その 4)の解析モデル図(要素番号).....	添 1 - 4 - 4 - 1218
第 13.12 図	1 次ヘリウム純化設備配管(その 5)のアイソメ図.....	添 1 - 4 - 4 - 1221
第 13.13 図	1 次ヘリウム純化設備配管(その 5)の解析モデル図.....	添 1 - 4 - 4 - 1222
第 13.14 図	1 次サンプリング設備配管(その 1)のアイソメ図.....	添 1 - 4 - 4 - 1225
第 13.15 図	1 次サンプリング設備配管(その 1)の解析モデル図(節点番号).....	添 1 - 4 - 4 - 1226
第 13.16 図	1 次サンプリング設備配管(その 1)の解析モデル図(要素番号).....	添 1 - 4 - 4 - 1227
第 13.17 図	1 次サンプリング設備配管(その 2)のアイソメ図.....	添 1 - 4 - 4 - 1230
第 13.18 図	1 次サンプリング設備配管(その 2)の解析モデル図(節点番号).....	添 1 - 4 - 4 - 1231
第 13.19 図	1 次サンプリング設備配管(その 2)の解析モデル図(要素番号).....	添 1 - 4 - 4 - 1232
第 13.20 図	1 次サンプリング設備配管(その 3)のアイソメ図.....	添 1 - 4 - 4 - 1235
第 13.21 図	1 次サンプリング設備配管(その 3)の解析モデル図.....	添 1 - 4 - 4 - 1236
第 13.22 図	1 次サンプリング設備配管(その 4)のアイソメ図.....	添 1 - 4 - 4 - 1239
第 13.23 図	1 次サンプリング設備配管(その 4)の解析モデル図.....	添 1 - 4 - 4 - 1240
第 13.24 図	1 次サンプリング設備配管(その 5)のアイソメ図.....	添 1 - 4 - 4 - 1243
第 13.25 図	1 次サンプリング設備配管(その 5)の解析モデル図.....	添 1 - 4 - 4 - 1244

第 13.26 図	1 次サンプリング設備配管(その 6)のアイソメ図.....	添 1 - 4 - 4 - 1247
第 13.27 図	1 次サンプリング設備配管(その 6)の解析モデル図(節点番号).....	添 1 - 4 - 4 - 1248
第 13.28 図	1 次サンプリング設備配管(その 6)の解析モデル図(要素番号).....	添 1 - 4 - 4 - 1249
第 13.29 図	燃料破損検出系配管(その 1)のアイソメ図.....	添 1 - 4 - 4 - 1252
第 13.30 図	燃料破損検出系配管(その 1)の解析モデル図.....	添 1 - 4 - 4 - 1253
第 13.31 図	燃料破損検出系配管(その 2)のアイソメ図.....	添 1 - 4 - 4 - 1256
第 13.32 図	燃料破損検出系配管(その 2)の解析モデル図.....	添 1 - 4 - 4 - 1257
第 14.1 図	補助冷却水設備配管 3 のアイソメ図.....	添 1 - 4 - 4 - 1260
第 14.2 図	補助冷却水設備配管 3 の解析モデル図.....	添 1 - 4 - 4 - 1261
第 14.3 図	補助冷却水設備配管 6 のアイソメ図.....	添 1 - 4 - 4 - 1264
第 14.4 図	補助冷却水設備配管 6 の解析モデル図.....	添 1 - 4 - 4 - 1265
第 14.5 図	補助冷却水設備配管 7 のアイソメ図.....	添 1 - 4 - 4 - 1268
第 14.6 図	補助冷却水設備配管 7 の解析モデル図.....	添 1 - 4 - 4 - 1269
第 14.7 図	補助冷却水設備配管 8 のアイソメ図.....	添 1 - 4 - 4 - 1272
第 14.8 図	補助冷却水設備配管 8 の解析モデル図.....	添 1 - 4 - 4 - 1273
第 14.9 図	補助冷却水設備配管 10 のアイソメ図.....	添 1 - 4 - 4 - 1276
第 14.10 図	補助冷却水設備配管 10 の解析モデル図.....	添 1 - 4 - 4 - 1277
第 14.11 図	炉容器冷却設備配管 22 のアイソメ図.....	添 1 - 4 - 4 - 1280
第 14.12 図	炉容器冷却設備配管 22 の解析モデル図(全体図).....	添 1 - 4 - 4 - 1281
第 14.13 図	炉容器冷却設備配管 22 の解析モデル図(節点番号 1) ..	添 1 - 4 - 4 - 1282
第 14.14 図	炉容器冷却設備配管 22 の解析モデル図(要素番号 1) ..	添 1 - 4 - 4 - 1283
第 14.15 図	炉容器冷却設備配管 22 の解析モデル図(節点番号 2) ..	添 1 - 4 - 4 - 1284
第 14.16 図	炉容器冷却設備配管 22 の解析モデル図(要素番号 2) ..	添 1 - 4 - 4 - 1285
第 14.17 図	炉容器冷却設備配管 22 の解析モデル図(節点番号 3) ..	添 1 - 4 - 4 - 1286
第 14.18 図	炉容器冷却設備配管 22 の解析モデル図(要素番号 3) ..	添 1 - 4 - 4 - 1287
第 14.19 図	補機冷却水設備配管 9 のアイソメ図.....	添 1 - 4 - 4 - 1290
第 14.20 図	補機冷却水設備配管 9 の解析モデル図.....	添 1 - 4 - 4 - 1291
第 14.21 図	補機冷却水設備配管 12 のアイソメ図.....	添 1 - 4 - 4 - 1294
第 14.22 図	補機冷却水設備配管 12 の解析モデル図.....	添 1 - 4 - 4 - 1295
第 15.1 図	1/2Sd-1 地震 EL22. 20m(IC9) 水平 NS 方向 時刻歴加速度波形.....	添 1 - 4 - 4 - 1299
第 15.2 図	1/2Sd-1 地震 EL22. 20m(IC9) 水平 EW 方向 時刻歴加速度波形.....	添 1 - 4 - 4 - 1299

第 15.3 圖	1/2Sd-1 地震	EL31. 89m(IC10)	水平 NS 方向	時刻歷加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1300
第 15.4 圖	1/2Sd-1 地震	EL31. 89m(IC10)	水平 EW 方向	時刻歷加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1300
第 15.5 圖	1/2Sd-1 地震	EL31. 89m(IC10)	鉛直 UD 方向	時刻歷加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1300
第 15.6 圖	1/2Sd-2 地震	EL22. 20m(IC9)	水平 NS 方向	時刻歷加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1301
第 15.7 圖	1/2Sd-2 地震	EL22. 20m(IC9)	水平 EW 方向	時刻歷加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1301
第 15.8 圖	1/2Sd-2 地震	EL31. 89m(IC10)	水平 NS 方向	時刻歷加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1302
第 15.9 圖	1/2Sd-2 地震	EL31. 89m(IC10)	水平 EW 方向	時刻歷加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1302
第 15.10 圖	1/2Sd-2 地震	EL31. 89m(IC10)	鉛直 UD 方向	時刻歷加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1302
第 15.11 圖	1/2Sd-3 地震	EL22. 20m(IC9)	水平 NS 方向	時刻歷加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1303
第 15.12 圖	1/2Sd-3 地震	EL22. 20m(IC9)	水平 EW 方向	時刻歷加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1303
第 15.13 圖	1/2Sd-3 地震	EL31. 89m(IC10)	水平 NS 方向	時刻歷加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1304
第 15.14 圖	1/2Sd-3 地震	EL31. 89m(IC10)	水平 EW 方向	時刻歷加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1304
第 15.15 圖	1/2Sd-3 地震	EL31. 89m(IC10)	鉛直 UD 方向	時刻歷加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1304
第 15.16 圖	1/2Sd-4 地震	EL22. 20m(IC9)	水平 NS 方向	時刻歷加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1305
第 15.17 圖	1/2Sd-4 地震	EL22. 20m(IC9)	水平 EW 方向	時刻歷加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1305
第 15.18 圖	1/2Sd-4 地震	EL31. 89m(IC10)	水平 NS 方向	時刻歷加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1306
第 15.19 圖	1/2Sd-4 地震	EL31. 89m(IC10)	水平 EW 方向	時刻歷加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1306
第 15.20 圖	1/2Sd-4 地震	EL31. 89m(IC10)	鉛直 UD 方向	時刻歷加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1306

第 15.21 図	1/2Sd-5 地震	EL22.20m(IC9)	水平 NS 方向	時刻歴加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1307
第 15.22 図	1/2Sd-5 地震	EL22.20m(IC9)	水平 EW 方向	時刻歴加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1307
第 15.23 図	1/2Sd-5 地震	EL31.89m(IC10)	水平 NS 方向	時刻歴加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1308
第 15.24 図	1/2Sd-5 地震	EL31.89m(IC10)	水平 EW 方向	時刻歴加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1308
第 15.25 図	1/2Sd-5 地震	EL31.89m(IC10)	鉛直 UD 方向	時刻歴加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1308
第 15.26 図	1/2Sd-D 地震	EL22.20m(IC9)	水平 NS 方向	時刻歴加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1309
第 15.27 図	1/2Sd-D 地震	EL22.20m(IC9)	水平 EW 方向	時刻歴加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1309
第 15.28 図	1/2Sd-D 地震	EL31.89m(IC10)	水平 NS 方向	時刻歴加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1310
第 15.29 図	1/2Sd-D 地震	EL31.89m(IC10)	水平 EW 方向	時刻歴加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1310
第 15.30 図	1/2Sd-D 地震	EL31.89m(IC10)	鉛直 UD 方向	時刻歴加速度波形	.....	添 1 - 4 - 4 - 1310
第 15.31 図	側部パネル及び除熱量調節パネル解析モデル(全体モデル)				.....	添 1 - 4 - 4 - 1313
第 15.32 図	側部パネル出口主管解析モデル(部分モデル)				.....	添 1 - 4 - 4 - 1314
第 15.33 図	側部パネル入口主管解析モデル(部分モデル)				.....	添 1 - 4 - 4 - 1314
第 15.34 図	側部パネルの計算箇所(主要部)及び除熱量調節パネルの計算箇所				.....	添 1 - 4 - 4 - 1315
第 15.35 図	支持構造物の計算箇所				.....	添 1 - 4 - 4 - 1316

## 1. 原子炉冷却系統施設の耐震性評価

原子炉冷却系統施設の評価対象設備及び耐震重要度分類を第 1.1 表に、B クラス設備の固有周期解析の結果を第 1.2 表に示す。

第 1.1 表 原子炉冷却系統施設の評価対象設備

耐震重要度分類	クラス別施設	設備機器
S クラス	原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系	中間熱交換器
		1 次加圧水冷却器
		1 次ヘリウム循環機
		1 次ヘリウム配管(二重管)
		1 次ヘリウム主配管(単管)
		1 次冷却設備の主要弁
	補助ヘリウム冷却系(原子炉冷却材圧力バウンダリに属するもの)	
	その他	原子炉冷却材圧力バウンダリに接続している配管(原子炉格納容器内のもの)
B クラス	原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設	補助ヘリウム冷却系(原子炉冷却材圧力バウンダリ、C クラスに属するものを除く。)
		補助冷却水系
	原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故後、炉心から崩壊熱を除去するために必要な施設	炉容器冷却設備(C クラスに属するものは除く。)
		補機冷却水設備(崩壊熱除去の主要設備に係わるもの)
	原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、1 次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る施設	1 次ヘリウム純化設備(S、C クラスに属する設備を除く。)
		試料採取設備(S、C クラスに属する設備を除く。)



第 1.2 表 固有周期解析の結果

設備機器	据付場所	固有周期(s)	参考資料 <sup>※2</sup>	
補助冷却水系 補助冷却水系	ヘッダと伝熱管管台の接続部	原子炉建家内	0.049	IV-ニ-4
	伝熱管管台と伝熱管の接続部	原子炉建家内	0.049	IV-ニ-4
	伝熱管	原子炉建家内	0.049	IV-ニ-4
	補助冷却水循環ポンプ	原子炉建家 E. L. 22.7m	— <sup>※1</sup>	IV-ニ-4 III-ニ-6
	補助冷却水加圧器	原子炉建家 E. L. 22.7m	0.022	IV-ニ-4
	主配管 1	原子炉建家内	0.088 評価対象	IV-ニ-4
	主配管 2	原子炉建家内	0.053 評価対象	IV-ニ-4
	主配管 3	原子炉建家内	0.051 評価対象	IV-ニ-4
	主配管 4	原子炉建家内	0.038	IV-ニ-4
	主配管 5	原子炉建家内	0.065 評価対象	IV-ニ-4
	主配管 6	原子炉建家内	0.064 評価対象	IV-ニ-4
	主配管 7	原子炉建家内	0.074 評価対象	IV-ニ-4
	主配管 8	原子炉建家内	0.063 評価対象	IV-ニ-4
	主配管 9	原子炉建家内	0.048	IV-ニ-4
	主配管 10	原子炉建家内	0.069 評価対象	IV-ニ-4
	主配管 11	原子炉建家内	0.045	IV-ニ-4
主配管 12	原子炉建家内	0.052 評価対象	IV-ニ-4	

設備機器		据付場所	固有周期(s)	参考資料 <sup>※2</sup>
炉容器 冷却設 備	水冷管パネル	原子炉建家内	0.191 評価対象	IV-イ-17
	冷却器	原子炉建家 E.L. 15.0m	0.032	IV-ニ-5
	サージタンク	原子炉建家 E.L. 31.9m	0.035	IV-ニ-6
	循環ポンプ	原子炉建家 E.L. 15.0m	— <sup>※1</sup>	IV-ニ-5 III-ニ-6
	主配管 1	原子炉建家内	0.079 評価対象	V-イ-4
	主配管 2	原子炉建家内	0.095 評価対象	V-イ-4
	主配管 3	原子炉建家内	0.027	V-イ-4
	主配管 4	原子炉建家内	0.032	V-イ-4
	主配管 5	原子炉建家内	0.067 評価対象	V-イ-4
	主配管 6	原子炉建家内	0.045	V-イ-4
	主配管 7	原子炉建家内	0.008	V-イ-4
	主配管 8	原子炉建家内	0.013	V-イ-4
	主配管 9	原子炉建家内	0.054 評価対象	V-イ-4
	主配管 10	原子炉建家内	0.059 評価対象	V-イ-4
	主配管 11	原子炉建家内	0.058 評価対象	V-イ-4
主配管 12	原子炉建家内	0.041	V-イ-4	
主配管 13	原子炉建家内	0.018	V-イ-4	
主配管 14	原子炉建家内	0.036	V-イ-4	
主配管 15	原子炉建家内	0.020	V-イ-4	

設備機器		据付場所	固有周期(s)	参考資料 <sup>※2</sup>
炉容器 冷却設 備	主配管 16	原子炉建家内	0.040	V-イ-4
	主配管 17	原子炉建家内	0.075 評価対象	V-イ-4
	主配管 18	原子炉建家内	0.091 評価対象	V-イ-4
	主配管 19	原子炉建家内	0.083 評価対象	V-イ-4
	主配管 20	原子炉建家内	0.107 評価対象	V-イ-4
	主配管 21	原子炉建家内	0.083 評価対象	V-イ-4
	主配管 22	原子炉建家内	0.150 評価対象	V-イ-4
	主配管 23	原子炉建家内	0.026	V-イ-4
	主配管 24	原子炉建家内	0.029	V-イ-4
	主配管 25	原子炉建家内	0.048	V-イ-4
	主配管 26	原子炉建家内	0.056 評価対象	V-イ-4
	主配管 27	原子炉建家内	0.008	V-イ-4
	主配管 28	原子炉建家内	0.013	V-イ-4
	主配管 29	原子炉建家内	0.055 評価対象	V-イ-4
	主配管 30	原子炉建家内	0.051 評価対象	V-イ-4
	主配管 31	原子炉建家内	0.058 評価対象	V-イ-4
	主配管 32	原子炉建家内	0.042	V-イ-4
	主配管 33	原子炉建家内	0.020	V-イ-4
	主配管 34	原子炉建家内	0.038	V-イ-4
	主配管 35	原子炉建家内	0.021	V-イ-4
主配管 36	原子炉建家内	0.067 評価対象	V-イ-4	

設備機器		据付場所	固有周期(s)	参考資料 <sup>※2</sup>
炉容器 冷却設 備	主配管 37	原子炉建家内	0.074 評価対象	V-イ-4
	主配管 38	原子炉建家内	0.119 評価対象	V-イ-4
	主配管 39	原子炉建家内	0.079 評価対象	V-イ-4
	主配管 40	原子炉建家内	0.122 評価対象	V-イ-4
補機冷 却水設 備	循環ポンプ	冷却塔 E. L. 32.0m	— <sup>※1</sup>	IV-ニ-23 III-ニ-6
	冷却塔ファン	冷却塔 E. L. 47.05m	— <sup>※1</sup>	V-ニ-4 III-ニ-6
	主配管 1	原子炉建家内	0.038	V-ニ-5
	主配管 2	原子炉建家内	0.037	V-ニ-5
	主配管 3	原子炉建家内	0.057 評価対象	V-ニ-5
	主配管 4	原子炉建家内	0.045	V-ニ-5
	主配管 5	原子炉建家内	0.045	V-ニ-5
	主配管 6	原子炉建家内	0.113 評価対象	V-ニ-5
	主配管 7	原子炉建家内	0.098 評価対象	V-ニ-5
	主配管 8	原子炉建家内	0.078 評価対象	V-ニ-5
	主配管 9	原子炉建家内	0.072 評価対象	V-ニ-5
	主配管 10	原子炉建家内	0.066 評価対象	V-ニ-5
	主配管 11	原子炉建家内	0.066 評価対象	V-ニ-5
	主配管 12	原子炉建家内	0.072 評価対象	V-ニ-5

設備機器		据付場所	固有周期(s)	参考資料※2
補機冷 却水設 備	主配管 13	原子炉建家内	0.081 評価対象	V-ニ-5
	主配管 14	原子炉建家内	0.071 評価対象	V-ニ-5
	主配管 15	原子炉建家内	0.106 評価対象	V-ニ-5
	主配管 16	原子炉建家内	0.029	V-ニ-5
	主配管 17	原子炉建家内	0.012	V-ニ-5
	主配管 18	原子炉建家内	0.049	V-ニ-5
	主配管 19	原子炉建家内	0.073 評価対象	V-ニ-5
	主配管 20	原子炉建家内	0.073 評価対象	V-ニ-5
	主配管 21	原子炉建家内	0.093 評価対象	V-ニ-5
	主配管 22	原子炉建家内	0.112 評価対象	V-ニ-5
	主配管 23	原子炉建家内	0.095 評価対象	V-ニ-5
	主配管 24	原子炉建家内	0.088 評価対象	V-ニ-5
	主配管 25	原子炉建家内	0.179 評価対象	V-ニ-5
	主配管 26	原子炉建家内	0.067 評価対象	V-ニ-5
1次ヘ リウム 純化設 備	酸化銅反応筒	原子炉建家 E.L. 15.0m	0.161 評価対象	II-ニ-5
	モレキュラーシーブ トラップ	原子炉建家 E.L. 15.0m	0.117 評価対象	II-ニ-5
	冷却器	原子炉建家 E.L. 15.0m	0.048	III-ニ-13
	コールドチャコール トラップ	原子炉建家 E.L. 15.0m	0.019	III-ニ-13

設備機器		据付場所	固有周期(s)	参考資料※2
1次ヘリウム 純化設備	コールドチャコール トラップ熱交換機	原子炉建家 E. L. 15. 0m	0. 083 評価対象	Ⅲ-ニ-13
	ガス循環機用フィル タ	原子炉建家 E. L. 15. 0m	0. 034	Ⅲ-ニ-13
	ガス循環機	原子炉建家 E. L. 15. 0m	0. 022	Ⅲ-ニ-13
	再生系冷却器	原子炉建家 E. L. 18. 7m	0. 048	Ⅲ-ニ-13
	再生系ガス循環機	原子炉建家 E. L. 15. 0m	0. 023	Ⅲ-ニ-13
	入口加熱器	原子炉建家 E. L. 15. 0m	0. 055 評価対象	Ⅳ-ニ-8
	戻り加熱器	原子炉建家 E. L. 15. 0m	0. 057 評価対象	Ⅳ-ニ-8
	再生系加熱器	原子炉建家 E. L. 15. 0m	0. 073 評価対象	Ⅳ-ニ-8
1次ヘリウムサンプリング設備 圧縮機		原子炉建家 E. L. 15. 0m	0. 028	Ⅲ-ニ-14

※1 横型ポンプは、構造的に大きなブロック状をしており、重心の位置がブロック状のほぼ中心にあり、かつ下面が基礎ボルトに固定されている。したがって、全体的に一つの剛体とみなせるため計算は省略し、固有周期は十分に小さいとする。

※2 既往の設工認添付計算書

「Ⅳ-ニ-4 補助冷却水系の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

「Ⅲ-ニ-6 ポンプ類及びユニット機器の耐震計算書作成の基本方針」(設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)

「Ⅳ-イ-17 炉容器冷却設備水冷管パネルの強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

「Ⅳ-ニ-5 炉容器冷却設備冷却器の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

「Ⅴ-イ-4 炉容器冷却設備主配管の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第5回申請)平成5年7月9日付け5安(原規)第84号)

「Ⅳ-ニ-23 補機冷却水設備の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

「Ⅴ-ニ-4 補機冷却水設備冷却塔ファンの耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第

5 回申請)平成 5 年 7 月 9 日付け 5 安(原規)第 84 号)

「Ⅱ-ニ-5 1 次ヘリウム純化設備の耐震強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 2 回申請)平成 3 年 9 月 25 日付け 3 安(原規)第 368 号)

「Ⅲ-ニ-13 1 次ヘリウム純化設備の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 3 回申請)平成 4 年 4 月 9 日付け 4 安(原規)第 47 号)

「Ⅳ-ニ-8 1 次ヘリウム純化設備の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)

「Ⅲ-ニ-14 1 次ヘリウムサンプリング設備の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 3 回申請)平成 4 年 4 月 9 日付け 4 安(原規)第 47 号)

## 2. 応答倍率法による評価

### 2.1 評価手法

添付書類 1-4-1. に基づき評価を行う。

### 2.2 評価結果

原子炉冷却系統施設の耐震性に関する評価結果を第 2.1 表から第 2.4 表に示す。



第 2.1 表 S クラス評価(基準地震動 S<sub>s</sub> による許容応力状態IV<sub>A</sub>S)

No.	評価対象 設備	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料 <sup>*1</sup>	備考		
					方法 1 MPa	方法 2 MPa					
ハ-Ss-1	1 次ヘリ ウム純化 設備 入口フィ ルタ	S	胴板	一次 一般膜	127	92	253	Ⅲ-ニ-13			
				一次	127	92	379				
				一次+二次	6	13	309				
			基礎 ボルト	引張	24	53	212				
				せん断	7	16	163				
			スカート  (座屈の評 価)	組合せ	16	35	247				
				評価式 $\eta (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})/f_c + \eta \sigma_{s2}/f_b \leq 1$							
				座屈応力に対する安全率		$\eta = 1$		Ⅲ-ニ-13			
				運転時重量による軸方向応力 (MPa)		$\sigma_{s1} = 7$		Ⅲ-ニ-13			
				曲げモーメントによる 軸方向応力 (MPa)		$\sigma_{s2} = 23$		Ⅲ-ニ-13			
				鉛直方向地震による軸方向応力 (MPa)		$\sigma_{s3} = 4$		Ⅲ-ニ-13			
				軸圧縮荷重に対する 許容座屈応力 (MPa)		$f_c = 205$		Ⅲ-ニ-13			
			曲げモーメントに対する 許容座屈応力 (MPa)		$f_b = 205$		Ⅲ-ニ-13				
			結果					$\eta (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})/f_c + \eta \sigma_{s2}/f_b = 0.3 \leq 1$			

No.	評価対象 設備	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料*1	備考	
					方法 1 MPa	方法 2 MPa				
ハ-Ss-2	1次ヘリウム純化設備 プレチャコールドラップ	S	胴板	一次 一般膜	98	71	253	Ⅲ-ニ-13		
				一次	98	71	379			
				一次+二次	2	4	309			
			基礎 ボルト	引張	5	10	212			
				せん断	6	13	163			
			スカート	組合せ	7	16	247			
				評価式 $\eta (\sigma_{s1} + \sigma_{s3}) / f_c + \eta \sigma_{s2} / f_b \leq 1$						
				座屈応力に対する安全率		$\eta = 1$		Ⅲ-ニ-13		
				運転時重量による軸方向応力(MPa)		$\sigma_{s1} = 7$		Ⅲ-ニ-13		
				曲げモーメントによる 軸方向応力(MPa)		$\sigma_{s2} = 10$		Ⅲ-ニ-13		
				鉛直方向地震による軸方向応力(MPa)		$\sigma_{s3} = 4$		Ⅲ-ニ-13		
				軸圧縮荷重に対する 許容座屈応力(MPa)		$f_c = 203$		Ⅲ-ニ-13		
曲げモーメントに対する 許容座屈応力(MPa)		$f_b = 203$		Ⅲ-ニ-13						
結果		$\eta (\sigma_{s1} + \sigma_{s3}) / f_c + \eta \sigma_{s2} / f_b = 0.2 \leq 1$								

※1：既往の設工認添付計算書

「Ⅲ-ニ-13 1次ヘリウム純化設備の耐震計算書」（設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け 4安(原規)第47号)

第 2.2 表 S クラス評価(弾性設計用地震動 Sd による許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S)

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料 <sup>*1</sup>	備考				
					方法 1 MPa	方法 2 MPa							
ハ-Sd-1	1次ヘリウム純化設備 入口フィルタ	S	胴板	一次 一般膜	100	90	154	Ⅲ-ニ-13					
				一次	100	90	232						
				一次+二次	8	13	309						
			基礎 ボルト	引張	52	85	177						
				せん断	11	18	136						
			スカート	組合せ	19	31	205						
				評価式 $\eta (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})/f_c + \eta \sigma_{s2}/f_b \leq 1$									
				座屈応力に対する安全率						$\eta = 1$	Ⅲ-ニ-13		
				運転時重量による軸方向応力 (MPa)						$\sigma_{s1} = 4$	Ⅲ-ニ-13		
				曲げモーメントによる 軸方向応力 (MPa)						$\sigma_{s2} = 26$	Ⅲ-ニ-13		
				鉛直方向地震による軸方向応力 (MPa)						$\sigma_{s3} = 2$	Ⅲ-ニ-13		
				軸圧縮荷重に対する 許容座屈応力 (MPa)						$f_c = 205$	Ⅲ-ニ-13		
				曲げモーメントに対する 許容座屈応力 (MPa)						$f_b = 205$	Ⅲ-ニ-13		
			結果					$\eta (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})/f_c + \eta \sigma_{s2}/f_b = 0.3 \leq 1$					

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ハ-Sd-2	1次ヘリウム純化設備 プレチャコールドラップ	S	胴板	一次一般膜	74	70	154	Ⅲ-ニ-13	
				一次	74	70	232		
				一次+二次	4	5	309		
			基礎ボルト	引張	29	46	177		
				せん断	10	16	136		
			スカート (座屈の評価)	組合せ	10	16	205		
				評価式 $\eta(\sigma_{s1} + \sigma_{s3})/f_c + \eta\sigma_{s2}/f_b \leq 1$					
				座屈応力に対する安全率		$\eta = 1$		Ⅲ-ニ-13	
				運転時重量による軸方向応力(MPa)		$\sigma_{s1} = 4$		Ⅲ-ニ-13	
				曲げモーメントによる軸方向応力(MPa)		$\sigma_{s2} = 12$		Ⅲ-ニ-13	
				鉛直方向地震による軸方向応力(MPa)		$\sigma_{s3} = 2$		Ⅲ-ニ-13	
				軸圧縮荷重に対する許容座屈応力(MPa)		$f_c = 203$		Ⅲ-ニ-13	
			曲げモーメントに対する許容座屈応力(MPa)		$f_b = 203$		Ⅲ-ニ-13		
結果		$\eta(\sigma_{s1} + \sigma_{s3})/f_c + \eta\sigma_{s2}/f_b = 0.2 \leq 1$							

※1：既往の設工認添付計算書

「Ⅲ-ニ-13 1次ヘリウム純化設備の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け 4安(原規)第47号)

第 2.3 表 B クラス評価(1/2)

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料*1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ハ-B-1	補助冷却水 系(主配管 1)	B	1	一次応力	61	57	167	IV-ニ-4	
				一次+二次	35	59	335		
ハ-B-2	補助冷却水 系(主配管 1)	B	2	一次応力	86	104	167	IV-ニ-4	
				一次+二次	88	147	335		
ハ-B-3	補助冷却水 系(主配管 1)	B	3	一次応力	64	90	167	IV-ニ-4	
				一次+二次	96	159	335		
ハ-B-4	補助冷却水 系(主配管 2)	B	4	一次応力	31	32	167	IV-ニ-4	
				一次+二次	20	20	335		
ハ-B-5	補助冷却水 系(主配管 5)	B	5	一次応力	47	46	167	IV-ニ-4	
				一次+二次	15	19	335		
ハ-B-6	補助冷却水 系(主配管 9)	B	6	一次応力	51	52	167	IV-ニ-4	
				一次+二次	35	36	335		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料*1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ハ-B-7	補助冷却水 系(主配管 12)	B	7	一次応力	31	32	167	IV-ニ-4	
				一次+二次	16	16	335		
ハ-B-8	炉容器冷却 設備 主配管 1	B	1	一次	38	26	189	V-イ-4	
				一次+二次	15	20	378		
ハ-B-9	炉容器冷却 設備 主配管 1	B	2	一次	23	15	189	V-イ-4	
				一次+二次	8	10	378		
ハ-B-10	炉容器冷却 設備 主配管 2	B	3	一次	142	98	189	V-イ-4	
				一次+二次	260	331	378		
ハ-B-11	炉容器冷却 設備 主配管 2	B	4	一次	51	37	189	V-イ-4	
				一次+二次	76	96	378		
ハ-B-12	炉容器冷却 設備 主配管 5	B	9	一次	58	55	189	V-イ-4	
				一次+二次	57	80	378		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料*1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ハ-B-13	炉容器冷却 設備 主配管 5	B	10	一次	13	13	234	V-イ-4	
				一次+二次	74	104	469		
ハ-B-14	炉容器冷却 設備 主配管 9	B	15	一次	30	31	189	V-イ-4	
				一次+二次	24	30	378		
ハ-B-15	炉容器冷却 設備 主配管 9	B	16	一次	8	8	189	V-イ-4	
				一次+二次	9	11	378		
ハ-B-16	炉容器冷却 設備 主配管 10	B	17	一次	29	29	189	V-イ-4	
				一次+二次	24	30	378		
ハ-B-17	炉容器冷却 設備 主配管 10	B	18	一次	12	13	189	V-イ-4	
				一次+二次	20	24	378		
ハ-B-18	炉容器冷却 設備 主配管 11	B	19	一次	27	27	189	V-イ-4	
				一次+二次	26	32	378		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料*1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ハ-B-19	炉容器冷却 設備 主配管 11	B	20	一次	13	15	189	V-イ-4	
				一次+二次	43	54	378		
ハ-B-20	炉容器冷却 設備 主配管 17	B	30	一次	51	51	189	V-イ-4	
				一次+二次	36	57	378		
ハ-B-21	炉容器冷却 設備 主配管 17	B	31	一次	35	41	189	V-イ-4	
				一次+二次	39	62	378		
ハ-B-22	炉容器冷却 設備 主配管 18	B	32	一次	132	107	189	V-イ-4	
				一次+二次	106	135	378		
ハ-B-23	炉容器冷却 設備 主配管 18	B	33	一次	21	17	189	V-イ-4	
				一次+二次	19	24	378		
ハ-B-24	炉容器冷却 設備 主配管 19	B	34	一次	36	25	189	V-イ-4	
				一次+二次	15	20	378		



No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料*1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ハ-B-25	炉容器冷却 設備 主配管 19	B	35	一次	17	12	189	V-イ-4	
				一次+二次	8	10	378		
ハ-B-26	炉容器冷却 設備 主配管 20	B	36	一次	44	38	175	V-イ-4	
				一次+二次	21	26	351		
ハ-B-27	炉容器冷却 設備 主配管 20	B	37	一次	46	43	175	V-イ-4	
				一次+二次	31	38	351		
ハ-B-28	炉容器冷却 設備 主配管 21	B	38	一次	38	26	189	V-イ-4	
				一次+二次	15	20	378		
ハ-B-29	炉容器冷却 設備 主配管 21	B	39	一次	19	14	189	V-イ-4	
				一次+二次	12	15	378		
ハ-B-30	炉容器冷却 設備 主配管 26	B	48	一次	31	29	189	V-イ-4	
				一次+二次	33	53	378		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料*1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ハ-B-31	炉容器冷却 設備 主配管 26	B	49	一次	13	10	189	V-イ-4	
				一次+二次	11	18	378		
ハ-B-32	炉容器冷却 設備 主配管 29	B	53	一次	29	30	189	V-イ-4	
				一次+二次	22	27	378		
ハ-B-33	炉容器冷却 設備 主配管 29	B	54	一次	11	12	189	V-イ-4	
				一次+二次	13	16	378		
ハ-B-34	炉容器冷却 設備 主配管 30	B	55	一次	25	25	189	V-イ-4	
				一次+二次	20	24	378		
ハ-B-35	炉容器冷却 設備 主配管 30	B	56	一次	14	15	189	V-イ-4	
				一次+二次	33	40	378		
ハ-B-36	炉容器冷却 設備 主配管 31	B	57	一次	42	44	189	V-イ-4	
				一次+二次	41	51	378		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料*1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ハ-B-37	炉容器冷却 設備 主配管 31	B	58	一次	25	27	189	V-イ-4	
				一次+二次	41	51	378		
ハ-B-38	炉容器冷却 設備 主配管 36	B	67	一次	53	77	189	V-イ-4	
				一次+二次	94	149	378		
ハ-B-39	炉容器冷却 設備 主配管 36	B	68	一次	51	74	189	V-イ-4	
				一次+二次	88	140	378		
ハ-B-40	炉容器冷却 設備 主配管 37	B	69	一次	32	34	189	V-イ-4	
				一次+二次	28	44	378		
ハ-B-41	炉容器冷却 設備 主配管 37	B	70	一次	14	16	189	V-イ-4	
				一次+二次	17	27	378		
ハ-B-42	炉容器冷却 設備 主配管 38	B	71	一次	113	82	189	V-イ-4	
				一次+二次	58	101	378		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料*1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ハ-B-43	炉容器冷却 設備 主配管 38	B	72	一次	48	65	189	V-イ-4	
				一次+二次	72	126	378		
ハ-B-44	炉容器冷却 設備 主配管 39	B	73	一次	38	30	189	V-イ-4	
				一次+二次	27	34	378		
ハ-B-45	炉容器冷却 設備 主配管 39	B	74	一次	36	30	189	V-イ-4	
				一次+二次	31	39	378		
ハ-B-46	炉容器冷却 設備 主配管 40	B	75	一次	46	41	175	V-イ-4	
				一次+二次	26	32	351		
ハ-B-47	炉容器冷却 設備 主配管 40	B	76	一次	12	11	175	V-イ-4	
				一次+二次	8	10	351		
ハ-B-48	補機冷却水 設備 主配管 3	B	4	一次	66	59	202	V-ニ-5	
				一次+二次	44	56	405		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料*1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ハ-B-49	補機冷却水 設備 主配管 6	B	7	一次	44	45	202	V-ニ-5	
				一次+二次	49	60	405		
ハ-B-50	補機冷却水 設備 主配管 7	B	8	一次	40	41	202	V-ニ-5	
				一次+二次	31	41	405		
ハ-B-51	補機冷却水 設備 主配管 8	B	9	一次	38	43	202	V-ニ-5	
				一次+二次	90	149	405		
ハ-B-52	補機冷却水 設備 主配管 10	B	12	一次	35	37	202	V-ニ-5	
				一次+二次	31	36	405		
ハ-B-53	補機冷却水 設備 主配管 11	B	13	一次	16	16	202	V-ニ-5	
				一次+二次	11	12	405		
ハ-B-54	補機冷却水 設備 主配管 11	B	14	一次	18	19	202	V-ニ-5	
				一次+二次	19	22	405		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料*1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ハ-B-55	補機冷却水 設備 主配管 13	B	17	一次	36	41	202	V-ニ-5	
				一次+二次	130	216	405		
ハ-B-56	補機冷却水 設備 主配管 13	B	18	一次	29	33	202	V-ニ-5	
				一次+二次	139	231	405		
ハ-B-57	補機冷却水 設備 主配管 14	B	19	一次	28	29	202	V-ニ-5	
				一次+二次	19	26	405		
ハ-B-58	補機冷却水 設備 主配管 15	B	20	一次	51	51	202	V-ニ-5	
				一次+二次	49	60	405		
ハ-B-59	補機冷却水 設備 主配管 19	B	24	一次	35	30	202	V-ニ-5	
				一次+二次	25	30	405		
ハ-B-60	補機冷却水 設備 主配管 20	B	25	一次	35	31	202	V-ニ-5	
				一次+二次	25	31	405		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料*1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ハ-B-61	補機冷却水 設備 主配管 21	B	26	一次	60	53	202	V-ニ-5	
				一次+二次	29	48	405		
ハ-B-62	補機冷却水 設備 主配管 21	B	27	一次	57	61	202	V-ニ-5	
				一次+二次	133	221	405		
ハ-B-63	補機冷却水 設備 主配管 22	B	28	一次	34	31	202	V-ニ-5	
				一次+二次	23	29	405		
ハ-B-64	補機冷却水 設備 主配管 23	B	29	一次	26	35	202	V-ニ-5	
				一次+二次	38	63	405		
ハ-B-65	補機冷却水 設備 主配管 23	B	30	一次	12	13	202	V-ニ-5	
				一次+二次	214	355	405		
ハ-B-66	補機冷却水 設備 主配管 24	B	31	一次	54	55	202	V-ニ-5	
				一次+二次	87	144	405		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料*1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ハ-B-67	補機冷却水 設備 主配管 24	B	32	一次	12	13	202	V-ニ-5	
				一次+二次	205	341	405		
ハ-B-68	補機冷却水 設備 主配管 25	B	33	一次	81	72	202	V-ニ-5	
				一次+二次	35	56	405		
ハ-B-69	補機冷却水 設備 主配管 25	B	34	一次	36	42	202	V-ニ-5	
				一次+二次	38	61	405		
ハ-B-70	補機冷却水 設備 主配管 26	B	35	一次	41	44	202	V-ニ-5	
				一次+二次	93	126	405		

※1：既往の設工認添付計算書

「IV-ニ-4 補助冷却水系の耐震計算書」（設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

「V-イ-4 炉容器冷却設備主配管の強度計算書」（設計及び工事の方法の認可(第5回申請)平成5年7月9日付け5安(原規)第84号)

「V-ニ-5 補機冷却水設備主配管の耐震計算書」（設計及び工事の方法の認可(第5回申請)平成5年7月9日付け5安(原規)第84号)



第 2.4 表 B クラス評価(2/2)

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料 <sup>*1</sup>	備考			
					方法 1 MPa	方法 2 MPa						
ハ-B-71	酸化銅反 応筒	B	胴板	一次一般 膜	53	73	131	II-ニ-5				
				一次	55	74	131					
			基礎 ボルト	引張	88	120	176					
				せん断	10	14	135					
			脚	組合せ	97	132	169					
				評価式 $\sigma_{sr}/f_{br} + \sigma_{st}/f_{bt} + \sigma_{sc}/f_c \leq 1$								
				半径方向軸まわりの 圧縮側曲げ応力の和(MPa)					$\sigma_{sr} = 69$	II-ニ-5		
				半径方向に直角な軸まわりの 圧縮側曲げ応力の和(MPa)					$\sigma_{st} = 40$	II-ニ-5		
				圧縮方向の和(MPa)					$\sigma_{sc} = 23$	II-ニ-5		
				半径方向軸まわりの 許容曲げ応力(MPa)					$f_{br} = 169$	II-ニ-5		
				半径方向に直角な方向の 軸まわりの許容曲げ応力(MPa)					$f_{bt} = 169$	II-ニ-5		
				許容圧縮応力(MPa)					$f_c = 106$	II-ニ-5		
			結果					$\sigma_{sr}/f_{br} + \sigma_{st}/f_{bt} + \sigma_{sc}/f_c = 0.86 \leq 1$				

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考			
					方法 1 MPa	方法 2 MPa						
ハ-B-72	モレキュ ラーシー ブトラッ プ	B	胴板	一次一般 膜	105	91	131	II-ニ-5				
				一次	106	94	131					
			基礎 ボルト	引張	64	84	176					
				せん断	11	14	135					
			脚	組合せ	88	115	169					
				評価式 $\sigma_{sr}/f_{br} + \sigma_{st}/f_{bt} + \sigma_{sc}/f_c \leq 1$								
				圧縮と曲 げの組合 せ (座屈の 評価)	半径方向軸まわりの 圧縮側曲げ応力の和 (MPa)				$\sigma_{sr} = 20$	II-ニ-5		
					半径方向に直角な軸まわりの 圧縮側曲げ応力の和 (MPa)				$\sigma_{st} = 82$	II-ニ-5		
					圧縮方向の和 (MPa)				$\sigma_{sc} = 15$	II-ニ-5		
					半径方向軸まわりの 許容曲げ応力 (MPa)				$f_{br} = 169$	II-ニ-5		
					半径方向に直角な方向の 軸まわりの許容曲げ応力 (MPa)				$f_{bt} = 169$	II-ニ-5		
			許容圧縮応力 (MPa)				$f_c = 141$	II-ニ-5				
			結果					$\sigma_{sr}/f_{br} + \sigma_{st}/f_{bt} + \sigma_{sc}/f_c = 0.71 \leq 1$				

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料 <sup>※1</sup>	備考				
					方法 1 MPa	方法 2 MPa							
ハ-B-73	コールド チャコー ルトラッ プ熱交換 器	B	胴板	一次一般 膜	66	64	121	Ⅲ-ニ-13					
				一次	66	64	121						
			基礎 ボルト	引張	4	4	176						
				せん断	5	5	135						
			脚	組合せ	27	27	163						
				評価式 $\sigma_{sr}/f_{br} + \sigma_{st}/f_{bt} + \sigma_{sc}/f_c \leq 1$									
				圧縮と曲 げの組合 せ (座屈の 評価)	半径方向軸まわりの 圧縮側曲げ応力の和(MPa)	$\sigma_{sr} = 15$	Ⅲ-ニ-13						
					半径方向に直角な軸まわりの 圧縮側曲げ応力の和(MPa)	$\sigma_{st} = 10$	Ⅲ-ニ-13						
					圧縮方向の和(MPa)	$\sigma_{sc} = 4$	Ⅲ-ニ-13						
					半径方向軸まわりの 許容曲げ応力(MPa)	$f_{br} = 164$	Ⅲ-ニ-13						
					半径方向に直角な方向の 軸まわりの許容曲げ応力(MPa)	$f_{bt} = 164$	Ⅲ-ニ-13						
					許容圧縮応力(MPa)	$f_c = 125$	Ⅲ-ニ-13						
			結果		$\sigma_{sr}/f_{br} + \sigma_{st}/f_{bt} + \sigma_{sc}/f_c = 0.18 \leq 1$								

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料 <sup>*1</sup>	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ハ-B-74	入口加熱器	B	胴板	一次一般膜	72	72	131	IV-ニ-8	
				1次	72	72	131		
			基礎 ボルト	引張	8	8	183		
				せん断	3	3	141		
			スカート	組合せ	10	10	171		
				評価式 $\eta \sigma_{s1}/f_c + \eta \sigma_{s2}/f_b \leq 1$					
				座屈応力に対する安全率		$\eta = 1$		IV-ニ-8	
				運転時重量による軸方向応力 (MPa)		$\sigma_{s1} = 3$		IV-ニ-8	
				曲げモーメントによる軸方向応力 (MPa)		$\sigma_{s2} = 8$		IV-ニ-8	
				軸圧縮荷重に対する許容座屈応力 (MPa)		$f_c = 171$		IV-ニ-8	
			曲げモーメントに対する許容座屈応力 (MPa)		$f_b = 171$		IV-ニ-8		
			結果		$\eta \sigma_{s1}/f_c + \eta \sigma_{s2}/f_b = 0.06 \leq 1$				

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料 <sup>*1</sup>	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ハ-B-75	戻り加熱器	B	胴板	一次一般膜	72	72	129	IV-ニ-8	
				一次	72	72	129		
			基礎 ボルト	引張	8	8	183		
				せん断	3	3	141		
			スカート	組合せ	10	10	159		
				評価式 $\eta \sigma_{s1}/f_c + \eta \sigma_{s2}/f_b \leq 1$					
				座屈応力に対する安全率		$\eta = 1$	IV-ニ-8		
				運転時重量による軸方向応力 (MPa)		$\sigma_{s1} = 3$	IV-ニ-8		
				曲げモーメントによる軸方向応力 (MPa)		$\sigma_{s2} = 8$	IV-ニ-8		
				軸圧縮荷重に対する許容座屈応力 (MPa)		$f_c = 159$	IV-ニ-8		
				曲げモーメントに対する許容座屈応力 (MPa)		$f_b = 159$	IV-ニ-8		
			結果		$\eta \sigma_{s1}/f_c + \eta \sigma_{s2}/f_b = 0.07 \leq 1$				

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ハ-B-76	再生系加 熱器	B	胴板	一次一般 膜	64	64	129	IV-ニ-8	
				一次	64	64	129		
			基礎 ボルト	引張	12	12	183		
				せん断	2	2	141		
			スカート  (座屈の 評価)	組合せ	11	11	159		
				評価式 $\eta \sigma_{s1}/f_c + \eta \sigma_{s2}/f_b \leq 1$					
				座屈応力に対する安全率		$\eta = 1$		IV-ニ-8	
				運転時重量による軸方向応力 (MPa)		$\sigma_{s1} = 2$		IV-ニ-8	
				曲げモーメントによる軸方向応力 (MPa)		$\sigma_{s2} = 9$		IV-ニ-8	
				軸圧縮荷重に対する許容座屈応力 (MPa)		$f_c = 159$		IV-ニ-8	
			曲げモーメントに対する 許容座屈応力 (MPa)		$f_b = 159$		IV-ニ-8		
結果		$\eta \sigma_{s1}/f_c + \eta \sigma_{s2}/f_b = 0.07 \leq 1$							

※1 既往の設工認添付計算書

「II-ニ-5 1次ヘリウム純化設備の耐震強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第2回申請)平成3年9月25日付け 3安(原規)第368号)

「III-ニ-13 1次ヘリウム純化設備の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け 4安(原規)第47号)

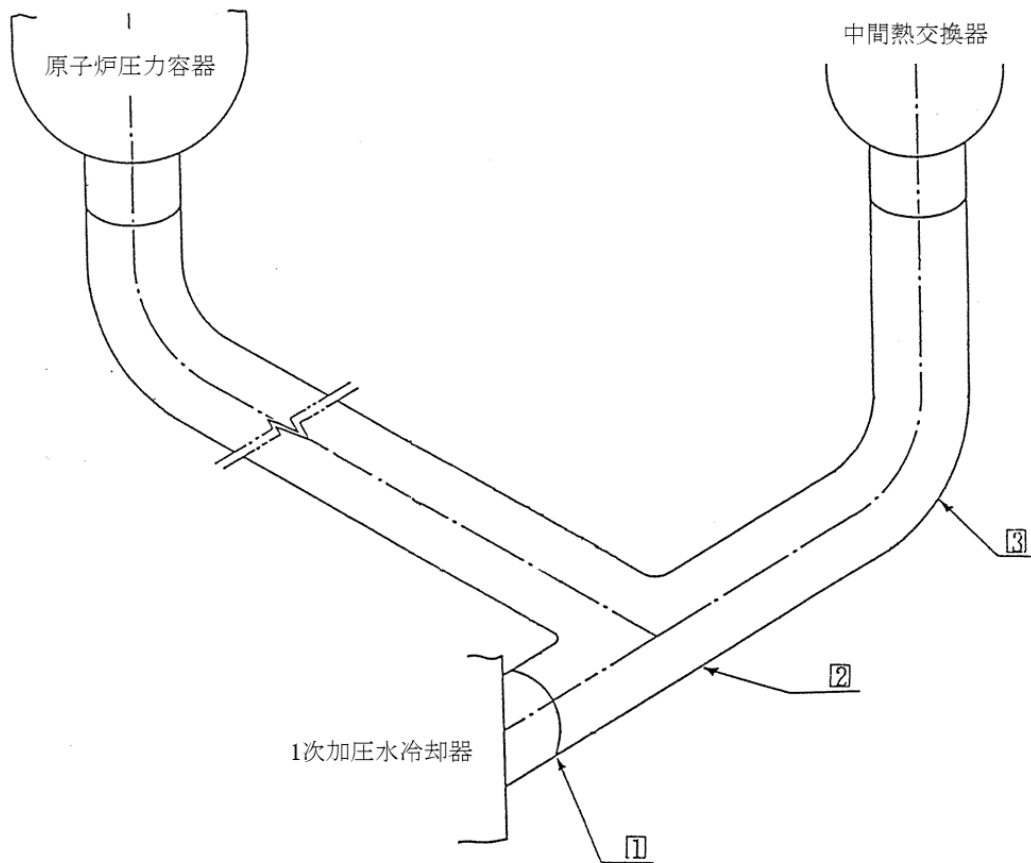
「IV-ニ-8 1次ヘリウム純化設備の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け 4安(原規)第312号)

### 3. 1次ヘリウム配管(二重管)

本評価は、1次ヘリウム配管(二重管)の耐震健全性を確認するものである。1次ヘリウム配管(二重管)の耐震評価は、「Ⅲ-イ-3 高温ガス炉第1種管の強度計算書作成の基本方針」(設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)及び「Ⅲ-イ-11 1次ヘリウム配管(二重管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)に基づいて実施する。評価箇所を第3.1図に示す。

#### 評価箇所

①	1次加圧水冷却器管台接続部
②	ティール
③	エルボ



第3.1図 評価箇所

### 3.1 解析条件

- (1) 床応答スペクトルは、原子炉建家の内部コンクリート構造物の E.L. 12.0m から E.L. 31.89m における加速度床応答スペクトル及び原子炉本体モデルで得られた原子炉圧力容器ノズル部の加速度床応答スペクトル(いずれも減衰定数 1%、10% 拡張したもの)を包絡した床応答スペクトルを用いる。
- (2) 原子炉本体モデルで算出した原子炉圧力容器ノズル部とスカート固定点の変位を強制変位として入力する。
- (3) 解析コードは、「FINAS(伊藤忠テクノソリューションズ株式会社)」を用いる。
- (4) 床応答スペクトルを用いた動的解析及び強制変位を用いた静的解析から得られた機械的荷重を用いて、評価箇所の応力評価を実施する。

#### 3.1.1 床応答スペクトル

地震動  $S_s$  ( $S_s-1$  から  $S_s-5$  と  $S_s-D$ ) 及び地震動  $S_d$  ( $S_d-1$  から  $S_d-5$  と  $S_d-D$ ) の原子炉圧力容器ノズル部の床応答スペクトルと原子炉建家の床応答スペクトルを EW、NS 及び UD それぞれ方向別に包絡した。さらに、 $S_s-1$  から  $S_s-4$  と  $S_s-D$  及び  $S_d-1$  から  $S_d-4$  と  $S_d-D$  は、包絡し  $S_{s1-4\_SsD}$  及び  $S_{d1-4\_SdD}$  とする。

#### 3.1.2 変位解析

添付書類 1-4-2. の原子炉本体モデルから得られた原子炉圧力容器ノズル部とスカート固定点との最大相対変位を原子炉圧力容器外表面及び原子炉圧力容器内支持部取合部に強制変位として入力し、静的解析を実施する。

なお、 $S_{s1-4\_SsD}$  及び  $S_{d1-4\_SdD}$  を用いた解析では、最大相対変位は  $S_s-1$  から  $S_s-4$  と  $S_s-D$  の地震動及び  $S_d-1$  から  $S_d-4$  と  $S_d-D$  の地震動のそれぞれで生じる相対変位の最大値とした。

入力とした相対変位を第 3.1 表から第 3.4 表に示す。水平方向は  $x, y$  の二方向独立で考慮し、変位量の正負については水平と鉛直で不利な方向に作用するものとして、最も評価が厳しくなる組合せを選択した。



第 3.1 表 Ss1-4\_SsD 地震動 相对変位

地震動	水平 x (EW)	水平 y (NS)	鉛直 z (UD)
Ss1-4_SsD	0.4 mm	0.5 mm	0.1 mm

第 3.2 表 Ss5 地震動 相对変位

地震動	水平 x (EW)	水平 y (NS)	鉛直 z (UD)
Ss5	0.2 mm	0.4 mm	0.1 mm

第 3.3 表 Sd1-4\_SdD 地震動 相对変位

地震動	水平 x (EW)	水平 y (NS)	鉛直 z (UD)
Sd1-4_SdD	0.2mm	0.3mm	0.1 mm

第 3.4 表 Sd5 地震動 相对変位

地震動	水平 x (EW)	水平 y (NS)	鉛直 z (UD)
Sd5	0.2mm	0.2mm	0.1 mm

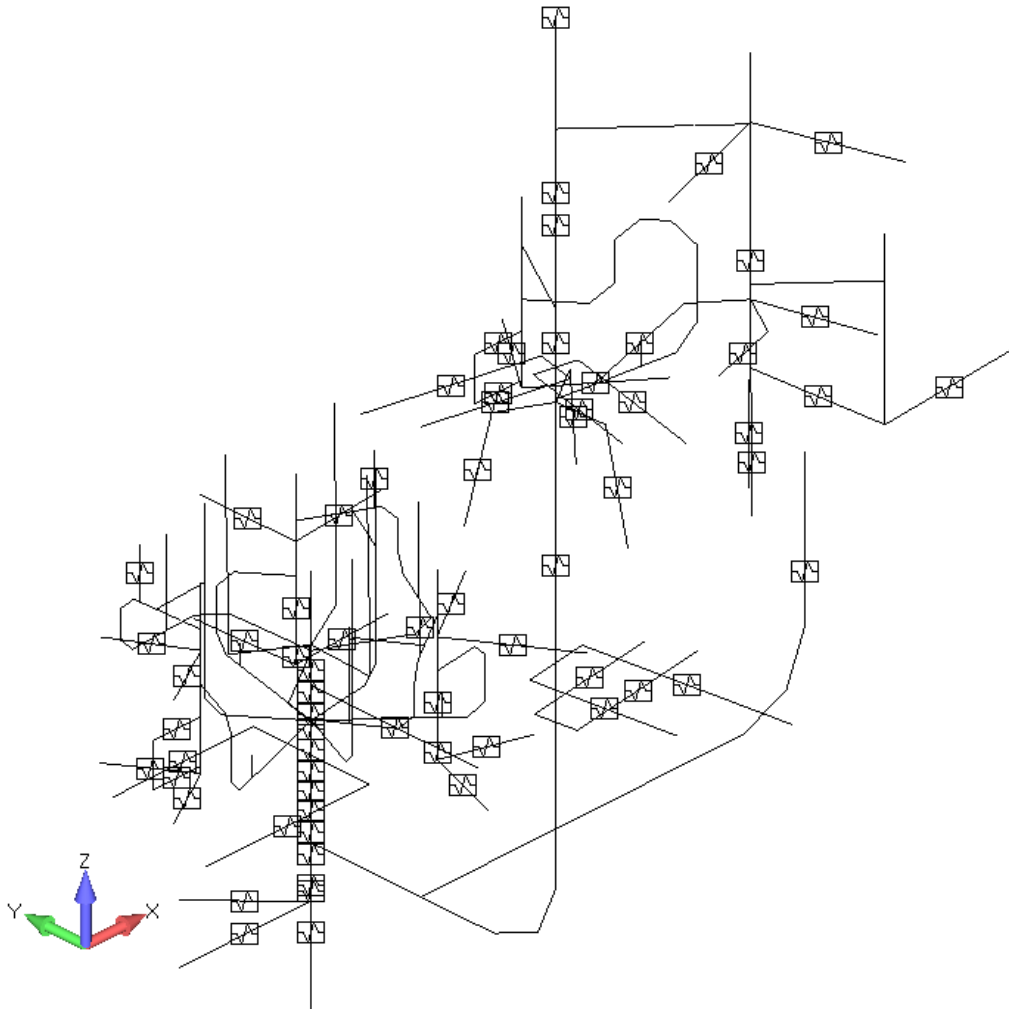
### 3.1.3 解析モデル、諸元及び材料特性

解析モデルを第 3.2 図に示す。解析モデルは第 3.3 図に示す 1 次ヘリウム配管を基本としたモデルに対して、中間熱交換器、1 次加圧水冷却器、1 次ヘリウム循環機、中間熱交換器まわり配管及び 1 次加圧水冷却器まわり配管の部分モデルを組み込んだモデルである。

なお、寸法等、解析モデル諸元は既往の設工認に従うものであり、具体的な値については下記を参照した。

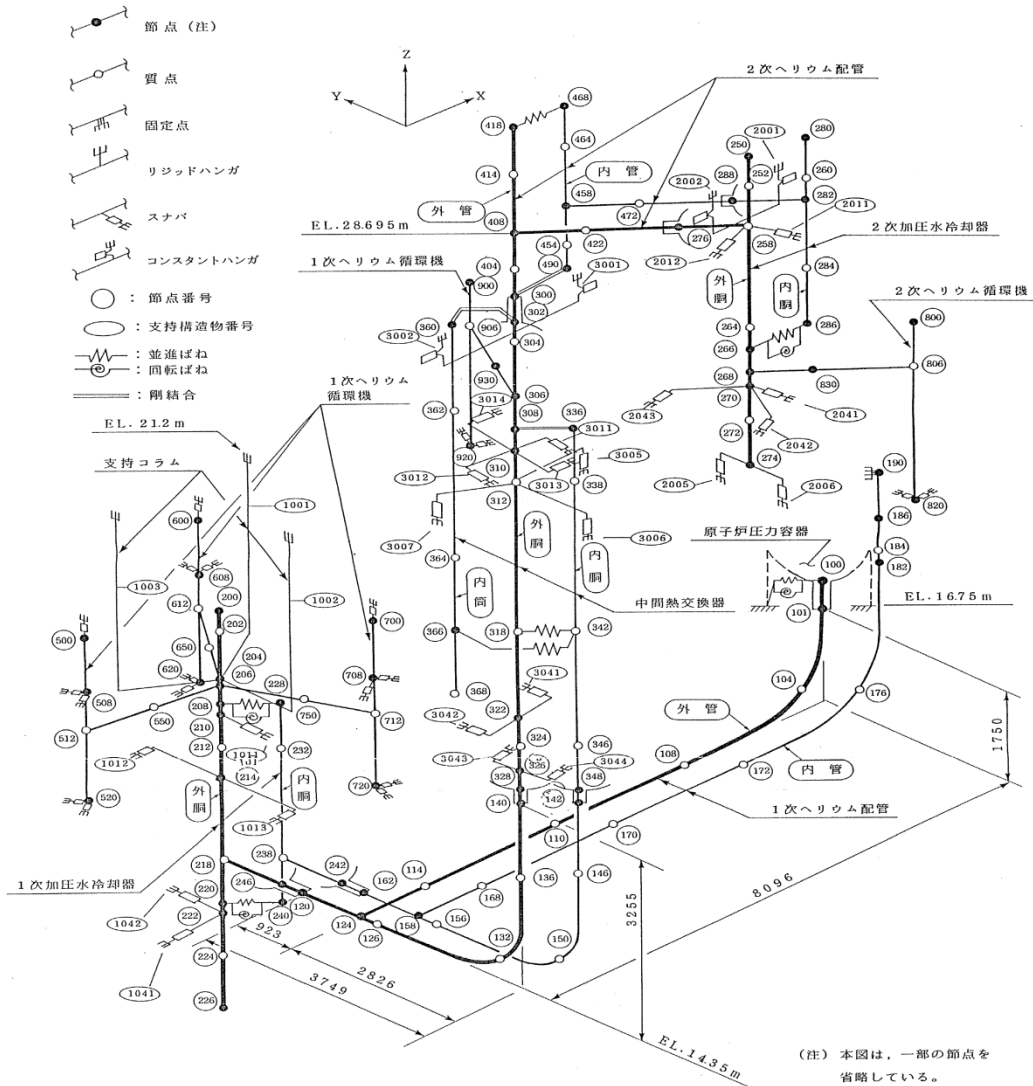
- ・「Ⅲ-イ-11 1 次ヘリウム配管(二重管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 3 回申請)平成 4 年 4 月 9 日付け 4 安(原規)第 47 号)
- ・「Ⅲ-イ-8 中間熱交換器の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 3 回申請)平成 4 年 4 月 9 日付け 4 安(原規)第 47 号)
- ・「Ⅲ-イ-9 1 次加圧水冷却器の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 3 回申請)平成 4 年 4 月 9 日付け 4 安(原規)第 47 号)
- ・「Ⅲ-イ-10 1 次ヘリウム循環機の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 3 回申請)平成 4 年 4 月 9 日付け 4 安(原規)第 47 号)
- ・「Ⅳ-イ-7 1 次ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)

(1) 解析モデル



第 3.2 図 解析モデル

主冷却設備配管系解析モデルのイメージを第 3.3 図に示す。



第 3.3 図 主冷却設備配管系 解析モデルイメージ

(※)実際のモデルは、中間熱交換器、1次加圧水冷却器及び1次ヘリウム循環機の部分モデルを組み込んでおり、イメージ図では詳細を省略している。

(2) 材料特性

各機器の材料特性値を第 3.5 表に示す。

第 3.5 表 材料特性値

機器・配管		縦弾性係数 ( $\times 10^5 \text{N/mm}^2$ )	ポアソン比
1 次ヘリウム配管	外管	1.82	0.30
	内管	1.82	0.30
中間熱交換器	外胴	1.82	0.30
	内胴	1.82	0.30
	内筒	1.50	0.30
1 次加圧水冷却器	外胴	1.82	0.30
	内胴	1.82	0.30
	水室	1.97	0.30
	支持コラム	1.82	0.30
	伝熱管	1.83	0.30
1 次ヘリウム循環機	中間熱交換器用	1.82	0.30
	1 次加圧水冷却器用		
2 次ヘリウム配管	外管	1.91	0.30
	内管	1.91	0.30
2 次加圧水冷却器	外胴	1.91	0.30
	内胴	1.91	0.30
	水室	1.97	0.30
1 次加圧水冷却器接続単管		1.82	0.30
2 次加圧水冷却器接続単管		1.92	0.30
中間熱交換器接続単管		1.82	0.30

## 3.2 解析

### 3.2.1 解析方法

#### (1) 応答スペクトル解析

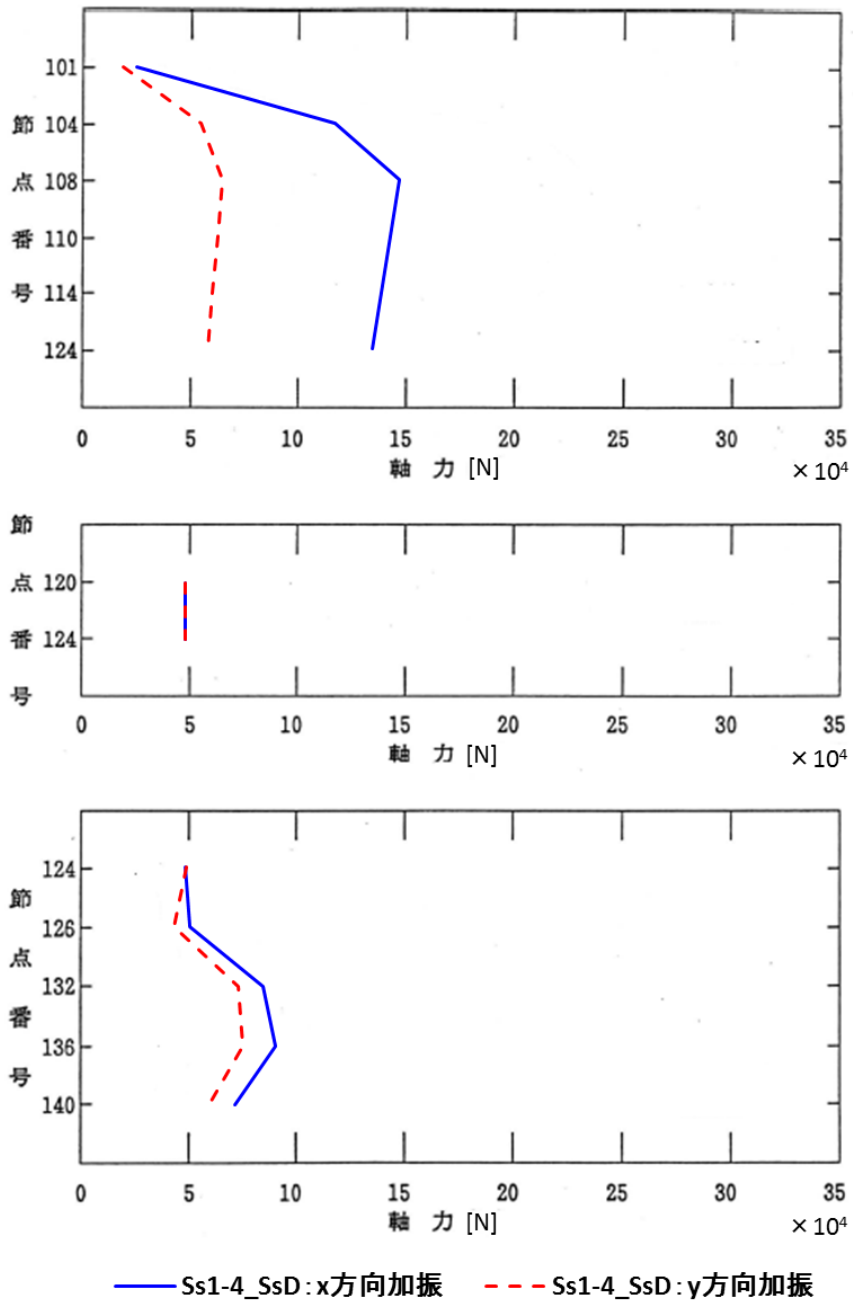
原子炉本体モデルから得られた原子炉压力容器ノズル部の床応答スペクトルと、原子炉建家の床応答スペクトルの包絡波を用いて応答スペクトル解析を実施する。

#### (2) 変位解析

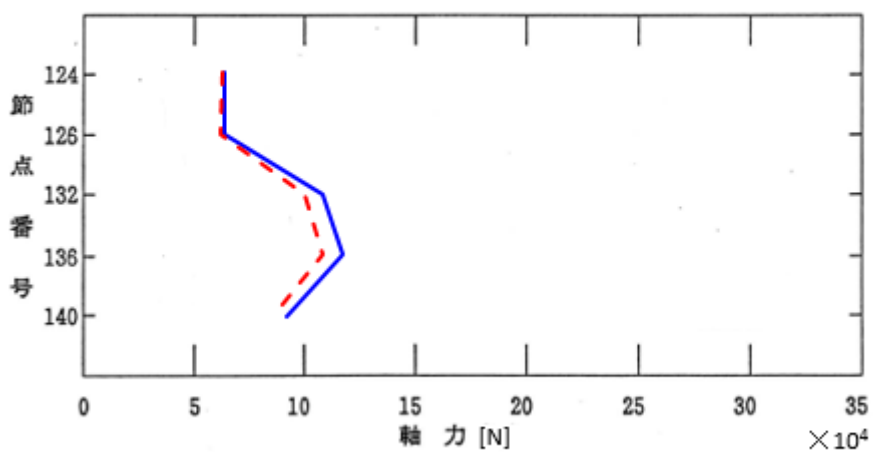
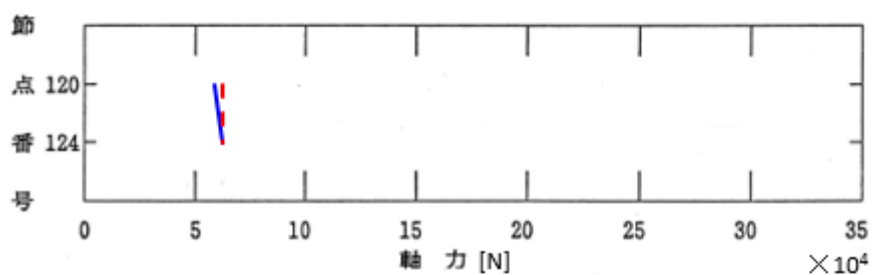
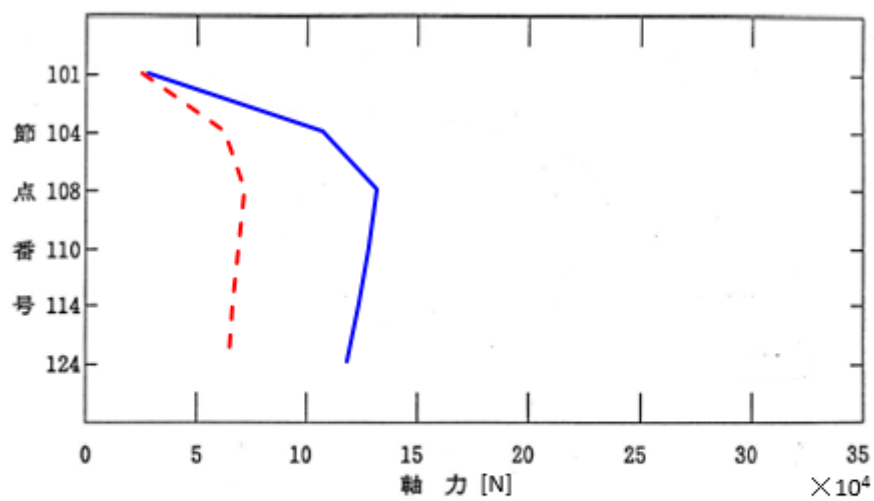
原子炉本体モデルから得られた原子炉压力容器ノズル部とスカート固定点との最大相対変位を原子炉压力容器外表面(節点 100)及び原子炉压力容器内支持部取合部(節点 190)に強制変位として入力する。

### 3.2.2 断面力分布

静的及び動的解析結果として、応力評価に用いる軸力及びモーメントの分布を第 3.4 図から第 3.59 図に示す。



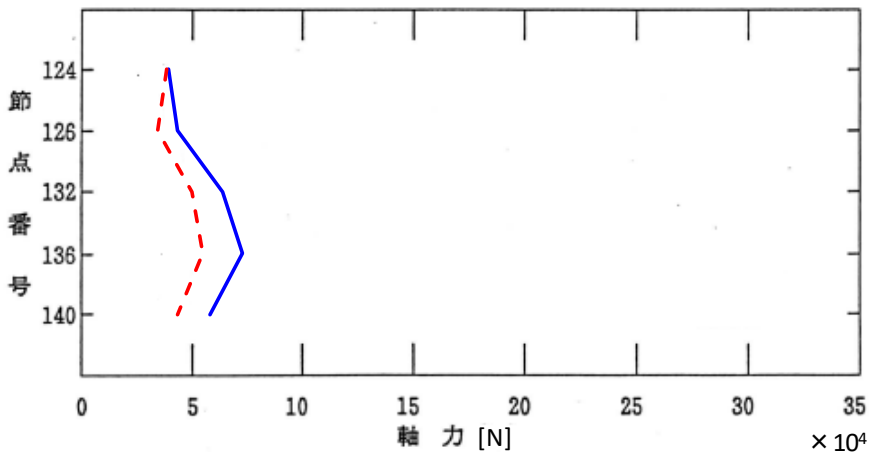
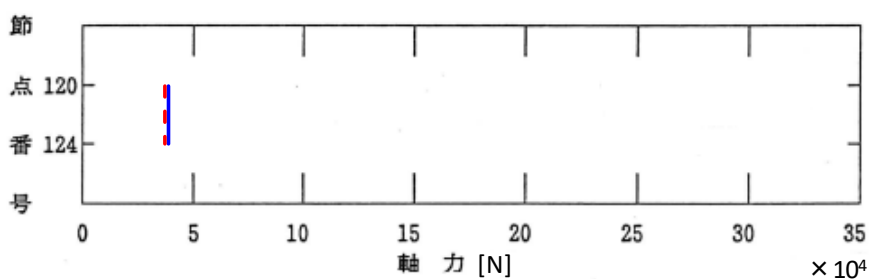
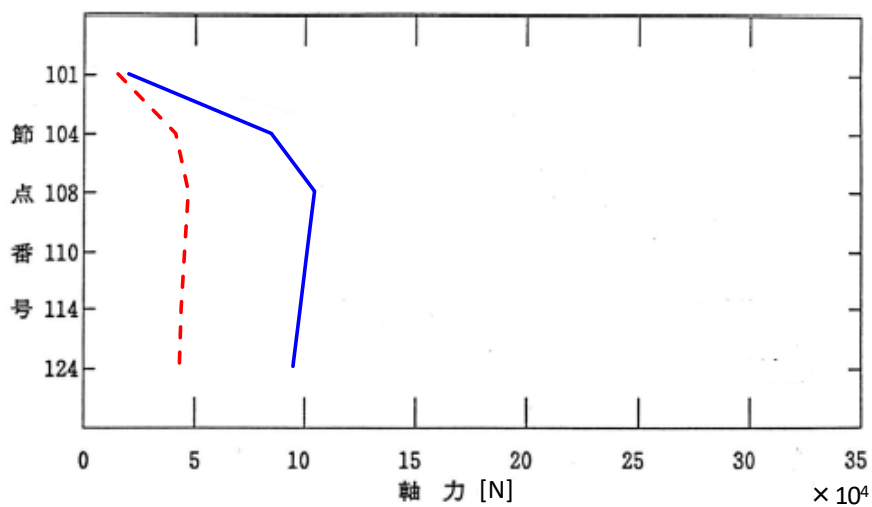
第 3.4 図 Ss1-4\_SsD 地震動 二重管の軸力分布  
 (※節点番号は、第 3.3 図を参照)



— Ss5:x方向加振    - - - Ss5:y方向加振

第 3.5 図 Ss5 地震動 二重管の軸力分布  
 (※節点番号は、第 3.3 図を参照)

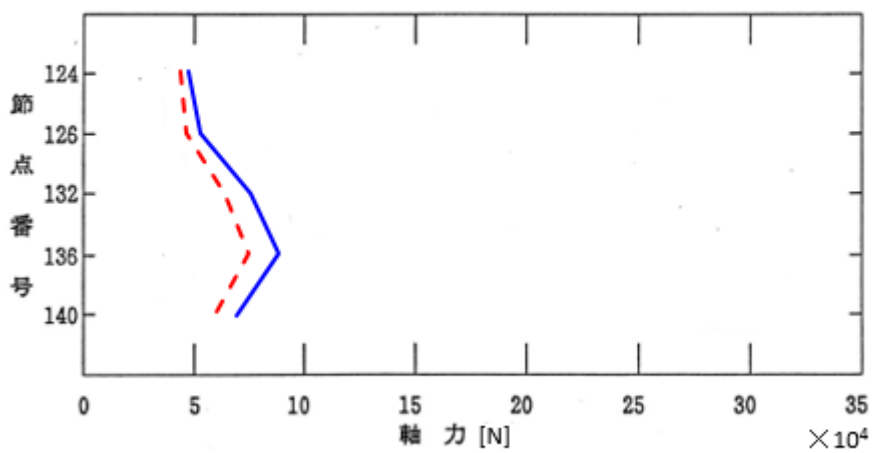
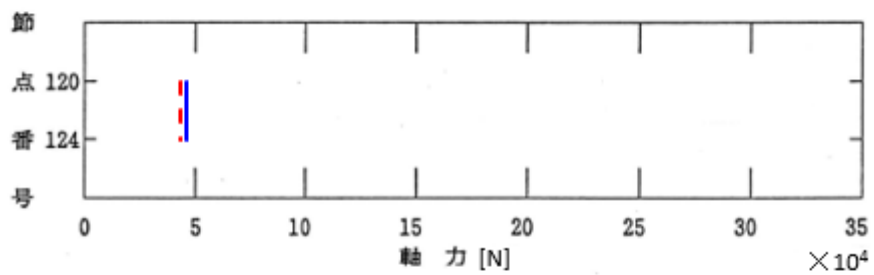
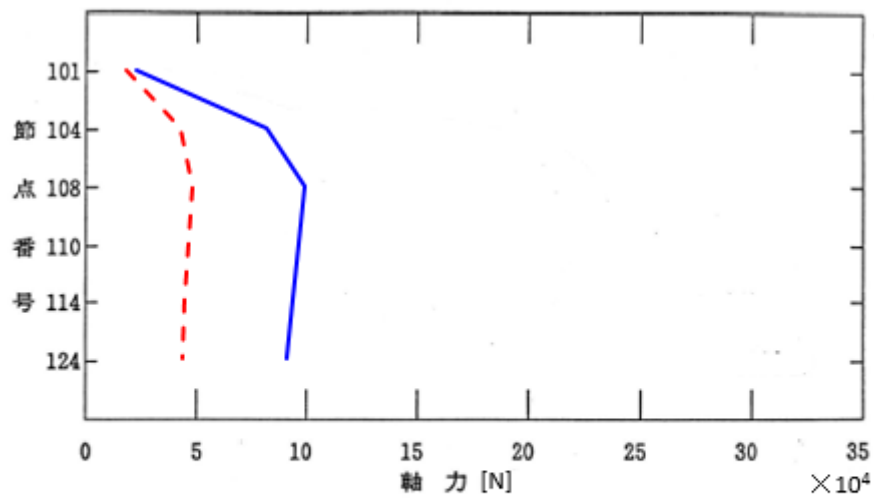




— Sd1-4\_SdD: x方向加振    - - - Sd1-4\_SdD: y方向加振

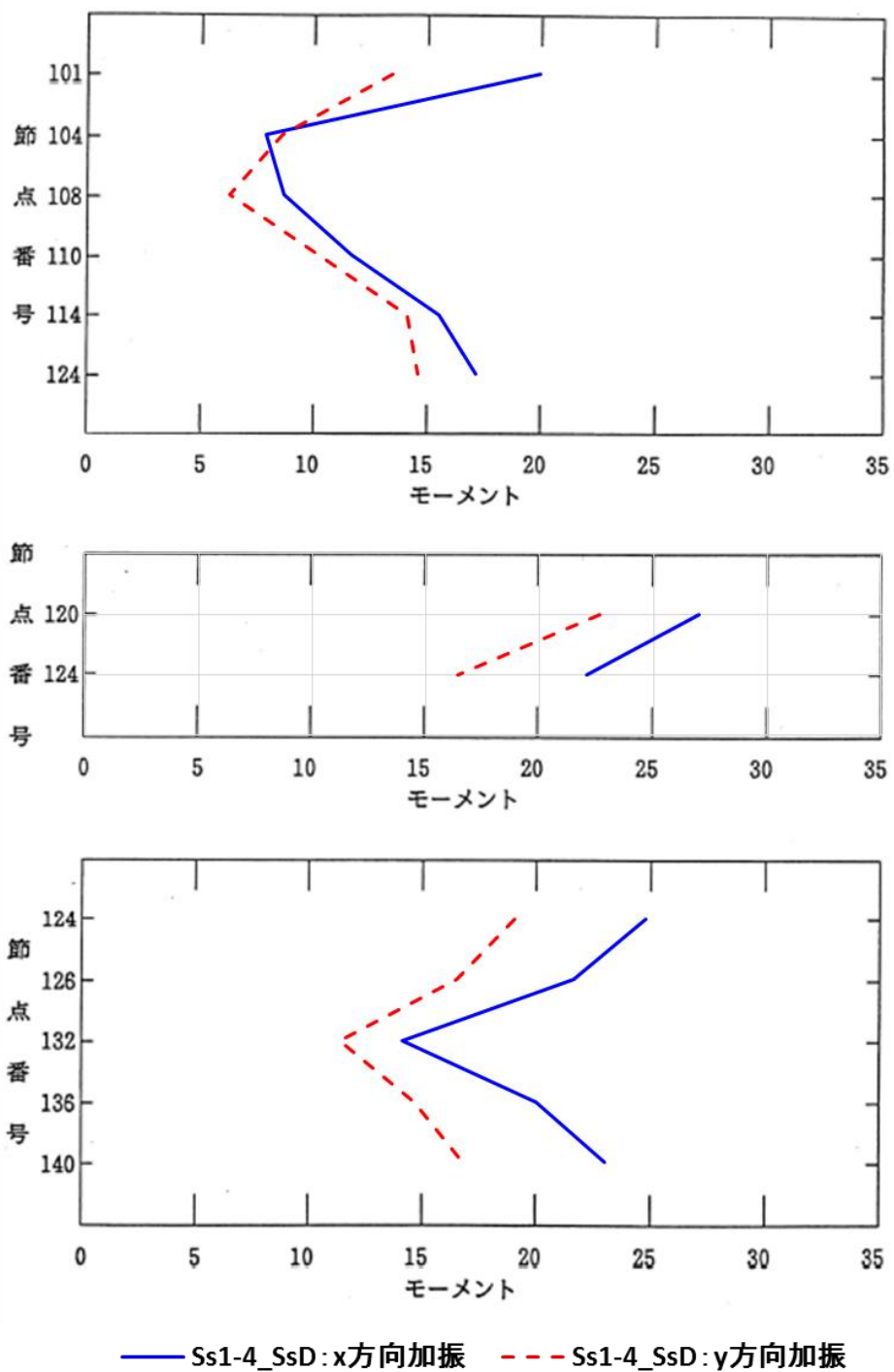
第 3.6 図 Sd1-4\_SdD 地震動 二重管の軸力分布

(※節点番号は、第 3.3 図を参照)

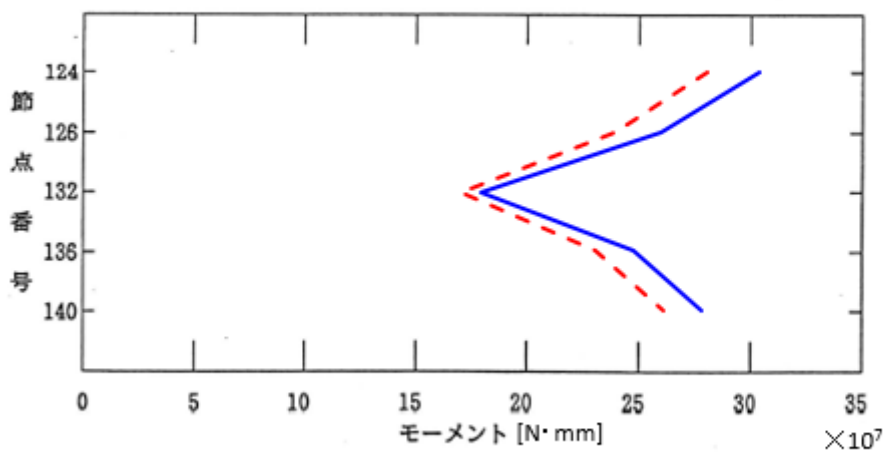
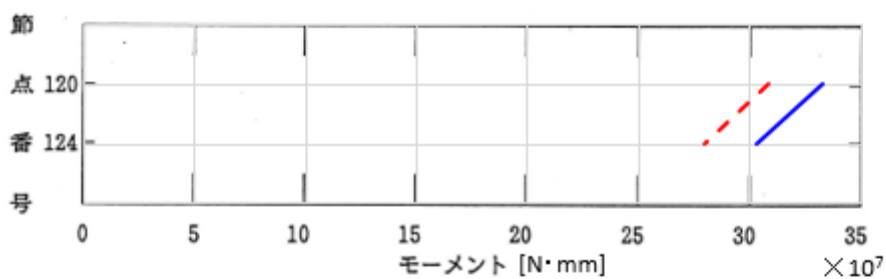
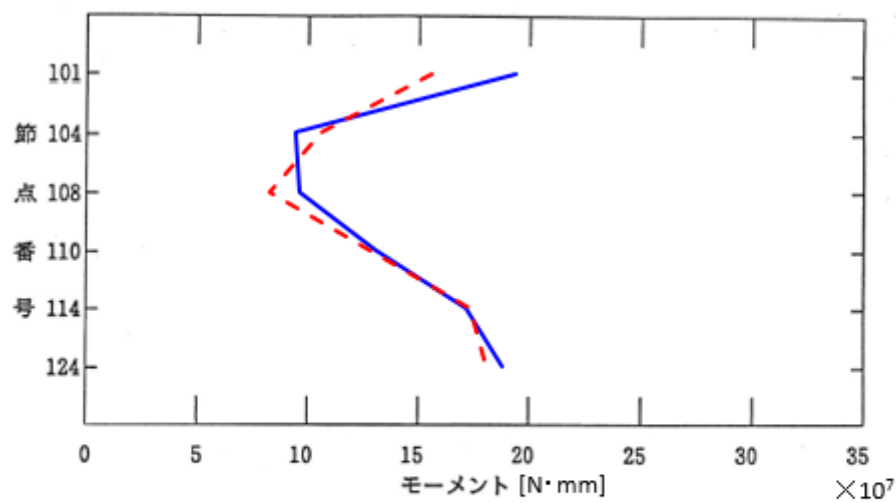


— Sd5:x方向加振    - - - Sd5:y方向加振

第 3.7 図 Sd5 地震動 二重管の軸力分布  
 (※節点番号は第 3.3 図を参照)

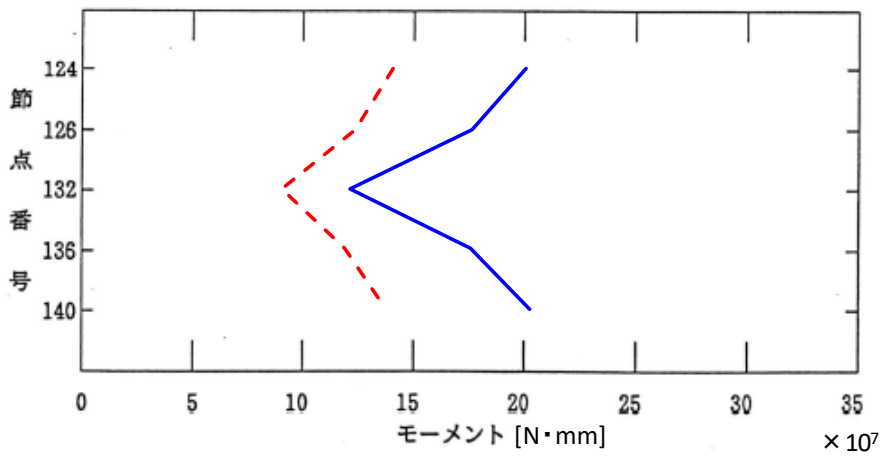
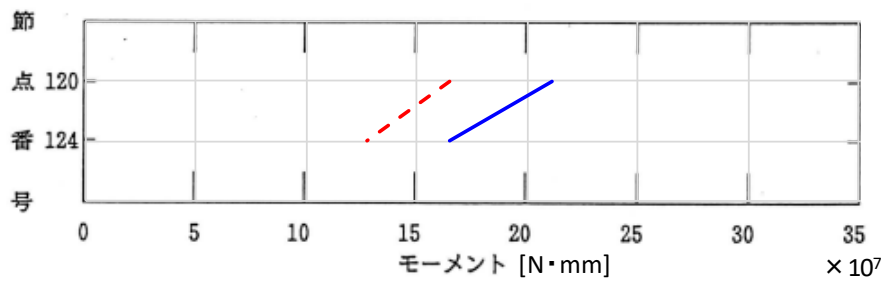
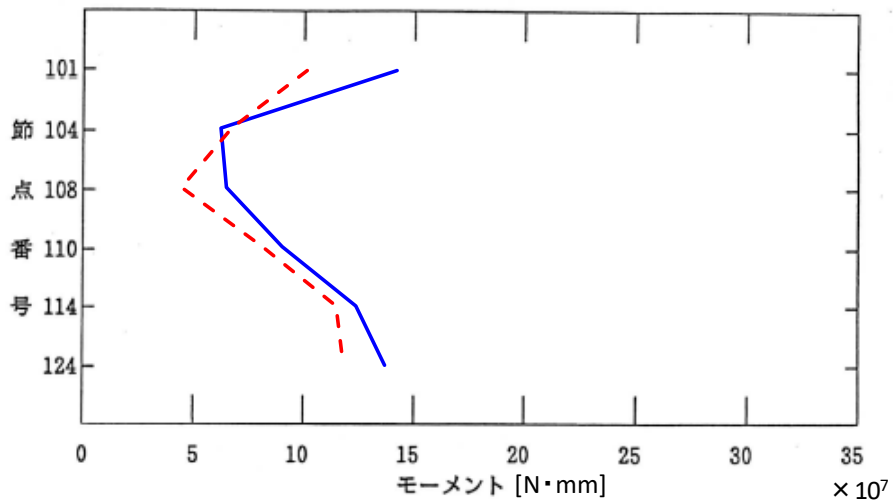


第 3.8 図 Ss1-4\_SsD 地震動 二重管の曲げモーメント分布  
 (※節点番号は、第 3.3 図を参照)



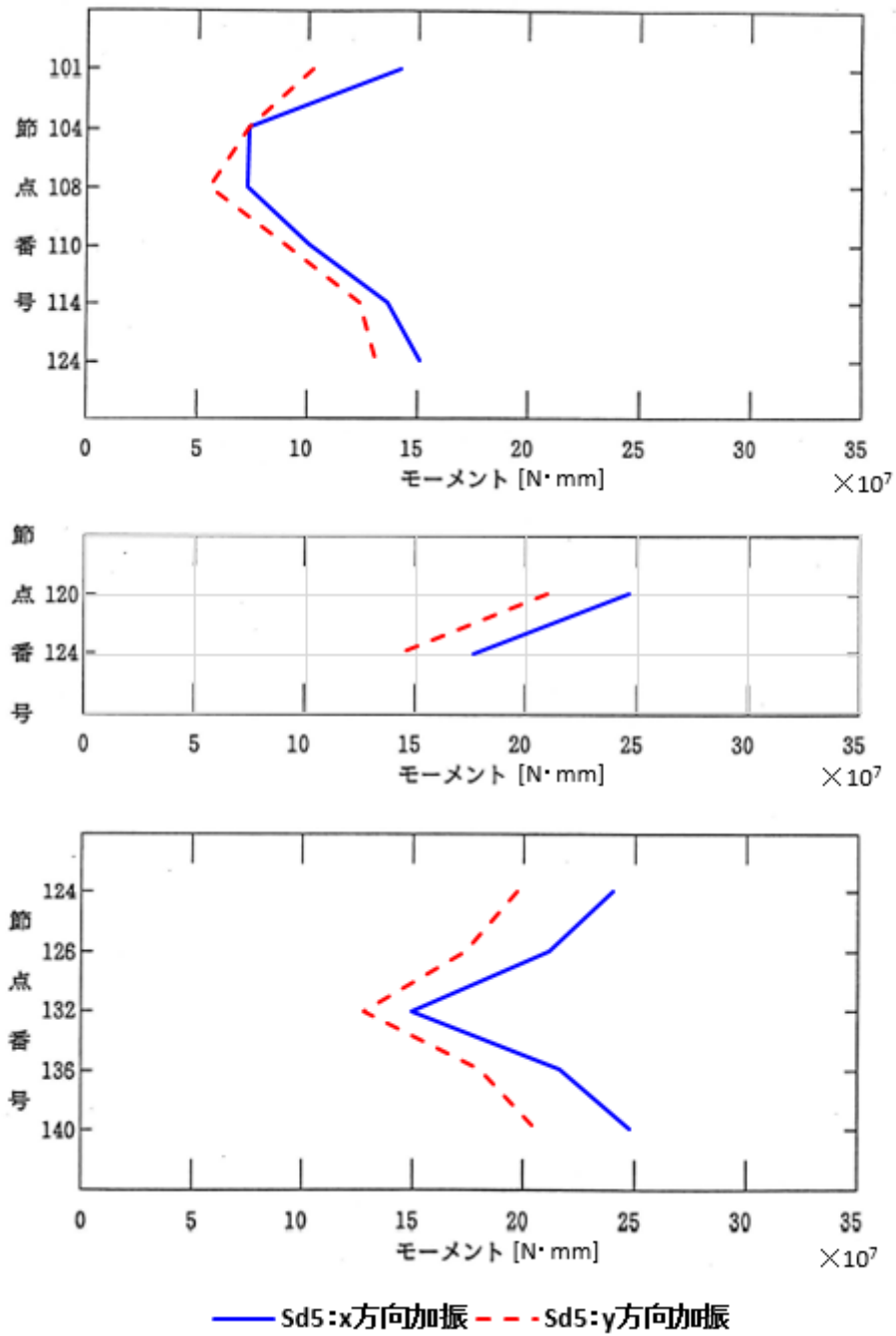
— Ss5:x方向加振    - - - Ss5:y方向加振

第 3.9 図 Ss5 地震動 二重管の曲げモーメント分布  
 (※節点番号、第 3.3 図を参照)

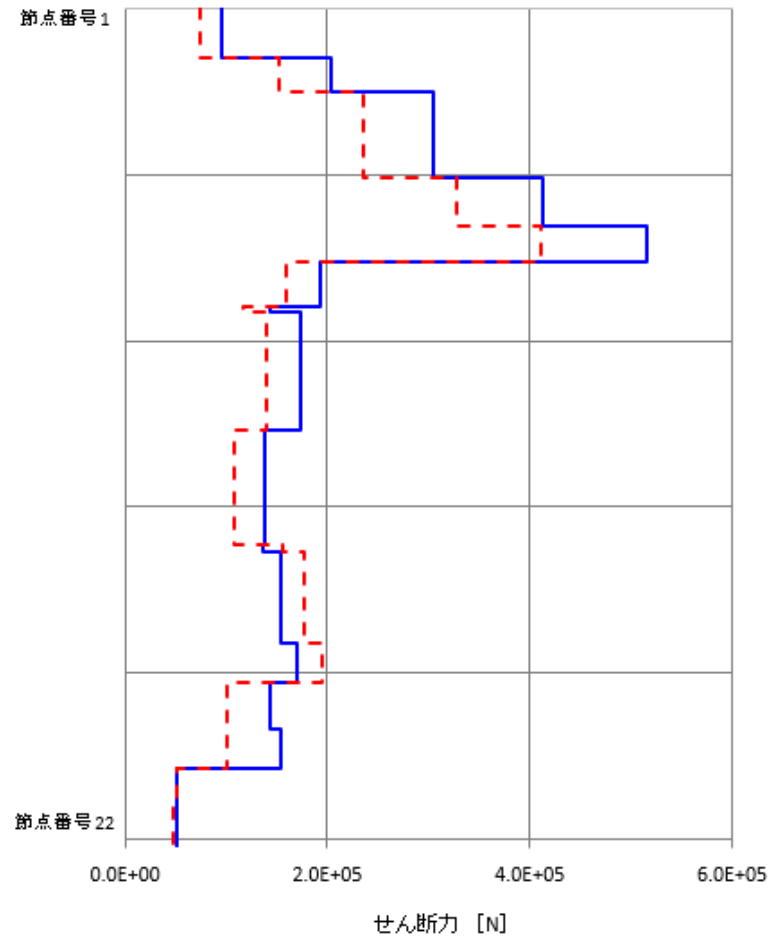
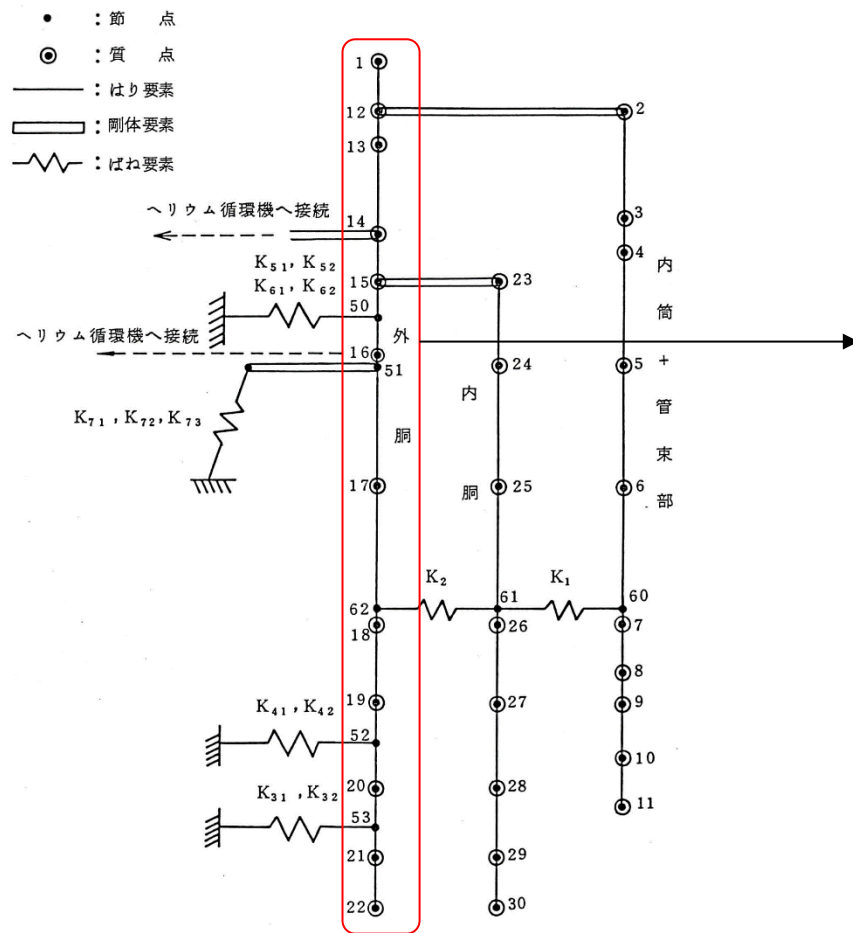


— Sd1-4\_SdD:x方向加振    - - - Sd1-4\_SdD:y方向加振

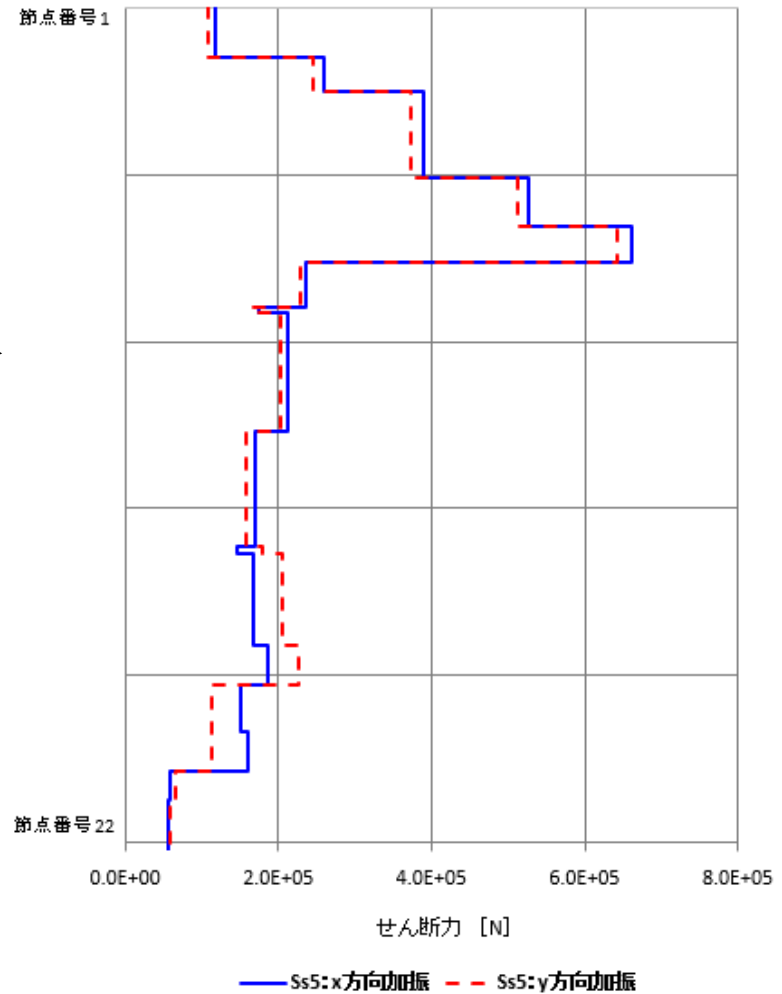
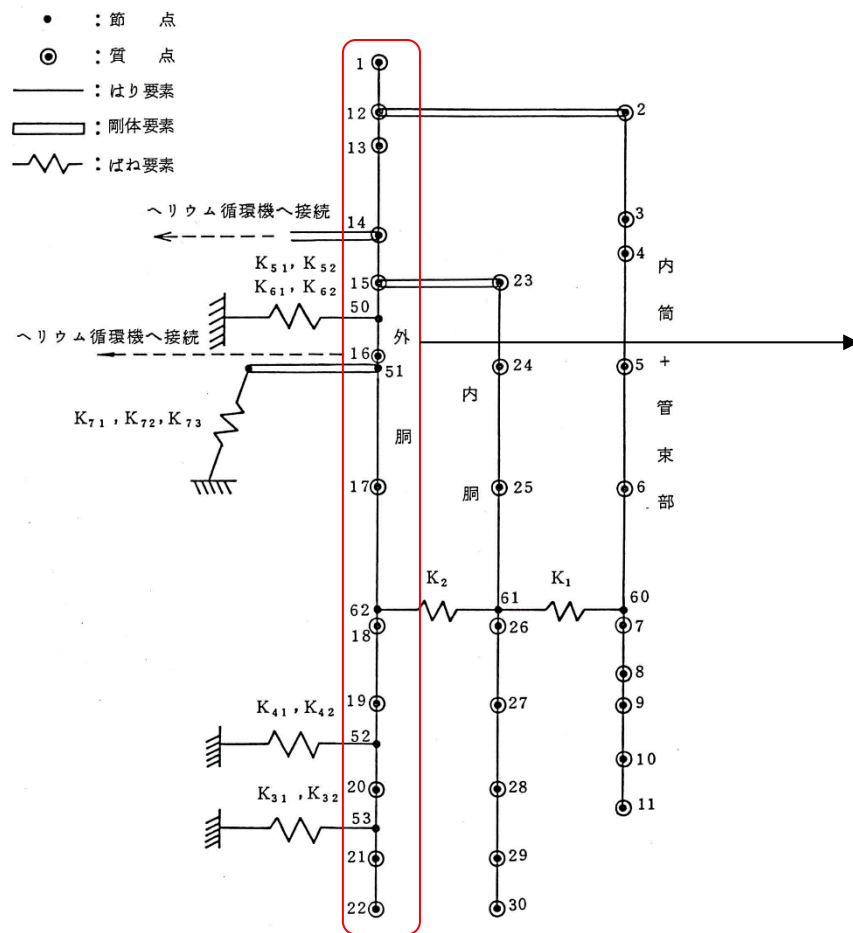
第 3.10 図 Sd1-4\_SdD 地震動 二重管の曲げモーメント分布  
(※節点番号は、第 3.3 図を参照)



第 3.11 図 Sd5 地震動 二重管の曲げモーメント分布  
 (※節点番号は、第 3.3 図を参照)

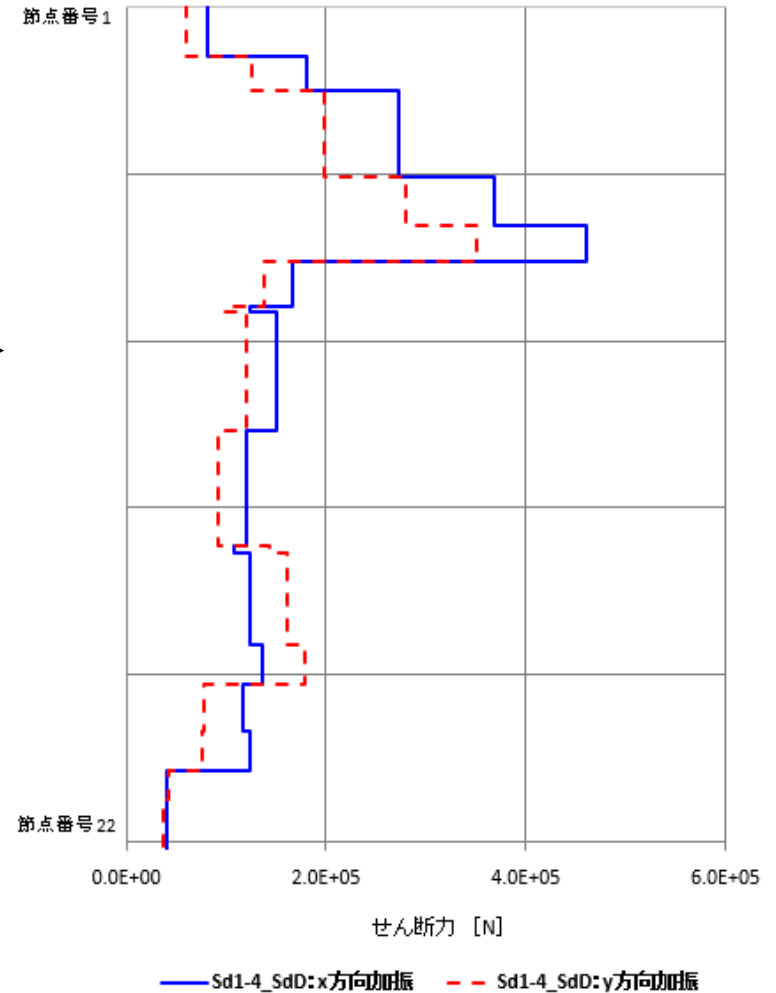
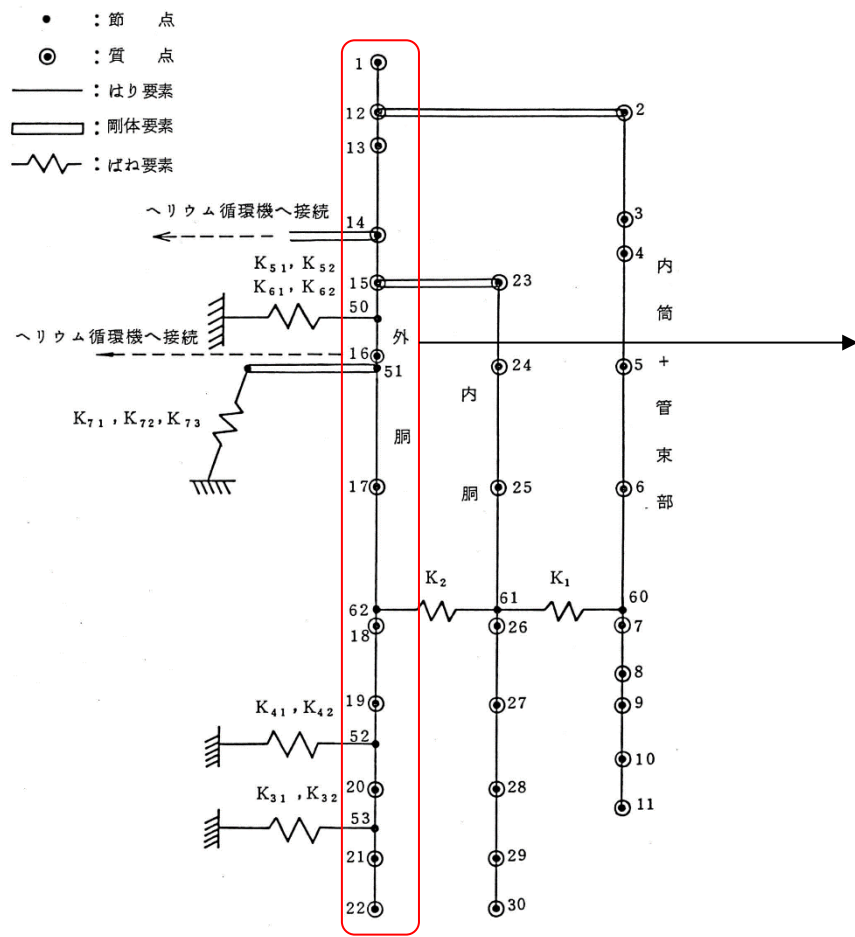


第 3.12 図 Ss1-4\_SsD 地震動 中間熱交換器(外筒)のせん断力分布

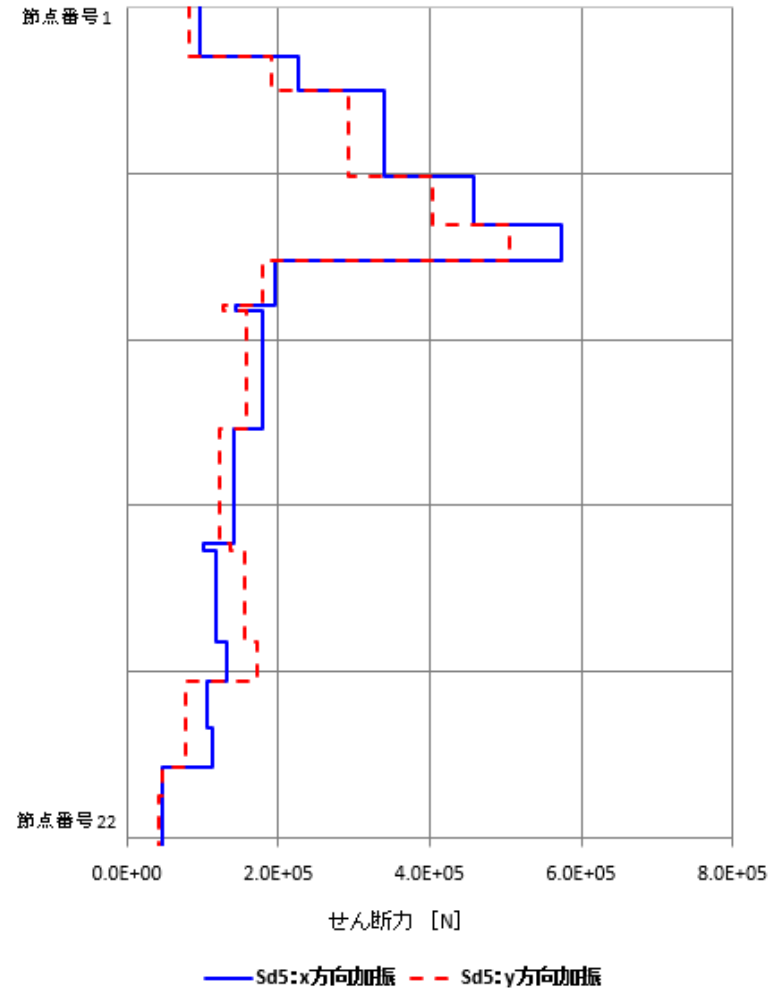
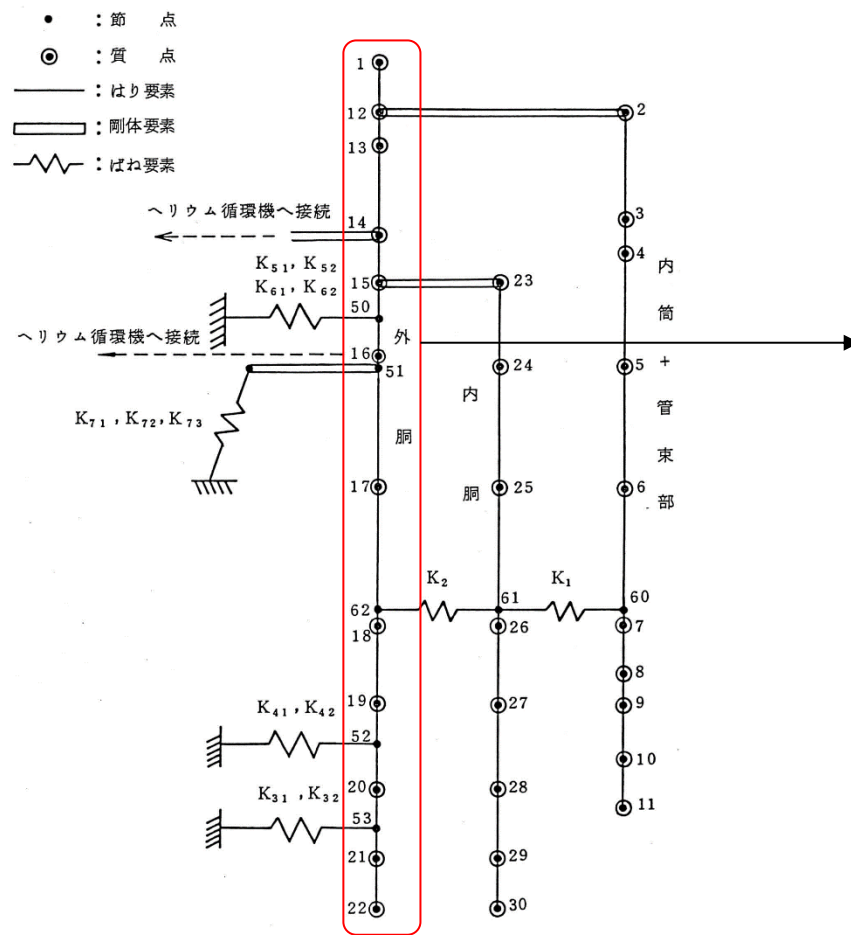


第 3.13 図 Ss5 地震動 中間熱交換器(外筒)のせん断力分布

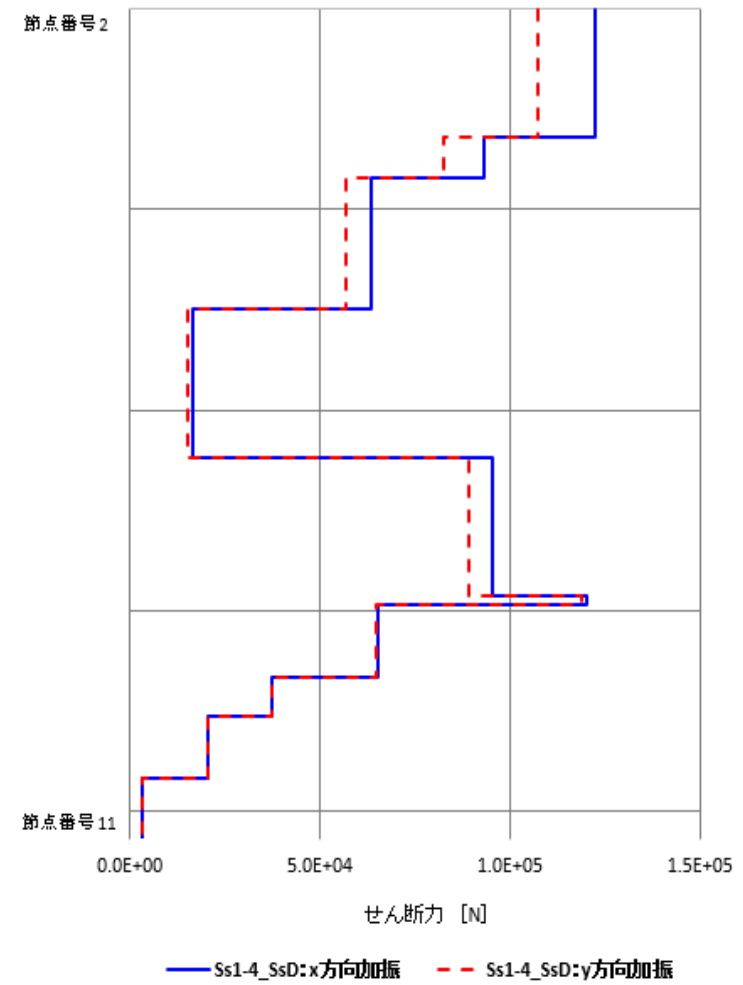
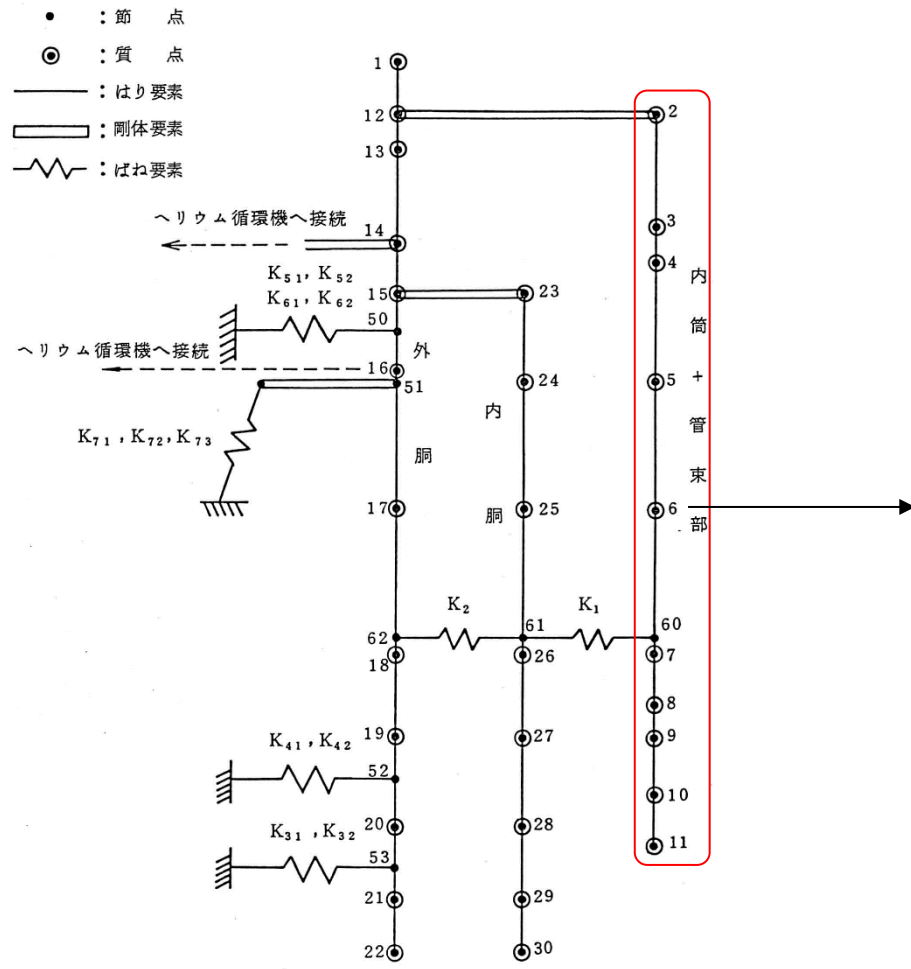




第 3.14 図 Sd1-4\_SdD 地震動 中間熱交換器(外胴)のせん断力分布

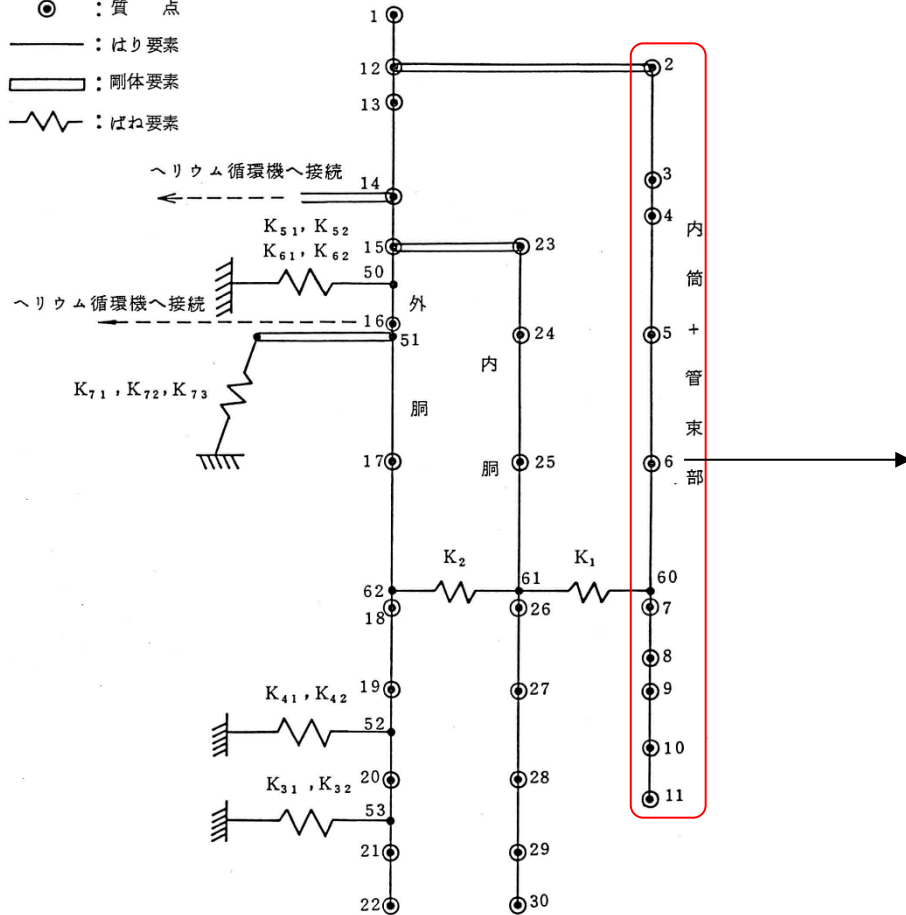


第 3.15 図 Sd5 地震動 中間熱交換器(外胴)のせん断力分布

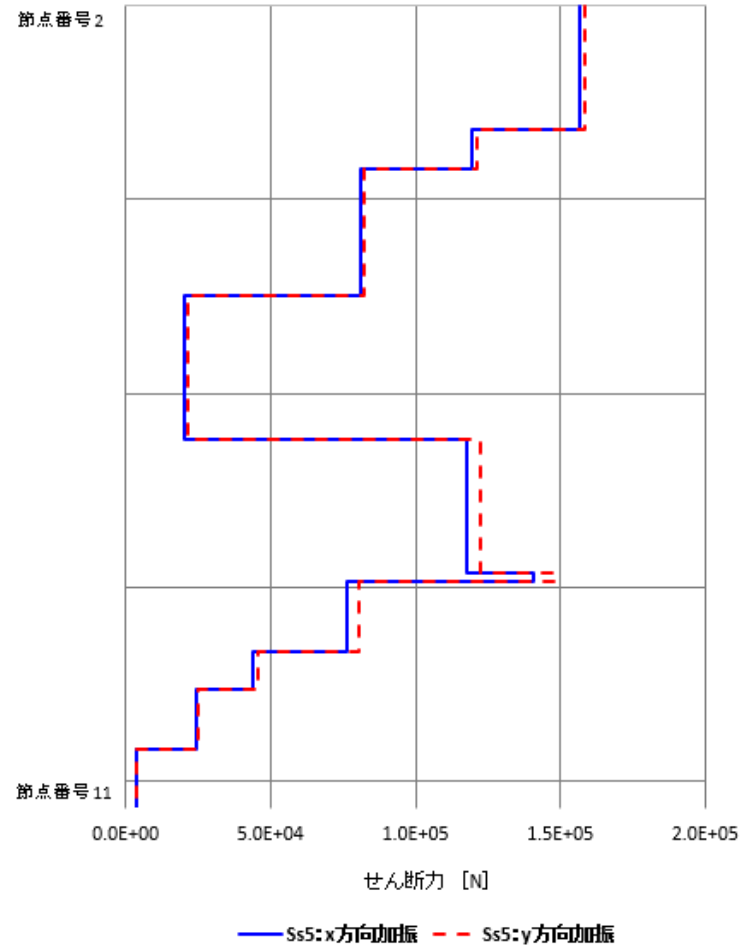


第 3.16 図 Ss1-4\_SsD 地震動 中間熱交換器(内筒)のせん断力分布

- : 節 点
- ⊙ : 質 点
- : はり要素
- ▭ : 剛体要素
- : ばね要素

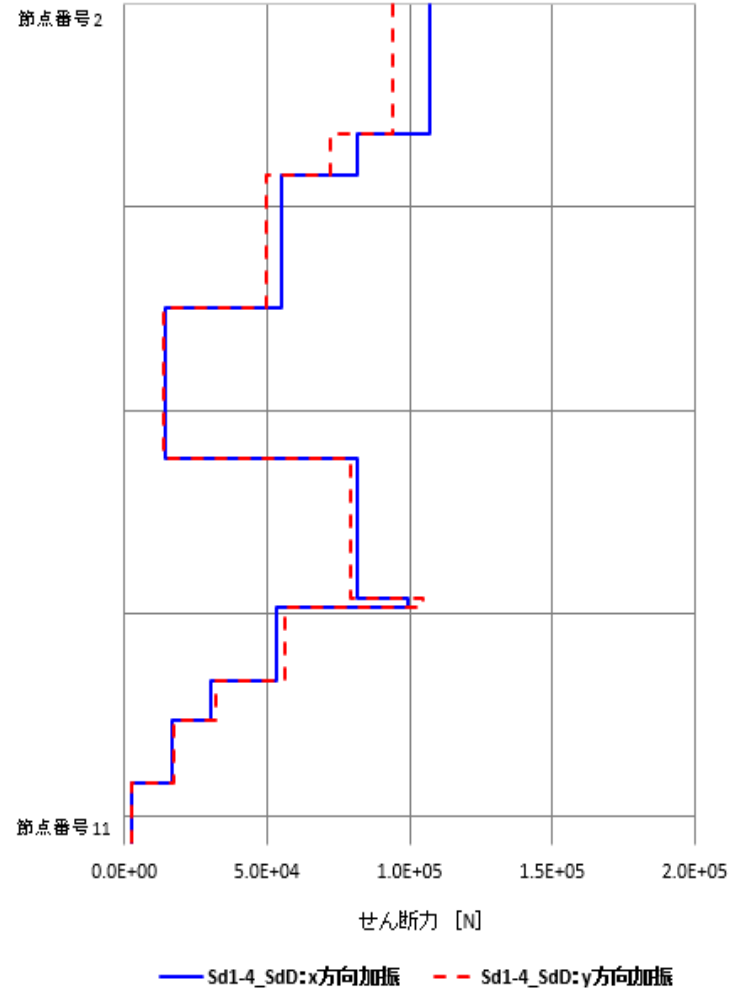
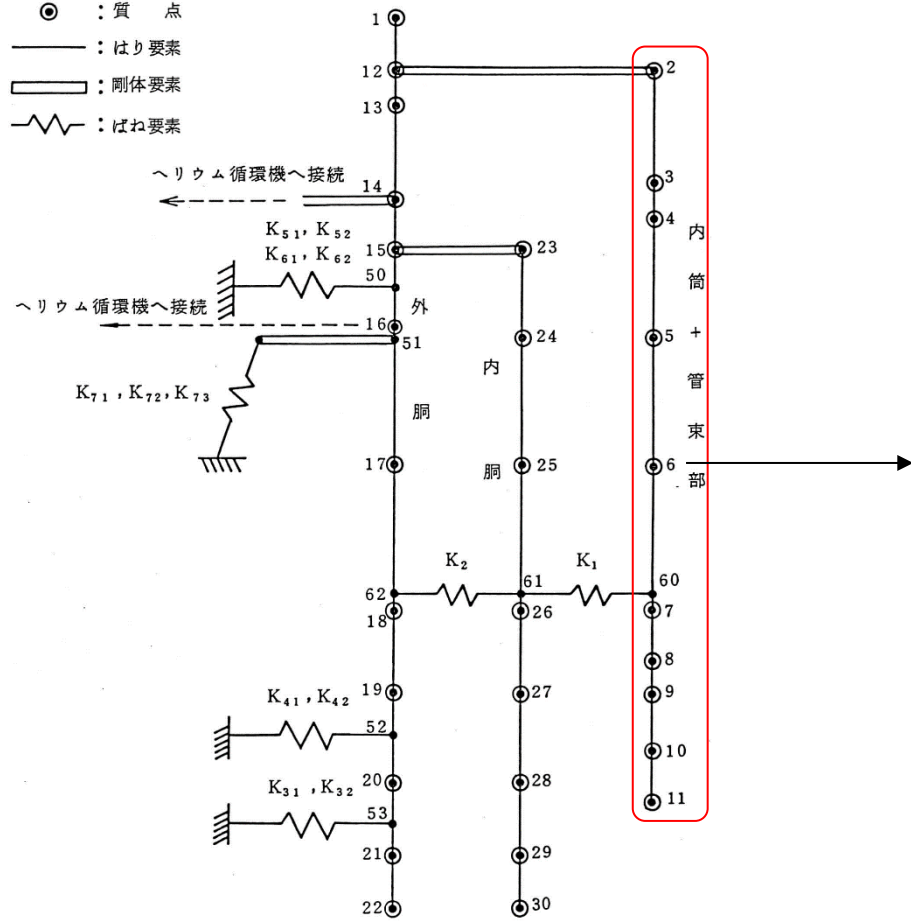


節点番号 2

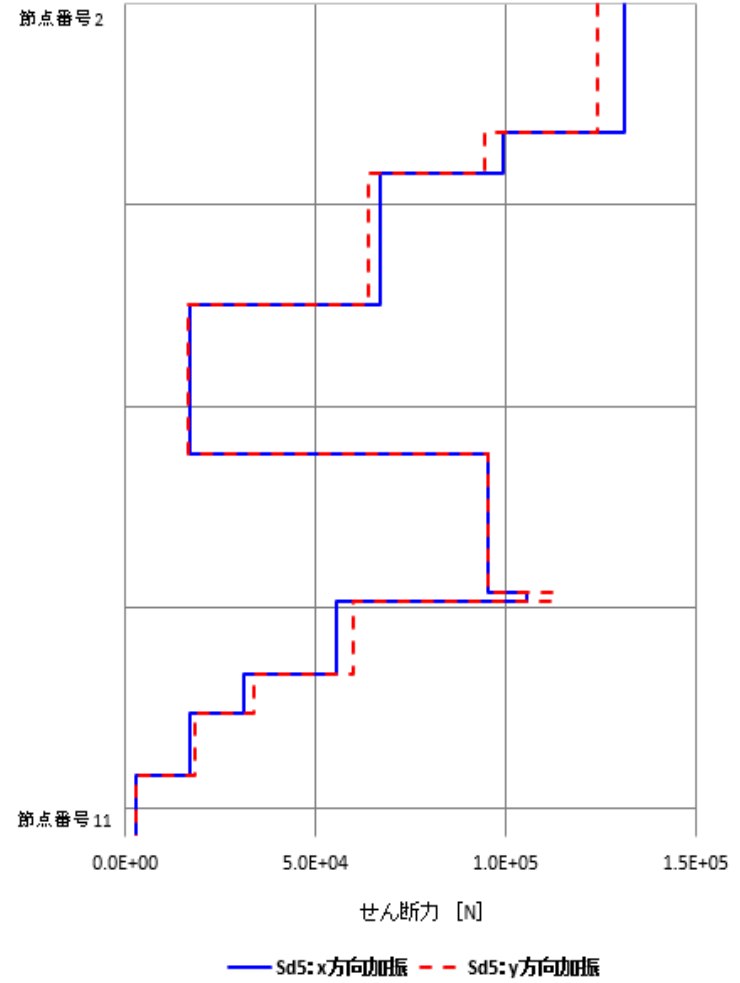
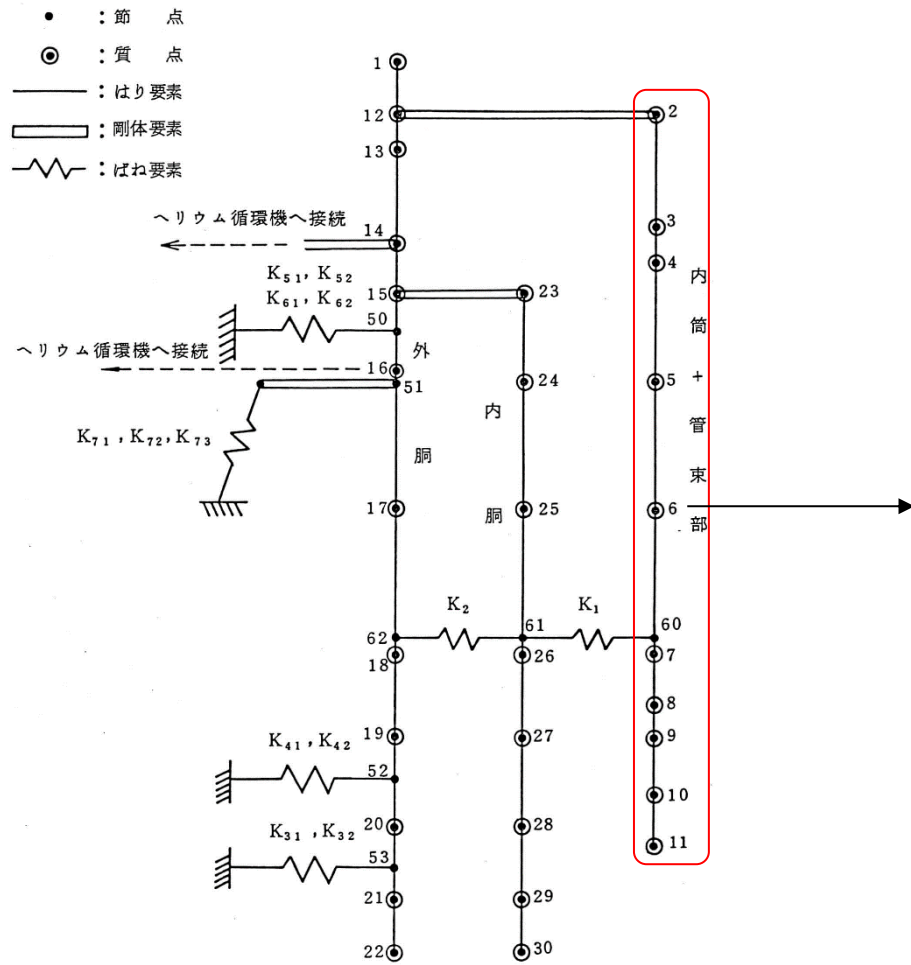


第 3.17 図 Ss5 地震動 中間熱交換器(内筒)のせん断力分布

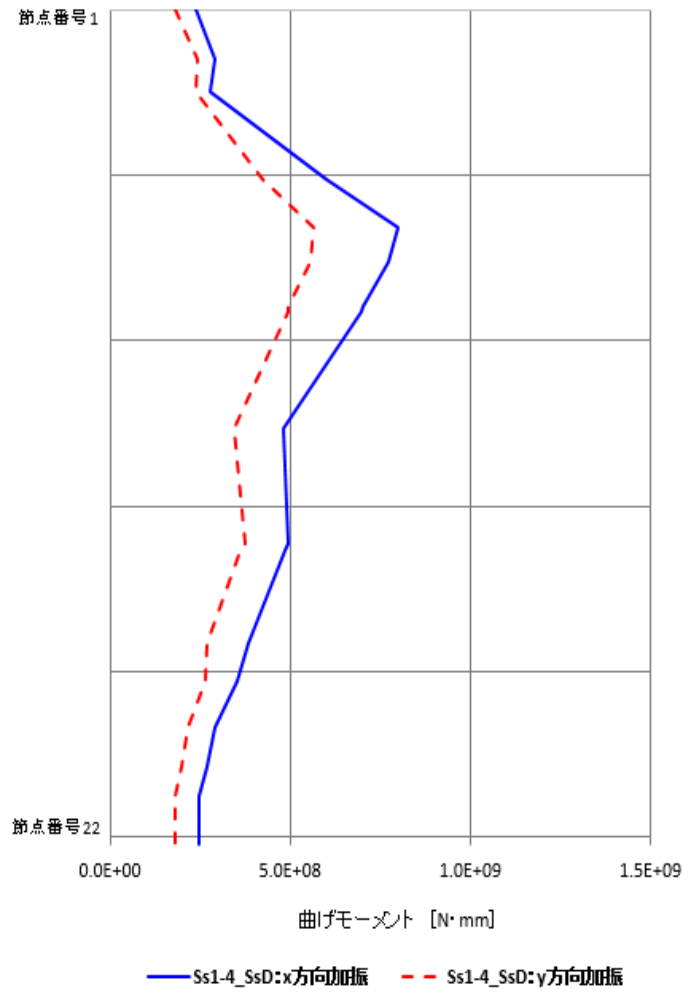
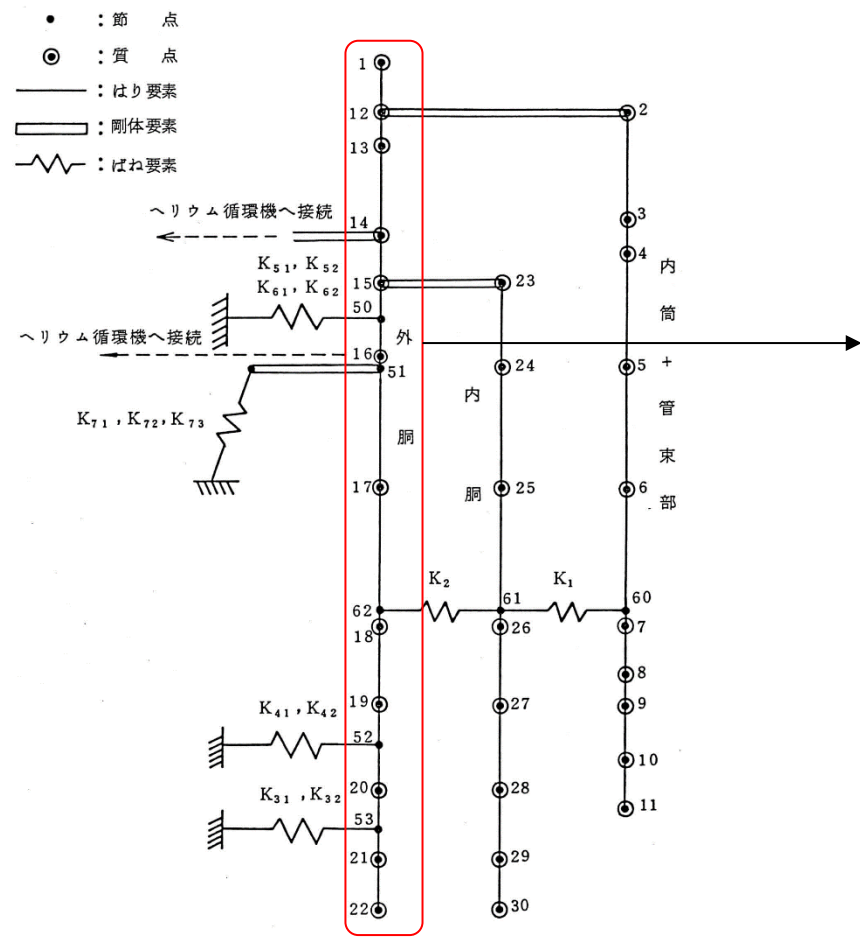
- : 節 点
- ⊙ : 質 点
- : はり要素
- ▭ : 剛体要素
- : ばね要素



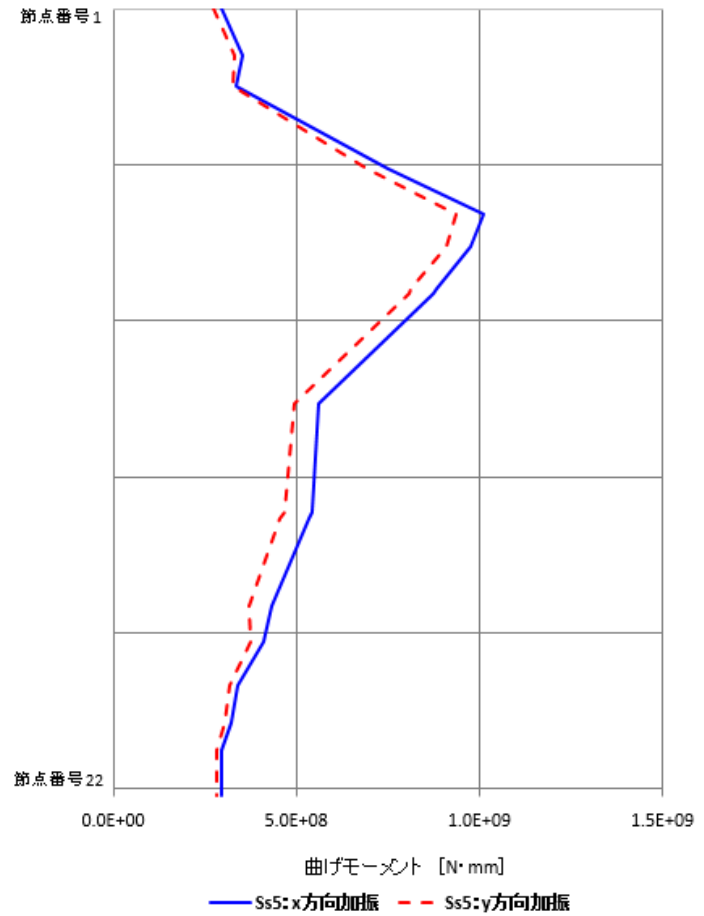
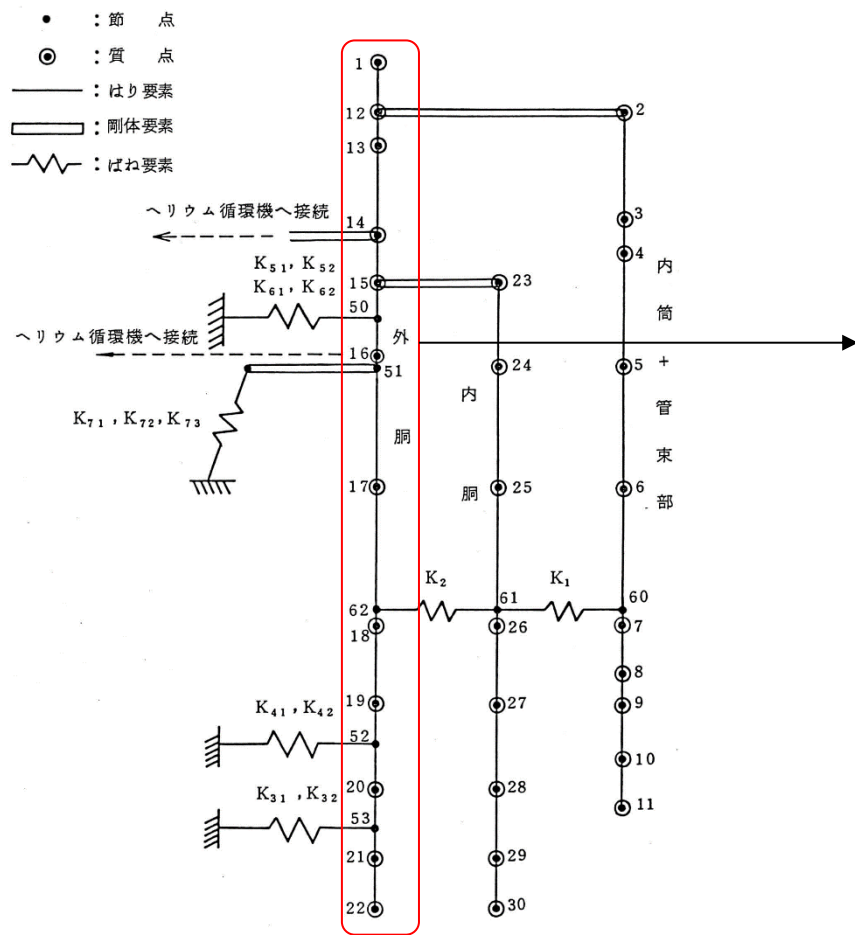
第 3.18 図 Sd1-4\_SdD 地震動 中間熱交換器(内筒)のせん断力分布



第 3.19 図 Sd5 地震動 中間熱交換器(内筒)のせん断力分布

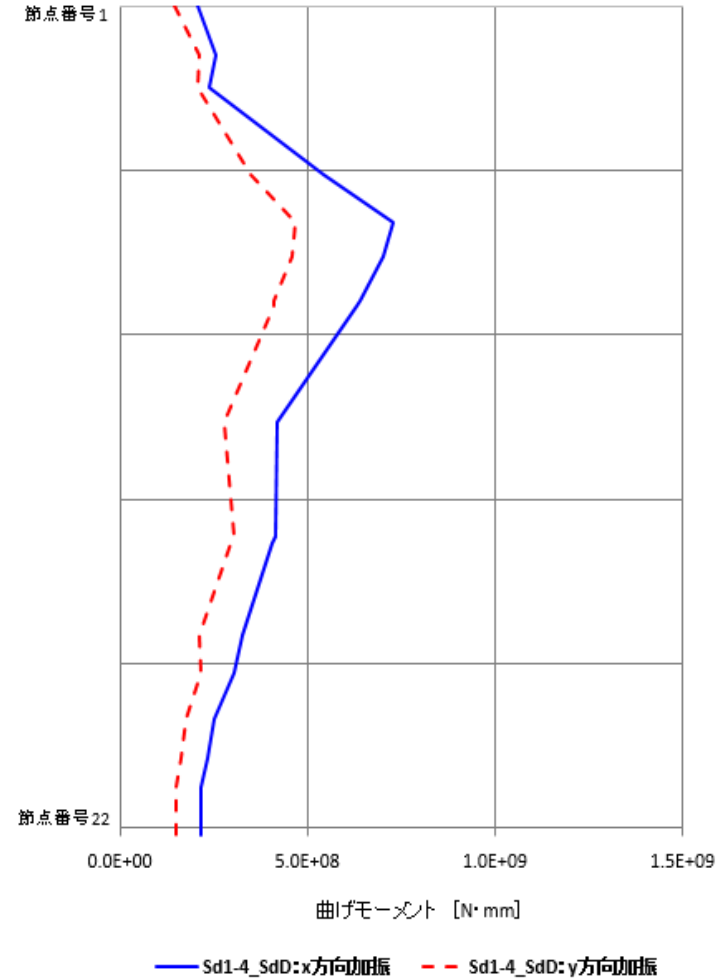
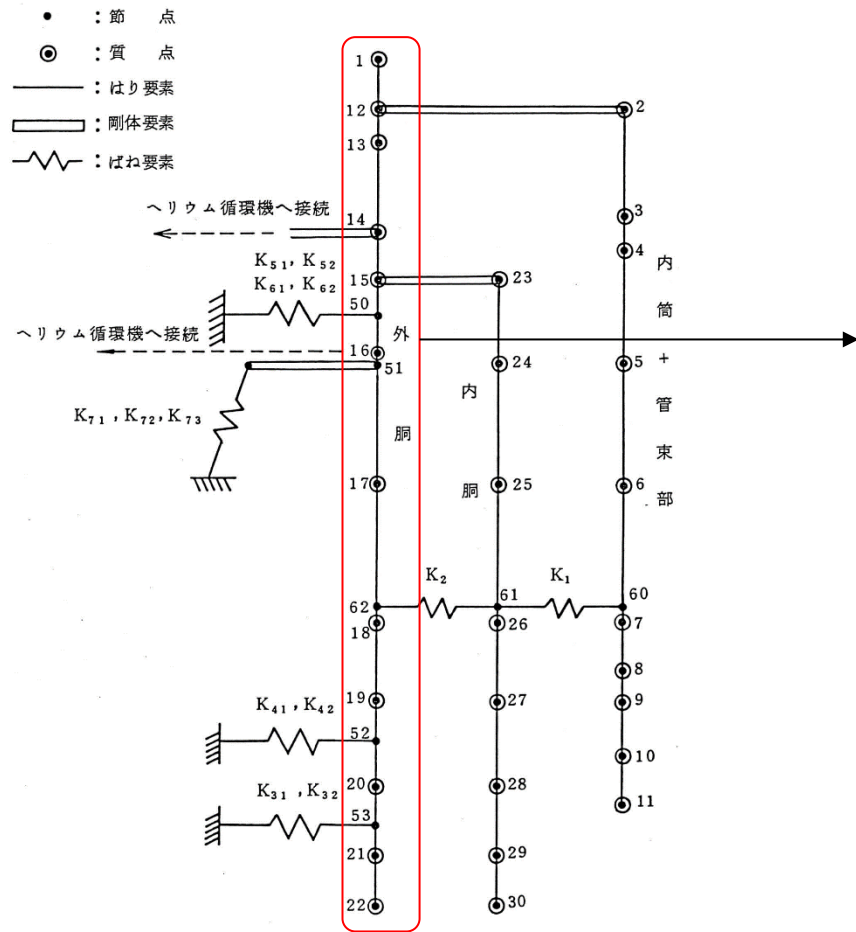


第 3. 20 図 Ss1-4\_SsD 地震動 中間熱交換器(外筒)の曲げモーメント分布

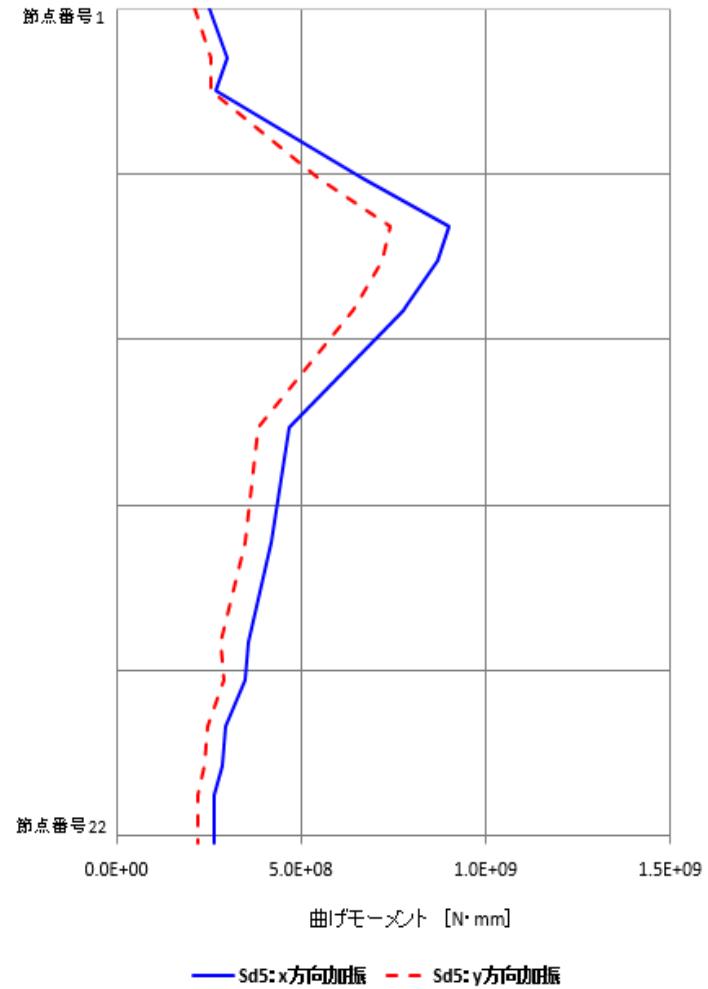
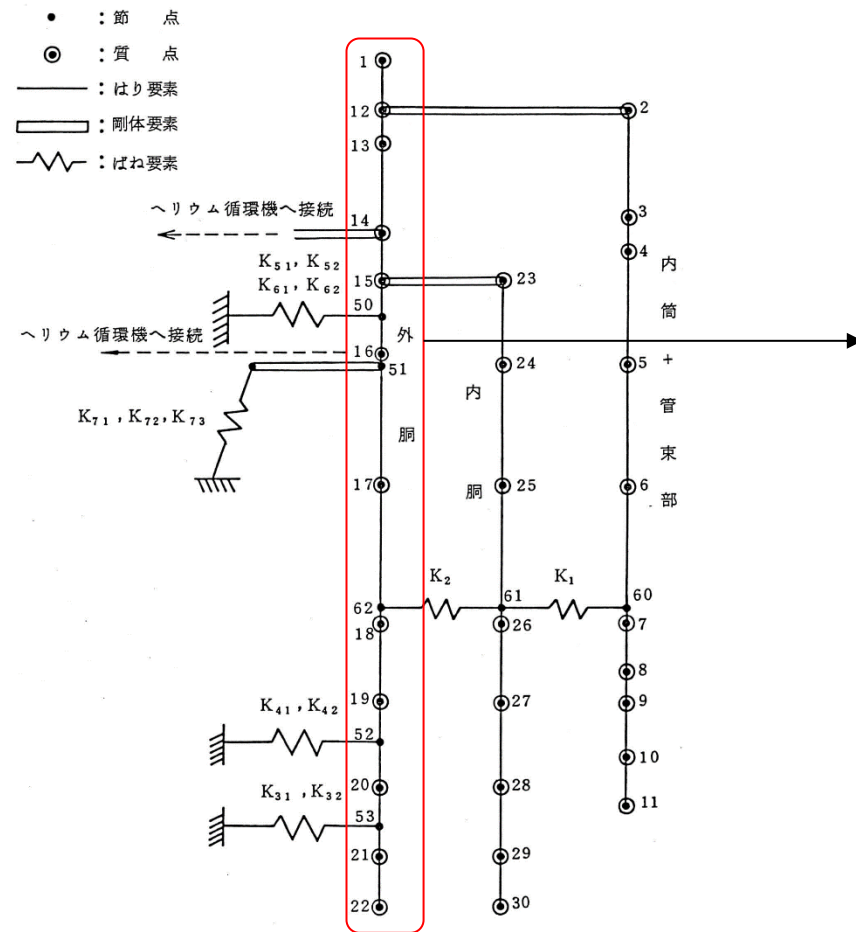


第 3.21 図 Ss5 地震動 中間熱交換器(外筒)の曲げモーメント分布

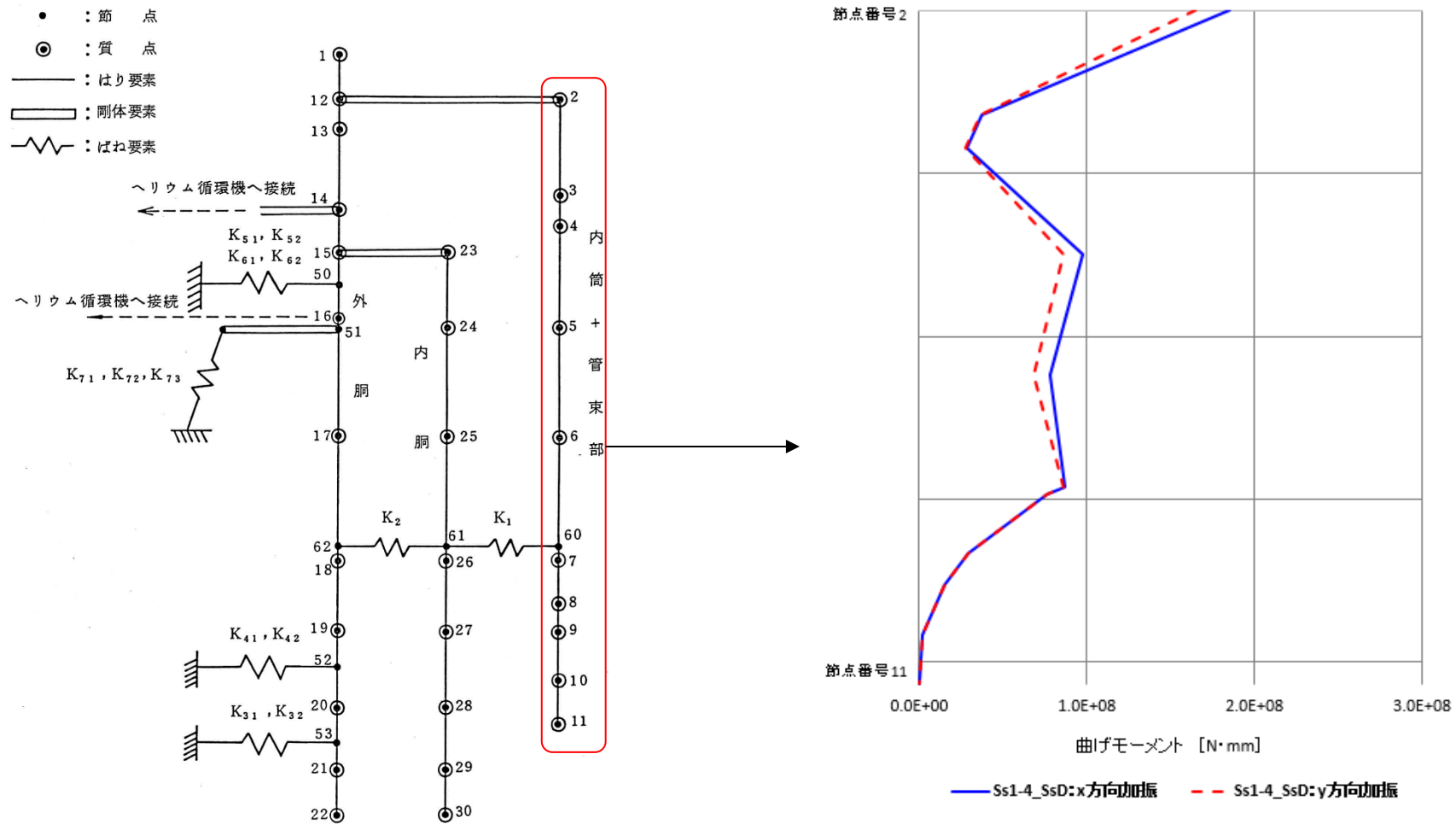




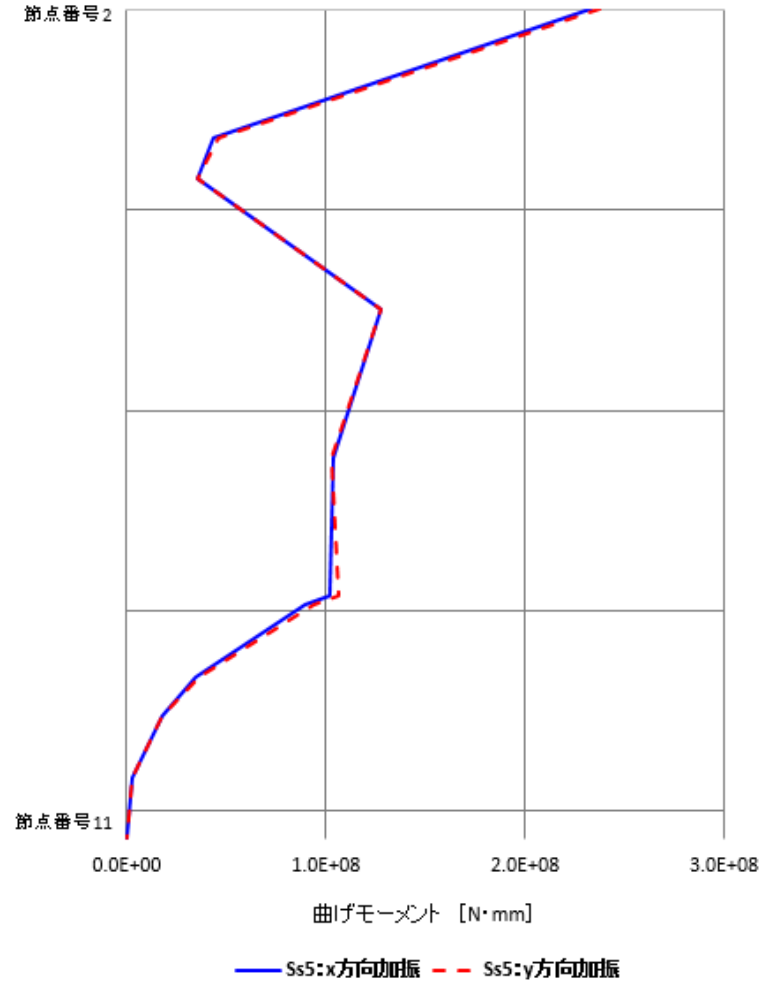
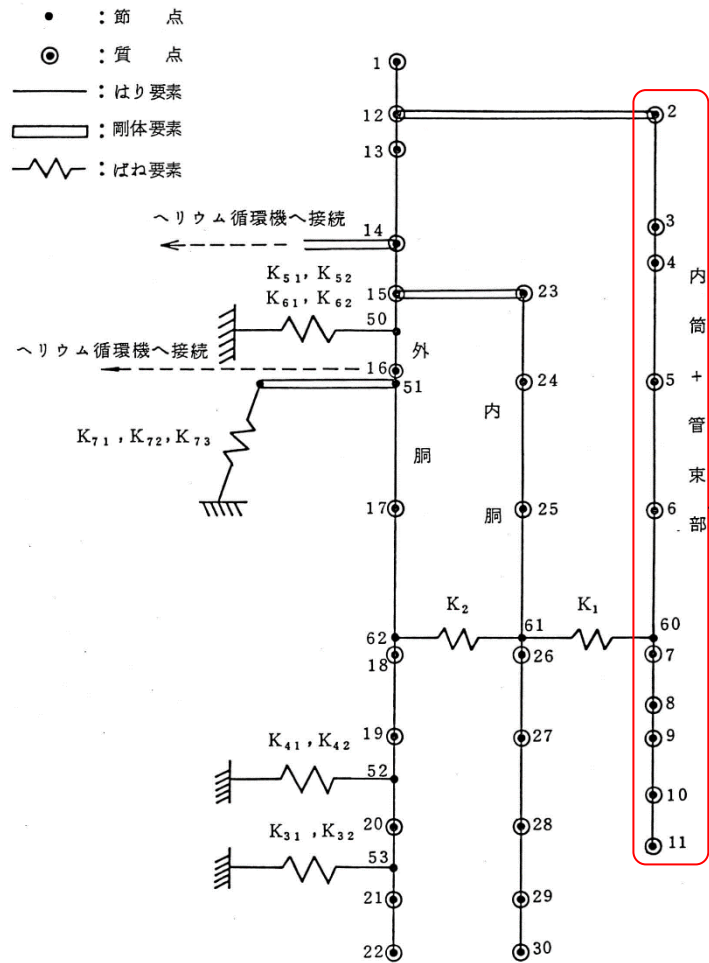
第 3. 22 図 Sd1-4\_SdD 地震動 中間熱交換器(外筒)の曲げモーメント分布



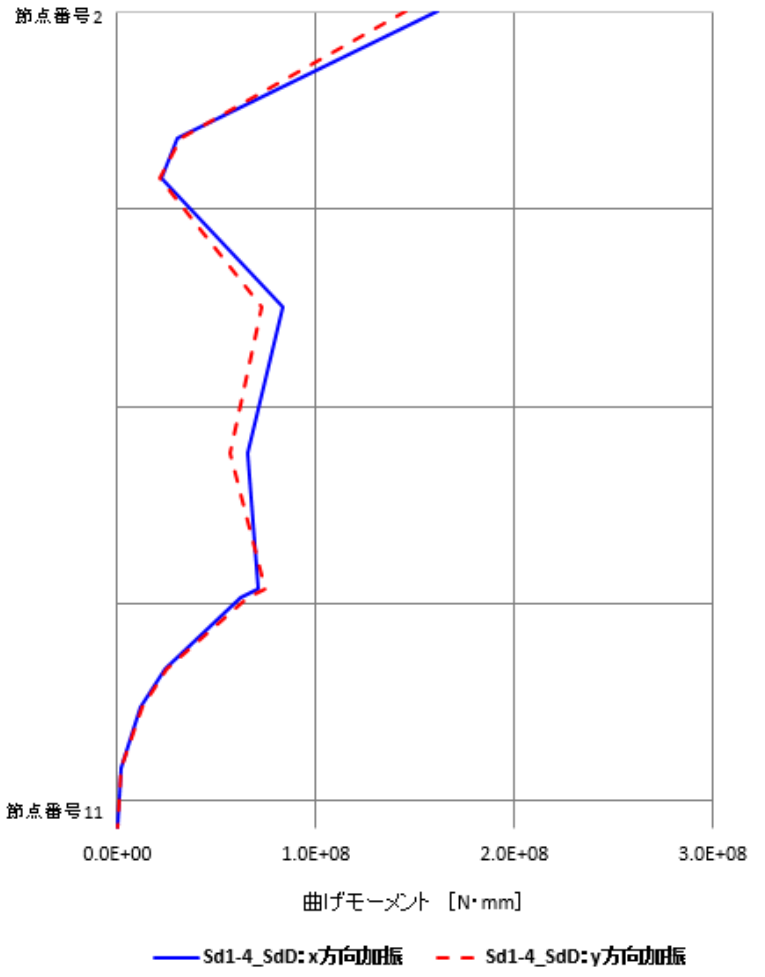
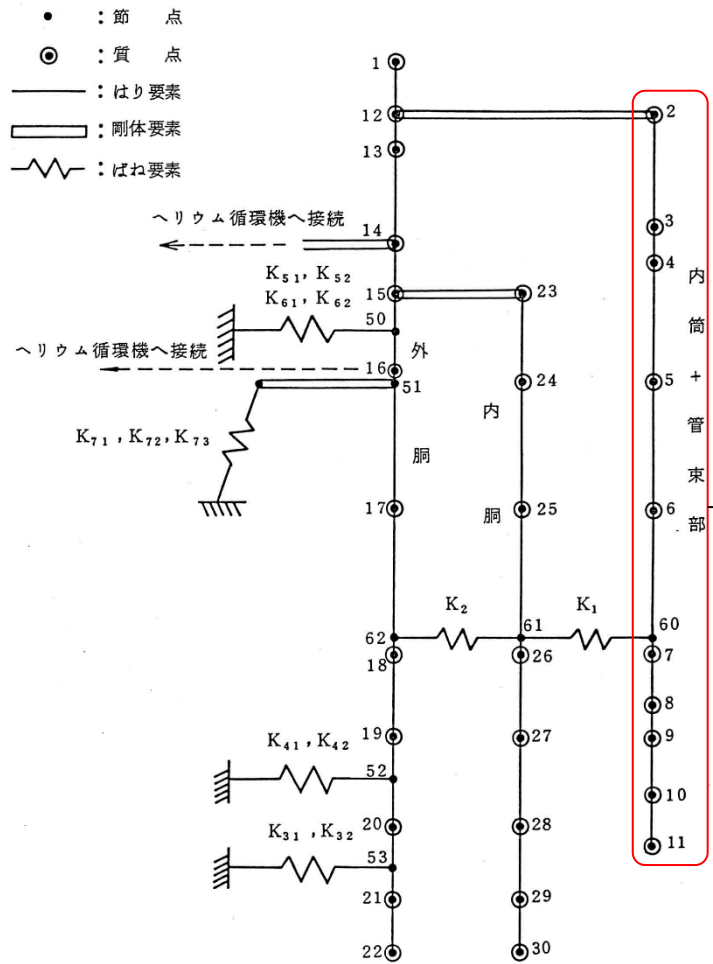
第 3.23 図 Sd5 地震動 中間熱交換器(外筒)の曲げモーメント分布



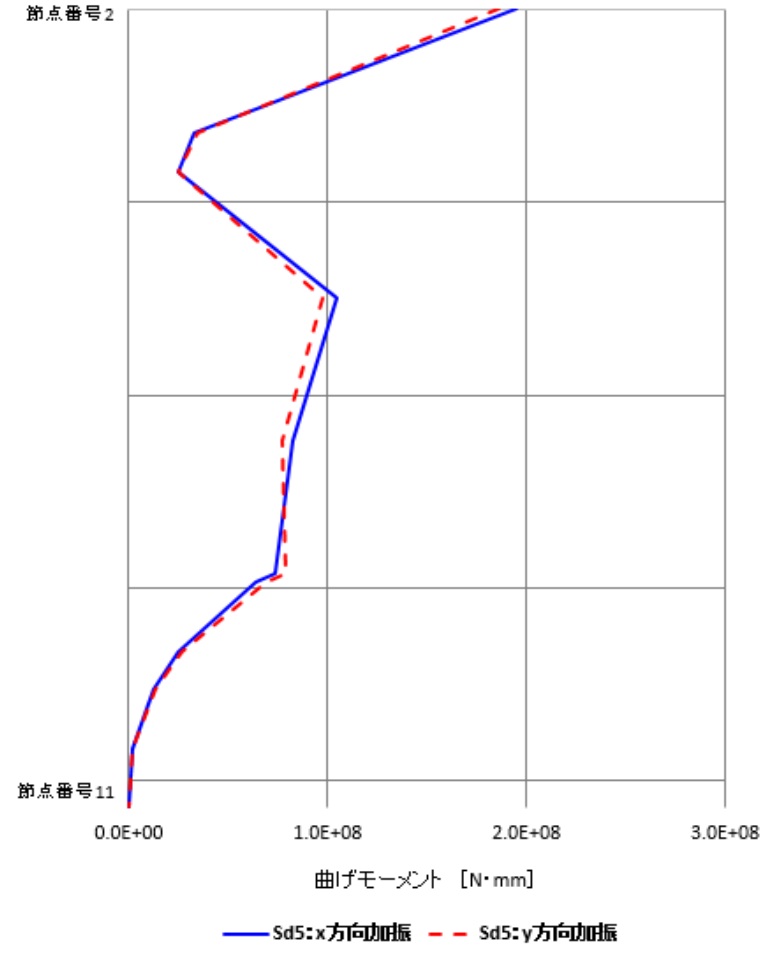
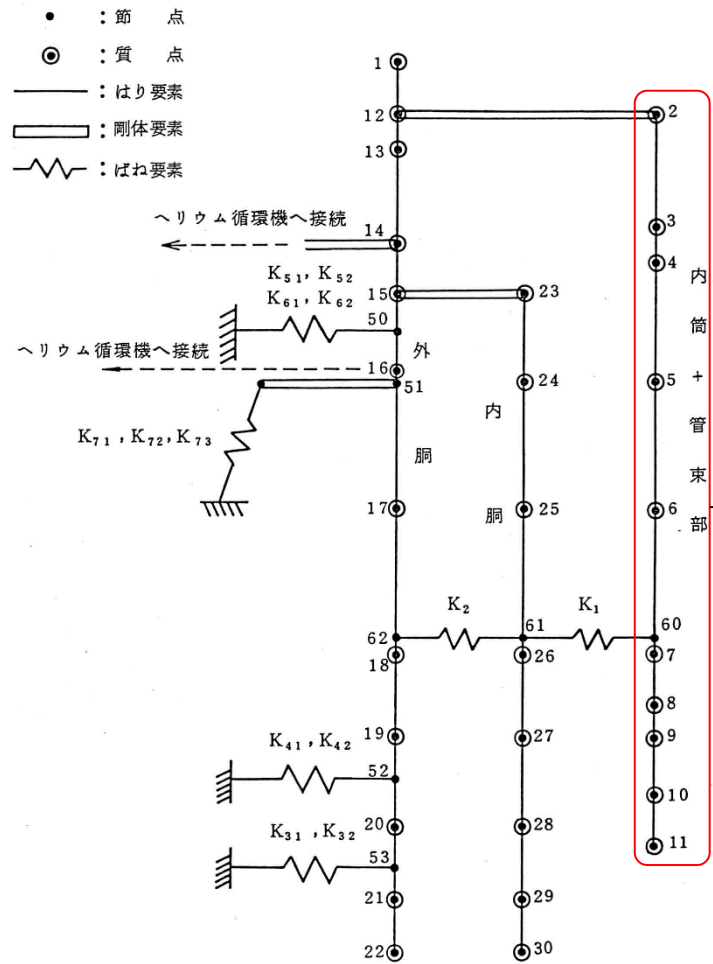
第 3.24 図 Ss1-4\_SsD 地震動 中間熱交換器(内筒)の曲げモーメント分布



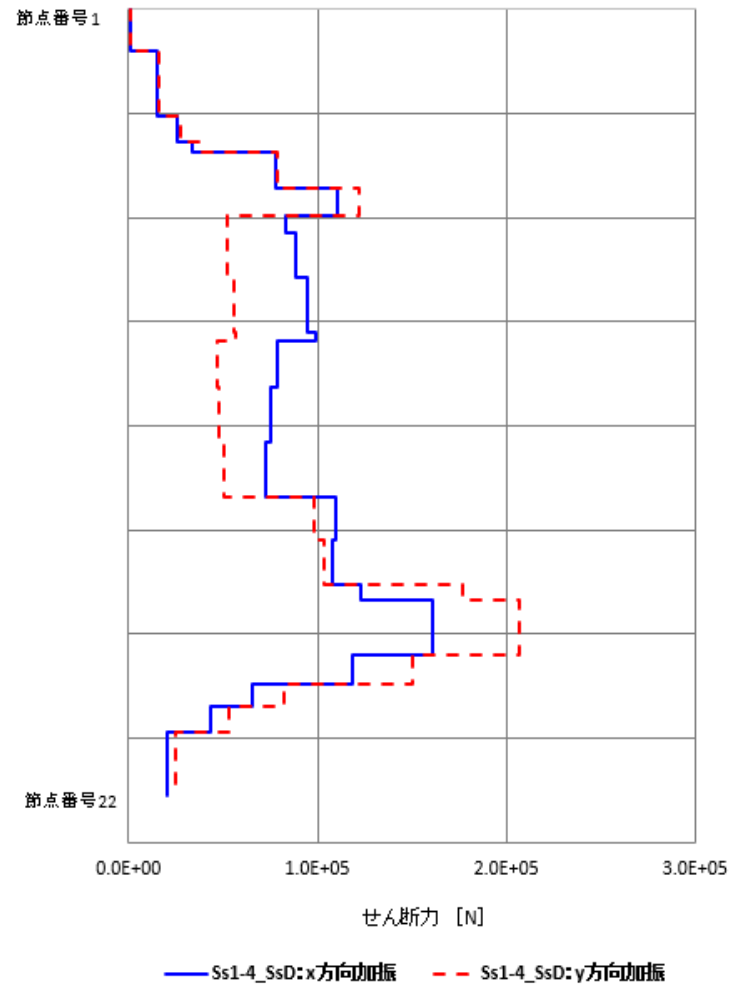
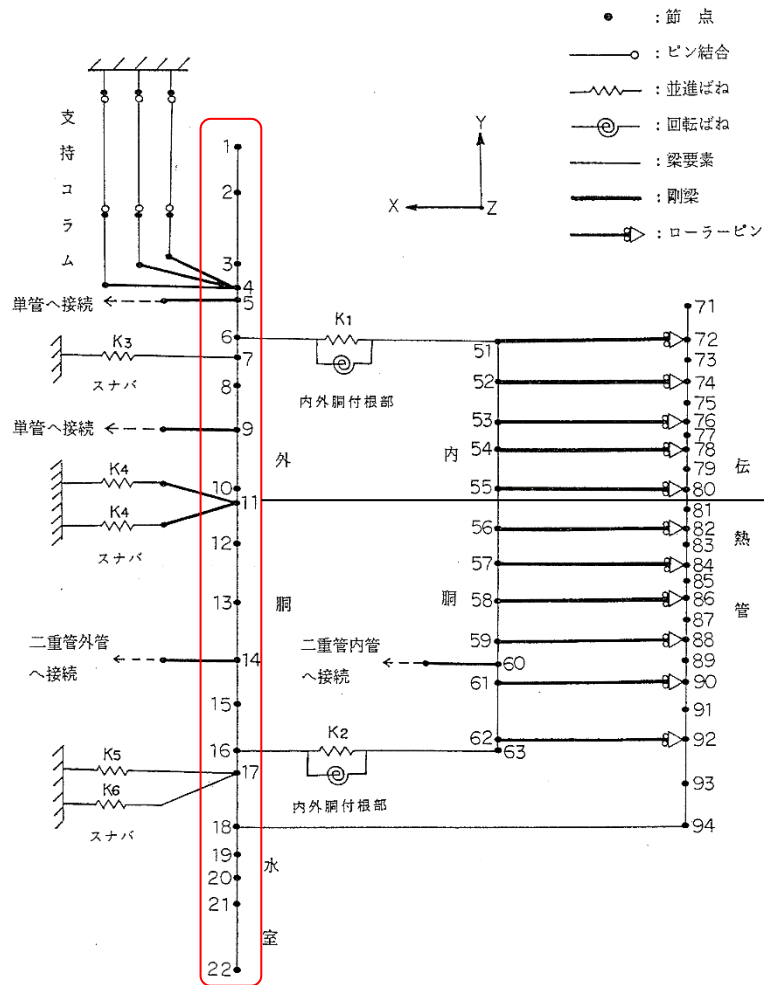
第 3.25 図 Ss5 地震動 中間熱交換器(内筒)の曲げモーメント分布



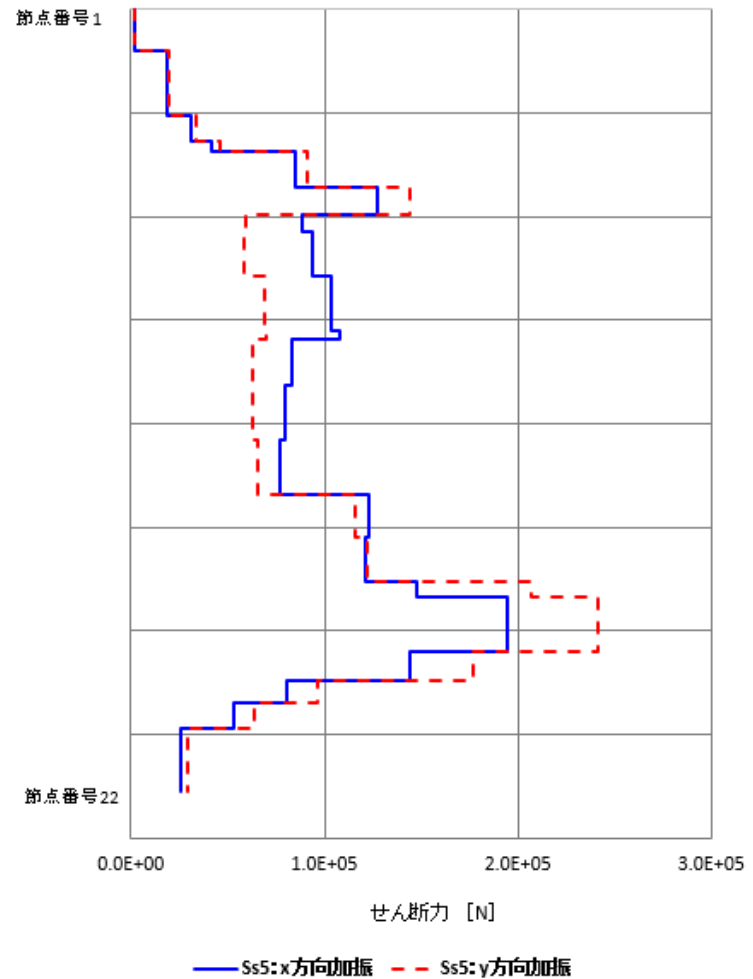
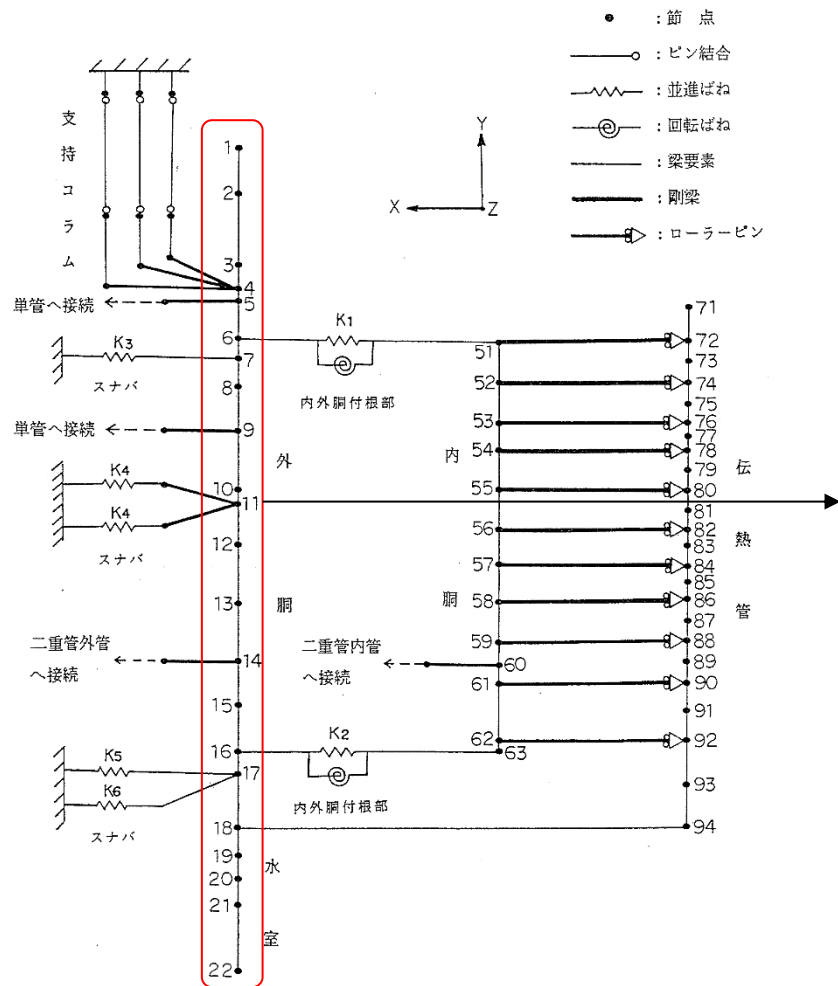
第 3.26 図 Sd1-4\_SdD 地震動 中間熱交換器(内筒)の曲げモーメント分布



第 3.27 図 Sd5 地震動 中間熱交換器(内筒)の曲げモーメント分布

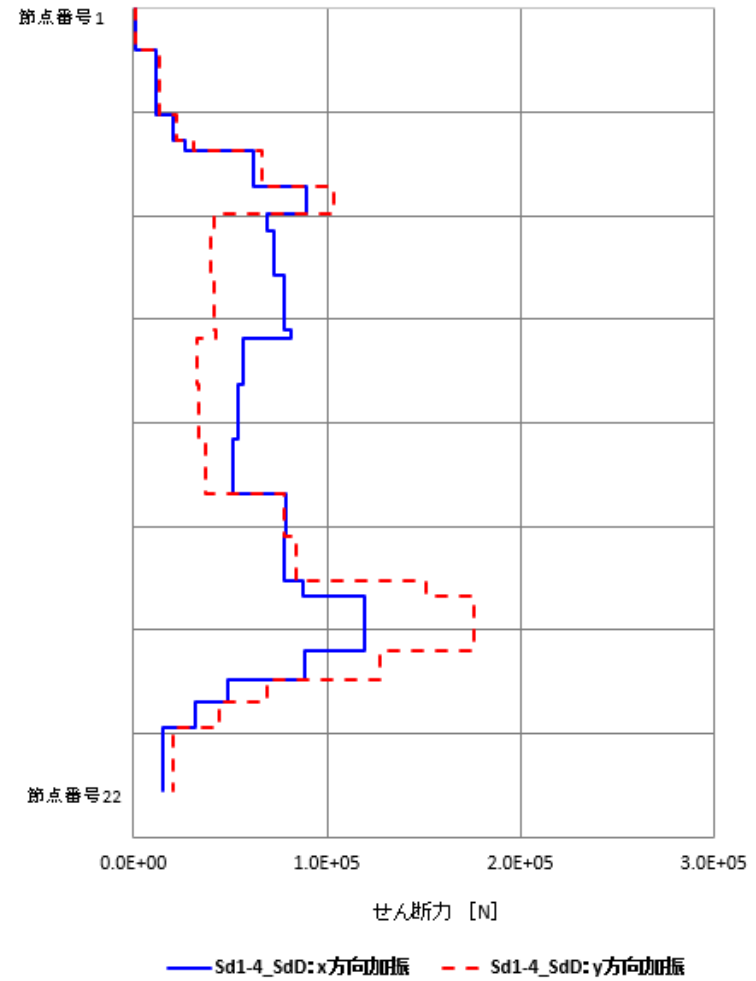
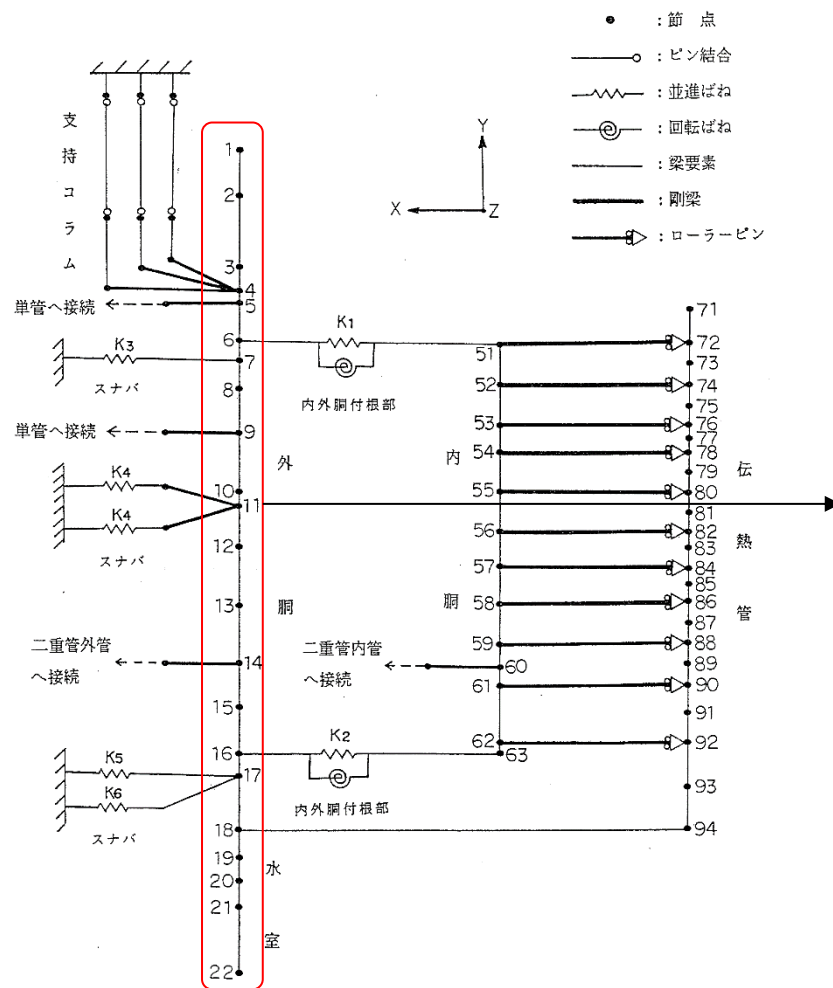


第 3.28 図 Ss1-4\_SsD 地震動 1 次加圧水冷却器(外胴)のせん断力分布

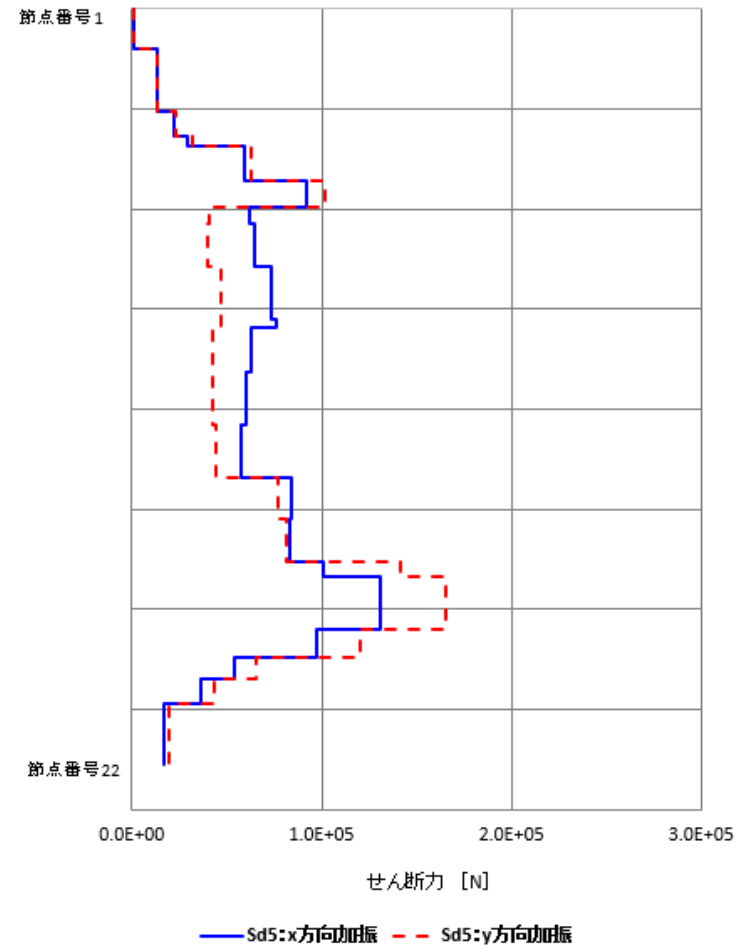
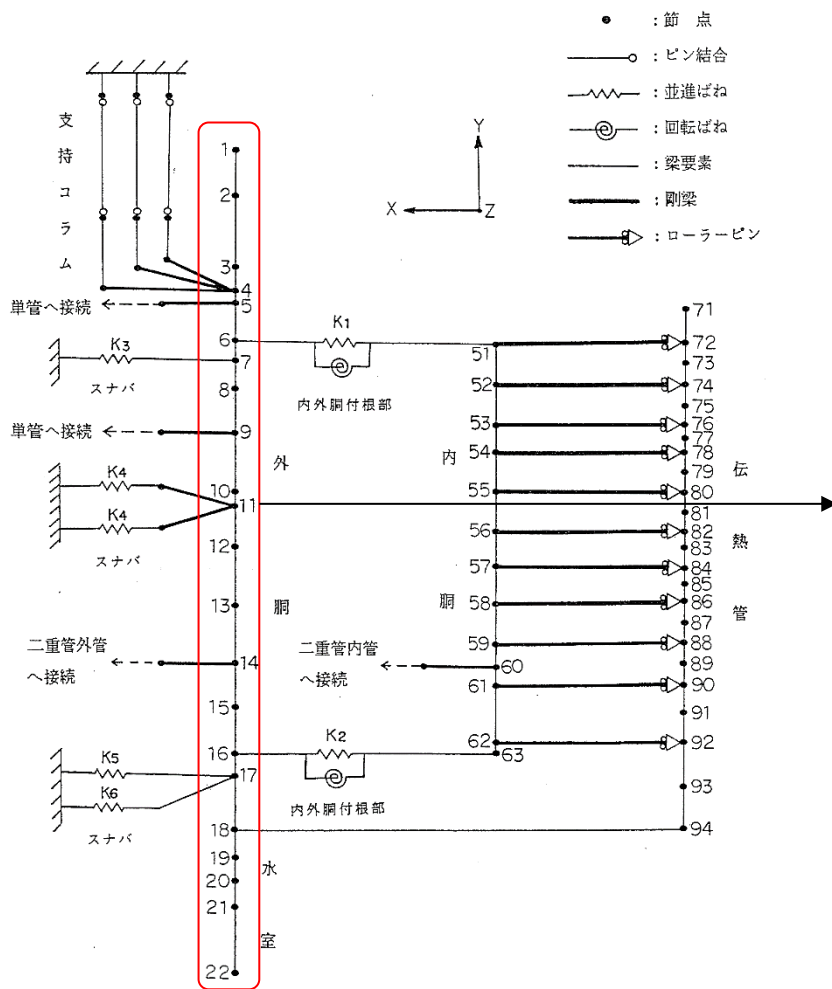


第 3. 29 図 Ss5 地震動 1 次加圧水冷却器(外胴)のせん断力分布

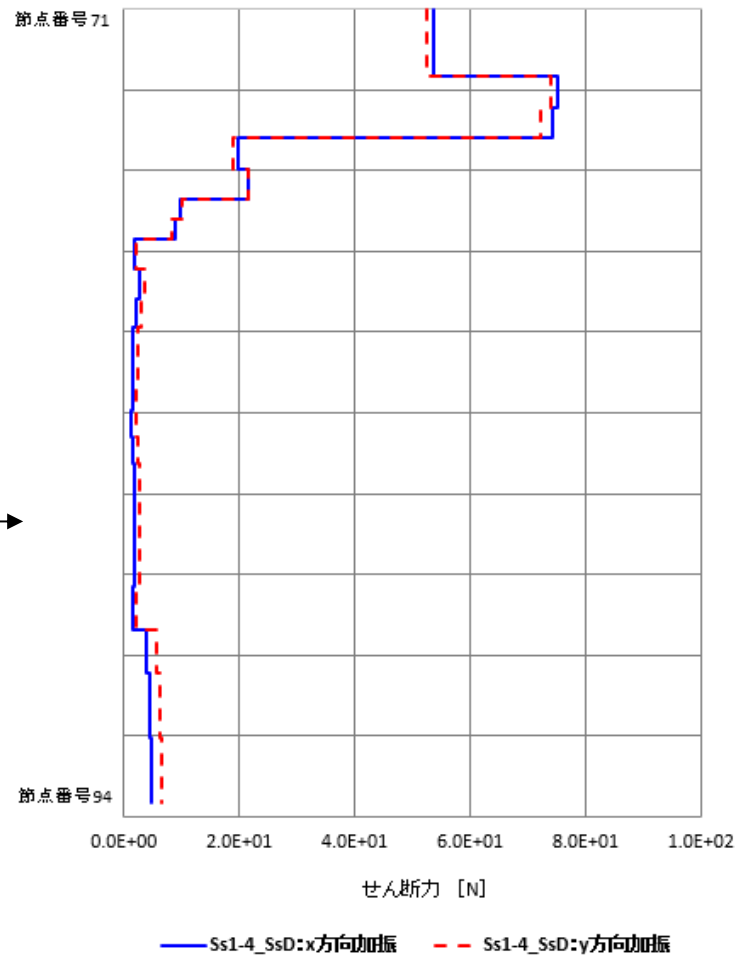
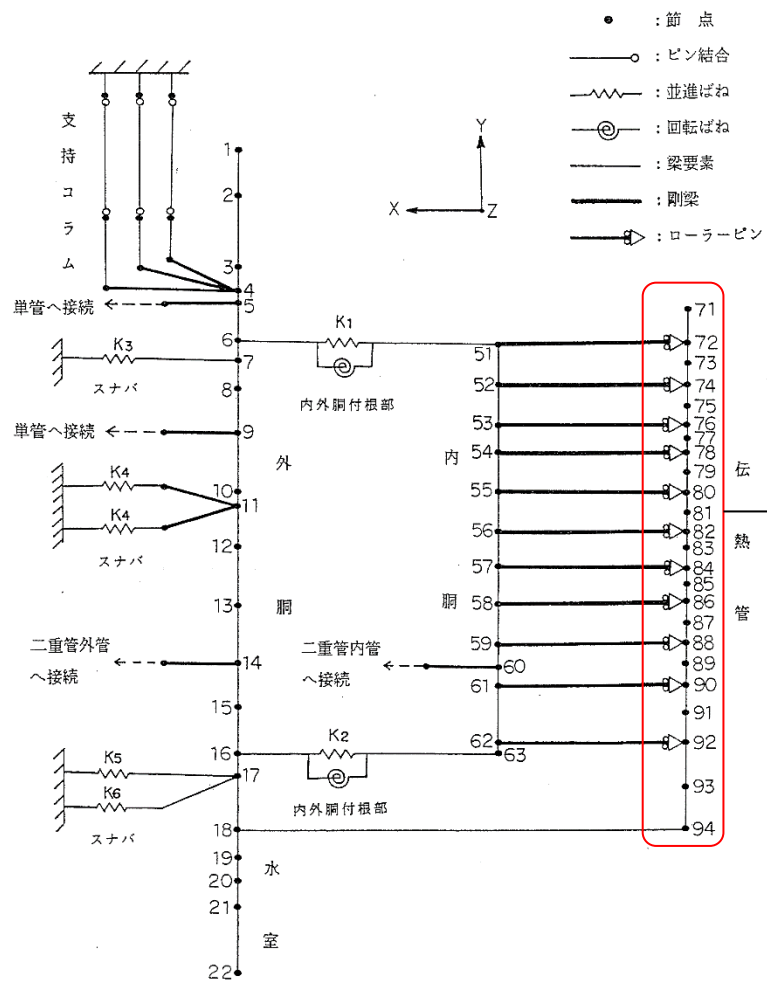




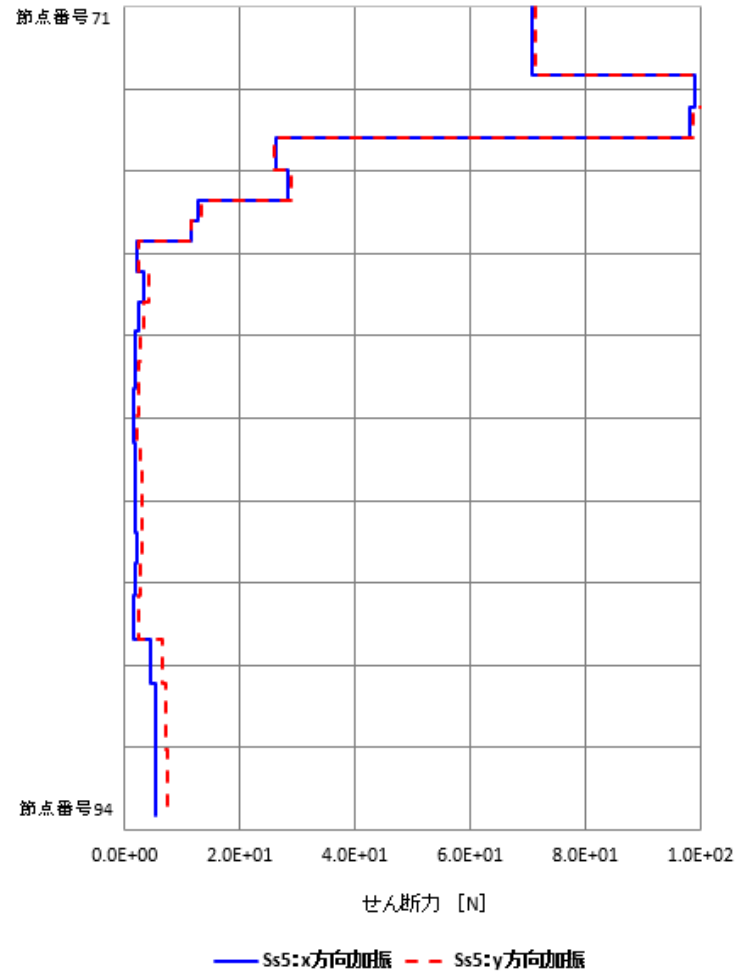
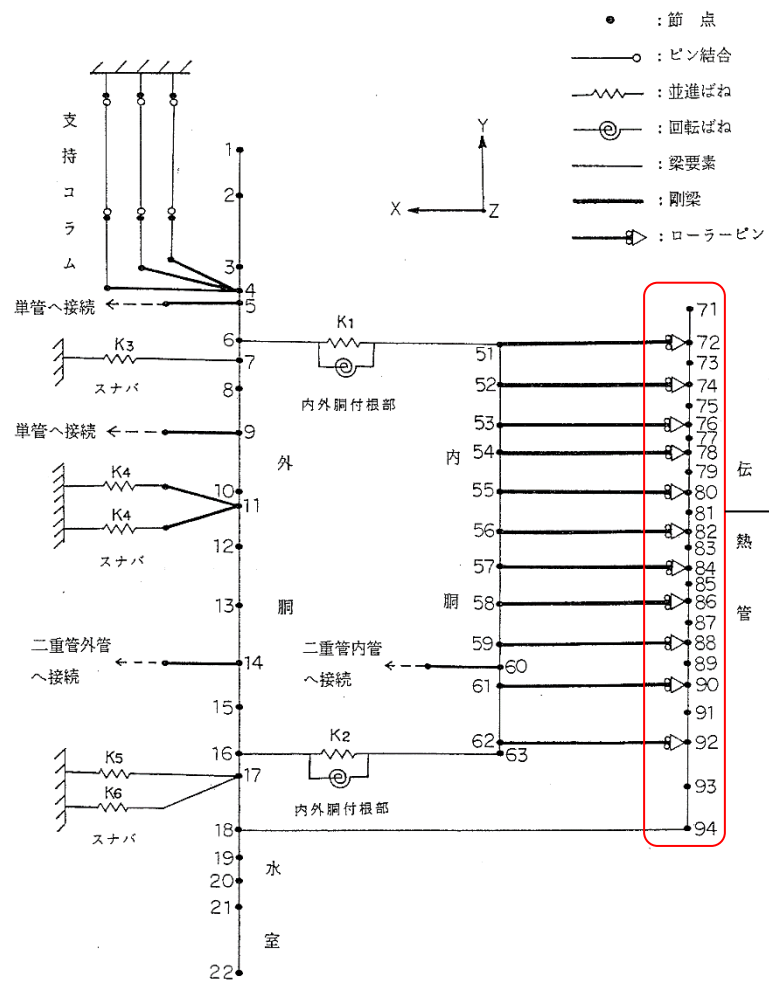
第 3.30 図 Sd1-4\_SdD 地震動 1 次加圧水冷却器(外胴)のせん断力分布



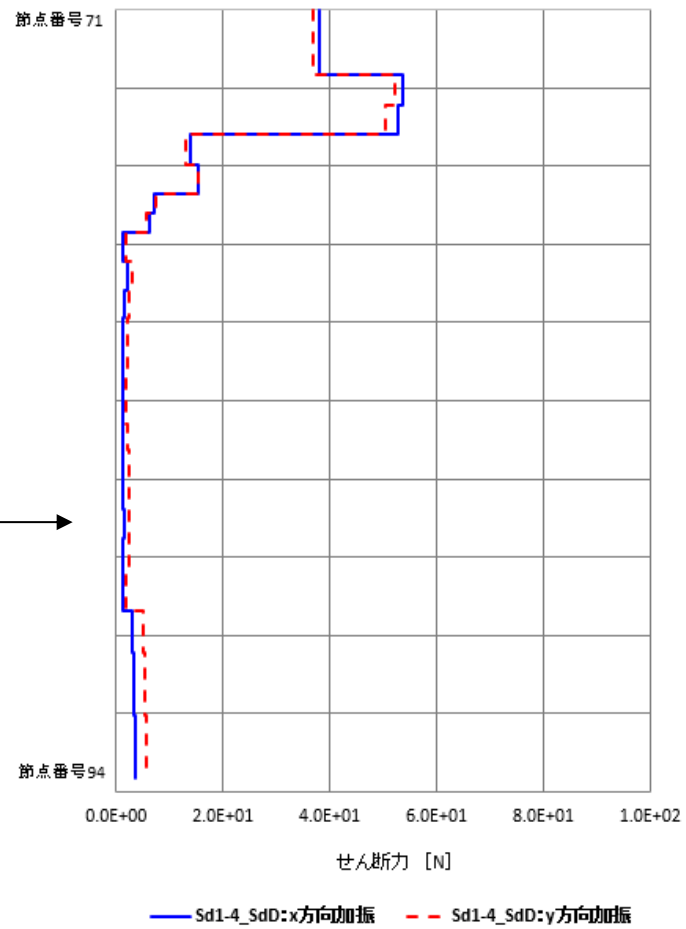
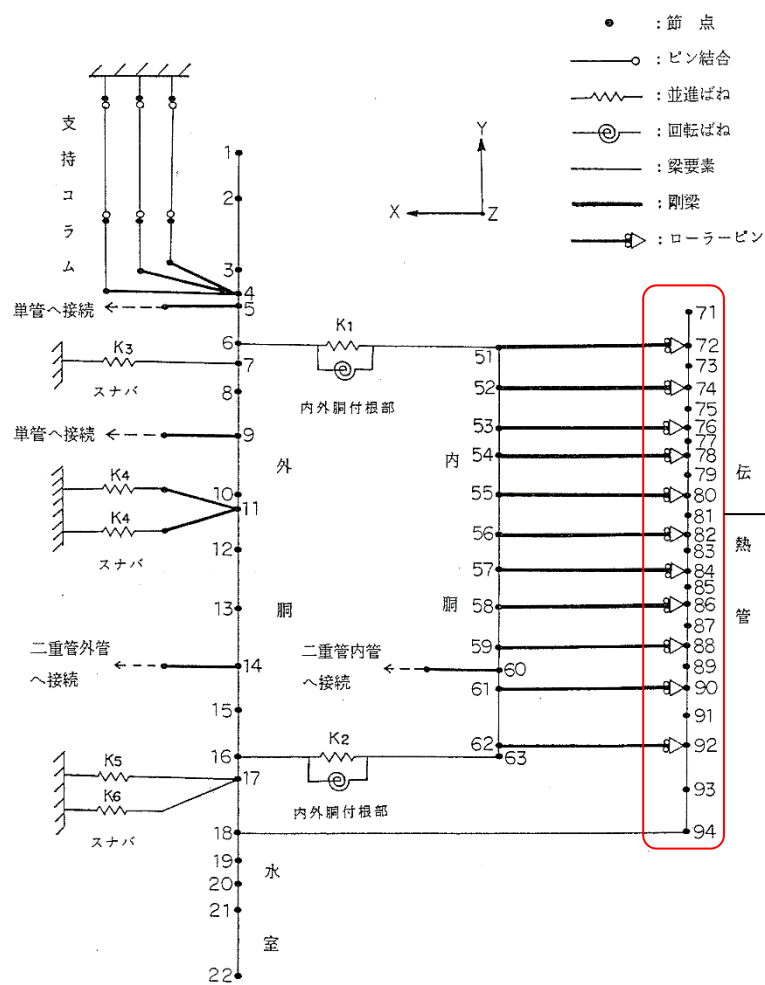
第 3. 31 図 Sd5 地震動 1 次加圧水冷却器(外胴)のせん断力分布



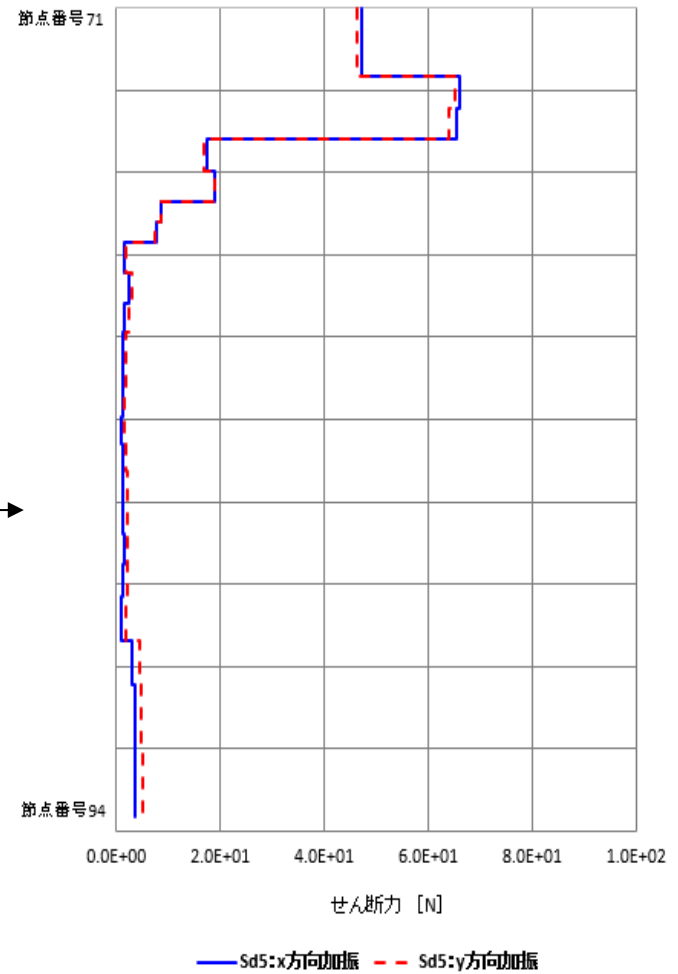
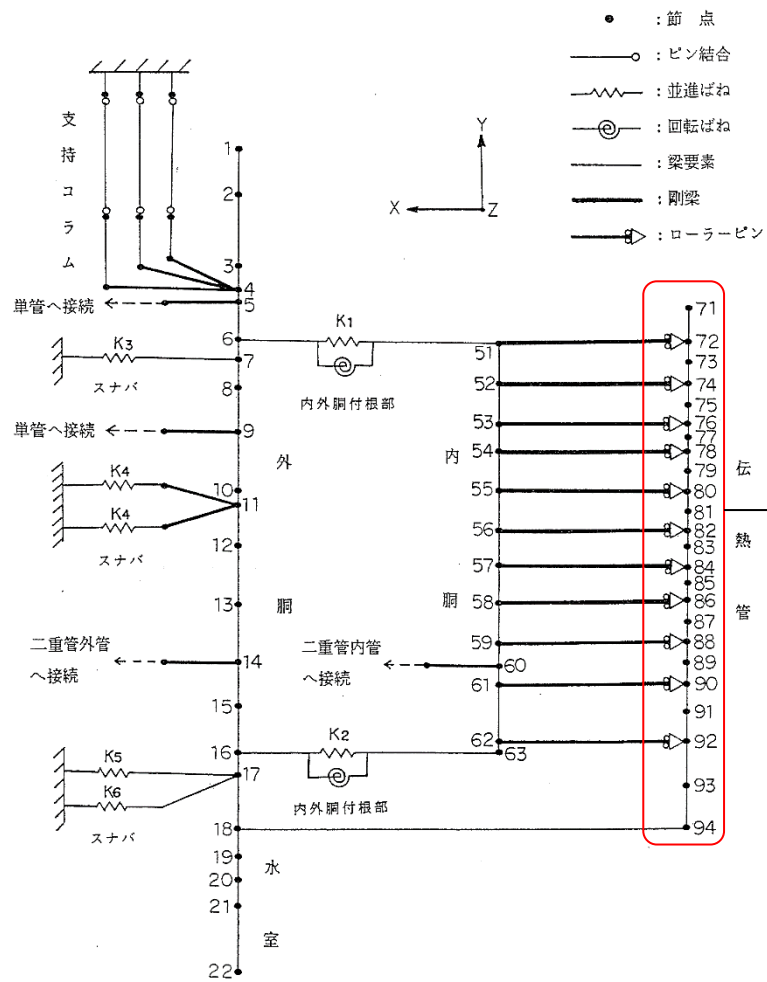
第 3. 32 図 Ss1-4\_SsD 地震動 1 次加圧水冷却器(伝熱管)のせん断力分布



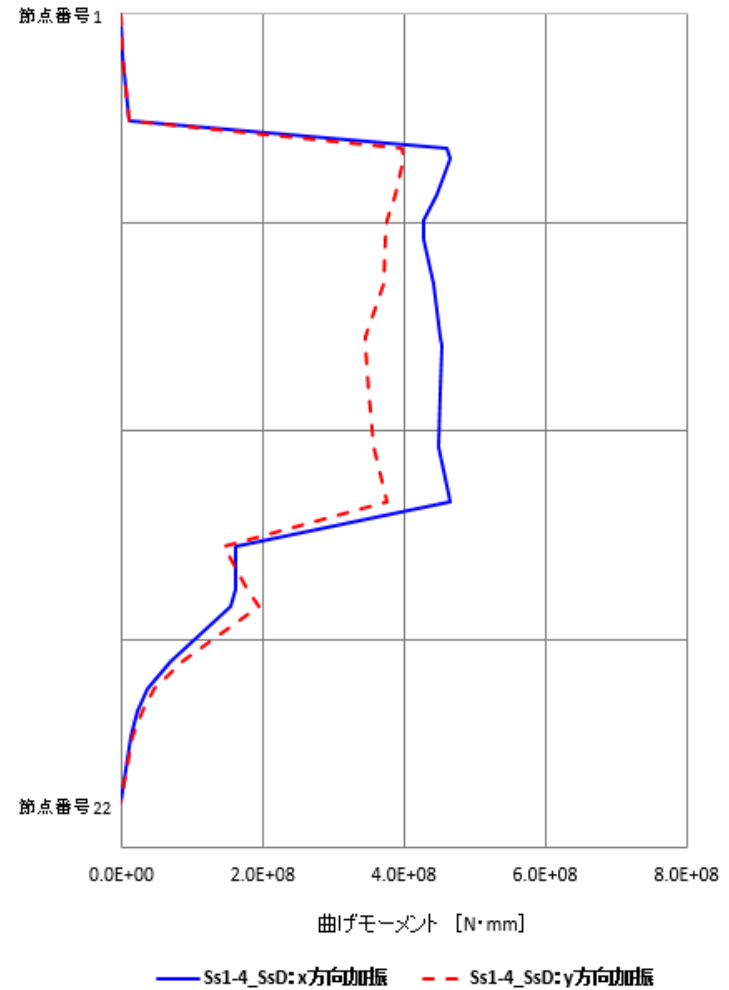
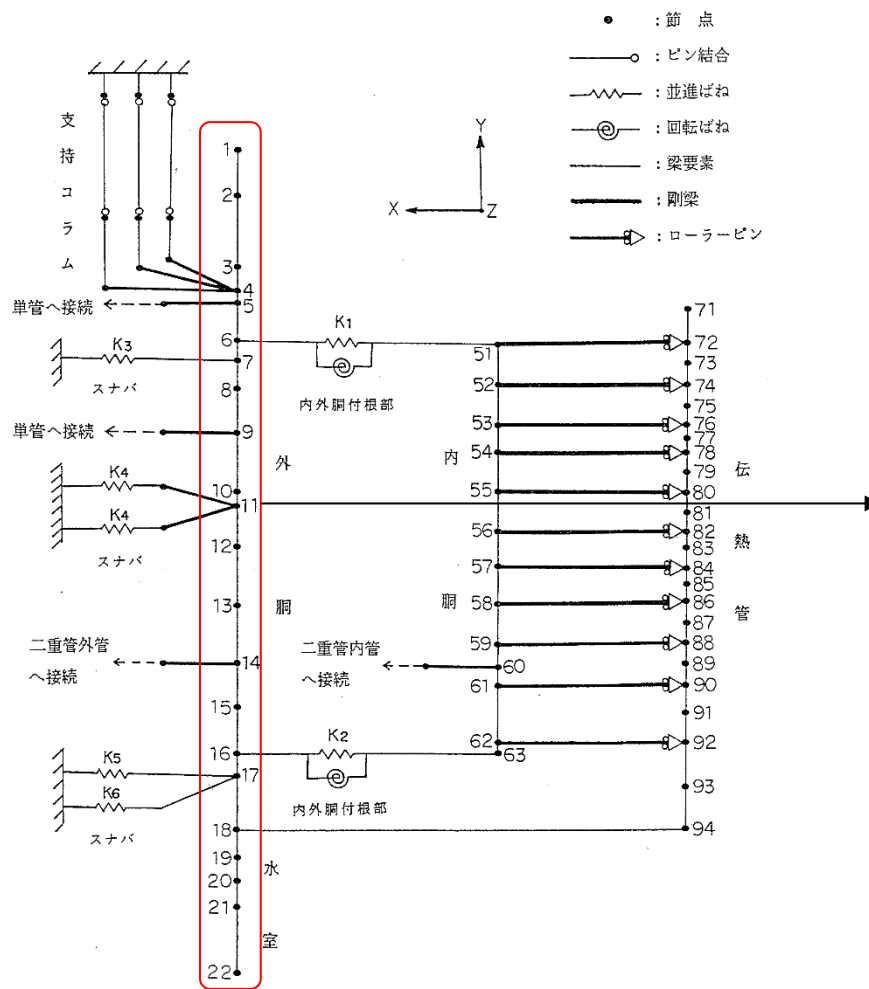
第 3.33 図 Ss5 地震動 1 次加圧水冷却器(伝熱管)のせん断力分布



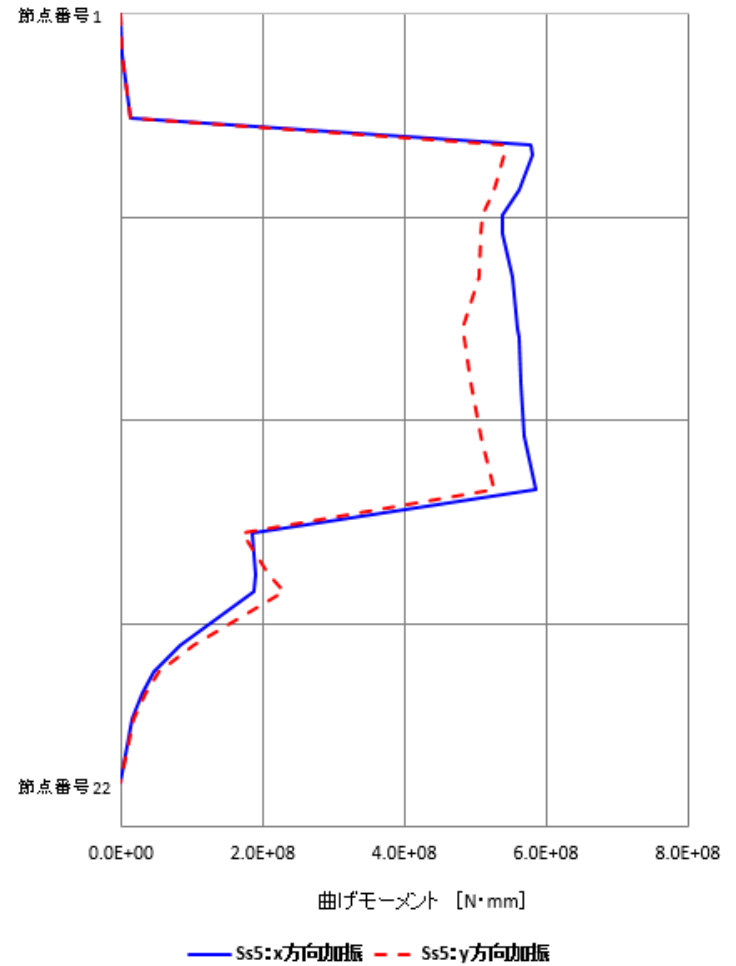
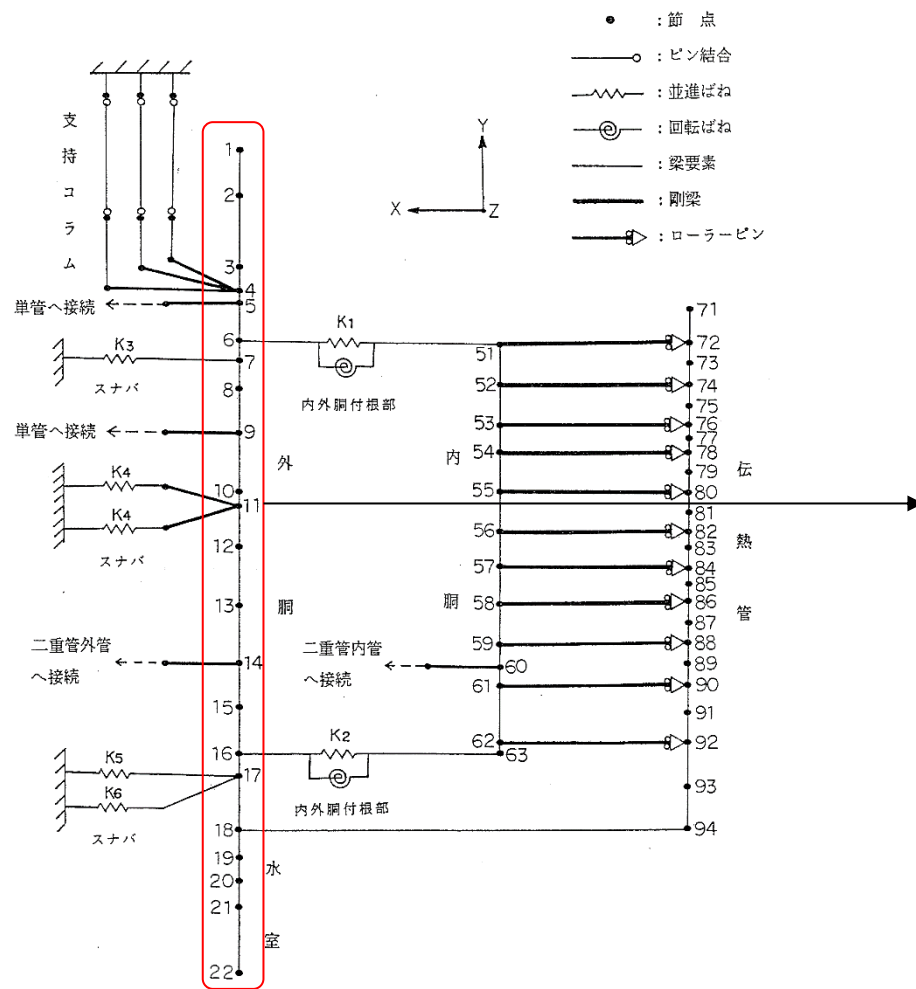
第 3.34 図 Sd1-4\_SdD 地震動 1 次加圧水冷却器(伝熱管)のせん断力分布



第 3.35 図 Sd5 地震動 1 次加圧水冷却器(伝熱管)のせん断力分布

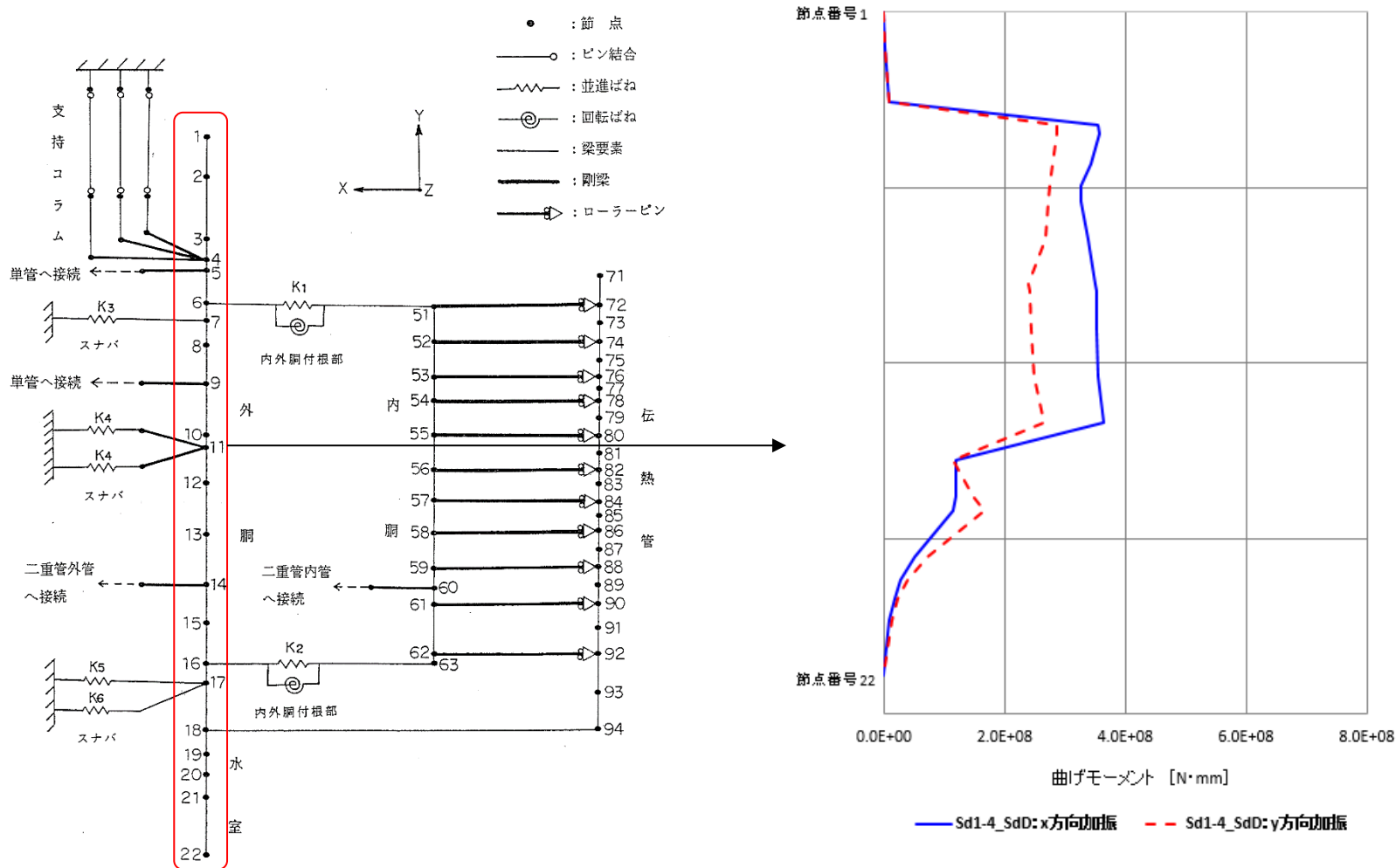


第 3.36 図 Ss1-4\_SsD 地震動 1 次加圧水冷却器(外胴)の曲げモーメント分布

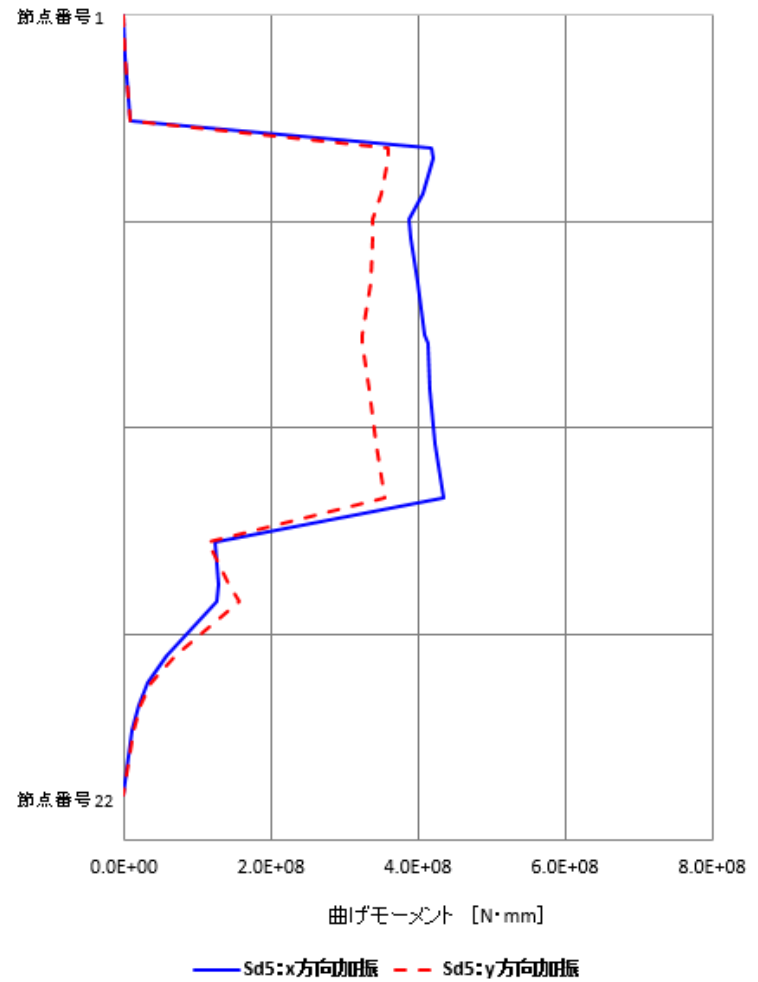
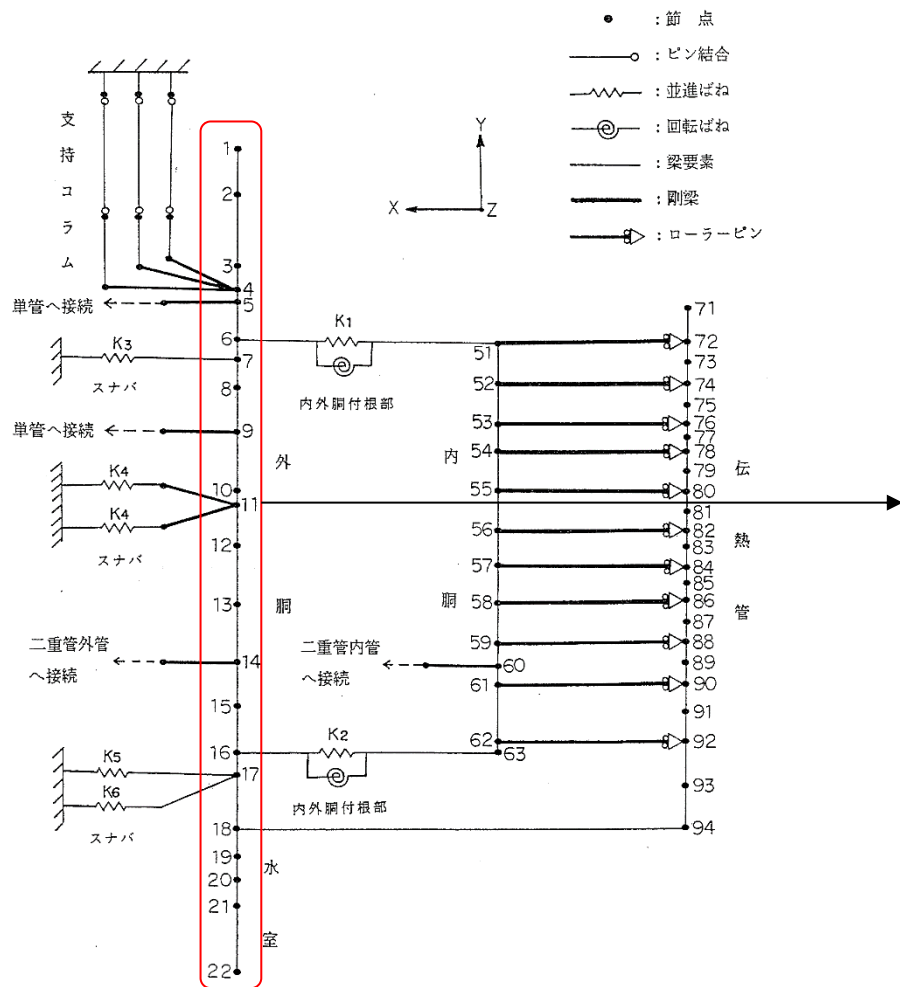


第 3.37 図 Ss5 地震動 1 次加圧水冷却器(外胴)の曲げモーメント分布

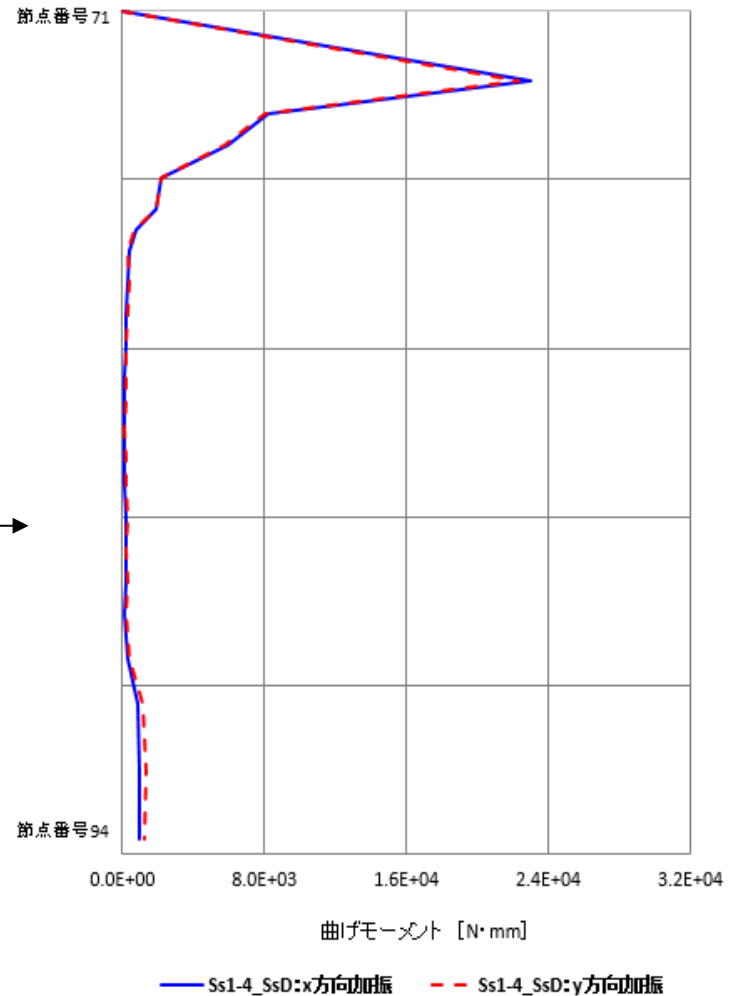
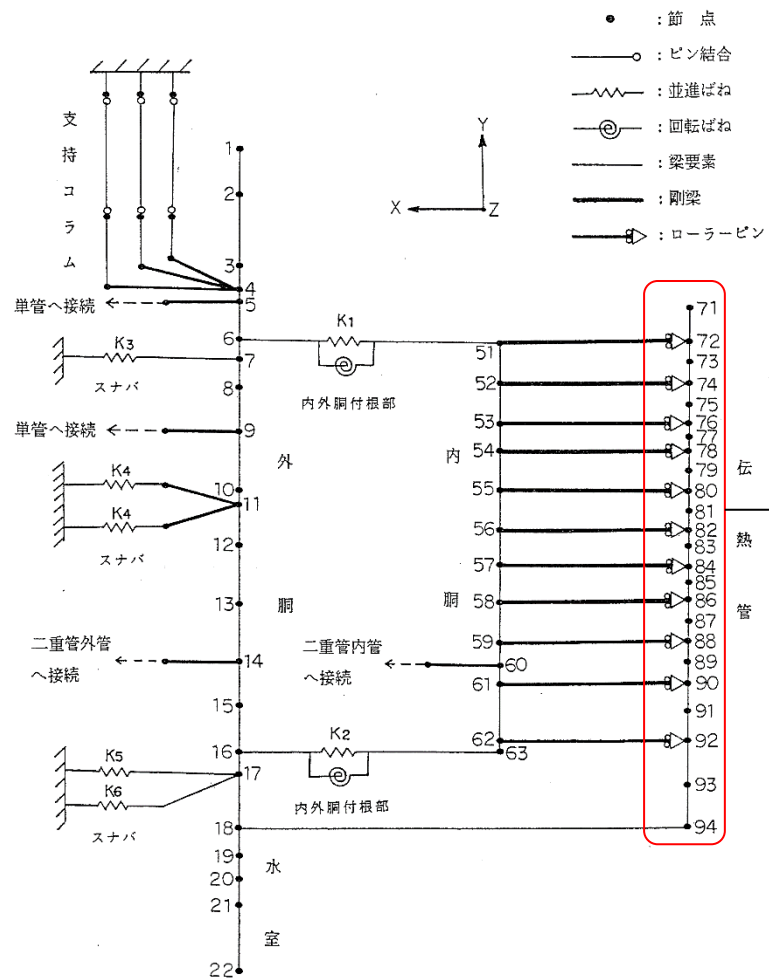




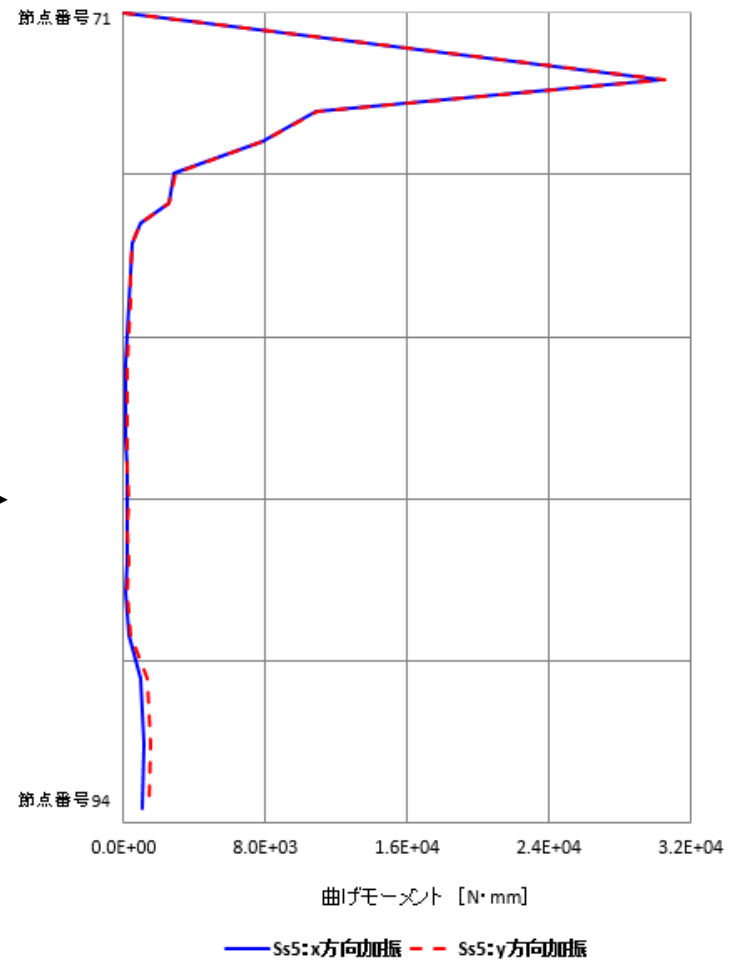
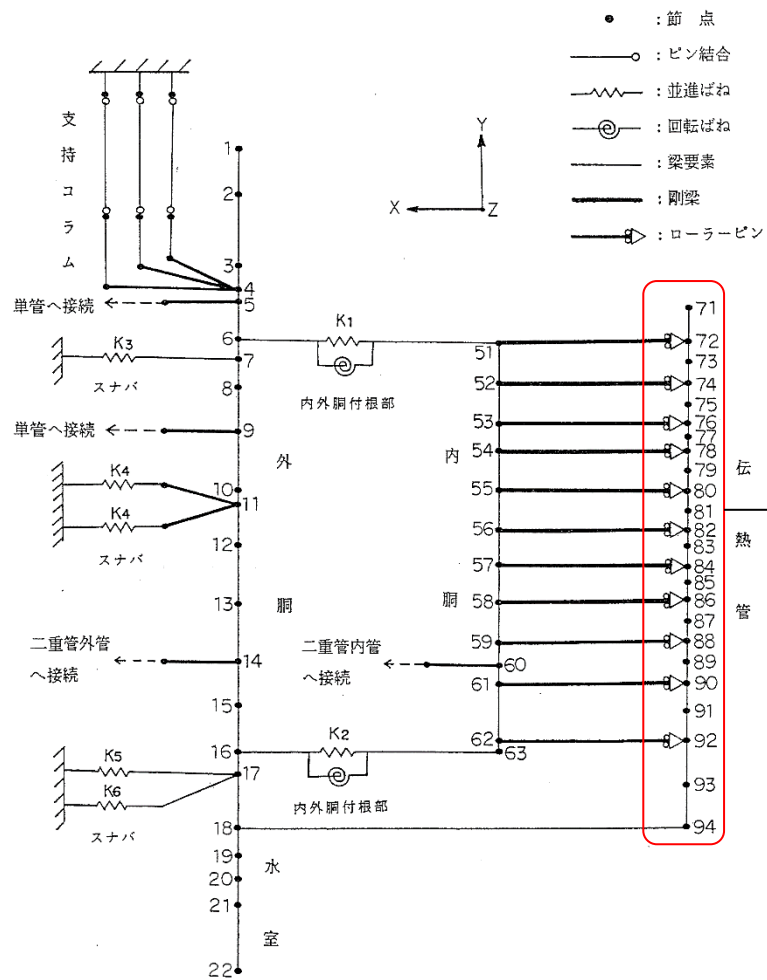
第 3.38 図 Sd1-4\_SdD 地震動 1次加压水冷却器(外胴)の曲げモーメント分布



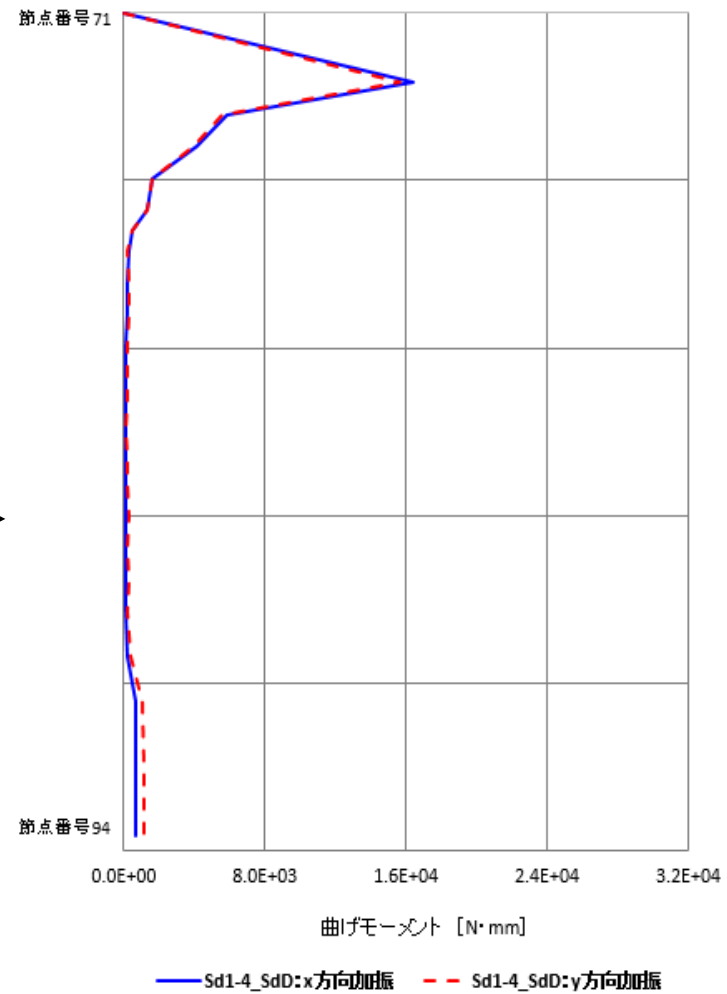
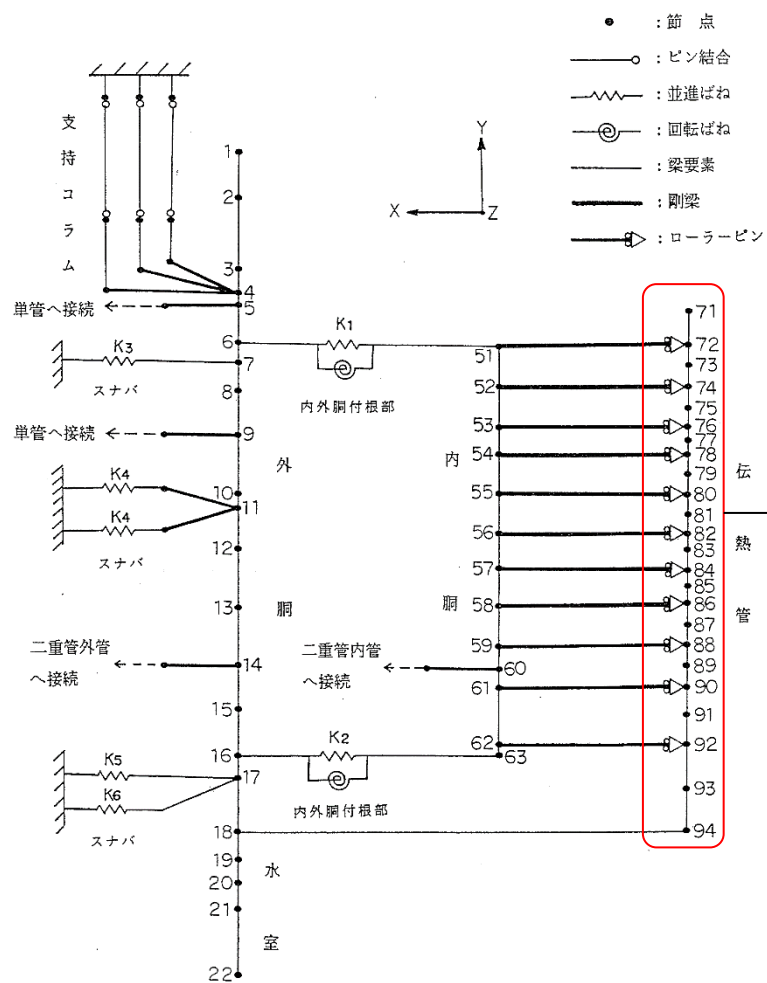
第 3.39 図 Sd5 地震動 1 次加圧水冷却器(外胴)の曲げモーメント分布



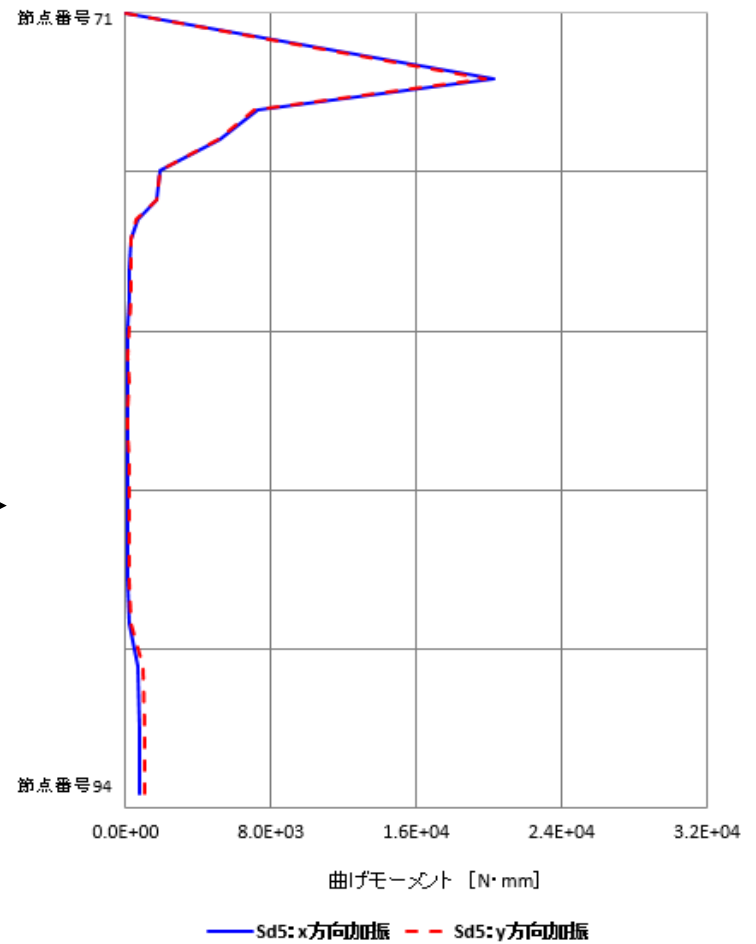
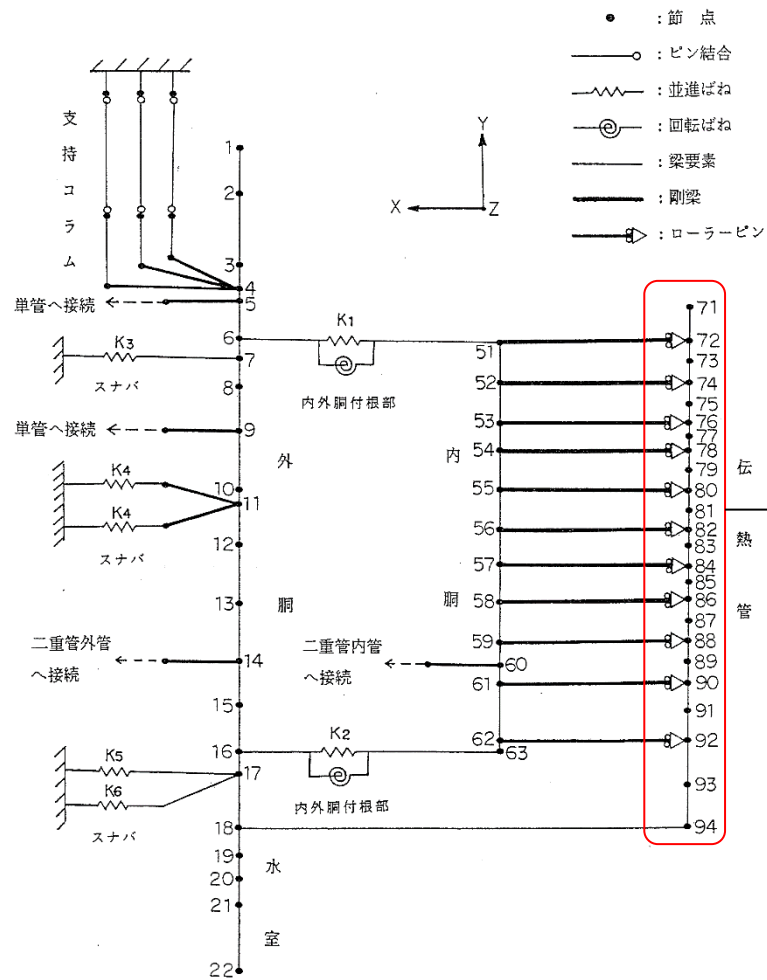
第 3. 40 図 Ss1-4\_SsD 地震動 1 次加圧水冷却器(伝熱管)の曲げモーメント分布



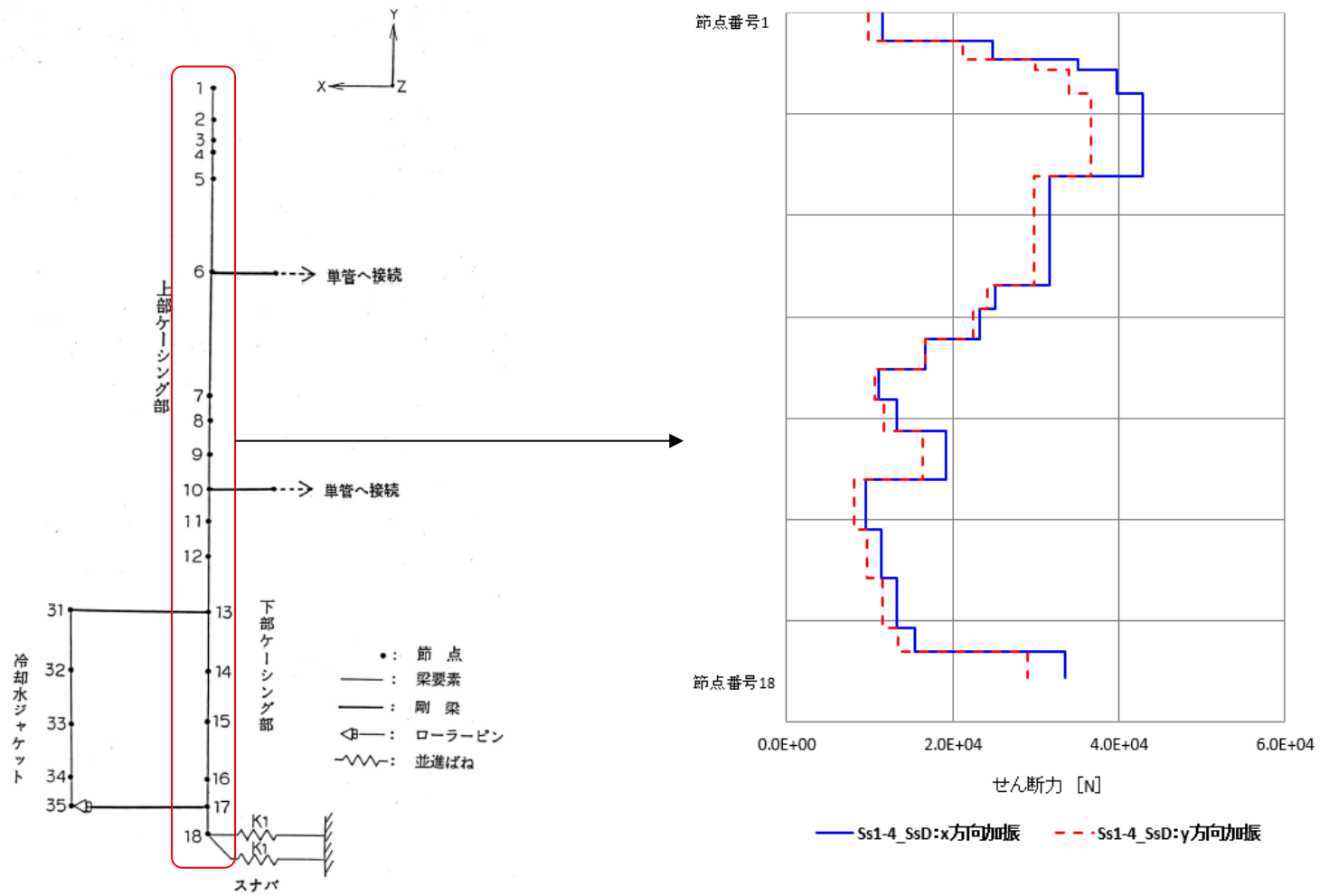
第 3.41 図 Ss5 地震動 1 次加圧水冷却器 (伝熱管) の曲げモーメント分布



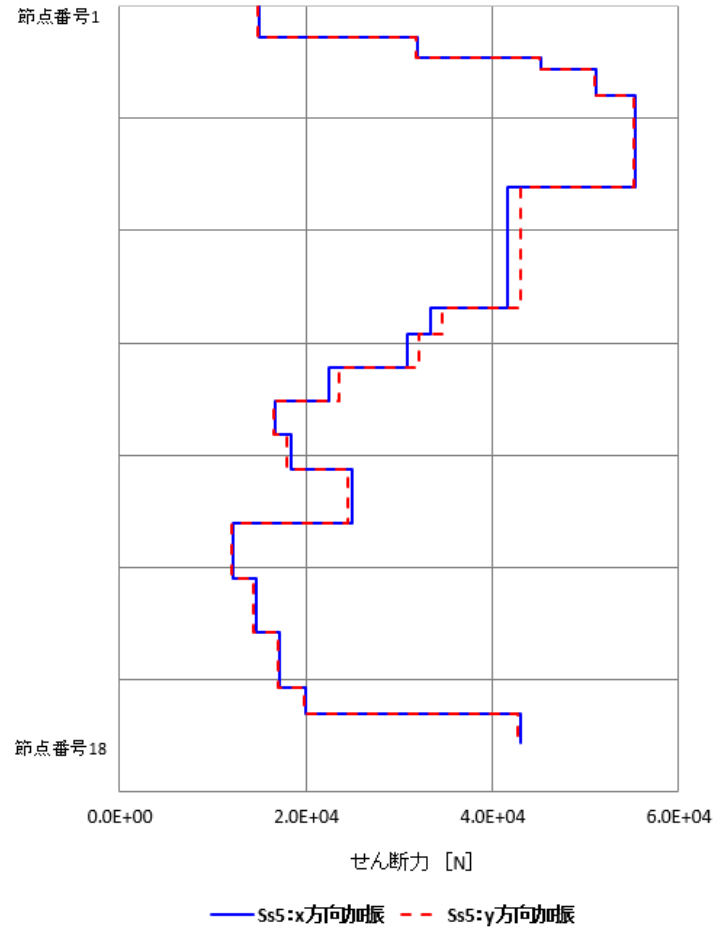
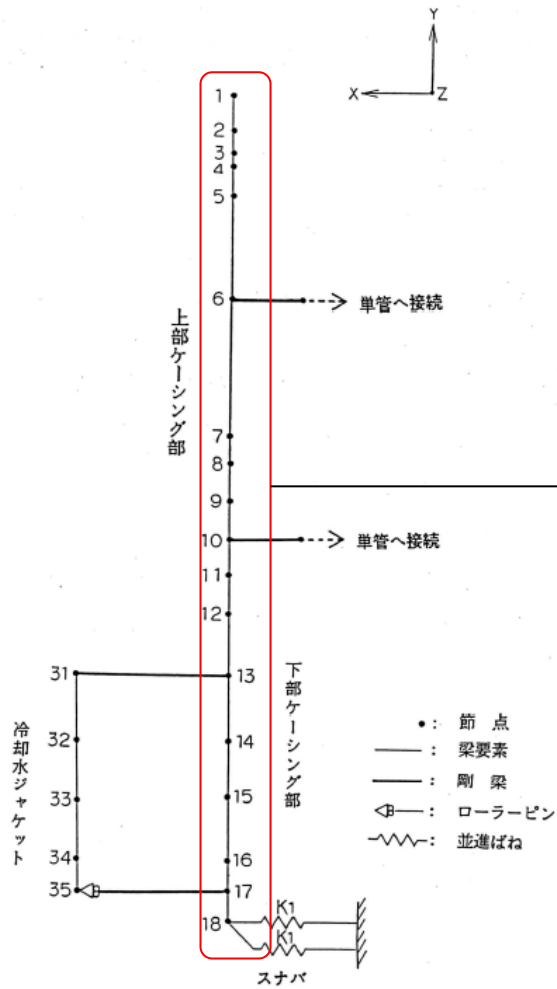
第 3. 42 図 Sd1-4\_SdD 地震動 1 次加圧水冷却器(伝熱管)の曲げモーメント分布



第 3. 43 図 Sd5 地震動 1 次加圧水冷却器 (伝熱管) の曲げモーメント分布

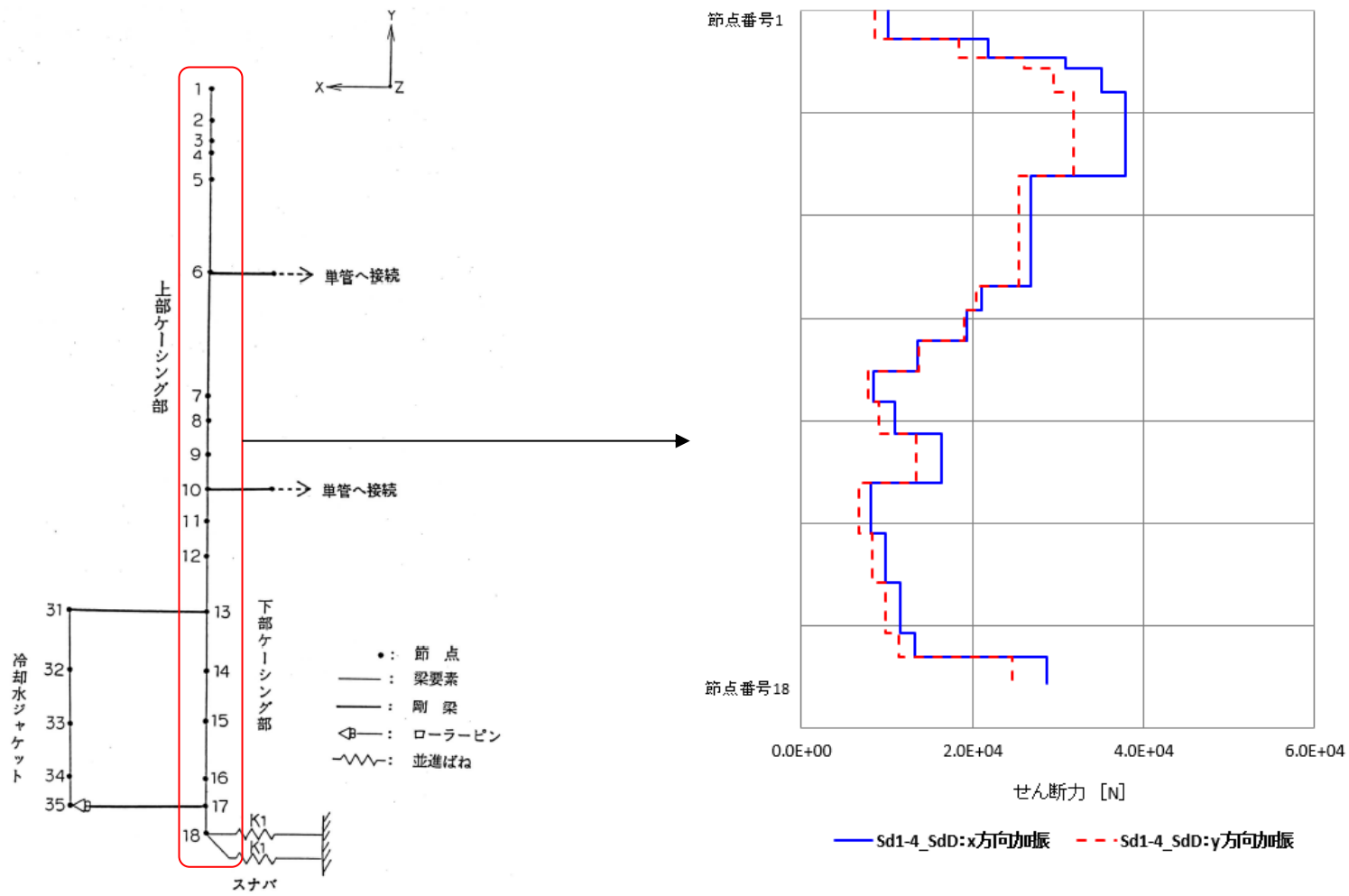


第 3.44 図 Ss1-4\_SsD 地震動 中間熱交換器用 1 次ヘリウム循環機のせん断力分布

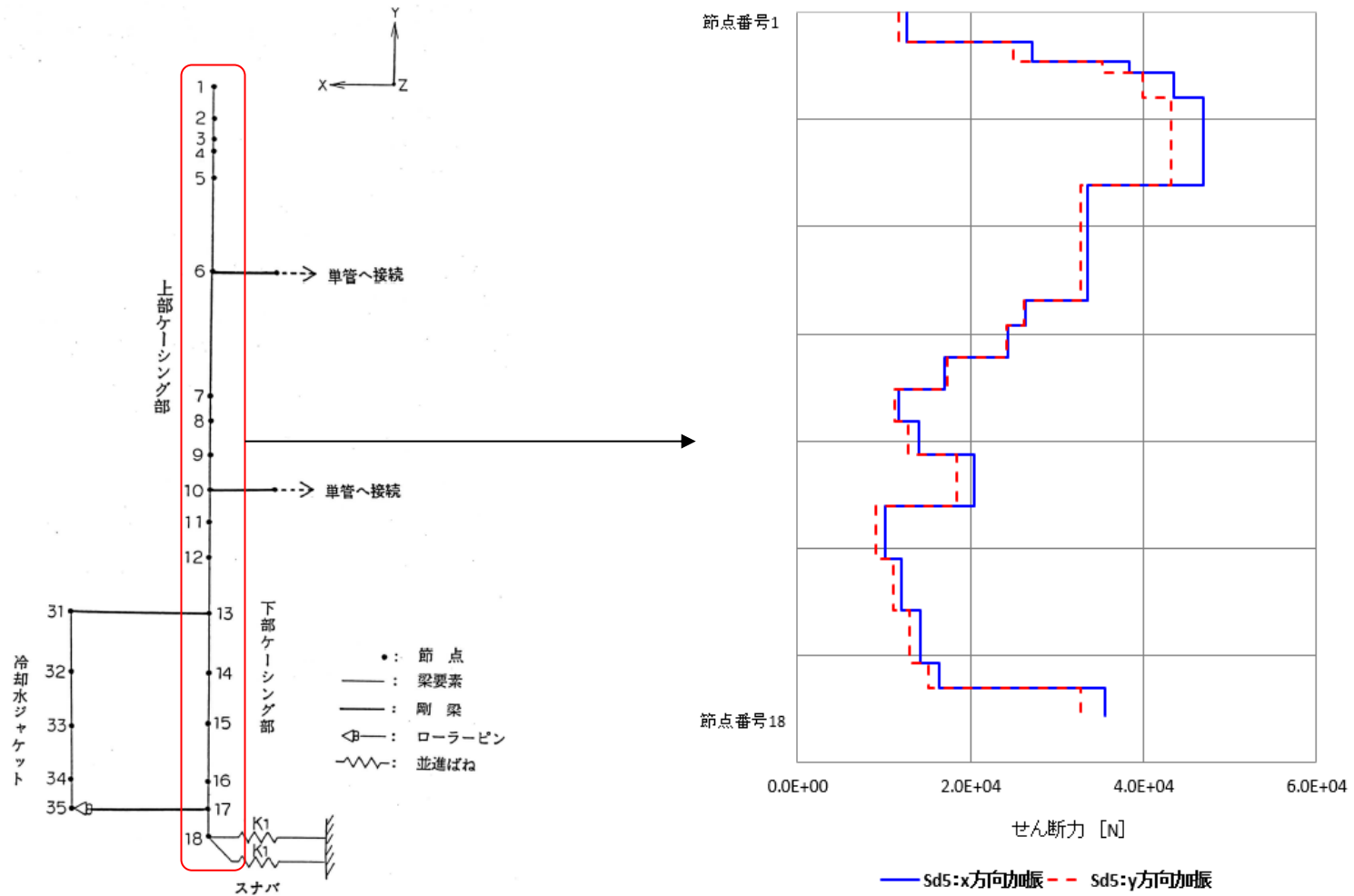


第 3.45 図 Ss5 地震動 中間熱交換器用 1 次ヘリウム循環機のせん断力分布

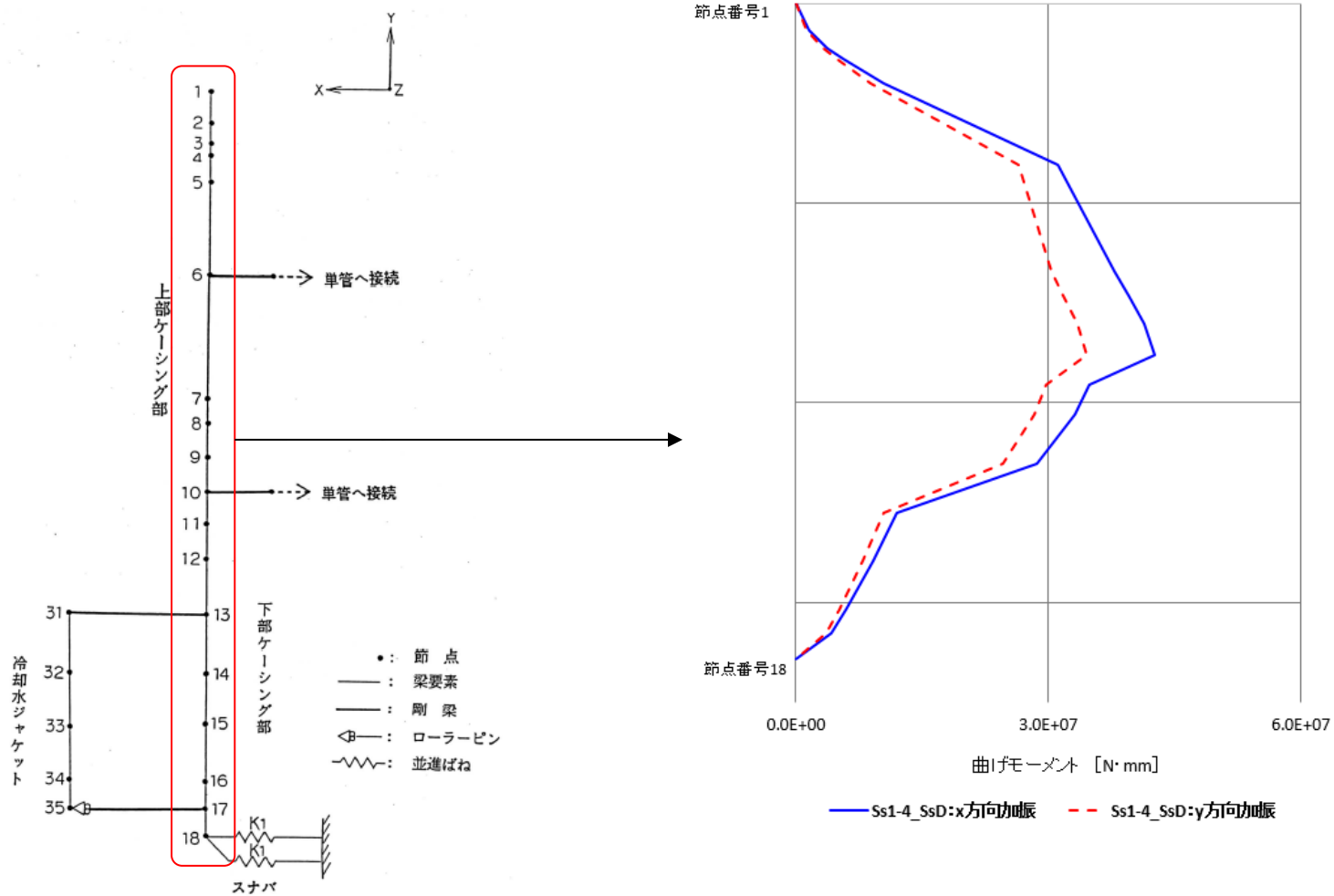




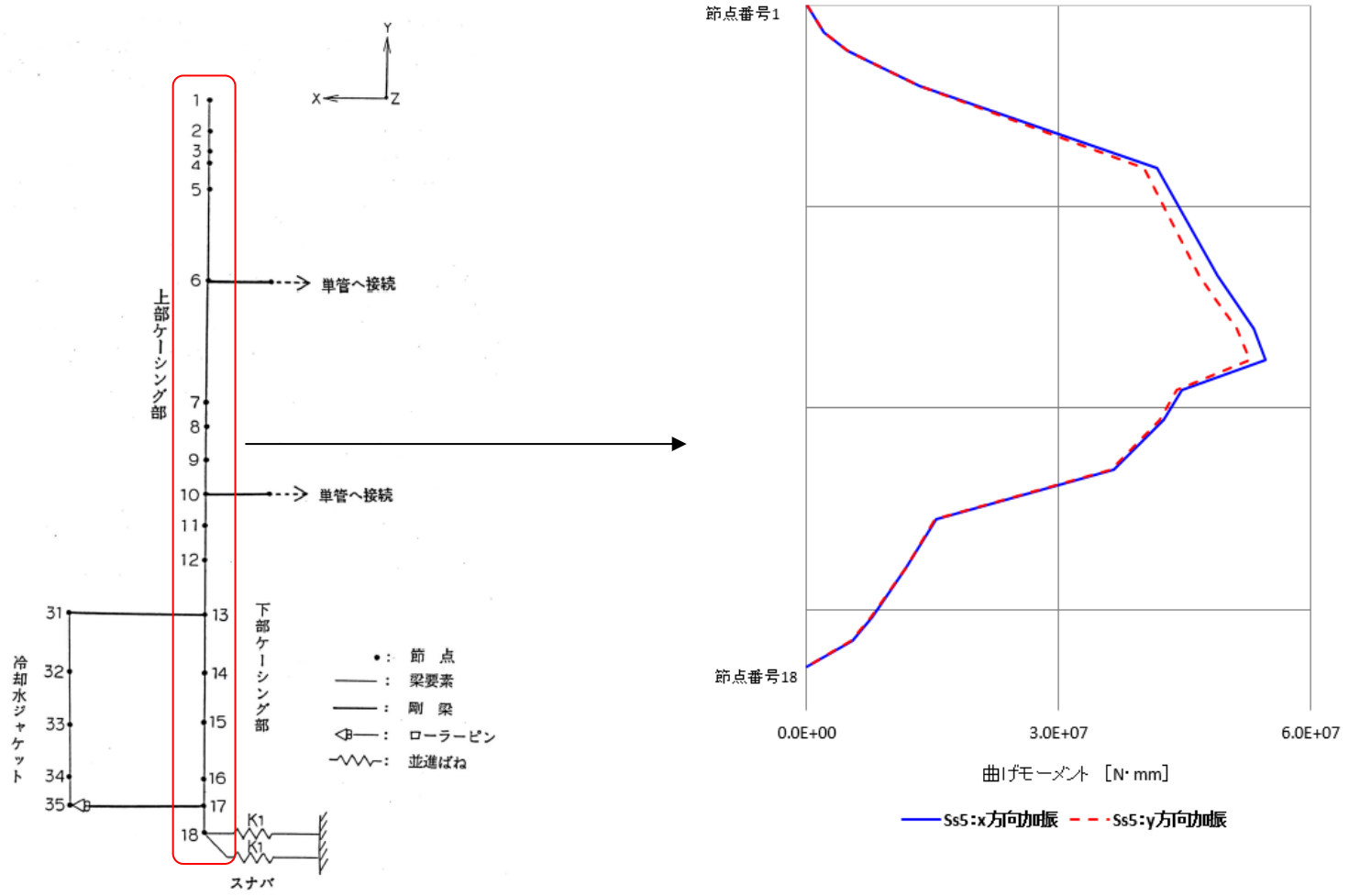
第 3.46 図 Sd1-4\_SdD 地震動 中間熱交換器用 1 次ヘリウム循環機のせん断力分布



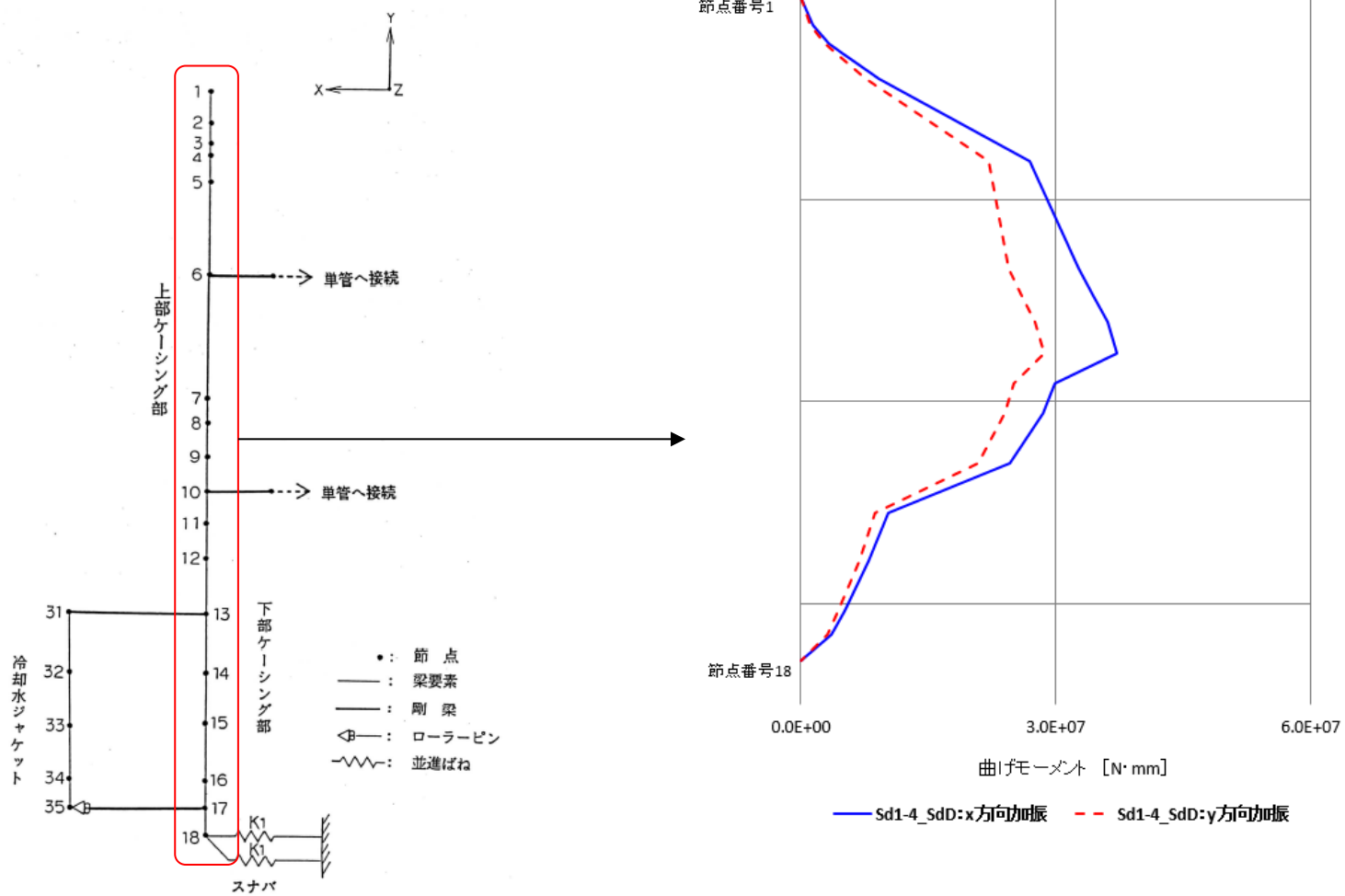
第 3.47 図 Sd5 地震動 中間熱交換器用 1 次ヘリウム循環機のせん断力分布



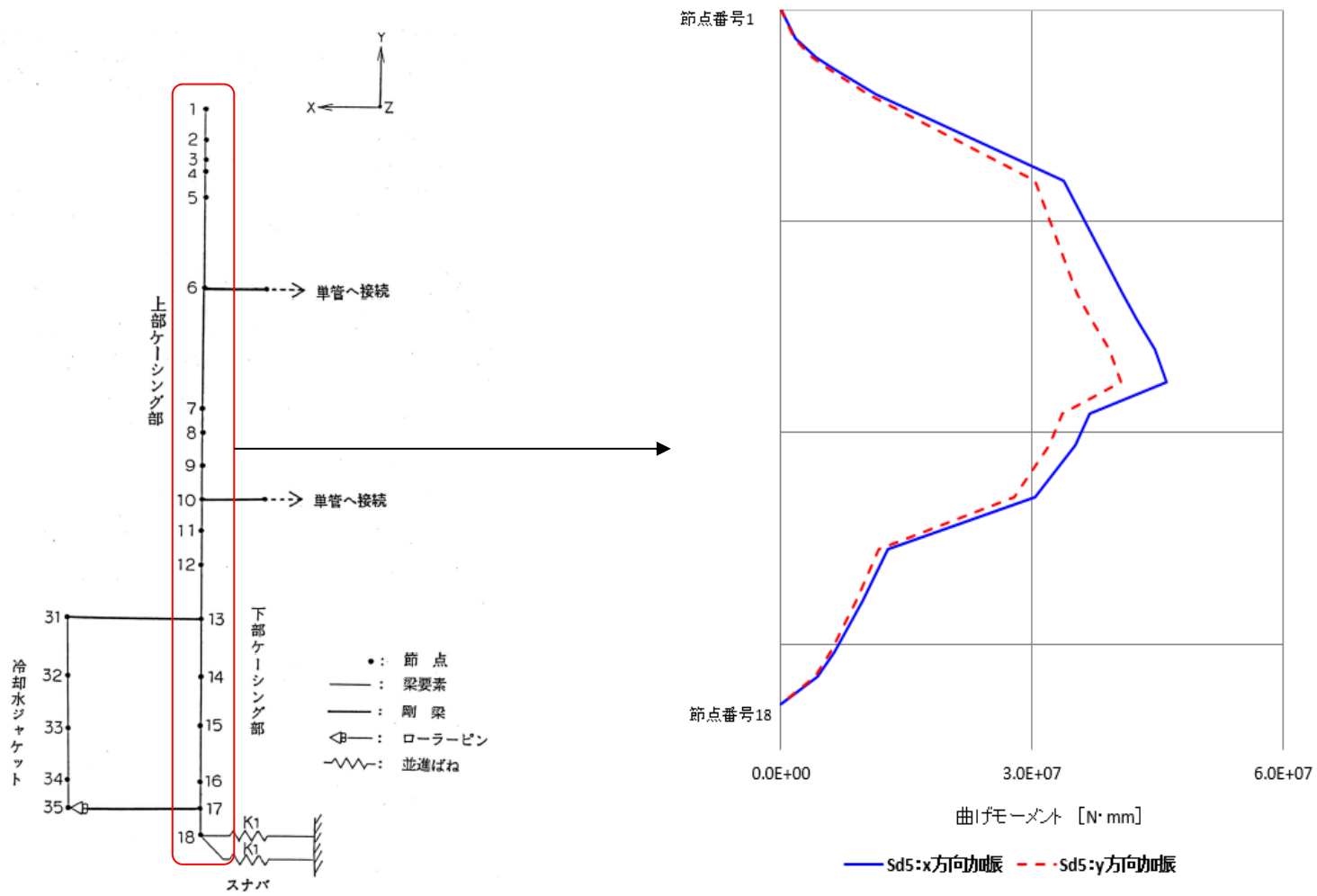
第 3.48 図 Ss1-4\_SsD 地震動 中間熱交換器用 1 次ヘリウム循環機の曲げモーメント分布



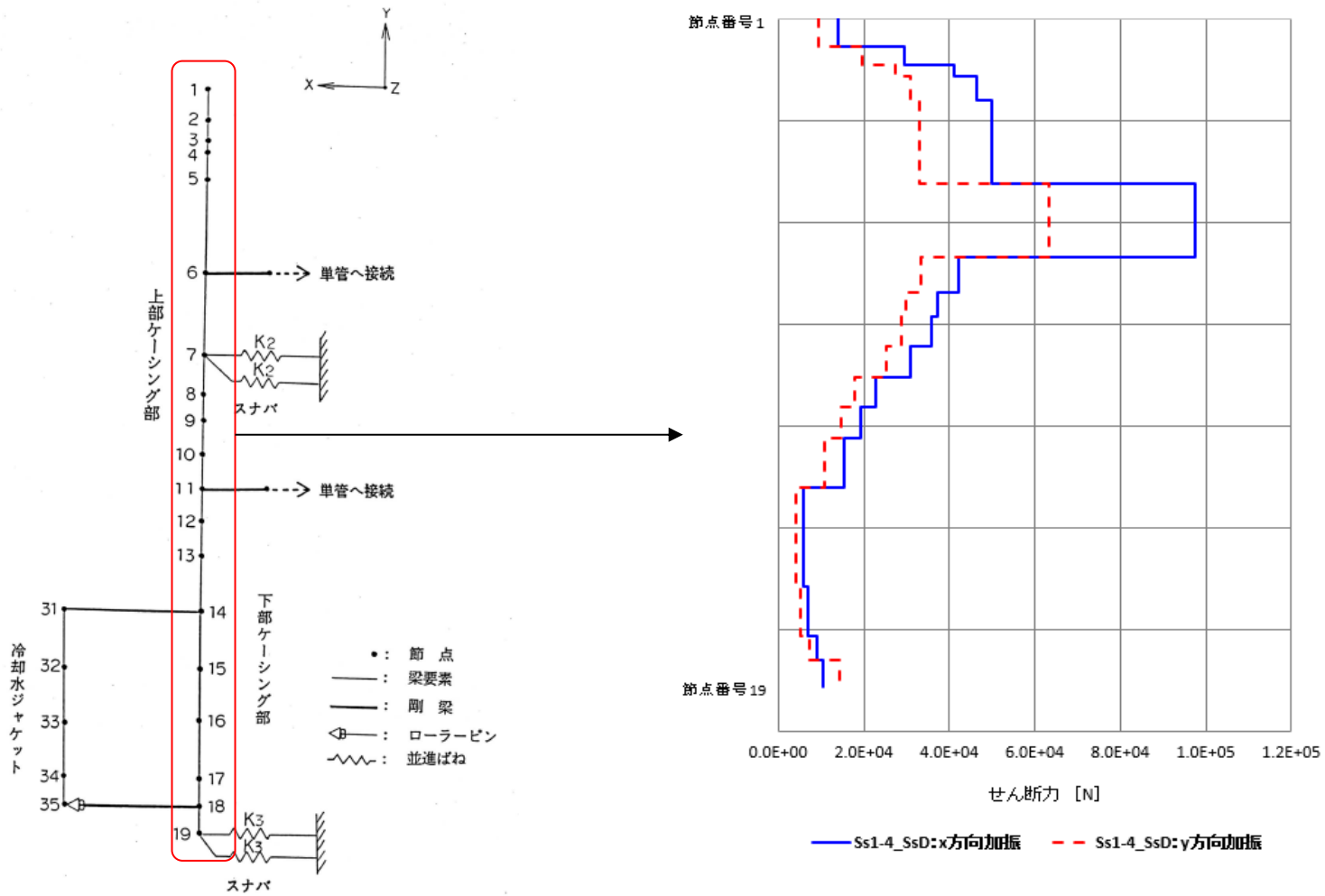
第 3. 49 図 Ss5 地震動 中間熱交換器用 1 次ヘリウム循環機の曲げモーメント分布



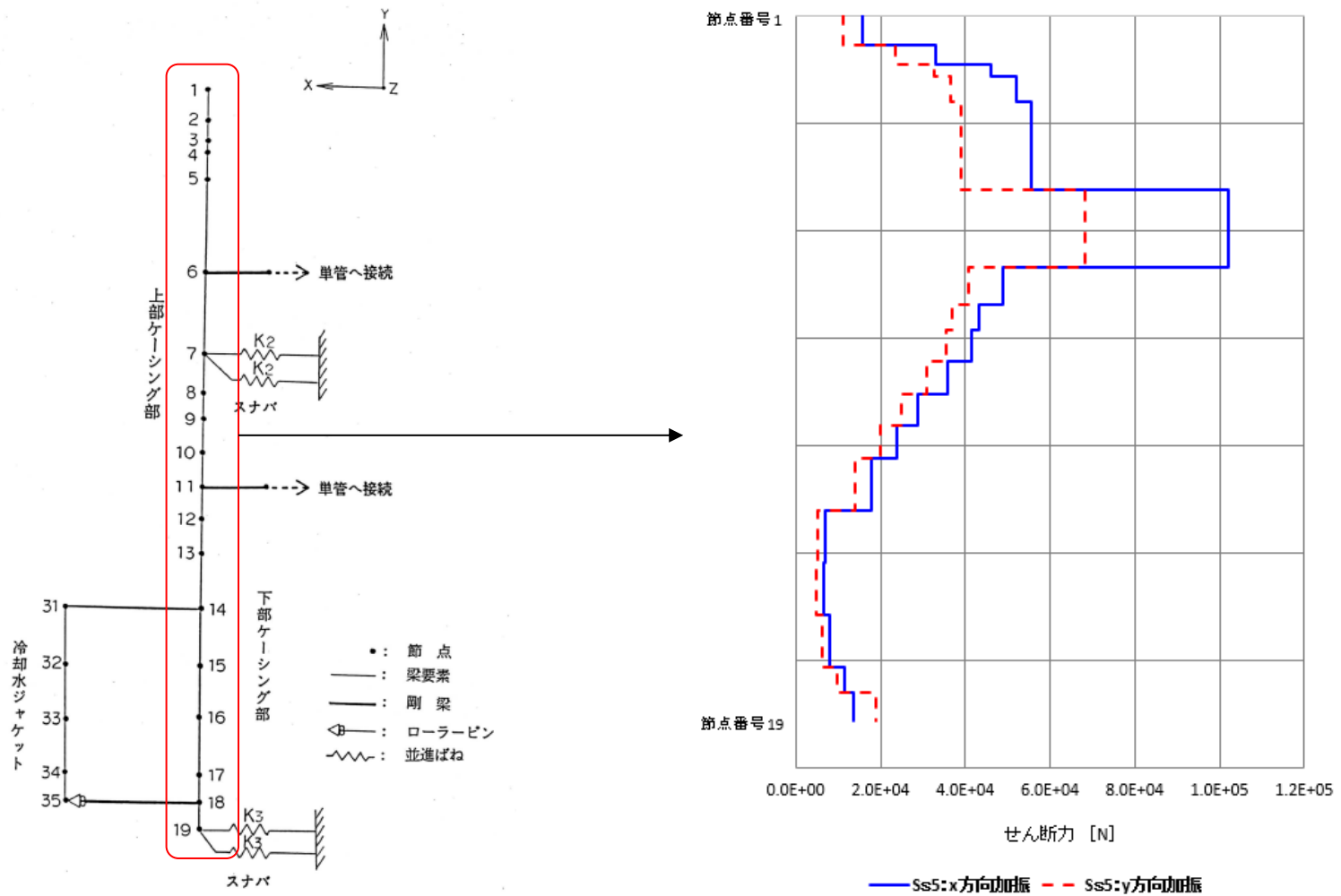
第 3.50 図 Sd1-4\_SdD 地震動 中間熱交換器用 1 次ヘリウム循環機の曲げモーメント分布



第 3. 51 図 Sd5 地震動 中間熱交換器用 1 次ヘリウム循環機の曲げモーメント分布

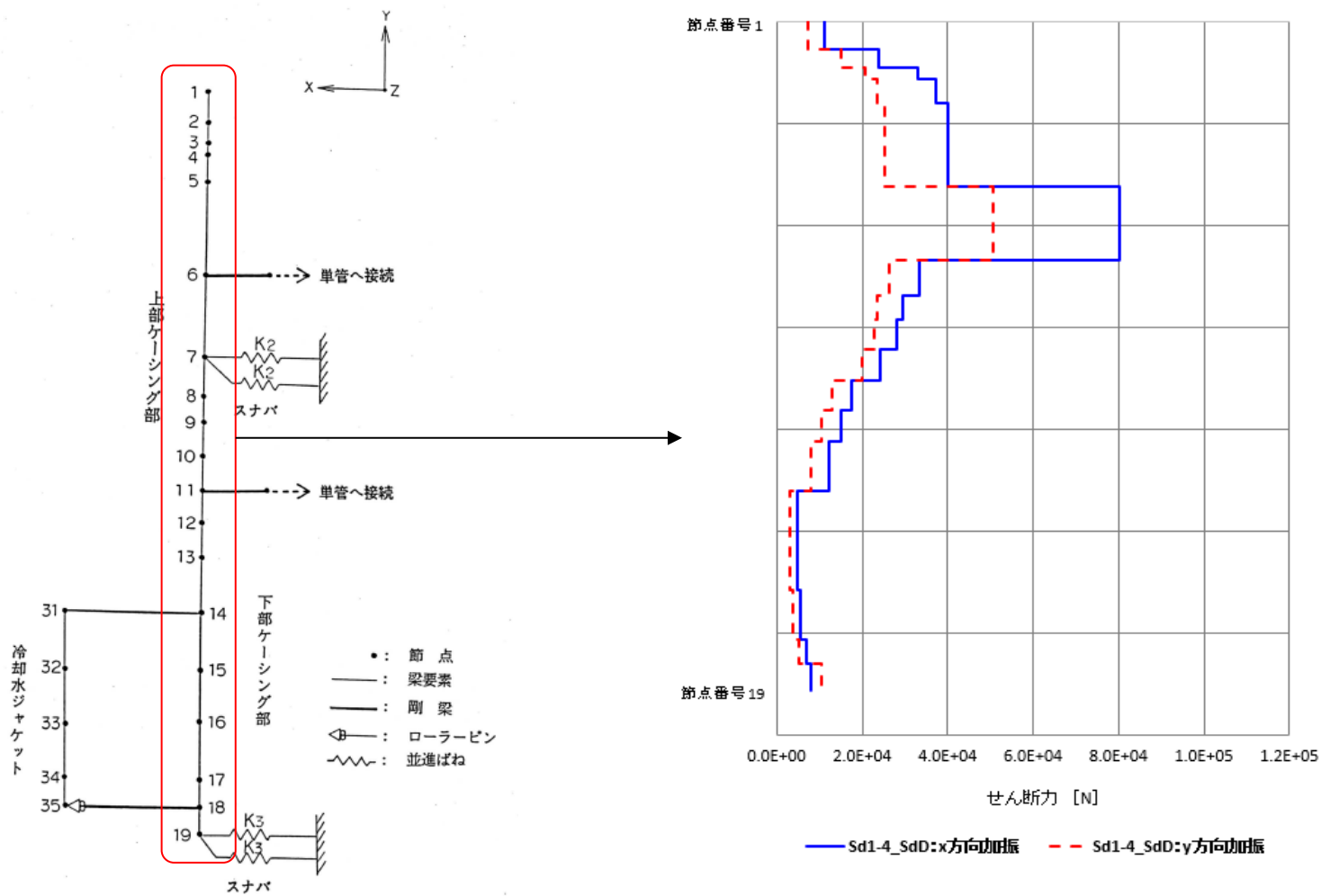


第 3.52 図 Ss1-4\_SsD 地震動 1 次加圧水冷却器用 1 次ヘリウム循環機のせん断力分布

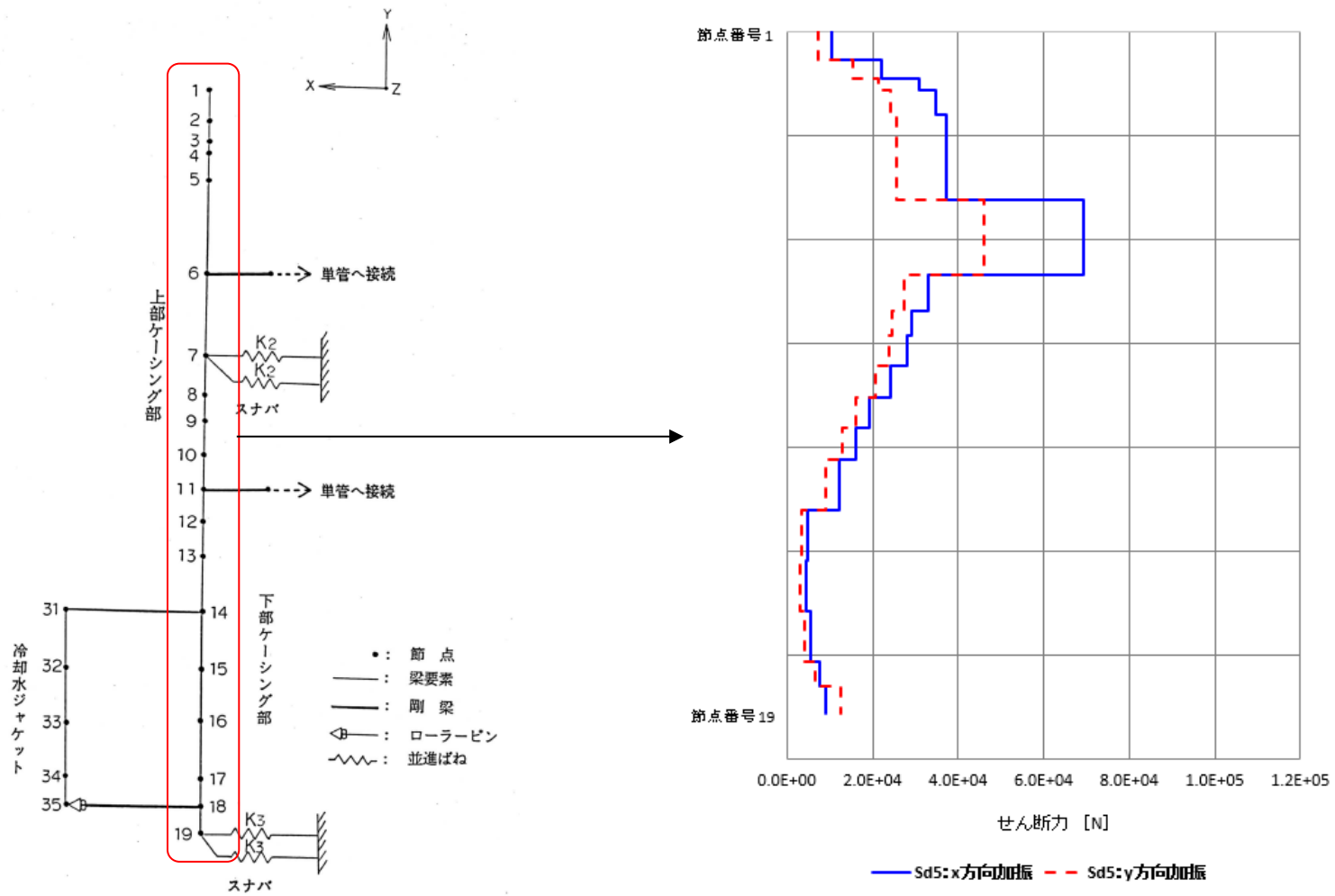


第 3. 53 図 Ss5 地震動 1 次加圧水冷却器用 1 次ヘリウム循環機のせん断力分布

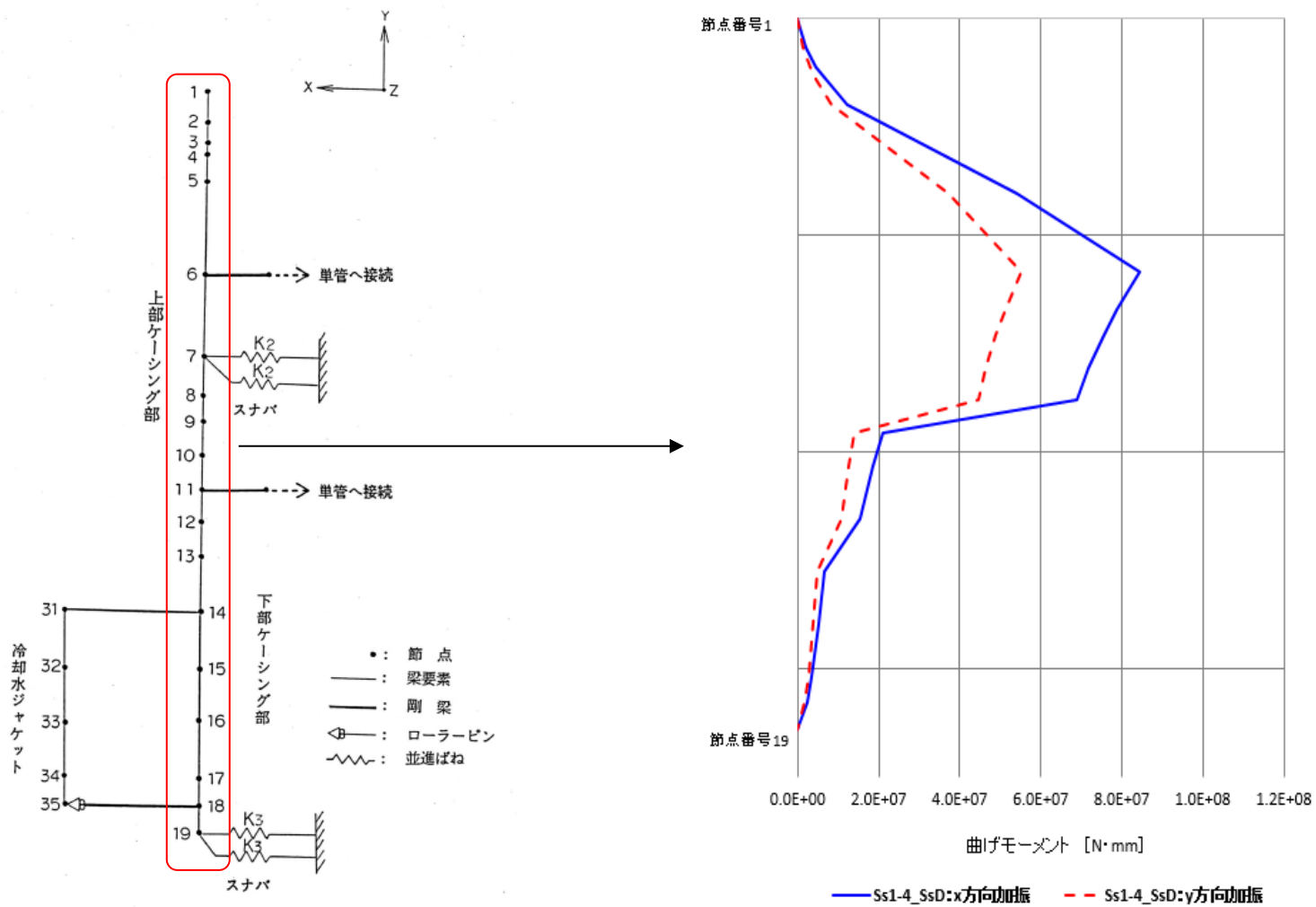




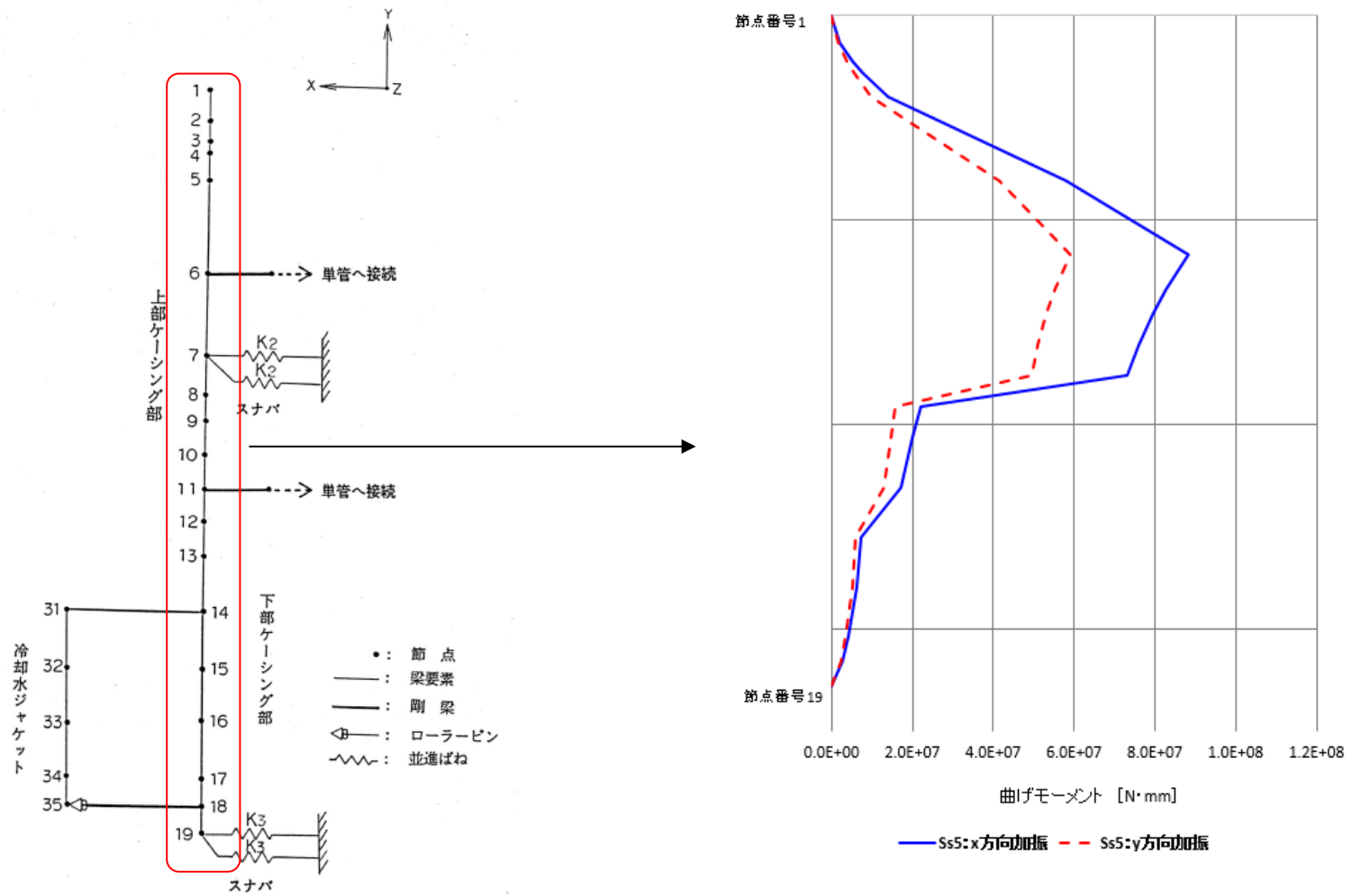
第 3.54 図 Sd1-4\_SdD 地震動 1 次加圧水冷却器用 1 次ヘリウム循環機のせん断力分布



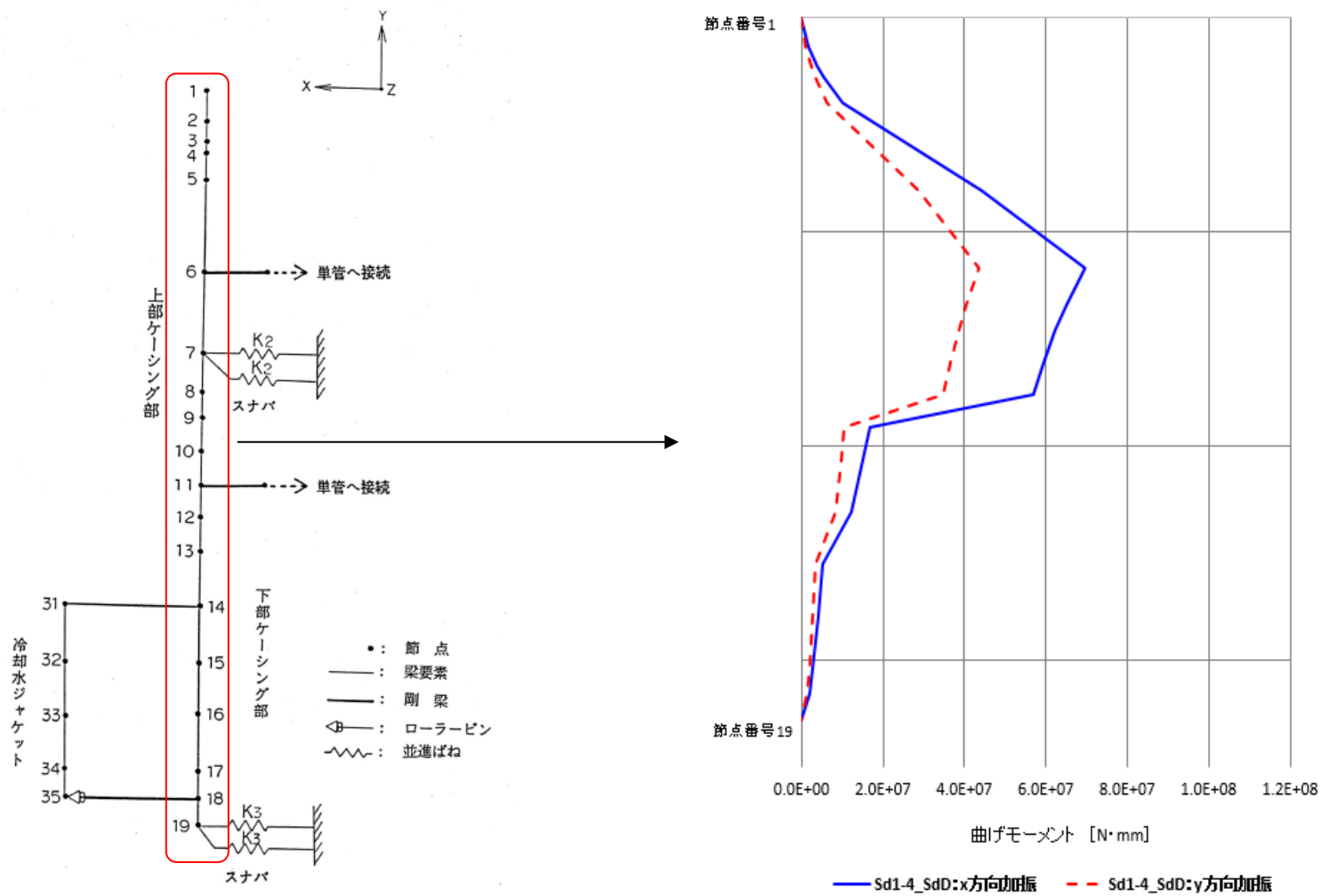
第 3.55 図 Sd5 地震動 1 次加圧水冷却器用 1 次ヘリウム循環機のせん断力分布

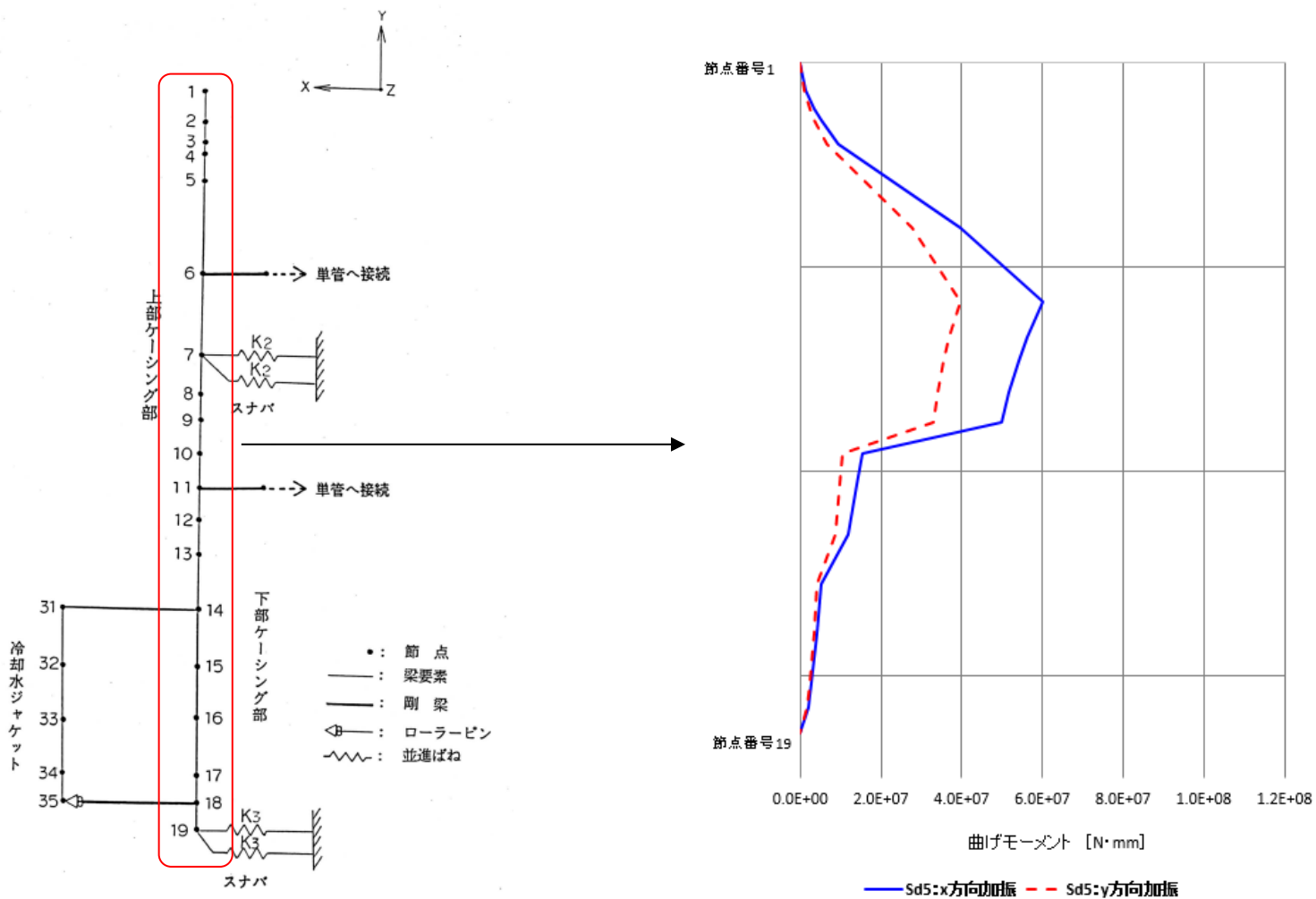


第 3.56 図 Ss1-4\_SsD 地震動 1 次加圧水冷却器用 1 次ヘリウム循環機の曲げモーメント分布



第 3.57 図 Ss5 地震動 1 次加圧水冷却器用 1 次ヘリウム循環機の曲げモーメント分布





第 3.59 図 Sd5 地震動 1 次加圧水冷却器用 1 次ヘリウム循環機の曲げモーメント分布

### 3.3 1次加圧水冷却器管台接続部

#### 3.3.1 形状、寸法及び材料

1次加圧水冷却器管台接続部の形状、寸法及び材料を第3.6表に示す。また形状から求まる配管要素応力係数を第3.7表に示す。

#### 3.3.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第3.8表から第3.11表に示す。自重等の荷重値は、「Ⅲ-イ-11 1次ヘリウム配管(二重管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)を参照した。

#### 3.3.3 応力評価

1次加圧水冷却器管台接続部の応力評価結果を第3.12表から第3.27表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

##### (1) 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

##### (2) 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### (3) 3軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

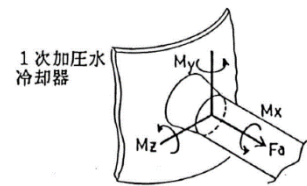
第 3.6 表 形状、寸法及び材料

外	径	863.6 mm
肉	厚	42.0 mm
主 要 材 料		SCMV-2 NT

第 3.7 表 配管要素応力係数

応力係数	設定値
$B_1$	0.50
$B_1'$	1.00
$C_1$	1.00
$K_1$	1.42
$B_2$	1.00
$C_2$	1.00
$K_2$	1.21
$C_3$	1.00
$K_3$	1.21
$C_4$	0.50
$K_1'$	1.29



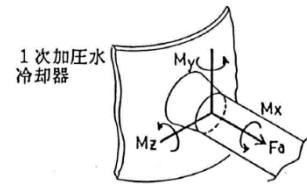


第 3.8 表 機械的荷重(Ss1-4\_SsD 地震動)

	機械的荷重			
	Ss1-4_SsD 地震動			
	軸力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>a</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	4752	9020	8653	23906
運転状態 II	4752	9020	8653	23906
	4752	9020	8653	23906
	4752	9020	8653	23906
運転状態 III	-	-	-	-
	-	-	-	-
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 3.9 表 機械的荷重(Ss5 地震動)

	機械的荷重			
	Ss5 地震動			
	軸力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>a</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	6125	9215	8124	30875
運転状態 II	6125	9215	8124	30875
	6125	9215	8124	30875
	6125	9215	8124	30875
運転状態 III	-	-	-	-
	-	-	-	-
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 3.10 表 機械的荷重 (Sd1-4\_SdD 地震動)

	機械的荷重			
	Sd1-4_SdD 地震動			
	軸力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>a</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	3766	7079	6370	18895
運転状態 II	3766	7079	6370	18895
	3766	7079	6370	18895
	3766	7079	6370	18895
運転状態 III	-	-	-	-
	-	-	-	-
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 3.11 表 機械的荷重 (Sd5 地震動)

	機械的荷重			
	Sd5 地震動			
	軸力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>a</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	4551	6526	6078	22917
運転状態 II	4551	6526	6078	22917
	4551	6526	6078	22917
	4551	6526	6078	22917
運転状態 III	-	-	-	-
	-	-	-	-
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 3.12 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

1次ヘリウム配管(二重管) 1次加圧水冷却器管台接続部

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	17.7	36.8	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	28	169	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	430	-	45	139	
	$P_s \leq S_t$	430	$6.00 \times 10^3$	44	134	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	430	-	54	185	$K_s=1.34$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$6.00 \times 10^3$	44	149	$K_t=1.12$
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	45	166	
	$P_s \leq S_t$	430	$3.00 \times 10^2$	44	202	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	54	222	$K_s=1.34$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$3.00 \times 10^2$	44	230	$K_t=1.13$
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	430 399	$6.00 \times 10^3$ $1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	430 399	$6.00 \times 10^3$ $1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	48	278	
	$P_s \leq 2S_R/3$	430	$3.00 \times 10$	47	252	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	62	371	$K_s=1.34$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	430	$3.00 \times 10$	47	287	$K_t=1.14$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	430 399	$6.00 \times 10^3$ $1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	430 399	$6.00 \times 10^3$ $1.05 \times 10^5$	0.02	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 3.13 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

1次ヘリウム配管(二重管) 1次加圧水冷却器管台接続部

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	17.7	36.8	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	28	169	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	430	-	45	139	
	$P_s \leq S_t$	430	$6.00 \times 10^3$	44	134	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	430	-	56	185	$K_s=1.34$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$6.00 \times 10^3$	44	149	$K_t=1.12$
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	45	166	
	$P_s \leq S_t$	430	$3.00 \times 10^2$	44	202	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	56	222	$K_s=1.34$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$3.00 \times 10^2$	44	230	$K_t=1.13$
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	430 399	$6.00 \times 10^3$ $1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	430 399	$6.00 \times 10^3$ $1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	48	278	
	$P_s \leq 2S_R/3$	430	$3.00 \times 10$	47	252	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	65	371	$K_s=1.34$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	430	$3.00 \times 10$	47	287	$K_t=1.14$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	430 399	$6.00 \times 10^3$ $1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	430 399	$6.00 \times 10^3$ $1.05 \times 10^5$	0.02	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ~ IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 3.14 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限

1 次ヘリウム配管(二重管) 1 次加圧水冷却器管台接続部(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 400 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 70 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				$S_a$ の評価式	温度 ( $^\circ\text{C}$ )
C 2A01-Sd	430 20	45	115 177	$1.25S_t$	430

※ 既往の設工認の負荷サイクル C 2A01-S1 の P' に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 3.15 表 Sd5 地震動 Sa の制限

1 次ヘリウム配管(二重管) 1 次加圧水冷却器管台接続部(地震動 : Sd5)

$$T_o = 400 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 72 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				$S_a$ の評価式	温度 ( $^\circ\text{C}$ )
C 2A01-Sd	430 20	45	117 177	$1.25S_t$	430

※ 既往の設工認の負荷サイクル C 2A01-S1 の P' に Sd5 分を付加して評価

第 3.16 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限  
1 次ヘリウム配管(二重管) 1 次加圧水冷却器管台接続部(地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	35 1044	0.267	0.166	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 3.17 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限  
1 次ヘリウム配管(二重管) 1 次加圧水冷却器管台接続部(地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	38 1044	0.267	0.180	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価

第 3.18 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1)

1 次ヘリウム配管(二重管) 1 次加圧水冷却器管台接続部(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon' \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_\varepsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 (℃)	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_\varepsilon'$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ (MPa)	—	$K_e$	$S_\ell$ (MPa)			
1C01 2A03	430	250	$3.988 \times 10^{-4}$	$1.471 \times 10^{-4}$	$9.523 \times 10^{-5}$	1.27	1.27	$7.981 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
C 2A01	399	198	$3.983 \times 10^{-4}$	$9.717 \times 10^{-5}$	$9.422 \times 10^{-5}$	1.37	1.37	$7.465 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
C 2A01-Sd	399	1	$4.962 \times 10^{-4}$	$3.394 \times 10^{-7}$	$1.044 \times 10^{-4}$	1.36	1.36	$8.016 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
C 3A01	399	1	$4.161 \times 10^{-4}$	$3.394 \times 10^{-7}$	$1.044 \times 10^{-4}$	1.36	1.36	$6.812 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
C 1A01	399	89	$3.021 \times 10^{-4}$	$3.021 \times 10^{-5}$	$9.605 \times 10^{-5}$	1.42	1.42	$5.776 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
2A02 3B01	430	211	$9.195 \times 10^{-5}$	$1.242 \times 10^{-4}$	$9.391 \times 10^{-5}$	1.27	1.27	$3.779 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
Sd	430	200	$1.377 \times 10^{-4}$	0.000	$9.607 \times 10^{-5}$	1.21	1.21	$2.828 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
C T	100	40	—	—	87	—	1.00	44	1000000	0.000	D
$K_T = 1.21$			$D_f = \sum (n_i / N_{di}) = 0.002$								

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 2 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_\ell$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $\varepsilon_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 3.19 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1)

1 次ヘリウム配管(二重管) 1 次加圧水冷却器管台接続部(地震動：Sd5)

$$\varepsilon_t = K_{\varepsilon'} \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_{\varepsilon'} = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 (°C)	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_{\varepsilon'}$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ (MPa)	—	$K_e$	$S_0$ (MPa)			
1C01 2A03	430	250	$3.988 \times 10^{-4}$	$1.471 \times 10^{-4}$	$9.523 \times 10^{-5}$	1.27	1.27	$7.981 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
C 2A01	399	198	$3.983 \times 10^{-4}$	$9.717 \times 10^{-5}$	$9.422 \times 10^{-5}$	1.37	1.37	$7.465 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
C 2A01-Sd	399	1	$5.070 \times 10^{-4}$	$3.394 \times 10^{-7}$	$1.044 \times 10^{-4}$	1.36	1.36	$8.163 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
C 3A01	399	1	$4.161 \times 10^{-4}$	$3.394 \times 10^{-7}$	$1.044 \times 10^{-4}$	1.36	1.36	$6.812 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
C 1A01	399	89	$3.021 \times 10^{-4}$	$3.021 \times 10^{-5}$	$9.605 \times 10^{-5}$	1.42	1.42	$5.776 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
2A02 3B01	430	211	$9.195 \times 10^{-5}$	$1.242 \times 10^{-4}$	$9.391 \times 10^{-5}$	1.27	1.27	$3.779 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
Sd	430	200	$1.485 \times 10^{-4}$	0.000	$9.607 \times 10^{-5}$	1.21	1.21	$2.960 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
C T	100	40	—	—	87	—	1.00	44	1000000	0.000	D
$K_T = 1.21 \quad D_f = \Sigma (n_i / N_{di}) = 0.002$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 2 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_0$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $\varepsilon_n$  に Sd5 分を付加して評価



第 3.20 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 1)

1 次ヘリウム配管(二重管) 1 次加圧水冷却器管台接続部(地震動 : Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 T ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma ( t / T_d )$	備考
1C01 2A03	163	430	$6.00 \times 10^3$	$1.06 \times 10^5$	0.113	C
C 2A01-Sd	174	399	$1.05 \times 10^5$	$3.00 \times 10^5$	0.701	C
$D_{cN} = \Sigma ( D_{cN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.814$						

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min}[ 1.25S_y | k, \text{Max}[ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_b + Q \rangle ] ]$

C :  $S_k = S_g$

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
1C01 2A03	$8.574 \times 10^{-4}$	$2.346 \times 10^{-3}$	150	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
T= 430 (°C) $D_{CP} = \Sigma ( n_k D_k^{**} ) = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ (1/2) 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 2A01-S1 の  $S_k$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ (2/2) 既往の設工認の評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないためそのままとした。

第 3.21 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 1)

1 次ヘリウム配管(二重管) 1 次加圧水冷却器管台接続部(地震動 : Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 T ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma ( t / T_d )$	備考
1C01 2A03	163	430	$6.00 \times 10^3$	$1.06 \times 10^5$	0.113	C
C 2A01-Sd	176	399	$1.05 \times 10^5$	$3.00 \times 10^5$	0.701	C
$D_{cN} = \Sigma ( D_{cN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.814$						

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min}[ 1.25S_y | k, \text{Max}[ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_b + Q \rangle ] ]$

C :  $S_k = S_g$

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
1C01 2A03	$8.574 \times 10^{-4}$	$2.346 \times 10^{-3}$	150	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
T= 430 (°C) $D_{cP} = \Sigma ( n_k D_k^{**} ) = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ (1/2) 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 2A01-S1 の  $S_k$  に Sd5 分を付加して評価

※ (2/2) 既往の設工認の評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないためそのままとした。

第 3.22 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
 1 次ヘリウム配管(二重管) 1 次加圧水冷却器管台接続部(地震動：Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.002	0.814	0.816	0.894
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.814$ $D_{cp} = 0.000$				

第 3.23 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
 1 次ヘリウム配管(二重管) 1 次加圧水冷却器管台接続部(地震動：Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.002	0.814	0.816	0.894
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.814$ $D_{cp} = 0.000$				

第 3.24 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム配管(二重管) 1 次加圧水冷却器管台接続部(地震動：Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
IV	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y / f_B$	430	30	154	y=1.3 f <sub>B</sub> =1.5

- (1) 本強度計算箇所は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 3.25 表 Ss5 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム配管(二重管) 1 次加圧水冷却器管台接続部(地震動：Ss5)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
IV	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y / f_B$	430	33	154	y=1.3 f <sub>B</sub> =1.5

- (1) 本強度計算箇所は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 3.26 表 Sd1-4\_SdD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム配管(二重管) 1 次加圧水冷却器管台接続部(地震動：Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
III	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y / f_B$	430	25	115	y=1.3 f <sub>B</sub> =2.0

- (1) 本強度計算箇所は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 3.27 表 Sd5 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム配管(二重管) 1 次加圧水冷却器管台接続部(地震動：Sd5)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
III	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y / f_B$	430	27	115	y=1.3 f <sub>B</sub> =2.0

- (1) 本強度計算箇所は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

### 3.4 ティー

#### 3.4.1 形状、寸法及び材料

ティーの形状、寸法及び材料を第 3.28 表に示す。また形状から求まる配管要素応力係数を第 3.29 表に示す。

#### 3.4.2 機械的荷重条件

応力評価に用いる機械的荷重を第 3.30 表から第 3.41 表に示す。自重等の荷重値は、「Ⅲ-イ-11 1次ヘリウム配管(二重管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 3 回申請)平成 4 年 4 月 9 日付け 4 安(原規)第 47 号)を参照した。

#### 3.4.3 応力評価

ティーの応力評価結果を第 3.42 表から第 3.57 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものであるが、「Sa の制限」及び「クリープ疲れ損傷の制限」については、既往の設工認の地震動の応力分を差し引いたものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

##### (1) 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

##### (2) 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### (3) 3 軸応力の制限

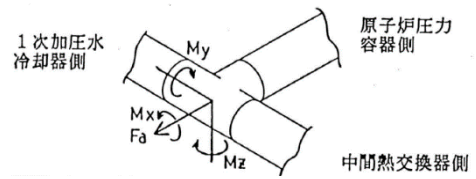
本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3 軸の主応力が接近することはない。

第 3.28 表 形状、寸法及び材料

外	径	863.6 mm
肉	厚	42.0 mm
主 要 材 料		SCMV4-2 NT

第 3.29 表 配管要素応力係数

応力係数	設定値
$B_1$	0.50
$B_1'$	1.00
$C_1$	1.50
$K_1$	4.40
$B_{2b}$	1.89
$B_{2r}$	3.55
$C_2$	3.17
$K_2$	1.00
$C_3$	1.00
$K_3$	1.10
$C_4$	0.50
$K_1'$	1.00



第 3.30 表 機械的荷重 (Ss1-4\_SsD 地震動)

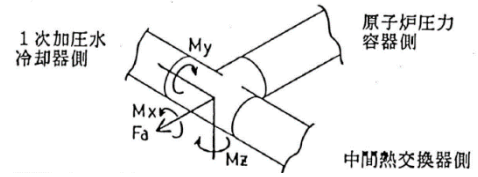
(分岐管側)

	機械的荷重			
	Ss1-4_SsD 地震動			
	軸力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>a</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	13312	5763	7606	14094
運転状態 II	13312	5763	7606	14094
	13312	5763	7606	14094
	13312	5763	7606	14094
運転状態 III	-	-	-	-
	-	-	-	-
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 3.31 表 機械的荷重 (Ss5 地震動)

(分岐管側)

	機械的荷重			
	Ss5 地震動			
	軸力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>a</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	11731	7334	8461	14913
運転状態 II	11731	7334	8461	14913
	11731	7334	8461	14913
	11731	7334	8461	14913
運転状態 III	-	-	-	-
	-	-	-	-
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 3.32 表 機械的荷重 (Sd1-4\_SdD 地震動)

(分岐管側)

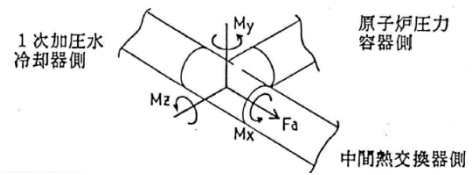
	機械的荷重			
	Sd1-4_SdD 地震動			
	軸力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>a</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	9356	4617	6390	11098
運転状態 II	9356	4617	6390	11098
	9356	4617	6390	11098
運転状態 III	-	-	-	-
	-	-	-	-
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 3.33 表 機械的荷重 (Sd5 地震動)

(分岐管側)

	機械的荷重			
	Sd5 地震動			
	軸力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>a</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	8932	5684	6645	12104
運転状態 II	8932	5684	6645	12104
	8932	5684	6645	12104
運転状態 III	-	-	-	-
	-	-	-	-
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-





第 3.34 表 機械的荷重 (Ss1-4\_SsD 地震動)

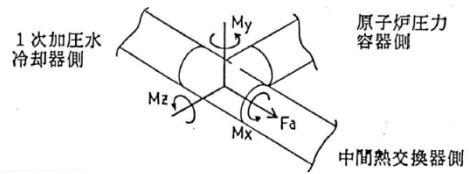
(母管側：その 1)

	機械的荷重			
	Ss1-4_SsD 地震動			
	軸力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>a</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	4752	9020	14867	13570
運転状態 II	4752	9020	14867	13570
	4752	9020	14867	13570
	4752	9020	14867	13570
運転状態 III	-	-	-	-
	-	-	-	-
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 3.35 表 機械的荷重 (Ss5 地震動)

(母管側：その 1)

	機械的荷重			
	Ss5 地震動			
	軸力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>a</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	6125	9215	13276	17219
運転状態 II	6125	9215	13276	17219
	6125	9215	13276	17219
	6125	9215	13276	17219
運転状態 III	-	-	-	-
	-	-	-	-
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 3.36 表 機械的荷重 (Sd1-4\_SdD 地震動)

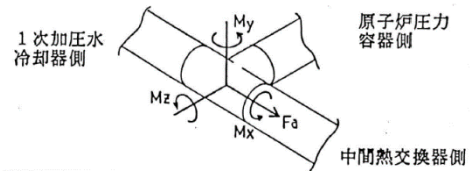
(母管側：その 1)

	機械的荷重			
	Sd1-4_SdD 地震動			
	軸力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>a</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	3767	7079	10409	10677
運転状態 II	3767	7079	10409	10677
	3767	7079	10409	10677
	3767	7079	10409	10677
運転状態 III	-	-	-	-
	-	-	-	-
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 3.37 表 機械的荷重 (Sd5 地震動)

(母管側：その 1)

	機械的荷重			
	Sd5 地震動			
	軸力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>a</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	4551	6526	10178	12697
運転状態 II	4551	6526	10178	12697
	4551	6526	10178	12697
	4551	6526	10178	12697
運転状態 III	-	-	-	-
	-	-	-	-
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 3.38 表 機械的荷重 (Ss1-4\_SsD 地震動)

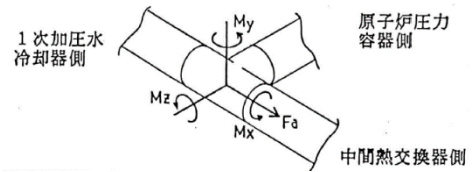
(母管側：その 2)

	機械的荷重			
	Ss1-4_SsD 地震動			
	軸力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>a</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	4906	6776	15420	18029
運転状態 II	4906	6776	15420	18029
	4906	6776	15420	18029
	4906	6776	15420	18029
運転状態 III	-	-	-	-
	-	-	-	-
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 3.39 表 機械的荷重 (Ss5 地震動)

(母管側：その 2)

	機械的荷重			
	Ss5 地震動			
	軸力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>a</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	6192	7750	17012	23339
運転状態 II	6192	7750	17012	23339
	6192	7750	17012	23339
	6192	7750	17012	23339
運転状態 III	-	-	-	-
	-	-	-	-
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 3.40 表 機械的荷重 (Sd1-4\_SdD 地震動)

(母管側：その 2)

	機械的荷重			
	Sd1-4_SdD 地震動			
	軸力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>a</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	4192	5755	12547	14432
運転状態 II	4192	5755	12547	14432
	4192	5755	12547	14432
	4192	5755	12547	14432
運転状態 III	-	-	-	-
	-	-	-	-
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 3.41 表 機械的荷重 (Sd5 地震動)

(母管側：その 2)

	機械的荷重			
	Sd5 地震動			
	軸力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>a</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	5133	6860	14719	17588
運転状態 II	5133	6860	14719	17588
	5133	6860	14719	17588
	5133	6860	14719	17588
運転状態 III	-	-	-	-
	-	-	-	-
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 3.42 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

1次ヘリウム配管(二重管) ティー(軸力なし)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	17.7	36.8	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	30	169	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	430	-	44	139	
	$P_s \leq S_t$	430	$6.00 \times 10^3$	44	134	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	430	-	112	185	$K_s=1.34$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$6.00 \times 10^3$	44	149	$K_t=1.12$
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	44	166	
	$P_s \leq S_t$	430	$3.00 \times 10^2$	44	202	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	112	222	$K_s=1.34$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$3.00 \times 10^2$	44	230	$K_t=1.13$
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	430	$6.00 \times 10^3$	0.04	1.00	$B=1.0$
		399	$1.05 \times 10^5$			
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	430	$6.00 \times 10^3$	0.04	1.00	
		399	$1.05 \times 10^5$			
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	47	278	
	$P_s \leq 2S_R/3$	430	$3.00 \times 10$	47	252	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	140	371	$K_s=1.34$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	430	$3.00 \times 10$	47	287	$K_t=1.14$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	430	$6.00 \times 10^3$	0.04	1.00	$B_R=1.0$
		399	$1.05 \times 10^5$			
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	430	$6.00 \times 10^3$	0.02	1.00	
		399	$1.05 \times 10^5$			

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位はmmとする。

※ 運転状態I～IIIにおいて短期荷重による応力( $P_b^*$ )にSd1-4\_SdD分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力( $P_b^*$ )にSs1-4\_SsD分を付加して評価

第 3.43 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

1次ヘリウム配管(二重管) ティー(軸力なし)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	17.7	36.8	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	30	169	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	430	-	44	139	
	$P_s \leq S_t$	430	$6.00 \times 10^3$	44	134	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	430	-	120	185	$K_s=1.34$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$6.00 \times 10^3$	44	149	$K_t=1.12$
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	44	166	
	$P_s \leq S_t$	430	$3.00 \times 10^2$	44	202	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	120	222	$K_s=1.34$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$3.00 \times 10^2$	44	230	$K_t=1.13$
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	430	$6.00 \times 10^3$	0.04	1.00	$B=1.0$
		399	$1.05 \times 10^5$			
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	430	$6.00 \times 10^3$	0.04	1.00	
		399	$1.05 \times 10^5$			
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	47	278	
	$P_s \leq 2S_R/3$	430	$3.00 \times 10$	47	252	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	150	371	$K_s=1.34$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	430	$3.00 \times 10$	47	287	$K_t=1.14$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	430	$6.00 \times 10^3$	0.04	1.00	$B_R=1.0$
		399	$1.05 \times 10^5$			
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	430	$6.00 \times 10^3$	0.02	1.00	
		399	$1.05 \times 10^5$			

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位はmmとする。

※ 運転状態I～IIIにおいて短期荷重による応力( $P_b^*$ )にSd5分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力( $P_b^*$ )にSs5分を付加して評価

第 3.44 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限

1 次ヘリウム配管(二重管) ティー(軸力なし)(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 400 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 110 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
C 2A01-Sd	430 20	44	154 177	1.25S <sub>t</sub>	430

※ 既往の設工認の負荷サイクル C 2A01-S1 の P' に Sd1-4\_SdD と S1 の差分を付加して評価

第 3.45 表 Sd5 地震動 Sa の制限

1 次ヘリウム配管(二重管) ティー(軸力なし)(地震動 : Sd5)

$$T_o = 400 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 118 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
C 2A01-Sd	430 20	44	162 177	1.25S <sub>t</sub>	430

※ 既往の設工認の負荷サイクル C 2A01-S1 の P' に Sd5 と S1 の差分を付加して評価

第 3.46 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限  
1 次ヘリウム配管(二重管) ティー(軸力なし)(地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{MH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{MH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{MH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	173 1044	0.398	0.827	S <sub>1</sub>	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 3.47 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限  
1 次ヘリウム配管(二重管) ティー(軸力なし)(地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{MH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{MH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{MH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	183 1044	0.398	0.874	S <sub>1</sub>	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価



第 3.48 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1)

1 次ヘリウム配管(二重管) ティー(軸力なし)(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$\epsilon_t = K_{\epsilon'} \epsilon_n + K_{\epsilon_c} + K_T \epsilon_F \quad K_{\epsilon'} = K^2 ( S^* / \bar{S} )$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 ( °C )	回数 n	$\epsilon_n$	$\epsilon_c$	$\epsilon_F$	K	$K_{\epsilon'}$	$\epsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ ( MPa )	—	$K_e$	$S_e$ ( MPa )			
C 2A01	399	198	$4.556 \times 10^{-4}$	$8.917 \times 10^{-5}$	$9.422 \times 10^{-5}$	3.61	3.61	$2.068 \times 10^{-3}$	14991	0.016	B
C 2A01-Sd	399	1	$6.636 \times 10^{-4}$	$4.268 \times 10^{-7}$	$1.044 \times 10^{-4}$	2.85	8.12	$5.506 \times 10^{-3}$	414	0.002	B
C 1A01	399	89	$3.594 \times 10^{-4}$	$3.797 \times 10^{-5}$	$9.605 \times 10^{-5}$	4.28	4.28	$1.804 \times 10^{-3}$	19898	0.007	C
C 3A01	399	1	$4.880 \times 10^{-4}$	$4.268 \times 10^{-7}$	$1.044 \times 10^{-4}$	3.44	3.44	$1.795 \times 10^{-3}$	26694	0.002	B
1C01 2A03	430	250	$4.331 \times 10^{-4}$	$1.794 \times 10^{-4}$	$9.523 \times 10^{-5}$	2.13	2.13	$1.405 \times 10^{-3}$	72330	0.005	B
Sd	430	200	$4.081 \times 10^{-4}$	0.000	$9.607 \times 10^{-5}$	1.10	1.10	$5.546 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
2A02 3B01	430	211	$1.094 \times 10^{-4}$	$1.514 \times 10^{-4}$	$9.391 \times 10^{-5}$	1.10	1.10	$4.897 \times 10^{-4}$	1000000	0.002	B
C T	100	40	—	—	402	—	1.00	202	20000	0.002	D
$K_T = 1.1 \quad D_f = \sum ( n_i / N_{di} ) = 0.037$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 2 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_e$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 2A01-S1 の  $S_k$  に Sd1-4\_SdD と S1 の差分を付加して評価

第 3.49 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1)

1 次ヘリウム配管(二重管) ティー(軸力なし)(地震動 : Sd5)

$$\epsilon_t = K_{\epsilon'} \epsilon_n + K_{\epsilon_c} \epsilon_c + K_T \epsilon_F \quad K_{\epsilon'} = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 (℃)	回数 n	$\epsilon_n$	$\epsilon_c$	$\epsilon_F$	K	$K_{\epsilon'}$	$\epsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ (MPa)	—	$K_e$	$S_e$ (MPa)			
C 2A01	399	198	$4.556 \times 10^{-4}$	$8.917 \times 10^{-5}$	$9.422 \times 10^{-5}$	3.61	3.61	$2.068 \times 10^{-3}$	14991	0.016	B
C 2A01-Sd	399	1	$7.069 \times 10^{-4}$	$4.268 \times 10^{-7}$	$1.044 \times 10^{-4}$	2.85	8.12	$5.857 \times 10^{-3}$	356	0.003	B
C 1A01	399	89	$3.594 \times 10^{-4}$	$3.797 \times 10^{-5}$	$9.605 \times 10^{-5}$	4.28	4.28	$1.804 \times 10^{-3}$	19898	0.007	C
C 3A01	399	1	$4.880 \times 10^{-4}$	$4.268 \times 10^{-7}$	$1.044 \times 10^{-4}$	3.44	3.44	$1.795 \times 10^{-3}$	26694	0.002	B
1C01 2A03	430	250	$4.331 \times 10^{-4}$	$1.794 \times 10^{-4}$	$9.523 \times 10^{-5}$	2.13	2.13	$1.405 \times 10^{-3}$	72330	0.005	B
Sd	430	200	$4.516 \times 10^{-4}$	0.000	$9.607 \times 10^{-5}$	1.10	1.21	$6.521 \times 10^{-4}$	100000 0	0.000	A
2A02 3B01	430	211	$1.094 \times 10^{-4}$	$1.514 \times 10^{-4}$	$9.391 \times 10^{-5}$	1.10	1.10	$4.897 \times 10^{-4}$	100000 0	0.002	B
C T	100	40	—	—	402	—	1.00	202	20000	0.002	D
K <sub>T</sub> = 1.1		D <sub>f</sub> = $\sum (n_i / N_{di}) = 0.038$									

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 2 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_e$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 2A01-S1 の  $S_k$  に Sd5 と S1 の差分を付加して評価

第 3.50 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 1)

1 次ヘリウム配管(二重管) ティー(軸力なし)(地震動: Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 T ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma ( t / T_d )$	備考
1C01 2A03	163	430	$6.00 \times 10^3$	$1.06 \times 10^5$	0.113	C
C 2A01-Sd	165	399	$1.05 \times 10^5$	$3.00 \times 10^5$	0.701	C
$D_{cN} = \Sigma ( D_{cN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.814$						

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min} [ 1.25S_y |_k, \text{Max} [ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_b + Q \rangle ] ]$

C :  $S_k = S_g$

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
C 2A01	$2.068 \times 10^{-3}$	$2.346 \times 10^{-3}$	197	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
T= 399 (°C) $D_{cP} = \Sigma ( n_k D_k^{**} ) = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ (1/2) 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 2A01-S1 の  $S_k$  に Sd1-4\_SdD と S1 の差分を付加して評価

※ (2/2) 既往の設工認の評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないためそのままとした。

第 3.51 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 1)

1 次ヘリウム配管(二重管) ティー(軸力なし)(地震動 : Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 T ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma ( t / T_d )$	備考
1C01 2A03	163	430	$6.00 \times 10^3$	$1.06 \times 10^5$	0.113	C
C 2A01-Sd	173	399	$1.05 \times 10^5$	$3.00 \times 10^5$	0.701	C
$D_{cN} = \Sigma ( D_{cN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.814$						

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min} [ 1.25S_y |_k, \text{Max} [ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_b + Q \rangle ] ]$

C :  $S_k = S_g$

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
C 2A01	$2.068 \times 10^{-3}$	$2.346 \times 10^{-3}$	197	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
T= 399 (°C) $D_{cP} = \Sigma ( n_k D_k^{**} ) = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ (1/2) 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 2A01-S1 の  $S_k$  に Sd5 と S1 の差分を付加して評価

※ (2/2) 既往の設工認の評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないためそのままとした。

第 3.52 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
1 次ヘリウム配管(二重管) ティー(軸力なし)(地震動 : Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.037	0.814	0.851	0.894
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.814$ $D_{cp} = 0.000$				

第 3.53 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
1 次ヘリウム配管(二重管) ティー(軸力なし)(地震動 : Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.038	0.814	0.852	0.894
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.814$ $D_{cp} = 0.000$				

第 3.54 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム配管(二重管) ティー(軸力なし)(地震動 : Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y/f_B$	430	64	154	y=1.3 f <sub>B</sub> =1.5

- (1) 本強度計算箇所は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 3.55 表 Ss5 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム配管(二重管) ティー(軸力なし)(地震動 : Ss5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y/f_B$	430	72	154	y=1.3 f <sub>B</sub> =1.5

- (1) 本強度計算箇所は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 3.56 表 Sd1-4\_SdD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム配管(二重管) ティー(軸力なし)(地震動 : Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
III	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y/f_B$	430	52	115	y=1.3 f <sub>B</sub> =2.0

- (1) 本強度計算箇所は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 3.57 表 Sd5 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム配管(二重管) ティー(軸力なし)(地震動 : Sd5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
III	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y/f_B$	430	58	115	y=1.3 f <sub>B</sub> =2.0

- (1) 本強度計算箇所は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

### 3.5 エルボ

#### 3.5.1 形状、寸法及び材料

エルボの形状、寸法及び材料を第 3.58 表に示す。また形状から求まる配管要素応力係数を第 3.59 表に示す。

#### 3.5.2 機械的荷重条件

応力評価に用いる機械的荷重を第 3.60 表から第 3.63 表に示す。自重等の荷重値は、「Ⅲ-イ-11 1次ヘリウム配管(二重管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 3 回申請)平成 4 年 4 月 9 日付け 4 安(原規)第 47 号)を参照した。

#### 3.5.3 応力評価

エルボの応力評価結果を第 3.64 表から第 3.77 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものであるが、Sd5 地震動の「クリープ疲れ損傷の制限」については、既往の設工認の地震動の応力分を差し引いたものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

##### (1) 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

##### (2) 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### (3) 3 軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3 軸の主応力が接近することはない。

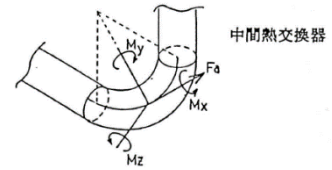
第 3.58 表 形状、寸法及び材料

外 径	863.6 mm
肉 厚	42.0 mm
エルボ曲げ半径	1295.4 mm
主 要 材 料	SCMV4-2 NT

第 3.59 表 配管要素応力係数

応力係数	設定値
$B_1$	0.50
$B_1'$	1.23
$C_1$	1.23
$K_1$	1.10
$B_2$	3.24
$C_2$	4.30
$K_2$	1.10
$C_3$	1.00
$K_3$	1.10
$C_4$	0.50
$K_1'$	1.00



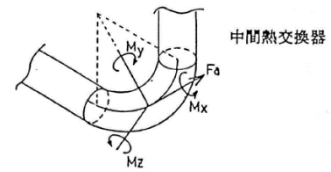


第 3.60 表 機械の荷重 (Ss1-4\_SsD 地震動)

	機械の荷重			
	Ss1-4_SsD 地震動			
	軸力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>a</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	8272	10217	2509	9194
運転状態 II	8272	10217	2509	9194
	8272	10217	2509	9194
	8272	10217	2509	9194
運転状態 III	-	-	-	-
	-	-	-	-
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 3.61 表 機械の荷重 (Ss5 地震動)

	機械の荷重			
	Ss5 地震動			
	軸力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>a</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	10688	12848	2951	11935
運転状態 II	10688	12848	2951	11935
	10688	12848	2951	11935
	10688	12848	2951	11935
運転状態 III	-	-	-	-
	-	-	-	-
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 3.62 表 機械的荷重 (Sd1-4\_SdD 地震動)

	機械的荷重			
	Sd1-4_SdD 地震動			
	軸力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>a</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	6155	9160	1929	7466
運転状態 II	6155	9160	1929	7466
	6155	9160	1929	7466
	6155	9160	1929	7466
運転状態 III	-	-	-	-
	-	-	-	-
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 3.63 表 機械的荷重 (Sd5 地震動)

	機械的荷重			
	Sd5 地震動			
	軸力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>a</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	7403	11342	2227	9239
運転状態 II	7403	11342	2227	9239
	7403	11342	2227	9239
	7403	11342	2227	9239
運転状態 III	-	-	-	-
	-	-	-	-
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 3.64 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

1 次ヘリウム配管(二重管) エルボ

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	17.7	36.8	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	26	169	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	430	-	54	139	
	$P_s \leq S_t$	430	$6.00 \times 10^3$	53	134	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	430	-	73	185	$K_s=1.34$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$6.00 \times 10^3$	53	147	$K_t=1.10$
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	54	166	
	$P_s \leq S_t$	430	$3.00 \times 10^2$	53	202	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	73	222	$K_s=1.34$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$3.00 \times 10^2$	53	228	$K_t=1.13$
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	430	$6.00 \times 10^3$	0.04	1.00	$B=1.0$
		399	$1.05 \times 10^5$			
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	430	$6.00 \times 10^3$	0.04	1.00	
		399	$1.05 \times 10^5$			
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	58	278	
	$P_s \leq 2S_R/3$	430	$3.00 \times 10$	57	252	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	80	371	$K_s=1.34$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	430	$3.00 \times 10$	57	285	$K_t=1.13$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	430	$6.00 \times 10^3$	0.04	1.00	$B_R=1.0$
		399	$1.05 \times 10^5$			
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	430	$6.00 \times 10^3$	0.02	1.00	
		399	$1.05 \times 10^5$			

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ～ III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 3.65 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

1 次ヘリウム配管(二重管) エルボ

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	17.7	36.8	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	26	169	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	430	-	54	139	
	$P_s \leq S_t$	430	$6.00 \times 10^3$	53	134	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	430	-	77	185	$K_s=1.34$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$6.00 \times 10^3$	53	147	$K_t=1.10$
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	54	166	
	$P_s \leq S_t$	430	$3.00 \times 10^2$	53	202	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	77	222	$K_s=1.34$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$3.00 \times 10^2$	53	228	$K_t=1.13$
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	430 399	$6.00 \times 10^3$ $1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	430 399	$6.00 \times 10^3$ $1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	59	278	
	$P_s \leq 2S_R/3$	430	$3.00 \times 10$	57	252	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	86	371	$K_s=1.34$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	430	$3.00 \times 10$	57	285	$K_t=1.13$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{ri}) \leq B_R$	430 399	$6.00 \times 10^3$ $1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{rbj}) \leq 1.0$	430 399	$6.00 \times 10^3$ $1.05 \times 10^5$	0.02	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位はmmとする。

※ 運転状態 I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 3.66 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限

1 次ヘリウム配管(二重管) エルボ(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 400 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 103 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				$S_a$ の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
C 2A01-Sd	430 20	32	135 177	$1.25S_t$	430

※ 既往の設工認の負荷サイクル C 2A01-S1 の  $P'$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 3.67 表 Sd5 地震動 Sa の制限

1 次ヘリウム配管(二重管) エルボ(地震動 : Sd5)

$$T_o = 400 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 109 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				$S_a$ の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
C 2A01-Sd	430 20	32	141 177	$1.25S_t$	430

※ 既往の設工認の負荷サイクル C 2A01-S1 の  $P'$  に Sd5 分を付加して評価

第 3.68 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限  
1 次ヘリウム配管(二重管) エルボ(地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	80 1044	0.310	0.380	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 3.69 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限  
1 次ヘリウム配管(二重管) エルボ(地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	88 1044	0.310	0.418	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価

第 3.70 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1)

1 次ヘリウム配管(二重管) エルボ(地震動：Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_{\varepsilon'} \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_{\varepsilon'} = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 (℃)	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_{\varepsilon'}$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ (MPa)	—	$K_e$	$S_{\theta}$ (MPa)			
1C01 2A03	430	250	$3.945 \times 10^{-4}$	$1.410 \times 10^{-4}$	$9.523 \times 10^{-5}$	1.10	1.10	$6.898 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
C 2A01-Sd	399	1	$6.074 \times 10^{-4}$	$3.139 \times 10^{-7}$	$1.044 \times 10^{-4}$	1.10	1.21	$8.502 \times 10^{-4}$	907923	0.000	B
C 2A01	399	198	$3.799 \times 10^{-4}$	$6.561 \times 10^{-5}$	$9.422 \times 10^{-5}$	1.10	1.10	$5.937 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
C 3A01	399	1	$4.064 \times 10^{-4}$	$3.139 \times 10^{-7}$	$1.044 \times 10^{-4}$	1.10	1.10	$5.621 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
C 1A01	399	89	$2.843 \times 10^{-4}$	$2.794 \times 10^{-5}$	$9.605 \times 10^{-5}$	1.10	1.10	$4.491 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
Sd	430	200	$3.161 \times 10^{-4}$	0.000	$9.607 \times 10^{-5}$	1.10	1.10	$4.533 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
2A02 3B01	430	211	$8.977 \times 10^{-5}$	$1.190 \times 10^{-4}$	$9.391 \times 10^{-5}$	1.10	1.10	$3.330 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
C T	100	40	—	—	83	—	1.00	42	1000000	0.000	D
$K_T = 1.1 \quad D_f = \sum (n_i / N_{di}) = 0.002$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 2 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_{\theta}$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $\varepsilon_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 3.71 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1)

1 次ヘリウム配管(二重管) エルボ(地震動：Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon' \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_\varepsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 (℃)	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_\varepsilon'$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ (MPa)	—	$K_e$	$S_\ell$ (MPa)			
1C01 2A03	430	250	$3.945 \times 10^{-4}$	$1.410 \times 10^{-4}$	$9.523 \times 10^{-5}$	1.10	1.10	$6.898 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
C 2A01-Sd	399	1	$5.534 \times 10^{-4}$	$3.139 \times 10^{-7}$	$1.044 \times 10^{-4}$	1.10	1.10	$7.239 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
C 2A01	399	198	$3.799 \times 10^{-4}$	$6.561 \times 10^{-5}$	$9.422 \times 10^{-5}$	1.10	1.10	$5.937 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
C 3A01	399	1	$4.064 \times 10^{-4}$	$3.139 \times 10^{-7}$	$1.044 \times 10^{-4}$	1.10	1.10	$5.621 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
C 1A01	399	89	$2.843 \times 10^{-4}$	$2.794 \times 10^{-5}$	$9.605 \times 10^{-5}$	1.10	1.10	$4.491 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
Sd	430	200	$2.617 \times 10^{-4}$	0.000	$9.607 \times 10^{-5}$	1.10	1.10	$3.935 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
2A02 3B01	430	211	$8.977 \times 10^{-5}$	$1.190 \times 10^{-4}$	$9.391 \times 10^{-5}$	1.10	1.10	$3.330 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
C T	100	40	—	—	83	—	1.00	42	1000000	0.000	D
$K_T = 1.1 \quad D_f = \sum (n_i / N_{di}) = 0.002$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 2 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_\ell$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $\varepsilon_n$  に Sd5 分を付加して評価



第 3.72 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 1)

1 次へリウム配管(二重管) エルボ(地震動 : Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 T ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma ( t / T_d )$	備考
1C01 2A03	163	430	$6.00 \times 10^3$	$1.06 \times 10^5$	0.113	C
C 2A01-Sd	189	399	$1.05 \times 10^5$	$2.78 \times 10^5$	0.756	C
$D_{CN} = \Sigma ( D_{CN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.869$						

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min} [ 1.25S_y ]_k, \text{Max} [ ( \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R ), \langle P_L + P_b + Q \rangle ] ]$

C :  $S_k = S_g$

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
1C01 2A03	$7.532 \times 10^{-4}$	$2.346 \times 10^{-3}$	150	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
T= 430(°C) $D_{CP} = \Sigma ( n_k D_k^{**} ) = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ (1/2) 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 2A01-S1 の  $S_k$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ (2/2) 既往の設工認の評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないためそのままとした。

第 3.73 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 1)

1 次へリウム配管(二重管) エルボ(地震動 : Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 T ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma ( t / T_d )$	備考
1C01 2A03	163	430	$6.00 \times 10^3$	$1.06 \times 10^5$	0.113	C
C 2A01-Sd	179	399	$1.05 \times 10^5$	$3.00 \times 10^5$	0.701	C
$D_{CN} = \Sigma ( D_{CN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.814$						

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min} [ 1.25 S_y ]_k, \text{Max} [ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_b + Q \rangle ]$

C :  $S_k = S_g$

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
1C01 2A03	$7.532 \times 10^{-4}$	$2.346 \times 10^{-3}$	150	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
T= 430(°C) $D_{CP} = \Sigma ( n_k D_k^{**} ) = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ (1/2) 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 2A01-S1 の  $S_k$  に Sd5 と S1 の差分を付加して評価

※ (2/2) 既往の設工認の評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないためそのままとした。

第 3.74 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
1 次ヘリウム配管(二重管) エルボ(地震動 : Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.002	0.869	0.871	0.926
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.869$ $D_{cp} = 0.000$				

第 3.75 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
1 次ヘリウム配管(二重管) エルボ(地震動 : Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.002	0.814	0.816	0.894
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.814$ $D_{cp} = 0.000$				

第 3.76 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム配管(二重管) エルボ(地震動 : Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$B_2 D_o (M_i + M_i^*) / (2I) \leq 1.5 K_s S_m$	430	49	278	$K_s = 1.34$

(1) 本強度計算箇所は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 3.77 表 Ss5 地震動 座屈の防止

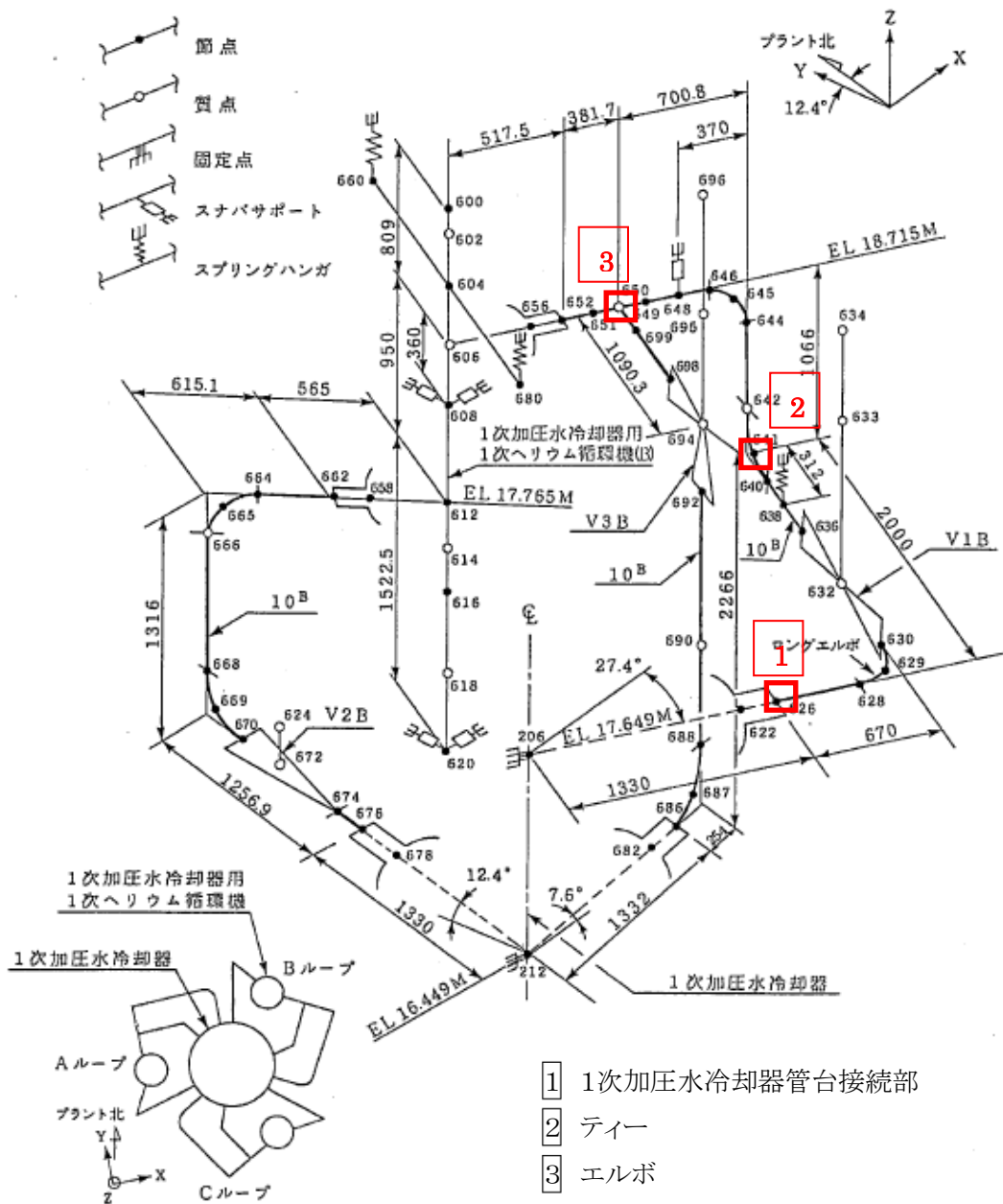
1 次ヘリウム配管(二重管) エルボ(地震動 : Ss5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$B_2 D_o (M_i + M_i^*) / (2I) \leq 1.5 K_s S_m$	430	54	278	$K_s = 1.34$

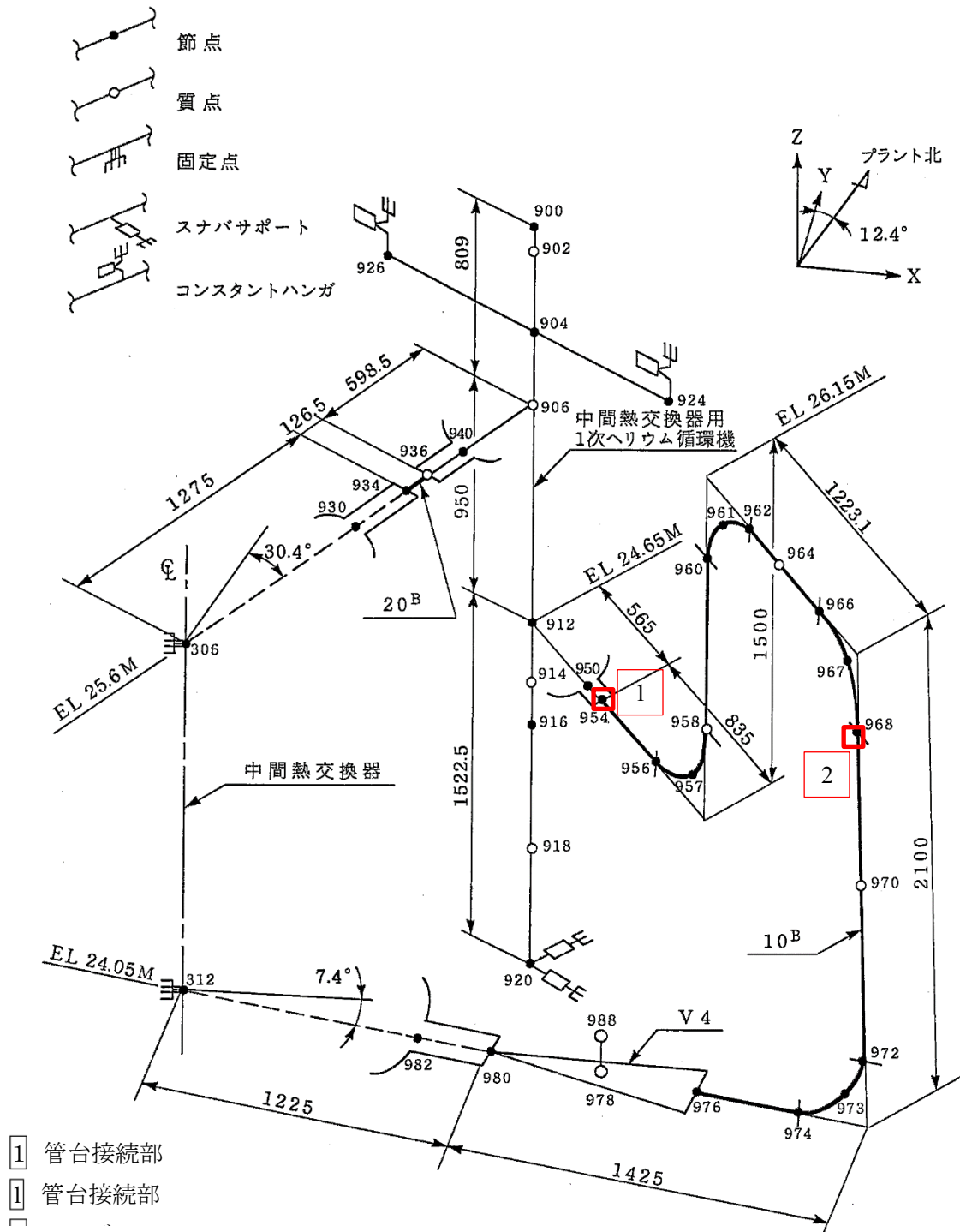
(1) 本強度計算箇所は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

#### 4. 1次ヘリウム主配管(単管)

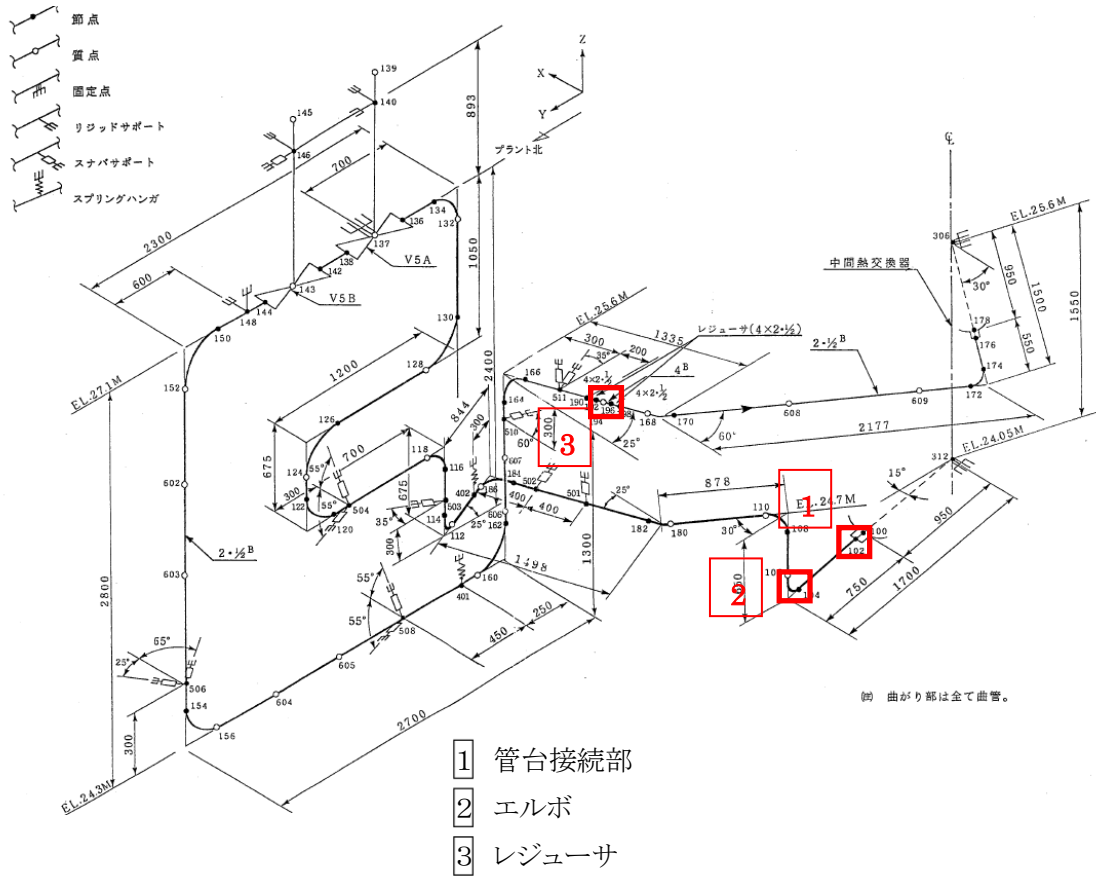
本評価は、1次ヘリウム主配管(単管)の耐震健全性を確認するものである。1次ヘリウム主配管(単管)の耐震評価は、「Ⅲ-イ-3 高温ガス炉第1種管の強度計算書作成の基本方針」(設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)及び「IV-イ-7 1次ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)に基づいて実施する。評価箇所を第4.1図から第4.4図に示す。



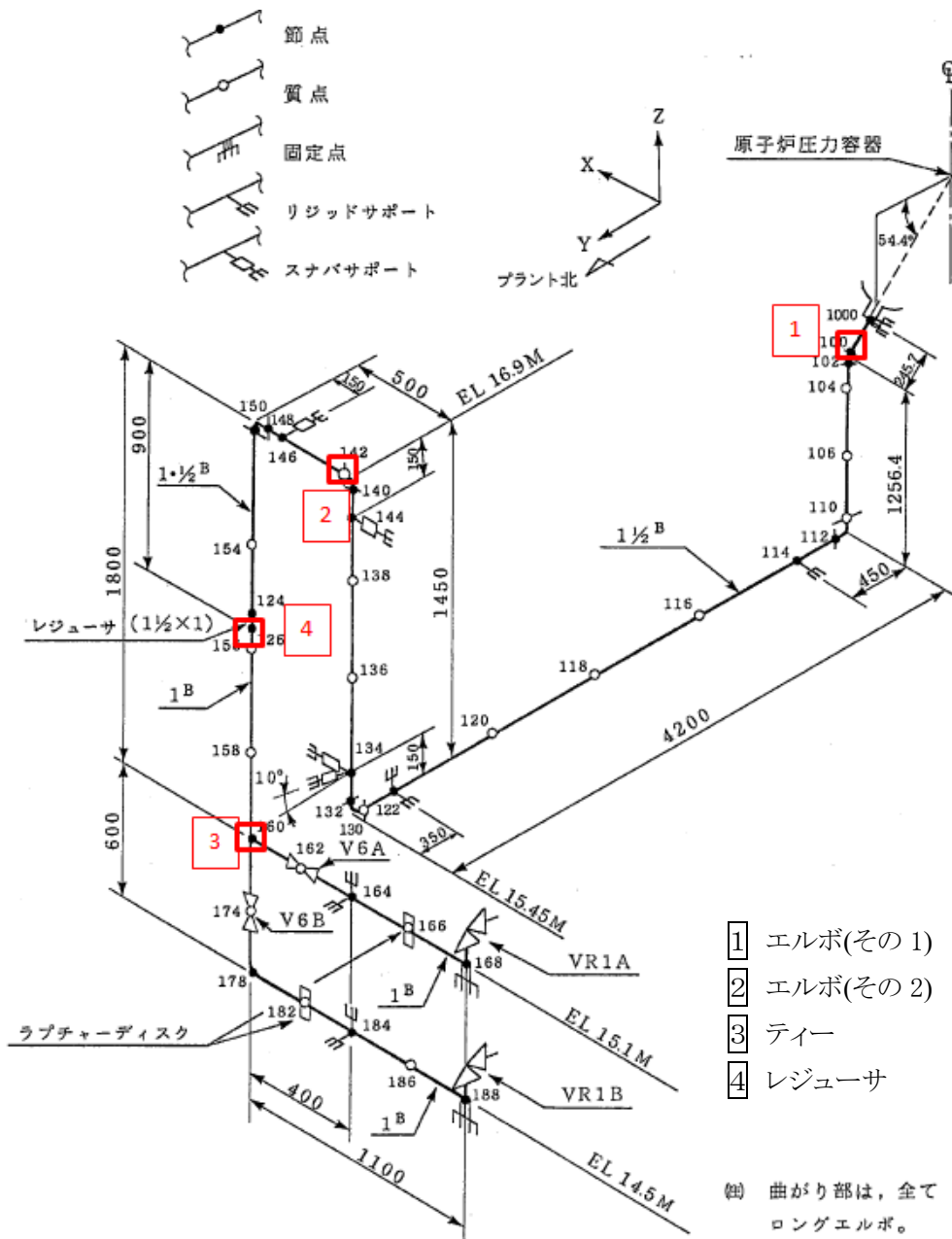
第4.1図 1次加圧水冷却器まわり配管 応力評価位置



第 4.2 図 中間熱交換器まわり配管 応力評価位置



第 4.3 図 中間熱交換器バイパス配管 応力評価位置



第 4.4 図 原子炉圧力容器安全弁配管 応力評価位置



#### 4.1 解析条件

- (1) 床応答スペクトルは、原子炉建家の内部コンクリート構造物の E.L. 12.0m から E.L. 31.89m における加速度床応答スペクトル及び原子炉本体モデルで得られた原子炉圧力容器ノズル部の加速度床応答スペクトル(いずれも減衰定数 1%、10% 拡張したもの)を包絡した床応答スペクトルを用いる。
- (2) 添付書類 1-4-2. の原子炉本体モデルで算出した原子炉圧力容器ノズル部とスカート固定点の変位を強制変位として入力する。
- (3) 解析コードは、「FINAS(伊藤忠テクノソリューションズ株式会社)」を用いる。
- (4) 床応答スペクトルを用いた動的解析及び強制変位を用いた静的解析から得られた機械的荷重を用いて、評価箇所の応力評価を実施する。
- (5) 1次加圧水冷却器まわり配管及び中間熱交換器まわり配管は、1次ヘリウム配管(二重管)の一部として解析を実施する。
- (6) 中間熱交換器バイパス配管及び原子炉圧力容器安全弁配管は、それぞれ、単独に解析を実施する。

##### 4.1.1 床応答スペクトル

応答スペクトル解析で用いる床応答スペクトルは、3.1.1 で示した1次ヘリウム配管(二重管)の解析で用いた床応答スペクトルと同じである。

##### 4.1.2 変位解析

1次加圧水冷却器まわり配管及び中間熱交換器まわり配管は 3. 1次ヘリウム配管(二重管)に示す主冷却設備配管系の解析モデルにて解析する。中間熱交換器バイパス配管の解析では、3. 1次ヘリウム配管(二重管)に示す主冷却設備配管系の解析モデルから得られた中間熱交換器の地震時の変位を配管と機器が接続する節点に強制変位として入力する。原子炉圧力容器安全弁配管の解析では、添付書類 1-4-2. の 3. 原子炉本体の時刻歴解析に示す原子炉構造物系の解析モデルから得られた原子炉圧力容器ノズルと内部コンクリートの相対変位を配管と機器が接続する節点に強制変位として入力する。中間熱交換器バイパス配管及び原子炉圧力容器安全弁配管の変位量を第 4.1 表から第 4.4 表及び第 4.5 表から第 4.8 表に示す。

水平方向は  $x, y$  の二方向独立で考慮し、変位量の正負については水平と鉛直で最も評価が厳しくなる組合せを選択した。

第 4.1 表 Ss1-4\_SsD 地震動 中間熱交換器 地震時応答変位量

地震動	加振方向	節点番号	変位 (mm)		
			X	Y	Z
Ss1-4_SsD	X	306	2.1	2.7	2.7
		312	1.7	2.1	2.7
	Y	306	1.7	2.2	2.2
		312	1.3	1.8	2.2

第 4.2 表 Ss5 地震動 中間熱交換器 地震時応答変位量

地震動	加振方向	節点番号	変位 (mm)		
			X	Y	Z
Ss5	X	306	2.7	3.5	3.5
		312	2.2	2.7	3.5
	Y	306	2.6	3.5	3.2
		312	2.0	2.7	3.2

第 4.3 表 Sd1-4\_SdD 地震動 中間熱交換器 地震時応答変位量

地震動	加振方向	節点番号	変位 (mm)		
			X	Y	Z
Sd1-4_SdD	X	306	1.9	2.4	2.1
		312	1.5	1.8	2.1
	Y	306	1.3	1.8	1.5
		312	1.0	1.4	1.5

第 4.4 表 Sd5 地震動 中間熱交換器 地震時応答変位量

地震動	加振方向	節点番号	変位 (mm)		
			X	Y	Z
Sd5	X	306	2.3	3.1	2.6
		312	1.8	2.3	2.6
	Y	306	2.0	2.8	2.2
		312	1.6	2.2	2.2

第 4.5 表 Ss1-4\_SsD 地震動 原子炉压力容器 地震応答変位量

地震動	加振方向	節点番号	変位 (mm)		
			X	Y	Z
Ss1-4_SsD	X	1000	0.4	0.0	0.1
	Y		0.0	0.5	0.1

第 4.6 表 Ss5 地震動 原子炉压力容器 地震応答変位量

地震動	加振方向	節点番号	変位 (mm)		
			X	Y	Z
Ss5	X	1000	0.2	0.0	0.1
	Y		0.0	0.4	0.1

第 4.7 表 Sd1-4\_SdD 地震動 原子炉压力容器 地震応答変位量

地震動	加振方向	節点番号	変位 (mm)		
			X	Y	Z
Sd1-4_SdD	X	1000	0.2	0.0	0.1
	Y		0.0	0.3	0.1

第 4.8 表 Sd5 地震動 原子炉压力容器 地震応答変位量

地震動	加振方向	節点番号	変位 (mm)		
			X	Y	Z
Sd5	X	1000	0.2	0.0	0.1
	Y		0.0	0.2	0.1

#### 4.1.3 解析モデル及び諸元

解析モデルを第 4.5 図から第 4.12 図に示す。1 次ヘリウム主配管(単管)の解析モデル諸元を第 4.9 表から第 4.24 表に示す。1 次加圧水冷却器まわり配管及び中間熱交換器まわり配管は、1 次ヘリウム配管(二重管)のモデルの一部として解析を実施した。中間熱交換器バイパス配管及び原子炉压力容器安全弁配管は、第 4.9 図から第 4.12 図に示すモデルにおいて、それぞれ単独に解析を実施した。

なお、1 次加圧水冷却器まわり配管については、最も結果が厳しくなる B ループの解析を行う。

第 4.9 表 解析モデル諸元(1次加圧水冷却器まわり配管)

対象部位	節点番号	質量	部材長	断面 2 次モーメント	断面積
		kg	mm	mm <sup>4</sup>	mm <sup>2</sup>
1 次加圧 水冷却器	206	-			
			1070.00	$1.959 \times 10^{11}$	$3.603 \times 10^5$
	622	-	260.00	$9.557 \times 10^7$	$1.197 \times 10^4$
配管	626	-			
			289.00	$9.557 \times 10^7$	$1.197 \times 10^4$
	628	-			
			299.24	$9.557 \times 10^7$	$1.197 \times 10^4$
	629	-			
止め弁 (V1B)			299.24	$9.557 \times 10^7$	$1.197 \times 10^4$
	630	-			
			625.00	$1.228 \times 10^9$	$4.430 \times 10^4$
	632	930			
			1035.00	$2.173 \times 10^8$	$1.898 \times 10^4$
	633	280			
			630.00	$1.762 \times 10^8,$ $1.300^{(1)} \times 10^7$	$1.054 \times 10^4$
配管	634	190			
	632	-			
			625.00	$1.228 \times 10^9$	$4.430 \times 10^4$
	636	-			
			57.00	$9.557 \times 10^7$	$1.197 \times 10^4$
	638	-			
			58.00	$9.557 \times 10^7$	$1.197 \times 10^4$
	640	-			
			199.49	$1.261 \times 10^8$	$1.654 \times 10^4$
	641	-			
			199.49	$1.261 \times 10^8$	$1.654 \times 10^4$
	642	280			
			558.00	$9.557 \times 10^7$	$1.197 \times 10^4$
	644	-			
			199.49	$1.261 \times 10^8$	$1.654 \times 10^4$
	645	-			
			199.49	$1.261 \times 10^8$	$1.654 \times 10^4$
	646	-			
			116.00	$9.557 \times 10^7$	$1.197 \times 10^4$
648	-				
		114.90	$9.557 \times 10^7$	$1.197 \times 10^4$	
649	-				
		215.90	$1.551 \times 10^8$	$2.146 \times 10^4$	
650	320				
		215.90	$1.551 \times 10^8$	$2.146 \times 10^4$	
651	-				
		165.80	$9.557 \times 10^7$	$1.197 \times 10^4$	
652	-				

注記(1) 配管軸、軸直方向のヨーク部の値

第 4.10 表 解析モデル諸元(1次加圧水冷却器まわり配管)

対象部位	節点番号	質量	部材長	断面 2 次モーメント	断面積
		kg	mm	mm <sup>4</sup>	mm <sup>2</sup>
1 次加圧 水冷却器	212	-			
			1070.00	1.959×10 <sup>11</sup>	3.603×10 <sup>5</sup>
	682	-	262.00	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>
配管	686	-	199.49	1.261×10 <sup>8</sup>	1.654×10 <sup>4</sup>
	687	-	199.49	1.261×10 <sup>8</sup>	1.654×10 <sup>4</sup>
	688	-	682.00	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>
	690	370	820.00	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>
	692	-	510.00	1.662×10 <sup>9</sup>	4.901×10 <sup>4</sup>
	694	640	750.00	2.173×10 <sup>8</sup>	1.898×10 <sup>4</sup>
止め弁 (V3B)	695	370	620.00	1.762×10 <sup>8</sup> , 1.300 <sup>(1)</sup> ×10 <sup>7</sup>	1.054×10 <sup>4</sup>
	696	190			
	694	-	395.00	1.662×10 <sup>9</sup>	4.901×10 <sup>4</sup>
	698	-	479.39	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>
配管	699	-	215.90	1.551×10 <sup>8</sup>	2.146×10 <sup>4</sup>
	650	-			
	662	-	361.10	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>
配管	664	-	199.49	1.261×10 <sup>8</sup>	1.654×10 <sup>4</sup>
	665	-	199.49	1.261×10 <sup>8</sup>	1.654×10 <sup>4</sup>
	666	290	808.00	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>
	668	-	199.49	1.261×10 <sup>8</sup>	1.654×10 <sup>4</sup>
	669	-	199.49	1.261×10 <sup>8</sup>	1.654×10 <sup>4</sup>
	670	-	393.50	1.391×10 <sup>9</sup>	4.618×10 <sup>4</sup>
	672	400	410.00	8.715×10 <sup>8</sup>	4.775×10 <sup>4</sup>
逆止弁 (V2B)	624	350			
	672	-	393.50	1.391×10 <sup>9</sup>	4.618×10 <sup>4</sup>
	674	-	215.90	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>
1 次加圧 水冷却器	676	-	260.00	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>
	678	-	1070.00	1.959×10 <sup>11</sup>	3.603×10 <sup>5</sup>
	212	-			

注記(1) 配管軸、軸直方向のヨーク部の値

第 4.11 表 解析モデル諸元(1次加圧水冷却器まわり配管)

対象部位	節点番号	質量	部材長	断面 2 次モーメント	断面積
		kg	mm	mm <sup>4</sup>	mm <sup>2</sup>
1 次加圧 水冷却器 用ヘリウム 循環機 (B)	600	-			
	602	1955	135.00	5.700×10 <sup>9</sup>	7.400×10 <sup>4</sup>
	604	-	299.00	5.700×10 <sup>9</sup>	7.400×10 <sup>4</sup>
	606	1442	375.00	5.700×10 <sup>9</sup>	7.400×10 <sup>4</sup>
	608	-	360.00	5.700×10 <sup>9</sup>	7.400×10 <sup>4</sup>
	612	-	590.00	5.700×10 <sup>9</sup>	7.400×10 <sup>4</sup>
	614	2466	302.50	5.700×10 <sup>9</sup>	7.400×10 <sup>4</sup>
	616	-	244.00	5.700×10 <sup>9</sup>	7.400×10 <sup>4</sup>
	618	793	488.00	0.260×10 <sup>9</sup>	1.400×10 <sup>4</sup>
	620	-	488.00	0.260×10 <sup>9</sup>	1.400×10 <sup>4</sup>
	606	-			
	656	-	406.50	5.700×10 <sup>9</sup>	7.400×10 <sup>4</sup>
	652	-	111.00	0.096×10 <sup>9</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>
	612	-			
	658	-	406.40	5.700×10 <sup>9</sup>	7.400×10 <sup>4</sup>
	662	-	158.60	0.096×10 <sup>9</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>

第 4.12 表 解析モデル諸元 材料特性(1次加圧水冷却器まわり配管)

機器	縦弾性係数	ポアソン比
	( $\times 10^5 \text{N/mm}^2$ )	
配管	1.82	0.30
1次加圧水冷却器用 ヘリウム循環機(B)	1.82	0.30
1次加圧水冷却器	1.82	0.30

第 4.13 表 解析モデル諸元 支持部剛性(1次加圧水冷却器まわり配管)

機器	名称	番号	剛性
			(N/mm)
1次加圧水冷却器用 ヘリウム循環機(B)	上部水平スナバ	1111	$6.865 \times 10^4$
		1112	$6.865 \times 10^4$
	下部水平スナバ	1141	$1.471 \times 10^4$
		1142	$1.471 \times 10^4$
配管	鉛直スナバ	1101	$2.942 \times 10^4$



第 4.14 表 解析モデル諸元(中間熱交換器まわり配管)

対象部位	節点番号	質量	部材長	断面 2 次モーメント	断面積	
		kg	mm	mm <sup>4</sup>	mm <sup>2</sup>	
中間熱交換器	306	-				
			950.00	1.244×10 <sup>11</sup>	2.906×10 <sup>5</sup>	
	930	-				
配管	934	-	325.00	1.147×10 <sup>9</sup>	3.937×10 <sup>4</sup>	
	936	50	126.50	1.147×10 <sup>9</sup>	3.937×10 <sup>4</sup>	
配管	954	-				
			454.00	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>	
	956	-	299.24	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>	
	957	-	299.24	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>	
	958	310	738.00	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>	
	960	-	299.24	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>	
	961	-	299.24	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>	
	962	-	230.56	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>	
	964	160	230.56	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>	
	966	-	299.24	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>	
	967	-	299.24	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>	
	968	-	669.00	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>	
	970	360	669.00	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>	
	972	-	299.24	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>	
	973	-	299.24	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>	
	974	-	257.00	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>	
	逆止弁(V4)	976	-	393.00	1.391×10 <sup>9</sup>	4.618×10 <sup>4</sup>
		978	300	410.00	8.715×10 <sup>8</sup>	4.775×10 <sup>4</sup>
988		380				
978		-	394.00	1.391×10 <sup>9</sup>	4.618×10 <sup>4</sup>	
980		-	275.00	9.557×10 <sup>7</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>	
中間熱交換器	982	-	950.00	1.244×10 <sup>11</sup>	2.906×10 <sup>5</sup>	
	312	-				

第 4.15 表 解析モデル諸元(中間熱交換器まわり配管)

対象部位	節点番号	質量	部材長	断面 2 次モーメント	断面積
		kg	mm	mm <sup>4</sup>	mm <sup>2</sup>
中間熱交換器用ヘリウム循環機	900	-			
			135.00	5.700×10 <sup>9</sup>	7.400×10 <sup>4</sup>
	902	1956			
			324.00	5.700×10 <sup>9</sup>	7.400×10 <sup>4</sup>
	904	-			
			350.00	5.700×10 <sup>9</sup>	7.400×10 <sup>4</sup>
	906	1428			
			950.00	5.700×10 <sup>9</sup>	7.400×10 <sup>4</sup>
	912	-			
			302.00	5.700×10 <sup>9</sup>	7.400×10 <sup>4</sup>
	914	2461			
			244.00	5.700×10 <sup>9</sup>	7.400×10 <sup>4</sup>
	916	-			
			488.00	0.260×10 <sup>9</sup>	1.400×10 <sup>4</sup>
	918	794			
			488.00	0.260×10 <sup>9</sup>	1.400×10 <sup>4</sup>
	920	-			
906	-				
		406.50	5.700×10 <sup>9</sup>	7.400×10 <sup>4</sup>	
940	-				
		192.00	1.147×10 <sup>9</sup>	3.937×10 <sup>4</sup>	
936	-				
912	-				
		406.40	5.700×10 <sup>9</sup>	7.400×10 <sup>4</sup>	
950	-				
		158.60	0.096×10 <sup>9</sup>	1.197×10 <sup>4</sup>	
954	-				

第 4.16 表 解析モデル諸元 材料特性(中間熱交換器まわり配管)

機器	縦弾性係数	ポアソン比
	(×10 <sup>9</sup> N/mm <sup>2</sup> )	
配管	1.82	0.30
中間熱交換器用ヘリウム循環機	1.82	0.30
中間熱交換器	1.82	0.30

第 4.17 表 解析モデル諸元 支持部剛性(中間熱交換器まわり配管)

機器	名称	番号	剛性
			(N/mm)
中間熱交換器用ヘリウム循環機	水平スナバ	3141	1.471×10 <sup>4</sup>
		3142	1.471×10 <sup>4</sup>

第 4.18 表 解析モデル諸元(中間熱交換器バイパス配管)

対象部位	節点番号	質量	部材長	断面 2 次モーメント	断面積
		kg	mm	mm <sup>4</sup>	mm <sup>2</sup>
中間熱交換器	312	-			
			950.00	1.244×10 <sup>11</sup>	2.906×10 <sup>5</sup>
配管	100	-	245.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	102	-	315.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	104	-	298.45	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	106	24.8	270.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	108	-	298.45	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	110	24.8	627.73	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	180	24.8	116.06	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	182	-	638.23	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	501	-	400.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	502	-	210.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	184	-	298.45	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	186	25.2	110.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	402	-	353.78	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	112	25.2	298.45	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	114	-	110.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	503	-	185.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	116	-	298.45	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	118	25.2	510.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	504	-	110.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	120	-	298.45	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	122	-	295.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	124	32.7	298.45	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	126	-	820.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	128	32.7	298.45	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	130	-			

第 4.19 表 解析モデル諸元(中間熱交換器バイパス配管)

対象部位	節点番号	質量	部材長	断面 2 次モーメント	断面積
		kg	mm	mm <sup>4</sup>	mm <sup>2</sup>
配管	130	-			
	132	32.7	670.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	134	-	298.45	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	136	-	260.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
止め弁 (V5A)	137	-	250.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	137	190.0	893.00	2.602×10 <sup>8</sup>	2.910×10 <sup>4</sup>
	140	-	148.00	2.602×10 <sup>8</sup>	2.910×10 <sup>4</sup>
	139	670.0			
	137	-	250.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	138	-	200.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
配管	142	-	250.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
止め弁 (V5B)	143	215.0	893.00	2.602×10 <sup>8</sup>	2.910×10 <sup>4</sup>
	146	-	148.00	2.602×10 <sup>8</sup>	2.910×10 <sup>4</sup>
	145	670.0			
	143	-	250.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	144	-	50.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	148	-	410.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
配管	150	-	298.45	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	152	25.9	760.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	602	25.9	775.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	603	25.9	775.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	506	-	110.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	154	-	298.45	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	156	19.2	660.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	604	19.2	575.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	605	19.2			

第 4.20 表 解析モデル諸元(中間熱交換器バイパス配管)

対象部位	節点番号	質量	部材長	断面 2 次モーメント	断面積
		kg	mm	mm <sup>4</sup>	mm <sup>2</sup>
配管	605	-			
			575.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	508	-			
			450.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	401	-			
			60.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	160	16.7			
			298.45	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	162	-			
			110.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	606	16.7			
			500.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	607	16.7			
			200.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	510	-			
			110.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	164	-			
			298.45	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	166	-			
			110.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	511	-			
			200.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>
	190	-			
			101.60	2.068×10 <sup>6</sup>	2.144×10 <sup>3</sup>
	192	-			
			102.00	4.015×10 <sup>6</sup>	2.856×10 <sup>3</sup>
194	4.5				
		102.00	4.015×10 <sup>6</sup>	2.856×10 <sup>3</sup>	
196	-				
		101.60	2.068×10 <sup>6</sup>	2.144×10 <sup>3</sup>	
198	-				
		368.42	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>	
168	33.9				
		116.06	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>	
170	-				
		636.38	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>	
608	33.9				
		1015.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>	
609	33.9				
		276.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>	
172	-				
		298.45	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>	
174	-				
		115.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>	
176	-				
		245.00	9.242×10 <sup>5</sup>	1.524×10 <sup>3</sup>	
中間熱交換器	178	-			
			950.00	1.244×10 <sup>11</sup>	2.906×10 <sup>5</sup>
	306	-			

第 4.21 表 解析モデル諸元 材料特性(中間熱交換器バイパス配管)

機器	縦弾性係数	ポアソン比
	( $\times 10^5 \text{N/mm}^2$ )	
配管	1.83	0.30
中間熱交換器	1.82	0.30

第 4.22 表 解析モデル諸元(原子炉压力容器安全弁配管)

対象部位	節点番号	質量	部材長	断面 2 次モーメント	断面積
		kg	mm	mm <sup>4</sup>	mm <sup>2</sup>
配管	1000	-			
			227.38	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>
	100	-			
			35.54	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>
	102	-			
			223.90	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>
	104	3.6			
			488.00	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>
	106	3.6			
			468.90	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>
	110	3.6			
			89.85	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>
	112	-			
			392.80	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>
	114	-			
			850.00	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>
	116	6.2			
			850.00	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>
	118	6.2			
			850.00	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>
	120	6.2			
			850.00	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>
	122	-			
			292.80	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>
	130	2.8			
			89.95	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>
	132	-			
			92.80	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>
134	-				
		450.00	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>	
136	3.3				
		450.00	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>	
138	3.3				
		250.00	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>	
144	-				
		92.80	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>	
140	-				
		89.85	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>	
142	3.3				
		298.20	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>	
146	-				
		92.80	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>	
148	-				
		89.85	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>	
150	-				
		417.80	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>	
154	2.8				
		361.50	1.671×10 <sup>5</sup>	6.970×10 <sup>2</sup>	
124	-				

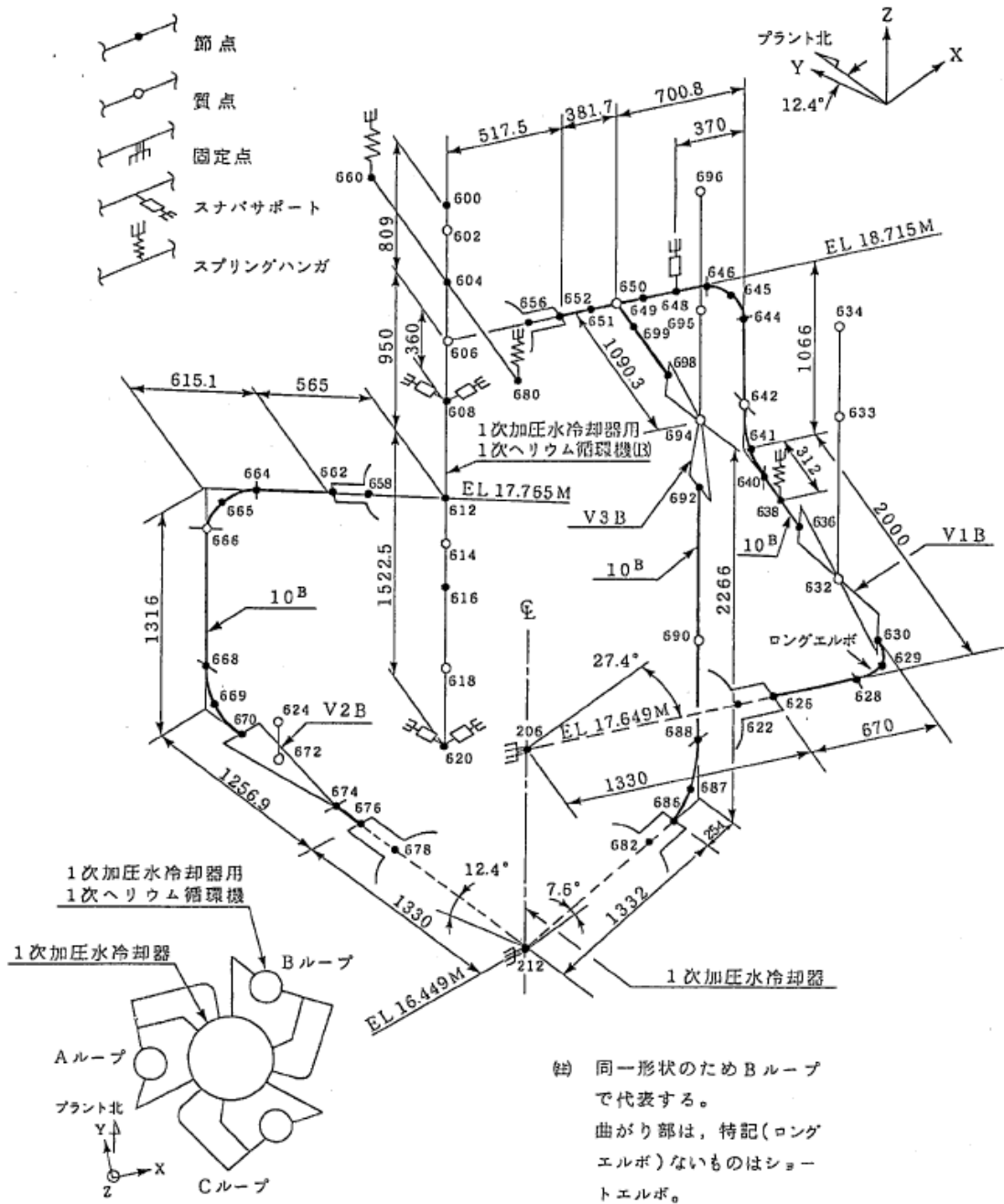
第 4.23 表 解析モデル諸元(原子炉压力容器安全弁配管)

対象部位	節点番号	質量	部材長	断面 2 次モーメント	断面積
		kg	mm	mm <sup>4</sup>	mm <sup>2</sup>
配管	124	-			
			63.50	0.932×10 <sup>5</sup>	5.504×10 <sup>2</sup>
	126	-			
			50.00	0.464×10 <sup>5</sup>	4.170×10 <sup>2</sup>
	156	2.8			
			475.00	0.464×10 <sup>5</sup>	4.170×10 <sup>2</sup>
	158	2.8			
			375.00	0.464×10 <sup>5</sup>	4.170×10 <sup>2</sup>
	160	-			
			250.00	0.464×10 <sup>5</sup>	4.170×10 <sup>2</sup>
	162	20.3			
			150.00	0.464×10 <sup>5</sup>	4.170×10 <sup>2</sup>
	164	-			
			400.00	0.464×10 <sup>5</sup>	4.170×10 <sup>2</sup>
	166	32.9			
			300.00	0.464×10 <sup>5</sup>	4.170×10 <sup>2</sup>
	168	-			
	160	-			
			100.00	0.464×10 <sup>5</sup>	4.170×10 <sup>2</sup>
170	-				
		200.00	0.464×10 <sup>5</sup>	4.170×10 <sup>2</sup>	
174	20.7				
		300.00	0.464×10 <sup>5</sup>	4.170×10 <sup>2</sup>	
178	-				
		250.00	0.464×10 <sup>5</sup>	4.170×10 <sup>2</sup>	
182	13.2				
		150.00	0.464×10 <sup>5</sup>	4.170×10 <sup>2</sup>	
184	-				
		400.00	0.464×10 <sup>5</sup>	4.170×10 <sup>2</sup>	
186	21.0				
		300.00	0.464×10 <sup>5</sup>	4.170×10 <sup>2</sup>	
188	-				

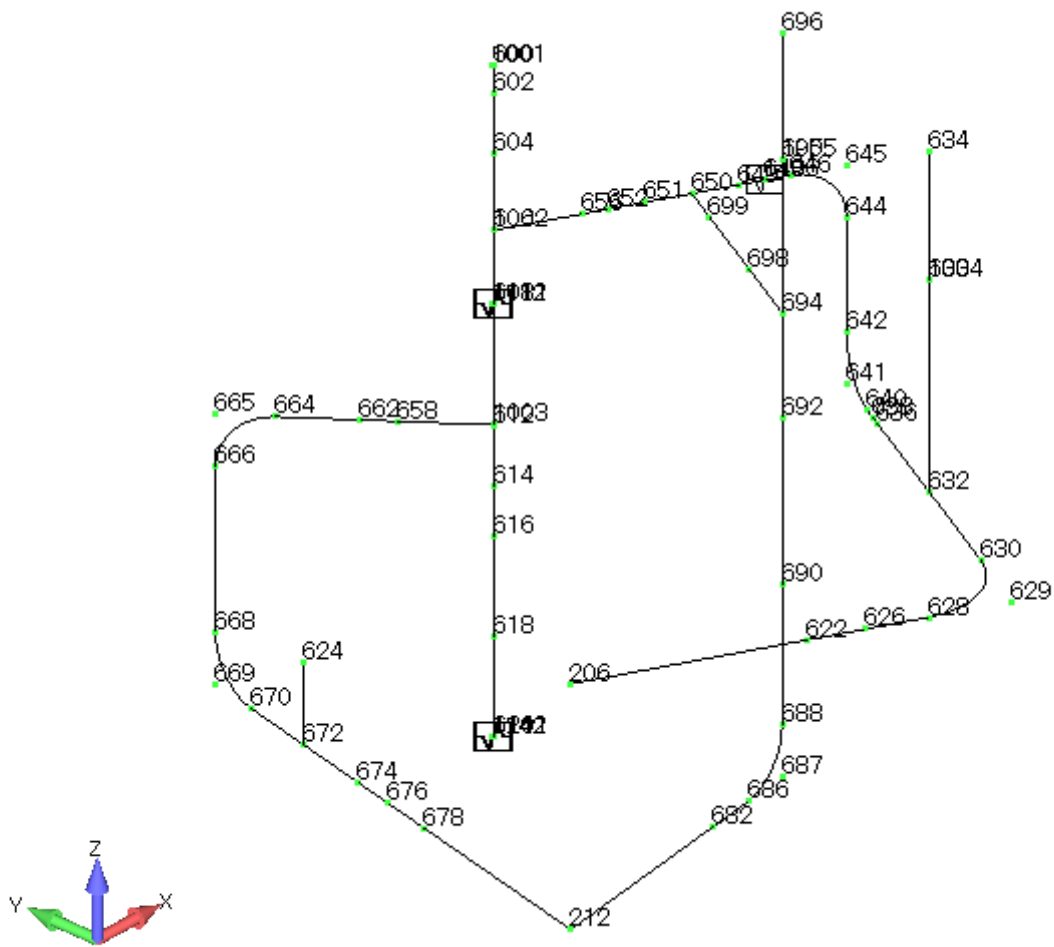
第 4.24 表 解析モデル諸元 材料特性(原子炉压力容器安全弁配管)

機器	縦弾性係数	ポアソン比
	(×10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup> )	
配管	1.82	0.30

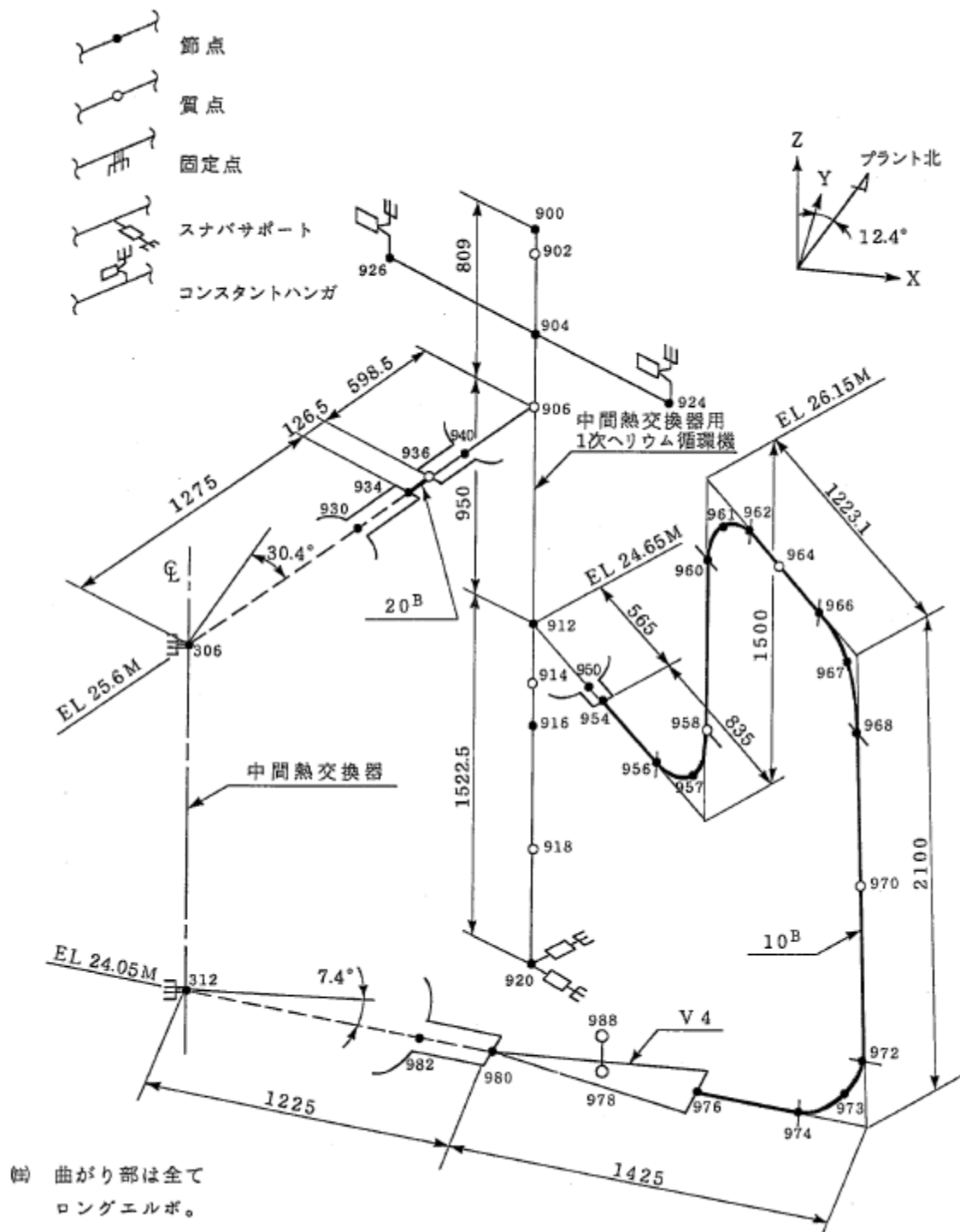




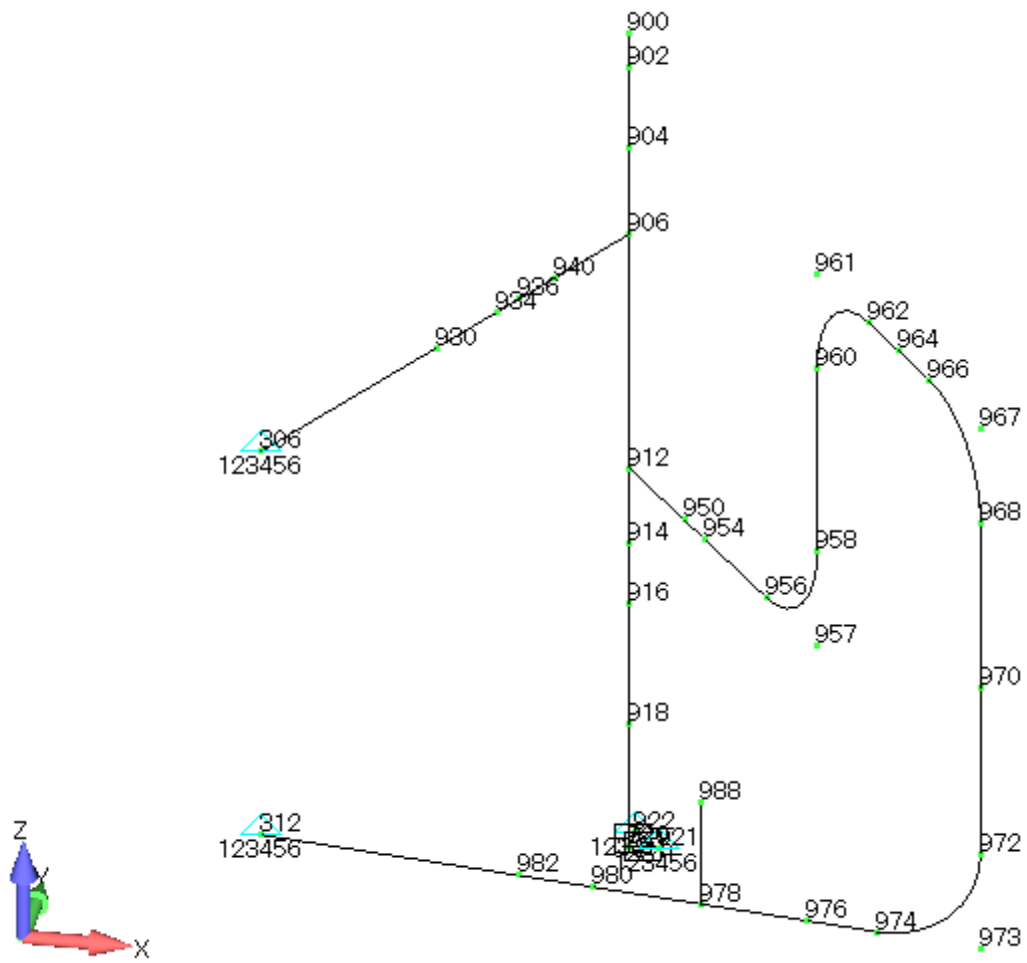
第 4.5 図 1 次加圧水冷却器まわり配管解析モデル



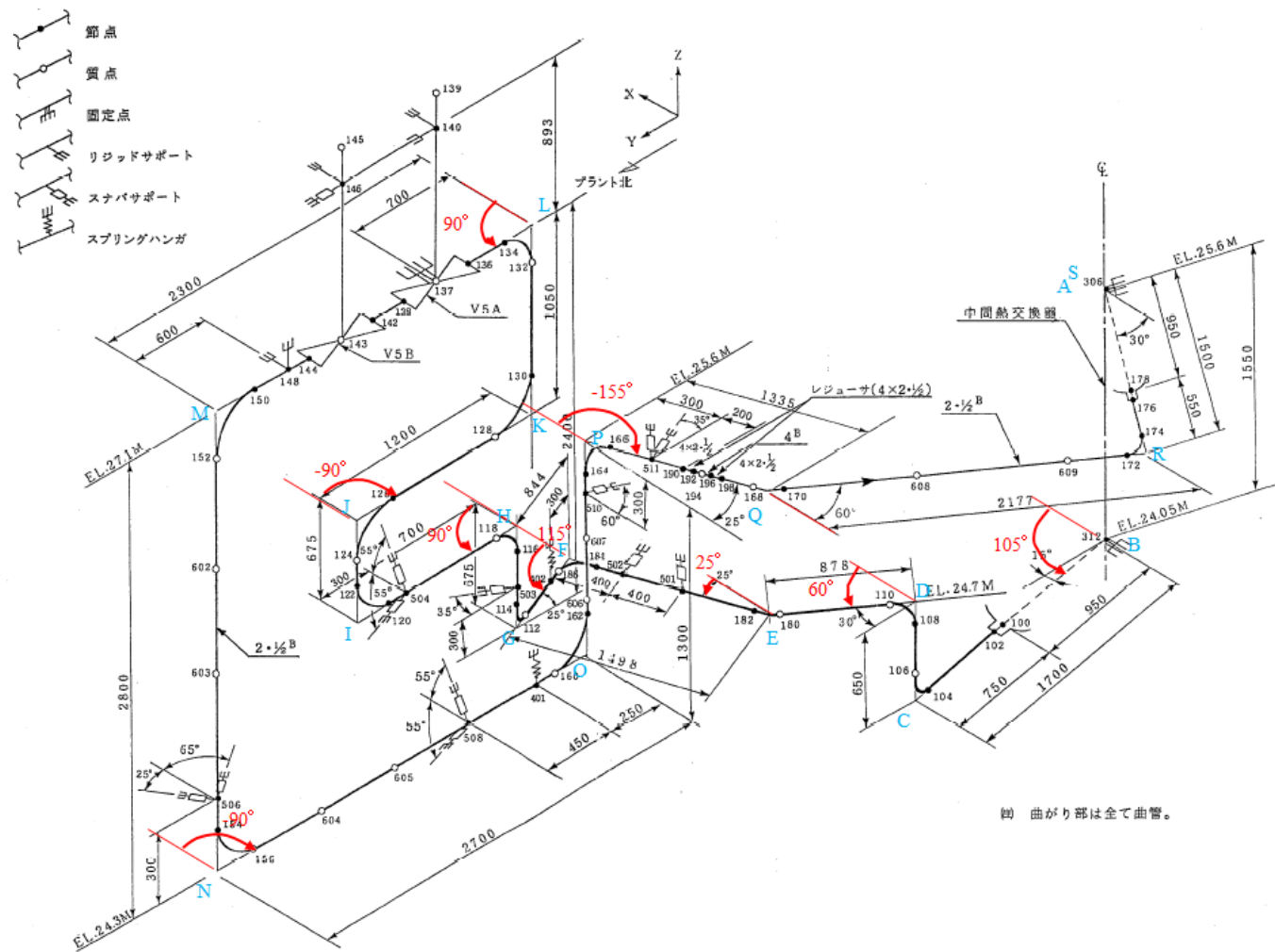
第 4.6 図 1 次加圧水冷却器まわり配管 FEM モデル



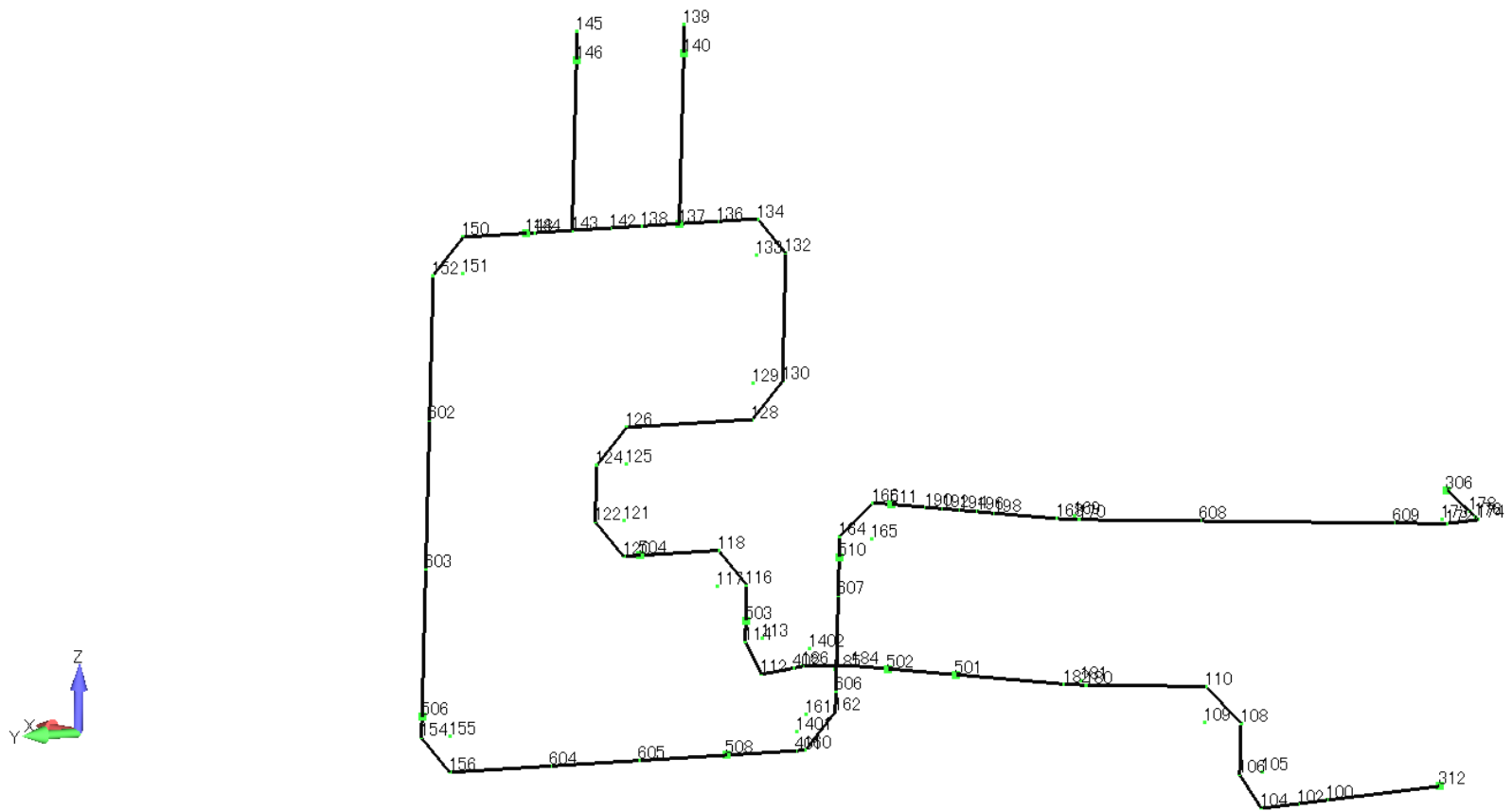
第 4.7 図 中間熱交換器まわり配管解析モデル



第 4.8 図 中間熱交換器まわり配管解析 FEM モデル

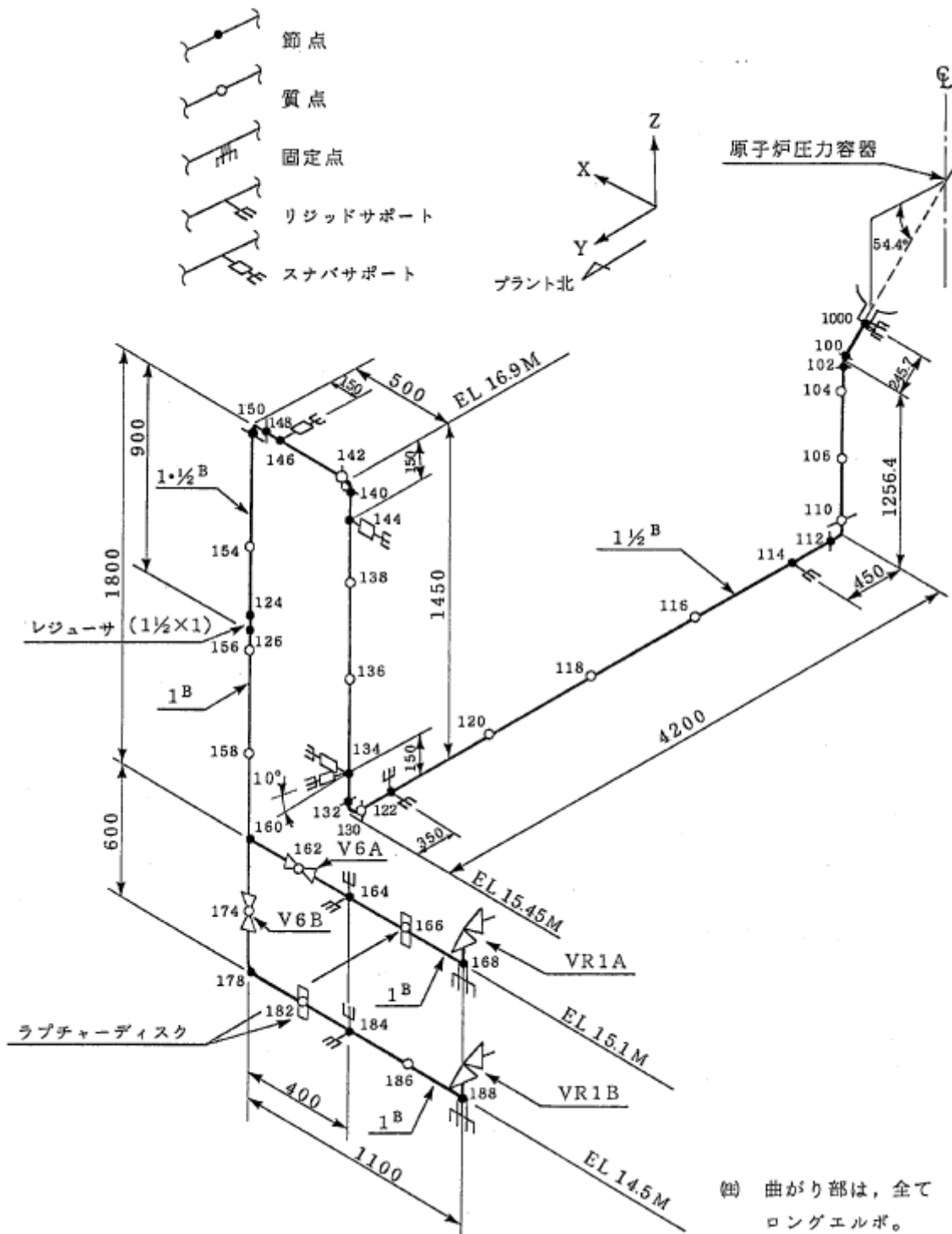


第 4.9 図 中間熱交換器バイパス配管解析モデル

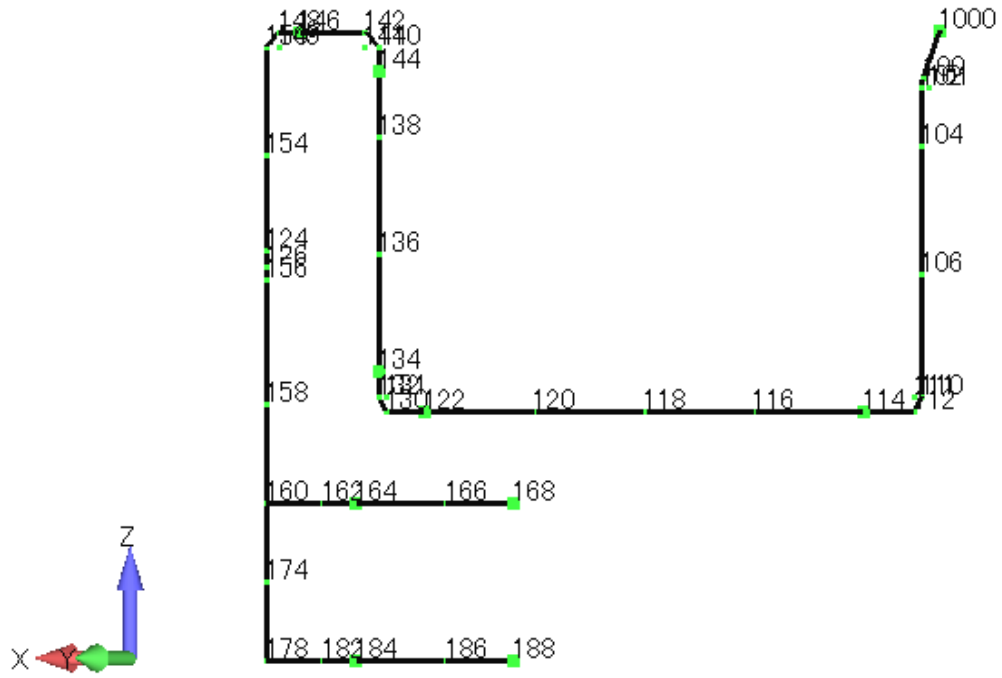


第 4.10 図 中間熱交換器バイパス配管 FEM モデル

添 1 - 4 - 4 - 168



第 4.11 図 原子炉压力容器安全弁配管解析モデル



第 4.12 図 原子炉压力容器安全弁配管解析 FEM モデル



## 4.2 解析

### 4.2.1 解析方法

#### (1) 応答スペクトル解析

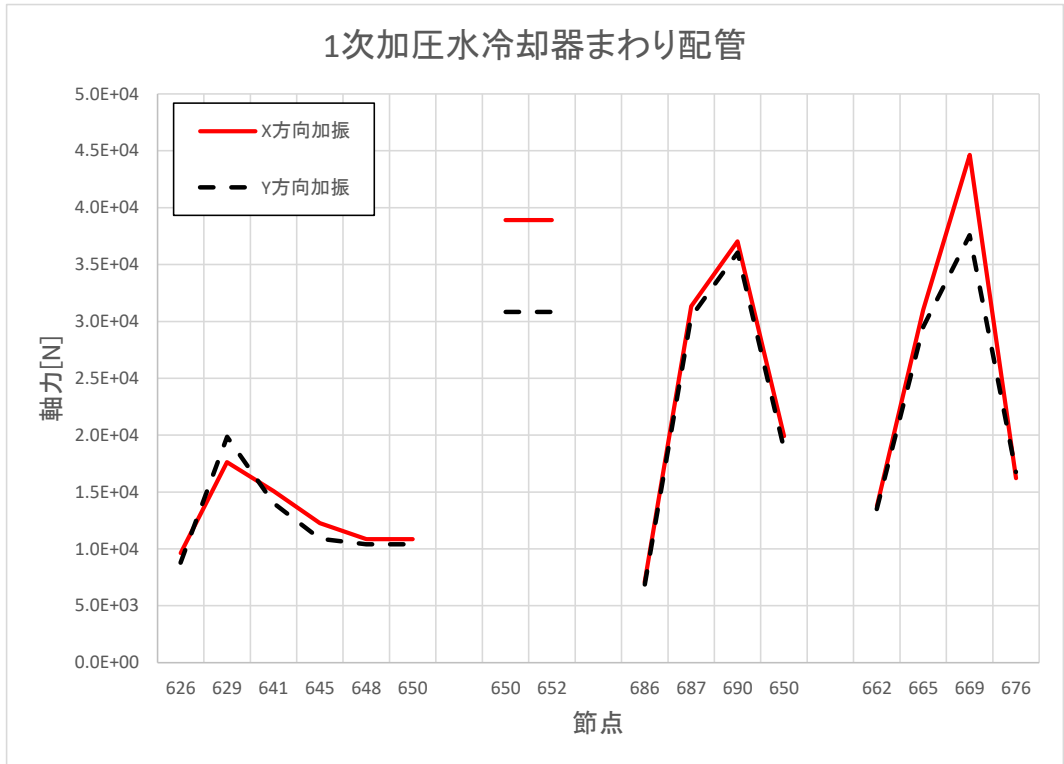
原子炉本体モデルから得られた原子炉压力容器ノズル部の床応答スペクトルと原子炉建家の床応答スペクトルの包絡波を用いて応答スペクトル解析を実施する。

#### (2) 変位解析

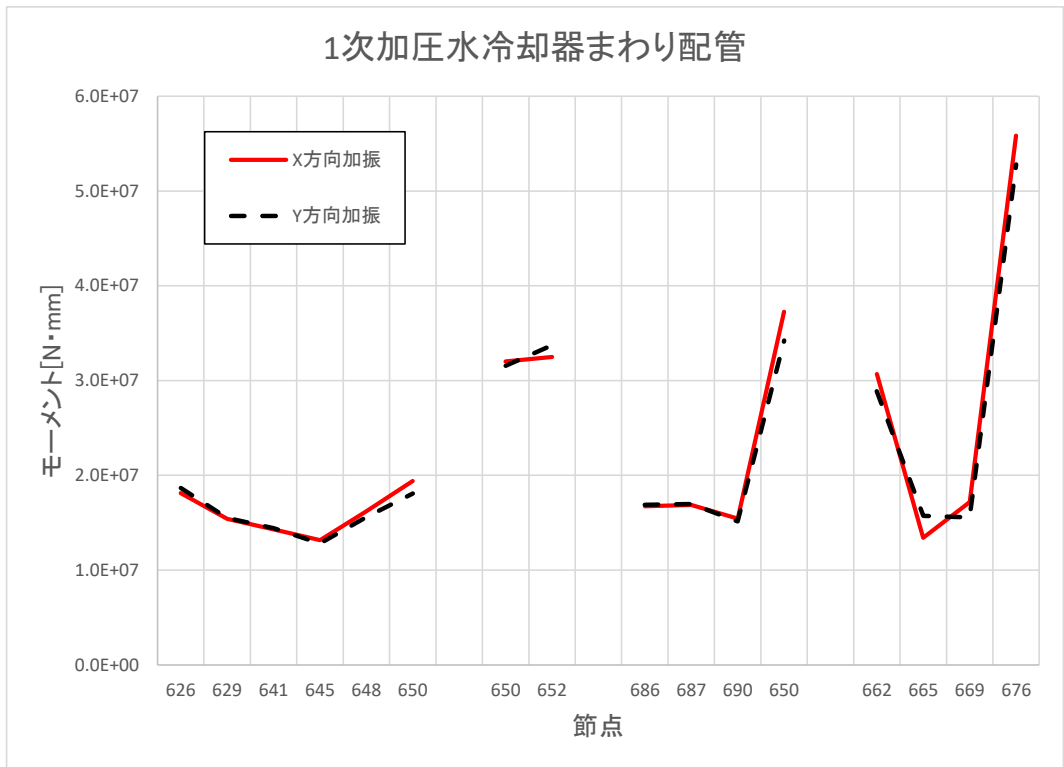
配管の地震時相対変位計算を行う。各配管が接続している機器の変位を強制変位として考慮する。機器の変位は1次ヘリウム配管(二重管)解析モデル及び原子炉本体モデルから得られる。

### 4.2.2 断面力分布

静的及び動的解析結果として、応力評価に用いる軸力及びモーメントの分布を第4.13図から第4.28図に示す。

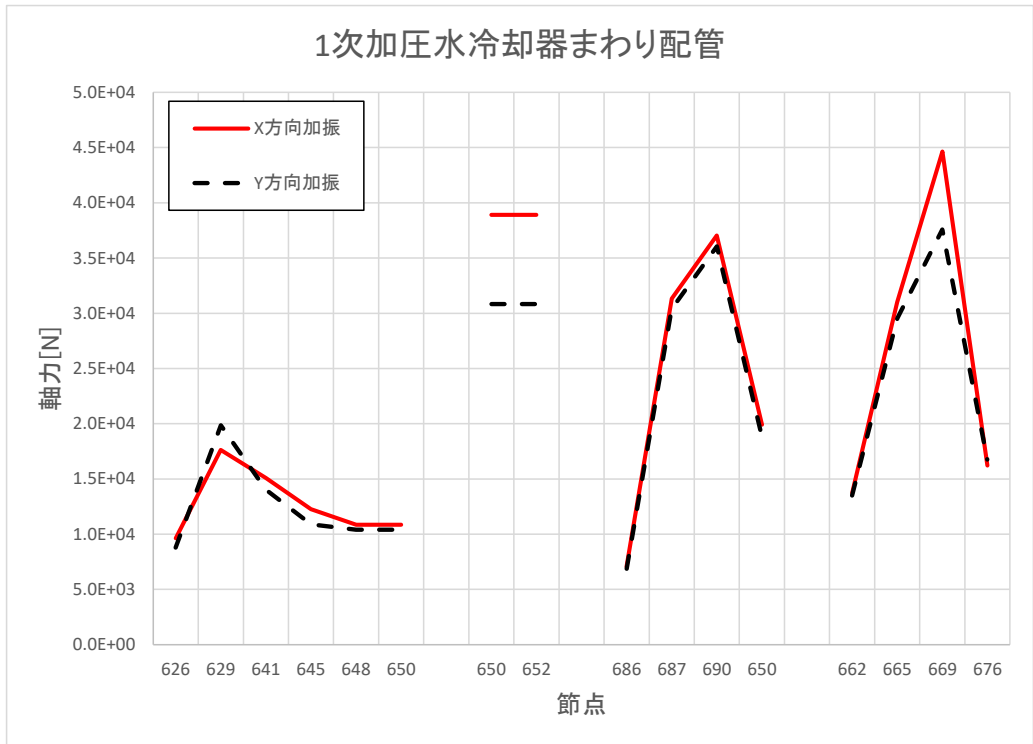


(a) 軸力

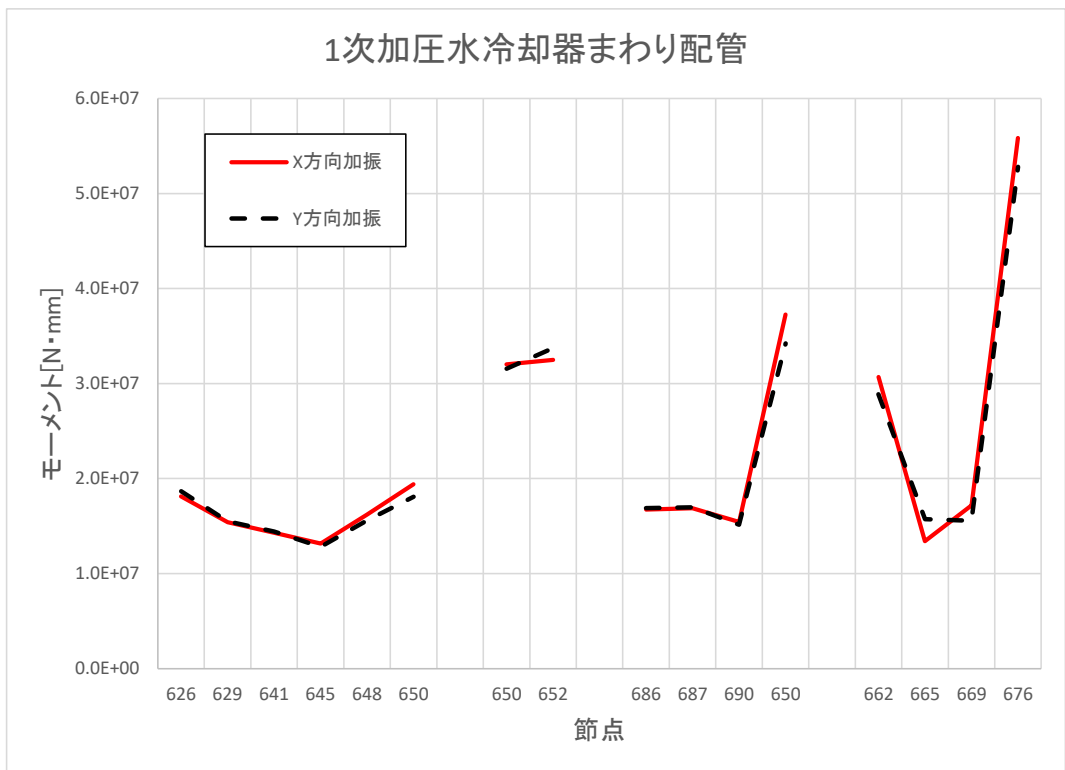


(b) モーメント

第 4.13 図 Ss1-4\_SsD 地震動 1次加圧水冷却器まわり配管 断面力分布

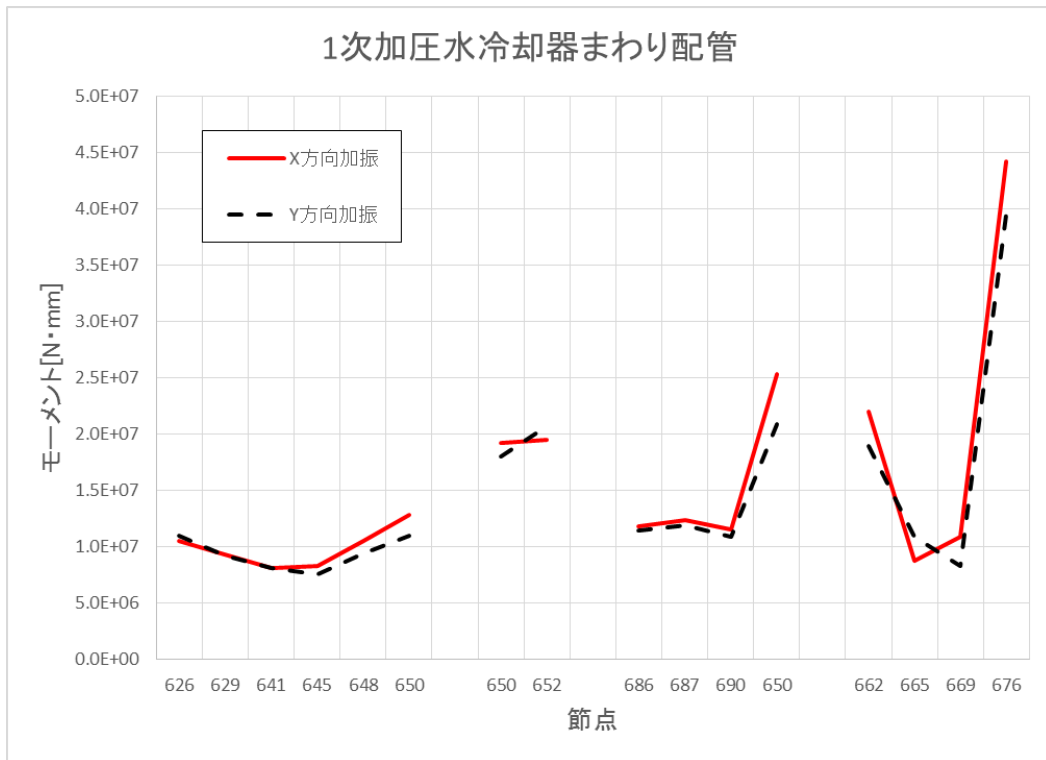


(a) 軸力

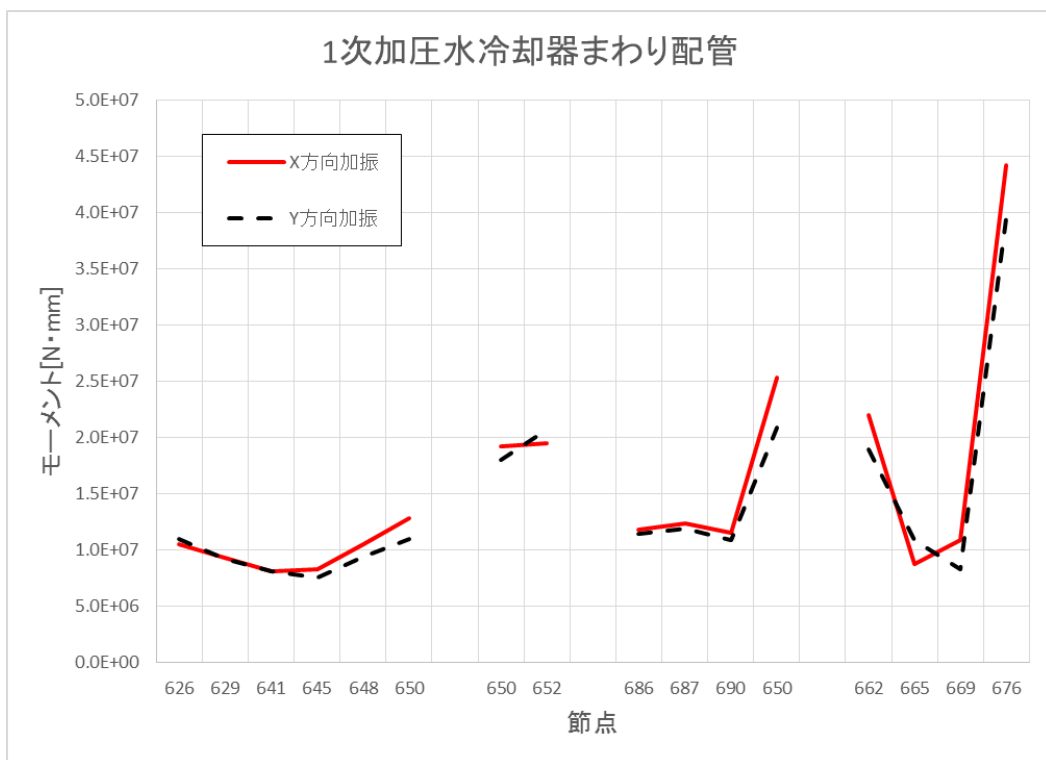


(b) モーメント

第 4.14 図 Ss5 地震動 1次加圧水冷却器まわり配管 断面力分布

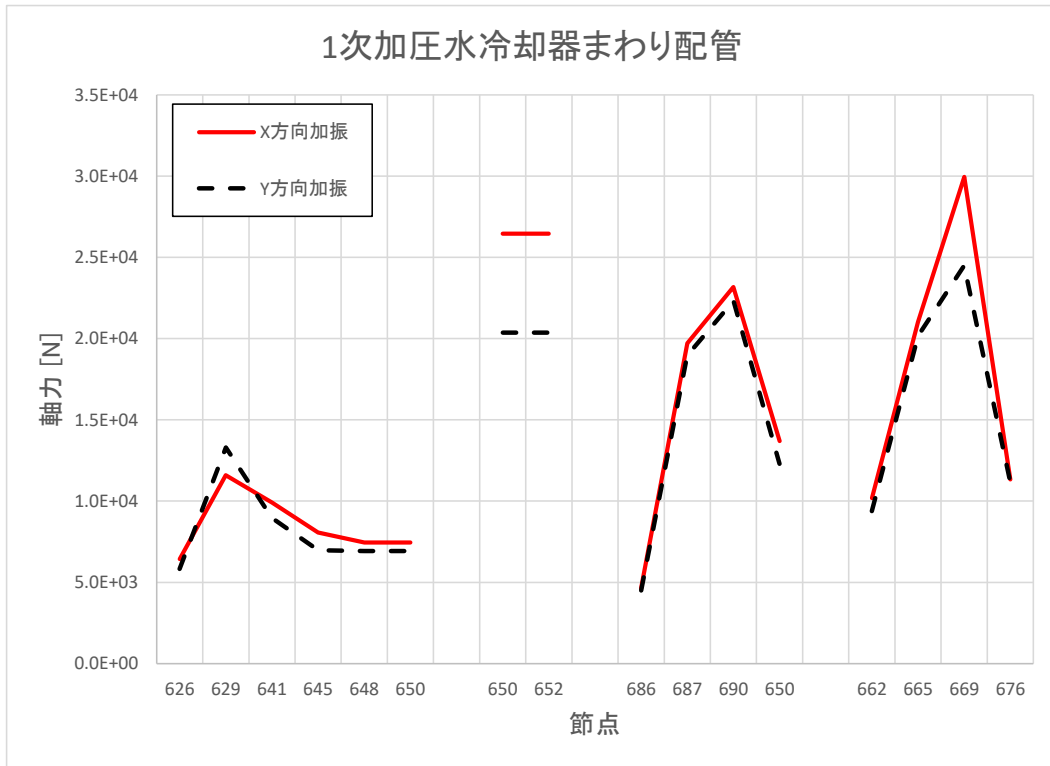


(a) 軸力

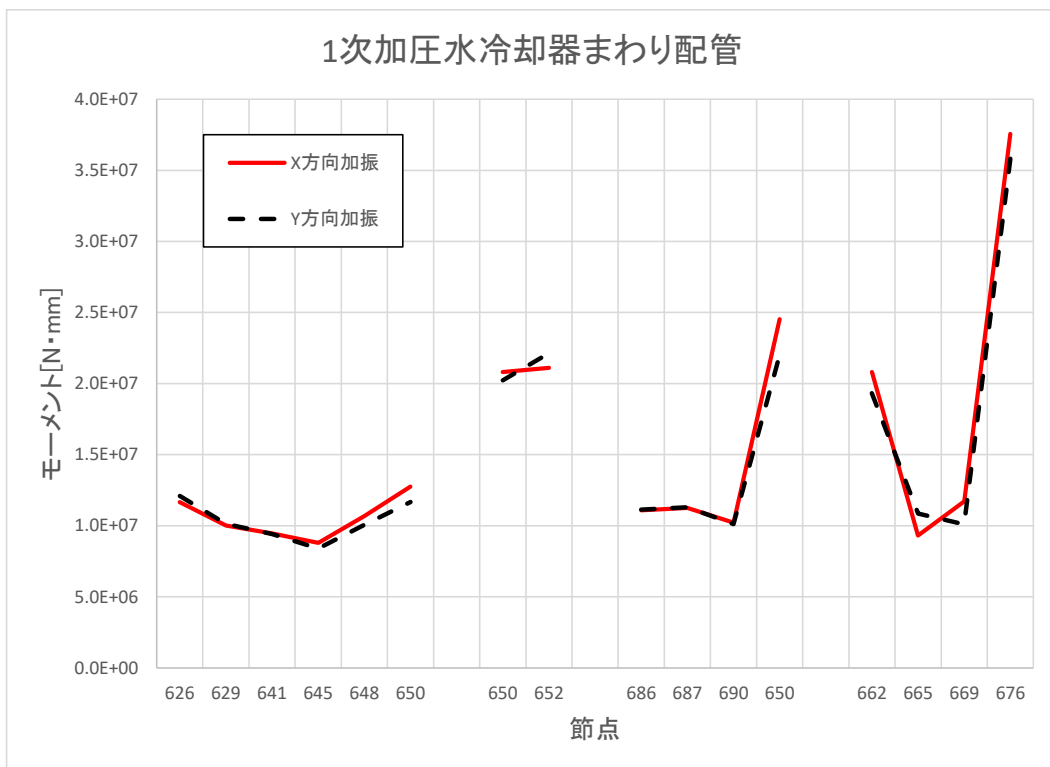


(b) モーメント

第 4.15 図 Sd1-4\_SdD 地震動 1次加圧水冷却器まわり配管 断面力分布

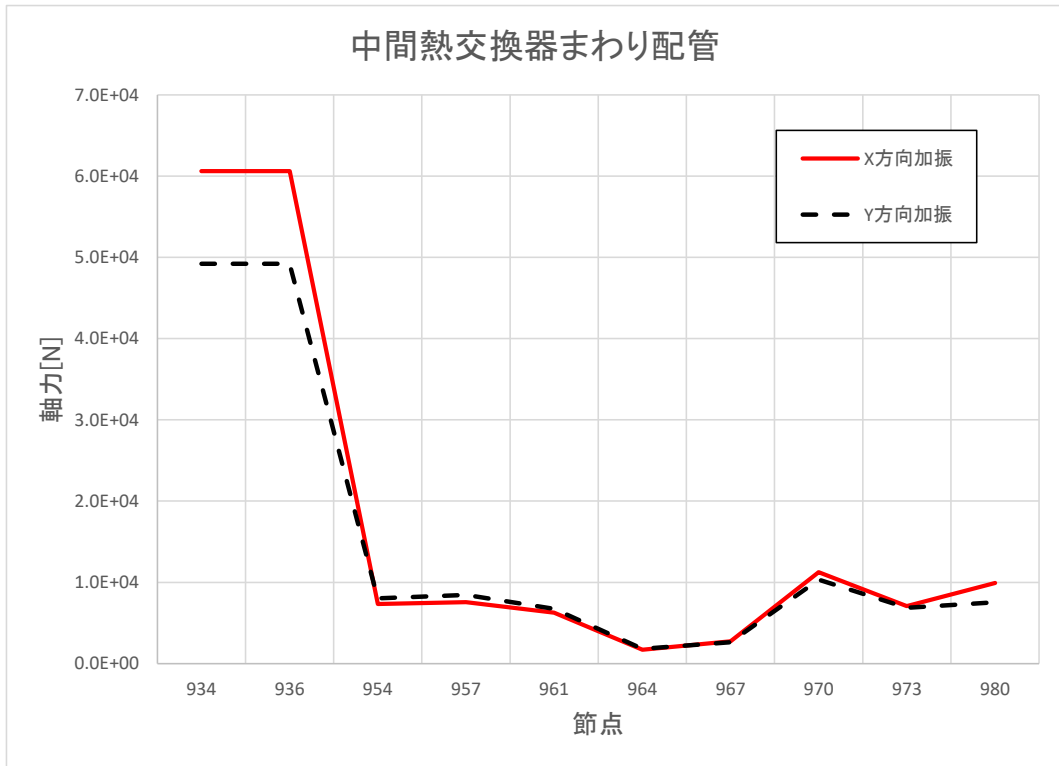


(a) 軸力

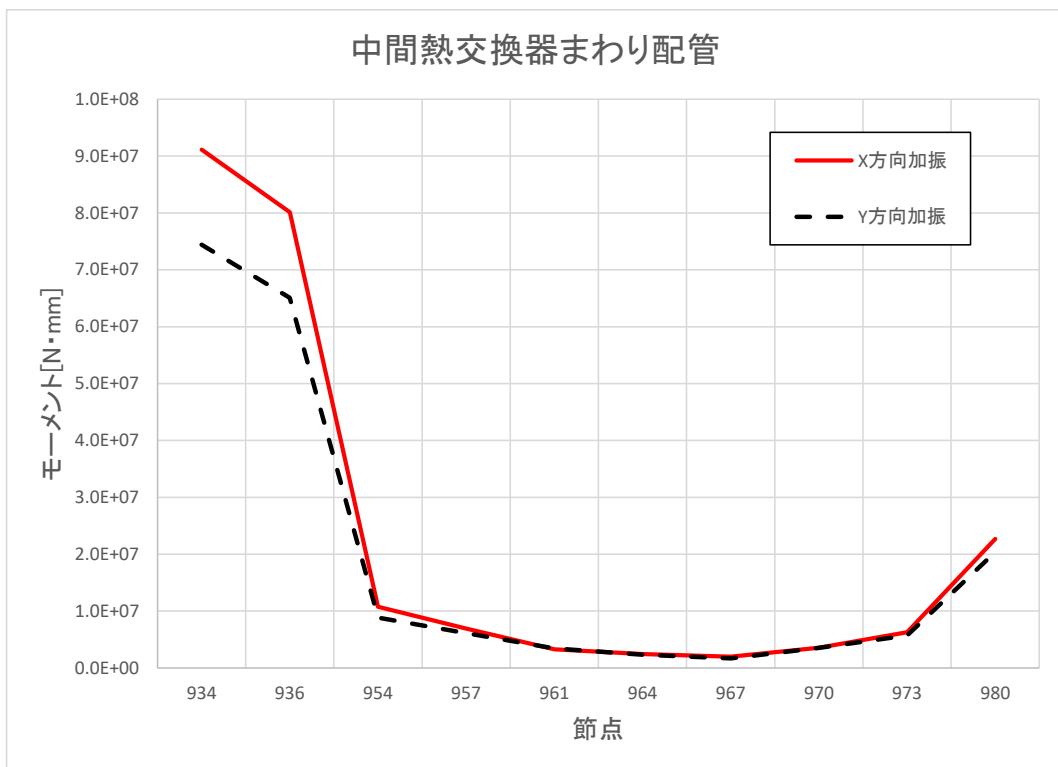


(b) モーメント

第 4.16 図 Sd5 地震動 1 次加圧水冷却器まわり配管 断面力分布

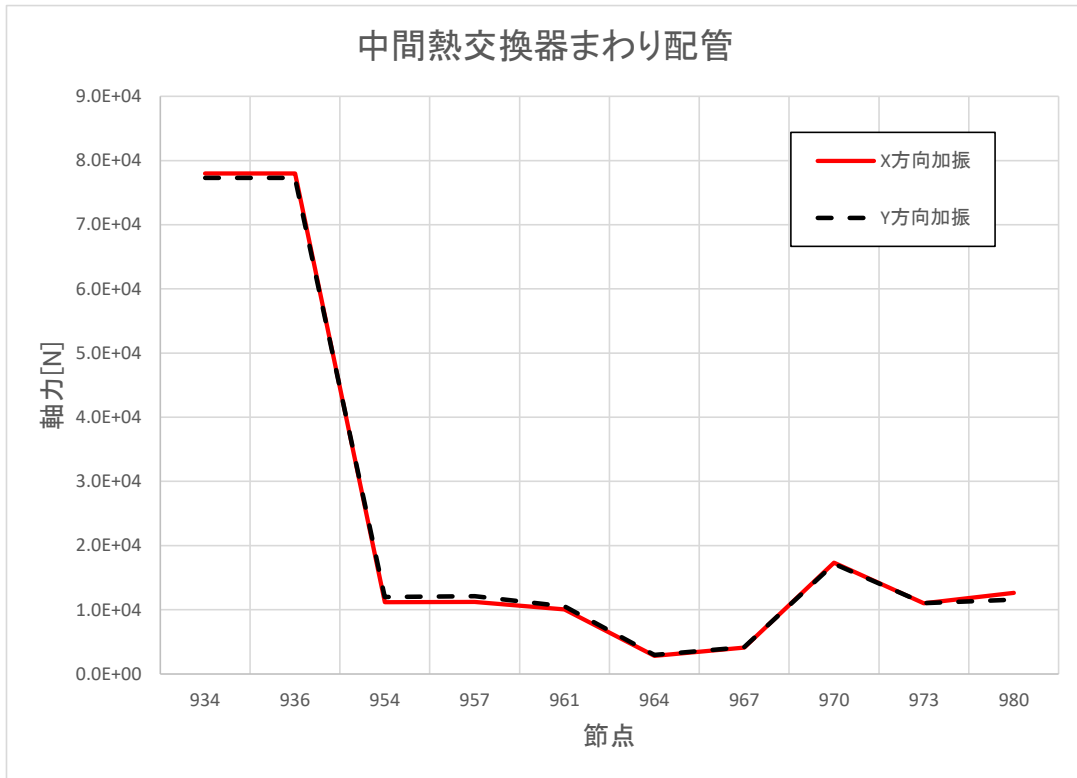


(a) 軸力

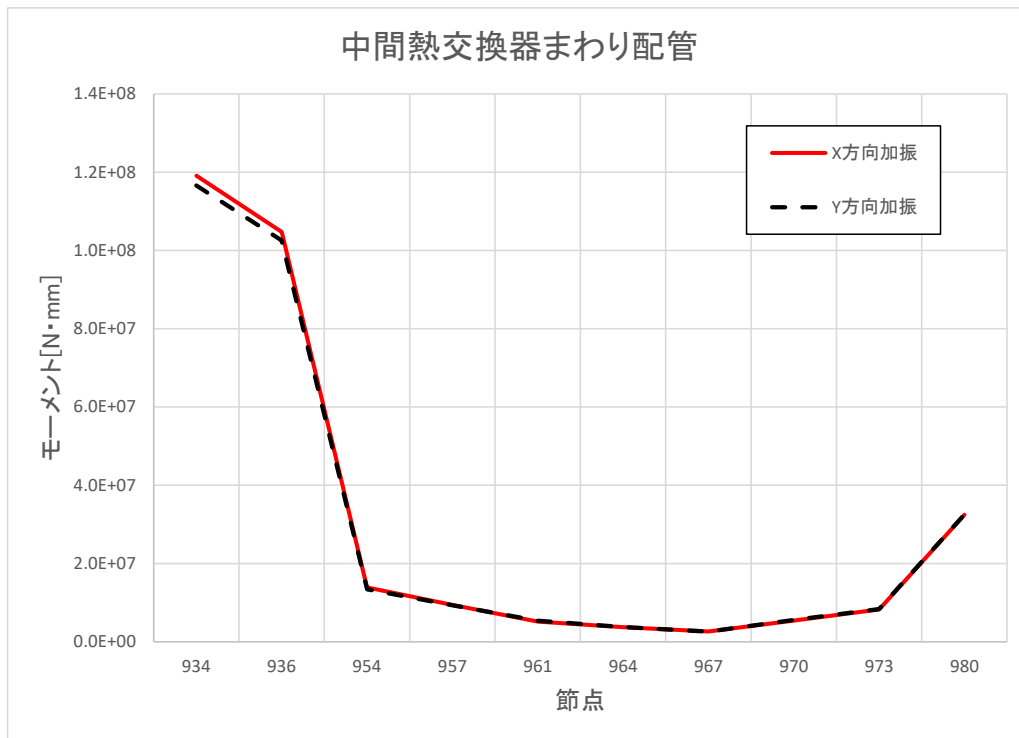


(b) モーメント

第 4.17 図 Ss1-4\_SsD 地震動 中間熱交換器まわり配管 断面力分布

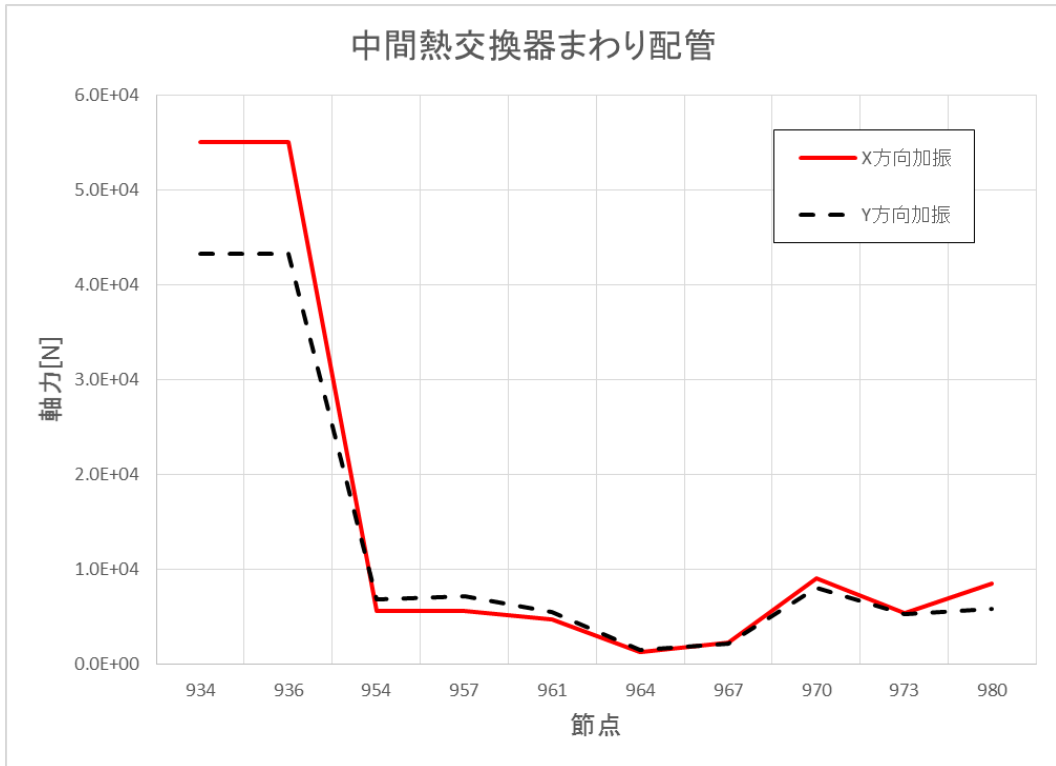


(a) 軸力

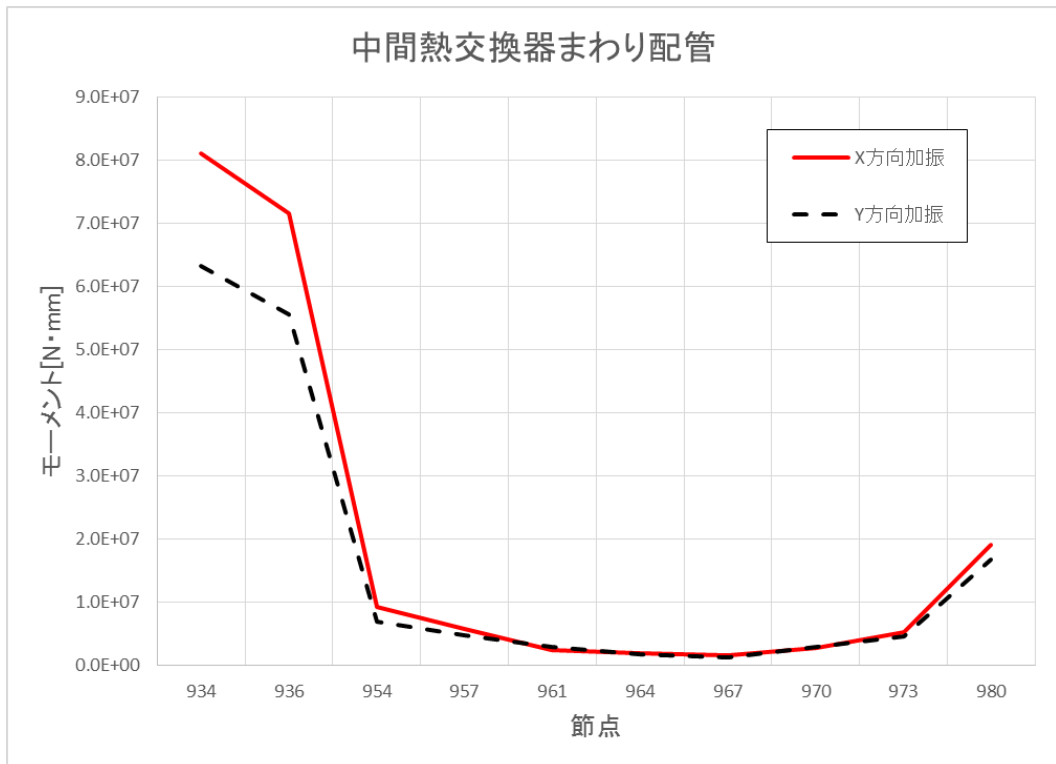


(b) モーメント

第 4.18 図 Ss5 地震動 中間熱交換器まわり配管 断面力分布



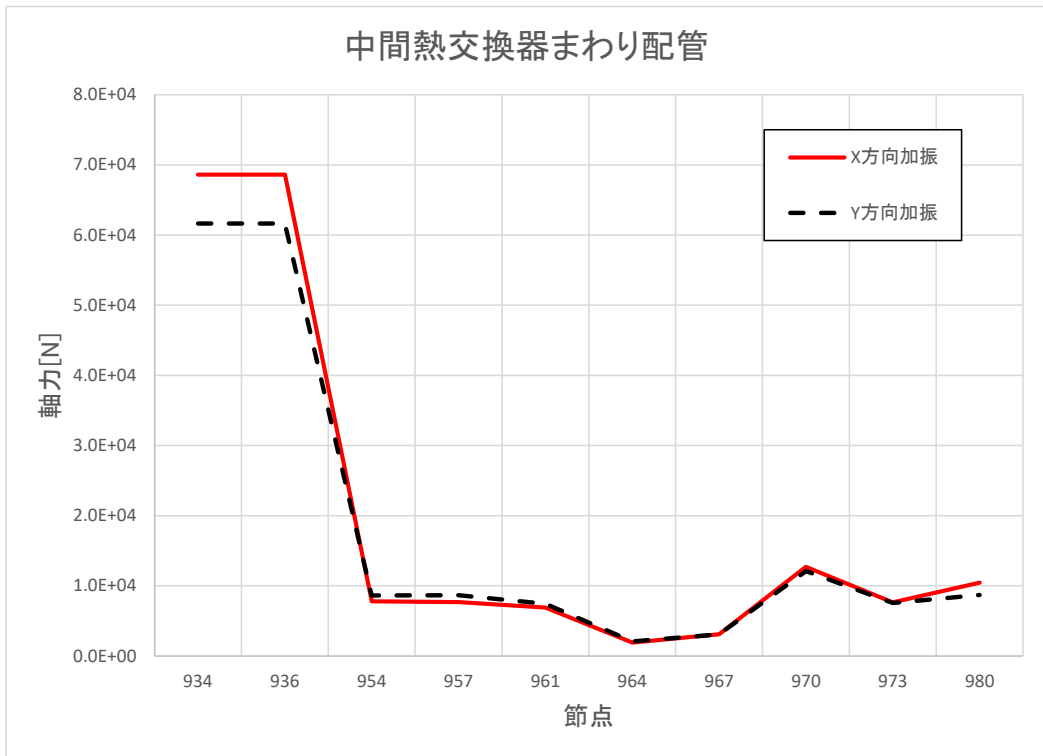
(a) 軸力



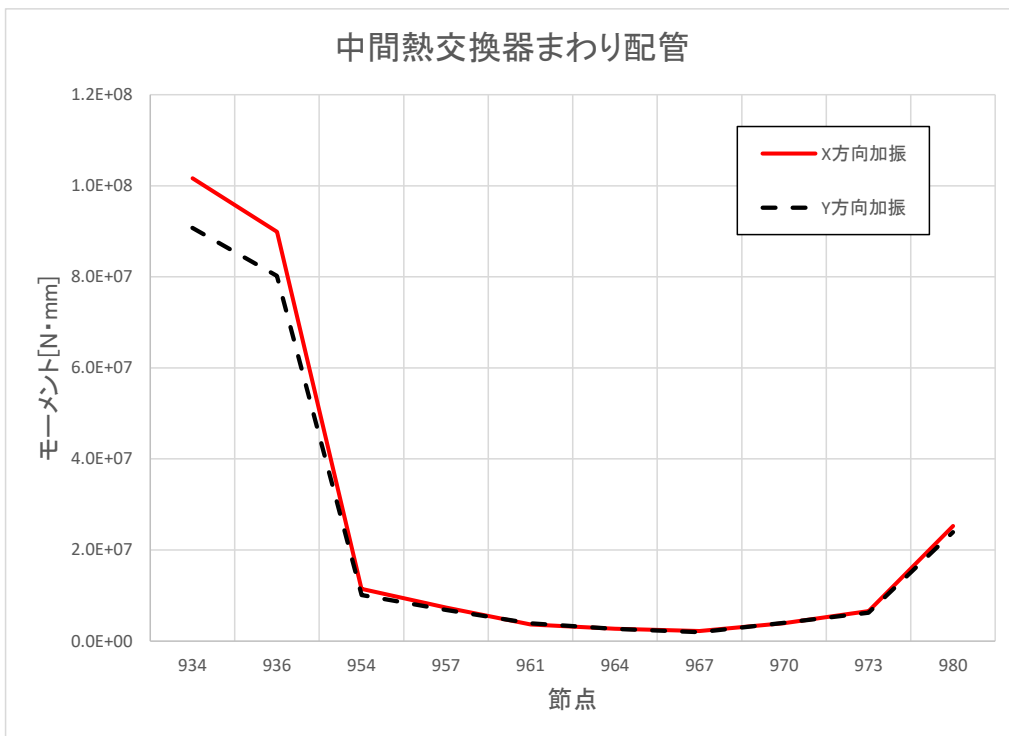
(b) モーメント

第 4.19 図 Sd1-4\_SdD 地震動 中間熱交換器まわり配管 断面力分布



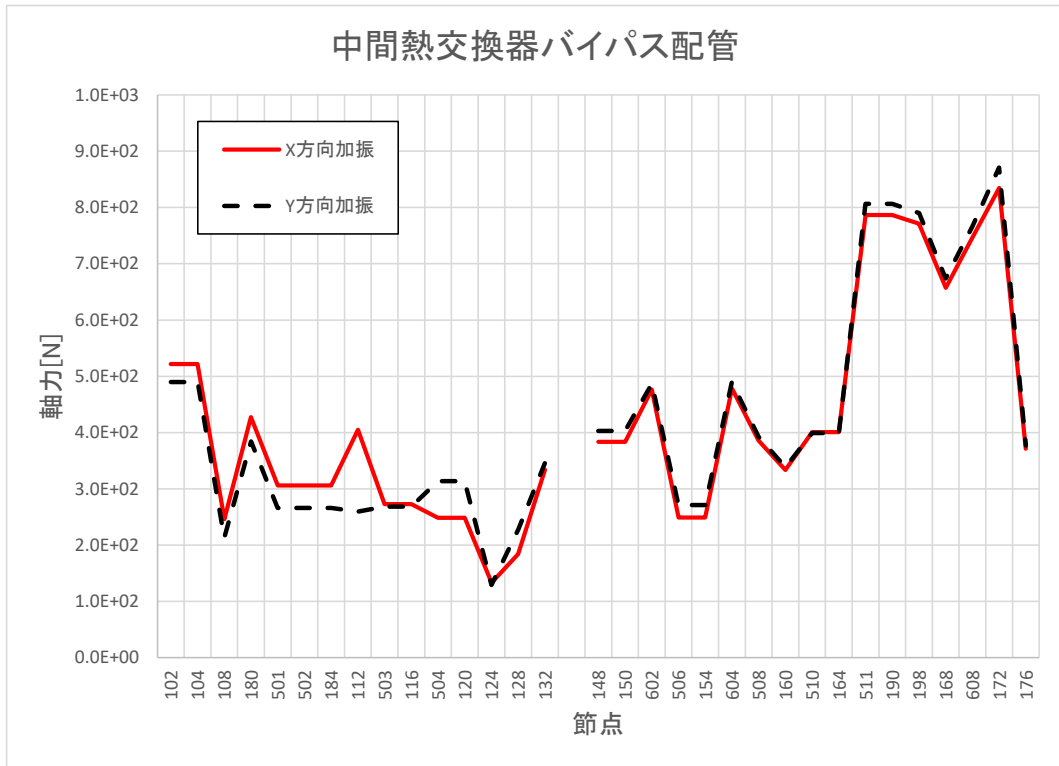


(a) 軸力

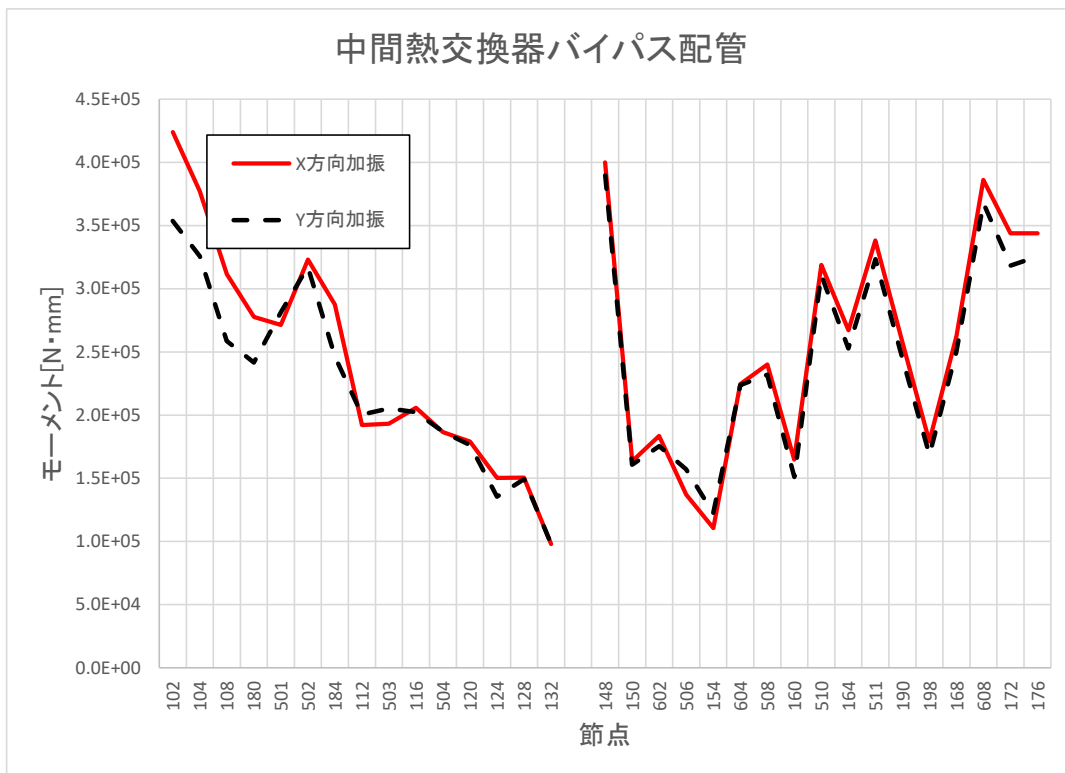


(b) モーメント

第 4.20 図 Sd5 地震動 中間熱交換器まわり配管 断面力分布

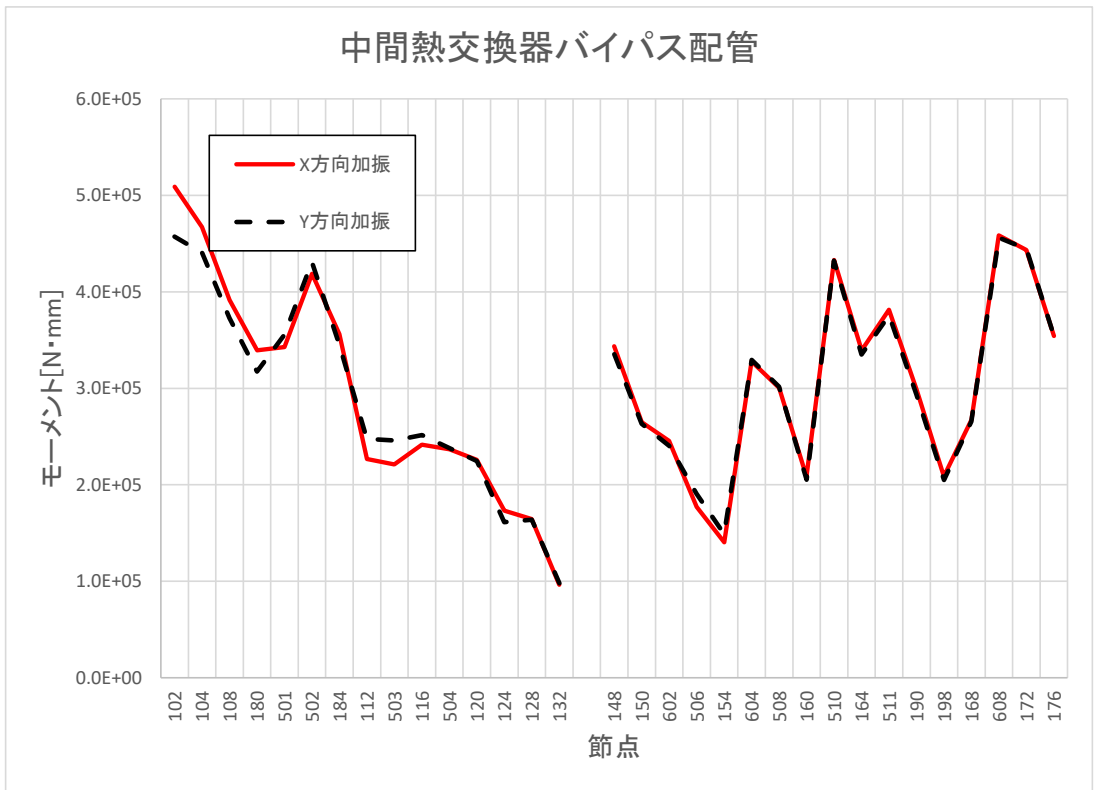
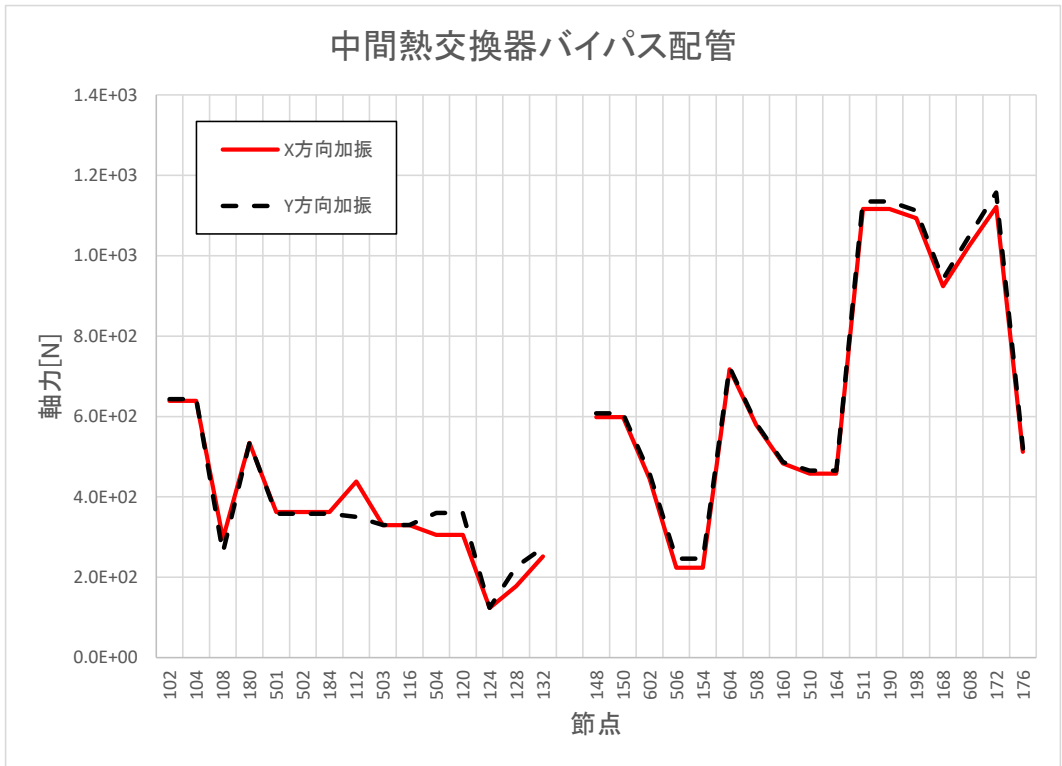


(a) 軸力

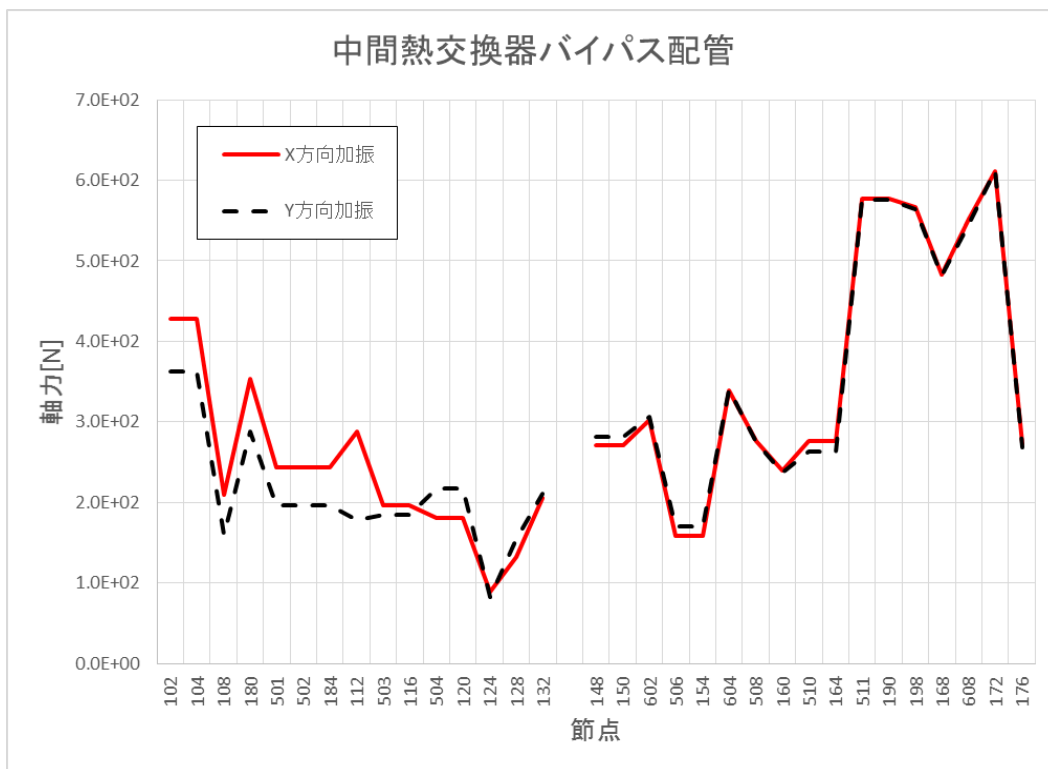


(b) モーメント

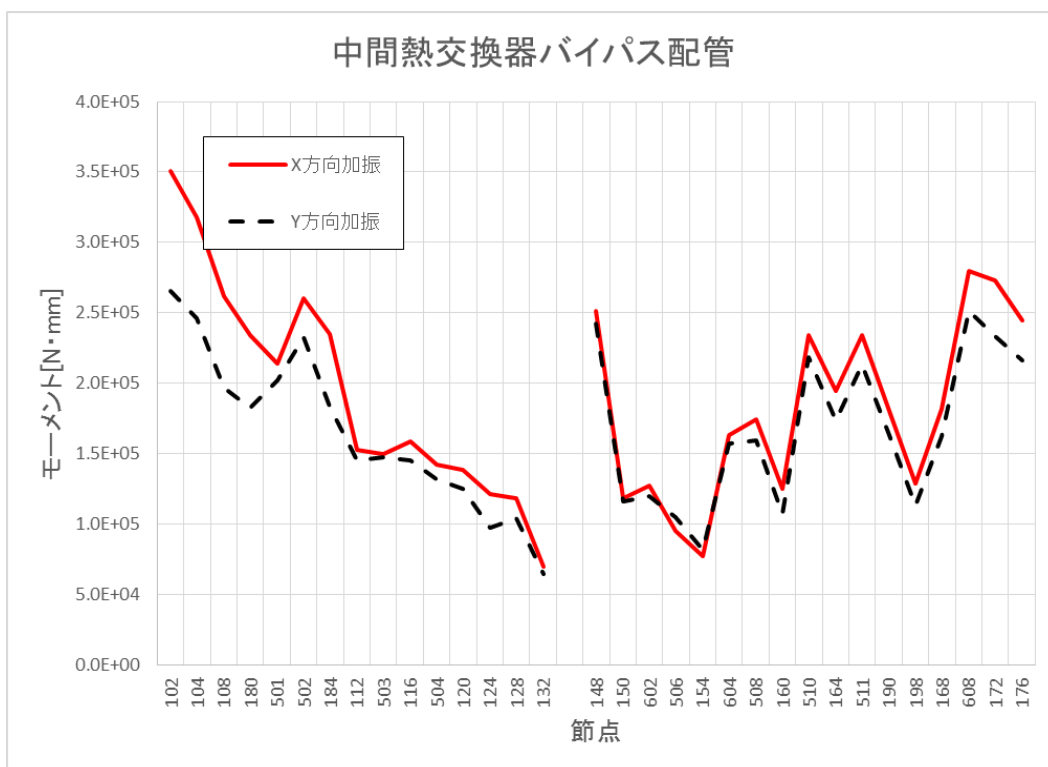
第 4.21 図 Ss1-4\_SsD 地震動 中間熱交換器バイパス配管 断面力分布



第 4.22 図 Ss5 地震動 中間熱交換器バイパス配管 断面力分布

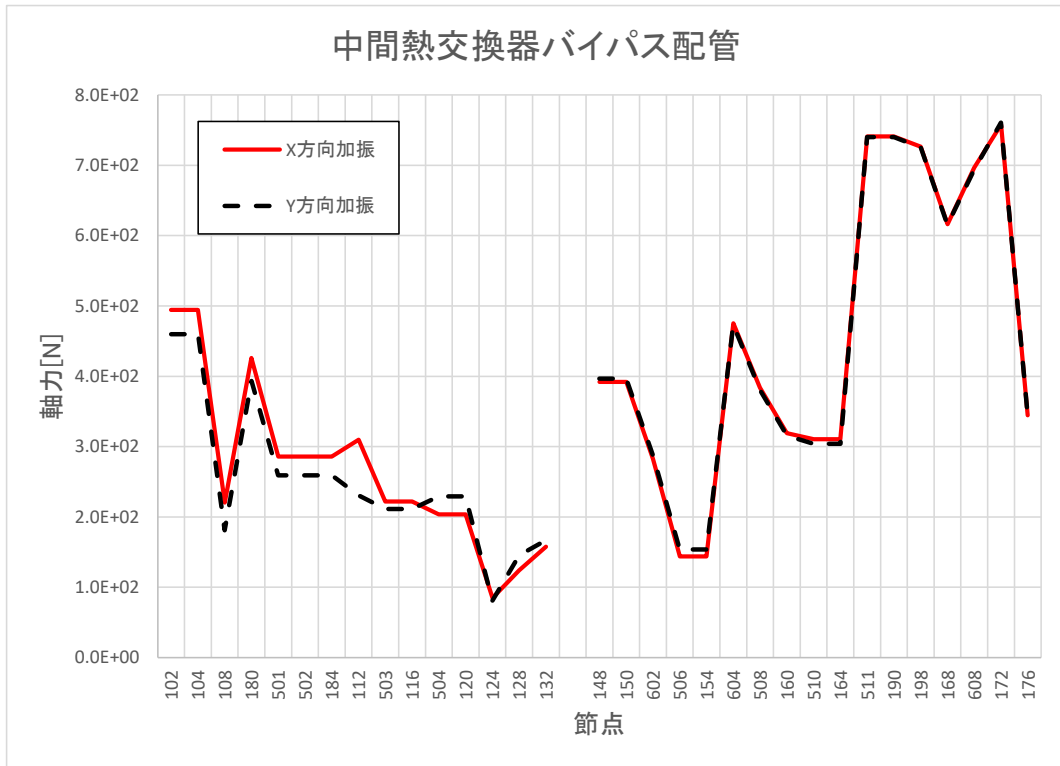


(a) 軸力

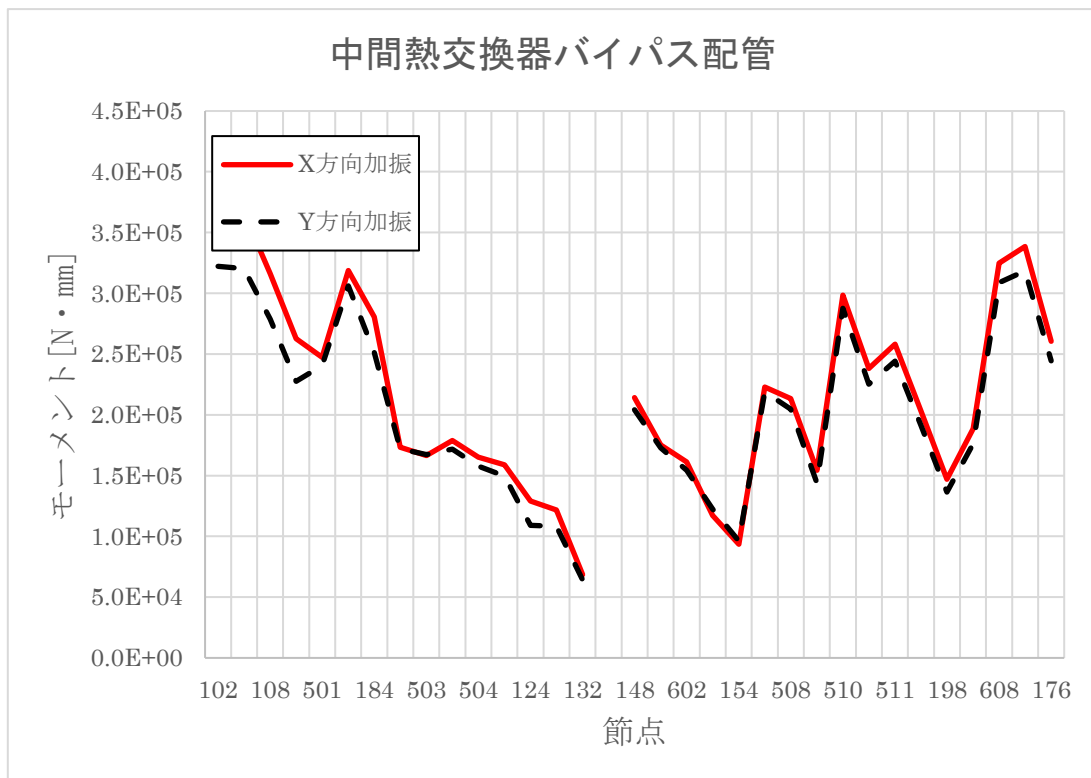


(b) モーメント

第 4.23 図 Sd1-4\_SdD 地震動 中間熱交換器バイパス配管 断面力分布

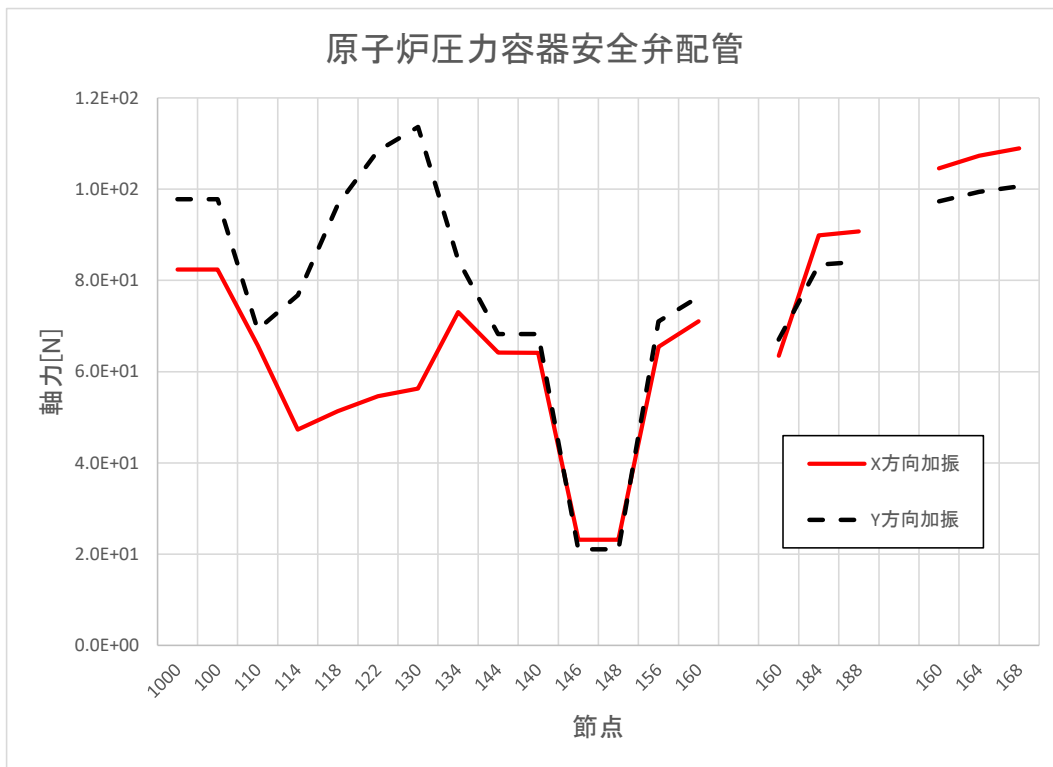


(a) 軸力

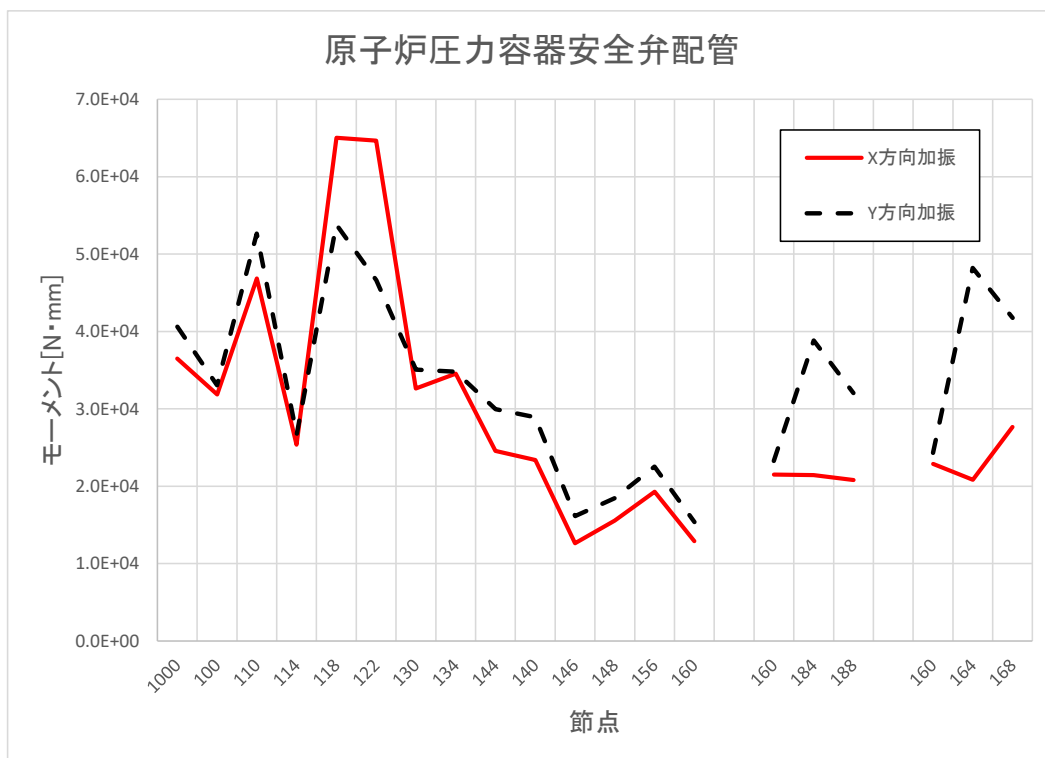


(b) モーメント

第 4.24 図 Sd5 地震動 中間熱交換器バイパス配管 断面力分布

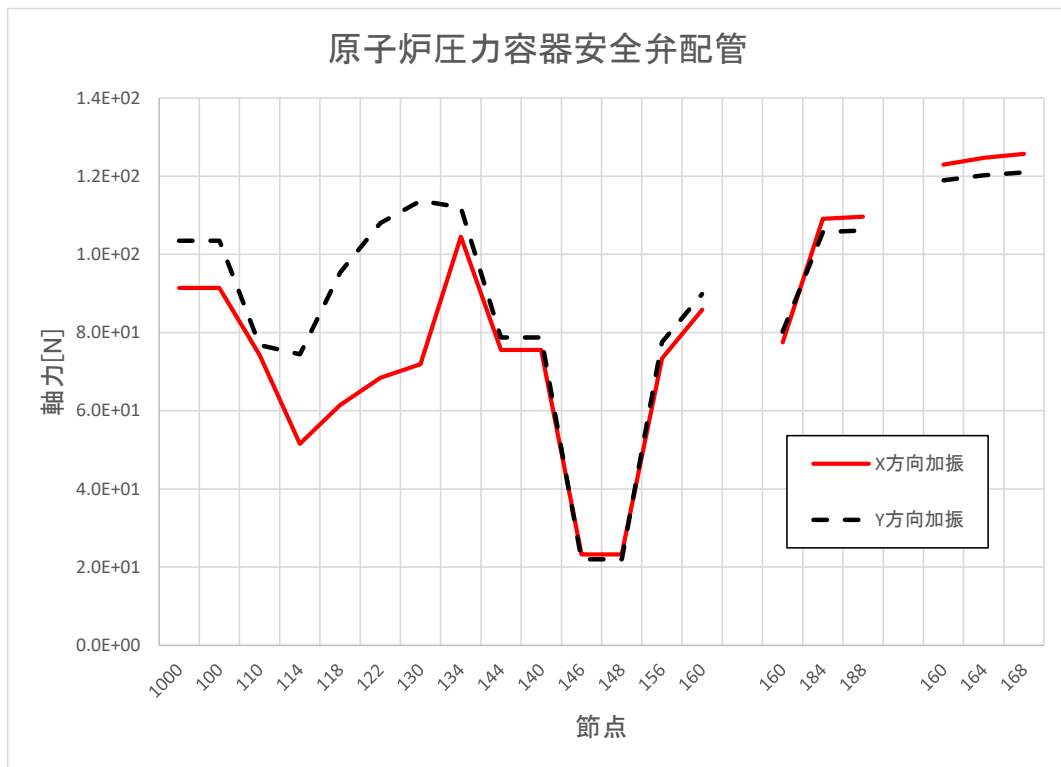


(a) 軸力

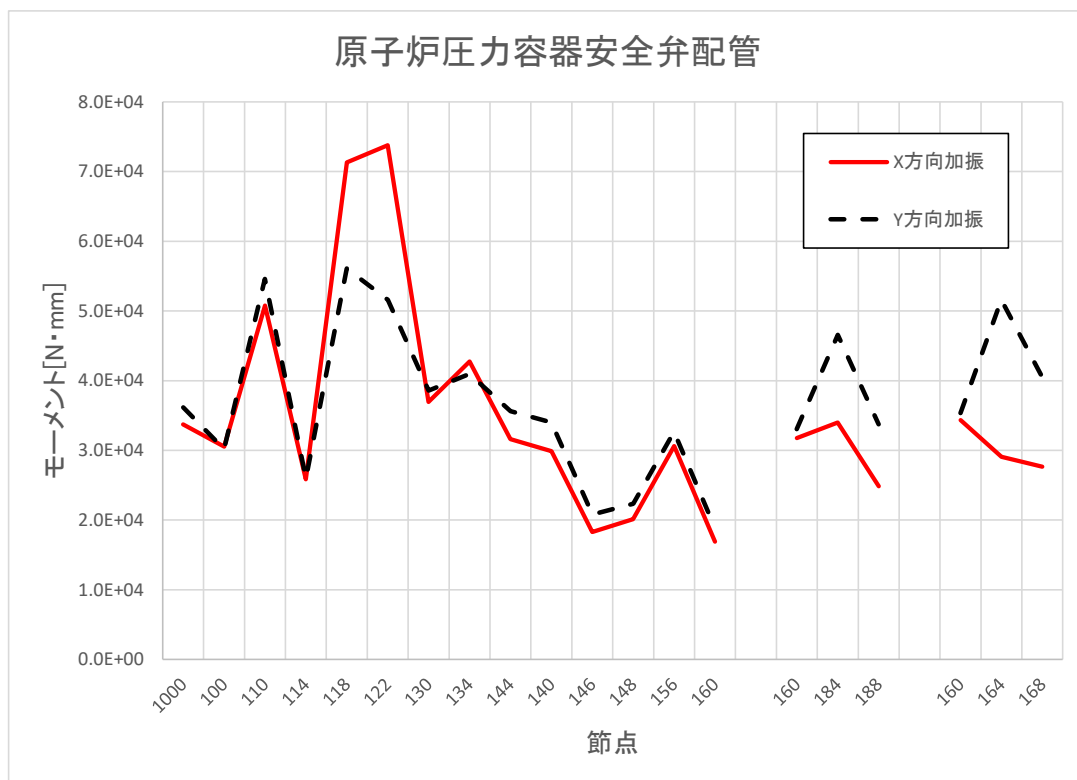


(b) モーメント

第 4.25 図 Ss1-4\_SsD 地震動 原子炉压力容器安全弁配管 断面力分布

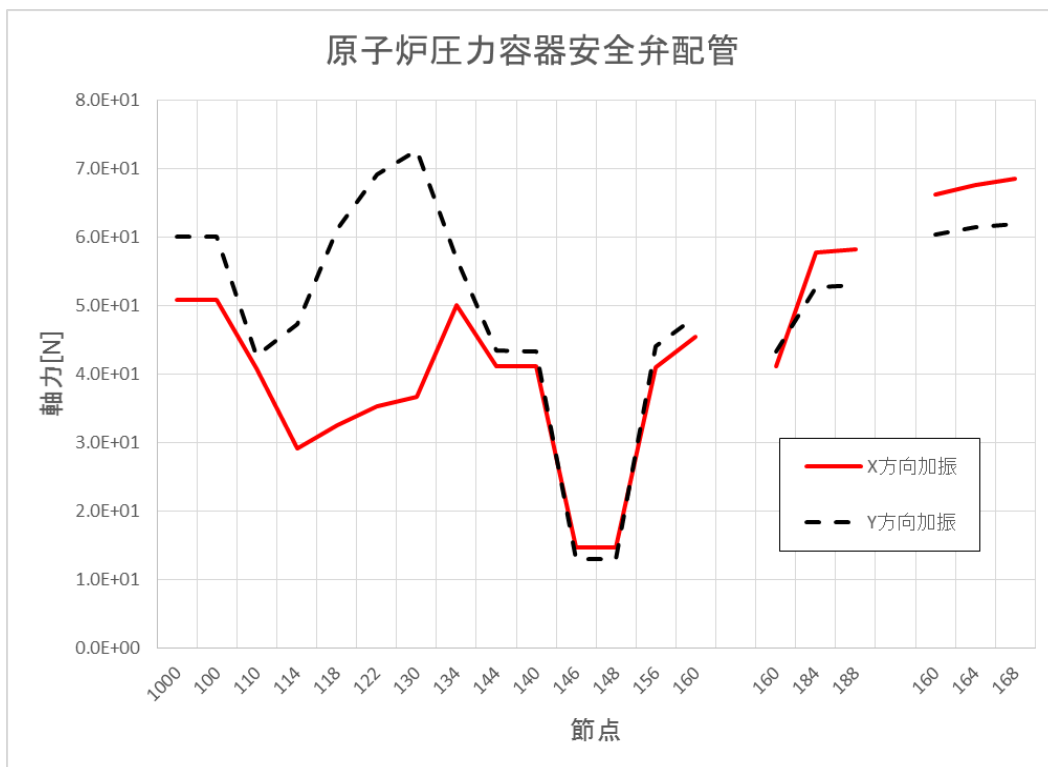


(a) 軸力

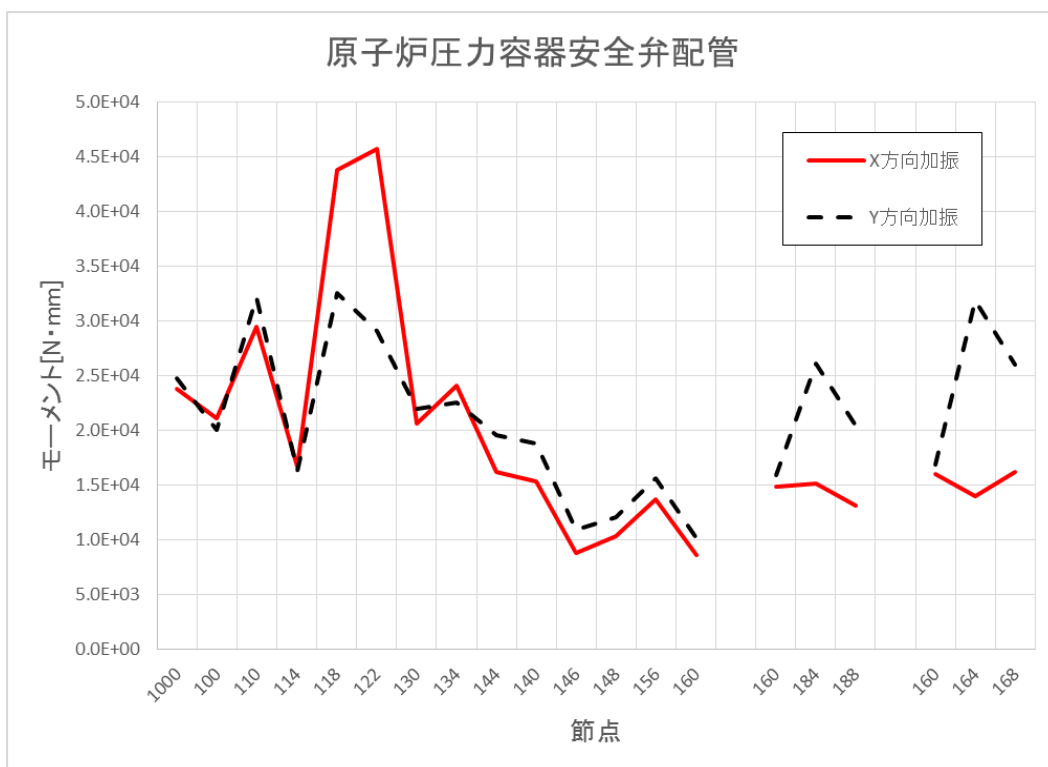


(b) モーメント

第 4.26 図 Ss5 地震動 原子炉压力容器安全弁配管 断面力分布



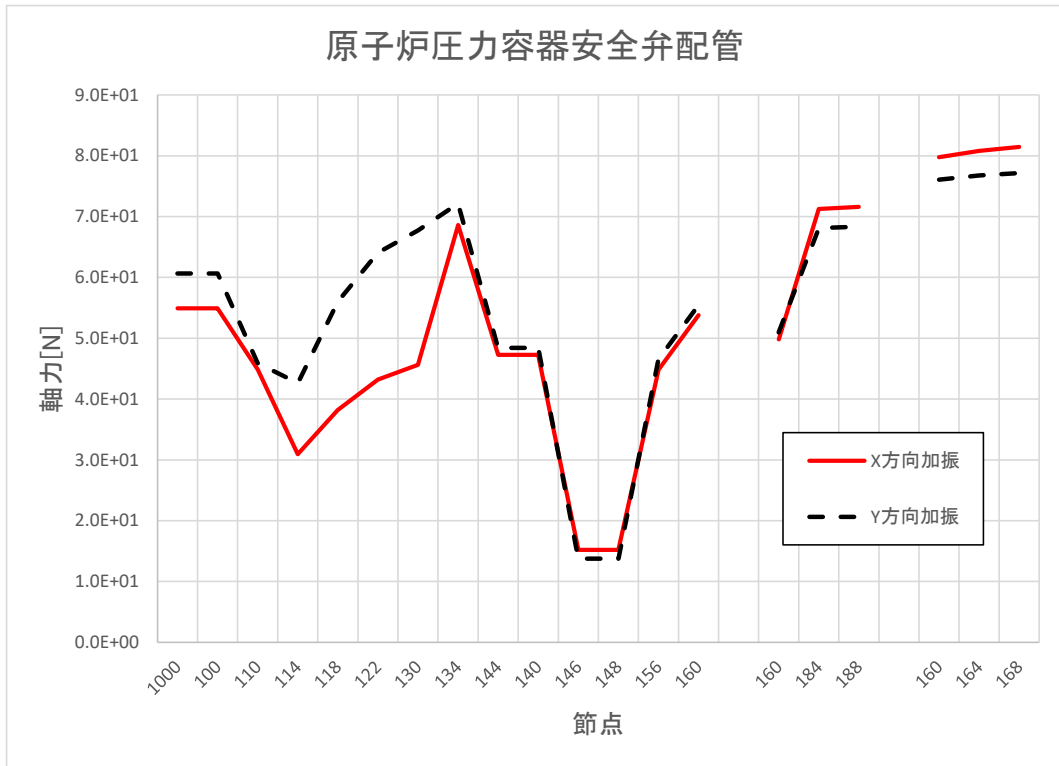
(a) 軸力



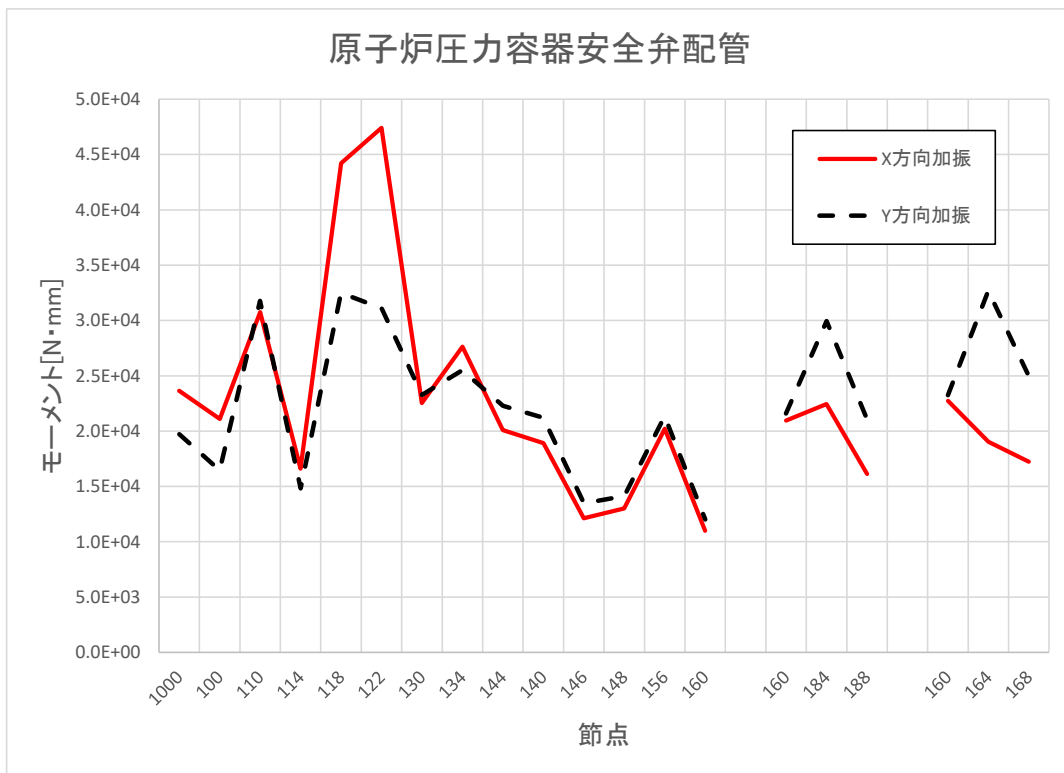
(b) モーメント

第 4.27 図 Sd1-4\_SdD 地震動 原子炉压力容器安全弁配管 断面力分布





(a) 軸力



(b) モーメント

第 4.28 図 Sd5 地震動 原子炉压力容器安全弁配管 断面力分布

#### 4.3 1次加圧水冷却器まわり配管の管台接続部

##### 4.3.1 形状、寸法及び材料

1次加圧水冷却器まわり配管の管台接続部の形状、寸法及び材料を第4.25表に示す。形状から求められる配管要素応力係数を第4.26表に示す。

##### 4.3.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第4.27表から第4.30表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-7 1次ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

##### 4.3.3 応力評価

1次加圧水冷却器まわり配管の管台接続部の応力評価結果を第4.31表から第4.50表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

###### (1) 特別な応力制限

###### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

###### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

###### ③ 3軸応力の制限

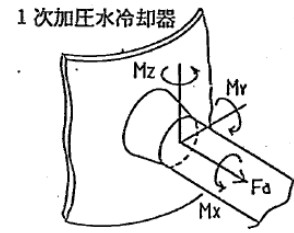
本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

第 4.25 表 形状、寸法及び材料

外 径	267.4 mm
肉 厚	15.1 mm
主要材料	STPA24

第 4.26 表 配管要素応力係数

応力係数	設定値
$B_1$	0.50
$B_1'$	1.00
$C_1$	1.00
$K_1$	1.10
$B_2$	1.00
$C_2$	1.00
$K_2$	1.10
$C_3$	1.00
$K_3$	1.10
$C_4$	0.50
$K_1'$	1.10

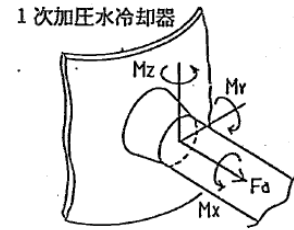


第 4.27 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 管台接続部 )					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	927	2006	551	333	1171	889
運転状態 II	927	2006	551	333	1171	889
	927	2006	551	333	1171	889
運転状態 III	927	2006	551	333	1171	889
	927	2006	551	333	1171	889
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.28 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 管台接続部 )					
	Ss5 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	962	2232	817	452	1502	1047
運転状態 II	962	2232	817	452	1502	1047
	962	2232	817	452	1502	1047
運転状態 III	962	2232	817	452	1502	1047
	962	2232	817	452	1502	1047
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-



第 4.29 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 管台接続部 )					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	742	1582	393	235	874	684
運転状態 II	742	1582	393	235	874	684
	742	1582	393	235	874	684
運転状態 III	742	1582	393	235	874	684
	742	1582	393	235	874	684
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.30 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 管台接続部 )					
	Sd5 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	646	1482	527	295	969	685
運転状態 II	646	1482	527	295	969	685
	646	1482	527	295	969	685
運転状態 III	646	1482	527	295	969	685
	646	1482	527	295	969	685
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.31 表 弾性追従の判定

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 管台接続部

評価項目	計算値	判定値	判定
$\varepsilon_{EF} \leq 0.005$	0.0002	0.0050	熱膨張応力を二次応力とする。

第 4.32 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 管台接続部

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	6.10	13.20	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	25	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	425	-	48	121	$K_s=1.35$ $K_t=1.12$
	$P_s \leq S_t$	430	$2.10 \times 10$	47	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	63	162	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$2.10 \times 10$	47	155	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	51	145	$K_s=1.35$ $K_t=1.14$
	$P_s \leq S_t$	430	$1.10 \times 10$	50	225	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	66	195	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$1.10 \times 10$	50	255	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	430	$2.10 \times 10$	0.04	1.00	$B=1.0$
		399	$1.05 \times 10^5$			
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	430	$2.10 \times 10$	0.04	1.00	
		399	$1.05 \times 10^5$			
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	51	241	$K_s=1.35$ $K_t=1.14$
	$P_s \leq 2S_R/3$	399	$3.00 \times 10$	51	243	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	73	325	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	$3.00 \times 10$	51	276	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	430	$2.10 \times 10$	0.02	1.00	$B_R=1.0$
		399	$1.05 \times 10^5$			
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	430	$2.10 \times 10$	0.02	1.00	
		399	$1.05 \times 10^5$			

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ～ III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 4.33 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 管台接続部

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	6.10	13.20	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	25	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	425	-	48	121	K <sub>s</sub> =1.35 K <sub>t</sub> =1.12
	$P_s \leq S_t$	430	2.10×10	47	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	64	162	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	2.10×10	47	155	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	51	145	K <sub>s</sub> =1.35 K <sub>t</sub> =1.14
	$P_s \leq S_t$	430	1.10×10	50	225	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	67	195	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	1.10×10	50	255	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	B=1.0
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	51	241	K <sub>s</sub> =1.35 K <sub>t</sub> =1.14
	$P_s \leq 2S_R/3$	399	3.00×10	51	243	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	78	325	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	3.00×10	51	276	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位はmmとする。

※ 運転状態 I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価



第 4.34 表 長期一次応力の判定

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 管台接続部

評価項目	計算値	判定値	判定	備考
	( MPa )	( MPa )		
$\langle P_L + P_b \rangle \leq S_{LP}$	53	56	長期一次応力が低い。	$D_{C1}=0.300$ $S_g=171$ (MPa) $g=3.0$ $S_{rH}=106$ ( MPa ) $S_g/g=57.0$ ( MPa ) $S_{LP} = \text{Min}( S_{rH} , S_g/g )$

第 4.35 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次＋二次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 (℃)	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ (MPa)	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ (MPa)	$S_n \leq \beta_s (3 \bar{S}_m)$ (MPa)	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ (MPa)	備考
Sd	430	59 362	- -	- -	- -	
C 2A02	425	- -	129 311	- -	- -	
$S_{rH} = 106 \text{ (MPa)}$		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル S1 の  $S_n^*$ に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 4.36 表 Sd5 地震動 一次＋二次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 (℃)	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ (MPa)	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ (MPa)	$S_n \leq \beta_s (3 \bar{S}_m)$ (MPa)	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ (MPa)	備考
Sd	430	60 362	- -	- -	- -	
C 2A02	425	- -	129 311	- -	- -	
$S_{rH} = 106 \text{ (MPa)}$		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル S1 の  $S_n^*$ に Sd5 分を付加して評価

第 4.37 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 417 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 78 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度 ( $^\circ\text{C}$ )
C 3B01-Sd	430 20	100	178 194	(S <sub>yH</sub> +S <sub>yC</sub> )/2	430 20

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル C 3B01-S1 の P' に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ Sd1-4\_SdD 分 P' 計算時、保守側となるため K<sub>t</sub>=1.0 としている。

第 4.38 表 Sd5 地震動 Sa の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd5)

$$T_o = 417 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 79 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度 ( $^\circ\text{C}$ )
C 3B01-Sd	430 20	100	179 194	(S <sub>yH</sub> +S <sub>yC</sub> )/2	430 20

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル C 3B01-S1 の P' に Sd5 分を付加して評価

※ Sd5 分 P' 計算時、保守側となるため K<sub>t</sub>=1.0 としている。

第 4.39 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限  
 1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 管台接続部(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	67 907	0.290	0.367	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 4.40 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限  
 1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 管台接続部(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	72 907	0.290	0.394	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価

第 4.41 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> (MPa)			
C 3B01-Sd	430	1	134	7.410×10 <sup>-4</sup>	5.239×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.21	9.542×10 <sup>-4</sup>	387750	0.000	C
C 3B01	430	20	97	5.365×10 <sup>-4</sup>	5.188×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	6.473×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
C 2A02	399	279	93	5.112×10 <sup>-4</sup>	4.732×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	6.144×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
1A01 1C01	399	250	51	2.772×10 <sup>-4</sup>	7.200×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	3.841×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
Sd	430	200	59	3.205×10 <sup>-4</sup>	4.894×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	4.063×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	A
2A01 2A02	430	200	12	6.474×10 <sup>-5</sup>	4.806×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	1.241×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
C T	100	40	63	-	64	-	1.00	32	1000000	0.000	D
K <sub>T</sub> = 1.10      D <sub>F</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.001											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 3B01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>、S<sub>n</sub>\*に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 4.42 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> (MPa)			
C 3B01-Sd	430	1	135	$7.464 \times 10^{-4}$	$5.239 \times 10^{-5}$	1.10	1.21	$9.608 \times 10^{-4}$	379008	0.000	C
C 3B01	430	20	97	$5.365 \times 10^{-4}$	$5.188 \times 10^{-5}$	1.10	1.10	$6.473 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
C 2A02	399	279	93	$5.112 \times 10^{-4}$	$4.732 \times 10^{-5}$	1.10	1.10	$6.144 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A01 1C01	399	250	51	$2.772 \times 10^{-4}$	$7.200 \times 10^{-5}$	1.10	1.10	$3.841 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
Sd	430	200	60	$3.259 \times 10^{-4}$	$4.894 \times 10^{-5}$	1.10	1.10	$4.123 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
2A01 2A02	430	200	12	$6.474 \times 10^{-5}$	$4.806 \times 10^{-5}$	1.10	1.10	$1.241 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
C T	100	40	63	-	64	-	1.00	32	1000000	0.000	D
$K_T = 1.10 \quad D_f = \sum (n_i / N_{di}) = 0.001$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 3B01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>、S<sub>n</sub>\*に Sd5 分を付加して評価

第 4.43 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)  
( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ (MPa)	$3\bar{S}_m$ (MPa)	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 3B01-Sd	134	375	0	0.0000	0.0000	$S_g=170$ (MPa) $T=430$ (°C)
$D_{C2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000 \quad (D_0^* = 0.000 )$ $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300 \quad (D_{C1} = 0.300 )$						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
C 3B01-Sd	$9.542 \times 10^{-4}$	$2.082 \times 10^{-3}$	1	0.00	0.00	$3\bar{S}_m/E$
$T=430$ (°C) $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 3B01-S1 の  $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価、  
また、 $\epsilon_t$  を第 4.41 表の値として評価

第 4.44 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd5)  
( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\overline{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 3B01-Sd	135	375	0	0.0000	0.0000	$S_g=170$ (MPa) $T=430$ (°C)
$D_{C2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000 \quad (D_0^* = 0.000 )$ $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300 \quad (D_{C1} = 0.300 )$						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\overline{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
C 3B01-Sd	$9.608 \times 10^{-4}$	$2.082 \times 10^{-3}$	1	0.00	0.00	$3\overline{S}_m/E$
$T=430$ (°C) $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 3B01-S1 の  $S_n$  に Sd5 分を付加して評価、また、 $\epsilon_t$  を第 4.42 表の値として評価



第 4.45 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.300	0.301	0.600
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.000$				

第 4.46 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.300	0.301	0.600
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.000$				

第 4.47 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 管台接続部(地震動:Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
IV	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y / f_B$	430	62	121	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

第 4.48 表 Ss5 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 管台接続部(地震動:Ss5)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
IV	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y / f_B$	430	66	121	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

第 4.49 表 Sd1-4\_SdD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
III	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y / f_B$	430	58	91	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

第 4.50 表 Sd5 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd5)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
III	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y / f_B$	430	58	91	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

#### 4.4 1次加圧水冷却器まわり配管のティー

##### 4.4.1 形状、寸法及び材料

1次加圧水冷却器まわり配管のティーの形状、寸法及び材料を第4.51表に示す。形状から求まる配管要素応力係数を第4.52表に示す。

##### 4.4.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第4.53表から第4.64表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-7 1次ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

##### 4.4.3 応力評価

1次加圧水冷却器まわり配管のティーの応力評価結果を第4.65表から第4.80表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものであるが、以下については、既往の設工認の地震動の応力分を差し引いたものである。

Ss1-4\_SsD 地震

- ・ 座屈の防止

Ss5 地震

- ・ 一次応力
- ・ 座屈の防止

Sd1-4\_SdD 地震

- ・ 累積非弾性ひずみの制限

Sd5 地震

- ・ 累積非弾性ひずみの制限
- ・ 座屈の防止

なお、特別な応力制限の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、

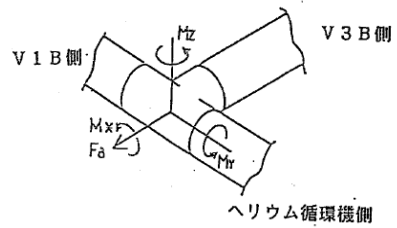
板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

第 4.51 表 形状、寸法及び材料

外 径	267.4 mm
肉 厚	28.6 mm
主要材料	STPA24

第 4.52 表 配管要素応力係数

応力係数	設定値
$B_1$	0.50
$B_1'$	1.00
$C_1$	1.50
$K_1$	4.00
$B_{2b}$	1.04
$B_{2r}$	1.95
$C_2$	2.00
$K_2$	1.00
$C_3$	1.00
$K_3$	1.00
$C_4$	0.50
$K_1'$	1.00



第 4.53 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(1/3)

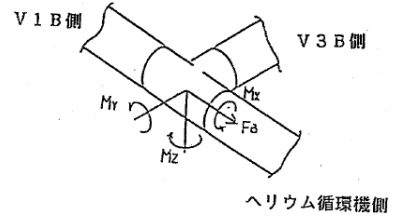
(分岐管 V3B 側)

	配管反力 ( 分岐管 V3B 側 )					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1782	3186	2774	1250	1504	2676
運転状態 II	1782	3186	2774	1250	1504	2676
	1782	3186	2774	1250	1504	2676
運転状態 III	1782	3186	2774	1250	1504	2676
	1782	3186	2774	1250	1504	2676
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.54 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(2/3)

(母管 V1B 側)

	配管反力 ( ティー母管 V1B 側 )					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	864	1364	1870	796	786	1264
運転状態 II	864	1364	1870	796	786	1264
	864	1364	1870	796	786	1264
運転状態 III	864	1364	1870	796	786	1264
	864	1364	1870	796	786	1264
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-



第 4.55 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(3/3)

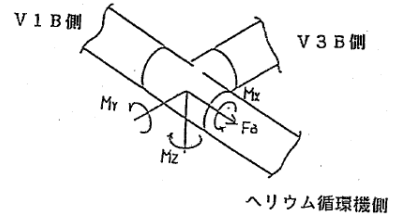
(母管 ヘリウム循環機側)

	配管反力 ( ティー母管 ヘリウム循環機側 )					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	3736	2458	3643	1475	1629	1613
運転状態 II	3736	2458	3643	1475	1629	1613
	3736	2458	3643	1475	1629	1613
運転状態 III	3736	2458	3643	1475	1629	1613
	3736	2458	3643	1475	1629	1613
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.56 表 Ss5 地震動 機械的荷重(1/3)

(分岐管 V3B 側)

	配管反力 ( 分岐管 V3B 側 )					
	Ss5 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1992	3443	3199	1513	1770	2919
運転状態 II	1992	3443	3199	1513	1770	2919
	1992	3443	3199	1513	1770	2919
運転状態 III	1992	3443	3199	1513	1770	2919
	1992	3443	3199	1513	1770	2919
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-



第 4.57 表 Ss5 地震動 機械的荷重(2/3)

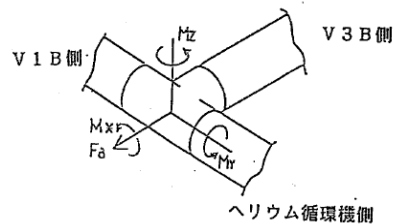
(母管 V1B 側)

	配管反力 ( ティー母管 V1B 側 )					
	Ss5 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1086	1509	2038	871	1096	1358
運転状態 II	1086	1509	2038	871	1096	1358
	1086	1509	2038	871	1096	1358
運転状態 III	1086	1509	2038	871	1096	1358
	1086	1509	2038	871	1096	1358
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.58 表 Ss5 地震動 機械的荷重(3/3)

(母管 ヘリウム循環機側)

	配管反力 ( ティー母管 ヘリウム循環機側 )					
	Ss5 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	3890	2778	4184	1793	2036	1862
運転状態 II	3890	2778	4184	1793	2036	1862
	3890	2778	4184	1793	2036	1862
運転状態 III	3890	2778	4184	1793	2036	1862
	3890	2778	4184	1793	2036	1862
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-



第 4.59 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(1/3)

(分岐管 V3B 側)

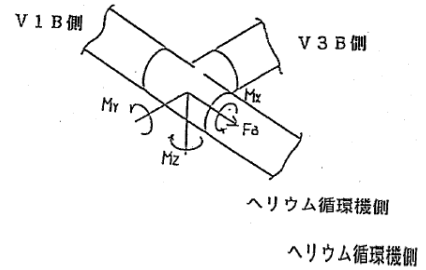
	配管反力 ( 分岐管 V3B 側 )					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1318	2544	1884	891	1001	2153
運転状態 II	1318	2544	1884	891	1001	2153
	1318	2544	1884	891	1001	2153
運転状態 III	1318	2544	1884	891	1001	2153
	1318	2544	1884	891	1001	2153
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.60 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(2/3)

(母管 V1B 側)

	配管反力 ( ティー母管 V1B 側 )					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	660	1059	1362	628	575	982
運転状態 II	660	1059	1362	628	575	982
	660	1059	1362	628	575	982
運転状態 III	660	1059	1362	628	575	982
	660	1059	1362	628	575	982
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-





第 4.61 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(3/3)

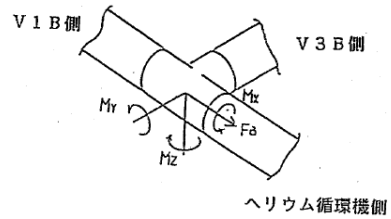
(母管 ヘリウム循環機側)

	配管反力 ( ティー母管 ヘリウム循環機側 )					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	3057	1958	2584	948	1201	1301
運転状態 II	3057	1958	2584	948	1201	1301
	3057	1958	2584	948	1201	1301
運転状態 III	3057	1958	2584	948	1201	1301
	3057	1958	2584	948	1201	1301
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.62 表 Sd5 地震動 機械的荷重(1/3)

(分岐管 V3B 側)

	配管反力 ( 分岐管 V3B 側 )					
	Sd5 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1378	2295	2022	979	1101	1970
運転状態 II	1378	2295	2022	979	1101	1970
	1378	2295	2022	979	1101	1970
運転状態 III	1378	2295	2022	979	1101	1970
	1378	2295	2022	979	1101	1970
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-



第 4.63 表 Sd5 地震動 機械的荷重(2/3)

(母管 V1B 側)

	配管反力 ( ティー母管 V1B 側 )					
	Sd5 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	748	1039	1358	596	706	892
運転状態 II	748	1039	1358	596	706	892
	748	1039	1358	596	706	892
運転状態 III	748	1039	1358	596	706	892
	748	1039	1358	596	706	892
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.64 表 Sd5 地震動 機械的荷重(3/3)

(母管 ヘリウム循環機側)

	配管反力 ( ティー母管 ヘリウム循環機側 )					
	Sd5 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	2654	2019	2698	1091	1326	1276
運転状態 II	2654	2019	2698	1091	1326	1276
	2654	2019	2698	1091	1326	1276
運転状態 III	2654	2019	2698	1091	1326	1276
	2654	2019	2698	1091	1326	1276
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.65 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

1次ヘリウム主配管(単管) 1次加圧水冷却器まわり配管 ティー

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	6.10	13.20	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	60	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	425	-	23	121	K <sub>s</sub> =1.41 K <sub>t</sub> =1.18
	$P_s \leq S_t$	430	2.10×10	20	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	146	171	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	2.10×10	58	164	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	25	145	K <sub>s</sub> =1.41 K <sub>t</sub> =1.19
	$P_s \leq S_t$	430	1.10×10	22	225	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	146	204	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	1.10×10	59	267	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	B=1.0
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	25	241	K <sub>s</sub> =1.41 K <sub>t</sub> =1.19
	$P_s \leq 2S_R/3$	399	3.00×10	22	243	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	175	341	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	3.00×10	59	288	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{ri}) \leq B_R$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma (t_j / t_{rbj}) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位はmmとする。

※ 運転状態I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 4.66 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 ティー

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	6.10	13.20	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	60	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	425	-	22	121	K <sub>s</sub> =1.41 K <sub>t</sub> =1.18
	$P_s \leq S_t$	430	2.10×10	20	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	148	171	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	2.10×10	58	164	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	24	145	K <sub>s</sub> =1.41 K <sub>t</sub> =1.19
	$P_s \leq S_t$	430	1.10×10	22	225	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	148	204	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	1.10×10	59	267	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	B=1.0
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	24	241	K <sub>s</sub> =1.41 K <sub>t</sub> =1.19
	$P_s \leq 2S_R/3$	399	3.00×10	22	243	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	140	341	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	3.00×10	59	288	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ~ III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5-S1 差分を付加して評価

第 4.67 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 ティー(地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 4 ) パラメータ  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y$  の算定

算定項目	計算値	備考
$T_i < T_o$ (°C)	20 417	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_L + (P_b / K_t) \rangle_{\max}$ (MPa) 123 $X_1 = \langle P_L + (P_b / K_t) \rangle_{\max} / S_{yc}$ 0.596	$S_{yc} = 205$ (MPa) $T = 20$ (°C)
運転状態 I、II、III、(T)	$\langle P_L^* + (P_b^* / K_t) \rangle_{\max}$ (MPa) 34 $\langle Q + Q^* \rangle_{R\max}$ (MPa) 83 $X_2 = \langle P_L^* + (P_b^* / K_t) \rangle_{\max} / S_{yc}$ 0.162 $Y = \langle Q + Q^* \rangle_{R\max} / S_{yc}$ 0.400	$S_{yc} = 205$ (MPa) $T = 20$ (°C)

(1) (T)は試験状態を示す。

( 2 / 4 ) 領域の判定

評価項目	領域	許容領域
( $X_1$ , $Y$ )	E	E, $S_1$ , $S_2$ , P
( $X_1 + X_2$ , $Y$ )	$S_1$	

( 3 / 4 ) 促進クリープひずみと弾性追従ひずみの算定

算定項目	計算値	備考
$Z^* \leq S_{yH} / S_{yc}$	0.615 0.890	$S_{yH} = 183$ (MPa) $T = 430$ (°C) 430 (°C) $2.10 \times 10$ (hr) 399 (°C) $1.06 \times 10^5$ (hr)
$\sigma_c = 1.25 Z^* S_{yc}$ ( MPa )	159	
$\epsilon_{Ec} = \Sigma ( \epsilon_c ( \sigma_c ) )$	0.0040	
$\epsilon_{mEF}$	0.0000	
$\epsilon_{bEF}$	0.0008	

(1) 備考の温度と時間は、促進クリープひずみを算定するに際しての 代表的な負荷サイクルにおける値である。

( 4 / 4 ) 累積非弾性ひずみの制限

運転状態 I、II、III、T

評価項目	計算値	許容値
$\epsilon_{Ec} + \epsilon_{mEF} \leq 0.01$	0.0040	0.0100
$\epsilon_{Ec} + \epsilon_{mEF} + \epsilon_{bEF} \leq 0.02$	0.0048	0.0200

第 4.68 表 Sd5 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 ティー(地震動:Sd5)

( 1 / 4 ) パラメータ  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y$  の算定

算定項目	計算値	備考
$T_i < T_o$ (°C)	20 417	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_L + (P_b / K_t) \rangle_{\max}$ (MPa) $X_1 = \langle P_L + (P_b / K_t) \rangle_{\max} / S_{yc}$	$S_{yc} = 205$ (MPa) $T = 20$ (°C)
運転状態 I、II、III、(T)	$\langle P_L^* + (P_b^* / K_t) \rangle_{\max}$ (MPa) $\langle Q + Q^* \rangle_{R\max}$ (MPa) $X_2 = \langle P_L^* + (P_b^* / K_t) \rangle_{\max} / S_{yc}$ $Y = \langle Q + Q^* \rangle_{R\max} / S_{yc}$	$S_{yc} = 205$ (MPa) $T = 20$ (°C)

(1) (T)は試験状態を示す。

( 2 / 4 ) 領域の判定

評価項目	領域	許容領域
( $X_1$ , $Y$ )	E	E, $S_1$ , $S_2$ , P
( $X_1 + X_2$ , $Y$ )	$S_1$	

( 3 / 4 ) 促進クリープひずみと弾性追従ひずみの算定

算定項目	計算値	備考
$Z^* \leq S_{yH} / S_{yc}$	0.596 0.890	$S_{yH} = 183$ (MPa) $T = 430$ (°C) 430 (°C) $2.10 \times 10$ (hr) 399 (°C) $1.06 \times 10^5$ (hr)
$\sigma_c = 1.25 Z^* S_{yc}$ (MPa)	154	
$\epsilon_{EC} = \Sigma ( \epsilon_c ( \sigma_c ) )$	0.0080	
$\epsilon_{mEF}$	0.0000	
$\epsilon_{bEF}$	0.0008	

(1) 備考の温度と時間は、促進クリープひずみを算定するに際しての 代表的な負荷サイクルにおける値である。

( 4 / 4 ) 累積非弾性ひずみの制限

評価項目	計算値	許容値
$\epsilon_{EC} + \epsilon_{mEF} \leq 0.01$	0.0080	0.0100
$\epsilon_{EC} + \epsilon_{mEF} + \epsilon_{bEF} \leq 0.02$	0.0088	0.0200

第 4.69 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 ティー(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	216 907	0.541	1.190	S <sub>1</sub>	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 4.70 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 ティー(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	234 907	0.541	1.287	S <sub>1</sub>	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価

第 4.71 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1)

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 ティー(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\epsilon_t = K_\epsilon' \epsilon_n + K_{\epsilon_c} + K_T \epsilon_F \quad K_\epsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>θ</sub> (MPa)			
C 3B01-Sd	430	1	1.312×10 <sup>-3</sup>	5.217×10 <sup>-7</sup>	1.048×10 <sup>-4</sup>	1.60	1.82	2.497×10 <sup>-3</sup>	1240	0.000806	C
C 2A02	399	279	6.236×10 <sup>-4</sup>	1.335×10 <sup>-4</sup>	9.463×10 <sup>-5</sup>	1.76	3.09	2.254×10 <sup>-3</sup>	10310	0.027	C
C 3B01	430	20	6.431×10 <sup>-4</sup>	1.043×10 <sup>-5</sup>	1.038×10 <sup>-4</sup>	1.81	3.28	2.230×10 <sup>-3</sup>	109900	0.002	B
1A01 1C01	399	250	4.086×10 <sup>-4</sup>	1.197×10 <sup>-4</sup>	9.600×10 <sup>-5</sup>	1.45	1.45	8.636×10 <sup>-4</sup>	769500	0	B
Sd	430	200	8.950×10 <sup>-4</sup>	0.000	9.788×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	9.929×10 <sup>-4</sup>	338167	0.000591	A
2A01 2A02	430	200	9.684×10 <sup>-5</sup>	1.043×10 <sup>-4</sup>	9.613×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	2.973×10 <sup>-4</sup>	1000000	0	B
C T	100	40	-	-	175	-	1.00	88	1000000	0	D
K <sub>T</sub> = 1.00 D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.032											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>θ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 3B01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>、S<sub>n</sub><sup>\*</sup>に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価



第 4.72 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1)

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 ティー(地震動:Sd5)

$$\epsilon_t = K_\epsilon' \epsilon_n + K_{\epsilon_c} + K_T \epsilon_F \quad K_\epsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>θ</sub> (MPa)			
C 3B01-Sd	430	1	1.318×10 <sup>-3</sup>	5.217×10 <sup>-7</sup>	1.048×10 <sup>-4</sup>	1.60	1.82	2.506×10 <sup>-3</sup>	1217	0.000822	C
C 2A02	399	279	6.236×10 <sup>-4</sup>	1.335×10 <sup>-4</sup>	9.463×10 <sup>-5</sup>	1.76	3.09	2.254×10 <sup>-3</sup>	10310	0.027	C
C 3B01	430	20	6.431×10 <sup>-4</sup>	1.043×10 <sup>-5</sup>	1.038×10 <sup>-4</sup>	1.81	3.28	2.230×10 <sup>-3</sup>	109900	0.002	B
1A01 1C01	399	250	4.086×10 <sup>-4</sup>	1.197×10 <sup>-4</sup>	9.600×10 <sup>-5</sup>	1.45	1.45	8.636×10 <sup>-4</sup>	769500	0	B
Sd	430	200	9.005×10 <sup>-4</sup>	0.000	9.788×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	9.984×10 <sup>-4</sup>	331148	0.000604	A
2A01 2A02	430	200	9.684×10 <sup>-5</sup>	1.043×10 <sup>-4</sup>	9.613×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	2.973×10 <sup>-4</sup>	1000000	0	B
C T	100	40	-	-	175	-	1.00	88	1000000	0	D
K <sub>T</sub> = 1.00 D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.032											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>θ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 3B01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>、S<sub>n</sub>\*に Sd5 分を付加して評価

第 4.73 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 ティー(地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 ( °C )	時間 $t$ ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma ( t / T_d )$	備考
C 3A01	172	430	$2.10 \times 10$	$7.00 \times 10^4$	0.001	C
C 3B01-S1	172	399	$1.05 \times 10^5$	$7.05 \times 10^5$	0.299	C
C 3B01-Sd	253	399	$2.40 \times 10$	$2.22 \times 10^4$	0.002	C
$D_{CN} = \Sigma ( D_{CN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.303$						

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min} [ 1.25S_y |_k, \text{Max} [ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_b + Q \rangle ] ]$

C :  $S_k = S_g$

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
C 3B01-Sd	$2.497 \times 10^{-3}$	$2.092 \times 10^{-3}$	1	0.0504	0.0504	$3\bar{S}_m/E$ $t^*=30000h$ $D_{C1}=D_{CN}$ として評価
C 2A02	$2.254 \times 10^{-3}$	$2.092 \times 10^{-3}$	279	0.0001	0.0279	
C 3B01	$2.230 \times 10^{-3}$	$2.092 \times 10^{-3}$	20	0.0000	0.0001	
$T= 430(°C) \quad D_{CP} = \Sigma n_k D_k^{**} = 0.0784$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 3B01-S1 の  $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価、また、 $\epsilon_t$  を第 4.71 表の値用いて評価

第 4.74 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 ティー(地震動:Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 ( °C )	時間 $t$ ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma ( t / T_d )$	備考
C 3A01	172	430	$2.10 \times 10$	$7.00 \times 10^4$	0.001	C
C 3B01-S1	172	399	$1.05 \times 10^5$	$7.05 \times 10^5$	0.299	C
C 3B01-Sd	254	399	$2.40 \times 10$	$2.11 \times 10^4$	0.002	C
$D_{CN} = \Sigma ( D_{CN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.303$						

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min} [ 1.25S_y |_k, \text{Max} [ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_b + Q \rangle ] ]$

C :  $S_k = S_g$

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
C 3B01-Sd	$2.506 \times 10^{-3}$	$2.092 \times 10^{-3}$	1	0.0504	0.0504	$3\bar{S}_m/E$ $t^*=30000h$ $D_{C1}=D_{CN}$ として評価
C 2A02	$2.254 \times 10^{-3}$	$2.092 \times 10^{-3}$	279	0.0001	0.0279	
C 3B01	$2.230 \times 10^{-3}$	$2.092 \times 10^{-3}$	20	0.0000	0.0001	
$T= 430(^{\circ}C) \quad D_{CP} = \Sigma n_k D_k^{**} = 0.0784$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 3B01-S1 の  $S_n$  に Sd5 分を付加して評価、また、 $\epsilon_t$  を第 4.72 表の値として評価

第 4.75 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 ティー(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_C$	$D_f + D_C$	許容値
$D_f + D_C \leq D$	0.032	0.381	0.413	0.646
$D_C = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.303$ $D_{CP} = 0.0784$				

※ 許容値 D は最大でも 1

第 4.76 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 ティー(地震動:Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_C$	$D_f + D_C$	許容値
$D_f + D_C \leq D$	0.032	0.381	0.413	0.646
$D_C = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.303$ $D_{CP} = 0.0784$				

※ 許容値 D は最大でも 1

第 4.77 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 ティー(地震動:Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$F_c/A + D_oM / (2yI) \leq S_y / f_B$	430	72	121	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

第 4.78 表 Ss5 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 ティー(地震動:Ss5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$F_c/A + D_oM / (2yI) \leq S_y / f_B$	430	82	121	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

第 4.79 表 Sd1-4\_SdD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 ティー(地震動:Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
III	$F_c/A + D_oM / (2yI) \leq S_y / f_B$	430	89	91	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

第 4.80 表 Sd5 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 ティー(地震動:Sd5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
III	$F_c/A + D_oM / (2yI) \leq S_y / f_B$	430	63	91	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

#### 4.5 1次加圧水冷却器まわり配管のエルボ

##### 4.5.1 形状、寸法及び材料

1次加圧水冷却器まわり配管のエルボの形状、寸法及び材料を第4.81表に示す。形状から求まる配管要素応力係数を第4.82表に示す。

##### 4.5.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第4.83表から第4.86表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-7 1次ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

##### 4.5.3 応力評価

1次加圧水冷却器まわり配管のエルボの応力評価結果を第4.87表から第4.104表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

###### (1) 特別な応力制限

###### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

###### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

###### ③ 3軸応力の制限

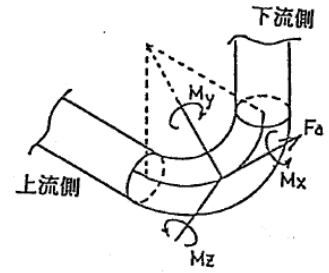
本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

第 4.81 表 形状、寸法及び材料

外 径	267.4 mm
肉 厚	21.4 mm
エルボ曲げ半径	254.0 mm
主要材料	STPA24

第 4.82 表 配管要素応力係数

応力係数	設定値
$B_1$	0.50
$B_1'$	1.47
$C_1$	1.47
$K_1$	1.00
$B_2$	2.91
$C_2$	3.86
$K_2$	1.00
$C_3$	1.00
$K_3$	1.00
$C_4$	0.50
$K_1'$	1.00



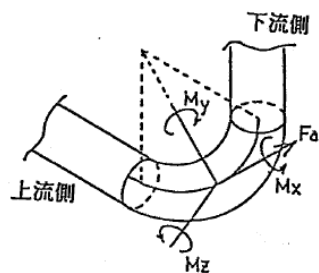
第 4.83 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ)					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1426	720	755	877	450	579
運転状態 II	1426	720	755	877	450	579
	1426	720	755	877	450	579
運転状態 III	1426	720	755	877	450	579
	1426	720	755	877	450	579
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.84 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ)					
	Ss5 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1507	950	1013	1194	575	658
運転状態 II	1507	950	1013	1194	575	658
	1507	950	1013	1194	575	658
運転状態 III	1507	950	1013	1194	575	658
	1507	950	1013	1194	575	658
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-





第 4.85 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ)					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1077	542	558	671	327	434
運転状態 II	1077	542	558	671	327	434
	1077	542	558	671	327	434
運転状態 III	1077	542	558	671	327	434
	1077	542	558	671	327	434
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.86 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ)					
	Sd5 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	999	645	683	786	371	451
運転状態 II	999	645	683	786	371	451
	999	645	683	786	371	451
運転状態 III	999	645	683	786	371	451
	999	645	683	786	371	451
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.87 表 弾性追従の判定

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 エルボ

評価項目	計算値	判定値	判定
$\varepsilon_{EF} \leq 0.005$	0.0002	0.0050	熱膨張応力を二次応力とする。

第 4.88 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 エルボ

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	6.1	13.2	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	18	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	425	-	41	121	K <sub>s</sub> =1.38 K <sub>t</sub> =1.14
	$P_s \leq S_t$	430	2.10×10	40	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	78	166	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	2.10×10	40	158	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	43	145	K <sub>s</sub> =1.38 K <sub>t</sub> =1.15
	$P_s \leq S_t$	430	1.10×10	42	224	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	79	199	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	1.10×10	42	259	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	B=1.0
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	34	241	K <sub>s</sub> =1.38 K <sub>t</sub> =1.16
	$P_s \leq 2S_R/3$	399	3.00×10	43	243	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	92	332	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	3.00×10	43	280	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{ri} ) \leq B_R$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma ( t_j / t_{rbj} ) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ～ III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 4.89 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 エルボ

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	6.10	13.20	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	18	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	425	-	41	121	K <sub>s</sub> =1.38 K <sub>t</sub> =1.14
	$P_s \leq S_t$	430	2.10×10	40	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	82	166	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	2.10×10	40	158	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	43	145	K <sub>s</sub> =1.38 K <sub>t</sub> =1.15
	$P_s \leq S_t$	430	1.10×10	42	224	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	83	199	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	1.10×10	42	259	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	B=1.0
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	34	241	K <sub>s</sub> =1.38 K <sub>t</sub> =1.16
	$P_s \leq 2S_R/3$	399	3.00×10	43	243	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	102	332	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	3.00×10	43	280	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 4.90 表 長期一次応力の判定

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 エルボ

評価項目	計算値 (MPa)	判定値 (MPa)	判定	備考
$\langle P_L + P_b \rangle \leq S_{LP}$	46	56	長期一次応力が低い。	$D_{C1}=0.300$ $S_g=171$ (MPa) $g=3.0$ $S_{rH}=106$ (MPa) $S_g/g=57.0$ (MPa) $S_{LP} = \text{Min}( S_{rH} , S_g/g )$

第 4.91 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次＋二次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 エルボ(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \overline{S_m} )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_e \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )
Sd	430	120 362	- -	- -	- -	- -
1A01 2A02	425	- -	- -	296 720	91 288	213 288
$S_{rH} = 106$ (MPa)		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認負荷サイクル S1 の  $S_n^*$ に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 4.92 表 Sd5 地震動 一次＋二次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 エルボ(地震動:Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \overline{S_m} )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_e \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )
Sd	430	125 362	- -	- -	- -	- -
1A01 2A02	425	- -	- -	296 720	91 288	213 288
$S_{rH} = 106$ (MPa)		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認負荷サイクル S1 の  $S_n^*$ に Sd5 分を付加して評価

第 4.93 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 エルボ(地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 4 ) パラメータ  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y$  の算定

算定項目	計算値	備考
$T_i < T_o$ (°C)	20 417	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_L + (P_b / K_t) \rangle_{\max}$ (MPa) $X_1 = \langle P_L + (P_b / K_t) \rangle_{\max} / S_{yc}$	$S_{yc} = 205$ (MPa) $T = 20$ (°C)
運転状態 I、II、III、(T)	$\langle P_L^* + (P_b^* / K_t) \rangle_{\max}$ (MPa) $\langle Q + Q^* \rangle_{R\max}$ (MPa) $X_2 = \langle P_L^* + (P_b^* / K_t) \rangle_{\max} / S_{yc}$ $Y = \langle Q + Q^* \rangle_{R\max} / S_{yc}$	$S_{yc} = 205$ (MPa) $T = 20$ (°C)

(1) (T)は試験状態を示す。

( 2 / 4 ) 領域の判定

評価項目	領域	許容領域
( $X_1$ , $Y$ )	$S_1$	E, $S_1$ , $S_2$ , P
( $X_1 + X_2$ , $Y$ )	$S_1$	

( 3 / 4 ) 促進クリープひずみと弾性追従ひずみの算定

算定項目	計算値	備考
$Z^* \leq S_{yH} / S_{yc}$	0.406 0.890	$S_{yH} = 183$ (MPa) $T = 430$ (°C) 430 (°C) $2.10 \times 10$ (hr) 399 (°C) $1.06 \times 10^5$ (hr)
$\sigma_c = 1.25 Z^* S_{yc}$ (MPa)	105	
$\epsilon_{EC} = \Sigma ( \epsilon_c ( \sigma_c ) )$	0.0040	
$\epsilon_{mEF}$	0.0000	
$\epsilon_{bEF}$	0.0036	

(1) 備考の温度と時間は、促進クリープひずみを算定するに際しての 代表的な負荷サイクルにおける値である。

( 4 / 4 ) 累積非弾性ひずみの制限

評価項目	計算値	許容値
$\epsilon_{EC} + \epsilon_{mEF} \leq 0.01$	0.0040	0.0100
$\epsilon_{EC} + \epsilon_{mEF} + \epsilon_{bEF} \leq 0.02$	0.0076	0.0200

第 4.94 表 Sd5 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 エルボ(地震動:Sd5)

( 1 / 4 ) パラメータ  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y$  の算定

算定項目	計算値	備考
$T_i < T_o$ (°C)	20 417	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_L + (P_b / K_t) \rangle_{\max}$ (MPa) $X_1 = \langle P_L + (P_b / K_t) \rangle_{\max} / S_{yc}$	$S_{yc} = 205$ (MPa) $T = 20$ (°C)
運転状態 I、II、III、(T)	$\langle P_L^* + (P_b^* / K_t) \rangle_{\max}$ (MPa) $\langle Q + Q^* \rangle_{R\max}$ (MPa) $X_2 = \langle P_L^* + (P_b^* / K_t) \rangle_{\max} / S_{yc}$ $Y = \langle Q + Q^* \rangle_{R\max} / S_{yc}$	$S_{yc} = 205$ (MPa) $T = 20$ (°C)

(1) (T)は試験状態を示す。

( 2 / 4 ) 領域の判定

評価項目	領域	許容領域
( $X_1$ , $Y$ )	$S_1$	E, $S_1$ , $S_2$ , P
( $X_1 + X_2$ , $Y$ )	$S_1$	

( 3 / 4 ) 促進クリープひずみと弾性追従ひずみの算定

算定項目	計算値	備考
$Z^* \leq S_{yH} / S_{yc}$	0.420 0.890	$S_{yH} = 183$ (MPa) $T = 430$ (°C) 430 (°C) $2.10 \times 10$ (hr) 399 (°C) $1.06 \times 10^5$ (hr)
$\sigma_c = 1.25 Z^* S_{yc}$ (MPa)	108	
$\epsilon_{EC} = \Sigma ( \epsilon_c ( \sigma_c ) )$	0.0024	
$\epsilon_{mEF}$	0.0000	
$\epsilon_{bEF}$	0.0036	

(1) 備考の温度と時間は、促進クリープひずみを算定するに際しての 代表的な負荷サイクルにおける値である。

( 4 / 4 ) 累積非弾性ひずみの制限

評価項目	計算値	許容値
$\epsilon_{EC} + \epsilon_{mEF} \leq 0.01$	0.0024	0.0100
$\epsilon_{EC} + \epsilon_{mEF} + \epsilon_{bEF} \leq 0.02$	0.0060	0.0200



第 4.95 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 エルボ(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	143 907	0.246	0.783	S <sub>1</sub>	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 4.96 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 エルボ(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	156 907	0.246	0.859	S <sub>1</sub>	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価

第 4.97 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 エルボ(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> (MPa)			
2B01 3B01-Sd	430	1	324	1.791×10 <sup>-3</sup>	5.249×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	1.844×10 <sup>-3</sup>	18475	0.000	C
2B01 3B01	430	20	246	1.364×10 <sup>-3</sup>	5.198×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	1.416×10 <sup>-3</sup>	70060	0.000	B
2A01 2A02	399	279	243	1.335×10 <sup>-3</sup>	4.774×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	1.383×10 <sup>-3</sup>	77630	0.004	C
1A01 1C01	399	250	100	5.458×10 <sup>-4</sup>	4.835×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	5.942×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
Sd	430	200	119	6.561×10 <sup>-4</sup>	4.930×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	7.054×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	A
C T	100	40	74	-	74	-	1.00	37	1000000	0.000	D

K<sub>T</sub> = 1.00      D<sub>F</sub> = Σ ( n<sub>i</sub> / N<sub>di</sub> ) = 0.005

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル 2B01 3B01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 4.98 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 エルボ(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> (MPa)			
2B01 3B01-Sd	430	1	329	1.819×10 <sup>-3</sup>	5.249×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	1.872×10 <sup>-3</sup>	17548	0.000	C
2B01 3B01	430	20	246	1.364×10 <sup>-3</sup>	5.198×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	1.416×10 <sup>-3</sup>	70060	0.000	B
2A01 2A02	399	279	243	1.335×10 <sup>-3</sup>	4.774×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	1.383×10 <sup>-3</sup>	77630	0.004	C
1A01 1C01	399	250	100	5.458×10 <sup>-4</sup>	4.835×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	5.942×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
Sd	430	200	124	6.833×10 <sup>-4</sup>	4.930×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	7.326×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	A
C T	100	40	74	-	74	-	1.00	37	1000000	0.000	D

K<sub>T</sub> = 1.00      D<sub>F</sub> = Σ ( n<sub>i</sub> / N<sub>d i</sub> ) = 0.005

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル 2B01 3B01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd5 分を付加して評価

第 4.99 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 エルボ(地震動:Sd1-4\_SdD)  
 ( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
2B01 3B01-Sd	324	352	0	0.0000	0.0000	$S_g=170$ (MPa) $T=430$ (°C)
$D_{C2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_0^* = 0.000$ ) $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300$ ( $D_{C1} = 0.300$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
2B01 3B01-Sd	$1.844 \times 10^{-3}$	$1.954 \times 10^{-3}$	1	0.00	0.00	$3\bar{S}_m/E$
$T=430$ (°C) $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル 2B01 3B01-S1 及び S1 の  $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 4.100 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 エルボ(地震動:Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
2B01 3B01-Sd	329	352	0	0.0000	0.0000	$S_g=170$ (MPa) $T=430$ (°C)
$D_{C2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_0^* = 0.000$ ) $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300$ ( $D_{C1} = 0.300$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
2B01 3B01-Sd	$1.872 \times 10^{-3}$	$1.954 \times 10^{-3}$	1	0.00	0.00	$3\bar{S}_m/E$
$T=430$ (°C) $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル 2B01 3B01-S1 及び S1 の  $S_n$  に Sd5 分を付加して評価

第 4.101 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 エルボ(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.005	0.300	0.305	0.600
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.0$				

第 4.102 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 エルボ(地震動:Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.005	0.300	0.305	0.600
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.0$				

第 4.103 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 エルボ(地震動:Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$B_2D_o(M_i+M_i^*)/(2I) \leq 1.5K_sS_m$	430	71	249	$K_s=1.38$

第 4.104 表 Ss5 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 1 次加圧水冷却器まわり配管 エルボ(地震動:Ss5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$B_2D_o(M_i+M_i^*)/(2I) \leq 1.5K_sS_m$	430	82	249	$K_s=1.38$

## 4.6 中間熱交換器まわり配管の管台接続部

### 4.6.1 形状、寸法及び材料

中間熱交換器まわり配管の管台接続部の形状、寸法及び材料を第 4.105 表に示す。形状から求まる配管要素応力係数を第 4.106 表に示す。

### 4.6.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第 4.107 表から第 4.110 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-7 1次ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

### 4.6.3 応力評価

中間熱交換器まわり配管管台接続部の応力評価結果を

第 4.111 表から第 4.130 表に示す。各応力評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。



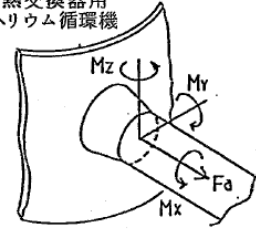
第 4.105 表 形状、寸法及び材料

外 径	267.4 mm
肉 厚	15.1 mm
主要材料	STPA24

第 4.106 表 配管要素応力係数

応力係数	設定値
B <sub>1</sub>	0.50
B <sub>1</sub> '	1.00
C <sub>1</sub>	1.00
K <sub>1</sub>	1.10
B <sub>2</sub>	1.00
C <sub>2</sub>	1.00
K <sub>2</sub>	1.10
C <sub>3</sub>	1.00
K <sub>3</sub>	1.10
C <sub>4</sub>	0.50
K <sub>1</sub> '	1.10

中間熱交換器用  
1次ヘリウム循環機



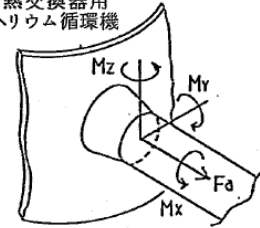
第 4.107 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 管台接続部 )					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	802	736	514	641	461	728
運転状態 II	802	736	514	641	461	728
	802	736	514	641	461	728
運転状態 III	802	736	514	641	461	728
	802	736	514	641	461	728
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.108 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 管台接続部 )					
	Ss5 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1198	929	707	804	661	919
運転状態 II	1198	929	707	804	661	919
	1198	929	707	804	661	919
運転状態 III	1198	929	707	804	661	919
	1198	929	707	804	661	919
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

中間熱交換器用  
1次ヘリウム循環機



第 4.109 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 管台接続部 )					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	686	650	405	553	365	644
運転状態 II	686	650	405	553	365	644
	686	650	405	553	365	644
運転状態 III	686	650	405	553	365	644
	686	650	405	553	365	644
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.110 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 管台接続部 )					
	Sd5 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	864	798	496	674	486	791
運転状態 II	864	798	496	674	486	791
	864	798	496	674	486	791
運転状態 III	864	798	496	674	486	791
	864	798	496	674	486	791
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.111 表 弾性追従の判定

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 管台接続部

評価項目	計算値	判定値	判定
$\varepsilon_{EF} \leq 0.005$	0.0001	0.0050	熱膨張応力を二次 応力とする。

第 4.112 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 管台接続部

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考				
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	5.70	13.20					
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	25	152					
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	425	-	39	121	K <sub>s</sub> =1.35 K <sub>t</sub> =1.13				
	$P_s \leq S_t$	430	2.10×10	38	140					
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	51	162					
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	2.10×10	38	163					
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	42	145	K <sub>s</sub> =1.35 K <sub>t</sub> =1.14				
	$P_s \leq S_t$	430	2.10×10	41	224					
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	54	195					
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	2.10×10	41	255					
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	430	2.10×10	0.04	1.00	B=1.0				
		399	1.05×10 <sup>5</sup>							
運転状態 IV	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	430	2.10×10	0.04	1.00					
		399	1.05×10 <sup>5</sup>							
		$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430				-	42	241	K <sub>s</sub> =1.35 K <sub>t</sub> =1.15
		$P_s \leq 2S_R/3$	399				3.00×10	41	243	
$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	57	325						
$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	3.00×10	41	277						
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	430	2.10×10	0.02	1.00	B <sub>R</sub> =1.0				
		399	1.05×10 <sup>5</sup>							
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	430	2.10×10	0.02	1.00					
		399	1.05×10 <sup>5</sup>							

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ~ III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 4.113 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 管台接続部

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	5.70	13.20	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	25	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	425	-	39	121	K <sub>s</sub> =1.35 K <sub>t</sub> =1.13
	$P_s \leq S_t$	430	2.10×10	38	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	55	162	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	2.10×10	38	163	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	42	145	K <sub>s</sub> =1.35 K <sub>t</sub> =1.14
	$P_s \leq S_t$	430	2.10×10	41	224	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	58	195	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	2.10×10	41	255	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	B=1.0
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	43	241	K <sub>s</sub> =1.35 K <sub>t</sub> =1.15
	$P_s \leq 2S_R/3$	399	3.00×10	41	243	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	61	325	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	3.00×10	41	277	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位はmmとする。

※ 運転状態 I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 4.114 表 長期一次応力の判定

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 管台接続部

評価項目	計算値 (MPa)	判定値 (MPa)	判定	備考
$\langle P_L + P_b \rangle \leq S_{LP}$	43	56	長期一次応力が低い。	$D_{C1}=0.300$ $S_g=171$ ( MPa ) $g=3.0$ $S_{rH}=106$ ( MPa ) $S_g/g=57.0$ ( MPa ) $S_{LP} = \text{Min}( S_{rH} , S_g/g )$

第 4.115 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次+二次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \overline{S_m} )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	備考
Sd	430	34 362	- -	- -	- -	
C 2A02-Sd	430	- -	138 311	- -	- -	
$S_{mH} = 106$ (MPa)		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル S1 及び C 2A02-S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 4.116 表 Sd5 地震動 一次+二次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \overline{S_m} )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	備考
Sd	430	38 362	- -	- -	- -	
C 2A02-Sd	430	- -	142 311	- -	- -	
$S_{mH} = 106$ (MPa)		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル S1 及び C 2A02-S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd5 分を付加して評価



第 4.117 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 417 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 64 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
C 2A02-Sd	430 20	84	148 194	(S <sub>yh</sub> +S <sub>yc</sub> )/2	430 20

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル C 2A02-S1 の P' に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価。K<sub>t</sub>=1.0 で計算。

第 4.118 表 Sd5 地震動 Sa の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd5)

$$T_o = 417 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 68 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
C 2A02-Sd	430 20	84	152 194	(S <sub>yh</sub> +S <sub>yc</sub> )/2	430 20

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル C 2A02-S1 の P' に Sd5 分を付加して評価。K<sub>t</sub>=1.0 で計算。

第 4.119 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限  
1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 管台接続部(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	38 907	0.247	0.208	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD を付加して評価

第 4.120 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限  
1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 管台接続部(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	42 907	0.247	0.229	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 を付加して評価

第 4.121 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\epsilon_t = K_\epsilon \epsilon_n + K_T \epsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> (MPa)			
C 2A02-Sd	430	1	138	7.588×10 <sup>-4</sup>	5.883×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.20	9.747×10 <sup>-4</sup>	360541	0.000	C
C 2A02	430	287	113	6.266×10 <sup>-4</sup>	5.322×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.16	7.803×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
C 3B01	410	12	103	5.642×10 <sup>-4</sup>	5.859×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.03	6.427×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
1A01 1C01	399	250	60	3.297×10 <sup>-4</sup>	5.384×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	4.219×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
Sd	430	200	34	1.846×10 <sup>-4</sup>	5.499×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	2.636×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	A
1A01 2A01	430	200	12	6.437×10 <sup>-5</sup>	2.145×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	9.440×10 <sup>-5</sup>	1000000	0.000	B
C T	100	40	64	-	71	-	1.00	36	1000000	0.000	D
$K_T = 1.10 \quad D_F = \sum (n_i / N_{di}) = 0.001$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル S1 及び C 2A02-S1 の S<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD を付加して評価

第 4.122 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (℃)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> (MPa)			
C 2A02-Sd	430	1	142	7.805×10 <sup>-4</sup>	5.883×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.20	1.001×10 <sup>-3</sup>	325866	0.000	C
C 2A02	430	287	113	6.266×10 <sup>-4</sup>	5.322×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.16	7.803×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
C 3B01	410	12	103	5.642×10 <sup>-4</sup>	5.859×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.03	6.427×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
1A01 1C01	399	250	60	3.297×10 <sup>-4</sup>	5.384×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	4.219×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
Sd	430	200	38	2.063×10 <sup>-4</sup>	5.499×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	2.875×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	A
1A01 2A01	430	200	12	6.437×10 <sup>-5</sup>	2.145×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	9.440×10 <sup>-5</sup>	1000000	0.000	B
C T	100	40	64	-	71	-	1.00	36	1000000	0.000	D

K<sub>T</sub> = 1.10      D<sub>F</sub> = Σ ( n<sub>i</sub> / N<sub>di</sub> ) = 0.001

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル S1 及び C 2A02-S1 の S<sub>n</sub>に Sd5 を付加して評価

第 4.123 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)  
( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 2A02-Sd	138	375	0	0.0000	0.0000	$S_g=170$ (MPa) $T=430$ (°C)
$D_{C2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_0^* = 0.000$ ) $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300$ ( $D_{C1} = 0.300$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
C 2A02-Sd	$9.747 \times 10^{-4}$	$2.082 \times 10^{-3}$	1	0.00	0.00	$3\bar{S}_m/E$
$T=430$ (°C) $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル C 2A02-S1 の  $S_n$  に Sd1-4\_SdD を付加して評価

第 4.124 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 2A02-Sd	142	375	0	0.0000	0.0000	$S_g=170$ (MPa) $T=430$ (°C)
$D_{C2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000 \quad (D_0^* = 0.000 )$ $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300 \quad (D_{C1} = 0.300 )$						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
C 2A02-Sd	$1.001 \times 10^{-3}$	$2.082 \times 10^{-3}$	1	0.00	0.00	$3\bar{S}_m/E$
$T=430$ (°C) $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認の評価負荷サイクル C 2A02-S1 の  $S_n$  に Sd5 を付加して評価

第 4.125 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.300	0.301	0.600
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.000$				

第 4.126 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.300	0.301	0.600
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.000$				

第 4.127 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 管台接続部(地震動:Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$F_c/A + D_oM / (2yI) \leq S_y / f_B$	430	65	121	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

第 4.128 表 Ss5 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 管台接続部(地震動:Ss5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$F_c/A + D_oM / (2yI) \leq S_y / f_B$	430	68	121	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

第 4.129 表 Sd1-4\_SdD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
III	$F_c/A + D_oM / (2yI) \leq S_y / f_B$	430	62	91	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

第 4.130 表 Sd5 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 管台接続部(地震動:Sd5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
III	$F_c/A + D_oM / (2yI) \leq S_y / f_B$	430	65	91	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00



#### 4.7 中間熱交換器まわり配管のエルボ

##### 4.7.1 形状、寸法及び材料

中間熱交換器まわり配管のエルボの形状、寸法及び材料を第 4.131 表に示す。形状から求まる配管要素応力係数を第 4.132 表に示す。

##### 4.7.2 機械的荷重条件

応力評価に用いる機械的荷重を第 4.133 表から第 4.136 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-7 1次ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

##### 4.7.3 応力評価

中間熱交換器まわり配管のエルボの応力評価結果を第 4.137 表から第 4.154 表に示す。各応力評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

##### (1) 特別な応力制限

###### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

###### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

###### ③ 3軸応力の制限

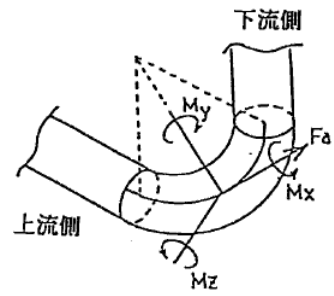
本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

第 4.131 表 形状、寸法及び材料

外 径	267.4 mm
肉 厚	15.1 mm
エルボ曲げ半径	381.0 mm
主要材料	STPA24

第 4.132 表 配管要素応力係数

応力係数	設定値
B <sub>1</sub>	0.50
B <sub>1</sub> '	1.25
C <sub>1</sub>	1.25
K <sub>1</sub>	1.00
B <sub>2</sub>	2.90
C <sub>2</sub>	3.84
K <sub>2</sub>	1.00
C <sub>3</sub>	1.00
K <sub>3</sub>	1.00
C <sub>4</sub>	0.50
K <sub>1</sub> '	1.00

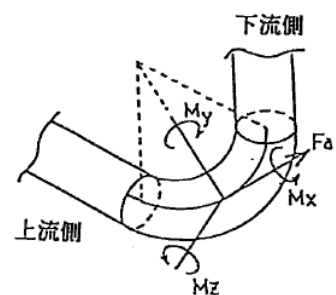


第 4.133 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ)					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	275	509	93	146	63	118
運転状態 II	275	509	93	146	63	118
	275	509	93	146	63	118
	275	509	93	146	63	118
運転状態 III	275	509	93	146	63	118
	275	509	93	146	63	118
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.134 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ)					
	Ss5 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	418	815	141	187	87	166
運転状態 II	418	815	141	187	87	166
	418	815	141	187	87	166
	418	815	141	187	87	166
運転状態 III	418	815	141	187	87	166
	418	815	141	187	87	166
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-



第 4.135 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ)					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	227	423	76	131	48	101
運転状態 II	227	423	76	131	48	101
	227	423	76	131	48	101
運転状態 III	227	423	76	131	48	101
	227	423	76	131	48	101
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.136 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ)					
	Sd5 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	309	581	101	163	62	129
運転状態 II	309	581	101	163	62	129
	309	581	101	163	62	129
運転状態 III	309	581	101	163	62	129
	309	581	101	163	62	129
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.137 表 弾性追従の判定

1次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 エルボ

評価項目	計算値	判定値	判定
$\varepsilon_{EF} \leq 0.005$	0.0001	0.0050	熱膨張応力を二次応力とする。

第 4.138 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

1次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 エルボ

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	5.70	13.20	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	22	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	425	-	48	121	K <sub>s</sub> =1.35 K <sub>t</sub> =1.12
	$P_s \leq S_t$	430	2.10×10	47	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	54	162	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	2.10×10	47	155	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	51	145	K <sub>s</sub> =1.35 K <sub>t</sub> =1.14
	$P_s \leq S_t$	430	2.10×10	50	224	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	57	195	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	2.10×10	50	254	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	B=1.0
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	51	241	K <sub>s</sub> =1.35 K <sub>t</sub> =1.14
	$P_s \leq 2S_R/3$	399	3.00×10	51	243	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	59	325	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	3.00×10	51	276	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位はmmとする。

※ 運転状態I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD を付加して評価

第 4.139 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 エルボ

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	5.70	13.20	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	22	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	425	-	48	121	$K_s=1.35$ $K_t=1.12$
	$P_s \leq S_t$	430	$2.10 \times 10$	47	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	56	162	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$2.10 \times 10$	47	155	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	51	145	$K_s=1.35$ $K_t=1.14$
	$P_s \leq S_t$	430	$2.10 \times 10$	50	224	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	59	195	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$2.10 \times 10$	50	254	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	430 399	$2.10 \times 10$ $1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	430 399	$2.10 \times 10$ $1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	51	241	$K_s=1.35$ $K_t=1.14$
	$P_s \leq 2S_R/3$	399	$3.00 \times 10$	51	243	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	62	325	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	$3.00 \times 10$	51	276	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	430 399	$2.10 \times 10$ $1.05 \times 10^5$	0.02	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	430 399	$2.10 \times 10$ $1.05 \times 10^5$	0.02	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ～ III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 を付加して評価

第 4.140 表 長期一次応力の判定

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 エルボ

評価項目	計算値 (MPa)	判定値 (MPa)	判定	備考
$\langle P_L + P_b \rangle \leq S_{LP}$	50	56	長期一次応力が低い。	$D_{C1}=0.300$ $S_g=171$ (MPa) $g=3.0$ $S_{rH}=106$ (MPa) $S_g/g=57.0$ (MPa) $S_{LP} = \text{Min}( S_{rH} , S_g/g )$



第 4.141 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次+二次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 エルボ(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 (℃)	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ (MPa)	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ (MPa)	$S_n \leq \beta_s (3 \bar{S}_m)$ (MPa)	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ (MPa)	備考
Sd	430	32 362	- -	- -	- -	
C 2A02-Sd	430	- -	226 311	- -	- -	
$S_{mH} = 106$ (MPa)		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A02-S1 及び S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd1-4\_SdD を付加して評価

第 4.142 表 Sd5 一次+二次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 エルボ(地震動:Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 (℃)	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ (MPa)	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ (MPa)	$S_n \leq \beta_s (3 \bar{S}_m)$ (MPa)	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ (MPa)	備考
Sd	430	35 362	- -	- -	- -	
C 2A02-Sd	430	- -	229 311	- -	- -	
$S_{mH} = 106$ (MPa)		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A02-S1 及び S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd5 を付加して評価

第 4.143 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 エルボ(地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 4 ) パラメータ  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y$  の算定

算定項目		計算値	備考
$T_i < T_o$ (°C)		20 417	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_L + (P_b / K_t) \rangle_{\max}$ (MPa)	49	$S_{yc} = 205$ (MPa) $T = 20$ (°C)
	$X_1 = \langle P_L + (P_b / K_t) \rangle_{\max} / S_{yc}$	0.234	
運転状態 I、II、III、(T)	$\langle P_L^* + (P_b^* / K_t) \rangle_{\max}$ (MPa)	19	$S_{yc} = 205$ (MPa) $T = 20$ (°C)
	$\langle Q + Q^* \rangle_{R\max}$ (MPa)	166	
	$X_2 = \langle P_L^* + (P_b^* / K_t) \rangle_{\max} / S_{yc}$	0.088	
	$Y = \langle Q + Q^* \rangle_{R\max} / S_{yc}$	0.803	

(1) (T)は試験状態を示す。

( 2 / 4 ) 領域の判定

評価項目	領域	許容領域
( $X_1$ , $Y$ )	$S_1$	E, $S_1$ , $S_2$ , P
( $X_1 + X_2$ , $Y$ )	$S_1$	

( 3 / 4 ) 促進クリープひずみと弾性追従ひずみの算定

算定項目	計算値	備考
$Z^* \leq S_{yH} / S_{yc}$	0.240 0.890	$S_{yH} = 183$ (MPa) $T = 430$ (°C) 399 (°C) $1.06 \times 10^5$ (hr) 430 (°C) $2.10 \times 10$ (hr)
$\sigma_c = 1.25 Z^* S_{yc}$ (MPa)	62	
$\epsilon_{Ec} = \Sigma ( \epsilon_c ( \sigma_c ) )$	0.0025	
$\epsilon_{mEF}$	0.0000	
$\epsilon_{bEF}$	0.0024	

(1) 備考の温度と時間は、促進クリープひずみを算定するに際しての 代表的な負荷サイクルにおける値である。

( 4 / 4 ) 累積非弾性ひずみの制限

評価項目	計算値	許容値
$\epsilon_{Ec} + \epsilon_{mEF} \leq 0.01$	0.0025	0.0100
$\epsilon_{Ec} + \epsilon_{mEF} + \epsilon_{bEF} \leq 0.02$	0.0049	0.0200

第 4.144 表 Sd5 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 エルボ(地震動:Sd5)

( 1 / 4 ) パラメータ  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y$  の算定

算定項目	計算値	備考
$T_i < T_o$ (°C)	20 417	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_L + (P_b / K_t) \rangle_{\max}$ (MPa) 49 $X_1 = \langle P_L + (P_b / K_t) \rangle_{\max} / S_{yc}$ 0.234	$S_{yc} = 205$ (MPa) $T = 20$ (°C)
運転状態 I、II、III、(T)	$\langle P_L^* + (P_b^* / K_t) \rangle_{\max}$ (MPa) 21 $\langle Q + Q^* \rangle_{g\max}$ (MPa) 166 $X_2 = \langle P_L^* + (P_b^* / K_t) \rangle_{\max} / S_{yc}$ 0.101 $Y = \langle Q + Q^* \rangle_{g\max} / S_{yc}$ 0.803	$S_{yc} = 205$ (MPa) $T = 20$ (°C)

(1) (T)は試験状態を示す。

( 2 / 4 ) 領域の判定

評価項目	領域	許容領域
( $X_1$ , $Y$ )	$S_1$	E, $S_1$ , $S_2$ , P
( $X_1 + X_2$ , $Y$ )	$S_1$	

( 3 / 4 ) 促進クリープひずみと弾性追従ひずみの算定

算定項目	計算値	備考
$Z^* \leq S_{yH} / S_{yc}$	0.241 0.890	$S_{yH} = 183$ (MPa) $T = 430$ (°C) 399 (°C) $1.06 \times 10^5$ (hr) 430 (°C) $2.10 \times 10$ (hr)
$\sigma_c = 1.25 Z^* S_{yc}$ (MPa)	62	
$\epsilon_{Ec} = \Sigma ( \epsilon_c ( \sigma_c ) )$	0.0020	
$\epsilon_{mEF}$	0.0000	
$\epsilon_{bEF}$	0.0024	

(1) 備考の温度と時間は、促進クリープひずみを算定するに際しての 代表的な負荷サイクルにおける値である。

( 4 / 4 ) 累積非弾性ひずみの制限

評価項目	計算値	許容値
$\epsilon_{Ec} + \epsilon_{mEF} \leq 0.01$	0.0020	0.0100
$\epsilon_{Ec} + \epsilon_{mEF} + \epsilon_{bEF} \leq 0.02$	0.0044	0.0200

第 4.145 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限  
1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 エルボ(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	42 907	0.289	0.230	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD を付加して評価

第 4.146 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限  
1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 エルボ  
(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	45 907	0.289	0.246	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss5 を付加して評価

第 4.147 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 エルボ(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> ( MPa )	-	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> ( MPa )			
C 2A02-Sd	430	1	226	1.250×10 <sup>-3</sup>	5.882×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	1.310×10 <sup>-3</sup>	91448	0.000	C
C 2A02	430	287	205	1.136×10 <sup>-3</sup>	5.322×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	1.189×10 <sup>-3</sup>	136400	0.002	C
C 3B01	410	12	191	1.051×10 <sup>-3</sup>	5.858×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	1.110×10 <sup>-3</sup>	192800	0.000	B
1A01 1C01	399	250	109	5.954×10 <sup>-4</sup>	5.383×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	6.613×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
Sd	430	200	32	1.733×10 <sup>-4</sup>	5.499×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	2.283×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	A
1A01 2A01	430	200	12	6.437×10 <sup>-5</sup>	2.145×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	8.582×10 <sup>-5</sup>	1000000	0.000	B
C T	100	40	94	-	94	-	1.00	47	1000000	0.000	D
$K_T = 1.00 \quad D_f = \sum ( n_i / N_{d i} ) = 0.003$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A02-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD を付加して評価

第 4.148 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 エルボ(地震動:Sd5)

$$\epsilon_t = K_\epsilon \epsilon_n + K_T \epsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> ( MPa )		-	K <sub>e</sub>			
C 2A02-Sd	430	1	229	1.267 × 10 <sup>-3</sup>	5.882 × 10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	1.327 × 10 <sup>-3</sup>	87935	0.000	C
C 2A02	430	287	205	1.136 × 10 <sup>-3</sup>	5.322 × 10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	1.189 × 10 <sup>-3</sup>	136400	0.002	C
C 3B01	410	12	191	1.051 × 10 <sup>-3</sup>	5.858 × 10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	1.110 × 10 <sup>-3</sup>	192800	0.000	B
1A01 1C01	399	250	109	5.954 × 10 <sup>-4</sup>	5.383 × 10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	6.613 × 10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
Sd	430	200	35	1.896 × 10 <sup>-4</sup>	5.499 × 10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	2.446 × 10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	A
1A01 2A01	430	200	12	6.437 × 10 <sup>-5</sup>	2.145 × 10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	8.582 × 10 <sup>-5</sup>	1000000	0.000	B
C T	100	40	94	-	94	-	1.00	47	1000000	0.000	D

K<sub>T</sub> = 1.00      D<sub>f</sub> = Σ ( n<sub>i</sub> / N<sub>di</sub> ) = 0.003

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A02-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd5 を付加して評価

第 4.149 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)  
 1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 エルボ(地震動:Sd1-4\_SdD)  
 ( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 2A02-Sd	226	375	0	0.0000	0.0000	$S_g=170$ (MPa) $T=430$ (°C)
$D_{C2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.001 \quad (D_0^* = 0.001 )$ $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.301 \quad (D_{C1} = 0.300 )$						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
C 2A02-Sd	$1.310 \times 10^{-3}$	$2.082 \times 10^{-3}$	1	0.00	0.00	$3\bar{S}_m/E$
$T=430$ (°C) $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

第 4.150 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 エルボ(地震動:Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^*D^*$	備考
C 2A02-Sd	229	375	0	0.0000	0.0000	$S_g=170$ (MPa) $T=430$ (°C)
$D_{C2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.001 \quad (D_0^* = 0.001 )$ $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.301 \quad (D_{C1} = 0.300 )$						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
C 2A02-Sd	$1.327 \times 10^{-3}$	$2.082 \times 10^{-3}$	1	0.00	0.00	$3\bar{S}_m/E$
$T=430$ (°C) $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。



第 4.151 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 エルボ(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.003	0.301	0.304	0.602
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.301$ $D_{CP} = 0.0$				

第 4.152 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 エルボ(地震動:Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.003	0.301	0.304	0.602
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.301$ $D_{CP} = 0.0$				

第 4.153 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 エルボ(地震動:Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$B_2D_o(M_i+M_i^*)/(2I) \leq 1.5K_sS_m$	430	20	244	$K_s=1.35$

第 4.154 表 Ss5 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器まわり配管 エルボ(地震動:Ss5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$B_2D_o(M_i+M_i^*)/(2I) \leq 1.5K_sS_m$	430	23	244	$K_s=1.35$

#### 4.8 中間熱交換器バイパス配管の管台接続部

##### 4.8.1 形状、寸法及び材料

中間熱交換器バイパス配管の管台接続部の形状、寸法及び材料を第 4.155 表に示す。形状から求まる配管要素応力係数を第 4.156 表に示す。

##### 4.8.2 機械的荷重条件

応力評価に用いる機械的荷重を第 4.157 表から第 4.160 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-7 1次ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

##### 4.8.3 応力評価

中間熱交換器バイパス配管の管台接続部の応力評価結果を第 4.161 表から第 4.180 表に示す。各応力評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

##### (1) 特別な応力制限

###### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

###### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

###### ③ 3軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

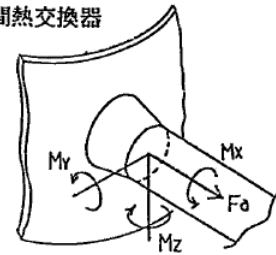
第 4.155 表 形状、寸法及び材料

外 径	76.3 mm
肉 厚	7.0 mm
主要材料	STPA24

第 4.156 表 配管要素応力係数

応力係数	設定値
B <sub>1</sub>	0.50
B <sub>1</sub> '	1.00
C <sub>1</sub>	1.00
K <sub>1</sub>	1.10
B <sub>2</sub>	1.00
C <sub>2</sub>	1.00
K <sub>2</sub>	1.10
C <sub>3</sub>	1.00
K <sub>3</sub>	1.10
C <sub>4</sub>	0.50
K <sub>1</sub> '	1.10

中間熱交換器



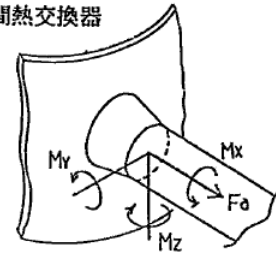
第 4.157 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 管台接続部 )					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	52	39	33	8	32	27
運転状態 II	52	39	33	8	32	27
	52	39	33	8	32	27
運転状態 III	52	39	33	8	32	27
	52	39	33	8	32	27
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.158 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 管台接続部 )					
	Ss5 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	64	44	40	9	39	32
運転状態 II	64	44	40	9	39	32
	64	44	40	9	39	32
運転状態 III	64	44	40	9	39	32
	64	44	40	9	39	32
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

中間熱交換器



第 4.159 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 管台接続部 )					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	43	30	27	7	27	22
運転状態 II	43	30	27	7	27	22
	43	30	27	7	27	22
運転状態 III	43	30	27	7	27	22
	43	30	27	7	27	22
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.160 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 管台接続部 )					
	Sd5 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	49	33	29	6	28	25
運転状態 II	49	33	29	6	28	25
	49	33	29	6	28	25
運転状態 III	49	33	29	6	28	25
	49	33	29	6	28	25
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.161 表 弾性追従の判定

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 管台接続部

評価項目	計算値	判定値	判定
$\epsilon_{EF} \leq 0.005$	0.0037	0.0050	熱膨張応力を二次 応力とする。

第 4.162 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 管台接続部

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	1.70	6.10	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	29	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	425	-	25	121	K <sub>s</sub> =1.39 K <sub>t</sub> =1.16
	$P_s \leq S_t$	430	2.10×10	24	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	63	168	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	2.10×10	28	162	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	26	145	K <sub>s</sub> =1.39 K <sub>t</sub> =1.18
	$P_s \leq S_t$	430	2.10×10	25	224	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	64	202	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	2.10×10	29	263	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	B=1.0
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	26	241	K <sub>s</sub> =1.39 K <sub>t</sub> =1.18
	$P_s \leq 2S_R/3$	399	3.00×10	25	243	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	70	337	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	3.00×10	29	285	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位はmmとする。

※ 運転状態 I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価



第 4.163 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

1次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 管台接続部

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	1.70	6.10	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	29	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	425	-	25	121	K <sub>s</sub> =1.39 K <sub>t</sub> =1.16
	$P_s \leq S_t$	430	2.10×10	24	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	64	168	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	2.10×10	28	162	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	26	145	K <sub>s</sub> =1.39 K <sub>t</sub> =1.18
	$P_s \leq S_t$	430	2.10×10	25	224	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	65	202	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	2.10×10	29	263	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	B=1.0
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	26	241	K <sub>s</sub> =1.39 K <sub>t</sub> =1.18
	$P_s \leq 2S_R/3$	399	3.00×10	25	243	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	73	337	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	3.00×10	29	285	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位はmmとする。

※ 運転状態I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5分を付加して評価

第 4.164 表 長期一次応力の判定

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 管台接続部

評価項目	計算値 (MPa)	判定値 (MPa)	判定	備考
$\langle P_L + P_b \rangle \leq S_{LP}$	39	56	長期一次応力が低い。	$D_{C1}=0.300$ $S_g=171$ (MPa) $g=3.0$ $S_{rH}=106$ (MPa) $S_g/g=57.0$ (MPa) $S_{LP} = \text{Min}( S_{rH} , S_g/g )$

第 4.165 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次+二次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 管台接続部(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考	
Sd	430	56 362	- -	- -	- -		
C 2A02-Sd	430	- -	139 311	- -	- -		
S <sub>rH</sub> = 106(MPa)		β <sub>s</sub> = 2.5					

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A02-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>、S<sub>n</sub>\*に Sd1-4\_SdD を付加して評価

第 4.166 表 Sd5 地震動 一次+二次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 管台接続部(地震動 : Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考	
Sd	430	57 362	- -	- -	- -		
C 2A02-Sd	430	- -	140 311	- -	- -		
S <sub>rH</sub> = 106(MPa)		β <sub>s</sub> = 2.5					

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A02-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>、S<sub>n</sub>\*に Sd5 を付加して評価

第 4.167 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 管台接続部(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 417 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 68 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				$S_a$ の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
C 2A02-Sd	430 20	88	156 194	$(S_{yH}+S_{yC})/2$	430 20

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A02-S1 の  $P'$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ Sd1-4\_SdD 分の  $P'$  計算時  $K_t=1.0$  としている。

第 4.168 表 Sd5 地震動 Sa の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 管台接続部(地震動 : Sd5)

$$T_o = 417 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 69 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属 温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				$S_a$ の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
C 2A02-Sd	430 20	88	157 194	$(S_{yH}+S_{yC})/2$	430 20

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A02-S1 の  $P'$  に Sd5 分を付加して評価

※ Sd5 分の  $P'$  計算時  $K_t=1.0$  としている。

第 4.169 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限  
1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 管台接続部(地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	67 907	0.218	0.367	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 4.170 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限  
1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 管台接続部(地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	70 907	0.218	0.384	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価

第 4.171 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 管台接続部(地震動：Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>θ</sub> (MPa)			
C 2A02-Sd	430	1	139	7.661×10 <sup>-4</sup>	2.941×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.07	8.548×10 <sup>-4</sup>	882999	0.000	C
C 2A02	430	287	103	5.685×10 <sup>-4</sup>	2.661×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.02	6.109×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
C 3B01	410	12	92	5.072×10 <sup>-4</sup>	2.929×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	5.901×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
1A01 1C01	399	250	56	3.064×10 <sup>-4</sup>	2.692×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	3.667×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
Sd	430	200	56	3.034×10 <sup>-4</sup>	2.750×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	3.641×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	A
1A01 2A01	430	200	10	5.370×10 <sup>-5</sup>	2.698×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	8.875×10 <sup>-5</sup>	1000000	0.000	B
C T	100	40	46	-	50	-	1.00	26	1000000	0.000	D
$K_T = 1.10 \quad D_f = \sum (n_i / N_{di}) = 0.001$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>θ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A02-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 4.172 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 管台接続部(地震動：Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> (MPa)			
C 2A02-Sd	430	1	140	7.715×10 <sup>-4</sup>	2.941×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.07	8.607×10 <sup>-4</sup>	851767	0.000	C
C 2A02	430	287	103	5.685×10 <sup>-4</sup>	2.661×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.02	6.109×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
C 3B01	410	12	92	5.072×10 <sup>-4</sup>	2.929×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	5.901×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
1A01 1C01	399	250	56	3.064×10 <sup>-4</sup>	2.692×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	3.667×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
Sd	430	200	57	3.088×10 <sup>-4</sup>	2.750×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	3.700×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	A
1A01 2A01	430	200	10	5.370×10 <sup>-5</sup>	2.698×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	8.875×10 <sup>-5</sup>	1000000	0.000	B
C T	100	40	46	-	50	-	1.00	26	1000000	0.000	D
$K_T = 1.10 \quad D_F = \Sigma (n_i / N_{di}) = 0.001$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A02-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd5 分を付加して評価

第 4.173 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)  
 1 次へリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 管台接続部(地震動 : Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\overline{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 2A02-Sd	139	375	0	0.0000	0.0000	$S_g=170$ (MPa) $T=430$ (°C)
$D_{C2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000 \quad (D_0^* = 0.000 )$ $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300 \quad (D_{C1} = 0.300 )$						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\overline{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
C 2A02-Sd	$8.548 \times 10^{-4}$	$2.082 \times 10^{-3}$	1	0.00	0.00	$3\overline{S}_m/E$
$T=430$ (°C) $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A02-S1  $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価。



第 4.174 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次へリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 管台接続部(地震動 : Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 2A02-Sd	140	375	0	0.0000	0.0000	$S_g=170$ (MPa) $T=430$ (°C)
$D_{C2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000 \quad (D_0^* = 0.000 )$ $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300 \quad (D_{C1} = 0.300 )$						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\varepsilon_t$	$\text{Max}( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
C 2A02-Sd	$8.607 \times 10^{-4}$	$2.082 \times 10^{-3}$	1	0.00	0.00	$3\bar{S}_m/E$
$T=430$ (°C) $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A02-S1  $S_n$  に Sd5 分を付加して評価。

第 4.175 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 管台接続部(地震動 : Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.300	0.301	0.600
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.0$				

第 4.176 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 管台接続部(地震動 : Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.300	0.301	0.600
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.0$				

第 4.177 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 管台接続部(地震動 : Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y / f_B$	430	88	121	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

第 4.178 表 Ss5 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 管台接続部(地震動 : Ss5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y / f_B$	430	90	121	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

第 4.179 表 Sd1-4\_SdD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 管台接続部(地震動 : Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
III	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y / f_B$	430	83	91	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

第 4.180 表 Sd5 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 管台接続部(地震動 : Sd5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
III	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y / f_B$	430	84	91	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

#### 4.9 中間熱交換器バイパス配管のエルボ

##### 4.9.1 形状、寸法及び材料

中間熱交換器バイパス配管のエルボの形状、寸法及び材料を第 4.181 表に示す。形状から求まる配管要素応力係数を第 4.182 表に示す。

##### 4.9.2 機械的荷重条件

応力評価に用いる機械的荷重を第 4.183 表から第 4.186 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-7 1次ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

##### 4.9.3 応力評価

中間熱交換器バイパス配管のエルボの応力評価結果を第 4.187 表から第 4.204 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものであるが、Sd1-4\_SdD 地震動の「 $S_a$ の制限」については、既往の設工認の地震動の応力分を差し引いたものである。

なお、特別な応力制限の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

##### (1) 特別な応力制限

###### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

###### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

###### ③ 3軸応力の制限

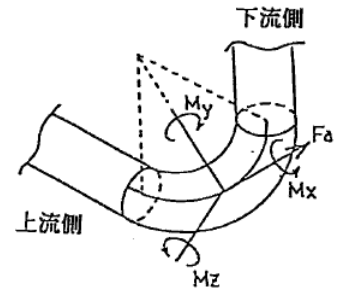
本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

第 4.181 表 形状、寸法及び材料

外 径	76.3 mm
肉 厚	7.0 mm
エルボ曲げ半径	190.0 mm
主要材料	STPA24

第 4.182 表 配管要素応力係数

応力係数	設定値
B <sub>1</sub>	0.50
B <sub>1</sub> '	1.11
C <sub>1</sub>	1.11
K <sub>1</sub>	1.00
B <sub>2</sub>	1.37
C <sub>2</sub>	1.82
K <sub>2</sub>	1.00
C <sub>3</sub>	1.00
K <sub>3</sub>	1.00
C <sub>4</sub>	0.50
K <sub>1</sub> '	1.00

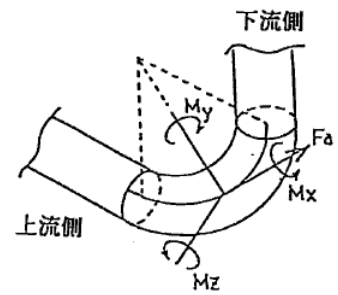


第 4.183 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ)					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	52	33	39	8	23	28
運転状態 II	52	33	39	8	23	28
	52	33	39	8	23	28
運転状態 III	52	33	39	8	23	28
	52	33	39	8	23	28
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.184 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ)					
	Ss5 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	64	40	44	9	30	35
運転状態 II	64	40	44	9	30	35
	64	40	44	9	30	35
運転状態 III	64	40	44	9	30	35
	64	40	44	9	30	35
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-



第 4.185 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ)					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	43	27	30	7	20	24
運転状態 II	43	27	30	7	20	24
	43	27	30	7	20	24
	43	27	30	7	20	24
運転状態 III	43	27	30	7	20	24
	43	27	30	7	20	24
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.186 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ)					
	Sd5 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	49	29	33	6	25	26
運転状態 II	49	29	33	6	25	26
	49	29	33	6	25	26
	49	29	33	6	25	26
運転状態 III	49	29	33	6	25	26
	49	29	33	6	25	26
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.187 表 弾性追従の判定

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 エルボ

評価項目	計算値	判定値	判定
$\varepsilon_{EF} \leq 0.005$	0.0037	0.0050	熱膨張応力を二次応力とする。



第 4.188 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

1次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 エルボ

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	1.70	6.10	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	25	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	425	-	27	121	$K_s=1.39$ $K_t=1.16$
	$P_s \leq S_t$	430	$2.10 \times 10$	26	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	61	168	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$2.10 \times 10$	26	162	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	29	145	$K_s=1.39$ $K_t=1.17$
	$P_s \leq S_t$	430	$2.10 \times 10$	28	224	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	61	202	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$2.10 \times 10$	28	262	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	430 399	$2.10 \times 10$ $1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	430 399	$2.10 \times 10$ $1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	29	241	$K_s=1.39$ $K_t=1.17$
	$P_s \leq 2S_R/3$	399	$3.00 \times 10$	28	243	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	71	337	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	$3.00 \times 10$	28	285	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	430 399	$2.10 \times 10$ $1.05 \times 10^5$	0.02	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	430 399	$2.10 \times 10$ $1.05 \times 10^5$	0.02	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位はmmとする。

※ 運転状態I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 4.189 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 エルボ

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	1.70	6.10	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	25	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	425	-	27	121	K <sub>s</sub> =1.39 K <sub>t</sub> =1.16
	$P_s \leq S_t$	430	2.10×10	26	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	64	168	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	2.10×10	26	162	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	29	145	K <sub>s</sub> =1.39 K <sub>t</sub> =1.17
	$P_s \leq S_t$	430	2.10×10	28	224	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	64	202	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	2.10×10	28	262	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	B=1.0
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	29	241	K <sub>s</sub> =1.39 K <sub>t</sub> =1.17
	$P_s \leq 2S_R/3$	399	3.00×10	28	243	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	76	337	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	3.00×10	28	285	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位はmmとする。

※ 運転状態 I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 4.190 表 長期一次応力の判定

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 エルボ

評価項目	計算値 (MPa)	判定値 (MPa)	判定	備考
$\langle P_L + P_b \rangle \leq S_{LP}$	42	56	長期一次応力が低い。	$D_{CI}=0.300$ $S_g=171$ (MPa) $g=3.0$ $S_{rH}=106$ (MPa) $S_g/g=57.0$ (MPa) $S_{LP} = \text{Min}( S_{rH} , S_g/g )$

第 4.191 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次+二次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 エルボ(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考	
Sd	430	74 362	- -	- -	- -		
C 2A02-Sd	430	- -	199 311	- -	- -		
		$S_{rH} = 106 \text{ (MPa)}$	$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 2A02-S1 及び S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 4.192 表 Sd5 地震動 一次+二次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 エルボ(地震動 : Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考	
Sd	430	78 362	- -	- -	- -		
C 2A02-Sd	430	- -	203 311	- -	- -		
		$S_{rH} = 106 \text{ (MPa)}$	$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 2A02-S1 及び S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd5 分を付加して評価

第 4.193 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 エルボ(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 417 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 60 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属 温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				$S_a$ の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
C 2A02-Sd	430 20	132	192 194	$(S_{yH} + S_{yC}) / 2$	430 20

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A02-S1 の  $P'$  に Sd1-4\_SdD-S1 差分を付加して評価

※ Sd1-4\_SdD 分の  $P'$  計算時  $K_t=1.0$  としている。

第 4.194 表 Sd5 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 エルボ(地震動: Sd5)

( 1 / 4 ) パラメータ  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y$  の算定

算定項目	計算値	備考
$T_i < T_o$ (°C)	20 417	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_L + (P_b / K_t) \rangle_{\max}$ (MPa) $X_1 = \langle P_L + (P_b / K_t) \rangle_{\max} / S_{yc}$	$S_{yc} = 205$ (MPa) $T = 20$ (°C)
運転状態 I、II、III、(T)	$\langle P_L^* + (P_b^* / K_t) \rangle_{\max}$ (MPa) $\langle Q + Q^* \rangle_{R\max}$ (MPa) $X_2 = \langle P_L^* + (P_b^* / K_t) \rangle_{\max} / S_{yc}$ $Y = \langle Q + Q^* \rangle_{R\max} / S_{yc}$	29 132 0.138 0.641 $S_{yc} = 205$ (MPa) $T = 20$ (°C)

(1) (T)は試験状態を示す。

( 2 / 4 ) 領域の判定

評価項目	領域	許容領域
( $X_1$ , $Y$ )	E	E, $S_1$ , $S_2$ , P
( $X_1 + X_2$ , $Y$ )	$S_1$	

( 3 / 4 ) 促進クリープひずみと弾性追従ひずみの算定

算定項目	計算値	備考
$Z^* \leq S_{yH} / S_{yc}$	0.291 0.890	$S_{yH} = 183$ (MPa) $T = 430$ (°C) 430 (°C) $2.10 \times 10$ (hr) 399 (°C) $1.06 \times 10^5$ (hr)
$\sigma_c = 1.25 Z^* S_{yc}$ (MPa)	75	
$\epsilon_{Ec} = \Sigma ( \epsilon_c ( \sigma_c ) )$	0.0040	
$\epsilon_{mEF}$	0.0000	
$\epsilon_{bEF}$	0.0022	

(1) 備考の温度と時間は、促進クリープひずみを算定するに際しての 代表的な負荷サイクルにおける値である。

( 4 / 4 ) 累積非弾性ひずみの制限

評価項目	計算値	許容値
$\epsilon_{Ec} + \epsilon_{mEF} \leq 0.01$	0.0040	0.0100
$\epsilon_{Ec} + \epsilon_{mEF} + \epsilon_{bEF} \leq 0.02$	0.0062	0.0200

第 4.195 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限  
1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 エルボ(地震動：Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 (℃)	$S_n^* \leq \beta_s (3 S_{mH})$ (MPa)	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	93 907	0.291	0.509	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD を付加して評価

第 4.196 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限  
1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 エルボ(地震動：Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 (℃)	$S_n^* \leq \beta_s (3 S_{mH})$ (MPa)	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	100 907	0.291	0.547	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss5 を付加して評価

第 4.197 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 エルボ(地震動：Sd1-4\_SdD)

$$\epsilon_t = K_\epsilon \epsilon_n + K_T \epsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> (MPa)			
C 2A02-Sd	430	1	199	1.097×10 <sup>-3</sup>	2.942×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	1.126×10 <sup>-3</sup>	182466	0.000	C
C 2A02	430	287	150	8.267×10 <sup>-4</sup>	2.661×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	8.533×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
C 3B01	410	12	137	7.519×10 <sup>-4</sup>	2.930×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	7.812×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
1A01 1C01	399	250	81	4.433×10 <sup>-4</sup>	2.692×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	4.702×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
Sd	430	200	73	4.000×10 <sup>-4</sup>	2.750×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	4.275×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	A
1A01 2A01	430	200	10	5.370×10 <sup>-5</sup>	2.698×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	8.068×10 <sup>-5</sup>	1000000	0.000	B
C T	100	40	59	-	59	-	1.00	30	1000000	0.000	D
$K_T = 1.00 \quad D_F = \sum (n_i / N_{di}) = 0.001$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 2A02-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>, S<sub>n</sub>\*に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価



第 4.198 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 エルボ(地震動 : Sd5)

$$\epsilon_t = K_\epsilon \epsilon_n + K_T \epsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>θ</sub> (MPa)			
C 2A02-Sd	430	1	203	1.119×10 <sup>-3</sup>	2.942×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	1.148×10 <sup>-3</sup>	170052	0.000	C
C 2A02	430	287	150	8.267×10 <sup>-4</sup>	2.661×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	8.533×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
C 3B01	410	12	137	7.519×10 <sup>-4</sup>	2.930×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	7.812×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
1A01 1C01	399	250	81	4.433×10 <sup>-4</sup>	2.692×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	4.702×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
Sd	430	200	77	4.218×10 <sup>-4</sup>	2.750×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	4.493×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	A
1A01 2A01	430	200	10	5.370×10 <sup>-5</sup>	2.698×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	8.068×10 <sup>-5</sup>	1000000	0.000	B
C T	100	40	59	-	59	-	1.00	30	1000000	0.000	D

K<sub>T</sub> = 1.00      D<sub>F</sub> = Σ ( n<sub>i</sub> / N<sub>di</sub> ) = 0.001

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>θ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 2A02-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>、S<sub>n</sub>\*に Sd5 分を付加して評価

第 4.199 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)  
 1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 エルボ(地震動：Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 2A02-Sd	199	375	0	0.0000	0.0000	$S_g=170$ (MPa) $T=430$ (°C)
$D_{C2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000 \quad (D_0^* = 0.000 )$ $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300 \quad (D_{C1} = 0.300 )$						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
C 2A02-Sd	$1.126 \times 10^{-3}$	$2.082 \times 10^{-3}$	1	0.00	0.00	$3\bar{S}_m/E$
$T=430$ (°C) $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 2A02-S1 の  $S_n$  に Sd1-4\_SdD を付加して評価

第 4.200 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)  
 1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 エルボ(地震動：Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\overline{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 2A02-Sd	203	375	0	0.0000	0.0000	$S_g=170$ (MPa) $T=430$ (°C)
$D_{C2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000 \quad (D_0^* = 0.000 )$ $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300 \quad (D_{C1} = 0.300 )$						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\overline{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
C 2A02-Sd	$1.148 \times 10^{-3}$	$2.082 \times 10^{-3}$	1	0.00	0.00	$3\overline{S}_m/E$
$T=430$ (°C) $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認の評価ひずみサイクル C 2A02-S1 の  $S_n$  に Sd5 を付加して評価

第 4.201 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 エルボ(地震動：Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.300	0.301	0.600
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.000$				

第 4.202 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 エルボ(地震動：Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.300	0.301	0.600
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.000$				

第 4.203 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 エルボ(地震動 : Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$B_2D_o(M_i+M_i^*)/(2I) \leq 1.5K_sS_m$	430	58	252	$K_s=1.39$

第 4.204 表 Ss5 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 エルボ(地震動 : Ss5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$B_2D_o(M_i+M_i^*)/(2I) \leq 1.5K_sS_m$	430	63	252	$K_s=1.39$

#### 4.10 中間熱交換器バイパス配管のレジューサ

##### 4.10.1 形状、寸法及び材料

中間熱交換器バイパス配管のレジューサの形状、寸法及び材料を第 4.205 表に示す。  
形状から求まる配管要素応力係数を第 4.206 表に示す。

##### 4.10.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第 4.207 表から第 4.210 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-7 1次ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

##### 4.10.3 応力評価

中間熱交換器バイパス配管のレジューサの応力評価結果を第 4.211 表から第 4.230 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

##### (1) 特別な応力制限

###### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

###### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

###### ③ 3軸応力の制限

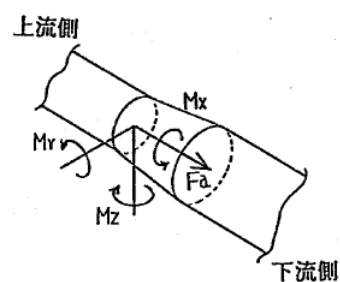
本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

第 4.205 表 形状、寸法及び材料

外 径	114.3 , 76.3 mm
肉 厚	9.5 , 8.9 mm
主要材料	STPA24

第 4.206 表 配管要素応力係数

応力係数	設定値
$B_1$	1.00
$B_1'$	1.00
$C_1$	1.52
$K_1$	1.10
$B_2$	1.00
$C_2$	2.57
$K_2$	1.10
$C_3$	1.00
$K_3$	1.10
$C_4$	0.50
$K_1'$	1.10



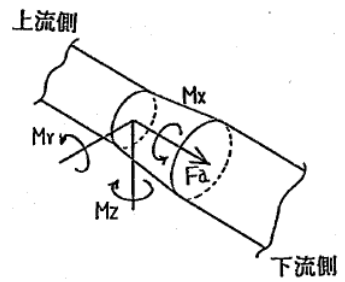
第 4.207 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力 (レギュレーサ)					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	81	28	39	11	17	15
運転状態 II	81	28	39	11	17	15
	81	28	39	11	17	15
運転状態 III	81	28	39	11	17	15
	81	28	39	11	17	15
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.208 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力 (レギュレーサ)					
	Ss5 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	114	35	34	13	18	20
運転状態 II	114	35	34	13	18	20
	114	35	34	13	18	20
運転状態 III	114	35	34	13	18	20
	114	35	34	13	18	20
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-





第 4.209 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力 (レギュレーサ)					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	58	21	24	8	11	12
運転状態 II	58	21	24	8	11	12
	58	21	24	8	11	12
	58	21	24	8	11	12
運転状態 III	58	21	24	8	11	12
	58	21	24	8	11	12
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.210 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力 (レギュレーサ)					
	Sd5 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	74	25	20	9	12	14
運転状態 II	74	25	20	9	12	14
	74	25	20	9	12	14
	74	25	20	9	12	14
運転状態 III	74	25	20	9	12	14
	74	25	20	9	12	14
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.211 表 弾性追従の判定

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 レジューサ

評価項目	計算値	判定値	判定
$\epsilon_{EF} \leq 0.005$	0.0037	0.0050	熱膨張応力を二次応力とする。

第 4.212 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

1次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 レジューサ

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	1.70	6.10	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	32	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	425	-	26	121	K <sub>s</sub> =1.39 K <sub>t</sub> =1.16
	$P_s \leq S_t$	430	2.10×10	24	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	51	168	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	2.10×10	30	162	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	27	145	K <sub>s</sub> =1.39 K <sub>t</sub> =1.18
	$P_s \leq S_t$	399	2.10×10	26	224	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	52	202	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	2.10×10	32	263	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	B=1.0
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	28	241	K <sub>s</sub> =1.39 K <sub>t</sub> =1.18
	$P_s \leq 2S_R/3$	430	3.00×10	26	243	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	58	337	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	430	3.00×10	32	285	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	R=1.0
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位はmmとする。

※ 運転状態I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 4.213 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 レジューサ

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	1.70	6.10	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	32	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	425	-	26	121	K <sub>s</sub> =1.39 K <sub>t</sub> =1.16
	$P_s \leq S_t$	430	2.10×10	24	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	51	168	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	2.10×10	30	162	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	27	145	K <sub>s</sub> =1.39 K <sub>t</sub> =1.18
	$P_s \leq S_t$	399	2.10×10	26	224	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	53	202	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	2.10×10	32	263	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	430	2.10×10	0.04	1.00	B=1.0
		399	1.05×10 <sup>5</sup>			
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	430	2.10×10	0.04	1.00	
		399	1.05×10 <sup>5</sup>			
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	28	241	K <sub>s</sub> =1.39 K <sub>t</sub> =1.18
	$P_s \leq 2S_R/3$	430	3.00×10	26	243	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	60	337	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	430	3.00×10	32	285	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	430	2.10×10	0.02	1.00	B <sub>R</sub> =1.0
		399	1.05×10 <sup>5</sup>			
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	430	2.10×10	0.02	1.00	
		399	1.05×10 <sup>5</sup>			

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位はmmとする。

※ 運転状態 I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 4.214 表 長期一次応力の判定

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 レジューサ

評価項目	計算値 (MPa)	判定値 (MPa)	判定	備考
$\langle P_L + P_b \rangle \leq S_{LP}$	51	56	長期一次応力が低い。	$D_{CI}=0.300$ $S_g=171$ (MPa) $g=3.0$ $S_{rH}=106$ (MPa) $S_g/g=57.0$ (MPa) $S_{LP} = \text{Min}( S_{rH} , S_g/g )$

第 4.215 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次＋二次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 レジューサ(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考	
Sd	430	86 362	- -	- -	- -		
C 2A02-Sd	430	- -	150 311	- -	- -		
S <sub>rH</sub> = 106 (MPa)		β <sub>s</sub> = 2.5					

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A02-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>、S<sub>n</sub>\*に Sd1-4\_SdD を付加して評価

第 4.216 表 Sd5 地震動 一次＋二次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 レジューサ(地震動 : Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考	
Sd	430	89 362	- -	- -	- -		
C 2A02-Sd	430	- -	153 311	- -	- -		
S <sub>rH</sub> = 106 (MPa)		β <sub>s</sub> = 2.5					

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A02-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>、S<sub>n</sub>\*に Sd5 を付加して評価

第 4.217 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 レジューサ(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 417 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 94 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
C 2A02-Sd	430 20	71	165 194	(S <sub>yH</sub> +S <sub>yC</sub> )/2	430 20

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A02-S1 の P' に Sd1-4\_SdD を付加して評価

※ Sd1-4\_SdD 分の P' 計算時 K<sub>t</sub>=1.0 としている。

第 4.218 表 Sd5 地震動 Sa の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 レジューサ(地震動 : Sd5)

$$T_o = 417 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 97 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
C 2A02-Sd	430 20	71	168 194	(S <sub>yH</sub> +S <sub>yC</sub> )/2	430 20

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A02-S1 の P' に Sd5 を付加して評価

※ Sd5 分の P' 計算時 K<sub>t</sub>=1.0 としている。

第 4.219 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限  
1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 レジューサ(地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	111 907	0.235	0.609	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD を付加して評価

第 4.220 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限  
1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 レジューサ(地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	115 907	0.235	0.631	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss5 を付加して評価



第 4.221 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 レジューサ(地震動：Sd1-4\_SdD)

$$\epsilon_t = K_\epsilon \epsilon_n + K_T \epsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> (MPa)			
C 2A02-Sd	430	1	149	8.241×10 <sup>-4</sup>	2.942×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.13	9.628×10 <sup>-4</sup>	376325	0.000	C
C 2A02	430	287	98	5.382×10 <sup>-4</sup>	2.661×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.11	6.256×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
C 3B01	410	12	89	4.887×10 <sup>-4</sup>	2.930×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	5.699×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
Sd	430	200	85	3.705×10 <sup>-4</sup>	2.750×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	5.734×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	A
1A01 1C01	399	250	51	3.129×10 <sup>-4</sup>	2.692×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	3.376×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
1A01 2A01	430	200	10	5.370×10 <sup>-5</sup>	2.698×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	8.875×10 <sup>-5</sup>	1000000	0.000	B
C T	100	40	59	-	65	-	1.00	33	1000000	0.000	D
$K_T = 1.10 \quad D_F = \sum (n_i / N_{di}) = 0.001$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A02-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD を付加して評価

第 4.222 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 レジューサ(地震動：Sd5)

$$\epsilon_t = K_\epsilon \epsilon_n + K_T \epsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> (MPa)			
C 2A02-Sd	430	1	152	8.404×10 <sup>-4</sup>	2.942×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.13	9.813×10 <sup>-4</sup>	351826	0.000	C
C 2A02	430	287	98	5.382×10 <sup>-4</sup>	2.661×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.11	6.256×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
C 3B01	410	12	89	4.887×10 <sup>-4</sup>	2.930×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	5.699×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
Sd	430	200	88	3.868×10 <sup>-4</sup>	2.750×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	5.914×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	A
1A01 1C01	399	250	51	3.129×10 <sup>-4</sup>	2.692×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	3.376×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
1A01 2A01	430	200	10	5.370×10 <sup>-5</sup>	2.698×10 <sup>-5</sup>	1.10	1.10	8.875×10 <sup>-5</sup>	1000000	0.000	B
C T	100	40	59	-	65	-	1.00	33	1000000	0.000	D
$K_T = 1.10 \quad D_F = \sum (n_i / N_{d_i}) = 0.001$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A02-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd5 を付加して評価

第 4.223 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)  
 1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 レジューサ(地震動 : Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^*D^*$	備考
C 2A02-Sd	149	375	0	0.0000	0.0000	$S_g=170$ (MPa) $T=430$ (°C)
$D_{C2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_0^* = 0.000$ ) $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300$ ( $D_{C1} = 0.300$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
C 2A02-Sd	$9.628 \times 10^{-4}$	$2.082 \times 10^{-3}$	1	0.00	0.00	$3\bar{S}_m/E$
$T=430$ (°C) $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A02-S1  $S_n$  に Sd1-4\_SdD を付加して評価。

第 4.224 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 レジューサ(地震動 : Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^*D^*$	備考
C 2A02-Sd	152	375	0	0.0000	0.0000	$S_g=170$ (MPa) $T=430$ (°C)
$D_{C2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000 \quad (D_0^* = 0.000 )$ $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300 \quad (D_{C1} = 0.300 )$						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
C 2A02-Sd	$9.813 \times 10^{-4}$	$2.082 \times 10^{-3}$	1	0.00	0.00	$3\bar{S}_m/E$
$T=430$ (°C) $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A02-S1  $S_n$  に Sd5 を付加して評価。

第 4.225 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 レジューサ(地震動 : Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.300	0.301	0.600
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.0$				

第 4.226 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 レジューサ(地震動 : Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.300	0.301	0.600
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.0$				

第 4.227 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 レジューサ(地震動 : Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$F_c/A+D_oM/(2y I) \leq S_y /f_B$	430	40	121	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

第 4.228 表 Ss5 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 レジューサ(地震動 : Ss5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$F_c/A+D_oM/(2y I) \leq S_y /f_B$	430	42	121	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

第 4.229 表 Sd1-4\_SdD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 レジューサ(地震動 : Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
III	$F_c/A+D_oM/(2y I) \leq S_y /f_B$	430	35	91	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

第 4.230 表 Sd5 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 中間熱交換器バイパス配管 レジューサ(地震動 : Sd5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
III	$F_c/A+D_oM/(2y I) \leq S_y /f_B$	430	36	91	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

#### 4.11 原子炉圧力容器安全弁配管のエルボ(その1)

##### 4.11.1 形状、寸法及び材料

原子炉圧力容器安全弁配管のエルボ(その1)の形状、寸法及び材料を第4.231表に示す。形状から求まる配管要素応力係数を第4.232表に示す。

##### 4.11.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第4.233表から第4.236表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-7 1次ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

##### 4.11.3 応力評価

原子炉圧力容器安全弁配管のエルボ(その1)の応力評価結果を第4.237表から第4.250表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

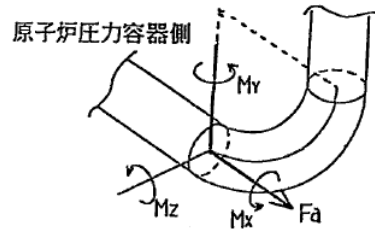
第 4.231 表 形状、寸法及び材料

外 径	48.6 mm
肉 厚	5.1 mm
エルボ曲げ半径	57.2 mm
主要材料	STPA24

第 4.232 表 配管要素応力係数

応力係数	設定値
$B_1$	0.50
$B_1'$	1.31
$C_1$	1.31
$K_1$	1.10
$B_2$	2.03
$C_2$	2.69
$K_2$	1.10
$C_3$	1.00
$K_3$	1.10
$C_4$	0.50
$K_1'$	1.10



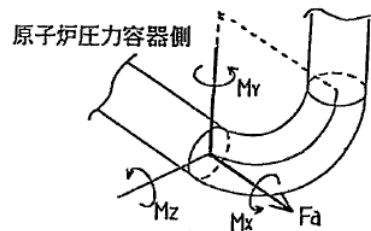


第 4. 233 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ(その 1))					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^2$ N $\cdot$ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	98	47	33	243	150	329
運転状態 II	98	47	33	243	150	329
	98	47	33	243	150	329
運転状態 III	98	47	33	243	150	329
	98	47	33	243	150	329
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4. 234 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ(その 1))					
	Ss5 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^2$ N $\cdot$ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	103	41	28	245	102	301
運転状態 II	103	41	28	245	102	301
	103	41	28	245	102	301
運転状態 III	103	41	28	245	102	301
	103	41	28	245	102	301
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-



第 4. 235 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ(その 1))					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^2$ N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	60	30	22	172	86	199
運転状態 II	60	30	22	172	86	199
	60	30	22	172	86	199
運転状態 III	60	30	22	172	86	199
	60	30	22	172	86	199
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4. 236 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ(その 1))					
	Sd5 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^2$ N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	61	23	21	171	85	164
運転状態 II	61	23	21	171	85	164
	61	23	21	171	85	164
運転状態 III	61	23	21	171	85	164
	61	23	21	171	85	164
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.237 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

1次ヘリウム主配管(単管) 原子炉圧力容器安全弁配管 エルボ(その1)

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	1.10	4.50	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	19	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	425	-	28	121	K <sub>s</sub> =1.41 K <sub>t</sub> =1.16
	$P_s \leq S_t$	430	2.10×10	27	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	72	170	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	2.10×10	52	162	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	29	145	K <sub>s</sub> =1.41 K <sub>t</sub> =1.16
	$P_s \leq S_t$	430	1.10×10	28	224	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	72	204	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	1.10×10	53	261	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	B=1.0
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	30	241	K <sub>s</sub> =1.41 K <sub>t</sub> =1.16
	$P_s \leq 2S_R/3$	399	3.00×10	29	243	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	80	340	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	3.00×10	57	282	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位はmmとする。

※ 運転状態 I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 4.238 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉圧力容器安全弁配管 エルボ(その 1)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	1.10	4.50	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	19	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	425	-	28	121	K <sub>s</sub> =1.41 K <sub>t</sub> =1.16
	$P_s \leq S_t$	430	2.10×10	27	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	71	170	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	2.10×10	52	162	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	29	145	K <sub>s</sub> =1.41 K <sub>t</sub> =1.16
	$P_s \leq S_t$	430	1.10×10	28	224	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	71	204	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	1.10×10	53	261	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	B=1.0
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.04	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	30	241	K <sub>s</sub> =1.41 K <sub>t</sub> =1.16
	$P_s \leq 2S_R/3$	399	3.00×10	29	243	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	79	340	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	3.00×10	57	282	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	430 399	2.10×10 1.05×10 <sup>5</sup>	0.02	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ～ III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 4.239 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 1) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 417 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 96 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				$S_a$ の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
C 2A01-Sd	430 20	13	109 194	$(S_{yH}+S_{yC})/2$	430 20

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 の  $P'$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ Sd1-4\_SdD 分の  $P'$  計算時  $K_t=1.0$  としている。

第 4.240 表 Sd5 地震動 Sa の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 1) (地震動 : Sd5)

$$T_o = 417 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 95 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				$S_a$ の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
C 2A01-Sd	430 20	13	108 194	$(S_{yH}+S_{yC})/2$	430 20

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 の  $P'$  に Sd5 分を付加して評価

※ Sd5 分の  $P'$  計算時  $K_t=1.0$  としている。

第 4.241 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 1) (地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{MH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{MH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{MH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	43 907	0.484	0.235	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 4.242 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 1) (地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{MH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{MH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{MH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	430	42 907	0.484	0.230	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価

第 4.243 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1)

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉圧力容器安全弁配管 エルボ(その 1) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$\epsilon_t = K_\epsilon' \epsilon_n + K_{\epsilon_c} + K_T \epsilon_F \quad K_\epsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> (MPa)			
C 2A01-Sd	430	300	5.495×10 <sup>-4</sup>	1.017×10 <sup>-4</sup>	0.000	1.10	1.21	7.768×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
1A01 1C01	399	290	2.594×10 <sup>-4</sup>	9.830×10 <sup>-5</sup>	0.000	1.10	1.10	3.934×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
Sd	430	200	1.632×10 <sup>-4</sup>	0.000	0.000	1.10	1.10	1.795×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	A
K <sub>T</sub> = -      D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>d i</sub> ) = 0.002											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 4.244 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1)

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉圧力容器安全弁配管 エルボ(その 1) (地震動 : Sd5)

$$\epsilon_t = K_\epsilon' \epsilon_n + K_{\epsilon_c} + K_T \epsilon_F \quad K_\epsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> (MPa)			
C 2A01-Sd	430	300	5.441×10 <sup>-4</sup>	1.017×10 <sup>-4</sup>	0.000	1.10	1.21	7.702×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
1A01 1C01	399	290	2.594×10 <sup>-4</sup>	9.830×10 <sup>-5</sup>	0.000	1.10	1.10	3.934×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
Sd	430	200	1.578×10 <sup>-4</sup>	0.000	0.000	1.10	1.10	1.735×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	A
K <sub>T</sub> = -      D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>d i</sub> ) = 0.002											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd5 分を付加して評価



第 4.245 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 1) (地震動: Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 T ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma ( t / T_d )$	備考
C 2A01-Sd	184	430	$2.10 \times 10$	$5.26 \times 10^4$	0.001	C
1A01 1C01	172	399	$1.05 \times 10^5$	$7.05 \times 10^6$	0.299	C
$D_{cN} = \Sigma ( D_{cN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.300$						

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min} [ 1.25S_y |_k, \text{Max} [ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_L + Q \rangle ] ]$

C :  $S_k = S_g$

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
C 2A01-Sd	$7.768 \times 10^{-4}$	$2.092 \times 10^{-3}$	300	0.0000	0.0000	$3\bar{S}_m/E$
T= 430(°C) $D_{cP} = \Sigma n_k D_k^{**} = 0.000$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1  $S_k$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価。

第 4.246 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 1) (地震動: Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 T ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma ( t / T_d )$	備考
C 2A01-Sd	183	430	$2.10 \times 10$	$5.48 \times 10^4$	0.001	C
1A01 1C01	172	399	$1.05 \times 10^5$	$7.05 \times 10^6$	0.299	C
$D_{cN} = \Sigma ( D_{cN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.300$						

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min} [ 1.25S_y |_k, \text{Max} [ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_L + Q \rangle ] ]$

C :  $S_k = S_g$

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
C 2A01-Sd	$7.702 \times 10^{-4}$	$2.092 \times 10^{-3}$	300	0.0000	0.0000	$3\bar{S}_m/E$
T= 430(°C) $D_{cP} = \Sigma n_k D_k^{**} = 0.000$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1  $S_k$  に Sd5 分を付加して評価。

第 4.247 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 1) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.002	0.300	0.302	0.600
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.000$				

第 4.248 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 1) (地震動 : Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.002	0.300	0.302	0.600
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.000$				

第 4.249 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 1) (地震動 : Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$B_2D_o(M_i+M_i^*)/(2I) \leq 1.5K_sS_m$	430	68	254	$K_s=1.41$

第 4.250 表 Ss5 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 1) (地震動 : Ss5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$B_2D_o(M_i+M_i^*)/(2I) \leq 1.5K_sS_m$	430	67	254	$K_s=1.41$

#### 4.12 原子炉圧力容器安全弁配管のエルボ(その2)

##### 4.12.1 形状、寸法及び材料

原子炉圧力容器安全弁配管のエルボ(その2)の形状、寸法及び材料を第4.251表に示す。形状から求まる配管要素応力係数を第4.252表に示す。

##### 4.12.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第4.253表から第4.256表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-7 1次ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

##### 4.12.3 応力評価

原子炉圧力容器安全弁配管のエルボ(その2)の応力評価結果を第4.257表から第4.273表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3軸応力の制限

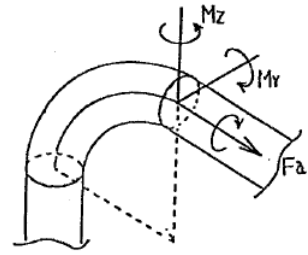
本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

第 4.251 表 形状、寸法及び材料

外 径	48.6 mm
肉 厚	5.1 mm
エルボ曲げ半径	57.2 mm
主要材料	STPA24

第 4.252 表 配管要素応力係数

応力係数	設定値
$B_1$	0.50
$B_1'$	1.31
$C_1$	1.31
$K_1$	1.10
$B_2$	2.03
$C_2$	2.69
$K_2$	1.10
$C_3$	1.00
$K_3$	1.10
$C_4$	0.50
$K_1'$	1.10



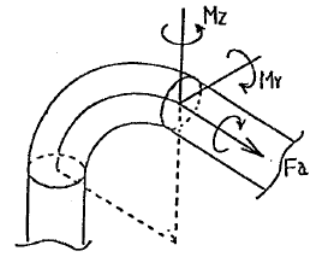
原子炉圧力容器側

第 4. 253 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ(その2))					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^2$ N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	25	68	36	104	167	160
運転状態 II	25	68	36	104	167	160
	25	68	36	104	167	160
	25	68	36	104	167	160
運転状態 III	25	68	36	104	167	160
	25	68	36	104	167	160
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4. 254 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ(その2))					
	Ss5 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^2$ N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	25	79	48	143	199	172
運転状態 II	25	79	48	143	199	172
	25	79	48	143	199	172
	25	79	48	143	199	172
運転状態 III	25	79	48	143	199	172
	25	79	48	143	199	172
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-



原子炉圧力容器側

第 4. 255 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ(その2))					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^2$ N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	16	43	24	72	111	100
運転状態 II	16	43	24	72	111	100
	16	43	24	72	111	100
	16	43	24	72	111	100
運転状態 III	16	43	24	72	111	100
	16	43	24	72	111	100
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4. 256 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ(その2))					
	Sd5 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^2$ N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	16	48	30	94	126	103
運転状態 II	16	48	30	94	126	103
	16	48	30	94	126	103
	16	48	30	94	126	103
運転状態 III	16	48	30	94	126	103
	16	48	30	94	126	103
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-



第 4.257 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

1次ヘリウム主配管(単管) 原子炉圧力容器安全弁配管 エルボ(その2)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	1.10	4.50	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	15	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	40	-	28	137	$K_s=1.34$ $K_t=-$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	40	-	94	193	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	40	-	29	164	$K_s=1.34$ $K_t=-$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	40	-	95	231	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	-	-	-	-	$B=-$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	-	-	-	-	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	40	-	30	274	$K_s=1.34$ $K_t=-$
	$P_s \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	40	-	98	386	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{ri}) \leq B_R$	-	-	-	-	$B_R=-$
	$\Sigma (t_j / t_{rbj}) \leq 1.0$	-	-	-	-	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位はmmとする。

※ 運転状態I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 4.258 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

1次ヘリウム主配管(単管) 原子炉圧力容器安全弁配管 エルボ(その2)

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	1.10	4.50	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	15	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	40	-	28	137	$K_s=1.34$ $K_t=-$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	40	-	94	193	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	40	-	29	164	$K_s=1.34$ $K_t=-$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	40	-	95	231	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	-	-	-	-	$B=-$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	-	-	-	-	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	40	-	30	274	$K_s=1.34$ $K_t=-$
	$P_s \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	40	-	100	386	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	-	-	-	-	$B_R=-$
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	-	-	-	-	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位はmmとする。

※ 運転状態I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 4.259 表 クリープ効果の判定

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 2)

評価項目	計算値	判定値	判定
$2 \sum (t_i / t_{di}) \leq 0.1$	0.00	0.10	クリープ効果が顕著でない。
$\sum \varepsilon_i \leq 0.002$	0.0000	0.0020	

第 4.260 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次+二次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 2) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mh}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \overline{S_m} )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	備考
Sd	40	17 411	- -	- -	- -	
C 2A01-Sd	40	- -	137 411	- -	- -	
$S_{RH} = -$ (MPa) $\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 4.261 表 Sd5 地震動 一次+二次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 2) (地震動 : Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mh}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \overline{S_m} )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	備考
Sd	40	18 411	- -	- -	- -	
C 2A01-Sd	40	- -	138 411	- -	- -	
$S_{RH} = -$ (MPa) $\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd5 分を付加して評価

第 4.262 表 Sd1-4\_SdD 地震動 熱応力ラチェットの制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 2) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$X_P = P_S / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_P = 1 / (1.5 S_{mH}) \cdot (E_0 \alpha_0 |\Delta T_1|) / \{2(1-\nu)\}$$

負荷サイクル	最高金属温度 (℃)	$X_P$	$Y_P$	領域	許容領域
C 2A01-Sd	40	0.134	0.00	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 の  $X_P$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 4.263 表 Sd5 地震動 熱応力ラチェットの制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 2) (地震動 : Sd5)

$$X_P = P_S / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_P = 1 / (1.5 S_{mH}) \cdot (E_0 \alpha_0 |\Delta T_1|) / \{2(1-\nu)\}$$

負荷サイクル	最高金属温度 (℃)	$X_P$	$Y_P$	領域	許容領域
C 2A01-Sd	40	0.134	0.00	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 の  $X_P$  に Sd5 分を付加して評価

第 4.264 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 2) (地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{MH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{MH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{MH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	40	24 1029	0.610	0.116	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 4.265 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 2) (地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{MH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{MH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{MH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	40	25 1029	0.610	0.120	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価

第 4.266 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉圧力容器安全弁配管 エルボ(その 2) (地震動：Sd1-4\_SdD)

$$\epsilon_t = K_\epsilon \epsilon_n + K_T \epsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> (MPa)			
C 2A01-Sd	40	300	134	-	148	-	1.10	74	1000000	0.000	D
1A01 1C01	40	290	60	-	66	-	1.10	33	1000000	0.000	D
Sd	40	200	17	-	19	-	1.10	10	1000000	0.000	D
$K_T = 1.00 \quad D_f = \sum (n_i / N_{di}) = 0.001$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 4.267 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉圧力容器安全弁配管 エルボ(その 2) (地震動 : Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> (MPa)			
C 2A01-Sd	40	300	135	-	149	-	1.10	75	1000000	0.000	D
1A01 1C01	40	290	60	-	66	-	1.10	33	1000000	0.000	D
Sd	40	200	18	-	20	-	1.10	10	1000000	0.000	D
$K_T = 1.00 \quad D_F = \sum (n_i / N_{di}) = 0.001$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd5 分を付加して評価



第 4.268 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 2) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
-	-	-	-	-	-	-
$D_{C2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000 \quad (D_0^* = 0.000 )$ $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.100 \quad (D_{C1} = 0.100 )$						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
-	-	-	-	-	-	-
$T = 40 \text{ (}^\circ\text{C)}$ $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

第 4.269 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 2) (地震動 : Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
-	-	-	-	-	-	-
$D_{C2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000 \quad (D_0^* = 0.000 )$ $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.100 \quad (D_{C1} = 0.100 )$						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
-	-	-	-	-	-	-
$T= 40 \text{ (}^\circ\text{C)}$ $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

第 4.270 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 2) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.100	0.101	0.866
$D_c = D_{cN} + D_{cP} \quad D_{cN} = 0.000 \quad D_{cP} = 0.000$				

第 4.271 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 2) (地震動 : Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.100	0.101	0.866
$D_c = D_{cN} + D_{cP} \quad D_{cN} = 0.000 \quad D_{cP} = 0.000$				

第 4. 272 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 2) (地震動 : Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$B_2D_0(M_i+M_i^*)/(2I) \leq 1.5K_sS_m$	40	86	290	$K_s=1.41$

第 4. 273 表 Ss5 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 エルボ(その 2) (地震動 : Ss5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$B_2D_0(M_i+M_i^*)/(2I) \leq 1.5K_sS_m$	40	88	290	$K_s=1.41$

#### 4.13 原子炉圧力容器安全弁配管のティー

##### 4.13.1 形状、寸法及び材料

原子炉圧力容器安全弁配管のティーの形状、寸法及び材料を第 4.274 表に示す。形状から求まる配管要素応力係数を第 4.275 表に示す。

##### 4.13.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第 4.276 表から第 4.287 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-7 1次ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

##### 4.13.3 応力評価

原子炉圧力容器安全弁配管のティーの応力評価結果を第 4.288 表から第 4.306 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものであるが、「座屈の防止」については、既往の設工認の地震動の応力分を差し引いたものである。

なお、特別な応力制限の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3軸応力の制限

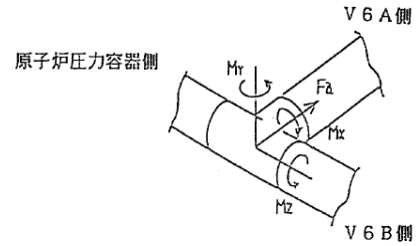
本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

第 4.274 表 形状、寸法及び材料

外 径	34.0 mm
肉 厚	4.5 mm
主要材料	STPA24

第 4.275 表 配管要素応力係数

応力係数	設定値
$B_1$	0.50
$B_1'$	1.00
$C_1$	1.50
$K_1$	4.00
$B_{2b}$	1.00
$B_{2r}$	1.66
$C_2$	2.00
$K_2$	1.00
$C_3$	1.00
$K_3$	1.00
$C_4$	0.50
$K_1'$	1.00



第 4.276 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(1/3)

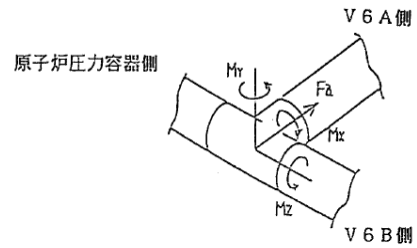
(分岐管 V6A 側)

	配管反力 ( ティー分岐管 V6A 側 )					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	105	111	90	3620	22430	8615
運転状態 II	105	111	90	3620	22430	8615
	105	111	90	3620	22430	8615
	105	111	90	3620	22430	8615
運転状態 III	105	111	90	3620	22430	8615
	105	111	90	3620	22430	8615
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.277 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(2/3)

(母管 原子炉压力容器側)

	配管反力 ( ティー母管 原子炉压力容器側 )					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	76	52	27	6152	10015	10520
運転状態 II	76	52	27	6152	10015	10520
	76	52	27	6152	10015	10520
運転状態 III	76	52	27	6152	10015	10520
	76	52	27	6152	10015	10520
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-



第 4.278 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(3/3)

(母管 V6B 側)

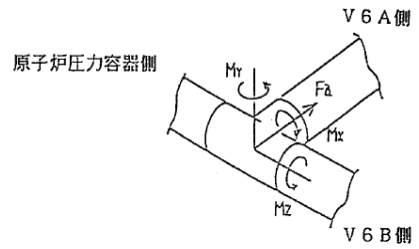
	配管反力 ( ティー母管 V6B 側 )					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	67	84	95	5977	20823	8499
運転状態 II	67	84	95	5977	20823	8499
	67	84	95	5977	20823	8499
運転状態 III	67	84	95	5977	20823	8499
	67	84	95	5977	20823	8499
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.279 表 Ss5 地震動 機械的荷重(1/3)

(分岐管 V6A 側)

	配管反力 ( ティー分岐管 V6A 側 )					
	Ss5 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	123	111	124	6073	33097	10816
運転状態 II	123	111	124	6073	33097	10816
	123	111	124	6073	33097	10816
運転状態 III	123	111	124	6073	33097	10816
	123	111	124	6073	33097	10816
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-





第 4.280 表 Ss5 地震動 機械的荷重 (2/3)

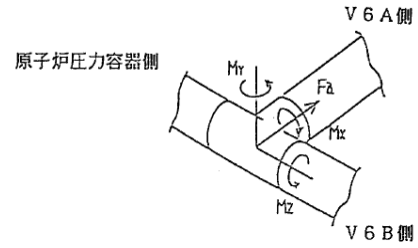
(母管 原子炉压力容器側)

	配管反力 (ティー母管 原子炉压力容器側)					
	Ss5 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	90	76	26	8048	9821	14138
運転状態 II	90	76	26	8048	9821	14138
	90	76	26	8048	9821	14138
運転状態 III	90	76	26	8048	9821	14138
	90	76	26	8048	9821	14138
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.281 表 Ss5 地震動 機械的荷重 (3/3)

(母管 V6B 側)

	配管反力 (ティー母管 V6B 側)					
	Ss5 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	80	90	113	9143	30303	9501
運転状態 II	80	90	113	9143	30303	9501
	80	90	113	9143	30303	9501
運転状態 III	80	90	113	9143	30303	9501
	80	90	113	9143	30303	9501
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-



第 4.282 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(1/3)

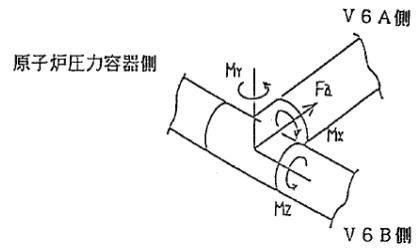
(分岐管 V6A 側)

	配管反力 ( ティー分岐管 V6A 側 )					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	66	73	60	2628	15606	5882
運転状態 II	66	73	60	2628	15606	5882
	66	73	60	2628	15606	5882
	66	73	60	2628	15606	5882
運転状態 III	66	73	60	2628	15606	5882
	66	73	60	2628	15606	5882
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.283 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(2/3)

(母管 原子炉压力容器側)

	配管反力 ( ティー母管 原子炉压力容器側 )					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	48	37	17	4149	6305	7247
運転状態 II	48	37	17	4149	6305	7247
	48	37	17	4149	6305	7247
	48	37	17	4149	6305	7247
運転状態 III	48	37	17	4149	6305	7247
	48	37	17	4149	6305	7247
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-



第 4.284 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(3/3)

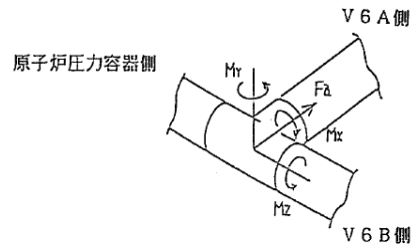
(母管 V6B 側)

	配管反力 ( ティー母管 V6B 側 )					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	43	56	60	4229	14211	5658
運転状態 II	43	56	60	4229	14211	5658
	43	56	60	4229	14211	5658
	43	56	60	4229	14211	5658
運転状態 III	43	56	60	4229	14211	5658
	43	56	60	4229	14211	5658
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.285 表 Sd5 地震動 機械的荷重(1/3)

(分岐管 V6A 側)

	配管反力 ( ティー分岐管 V6A 側 )					
	Sd5 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	80	70	81	4017	21791	7022
運転状態 II	80	70	81	4017	21791	7022
	80	70	81	4017	21791	7022
	80	70	81	4017	21791	7022
運転状態 III	80	70	81	4017	21791	7022
	80	70	81	4017	21791	7022
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-



第 4.286 表 Sd5 地震動 機械的荷重 (2/3)

(母管 原子炉压力容器側)

	配管反力 (ティー母管 原子炉压力容器側)					
	Sd5 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	55	50	17	5131	6215	9200
運転状態 II	55	50	17	5131	6215	9200
	55	50	17	5131	6215	9200
運転状態 III	55	50	17	5131	6215	9200
	55	50	17	5131	6215	9200
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.287 表 Sd5 地震動 機械的荷重 (3/3)

(母管 V6B 側)

	配管反力 ( ティー母管 V6B 側)					
	Sd5 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	51	57	74	5997	19832	6035
運転状態 II	51	57	74	5997	19832	6035
	51	57	74	5997	19832	6035
運転状態 III	51	57	74	5997	19832	6035
	51	57	74	5997	19832	6035
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.288 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

1次ヘリウム主配管(単管) 原子炉圧力容器安全弁配管 ティー

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	0.80	4.30	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	30	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	40	-	18	137	$K_s=1.44$ $K_t=-$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	40	-	155	198	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	40	-	18	164	$K_s=1.44$ $K_t=-$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	40	-	155	231	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	-	-	-	-	$B=-$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	-	-	-	-	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	40	-	19	274	$K_s=1.44$ $K_t=-$
	$P_s \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	40	-	148	396	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{ri}) \leq B_R$	-	-	-	-	$B_R=-$
	$\Sigma (t_j / t_{rbj}) \leq 1.0$	-	-	-	-	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位はmmとする。

※ 運転状態I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 4.289 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉圧力容器安全弁配管 ティー

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	0.80	4.30	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	30	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	40	-	18	137	$K_s=1.44$ $K_t=-$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	40	-	161	198	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	40	-	18	164	$K_s=1.44$ $K_t=-$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	40	-	161	231	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	-	-	-	-	$B=-$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	-	-	-	-	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	40	-	19	274	$K_s=1.44$ $K_t=-$
	$P_s \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	40	-	158	396	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	-	-	-	-	$B_R=-$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	-	-	-	-	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ～ III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 4.290 表 クリープ効果の判定

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 ティー

評価項目	計算値	判定値	判定
$2 \sum (t_i / t_{di}) \leq 0.1$	0.00	0.10	クリープ効果が顕著でない。
$\sum \varepsilon_i \leq 0.002$	0.0000	0.0020	

第 4.291 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次+二次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 ティー(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mh}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	40	67 411	- -	- -	- -	
C 2A01-Sd	40	- -	195 411	- -	- -	
$S_{RH} = -$ (MPa)		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 4.292 表 Sd5 地震動 一次+二次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 ティー(地震動 : Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mh}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	40	76 411	- -	- -	- -	
C 2A01-Sd	40	- -	204 411	- -	- -	
$S_{RH} = -$ (MPa)		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd5 分を付加して評価



第 4.293 表 Sd1-4\_SdD 地震動 熱応力ラチェットの制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 ティー(地震動：Sd1-4\_SdD)

$$X_P = P_S / 1.5 S_{mh}$$

$$Y_P = 1 / (1.5 S_{mh}) \cdot (E_0 \alpha_0 |\Delta T_1|) / \{2(1-\nu)\}$$

負荷サイクル	最高金属温度 (℃)	$X_P$	$Y_P$	領域	許容領域
C 2A01-Sd	40	0.086	0.00	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 の  $X_P$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 4.294 表 Sd5 地震動 熱応力ラチェットの制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 ティー(地震動：Sd5)

$$X_P = P_S / 1.5 S_{mh}$$

$$Y_P = 1 / (1.5 S_{mh}) \cdot (E_0 \alpha_0 |\Delta T_1|) / \{2(1-\nu)\}$$

負荷サイクル	最高金属温度 (℃)	$X_P$	$Y_P$	領域	許容領域
C 2A01-Sd	40	0.086	0.00	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 の  $X_P$  に Sd5 分を付加して評価

第 4.295 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限  
1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 ティー(地震動：Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 (℃)	$S_n^* \leq \beta_s (3 S_{mH})$ (MPa)	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	40	71 1029	0.881	0.342	S <sub>1</sub>	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 4.296 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限  
1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 ティー(地震動：Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 (℃)	$S_n^* \leq \beta_s (3 S_{mH})$ (MPa)	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	40	86 1029	0.881	0.418	S <sub>1</sub>	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価

第 4.297 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉圧力容器安全弁配管 ティー(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> (MPa)			
C 2A01-Sd	40	300	195	-	280	-	1.50	140	307667	0.001	D
1A01 1C01	40	290	76	-	212	-	2.80	106	268241	0.001	D
Sd	40	200	67	-	67	-	1.00	34	1000000	0.000	D
$K_T = 1.00 \quad D_f = \sum (n_i / N_{di}) = 0.003$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 4.298 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉圧力容器安全弁配管 ティー(地震動 : Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> (MPa)			
C 2A01-Sd	40	300	204	-	289	-	1.50	145	235723	0.001	D
1A01 1C01	40	290	76	-	212	-	2.80	106	268241	0.001	D
Sd	40	200	76	-	76	-	1.00	38	1000000	0.000	D
$K_T = 1.00 \quad D_F = \sum (n_i / N_{di}) = 0.003$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd5 分を付加して評価

第 4.299 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 ティー(地震動: Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
-	-	-	-	-	-	-
$D_{C2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000 \quad (D_0^* = 0.000 )$ $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.100 \quad (D_{C1} = 0.100 )$						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
-	-	-	-	-	-	-
$T= 40 \text{ (}^\circ\text{C)}$ $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

第 4.300 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 ティー(地震動：Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^*D^*$	備考
-	-	-	-	-	-	-
$D_{C2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000 \quad (D_0^* = 0.000 )$ $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.100 \quad (D_{C1} = 0.100 )$						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
-	-	-	-	-	-	-
$T= 40 \text{ (}^\circ\text{C)}$ $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

第 4.301 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 ティー(地震動 : Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.004	0.100	0.104	0.866
$D_c = D_{cN} + D_{cP} \quad D_{cN} = 0.000 \quad D_{cP} = 0.000$				

第 4.302 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 ティー(地震動 : Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.004	0.100	0.104	0.866
$D_c = D_{cN} + D_{cP} \quad D_{cN} = 0.000 \quad D_{cP} = 0.000$				

第 4.303 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

1次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 ティー(地震動：Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
IV	$F_c/A + D_oM/(2yI) \leq S_y / f_B$	40	101	137	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

第 4.304 表 Ss5 地震動 座屈の防止

1次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 ティー(地震動：Ss5)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
IV	$F_c/A + D_oM/(2yI) \leq S_y / f_B$	40	108	137	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

第 4.305 表 Sd1-4\_SdD 地震動 座屈の防止

1次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 ティー(地震動：Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
III	$F_c/A + D_oM/(2yI) \leq S_y / f_B$	40	94	102	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

第 4.306 表 Sd5 地震動 座屈の防止

1次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 ティー(地震動：Sd5)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
III	$F_c/A + D_oM/(2yI) \leq S_y / f_B$	40	98	102	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00



#### 4.14 原子炉圧力容器安全弁配管のレジューサ

##### 4.14.1 形状、寸法及び材料

原子炉圧力容器安全弁配管のレジューサの形状、寸法及び材料を第 4.307 表に示す。形状から求まる配管要素応力係数を第 4.308 表に示す。

##### 4.14.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第 4.309 表から第 4.312 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-7 1次ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

##### 4.14.3 応力評価

原子炉圧力容器安全弁配管のレジューサの応力評価結果を第 4.313 表から第 4.331 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

第 4.307 表 形状、寸法及び材料

レジューサ外径	48.6 , 34.0 mm
レジューサ肉厚	5.5 , 5.0 mm
主要材料	STPA24

第 4.308 表 配管要素応力係数

応力係数	設定値
$B_1$	1.00
$B_1'$	1.00
$C_1$	1.35
$K_1$	1.10
$B_2$	1.00
$C_2$	2.42
$K_2$	1.10
$C_3$	1.00
$K_3$	1.10
$C_4$	0.50
$K_1'$	1.10

第 4.309 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力 (レギュレーサ)					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 (N)			モーメント (N・mm)		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	69	20	14	6152	9641	18709
運転状態 II	69	20	14	6152	9641	18709
	69	20	14	6152	9641	18709
	69	20	14	6152	9641	18709
運転状態 III	69	20	14	6152	9641	18709
	69	20	14	6152	9641	18709
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.310 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力 (レギュレーサ)					
	Ss5 地震動					
	反力 (N)			モーメント (N・mm)		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	72	29	16	8048	10157	28688
運転状態 II	72	29	16	8048	10157	28688
	72	29	16	8048	10157	28688
	72	29	16	8048	10157	28688
運転状態 III	72	29	16	8048	10157	28688
	72	29	16	8048	10157	28688
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.311 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力 (レギュレーサ)					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 (N)			モーメント (N・mm)		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	43	14	9	4149	6121	13297
運転状態 II	43	14	9	4149	6121	13297
	43	14	9	4149	6121	13297
	43	14	9	4149	6121	13297
運転状態 III	43	14	9	4149	6121	13297
	43	14	9	4149	6121	13297
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.312 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力 (レギュレーサ)					
	Sd5 地震動					
	反力 (N)			モーメント (N・mm)		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	43	19	10	5131	6367	18899
運転状態 II	43	19	10	5131	6367	18899
	43	19	10	5131	6367	18899
	43	19	10	5131	6367	18899
運転状態 III	43	19	10	5131	6367	18899
	43	19	10	5131	6367	18899
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 4.313 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

1次ヘリウム主配管(単管) 原子炉圧力容器安全弁配管 レジューサ

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	0.80	4.30	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	12	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	40	-	19	137	$K_s=1.34$ $K_t=-$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	40	-	58	198	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	40	-	20	164	$K_s=1.34$ $K_t=-$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	40	-	59	231	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	-	-	-	-	$B=-$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	-	-	-	-	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	40	-	19	274	$K_s=1.34$ $K_t=-$
	$P_s \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	40	-	61	396	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	-	-	-	-	$B_R=-$
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	-	-	-	-	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位はmmとする。

※ 運転状態I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 4.314 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉圧力容器安全弁配管 レジューサ

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	0.80	4.30	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	12	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	40	-	19	137	$K_s=1.34$ $K_t=-$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	40	-	60	198	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	40	-	20	164	$K_s=1.34$ $K_t=-$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	40	-	61	231	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	-	-	-	-	$B=-$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	-	-	-	-	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	40	-	19	274	$K_s=1.34$ $K_t=-$
	$P_s \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	40	-	65	396	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	-	-	-	-	$B_R=-$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	-	-	-	-	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ~ III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 4.315 表 クリープ効果の判定

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 レジューサ

評価項目	計算値	判定値	判定
$2 \sum (t_i / t_{di}) \leq 0.1$	0.00	0.10	クリープ効果が顕著でない。
$\sum \varepsilon_i \leq 0.002$	0.0000	0.0020	

第 4.316 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次＋二次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 レジューサ(地震動：Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考	
Sd	40	35 411	- -	- -	- -		
C 2A01-Sd	40	- -	113 411	- -	- -		
		$S_{rH} = -$ (MPa)	$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 4.317 表 Sd5 地震動 一次＋二次応力の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 レジューサ(地震動：Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考	
Sd	40	39 411	- -	- -	- -		
C 2A01-Sd	40	- -	117 411	- -	- -		
		$S_{rH} = -$ (MPa)	$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd5 分を付加して評価



第 4.318 表 Sd1-4\_SdD 地震動 熱応力ラチェットの制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 レジューサ(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$X_P = P_S / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_P = 1 / (1.5 S_{mH}) \cdot (E_0 \alpha_0 |\Delta T_1|) / \{2(1-\nu)\}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( ° C )	$X_P$	$Y_P$	領域	許容領域
C 2A01-Sd	40	0.091	0.00	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 の  $X_P$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 4.319 表 Sd5 地震動 熱応力ラチェットの制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 レジューサ(地震動 : Sd5)

$$X_P = P_S / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_P = 1 / (1.5 S_{mH}) \cdot (E_0 \alpha_0 |\Delta T_1|) / \{2(1-\nu)\}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( ° C )	$X_P$	$Y_P$	領域	許容領域
C 2A01-Sd	40	0.091	0.00	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 の  $X_P$  に Sd5 分を付加して評価

第 4.320 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 レジューサ(地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	40	37 1029	0.483	0.178	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 4.321 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 レジューサ(地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	40	45 1029	0.483	0.216	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価

第 4.322 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉圧力容器安全弁配管 レジューサ(地震動：Sd1-4\_SdD)

$$\epsilon_t = K_\epsilon \epsilon_n + K_T \epsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> (MPa)			
C 2A01-Sd	40	300	117	-	128	-	1.10	64	1000000	0.000	D
1A01 1C01	40	290	46	-	50	-	1.10	25	1000000	0.000	D
Sd	40	200	35	-	37	-	1.10	19	1000000	0.000	D
$K_T = 1.00 \quad D_f = \sum (n_i / N_{di}) = 0.001$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 4.323 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉圧力容器安全弁配管 レジューサ(地震動：Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				-	S <sub>p</sub> (MPa)	-	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> (MPa)			
C 2A01-Sd	40	300	121	-	132	-	1.10	66	1000000	0.000	D
1A01 1C01	40	290	46	-	50	-	1.10	25	1000000	0.000	D
Sd	40	200	39	-	41	-	1.10	21	1000000	0.000	D
$K_T = 1.00$ $D_F = \sum (n_i / N_{di}) = 0.001$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認負荷サイクル C 2A01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub> に Sd5 分を付加して評価

第 4.324 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 レジューサ(地震動 : Sd1-4\_SdD)  
 ( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^*D^*$	備考
-	-	-	-	-	-	-
$D_{C2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000 \quad ( D_0^* = 0.000 )$ $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.100 \quad ( D_{C1} = 0.100 )$						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
-	-	-	-	-	-	-
$T = 40 \text{ (}^\circ\text{C)}$ $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

第 4.325 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 レジューサ(地震動 : Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^*D^*$	備考
-	-	-	-	-	-	-
$D_{C2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000 \quad (D_0^* = 0.000 )$ $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.100 \quad (D_{C1} = 0.100 )$						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
-	-	-	-	-	-	-
$T= 40 \text{ (}^\circ\text{C)}$ $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

第 4.326 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 レジューサ(地震動 : Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.100	0.101	0.866
$D_c = D_{CN} + D_{CP} \quad D_{CN} = 0.000 \quad D_{CP} = 0.000$				

第 4.327 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 レジューサ(地震動 : Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.100	0.101	0.866
$D_c = D_{CN} + D_{CP} \quad D_{CN} = 0.000 \quad D_{CP} = 0.000$				

第 4. 328 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 レジューサ(地震動 : Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$F_C/A+D_{oM}/(2yI) \leq S_y / f_B$	40	35	137	y=1. 30 f <sub>B</sub> =1. 50

第 4. 329 表 Ss5 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 レジューサ(地震動 : Ss5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$F_C/A+D_{oM}/(2yI) \leq S_y / f_B$	40	38	137	y=1. 30 f <sub>B</sub> =1. 50

第 4. 330 表 Sd1-4\_SdD 地震動 座屈の防止

1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 レジューサ(地震動 : Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
III	$F_C/A+D_{oM}/(2yI) \leq S_y / f_B$	40	34	102	y=1. 30 f <sub>B</sub> =2. 00

第 4. 331 表 Sd5 地震動 座屈の防止

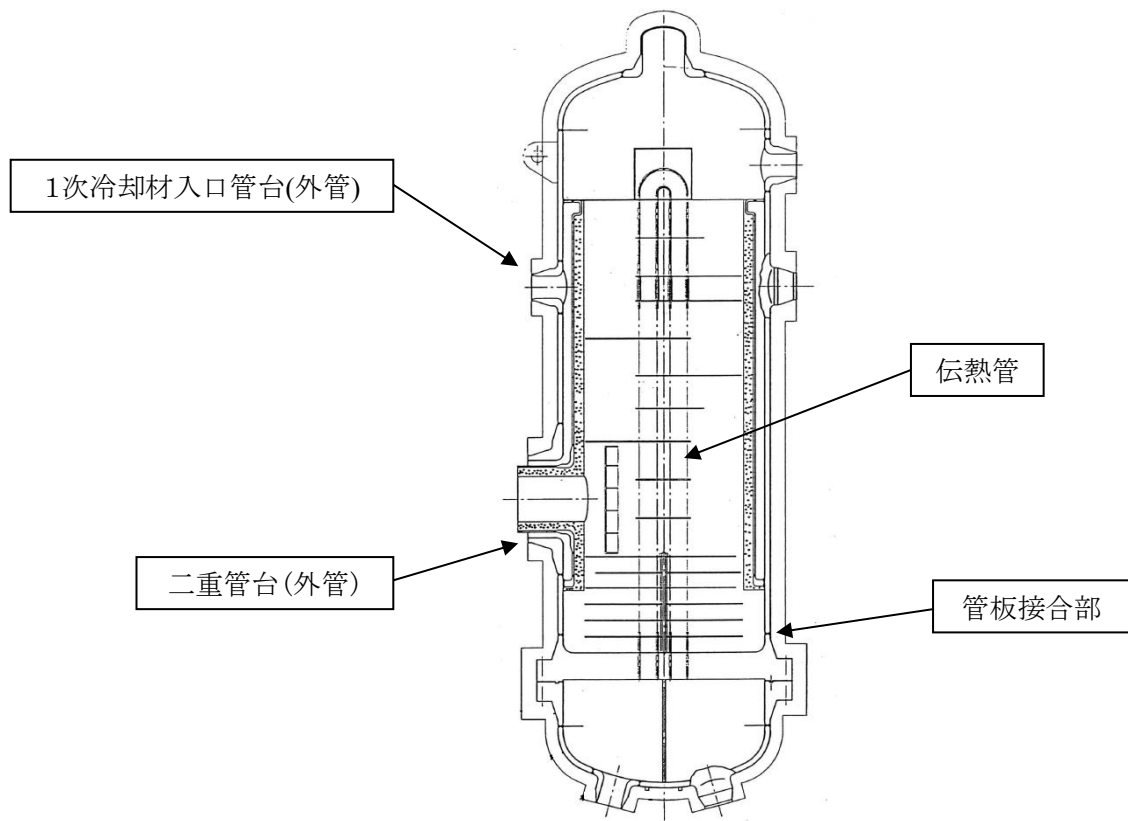
1 次ヘリウム主配管(単管) 原子炉压力容器安全弁配管 レジューサ(地震動 : Sd5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
III	$F_C/A+D_{oM}/(2yI) \leq S_y / f_B$	40	36	102	y=1. 30 f <sub>B</sub> =2. 00



## 5. 1次加圧水冷却器

本評価は、1次加圧水冷却器の耐震健全性を確認するものである。1次加圧水冷却器の耐震評価は、「Ⅲ-イ-2 高温ガス炉第1種容器の強度計算書作成の基本方針」（設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)及び「Ⅲ-イ-9 1次加圧水冷却器の強度計算書」（設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)に基づいて実施する。評価箇所を第5.1図に示す。

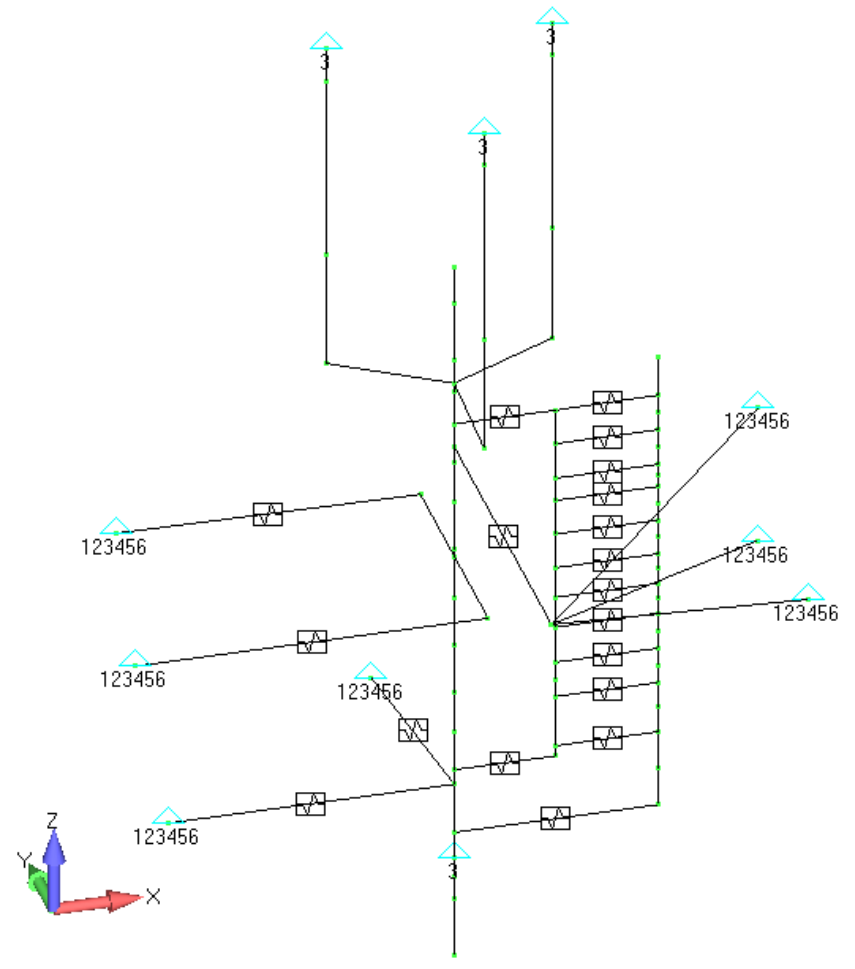
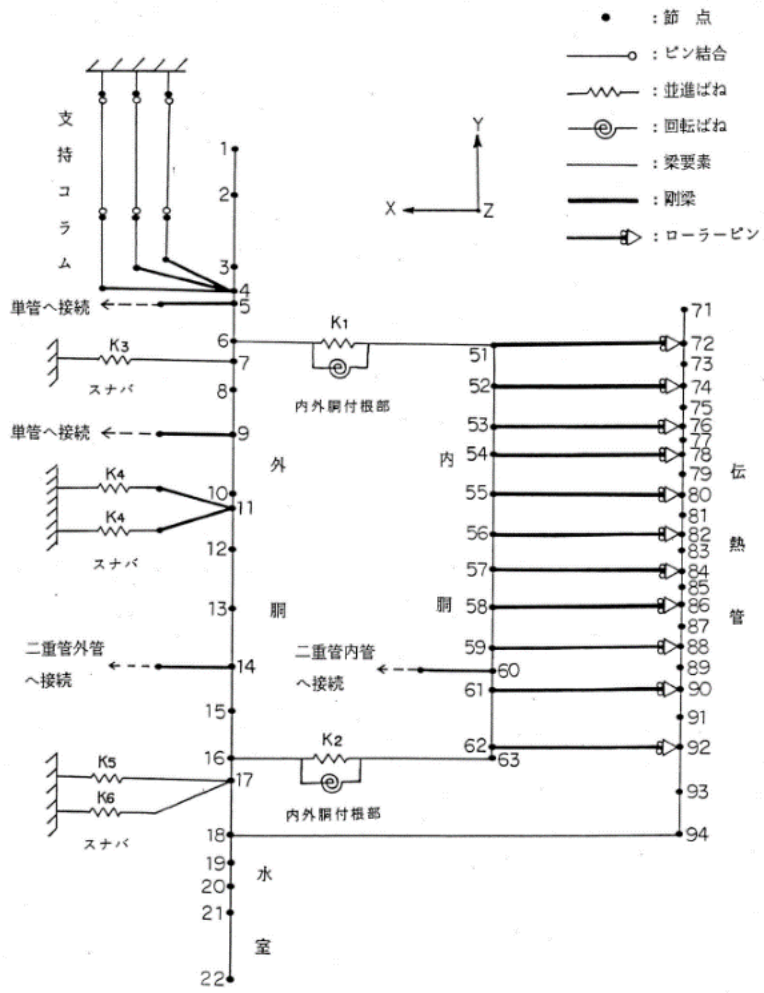


第5.1図 1次加圧水冷却器の評価箇所

## 5.1 解析条件

1次加圧水冷却器のはりモデルは1次ヘリウム配管(二重管)に組み込み、解析を実施した。

なお、各部位の断面力分布については、3.1次ヘリウム配管(二重管)を参照のこと。1次ヘリウム配管(二重管)に組み込んだモデルを第5.2図に示す。1次加圧水冷却器の1次冷却材入口管台、二重管台、管板接合部及び伝熱管に対して、地震動を入力とした配管の解析から得られた当該部の配管反力を付与し、静的弾性解析を行い、応力評価を実施した。解析コードは、「FINAS(伊藤忠テクノソリューションズ株式会社)」を用いた。



第 5.2 図 1 次加圧水冷却器 はりモデル

### 5.1.1 解析モデル及び材料特性

#### (1) 解析モデル

1次冷却材入口管台、二重管台及び管板接合部の解析を実施するに当たって、1次加圧水冷却器のシェルモデルを別途作成した。1次ヘリウム配管(二重管)の配管反力は、シェルモデルに載荷し、静的弾性解析を行い、応力評価を実施した。シェルモデルの寸法及び要素分割図を第5.3図から第5.12図に示す。第5.11図に拘束及び載荷位置を示す。

なお、各管台部における配管反力とモーメントは第5.12図に示す載荷位置に付与する。

#### (2) 材料特性

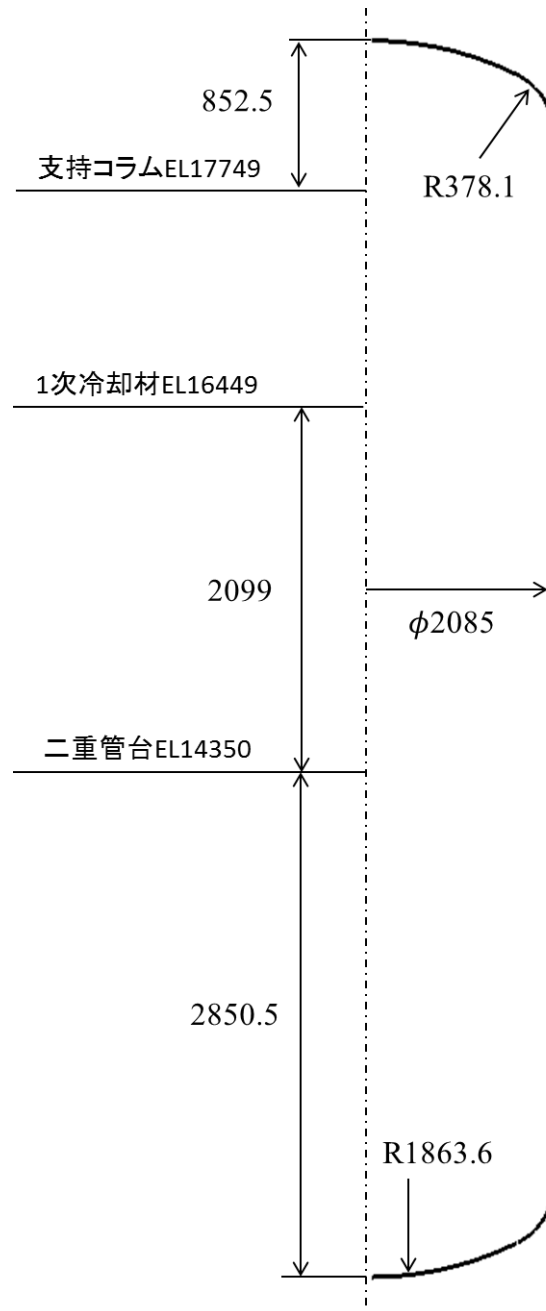
構成材料であるSFVA F22B、SCMV4-2の材料特性を以下に示す。リガメント部については、リガメント効率を考慮した等価なヤング率としている。

(a) ヤング率(外胴、内胴) :  $1.82 \times 10^5$  [N/mm<sup>2</sup>]

(b) ポアソン比(外胴、内胴) : 0.30

(c) ヤング率(リガメント部) :  $9.52 \times 10^4$  [N/mm<sup>2</sup>]

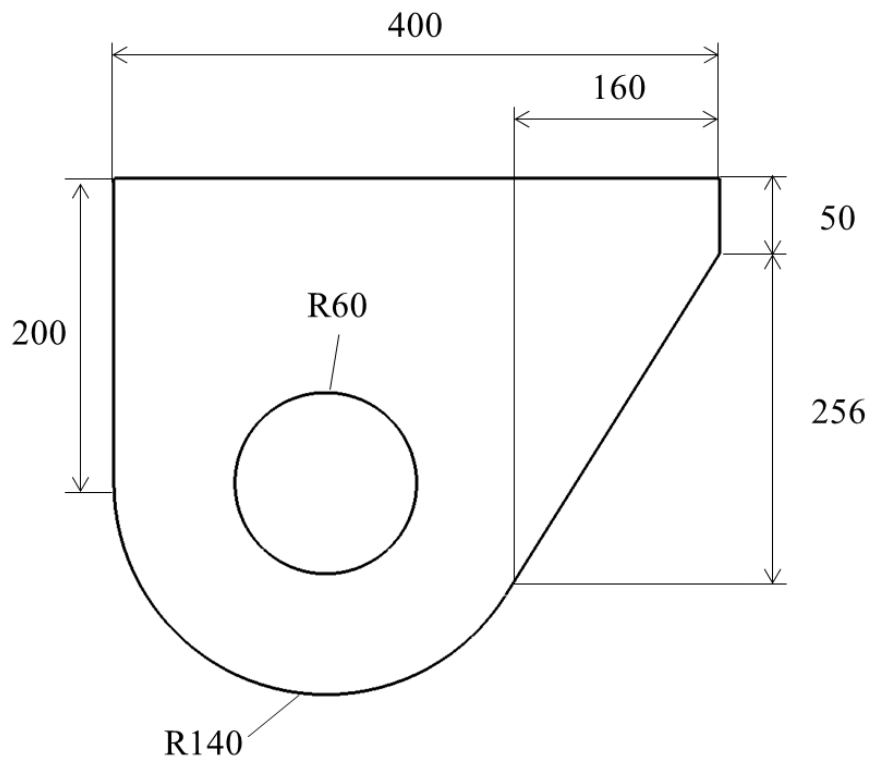
(d) ポアソン比(リガメント部) : 0.30



(単位：mm)

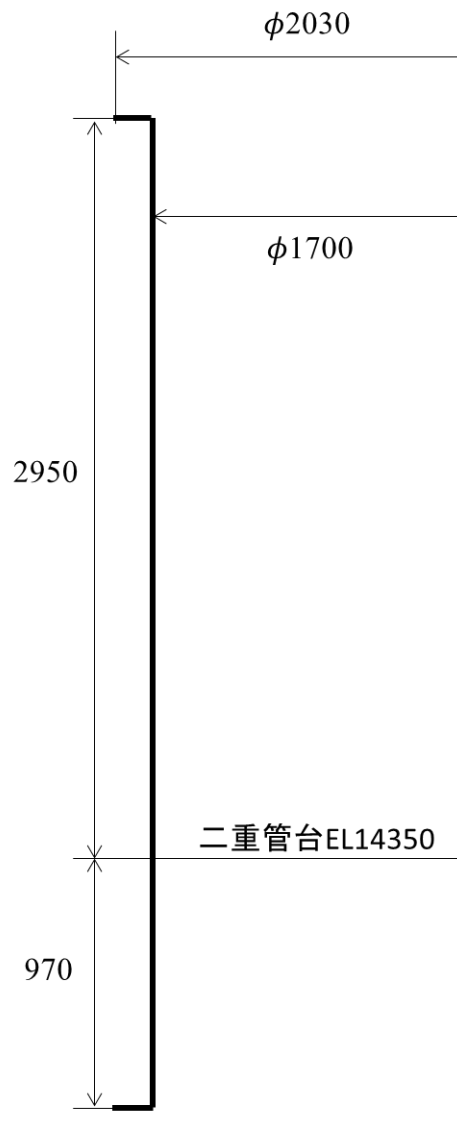
第 5.3 図 外胴形状及び寸法図

厚み	60
----	----



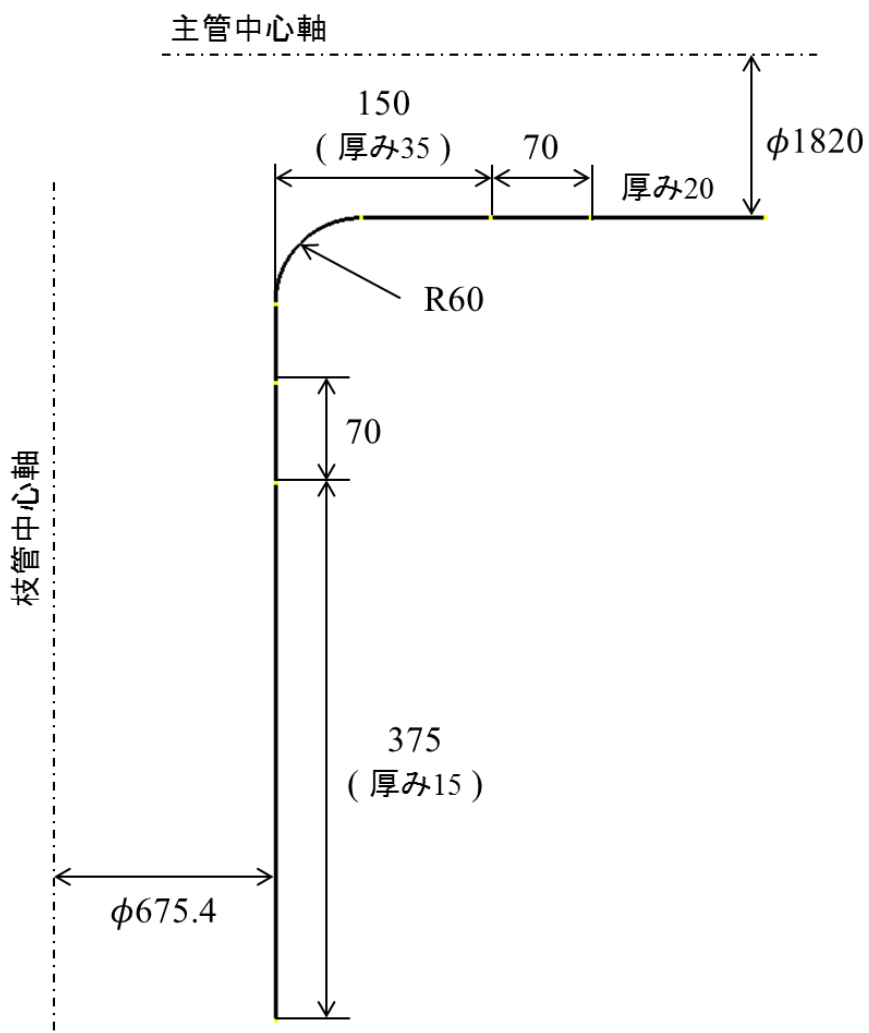
(単位 : mm)

第 5.4 図 支持コラム形状及び寸法図



(単位：mm)

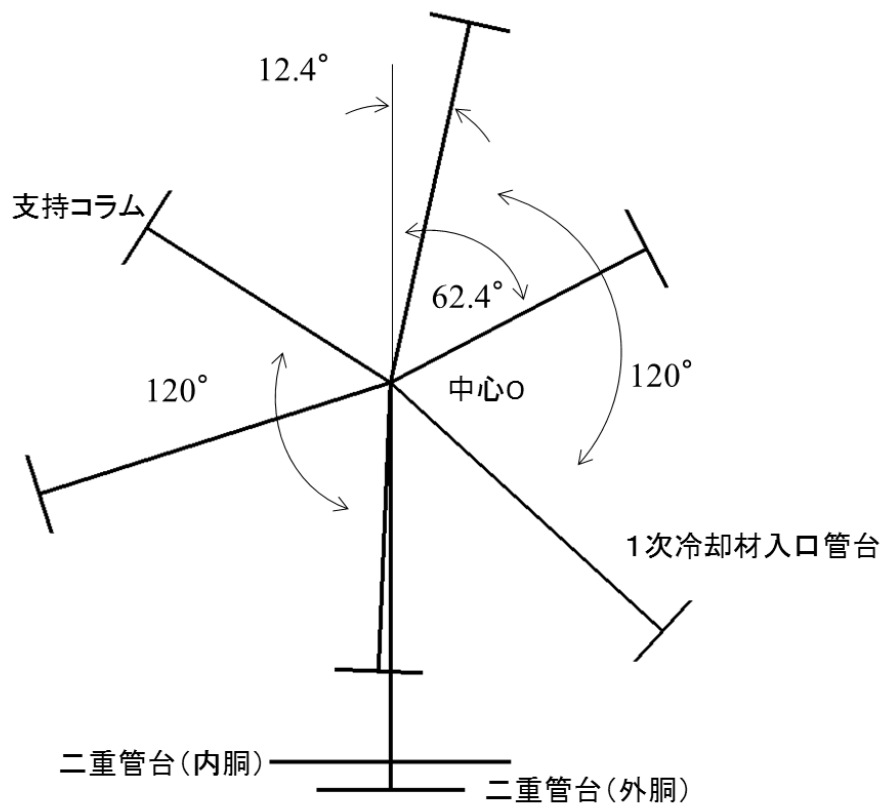
第 5.5 図 内胴形状及び寸法図



(単位：mm)

第 5.6 図 内胴二重管曲部形状及び寸法図





中心Oからの距離

二重管台(内胴) : 1470

二重管台(外胴) : 1370

1次冷却材入口管台(外胴) : 1330

円管の半径

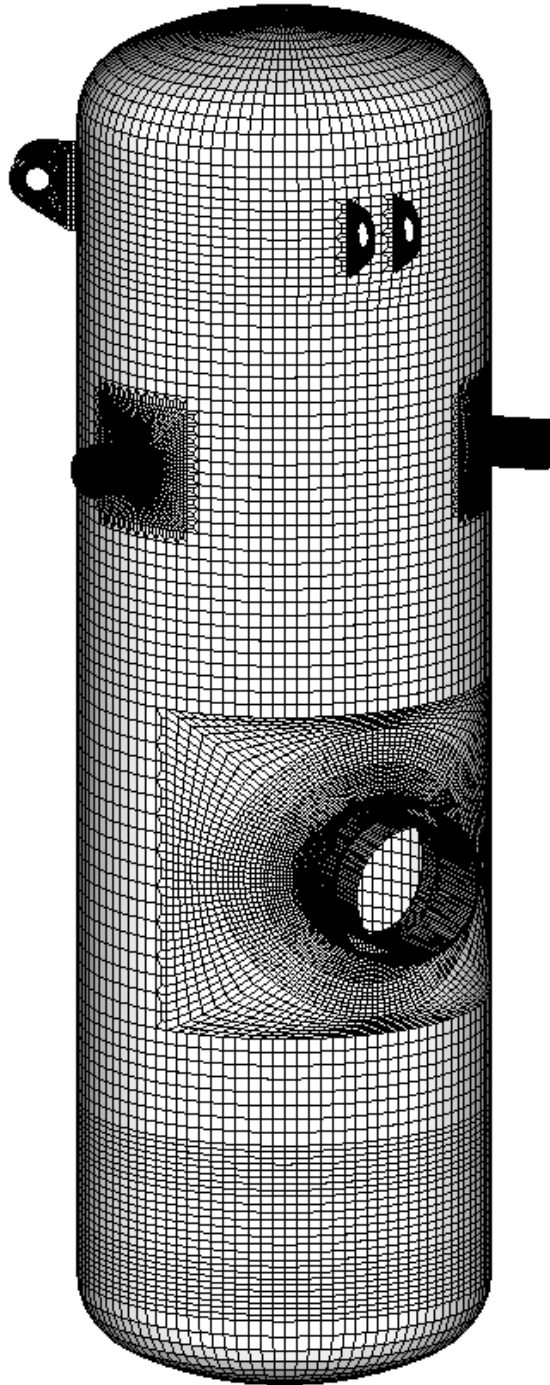
二重管台(内胴) : R337.7

二重管台(外胴) : R410.8

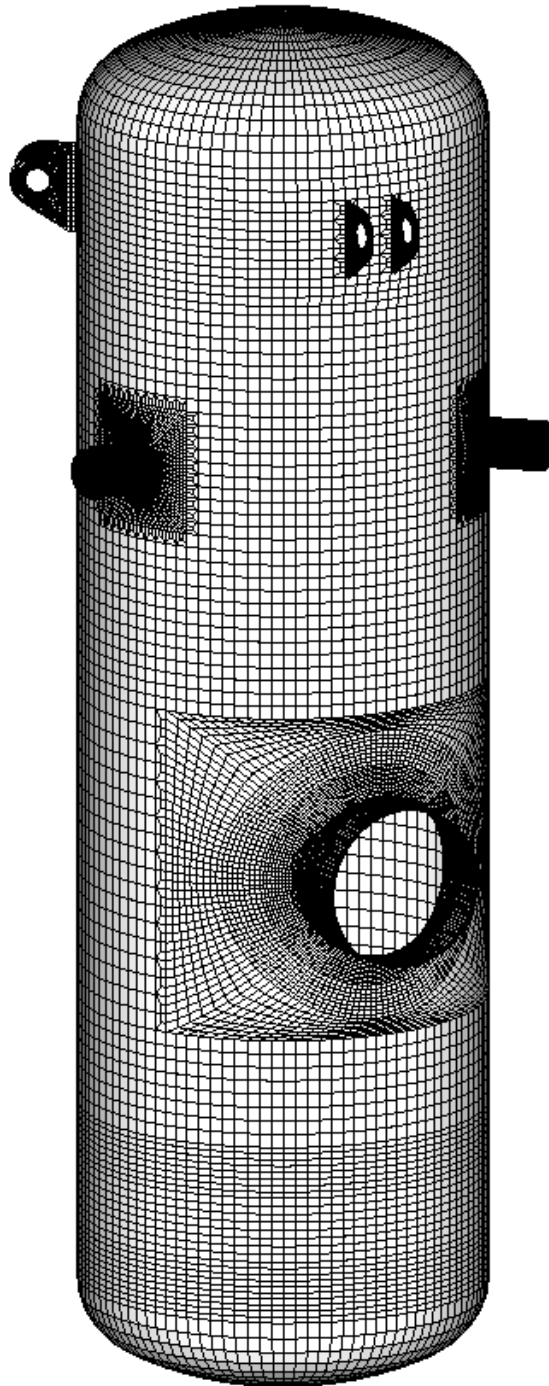
1次冷却材入口管台(外胴) : R126.15

第5.7図 全体モデルのノズル、支持コラム配置角度と中心からの距離

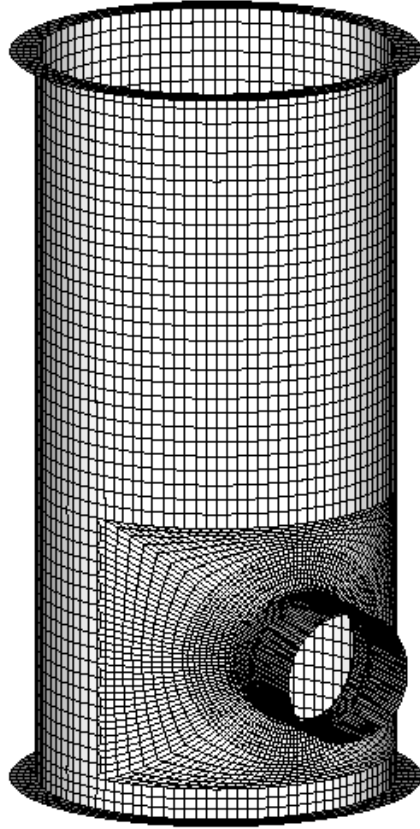
材料	SCMV4-2 NT SFVA F 22B
節点数	47497
要素数	48192



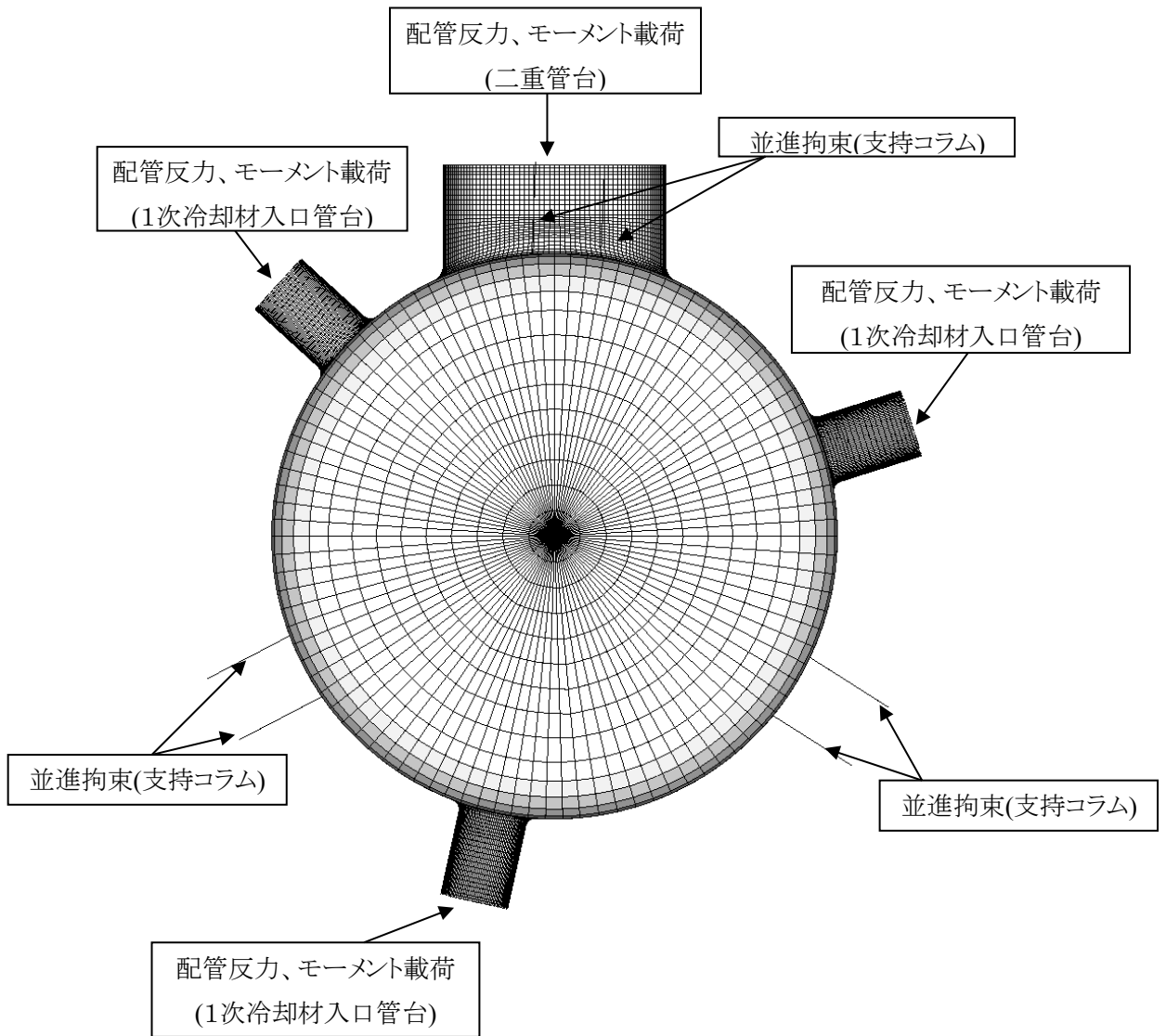
第 5.8 図 全体モデルの要素分割図



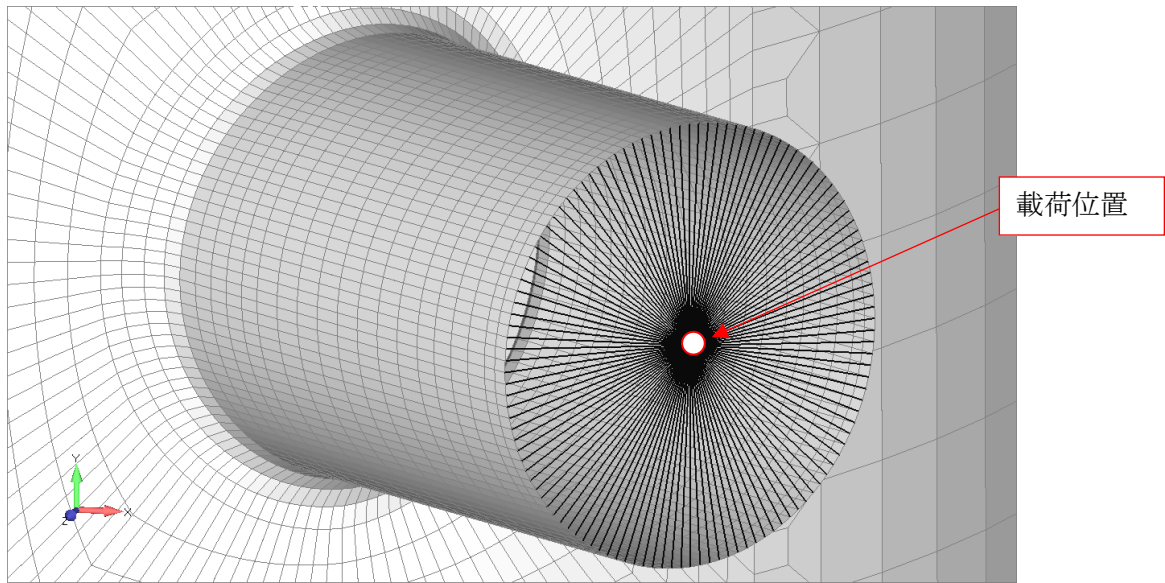
第 5.9 図 外胴モデルの要素分割図



第 5.10 図 内胴モデルの要素分割図



第 5.11 図 拘束条件



第 5.12 図 管台端部の要素分割図(はり要素を放射上に配置)

### 5.1.2 機械的荷重

地震動を入力とする 1 次ヘリウム配管(二重管)の解析から得られた当該部の機械的荷重を

第 5.1 表から第 5.12 表に示す。自重等の荷重値は、「Ⅲ-イ-11 1 次ヘリウム配管(二重管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 3 回申請)平成 4 年 4 月 9 日付け 4 安(原規)第 47 号)を参照した。

反力を第 5.11 図及び第 5.12 図に示す管台端部に載荷する。

なお、荷重の向きは既往の設工認の自重及び熱膨張により生じた配管反力と組み合わせることを想定した際、条件が厳しくなる方向にそれぞれ載荷した。

第 5.1 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(1次冷却材入口管台)

	配管反力 ( 1次冷却材入口管台 : A ループ )					
	Ss1-4_SsD 地震					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1233	909	4007	602	3536	953
運転状態 II	1233	909	4007	602	3536	953
	1233	909	4007	602	3536	953
	1233	909	4007	602	3536	953
運転状態 III	1233	909	4007	602	3536	953
	1233	909	4007	602	3536	953
運転状態 IV	1233	909	4007	602	3536	953
試験状態	-	-	-	-	-	-

	配管反力 ( 1次冷却材入口管台 : B ループ )					
	Ss1-4_SsD 地震					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1201	646	5587	501	5381	712
運転状態 II	1201	646	5587	501	5381	712
	1201	646	5587	501	5381	712
	1201	646	5587	501	5381	712
運転状態 III	1201	646	5587	501	5381	712
	1201	646	5587	501	5381	712
運転状態 IV	1201	646	5587	501	5381	712
試験状態	-	-	-	-	-	-

	配管反力 ( 1次冷却材入口管台 : C ループ )					
	Ss1-4_SsD 地震					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1014	781	5577	662	5445	936
運転状態 II	1014	781	5577	662	5445	936
	1014	781	5577	662	5445	936
	1014	781	5577	662	5445	936
運転状態 III	1014	781	5577	662	5445	936
	1014	781	5577	662	5445	936
運転状態 IV	1014	781	5577	662	5445	936
試験状態	-	-	-	-	-	-



第 5.2 表 Ss5 地震動 機械的荷重(1次冷却材入口管台)

	配管反力 ( 1次冷却材入口管台 : A ループ )					
	Ss5 地震					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1510	1126	4475	756	3863	1136
運転状態 II	1510	1126	4475	756	3863	1136
	1510	1126	4475	756	3863	1136
	1510	1126	4475	756	3863	1136
運転状態 III	1510	1126	4475	756	3863	1136
	1510	1126	4475	756	3863	1136
運転状態 IV	1510	1126	4475	756	3863	1136
試験状態	-	-	-	-	-	-

	配管反力 ( 1次冷却材入口管台 : B ループ )					
	Ss5 地震					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1676	895	5844	568	5481	909
運転状態 II	1676	895	5844	568	5481	909
	1676	895	5844	568	5481	909
	1676	895	5844	568	5481	909
運転状態 III	1676	895	5844	568	5481	909
	1676	895	5844	568	5481	909
運転状態 IV	1676	895	5844	568	5481	909
試験状態	-	-	-	-	-	-

	配管反力 ( 1次冷却材入口管台 : C ループ )					
	Ss5 地震					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1334	980	5970	822	5692	1121
運転状態 II	1334	980	5970	822	5692	1121
	1334	980	5970	822	5692	1121
	1334	980	5970	822	5692	1121
運転状態 III	1334	980	5970	822	5692	1121
	1334	980	5970	822	5692	1121
運転状態 IV	1334	980	5970	822	5692	1121
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 5.3 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(1次冷却材入口管台)

	配管反力 ( 1次冷却材入口管台 : A ループ )					
	Sd1-4_SdD 地震					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	966	670	3238	455	2864	732
運転状態 II	966	670	3238	455	2864	732
	966	670	3238	455	2864	732
	966	670	3238	455	2864	732
運転状態 III	966	670	3238	455	2864	732
	966	670	3238	455	2864	732
運転状態 IV	966	670	3238	455	2864	732
試験状態	-	-	-	-	-	-

	配管反力 ( 1次冷却材入口管台 : B ループ )					
	Sd1-4_SdD 地震					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	886	456	4510	389	4366	524
運転状態 II	886	456	4510	389	4366	524
	886	456	4510	389	4366	524
	886	456	4510	389	4366	524
運転状態 III	886	456	4510	389	4366	524
	886	456	4510	389	4366	524
運転状態 IV	886	456	4510	389	4366	524
試験状態	-	-	-	-	-	-

	配管反力 ( 1次冷却材入口管台 : C ループ )					
	Sd1-4_SdD 地震					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	747	619	4622	541	4505	779
運転状態 II	747	619	4622	541	4505	779
	747	619	4622	541	4505	779
	747	619	4622	541	4505	779
運転状態 III	747	619	4622	541	4505	779
	747	619	4622	541	4505	779
運転状態 IV	747	619	4622	541	4505	779
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 5.4 表 Sd5 地震動 機械的荷重(1次冷却材入口管台)

	配管反力 ( 1次冷却材入口管台 : A ループ )					
	Sd5 地震					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1009	800	2998	550	2594	826
運転状態 II	1009	800	2998	550	2594	826
	1009	800	2998	550	2594	826
	1009	800	2998	550	2594	826
運転状態 III	1009	800	2998	550	2594	826
	1009	800	2998	550	2594	826
運転状態 IV	1009	800	2998	550	2594	826
試験状態	-	-	-	-	-	-

	配管反力 ( 1次冷却材入口管台 : B ループ )					
	Sd5 地震					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1146	579	3917	389	3700	603
運転状態 II	1146	579	3917	389	3700	603
	1146	579	3917	389	3700	603
	1146	579	3917	389	3700	603
運転状態 III	1146	579	3917	389	3700	603
	1146	579	3917	389	3700	603
運転状態 IV	1146	579	3917	389	3700	603
試験状態	-	-	-	-	-	-

	配管反力 ( 1次冷却材入口管台 : C ループ )					
	Sd5 地震					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	932	678	4049	586	3864	783
運転状態 II	932	678	4049	586	3864	783
	932	678	4049	586	3864	783
	932	678	4049	586	3864	783
運転状態 III	932	678	4049	586	3864	783
	932	678	4049	586	3864	783
運転状態 IV	932	678	4049	586	3864	783
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 5.5 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(二重管台)

	配管反力 ( 二重管台 )					
	Ss1-4_SsD 地震					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	4752	10208	12530	9020	23906	8653
運転状態 II	4752	10208	12530	9020	23906	8653
	4752	10208	12530	9020	23906	8653
	4752	10208	12530	9020	23906	8653
運転状態 III	4752	10208	12530	9020	23906	8653
	4752	10208	12530	9020	23906	8653
運転状態 IV	4752	10208	12530	9020	23906	8653
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 5.6 表 Ss5 地震動 機械的荷重(二重管台)

	配管反力 ( 二重管台 )					
	Ss5 地震					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	6125	9023	16161	9215	30875	8124
運転状態 II	6125	9023	16161	9215	30875	8124
	6125	9023	16161	9215	30875	8124
	6125	9023	16161	9215	30875	8124
運転状態 III	6125	9023	16161	9215	30875	8124
	6125	9023	16161	9215	30875	8124
運転状態 IV	6125	9023	16161	9215	30875	8124
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 5.7 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(二重管台)

	配管反力 ( 二重管台 )					
	Sd1-4_SdD 地震					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	3766	7042	9805	7079	18895	6370
運転状態 II	3766	7042	9805	7079	18895	6370
	3766	7042	9805	7079	18895	6370
運転状態 III	3766	7042	9805	7079	18895	6370
	3766	7042	9805	7079	18895	6370
運転状態 IV	3766	7042	9805	7079	18895	6370
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 5.8 表 Sd5 地震動 機械的荷重(二重管台)

	配管反力 ( 二重管台 )					
	Sd5 地震					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	4551	6710	12017	6526	22917	6078
運転状態 II	4551	6710	12017	6526	22917	6078
	4551	6710	12017	6526	22917	6078
運転状態 III	4551	6710	12017	6526	22917	6078
	4551	6710	12017	6526	22917	6078
運転状態 IV	4551	6710	12017	6526	22917	6078
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 5.9 表 機械的荷重(Ss1-4\_SsD 地震動)

	地震荷重	
	Ss1-4_SsD 地震動	
	伝熱管一本当たりのせん断力 ( N )	伝熱管一本当たりの曲げモーメント ( N・mm )
設計条件	-	-
運転状態 I	6.4	1215.6
運転状態 II	6.4	1215.6
	6.4	1215.6
	6.4	1215.6
運転状態 III	6.4	1215.6
	6.4	1215.6
運転状態 IV	6.4	1215.6
試験状態	-	-

第 5.10 表 機械的荷重(Ss5 地震動)

	地震荷重	
	Ss5 地震動	
	伝熱管一本当たりのせん断力 ( N )	伝熱管一本当たりの曲げモーメント ( N・mm )
設計条件	-	-
運転状態 I	7.3	1385.5
運転状態 II	7.3	1385.5
	7.3	1385.5
	7.3	1385.5
運転状態 III	7.3	1385.5
	7.3	1385.5
運転状態 IV	7.3	1385.5
試験状態	-	-

第 5.11 表 機械的荷重 (Sd1-4\_SdD 地震動)

	地震荷重	
	Sd1-4_SdD 地震動	
	伝熱管一本当たりのせん断力 ( N )	伝熱管一本当たりの曲げモーメント ( N・mm )
設計条件	-	-
運転状態 I	5.4	1038.9
運転状態 II	5.4	1038.9
	5.4	1038.9
	5.4	1038.9
運転状態 III	5.4	1038.9
	5.4	1038.9
運転状態 IV	5.4	1038.9
試験状態	-	-

第 5.12 表 機械的荷重 (Sd5 地震動)

	地震荷重	
	Sd5 地震動	
	伝熱管一本当たりのせん断力 ( N )	伝熱管一本当たりの曲げモーメント ( N・mm )
設計条件	-	-
運転状態 I	5.0	955.8
運転状態 II	5.0	955.8
	5.0	955.8
	5.0	955.8
運転状態 III	5.0	955.8
	5.0	955.8
運転状態 IV	5.0	955.8
試験状態	-	-

## 5.2 1次冷却材入口管台

### 5.2.1 形状、寸法及び材料

1次冷却材入口管台の形状、寸法及び材料を第5.13図に示す。

### 5.2.2 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第5.14図に示す。

### 5.2.3 応力評価

1次冷却材入口管台の応力評価結果を第5.13表から第5.24表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものであるが、「累積非弾性ひずみの制限(その2)」については、既往の設工認の地震動の応力分を差し引いたものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

#### (2) 座屈の防止(外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈)

本計算箇所は、外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈が発生するような有意な荷重を受ける部分ではない。



第 5.13 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器 1 次冷却材入口管台 B ループ

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	89	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	153	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	412	-	88	141	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	77	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	412	-	163	211	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	134	142	$K_t = 1.01$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	410	-	93	169	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	410	$1.00 \times 10$	84	276	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	410	-	175	253	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	410	$1.00 \times 10$	146	309	$K_t = 1.12$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	399 375	$1.05 \times 10^5$ $2.66 \times 10^3$	0.04	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	395	$2.90 \times 10^2$	0.51	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	399	-	95	284	$S_{mIV} = 2 S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	375	$1.40 \times 10$	84	285	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	399	-	177	427	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	375	$1.40 \times 10$	146	320	$K_t = 1.12$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	399 375	$1.05 \times 10^5$ $2.66 \times 10^3$	0.02	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	395	$2.90 \times 10^2$	0.54	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	120	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	203	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	219	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の通用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 5.14 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器 1 次冷却材入口管台 B ループ

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	89	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	153	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	412	-	87	141	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	77	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	412	-	159	211	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	134	142	$K_t = 1.01$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	410	-	92	169	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	410	$1.00 \times 10$	84	276	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	410	-	171	253	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	410	$1.00 \times 10$	146	309	$K_t = 1.12$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	399 375	$1.05 \times 10^5$ $2.66 \times 10^3$	0.04	1.00	B=1.0
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	395	$2.90 \times 10^2$	0.51	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	399	-	95	284	$S_{mIV} = 2 S_o/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	375	$1.40 \times 10$	84	285	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	399	-	178	427	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	375	$1.40 \times 10$	146	320	$K_t = 1.12$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	399 375	$1.05 \times 10^5$ $2.66 \times 10^3$	0.02	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	395	$2.90 \times 10^2$	0.54	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	119	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	202	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	215	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の通用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 5.15 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 2)

1 次加圧水冷却器 1 次冷却材入口管台 B ループ(地震動:Sd1-4\_SdD-S1)

( 1 / 4 ) パラメータ  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y$  の算定

算定項目		計算値 ( MPa )	備考
$T_i < T_o$ (°C)		336 398	
運転状態 I、II、 (T)	$\langle P_L + ( P_b / K_t ) \rangle_{\max}$	181	$S_{yc} = 241$ ( MPa )
	$X_1 = \langle P_L + ( P_b / K_t ) \rangle_{\max} / S_{yc}$	0.750	$T = 336$ (°C)
運転状態 I、II、 III、(T)	$\langle P_L^* + ( P_b^* / K_t ) \rangle_{\max}$	19	
	$\langle Q + Q^* \rangle_{R\max}$	116	
	$X_2 = \langle P_L^* + ( P_b^* / K_t ) \rangle_{\max} / S_{yc}$	0.079	$S_{yc} = 241$ ( MPa )
	$Y = \langle Q + Q^* \rangle_{R\max} / S_{yc}$	0.480	$T = 336$ (°C)

(1) (T)は試験状態を示す。

( 2 / 4 ) 領域の判定

評価項目	領域	許容領域
( $X_1$ , $Y$ )	$S_1$	E, $S_1$ , $S_2$ , P
( $X_1 + X_2$ , $Y$ )	$S_1$	

( 3 / 4 ) 促進クリープひずみと弾性追従ひずみの算定

算定項目	計算値 ( MPa )	備考
$Z^* \leq S_{yH} / S_{yc}$	0.83    0.98	$S_{yH} = 237$ (MPa)
$\sigma_c = 1.25 Z^* S_{yc}$	249	$T = 402$ (°C)
$\varepsilon_{Ec} = \sum ( \varepsilon_c ( \sigma_c ) )_i$	0.0079	399 (°C) $1.05 \times 10^5$ (hr) 395 (°C) $2.90 \times 10^2$ (hr) 375 (°C) $2.94 \times 10^3$ (hr)
$\varepsilon_{mEF}$	0.0	
$\varepsilon_{bEF}$	0.0	

(1) 備考の温度と時間は、促進クリープひずみを算定するに際しての 代表的な負荷サイクルにおける値である。

( 4 / 4 ) 累積非弾性ひずみの制限

評価項目	計算値	許容値
$\varepsilon_{Ec} + \varepsilon_{mEF} \leq 0.01$	0.0079	0.0100
$\varepsilon_{Ec} + \varepsilon_{mEF} + \varepsilon_{bEF} \leq 0.02$	0.0079	0.0200

※ 短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD と S<sub>1</sub>地震動の差分を付加して評価

第 5.16 表 Sd5 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 2)

1 次加圧水冷却器 1 次冷却材入口管台-ループ(地震動:Sd5-S1)

( 1 / 4 ) パラメータ  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y$  の算定

算定項目		計算値 ( MPa )	備考
$T_i < T_o$ (°C)		336 398	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_L + ( P_b / K_t ) \rangle_{\max}$	181	$S_{yc} = 241$ ( MPa )
	$X_1 = \langle P_L + ( P_b / K_t ) \rangle_{\max} / S_{yc}$	0.750	$T = 336$ (°C)
運転状態 I、II、III、 (T)	$\langle P_L^* + ( P_b^* / K_t ) \rangle_{\max}$	15	
	$\langle Q + Q^* \rangle_{R\max}$	116	
	$X_2 = \langle P_L^* + ( P_b^* / K_t ) \rangle_{\max} / S_{yc}$	0.063	$S_{yc} = 241$ ( MPa )
	$Y = \langle Q + Q^* \rangle_{R\max} / S_{yc}$	0.480	$T = 336$ (°C)

(1) (T)は試験状態を示す。

( 2 / 4 ) 領域の判定

評価項目	領域	許容領域
( $X_1$ , $Y$ )	$S_1$	E, $S_1$ , $S_2$ , P
( $X_1 + X_2$ , $Y$ )	$S_1$	

( 3 / 4 ) 促進クリープひずみと弾性追従ひずみの算定

算定項目	計算値 ( MPa )	備考
$Z^* \leq S_{yH} / S_{yc}$	0.82    0.98	$S_{yH} = 237$ (MPa)
$\sigma_c = 1.25 Z^* S_{yc}$	246	$T = 402$ (°C)
$\varepsilon_{Ec} = \sum ( \varepsilon_c ( \sigma_c ) )_i$	0.0080	399 (°C) $1.05 \times 10^5$ (hr) 395 (°C) $2.90 \times 10^2$ (hr) 375 (°C) $2.94 \times 10^3$ (hr)
$\varepsilon_{mEF}$	0.0	
$\varepsilon_{bEF}$	0.0	

(1) 備考の温度と時間は、促進クリープひずみを算定するに際しての 代表的な負荷サイクルにおける値である。

( 4 / 4 ) 累積非弾性ひずみの制限

評価項目	計算値	許容値
$\varepsilon_{Ec} + \varepsilon_{mEF} \leq 0.01$	0.0080	0.0100
$\varepsilon_{Ec} + \varepsilon_{mEF} + \varepsilon_{bEF} \leq 0.02$	0.0080	0.0200

※ 短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 と S1 地震動の差分を付加して評価

第 5.17 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器 1 次冷却材入口管台 B ループ(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	75 1065	0.000	0.349	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 5.18 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器 1 次冷却材入口管台 B ループ(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	76 1065	0.000	0.354	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価

第 5.19 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1)(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器 1 次冷却材入口管台 B ループ(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_{\varepsilon'} \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_{\varepsilon'} = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_{\varepsilon'}$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ ( MPa )	—	$K_e$	$S_e$ ( MPa )			
1C 03-Sd C	395	1	$1.195 \times 10^{-3}$	$4.657 \times 10^{-10}$	$3.918 \times 10^{-4}$	1.43	1.43	$2.103 \times 10^{-3}$	6028	0.000	B
1C 03 C	395	34	$1.043 \times 10^{-3}$	$4.657 \times 10^{-10}$	$3.816 \times 10^{-4}$	1.38	1.38	$1.819 \times 10^{-3}$	28100	0.001	B
C 3B 01	410	1	$1.004 \times 10^{-3}$	$2.572 \times 10^{-5}$	—	1.49	1.49	$1.532 \times 10^{-3}$	52800	0.000	B
1A 13 C	399	399	$9.207 \times 10^{-4}$	$8.129 \times 10^{-5}$	$2.567 \times 10^{-6}$	1.49	1.49	$1.495 \times 10^{-3}$	56000	0.007	C
C 3A 07	395	9	$9.114 \times 10^{-4}$	$4.072 \times 10^{-6}$	$7.622 \times 10^{-5}$	1.49	1.49	$1.436 \times 10^{-3}$	70000	0.000	B
C 2B 01	410	10	$9.415 \times 10^{-4}$	$1.176 \times 10^{-5}$	—	1.49	1.49	$1.417 \times 10^{-3}$	72000	0.000	B
C 2A 07	412	190	$9.197 \times 10^{-4}$	$1.114 \times 10^{-5}$	—	1.49	1.49	$1.385 \times 10^{-3}$	78900	0.002	B
1B 01 C	395	189	$9.210 \times 10^{-4}$	$3.020 \times 10^{-7}$	$2.674 \times 10^{-6}$	1.49	1.49	$1.374 \times 10^{-3}$	80800	0.002	C
C 2C 01	100	30	—	—	283	—	—	—	82000	0.000	D
Sd	412	200	$3.985 \times 10^{-4}$	—	—	1.00	1.00	$3.985 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
$K_T = 1.00 \quad D_f = \sum (n_i / N_{di}) = 0.015$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_e$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1C03-S1 C 及び S1 の  $\varepsilon_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価



第 5.20 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1) (評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器 1 次冷却材入口管台 B ループ(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon' \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_\varepsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_\varepsilon'$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ ( MPa )	—	$K_e$	$S_\theta$ ( MPa )			
1C 03-Sd C	395	1	$1.173 \times 10^{-3}$	$4.657 \times 10^{-10}$	$3.918 \times 10^{-4}$	1.43	1.43	$2.072 \times 10^{-3}$	6418	0.000	B
1C 03 C	395	34	$1.043 \times 10^{-3}$	$4.657 \times 10^{-10}$	$3.816 \times 10^{-4}$	1.38	1.38	$1.819 \times 10^{-3}$	28100	0.001	B
C 3B 01	410	1	$1.004 \times 10^{-3}$	$2.572 \times 10^{-5}$	—	1.49	1.49	$1.532 \times 10^{-3}$	52800	0.000	B
1A 13 C	399	399	$9.207 \times 10^{-4}$	$8.129 \times 10^{-5}$	$2.567 \times 10^{-6}$	1.49	1.49	$1.495 \times 10^{-3}$	56000	0.007	C
C 3A 07	395	9	$9.114 \times 10^{-4}$	$4.072 \times 10^{-6}$	$7.622 \times 10^{-5}$	1.49	1.49	$1.436 \times 10^{-3}$	70000	0.000	B
C 2B 01	410	10	$9.415 \times 10^{-4}$	$1.176 \times 10^{-5}$	—	1.49	1.49	$1.417 \times 10^{-3}$	72000	0.000	B
C 2A 07	412	190	$9.197 \times 10^{-4}$	$1.114 \times 10^{-5}$	—	1.49	1.49	$1.385 \times 10^{-3}$	78900	0.002	B
1B 01 C	395	189	$9.210 \times 10^{-4}$	$3.020 \times 10^{-7}$	$2.674 \times 10^{-6}$	1.49	1.49	$1.374 \times 10^{-3}$	80800	0.002	C
C 2C 01	100	30	—	—	283	—	—	—	82000	0.000	D
Sd	412	200	$3.769 \times 10^{-4}$	—	—	1.00	1.00	$3.769 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
$K_T = 1.00 \quad D_f = \sum ( n_i / N_{di} ) = 0.015$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_\theta$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1C03-S1 C 及び S1 の  $\varepsilon_n$  に Sd5 分を付加して評価

第 5.21 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器 1 次冷却材入口管台 B ループ(地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma (t/T_d)$	備考
1C 03-Sd C	198	399	$5.26 \times 10^2$	$2.05 \times 10^5$	0.006	C
1C 03 C	171	399	$1.79 \times 10^4$	$7.06 \times 10^5$	0.051	C
C 2C 01	171	399	$1.58 \times 10^4$	$7.06 \times 10^5$	0.045	C
C 3B 01	171	399	$5.26 \times 10^2$	$7.06 \times 10^5$	0.002	C
C 2B 01	171	399	$5.26 \times 10^3$	$7.06 \times 10^5$	0.015	C
1B 01 C	171	399	$9.93 \times 10^4$	$7.06 \times 10^5$	0.283	C
1A 13 C	171	399	$4.47 \times 10^4$	$7.06 \times 10^5$	0.128	C
1D 11 C	171	399	$7.88 \times 10^3$	$7.06 \times 10^5$	0.023	C
C 2A 07	171	399	$9.99 \times 10^4$	$7.06 \times 10^5$	0.285	C
C 3A 07	171	399	$4.73 \times 10^3$	$7.06 \times 10^5$	0.014	C
$D_{cN} = \Sigma ( D_{cN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.852$						

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min} [ 1.25S_y|_k, \text{Max} [ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_b + Q \rangle ] ]$

C :  $S_k = S_g$

※ (1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1C03-S1 C の  $S_k$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\varepsilon_t$	$\text{Max}(3\bar{S}_m/E, 2S_g/E)$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
1C 03-Sd C	$2.103 \times 10^{-3}$	$2.374 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
T= 399 (°C) $D_{cP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ (2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1C03-S1 C の  $\varepsilon_t$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 5.22 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器 1 次冷却材入口管台 B ループ(地震動:Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma (t/T_d)$	備考
1C 03-Sd C	194	399	$5.26 \times 10^2$	$2.37 \times 10^5$	0.005	C
1C 03 C	171	399	$1.79 \times 10^4$	$7.06 \times 10^5$	0.051	C
C 2C 01	171	399	$1.58 \times 10^4$	$7.06 \times 10^5$	0.045	C
C 3B 01	171	399	$5.26 \times 10^2$	$7.06 \times 10^5$	0.002	C
C 2B 01	171	399	$5.26 \times 10^3$	$7.06 \times 10^5$	0.015	C
1B 01 C	171	399	$9.93 \times 10^4$	$7.06 \times 10^5$	0.283	C
1A 13 C	171	399	$4.47 \times 10^4$	$7.06 \times 10^5$	0.128	C
1D 11 C	171	399	$7.88 \times 10^3$	$7.06 \times 10^5$	0.023	C
C 2A 07	171	399	$9.99 \times 10^4$	$7.06 \times 10^5$	0.285	C
C 3A 07	171	399	$4.73 \times 10^3$	$7.06 \times 10^5$	0.014	C
$D_{cN} = \Sigma ( D_{cN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.850$						

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min} [ 1.25S_y|_k, \text{Max} [ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_b + Q \rangle ] ]$

C :  $S_k = S_g$

※ (1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1C03-S1 C の  $S_k$  に Sd5 分を付加して評価

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\varepsilon_t$	$\text{Max}(3\bar{S}_m/E, 2S_g/E)$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
1C 03-Sd C	$2.072 \times 10^{-3}$	$2.374 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3 \bar{S}_m/E$
T= 399 (°C) $D_{cP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ (2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1C03-S1 C の  $\varepsilon_t$  に Sd5 分を付加して評価

第 5.23 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)

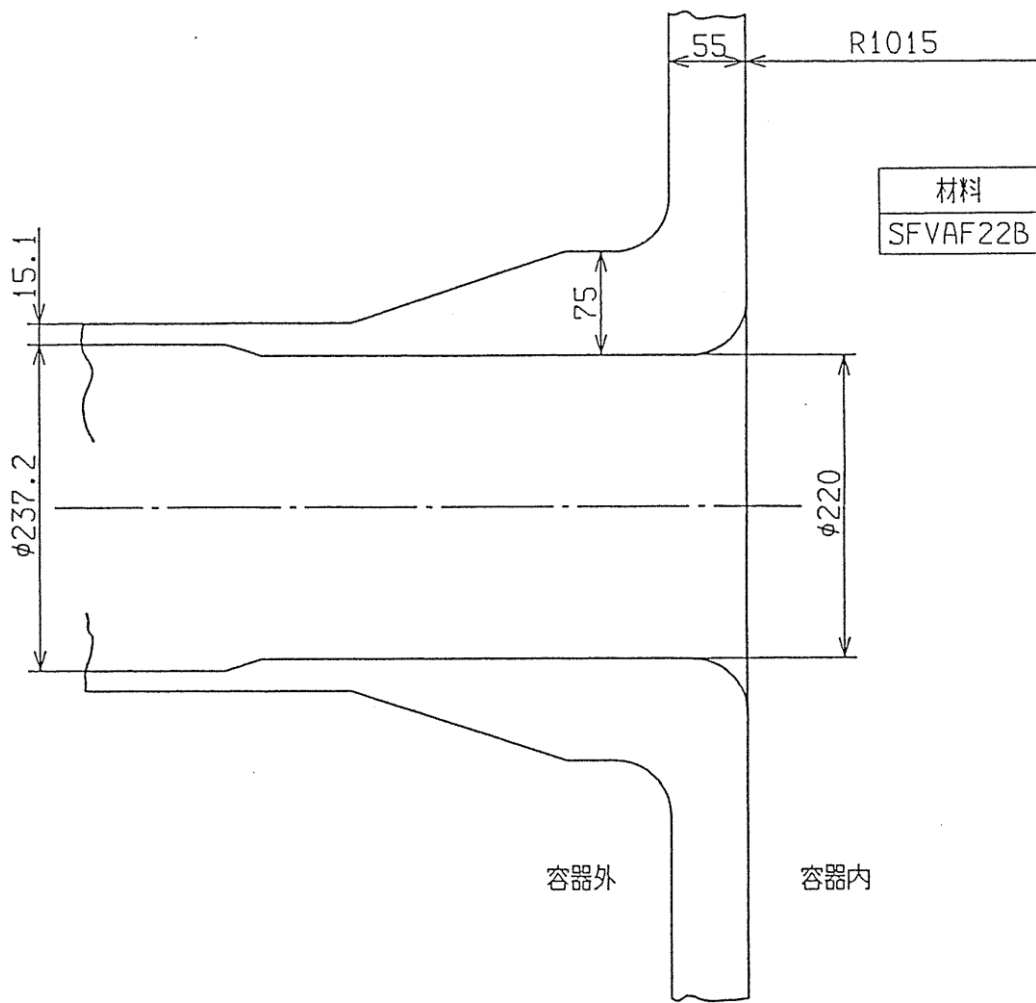
1 次加圧水冷却器 1 次冷却材入口管台 B ループ(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.015	0.852	0.87	0.91
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.852$ $D_{cp} = 0.000$				

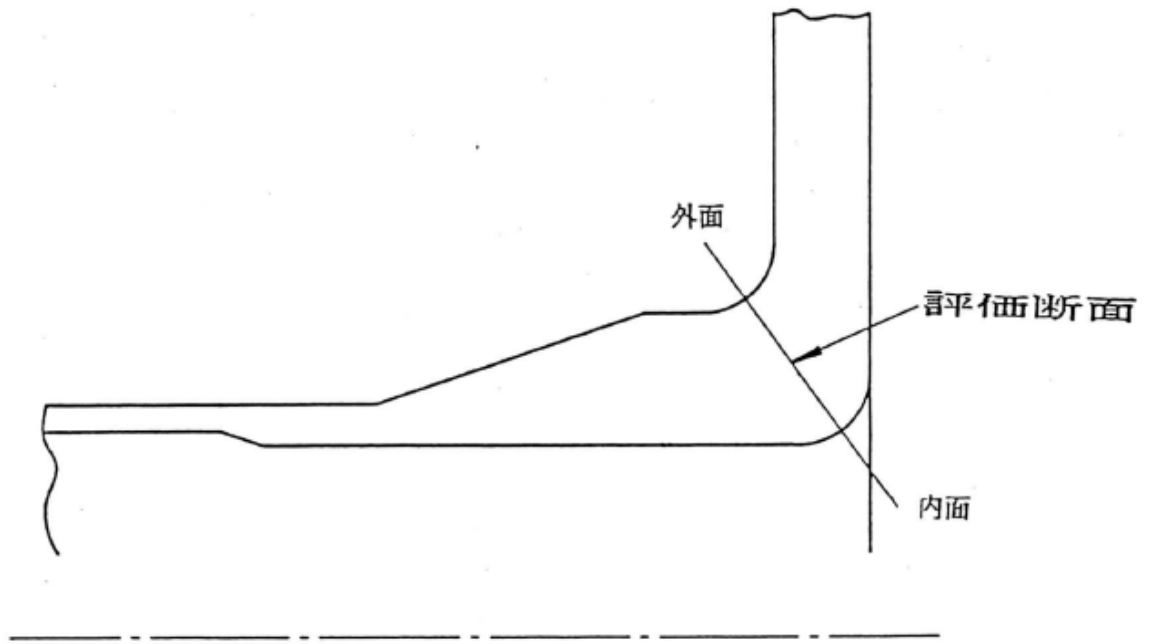
第 5.24 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器 1 次冷却材入口管台 B ループ(地震動:Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.015	0.850	0.87	0.91
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.850$ $D_{cp} = 0.000$				



第 5.13 図 形状、寸法及び材料



第 5.14 図 応力評価断面



### 5.3 二重管台

#### 5.3.1 形状、寸法及び材料

二重管台の形状、寸法及び材料を第 5.15 図に示す。

#### 5.3.2 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 5.16 図に示す。

#### 5.3.3 応力評価

二重管台の応力評価結果を第 5.25 表から第 5.36 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものであるが、「累積非弾性ひずみの制限(その 2)」については、既往の設工認の地震動の応力分を差し引いたものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

##### (1) 特別な応力制限

###### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

###### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

###### ③ 3 軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3 軸の主応力が接近することはない。

##### (2) 座屈の防止(外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈)

本計算箇所は、外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈が発生するような有意な荷重を受ける部分ではない。

第 5.25 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限 (評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器二重管台

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	90	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	122	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	432	-	88	138	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	78	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	432	-	125	207	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	105	149	$K_t = 1.06$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	432	-	93	165	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	432	1.50	85	271	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	432	-	134	249	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	432	1.50	114	311	$K_t = 1.15$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	399 430	$1.05 \times 10^5$ $3.80 \times 10^2$	0.04	1.00	B=1.0
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	425	$4.75 \times 10^2$	0.05	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	432	-	95	277	$S_{mIV} = 2 S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	432	1.50	85	276	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	432	-	139	416	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	432	1.50	116	316	$K_t = 1.15$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	399 430	$1.05 \times 10^5$ $3.80 \times 10^2$	0.02	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	432	$2.85 \times 10^2$	0.05	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	120	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	161	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	170	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の通用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 5.26 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限 (評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器二重管台

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	90	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	122	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	432	-	88	138	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	78	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	432	-	127	207	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	105	149	$K_t = 1.06$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	432	-	93	165	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	432	1.50	85	271	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	432	-	136	249	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	432	1.50	114	311	$K_t = 1.15$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	399 430	$1.05 \times 10^5$ $3.80 \times 10^2$	0.04	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	425	$4.75 \times 10^2$	0.05	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	432	-	96	277	$S_{mIV} = 2 S_o/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	432	1.50	85	276	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	432	-	143	416	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	432	1.50	116	316	$K_t = 1.15$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{ri} ) \leq B_R$	399 430	$1.05 \times 10^5$ $3.80 \times 10^2$	0.02	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{rbj} ) \leq 1.0$	432	$2.85 \times 10^2$	0.05	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	120	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	161	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	172	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の通用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 5.27 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 2)

1 次加圧水冷却器二重管台(地震動:Sd1-4\_SdD-S1)

( 1 / 4 ) パラメータ  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y$  の算定

算定項目	計算値 ( MPa )	備考
$T_i < T_o$ (°C)	354 398	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_L + ( P_b / K_t ) \rangle_{\max}$	152 $S_{yc} = 240$ ( MPa )
	$X_1 = \langle P_L + ( P_b / K_t ) \rangle_{\max} / S_{yc}$	0.630 $T = 354$ (°C)
運転状態 I、II、III、(T)	$\langle P_L^* + ( P_b^* / K_t ) \rangle_{\max}$	7
	$\langle Q + Q^* \rangle_{R\max}$	204
	$X_2 = \langle P_L^* + ( P_b^* / K_t ) \rangle_{\max} / S_{yc}$	0.028 $S_{yc} = 240$ ( MPa )
	$Y = \langle Q + Q^* \rangle_{R\max} / S_{yc}$	0.850 $T = 354$ (°C)

(1) (T)は試験状態を示す。

( 2 / 4 ) 領域の判定

評価項目	領域	許容領域
( $X_1$ , $Y$ )	$S_1$	E, $S_1$ , $S_2$ , P
( $X_1 + X_2$ , $Y$ )	$S_1$	

( 3 / 4 ) 促進クリープひずみと弾性追従ひずみの算定

算定項目	計算値 ( MPa )	備考
$Z^* \leq S_{yH} / S_{yc}$	0.78    0.98	$S_{yH} = 237$ (MPa)
$\sigma_c = 1.25 Z^* S_{yc}$	224	$T = 399$ (°C)
$\varepsilon_{Ec} = \sum ( \varepsilon_c ( \sigma_c ) )_i$	0.0073	399 (°C) $1.05 \times 10^5$ (hr) 430 (°C) $4.20 \times 10^2$ (hr) 432 (°C) $3.15 \times 10^2$ (hr)
$\varepsilon_{mEF}$	0.0	
$\varepsilon_{bEF}$	0.0	

(1) 備考の温度と時間は、促進クリープひずみを算定するに際しての 代表的な負荷サイクルにおける値である。

( 4 / 4 ) 累積非弾性ひずみの制限

評価項目	計算値	許容値
$\varepsilon_{Ec} + \varepsilon_{mEF} \leq 0.01$	0.0073	0.0100
$\varepsilon_{Ec} + \varepsilon_{mEF} + \varepsilon_{bEF} \leq 0.02$	0.0073	0.0200

※ 短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD と S<sub>1</sub> 地震動の差分を付加して評価

第 5.28 表 Sd5 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 2)

1 次加圧水冷却器二重管台(地震動:Sd5-S1)

( 1 / 4 ) パラメータ  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y$  の算定

算定項目		計算値 ( MPa )	備考
$T_i < T_o$ (°C)		354 398	
運転状態 I、II、 (T)	$\langle P_L + ( P_b / K_t ) \rangle_{\max}$	152	$S_{yc} = 240$ ( MPa )
	$X_1 = \langle P_L + ( P_b / K_t ) \rangle_{\max} / S_{yc}$	0.630	$T = 354$ (°C)
運転状態 I、II、 III、(T)	$\langle P_L^* + ( P_b^* / K_t ) \rangle_{\max}$	12	
	$\langle Q + Q^* \rangle_{R\max}$	204	
	$X_2 = \langle P_L^* + ( P_b^* / K_t ) \rangle_{\max} / S_{yc}$	0.048	$S_{yc} = 240$ ( MPa )
	$Y = \langle Q + Q^* \rangle_{R\max} / S_{yc}$	0.850	$T = 354$ (°C)

(1) (T) は試験状態を示す。

( 2 / 4 ) 領域の判定

評価項目	領域	許容領域
( $X_1$ , $Y$ )	$S_1$	E, $S_1$ , $S_2$ , P
( $X_1 + X_2$ , $Y$ )	$S_1$	

( 3 / 4 ) 促進クリープひずみと弾性追従ひずみの算定

算定項目	計算値 ( MPa )	備考
$Z^* \leq S_{yH} / S_{yc}$	0.76    0.98	$S_{yH} = 237$ (MPa)
$\sigma_c = 1.25 Z^* S_{yc}$	230	$T = 399$ (°C)
$\epsilon_{Ec} = \sum ( \epsilon_c ( \sigma_c ) )_i$	0.0082	399 (°C) $1.05 \times 10^5$ (hr) 430 (°C) $4.20 \times 10^2$ (hr) 432 (°C) $3.15 \times 10^2$ (hr)
$\epsilon_{mEF}$	0.0	
$\epsilon_{bEF}$	0.0	

(1) 備考の温度と時間は、促進クリープひずみを算定するに際しての 代表的な負荷サイクルにおける値である。

( 4 / 4 ) 累積非弾性ひずみの制限

評価項目	計算値	許容値
$\epsilon_{Ec} + \epsilon_{mEF} \leq 0.01$	0.0082	0.0100
$\epsilon_{Ec} + \epsilon_{mEF} + \epsilon_{bEF} \leq 0.02$	0.0082	0.0200

※ 短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 と S1 地震動の差分を付加して評価

第 5.29 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限 (評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器二重管台(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	432	43 1040	0.000	0.205	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 5.30 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限 (評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器二重管台(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	432	47 1040	0.000	0.223	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価



第 5.31 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1) (評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器二重管台(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\epsilon_t = K_{\epsilon'} \epsilon_n + K_{\epsilon_c} + K_T \epsilon_F \quad K_{\epsilon'} = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 ( °C )	回数 n	$\epsilon_n$	$\epsilon_c$	$\epsilon_F$	K	$K_{\epsilon'}$	$\epsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ ( MPa )	—	$K_e$	$S_e$ ( MPa )			
1C 04-Sd C	395	1	$1.520 \times 10^{-3}$	—	$2.463 \times 10^{-4}$	1.37	1.37	$2.331 \times 10^{-3}$	4165	0.000	B
1C 04 C	395	34	$1.413 \times 10^{-3}$	—	$2.463 \times 10^{-4}$	1.37	1.37	$2.183 \times 10^{-3}$	14300	0.002	B
C 3B 06	432	1	$8.426 \times 10^{-4}$	$3.783 \times 10^{-5}$	—	1.70	1.70	$1.500 \times 10^{-3}$	55000	0.000	B
C 2C 01	100	30	—	—	290	—	—	145	74100	0.000	D
C 3A 07	432	9	$7.803 \times 10^{-4}$	$1.934 \times 10^{-5}$	$5.907 \times 10^{-5}$	1.66	1.66	$1.386 \times 10^{-3}$	76200	0.000	B
C 2B 06	432	10	$7.911 \times 10^{-4}$	$2.162 \times 10^{-5}$	—	1.70	1.70	$1.381 \times 10^{-3}$	77400	0.000	B
1A 12 C	399	350	$7.465 \times 10^{-4}$	$2.906 \times 10^{-5}$	$2.590 \times 10^{-6}$	1.73	1.73	$1.345 \times 10^{-3}$	87000	0.004	C
1B 03 C	395	189	$7.513 \times 10^{-4}$	$9.360 \times 10^{-8}$	$8.078 \times 10^{-6}$	1.72	1.72	$1.299 \times 10^{-3}$	102000	0.002	C
C 2A 10	432	190	$7.768 \times 10^{-4}$	$1.911 \times 10^{-5}$	—	1.62	1.62	$1.288 \times 10^{-3}$	103000	0.002	B
1D 10 C	395	15	$7.426 \times 10^{-4}$	$8.901 \times 10^{-7}$	$2.915 \times 10^{-6}$	1.73	1.73	$1.292 \times 10^{-3}$	107000	0.000	B
Sd	432	200	$1.905 \times 10^{-4}$	—	—	1.00	1.00	$1.905 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
$K_T = 1.00 \quad D_f = \sum ( n_i / N_{di} ) = 0.012$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_e$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1C04-S2 C 及び S2 の  $\epsilon_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 5.32 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1) (評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器二重管台(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_{\varepsilon'} \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_{\varepsilon'} = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 (℃)	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_{\varepsilon'}$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ (MPa)	—	$K_e$	$S_e$ (MPa)			
1C 04-Sd C	395	1	$1.531 \times 10^{-3}$	—	$2.463 \times 10^{-4}$	1.37	1.37	$2.346 \times 10^{-3}$	4082	0.000	B
1C 04 C	395	34	$1.413 \times 10^{-3}$	—	$2.463 \times 10^{-4}$	1.37	1.37	$2.183 \times 10^{-3}$	14300	0.002	B
C 3B 06	432	1	$8.426 \times 10^{-4}$	$3.783 \times 10^{-5}$	—	1.70	1.70	$1.500 \times 10^{-3}$	55000	0.000	B
C 2C 01	100	30	—	—	290	—	—	145	74100	0.000	D
C 3A 07	432	9	$7.803 \times 10^{-4}$	$1.934 \times 10^{-5}$	$5.907 \times 10^{-5}$	1.66	1.66	$1.386 \times 10^{-3}$	76200	0.000	B
C 2B 06	432	10	$7.911 \times 10^{-4}$	$2.162 \times 10^{-5}$	—	1.70	1.70	$1.381 \times 10^{-3}$	77400	0.000	B
1A 12 C	399	350	$7.465 \times 10^{-4}$	$2.906 \times 10^{-5}$	$2.590 \times 10^{-6}$	1.73	1.73	$1.345 \times 10^{-3}$	87000	0.004	C
1B 03 C	395	189	$7.513 \times 10^{-4}$	$9.360 \times 10^{-8}$	$8.078 \times 10^{-6}$	1.72	1.72	$1.299 \times 10^{-3}$	102000	0.002	C
C 2A 10	432	190	$7.768 \times 10^{-4}$	$1.911 \times 10^{-5}$	—	1.62	1.62	$1.288 \times 10^{-3}$	103000	0.002	B
1D 10 C	395	15	$7.426 \times 10^{-4}$	$8.901 \times 10^{-7}$	$2.915 \times 10^{-6}$	1.73	1.73	$1.292 \times 10^{-3}$	107000	0.000	B
Sd	432	200	$2.014 \times 10^{-4}$	—	—	1.00	1.00	$2.014 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
$K_T = 1.00 \quad D_f = \Sigma (n_i / N_{di}) = 0.012$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_e$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1C04-S2 C 及び S2 の  $\varepsilon_n$  に Sd5 分を付加して評価

第 5.33 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器二重管台(地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma (t/T_d)$	備考
1C 04-Sd C	279	399	$8.34 \times 10^{-2}$	$8.28 \times 10^3$	0.001	B
1C 04 C	259	399	$2.84 \times 10$	$1.36 \times 10^4$	0.004	B
C 3B 06	168	399	$1.14 \times 10^2$	$8.30 \times 10^5$	0.001	C
C 2B 06	168	399	$9.30 \times 10^2$	$8.30 \times 10^5$	0.003	C
C 3A 07	168	399	$8.15 \times 10^2$	$8.30 \times 10^5$	0.002	C
C 1A 12	168	399	$1.05 \times 10^5$	$8.30 \times 10^5$	0.253	C
C 2A 10	168	399	$1.34 \times 10^3$	$8.30 \times 10^5$	0.004	C
1B 03 C	168	399	$1.89 \times 10^2$	$8.30 \times 10^5$	0.001	C
1D 10 C	168	399	$1.50 \times 10^2$	$8.30 \times 10^5$	0.001	C
$D_{cN} = \Sigma ( D_{cN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.270$						

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min} [ 1.25S_y|_k, \text{Max} [ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_b + Q \rangle ] ]$

C :  $S_k = S_g$

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\varepsilon_t$	$\text{Max}(3\bar{S}_m/E, 2S_g/E)$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
1C 04-Sd C	$2.331 \times 10^{-3}$	$2.357 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
T= 400 (°C) $D_{cP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ (1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1C04-S2 C の  $S_k$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ (2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1C04-S2 C の  $\varepsilon_t$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 5.34 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器二重管台(地震動:Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma (t/T_d)$	備考
1C 04-Sd C	281	399	$8.34 \times 10^{-2}$	$7.68 \times 10^3$	0.001	B
1C 04 C	259	399	$2.84 \times 10$	$1.36 \times 10^4$	0.004	B
C 3B 06	168	399	$1.14 \times 10^2$	$8.30 \times 10^5$	0.001	C
C 2B 06	168	399	$9.30 \times 10^2$	$8.30 \times 10^5$	0.003	C
C 3A 07	168	399	$8.15 \times 10^2$	$8.30 \times 10^5$	0.002	C
C 1A 12	168	399	$1.05 \times 10^5$	$8.30 \times 10^5$	0.253	C
C 2A 10	168	399	$1.34 \times 10^3$	$8.30 \times 10^5$	0.004	C
1B 03 C	168	399	$1.89 \times 10^2$	$8.30 \times 10^5$	0.001	C
1D 10 C	168	399	$1.50 \times 10^2$	$8.30 \times 10^5$	0.001	C
$D_{cN} = \Sigma ( D_{cN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.270$						

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min} [ 1.25S_y|_k, \text{Max} [ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_b + Q \rangle ] ]$

C :  $S_k = S_g$

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\varepsilon_t$	$\text{Max}(3\bar{S}_m/E, 2S_g/E)$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
1C 04-Sd C	$2.346 \times 10^{-3}$	$2.357 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
T= 400 (°C) $D_{cP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ (1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1C04-S2 C の  $S_k$  に Sd5 分を付加して評価

※ (2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1C04-S2 C の  $\varepsilon_t$  に Sd5 分を付加して評価

第 5.35 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 (評価断面-内面)

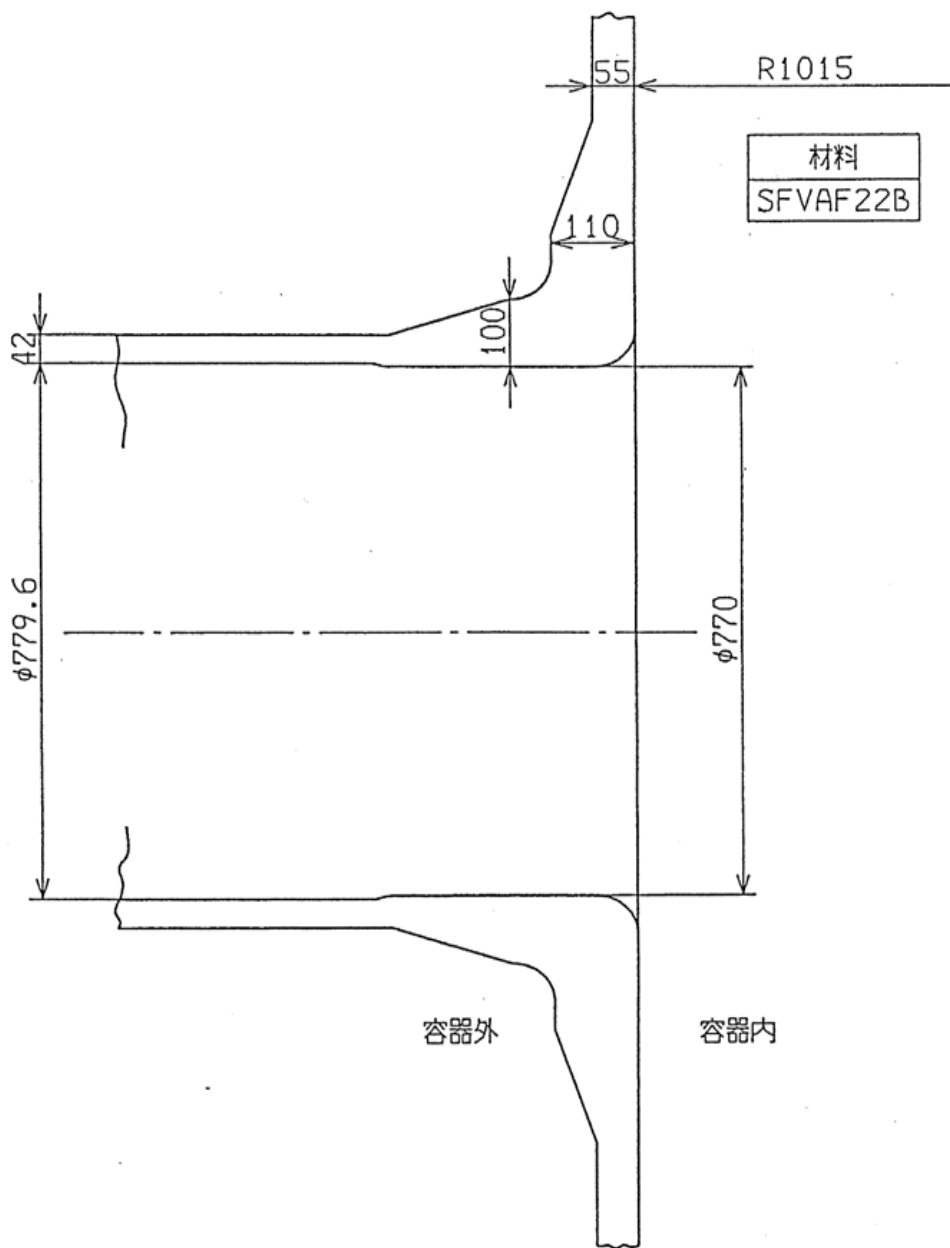
1 次加圧水冷却器二重管台(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.012	0.270	0.29	0.64
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.270$ $D_{cp} = 0.000$				

第 5.36 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 (評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器二重管台(地震動:Sd5)

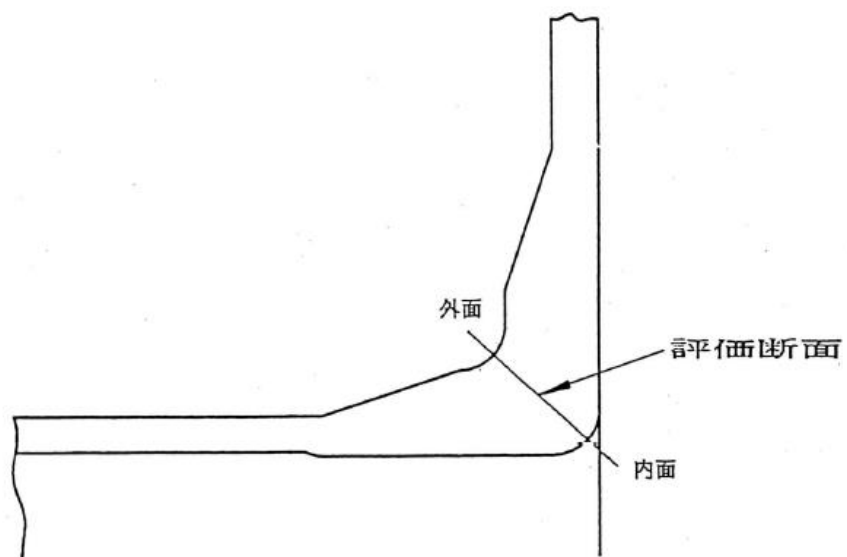
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.012	0.270	0.29	0.64
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.270$ $D_{cp} = 0.000$				



(単位：mm)

第 5.15 図 形状、寸法及び材料





第 5.16 図 応力評価断面

## 5.4 管板接合部

### 5.4.1 形状、寸法及び材料

管板接合部の形状、寸法及び材料を第 5.17 図に示す。

### 5.4.2 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 5.18 図に示す。

### 5.4.3 応力評価

管板接合部の応力評価結果を

第 5.37 表から第 5.51 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3 軸応力の制限

本計算箇所は、軸方向の温度による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3 軸の主応力が接近することはない。

#### (2) 座屈の防止(外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈)

本計算箇所は、外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈が発生するような有意な荷重を受ける部分ではない。

第 5.37 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器管板接合部

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	91	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	38	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	100	-	89	154	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	203	-	51	218	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	$K_t = -$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	203	-	88	174	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	203	-	53	262	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	$K_t = -$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	-	-	-	-	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	-	-	-	-	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	203	-	89	291	$S_{mIV} = 2 S_o/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	203	-	38	436	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	$K_t = -$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	-	-	-	-	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	-	-	-	-	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	114	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	47	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	47	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の通用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 5.38 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器管板接合部

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	91	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	38	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	100	-	90	154	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	203	-	51	218	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	$K_t = -$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	203	-	89	174	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	203	-	54	262	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	$K_t = -$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	-	-	-	-	$B=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	-	-	-	-	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	203	-	90	291	$S_{mIV} = 2 S_o/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	203	-	39	436	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	$K_t = -$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	-	-	-	-	$B_R=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	-	-	-	-	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	115	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	48	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	48	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の通用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 5.39 表 クリープ効果の判定(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器管板接合部

評価項目	計算値	判定値	判定
$2 \sum (t_i / t_{di}) \leq 0.1$	0.0	0.1	クリープ効果が顕著でない。
$\sum \varepsilon_i \leq 0.002$	0.0	0.002	

第 5.40 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次+二次応力の制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器管板接合部(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \overline{S_m} )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	備考
Sd	210	8 436	- -	- -	- -	
3A 06-Sd	203	- -	298 478	- -	- -	
C	40	- -	- -	- -	- -	
C	40	- -	294 478	- -	- -	
3A 06	203	- -	- -	- -	- -	
$S_{rH} = 219$ ( MPa )		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 及び 3A06-S2 の  $S_n^*$ 、 $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 5.41 表 Sd5 地震動 一次+二次応力の制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器管板接合部(地震動:Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \overline{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \overline{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \overline{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	210	9 436	- -	- -	- -	
3A 06-Sd	203	- -	299 478	- -	- -	
C	40	- -	- -	- -	- -	
C	40	- -	294 478	- -	- -	
3A 06	203	- -	- -	- -	- -	
$S_{rH} = 219$ ( MPa )		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 及び 3A06-S2 の  $S_n^*$ 、 $S_n$  に Sd5 分を付加して評価

第 5.42 表 Sd1-4\_SdD 地震動 熱応力ラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器管板接合部(地震動:Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
I、II、III 試験状態	$\sigma_s \leq S_y^2 / \sigma_p$	203	204	537	$\sigma_p / S_y = 0.45$

第 5.43 表 Sd5 地震動 熱応力ラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器管板接合部(地震動:Sd5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
I、II、III 試験状態	$\sigma_s \leq S_y^2 / \sigma_p$	203	204	537	$\sigma_p / S_y = 0.45$



第 5.44 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器管板接合部(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( ° C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	203	9 1094	0.000	0.041	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の Sn\*に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 5.45 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器管板接合部(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( ° C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	203	10 1094	0.000	0.045	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の Sn\*に Ss5 分を付加して評価

第 5.46 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器管板接合部(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> (MPa)	—	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> (MPa)			
3A 06-Sd C	203	1	297	—	294	—	—	147	205400	0.000	D
C 3A 06	203	8	293	—	290	—	—	145	65300	0.000	D
C 2A 05	204	190	206	—	205	—	—	103	258000	0.001	D
1C 03 C	203	35	206	—	204	—	—	102	267000	0.000	D
1D 10 C	204	15	200	—	199	—	—	100	297000	0.000	D
1A 12 C	210	201	198	—	196	—	—	98	314000	0.001	D
C 3B 01	203	1	182	—	181	—	—	91	503000	0.000	D
1B 02 C	203	189	181	—	180	—	—	90	522000	0.000	D
C 2B 01	203	10	181	—	180	—	—	90	523000	0.000	D
Sd	210	200	8	—	8	—	—	4	1000000	0.000	D
$K_T = 1.00$ $D_f = \sum (n_i / N_{di}) = 0.003$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 3A06-S2 及び S2 の S<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 5.47 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器管板接合部(地震動:Sd5)

$$\epsilon_t = K_\epsilon \epsilon_n + K_T \epsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (℃)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> (MPa)	—	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> (MPa)			
3A 06-Sd C	203	1	298	—	295	—	—	148	202591	0.000	D
C 3A 06	203	8	293	—	290	—	—	145	65300	0.000	D
C 2A 05	204	190	206	—	205	—	—	103	258000	0.001	D
1C 03 C	203	35	206	—	204	—	—	102	267000	0.000	D
1D 10 C	204	15	200	—	199	—	—	100	297000	0.000	D
1A 12 C	210	201	198	—	196	—	—	98	314000	0.001	D
C 3B 01	203	1	182	—	181	—	—	91	503000	0.000	D
1B 02 C	203	189	181	—	180	—	—	90	522000	0.000	D
C 2B 01	203	10	181	—	180	—	—	90	523000	0.000	D
Sd	210	200	9	—	9	—	—	5	1000000	0.000	D
$K_T = 1.00$ $D_f = \sum (n_i / N_{di}) = 0.003$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 3A06-S2 及び S2 の S<sub>n</sub> に Sd5 分を付加して評価

第 5.48 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 3) (評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器管板接合部(地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^*D^*$	備考
3A 06-Sd C	297	689	0	0.0	0.0	$S_g = 430$ (MPa) $T = 375$ (°C)
$D_{c2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.0$ ( $D_0^* = 0.0$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.0$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
3A 06-Sd C	$1.492 \times 10^{-3}$	$4.360 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3 \bar{S}_m/E$
$T = 375$ (°C) $D_{cP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ (1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 3A06-S2 C の  $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ (2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 3A06-S2 C の  $\epsilon_t$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 5.49 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器管板接合部(地震動:Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
3A 06-Sd C	298	689	0	0.0	0.0	$S_g = 430$ (MPa) $T = 375$ (°C)
$D_{c2} = D_0^* + \sum ( D_i^* ) = 0.0$ ( $D_0^* = 0.0$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.0$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
3A 06-Sd C	$1.498 \times 10^{-3}$	$4.360 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3 \bar{S}_m/E$
$T = 375$ (°C) $D_{cP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ (1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 3A06-S2 C の  $S_n$  に Sd5 分を付加して評価

※ (2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 3A06-S2 C の  $\epsilon_t$  に Sd5 分を付加して評価

第 5.50 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器管板接合部(地震動:Sd1-4\_SdD)

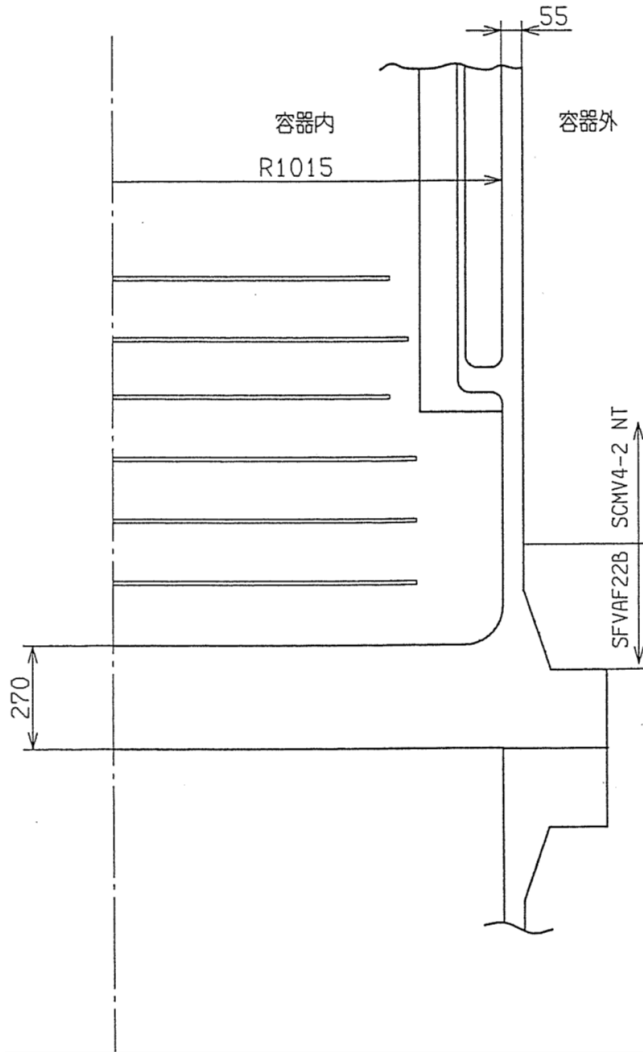
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.003	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cp} = 0.000$				

第 5.51 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器管板接合部(地震動:Sd5)

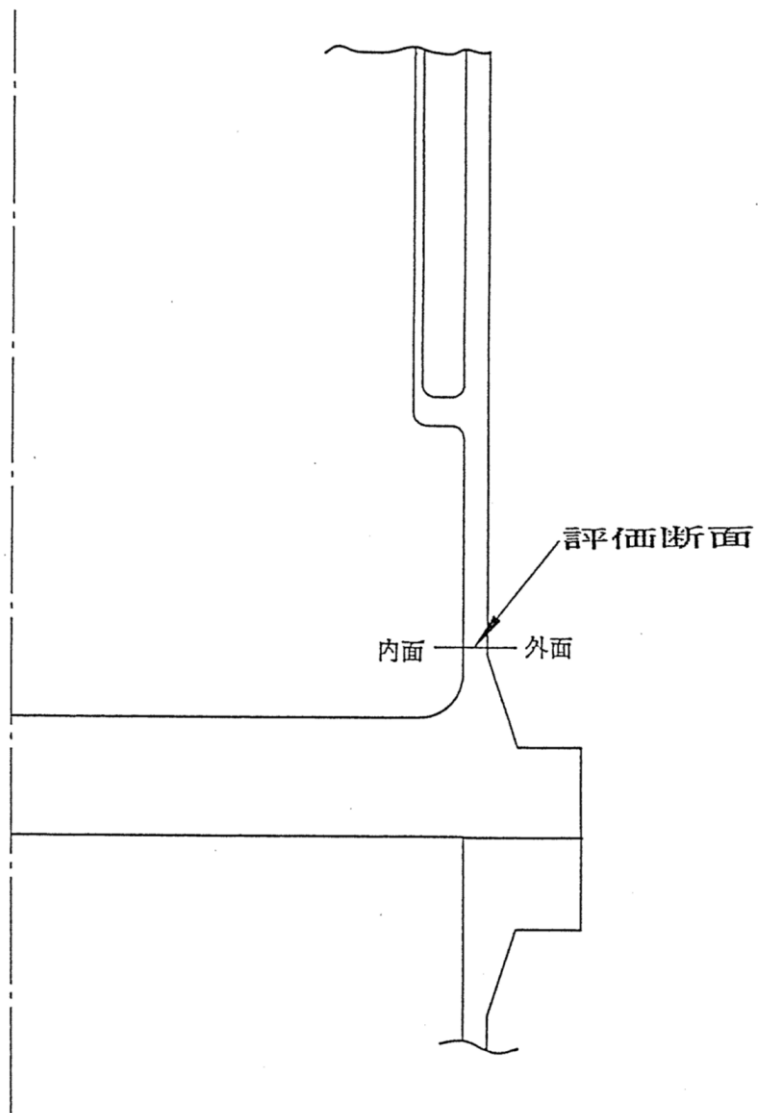
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.003	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cp} = 0.000$				

材 料	
胴 部	SCMV4-2 NT
管板部	SFVAF22B



(単位：mm)

第 5.17 図 形状、寸法及び材料



第 5.18 図 応力評価断面



## 5.5 伝熱管

### 5.5.1 形状、寸法及び材料

伝熱管の形状、寸法及び材料を第 5.19 図に示す。

### 5.5.2 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 5.20 図に示す。

### 5.5.3 応力評価

伝熱管の応力評価結果を第 5.52 表から第 5.70 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3 軸応力の制限

本計算箇所は、板厚向の温度差による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3 軸の主応力が接近することはない。

第 5.52 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器伝熱管 ID92

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	380	-	22	107	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	380	-	27	162	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	100	-	22	137	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	27	205	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	$K_t = -$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	420	-	5	128	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	600	1.77	4	150	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	420	-	27	193	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	600	1.77	5	187	$K_t = 1.24$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	600 425	1.77 2.10×10	0.01	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	500	7.65	0.01	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	420	-	22	256	$S_{mIV} = 2 S_o/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	420	-	27	385	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	$K_t = -$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	600 550	1.77 6.86	0.01	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	425	2.10×10	0.01	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	28	154	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	28	232	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	35	232	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を表す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 5.53 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器伝熱管 ID92

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	380	-	22	107	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	380	-	27	162	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	100	-	22	137	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	27	205	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	$K_t = -$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	420	-	5	128	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	600	1.77	4	150	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	420	-	27	193	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	600	1.77	5	187	$K_t = 1.24$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	600 425	1.77 2.10×10	0.01	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	500	7.65	0.01	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	420	-	22	256	$S_{mIV} = 2 S_o/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	420	-	27	385	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	$K_t = -$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{ri}) \leq B_R$	600 550	1.77 6.86	0.01	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{rbj}) \leq 1.0$	425	2.10×10	0.01	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	28	154	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	28	232	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	35	232	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を表す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 5.54 表 クリープ効果の判定(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器伝熱管 ID92

運転状態 I、II、III、T

評価項目	計算値	許容値	判定
$2 \sum (t_i / t_{di}) \leq 0.1$	0.002	0.1	クリープ効果が顕著でない。
$\sum \varepsilon_i \leq 0.002$	$5.00 \times 10^{-5}$	0.002	

第 5.55 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次+二次応力の制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器伝熱管 ID92(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 (°C)	$S_n^* \leq 3 S_{mh}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s (3 \bar{S}_m)$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	600	5 305	- -	- -	- -	
1A 12-Sd	126	- -	319 344	- -	- -	
2C 01	100	- -	- -	- -	- -	
$S_{rh} = 139$ ( MPa )		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 及び 1A12-S2 の  $S_n^*$ 、 $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 5.56 表 Sd5 地震動 一次+二次応力の制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器伝熱管 ID92(地震動:Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 (°C)	$S_n^* \leq 3 S_{mh}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s (3 \bar{S}_m)$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	600	5 305	- -	- -	- -	
1A 12-Sd	126	- -	319 344	- -	- -	
2C 01	100	- -	- -	- -	- -	
$S_{rh} = 138$ ( MPa )		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 及び 1A12-S2 の  $S_n^*$ 、 $S_n$  に Sd5 分を付加して評価

第 5.57 表 Sd1-4\_SdD 地震動 熱応力ラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器伝熱管 ID92(地震動:Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
I、II、III 試験状態	$\sigma_s \leq (1.5S_m)^2 / \sigma_p$	600	329	883	$\sigma_p / (1.5S_m) = 0.17$

第 5.58 表 Sd5 地震動 熱応力ラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器伝熱管 ID92(地震動:Sd5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
I、II、III 試験状態	$\sigma_s \leq (1.5S_m)^2 / \sigma_p$	600	329	883	$\sigma_p / (1.5S_m) = 0.17$

第 5.59 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器伝熱管 ID92(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	420	5 802	0.000	0.031	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 5.60 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器伝熱管 ID92(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	420	5 802	0.000	0.031	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価

第 5.61 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器伝熱管 ID92(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> (MPa)	—	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> (MPa)			
1A 12-Sd 3A 11	600	1	310	2.074×10 <sup>-3</sup>	8.668×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	2.161×10 <sup>-3</sup>	1663	0.001	C
1A 12 3A 11	600	8	306	2.052×10 <sup>-3</sup>	8.668×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	2.139×10 <sup>-3</sup>	1630	0.005	C
1A 12 2C 01	145	30	315	—	335	—	—	—	1000000	0.000	D
C 2A 01	420	190	274	—	292	—	—	—	1000000	0.000	D
C 2B 01	420	10	269	—	290	—	—	—	1000000	0.000	D
C 3B 01	420	1	269	—	290	—	—	—	1000000	0.000	D
1A 12 C	145	160	291	—	311	—	—	—	1000000	0.000	D
1C 05 C	129	50	292	—	312	—	—	—	1000000	0.000	D
1B 02 C	129	189	271	—	291	—	—	—	1000000	0.000	D
Sd	600	200	5	3.158×10 <sup>-5</sup>	—	1.00	1.00	3.158×10 <sup>-5</sup>	1000000	0.000	A
K <sub>T</sub> = 1.00                      D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.006											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 2 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1A12-S2 及び S2 の S<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価



第 5.62 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器伝熱管 ID92(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (℃)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	Sp (MPa)	—	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> (MPa)			
1A 12-Sd 3A 11	600	1	310	2.074×10 <sup>-3</sup>	8.668×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	2.161×10 <sup>-3</sup>	1663	0.001	C
1A 12 3A 11	600	8	306	2.052×10 <sup>-3</sup>	8.668×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	2.139×10 <sup>-3</sup>	1630	0.005	C
1A 12 2C 01	145	30	315	—	335	—	—	—	1000000	0.000	D
C 2A 01	420	190	274	—	292	—	—	—	1000000	0.000	D
C 2B 01	420	10	269	—	290	—	—	—	1000000	0.000	D
C 3B 01	420	1	269	—	290	—	—	—	1000000	0.000	D
1A 12 C	145	160	291	—	311	—	—	—	1000000	0.000	D
1C 05 C	129	50	292	—	312	—	—	—	1000000	0.000	D
1B 02 C	129	189	271	—	291	—	—	—	1000000	0.000	D
Sd	600	200	5	3.158×10 <sup>-5</sup>	—	1.00	1.00	3.158×10 <sup>-5</sup>	1000000	0.000	A
K <sub>T</sub> = 1.00                      D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.006											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 2 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1A12-S2 及び S2 の S<sub>n</sub> に Sd5 分を付加して評価

第 5.63 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-内面)  
1 次加圧水冷却器伝熱管 ID92(地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\overline{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^*D^*$	備考
1A 12-Sd 3A 11	310	454	0	0.0	0.0	$S_g = 249$ ( MPa ) $T = 600$ (°C)
$D_{C2} = D_{o^*} + \sum ( D_{i^*} ) = 0.0$ ( $D_{o^*} = 0.0$ ) $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300$ ( $D_{C1} = 0.3$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\overline{S}_m$  を超えた回数を示す。

※ (1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1A12-S2 3A11 の  $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
1A 12-Sd 3A 11	$2.161 \times 10^{-3}$	$3.333 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\overline{S}_m/E$
$T = 600$ (°C) $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ (2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1A12-S2 3A11 の  $\epsilon_t$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 5.64 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 3) (評価断面-内面)

1 次加圧水冷却器伝熱管 ID92(地震動:Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^*D^*$	備考
1A 12-Sd 3A 11	310	454	0	0.0	0.0	$S_g = 248$ ( MPa ) $T = 600$ (°C)
$D_{C2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.0$			$( D_o^* = 0.0 )$			
$D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300$			$( D_{C1} = 0.3 )$			

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

※ (1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1A12-S2 3A11 の  $S_n$  に Sd5 分を付加して評価

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
1A 12-Sd 3A 11	$2.161 \times 10^{-3}$	$3.333 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
$T = 600$ (°C)		$D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$				

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ (2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1A12-S2 3A11 の  $\epsilon_t$  に Sd5 分を付加して評価

第 5.65 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷係数の制限(評価断面-内面)  
1 次加圧水冷却器伝熱管 ID92(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.006	0.300	0.31	0.60
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.300$ $D_{cp} = 0.000$				

第 5.66 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷係数の制限(評価断面-内面)  
1 次加圧水冷却器伝熱管 ID92(地震動:Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.006	0.300	0.31	0.60
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.300$ $D_{cp} = 0.000$				

第 5.67 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

1 次加圧水冷却器伝熱管 ID92(地震動:Ss1-4\_SsD)

( 1 / 2 ) 外圧に対する制御

運転状態	評価項目	温度 (℃)	作用外圧 ( MPa )	許容外圧 ( MPa )	備考
IV	$P_a = ( 2.167t / D_o - 0.0833 ) B \times 1.5$	420	5	15	B=760

( 2 / 2 ) 圧縮及び曲げ座屈の防止

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件、I、 II、III IV、試験状態	$F_c/A + D_o M / (2yI) \leq S_y / f_B$	380	49	71	$y = 1.30$ $f_B = 1.67$

第 5.68 表 Ss5 地震動 座屈の防止

1 次加圧水冷却器伝熱管 ID92(地震動:Ss5)

( 1 / 2 ) 外圧に対する制御

運転状態	評価項目	温度 (℃)	作用外圧 ( MPa )	許容外圧 ( MPa )	備考
IV	$P_a = ( 2.167t / D_o - 0.0833 ) B \times 1.5$	420	5	15	B=760

( 2 / 2 ) 圧縮及び曲げ座屈の防止

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件、I、 II、III IV、試験状態	$F_c/A + D_o M / (2yI) \leq S_y / f_B$	380	49	71	$y = 1.30$ $f_B = 1.67$

第 5.69 表 Sd1-4\_SdD 地震動 座屈の防止

1 次加圧水冷却器伝熱管 ID92(地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 ) 外圧に対する制御

運転状態	評価項目	温度 (°C)	作用外圧 ( MPa )	許容外圧 ( MPa )	備考
I、II	$P_a = ( 2.167t / D_o - 0.0833 ) B$	100	5	13	B=960
III	$P_a = ( 2.167t / D_o - 0.0833 ) B \times 1.2$	600	4	10	B=650
試験状態	$P_a = ( 2.167t / D_o - 0.0833 ) B \times 1.35$	100	6	17	B=960

( 2 / 2 ) 圧縮及び曲げ座屈の防止

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件、I、 II、III IV、試験状態	$F_c/A + D_o M / (2yI) \leq S_y / f_B$	380	49	71	$y = 1.30$ $f_B = 1.67$

第 5.70 表 Sd5 地震動 座屈の防止

1 次加圧水冷却器伝熱管 ID92(地震動:Sd5)

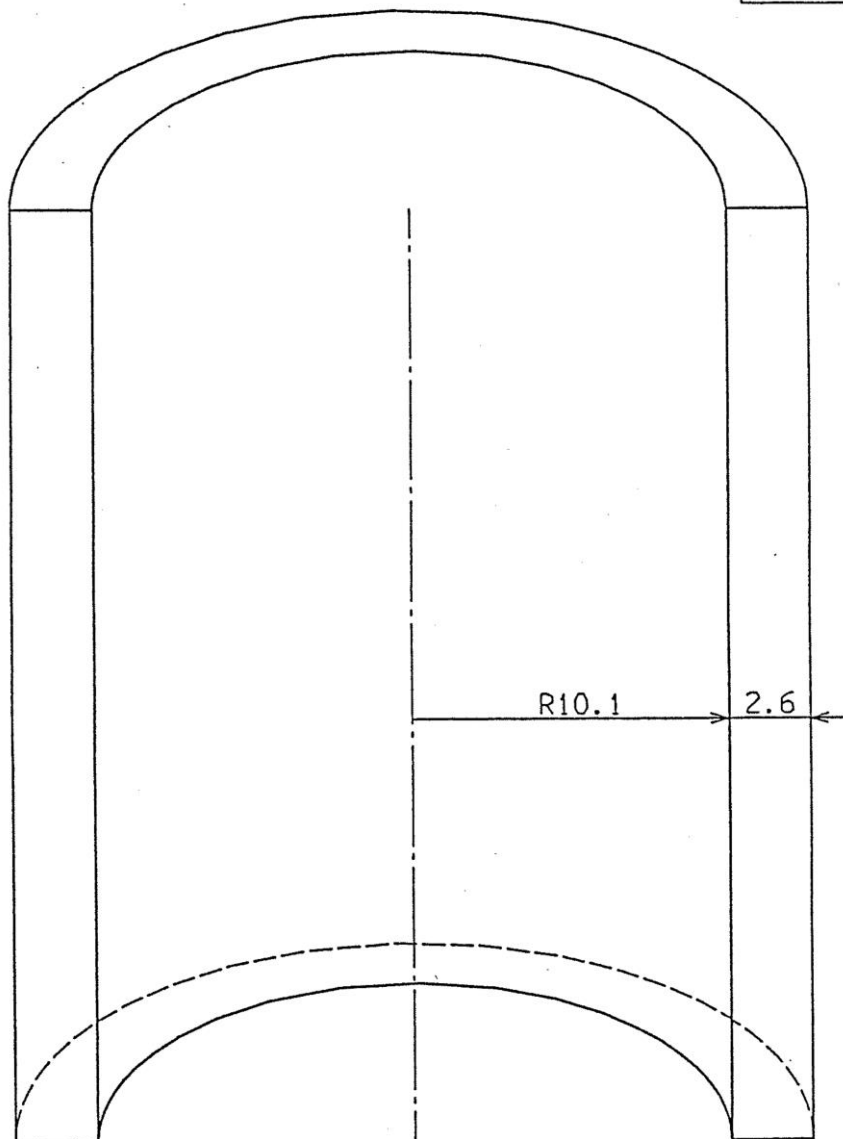
( 1 / 2 ) 外圧に対する制御

運転状態	評価項目	温度 (°C)	作用外圧 ( MPa )	許容外圧 ( MPa )	備考
I、II	$P_a = ( 2.167t / D_o - 0.0833 ) B$	100	5	13	B=960
III	$P_a = ( 2.167t / D_o - 0.0833 ) B \times 1.2$	600	4	10	B=650
試験状態	$P_a = ( 2.167t / D_o - 0.0833 ) B \times 1.35$	100	6	17	B=960

( 2 / 2 ) 圧縮及び曲げ座屈の防止

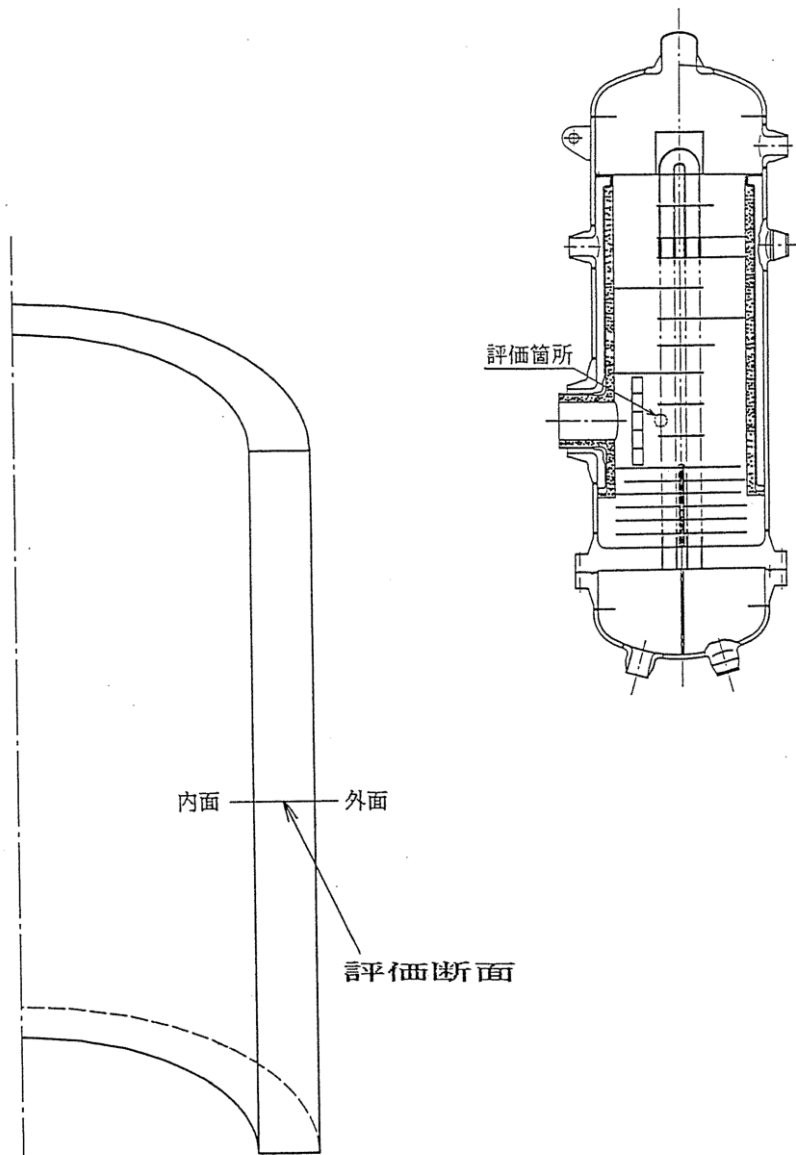
運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件、I、 II、III IV、試験状態	$F_c/A + D_o M / (2yI) \leq S_y / f_B$	380	49	71	$y = 1.30$ $f_B = 1.67$

材 料
SUS321TB



(単位 : mm)

第 5.19 図 形状、寸法及び材料

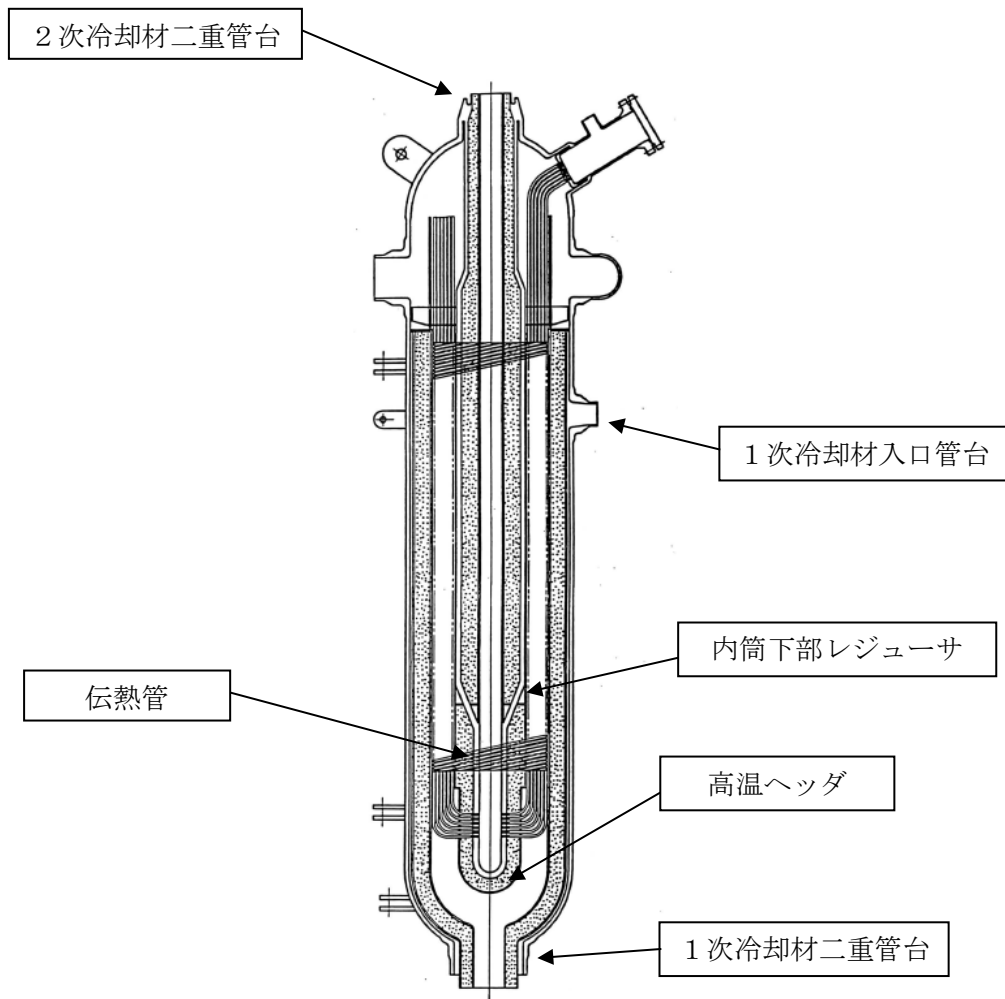


第 5.20 図 応力評価断面



## 6. 中間熱交換器

本評価は、中間熱交換器の耐震健全性を確認するものである。中間熱交換器の耐震評価は、「Ⅲ-イ-2 高温ガス炉第1種容器の強度計算書作成の基本方針」（設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)及び「Ⅲ-イ-8 中間熱交換器の強度計算書」（設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)に基づいて実施する。評価箇所を第6.1図に示す。



第6.1図 中間熱交換器の評価箇所

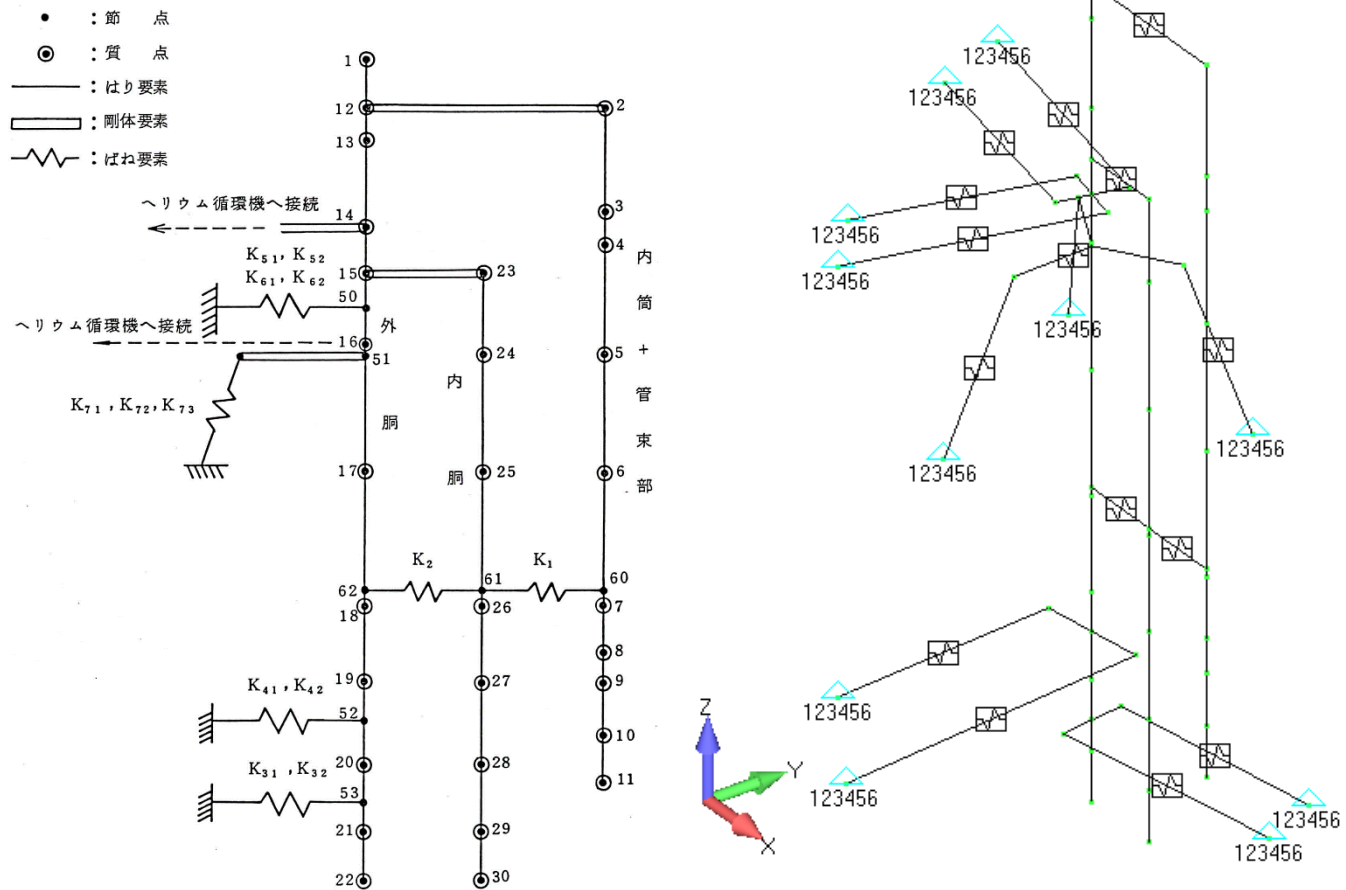
## 6.1 解析条件

中間熱交換器のはりモデルは1次ヘリウム二重管に組み込み、解析を実施した。

なお、各部位の断面力分布については、3. 1次ヘリウム配管(二重管)を参照のこと。

1次ヘリウム配管(二重管)に組み込んだモデルを第6.2図に示す。1次冷却材二重管台、2次冷却材二重管台、1次冷却材入口管台、伝熱管、内筒下部レジューサ及び高温ヘッダに対して、地震動を入力とした1次ヘリウム配管(二重管)の解析から得られた当該部の配管反力を付与し、静的弾性解析を行い、応力評価を実施した。

なお、解析コードには「FINAS(伊藤忠テクノソリューションズ株式会社)」を用いた。



第 6.2 図 中間熱交換器 はりモデル

## 6.2 1次冷却材二重管台

### 6.2.1 形状、寸法及び材料

1次冷却材二重管台の形状、寸法及び材料を第6.3図に示す。

### 6.2.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第6.1表から第6.4表に示す。自重等の荷重値は、「Ⅲ-イ-8 中間熱交換器の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)を参照した。

### 6.2.3 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第6.4図に示す。

### 6.2.4 応力評価

1次冷却材二重管台の応力評価結果を第6.5表から第6.16表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

#### (2) 座屈の防止(外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈)

本計算箇所は、外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈が発生するような有意な荷重を受ける部分ではない。

第 6.1 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(1次冷却材二重管台)

	配管反力 ( 1次冷却材二重管台 )					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	7010	4300	2693	8128	9496	19124
運転状態 II	7010	4300	2693	8128	9496	19124
	7010	4300	2693	8128	9496	19124
	7010	4300	2693	8128	9496	19124
運転状態 III	7010	4300	2693	8128	9496	19124
	7010	4300	2693	8128	9496	19124
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 6.2 表 Ss5 地震動 機械的荷重(1次冷却材二重管台)

	配管反力 ( 1次冷却材二重管台 )					
	Ss5 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	9057	5202	2262	10170	9591	23909
運転状態 II	9057	5202	2262	10170	9591	23909
	9057	5202	2262	10170	9591	23909
	9057	5202	2262	10170	9591	23909
運転状態 III	9057	5202	2262	10170	9591	23909
	9057	5202	2262	10170	9591	23909
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 6.3 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(1次冷却材二重管台)

	配管反力 ( 1次冷却材二重管台 )					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	5605	3614	1781	7161	7064	17366
運転状態 II	5605	3614	1781	7161	7064	17366
	5605	3614	1781	7161	7064	17366
	5605	3614	1781	7161	7064	17366
運転状態 III	5605	3614	1781	7161	7064	17366
	5605	3614	1781	7161	7064	17366
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 6.4 表 Sd5 地震動 機械的荷重(1次冷却材二重管台)

	配管反力 ( 1次冷却材二重管台 )					
	Sd5 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	6798	4336	1720	8860	7909	21526
運転状態 II	6798	4336	1720	8860	7909	21526
	6798	4336	1720	8860	7909	21526
	6798	4336	1720	8860	7909	21526
運転状態 III	6798	4336	1720	8860	7909	21526
	6798	4336	1720	8860	7909	21526
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 6.5 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限(評価断面-内面)

中間熱交換器 1 次冷却材二重管台内面

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考	
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	56	114		
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	83	172		
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	100	-	64	154		
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	409	$1.00 \times 10$	53	276		
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	100	231		$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	409	$1.00 \times 10$	85	325		$K_t = 1.17$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	409	-	64	169		
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	409	$1.00 \times 10$	53	276		
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	409	-	105	253		$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	409	$1.00 \times 10$	85	325		$K_t = 1.17$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	398	$8.75 \times 10^4$	0.04	1.00	$B=1.0$	
		409	$1.51 \times 10^4$				
運転状態 IV	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	398	$6.15 \times 10^3$	0.04	1.00		
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	409	-	65	282	$S_{mIV} = 2 S_o/3$	
		409	$8.00 \times 10$	53	257		
		409	-	106	424		$K_s = 1.50$
		409	$8.00 \times 10$	83	302		$K_t = 1.17$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9 S_y$	100	-	81	241		
		100	-	111	361		
試験状態	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35 S_y$	100	-	121	361		
		100	-	121	361		

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 6.6 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限(評価断面-内面)

中間熱交換器 1 次冷却材二重管台内面

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	56	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	83	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	100	-	66	154	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	409	1.00×10	53	276	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	108	231	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	409	1.00×10	85	325	$K_t = 1.17$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	409	-	66	169	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	409	1.00×10	53	276	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	409	-	114	253	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	409	1.00×10	85	325	$K_t = 1.17$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	398 409	$8.75 \times 10^4$ $1.51 \times 10^4$	0.04	1.00	$B = 1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	398	$6.15 \times 10^3$	0.04	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	409	-	68	282	$S_{mIV} = 2 S_o/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	409	8.00×10	53	257	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	409	-	111	424	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	409	8.00×10	83	302	$K_t = 1.17$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	398 409	$8.75 \times 10^4$ $1.51 \times 10^4$	0.02	1.00	$B_R = 1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	398	$6.15 \times 10^3$	0.02	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	83	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	113	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	130	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価



第 6.7 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限(評価断面-内面)

中間熱交換器 1 次冷却材二重管台内面(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 398$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 120 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( °C )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ ( MPa )	$P' + Q' \leq S_a$ ( MPa )	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度( °C )
2A01-Sd C	398 20	70	190 275	( S <sub>yH'</sub> + S <sub>yc'</sub> ) / 2	398 20

※ 既往の設工認負荷サイクル 2A01-S1 C の P' に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 6.8 表 Sd5 地震動 Sa の制限(評価断面-内面)

中間熱交換器 1 次冷却材二重管台内面(地震動:Sd5)

$$T_o = 398$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 125 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( °C )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ ( MPa )	$P' + Q' \leq S_a$ ( MPa )	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度( °C )
2A01-Sd C	398 20	70	195 275	( S <sub>yH'</sub> + S <sub>yc'</sub> ) / 2	398 20

※ 既往の設工認負荷サイクル 2A01-S1 C の P' に Sd5 分を付加して評価

第 6.9 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

中間熱交換器 1 次冷却材二重管台内面(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	409	56 1060	0.350	0.262	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 6.10 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

中間熱交換器 1 次冷却材二重管台内面(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	409	61 1060	0.350	0.285	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価

第 6.11 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1) (評価断面-外面)

中間熱交換器 1 次冷却材二重管台外面(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_{\varepsilon'} \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_{\varepsilon'} = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 ( °C )	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_{\varepsilon'}$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ ( MPa )	—	$K_e$	$S_0$ ( MPa )			
2A01-Sd C	409	1	$6.230 \times 10^{-4}$	$4.246 \times 10^{-6}$	$3.257 \times 10^{-5}$	1.17	1.37	$8.904 \times 10^{-4}$	692700	0.000	C
2A01 C	409	189	$4.327 \times 10^{-4}$	$4.246 \times 10^{-6}$	$2.965 \times 10^{-5}$	1.14	1.14	$5.295 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
3B01 C	409	1	$4.470 \times 10^{-4}$	$8.198 \times 10^{-7}$	$2.948 \times 10^{-7}$	1.17	1.17	$5.256 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
3A02 C	409	9	$4.157 \times 10^{-4}$	$2.410 \times 10^{-6}$	$6.171 \times 10^{-6}$	1.17	1.17	$4.948 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
T C	100	10	—	—	113	—	1.00	57	1000000	0.000	D
2B01 C	409	10	$4.012 \times 10^{-4}$	$5.774 \times 10^{-8}$	$2.948 \times 10^{-7}$	1.17	1.17	$4.680 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
1A02 C	398	205	$3.739 \times 10^{-4}$	$3.225 \times 10^{-7}$	$1.689 \times 10^{-5}$	1.13	1.13	$4.401 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A02 1B01	398	204	$3.863 \times 10^{-5}$	$6.329 \times 10^{-7}$	$2.705 \times 10^{-5}$	1.16	1.16	$7.242 \times 10^{-5}$	1000000	0.000	C
1A02 2C01	398	6	$3.221 \times 10^{-5}$	$3.225 \times 10^{-7}$	$1.874 \times 10^{-5}$	1.14	1.14	$5.589 \times 10^{-5}$	1000000	0.000	C
1A03 2C01	398	6	$9.924 \times 10^{-6}$	$4.526 \times 10^{-6}$	$2.937 \times 10^{-7}$	1.15	1.15	$1.684 \times 10^{-5}$	1000000	0.000	C
Sd	409	200	$2.691 \times 10^{-4}$	0.000	0.000	1.61	1.61	$4.333 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
$K_T = 1.00$			$D_f = \Sigma ( n_i / N_{di} ) = 0.002$								

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_0$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 2A01-S1 C 及び S1 の  $\varepsilon_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 6.12 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1)(評価断面-外面)

中間熱交換器 1 次冷却材二重管台外面(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon' \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_\varepsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 (℃)	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_\varepsilon'$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ (MPa)	—	$K_e$	$S_\ell$ (MPa)			
2A01-Sd C	409	1	$6.501 \times 10^{-4}$	$4.246 \times 10^{-6}$	$3.257 \times 10^{-5}$	1.17	1.37	$9.274 \times 10^{-4}$	494112	0.000	C
2A01 C	409	189	$4.327 \times 10^{-4}$	$4.246 \times 10^{-6}$	$2.965 \times 10^{-5}$	1.14	1.14	$5.295 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
3B01 C	409	1	$4.470 \times 10^{-4}$	$8.198 \times 10^{-7}$	$2.948 \times 10^{-7}$	1.17	1.17	$5.256 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
3A02 C	409	9	$4.157 \times 10^{-4}$	$2.410 \times 10^{-6}$	$6.171 \times 10^{-6}$	1.17	1.17	$4.948 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
T C	100	10	—	—	113	—	1.00	57	1000000	0.000	D
2B01 C	409	10	$4.012 \times 10^{-4}$	$5.774 \times 10^{-8}$	$2.948 \times 10^{-7}$	1.17	1.17	$4.680 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
1A02 C	398	205	$3.739 \times 10^{-4}$	$3.225 \times 10^{-7}$	$1.689 \times 10^{-5}$	1.13	1.13	$4.401 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A02 1B01	398	204	$3.863 \times 10^{-5}$	$6.329 \times 10^{-7}$	$2.705 \times 10^{-5}$	1.16	1.16	$7.242 \times 10^{-5}$	1000000	0.000	C
1A02 2C01	398	6	$3.221 \times 10^{-5}$	$3.225 \times 10^{-7}$	$1.874 \times 10^{-5}$	1.14	1.14	$5.589 \times 10^{-5}$	1000000	0.000	C
1A03 2C01	398	6	$9.924 \times 10^{-6}$	$4.526 \times 10^{-6}$	$2.937 \times 10^{-7}$	1.15	1.15	$1.684 \times 10^{-5}$	1000000	0.000	C
Sd	409	200	$2.962 \times 10^{-4}$	0.000	0.000	1.61	1.61	$4.769 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
$K_T = 1.00 \quad D_f = \Sigma (n_i / N_{di}) = 0.002$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_\ell$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 2A01-S1 C 及び S1 の  $\varepsilon_n$  に Sd5 分を付加して評価

第 6.13 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-外面)

中間熱交換器 1 次冷却材二重管台外面(地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 ( °C )	時間 $t$ ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2t/T_d$	備考
1A01	167	398	$6.00 \times 10^3$	$9.59 \times 10^5$	0.013	C
1A02	167	398	$6.15 \times 10^3$	$9.59 \times 10^5$	0.013	C
1A03	167	398	$8.75 \times 10^4$	$9.59 \times 10^5$	0.182	C
1B01	167	398	$2.91 \times 10^3$	$9.59 \times 10^5$	0.006	C
1B02	167	398	$2.91 \times 10^3$	$9.59 \times 10^5$	0.006	C

$D_{CN} = \sum ( D_{CN} )_k = 2 \sum ( t / T_d )_k = 0.299$

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min} [ 1.25S_y/k, \text{Max} [ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_b + Q \rangle ] ]$

C :  $S_k = S_g$

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
2A01-Sd C	$8.904 \times 10^{-4}$	$2.357 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$2 S_g/E$

T= 401 (°C)  $D_{CP} = ( \sum n_k D_k^{**} ) = 0.0$

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ (1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

※ (2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 2A01-S1 C の  $\epsilon_t$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 6.14 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-外面)

中間熱交換器 1 次冷却材二重管台外面(地震動:Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2t/T_d$	備考
1A01	167	398	$6.00 \times 10^3$	$9.59 \times 10^5$	0.013	C
1A02	167	398	$6.15 \times 10^3$	$9.59 \times 10^5$	0.013	C
1A03	167	398	$8.75 \times 10^4$	$9.59 \times 10^5$	0.182	C
1B01	167	398	$2.91 \times 10^3$	$9.59 \times 10^5$	0.006	C
1B02	167	398	$2.91 \times 10^3$	$9.59 \times 10^5$	0.006	C

$D_{CN} = \sum ( D_{CN} )_k = 2 \sum ( t / T_d )_k = 0.299$

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min}[ 1.25S_y/k, \text{Max}[ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_b + Q \rangle ] ]$

C :  $S_k = S_g$

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
2A01-Sd C	$9.274 \times 10^{-4}$	$2.357 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$2 S_g/E$

T= 401 (°C)  $D_{CP} = ( \sum n_k D_k^{**} ) = 0.0$

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ (1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

※ (2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 2A01-S1 C の  $\epsilon_t$  に Sd5 分を付加して評価

第 6.15 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-外面)

中間熱交換器 1 次冷却材二重管台外面(地震動:Sd1-4\_SdD)

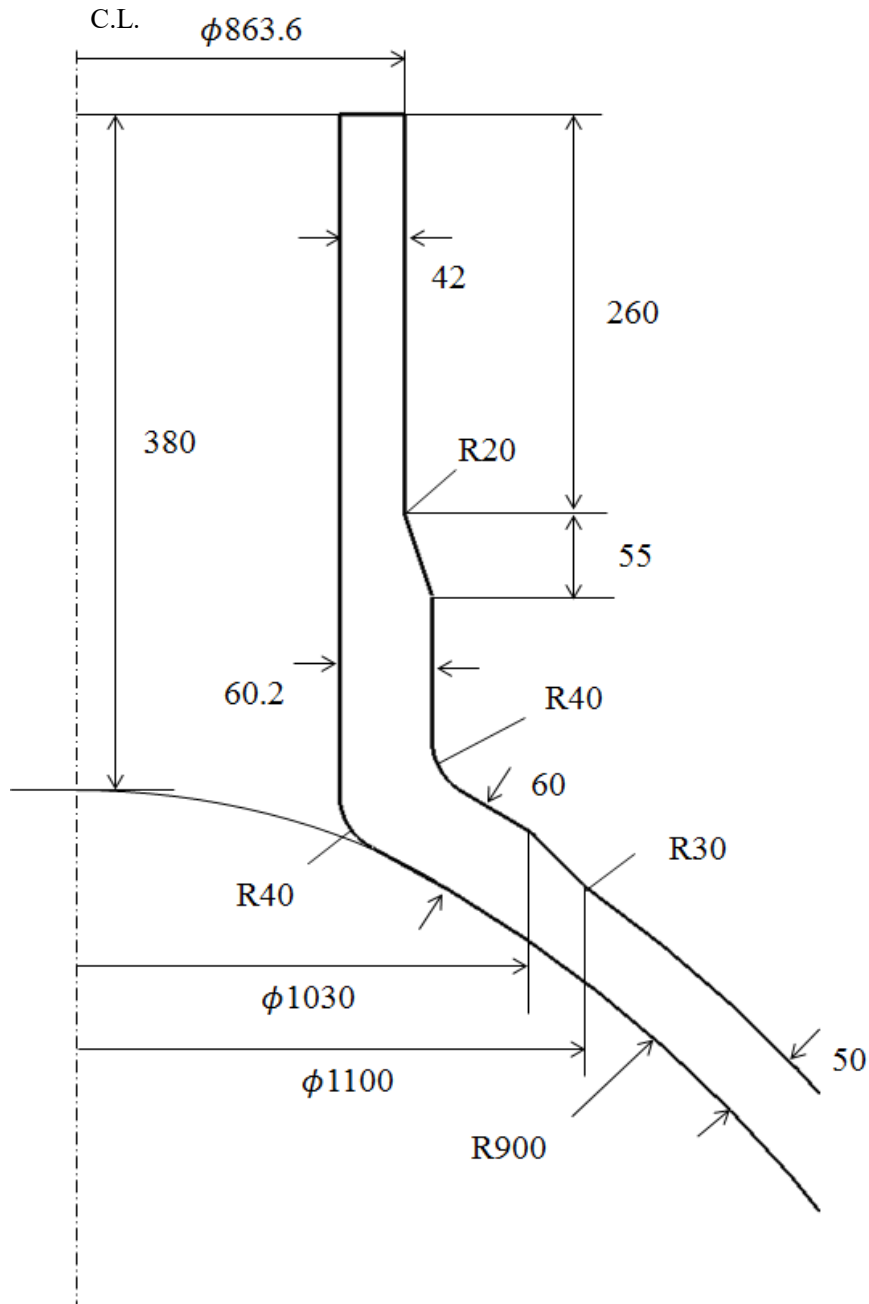
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.002	0.299	0.31	0.60
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.299$ $D_{cp} = 0.000$				

第 6.16 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-外面)

中間熱交換器 1 次冷却材二重管台外面(地震動:Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.002	0.299	0.31	0.60
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.299$ $D_{cp} = 0.000$				

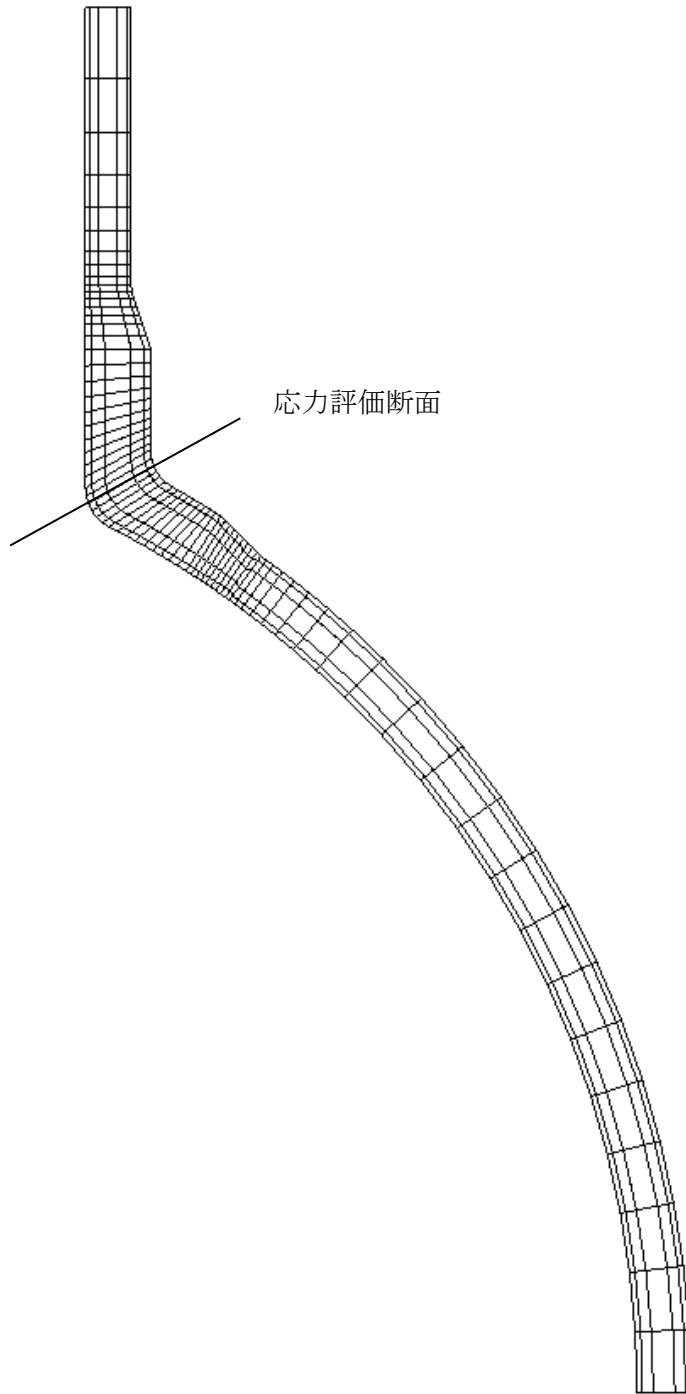
材料	SCMV4-2 NT SFVA F 22B
----	--------------------------



(単位 : mm)

第 6.3 図 1 次冷却材二重管台の形状及び寸法図





第 6.4 図 応力評価断面

### 6.3 2次冷却材二重管台

#### 6.3.1 形状、寸法及び材料

2次冷却材二重管台の形状、寸法及び材料を第6.5図に示す。

#### 6.3.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第6.17表から第6.20表に示す。自重等の荷重値は、「Ⅲ-イ-8 中間熱交換器の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)を参照した。

#### 6.3.3 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第6.6図に示す。

#### 6.3.4 応力評価

2次冷却材二重管台の応力評価結果を第6.21表から第6.35表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

##### (1) 特別な応力制限

###### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

###### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

###### ③ 3軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

##### (2) 座屈の防止(外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈)

本計算箇所は、外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈が発生するような有意な荷重を受ける部分ではない。

第 6.17 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(2次冷却材二重管台)

	配管反力 ( 2次冷却材二重管台 外管 )					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	2589	6614	5373	13090	9449	10346
運転状態 II	2589	6614	5373	13090	9449	10346
	2589	6614	5373	13090	9449	10346
	2589	6614	5373	13090	9449	10346
運転状態 III	2589	6614	5373	13090	9449	10346
	2589	6614	5373	13090	9449	10346
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

	配管反力 ( 2次冷却材二重管台 内管 )					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	798	1566	1994	2334	2836	2498
運転状態 II	798	1566	1994	2334	2836	2498
	798	1566	1994	2334	2836	2498
	798	1566	1994	2334	2836	2498
運転状態 III	798	1566	1994	2334	2836	2498
	798	1566	1994	2334	2836	2498
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

	配管反力 ( 内筒上部 )					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	24727	9290	7970	0	12278	13820
運転状態 II	24727	9290	7970	0	12278	13820
	24727	9290	7970	0	12278	13820
	24727	9290	7970	0	12278	13820
運転状態 III	24727	9290	7970	0	12278	13820
	24727	9290	7970	0	12278	13820
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 6.18 表 Ss5 地震動 機械的荷重 (2 次冷却材二重管台)

	配管反力 ( 2 次冷却材二重管台 外管 )					
	Ss5 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	3163	8552	5933	16623	11307	13279
運転状態 II	3163	8552	5933	16623	11307	13279
	3163	8552	5933	16623	11307	13279
	3163	8552	5933	16623	11307	13279
運転状態 III	3163	8552	5933	16623	11307	13279
	3163	8552	5933	16623	11307	13279
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

	配管反力 ( 2 次冷却材二重管台 内管 )					
	Ss5 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	978	2018	2520	2949	3570	3203
運転状態 II	978	2018	2520	2949	3570	3203
	978	2018	2520	2949	3570	3203
	978	2018	2520	2949	3570	3203
運転状態 III	978	2018	2520	2949	3570	3203
	978	2018	2520	2949	3570	3203
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

	配管反力 ( 内筒上部 )					
	Ss5 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	30028	12731	9461	0	13858	19315
運転状態 II	30028	12731	9461	0	13858	19315
	30028	12731	9461	0	13858	19315
	30028	12731	9461	0	13858	19315
運転状態 III	30028	12731	9461	0	13858	19315
	30028	12731	9461	0	13858	19315
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 6.19 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(2次冷却材二重管台)

	配管反力 ( 2次冷却材二重管台 外管 )					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1983	5682	4274	11843	7196	9366
運転状態 II	1983	5682	4274	11843	7196	9366
	1983	5682	4274	11843	7196	9366
	1983	5682	4274	11843	7196	9366
運転状態 III	1983	5682	4274	11843	7196	9366
	1983	5682	4274	11843	7196	9366
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

	配管反力 ( 2次冷却材二重管台 内管 )					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	610	1385	1536	2101	2118	2236
運転状態 II	610	1385	1536	2101	2118	2236
	610	1385	1536	2101	2118	2236
	610	1385	1536	2101	2118	2236
運転状態 III	610	1385	1536	2101	2118	2236
	610	1385	1536	2101	2118	2236
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

	配管反力 ( 内筒上部 )					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	19313	8282	6810	0	10473	12292
運転状態 II	19313	8282	6810	0	10473	12292
	19313	8282	6810	0	10473	12292
	19313	8282	6810	0	10473	12292
運転状態 III	19313	8282	6810	0	10473	12292
	19313	8282	6810	0	10473	12292
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 6.20 表 Sd5 地震動 機械的荷重(2次冷却材二重管台)

	配管反力 ( 2次冷却材二重管台 外管 )					
	Sd5 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	2176	7032	4290	14745	7900	11693
運転状態 II	2176	7032	4290	14745	7900	11693
	2176	7032	4290	14745	7900	11693
	2176	7032	4290	14745	7900	11693
運転状態 III	2176	7032	4290	14745	7900	11693
	2176	7032	4290	14745	7900	11693
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

	配管反力 ( 2次冷却材二重管台 内管 )					
	Sd5 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	669	1714	1811	2597	2495	2791
運転状態 II	669	1714	1811	2597	2495	2791
	669	1714	1811	2597	2495	2791
	669	1714	1811	2597	2495	2791
運転状態 III	669	1714	1811	2597	2495	2791
	669	1714	1811	2597	2495	2791
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

	配管反力 ( 内筒上部 )					
	Sd5 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	23931	10312	8151	0	12128	15240
運転状態 II	23931	10312	8151	0	12128	15240
	23931	10312	8151	0	12128	15240
	23931	10312	8151	0	12128	15240
運転状態 III	23931	10312	8151	0	12128	15240
	23931	10312	8151	0	12128	15240
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 6.21 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限 (評価断面-外面)

中間熱交換器 2 次冷却材二重管台外面

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	46	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	76	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	100	-	50	154	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	389	1.00×10	44	281	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	80	231	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	389	1.00×10	68	334	$K_t = 1.19$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	389	-	50	170	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	389	1.00×10	44	281	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	389	-	81	255	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	389	1.00×10	68	334	$K_t = 1.19$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	372 389	8.75×10 <sup>4</sup> 1.51×10 <sup>4</sup>	0.01	1.00	$B = 1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	372	1.20×10 <sup>4</sup>	0.01	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	389	-	51	285	$S_{mIV} = 2 S_o/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	389	8.00×10	44	277	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	389	-	82	427	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	389	8.00×10	67	329	$K_t = 1.19$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{ri} ) \leq B_R$	372 389	8.75×10 <sup>4</sup> 1.51×10 <sup>4</sup>	0.01	1.00	$B_R = 1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{rbj} ) \leq 1.0$	372	1.20×10 <sup>4</sup>	0.01	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	63	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	98	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	104	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 6.22 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限 (評価断面-外面)

中間熱交換器 2 次冷却材二重管台外面

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	46	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	76	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	100	-	51	154	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	389	1.00×10	44	281	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	83	231	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	389	1.00×10	68	334	$K_t = 1.19$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	389	-	51	170	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	389	1.00×10	44	281	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	389	-	84	255	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	389	1.00×10	68	334	$K_t = 1.19$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	372	$8.75 \times 10^4$	0.01	1.00	$B = 1.0$
		389	$1.51 \times 10^4$			
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	372	$1.20 \times 10^4$	0.01	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	389	-	51	285	$S_{mIV} = 2 S_o/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	389	8.00×10	44	277	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	389	-	85	427	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	389	8.00×10	67	329	$K_t = 1.19$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	372	$8.75 \times 10^4$	0.01	1.00	$B_R = 1.0$
		389	$1.51 \times 10^4$			
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	372	$1.20 \times 10^4$	0.01	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	64	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	99	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	107	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価



第 6.23 表 長期一次応力の判定 (評価断面-外面)

中間熱交換器 2 次冷却材二重管台外面

運転状態 I、II、III、T

評価項目	計算値 ( MPa )	判定値 ( MPa )	判定
$\langle P_L + P_b \rangle \leq S_{LP}$	68	76	長期一次応力が低い。
$S_{LP} = \text{Min}( S_{rH} , S_g/g ) \quad D_{c1} = 0.300 \quad S_g = 229 \text{ ( MPa )}$ $S_{rH} = 148 \text{ ( MPa )} \quad g = 3.0$ $S_g/g = 76.3 \text{ ( MPa )}$			

第 6.24 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次+二次応力の制限 (評価断面-外面)

中間熱交換器 2 次冷却材二重管台外面 (地震動:Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \overline{S_m} )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	備考
Sd	388 -	22 427	- -	- -	- -	$T_s$ (°C)
T C	100 20	- -	92 407	- -	- -	$t_s$ (hr)
3B01 C	388 20	- -	70 407	- -	- -	
2A02-Sd C	367 20	- -	81 407	- -	- -	
1C04 C	342 20	- -	68 407	- -	- -	
1A03 C	358 20	- -	67 407	- -	- -	
$S_{RH} = 148$ ( MPa )		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル S1 及び 2A02-S1 C の  $S_n^*$ 、 $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 6.25 表 Sd5 地震動 一次+二次応力の制限 (評価断面-外面)

中間熱交換器 2 次冷却材二重管台外面(地震動:Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \overline{S_m} )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	備考
Sd	388 -	25 427	- -	- -	- -	$T_s$ (°C)
T C	100 20	- -	92 407	- -	- -	$t_s$ (hr)
3B01 C	388 20	- -	70 407	- -	- -	
2A02-Sd C	367 20	- -	84 407	- -	- -	
1C04 C	342 20	- -	68 407	- -	- -	
1A03 C	358 20	- -	67 407	- -	- -	
$S_{rH} = 148$ ( MPa )		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル S1 及び 2A02-S1 C の  $S_n^*$ 、 $S_n$  に Sd5 分を付加して評価

第 6.26 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限 (評価断面-外面)

中間熱交換器 2 次冷却材二重管台外面(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 398 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 91 \quad (\text{MPa})$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				$S_a$ の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
T C	100 20	50	141 291	$(S_{yH'} + S_{yc'}) / 2$	100 20

第 6.27 表 Sd5 地震動 Sa の制限 (評価断面-外面)

中間熱交換器 2 次冷却材二重管台外面(地震動:Sd5)

$$T_o = 398 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 91 \quad (\text{MPa})$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				$S_a$ の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
T C	100 20	50	141 291	$(S_{yH'} + S_{yc'}) / 2$	100 20

第 6.28 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限 (評価断面-外面)

中間熱交換器 2 次冷却材二重管台外面(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	388	34 1069	0.280	0.158	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 6.29 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限 (評価断面-外面)

中間熱交換器 2 次冷却材二重管台外面(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	388	37 1069	0.280	0.171	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価

第 6.30 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-内面)

中間熱交換器 2 次冷却材二重管台内面(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	Sp ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> ( MPa )			
T C	100	10	130	—	115	—	1.00	58	1000000	0.000	D
3B01 C	390	1	104	5.698×10 <sup>-4</sup>	5.850×10 <sup>-7</sup>	1.00	1.00	5.704×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
1D04 C	373	15	102	—	90	—	1.00	46	1000000	0.000	D
1A04 C	373	384	100	—	88	—	1.00	44	1000000	0.000	D
1C04 3A02	390	9	6	2.867×10 <sup>-5</sup>	2.078×10 <sup>-6</sup>	1.00	1.00	3.075×10 <sup>-5</sup>	1000000	0.000	C
1A04 1C04	373	6	3	—	3	—	1.00	2	1000000	0.000	D
1A04 2A02-Sd	390	1	20	1.059×10 <sup>-4</sup>	2.336×10 <sup>-6</sup>	1.00	1.00	1.083×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
Sd	390	200	19	1.015×10 <sup>-4</sup>	0.000	1.00	1.00	1.015×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	A
$K_T = 1.00$ $D_f = \sum ( n_i / N_{di} ) = 0.002$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1A04 2A02-S1 及び S1 の ε<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 6.31 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-内面)

中間熱交換器 2 次冷却材二重管台内面(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	Sp ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> ( MPa )			
T C	100	10	130	—	115	—	1.00	58	1000000	0.000	D
3B01 C	390	1	104	5.698×10 <sup>-4</sup>	5.850×10 <sup>-7</sup>	1.00	1.00	5.704×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
1D04 C	373	15	102	—	90	—	1.00	46	1000000	0.000	D
1A04 C	373	384	100	—	88	—	1.00	44	1000000	0.000	D
1C04 3A02	390	9	6	2.867×10 <sup>-5</sup>	2.078×10 <sup>-6</sup>	1.00	1.00	3.075×10 <sup>-5</sup>	1000000	0.000	C
1A04 1C04	373	6	3	—	3	—	1.00	2	1000000	0.000	D
1A04 2A02-Sd	390	1	23	1.222×10 <sup>-4</sup>	2.336×10 <sup>-6</sup>	1.00	1.00	1.245×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
Sd	390	200	22	1.177×10 <sup>-4</sup>	0.000	1.00	1.00	1.177×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	A
K <sub>T</sub> = 1.00                      D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.002											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1A04 2A02-S1 及び S1 の ε<sub>n</sub>に Sd5 分を付加して評価

第 6.32 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 3) (評価断面-内面)  
 中間熱交換器 2 次冷却材二重管台内面(地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	n	$D^*$	n $D^*$	備考
T C	130	485	0	0.0	0.0	$S_g = 226$ (MPa) $T = 390$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.0$ ( $D_o^* = 0.0$ ) $D_{CN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.300$ ( $D_{c1} = 0.300$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	n $D^{**}$	備考
3B01 C	$5.704 \times 10^{-4}$	$2.671 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3 \bar{S}_m/E$
$T = 390$ (°C) $D_{CP} = ( \sum n_k D_k^{**} ) = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。



第 6.33 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 3) (評価断面-内面)  
 中間熱交換器 2 次冷却材二重管台内面(地震動:Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	n	$D^*$	n $D^*$	備考
T C	130	485	0	0.0	0.0	$S_g = 226$ (MPa) $T = 390$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.0$ ( $D_o^* = 0.0$ ) $D_{CN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.300$ ( $D_{c1} = 0.300$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	n $D^{**}$	備考
3B01 C	$5.704 \times 10^{-4}$	$2.671 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3 \bar{S}_m/E$
$T = 390$ (°C) $D_{CP} = ( \sum n_k D_k^{**} ) = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

第 6.34 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 (評価断面-内面)

中間熱交換器 2 次冷却材二重管台内面(地震動:Sd1-4\_SdD)

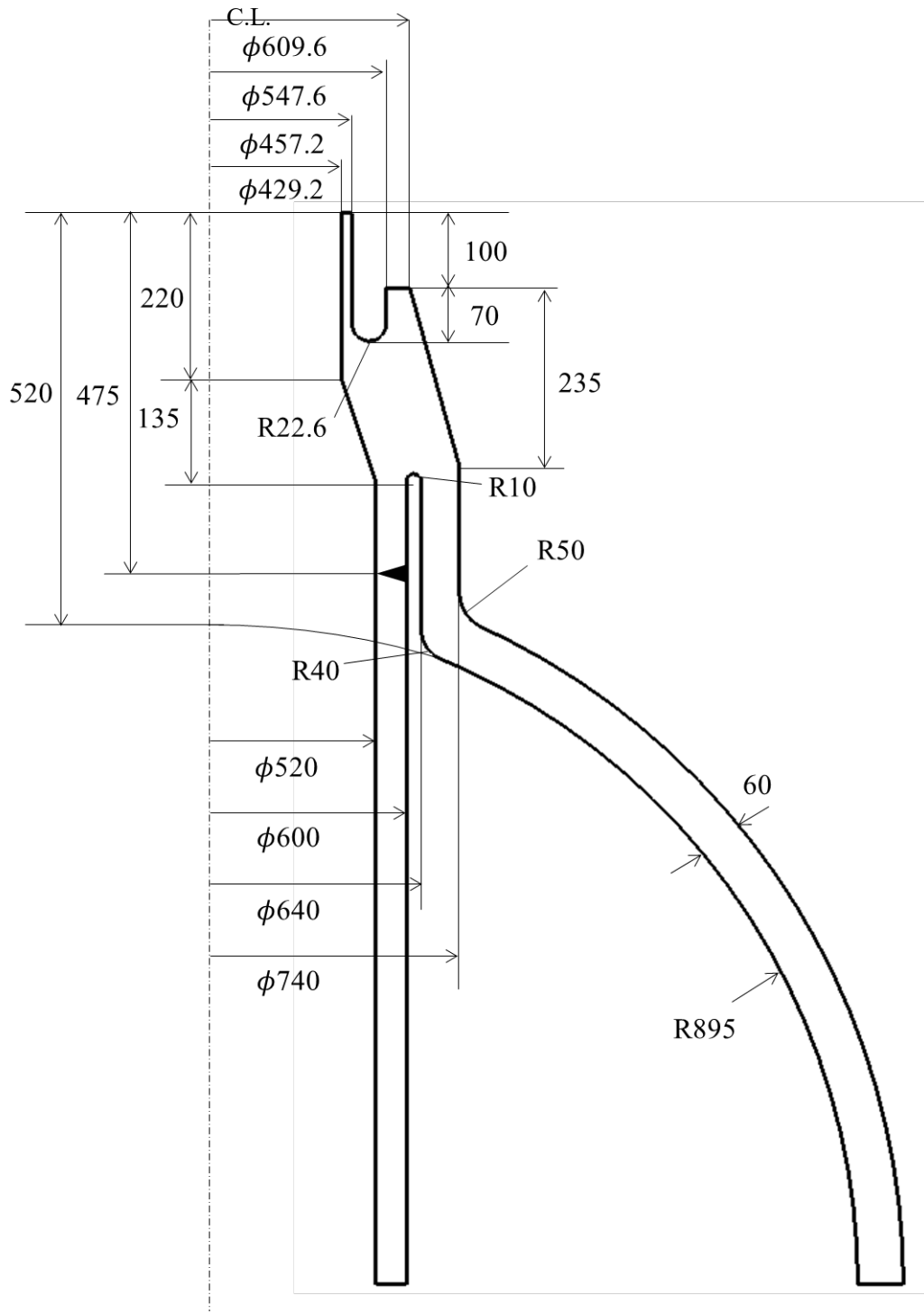
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.002	0.300	0.31	0.60
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.300$ $D_{cp} = 0.000$				

第 6.35 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 (評価断面-内面)

中間熱交換器 2 次冷却材二重管台内面(地震動:Sd5)

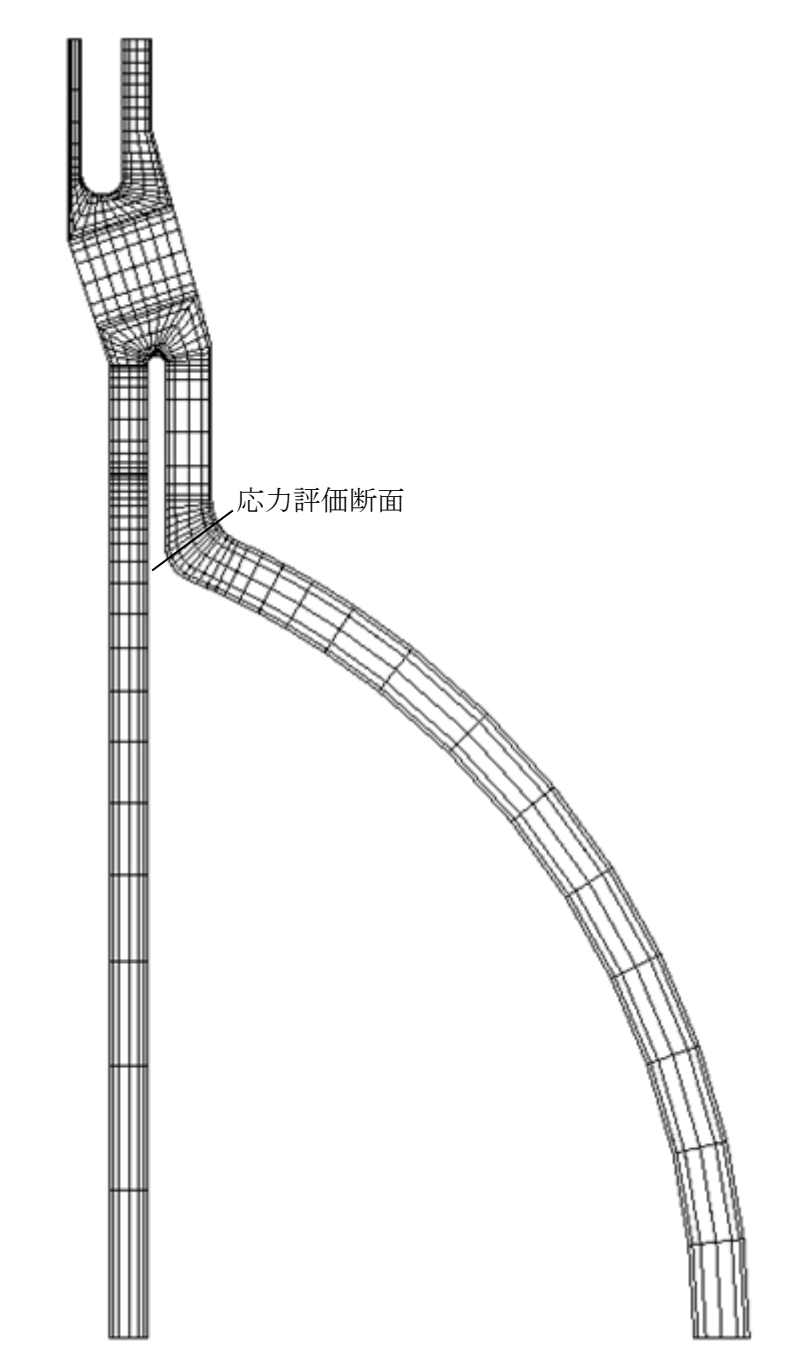
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.002	0.300	0.31	0.60
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.300$ $D_{cp} = 0.000$				

材料	SCMV4-2 SFVA F 22B ハステロイ XR
----	-----------------------------------



(単位：mm)

第 6.5 図 2 次冷却材二重管台の形状及び寸法図



第 6.6 図 応力評価断面

#### 6.4 1次冷却材入口管台

##### 6.4.1 形状、寸法及び材料

1次冷却材入口管台の形状、寸法及び材料を第6.7図に示す。

##### 6.4.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第6.36表から第6.39表に示す。自重等の荷重値は、「Ⅲ-イ-8 中間熱交換器の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)を参照した。

##### 6.4.3 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第6.8図に示す。

##### 6.4.4 応力評価

1次冷却材入口管台の応力評価結果を第6.40表から第6.51表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

##### (1) 特別な応力制限

###### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

###### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

###### ③ 3軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

##### (2) 座屈の防止(外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈)

本計算箇所は、外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈が発生するような有意な荷重を受ける部分ではない。

第 6.36 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(1次冷却材入口管台)

	配管反力 ( 1次冷却材入口管台 )					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	993	879	1836	563	2015	875
運転状態 II	993	879	1836	563	2015	875
	993	879	1836	563	2015	875
	993	879	1836	563	2015	875
運転状態 III	993	879	1836	563	2015	875
	993	879	1836	563	2015	875
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 6.37 表 Ss5 地震動 機械的荷重(1次冷却材入口管台)

	配管反力 ( 1次冷却材入口管台 )					
	Ss5 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1157	1454	2586	841	2809	1394
運転状態 II	1157	1454	2586	841	2809	1394
	1157	1454	2586	841	2809	1394
	1157	1454	2586	841	2809	1394
運転状態 III	1157	1454	2586	841	2809	1394
	1157	1454	2586	841	2809	1394
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 6.38 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(1次冷却材入口管台)

	配管反力 ( 1次冷却材入口管台 )					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	858	724	1501	475	1705	720
運転状態 II	858	724	1501	475	1705	720
	858	724	1501	475	1705	720
	858	724	1501	475	1705	720
運転状態 III	858	724	1501	475	1705	720
	858	724	1501	475	1705	720
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 6.39 表 Sd5 地震動 機械的荷重(1次冷却材入口管台)

	配管反力 ( 1次冷却材入口管台 )					
	Sd5 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1046	908	2011	603	2271	923
運転状態 II	1046	908	2011	603	2271	923
	1046	908	2011	603	2271	923
	1046	908	2011	603	2271	923
運転状態 III	1046	908	2011	603	2271	923
	1046	908	2011	603	2271	923
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 6.40 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限(評価断面-内面)

中間熱交換器 1 次冷却材入口管台内面

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	96	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	99	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	100	-	100	154	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	409	1.00×10	90	276	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	109	231	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	409	1.00×10	99	321	$K_t = 1.16$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	409	-	99	169	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	409	1.00×10	90	276	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	409	-	113	253	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	409	1.00×10	99	321	$K_t = 1.16$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma(t_i / t_{mi}) \leq B$	398 409	8.75×10 <sup>4</sup> 1.51×10 <sup>4</sup>	0.04	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma(t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	398	6.15×10 <sup>3</sup>	0.04	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	409	-	101	282	$S_{mIV} = 2 S_o/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	409	8.00×10	91	257	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	409	-	117	424	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	409	8.00×10	100	302	$K_t = 1.15$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma(t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	398 409	8.75×10 <sup>4</sup> 1.51×10 <sup>4</sup>	0.02	1.00	$B_R = 1.0$
	$\Sigma(t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	398	6.15×10 <sup>3</sup>	0.02	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	128	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	127	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	133	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価



第 6.41 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限(評価断面-内面)

中間熱交換器 1 次冷却材入口管台内面

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	96	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	99	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	100	-	102	154	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	409	1.00×10	90	276	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	114	231	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	409	1.00×10	99	321	$K_t = 1.16$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	409	-	101	169	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	409	1.00×10	90	276	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	409	-	118	253	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	409	1.00×10	99	321	$K_t = 1.16$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	398 409	$8.75 \times 10^4$ $1.51 \times 10^4$	0.04	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	398	$6.15 \times 10^3$	0.04	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	409	-	104	282	$S_{mIV} = 2 S_o/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	409	$8.00 \times 10$	91	257	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	409	-	125	424	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	409	$8.00 \times 10$	100	302	$K_t = 1.15$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	398 409	$8.75 \times 10^4$ $1.51 \times 10^4$	0.02	1.00	$B_R = 1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	398	$6.15 \times 10^3$	0.02	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	130	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	129	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	138	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 6. 42 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限(評価断面-内面)

中間熱交換器 1 次冷却材入口管台内面(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 398$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 117 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( °C )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ ( MPa )	$P' + Q' \leq S_a$ ( MPa )	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度( °C )
T C	100 20	66	183 291	( S <sub>yH'</sub> + S <sub>yc'</sub> ) / 2	100 20

第 6. 43 表 Sd5 地震動 Sa の制限(評価断面-内面)

中間熱交換器 1 次冷却材入口管台内面(地震動:Sd5)

$$T_o = 398$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 117 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( °C )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ ( MPa )	$P' + Q' \leq S_a$ ( MPa )	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度( °C )
T C	100 20	66	183 291	( S <sub>yH'</sub> + S <sub>yc'</sub> ) / 2	100 20

第 6.44 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

中間熱交換器 1 次冷却材入口管台内面(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	410	34 1060	0.430	0.159	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 6.45 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

中間熱交換器 1 次冷却材入口管台内面(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	410	42 1060	0.430	0.196	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価

第 6.46 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1)(評価断面-外面)

中間熱交換器 1 次冷却材入口管台外面(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon' \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_\varepsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 (°C)	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_\varepsilon'$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ (MPa)	—	$K_e$	$S_\ell$ (MPa)			
2A01-Sd C	409	1	$5.135 \times 10^{-4}$	$8.978 \times 10^{-6}$	$5.253 \times 10^{-5}$	1.15	1.15	$6.534 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
2A01 C	409	189	$3.648 \times 10^{-4}$	$8.978 \times 10^{-6}$	$4.782 \times 10^{-5}$	1.11	1.11	$4.626 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
3B01 C	409	1	$3.421 \times 10^{-4}$	$1.595 \times 10^{-6}$	$5.895 \times 10^{-7}$	1.06	1.06	$3.665 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
2B01 C	409	10	$3.269 \times 10^{-4}$	$1.245 \times 10^{-7}$	$5.895 \times 10^{-7}$	1.07	1.07	$3.509 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
3A03 C	409	9	$3.171 \times 10^{-4}$	$4.540 \times 10^{-6}$	$3.524 \times 10^{-6}$	1.08	1.08	$3.494 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
1A02 C	398	215	$3.028 \times 10^{-4}$	$6.836 \times 10^{-7}$	$2.686 \times 10^{-5}$	1.04	1.04	$3.414 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A02 1B01	398	200	$6.392 \times 10^{-5}$	$1.342 \times 10^{-6}$	$4.313 \times 10^{-5}$	1.04	1.04	$1.109 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1B01 T	398	4	$7.960 \times 10^{-5}$	$6.580 \times 10^{-7}$	$1.727 \times 10^{-5}$	1.00	1.00	$9.753 \times 10^{-5}$	1000000	0.000	C
1B02 T	398	6	$6.167 \times 10^{-5}$	$6.580 \times 10^{-7}$	$1.176 \times 10^{-6}$	1.01	1.01	$6.424 \times 10^{-5}$	1000000	0.000	C
1B02 2C01	398	30	$6.980 \times 10^{-6}$	$6.580 \times 10^{-7}$	$1.145 \times 10^{-6}$	1.01	1.01	$8.871 \times 10^{-6}$	1000000	0.000	C
Sd	409	200	$2.061 \times 10^{-4}$	0.000	0.000	1.69	1.69	$3.483 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
$K_T = 1.00 \quad D_f = \Sigma (n_i / N_{di}) = 0.002$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_\ell$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 2A01-S1 C 及び S1 の  $\varepsilon_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 6.47 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1)(評価断面-外面)

中間熱交換器 1 次冷却材入口管台外面(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon' \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_\varepsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 (℃)	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_\varepsilon'$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ (MPa)	—	$K_e$	$S_\ell$ (MPa)			
2A01-Sd C	409	1	$5.460 \times 10^{-4}$	$8.978 \times 10^{-6}$	$5.253 \times 10^{-5}$	1.15	1.15	$6.908 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
2A01 C	409	189	$3.648 \times 10^{-4}$	$8.978 \times 10^{-6}$	$4.782 \times 10^{-5}$	1.11	1.11	$4.626 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
3B01 C	409	1	$3.421 \times 10^{-4}$	$1.595 \times 10^{-6}$	$5.895 \times 10^{-7}$	1.06	1.06	$3.665 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
2B01 C	409	10	$3.269 \times 10^{-4}$	$1.245 \times 10^{-7}$	$5.895 \times 10^{-7}$	1.07	1.07	$3.509 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
3A03 C	409	9	$3.171 \times 10^{-4}$	$4.540 \times 10^{-6}$	$3.524 \times 10^{-6}$	1.08	1.08	$3.494 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
1A02 C	398	215	$3.028 \times 10^{-4}$	$6.836 \times 10^{-7}$	$2.686 \times 10^{-5}$	1.04	1.04	$3.414 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A02 1B01	398	200	$6.392 \times 10^{-5}$	$1.342 \times 10^{-6}$	$4.313 \times 10^{-5}$	1.04	1.04	$1.109 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1B01 T	398	4	$7.960 \times 10^{-5}$	$6.580 \times 10^{-7}$	$1.727 \times 10^{-5}$	1.00	1.00	$9.753 \times 10^{-5}$	1000000	0.000	C
1B02 T	398	6	$6.167 \times 10^{-5}$	$6.580 \times 10^{-7}$	$1.176 \times 10^{-6}$	1.01	1.01	$6.424 \times 10^{-5}$	1000000	0.000	C
1B02 2C01	398	30	$6.980 \times 10^{-6}$	$6.580 \times 10^{-7}$	$1.145 \times 10^{-6}$	1.01	1.01	$8.871 \times 10^{-6}$	1000000	0.000	C
Sd	409	200	$2.386 \times 10^{-4}$	0.000	0.000	1.69	1.69	$4.032 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
$K_T = 1.00 \quad D_f = \Sigma (n_i / N_{di}) = 0.002$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_\ell$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 2A01-S1 C 及び S1 の  $\varepsilon_n$  に Sd5 分を付加して評価

第 6.48 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の導出(その 2) (評価断面-外面)

中間熱交換器 1 次冷却材入口管台外面(地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 ( °C )	時間 $t$ ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2t/T_d$	備考
1A01	167	398	$6.00 \times 10^3$	$9.55 \times 10^5$	0.013	C
1A02	167	398	$6.15 \times 10^3$	$9.55 \times 10^5$	0.013	C
1A03	167	398	$8.75 \times 10^4$	$9.55 \times 10^5$	0.183	C
1B01	167	398	$2.91 \times 10^3$	$9.55 \times 10^5$	0.006	C
1B02	167	398	$2.91 \times 10^3$	$9.55 \times 10^5$	0.006	C

$D_{CN} = \sum ( D_{CN} )_k = 2 \sum ( t / T_d )_k = 0.300$

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min}[ 1.25S_y/k, \text{Max}[ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_b + Q \rangle ] ]$

C :  $S_k = S_g$

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\varepsilon_t$	$\text{Max}( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
2A01-Sd C	$6.534 \times 10^{-4}$	$2.357 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$2 S_g/E$

$T= 401$  (°C)       $D_{CP} = ( \sum n_k D_k^{**} ) = 0.0$

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ (2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 2A01-S1 C の  $\varepsilon_t$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 6.49 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の導出(その 2)(評価断面-外面)

中間熱交換器 1 次冷却材入口管台外面(地震動:Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2t/T_d$	備考
1A01	167	398	$6.00 \times 10^3$	$9.55 \times 10^5$	0.013	C
1A02	167	398	$6.15 \times 10^3$	$9.55 \times 10^5$	0.013	C
1A03	167	398	$8.75 \times 10^4$	$9.55 \times 10^5$	0.183	C
1B01	167	398	$2.91 \times 10^3$	$9.55 \times 10^5$	0.006	C
1B02	167	398	$2.91 \times 10^3$	$9.55 \times 10^5$	0.006	C

$D_{CN} = \sum ( D_{CN} )_k = 2 \sum ( t / T_d )_k = 0.300$

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min}[ 1.25S_y/k, \text{Max}[ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_b + Q \rangle ] ]$

C :  $S_k = S_g$

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
2A01-Sd C	$6.908 \times 10^{-4}$	$2.357 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	2 $S_g/E$

T= 401 (°C)  $D_{CP} = ( \sum n_k D_k^{**} ) = 0.0$

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ (2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 2A01-S1 C の  $\epsilon_t$  に Sd5 分を付加して評価

第 6.50 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-外面)

中間熱交換器 1 次冷却材入口管台外面(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.002	0.300	0.31	0.60
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.300$ $D_{cp} = 0.000$				

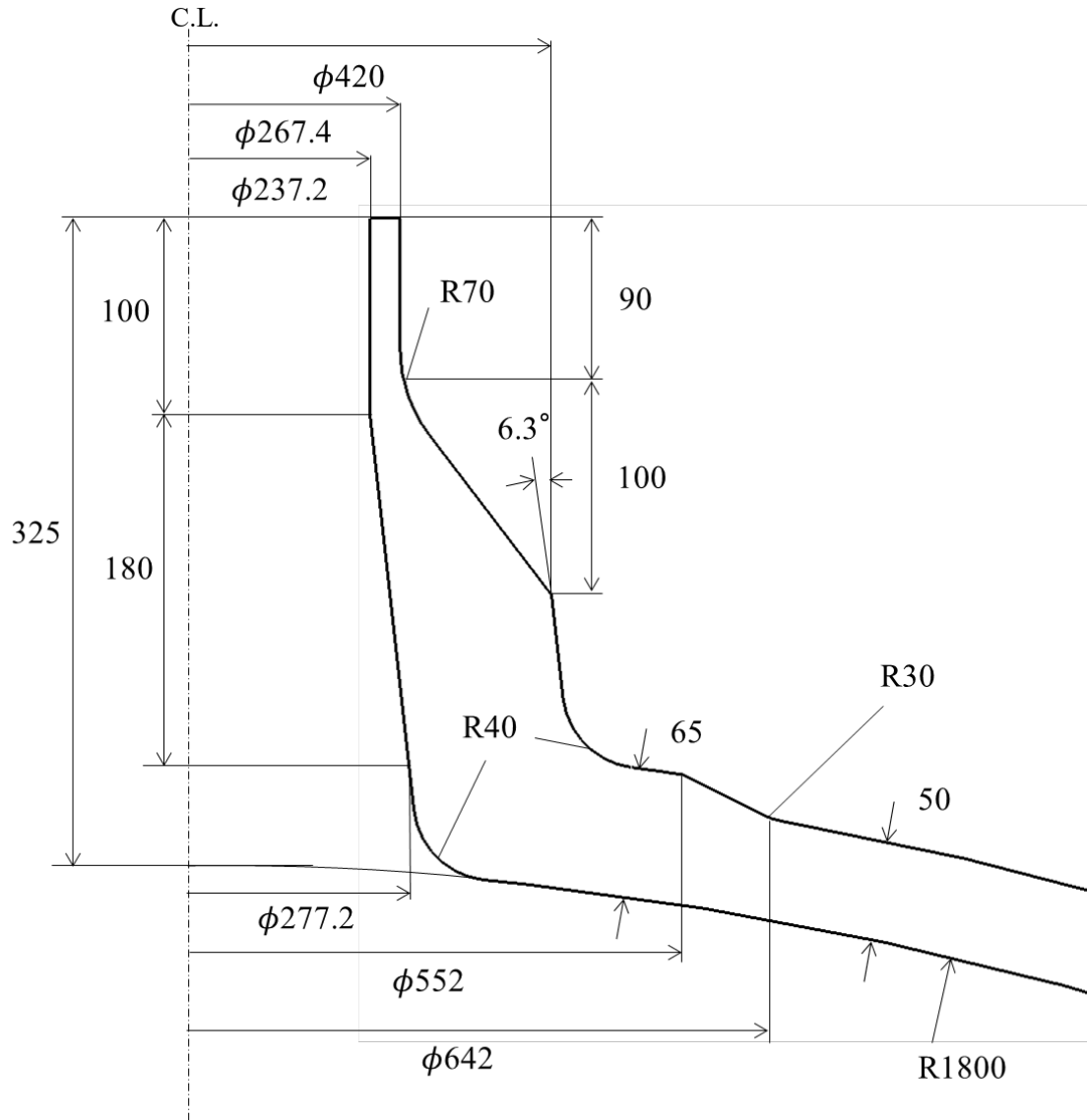
第 6.51 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-外面)

中間熱交換器 1 次冷却材入口管台外面(地震動:Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.002	0.300	0.31	0.60
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.300$ $D_{cp} = 0.000$				

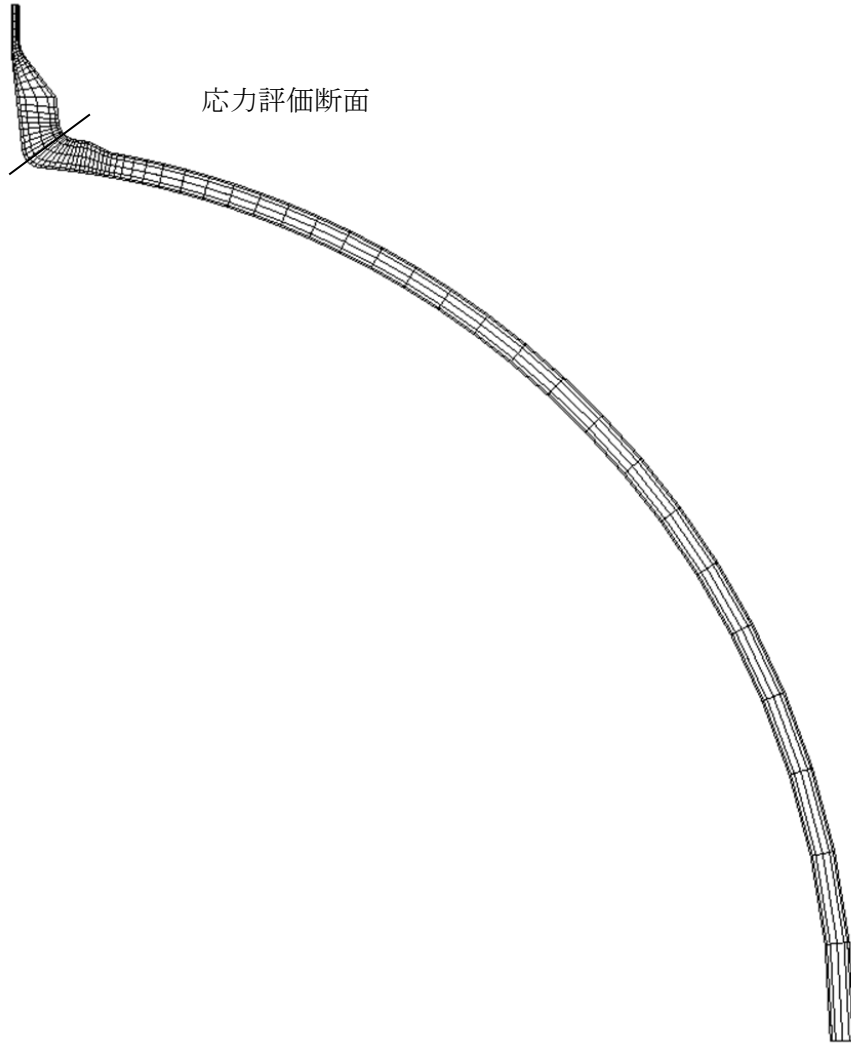


材料	SCMV4 SFVA F 22B
----	---------------------



(単位 : mm)

第 6.7 図 1 次冷却材入口管台の形状及び寸法図



第 6.8 図 応力評価断面

## 6.5 内筒下部レジューサ

### 6.5.1 形状、寸法及び材料

内筒下部レジューサの形状、寸法及び材料を第 6.9 図に示す。

### 6.5.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第 6.52 表から第 6.55 表に示す。自重等の荷重値は、「Ⅲ-イ-8 中間熱交換器の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 3 回申請)平成 4 年 4 月 9 日付け 4 安(原規)第 47 号)を参照した。

### 6.5.3 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 6.10 図に示す。

### 6.5.4 応力評価

内筒下部レジューサの応力評価結果を第 6.56 表から第 6.81 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3 軸応力の制限

本計算箇所は、板厚方向温度差による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3 軸の主応力が接近することはない。

第 6.52 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(内筒下部レジューサ)

	配管反力 ( 内筒下部レジューサ )					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	8910	7147	9655	0	6344	4238
運転状態 II	8910	7147	9655	0	6344	4238
	8910	7147	9655	0	6344	4238
	8910	7147	9655	0	6344	4238
運転状態 III	8910	7147	9655	0	6344	4238
	8910	7147	9655	0	6344	4238
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 6.53 表 Ss5 地震動 機械的荷重(内筒下部レジューサ)

	配管反力 ( 内筒下部レジューサ )					
	Ss5 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	10821	12055	8688	0	5707	7405
運転状態 II	10821	12055	8688	0	5707	7405
	10821	12055	8688	0	5707	7405
	10821	12055	8688	0	5707	7405
運転状態 III	10821	12055	8688	0	5707	7405
	10821	12055	8688	0	5707	7405
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 6.54 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(内筒下部レジューサ)

	配管反力 ( 内筒下部レジューサ )					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	5178	8905	5459	0	3481	5552
運転状態 II	5178	8905	5459	0	3481	5552
	5178	8905	5459	0	3481	5552
	5178	8905	5459	0	3481	5552
運転状態 III	5178	8905	5459	0	3481	5552
	5178	8905	5459	0	3481	5552
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 6.55 表 Sd5 地震動 機械的荷重(内筒下部レジューサ)

	配管反力 ( 内筒下部レジューサ )					
	Sd5 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	7224	9314	6314	0	4007	5630
運転状態 II	7224	9314	6314	0	4007	5630
	7224	9314	6314	0	4007	5630
	7224	9314	6314	0	4007	5630
運転状態 III	7224	9314	6314	0	4007	5630
	7224	9314	6314	0	4007	5630
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 6.56 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限(評価断面 1-外面)

中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 1 外面

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_0$	940	-	2	2	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_0$	940	-	2	3	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	921	-	13	85	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	921	$1.33 \times 10^4$	3	4	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	921	-	11	128	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	921	$1.33 \times 10^4$	2	4	$K_t = 1.15$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	921	-	15	102	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	921	$6.30 \times 10^2$	4	10	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	921	-	14	153	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	921	$6.30 \times 10^2$	3	12	$K_t = 1.19$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	795 921	$5.61 \times 10^4$ $4.32 \times 10^4$	0.55	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	921	$1.33 \times 10^4$	0.43	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	921	-	41	170	$S_{mIV} = 2 S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	921	5.00	29	35	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	921	-	33	256	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	921	5.00	23	38	$K_t = 1.10$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	795 921	$5.61 \times 10^4$ $4.32 \times 10^4$	0.67	1.00	$B_R = 1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	921	$1.33 \times 10^4$	0.18	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	13	195	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	12	293	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	11	293	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

※ 上記運転状態「設計条件」では、既往の設工認評価項目が地震荷重負荷ではないため、単位変換のみを行っている。

小数点以下第 2 位までの単位変換結果を下表に示す。下表のとおり計算値が許容値を下回っているが、数値処理によって上表のとおり計算値と許容値は同じ値となる。

運転状態	評価項目	計算値	許容値	計算値	許容値
		kg/mm <sup>2</sup>		MPa	
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_0$	0.20	0.25	1.96	2.45

第 6.57 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限(評価断面 1-外面)

中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 1 外面

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_0$ $\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_0$	940	-	2	2	
		940	-	2	3	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	921	-	14	85	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	921	$1.33 \times 10^4$	3	4	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	921	-	11	128	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	921	$1.33 \times 10^4$	2	4	$K_t = 1.15$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	921	-	16	102	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	921	$6.30 \times 10^2$	4	10	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	921	-	14	153	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	921	$6.30 \times 10^2$	3	12	$K_t = 1.19$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	795	$5.61 \times 10^4$	0.55	1.00	$B=1.0$
		921	$4.32 \times 10^4$			
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	921	$1.33 \times 10^4$	0.43	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	921	-	43	170	$S_{mIV} = 2 S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	921	5.00	29	35	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	921	-	35	256	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	921	5.00	23	38	$K_t = 1.10$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{ri}) \leq B_R$	795	$5.61 \times 10^4$	0.67	1.00	$B_R = 1.0$
		921	$4.32 \times 10^4$			
	$\Sigma (t_j / t_{rbj}) \leq 1.0$	921	$1.33 \times 10^4$	0.18	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	14	195	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	13	293	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	11	293	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

※ 上記運転状態「設計条件」では、既往の設工認評価項目が地震荷重負荷ではないため、単位変換のみを行っている。

小数点以下第 2 位までの単位変換結果を下表に示す。下表のとおり計算値が許容値を下回っているが、数値処理によって上表のとおり計算値と許容値は同じ値となる。

運転状態	評価項目	計算値	許容値	計算値	許容値
		kg/mm <sup>2</sup>		MPa	
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_0$	0.20	0.25	1.96	2.45

第 6.58 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 1)(評価断面 1-外面)  
 中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 1 外面(地震動:Sd1-4\_SdD)  
 運転状態 I、II、III、T

評価項目	計算値	許容値
$\epsilon_{AV} \leq 0.01$	0.0008	0.0100
$\epsilon_{SV} \leq 0.02$	0.0009	0.0200

第 6.59 表 Sd5 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 1)(評価断面 1-外面)  
 中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 1 外面(地震動:Sd5)  
 運転状態 I、II、III、T

評価項目	計算値	許容値
$\epsilon_{AV} \leq 0.01$	0.0008	0.0100
$\epsilon_{SV} \leq 0.02$	0.0009	0.0200



第 6.60 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面 1-外面)

中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 1 外面(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	921	24 645	0.160	0.185	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 6.61 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面 1-外面)

中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 1 外面(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	921	26 645	0.160	0.200	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価

第 6.62 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の導出(その 1) (評価断面 1-外面)

中間熱交換器内筒下部レギュレーサ断面 1 外面(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon' \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_\varepsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 (℃)	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_\varepsilon'$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ (MPa)	—	$K_e$	$S_\ell$ (MPa)			
3A01 1E02-Sd	921	1	$2.457 \times 10^{-4}$	$2.097 \times 10^{-4}$	$7.158 \times 10^{-5}$	1.00	1.00	$5.270 \times 10^{-4}$	652000	0.000	B
1E02 3A01	921	8	$1.790 \times 10^{-4}$	$2.074 \times 10^{-4}$	$7.138 \times 10^{-5}$	1.00	1.00	$4.578 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1E02 1F01	921	6	$3.061 \times 10^{-4}$	$6.899 \times 10^{-6}$	$1.093 \times 10^{-4}$	1.00	1.00	$4.224 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1F01 2A01	921	9	$1.207 \times 10^{-4}$	$1.055 \times 10^{-4}$	$3.823 \times 10^{-5}$	1.00	1.00	$2.644 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A02 1D01	921	83	$1.902 \times 10^{-4}$	$4.692 \times 10^{-6}$	$4.910 \times 10^{-5}$	1.02	1.02	$2.477 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A02 1C05	921	143	$1.026 \times 10^{-4}$	$1.139 \times 10^{-4}$	$2.110 \times 10^{-5}$	1.02	1.02	$2.419 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1C01 1C05	921	25	$9.276 \times 10^{-5}$	$1.184 \times 10^{-4}$	$2.907 \times 10^{-5}$	1.00	1.00	$2.403 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1B02 1C01	921	106	$1.788 \times 10^{-4}$	$4.692 \times 10^{-6}$	$5.180 \times 10^{-5}$	1.00	1.00	$2.353 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1C01 2A01	921	43	$8.032 \times 10^{-5}$	$1.055 \times 10^{-4}$	$2.730 \times 10^{-5}$	1.00	1.00	$2.135 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
2A01 2B01	921	11	$2.055 \times 10^{-5}$	$1.023 \times 10^{-4}$	$8.911 \times 10^{-7}$	1.02	1.02	$1.263 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
Sd	921	200	$1.210 \times 10^{-4}$	0.000	0.000	1.03	1.06	$1.283 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
$K_T = 1.00 \quad D_f = \Sigma (n_i / N_{di}) = 0.002$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_\ell$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 3A01 1E02-S1 及び S1 の  $\varepsilon_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 6.63 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の導出(その 1) (評価断面 1-外面)

中間熱交換器内筒下部レギュレーサ断面 1 外面(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_{\varepsilon'} \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_{\varepsilon'} = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 ( °C )	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_{\varepsilon'}$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ ( MPa )	—	$K_e$	$S_e$ ( MPa )			
3A01 1E02-Sd	921	1	$2.457 \times 10^{-4}$	$2.097 \times 10^{-4}$	$7.158 \times 10^{-5}$	1.00	1.00	$5.270 \times 10^{-4}$	652000	0.000	B
1E02 3A01	921	8	$1.790 \times 10^{-4}$	$2.074 \times 10^{-4}$	$7.138 \times 10^{-5}$	1.00	1.00	$4.578 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1E02 1F01	921	6	$3.061 \times 10^{-4}$	$6.899 \times 10^{-6}$	$1.093 \times 10^{-4}$	1.00	1.00	$4.224 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1F01 2A01	921	9	$1.207 \times 10^{-4}$	$1.055 \times 10^{-4}$	$3.823 \times 10^{-5}$	1.00	1.00	$2.644 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A02 1D01	921	83	$1.902 \times 10^{-4}$	$4.692 \times 10^{-6}$	$4.910 \times 10^{-5}$	1.02	1.02	$2.477 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A02 1C05	921	143	$1.026 \times 10^{-4}$	$1.139 \times 10^{-4}$	$2.110 \times 10^{-5}$	1.02	1.02	$2.419 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1C01 1C05	921	25	$9.276 \times 10^{-5}$	$1.184 \times 10^{-4}$	$2.907 \times 10^{-5}$	1.00	1.00	$2.403 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1B02 1C01	921	106	$1.788 \times 10^{-4}$	$4.692 \times 10^{-6}$	$5.180 \times 10^{-5}$	1.00	1.00	$2.353 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1C01 2A01	921	43	$8.032 \times 10^{-5}$	$1.055 \times 10^{-4}$	$2.730 \times 10^{-5}$	1.00	1.00	$2.135 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
2A01 2B01	921	11	$2.055 \times 10^{-5}$	$1.023 \times 10^{-4}$	$8.911 \times 10^{-7}$	1.02	1.02	$1.263 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
Sd	921	200	$1.210 \times 10^{-4}$	0.000	0.000	1.03	1.06	$1.283 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
$K_T = 1.00 \quad D_f = \Sigma ( n_i / N_{di} ) = 0.002$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_e$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 3A01 1E02-S1 及び S1 の  $\varepsilon_n$  に Sd5 分を付加して評価

第 6. 64 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 1)(評価断面 1-外面)

中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 1 外面(地震動:Sd1-4\_SdD)

ひずみサイクル	温度 ( °C )	時間 t* ( hr )	最高応力 ( MPa )	D <sub>c</sub>
1A04	789	$2.26 \times 10^3$	12	0.000
1A05	789	$5.49 \times 10^4$	7	0.039
1B01	789	$2.26 \times 10^3$	9	0.000
1C04	914	$1.74 \times 10^3$	4	0.007
1C05	914	$4.23 \times 10^4$	3	0.030
1D02	914	$1.74 \times 10^3$	5	0.007
1E02	914	$1.50 \times 10^2$	4	0.024
1F01	914	$1.50 \times 10^2$	5	0.005
D <sub>c</sub> = $\sum ( D_c )_k = 0.112$				

第 6.65 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 1) (評価断面 1-外面)

中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 1 外面(地震動:Sd5)

ひずみサイクル	温度 ( °C )	時間 t* ( hr )	最高応力 ( MPa )	D <sub>c</sub>
1A04	789	$2.26 \times 10^3$	12	0.000
1A05	789	$5.49 \times 10^4$	7	0.039
1B01	789	$2.26 \times 10^3$	9	0.000
1C04	914	$1.74 \times 10^3$	4	0.007
1C05	914	$4.23 \times 10^4$	3	0.030
1D02	914	$1.74 \times 10^3$	5	0.007
1E02	914	$1.50 \times 10^2$	4	0.024
1F01	914	$1.50 \times 10^2$	5	0.005
D <sub>c</sub> = $\sum ( D_c )_k = 0.112$				

第 6.66 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面 1-外面)  
 中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 1 外面(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.002	0.112	0.12	1.00

第 6.67 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面 1-外面)  
 中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 1 外面(地震動:Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.002	0.112	0.12	1.00

第 6.68 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限(評価断面 5-内面)

中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 5 内面

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_0$	940	-	2	2	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_0$	940	-	1	3	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	913	-	15	88	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	913	$1.33 \times 10^4$	2	4	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	913	-	11	132	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	913	$1.33 \times 10^4$	1	5	$K_t = 1.21$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	756	-	20	140	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	913	$6.30 \times 10^2$	4	11	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	756	-	17	209	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	913	$6.30 \times 10^2$	2	14	$K_t = 1.22$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	756 913	$5.61 \times 10^4$ $4.32 \times 10^4$	0.48	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	913	$1.33 \times 10^4$	0.40	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	913	-	45	175	$S_{mIV} = 2 S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	913	5.00	29	36	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	913	-	23	263	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	913	5.00	12	43	$K_t = 1.17$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{ri}) \leq B_R$	756 913	$5.61 \times 10^4$ $4.32 \times 10^4$	0.51	1.00	$B_R = 1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{rbj}) \leq 1.0$	913	$1.33 \times 10^4$	0.05	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	16	195	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	15	293	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	12	293	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

※ 上記運転状態「設計条件」では、既往の設工認評価項目が地震荷重負荷ではないため、単位変換のみを行っている。

小数点以下第 2 位までの単位変換結果を下表に示す。下表のとおり計算値が許容値を下回っているが、数値処理によって上表のとおり計算値と許容値は同じ値となる。

運転状態	評価項目	計算値	許容値	計算値	許容値
		kg/mm <sup>2</sup>		MPa	
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_0$	0.21	0.25	2.05	2.45

第 6.69 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限(評価断面 5-内面)

中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 5 内面

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_0$	940	-	2	2	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_0$	940	-	1	3	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	913	-	17	88	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	913	$1.33 \times 10^4$	2	4	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	913	-	11	132	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	913	$1.33 \times 10^4$	1	5	$K_t = 1.21$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	756	-	22	140	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	913	$6.30 \times 10^2$	4	11	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	756	-	17	209	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	913	$6.30 \times 10^2$	2	14	$K_t = 1.22$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	756 913	$5.61 \times 10^4$ $4.32 \times 10^4$	0.48	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	913	$1.33 \times 10^4$	0.40	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	913	-	48	175	$S_{mIV} = 2 S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	913	5.00	29	36	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	913	-	26	263	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	913	5.00	12	43	$K_t = 1.17$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{ri}) \leq B_R$	756 913	$5.61 \times 10^4$ $4.32 \times 10^4$	0.51	1.00	$B_R = 1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{rbj}) \leq 1.0$	913	$1.33 \times 10^4$	0.05	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	18	195	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	17	293	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	12	293	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

※ 上記運転状態「設計条件」では、既往の設工認評価項目が地震荷重負荷ではないため、単位変換のみを行っている。

小数点以下第 2 位までの単位変換結果を下表に示す。下表のとおり計算値が許容値を下回っているが、数値処理によって上表のとおり計算値と許容値は同じ値となる。

運転状態	評価項目	計算値	許容値	計算値	許容値
		kg/mm <sup>2</sup>		MPa	
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_0$	0.21	0.25	2.05	2.45



第 6.70 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 1) (評価断面 5-内面)  
 中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 5 内面(地震動:Sd1-4\_SdD)  
 運転状態 I、II、III、T

評価項目	計算値	許容値
$\epsilon_{AV} \leq 0.01$	0.0006	0.0100
$\epsilon_{SV} \leq 0.02$	0.0032	0.0200

第 6.71 表 Sd5 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 1) (評価断面 5-内面)  
 中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 5 内面(地震動:Sd5)  
 運転状態 I、II、III、T

評価項目	計算値	許容値
$\epsilon_{AV} \leq 0.01$	0.0006	0.0100
$\epsilon_{SV} \leq 0.02$	0.0032	0.0200

第 6.72 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面 5-内面)

中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 5 内面(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	913	28 662	0.080	0.210	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 6.73 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面 5-内面)

中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 5 内面(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	913	31 662	0.080	0.232	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価

第 6.74 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1) (評価断面 5-内面)

中間熱交換器内筒下部レギュレーサ断面 5 内面(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon' \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_\varepsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 ( °C )	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_\varepsilon'$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ ( MPa )	—	$K_e$	$S_\ell$ ( MPa )			
1E05 1B01-Sd	913	1	$4.200 \times 10^{-4}$	$1.379 \times 10^{-6}$	$1.012 \times 10^{-4}$	1.69	2.86	$1.303 \times 10^{-3}$	153	0.007	C
1B01 1E05	913	14	$3.286 \times 10^{-4}$	$1.379 \times 10^{-6}$	$9.897 \times 10^{-5}$	1.68	1.68	$6.542 \times 10^{-4}$	61225	0.000	C
1B01 1C04	913	91	$3.354 \times 10^{-4}$	$2.722 \times 10^{-6}$	$8.159 \times 10^{-5}$	1.55	1.55	$6.068 \times 10^{-4}$	137689	0.001	C
1C04 1D02	913	83	$3.131 \times 10^{-4}$	$5.373 \times 10^{-6}$	$8.307 \times 10^{-5}$	1.56	1.56	$5.799 \times 10^{-4}$	241007	0.000	C
1F02 2A02	913	15	$1.335 \times 10^{-4}$	$3.292 \times 10^{-5}$	$6.623 \times 10^{-5}$	1.72	1.72	$3.526 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
2A02 3A02	913	9	$7.044 \times 10^{-5}$	$9.120 \times 10^{-5}$	$5.786 \times 10^{-5}$	1.74	1.74	$3.395 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
1A05 2A02	913	121	$8.357 \times 10^{-5}$	$3.111 \times 10^{-5}$	$3.145 \times 10^{-5}$	1.41	1.41	$1.931 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
2A02 2B01	913	11	$2.866 \times 10^{-5}$	$3.085 \times 10^{-5}$	$2.656 \times 10^{-5}$	1.40	1.40	$1.100 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
2A02 2C01	913	30	$2.504 \times 10^{-5}$	$3.023 \times 10^{-5}$	$1.989 \times 10^{-5}$	1.33	1.33	$9.342 \times 10^{-5}$	1000000	0.000	C
1E01 2A02	913	4	$1.731 \times 10^{-5}$	$3.157 \times 10^{-5}$	$2.421 \times 10^{-5}$	1.29	1.30	$8.752 \times 10^{-5}$	1000000	0.000	C
Sd	755	200	$1.305 \times 10^{-4}$	0.000	0.000	1.20	1.44	$1.880 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
$K_T = 1.00$			$D_f = \Sigma ( n_i / N_{di} ) = 0.009$								

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_\ell$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1E05 1B01-S1 及び S1 の  $\varepsilon_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 6.75 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1) (評価断面 5-内面)

中間熱交換器内筒下部レギュレーサ断面 5 内面(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon' \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_\varepsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 ( °C )	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_\varepsilon'$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ ( MPa )	—	$K_e$	$S_\ell$ ( MPa )			
1E05 1B01-Sd	913	1	$4.200 \times 10^{-4}$	$1.379 \times 10^{-6}$	$1.012 \times 10^{-4}$	1.69	2.86	$1.303 \times 10^{-3}$	153	0.007	C
1B01 1E05	913	14	$3.286 \times 10^{-4}$	$1.379 \times 10^{-6}$	$9.897 \times 10^{-5}$	1.68	1.68	$6.542 \times 10^{-4}$	61225	0.000	C
1B01 1C04	913	91	$3.354 \times 10^{-4}$	$2.722 \times 10^{-6}$	$8.159 \times 10^{-5}$	1.55	1.55	$6.068 \times 10^{-4}$	137689	0.001	C
1C04 1D02	913	83	$3.131 \times 10^{-4}$	$5.373 \times 10^{-6}$	$8.307 \times 10^{-5}$	1.56	1.56	$5.799 \times 10^{-4}$	241007	0.000	C
1F02 2A02	913	15	$1.335 \times 10^{-4}$	$3.292 \times 10^{-5}$	$6.623 \times 10^{-5}$	1.72	1.72	$3.526 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
2A02 3A02	913	9	$7.044 \times 10^{-5}$	$9.120 \times 10^{-5}$	$5.786 \times 10^{-5}$	1.74	1.74	$3.395 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
1A05 2A02	913	121	$8.357 \times 10^{-5}$	$3.111 \times 10^{-5}$	$3.145 \times 10^{-5}$	1.41	1.41	$1.931 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
2A02 2B01	913	11	$2.866 \times 10^{-5}$	$3.085 \times 10^{-5}$	$2.656 \times 10^{-5}$	1.40	1.40	$1.100 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
2A02 2C01	913	30	$2.504 \times 10^{-5}$	$3.023 \times 10^{-5}$	$1.989 \times 10^{-5}$	1.33	1.33	$9.342 \times 10^{-5}$	1000000	0.000	C
1E01 2A02	913	4	$1.731 \times 10^{-5}$	$3.157 \times 10^{-5}$	$2.421 \times 10^{-5}$	1.29	1.30	$8.752 \times 10^{-5}$	1000000	0.000	C
Sd	755	200	$1.305 \times 10^{-4}$	0.000	0.000	1.20	1.44	$1.880 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
$K_T = 1.00 \quad D_f = \Sigma ( n_i / N_{di} ) = 0.009$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_\ell$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1E05 1B01-S1 及び S1 の  $\varepsilon_n$  に Sd5 分を付加して評価

第 6.76 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 1)(評価断面 5-内面)

中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 5 内面(地震動:Sd1-4\_SdD)

ひずみサイクル	温度 ( °C )	時間 t* ( hr )	最高応力 ( MPa )	D <sub>c</sub>
1A04	748	2.26×10 <sup>3</sup>	18	0.000
1A05	748	5.49×10 <sup>4</sup>	14	0.041
1B01	748	2.26×10 <sup>3</sup>	32	0.000
1C04	906	1.74×10 <sup>3</sup>	10	0.075
1C05	906	4.23×10 <sup>4</sup>	8	0.031
1D02	906	1.74×10 <sup>3</sup>	12	0.056
1E01	906	7.50×10	5	0.011
1E05	906	7.50×10	1	0.011
1F02	906	1.50×10 <sup>2</sup>	5	0.034
D <sub>c</sub> = Σ ( D <sub>c</sub> ) <sub>k</sub> = 0.259				

第 6.77 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 1)(評価断面 5-内面)

中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 5 内面(地震動:Sd5)

ひずみサイクル	温度 ( °C )	時間 t* ( hr )	最高応力 ( MPa )	D <sub>c</sub>
1A04	748	2.26×10 <sup>3</sup>	18	0.000
1A05	748	5.49×10 <sup>4</sup>	14	0.041
1B01	748	2.26×10 <sup>3</sup>	32	0.000
1C04	906	1.74×10 <sup>3</sup>	10	0.075
1C05	906	4.23×10 <sup>4</sup>	8	0.031
1D02	906	1.74×10 <sup>3</sup>	12	0.056
1E01	906	7.50×10	5	0.011
1E05	906	7.50×10	1	0.011
1F02	906	1.50×10 <sup>2</sup>	5	0.034
D <sub>c</sub> = Σ ( D <sub>c</sub> ) <sub>k</sub> = 0.259				

第 6.78 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面 5-内面)

中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 5 内面(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.009	0.259	0.27	1.00

第 6.79 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面 5-内面)

中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 5 内面(地震動:Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.009	0.259	0.27	1.00

第 6.80 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止(評価断面 5)

中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 5 内面(地震動:Ss1-4\_SsD)

外圧クリープ座屈に対する制限

運転状態	温度 ( °C )	作用時間 ( hr )	作用外圧 ( MPa )	評価外圧 ( MPa )	許容値 ( MPa )	安全係数
IV	921	24	4.1	5.1	5.7	1.25

注記 (1) 評価外圧 = 作用外圧 × 安全係数

第 6.81 表 Ss5 地震動 座屈の防止(評価断面 5)

中間熱交換器内筒下部レジューサ断面 5 内面(地震動:Ss5)

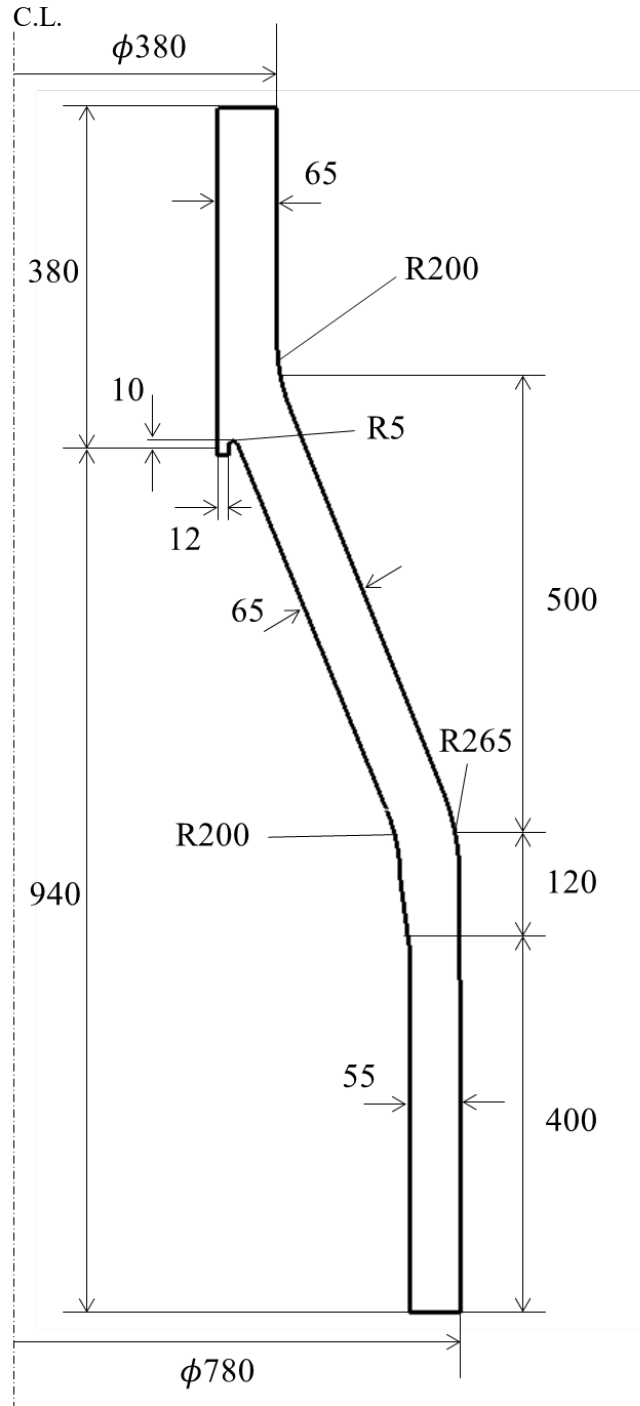
外圧クリープ座屈に対する制限

運転状態	温度 ( °C )	作用時間 ( hr )	作用外圧 ( MPa )	評価外圧 ( MPa )	許容値 ( MPa )	安全係数
IV	921	24	4.1	5.1	5.7	1.25

注記 (1) 評価外圧 = 作用外圧 × 安全係数

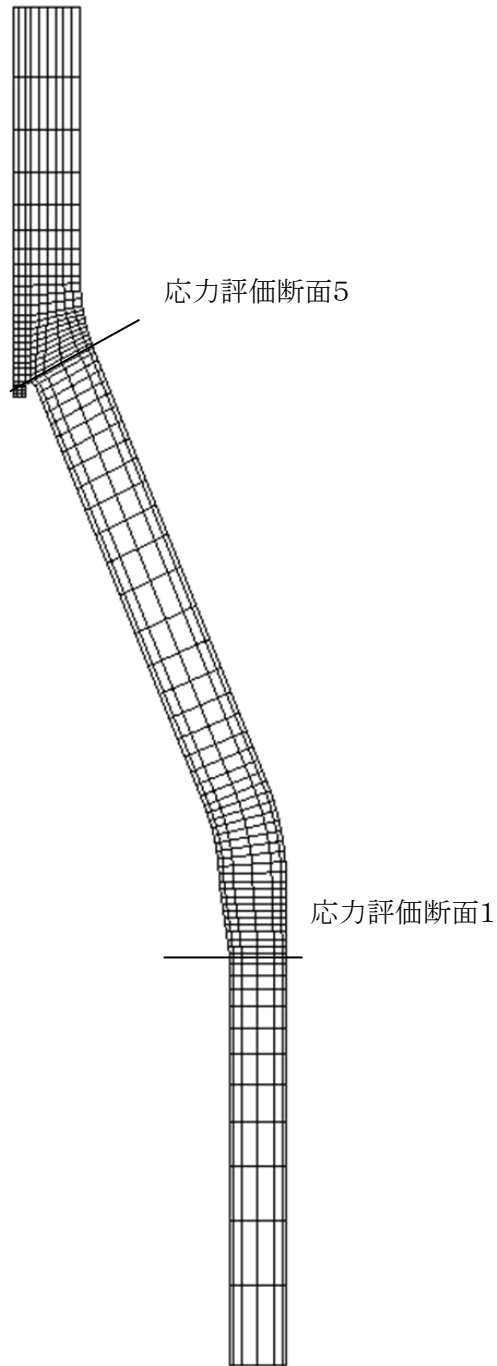


材料	ハステロイ XR
----	----------



(単位 : mm)

第 6.9 図 内筒下部レジューサの形状及び寸法図



第 6.10 図 応力評価断面

## 6.6 高温ヘッド

### 6.6.1 形状、寸法及び材料

高温ヘッドの形状、寸法及び材料を第 6.11 図に示す。

### 6.6.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第 6.82 表から第 6.85 表に示す。自重等の荷重値は、「Ⅲ-イ-8 中間熱交換器の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 3 回申請)平成 4 年 4 月 9 日付け 4 安(原規)第 47 号)を参照した。

### 6.6.3 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 6.12 図に示す。

### 6.6.4 応力評価

高温ヘッドの応力評価結果を第 6.86 表から第 6.99 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3 軸応力の制限

本計算箇所は、板厚方向温度差による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3 軸の主応力が接近することはない。

第 6.82 表 Ss1-4\_SsD 地震 機械的荷重(高温ヘッダ)

	配管反力 ( 高温ヘッダ )					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	2443	2053	3128	0	1255	790
運転状態 II	2443	2053	3128	0	1255	790
	2443	2053	3128	0	1255	790
	2443	2053	3128	0	1255	790
運転状態 III	2443	2053	3128	0	1255	790
	2443	2053	3128	0	1255	790
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 6.83 表 Ss5 地震 機械的荷重(高温ヘッダ)

	配管反力 ( 高温ヘッダ )					
	Ss5 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	2967	3605	2825	0	1153	1399
運転状態 II	2967	3605	2825	0	1153	1399
	2967	3605	2825	0	1153	1399
	2967	3605	2825	0	1153	1399
運転状態 III	2967	3605	2825	0	1153	1399
	2967	3605	2825	0	1153	1399
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 6.84 表 Sd1-4\_SdD 地震 機械的荷重(高温ヘッダ)

	配管反力 ( 高温ヘッダ )					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1420	2707	1709	0	681	1051
運転状態 II	1420	2707	1709	0	681	1051
	1420	2707	1709	0	681	1051
	1420	2707	1709	0	681	1051
運転状態 III	1420	2707	1709	0	681	1051
	1420	2707	1709	0	681	1051
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 6.85 表 Sd5 地震 機械的荷重(高温ヘッダ)

	配管反力 ( 高温ヘッダ )					
	Sd5 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1981	2732	1970	0	790	1050
運転状態 II	1981	2732	1970	0	790	1050
	1981	2732	1970	0	790	1050
	1981	2732	1970	0	790	1050
運転状態 III	1981	2732	1970	0	790	1050
	1981	2732	1970	0	790	1050
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 6.86 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限(評価断面-内面)

中間熱交換器高温ヘッダ内面

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	940	-	1	2	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	940	-	1	3	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	914	-	36	87	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	914	$1.33 \times 10^4$	1	4	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	914	-	35	131	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	914	$1.33 \times 10^4$	1	5	$K_t = 1.22$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	754	-	43	140	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	914	$6.30 \times 10^2$	2	11	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	754	-	42	210	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	914	$6.30 \times 10^2$	2	13	$K_t = 1.22$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	754 914	$5.61 \times 10^4$ $4.32 \times 10^4$	0.40	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	914	$1.33 \times 10^4$	0.40	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	914	-	51	175	$S_{mIV} = 2 S_o/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	914	5.00	11	36	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	914	-	51	262	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	914	5.00	11	43	$K_t = 1.18$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{ri}) \leq B_R$	754 914	$5.61 \times 10^4$ $4.32 \times 10^4$	0.05	1.00	$B_R = 1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{rbj}) \leq 1.0$	914	$1.33 \times 10^4$	0.05	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	36	195	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	36	293	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	35	293	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 6.87 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限(評価断面-内面)

中間熱交換器高温ヘッダ内面

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	940	-	1	2	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	940	-	1	3	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	914	-	38	87	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	914	$1.33 \times 10^4$	1	4	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	914	-	37	131	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	914	$1.33 \times 10^4$	1	5	$K_t = 1.22$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	754	-	45	140	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	914	$6.30 \times 10^2$	2	11	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	754	-	44	210	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	914	$6.30 \times 10^2$	2	13	$K_t = 1.22$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	754 914	$5.61 \times 10^4$ $4.32 \times 10^4$	0.40	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	914	$1.33 \times 10^4$	0.40	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	914	-	60	175	$S_{mIV} = 2 S_o/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	914	5.00	11	36	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	914	-	60	262	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	914	5.00	11	43	$K_t = 1.18$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{ri}) \leq B_R$	754 914	$5.61 \times 10^4$ $4.32 \times 10^4$	0.05	1.00	$B_R = 1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{rbj}) \leq 1.0$	914	$1.33 \times 10^4$	0.05	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	38	195	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	38	293	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	37	293	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 6.88 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 1) (評価断面-内面)  
 中間熱交換器高温ヘッダ内面(地震動:Sd1-4\_SdD)

運転状態 I、II、III、T

評価項目	計算値	許容値
$\epsilon_{AV} \leq 0.01$	0.0009	0.0100
$\epsilon_{SV} \leq 0.02$	0.0031	0.0200

第 6.89 表 Sd5 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 1) (評価断面-内面)  
 中間熱交換器高温ヘッダ内面(地震動:Sd5)

運転状態 I、II、III、T

評価項目	計算値	許容値
$\epsilon_{AV} \leq 0.01$	0.0009	0.0100
$\epsilon_{SV} \leq 0.02$	0.0031	0.0200



第 6.90 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

中間熱交換器高温ヘッダ内面(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	913	65 662	0.070	0.485	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 6.91 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

中間熱交換器高温ヘッダ内面(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	913	74 662	0.070	0.552	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価

第 6.92 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1)(評価断面-内面)

中間熱交換器高温ヘッダ内面(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon' \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_\varepsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 (°C)	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_\varepsilon'$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ (MPa)	—	$K_e$	$S_\ell$ (MPa)			
1E02 1B01-Sd	913	1	$4.408 \times 10^{-4}$	$8.940 \times 10^{-7}$	$3.842 \times 10^{-5}$	2.53	6.40	$2.862 \times 10^{-3}$	27	0.037	C
1E02 3A01	913	9	$9.863 \times 10^{-5}$	$5.497 \times 10^{-5}$	$4.656 \times 10^{-5}$	2.53	2.53	$4.356 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1E02 1F01	913	5	$1.371 \times 10^{-4}$	$2.634 \times 10^{-6}$	$5.964 \times 10^{-5}$	2.53	2.53	$4.129 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1C01 1F01	913	10	$1.211 \times 10^{-4}$	$3.511 \times 10^{-6}$	$4.480 \times 10^{-5}$	2.34	2.34	$3.369 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1B01 1C01	913	105	$1.258 \times 10^{-4}$	$1.772 \times 10^{-6}$	$2.322 \times 10^{-5}$	2.30	2.30	$3.170 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A02 1C01	913	59	$1.165 \times 10^{-4}$	$2.156 \times 10^{-6}$	$9.612 \times 10^{-6}$	2.31	2.31	$2.840 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A02 2C01	752	30	$1.192 \times 10^{-4}$	$4.002 \times 10^{-7}$	$9.267 \times 10^{-6}$	1.28	1.28	$1.622 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A02 C	752	32	$1.212 \times 10^{-4}$	$4.002 \times 10^{-7}$	$9.236 \times 10^{-6}$	1.20	1.20	$1.551 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
2A01 C	913	190	$7.686 \times 10^{-5}$	$2.528 \times 10^{-5}$	$1.395 \times 10^{-5}$	1.26	1.26	$1.426 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
1D02 C	913	14	$9.928 \times 10^{-5}$	$1.756 \times 10^{-6}$	$9.621 \times 10^{-6}$	1.24	1.24	$1.354 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
Sd	752	200	$3.307 \times 10^{-4}$	0.000	0.000	1.00	1.00	$3.307 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
$K_T = 1.00 \quad D_f = \Sigma (n_i / N_{di}) = 0.039$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_\ell$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1E02 1B01-S1 及び S1 の  $\varepsilon_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 6.93 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1) (評価断面-内面)

中間熱交換器高温ヘッダ内面(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon' \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_\varepsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 ( °C )	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_\varepsilon'$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ ( MPa )	—	$K_e$	$S_\ell$ ( MPa )			
1E02 1B01-Sd	913	1	$4.558 \times 10^{-4}$	$8.940 \times 10^{-7}$	$3.842 \times 10^{-5}$	2.53	6.40	$2.958 \times 10^{-3}$	24	0.042	C
1E02 3A01	913	9	$9.863 \times 10^{-5}$	$5.497 \times 10^{-5}$	$4.656 \times 10^{-5}$	2.53	2.53	$4.356 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1E02 1F01	913	5	$1.371 \times 10^{-4}$	$2.634 \times 10^{-6}$	$5.964 \times 10^{-5}$	2.53	2.53	$4.129 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1C01 1F01	913	10	$1.211 \times 10^{-4}$	$3.511 \times 10^{-6}$	$4.480 \times 10^{-5}$	2.34	2.34	$3.369 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1B01 1C01	913	105	$1.258 \times 10^{-4}$	$1.772 \times 10^{-6}$	$2.322 \times 10^{-5}$	2.30	2.30	$3.170 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A02 1C01	913	59	$1.165 \times 10^{-4}$	$2.156 \times 10^{-6}$	$9.612 \times 10^{-6}$	2.31	2.31	$2.840 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A02 2C01	752	30	$1.192 \times 10^{-4}$	$4.002 \times 10^{-7}$	$9.267 \times 10^{-6}$	1.28	1.28	$1.622 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A02 C	752	32	$1.212 \times 10^{-4}$	$4.002 \times 10^{-7}$	$9.236 \times 10^{-6}$	1.20	1.20	$1.551 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
2A01 C	913	190	$7.686 \times 10^{-5}$	$2.528 \times 10^{-5}$	$1.395 \times 10^{-5}$	1.26	1.26	$1.426 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
1D02 C	913	14	$9.928 \times 10^{-5}$	$1.756 \times 10^{-6}$	$9.621 \times 10^{-6}$	1.24	1.24	$1.354 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
Sd	752	200	$3.445 \times 10^{-4}$	0.000	0.000	1.00	1.00	$3.445 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
$K_T = 1.00 \quad D_f = \Sigma ( n_i / N_{di} ) = 0.043$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_\ell$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1E02 1B01-S1 及び S1 の  $\varepsilon_n$  に Sd5 分を付加して評価

第 6.94 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 1) (評価断面-内面)

中間熱交換器高温ヘッダ内面(地震動:Sd1-4\_SdD)

ひずみサイクル	温度 ( °C )	時間 t* ( hr )	最高応力 ( MPa )	D <sub>c</sub>
1A01	745	2.26×10 <sup>3</sup>	22	0.000
1A02	745	5.49×10 <sup>4</sup>	22	0.039
1B01	745	2.26×10 <sup>3</sup>	8	0.000
1C01	906	1.74×10 <sup>3</sup>	10	0.040
1C02	906	4.23×10 <sup>4</sup>	6	0.033
1D02	906	1.74×10 <sup>3</sup>	9	0.020
1E02	906	1.50×10 <sup>2</sup>	10	0.002
1F01	906	1.50×10 <sup>2</sup>	12	0.004
D <sub>c</sub> = Σ ( D <sub>c</sub> ) <sub>k</sub> = 0.138				

第 6.95 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 1)(評価断面-内面)

中間熱交換器高温ヘッダ内面(地震動:Sd5)

ひずみサイクル	温度 ( °C )	時間 t* ( hr )	最高応力 ( MPa )	D <sub>c</sub>
1A01	745	2.26×10 <sup>3</sup>	22	0.000
1A02	745	5.49×10 <sup>4</sup>	22	0.039
1B01	745	2.26×10 <sup>3</sup>	8	0.000
1C01	906	1.74×10 <sup>3</sup>	10	0.040
1C02	906	4.23×10 <sup>4</sup>	6	0.033
1D02	906	1.74×10 <sup>3</sup>	9	0.020
1E02	906	1.50×10 <sup>2</sup>	10	0.002
1F01	906	1.50×10 <sup>2</sup>	12	0.004
D <sub>c</sub> = Σ ( D <sub>c</sub> ) <sub>k</sub> = 0.138				

第 6.96 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)

中間熱交換器高温ヘッダ内面(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.039	0.138	0.18	1.00

第 6.97 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)

中間熱交換器高温ヘッダ内面(地震動:Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.043	0.138	0.19	1.00

第 6.98 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

中間熱交換器高温ヘッダ内面(地震動:Ss1-4\_SsD)

外圧クリープ座屈に対する制限

運転状態	温度 ( °C )	作用時間 ( hr )	作用外圧 ( MPa )	評価外圧 ( MPa )	許容値 ( MPa )	安全係数
IV	914	24	4	5	9	1.25

注記 (1) 評価外圧 = 作用外圧 × 安全係数

第 6.99 表 Ss5 地震動 座屈の防止

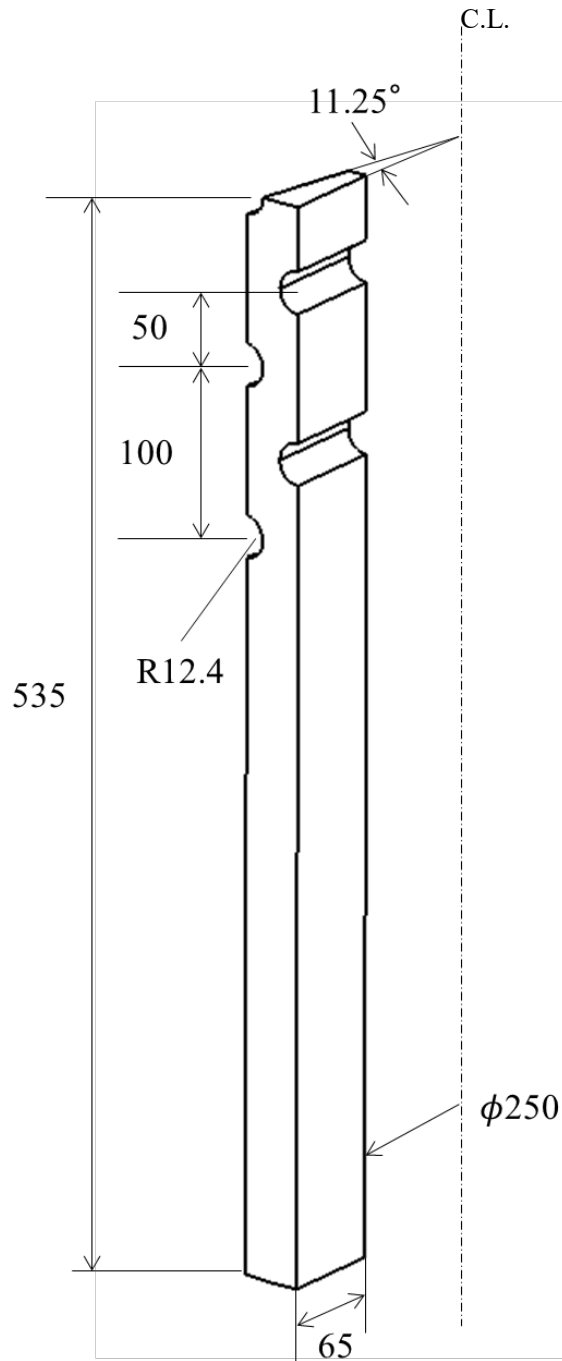
中間熱交換器高温ヘッダ内面(地震動:Ss5)

外圧クリープ座屈に対する制限

運転状態	温度 ( °C )	作用時間 ( hr )	作用外圧 ( MPa )	評価外圧 ( MPa )	許容値 ( MPa )	安全係数
IV	914	24	4	5	9	1.25

注記 (1) 評価外圧 = 作用外圧 × 安全係数

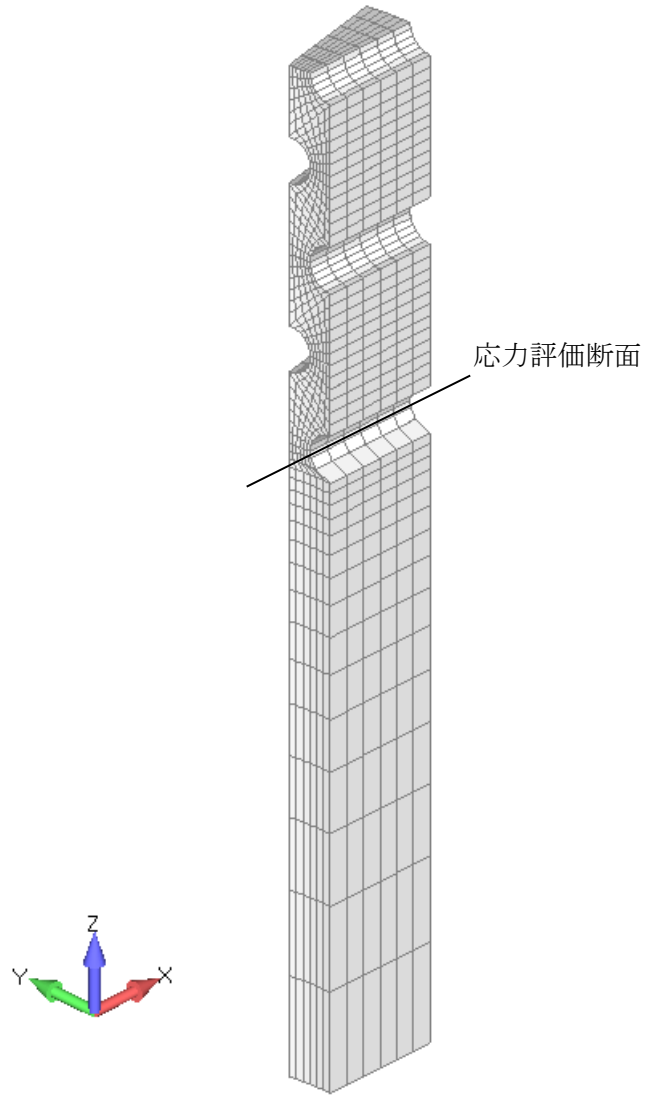
材料	ハステロイ XR
----	----------



(単位 : mm)

第 6.11 図 高温ヘッダの形状及び寸法図





第 6.12 図 応力評価断面

## 6.7 伝熱管

### 6.7.1 解析条件

- (1) 中間熱交換器の伝熱管は、下部連絡管及びヘリカルコイル伝熱管を中間熱交換器の全体解析モデルとは独立して質点はりモデルに置換し、動的解析及び静的解析を行う。
- (2) 床応答スペクトルは、原子炉建家の内部コンクリート構造物の E. L. 12.0m から E. L. 31.89m における加速度床応答スペクトル及び原子炉本体モデルで得られた原子炉压力容器ノズル部の加速度床応答スペクトル(いずれも減衰定数 1%、10%拡幅したものを)を包絡した床応答スペクトルを用いる。
- (3) 1次ヘリウム配管(二重管)の解析で得られた内筒の高さ方向の最大相対変位(1次ヘリウム配管(二重管)モデルの節点 372 と節点 366)を固定点(節点 1)に強制変位として入力する。
- (4) 解析コードは、「FINAS(伊藤忠テクノソリューションズ株式会社)」を用いた。
- (5) 床応答スペクトルを用いた動的解析及び強制変位を用いた静的解析から得られた機械的荷重を用いて、評価箇所の応力評価を実施する。

#### ・スペクトル

原子炉压力容器ノズル部の応答スペクトルと原子炉建家の床応答スペクトルを水平方向及び鉛直方向にそれぞれ包絡して作成した。スペクトルを第 6.13 図から第 6.20 図に示す。スペクトルを解析モデルの水平方向(x, y の二方向独立)及び鉛直方向(z 方向)にそれぞれ入力し、応答スペクトル解析を実施した。

#### ・変位解析

1次ヘリウム配管(二重管)の解析で得られた内筒の高さ方向の最大相対変位(1次ヘリウム配管モデルの節点 372 と節点 366)強制変位として入力し、静的解析を実施する。入力する相対変位を第 6.100 表から第 6.103 表に示す。

第 6.100 表 Ss1-4\_SsD 地震動 相对変位

地震動	相对変位量 mm
Ss1-4_SsD	$5.0 \times 10^{-3}$

第 6.101 表 Ss5 地震動 相对変位

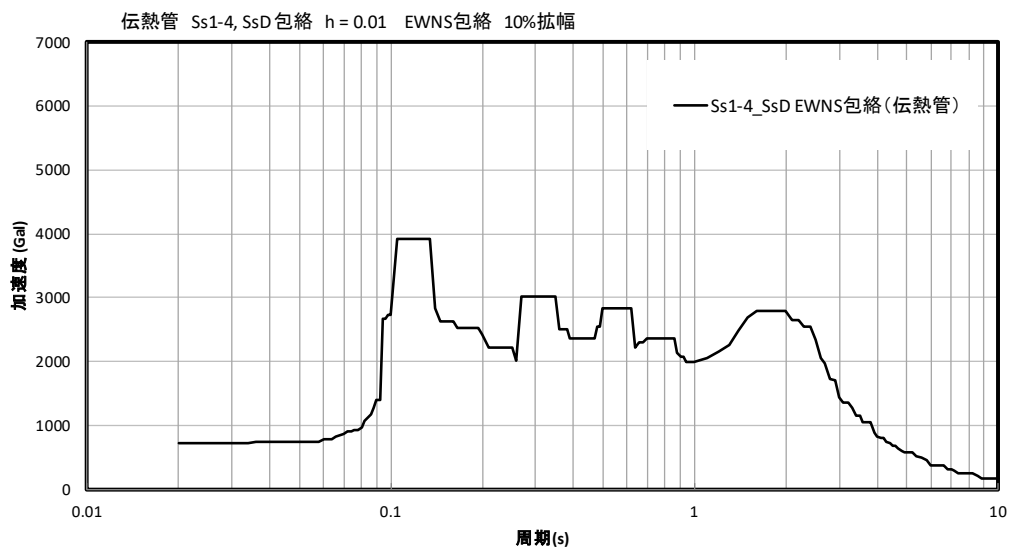
地震動	相对変位量 mm
Ss5	$6.0 \times 10^{-3}$

第 6.102 表 Sd1-4\_SdD 地震動 相对変位

地震動	相对変位量 mm
Sd1-4_SdD	$4.0 \times 10^{-3}$

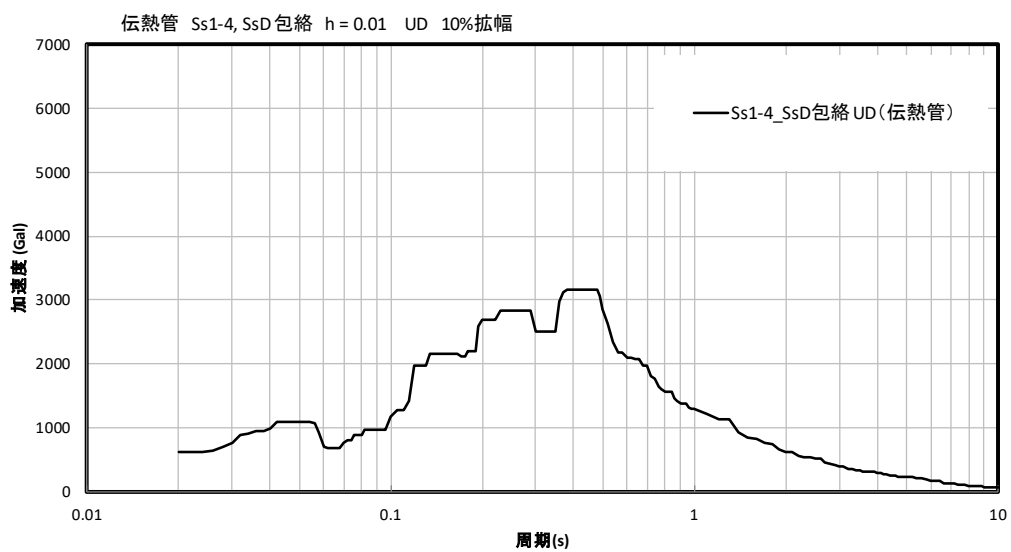
第 6.103 表 Sd5 地震動 相对変位

地震動	相对変位量 mm
Sd5	$5.0 \times 10^{-3}$



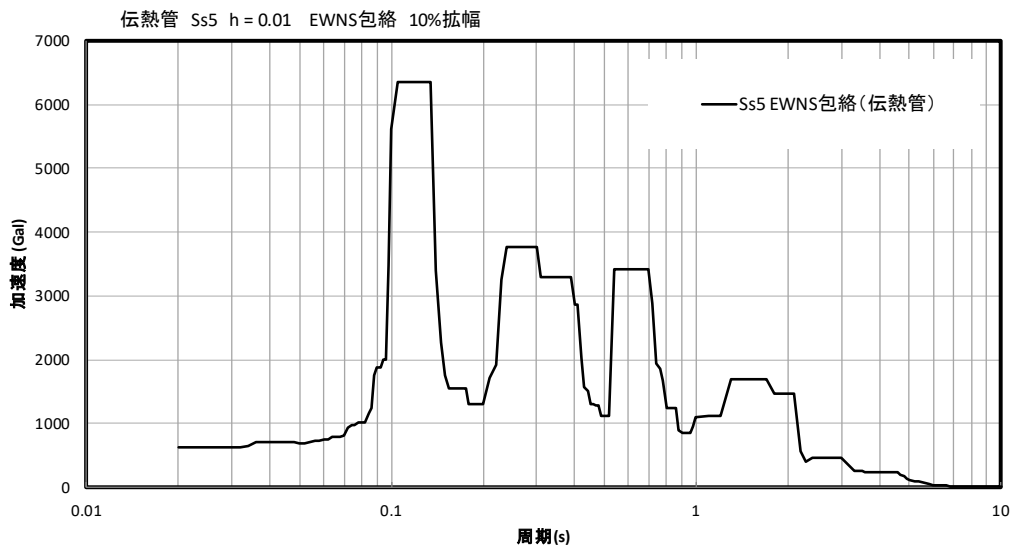
(a) EW-NS 包絡

第 6.13 図 Ss1-4\_SsD 地震動 入力スペクトル(1/2)



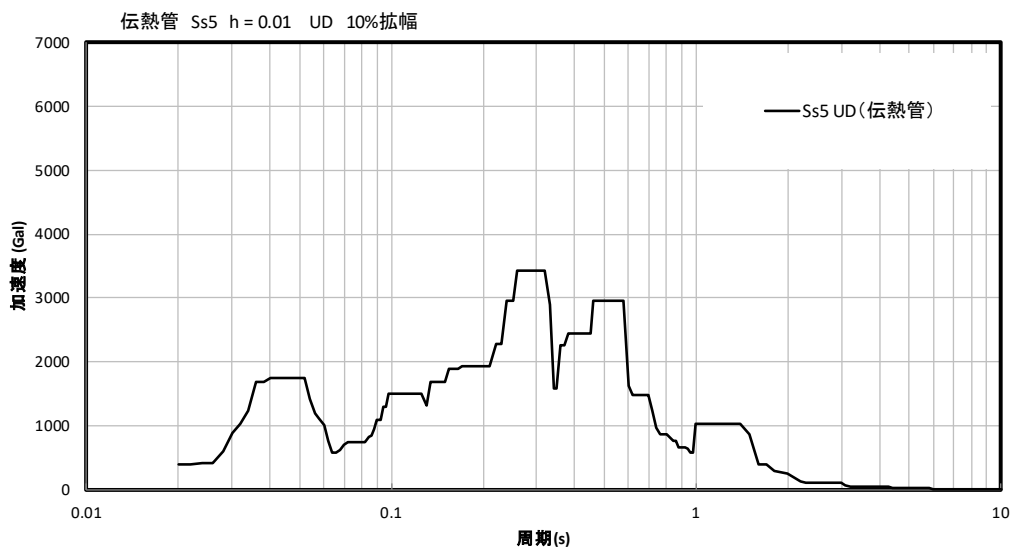
(b) UD 包絡

第 6.14 図 Ss1-4\_SsD 地震動 入力スペクトル(2/2)



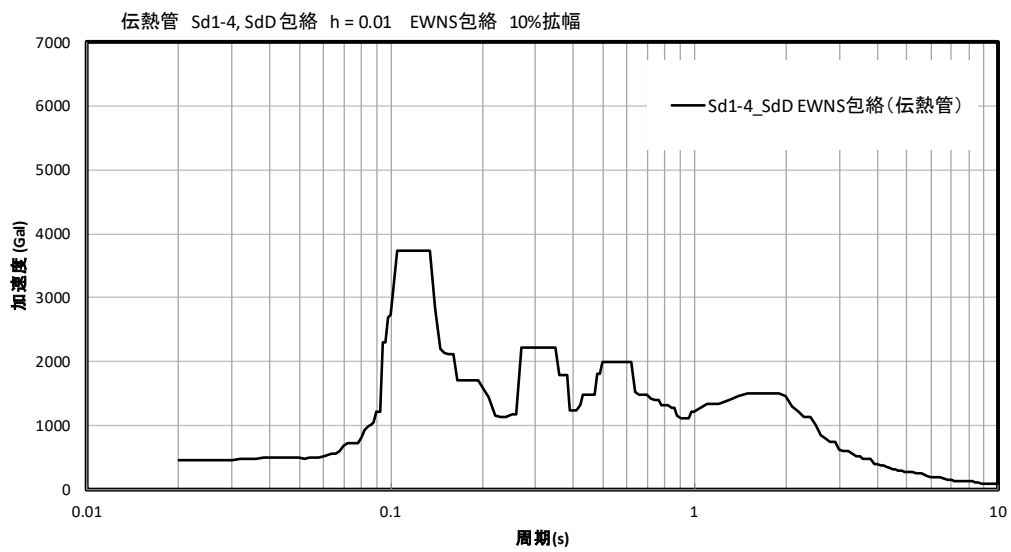
(a) EW-NS 包絡

第 6.15 図 Ss5 地震動 入力スペクトル(1/2)



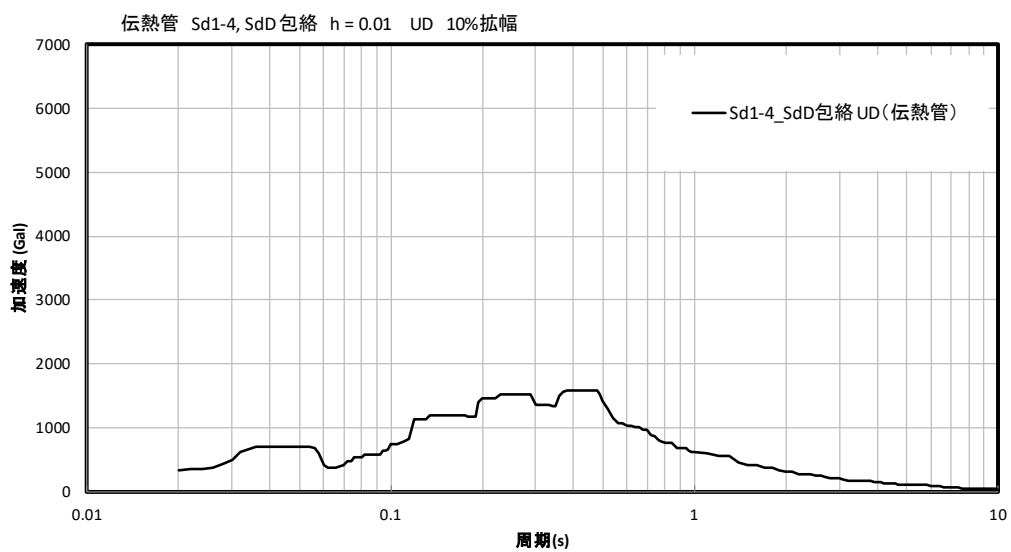
(b) UD 包絡

第 6.16 図 Ss5 地震動 入力スペクトル(2/2)



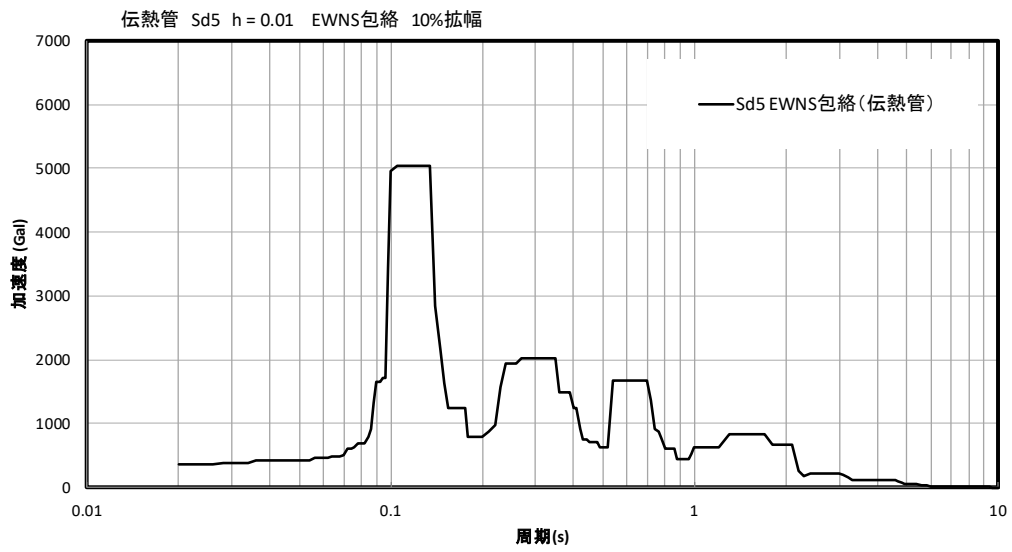
(a) EW-NS 包絡

第 6.17 図 Sd1-4\_SdD 地震動 入力スペクトル(1/2)



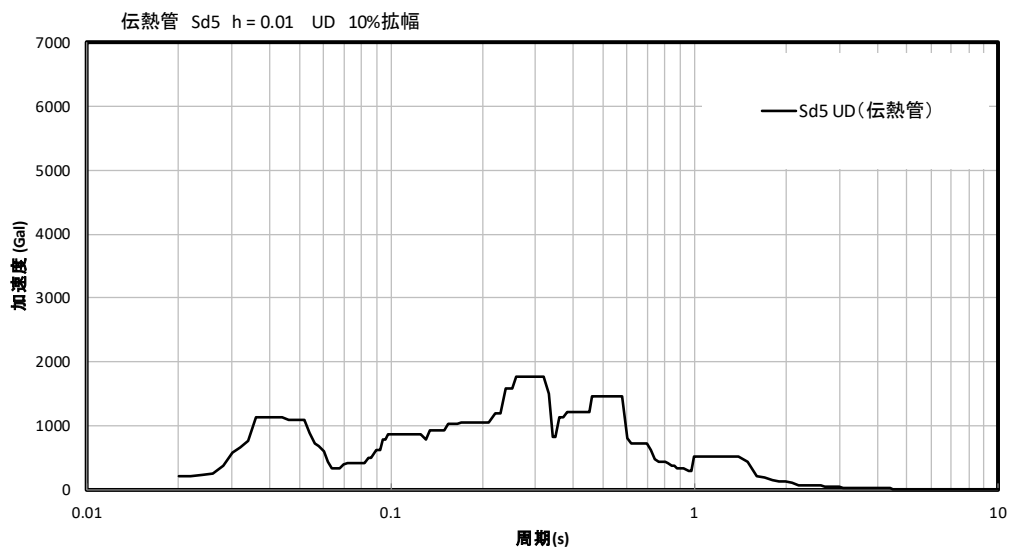
(b) UD 包絡

第 6.18 図 Sd1-4\_SdD 地震動 入力スペクトル(2/2)



(a) EW-NS 包絡

第 6.19 図 Sd5 地震動 入力スペクトル(1/2)



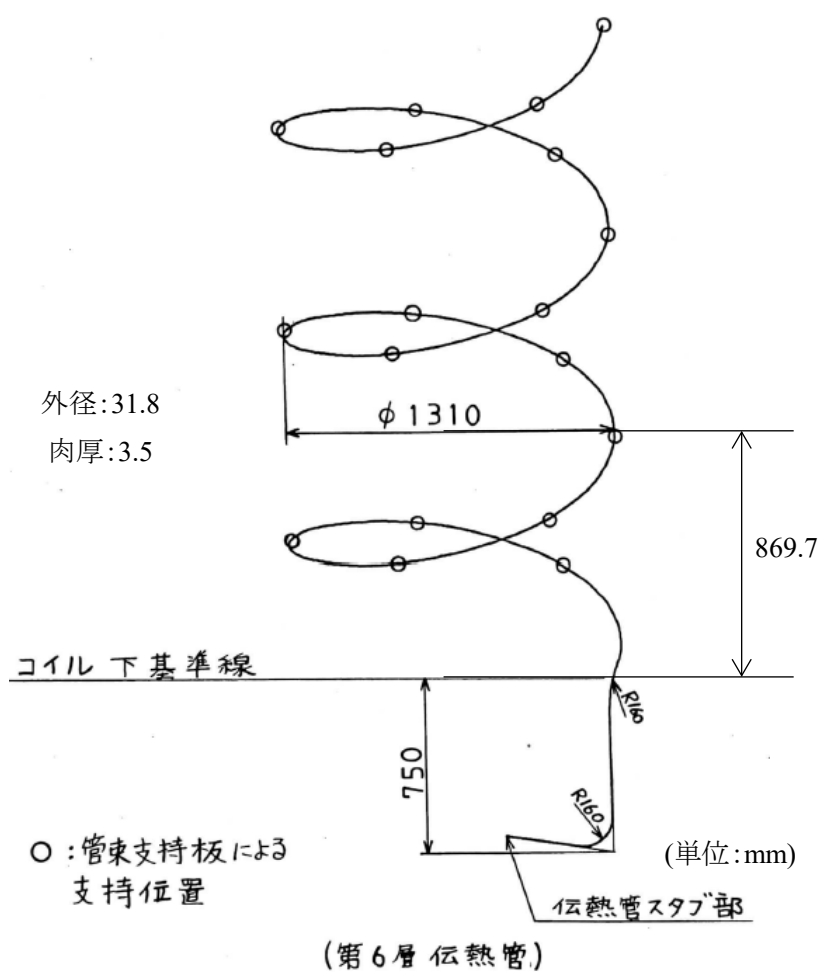
(b) UD 包絡

第 6.20 図 Sd5 地震動 入力スペクトル(2/2)

## 6.7.2 解析モデル

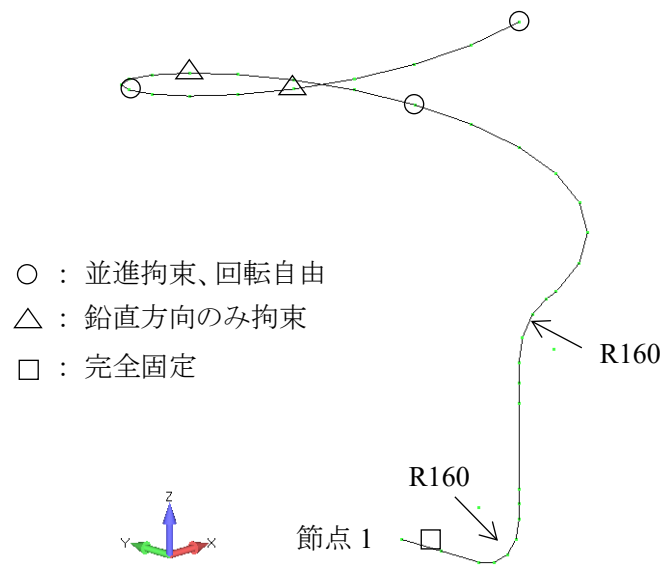
### (1) 解析モデル

ヘリカルコイル伝熱管は、最内層の第1層から最外層の第6層まで同心円の構造となっており、第6層のコイル径が最大となることから固有振動数が最も低くなる。このため、第6層を解析対象としてモデル化した。伝熱管寸法、解析モデル及び解析条件を第6.21図及び第6.22図に示す。



第6.21図 伝熱管の寸法



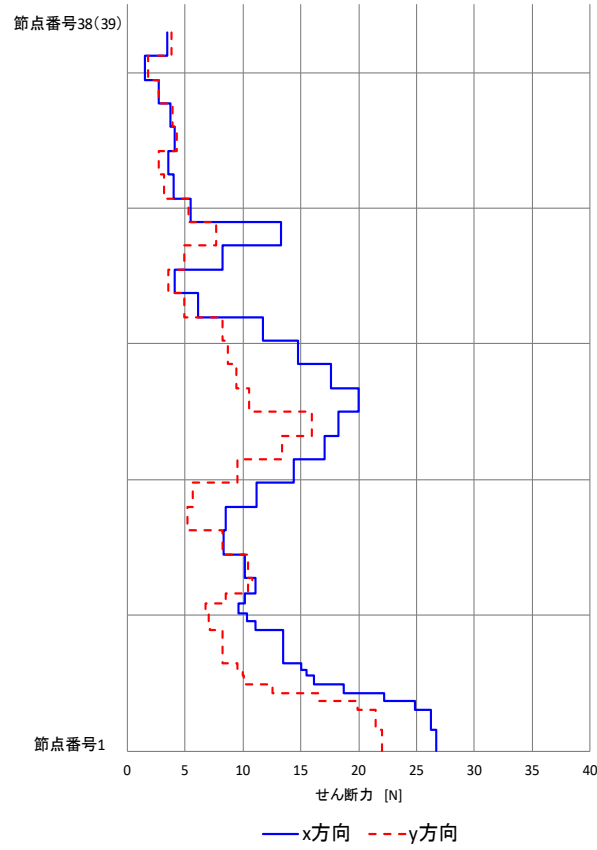


第 6.22 図 解析モデル

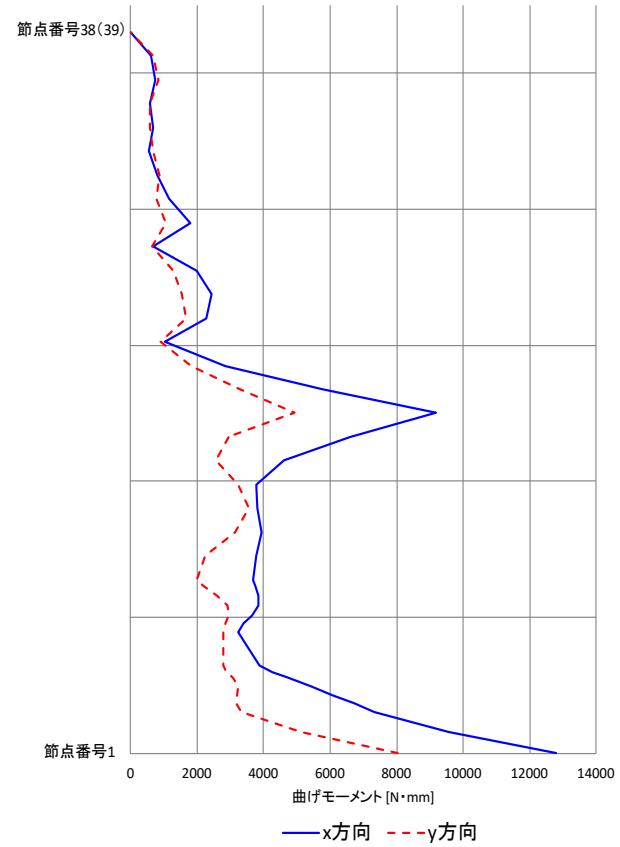
### 6.7.3 解析

静的及び動的解析結果として、応力評価に用いる軸力及びモーメントの分布を第 6.23 図から第 6.26 図に示す。

(※)節点番号について図中の番号は既往の設工認記載の番号である。  
 本解析モデルでは分割数が異なるため、  
 既往の設工認の ID38 位置は ID39 となる。



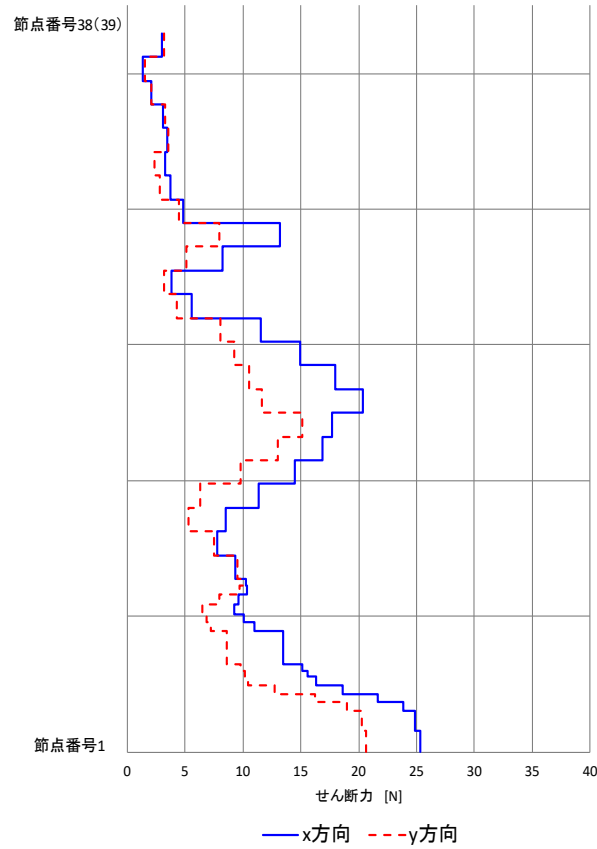
(a) せん断力 [N]



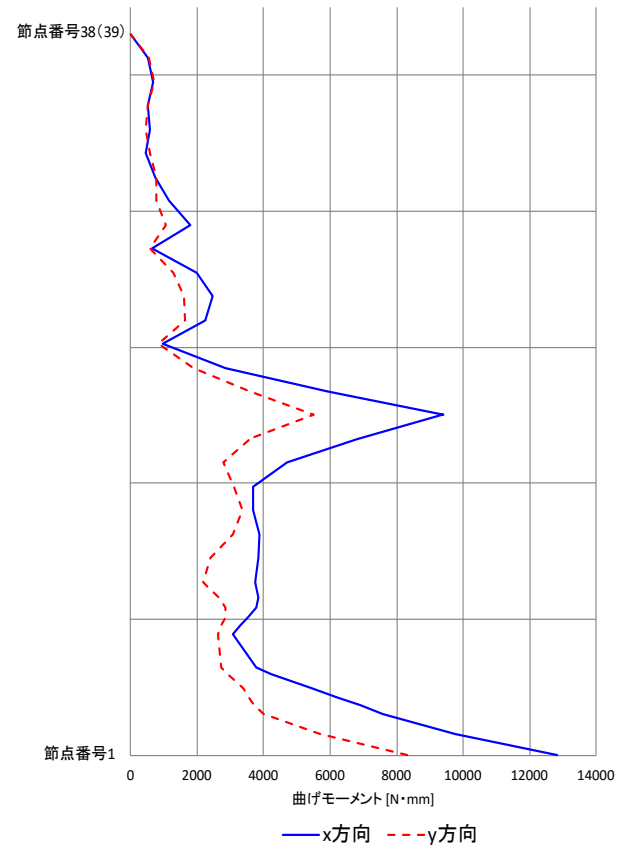
(b) 曲げモーメント [N・mm]

第 6.23 図 伝熱管断面力分布 (Ss1-4\_SsD 地震動)

(※) 節点番号について図中の番号は既往の設工認記載の番号である。  
 本解析モデルでは分割数が異なるため、  
 既往の設工認の ID38 位置は ID39 となる。



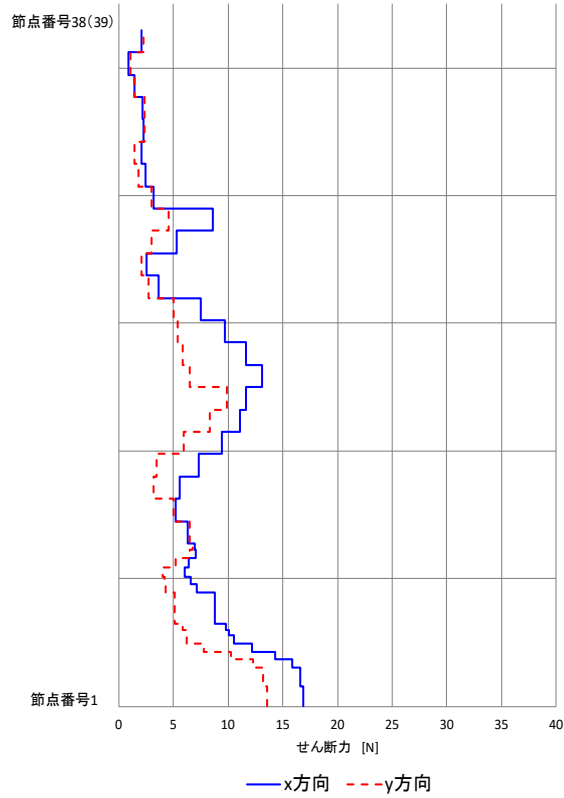
(a) せん断力 [N]



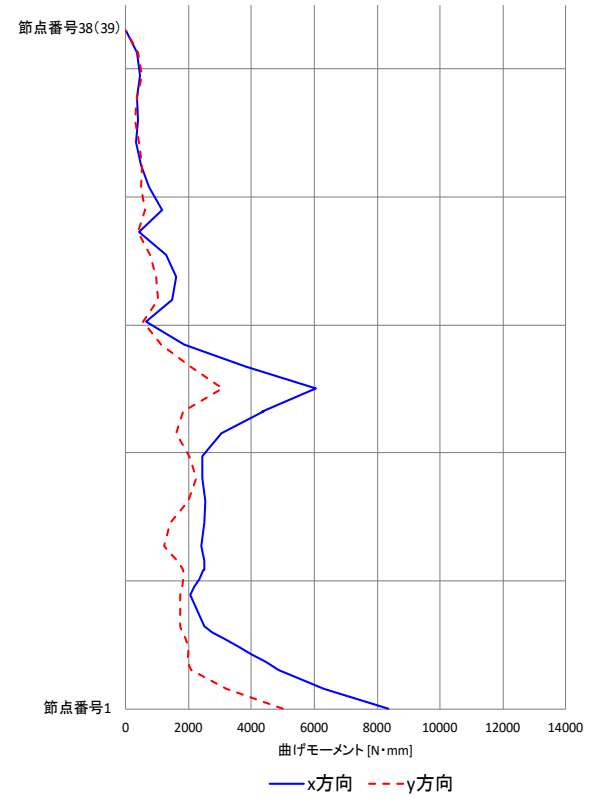
(b) 曲げモーメント [N・mm]

第 6.24 図 伝熱管断面力分布 (Ss5 地震動)

(※)節点番号について図中の番号は既往の設工認記載の番号である。  
 本解析モデルでは分割数が異なるため、  
 既往の設工認の ID38 位置は ID39 となる。



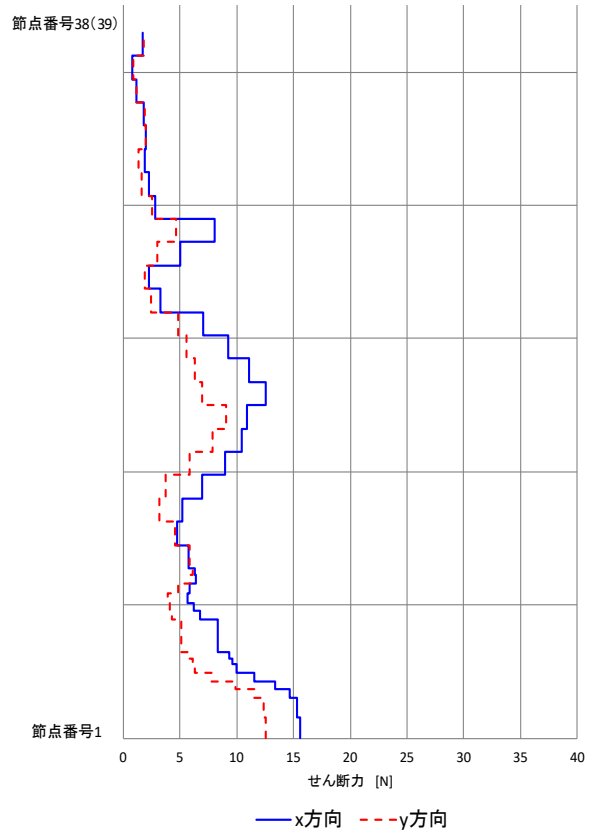
(a) せん断力 [N]



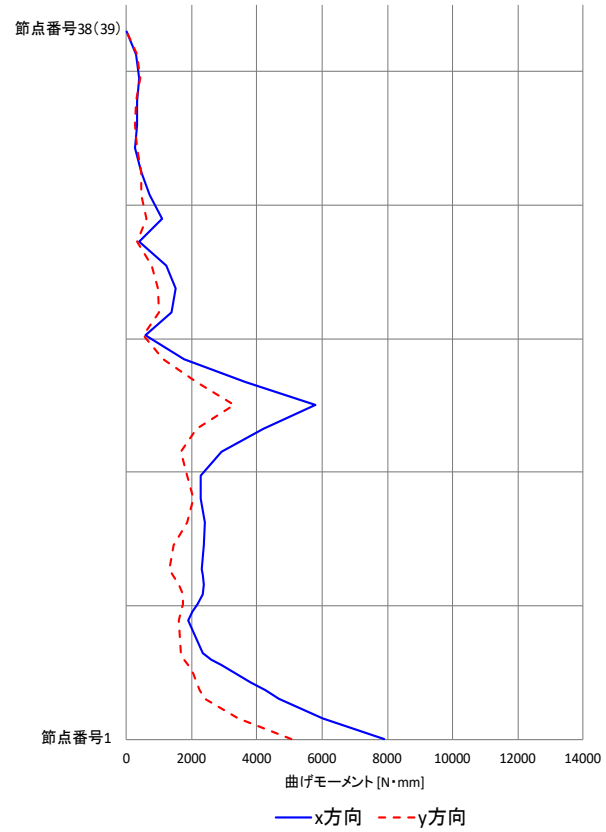
(b) 曲げモーメント [N・mm]

第 6.25 図 伝熱管断面力分布(Sd1-4\_SdD 地震動)

(※)節点番号について図中の番号は既往の設工認記載の番号である。  
 本解析モデルでは分割数が異なるため、  
 既往の設工認の ID38 位置は ID39 となる。



(a) せん断力 [N]



(b) 曲げモーメント [N・mm]

第 6.26 図 伝熱管断面力分布 (Sd5 地震動)

#### 6.7.4 形状、寸法及び材料

伝熱管の形状、寸法及び材料を第 6.27 図に示す。

#### 6.7.5 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第 6.104 表から第 6.107 表に示す。自重等の荷重値は、「Ⅲ-イ-8 中間熱交換器の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 3 回申請)平成 4 年 4 月 9 日付け 4 安(原規)第 47 号)を参照した。

#### 6.7.6 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 6.28 図に示す。

#### 6.7.7 応力評価

伝熱管の応力評価結果を第 6.108 表から第 6.121 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

##### (1) 特別な応力制限

###### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

###### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

###### ③ 3 軸応力の制限

本計算箇所は、板厚方向温度差による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3 軸の主応力が接近することはない。

第 6.104 表 機械的荷重(Ss1-4\_SsD 地震動)

	地震荷重	
	Ss1-4_SsD 地震動	
	せん断力 ( $\times 10$ N )	曲げモーメント ( $\times 10^4$ N・mm )
設計条件	-	-
運転状態 I	2.67	1.28
運転状態 II	2.67	1.28
	2.67	1.28
	2.67	1.28
運転状態 III	2.67	1.28
	2.67	1.28
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-

第 6.105 表 機械的荷重(Ss5 地震動)

	地震荷重	
	Ss5 地震動	
	せん断力 ( $\times 10$ N )	曲げモーメント ( $\times 10^4$ N・mm )
設計条件	-	-
運転状態 I	2.53	1.28
運転状態 II	2.53	1.28
	2.53	1.28
	2.53	1.28
運転状態 III	2.53	1.28
	2.53	1.28
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-

第 6.106 表 機械的荷重(Sd1-4\_SdD 地震動)

	地震荷重	
	Sd1-4_SdD 地震動	
	せん断力 ( $\times 10$ N )	曲げモーメント ( $\times 10^4$ N・mm )
設計条件	-	-
運転状態 I	1.69	0.84
運転状態 II	1.69	0.84
	1.69	0.84
	1.69	0.84
運転状態 III	1.69	0.84
	1.69	0.84
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-

第 6.107 表 機械的荷重(Sd5 地震動)

	地震荷重	
	Sd5 地震動	
	せん断力 ( $\times 10$ N )	曲げモーメント ( $\times 10^4$ N・mm )
設計条件	-	-
運転状態 I	1.56	0.79
運転状態 II	1.56	0.79
	1.56	0.79
	1.56	0.79
運転状態 III	1.56	0.79
	1.56	0.79
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-



第 6.108 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

中間熱交換器 伝熱管

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_0$	955	-	2	2	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_0$	955	-	3	3	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	933	-	3	81	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	933	$9.50 \times 10^2$	2	8	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	933	-	8	122	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	933	$9.50 \times 10^2$	3	9	$K_t = 1.22$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	933	-	4	98	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	933	$4.50 \times 10$	3	18	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	933	-	15	148	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	933	$4.50 \times 10$	4	23	$K_t = 1.22$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	794 933	$5.61 \times 10^4$ $4.32 \times 10^4$	0.37	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	794	$2.26 \times 10^3$	0.97	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	933	-	25	163	$S_{mIV} = 2 S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	933	5.00	24	32	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	933	-	24	245	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	933	5.00	17	36	$K_t = 1.12$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	794 933	$5.61 \times 10^4$ $4.32 \times 10^4$	0.36	1.00	$B_R = 1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	794	$2.26 \times 10^3$	0.39	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9 S_y$	100	-	2	195	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35 S_y$	100	-	2	293	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35 S_y$	100	-	3	293	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

※ 上記運転状態「設計条件」では、既往の設工認評価項目が地震荷重負荷ではないため、単位変換のみを行っている。  
小数点以下第 2 位までの単位変換結果を下表に示す。下表のとおり計算値が許容値を下回っているが、数値処理によって上表のとおり計算値と許容値は同じ値となる。

運転状態	評価項目	計算値	許容値	計算値	許容値
		kg/mm <sup>2</sup>		MPa	
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_0$	0.17	0.21	1.66	2.05
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_0$	0.27	0.31	2.64	3.04

第 6.109 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

中間熱交換器 伝熱管

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	955	-	2	2	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	955	-	3	3	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	933	-	3	81	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	933	$9.50 \times 10^2$	2	8	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	933	-	8	122	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	933	$9.50 \times 10^2$	3	9	$K_t = 1.22$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	933	-	4	98	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	933	$4.50 \times 10$	3	18	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	933	-	15	148	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	933	$4.50 \times 10$	4	23	$K_t = 1.22$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	794	$5.61 \times 10^4$	0.37	1.00	$B=1.0$
		933	$4.32 \times 10^4$			
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	794	$2.26 \times 10^3$	0.97	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	933	-	25	163	$S_{mIV} = 2 S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	933	5.00	24	32	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	933	-	24	245	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	933	5.00	17	36	$K_t = 1.12$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	794	$5.61 \times 10^4$	0.36	1.00	$B_R = 1.0$
		933	$4.32 \times 10^4$			
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	794	$2.26 \times 10^3$	0.39	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	2	195	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	2	293	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	3	293	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

※ 上記運転状態「設計条件」では、既往の設工認評価項目が地震荷重負荷ではないため、単位変換のみを行っている。

小数点以下第 2 位までの単位変換結果を下表に示す。下表のとおり計算値が許容値を下回っているが、数値処理によって上表のとおり計算値と許容値は同じ値となる。

運転状態	評価項目	計算値	許容値	計算値	許容値
		kg/mm <sup>2</sup>		MPa	
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	0.17	0.21	1.66	2.05
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5S_o$	0.27	0.31	2.64	3.04

第 6.110 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 1)  
 中間熱交換器 伝熱管(地震動 : Sd1-4\_SdD)

運転状態 I、II、III、T

評価項目	計算値	許容値
$\epsilon_{AV} \leq 0.01$	0.0013	0.0100
$\epsilon_{SV} \leq 0.02$	0.0021	0.0200

第 6.111 表 Sd5 地震動 累積非弾性ひずみの制限(その 1)  
 中間熱交換器 伝熱管(地震動 : Sd5)

運転状態 I、II、III、T

評価項目	計算値	許容値
$\epsilon_{AV} \leq 0.01$	0.0013	0.0100
$\epsilon_{SV} \leq 0.02$	0.0021	0.0200

第 6.112 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限

中間熱交換器 伝熱管(地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	932	21 620	0.130	0.168	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 6.113 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限

中間熱交換器 伝熱管(地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	932	21 620	0.130	0.168	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価

第 6.114 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1)

中間熱交換器 伝熱管(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon' \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_\varepsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 ( °C )	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_\varepsilon'$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ ( MPa )	—	$K_e$	$S_\ell$ ( MPa )			
1C03 T	932	40	$2.288 \times 10^{-4}$	$7.650 \times 10^{-4}$	$2.237 \times 10^{-6}$	1.02	1.02	$1.017 \times 10^{-3}$	2384	0.017	C
1C03 C	932	134	$2.212 \times 10^{-4}$	$7.650 \times 10^{-4}$	$2.077 \times 10^{-6}$	1.02	1.02	$1.010 \times 10^{-3}$	2465	0.054	C
1E02-Sd C	932	1	$4.053 \times 10^{-4}$	$3.165 \times 10^{-5}$	$4.748 \times 10^{-6}$	1.03	1.06	$4.673 \times 10^{-4}$	4191	0.000	C
1E02 C	932	14	$3.241 \times 10^{-4}$	$1.583 \times 10^{-5}$	$4.633 \times 10^{-6}$	1.03	1.03	$3.560 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1F02 C	932	15	$3.005 \times 10^{-4}$	$1.583 \times 10^{-5}$	$6.905 \times 10^{-6}$	1.07	1.07	$3.439 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A02 C	789	52	$2.853 \times 10^{-4}$	$2.524 \times 10^{-5}$	$6.115 \times 10^{-6}$	1.03	1.03	$3.252 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
3A01 C	932	9	$2.702 \times 10^{-4}$	$2.335 \times 10^{-5}$	$1.712 \times 10^{-6}$	1.05	1.05	$3.092 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
1A01 C	789	41	$2.739 \times 10^{-4}$	$1.031 \times 10^{-6}$	$7.593 \times 10^{-6}$	1.03	1.03	$2.896 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A01 2B01	932	11	$7.655 \times 10^{-5}$	$7.248 \times 10^{-6}$	$6.741 \times 10^{-6}$	1.02	1.02	$9.221 \times 10^{-5}$	1000000	0.000	C
1A01 2A01	932	174	$5.301 \times 10^{-5}$	$2.002 \times 10^{-5}$	$1.120 \times 10^{-5}$	1.05	1.05	$8.779 \times 10^{-5}$	1000000	0.000	C
Sd	932	200	$1.409 \times 10^{-4}$	0.000	0.000	1.00	1.00	$1.409 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
$K_T = 1.00$			$D_f = \Sigma ( n_i / N_{di} ) = 0.073$								

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_\ell$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1E02-S1 C 及び S1 の  $\varepsilon_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 6.115 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 1)

中間熱交換器 伝熱管(地震動 : Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon' \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_\varepsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 (℃)	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_\varepsilon'$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ (MPa)	—	$K_e$	$S_\ell$ (MPa)			
1C03 T	932	40	$2.288 \times 10^{-4}$	$7.650 \times 10^{-4}$	$2.237 \times 10^{-6}$	1.02	1.02	$1.017 \times 10^{-3}$	2384	0.017	C
1C03 C	932	134	$2.212 \times 10^{-4}$	$7.650 \times 10^{-4}$	$2.077 \times 10^{-6}$	1.02	1.02	$1.010 \times 10^{-3}$	2465	0.054	C
1E02-Sd C	932	1	$4.053 \times 10^{-4}$	$3.165 \times 10^{-5}$	$4.748 \times 10^{-6}$	1.03	1.06	$4.673 \times 10^{-4}$	4191	0.000	C
1E02 C	932	14	$3.241 \times 10^{-4}$	$1.583 \times 10^{-5}$	$4.633 \times 10^{-6}$	1.03	1.03	$3.560 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1F02 C	932	15	$3.005 \times 10^{-4}$	$1.583 \times 10^{-5}$	$6.905 \times 10^{-6}$	1.07	1.07	$3.439 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A02 C	789	52	$2.853 \times 10^{-4}$	$2.524 \times 10^{-5}$	$6.115 \times 10^{-6}$	1.03	1.03	$3.252 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
3A01 C	932	9	$2.702 \times 10^{-4}$	$2.335 \times 10^{-5}$	$1.712 \times 10^{-6}$	1.05	1.05	$3.092 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
1A01 C	789	41	$2.739 \times 10^{-4}$	$1.031 \times 10^{-6}$	$7.593 \times 10^{-6}$	1.03	1.03	$2.896 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A01 2B01	932	11	$7.655 \times 10^{-5}$	$7.248 \times 10^{-6}$	$6.741 \times 10^{-6}$	1.02	1.02	$9.221 \times 10^{-5}$	1000000	0.000	C
1A01 2A01	932	174	$5.301 \times 10^{-5}$	$2.002 \times 10^{-5}$	$1.120 \times 10^{-5}$	1.05	1.05	$8.779 \times 10^{-5}$	1000000	0.000	C
Sd	932	200	$1.409 \times 10^{-4}$	0.000	0.000	1.00	1.00	$1.409 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
$K_T = 1.00$			$D_f = \Sigma (n_i / N_{di}) = 0.073$								

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_\ell$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1E02-S1 C 及び S1 の  $\varepsilon_n$  に Sd5 分を付加して評価

第 6.116 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 1)

中間熱交換器 伝熱管(地震動 : Sd1-4\_SdD)

ひずみサイクル	温度 ( °C )	時間 t* ( hr )	最高応力 ( MPa )	D <sub>c</sub>
1A01	782	2.26×10 <sup>3</sup>	38	0.000
1A02	782	5.49×10 <sup>4</sup>	34	0.141
1B01	782	2.26×10 <sup>3</sup>	13	0.000
1C01	925	1.74×10 <sup>3</sup>	15	0.001
1C03	925	4.23×10 <sup>4</sup>	20	0.045
1D01	925	1.74×10 <sup>3</sup>	4	0.000
1E02	925	1.50×10 <sup>2</sup>	2	0.000
1F02	925	1.50×10 <sup>2</sup>	2	0.000
D <sub>c</sub> = Σ ( D <sub>c</sub> ) <sub>k</sub> = 0.187				

第 6.117 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 1)

中間熱交換器 伝熱管(地震動 : Sd5)

ひずみサイクル	温度 ( °C )	時間 t* ( hr )	最高応力 ( MPa )	D <sub>c</sub>
1A01	782	2.26×10 <sup>3</sup>	38	0.000
1A02	782	5.49×10 <sup>4</sup>	34	0.141
1B01	782	2.26×10 <sup>3</sup>	13	0.000
1C01	925	1.74×10 <sup>3</sup>	15	0.001
1C03	925	4.23×10 <sup>4</sup>	20	0.045
1D01	925	1.74×10 <sup>3</sup>	4	0.000
1E02	925	1.50×10 <sup>2</sup>	2	0.000
1F02	925	1.50×10 <sup>2</sup>	2	0.000
D <sub>c</sub> = Σ ( D <sub>c</sub> ) <sub>k</sub> = 0.187				

第 6.118 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

中間熱交換器 伝熱管(地震動：Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.073	0.187	0.26	1.00

第 6.119 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

中間熱交換器 伝熱管(地震動：Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.073	0.187	0.26	1.00

第 6.120 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

中間熱交換器 伝熱管(地震動：Ss1-4\_SsD)

外圧クリープ座屈に対する制限

運転状態	温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	作用時間 (hr)	作用外圧 (MPa)	評価外圧 (MPa)	許容値 (MPa)	安全係数
IV	933	24	4	5	10	1.25

注記 (1) 評価外圧 = 作用外圧 × 安全係数

第 6.121 表 Ss5 地震動 座屈の防止

中間熱交換器 伝熱管(地震動：Ss5)

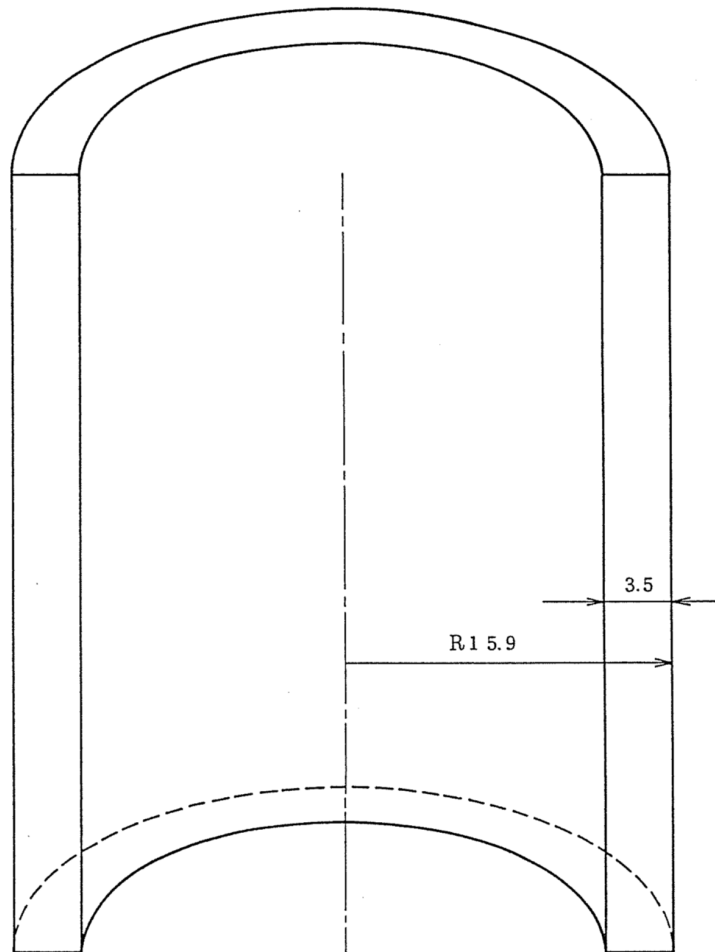
外圧クリープ座屈に対する制限

運転状態	温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	作用時間 (hr)	作用外圧 (MPa)	評価外圧 (MPa)	許容値 (MPa)	安全係数
IV	933	24	4	5	10	1.25

注記 (1) 評価外圧 = 作用外圧 × 安全係数

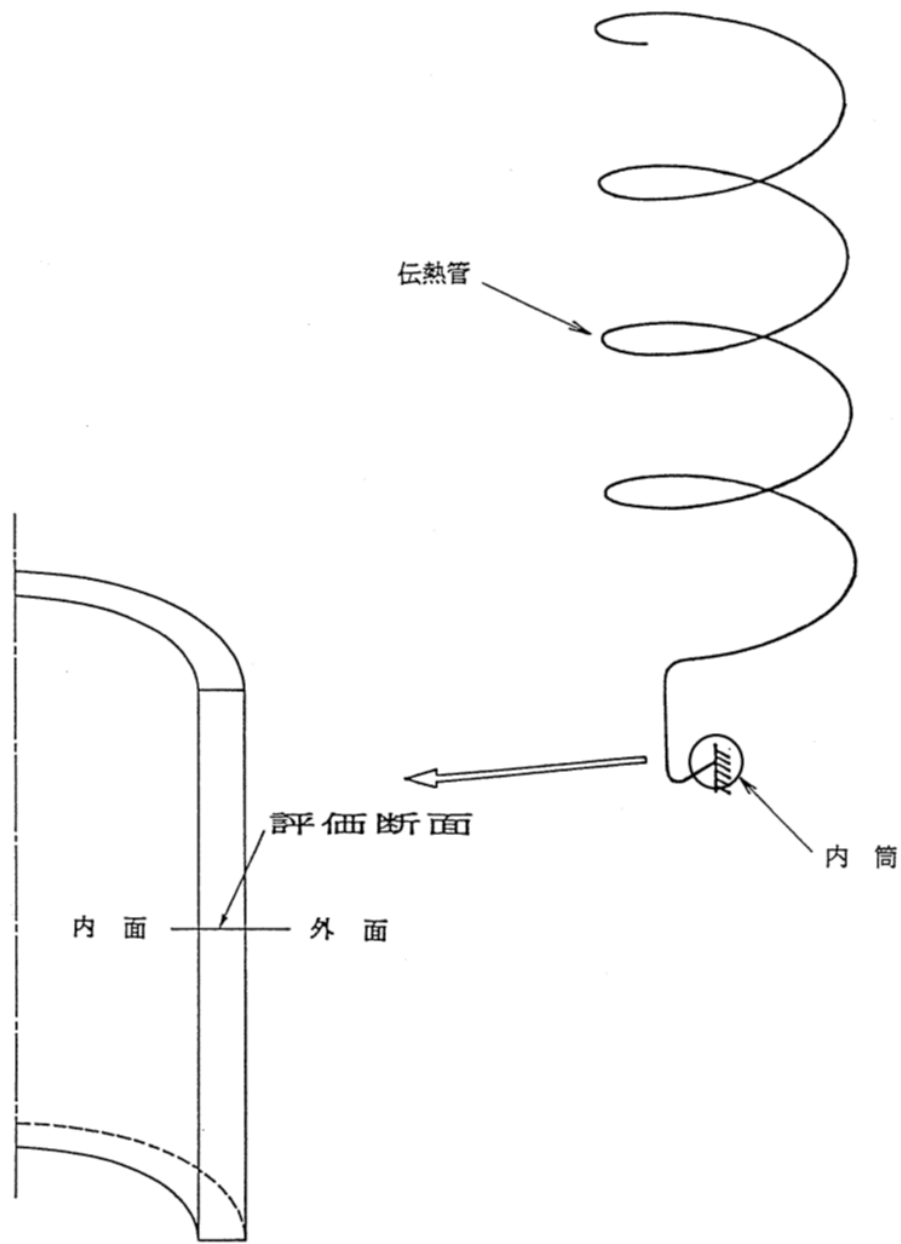


材 料
ハステロイ XR



(単位：mm)

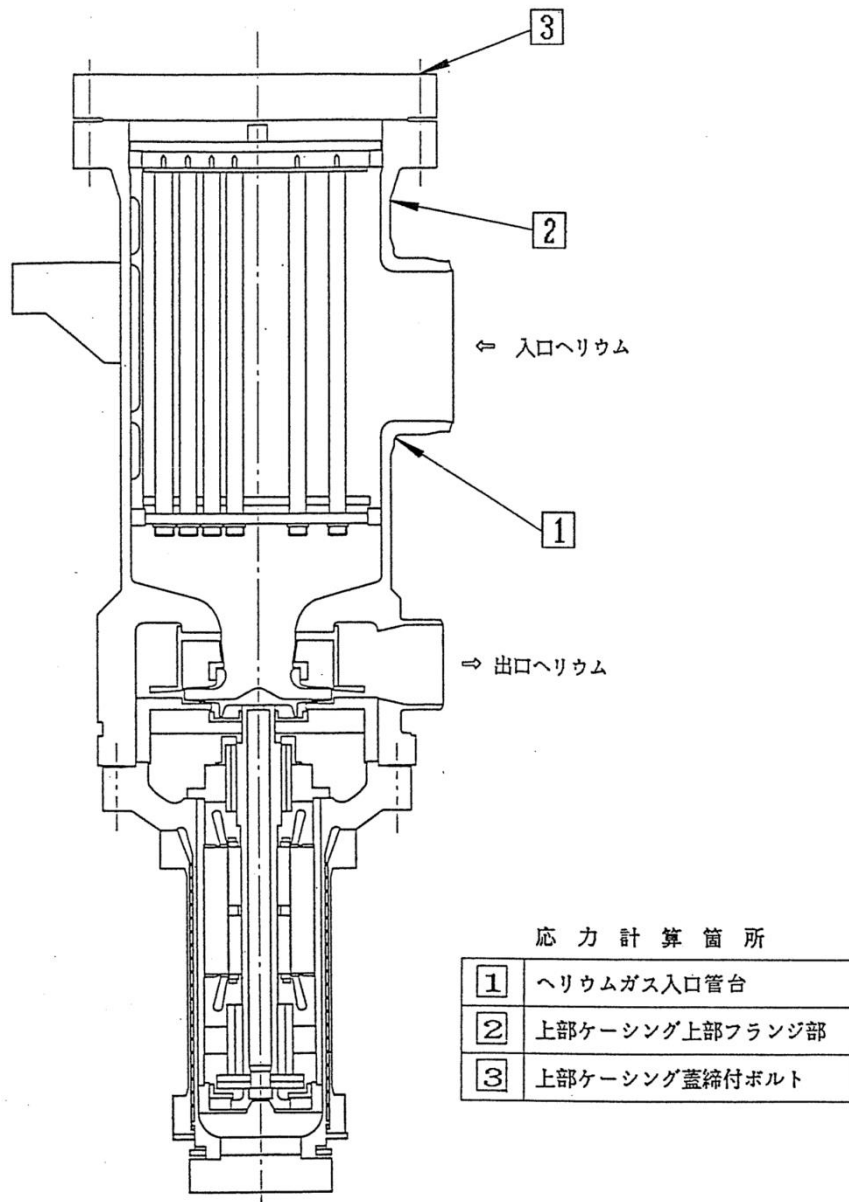
第 6.27 図 形状、寸法及び材料



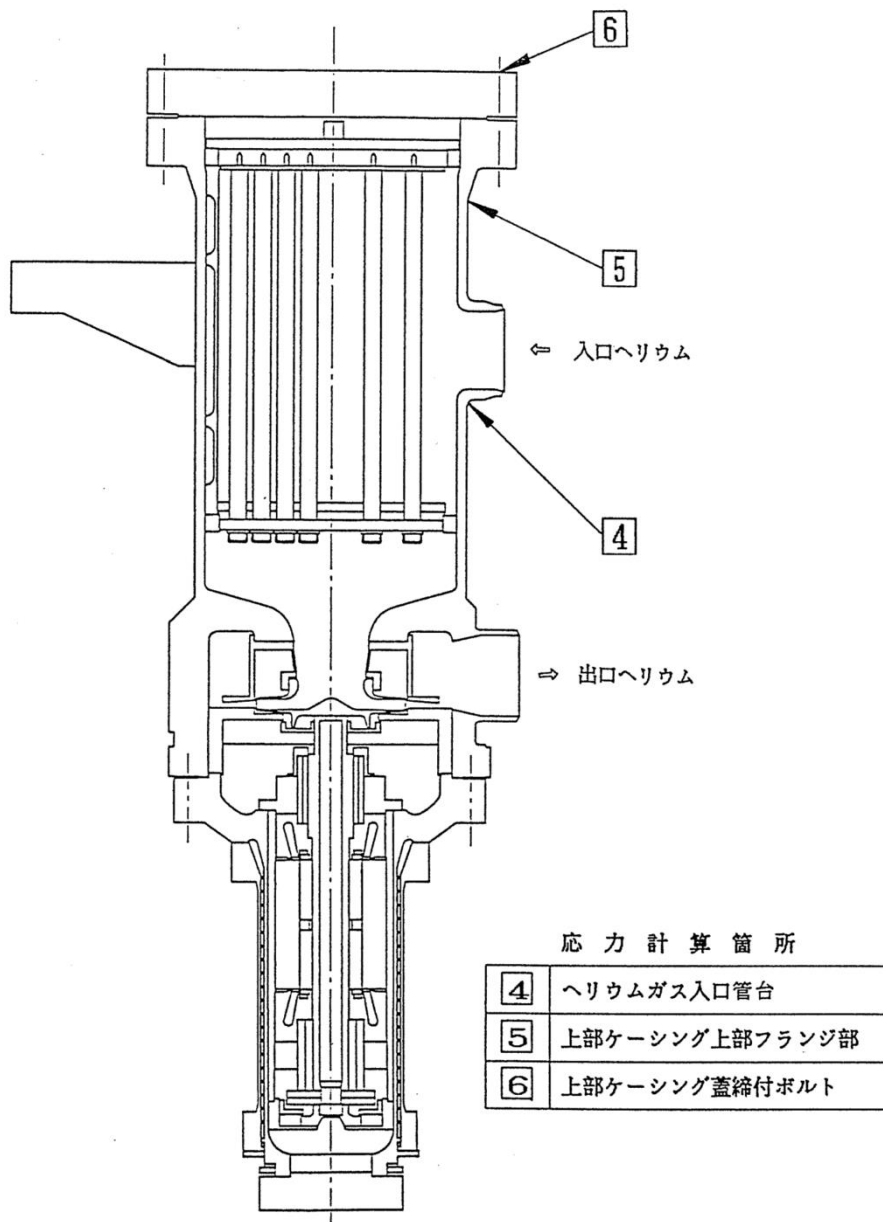
第 6.28 図 応力評価断面

## 7. 1次ヘリウム循環機

本評価は、中間熱交換器(以下「IHX」という。)用及び1次加圧水冷却器(以下「PPWC」という。)用の1次ヘリウム循環機の耐震健全性を確認するものである。1次ヘリウム循環機の耐震評価は、「Ⅲ-イ-2 高温ガス炉第1種容器の強度計算書作成の基本方針」(設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)及び「Ⅲ-イ-10 1次ヘリウム循環機の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)に基づいて実施する。評価箇所を第7.1図及び第7.2図に示す。



第7.1図 IHX用1次ヘリウム循環機の評価箇所



第 7.2 図 PPWC 用 1 次ヘリウム循環機の評価箇所

## 7.1 解析条件

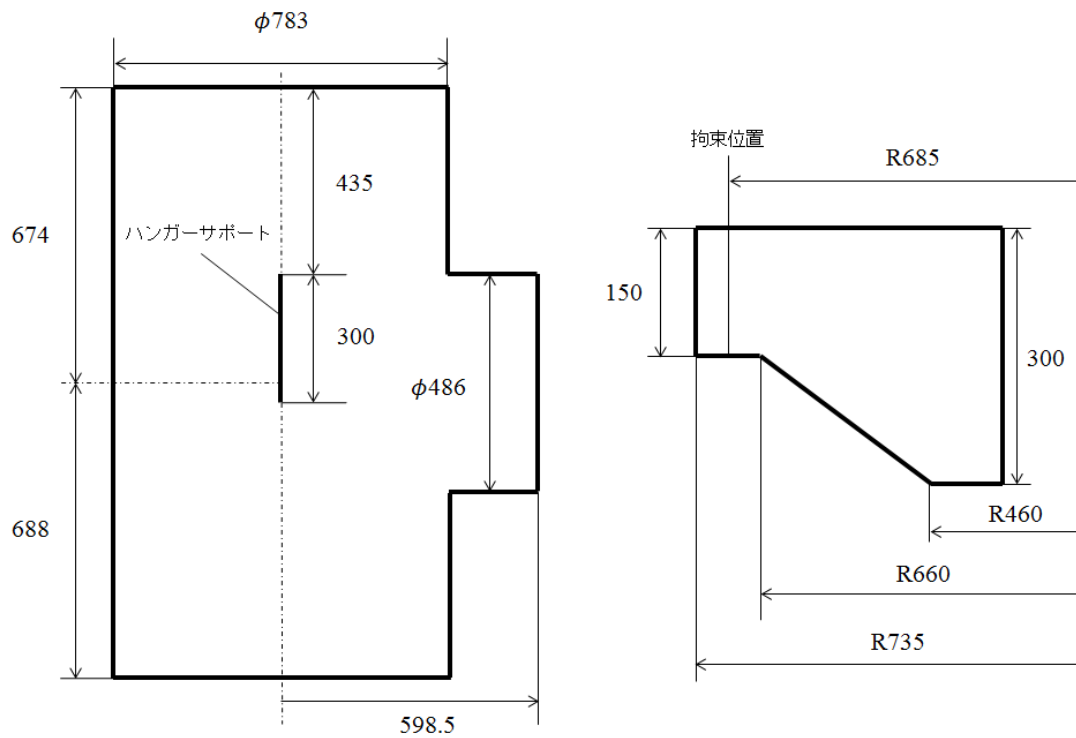
IHX 用及び PPWC 用の 1 次ヘリウム循環機の解析モデルは、1 次ヘリウム配管(二重管)に組み込み、解析を実施した。

### 7.1.1 IHX 用 1 次ヘリウム循環機の解析モデル

ヘリウムガス入口ノズル及び上部ケーシング上部フランジの解析を実施するに当たって、上部ケーシングのソリッドモデルを別途作成した。1 次ヘリウム配管(二重管)の配管反力は、ソリッドモデルに載荷し、静的弾性解析を行い、応力評価を実施した。ソリッドモデルの寸法及び要素分割図を第 7.3 図から第 7.5 図に示す。上部ケーシング蓋締付ボルトは、地震動を入力とした 1 次ヘリウム配管(二重管)の解析から得られた当該部の配管反力を付与し、静的弾性解析を行い、応力評価を実施した。

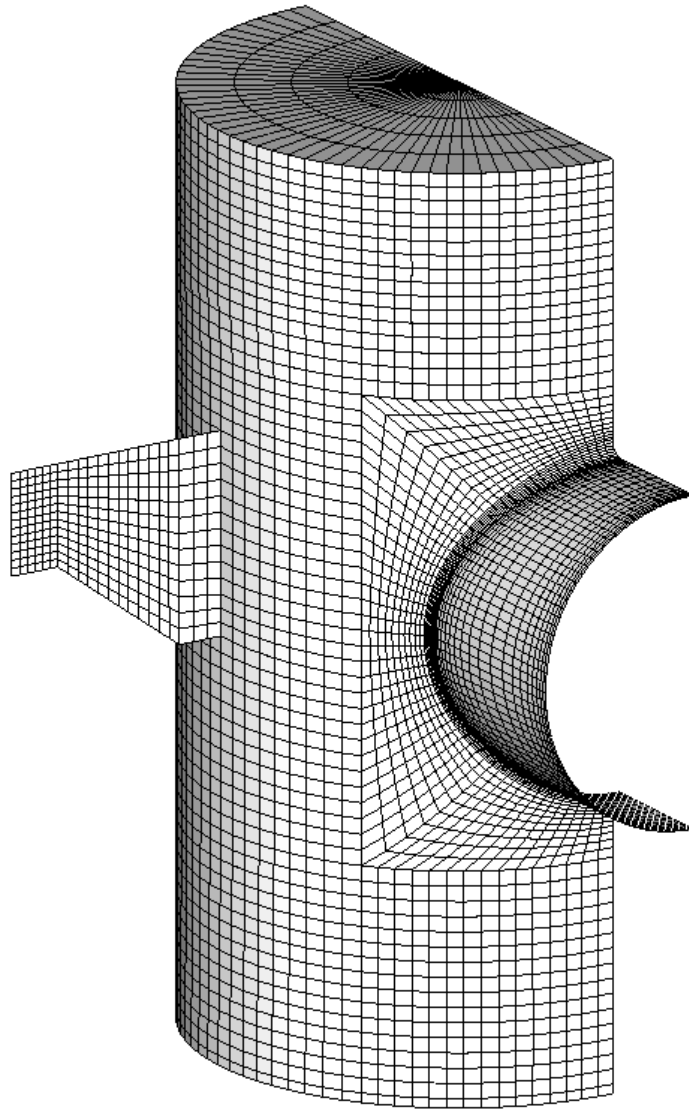
#### (1) 機械的荷重

地震動を入力とする 1 次ヘリウム配管(二重管)の解析から得られた当該部の機械的荷重を、第 7.1 表から第 7.4 表に示す。自重等の荷重値は、「Ⅲ-イ-11 1 次ヘリウム配管(二重管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 3 回申請)平成 4 年 4 月 9 日付け 4 安(原規)第 47 号)を参照した。機械的荷重を第 7.5 図に示す管台端部に載荷する。

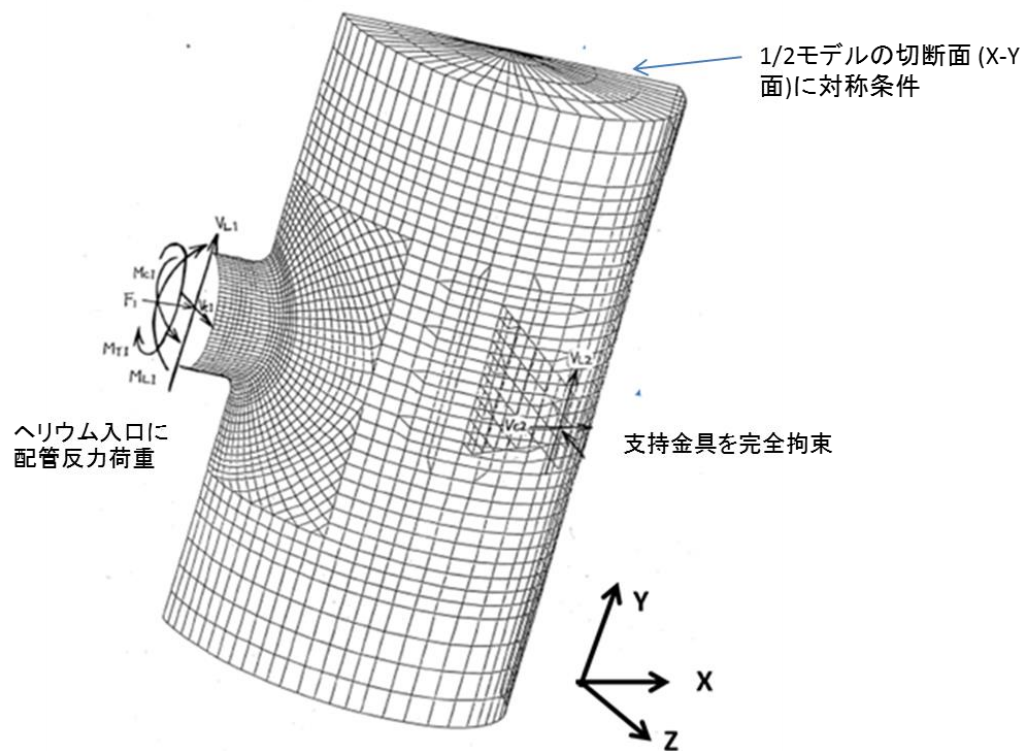


(単位：mm)

第 7.3 図 IHX 用 1 次ヘリウム循環機の上部ケーシングの形状及び寸法図



第 7.4 図 IHX 用 1 次ヘリウム循環機の上部ケーシングの要素分割図



第 7.5 図 IHX 用 1 次ヘリウム循環機の上ケーシングの拘束条件及び荷重条件



第 7.1 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 IHX 用循環機  
上部ケーシング(3次元モデル))

	機械的荷重 ( 上部ケーシング(IHX 用) )					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( $\times 10^4$ N )			モーメント ( $\times 10^4$ N $\cdot$ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	6000	5446	9300	3675	6631	2951
運転状態 II	6000	5446	9300	3675	6631	2951
運転状態 III	6000	5446	9300	3675	6631	2951
運転状態 IV	6000	5446	9300	3675	6631	2951
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 7.2 表 Ss5 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 IHX 用循環機  
上部ケーシング(3次元モデル))

	機械的荷重 ( 上部ケーシング(IHX 用) )					
	Ss5 地震動					
	反力 ( $\times 10^4$ N )			モーメント ( $\times 10^4$ N $\cdot$ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	7716	7291	12200	4741	8716	3858
運転状態 II	7716	7291	12200	4741	8716	3858
運転状態 III	7716	7291	12200	4741	8716	3858
運転状態 IV	7716	7291	12200	4741	8716	3858
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 7.3 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 IHX 用循環機  
上部ケーシング(3次元モデル))

	機械的荷重 ( 上部ケーシング(IHX 用) )					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( $\times 10^4$ N )			モーメント ( $\times 10^4$ N $\cdot$ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	5445	4556	7803	3256	6023	2711
運転状態 II	5445	4556	7803	3256	6023	2711
運転状態 III	5445	4556	7803	3256	6023	2711
運転状態 IV	5445	4556	7803	3256	6023	2711
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 7.4 表 Sd5 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 IHX 用循環機  
上部ケーシング(3次元モデル))

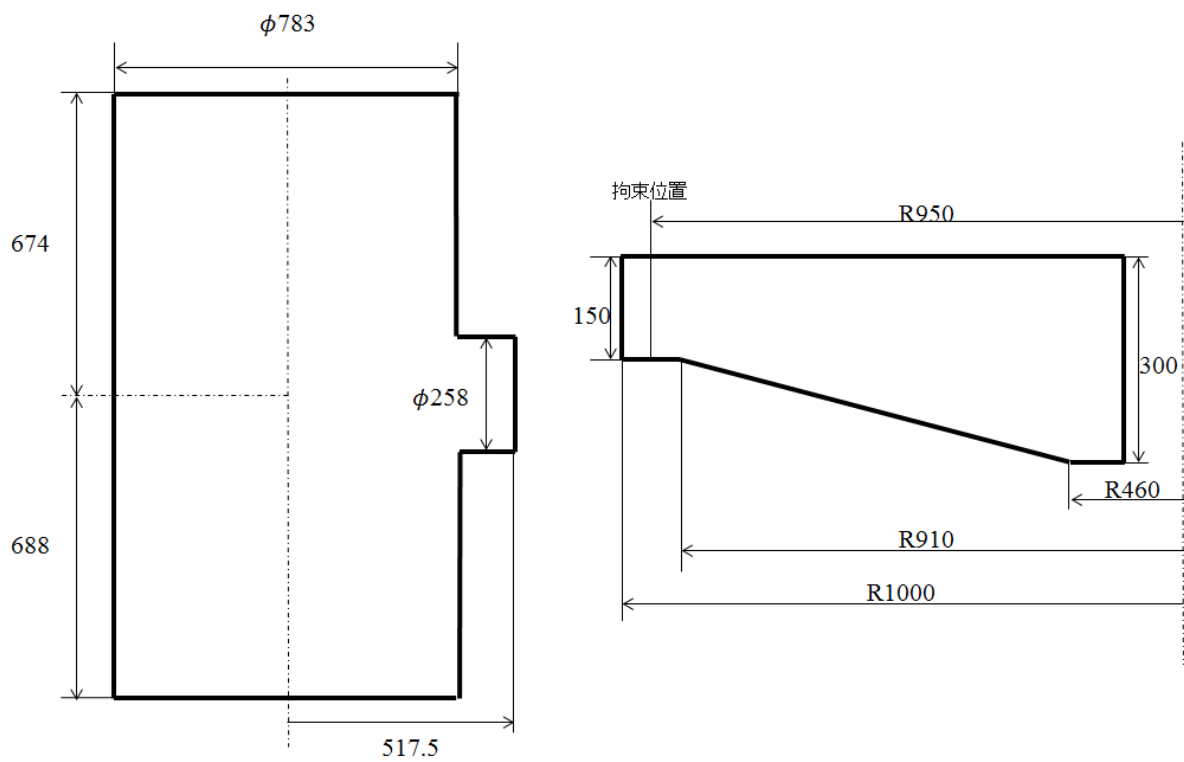
	機械的荷重 ( 上部ケーシング(IHX 用) )					
	Sd5 地震動					
	反力 ( $\times 10^4$ N )			モーメント ( $\times 10^4$ N $\cdot$ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	6790	5603	9758	4047	7615	3000
運転状態 II	6790	5603	9758	4047	7615	3000
運転状態 III	6790	5603	9758	4047	7615	3000
運転状態 IV	6790	5603	9758	4047	7615	3000
試験状態	-	-	-	-	-	-

### 7.1.2 PPWC 用 1 次ヘリウム循環機の解析モデル

ヘリウムガス入口ノズル及び上部ケーシング上部フランジの解析を実施するに当たって、上部ケーシングのソリッドモデルを別途作成した。1 次ヘリウム配管(二重管)の配管反力は、ソリッドモデルに載荷し、静的弾性解析を行い、応力評価を実施した。ソリッドモデルの寸法及び要素分割図を第 7.6 図から第 7.8 図に示す。上部ケーシング蓋締付ボルトは、地震動を入力とした 1 次ヘリウム配管(二重管)の解析から得られた当該部の配管反力を付与し、静的弾性解析を行い、応力評価を実施した。

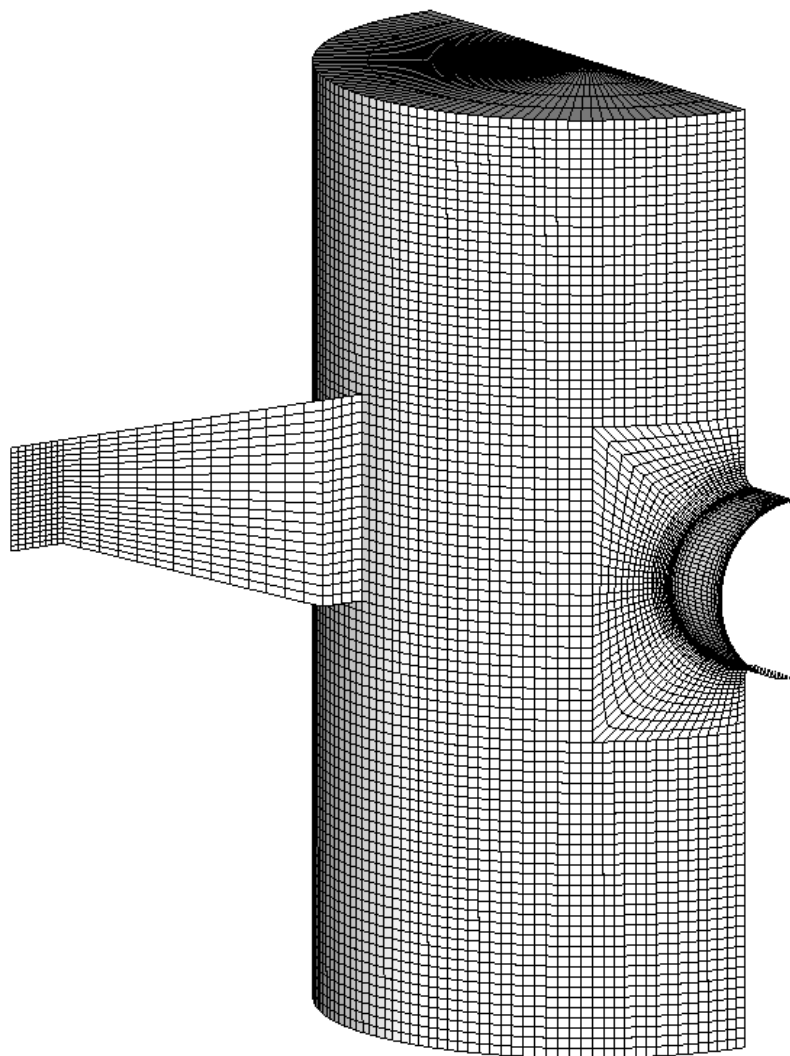
#### (1) 機械的荷重条件

地震動を入力とする 1 次ヘリウム配管(二重管)の解析から得られた当該部の機械的荷重を、第 7.5 表から第 7.8 表に示す。自重等の荷重値は、「Ⅲ-イ-11 1 次ヘリウム配管(二重管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 3 回申請)平成 4 年 4 月 9 日付け 4 安(原規)第 47 号)を参照した。機械的荷重を第 7.8 図に示す管台端部に載荷する。

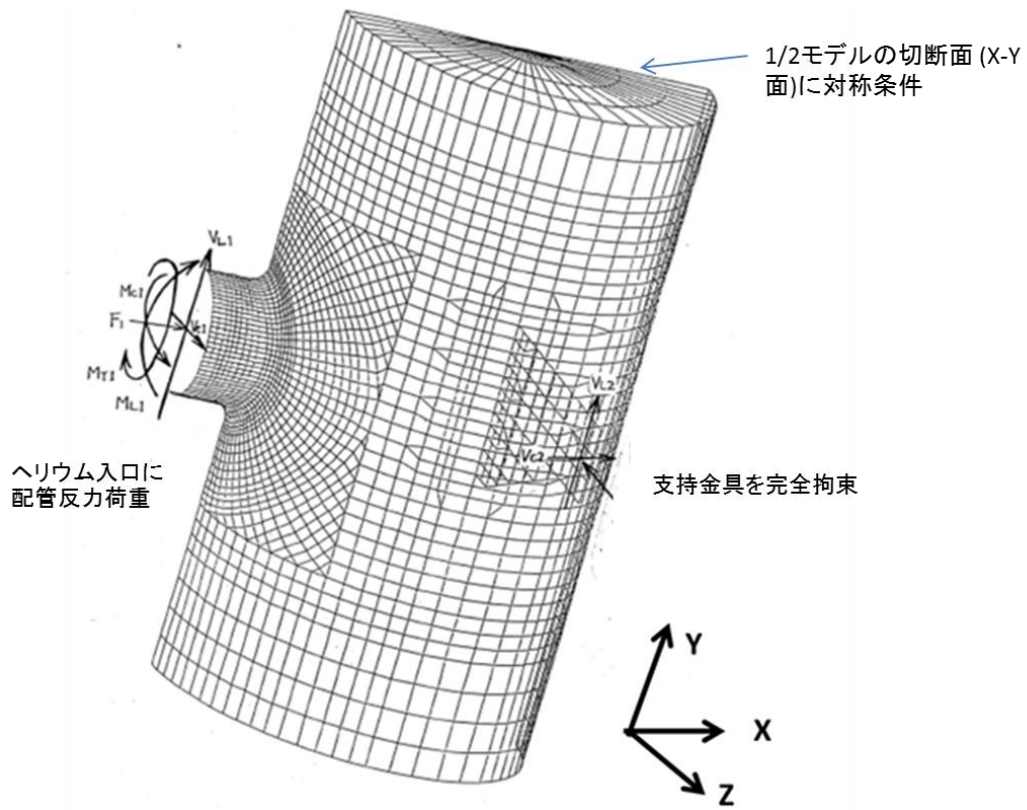


(単位：mm)

第 7.6 図 PPWC 用 1 次ヘリウム循環機の上側ケーシングの形状及び寸法図



第 7.7 図 PPWC 用 1 次ヘリウム循環機の上ケーシングの要素分割図



第 7.8 図 PPWC 用 1 次ヘリウム循環機の上ケーシングの解析条件

第 7.5 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 PPWC 用循環機  
上部ケーシング(3次元モデル))

	機械的荷重 ( 上部ケーシング (PPWC 用) )					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( $\times 10^4$ N )			モーメント ( $\times 10^4$ N $\cdot$ mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	3736	2458	3643	1475	2023	1044
運転状態 II	3736	2458	3643	1475	2023	1044
運転状態 III	3736	2458	3643	1475	2023	1044
運転状態 IV	3736	2458	3643	1475	2023	1044
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 7.6 表 Ss5 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 PPWC 用循環機  
上部ケーシング(3次元モデル))

	機械的荷重 ( 上部ケーシング (PPWC 用) )					
	Ss5 地震動					
	反力 ( $\times 10^4$ N )			モーメント ( $\times 10^4$ N $\cdot$ mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	3890	2778	4184	1793	2521	1341
運転状態 II	3890	2778	4184	1793	2521	1341
運転状態 III	3890	2778	4184	1793	2521	1341
運転状態 IV	3890	2778	4184	1793	2521	1341
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 7.7 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 PPWC 用循環機  
上部ケーシング(3次元モデル))

	機械的荷重 ( 上部ケーシング (PPWC 用) )					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( $\times 10^4$ N )			モーメント ( $\times 10^4$ N $\cdot$ mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	3057	1958	2584	948	1643	827
運転状態 II	3057	1958	2584	948	1643	827
運転状態 III	3057	1958	2584	948	1643	827
運転状態 IV	3057	1958	2584	948	1643	827
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 7.8 表 Sd5 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 PPWC 用循環機  
上部ケーシング(3次元モデル))

	機械的荷重 ( 上部ケーシング (PPWC 用) )					
	Sd5 地震動					
	反力 ( $\times 10^4$ N )			モーメント ( $\times 10^4$ N $\cdot$ mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	2654	2019	2698	1091	1706	895
運転状態 II	2654	2019	2698	1091	1706	895
運転状態 III	2654	2019	2698	1091	1706	895
運転状態 IV	2654	2019	2698	1091	1706	895
試験状態	-	-	-	-	-	-



## 7.2 ヘリウムガス入口ノズル(IHX用1次ヘリウム循環機)

### 7.2.1 形状、寸法及び材料

ヘリウムガス入口ノズル(IHX用1次ヘリウム循環機)の形状、寸法及び材料を第7.9図に示す。

### 7.2.2 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第7.10図に示す。

### 7.2.3 応力評価

ヘリウムガス入口ノズル(IHX用1次ヘリウム循環機)の応力評価結果を第7.9表から第7.20表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

#### (2) 座屈の防止(外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈)

本計算箇所は、外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈が発生するような有意な荷重を受ける部分ではない。

第 7.9 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 IHX 用循環機

ヘリウムガス入口ノズル 一次応力の制限(評価断面-内面)

1次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(IHX用)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	—	62	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	—	90	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	410	—	84	141	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	54	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	410	—	129	211	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	78	155	$K_t = 1.11$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	410	—	88	169	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	410	$1.00 \times 10$	59	276	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	410	—	148	253	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	410	$1.00 \times 10$	85	324	$K_t = 1.17$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{ni}) \leq B$	399 394	$1.05 \times 10^5$ $1.89 \times 10^2$	0.04	1.0	$B = 1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	394	$1.29 \times 10^2$	0.04	1.0	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	399	—	91	284	$S_{mIV} = 2S_u / 3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R / 3$	375	$1.70 \times 10^{-1}$	59	285	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	399	—	141	427	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R / 3$	375	$1.70 \times 10^{-1}$	85	336	$K_t = 1.18$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{ri}) \leq B_R$	399 394	$1.05 \times 10^5$ $1.89 \times 10^2$	0.02	1.0	$B_R = 1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{rbj}) \leq 1.0$	394	$1.29 \times 10^2$	0.02	1.0	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	—	106	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	141	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	161	361	

- (1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。
- (2) 運転状態 I ~ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。
- (3) 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価した。

第 7.10 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル

一次応力の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(IHX 用)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	—	62	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	—	90	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	410	—	90	141	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	54	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	410	—	141	211	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	78	155	$K_t = 1.11$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	410	—	94	169	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	410	$1.00 \times 10$	59	276	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	410	—	159	253	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	410	$1.00 \times 10$	85	324	$K_t = 1.17$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	399 394	$1.05 \times 10^5$ $1.89 \times 10^2$	0.04	1.0	$B = 1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	394	$1.29 \times 10^2$	0.04	1.0	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	399	—	101	284	$S_{mIV} = 2S_u / 3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R / 3$	375	$1.70 \times 10^{-1}$	59	285	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	399	—	157	427	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R / 3$	375	$1.70 \times 10^{-1}$	85	336	$K_t = 1.18$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{ri} ) \leq B_R$	399 394	$1.05 \times 10^5$ $1.89 \times 10^2$	0.02	1.0	$B_R = 1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{rbj} ) \leq 1.0$	394	$1.29 \times 10^2$	0.02	1.0	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	—	112	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	147	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	173	361	

- (1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。
- (2) 運転状態 I ~ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価した。
- (3) 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価した。

第 7.11 表 Sd1-4\_SdD 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル Sa の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(IHX 用)(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 398 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 99 \quad (\text{MPa})$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				$S_a$ の評価式	温度 ( $^\circ\text{C}$ )
1C 04-Sd 3A 06	374 393	60	208 238	$S_y$	397 362
1A 07 2B 01	399 410	2	102 204	$1.25 S_\theta$	410
1A 07 2B 02	399 410	2	102 204	$1.25 S_\theta$	410
1A 07 3B 01	399 410	2	102 204	$1.25 S_\theta$	410
1A 07 3B 02	399 410	2	102 204	$1.25 S_\theta$	410

※ 既往の設工認評価負荷サイクル 1C 04-S2 3A06 に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 7.12 表 Sd5 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル Sa の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(IHX 用)(地震動 : Sd5)

$$T_o = 398 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 99 \quad (\text{MPa})$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				$S_a$ の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
1C 04-Sd 3A 06	374 393	60	219 238	$S_y$	397 362
1A 07 2B 01	399 410	2	102 204	$1.25 S_\theta$	410
1A 07 2B 02	399 410	2	102 204	$1.25 S_\theta$	410
1A 07 3B 01	399 410	2	102 204	$1.25 S_\theta$	410
1A 07 3B 02	399 410	2	102 204	$1.25 S_\theta$	410

※ 既往の設工認評価負荷サイクル 1C 04-S2 3A06 に Sd5 分を付加して評価した。

第 7.13 表 Ss1-4\_SsD 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(IHX 用)(地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	105 1065	0.000	0.492	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価した。

第 7.14 表 Ss5 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(IHX 用)(地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	122 1065	0.000	0.571	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 に Ss5 分を付加して評価した。

第 7.15 表 Sd1-4\_SdD 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル 累積疲れ損傷係数の算出(その 1) (評価断面-内面)  
 1次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(IHX 用) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_{\varepsilon'} \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_{\varepsilon'} = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 ( °C )	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_{\varepsilon'}$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ ( MPa )	—	$K_e$	$S_1$ ( MPa )			
2C 01-Sd C	100	1	—	—	268	—	—	134	444878	0.000	D
2C 01 C	100	29	—	—	199	—	—	100	344000	0.000	D
3A 06 C	405	9	$3.400 \times 10^{-4}$	$9.313 \times 10^{-10}$	$1.264 \times 10^{-4}$	2.35	2.35	$9.250 \times 10^{-4}$	467000	0.000	B
3B 01 C	410	1	$5.008 \times 10^{-4}$	$8.869 \times 10^{-7}$	—	1.78	1.78	$8.941 \times 10^{-4}$	598000	0.000	B
2B 01 C	410	10	$4.698 \times 10^{-4}$	$6.868 \times 10^{-8}$	—	1.77	1.77	$8.320 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
1A 08 C	399	350	$4.553 \times 10^{-4}$	$8.315 \times 10^{-6}$	$6.236 \times 10^{-9}$	1.78	1.78	$8.244 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
2A 03 C	388	190	$4.592 \times 10^{-4}$	—	$1.361 \times 10^{-5}$	1.76	1.76	$8.218 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
1C 04 C	394	15	$4.632 \times 10^{-4}$	$8.382 \times 10^{-9}$	$5.811 \times 10^{-6}$	1.75	1.75	$8.163 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
1D 04 C	394	15	$4.536 \times 10^{-4}$	$2.405 \times 10^{-7}$	$2.921 \times 10^{-6}$	1.78	1.78	$8.124 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
Sd	410	200	$5.272 \times 10^{-4}$	—	—	1.00	1.00	$5.272 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
K <sub>T</sub> = 1.00			D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.001								

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_1$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

(3) 既往の設工認評価ひずみサイクル 2C01-S2 C 及び S2 に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 7.16 表 Sd5 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル 累積疲れ損傷係数の算出(その 1) (評価断面-内面)  
1 次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(IHX 用) (地震動 : Sd5)

$$\varepsilon_t = K_{\varepsilon'} \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_{\varepsilon'} = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 ( ° C )	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_{\varepsilon'}$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ ( MPa )	—	$K_e$	$S_e$ ( MPa )			
2C 01-Sd C	100	1	—	—	279	—	—	140	317075	0.000	D
2C 01 C	100	29	—	—	199	—	—	100	344000	0.000	D
3A 06 C	405	9	$3.400 \times 10^{-4}$	$9.313 \times 10^{-10}$	$1.264 \times 10^{-4}$	2.35	2.35	$9.250 \times 10^{-4}$	467000	0.000	B
3B 01 C	410	1	$5.008 \times 10^{-4}$	$8.869 \times 10^{-7}$	—	1.78	1.78	$8.941 \times 10^{-4}$	598000	0.000	B
2B 01 C	410	10	$4.698 \times 10^{-4}$	$6.868 \times 10^{-8}$	—	1.77	1.77	$8.320 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
1A 08 C	399	350	$4.553 \times 10^{-4}$	$8.315 \times 10^{-6}$	$6.236 \times 10^{-9}$	1.78	1.78	$8.244 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
2A 03 C	388	190	$4.592 \times 10^{-4}$	—	$1.361 \times 10^{-5}$	1.76	1.76	$8.218 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
1C 04 C	394	15	$4.632 \times 10^{-4}$	$8.382 \times 10^{-9}$	$5.811 \times 10^{-6}$	1.75	1.75	$8.163 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
1D 04 C	394	15	$4.536 \times 10^{-4}$	$2.405 \times 10^{-7}$	$2.921 \times 10^{-6}$	1.78	1.78	$8.124 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	B
Sd	410	200	$5.922 \times 10^{-4}$	—	—	1.00	1.00	$5.922 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
$K_T = 1.00 \quad D_f = \Sigma ( n_i / N_{di} ) = 0.001$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_e$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

(3) 既往の設工認評価ひずみサイクル 2C01-S2 C 及び S2 に Sd5 分を付加して評価した。



第 7.17 表 Sd1-4\_SdD 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル 累積クリープ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(IHX 用)(地震動 : Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma (t/T_d)$	備考
2C 01-Sd C	221	399	$2.40 \times 10$	$8.07 \times 10^4$	0.001	C
3A 06 C	171	399	$4.73 \times 10^3$	$7.03 \times 10^5$	0.013	C
3B 01 C	171	399	$5.26 \times 10^2$	$7.03 \times 10^5$	0.002	C
2B 01 C	171	399	$5.26 \times 10^3$	$7.03 \times 10^5$	0.015	C
1B 04 C	171	399	$9.93 \times 10^4$	$7.03 \times 10^5$	0.283	C
2A 03 C	171	399	$9.99 \times 10^4$	$7.03 \times 10^5$	0.284	C
1C 04 C	171	399	$7.88 \times 10^3$	$7.03 \times 10^5$	0.022	C
1D 04 C	171	399	$7.88 \times 10^3$	$7.03 \times 10^5$	0.023	C
$D_{cN} = \Sigma ( D_{cN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.643$						

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

**A:**  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

**B:**  $S_k = \text{Min}[ 1.25S_y/k, \text{Max}[ (\langle P_m \rangle + 0.5\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R), \langle P_L + P_b + Q \rangle ] ]$

**C:**  $S_k = S_g$

(2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 2C01-S2 C に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

( 2 / 2 )  $D_{cp}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon t$	$\text{Max}( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
2C 01-Sd C	$1.343 \times 10^{-3}$	$2.695 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\overline{S}_m/E$
$T = 399 \text{ (}^\circ\text{C)}$ $D_{cp} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

- (1) 備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。  
 (2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 2C01-S2 C に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 7.18 表 Sd5 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル 累積クリープ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(IHX 用) (地震動 : Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma (t/T_d)$	備考
2C 01-Sd C	232	399	$2.40 \times 10$	$5.27 \times 10^4$	0.001	C
3A 06 C	171	399	$4.73 \times 10^3$	$7.03 \times 10^5$	0.013	C
3B 01 C	171	399	$5.26 \times 10^2$	$7.03 \times 10^5$	0.002	C
2B 01 C	171	399	$5.26 \times 10^3$	$7.03 \times 10^5$	0.015	C
1B 04 C	171	399	$9.93 \times 10^4$	$7.03 \times 10^5$	0.283	C
2A 03 C	171	399	$9.99 \times 10^4$	$7.03 \times 10^5$	0.284	C
1C 04 C	171	399	$7.88 \times 10^3$	$7.03 \times 10^5$	0.022	C
1D 04 C	171	399	$7.88 \times 10^3$	$7.03 \times 10^5$	0.023	C
$D_{cN} = \Sigma ( D_{cN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.643$						

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min} [ 1.25S_y/k, \text{Max} [ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_b + Q \rangle ] ]$

C :  $S_k = S_g$

(2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 2C01-S2 C に Sd5 分を付加して評価した。

( 2 / 2 )  $D_{cp}$  の算定

ひずみサイクル	$\varepsilon t$	$\text{Max}( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
2C 01-Sd C	$1.408 \times 10^{-3}$	$2.695 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\overline{S}_m/E$
$T= 399$ (°C) $D_{cp} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

- (1) 備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。  
 (2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 2C01-S2 C に Sd5 分を付加して評価した。

第 7.19 表 Sd1-4\_SdD 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル  
クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(IHX 用)(地震動 : Sd1-4\_SdD)

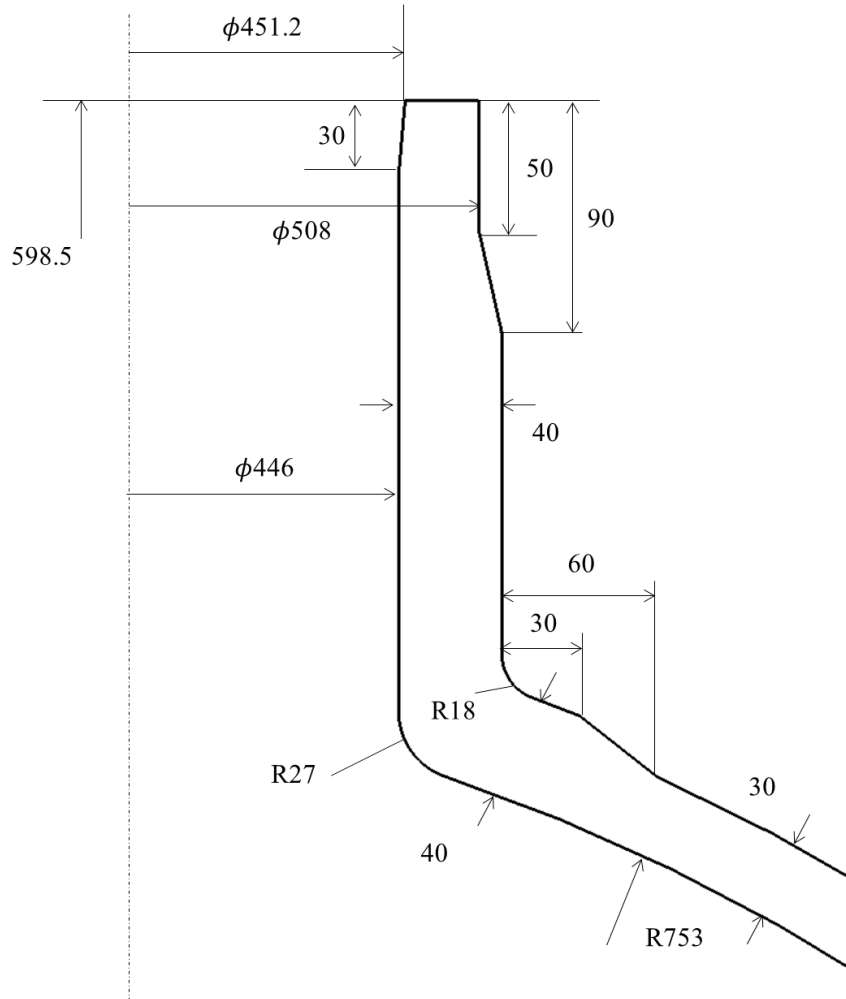
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.643	0.644	0.79
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.643$ $D_{cp} = 0.000$				

第 7.20 表 Sd5 地震動 IHX 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル  
クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(IHX 用)(地震動 : Sd5)

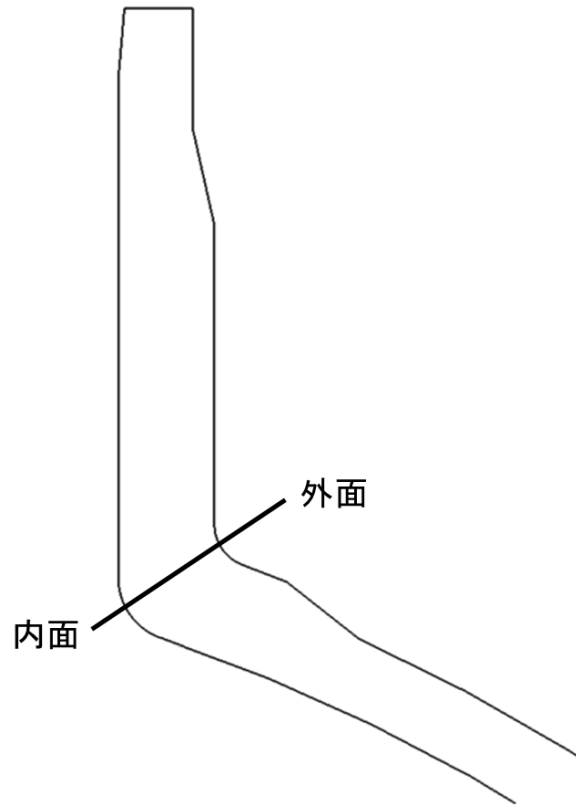
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.643	0.644	0.79
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.643$ $D_{cp} = 0.000$				

材料
SFVAF22B



(単位：mm)

第 7.9 図 IHX 用 1 次ヘリウム循環機のヘリウムガス入口ノズルの形状、寸法及び材料



第 7.10 図 IHX 用 1 次ヘリウム循環機のヘリウムガス入口ノズルの応力評価断面

### 7.3 上部ケーシング上部フランジ(IHX 用 1 次ヘリウム循環機)

#### 7.3.1 形状、寸法及び材料

上部ケーシング上部フランジ(IHX 用 1 次ヘリウム循環機)の形状、寸法及び材料を第 7.11 図に示す。

#### 7.3.2 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 7.12 図に示す。

#### 7.3.3 応力評価

上部ケーシング上部フランジ(IHX 用 1 次ヘリウム循環機)の応力評価結果を第 7.21 表から第 7.35 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

##### (1) 特別な応力制限

###### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

###### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

###### ③ 3 軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3 軸の主応力が接近することはない。

##### (2) 座屈の防止(外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈)

本計算箇所は、外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈が発生するような有意な荷重を受ける部分ではない。



第 7.21 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 IHX 用循環機

上部ケーシング上部フランジ 一次応力の制限(評価断面-内面)

1次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(IHX用)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	—	62	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	—	55	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	410	—	65	141	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	54	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	410	—	75	211	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	48	163	$K_t = 1.17$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	410	—	69	169	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	410	1.00	59	278	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	410	—	81	253	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	410	1.00	52	336	$K_t = 1.20$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	399 392	$1.05 \times 10^5$ $1.89 \times 10^2$	0.04	1.0	$B = 1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	390	$1.25 \times 10^2$	0.04	1.0	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	399	—	70	284	$S_{mIV} = 2S_u / 3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R / 3$	375	$5.10 \times 10^{-1}$	59	285	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	399	—	82	427	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R / 3$	375	$5.10 \times 10^{-1}$	52	344	$K_t = 1.21$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{ri} ) \leq B_R$	399 392	$1.05 \times 10^5$ $1.89 \times 10^2$	0.02	1.0	$B_R = 1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{rbj} ) \leq 1.0$	390	$1.25 \times 10^2$	0.02	1.0	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	—	88	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	79	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	96	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 運転状態 I ~ III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

(3) 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価した。

第 7.22 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ  
一次応力の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(IHX 用)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	—	62	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	—	55	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	410	—	68	141	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	54	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	410	—	81	211	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	48	163	$K_t = 1.17$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	410	—	72	169	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	410	1.00	59	278	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	410	—	87	253	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	410	1.00	52	336	$K_t = 1.20$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	399 392	$1.05 \times 10^5$ $1.89 \times 10^2$	0.04	1.0	$B = 1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	390	$1.25 \times 10^2$	0.04	1.0	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	399	—	74	284	$S_{mIV} = 2S_u / 3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R / 3$	375	$5.10 \times 10^{-1}$	59	285	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	399	—	91	427	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R / 3$	375	$5.10 \times 10^{-1}$	52	344	$K_t = 1.21$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{ri}) \leq B_R$	399 392	$1.05 \times 10^5$ $1.89 \times 10^2$	0.02	1.0	$B_R = 1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{rbj}) \leq 1.0$	390	$1.25 \times 10^2$	0.02	1.0	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	—	91	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	82	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	102	361	

- (1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。
- (2) 運転状態 I ~ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価した。
- (3) 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価した。

第 7.23 表 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ

長期一次応力の算出(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(IHX 用)

評価項目	計算値 ( MPa )	判定値 ( MPa )	判定
$\langle P_L + P_b \rangle \leq S_{LP}$	52	56	長期一次応力が低い。
$SLP = \text{Min}( S_{rH} , S_g/g ) \quad D_{c1} = 0.300 \quad S_g = 170 \text{ ( MPa )}$ $S_{rH} = 116 \text{ ( MPa )} \quad g = 3.0$ $S_g/g = 56.6 \text{ ( MPa )}$			

第 7.24 表 Sd1-4\_SdD 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 一次+二次応力の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(IHX 用)(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n^* \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	410 —	61 423	— —	— —	— —	
1A 05-Sd 1B 04	399 198	— —	115 335	— —	— —	
$S_{rH} = 116$ ( MPa )		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1A05-S2 1B04 及び S2 に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 7.25 表 Sd5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 一次+二次応力の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(IHX 用)(地震動 : Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n^* \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	410 —	67 423	— —	— —	— —	
1A 05-Sd 1B 04	399 198	— —	121 335	— —	— —	
$S_{rH} = 116$ ( MPa )		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1A05-S2 1B04 及び S2 に Sd5 分を付加して評価した。

第 7.26 表 Sd1-4\_SdD 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ Sa の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(IHX 用)(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 398 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 52 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度 ( $^\circ\text{C}$ )
1A 05-Sd 1B 04	399 199	86	166 247	S <sub>y</sub>	399 139
1A 05 2B 01	399 410	43	97 204	1.25 S1	410
1A 05 2B 02	399 410	43	97 204	1.25 S1	410
1A 05 3B 01	399 410	43	97 204	1.25 S1	410
1A 05 3B 02	399 410	43	97 204	1.25 S1	410

※ 既往の設工認評価負荷サイクル 1A05-S2 1B04 に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 7.27 表 Sd5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ Sa の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(IHX 用)(地震動 : Sd5)

$$T_o = 398 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 52 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )		$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)		備考	
						S <sub>a</sub> の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
1A 05-Sd 1B 04	399	199	86	172	247	S <sub>y</sub>	399 139
1A 05 2B 01	399	410	43	97	204	1.25 S1	410
1A 05 2B 02	399	410	43	97	204	1.25 S1	410
1A 05 3B 01	399	410	43	97	204	1.25 S1	410
1A 05 3B 02	399	410	43	97	204	1.25 S1	410

※ 既往の設工認評価負荷サイクル 1A05-S2 1B04 に Sd5 分を付加して評価した。

第 7.28 表 Ss1-4\_SsD 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(IHX 用)(地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	64 1065	0.000	0.298	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価した。

第 7.29 表 Ss5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(IHX 用)(地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	73 1065	0.000	0.339	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 に Ss5 分を付加して評価した。

第 7.30 表 Sd1-4\_SdD 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)  
 1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(IHX 用)(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	Sp ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> ( MPa )			
1A 05-Sd 1B 04	399	1	115	6.263×10 <sup>-4</sup>	0.0	1.02	1.02	6.368×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
1A 05 1B 04	399	188	77	4.242×10 <sup>-4</sup>	0.0	1.00	1.00	4.242×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
1A 05 C	399	211	66	3.595×10 <sup>-4</sup>	—	1.00	1.00	3.595×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
Sd	410	200	60	3.272×10 <sup>-4</sup>	—	1.31	1.31	4.279×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	A
K <sub>T</sub> = 1.00                      D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.001											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

(3) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1A05-S2 1B04 及び S2 に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。



第 7.31 表 Sd5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 累積疲れ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(IHX 用) (地震動 : Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> ( MPa )			
1A 05-Sd 1B 04	399	1	121	6.587×10 <sup>-4</sup>	0.0	1.02	1.02	6.699×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
1A 05 1B 04	399	188	77	4.242×10 <sup>-4</sup>	0.0	1.00	1.00	4.242×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
1A 05 C	399	211	66	3.595×10 <sup>-4</sup>	—	1.00	1.00	3.595×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
Sd	410	200	66	3.597×10 <sup>-4</sup>	—	1.31	1.31	4.705×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	A
K <sub>T</sub> = 1.00                      D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.001											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

(3) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1A05-S2 1B04 及び S2 に Sd5 分を付加して評価した。

第 7.32 表 Sd1-4\_SdD 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 累積クリープ損傷係数の算出(その 3) (評価断面-内面)  
 1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(IHX 用) (地震動 : Sd1-4\_SdD)  
 ( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^*D^*$	備考
1A 05-Sd 1B 04	115	390	0	0.0	0.0	$S_g = 170$ ( MPa )
$D_{c2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.0$ ( $D_o^* = 0.0$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.300$ ( $D_{c1} = 0.300$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

(2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1A05-S2 1B04 に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

( 2 / 2 )  $D_{cp}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
1A 05-Sd 1B 04	$6.368 \times 10^{-4}$	$2.150 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
$T = 399$ (°C) $D_{cp} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

(2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1A05-S2 1B04 に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 7.33 表 Sd5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(IHX 用)(地震動 : Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\overline{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^*D^*$	備考
1A 05-Sd 1B 04	121	390	0	0.0	0.0	$S_g = 170$ ( MPa ) $T = 399$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.0$ ( $D_o^* = 0.0$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.300$ ( $D_{c1} = 0.300$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\overline{S}_m$  を超えた回数を示す。

(2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1A05-S2 1B04 に Sd5 分を付加して評価した。

( 2 / 2 )  $D_{cp}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
1A 05-Sd 1B 04	$6.699 \times 10^{-4}$	$2.150 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\overline{S}_m/E$
$T = 399$ (°C) $D_{cp} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

(2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1A05-S2 1B04 に Sd5 分を付加して評価した。

第 7.34 表 Sd1-4\_SdD 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ

クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(IHX 用)(地震動 : Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.300	0.301	0.60
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.300$ $D_{cp} = 0.000$				

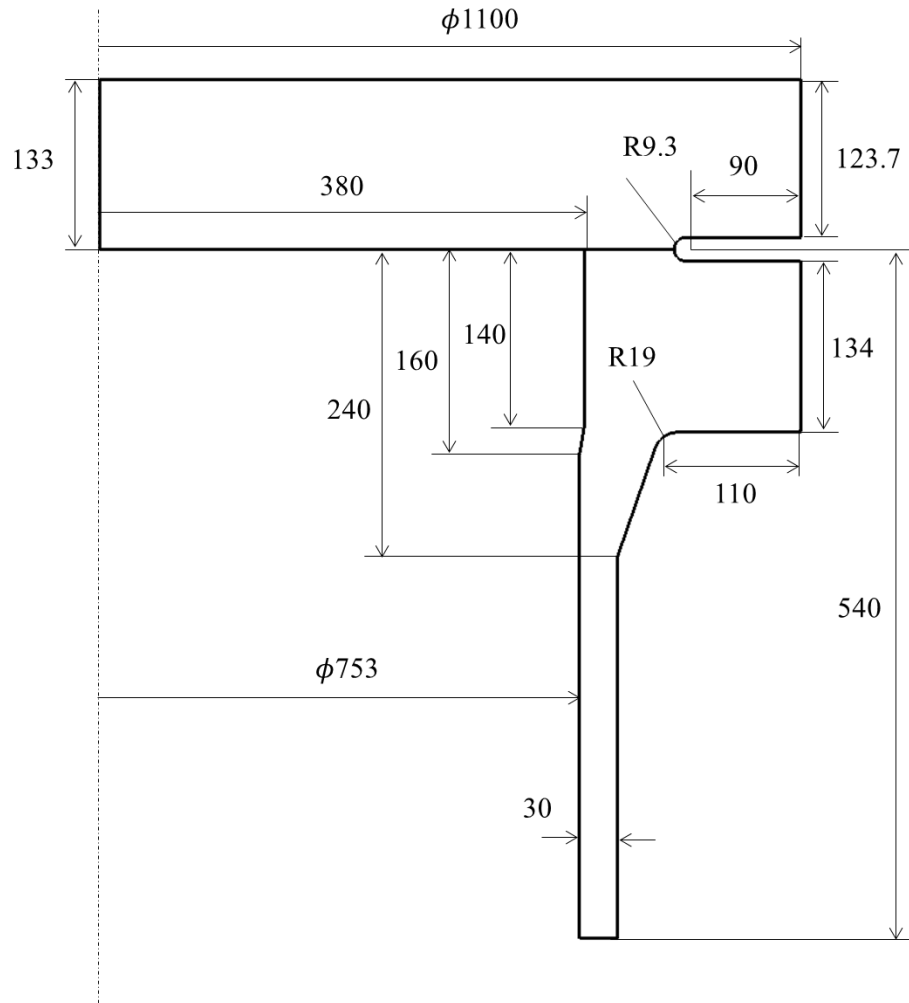
第 7.35 表 Sd5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング上部フランジ

クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(IHX 用)(地震動 : Sd5)

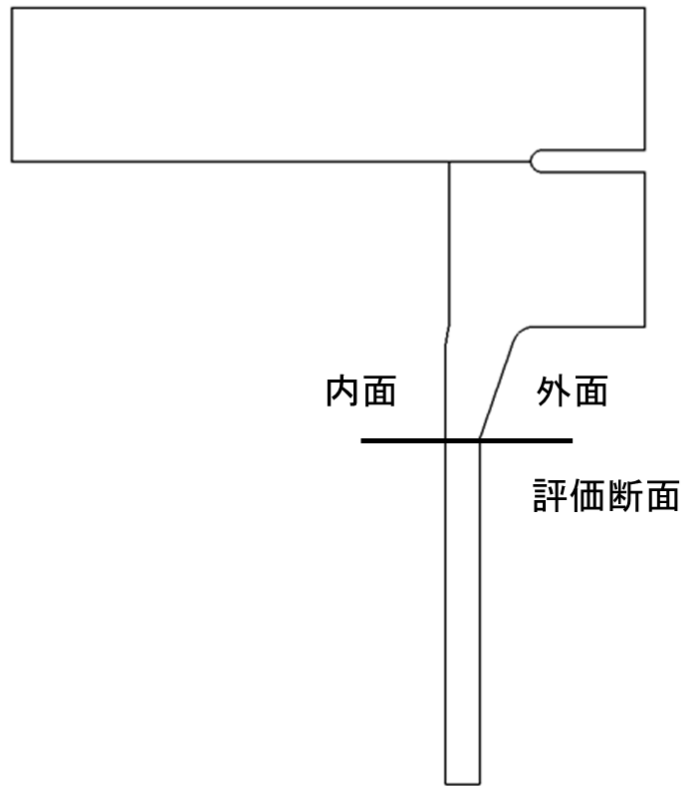
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.300	0.301	0.60
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.300$ $D_{cp} = 0.000$				

材 料	
胴 部	SCMV4-2 NT
フランジ部	SFVAF22B



(単位 : mm)

第 7.11 図 IHX 用 1 次ヘリウム循環機の上部ケーシング上部フランジの形状、寸法及び材料



第 7.12 図 IHX 用 1 次ヘリウム循環機の上部ケーシング上部フランジの応力評価断面

#### 7.4 上部ケーシング蓋締付ボルト (IHX 用 1 次ヘリウム循環機)

##### 7.4.1 形状、寸法及び材料

上部ケーシング蓋締付ボルト (IHX 用 1 次ヘリウム循環機) の形状、寸法及び材料を第 7.13 図に示す。

##### 7.4.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第 7.36 表から第 7.39 表に示す。自重等の荷重値は、「Ⅲ-イ-10 1 次ヘリウム循環機の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 3 回申請)平成 4 年 4 月 9 日付け 4 安(原規)第 47 号)を参照した。

##### 7.4.3 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 7.14 図に示す。

##### 7.4.4 応力評価

上部ケーシング蓋締付ボルト (IHX 用 1 次ヘリウム循環機) の応力評価結果を第 7.40 表から第 7.47 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、累積クリープ損傷係数の制限に関しては、最高断面平均金属温度が、運転状態Ⅰ、Ⅱ及びⅢ並びに試験状態において、「高温構造設計指針」の付 1.6-(a) 表の適用温度範囲に達することがないため評価の必要がない。

第 7.36 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 IHX 用循環機 ボルト)

	機械的荷重 ( 上部ケーシング蓋締付ボルト (IHX 用) )		
	Ss1-4_SsD 地震動		
	軸力 ( ×10 N )	合せん断力 ( ×10 N )	合モーメント ( × 10 <sup>3</sup> N・mm )
設計条件	-	-	-
運転状態 I	1696	2481	1563
運転状態 II	1696	2481	1563
運転状態 III	1696	2481	1563
運転状態 IV	1696	2481	1563
試験状態	-	-	-

第 7.37 表 Ss5 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 IHX 用循環機 ボルト)

	機械的荷重 ( 上部ケーシング蓋締付ボルト (IHX 用) )		
	Ss5 地震動		
	軸力 ( ×10 N )	合せん断力 ( ×10 N )	合モーメント ( × 10 <sup>3</sup> N・mm )
設計条件	-	-	-
運転状態 I	2222	3200	2017
運転状態 II	2222	3200	2017
運転状態 III	2222	3200	2017
運転状態 IV	2222	3200	2017
試験状態	-	-	-



第 7.38 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 IHX 用循環機 ボルト)

	機械的荷重 ( 上部ケーシング蓋締付ボルト (IHX 用) )		
	Sd1-4_SdD 地震動		
	軸力 ( $\times 10^4$ N )	合せん断力 ( $\times 10^4$ N )	合モーメント ( $\times 10^3$ N $\cdot$ mm )
設計条件	-	-	-
運転状態 I	1428	2188	1379
運転状態 II	1428	2188	1379
運転状態 III	1428	2188	1379
運転状態 IV	1428	2188	1379
試験状態	-	-	-

第 7.39 表 Sd5 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 IHX 用循環機 ボルト)

	機械的荷重 ( 上部ケーシング蓋締付ボルト (IHX 用) )		
	Sd5 地震動		
	軸力 ( $\times 10^4$ N )	合せん断力 ( $\times 10^4$ N )	合モーメント ( $\times 10^3$ N $\cdot$ mm )
設計条件	-	-	-
運転状態 I	1785	2716	1712
運転状態 II	1785	2716	1712
運転状態 III	1785	2716	1712
運転状態 IV	1785	2716	1712
試験状態	-	-	-

第 7.40 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 IHX 用循環機

上部ケーシング蓋締付ボルト ボルト等の一次応力及び二次応力の制限(評価断面-内面)

1次ヘリウム循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト(IHX用)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\sigma_m \leq S_{ob}$	430	—	71	135	
運転状態 I、 II、III、(T)	$\langle \sigma_m \rangle \leq S_{mtB}$	—	—	—	—	
	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_{mB}$	410	—	75	313	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_{mtB}$	—	—	—	—	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq 3S_{mB}$	410	—	197	470	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_{mtB}$	—	—	—	—	
運転状態 I、 II、III(T)	$\Sigma (t_i/t_{mi}) \leq B$	— —	— —	—	1	B=1.0
	$\Sigma (t_j/t_{bj}) \leq 1.0$	—	—	—	1	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_u/3$	399	—	75	394	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_R/3$	—	—	—	—	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq S_u$	399	—	198	591	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_R/3$	—	—	—	—	
運転状態 I、 II、III、IV、(T)	$\Sigma (t_i/t_{Ri}) \leq B_R$	— —	— —	—	1	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma (t_j/t_{Rbj}) \leq 1.0$	—	—	—	1	

(1) (T) は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 運転状態 I ~ III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

(3) 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価した。

第 7.41 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト  
ボルト等の一次応力及び二次応力の制限(評価断面-内面)

1次ヘリウム循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト (IHX 用)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\sigma_m \leq S_{oB}$	430	—	71	135	
運転状態 I、 II、III、(T)	$\langle \sigma_m \rangle \leq S_{mtB}$	—	—	—	—	
	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_{mB}$	410	—	75	313	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_{mtB}$	—	—	—	—	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq 3S_{mB}$	410	—	198	470	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_{mtB}$	—	—	—	—	
運転状態 I、 II、III(T)	$\Sigma (t_i/t_{mi}) \leq B$	—	—	—	1	B=1.0
	$\Sigma (t_j/t_{bj}) \leq 1.0$	—	—	—	1	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_u/3$	399	—	76	394	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_R/3$	—	—	—	—	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq S_u$	399	—	198	591	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_R/3$	—	—	—	—	
運転状態 I、 II、III、IV、 (T)	$\Sigma (t_i/t_{Ri}) \leq B_R$	—	—	—	1	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma (t_j/t_{Rbj}) \leq 1.0$	—	—	—	1	

(1) (T) は、試験状態のうち「構造等の技術基準別表」第 2 の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 運転状態 I ~ III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価した。

(3) 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価した。

第 7.42 表 Sd1-4\_SdD 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト Sa の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト (IHX 用) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 470 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 320 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	断面平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ ( MPa )	$P' + Q' \leq S_a$ ( MPa )	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
1A 05-Sd 1B 04	399 399	13	333 477	S <sub>y</sub>	399
1A 05 2B 02	399 410	10	330 471	S <sub>y</sub>	410
1A 05 3B 02	399 410	10	330 471	S <sub>y</sub>	410

※ 既往の設工認負荷サイクル 1A05-S2 1B04 に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 7.43 表 Sd5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト Sa の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト (IHX 用) (地震動 : Sd5)

$$T_o = 470 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 320 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	断面平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ ( MPa )	$P' + Q' \leq S_a$ ( MPa )	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
1A 05-Sd 1B 04	399 399	13	333 477	S <sub>y</sub>	399
1A 05 2B 02	399 410	10	330 471	S <sub>y</sub>	410
1A 05 3B 02	399 410	10	330 471	S <sub>y</sub>	410

※ 既往の設工認負荷サイクル 1A05-S2 1B04 に Sd5 分を付加して評価した。

第 7.44 表 Ss1-4\_SsD 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト (IHX 用) (地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_m + P_b \rangle / 1.5 S_m$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_m$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s (3 S_m)$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	4 1477	0.820	0.014	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認負荷サイクル S2 に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価した。

第 7.45 表 Ss5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト (IHX 用) (地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_m + P_b \rangle / 1.5 S_m$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_m$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s (3 S_m)$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	5 1477	0.820	0.017	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認負荷サイクル S2 に Ss5 分を付加して評価した。

第 7.46 表 Sd1-4\_SdD 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト 累積疲れ損傷係数の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト (IHX 用) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

運 転 状 態	ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	$S_n$ ( MPa )	$S_p$ ( MPa )	$K_e$	$S_\sigma$ ( MPa )	$S_y$ ( MPa )	$N_d$	$n/N_d$
運転状態 I 及び II	2C 01-Sd C	100	1	196	196	—	98	567	1000000	0.000
	1A 05 C	399	400	178	178	—	89	477	1000000	0.000
	1B 04 C	399	189	177	177	—	89	477	1000000	0.000
	2A 01 C	399	190	177	177	—	88	477	1000000	0.000
	1C 05 C	399	15	177	177	—	88	477	1000000	0.000
	2C 01 C	100	29	193	193	—	96	567	1000000	0.000
	1D 03 C	399	15	177	177	—	88	477	1000000	0.000
	2B 02 C	410	10	181	181	—	90	471	1000000	0.000
累積疲れ損傷係数 $D_{f1} = 0.000 \leq 0.1$										
地震荷重 Sd	Sd	410	200	2	2	—	1	474	1000000	0.000
累積疲れ損傷係数 $D_{f2} = 0.000 \leq 0.1$										
累積疲れ損傷係数 $D_f = D_{f1} + D_{f2} = 0.000 \leq 0.1$										

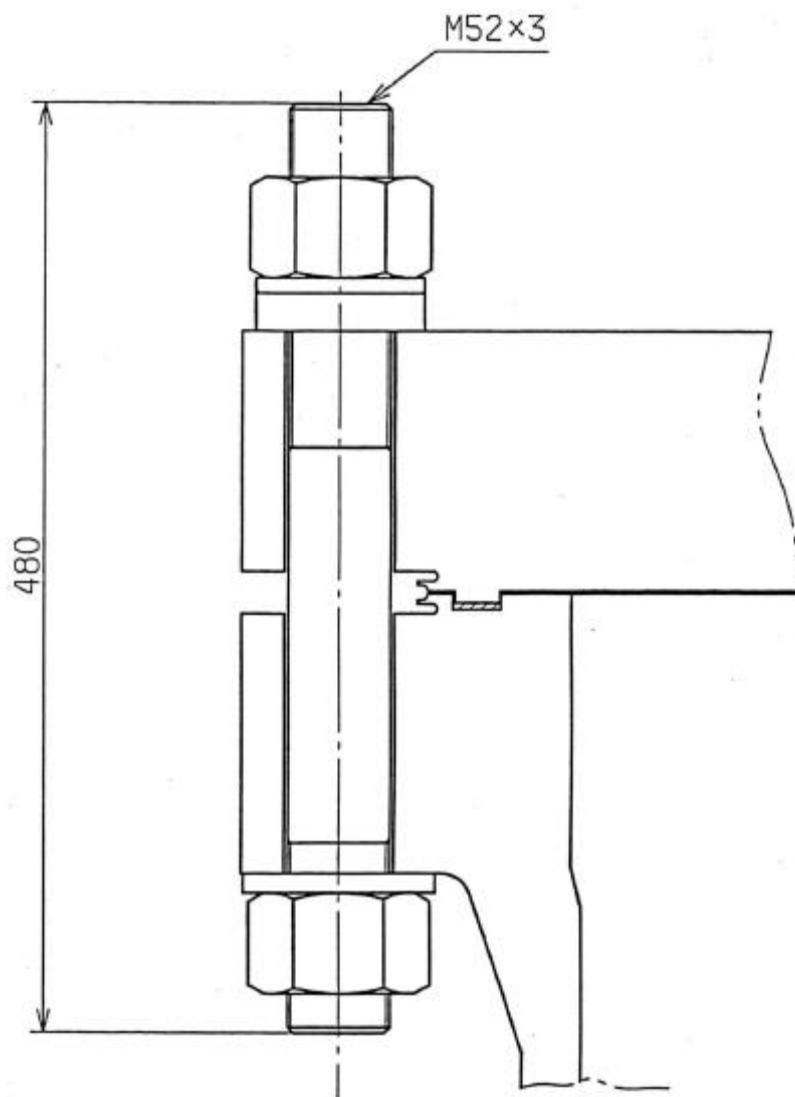
注記 ひずみサイクル C は、ボルト締付時荷重による応力状態である。

第 7.47 表 Sd5 地震動 IHX 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト 累積疲れ損傷係数の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト (IHX 用) (地震動 : Sd5)

運 転 状 態	ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	S <sub>p</sub> ( MPa )	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> ( MPa )	S <sub>y</sub> ( MPa )	N <sub>d</sub>	n/N <sub>d</sub>
運転状態 I 及び II	2C 01-Sd C	100	1	197	197	—	98	567	1000000	0.000
	1A 05 C	399	400	178	178	—	89	477	1000000	0.000
	1B 04 C	399	189	177	177	—	89	477	1000000	0.000
	2A 01 C	399	190	177	177	—	88	477	1000000	0.000
	1C 05 C	399	15	177	177	—	88	477	1000000	0.000
	2C 01 C	100	29	193	193	—	96	567	1000000	0.000
	1D 03 C	399	15	177	177	—	88	477	1000000	0.000
	2B 02 C	410	10	181	181	—	90	471	1000000	0.000
累積疲れ損傷係数 D <sub>f1</sub> = 0.000 ≦ 0.1										
地震荷重 Sd	Sd	410	200	3	3	—	1	474	1000000	0.000
累積疲れ損傷係数 D <sub>f2</sub> = 0.000 ≦ 0.1										
累積疲れ損傷係数 D <sub>f</sub> = D <sub>f1</sub> + D <sub>f2</sub> = 0.000 ≦ 0.1										

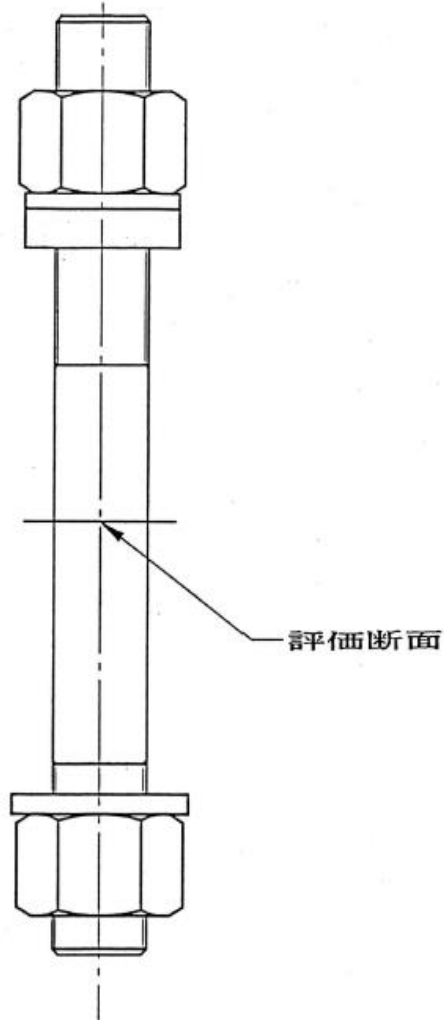
注記 ひずみサイクル C は、ボルト締付時荷重による応力状態である。



(単位：mm)

第 7.13 図 IHX 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルトの形状及び寸法図





第 7.14 図 IHX 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト 応力評価断面

## 7.5 ヘリウムガス入口ノズル(PPWC用1次ヘリウム循環機)

### 7.5.1 形状、寸法及び材料

ヘリウムガス入口ノズル(PPWC用1次ヘリウム循環機)の形状、寸法及び材料を第7.15図に示す。

### 7.5.2 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第7.16図に示す。

### 7.5.3 応力評価

ヘリウムガス入口ノズル(PPWC用1次ヘリウム循環機)の応力評価結果を第7.48表から第7.59表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

#### (2) 座屈の防止(外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈)

本計算箇所は、外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈が発生するような有意な荷重を受ける部分ではない。

第 7.48 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 PPWC 用循環機

ヘリウムガス入口ノズル 一次応力の制限(評価断面-内面)

1次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(PPWC用)

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	—	62	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	—	107	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	410	—	69	141	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	54	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	410	—	138	211	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	93	152	$K_t = 1.09$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	410	—	73	169	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	410	$1.00 \times 10$	59	276	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	410	—	160	253	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	410	$1.00 \times 10$	102	320	$K_t = 1.16$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	399 395	$1.05 \times 10^5$ $2.90 \times 10^2$	0.04	1.0	$B = 1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	394	$2.47 \times 10$	0.04	1.0	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	399	—	76	284	$S_{mIV} = 2S_u / 3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R / 3$	375	$6.00 \times 10^{-2}$	59	285	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	399	—	156	427	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R / 3$	375	$6.00 \times 10^{-2}$	102	332	$K_t = 1.16$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{ri}) \leq B_R$	399 395	$1.05 \times 10^5$ $2.90 \times 10^2$	0.02	1.0	$B_R = 1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{rbj}) \leq 1.0$	410	$1.00 \times 10$	0.02	1.0	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	—	92	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	149	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	178	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 運転状態 I ~ III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

(3) 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価した。

第 7.49 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル  
一次応力の制限(評価断面-内面)

1次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(PPWC用)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	—	62	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	—	107	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	410	—	69	141	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	54	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	410	—	141	211	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	93	152	$K_t = 1.09$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	410	—	73	169	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	410	$1.00 \times 10$	59	276	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	410	—	163	253	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	410	$1.00 \times 10$	102	320	$K_t = 1.16$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	399 395	$1.05 \times 10^5$ $2.90 \times 10^2$	0.04	1.0	$B = 1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	394	$2.47 \times 10$	0.04	1.0	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	399	—	80	284	$S_{mIV} = 2S_u / 3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R / 3$	375	$6.00 \times 10^{-2}$	59	285	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	399	—	170	427	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R / 3$	375	$6.00 \times 10^{-2}$	102	332	$K_t = 1.16$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{ri}) \leq B_R$	399 395	$1.05 \times 10^5$ $2.90 \times 10^2$	0.02	1.0	$B_R = 1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{rbj}) \leq 1.0$	410	$1.00 \times 10$	0.02	1.0	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	—	92	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	149	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	181	361	

- (1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。
- (2) 運転状態I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)にSd5分を付加して評価した。
- (3) 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)にSs5分を付加して評価した。

第 7.50 表 Sd1-4\_SdD 地震動 PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル

累積非弾性ひずみの制限(その 2)(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(PPWC 用)(地震動 : Sd1-4\_SdD)

( 1 / 4 ) パラメータ  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y$  の算定

算定項目		計算値 ( MPa )	備考
$T_i < T_o$ (°C)		355 398	
運転状態 I、II、 (T)	$\langle P_L + ( P_b / K_t ) \rangle_{\max}$ ( MPa )	122	$S_{yc} = 240$ ( MPa )
	$X_1 = \langle P_L + ( P_b / K_t ) \rangle_{\max} / S_{yc}$	0.510	$T = 355$ (°C)
運転状態 I、II、 III、(T)	$\langle P_L^* + ( P_b^* / K_t ) \rangle_{\max}$ ( MPa )	58	
	$\langle Q + Q^* \rangle_{R\max}$ ( MPa )	128	
	$X_2 = \langle P_L^* + ( P_b^* / K_t ) \rangle_{\max} / S_{yc}$	0.242	$S_{yc} = 240$ ( MPa )
	$Y = \langle Q + Q^* \rangle_{R\max} / S_{yc}$	0.530	$T = 355$ (°C)

(1) (T)は試験状態を示す。

( 2 / 4 ) 領域の判定

評価項目	領域	許容領域
( $X_1$ , $Y$ )	$S_1$	E, $S_1$ , $S_2$ , P
( $X_1 + X_2$ , $Y$ )	$S_1$	

※ 運転状態 I ~ IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

( 3 / 4 ) 促進クリープひずみと弾性追従ひずみの算定

算定項目	計算値 ( MPa )	備考
$Z^* \leq S_{yH} / S_{yc}$	0.56    0.99	$S_{yH} = 237$ ( MPa )
$\sigma_c = 1.25 Z^* S_{yc}$ ( MPa )	169	$T = 396$ (°C)
$\varepsilon_{Ec} = \sum ( \varepsilon_c ( \sigma_c ) ) i$	0.0010	399(°C) $1.05 \times 10^5$ (hr) 395(°C) $2.90 \times 10^2$ (hr) 410(°C) $2.00 \times 10$ (hr)
$\varepsilon_{mEF}$	0.0	
$\varepsilon_{bEF}$	0.0	

(1) 備考の温度と時間は、促進クリープひずみを算定するに際しての 代表的な負荷サイクルにおける値である。

(2) 既往の設工認の計算値に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

( 4 / 4 ) 累積非弾性ひずみの制限

評価項目	計算値	許容値
$\varepsilon_{Ec} + \varepsilon_{mEF} \leq 0.01$	0.0060	0.0100
$\varepsilon_{Ec} + \varepsilon_{mEF} + \varepsilon_{bEF} \leq 0.02$	0.0060	0.0200

第 7.51 表 Sd5 地震動 PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル

累積非弾性ひずみの制限(その 2)(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(PPWC 用)(地震動 : Sd5)

( 1 / 4 ) パラメータ  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y$  の算定

算定項目		計算値 ( MPa )	備考
$T_i < T_o$ (°C)		355 398	
運転状態 I、II、 (T)	$\langle P_L + ( P_b / K_t ) \rangle_{\max}$ ( MPa )	122	$S_{yc} = 240$ ( MPa )
	$X_1 = \langle P_L + ( P_b / K_t ) \rangle_{\max} / S_{yc}$	0.510	$T = 355$ (°C)
運転状態 I、II、 III、(T)	$\langle P_L^* + ( P_b^* / K_t ) \rangle_{\max}$ ( MPa )	59	
	$\langle Q + Q^* \rangle_{R\max}$ ( MPa )	128	
	$X_2 = \langle P_L^* + ( P_b^* / K_t ) \rangle_{\max} / S_{yc}$	0.247	$S_{yc} = 240$ ( MPa )
	$Y = \langle Q + Q^* \rangle_{R\max} / S_{yc}$	0.530	$T = 355$ (°C)

(1) (T)は試験状態を示す。

( 2 / 4 ) 領域の判定

評価項目	領域	許容領域
( $X_1$ , $Y$ )	$S_1$	E, $S_1$ , $S_2$ , P
( $X_1 + X_2$ , $Y$ )	$S_1$	

※ 運転状態 I ~ IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価した。

( 3 / 4 ) 促進クリープひずみと弾性追従ひずみの算定

算定項目	計算値 ( MPa )	備考
$Z^* \leq S_{yH} / S_{yc}$	0.57    0.99	$S_{yH} = 237$ ( MPa )
$\sigma_c = 1.25 Z^* S_{yc}$ ( MPa )	170	$T = 396$ (°C)
$\epsilon_{Ec} = \sum ( \epsilon_c ( \sigma_c ) ) i$	0.0010	399(°C) $1.05 \times 10^5$ (hr) 395(°C) $2.90 \times 10^2$ (hr) 410(°C) $2.00 \times 10$ (hr)
$\epsilon_{mEF}$	0.0	
$\epsilon_{bEF}$	0.0	

(1) 備考の温度と時間は、促進クリープひずみを算定するに際しての 代表的な負荷サイクルにおける値である。

(2) 既往の設工認の計算値に Sd5 分を付加して評価した。

( 4 / 4 ) 累積非弾性ひずみの制限

評価項目	計算値	許容値
$\epsilon_{Ec} + \epsilon_{mEF} \leq 0.01$	0.0060	0.0100
$\epsilon_{Ec} + \epsilon_{mEF} + \epsilon_{bEF} \leq 0.02$	0.0060	0.0200



第 7.52 表 Ss1-4\_SsD 地震動 PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(PPWC 用)(地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( ° C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	121 1065	0.000	0.568	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認負荷サイクル S2 に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価した。

第 7.53 表 Ss5 地震動 PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(PPWC 用)(地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( ° C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	135 1065	0.000	0.632	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認負荷サイクル S2 に Ss5 分を付加して評価した。

第 7.54 表 Sd1-4\_SdD 地震動 PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル 累積疲れ損傷係数の算出(その 1) (評価断面-内面)  
 1 次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(PPWC 用) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon' \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_\varepsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 ( °C )	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_\varepsilon'$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ ( MPa )	—	$K_e$	$S_\ell$ ( MPa )			
3A 05-Sd C	390	1	$1.096 \times 10^{-3}$	—	$3.561 \times 10^{-4}$	1.32	1.74	$2.267 \times 10^{-3}$	13768	0.000	B
C 3A 05	390	8	$8.084 \times 10^{-4}$	—	$3.561 \times 10^{-4}$	1.38	1.38	$1.474 \times 10^{-3}$	63300	0.000	B
1C 03 C	384	35	$9.568 \times 10^{-4}$	—	$1.479 \times 10^{-4}$	1.30	1.30	$1.393 \times 10^{-3}$	80800	0.000	B
C 2A 07	403	190	$7.288 \times 10^{-4}$	$4.889 \times 10^{-9}$	$2.861 \times 10^{-4}$	1.43	1.43	$1.326 \times 10^{-3}$	94900	0.002	B
C 3B 01	410	1	$6.383 \times 10^{-4}$	$1.894 \times 10^{-6}$	—	1.57	1.57	$1.006 \times 10^{-3}$	300000	0.000	B
C 2C 01	100	30	—	—	203	—	—	102	312000	0.000	D
1A 07 C	399	170	$5.828 \times 10^{-4}$	$1.694 \times 10^{-5}$	—	1.58	1.58	$9.449 \times 10^{-4}$	400000	0.000	C
C 2B 01	410	10	$5.989 \times 10^{-4}$	$1.430 \times 10^{-7}$	—	1.57	1.57	$9.415 \times 10^{-4}$	411000	0.000	B
1D 08 C	395	15	$5.819 \times 10^{-4}$	$5.027 \times 10^{-7}$	—	1.58	1.58	$9.188 \times 10^{-4}$	491000	0.000	B
Sd	410	200	$5.883 \times 10^{-4}$	—	—	1.00	1.00	$5.883 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
$K_T = 1.00 \quad D_f = \Sigma ( n_i / N_{di} ) = 0.004$											

- (1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。  
 A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)  
 B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)  
 C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)  
 D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。
- (2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_\ell$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。
- (3) 既往の設工認評価ひずみサイクル 3A05-S2 C 及び S2 に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 7.55 表 Sd5 地震動 PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル 累積疲れ損傷係数の算出(その 1)(評価断面-内面)  
 1次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(PPWC 用)(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon' \varepsilon_n + K_{\varepsilon_c} + K_T \varepsilon_F \quad K_\varepsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 (℃)	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_\varepsilon'$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ (MPa)	—	$K_e$	$S_\ell$ (MPa)			
3A 05-Sd C	390	1	$1.113 \times 10^{-3}$	—	$3.561 \times 10^{-4}$	1.32	1.74	$2.295 \times 10^{-3}$	13073	0.000	B
C 3A 05	390	8	$8.084 \times 10^{-4}$	—	$3.561 \times 10^{-4}$	1.38	1.38	$1.474 \times 10^{-3}$	63300	0.000	B
1C 03 C	384	35	$9.568 \times 10^{-4}$	—	$1.479 \times 10^{-4}$	1.30	1.30	$1.393 \times 10^{-3}$	80800	0.000	B
C 2A 07	403	190	$7.288 \times 10^{-4}$	$4.889 \times 10^{-9}$	$2.861 \times 10^{-4}$	1.43	1.43	$1.326 \times 10^{-3}$	94900	0.002	B
C 3B 01	410	1	$6.383 \times 10^{-4}$	$1.894 \times 10^{-6}$	—	1.57	1.57	$1.006 \times 10^{-3}$	300000	0.000	B
C 2C 01	100	30	—	—	203	—	—	102	312000	0.000	D
1A 07 C	399	170	$5.828 \times 10^{-4}$	$1.694 \times 10^{-5}$	—	1.58	1.58	$9.449 \times 10^{-4}$	400000	0.000	C
C 2B 01	410	10	$5.989 \times 10^{-4}$	$1.430 \times 10^{-7}$	—	1.57	1.57	$9.415 \times 10^{-4}$	411000	0.000	B
1D 08 C	395	15	$5.819 \times 10^{-4}$	$5.027 \times 10^{-7}$	—	1.58	1.58	$9.188 \times 10^{-4}$	491000	0.000	B
Sd	410	200	$6.045 \times 10^{-4}$	—	—	1.00	1.00	$6.045 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
$K_T = 1.00 \quad D_f = \Sigma (n_i / N_{di}) = 0.004$											

- (1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。  
 A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)  
 B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)  
 C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)  
 D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。
- (2) 二段表示記号の下段の( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_\ell$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。
- (3) 既往の設工認評価ひずみサイクル 3A05-S2 C 及び S2 に Sd5 分を付加して評価した。

第 7.56 表 Sd1-4\_SdD 地震動 PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル 累積クリープ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(PPWC 用)(地震動 : Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{eN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma (t/T_d)$	備考
3A 05-Sd C	215	399	$4.73 \times 10^3$	$9.54 \times 10^4$	0.099	C
1C 03 C	171	399	$1.85 \times 10^4$	$7.03 \times 10^5$	0.052	C
C 2A 07	171	399	$9.99 \times 10^4$	$7.03 \times 10^5$	0.284	C
C 3B 01	171	399	$5.26 \times 10^2$	$7.03 \times 10^5$	0.002	C
C 2C 01	171	399	$1.58 \times 10^4$	$7.03 \times 10^5$	0.045	C
C 2B 01	171	399	$5.26 \times 10^3$	$7.03 \times 10^5$	0.015	C
1B 04 C	171	399	$9.93 \times 10^4$	$7.03 \times 10^5$	0.284	C
1D 08 C	171	399	$7.88 \times 10^3$	$7.03 \times 10^5$	0.023	C
$D_{eN} = \Sigma ( D_{eN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.805$						

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min}[ 1.25S_y/k, \text{Max}[ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_b + Q \rangle ] ]$

C :  $S_k = S_g$

(2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 3A05-S2 C に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

( 2 / 2 )  $D_{cp}$  の算定

ひずみサイクル	$\varepsilon_t$	$\text{Max}( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
3A 05-Sd C	$2.267 \times 10^{-3}$	$2.372 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\overline{S}_m/E$
$T= 399(^{\circ}\text{C}) \quad D_{cp} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

- (1) 備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。
- (2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 3A05-S1 C に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 7.57 表 Sd5 地震動 PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル 累積クリープ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(PPWC 用)(地震動 : Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma (t/T_d)$	備考
3A 05-Sd C	218	399	$4.73 \times 10^3$	$8.81 \times 10^4$	0.108	C
1C 03 C	171	399	$1.85 \times 10^4$	$7.03 \times 10^5$	0.052	C
C 2A 07	171	399	$9.99 \times 10^4$	$7.03 \times 10^5$	0.284	C
C 3B 01	171	399	$5.26 \times 10^2$	$7.03 \times 10^5$	0.002	C
C 2C 01	171	399	$1.58 \times 10^4$	$7.03 \times 10^5$	0.045	C
C 2B 01	171	399	$5.26 \times 10^3$	$7.03 \times 10^5$	0.015	C
1B 04 C	171	399	$9.93 \times 10^4$	$7.03 \times 10^5$	0.284	C
1D 08 C	171	399	$7.88 \times 10^3$	$7.03 \times 10^5$	0.023	C
$D_{cN} = \Sigma ( D_{cN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.813$						

(1) 備考の記号の意味は、次の通りである。

$$A : S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$$

$$B : S_k = \text{Min} [ 1.25S_y/k, \text{Max} [ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_b + Q \rangle ] ]$$

$$C : S_k = S_g$$

(2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 3A05-S2 C に Sd5 分を付加して評価した。

( 2 / 2 )  $D_{cp}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
3A 05-Sd C	$2.295 \times 10^{-3}$	$2.372 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\overline{S}_m/E$
$T= 399(^{\circ}\text{C}) \quad D_{cp} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

- (1) 備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。
- (2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 3A05-S1 C に Sd5 分を付加して評価した。

第 7.58 表 Sd1-4\_SdD 地震動 PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(PPWC 用)(地震動 : Sd1-4\_SdD)

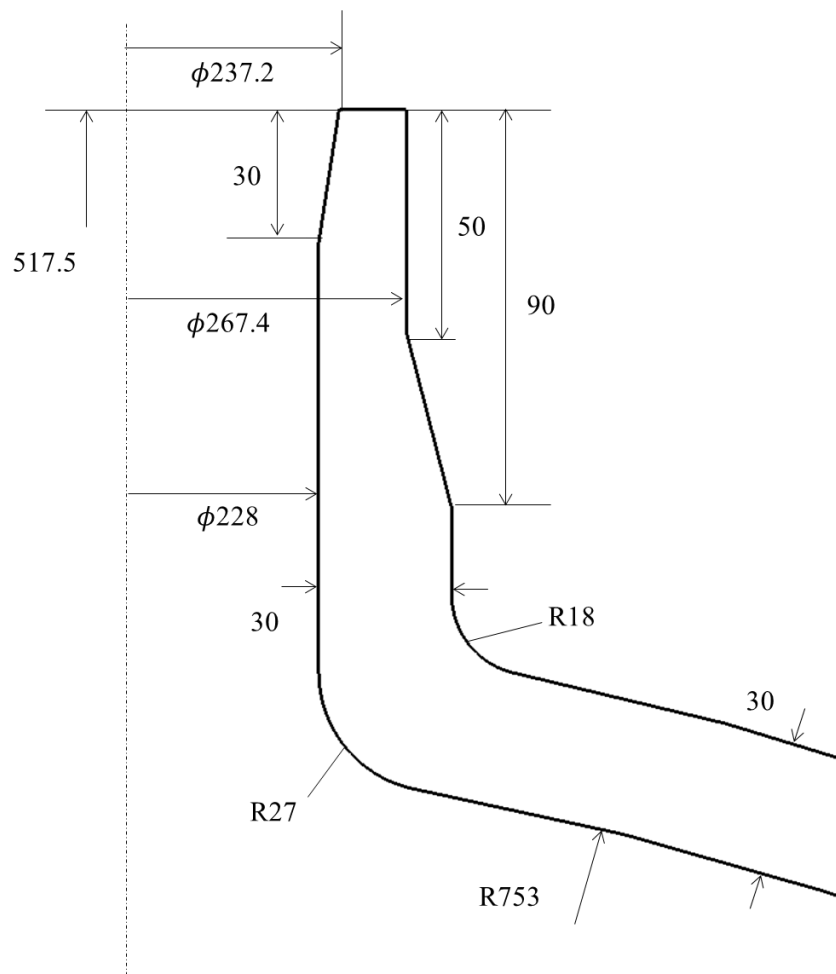
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.004	0.805	0.809	0.83
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.805$ $D_{cp} = 0.000$				

第 7.59 表 Sd5 地震動 PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口ノズル(PPWC 用)(地震動 : Sd5)

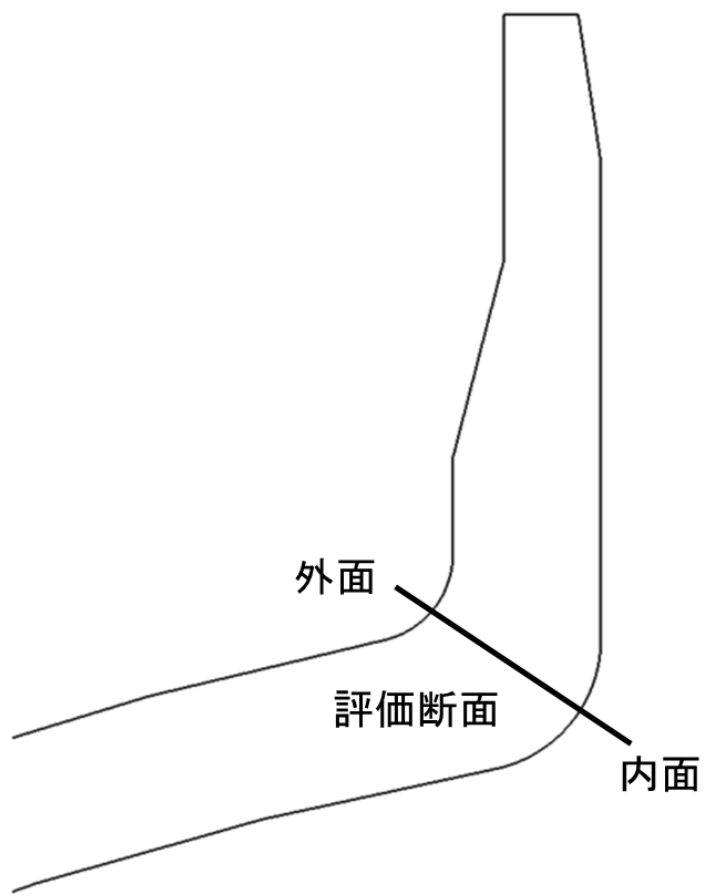
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.004	0.813	0.817	0.83
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.813$ $D_{cp} = 0.000$				





(単位：mm)

第 7.15 図 PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズルの形状及び寸法図



第 7.16 図 PPWC 用循環機 ヘリウムガス入口ノズル 応力評価断面

## 7.6 上部ケーシング上部フランジ(PPWC 用 1 次ヘリウム循環機)

### 7.6.1 形状、寸法及び材料

上部ケーシング上部フランジ(PPWC 用 1 次ヘリウム循環機)の形状、寸法及び材料を第 7.17 図に示す。

### 7.6.2 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 7.18 図に示す。

### 7.6.3 応力評価

上部ケーシング上部フランジ(PPWC 用 1 次ヘリウム循環機)の応力評価結果を第 7.60 表から第 7.74 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3 軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3 軸の主応力が接近することはない。

#### (2) 座屈の防止(外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈)

本計算箇所は、外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈が発生するような有意な荷重を受ける部分ではない。

第 7.60 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 PPWC 用循環機

上部ケーシング上部フランジ 一次応力の制限(評価断面-内面)

1次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(PPWC用)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	—	62	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	—	48	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	410	—	59	141	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	54	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	410	—	50	211	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	42	165	$K_t = 1.18$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	410	—	63	169	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	410	$1.00 \times 10$	59	276	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	410	—	54	253	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	410	$1.00 \times 10$	45	335	$K_t = 1.21$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	399 392	$1.05 \times 10^5$ $1.89 \times 10^2$	0.04	1.0	$B=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	390	$1.01 \times 10^2$	0.04	1.0	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	399	—	64	284	$S_{mIV} = 2S_u / 3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R / 3$	375	$9.00 \times 10^{-2}$	59	285	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	399	—	54	427	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R / 3$	375	$9.00 \times 10^{-2}$	46	346	$K_t = 1.21$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{ri}) \leq B_R$	399 392	$1.05 \times 10^5$ $1.89 \times 10^2$	0.02	1.0	$B_R=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{rbj}) \leq 1.0$	390	$1.01 \times 10^2$	0.02	1.0	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	—	82	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	63	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	66	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 運転状態 I ~ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

(3) 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価した。

第 7.61 表 Ss5 地震動、Sd5 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング上部フランジ  
一次応力の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(PPWC 用)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	—	62	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	—	48	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	410	—	59	141	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	54	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	410	—	50	211	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	42	165	$K_t = 1.18$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	410	—	63	169	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	410	$1.00 \times 10$	59	276	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	410	—	54	253	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	410	$1.00 \times 10$	45	335	$K_t = 1.21$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	399 392	$1.05 \times 10^5$ $1.89 \times 10^2$	0.04	1.0	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	390	$1.01 \times 10^2$	0.04	1.0	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	399	—	65	284	$S_{mIV} = 2S_u / 3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R / 3$	375	$9.00 \times 10^{-2}$	59	285	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	399	—	55	427	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R / 3$	375	$9.00 \times 10^{-2}$	46	346	$K_t = 1.21$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{ri} ) \leq B_R$	399 392	$1.05 \times 10^5$ $1.89 \times 10^2$	0.02	1.0	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{rbj} ) \leq 1.0$	390	$1.01 \times 10^2$	0.02	1.0	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	—	82	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	63	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	66	361	

- (1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。
- (2) 運転状態 I ~ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価した。
- (3) 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価した。

第 7.62 表 PPWC 用循環機 上部ケーシング上部フランジ

長期一次応力の算出(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(PPWC 用)

評価項目	計算値 ( MPa )	判定値 ( MPa )	判定
$\langle P_L + P_b \rangle \leq S_{LP}$	45	56	長期一次応力が低い。
$S_{LP} = \text{Min}( S_{rH} , S_g/g )$ $D_{c1} = 0.300$ $S_g = 170$ ( MPa ) $S_{rH} = 116$ ( MPa ) $g = 3.0$ $S_g/g = 56.6$ ( MPa )			

第 7.63 表 Sd1-4\_SdD 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 一次+二次応力の制限(評価断面-内面)

1次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(PPWC用)(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 (℃)	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ (MPa)	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ (MPa)	$S_n \leq \beta_s (3 \bar{S}_m)$ (MPa)	$S_n^* \leq 3 \bar{S}_m$ (MPa)	備考
Sd	410 —	25 423	— —	— —	— —	
1A 05-Sd C	399 246	— —	104 376	— —	— —	
$S_{rH} = 116$ (MPa)		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1A05-S2 C及びS2にSd1-4\_SdD分を付加して評価した。

第 7.64 表 Sd5 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 一次+二次応力の制限(評価断面-内面)

1次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(PPWC用)(地震動:Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 (℃)	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ (MPa)	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ (MPa)	$S_n \leq \beta_s (3 \bar{S}_m)$ (MPa)	$S_n^* \leq 3 \bar{S}_m$ (MPa)	備考
Sd	410 —	25 423	— —	— —	— —	
1A 05-Sd C	399 246	— —	104 376	— —	— —	
$S_{rH} = 116$ (MPa)		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1A05-S2 C及びS2にSd5分を付加して評価した。

第 7.65 表 Sd1-4\_SdD 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング上部フランジ Sa の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(PPWC 用)(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 398 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 43 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
1A 06-Sd 1C 08	399 247	98	148 245	S <sub>y</sub>	399 161
1A 06 2B 01	399 410	45	89 204	1.25 S1	410
1A 06 2B 02	399 410	45	89 204	1.25 S1	410
1A 06 3B 01	399 410	45	89 204	1.25 S1	410
1A 06 3B 02	399 410	45	89 204	1.25 S1	410

※ 既往の設工認負荷サイクル 1A05-S2 1C08 に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。



第 7.66 表 Sd5 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング上部フランジ Sa の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(PPWC 用)(地震動 : Sd5)

$$T_o = 398 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 43 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度 ( $^\circ\text{C}$ )
1A 06-Sd 1C 08	399 247	98	148 245	S <sub>y</sub>	399 161
1A 06 2B 01	399 410	45	89 204	1.25 S1	410
1A 06 2B 02	399 410	45	89 204	1.25 S1	410
1A 06 3B 01	399 410	45	89 204	1.25 S1	410
1A 06 3B 02	399 410	45	89 204	1.25 S1	410

※ 既往の設工認負荷サイクル 1A05-S2 1C08 に Sd5 分を付加して評価した。

第 7.67 表 Ss1-4\_SsD 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング上部フランジ メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(PPWC 用) (地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	27 1065	0.000	0.126	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認負荷サイクル S2 に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価した。

第 7.68 表 Ss5 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング上部フランジ メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(PPWC 用) (地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	28 1065	0.000	0.131	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認負荷サイクル S2 に Ss5 分を付加して評価した。

第 7.69 表 Sd1-4\_SdD 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)  
 1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(PPWC 用)(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$\epsilon_t = K_\epsilon \epsilon_n + K_T \epsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	Sp ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>i</sub> ( MPa )			
1C 05-Sd C	380	1	103	5.633×10 <sup>-4</sup>	1.481×10 <sup>-5</sup>	1.01	1.01	5.842×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
1C 05 C	380	34	92	5.046×10 <sup>-4</sup>	1.454×10 <sup>-5</sup>	1.01	1.01	5.244×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
1A 06 1B 04	399	189	79	4.350×10 <sup>-4</sup>	2.667×10 <sup>-6</sup>	1.00	1.00	4.377×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
1A 06 C	399	211	61	3.330×10 <sup>-4</sup>	—	1.00	1.00	3.330×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
Sd	410	200	24	1.301×10 <sup>-4</sup>	—	1.19	1.19	1.544×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	A
K <sub>T</sub> =1.0                      D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.001											

- (1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。  
 A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)  
 B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)  
 C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)  
 D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。
- (2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>i</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。
- (3) 既往の設工認負荷サイクル 1C05-S2 C 及び S2 に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 7.70 表 Sd5 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(PPWC 用)(地震動 : Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	Sp ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>i</sub> ( MPa )			
1C 05-Sd C	380	1	103	5.633×10 <sup>-4</sup>	1.481×10 <sup>-5</sup>	1.01	1.01	5.842×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
1C 05 C	380	34	92	5.046×10 <sup>-4</sup>	1.454×10 <sup>-5</sup>	1.01	1.01	5.244×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
1A 06 1B 04	399	189	79	4.350×10 <sup>-4</sup>	2.667×10 <sup>-6</sup>	1.00	1.00	4.377×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
1A 06 C	399	211	61	3.330×10 <sup>-4</sup>	—	1.00	1.00	3.330×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
Sd	410	200	24	1.301×10 <sup>-4</sup>	—	1.19	1.19	1.544×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	A
K <sub>T</sub> =1.0                      D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.001											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>i</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

(3) 既往の設工認負荷サイクル 1C05-S2 C 及び S2 に Sd5 分を付加して評価した。

第 7.71 表 Sd1-4\_SdD 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-内面)  
 1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(PPWC 用)(地震動 : Sd1-4\_SdD)  
 ( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^*D^*$	備考
1A 05-Sd C	103	387	0	0.0	0.0	$S_g = 170$ ( MPa ) $T = 399$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.0$ ( $D_o^* = 0.0$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.300$ ( $D_{c1} = 0.300$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

(2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1A05-S2 C に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

( 2 / 2 )  $D_{cp}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
1C 05-Sd C	$5.842 \times 10^{-4}$	$2.367 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
$T = 399$ (°C) $D_{cp} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

(2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1C05-S2 C に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 7.72 表 Sd5 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 累積クリープ損傷係数の算出(その 3) (評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(PPWC 用)(地震動 : Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\overline{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^*D^*$	備考
1A 05-Sd C	103	387	0	0.0	0.0	$S_g = 170$ ( MPa ) $T = 399$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.0$ ( $D_o^* = 0.0$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.300$ ( $D_{c1} = 0.300$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\overline{S}_m$  を超えた回数を示す。

(2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1A05-S2 C に Sd5 分を付加して評価した。

( 2 / 2 )  $D_{cp}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
1C 05-Sd C	$5.842 \times 10^{-4}$	$2.367 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\overline{S}_m/E$
$T = 399$ (°C) $D_{cp} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

(2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1C05-S2 C に Sd5 分を付加して評価した。

第 7.73 表 Sd1-4\_SdD 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング上部フランジ クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)

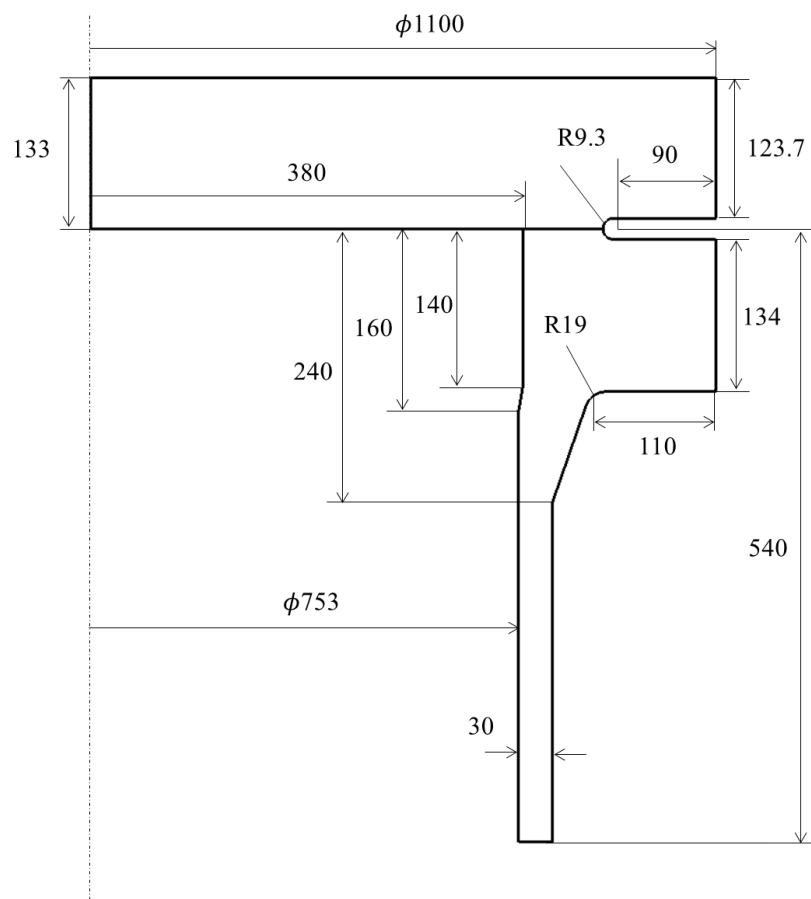
1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(PPWC 用)(地震動 : Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.300	0.301	0.60
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.300$ $D_{cp} = 0.000$				

第 7.74 表 Sd5 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング上部フランジ クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング上部フランジ(PPWC 用)(地震動 : Sd5)

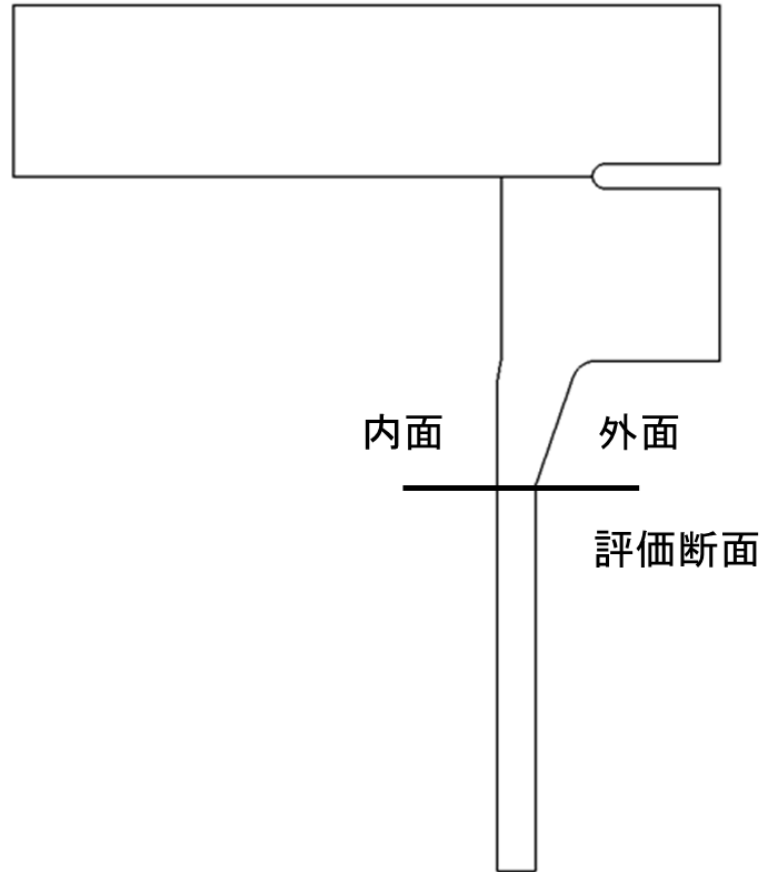
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.300	0.301	0.60
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.300$ $D_{cp} = 0.000$				



(単位：mm)

第 7.17 図 PPWC 用循環機 上部ケーシング上部フランジの形状及び寸法図





第 7.18 図 PPWC 用循環機 上部ケーシング上部フランジ 応力評価断面

## 7.7 上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用 1 次ヘリウム循環機)

### 7.7.1 形状、寸法及び材料

上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用 1 次ヘリウム循環機) の形状、寸法及び材料を第 7.19 図に示す。

### 7.7.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を

第 7.75 表から第 7.78 表に示す。自重等の荷重値は、「Ⅲ-イ-10 1 次ヘリウム循環機の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 3 回申請)平成 4 年 4 月 9 日付け 4 安(原規)第 47 号)を参照した。

### 7.7.3 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 7.20 図に示す。

### 7.7.4 応力評価

上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用 1 次ヘリウム循環機) の応力評価結果を第 7.79 表から

第 7.86 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、累積クリープ損傷係数の制限に関しては、最高断面平均金属温度が、運転状態Ⅰ、Ⅱ及びⅢ並びに試験状態において、「高温構造設計指針」の付 1.6-(a) 表の適用温度範囲に達することがないため評価の必要がない。

第 7.75 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 PPWC 用循環機  
ボルト応力のためのモデル)

	機械的荷重 ( 上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用) A ループ )		
	Ss1-4_SsD 地震動		
	軸力 ( $\times 10$ N )	合せん断力 ( $\times 10$ N )	合モーメント ( $\times 10^3$ N $\cdot$ mm )
設計条件	-	-	-
運転状態 I	1220	2798	1801
運転状態 II	1220	2798	1801
運転状態 III	1220	2798	1801
運転状態 IV	1220	2798	1801
試験状態	-	-	-

	機械的荷重 ( 上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用) B ループ )		
	Ss1-4_SsD 地震動		
	軸力 ( $\times 10$ N )	合せん断力 ( $\times 10$ N )	合モーメント ( $\times 10^3$ N $\cdot$ mm )
設計条件	-	-	-
運転状態 I	1410	2966	1913
運転状態 II	1410	2966	1913
運転状態 III	1410	2966	1913
運転状態 IV	1410	2966	1913
試験状態	-	-	-

	機械的荷重 ( 上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用) C ループ )		
	Ss1-4_SsD 地震動		
	軸力 ( $\times 10$ N )	合せん断力 ( $\times 10$ N )	合モーメント ( $\times 10^3$ N $\cdot$ mm )
設計条件	-	-	-
運転状態 I	1329	2956	1901
運転状態 II	1329	2956	1901
運転状態 III	1329	2956	1901
運転状態 IV	1329	2956	1901
試験状態	-	-	-

第 7.76 表 Ss5 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 PPWC 用循環機  
ボルト応力のためのモデル)

	機械的荷重 ( 上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用) A ループ )		
	Ss5 地震動		
	軸力 ( $\times 10$ N )	合せん断力 ( $\times 10$ N )	合モーメント ( $\times 10^3$ N $\cdot$ mm )
設計条件	-	-	-
運転状態 I	1361	3315	2144
運転状態 II	1361	3315	2144
運転状態 III	1361	3315	2144
運転状態 IV	1361	3315	2144
試験状態	-	-	-

	機械的荷重 ( 上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用) B ループ )		
	Ss5 地震動		
	軸力 ( $\times 10$ N )	合せん断力 ( $\times 10$ N )	合モーメント ( $\times 10^3$ N $\cdot$ mm )
設計条件	-	-	-
運転状態 I	1488	3413	2213
運転状態 II	1488	3413	2213
運転状態 III	1488	3413	2213
運転状態 IV	1488	3413	2213
試験状態	-	-	-

	機械的荷重 ( 上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用) C ループ )		
	Ss5 地震動		
	軸力 ( $\times 10$ N )	合せん断力 ( $\times 10$ N )	合モーメント ( $\times 10^3$ N $\cdot$ mm )
設計条件	-	-	-
運転状態 I	1461	3317	2142
運転状態 II	1461	3317	2142
運転状態 III	1461	3317	2142
運転状態 IV	1461	3317	2142
試験状態	-	-	-

第 7.77 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 PPWC 用循環機  
ボルト応力のためのモデル)

	機械的荷重 ( 上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用) A ループ )		
	Sd1-4_SdD 地震動		
	軸力 ( $\times 10$ N )	合せん断力 ( $\times 10$ N )	合モーメント ( $\times 10^3$ N・mm )
設計条件	-	-	-
運転状態 I	934	2183	1404
運転状態 II	934	2183	1404
運転状態 III	934	2183	1404
運転状態 IV	934	2183	1404
試験状態	-	-	-

	機械的荷重 ( 上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用) B ループ )		
	Sd1-4_SdD 地震動		
	軸力 ( $\times 10$ N )	合せん断力 ( $\times 10$ N )	合モーメント ( $\times 10^3$ N・mm )
設計条件	-	-	-
運転状態 I	1095	2230	1436
運転状態 II	1095	2230	1436
運転状態 III	1095	2230	1436
運転状態 IV	1095	2230	1436
試験状態	-	-	-

	機械的荷重 ( 上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用) C ループ )		
	Sd1-4_SdD 地震動		
	軸力 ( $\times 10$ N )	合せん断力 ( $\times 10$ N )	合モーメント ( $\times 10^3$ N・mm )
設計条件	-	-	-
運転状態 I	1070	2377	1528
運転状態 II	1070	2377	1528
運転状態 III	1070	2377	1528
運転状態 IV	1070	2377	1528
試験状態	-	-	-

第 7.78 表 Sd5 地震動 機械的荷重(1次ヘリウム循環機 PPWC 用循環機  
ボルト応力のためのモデル)

	機械的荷重 ( 上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用) A ループ )		
	Sd5 地震動		
	軸力 ( $\times 10$ N )	合せん断力 ( $\times 10$ N )	合モーメント ( $\times 10^3$ N $\cdot$ mm )
設計条件	-	-	-
運転状態 I	886	2202	1423
運転状態 II	886	2202	1423
運転状態 III	886	2202	1423
運転状態 IV	886	2202	1423
試験状態	-	-	-

	機械的荷重 ( 上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用) B ループ )		
	Sd5 地震動		
	軸力 ( $\times 10$ N )	合せん断力 ( $\times 10$ N )	合モーメント ( $\times 10^3$ N $\cdot$ mm )
設計条件	-	-	-
運転状態 I	982	2220	1438
運転状態 II	982	2220	1438
運転状態 III	982	2220	1438
運転状態 IV	982	2220	1438
試験状態	-	-	-

	機械的荷重 ( 上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用) C ループ )		
	Sd5 地震動		
	軸力 ( $\times 10$ N )	合せん断力 ( $\times 10$ N )	合モーメント ( $\times 10^3$ N $\cdot$ mm )
設計条件	-	-	-
運転状態 I	985	2218	1432
運転状態 II	985	2218	1432
運転状態 III	985	2218	1432
運転状態 IV	985	2218	1432
試験状態	-	-	-

第 7.79 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 PPWC 用循環機

上部ケーシング蓋締付ボルト ボルト等の一次応力及び二次応力の制限(評価断面-内面)

1次ヘリウム循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト(PPWC用)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\sigma_m \leq S_{oB}$	430	—	71	135	
運転状態 I、 II、III、(T)	$\langle \sigma_m \rangle \leq S_{mtB}$	—	—	—	—	
	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_{mB}$	410	—	75	313	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_{mtB}$	—	—	—	—	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq 3S_{mB}$	410	—	197	470	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_{mtB}$	—	—	—	—	
運転状態 I、 II、III(T)	$\Sigma (t_i/t_{mi}) \leq B$	—	—	—	1	B=1.0
	$\Sigma (t_j/t_{bj}) \leq 1.0$	—	—	—	1	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_u/3$	399	—	75	394	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_R/3$	—	—	—	—	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq S_u$	399	—	198	591	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_R/3$	—	—	—	—	
運転状態 I、 II、III、IV、 (T)	$\Sigma (t_i/t_{Ri}) \leq B_R$	—	—	—	1	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma (t_j/t_{Rbj}) \leq 1.0$	—	—	—	1	

(1) (T) は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 運転状態 I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

(3) 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価した。

第 7.80 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト  
ボルト等の一次応力及び二次応力の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 (hr)	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$\sigma_m \leq S_{oB}$	430	—	71	135	
運転状態 I、 II、III、(T)	$\langle \sigma_m \rangle \leq S_{mTB}$	—	—	—	—	
	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_{mB}$	410	—	75	313	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_{mTB}$	—	—	—	—	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq 3S_{mB}$	410	—	197	470	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_{mTB}$	—	—	—	—	
運転状態 I、 II、III(T)	$\Sigma (t_i/t_{mi}) \leq B$	—	—	—	1	B=1.0
	$\Sigma (t_j/t_{bj}) \leq 1.0$	—	—	—	1	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_u/3$	399	—	76	394	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_R/3$	—	—	—	—	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq S_u$	399	—	199	591	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_R/3$	—	—	—	—	
運転状態 I、 II、III、IV、(T)	$\Sigma (t_i/t_{Ri}) \leq B_R$	—	—	—	1	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma (t_j/t_{Rbj}) \leq 1.0$	—	—	—	1	

(1) (T) は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 運転状態 I ~ III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価した。

(3) 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価した。



第 7.81 表 Sd1-4\_SdD 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト S<sub>a</sub> の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

T<sub>0</sub> = 470 (°C)

P' = <P<sub>L</sub>+P<sub>L</sub>\*+(P<sub>b</sub>+P<sub>b</sub>\*)/K<sub>t</sub>>max = 320 (MPa)

Q' = <Q+Q\*><sub>R</sub>

負荷サイクル	断面平均金属温度 (°C)		<Q+Q*> <sub>R</sub> ( MPa )	P' +Q' ≤ S <sub>a</sub> ( MPa )		備考	
						S <sub>a</sub> の評価式	温度(°C)
1A 05-Sd 1B 04	399	399	15	335	477	S <sub>y</sub>	399
1A 05 1B 04	399	399	10	330	477	S <sub>y</sub>	399
1A 05 2B 02	399	410	10	330	471	S <sub>y</sub>	410
1A 05 3B 02	399	410	10	330	471	S <sub>y</sub>	410

※ 既往の設工認負荷サイクル 1A05-S2 1B04 に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 7.82 表 Sd5 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト Sa の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用) (地震動 : Sd5)

$T_o = 470$  (°C)

$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 320$  (MPa)

$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$

負荷サイクル	断面平均金属温度 (°C)		$\langle Q + Q^* \rangle_R$ ( MPa )	$P' + Q' \leq S_a$ ( MPa )		備考	
						S <sub>a</sub> の評価式	温度(°C)
1A 05-Sd 1B 04	399	399	15	334	477	S <sub>y</sub>	399
1A 05 1B 04	399	399	10	330	477	S <sub>y</sub>	399
1A 05 2B 02	399	410	10	330	471	S <sub>y</sub>	410
1A 05 3B 02	399	410	10	330	471	S <sub>y</sub>	410

※ 既往の設工認負荷サイクル 1A05-S2 1B04 に Sd5 分を付加して評価した。

第 7.83 表 Ss1-4\_SsD 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用) (地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_m + P_b \rangle / 1.5 S_m$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_m$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s (3 S_m)$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	5 1477	0.820	0.015	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認負荷サイクル S2 に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価した。

第 7.84 表 Ss5 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用) (地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_m + P_b \rangle / 1.5 S_m$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_m$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s (3 S_m)$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	5 1477	0.820	0.017	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認負荷サイクル S2 に Ss5 分を付加して評価した。

第 7.85 表 Sd1-4\_SdD 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト 累積疲れ損傷係数の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

運 転 状 態	ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	$S_n$ ( MPa )	$S_p$ ( MPa )	$K_e$	$S_\ell$ ( MPa )	$S_y$ ( MPa )	$N_d$	$n/N_d$
運転状態 I 及び II	2C 01-Sd C	100	1	196	196	—	98	567	1000000	0.000
	1A 05 C	399	400	178	178	—	89	477	1000000	0.000
	1B 04 C	399	189	177	177	—	89	477	1000000	0.000
	2A 03 C	399	190	177	177	—	88	477	1000000	0.000
	1C 04 C	399	35	178	178	—	89	477	1000000	0.000
	2C 01 C	100	29	193	193	—	96	567	1000000	0.000
	1D 06 C	399	15	177	177	—	88	477	1000000	0.000
	2B 02 C	410	10	181	181	—	90	471	1000000	0.000
累積疲れ損傷係数 $D_{f1} = 0.000 \leq 0.1$										
地震荷重 Sd	Sd	410	200	2	2	—	1	474	1000000	0.000
累積疲れ損傷係数 $D_{f2} = 0.000 \leq 0.1$										
累積疲れ損傷係数 $D_f = D_{f1} + D_{f2} = 0.000 \leq 0.1$										

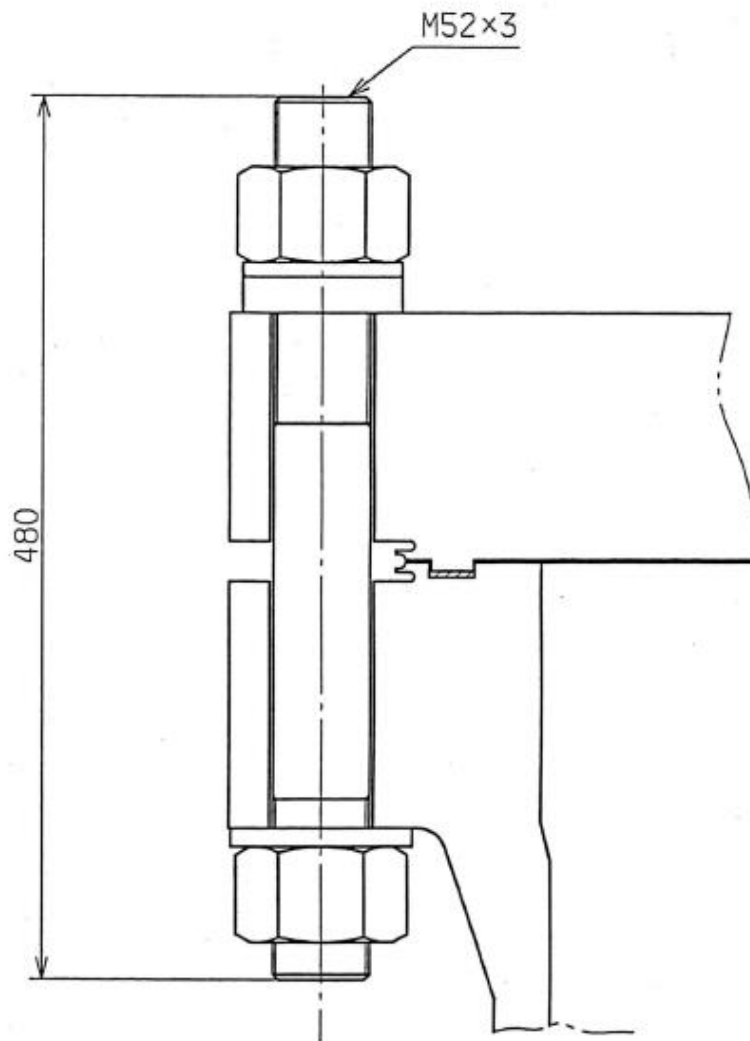
注記 ひずみサイクル C は、ボルト締付時荷重による応力状態である。

第 7.86 表 Sd5 地震動 PPWC 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト 累積疲れ損傷係数の制限(評価断面-内面)

1 次ヘリウム循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト (PPWC 用) (地震動 : Sd5)

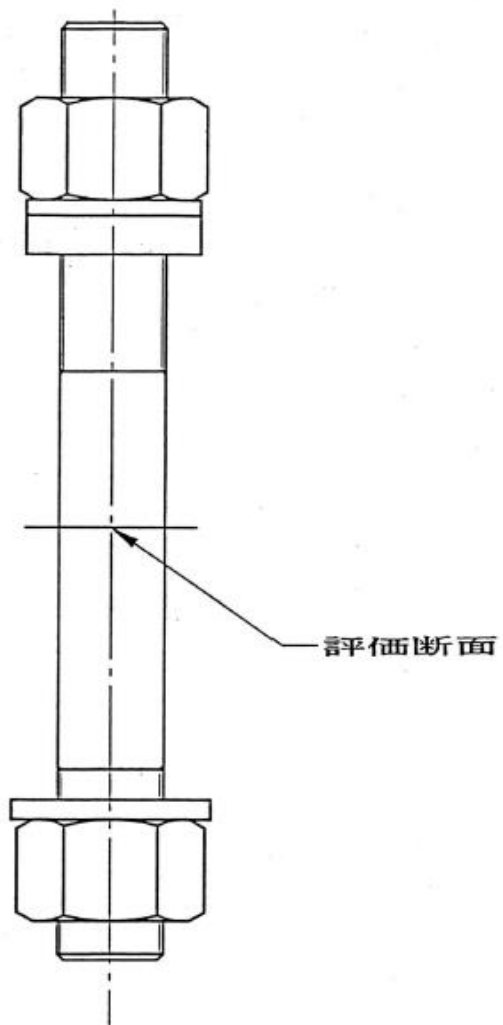
運 転 状 態	ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	$S_n$ ( MPa )	$S_p$ ( MPa )	$K_e$	$S_0$ ( MPa )	$S_y$ ( MPa )	$N_d$	$n/N_d$
運転状態 I 及び II	2C 01-Sd C	100	1	196	196	—	98	567	1000000	0.000
	1A 05 C	399	400	178	178	—	89	477	1000000	0.000
	1B 04 C	399	189	177	177	—	89	477	1000000	0.000
	2A 03 C	399	190	177	177	—	88	477	1000000	0.000
	1C 04 C	399	35	178	178	—	89	477	1000000	0.000
	2C 01 C	100	29	193	193	—	96	567	1000000	0.000
	1D 06 C	399	15	177	177	—	88	477	1000000	0.000
	2B 02 C	410	10	181	181	—	90	471	1000000	0.000
累積疲れ損傷係数 $D_{f1} = 0.000 \leq 0.1$										
地震荷重 Sd	Sd	410	200	2	2	—	1	474	1000000	0.000
累積疲れ損傷係数 $D_{f2} = 0.000 \leq 0.1$										
累積疲れ損傷係数 $D_f = D_{f1} + D_{f2} = 0.000 \leq 0.1$										

注記 ひずみサイクル C は、ボルト締付時荷重による応力状態である。



(単位：mm)

第 7.19 図 PPWC 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルトの形状及び寸法図

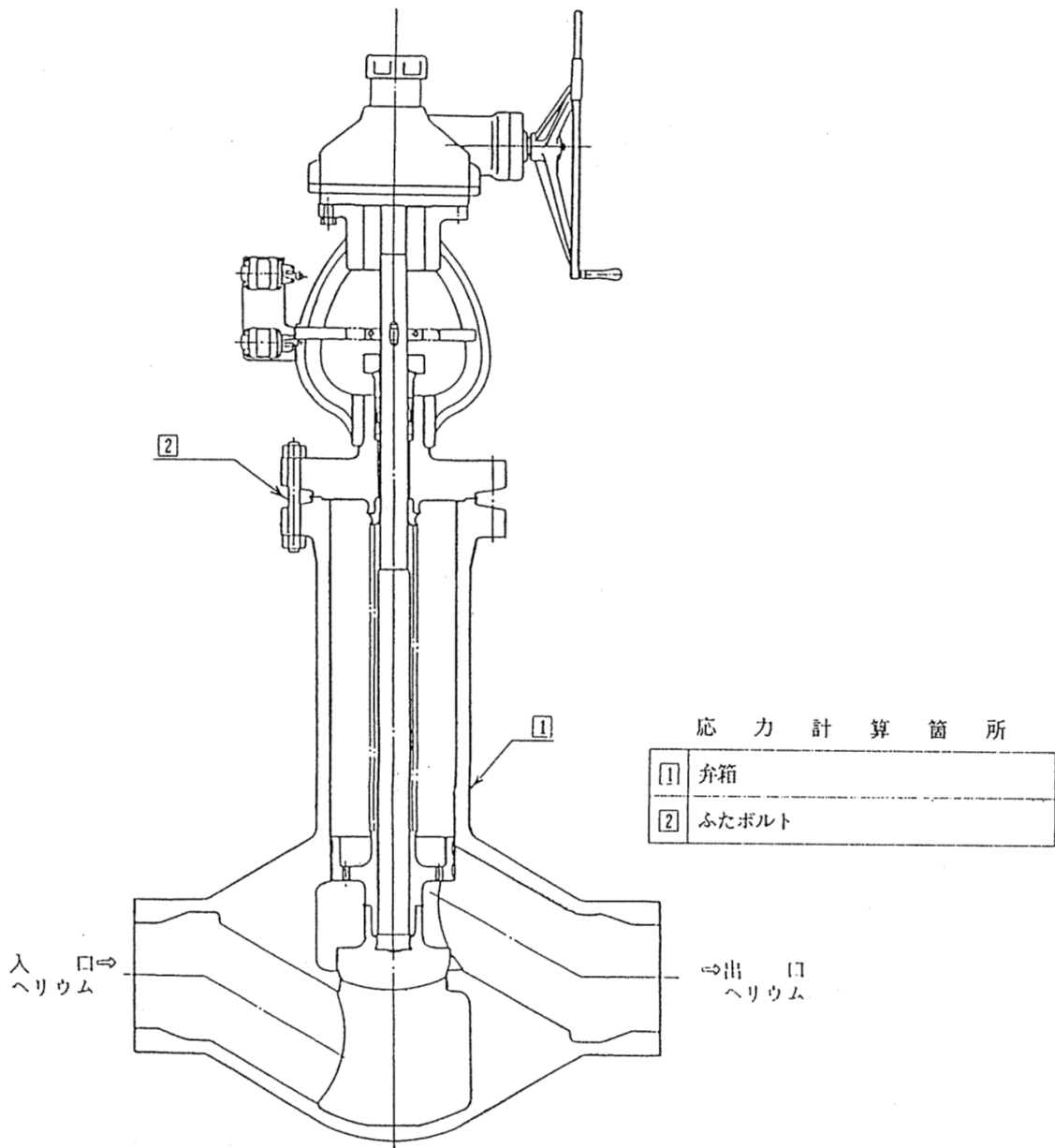


第 7.20 図 PPWC 用循環機 上部ケーシング蓋締付ボルト 応力評価断面

## 8. 1次冷却設備主要弁

本評価は、1次冷却設備主要弁の耐震健全性を確認するものである。1次冷却設備主要弁の耐震評価は、「IV-イ-1 高温ガス炉第1種弁の強度計算書作成の基本方針」（設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)及び「IV-イ-8 1次冷却設備主要弁の強度計算書」（設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)に基づいて実施する。評価箇所を第8.1図から第8.4図に示す。

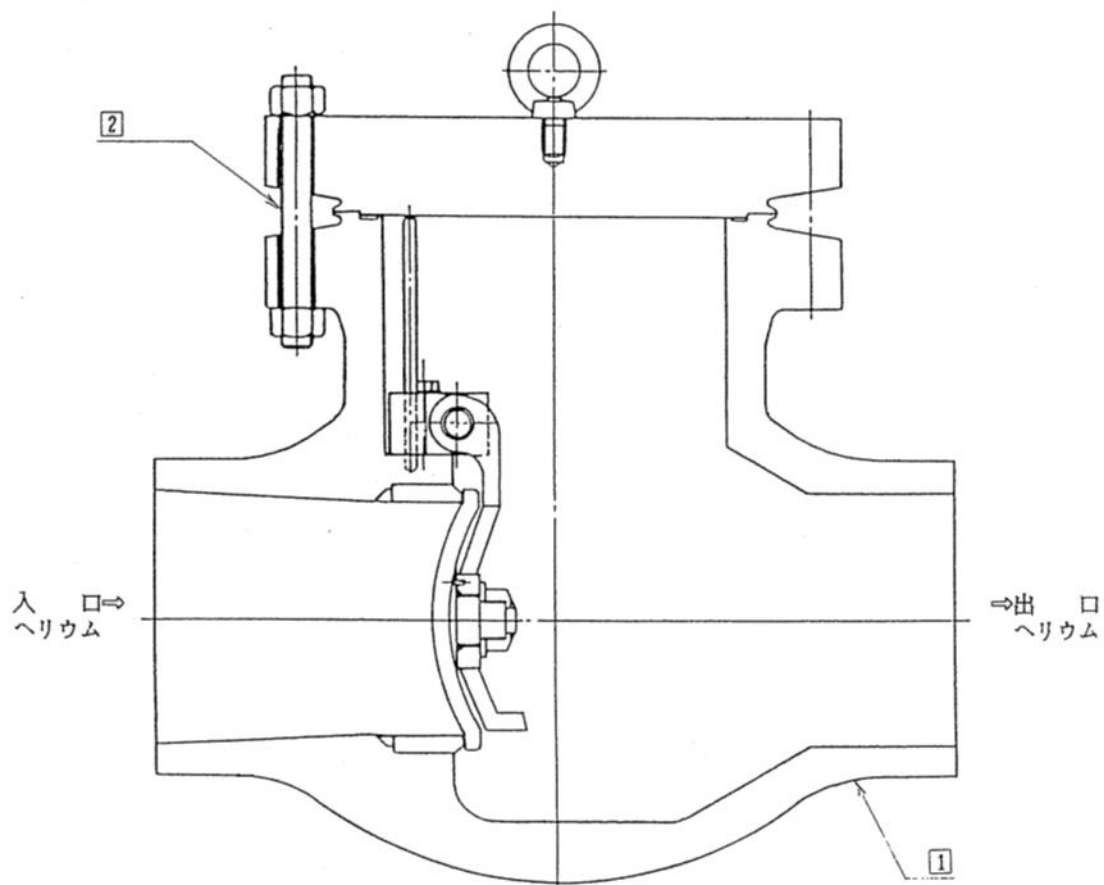




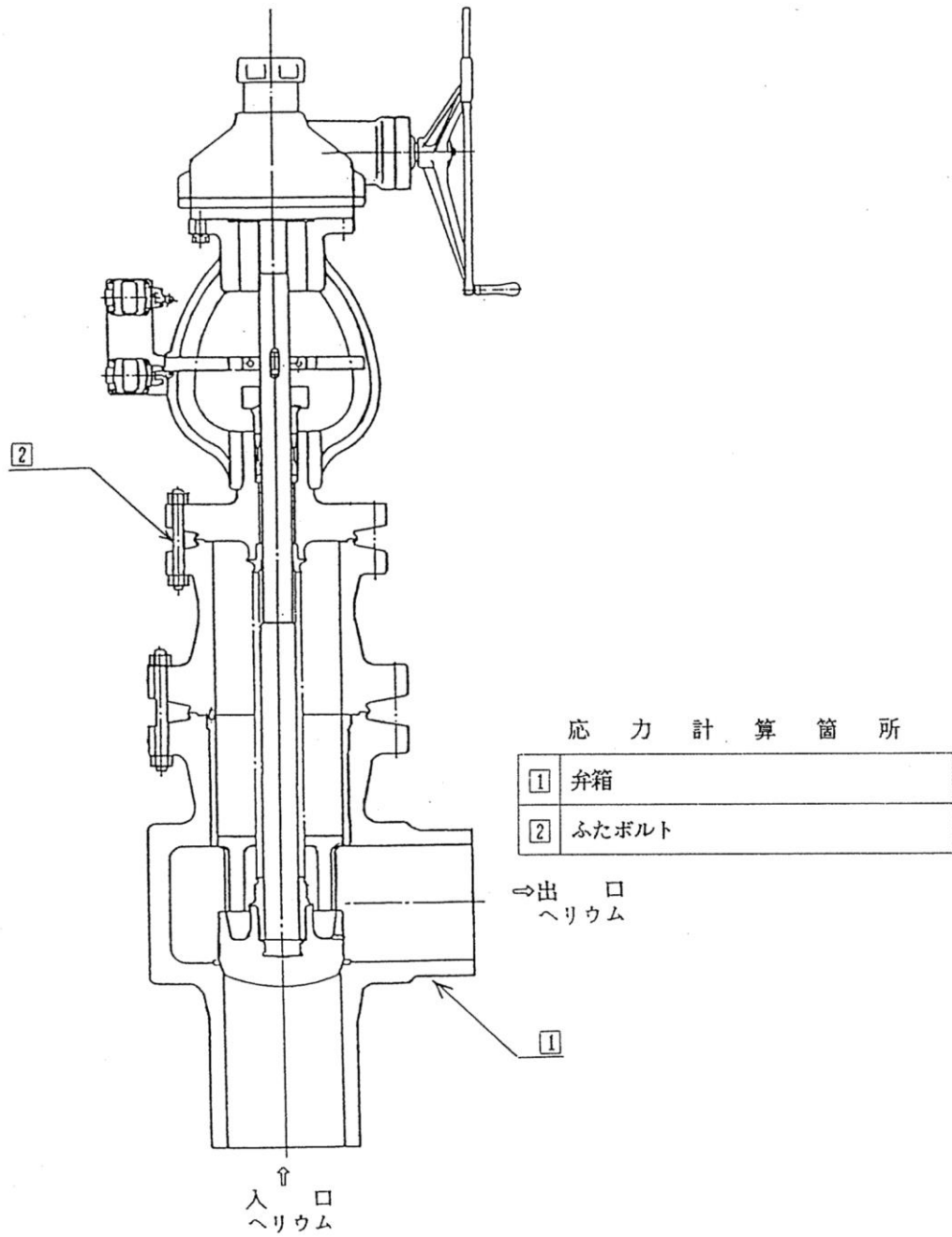
第 8.1 図 30MW 除熱用止め弁 VIA~C の評価箇所

応力計算箇所

①	弁箱
②	ふたボルト



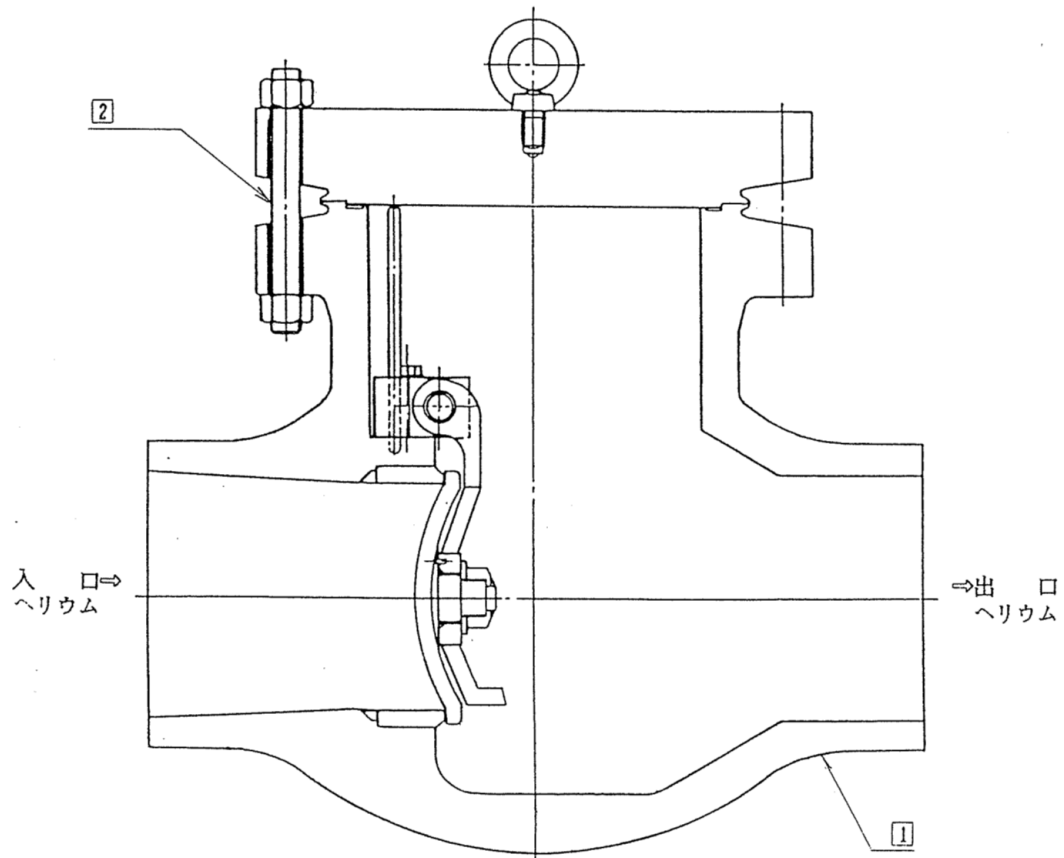
第 8.2 図 逆止弁 V2A~C の評価箇所



第 8.3 図 20MW 除熱用止め弁 V3A~C の評価箇所

応 力 計 算 箇 所

①	弁箱
②	ふたボルト



第 8.4 図 逆止弁 V4 の評価箇所

## 8.1 解析条件

1次冷却設備主要弁の解析モデルは、1次ヘリウム主配管(単管)に組み込み、解析を実施した。

### 8.1.1 解析モデル及び諸元

1次冷却設備主要弁を含む1次ヘリウム主配管(単管)を第8.5図及び第8.6図に示す多質点はりモデルに置換し解析を行う。解析モデル諸元を第8.1表から第8.6表に示す。

第8.1表 解析モデル諸元

対象部位	節点番号	質量(kg)	部材長(mm)	断面2次モーメント( $\times 10^7 \text{mm}^4$ )	断面積( $\times 10^4 \text{mm}^2$ )
30MW 除熱用止め弁(V1B)	630	—			
			625.00	122.8	4.430
	632	930	1035.00	21.73	1.898
	633	280			
	634	190	630.00	17.62, 1.300 <sup>(1)</sup>	1.054
	632	—			
				625.00	122.8
	636	—			

注記(1) 配管軸、軸直方向のヨーク部の値を示す。

第8.2表 解析モデル諸元

対象部位	節点番号	質量(kg)	部材長(mm)	断面2次モーメント( $\times 10^7 \text{mm}^4$ )	断面積( $\times 10^4 \text{mm}^2$ )
逆止弁(V2B)	670	—			
			393.50	139.1	4.618
	672	400	410.00	87.15	4.775
	624	350			
	672	—			
				393.50	139.1
	674	—			

第 8.3 表 解析モデル諸元

対象部位	節点番号	質量 (kg)	部材長 (mm)	断面 2 次モーメント ( $\times 10^7 \text{mm}^4$ )	断面積 ( $\times 10^4 \text{mm}^2$ )	
20MW 除熱用止め弁 (V3B)	692	—				
	694	640	510.00	166.2	4.901	
	695	370	750.00	21.73	1.898	
	696	190	620.00	17.62, 1.300 <sup>(1)</sup>	1.054	
	694	—				
				395.00	166.2	4.901
	698	—				

注記(1) 配管軸、軸直方向のヨーク部の値を示す。

第 8.4 表 解析モデル諸元

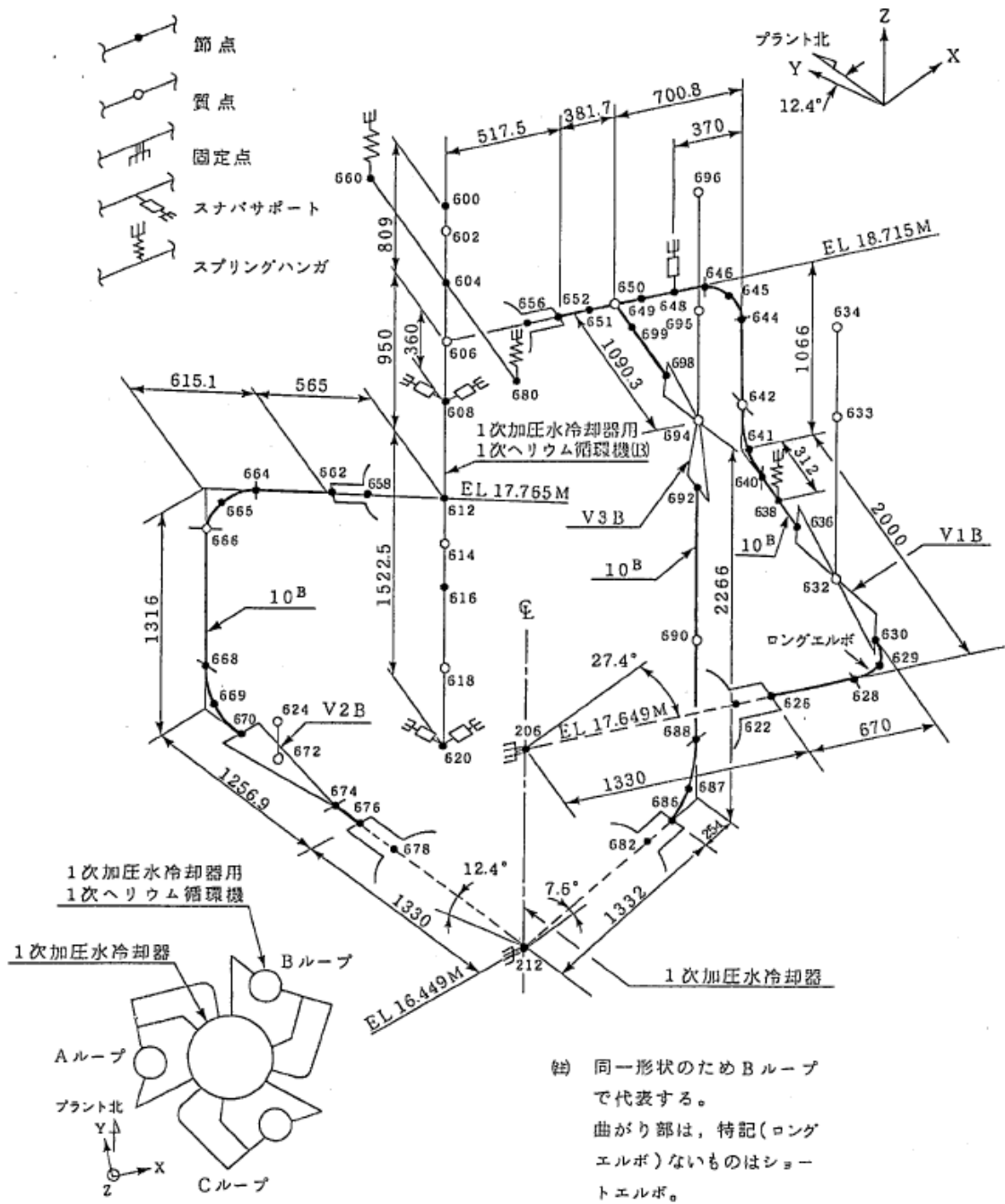
弁 名 称	縦弾性係数 ( $\times 10^5 \text{N/mm}^2$ )	ポアソン比
30MW 除熱用止め弁 (V1B)	1.82	0.30
逆止弁 (V2B)	1.82	0.30
20MW 除熱用止め弁 (V3B)	1.82	0.30

第 8.5 表 解析モデル諸元

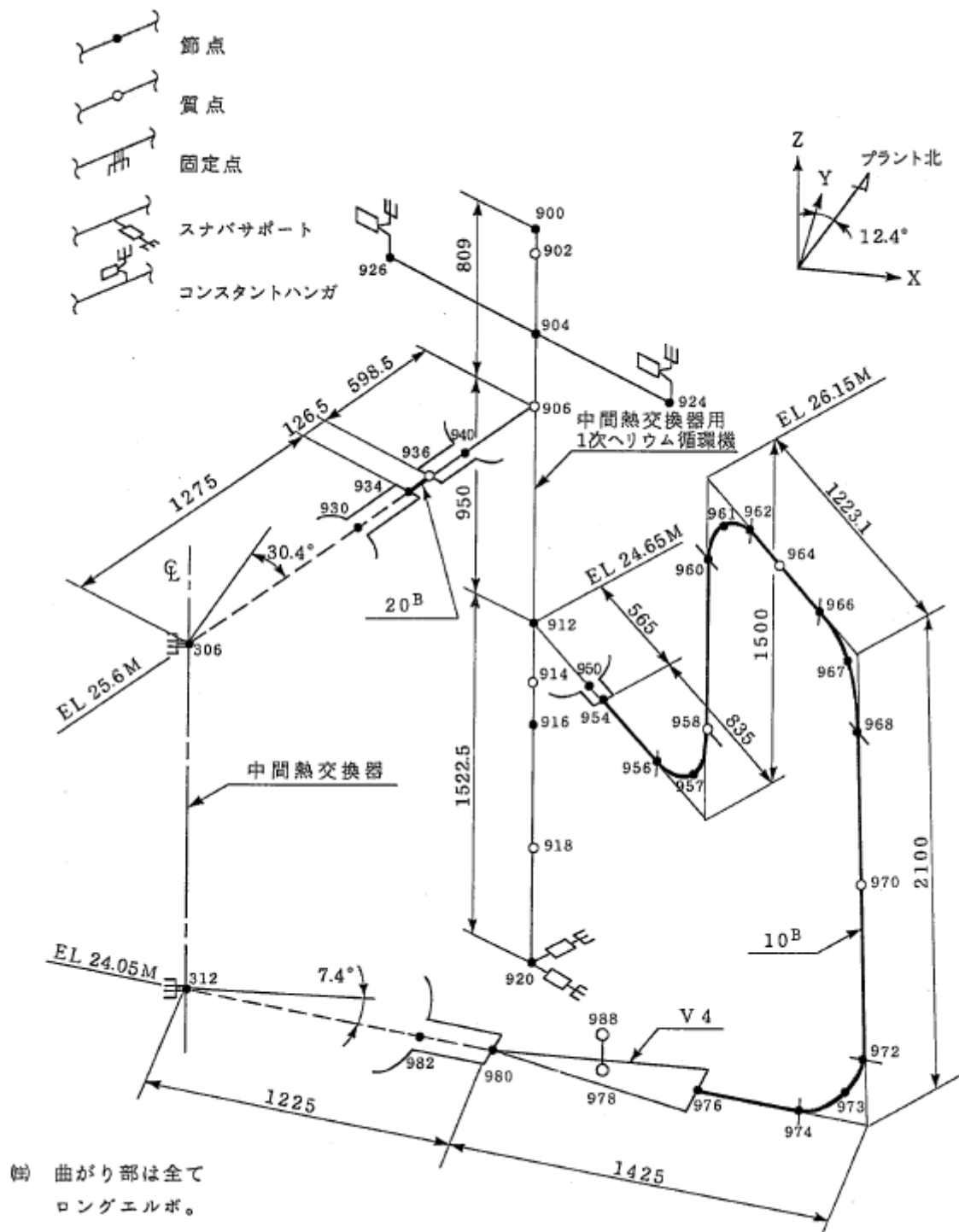
対象部位	節点番号	質量 (kg)	部材長 (mm)	断面 2 次モーメント ( $\times 10^7 \text{mm}^4$ )	断面積 ( $\times 10^4 \text{mm}^2$ )
逆止弁 (V4)	976	—			
			393.00	139.1	4.618
	978	300	410.00	87.15	4.775
	988	380			
	978	—			
				394.00	139.1
	980	—			

第 8.6 表 解析モデル諸元

弁 名 称	縦弾性係数 ( $\times 10^5 \text{N/mm}^2$ )	ポアソン比
逆止弁 (V4)	1.82	0.30



第 8.5 図 1 次加圧水冷却器まわり配管解析モデル



第 8.6 図 中間熱交換器まわり配管解析モデル



## 8.2 解析

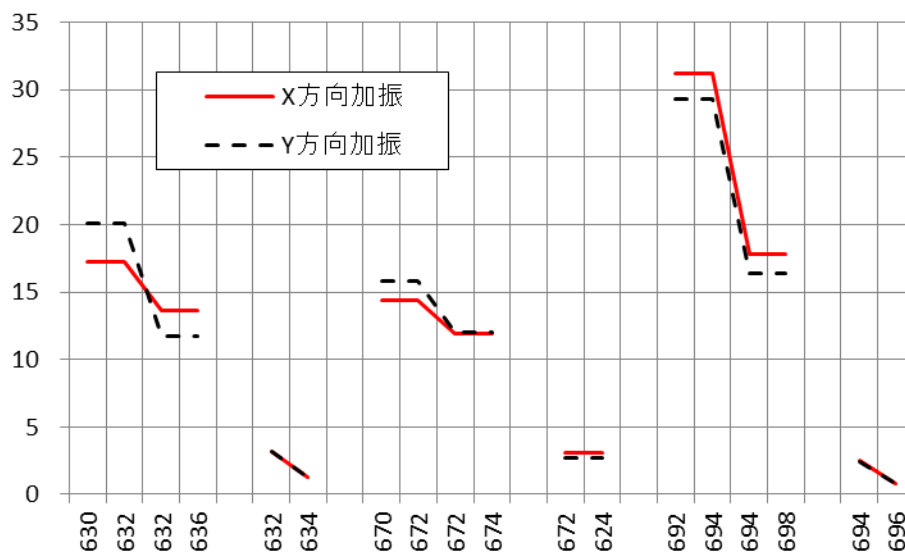
### 8.2.1 解析方法

解析方法は、1次ヘリウム主配管(単管)を参照のこと。

### 8.2.2 断面力分布

静的及び動的解析結果として、応力評価に用いる軸力及びモーメントの分布を第8.7図から第8.14図に示す。

軸力 ( $\times 10^3 \text{N}$ )

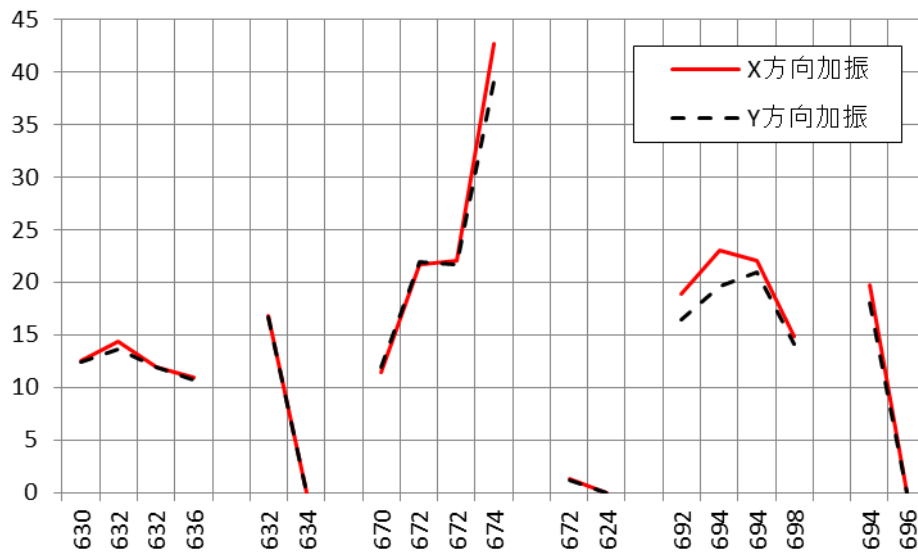


節点番号

30MW 除熱用止め弁 (V1B)      逆止弁 (V2B)      20MW 除熱用止め弁 (V3B)

(a) 軸力

モーメント ( $\times 10^3 \text{N} \cdot \text{m}$ )



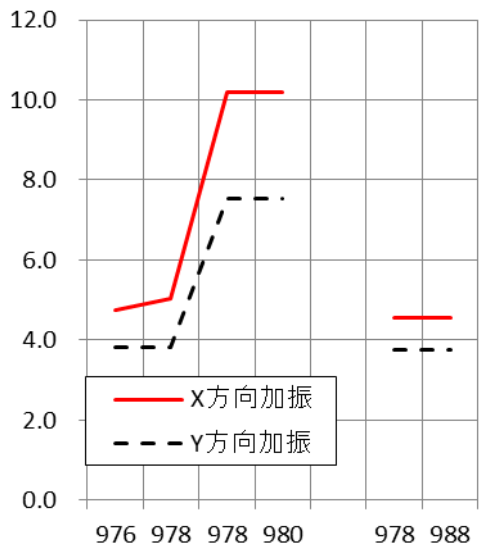
節点番号

30MW 除熱用止め弁 (V1B)      逆止弁 (V2B)      20MW 除熱用止め弁 (V3B)

(b) モーメント

第 8.7 図 Ss1-4\_SsD 地震動 断面力分布

軸力 ( $\times 10^3\text{N}$ )

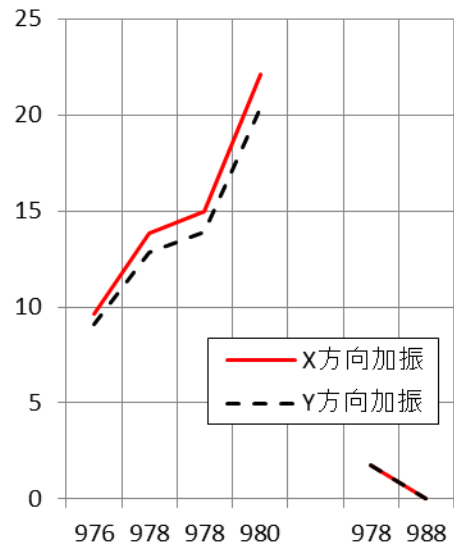


節点番号

逆止弁 (V4)

(a) 軸力

モーメント ( $\times 10^3\text{N}\cdot\text{m}$ )



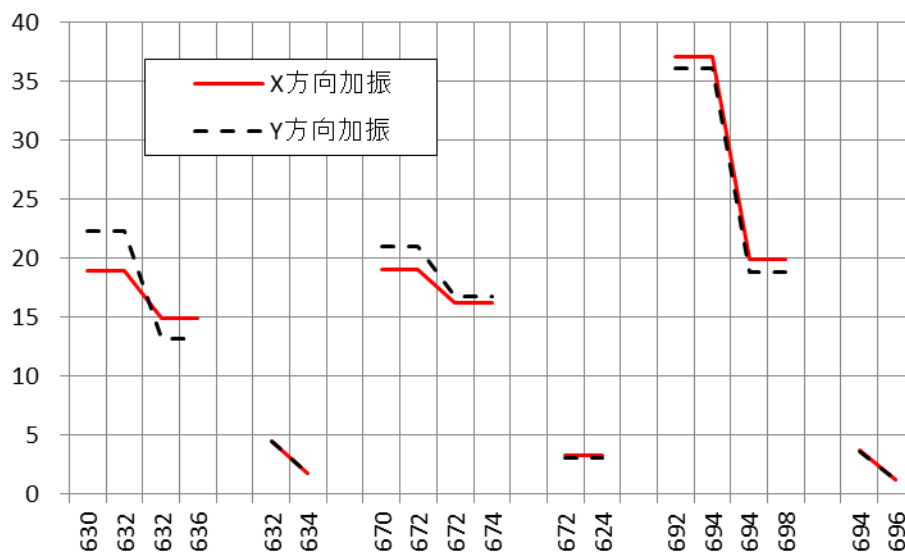
節点番号

逆止弁 (V4)

(b) モーメント

第 8.8 図 Ss1-4\_SsD 地震動 断面力分布

軸力 ( $\times 10^3\text{N}$ )

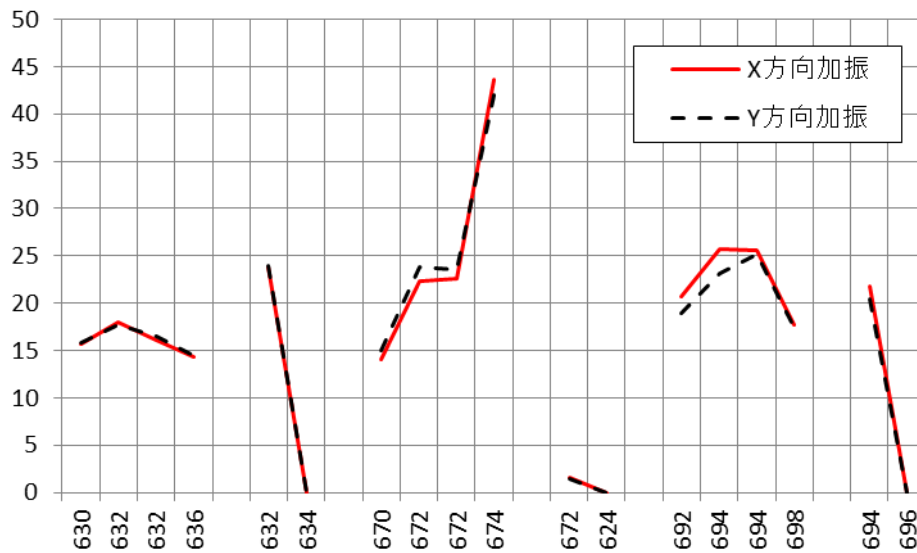


節点番号

30MW 除熱用止め弁 (V1B)      逆止弁 (V2B)      20MW 除熱用止め弁 (V3B)

(a) 軸力

モーメント ( $\times 10^3\text{N}\cdot\text{m}$ )



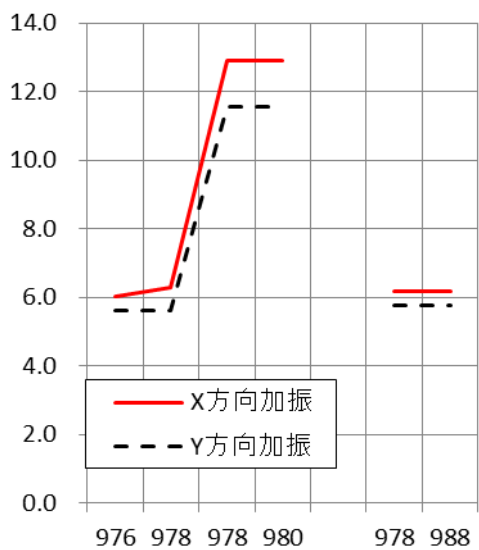
節点番号

30MW 除熱用止め弁 (V1B)      逆止弁 (V2B)      20MW 除熱用止め弁 (V3B)

(b) モーメント

第 8.9 図 Ss5 地震動 断面力分布

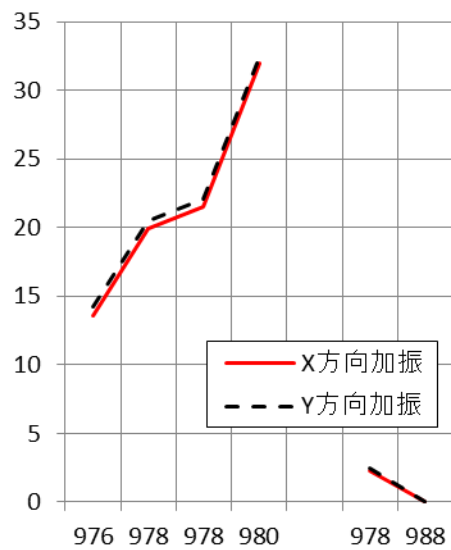
軸力 ( $\times 10^3 \text{N}$ )



逆止弁 (V4)

(a) 軸力

モーメント ( $\times 10^3 \text{N} \cdot \text{m}$ )

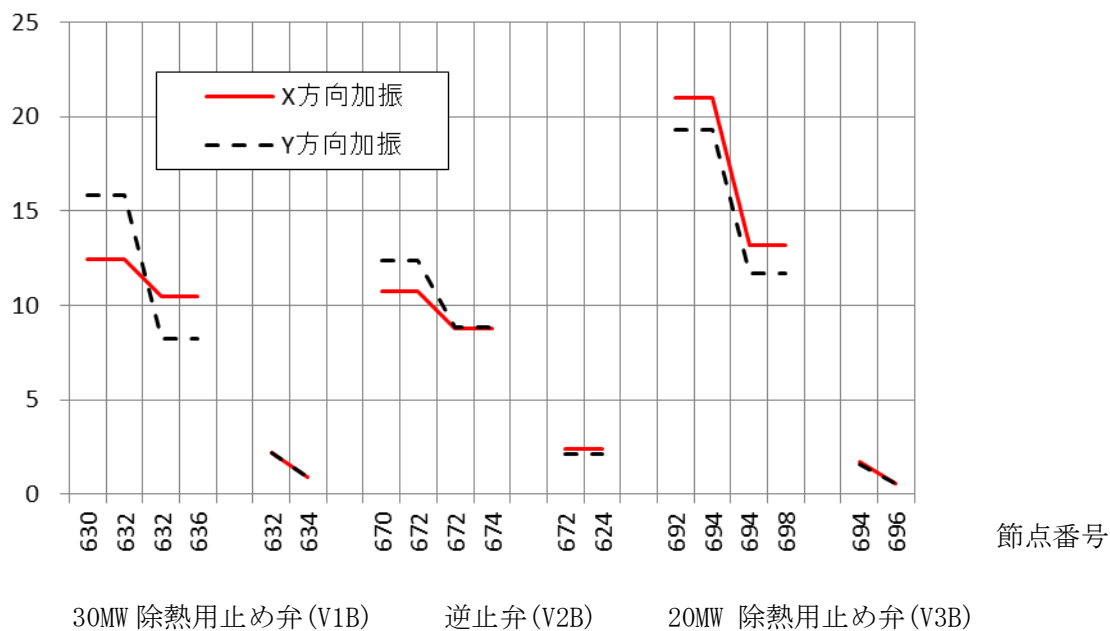


逆止弁 (V4)

(b) モーメント

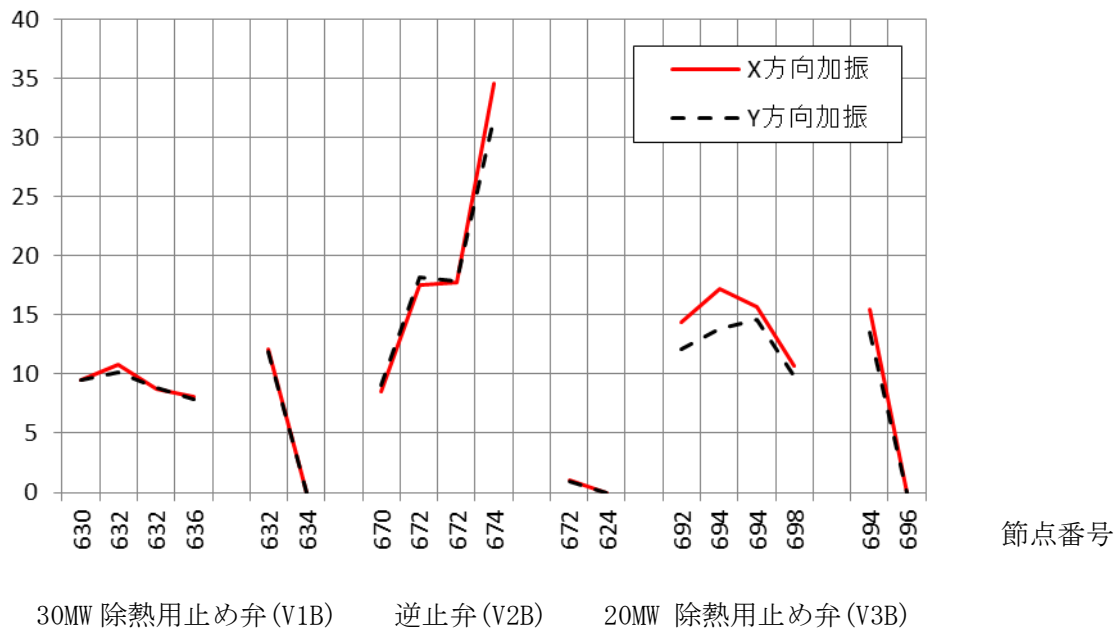
第 8.10 図 Ss5 地震動 断面力分布

軸力 ( $\times 10^3 \text{N}$ )



(a) 軸力

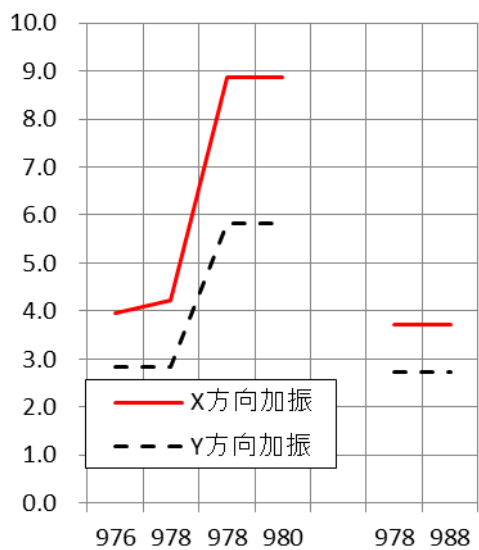
モーメント ( $\times 10^3 \text{N} \cdot \text{m}$ )



(b) モーメント

第 8.11 図 Sd1-4\_SdD 地震動 断面力分布

軸力 ( $\times 10^3\text{N}$ )

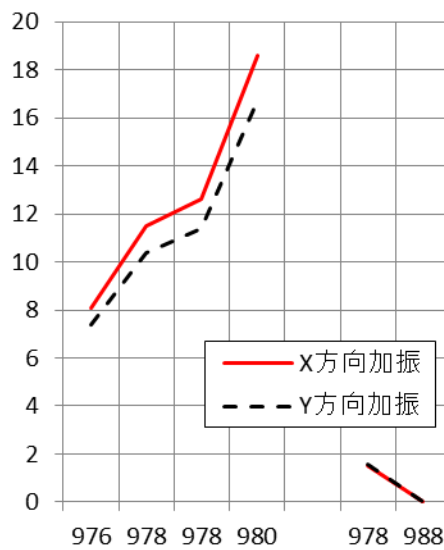


節点番号

逆止弁 (V4)

(a) 軸力

モーメント ( $\times 10^3\text{N}\cdot\text{m}$ )



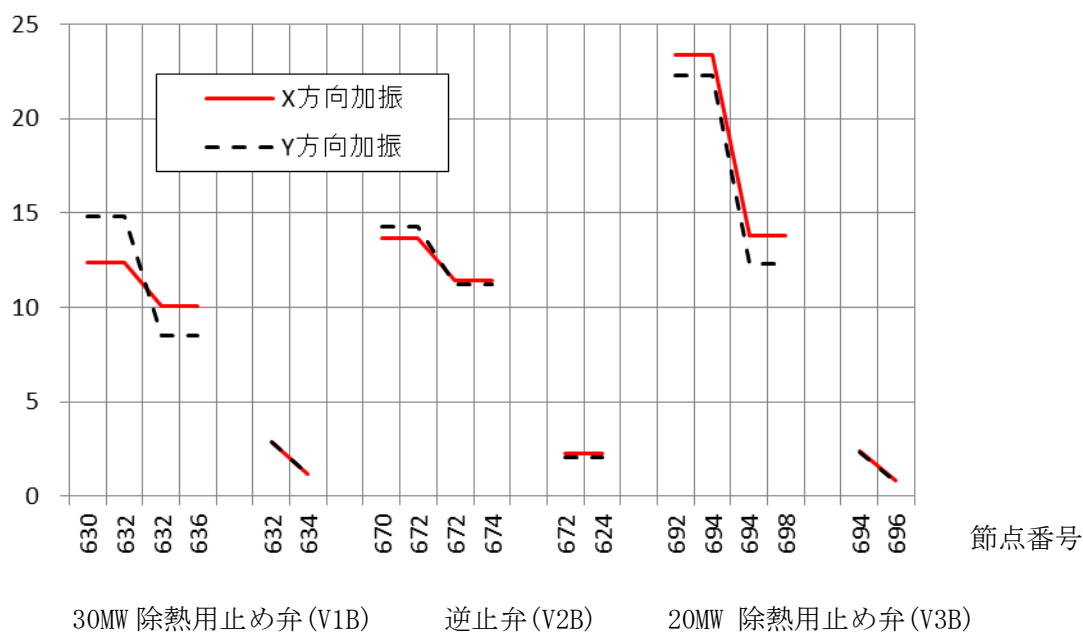
節点番号

逆止弁 (V4)

(b) モーメント

第 8.12 図 Sd1-4\_SdD 地震動 断面力分布

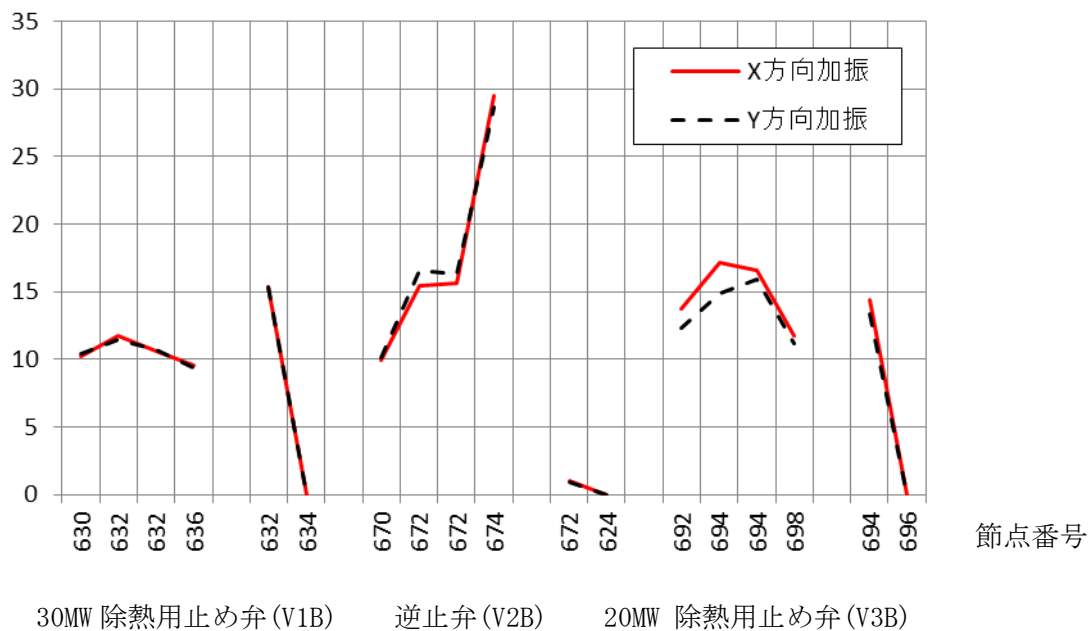
軸力 ( $\times 10^3\text{N}$ )



30MW 除熱用止め弁 (V1B)      逆止弁 (V2B)      20MW 除熱用止め弁 (V3B)

(a) 軸力

モーメント ( $\times 10^3\text{N}\cdot\text{m}$ )



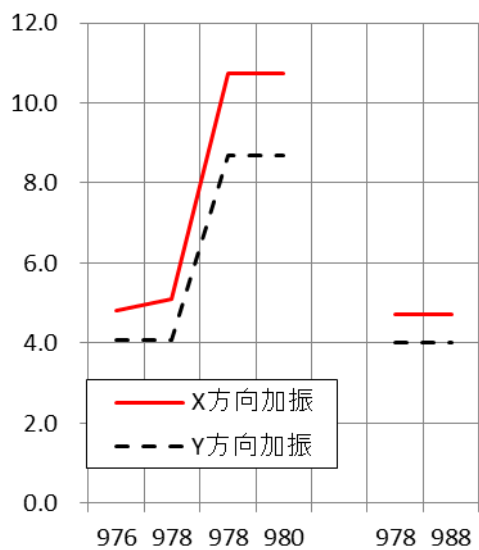
30MW 除熱用止め弁 (V1B)      逆止弁 (V2B)      20MW 除熱用止め弁 (V3B)

(b) モーメント

第 8.13 図 Sd5 地震動 断面力分布



軸力 ( $\times 10^3\text{N}$ )

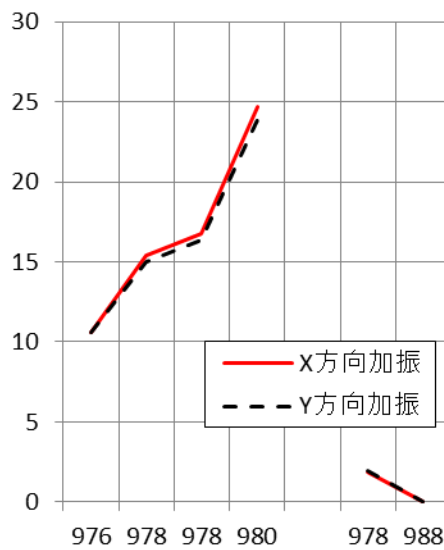


節点番号

逆止弁 (V4)

(a) 軸力

モーメント ( $\times 10^3\text{N}\cdot\text{m}$ )



節点番号

逆止弁 (V4)

(b) モーメント

第 8.14 図 Sd5 地震動 断面力分布

### 8.3 弁箱(30MW 除熱用止め弁(V1B))

#### 8.3.1 形状、寸法及び材料

弁箱(30MW 除熱用止め弁(V1B))の形状、寸法及び材料を第 8.15 図に示す。

#### 8.3.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第 8.7 表から第 8.10 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-8 1 次冷却設備主要弁の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)を参照した。

#### 8.3.3 応力評価

弁箱(30MW 除熱用止め弁(V1B))の応力評価結果を第 8.11 表から第 8.25 表に示す。各評価結果に示すようにすべて許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

##### (1) 特別な応力制限

###### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

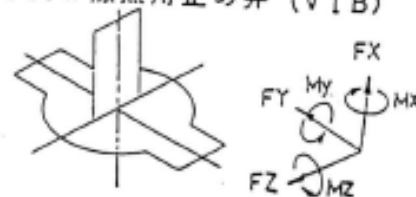
###### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

###### ③ 3 軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3 軸の主応力が接近することはない。

30MW除熱用止め弁 (V1B)



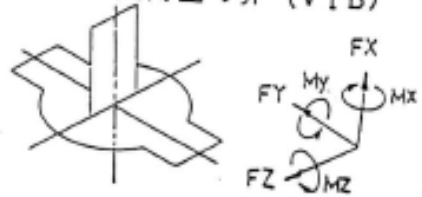
第 8.7 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Ss地震					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	317	688	1050	0	1442	932
運転状態 II	317	688	1050	0	1442	932
	317	688	1050	0	1442	932
運転状態 III	317	688	1050	0	1442	932
	317	688	1050	0	1442	932
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 8.8 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Ss地震					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	452	924	1496	0	2066	1260
運転状態 II	452	924	1496	0	2066	1260
	452	924	1496	0	2066	1260
運転状態 III	452	924	1496	0	2066	1260
	452	924	1496	0	2066	1260
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

30 MW除熱用止め弁 (V1B)



第 8.9 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Sd地震					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	223	516	758	0	1038	694
運転状態 II	223	516	758	0	1038	694
	223	516	758	0	1038	694
運転状態 III	223	516	758	0	1038	694
	223	516	758	0	1038	694
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 8.10 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Sd地震					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	287	606	954	0	1317	823
運転状態 II	287	606	954	0	1317	823
	287	606	954	0	1317	823
運転状態 III	287	606	954	0	1317	823
	287	606	954	0	1317	823
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 8.11 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V1B)

単位 (応力: MPa)

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値	許容値	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	39	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	34	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	425	-	38	140	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	37	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	42	194	$K_s=1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	33	160	$K_t=1.15$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	410	-	37	169	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	410	$1.30 \times 10$	37	275	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	410	-	42	235	$K_s=1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	410	$1.30 \times 10$	32	322	$K_t=1.17$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	399	$1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	B=1.0
		425	$5.81 \times 10^2$			
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	399	$5.13 \times 10^2$	0.04	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	399	-	37	284	$S_{mIV}=2S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	399	3.00	37	284	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	399	-	41	395	$K_s=1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	3.00	32	332	$K_t=1.17$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	399	$1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	$B_R=1.0$
		425	$5.81 \times 10^2$			
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	399	$5.13 \times 10^2$	0.04	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	49	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	43	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	49	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 8.12 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V1B)

単位 (応力 : MPa)

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値	許容値	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	39	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	34	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	425	-	38	140	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	37	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	43	194	$K_s=1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	33	160	$K_t=1.15$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	410	-	37	169	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	410	$1.30 \times 10$	37	275	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	410	-	43	235	$K_s=1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	410	$1.30 \times 10$	32	322	$K_t=1.17$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	399	$1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	B=1.0
		425	$5.81 \times 10^2$			
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	399	$5.13 \times 10^2$	0.04	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	399	-	37	284	$S_{mIV}=2S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	399	3.00	37	284	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	399	-	45	395	$K_s=1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	3.00	32	332	$K_t=1.17$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	399	$1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	$B_R=1.0$
		425	$5.81 \times 10^2$			
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	399	$5.13 \times 10^2$	0.04	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	49	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	43	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	51	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 8.13 表 長期一次応力の判定

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V1B)

評価項目	計算値 ( MPa )	判定値 ( MPa )	判定
$\langle P_L + P_b \rangle \leq S_{LP}$	32	56	長期一次応力が低い。
$S_{LP} = \text{Min}( S_{rH} , S_g/g )$ $D_{C1}=0.300$ $S_g=170$ (MPa) $S_{rH} = 116$ (MPa) $g=3.0$ $S_g/g= 56.9$ (MPa)			

第 8.14 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次+二次応力の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V1B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3\overline{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s (3\overline{S}_m)$ ( MPa )	$S_n' \leq 3\overline{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	425	12 420	- -	- -	- -	
1C 04-Sd	-					
C	399	- -	88 376	- -	- -	
	40					
$S_{rH} = 116(\text{MPa})$		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2、1C 04-S2 の  $S_n^*$ 、 $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 8.15 表 Sd5 地震動 一次+二次応力の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V1B) (地震動 : Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3\overline{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s (3\overline{S}_m)$ ( MPa )	$S_n' \leq 3\overline{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	425	14 420	- -	- -	- -	
1C 04-Sd	-					
C	399	- -	89 376	- -	- -	
	40					
$S_{rH} = 116(\text{MPa})$		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2、1C 04-S2 の  $S_n^*$ 、 $S_n$  に Sd5 分を付加して評価



第 8.16 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V1B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 400 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 49 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度 ( $^\circ\text{C}$ )
1C 04-Sd C	399 40	52	100 275	S <sub>y</sub>	399 40
3A 03 C	399 40	50	98 275	S <sub>y</sub>	399 40
2A 04 C	425 40	50	98 273	S <sub>y</sub>	425 40
1D 06 C	399 40	33	81 275	S <sub>y</sub>	399 40

※ 応力 P' に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 8.17 表 Sd5 地震動 Sa の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V1B) (地震動 : Sd5)

$$T_o = 400 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 50 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度 ( $^\circ\text{C}$ )
1C 04-Sd C	399 40	52	102 275	S <sub>y</sub>	399 40
3A 03 C	399 40	50	100 275	S <sub>y</sub>	399 40
2A 04 C	425 40	50	99 273	S <sub>y</sub>	425 40
1D 06 C	399 40	33	83 275	S <sub>y</sub>	399 40

※ 応力 P' に Sd5 分を付加して評価

第 8.18 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V1B) (地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{MH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{MH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{MH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	15 1065	0.15	0.07	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 8.19 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V1B) (地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{MH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{MH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{MH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	18 1065	0.15	0.09	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価

第 8.20 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次冷却設備主要弁 弁箱(V1B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> ( MPa )			
2A 03-Sd 1C 04	425	1	37	2.011 × 10 <sup>-4</sup>	3.566 × 10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	3.767 × 10 <sup>-3</sup>	1331	0.001	B
2A 03 1C 04	425	34	26	1.393 × 10 <sup>-4</sup>	3.502 × 10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	3.641 × 10 <sup>-3</sup>	1630	0.021	B
2A 03 3A 03	425	9	26	1.393 × 10 <sup>-4</sup>	3.445 × 10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	3.584 × 10 <sup>-3</sup>	1720	0.006	B
2A 04 1D 06	425	15	24	1.316 × 10 <sup>-4</sup>	3.360 × 10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	3.492 × 10 <sup>-3</sup>	1870	0.008	B
2A 04 1A 05	425	131	21	1.120 × 10 <sup>-4</sup>	2.740 × 10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	2.852 × 10 <sup>-3</sup>	4190	0.031	B
1A 05 C	399	269	58	2.964 × 10 <sup>-4</sup>	5.599 × 10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	3.524 × 10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
1B 04 C	399	189	58	2.964 × 10 <sup>-4</sup>	5.737 × 10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	3.537 × 10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
K <sub>T</sub> = 1.00                      D <sub>F</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.067											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 2A 03-S2 1C 04 の S<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 8.21 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次冷却設備主要弁 弁箱(V1B) (地震動 : Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> ( MPa )			
2A 03-Sd 1C 04	425	1	39	2.104 × 10 <sup>-4</sup>	3.566 × 10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	3.776 × 10 <sup>-3</sup>	1318	0.001	B
2A 03 1C 04	425	34	26	1.393 × 10 <sup>-4</sup>	3.502 × 10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	3.641 × 10 <sup>-3</sup>	1630	0.021	B
2A 03 3A 03	425	9	26	1.393 × 10 <sup>-4</sup>	3.445 × 10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	3.584 × 10 <sup>-3</sup>	1720	0.006	B
2A 04 1D 06	425	15	24	1.316 × 10 <sup>-4</sup>	3.360 × 10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	3.492 × 10 <sup>-3</sup>	1870	0.008	B
2A 04 1A 05	425	131	21	1.120 × 10 <sup>-4</sup>	2.740 × 10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	2.852 × 10 <sup>-3</sup>	4190	0.031	B
1A 05 C	399	269	58	2.964 × 10 <sup>-4</sup>	5.599 × 10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	3.524 × 10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
1B 04 C	399	189	58	2.964 × 10 <sup>-4</sup>	5.737 × 10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	3.537 × 10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
K <sub>T</sub> = 1.00                      D <sub>F</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.067											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 2A 03-S2 1C 04 の S<sub>n</sub>に Sd5 分を付加して評価

第 8.22 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V1B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
1C 04-Sd C	87	431	0	0.0	0.0	$S_g = 170$ (MPa) $T = 399$ (°C)

$$D_{C2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.0 \quad (D_o^* = 0.0)$$

$$D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300 \quad (D_{C1} = 0.300)$$

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
2A 03-Sd 1C 04	$3.767 \times 10^{-3}$	$2.044 \times 10^{-3}$	1	$2.90 \times 10^{-4}$	$2.90 \times 10^{-4}$	$3\bar{S}_m/E$
2A 03 1C 04	$3.641 \times 10^{-3}$	$2.044 \times 10^{-3}$	34	$1.00 \times 10^{-4}$	$3.40 \times 10^{-3}$	$3\bar{S}_m/E$
2A 03 3A 03	$3.584 \times 10^{-3}$	$2.044 \times 10^{-3}$	9	$1.00 \times 10^{-4}$	$9.00 \times 10^{-4}$	$3\bar{S}_m/E$
2A 04 1D 06	$3.492 \times 10^{-3}$	$2.044 \times 10^{-3}$	15	$1.00 \times 10^{-4}$	$1.50 \times 10^{-3}$	$3\bar{S}_m/E$
2A 04 1A 05	$2.852 \times 10^{-3}$	$2.044 \times 10^{-3}$	131	$1.00 \times 10^{-4}$	$1.31 \times 10^{-2}$	$3\bar{S}_m/E$
1A 05 C	$3.524 \times 10^{-4}$	$2.376 \times 10^{-3}$	269	0.000	0.000	$3\bar{S}_m/E$
1B 04 C	$3.537 \times 10^{-4}$	$2.376 \times 10^{-3}$	189	0.000	0.000	$3\bar{S}_m/E$
T= 399 (°C) $D_{CP} = \sum (n_k D_k^{**}) = 0.020$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1C 04-S2 C の  $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価。

※ (2/2) のひずみサイクル 2A 04 1A 05 の  $D^{**}$  を既往の設工認評価で 0 としているが、ここでは 0.0001 とした。

第 8.23 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V1B) (地震動 : Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
1C 04-Sd C	89	431	0	0.0	0.0	$S_g = 170$ (MPa) $T=399$ (°C)
$D_{C2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.0$ ( $D_o^* = 0.0$ ) $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300$ ( $D_{C1} = 0.300$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
2A 03-Sd 1C 04	$3.776 \times 10^{-3}$	$2.044 \times 10^{-3}$	1	$2.90 \times 10^{-4}$	$2.90 \times 10^{-4}$	$3\bar{S}_m/E$
2A 03 1C 04	$3.641 \times 10^{-3}$	$2.044 \times 10^{-3}$	34	$1.00 \times 10^{-4}$	$3.40 \times 10^{-3}$	$3\bar{S}_m/E$
2A 03 3A 03	$3.584 \times 10^{-3}$	$2.044 \times 10^{-3}$	9	$1.00 \times 10^{-4}$	$9.00 \times 10^{-4}$	$3\bar{S}_m/E$
2A 04 1D 06	$3.492 \times 10^{-3}$	$2.044 \times 10^{-3}$	15	$1.00 \times 10^{-4}$	$1.50 \times 10^{-3}$	$3\bar{S}_m/E$
2A 04 1A 05	$2.852 \times 10^{-3}$	$2.044 \times 10^{-3}$	131	$1.00 \times 10^{-4}$	$1.31 \times 10^{-2}$	$3\bar{S}_m/E$
1A 05 C	$3.524 \times 10^{-4}$	$2.376 \times 10^{-3}$	269	0.000	0.000	$3\bar{S}_m/E$
1B 04 C	$3.537 \times 10^{-4}$	$2.376 \times 10^{-3}$	189	0.000	0.000	$3\bar{S}_m/E$
$T=399$ (°C) $D_{CP} = \sum (n_k D_k^{**}) = 0.020$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1C 04-S2 C の  $S_n$  に Sd5 分を付加して評価。

※ (2/2) のひずみサイクル 2A 04 1A 05 の  $D^{**}$  を既往の設工認評価で 0 としているが、ここでは 0.0001 とした。

第 8.24 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V1B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

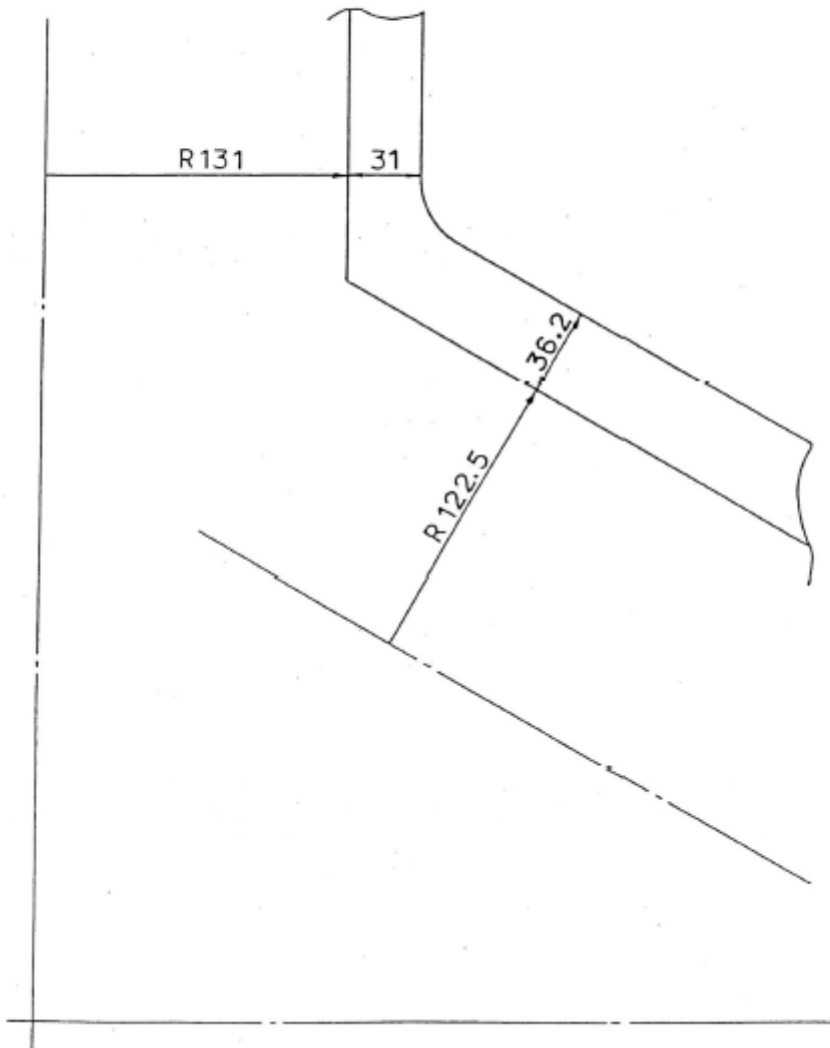
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.067	0.320	0.39	0.61
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.020$				

第 8.25 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V1B) (地震動 : Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.067	0.320	0.39	0.61
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.020$				

材 料
SFVA F22B



(単位 : mm)

第 8.15 図 形状、寸法及び材料



#### 8.4 ふたボルト(30MW 除熱用止め弁(V1B))

##### 8.4.1 形状、寸法及び材料

ふたボルト(30MW 除熱用止め弁(V1B))の形状、寸法及び材料を第 8.16 図に示す。

##### 8.4.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第 8.26 表から第 8.29 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-8 1次冷却設備主要弁の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)を参照した。

##### 8.4.3 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 8.17 図に示す。

##### 8.4.4 応力評価

ふたボルト(30MW 除熱用止め弁(V1B))の応力評価結果を第 8.30 表から第 8.37 表に示す。各評価結果に示すようにすべて許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、累積クリープ損傷係数の制限に関しては、最高断面平均金属温度が、運転状態Ⅰ、Ⅱ及び試験状態において、「構造等の技術基準」付 1.6-(a)表の適用温度範囲に達することがないため評価の必要がない。

第 8.26 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	地震荷重	
	Ss地震	
	ボルト1本 当たりの軸力 (N)	ボルト1本 当たりのせん断 力 (N)
設計条件	-	-
運転状態 I	12230	627
運転状態 II	12230	627
	12230	627
	12230	627
運転状態 III	12230	627
	12230	627
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-

第 8.27 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	地震荷重	
	Ss地震	
	ボルト1本 当たりの軸力 (N)	ボルト1本 当たりのせん断 力 (N)
設計条件	-	-
運転状態 I	17238	879
運転状態 II	17238	879
	17238	879
	17238	879
運転状態 III	17238	879
	17238	879
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-

第 8.28 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	地震荷重	
	Sd地震	
	ボルト1本 当たりの軸力 (N)	ボルト1本 当たりのせん断 力 (N)
設計条件	-	-
運転状態 I	8887	458
運転状態 II	8887	458
	8887	458
	8887	458
運転状態 III	8887	458
	8887	458
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-

第 8.29 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	地震荷重	
	Sd地震	
	ボルト1本 当たりの軸力 (N)	ボルト1本 当たりのせん断 力 (N)
設計条件	-	-
運転状態 I	11060	565
運転状態 II	11060	565
	11060	565
	11060	565
運転状態 III	11060	565
	11060	565
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-

第 8.30 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 ボルト等の一次及び二次応力の制限  
1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V1B)

単位 (応力 : MPa)

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値	許容値	備考
設計条件	$\sigma_m \leq S_{OB}$	430	-	108	135	
運転状態 I、II、III、 (T)	$\sigma_m \leq S_{mtB}$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_{mB}$	425	-	135	309	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_{mtB}$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq 3S_{mB}$	425	-	135	464	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_{mtB}$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	-	-	-	1.00	B=1.0
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	-	-	-	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_u / 3$	399	-	136	394	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_R / 3$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq S_u$	399	-	136	591	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_R / 3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、 IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	-	-	-	1.00	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	-	-	-	1.00	

(1) (T) は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 8.31 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 ボルト等の一次及び二次応力の制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V1B)

単位 (応力 : MPa)

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値	許容値	備考
設計条件	$\sigma_m \leq S_{0B}$	430	-	108	135	
運転状態 I、II、III、 (T)	$\sigma_m \leq S_{mtB}$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_{mB}$	425	-	139	309	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_{mtB}$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq 3S_{mB}$	425	-	139	464	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_{mtB}$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i/t_{mi}) \leq B$	-	-	-	1.00	B=1.0
		-	-		1.00	
	$\Sigma (t_j/t_{bj}) \leq 1.0$	-	-			
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_u/3$	399	-	145	394	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq S_u$	399	-	145	591	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、 IV、(T)	$\Sigma (t_i/t_{ri}) \leq B_R$	-	-	-	1.00	B <sub>R</sub> =1.0
		-	-		1.00	
	$\Sigma (t_j/t_{rbj}) \leq 1.0$	-	-			

(1) (T) は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 8.32 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V1B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 474 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_m + P_m^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 126 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	断面平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度 ( $^\circ\text{C}$ )
2A 03-Sd C	425 40	10	135 525	S <sub>y</sub>	425 40
2A 03 C	425 40	10	135 525	S <sub>y</sub>	425 40
2B 01 C	410 40	9	135 529	S <sub>y</sub>	410 40
3B 01 C	410 40	9	135 529	S <sub>y</sub>	410 40

※ 応力 P' に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 8.33 表 Sd5 地震動 Sa の制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V1B) (地震動 : Sd5)

$$T_o = 474 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_m + P_m^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 130 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	断面平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度 ( $^\circ\text{C}$ )
2A 03-Sd C	425 40	10	139 525	S <sub>y</sub>	425 40
2A 03 C	425 40	10	139 525	S <sub>y</sub>	425 40
2B 01 C	410 40	9	139 529	S <sub>y</sub>	410 40
3B 01 C	410 40	9	139 529	S <sub>y</sub>	410 40

※ 応力 P' に Sd5 分を付加して評価

第 8.34 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V1B) (地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_m + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 (°C)	$S_n^* \leq \beta_s (3S_{mH})$ (MPa)	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	32 1477	0.36	0.11	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 8.35 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V1B) (地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_m + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 (°C)	$S_n^* \leq \beta_s (3S_{mH})$ (MPa)	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	41 1477	0.36	0.14	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価

第 8.36 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V1B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

運 転 状 態	ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 (n)	$S_n$ (MPa)	$S_p$ (MPa)	$K_e$	$S_\theta$ (MPa)	$S_y$ (MPa)	$N_d$	$n/N_d$
運転状態 I、II 及び試験状態	2B 01-Sd C	410	1	78	78	-	39	471	1000000	0.000
	1A 05 C	399	400	56	56	-	28	477	1000000	0.000
	1B 02 C	399	189	56	56	-	28	477	1000000	0.000
	2A 03 C	425	190	58	58	-	29	463	1000000	0.000
	1C 01 C	399	35	56	56	-	28	477	1000000	0.000
	2C 01 C	100	30	53	53	-	26	567	1000000	0.000
	1D 06 C	399	15	56	56	-	28	477	1000000	0.000
	2B 01 C	410	9	58	58	-	29	471	1000000	0.000
	T C	100	10	69	69	-	35	567	1000000	0.000

累積疲れ損傷係数  $D_{F1} = 0.001 \leq 0.1$

地震荷重 Sd	Sd	425	200	25	25	-	13	463	1000000	0.001
---------	----	-----	-----	----	----	---	----	-----	---------	-------

累積疲れ損傷係数  $D_{F2} = 0.001 \leq 0.1$

累積疲れ損傷係数  $D_F = D_{F1} + D_{F2} = 0.002 \leq 0.1$



第 8.37 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V1B) (地震動 : Sd5)

運 転 状 態	ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 (n)	S <sub>n</sub> (MPa)	S <sub>p</sub> (MPa)	K <sub>e</sub>	S <sub>θ</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	N <sub>d</sub>	n/N <sub>d</sub>
運転状態 I、II 及び試験状態	2B 01-Sd C	410	1	82	82	-	41	471	1000000	0.000
	1A 05 C	399	400	56	56	-	28	477	1000000	0.000
	1B 02 C	399	189	56	56	-	28	477	1000000	0.000
	2A 03 C	425	190	58	58	-	29	463	1000000	0.000
	1C 01 C	399	35	56	56	-	28	477	1000000	0.000
	2C 01 C	100	30	53	53	-	26	567	1000000	0.000
	1D 06 C	399	15	56	56	-	28	477	1000000	0.000
	2B 01 C	410	9	58	58	-	29	471	1000000	0.000
	T C	100	10	69	69	-	35	567	1000000	0.000

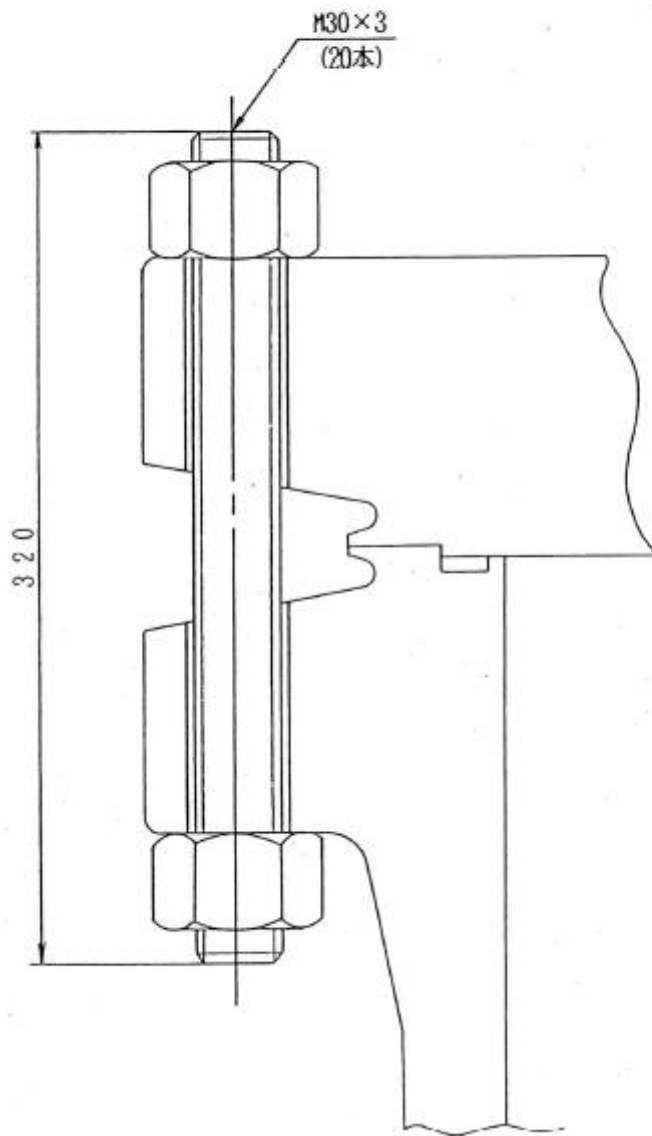
累積疲れ損傷係数  $D_{f1} = 0.001 \leq 0.1$

地震荷重 Sd	Sd	425	200	29	29	-	15	463	1000000	0.001
---------	----	-----	-----	----	----	---	----	-----	---------	-------

累積疲れ損傷係数  $D_{f2} = 0.001 \leq 0.1$

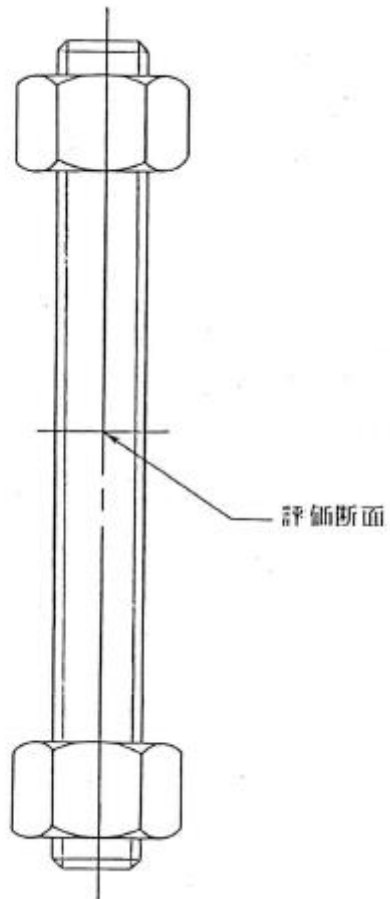
累積疲れ損傷係数  $D_f = D_{f1} + D_{f2} = 0.002 \leq 0.1$

材 料
SNB 16



(単位：mm)

第 8.16 図 形状、寸法及び材料



第 8.17 図 応力評価断面

## 8.5 弁箱(逆止弁(V2B))

### 8.5.1 形状、寸法及び材料

弁箱(逆止弁(V2B))の形状、寸法及び材料を第8.18図に示す。

### 8.5.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第8.38表から第8.41表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-8 1次冷却設備主要弁の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

### 8.5.3 応力評価

弁箱(逆止弁(V2B))の応力評価結果を第8.42表から第8.56表に示す。各評価結果に示すようにすべて許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

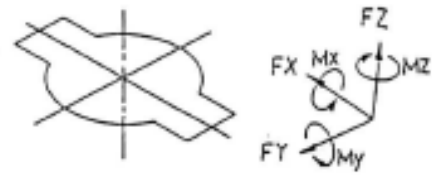
##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

逆止弁 (V2B)



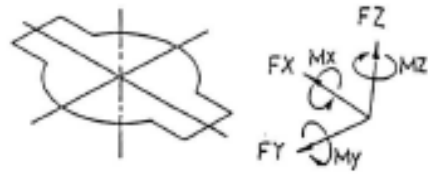
第 8.38 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Ss地震					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1201	646	5587	501	4198	598
運転状態 II	1201	646	5587	501	4198	598
	1201	646	5587	501	4198	598
	1201	646	5587	501	4198	598
運転状態 III	1201	646	5587	501	4198	598
	1201	646	5587	501	4198	598
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 8.39 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Ss地震					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1676	895	5844	568	4256	743
運転状態 II	1676	895	5844	568	4256	743
	1676	895	5844	568	4256	743
	1676	895	5844	568	4256	743
運転状態 III	1676	895	5844	568	4256	743
	1676	895	5844	568	4256	743
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

逆止弁 (V2B)



第 8.40 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Sd地震					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	887	456	4510	389	3407	445
運転状態 II	887	456	4510	389	3407	445
	887	456	4510	389	3407	445
	887	456	4510	389	3407	445
運転状態 III	887	456	4510	389	3407	445
	887	456	4510	389	3407	445
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 8.41 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Sd地震					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1146	579	3917	389	2882	493
運転状態 II	1146	579	3917	389	2882	493
	1146	579	3917	389	2882	493
	1146	579	3917	389	2882	493
運転状態 III	1146	579	3917	389	2882	493
	1146	579	3917	389	2882	493
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 8.42 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V2B)

単位 (応力 : MPa)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値	許容値	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	40	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	36	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	425	-	39	140	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	38	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	75	194	$K_s = 1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	35	159	$K_t = 1.14$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	410	-	39	169	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	410	$1.30 \times 10$	38	275	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	410	-	74	235	$K_s = 1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	410	$1.30 \times 10$	34	321	$K_t = 1.17$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	399	$1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	$B=1.0$
		425	$5.81 \times 10^2$			
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	399	$3.25 \times 10^2$	0.04	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	399	-	38	284	$S_{mIV} = 2S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	399	3.00	38	284	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	399	-	61	395	$K_s = 1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	3.00	34	332	$K_t = 1.17$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	399	$1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	$B_R=1.0$
		425	$5.81 \times 10^2$			
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	399	$3.25 \times 10^2$	0.04	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	50	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	44	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	66	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 全運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 8.43 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V2B)

単位 (応力 : MPa)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値	許容値	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	40	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	36	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	425	-	39	140	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	38	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	72	194	$K_s = 1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	35	159	$K_t = 1.14$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	410	-	39	169	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	410	$1.30 \times 10$	38	275	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	410	-	71	235	$K_s = 1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	410	$1.30 \times 10$	34	321	$K_t = 1.17$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	399	$1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	B=1.0
		425	$5.81 \times 10^2$			
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	399	$3.25 \times 10^2$	0.04	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	399	-	38	284	$S_{mIV} = 2S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	399	3.00	38	284	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	399	-	62	395	$K_s = 1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	3.00	34	332	$K_t = 1.17$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{ri}) \leq B_R$	399	$1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	$B_R=1.0$
		425	$5.81 \times 10^2$			
	$\Sigma (t_j / t_{rbj}) \leq 1.0$	399	$3.25 \times 10^2$	0.04	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	50	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	44	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	63	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価



第 8.44 表 長期一次応力の判定

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V2B)

評価項目	計算値 ( MPa )	判定値 ( MPa )	判定
$\langle P_L + P_b \rangle \leq S_{LP}$	33	56	長期一次応力が低い。
$S_{LP} = \text{Min}( S_{rH} , S_g/g )$ $D_{C1} = 0.300$ $S_g = 170 \text{ (MPa)}$ $S_{rH} = 116 \text{ (MPa)}$ $g = 3.0$ $S_g/g = 56.9 \text{ (MPa)}$			

第 8.45 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次+二次応力の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V2B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s (3\overline{S_m})$ ( MPa )	$S_n' \leq 3\overline{S_m}$ ( MPa )	備考
Sd	425	61 420	--	--	--	
1C 03-Sd	399	--	169 376	--	--	
C	40					
$S_{rH} = 116 \text{ (MPa)}$		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2、1C 03-S2 の  $S_n^*$ 、 $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 8.46 表 Sd5 地震動 一次+二次応力の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V2B) (地震動 : Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s (3\overline{S_m})$ ( MPa )	$S_n' \leq 3\overline{S_m}$ ( MPa )	備考
Sd	425	58 420	--	--	--	
1C 03-Sd	399	--	166 376	--	--	
C	40					
$S_{rH} = 116 \text{ (MPa)}$		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2、1C 03-S2 の  $S_n^*$ 、 $S_n$  に Sd5 分を付加して評価

第 8.47 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱(V2B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 400 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 86 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
1C 03-Sd C	399 40	88	173 275	S <sub>y</sub>	399 40
1D 06 C	399 40	42	127 275	S <sub>y</sub>	399 40
2A 03 C	425 40	41	126 273	S <sub>y</sub>	425 40
3A 02 C	399 40	39	124 275	S <sub>y</sub>	399 40

※応力 P' に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 8.48 表 Sd5 地震動 Sa の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱(V2B) (地震動 : Sd5)

$$T_o = 400 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 82 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
1C 03-Sd C	399 40	88	170 275	S <sub>y</sub>	399 40
1D 06 C	399 40	42	124 275	S <sub>y</sub>	399 40
2A 03 C	425 40	41	123 273	S <sub>y</sub>	425 40
3A 02 C	399 40	39	121 275	S <sub>y</sub>	399 40

※応力 P' に Sd5 分を付加して評価

第 8.49 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V2B) (地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mt})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mt})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s (3S_{mt})$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	66 1065	0.2	0.31	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 8.50 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V2B) (地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mt})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mt})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s (3S_{mt})$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	67 1065	0.2	0.31	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価

第 8.51 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V2B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$\epsilon_t = K_\epsilon \epsilon_n + K_T \epsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>θ</sub> ( MPa )			
1D 06-Sd 1C 03	399	1	149	8.190 × 10 <sup>-4</sup>	3.484 × 10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	4.303 × 10 <sup>-3</sup>	774	0.002	B
1D 06 1C 03	399	14	90	4.906 × 10 <sup>-4</sup>	3.450 × 10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	3.941 × 10 <sup>-3</sup>	1490	0.010	B
1C 03 2A 02	425	20	93	5.086 × 10 <sup>-4</sup>	3.317 × 10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	3.826 × 10 <sup>-3</sup>	1340	0.015	B
2A 02 3A 02	425	9	48	2.610 × 10 <sup>-4</sup>	9.768 × 10 <sup>-4</sup>	1.00	1.00	1.238 × 10 <sup>-3</sup>	131150	0.000	B
1A 05 2A 02	425	161	35	1.894 × 10 <sup>-4</sup>	5.724 × 10 <sup>-4</sup>	1.00	1.00	7.169 × 10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
1A 05 C	399	239	70	3.572 × 10 <sup>-4</sup>	1.193 × 10 <sup>-4</sup>	1.00	1.00	4.765 × 10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
1B 04 C	399	189	70	3.572 × 10 <sup>-4</sup>	1.165 × 10 <sup>-4</sup>	1.00	1.00	4.737 × 10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
$K_T = 1.00$ $D_f = \sum ( n_i / N_{di} ) = 0.027$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の (S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>θ</sub>) は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認ひずみサイクル 1D 06-S2 1C 03 の S<sub>n</sub> に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 8.52 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V2B) (地震動 : Sd5)

$$\epsilon_t = K_\epsilon \epsilon_n + K_T \epsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (℃)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> (MPa)	—	K <sub>e</sub>	S <sub>θ</sub> (MPa)			
1D 06-Sd 1C 03	399	1	146	8.019×10 <sup>-4</sup>	3.484×10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	4.286×10 <sup>-3</sup>	787	0.002	B
1D 06 1C 03	399	14	90	4.906×10 <sup>-4</sup>	3.450×10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	3.941×10 <sup>-3</sup>	1490	0.010	B
1C 03 2A 02	425	20	93	5.086×10 <sup>-4</sup>	3.317×10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	3.826×10 <sup>-3</sup>	1340	0.015	B
2A 02 3A 02	425	9	48	2.610×10 <sup>-4</sup>	9.768×10 <sup>-4</sup>	1.00	1.00	1.238×10 <sup>-3</sup>	131150	0.000	B
1A 05 2A 02	425	161	35	1.894×10 <sup>-4</sup>	5.724×10 <sup>-4</sup>	1.00	1.00	7.169×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
1A 05 C	399	239	70	3.572×10 <sup>-4</sup>	1.193×10 <sup>-4</sup>	1.00	1.00	4.765×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
1B 04 C	399	189	70	3.572×10 <sup>-4</sup>	1.165×10 <sup>-4</sup>	1.00	1.00	4.737×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
$K_T = 1.00$ $D_f = \sum (n_i / N_{di}) = 0.027$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>θ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認ひずみサイクル 1D 06-S2 1C 03 の S<sub>n</sub>に Sd5 分を付加して評価

第 8.53 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次冷却設備主要弁 弁箱(V2B)(地震動 : Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイク ル	$S_n$ ( MPa )	$3\overline{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
1D 06-Sd C	149	431	0	0.0	0.0	$S_g = 170$ (MPa) $T = 399$ (°C)
$D_{C2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.0$ ( $D_o^* = 0.0$ ) $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300$ ( $D_{C1} = 0.300$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\overline{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイク ル	$\epsilon_t$	Max ( $3\overline{S}_m/E, 2S_g/E$ )	n	$D^{**}$	n $D^{**}$	備考
1D 06-Sd 1C 03	$4.303 \times 10^{-3}$	$2.104 \times 10^{-3}$	1	0.0005	0.0005	$3\overline{S}_m/E$
1D 06 1C 03	$3.941 \times 10^{-3}$	$2.104 \times 10^{-3}$	14	0.0001	0.0014	$3\overline{S}_m/E$
1C 03 2A 02	$3.286 \times 10^{-3}$	$2.104 \times 10^{-3}$	20	0.0001	0.0020	$3\overline{S}_m/E$
$T = 399$ (°C) $D_{CP} = \sum ( n_k D_k^{**} ) = 0.004$						

(1) 備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

- ※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1D 06-S2 C の  $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価。
- ※ 既往の設工認は  $D^{**}$  を 0 としているが、ひずみサイクル 1D 06 1C 03、1C 03 2A 02 では、材料強度基準等付録 ME 別図 ME.1 の  $D^{**}$  の最小値 0.0001 を採用する。

第 8.54 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次冷却設備主要弁 弁箱(V2B) (地震動 : Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\overline{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
1D 06-Sd C	146	431	0	0.0	0.0	$S_g = 170$ (MPa) $T = 399$ (°C)
$D_{C2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.0$ ( $D_o^* = 0.0$ ) $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300$ ( $D_{C1} = 0.300$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\overline{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
1D 06-Sd 1C 03	$4.286 \times 10^{-3}$	$2.104 \times 10^{-3}$	1	0.0005	0.0005	$3\overline{S}_m/E$
1D 06 1C 03	$3.941 \times 10^{-3}$	$2.104 \times 10^{-3}$	14	0.0001	0.0014	$3\overline{S}_m/E$
1C 03 2A 02	$3.286 \times 10^{-3}$	$2.104 \times 10^{-3}$	20	0.0001	0.0020	$3\overline{S}_m/E$
$T = 399$ (°C) $D_{CP} = \sum ( n_k D_k^{**} ) = 0.004$						

(1) 備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1D 06-S2 C の  $S_n$  に Sd5 分を付加して評価。

※ 既往の設工認は  $D^{**}$  を 0 としているが、ひずみサイクル 1D 06 1C 03、1C 03 2A 02 では、材料強度基準等付録 ME 別図 ME.1 の  $D^{**}$  の最小値 0.0001 を採用する。



第 8.55 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリーブ疲れ損傷の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V2B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

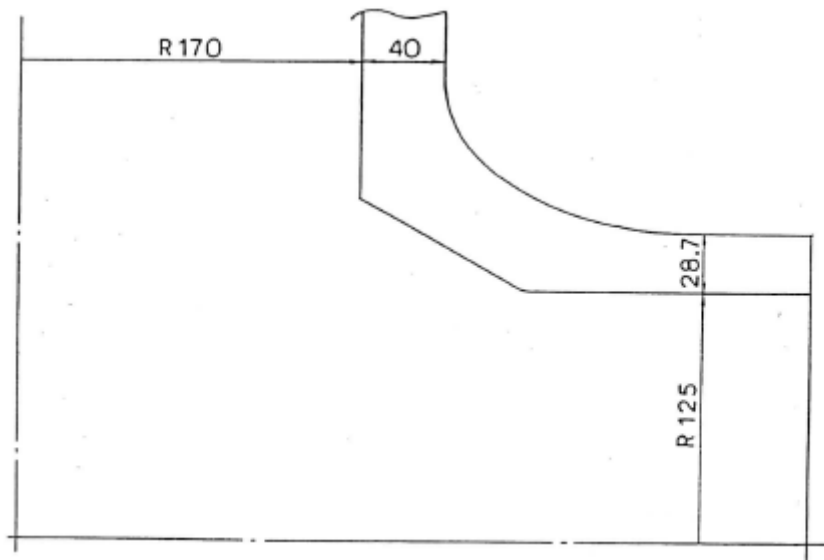
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.027	0.304	0.34	0.60
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.004$				

第 8.56 表 Sd5 地震動 クリーブ疲れ損傷の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V2B) (地震動 : Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.027	0.304	0.34	0.60
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.004$				

材 料
SFVA F22B



(単位：mm)

第 8.18 図 形状、寸法及び材料

## 8.6 ふたボルト(逆止弁(V2B))

### 8.6.1 形状、寸法及び材料

ふたボルト(逆止弁(V2B))の形状、寸法及び材料を第 8.19 図に示す。

### 8.6.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第 8.57 表から第 8.60 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-8 1次冷却設備主要弁の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)を参照した。

### 8.6.3 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 8.20 図に示す。

### 8.6.4 応力評価

ふたボルト(逆止弁(V2B))の応力評価結果を第 8.61 表から第 8.68 表に示す。各評価結果に示すようにすべて許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、累積クリープ損傷係数の制限に関しては、最高断面平均金属温度が、運転状態Ⅰ、Ⅱ及び試験状態において、「構造等の技術基準」付 1.6-(a)表の適用温度範囲に達することがないため評価の必要がない。

第 8.57 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	地震荷重	
	Ss地震	
	ボルト1本当たりの軸力 (N)	ボルト1本当たりのせん断力 (N)
設計条件	-	-
運転状態 I	880	164
運転状態 II	880	164
	880	164
	880	164
運転状態 III	880	164
	880	164
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-

第 8.58 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	地震荷重	
	Ss地震	
	ボルト1本当たりの軸力 (N)	ボルト1本当たりのせん断力 (N)
設計条件	-	-
運転状態 I	1029	194
運転状態 II	1029	194
	1029	194
	1029	194
運転状態 III	1029	194
	1029	194
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-

第 8.59 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	地震荷重	
	Sd地震	
	ボルト1本当たりの軸力 (N)	ボルト1本当たりのせん断力 (N)
設計条件	-	-
運転状態 I	703	131
運転状態 II	703	131
	703	131
	703	131
運転状態 III	703	131
	703	131
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-

第 8.60 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	地震荷重	
	Sd地震	
	ボルト1本当たりの軸力 (N)	ボルト1本当たりのせん断力 (N)
設計条件	-	-
運転状態 I	698	132
運転状態 II	698	132
	698	132
	698	132
運転状態 III	698	132
	698	132
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-

第 8.61 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD ボルト等の一次応力及び二次応力の制限  
1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V2B)

単位 (応力 : MPa)

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値	許容値	備考
設計条件	$\sigma_m \leq S_{OB}$	430	-	116	135	
運転状態 I、II、III、 (T)	$\sigma_m \leq S_{mtB}$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_{mB}$	425	-	115	309	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_{mtB}$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq 3S_{mB}$	425	-	115	464	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_{mtB}$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	-	-	-	1.00	B=1.0
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	-	-	-	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_u / 3$	399	-	121	394	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_R / 3$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq S_u$	399	-	121	591	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_R / 3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、 IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	-	-	-	1.00	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	-	-	-	1.00	

(1) (T) は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 8.62 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 ボルト等の一次応力及び二次応力の制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V2B)

単位 (応力 : MPa)

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値	許容値	備考
設計条件	$\sigma_m \leq S_{OB}$	430	-	116	135	
運転状態 I、II、III、 (T)	$\sigma_m \leq S_{mtB}$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_{mB}$	425	-	115	309	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_{mtB}$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq 3S_{mB}$	425	-	115	464	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_{mtB}$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i/t_{mi}) \leq B$	-	-	-	1.00	B=1.0
	$\Sigma (t_j/t_{bj}) \leq 1.0$	-	-	-	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_u/3$	399	-	121	394	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq S_u$	399	-	121	591	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、 IV、(T)	$\Sigma (t_i/t_{Ri}) \leq B_R$	-	-	-	1.00	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma (t_j/t_{Rbj}) \leq 1.0$	-	-	-	1.00	

(1) (T) は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 8.63 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V2B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$T_o = 474$  (°C)

$P' = \langle P_m + P_m^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 115$  (MPa)

$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$

負荷サイクル	断面平均金属温度 (°C)	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度 (°C)
2A 02-Sd C	425 40	7	121 525	S <sub>y</sub>	425 40
2A 02 C	425 40	7	121 525	S <sub>y</sub>	425 40
2B 01 C	410 40	6	121 529	S <sub>y</sub>	410 40
3B 01 C	410 40	6	121 529	S <sub>y</sub>	410 40

※ 応力 P' に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 8.64 表 Sd5 地震動 Sa の制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V2B) (地震動 : Sd5)

$T_o = 474$  (°C)

$P' = \langle P_m + P_m^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 115$  (MPa)

$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$

負荷サイクル	断面平均金属温度 (°C)	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度 (°C)
2A 02-Sd C	425 40	7	121 525	S <sub>y</sub>	425 40
2A 02 C	425 40	7	121 525	S <sub>y</sub>	425 40
2B 01 C	410 40	6	121 529	S <sub>y</sub>	410 40
3B 01 C	410 40	6	121 529	S <sub>y</sub>	410 40

※ 応力 P' に Sd5 分を付加して評価



第 8.65 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V2B) (地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_m + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 (°C)	$S_n^* \leq \beta_s (3S_{mH})$ (MPa)	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	3 1477	0.39	0.01	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 8.66 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V2B) (地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_m + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 (°C)	$S_n^* \leq \beta_s (3S_{mH})$ (MPa)	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	3 1477	0.39	0.01	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価

第 8.67 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V2B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

運 転 状 態	ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 (n)	S <sub>n</sub> (MPa)	S <sub>p</sub> (MPa)	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	N <sub>d</sub>	n/N <sub>d</sub>
運転状態 I、II 及び試験状態	2B 01-Sd C	410	1	48	48	-	24	471	1000000	0.000
	1A 05 C	399	400	45	45	-	23	477	1000000	0.000
	1B 02 C	399	189	45	45	-	23	477	1000000	0.000
	2A 02 C	425	190	45	45	-	23	463	1000000	0.000
	1C 01 C	399	35	45	45	-	23	477	1000000	0.000
	2C 01 C	100	30	43	43	-	22	567	1000000	0.000
	1D 06 C	399	15	45	45	-	23	477	1000000	0.000
	2B 01 C	410	9	46	46	-	23	471	1000000	0.000
	T C	100	10	57	57	-	29	567	1000000	0.000

累積疲れ損傷係数  $D_{f1} = 0.001 \leq 0.1$

地震荷重 Sd	Sd	425	200	4	4	-	2	463	1000000	0.001
---------	----	-----	-----	---	---	---	---	-----	---------	-------

累積疲れ損傷係数  $D_{f2} = 0.001 \leq 0.1$

累積疲れ損傷係数  $D_f = D_{f1} + D_{f2} = 0.002 \leq 0.1$

第 8.68 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V2B) (地震動 : Sd5)

運 転 状 態	ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 (n)	$S_n$ (MPa)	$S_p$ (MPa)	$K_e$	$S_\theta$ (MPa)	$S_y$ (MPa)	$N_d$	$n/N_d$
運転状態 I、II 及び試験状態	2B 01-Sd C	410	1	48	48	-	24	471	1000000	0.000
	1A 05 C	399	400	45	45	-	23	477	1000000	0.000
	1B 02 C	399	189	45	45	-	23	477	1000000	0.000
	2A 02 C	425	190	45	45	-	23	463	1000000	0.000
	1C 01 C	399	35	45	45	-	23	477	1000000	0.000
	2C 01 C	100	30	43	43	-	22	567	1000000	0.000
	1D 06 C	399	15	45	45	-	23	477	1000000	0.000
	2B 01 C	410	9	46	46	-	23	471	1000000	0.000
	T C	100	10	57	57	-	29	567	1000000	0.000

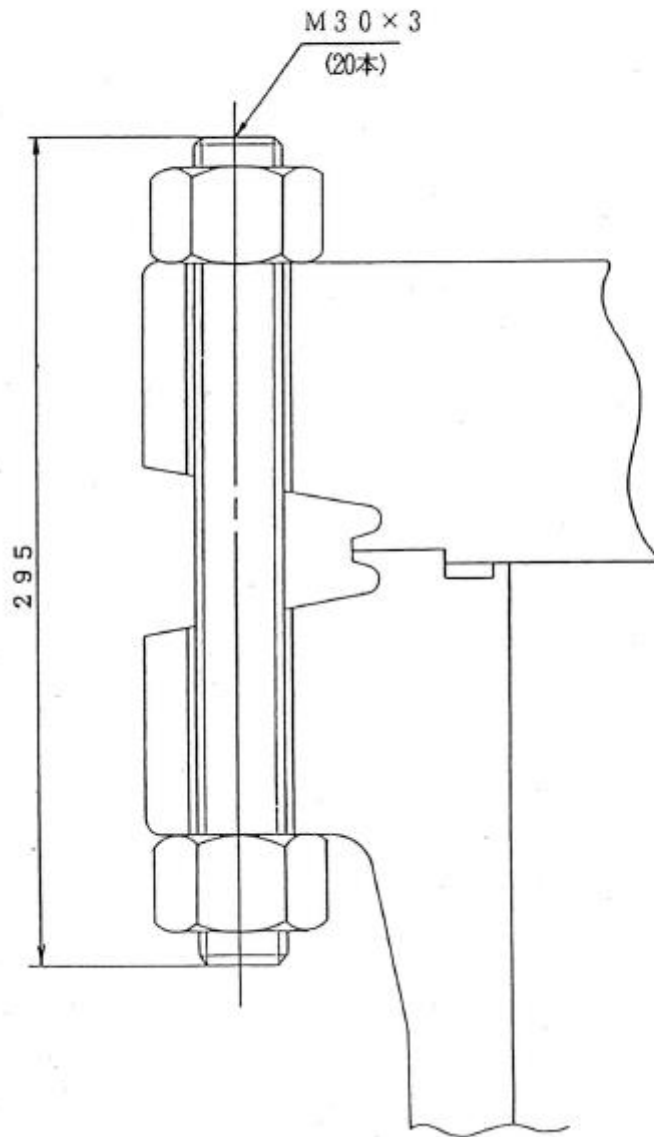
累積疲れ損傷係数  $D_{f1} = 0.001 \leq 0.1$

地震荷重 Sd	Sd	425	200	4	4	-	2	463	1000000	0.001
---------	----	-----	-----	---	---	---	---	-----	---------	-------

累積疲れ損傷係数  $D_{f2} = 0.001 \leq 0.1$

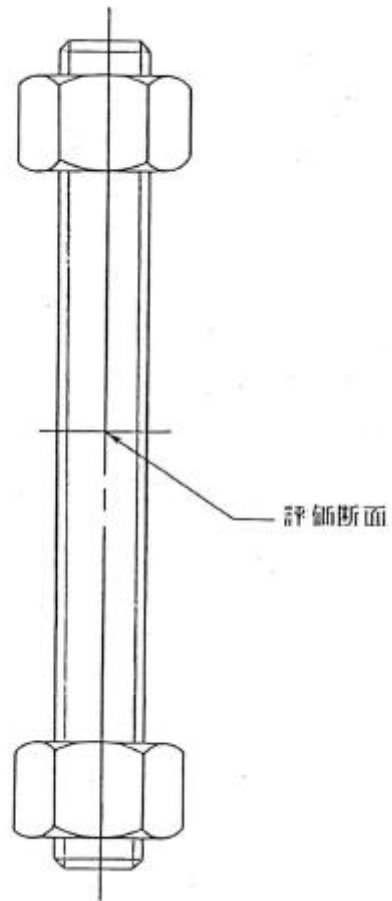
累積疲れ損傷係数  $D_f = D_{f1} + D_{f2} = 0.002 \leq 0.1$

材 料
SNB 16



(単位 : mm)

第 8.19 図 形状、寸法及び材料



第 8.20 図 応力評価断面

## 8.7 弁箱(20MW 除熱用止め弁(V3B))

### 8.7.1 形状、寸法及び材料

弁箱(20MW 除熱用止め弁(V3B))の形状、寸法及び材料を第 8.21 図に示す。

### 8.7.2 機械的荷重条件

応力評価に用いる機械的荷重を第 8.69 表から第 8.72 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-8 1 次冷却設備主要弁の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)を参照した。

### 8.7.3 応力評価

弁箱(20MW 除熱用止め弁(V3B))の応力評価結果を第 8.73 表から第 8.87 表に示す。各評価結果に示すようにすべて許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上、支圧荷重を受ける部分ではない。

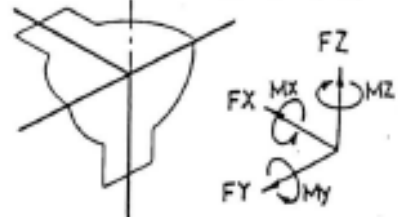
##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上、純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3 軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3 軸の主応力が接近することはない。

20MW除熱用止め弁 (V3B)



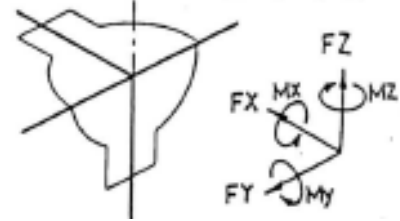
第 8.69 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Ss地震					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	3119	1051	376	885	825	1956
運転状態 II	3119	1051	376	885	825	1956
	3119	1051	376	885	825	1956
運転状態 III	3119	1051	376	885	825	1956
	3119	1051	376	885	825	1956
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 8.70 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Ss地震					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	3703	1228	456	954	919	2204
運転状態 II	3703	1228	456	954	919	2204
	3703	1228	456	954	919	2204
運転状態 III	3703	1228	456	954	919	2204
	3703	1228	456	954	919	2204
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

20 MW除熱用止め弁 (V3B)



第 8.71 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Sd地震					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	2102	741	300	675	661	1444
運転状態 II	2102	741	300	675	661	1444
	2102	741	300	675	661	1444
運転状態 III	2102	741	300	675	661	1444
	2102	741	300	675	661	1444
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 8.72 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Sd地震					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	2336	828	326	627	630	1471
運転状態 II	2336	828	326	627	630	1471
	2336	828	326	627	630	1471
運転状態 III	2336	828	326	627	630	1471
	2336	828	326	627	630	1471
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-



第 8.73 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V3B)

単位 (応力 : MPa)

運転状態	評価項目	温度 ( ° C )	時間 ( hr )	計算値	許容値	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	33	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	36	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	425	-	34	140	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	32	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	56	194	$K_s = 1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	34	160	$K_t = 1.15$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	410	-	33	169	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	410	$1.30 \times 10$	31	275	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	410	-	56	235	$K_s = 1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	410	$1.30 \times 10$	34	321	$K_t = 1.17$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	329	$1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	B=1.0
		425	$5.81 \times 10^2$			
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	399	$5.13 \times 10^2$	0.04	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	399	-	32	284	$S_{mIV} = 2S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	399	3.00	31	284	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	399	-	50	395	$K_s = 1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	3.00	34	332	$K_t = 1.17$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{ri} ) \leq B_R$	399	$1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	$B_R = 1.0$
		425	$5.81 \times 10^2$			
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	399	$5.13 \times 10^2$	0.04	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	42	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	45	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	56	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 8.74 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V3B)

単位 (応力 : MPa)

運転状態	評価項目	温度 ( ° C )	時間 ( hr )	計算値	許容値	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	33	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	36	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	425	-	34	140	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	32	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	425	-	56	194	$K_s = 1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	34	160	$K_t = 1.15$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	410	-	33	169	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	410	$1.30 \times 10$	31	275	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	410	-	56	235	$K_s = 1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	410	$1.30 \times 10$	34	321	$K_t = 1.17$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	329	$1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	B=1.0
		425	$5.81 \times 10^2$			
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	399	$5.13 \times 10^2$	0.04	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	399	-	33	284	$S_{mIV} = 2S_o/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	399	3.00	31	284	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	399	-	52	395	$K_s = 1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	3.00	34	332	$K_t = 1.17$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{ri} ) \leq B_R$	399	$1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	$B_R = 1.0$
		425	$5.81 \times 10^2$			
	$\Sigma ( t_j / t_{rbj} ) \leq 1.0$	399	$5.13 \times 10^2$	0.04	1.00	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	42	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	45	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	56	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 8.75 表 長期一次応力の判定

1 次冷却設備主要弁 弁箱(V3B)

評価項目	計算値 ( MPa )	判定値 ( MPa )	判定
$\langle P_L + P_b \rangle \leq S_{LP}$	33	56	長期一次応力が低い。
$S_{LP} = \text{Min}( S_{rH} , S_g/g ) \quad D_{C1} = 0.300 \quad S_g = 170 \text{ (MPa)}$ $S_{rH} = 116 \text{ (kMPa)} \quad g = 3.0$ $S_g/g = 56.9 \text{ (MPa)}$			

第 8.76 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次+二次応力の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V3B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mh}$ ( MPa )	$S_n \leq 3\overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s (3\overline{S_m})$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	備考
Sd	425	33 420	--	--	--	
	-					
1C 04-Sd	399	--	171 376	--	--	
C	40					
$S_{RH} = 116$ (MPa)		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2、1C 04-S2 の  $S_n^*$ 、 $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 8.77 表 Sd5 地震動 一次+二次応力の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V3B) (地震動 : Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mh}$ ( MPa )	$S_n \leq 3\overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s (3\overline{S_m})$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	備考
Sd	425	33 420	--	--	--	
	-					
1C 04-Sd	399	--	172 376	--	--	
C	40					
$S_{RH} = 116$ (MPa)		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2、1C 04-S2 の  $S_n^*$ 、 $S_n$  に Sd5 分を付加して評価

第 8.78 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V3B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 400 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 72 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度 ( $^\circ\text{C}$ )
1C 04-Sd 2A 03	425 399	82	154 235	S <sub>y</sub>	425 399
2A 03 3A 03	425 399	82	154 235	S <sub>y</sub>	425 399
1D 06 3A 03	399 399	79	151 237	S <sub>y</sub>	399 399
1C 04 1D 06	399 399	79	151 237	S <sub>y</sub>	399 399

※ 応力 P' に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 8.79 表 Sd5 地震動 Sa の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V3B) (地震動 : Sd5)

$$T_o = 400 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 73 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度 ( $^\circ\text{C}$ )
1C 04-Sd 2A 03	425 399	82	154 235	S <sub>y</sub>	425 399
2A 03 3A 03	425 399	82	154 235	S <sub>y</sub>	425 399
1D 06 3A 03	399 399	79	151 237	S <sub>y</sub>	399 399
1C 04 1D 06	399 399	79	151 237	S <sub>y</sub>	399 399

※ 応力 P' に Sd5 分を付加して評価

第 8.80 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱(V3B) (地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mt})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mt})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mt} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	36 1065	0.20	0.17	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 8.81 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱(V3B) (地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mt})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mt})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mt} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	38 1065	0.20	0.18	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価

第 8.82 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V3B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> ( MPa )			
2A 03-Sd 1C 04	425	1	143	7.858×10 <sup>-4</sup>	3.738×10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	4.524×10 <sup>-3</sup>	631	0.002	B
2A 03 3A 03	425	9	96	5.278×10 <sup>-4</sup>	3.738×10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	4.266×10 <sup>-3</sup>	867	0.010	B
2A 03 1C 04	425	34	111	6.105×10 <sup>-4</sup>	3.642×10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	4.252×10 <sup>-3</sup>	875	0.039	B
2A 04 1D 06	425	15	106	5.856×10 <sup>-4</sup>	3.513×10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	4.099×10 <sup>-3</sup>	965	0.016	B
2A 04 1A 05	425	131	96	5.276×10 <sup>-4</sup>	2.860×10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	3.388×10 <sup>-3</sup>	2082	0.063	B
1A 05 C	399	269	83	4.292×10 <sup>-4</sup>	5.665×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	4.875×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
1B 04 C	399	189	83	4.292×10 <sup>-4</sup>	5.737×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	4.866×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
K <sub>T</sub> = 1.00                      D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.131											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認ひずみサイクル 2A 03-S2 1C 04 の S<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 8.83 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V3B) (地震動 : Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> ( MPa )			
2A 03-Sd 1C 04	425	1	143	7.864×10 <sup>-4</sup>	3.738×10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	4.524×10 <sup>-3</sup>	631	0.002	B
2A 03 3A 03	425	9	96	5.278×10 <sup>-4</sup>	3.738×10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	4.266×10 <sup>-3</sup>	867	0.010	B
2A 03 1C 04	425	34	111	6.105×10 <sup>-4</sup>	3.642×10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	4.252×10 <sup>-3</sup>	875	0.039	B
2A 04 1D 06	425	15	106	5.856×10 <sup>-4</sup>	3.513×10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	4.099×10 <sup>-3</sup>	965	0.016	B
2A 04 1A 05	425	131	96	5.276×10 <sup>-4</sup>	2.860×10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	3.388×10 <sup>-3</sup>	2082	0.063	B
1A 05 C	399	269	83	4.292×10 <sup>-4</sup>	5.665×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	4.875×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
1B 04 C	399	189	83	4.292×10 <sup>-4</sup>	5.737×10 <sup>-5</sup>	1.00	1.00	4.866×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
$K_T = 1.00$ $D_f = \sum ( n_i / N_{di} ) = 0.131$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認ひずみサイクル 2A 03-S2 1C 04 の S<sub>n</sub>に Sd5 分を付加して評価



第 8.84 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V3B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\overline{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
3A 01-Sd C	156	431	0	0.0	0.0	$S_g = 170$ (MPa) $T=399$ (°C)
$D_{C2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.0$ ( $D_o^* = 0.0$ ) $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300$ ( $D_{C1} = 0.300$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\overline{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
2A 03-Sd 1C 04	$4.524 \times 10^{-3}$	$2.044 \times 10^{-3}$	1	$6.20 \times 10^{-4}$	$6.20 \times 10^{-4}$	$3\overline{S}_m/E$
2A 03 3A 03	$4.266 \times 10^{-3}$	$2.044 \times 10^{-3}$	9	$1.50 \times 10^{-4}$	$1.35 \times 10^{-3}$	$3\overline{S}_m/E$
2A 03 1C 04	$4.252 \times 10^{-3}$	$2.044 \times 10^{-3}$	34	$1.30 \times 10^{-4}$	$4.42 \times 10^{-3}$	$3\overline{S}_m/E$
2A 04 1D 06	$4.099 \times 10^{-3}$	$2.044 \times 10^{-3}$	15	$1.10 \times 10^{-4}$	$1.65 \times 10^{-3}$	$3\overline{S}_m/E$
2A 04 1A 05	$3.388 \times 10^{-3}$	$2.044 \times 10^{-3}$	131	$1.00 \times 10^{-4}$	$1.31 \times 10^{-2}$	$3\overline{S}_m/E$
1A 05 C	$4.875 \times 10^{-4}$	$2.376 \times 10^{-3}$	269	0.000	0.000	$3\overline{S}_m/E$
1B 04 C	$4.866 \times 10^{-4}$	$2.376 \times 10^{-3}$	189	0.000	0.000	$3\overline{S}_m/E$
$T= 399$ (°C) $D_{CP} = \sum (n_k D_k^{**}) = 0.022$						

(1) 備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 3A 01-S1 C の  $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価。

※ (2/2) のひずみサイクル 2A 04 1A 05 の  $D^{**}$  を既往の設工認評価で 0 としているが、ここでは 0.0001 とした。

第 8.85 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次冷却設備主要弁 弁箱(V3B)(地震動 : Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
3A 01-Sd C	156	431	0	0.0	0.0	$S_g = 170$ (MPa) $T=399$ (°C)
$D_{C2} = D_o^* + \Sigma ( D_i^* ) = 0.0$ ( $D_o^* = 0.0$ ) $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300$ ( $D_{C1} = 0.300$ )						

(1)  $n^* = \Sigma n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
2A 03-Sd 1C 04	$4.524 \times 10^{-3}$	$2.044 \times 10^{-3}$	1	$6.20 \times 10^{-4}$	$6.20 \times 10^{-4}$	$3\bar{S}_m/E$
2A 03 3A 03	$4.266 \times 10^{-3}$	$2.044 \times 10^{-3}$	9	$1.50 \times 10^{-4}$	$1.35 \times 10^{-3}$	$3\bar{S}_m/E$
2A 03 1C 04	$4.252 \times 10^{-3}$	$2.044 \times 10^{-3}$	34	$1.30 \times 10^{-4}$	$4.42 \times 10^{-3}$	$3\bar{S}_m/E$
2A 04 1D 06	$4.099 \times 10^{-3}$	$2.044 \times 10^{-3}$	15	$1.10 \times 10^{-4}$	$1.65 \times 10^{-3}$	$3\bar{S}_m/E$
2A 04 1A 05	$3.388 \times 10^{-3}$	$2.044 \times 10^{-3}$	131	$1.00 \times 10^{-4}$	$1.31 \times 10^{-2}$	$3\bar{S}_m/E$
1A 05 C	$4.875 \times 10^{-4}$	$2.376 \times 10^{-3}$	269	0.000	0.000	$3\bar{S}_m/E$
1B 04 C	$4.866 \times 10^{-4}$	$2.376 \times 10^{-3}$	189	0.000	0.000	$3\bar{S}_m/E$
$T= 399$ (°C) $D_{CP} = \Sigma (n_k D_k^{**}) = 0.022$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 3A 01-S1 C の  $S_n$  に Sd5 分を付加して評価。

※ (2/2) のひずみサイクル 2A 04 1A 05 の  $D^{**}$  を既往の設工認評価で 0 としているが、ここでは 0.0001 とした。

第 8.86 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V3B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

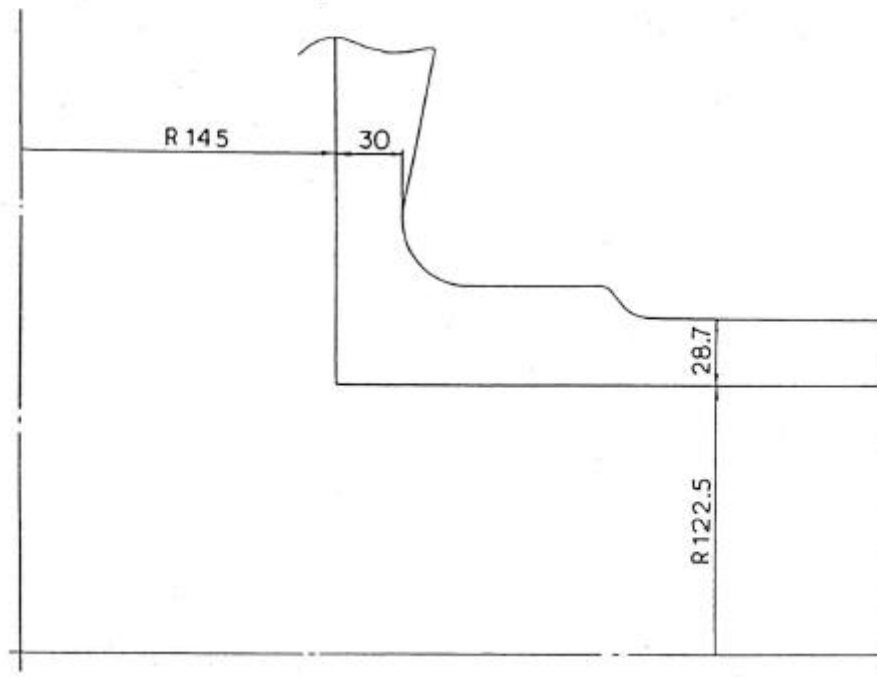
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.131	0.322	0.46	0.61
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.022$				

第 8.87 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V3B) (地震動 : Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.131	0.322	0.46	0.61
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.022$				

材 料
SFVA F22B



(単位：mm)

第 8.21 図 形状、寸法及び材料

## 8.8 ふたボルト(20MW 除熱用止め弁(V3B))

### 8.8.1 形状、寸法及び材料

ふたボルト(20MW 除熱用止め弁(V3B))の形状、寸法及び材料を第 8.22 図に示す。

### 8.8.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第 8.88 表から第 8.91 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-8 1 次冷却設備主要弁の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)を参照した。

### 8.8.3 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 8.23 図に示す。

### 8.8.4 応力評価

ふたボルト(20MW 除熱用止め弁(V3B))の応力評価結果を第 8.92 表から第 8.99 表に示す。各評価結果に示すようにすべて許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、累積クリープ損傷係数の制限に関しては、最高断面平均金属温度が、運転状態Ⅰ、Ⅱ及び試験状態において、「構造等の技術基準」付 1.6-(a)表の適用温度範囲に達することがないため評価の必要がない。

第 8.88 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	地震荷重	
	Ss地震	
	ボルト1本当たりの軸力 (N)	ボルト1本当たりのせん断力 (N)
設計条件	-	-
運転状態 I	14037	991
運転状態 II	14037	991
	14037	991
	14037	991
運転状態 III	14037	991
	14037	991
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-

第 8.89 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	地震荷重	
	Ss地震	
	ボルト1本当たりの軸力 (N)	ボルト1本当たりのせん断力 (N)
設計条件	-	-
運転状態 I	15478	1087
運転状態 II	15478	1087
	15478	1087
	15478	1087
運転状態 III	15478	1087
	15478	1087
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-

第 8.90 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	地震荷重	
	Sd地震	
	ボルト1本当たりの軸力 (N)	ボルト1本当たりのせん断力 (N)
設計条件	-	-
運転状態 I	10944	774
運転状態 II	10944	774
	10944	774
	10944	774
運転状態 III	10944	774
	10944	774
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-

第 8.91 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	地震荷重	
	Sd地震	
	ボルト1本当たりの軸力 (N)	ボルト1本当たりのせん断力 (N)
設計条件	-	-
運転状態 I	10215	718
運転状態 II	10215	718
	10215	718
	10215	718
運転状態 III	10215	718
	10215	718
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-

第 8.92 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 ボルト等の一次応力及び二次応力の制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V3B)

単位 (応力 : MPa)

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値	許容値	備考
設計条件	$\sigma_m \leq S_{OB}$	430	-	108	135	
運転状態 I、II、III、(T)	$\sigma_m \leq S_{mtB}$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_{mB}$	425	-	139	309	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_{mtB}$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq 3S_{mB}$	425	-	139	464	
運転状態 I、II、III(T)	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_{mtB}$	-	-	-	-	
	$\Sigma (t_i/t_{mi}) \leq B$	-	-	-	1.00	B= 1.0
	$\Sigma (t_j/t_{bj}) \leq 1.0$	-	-	-	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_u/3$	399	-	139	394	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq S_u$	399	-	139	591	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、IV、(T)	$\Sigma (t_i/t_{Ri}) \leq B_R$	-	-	-	1.00	B <sub>R</sub> = 1.0
	$\Sigma (t_j/t_{Rbj}) \leq 1.0$	-	-	-	1.00	
		-	-	-	-	

(1) (T) は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III において短期荷重による応力 (\*付応力) に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力 (\*付応力) に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価



第 8.93 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 ボルト等の一次応力及び二次応力の制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V3B)

単位 (応力 : MPa)

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値	許容値	備考
設計条件	$\sigma_m \leq S_{0B}$	430	-	108	135	
運転状態 I、II、III、(T)	$\sigma_m \leq S_{mtB}$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_{mB}$	425	-	138	309	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_{mtB}$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq 3S_{mB}$	425	-	138	464	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_{mtB}$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i/t_{mi}) \leq B$	-	-	-	1.00	B= 1.0
		-	-	-	1.00	
	$\Sigma (t_j/t_{bj}) \leq 1.0$	-	-	-	-	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_u/3$	399	-	142	394	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq S_u$	399	-	142	591	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、IV、(T)	$\Sigma (t_i/t_{Ri}) \leq B_R$	-	-	-	1.00	B <sub>R</sub> = 1.0
		-	-	-	1.00	
	$\Sigma (t_j/t_{Rbj}) \leq 1.0$	-	-	-	-	

(1) (T) は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III において短期荷重による応力 (\*付応力) に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力 (\*付応力) に Ss5 分を付加して評価

第 8.94 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V3B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 474 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_m + P_m^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 130 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	断面平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度 ( $^\circ\text{C}$ )
2A 03-Sd C	425 40	10	140 525	S <sub>y</sub>	425 40
2A 03 C	425 40	10	140 525	S <sub>y</sub>	425 40
2B 01 C	410 40	9	139 529	S <sub>y</sub>	410 40
3B 01 C	410 40	9	139 529	S <sub>y</sub>	410 40

※ 応力 P' に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 8.95 表 Sd5 地震動 Sa の制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V3B) (地震動 : Sd5)

$$T_o = 474 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_m + P_m^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 129 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	断面平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度 ( $^\circ\text{C}$ )
2A 03-Sd C	425 40	10	138 525	S <sub>y</sub>	425 40
2A 03 C	425 40	10	138 525	S <sub>y</sub>	425 40
2B 01 C	410 40	9	138 529	S <sub>y</sub>	410 40
3B 01 C	410 40	9	138 529	S <sub>y</sub>	410 40

※ 応力 P' に Sd5 分を付加して評価

第 8.96 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V3B) (地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_m + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 (°C)	$S_n^* \leq \beta_s (3S_{mH})$ (MPa)	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	37 1477	0.36	0.13	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 8.97 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V3B) (地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_m + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 (°C)	$S_n^* \leq \beta_s (3S_{mH})$ (MPa)	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	40 1477	0.36	0.14	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価

第 8.98 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V3B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

運 転 状 態	ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 (n)	S <sub>n</sub> (MPa)	S <sub>p</sub> (MPa)	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	N <sub>d</sub>	n/N <sub>d</sub>
運転状態 I、II 及び試験状態	2B 01-Sd C	410	1	83	83	-	42	471	1000000	0.000
	1A 05 C	399	400	56	56	-	28	477	1000000	0.000
	1B 02 C	399	189	56	56	-	28	477	1000000	0.000
	2A 03 C	425	190	57	57	-	29	463	1000000	0.000
	1C 01 C	399	35	56	56	-	28	477	1000000	0.000
	2C 01 C	100	30	53	53	-	26	567	1000000	0.000
	1D 06 C	399	15	56	56	-	28	477	1000000	0.000
	2B 01 C	410	9	58	58	-	29	471	1000000	0.000
	T C	100	10	69	69	-	35	567	1000000	0.000

累積疲れ損傷係数  $D_{f1} = 0.001 \leq 0.1$

地震荷重 Sd	Sd	425	200	31	31	-	16	463	1000000	0.001
---------	----	-----	-----	----	----	---	----	-----	---------	-------

累積疲れ損傷係数  $D_{f2} = 0.001 \leq 0.1$

累積疲れ損傷係数  $D_f = D_{f1} + D_{f2} = 0.002 \leq 0.1$

第 8.99 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の制限

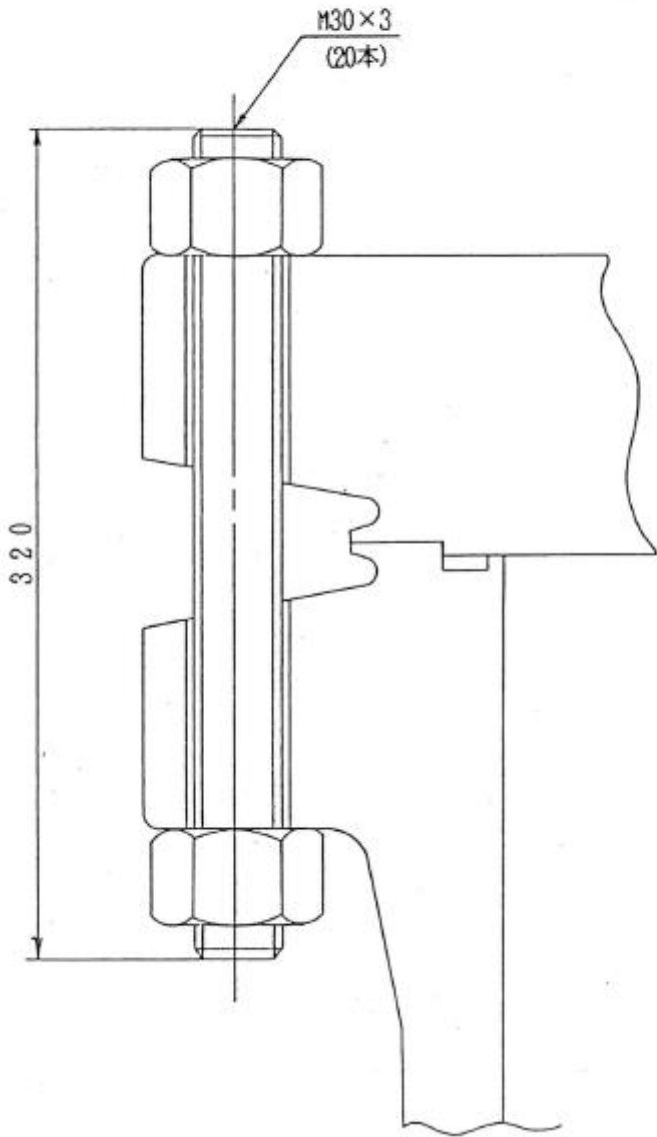
1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V3B) (地震動 : Sd5)

運 転 状 態	ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 (n)	S <sub>n</sub> (MPa)	S <sub>p</sub> (MPa)	K <sub>e</sub>	S <sub>e</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	N <sub>d</sub>	n/N <sub>d</sub>
運転状態 I、II 及び試験状態	2B 01-Sd C	410	1	82	82	-	41	471	1000000	0.000
	1A 05 C	399	400	56	56	-	28	477	1000000	0.000
	1B 02 C	399	189	56	56	-	28	477	1000000	0.000
	2A 03 C	425	190	57	57	-	29	463	1000000	0.000
	1C 01 C	399	35	56	56	-	28	477	1000000	0.000
	2C 01 C	100	30	53	53	-	26	567	1000000	0.000
	1D 06 C	399	15	56	56	-	28	477	1000000	0.000
	2B 01 C	410	9	58	58	-	29	471	1000000	0.000
T C	100	10	69	69	-	35	567	1000000	0.000	
累積疲れ損傷係数 $D_{f1} = 0.001 \leq 0.1$										
地震荷重 Sd	Sd	425	200	30	30	-	15	463	1000000	0.001

累積疲れ損傷係数  $D_{f2} = 0.001 \leq 0.1$

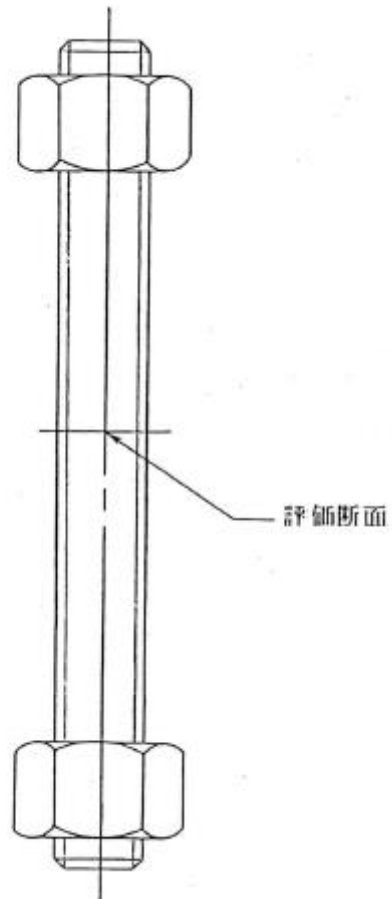
累積疲れ損傷係数  $D_f = D_{f1} + D_{f2} = 0.002 \leq 0.1$

材 料
SNB 16



(単位：mm)

第 8.22 図 形状、寸法及び材料



第 8.23 図 応力評価断面

## 8.9 弁箱(逆止弁(V4))

### 8.9.1 形状、寸法及び材料

弁箱(逆止弁(V4))の形状、寸法及び材料を第8.24図に示す。

### 8.9.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第8.100表から第8.103表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-8 1次冷却設備主要弁の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

### 8.9.3 応力評価

弁箱(逆止弁(V4))の応力評価結果を第8.104表から第8.118表に示す。各評価結果に示すようにすべて許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

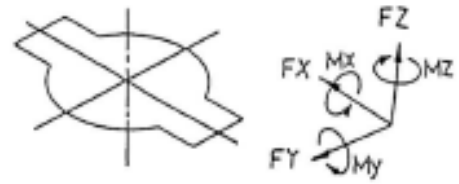
本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。



逆止弁 (V4)



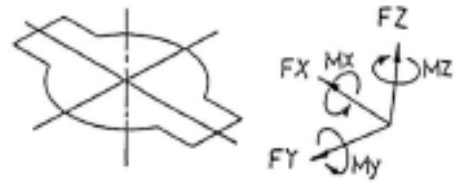
第 8.100 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Ss地震					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1021	1068	1831	581	1963	984
運転状態 II	1021	1068	1831	581	1963	984
	1021	1068	1831	581	1963	984
運転状態 III	1021	1068	1831	581	1963	984
	1021	1068	1831	581	1963	984
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 8.101 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Ss地震					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1289	1454	2669	841	2854	1394
運転状態 II	1289	1454	2669	841	2854	1394
	1289	1454	2669	841	2854	1394
運転状態 III	1289	1454	2669	841	2854	1394
	1289	1454	2669	841	2854	1394
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

逆止弁 (V 4)



第 8.102 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Sd地震					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	886	1005	1497	520	1654	895
運転状態 II	886	1005	1497	520	1654	895
	886	1005	1497	520	1654	895
運転状態 III	886	1005	1497	520	1654	895
	886	1005	1497	520	1654	895
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 8.103 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Sd地震					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1074	1136	2007	644	2220	1064
運転状態 II	1074	1136	2007	644	2220	1064
	1074	1136	2007	644	2220	1064
運転状態 III	1074	1136	2007	644	2220	1064
	1074	1136	2007	644	2220	1064
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 8.104 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V4)

単位 (応力 : MPa)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値	許容値	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	35	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	41	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	410	-	38	141	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	38	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	410	-	57	196	$K_s = 1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	39	159	$K_t = 1.14$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	430	-	38	166	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	430	$2.70 \times 10$	38	253	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	57	231	$K_s = 1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$2.70 \times 10$	38	294	$K_t = 1.16$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$  $\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	399	$1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	$B=1.0$
		399	$5.71 \times 10^2$	0.04	1.00	
		399	$5.13 \times 10^2$			
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	399	-	38	284	$S_{mIV} = 2S_u/3$ $K_s = 1.39$ $K_t = 1.17$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	399	3.00	38	284	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	399	-	53	395	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	3.00	39	332	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$  $\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	399	$1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	$B_R=1.0$
		399	$5.71 \times 10^2$	0.04	1.00	
		399	$5.13 \times 10^2$			
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	50	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	44	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	56	361	

(1) (T) は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 8.105 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V4)

単位 (応力 : MPa)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値	許容値	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	35	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	41	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	410	-	38	141	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	38	140	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	410	-	61	196	$K_s = 1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	399	$1.05 \times 10^5$	39	159	$K_t = 1.14$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	430	-	38	166	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	430	$2.70 \times 10$	38	253	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	61	231	$K_s = 1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$2.70 \times 10$	38	294	$K_t = 1.16$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	399	$1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	$B=1.0$
		399	$5.71 \times 10^2$		1.00	
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	399	$5.13 \times 10^2$			
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	399	-	38	284	$S_{mIV} = 2S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	399	3.00	38	284	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	399	-	60	395	$K_s = 1.39$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	399	3.00	39	332	$K_t = 1.17$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	399	$1.05 \times 10^5$	0.04	1.00	$B_R=1.0$
		399	$5.71 \times 10^2$		1.00	
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	399	$5.13 \times 10^2$			
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	50	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	44	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	60	361	

(1) (T) は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 8.106 表 長期一次応力の判定

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V4)

評価項目	計算値 ( MPa )	判定値 ( MPa )	判定
$\langle P_L + P_b \rangle \leq S_{LP}$	38	56	長期一次応力が低い。
$S_{LP} = \text{Min}( S_{rH} , S_g/g )$ $D_{C1} = 0.300$ $S_g = 170$ (MPa) $S_{rH} = 116$ (MPa) $g = 3.0$ $S_g/g = 56.9$ (MPa)			

第 8.107 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次+二次応力の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱(V4) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3\overline{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s (3\overline{S}_m)$ ( MPa )	$S_n' \leq 3\overline{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	430	26 417	- -	- -	- -	
	-					
3A 04-Sd	430	- -	110 376	- -	- -	
C	40					
$S_{RH} = 116 \text{ (MPa)}$		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2、3A 04-S2 の  $S_n^*$ 、 $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 8.108 表 Sd5 地震動 一次+二次応力の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱(V4) (地震動 : Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3\overline{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s (3\overline{S}_m)$ ( MPa )	$S_n' \leq 3\overline{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	430	30 417	- -	- -	- -	
	-					
3A 04-Sd	430	- -	114 376	- -	- -	
C	40					
$S_{RH} = 116 \text{ (MPa)}$		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2、3A 04-S2 の  $S_n^*$ 、 $S_n$  に Sd5 分を付加して評価

第 8.109 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱(V4) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 400 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 73 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
3A 04-Sd C	430 40	44	117 272	S <sub>y</sub>	430 40
1C 04 C	399 40	43	115 275	S <sub>y</sub>	399 40
1D 03 C	399 40	42	115 275	S <sub>y</sub>	399 40
2C 01 C	399 40	33	106 275	S <sub>y</sub>	399 40

※ 応力 P' に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 8.110 表 Sd5 地震動 Sa の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱(V4) (地震動 : Sd5)

$$T_o = 400 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 77 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
3A 04-Sd C	430 40	44	121 272	S <sub>y</sub>	430 40
1C 04 C	399 40	43	119 275	S <sub>y</sub>	399 40
1D 03 C	399 40	42	118 275	S <sub>y</sub>	399 40
2C 01 C	399 40	33	110 275	S <sub>y</sub>	399 40

※ 応力 P' に Sd5 分を付加して評価

第 8.111 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱(V4) (地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	28 1065	0.3	0.13	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 8.112 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱(V4) (地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	34 1065	0.3	0.16	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価



第 8.113 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次冷却設備主要弁 弁箱(V4) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> (MPa)	—	K <sub>e</sub>	S <sub>θ</sub> (MPa)			
3A 04-Sd 1C 04	430	1	85	4.693×10 <sup>-4</sup>	1.314×10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	1.783×10 <sup>-3</sup>	27967	0.000	B
3A 04 1C 04	430	8	61	3.333×10 <sup>-4</sup>	1.314×10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	1.647×10 <sup>-3</sup>	38880	0.000	B
1C 04 1D 03	399	6	58	3.173×10 <sup>-4</sup>	1.182×10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	1.500×10 <sup>-3</sup>	72730	0.000	B
1D 03 2A 02	399	9	47	2.587×10 <sup>-4</sup>	6.607×10 <sup>-4</sup>	1.00	1.00	9.194×10 <sup>-4</sup>	537090	0.000	B
1A 05 2A 02	399	181	36	1.924×10 <sup>-4</sup>	1.272×10 <sup>-4</sup>	1.00	1.00	3.215×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
1A 05 C	399	219	77	4.190×10 <sup>-4</sup>	1.263×10 <sup>-4</sup>	1.00	1.00	5.453×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
1B 04 C	399	189	77	4.190×10 <sup>-4</sup>	1.376×10 <sup>-4</sup>	1.00	1.00	1.566×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
K <sub>T</sub> = 1.00                      D <sub>F</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.001											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>θ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価負荷サイクル 3A 04-S2 1C 04 の 応力に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 8.114 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

1 次冷却設備主要弁 弁箱(V4) (地震動 : Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>θ</sub> ( MPa )			
3A 04-Sd 1C 04	430	1	89	4.904×10 <sup>-4</sup>	1.314×10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	1.804×10 <sup>-3</sup>	26690	0.000	B
3A 04 1C 04	430	8	61	3.333×10 <sup>-4</sup>	1.314×10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	1.647×10 <sup>-3</sup>	38880	0.000	B
1C 04 1D 03	399	6	58	3.173×10 <sup>-4</sup>	1.182×10 <sup>-3</sup>	1.00	1.00	1.500×10 <sup>-3</sup>	72730	0.000	B
1D 03 2A 02	399	9	47	2.587×10 <sup>-4</sup>	6.607×10 <sup>-4</sup>	1.00	1.00	9.194×10 <sup>-4</sup>	537090	0.000	B
1A 05 2A 02	399	181	36	1.924×10 <sup>-4</sup>	1.272×10 <sup>-4</sup>	1.00	1.00	3.215×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	B
1A 05 C	399	219	77	4.190×10 <sup>-4</sup>	1.263×10 <sup>-4</sup>	1.00	1.00	5.453×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
1B 04 C	399	189	77	4.190×10 <sup>-4</sup>	1.376×10 <sup>-4</sup>	1.00	1.00	1.566×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
K <sub>T</sub> = 1.00                      D <sub>F</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.001											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>θ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価負荷サイクル 3A 04-S2 1C 04 の 応力に Sd5 分を付加して評価

第 8.115 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次冷却設備主要弁 弁箱(V4) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
3A 04-Sd 1C 04	85	364	0	0.0	0.0	$S_g = 170$ (MPa) $T = 399$ (°C)
$D_{C2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.0$ ( $D_o^* = 0.0$ ) $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300$ ( $D_{C1} = 0.300$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
3A 04-Sd 1C 04	$1.783 \times 10^{-3}$	$2.025 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
$T = 399$ (°C) $D_{CP} = \sum ( n_k D_k^{**} ) = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 3A 04-S2 1C 04 の  $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価。

第 8.116 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

1 次冷却設備主要弁 弁箱(V4) (地震動 : Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
3A 04-Sd 1C 04	89	364	0	0.0	0.0	$S_g = 170$ (MPa) $T = 399$ (°C)
$D_{C2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.0$ ( $D_o^* = 0.0$ ) $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.300$ ( $D_{C1} = 0.300$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
3A 04-Sd 1C 04	$1.804 \times 10^{-3}$	$2.025 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
$T = 399$ (°C) $D_{CP} = \sum ( n_k D_k^{**} ) = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 3A 04-S2 1C 04 の  $S_n$  に Sd5 分を付加して評価。

第 8.117 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V4) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.301	0.31	0.60
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.001$				

※  $D_{CP}$  は、既往の設工認と同様に  $D_{CP} = 0.001$  として評価する。

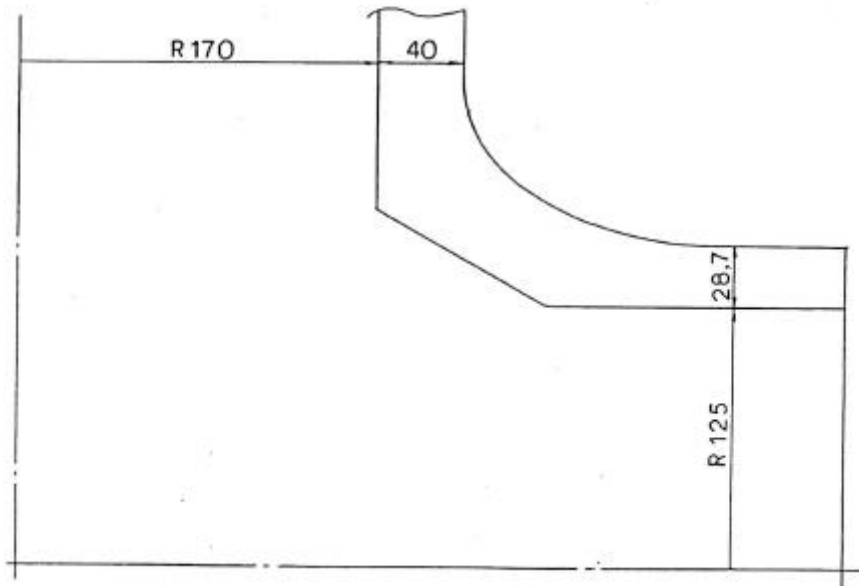
第 8.118 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

1 次冷却設備主要弁 弁箱 (V4) (地震動 : Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.001	0.301	0.31	0.60
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.300$ $D_{CP} = 0.001$				

※  $D_{CP}$  は、既往の設工認と同様に  $D_{CP} = 0.001$  として評価する。

材 料
SFVA F22B



(単位 : mm)

第 8.24 図 形状、寸法及び材料

## 8.10 ふたボルト(逆止弁(V4))

### 8.10.1 形状、寸法及び材料

ふたボルト(逆止弁(V4))の形状、寸法及び材料を第 8.25 図に示す。

### 8.10.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第 8.119 表から第 8.122 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-8 1 次冷却設備主要弁の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)を参照した。

### 8.10.3 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 8.26 図に示す。

### 8.10.4 応力評価

ふたボルト(逆止弁(V4))の応力評価結果を第 8.123 表から第 8.130 表に示す。各評価結果に示すようにすべて許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、累積クリープ損傷係数の制限に関しては、最高断面平均金属温度が、運転状態Ⅰ、Ⅱ及び試験状態において、「構造等の技術基準」付 1.6-(a)表の適用温度範囲に達することがないため評価の必要がない。

第 8.119 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	地震荷重	
	Ss地震	
	ボルト1本当たりの軸力 (N)	ボルト1本当たりのせん断力 (N)
設計条件	-	-
運転状態 I	1258	232
運転状態 II	1258	232
	1258	232
	1258	232
運転状態 III	1258	232
	1258	232
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-

第 8.120 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	地震荷重	
	Ss地震	
	ボルト1本当たりの軸力 (N)	ボルト1本当たりのせん断力 (N)
設計条件	-	-
運転状態 I	1666	306
運転状態 II	1666	306
	1666	306
	1666	306
運転状態 III	1666	306
	1666	306
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-



第 8. 121 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	地震荷重	
	Sd地震	
	ボルト1本当たりの軸力 (N)	ボルト1本当たりのせん断力 (N)
設計条件	-	-
運転状態 I	1121	211
運転状態 II	1121	211
	1121	211
	1121	211
運転状態 III	1121	211
	1121	211
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-

第 8. 122 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	地震荷重	
	Sd地震	
	ボルト1本当たりの軸力 (N)	ボルト1本当たりのせん断力 (N)
設計条件	-	-
運転状態 I	1335	248
運転状態 II	1335	248
	1335	248
	1335	248
運転状態 III	1335	248
	1335	248
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-

第8.123表 Ss1-4\_SsD地震動及びSd1-4\_SdD地震動 ボルト等の一次応力及び二次応力の制限

1次冷却設備主要弁 ふたボルト(V4B)

単位 (応力: MPa)

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値	許容値	備考
設計条件	$\sigma_m \leq S_{0B}$	430	-	116	135	
運転状態 I、II、III、 (T)	$\sigma_m \leq S_{mtB}$	430	2.70×10	109	152	
	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_{mB}$	430	-	122	305	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_{mtB}$	430	2.70×10	116	305	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq 3S_{mB}$	430	-	122	458	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_{mtB}$	430	2.70×10	116	372	$K_t=1.22$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i/t_{mi}) \leq B$	430	2.70×10	0.00	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma (t_j/t_{bj}) \leq 1.0$	-	-	0.00	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_u/3$	399	-	122	394	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq S_u$	399	-	122	591	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、 IV、(T)	$\Sigma (t_i/t_{Ri}) \leq B_R$	430	2.70×10	0.00	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma (t_j/t_{Rbj}) \leq 1.0$	-	-	0.00	1.00	

(1) (T) は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)にSd1-4\_SdD分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)にSs1-4\_SsD分を付加して評価

第 8.124 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 ボルト等の一次応力及び二次応力の制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V4B)

単位 (応力 : MPa)

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値	許容値	備考
設計条件	$\sigma_m \leq S_{0B}$	430	-	116	135	
運転状態 I、II、III、 (T)	$\sigma_m \leq S_{mtB}$	430	$2.70 \times 10$	109	152	
	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_{mB}$	430	-	123	305	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_{mtB}$	430	$2.70 \times 10$	116	305	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq 3S_{mB}$	430	-	123	458	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_{mtB}$	430	$2.70 \times 10$	116	372	$K_t = 1.22$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	430	$2.70 \times 10$	0.00	1.00	$B = 1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	-	-	0.00	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_u / 3$	399	-	122	394	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_R / 3$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq S_u$	399	-	122	591	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_R / 3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、 IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	430	$2.70 \times 10$	0.00	1.00	$B_R = 1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	-	-	0.00	1.00	

(1) (T) は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 8.125 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V4B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$T_o = 474$  (°C)

$P' = \langle P_m + P_m^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 116$  (MPa)

$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$

負荷サイクル	断面平均金属温度 (°C)	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度 (°C)
3A 04-Sd C	430 40	7	122 523	S <sub>y</sub>	430 40
3A 04 C	430 40	7	122 523	S <sub>y</sub>	430 40
2B 01 C	410 40	6	122 529	S <sub>y</sub>	410 40
3B 01 C	410 40	6	122 529	S <sub>y</sub>	410 40

※ 応力 P' に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 8.126 表 Sd5 地震動 Sa の制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V4B) (地震動 : Sd5)

$T_o = 474$  (°C)

$P' = \langle P_m + P_m^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 116$  (MPa)

$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$

負荷サイクル	断面平均金属温度 (°C)	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度 (°C)
3A 04-Sd C	430 40	7	122 523	S <sub>y</sub>	430 40
3A 04 C	430 40	7	122 523	S <sub>y</sub>	430 40
2B 01 C	410 40	6	122 529	S <sub>y</sub>	410 40
3B 01 C	410 40	6	122 529	S <sub>y</sub>	410 40

※ 応力 P' に Sd5 分を付加して評価

第 8.127 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V4B) (地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_m + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 (°C)	$S_n^* \leq \beta_s (3S_{mH})$ (MPa)	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	4 1477	0.38	0.02	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 8.128 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V4B) (地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_m + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 (°C)	$S_n^* \leq \beta_s (3S_{mH})$ (MPa)	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	399	5 1477	0.38	0.02	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価

第 8.129 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V4B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

運 転 状 態	ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 (n)	S <sub>n</sub> (MPa)	S <sub>p</sub> (MPa)	K <sub>e</sub>	S <sub>e</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	N <sub>d</sub>	n/N <sub>d</sub>
運転状態 I、II 及び試験状態	2B 01-Sd C	410	1	49	49	-	25	471	1000000	0.000
	1A 05 C	399	400	45	45	-	23	477	1000000	0.000
	1B 02 C	399	189	45	45	-	23	477	1000000	0.000
	2A 01 C	399	190	45	45	-	23	477	1000000	0.000
	1C 02 C	399	15	45	45	-	23	477	1000000	0.000
	2C 01 C	100	30	43	43	-	22	567	1000000	0.000
	1D 03 C	399	15	45	45	-	23	477	1000000	0.000
	2B 01 C	410	9	46	46	-	23	471	1000000	0.000
	T C	100	10	57	57	-	29	567	1000000	0.000

累積疲れ損傷係数  $D_{f1} = 0.001 \leq 0.1$

地震荷重 Sd	Sd	410	200	5	5	-	3	471	1000000	0.001
---------	----	-----	-----	---	---	---	---	-----	---------	-------

累積疲れ損傷係数  $D_{f2} = 0.001 \leq 0.1$

累積疲れ損傷係数  $D_f = D_{f1} + D_{f2} = 0.002 \leq 0.1$

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 2B 01-S2 C、地震荷重 S1 の S<sub>n</sub> に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価。

第 8.130 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の制限

1 次冷却設備主要弁 ふたボルト (V4B) (地震動 : Sd5)

運 転 状 態	ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 (n)	$S_n$ (MPa)	$S_p$ (MPa)	$K_e$	$S_e$ (MPa)	$S_y$ (MPa)	$N_d$	$n/N_d$
運転状態 I、II 及び試験状態	2B 01-Sd C	410	1	49	49	-	25	471	1000000	0.000
	1A 05 C	399	400	45	45	-	23	477	1000000	0.000
	1B 02 C	399	189	45	45	-	23	477	1000000	0.000
	2A 01 C	399	190	45	45	-	23	477	1000000	0.000
	1C 02 C	399	15	45	45	-	23	477	1000000	0.000
	2C 01 C	100	30	43	43	-	22	567	1000000	0.000
	1D 03 C	399	15	45	45	-	23	477	1000000	0.000
	2B 01 C	410	9	46	46	-	23	471	1000000	0.000
	T C	100	10	57	57	-	29	567	1000000	0.000

累積疲れ損傷係数  $D_{f1} = 0.001 \leq 0.1$

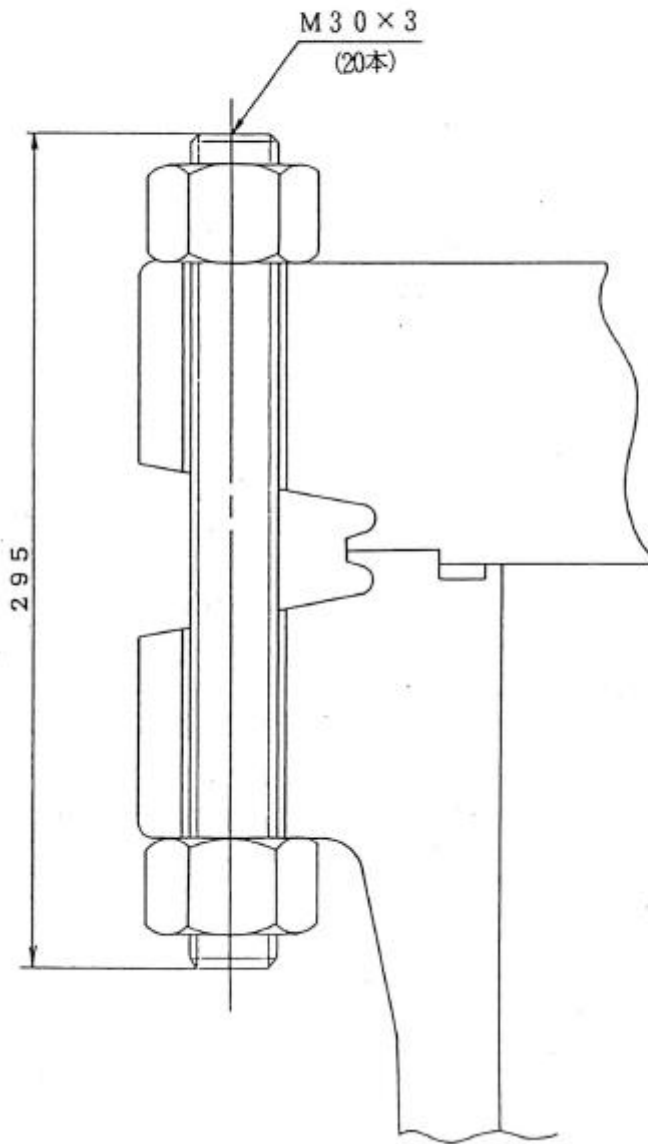
地震荷重 Sd	Sd	410	200	5	5	-	3	471	1000000	0.001
---------	----	-----	-----	---	---	---	---	-----	---------	-------

累積疲れ損傷係数  $D_{f2} = 0.001 \leq 0.1$

累積疲れ損傷係数  $D_f = D_{f1} + D_{f2} = 0.002 \leq 0.1$

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 2B 01-S2 C、地震荷重 S1 の  $S_n$  に Sd5 分を付加して評価。

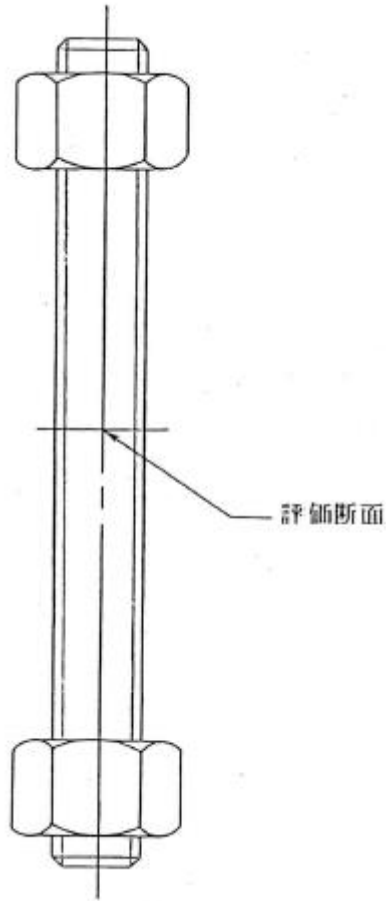
材 料
SNB 16



(単位 : mm)

第 8.25 図 形状、寸法及び材料

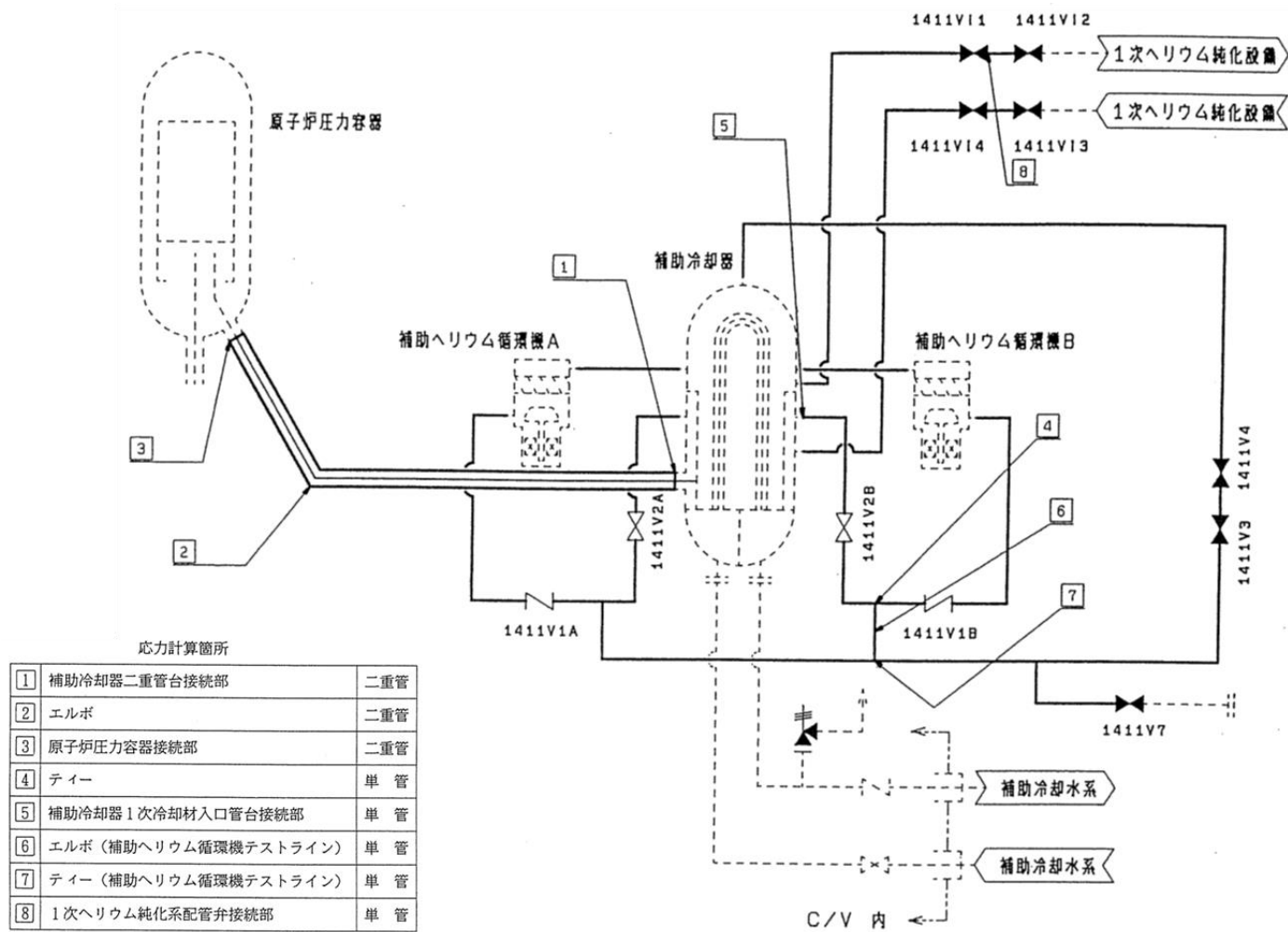




第 8.26 図 応力評価断面

## 9. 補助ヘリウム配管

本評価は、補助ヘリウム配管の耐震健全性を確認するものである。補助ヘリウム配管の耐震評価は、「Ⅲ-イ-3 高温ガス炉第1種管の強度計算書作成の基本方針」（設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)及び「Ⅳ-イ-14 補助ヘリウム(二重管)及び補助ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」（設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)に基づいて実施する。評価箇所を第9.1図に示す。



第9.1図 評価箇所

添1-4-4-821

## 9.1 解析条件

- (1) 床応答スペクトルは、原子炉建家の内部コンクリート構造物の E. L. 12.0m から E. L. 31.89m 及び原子炉格納容器の E. L. 14.5m から E. L. 20.65m における加速度床応答スペクトル及び原子炉本体モデルで得られた原子炉压力容器ノズル部の加速度床応答スペクトル(いずれも減衰定数 1%、10% 拡幅したもの)を包絡した床応答スペクトルを用いる。
- (2) 添付書類 1-4-2. の原子炉本体モデルで算出した原子炉压力容器ノズル部とスカート固定点の変位を強制変位として入力する。
- (3) 解析コードは、「FINAS(伊藤忠テクノソリューションズ株式会社)」を用いた。
- (4) 床応答スペクトルを用いた動的解析及び強制変位を用いた静的解析から得られた機械的荷重を用いて、評価箇所の応力評価を実施する。

### 9.1.1 応答スペクトル解析

原子炉压力容器ノズル部と原子炉建家の床応答スペクトルを EW、NS 及び UD それぞれ方向別に包絡した。さらに、Ss-1 から Ss-4 と Ss-D 及び Sd-1 から Sd-4 と Sd-D は、包絡し Ss1-4\_SsD 及び Sd1-4\_SdD とした。

### 9.1.2 変位解析

補助ヘリウム配管と原子炉压力容器との接続節点と内部コンクリートとの最大相対変位を原子炉本体モデルから得て、最大相対変位量を強制変位として入力し、静的解析を実施した。また、原子炉格納容器の貫通部と内部コンクリートの最大相対変位量を強制変位として入力し、静的解析を実施した。

原子炉压力容器ノズル部の内部コンクリートの最大相対変位を用いて解析では、水平方向は x, y の二方向独立で考慮し、解析ケースとして X+Z、X-Z、Y+Z、Y-Z の 4 ケースとした。応力評価では最も評価が厳しくなるケースを選択した。原子炉压力容器の接続点に入力した変位量を第 9.1 表から第 9.4 表に示す。

原子炉格納容器と内部コンクリートの最大相対変位を用いた解析では、ケース I で上下方向を正負両方向とした 2 ケース、ケース I で接線方向変位を負方向とし、上下方向を正負両方向とした 2 ケース、ケース II で上下方向を正負両方向とした 2 ケースの計 6 ケースを行った。応力評価では最も評価が厳しくなるケースを選択した。格納容器貫通部に入力した変位量を第 9.5 表から第 9.8 表に示す。

### 9.1.3 解析モデル及び諸元

解析モデルを第 9.2 図及び第 9.3 図に示す。諸元を第 9.9 表から第 9.15 表に示す。

第 9.1 表 Ss1-4\_SsD 地震動 原子炉压力容器接続点地震応答変位量

地震動	加振方向	節点番号	変位 (mm)		
			X	Y	Z
Ss1-4_SsD	X	3	0.4	0.0	0.1
		137	0.4	0.0	0.1
	Y	3	0.0	0.4	0.1
		137	0.0	0.4	0.1

第 9.2 表 Ss5 地震動 原子炉压力容器接続点地震応答変位量

地震動	加振方向	節点番号	変位 (mm)		
			X	Y	Z
Ss5	X	3	0.2	0.0	0.1
		137	0.2	0.0	0.1
	Y	3	0.0	0.3	0.1
		137	0.0	0.3	0.1

第 9.3 表 Sd1-4\_SdD 地震動 原子炉压力容器接続点地震応答変位量

地震動	加振方向	節点番号	変位 (mm)		
			X	Y	Z
Sd1-4_SdD	X	3	0.2	0.0	0.1
		137	0.2	0.0	0.1
	Y	3	0.0	0.3	0.1
		137	0.0	0.3	0.1

第 9.4 表 Sd5 地震動 原子炉压力容器接続点地震応答変位量

地震動	加振方向	節点番号	変位 (mm)		
			X	Y	Z
Sd5	X	3	0.1	0.0	0.1
		137	0.1	0.0	0.1
	Y	3	0.0	0.2	0.1
		137	0.0	0.2	0.1

第 9.5 表 Ss1-4\_SsD 地震動 格納容器貫通部地震応答変位量

ケース	変位量 (mm)		
	法線方向	接線方向	上下方向
I	4.8	1.0	0.2
II	5.8	0.0	0.2

第 9.6 表 Ss5 地震動 格納容器貫通部地震応答変位量

ケース	変位量 (mm)		
	法線方向	接線方向	上下方向
I	3.0	0.8	0.2
II	3.8	0.0	0.2

第 9.7 表 Sd1-4\_SdD 地震動 格納容器貫通部地震応答変位量

ケース	変位量 (mm)		
	法線方向	接線方向	上下方向
I	3.3	0.6	0.1
II	3.9	0.0	0.1

第 9.8 表 Sd5 地震動 格納容器貫通部地震応答変位量

ケース	変位量 (mm)		
	法線方向	接線方向	上下方向
I	1.8	0.4	0.1
II	2.2	0.0	0.1

第 9.9 表 解析モデル諸元(補助冷却器、補助ヘリウム循環機)

対象部位		節点番号	質量 (kg)	部材長 (mm)	断面二次モーメント (mm <sup>4</sup> )	断面積 (mm <sup>2</sup> )
補助冷却器	外胴	21	688			
		22	1626	660.00	1.125×10 <sup>10</sup>	102810
		23	1250	900.00	1.125×10 <sup>10</sup>	102810
		234	2084	300.00	1.662×10 <sup>10</sup>	117100
		24	2709	1700.00	1.662×10 <sup>10</sup>	117100
		25	1287	900.00	1.125×10 <sup>10</sup>	102810
	水室	26	854	335.00	1.125×10 <sup>10</sup>	102810
		27	505	485.00	1.125×10 <sup>10</sup>	102810
補助ヘリウム循環機A	36	789				
			700.00	1.154×10 <sup>9</sup>	39660	
	37	348	950.00	1.154×10 <sup>9</sup>	39660	
	38	673	962.00	4.900×10 <sup>7</sup>	7230	
	39	146				
補助ヘリウム循環機B	46	789				
			700.00	1.154×10 <sup>9</sup>	39660	
	47	348	950.00	1.154×10 <sup>9</sup>	39660	
	48	673	962.00	4.900×10 <sup>7</sup>	7230	
	49	146				



第 9.10 表 解析モデル諸元(配管仕様)

節点	外径 (mm)	肉厚 (mm)	曲がり半径 (mm)	管質量 (kg/m)	備考
128~137	508.0	28.0	762.0	371	二重管外管
31~34 41~44	355.6	19.0	-	188	単管 14B
51~87 90~125	165.2	11.0	228.6	55	
138~200 200~172 160~241	114.3	8.6	152.4	26	補助ヘリウム循環機テストライン
6~17	381.0	12.0	762.0 571.5	144	二重管内管
5~6	349.8	11.1	-	116	二重管内管 ※外径、肉厚、管質量は2~5と 6~17の中間値とする。
1~2 2~5	318.5	10.3	-	88	二重管内管 ※1~2と2~5とで材質は異なる。
441~201 201~217	101.6	5.7	133.4	24	補助冷却水配管
218~223 501~530	101.6	5.7	133.4	26	補助冷却水配管
223~501	101.6	8.1	-	31	補助冷却水配管
241~250 250~433	60.5	5.5	76.2	9	補助ヘリウム循環機テストライン
312~342	48.6	5.1	57.2	7	1次ヘリウム純化系配管
343~379	48.6	5.1	57.2	9	1次ヘリウム純化系配管
224~226	76.3	7.0	-	23	
228~231	76.3	7.0	95.3	11	

第 9.11 表 解析モデル諸元 (弁関係)

対象部位	節点番号	質量 (kg)	部材長 (mm)	断面二次モーメント (mm <sup>4</sup> )	断面積 (mm <sup>2</sup> )	
補助ヘリウム循環機 出口逆止弁 1411V1A	62	8				
			222.00	$2.714 \times 10^7$	8492	
	63	48				
			222.00	$2.714 \times 10^7$	8492	
	65	8				
	63					
			285.00	$3.042 \times 10^7$	9491	
	64	40				
	計	104	-	-	-	
補助ヘリウム循環機 出口逆止弁 1411V1B	101	8				
			222.00	$2.714 \times 10^7$	8492	
	102	48				
			222.00	$2.714 \times 10^7$	8492	
	104	8				
	102					
			285.00	$3.042 \times 10^7$	9491	
	103	40				
	計	104	-	-	-	
補助冷却器 ヘリウム戻し弁 1411V2A	73	51				
			300.00	$8.377 \times 10^7$	13334	
	74	307				
			300.00	$8.377 \times 10^7$	13334	
	77	51				
	74					
				650.00	$3.233 \times 10^7$	5909
	75	235				
			380.00	※ $1.919 \times 10^8$ $2.560 \times 10^6$	10200	
235	174					
			736.00	$1.154 \times 10^9$	39657	
	計	980	-	-	-	
補助冷却器 ヘリウム戻し弁 1411V2B	111	51				
			300.00	$8.377 \times 10^7$	13334	
	112	307				
			300.00	$8.377 \times 10^7$	13334	
	115	51				
	112					
				650.00	$3.233 \times 10^7$	5909
	113	235				
			380.00	※ $1.919 \times 10^8$ $2.560 \times 10^6$	10200	
236	174					
			736.00	$1.154 \times 10^9$	39657	
	114	162				
	計	980	-	-	-	

※ 配管軸、軸直方向のヨーク部の値を示す。

第 9.12 表 解析モデル諸元 (縦弾性係数)

機器	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
二重管外管	$1.80 \times 10^5$	0.30
二重管内管	$1.79 \times 10^5$	0.30
単管 14B	$1.87 \times 10^5$	0.30
単管 14B 以外	$1.83 \times 10^5$	0.30
1 次ヘリウム純化系配管	$1.89 \times 10^5$	0.30
補助冷却器 外胴	$1.80 \times 10^5$	0.30
補助冷却器 水室	$2.00 \times 10^5$	0.30
補助ヘリウム循環機	$1.87 \times 10^5$	0.30
補助冷却器入口	$1.90 \times 10^5$	0.30
補助冷却器出口	$1.88 \times 10^5$	0.30
弁	$1.80 \times 10^5$	0.30

第 9.13 表 解析モデル諸元 (ノズル剛性等)

機器	名称	節点番号	K <sub>x</sub>	K <sub>y</sub>	K <sub>z</sub>	K <sub>θ<sub>x</sub></sub>	K <sub>θ<sub>y</sub></sub>	K <sub>θ<sub>z</sub></sub>
			(N/mm)			(N・mm/rad)		
原子炉容器	二重管外管ノズル	137	$4.756 \times 10^7$	$2.187 \times 10^7$	$2.187 \times 10^7$	$1.540 \times 10^{14}$	$1.295 \times 10^{14}$	$1.295 \times 10^{14}$
	二重管内管ノズル	3	∞	∞	∞	∞	∞	∞
補助冷却器	二重管(外管)	128	∞	∞	∞	∞	∞	∞
	二重管(内管)	17	∞	∞	∞	∞	∞	∞
	1次冷却材出口	31, 41	$1.608 \times 10^6$	∞	∞	∞	$1.236 \times 10^{11}$	$5.482 \times 10^{10}$
	1次冷却材戻り	89, 127	$4.658 \times 10^5$	∞	∞	∞	$2.775 \times 10^{10}$	$1.422 \times 10^{10}$
	テスト管台	172	$6.992 \times 10^5$	∞	∞	∞	$1.677 \times 10^{10}$	$1.098 \times 10^{10}$
	加圧水 入口、出口	217, 218	$3.501 \times 10^6$	$4.197 \times 10^6$	$4.197 \times 10^6$	$6.806 \times 10^8$	$4.393 \times 10^{10}$	$4.393 \times 10^{10}$
	純化系供給管台	311	$4.913 \times 10^5$	∞	∞	∞	$5.511 \times 10^9$	$5.178 \times 10^9$
	純化系戻り管台	379	$2.530 \times 10^5$	∞	∞	∞	$5.031 \times 10^9$	$4.952 \times 10^9$
補助ヘリウム循環機	ヘリウムガス入口	34, 44	∞	∞	∞	∞	∞	∞
	ヘリウムガス出口	51, 90	$1.491 \times 10^5$	∞	∞	∞	$2.530 \times 10^{10}$	$1.285 \times 10^{10}$
格納容器	格納容器貫通部	441, 530	$3.344 \times 10^4$	$2.736 \times 10^4$	$1.491 \times 10^5$	∞	$6.296 \times 10^{10}$	$1.157 \times 10^{10}$

第 9.14 表 解析諸元 (補助ヘリウム循環機テストラインの弁) (1/2)

対象部位	節点番号	質量 (kg)	部材長 (mm)	断面二次モーメント (mm <sup>4</sup> )	断面積 (mm <sup>2</sup> )
補助ヘリウム循環 機弁 1411V3	166	26			
			240.00	$4.708 \times 10^7$	10001
	167	158			
			240.00	$4.708 \times 10^7$	10001
	170	26			
	167				
			650.00	$1.817 \times 10^7$	4432
	168	175			
		223.00	※ $1.078 \times 10^8$ $1.439 \times 10^6$	7650	
232	130				
		797.00	$6.486 \times 10^8$	29743	
	169	120			
	計	635	-	-	-
補助ヘリウム循環 機弁 1411V4	188	26			
			240.00	$4.708 \times 10^7$	10001
	189	158			
			240.00	$4.708 \times 10^7$	10001
	192	26			
	189				
			650.00	$1.817 \times 10^7$	4432
	190	175			
		223.00	※ $1.078 \times 10^8$ $1.439 \times 10^6$	7650	
233	130				
		797.00	$6.486 \times 10^8$	29743	
	191	120			
	計	635	-	-	-

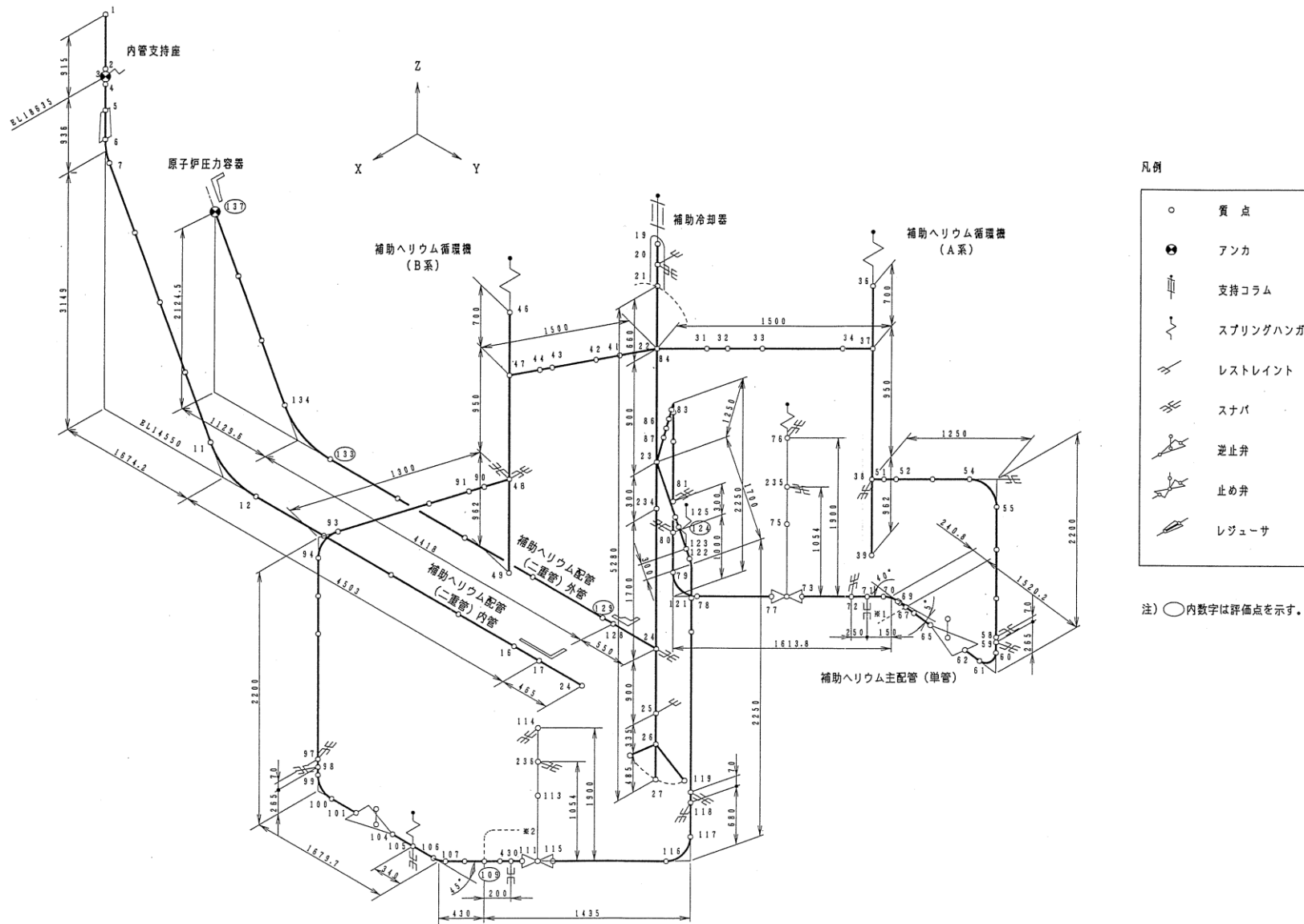
※ 配管軸、軸直方向のヨーク部の値を示す。

第 9.15 表 解析諸元 (補助ヘリウム循環機テストラインの弁) (2/2)

対象部位	節点番号	質量 (kg)	部材長 (mm)	断面二次モーメント (mm <sup>4</sup> )	断面積 (mm <sup>2</sup> )
1次ヘリウム純化系 配管 1411V11	329	5			
			114.50	5.236×10 <sup>6</sup>	3334
	330	30			
			114.50	5.236×10 <sup>6</sup>	3334
	333	5			
	330		400.00	※ 1.199×10 <sup>7</sup> 1.600×10 <sup>5</sup>	2550
	331	55	500.00	7.213×10 <sup>7</sup>	9914
332	22				
計	117	-	-	-	-
1次ヘリウム純化系 配管 1411V12	337	5			
			114.50	5.236×10 <sup>6</sup>	3334
	338	30			
			114.50	5.236×10 <sup>6</sup>	3334
	341	5			
	338		400.00	※ 1.199×10 <sup>7</sup> 1.600×10 <sup>5</sup>	2550
	339	55	500.00	7.213×10 <sup>7</sup>	9914
340	22				
計	117	-	-	-	-

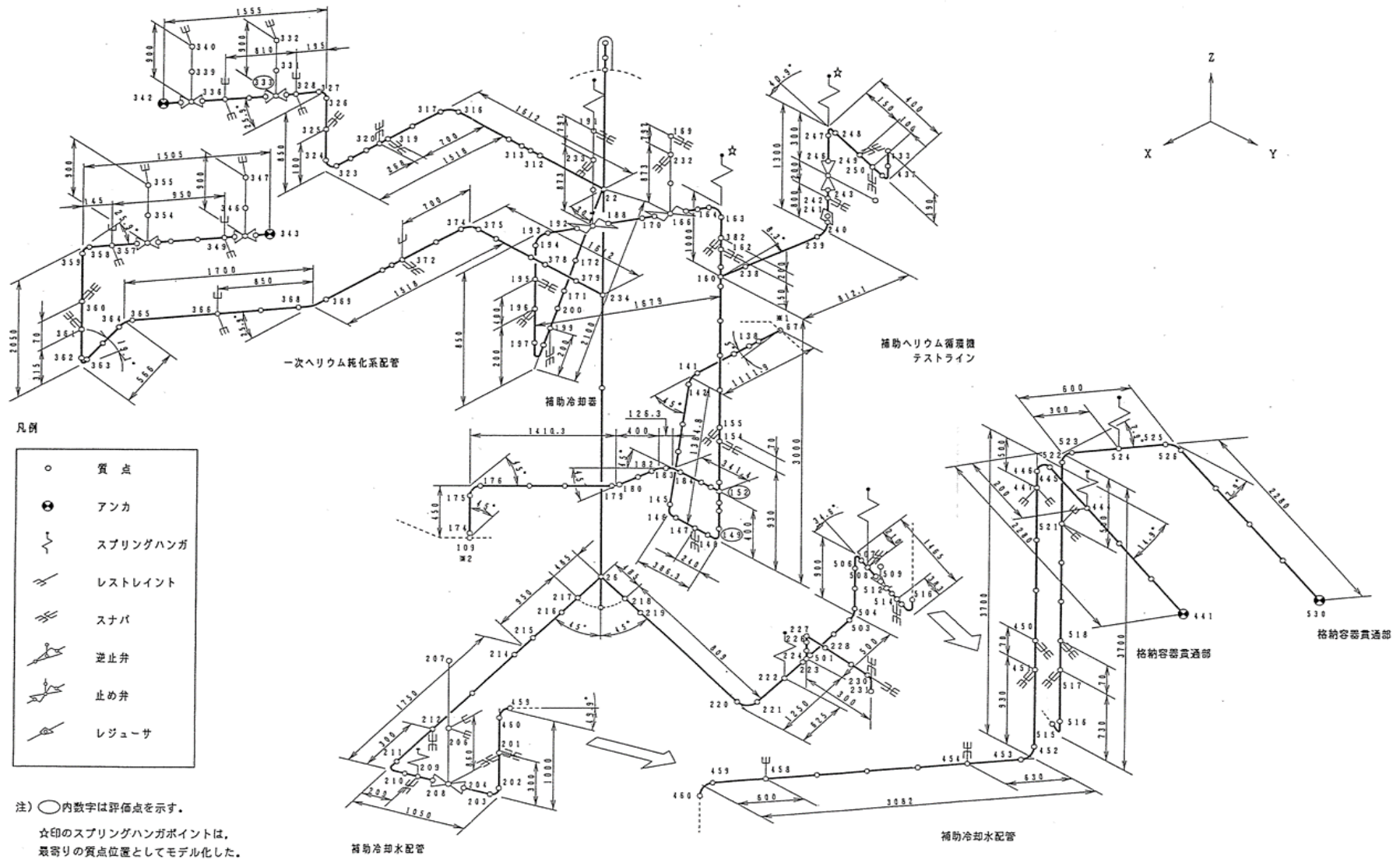
対象部位	節点番号	質量 (kg)	部材長 (mm)	断面二次モーメント (mm <sup>4</sup> )	断面積 (mm <sup>2</sup> )
1次ヘリウム純化系 配管 1411V13	344	5			
			114.50	5.236×10 <sup>6</sup>	3334
	345	30			
			114.50	5.236×10 <sup>6</sup>	3334
	348	5			
	345		400.00	※ 1.199×10 <sup>7</sup> 1.600×10 <sup>5</sup>	2550
	346	55	500.00	7.213×10 <sup>7</sup>	9914
347	22				
計	117	-	-	-	-
1次ヘリウム純化系 配管 1411V14	352	5			
			114.50	5.236×10 <sup>6</sup>	3334
	353	30			
			114.50	5.236×10 <sup>6</sup>	3334
	356	5			
	353		400.00	※ 1.199×10 <sup>7</sup> 1.600×10 <sup>5</sup>	2550
	354	55	500.00	7.213×10 <sup>7</sup>	9914
355	22				
計	117	-	-	-	-

※ 配管軸、軸直方向のヨーク部の値を示す。



第 9.2 図 補助ヘリウム冷却系配管 解析モデル(1/2)





第 9.3 図 補助ヘリウム冷却系配管 解析モデル(2/2)

## 9.2 解析

### 9.2.1 解析方法

- ・応答スペクトル解析

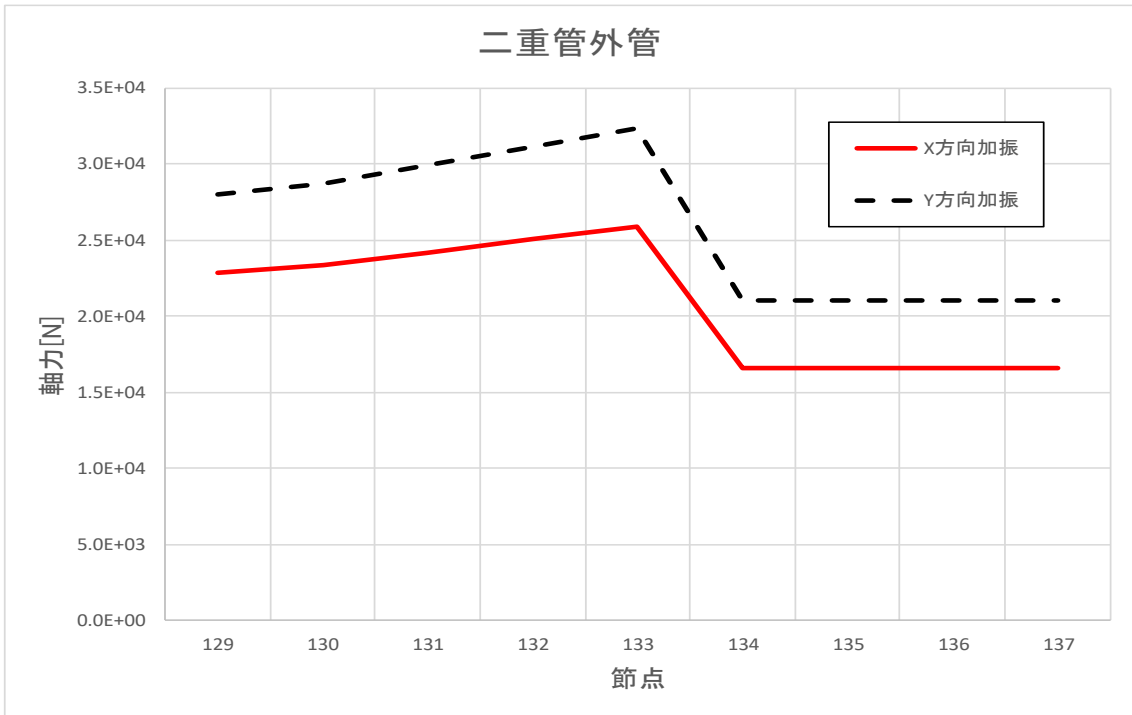
原子炉本体モデルから得られた原子炉压力容器ノズル部の床応答スペクトルと原子炉建家の床応答スペクトルの包絡波を用いて応答スペクトル解析を実施する。

- ・変位解析

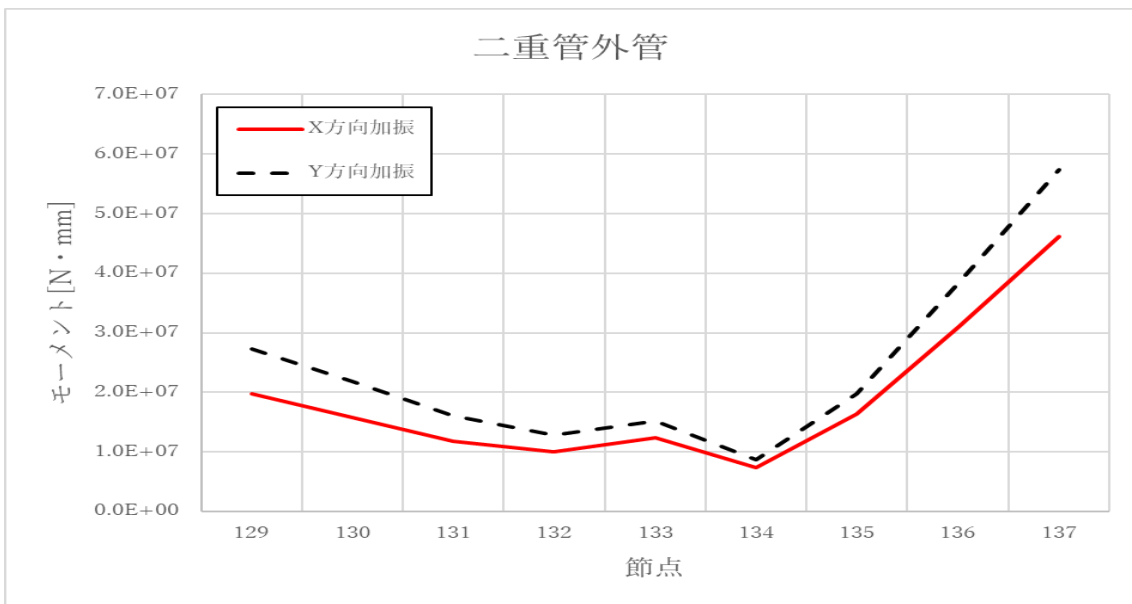
配管の地震時相対変位計算を行う。最大相対変位量を強制変位として考慮する。

### 9.2.2 断面力分布

静的及び動的解析結果として、応力評価に用いる軸力及びモーメントの分布を第 9.4 図から第 9.31 図に示す。

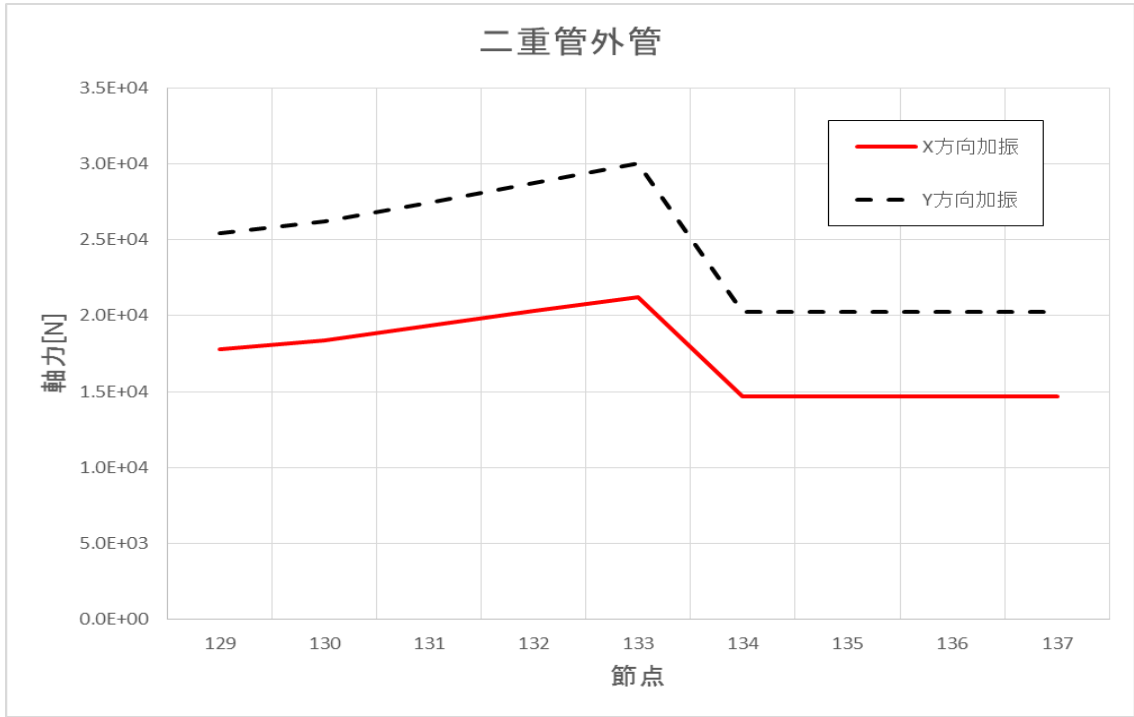


(a) 軸力

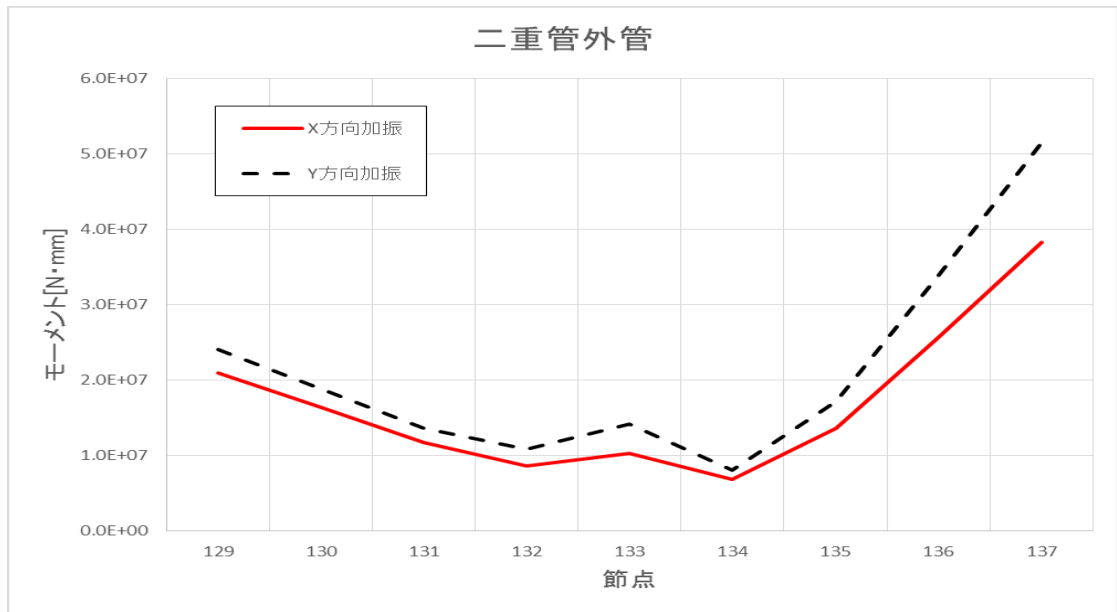


(b) モーメント

第 9.4 図 Ss1-4\_SsD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (二重管外管)

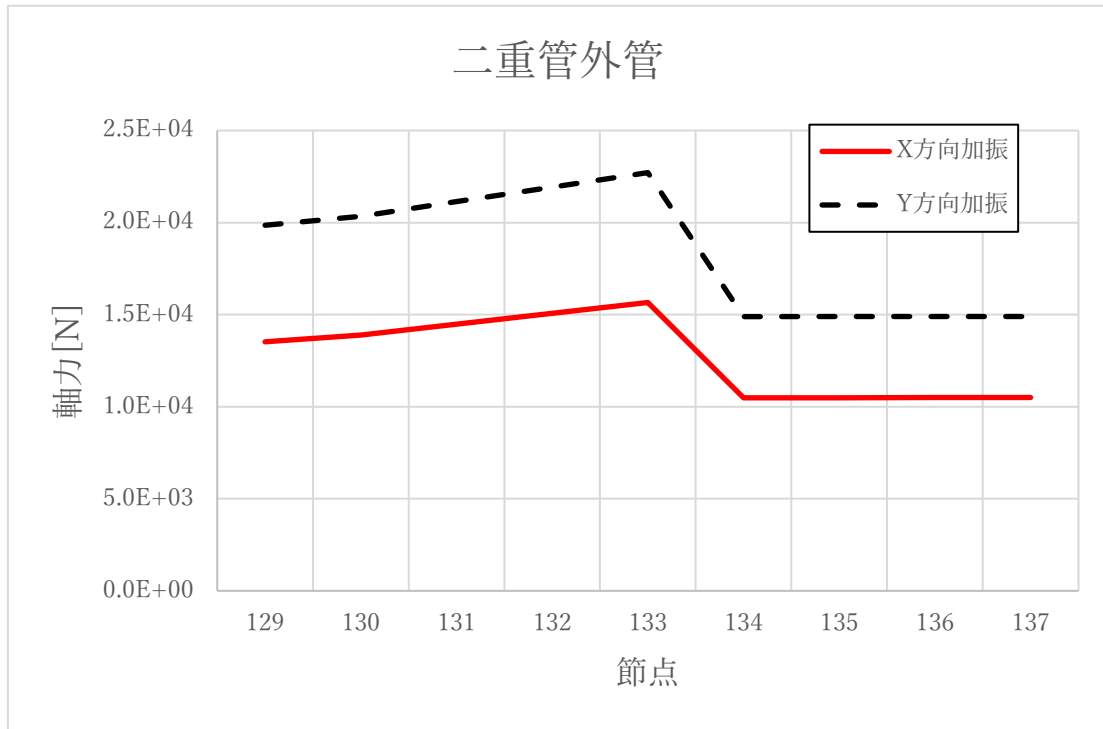


(a) 軸力

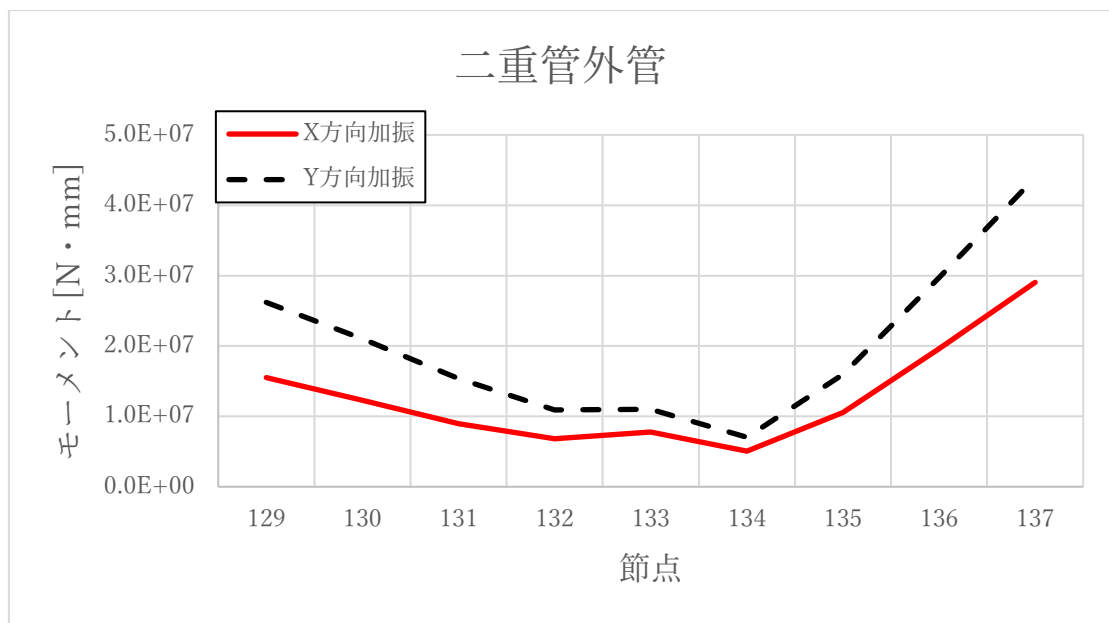


(b) モーメント

第 9.5 図 Ss5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (二重管外管)

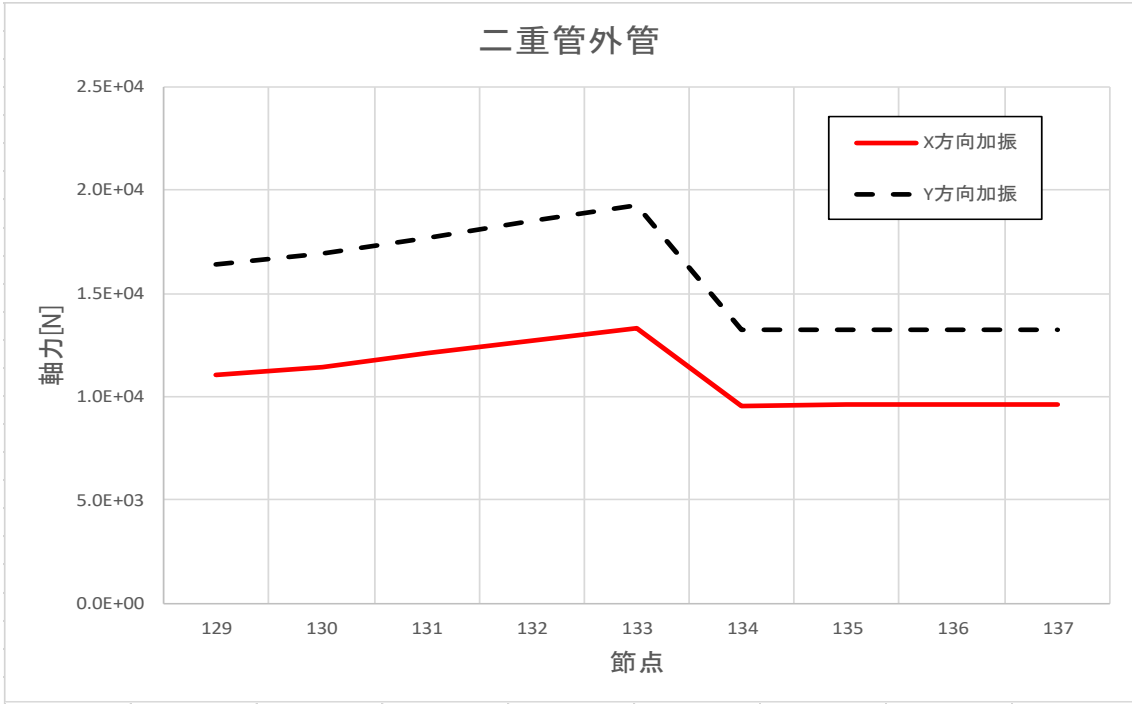


(a) 軸力

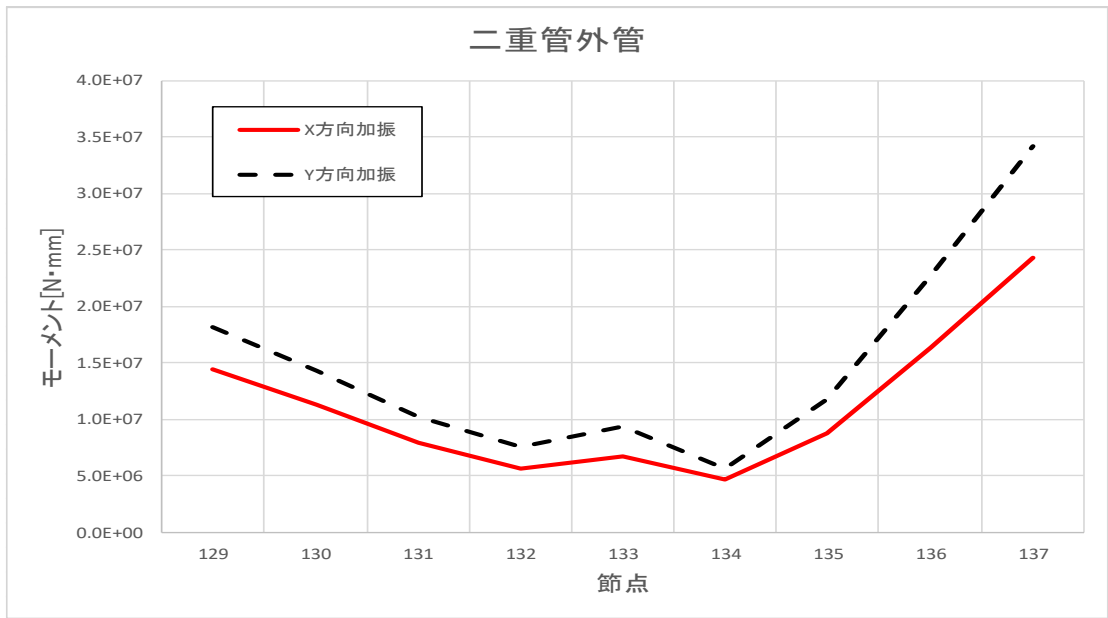


(b) モーメント

第 9.6 図 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (二重管外管)

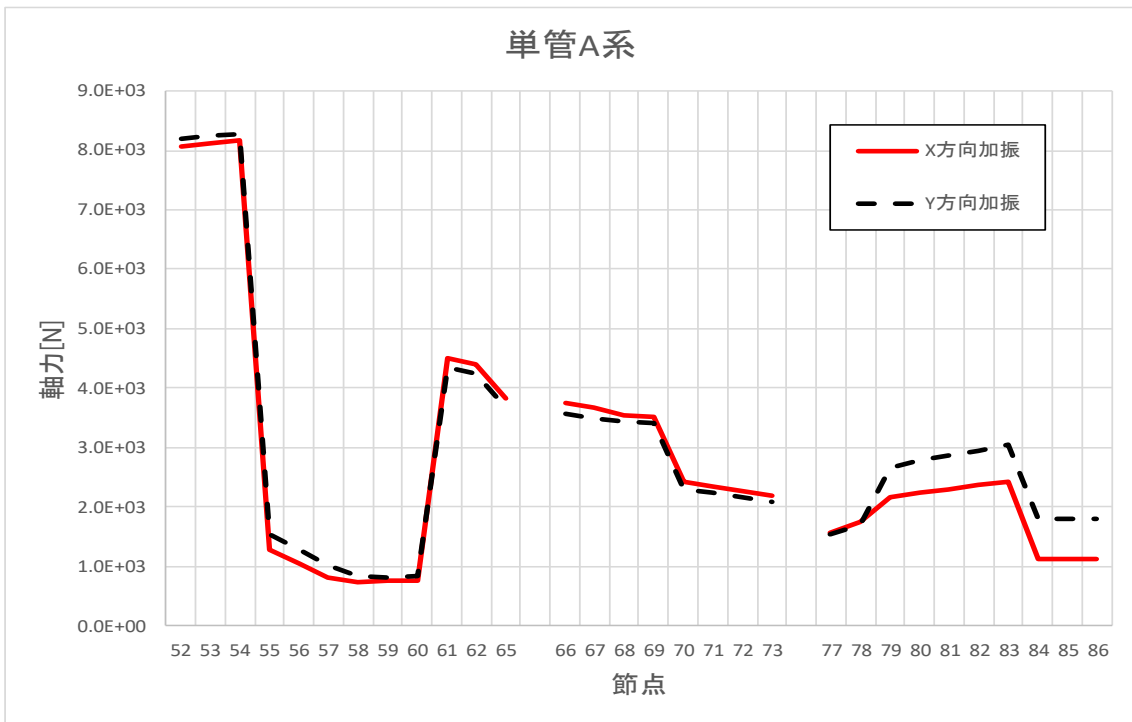


(a) 軸力

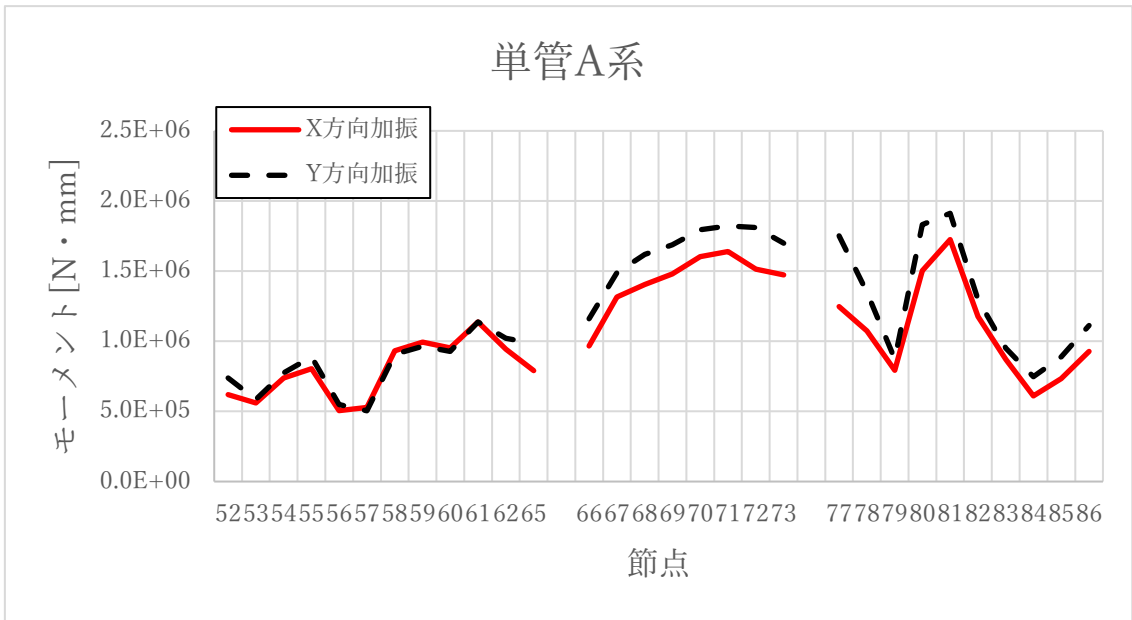


(b) モーメント

第 9.7 図 Sd5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (二重管外管)

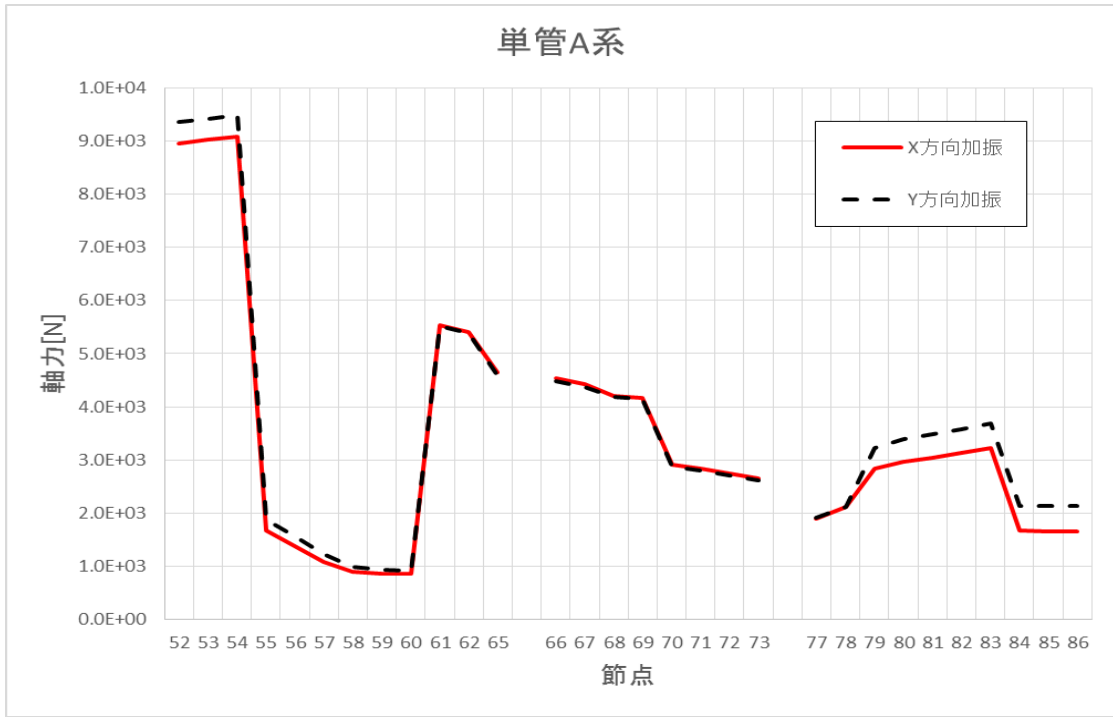


(a) 軸力

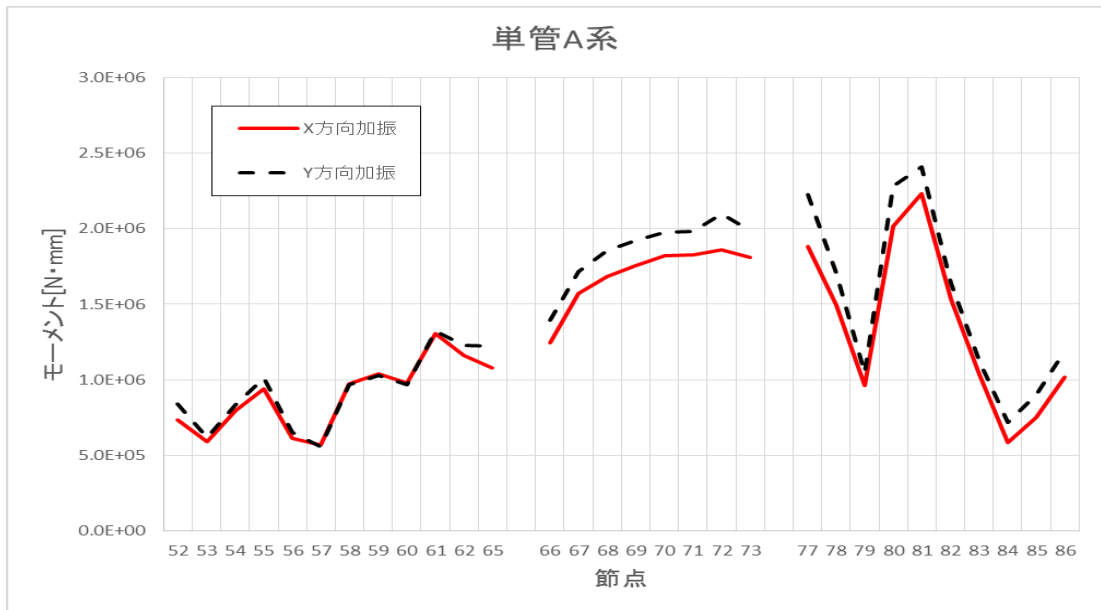


(b) モーメント

第 9.8 図 Ss1-4\_SsD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (単管 A 系)



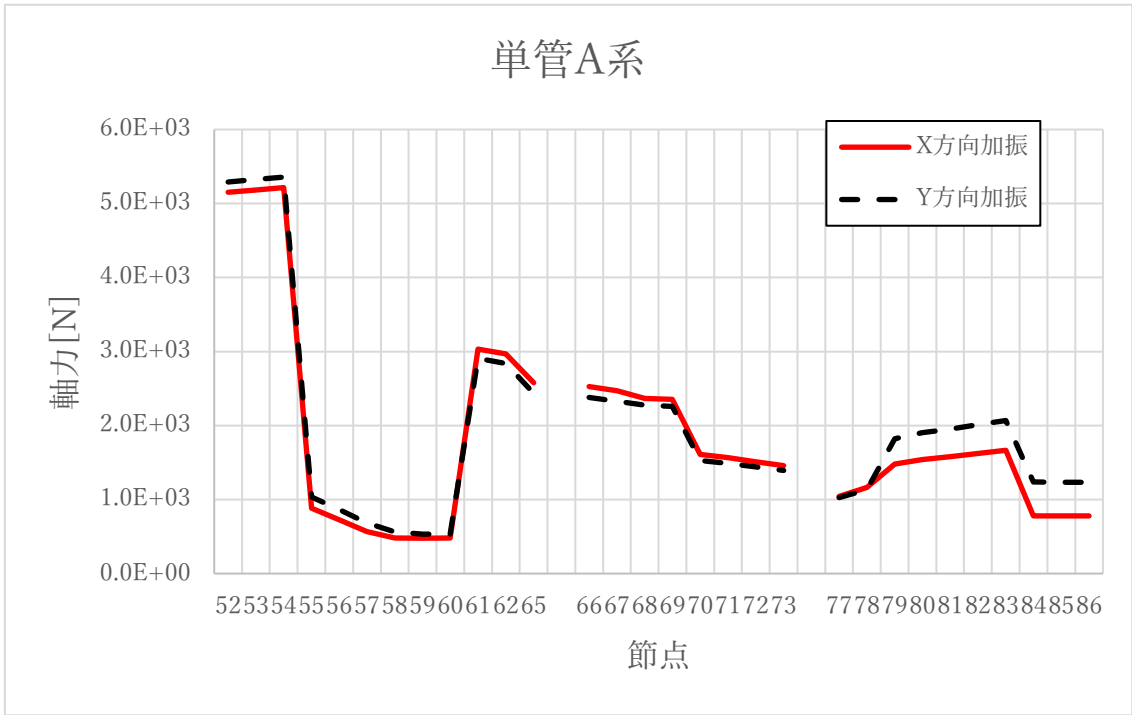
(a) 軸力



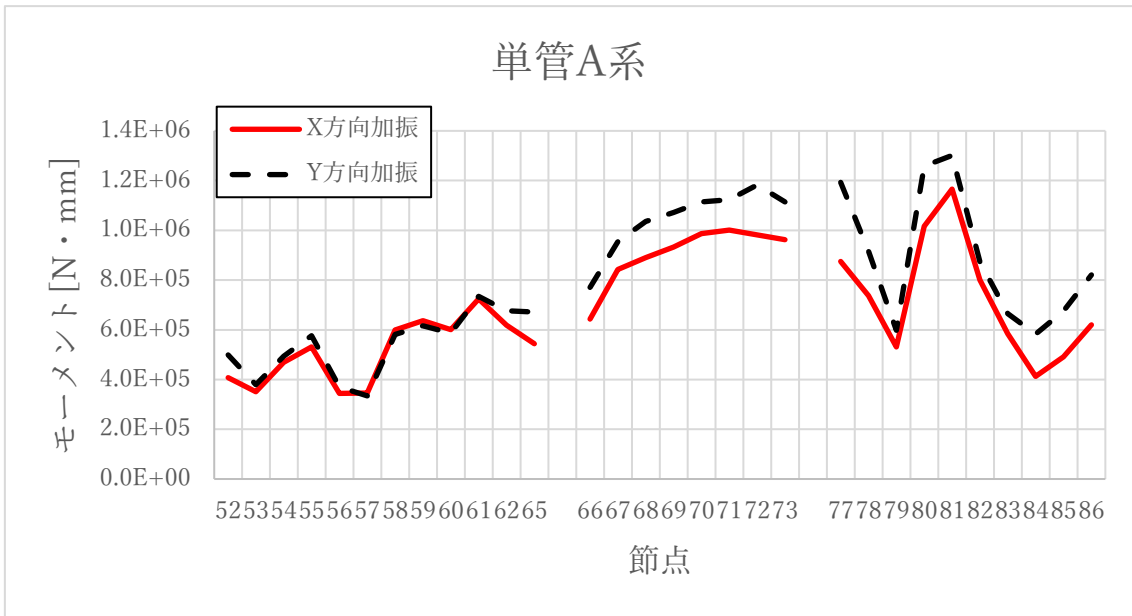
(b) モーメント

第 9.9 図 Ss5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (単管 A 系)



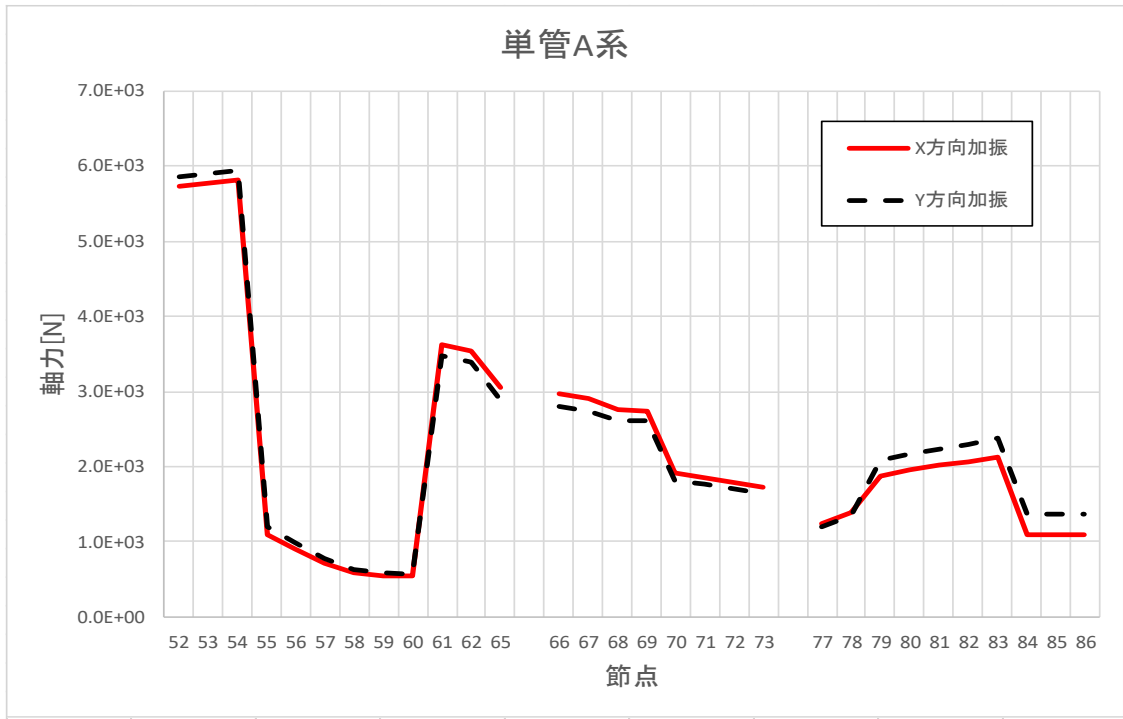


(a) 軸力

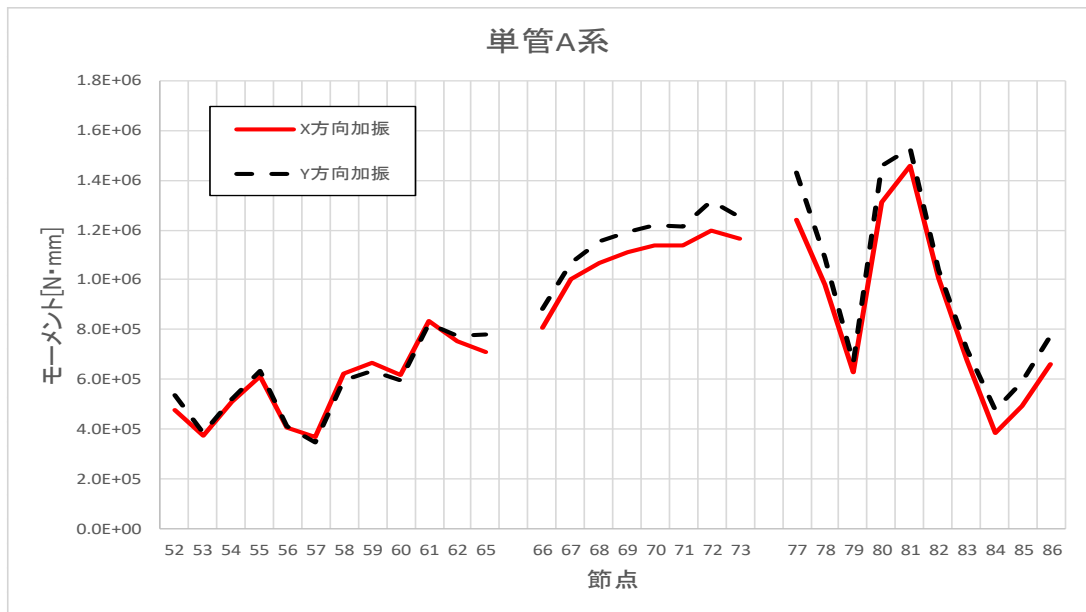


(b) モーメント

第 9.10 図 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (单管 A 系)

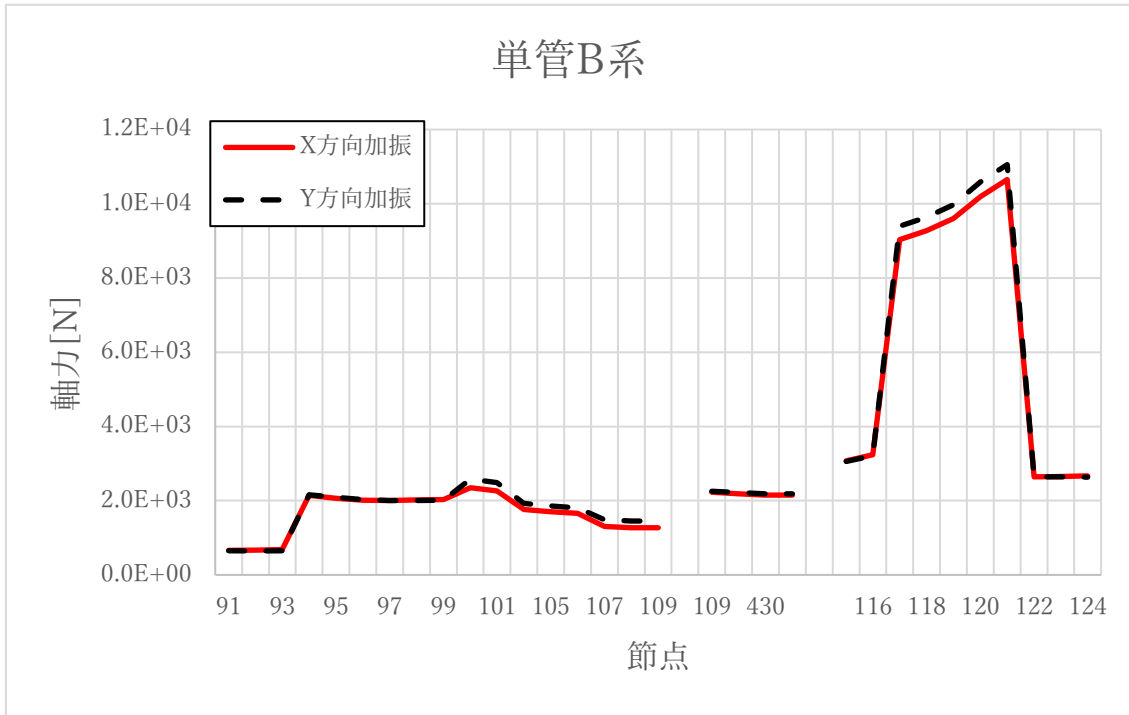


(a) 軸力

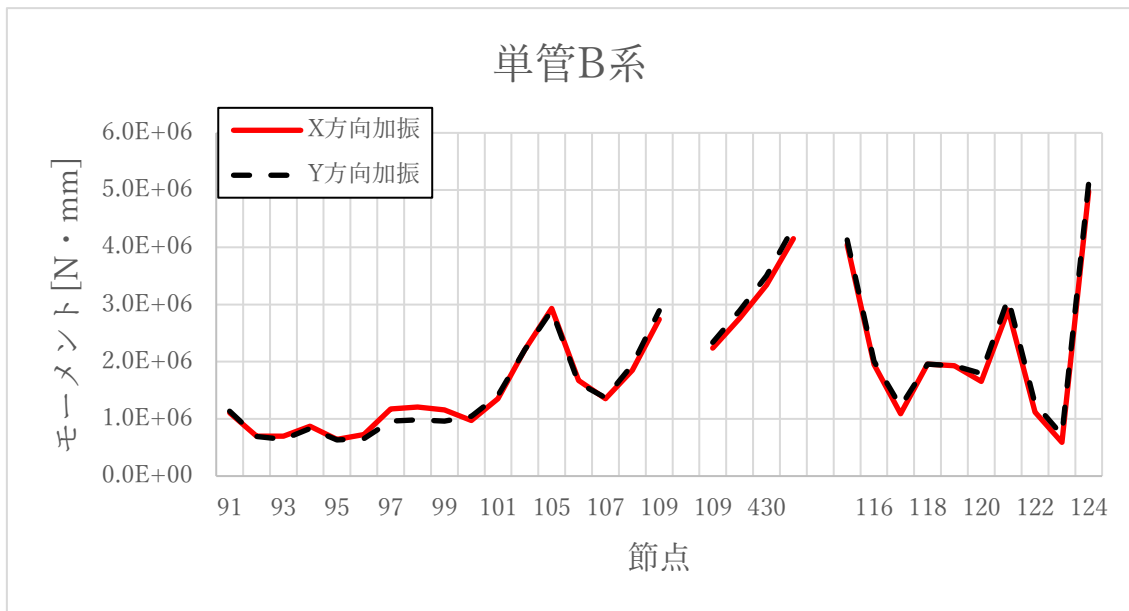


(b) モーメント

第9.11図 Sd5地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (単管A系)

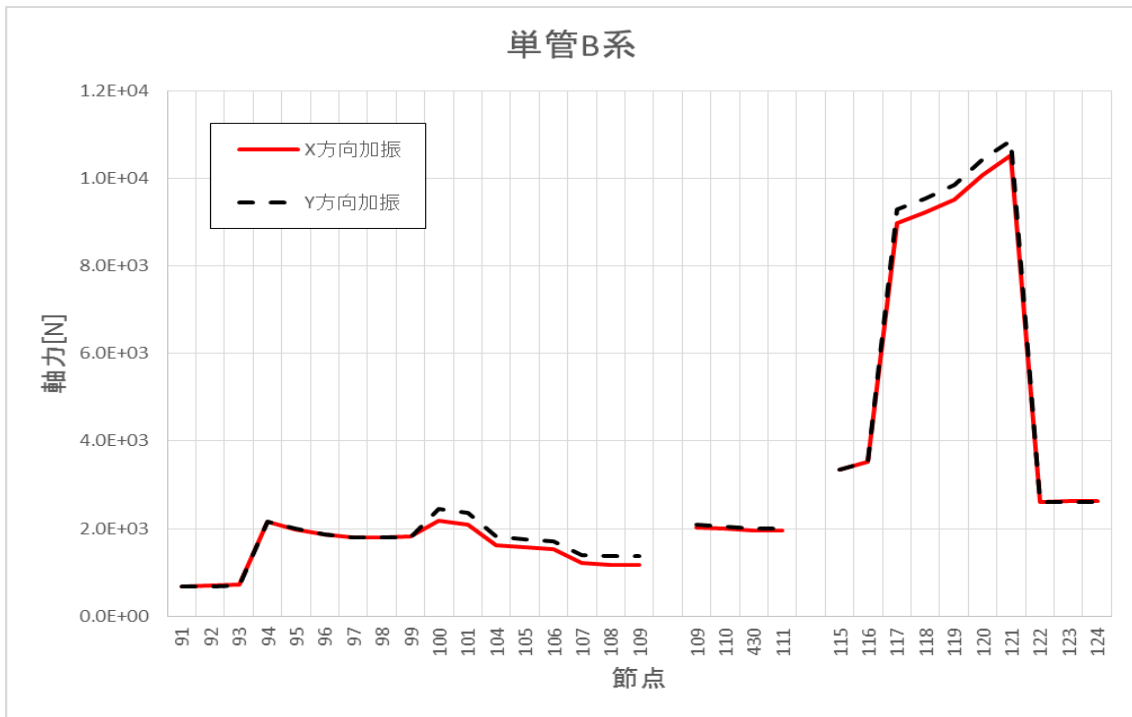


(a) 軸力

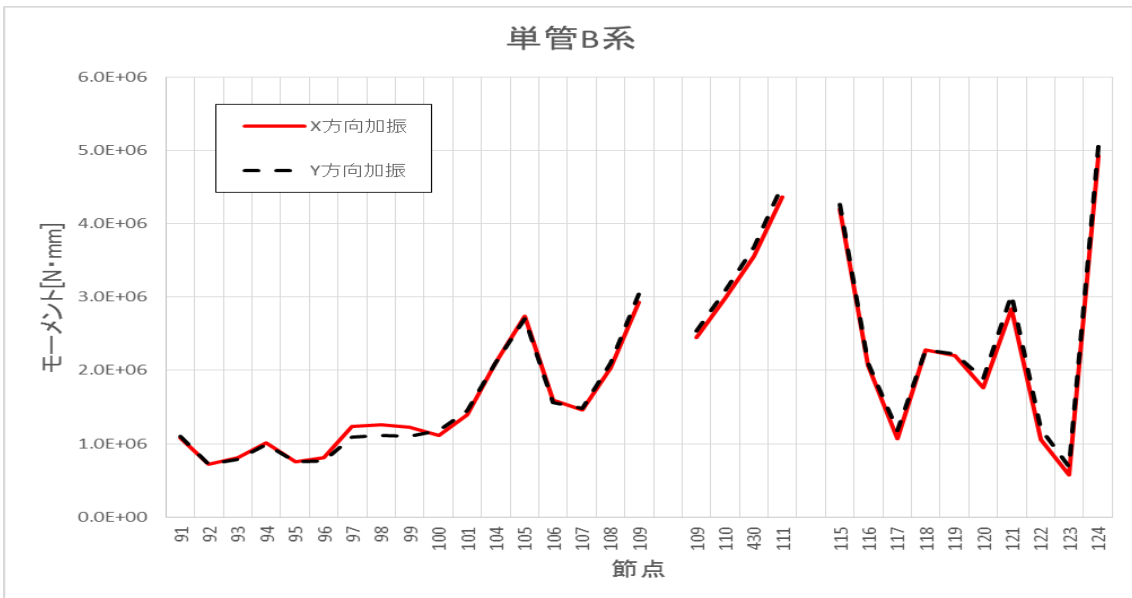


(b) モーメント

第 9.12 図 Ss1-4\_SsD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (単管 B 系)

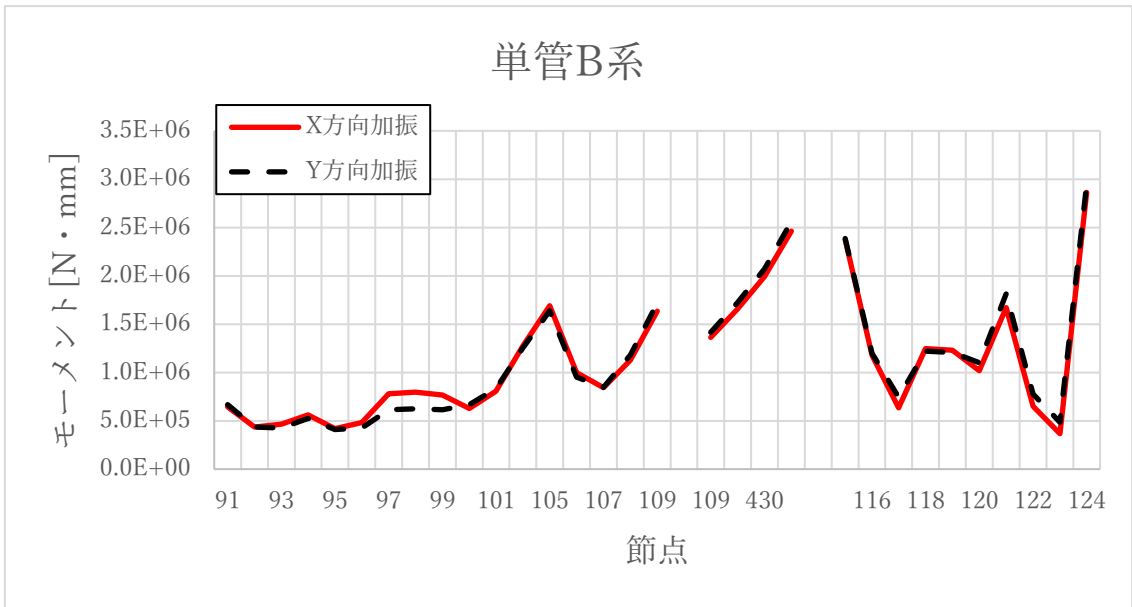
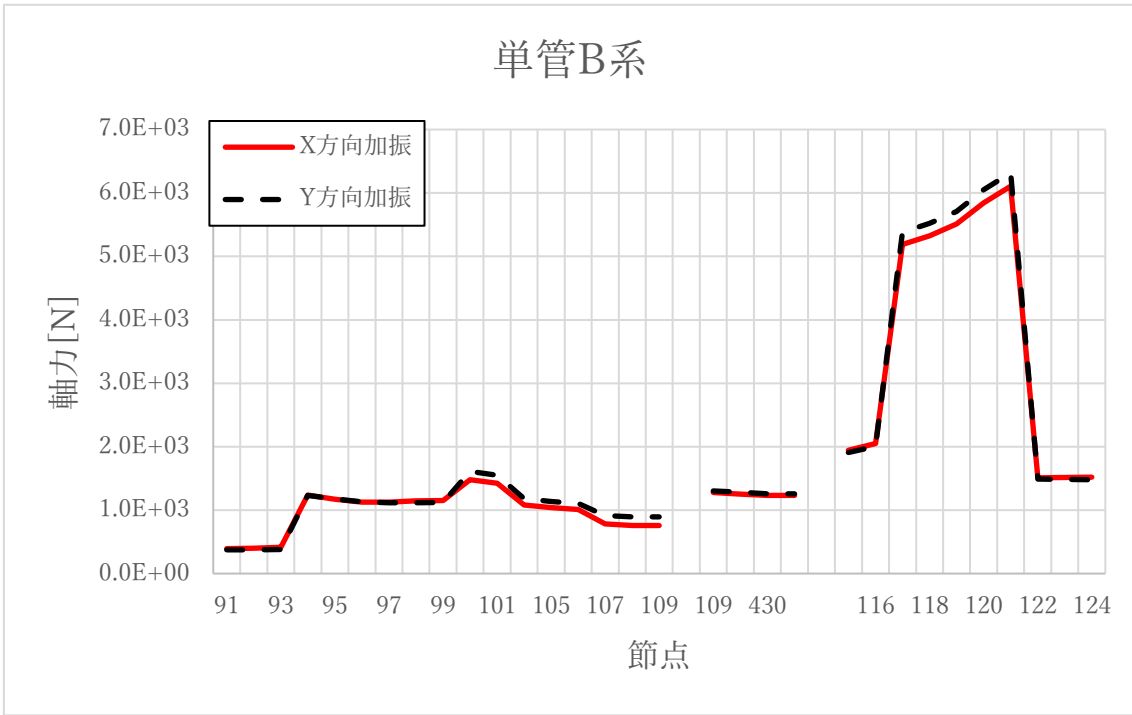


(a) 軸力

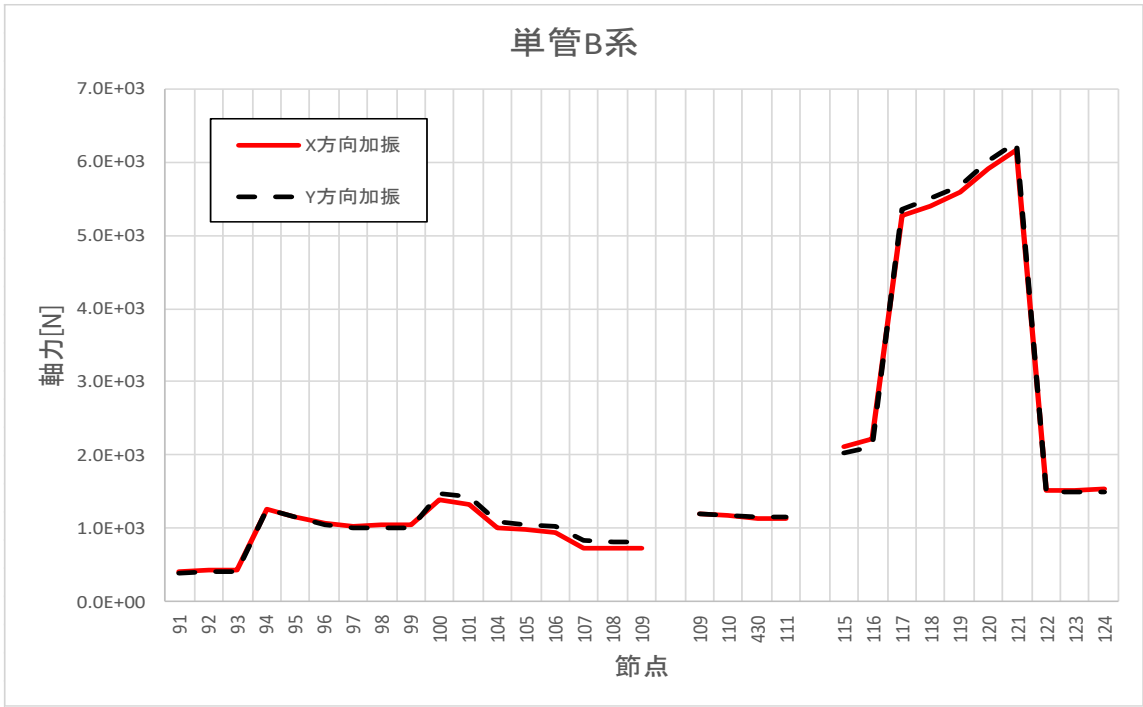


(b) モーメント

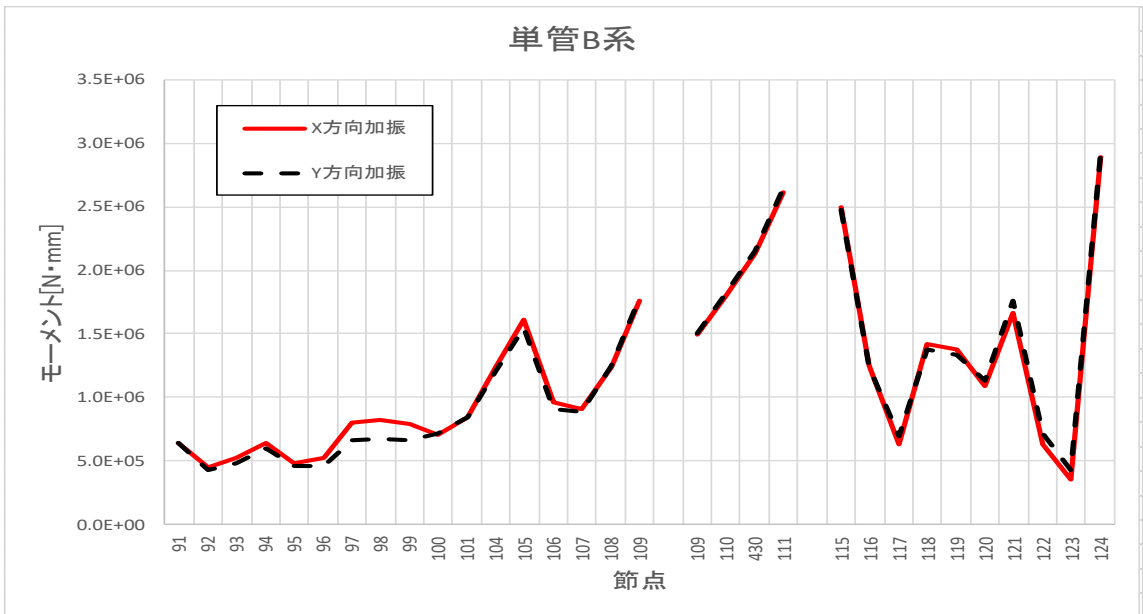
第9.13図 Ss5地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (単管B系)



第 9.14 図 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (単管 B 系)

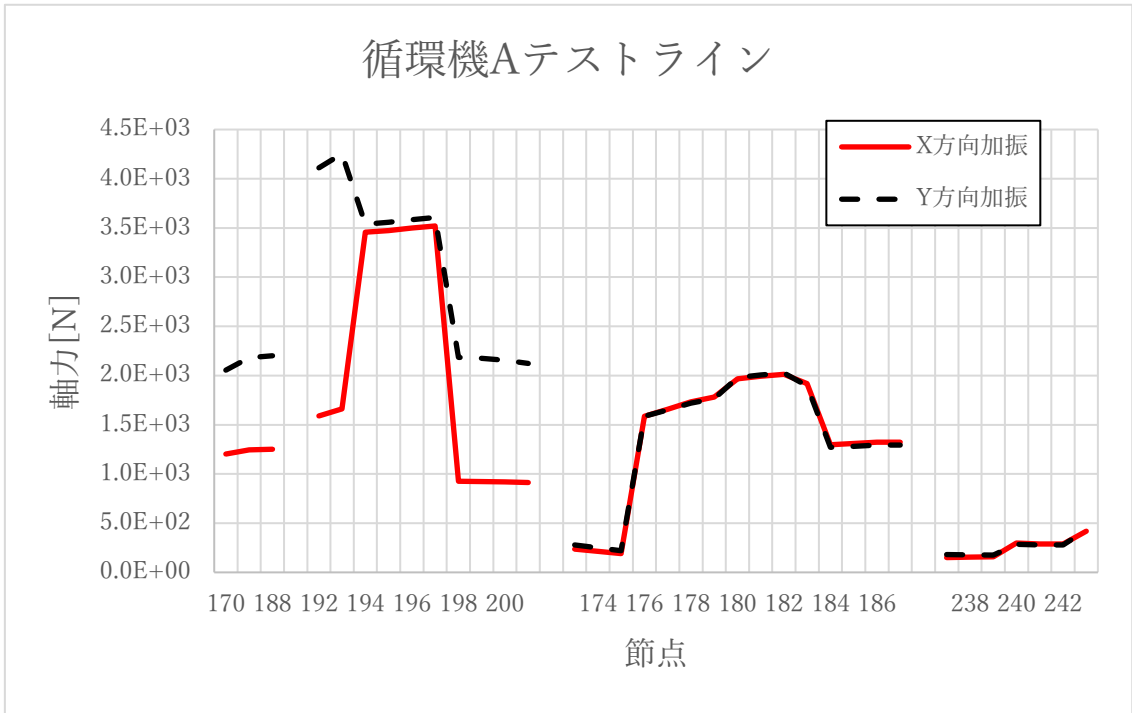


(a) 軸力

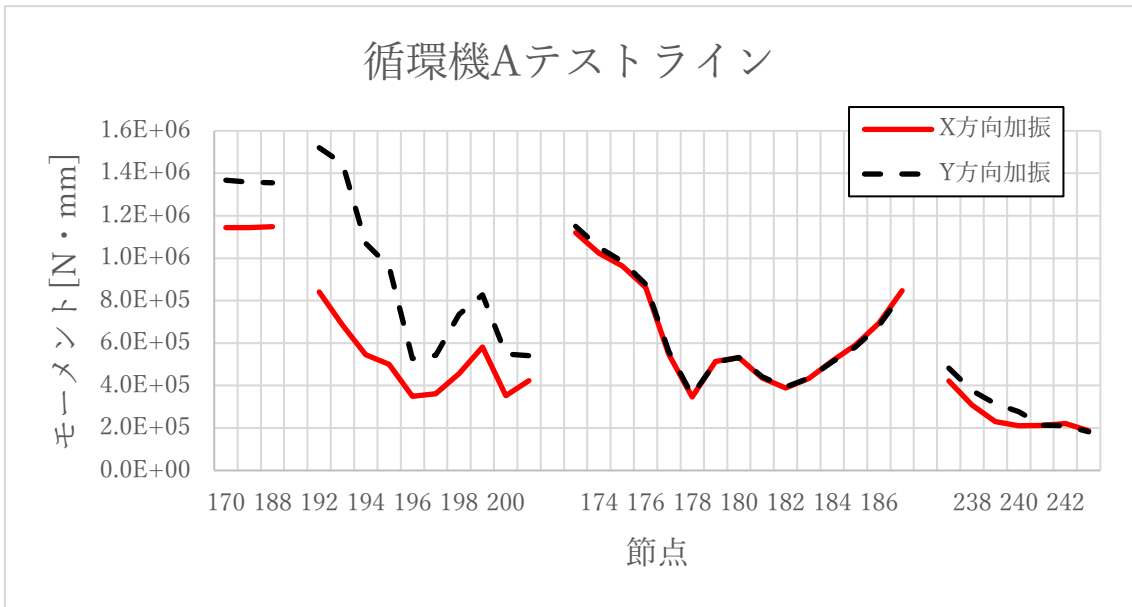


(b) モーメント

第9.15図 Sd5地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (単管B系)

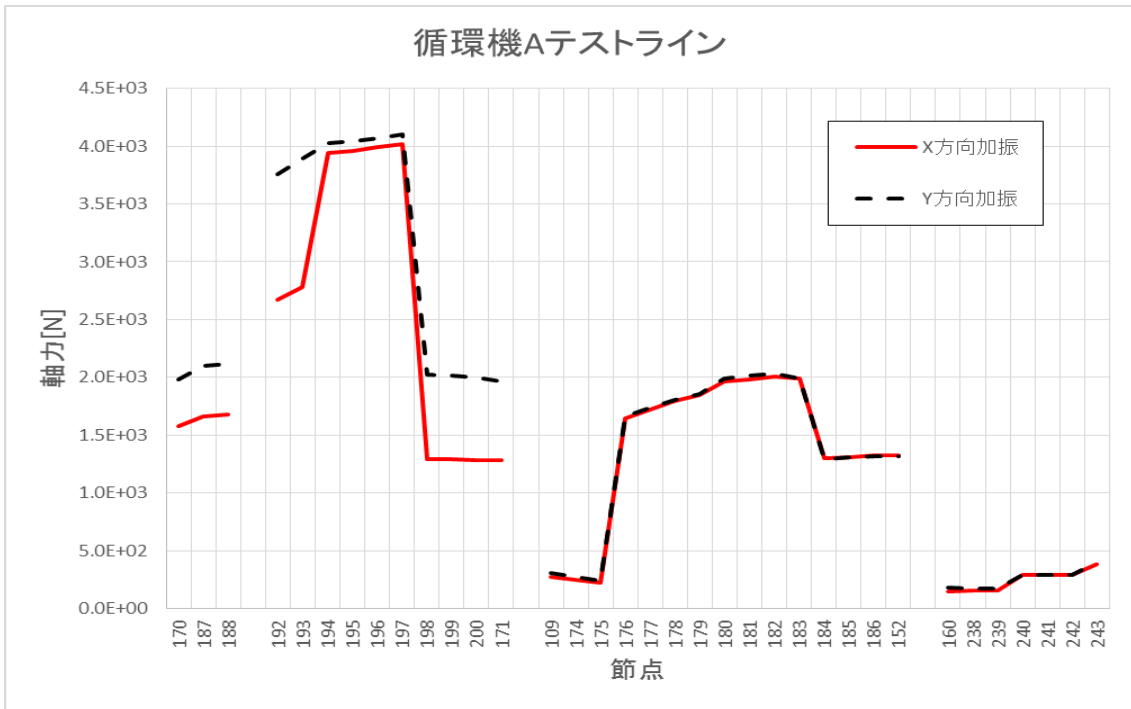


(a) 軸力

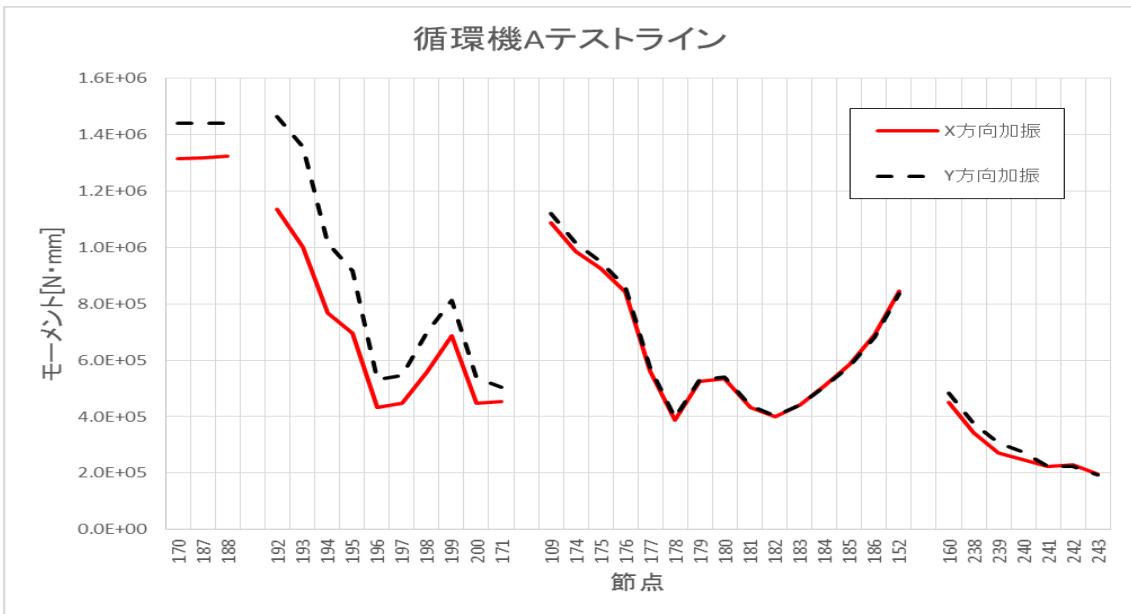


(b) モーメント

第 9.16 図 Ss1-4\_SsD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (テストライン 1)



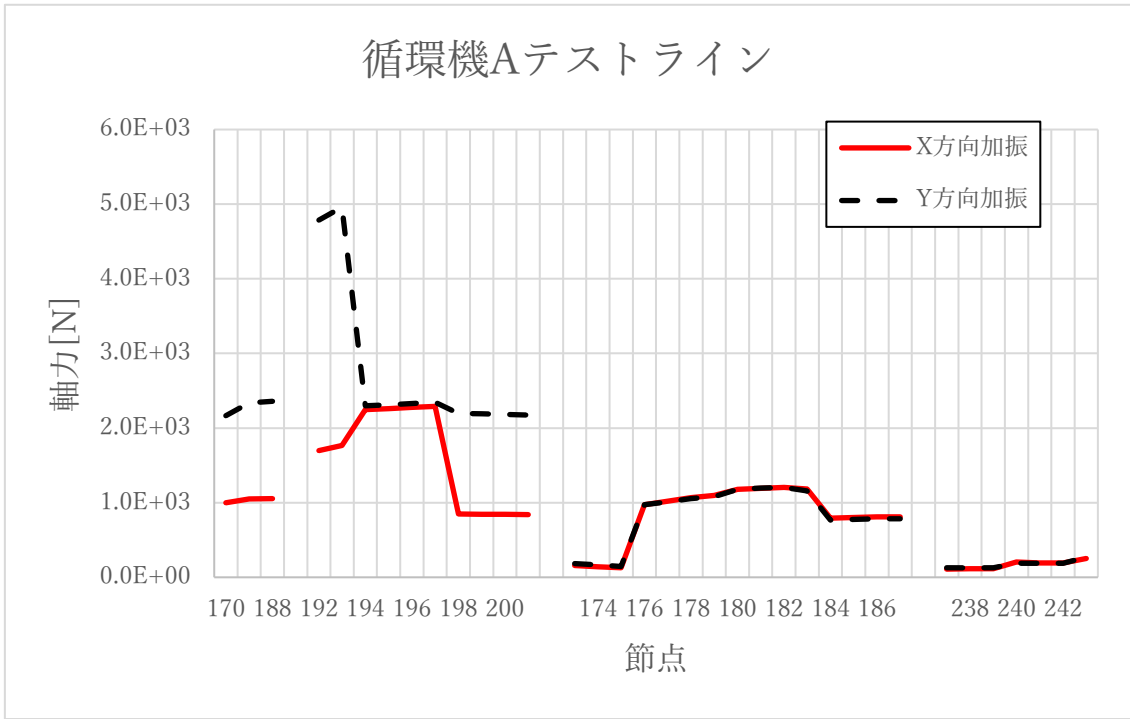
(a) 軸力



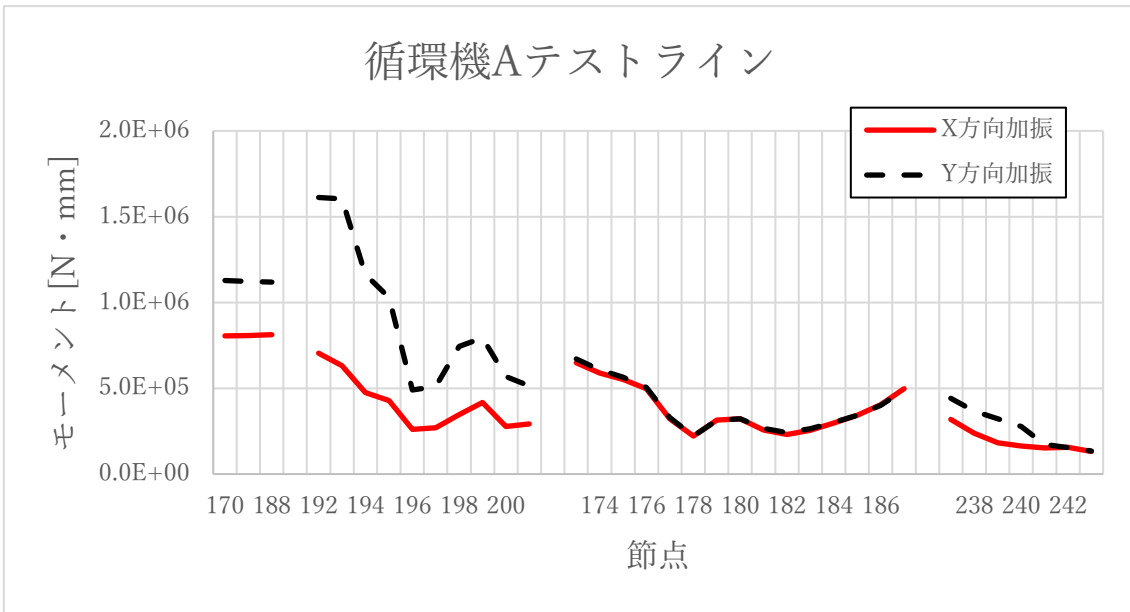
(b) モーメント

第 9.17 図 Ss5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (テストライン 1)



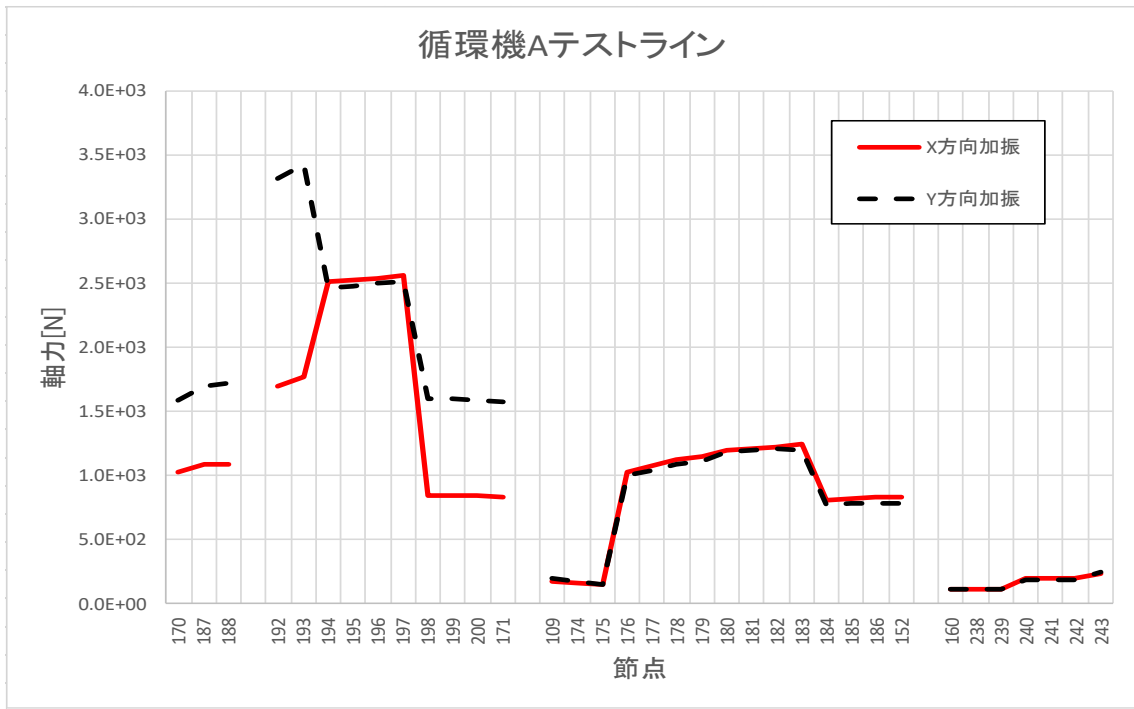


(a) 軸力

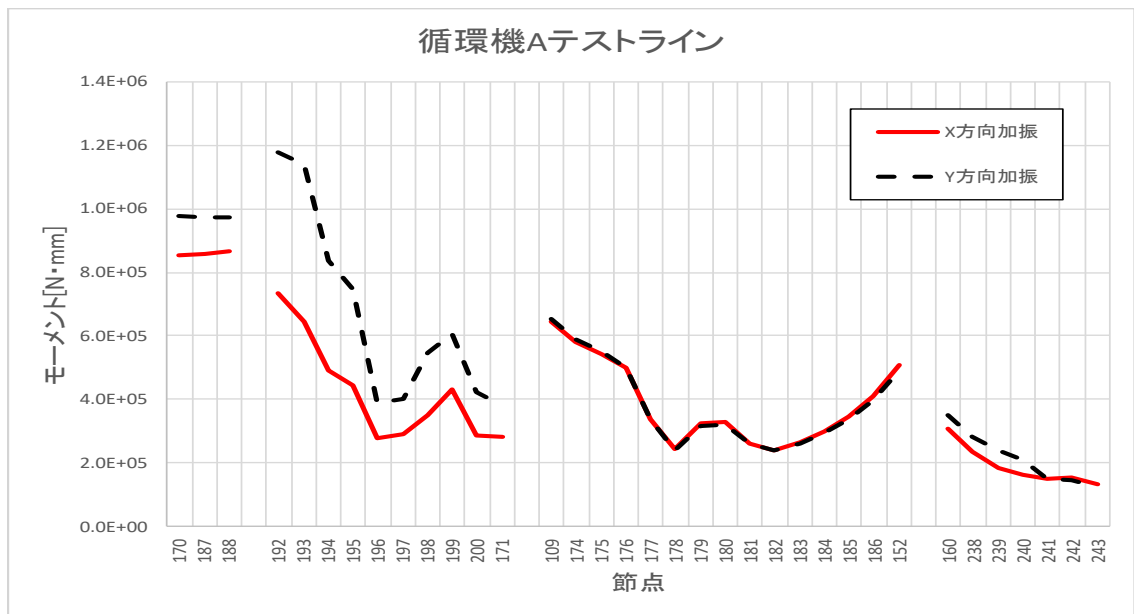


(b) モーメント

第 9.18 図 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (テストライン 1)

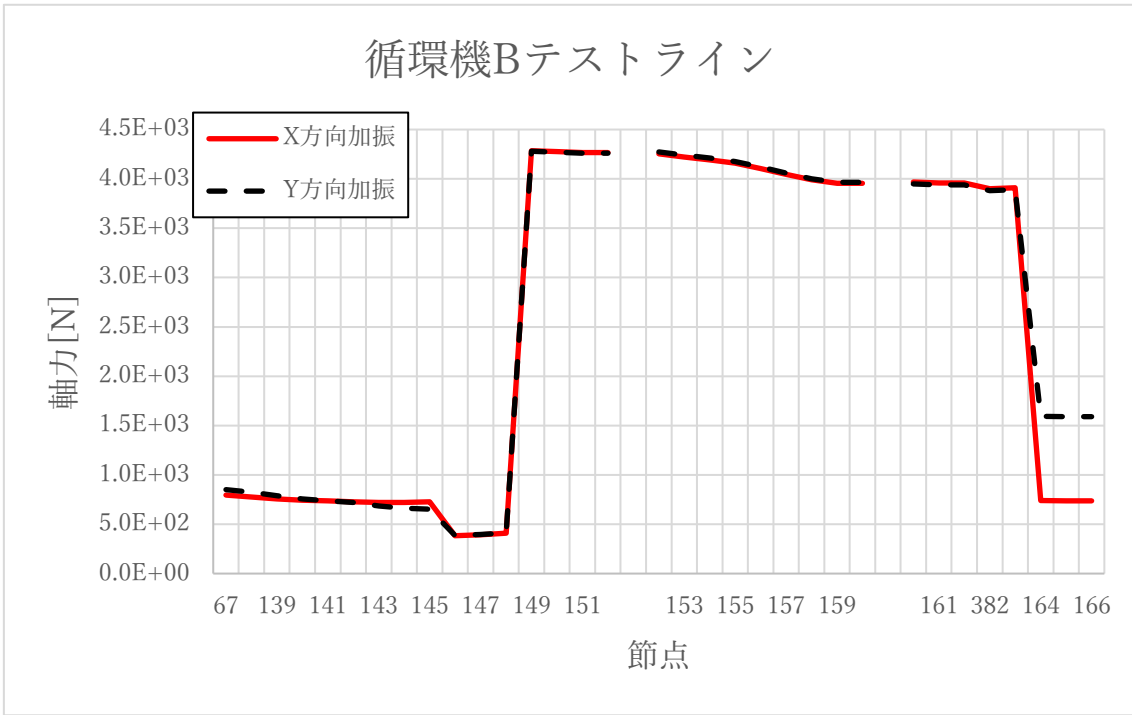


(a) 軸力

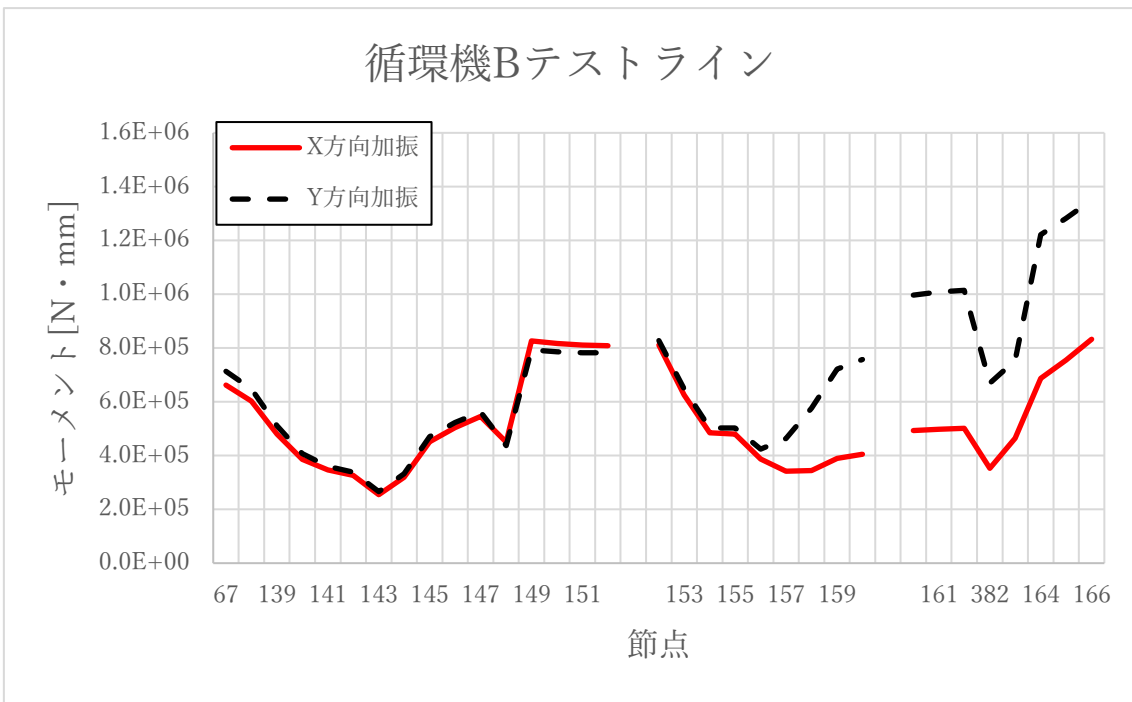


(b) モーメント

第 9.19 図 Sd5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (テストライン 1)

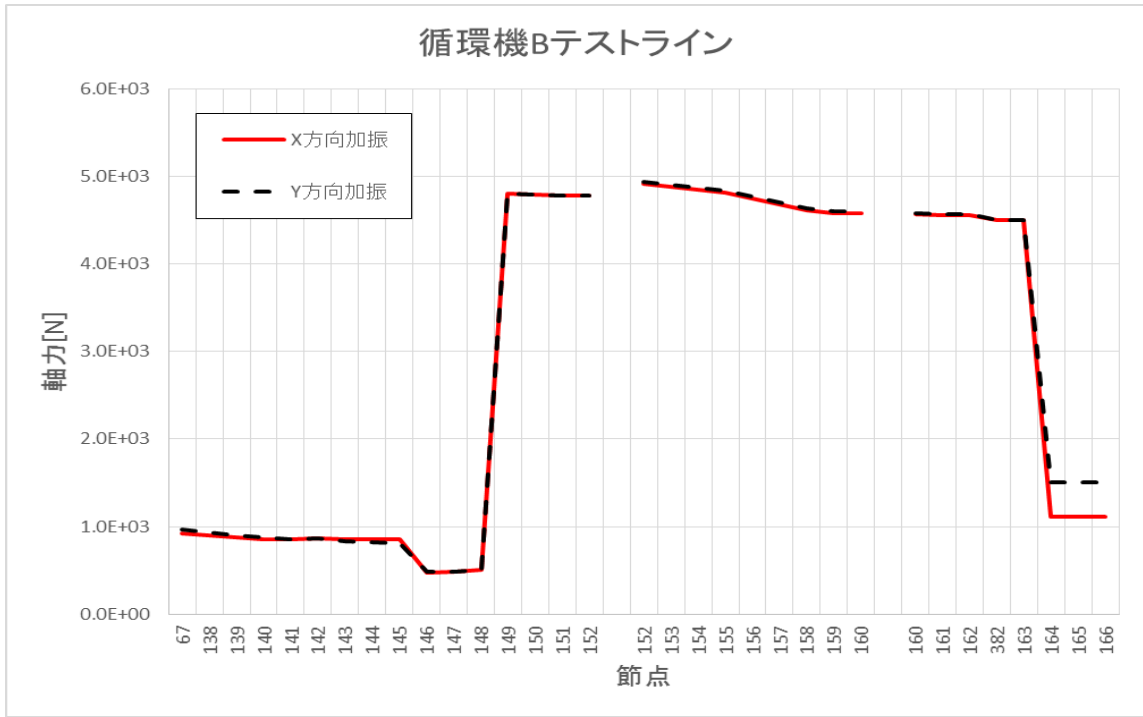


(a) 軸力

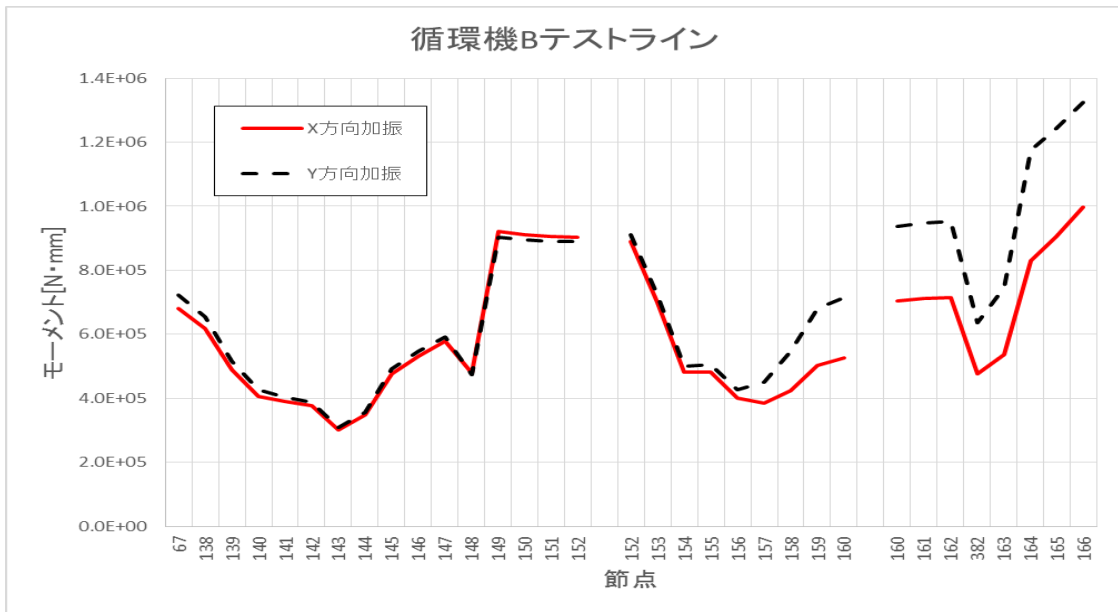


(b) モーメント

第 9. 20 図 Ss1-4\_SsD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (テストライン 2)

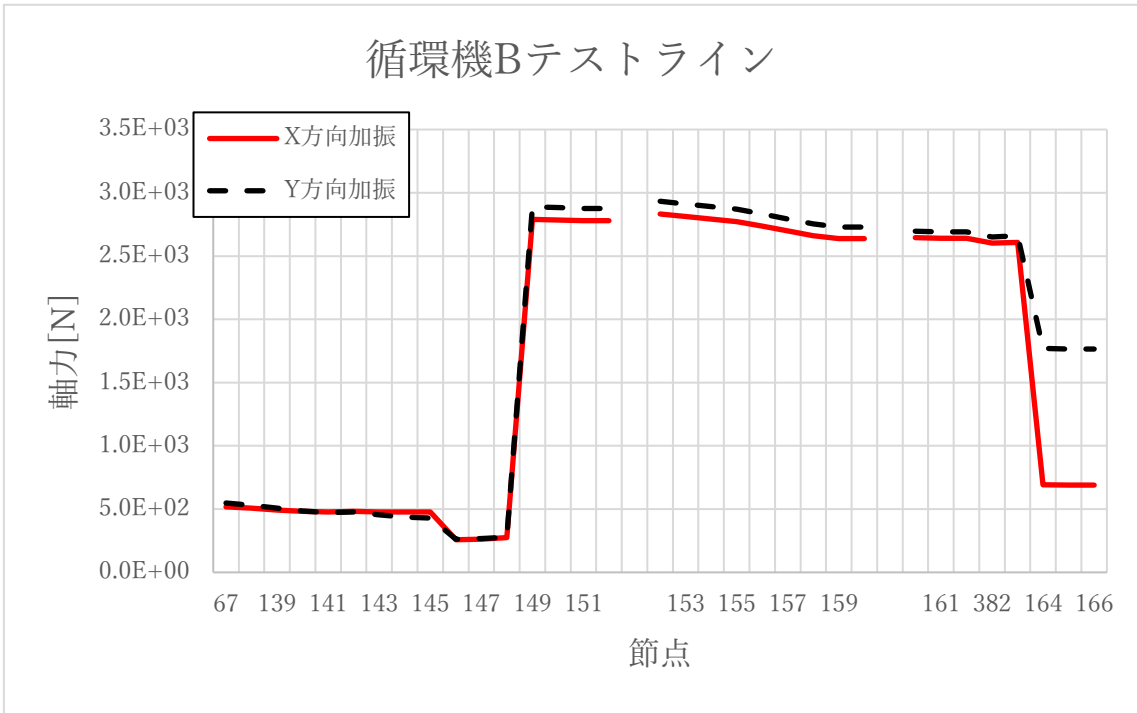


(a) 軸力

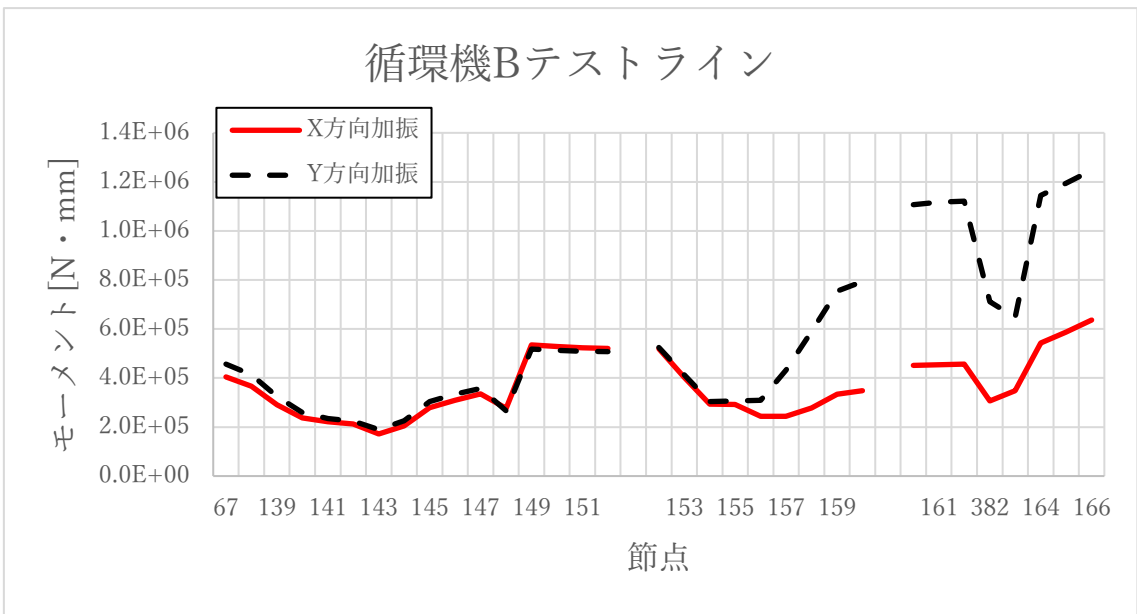


(b) モーメント

第 9.21 図 Ss5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (テストライン 2)

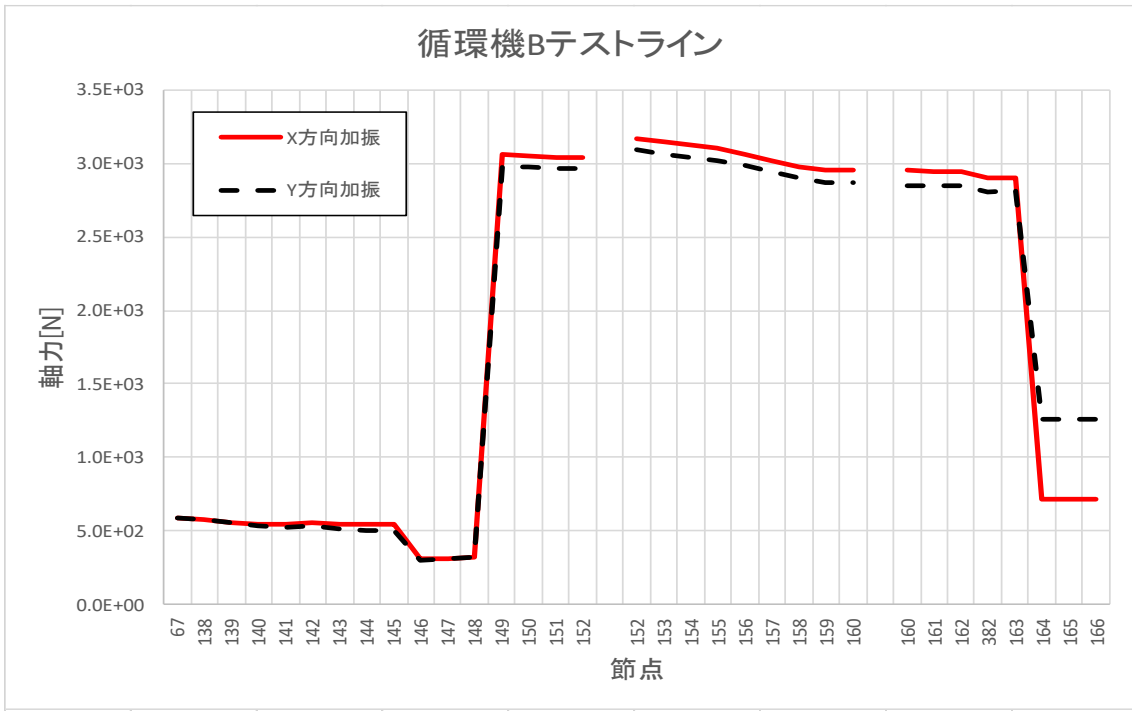


(a) 軸力

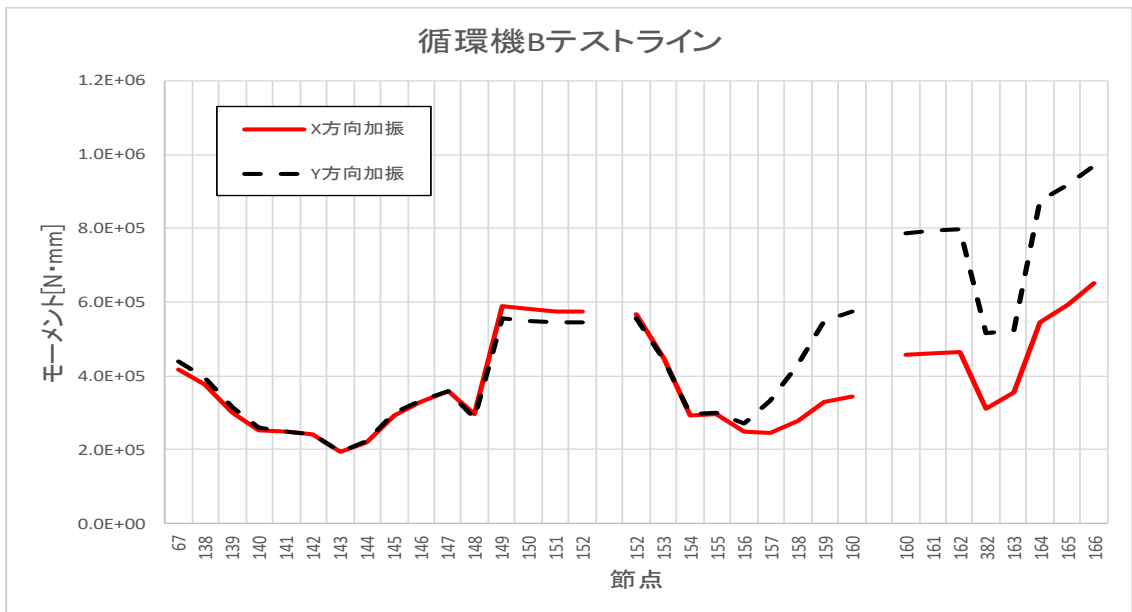


(b) モーメント

第 9.22 図 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (テストライン 2)

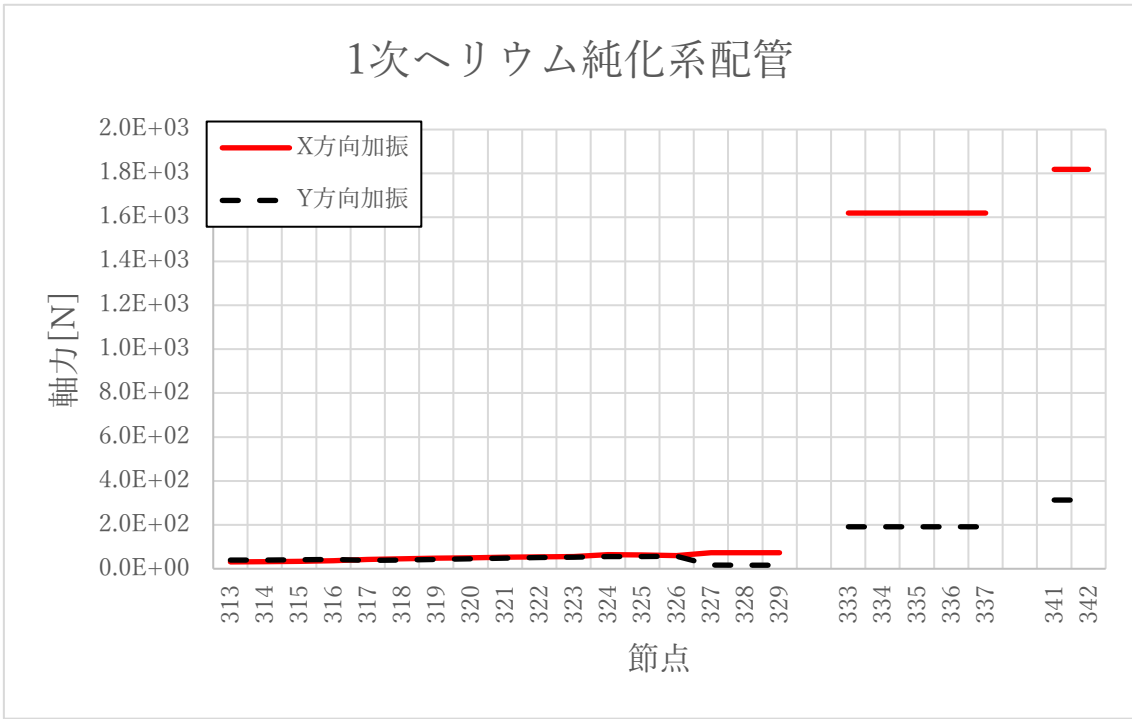


(a) 軸力

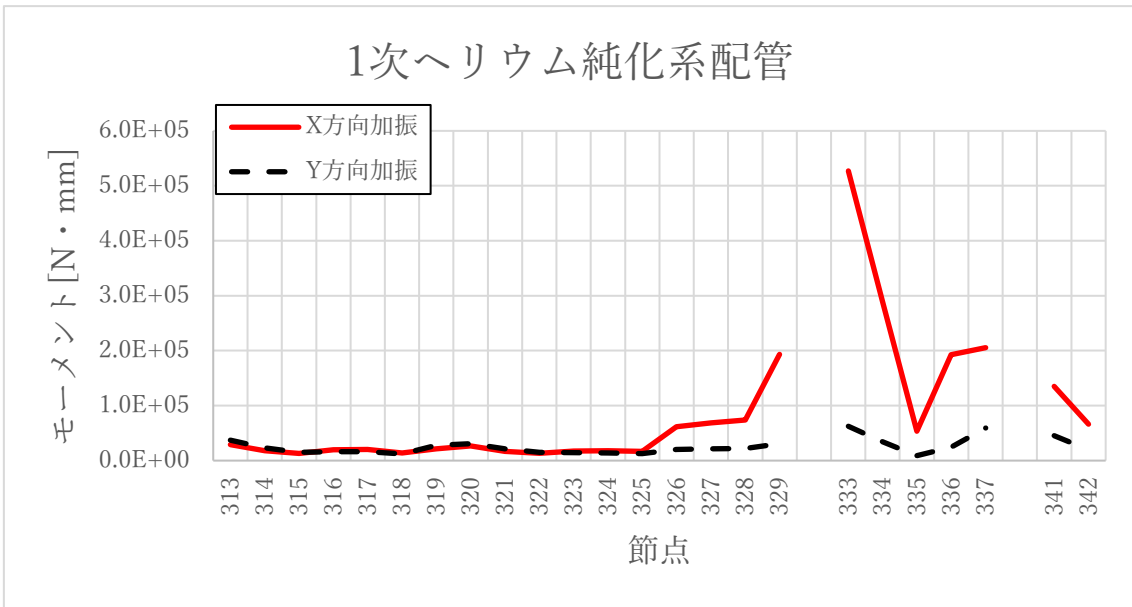


(b) モーメント

第 9.23 図 Sd5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (テストライン 2)

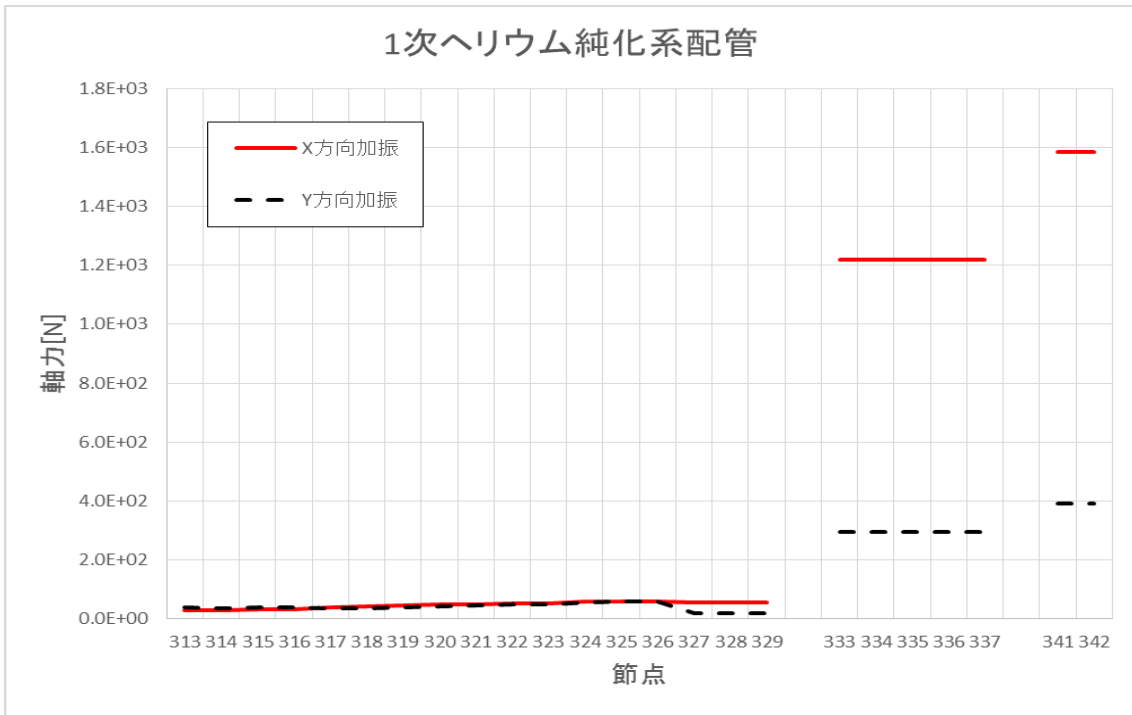


(a) 軸力

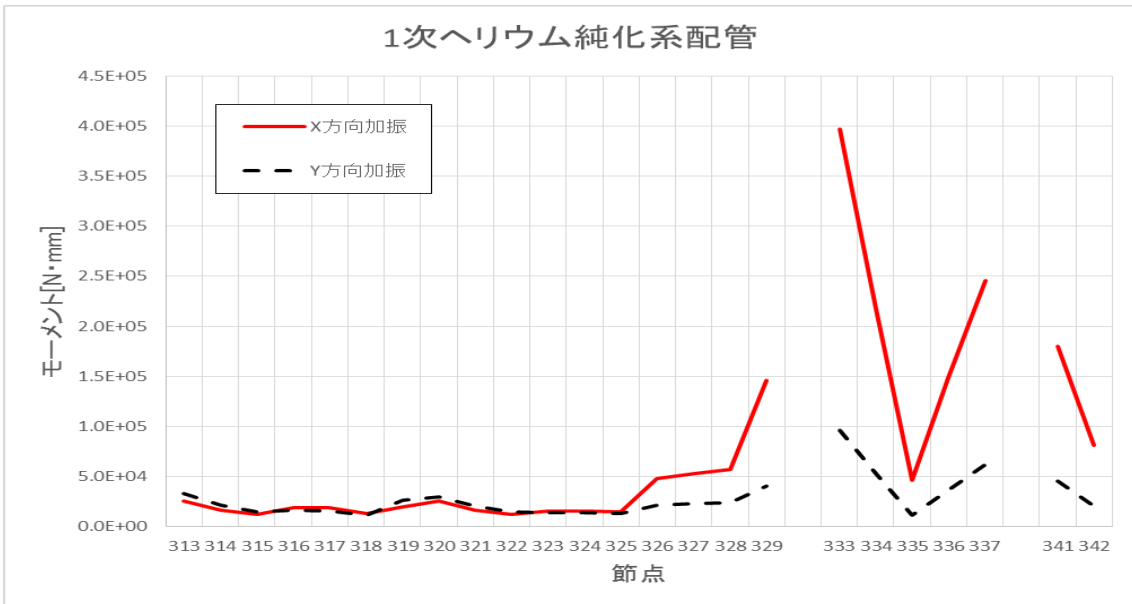


(b) モーメント

第 9. 24 図 Ss1-4\_SsD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (1次ヘリウム純化系供給配管)



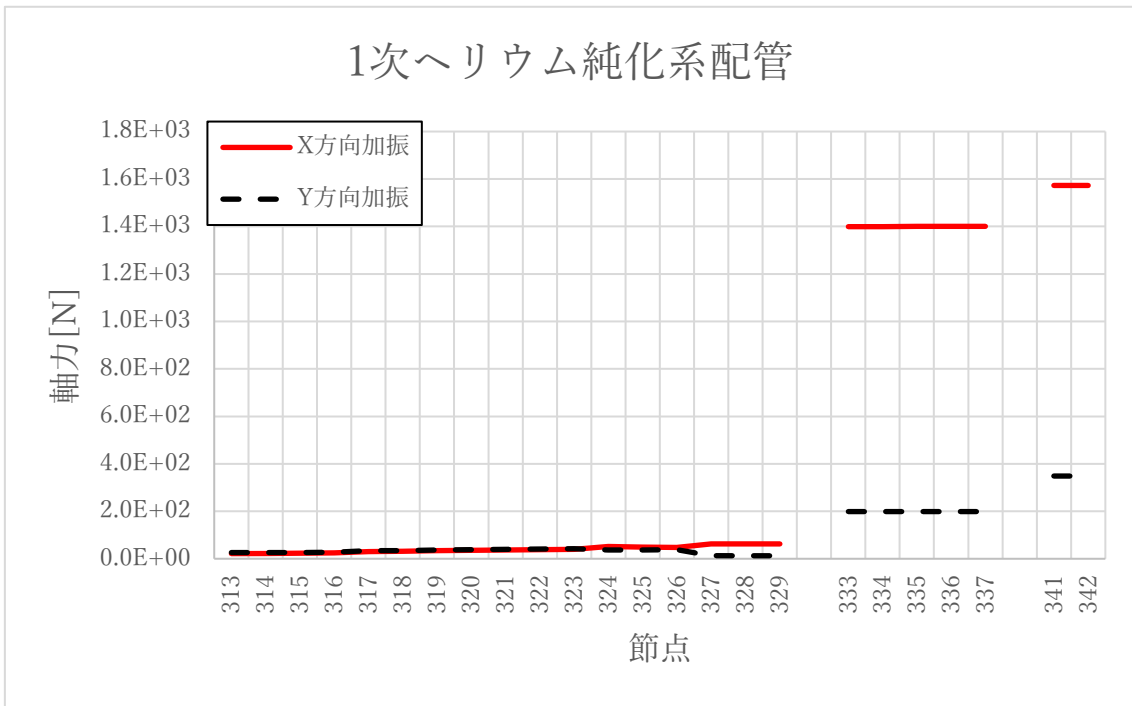
(a) 軸力



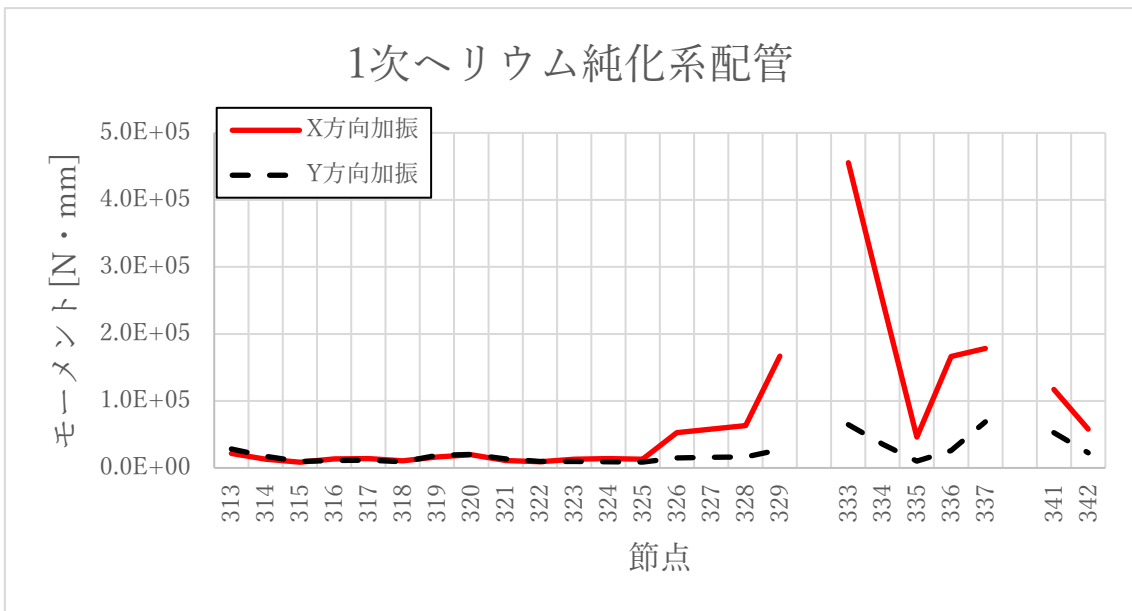
(b) モーメント

第 9.25 図 Ss5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (1次ヘリウム純化系供給配管)



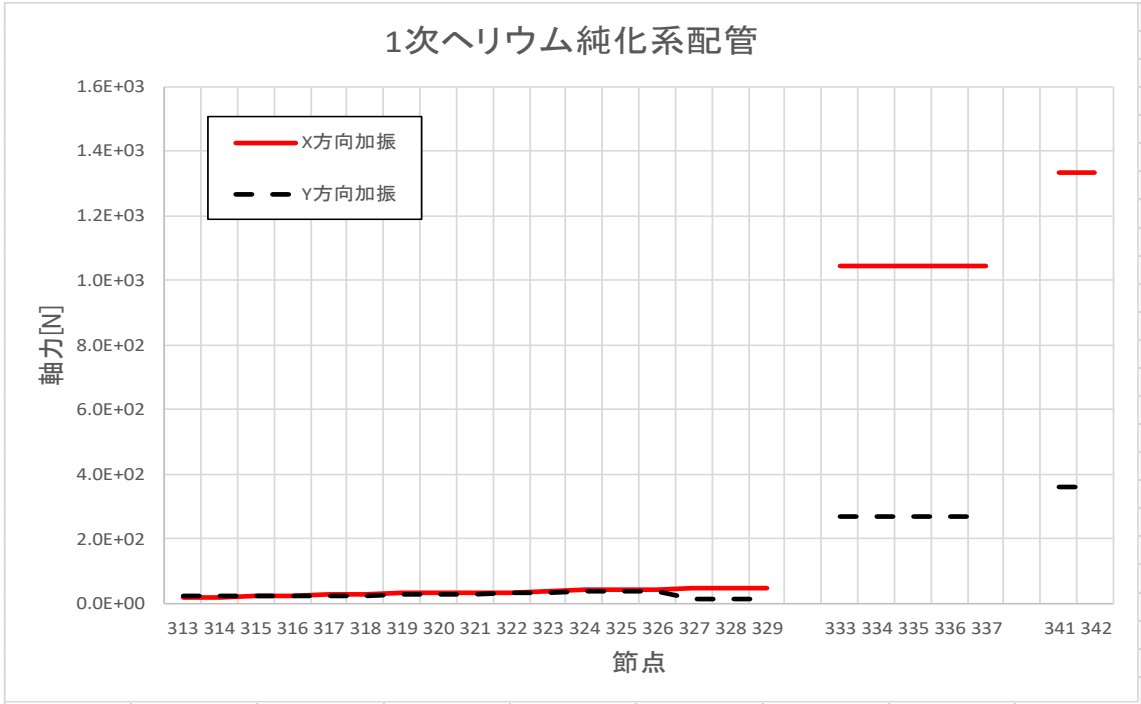


(a) 軸力

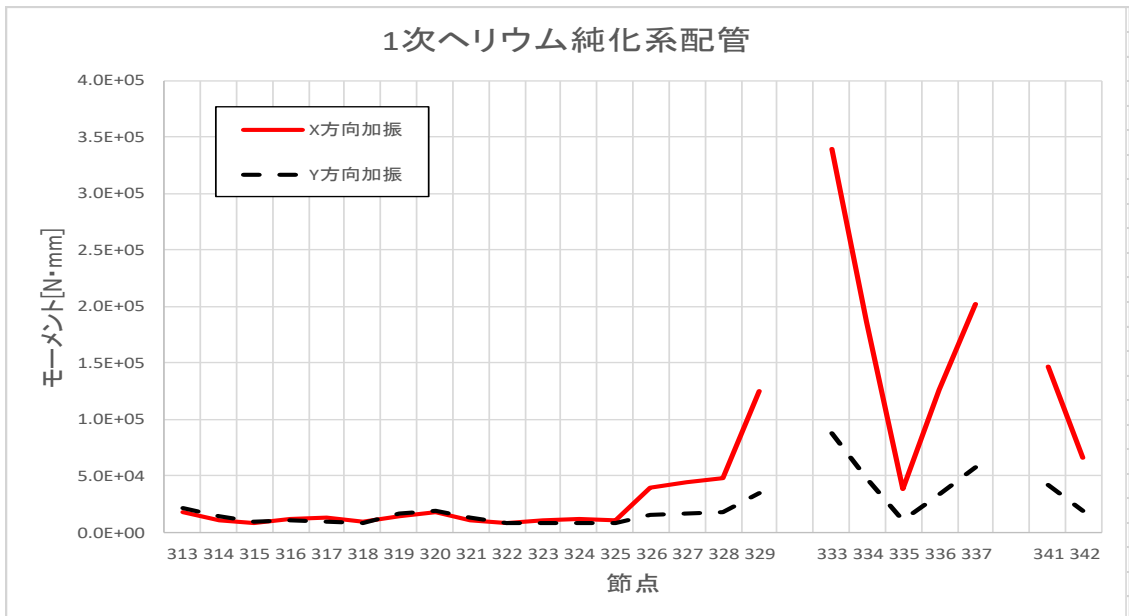


(b) モーメント

第 9.26 図 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (1次ヘリウム純化系供給配管)

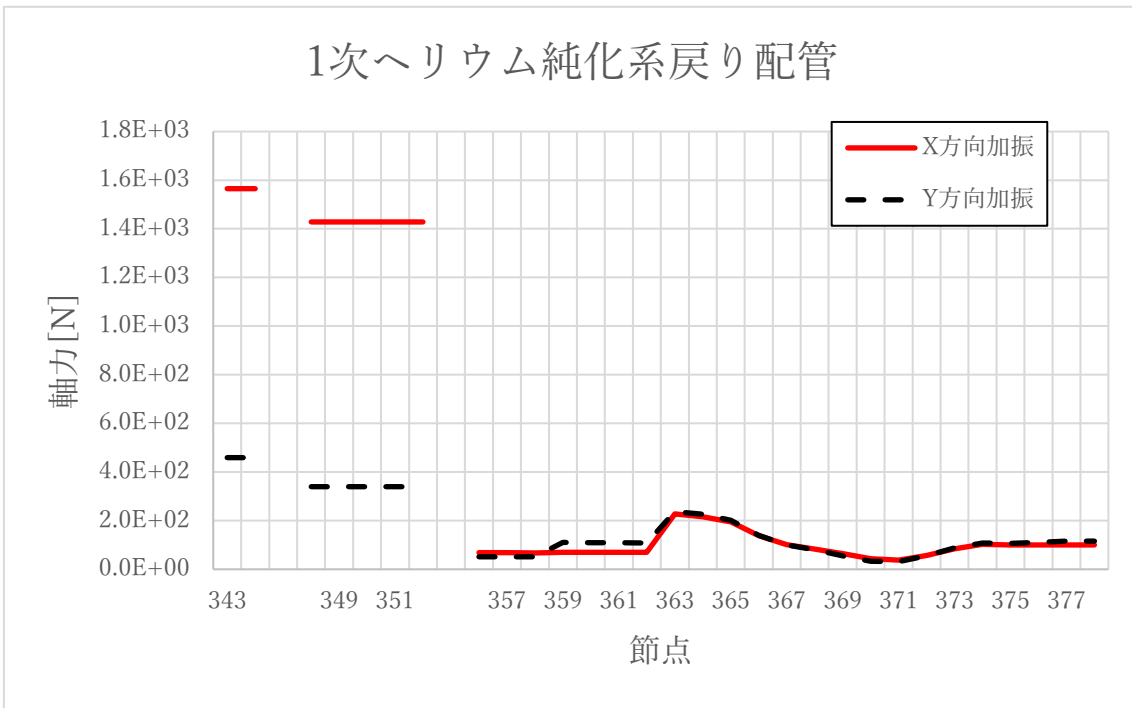


(a) 軸力

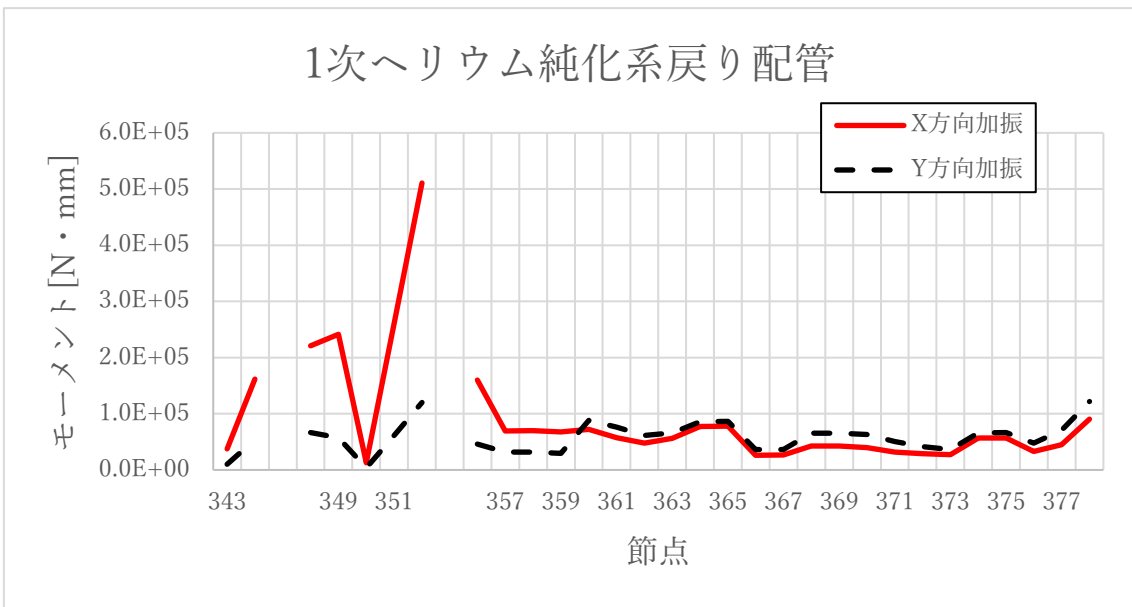


(b) モーメント

第 9.27 図 Sd5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (1次ヘリウム純化系供給配管)

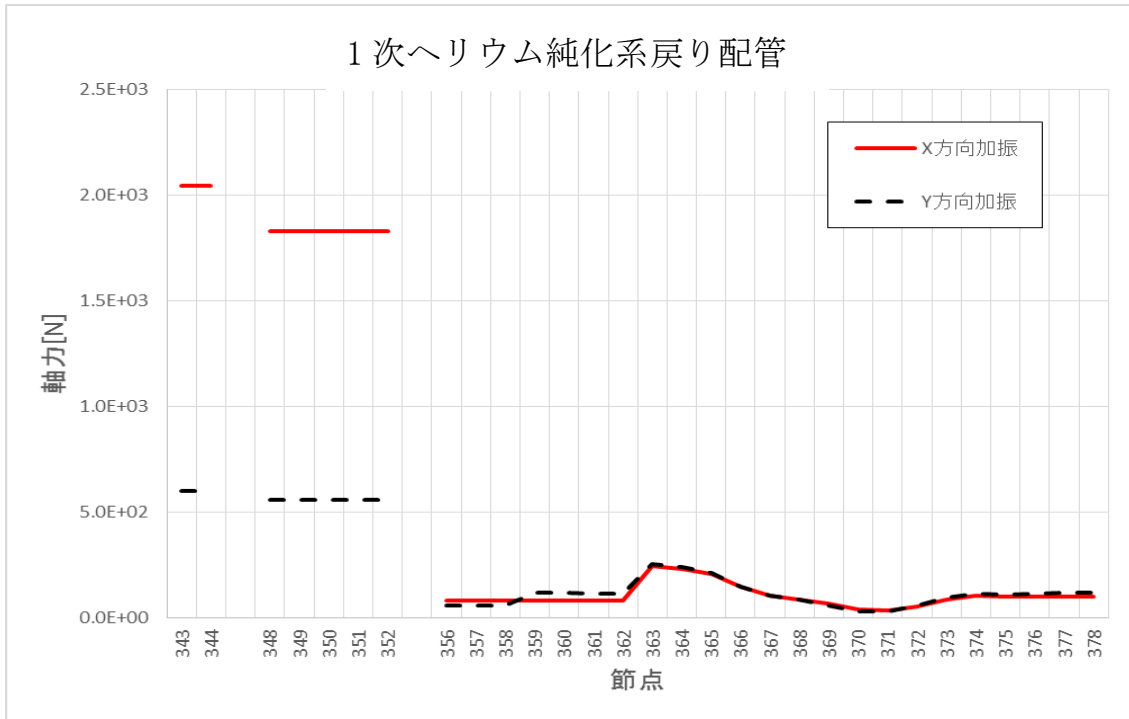


(a) 軸力

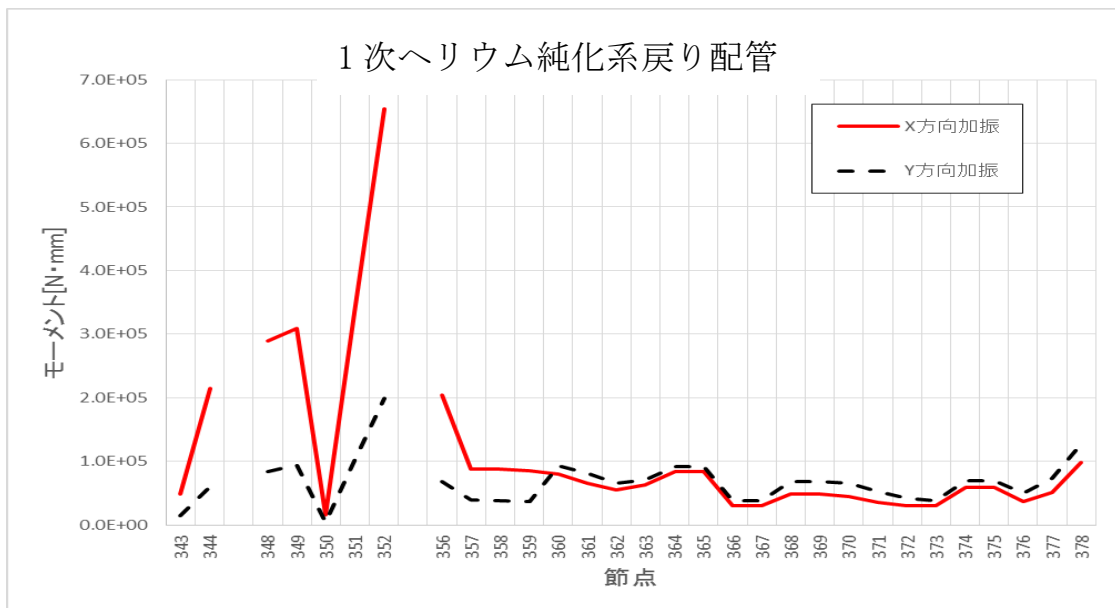


(b) 曲げモーメント

第 9.28 図 Ss1-4\_SsD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (1次ヘリウム純化系戻り配管)

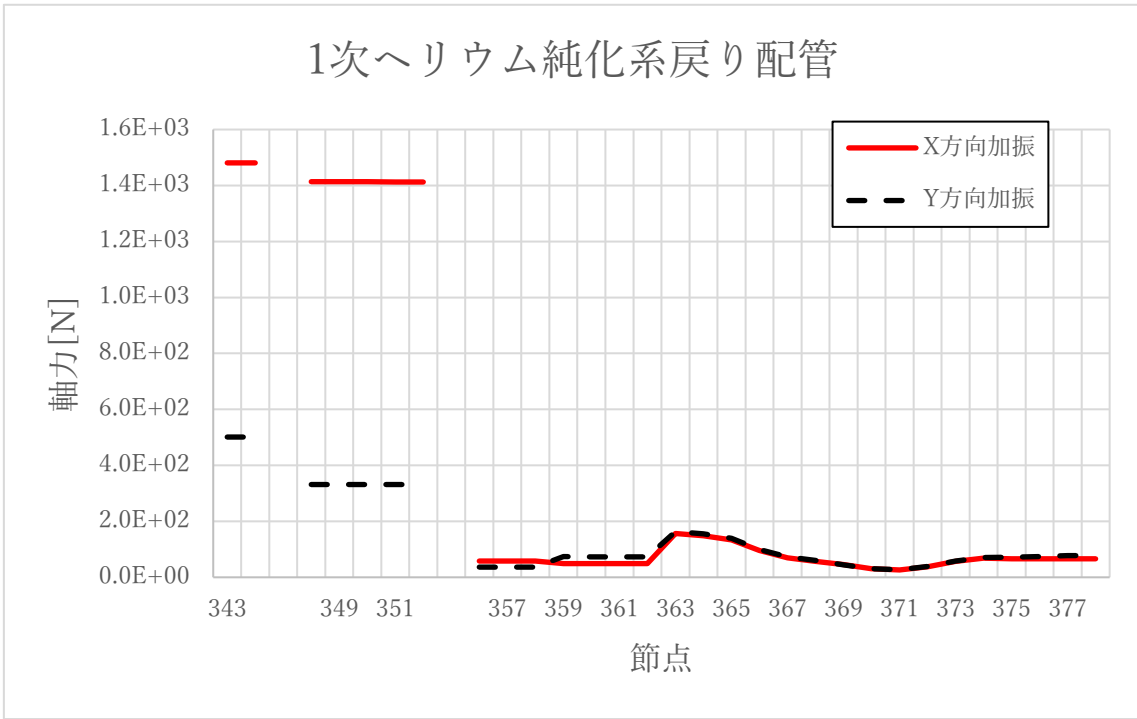


(a) 軸力

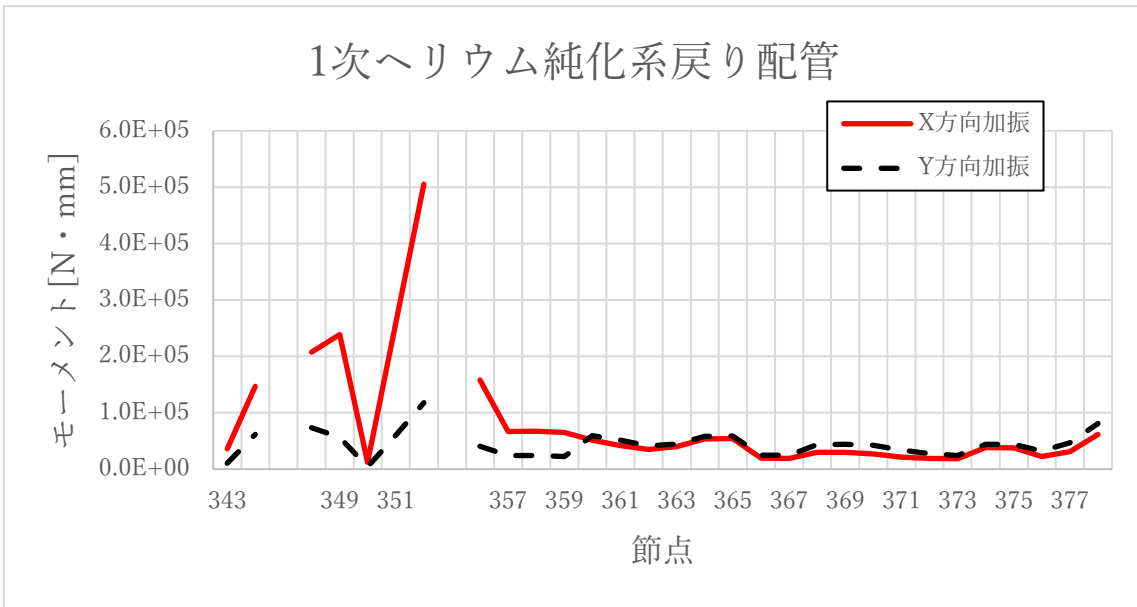


(b) 曲げモーメント

第 9.29 図 Ss5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (1次ヘリウム純化系戻り配管)

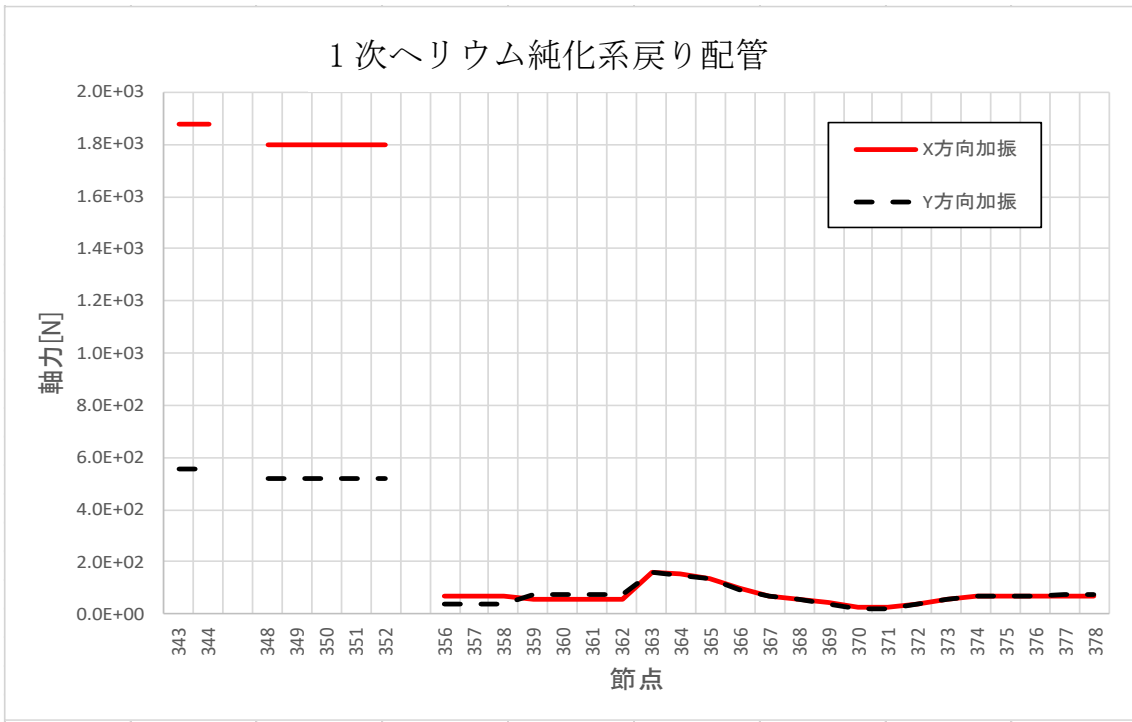


(a) 軸力

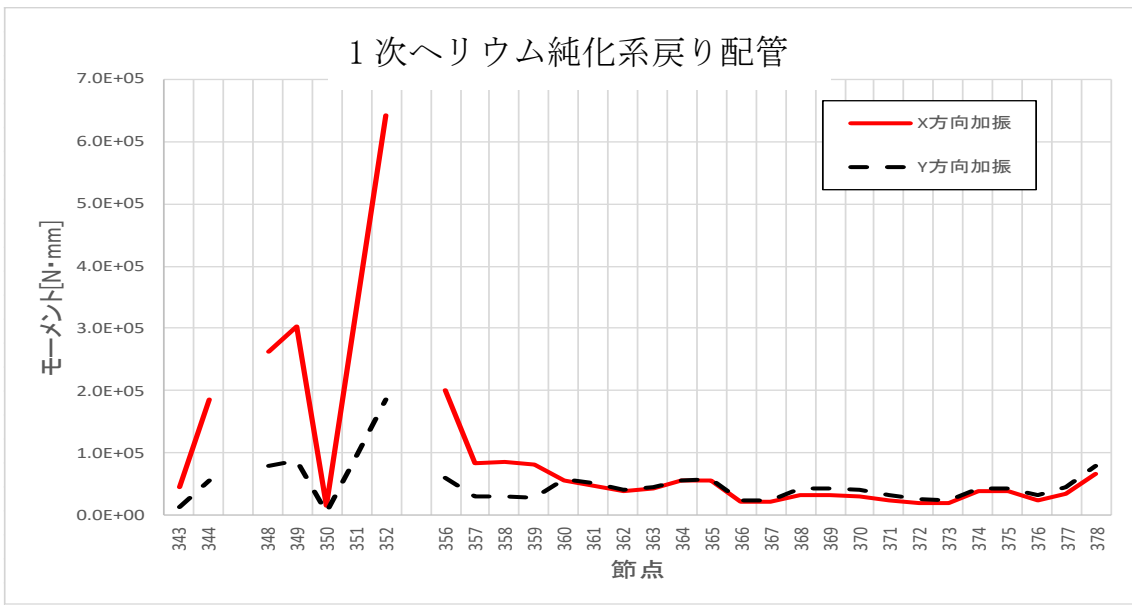


(b) 曲げモーメント

第 9.30 図 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (1次ヘリウム純化系戻り配管)



(a) 軸力



(b) 曲げモーメント

第 9.31 図 Sd5 地震動 補助ヘリウム配管断面力分布 (1次ヘリウム純化系戻り配管)

### 9.3 補助ヘリウム配管(二重管)補助冷却器二重管台接続部

#### 9.3.1 形状、寸法及び材料

補助ヘリウム配管(二重管)補助冷却器二重管台接続部の形状、寸法及び材料を第9.16表に示す。形状から求まる配管要素応力係数を第9.17表に示す。

#### 9.3.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第9.18表から第9.21表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-14 補助ヘリウム(二重管)及び補助ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

#### 9.3.3 応力評価

補助ヘリウム配管(二重管)補助冷却器二重管台接続部の応力評価結果を第9.22表から第9.37表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

##### (1) 特別な応力制限

###### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

###### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

###### ③ 3軸応力の制限

本計算箇所は、内圧及び配管の曲げモーメントによる応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

第 9.16 表 形状、寸法及び材料

評価点 129

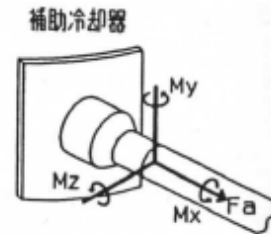
項 目	設定値	単位
材 料	STPA24	—
外 径	508.0	mm
肉 厚	28.0	mm
エルボ曲げ半径	—	mm
断 面 積	$4.222 \times 10^4$	mm <sup>2</sup>
断面 2 次モーメント	$1.220 \times 10^9$	mm <sup>4</sup>

第 9.17 表 配管要素応力係数

評価点 129

応力係数	設定値
B <sub>1</sub>	0.50
B <sub>1</sub> '	1.00
C <sub>1</sub>	1.10
K <sub>1</sub>	1.20
B <sub>2</sub>	1.00
C <sub>2</sub>	1.40
K <sub>2</sub>	2.50
C <sub>3</sub>	1.00
K <sub>3</sub>	1.70
C <sub>4</sub>	0.50
K <sub>1</sub> '	1.00



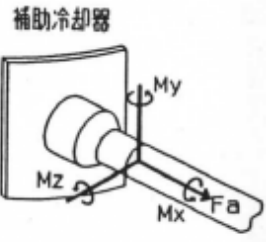


第 9.18 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 二重管管台接続部 )			
	Ss1-4_SsD 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	2802	257	1811	2031
運転状態 II	2802	257	1811	2031
	2802	257	1811	2031
運転状態 III	2802	257	1811	2031
	2802	257	1811	2031
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.19 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 二重管管台接続部 )			
	Ss5 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	2539	233	1899	1497
運転状態 II	2539	233	1899	1497
	2539	233	1899	1497
運転状態 III	2539	233	1899	1497
	2539	233	1899	1497
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 9.20 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 二重管管台接続部 )			
	Sd1-4_SdD 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	1985	243	1275	2274
運転状態 II	1985	243	1275	2274
	1985	243	1275	2274
運転状態 III	1985	243	1275	2274
	1985	243	1275	2274
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.21 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 二重管管台接続部 )			
	Sd5 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	1643	160	1265	1288
運転状態 II	1643	160	1265	1288
	1643	160	1265	1288
運転状態 III	1643	160	1265	1288
	1643	160	1265	1288
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.22 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

補助ヘリウム配管 補助冷却器二重管管台接続部

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	11.5	21.0	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	24	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	100	-	43	124	$K_s=1.34$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t = -$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	30	166	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	43	145	$K_s=1.34$
	$P_s \leq S_t$	430	$3.51 \times 10^2$	42	200	$K_t=1.14$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	33	195	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$3.51 \times 10^2$	23	227	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	430	$3.13 \times 10^4$	0.04	1.00	$B=1.0$
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	430	$3.13 \times 10^4$	0.04	1.00	
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	43	243	$K_s=1.34$
	$P_s \leq 2S_R/3$	430	$3.51 \times 10^2$	42	200	$K_t=1.14$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	35	324	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	430	$3.51 \times 10^2$	23	227	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{ri} ) \leq B_R$	430	$3.13 \times 10^4$	0.01	1.00	$B_R=1.0$
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			
	$\Sigma ( t_j / t_{rbj} ) \leq 1.0$	430	$3.13 \times 10^4$	0.01	1.00	
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			

- (1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。  
 (2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ～ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 9.23 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

補助ヘリウム配管 補助冷却器二重管管台接続部

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	11.5	21.0	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	24	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	100	-	43	124	$K_s=1.34$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t = -$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	28	166	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	43	145	$K_s=1.34$
	$P_s \leq S_t$	430	$3.51 \times 10^2$	42	200	$K_t=1.14$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	31	195	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$3.51 \times 10^2$	23	227	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	430	$3.13 \times 10^4$	0.04	1.00	$B=1.0$
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	430	$3.13 \times 10^4$	0.04	1.00	
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	43	243	$K_s=1.34$
	$P_s \leq 2S_R/3$	430	$3.51 \times 10^2$	42	200	$K_t=1.14$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	34	324	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	430	$3.51 \times 10^2$	23	227	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	430	$3.13 \times 10^4$	0.01	1.00	$B_R=1.0$
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	430	$3.13 \times 10^4$	0.01	1.00	
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ~ IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 9.24 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限  
補助ヘリウム配管 補助冷却器二重管管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 430 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 62 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属 温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				$S_a$ の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
C 2A01	430 20	34	103 194	$(S_y'_{H} + S_y'_{C})/2$	430 20

- (1)  $S_y'_{H}$  とは、負荷サイクルの最高壁厚平均金属温度に対する  $S_y$  値、  
 $S_y'_{C}$  とは、負荷サイクルの最低壁厚平均金属温度に対する  $S_y$  値を示す。

- (2)  $(S_y'_{H} + S_y'_{C})/2$  と  $1.25S_t$  は、評価に採用した厳しい方の式を示す。

※ 既往の設工認評価負荷サイクルが地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

第 9.25 表 Sd5 地震動 Sa の制限  
補助ヘリウム配管 補助冷却器二重管管台接続部(地震動:Sd5)

$$T_o = 430 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 62 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属 温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				$S_a$ の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
C 2A01	430 20	34	102 194	$(S_y'_{H} + S_y'_{C})/2$	430 20

- (1)  $S_y'_{H}$  とは、負荷サイクルの最高壁厚平均金属温度に対する  $S_y$  値、  
 $S_y'_{C}$  とは、負荷サイクルの最低壁厚平均金属温度に対する  $S_y$  値を示す。

- (2)  $(S_y'_{H} + S_y'_{C})/2$  と  $1.25S_t$  は、評価に採用した厳しい方の式を示す。

※ 既往の設工認評価負荷サイクルが地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

第 9.26 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限  
補助ヘリウム配管 補助冷却器二重管管台接続部(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
C 2A01-Ss	430	27 907	0.270	0.148	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 9.27 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限  
補助ヘリウム配管 補助冷却器二重管管台接続部(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
C 2A01-Ss	430	26 907	0.270	0.142	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価

第 9.28 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1)

補助ヘリウム配管 補助冷却器二重管管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\epsilon_t = K_\epsilon' \epsilon_n + K \epsilon_c + K_T' \epsilon_F \quad K_\epsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 (℃)	回数 n	$\epsilon_n$	$\epsilon_c$	$\epsilon_F$	K	$K_\epsilon'$	$\epsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ (MPa)	—	$K_e$	$S_\theta$ (MPa)			
C 2A01	430	210	$4.294 \times 10^{-4}$	$2.008 \times 10^{-4}$	$1.345 \times 10^{-4}$	1.31	1.31	$1.051 \times 10^{-3}$	243650	0.001	C
C 2A01-Sd	430	1	$4.920 \times 10^{-4}$	$1.405 \times 10^{-5}$	$1.498 \times 10^{-4}$	1.34	1.80	$1.157 \times 10^{-3}$	165116	0.000	C
C 1A01	430	89	$2.575 \times 10^{-4}$	$1.902 \times 10^{-4}$	0.000	1.30	1.30	$5.820 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A01 1C01	430	100	$2.503 \times 10^{-4}$	$3.353 \times 10^{-10}$	0.000	1.27	1.27	$3.169 \times 10^{-4}$	1000000	0.001	C
Sd	430	199	$9.798 \times 10^{-5}$	$4.098 \times 10^{-10}$	0.000	2.48	2.48	$2.430 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
C T	100	10	—	—	71	—	—	36	1000000	0.000	D
C 2B01	100	30	—	—	54	—	—	28	1000000	0.000	D
$K_T = 1.70 \quad D_f = \sum (n_i / N_{di}) = 0.003$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_\theta$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ ,  $S_n^*$ に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 9.29 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1)

補助ヘリウム配管 補助冷却器二重管管台接続部(地震動:Sd5)

$$\epsilon_t = K_{\epsilon'} \epsilon_n + K_{\epsilon_c} \epsilon_c + K_T \epsilon_F \quad K_{\epsilon'} = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 (℃)	回数 n	$\epsilon_n$	$\epsilon_c$	$\epsilon_F$	K	$K_{\epsilon'}$	$\epsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ (MPa)	—	$K_e$	$S_e$ (MPa)			
C 2A01	430	210	$4.294 \times 10^{-4}$	$2.008 \times 10^{-4}$	$1.345 \times 10^{-4}$	1.31	1.31	$1.051 \times 10^{-3}$	243650	0.001	C
C 2A01-Sd	430	1	$4.756 \times 10^{-4}$	$1.405 \times 10^{-5}$	$1.498 \times 10^{-4}$	1.34	1.80	$1.128 \times 10^{-3}$	181813	0.000	C
C 1A01	430	89	$2.575 \times 10^{-4}$	$1.902 \times 10^{-4}$	0.000	1.30	1.30	$5.820 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A01 1C01	430	100	$2.503 \times 10^{-4}$	$3.353 \times 10^{-10}$	0.000	1.27	1.27	$3.169 \times 10^{-4}$	1000000	0.001	C
Sd	430	199	$8.165 \times 10^{-5}$	$4.098 \times 10^{-10}$	0.000	2.48	2.48	$2.025 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	A
C T	100	10	—	—	71	—	—	36	1000000	0.000	D
C 2B01	100	30	—	—	54	—	—	28	1000000	0.000	D
$K_T = 1.70 \quad D_f = \sum (n_i / N_{di}) = 0.003$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_e$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ ,  $S_n^*$ に Sd5 分を付加して評価



第 9.30 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 1)

補助ヘリウム配管 補助冷却器二重管管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 T ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma ( t / T_d )$	備考
C 1A01	61	430	$3.13 \times 10^4$	$1.171 \times 10^6$	0.054	C
C 2A01	102	430	$7.37 \times 10^4$	$1.171 \times 10^6$	0.126	C
C 2A01-Sd	116	430	$3.51 \times 10^2$	300000.0	0.003	A
$D_{cN} = \Sigma ( D_{cN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.183$						

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min} [ 1.25S_y |_k, \text{Max} \{ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_L + Q \rangle \} ]$

C :  $S_k = S_g$

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
C 1A01	$5.820 \times 10^{-4}$	$1.802 \times 10^{-3}$	89	0.00	0.00	$2S_g/E$
T= 430(°C) $D_{cP} = \Sigma n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※(1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 の  $S_k$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価。

※(2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

第 9.28 表の C 2A01-Sd の  $\epsilon_t = 1.157 \times 10^{-3}$  でみても、許容値以下となる。

第 9.31 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 1)

補助ヘリウム配管 補助冷却器二重管管台接続部(地震動:Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 T ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma ( t / T_d )$	備考
C 1A01	61	430	$3.13 \times 10^4$	$1.171 \times 10^6$	0.054	C
C 2A01	102	430	$7.37 \times 10^4$	$1.171 \times 10^6$	0.126	C
C 2A01-Sd	113	430	$3.51 \times 10^2$	300000.0	0.003	A
$D_{cN} = \Sigma ( D_{cN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.183$						

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min} [ 1.25S_y |_k, \text{Max} \{ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_L + Q \rangle \} ]$

C :  $S_k = S_g$

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
C 1A01	$5.820 \times 10^{-4}$	$1.802 \times 10^{-3}$	89	0.00	0.00	$2S_g/E$
T= 430(°C) $D_{cP} = \Sigma n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※(1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 の  $S_k$  に Sd5 分を付加して評価。

※(2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

第 9.29 表の C 2A01-Sd の  $\epsilon_t = 1.128 \times 10^{-3}$  でみても、許容値以下となる。

第 9.32 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
 補助ヘリウム配管 補助冷却器二重管管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.003	0.183	0.19	0.75
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.183$ $D_{cp} = 0.000$				

第 9.33 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
 補助ヘリウム配管 補助冷却器二重管管台接続部(地震動:Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.003	0.183	0.19	0.75
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.183$ $D_{cp} = 0.000$				

第 9.34 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 補助冷却器二重管管台接続部(地震動:Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
IV	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y/f_B$	430	17	121	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 9.35 表 Ss5 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 補助冷却器二重管管台接続部(地震動:Ss5)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
IV	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y/f_B$	430	16	121	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 9.36 表 Sd1-4\_SdD 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 補助冷却器二重管管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
III	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y/f_B$	430	16	91	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 9.37 表 Sd5 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 補助冷却器二重管管台接続部(地震動:Sd5)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
III	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y/f_B$	430	14	91	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

## 9.4 補助ヘリウム配管(二重管)のエルボ

### 9.4.1 形状、寸法及び材料

補助ヘリウム配管(二重管)のエルボの形状、寸法及び材料を第9.38表に示す。形状から求まる配管要素応力係数を第9.39表に示す。

### 9.4.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第9.40表から第9.43表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-14 補助ヘリウム(二重管)及び補助ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

### 9.4.3 応力評価

補助ヘリウム配管(二重管)エルボの応力評価結果を第9.44表から第9.57表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3軸応力の制限

本計算箇所は、内圧及び配管の曲げモーメントによる応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

第 9.38 表 形状、寸法及び材料

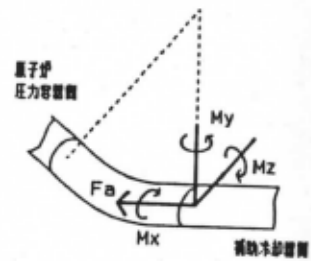
評価点 133

項 目	設定値	単位
材 料	STPA24	—
外 径	508.0	mm
肉 厚	28.0	mm
エルボ曲げ半径	762.0	mm
断 面 積	$4.222 \times 10^4$	mm <sup>2</sup>
断面 2 次モーメント	$1.220 \times 10^9$	mm <sup>4</sup>

第 9.39 表 配管要素応力係数

評価点 133

応力係数	設定値
B <sub>1</sub>	0.50
B <sub>1</sub> '	1.23
C <sub>1</sub>	1.23
K <sub>1</sub>	1.00
B <sub>2</sub>	2.85
C <sub>2</sub>	3.78
K <sub>2</sub>	1.00
C <sub>3</sub>	1.00
K <sub>3</sub>	1.00
C <sub>4</sub>	0.50
K <sub>1</sub> '	1.00

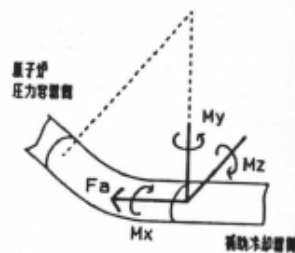


第 9.40 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ)			
	Ss1-4_SsD 地震動			
	反力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	3239	258	1471	306
運転状態 II	3239	258	1471	306
	3239	258	1471	306
運転状態 III	3239	258	1471	306
	3239	258	1471	306
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.41 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ)			
	Ss5 地震動			
	反力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	2999	235	1377	236
運転状態 II	2999	235	1377	236
	2999	235	1377	236
運転状態 III	2999	235	1377	236
	2999	235	1377	236
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 9.42 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ)			
	Sd1-4_SdD 地震動			
	反力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	2272	243	1046	249
運転状態 II	2272	243	1046	249
	2272	243	1046	249
運転状態 III	2272	243	1046	249
	2272	243	1046	249
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.43 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力 (エルボ)			
	Sd5 地震動			
	反力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	1930	161	903	166
運転状態 II	1930	161	903	166
	1930	161	903	166
運転状態 III	1930	161	903	166
	1930	161	903	166
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 9.44 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

補助ヘリウム配管 二重管エルボ

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	11.5	21.0	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	33	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	100	-	51	124	$K_s=1.34$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	40	166	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	51	145	$K_s=1.34$
	$P_s \leq S_t$	430	$3.51 \times 10^2$	51	200	$K_t=1.13$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	51	195	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$3.51 \times 10^2$	31	225	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	430	$3.13 \times 10^4$	0.04	1.00	$B=1.0$
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	430	$3.13 \times 10^4$	0.04	1.00	
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	51	243	$K_s=1.34$
	$P_s \leq 2S_R/3$	430	$3.51 \times 10^2$	51	200	$K_t=1.13$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	54	324	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	430	$3.51 \times 10^2$	31	225	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{ri} ) \leq B_R$	430	$3.13 \times 10^4$	0.01	1.00	$B_R=1.0$
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			
	$\Sigma ( t_j / t_{rbj} ) \leq 1.0$	430	$3.13 \times 10^4$	0.01	1.00	
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ～ IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 9.45 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

補助ヘリウム配管 二重管エルボ

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	11.5	21.0	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	33	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	100	-	51	124	$K_s=1.34$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	39	166	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	51	145	$K_s=1.34$
	$P_s \leq S_t$	430	$3.51 \times 10^2$	51	200	$K_t=1.13$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	50	195	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$3.51 \times 10^2$	31	225	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	430	$3.13 \times 10^4$	0.04	1.00	$B=1.0$
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	430	$3.13 \times 10^4$	0.04	1.00	
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	51	243	$K_s=1.34$
	$P_s \leq 2S_R/3$	430	$3.51 \times 10^2$	51	200	$K_t=1.13$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	53	324	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	430	$3.51 \times 10^2$	31	225	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	430	$3.13 \times 10^4$	0.01	1.00	$B_R=1.0$
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	430	$3.13 \times 10^4$	0.01	1.00	
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ～ IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 9.46 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限

補助ヘリウム配管 二重管エルボ(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 430 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 79 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
C 2A01	430 20	61	148 194	$(S_y'_{H} + S_y'_{C})/2$	430 20

- (1)  $S_y'_{H}$ とは、負荷サイクルの最高壁厚平均金属温度に対する  $S_y$  値、  
 $S_y'_{C}$ とは、負荷サイクルの最低壁厚平均金属温度に対する  $S_y$  値を示す。  
 (2)  $(S_y'_{H} + S_y'_{C})/2$  と  $1.25S_t$  は、評価に採用した厳しい方の式を示す。

※ 既往の設工認評価負荷サイクルが地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

第 9.47 表 Sd5 地震動 Sa の制限

補助ヘリウム配管 二重管エルボ(地震動:Sd5)

$$T_o = 430 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 79 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
C 2A01	430 20	61	151 194	$(S_y'_{H} + S_y'_{C})/2$	430 20

- (1)  $S_y'_{H}$ とは、負荷サイクルの最高壁厚平均金属温度に対する  $S_y$  値、  
 $S_y'_{C}$ とは、負荷サイクルの最低壁厚平均金属温度に対する  $S_y$  値を示す。  
 (2)  $(S_y'_{H} + S_y'_{C})/2$  と  $1.25S_t$  は、評価に採用した厳しい方の式を示す。

※ 既往の設工認評価負荷サイクルが地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

第 9.48 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限  
補助ヘリウム配管 二重管エルボ(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
C 2A01-Ss	430	61 907	0.350	0.335	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 9.49 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限  
補助ヘリウム配管 二重管エルボ(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
C 2A01-Ss	430	60 907	0.350	0.329	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価

第 9.50 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1)

補助ヘリウム配管 二重管エルボ(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\epsilon_t = K_\epsilon' \epsilon_n + K \epsilon_c + K_T \epsilon_F \quad K_\epsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 (℃)	回数 n	$\epsilon_n$	$\epsilon_c$	$\epsilon_F$	K	$K_\epsilon'$	$\epsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ (MPa)	—	$K_\epsilon$	$S_\theta$ (MPa)			
C 2A01	430	210	$6.118 \times 10^{-4}$	$2.383 \times 10^{-4}$	$1.345 \times 10^{-4}$	1.00	1.00	$9.846 \times 10^{-4}$	330202	0.001	C
C 2A01-Sd	430	1	$7.481 \times 10^{-4}$	$3.234 \times 10^{-5}$	$1.498 \times 10^{-4}$	1.00	1.00	$9.303 \times 10^{-4}$	479017	0.000	C
C 1A01	430	89	$3.236 \times 10^{-4}$	$2.170 \times 10^{-4}$	0.000	1.00	1.00	$5.406 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A01 1C01	430	100	$3.004 \times 10^{-4}$	$7.823 \times 10^{-10}$	0.000	1.00	1.00	$3.004 \times 10^{-4}$	1000000	0.001	C
Sd	430	199	$2.150 \times 10^{-4}$	$1.006 \times 10^{-9}$	0.000	1.00	1.00	$2.150 \times 10^{-4}$	1000000	$1.99 \times 10^{-4}$	A
C T	100	10	—	—	66	—	—	34	1000000	0.000	D
C 2B01	100	30	—	—	51	—	—	26	1000000	0.000	D
$K_T = 1.00 \quad D_f = \sum (n_i / N_{di}) = 0.003$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段( $S_p$ ,  $K_\epsilon$ ,  $S_\theta$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準別表」第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 9.51 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1)

補助ヘリウム配管 二重管エルボ(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon' \varepsilon_n + K \varepsilon_c + K_T \varepsilon_F \quad K_\varepsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 (℃)	回数 n	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_c$	$\varepsilon_F$	K	$K_\varepsilon'$	$\varepsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ (MPa)	—	$K_e$	$S_\theta$ (MPa)			
C 2A01	430	210	$6.118 \times 10^{-4}$	$2.383 \times 10^{-4}$	$1.345 \times 10^{-4}$	1.00	1.00	$9.846 \times 10^{-4}$	330202	0.001	C
C 2A01-Sd	430	1	$7.372 \times 10^{-4}$	$3.234 \times 10^{-5}$	$1.498 \times 10^{-4}$	1.00	1.00	$9.194 \times 10^{-4}$	537303	0.000	C
C 1A01	430	89	$3.236 \times 10^{-4}$	$2.170 \times 10^{-4}$	0.000	1.00	1.00	$5.406 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A01 1C01	430	100	$3.004 \times 10^{-4}$	$7.823 \times 10^{-10}$	0.000	1.00	1.00	$3.004 \times 10^{-4}$	1000000	0.001	C
Sd	430	199	$2.041 \times 10^{-4}$	$1.006 \times 10^{-9}$	0.000	1.00	1.00	$2.041 \times 10^{-4}$	1000000	$1.99 \times 10^{-4}$	A
C T	100	10	—	—	66	—	—	34	1000000	0.000	D
C 2B01	100	30	—	—	51	—	—	26	1000000	0.000	D
$K_T = 1.00 \quad D_f = \sum (n_i / N_{di}) = 0.003$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_\theta$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準別表」第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ ,  $S_n^*$ に Sd5 分を付加して評価

第 9.52 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 1)

補助ヘリウム配管 二重管エルボ(地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 T ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma ( t / T_d )$	備考
C 1A01	59	430	$3.129 \times 10^4$	$1.171 \times 10^6$	0.054	C
C 2A01	111	430	$7.371 \times 10^4$	$1.171 \times 10^6$	0.126	C
C 2A01-Sd	136	430	$3.510 \times 10^2$	260670.7	0.003	A
$D_{cN} = \Sigma ( D_{cN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.183$						

(1) 備考の記号の意味は、次のとおり。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min} [ 1.25S_y |_k, \text{Max} \{ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_b + Q \rangle \} ]$

C :  $S_k = S_g$

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
C 1A01	$5.406 \times 10^{-4}$	$1.802 \times 10^{-3}$	89	0.00	0.00	$2S_g/E$
$T = 430(°C) \quad D_{cP} = \Sigma n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※(1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 の  $S_k$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※(2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

第 9.50 表の C 2A01-Sd の  $\epsilon_t = 9.303 \times 10^{-4}$  でみても、許容値以下となる。

第9.53表 Sd5地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その1)

補助ヘリウム配管 二重管エルボ(地震動:Sd5)

(1/2)  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ (MPa)	温度 T (℃)	時間 t (hr)	許容時間 $T_d$ (hr)	$2 \sum (t / T_d)$	備考
C 1A01	59	430	$3.129 \times 10^4$	$1.171 \times 10^6$	0.054	C
C 2A01	111	430	$7.371 \times 10^4$	$1.171 \times 10^6$	0.126	C
C 2A01-Sd	134	430	$3.510 \times 10^2$	264964.3	0.003	A
$D_{cN} = \sum (D_{cN})_k = 2 \sum (t / T_d)_k = 0.183$						

(1) 備考の記号の意味は、次のとおり。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min}[ 1.25S_y|_k, \text{Max}\{ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_b + Q \rangle \} ]$

C :  $S_k = S_g$

(2/2)  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
C 1A01	$5.406 \times 10^{-4}$	$1.802 \times 10^{-3}$	89	0.00	0.00	$2S_g/E$
T= 430(℃) $D_{cP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※(1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 の  $S_k$  に Sd5 分を付加して評価

※(2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないため、  
そのままとした。

第9.51表の C 2A01-Ss の  $\epsilon_t = 9.194 \times 10^{-4}$  でみても、許容値以下となる。



第 9.54 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
 補助ヘリウム配管 二重管エルボ(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.003	0.183	0.19	0.75
$D_c = D_cN + D_{cp}$ $D_cN = 0.183$ $D_{cp} = 0.000$				

第 9.55 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
 補助ヘリウム配管 二重管エルボ(地震動:Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.003	0.183	0.19	0.75
$D_c = D_cN + D_{cp}$ $D_cN = 0.183$ $D_{cp} = 0.000$				

第 9.56 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 二重管エルボ(地震動:Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$B_2D_o(M_1+M_1^*)/(2yI) \leq 1.5K_sS_m$	430	33	243	$K_s=1.35$

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 9.57 表 Ss5 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 二重管エルボ(地震動:Ss5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$B_2D_o(M_1+M_1^*)/(2yI) \leq 1.5K_sS_m$	430	32	243	$K_s=1.35$

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

## 9.5 補助ヘリウム配管(二重管)原子炉压力容器接続部

### 9.5.1 形状、寸法及び材料

補助ヘリウム配管(二重管)原子炉压力容器接続部の形状、寸法及び材料を第9.58表に示す。形状から求まる配管要素応力係数を第9.59表に示す。

### 9.5.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第9.60表から第9.63表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-14 補助ヘリウム(二重管)及び補助ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

### 9.5.3 応力評価

補助ヘリウム配管(二重管)原子炉压力容器接続部の応力評価結果を第9.64表から第9.79表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3軸応力の制限

本計算箇所は、内圧及び配管の曲げモーメントによる応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

第 9.58 表 形状、寸法及び材料

評価点 137

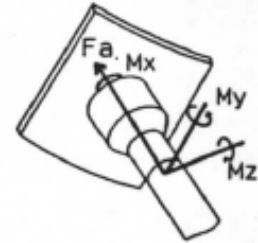
項 目	設定値	単位
材 料	STPA24	—
外 径	508.0	mm
肉 厚	28.0	mm
エルボ曲げ半径	—	mm
断 面 積	$4.222 \times 10^4$	mm <sup>2</sup>
断面 2 次モーメント	$1.220 \times 10^9$	mm <sup>4</sup>

第 9.59 表 配管要素応力係数

評価点 137

応力係数	設定値
B <sub>1</sub>	0.50
B <sub>1</sub> '	1.00
C <sub>1</sub>	1.10
K <sub>1</sub>	1.20
B <sub>2</sub>	1.00
C <sub>2</sub>	1.40
K <sub>2</sub>	2.50
C <sub>3</sub>	1.00
K <sub>3</sub>	1.70
C <sub>4</sub>	0.50
K <sub>1</sub> '	1.00

原子炉压力容器



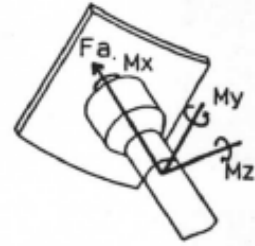
第 9.60 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力 (二重管原子炉压力容器接続部)			
	Ss1-4_SsD 地震動			
	反力 (× 10 N)	モーメント (× 10 <sup>4</sup> N・mm)		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	2107	479	3475	4548
運転状態 II	2107	479	3475	4548
	2107	479	3475	4548
運転状態 III	2107	479	3475	4548
	2107	479	3475	4548
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.61 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力 (二重管原子炉压力容器接続部)			
	Ss5 地震動			
	反力 (× 10 N)	モーメント (× 10 <sup>4</sup> N・mm)		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	2025	386	3081	4098
運転状態 II	2025	386	3081	4098
	2025	386	3081	4098
運転状態 III	2025	386	3081	4098
	2025	386	3081	4098
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

原子炉压力容器



第 9.62 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力 (二重管原子炉压力容器接続部)			
	Sd1-4_SdD 地震動			
	反力 ( $\times 10^4$ N )	モーメント ( $\times 10^4$ N $\cdot$ mm )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	1491	424	2735	3412
運転状態 II	1491	424	2735	3412
	1491	424	2735	3412
運転状態 III	1491	424	2735	3412
	1491	424	2735	3412
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.63 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力 (二重管原子炉压力容器接続部)			
	Sd5 地震動			
	反力 ( $\times 10^4$ N )	モーメント ( $\times 10^4$ N $\cdot$ mm )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	1323	278	2073	2700
運転状態 II	1323	278	2073	2700
	1323	278	2073	2700
運転状態 III	1323	278	2073	2700
	1323	278	2073	2700
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.64 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

補助ヘリウム配管 二重管原子炉压力容器接続部

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	11.5	21.0	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	23	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	100	-	43	124	$K_s=1.34$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	32	166	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	43	145	$K_s=1.34$
	$P_s \leq S_t$	430	$3.51 \times 10^2$	42	200	$K_t=1.14$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	33	195	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$3.51 \times 10^2$	22	227	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	430	$3.13 \times 10^4$	0.04	1.00	$B=1.0$
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	430	$3.13 \times 10^4$	0.04	1.00	
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	43	243	$K_s=1.34$
	$P_s \leq 2S_R/3$	430	$3.51 \times 10^2$	42	200	$K_t=1.14$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	37	324	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	430	$3.51 \times 10^2$	22	227	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	430	$3.13 \times 10^4$	0.01	1.00	$B_R=1.0$
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	430	$3.13 \times 10^4$	0.01	1.00	
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			

- (1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。  
 (2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ～ IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 9.65 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

補助ヘリウム配管 二重管原子炉压力容器接続部

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	11.5	21.0	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	23	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	100	-	43	124	$K_s=1.34$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	30	166	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	430	-	43	145	$K_s=1.34$
	$P_s \leq S_t$	430	$3.51 \times 10^2$	42	200	$K_t=1.14$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	430	-	31	195	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	430	$3.51 \times 10^2$	22	227	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	430	$3.13 \times 10^4$	0.04	1.00	$B=1.0$
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	430	$3.13 \times 10^4$	0.04	1.00	
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	430	-	43	243	$K_s=1.34$
	$P_s \leq 2S_R/3$	430	$3.51 \times 10^2$	42	200	$K_t=1.14$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	430	-	36	324	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	430	$3.51 \times 10^2$	22	227	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	430	$3.13 \times 10^4$	0.01	1.00	$B_R=1.0$
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	430	$3.13 \times 10^4$	0.01	1.00	
		430	$7.37 \times 10^4$			
		430	$3.51 \times 10^2$			

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ～ IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価



第 9.66 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限  
補助ヘリウム配管 二重管原子炉压力容器接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 430 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 60 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
C 2A01	430 20	26	96 194	$(S_y'_{H} + S_y'_{C})/2$	430 20

- (1)  $S_y'_{H}$  とは、負荷サイクルの最高壁厚平均金属温度に対する  $S_y$  値、  
 $S_y'_{C}$  とは、負荷サイクルの最低壁厚平均金属温度に対する  $S_y$  値を示す。  
(2)  $(S_y'_{H} + S_y'_{C})/2$  と  $1.25S_t$  は、評価に採用した厳しい方の式を示す。  
※ 既往の設工認評価負荷サイクルが地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

第 9.67 表 Sd5 地震動 Sa の制限  
補助ヘリウム配管 二重管原子炉压力容器接続部(地震動:Sd5)

$$T_o = 430 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$P' = \langle P_L + P_L^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 60 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	壁厚平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
C 2A01	430 20	26	97 194	$(S_y'_{H} + S_y'_{C})/2$	430 20

- (1)  $S_y'_{H}$  とは、負荷サイクルの最高壁厚平均金属温度に対する  $S_y$  値、  
 $S_y'_{C}$  とは、負荷サイクルの最低壁厚平均金属温度に対する  $S_y$  値を示す。  
(2)  $(S_y'_{H} + S_y'_{C})/2$  と  $1.25S_t$  は、評価に採用した厳しい方の式を示す。  
※ 既往の設工認評価負荷サイクルが地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

第 9.68 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限  
 補助ヘリウム配管 二重管原子炉压力容器接続部(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
C 2A01-Ss	430	25 907	0.250	0.136	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 9.69 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限  
 補助ヘリウム配管 二重管原子炉压力容器接続部(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
C 2A01-Ss	430	23 907	0.250	0.125	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価

第 9.70 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1)

補助ヘリウム配管 二重管原子炉圧力容器接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\epsilon_t = K_\epsilon' \epsilon_n + K \epsilon_c + K_T \epsilon_F \quad K_\epsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 (℃)	回数 n	$\epsilon_n$	$\epsilon_c$	$\epsilon_F$	K	$K_\epsilon'$	$\epsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ (MPa)	—	$K_\epsilon$	$S_\theta$ (MPa)			
C 2A01	430	210	$3.855 \times 10^{-4}$	$1.996 \times 10^{-4}$	$1.345 \times 10^{-4}$	1.17	1.17	$9.084 \times 10^{-4}$	533105	0.001	C
C 2A01-Sd	430	1	$4.690 \times 10^{-4}$	$1.234 \times 10^{-5}$	$1.498 \times 10^{-4}$	1.19	1.42	$9.335 \times 10^{-4}$	461858	0.000	C
C 1A01	430	89	$2.391 \times 10^{-4}$	$1.861 \times 10^{-4}$	0.000	1.21	1.21	$5.134 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A01 1C01	430	100	$2.382 \times 10^{-4}$	$2.980 \times 10^{-10}$	0.000	1.21	1.21	$2.865 \times 10^{-4}$	1000000	0.001	C
Sd	430	199	$9.382 \times 10^{-5}$	$3.725 \times 10^{-10}$	0.000	2.38	2.38	$2.233 \times 10^{-4}$	1000000	$1.99 \times 10^{-4}$	A
C T	100	10	—	—	71	—	—	36	1000000	0.00	D
C 2B01	100	30	—	—	54	—	—	28	1000000	0.00	D
$K_T = 1.70 \quad D_f = \sum (n_i / N_{di}) = 0.003$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段( $S_p$ ,  $K_\epsilon$ ,  $S_\theta$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ ,  $S_n^*$ に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 9.71 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 1)

補助ヘリウム配管 二重管原子炉圧力容器接続部(地震動:Sd5)

$$\epsilon_t = K_\epsilon' \epsilon_n + K \epsilon_c + K_T \epsilon_F \quad K_\epsilon' = K^2 (S^* / \bar{S})$$

ひずみサイクル	最高 金属温度 (℃)	回数 n	$\epsilon_n$	$\epsilon_c$	$\epsilon_F$	K	$K_\epsilon'$	$\epsilon_t$	$N_d$	n / $N_d$	備考
			—	—	$S_p$ (MPa)	—	$K_e$	$S_\theta$ (MPa)			
C 2A01	430	210	$3.855 \times 10^{-4}$	$1.996 \times 10^{-4}$	$1.345 \times 10^{-4}$	1.17	1.17	$9.084 \times 10^{-4}$	533105	0.001	C
C 2A01-Sd	430	1	$4.527 \times 10^{-4}$	$1.234 \times 10^{-5}$	$1.498 \times 10^{-4}$	1.19	1.42	$9.103 \times 10^{-4}$	585666	0.000	C
C 1A01	430	89	$2.391 \times 10^{-4}$	$1.861 \times 10^{-4}$	0.000	1.21	1.21	$5.134 \times 10^{-4}$	1000000	0.000	C
1A01 1C01	430	100	$2.382 \times 10^{-4}$	$2.980 \times 10^{-10}$	0.000	1.21	1.21	$2.865 \times 10^{-4}$	1000000	0.001	C
Sd	430	199	$7.750 \times 10^{-5}$	$3.725 \times 10^{-10}$	0.000	2.38	2.38	$1.845 \times 10^{-4}$	1000000	$1.99 \times 10^{-4}$	A
C T	100	10	—	—	71	—	—	36	1000000	0.00	D
C 2B01	100	30	—	—	54	—	—	28	1000000	0.00	D
$K_T = 1.70$			$D_f = \sum (n_i / N_{di}) = 0.003$								

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段( $S_p$ ,  $K_e$ ,  $S_\theta$ )は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ ,  $S_n^*$ に Sd5 分を付加して評価

第 9.72 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 1)

補助ヘリウム配管 二重管原子炉圧力容器接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 T ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma ( t / T_d )$	備考
C 1A01	53	430	$3.13 \times 10^4$	$1.171 \times 10^6$	0.054	C
C 2A01	82	430	$7.37 \times 10^4$	$1.171 \times 10^6$	0.126	C
C 2A01-Sd	99	430	$3.51 \times 10^2$	300000.0	0.003	A
$D_{cN} = \Sigma ( D_{cN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.183$						

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min} [ 1.25S_y |_k, \text{Max} \{ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_L + Q \rangle \} ]$

C :  $S_k = S_g$

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
C 1A01	$5.134 \times 10^{-4}$	$1.802 \times 10^{-3}$	89	0.00	0.00	$2S_g/E$
T= 430(°C) $D_{cP} = \Sigma n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※(1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 の  $S_k$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※(2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

第 9.70 表の C 2A01-Sd の  $\epsilon_t = 9.335 \times 10^{-4}$  でみても、許容値以下となる。

第 9.73 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 1)

補助ヘリウム配管 二重管原子炉压力容器接続部(地震動:Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_k$ ( MPa )	温度 T ( °C )	時間 t ( hr )	許容時間 $T_d$ ( hr )	$2 \Sigma ( t / T_d )$	備考
C 1A01	53	430	$3.129 \times 10^4$	$1.171 \times 10^6$	0.054	C
C 2A01	82	430	$7.371 \times 10^4$	$1.171 \times 10^6$	0.126	C
C 2A01-Sd	96	430	$3.510 \times 10^2$	300000.0	0.003	A
$D_{cN} = \Sigma ( D_{cN} )_k = 2 \Sigma ( t / T_d )_k = 0.183$						

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

A :  $S_k = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle$

B :  $S_k = \text{Min} [ 1.25S_y |_k, \text{Max} \{ \langle P_m \rangle + 0.5 \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R, \langle P_L + P_L + Q \rangle \} ]$

C :  $S_k = S_g$

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	n	$D^{**}$	$nD^{**}$	備考
C 1A01	$5.134 \times 10^{-4}$	$1.802 \times 10^{-3}$	89	0.00	0.00	$2S_g/E$
T= 430(°C) $D_{cP} = \Sigma n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※(1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 の  $S_k$  に Sd5 分を付加して評価

※(2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないため、  
そのままとした。

第 9.71 の表の C 2A01-Ss の  $\epsilon_t = 9.103 \times 10^{-4}$  でみても、許容値以下となる。

第 9.74 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
 補助ヘリウム配管 二重管原子炉压力容器接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.003	0.183	0.19	0.75
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.183$ $D_{cp} = 0.000$				

第 9.75 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
 補助ヘリウム配管 二重管原子炉压力容器接続部(地震動:Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.003	0.183	0.19	0.75
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.183$ $D_{cp} = 0.000$				

第 9.76 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 二重管原子炉压力容器接続部(地震動:Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
IV	$F_c/A + D_o M / (2yI) \leq S_y / f_B$	430	15	121	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 9.77 表 Ss5 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 二重管原子炉压力容器接続部(地震動:Ss5)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
IV	$F_c/A + D_o M / (2yI) \leq S_y / f_B$	430	14	121	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 9.78 表 Sd1-4\_SdD 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 二重管原子炉压力容器接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
III	$F_c/A + D_o M / (2yI) \leq S_y / f_B$	430	11	91	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 9.79 表 Sd5 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 二重管原子炉压力容器接続部(地震動:Sd5)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
III	$F_c/A + D_o M / (2yI) \leq S_y / f_B$	430	10	91	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。



## 9.6 補助ヘリウム主配管(単管)ティー

### 9.6.1 形状、寸法及び材料

補助ヘリウム主配管(単管)ティーの形状、寸法及び材料を第9.80表に示す。形状から求まる配管要素応力係数を第9.81表に示す。

### 9.6.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第9.82表から第9.93表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-14 補助ヘリウム(二重管)及び補助ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

### 9.6.3 応力評価

補助ヘリウム主配管(単管)ティーの応力評価結果を第9.94表から第9.112表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3軸応力の制限

本計算箇所は、内圧及び配管の曲げモーメントによる応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

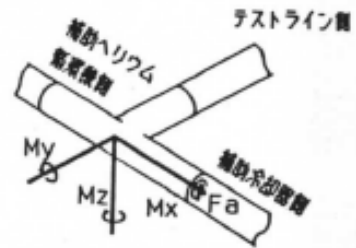
第 9.80 表 形状、寸法及び材料

評価点 109

項 目	設定値	単位
材 料	STPA24	—
外 径	165.2	mm
肉 厚	11.0	mm
エルボ曲げ半径	—	mm
断 面 積	$5.329 \times 10^3$	mm <sup>2</sup>
断面 2 次モーメント	$1.592 \times 10^7$	mm <sup>4</sup>

第 9.81 表 配管要素応力係数

応力係数	設定値
B <sub>1</sub>	0.50
B <sub>1</sub> '	1.00
C <sub>1</sub>	1.50
K <sub>1</sub>	4.00
B <sub>2b</sub>	2.75
B <sub>2r</sub>	1.47
C <sub>2</sub>	2.46
K <sub>2</sub>	1.00
C <sub>3</sub>	1.00
K <sub>3</sub>	1.00
C <sub>4</sub>	0.50
K <sub>1</sub> '	1.00



第 9.82 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(1/3)

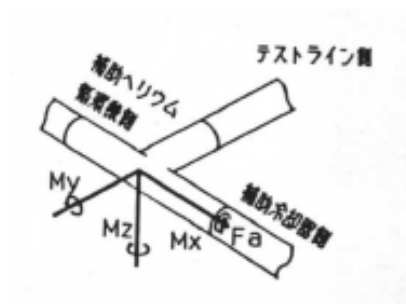
母管 補助ヘリウム循環機側

	配管反力 ( 主配管ティー母管 補助ヘリウム循環機側)			
	Ss1-4_SsD 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	145	80	273	57
運転状態 II	145	80	273	57
	145	80	273	57
運転状態 III	145	80	273	57
	145	80	273	57
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.83 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(2/3)

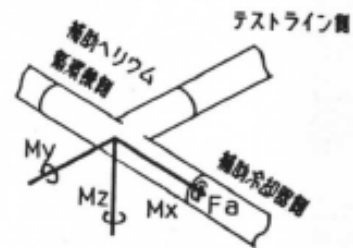
母管 補助冷却器側

	配管反力 ( 主配管ティー母管 補助冷却器側)			
	Ss1-4_SsD 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	225	78	197	101
運転状態 II	225	78	197	101
	225	78	197	101
運転状態 III	225	78	197	101
	225	78	197	101
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 9.84 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(3/3)  
分岐管 テストライン側

	配管反力 ( 主配管ティー分岐管 テストライン側 )			
	Ss1-4_SsD 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	28	95	27	59
運転状態 II	28	95	27	59
	28	95	27	59
運転状態 III	28	95	27	59
	28	95	27	59
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 9.85 表 Ss5 地震動 機械的荷重(1/3)

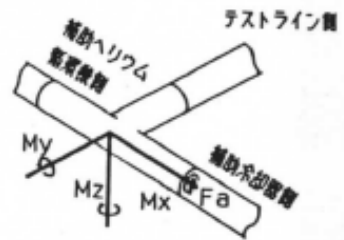
母管 補助ヘリウム循環機側

	配管反力 ( 主配管ティー母管 補助ヘリウム循環機側)			
	Ss5 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	137	88	286	58
運転状態 II	137	88	286	58
	137	88	286	58
	137	88	286	58
運転状態 III	137	88	286	58
	137	88	286	58
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.86 表 Ss5 地震動 機械的荷重(2/3)

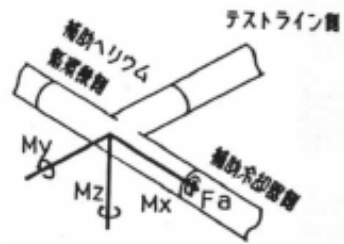
母管 補助冷却器側

	配管反力 ( 主配管ティー母管 補助冷却器側)			
	Ss5 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	208	88	216	99
運転状態 II	208	88	216	99
	208	88	216	99
	208	88	216	99
運転状態 III	208	88	216	99
	208	88	216	99
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 9.87 表 Ss5 地震動 機械的荷重(3/3)  
分岐管 テストライン側

	配管反力 ( 主配管ティー分岐管 テストライン側)			
	Ss5 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	31	90	28	61
運転状態 II	31	90	28	61
	31	90	28	61
	31	90	28	61
運転状態 III	31	90	28	61
	31	90	28	61
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 9.88 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(1/3)

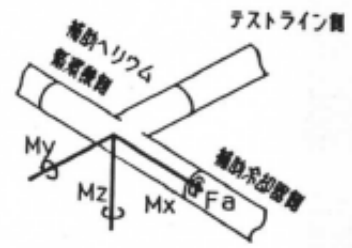
母管 補助ヘリウム循環機側

	配管反力 ( 主配管ティー母管 補助ヘリウム循環機側 )			
	Sd1-4_SdD 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	89	51	161	35
運転状態 II	89	51	161	35
	89	51	161	35
運転状態 III	89	51	161	35
	89	51	161	35
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.89 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(2/3)

母管 補助冷却器側

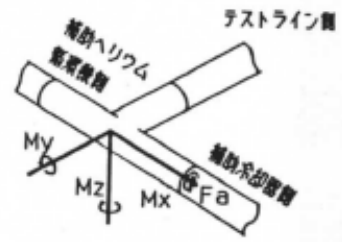
	配管反力 ( 主配管ティー母管 補助冷却器側 )			
	Sd1-4_SdD 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	130	52	118	60
運転状態 II	130	52	118	60
	130	52	118	60
運転状態 III	130	52	118	60
	130	52	118	60
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 9.90 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(3/3)  
分岐管 テストライン側

	配管反力 ( 主配管ティー分岐管 テストライン側 )			
	Sd1-4_SdD 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	18	54	16	36
運転状態 II	18	54	16	36
	18	54	16	36
運転状態 III	18	54	16	36
	18	54	16	36
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-





第 9.91 表 Sd5 地震動 機械的荷重(1/3)

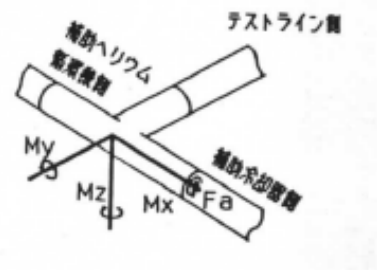
母管 補助ヘリウム循環機側

	配管反力 ( 主配管ティー母管 補助ヘリウム循環機側)			
	Sd5 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	82	56	167	34
運転状態 II	82	56	167	34
	82	56	167	34
運転状態 III	82	56	167	34
	82	56	167	34
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.92 表 Sd5 地震動 機械的荷重(2/3)

母管 補助冷却器側

	配管反力 ( 主配管ティー母管 補助冷却器側)			
	Sd5 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	120	57	128	58
運転状態 II	120	57	128	58
	120	57	128	58
運転状態 III	120	57	128	58
	120	57	128	58
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 9.93 表 Sd5 地震動 機械的荷重(3/3)  
分岐管 テストライン側

	配管反力 ( 主配管ティー分岐管 テストライン側 )			
	Sd5 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	19	52	17	36
運転状態 II	19	52	17	36
	19	52	17	36
運転状態 III	19	52	17	36
	19	52	17	36
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.94 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

補助ヘリウム配管 主配管ティーン

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	3.8	8.3	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	43	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	100	-	35	124	$K_s=1.36$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	66	168	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	370	-	34	145	$K_s=1.36$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	370	-	89	198	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	370	-	34	243	$K_s=1.36$
	$P_s \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	370	-	112	330	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 9.95 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

補助ヘリウム配管 主配管ティー

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	3.8	8.3	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	43	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	100	-	35	124	$K_s=1.36$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	66	168	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	370	-	34	145	$K_s=1.36$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	370	-	89	198	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	370	-	34	243	$K_s=1.36$
	$P_s \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	370	-	112	330	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ~ IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 9.96 表 クリープ効果の判定

補助ヘリウム配管 主配管テーパー

評価項目	計算値	判定値	判定
$2 \sum (t_i / t_{di}) \leq 0.1$	0.00	0.1	クリープ効果が顕著でない。
$\sum \varepsilon_i \leq 0.002$	0.0001	0.0020	

第 9.97 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次+二次応力の制限  
補助ヘリウム配管 主配管ティー(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷 サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \overline{S_m} )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	備考
C 1A01	370 20	- -	115 388	- -	- -	
1A01 1C01	370 20	- -	92 388	- -	- -	
C 2A01	370 20	- -	224 388	- -	- -	
C 2B01	100 100	- -	51 368	- -	- -	
C 2A01-Sd	370 20	- -	281 388	- -	- -	
Sd	370 370	89 364	- -	- -	- -	
C T	100 100	- -	67 368	- -	- -	
$S_{rH} = 183 \text{ (MPa)} \quad \beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 9.98 表 Sd5 地震動 一次+二次応力の制限  
補助ヘリウム配管 主配管ティー(地震動:Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷 サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \overline{S_m} )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	備考
C 1A01	370 20	- -	115 388	- -	- -	
1A01 1C01	370 20	- -	92 388	- -	- -	
C 2A01	370 20	- -	224 388	- -	- -	
C 2B01	100 100	- -	51 368	- -	- -	
C 2A01-Sd	370 20	- -	281 388	- -	- -	
Sd	370 370	89 364	- -	- -	- -	
C T	100 100	- -	67 368	- -	- -	
$S_{rH} = 183 \text{ (MPa)} \quad \beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd5 分を付加して評価

第 9.99 表 Sd1-4\_SdD 地震動 熱応力ラチェットの制限  
補助ヘリウム配管 主配管ティー(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$X_P = P_S / 1.5 S_{MH}$$

$$Y_P = 1 / (1.5 S_{MH}) \cdot E_0 \alpha_0 |\Delta T_1| / \{2(1-\nu)\}$$

負荷サイクル	最高金属温度 (℃)	X <sub>P</sub>	Y <sub>P</sub>	領域	許容領域
C 1A01	370	0.17	0.00	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
1A01 1C01	370	0.17	0.00	E	
C 2A01	370	0.19	0.26	E	
C 2B01	100	0.18	0.00	E	
C 2A01-S <sub>d</sub>	370	0.20	0.26	E	
S <sub>d</sub>	370	0.20	0.00	E	
C T	100	0.24	0.00	E	

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S<sub>1</sub>、S<sub>1</sub> の P<sub>S</sub> に Sd1-4\_SdD 分軸応力を付加して評価

第 9.100 表 Sd5 地震動 熱応力ラチェットの制限  
補助ヘリウム配管 主配管ティー(地震動:Sd5)

$$X_P = P_S / 1.5 S_{MH}$$

$$Y_P = 1 / (1.5 S_{MH}) \cdot E_0 \alpha_0 |\Delta T_1| / \{2(1-\nu)\}$$

負荷サイクル	最高金属温度 (℃)	X <sub>P</sub>	Y <sub>P</sub>	領域	許容領域
C 1A01	370	0.17	0.00	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
1A01 1C01	370	0.17	0.00	E	
C 2A01	370	0.19	0.26	E	
C 2B01	100	0.18	0.00	E	
C 2A01-S <sub>d</sub>	370	0.20	0.26	E	
S <sub>d</sub>	370	0.20	0.00	E	
C T	100	0.24	0.00	E	

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S<sub>1</sub>、S<sub>1</sub> の P<sub>S</sub> に Sd5 分軸応力を付加して評価

第 9.101 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限  
補助ヘリウム配管 主配管ティー(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
C 2A01-Ss	370	131 912	0.420	0.718	S <sub>1</sub>	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 9.102 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限  
補助ヘリウム配管 主配管ティー(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
C 2A01-Ss	370	133 912	0.420	0.729	S <sub>1</sub>	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価



第 9.103 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)

補助ヘリウム配管 主配管ティー(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\epsilon_t = K_\epsilon \epsilon_n + K_T \epsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> ( MPa )			
C 2A01-Sd	370	1	280	-	432	-	-	216	13121	0.000	D
C 2A01	370	210	224	-	375	-	-	188	30128	0.007	D
C T	100	10	67	-	266	-	-	134	115270	0.000	D
C 1A01	370	89	115	-	254	-	-	127	137934	0.001	D
1A01 1C01	370	100	91	-	229	-	-	115	197536	0.001	D
C 2B01	100	30	51	-	203	-	-	102	346549	0.000	D
Sd	370	199	89	-	89	-	-	45	1000000	0.000	D
$K_T = 1.00 \quad D_f = \sum ( n_i / N_{di} ) = 0.009$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>、S<sub>n</sub>\*に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 9.104 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)

補助ヘリウム配管 主配管テーパー(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (℃)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> (MPa)	—	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> (MPa)			
C 2A01-Sd	370	1	280	-	432	-	-	216	13121	0.000	D
C 2A01	370	210	224	-	375	-	-	188	30128	0.007	D
C T	100	10	67	-	266	-	-	134	115270	0.000	D
C 1A01	370	89	115	-	254	-	-	127	137934	0.001	D
1A01 1C01	370	100	91	-	229	-	-	115	197536	0.001	D
C 2B01	100	30	51	-	203	-	-	102	346549	0.000	D
Sd	370	199	89	-	89	-	-	45	1000000	0.000	D
$K_T = 1.00 \quad D_f = \Sigma (n_i / N_{di}) = 0.009$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>、S<sub>n</sub>\*に Sd5 分を付加して評価

第 9.105 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 2)

補助ヘリウム配管 主配管ティー(地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\overline{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 1A01	115	364	0	0.0000	0.0000	$S_g = 183$ (MPa) $T = 370$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \Sigma ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.000$ )						

$n^* = \Sigma n_i$  は、 $S_n$  が  $3\overline{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
C 1A01	$3.031 \times 10^{-3}$	$1.994 \times 10^{-3}$	89	0.00	0.00	$2S_g/E$
$T = 370$ (°C) $D_{cP} = \Sigma n_k D_k^{**} = 0.0$						

備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

※(1/2) ひずみサイクル C 2A01-Sd の  $S_n=280$ (MPa) (第 9.103 表) でみても、許容値以下となる。

※(2/2)  $\epsilon$  が既往の設工認でも許容値を超えており、これに Sd1-4\_SdD によるひずみの増加を

考えてもここでの評価は変わらない。

第 9.106 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 2)

補助ヘリウム配管 主配管ティー(地震動:Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\overline{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 1A01	115	364	0	0.0000	0.0000	$S_g = 183$ (MPa) $T = 370$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \Sigma ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.000$ )						

$n^* = \Sigma n_i$  は、 $S_n$  が  $3\overline{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
C 1A01	$3.031 \times 10^{-3}$	$1.994 \times 10^{-3}$	89	0.00	0.00	$2S_g/E$
$T = 370$ (°C) $D_{cP} = \Sigma n_k D_k^{**} = 0.0$						

備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

※(1/2) ひずみサイクル C 2A01-Ss の  $S_n=280$ (MPa) (第 9.104 表) でみても、許容値以下となる。

※(2/2)  $\epsilon$  が既往の設工認でも許容値を超えており、これに Sd5 によるひずみの増加を

考えてもここでの評価は変わらない。

第 9.107 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
補助ヘリウム配管 主配管ティー(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.009	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_cN + D_{cp}$ $D_cN = 0.100$ $D_{cp} = 0.000$				

第 9.108 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
補助ヘリウム配管 主配管ティー(地震動:Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.009	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_cN + D_{cp}$ $D_cN = 0.100$ $D_{cp} = 0.000$				

第 9.109 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 主配管ティー(地震動:Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$F_c/A + D_oM / (2yI) \leq S_y / f_B$	370	42	122	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 9.110 表 Ss5 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 主配管ティー(地震動:Ss5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$F_c/A + D_oM / (2yI) \leq S_y / f_B$	370	42	122	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 9.111 表 Sd1-4\_SdD 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 主配管ティー(地震動:Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
III	$F_c/A + D_oM / (2yI) \leq S_y / f_B$	370	29	92	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 9.112 表 Sd5 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 主配管ティー(地震動:Sd5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
III	$F_c/A + D_oM / (2yI) \leq S_y / f_B$	370	29	92	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

## 9.7 補助ヘリウム主配管(単管)補助冷却器 1次冷却材入口管台接続部

### 9.7.1 形状、寸法及び材料

補助ヘリウム主配管(単管)補助冷却器 1次冷却材入口管台接続部の形状、寸法及び材料を第9.113表に示す。形状から求まる配管要素応力係数を第9.114表に示す。

### 9.7.2 機械的荷重条件

応力評価に用いる機械的荷重を第9.115表から第9.118表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-14 補助ヘリウム(二重管)及び補助ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

### 9.7.3 応力評価

補助ヘリウム主配管(単管)補助冷却器 1次冷却材入口管台接続部の応力評価結果を第9.119表から第9.137表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3軸応力の制限

本計算箇所は、内圧及び配管の曲げモーメントによる応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

第 9.113 表 形状、寸法及び材料

評価点 124

項 目	設定値	単位
材 料	STPA24	—
外 径	165.2	mm
肉 厚	11.0	mm
エルボ曲げ半径	—	mm
断 面 積	$5.329 \times 10^3$	mm <sup>2</sup>
断面 2 次モーメント	$1.592 \times 10^7$	mm <sup>4</sup>

第 9.114 表 配管要素応力係数

評価点 124

応力係数	設定値
B <sub>1</sub>	0.50
B <sub>1</sub> '	1.00
C <sub>1</sub>	1.10
K <sub>1</sub>	1.20
B <sub>2</sub>	1.00
C <sub>2</sub>	1.40
K <sub>2</sub>	2.50
C <sub>3</sub>	1.00
K <sub>3</sub>	1.70
C <sub>4</sub>	0.50
K <sub>1</sub> '	1.00



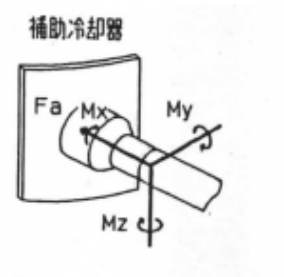
第 9.115 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 主配管 補助冷却器 1次冷却材入口管台接続部)			
	Ss1-4_SsD 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	267	45	505	71
運転状態 II	267	45	505	71
	267	45	505	71
	267	45	505	71
運転状態 III	267	45	505	71
	267	45	505	71
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.116 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 主配管 補助冷却器 1次冷却材入口管台接続部)			
	Ss5 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	264	43	498	76
運転状態 II	264	43	498	76
	264	43	498	76
	264	43	498	76
運転状態 III	264	43	498	76
	264	43	498	76
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-





第 9.117 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 主配管 補助冷却器 1次冷却材入口管台接続部)			
	Sd1-4_SdD 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	152	32	289	46
運転状態 II	152	32	289	46
	152	32	289	46
	152	32	289	46
運転状態 III	152	32	289	46
	152	32	289	46
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.118 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 主配管 補助冷却器 1次冷却材入口管台接続部)			
	Sd5 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	153	27	288	46
運転状態 II	153	27	288	46
	153	27	288	46
	153	27	288	46
運転状態 III	153	27	288	46
	153	27	288	46
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.119 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

補助ヘリウム配管 補助冷却器 1 次冷却材入口管台接続部

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	3.80	8.30	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	35	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	100	-	36	124	$K_s=1.36$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	50	168	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	370	-	35	145	$K_s=1.36$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	370	-	59	198	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	370	-	35	243	$K_s=1.36$
	$P_s \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	370	-	76	330	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ~ IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 9.120 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

補助ヘリウム配管 補助冷却器 1 次冷却材入口管台接続部

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	3.80	8.30	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	35	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	100	-	36	124	$K_s=1.36$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	50	168	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	370	-	35	145	$K_s=1.36$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	370	-	59	198	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	370	-	35	243	$K_s=1.36$
	$P_s \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	370	-	76	330	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ～ IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 9.121 表 クリープ効果の判定

補助ヘリウム配管 補助冷却器 1 次冷却材入口管台接続部

評価項目	計算値	判定値	判定
$2 \sum (t_i / t_{di}) \leq 0.1$	0.00	0.1	クリープ効果が顕著でない。
$\sum \varepsilon_i \leq 0.002$	0.0001	0.0020	

第 9.122 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次+二次応力の制限

補助ヘリウム配管 補助冷却器 1 次冷却材入口管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_e \leq 3 \bar{S}_m$ ( kg/mm <sup>2</sup> )	備考
C 1A01	370 20	- -	49 388	- -	- -	- -	
1A01 1C01	370 20	- -	44 388	- -	- -	- -	
C 2A01	370 20	- -	117 388	- -	- -	- -	
C 2B01	100 100	- -	38 368	- -	- -	- -	
C 2A01-Sd	370 20	- -	153 388	- -	- -	- -	
Sd	370 370	52 364	- -	- -	- -	- -	
C T	100 100	- -	50 368	- -	- -	- -	
$S_{FH} = 183$ (MPa)		$\beta_s = 2.5$					

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 9.123 表 Sd5 地震動 一次+二次応力の制限

補助ヘリウム配管 補助冷却器 1 次冷却材入口管台接続部(地震動:Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_e \leq 3 \bar{S}_m$ ( kg/mm <sup>2</sup> )	備考
C 1A01	370 20	- -	49 388	- -	- -	- -	
1A01 1C01	370 20	- -	44 388	- -	- -	- -	
C 2A01	370 20	- -	117 388	- -	- -	- -	
C 2B01	100 100	- -	38 368	- -	- -	- -	
C 2A01-Sd	370 20	- -	152 388	- -	- -	- -	
Sd	370 370	51 364	- -	- -	- -	- -	
C T	100 100	- -	50 368	- -	- -	- -	
$S_{FH} = 183$ (MPa)		$\beta_s = 2.5$					

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd5 分を付加して評価

第 9.124 表 Sd1-4\_SdD 地震動 熱応力ラチェットの制限  
補助ヘリウム配管 補助冷却器 1 次冷却材入口管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$X_P = P_S / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_P = 1 / (1.5 S_{mH}) \cdot E_0 \alpha_0 |\Delta T_1| / \{2(1-\nu)\}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( ° C )	X <sub>P</sub>	Y <sub>P</sub>	領域	許容領域
C 1A01	370	0.17	0.00	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
1A01 1C01	370	0.17	0.00	E	
C 2A01	370	0.19	0.26	E	
C 2B01	100	0.18	0.00	E	
C 2A01-Sd	370	0.20	0.26	E	
Sd	370	0.20	0.00	E	
C T	100	0.24	0.00	E	

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S1, S1 の P<sub>S</sub> に Sd1-4\_SdD 分軸応力を付加して評価

第 9.125 表 Sd5 地震動 熱応力ラチェットの制限  
補助ヘリウム配管 補助冷却器 1 次冷却材入口管台接続部(地震動:Sd5)

$$X_P = P_S / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_P = 1 / (1.5 S_{mH}) \cdot E_0 \alpha_0 |\Delta T_1| / \{2(1-\nu)\}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( ° C )	X <sub>P</sub>	Y <sub>P</sub>	領域	許容領域
C 1A01	370	0.17	0.00	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
1A01 1C01	370	0.17	0.00	E	
C 2A01	370	0.19	0.26	E	
C 2B01	100	0.18	0.00	E	
C 2A01-Sd	370	0.20	0.26	E	
Sd	370	0.20	0.00	E	
C T	100	0.24	0.00	E	

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S1, S1 の P<sub>S</sub> に Sd5 分軸応力を付加して評価

第 9.126 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限  
補助ヘリウム配管 補助冷却器 1 次冷却材入口管台接続部(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
C 2A01-Ss	370	82 912	0.330	0.445	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 9.127 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限  
補助ヘリウム配管 補助冷却器 1 次冷却材入口管台接続部(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
C 2A01-Ss	370	81 912	0.330	0.440	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価

第 9.128 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)

補助ヘリウム配管 補助冷却器 1 次冷却材入口管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> ( MPa )			
C 2A01-Sd	370	1	153	—	262	—	—	131	79071	0.000	D
C 2A01	370	210	117	—	174	—	—	88	966528	0.001	D
C 1A01	370	89	48	—	76	—	—	38	1000000	0.000	D
Sd	370	199	51	—	127	—	—	64	1000000	0.000	D
1A01 1C01	370	100	43	—	63	—	—	32	1000000	0.001	D
C T	100	10	49	—	59	—	—	30	1000000	0.000	D
C 2B01	100	30	37	—	46	—	—	23	1000000	0.000	D
$K_T = 1.70 \quad D_f = \Sigma ( n_i / N_{di} ) = 0.002$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>、S<sub>n</sub>\*に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価



第 9.129 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)

補助ヘリウム配管 補助冷却器 1 次冷却材入口管台接続部(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> ( MPa )			
C 2A01-Sd	370	1	152	-	259	-	-	130	82399	0.000	D
C 2A01	370	210	117	-	174	-	-	88	966528	0.001	D
C 1A01	370	89	48	-	76	-	-	38	1000000	0.000	D
Sd	370	199	50	-	124	-	-	62	1000000	0.000	D
1A01 1C01	370	100	43	-	63	-	-	32	1000000	0.001	D
C T	100	10	49	-	59	-	-	30	1000000	0.000	D
C 2B01	100	30	37	-	46	-	-	23	1000000	0.000	D
$K_T = 1.70 \quad D_f = \Sigma ( n_i / N_{di} ) = 0.002$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>、S<sub>n</sub>\*に Sd5 分を付加して評価

第 9.130 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 2)

補助ヘリウム配管 補助冷却器 1 次冷却材入口管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\overline{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 1A01	48	364	0	0.0000	0.0000	$S_g = 183$ (MPa) $T = 370$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.000$ )						

$n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\overline{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
C 1A01	$4.081 \times 10^{-4}$	$1.994 \times 10^{-3}$	89	0.00	0.00	$2S_g/E$
$T = 370$ (°C) $D_{cP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

※(1/2) ひずみサイクル C 2A01-Sd の  $S_n=153$  (MPa) でみても、許容値以下となる。

※(2/2)  $\epsilon_t$  が許容値を超えても、 $D^{**}$  が 0 のため、ここでの評価は変わらない。

第 9.131 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 2)

補助ヘリウム配管 補助冷却器 1 次冷却材入口管台接続部(地震動:Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\overline{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 1A01	48	364	0	0.0000	0.0000	$S_g = 183$ (MPa) $T = 370$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.000$ )						

$n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\overline{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
C 1A01	$4.081 \times 10^{-4}$	$1.994 \times 10^{-3}$	89	0.00	0.00	$2S_g/E$
$T = 370$ (°C) $D_{cP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

※(1/2) ひずみサイクル C 2A01-Ss の  $S_n=152$  (MPa) でみても、許容値以下となる。

※(2/2)  $\epsilon_t$  が許容値を超えても、 $D^{**}$  が 0 のため、ここでの評価は変わらない。

第 9.132 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
 補助ヘリウム配管 補助冷却器 1 次冷却材入口管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.002	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cp} = 0.000$				

第 9.133 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
 補助ヘリウム配管 補助冷却器 1 次冷却材入口管台接続部(地震動:Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.002	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cp} = 0.000$				

第 9.134 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 補助冷却器 1 次冷却材入口管台接続部(地震動:Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
IV	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y/f_B$	370	64	122	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 9.135 表 Ss5 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 補助冷却器 1 次冷却材入口管台接続部(地震動:Ss5)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
IV	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y/f_B$	370	64	122	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 9.136 表 Sd1-4\_SdD 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 補助冷却器 1 次冷却材入口管台接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
III	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y/f_B$	370	51	92	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 9.137 表 Sd5 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 補助冷却器 1 次冷却材入口管台接続部(地震動:Sd5)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
III	$F_c/A+D_oM/(2yI) \leq S_y/f_B$	370	51	92	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

## 9.8 補助ヘリウム主配管(単管)エルボ(補助ヘリウムテストライン)

### 9.8.1 形状、寸法及び材料

補助ヘリウム主配管(単管)エルボ(補助ヘリウムテストライン)の形状、寸法及び材料を第9.138表に示す。形状から求まる配管要素応力係数を第9.139表に示す。

### 9.8.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第9.140表から第9.143表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-14 補助ヘリウム(二重管)及び補助ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

### 9.8.3 応力評価

補助ヘリウム主配管(単管)エルボ(補助ヘリウムテストライン)の応力評価結果を第9.144表から第9.160表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3軸応力の制限

本計算箇所は、内圧及び配管の曲げモーメントによる応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

第 9.138 表 形状、寸法及び材料

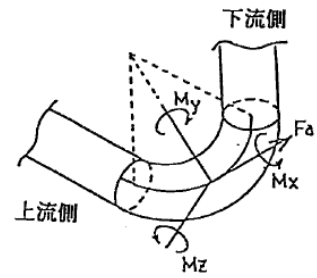
評価点 149

項 目	設定値	単位
材 料	STPA24	—
外 径	114.3	mm
肉 厚	8.6	mm
エルボ曲げ半径	152.4	mm
断 面 積	$2.856 \times 10^3$	mm <sup>2</sup>
断面 2 次モーメント	$4.015 \times 10^6$	mm <sup>4</sup>

第 9.139 表 配管要素応力係数

評価点 149

応力係数	設定値
B <sub>1</sub>	0.50
B <sub>1</sub> '	1.27
C <sub>1</sub>	1.27
K <sub>1</sub>	1.00
B <sub>2</sub>	2.44
C <sub>2</sub>	3.23
K <sub>2</sub>	1.00
C <sub>3</sub>	1.00
K <sub>3</sub>	1.00
C <sub>4</sub>	0.50
K <sub>1</sub> '	1.00

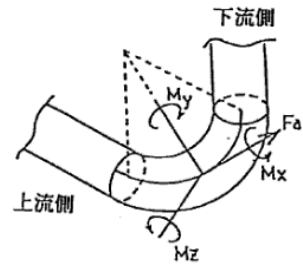


第 9.140 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力 (主配管エルボ 補助ヘリウム循環機テストライン)			
	Ss1-4_SsD 地震動			
	反力 ( $\times 10\text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4\text{ N}\cdot\text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	429	46	54	43
運転状態 II	429	46	54	43
	429	46	54	43
運転状態 III	429	46	54	43
	429	46	54	43
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.141 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力 (主配管エルボ 補助ヘリウム循環機テストライン)			
	Ss5 地震動			
	反力 ( $\times 10\text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4\text{ N}\cdot\text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	480	50	61	49
運転状態 II	480	50	61	49
	480	50	61	49
運転状態 III	480	50	61	49
	480	50	61	49
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 9.142 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力 (主配管エルボ 補助ヘリウム循環機テストライン)			
	Sd1-4_SdD 地震動			
	反力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	289	28	36	29
運転状態 II	289	28	36	29
	289	28	36	29
運転状態 III	289	28	36	29
	289	28	36	29
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.143 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力 (主配管エルボ 補助ヘリウム循環機テストライン)			
	Sd5 地震動			
	反力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	306	31	38	32
運転状態 II	306	31	38	32
	306	31	38	32
運転状態 III	306	31	38	32
	306	31	38	32
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 9.144 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

補助ヘリウム配管 エルボ 補助ヘリウム循環機テストライン

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	2.60	6.50	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	22	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	100	-	41	124	$K_s=1.37$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	42	170	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	370	-	41	145	$K_s=1.37$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	370	-	58	199	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	370	-	41	243	$K_s=1.37$
	$P_s \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	370	-	74	332	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ~ IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 9.145 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

補助ヘリウム配管 エルボ 補助ヘリウム循環機テストライン

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	2.60	6.50	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	22	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	100	-	41	124	$K_s=1.37$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	43	170	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	370	-	41	145	$K_s=1.37$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	370	-	59	199	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	370	-	41	243	$K_s=1.37$
	$P_s \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	370	-	78	332	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 9.146 表 クリープ効果の判定

補助ヘリウム配管 エルボ 補助ヘリウム循環機テストライン

評価項目	計算値	判定値	判定
$2 \sum (t_i / t_{di}) \leq 0.1$	0.00	0.1	クリープ効果が顕著でない。
$\sum \varepsilon_i \leq 0.002$	0.0001	0.0020	

第 9.147 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次＋二次応力の制限

補助ヘリウム配管 エルボ 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 (℃)	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ (MPa)	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ (MPa)	$S_n \leq \beta_s (3 \overline{S_m})$ (MPa)	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ (MPa)	$S_e \leq 3 \overline{S_m}$ (kg/mm <sup>2</sup> )	備考
C 1A01	370 20	- -	91 388	- -	- -	- -	
1A01 1C01	370 20	- -	71 388	- -	- -	- -	
C 2A01	370 20	- -	214 388	- -	- -	- -	
C 2B01	100 100	- -	39 368	- -	- -	- -	
C 2A01-Sd	370 20	- -	258 388	- -	- -	- -	
Sd	370 20	75 364	- -	- -	- -	- -	
C T	100 100	- -	51 368	- -	- -	- -	
$S_{mH} = 183 \text{ (MPa)}$		$\beta_s = 2.5$					

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 9.148 表 Sd5 地震動 一次＋二次応力の制限

補助ヘリウム配管 エルボ 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 (℃)	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ (MPa)	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ (MPa)	$S_n \leq \beta_s (3 \overline{S_m})$ (MPa)	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ (MPa)	$S_e \leq 3 \overline{S_m}$ (kg/mm <sup>2</sup> )	備考
C 1A01	370 20	- -	91 388	- -	- -	- -	
1A01 1C01	370 20	- -	71 388	- -	- -	- -	
C 2A01	370 20	- -	214 388	- -	- -	- -	
C 2B01	100 100	- -	39 368	- -	- -	- -	
C 2A01-Sd	370 20	- -	260 388	- -	- -	- -	
Sd	370 20	77 364	- -	- -	- -	- -	
C T	100 100	- -	51 368	- -	- -	- -	
$S_{mH} = 183 \text{ (MPa)}$		$\beta_s = 2.5$					

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd5 分を付加して評価

第 9.149 表 Sd1-4\_SdD 地震動 熱応力ラチェットの制限  
補助ヘリウム配管 エルボ 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$X_P = P_S / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_P = 1 / (1.5 S_{mH}) \cdot E_0 \alpha_0 |\Delta T_1| / \{2(1-\nu)\}$$

負荷サイクル	最高金属温度 (℃)	X <sub>P</sub>	Y <sub>P</sub>	領域	許容領域
C 1A01	370	0.19	0.00	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
1A01 1C01	370	0.19	0.00	E	
C 2A01	370	0.21	0.00	E	
C 2B01	100	0.21	0.00	E	
C 2A01-S1	370	0.23	0.00	E	
S1	370	0.23	0.00	E	
C T	100	0.27	0.00	E	

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S1、S1 の P<sub>S</sub> に Sd1-4\_SdD 分軸応力を付加して評価

第 9.150 表 Sd5 地震動 熱応力ラチェットの制限  
補助ヘリウム配管 エルボ 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd5)

$$X_P = P_S / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_P = 1 / (1.5 S_{mH}) \cdot E_0 \alpha_0 |\Delta T_1| / \{2(1-\nu)\}$$

負荷サイクル	最高金属温度 (℃)	X <sub>P</sub>	Y <sub>P</sub>	領域	許容領域
C 1A01	370	0.19	0.00	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
1A01 1C01	370	0.19	0.00	E	
C 2A01	370	0.21	0.00	E	
C 2B01	100	0.21	0.00	E	
C 2A01-S1	370	0.23	0.00	E	
S1	370	0.23	0.00	E	
C T	100	0.27	0.00	E	

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S1、S1 の P<sub>S</sub> に Sd5 分軸応力を付加して評価

第 9.151 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限

補助ヘリウム配管 エルボ 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
C 2A01-Ss	370	104 912	0.250	0.566	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 9.152 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限

補助ヘリウム配管 エルボ 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
C 2A01-Ss	370	109 912	0.250	0.593	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価

第 9.153 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)

補助ヘリウム配管 エルボ 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> ( MPa )			
C 2A01-Sd	370	1	258	-	258	-	-	129	83899	0.000	D
C 2A01	370	210	214	-	214	-	-	107	267054	0.001	D
C 1A01	370	89	90	-	91	-	-	46	1000000	0.000	D
1A01 1C01	370	100	71	-	71	-	-	36	1000000	0.001	D
C T	100	10	50	-	51	-	-	26	1000000	0.000	D
Sd	370	199	74	-	75	-	-	38	1000000	0.000	D
C 2B01	100	30	38	-	39	-	-	20	1000000	0.000	D
$K_T = 1.00 \quad D_f = \Sigma ( n_i / N_{di} ) = 0.002$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 9.154 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)

補助ヘリウム配管 エルボ 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> ( MPa )			
C 2A01-Sd	370	1	260	—	260	—	—	130	81270	0.000	D
C 2A01	370	210	214	—	214	—	—	107	267054	0.001	D
C 1A01	370	89	90	—	91	—	—	46	1000000	0.000	D
1A01 1C01	370	100	71	—	71	—	—	36	1000000	0.001	D
C T	100	10	50	—	51	—	—	26	1000000	0.000	D
Sd	370	199	76	—	77	—	—	39	1000000	0.000	D
C 2B01	100	30	38	—	39	—	—	20	1000000	0.000	D
$K_T = 1.00 \quad D_f = \Sigma ( n_i / N d i ) = 0.002$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd5 分を付加して評価



第 9.155 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 2)  
 補助ヘリウム配管 エルボ 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd1-4\_SdD)  
 ( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\overline{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 1A01	90	364	0	0.0000	0.0000	$S_g = 183$ (MPa) $T = 370$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.000$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\overline{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
C 1A01	$4.910 \times 10^{-4}$	$1.994 \times 10^{-3}$	89	0.00	0.00	$2S_g/E$
$T = 370$ (°C) $D_{cP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

※(1/2) ひずみサイクル C 2A01-Sd の  $S_n=258$ (MPa) でみても、許容値以下となる。

※(2/2)  $\epsilon_t$  が許容値を超えても、 $D^{**}$  が 0 のため、ここでの評価は変わらない。

第 9.156 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 2)  
 補助ヘリウム配管 エルボ 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd5)  
 ( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\overline{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 1A01	90	364	0	0.0000	0.0000	$S_g = 183$ (MPa) $T = 370$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.000$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\overline{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
C 1A01	$4.910 \times 10^{-4}$	$1.994 \times 10^{-3}$	89	0.00	0.00	$2S_g/E$
$T = 370$ (°C) $D_{cP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

※(1/2) ひずみサイクル C 2A01-Ss の  $S_n=260$ (MPa) でみても、許容値以下となる。

※(2/2)  $\epsilon_t$  が許容値を超えても、 $D^{**}$  が 0 のため、ここでの評価は変わらない。

第 9.157 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
 補助ヘリウム配管 エルボ 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.002	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cp} = 0.000$				

第 9.158 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
 補助ヘリウム配管 エルボ 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.002	0.100	0.110	0.860
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cp} = 0.000$				

第 9.159 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 エルボ 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$B_2D_o(M_1+M_1^*)/(2\gamma I) \leq 1.5K_sS_m$	370	56	249	$K_s=1.37$

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 9.160 表 Ss5 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 エルボ 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Ss5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
IV	$B_2D_o(M_1+M_1^*)/(2\gamma I) \leq 1.5K_sS_m$	370	60	249	$K_s=1.37$

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

## 9.9 補助ヘリウム主配管(単管)ティー(補助ヘリウム循環機テストライン)

### 9.9.1 形状、寸法及び材料

補助ヘリウム主配管(単管)ティー(補助ヘリウムテストライン)の形状、寸法及び材料を第 9.161 表に示す。形状から求まる配管要素応力係数を第 9.162 表に示す。

### 9.9.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第 9.163 表から第 9.174 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-14 補助ヘリウム(二重管)及び補助ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)を参照した。

### 9.9.3 応力評価

補助ヘリウム主配管(単管)ティー(補助ヘリウムテストライン)の応力評価結果を第 9.175 表から第 9.193 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3 軸応力の制限

本計算箇所は、内圧及び配管の曲げモーメントによる応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3 軸の主応力が接近することはない。

第 9.161 表 形状、寸法及び材料

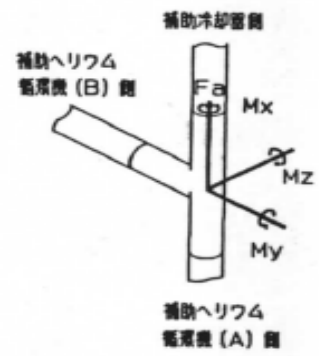
評価点 152

項 目	設定値	単位
材 料	STPA24	—
外 径	114.3	mm
肉 厚	8.6	mm
エルボ曲げ半径	—	mm
断 面 積	$2.856 \times 10^3$	mm <sup>2</sup>
断面 2 次モーメント	$4.015 \times 10^6$	mm <sup>4</sup>

第 9.162 表 配管要素応力係数

評価点 152

応力係数	設定値
B <sub>1</sub>	0.50
B <sub>1</sub> '	1.00
C <sub>1</sub>	1.50
K <sub>1</sub>	4.00
B <sub>2b</sub>	2.52
B <sub>2r</sub>	1.35
C <sub>2</sub>	2.25
K <sub>2</sub>	1.00
C <sub>3</sub>	1.00
K <sub>3</sub>	1.00
C <sub>4</sub>	0.50
K <sub>1</sub> '	1.00



第 9.163 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(1/3)

母管 補助ヘリウム循環機 A 側

	配管反力(主配管ティー 補助ヘリウム循環機テストライン 循環機 A 側)			
	Ss1-4_SsD 地震動			
	反力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	427	46	58	34
運転状態 II	427	46	58	34
	427	46	58	34
	427	46	58	34
運転状態 III	427	46	58	34
	427	46	58	34
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.164 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(2/3)

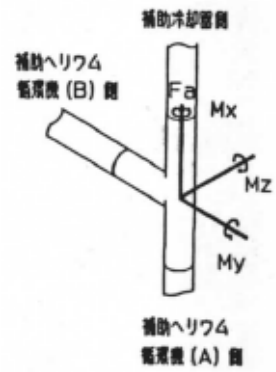
母管 補助冷却器側

	配管反力(主配管ティー 補助ヘリウム循環機テストライン 補助冷却器側)			
	Ss1-4_SsD 地震動			
	反力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	427	10	75	36
運転状態 II	427	10	75	36
	427	10	75	36
	427	10	75	36
運転状態 III	427	10	75	36
	427	10	75	36
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.165 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(3/3)

分岐管 補助ヘリウム循環機 B 側

	配管反力(主配管ティー 補助ヘリウム循環機テストライン 循環機 B 側)			
	Ss1-4_SsD 地震動			
	反力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	132	40	56	51
運転状態 II	132	40	56	51
	132	40	56	51
	132	40	56	51
運転状態 III	132	40	56	51
	132	40	56	51
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 9.166 表 Ss5 地震動 機械的荷重 (1/3)

母管 補助ヘリウム循環機 A 側

	配管反力(主配管ティー 補助ヘリウム循環機テストライン 循環機 A 側)			
	Ss5 地震動			
	反力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	478	50	66	37
運転状態 II	478	50	66	37
	478	50	66	37
	478	50	66	37
運転状態 III	478	50	66	37
	478	50	66	37
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 9.167 表 Ss5 地震動 機械的荷重 (2/3)

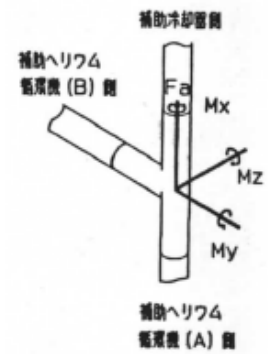
母管 補助冷却器側

	配管反力(主配管ティー 補助ヘリウム循環機テストライン 補助冷却器側)			
	Ss5 地震動			
	反力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	494	10	81	41
運転状態 II	494	10	81	41
	494	10	81	41
	494	10	81	41
運転状態 III	494	10	81	41
	494	10	81	41
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.168 表 Ss5 地震動 機械的荷重 (3/3)

分岐管 補助ヘリウム循環機 B 側

	配管反力(主配管ティー 補助ヘリウム循環機テストライン 循環機 B 側)			
	Ss5 地震動			
	反力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	133	39	52	56
運転状態 II	133	39	52	56
	133	39	52	56
	133	39	52	56
運転状態 III	133	39	52	56
	133	39	52	56
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 9.169 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(1/3)

母管 補助ヘリウム循環機 A 側

	配管反力(主配管ティー 補助ヘリウム循環機テストライン 循環機 A 側)			
	Sd1-4_SdD 地震動			
	反力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	288	28	38	22
運転状態 II	288	28	38	22
	288	28	38	22
	288	28	38	22
運転状態 III	288	28	38	22
	288	28	38	22
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.170 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(2/3)

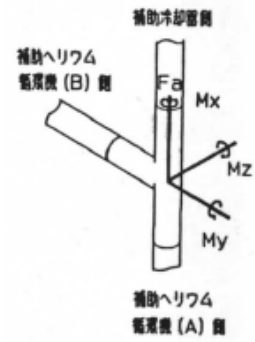
母管 補助冷却器側

	配管反力(主配管ティー 補助ヘリウム循環機テストライン 補助冷却器側)			
	Sd1-4_SdD 地震動			
	反力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	293	6	47	24
運転状態 II	293	6	47	24
	293	6	47	24
	293	6	47	24
運転状態 III	293	6	47	24
	293	6	47	24
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.171 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(3/3)

分岐管 補助ヘリウム循環機 B 側

	配管反力(主配管ティー 補助ヘリウム循環機テストライン 循環機 B 側)			
	Sd1-4_SdD 地震動			
	反力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	81	23	33	32
運転状態 II	81	23	33	32
	81	23	33	32
	81	23	33	32
運転状態 III	81	23	33	32
	81	23	33	32
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 9.172 表 Sd5 地震動 機械的荷重(1/3)

母管 補助ヘリウム循環機 A 側

	配管反力(主配管ティー 補助ヘリウム循環機テストライン 循環機 A 側)			
	Sd5 地震動			
	反力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	304	31	42	23
運転状態 II	304	31	42	23
	304	31	42	23
	304	31	42	23
運転状態 III	304	31	42	23
	304	31	42	23
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.173 表 Sd5 地震動 機械的荷重 (2/3)

母管 補助冷却器側

	配管反力(主配管ティー 補助ヘリウム循環機テストライン 補助冷却器側)			
	Sd5 地震動			
	反力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	317	6	50	27
運転状態 II	317	6	50	27
	317	6	50	27
	317	6	50	27
運転状態 III	317	6	50	27
	317	6	50	27
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.174 表 Sd5 地震動 機械的荷重 (3/3)

分岐管 補助ヘリウム循環機 B 側

	配管反力(主配管ティー 補助ヘリウム循環機テストライン 循環機 B 側)			
	Sd5 地震動			
	反力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	83	23	30	35
運転状態 II	83	23	30	35
	83	23	30	35
	83	23	30	35
運転状態 III	83	23	30	35
	83	23	30	35
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.175 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

補助ヘリウム配管 ティー 補助ヘリウム循環機テストライン

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	2.60	6.50	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	22	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	100	-	31	124	$K_s=1.37$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	51	170	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	370	-	31	145	$K_s=1.37$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	370	-	71	199	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	370	-	31	243	$K_s=1.37$
	$P_s \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	370	-	95	332	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ~ III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 9.176 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

補助ヘリウム配管 ティー 補助ヘリウム循環機テストライン

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	2.60	6.50	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	22	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	100	-	31	124	$K_s=1.37$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	51	170	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	370	-	31	145	$K_s=1.37$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	370	-	71	199	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	370	-	31	243	$K_s=1.37$
	$P_s \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	370	-	97	332	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	370	$8.90 \times 10$	0.00	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ～ IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 9.177 表 クリープ効果の判定

補助ヘリウム配管 ティー 補助ヘリウム循環機テストライン

評価項目	計算値	判定値	判定
$2 \sum (t_i / t_{di}) \leq 0.1$	0.00	0.1	クリープ効果が顕著でない。
$\sum \varepsilon_i \leq 0.002$	0.0001	0.0020	



第 9.178 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次+二次応力の制限

補助ヘリウム配管 ティー 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \overline{S_m} )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_e \leq 3 \overline{S_m}$ ( kg/mm <sup>2</sup> )	備考
C 1A01	370 20	- -	91 388	- -	- -	- -	
1A01 1C01	370 20	- -	73 388	- -	- -	- -	
C 2A01	370 20	- -	190 388	- -	- -	- -	
C 2B01	100 100	- -	46 368	- -	- -	- -	
C 2A01-Sd	370 20	- -	244 388	- -	- -	- -	
Sd	370 20	84 364	- -	- -	- -	- -	
C T	100 100	- -	59 368	- -	- -	- -	
$S_{mH} = 183 \text{ (MPa)} \quad \beta_s = 2.5$							

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 9.179 表 Sd5 地震動 一次+二次応力の制限

補助ヘリウム配管 ティー 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \overline{S_m} )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_e \leq 3 \overline{S_m}$ ( kg/mm <sup>2</sup> )	備考
C 1A01	370 20	- -	91 388	- -	- -	- -	
1A01 1C01	370 20	- -	73 388	- -	- -	- -	
C 2A01	370 20	- -	190 388	- -	- -	- -	
C 2B01	100 100	- -	46 368	- -	- -	- -	
C 2A01-Sd	370 20	- -	246 388	- -	- -	- -	
Sd	370 20	86 364	- -	- -	- -	- -	
C T	100 100	- -	59 368	- -	- -	- -	
$S_{mH} = 183 \text{ (MPa)} \quad \beta_s = 2.5$							

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd5 分を付加して評価

第 9.180 表 Sd1-4\_SdD 地震動 熱応力ラチェットの制限  
補助ヘリウム配管 ティー 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$X_P = P_S / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_P = 1 / (1.5 S_{mH}) \cdot E_0 \alpha_0 |\Delta T_1| / \{2(1-\nu)\}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( ° C )	X <sub>P</sub>	Y <sub>P</sub>	領域	許容領域
C 1A01	370	0.15	0.00	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
1A01 1C01	370	0.15	0.00	E	
C 2A01	370	0.17	0.00	E	
C 2B01	100	0.16	0.00	E	
C 2A01-Sd	370	0.18	0.00	E	
Sd	370	0.18	0.00	E	
C T	100	0.21	0.00	E	

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S1、S1 の P<sub>S</sub> に Sd1-4\_SdD 分軸応力を付加して評価

第 9.181 表 Sd5 地震動 熱応力ラチェットの制限  
補助ヘリウム配管 ティー 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd5)

$$X_P = P_S / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_P = 1 / (1.5 S_{mH}) \cdot E_0 \alpha_0 |\Delta T_1| / \{2(1-\nu)\}$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( ° C )	X <sub>P</sub>	Y <sub>P</sub>	領域	許容領域
C 1A01	370	0.15	0.00	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
1A01 1C01	370	0.15	0.00	E	
C 2A01	370	0.17	0.00	E	
C 2B01	100	0.16	0.00	E	
C 2A01-Sd	370	0.18	0.00	E	
Sd	370	0.18	0.00	E	
C T	100	0.21	0.00	E	

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S1、S1 の P<sub>S</sub> に Sd5 分軸応力を付加して評価

第 9.182 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限  
 補助ヘリウム配管 ティー 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
C 2A01-Ss	370	118 912	0.290	0.646	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 9.183 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限  
 補助ヘリウム配管 ティー 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
C 2A01-Ss	370	120 912	0.290	0.657	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価

第 9.184 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)

補助ヘリウム配管 ティー 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> ( MPa )			
C 2A01-Sd	370	1	244	-	378	-	-	189	22456	0.000	D
C 2A01	370	210	189	-	323	-	-	161	47799	0.005	D
C T	100	10	59	-	236	-	-	118	179053	0.000	D
C 1A01	370	89	90	-	212	-	-	106	280102	0.001	D
1A01 1C01	370	100	73	-	195	-	-	98	411619	0.001	D
C 2B01	100	30	45	-	179	-	-	90	730278	0.000	D
Sd	370	199	83	-	84	-	-	42	1000000	0.000	D
$K_T = 1.00 \quad D_f = \Sigma ( n_i / N_{di} ) = 0.007$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 9.185 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)

補助ヘリウム配管 ティー 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K \varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>r</sub>	K	K ε	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub> ( MPa )	備考
				—	— ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>e</sub> ( MPa )			
C 2A01-Sd	370	1	246	—	380	—	—	190	22132	0.000	D
C 2A01	370	210	189	—	323	—	—	161	47799	0.005	D
C T	100	10	59	—	236	—	—	118	179053	0.000	D
C 1A01	370	89	90	—	212	—	—	106	280102	0.001	D
1A01 1C01	370	100	73	—	195	—	—	98	411619	0.001	D
C 2B01	100	30	45	—	179	—	—	90	730278	0.000	D
Sd	370	199	85	—	86	—	—	43	1000000	0.000	D
$K_T = 1.00 \quad D_f = \Sigma ( n_i / N_{di} ) = 0.007$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>e</sub>)は、ひずみサイクルが構造等の技術基準別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd5 分を付加して評価

第 9.186 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 2)  
 補助ヘリウム配管 ティー 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd1-4\_SdD)  
 ( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\overline{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 1A01	90	364	0	0.0000	0.0000	$S_g = 183$ (MPa) $T = 370$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.000$ )						

$n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\overline{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
C 1A01	$2.723 \times 10^{-3}$	$1.994 \times 10^{-3}$	89	0.00	0.00	$2S_g/E$
$T = 370$ (°C) $D_{cP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

※(1/2) ひずみサイクル C 2A01-Sd の  $S_n=244$ (MPa) でみても、許容値以下となる。

※(2/2)  $\epsilon_t$  が許容値を超えても、 $D^{**}$  が 0(適用温度以下のため)のため、ここでの評価は変わらない。

第 9.187 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 2)  
 補助ヘリウム配管 ティー 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd5)  
 ( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\overline{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 1A01	90	364	0	0.0000	0.0000	$S_g = 183$ (MPa) $T = 370$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.000$ )						

$n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\overline{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
C 1A01	$2.723 \times 10^{-3}$	$1.994 \times 10^{-3}$	89	0.00	0.00	$2S_g/E$
$T = 370$ (°C) $D_{cP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

※(1/2) ひずみサイクル C 2A01-Ss の  $S_n=246$ (MPa) でみても、許容値以下となる。

※(2/2)  $\epsilon_t$  が許容値を超えても、 $D^{**}$  が 0(適用温度以下のため)のため、ここでの評価は変わらない。

第 9.188 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
 補助ヘリウム配管 ティー 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.007	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cP}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cP} = 0.000$				

第 9.189 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
 補助ヘリウム配管 ティー 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.007	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cP}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cP} = 0.000$				

第 9.190 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 ティー 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
IV	$F_c/A + D_o M / (2yI) \leq S_y / f_B$	370	54	122	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 9.191 表 Ss5 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 ティー 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Ss5)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
IV	$F_c/A + D_o M / (2yI) \leq S_y / f_B$	370	55	122	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 9.192 表 Sd1-4\_SdD 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 ティー 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
III	$F_c/A + D_o M / (2yI) \leq S_y / f_B$	370	39	92	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 9.193 表 Sd5 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 ティー 補助ヘリウム循環機テストライン(地震動:Sd5)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
III	$F_c/A + D_o M / (2yI) \leq S_y / f_B$	370	39	92	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。



## 9.10 補助ヘリウム主配管(単管)1次ヘリウム純化系配管弁接続部

### 9.10.1 形状、寸法及び材料

補助ヘリウム主配管(単管)1次ヘリウム純化系配管弁接続部の形状、寸法及び材料を第9.194表に示す。形状から求まる配管要素応力係数を第9.195表に示す。

### 9.10.2 機械的荷重条件

応力評価に用いる機械的荷重を第9.196表から第9.199表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-14 補助ヘリウム(二重管)及び補助ヘリウム主配管(単管)の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

### 9.10.3 応力評価

補助ヘリウム主配管(単管)1次ヘリウム純化系配管弁接続部の応力評価結果を第9.200表から第9.218表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものであるが、「座屈の防止」については、既往の設工認の地震動の応力分を差し引いたものである。

なお、特別な応力制限の以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3軸応力の制限

本計算箇所は、内圧及び配管の曲げモーメントによる応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

第 9.194 表 形状、寸法及び材料

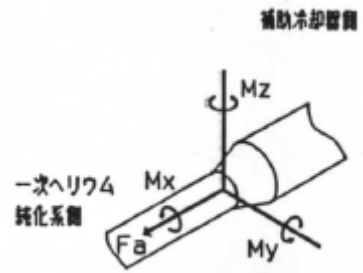
評価点 333

項 目	設定値	単位
材 料	STPA24	—
外 径	48.6	mm
肉 厚	5.1	mm
エルボ曲げ半径	—	mm
断 面 積	$6.970 \times 10^2$	mm <sup>2</sup>
断面 2 次モーメント	$1.671 \times 10^5$	mm <sup>4</sup>

第 9.195 表 配管要素応力係数

評価点 333

応力係数	設定値
B <sub>1</sub>	0.50
B <sub>1</sub> '	1.00
C <sub>1</sub>	1.10
K <sub>1</sub>	1.20
B <sub>2</sub>	1.00
C <sub>2</sub>	1.40
K <sub>2</sub>	2.50
C <sub>3</sub>	1.00
K <sub>3</sub>	1.70
C <sub>4</sub>	0.50
K <sub>1</sub> '	1.00

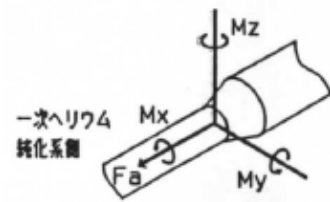


第 9.196 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 主配管 1 次ヘリウム純化系配管 弁接続部 )			
	Ss1-4_SsD 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	162	0	53	0
運転状態 II	162	0	53	0
	162	0	53	0
	162	0	53	0
運転状態 III	162	0	53	0
	162	0	53	0
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.197 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力 ( 主配管 1 次ヘリウム純化系配管 弁接続部 )			
	Ss5 地震動			
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )	モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	122	0	40	0
運転状態 II	122	0	40	0
	122	0	40	0
	122	0	40	0
運転状態 III	122	0	40	0
	122	0	40	0
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-



第 9.198 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力 (主配管 1 次ヘリウム純化系配管 弁接続部)			
	Sd1-4_SdD 地震動			
	反力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	140	0	46	0
運転状態 II	140	0	46	0
	140	0	46	0
	140	0	46	0
運転状態 III	140	0	46	0
	140	0	46	0
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.199 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力 (主配管 1 次ヘリウム純化系配管 弁接続部)			
	Sd5 地震動			
	反力 ( × 10 N )	モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-
運転状態 I	104	0	34	0
運転状態 II	104	0	34	0
	104	0	34	0
	104	0	34	0
運転状態 III	104	0	34	0
	104	0	34	0
運転状態 IV	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-

第 9.200 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

補助ヘリウム配管 1次ヘリウム純化系配管弁接続部

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	1.10	3.80	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	26	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	100	-	25	124	$K_s=1.41$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	94	175	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	320	-	25	145	$K_s=1.41$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	320	-	159	204	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	320	$3.13 \times 10^4$	0.04	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	370	$3.13 \times 10^4$	0.04	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	320	-	25	243	$K_s=1.41$
	$P_s \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	320	-	238	342	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	320	$3.13 \times 10^4$	0.01	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	320	$3.13 \times 10^4$	0.01	1.00	

- (1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。  
 (2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I ～ IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 9.201 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

補助ヘリウム配管 1次ヘリウム純化系配管弁接続部

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$t_c \leq t_m$	430	-	1.10	3.80	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	26	152	
運転状態 I、II、(T)	$P_s + P_s^* \leq S_m$	100	-	24	124	$K_s=1.41$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	76	175	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$P_s + P_s^* \leq 1.2 S_m$	320	-	24	145	$K_s=1.41$
	$P_s \leq S_t$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	320	-	142	204	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、(T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	320	$3.13 \times 10^4$	0.04	1.00	$B=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	370	$3.13 \times 10^4$	0.04	1.00	
運転状態 IV	$P_s + P_s^* \leq 2 S_m$	320	-	24	243	$K_s=1.41$
	$P_s \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	$K_t=-$
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 2K_s S_m$	320	-	218	342	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	320	$3.13 \times 10^4$	0.01	1.00	$B_R=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	320	$3.13 \times 10^4$	0.01	1.00	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

(2) 厚さの単位は mm とする。

※ 運転状態 I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 9.202 表 クリープ効果の判定

補助ヘリウム配管 1 次ヘリウム純化系配管弁接続部

評価項目	計算値	判定値	判定
$2 \sum (t_i / t_{di}) \leq 0.1$	0.02	0.1	クリープ効果が顕著でない。
$\sum \varepsilon_i \leq 0.002$	0.0003	0.0020	

第 9.203 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次＋二次応力の制限

補助ヘリウム配管 1次ヘリウム純化系配管弁接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 (℃)	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ (MPa)	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ (MPa)	$S_n \leq \beta_s (3 \overline{S_m})$ (MPa)	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ (MPa)	$S_e \leq 3 \overline{S_m}$ (kg/mm <sup>2</sup> )	備考
C 1A01	320 20	- -	56 388	- -	- -	- -	
1A01 1C01	320 169	- -	44 365	- -	- -	- -	
C 2A01	320 20	- -	58 388	- -	- -	- -	
C 2B01	100 100	- -	24 368	- -	- -	- -	
C 2A01-Sd	320 20	- -	301 388	- -	- -	- -	
Sd	320 320	279 364	- -	- -	- -	- -	
C T	100 100	- -	32 368	- -	- -	- -	
$S_{mH} = 183 \text{ (MPa)} \quad \beta_s = 2.5$							

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 9.204 表 Sd5 地震動 一次＋二次応力の制限

補助ヘリウム配管 1次ヘリウム純化系配管弁接続部(地震動:Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 (℃)	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ (MPa)	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ (MPa)	$S_n \leq \beta_s (3 \overline{S_m})$ (MPa)	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ (MPa)	$S_e \leq 3 \overline{S_m}$ (kg/mm <sup>2</sup> )	備考
C 1A01	320 20	- -	56 388	- -	- -	- -	
1A01 1C01	320 169	- -	44 365	- -	- -	- -	
C 2A01	320 20	- -	58 388	- -	- -	- -	
C 2B01	100 100	- -	24 368	- -	- -	- -	
C 2A01-Sd	320 20	- -	277 388	- -	- -	- -	
Sd	320 320	255 364	- -	- -	- -	- -	
C T	100 100	- -	32 368	- -	- -	- -	
$S_{mH} = 183 \text{ (MPa)} \quad \beta_s = 2.5$							

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $S_n$ 、 $S_n^*$ に Sd5 分を付加して評価



第 9.205 表 Sd1-4\_SdD 地震動 熱応力ラチェットの制限  
補助ヘリウム配管 1 次ヘリウム純化系配管弁接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$X_P = P_S / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_P = 1 / (1.5 S_{mH}) \cdot E_0 \alpha_0 |\Delta T_1| / \{2(1-\nu)\}$$

負荷サイクル	最高金属温度 (℃)	$X_P$	$Y_P$	領域	許容領域
C 1A01	320	0.11	0.00	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
1A01 1C01	320	0.11	0.00	E	
C 2A01	320	0.12	0.00	E	
C 2B01	100	0.12	0.00	E	
C 2A01-Ss	320	0.14	0.00	E	
Ss	320	0.14	0.00	E	
C T	100	0.15	0.00	E	

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $P_S$  に Sd1-4\_SdD 分軸応力を付加して評価

第 9.206 表 Sd5 地震動 熱応力ラチェットの制限  
補助ヘリウム配管 1 次ヘリウム純化系配管弁接続部(地震動:Sd5)

$$X_P = P_S / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_P = 1 / (1.5 S_{mH}) \cdot E_0 \alpha_0 |\Delta T_1| / \{2(1-\nu)\}$$

負荷サイクル	最高金属温度 (℃)	$X_P$	$Y_P$	領域	許容領域
C 1A01	320	0.11	0.00	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
1A01 1C01	320	0.11	0.00	E	
C 2A01	320	0.12	0.00	E	
C 2B01	100	0.12	0.00	E	
C 2A01-Sd	320	0.14	0.00	E	
Sd	320	0.14	0.00	E	
C T	100	0.15	0.00	E	

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S1 及び S1 の  $P_S$  に Sd5 分軸応力を付加して評価

第 9.207 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限  
 補助ヘリウム配管 1次ヘリウム純化系配管弁接続部(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
C 2A01-Ss	320	479 912	0.240	2.625	P	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 9.208 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限  
 補助ヘリウム配管 1次ヘリウム純化系配管弁接続部(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
C 2A01-Ss	320	453 912	0.240	2.480	P	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル C 2A01-S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価

第 9.209 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)

補助ヘリウム配管 1 次ヘリウム純化系配管弁接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> ( MPa )			
C 2A01-Sd	320	1	302	—	714	—	—	357	2437	0.000	D
Sd	320	199	278	—	686	—	—	343	2606	0.076	D
C 2A01	320	210	58	—	114	—	—	57	1000000	0.001	D
C 1A01	320	89	56	—	111	—	—	56	1000000	0.000	D
1A01 1C01	320	100	44	—	81	—	—	41	1000000	0.001	D
C T	100	10	31	—	38	—	—	19	1000000	0.000	D
C 2B01	100	30	24	—	29	—	—	15	1000000	0.000	D
K <sub>T</sub> = 1.70      D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.078											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 9.210 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)

補助ヘリウム配管 1 次ヘリウム純化系配管弁接続部(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> ( MPa )			
C 2A01-Sd	320	1	278	—	655	—	—	328	3092	0.000	D
Sd	320	199	254	—	627	—	—	314	3950	0.050	D
C 2A01	320	210	58	—	114	—	—	57	1000000	0.001	D
C 1A01	320	89	56	—	111	—	—	56	1000000	0.000	D
1A01 1C01	320	100	44	—	81	—	—	41	1000000	0.001	D
C T	100	10	31	—	38	—	—	19	1000000	0.000	D
C 2B01	100	30	24	—	29	—	—	15	1000000	0.000	D
K <sub>T</sub> = 1.70      D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.053											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd5 分を付加して評価

第 9.211 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 2)

補助ヘリウム配管 1次ヘリウム純化系配管弁接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

(1 / 2)  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ (MPa)	$3\bar{S}_m$ (MPa)	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 1A01	56	364	0	0.0000	0.0000	$S_g = 183$ (MPa) $T = 320$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum (D_i^*) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.022$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

(2 / 2)  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}(3\bar{S}_m/E, 2S_g/E)$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
C 1A01	$5.867 \times 10^{-4}$	$1.933 \times 10^{-3}$	89	0.00	0.00	$2S_g/E$
$T = 320$ (°C) $D_{cP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

※(1/2) ひずみサイクル C 2A01-Sd の  $S_n=302$ (MPa) でみても、許容値以下となる。

※(2/2)  $\epsilon_t$  が許容値を超えても、 $D^{**}$  が 0 のため、ここでの評価は変わらない。

第 9.212 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 2)

補助ヘリウム配管 1次ヘリウム純化系配管弁接続部(地震動:Sd5)

(1 / 2)  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ (MPa)	$3\bar{S}_m$ (MPa)	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 1A01	56	364	0	0.0000	0.0000	$S_g = 183$ (MPa) $T = 320$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum (D_i^*) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.022$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

(2 / 2)  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}(3\bar{S}_m/E, 2S_g/E)$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
C 1A01	$5.867 \times 10^{-4}$	$1.933 \times 10^{-3}$	89	0.00	0.00	$2S_g/E$
$T = 320$ (°C) $D_{cP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクルが、地震荷重負荷ではないため、そのままとした。

※(1/2) ひずみサイクル C 2A01-Ss の  $S_n=278$ (MPa) でみても、許容値以下となる。

※(2/2)  $\epsilon_t$  が許容値を超えても、 $D^{**}$  が 0 のため、ここでの評価は変わらない。

第 9.213 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
 補助ヘリウム配管 1 次ヘリウム純化系配管弁接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.078	0.100	0.18	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cp} = 0.000$				

第 9.214 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限  
 補助ヘリウム配管 1 次ヘリウム純化系配管弁接続部(地震動:Sd5)

評価項目	$D_t$	$D_c$	$D_t + D_c$	許容値
$D_t + D_c \leq D$	0.053	0.100	0.16	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cp} = 0.000$				

第 9.215 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 1次ヘリウム純化系配管弁接続部(地震動:Ss1-4\_SsD)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
IV	$F_c/A + D_o M / (2yI) \leq S_y / f_B$	320	75	122	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 9.216 表 Ss5 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 1次ヘリウム純化系配管弁接続部(地震動:Ss5)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
IV	$F_c/A + D_o M / (2yI) \leq S_y / f_B$	320	59	122	y=1.30 f <sub>B</sub> =1.50

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 9.217 表 Sd1-4\_SdD 座屈の防止

補助ヘリウム配管 1次ヘリウム純化系配管弁接続部(地震動:Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
III	$F_c/A + D_o M / (2yI) \leq S_y / f_B$	320	67	92	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

第 9.218 表 Sd5 地震動 座屈の防止

補助ヘリウム配管 1次ヘリウム純化系配管弁接続部(地震動:Sd5)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
III	$F_c/A + D_o M / (2yI) \leq S_y / f_B$	320	53	92	y=1.30 f <sub>B</sub> =2.00

※ 本配管系は、内圧による引張応力が大きく、他の応力を組み合わせても圧縮応力は発生しないため、時間に依存する座屈は評価の必要がない。

## 10. 補助冷却器

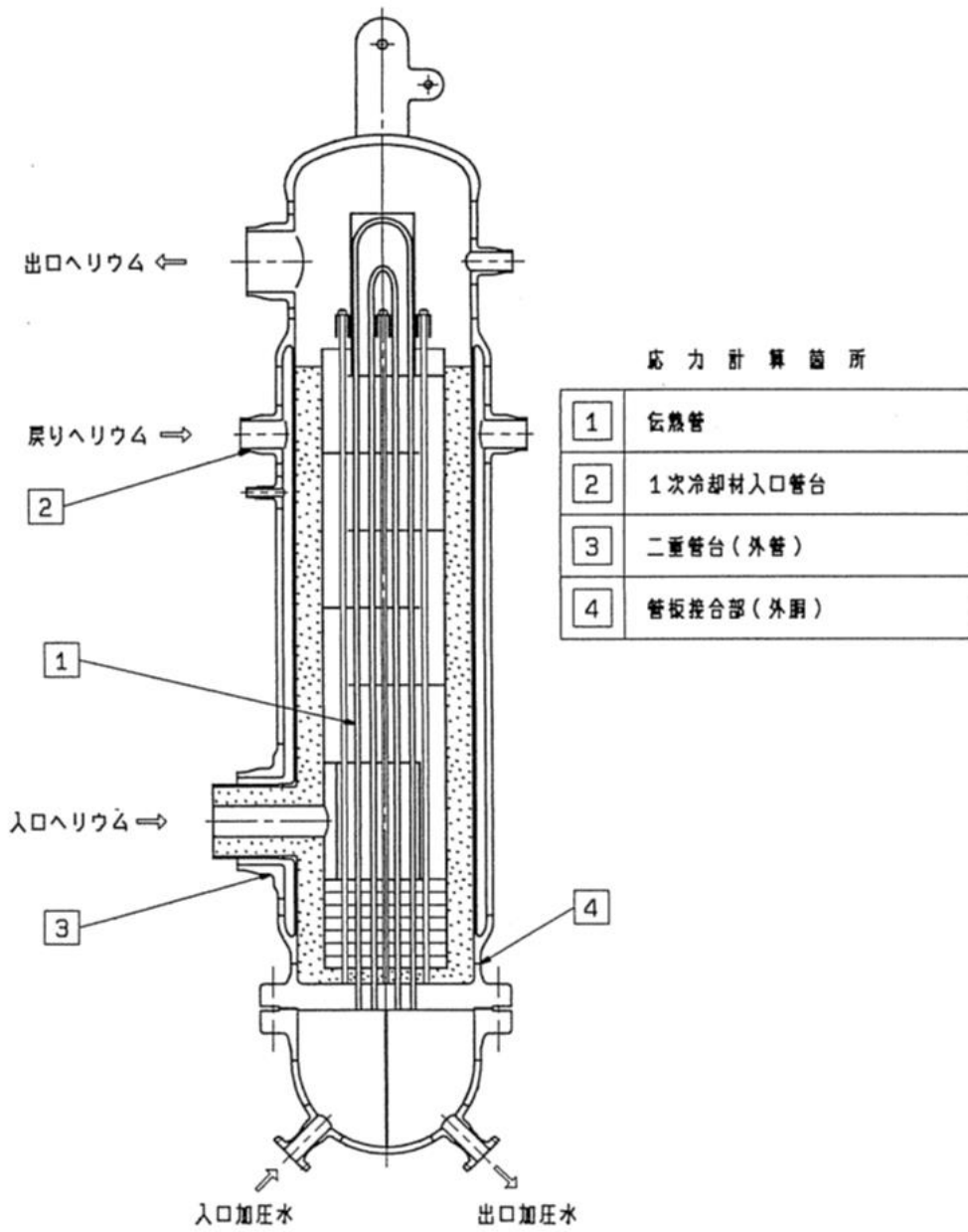
本評価は、補助冷却器の耐震健全性を確認するものである。補助冷却器の耐震評価は、「Ⅲ-イ-2 高温ガス炉第1種容器の強度計算書作成の基本方針」(設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)及び「IV-イ-12 補助冷却器の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)に基づいて実施する。評価箇所を第10.1図に示す。

### 10.1 解析条件

補助冷却器の解析モデルは補助ヘリウム配管に組み込み、解析を実施した。

なお、各部位の断面力分布については、補助ヘリウム配管を参照のこと。解析コードには「FINAS(伊藤忠テクノソリューションズ株式会社)」を用いた。





第 10.1 図 補助冷却器の評価箇所

## 10.2 1次冷却材入口管台

### 10.2.1 形状、寸法及び材料

1次冷却材入口管台の形状、寸法及び材料を第10.2図に示す。

### 10.2.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第10.1表から第10.4表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-12 補助冷却器の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)を参照した。

### 10.2.3 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第10.3図に示す。

### 10.2.4 応力評価

1次冷却材入口管台の応力評価結果を第10.5表から第10.19表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3軸の主応力が接近することはない。

#### (2) 座屈の防止(外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈)

本計算箇所は、外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈が発生するような有意な荷重を受ける部分ではない。

第 10.1 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重 (1 次冷却材入口管台)

	配管反力 (1 次冷却材入口ノズル B 側)					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	264	88	1128	46	936	104
運転状態 II	264	88	1128	46	936	104
	264	88	1128	46	936	104
運転状態 III	264	88	1128	46	936	104
	264	88	1128	46	936	104
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 10.2 表 Ss5 地震動 機械的荷重 (1 次冷却材入口管台)

	配管反力 (1 次冷却材入口ノズル B 側)					
	Ss5 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	262	101	1106	44	921	114
運転状態 II	262	101	1106	44	921	114
	262	101	1106	44	921	114
運転状態 III	262	101	1106	44	921	114
	262	101	1106	44	921	114
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 10.3 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重 (1 次冷却材入口管台)

	配管反力 (1 次冷却材入口ノズル B 側)					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	148	56	644	32	536	67
運転状態 II	148	56	644	32	536	67
	148	56	644	32	536	67
運転状態 III	148	56	644	32	536	67
	148	56	644	32	536	67
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 10.4 表 Sd5 地震動 機械的荷重 (1 次冷却材入口管台)

	配管反力 (1 次冷却材入口ノズル B 側)					
	Sd5 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	149	61	637	28	531	69
運転状態 II	149	61	637	28	531	69
	149	61	637	28	531	69
運転状態 III	149	61	637	28	531	69
	149	61	637	28	531	69
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 10.5 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限(評価断面-内面)  
補助冷却器 1 次冷却材入口管台

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	90	114	$S_o = 4.9000$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	112	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	354	-	81	143	$K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	360	-	128	214	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	354	-	81	171	$K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	360	-	136	256	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	-	-	-	-	B=1.0
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	-	-	-	-	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	354	-	91	286	$S_{mIV} = 2S_u/3$ $K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	360	-	155	429	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	-	-	-	-	$B_R=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	-	-	-	-	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	102	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	152	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	159	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 10.6 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限(評価断面-内面)  
補助冷却器 1 次冷却材入口管台

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	90	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	112	172	$S_o = 4.9000$
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	354	-	81	143	$K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	360	-	128	214	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	354	-	81	171	$K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	360	-	136	256	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	-	-	-	-	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	-	-	-	-	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	354	-	91	286	$S_{mIV} = 2S_o/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	360	-	155	429	$K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	-	-	-	-	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	-	-	-	-	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	102	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	152	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	159	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 10.7 表 クリープ効果の判定(評価断面-内面)

補助冷却器 1 次冷却材入口管台

運転状態 I、II、III、(T)

評価項目	計算値	判定値	判定
$2 \sum (t_i / t_{di}) \leq 0.1$	0.001	0.100	クリープ効果が顕著でない。
$\sum \varepsilon_i \leq 0.002$	$1.50 \times 10^{-4}$	0.00200	

第 10.8 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次+二次応力の制限(評価断面-内面)

補助冷却器 1次冷却材入口管台(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \overline{S_m} )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	備考
Sd	361 -	59 430	- -	- -	- -	
C 2A04-Sd	20 361	- -	247 474	- -	- -	
S <sub>rH</sub> = 214 ( MPa )		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S1 及び C 2A04-S1 の S<sub>n</sub><sup>\*</sup>、S<sub>n</sub> に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価



第 10.9 表 Sd5 地震動 一次+二次応力の制限(評価断面-内面)

補助冷却器 1次冷却材入口管台(地震動:Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	361 -	59 430	- -	- -	- -	
C 2A04-Sd	20 361	- -	247 474	- -	- -	
$S_{rH} = 214$ ( MPa )		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S1 及び C 2A04-S1 の  $S_n^*$ 、 $S_n$  に Sd5 分を付加して評価

第 10.10 表 Sd1-4\_SdD 地震動 熱応力ラチェットの制限(評価断面-内面)

補助冷却器 1次冷却材入口管台(地震動:Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
I、II、III (T)試験状態	$\sigma_s \leq S_y$ (制限値) <sup>(1)</sup>	360	123	723	$\sigma_p / S_y = 0.42$

注記(1) 評価項目における制限値は、「III-イ-2 高温ガス炉第1種容器の強度計算書作成の基本方針」  
第 5.2.1.3 項の表-5.2.3 下欄に記載された値である。

第 10.11 表 Sd5 地震動 熱応力ラチェットの制限(評価断面-内面)

補助冷却器 1次冷却材入口管台(地震動:Sd5)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
I、II、III (T)試験状態	$\sigma_s \leq S_y$ (制限値) <sup>(1)</sup>	360	123	723	$\sigma_p / S_y = 0.42$

注記(1) 評価項目における制限値は、「III-イ-2 高温ガス炉第1種容器の強度計算書作成の基本方針」  
第 5.2.1.3 項の表-5.2.3 下欄に記載された値である。

第 10.12 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

補助冷却器 1次冷却材入口管台(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Sd	361	99 1074	0.500	0.458	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 10.13 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)

補助冷却器 1次冷却材入口管台(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	361	99 1074	0.500	0.458	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価

第 10.14 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-内面)

補助冷却器 1 次冷却材入口管台(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> ( MPa )			
1B01 2A04	361	210	207	—	205	—	—	103	191021	0.001	D
C 2A04-Sd	361	1	247	—	218	—	—	109	1000000	0.000	D
T	100	10	195	—	183	—	—	93	499477	0.000	D
1B01 2A01	361	14	157	—	166	—	—	84	505476	0.000	D
C 2A01	361	196	161	—	157	—	—	79	817069	0.001	D
C 2A02	361	210	167	—	141	—	—	71	1000000	0.001	D
C 2B01	361	30	151	—	140	—	—	70	1000000	0.000	D
C 1A01	323	435	131	—	117	—	—	59	1000000	0.001	D
C 2A03	361	210	129	—	80	—	—	41	1000000	0.001	D
Sd	361	199	59	—	25	—	—	13	1000000	0.000	D
$K_T = 1.00$ $D_f = \sum ( n_i / N_{di} ) = 0.006$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A04-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 10.15 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-内面)

補助冷却器 1 次冷却材入口管台(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (℃)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> (MPa)	—	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> (MPa)			
1B01 2A04	361	210	207	—	205	—	—	103	191021	0.001	D
C 2A04-Sd	361	1	247	—	218	—	—	109	1000000	0.000	D
T	100	10	195	—	183	—	—	93	499477	0.000	D
1B01 2A01	361	14	157	—	166	—	—	84	505476	0.000	D
C 2A01	361	196	161	—	157	—	—	79	817069	0.001	D
C 2A02	361	210	167	—	141	—	—	71	1000000	0.001	D
C 2B01	361	30	151	—	140	—	—	70	1000000	0.000	D
C 1A01	323	435	131	—	117	—	—	59	1000000	0.001	D
C 2A03	361	210	129	—	80	—	—	41	1000000	0.001	D
Sd	361	199	59	—	25	—	—	13	1000000	0.000	D
K <sub>T</sub> = 1.00                      D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.006											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A04-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd5 分を付加して評価

第 10.16 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 3) (評価断面-内面)  
補助冷却器 1 次冷却材入口管台(地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\overline{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 2A04-Sd	247	474	0	0.000	0.0	$S_g=214$ (MPa) $T = 361$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{CN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.000$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\overline{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
C 2A04-Sd	$1.204 \times 10^{-3}$	$2.391 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3 \overline{S}_m / E$
$T = 361$ (°C) $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※(1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A04-S1 の  $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を  
付加して評価

※(2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A04-S1 の  $\epsilon_t$  に Sd1-4\_SdD 分を  
付加して評価

第 10.17 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 3) (評価断面-内面)  
補助冷却器 1 次冷却材入口管台(地震動:Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 2A04-Sd	247	474	0	0.000	0.0	$S_g=214$ (MPa) $T = 361$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{CN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.000$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
C 2A04-Sd	$1.204 \times 10^{-3}$	$2.391 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3 \bar{S}_m / E$
$T = 361$ (°C) $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※(1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A04-S1 の  $S_n$  に Sd5 分を付加して評価

※(2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A04-S1 の  $\epsilon_t$  に Sd5 分を付加して評価

第 10.18 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)

補助冷却器 1次冷却材入口管台(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.006	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cp} = 0.000$				

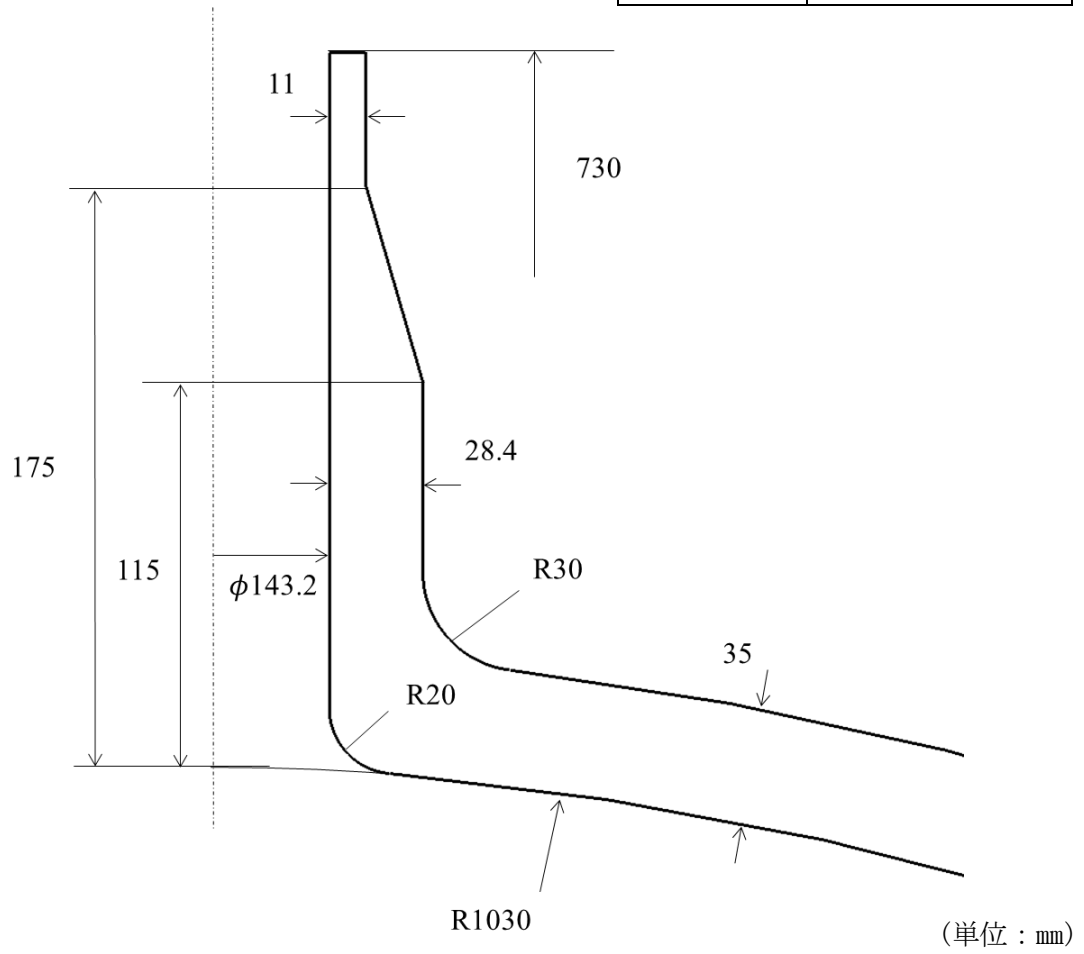
第 10.19 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)

補助冷却器 1次冷却材入口管台(地震動:Sd5)

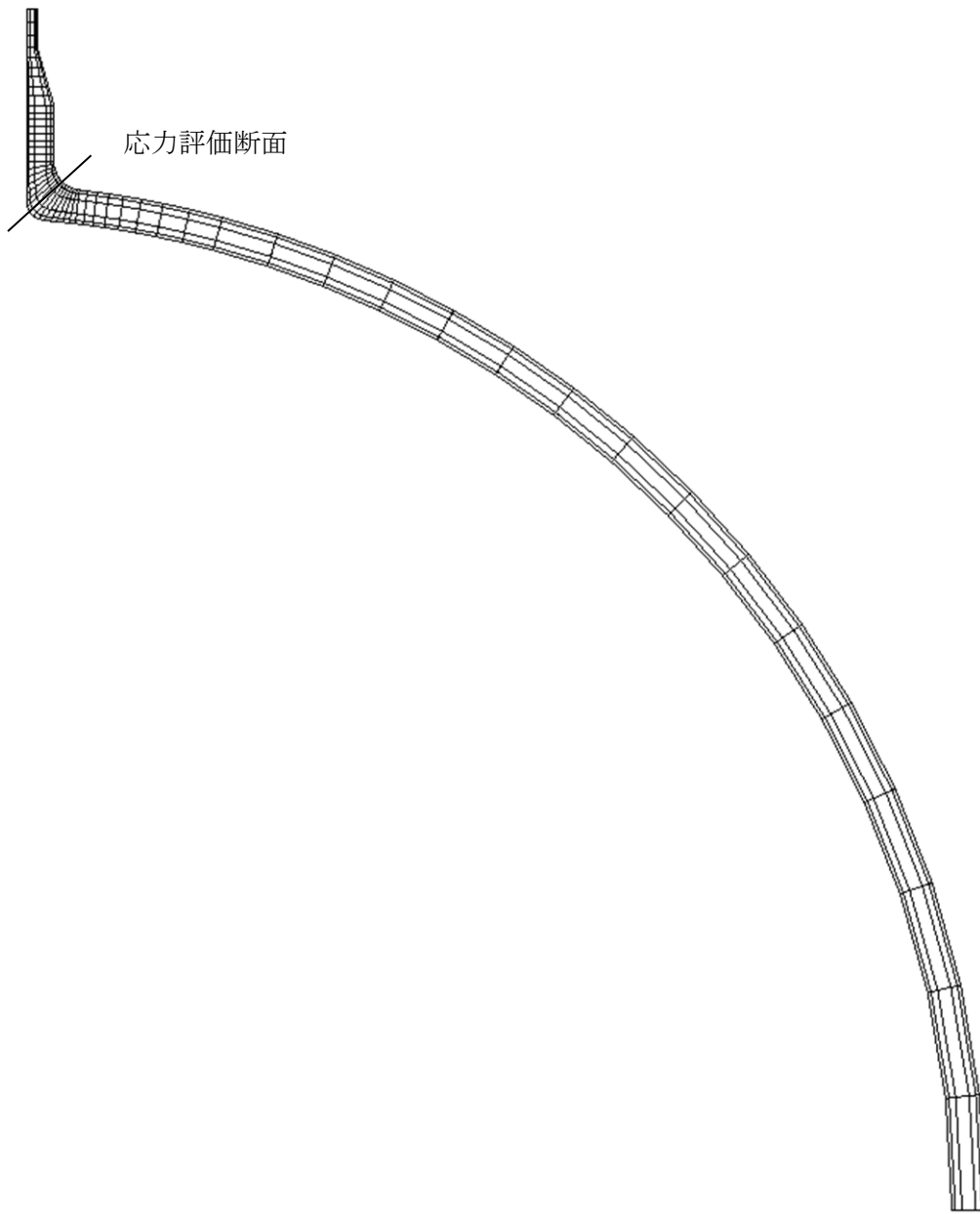
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.006	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cp} = 0.000$				



材料	SFVA F 22B
----	------------



第 10.2 図 1 次冷却材入口管台の形状及び寸法図



第 10.3 図 応力評価断面

### 10.3 二重管台(外管)

#### 10.3.1 形状、寸法及び材料

二重管台(外管)の形状、寸法及び材料を第 10.4 図に示す。

#### 10.3.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第 10.20 表から第 10.23 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-12 補助冷却器の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)を参照した。

#### 10.3.3 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 10.5 図に示す。

#### 10.3.4 応力評価

二重管台(外管)の応力評価結果を第 10.24 表から第 10.38 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

##### (1) 特別な応力制限

###### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

###### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

###### ③ 軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3 軸の主応力が接近することはない。

##### (2) 座屈の防止(外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈)

本計算箇所は、外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈が発生するような有意な荷重を受ける部分ではない。

第 10.20 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(二重管台)

	配管反力 (二重管台)					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	2802	464	745	257	1897	2116
運転状態 II	2802	464	745	257	1897	2116
	2802	464	745	257	1897	2116
運転状態 III	2802	464	745	257	1897	2116
	2802	464	745	257	1897	2116
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 10.21 表 Ss5 地震動 機械的荷重(二重管台)

	配管反力 (二重管台)					
	Ss5 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	2539	365	742	218	1996	1522
運転状態 II	2539	365	742	218	1996	1522
	2539	365	742	218	1996	1522
運転状態 III	2539	365	742	218	1996	1522
	2539	365	742	218	1996	1522
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 10.22 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(二重管台)

	配管反力 (二重管台)					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1985	466	519	243	1335	2365
運転状態 II	1985	466	519	243	1335	2365
	1985	466	519	243	1335	2365
運転状態 III	1985	466	519	243	1335	2365
	1985	466	519	243	1335	2365
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 10.23 表 Sd5 地震動 機械的荷重(二重管台)

	配管反力 (二重管台)					
	Sd5 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1643	287	491	160	1331	1340
運転状態 II	1643	287	491	160	1331	1340
	1643	287	491	160	1331	1340
運転状態 III	1643	287	491	160	1331	1340
	1643	287	491	160	1331	1340
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 10.24 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限  
(評価断面-内面)

補助冷却器 二重管台

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	89	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	92	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	353	-	74	143	$K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	357	-	97	214	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	353	-	74	171	$K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	357	-	99	256	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	-	-	-	-	B=1.0
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	-	-	-	-	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	353	-	75	286	$S_{mIV} = 2S_u/3$ $K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	357	-	102	429	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	-	-	-	-	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	-	-	-	-	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	95	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	120	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	124	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 10.25 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限 (評価断面-内面)

補助冷却器 二重管台

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	89	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	92	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	353	-	72	143	$K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	357	-	95	214	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	353	-	72	171	$K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	357	-	97	256	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	-	-	-	-	B=1.0
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	-	-	-	-	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	353	-	75	286	$S_{mIV} = 2S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	357	-	102	429	$K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	-	-	-	-	$B_R=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	-	-	-	-	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	93	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	118	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	122	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 10.26 表 クリープ効果の判定(評価断面-内面)

補助冷却器 二重管台

運転状態 I、II、III、(T)

評価項目	計算値	判定値	判定
$2 \sum (t_i / t_{di}) \leq 0.1$	0.001	0.100	クリープ効果が顕著でない。
$\sum \varepsilon_i \leq 0.002$	$1.30 \times 10^{-4}$	0.00200	



第 10.27 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次+二次応力の制限 (評価断面-内面)

補助冷却器 二重管台(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	357 -	20 431	- -	- -	- -	
1B01 2A04-Sd	323 357	- -	160 474	- -	- -	
$S_{rH} = 214$ ( MPa )		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S1 及び 1B01 2A04-S1 の  $S_n^*$ 、 $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 10.28 表 Sd5 地震動 一次+二次応力の制限 (評価断面-内面)

補助冷却器 二重管台(地震動:Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \overline{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \overline{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \overline{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	357 -	18 431	- -	- -	- -	
1B01 2A04-Sd	323 357	- -	158 474	- -	- -	
$S_{rH} = 214$ ( MPa )		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S1 及び 1B01 2A04-S1 の  $S_n^*$ 、 $S_n$  に Sd5 分を付加して評価

第 10.29 表 Sd1-4\_SdD 地震動 熱応力ラチェットの制限 (評価断面-内面)

補助冷却器 二重管台(地震動:Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
I、II、III (T) 試験状態	$\sigma_s \leq S_y$ (制限値) <sup>(1)</sup>	357	70	723	$\sigma_P / S_y = 0.41$

注記(1) 評価項目における制限値は、「III-イ-2 高温ガス炉第 1 種容器の強度計算書作成の基本方針」  
第 5.2.1.3 項の表-5.2.3 下欄に記載された値である。

第 10.30 表 Sd5 地震動 熱応力ラチェットの制限 (評価断面-内面)

補助冷却器 二重管台(地震動:Sd5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
I、II、III (T) 試験状態	$\sigma_s \leq S_y$ (制限値) <sup>(1)</sup>	357	70	723	$\sigma_P / S_y = 0.41$

注記(1) 評価項目における制限値は、「III-イ-2 高温ガス炉第 1 種容器の強度計算書作成の基本方針」  
第 5.2.1.3 項の表-5.2.3 下欄に記載された値である。

第 10.31 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限 (評価断面-内面)

補助冷却器 二重管台(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Sd	357	31 1076	0.400	0.143	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 10.32 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限 (評価断面-内面)

補助冷却器 二重管台(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	357	30 1076	0.400	0.139	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価

第 10.33 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-内面)

補助冷却器 二重管台(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>σ</sub> ( MPa )			
1B01 2A04-Sd	357	1	160	-	154	-	-	77	1000000	0.000	D
1B01 2A04	357	14	144	-	144	-	-	72	1000000	0.000	D
T	100	10	144	-	141	-	-	71	1000000	0.000	D
C 2A04	357	196	144	-	140	-	-	71	1000000	0.001	D
1B01 2A01	357	210	122	-	128	-	-	64	1000000	0.001	D
C 2A02	357	210	122	-	120	-	-	61	1000000	0.001	D
C 2B01	100	30	110	-	107	-	-	54	1000000	0.000	D
C 2A03	357	210	120	-	104	-	-	53	1000000	0.001	D
C 1A01	323	435	98	-	94	-	-	48	1000000	0.001	D
Sd	357	199	21	-	16	-	-	8	1000000	0.000	D
K <sub>T</sub> = 1.00                      D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.006											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>σ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1B01 2A04-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 10.34 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-内面)

補助冷却器 二重管台(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>σ</sub> ( MPa )			
1B01 2A04-Sd	357	1	158	-	152	-	-	76	1000000	0.000	D
1B01 2A04	357	14	144	-	144	-	-	72	1000000	0.000	D
T	100	10	144	-	141	-	-	71	1000000	0.000	D
C 2A04	357	196	144	-	140	-	-	71	1000000	0.001	D
1B01 2A01	357	210	122	-	128	-	-	64	1000000	0.001	D
C 2A02	357	210	122	-	120	-	-	61	1000000	0.001	D
C 2B01	100	30	110	-	107	-	-	54	1000000	0.000	D
C 2A03	357	210	120	-	104	-	-	53	1000000	0.001	D
C 1A01	323	435	98	-	94	-	-	48	1000000	0.001	D
Sd	357	199	19	-	14	-	-	7	1000000	0.000	D
K <sub>T</sub> = 1.00                      D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.006											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>σ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 1B01 2A04-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd5 分を付加して評価

第 10.35 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 3) (評価断面-内面)  
補助冷却器 二重管台(地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
1B01 2A04-Sd	160	474	0	0.000	0.0	$S_g=214$ (MPa) $T=357$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{CN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.000$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
1B01 2A04-Sd	$8.531 \times 10^{-4}$	$2.391 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3 \bar{S}_m/E$
$T=357$ (°C) $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※(1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1B01 2A04-S1 の  $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を  
付加して評価

※(2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1B01 2A04-S1 の  $\epsilon_t$  に Sd1-4\_SdD 分を  
付加して評価

第 10.36 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 3) (評価断面-内面)  
補助冷却器 二重管台(地震動:Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
1B01 2A04-Sd	158	474	0	0.000	0.0	$S_g=214$ (MPa) $T=357$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000$			$(D_o^* = 0.000)$			
$D_{CN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$			$(D_{c1} = 0.000)$			

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\varepsilon_t$	$\text{Max}( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
1B01 2A04-Sd	$8.422 \times 10^{-4}$	$2.391 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3 \bar{S}_m/E$
$T=357$ (°C)		$D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$				

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※(1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1B01 2A04-S1 の  $S_n$  に Sd5 分を  
付加して評価

※(2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 1B01 2A04-S1 の  $\varepsilon_t$  に Sd5 分を  
付加して評価



第 10.37 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 (評価断面-内面)

補助冷却器 二重管台(地震動:Sd1-4\_SdD)

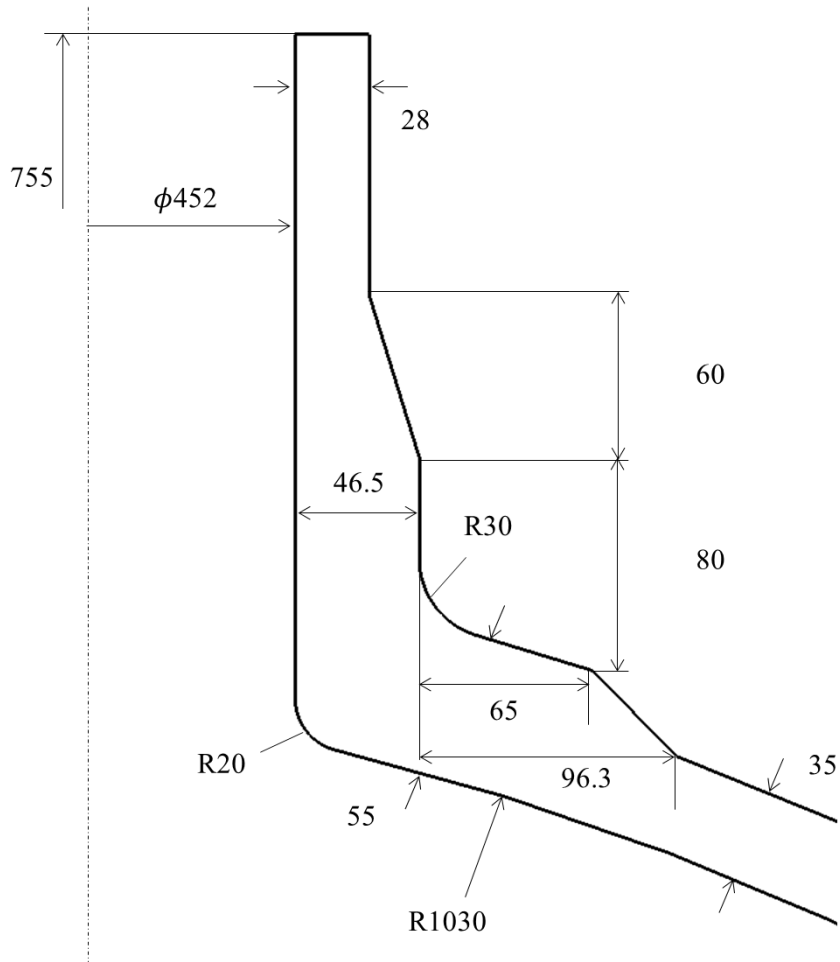
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.006	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cp} = 0.000$				

第 10.38 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限 (評価断面-内面)

補助冷却器 二重管台(地震動:Sd5)

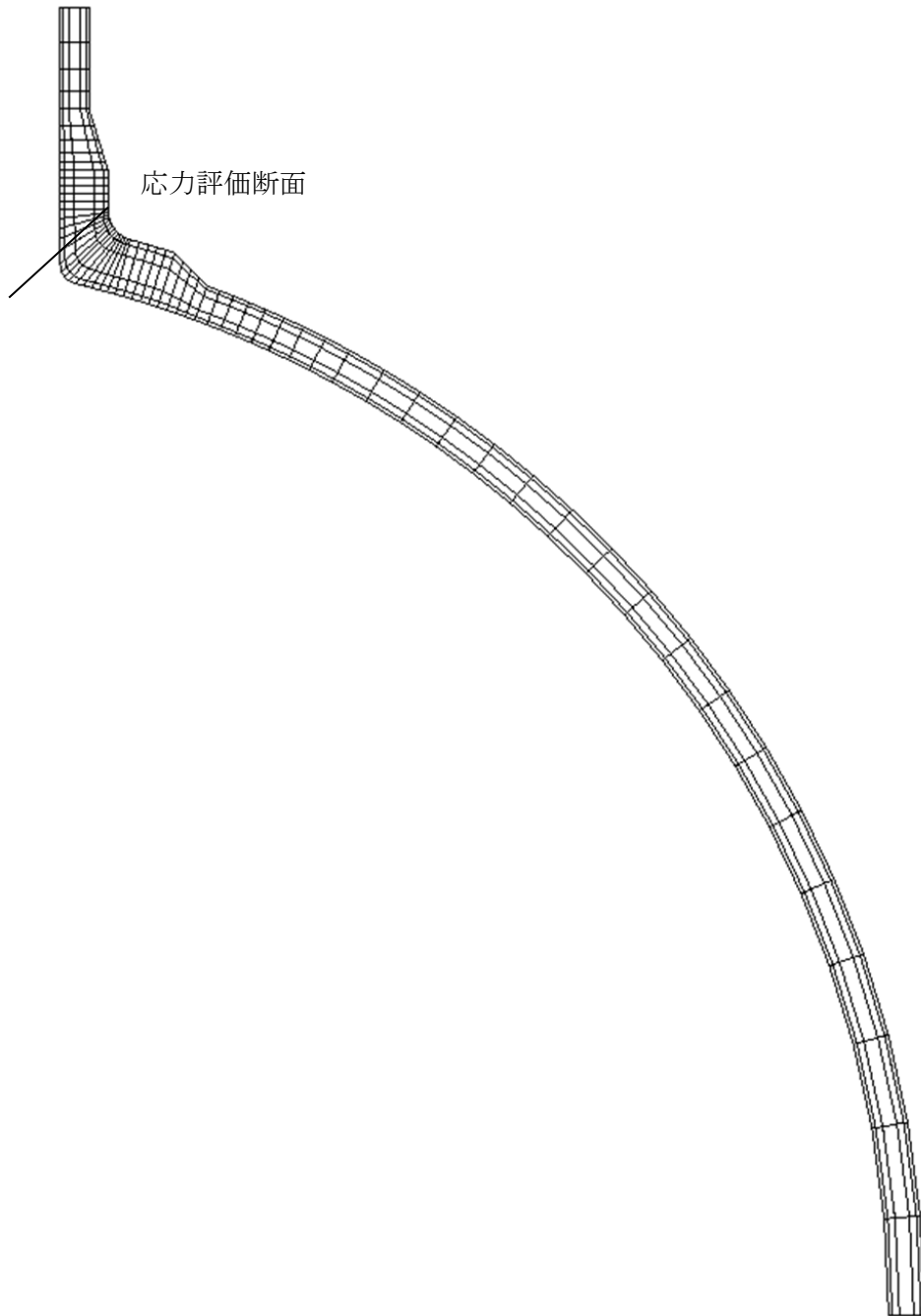
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.006	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cp} = 0.000$				

材料	SFVA F 22B
----	------------



(単位: mm)

第 10.4 図 二重管台(外管)の形状及び寸法図



第 10.5 図 応力評価断面

## 10.4 管板接合部(外管)

### 10.4.1 形状、寸法及び材料

管板接合部(外管)の形状、寸法及び材料を第 10.6 図に示す。

### 10.4.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第 10.39 表から第 10.42 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-12 補助冷却器の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)を参照した。

### 10.4.3 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 10.7 図に示す。

### 10.4.4 応力評価

管板接合部(外管)の応力評価結果を第 10.43 表から第 10.57 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 軸応力の制限

本計算箇所は、軸方向の温度差による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3 軸の主応力が接近することはない。

#### (2) 座屈の防止(外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈)

本計算箇所は、外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈が発生するような有意な荷重を受ける部分ではない。

第 10.39 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(管板接合部)

	配管反力 (管板接合部)					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1097	1193	1853	157	315	494
運転状態 II	1097	1193	1853	157	315	494
	1097	1193	1853	157	315	494
運転状態 III	1097	1193	1853	157	315	494
	1097	1193	1853	157	315	494
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 10.40 表 Ss5 地震動 機械的荷重(管板接合部)

	配管反力 (管板接合部)					
	Ss5 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	1137	1212	1775	165	344	509
運転状態 II	1137	1212	1775	165	344	509
	1137	1212	1775	165	344	509
運転状態 III	1137	1212	1775	165	344	509
	1137	1212	1775	165	344	509
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 10.41 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(管板接合部)

	配管反力 (管板接合部)					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	628	826	1341	138	236	331
運転状態 II	628	826	1341	138	236	331
	628	826	1341	138	236	331
運転状態 III	628	826	1341	138	236	331
	628	826	1341	138	236	331
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 10.42 表 Sd5 地震動 機械的荷重(管板接合部)

	配管反力 (管板接合部)					
	Sd5 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	667	766	1139	116	226	319
運転状態 II	667	766	1139	116	226	319
	667	766	1139	116	226	319
運転状態 III	667	766	1139	116	226	319
	667	766	1139	116	226	319
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 10.43 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限(評価断面-外面)

補助冷却器 管板接合部

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	91	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	59	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	353	-	70	143	$K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	202	-	60	218	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	353	-	69	171	$K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	202	-	60	262	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	-	-	-	-	$B = -$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	-	-	-	-	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	353	-	69	286	$S_{mIV} = 2 S_u / 3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R / 3$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	202	-	60	436	$K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R / 3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{ri}) \leq B_R$	-	-	-	-	$B_R = -$
	$\Sigma (t_j / t_{rbj}) \leq 1.0$	-	-	-	-	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	92	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	73	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	73	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 10.44 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限(評価断面-外面)

補助冷却器 管板接合部

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	91	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	59	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	353	-	70	143	$K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	202	-	60	218	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	353	-	69	171	$K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	202	-	60	262	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	-	-	-	-	$B = -$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	-	-	-	-	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	353	-	69	286	$S_{mIV} = 2 S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	202	-	60	436	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	$K_t = -$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	-	-	-	-	$B_R = -$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	-	-	-	-	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	92	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	73	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	73	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価



第 10.45 表 クリープ効果の判定(評価断面-外面)

補助冷却器 管板接合部

運転状態 I、II、III、(T)

評価項目	計算値	判定値	判定
$2 \sum (t_i / t_{di}) \leq 0.1$	0.001	0.100	クリープ効果が顕著でない。
$\sum \varepsilon_i \leq 0.002$	0.00000	0.00200	

第 10.46 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次＋二次応力の制限(評価断面-外面)

補助冷却器 管板接合部(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	202 202	7 437	- -	- -	- -	
2B02 2A01-Sd	100 202	- -	234 451	- -	- -	
$S_{rH} = 219$ ( MPa )		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S1 及び 2B02 2A01-S1 の  $S_n^*$ 、 $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 10.47 表 Sd5 地震動 一次+二次応力の制限(評価断面-外面)

補助冷却器 管板接合部(地震動:Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	202 202	7 437	- -	- -	- -	
2B02 2A01-Sd	100 202	- -	234 451	- -	- -	
$S_{rH} = 219$ ( MPa )		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S1 及び 2B02 2A01-S1 の  $S_n^*$ 、 $S_n$  に Sd5 分を付加して評価

第 10.48 表 Sd1-4\_SdD 地震動 熱応力ラチェットの制限(評価断面-外面)

補助冷却器 管板接合部(地震動:Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
I、II、III (T) 試験状態	$\sigma_s \leq S_y$ (制限値) <sup>(1)</sup>	202	206	744	$\sigma_P / S_y = 0.41$

注記(1) 評価項目における制限値は、「III-イ-2 高温ガス炉第1種容器の強度計算書作成の基本方針」  
第5.2.1.3項の表-5.2.3 下欄に記載された値である。

第 10.49 表 Sd5 地震動 熱応力ラチェットの制限(評価断面-外面)

補助冷却器 管板接合部(地震動:Sd5)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
I、II、III (T) 試験状態	$\sigma_s \leq S_y$ (制限値) <sup>(1)</sup>	202	206	744	$\sigma_P / S_y = 0.41$

注記(1) 評価項目における制限値は、「III-イ-2 高温ガス炉第1種容器の強度計算書作成の基本方針」  
第5.2.1.3項の表-5.2.3 下欄に記載された値である。

第 10.50 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-外面)

補助冷却器 管板接合部(地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Sd	202	6 1094	0.140	0.027	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 10.51 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-外面)

補助冷却器 管板接合部(地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	202	6 1094	0.140	0.027	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価

第 10.52 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-外面)

補助冷却器 管板接合部(地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> ( MPa )			
2B02 2A01-Sd	202	1	234	-	272	-	-	136	392709	0.000	D
2B02 2A01	202	29	230	-	269	-	-	135	90495	0.001	D
C 2A01	202	171	228	-	265	-	-	133	95926	0.002	D
C 1A01	177	435	225	-	263	-	-	132	103438	0.005	D
C 1B01	177	224	175	-	206	-	-	103	264985	0.001	D
C 2A03	202	200	165	-	193	-	-	97	345964	0.001	D
C 2A02	202	200	140	-	161	-	-	81	1000000	0.001	D
T	100	10	78	-	86	-	-	44	1000000	0.000	D
C 2B01	100	30	60	-	64	-	-	33	1000000	0.000	D
Sd	202	199	7	-	7	-	-	4	1000000	0.000	D
K <sub>T</sub> = 1.00		D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.012									

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 2B02 2A01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 10.53 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-外面)

補助冷却器 管板接合部(地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> ( MPa )			
2B02 2A01-Sd	202	1	234	-	272	-	-	136	392709	0.000	D
2B02 2A01	202	29	230	-	269	-	-	135	90495	0.001	D
C 2A01	202	171	228	-	265	-	-	133	95926	0.002	D
C 1A01	177	435	225	-	263	-	-	132	103438	0.005	D
C 1B01	177	224	175	-	206	-	-	103	264985	0.001	D
C 2A03	202	200	165	-	193	-	-	97	345964	0.001	D
C 2A02	202	200	140	-	161	-	-	81	1000000	0.001	D
T	100	10	78	-	86	-	-	44	1000000	0.000	D
C 2B01	100	30	60	-	64	-	-	33	1000000	0.000	D
Sd	202	199	7	-	7	-	-	4	1000000	0.000	D
K <sub>T</sub> = 1.00		D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.012									

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 2B02 2A01-S1 及び S1 の S<sub>n</sub>に Sd5 分を付加して評価

第 10.54 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 3) (評価断面-外面)  
補助冷却器 管板接合部(地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
2B02 2A01-Sd	233	451	0	0.000	0.0	$S_g=219$ (MPa) $T=202$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{CN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.000$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
2B02 2A01-Sd	$1.385 \times 10^{-3}$	$2.504 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3 \bar{S}_m/E$
$T=202$ (°C) $D_{CP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※(1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 2B02 2A01-S1 の  $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を  
付加して評価

※(2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 2B02 2A01-S1 の  $\epsilon_t$  に Sd1-4\_SdD 分を  
付加して評価



第 10.55 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 3) (評価断面-外面)  
補助冷却器 管板接合部(地震動:Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
2B02 2A01-Sd	233	451	0	0.000	0.0	$S_g=219$ (MPa) $T=202$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \Sigma ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{CN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.000$ )						

(1)  $n^* = \Sigma n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
2B02 2A01-Sd	$1.385 \times 10^{-3}$	$2.504 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3 \bar{S}_m/E$
$T=202$ (°C) $D_{CP} = \Sigma n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※(1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 2B02 2A01-S1 の  $S_n$  に Sd5 分を付加して評価

※(2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 2B02 2A01-S1 の  $\epsilon_t$  に Sd5 分を付加して評価

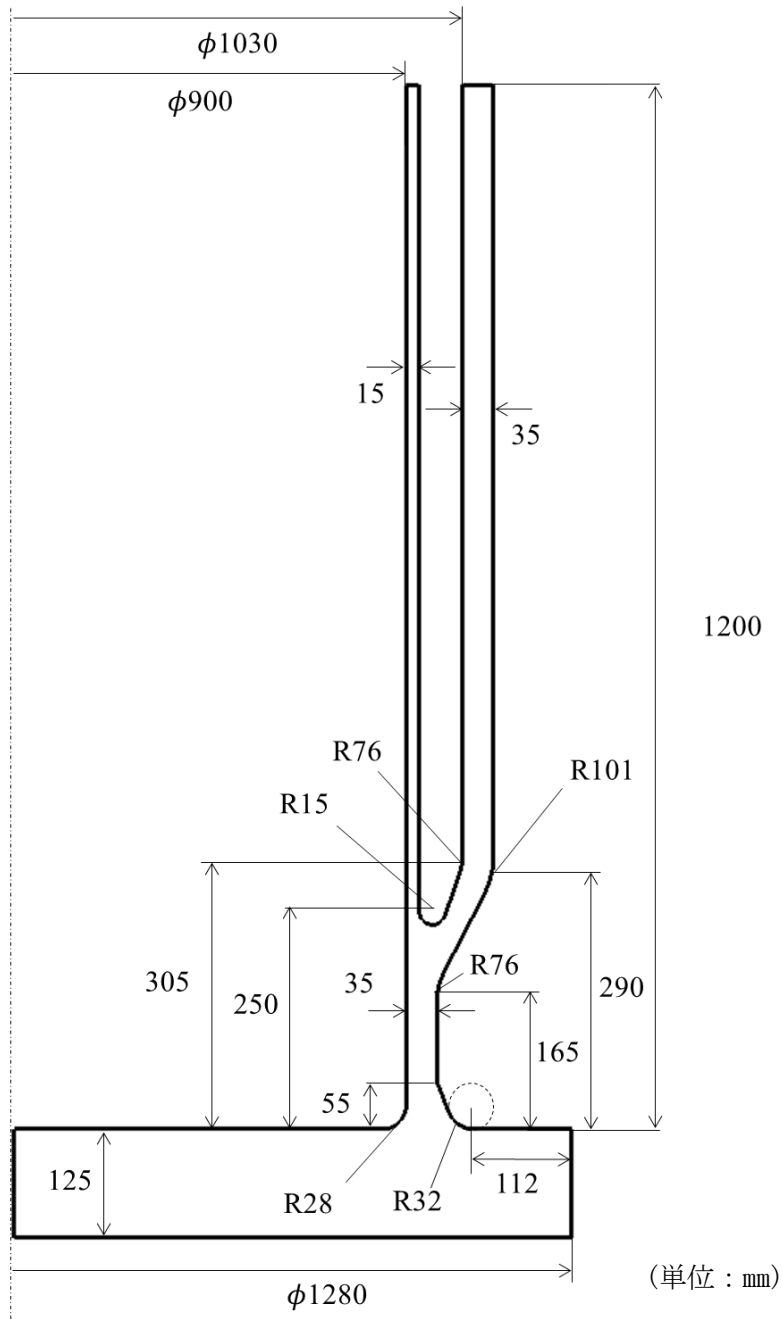
第 10.56 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-外面)  
補助冷却器 管板接合部(地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.012	0.100	0.12	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cp} = 0.000$				

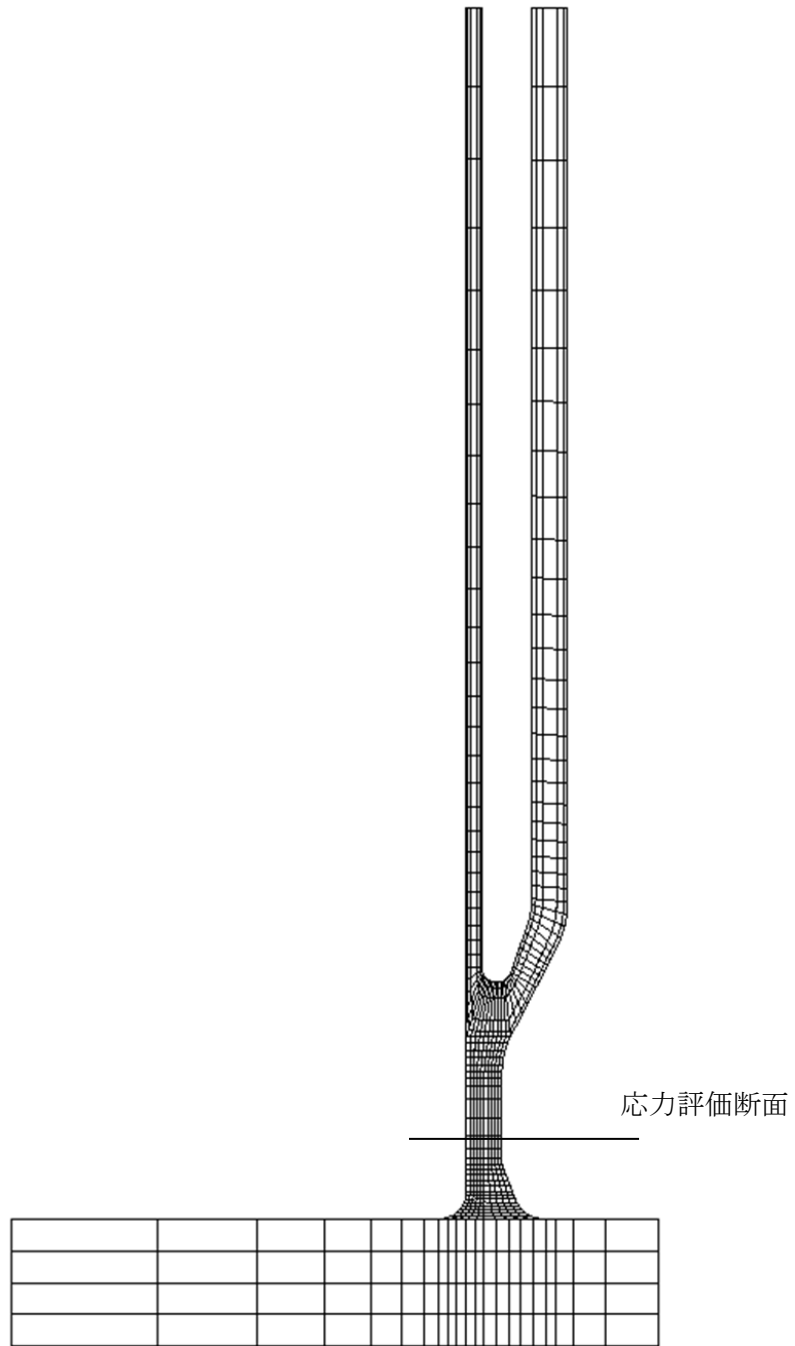
第 10.57 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-外面)  
補助冷却器 管板接合部(地震動:Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.012	0.100	0.120	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cp} = 0.000$				

材料	SCMV4-2 NT SFVA F 22B
----	--------------------------



第 10.6 図 管板接合部(外側)の形状及び寸法図



第 10.7 図 応力評価断面

## 10.5 伝熱管(はりモデル)

### 10.5.1 解析条件

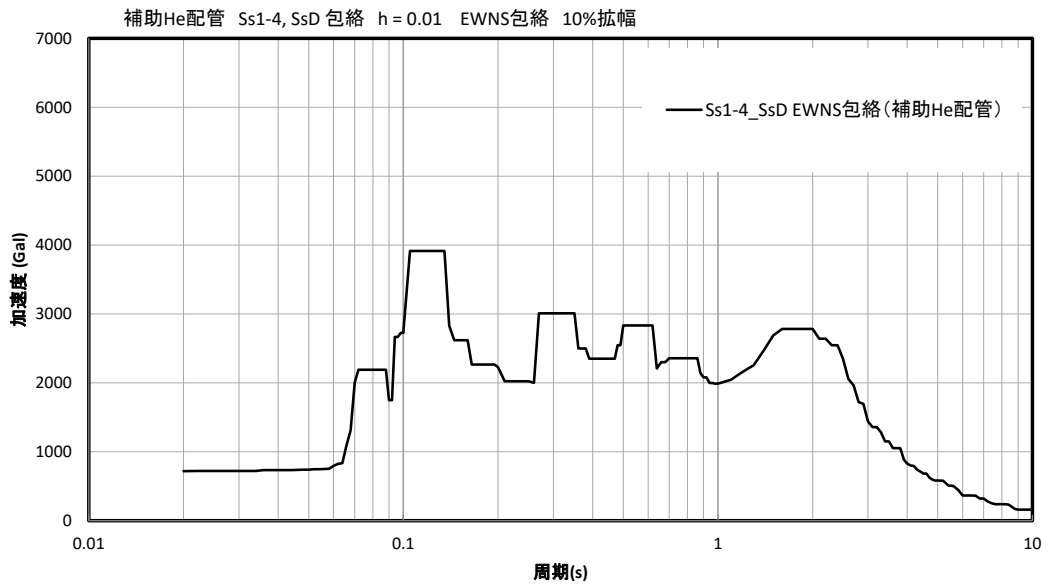
- (1) 補助冷却器の伝熱管は、補助ヘリウム配管モデルとは独立して、質点はりモデルに置換し、動的解析を行う。
- (2) 床応答スペクトルは、原子炉建家の内部コンクリート構造物の E. L. 12.0m から E. L. 31.89m 及び原子炉格納容器の E. L. 14.5m から E. L. 20.65m における加速度床応答スペクトル及び添付書類 1-4-2. の原子炉本体モデルで得られた原子炉压力容器ノズル部の加速度床応答スペクトル(いずれも減衰定数 1%、10% 拡幅したものを)を包絡した床応答スペクトルを用いる。
- (3) 解析コードは、「FINAS(伊藤忠テクノソリューションズ株式会社)」を用いる。
- (4) 床応答スペクトルを用いた動的解析から得られた機械的荷重を用いて、評価箇所の変力評価を実施する。スペクトルは、原子炉压力容器ノズル部の応答スペクトルと原子炉建家の床応答スペクトルを水平方向及び鉛直方向にそれぞれ包絡して作成した。スペクトルを第 10.8 図から第 10.15 図に示す。スペクトルを解析モデルの水平方向及び鉛直方向にそれぞれ入力し、応答スペクトル解析を実施した。

### 10.5.2 解析モデル

伝熱管の解析モデル寸法及び拘束条件を第 10.16 図に示す。

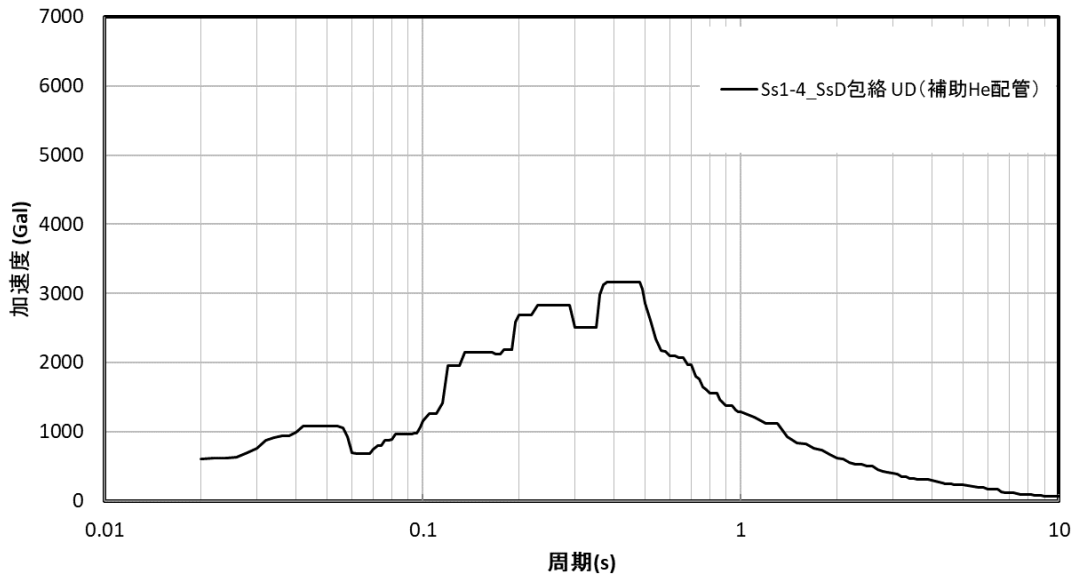
### 10.5.3 解析

動的解析結果として、応力評価に用いる軸力及びモーメントの分布を第 10.17 図から第 10.20 図に示す。



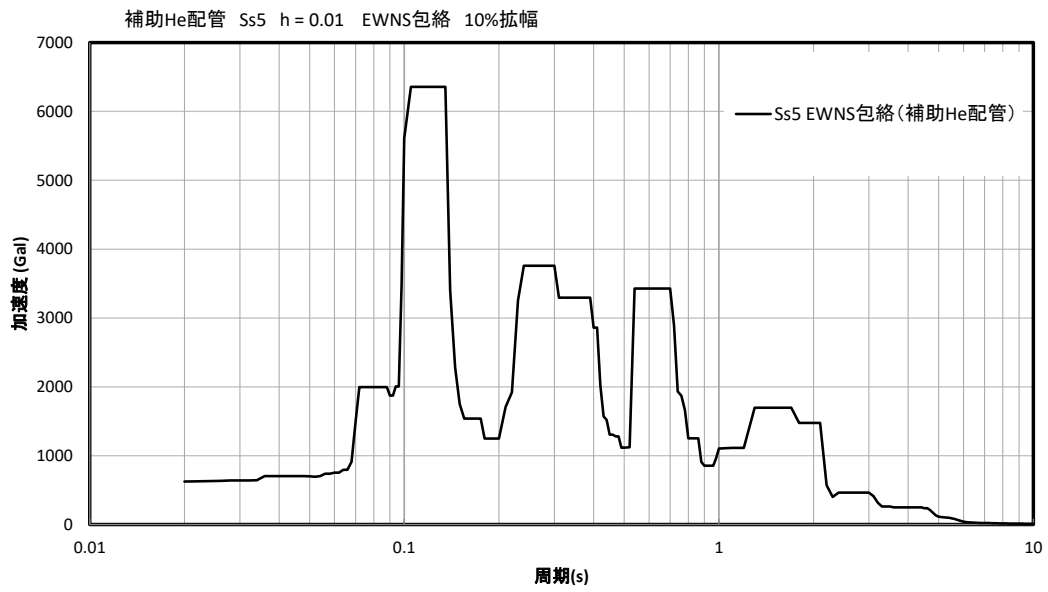
(a) EW-NS 包絡

第 10.8 図 Ss1-4\_SsD 地震動 入力スペクトル(1/2)



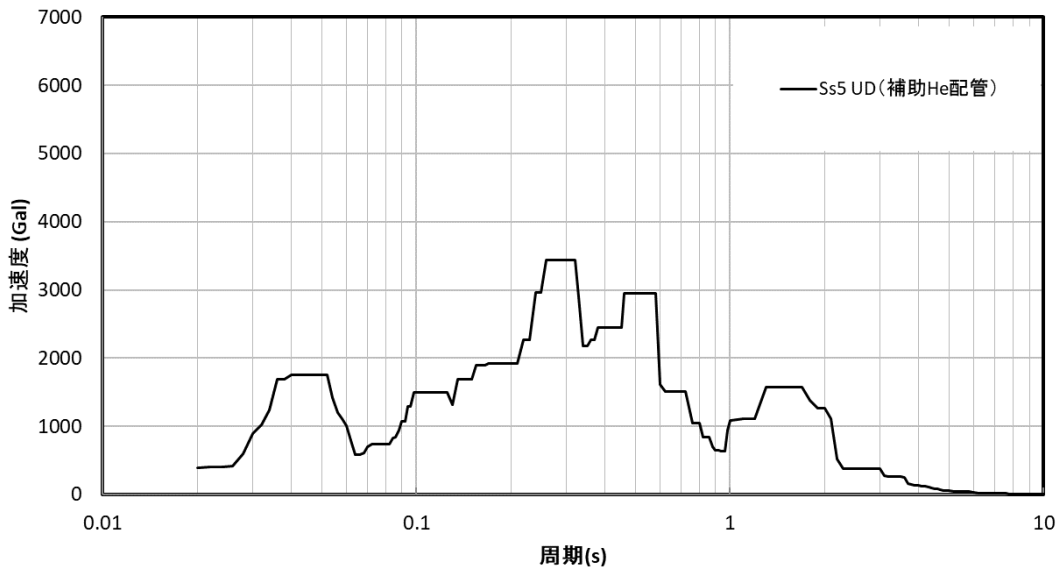
(b)UD 包絡

第 10.9 図 Ss1-4\_SsD 地震動 入力スペクトル(2/2)



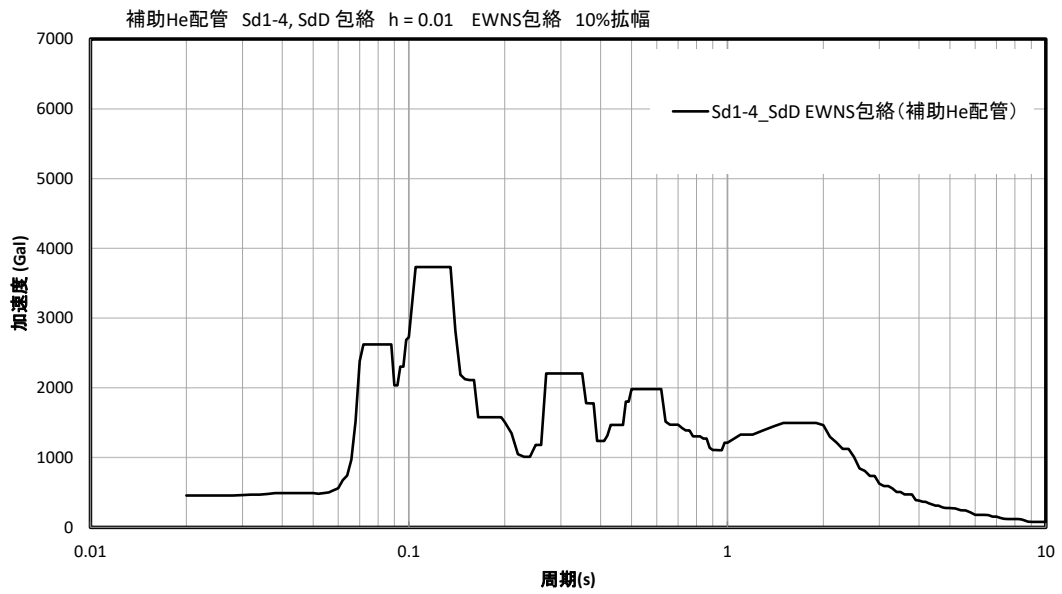
(a) EW-NS 包絡

第 10.10 図 Ss5 地震動 入力スペクトル(1/2)



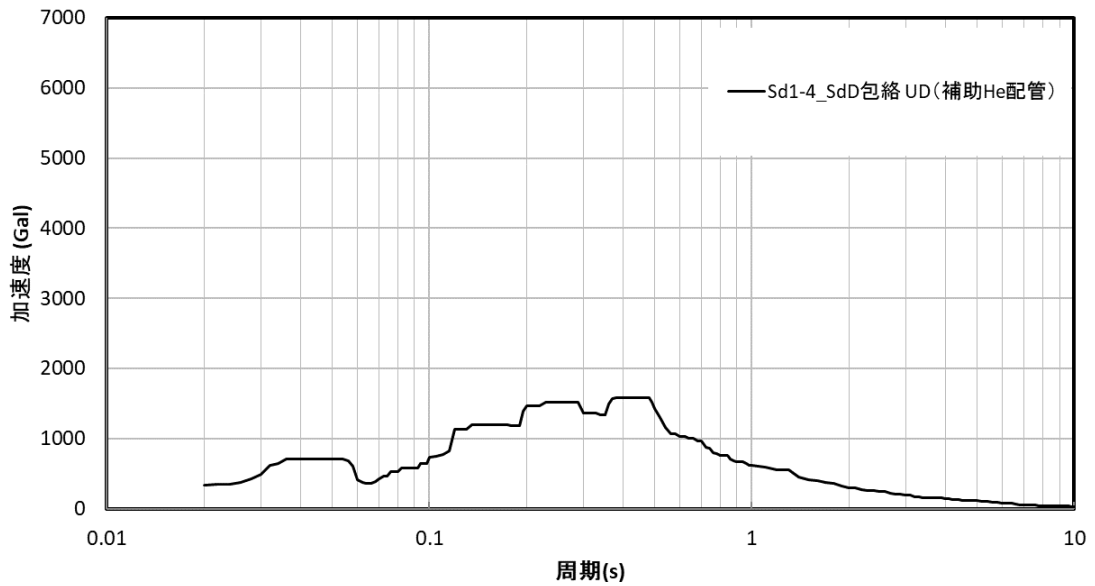
(b) UD

第 10.11 図 Ss5 地震動 入力スペクトル(2/2)



(a) EW-NS 包絡

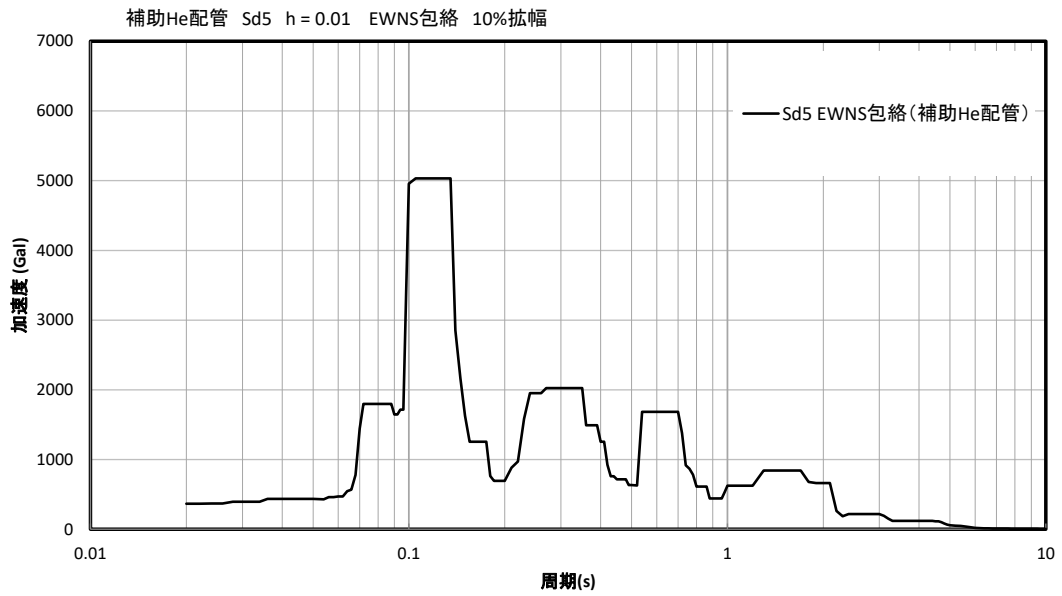
第 10.12 図 Sd1-4\_SdD 地震動 入力スペクトル(1/2)



(b) UD 包絡

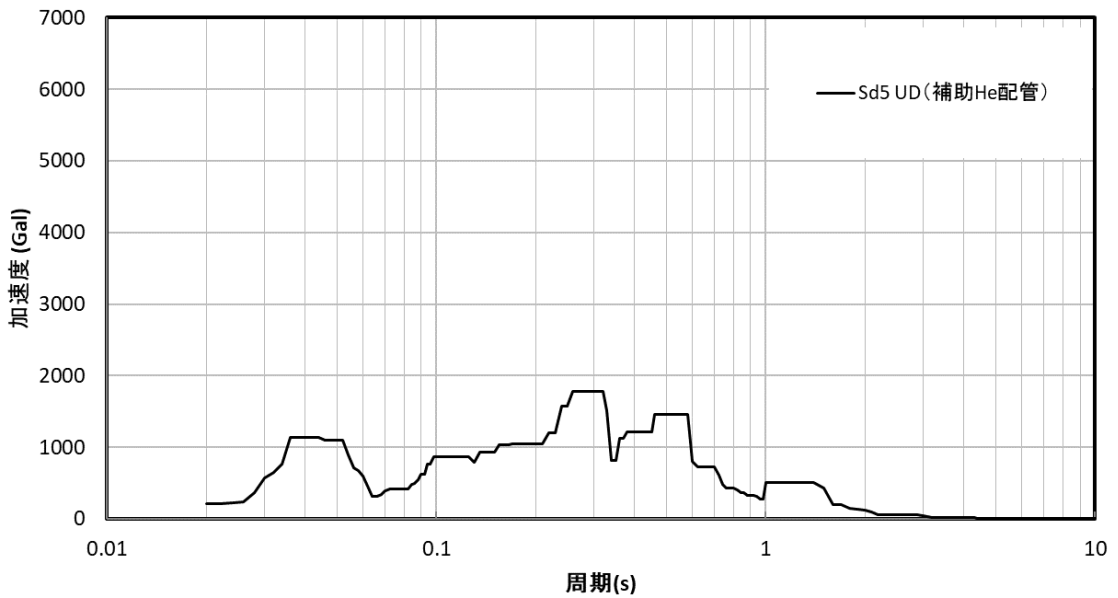
第 10.13 図 Sd1-4\_SdD 地震動 入力スペクトル(2/2)





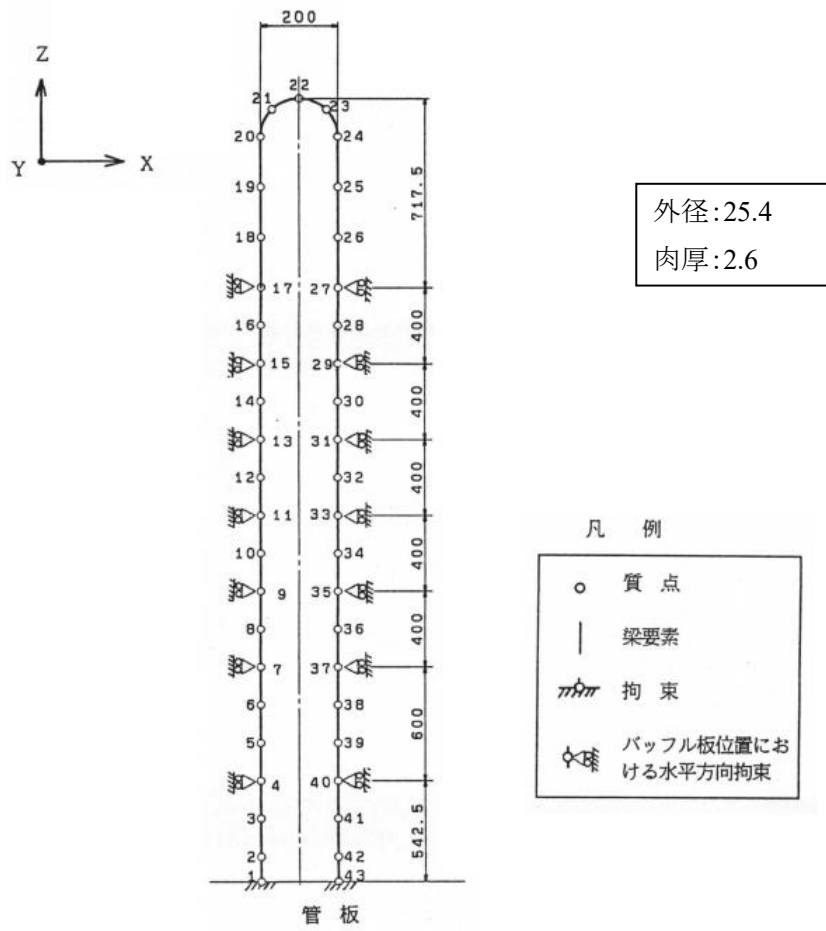
(a) EW-NS 包絡

第 10.14 図 Sd5 地震動 入力スペクトル(1/2)



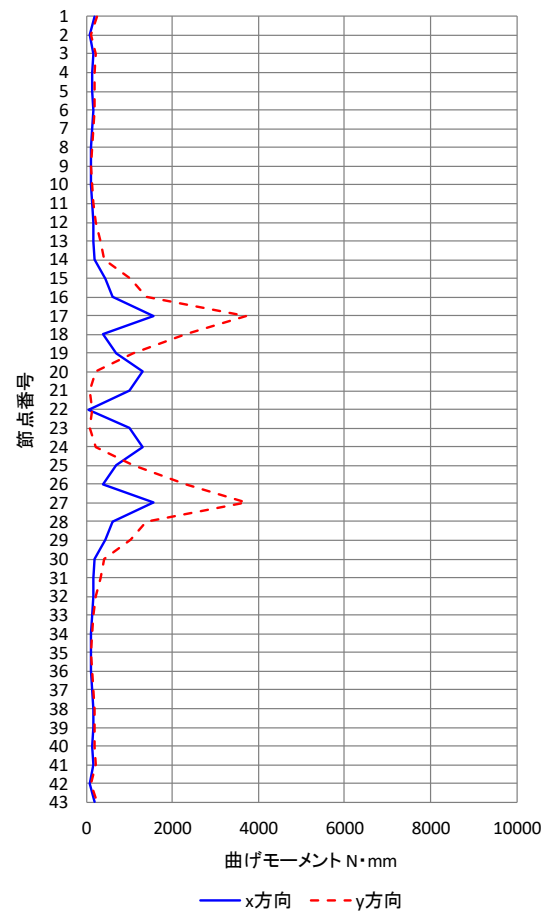
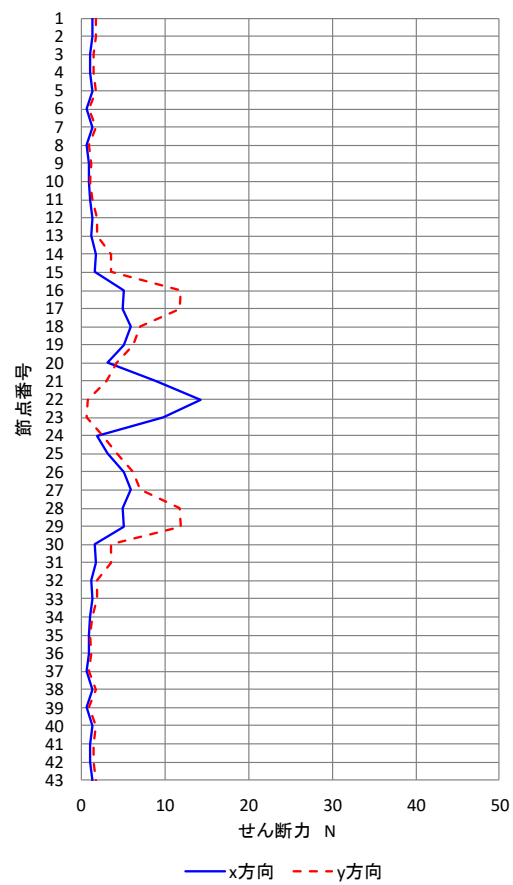
(b) UD

第 10.15 図 Sd5 地震動 入力スペクトル(2/2)

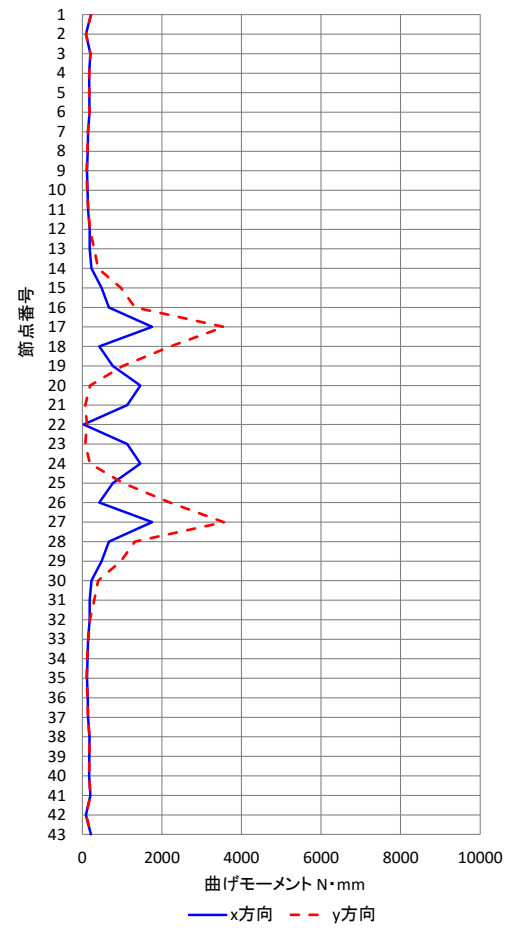
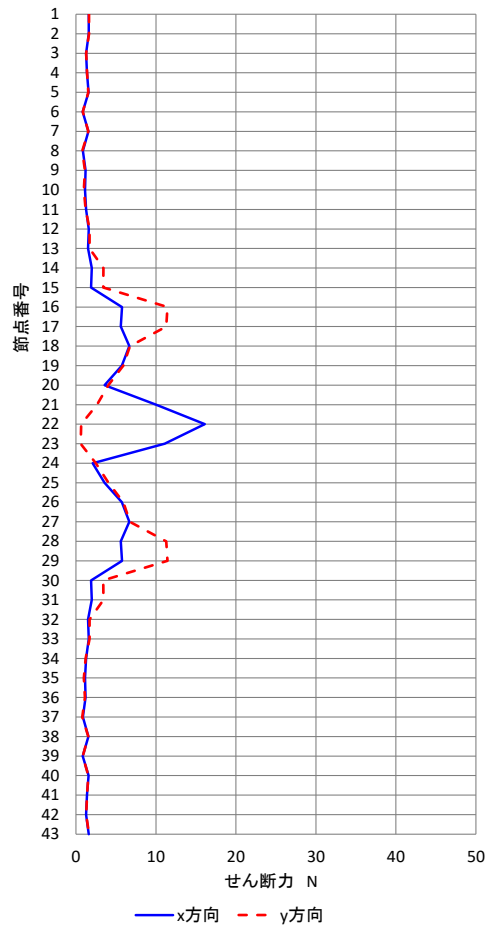


(単位：mm)

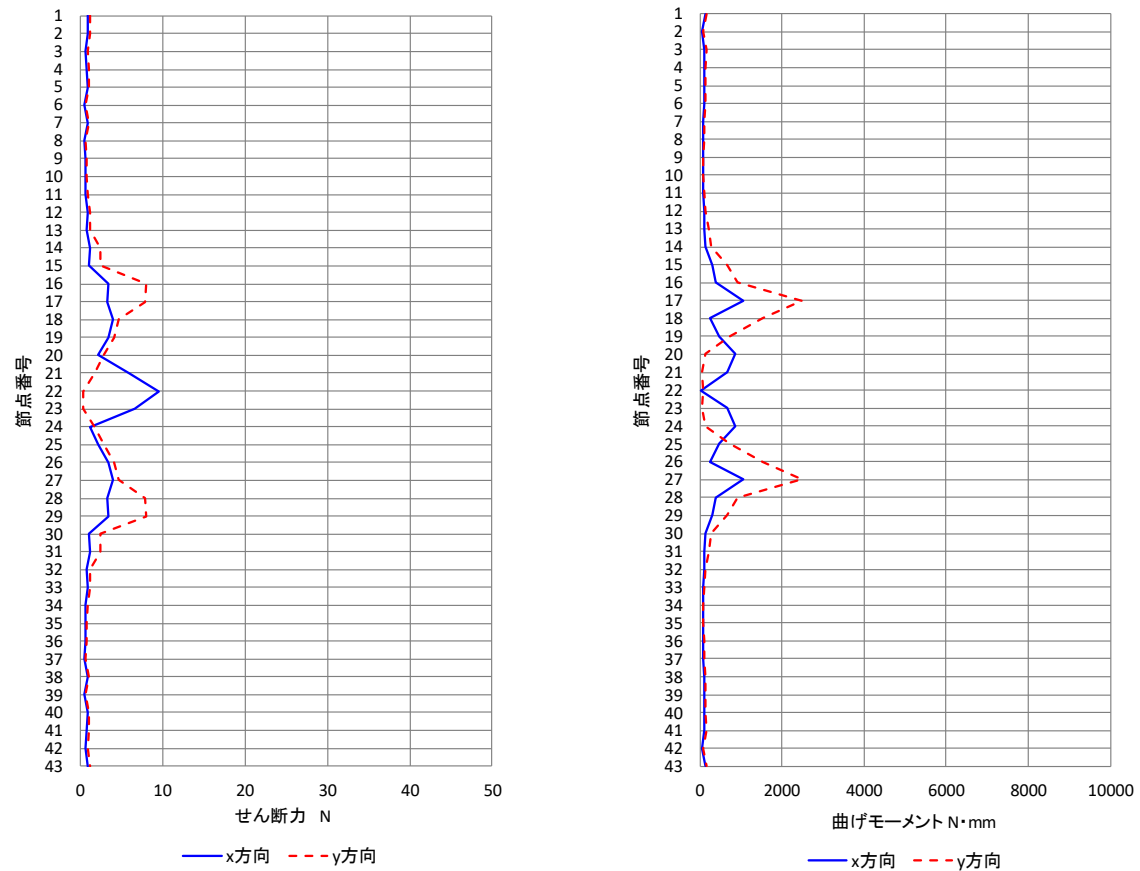
第 10.16 図 解析モデル寸法及び拘束条件



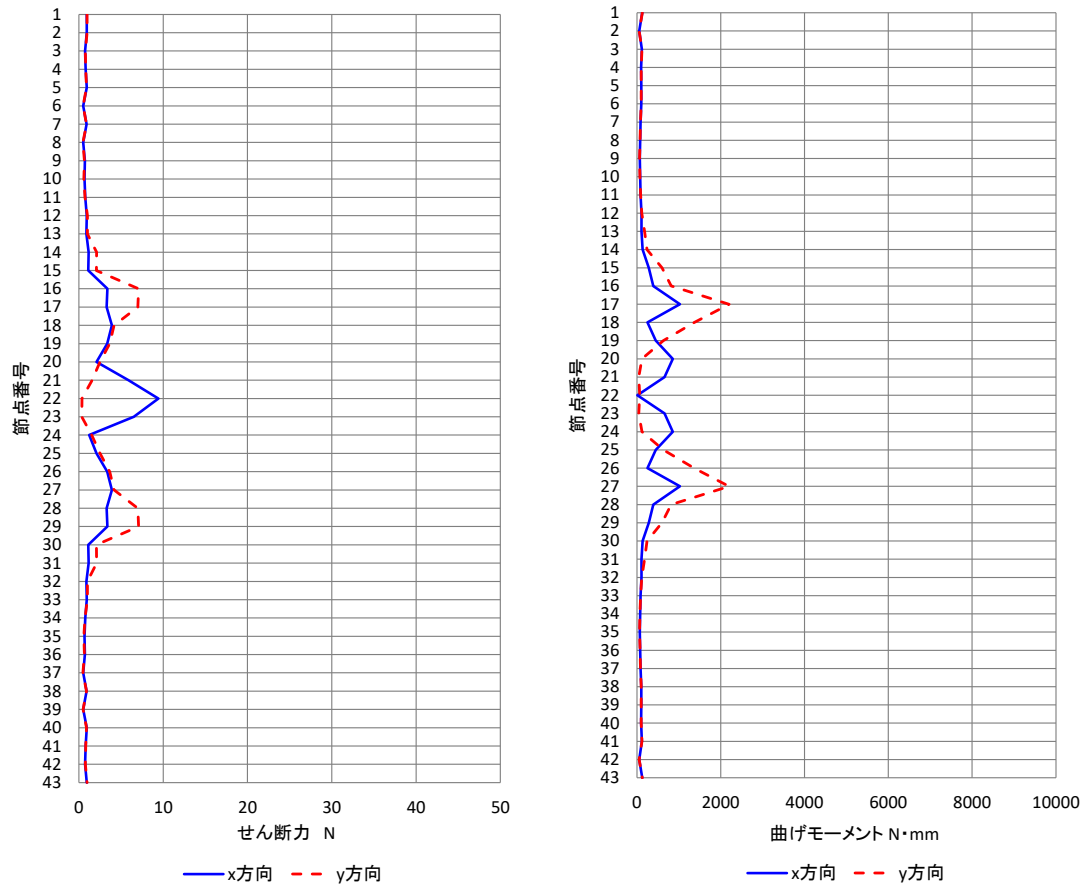
第 10.17 図 補助冷却器の伝熱管 Ss1-4\_SsD 地震動 断面力分布



第 10.18 図 補助冷却器の伝熱管 Ss5 地震動 断面力分布



第 10.19 図 補助冷却器の伝熱管 Sd1-4\_SdD 地震動 断面力分布



第 10.20 図 補助冷却器の伝熱管 Sd5 地震動 断面力分布

#### 10.5.4 形状寸法及び材料

伝熱管の形状、寸法及び材料を第 10.21 図に示す。

#### 10.5.5 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第 10.58 表から第 10.61 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-12 補助冷却器の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)を参照した。

#### 10.5.6 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 10.22 図に示す。

#### 10.5.7 応力評価

伝熱管の応力評価結果を第 10.62 表から第 10.80 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

##### (1) 特別な応力制限

###### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

###### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

###### ③ 3 軸応力の制限

本計算箇所は、板厚方向の温度差による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3 軸の主応力が接近することはない。

第 10.58 表 機械的荷重(Ss1-4\_SsD 地震動)

	地震荷重	
	Ss1-4_SsD 地震動	
	伝熱管一本当たりのせん断力 ( N )	伝熱管一本当たりの曲げモーメント ( N・mm )
設計条件	-	-
運転状態 I	13	4033
運転状態 II	13	4033
	13	4033
	13	4033
運転状態 III	13	4033
	13	4033
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-

第 10.59 表 機械的荷重(Ss5 地震動)

	地震荷重	
	Ss5 地震動	
	伝熱管一本当たりのせん断力 ( N )	伝熱管一本当たりの曲げモーメント ( N・mm )
設計条件	-	-
運転状態 I	13	3967
運転状態 II	13	3967
	13	3967
	13	3967
	13	3967
運転状態 III	13	3967
	13	3967
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-



第 10.60 表 機械的荷重(Sd1-4\_SdD 地震動)

	地震荷重	
	Ss1-4_SsD 地震動	
	伝熱管一本当たりの せん断力 ( N )	伝熱管一本当たりの 曲げモーメント ( N・mm )
設計条件	-	-
運転状態 I	9	2689
運転状態 II	9	2689
	9	2689
	9	2689
運転状態 III	9	2689
	9	2689
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-

第 10.61 表 機械的荷重(Sd5 地震動)

	地震荷重	
	Ss5 地震動	
	伝熱管一本当たりの せん断力 ( N )	伝熱管一本当たりの 曲げモーメント ( N・mm )
設計条件	-	-
運転状態 I	8	2429
運転状態 II	8	2429
	8	2429
	8	2429
運転状態 III	8	2429
	8	2429
運転状態 IV	-	-
試験状態	-	-

第 10.62 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限(評価断面-外面)

補助冷却器 伝熱管 節点番号 17

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	420	-	24	106	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	420	-	24	159	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	100	-	24	137	$K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	26	205	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	100	-	24	164	$K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	100	-	26	247	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	-	-	-	-	B=1.0
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	-	-	-	-	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	100	-	24	297	$S_{mIV} = 2 S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	100	-	28	445	$K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	-	-	-	-	$B_R=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	-	-	-	-	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	31	154	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	31	208	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	33	208	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 10.63 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限(評価断面-外面)

補助冷却器 伝熱管 節点番号 17

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	420	-	24	106	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	420	-	24	159	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	100	-	24	137	$K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	100	-	26	205	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	100	-	24	164	$K_s = 1.50$ $K_t = -$
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	100	-	26	247	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	-	-	-	-	B=1.0
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	-	-	-	-	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	100	-	24	297	$S_{mIV} = 2 S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	100	-	28	445	$K_s = 1.50$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	$K_t = -$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{ri} ) \leq B_R$	-	-	-	-	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{rbj} ) \leq 1.0$	-	-	-	-	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	31	154	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	31	208	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	33	208	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 10.64 表 クリープ効果の判定(評価断面-外面)

補助冷却器 伝熱管 節点番号 17

運転状態 I、II、III、(T)

評価項目	計算値	判定値	判定
$2 \sum (t_i / t_{di}) \leq 0.1$	0.000	0.100	クリープ効果が顕著でない。
$\sum \varepsilon_i \leq 0.002$	0.00000	0.00200	

第 10.65 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次+二次応力の制限(評価断面-外面)

補助冷却器 伝熱管 節点番号 17 (地震動:Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \overline{S_m} )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	備考
Sd	380 -	5 323	- -	- -	- -	
2A01 C	380 20	- -	353 365	- -	- -	
C 1A01	20 380	- -	320 365	- -	- -	
$S_{rH} = 159$ ( MPa )		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S1 の  $S_n^*$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 10.66 表 Sd5 地震動 一次+二次応力の制限(評価断面-外面)

補助冷却器 伝熱管 節点番号 17 (地震動:Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \overline{S_m} )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \overline{S_m}$ ( MPa )	備考
Sd	380 -	5 323	- -	- -	- -	
2A01 C	380 20	- -	353 365	- -	- -	
C 1A01	20 380	- -	320 365	- -	- -	
$S_{rH} = 159$ ( MPa )		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S1 の  $S_n^*$  に Sd5 分を付加して評価

第 10.67 表 Sd1-4\_SdD 地震動 熱応力ラチェットの制限(評価断面-外面)

補助冷却器 伝熱管 節点番号 17 (地震動:Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
I、II、III (T) 試験状態	$\sigma_s \leq 1.5 S_m$ (制限値) <sup>(1)</sup>	380	344	1067	$\sigma_p / 1.5S_m = 0.18$

注記(1) 評価項目における制限値は、「III-イ-2 高温ガス炉第1種容器の強度計算書作成の基本方針」  
第 5.2.1.3 項の表-5.2.3 下欄に記載された値である。

第 10.68 表 Sd5 地震動 熱応力ラチェットの制限(評価断面-外面)

補助冷却器 伝熱管 節点番号 17 (地震動:Sd5)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
I、II、III (T) 試験状態	$\sigma_s \leq 1.5 S_m$ (制限値) <sup>(1)</sup>	380	344	1067	$\sigma_p / 1.5S_m = 0.18$

注記(1) 評価項目における制限値は、「III-イ-2 高温ガス炉第1種容器の強度計算書作成の基本方針」  
第 5.2.1.3 項の表-5.2.3 下欄に記載された値である。

第 10.69 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-外面)

補助冷却器 伝熱管 節点番号 17 (地震動:Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Sd	380	7 809	0.140	0.043	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 10.70 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限(評価断面-外面)

補助冷却器 伝熱管 節点番号 17 (地震動:Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / 1.5 S_{mH}$$

$$Y_s = S_n^* / 1.5 S_{mH}$$

運転状態 IV

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	380	7 809	0.140	0.043	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価



第 10.71 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-外面)

補助冷却器 伝熱管 節点番号 17 (地震動:Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (℃)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> (MPa)	—	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> (MPa)			
2A01-Sd C	380	1	357	-	357	-	1.31	234	82524	0.000	D
2A01 C	380	210	353	-	353	-	1.30	230	200000	0.001	D
C 1A01	380	224	320	-	320	-	-	160	1000000	0.001	D
T	100	10	30	-	30	-	-	15	1000000	0.000	D
C 2B01	100	30	23	-	23	-	-	12	1000000	0.000	D
Sd	380	199	5	-	5	-	-	3	1000000	0.000	D
$K_T = 1.00$ $D_f = \sum (n_i / N_{di}) = 0.003$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 2A01-S2 及び S2 の S<sub>n</sub> に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 10.72 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算出(その 2) (評価断面-外面)

補助冷却器 伝熱管 節点番号 17 (地震動:Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>ε</sub>	S <sub>0</sub> ( MPa )			
2A01-Sd C	380	1	357	-	357	-	1.31	234	82524	0.000	D
2A01 C	380	210	353	-	353	-	1.30	230	200000	0.001	D
C 1A01	380	224	320	-	320	-	-	160	1000000	0.001	D
T	100	10	30	-	30	-	-	15	1000000	0.000	D
C 2B01	100	30	23	-	23	-	-	12	1000000	0.000	D
Sd	380	199	5	-	5	-	-	3	1000000	0.000	D
$K_T = 1.00$ $D_f = \sum ( n_i / N_{di} ) = 0.003$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>ε</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル 2A01-S2 及び S2 の S<sub>n</sub> に Sd5 分を付加して評価

第 10.73 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 3) (評価断面-外面)  
補助冷却器 伝熱管 節点番号 17 (地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
2A01-Sd C	357	525	0	0.000	0.0	$S_g=319$ (MPa) $T=380$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \Sigma ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{CN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.000$ )						

(1)  $n^* = \Sigma n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
2A01-Sd C	$2.091 \times 10^{-3}$	$3.756 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$2 S_g/E$
$T=380$ (°C) $D_{CP} = \Sigma n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※(1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 2A01-S1 C の  $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を  
付加して評価

※(2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 2A01-S1 C の  $\epsilon_t$  に Sd1-4\_SdD 分を  
付加して評価

第 10.74 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算出(その 3) (評価断面-外面)  
 補助冷却器 伝熱管 節点番号 17 (地震動:Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
2A01-Sd C	357	525	0	0.000	0.0	$S_g=319$ (MPa) $T=380$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \Sigma ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{CN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.000$ )						

(1)  $n^* = \Sigma n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
2A01-Sd C	$2.091 \times 10^{-3}$	$3.756 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$2 S_g/E$
$T=380$ (°C) $D_{CP} = \Sigma n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

※(1/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 2A01-S1 C の  $S_n$  に Sd5 分を付加して評価

※(2/2) 既往の設工認評価ひずみサイクル 2A01-S1 C の  $\epsilon_t$  に Sd5 分を付加して評価

第 10.75 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷係数の制限(評価断面-外面)

補助冷却器 伝熱管 節点番号 17 (地震動:Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.003	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cp} = 0.000$				

第 10.76 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷係数の制限(評価断面-外面)

補助冷却器 伝熱管 節点番号 17 (地震動:Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.003	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cp}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cp} = 0.000$				

第 10.77 表 Ss1-4\_SsD 地震動 座屈の防止

補助冷却器 伝熱管 節点番号 17 (地震動:Ss1-4\_SsD)

( 1 / 2 ) 外圧に対する制御

運転状態	評価項目	温度 (°C)	作用外圧 (MPa)	許容外圧 (MPa)	備考
IV	$P_a = ( 2.167t / D_o - 0.0833 ) B \times 1.5$	380	5	14	B=700

( 2 / 2 ) 圧縮及び曲げ座屈の防止

運転状態	評価項目	温度 (°C)	計算値 ( MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計状態 I、II、III IV、(T)、試験状態	$F_c/A + D_o M / (2yI) \leq S_y / f_B$	380	51	71	$y = 1.30$ $f_B = 1.67$

第 10.78 表 Ss5 地震動 座屈の防止

補助冷却器 伝熱管 節点番号 17 (地震動:Ss5)

( 1 / 2 ) 外圧に対する制御

運転状態	評価項目	温度 (°C)	作用外圧 (MPa)	許容外圧 (MPa)	備考
IV	$P_a = ( 2.167t / D_o - 0.0833 ) B \times 1.5$	380	5	14	B=700

( 2 / 2 ) 圧縮及び曲げ座屈の防止

運転状態	評価項目	温度 (°C)	計算値 ( MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計状態 I、II、III IV、(T)、試験状態	$F_c/A + D_o M / (2yI) \leq S_y / f_B$	380	51	71	$y = 1.30$ $f_B = 1.67$

第 10.79 表 Sd1-4\_SdD 地震動 座屈の防止

補助冷却器 伝熱管 節点番号 17 (地震動:Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 ) 外圧に対する制御

運転状態	評価項目	温度 (°C)	作用外圧 (MPa)	許容外圧 (MPa)	備考
I、II	$P_a = ( 2.167t / D_o - 0.0833 ) B$	100	5	13	B=960
III	$P_a = ( 2.167t / D_o - 0.0833 ) B \times 1.2$	380	5	11	B=700
試験状態	$P_a = ( 2.167t / D_o - 0.0833 ) B \times 1.35$	100	6	17	B=960

( 2 / 2 ) 圧縮及び曲げ座屈の防止

運転状態	評価項目	温度 (°C)	計算値 ( MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計状態 I、II、III IV、(T)、試験状態	$F_c/A + D_oM/(2yI) \leq S_y/f_B$	380	51	71	$y = 1.30$ $f_B = 1.67$

第 10.80 表 Sd5 地震動 座屈の防止

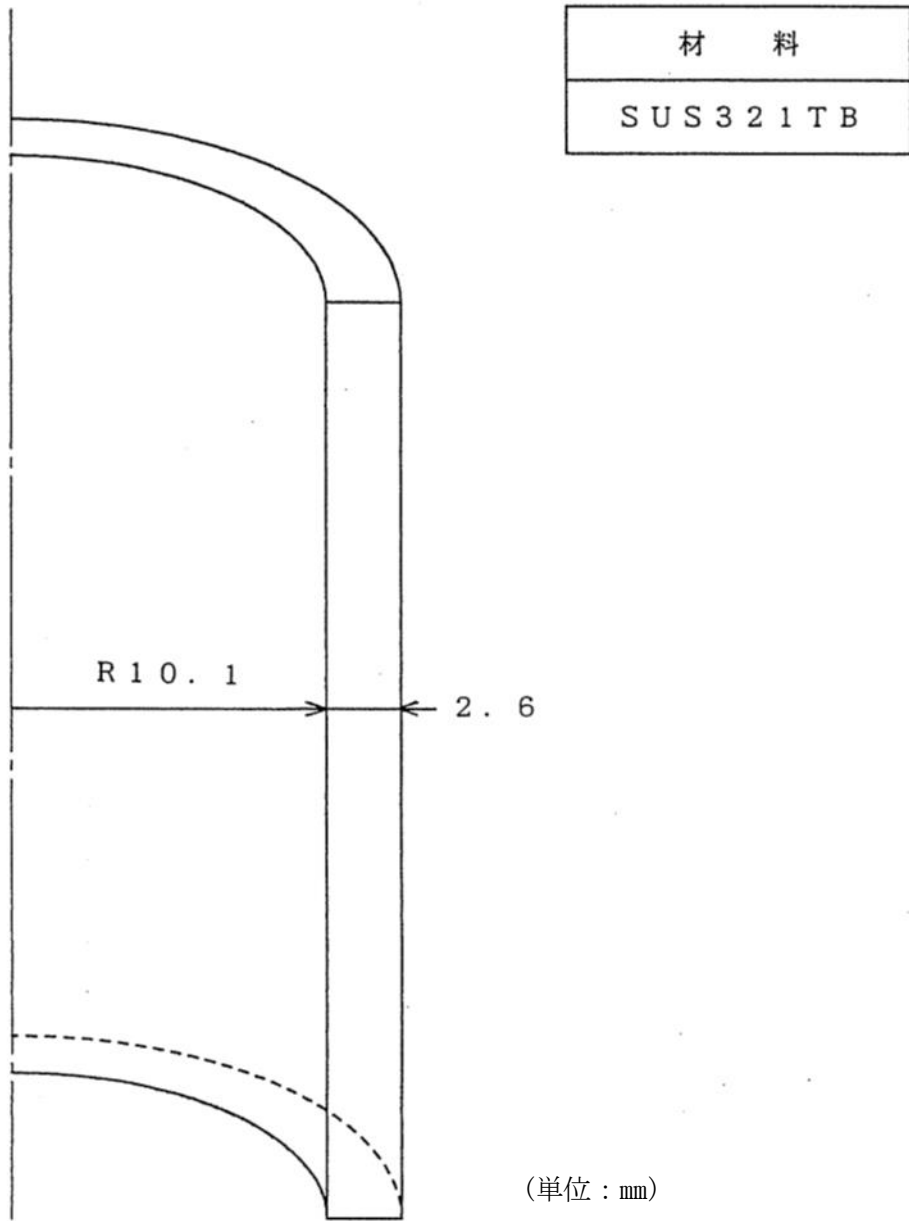
補助冷却器 伝熱管 節点番号 17 (地震動:Sd5)

( 1 / 2 ) 外圧に対する制御

運転状態	評価項目	温度 (°C)	作用外圧 (MPa)	許容外圧 (MPa)	備考
I、II	$P_a = ( 2.167t / D_o - 0.0833 ) B$	100	5	13	B=960
III	$P_a = ( 2.167t / D_o - 0.0833 ) B \times 1.2$	380	5	11	B=700
試験状態	$P_a = ( 2.167t / D_o - 0.0833 ) B \times 1.35$	100	6	17	B=960

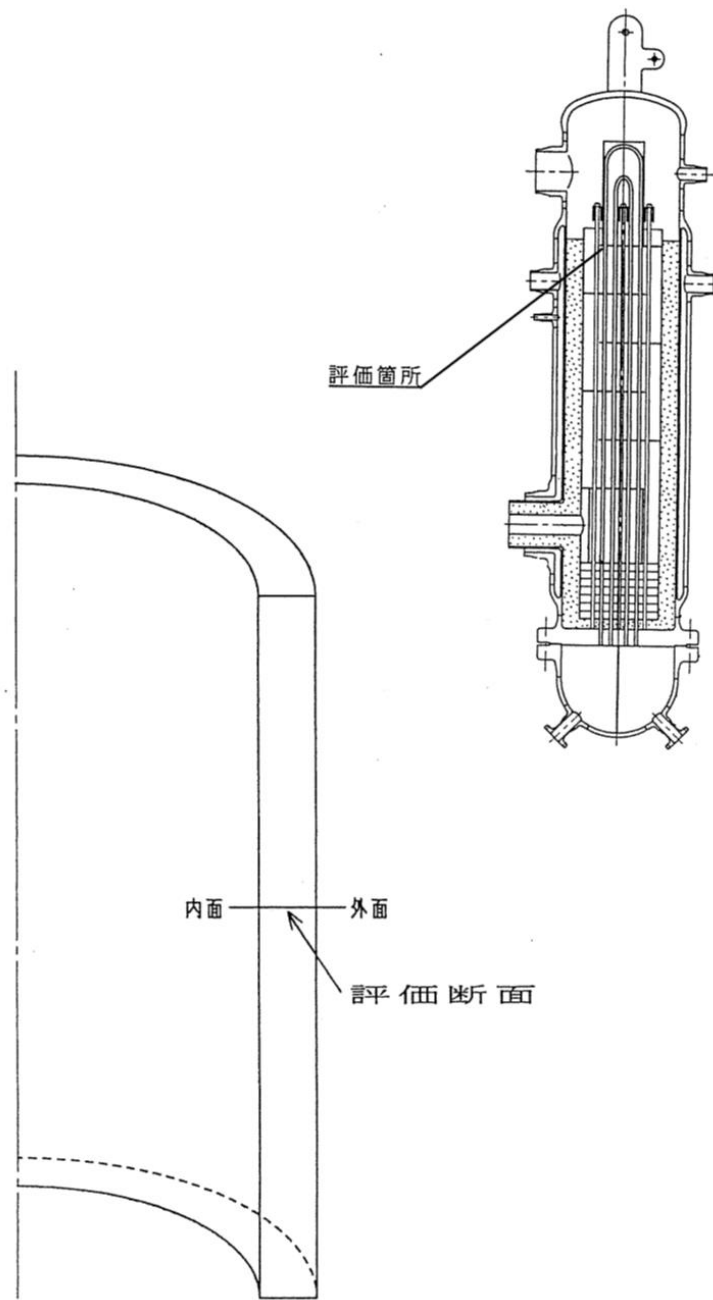
( 2 / 2 ) 圧縮及び曲げ座屈の防止

運転状態	評価項目	温度 (°C)	計算値 ( MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計状態 I、II、III IV、(T)、試験状態	$F_c/A + D_oM/(2yI) \leq S_y/f_B$	380	51	71	$y = 1.30$ $f_B = 1.67$



第 10.21 図 形状寸法及び材料

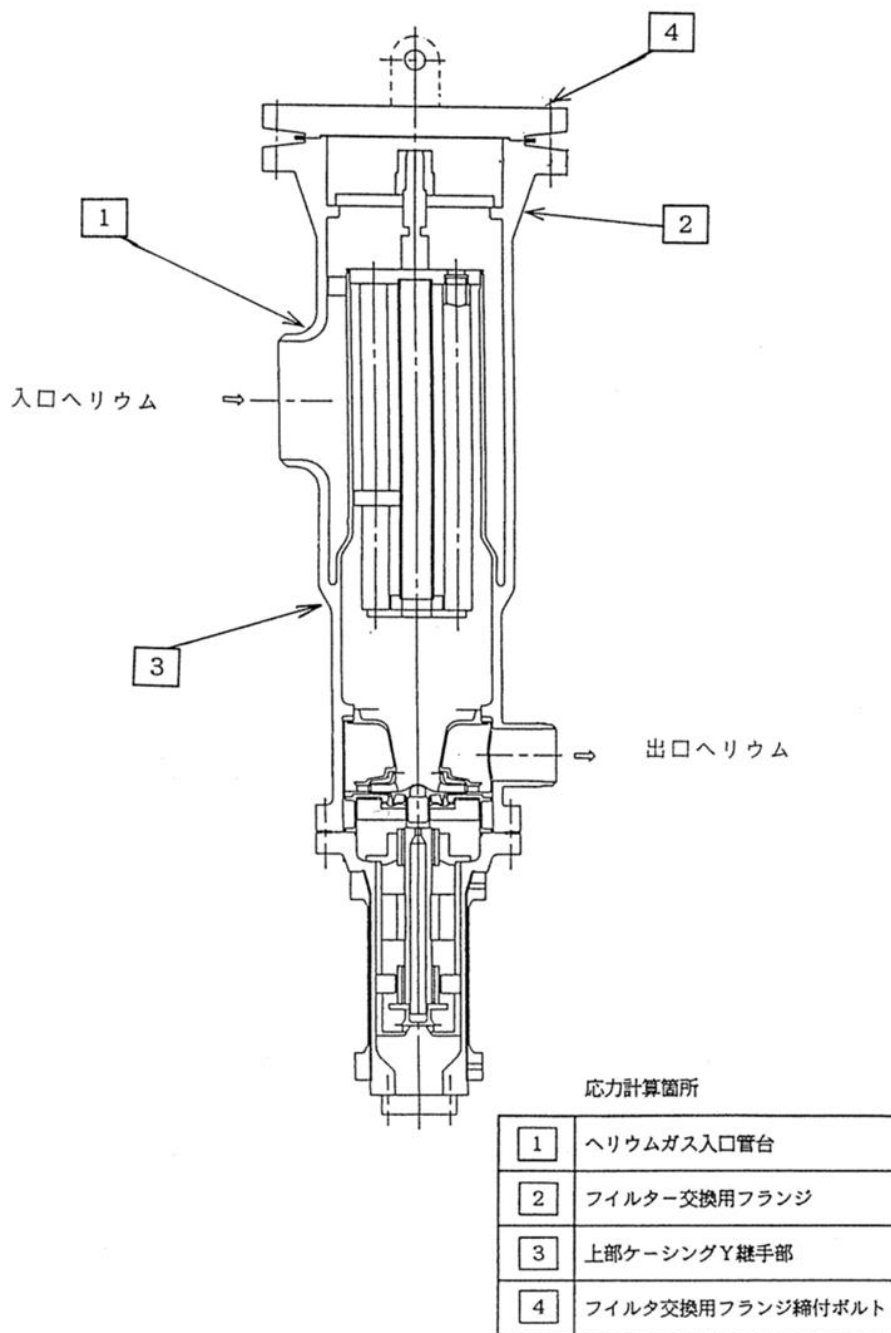




第 10.22 図 補助冷却器 伝熱管 評価位置

## 11. 補助ヘリウム循環機

本評価は、補助ヘリウム循環機の耐震健全性を確認するものである。補助ヘリウム循環機の耐震評価は、「Ⅲ-イ-2 高温ガス炉第 1 種容器の強度計算書作成の基本方針」（設計及び工事の方法の認可(第 3 回申請)平成 4 年 4 月 9 日付け 4 安(原規)第 47 号)及び「Ⅳ-イ-13 補助ヘリウム循環機の強度計算書」（設計及び工事の方法の認可(第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)に基づいて実施する。評価箇所を第 11.1 図に示す。



第 11.1 図 補助ヘリウム循環機の評価箇所

## 11.1 解析条件

補助ヘリウム循環機の解析モデルは、補助ヘリウム配管モデルに組み込み、解析を実施した。解析コードには「FINAS(伊藤忠テクノソリューションズ株式会社)」を用いた。

## 11.2 ヘリウムガス入口管台

### 11.2.1 形状、寸法及び材料

ヘリウムガス入口管台の形状、寸法及び材料を第 11.2 図に示す。

### 11.2.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第 11.1 表から第 11.4 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-13 補助ヘリウム循環機の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)を参照した。

### 11.2.3 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 11.3 図に示す。

### 11.2.4 応力評価

ヘリウムガス入口管台の応力評価結果を第 11.5 表から第 11.19 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3 軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3 軸の主応力が接近することはない。

#### (2) 座屈の防止(外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈)

本計算箇所は、外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈が発生するような有意な荷重を受ける部分ではない。

第 11.1 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台)

	機械的荷重 (ヘリウムガス入口管台)					
	Ss1-4_SsD地震					
	反力 (N)			モーメント (× 10 <sup>3</sup> N・mm)		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態Ⅰ	7972	6831	14893	13979	6476	2205
運転状態Ⅱ	7972	6831	14893	13979	6476	2205
運転状態Ⅲ	7972	6831	14893	13979	6476	2205
運転状態Ⅳ	7972	6831	14893	13979	6476	2205
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 11.2 表 Ss5 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台)

	機械的荷重 (ヘリウムガス入口管台)					
	Ss5地震					
	反力 (N)			モーメント (× 10 <sup>3</sup> N・mm)		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態Ⅰ	7697	6902	14716	13272	7685	2175
運転状態Ⅱ	7697	6902	14716	13272	7685	2175
運転状態Ⅲ	7697	6902	14716	13272	7685	2175
運転状態Ⅳ	7697	6902	14716	13272	7685	2175
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 11.3 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台)

	機械的荷重 (ヘリウムガス入口管台)					
	Sd1-4_SdD地震					
	反力 (N)			モーメント (× 10 <sup>3</sup> N・mm)		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態Ⅰ	4901	4526	8679	9715	4324	1452
運転状態Ⅱ	4901	4526	8679	9715	4324	1452
運転状態Ⅲ	4901	4526	8679	9715	4324	1452
運転状態Ⅳ	4901	4526	8679	9715	4324	1452
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 11.4 表 Sd5 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台)

	機械的荷重 (ヘリウムガス入口管台)					
	Sd5地震					
	反力 (N)			モーメント (× 10 <sup>3</sup> N・mm)		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態Ⅰ	4634	4319	8654	8394	4896	1355
運転状態Ⅱ	4634	4319	8654	8394	4896	1355
運転状態Ⅲ	4634	4319	8654	8394	4896	1355
運転状態Ⅳ	4634	4319	8654	8394	4896	1355
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 11.5 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機  
ヘリウムガス入口管台 一次応力の制限(評価断面-外面)

補助ヘリウム循環機\_ヘリウムガス入口管台

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	—	53	101	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	—	111	152	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	274	—	52	121	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	—	—	—	—	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	305	—	126	182	$K_s = 1.5$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	—	—	—	—	$K_t = \text{—}$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	274	—	54	145	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	—	—	—	—	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	305	—	135	218	$K_s = 1.5$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	—	—	—	—	$K_t = \text{—}$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	—	—	—	—	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	—	—	—	—	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	274	—	60	243	$S_{mIV} = 2S_u / 3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R / 3$	—	—	—	—	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	305	—	149	364	$K_s = 1.5$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R / 3$	—	—	—	—	$K_t = \text{—}$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	—	—	—	—	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	—	—	—	—	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	—	65	171	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	151	257	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	158	257	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ～ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価した。

第 11.6 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台  
一次応力の制限(評価断面-外面)

補助ヘリウム循環機\_ヘリウムガス入口管台

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	—	53	101	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	—	111	152	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	274	—	51	121	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	—	—	—	—	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	305	—	124	182	$K_s = 1.5$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	—	—	—	—	$K_t = —$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	274	—	53	145	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	—	—	—	—	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	305	—	133	218	$K_s = 1.5$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	—	—	—	—	$K_t = —$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	—	—	—	—	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	—	—	—	—	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	274	—	60	243	$S_{mIV} = 2S_u / 3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R / 3$	—	—	—	—	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	305	—	149	364	$K_s = 1.5$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R / 3$	—	—	—	—	$K_t = —$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	—	—	—	—	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	—	—	—	—	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	—	64	171	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	150	257	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	156	257	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価した。

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価した。

第 11.7 表 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台  
クリープ効果の判定(評価断面-外面)

補助ヘリウム循環機\_ヘリウムガス入口管台

評価項目	計算値	判定値	判定
$2 \sum (t_i / t_{di}) \leq 0.1$	0.001	0.100	クリープ効果が顕著でない。
$\sum \varepsilon_i \leq 0.002$	0.00001	0.00200	



第 11.8 表 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台 一次+二次応力の制限(評価断面-外面)

補助ヘリウム循環機\_ヘリウムガス入口管台(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	306 —	63 364	— —	— —	— —	
T	100 —	— —	167 373	— —	— —	
C 2A02-Sd	20 306	— —	175 388	— —	— —	
$S_{rH} = 182$ ( MPa ) $\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A02-S1 及び S1 に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 11.9 表 Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台 一次+二次応力の制限(評価断面-外面)

補助ヘリウム循環機\_ヘリウムガス入口管台(地震動 : Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( ° C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	306 —	61 364	— —	— —	— —	
T	100 —	— —	167 373	— —	— —	
C 2A02-Sd	20 306	— —	173 388	— —	— —	
$S_{RH} = 182 ( \text{MPa} ) \quad \beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A02-S1 及び S1 に Sd5 分を付加して評価した。

第 11.10 表 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台 熱応力ラチェットの制限(評価断面-外面)  
補助ヘリウム循環機\_ヘリウムガス入口管台(地震動 : Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
I II III 試験状態	$\sigma_s \leq$ (制限値) $S_y$	305	124	894	$\sigma_p / S_y = 0.28$

注記 評価項目における制限値は、「Ⅲ-イ-2 高温ガス炉第 1 種容器の強度計算書作成の基本方針」  
第 5.2.1.3 項の表-5.2.3 の下欄に記載された値である。

※ 運転状態 I～III においてに Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 11.11 表 Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台 熱応力ラチェットの制限(評価断面-外面)  
補助ヘリウム循環機\_ヘリウムガス入口管台(地震動 : Sd5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
I II III 試験状態	$\sigma_s \leq$ (制限値) $S_y$	305	122	894	$\sigma_p / S_y = 0.28$

注記 評価項目における制限値は、「Ⅲ-イ-2 高温ガス炉第 1 種容器の強度計算書作成の基本方針」  
第 5.2.1.3 項の表-5.2.3 の下欄に記載された値である。

※ 運転状態 I～III においてに Sd5 分を付加して評価した。

第 11.12 表 Ss1-4\_SsD 地震動 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台 メカニカルラチェットの制限(評価断面-外面)  
 補助ヘリウム循環機\_ヘリウムガス入口管台(地震動：Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / ( 1.5 S_{mH} )$$

$$Y_s = S_n^* / ( 1.5 S_{mH} )$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	306	87 912	0.580	0.474	S1	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認負荷サイクル S2 に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価した。

第 11.13 表 Ss5 地震動 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台 メカニカルラチェットの制限(評価断面-外面)  
 補助ヘリウム循環機\_ヘリウムガス入口管台(地震動：Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / ( 1.5 S_{mH} )$$

$$Y_s = S_n^* / ( 1.5 S_{mH} )$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	306	87 912	0.580	0.474	S1	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認負荷サイクル S2 に Ss5 分を付加して評価した。

第 11.14 表 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台 累積クリープ損傷係数の算出(その 2)(評価断面-外面)

補助ヘリウム循環機\_ヘリウムガス入口管台(地震動：Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (℃)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> (MPa)	—	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> (MPa)			
T	100	10	167	—	163	—	—	82	1000000	0.000	D
C 2A02-Sd	306	1	175	—	173	—	—	87	616605	0.000	D
C 2A02	306	210	135	—	132	—	—	66	1000000	0.001	D
C 2B01	100	30	128	—	124	—	—	63	1000000	0.000	D
C 1A01	35	435	116	—	113	—	—	57	1000000	0.001	D
C 2A01	306	210	117	—	110	—	—	55	1000000	0.001	D
Sd	306	199	63	—	60	—	—	30	1000000	0.000	D
$K_T = 1.0$ $D_f = \sum (n_i / N_{di}) = 0.004$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)

B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)

C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)

D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

(3) 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A02-S1 及び S1 に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 11.15 表 Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)(評価断面-外面)

補助ヘリウム循環機\_ヘリウムガス入口管台(地震動：Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> ( MPa )			
T	100	10	167	—	163	—	—	82	1000000	0.000	D
C 2A02-Sd	306	1	173	—	171	—	—	86	699797	0.000	D
C 2A02	306	210	135	—	132	—	—	66	1000000	0.001	D
C 2B01	100	30	128	—	124	—	—	63	1000000	0.000	D
C 1A01	35	435	116	—	113	—	—	57	1000000	0.001	D
C 2A01	306	210	117	—	110	—	—	55	1000000	0.001	D
Sd	306	199	61	—	58	—	—	29	1000000	0.000	D
K <sub>T</sub> = 1.0                      D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>d i</sub> ) = 0.004											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

(3) 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A02-S1 及び S1 に Sd5 分を付加して評価した。

第11.16表 Sd1-4\_SdD地震動 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台 累積クリープ  
 損傷係数の算出(その3)(評価断面-外面)

補助ヘリウム循環機\_ヘリウムガス入口管台(地震動:Sd1-4\_SdD)

(1/2)  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ (MPa)	$3\bar{S}_m$ (MPa)	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 2A02	135	388	0	0.000	0.0	$S_g = 182$ (MPa) $T = 306$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum (D_i^*) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.000$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

(2/2)  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
C 2A02	$6.270 \times 10^{-4}$	$2.154 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
$T = 306$ (°C) $D_{cP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

第 11.17 表 Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台

累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-外面)

補助ヘリウム循環機\_ヘリウムガス入口管台(地震動:Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
C 2A02	135	388	0	0.000	0.0	$S_g = 182$ ( MPa ) $T = 306$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.000$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$\frac{n}{D^{**}}$	備考
C 2A02	$6.270 \times 10^{-4}$	$2.154 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
$T = 306$ (°C) $D_{cP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。



第 11.18 表 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台  
クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-外面)

補助ヘリウム循環機\_ヘリウムガス入口管台(地震動 : Sd1-4\_SdD)

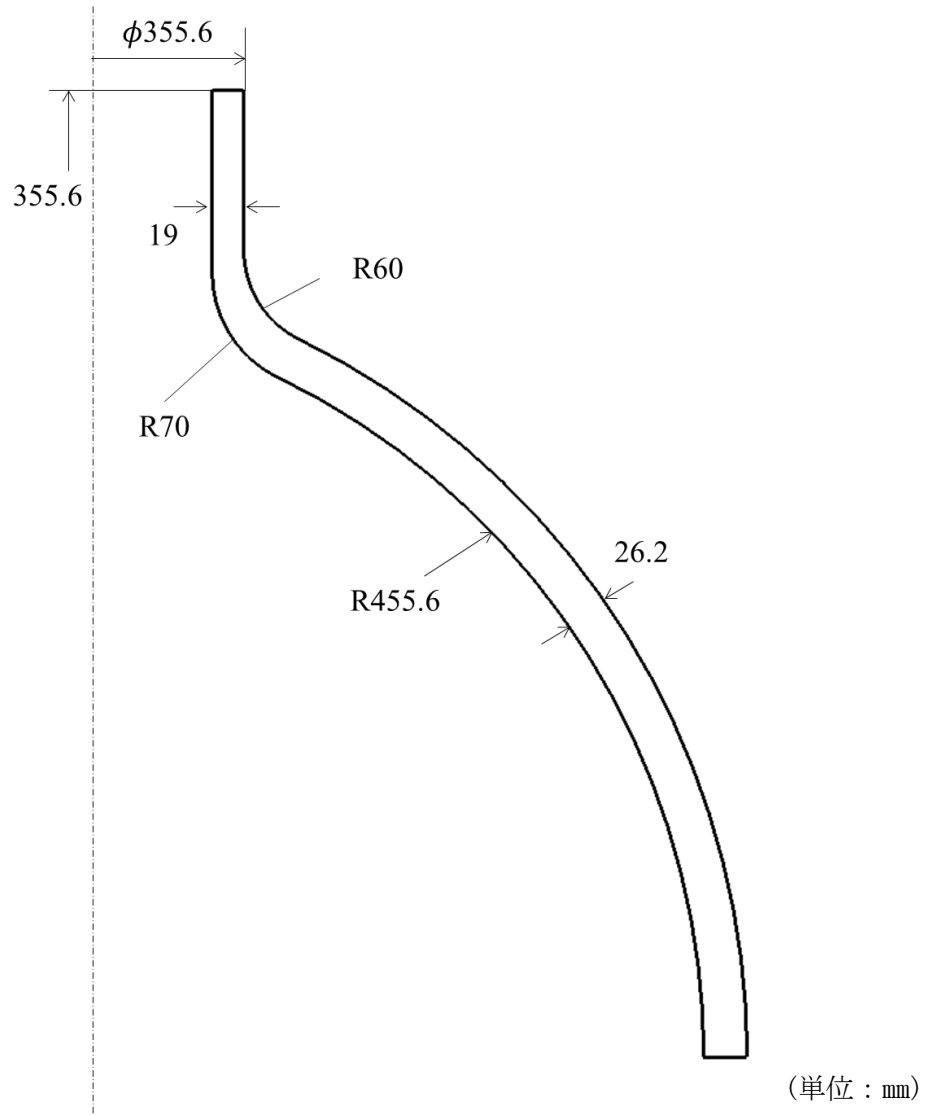
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.004	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cP}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cP} = 0.000$				

第 11.19 表 Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台  
クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-外面)

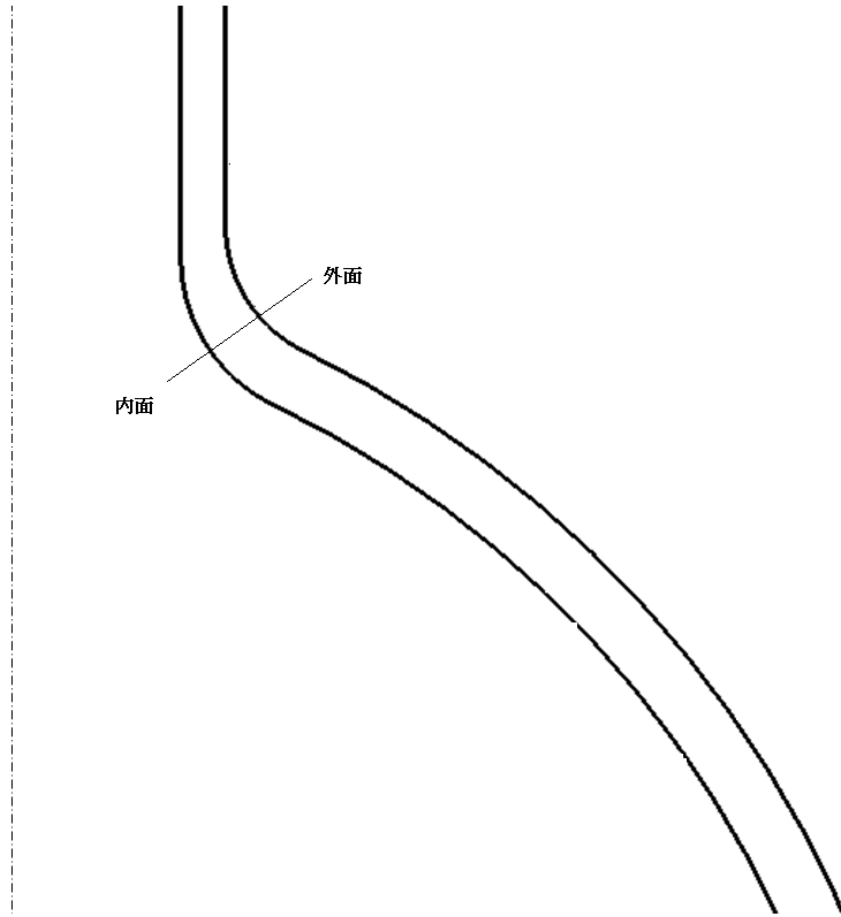
補助ヘリウム循環機\_ヘリウムガス入口管台(地震動 : Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.004	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cP}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cP} = 0.000$				

材料
STPA24



第 11.2 図 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台の形状、寸法及び材料



第 11.3 図 補助ヘリウム循環機 ヘリウムガス入口管台 応力評価断面

### 11.3 フィルタ交換用フランジ

#### 11.3.1 形状、寸法及び材料

フィルタ交換用フランジの形状、寸法及び材料を第 11.4 図に示す。

#### 11.3.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第 11.20 表から第 11.23 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-13 補助ヘリウム循環機の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)を参照した。

#### 11.3.3 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 11.5 図に示す。

#### 11.3.4 応力評価

フィルタ交換用フランジの応力評価結果を第 11.24 表から第 11.38 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

##### (1) 特別な応力制限

###### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

###### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

###### ③ 3 軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3 軸の主応力が接近することはない。

##### (2) 座屈の防止(外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈)

本計算箇所は、外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈が発生するような有意な荷重を受ける部分ではない。

第 11.20 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重  
(補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ)

	機械的荷重 ( フィルタ交換用フランジ )					
	Ss1-4_SsD地震					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^3$ N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	7282	5950	6971	670	5855	6233
運転状態 II	7282	5950	6971	670	5855	6233
運転状態 III	7282	5950	6971	670	5855	6233
運転状態 IV	7282	5950	6971	670	5855	6233
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 11.21 表 Ss5 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ)

	機械的荷重 ( フィルタ交換用フランジ )					
	Ss5地震					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^3$ N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	7359	5530	6471	653	5721	5806
運転状態 II	7359	5530	6471	653	5721	5806
運転状態 III	7359	5530	6471	653	5721	5806
運転状態 IV	7359	5530	6471	653	5721	5806
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 11.22 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重  
(補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ)

	機械的荷重 ( フィルタ交換用フランジ )					
	Sd1-4_SdD地震					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^3$ N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	4301	4463	4689	427	4041	4626
運転状態 II	4301	4463	4689	427	4041	4626
運転状態 III	4301	4463	4689	427	4041	4626
運転状態 IV	4301	4463	4689	427	4041	4626
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 11.23 表 Sd5 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ)

	機械的荷重 ( フィルタ交換用フランジ )					
	Sd5地震					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^3$ N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	4375	3585	4021	400	3619	3763
運転状態 II	4375	3585	4021	400	3619	3763
運転状態 III	4375	3585	4021	400	3619	3763
運転状態 IV	4375	3585	4021	400	3619	3763
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 11.24 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機

フィルタ交換用フランジ 一次応力の制限(評価断面-内面)

補助ヘリウム循環機\_フィルタ交換用フランジ

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	—	54	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	—	25	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	261	—	43	144	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	—	—	—	—	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	112	—	26	230	$K_s = 1.5$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	—	—	—	—	$K_t = —$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	261	—	43	172	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	—	—	—	—	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	112	—	26	275	$K_s = 1.5$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	—	—	—	—	$K_t = —$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	—	—	—	—	$B=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	—	—	—	—	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	261	—	43	287	$S_{mIV} = 2S_u / 3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R / 3$	—	—	—	—	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	112	—	26	460	$K_s = 1.5$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R / 3$	—	—	—	—	$K_t = —$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	—	—	—	—	$B_R=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	—	—	—	—	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	—	55	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	28	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	28	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価した。

第 11.25 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ

一次応力の制限(評価断面-内面)

補助ヘリウム循環機\_フィルタ交換用フランジ

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	—	54	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	—	25	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	261	—	43	144	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	—	—	—	—	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	112	—	26	230	$K_s = 1.5$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	—	—	—	—	$K_t = —$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	261	—	43	172	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	—	—	—	—	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	112	—	26	275	$K_s = 1.5$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	—	—	—	—	$K_t = —$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	—	—	—	—	$B=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	—	—	—	—	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	261	—	43	287	$S_{mIV} = 2S_u / 3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R / 3$	—	—	—	—	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	112	—	26	460	$K_s = 1.5$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R / 3$	—	—	—	—	$K_t = —$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	—	—	—	—	$B_R=1.0$
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	—	—	—	—	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	—	55	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	28	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	28	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価した。

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価した。



第 11.26 表 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ  
クリープ効果の判定(評価断面-内面)

補助ヘリウム循環機\_フィルタ交換用フランジ

評価項目	計算値	判定値	判定
$2 \sum (t_i / t_{di}) \leq 0.1$	0.001	0.100	クリープ効果が顕著でない。
$\sum \varepsilon_i \leq 0.002$	0.00001	0.00200	

第 11.27 表 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ 一次+二次応力の制限(評価断面-内面)

補助ヘリウム循環機\_フィルタ交換用フランジ(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	109 —	3 460	— —	— —	— —	
1B01 2A01	35 109	— —	57 490	— —	— —	
C 2A01-Sd	20 109	— —	51 490	— —	— —	
$S_{rH} = 230$ ( MPa ) $\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 11.28 表 Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ 一次+二次応力の制限(評価断面-内面)

補助ヘリウム循環機\_フィルタ交換用フランジ(地震動 : Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	109 —	3 460	— —	— —	— —	
1B01 2A01	35 109	— —	57 490	— —	— —	
C 2A01-Sd	20 109	— —	51 490	— —	— —	
$S_{rH} = 230$ ( MPa ) $\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 に Sd5 分を付加して評価した。

第 11.29 表 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ 熱応力ラチェットの制限(評価断面-内面)

補助ヘリウム循環機\_フィルタ交換用フランジ(地震動 : Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
I II III 試験状態	$\sigma_s \leq (\text{制限値}) S_y$	112	55	1344	$\sigma_p / S_y = 0.23$

注記 評価項目における制限値は、「Ⅲ-イ-2 高温ガス炉第 1 種容器の強度計算書作成の基本方針」  
第 5.2.1.3 項の表-5.2.3 の下欄に記載された値である。

※ 運転状態 I ~ III においてに Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 11.30 表 Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ 熱応力ラチェットの制限(評価断面-内面)

補助ヘリウム循環機\_フィルタ交換用フランジ(地震動 : Sd5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
I II III 試験状態	$\sigma_s \leq (\text{制限値}) S_y$	112	55	1344	$\sigma_p / S_y = 0.23$

注記 評価項目における制限値は、「Ⅲ-イ-2 高温ガス炉第 1 種容器の強度計算書作成の基本方針」  
第 5.2.1.3 項の表-5.2.3 の下欄に記載された値である。

※ 運転状態 I ~ III においてに Sd5 分を付加して評価した。

第 11.31 表 Ss1-4\_SsD 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)  
 補助ヘリウム循環機\_フィルタ交換用フランジ(地震動：Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / ( 1.5 S_{mH} )$$

$$Y_s = S_n^* / ( 1.5 S_{mH} )$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	109	31 1153	0.110	0.134	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認負荷サイクル S2 に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価した。

第 11.32 表 Ss5 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)  
 補助ヘリウム循環機\_フィルタ交換用フランジ(地震動：Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / ( 1.5 S_{mH} )$$

$$Y_s = S_n^* / ( 1.5 S_{mH} )$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	109	31 1153	0.110	0.134	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認負荷サイクル S2 に Ss5 分を付加して評価した。

第 11.33 表 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ 累積疲れ損傷係数の算定(その 2) (評価断面-内面)  
 補助ヘリウム循環機\_フィルタ交換用フランジ(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>ε</sub>	S <sub>σ</sub> ( MPa )			
T	100	10	42	—	99	—	—	51	1000000	0.000	D
C 2B01	100	30	42	—	99	—	—	51	1000000	0.000	D
C 1A01	35	435	42	—	99	—	—	51	1000000	0.001	D
C 1B01	35	53	41	—	99	—	—	50	1000000	0.000	D
1B01 2A01	109	170	57	—	97	—	—	49	1000000	0.001	D
2B01 2A01	109	40	57	—	97	—	—	49	1000000	0.000	D
C 2A01-Sd	109	1	51	—	84	—	—	42	1000000	0.000	D
C 2A02	109	210	32	—	62	—	—	32	1000000	0.001	D
Sd	109	199	3	—	3	—	—	2	1000000	0.000	D
K <sub>T</sub> = 1.0                      D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>d i</sub> ) = 0.004											

- (1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。  
 A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)  
 B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)  
 C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)  
 D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。
- (2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>ε</sub>, S<sub>σ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。
- (3) 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 11.34 表 Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)(評価断面-内面)

補助ヘリウム循環機\_フィルタ交換用フランジ(地震動 : Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>e</sub> ( MPa )			
T	100	10	42	—	99	—	—	51	1000000	0.000	D
C 2B01	100	30	42	—	99	—	—	51	1000000	0.000	D
C 1A01	35	435	42	—	99	—	—	51	1000000	0.001	D
C 1B01	35	53	41	—	99	—	—	50	1000000	0.000	D
1B01 2A01	109	170	57	—	97	—	—	49	1000000	0.001	D
2B01 2A01	109	40	57	—	97	—	—	49	1000000	0.000	D
C 2A01-Sd	109	1	51	—	84	—	—	42	1000000	0.000	D
C 2A02	109	210	32	—	62	—	—	32	1000000	0.001	D
Sd	109	199	3	—	3	—	—	2	1000000	0.000	D
K <sub>T</sub> = 1.0                      D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>d i</sub> ) = 0.004											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>e</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

(3) 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 に Sd5 分を付加して評価した。

第 11.35 表 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ  
 累積クリープ損傷係数の算出(その 3)(評価断面-内面)

補助ヘリウム循環機\_フィルタ交換用フランジ(地震動 : Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\overline{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
1B01 2A01	57	490	0	0.000	0.0	$S_g = 230$ ( MPa ) $T = 109$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.000$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\overline{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\overline{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
1B01 2A01	$7.530 \times 10^{-4}$	$2.725 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\overline{S}_m/E$
$T = 109$ (°C) $D_{cP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\overline{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。



第11.36表 Sd5地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ 累積クリープ損傷係数の算出(その3)(評価断面-内面)

補助ヘリウム循環機\_フィルタ交換用フランジ(地震動:Sd5)

(1/2)  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ (MPa)	$3\bar{S}_m$ (MPa)	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
1B01 2A01	57	490	0	0.000	0.0	$S_g = 230$ (MPa) $T = 109$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum (D_i^*) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.000$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

(2/2)  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} (3\bar{S}_m/E, 2S_g/E)$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
1B01 2A01	$7.530 \times 10^{-4}$	$2.725 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
$T = 109$ (°C) $D_{cP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

第 11.37 表 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ  
クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)

補助ヘリウム循環機\_フィルタ交換用フランジ(地震動 : Sd1-4\_SdD)

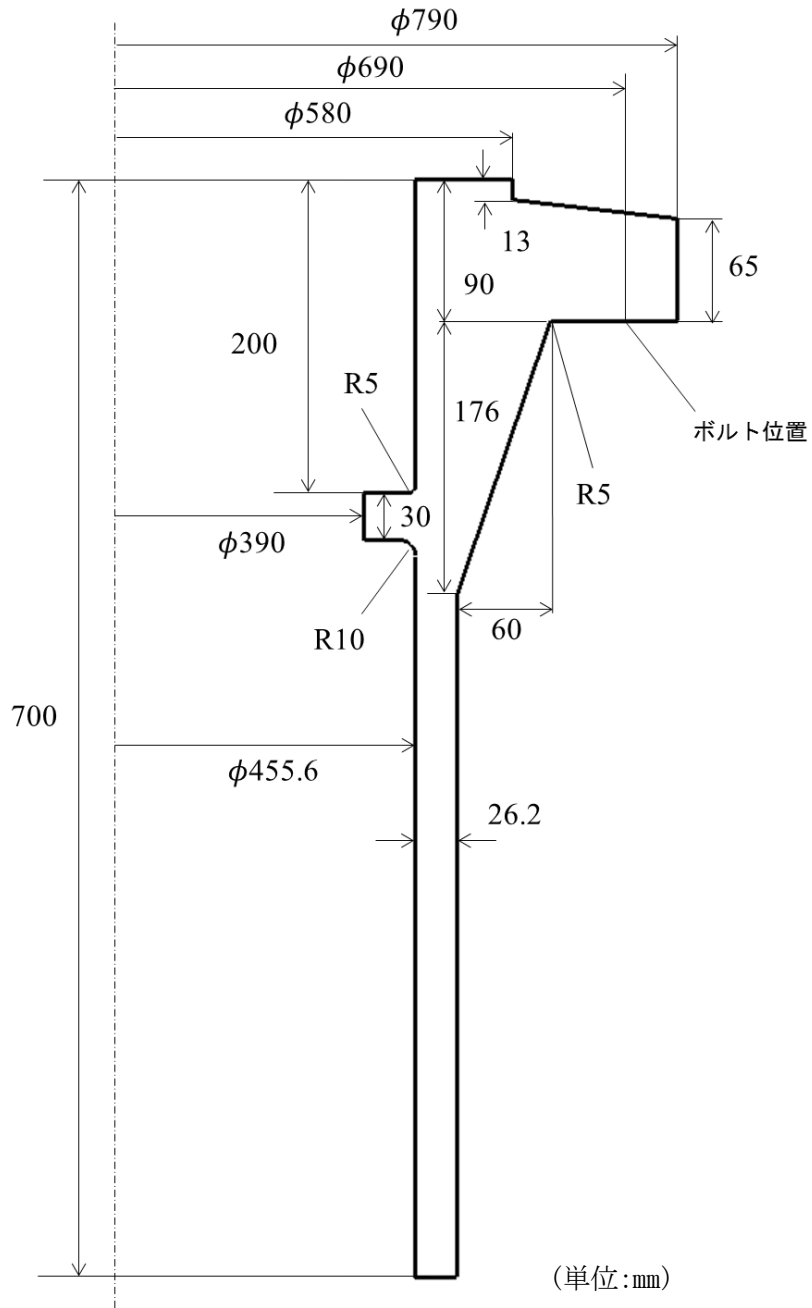
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.004	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cP}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cP} = 0.000$				

第 11.38 表 Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ  
クリープ疲れ損傷の制限(評価断面-内面)

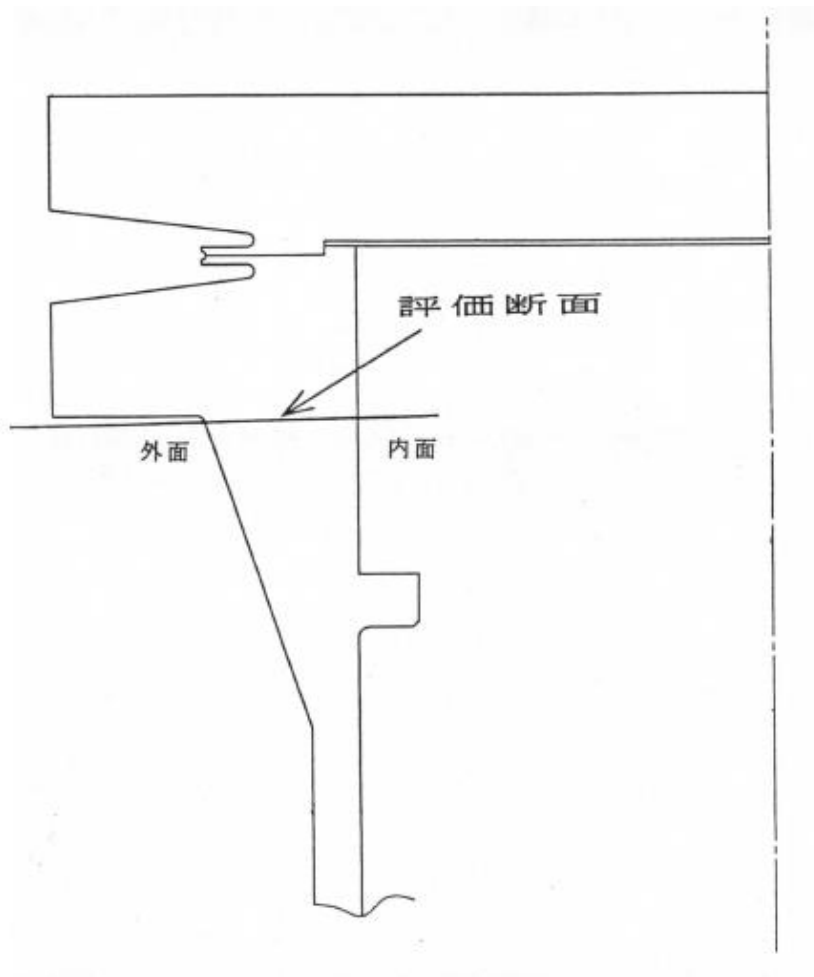
補助ヘリウム循環機\_フィルタ交換用フランジ(地震動 : Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.004	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cP}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cP} = 0.000$				

材料
SFVA F22B



第 11.4 図 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジの形状、寸法及び材料



第 11.5 図 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換用フランジ 応力評価断面

## 11.4 上部ケーシング Y 継手部

### 11.4.1 形状、寸法及び材料

上部ケーシング Y 継手部の形状、寸法及び材料を第 11.6 図に示す。

### 11.4.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第 11.39 表から第 11.42 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-13 補助ヘリウム循環機の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)を参照した。

### 11.4.3 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 11.7 図に示す。

### 11.4.4 応力評価

上部ケーシング Y 継手部の応力評価結果を第 11.43 表から第 11.57 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、以下の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3 軸の主応力が接近することはない。

#### (2) 座屈の防止(外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈)

本計算箇所は、外圧座屈、圧縮及び曲げ座屈が発生するような有意な荷重を受ける部分ではない。

第 11.39 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重  
(補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部)

	機械的荷重 ( 上部ケーシング Y 継手部 )					
	Ss1-4_SsD地震					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^3$ N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	7282	5950	6971	670	5855	6233
運転状態 II	7282	5950	6971	670	5855	6233
運転状態 III	7282	5950	6971	670	5855	6233
運転状態 IV	7282	5950	6971	670	5855	6233
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 11.40 表 Ss5 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部)

	機械的荷重 ( 上部ケーシング Y 継手部 )					
	Ss5地震					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^3$ N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	7359	5530	6471	653	5721	5806
運転状態 II	7359	5530	6471	653	5721	5806
運転状態 III	7359	5530	6471	653	5721	5806
運転状態 IV	7359	5530	6471	653	5721	5806
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 11.41 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重  
(補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部)

	機械的荷重 ( 上部ケーシング Y 継手部 )					
	Sd1-4_SdD地震					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^3$ N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	4301	4463	4689	427	4041	4626
運転状態 II	4301	4463	4689	427	4041	4626
運転状態 III	4301	4463	4689	427	4041	4626
運転状態 IV	4301	4463	4689	427	4041	4626
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 11.42 表 Sd5 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部)

	機械的荷重 ( 上部ケーシング Y 継手部 )					
	Sd5地震					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^3$ N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	4375	3585	4021	400	3619	3763
運転状態 II	4375	3585	4021	400	3619	3763
運転状態 III	4375	3585	4021	400	3619	3763
運転状態 IV	4375	3585	4021	400	3619	3763
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 11.43 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機  
 上部ケーシング Y 継手部 一次応力の制限(評価断面-内面)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	—	54	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	—	23	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	261	—	44	144	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	—	—	—	—	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	226	—	26	216	$K_s = 1.5$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	—	—	—	—	$K_t = —$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	261	—	44	172	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	—	—	—	—	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	226	—	28	260	$K_s = 1.5$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	—	—	—	—	$K_t = —$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	—	—	—	—	$B = —$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	—	—	—	—	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	261	—	45	287	$S_{mIV} = 2S_u / 3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R / 3$	—	—	—	—	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	226	—	31	434	$K_s = 1.5$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R / 3$	—	—	—	—	$K_t = —$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	—	—	—	—	$B_R = —$
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	—	—	—	—	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	—	56	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	31	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	33	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。  
 ※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。  
 ※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価した。



第 11.44 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部  
一次応力の制限(評価断面-内面)

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	—	54	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	—	23	172	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	261	—	44	144	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	—	—	—	—	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	226	—	26	216	$K_s = 1.5$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	—	—	—	—	$K_t = —$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	261	—	44	172	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	—	—	—	—	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	226	—	28	260	$K_s = 1.5$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	—	—	—	—	$K_t = —$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	—	—	—	—	$B = —$
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	—	—	—	—	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	261	—	45	287	$S_{mIV} = 2S_u / 3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R / 3$	—	—	—	—	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	226	—	30	434	$K_s = 1.5$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R / 3$	—	—	—	—	$K_t = —$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{Ri}) \leq B_R$	—	—	—	—	$B_R = —$
	$\Sigma (t_j / t_{Rbj}) \leq 1.0$	—	—	—	—	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	—	56	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	31	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	—	33	361	

- (1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。  
 ※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価した。  
 ※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価した。

第 11.45 表 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部  
クリープ効果の判定(評価断面-内面)

補助ヘリウム循環機\_上部ケーシング Y 継手部

評価項目	計算値	判定値	判定
$2 \sum (t_i / t_{di}) \leq 0.1$	0.001	0.100	クリープ効果が顕著でない。
$\sum \varepsilon_i \leq 0.002$	0.00000	0.00200	

第 11.46 表 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部 一次+二次応力の制限(評価断面-内面)

補助ヘリウム循環機\_上部ケーシング Y 継手部(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	227 —	20 434	— —	— —	— —	
T 2A01	100 227	— —	169 449	— —	— —	
C 2A01-Sd	20 227	— —	171 477	— —	— —	
$S_{rH} = 217$ ( MPa ) $\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 11.47 表 Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部 一次+二次応力の制限(評価断面-内面)

補助ヘリウム循環機\_上部ケーシング Y 継手部(地震動 : Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3 S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s ( 3 \bar{S}_m )$ ( MPa )	$S_n' \leq 3 \bar{S}_m$ ( MPa )	備考
Sd	227 —	20 434	— —	— —	— —	
T 2A01	100 227	— —	169 449	— —	— —	
C 2A01-Sd	20 227	— —	171 477	— —	— —	
$S_{rH} = 217$ ( MPa ) $\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 に Sd5 分を付加して評価した。

第 11.48 表 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部 熱応力ラチェットの制限(評価断面-内面)

補助ヘリウム循環機\_上部ケーシング Y 継手部(地震動 : Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
I II III 試験状態	$\sigma_s \leq (\text{制限値}) S_y$	226	172	1161	$\sigma_p / S_y = 0.25$

注記 評価項目における制限値は、「Ⅲ-イ-2 高温ガス炉第 1 種容器の強度計算書作成の基本方針」

第 5.2.1.3 項の表-5.2.3 の下欄に記載された値である。

※ 運転状態 I ~ III においてに Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 11.49 表 Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部 熱応力ラチェットの制限(評価断面-内面)

補助ヘリウム循環機\_上部ケーシング Y 継手部(地震動 : Sd5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
I II III 試験状態	$\sigma_s \leq (\text{制限値}) S_y$	226	172	1161	$\sigma_p / S_y = 0.25$

注記 評価項目における制限値は、「Ⅲ-イ-2 高温ガス炉第 1 種容器の強度計算書作成の基本方針」

第 5.2.1.3 項の表-5.2.3 の下欄に記載された値である。

※ 運転状態 I ~ III においてに Sd5 分を付加して評価した。

第 11.50 表 Ss1-4\_SsD 地震動 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部 メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)  
 補助ヘリウム循環機\_上部ケーシング Y 継手部(地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / ( 1.5 S_{mH} )$$

$$Y_s = S_n^* / ( 1.5 S_{mH} )$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	227	29 1087	0.100	0.133	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認負荷サイクル S2 に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価した。

第 11.51 表 Ss5 地震動 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部 メカニカルラチェットの制限(評価断面-内面)  
 補助ヘリウム循環機\_上部ケーシング Y 継手部(地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / ( 1.5 S_{mH} )$$

$$Y_s = S_n^* / ( 1.5 S_{mH} )$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s ( 3 S_{mH} )$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	227	28 1087	0.100	0.128	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認負荷サイクル S2 に Ss5 分を付加して評価した。

第 11.52 表 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部 累積疲れ損傷係数の算定(その 2) (評価断面-内面)  
 補助ヘリウム循環機\_上部ケーシング Y 継手部(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>ε</sub>	S <sub>σ</sub> ( MPa )			
T 2A01	227	10	169	—	171	—	—	86	699797	0.000	D
C 2A01-Sd	227	1	171	—	171	—	—	86	699797	0.000	D
2B01 2A01	227	30	161	—	161	—	—	81	1000000	0.000	D
1A01 2A01	227	160	159	—	159	—	—	80	1000000	0.001	D
C 1A01	35	274	53	—	61	—	—	31	1000000	0.001	D
C 2A02	227	200	50	—	56	—	—	29	1000000	0.001	D
C 1B01	35	224	2	—	2	—	—	1	1000000	0.001	D
Sd	227	199	20	—	22	—	—	11	1000000	0.000	D
$K_T = 1.0$ $D_f = \sum ( n_i / N_{di} ) = 0.005$											

- (1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。  
 A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)  
 B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)  
 C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)  
 D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。
- (2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>ε</sub>, S<sub>σ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。
- (3) 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 11.53 表 Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)(評価断面-内面)

補助ヘリウム循環機\_上部ケーシング Y 継手部(地震動 : Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> ( MPa )	—	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> ( MPa )			
T 2A01	227	10	169	—	171	—	—	86	699797	0.000	D
C 2A01-Sd	227	1	171	—	171	—	—	86	699797	0.000	D
2B01 2A01	227	30	161	—	161	—	—	81	1000000	0.000	D
1A01 2A01	227	160	159	—	159	—	—	80	1000000	0.001	D
C 1A01	35	274	53	—	61	—	—	31	1000000	0.001	D
C 2A02	227	200	50	—	56	—	—	29	1000000	0.001	D
C 1B01	35	224	2	—	2	—	—	1	1000000	0.001	D
Sd	227	199	20	—	22	—	—	11	1000000	0.000	D
$K_T = 1.0$ $D_f = \sum ( n_i / N_{di} ) = 0.005$											

- (1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。  
 A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)  
 B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)  
 C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)  
 D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。
- (2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>0</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。
- (3) 既往の設工認評価ひずみサイクル C 2A01-S1 及び S1 に Sd5 分を付加して評価した。



第 11.54 表 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部 累積ク  
 リープ損傷係数の算出(その 3) (評価断面-内面)

補助ヘリウム循環機\_上部ケーシング Y 継手部(地震動 : Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
2B01 2A01	161	449	0	0.000	0.0	$S_g = 217$ ( MPa ) $T = 227$ ( °C )
$D_{c2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.001$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\varepsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
2B01 2A01	$1.020 \times 10^{-3}$	$2.496 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
$T = 227$ ( °C ) $D_{cP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

第 11.55 表 Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部 累積クリープ損傷係数の算出(その 3) (評価断面-内面)

補助ヘリウム循環機\_上部ケーシング Y 継手部 (地震動 : Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{cN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
2B01 2A01	161	449	0	0.000	0.0	$S_g = 217$ ( MPa ) $T = 227$ (°C)
$D_{c2} = D_o^* + \sum ( D_i^* ) = 0.000$ ( $D_o^* = 0.000$ ) $D_{cN} = D_{c1} + D_{c2} = 0.100$ ( $D_{c1} = 0.001$ )						

(1)  $n^* = \sum n_i$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{cP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
2B01 2A01	$1.020 \times 10^{-3}$	$2.496 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
$T = 227$ (°C) $D_{cP} = \sum n_k D_k^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

第 11.56 表 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部 クリープ  
 疲れ損傷の制限(評価断面-内面)

補助ヘリウム循環機\_上部ケーシング Y 継手部(地震動 : Sd1-4\_SdD)

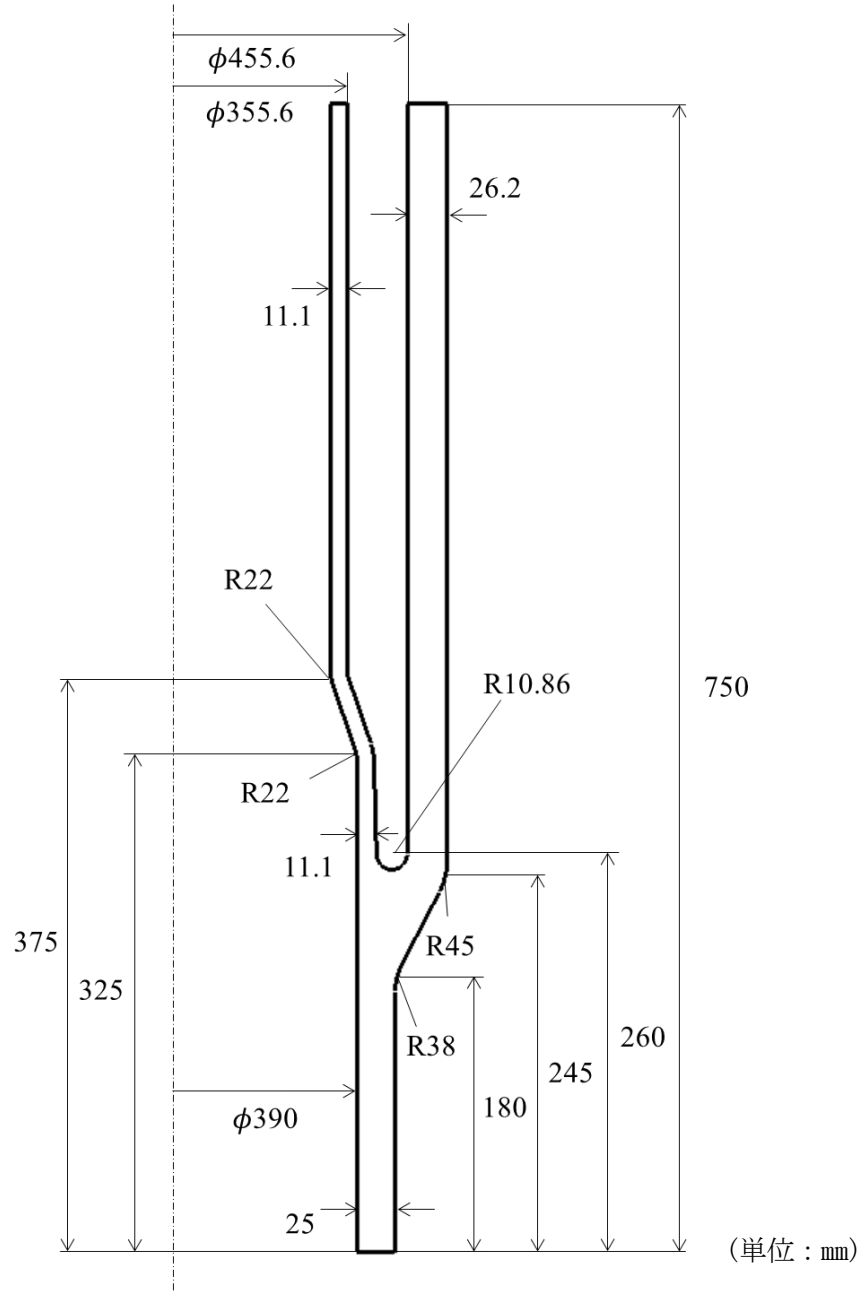
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.005	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cP}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cP} = 0.000$				

第 11.57 表 Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部 クリープ疲れ損  
 傷の制限(評価断面-内面)

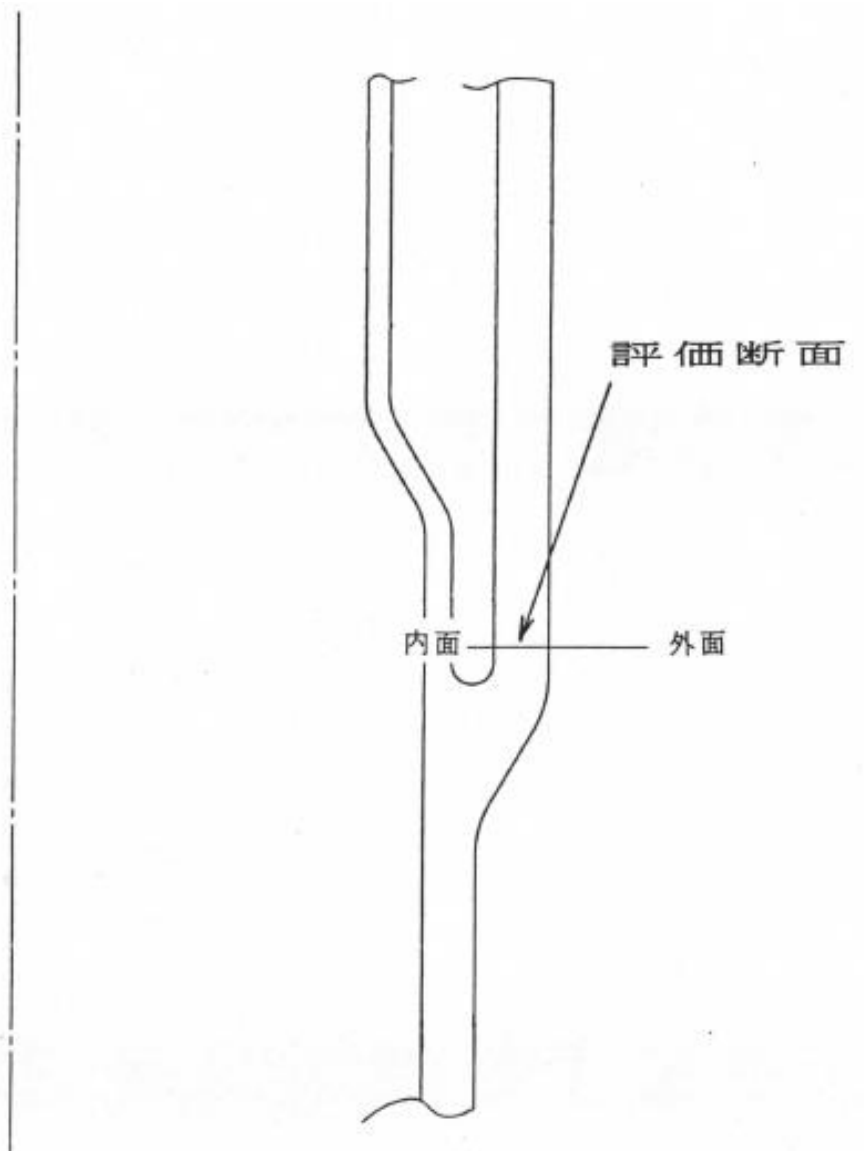
補助ヘリウム循環機\_上部ケーシング Y 継手部(地震動 : Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.005	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{cN} + D_{cP}$ $D_{cN} = 0.100$ $D_{cP} = 0.000$				

材料	
管台近傍部	STPA24
継手近傍部	SFVA F22B



第 11.6 図 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部の形状、寸法及び材料



第 11.7 図 補助ヘリウム循環機 上部ケーシング Y 継手部 応力評価断面

## 11.5 フィルタ交換用フランジ締付ボルト

### 11.5.1 形状、寸法及び材料

フィルタ交換用フランジ締付ボルトの形状、寸法及び材料を第 11.8 図に示す。

### 11.5.2 機械的荷重

応力評価に用いる機械的荷重を第 11.58 表から第 11.61 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-13 補助ヘリウム循環機の強度計算書」（設計及び工事の方法の認可(第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)を参照した。

### 11.5.3 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 11.9 図に示す。

### 11.5.4 応力評価

フィルタ交換用フランジ締付ボルトの応力評価結果を第 11.62 表から第 11.69 表に示す。各評価結果に示すように全て許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、累積クリープ損傷係数の制限に関しては、最高断面平均金属温度が、運転状態Ⅰ、Ⅱ及び試験状態において、「高温構造設計指針」の付 1.6-(a)表の適用温度範囲に達することがないため評価の必要がない。

第 11.58 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機 フィルタ交換フランジ  
締付ボルト)

	機械的荷重 ( フィルタ交換フランジ締付ボルト )					
	Ss1-4_SsD地震					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^3$ N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	7282	5950	6971	670	5855	6233
運転状態 II	7282	5950	6971	670	5855	6233
運転状態 III	7282	5950	6971	670	5855	6233
運転状態 IV	7282	5950	6971	670	5855	6233
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 11.59 表 Ss5 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機 フィルタ交換フランジ締付ボ  
ルト)

	機械的荷重 ( フィルタ交換フランジ締付ボルト )					
	Ss5地震					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^3$ N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	7359	5530	6471	653	5721	5806
運転状態 II	7359	5530	6471	653	5721	5806
運転状態 III	7359	5530	6471	653	5721	5806
運転状態 IV	7359	5530	6471	653	5721	5806
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 11. 60 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機 フィルタ交換フランジ  
締付ボルト)

	機械的荷重 ( フィルタ交換フランジ締付ボルト )					
	Sd1-4_SdD地震					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^3$ N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	4301	4463	4689	427	4041	4626
運転状態 II	4301	4463	4689	427	4041	4626
運転状態 III	4301	4463	4689	427	4041	4626
運転状態 IV	4301	4463	4689	427	4041	4626
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 11. 61 表 Sd5 地震動 機械的荷重(補助ヘリウム循環機 フィルタ交換フランジ締付ボ  
ルト)

	機械的荷重 ( フィルタ交換フランジ締付ボルト )					
	Sd5地震					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^3$ N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	4375	3585	4021	400	3619	3763
運転状態 II	4375	3585	4021	400	3619	3763
運転状態 III	4375	3585	4021	400	3619	3763
運転状態 IV	4375	3585	4021	400	3619	3763
試験状態	-	-	-	-	-	-



第 11. 62 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換  
フランジ締付ボルト ボルト等の一次応力及び二次応力の制限

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\sigma_m \leq S_{oB}$	430	—	59	135	
運転状態 I、II、 III、(T)	$\langle \sigma_m \rangle \leq S_{mtB}$	—	—	—	—	
	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_{mB}$	147	—	87	370	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_{mtB}$	—	—	—	—	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq 3S_{mB}$	147	—	143	556	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_{mtB}$	—	—	—	—	
運転状態 I、II、 III(T)	$\Sigma (t_i/t_{mi}) \leq B$	—	—	—	1.00	B=1.0
	$\Sigma (t_j/t_{bj}) \leq 1.0$	—	—	—	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_u/3$	147	—	93	402	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_R/3$	—	—	—	—	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq S_u$	147	—	149	604	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_R/3$	—	—	—	—	
運転状態 I、II、 III、IV、(T)	$\Sigma (t_i/t_{Ri}) \leq B_R$	—	—	—	1.00	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma (t_j/t_{Rbj}) \leq 1.0$	—	—	—	1.00	

(1) (T) は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～IIIにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価した。

第 11.63 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機  
フィルタ交換フランジ締付ボルト ボルト等の一次応力及び二次応力の制限

運転状態	評価項目	温度 (℃)	時間 (hr)	計算値 (MPa)	許容値 (MPa)	備考
設計条件	$\sigma_m \leq S_{oB}$	430	—	59	135	
運転状態 I、II、 III、(T)	$\langle \sigma_m \rangle \leq S_{mtB}$	—	—	—	—	
	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_{mB}$	147	—	85	370	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_{mtB}$	—	—	—	—	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq 3S_{mB}$	147	—	141	556	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_{mtB}$	—	—	—	—	
運転状態 I、II、 III(T)	$\Sigma (t_i/t_{mi}) \leq B$	—	—	—	1.00	B=1.0
	$\Sigma (t_j/t_{bj}) \leq 1.0$	—	—	—	1.00	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_u/3$	147	—	92	402	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_R/3$	—	—	—	—	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq S_u$	147	—	148	604	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_R/3$	—	—	—	—	
運転状態 I、II、 III、IV、(T)	$\Sigma (t_i/t_{Ri}) \leq B_R$	—	—	—	1.00	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma (t_j/t_{Rbj}) \leq 1.0$	—	—	—	1.00	

(1) (T) は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価した。

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価した。

第 11.64 表 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換フランジ締付ボルト  
Sa の制限

補助ヘリウム循環機\_フィルタ交換フランジ締付ボルト(地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 478 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_m + P_m^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	断面平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )		$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)		備考	
						S <sub>a</sub> の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
2A01-Sd 1B01	147	20	28	130	571	S <sub>y</sub>	147 20
2A01 1B01	147	20	13	115	571	S <sub>y</sub>	147 20

※ 既往の設工認負荷サイクル 2A01-S1 1B01 に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価した。

第 11.65 表 Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換フランジ締付ボルト  
Sa の制限

補助ヘリウム循環機\_フィルタ交換フランジ締付ボルト(地震動 : Sd5)

$$T_o = 478 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_m + P_m^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	断面平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )		$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)		備考	
						S <sub>a</sub> の評価式	温度( $^\circ\text{C}$ )
2A01-Sd 1B01	147	20	26	128	571	S <sub>y</sub>	147 20
2A01 1B01	147	20	13	115	571	S <sub>y</sub>	147 20

※ 既往の設工認負荷サイクル 2A01-S1 1B01 に Sd5 分を付加して評価した。

第 11.66 表 Ss1-4\_SsD 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換フランジ締付ボルト  
メカニカルラチェットの制限

補助ヘリウム循環機\_フィルタ交換フランジ締付ボルト(地震動：Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_m + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s (3S_{mH})$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	147	25 1507	0.380	0.083	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認負荷サイクル S2 に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価した。

第 11.67 表 Ss5 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換フランジ締付ボルト  
メカニカルラチェットの制限

補助ヘリウム循環機\_フィルタ交換フランジ締付ボルト(地震動：Ss5)

$$X_s = \langle P_m + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s (3S_{mH})$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	147	24 1507	0.380	0.080	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認負荷サイクル S2 に Ss5 分を付加して評価した。

第 11.68 表 Sd1-4\_SdD 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換フランジ締付ボルト 累積疲れ損傷係数の制限  
 補助ヘリウム循環機\_フィルタ交換フランジ締付ボルト(地震動：Sd1-4\_SdD)

運 転 状 態	ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	$S_n$ ( MPa )	$S_p$ ( MPa )	$K_e$	$S_\theta$ ( MPa )	$S_y$ ( MPa )	$N_d$	$n/N_d$
運転状態 I、II 及び試験状態	T	100	10	144	144	—	72	568	1000000	0.000
	2A01 C	147	210	67	67	—	34	557	1000000	0.000
	2B01 C	100	30	63	63	—	32	568	1000000	0.000
	1A01 C	35	435	52	52	—	26	589	1000000	0.000
	1B01 C	35	224	52	52	—	26	589	1000000	0.000

累積疲れ損傷係数  $D_{f1} = 0.001 \leq 0.1$

地震荷重 Sd	Sd(+S1)	147	200	0	0	—	0	572	1000000	0.000
---------	---------	-----	-----	---	---	---	---	-----	---------	-------

累積疲れ損傷係数  $D_{f2} = 0.001 \leq 0.1$

累積疲れ損傷係数  $D_f = D_{f1} + D_{f2} = 0.002 \leq 0.1$

注記 ひずみサイクル C は、ボルト締付時荷重による応力状態である。

第 11.69 表 Sd5 地震動 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換フランジ締付ボルト 累積疲れ損傷係数の制限

補助ヘリウム循環機\_フィルタ交換フランジ締付ボルト(地震動：Sd5)

運 転 状 態	ひずみサイクル	最高金属温度 ( °C )	回数 n	S <sub>n</sub> ( MPa )	S <sub>p</sub> ( MPa )	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> ( MPa )	S <sub>y</sub> ( MPa )	N <sub>d</sub>	n/N <sub>d</sub>
運転状態 I、II 及び試験状態	T	100	10	144	144	—	72	568	1000000	0.000
	2A01 C	147	210	67	67	—	34	557	1000000	0.000
	2B01 C	100	30	63	63	—	32	568	1000000	0.000
	1A01 C	35	435	52	52	—	26	589	1000000	0.000
	1B01 C	35	224	52	52	—	26	589	1000000	0.000

累積疲れ損傷係数  $D_{f1} = 0.001 \leq 0.1$

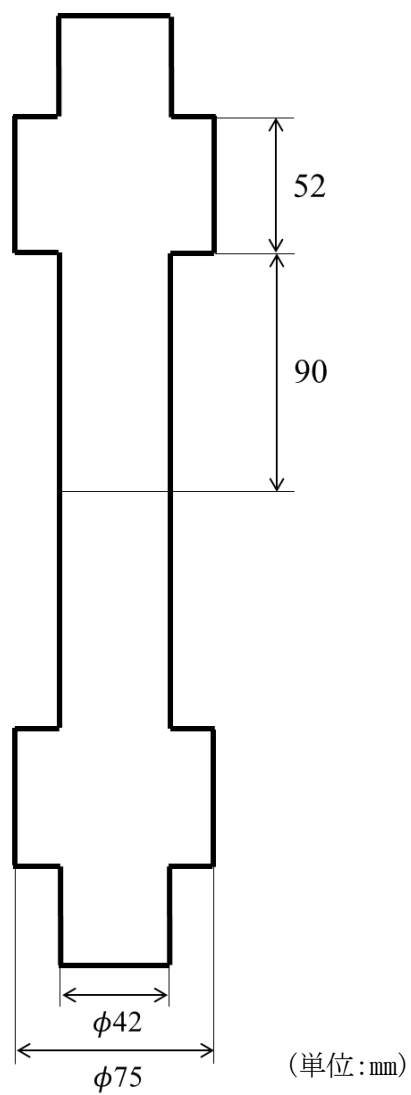
地震荷重 Sd	Sd(+S1)	147	200	0	0	—	0	570	1000000	0.000
---------	---------	-----	-----	---	---	---	---	-----	---------	-------

累積疲れ損傷係数  $D_{f2} = 0.001 \leq 0.1$

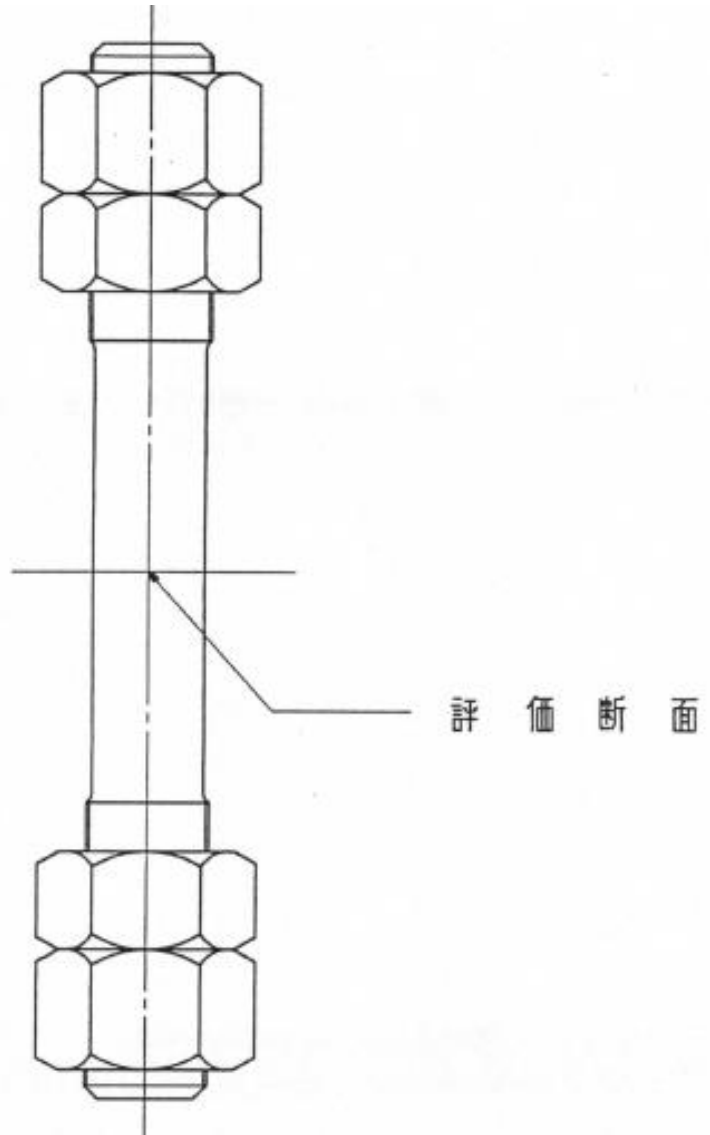
累積疲れ損傷係数  $D_f = D_{f1} + D_{f2} = 0.002 \leq 0.1$

注記 ひずみサイクル C は、ボルト締付時荷重による応力状態である。

材料
SNB16



第 11.8 図 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換フランジ締付ボルトの形状、寸法及び材料



第 11.9 図 補助ヘリウム循環機 フィルタ交換フランジ締付ボルト 応力評価断面



## 12. 補助ヘリウム冷却系主要弁

本評価は、補助ヘリウム冷却系主要弁の耐震健全性を確認するものである。補助ヘリウム冷却系主要弁の耐震評価は、「IV-イ-1 高温ガス炉第1種弁の強度計算書作成の基本方針」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)及び「IV-イ-15 補助ヘリウム冷却系の主要弁の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)に基づいて実施する。評価箇所を第12.1図及び第12.2図に示す。

### 12.1 解析条件

補助ヘリウム冷却系主要弁の解析モデルは、補助ヘリウム配管のモデルに組み込み、解析を実施した。

#### 12.1.1 解析モデル及び諸元

補助ヘリウム冷却系主要弁を含む補助ヘリウム配管を第12.3図に示す多質点はりモデルに置換し解析を行う。補助ヘリウム冷却系主要弁の解析モデル諸元を第12.1表から第12.3表に示す。

### 12.2 解析

#### 12.2.1 解析方法

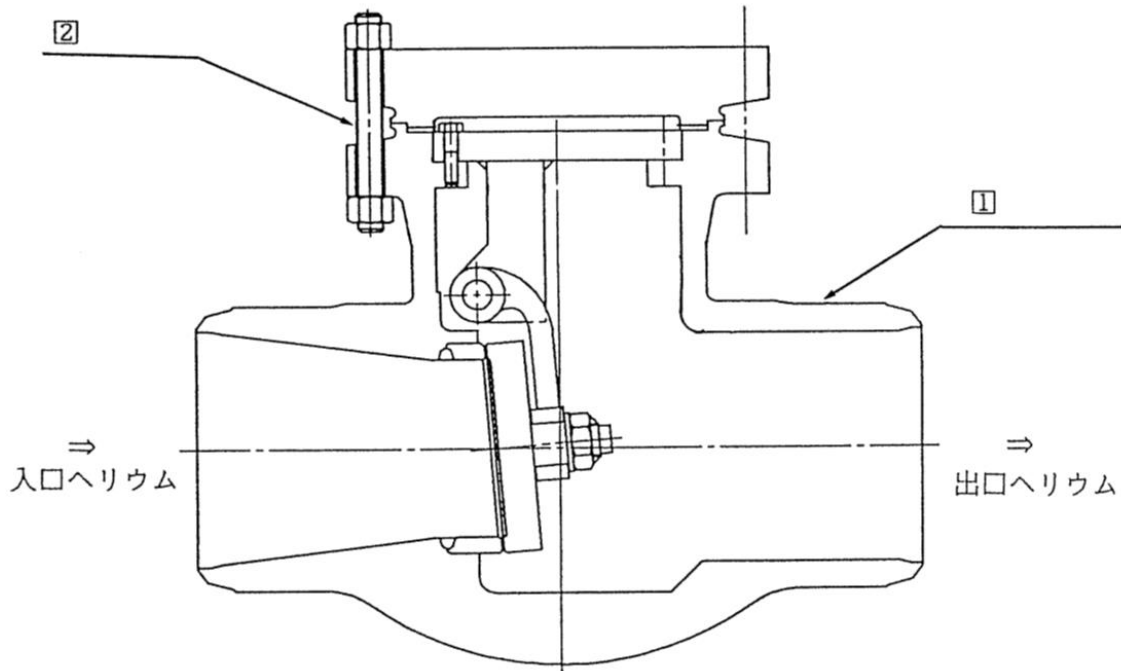
解析方法は、補助ヘリウム配管を参照のこと。

#### 12.2.2 断面力分布

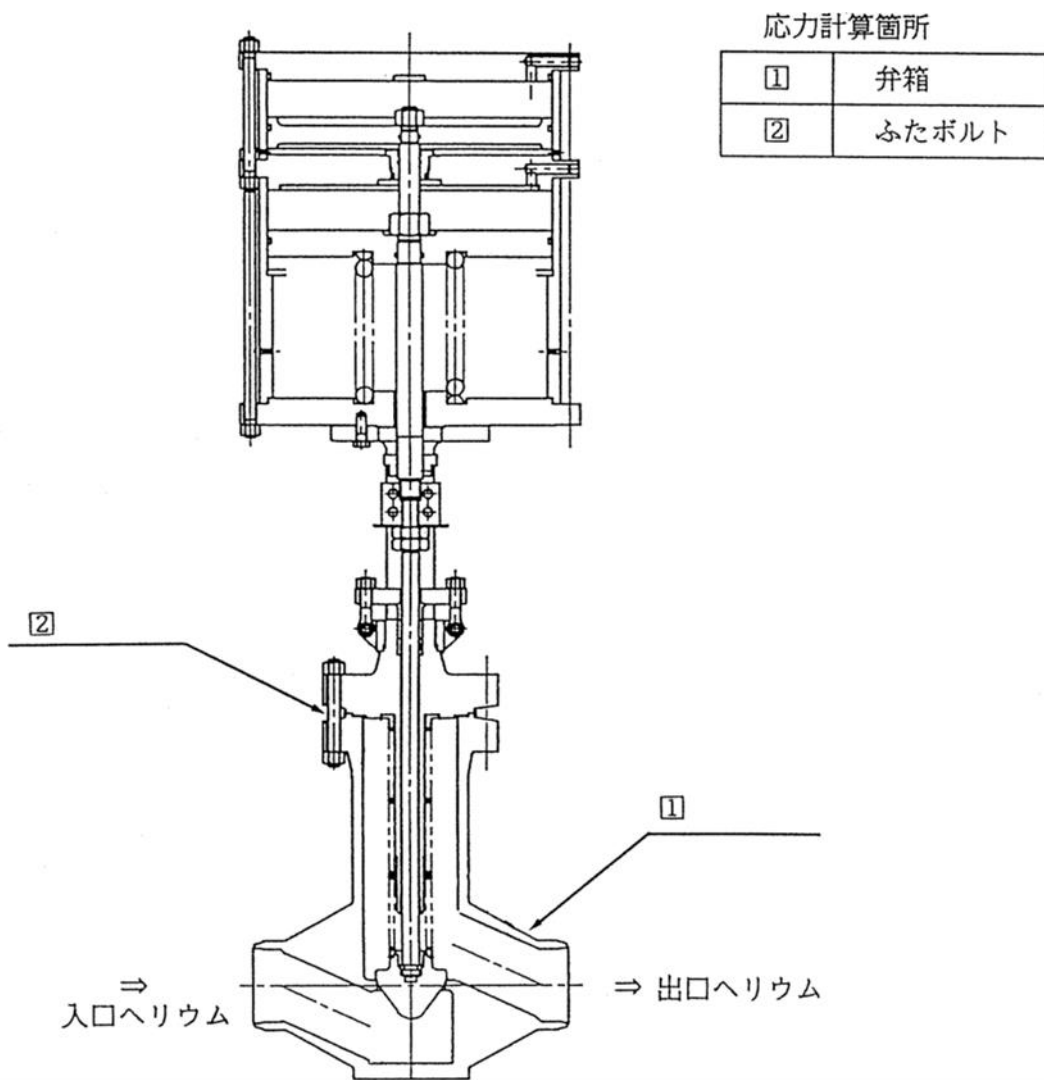
静的及び動的解析結果として、応力評価に用いる軸力及びモーメントの分布を第12.4図から第12.7図に示す。

応力計算箇所

①	弁箱
②	ふたボルト



第 12.1 図 補助ヘリウム循環機出口逆止弁(1411V1A, B)の評価箇所



第 12.2 図 補助冷却器ヘリウム戻し弁(1411V2A, B)の評価箇所

第 12.1 表 解析モデル諸元

対象部位	節点No.	質量 (kg)	部材長 (mm)	断面2次モーメント ( $\times 10^7 \text{mm}^4$ )	断面積 ( $\times 10^3 \text{mm}^2$ )				
補助ヘリウム 循環機 出口逆止弁 1411V1A	62	8	222.00	2.714	8.492				
	63	48							
	65	8							
	1411V1A	63	40	285.00	3.042	9.491			
		64							
		計					104	—	—
	補助ヘリウム 循環機 出口逆止弁 1411V1B	101	8	222.00	2.714	8.492			
102		48							
104		8							
1411V1B		102	40	285.00	3.042	9.491			
		103							
		計					104	—	—
補助冷却器 ヘリウム戻し弁 1411V2A		73	51	300.00	8.377	13.334			
	74	307							
	77	51							
	1411V2A	74	174	650.00	3.233	5.909			
		75							
		235					380.00	19.187, 0.256 <sup>(1)</sup>	10.200
		76					736.00	115.410	39.657
		計					980	—	—
	補助冷却器 ヘリウム戻し弁 1411V2B	111	51	300.00	8.377	13.334			
112		307							
115		51							
1411V2B		112	174	650.00	3.233	5.909			
		113							
		236					380.00	19.187, 0.256 <sup>(1)</sup>	10.200
		114					736.00	115.410	39.657
		計					980	—	—

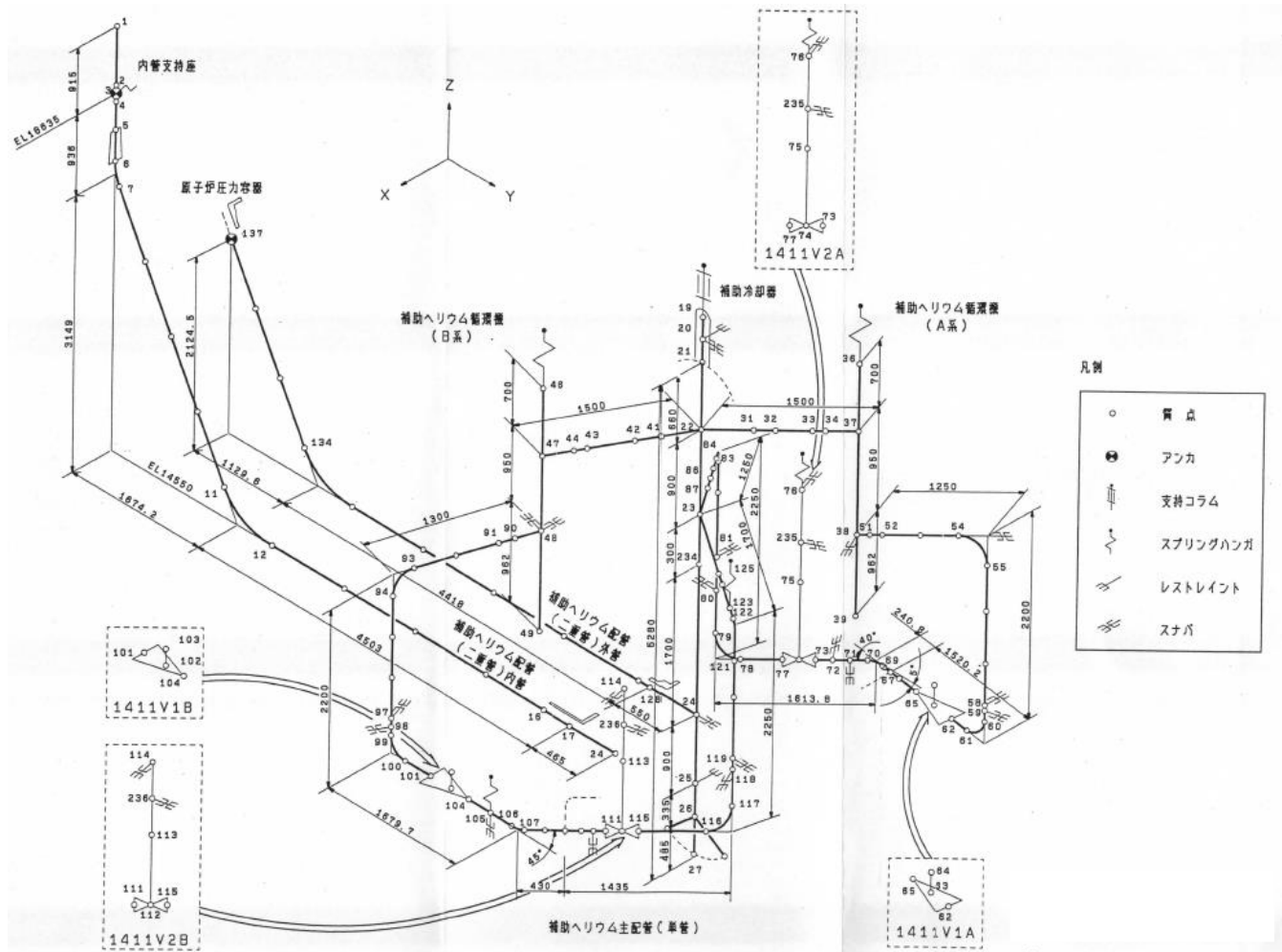
注記(1) 配管軸、軸直方向のヨーク部の値を示す。

第 12.2 表 解析モデル諸元 (縦弾性係数及びポアソン比)

対 象 部 位	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
補助ヘリウム循環機出口逆止弁(1411V1A, B)	1.80×10 <sup>5</sup>	0.30
補助冷却器ヘリウム戻し弁(1411V2A, B)	1.80×10 <sup>5</sup>	0.30

第 12.3 表 解析モデル諸元 (スナバばね定数)

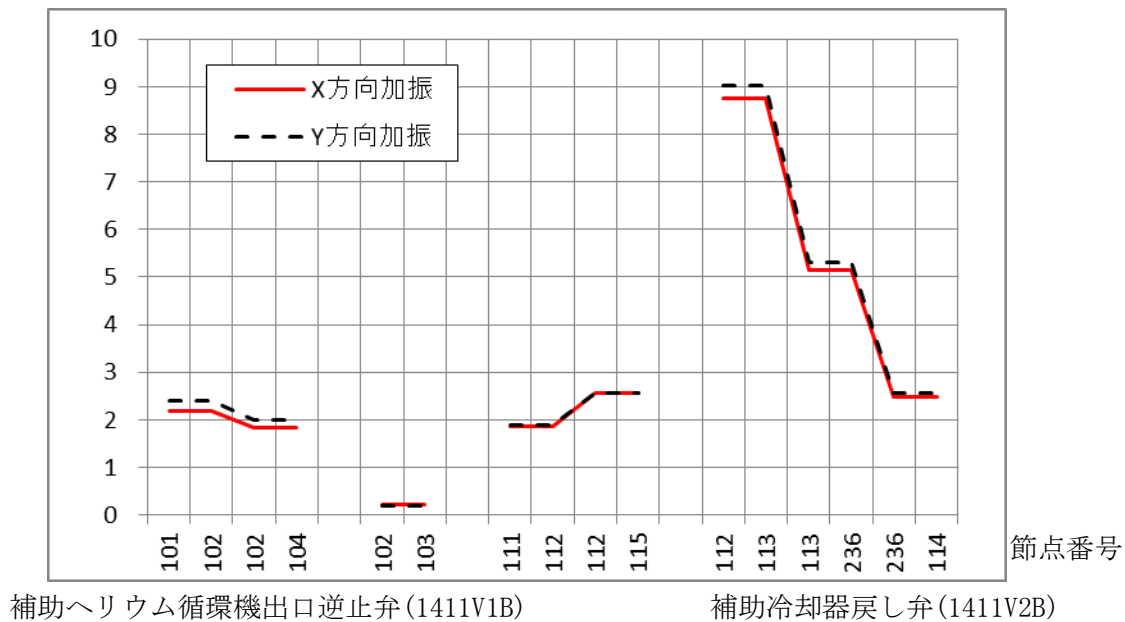
弁 名 称	支持装置名称	節点番号	ばね定数 (N/mm <sup>2</sup> )
補助冷却器ヘリウム戻し弁(1411V2A)	スナバ	76	1.746×10 <sup>4</sup>
		235	9.807×10 <sup>3</sup>
補助冷却器ヘリウム戻し弁(1411V2B)	スナバ	114	9.807×10 <sup>3</sup>
		236	9.807×10 <sup>3</sup>



第 12.3 図 補助冷却系配管解析モデル

添 1 - 4 - 4 - 1144

軸力 ( $\times 10^3 \text{N}$ )

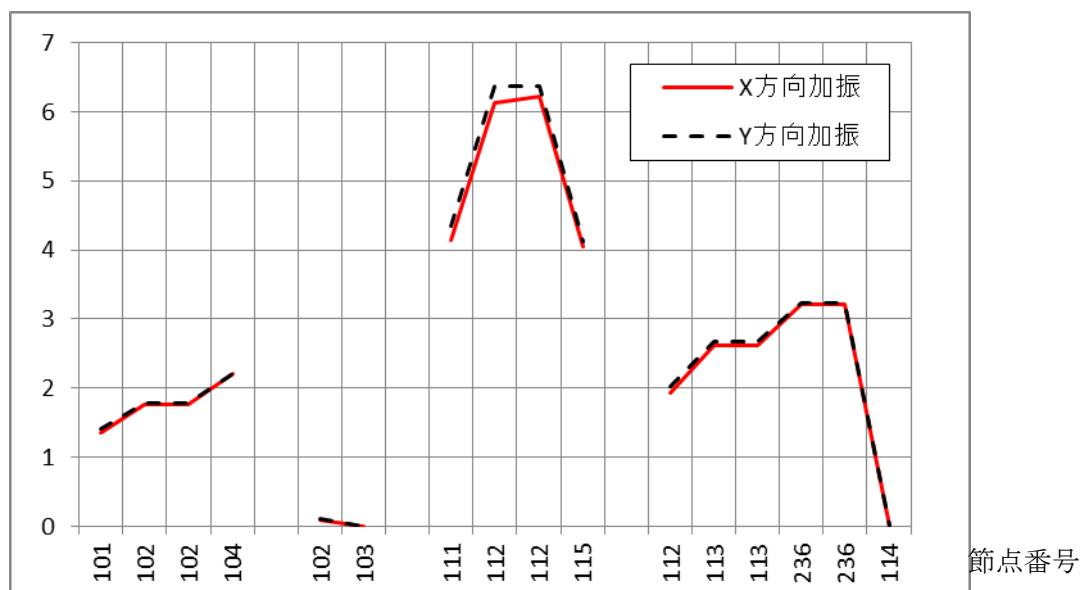


補助ヘリウム循環機出口逆止弁 (1411V1B)

補助冷却器戻し弁 (1411V2B)

(a) 軸力

モーメント ( $\times 10^3 \text{N} \cdot \text{m}$ )



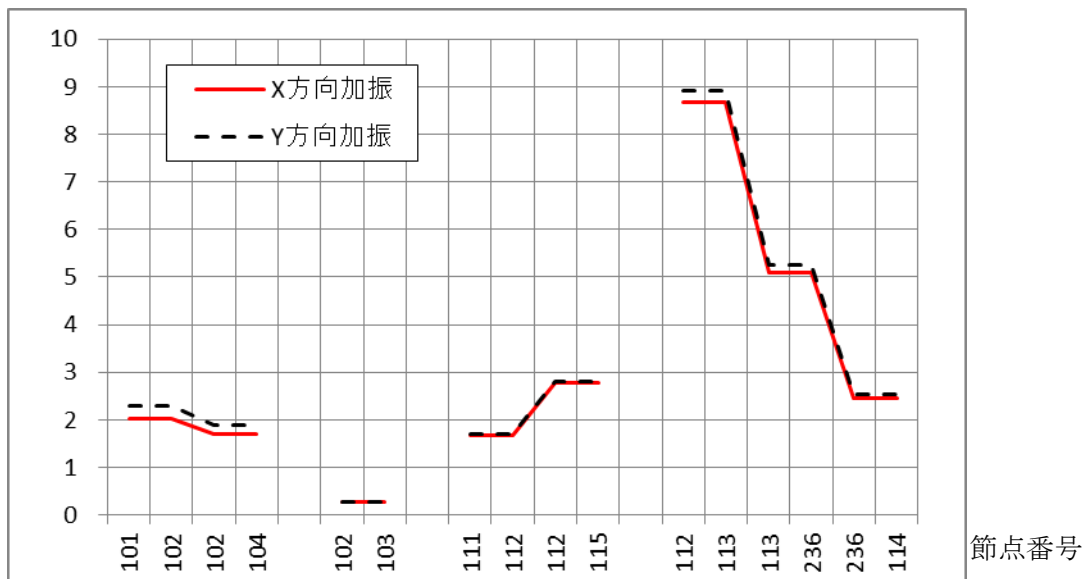
補助ヘリウム循環機出口逆止弁 (1411V1B)

補助冷却器戻し弁 (1411V2B)

(b) モーメント

第 12.4 図 Ss1-4\_SsD 地震動 断面力分布

軸力 ( $\times 10^3 \text{N}$ )

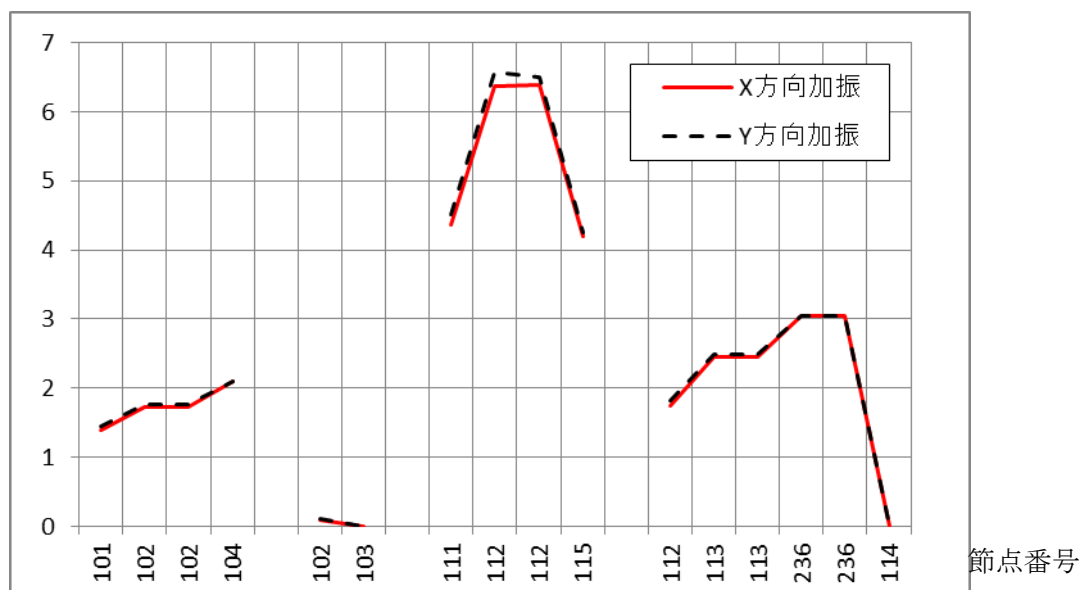


補助ヘリウム循環機出口逆止弁 (1411V1B)

補助冷却器戻し弁 (1411V2B)

(a) 軸力

モーメント ( $\times 10^3 \text{N} \cdot \text{m}$ )



補助ヘリウム循環機出口逆止弁 (1411V1B)

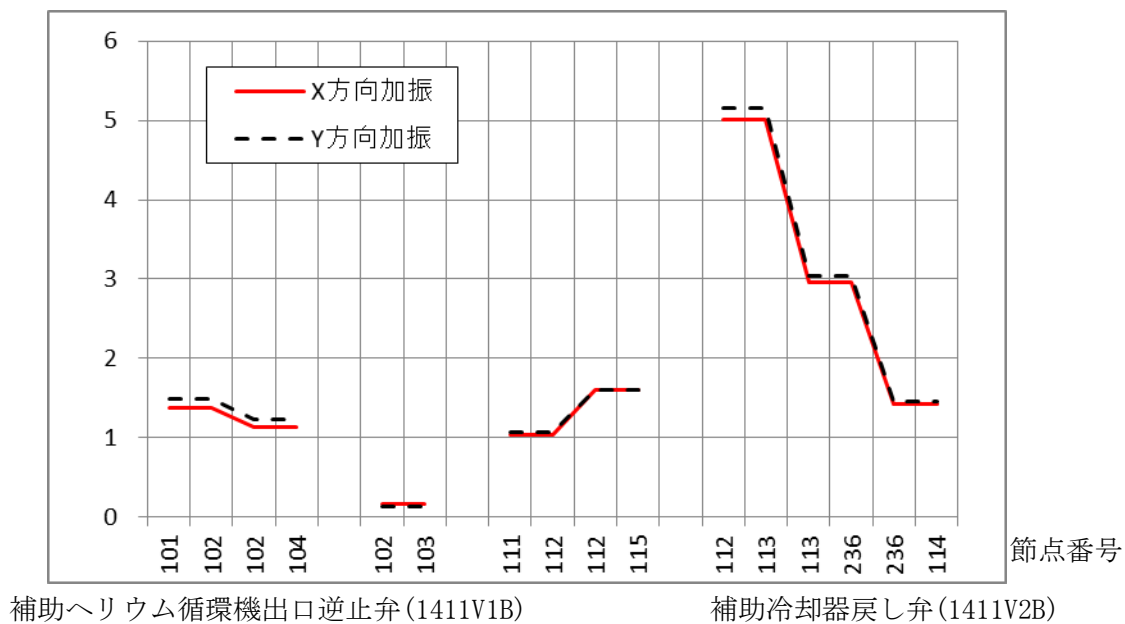
補助冷却器戻し弁 (1411V2B)

(b) モーメント

第 12.5 図 Ss5 地震動 断面力分布

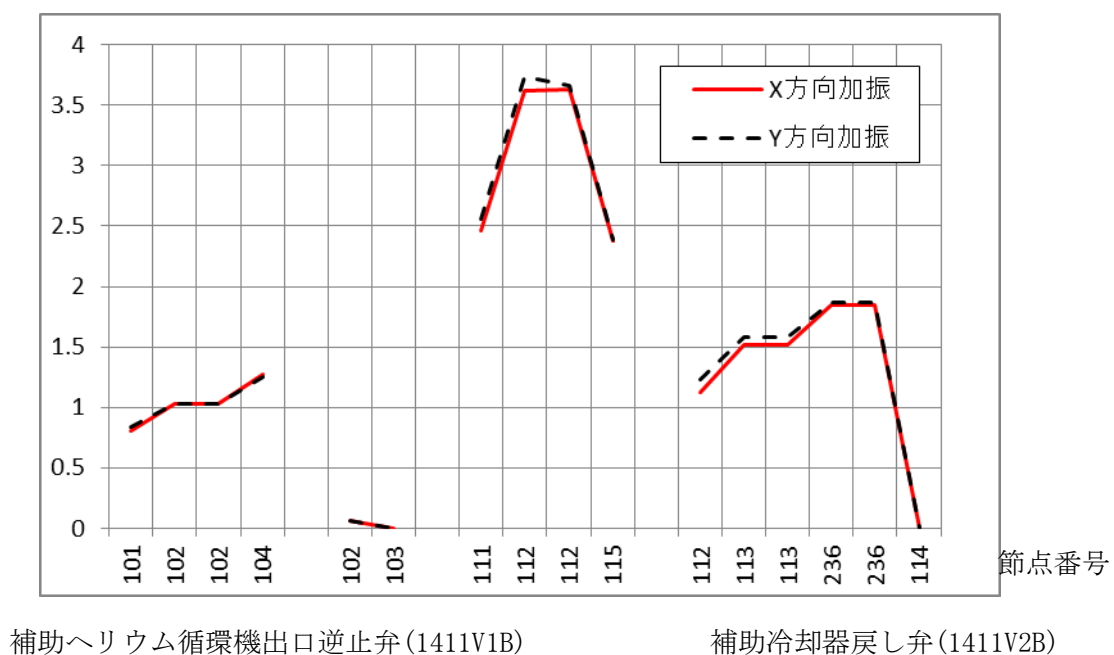


軸力 ( $\times 10^3 \text{N}$ )



(a) 軸力

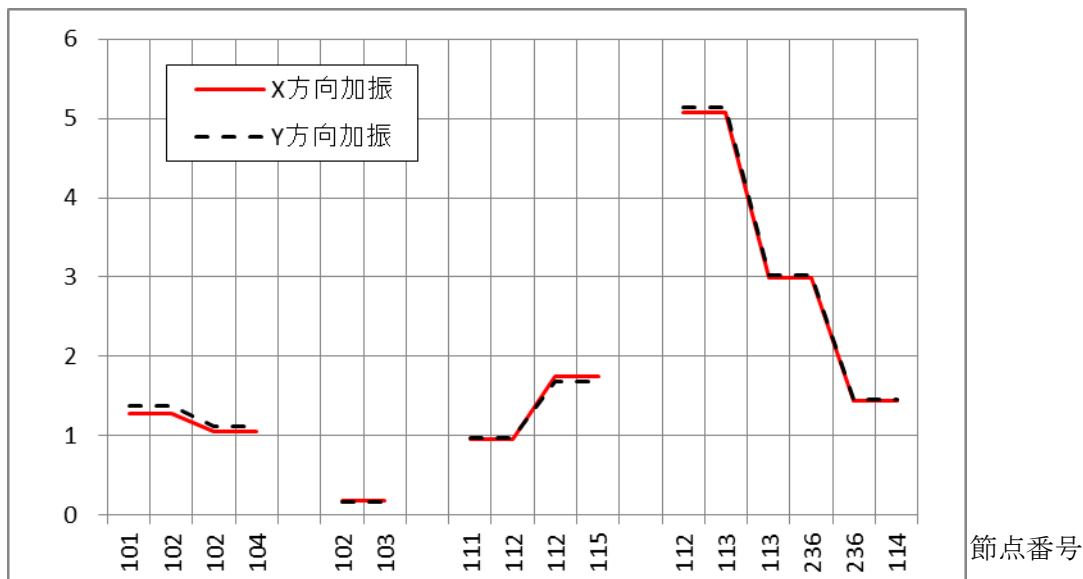
モーメント ( $\times 10^3 \text{N} \cdot \text{m}$ )



(b) モーメント

第 12.6 図 Sd1-4\_SdD 地震動 断面力分布

軸力 ( $\times 10^3 \text{N}$ )

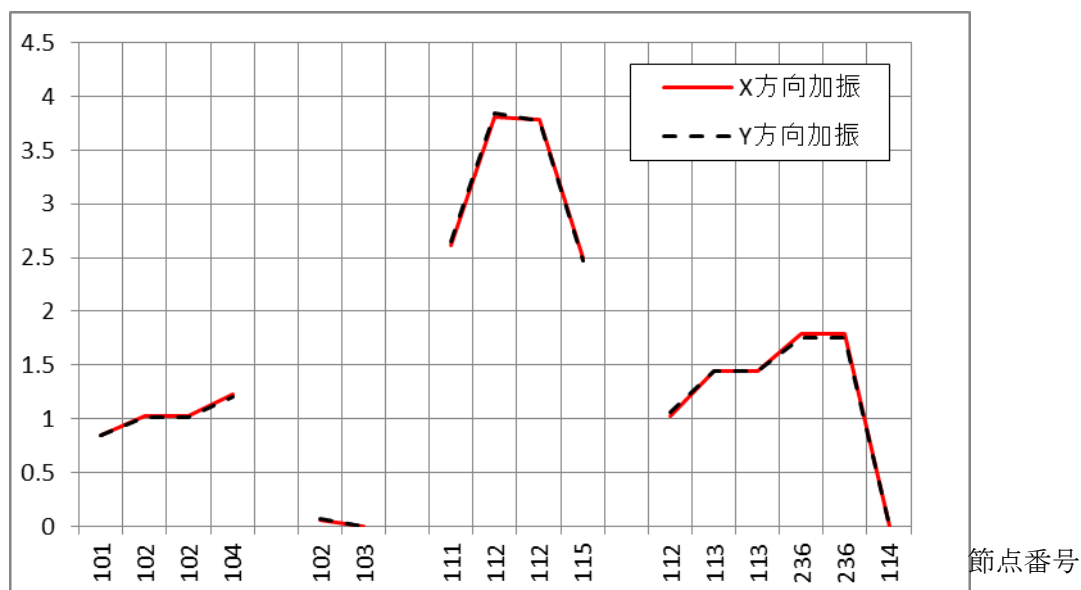


補助ヘリウム循環機出口逆止弁 (1411V1B)

補助冷却器戻し弁 (1411V2B)

(a) 軸力

モーメント ( $\times 10^3 \text{N} \cdot \text{m}$ )



補助ヘリウム循環機出口逆止弁 (1411V1B)

補助冷却器戻し弁 (1411V2B)

(b) モーメント

第 12.7 図 Sd5 地震動 断面力分布

### 12.3 弁箱(補助ヘリウム循環機出口逆止弁(1411V1A, B))

#### 12.3.1 形状、寸法及び材料

弁箱(補助ヘリウム循環機出口逆止弁(1411V1A, B))の形状、寸法及び材料を第 12.8 図に示す。

#### 12.3.2 機械的荷重

応力解析に用いる機械的荷重を第 12.4 表から第 12.7 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-13 補助ヘリウム循環機の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)を参照した。

#### 12.3.3 応力評価

弁箱(補助ヘリウム循環機出口逆止弁 1411V1A, B))の応力評価結果を第 12.8 表から第 12.22 表に示す。各評価結果に示すようにすべて許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

##### (1) 特別な応力制限

###### ① 支圧応力の制限

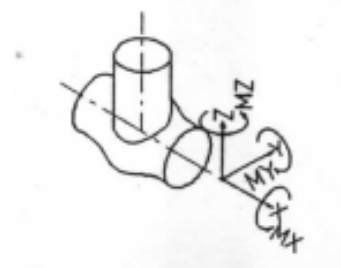
本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

###### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

###### ③ 3 軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3 軸の主応力が接近することはない。

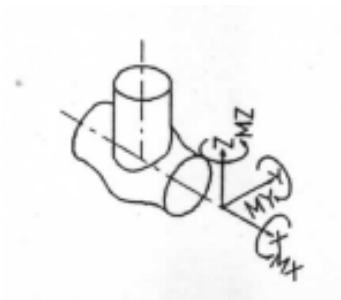


第 12.4 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重(評価用地震動)

	配管反力					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	200	253	56	42	79	202
運転状態 II	200	253	56	42	79	202
	200	253	56	42	79	202
運転状態 III	200	253	56	42	79	202
	200	253	56	42	79	202
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 12.5 表 Ss5 地震動 機械的荷重(評価用地震動)

	配管反力					
	Ss5 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	188	240	52	41	82	190
運転状態 II	188	240	52	41	82	190
	188	240	52	41	82	190
運転状態 III	188	240	52	41	82	190
	188	240	52	41	82	190
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-



第 12.6 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重(評価用地震動)

	配管反力					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	123	152	34	26	49	115
運転状態 II	123	152	34	26	49	115
	123	152	34	26	49	115
	123	152	34	26	49	115
運転状態 III	123	152	34	26	49	115
	123	152	34	26	49	115
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 12.7 表 Sd5 地震動 機械的荷重(評価用地震動)

	配管反力					
	Sd5 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N ・ mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	112	147	31	26	50	110
運転状態 II	112	147	31	26	50	110
	112	147	31	26	50	110
	112	147	31	26	50	110
運転状態 III	112	147	31	26	50	110
	112	147	31	26	50	110
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 12.8 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限  
補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 弁箱 (1411V1A-B)

単位(応力 : MPa)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値	許容値	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	31	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	40	171	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	405	-	30	141	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	405	6.56	30	277	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	405	-	47	180	$K_s = 1.28$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	405	6.56	39	312	$K_t = 1.13$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	405	-	30	168	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	405	$3.30 \times 10^{-1}$	30	280	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	405	-	47	216	$K_s = 1.28$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	405	$3.30 \times 10^{-1}$	39	316	$K_t = 1.13$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	-	-	0.0	1.0	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	-	-	0.0	1.0	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	405	-	30	283	$S_{mIV}=2S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	405	$3.30 \times 10^{-1}$	30	283	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	405	-	53	361	$K_s = 1.28$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	405	$3.30 \times 10^{-1}$	39	319	$K_t = 1.13$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	-	-	0.0	1.0	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	-	-	0.0	1.0	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	39	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	49	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	53	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 12.9 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 弁箱 (1411V1A-B)

単位(応力 : MPa)

運転状態	評価項目	温度 ( ° C )	時間 ( hr )	計算値	許容値	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	31	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	40	171	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	405	-	30	141	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	405	6.56	30	277	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	405	-	47	180	$K_s = 1.28$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	405	6.56	39	312	$K_t = 1.13$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	405	-	30	168	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	405	$3.30 \times 10^{-1}$	30	280	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	405	-	47	216	$K_s = 1.28$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	405	$3.30 \times 10^{-1}$	39	316	$K_t = 1.13$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	-	-	0.0	1.0	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	-	-	0.0	1.0	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	405	-	30	283	$S_{mIV}=2S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	405	$3.30 \times 10^{-1}$	30	283	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	405	-	53	361	$K_s = 1.28$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	405	$3.30 \times 10^{-1}$	39	319	$K_t = 1.13$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	-	-	0.0	1.0	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	-	-	0.0	1.0	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	39	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	49	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	53	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 12.10 表 クリープ効果の判定

補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 弁箱(1411V1A-B)

評価項目	計算値	判定値	判定
$2 \sum (t_i / t_{di}) \leq 0.1$	0.000	0.10	クリープ効果が顕著でない。
$\sum \varepsilon_i \leq 0.002$	0.0011	0.0020	



第 12.11 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次+二次応力の制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 弁箱(1411V1A-B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3\overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s (3\overline{S_m})$ ( MPa )	$S_n' \leq 3\overline{S_m}$ ( MPa )	備考
Sd	405	15 423	- -	- -	- -	
2A 01-Sd C	405 20	- -	114 432	- -	- -	
2A 01 C	405 20	- -	104 432	- -	- -	
$S_{rH} = 193$ (MPa)		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S1, 2A 01-S1 の  $S_n^*$ ,  $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 12.12 表 Sd5 地震動 一次+二次応力の制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 弁箱(1411V1A-B) (地震動 : Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3\overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s (3\overline{S_m})$ ( MPa )	$S_n' \leq 3\overline{S_m}$ ( MPa )	備考
Sd	405	15 423	- -	- -	- -	
2A 01-Sd C	405 20	- -	114 432	- -	- -	
2A 01 C	405 20	- -	104 432	- -	- -	
$S_{rH} = 193$ (MPa)		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S1, 2A 01-S1 の  $S_n^*$ ,  $S_n$  に Sd5 分を付加して評価

第 12.13 表 Sd1-4\_SdD 地震動 熱応力ラチェットの制限  
 補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 弁箱 (1411V1A-B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
I, II, III 試験状態	$\sigma_s \leq (\text{制限値}^{(1)}) \cdot S_y$	405	72	1340	$\sigma_p / S_y = 0.19$

注記(1) 評価項目における制限値は、「IV-イ-1 高温ガス炉第 1 種弁の強度計算書作成の基本方針」第 5.6.3 項の表-5.6.3 の下欄に記載された値である。

第 12.14 表 Sd5 地震動 熱応力ラチェットの制限  
 補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 弁箱 (1411V1A-B) (地震動 : Sd5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
I, II, III 試験状態	$\sigma_s \leq (\text{制限値}^{(1)}) \cdot S_y$	405	72	1340	$\sigma_p / S_y = 0.19$

注記(1) 評価項目における制限値は、「IV-イ-1 高温ガス炉第 1 種弁の強度計算書作成の基本方針」第 5.6.3 項の表-5.6.3 の下欄に記載された値である。

第 12.15 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 弁箱 (1411V1A-B) (地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mfl})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mfl})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s (3S_{mfl})$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	405	24 1059	0.18	0.11	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 12.16 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 弁箱 (1411V1A-B) (地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mfl})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mfl})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s (3S_{mfl})$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	405	24 1059	0.18	0.11	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$  に Ss5 分を付加して評価

第 12.17 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 弁箱(1411V1A-B)(地震動：Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (℃)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> (MPa)	—	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> (MPa)			
2A 01-Sd C	405	1	114	6.26×10 <sup>-4</sup>	9.85×10 <sup>-5</sup>	1.0	1.0	7.93×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
2A 01 C	405	209	104	5.74×10 <sup>-4</sup>	9.85×10 <sup>-5</sup>	1.0	1.0	7.41×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.001	C
Sd	405	199	15	7.88×10 <sup>-5</sup>	9.85×10 <sup>-5</sup>	1.0	1.0	2.46×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.001	A
T	100	10	97	—	97	—	—	49	1000000	0.000	D
2B 01 C	100	30	77	—	77	—	—	39	1000000	0.000	D
1A 01 C	35	435	71	—	71	—	—	36	1000000	0.001	D
1B 01 C	35	224	71	—	71	—	—	36	1000000	0.001	D
$K_T = 1.7$ $D_f = \Sigma (n_i / N_{di}) = 0.004$											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認ひずみサイクル 2A01-S1 C, S1 の S<sub>n</sub>, S<sub>n</sub><sup>\*</sup>に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 12.18 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 弁箱(1411V1A-B)(地震動：Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (℃)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> (MPa)	—	K <sub>e</sub>	S <sub>θ</sub> (MPa)			
2A 01-Sd C	405	1	114	6.25×10 <sup>-4</sup>	9.85×10 <sup>-5</sup>	1.0	1.0	7.93×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
2A 01 C	405	209	104	5.74×10 <sup>-4</sup>	9.85×10 <sup>-5</sup>	1.0	1.0	7.41×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.001	C
Sd	405	199	15	7.83×10 <sup>-5</sup>	9.85×10 <sup>-5</sup>	1.0	1.0	2.46×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.001	A
T	100	10	97	—	97	—	—	49	1000000	0.000	D
2B 01 C	100	30	77	—	77	—	—	39	1000000	0.000	D
1A 01 C	35	435	71	—	71	—	—	36	1000000	0.001	D
1B 01 C	35	224	71	—	71	—	—	36	1000000	0.001	D
K <sub>T</sub> = 1.7                      D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>d i</sub> ) = 0.004											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>θ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認ひずみサイクル 2A01-S1 C, S1 の S<sub>n</sub>, S<sub>n</sub><sup>\*</sup>に Sd5 分を付加して評価

第 12.19 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 弁箱(1411V1A-B)(地震動 : Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
2A 01	109	432	0	0.0	0.0	$S_g=194$ (MPa) $T=405$ (°C)
$D_{C2} = D_o^* + \sum ( n^* D^* ) = 0.0$ ( $D_o^* = 0.0$ ) $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.1$ ( $D_{C1} = 0.0$ )						

(1)  $n^*$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}(3\bar{S}_m/E, 2S_g/E)$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
2A01-Sd C	$7.93 \times 10^{-4}$	$2.38 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
$T= 405$ (°C) $D_{CP} = \sum nD^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

第 12.20 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 弁箱(1411V1A-B)(地震動 : Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
2A 01	109	432	0	0.0	0.0	$S_g=194$ (MPa) $T=405$ (°C)
$D_{C2} = D_o^* + \sum ( n^* D^* ) = 0.0$ ( $D_o^* = 0.0$ ) $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.1$ ( $D_{C1} = 0.0$ )						

(1)  $n^*$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max}(3\bar{S}_m/E, 2S_g/E)$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
2A01-Sd C	$7.93 \times 10^{-4}$	$2.38 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
$T=405$ (°C) $D_{CP} = \sum n D^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

第 12.21 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 弁箱 (1411V1A-B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.004	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.100$ $D_{CP} = 0.0$				

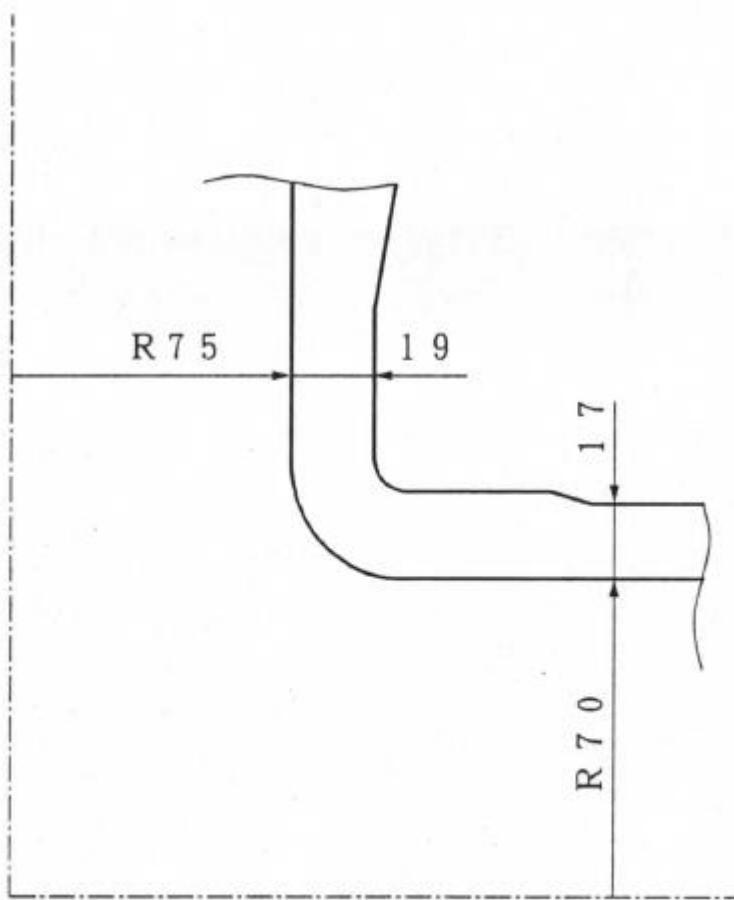
第 12.22 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 弁箱 (1411V1A-B) (地震動 : Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.004	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.100$ $D_{CP} = 0.0$				



材 料
SFVA F22B



(单位 : mm)

第 12.8 図 形状、寸法及び材料

## 12.4 ふたボルト(補助ヘリウム循環機出口逆止弁(1411V1A, B))

### 12.4.1 形状、寸法及び材料

ふたボルト(補助ヘリウム循環機出口逆止弁(1411V1A, B))の形状、寸法及び材料を第 12.9 図に示す。

### 12.4.2 機械的荷重

応力解析に用いる機械的荷重を第 12.23 表から第 12.26 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-13 補助ヘリウム循環機の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)を参照した。

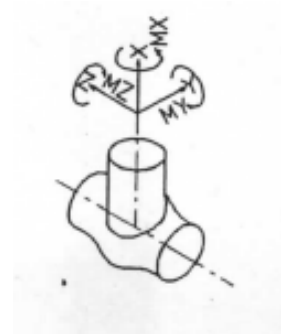
### 12.4.3 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 12.10 図に示す。

### 12.4.4 応力評価

ふたボルト(補助ヘリウム循環機出口逆止弁(1411V1A, B))の応力評価結果を第 12.27 表から第 12.34 表に示す。各評価結果に示すようにすべて許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、累積クリープ損傷係数の制限に関しては、最高断面平均金属温度が、運転状態Ⅰ、Ⅱ及び試験状態において、「構造等の技術基準」付 1.6-(a)表の適用温度範囲に達することがないため評価の必要がない。

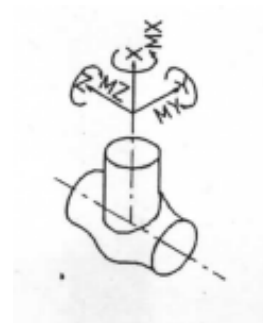


第 12.23 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^2$ N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	227	228	285	0	811	651
運転状態 II	227	228	285	0	811	651
	227	228	285	0	811	651
	227	228	285	0	811	651
運転状態 III	227	228	285	0	811	651
	227	228	285	0	811	651
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 12.24 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Ss5 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^2$ N・mm )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	273	227	314	0	895	648
運転状態 II	273	227	314	0	895	648
	273	227	314	0	895	648
	273	227	314	0	895	648
運転状態 III	273	227	314	0	895	648
	273	227	314	0	895	648
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-



第 12.25 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^2$ N · mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	156	149	179	0	511	424
運転状態 II	156	149	179	0	511	424
	156	149	179	0	511	424
	156	149	179	0	511	424
運転状態 III	156	149	179	0	511	424
	156	149	179	0	511	424
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 12.26 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Sd5 地震動					
	反力 ( N )			モーメント ( $\times 10^2$ N · mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	181	141	190	0	542	402
運転状態 II	181	141	190	0	542	402
	181	141	190	0	542	402
	181	141	190	0	542	402
運転状態 III	181	141	190	0	542	402
	181	141	190	0	542	402
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 12.27 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 ボルト等の一次応力及び二次応力の制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 ふたボルト(1411V1A-B)

単位 (応力 : MPa)

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値	許容値	備考
設計条件	$\sigma_m \leq S_{oB}$	430	-	95	135	
運転状態 I、II、III、 (T)	$\langle \sigma_m \rangle \leq S_{mtB}$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_{mB}$	405	-	117	315	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_{mtB}$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq 3S_{mB}$	405	-	117	473	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_{mtB}$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III(T)	$\Sigma (t_i/t_{mi}) \leq B$	-	-	-	1.0	B=1.0
	$\Sigma (t_j/t_{bj}) \leq 1.0$	-	-	-	1.0	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_u/3$	405	-	117	388	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq S_u$	405	-	117	582	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、 IV、(T)	$\Sigma (t_i/t_{Ri}) \leq B_R$	-	-	-	1.0	B <sub>R</sub> =1.0
	$\Sigma (t_j/t_{Rbj}) \leq 1.0$	-	-	-	1.0	

(1) (T) は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 12.28 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 ボルト等の一次応力及び二次応力の制限  
補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 ふたボルト(1411V1A-B)

単位 (応力 : MPa)

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値	許容値	備考
設計条件	$\sigma_m \leq S_{oB}$	430	-	95	135	
運転状態 I、II、III、 (T)	$\langle \sigma_m \rangle \leq S_{mtB}$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_{mB}$	405	-	117	315	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_{mtB}$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq 3S_{mB}$	405	-	117	473	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_{mtB}$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III(T)	$\Sigma (t_i/t_{mi}) \leq B$	-	-	-	1.0	B=1.0
		-	-	-		
	$\Sigma (t_j/t_{bj}) \leq 1.0$	-	-	-	1.0	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_u/3$	405	-	117	388	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq S_u$	405	-	117	582	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、 IV、(T)	$\Sigma (t_i/t_{ri}) \leq B_R$	-	-	-	1.0	B <sub>R</sub> =1.0
		-	-	-		
	$\Sigma (t_j/t_{rbj}) \leq 1.0$	-	-	-	1.0	

(1) (T) は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 12.29 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 ふたボルト (1411V1A-B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$T_o = 478 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_m + P_m^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 97 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	断面平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度 ( $^\circ\text{C}$ )
2A01-Sd C	405 20	22	117 531	S <sub>y</sub>	405 20

※ P' に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 12.30 表 Sd5 地震動 Sa の制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 ふたボルト (1411V1A-B) (地震動 : Sd5)

$$T_o = 478 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P' = \langle P_m + P_m^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 94.7 \text{ (MPa)}$$

$$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$$

負荷サイクル	断面平均金属温度 ( $^\circ\text{C}$ )	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度 ( $^\circ\text{C}$ )
2A01-Sd C	405 20	22	117 531	S <sub>y</sub>	405 20

※ P' に Sd5 分を付加して評価

第 12.31 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 ふたボルト(1411V1A-B) (地震動 : Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_m + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 (°C)	$S_n^* \leq \beta_s (3S_{mH})$ (MPa)	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	405	1 1456	0.33	0.01	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 12.32 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 ふたボルト(1411V1A-B) (地震動 : Ss5)

$$X_s = \langle P_m + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 (°C)	$S_n^* \leq \beta_s (3S_{mH})$ (MPa)	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	405	2 1456	0.33	0.01	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価



第 12.33 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 ふたボルト (1411V1A-B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

運 転 状 態	ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 (n)	S <sub>n</sub> (MPa)	S <sub>p</sub> (MPa)	K <sub>e</sub>	S <sub>e</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	N <sub>d</sub>	n/N <sub>d</sub>
運転状態 I, II 及び試験 状態	T	100	10	104	104	-	52	567	1000000	0.000
	2A01 C	405	210	22	22	-	11	474	1000000	0.000
	2B01 C	100	30	10	10	-	5	567	1000000	0.000
	1A01 C	35	435	3	3	-	2	588	1000000	0.000
	1B01 C	35	224	3	3	-	2	588	1000000	0.000

累積疲れ損傷係数  $D_{f1} = 0.001 \leq 0.1$

地震荷重 Sd	Sd	100	200	1	1	-	1	474	1000000	0.001
---------	----	-----	-----	---	---	---	---	-----	---------	-------

累積疲れ損傷係数  $D_{f2} = 0.001 \leq 0.1$

累積疲れ損傷係数  $D_f = D_{f1} + D_{f2} = 0.002 \leq 0.1$

※ S<sub>n</sub> に Sd1-4\_SdD 分を加算して評価

第 12.34 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 出口逆止弁 ふたボルト(1411V1A-B)(地震動：Sd5)

運 転 状 態	ひずみサイクル	最高金属温度 (°C)	回数 (n)	S <sub>n</sub> (MPa)	S <sub>p</sub> (MPa)	K <sub>e</sub>	S <sub>θ</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	N <sub>d</sub>	n/N <sub>d</sub>
運転状態 I, II 及び試験 状態	T	100	10	104	104	-	52	567	1000000	0.000
	2A01 C	405	210	22	22	-	11	474	1000000	0.000
	2B01 C	100	30	10	10	-	5	567	1000000	0.000
	1A01 C	35	435	3	3	-	2	588	1000000	0.000
	1B01 C	35	224	3	3	-	2	588	1000000	0.000

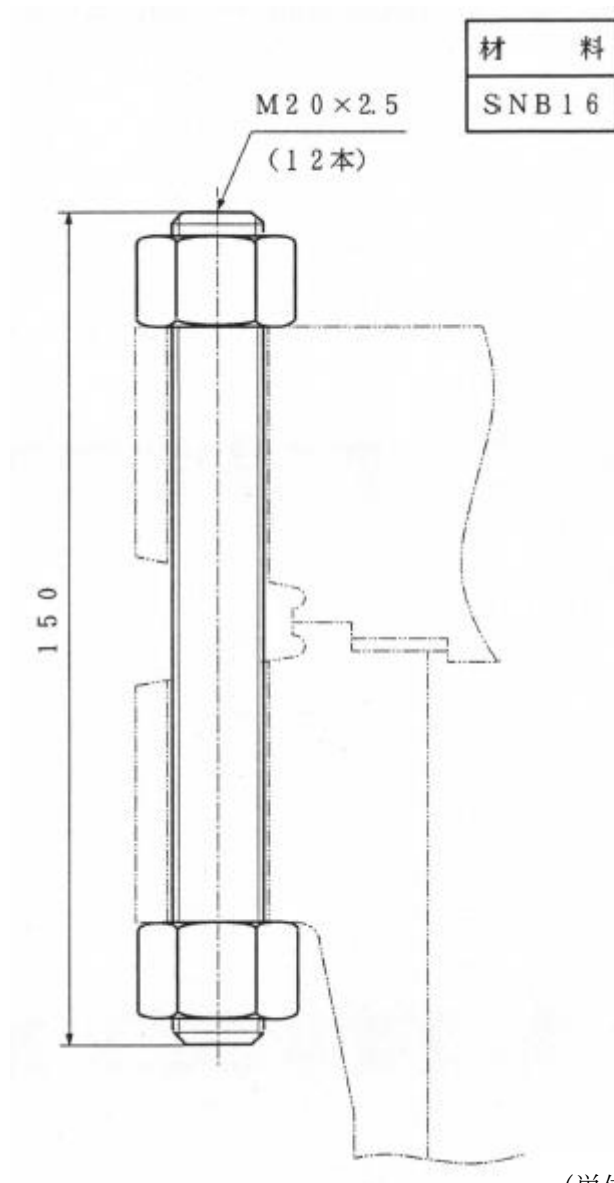
累積疲れ損傷係数  $D_{f1} = 0.001 \leq 0.1$

地震荷重 Sd	Sd	100	200	1	1	-	1	474	1000000	0.001
---------	----	-----	-----	---	---	---	---	-----	---------	-------

累積疲れ損傷係数  $D_{f2} = 0.001 \leq 0.1$

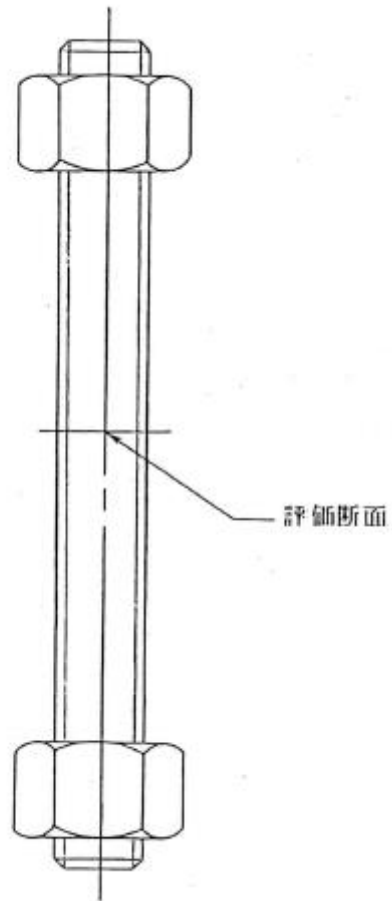
累積疲れ損傷係数  $D_f = D_{f1} + D_{f2} = 0.002 \leq 0.1$

※ S<sub>n</sub> に Sd5 分を加算して評価



(单位：mm)

第 12.9 図 形状、寸法及び材料



第 12.10 図 応力評価断面

## 12.5 弁箱(補助冷却器ヘリウム戻し弁(1411V2A, B))

### 12.5.1 形状、寸法及び材料

弁箱(補助冷却器ヘリウム戻し弁(1411V2A, B))の形状、寸法及び材料を第 12.11 図に示す。

### 12.5.2 機械的荷重

応力解析に用いる機械的荷重を第 12.35 表から第 12.38 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-13 補助ヘリウム循環機の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)を参照した。

### 12.5.3 応力評価

弁箱(補助冷却器ヘリウム戻し弁(1411V2A, B))の応力評価結果を第 12.39 表から第 12.53 表に示す。各評価結果に示すようにすべて許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、特別な応力制限の項目に関しては、記載した理由により評価の必要がない。

#### (1) 特別な応力制限

##### ① 支圧応力の制限

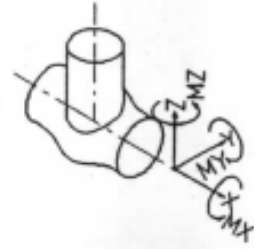
本計算箇所は、構造上支圧荷重を受ける部分ではない。

##### ② 純せん断応力の制限

本計算箇所は、構造上純粋にせん断荷重のみを受ける部分ではない。

##### ③ 3 軸応力の制限

本計算箇所は、内圧による応力が主であるため、周方向及び軸方向の応力に比べ、板厚方向の応力は十分に小さい。したがって、3 軸の主応力が接近することはない。

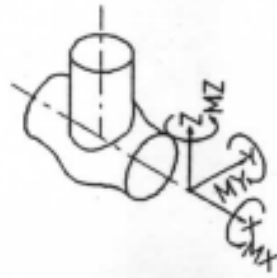


第 12.35 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	188	639	369	78	104	415
運転状態 II	188	639	369	78	104	415
	188	639	369	78	104	415
運転状態 III	188	639	369	78	104	415
	188	639	369	78	104	415
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 12.36 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Ss5 地震動					
	反力 ( $\times 10^4 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	171	621	438	88	114	429
運転状態 II	171	621	438	88	114	429
	171	621	438	88	114	429
運転状態 III	171	621	438	88	114	429
	171	621	438	88	114	429
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-



第 12.37 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	107	365	239	52	65	243
運転状態 II	107	365	239	52	65	243
	107	365	239	52	65	243
	107	365	239	52	65	243
運転状態 III	107	365	239	52	65	243
	107	365	239	52	65	243
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 12.38 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Sd5 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	97	357	275	57	69	250
運転状態 II	97	357	275	57	69	250
	97	357	275	57	69	250
	97	357	275	57	69	250
運転状態 III	97	357	275	57	69	250
	97	357	275	57	69	250
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 12.39 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 一次応力の制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 ヘリウム戻し弁 弁箱(1411V2A-B)

単位 (応力: MPa)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	時間 ( hr )	計算値	許容値	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	30	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	31	171	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	405	-	29	141	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	405	6.56	29	277	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	405	-	45	180	$K_s = 1.28$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	405	6.56	30	312	$K_t = 1.13$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	405	-	29	168	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	405	$3.30 \times 10^{-1}$	29	280	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	405	-	45	216	$K_s = 1.28$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	405	$3.30 \times 10^{-1}$	30	316	$K_t = 1.13$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma ( t_i / t_{mi} ) \leq B$	-	-	0.0	1.0	$B=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{bj} ) \leq 1.0$	-	-	0.0	1.0	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	405	-	29	283	$S_{mIV} = 2S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	405	$3.30 \times 10^{-1}$	29	283	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_{mIV}$	405	-	53	361	$K_s = 1.28$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	405	$3.30 \times 10^{-1}$	30	319	$K_t = 1.13$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma ( t_i / t_{Ri} ) \leq B_R$	-	-	0.0	1.0	$B_R=1.0$
	$\Sigma ( t_j / t_{Rbj} ) \leq 1.0$	-	-	0.0	1.0	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	38	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	38	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	48	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III 及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価



第 12.40 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 一次応力の制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 ヘリウム戻し弁 弁箱(1411V2A-B)

単位 (応力: MPa)

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値	許容値	備考
設計条件	$\langle P_m \rangle \leq S_o$	430	-	30	114	
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 1.5 S_o$	430	-	31	171	
運転状態 I、II、(T)	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_m$	405	-	29	141	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	405	6.56	29	277	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	405	-	45	180	$K_s = 1.28$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	405	6.56	30	312	$K_t = 1.13$
運転状態 III	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 1.2 S_m$	405	-	29	168	
	$\langle P_m \rangle \leq S_t$	405	$3.30 \times 10^{-1}$	29	280	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.2 K_s S_m$	405	-	45	216	$K_s = 1.28$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq K_t S_t$	405	$3.30 \times 10^{-1}$	30	316	$K_t = 1.13$
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i / t_{mi}) \leq B$	-	-	0.0	1.0	$B=1.0$
		-	-			
	$\Sigma (t_j / t_{bj}) \leq 1.0$	-	-	0.0	1.0	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq S_{mIV}$	405	-	29	283	$S_{mIV} = 2S_u/3$
	$\langle P_m \rangle \leq 2S_R/3$	405	$3.30 \times 10^{-1}$	29	283	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq K_s S_m$	405	-	54	361	$K_s = 1.28$
	$\langle P_L + P_b \rangle \leq 2K_t S_R/3$	405	$3.30 \times 10^{-1}$	30	319	$K_t = 1.13$
運転状態 I、II、III IV、(T)	$\Sigma (t_i / t_{ri}) \leq B_R$	-	-	0.0	1.0	$B_R=1.0$
		-	-			
	$\Sigma (t_j / t_{rbj}) \leq 1.0$	-	-	0.0	1.0	
試験状態	$\langle P_m + P_m^* \rangle \leq 0.9S_y$	100	-	38	241	
	$\langle P_L + P_L^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	38	361	
	$\langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* \rangle \leq 1.35S_y$	100	-	48	361	

(1) (T)は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第2の運用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I～III及び試験状態において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態IVにおいて短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価

第 12.41 表 クリープ効果の判定

補助ヘリウム冷却系主要弁 ヘリウム戻し弁 弁箱(1411V2A-B)

評価項目	計算値	判定値	判定
$2 \sum (t_i / t_{di}) \leq 0.1$	0.000	0.10	クリープ効果が顕著でない。
$\sum \varepsilon_i \leq 0.002$	0.0011	0.0020	

第 12.42 表 Sd1-4\_SdD 地震動 一次+二次応力の制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 ヘリウム戻し弁 弁箱(1411V2A-B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3\overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s (3\overline{S_m})$ ( MPa )	$S_n' \leq 3\overline{S_m}$ ( MPa )	備考
Sd	405	20 423	- -	- -	- -	
2A01-Sd C	405 20	- -	84 432	- -	- -	
2A01 C	405 20	- -	69 432	- -	- -	
$S_{rH} = 193$ (MPa)		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S1, 2A 01-S1 C の  $S_n^*$ ,  $S_n$  に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 12.43 表 Sd5 地震動 一次+二次応力の制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 ヘリウム戻し弁 弁箱(1411V2A-B) (地震動 : Sd5)

$$S_n^* = \langle P_L^* + P_b^* + Q^* \rangle_R$$

$$S_n = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle_R$$

$$S_n' = \langle P_L + P_L^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* - Q_{Tb} - Q_{Tb}^* \rangle_R$$

負荷サイクル	温度 ( °C )	$S_n^* \leq 3S_{mH}$ ( MPa )	$S_n \leq 3\overline{S_m}$ ( MPa )	$S_n \leq \beta_s (3\overline{S_m})$ ( MPa )	$S_n' \leq 3\overline{S_m}$ ( MPa )	備考
Sd	405	21 423	- -	- -	- -	
2A01-Sd C	405 20	- -	84 432	- -	- -	
2A01 C	405 20	- -	69 432	- -	- -	
$S_{rH} = 193$ (MPa)		$\beta_s = 2.5$				

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S1, 2A 01-S1 C の  $S_n^*$ ,  $S_n$  に Sd5 分を付加して評価

第 12.44 表 Sd1-4\_SdD 地震動 熱応力ラチェットの制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 ヘリウム戻し弁 弁箱(1411V2A-B) (地震動：Sd1-4\_SdD)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
I, II, III 試験状態	$\sigma_s \leq (\text{制限値}^{(1)}) \cdot S_y$	405	48	1386	$\sigma_p / S_y = 0.18$

注記(1) 評価項目における制限値は、「IV-イ-1 高温ガス炉第 1 種弁の強度計算書作成の基本方針」第 5.6.3 項の表-5.6.3 の下欄に記載された値である。

第 12.45 表 Sd5 地震動 熱応力ラチェットの制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 ヘリウム戻し弁 弁箱(1411V2A-B) (地震動：Sd5)

運転状態	評価項目	温度 ( °C )	計算値 ( MPa )	許容値 ( MPa )	備考
I, II, III 試験状態	$\sigma_s \leq (\text{制限値}^{(1)}) \cdot S_y$	405	49	1386	$\sigma_p / S_y = 0.18$

注記(1) 評価項目における制限値は、「IV-イ-1 高温ガス炉第 1 種弁の強度計算書作成の基本方針」第 5.6.3 項の表-5.6.3 の下欄に記載された値である。

第 12.46 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 ヘリウム戻し弁 弁箱(1411V2A-B) (地震動：Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s (3S_{mH})$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	405	32 1059	0.14	0.15	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 12.47 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 ヘリウム戻し弁 弁箱(1411V2A-B) (地震動：Ss5)

$$X_s = \langle P_L + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 ( °C )	$S_n^* \leq \beta_s (3S_{mH})$ ( MPa )	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	405	33 1059	0.14	0.16	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価

第 12.48 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

補助ヘリウム冷却系主要弁 ヘリウム戻し弁 弁箱(1411V2A-B)(地震動：Sd1-4\_SdD)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (℃)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> (MPa)	—	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> (MPa)			
2A01-Sd C	405	1	85	4.67×10 <sup>-4</sup>	9.85×10 <sup>-5</sup>	1.0	1.0	6.34×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
2A01 C	405	209	70	3.85×10 <sup>-4</sup>	9.85×10 <sup>-5</sup>	1.0	1.0	5.52×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.001	C
Sd	405	199	20	1.08×10 <sup>-4</sup>	9.85×10 <sup>-5</sup>	1.0	1.0	2.76×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.001	A
T	100	10	75	—	75	—	—	38	1000000	0.000	D
2B01 C	100	30	59	—	59	—	—	30	1000000	0.000	D
1A01 C	35	435	54	—	54	—	—	27	1000000	0.001	D
1B01 C	35	224	54	—	54	—	—	27	1000000	0.001	D
K <sub>T</sub> = 1.7                      D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>di</sub> ) = 0.004											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認ひずみサイクル 2A 01-S1 C、S1 の S<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 12.49 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の算定(その 2)

補助ヘリウム冷却系主要弁 ヘリウム戻し弁 弁箱(1411V2A-B)(地震動：Sd5)

$$\varepsilon_t = K_\varepsilon \varepsilon_n + K_T \varepsilon_F$$

ひずみサイクル	最高金属温度 (℃)	回数 n	S <sub>n</sub> (MPa)	ε <sub>n</sub>	ε <sub>F</sub>	K	K <sub>ε</sub>	ε <sub>t</sub>	N <sub>d</sub>	n / N <sub>d</sub>	備考
				—	S <sub>p</sub> (MPa)	—	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> (MPa)			
2A01-Sd C	405	1	85	4.68×10 <sup>-4</sup>	9.85×10 <sup>-5</sup>	1.0	1.0	6.36×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.000	C
2A01 C	405	209	70	3.85×10 <sup>-4</sup>	9.85×10 <sup>-5</sup>	1.0	1.0	5.52×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.001	C
Sd	405	199	21	1.10×10 <sup>-4</sup>	9.85×10 <sup>-5</sup>	1.0	1.0	2.77×10 <sup>-4</sup>	1000000	0.001	A
T	100	10	75	—	75	—	—	38	1000000	0.000	D
2B01 C	100	30	59	—	59	—	—	30	1000000	0.000	D
1A01 C	35	435	54	—	54	—	—	27	1000000	0.001	D
1B01 C	35	224	54	—	54	—	—	27	1000000	0.001	D
K <sub>T</sub> = 1.7                      D <sub>f</sub> = Σ ( n <sub>i</sub> / N <sub>d i</sub> ) = 0.004											

(1) 備考の記号の意味は、次のとおりである。

- A : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (A)
- B : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (B)
- C : 材料強度基準等に示す許容ひずみ範囲 (C)
- D : 「構造等の技術基準」別図第 1 による。

(2) 二段表示記号の下段の(S<sub>p</sub>, K<sub>e</sub>, S<sub>ℓ</sub>)は、ひずみサイクルが「構造等の技術基準」別表第 2 の温度範囲内にある場合に用いる。

※ 既往の設工認ひずみサイクル 2A 01-S1 C、S1 の S<sub>n</sub>に Sd5 分を付加して評価

第 12.50 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

補助ヘリウム冷却系主要弁 ヘリウム戻し弁 弁箱(1411V2A-B)(地震動：Sd1-4\_SdD)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
2A01	80	432	0	0.0	0.0	$S_g = 193$ (MPa) $T = 405$ (°C)
$D_{C2} = D_o^* + \sum ( n^* D^* ) = 0.0$ ( $D_o^* = 0.0$ ) $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.1$ ( $D_{C1} = 0.0$ )						

(1)  $n^*$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
2A01-Sd C	$6.34 \times 10^{-4}$	$2.38 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
$T = 405$ (°C) $D_{CP} = \sum n D^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。



第 12.51 表 Sd5 地震動 累積クリープ損傷係数の算定(その 2)

補助ヘリウム冷却系主要弁 ヘリウム戻し弁 弁箱(1411V2A-B)(地震動：Sd5)

( 1 / 2 )  $D_{CN}$  の算定

ひずみサイクル	$S_n$ ( MPa )	$3\bar{S}_m$ ( MPa )	$n^*$	$D^*$	$n^* D^*$	備考
2A01	81	432	0	0.0	0.0	$S_g = 193$ (MPa) $T = 405$ (°C)
$D_{C2} = D_o^* + \sum ( n^* D^* ) = 0.0$ ( $D_o^* = 0.0$ ) $D_{CN} = D_{C1} + D_{C2} = 0.1$ ( $D_{C1} = 0.0$ )						

(1)  $n^*$  は、 $S_n$  が  $3\bar{S}_m$  を超えた回数を示す。

( 2 / 2 )  $D_{CP}$  の算定

ひずみサイクル	$\epsilon_t$	$\text{Max} ( 3\bar{S}_m/E, 2S_g/E )$	$n$	$D^{**}$	$n D^{**}$	備考
2A01-Sd C	$6.36 \times 10^{-4}$	$2.38 \times 10^{-3}$	1	0.0	0.0	$3\bar{S}_m/E$
$T = 405$ (°C) $D_{CP} = \sum n D^{**} = 0.0$						

(1) 備考には  $3\bar{S}_m/E$  又は  $2S_g/E$  のうち大きい方を示す。

第 12.52 表 Sd1-4\_SdD 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 ヘリウム戻し弁 弁箱(1411V2A-B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

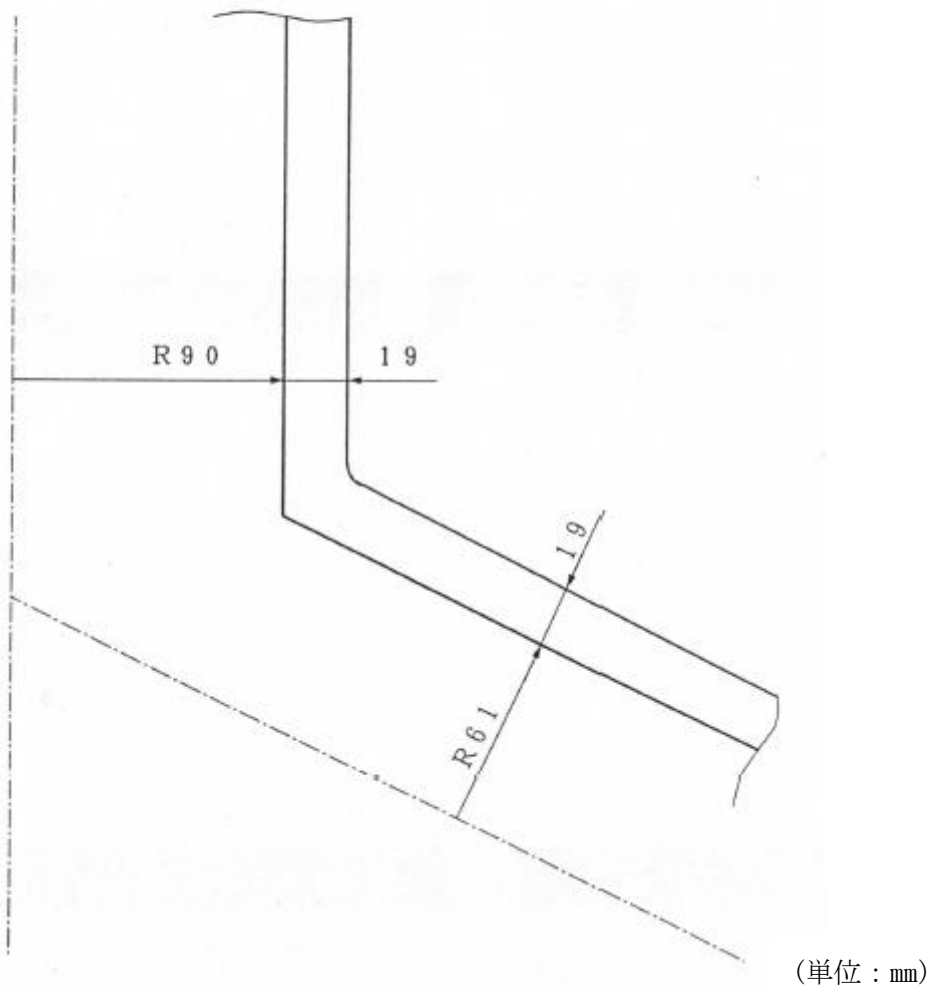
評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.004	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.100$ $D_{CP} = 0.0$				

第 12.53 表 Sd5 地震動 クリープ疲れ損傷の制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 ヘリウム戻し弁 弁箱(1411V2A-B) (地震動 : Sd5)

評価項目	$D_f$	$D_c$	$D_f + D_c$	許容値
$D_f + D_c \leq D$	0.004	0.100	0.11	0.86
$D_c = D_{CN} + D_{CP}$ $D_{CN} = 0.100$ $D_{CP} = 0.0$				

材 料
SFVA F22B



第 12.11 図 形状、寸法及び材料

## 12.6 ふたボルト(補助冷却器ヘリウム戻し弁(1411V2A, B))

### 12.6.1 形状、寸法及び材料

ふたボルト(補助冷却器ヘリウム戻し弁(1411V2A, B))の形状、寸法及び材料を第 12.12 図に示す。

### 12.6.2 機械的荷重

応力解析に用いる機械的荷重を第 12.54 表から第 12.57 表に示す。自重等の荷重値は、「IV-イ-13 補助ヘリウム循環機の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)を参照した。

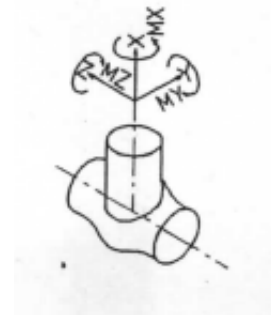
### 12.6.3 応力評価断面

応力評価を実施する断面を第 12.13 図に示す。

### 12.6.4 応力評価

ふたボルト(補助冷却器ヘリウム戻し弁(1411V2A, B))の応力評価結果を第 12.58 表から第 12.65 表に示す。各評価結果に示すようにすべて許容値を満足している。各表の計算値は、既往の設工認の評価に対して地震動から得られた評価値を加算したものである。

なお、累積クリープ損傷係数の制限に関しては、最高断面平均金属温度が、運転状態Ⅰ、Ⅱ及び試験状態において、「構造等の技術基準」付 1.6-(a)表の適用温度範囲に達することがないため評価の必要がない。

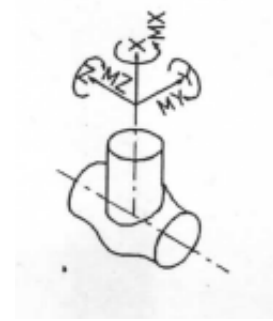


第 12.54 表 Ss1-4\_SsD 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Ss1-4_SsD 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	903	186	203	0	126	158
運転状態 II	903	186	203	0	126	158
	903	186	203	0	126	158
	903	186	203	0	126	158
運転状態 III	903	186	203	0	126	158
	903	186	203	0	126	158
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 12.55 表 Ss5 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Ss5 地震動					
	反力 ( $\times 10 \text{ N}$ )			モーメント ( $\times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	892	166	240	0	117	139
運転状態 II	892	166	240	0	117	139
	892	166	240	0	117	139
	892	166	240	0	117	139
運転状態 III	892	166	240	0	117	139
	892	166	240	0	117	139
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-



第 12.56 表 Sd1-4\_SdD 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Sd1-4_SdD 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	515	104	128	0	74	99
運転状態 II	515	104	128	0	74	99
	515	104	128	0	74	99
	515	104	128	0	74	99
運転状態 III	515	104	128	0	74	99
	515	104	128	0	74	99
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 12.57 表 Sd5 地震動 機械的荷重

	配管反力					
	Sd5 地震動					
	反力 ( × 10 N )			モーメント ( × 10 <sup>4</sup> N・mm )		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
設計条件	-	-	-	-	-	-
運転状態 I	513	93	149	0	68	82
運転状態 II	513	93	149	0	68	82
	513	93	149	0	68	82
	513	93	149	0	68	82
運転状態 III	513	93	149	0	68	82
	513	93	149	0	68	82
運転状態 IV	-	-	-	-	-	-
試験状態	-	-	-	-	-	-

第 12.58 表 Ss1-4\_SsD 地震動及び Sd1-4\_SdD 地震動 ボルト等の一次応力及び二次応力の制限

補助ヘリウム冷却系主要弁 ヘリウム戻し弁 ふたボルト(1411V2A-B)

単位 (応力: MPa)

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値	許容値	備考
設計条件	$\sigma_m \leq S_{oB}$	430	-	97	135	
運転状態 I、II、III、 (T)	$\langle \sigma_m \rangle \leq S_{mtB}$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_{mB}$	405	-	120	315	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_{mtB}$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq 3S_{mB}$	405	-	120	473	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_{mtB}$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III (T)	$\Sigma (t_i/t_{mi}) \leq B$	-	-	-	1.0	B= 1.0
	$\Sigma (t_j/t_{bj}) \leq 1.0$	-	-	-	1.0	
		-	-	-	-	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_u/3$	405	-	122	388	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq S_u$	405	-	122	582	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、 IV、(T)	$\Sigma (t_i/t_{Ri}) \leq B_R$	-	-	-	1.0	B <sub>R</sub> = 1.0
	$\Sigma (t_j/t_{Rbj}) \leq 1.0$	-	-	-	1.0	
		-	-	-	-	

(1) (T) は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 12.59 表 Ss5 地震動及び Sd5 地震動 ボルト等の一次応力及び二次応力の制限  
 補助ヘリウム冷却系主要弁 ヘリウム戻し弁 ふたボルト(1411V2A-B)

単位 (応力: MPa)

運転状態	評価項目	温度 (°C)	時間 (hr)	計算値	許容値	備考
設計条件	$\sigma_m \leq S_{oB}$	430	-	97	135	
運転状態 I、II、III、 (T)	$\langle \sigma_m \rangle \leq S_{mtB}$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_{mB}$	405	-	119	315	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_{mtB}$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq 3S_{mB}$	405	-	119	473	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_{mtB}$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III(T)	$\Sigma (t_i/t_{mi}) \leq B$	-	-	-	1.0	B= 1.0
	$\Sigma (t_j/t_{bj}) \leq 1.0$	-	-	-	1.0	
運転状態 IV	$\langle P_m + P_m^* + Q_m + Q_m^* \rangle \leq 2S_u/3$	405	-	122	388	
	$\langle P_m + Q_m \rangle \leq 2S_R/3$	-	-	-	-	
	$\langle P_m + P_m^* + P_b + P_b^* + Q + Q^* \rangle \leq S_u$	405	-	122	582	
	$\langle P_m + P_b + Q \rangle \leq 2K_t S_R/3$	-	-	-	-	
運転状態 I、II、III、 IV、(T)	$\Sigma (t_i/t_{ri}) \leq B_R$	-	-	-	1.0	B <sub>R</sub> = 1.0
	$\Sigma (t_j/t_{rbj}) \leq 1.0$	-	-	-	1.0	
		-	-	-	1.0	

(1) (T) は、試験状態のうち「構造等の技術基準」別表第 2 の適用温度範囲を超える試験状態を示す。

※ 運転状態 I ~ III において短期荷重による応力(\*付応力)に Sd5 分を付加して評価

※ 運転状態 IV において短期荷重による応力(\*付応力)に Ss5 分を付加して評価



第 12.60 表 Sd1-4\_SdD 地震動 Sa の制限

補助ヘリウム冷却系主要弁\_ヘリウム戻し弁\_ふたボルト (1411V2A-B) (地震動 : Sd1-4\_SdD)

$T_o = 478$  (°C)

$P' = \langle P_m + P_m^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 100$  (MPa)

$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$

負荷サイクル	断面平均金属温度 (°C)	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度 (°C)
2A 01-Sd C	405 20	19	119 531	S <sub>y</sub>	405 20

※ P' に Sd1-4\_SdD 分を付加して評価

第 12.61 表 Sd5 地震動 Sa の制限

補助ヘリウム冷却系主要弁\_ヘリウム戻し弁\_ふたボルト (1411V2A-B) (地震動 : Sd5)

$T_o = 478$  (°C)

$P' = \langle P_m + P_m^* + (P_b + P_b^*) / K_t \rangle_{\max} = 100$  (MPa)

$Q' = \langle Q + Q^* \rangle_R$

負荷サイクル	断面平均金属温度 (°C)	$\langle Q + Q^* \rangle_R$ (MPa)	$P' + Q' \leq S_a$ (MPa)	備考	
				S <sub>a</sub> の評価式	温度 (°C)
2A 01-Sd C	405 20	19	119 531	S <sub>y</sub>	405 20

※ P' に Sd5 分を付加して評価

第 12.62 表 Ss1-4\_SsD 地震動 メカニカルラチェットの制限

補助ヘリウム冷却系主要弁\_ヘリウム戻し弁\_ふたボルト(1411V2A-B)(地震動：Ss1-4\_SsD)

$$X_s = \langle P_m + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 (°C)	$S_n^* \leq \beta_s (3S_{mH})$ (MPa)	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	405	8 1456	0.33	0.03	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss1-4\_SsD 分を付加して評価

第 12.63 表 Ss5 地震動 メカニカルラチェットの制限

補助ヘリウム冷却系主要弁\_ヘリウム戻し弁\_ふたボルト(1411V2A-B)(地震動：Ss5)

$$X_s = \langle P_m + P_b \rangle / (1.5 S_{mH})$$

$$Y_s = S_n^* / (1.5 S_{mH})$$

負荷サイクル	最高金属温度 (°C)	$S_n^* \leq \beta_s (3S_{mH})$ (MPa)	$X_s$	$Y_s$	領域	許容領域
Ss	405	7 1456	0.33	0.03	E	E, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , P
$\beta_s = 2.5$						

※ 既往の設工認評価負荷サイクル S2 の  $S_n^*$ に Ss5 分を付加して評価

第 12.64 表 Sd1-4\_SdD 地震動 累積疲れ損傷係数の制限

補助ヘリウム冷却系主要弁\_ヘリウム戻し弁\_ふたボルト(1411V2A-B)(地震動：Sd1-4\_SdD)

運 転 状 態	ひずみサイク ル	最高金属温度 (°C)	回数 (n)	S <sub>n</sub> (MPa)	S <sub>p</sub> (MPa)	K <sub>e</sub>	S <sub>ℓ</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	N <sub>d</sub>	n/N <sub>d</sub>
運転状態 I, II 及び試験 状態	T	100	10	105	105	-	53	567	1000000	0.000
	2A 01 C	405	210	19	19	-	10	474	1000000	0.000
	2B 01 C	100	30	10	10	-	5	567	1000000	0.000
	1A 01 C	35	435	3	3	-	2	588	1000000	0.000
	1B 01 C	35	224	3	3	-	2	588	1000000	0.000

累積疲れ損傷係数  $D_{f1} = 0.001 \leq 0.1$

地震荷重 Sd	Sd	100	200	5	5	-	3	474	1000000	0.001
---------	----	-----	-----	---	---	---	---	-----	---------	-------

累積疲れ損傷係数  $D_{f2} = 0.001 \leq 0.1$

累積疲れ損傷係数  $D_f = D_{f1} + D_{f2} = 0.002 \leq 0.1$

※ S<sub>n</sub>に Sd1-4\_SdD 分を加算して評価

第 12.65 表 Sd5 地震動 累積疲れ損傷係数の制限

補助ヘリウム冷却系主要弁\_ヘリウム戻し弁\_ふたボルト(1411V2A-B)(地震動：Sd5)

運 転 状 態	ひずみサイク ル	最高金属温度 (°C)	回数 (n)	S <sub>n</sub> (MPa)	S <sub>p</sub> (MPa)	K <sub>e</sub>	S <sub>0</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	N <sub>d</sub>	n/N <sub>d</sub>
運転状態 I, II 及び試験状 態	T	100	10	105	105	-	53	567	1000000	0.000
	2A 01 C	405	210	19	19	-	10	474	1000000	0.000
	2B 01 C	100	30	10	10	-	5	567	1000000	0.000
	1A 01 C	35	435	3	3	-	2	588	1000000	0.000
	1B 01 C	35	224	3	3	-	2	588	1000000	0.000

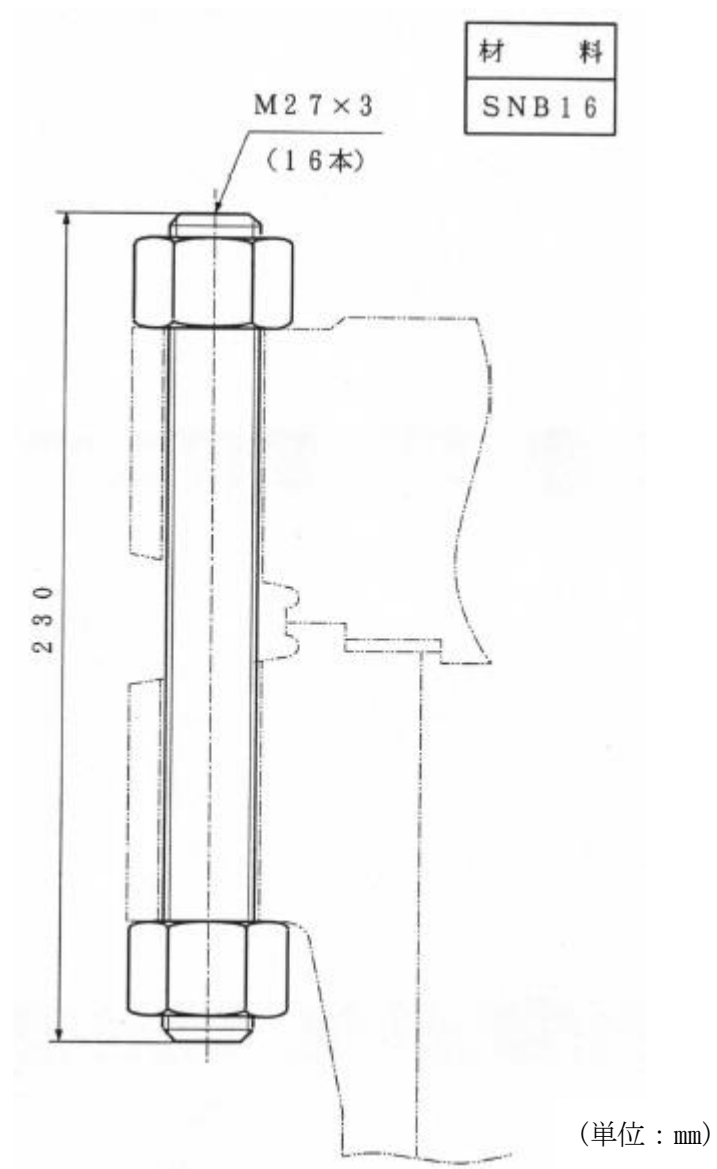
累積疲れ損傷係数  $D_{f1} = 0.001 \leq 0.1$

地震荷重 Sd	Sd	100	200	4	4	-	2	474	1000000	0.001
---------	----	-----	-----	---	---	---	---	-----	---------	-------

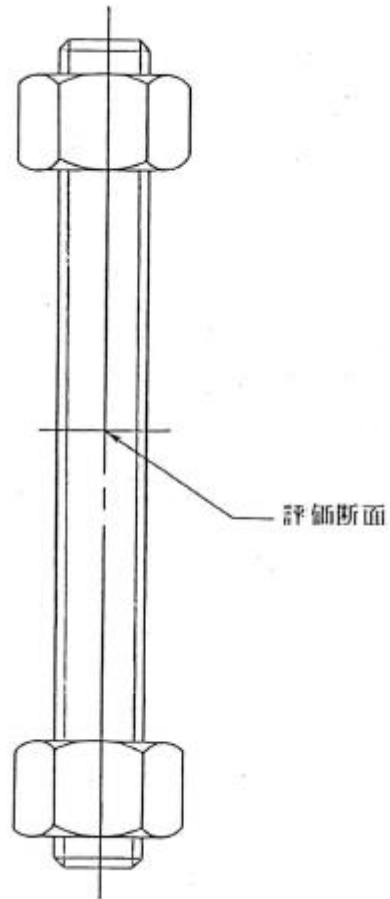
累積疲れ損傷係数  $D_{f2} = 0.001 \leq 0.1$

累積疲れ損傷係数  $D_f = D_{f1} + D_{f2} = 0.002 \leq 0.1$

※ S<sub>n</sub> に Sd5 分を加算して評価



第 12.12 図 形状、寸法及び材料



第 12.13 図 応力評価断面

13. 原子炉冷却材圧力バウンダリに接続する配管(原子炉格納容器内のもの)

13.1 1次ヘリウム純化設備配管(その1)

(1) アイソメ図

アイソメ図を第 13.1 図に示す。

(2) モデル図

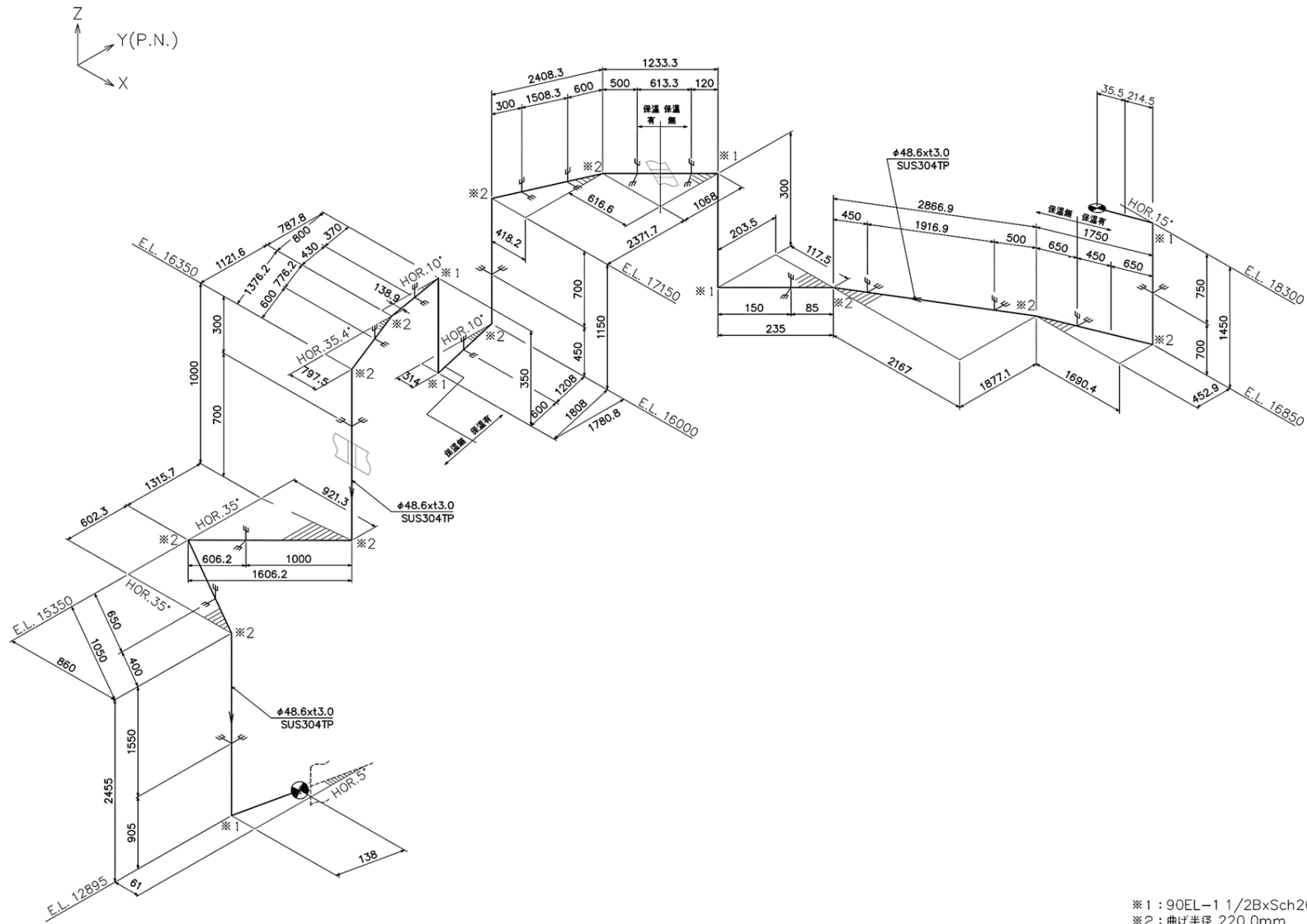
解析モデル図を第 13.2 図及び第 13.3 図に示す。

(3) 配管諸元

配管諸元を第 13.1 表に示す。

(4) 応力評価結果

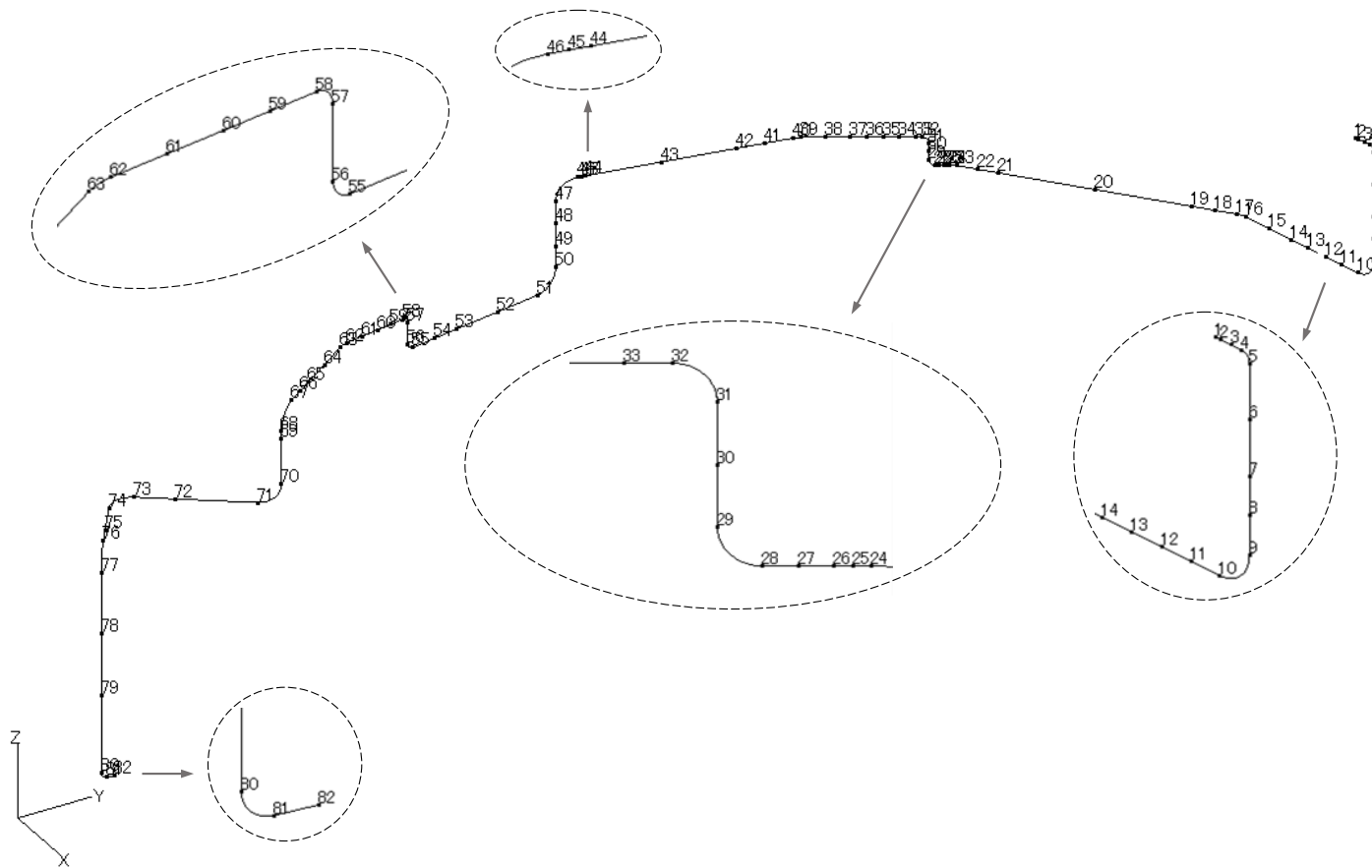
応力評価結果を第 13.2 表及び第 13.3 表に示す。



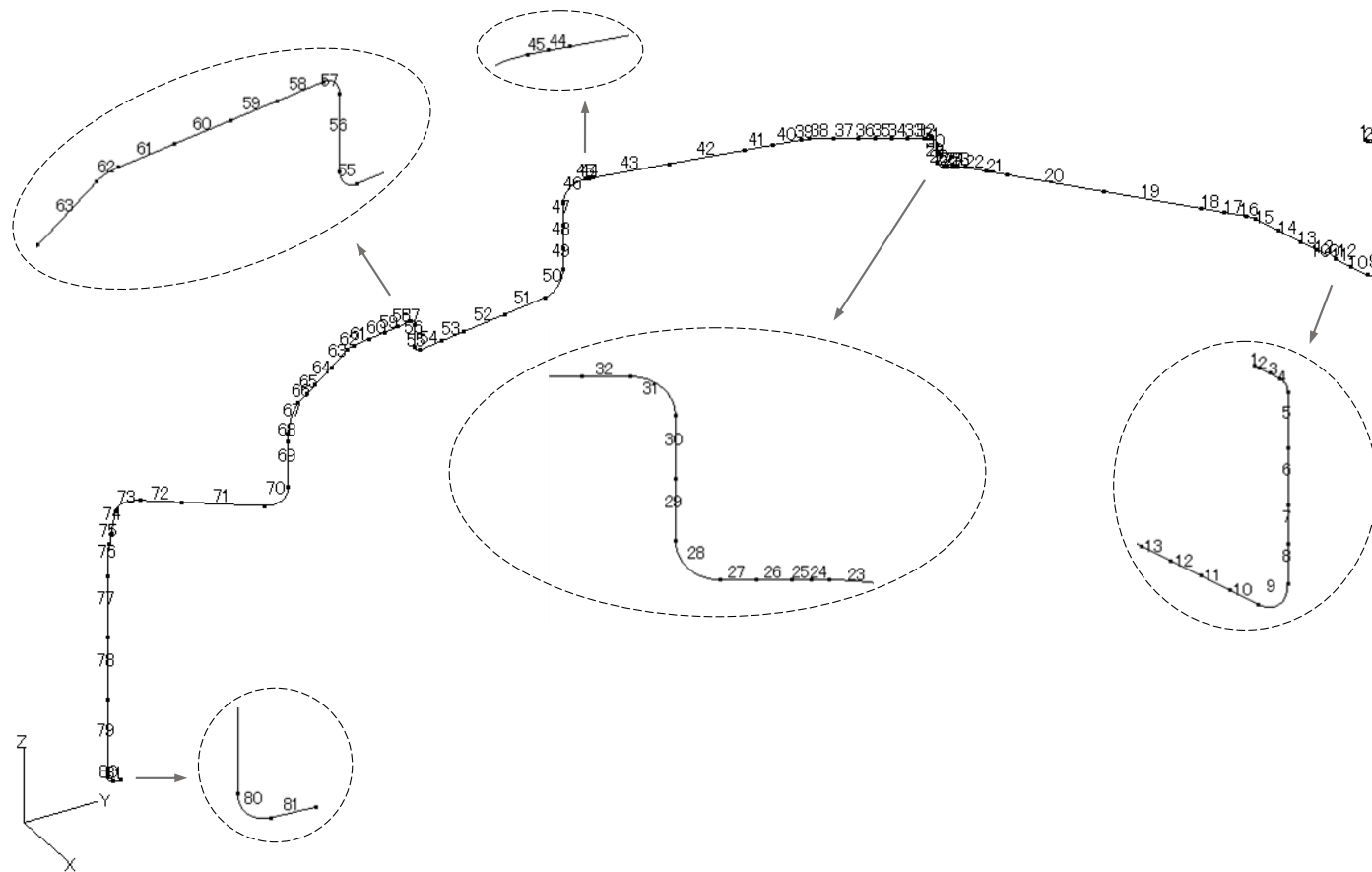
第 13.1 図 1 次ヘリウム純化設備配管(その 1)のアイソメ図

添 1 - 4 - 4 - 1202





第 13.2 図 1 次ヘリウム純化設備配管(その 1)の解析モデル図(節点番号)



第 13.3 図 1 次ヘリウム純化設備配管(その 1)の解析モデル図(要素番号)

添 1 - 4 - 4 - 1204

第 13.1 表 1 次ヘリウム純化設備配管(その 1)の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (℃)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-2	48.6	5.1	STPA24	4.7	150	$2.03 \times 10^5$	0.30	5.7	有り
2-14	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	150	$1.86 \times 10^5$	0.30	3.6	有り
14-40	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	150	$1.86 \times 10^5$	0.30	3.4	無し
40-55	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	150	$1.86 \times 10^5$	0.30	3.6	有り
55-82	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	150	$1.86 \times 10^5$	0.30	3.4	無し

第 13.2 表 1 次ヘリウム純化設備配管(その 1)の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力 MPa	②自重 応力 MPa	③地震 応力 MPa	計算応力 ①+②+③ MPa	許容応力 MPa
65	III <sub>A</sub> S	19	4	5	28	155

第 13.3 表 1 次ヘリウム純化設備配管(その 1)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力 MPa	②二次応力 MPa	計算応力 ①+② MPa	許容応力 MPa
49	III <sub>A</sub> S	11	0	11	310

### 13.2 1次ヘリウム純化設備配管(その2)

#### (1) アイソメ図

アイソメ図を第 13.4 図に示す。

#### (2) モデル図

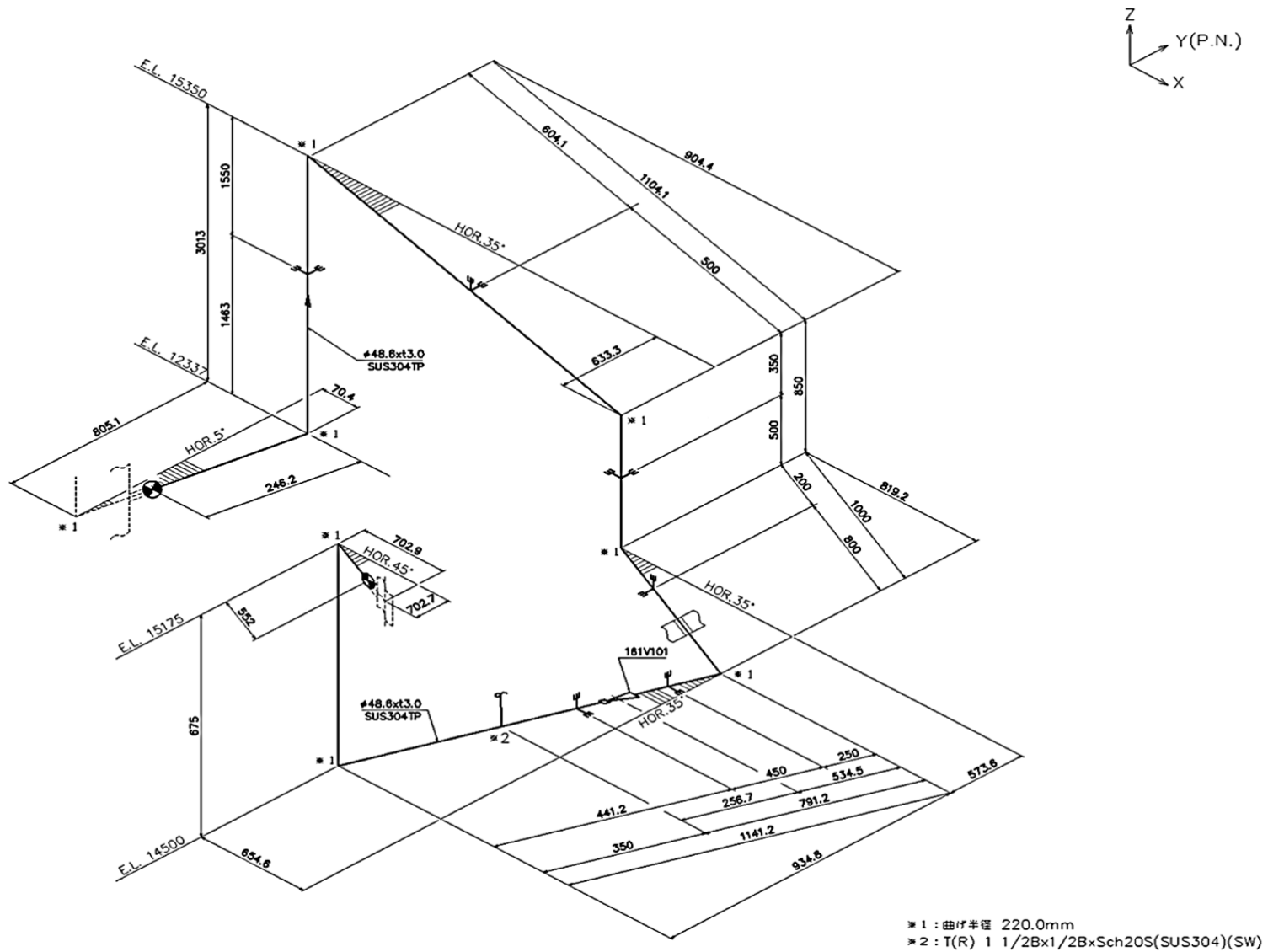
解析モデル図を第 13.5 図に示す。

#### (3) 配管諸元

配管諸元を第 13.4 表に示す。

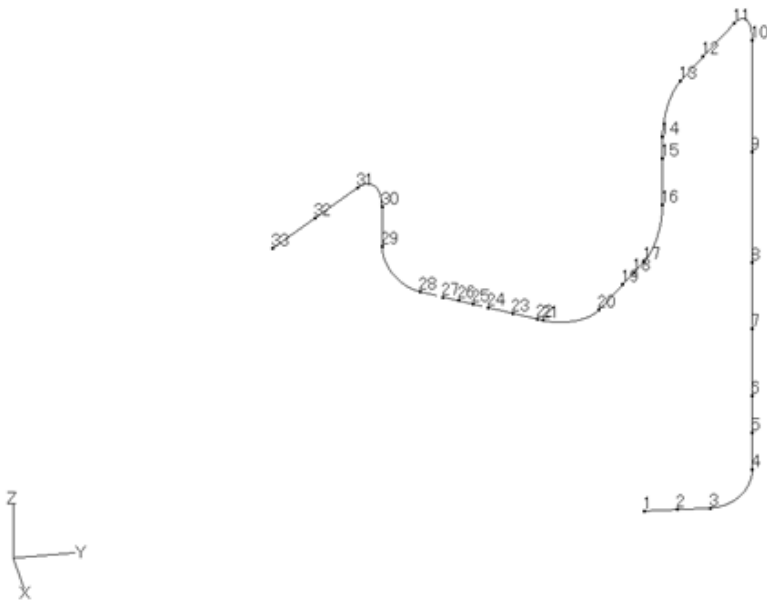
#### (4) 応力評価結果

応力評価結果を第 13.5 表及び第 13.6 表に示す。

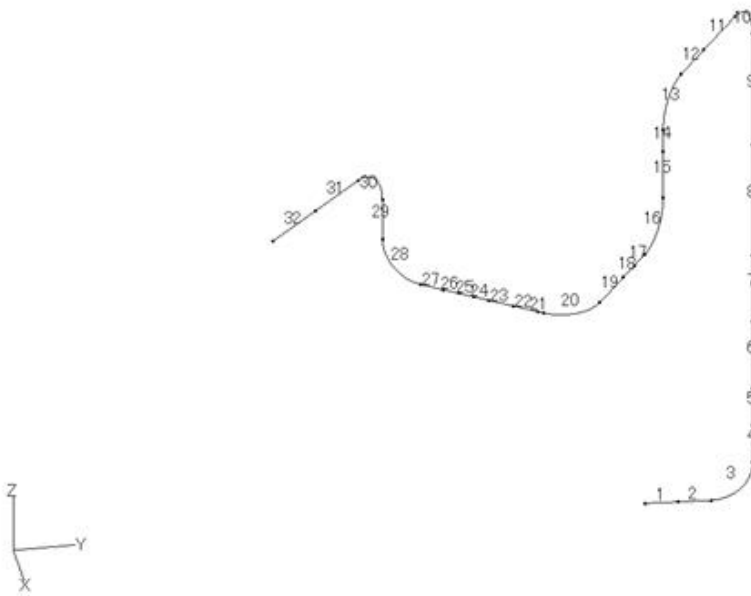


第 13.4 図 1 次ヘリウム純化設備配管(その 2)のアイソメ図

添 1 - 4 - 4 - 1207



(節点番号)



(要素番号)

第 13.5 図 1 次ヘリウム純化設備配管(その 2)の解析モデル図

第 13.4 表 1 次ヘリウム純化設備配管(その 2)の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-6	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	3.4	無し
6-33	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	3.6	有り

第 13.5 表 1 次ヘリウム純化設備配管(その 2)の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力 MPa	②自重 応力 MPa	③地震 応力 MPa	計算応力 ①+②+③ MPa	許容応力 MPa
1	III <sub>A</sub> S	19	11	6	36	155

第 13.6 表 1 次ヘリウム純化設備配管(その 2)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力 MPa	②二次応力 MPa	計算応力 ①+② MPa	許容応力 MPa
33	III <sub>A</sub> S	17	0	17	310

### 13.3 1次ヘリウム純化設備配管(その3)

#### (1) アイソメ図

アイソメ図を第 13.6 図に示す。

#### (2) モデル図

解析モデル図を第 13.7 図及び第 13.8 図に示す。

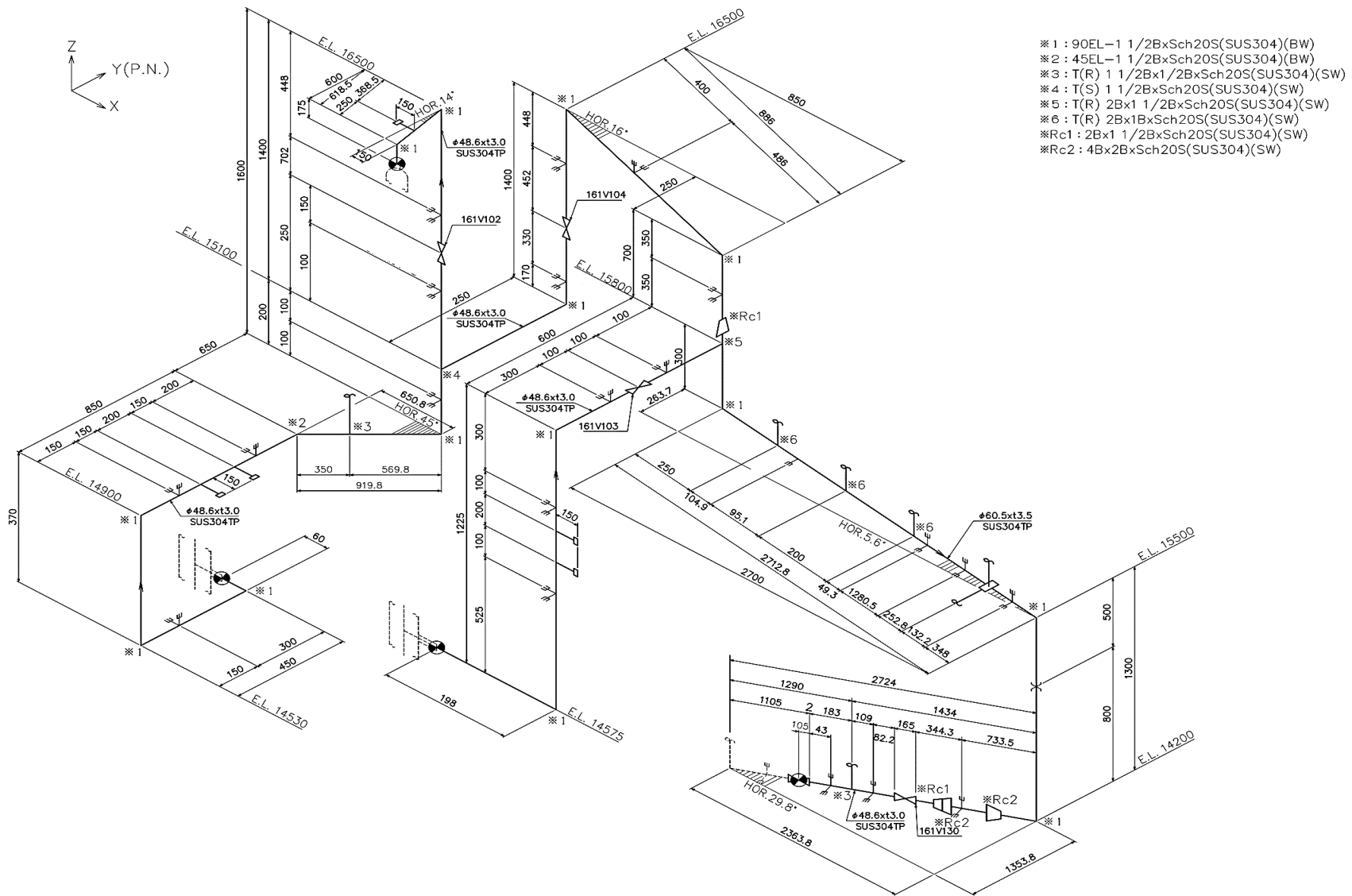
#### (3) 配管諸元

配管諸元を第 13.7 表に示す。

#### (4) 応力評価結果

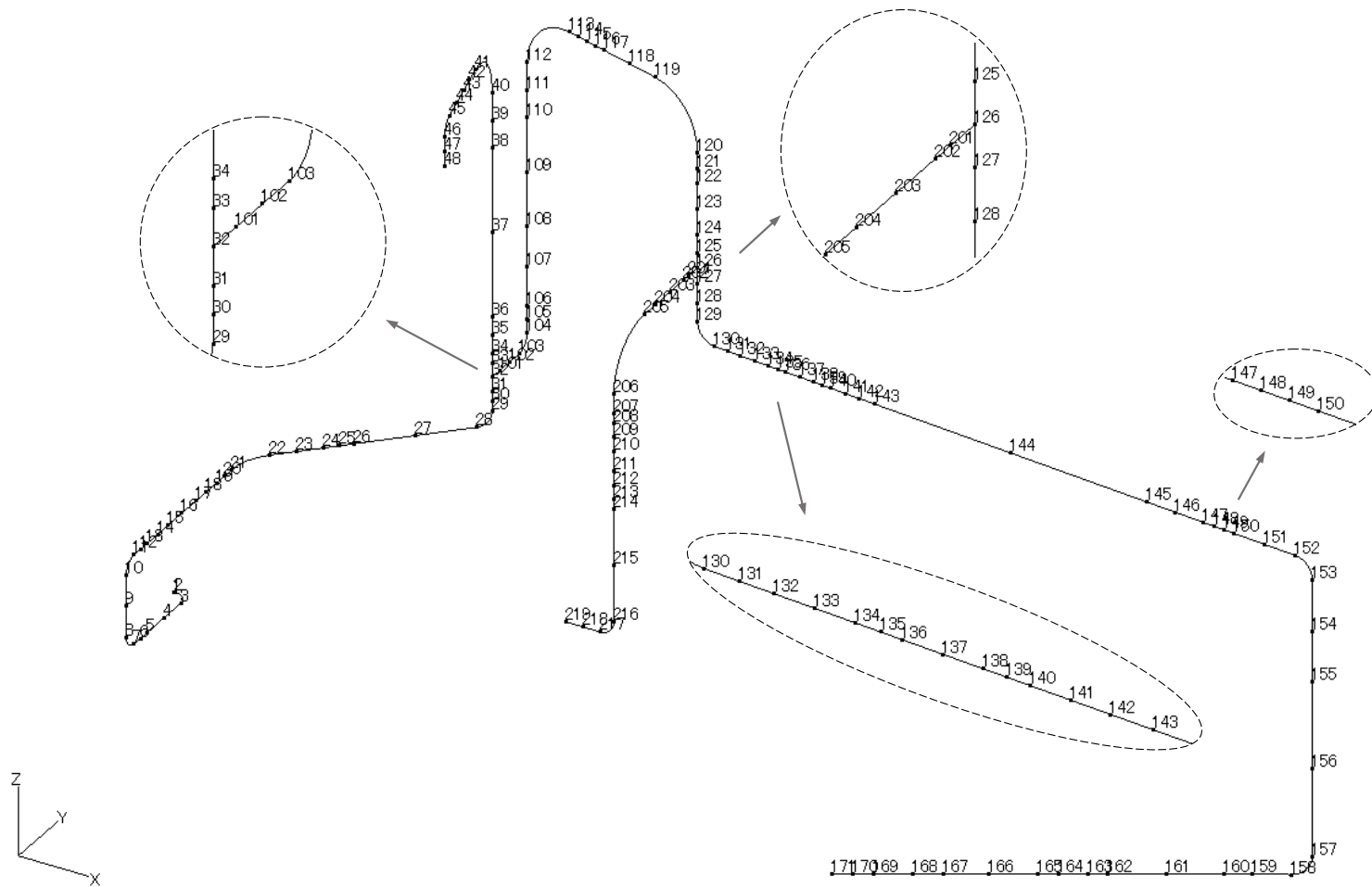
応力評価結果を第 13.8 表及び第 13.9 表に示す。



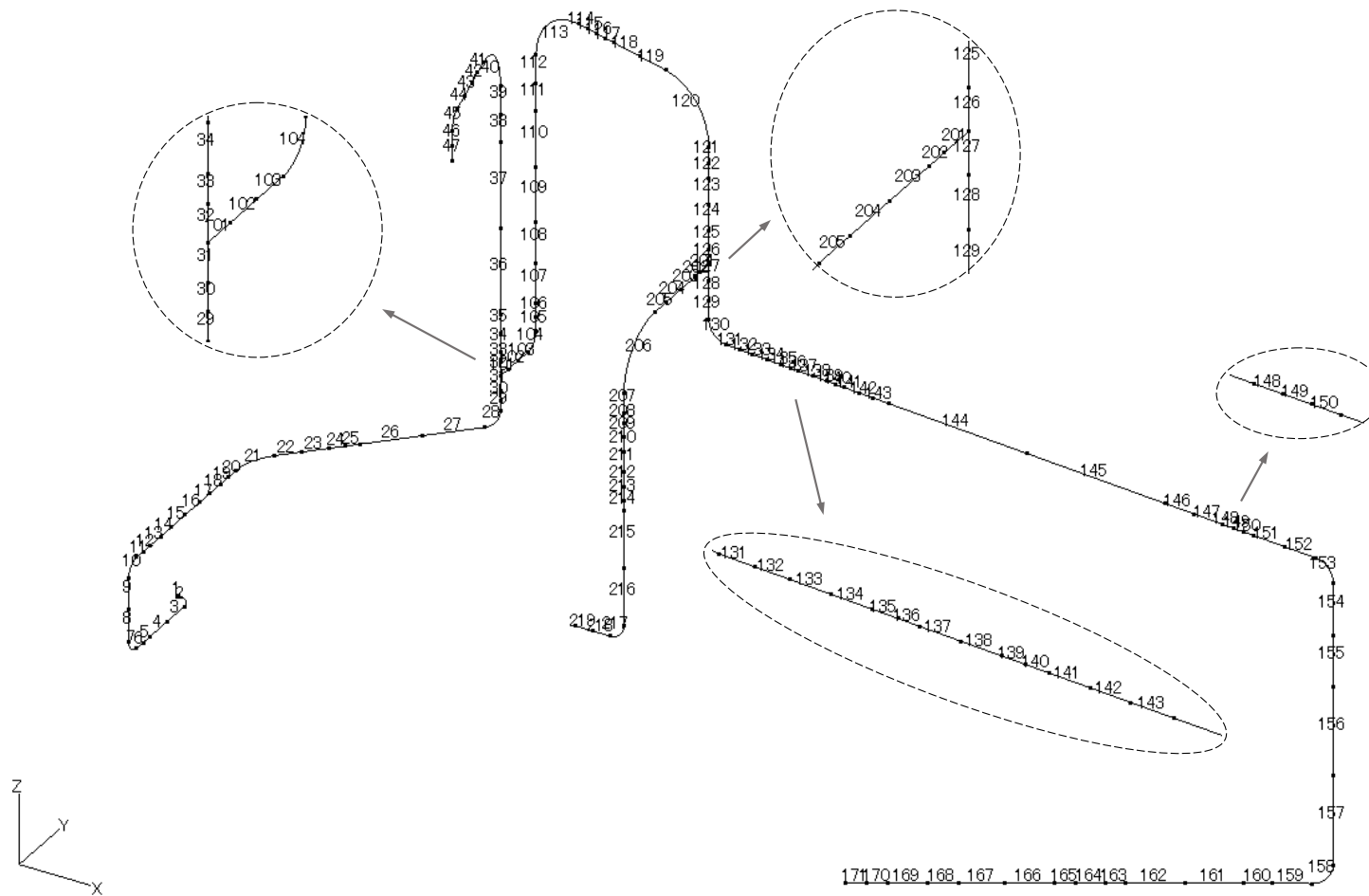


第 13.6 図 1 次ヘリウム純化設備配管(その 3)のアイソメ図

添 1 - 4 - 4 - 1211



第 13.7 図 1 次ヘリウム純化設備配管(その 3)の解析モデル図(節点番号)



第 13.8 図 1 次ヘリウム純化設備配管(その 3)の解析モデル図(要素番号)

添 1 - 4 - 4 - 1213

第 13.7 表 1 次ヘリウム純化設備配管(その 3)の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン 比	配管質 量 (kg/m)	保温 材
1-48	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	3.4	無し
32-104	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	3.4	無し
104-124	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	3.6	有り
124-125	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	5.2	有り
125-159	60.5	3.5	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	5.2	有り
159-160	60.5	3.5	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	11.4	有り
160-163	114.3	4.0	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	11.4	有り
163-164	60.5	3.5	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	11.4	有り
164-165	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	5.2	有り
165-171	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	3.6	有り
126-216	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	3.6	有り
216-219	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	3.4	無し

第 13.8 表 1 次ヘリウム純化設備配管(その 3)の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力 MPa	②自重 応力 MPa	③地震 応力 MPa	計算応力 ①+②+③ MPa	許容応力 MPa
117	Ⅲ <sub>A</sub> S	19	18	12	49	155

第 13.9 表 1 次ヘリウム純化設備配管(その 3)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力 MPa	②二次応力 MPa	計算応力 ①+② MPa	許容応力 MPa
48	Ⅲ <sub>A</sub> S	29	0	29	310

#### 13.4 1次ヘリウム純化設備配管(その4)

##### (1) アイソメ図

アイソメ図を第 13.9 図に示す。

##### (2) モデル図

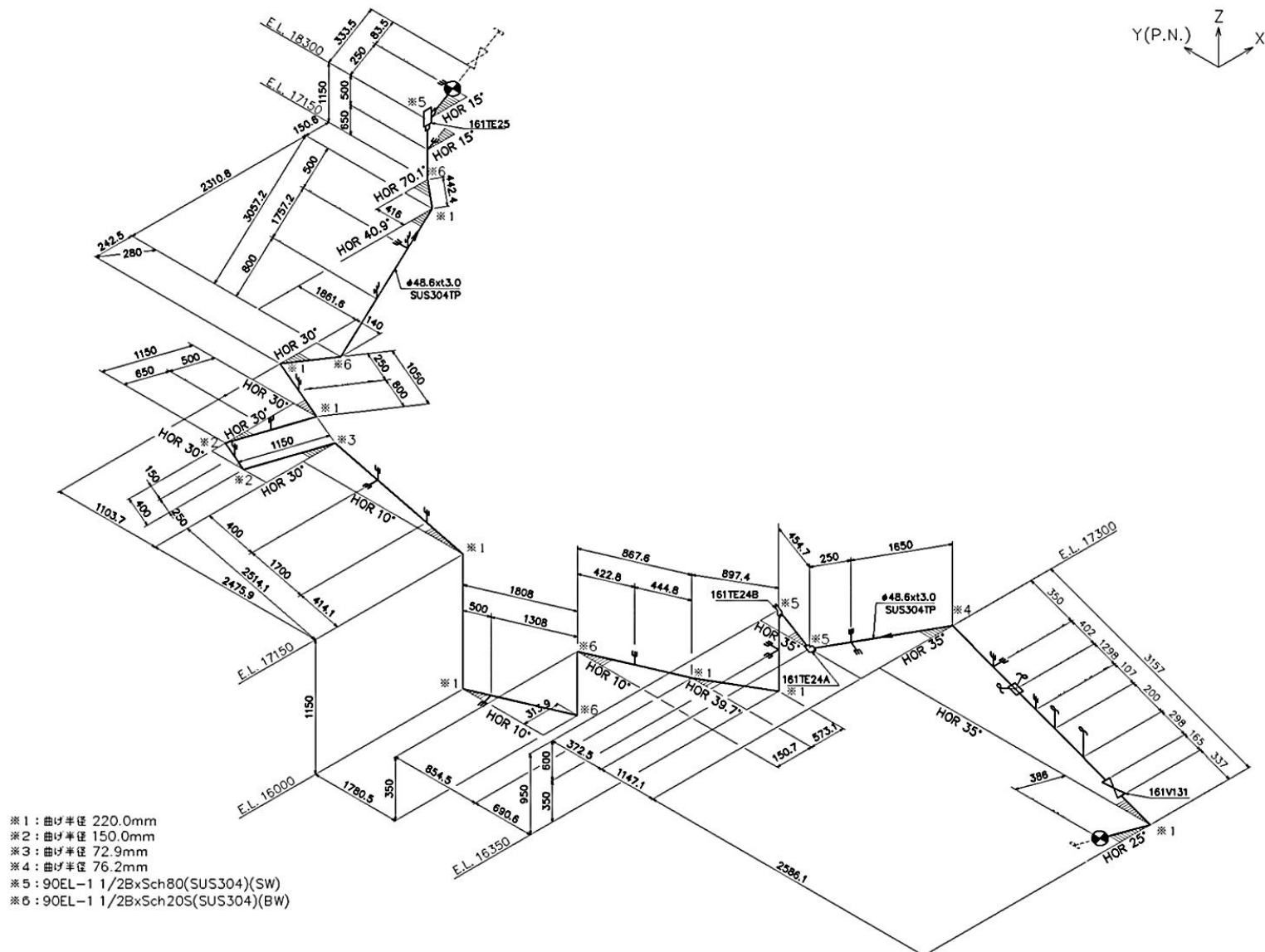
解析モデル図を第 13.10 図及び第 13.11 図に示す。

##### (3) 配管諸元

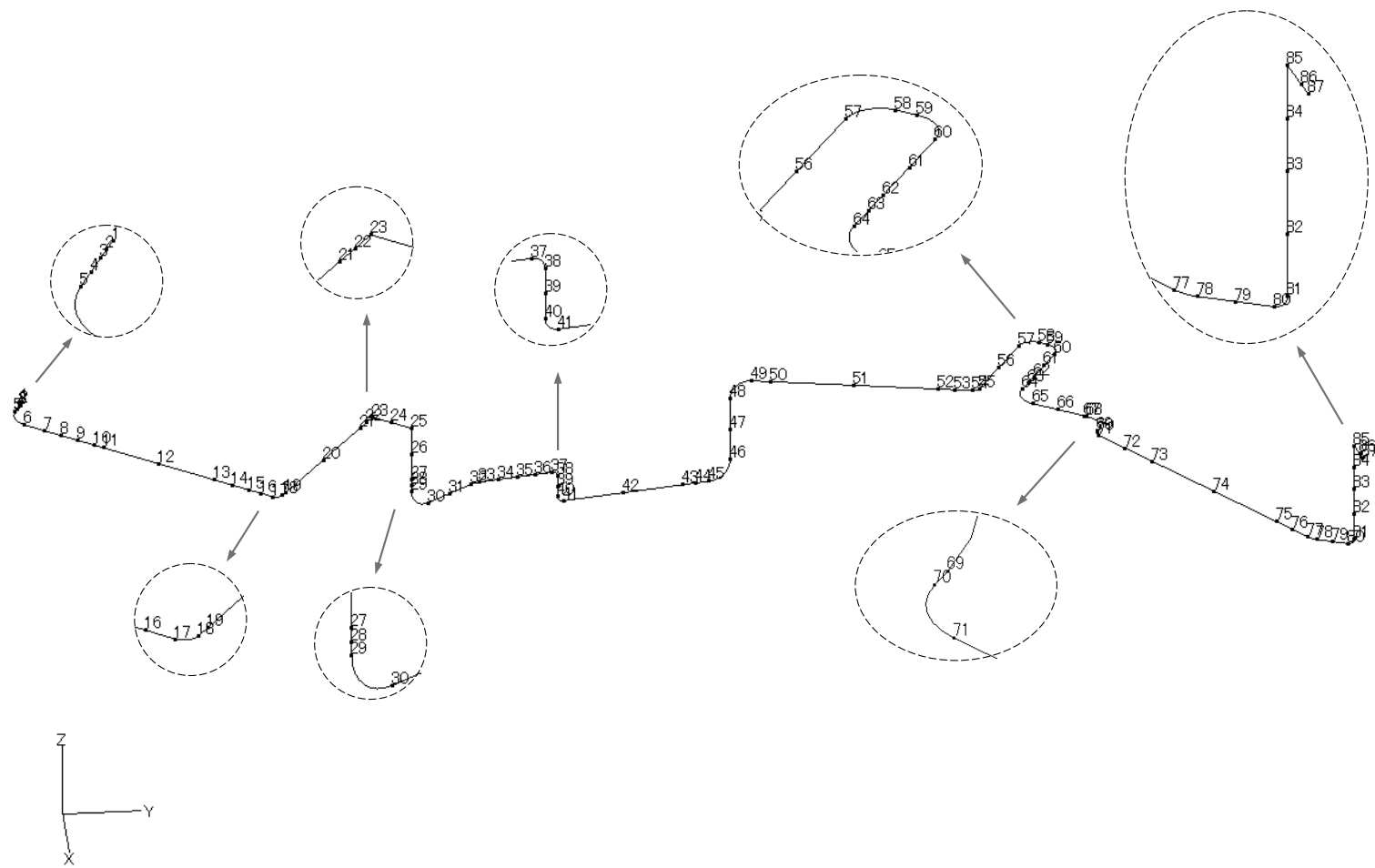
配管諸元を第 13.10 表に示す。

##### (4) 応力評価結果

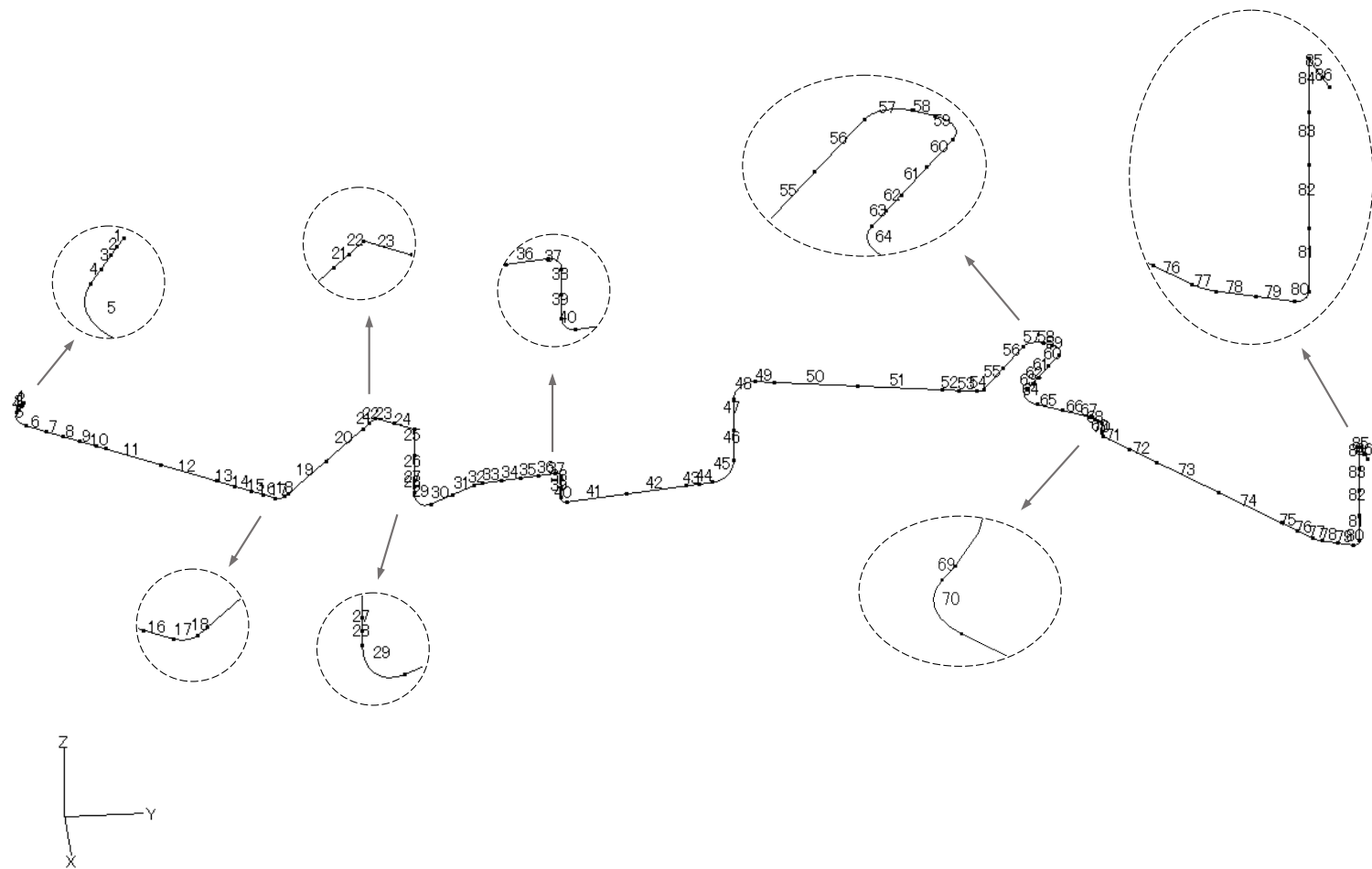
応力評価結果を第 13.11 表及び第 13.12 表に示す。



第 13.9 図 1 次ヘリウム純化設備配管(その 4)のアイソメ図



第 13.10 図 1 次ヘリウム純化設備配管(その 4)の解析モデル図(節点番号)



第 13.11 図 1 次ヘリウム純化設備配管(その 4)の解析モデル図(要素番号)



第 13.10 表 1 次ヘリウム純化設備配管(その 4)の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係 数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-7	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	400	1.69×10 <sup>5</sup>	0.30	8.3	有り
7-18	60.5	3.5	SUS304TP	4.7	400	1.69×10 <sup>5</sup>	0.30	10.3	有り
18-19	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	400	1.69×10 <sup>5</sup>	0.30	10.3	有り
19-86	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	400	1.69×10 <sup>5</sup>	0.30	8.3	有り
86-87	48.6	5.1	STPA24	4.7	400	1.84×10 <sup>5</sup>	0.30	10.3	有り

第 13.11 表 1 次ヘリウム純化設備配管(その 4)の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力 MPa	②自重 応力 MPa	③地震 応力 MPa	計算応力 ①+②+③ MPa	許容応力 MPa
85	III <sub>A</sub> S	19	3	104	126	129

第 13.12 表 1 次ヘリウム純化設備配管(その 4)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力 MPa	②二次応力 MPa	計算応力 ①+② MPa	許容応力 MPa
85	III <sub>A</sub> S	207	0	207	238

### 13.5 1次ヘリウム純化設備配管(その5)

#### (1) アイソメ図

アイソメ図を第 13.12 図に示す。

#### (2) モデル図

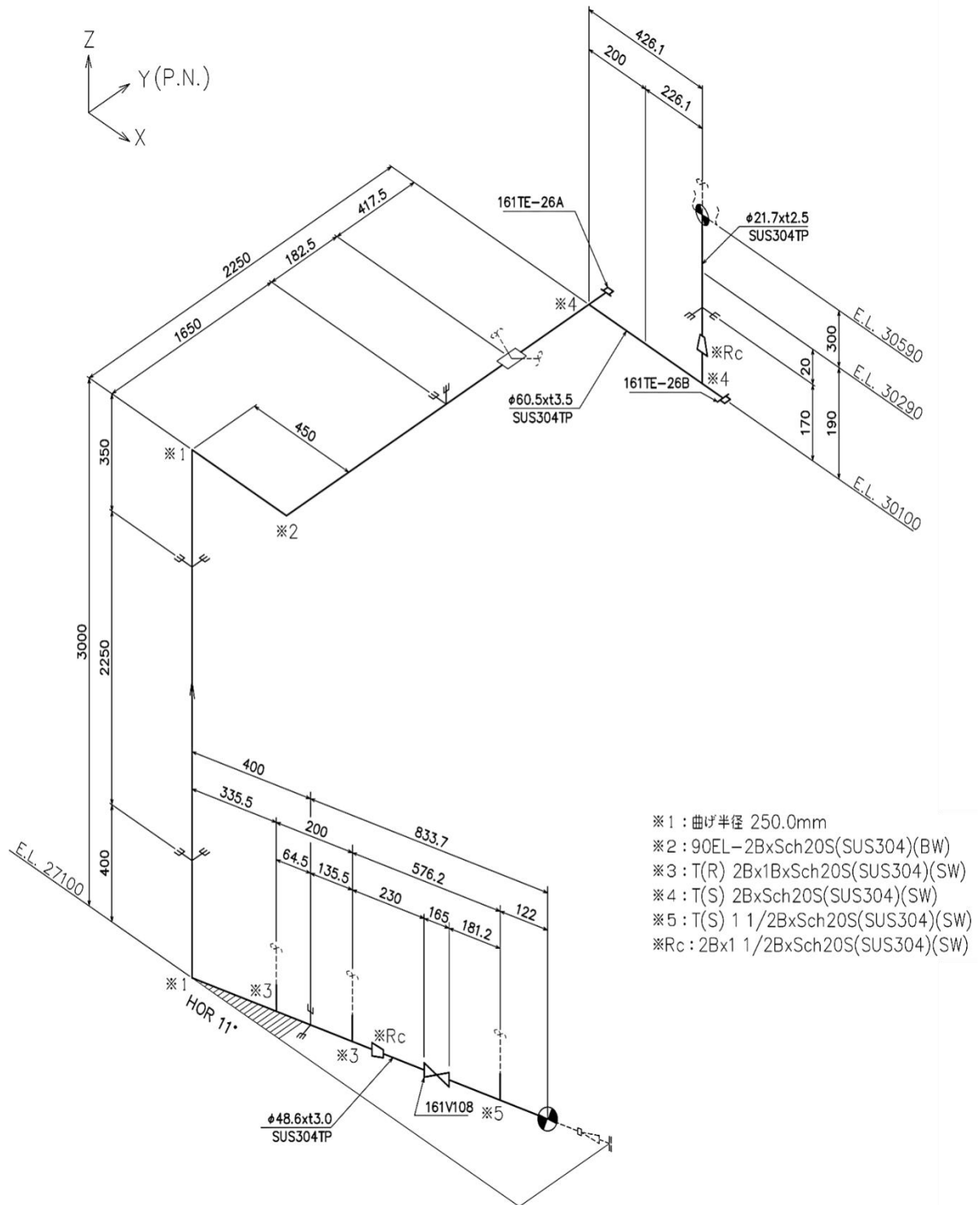
解析モデル図を第 13.13 図に示す。

#### (3) 配管諸元

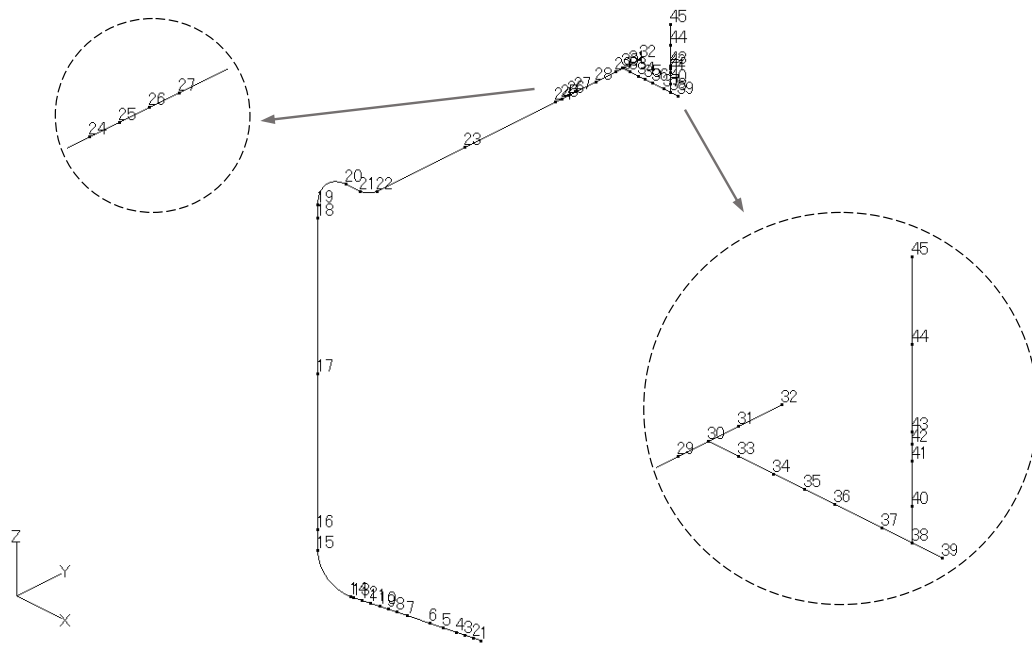
配管諸元を第 13.13 表に示す。

#### (4) 応力評価結果

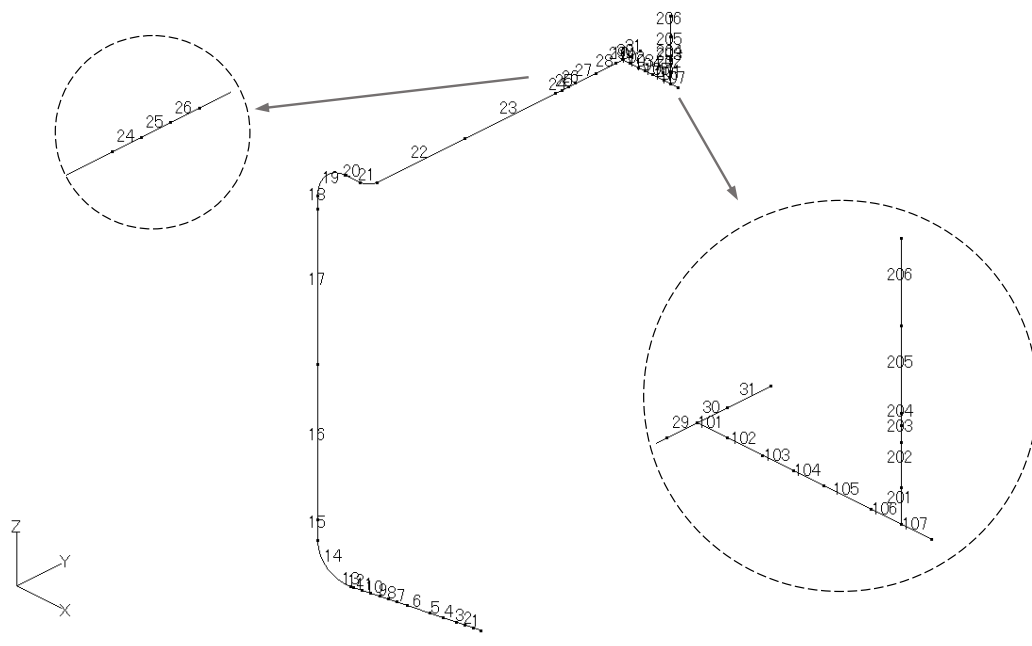
応力評価結果を第 13.14 表及び第 13.15 表に示す。



第 13.12 図 1次ヘリウム純化設備配管(その5)のアイソメ図



(節点番号)



(要素番号)

第 13.13 図 1 次ヘリウム純化設備配管(その 5)の解析モデル図

第 13.13 表 1 次ヘリウム純化設備配管(その 5)の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-7	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	3.6	有り
7-8	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	5.2	有り
8-32	60.5	3.5	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	5.2	有り
30-39	60.5	3.5	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	5.2	有り
38-40	60.5	3.5	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	5.2	有り
40-41	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	5.2	有り
41-45	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	3.6	有り

第 13.14 表 1 次ヘリウム純化設備配管(その 5)の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力 MPa	②自重 応力 MPa	③地震 応力 MPa	計算応力 ①+②+③ MPa	許容応力 MPa
6	Ⅲ <sub>A</sub> S	19	7	7	33	155

第 13.15 表 1 次ヘリウム純化設備配管(その 5)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力 MPa	②二次応力 MPa	計算応力 ①+② MPa	許容応力 MPa
6	Ⅲ <sub>A</sub> S	13	0	13	310

### 13.6 1次サンプリング設備配管(その1)

#### (1) アイソメ図

アイソメ図を第 13.14 図に示す。

#### (2) モデル図

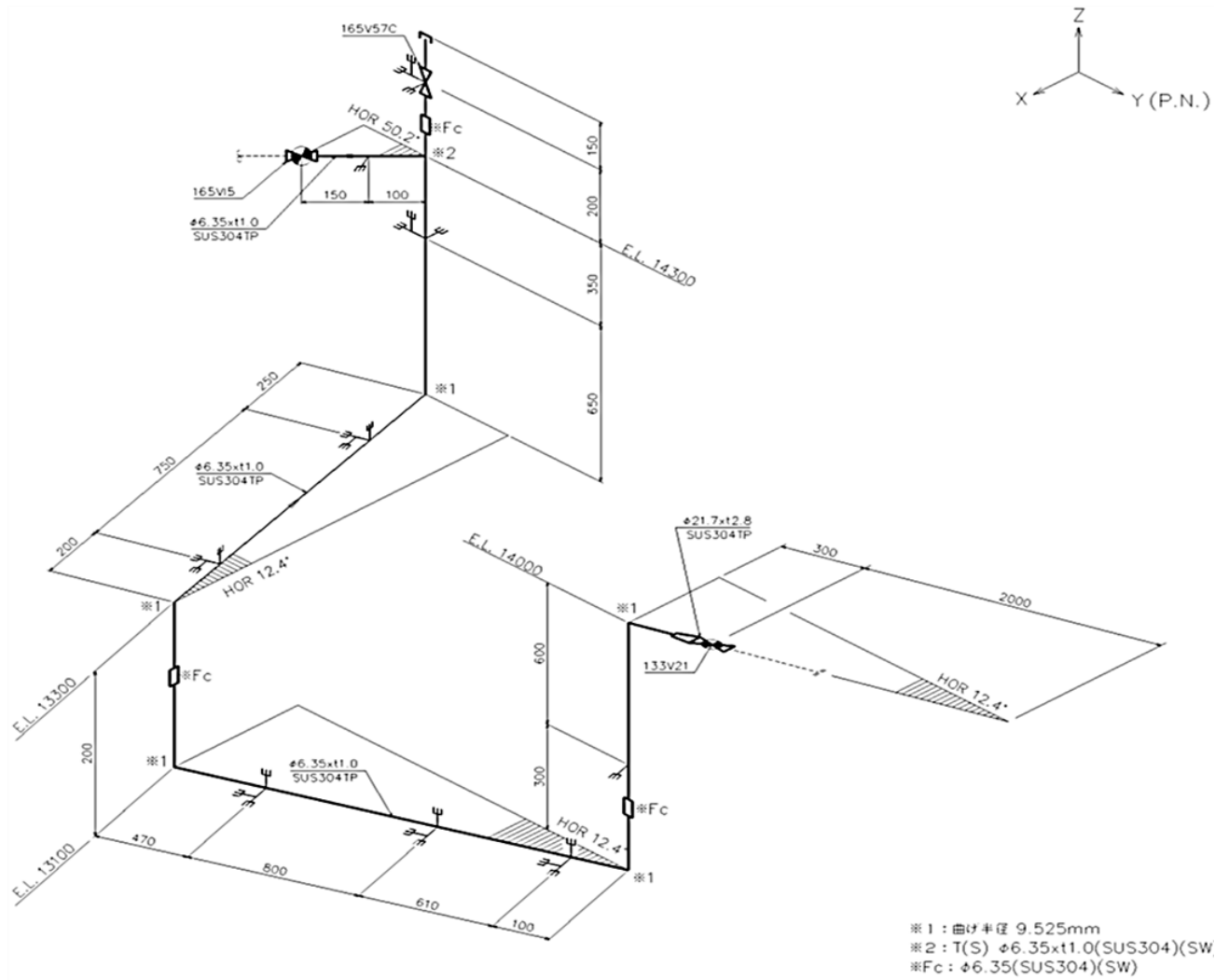
解析モデル図を第 13.15 図及び第 13.16 図に示す。

#### (3) 配管諸元

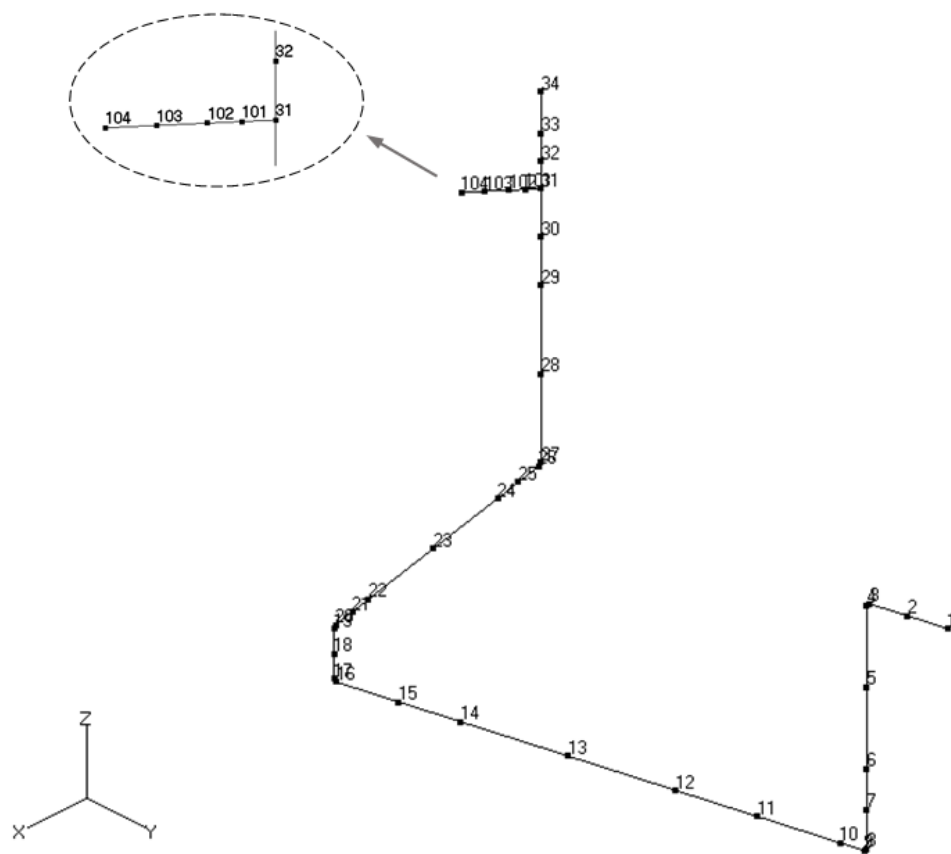
配管諸元を第 13.16 表に示す。

#### (4) 応力評価結果

応力評価結果を第 13.17 表及び第 13.18 表に示す。

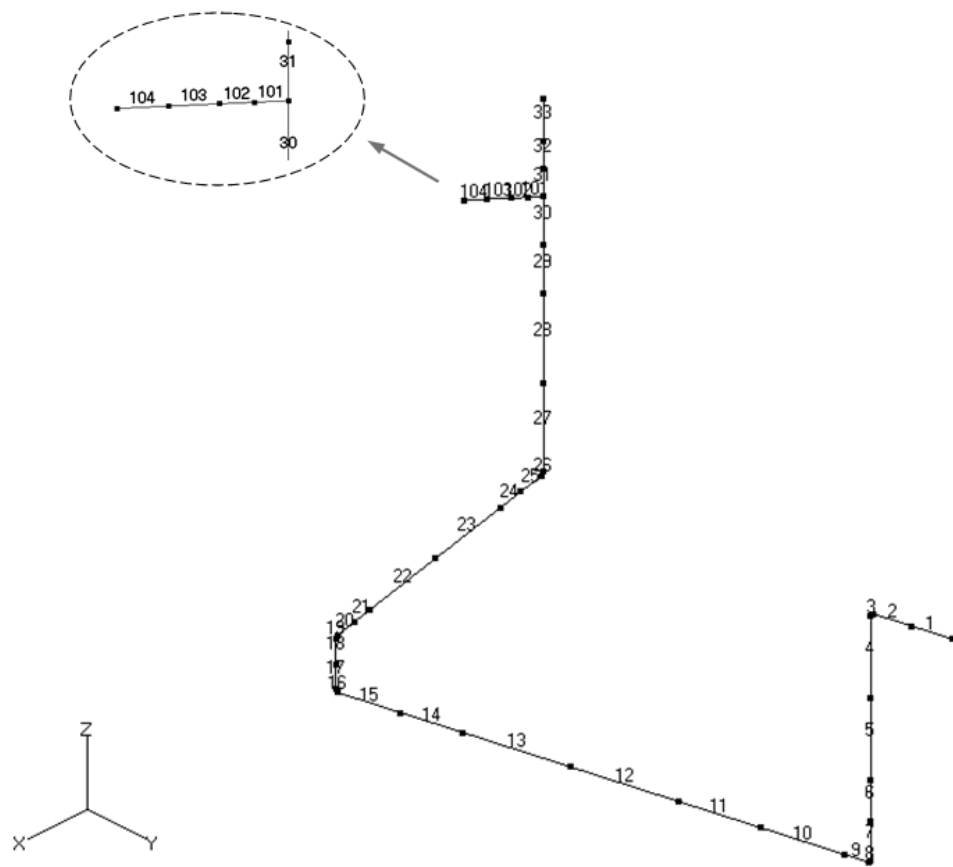


第 13.14 図 1 次サンプリング設備配管(その 1)のアイソメ図



第 13.15 図 1 次サンプリング設備配管(その 1)の解析モデル図(節点番号)





第 13.16 図 1 次サンプリング設備配管(その 1)の解析モデル図(要素番号)

第 13.16 表 1 次サンプリング設備配管(その 1)の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-2	21.7	2.8	SUS304TP	4.7	420	1.67×10 <sup>5</sup>	0.30	1.3	無し
2-34	6.35	1.0	SUS304TP	4.7	420	1.67×10 <sup>5</sup>	0.30	0.1	無し
31-104	6.35	1.0	SUS304TP	4.7	420	1.67×10 <sup>5</sup>	0.30	0.1	無し

第 13.17 表 1 次サンプリング設備配管(その 1)の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力 MPa	②自重 応力 MPa	③地震 応力 MPa	計算応力 ①+②+③ MPa	許容応力 MPa
2	III <sub>A</sub> S	8	9	12	29	126

第 13.18 表 1 次サンプリング設備配管(その 1)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力 MPa	②二次応力 MPa	計算応力 ①+② MPa	許容応力 MPa
2	III <sub>A</sub> S	23	0	23	232

### 13.7 1次サンプリング設備配管(その2)

#### (1) アイソメ図

アイソメ図を第 13.17 図に示す。

#### (2) モデル図

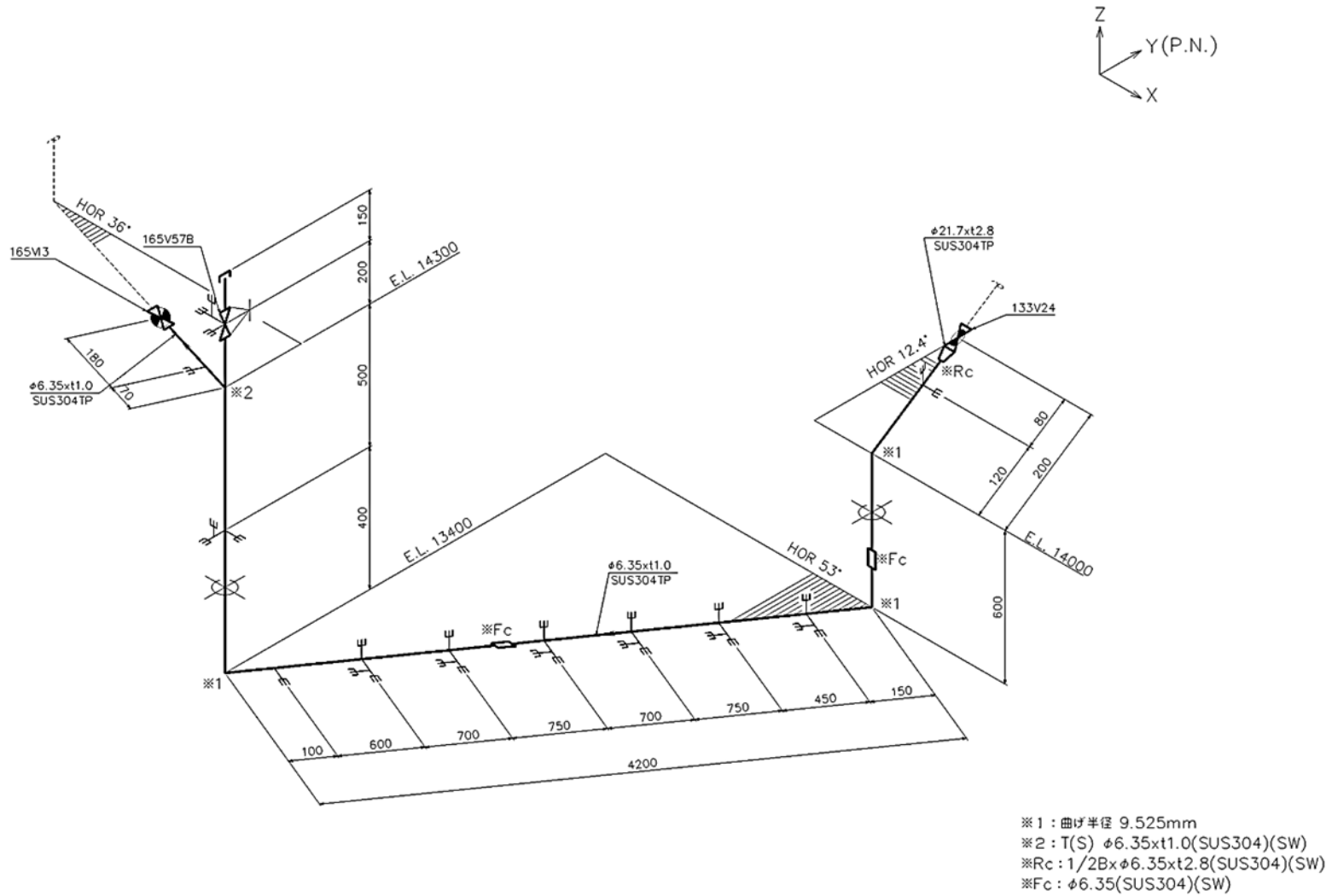
解析モデル図を第 13.18 図及び第 13.19 図に示す。

#### (3) 配管諸元

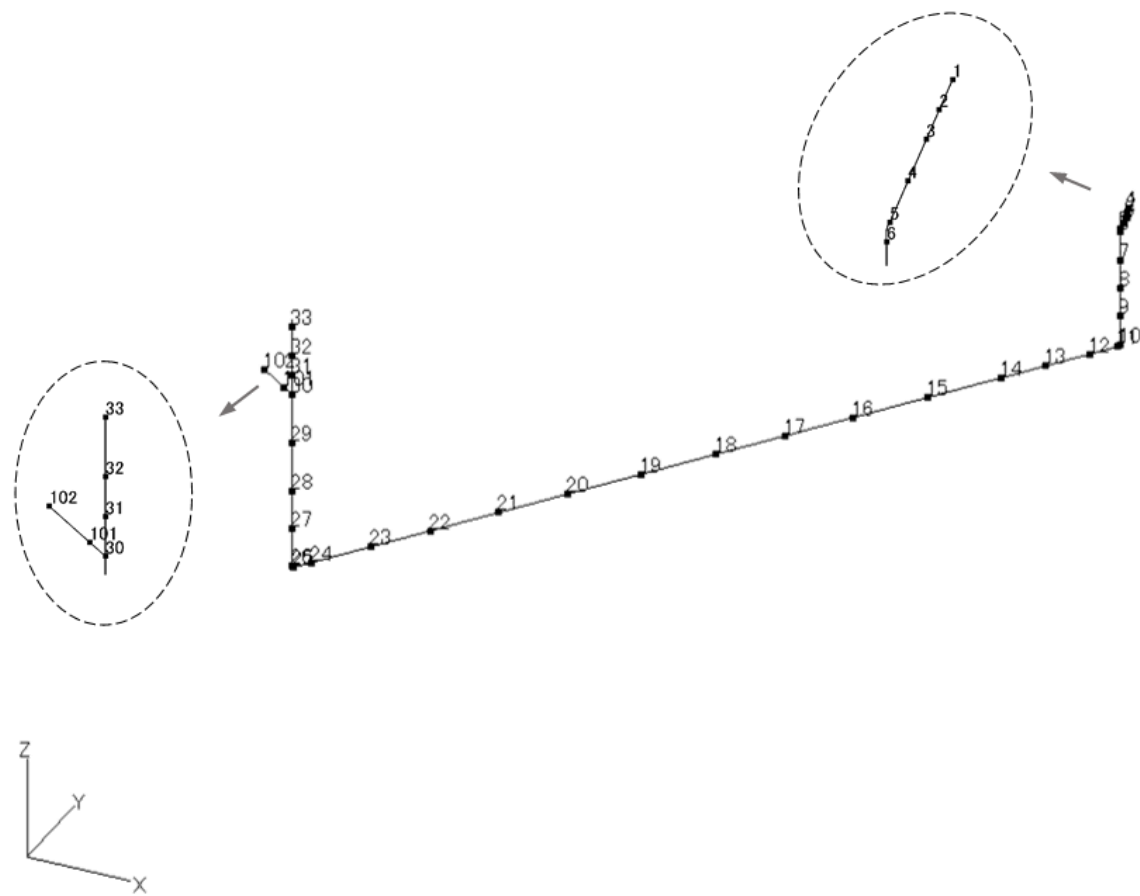
配管諸元を第 13.19 表に示す。

#### (4) 応力評価結果

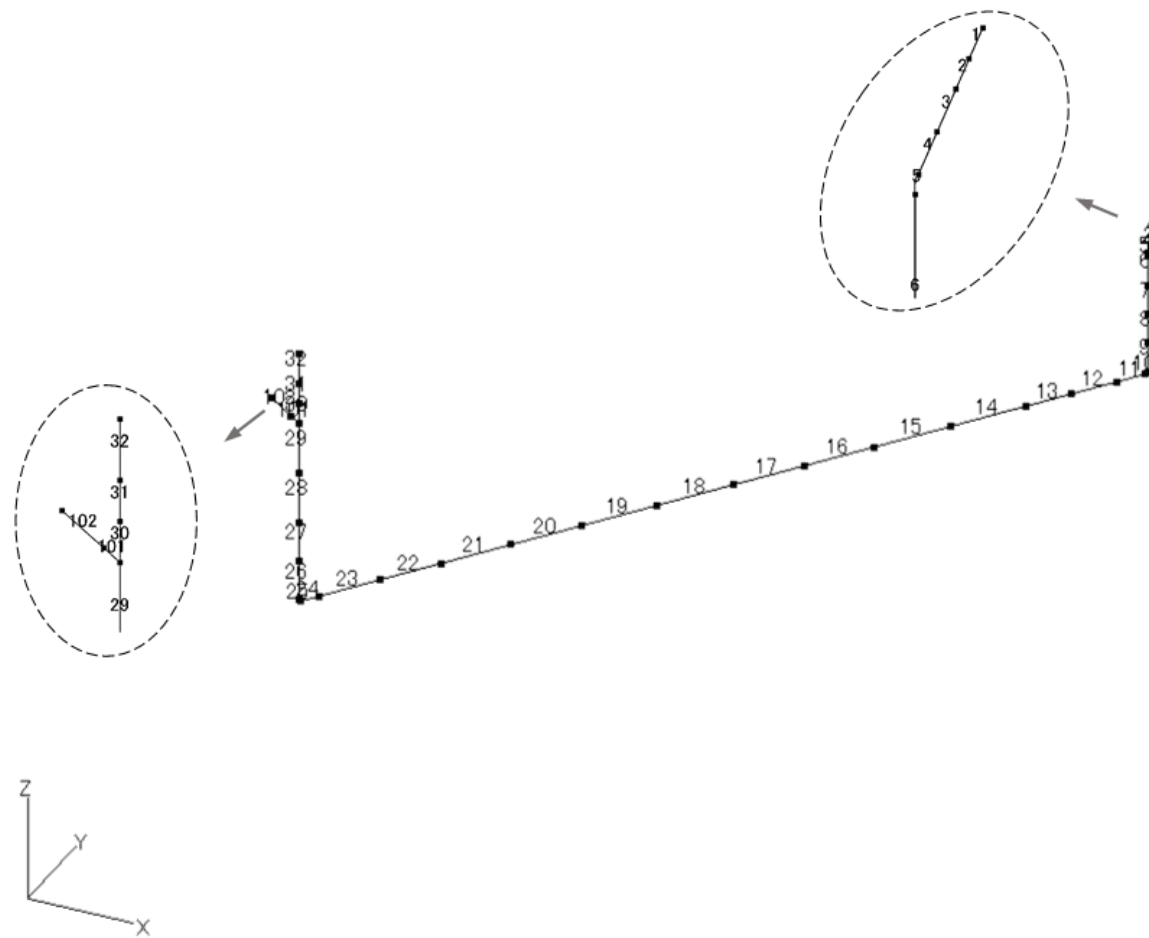
応力評価結果を第 13.20 表及び第 13.21 表に示す。



第 13.17 図 1 次サンプリング設備配管(その 2)のアイソメ図



第 13.18 図 1 次サンプリング設備配管(その 2)の解析モデル図(節点番号)



第 13.19 図 1 次サンプリング設備配管(その 2)の解析モデル図(要素番号)

第 13.19 表 1 次サンプリング設備配管(その 2)の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-2	21.7	2.8	SUS304TP	4.7	420	$1.67 \times 10^5$	0.30	1.3	無し
2-33	6.35	1.0	SUS304TP	4.7	420	$1.67 \times 10^5$	0.30	0.1	無し
30-102	6.35	1.0	SUS304TP	4.7	420	$1.67 \times 10^5$	0.30	0.1	無し

第 13.20 表 1 次サンプリング設備配管(その 2)の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力 MPa	②自重 応力 MPa	③地震 応力 MPa	計算応力 ①+②+③ MPa	許容応力 MPa
19	III <sub>A</sub> S	8	9	8	25	126

第 13.21 表 1 次サンプリング設備配管(その 2)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力 MPa	②二次応力 MPa	計算応力 ①+② MPa	許容応力 MPa
19	III <sub>A</sub> S	16	0	16	232

### 13.8 1次サンプリング設備配管(その3)

#### (1) アイソメ図

アイソメ図を第 13.20 図に示す。

#### (2) モデル図

解析モデル図を第 13.21 図に示す。

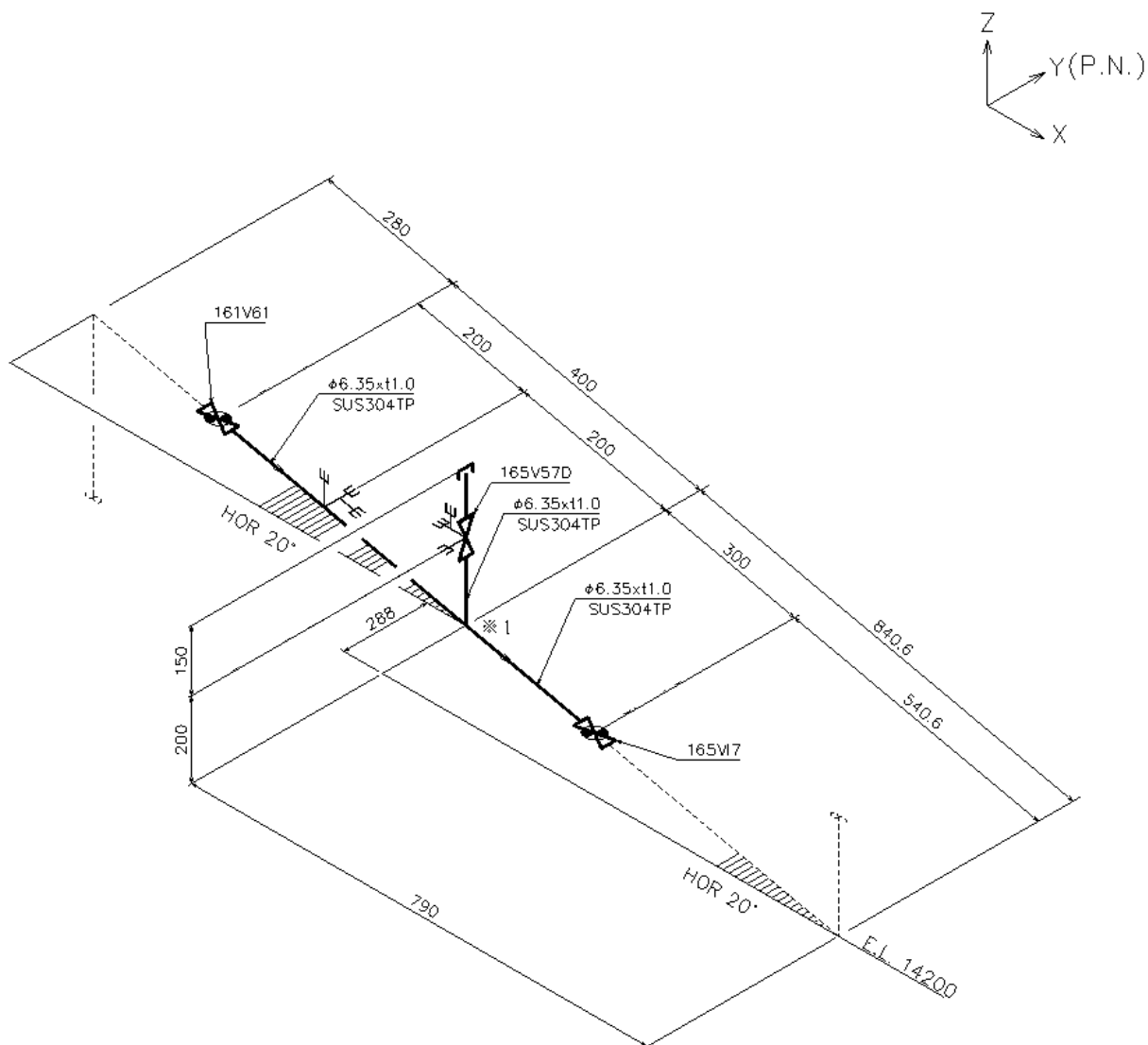
#### (3) 配管諸元

配管諸元を第 13.22 表に示す。

#### (4) 応力評価結果

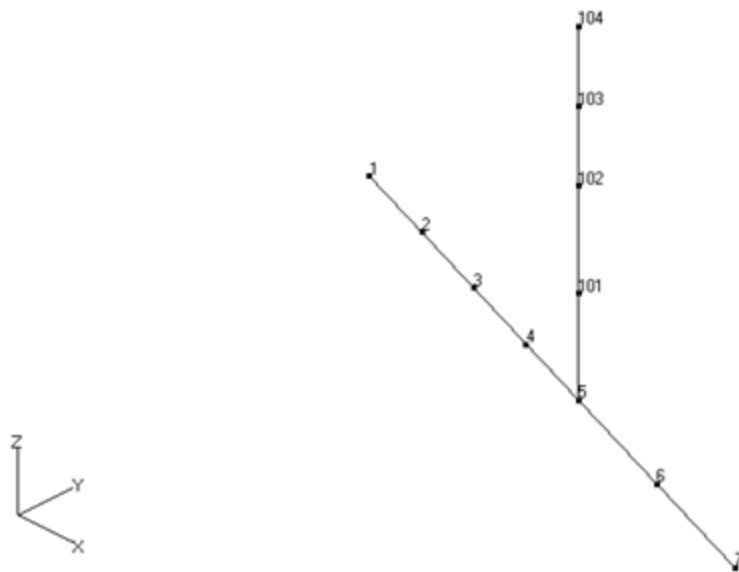
応力評価結果を第 13.23 表及び第 13.24 表に示す。



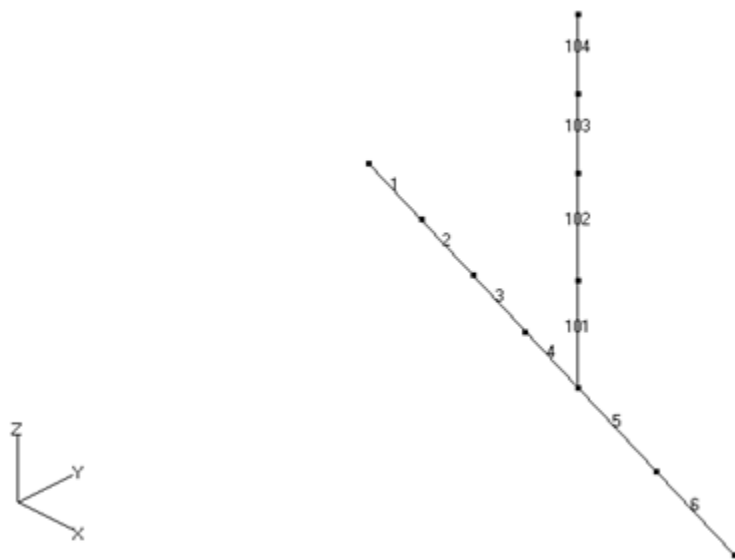


※1 : T(S) φ6.35x1.0(SUS304)(SW)

第 13.20 図 1 次サンプリング設備配管(その 3)のアイソメ図



(節点番号)



(要素番号)

第 13.21 図 1 次サンプリング設備配管(その 3)の解析モデル図

第 13.22 表 1 次サンプリング設備配管(その 3)の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-5	6.35	1.0	SUS304TP	4.7	150	$1.86 \times 10^5$	0.30	0.1	無し
5-7	6.35	1.0	SUS304TP	4.7	420	$1.67 \times 10^5$	0.30	0.1	無し
5-104	6.35	1.0	SUS304TP	4.7	420	$1.67 \times 10^5$	0.30	0.1	無し

第 13.23 表 1 次サンプリング設備配管(その 3)の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力 MPa	②自重 応力 MPa	③地震 応力 MPa	計算応力 ①+②+③ MPa	許容応力 MPa
5	III <sub>A</sub> S	8	1	5	14	126

第 13.24 表 1 次サンプリング設備配管(その 3)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力 MPa	②二次応力 MPa	計算応力 ①+② MPa	許容応力 MPa
5	III <sub>A</sub> S	9	0	9	232

### 13.9 1次サンプリング設備配管(その4)

#### (1) アイソメ図

アイソメ図を第 13.22 図に示す。

#### (2) モデル図

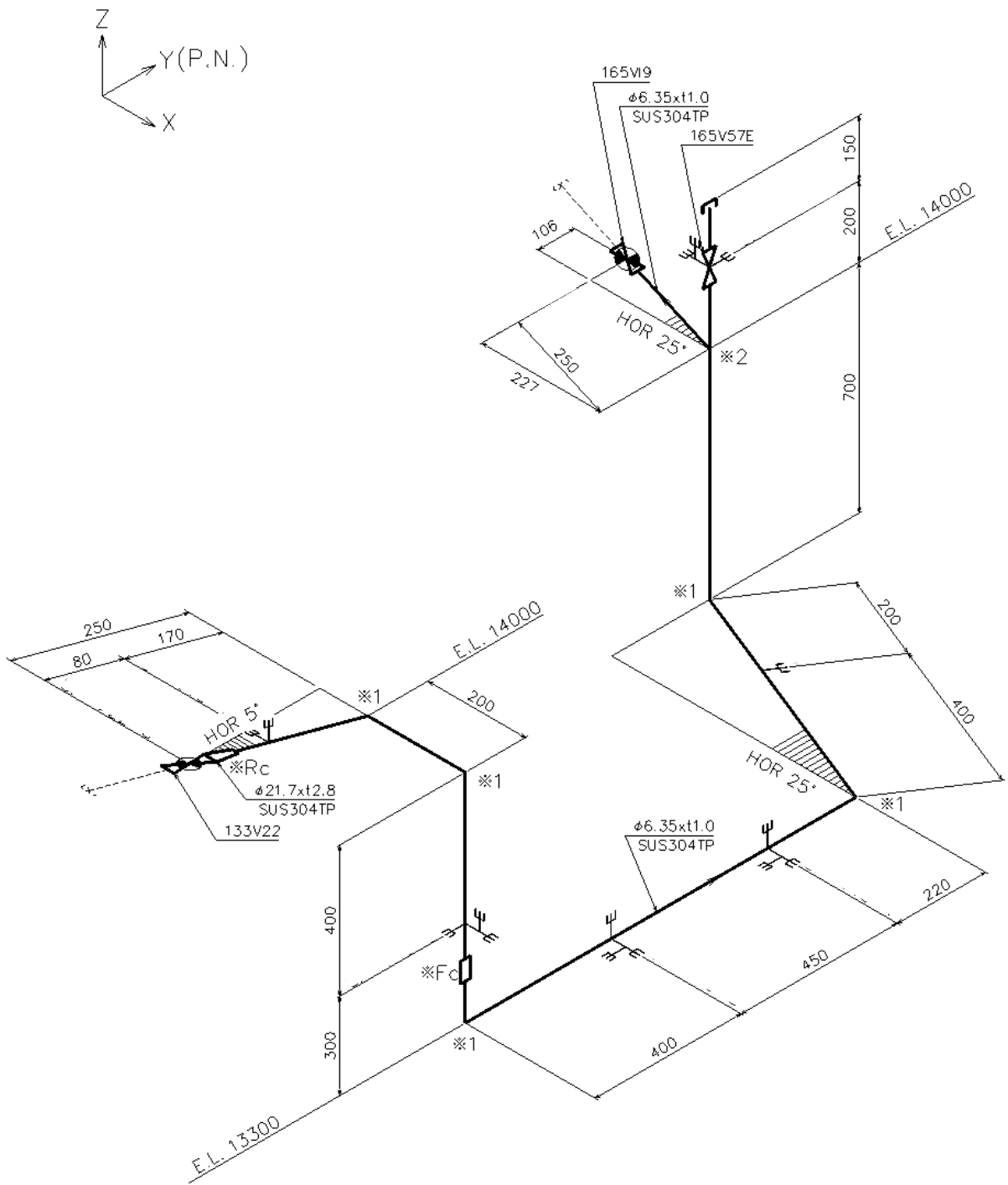
解析モデル図を第 13.23 図に示す。

#### (3) 配管諸元

配管諸元を第 13.25 表に示す。

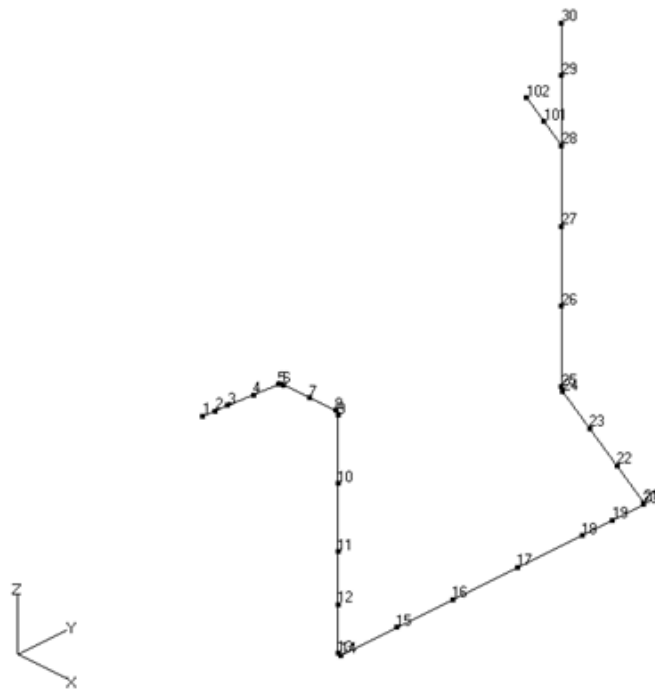
#### (4) 応力評価結果

応力評価結果を第 13.26 表及び第 13.27 表に示す。

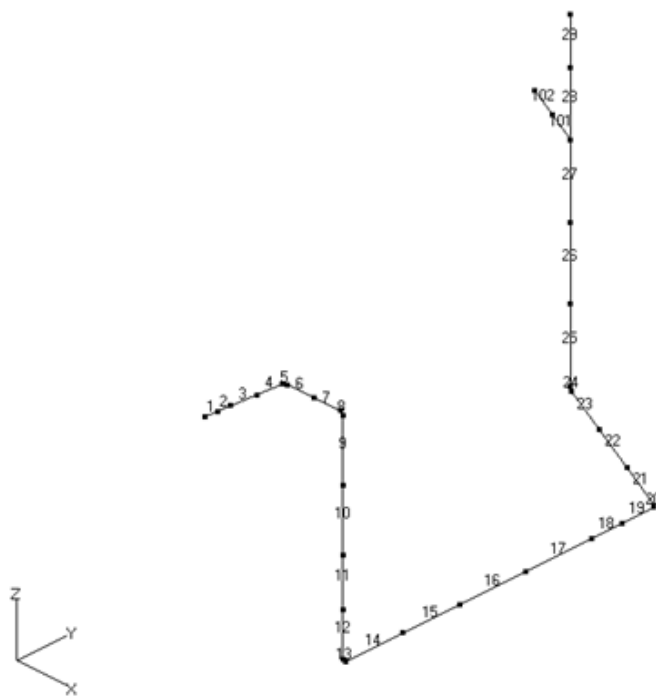


- ※1 : 曲げ半径 9.525mm
- ※2 : T(S) φ6.35x1.0(SUS304)(SW)
- ※Rc : 1/2Bx φ6.35x2.8(SUS304)(SW)
- ※Fc : φ6.35(SUS304)(SW)

第 13.22 図 1 次サンプリング設備配管(その 4)のアイソメ図



(節点番号)



(要素番号)

第 13.23 図 1 次サンプリング設備配管(その 4)の解析モデル図

第 13.25 表 1 次サンプリング設備配管(その 4)の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-2	21.7	2.8	SUS304TP	4.7	420	$1.67 \times 10^5$	0.30	1.3	無し
2-30	6.35	1.0	SUS304TP	4.7	420	$1.67 \times 10^5$	0.30	0.1	無し
28-102	6.35	1.0	SUS304TP	4.7	420	$1.67 \times 10^5$	0.30	0.1	無し

第 13.26 表 1 次サンプリング設備配管(その 4)の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力 MPa	②自重 応力 MPa	③地震 応力 MPa	計算応力 ①+②+③ MPa	許容応力 MPa
102	Ⅲ <sub>A</sub> S	8	1	14	23	126

第 13.27 表 1 次サンプリング設備配管(その 4)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力 MPa	②二次応力 MPa	計算応力 ①+② MPa	許容応力 MPa
102	Ⅲ <sub>A</sub> S	27	0	27	232

### 13.10 1次サンプリング設備配管(その5)

#### (1) アイソメ図

アイソメ図を第 13.24 図に示す。

#### (2) モデル図

解析モデル図を第 13.25 図に示す。

#### (3) 配管諸元

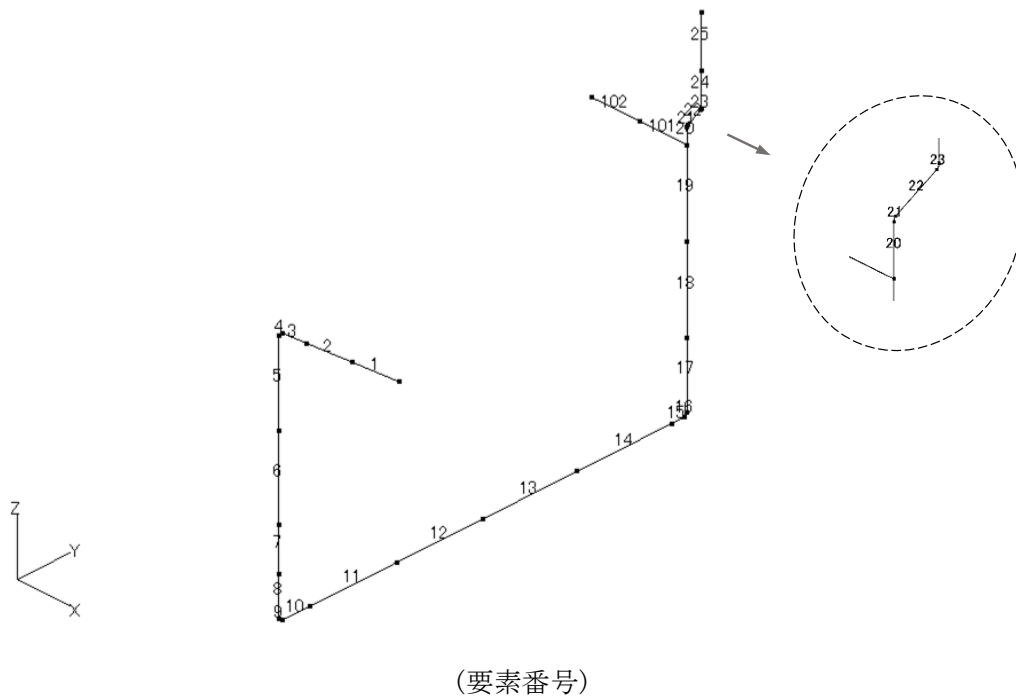
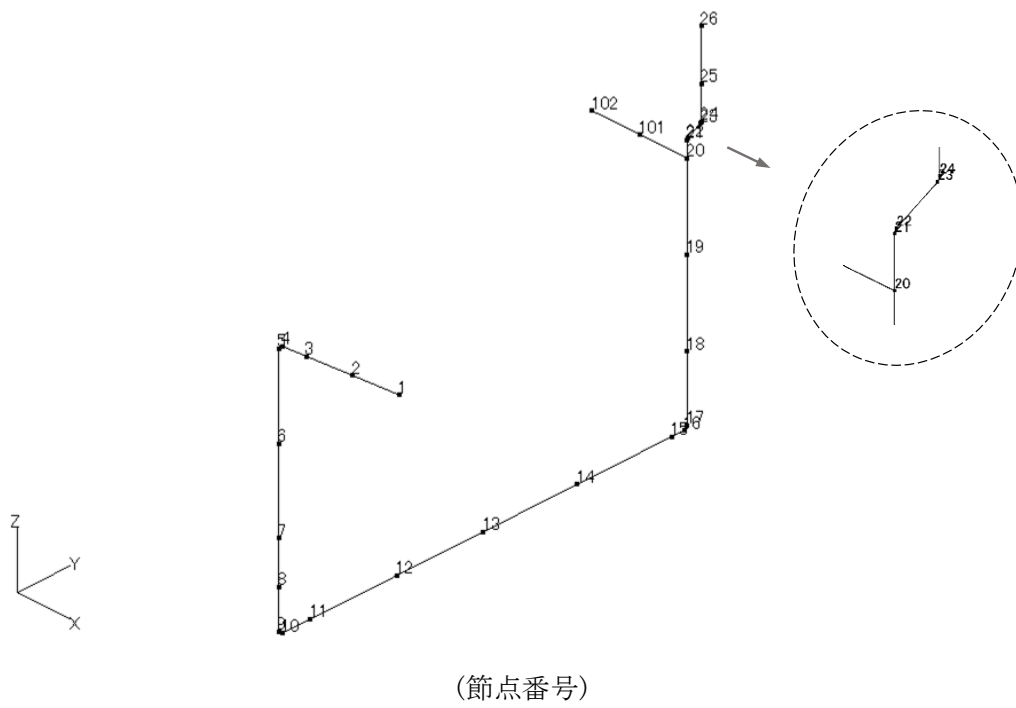
配管諸元を第 13.28 表に示す。

#### (4) 応力評価結果

応力評価結果を第 13.29 表及び第 13.30 表に示す。







第 13.25 図 1 次サンプリング設備配管(その 5)の解析モデル図

第 13.28 表 1 次サンプリング設備配管(その 5)の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-2	21.7	2.8	SUS304TP	4.7	420	$1.67 \times 10^5$	0.30	1.3	無し
2-26	6.35	1.0	SUS304TP	4.7	420	$1.67 \times 10^5$	0.30	0.1	無し
20-102	6.35	1.0	SUS304TP	4.7	420	$1.67 \times 10^5$	0.30	0.1	無し

第 13.29 表 1 次サンプリング設備配管(その 5)の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力 MPa	②自重 応力 MPa	③地震 応力 MPa	計算応力 ①+②+③ MPa	許容応力 MPa
102	III <sub>A</sub> S	8	1	9	18	126

第 13.30 表 1 次サンプリング設備配管(その 5)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力 MPa	②二次応力 MPa	計算応力 ①+② MPa	許容応力 MPa
102	III <sub>A</sub> S	17	0	17	232

### 13.11 1次サンプリング設備配管(その6)

#### (1) アイソメ図

アイソメ図を第 13.26 図に示す。

#### (2) モデル図

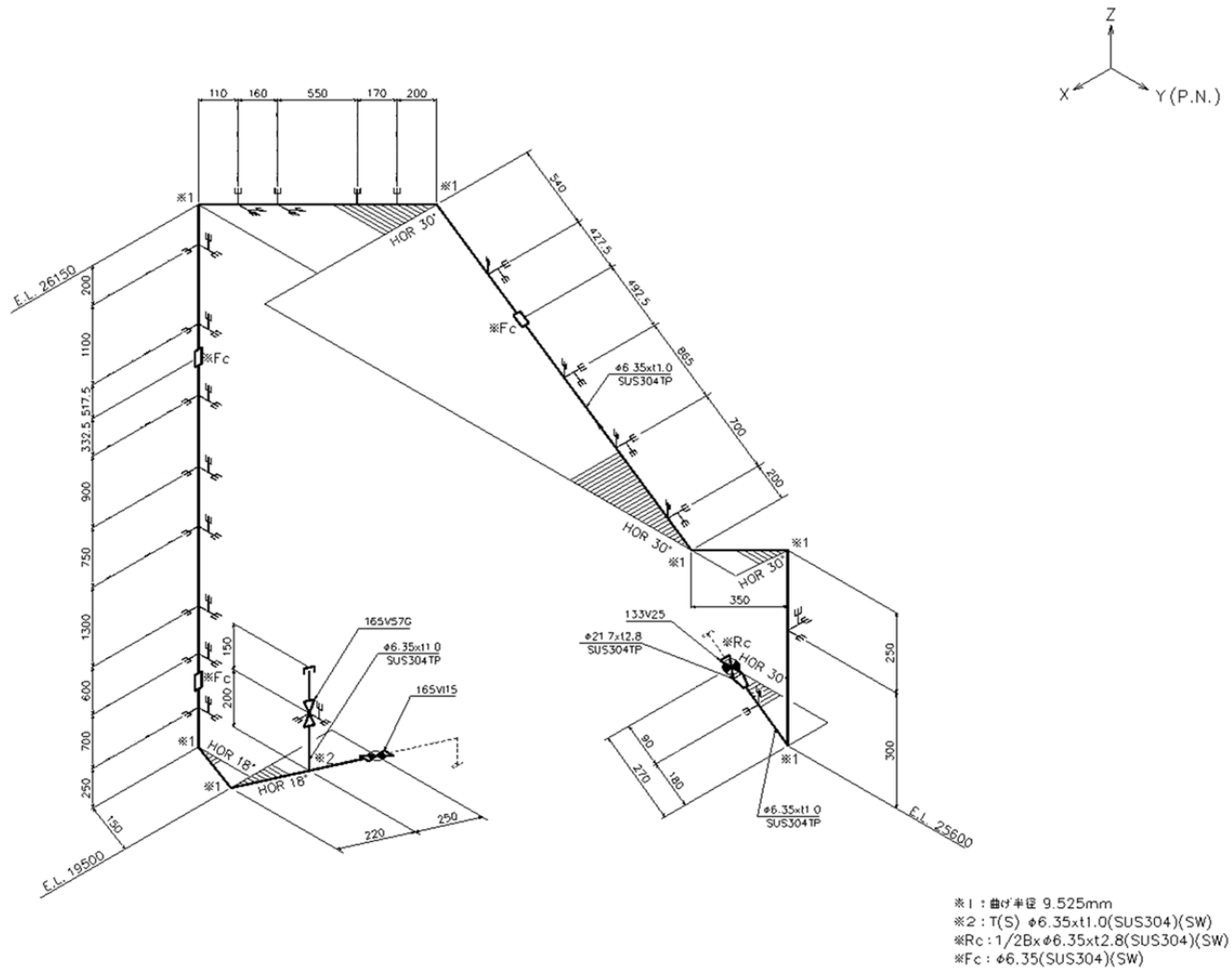
解析モデル図を第 13.27 図及び第 13.28 図に示す。

#### (4) 配管諸元

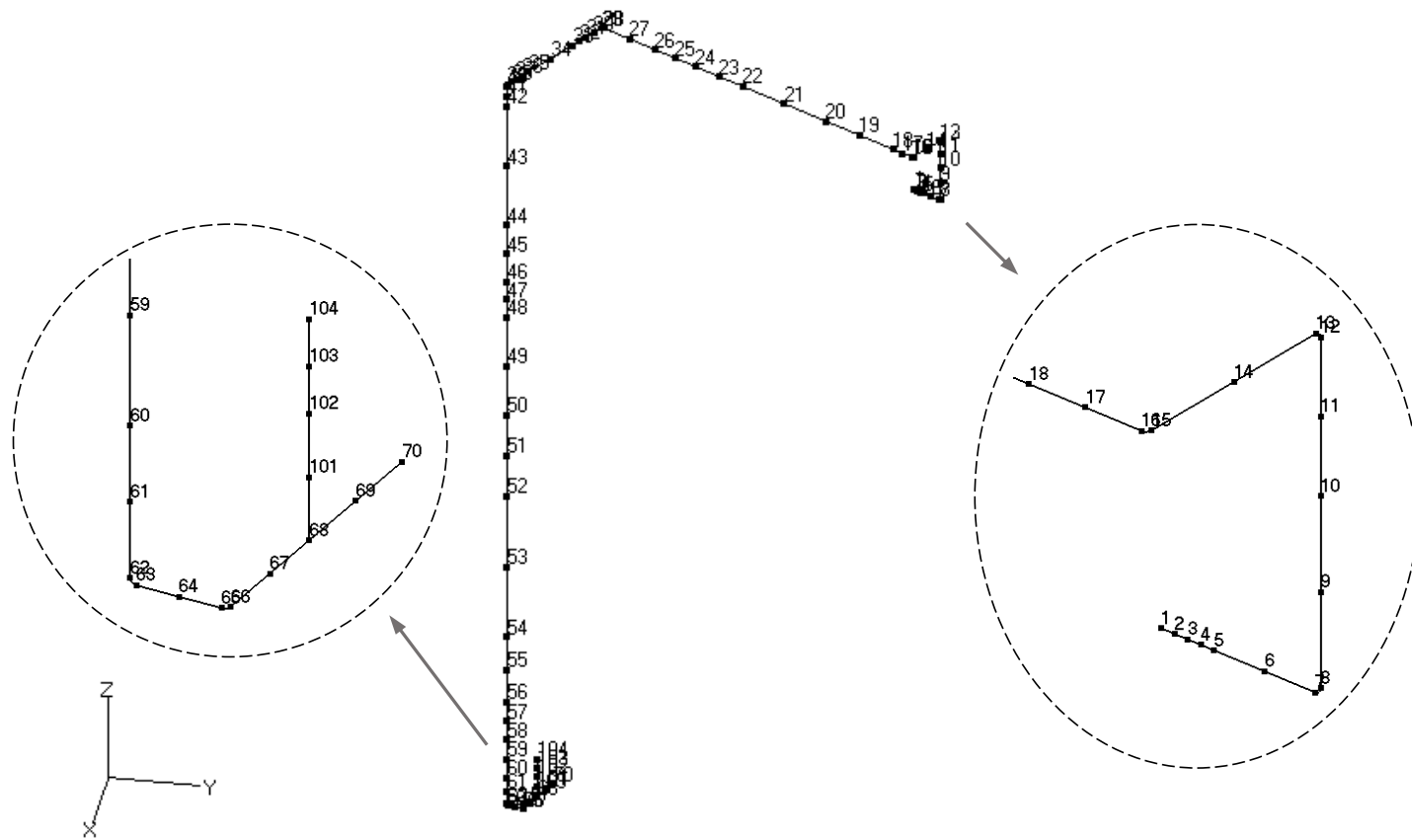
配管諸元を第 13.31 表に示す。

#### (5) 応力評価結果

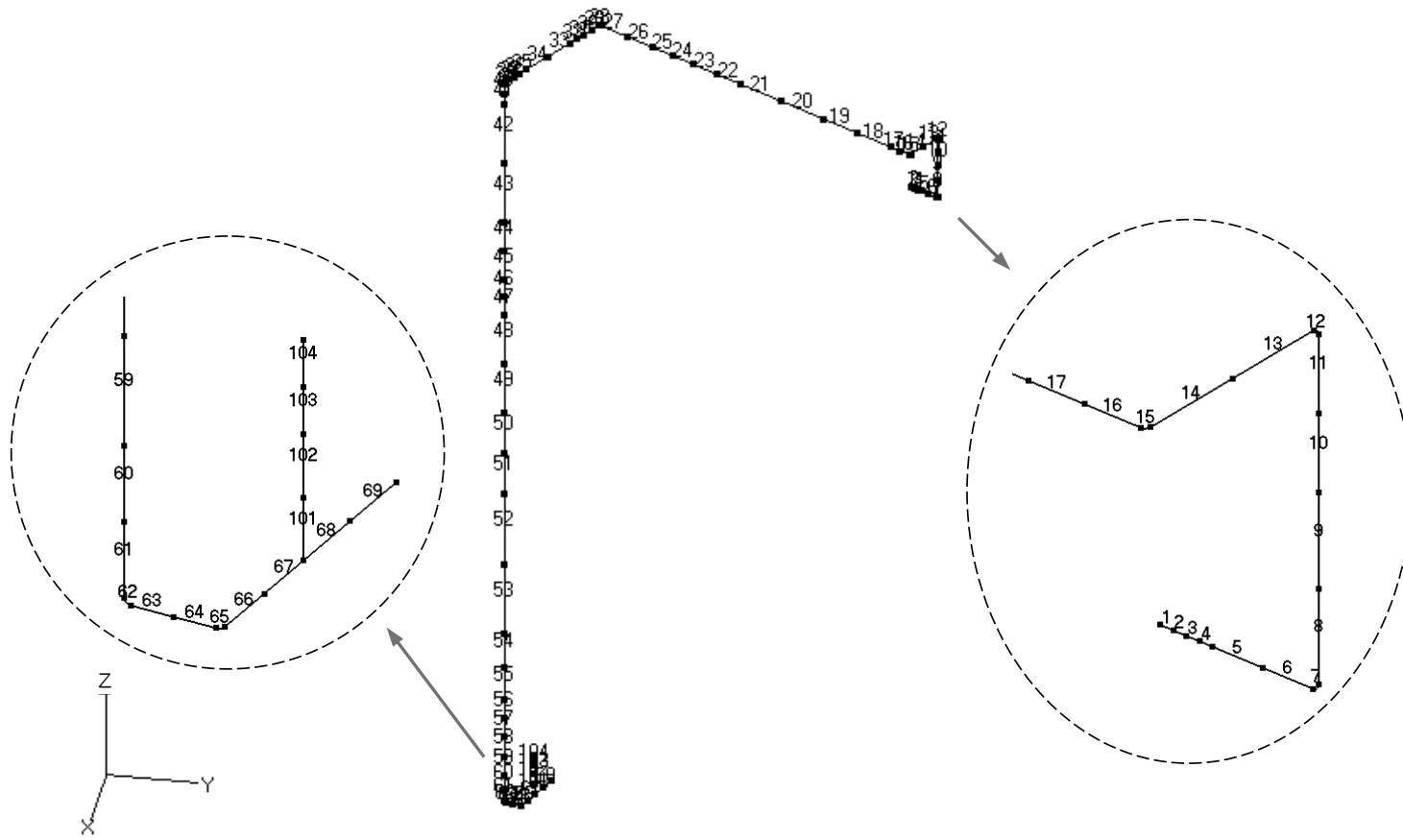
応力評価結果を第 13.32 表及び第 13.33 表に示す。



第 13.26 図 1 次サンプリング設備配管(その 6)のアイソメ図



第 13. 27 図 1 次サンプリング設備配管(その 6)の解析モデル図(節点番号)



第 13.28 図 1 次サンプリング設備配管(その 6)の解析モデル図(要素番号)

第 13.31 表 1 次サンプリング設備配管(その 6)の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-3	21.7	2.8	SUS304TP	4.7	420	$1.67 \times 10^5$	0.30	1.3	無し
3-70	6.35	1.0	SUS304TP	4.7	420	$1.67 \times 10^5$	0.30	0.1	無し
68-104	6.35	1.0	SUS304TP	4.7	420	$1.67 \times 10^5$	0.30	0.1	無し

第 13.32 表 1 次サンプリング設備配管(その 6)の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力 MPa	②自重 応力 MPa	③地震 応力 MPa	計算応力 ①+②+③ MPa	許容応力 MPa
24	III <sub>A</sub> S	8	10	10	28	126

第 13.33 表 1 次サンプリング設備配管(その 6)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力 MPa	②二次応力 MPa	計算応力 ①+② MPa	許容応力 MPa
53	III <sub>A</sub> S	21	0	21	232



### 13.12 燃料破損検出系配管(その1)

#### (1) アイソメ図

アイソメ図を第 13.29 図に示す。

#### (2) モデル図

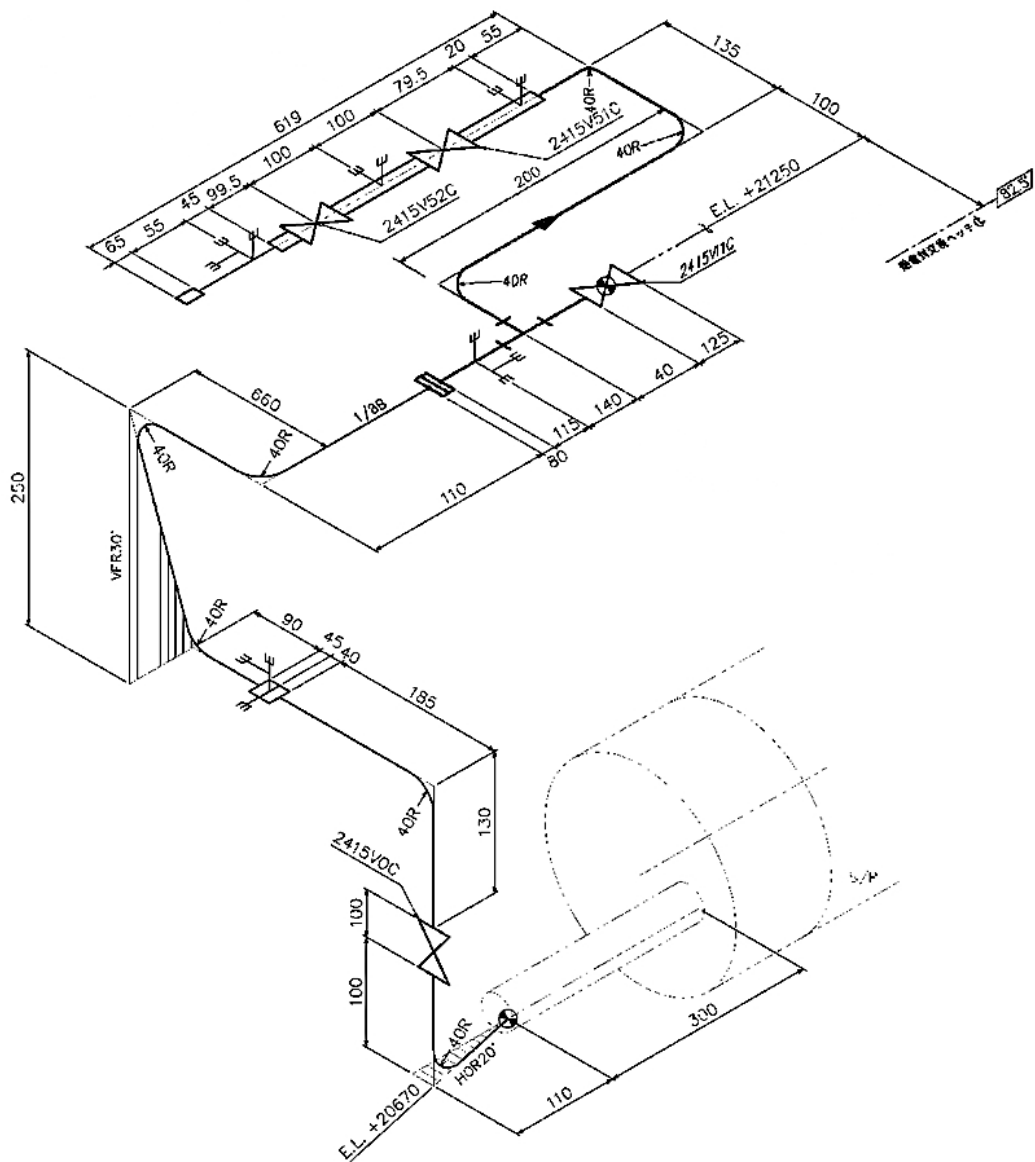
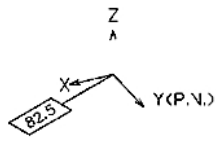
解析モデル図を第 13.30 図に示す。

#### (3) 配管諸元

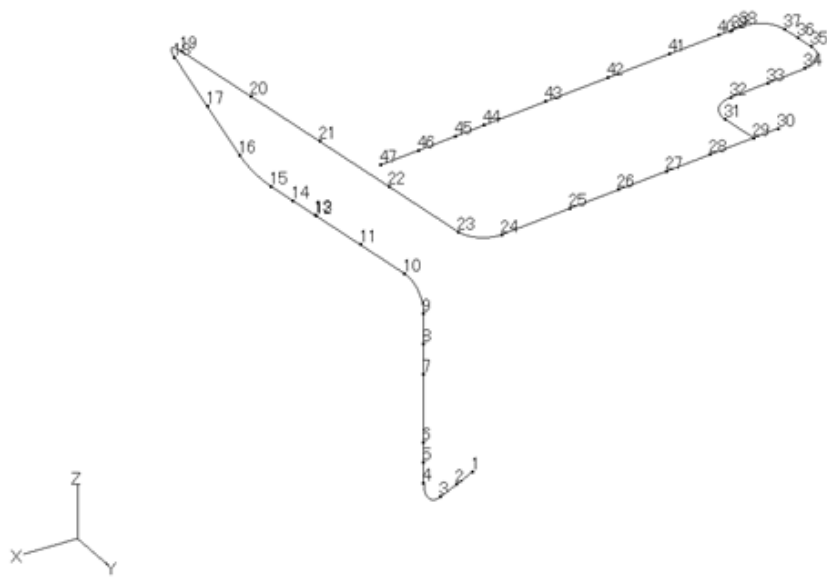
配管諸元を第 13.34 表に示す。

#### (4) 応力評価結果

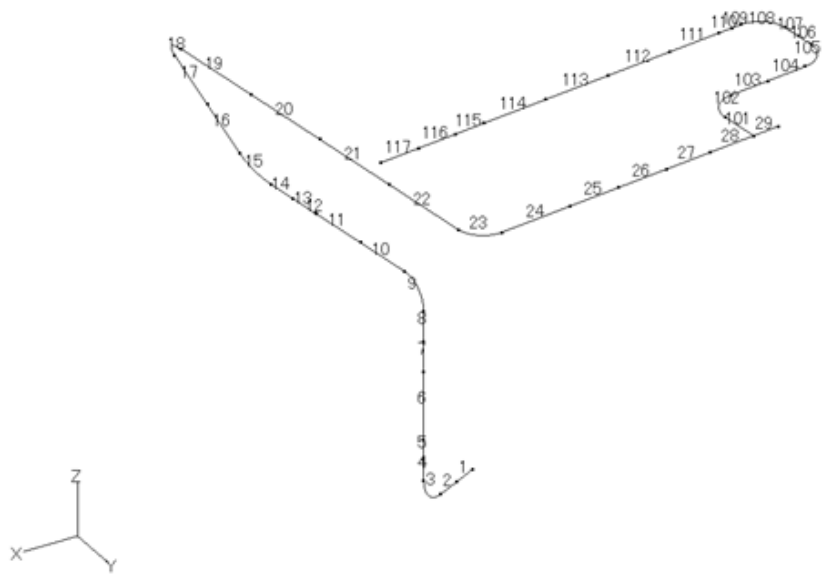
応力評価結果を第 13.35 表及び第 13.36 表に示す。



第 13.29 図 燃料破損検出系配管(その 1)のアイソメ図



(節点番号)



(要素番号)

第 13.30 図 燃料破損検出系配管(その 1)の解析モデル図

第 13.34 表 燃料破損検出系配管(その 1)の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-30	10.5	1.7	SUS304TP	4.7	420	$1.67 \times 10^5$	0.30	0.4	無し
29-47	10.5	1.7	SUS304TP	4.7	420	$1.67 \times 10^5$	0.30	0.4	無し

第 13.35 表 燃料破損検出系配管(その 1)の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力 MPa	②自重 応力 MPa	③地震 応力 MPa	計算応力 ①+②+③ MPa	許容応力 MPa
27	III <sub>A</sub> S	8	56	53	117	126

第 13.36 表 燃料破損検出系配管(その 1)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力 MPa	②二次応力 MPa	計算応力 ①+② MPa	許容応力 MPa
27	III <sub>A</sub> S	106	0	106	232

### 13.13 燃料破損検出系配管(その2)

#### (1) アイソメ図

アイソメ図を第 13.31 図に示す。

#### (2) モデル図

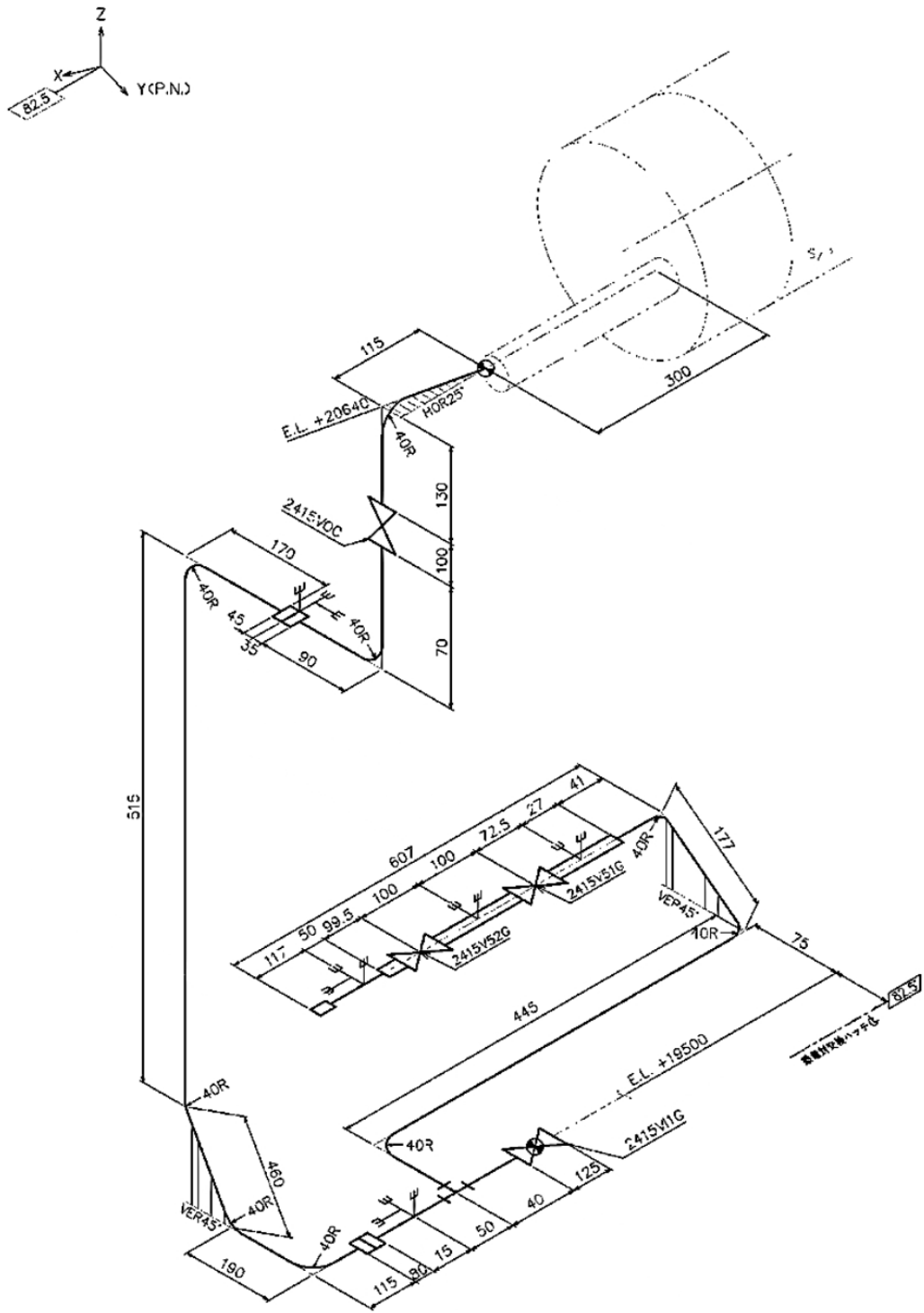
解析モデル図を第 13.32 図に示す。

#### (3) 配管諸元

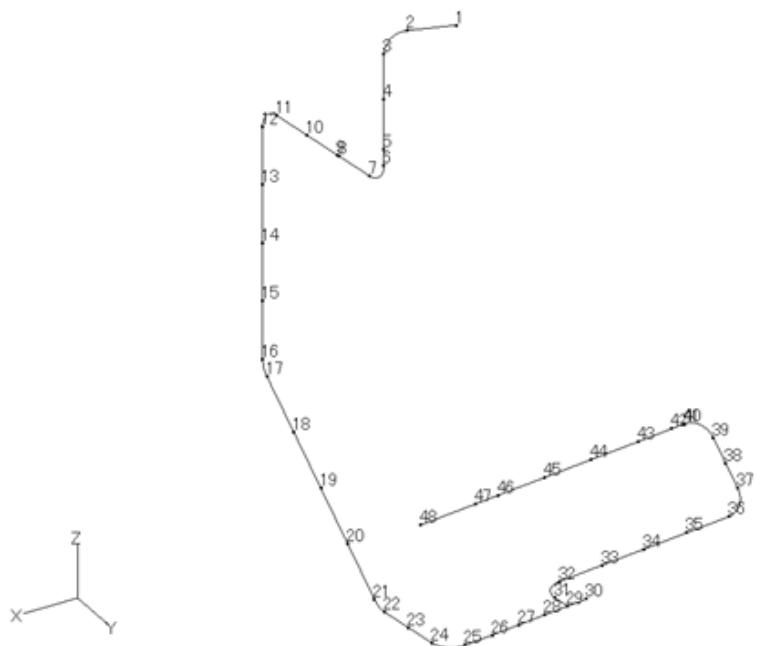
配管諸元を第 13.37 表に示す。

#### (4) 応力評価結果

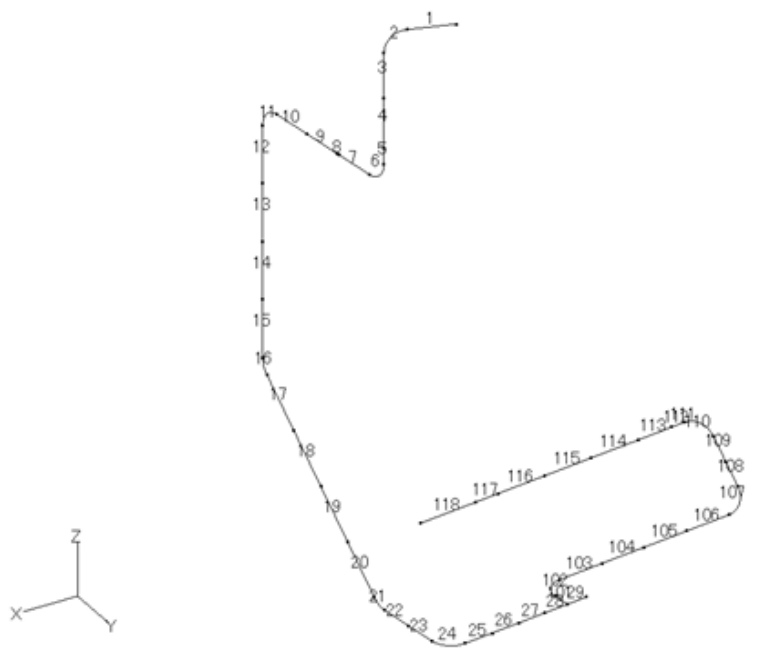
応力評価結果を第 13.38 表及び第 13.39 表に示す。



第 13.31 図 燃料破損検出系配管(その 2)のアイソメ図



(節点番号)



(要素番号)

第 13.32 図 燃料破損検出系配管(その 2)の解析モデル図

第 13.37 表 燃料破損検出系配管(その 2)の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-30	10.5	1.7	SUS304TP	4.7	420	$1.67 \times 10^5$	0.30	0.4	無し
29-48	10.5	1.7	SUS304TP	4.7	420	$1.67 \times 10^5$	0.30	0.4	無し

第 13.38 表 燃料破損検出系配管(その 2)の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力 MPa	②自重 応力 MPa	③地震 応力 MPa	計算応力 ①+②+③ MPa	許容応力 MPa
28	III <sub>A</sub> S	8	22	13	43	126

第 13.39 表 燃料破損検出系配管(その 2)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力 MPa	②二次応力 MPa	計算応力 ①+② MPa	許容応力 MPa
28	III <sub>A</sub> S	26	0	26	232



## 14. 崩壊熱を除去するための施設

### 14.1 補助冷却水設備配管 3

#### (1) アイソメ図

アイソメ図を第 14.1 図に示す。

#### (2) モデル図

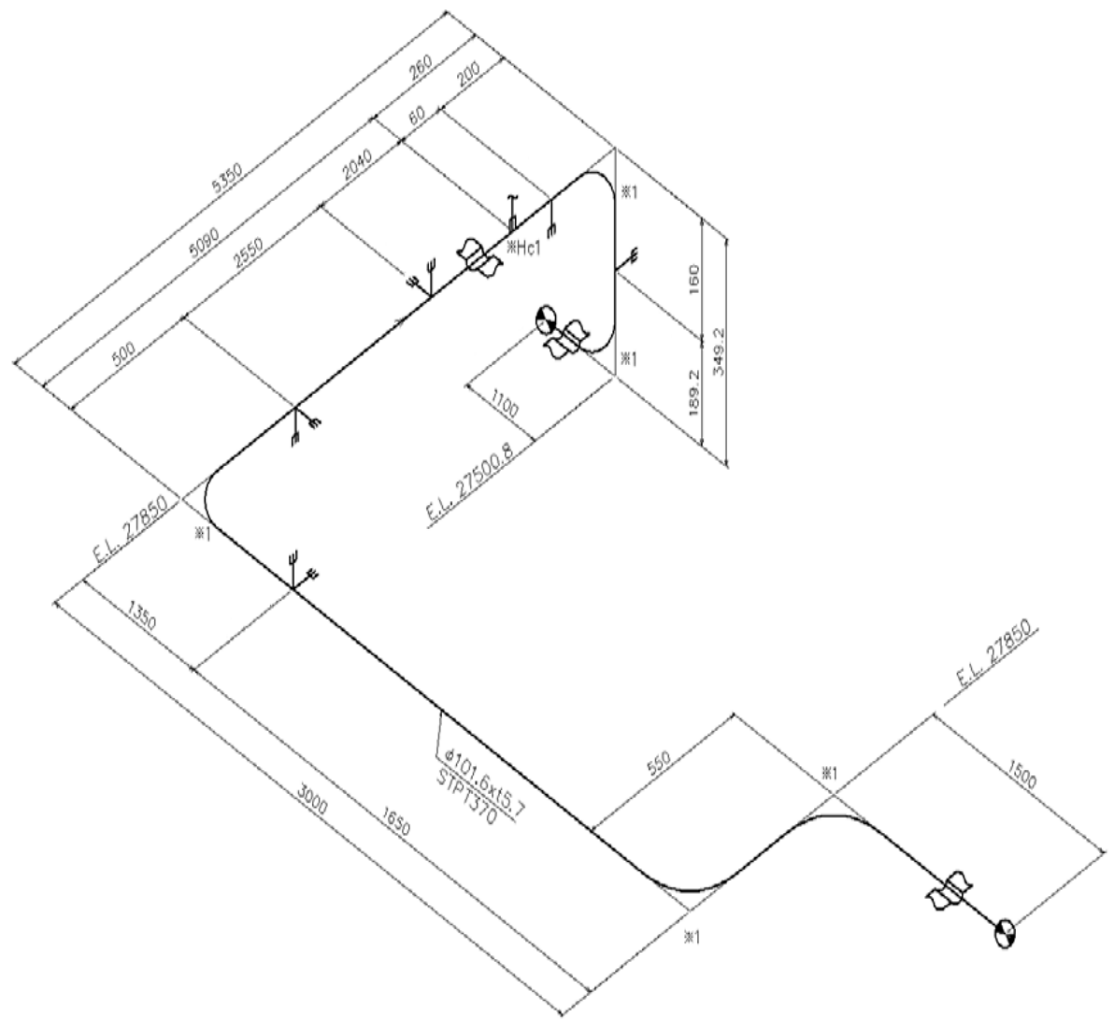
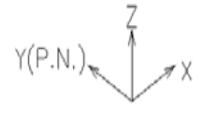
解析モデル図を第 14.2 図に示す。

#### (3) 配管諸元

配管諸元を第 14.1 表に示す。

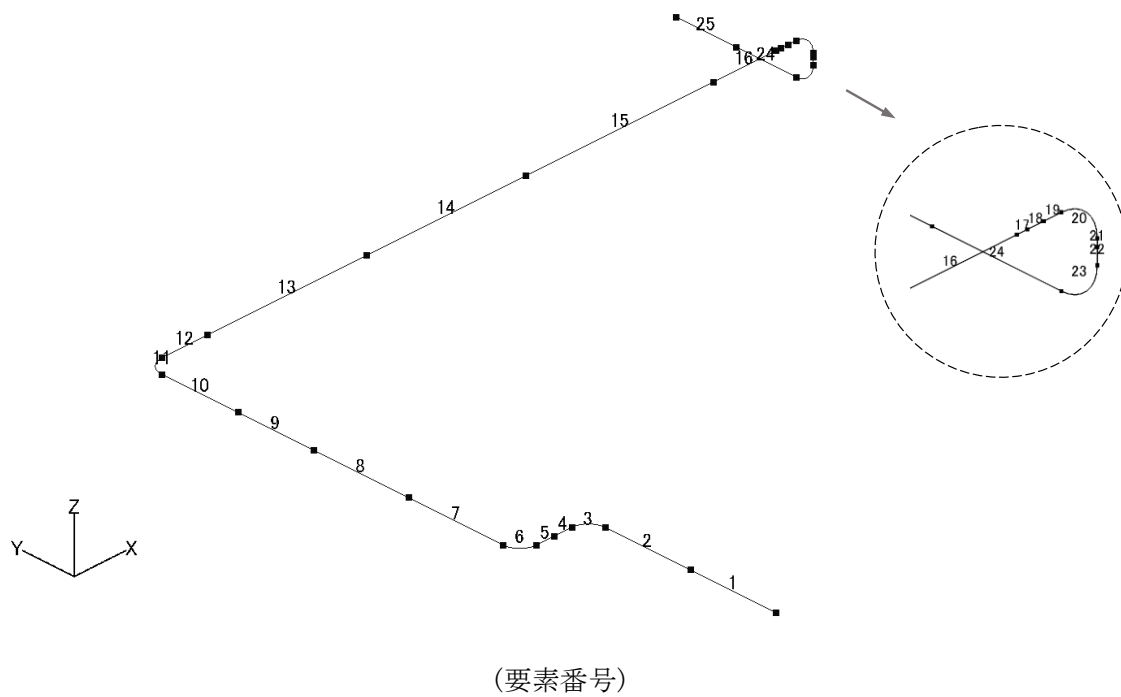
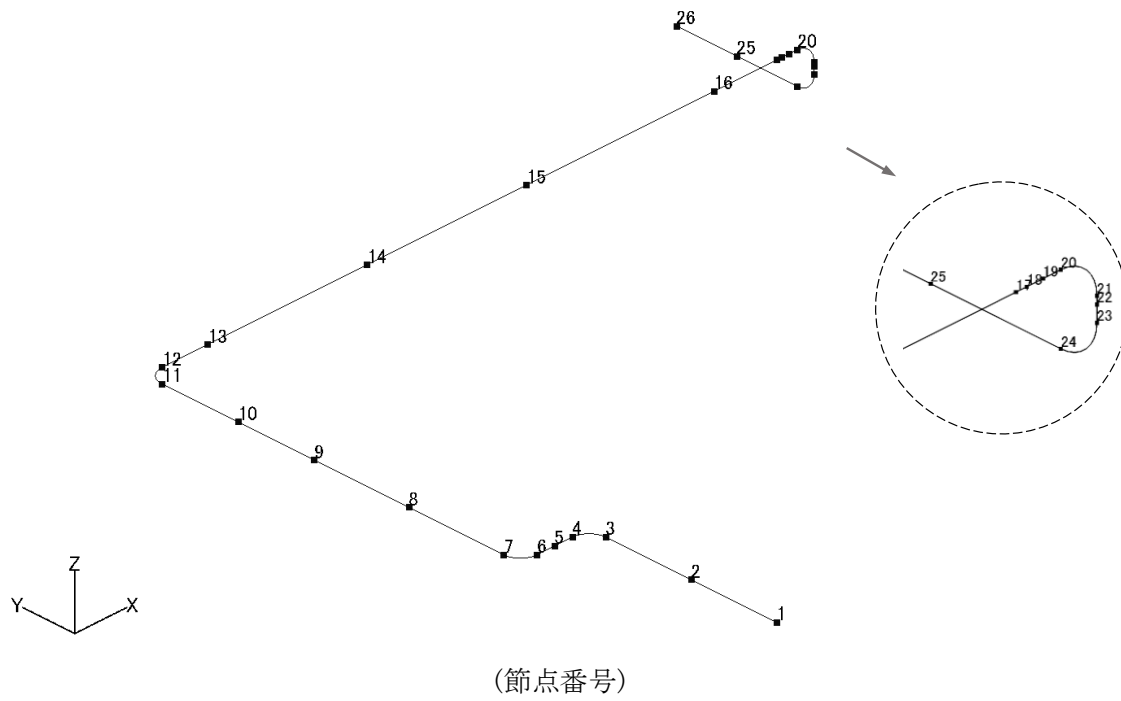
#### (4) 応力評価結果

応力評価結果を第 14.2 表及び第 14.3 表に示す。



※ 1 : 90E-3 1/2BxSch40(STPT370)(BW)  
 ※ Hc1 : 管台  $\phi 36 \times t 9.95 - 50$  (S25C)

第 14.1 図 補助冷却水設備配管 3 のアイソメ図



第 14.2 図 補助冷却水設備配管 3 の解析モデル図

第 14.1 表 補助冷却水設備配管 3 の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-26	101.6	5.7	STPT370	4.7	262	1.88×10 <sup>5</sup>	0.30	21.4	有り

第 14.2 表 補助冷却水設備配管 3 の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 MPa	②自重 MPa	③地震 応力 MPa	計算応力 ①+②+③ MPa	許容応力 MPa
1	III <sub>A</sub> S	21	12	3	36	168

第 14.3 表 補助冷却水設備配管 3 の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力 MPa	②強制変位 MPa	計算応力 ①+② MPa	許容応力 MPa
1	III <sub>A</sub> S	5	0	5	336

## 14.2 補助冷却水設備配管 6

### (1) アイソメ図

アイソメ図を第 14.3 図に示す。

### (2) モデル図

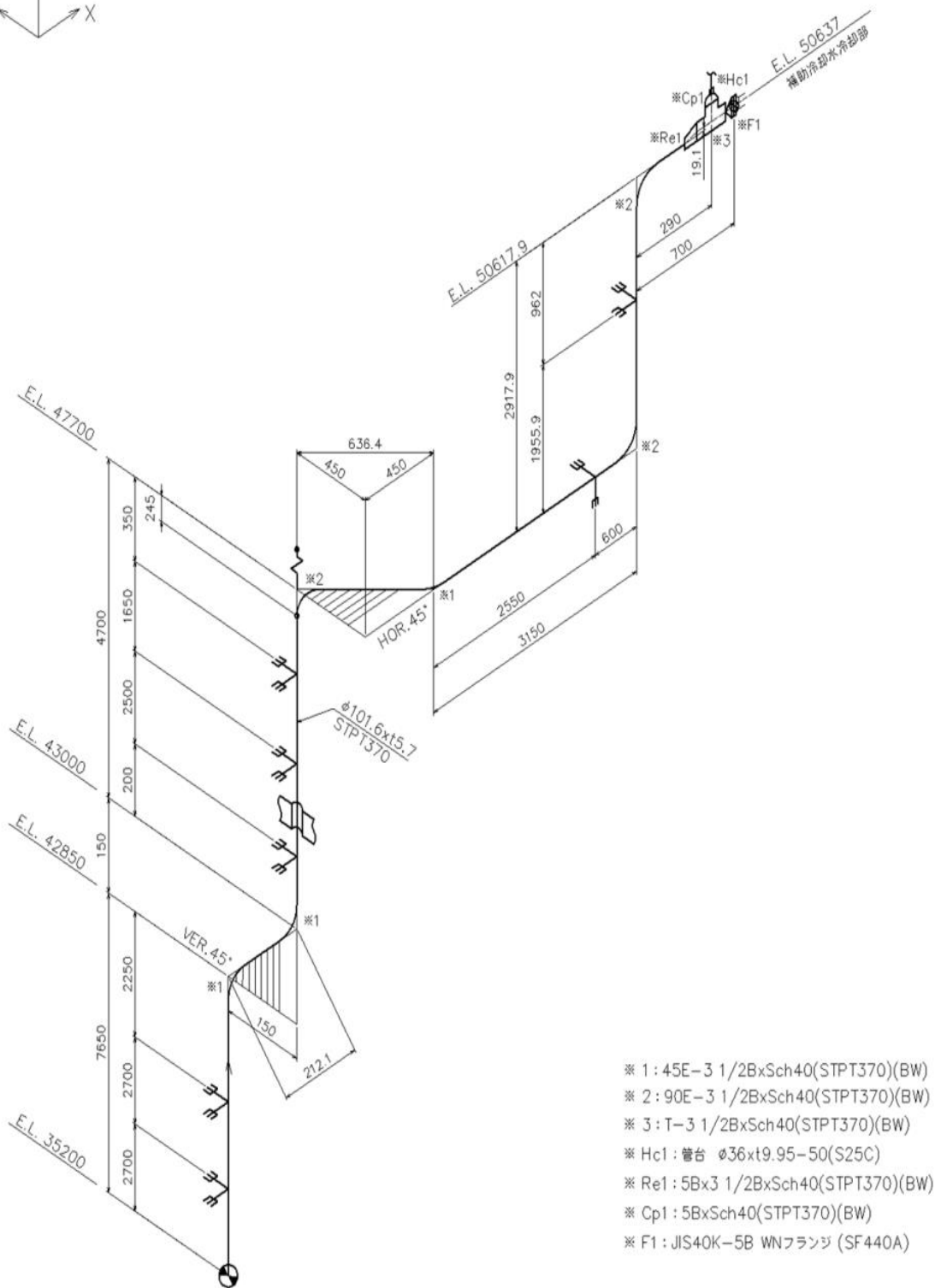
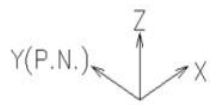
解析モデル図を第 14.4 図に示す。

### (3) 配管諸元

配管諸元を第 14.4 表に示す。

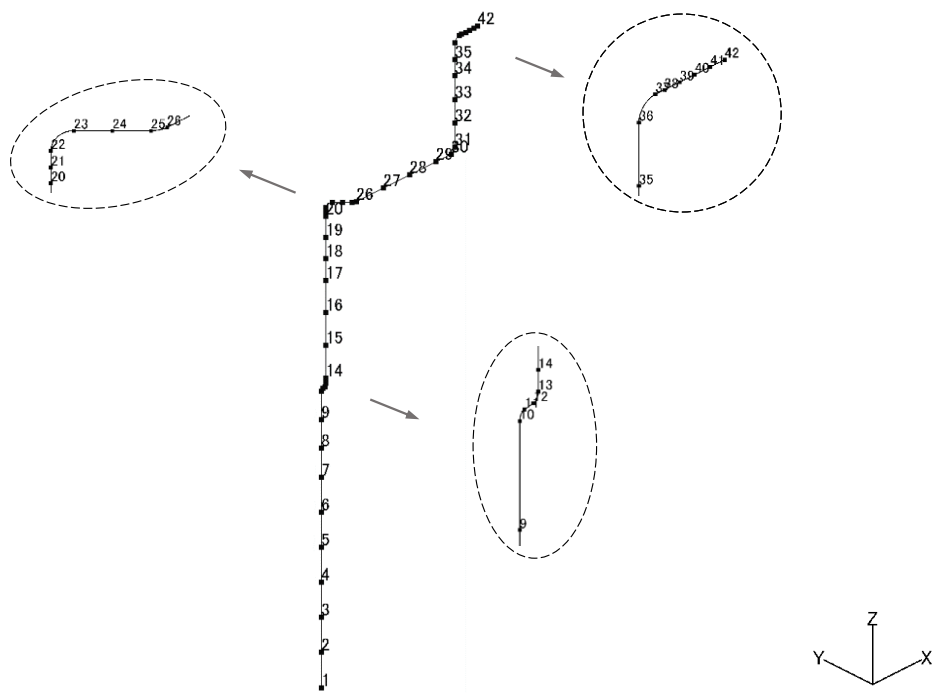
### (4) 応力評価結果

応力評価結果を第 14.5 表及び第 14.6 表に示す。

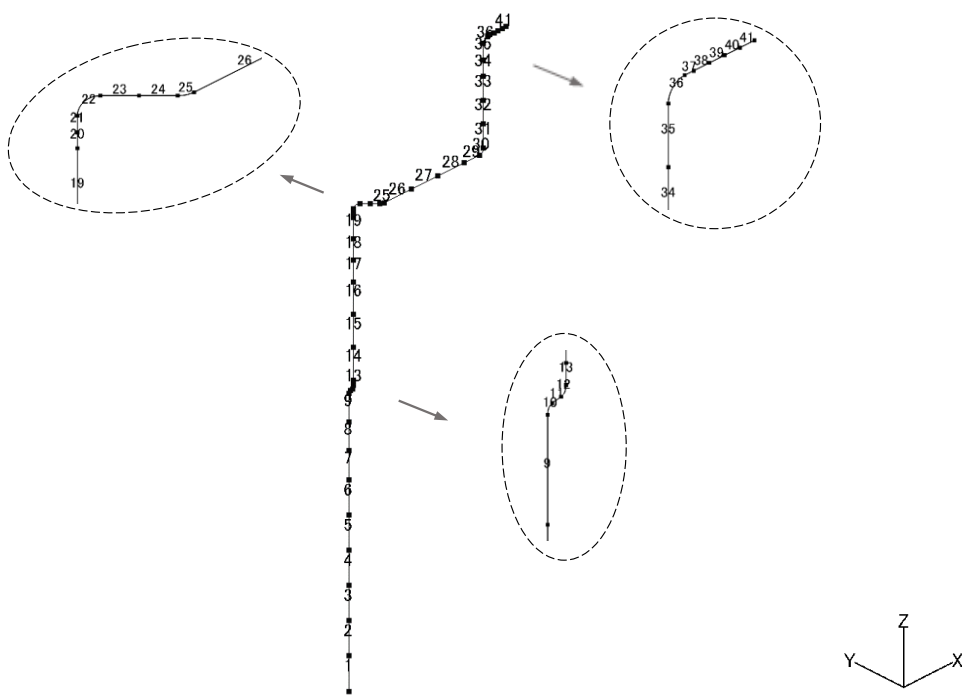


- ※ 1 : 45E-3 1/2BxSch40(STPT370)(BW)
- ※ 2 : 90E-3 1/2BxSch40(STPT370)(BW)
- ※ 3 : T-3 1/2BxSch40(STPT370)(BW)
- ※ Hc1 : 管台  $\phi 36 \times 19.95-50(S25C)$
- ※ Re1 : 5Bx3 1/2BxSch40(STPT370)(BW)
- ※ Cp1 : 5BxSch40(STPT370)(BW)
- ※ F1 : JIS40K-5B WNフランジ (SF440A)

第 14.3 図 補助冷却水設備配管 6 のアイソメ図



(節点番号)



(要素番号)

第 14.4 図 補助冷却水設備配管 6 の解析モデル図

第 14.4 表 補助冷却水設備配管 6 の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-38	101.6	5.7	STPT370	4.7	262	1.88×10 <sup>5</sup>	0.30	21.4	有り
38-39	101.6	5.7	STPT370	4.7	262	1.88×10 <sup>5</sup>	0.30	36.2	有り
39-42	139.8	6.6	STPT370	4.7	262	1.88×10 <sup>5</sup>	0.30	36.2	有り

第 14.5 表 補助冷却水設備配管 6 の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 MPa	②自重 MPa	③地震 応力 MPa	計算応力 ①+②+③ MPa	許容応力 MPa
42	Ⅲ <sub>A</sub> S	25	4	2	31	168

第 14.6 表 補助冷却水設備配管 6 の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力 MPa	②強制変位 MPa	計算応力 ①+② MPa	許容応力 MPa
25	Ⅲ <sub>A</sub> S	5	0	5	336



### 14.3 補助冷却水設備配管 7

(1) アイソメ図

アイソメ図を第 14.5 図に示す。

(2) モデル図

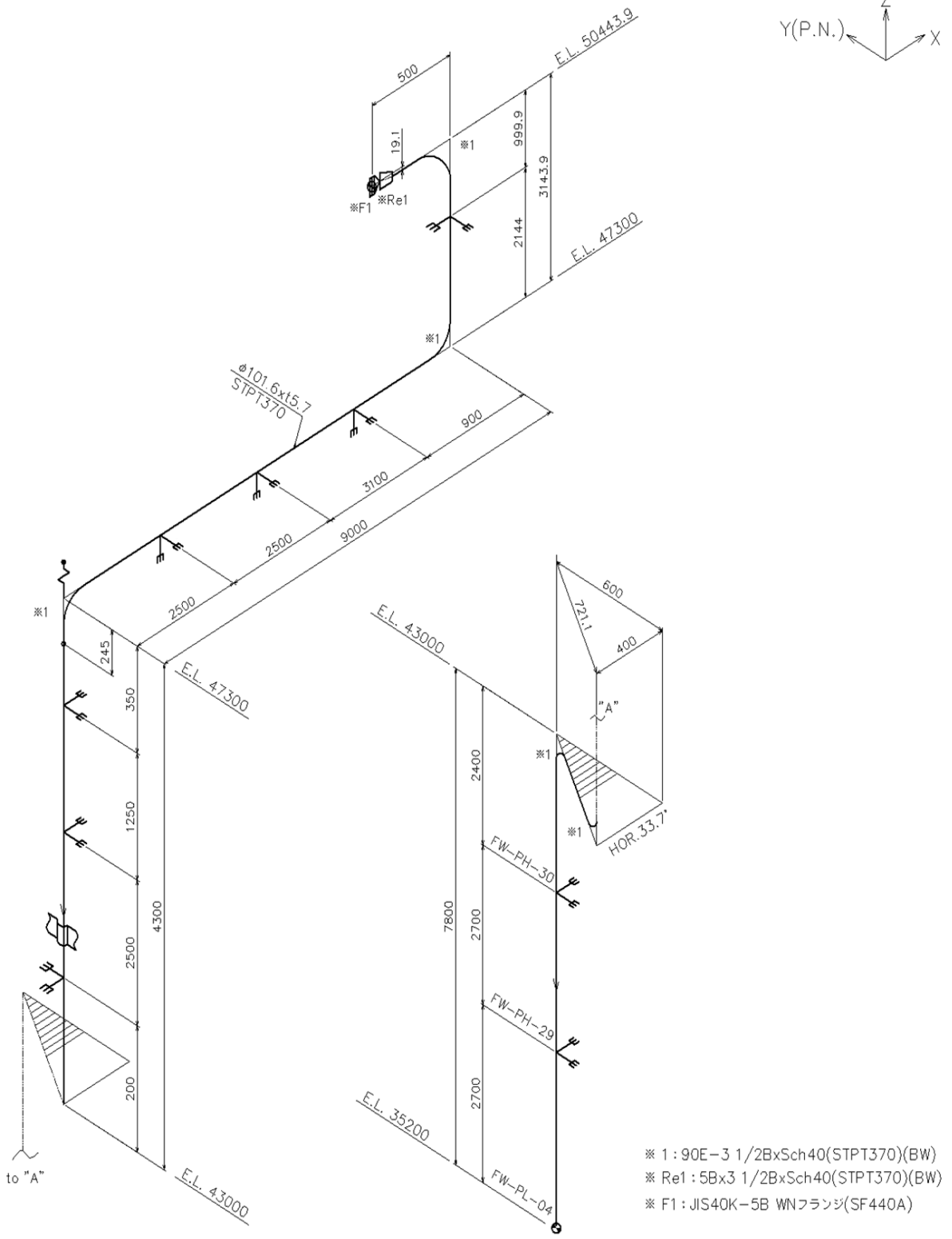
解析モデル図を第 14.6 図に示す。

(3) 配管諸元

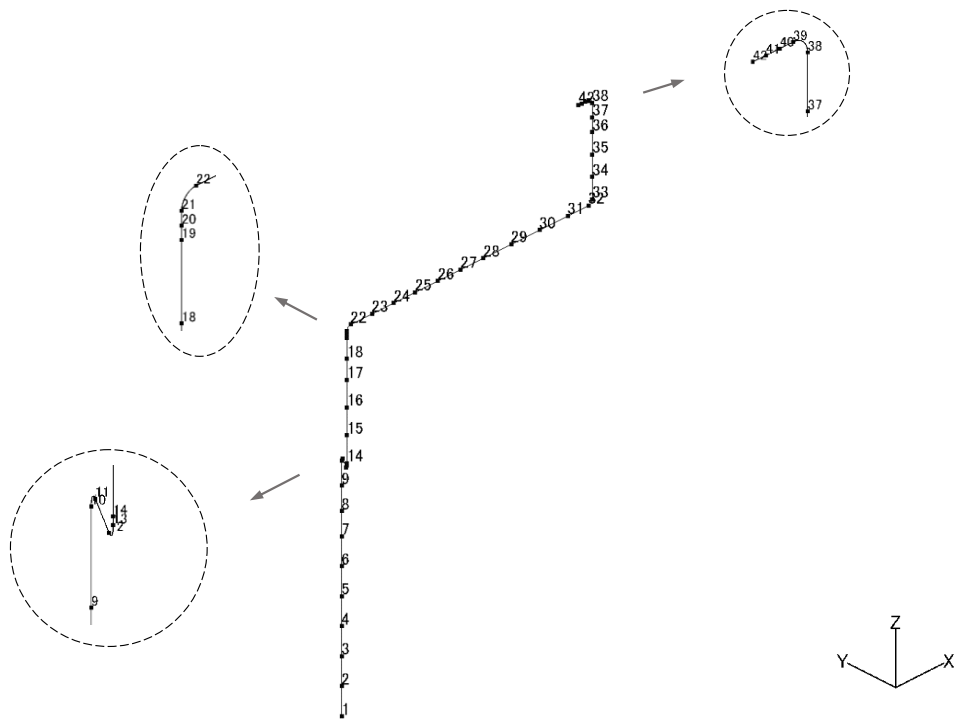
配管諸元を第 14.7 表に示す。

(4) 応力評価結果

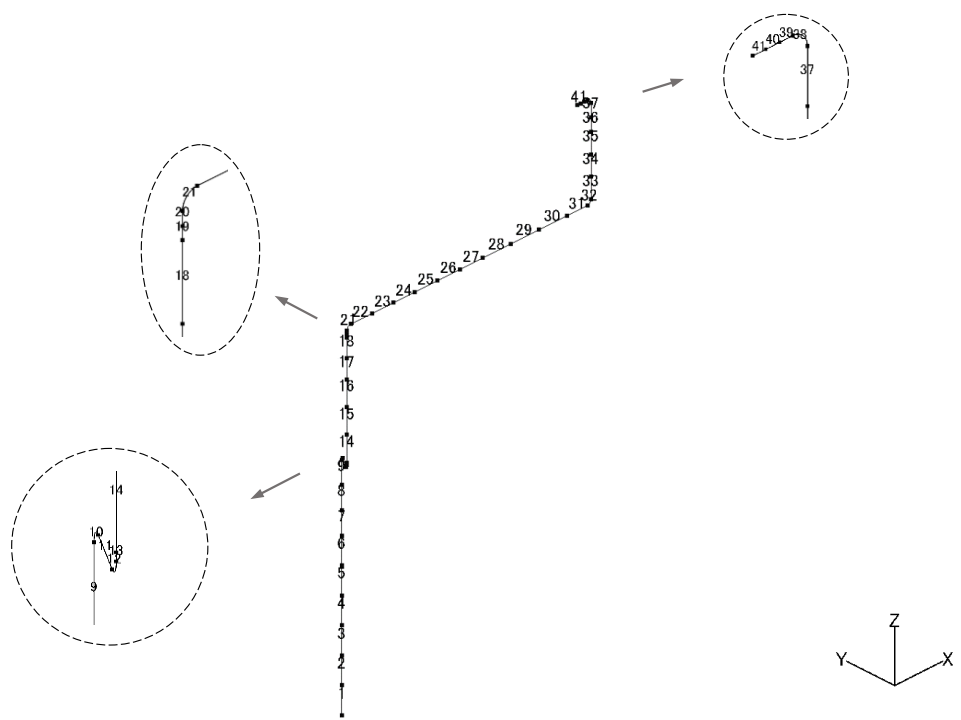
応力評価結果を第 14.8 表及び第 14.9 表に示す。



第 14.5 図 補助冷却水設備配管 7 のアイソメ図



(節点番号)



(要素番号)

第 14.6 図 補助冷却水設備配管 7 の解析モデル図

第 14.7 表 補助冷却水設備配管 7 の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-40	101.6	5.7	STPT370	4.7	262	1.88×10 <sup>5</sup>	0.30	21.4	有り
40-41	101.6	5.7	STPT370	4.7	262	1.88×10 <sup>5</sup>	0.30	36.2	有り
41-42	139.8	6.6	STPT370	4.7	262	1.88×10 <sup>5</sup>	0.30	36.2	有り

第 14.8 表 補助冷却水設備配管 7 の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 MPa	②自重 MPa	③地震 応力 MPa	計算応力 ①+②+③ Mpa	許容応力 MPa
41	Ⅲ <sub>A</sub> S	21	7	2	30	168

第 14.9 表 補助冷却水設備配管 7 の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力 MPa	②強制変位 MPa	計算応力 ①+② MPa	許容応力 MPa
10	Ⅲ <sub>A</sub> S	14	0	14	336

#### 14.4 補助冷却水設備配管 8

(1) アイソメ図

アイソメ図を第 14.7 図に示す。

(2) モデル図

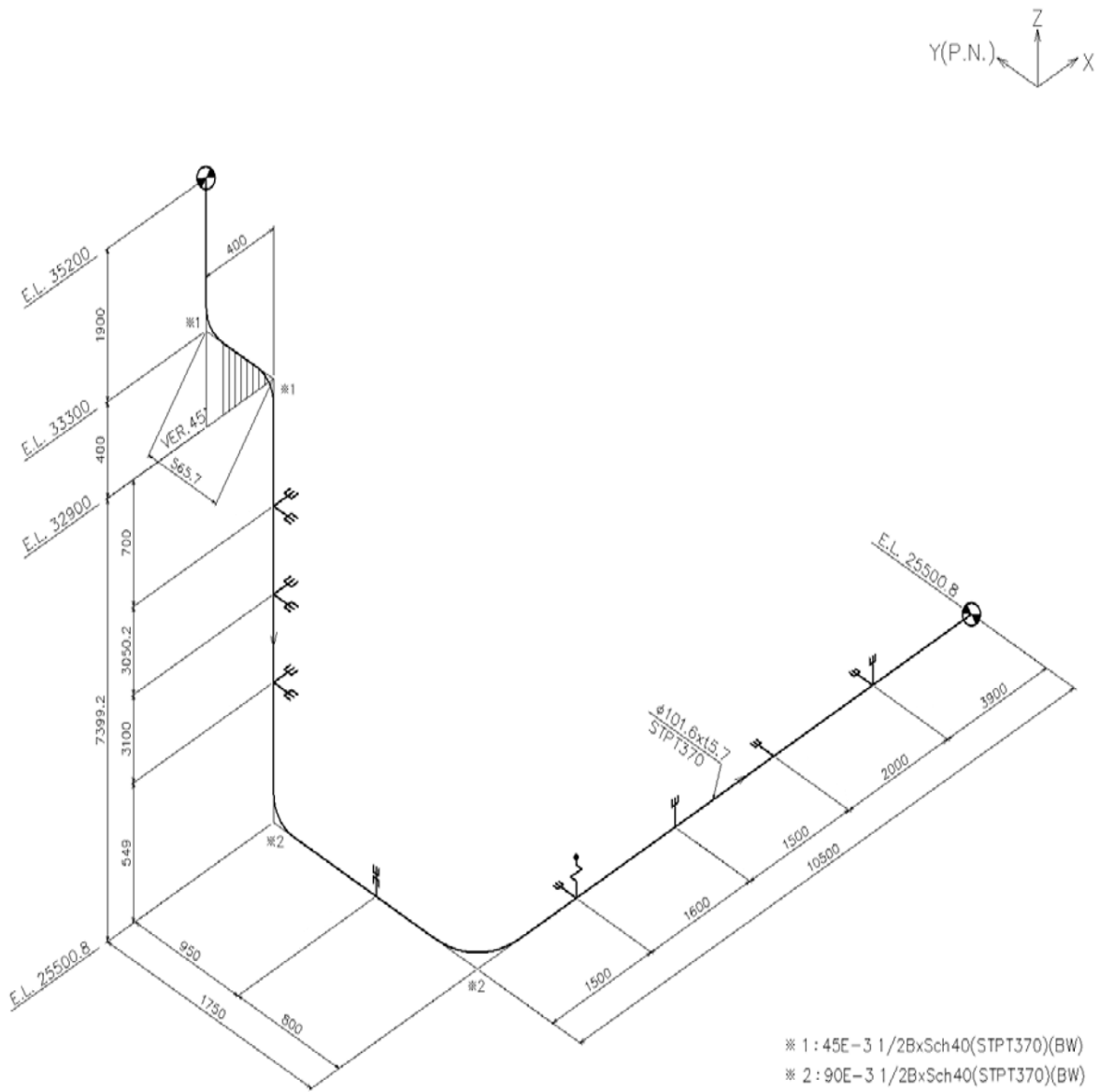
解析モデル図を第 14.8 図に示す。

(3) 配管諸元

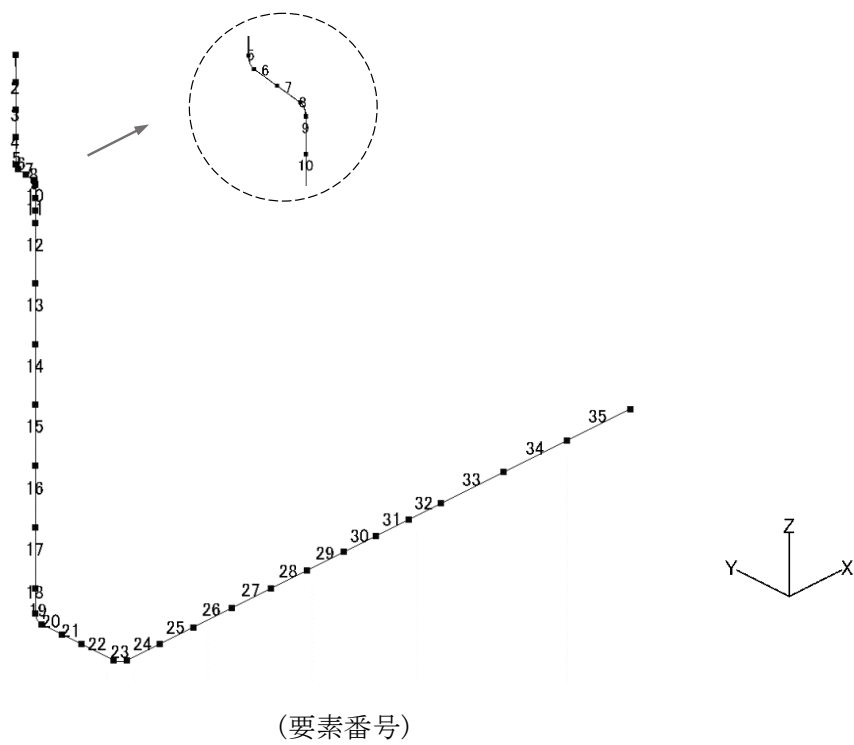
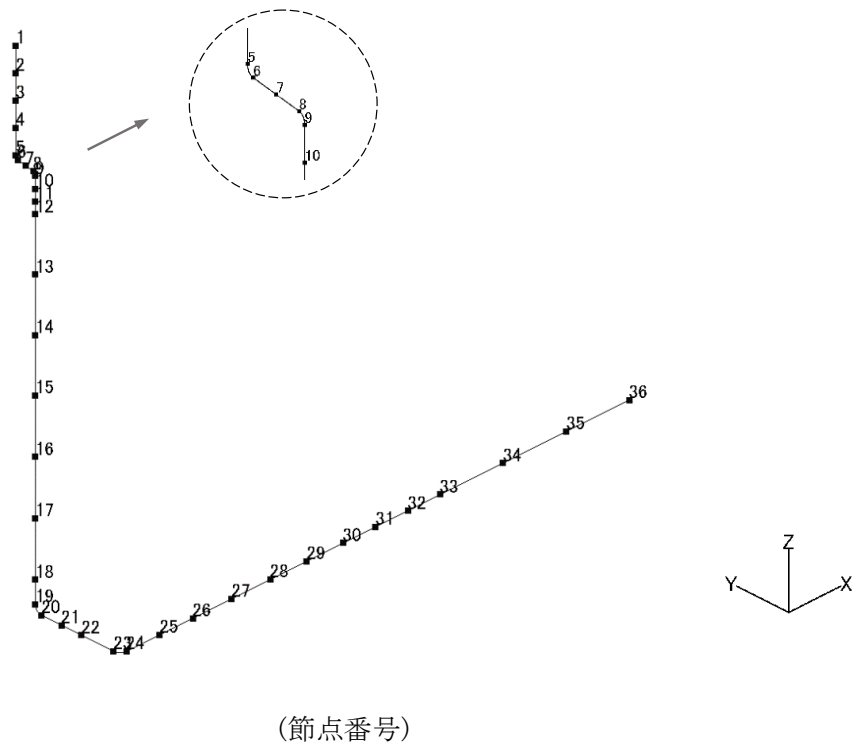
配管諸元を第 14.10 表に示す。

(4) 応力評価結果

応力評価結果を第 14.11 表及び第 14.12 表に示す。



第 14.7 図 補助冷却水設備配管 8 のアイソメ図



第 14.8 図 補助冷却水設備配管 8 の解析モデル図

第 14.10 表 補助冷却水設備配管 8 の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-36	101.6	5.7	STPT370	4.7	262	1.88×10 <sup>5</sup>	0.30	21.4	有り

第 14.11 表 補助冷却水設備配管 8 の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 MPa	②自重 MPa	③地震 応力 MPa	計算応力 ①+②+③ MPa	許容応力 MPa
1	Ⅲ <sub>A</sub> S	21	12	2	35	168

第 14.12 表 補助冷却水設備配管 8 の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力 MPa	②強制変位 MPa	計算応力 ①+② MPa	許容応力 MPa
36	Ⅲ <sub>A</sub> S	6	0	6	336



#### 14.5 補助冷却水設備配管 10

(1) アイソメ図

アイソメ図を第 14.9 図に示す。

(2) モデル図

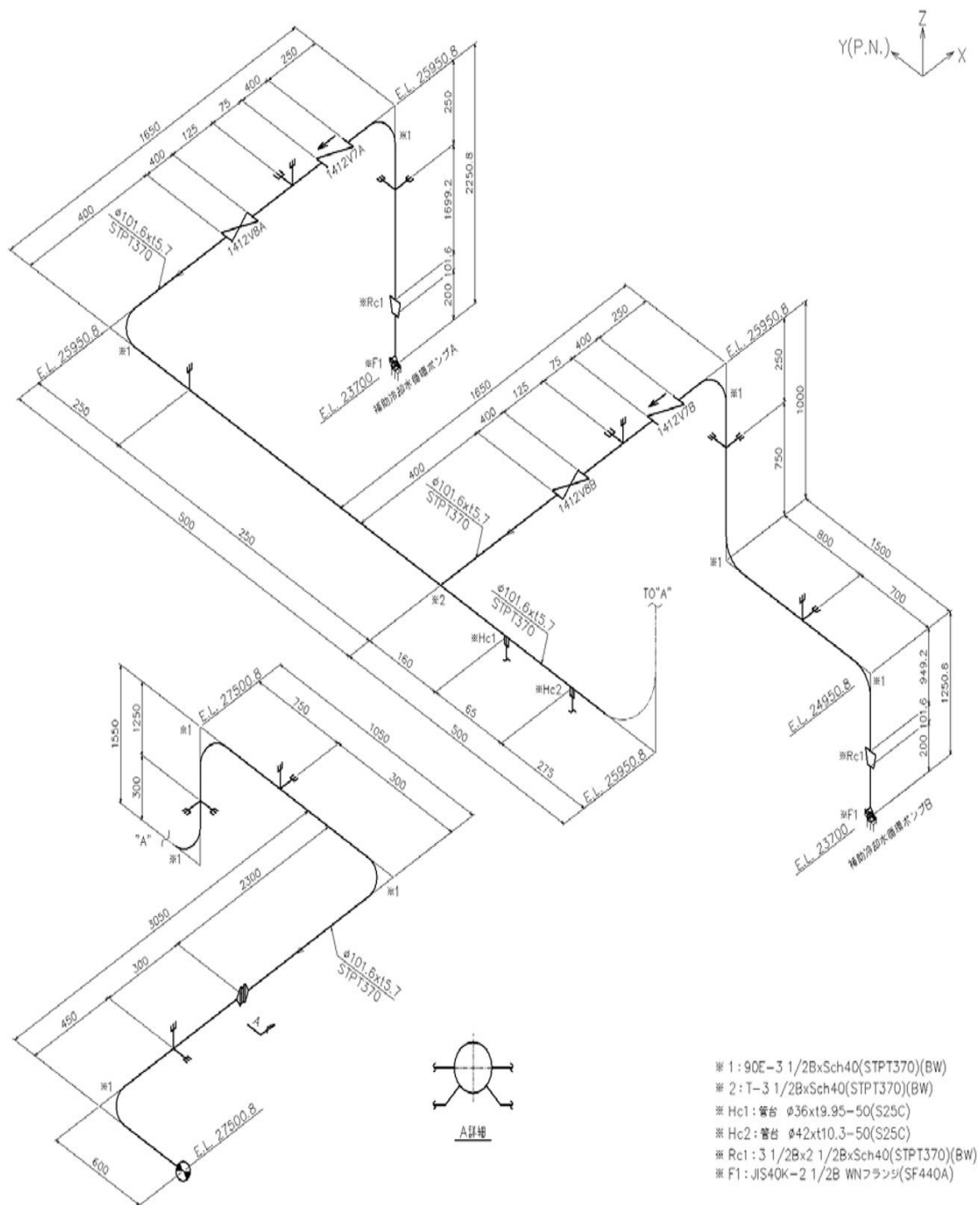
解析モデル図を第 14.10 図に示す。

(3) 配管諸元

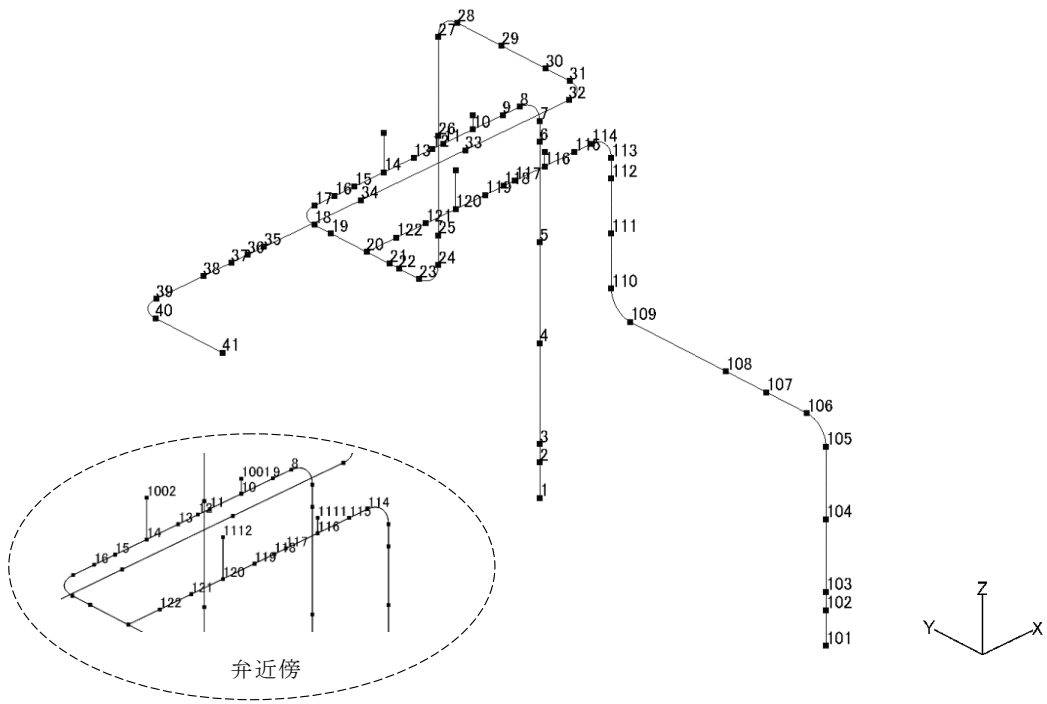
配管諸元を第 14.13 表に示す。

(4) 応力評価結果

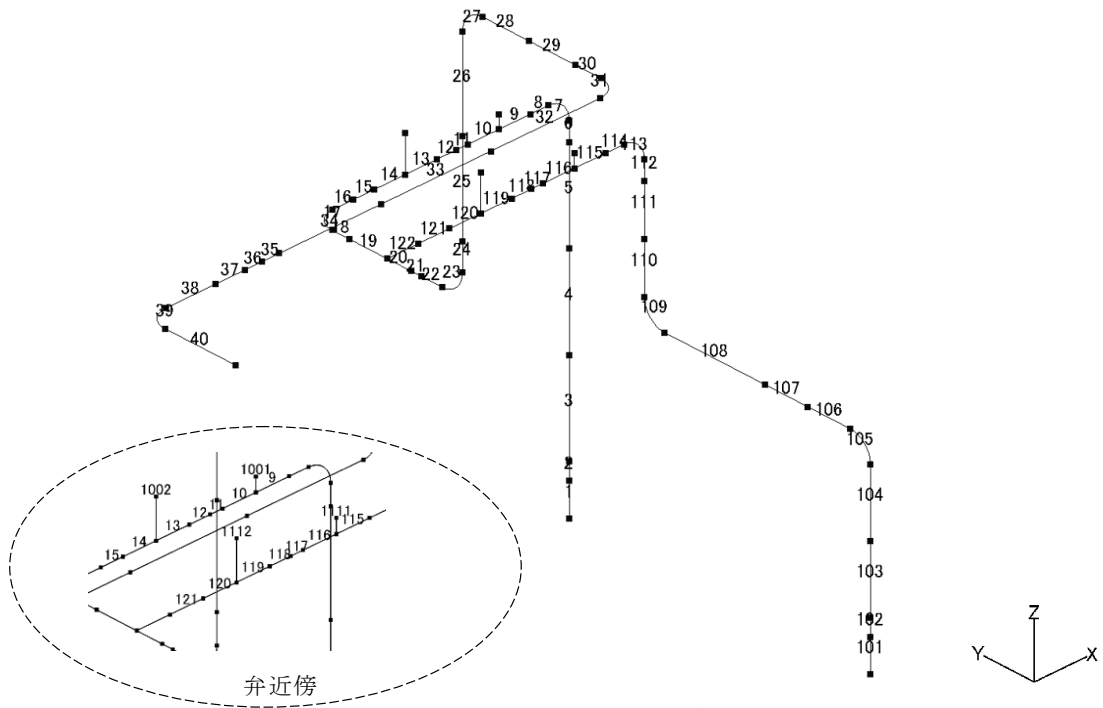
応力評価結果を第 14.14 表及び第 14.15 表に示す。



第 14.9 図 補助冷却水設備配管 10 のアイソメ図



(節点番号)



(要素番号)

第 14.10 図 補助冷却水設備配管 10 の解析モデル図

第 14.13 表 補助冷却水設備配管 10 の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-2	76.3	5.2	STPT370	4.7	262	1.88×10 <sup>5</sup>	0.30	15.5	有り
2-3	76.3	5.2	STPT370	4.7	262	1.88×10 <sup>5</sup>	0.30	21.4	有り
3-41	101.6	5.7	STPT370	4.7	262	1.88×10 <sup>5</sup>	0.30	21.4	有り
101-102	76.3	5.2	STPT370	4.7	262	1.88×10 <sup>5</sup>	0.30	15.5	有り
102-103	76.3	5.2	STPT370	4.7	262	1.88×10 <sup>5</sup>	0.30	21.4	有り
103-20	101.6	5.7	STPT370	4.7	262	1.88×10 <sup>5</sup>	0.30	21.4	有り

第 14.14 表 補助冷却水設備配管 10 の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 MPa	②自重 MPa	③地震 応力 MPa	計算応力 ①+②+③ MPa	許容応力 MPa
118	Ⅲ <sub>A</sub> S	21	9	2	32	168

第 14.15 表 補助冷却水設備配管 10 の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力 MPa	②強制変位 MPa	計算応力 ①+② MPa	許容応力 MPa
101	Ⅲ <sub>A</sub> S	6	0	6	336

## 14.6 炉容器冷却設備配管 22

### (1) アイソメ図

アイソメ図を第 14.11 図に示す。

### (2) モデル図

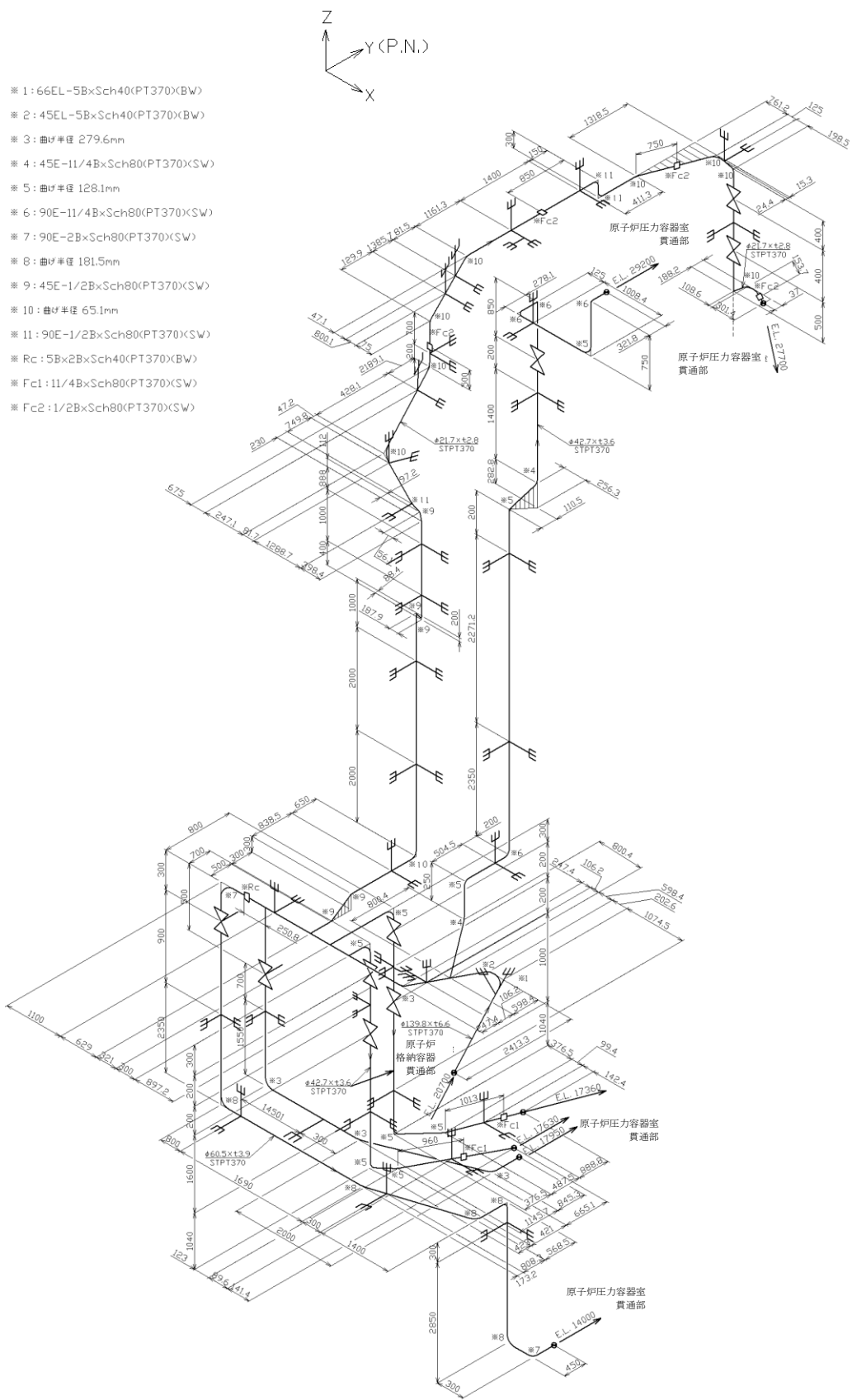
解析モデル図を第 14.12 図から第 14.18 図に示す。

### (3) 配管諸元

配管諸元を第 14.16 表に示す。

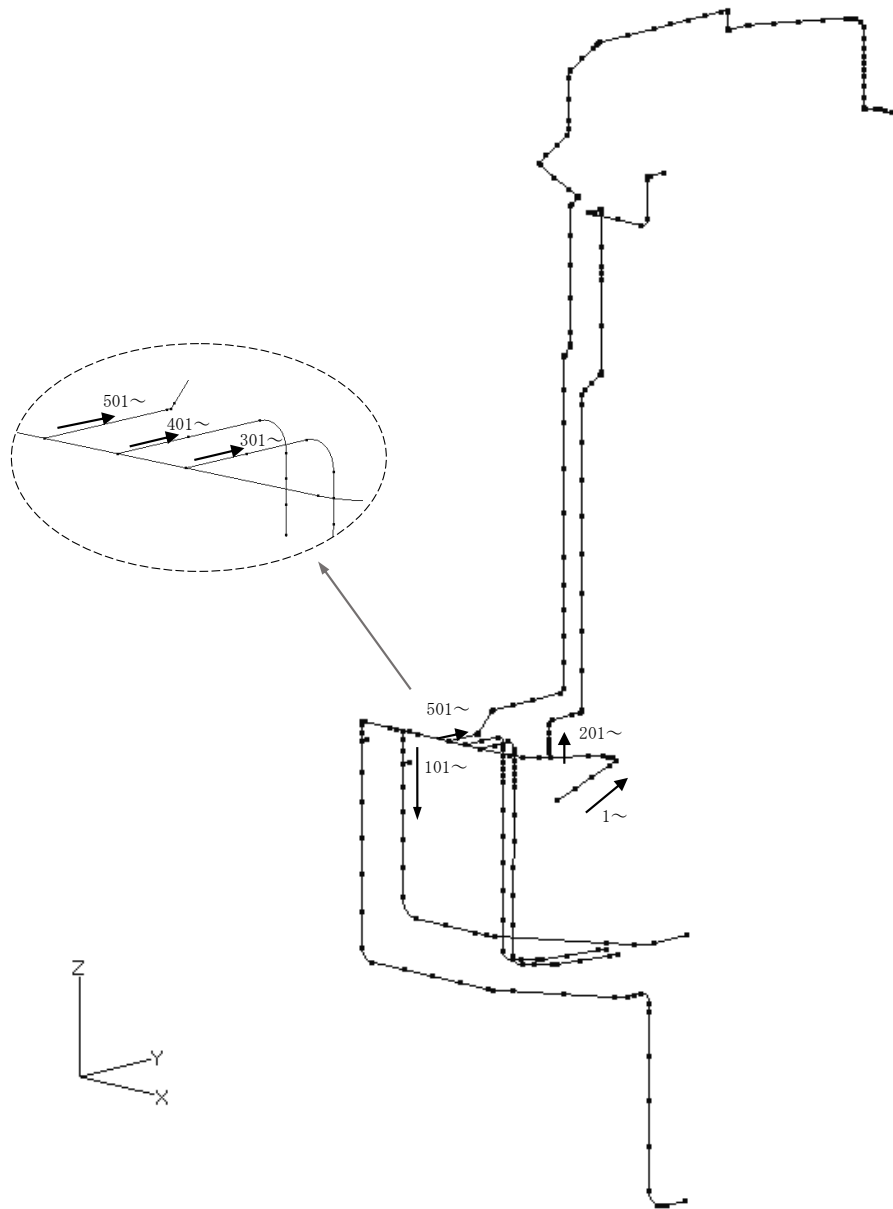
### (4) 応力評価結果

応力評価結果を第 14.17 表及び第 14.18 表に示す。

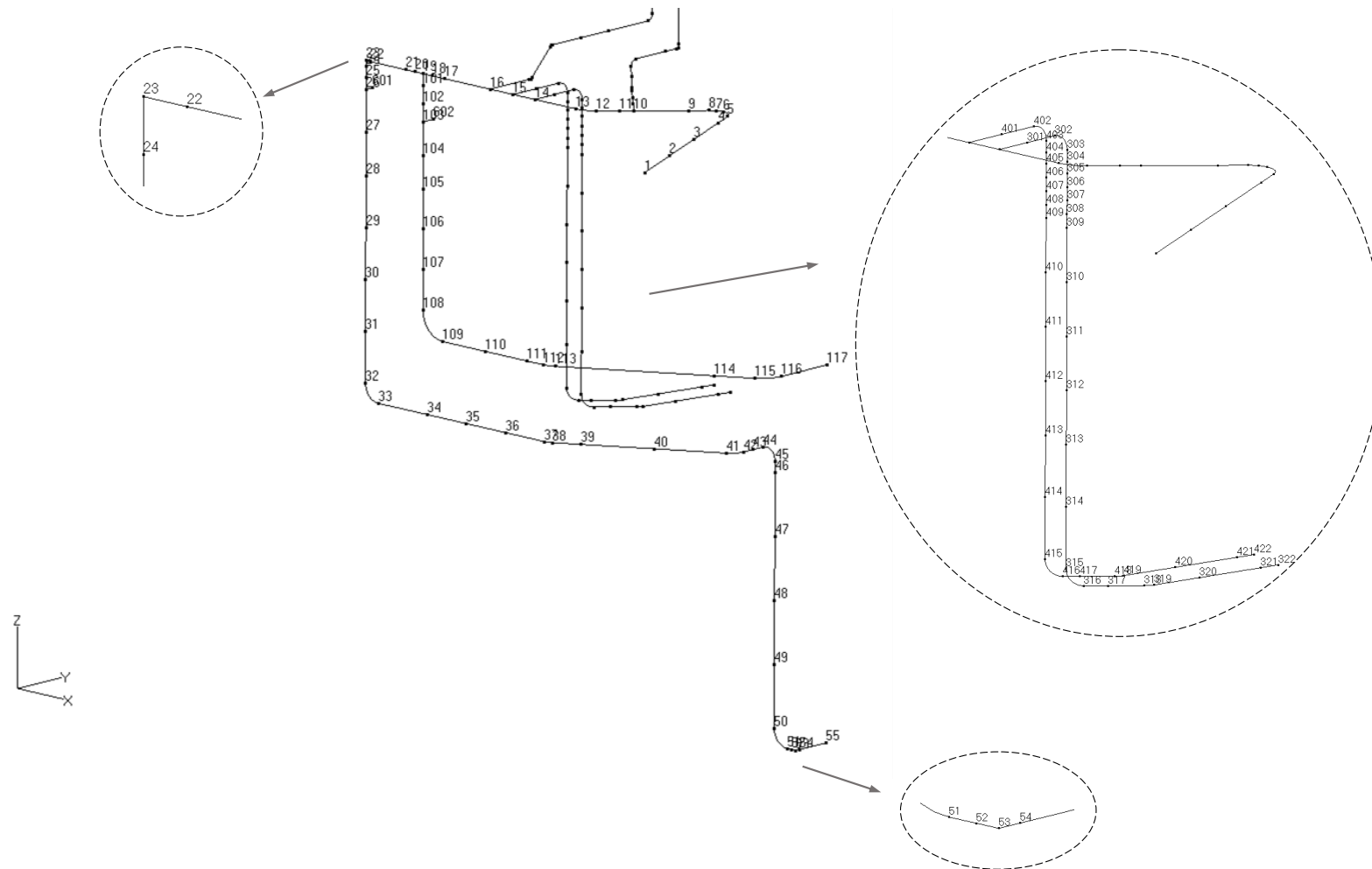


- ※ 1: 66E-5B×Sch40(PT370)(BW)
- ※ 2: 45E-5B×Sch40(PT370)(BW)
- ※ 3: 曲げ半径 279.6mm
- ※ 4: 45E-11/4B×Sch80(PT370)(SW)
- ※ 5: 曲げ半径 128.1mm
- ※ 6: 90E-11/4B×Sch80(PT370)(SW)
- ※ 7: 90E-2B×Sch80(PT370)(SW)
- ※ 8: 曲げ半径 181.5mm
- ※ 9: 45E-1/2B×Sch80(PT370)(SW)
- ※ 10: 曲げ半径 65.1mm
- ※ 11: 90E-1/2B×Sch80(PT370)(SW)
- ※ Rc: 5B×2B×Sch40(PT370)(BW)
- ※ Fc1: 11/4B×Sch80(PT370)(SW)
- ※ Fc2: 1/2B×Sch80(PT370)(SW)

第 14.11 図 炉容器冷却設備配管 22 のアイソメ図

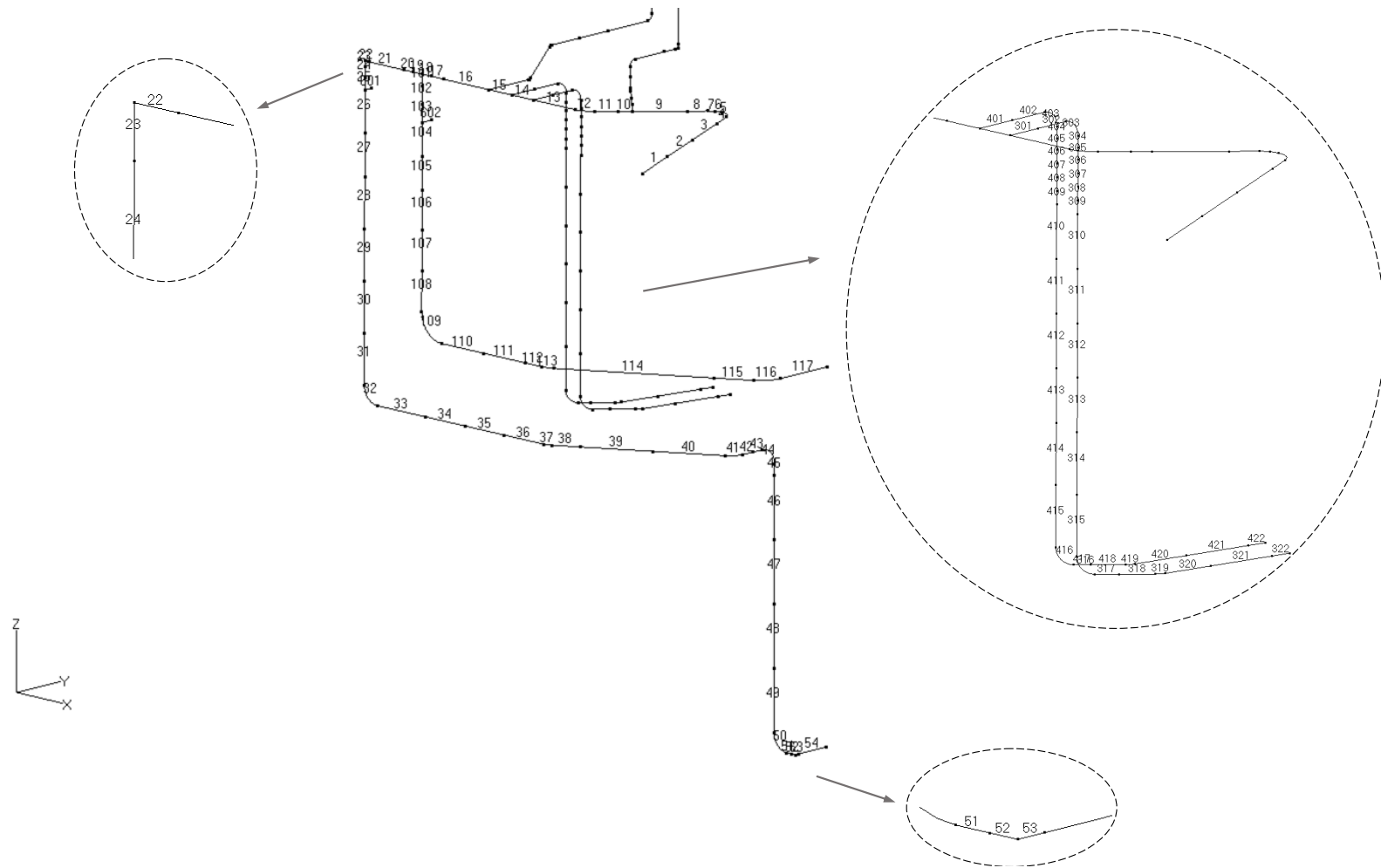


第 14.12 図 炉容器冷却設備配管 22 の解析モデル図(全体図)

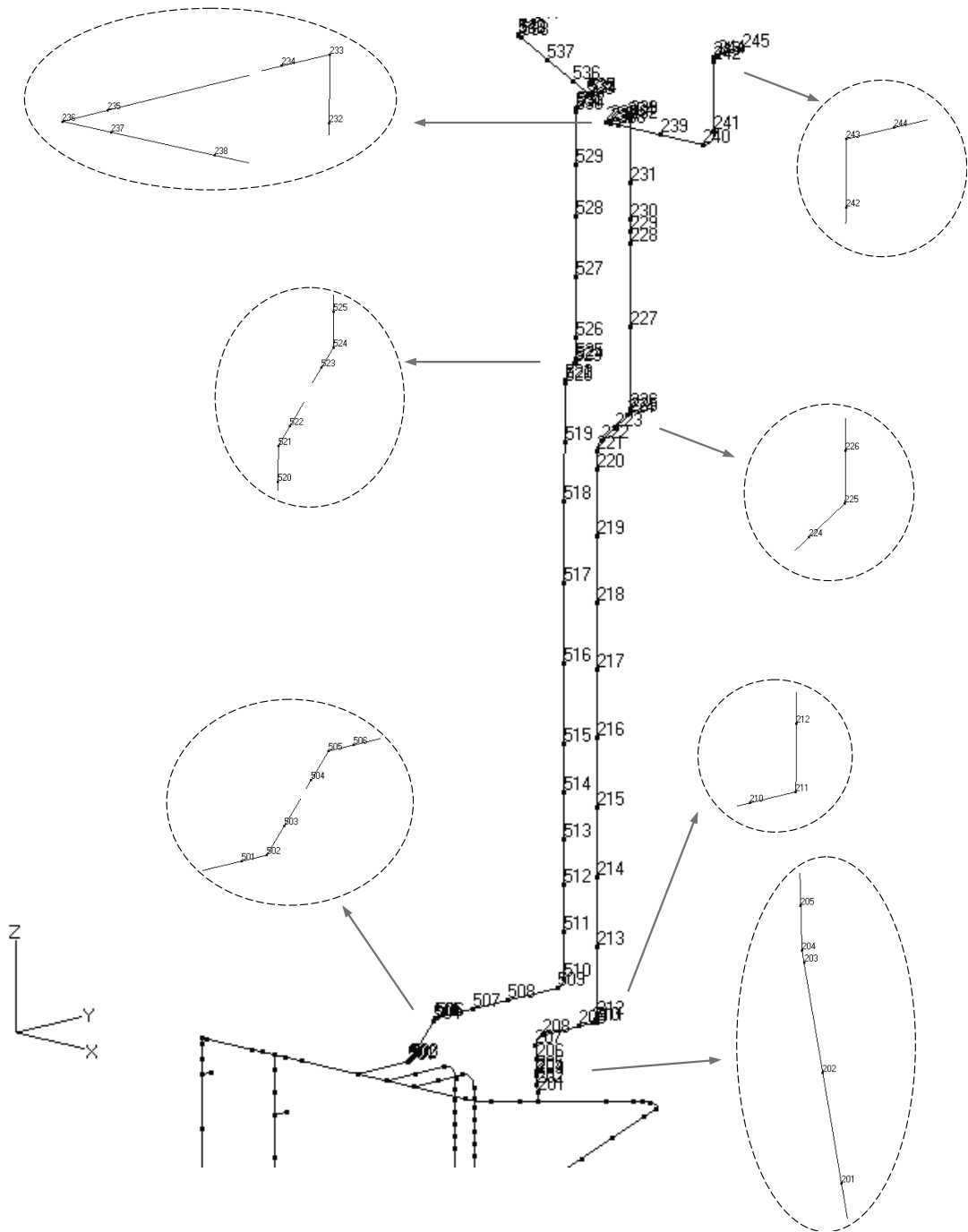


第 14.13 図 炉容器冷却設備配管 22 の解析モデル図(節点番号 1)

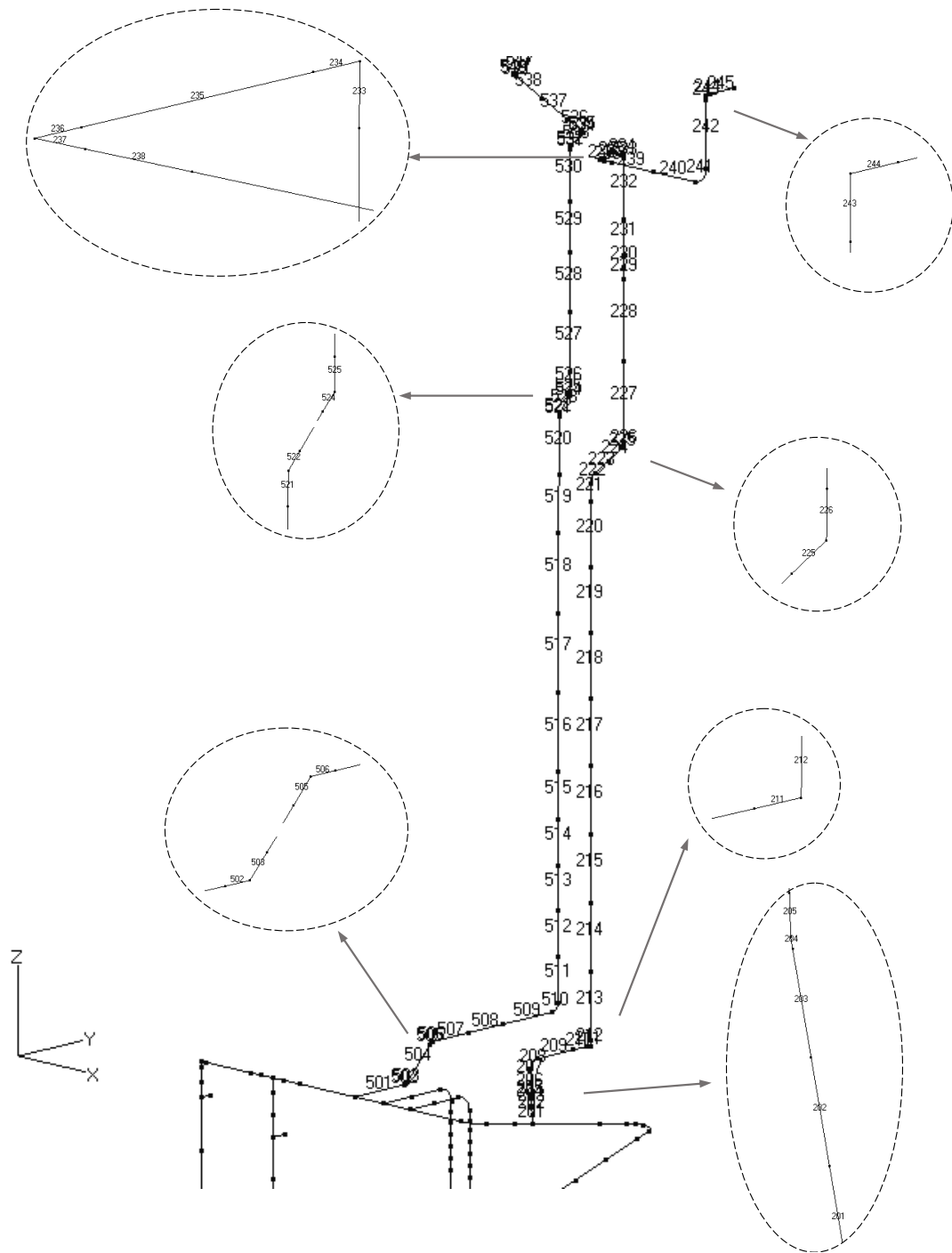




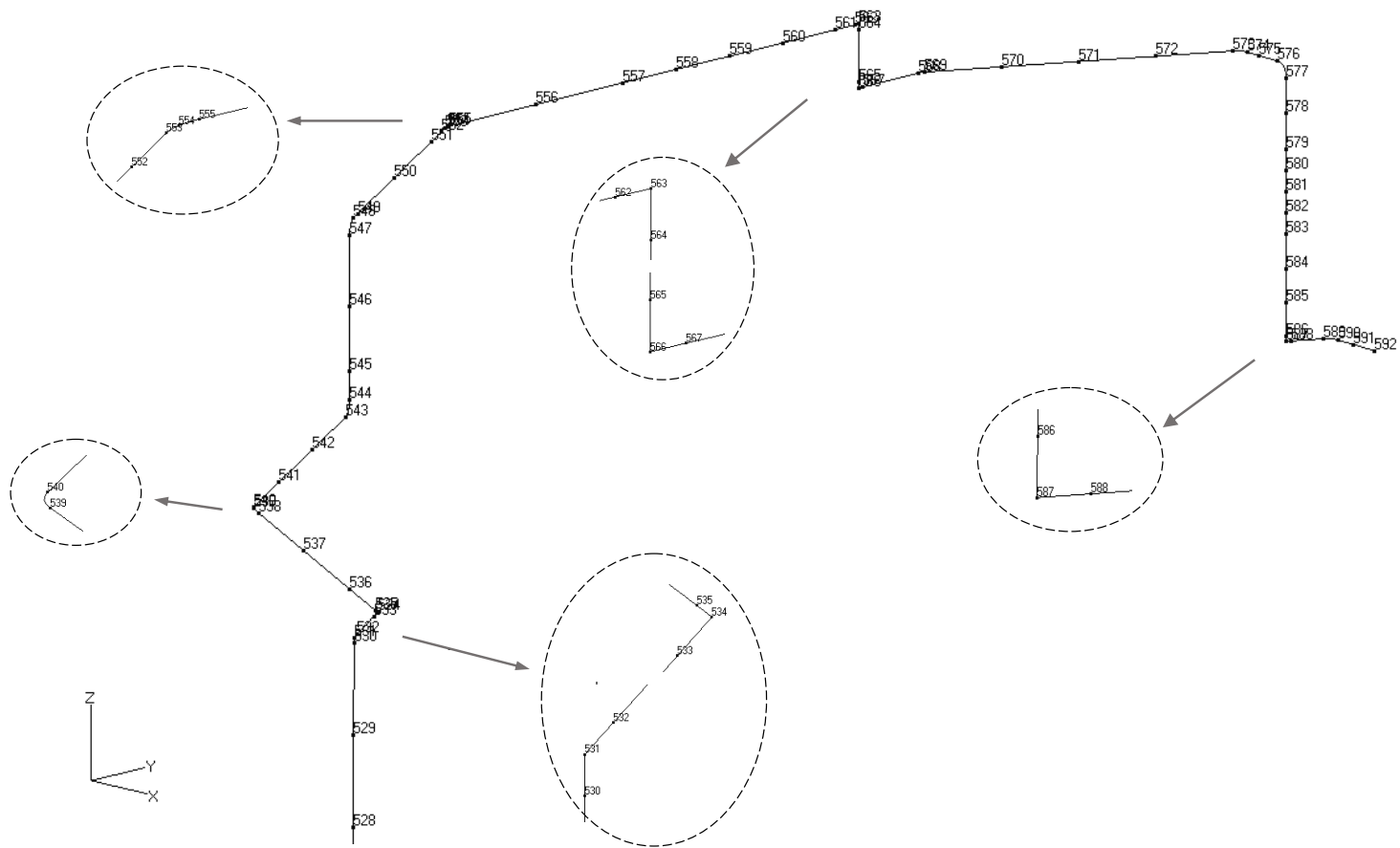
第 14.14 図 炉容器冷却設備配管 22 の解析モデル図(要素番号 1)



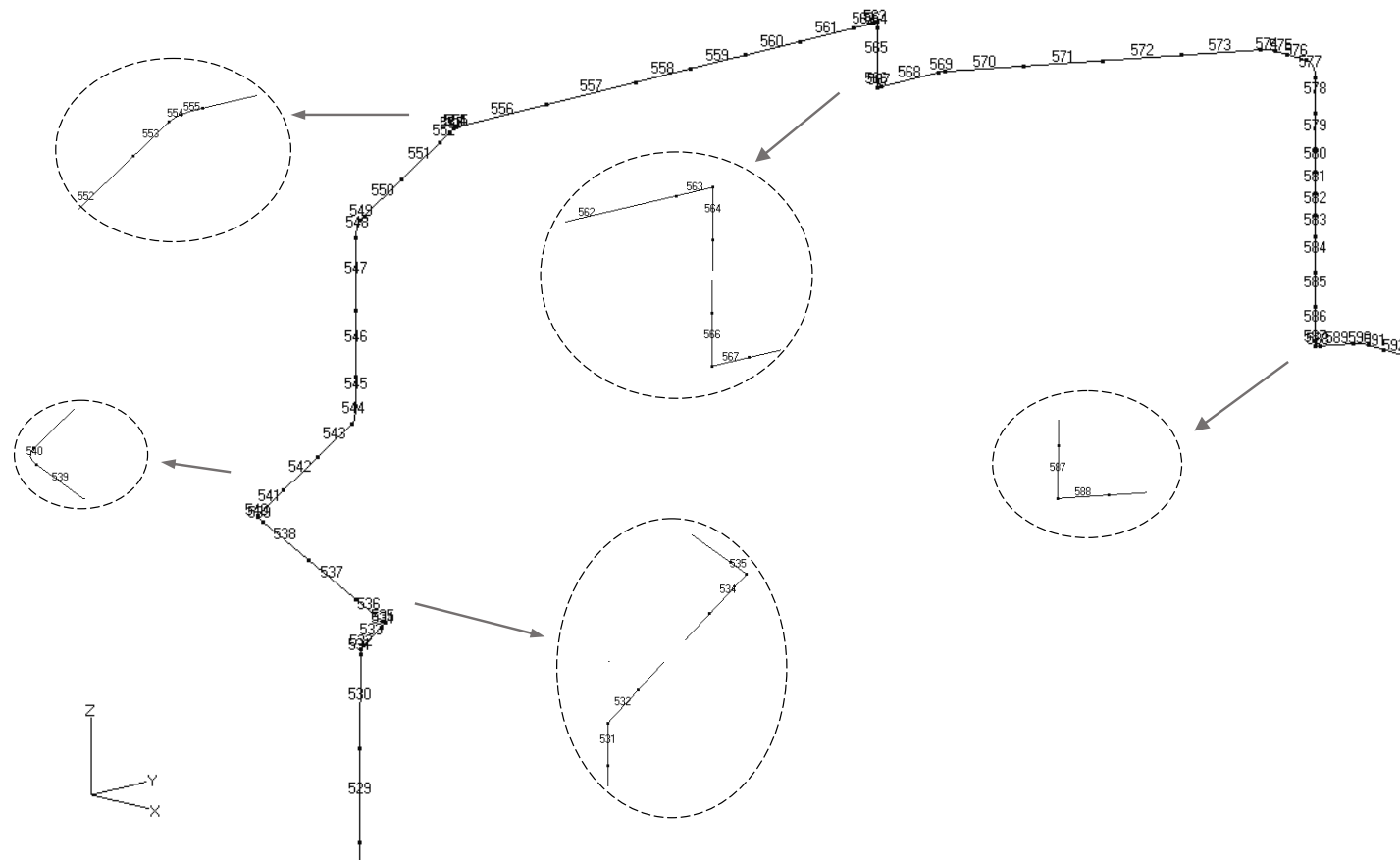
第 14.15 図 炉容器冷却設備配管 22 の解析モデル図(節点番号 2)



第 14.16 図 炉容器冷却設備配管 22 の解析モデル図(要素番号 2)



第 14.17 図 炉容器冷却設備配管 22 の解析モデル図(節点番号 3)



第 14.18 図 炉容器冷却設備配管 22 の解析モデル図(要素番号 3)

第 14.16 表 炉容器冷却設備配管 22 の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-20	139.8	6.6	STPT370	1.0	90	1.99×10 <sup>5</sup>	0.30	37.4	有り
20-21	60.5	3.9	STPT370	1.0	90	1.99×10 <sup>5</sup>	0.30	37.4	有り
21-55	60.5	3.9	STPT370	1.0	90	1.99×10 <sup>5</sup>	0.30	8.6	有り
19-117	139.8	6.6	STPT370	1.0	90	1.99×10 <sup>5</sup>	0.30	37.4	有り
10-245	42.7	3.6	STPT370	1.0	90	1.99×10 <sup>5</sup>	0.30	5.8	有り
14-322	42.7	3.6	STPT370	1.0	90	1.99×10 <sup>5</sup>	0.30	5.8	有り
15-422	42.7	3.6	STPT370	1.0	90	1.99×10 <sup>5</sup>	0.30	5.8	有り
16-592	21.7	2.8	STPT370	1.0	90	1.99×10 <sup>5</sup>	0.30	2.5	有り

第 14.17 表 炉容器冷却設備配管 22 の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 MPa	②自重 MPa	③地震 応力 MPa	計算応力 ①+②+③ MPa	許容応力 MPa
534	Ⅲ <sub>A</sub> S	2	74	43	119	189

第 14.18 表 炉容器冷却設備配管 22 の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力 MPa	②強制変位 MPa	計算応力 ①+② MPa	許容応力 MPa
534	Ⅲ <sub>A</sub> S	85	1	86	378

#### 14.7 補機冷却水設備配管 9

(1) アイソメ図

アイソメ図を第 14.19 図に示す。

(2) モデル図

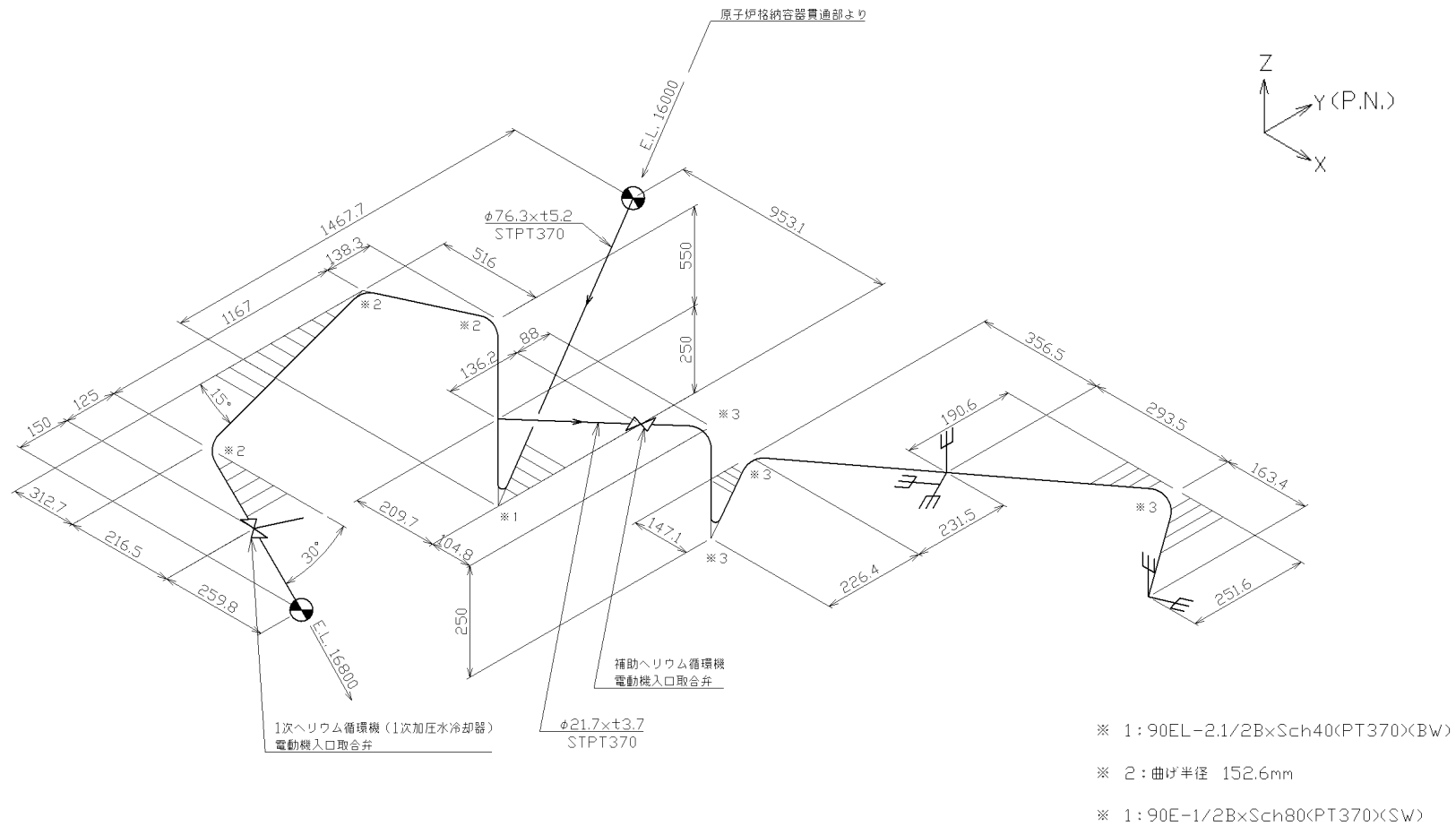
解析モデル図を第 14.20 図に示す。

(3) 配管諸元

配管諸元を第 14.19 表に示す。

(4) 応力評価結果

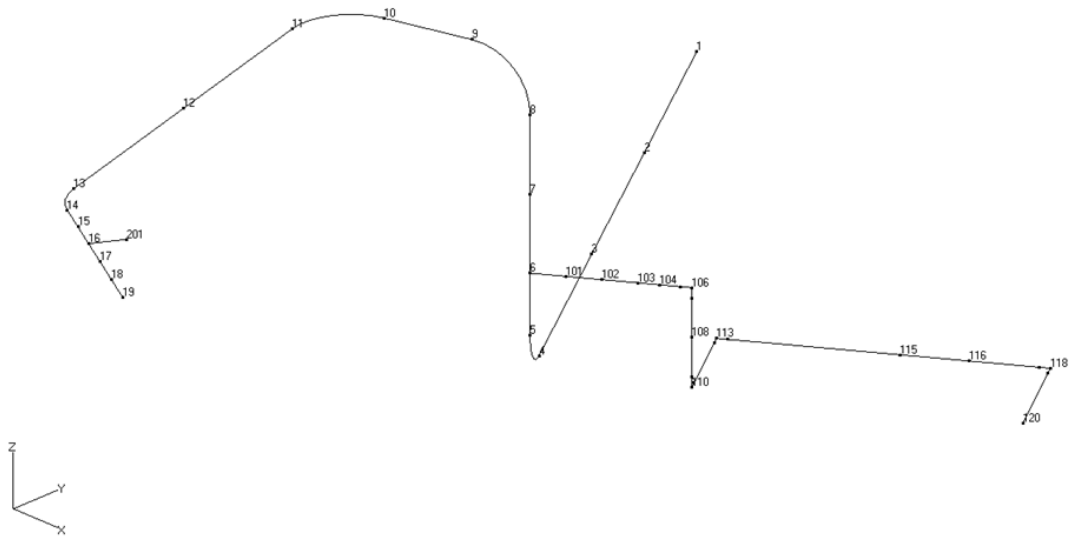
応力評価結果を第 14.20 表及び第 14.21 表に示す。



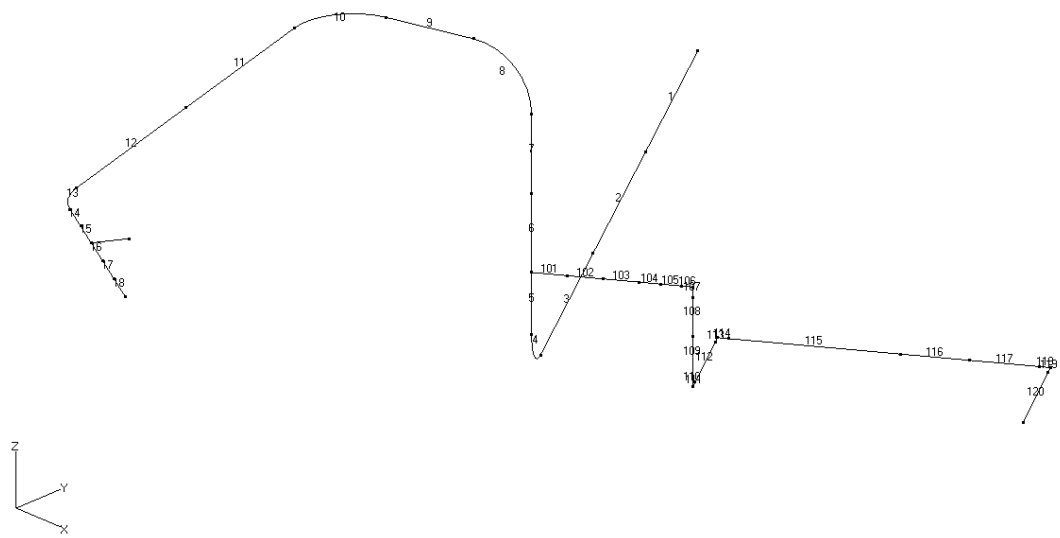
第 14.19 図 補機冷却水設備配管 9 のアイソメ図

添 1 - 4 - 4 - 1290





(節点番号)



(要素番号)

第 14.20 図 補機冷却水設備配管 9 の解析モデル図

第 14.19 表 補機冷却水設備配管 9 の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-19	76.3	5.2	STPT370	1.0	60	$2.01 \times 10^5$	0.30	12.9	有り
6-120	21.7	3.7	STPT370	1.0	60	$2.01 \times 10^5$	0.30	2.0	有り

第 14.20 表 補機冷却水設備配管 9 の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 MPa	②自重 MPa	③地震 応力 MPa	計算応力 ①+②+③ MPa	許容応力 MPa
1	Ⅲ <sub>A</sub> S	4	15	3	22	203

第 14.21 表 補機冷却水設備配管 9 の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力 MPa	②強制変位 MPa	計算応力 ①+② MPa	許容応力 MPa
6	Ⅲ <sub>A</sub> S	11	59	70	406

#### 14.8 補機冷却水設備配管 12

##### (1) アイソメ図

アイソメ図を第 14.21 図に示す。

##### (2) モデル図

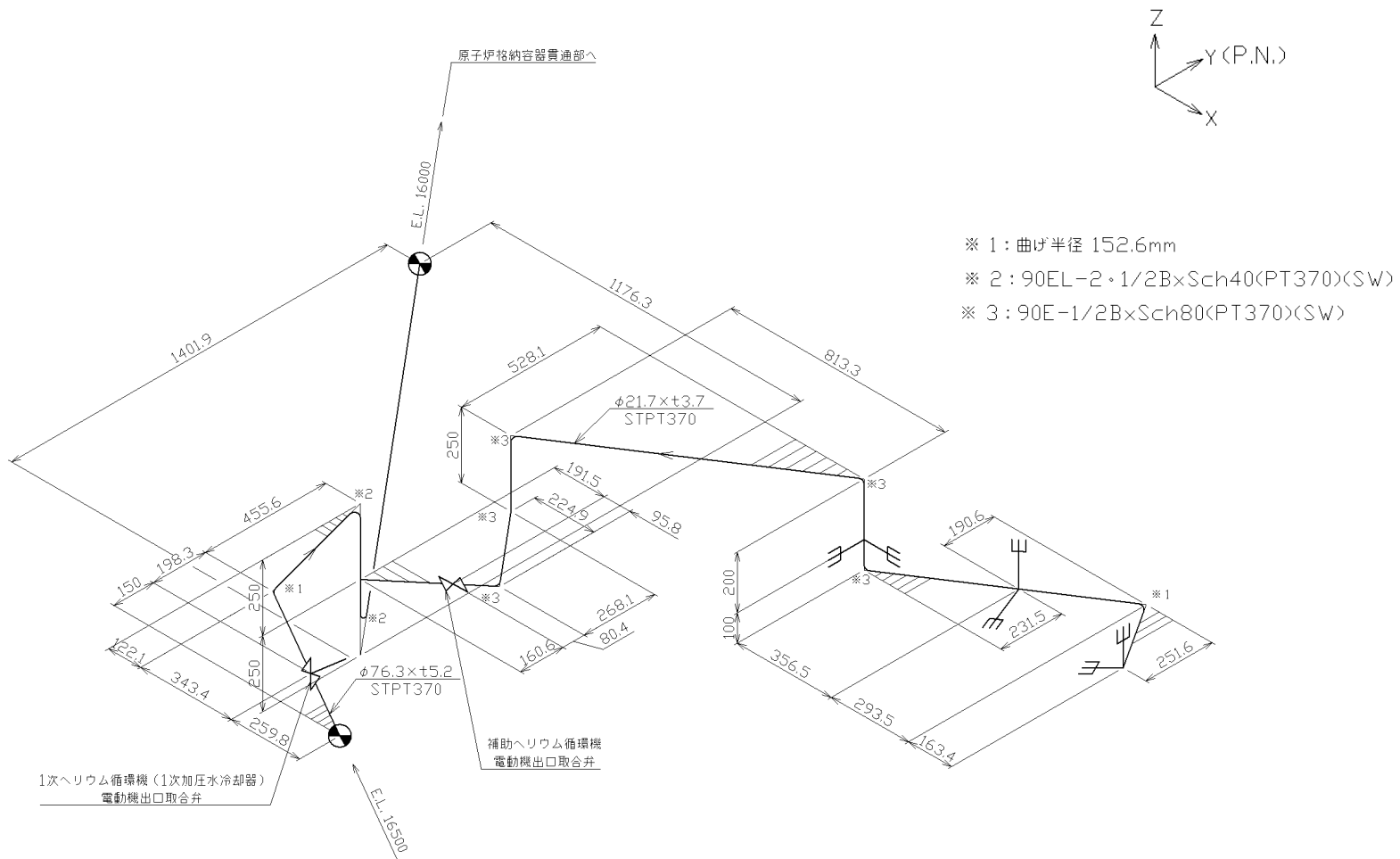
解析モデル図を第 14.22 図に示す。

##### (3) 配管諸元

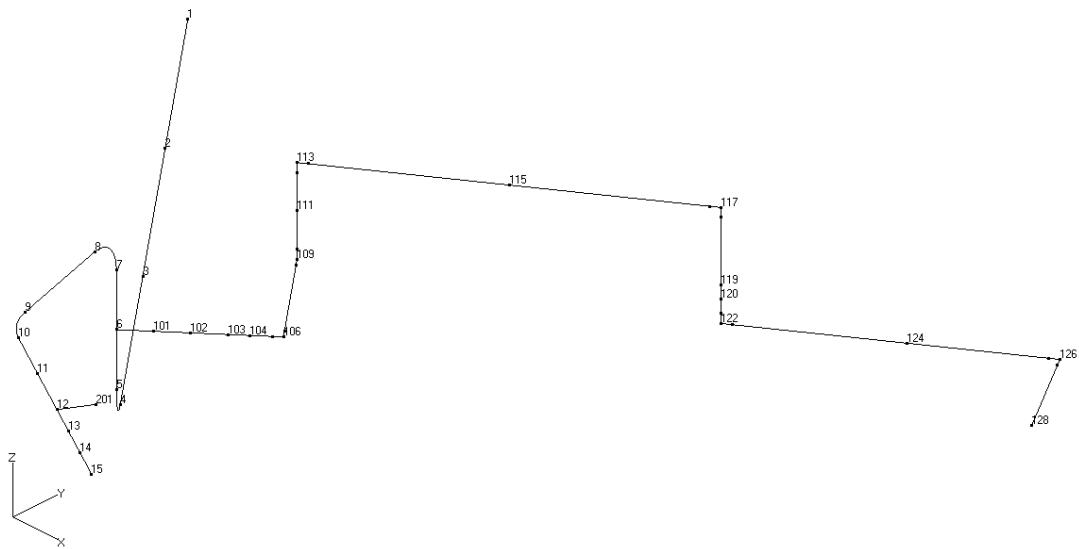
配管諸元を第 14.22 表に示す。

##### (4) 応力評価結果

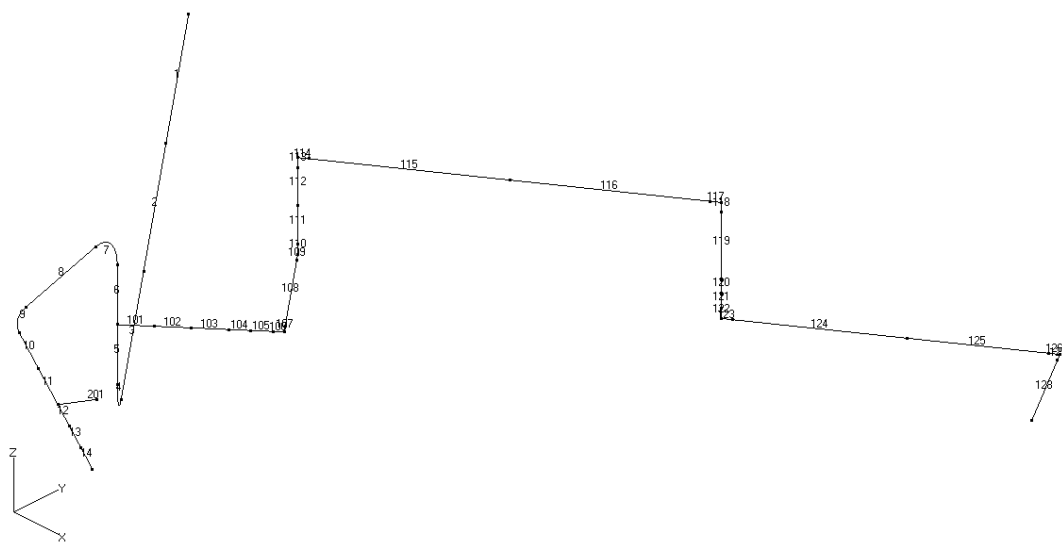
応力評価結果を第 14.23 表及び第 14.24 表に示す。



第 14. 21 図 補機冷却水設備配管 12 のアイソメ図



(節点番号)



(要素番号)

第 14.22 図 補機冷却水設備配管 12 の解析モデル図

第 14.22 表 補機冷却水設備配管 12 の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-15	76.3	5.2	STPT370	1.0	60	$2.01 \times 10^5$	0.30	12.9	有り
6-128	21.7	3.7	STPT370	1.0	60	$2.01 \times 10^5$	0.30	2.0	有り

第 14.23 表 補機冷却水設備配管 12 の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 MPa	②自重 MPa	③地震 応力 MPa	計算応力 ①+②+③ MPa	許容応力 MPa
6	Ⅲ <sub>A</sub> S	2	27	9	38	203

第 14.24 表 補機冷却水設備配管 12 の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力 MPa	②強制変位 MPa	計算応力 ①+② MPa	許容応力 MPa
4	Ⅲ <sub>A</sub> S	2	73	75	406

## 15. 炉容器冷却設備水冷管パネル

本評価は、炉容器冷却設備水冷管パネルの耐震健全性を確認するものである。

### 15.1 概要

#### 15.1.1 検討内容

本評価書は、炉容器冷却設備水冷管パネルの側部パネル及び除熱量調節パネルの耐震計算結果を示すものである。上部パネルは箱型の構造内に水冷管を配置し、一次上部遮へい体下部に設置されている。また下部パネルは一次底部遮へい体上及び一次側部遮へい体の内面に設置されており、側部の高さは約3mである。これに対し、側部パネルは一次側部遮へい体の内面に鉛直方向に設置され、その高さは約14mである。また、除熱量調節パネルは側部パネルの内側に設置されており、その質量は側部パネルにより支持されている。これより、側部パネル及び除熱量調節パネルが、耐震上最も厳しいパネルである。

よって、本評価書では、水冷管パネルのうち耐震上最も厳しい側部パネル及び除熱量調節パネルの計算結果を示す。

#### 15.1.2 構造の説明

炉容器冷却設備水冷管パネルの側部パネル及び除熱量調節パネルは、一次側部遮へい体の内面に設置し、事故時等に原子炉圧力容器の胴部等の冷却を行うとともに、通常運転時に一次側部遮へい体のコンクリートの冷却を行うものである。除熱量調節パネルは、側部パネルの内側に配置されている。側部パネル及び除熱量調節パネルは、主管、水冷管等から構成されており、水冷管はフィンにより除熱能力を高めた平板状パネル構造である。除熱量調節パネルは、パネルサポートにより側部パネルに固定されている。また、側部パネルは、パネルサポートを介して、基礎ボルトにより一次側部遮へい体のコンクリート構造物に固定されている。

## 15.2 諸条件

### 15.2.1 設計条件

設計条件を第 15.1 表に示す。

第 15.1 表 設計条件

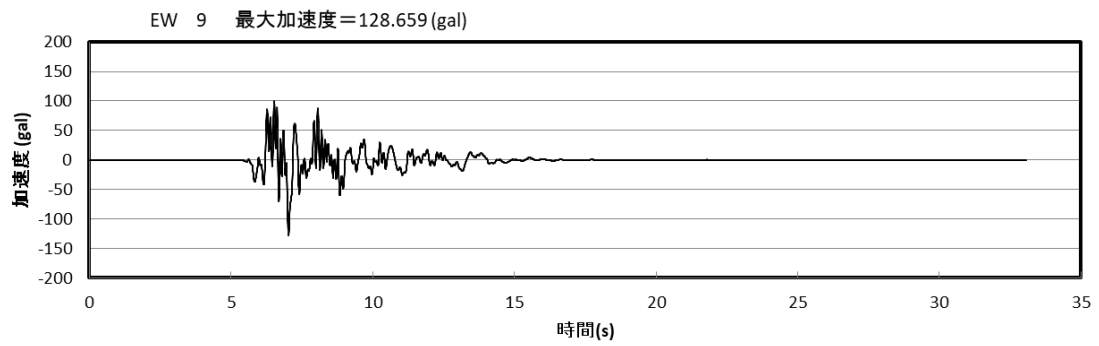
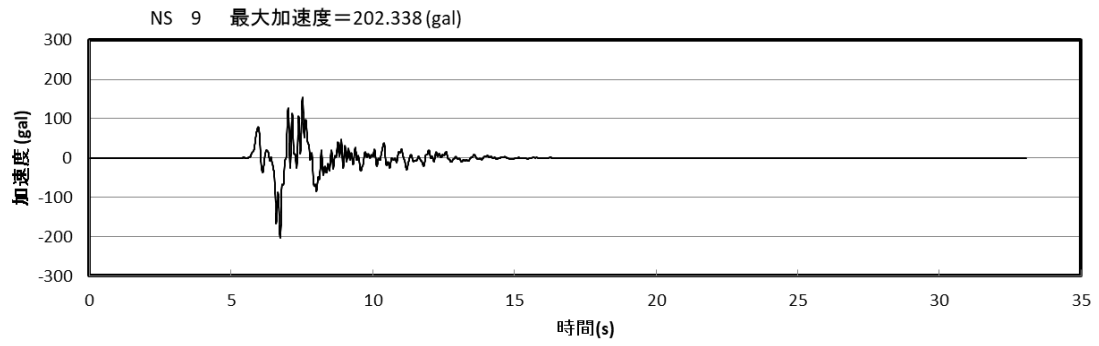
機器種別	第 3 種管
最高使用圧力	1.0 MPa
最高使用温度	90℃
耐震クラス	B クラス

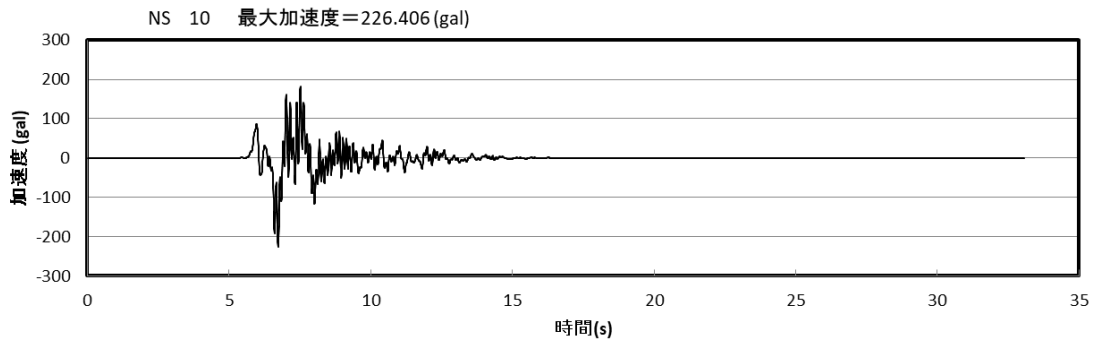
### 15.2.2 解析条件

耐震計算は、以下の条件によって行う。

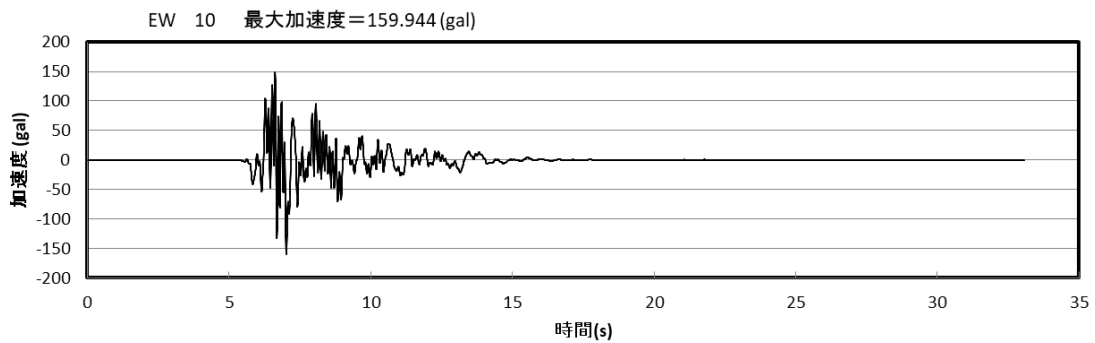
- (1) 耐震クラスは B クラスである。
- (2) 解析は、配管、パネルの形状及び支持条件を多質点のはり要素及びシェル要素を用いたモデルに置換し、静的解析及び動的解析を行う。
- (3) 動的解析は、時刻歴加速度を用いた過渡応答解析とする。使用するコードは、有限要素法解析コード「Nastran(エムエスシーソフトウェア株式会社)」とする。
- (4) 時刻歴地震加速度波は、原子炉建屋の内部コンクリート構造物の EL. 22.2m 及び EL. 31.89m における時刻歴加速度波を用いる。解析に用いた時刻歴加速度波を第 15.1 図から第 15.30 図に示す。  
なお、減衰はモーダル減衰として全周波数領域で 1% を設定する。



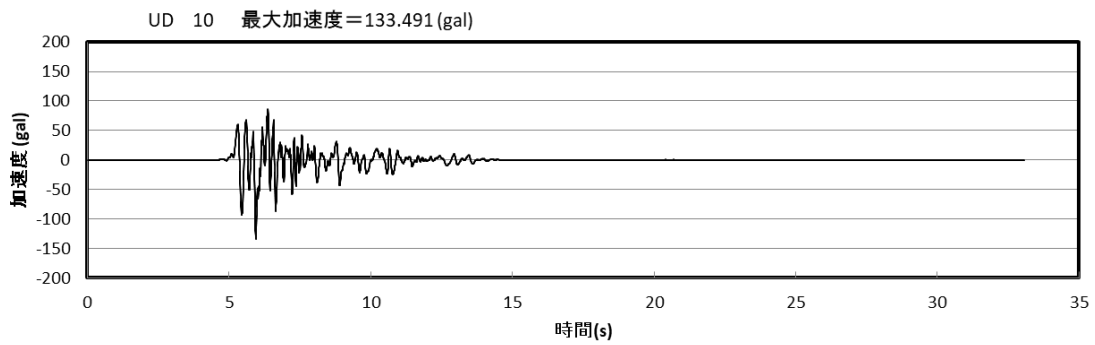




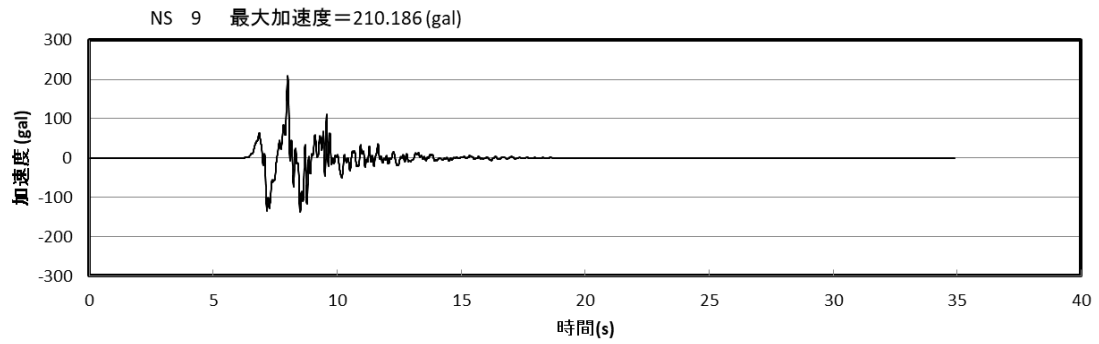
第 15.3 図 1/2Sd-1 地震 EL31.89m(IC10) 水平 NS 方向 時刻歴加速度波形



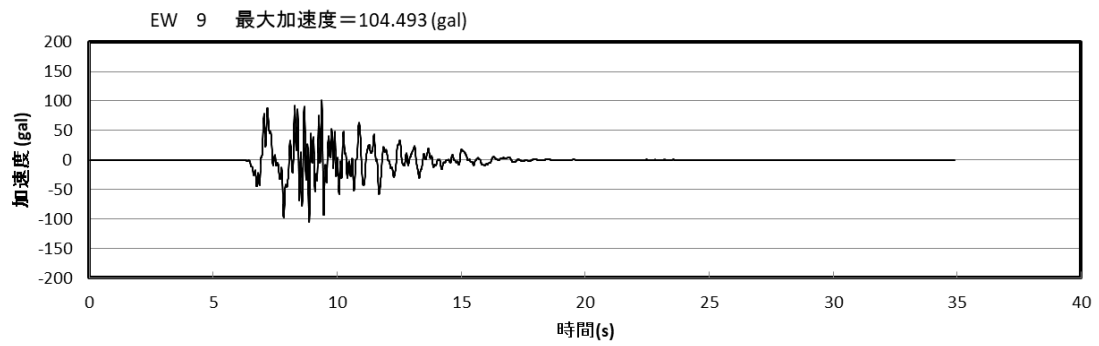
第 15.4 図 1/2Sd-1 地震 EL31.89m(IC10) 水平 EW 方向 時刻歴加速度波形



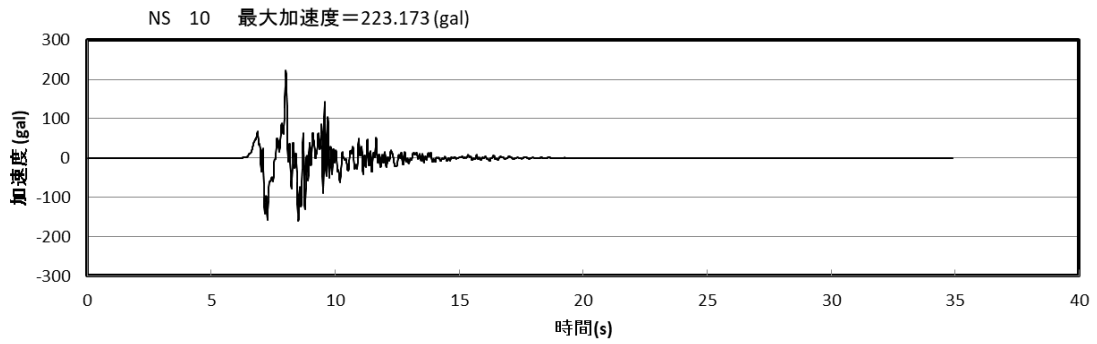
第 15.5 図 1/2Sd-1 地震 EL31.89m(IC10) 鉛直 UD 方向 時刻歴加速度波形



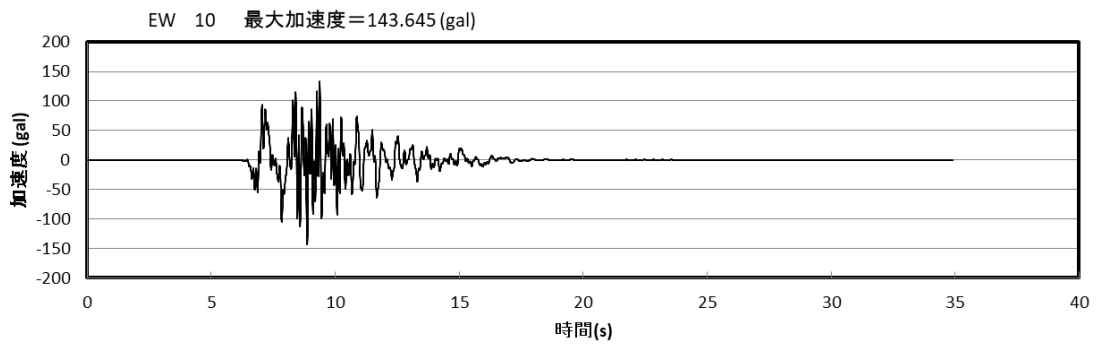
第 15.6 図 1/2Sd-2 地震 EL22. 20m(IC9) 水平 NS 方向 時刻歴加速度波形



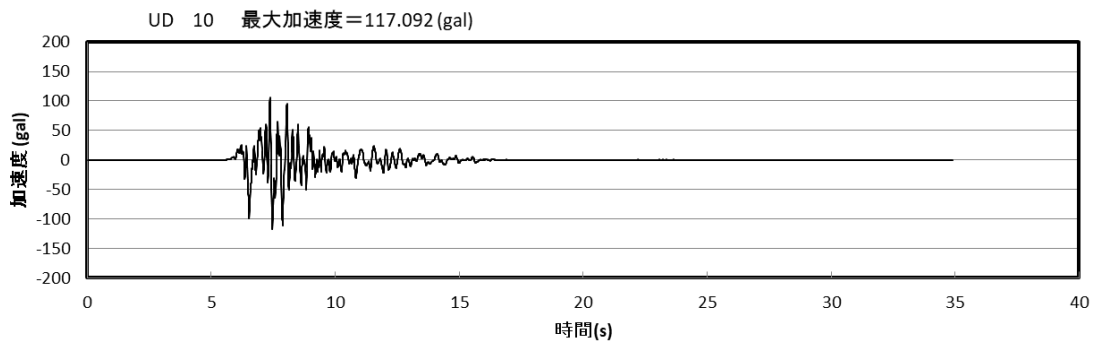
第 15.7 図 1/2Sd-2 地震 EL22. 20m(IC9) 水平 EW 方向 時刻歴加速度波形



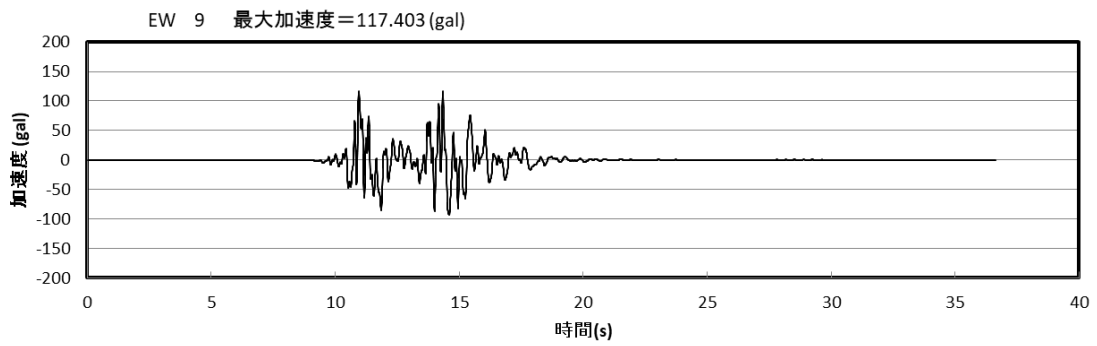
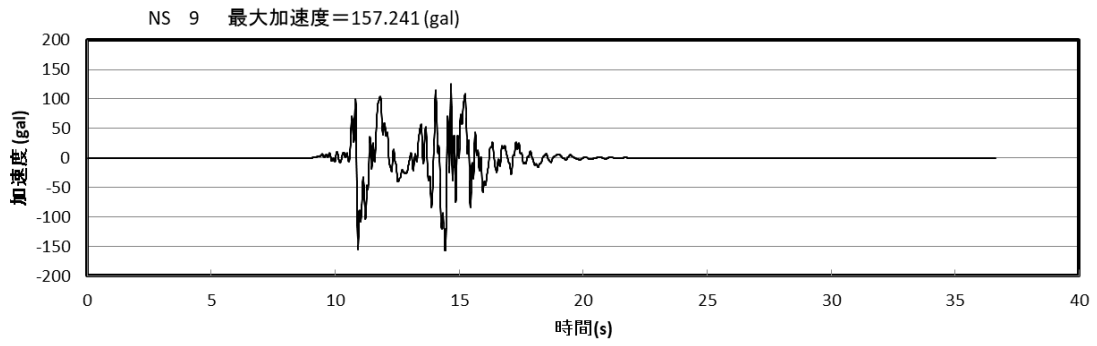
第 15.8 図 1/2Sd-2 地震 EL31.89m(IC10) 水平 NS 方向 時刻歴加速度波形

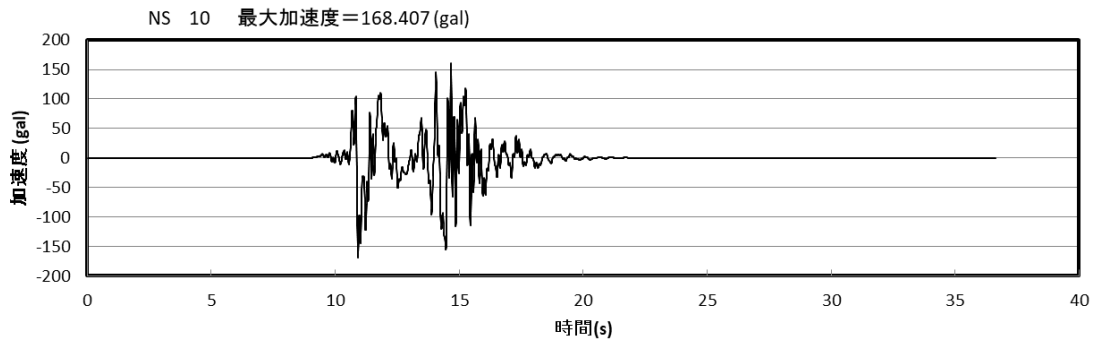


第 15.9 図 1/2Sd-2 地震 EL31.89m(IC10) 水平 EW 方向 時刻歴加速度波形

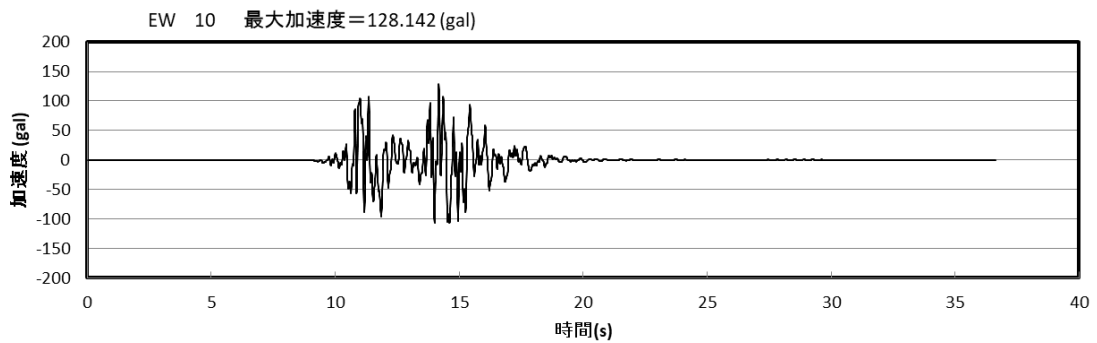


第 15.10 図 1/2Sd-2 地震 EL31.89m(IC10) 鉛直 UD 方向 時刻歴加速度波形

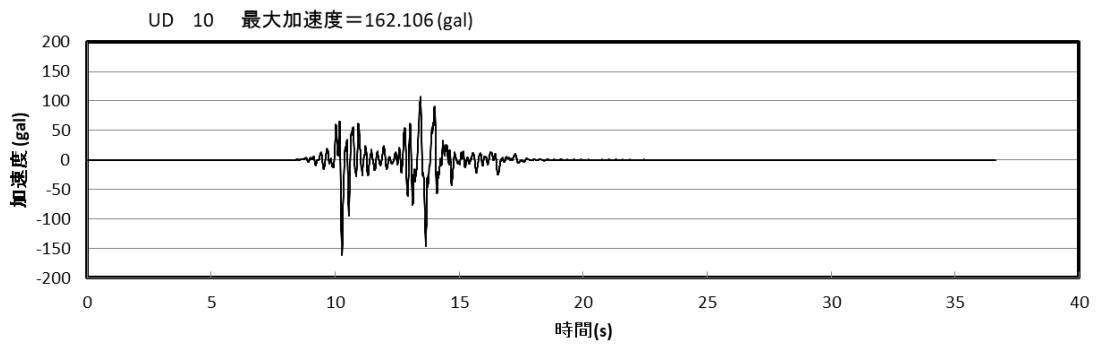




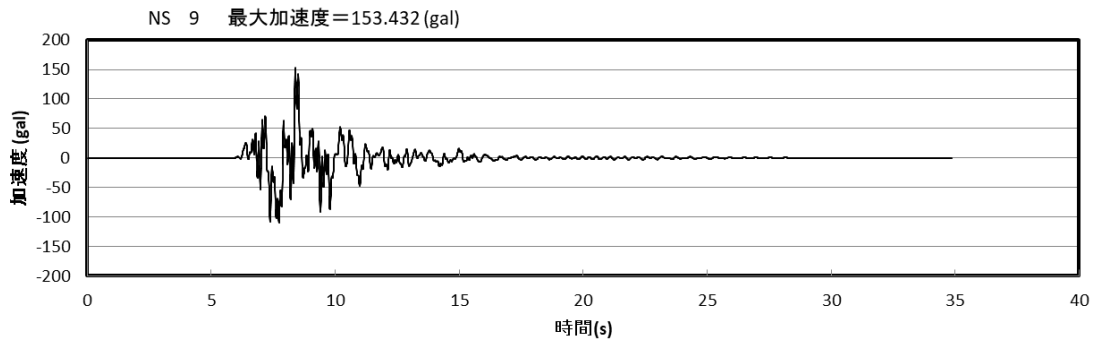
第 15.13 図 1/2Sd-3 地震 EL31.89m(IC10) 水平 NS 方向 時刻歴加速度波形



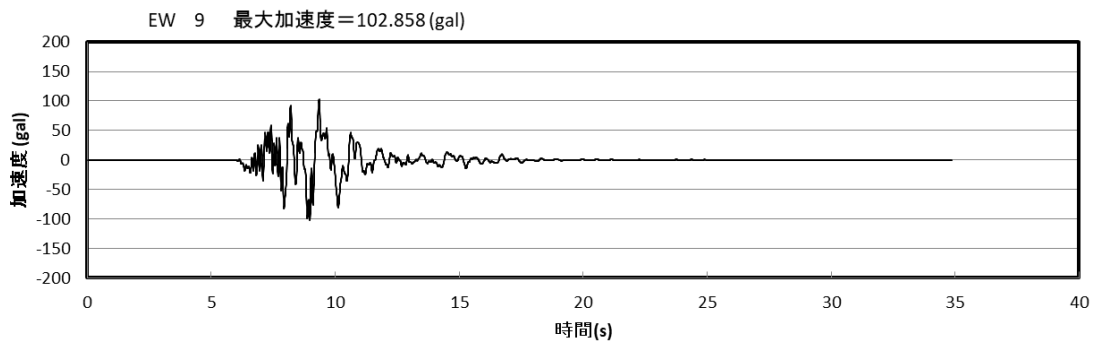
第 15.14 図 1/2Sd-3 地震 EL31.89m(IC10) 水平 EW 方向 時刻歴加速度波形



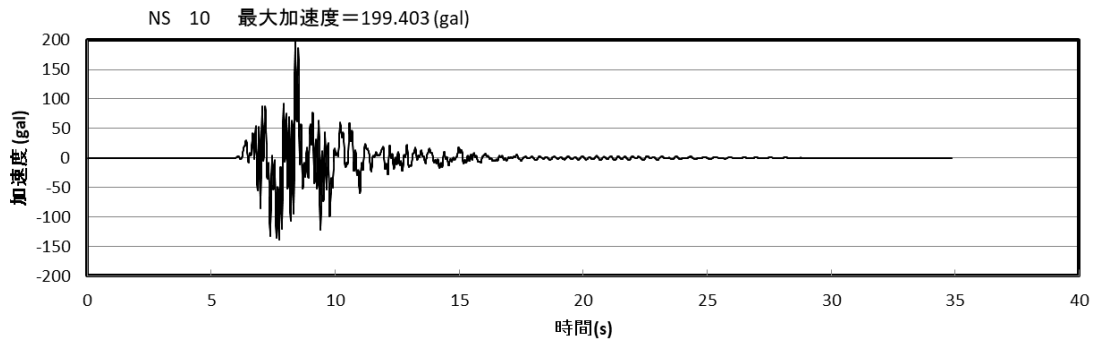
第 15.15 図 1/2Sd-3 地震 EL31.89m(IC10) 鉛直 UD 方向 時刻歴加速度波形



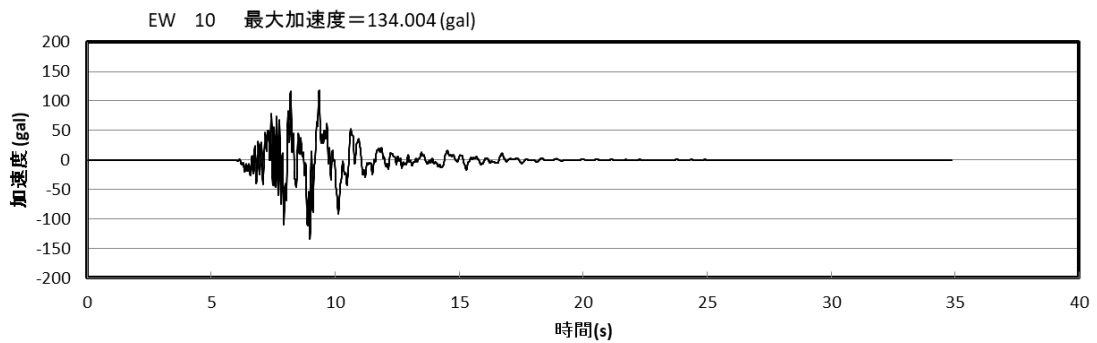
第 15.16 図 1/2Sd-4 地震 EL22. 20m(IC9) 水平 NS 方向 時刻歴加速度波形



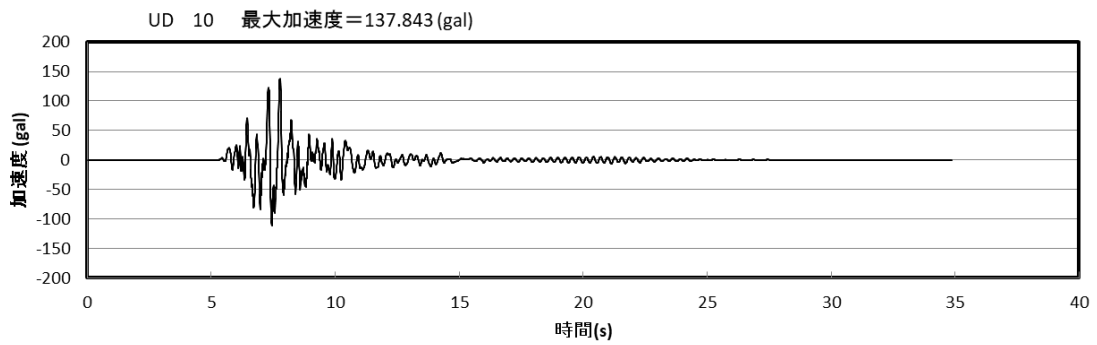
第 15.17 図 1/2Sd-4 地震 EL22. 20m(IC9) 水平 EW 方向 時刻歴加速度波形



第 15.18 図 1/2Sd-4 地震 EL31.89m(IC10) 水平 NS 方向 時刻歴加速度波形

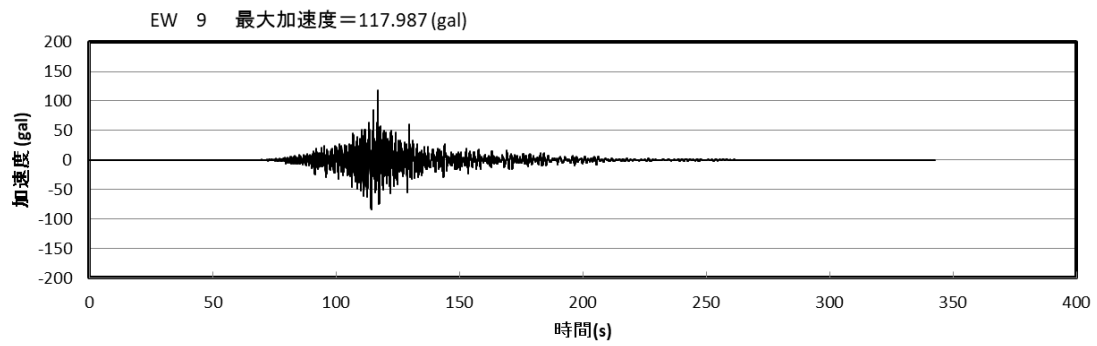
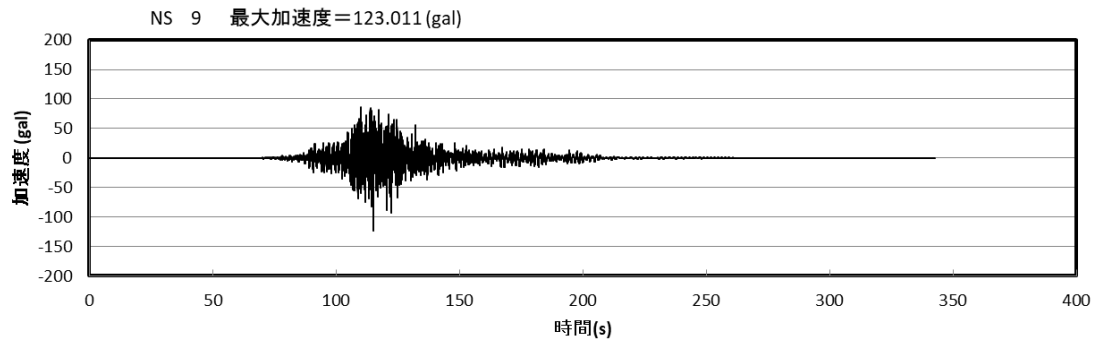


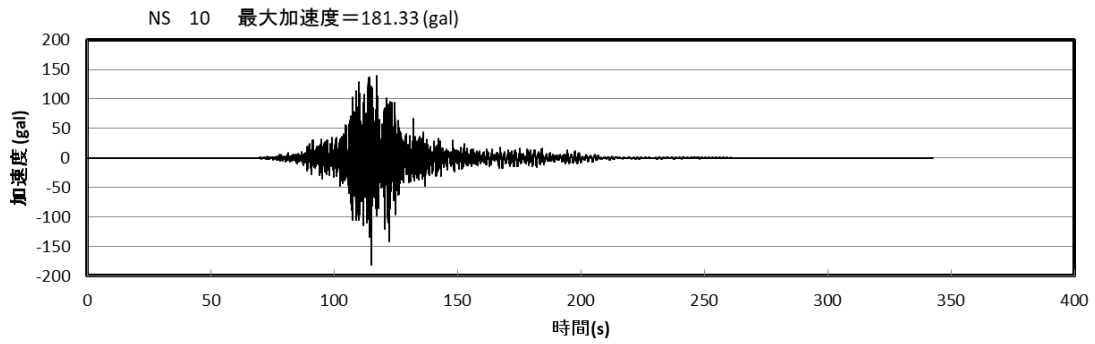
第 15.19 図 1/2Sd-4 地震 EL31.89m(IC10) 水平 EW 方向 時刻歴加速度波形



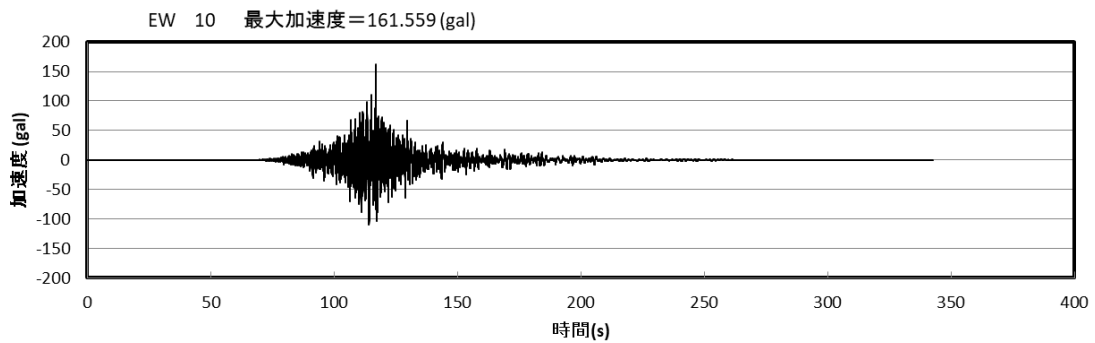
第 15.20 図 1/2Sd-4 地震 EL31.89m(IC10) 鉛直 UD 方向 時刻歴加速度波形



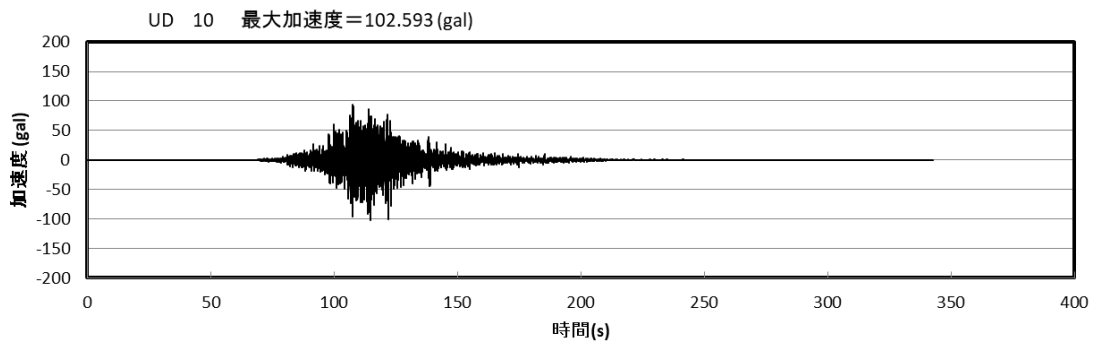




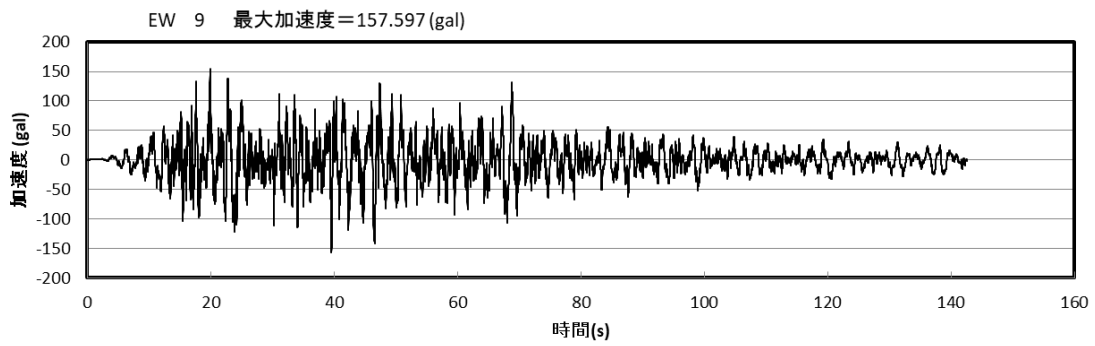
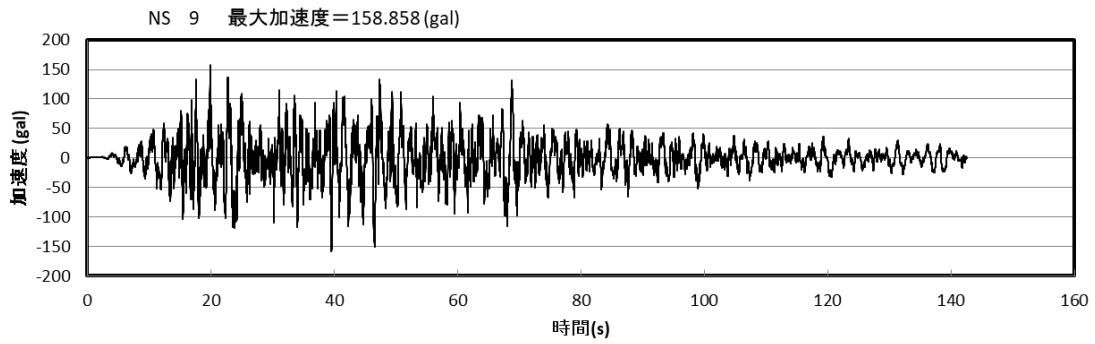
第 15.23 図 1/2Sd-5 地震 EL31.89m(IC10) 水平 NS 方向 時刻歴加速度波形

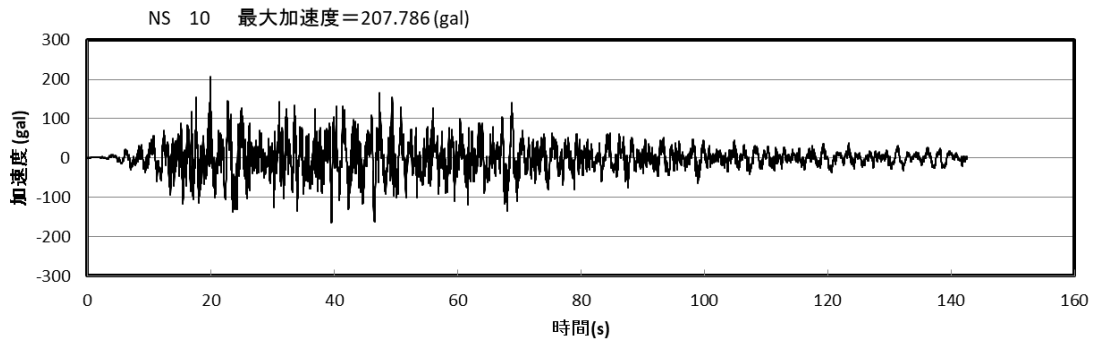


第 15.24 図 1/2Sd-5 地震 EL31.89m(IC10) 水平 EW 方向 時刻歴加速度波形

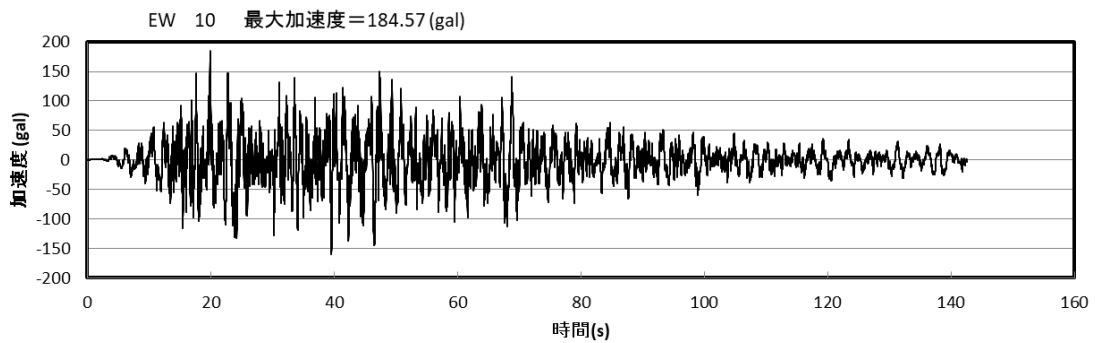


第 15.25 図 1/2Sd-5 地震 EL31.89m(IC10) 鉛直 UD 方向 時刻歴加速度波形

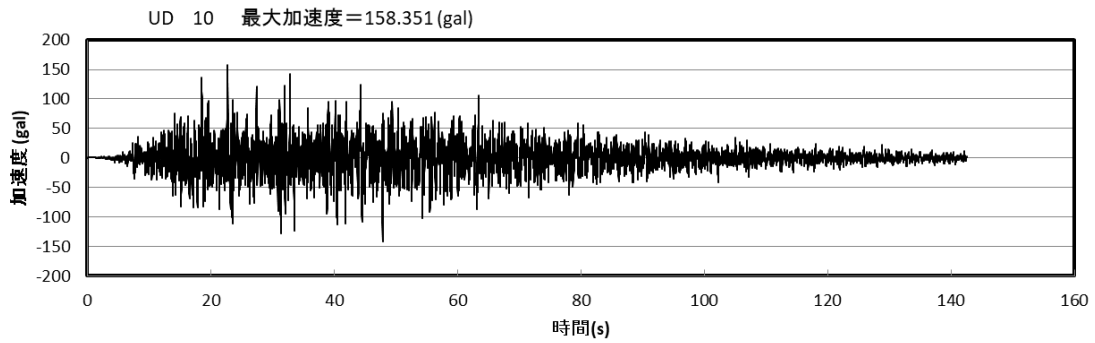




第 15.28 図 1/2Sd-D 地震 EL31.89m(IC10) 水平 NS 方向 時刻歴加速度波形



第 15.29 図 1/2Sd-D 地震 EL31.89m(IC10) 水平 EW 方向 時刻歴加速度波形



第 15.30 図 1/2Sd-D 地震 EL31.89m(IC10) 鉛直 UD 方向 時刻歴加速度波形

### 15.2.3 解析モデル及び諸元

耐震計算に際しては、側部パネル及び除熱量調節パネルを第 15.31 図から第 15.33 図に示すように多質点モデルに置換し解析を行う。第 15.31 図は全体モデル、第 15.32 図及び第 15.33 図は側部パネル入口主管及び側部パネル出口主管を詳細に取り出した部分モデルである。部分モデルにおいては、全体モデルとの接合点に全体モデルの解析から得られた時刻歴応答加速度を入力し、解析を行う。

下記の要素を用いてモデル化した。

- (1) 水冷管、主管、リングヘッド、連絡管 …… はり要素
- (2) フィン …… シェル要素

側部パネル及び除熱量調節パネルの解析モデル諸元を、第 15.2 表及び第 15.3 表に示す。

このモデルは、次の部分から構成されている。

- (1) 側部パネル水冷管
- (2) 除熱量調節パネル水冷管
- (3) 側部パネル入口主管
- (4) 側部パネル出口主管
- (5) 除熱量調節パネル入口主管
- (6) 除熱量調節パネル出口主管
- (7) 側部パネル入口リングヘッド
- (8) 側部パネル出口リングヘッド
- (9) 側部パネル入口連絡管
- (10) 側部パネル出口連絡管
- (11) 側部パネル水冷管フィン
- (12) 除熱量調節パネル水冷管フィン

なお、熱反射板等の付加物は、側部パネルに取付けた各サポート等に、質点質量(合計 2,600 kg)を付加することにより考慮している。また、第 15.31 図に示すサポート位置において、各サポートの拘束支持条件に応じた自由度を拘束している。

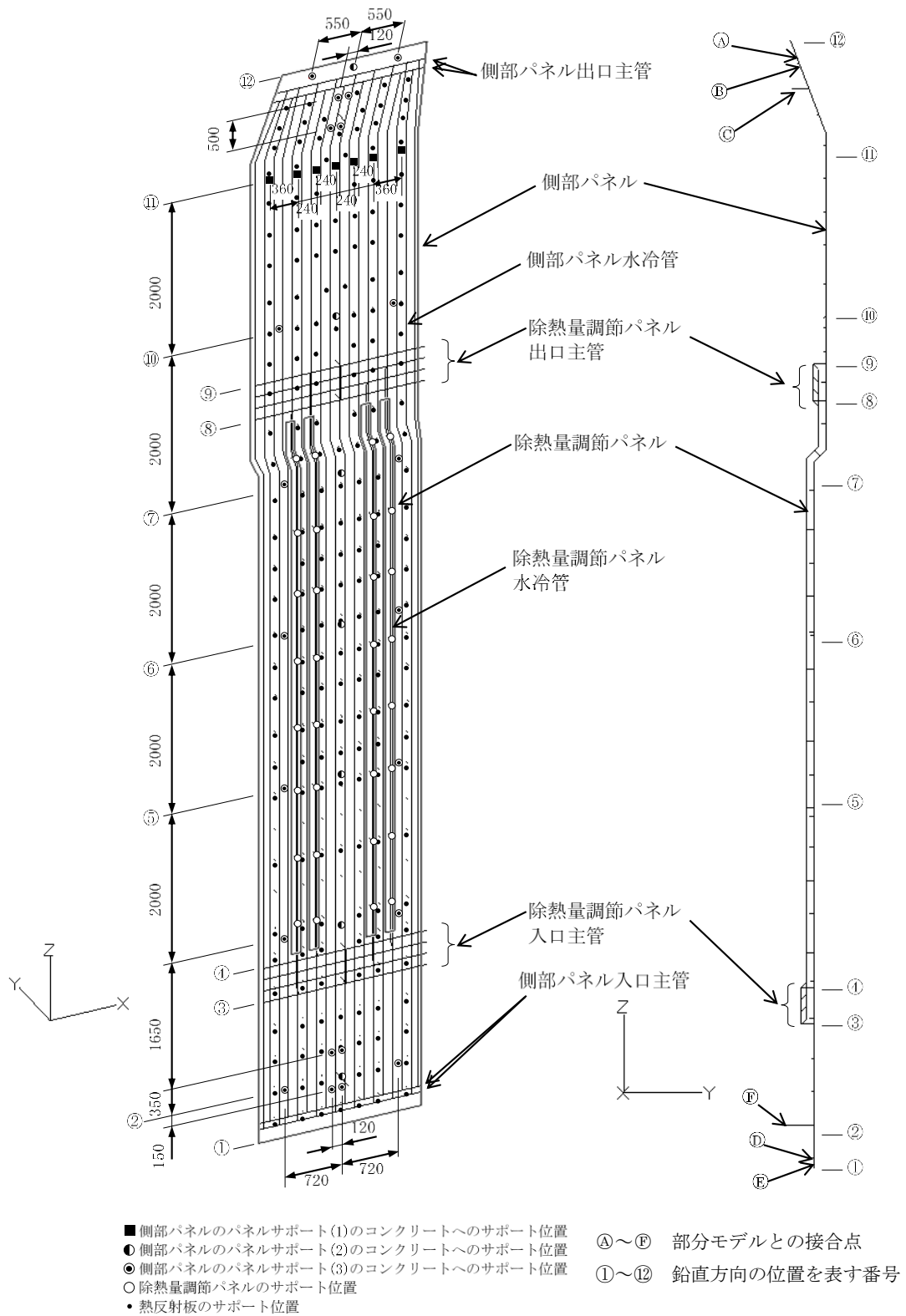
第 15.2 表 解析モデル諸元 (管)

対象部位	形状	材質	単位長さ質量 (kg/m)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面 2 次モーメント (mm <sup>4</sup> )	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	備考
側部パネル水冷管	φ 25.4×3.5 (mm)	STB410	3.0	241	1.480×10 <sup>4</sup>	1.97×10 <sup>5</sup>	0.30	
除熱量調節パネル水冷管	φ 25.4×3.5 (mm)	STBA24	5.8	482	2.960×10 <sup>4</sup>	2.06×10 <sup>5</sup>	0.30	※1
側部パネル入口、出口主管	φ 60.5×5.5 (mm)	STPT370	10.3	950	3.630×10 <sup>5</sup>	1.99×10 <sup>5</sup>	0.30	
除熱量調節パネル入口、出口主管	φ 42.7×4.9 (mm)	STPA24	6.3	582	1.060×10 <sup>5</sup>	2.06×10 <sup>5</sup>	0.30	
側部パネル入口、出口リングヘッド	φ 139.8×6.6 (mm)	STPT370	41.1	2762	6.140×10 <sup>6</sup>	1.99×10 <sup>5</sup>	0.30	
側部パネル入口、出口連絡管	φ 48.6×5.1 (mm)	STPT370	8.0	697	1.670×10 <sup>5</sup>	1.99×10 <sup>5</sup>	0.30	

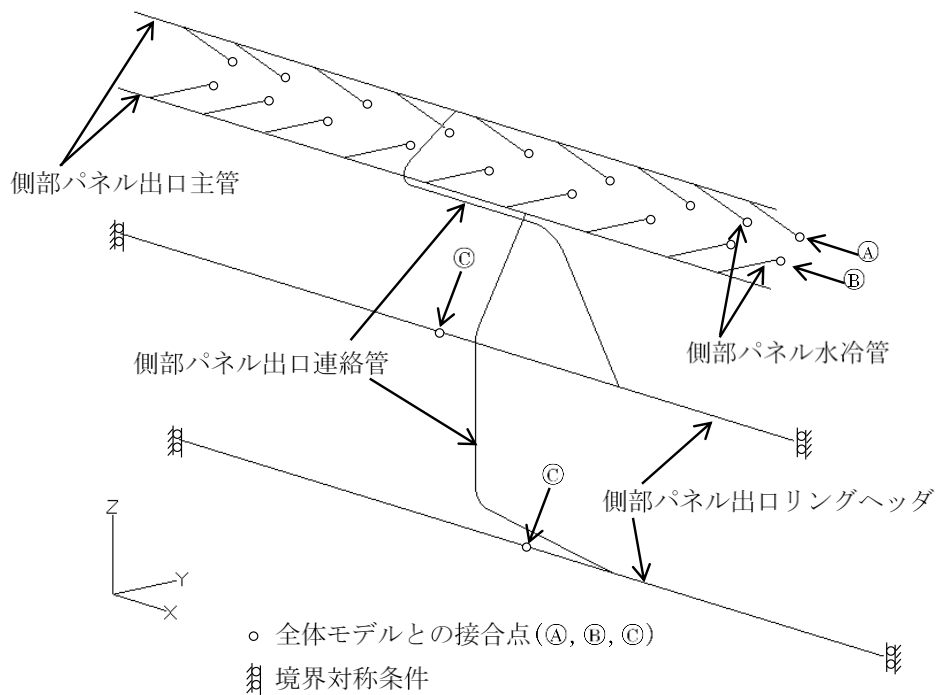
※1：2本分を1本でモデル化しているため、断面積、断面2次モーメントを2倍で入力している

第 15.3 表 解析モデル諸元 (フィン)

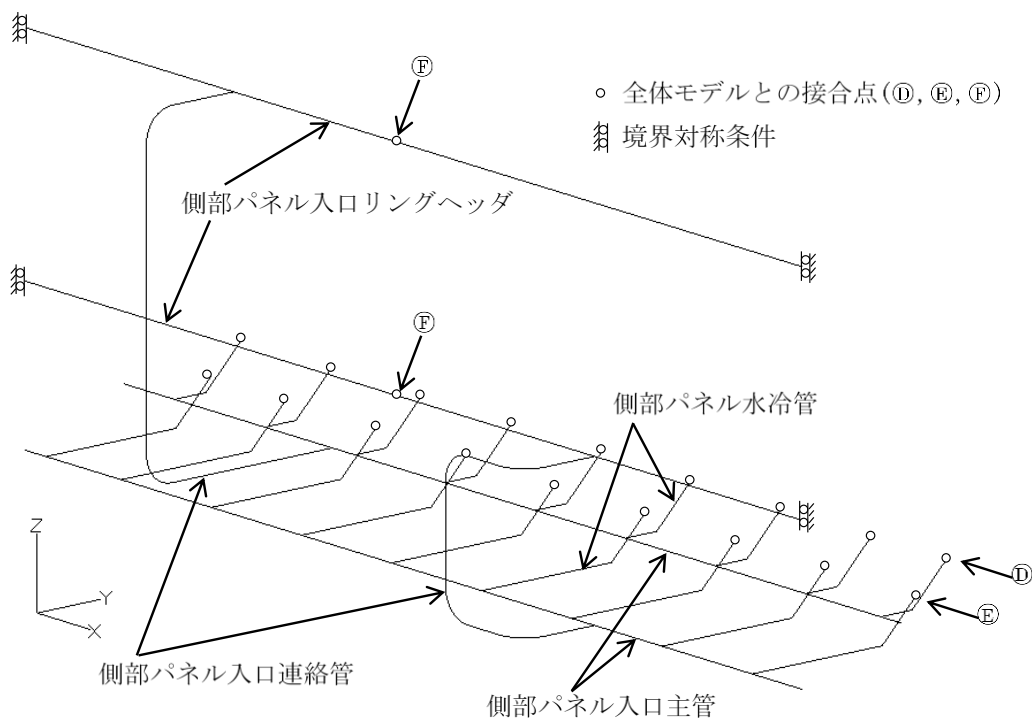
対象部位	板厚 (mm)	材質	単位体積質量 (×10 <sup>-6</sup> kg/mm <sup>3</sup> )	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
側部パネル水冷管フィン	6.0	SM400B	9.240	1.99×10 <sup>5</sup>	0.30
除熱量調節パネル水冷管フィン	6.0	SM400B	5.832	1.99×10 <sup>5</sup>	0.30



第 15.31 図 側部パネル及び除熱量調節パネル解析モデル(全体モデル)



第 15. 32 図 側部パネル出口主管解析モデル(部分モデル)



第 15. 33 図 側部パネル入口主管解析モデル(部分モデル)



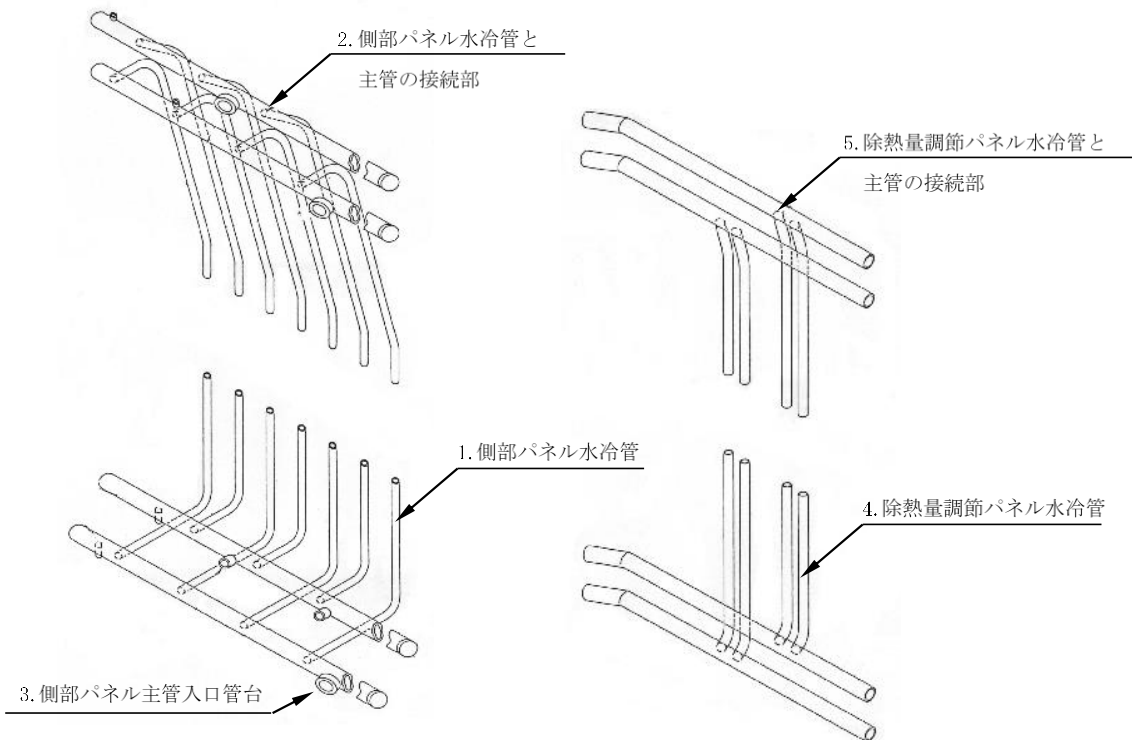
### 15.3 応力評価

#### 15.3.1 評価対象部位

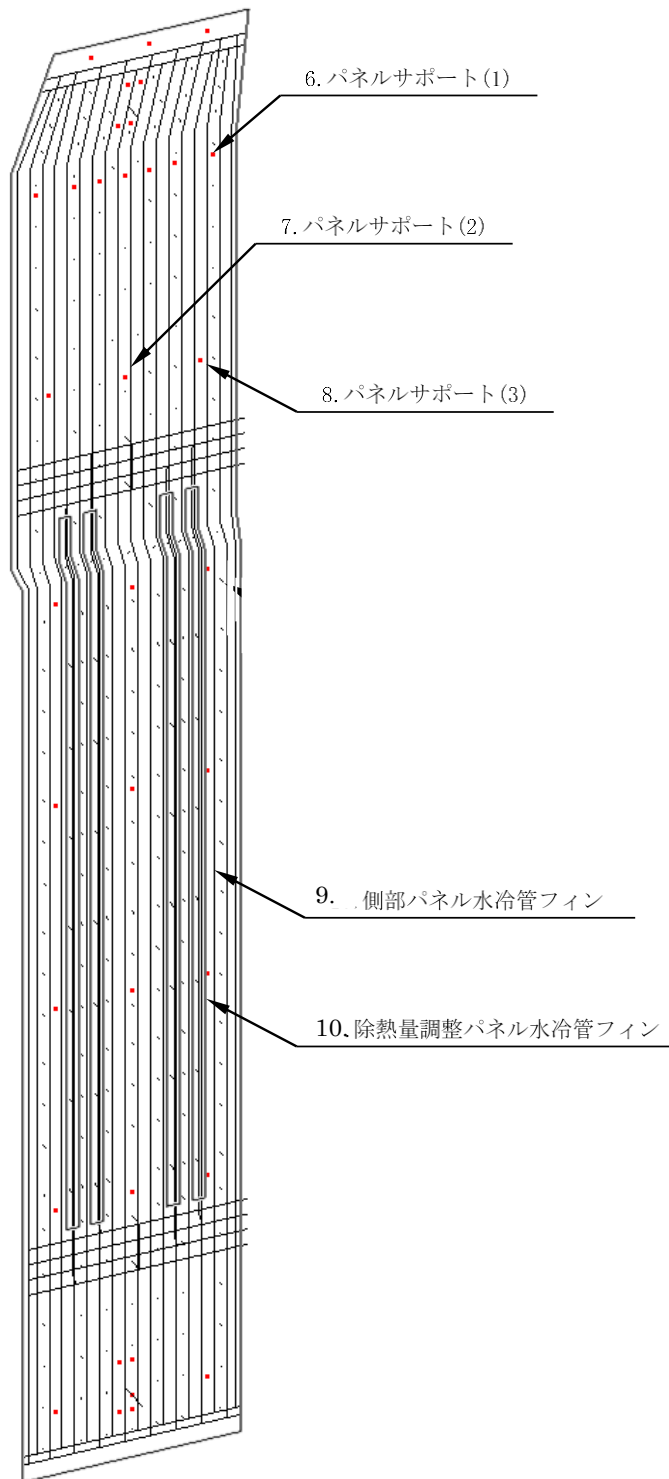
評価対象部位を第 15.4 表と第 15.34 図及び第 15.35 図に示す。

第 15.4 表 評価対象部位

	名称	形状	材料	章番号
1	側部パネル水冷管	$\phi 25.4 \times 3.5$ (mm)	STB410	15.3.2
2	側部パネル水冷管と主管の接続部	$\phi 25.4 \times 3.5$ (mm)	STB410	15.3.3
3	側部パネル主管入口管台(N-4)	$\phi 48.6 \times 5.1$ (mm)	STPT370	15.3.4
4	除熱量調節パネル水冷管	$\phi 25.4 \times 3.5$ (mm)	STBA24	15.3.5
5	除熱量調節パネル水冷管と主管の接続部	$\phi 25.4 \times 3.5$ (mm)	STBA24	15.3.6
6	パネルサポート(1)	M42 ボルト	SS400	15.3.7
7	パネルサポート(2)	$\phi 48.6 \times 7.1$ (mm)	STPT410	15.3.8
8	パネルサポート(3)	$\phi 27.2 \times 5.5$ (mm)	STPT410	15.3.9
9	側部パネル水冷管フィン	6mm フレート	SM400B	15.3.10
10	除熱量調節パネル水冷管フィン	6mm フレート	SM400B	15.3.11



第 15.34 図 側部パネルの計算箇所(主要部)及び除熱量調節パネルの計算箇所



第 15.35 図 支持構造物の計算箇所

### 15.3.2 側部パネル水冷管

(1) 形状、寸法、材料及び応力係数

側部パネル水冷管の形状、寸法、材料及び応力係数を第 15.5 表に示す。

(2) 荷重

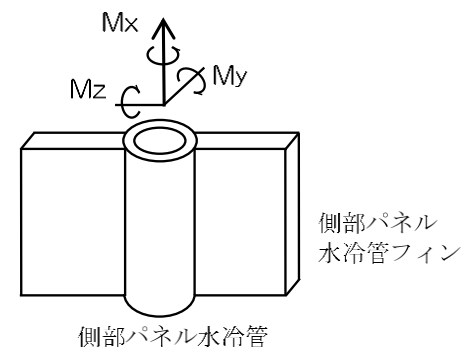
応力解析に用いる荷重を第 15.6 表に示す。

(3) 応力評価

応力評価の結果を第 15.7 表に示す。

第 15.5 表 側部パネル水冷管の形状、寸法、材料及び応力係数

形状、寸法	材料	応力係数	
		$i_1$	$i_2$
$\phi 25.4 \times 3.5$ (mm)	STB410	1.33	1.00



第 15.6 表 側部パネル水冷管の荷重

地震種別	要素番号	発生時間 (sec)	自重			水平地震			鉛直地震		
			$M_x$ (N·mm)	$M_y$ (N·mm)	$M_z$ (N·mm)	面外方向加振 (Y 方向)			鉛直方向加振 (Z 方向)		
						$M_x$ (N·mm)	$M_y$ (N·mm)	$M_z$ (N·mm)	$M_x$ (N·mm)	$M_y$ (N·mm)	$M_z$ (N·mm)
1/2Sd-1 EW+UD	5510-I	7.28	$2.96 \times 10^3$	$-3.67 \times 10^2$	$1.31 \times 10^5$	$9.43 \times 10^2$	$-5.42 \times 10$	$1.56 \times 10^4$	$-3.77 \times 10^2$	$1.21 \times 10^2$	$-2.01 \times 10^4$
1/2Sd-1 NS+UD	5510-I	6.69	$2.96 \times 10^3$	$-3.67 \times 10^2$	$1.31 \times 10^5$	$1.12 \times 10^2$	$-9.55$	$1.38 \times 10^3$	$-4.62 \times 10^2$	$1.10 \times 10^2$	$-2.52 \times 10^4$
1/2Sd-2 EW+UD	5510-I	9.22	$2.96 \times 10^3$	$-3.67 \times 10^2$	$1.31 \times 10^5$	$-1.16 \times 10^3$	$5.90 \times 10$	$-1.55 \times 10^4$	$-2.95 \times 10^2$	$8.14 \times 10$	$-1.72 \times 10^4$
1/2Sd-2 NS+UD	5510-I	7.90	$2.96 \times 10^3$	$-3.67 \times 10^2$	$1.31 \times 10^5$	$1.15 \times 10^2$	$-1.55 \times 10$	$-1.40 \times 10^3$	$-3.51 \times 10^2$	$1.12 \times 10^2$	$-2.85 \times 10^4$
1/2Sd-3 EW+UD	5510-I	13.45	$2.96 \times 10^3$	$-3.67 \times 10^2$	$1.31 \times 10^5$	$5.67 \times 10$	$-1.14$	$2.09 \times 10^3$	$4.65 \times 10^2$	$-9.84 \times 10$	$2.66 \times 10^4$
1/2Sd-3 NS+UD	5510-I	13.45	$2.96 \times 10^3$	$-3.67 \times 10^2$	$1.31 \times 10^5$	$-2.63 \times 10$	$4.18$	$-2.73 \times 10^3$	$4.65 \times 10^2$	$-9.84 \times 10$	$2.66 \times 10^4$
1/2Sd-4 EW+UD	5510-I	7.76	$2.96 \times 10^3$	$-3.67 \times 10^2$	$1.31 \times 10^5$	$6.31 \times 10^2$	$-2.41 \times 10$	$5.79 \times 10^3$	$5.16 \times 10^2$	$-8.19 \times 10$	$2.35 \times 10^4$

地震種別	要素 番号	発生時間 (sec)	自重			水平地震			鉛直地震		
						面外方向加振(Y方向)			鉛直方向加振(Z方向)		
			Mx (N・mm)	My (N・mm)	Mz (N・mm)	Mx (N・mm)	My (N・mm)	Mz (N・mm)	Mx (N・mm)	My (N・mm)	Mz (N・mm)
1/2Sd-4 NS+UD	5510-I	7.75	$2.96 \times 10^3$	$-3.67 \times 10^2$	$1.31 \times 10^5$	$-5.71 \times 10^2$	$2.11 \times 10$	$-3.99 \times 10^3$	$5.25 \times 10^2$	$-7.88 \times 10$	$2.25 \times 10^4$
1/2Sd-5 EW+UD	5510-I	122.00	$2.96 \times 10^3$	$-3.67 \times 10^2$	$1.31 \times 10^5$	$-4.03 \times 10^2$	$2.58 \times 10$	$-5.54 \times 10^3$	$-5.36 \times 10^2$	$1.25 \times 10^2$	$-2.92 \times 10^4$
1/2Sd-5 NS+UD	5510-I	123.16	$2.96 \times 10^3$	$-3.67 \times 10^2$	$1.31 \times 10^5$	$3.99 \times 10^2$	$-1.28 \times 10$	$5.03 \times 10^3$	$-2.71 \times 10^2$	$1.20 \times 10^2$	$-2.70 \times 10^4$
1/2Sd-D EW+UD	5510-I	47.88	$2.96 \times 10^3$	$-3.67 \times 10^2$	$1.31 \times 10^5$	$5.59 \times 10^2$	$-2.37 \times 10$	$9.53 \times 10^3$	$-3.37 \times 10^2$	$8.01 \times 10$	$-2.24 \times 10^4$
1/2Sd-D NS+UD	5510-I	31.34	$2.96 \times 10^3$	$-3.67 \times 10^2$	$1.31 \times 10^5$	$-6.08 \times 10^2$	$3.15 \times 10$	$-3.59 \times 10^3$	$-6.66 \times 10^2$	$1.03 \times 10^2$	$-2.65 \times 10^4$

第 15.7 表 側部パネル水冷管の応力評価

地震種別	許容 応力 状態	発生応力				一次応力評価		一次+二次応力評価	
		① 内圧 (MPa)	② 自重 (MPa)	③ 面外地震 (MPa)	④ 鉛直地震 (MPa)	計算応力 (MPa) ①+②+③+④	許容応力 (MPa)	計算応力 (MPa) 2×(③+④)	許容応力 (MPa)
1/2Sd-1 EW+UD	ⅢA S	2	112	14	18	146	234	64	468
1/2Sd-1 NS+UD	ⅢA S	2	112	2	22	138	234	48	468
1/2Sd-2 EW+UD	ⅢA S	2	112	14	15	143	234	58	468
1/2Sd-2 NS+UD	ⅢA S	2	112	2	25	141	234	54	468
1/2Sd-3 EW+UD	ⅢA S	2	112	2	23	139	234	50	468
1/2Sd-3 NS+UD	ⅢA S	2	112	3	23	140	234	52	468
1/2Sd-4 EW+UD	ⅢA S	2	112	5	21	140	234	52	468
1/2Sd-4 NS+UD	ⅢA S	2	112	4	20	138	234	48	468
1/2Sd-5 EW+UD	ⅢA S	2	112	5	25	144	234	60	468
1/2Sd-5 NS+UD	ⅢA S	2	112	5	24	143	234	58	468
1/2Sd-D EW+UD	ⅢA S	2	112	9	20	143	234	58	468
1/2Sd-D NS+UD	ⅢA S	2	112	4	23	141	234	54	468

### 15.3.3 側部パネル水冷管と主管の接続部

#### (1) 形状、寸法、材料及び応力係数

側部パネル水冷管と主管の接続部の形状、寸法、材料及び応力係数を第 15.8 表に示す。

#### (2) 荷重

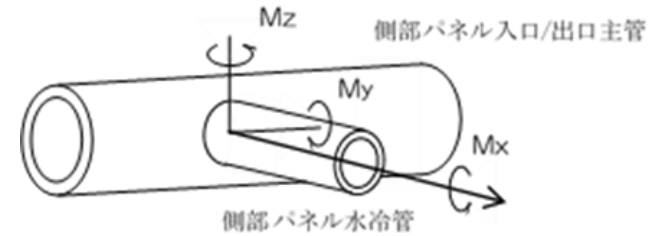
応力解析に用いる荷重を第 15.9 表に示す。

#### (3) 応力評価

応力評価の結果を第 15.10 表に示す。

第 15.8 表 側部パネル水冷管と主管の接続部の形状、寸法、材料及び応力係数

形状、寸法	材料	応力係数	
		$i_1$	$i_2$
$\phi 25.4 \times 3.5$ (mm)	STB410	2.1	2.1



第 15.9 表 側部パネル水冷管と主管の接続部の荷重

地震種別	要素番号	発生時間 (sec)	自重			水平地震			鉛直地震		
						面外方向加振 (Y 方向)			鉛直方向加振 (Z 方向)		
			Mx (N・mm)	My (N・mm)	Mz (N・mm)	Mx (N・mm)	My (N・mm)	Mz (N・mm)	Mx (N・mm)	My (N・mm)	Mz (N・mm)
1/2Sd-1 EW+UD	11-J	5.95	$4.55 \times 10^{-13}$	$1.23 \times 10^3$	$-2.88 \times 10^4$	$1.67 \times 10^{-11}$	$7.43 \times 10^{-1}$	$-2.94 \times 10^{-1}$	$-2.82 \times 10^{-11}$	$-2.28 \times 10^2$	$4.79 \times 10$
1/2Sd-1 NS+UD	11-J	7.53	$4.55 \times 10^{-13}$	$1.23 \times 10^3$	$-2.88 \times 10^4$	$1.09 \times 10^{-10}$	$-1.65 \times 10$	5.81	$-1.29 \times 10^{-11}$	-5.02	7.46
1/2Sd-2 EW+UD	11-J	7.86	$4.55 \times 10^{-13}$	$1.23 \times 10^3$	$-2.88 \times 10^4$	$-3.09 \times 10^{-11}$	5.21	-1.74	$-1.94 \times 10^{-11}$	$-2.30 \times 10^2$	$4.94 \times 10$
1/2Sd-2 NS+UD	11-J	9.59	$4.55 \times 10^{-13}$	$1.23 \times 10^3$	$-2.88 \times 10^4$	$6.12 \times 10^{-11}$	$-1.41 \times 10$	4.63	$-2.28 \times 10^{-12}$	$4.21 \times 10$	$-1.31 \times 10$
1/2Sd-3 EW+UD	11-J	13.66	$4.55 \times 10^{-13}$	$1.23 \times 10^3$	$-2.88 \times 10^4$	$5.82 \times 10^{-11}$	$5.95 \times 10^{-1}$	$-5.66 \times 10^{-1}$	$-2.25 \times 10^{-11}$	$-2.63 \times 10^2$	$4.26 \times 10$
1/2Sd-3 NS+UD	11-J	14.68	$4.55 \times 10^{-13}$	$1.23 \times 10^3$	$-2.88 \times 10^4$	$5.89 \times 10^{-12}$	$-1.44 \times 10$	5.52	$-1.48 \times 10^{-12}$	$-3.35 \times 10$	-8.99



地震種別	要素 番号	発生時間 (sec)	自重			水平地震			鉛直地震		
						面外方向加振(Y方向)			鉛直方向加振(Z方向)		
			Mx (N・mm)	My (N・mm)	Mz (N・mm)	Mx (N・mm)	My (N・mm)	Mz (N・mm)	Mx (N・mm)	My (N・mm)	Mz (N・mm)
1/2Sd-4 EW+UD	11-J	7.77	$4.55 \times 10^{-13}$	$1.23 \times 10^3$	$-2.88 \times 10^4$	$7.58 \times 10^{-11}$	-8.46	2.49	$-1.95 \times 10^{-10}$	$2.36 \times 10^2$	$-4.32 \times 10$
1/2Sd-4 NS+UD	11-J	8.41	$4.55 \times 10^{-13}$	$1.23 \times 10^3$	$-2.88 \times 10^4$	$7.35 \times 10^{-11}$	$-2.03 \times 10$	6.99	$-1.14 \times 10^{-11}$	$-8.16 \times 10$	2.89
1/2Sd-5 EW+UD	11-J	114.06	$4.55 \times 10^{-13}$	$1.23 \times 10^3$	$-2.88 \times 10^4$	$-3.25 \times 10^{-11}$	-6.61	2.02	$7.61 \times 10^{-13}$	$2.47 \times 10^2$	$-4.85 \times 10$
1/2Sd-5 NS+UD	11-J	115.13	$4.55 \times 10^{-13}$	$1.23 \times 10^3$	$-2.88 \times 10^4$	$-2.82 \times 10^{-11}$	$1.90 \times 10$	-6.49	$-2.52 \times 10^{-12}$	$6.27 \times 10$	$-2.23 \times 10$
1/2Sd-D EW+UD	11-J	22.75	$4.55 \times 10^{-13}$	$1.23 \times 10^3$	$-2.88 \times 10^4$	$-7.58 \times 10^{-10}$	-4.06	1.78	$-1.06 \times 10^{-10}$	$2.86 \times 10^2$	$-5.59 \times 10$
1/2Sd-D NS+UD	11-J	19.94	$4.55 \times 10^{-13}$	$1.23 \times 10^3$	$-2.88 \times 10^4$	$-4.86 \times 10^{-10}$	$-1.71 \times 10$	5.87	$-2.89 \times 10^{-11}$	9.84	$1.88 \times 10$

第 15.10 表 側部パネル水冷管と主管の接続部の応力評価

地震種別	許容 応力 状態	発生応力				一次応力評価		一次+二次応力評価	
		① 内圧 (MPa)	② 自重 (MPa)	③ 面外地震 (MPa)	④ 鉛直地震 (MPa)	計算応力 (MPa) ①+②+③+④	許容応力 (MPa)	計算応力 (MPa) 2×(③+④)	許容応力 (MPa)
1/2Sd-1 EW+UD	ⅢA S	2	39	1	1	43	234	4	468
1/2Sd-1 NS+UD	ⅢA S	2	39	1	1	43	234	4	468
1/2Sd-2 EW+UD	ⅢA S	2	39	1	1	43	234	4	468
1/2Sd-2 NS+UD	ⅢA S	2	39	1	1	43	234	4	468
1/2Sd-3 EW+UD	ⅢA S	2	39	1	1	43	234	4	468
1/2Sd-3 NS+UD	ⅢA S	2	39	1	1	43	234	4	468
1/2Sd-4 EW+UD	ⅢA S	2	39	1	1	43	234	4	468
1/2Sd-4 NS+UD	ⅢA S	2	39	1	1	43	234	4	468
1/2Sd-5 EW+UD	ⅢA S	2	39	1	1	43	234	4	468
1/2Sd-5 NS+UD	ⅢA S	2	39	1	1	43	234	4	468
1/2Sd-D EW+UD	ⅢA S	2	39	1	1	43	234	4	468
1/2Sd-D NS+UD	ⅢA S	2	39	1	1	43	234	4	468

#### 15.3.4 側部パネル主管入口管台(N-4)

##### (1) 形状、寸法、材料及び応力係数

側部パネル主管入口管台(N-4)の形状、寸法、材料及び応力係数を第 15.11 表に示す。

##### (2) 荷重

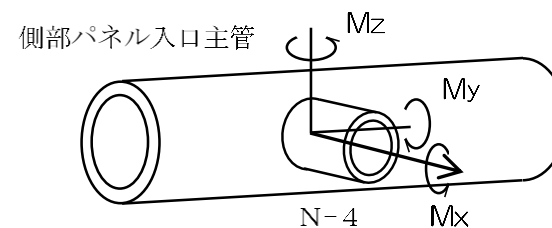
応力解析に用いる荷重を第 15.12 表に示す。

##### (3) 応力評価

応力評価の結果を第 15.13 表に示す。

第 15.11 表 側部パネル主管入口管台(N-4)の形状、寸法、材料及び応力係数

形状、寸法	材料	応力係数	
		$i_1$	$i_2$
$\phi 48.6 \times 5.1$ (mm)	STPT370	2.1	2.1



第 15.12 表 側部パネル主管入口管台(N-4)の荷重

地震種別	要素 番号	発生時 間 (sec)	自重			水平地震			鉛直地震		
						面外方向加振(Y方向)			鉛直方向加振(Z方向)		
			Mx (N・mm)	My (N・mm)	Mz (N・mm)	Mx (N・mm)	My (N・mm)	Mz (N・mm)	Mx (N・mm)	My (N・mm)	Mz (N・mm)
1/2Sd-1 EW+UD	7001-I	7.20	$-2.53 \times 10^4$	$3.21 \times 10^4$	$8.96 \times 10^3$	$2.27 \times 10^3$	$-2.26 \times 10^3$	$-1.02 \times 10^3$	$-6.19 \times 10^3$	$5.93 \times 10^3$	$6.15 \times 10^2$
1/2Sd-1 NS+UD	7001-I	7.39	$-2.53 \times 10^4$	$3.21 \times 10^4$	$8.96 \times 10^3$	$2.32 \times 10^3$	$-2.32 \times 10^3$	$-1.04 \times 10^3$	$-1.84 \times 10^3$	$1.94 \times 10^3$	$3.60 \times 10^2$
1/2Sd-2 EW+UD	7001-I	8.03	$-2.53 \times 10^4$	$3.21 \times 10^4$	$8.96 \times 10^3$	$3.39 \times 10^3$	$-3.24 \times 10^3$	$-2.79$	$-1.02 \times 10^4$	$1.03 \times 10^4$	$1.57 \times 10^3$
1/2Sd-2 NS+UD	7001-I	9.94	$-2.53 \times 10^4$	$3.21 \times 10^4$	$8.96 \times 10^3$	$1.91 \times 10^3$	$-1.91 \times 10^3$	$-8.52 \times 10^2$	$-2.50 \times 10^3$	$2.52 \times 10^3$	$3.86 \times 10^2$
1/2Sd-3 EW+UD	7001-I	13.41	$-2.53 \times 10^4$	$3.21 \times 10^4$	$8.96 \times 10^3$	$-3.41 \times 10^2$	$3.43 \times 10^2$	$1.62 \times 10^2$	$-8.10 \times 10^3$	$8.27 \times 10^3$	$1.36 \times 10^3$
1/2Sd-3 NS+UD	7001-I	14.68	$-2.53 \times 10^4$	$3.21 \times 10^4$	$8.96 \times 10^3$	$1.63 \times 10^3$	$-1.64 \times 10^3$	$-7.55 \times 10^2$	$1.25 \times 10^3$	$-1.42 \times 10^3$	$-3.60 \times 10^2$

地震種別	要素 番号	発生時 間 (sec)	自重			水平地震			鉛直地震		
						面外方向加振(Y方向)			鉛直方向加振(Z方向)		
			Mx (N・mm)	My (N・mm)	Mz (N・mm)	Mx (N・mm)	My (N・mm)	Mz (N・mm)	Mx (N・mm)	My (N・mm)	Mz (N・mm)
1/2Sd-4 EW+UD	7001-I	7.75	$-2.53 \times 10^4$	$3.21 \times 10^4$	$8.96 \times 10^3$	$-5.88 \times 10^2$	$5.82 \times 10^2$	$2.36 \times 10^2$	$-9.57 \times 10^3$	$9.76 \times 10^3$	$1.60 \times 10^3$
1/2Sd-4 NS+UD	7001-I	8.51	$-2.53 \times 10^4$	$3.21 \times 10^4$	$8.96 \times 10^3$	$2.41 \times 10^3$	$-2.42 \times 10^3$	$-1.12 \times 10^3$	$-2.34 \times 10^3$	$2.39 \times 10^3$	$3.93 \times 10^2$
1/2Sd-5 EW+UD	7001-I	114.06	$-2.53 \times 10^4$	$3.21 \times 10^4$	$8.96 \times 10^3$	$1.25 \times 10^2$	$-1.10 \times 10^2$	$1.09 \times 10$	$-1.79 \times 10^4$	$1.69 \times 10^4$	$1.55 \times 10^3$
1/2Sd-5 NS+UD	7001-I	110.69	$-2.53 \times 10^4$	$3.21 \times 10^4$	$8.96 \times 10^3$	$-3.15 \times 10^3$	$3.14 \times 10^3$	$1.44 \times 10^3$	$-6.24 \times 10^3$	$5.65 \times 10^3$	$2.94 \times 10^2$
1/2Sd-D EW+UD	7001-I	23.11	$-2.53 \times 10^4$	$3.21 \times 10^4$	$8.96 \times 10^3$	$-3.43 \times 10^2$	$3.32 \times 10^2$	$1.01 \times 10^2$	$2.11 \times 10^4$	$-1.98 \times 10^4$	$-1.62 \times 10^3$
1/2Sd-D NS+UD	7001-I	47.50	$-2.53 \times 10^4$	$3.21 \times 10^4$	$8.96 \times 10^3$	$2.17 \times 10^3$	$-2.18 \times 10^3$	$-1.04 \times 10^3$	$9.25 \times 10^2$	$-8.81 \times 10^2$	$-8.77 \times 10$

第 15.13 表 側部パネル主管入口管台(N-4)の応力評価

地震種別	許容 応力 状態	発生応力				一次応力評価		一次+二次応力評価	
		① 内圧 (MPa)	② 自重 (MPa)	③ 面外地震 (MPa)	④ 鉛直地震 (MPa)	計算応力 (MPa) ①+②+③+④	許容応力 (MPa)	計算応力 (MPa) 2×(③+④)	許容応力 (MPa)
1/2Sd-1 EW+UD	ⅢAS	3	10	1	2	16	189	6	378
1/2Sd-1 NS+UD	ⅢAS	3	10	1	1	15	189	4	378
1/2Sd-2 EW+UD	ⅢAS	3	10	1	4	18	189	10	378
1/2Sd-2 NS+UD	ⅢAS	3	10	1	1	15	189	4	378
1/2Sd-3 EW+UD	ⅢAS	3	10	1	3	17	189	8	378
1/2Sd-3 NS+UD	ⅢAS	3	10	1	1	15	189	4	378
1/2Sd-4 EW+UD	ⅢAS	3	10	1	4	18	189	10	378
1/2Sd-4 NS+UD	ⅢAS	3	10	1	1	15	189	4	378
1/2Sd-5 EW+UD	ⅢAS	3	10	1	6	20	189	14	378
1/2Sd-5 NS+UD	ⅢAS	3	10	2	2	17	189	8	378
1/2Sd-D EW+UD	ⅢAS	3	10	1	7	21	189	16	378
1/2Sd-D NS+UD	ⅢAS	3	10	1	1	15	189	4	378

#### 15.3.5 除熱量調節パネル水冷管

(1) 形状、寸法、材料及び応力係数

除熱量調節パネル水冷管の形状、寸法、材料及び応力係数を第 15.14 表に示す。

(2) 荷重

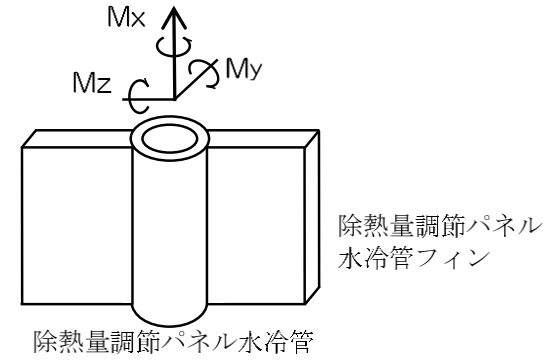
応力解析に用いる荷重を第 15.15 表に示す。

(3) 応力評価

応力評価の結果を第 15.16 表に示す。

第 15.14 表 除熱量調節パネル水冷管の形状、寸法、材料及び応力係数

形状、寸法	材料	応力係数	
		$i_1$	$i_2$
$\phi 25.4 \times 3.5$ (mm)	STBA24	1.33	1.00



第 15.15 表 除熱量調節パネル水冷管の荷重

地震種別	要素 番号	発生時間 (sec)	自重			水平地震			鉛直地震		
						面外方向加振 (Y 方向)			鉛直方向加振 (Z 方向)		
			$M_x$ (N·mm)	$M_y$ (N·mm)	$M_z$ (N·mm)	$M_x$ (N·mm)	$M_y$ (N·mm)	$M_z$ (N·mm)	$M_x$ (N·mm)	$M_y$ (N·mm)	$M_z$ (N·mm)
1/2Sd-1 EW+UD	7105-I	7.29	$-5.50 \times 10^4$	$4.79 \times 10^4$	$1.21 \times 10^5$	$-1.58 \times 10^4$	$1.30 \times 10^4$	$3.65 \times 10^4$	$9.12 \times 10^3$	$-7.93 \times 10^3$	$-5.02 \times 10^4$
1/2Sd-1 NS+UD	7105-I	6.61	$-5.50 \times 10^4$	$4.79 \times 10^4$	$1.21 \times 10^5$	$6.12 \times 10^3$	$-4.98 \times 10^3$	$-1.87 \times 10^4$	$-4.73 \times 10^3$	$4.39 \times 10^3$	$3.69 \times 10^4$
1/2Sd-2 EW+UD	7105-I	9.43	$-5.50 \times 10^4$	$4.79 \times 10^4$	$1.21 \times 10^5$	$1.96 \times 10^4$	$-1.56 \times 10^4$	$-3.85 \times 10^4$	$5.20 \times 10^3$	$-4.71 \times 10^3$	$-3.16 \times 10^4$
1/2Sd-2 NS+UD	7105-I	8.02	$-5.50 \times 10^4$	$4.79 \times 10^4$	$1.21 \times 10^5$	$-4.28 \times 10^3$	$3.47 \times 10^3$	$1.68 \times 10^4$	$-8.67 \times 10^3$	$7.77 \times 10^3$	$4.53 \times 10^4$
1/2Sd-3 EW+UD	7105-I	14.39	$-5.50 \times 10^4$	$4.79 \times 10^4$	$1.21 \times 10^5$	$-9.49 \times 10^3$	$7.84 \times 10^3$	$2.41 \times 10^4$	$-7.12 \times 10^3$	$6.29 \times 10^3$	$3.86 \times 10^4$
1/2Sd-3 NS+UD	7105-I	14.40	$-5.50 \times 10^4$	$4.79 \times 10^4$	$1.21 \times 10^5$	$3.80 \times 10^3$	$-3.09 \times 10^3$	$-1.32 \times 10^4$	$-5.30 \times 10^3$	$4.95 \times 10^3$	$3.82 \times 10^4$



地震種別	要素 番号	発生時間 (sec)	自重			水平地震			鉛直地震		
			Mx (N・mm)	My (N・mm)	Mz (N・mm)	面外方向加振(Y方向)			鉛直方向加振(Z方向)		
						Mx (N・mm)	My (N・mm)	Mz (N・mm)	Mx (N・mm)	My (N・mm)	Mz (N・mm)
1/2Sd-4 EW+UD	7105-I	10.00	$-5.50 \times 10^4$	$4.79 \times 10^4$	$1.21 \times 10^5$	$-1.19 \times 10^4$	$9.76 \times 10^3$	$2.25 \times 10^4$	$5.85 \times 10^3$	$-5.13 \times 10^3$	$-2.54 \times 10^4$
1/2Sd-4 NS+UD	7105-I	7.75	$-5.50 \times 10^4$	$4.79 \times 10^4$	$1.21 \times 10^5$	$7.33 \times 10^3$	$-6.08 \times 10^3$	$-1.49 \times 10^4$	$-1.01 \times 10^4$	$8.62 \times 10^3$	$2.99 \times 10^4$
1/2Sd-5 EW+UD	7105-I	124.20	$-5.50 \times 10^4$	$4.79 \times 10^4$	$1.21 \times 10^5$	$-1.10 \times 10^4$	$8.91 \times 10^3$	$2.20 \times 10^4$	$-9.40 \times 10^3$	$8.45 \times 10^3$	$4.65 \times 10^4$
1/2Sd-5 NS+UD	7105-I	122.85	$-5.50 \times 10^4$	$4.79 \times 10^4$	$1.21 \times 10^5$	$-1.27 \times 10^4$	$1.02 \times 10^4$	$2.54 \times 10^4$	$-7.94 \times 10^3$	$7.15 \times 10^3$	$4.20 \times 10^4$
1/2Sd-D EW+UD	7105-I	47.99	$-5.50 \times 10^4$	$4.79 \times 10^4$	$1.21 \times 10^5$	$-9.66 \times 10^3$	$8.00 \times 10^3$	$2.14 \times 10^4$	$-1.07 \times 10^4$	$9.25 \times 10^3$	$3.70 \times 10^4$
1/2Sd-D NS+UD	7105-I	32.21	$-5.50 \times 10^4$	$4.79 \times 10^4$	$1.21 \times 10^5$	$-3.89 \times 10^3$	$3.03 \times 10^3$	$6.11 \times 10^3$	$-1.11 \times 10^4$	$9.65 \times 10^3$	$5.18 \times 10^4$

第 15.16 表 除熱量調節パネル水冷管の応力評価

地震種別	許容 応力 状態	発生応力				一次応力評価		一次+二次応力評価	
		① 内圧 (MPa)	② 自重 (MPa)	③ 面外地震 (MPa)	④ 鉛直地震 (MPa)	計算応力 (MPa) ①+②+③+④	許容応力 (MPa)	計算応力 (MPa) 2×(③+④)	許容応力 (MPa)
1/2Sd-1 EW+UD	ⅢA S	2	61	18	23	104	193	82	386
1/2Sd-1 NS+UD	ⅢA S	2	61	9	17	89	193	52	386
1/2Sd-2 EW+UD	ⅢA S	2	61	20	14	97	193	68	386
1/2Sd-2 NS+UD	ⅢA S	2	61	8	21	92	193	58	386
1/2Sd-3 EW+UD	ⅢA S	2	61	12	18	93	193	60	386
1/2Sd-3 NS+UD	ⅢA S	2	61	7	17	87	193	48	386
1/2Sd-4 EW+UD	ⅢA S	2	61	12	12	87	193	48	386
1/2Sd-4 NS+UD	ⅢA S	2	61	8	14	85	193	44	386
1/2Sd-5 EW+UD	ⅢA S	2	61	12	21	96	193	66	386
1/2Sd-5 NS+UD	ⅢA S	2	61	13	19	95	193	64	386
1/2Sd-D EW+UD	ⅢA S	2	61	11	17	91	193	56	386
1/2Sd-D NS+UD	ⅢA S	2	61	4	24	91	193	56	386

### 15.3.6 除熱量調節パネル水冷管と主管の接続部

#### (1) 形状、寸法、材料及び応力係数

除熱量調節パネル水冷管と主管の接続部の形状、寸法、材料及び応力係数を第 15.17 表に示す。

#### (2) 荷重

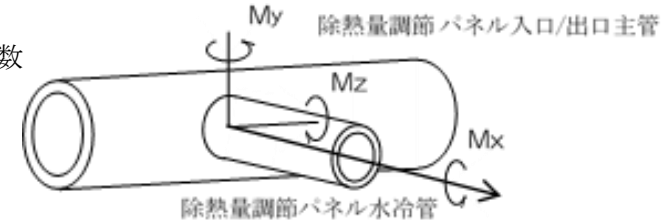
応力解析に用いる荷重を第 15.18 表に示す。

#### (3) 応力評価

応力評価の結果を第 15.19 表に示す。

第 15.17 表 除熱量調節パネル水冷管と主管の接続部の形状、寸法、材料及び応力係数

形状、寸法	材料	応力係数	
		$i_1$	$i_2$
$\phi 25.4 \times 3.5$ (mm)	STBA24	2.1	2.1



第 15.18 表 除熱量調節パネル水冷管と主管の接続部の荷重

地震種別	要素 番号	発生時間 (sec)	自重			水平地震			鉛直地震		
						面外方向加振 (Y 方向)			鉛直方向加振 (Z 方向)		
			$M_x$ (N·mm)	$M_y$ (N·mm)	$M_z$ (N·mm)	$M_x$ (N·mm)	$M_y$ (N·mm)	$M_z$ (N·mm)	$M_x$ (N·mm)	$M_y$ (N·mm)	$M_z$ (N·mm)
1/2Sd-1 EW+UD	7035-J	7.29	$5.89 \times 10^4$	$-5.97 \times 10^4$	$7.21 \times 10^4$	$1.62 \times 10^4$	$-1.39 \times 10^4$	$2.19 \times 10^4$	$-8.09 \times 10^3$	$8.47 \times 10^3$	$-5.08 \times 10^4$
1/2Sd-1 NS+UD	7035-J	7.28	$5.89 \times 10^4$	$-5.97 \times 10^4$	$7.21 \times 10^4$	$1.43 \times 10^3$	$-1.73 \times 10^3$	$-2.39 \times 10^3$	$-9.25 \times 10^3$	$9.62 \times 10^3$	$-5.13 \times 10^4$
1/2Sd-2 EW+UD	7035-J	8.95	$5.89 \times 10^4$	$-5.97 \times 10^4$	$7.21 \times 10^4$	$1.44 \times 10^4$	$-1.26 \times 10^4$	$1.76 \times 10^4$	$8.52 \times 10^3$	$-8.81 \times 10^3$	$3.85 \times 10^4$
1/2Sd-2 NS+UD	7035-J	7.51	$5.89 \times 10^4$	$-5.97 \times 10^4$	$7.21 \times 10^4$	$-2.18 \times 10^3$	$2.03 \times 10^3$	$-8.79 \times 10^2$	$-1.21 \times 10^4$	$1.25 \times 10^4$	$-5.47 \times 10^4$
1/2Sd-3 EW+UD	7035-J	14.39	$5.89 \times 10^4$	$-5.97 \times 10^4$	$7.21 \times 10^4$	$1.01 \times 10^4$	$-9.20 \times 10^3$	$1.50 \times 10^4$	$8.35 \times 10^3$	$-8.43 \times 10^3$	$3.60 \times 10^4$
1/2Sd-3 NS+UD	7035-J	14.40	$5.89 \times 10^4$	$-5.97 \times 10^4$	$7.21 \times 10^4$	$-4.45 \times 10^3$	$4.30 \times 10^3$	$-9.22 \times 10^3$	$6.95 \times 10^3$	$-7.33 \times 10^3$	$3.83 \times 10^4$

地震種別	要素 番号	発生時間 (sec)	自重			水平地震			鉛直地震		
						面外方向加振(Y方向)			鉛直方向加振(Z方向)		
			Mx (N・mm)	My (N・mm)	Mz (N・mm)	Mx (N・mm)	My (N・mm)	Mz (N・mm)	Mx (N・mm)	My (N・mm)	Mz (N・mm)
1/2Sd-4 EW+UD	7035-J	10.00	$5.89 \times 10^4$	$-5.97 \times 10^4$	$7.21 \times 10^4$	$1.18 \times 10^4$	$-1.02 \times 10^4$	$1.11 \times 10^4$	$-6.27 \times 10^3$	$6.34 \times 10^3$	$-2.30 \times 10^4$
1/2Sd-4 NS+UD	7035-J	7.75	$5.89 \times 10^4$	$-5.97 \times 10^4$	$7.21 \times 10^4$	$-7.58 \times 10^3$	$6.91 \times 10^3$	$-7.16 \times 10^3$	$1.07 \times 10^4$	$-1.08 \times 10^4$	$2.23 \times 10^4$
1/2Sd-5 EW+UD	7035-J	124.20	$5.89 \times 10^4$	$-5.97 \times 10^4$	$7.21 \times 10^4$	$1.15 \times 10^4$	$-1.01 \times 10^4$	$1.07 \times 10^4$	$9.43 \times 10^3$	$-9.75 \times 10^3$	$4.49 \times 10^4$
1/2Sd-5 NS+UD	7035-J	122.85	$5.89 \times 10^4$	$-5.97 \times 10^4$	$7.21 \times 10^4$	$1.30 \times 10^4$	$-1.16 \times 10^4$	$1.23 \times 10^4$	$6.88 \times 10^3$	$-7.53 \times 10^3$	$4.29 \times 10^4$
1/2Sd-D EW+UD	7035-J	32.22	$5.89 \times 10^4$	$-5.97 \times 10^4$	$7.21 \times 10^4$	$4.57 \times 10^3$	$-4.17 \times 10^3$	$4.57 \times 10^3$	$1.11 \times 10^4$	$-1.13 \times 10^4$	$4.89 \times 10^4$
1/2Sd-D NS+UD	7035-J	32.22	$5.89 \times 10^4$	$-5.97 \times 10^4$	$7.21 \times 10^4$	$4.00 \times 10^3$	$-3.73 \times 10^3$	$1.45 \times 10^3$	$1.11 \times 10^4$	$-1.13 \times 10^4$	$4.89 \times 10^4$

第 15.19 表 除熱量調節パネル水冷管と主管の接続部の応力評価

地震種別	許容 応力 状態	発生応力				一次応力評価		一次+二次応力評価	
		① 内圧 (MPa)	② 自重 (MPa)	③ 面外地震 (MPa)	④ 鉛直地震 (MPa)	計算応力 (MPa) ①+②+③+④	許容応力 (MPa)	計算応力 (MPa) 2×(③+④)	許容応力 (MPa)
1/2Sd-1 EW+UD	ⅢA S	2	75	21	36	134	193	114	386
1/2Sd-1 NS+UD	ⅢA S	2	75	3	36	116	193	78	386
1/2Sd-2 EW+UD	ⅢA S	2	75	18	28	123	193	92	386
1/2Sd-2 NS+UD	ⅢA S	2	75	3	39	119	193	84	386
1/2Sd-3 EW+UD	ⅢA S	2	75	14	26	117	193	80	386
1/2Sd-3 NS+UD	ⅢA S	2	75	8	27	112	193	70	386
1/2Sd-4 EW+UD	ⅢA S	2	75	13	17	107	193	60	386
1/2Sd-4 NS+UD	ⅢA S	2	75	9	19	105	193	56	386
1/2Sd-5 EW+UD	ⅢA S	2	75	13	32	122	193	90	386
1/2Sd-5 NS+UD	ⅢA S	2	75	15	30	122	193	90	386
1/2Sd-D EW+UD	ⅢA S	2	75	6	35	118	193	82	386
1/2Sd-D NS+UD	ⅢA S	2	75	4	35	116	193	78	386

### 15.3.7 パネルサポート(1)

#### (1) 形状、寸法及び材料

パネルサポート(1)の形状、寸法及び材料を第 15.20 表に示す。

#### (2) 荷重

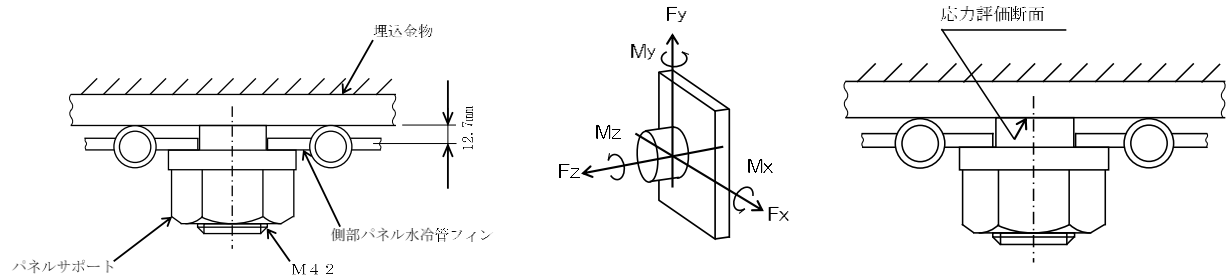
応力解析に用いる荷重を第 15.21 表に示す。

#### (3) 応力評価

応力評価の結果を第 15.22 表に示す。

第 15.20 表 パネルサポート(1)の形状、寸法及び材料

形状、寸法	材料
M42 ボルト	SS400



第 15.21 表 パネルサポート(1)の荷重

地震種別	節点番号	発生時間 (sec)	せん断曲げ	自重			水平地震									鉛直地震					
				力 (N)			モーメント (N・mm)			面外方向加振 (Y 方向)			モーメント (N・mm)			鉛直方向加振 (Z 方向)			モーメント (N・mm)		
				Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
				1/2Sd-1 EW+UD	1926	7.45	5.96	0	10400	-433	133000	0	0	0	-3.45	-772	-43.9	0	0	0	-1230
1/2Sd-1 NS+UD	1926	6.73	5.96	0	10400	-433	133000	0	0	0	62.1	-340	789	0	0	0	-1230	187	-15700	0	0
1/2Sd-2 EW+UD	1926	9.38	7.89	0	10400	-433	133000	0	0	0	-90	935	-1150	0	0	0	-1310	33.5	-16700	0	0
1/2Sd-2 NS+UD	1926	10.19	7.89	0	10400	-433	133000	0	0	0	185	-301	2350	0	0	0	-1310	165	-16700	0	0



地震種別	節点番号	発生時間 (sec)		自重						水平地震						鉛直地震					
										面外方向加振 (Y 方向)						鉛直方向加振 (Z 方向)					
		軸力	せん断曲げ	力 (N)			モーメント (N・mm)			力 (N)			モーメント (N・mm)			力 (N)			モーメント (N・mm)		
				Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1/2Sd-3 EW+UD	1926	15.28	10.30	0	10400	-433	133000	0	0	0	-5.79	-541	-73.6	0	0	0	-1380	119	-17600	0	0
1/2Sd-3 NS+UD	1926	14.67	10.30	0	10400	-433	133000	0	0	0	17.3	335	220	0	0	0	-1380	121	-17600	0	0
1/2Sd-4 EW+UD	1926	8.52	7.77	0	10400	-433	133000	0	0	0	64.2	534	816	0	0	0	1390	-88.3	17700	0	0
1/2Sd-4 NS+UD	1926	7.74	7.77	0	10400	-433	133000	0	0	0	-183	-448	-2330	0	0	0	1390	-54	17700	0	0
1/2Sd-5 EW+UD	1926	113.87	121.99	0	10400	-433	133000	0	0	0	-165	-703	-2100	0	0	0	-1480	152	-18800	0	0
1/2Sd-5 NS+UD	1926	117.55	121.99	0	10400	-433	133000	0	0	0	-134	-634	-1710	0	0	0	-1480	-126	-18800	0	0
1/2Sd-D EW+UD	1926	48.15	27.44	0	10400	-433	133000	0	0	0	-163	-562	-2080	0	0	0	1390	-108	17700	0	0
1/2Sd-D NS+UD	1926	49.57	47.88	0	10400	-433	133000	0	0	0	-135	457	-1720	0	0	0	-1410	61.4	-18000	0	0

第 15.22 表 パネルサポート(1)の応力評価

地震種別	許容 応力 状態	一次応力評価								一次+二次応力評価							
		引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力		引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
		計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
1/2Sd-1 EW+UD	ⅢAS	3	88	10	50	23	120	33	88	4	176	4	50	8	240	16	176
1/2Sd-1 NS+UD	ⅢAS	3	88	10	50	23	120	33	88	4	176	4	50	8	240	16	176
1/2Sd-2 EW+UD	ⅢAS	3	88	10	50	23	120	33	88	4	176	4	50	8	240	16	176
1/2Sd-2 NS+UD	ⅢAS	3	88	10	50	23	120	33	88	4	176	4	50	8	240	16	176
1/2Sd-3 EW+UD	ⅢAS	3	88	10	50	23	120	33	88	4	176	4	50	8	240	16	176
1/2Sd-3 NS+UD	ⅢAS	3	88	10	50	23	120	33	88	4	176	4	50	8	240	16	176
1/2Sd-4 EW+UD	ⅢAS	3	88	11	50	23	120	34	88	4	176	6	50	8	240	18	176
1/2Sd-4 NS+UD	ⅢAS	3	88	11	50	23	120	34	88	4	176	6	50	8	240	18	176
1/2Sd-5 EW+UD	ⅢAS	3	88	11	50	23	120	34	88	4	176	6	50	8	240	18	176
1/2Sd-5 NS+UD	ⅢAS	3	88	11	50	23	120	34	88	4	176	6	50	8	240	18	176
1/2Sd-D EW+UD	ⅢAS	3	88	11	50	23	120	34	88	4	176	6	50	8	240	18	176
1/2Sd-D NS+UD	ⅢAS	3	88	11	50	23	120	34	88	4	176	6	50	8	240	18	176

#### 15.3.8 パネルサポート(2)

##### (1) 形状、寸法及び材料

パネルサポート(2)の形状、寸法及び材料を第 15.23 表に示す。

##### (2) 荷重

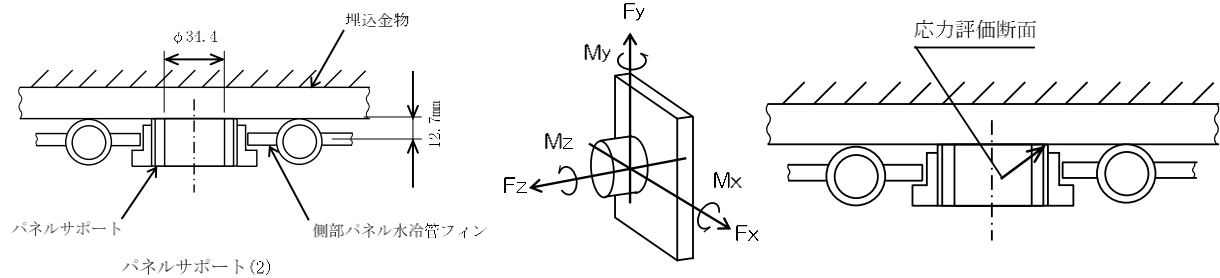
応力解析に用いる荷重を第 15.24 表に示す。

##### (3) 応力評価

応力評価の結果を第 15.25 表に示す。

第 15.23 表 パネルサポート(2)の形状、寸法及び材料

形状、寸法	材料
φ 48.6 × 7.1 (mm)	STPT410



第 15.24 表 パネルサポート(2)の荷重

地震種別	節点番号	発生時間 (sec)		自重									水平地震						鉛直地震								
				力 (N)			モーメント (N・mm)			面外方向加振 (Y 方向)			力 (N)			モーメント (N・mm)			鉛直方向加振 (Z 方向)			力 (N)			モーメント (N・mm)		
				軸力	せん断	曲げ	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz			
																									Fz	Mz	Fz
1/2Sd-1 EW+UD	932	7.03	7.46	-1.29	0	-370	0	-16.4	0	24.5	0	-2510	0	312	0	12.3	0	-112	0	157	0						
1/2Sd-1 NS+UD	757	7.52	7.52	1.74	0	104	0	22.1	0	14.3	0	1570	0	182	0	5.47	0	171	0	69.5	0						
1/2Sd-2 EW+UD	932	9.44	9.75	-1.29	0	-370	0	-16.4	0	21.8	0	-2450	0	277	0	-6.17	0	197	0	-78.4	0						
1/2Sd-2 NS+UD	757	9.70	8.01	1.74	0	104	0	22.1	0	7.76	0	1160	0	98.6	0	13.8	0	78.1	0	176	0						

地震種別	節点番号	発生時間 (sec)		自重						水平地震						鉛直地震					
										面外方向加振 (Y 方向)						鉛直方向加振 (Z 方向)					
		軸力	せん断曲げ	力 (N)			モーメント (N・mm)			力 (N)			モーメント (N・mm)			力 (N)			モーメント (N・mm)		
				Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1/2Sd-3 EW+UD	1737	15.18	14.71	102	0	1450	0	1300	0	315	0	-1160	0	4010	0	-238	0	400	0	-3030	0
1/2Sd-3 NS+UD	1737	11.84	13.52	102	0	1450	0	1300	0	164	0	935	0	2090	0	-237	0	-276	0	-3010	0
1/2Sd-4 EW+UD	1737	9.10	8.31	102	0	1450	0	1300	0	433	0	-1250	0	5500	0	296	0	253	0	3760	0
1/2Sd-4 NS+UD	757	8.51	8.98	1.74	0	104	0	22.1	0	17.3	0	1380	0	220	0	6.1	0	-64.7	0	77.5	0
1/2Sd-5 EW+UD	1737	113.97	113.98	102	0	1450	0	1300	0	-882	0	-1320	0	-11300	0	-503	0	527	0	-6390	0
1/2Sd-5 NS+UD	932	113.86	114.21	-1.29	0	-370	0	-16.4	0	30.3	0	2340	0	385	0	31.6	0	148	0	402	0
1/2Sd-D EW+UD	1737	48.25	23.19	102	0	1450	0	1300	0	-369	0	-1220	0	-4690	0	660	0	-339	0	8390	0
1/2Sd-D NS+UD	1737	42.27	23.17	102	0	1450	0	1300	0	217	0	-696	0	2760	0	-682	0	-534	0	-8670	0

第 15.25 表 パネルサポート(2)の応力評価

地震種別	許容 応力 状態	一次応力評価								一次+二次応力評価							
		引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力		引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
		計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
1/2Sd-1 EW+UD	ⅢAS	5	99	3	57	3	135	11	99	8	198	4	57	4	270	16	198
1/2Sd-1 NS+UD	ⅢAS	4	99	3	57	3	135	10	99	6	198	4	57	4	270	14	198
1/2Sd-2 EW+UD	ⅢAS	5	99	3	57	3	135	11	99	8	198	4	57	4	270	16	198
1/2Sd-2 NS+UD	ⅢAS	4	99	3	57	3	135	10	99	6	198	4	57	4	270	14	198
1/2Sd-3 EW+UD	ⅢAS	5	99	3	57	3	135	11	99	6	198	4	57	4	270	14	198
1/2Sd-3 NS+UD	ⅢAS	5	99	3	57	3	135	11	99	6	198	4	57	4	270	14	198
1/2Sd-4 EW+UD	ⅢAS	5	99	3	57	3	135	11	99	6	198	4	57	4	270	14	198
1/2Sd-4 NS+UD	ⅢAS	4	99	3	57	3	135	10	99	6	198	4	57	4	270	14	198
1/2Sd-5 EW+UD	ⅢAS	5	99	3	57	4	135	12	99	6	198	4	57	6	270	16	198
1/2Sd-5 NS+UD	ⅢAS	5	99	3	57	3	135	11	99	8	198	4	57	4	270	16	198
1/2Sd-D EW+UD	ⅢAS	5	99	3	57	3	135	11	99	6	198	4	57	4	270	14	198
1/2Sd-D NS+UD	ⅢAS	4	99	3	57	4	135	11	99	4	198	4	57	6	270	14	198

### 15.3.9 パネルサポート(3)

#### (1) 形状、寸法及び材料

パネルサポート(3)の形状、寸法及び材料を第 15.26 表に示す。

#### (2) 荷重

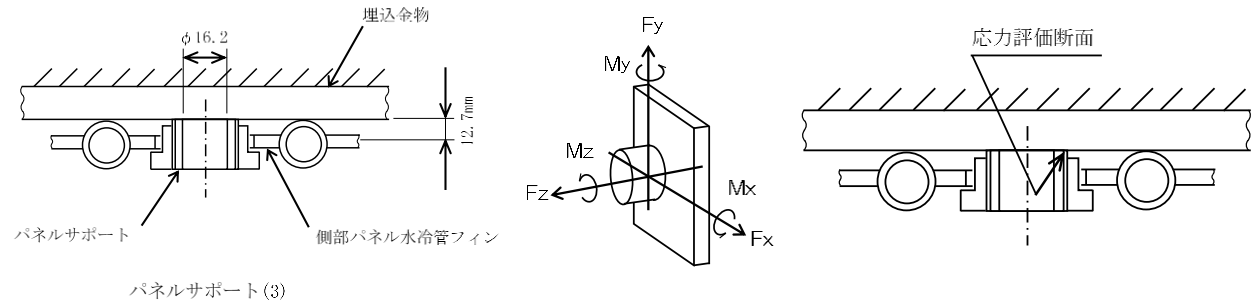
応力解析に用いる荷重を第 15.27 表に示す。

#### (3) 応力評価

応力評価の結果を第 15.28 表に示す。

第 15.26 表 パネルサポート(3)の形状、寸法及び材料

形状、寸法	材料
$\phi 27.2 \times 5.5$ (mm)	STPT410



第 15.27 表 パネルサポート(3)の荷重

地震種別	節点 番号	発生 時間 (sec)		自重						水平地震						鉛直地震					
				力 (N)			モーメント (N・mm)			面外方向加振 (Y 方向)			モーメント (N・mm)			鉛直方向加振 (Z 方向)			モーメント (N・mm)		
		軸力	せん断 曲げ	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1/2Sd-1 EW+UD	1725	7.29	4.00	0	0	856	0	0	0	0	0	1270	0	0	0	0	0	-391	0	0	0
1/2Sd-1 NS+UD	1200	6.74	4.00	0	0	-488	0	0	0	0	0	-934	0	0	0	0	0	31.4	0	0	0
1/2Sd-2 EW+UD	1725	9.43	6.00	0	0	856	0	0	0	0	0	-1420	0	0	0	0	0	-247	0	0	0
1/2Sd-2 NS+UD	1200	8.01	6.00	0	0	-488	0	0	0	0	0	776	0	0	0	0	0	120	0	0	0



地震種別	節点 番号	発生 時間 (sec)		自重						水平地震						鉛直地震					
										面外方向加振(Y方向)						鉛直方向加振(Z方向)					
		軸力	せん断 曲げ	力(N)			モーメント(N・mm)			力(N)			モーメント(N・mm)			力(N)			モーメント(N・mm)		
				Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1/2Sd-3 EW+UD	1725	15.44	9.00	0	0	856	0	0	0	0	0	955	0	0	0	0	0	-183	0	0	0
1/2Sd-3 NS+UD	1200	14.67	9.00	0	0	-488	0	0	0	0	0	764	0	0	0	0	0	183	0	0	0
1/2Sd-4 EW+UD	1725	9.10	5.00	0	0	856	0	0	0	0	0	-959	0	0	0	0	0	171	0	0	0
1/2Sd-4 NS+UD	1200	8.39	5.00	0	0	-488	0	0	0	0	0	933	0	0	0	0	0	69.9	0	0	0
1/2Sd-5 EW+UD	1725	113.97	105.00	0	0	856	0	0	0	0	0	-1030	0	0	0	0	0	353	0	0	0
1/2Sd-5 NS+UD	1224	109.92	105.00	0	0	-499	0	0	0	0	0	851	0	0	0	0	0	462	0	0	0
1/2Sd-D EW+UD	1725	48.25	15.00	0	0	856	0	0	0	0	0	-929	0	0	0	0	0	-230	0	0	0
1/2Sd-D NS+UD	1725	19.92	15.00	0	0	856	0	0	0	0	0	836	0	0	0	0	0	134	0	0	0

第 15.28 表 パネルサポート(3)の応力評価

地震種別	許容 応力 状態	一次応力評価								一次+二次応力評価							
		引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力		引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
		計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
1/2Sd-1 EW+UD	ⅢA S	9	99	0	57	0	135	9	99	12	198	0	57	0	270	12	198
1/2Sd-1 NS+UD	ⅢA S	6	99	0	57	0	135	6	99	8	198	0	57	0	270	8	198
1/2Sd-2 EW+UD	ⅢA S	8	99	0	57	0	135	8	99	10	198	0	57	0	270	10	198
1/2Sd-2 NS+UD	ⅢA S	6	99	0	57	0	135	6	99	8	198	0	57	0	270	8	198
1/2Sd-3 EW+UD	ⅢA S	7	99	0	57	0	135	7	99	8	198	0	57	0	270	8	198
1/2Sd-3 NS+UD	ⅢA S	6	99	0	57	0	135	6	99	8	198	0	57	0	270	8	198
1/2Sd-4 EW+UD	ⅢA S	7	99	0	57	0	135	7	99	8	198	0	57	0	270	8	198
1/2Sd-4 NS+UD	ⅢA S	6	99	0	57	0	135	6	99	8	198	0	57	0	270	8	198
1/2Sd-5 EW+UD	ⅢA S	7	99	0	57	0	135	7	99	8	198	0	57	0	270	8	198
1/2Sd-5 NS+UD	ⅢA S	7	99	0	57	0	135	7	99	10	198	0	57	0	270	10	198
1/2Sd-D EW+UD	ⅢA S	7	99	0	57	0	135	7	99	8	198	0	57	0	270	8	198
1/2Sd-D NS+UD	ⅢA S	7	99	0	57	0	135	7	99	8	198	0	57	0	270	8	198

#### 15.3.10 側部パネル水冷管フィン

##### (1) 形状、寸法及び材料

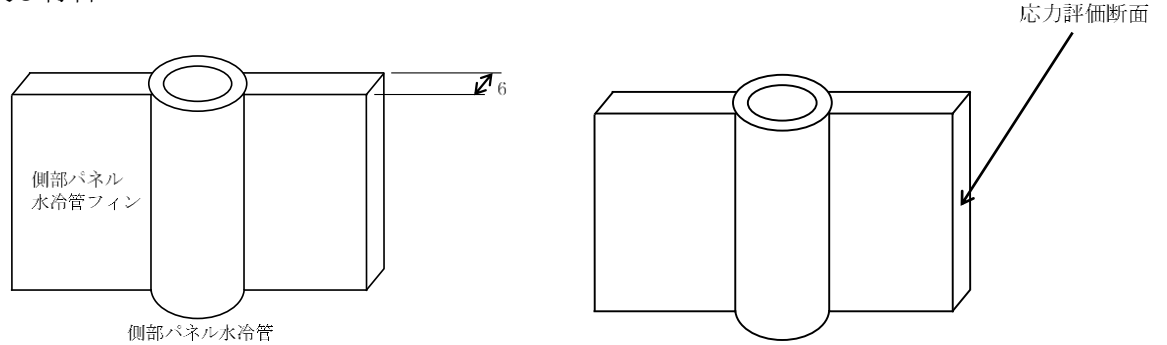
側部パネル水冷管フィンの形状、寸法及び材料を第 15.29 表に示す。

##### (2) 応力評価

応力評価の結果を第 15.30 表に示す。

第 15.29 表 側部パネル水冷管フィンの形状、寸法及び材料

形状、寸法	材料
6mm プレート	SM400B



第 15.30 表 側部パネル水冷管フィンの発生応力と応力評価

地震種別	許容 応力 状態	要素番号	発生時間 (sec)	発生応力			一次応力評価		一次+二次応力評価	
				① 自重 (MPa)	③ 面外地震 (MPa)	④ 鉛直地震 (MPa)	計算応力 (MPa) ①+③+④	許容応力 (MPa)	計算応力 (MPa) 2×(③+④)	許容応力 (MPa)
1/2Sd-1 EW+UD	ⅢAS	1582-Top	7.29	33	6	14	53	225	40	450
1/2Sd-1 NS+UD	ⅢAS	1582-Top	7.28	33	1	15	49	225	32	450
1/2Sd-2 EW+UD	ⅢAS	1582-Top	8.96	33	8	11	52	225	38	450
1/2Sd-2 NS+UD	ⅢAS	1582-Top	8.02	33	6	13	52	225	38	450

地震種別	許容 応力 状態	要素番号	発生時間 (sec)	発生応力			一次応力評価		一次+二次応力評価	
				① 自重 (MPa)	③ 面外地震 (MPa)	④ 鉛直地震 (MPa)	計算応力 (MPa) ①+③+④	許容応力 (MPa)	計算応力 (MPa) 2×(③+④)	許容応力 (MPa)
1/2Sd-3 EW+UD	ⅢAS	1582-Top	14.39	33	6	11	50	225	34	450
1/2Sd-3 NS+UD	ⅢAS	1582-Top	14.40	33	4	11	48	225	30	450
1/2Sd-4 EW+UD	ⅢAS	1582-Top	10.00	33	4	8	45	225	24	450
1/2Sd-4 NS+UD	ⅢAS	1582-Top	7.76	33	4	8	45	225	24	450
1/2Sd-5 EW+UD	ⅢAS	1582-Top	121.99	33	5	13	51	225	36	450
1/2Sd-5 NS+UD	ⅢAS	1582-Top	122.85	33	7	12	52	225	38	450
1/2Sd-D EW+UD	ⅢAS	1582-Top	32.79	33	4	12	49	225	32	450
1/2Sd-D NS+UD	ⅢAS	1582-Top	32.21	33	2	14	49	225	32	450

### 15.3.11 除熱量調節パネル水冷管フィン

#### (1) 形状、寸法及び材料

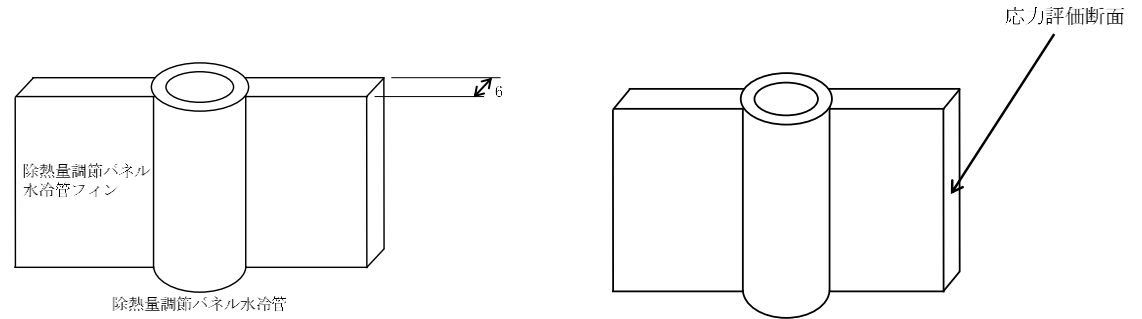
除熱量調節パネル水冷管フィンの形状、寸法及び材料を第 15.31 表に示す。

#### (2) 応力評価

応力評価の結果を第 15.32 表に示す。

第 15.31 表 除熱量調節パネル水冷管フィンの形状、寸法及び材料

形状、寸法	材料
6mm プレート	SM400B



第 15.32 表 除熱量調節パネル水冷管フィンの発生応力と応力評価

地震種別	許容 応力 状態	要素番号	発生時間 (sec)	発生応力			一次応力評価		一次+二次応力評価	
				① 自重 (MPa)	③ 面外地震 (MPa)	④ 鉛直地震 (MPa)	計算応力 (MPa) ①+③+④	許容応力 (MPa)	計算応力 (MPa) 2×(③+④)	許容応力 (MPa)
1/2Sd-1 EW+UD	ⅢAS	4269-Top	7.29	16	4	6	26	225	20	450
1/2Sd-1 NS+UD	ⅢAS	4269-Top	7.29	16	1	6	23	225	14	450
1/2Sd-2 EW+UD	ⅢAS	4269-Top	9.22	16	4	4	24	225	16	450
1/2Sd-2 NS+UD	ⅢAS	4269-Top	7.51	16	1	7	24	225	16	450

地震種別	許容 応力 状態	要素番号	発生時間 (sec)	発生応力			一次応力評価		一次+二次応力評価	
				① 自重 (MPa)	③ 面外地震 (MPa)	④ 鉛直地震 (MPa)	計算応力 (MPa) ①+③+④	許容応力 (MPa)	計算応力 (MPa) 2×(③+④)	許容応力 (MPa)
1/2Sd-3 EW+UD	ⅢAS	4269-Top	14.39	16	3	5	24	225	16	450
1/2Sd-3 NS+UD	ⅢAS	4269-Top	14.03	16	2	5	23	225	14	450
1/2Sd-4 EW+UD	ⅢAS	4269-Top	10.00	16	3	3	22	225	12	450
1/2Sd-4 NS+UD	ⅢAS	4269-Top	7.75	16	2	4	22	225	12	450
1/2Sd-5 EW+UD	ⅢAS	4269-Top	124.20	16	3	6	25	225	18	450
1/2Sd-5 NS+UD	ⅢAS	4269-Top	122.85	16	3	5	24	225	16	450
1/2Sd-D EW+UD	ⅢAS	4269-Top	47.99	16	3	5	24	225	16	450
1/2Sd-D NS+UD	ⅢAS	4269-Top	31.34	16	2	5	23	225	14	450



## 16. まとめ

原子炉冷却系統施設の耐震性評価は、評価結果に示すとおり、発生値は評価基準値を満足しており、耐震余裕を有することを確認した。

1-4-5. 機器・配管系及び建物・構築物の構造(耐震性及び波及的影響)に関する説明書  
(計測制御系統施設の耐震性評価)

## 目 次

1. 計測制御系統施設の耐震性評価.....	添 1 - 4 - 5 - 1
2. 応答倍率法による評価.....	添 1 - 4 - 5 - 4
2.1 評価手法.....	添 1 - 4 - 5 - 4
2.2 評価結果.....	添 1 - 4 - 5 - 4
3. 既往の設工認と同等の評価.....	添 1 - 4 - 5 - 20
3.1 制御棒.....	添 1 - 4 - 5 - 20
4. まとめ .....	添 1 - 4 - 5 - 25

## 表 目 次

第 1.1 表	計測制御系統施設の評価対象設備.....	添 1 - 4 - 5 - 1
第 1.2 表	固有周期解析の結果.....	添 1 - 4 - 5 - 2
第 2.1 表	S クラス評価(基準地震動 $S_s$ による許容応力状態Ⅳ <sub>A</sub> S)...	添 1 - 4 - 5 - 5
第 2.2 表	S クラス評価(弾性設計用地震動 $S_d$ による許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> S).....	添 1 - 4 - 5 - 12
第 2.3 表	B クラス評価.....	添 1 - 4 - 5 - 19
第 3.1 表	静的地震力.....	添 1 - 4 - 5 - 21
第 3.2 表	動的地震力.....	添 1 - 4 - 5 - 21
第 3.3 表	設計用地震力.....	添 1 - 4 - 5 - 21
第 3.4 表	荷重の組合せと許容応力.....	添 1 - 4 - 5 - 22
第 3.5 表	機器要目.....	添 1 - 4 - 5 - 24
第 3.6 表	評価結果.....	添 1 - 4 - 5 - 24

目 次

第 3.1 図 制御棒計算モデル及び応力評価断面..... 添 1 - 4 - 5 - 23

1. 計測制御系統施設の耐震性評価

計測制御系統施設の評価対象設備及び耐震重要度分類を第 1.1 表に、B クラス設備の固有周期解析の結果を第 1.2 表に示す。B クラスの後備停止系は、固有周期解析を実施せず、評価対象とする。

第 1.1 表 計測制御系統施設の評価対象設備

耐震重要度分類	クラス別施設	設備機器
S クラス	原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設及び原子炉の停止状態を維持する施設	制御棒 制御棒駆動装置 中央制御室の盤 S クラス設備の補助設備となる電気計装設備
	その他	放射能検出器容器(1 次冷却材放射能検出器容器)
B クラス	その他	後備停止系駆動装置
	放射性廃棄物を内蔵している施設、ただし、内蔵量が少ないか又は貯蔵方式によりその破損によって公衆に与える放射線の影響が年間の周辺監視区域外の線量当量限度に比べ十分小さいものは除く	放射能検出器容器(S クラスを除く。)
	原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故の際に圧力障壁となり、放射性物質の拡散を直接防ぐための施設	B クラス設備の補助設備となる電気計装設備

第 1.2 表 固有周期解析の結果

設備機器		据付場所(m)	固有周期(s)	参考資料※3
放射能 検出器 容器	液体廃棄物放射能検 出器容器	原子炉建家 E. L. 19. 0	—※1	IV-ニ-11 III-ニ-6
	気体廃棄物放射能検 出器容器	原子炉建家 E. L. 22. 7	—※1	IV-ニ-11 III-ニ-6
Bクラス 設備の 補助設 備とな る電気 計装設 備	後備停止系制御装置 盤	原子炉建家 E. L. 29. 7	—※2	IV-ニ-9 IV-ニ-2
	炉容器冷却水流量	原子炉建家 E. L. 15. 0	0. 007	IV-ニ-9
	補機冷却水母管戻り 流量	冷却塔地下 E. L. 32. 0	0. 007	IV-ニ-9
	補機冷却水冷却塔プ ール水位	冷却塔地下 E. L. 32. 0	0. 007	IV-ニ-9
	補助冷却水流量	原子炉建家 E. L. 22. 7	0. 012	IV-ニ-9
	補助冷却水循環ポン プ冷却水流量	原子炉建家 E. L. 22. 7	0. 012	IV-ニ-9
	補助冷却水加圧器水 位	原子炉建家 E. L. 22. 7	0. 012	IV-ニ-9
	補助冷却水加圧器圧 力	原子炉建家 E. L. 22. 7	0. 008	IV-ニ-9
戻り加熱器出口流量	原子炉格納容器内 E. L. 22. 2	0. 010	IV-ニ-9	

※1 ユニット機器は、構造的に大きなブロック状をしており、重心の位置がブロック状のほぼ中心にあり、かつ下面が基礎ボルトに固定されている。したがって、全体的に一つの剛体とみなせるため計算は省略し、固有周期は十分に小さいとする。

※2 盤は、構造的に多層に補強材を連絡した一体の大きな箱型形状をしており、重心の位置は箱型形状のほぼ中心にあり、かつ下面が溶接又はボルトにて固定されている。したがって、全体的に一つの剛体とみなせるため計算は省略し、固有周期は十分に小さいとする。

※3 既往の設工認添付計算書

「IV-ニ-11 放射能検出器容器の耐震計算書」（設計及び工事の方法の認可（第 4 回申請）平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)

「III-ニ-6 ポンプ類及びユニット機器の耐震計算書作成の基本方針」（設計及び工事の方法の認可（第 3 回申請）平成 4 年 4 月 9 日付け 4 安(原規)第 47 号)

「IV-ニ-9 計装の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

「IV-ニ-2 計装の耐震計算書作成の基本方針」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)



## 2. 応答倍率法による評価

### 2.1 評価手法

添付書類 1-4-1.に基づき評価を行う。制御棒駆動装置及び後備停止系駆動装置については、添付書類 1-4-2.と同様に評価に用いる地震力(加速度、せん断力、モーメント、軸力、衝突力等)と既往の設工認の地震力との比を求め、既往の設工認の応力に乗じることにより算出値を求め、評価基準値と比較する。

### 2.2 評価結果

計測制御系統施設の耐震性の評価結果を第 2.1 表から第 2.3 表に示す。

第 2.1 表 S クラス評価(基準地震動 S<sub>s</sub> による許容応力状態 IV<sub>s</sub>)

No.	評価対象 設備	耐震クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料 <sup>※1</sup>	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ニ-Ss-1	制御棒駆動 装置	S	制御棒 案内管	膜	13	9	255	IV-ニ-13	
				膜+曲げ	184	295	383		
ニ-Ss-2	中央制御盤 主盤	S	溶接	組合せ	2	4	161	IV-ニ-9	
ニ-Ss-3	中央制御盤 副盤	S	溶接	組合せ	3	7	161	IV-ニ-9	
ニ-Ss-4	所内電源盤	S	溶接	組合せ	5	10	161	IV-ニ-9	
ニ-Ss-5	安全保護 ロジック盤	S	ボルト	引張	2	3	210	IV-ニ-9	
				せん断	2	3	161		
ニ-Ss-6	安全保護シ ーケンス盤	S	ボルト	引張	2	3	210	IV-ニ-9	
				せん断	2	3	161		
ニ-Ss-7	制御棒スク ラム装置盤	S	ボルト	引張	2	3	210	IV-ニ-9	
				せん断	2	3	161		
ニ-Ss-8	中央制御室 外原子炉停 止盤	S	ボルト	引張	0	0	210	IV-ニ-9	引張応力 は発生し ない。
				せん断	2	4	161		

No.	評価対象 設備	耐震クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ニ-Ss-9	主冷却設備 安全保護系 計装盤	S	ボルト	引張	2	3	210	IV-ニ-9	
				せん断	2	3	161		
ニ-Ss-10	1次冷却材 放射能安全 保護系計装 盤	S	ボルト	引張	2	3	176	IV-ニ-9	
				せん断	2	3	135		
ニ-Ss-11	制御棒位置 計装盤	S	ボルト	引張	2	3	176	IV-ニ-9	
				せん断	2	3	135		
ニ-Ss-12	中性子 計装盤	S	ボルト	引張	10	22	176	IV-ニ-9	
				せん断	5	10	135		
ニ-Ss-13	補助冷却設 備安全保護 系計装盤	S	ボルト	引張	0	0	488	IV-ニ-9	引張応力 は発生し ない。
				せん断	2	3	375		
ニ-Ss-14	炉容器冷却 設備計装盤	S	ボルト	引張	0	0	210	IV-ニ-9	引張応力 は発生し ない。
				せん断	2	3	161		

No.	評価対象 設備	耐震クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ニ-Ss-15	放射能計装 盤	S	ボルト	引張	3	7	176	IV-ニ-9	
				せん断	2	3	135		
ニ-Ss-16	安全保護系 計器収納盤	S	ボルト	引張	4	7	176	IV-ニ-9	
				せん断	4	7	135		
ニ-Ss-17	補助冷却設 備計器収納 盤	S	ボルト	引張	2	4	210	IV-ニ-9	
				せん断	2	4	161		
ニ-Ss-18	1次冷却 材・加圧水 差圧	S	溶接	組合せ	2	4	135	IV-ニ-9	
ニ-Ss-19	1次加圧水 冷却器 加圧水流量	S	溶接	組合せ	2	3	135	IV-ニ-9	
ニ-Ss-20	原子炉格納 容器圧力	S	溶接	組合せ	2	4	135	IV-ニ-9	

No.	評価対象 設備	耐震クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ニ-Ss-21	サービスエ リア内圧力	S	溶接	組合せ	2	4	135	IV-ニ-9	
ニ-Ss-22	戻り加熱器 出口圧力	S	溶接	組合せ	2	4	135	IV-ニ-9	
ニ-Ss-23	スタンドパ イプパー ライン圧力	S	溶接	組合せ	2	3	135	IV-ニ-9	
ニ-Ss-24	炉心差圧	S	溶接	組合せ	7	13	135	IV-ニ-9	
ニ-Ss-25	蓄電池架台	S	8 個乗収納 架台取付ボ ルト	引張	0	0	210	IV-ニ-22	
				せん断	2	4	161		
			10 個乗収納 架台取付ボ ルト	引張	0	0	210		
				せん断	2	4	161		

No.	評価対象 設備	耐震クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ニ-Ss-26	充電器	S	整流器盤 1/2 の取付 ボルト	引張	0	0	210	IV-ニ-22	
				せん断	3	7	161		
			負荷電圧補 償装置盤の 取付ボルト	引張	0	0	210		
				せん断	3	7	161		
			直流分電盤 の取付ボル ト	引張	0	0	210		
				せん断	2	4	161		
			整流器盤 1/2 の取付 ボルト(予 備)	引張	0	0	210		
				せん断	3	7	161		
ニ-Ss-27	安全保護系 用交流無停 電電源装置	S	取付 ボルト	引張	0	0	210	IV-ニ-22	
				せん断	2	4	161		

No.	評価対象設備	耐震クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考			
					方法1 MPa	方法2 MPa						
ニ-Ss-28	1次冷却材放射能検出器容器	S	基礎ボルト	引張	6	13	205	IV-ニ-11				
				せん断	14	29	158					
ニ-Ss-29	広領域中性子束検出器	S	案内管	組合せ	39	38	159	IV-ニ-10				
			案内管取付けボルト	引張	5	5	116					
ニ-Ss-30	出力領域中性子束検出器	S	保護管	組合せ	11	21	42	IV-ニ-10				
				圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)	評価式 $(\sigma_{x1} + \sigma_{x2})/f_c + \sigma_{x3}/f_b \leq 1$							
					保護管の自重による応力 (MPa)	$\sigma_{x1} = 5$	IV-ニ-10					
					鉛直方向地震による応力 (MPa)	$\sigma_{x2} = 5$	IV-ニ-10					
					水平方向地震による応力 (MPa)	$\sigma_{x3} = 10$	IV-ニ-10					
					許容圧縮応力 (MPa)	$f_c = 36$	IV-ニ-10					
					許容曲げ応力 (MPa)	$f_b = 42$	IV-ニ-10					
結果	$(\sigma_{x1} + \sigma_{x2})/f_c + \sigma_{x3}/f_b = 0.6 \leq 1$											

※1 既往の設工認添付計算書

「IV-ニ-13 制御棒駆動装置の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

「IV-ニ-9 計装の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

「IV-ニ-22 蓄電池の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

「IV-ニ-11 放射能検出器容器の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

「IV-ニ-10 中性子計装の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)



第 2.2 表 S クラス評価(弾性設計用地震動 Sd による許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S)

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ニ-Sd-1	制御棒駆動 装置	S	制御棒 案内管	膜	7	6	159	IV-ニ-13	
				膜+曲げ	95	156	239		
ニ-Sd-2	中央制御盤 主盤	S	溶接	組合せ	4	5	135	IV-ニ-9	
ニ-Sd-3	中央制御盤 副盤	S	溶接	組合せ	7	11	135	IV-ニ-9	
ニ-Sd-4	所内電源盤	S	溶接	組合せ	9	14	135	IV-ニ-9	
ニ-Sd-5	安全保護ロ ジック盤	S	ボルト	引張	7	11	176	IV-ニ-9	
				せん断	3	4	135		
ニ-Sd-6	安全保護シ ーケンス盤	S	ボルト	引張	9	14	176	IV-ニ-9	
				せん断	3	4	135		
ニ-Sd-7	制御棒スク ラム装置盤	S	ボルト	引張	6	9	176	IV-ニ-9	
				せん断	3	4	135		
ニ-Sd-8	中央制御室 外原子炉停 止盤	S	ボルト	引張	5	7	176	IV-ニ-9	
				せん断	3	4	135		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ニ-Sd-9	主冷却設備 安全保護系 計装盤	S	ボルト	引張	9	14	176	IV-ニ-9	
				せん断	3	4	135		
ニ-Sd-10	1次冷却材 放射能安全 保護系計装 盤	S	ボルト	引張	9	14	176	IV-ニ-9	
				せん断	3	4	135		
ニ-Sd-11	制御棒位置 計装盤	S	ボルト	引張	6	9	176	IV-ニ-9	
				せん断	3	4	135		
ニ-Sd-12	中性子計装 盤	S	ボルト	引張	8	12	176	IV-ニ-9	
				せん断	4	5	135		
ニ-Sd-13	補助冷却設 備安全保護 系計装盤	S	ボルト	引張	5	7	488	IV-ニ-9	
				せん断	3	4	375		
ニ-Sd-14	炉容器冷却 設備計装盤	S	ボルト	引張	5	7	176	IV-ニ-9	
				せん断	3	4	135		
ニ-Sd-15	放射能計装 盤	S	ボルト	引張	11	17	176	IV-ニ-9	
				せん断	3	4	135		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ニ-Sd-16	安全保護系 計器収納盤	S	ボルト	引張	15	28	176	IV-ニ-9	
				せん断	5	9	135		
ニ-Sd-17	補助冷却設 備計器収納 盤	S	ボルト	引張	5	9	176	IV-ニ-9	
				せん断	3	5	135		
ニ-Sd-18	1次冷却 材・加圧水 差圧	S	溶接	組合せ	1	2	135	IV-ニ-9	
ニ-Sd-19	1次加圧水 冷却器 加圧水流量	S	溶接	組合せ	1	2	135	IV-ニ-9	
ニ-Sd-20	原子炉格納 容器圧力	S	溶接	組合せ	1	2	135	IV-ニ-9	
ニ-Sd-21	サービスイ リア内圧力	S	溶接	組合せ	1	2	135	IV-ニ-9	

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ニ-Sd-22	戻り加熱器 出口圧力	S	溶接	組合せ	1	2	135	IV-ニ-9	
ニ-Sd-23	スタンドパイ プ パーシライ ン圧力	S	溶接	組合せ	1	2	135	IV-ニ-9	
ニ-Sd-24	炉心差圧	S	溶接	組合せ	6	10	135	IV-ニ-9	
ニ-Sd-25	蓄電池架台	S	8 個乗収納 架台取付ボ ルト	引張	0	0	176	IV-ニ-22	
				せん断	3	4	135		
			10 個乗収納 架台取付ボ ルト	引張	0	0	176		
				せん断	3	4	135		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ニ-Sd-26	充電器	S	整流器盤 1/2 の取付 ボルト	引張	0	0	176	IV-ニ-22	
				せん断	4	6	135		
			負荷電圧補 償装置盤の 取付ボルト	引張	0	0	176		
				せん断	4	6	135		
			直流分電盤 の取付ボル ト	引張	0	0	176		
				せん断	3	4	135		
			整流器盤 1/2 の取付 ボルト(予 備)	引張	0	0	176		
				せん断	4	6	135		
ニ-Sd-27	安全保護系 用交流無停 電電源装置	S	取付 ボルト	引張	0	0	176	IV-ニ-22	
				せん断	3	4	135		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考			
					方法 1 MPa	方法 2 MPa						
ニ-Sd-28	1次冷却材 放射能検出 器容器	S	基礎ボルト	引張	5	8	171	IV-ニ-11				
				せん断	11	17	132					
ニ-Sd-29	広領域中性 子束検出器	S	案内管	組合せ	31	26	159	IV-ニ-10				
			案内管取付 けボルト	引張	4	3	116					
ニ-Sd-30	出力領域中 性子束検出 器	S	保護管	組合せ	9	16	42	IV-ニ-10				
				圧縮と曲 げの組合 せ (座屈の評 価)	評価式 $(\sigma_{x1} + \sigma_{x2})/f_c + \sigma_{x3}/f_b \leq 1$							
					保護管の自重による応力 (MPa)	$\sigma_{x1} = 4$	IV-ニ-10					
					鉛直方向地震による応力 (MPa)	$\sigma_{x2} = 4$	IV-ニ-10					
					水平方向地震による応力 (MPa)	$\sigma_{x3} = 8$	IV-ニ-10					
					許容圧縮応力 (MPa)	$f_c = 36$	IV-ニ-10					
					許容曲げ応力 (MPa)	$f_b = 42$	IV-ニ-10					
結果	$(\sigma_{x1} + \sigma_{x2})/f_c + \sigma_{x3}/f_b = 0.5 \leq 1$											

※1 既往の設工認添付計算書

「IV-ニ-13 制御棒駆動装置の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

「IV-ニ-9 計装の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

「IV-ニ-22 蓄電池の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

「IV-ニ-11 放射能検出器容器の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

「IV-ニ-10 中性子計装の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

第 2.3 表 B クラス評価

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ニ-B-1	後備停止 系駆動装 置	B	ホッパ	膜	4	4	159	IV-ニ-14	
				膜+曲げ	44	69	239		

※1 既往の設工認添付計算書

「IV-ニ-14 後備停止系駆動装置の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可 (第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)



### 3. 既往の設工認と同等の評価

#### 3.1 制御棒

##### 3.1.1 構造の説明

制御棒は、被覆管、支持板、中性子吸収材等で構成される制御棒要素、連結棒、ショックアブソーバ(I)等からなる。

各制御棒要素及びショックアブソーバ(I)は、支持板を介して連結棒で支持される。連結棒は制御棒駆動機構のワイヤロープに接続して支持される。

##### 3.1.2 適用規格

適用する規格を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601)

##### 3.1.2 設計用地震力

###### (1) 算定方法

- ・静的地震力

水平方向の地震力は、建築基準法に基づく層せん断力係数  $C_I$  の 3.6 倍の値を水平震度とした静的解析から求める。また、鉛直方向の地震力は、鉛直震度  $C_V$  の 1.2 倍の値による静的解析から求める。これらの水平方向と鉛直方向の地震力を同時にかつ不利な方向に重ね合わせ、最終的に静的地震力を求める。

- ・動的地震力

水平方向の地震力は、原子炉構造系(原子炉容器、炉内構造物)を他質点はりモデルに置換した動的解析、さらに炉心構成要素間の衝突挙動をモデル化した炉内部の動的解析から求める。

鉛直方向の地震力は、添付書類 1-2-1. 及び添付書類 1-2-2. の鉛直方向の解析モデルから得られた内部コンクリート構造物の震度とする。

これらの水平方向と鉛直方向の地震力を同時にかつ不利な方向に重ね合わせ、最終的に動的地震力を求める。

(2) 静的地震力

「(1) 算定方法」で示した方法により求めた静的地震力を第 3.1 表に示す。

第 3.1 表 静的地震力

部位	水平方向(*)	鉛直方向
連結棒	2 N	284 N

(\*)水平方向地震力は、制御棒要素被覆管内部の連結棒において、支持板とガイドリングの間の部分に働くものを示す。

(3) 動的地震力

「(1) 算定方法」で示した方法により求めた動的地震力を第 3.2 表に示す。

なお、水平方向地震力は既往の設工認の「II-ニ-2 炉心支持黒鉛構造物及びその他の構造物の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第 2 回申請)平成 3 年 9 月 25 日付け 3 安(原規)第 368 号)と同じ解析により算出した。

第 3.2 表 動的地震力

部位	水平方向(*)		鉛直方向	
	Ss 地震	Sd 地震	Ss 地震	Sd 地震
連結棒	330 N	226 N	617 N	335 N

(\*)水平方向地震力は、制御棒要素被覆管内部の連結棒において、支持板とガイドリングの間の部分に働くものを示す。

(4) 設計用地震力

連結棒の設計用地震力の算出結果を第 3.3 表に示す。

第 3.3 表 設計用地震力

地震力の種類	Ss	Sd
水平方向地震力(*)	330 N	226 N
鉛直方向地震力	617 N	335 N

(\*)水平方向地震力は、制御棒要素被覆管内部の連結棒において、支持板とガイドリングの間の部分に働くものを示す。

### 3.1.3 応力計算

#### (1) 荷重の組合せと許容応力

荷重の組合せと許容応力を第 3.4 表に示す。

第 3.4 表 荷重の組合せと許容応力

許容応力状態	荷重の組合せ	許容応力	
		一次一般膜応力	一次一般膜応力 +一次曲げ応力
Ⅲ <sub>A</sub> S	D + P + M + S <sub>d</sub>	1.5S <sub>m</sub>	左欄の 1.5 倍の値
Ⅳ <sub>A</sub> S	D + P + M + S <sub>s</sub>	Min{(2/3)S <sub>u</sub> , 2.4S <sub>m</sub> }	左欄の 1.5 倍の値

D : 死荷重

P : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態(冷却材喪失事故後の状態は除く)における圧力荷重

M : 地震及び死荷重以外で地震と組み合わせべきプラントの運転状態(冷却材喪失事故後の状態は除く。)で設備に作用している機械的荷重

S<sub>d</sub> : 地震動 S<sub>d</sub> により定まる地震力

S<sub>s</sub> : 地震動 S<sub>s</sub> により定まる地震力

注) 許容応力は炉心支持構造物の許容応力を準用する。

#### (2) 応力計算の方法

##### ・計算モデル

制御棒のうち発生応力が最も大きくなる連結棒について評価する。計算モデル及び評価断面を第 3.1 図に示す。

制御棒の連結棒をはりモデルに置き換えて計算を行う。水平方向地震力は中央に集中して作用するものとして計算する。

##### ・自重による発生応力

$$\sigma_{m1} = \frac{W}{A}$$

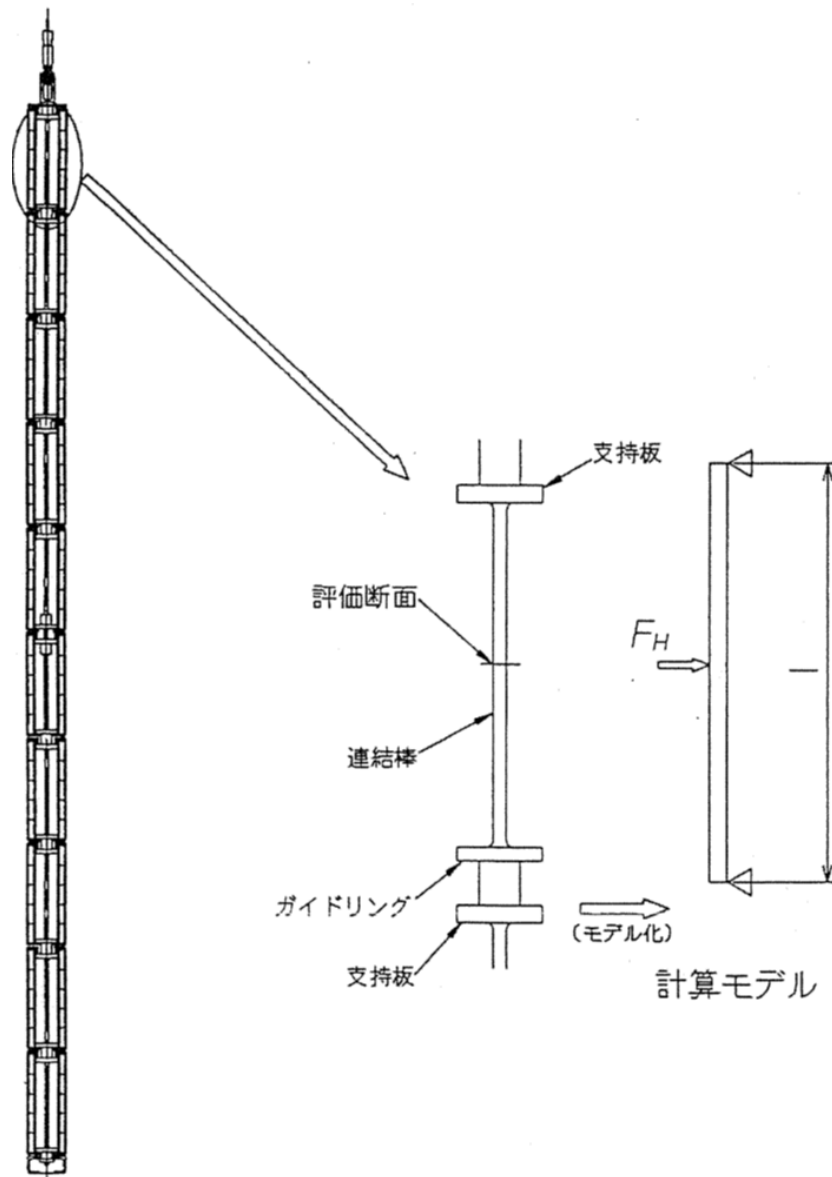
・地震力による発生応力

制御棒の連結棒は、地震時曲げモーメント及び鉛直地震力により応力を生じる。  
この応力は以下の示す計算式により算出する。

$$\sigma_{b1} = \frac{M_b}{Z}$$

$$M_b = \frac{1}{4} F_H l$$

$$\sigma_{m2} = \frac{F_v}{A}$$



第 3.1 図 制御棒計算モデル及び応力評価断面

(3) 機器要目

計算モデルの評価断面に関する要目を第 3.5 表に示す。

第 3.5 表 機器要目

A (mm <sup>2</sup> )	Z (mm <sup>3</sup> )	l (mm)	W (kg)
79	98	310	100

3.1.4 評価結果

評価結果を第 3.6 表に示す。

第 3.6 表 評価結果

評価点	材質	荷重の組合せ	温度 (°C)	一次一般膜応力 (MPa)		一次一般膜応力 + 一次曲げ応力 (MPa)	
				計算値	許容値	計算値	許容値
連結棒	NCF800H	D+P+M+Sd	445	18	156	198	234
		D+P+M+Ss	445	21	249	283	374

#### 4. まとめ

計測制御系統施設の耐震性評価は、2.2 評価結果及び3.1.4 評価結果に示すとおり、発生値は評価基準値を満足しており、耐震余裕を有することを確認した。

1-4-6. 機器・配管系及び建物・構築物の構造(耐震性及び波及的影響)に関する説明書  
(放射性廃棄物の廃棄施設の耐震性評価)

## 目次

1. 放射性廃棄物の廃棄施設の耐震性評価.....	添1 - 4 - 6 - 1
2. 応答倍率法による評価.....	添1 - 4 - 6 - 4
2.1 評価手法.....	添1 - 4 - 6 - 4
2.2 評価結果.....	添1 - 4 - 6 - 4
3. まとめ .....	添1 - 4 - 6 - 7



表 目 次

第 1.1 表	放射性廃棄物の廃棄施設の評価対象設備.....	添 1 - 4 - 6 - 1
第 1.2 表	固有周期解析の結果.....	添 1 - 4 - 6 - 2
第 2.1 表	B クラス評価 .....	添 1 - 4 - 6 - 5

1. 放射性廃棄物の廃棄施設の耐震性評価

放射性廃棄物の廃棄施設の評価対象設備及び耐震重要度分類を第 1.1 表に、B クラス設備の固有周期解析の結果を第 1.2 表に示す。

第 1.1 表 放射性廃棄物の廃棄施設の評価対象設備

耐震重要度分類	クラス別施設	設備機器
B クラス	放射性廃棄物を内蔵している施設、ただし、内蔵量が少ないか又は貯蔵方式によりその破損によって公衆に与える放射線の影響が年間の周辺監視区域外の線量当量限度に比べ十分小さいものは除く	気体廃棄物処理系
		洗浄廃液ドレン系
		機器ドレン系
		床ドレン系
		使用済燃料貯蔵建家ドレン系

第 1.2 表 固有周期解析の結果

設備機器		据付場所(m)	固有周期(s)	参考資料※3
気体廃棄物の廃棄施設	バッファタンク	原子炉建家 E. L. 15.0	0.074 評価対象	Ⅲ-ニ-15
	圧縮機	原子炉建家 E. L. 15.0	0.044	Ⅲ-ニ-15
	フィルタユニット	原子炉建家 E. L. 19.0	—※1	Ⅲ-ニ-15 Ⅲ-ニ-6
	排風機	原子炉建家 E. L. 19.0	—※2	Ⅲ-ニ-15 Ⅲ-ニ-6
	減衰タンク	原子炉建家 E. L. 22.7	0.059 評価対象	Ⅱ-ニ-6
液体廃棄物の廃棄設備	洗浄廃液ドレン系廃液槽	原子炉建家 E. L. 12.0	0.016	Ⅱ-ニ-7
	機器ドレン系廃液槽及び床ドレン系廃液槽	原子炉建家 E. L. 12.0	0.032	Ⅱ-ニ-7
	洗浄廃液ドレン系廃液移送ポンプ	原子炉建家 E. L. 15.0	—※2	Ⅳ-ニ-15 Ⅲ-ニ-6
	機器ドレン系廃液移送ポンプ及び床ドレン系廃液移送ポンプ	原子炉建家 E. L. 15.0	—※2	Ⅳ-ニ-15 Ⅲ-ニ-6
	機器ドレン系ドレンピットポンプ	原子炉建家 E. L. 13.0	—※2	Ⅳ-ニ-15 Ⅲ-ニ-6
	機器ドレン系ドレンピットポンプ(格納容器内)	原子炉格納容器内 E. L. 10.0	—※2	Ⅳ-ニ-15 Ⅲ-ニ-6
	機器ドレン系ドレンピット	原子炉建家 E. L. 13.0	0.010	Ⅳ-ニ-15
	機器ドレン系ドレンピット(格納容器内)	原子炉格納容器内 E. L. 10.0	0.008	Ⅳ-ニ-15
	使用済燃料貯蔵建家ドレン系廃液槽	使用済燃料貯蔵建家 E. L. 27.7	0.011	ニ-2-1
	使用済燃料貯蔵建家ドレン系廃液移送ポンプ	使用済燃料貯蔵建家 E. L. 27.7	—※2	ニ-2-1 Ⅲ-ニ-6

※1 ユニット機器は、構造的に大きなブロック状をしており、重心の位置がブロック状のほぼ中心にあり、かつ下面が基礎ボルトに固定されている。したがって、全体的に一つの剛体とみなせるため計算は省略し、固有周期は十分に小さいとする。

※2 横型ポンプは、構造的に一体の大きなブロック状としており、重心の位置がブロック状のほぼ中心にあり、かつ下面が基礎ボルトに固定されている。したがって、全体的に一つの剛体とみなせるため計算は省略し、固有周期は十分に小さいとする。

※3 既往の設工認添付計算書

「Ⅲ-ニ-15 気体廃棄物の廃棄施設の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)

「Ⅲ-ニ-6 ポンプ類及びユニット機器の耐震計算書作成の基本方針」(設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)

「Ⅱ-ニ-6 気体廃棄物の廃棄施設の耐震強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第2回申請)平成3年9月25日付け3安(原規)第368号)

「Ⅱ-ニ-7 液体廃棄物の廃棄設備の耐震強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第2回申請)平成3年9月25日付け3安(原規)第368号)

「Ⅳ-ニ-15 液体廃棄物の廃棄設備の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

「ニ-2-1 液体廃棄物の廃棄設備の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(使用済燃料貯蔵建家の設置)平成11年9月8日付け11安(原規)第124号)

## 2. 応答倍率法による評価

### 2.1 評価手法

添付書類 1-4-1. に基づき評価を行う。

### 2.2 評価結果

放射性廃棄物の廃棄施設の耐震性の評価結果を第 2.1 表に示す。

第 2.1 表 B クラス評価

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考			
					方法 1 MPa	方法 2 MPa						
ホ-B-1	バッファ タンク	B	胴板	1次一般膜	6	6	192	Ⅲ-ニ-15				
				1次	7	7	192					
			基礎 ボルト	引張	2	2	176	Ⅲ-ニ-15				
				せん断	1	1	135	Ⅲ-ニ-15				
			脚	組合せ	9	9	237	Ⅲ-ニ-15				
				評価式 $\sigma_{sr}/f_{br} + \sigma_{st}/f_{bt} + \sigma_{sc}/f_c \leq 1$								
				圧縮と曲 げの組合 せ (座屈の評 価)	脚の半径方向軸まわりの圧縮側 曲げ応力の和 (MPa)	$\sigma_{sr} = 5$	Ⅲ-ニ-15					
					脚の半径方向に直角な軸まわり の圧縮側曲げ応力の和 (MPa)	$\sigma_{st} = 3$	Ⅲ-ニ-15					
					脚の圧縮方向の和 (MPa)	$\sigma_{sc} = 1$	Ⅲ-ニ-15					
					脚の半径方向軸まわりの許容曲 げ応力 (MPa)	$f_{br} = 237$	Ⅲ-ニ-15					
					脚の半径方向に直角な軸まわり の許容曲げ応力 (MPa)	$f_{bt} = 237$	Ⅲ-ニ-15					
					脚の許容圧縮応力 (MPa)	$f_c = 79$	Ⅲ-ニ-15					
結果	$\sigma_{sr}/f_{br} + \sigma_{st}/f_{bt} + \sigma_{sc}/f_c = 0.1 \leq 1$											

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考	
					方法 1 MPa	方法 2 MPa				
ホ-B-2	減衰タンク	B	胴板	1次一般膜	74	68	170	II-ニ-6		
				1次	76	69	170			
			脚	組合せ	14	13	215	II-ニ-6		
				圧縮と曲 げの組合 せ (座屈の評 価)	評価式 $\sigma_{sr}/f_{br} + \sigma_{st}/f_{bt} + \sigma_{sc}/f_c \leq 1$					
					脚の半径方向軸まわりの圧縮側 曲げ応力の和 (MPa)	$\sigma_{sr} = 3$		II-ニ-6		
					脚の半径方向に直角な軸まわり の圧縮側曲げ応力の和 (MPa)	$\sigma_{st} = 10$		II-ニ-6		
					脚の圧縮方向の和 (MPa)	$\sigma_{sc} = 2$		II-ニ-6		
					脚の半径方向軸まわりの許容曲 げ応力 (MPa)	$f_{br} = 215$		II-ニ-6		
					脚の半径方向に直角な軸まわり の許容曲げ応力 (MPa)	$f_{bt} = 215$		II-ニ-6		
					脚の許容圧縮応力 (MPa)	$f_c = 190$		II-ニ-6		
			結果	$\sigma_{sr}/f_{br} + \sigma_{st}/f_{bt} + \sigma_{sc}/f_c = 0.1 \leq 1$						
			基礎 ボルト	引張	4	4	161	II-ニ-6		
せん断	4	4		124						

※1 既往の設工認添付計算書

「III-ニ-15 気体廃棄物の廃棄施設の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)

「II-ニ-6 気体廃棄物の廃棄施設の耐震強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第2回申請)平成3年9月25日付け3安(原規)第368号)

### 3. まとめ

放射性廃棄物の廃棄施設の耐震性評価は、2.2 評価結果に示すとおり、発生値は評価基準値を満足しており、耐震余裕を有することを確認した。



1-4-7. 機器・配管系及び建物・構築物の構造(耐震性及び波及的影響)に関する説明書  
(放射線管理施設の耐震性評価)

## 目 次

1. 放射線管理施設の耐震性評価.....	添 1 - 4 - 7 - 1
2. 応答倍率法による評価.....	添 1 - 4 - 7 - 1
2.1 評価手法.....	添 1 - 4 - 7 - 1
2.2 評価結果.....	添 1 - 4 - 7 - 1
3. まとめ .....	添 1 - 4 - 7 - 4

## 表 目 次

第 1.1 表	放射線管理施設の評価対象設備.....	添 1 - 4 - 7 - 1
第 2.1 表	S クラス評価（基準地震動 $S_s$ による許容応力状態Ⅳ <sub>A</sub> S）.....	添 1 - 4 - 7 - 2
第 2.2 表	S クラス評価（弾性設計用地震動 $S_d$ による許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> S）.....	添 1 - 4 - 7 - 3

1. 放射線管理施設の耐震性評価

放射線管理施設の評価対象設備及び耐震重要度分類を第 1.1 表に示す。

第 1.1 表 放射線管理施設の評価対象設備

耐震重要度分類	クラス別施設	設備機器
S クラス	—	線量当量率モニタリング設備

2. 応答倍率法による評価

2.1 評価手法

添付書類 1-4-1. に基づき評価を行う。

2.2 評価結果

放射線管理施設の耐震性の評価結果を第 2.1 表及び第 2.2 表に示す。

第 2.1 表 S クラス評価（基準地震動 S<sub>s</sub> による許容応力状態 IV<sub>A</sub>S）

No.	評価対象設備	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
へ-Ss-1	事故時ガンマ 線エリアモニ タ検出器	S	取付ボルト	引張	7	15	198	IV-ニ-16	
				せん断	3	5	152		
へ-Ss-2	事故時ガンマ 線エリアモニ タ前置増幅器	S	取付ボルト	引張	3	7	220	IV-ニ-16	
				せん断	2	4	169		

※1 既往の設工認添付計算書

「IV-ニ-16 事故時ガンマ線エリアモニタの耐震計算書」（設計及び工事の方法の認可（第 4 回申請）平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安（原規）第 312 号）

第 2.2 表 S クラス評価 (弾性設計用地震動 Sd による許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S)

No.	評価対象設備	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
へ-Sd-1	事故時ガンマ線エリアモニタ検出器	S	取付ボルト	引張	5	11	164	IV-ニ-16	
				せん断	2	4	126		
へ-Sd-2	事故時ガンマ線エリアモニタ前置増幅器	S	取付ボルト	引張	3	4	183	IV-ニ-16	
				せん断	1	2	141		

※1 既往の設工認添付計算書

「IV-ニ-16 事故時ガンマ線エリアモニタの耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可 (第 4 回申請)平成 4 年 9 月 30 日付け 4 安(原規)第 312 号)

### 3. まとめ

放射線管理施設の耐震性評価は、2.2 評価結果に示すとおり、発生値が評価基準値を満足しており、耐震余裕を有することを確認した。

1-4-8. 機器・配管系及び建物・構築物の構造(耐震性及び波及的影響)に関する説明書  
(原子炉格納施設の耐震性評価)



## 目次

1. 原子炉格納施設の耐震性評価.....	添1 - 4 - 8 - 1
2. 応答倍率法による評価.....	添1 - 4 - 8 - 7
2.1 評価手法.....	添1 - 4 - 8 - 7
2.2 評価結果.....	添1 - 4 - 8 - 7
3. 既往の設工認と同等の評価.....	添1 - 4 - 8 - 28
3.1 評価内容.....	添1 - 4 - 8 - 28
3.2 適用基準.....	添1 - 4 - 8 - 28
3.3 解析プログラム.....	添1 - 4 - 8 - 28
3.4 機器区分.....	添1 - 4 - 8 - 28
3.5 設計地震力.....	添1 - 4 - 8 - 28
3.6 評価方針.....	添1 - 4 - 8 - 29
3.7 Sクラス配管.....	添1 - 4 - 8 - 30
3.8 Bクラス配管.....	添1 - 4 - 8 - 62
4. まとめ.....	添1 - 4 - 8 - 91

表目次

第 1.1 表	原子炉格納施設の評価対象設備.....	添 1 - 4 - 8 - 1
第 1.2 表	固有周期解析の結果.....	添 1 - 4 - 8 - 2
第 2.1 表	S クラス評価(基準地震動 $S_s$ による許容応力状態Ⅳ <sub>A</sub> S)...	添 1 - 4 - 8 - 8
第 2.2 表	S クラス評価(弾性設計用地震動 $S_d$ による許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> S).....	添 1 - 4 - 8 - 13
第 2.3 表	B クラス評価.....	添 1 - 4 - 8 - 18
第 3.1 表	動的地震力.....	添 1 - 4 - 8 - 28
第 3.2 表	貫通部配管 P107 (CV 外)の配管諸元.....	添 1 - 4 - 8 - 33
第 3.3 表	貫通部配管 P107 (CV 外)の応力評価結果(一次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 8 - 33
第 3.4 表	貫通部配管 P107 (CV 外)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 8 - 33
第 3.5 表	貫通部配管 P107 (CV 内)の配管諸元.....	添 1 - 4 - 8 - 37
第 3.6 表	貫通部配管 P107 (CV 内)の応力評価結果(一次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 8 - 37
第 3.7 表	貫通部配管 P107 (CV 内)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 8 - 37
第 3.8 表	貫通部配管 P108 (CV 外)の配管諸元.....	添 1 - 4 - 8 - 41
第 3.9 表	貫通部配管 P108 (CV 外)の応力評価結果(一次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 8 - 41
第 3.10 表	貫通部配管 P108 (CV 外)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 8 - 41
第 3.11 表	貫通部配管 P108 (CV 内)の配管諸元.....	添 1 - 4 - 8 - 45
第 3.12 表	貫通部配管 P108 (CV 内)の応力評価結果(一次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 8 - 45
第 3.13 表	貫通部配管 P108 (CV 内)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 8 - 45
第 3.14 表	貫通部配管 P113 (CV 外)の配管諸元.....	添 1 - 4 - 8 - 49
第 3.15 表	貫通部配管 P113 (CV 外)の応力評価結果(一次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 8 - 49
第 3.16 表	貫通部配管 P113 (CV 外)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値).....	添 1 - 4 - 8 - 49
第 3.17 表	貫通部配管 P113 (CV 内)の配管諸元.....	添 1 - 4 - 8 - 53

第 3.18 表	貫通部配管 P113(CV 内)の応力評価結果(一次応力)(最大値) .....	添 1 - 4 - 8 - 53
第 3.19 表	貫通部配管 P113(CV 内)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値) .....	添 1 - 4 - 8 - 53
第 3.20 表	貫通部配管 P204(CV 外)の配管諸元 .....	添 1 - 4 - 8 - 57
第 3.21 表	貫通部配管 P204(CV 外)の応力評価結果(一次応力)(最大値) .....	添 1 - 4 - 8 - 57
第 3.22 表	貫通部配管 P204(CV 外)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値) .....	添 1 - 4 - 8 - 57
第 3.23 表	貫通部配管 P204(CV 内)の配管諸元 .....	添 1 - 4 - 8 - 61
第 3.24 表	貫通部配管 P204(CV 内)の応力評価結果(一次応力)(最大値) .....	添 1 - 4 - 8 - 61
第 3.25 表	貫通部配管 P204(CV 内)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値) .....	添 1 - 4 - 8 - 61
第 3.26 表	貫通部配管 P125(CV 外)の配管諸元 .....	添 1 - 4 - 8 - 66
第 3.27 表	貫通部配管 P125(CV 外)の応力評価結果(一次応力)(最大値) .....	添 1 - 4 - 8 - 66
第 3.28 表	貫通部配管 P125(CV 外)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値) .....	添 1 - 4 - 8 - 66
第 3.29 表	貫通部配管 P201(CV 外)の配管諸元 .....	添 1 - 4 - 8 - 70
第 3.30 表	貫通部配管 P201(CV 外)の応力評価結果(一次応力)(最大値) .....	添 1 - 4 - 8 - 70
第 3.31 表	貫通部配管 P201(CV 外)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値) .....	添 1 - 4 - 8 - 70
第 3.32 表	貫通部配管 P211 その 1(CV 外)の配管諸元 .....	添 1 - 4 - 8 - 74
第 3.33 表	貫通部配管 P211 その 1(CV 外)の応力評価結果(一次応力)(最大値) .....	添 1 - 4 - 8 - 74
第 3.34 表	貫通部配管 P211 その 1(CV 外)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値) .....	添 1 - 4 - 8 - 74
第 3.35 表	貫通部配管 P211 その 2(CV 外)の配管諸元 .....	添 1 - 4 - 8 - 78
第 3.36 表	貫通部配管 P211 その 2(CV 外)の応力評価結果(一次応力)(最大値) .....	添 1 - 4 - 8 - 78
第 3.37 表	貫通部配管 P211 その 2(CV 外)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値) .....	添 1 - 4 - 8 - 78
第 3.38 表	貫通部配管 P218(CV 外)の配管諸元 .....	添 1 - 4 - 8 - 82

第 3.39 表	貫通部配管 P218(CV 外)の応力評価結果(一次応力)(最大値) .....	添 1 - 4 - 8 - 82
第 3.40 表	貫通部配管 P218(CV 外)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値) .....	添 1 - 4 - 8 - 82
第 3.41 表	貫通部配管 P219(CV 外)の配管諸元 .....	添 1 - 4 - 8 - 86
第 3.42 表	貫通部配管 P219(CV 外)の応力評価結果(一次応力)(最大値) .....	添 1 - 4 - 8 - 86
第 3.43 表	貫通部配管 P219(CV 外)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値) .....	添 1 - 4 - 8 - 86
第 3.44 表	貫通部配管 P225(CV 外)の配管諸元 .....	添 1 - 4 - 8 - 90
第 3.45 表	貫通部配管 P225(CV 外)の応力評価結果(一次応力)(最大値) .....	添 1 - 4 - 8 - 90
第 3.46 表	貫通部配管 P225(CV 外)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値) .....	添 1 - 4 - 8 - 90

## 目 次

第 3.1 図	貫通部配管 P107 (CV 外) のアイソメ図	添 1 - 4 - 8 - 31
第 3.2 図	貫通部配管 P107 (CV 外) の解析モデル図	添 1 - 4 - 8 - 32
第 3.3 図	貫通部配管 P107 (CV 内) のアイソメ図	添 1 - 4 - 8 - 35
第 3.4 図	貫通部配管 P107 (CV 内) の解析モデル図	添 1 - 4 - 8 - 36
第 3.5 図	貫通部配管 P108 (CV 外) のアイソメ図	添 1 - 4 - 8 - 39
第 3.6 図	貫通部配管 P108 (CV 外) の解析モデル図	添 1 - 4 - 8 - 40
第 3.7 図	貫通部配管 P108 (CV 内) のアイソメ図	添 1 - 4 - 8 - 43
第 3.8 図	貫通部配管 P108 (CV 内) の解析モデル図	添 1 - 4 - 8 - 44
第 3.9 図	貫通部配管 P113 (CV 外) のアイソメ図	添 1 - 4 - 8 - 47
第 3.10 図	貫通部配管 P113 (CV 外) の解析モデル図	添 1 - 4 - 8 - 48
第 3.11 図	貫通部配管 P113 (CV 内) のアイソメ図	添 1 - 4 - 8 - 51
第 3.12 図	貫通部配管 P113 (CV 内) の解析モデル図	添 1 - 4 - 8 - 52
第 3.13 図	貫通部配管 P204 (CV 外) のアイソメ図	添 1 - 4 - 8 - 55
第 3.14 図	貫通部配管 P204 (CV 外) の解析モデル図	添 1 - 4 - 8 - 56
第 3.15 図	貫通部配管 P204 (CV 内) のアイソメ図	添 1 - 4 - 8 - 59
第 3.16 図	貫通部配管 P204 (CV 内) の解析モデル図	添 1 - 4 - 8 - 60
第 3.17 図	貫通部配管 P125 (CV 外) のアイソメ図	添 1 - 4 - 8 - 63
第 3.18 図	貫通部配管 P125 (CV 外) の解析モデル図 (節点番号)	添 1 - 4 - 8 - 64
第 3.19 図	貫通部配管 P125 (CV 外) の解析モデル図 (要素番号)	添 1 - 4 - 8 - 65
第 3.20 図	貫通部配管 P201 (CV 外) のアイソメ図	添 1 - 4 - 8 - 68
第 3.21 図	貫通部配管 P201 (CV 外) の解析モデル図	添 1 - 4 - 8 - 69
第 3.22 図	貫通部配管 P211 その 1 (CV 外) のアイソメ図	添 1 - 4 - 8 - 72
第 3.23 図	貫通部配管 P211 その 1 (CV 外) の解析モデル図	添 1 - 4 - 8 - 73
第 3.24 図	貫通部配管 P211 その 2 (CV 外) のアイソメ図	添 1 - 4 - 8 - 76
第 3.25 図	貫通部配管 P211 その 2 (CV 外) の解析モデル図	添 1 - 4 - 8 - 77
第 3.26 図	貫通部配管 P218 (CV 外) のアイソメ図	添 1 - 4 - 8 - 80
第 3.27 図	貫通部配管 P218 (CV 外) の解析モデル図	添 1 - 4 - 8 - 81
第 3.28 図	貫通部配管 P219 (CV 外) のアイソメ図	添 1 - 4 - 8 - 84
第 3.29 図	貫通部配管 P219 (CV 外) の解析モデル図	添 1 - 4 - 8 - 85
第 3.30 図	貫通部配管 P225 (CV 外) のアイソメ図	添 1 - 4 - 8 - 88
第 3.31 図	貫通部配管 P225 (CV 外) の解析モデル図	添 1 - 4 - 8 - 89

1. 原子炉格納施設の耐震性評価

原子炉格納施設の評価対象設備及び耐震重要度分類を第 1.1 表に、B クラス設備の固有周期解析の結果を第 1.2 表に示す。

なお、原子炉格納容器の本体胴及び附属設備(S クラスを除く。)は、既往の設工認による 3.0C<sub>I</sub> 及び 3.6C<sub>I</sub> にて評価しており、本評価に用いる地震力の方が既往の設工認による地震力よりも小さいことから評価を省略する。

第 1.1 表 原子炉格納施設の評価対象設備

耐震重要度分類	クラス別施設	設備機器
S クラス	その他	原子炉格納容器附属設備の 1 次冷却材を内包する配管貫通部
B クラス	原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故の際に圧力障壁となり、放射性物質の拡散を直接防ぐための施設	原子炉格納容器 サービスエリア
	放射性物質の放出を伴うような設計基準事故の際にその外部放散を抑制するための設備で上記(iv)以外の施設	非常用空気浄化設備

第 1.2 表 固有周期解析の結果

設備機器	据付場所	固有周期(s)	参考資料※3
原子炉 格納容 器 貫通部 配管	P102 格納容器外	原子炉建家内 0.067 評価対象	V-イ-6 V-ニ-5
	P102 格納容器内	原子炉建家内 0.088 評価対象	V-イ-6 V-ニ-5
	P103 格納容器外	原子炉建家内 0.093 評価対象	V-イ-6 V-ニ-5
	P103 格納容器内	原子炉建家内 0.095 評価対象	V-イ-6 V-ニ-5
	P104 格納容器外	原子炉建家内 0.053 評価対象	V-イ-6
	P105 格納容器外	原子炉建家内 0.079 評価対象	V-イ-6 V-イ-4
	P105 格納容器内	原子炉建家内 0.095 評価対象	V-イ-6 V-イ-4
	P106 格納容器外	原子炉建家内 0.083 評価対象	V-イ-6 V-イ-4
	P106 格納容器内	原子炉建家内 0.091 評価対象	V-イ-6 V-イ-4
	P111 格納容器外	原子炉建家内 0.079 評価対象	V-イ-6 V-イ-4
	P111 格納容器内	原子炉建家内 0.119 評価対象	V-イ-6 V-イ-4
	P112 格納容器外	原子炉建家内 0.083 評価対象	V-イ-6 V-イ-4
	P112 格納容器内	原子炉建家内 0.150 評価対象	V-イ-6 V-イ-4
	P114 格納容器外	原子炉建家内 0.036	V-イ-6
	P114 格納容器内	原子炉建家内 0.091 評価対象	V-イ-6
	P115 格納容器外	原子炉建家内 0.092 評価対象	V-イ-6
P116 格納容器外	原子炉建家内 0.091 評価対象	V-イ-6	

	設備機器	据付場所	固有周期(s)	参考資料※3
原子炉 格納容 器 貫通部 配管	P119 格納容器外	原子炉建家内	0.115 評価対象	V-イ-6
	P120 格納容器外	原子炉建家内	0.108 評価対象	V-イ-6
	P124 格納容器外	原子炉建家内	0.081 評価対象	V-イ-6 V-ニ-5
	P124 格納容器内	原子炉建家内	0.032	V-イ-6
	P125 格納容器外	原子炉建家内	0.078 評価対象	V-イ-6 V-ニ-5
	P125 格納容器内	原子炉建家内	0.062 評価対象	V-イ-6
	P126 格納容器外	原子炉建家内	0.053 評価対象	V-イ-6 IV-ニ-4
	P126 格納容器内	原子炉建家内	0.088 評価対象	V-イ-6 IV-ニ-4
	P127 格納容器外	原子炉建家内	0.052 評価対象	V-イ-6 IV-ニ-4
	P127 格納容器内	原子炉建家内	0.088 評価対象	V-イ-6 IV-ニ-4
	P201 格納容器外	原子炉建家内	0.066 評価対象	V-イ-6
	P202 格納容器外	原子炉建家内	0.048	V-イ-6
	P203 格納容器外	原子炉建家内	0.057 評価対象	V-イ-6
	P205 格納容器外	原子炉建家内	0.008	V-イ-6
	P206 格納容器外	原子炉建家内	0.067 評価対象	V-イ-6
	P207 格納容器外	原子炉建家内	0.057 評価対象	V-イ-6
	P209 その1 格納容器外	原子炉建家内	0.063 評価対象	V-イ-6
	P209 その2 格納容器外	原子炉建家内	0.048	V-イ-6



	設備機器	据付場所	固有周期(s)	参考資料※3
原子炉 格納容 器 貫通部 配管	P211 その1 格納容器外	原子炉建家内	0.066 評価対象	V-イ-6
	P211 その2 格納容器外	原子炉建家内	0.068 評価対象	V-イ-6
	P212 その1 格納容器外	原子炉建家内	0.051 評価対象	V-イ-6
	P212 その2 格納容器外	原子炉建家内	0.039	V-イ-6
	P212 その3 格納容器外	原子炉建家内	0.061 評価対象	V-イ-6
	P213 その1 格納容器外	原子炉建家内	0.060 評価対象	V-イ-6
	P213 その2 格納容器外	原子炉建家内	0.050 評価対象	V-イ-6
	P214 格納容器外	原子炉建家内	0.040	V-イ-6
	P215 格納容器外	原子炉建家内	0.045 評価対象	V-イ-6
	P216 格納容器外	原子炉建家内	0.026	V-イ-6
	P216 格納容器内	原子炉建家内	0.026	V-イ-6
	P218 格納容器外	原子炉建家内	0.063 評価対象	V-イ-6
	P219 格納容器外	原子炉建家内	0.074 評価対象	V-イ-6
	P220 格納容器外	原子炉建家内	0.014	V-イ-6
	P220 格納容器内	原子炉建家内	0.020	V-イ-6
	P221 格納容器外	原子炉建家内	0.020	V-イ-6
	P225 格納容器外	原子炉建家内	0.084 評価対象	V-イ-6
	D201 格納容器外	原子炉建家内	0.018	V-イ-6
	D202 格納容器外	原子炉建家内	0.027	V-イ-6
	D203 格納容器外	原子炉建家内	0.018	V-イ-6
D204 格納容器外	原子炉建家内	0.023	V-イ-6	

設備機器		据付場所	固有周期(s)	参考資料※3
サービ スエリ ア	扉 T-01	原子炉建家 E. L. 15. 0m	0. 007	Ⅲ-ニ-17
	扉 T-24	原子炉建家 E. L. 29. 7m	0. 005	Ⅲ-ニ-17
	扉 T-02	原子炉建家 E. L. 15. 0m	0. 025	Ⅲ-ニ-17
	扉 T-12	原子炉建家 E. L. 22. 7m	0. 025	Ⅲ-ニ-17
	扉 T-25	原子炉建家 E. L. 31. 89m	0. 020	Ⅲ-ニ-17
	扉 T-32	原子炉建家 E. L. 36. 7m	0. 027	Ⅲ-ニ-17
	扉 T-33	原子炉建家 E. L. 36. 7m	0. 025	Ⅲ-ニ-17
	扉 T-34	原子炉建家 E. L. 36. 7m	0. 032	Ⅲ-ニ-17
	扉 T-35	原子炉建家 E. L. 36. 7m	0. 014	Ⅲ-ニ-17
非常用 空気浄 化設備	排気フィルタユニッ ト	原子炉建家 E. L. 22. 7m	—※1	Ⅲ-ニ-18 Ⅲ-ニ-6
	排風機	原子炉建家 E. L. 22. 7m	—※2	Ⅲ-ニ-18 Ⅲ-ニ-6
	主ダクト	原子炉建家 E. L. 15. 0～36. 7m	0. 222 評価対象	Ⅳ-ニ-17
	排気管	排気筒筒身	0. 036	Ⅲ-ニ-16

※1 ユニット機器は、構造的に大きなブロック状をしており、重心の位置がブロック状のほぼ中心にあり、かつ下面が基礎ボルトに固定されている。したがって、全体的に一つの剛体とみなせるため計算は省略し、固有周期は十分に小さいとする。

※2 横型ポンプは、構造的に一体の大きなブロック状としており、重心の位置がブロック状のほぼ中心にあり、かつ下面が基礎ボルトに固定されている。したがって、全体的に一つの剛体とみなせるため計算は省略し、固有周期は十分に小さいとする。

※3 既往の設工認添付計算書

「V-イ-6 原子炉格納容器附属設備配管及びダクト貫通部配管の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第5回申請)平成5年7月9日付け5安(原規)第84号)

「V-ニ-5 補機冷却水設備主配管の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第5回

申請)平成5年7月9日付け5安(原規)第84号)

「V-イ-4 炉容器冷却設備主配管の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第5回申請)平成5年7月9日付け5安(原規)第84号)

「IV-ニ-4 補助冷却水系の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

「III-ニ-17 扉の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)

「III-ニ-18 非常用空気浄化設備の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)

「III-ニ-6 ポンプ類及びユニット機器の耐震計算書作成の基本方針」(設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)

「IV-ニ-17 非常用空気浄化設備の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

## 2. 応答倍率法による評価

### 2.1 評価手法

添付書類 1-4-1. に基づき評価を行う。

### 2.2 評価結果

原子炉格納施設の耐震性の評価結果を第 2.1 表から第 2.3 表に示す。

第 2.1 表 S クラス評価(基準地震動 Ss による許容応力状態IV<sub>A</sub>S)

No.	評価対象設備	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ト-Ss-1	P101(1100) 「容器外」	S	配管	1次	23	21	379	V-I-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	43	95	309		
ト-Ss-2	P101(102)「容 器外」	S	配管	1次	24	26	379	V-I-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	31	70	309		
ト-Ss-3	P101(106)「容 器内」	S	配管	1次	67	58	379	V-I-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	67	132	309		
ト-Ss-4	P109(4500) 「容器外」	S	配管	1次	44	36	379	V-I-6	1次ヘリウム純化設備
				1次+2次	33	71	309		
ト-Ss-5	P109(470)「容 器外」	S	配管	1次	45	37	379	V-I-6	1次ヘリウム純化設備
				1次+2次	24	51	309		
ト-Ss-6	P109(4600) 「容器内」	S	配管	1次	90	85	379	V-I-6	1次ヘリウム純化設備
				1次+2次	61	114	309		

No.	評価対象設備	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ト-Ss-7	P109(467)「容 器内」	S	配管	1次	78	74	379	V-イ-6	1次ヘリウム純化設備
				1次+2次	78	146	309		
ト-Ss-8	P109(460)「容 器内」	S	配管	1次	52	42	379	V-イ-6	1次ヘリウム純化設備
				1次+2次	36	68	309		
ト-Ss-9	P117(352)「容 器外」	S	配管	1次	20	19	351	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	24	54	232		
ト-Ss-10	P117(363)「容 器外」	S	配管	1次	21	21	351	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	14	32	232		
ト-Ss-11	P117(355)「容 器外」	S	配管	1次	14	12	351	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	24	54	232		
ト-Ss-12	P117(356)「容 器内」	S	配管	1次	76	54	351	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	76	135	232		
ト-Ss-13	P117(3600) 「容器内」	S	配管	1次	49	49	351	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	44	78	232		

No.	評価対象設備	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ト-Ss-14	P118(252)そ の1「容器外」	S	配管	1次	30	29	351	V-I-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	35	68	232		
ト-Ss-15	P118(257)そ の1「容器内」	S	配管	1次	69	65	351	V-I-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	75	159	232		
ト-Ss-16	P118(2600)そ の1「容器内」	S	配管	1次	41	40	351	V-I-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	50	106	232		
ト-Ss-17	P118(302)そ の2「容器外」	S	配管	1次	20	21	351	V-I-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	27	61	232		
ト-Ss-18	P118(314)そ の2「容器外」	S	配管	1次	21	21	351	V-I-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	14	32	232		
ト-Ss-19	P118(306)そ の2「容器内」	S	配管	1次	69	66	351	V-I-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	77	163	232		

No.	評価対象設備	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ト-Ss-20	P118(3100)その2「容器内」	S	配管	1次	41	40	351	V-I-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	50	106	232		
ト-Ss-21	P123(202)その1「容器外」	S	配管	1次	46	48	351	V-I-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	39	76	232		
ト-Ss-22	P123(206)その1「容器内」	S	配管	1次	74	69	351	V-I-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	74	149	232		
ト-Ss-23	P123(152)その2「容器外」	S	配管	1次	20	17	351	V-I-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	19	42	232		
ト-Ss-24	P123(1600)その2「容器外」	S	配管	1次	14	12	351	V-I-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	33	73	232		
ト-Ss-25	P123(156)その2「容器内」	S	配管	1次	83	78	351	V-I-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	71	151	232		



No.	評価対象設備	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ト-Ss-26	P123(1600)そ の2「容器内」	S	配管	1次	77	99	351	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	83	176	232		

※1 既往の設工認添付計算書

「V-イ-6 原子炉格納容器附属設備配管及びダクト貫通部配管の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第5回申請)平成5年7月9日  
付け5安(原規)第84号)

第 2.2 表 S クラス評価(弾性設計用地震動 Sd による許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S)

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料 <sup>*1</sup>	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ト-Sd-1	P101(1100) 「容器外」	S	配管	1 次	19	20	154	V-イ-6	1 次ヘリウムサンプリング設備
				1 次+2 次	21	33	309		
ト-Sd-2	P101(102) 「容器外」	S	配管	1 次	20	21	154	V-イ-6	1 次ヘリウムサンプリング設備
				1 次+2 次	19	30	309		
ト-Sd-3	P101(106) 「容器内」	S	配管	1 次	51	50	154	V-イ-6	1 次ヘリウムサンプリング設備
				1 次+2 次	38	70	309		
ト-Sd-4	P109(4500) 「容器外」	S	配管	1 次	35	34	154	V-イ-6	1 次ヘリウム純化設備
				1 次+2 次	25	40	309		
ト-Sd-5	P109(470) 「容器外」	S	配管	1 次	35	33	154	V-イ-6	1 次ヘリウム純化設備
				1 次+2 次	17	27	309		
ト-Sd-6	P109(4600) 「容器内」	S	配管	1 次	59	55	154	V-イ-6	1 次ヘリウム純化設備
				1 次+2 次	29	53	309		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料 <sup>※1</sup>	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ト-Sd-7	P109(467) 「容器内」	S	配管	1次	49	44	154	V-イ-6	1次ヘリウム純化設備
				1次+2次	32	58	309		
ト-Sd-8	P109(460) 「容器内」	S	配管	1次	35	29	154	V-イ-6	1次ヘリウム純化設備
				1次+2次	16	29	309		
ト-Sd-9	P117(352) 「容器外」	S	配管	1次	16	18	125	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	17	27	232		
ト-Sd-10	P117(363) 「容器外」	S	配管	1次	16	17	125	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	10	16	232		
ト-Sd-11	P117(355) 「容器外」	S	配管	1次	12	13	125	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	15	24	232		
ト-Sd-12	P117(356) 「容器内」	S	配管	1次	59	52	125	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	47	94	232		
ト-Sd-13	P117(3600) 「容器内」	S	配管	1次	28	26	125	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	16	32	232		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料 <sup>※1</sup>	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ト-Sd-14	P118(252) その1「容器 外」	S	配管	1次	21	21	125	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	20	33	232		
ト-Sd-15	P118(257) その1「容器 内」	S	配管	1次	47	44	125	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	37	70	232		
ト-Sd-16	P118(2600) その1「容器 内」	S	配管	1次	26	24	125	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	24	46	232		
ト-Sd-17	P118(302) その2「容器 外」	S	配管	1次	15	16	125	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	16	26	232		
ト-Sd-18	P118(314) その2「容器 外」	S	配管	1次	17	18	125	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	11	17	232		
ト-Sd-19	P118(306) その2「容器 内」	S	配管	1次	47	44	125	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	38	72	232		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料 <sup>※1</sup>	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ト-Sd-20	P118(3100) その2「容器 内」	S	配管	1次	27	26	125	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	26	48	232		
ト-Sd-21	P123(202) その1「容器 外」	S	配管	1次	34	38	125	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	29	51	232		
ト-Sd-22	P123(206)そ の1「容器 内」	S	配管	1次	54	53	125	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	38	71	232		
ト-Sd-23	P123(152)そ の2「容器 外」	S	配管	1次	16	17	125	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	15	24	232		
ト-Sd-24	P123(1600) その2「容器 外」	S	配管	1次	13	14	125	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	16	26	232		
ト-Sd-25	P123(156)そ の2「容器 内」	S	配管	1次	59	58	125	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	38	72	232		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ト-Sd-26	P123(1600) その2「容器 内」	S	配管	1次	43	46	125	V-イ-6	1次ヘリウムサンプリング設備
				1次+2次	30	56	232		

※1 既往の設工認添付計算書

「V-イ-6 原子炉格納容器附属設備配管及びダクト貫通部配管の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第5回申請)平成5年7月9日  
付け5安(原規)第84号)

第 2.3 表 B クラス評価

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料 <sup>※1</sup>	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ト-B-1	P102(148) 「容器外」	B	配管	1 次	39	40	183	V-イ-6	補機冷却水設備
				1 次+2 次	128	174	366		
ト-B-2	P102(1A) 「容器内」	B	配管	1 次	19	22	183	V-イ-6	補機冷却水設備
				1 次+2 次	99	164	366		
ト-B-3	P102(4)「容 器内」	B	配管	1 次	12	13	183	V-イ-6	補機冷却水設備
				1 次+2 次	205	341	366		
ト-B-4	P103(164) 「容器外」	B	配管	1 次	49	52	183	V-イ-6	補機冷却水設備
				1 次+2 次	156	260	366		
ト-B-5	P103(1A) 「容器内」	B	配管	1 次	19	22	183	V-イ-6	補機冷却水設備
				1 次+2 次	99	164	366		
ト-B-6	P103(4)「容 器内」	B	配管	1 次	12	13	183	V-イ-6	補機冷却水設備
				1 次+2 次	214	355	366		
ト-B-7	P104(5000)	B	配管	1 次	27	27	154	V-イ-6	1 次冷却設備(メンテナンス用配管)

No.	機器 「容器外」	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料 <sup>※1</sup>	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
				1次+2次	48	55	309		
ト-B-8	P105(127) 「容器外」	B	配管	1次	36	26	183	V-I-6	炉容器冷却設備
				1次+2次	19	24	366		
ト-B-9	P105(131) 「容器外」	B	配管	1次	23	15	183	V-I-6	炉容器冷却設備
				1次+2次	8	10	366		
ト-B-10	P105(4)「容 器内」	B	配管	1次	23	15	183	V-I-6	炉容器冷却設備
				1次+2次	83	106	366		
ト-B-11	P106(1A) 「容器外」	B	配管	1次	19	14	183	V-I-6	炉容器冷却設備
				1次+2次	12	15	366		
ト-B-12	P106(9)「容 器外」	B	配管	1次	38	29	183	V-I-6	炉容器冷却設備
				1次+2次	23	29	366		
ト-B-13	P106(1A) 「容器内」	B	配管	1次	25	16	183	V-I-6	炉容器冷却設備
				1次+2次	80	101	366		
ト-B-14	P106(4)「容 器内」	B	配管	1次	27	21	183	V-I-6	炉容器冷却設備
				1次+2次	76	96	366		
ト-B-15	P111(1A) 「容器外」	B	配管	1次	57	40	183	V-I-6	炉容器冷却設備
				1次+2次	27	34	366		



No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料 <sup>*1</sup>	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ト-B-16	P111(7)「容 器外」	B	配管	1次	21	14	183	V-イ-6	炉容器冷却設備
				1次+2次	8	10	366		
ト-B-17	P111(37) 「容器内」	B	配管	1次	29	22	183	V-イ-6	炉容器冷却設備
				1次+2次	67	117	366		
ト-B-18	P111(40A) 「容器内」	B	配管	1次	22	12	183	V-イ-6	炉容器冷却設備
				1次+2次	87	151	366		
ト-B-19	P112(178) 「容器外」	B	配管	1次	27	20	183	V-イ-6	炉容器冷却設備
				1次+2次	15	20	366		
ト-B-20	P112(179) 「容器外」	B	配管	1次	25	20	183	V-イ-6	炉容器冷却設備
				1次+2次	19	24	366		
ト-B-21	P112(1A) 「容器内」	B	配管	1次	27	18	183	V-イ-6	炉容器冷却設備
				1次+2次	139	242	366		
ト-B-22	P112(4)「容 器内」	B	配管	1次	22	12	183	V-イ-6	炉容器冷却設備
				1次+2次	139	242	366		
ト-B-23	P114(9)「容 器内」	B	配管	1次	41	43	154	V-イ-6	液体廃棄物処理設備
				1次+2次	44	72	309		
ト-B-24	P114(19) 「容器内」	B	配管	1次	15	22	154	V-イ-6	液体廃棄物処理設備
				1次+2次	93	154	309		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料 <sup>※1</sup>	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ト-B-25	P115(2000) 「容器外」	B	配管	1次	55	48	193	V-イ-6	2次加圧水冷却器出口
				1次+2次	68	102	386		
ト-B-26	P115(207) 「容器外」	B	配管	1次	81	77	193	V-イ-6	2次加圧水冷却器出口
				1次+2次	62	93	386		
ト-B-27	P115(2100) 「容器外」	B	配管	1次	105	107	193	V-イ-6	2次加圧水冷却器出口
				1次+2次	67	101	386		
ト-B-28	P116(1002) 「容器外」	B	配管	1次	104	105	193	V-イ-6	2次加圧水冷却器入口
				1次+2次	70	106	386		
ト-B-29	P116(131) 「容器外」	B	配管	1次	81	77	193	V-イ-6	2次加圧水冷却器入口
				1次+2次	65	99	386		
ト-B-30	P119(1000) 「容器外」	B	配管	1次	92	94	193	V-イ-6	1次加圧水冷却器入口
				1次+2次	121	183	386		
ト-B-31	P119(801) 「容器外」	B	配管	1次	90	86	193	V-イ-6	1次加圧水冷却器入口
				1次+2次	92	139	386		
ト-B-32	P119(136) 「容器外」	B	配管	1次	69	64	193	V-イ-6	1次加圧水冷却器入口
				1次+2次	122	185	386		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料 <sup>*1</sup>	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ト-B-33	P119(1100) 「容器外」	B	配管	1次	75	78	193	V-I-6	1次加圧水冷却器入口
				1次+2次	65	99	386		
ト-B-34	P120(810) 「容器外」	B	配管	1次	64	63	193	V-I-6	1次加圧水冷却器出口
				1次+2次	62	93	386		
ト-B-35	P120(216) 「容器外」	B	配管	1次	78	74	193	V-I-6	1次加圧水冷却器出口
				1次+2次	61	92	386		
ト-B-36	P120(2100) 「容器外」	B	配管	1次	88	94	193	V-I-6	1次加圧水冷却器出口
				1次+2次	88	133	386		
ト-B-37	P124(1A) 「容器外」	B	配管	1次	64	65	183	V-I-6	補機冷却水設備
				1次+2次	142	236	366		
ト-B-38	P125(1A) 「容器内」	B	配管	1次	44	43	183	V-I-6	補機冷却水設備
				1次+2次	119	197	366		
ト-B-39	P125(3)「容 器内」	B	配管	1次	24	23	183	V-I-6	補機冷却水設備
				1次+2次	197	327	366		
ト-B-40	P126(1)「容 器外」	B	配管	1次	33	34	167	V-I-6	補助冷却水系
				1次+2次	66	69	335		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料 <sup>※1</sup>	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ト-B-41	P126(13) 「容器外」	B	配管	1次	56	58	167	V-イ-6	補助冷却水系
				1次+2次	52	55	335		
ト-B-42	P126(526) 「容器内」	B	配管	1次	37	31	167	V-イ-6	補助冷却水系
				1次+2次	81	134	335		
ト-B-43	P126(530) 「容器内」	B	配管	1次	51	51	167	V-イ-6	補助冷却水系
				1次+2次	83	138	335		
ト-B-44	P127(29) 「容器外」	B	配管	1次	52	54	167	V-イ-6	補助冷却水系
				1次+2次	45	47	335		
ト-B-45	P127(40) 「容器外」	B	配管	1次	25	26	167	V-イ-6	補助冷却水系
				1次+2次	31	32	335		
ト-B-46	P127(41) 「容器外」	B	配管	1次	34	35	167	V-イ-6	補助冷却水系
				1次+2次	39	41	335		
ト-B-47	P127(441) 「容器内」	B	配管	1次	42	42	167	V-イ-6	補助冷却水系
				1次+2次	73	122	335		
ト-B-48	P127(445) 「容器内」	B	配管	1次	35	31	167	V-イ-6	補助冷却水系
				1次+2次	106	176	335		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料 <sup>※1</sup>	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ト-B-49	P203(202) 「容器外」	B	配管	1次	23	22	213	V-I-6	格納容器再循環冷却装置(空調器)
				1次+2次	26	31	427		
ト-B-50	P203(2100) 「容器外」	B	配管	1次	14	15	213	V-I-6	格納容器再循環冷却装置(空調器)
				1次+2次	101	122	427		
ト-B-51	P203(208) 「容器外」	B	配管	1次	11	11	213	V-I-6	格納容器再循環冷却装置(空調器)
				1次+2次	62	75	427		
ト-B-52	P207(1000) 「容器外」	B	配管	1次	20	21	213	V-I-6	漏洩率試験装置
				1次+2次	61	67	427		
ト-B-53	P209(A05) その1「容器 外」	B	配管	1次	37	37	154	V-I-6	原子炉格納容器内放射能計装
				1次+2次	58	73	309		
ト-B-54	P209(A08) その1「容器 外」	B	配管	1次	27	27	154	V-I-6	原子炉格納容器内放射能計装
				1次+2次	121	152	309		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料 <sup>※1</sup>	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ト-B-55	P209 (A13) その 1「容器 外」	B	配管	1 次	7	7	154	V-イ-6	原子炉格納容器内放射能計装
				1 次+2 次	228	286	309		
ト-B-56	P209 (A17) その 1「容器 外」	B	配管	1 次	22	23	154	V-イ-6	原子炉格納容器内放射能計装
				1 次+2 次	221	278	309		
ト-B-57	P211 (A25) その 2「容器 外」	B	配管	1 次	93	74	154	V-イ-6	作業環境モニタリング設備
				1 次+2 次	84	102	309		
ト-B-58	P212 (199) その 1「容器 外」	B	配管	1 次	21	21	131	V-イ-6	2 次ヘリウムサンプリング設備
				1 次+2 次	8	8	247		
ト-B-59	P212 (152) その 1「容器 外」	B	配管	1 次	18	18	131	V-イ-6	2 次ヘリウムサンプリング設備
				1 次+2 次	66	72	247		
ト-B-60	P212 (187)	B	配管	1 次	12	11	131	V-イ-6	2 次ヘリウムサンプリング設備

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料 <sup>※1</sup>	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
	その 1「容器 外」			1 次+2 次	4	4	247		
ト-B-61	P212 (202) その 3「容器 外」	B	配管	1 次	25	25	131	V-I-6	2 次ヘリウムサンプリング設備
				1 次+2 次	66	85	247		
ト-B-62	P213 (A05) その 1「容器 外」	B	配管	1 次	46	45	154	V-I-6	原子炉格納容器内放射能計装
				1 次+2 次	87	101	309		
ト-B-63	P213 (A08) その 1「容器 外」	B	配管	1 次	41	41	154	V-I-6	原子炉格納容器内放射能計装
				1 次+2 次	121	142	309		
ト-B-64	P213 (A10) その 1「容器 外」	B	配管	1 次	19	20	154	V-I-6	原子炉格納容器内放射能計装
				1 次+2 次	241	283	309		
ト-B-65	P213 (A08) その 2「容器 外」	B	配管	1 次	16	16	154	V-I-6	原子炉格納容器内放射能計装
				1 次+2 次	182	200	309		

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
ト-B-66	P213 (A09) その 2「容器 外」	B	配管	1 次	7	7	154	V-イ-6	原子炉格納容器内放射能計装
				1 次+2 次	175	192	309		
ト-B-67	P213 (A12) その 2「容器 外」	B	配管	1 次	5	4	154	V-イ-6	原子炉格納容器内放射能計装
				1 次+2 次	257	282	309		
ト-B-68	P215 (3000) 「容器外」	B	配管	1 次	41	38	129	V-イ-6	2 次ヘリウム純化設備
				1 次+2 次	151	200	237		
ト-B-69	主ダクト (評価点 1)	B	配管	1 次	20	24	196	IV-ニ-17	
				1 次+2 次	20	40	392		
ト-B-70	主ダクト (評価点 2)	B	配管	1 次	20	24	196	IV-ニ-17	
				1 次+2 次	18	36	392		
ト-B-71	主ダクト (直管部 1)	B	配管	1 次	70	82	196	IV-ニ-17	[外径 : 267.4mm、厚さ : 9.3mm]
ト-B-72	主ダクト (直管部 2)	B	配管	1 次	70	82	196	IV-ニ-17	[外径 : 355.6mm、厚さ : 11.1mm]

※1 既往の設工認添付計算書

「V-イ-6 原子炉格納容器附属設備配管及びダクト貫通部配管の強度計算書」(設計及び工事の方法の認可(第5回申請)平成5年7月9日付け5安(原規)第84号)

「IV-ニ-17 非常用空気浄化設備の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)



### 3. 既往の設工認と同等の評価

原子炉格納容器の貫通部配管の耐震健全性を確認する。

#### 3.1 評価内容

貫通部配管に対して、静的解析及び動的解析を行う。地震荷重は水平方向の地震力に鉛直方向の地震力を重ね合わせる。

#### 3.2 適用基準

以下に示す規格及び基準を適用し評価を行う。

- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1(日本機械学会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601 (日本電気協会)

#### 3.3 解析プログラム

汎用計算プログラムである有限要素法による構造解析コード「Nastran (エムエスシーソフトウェア株式会社)」を使用する。

#### 3.4 機器区分

「黒鉛減速ヘリウムガス冷却型原子炉施設に関する構造等の技術指針」(平成 2 年 12 月 科学技術庁原子炉安全局)の機器区分により、第 3 種管相当とする。

#### 3.5 設計地震力

##### 3.5.1 動的地震力

動的地震力の算定に当たって考慮した項目を第 3.1 表に示す。

第 3.1 表 動的地震力

入力地震動	地震の種類	設計用床応答スペクトル	減衰定数
スペクトル波	S <sub>s</sub> 波 0.5S <sub>d</sub> 波	水平方向 X 方向	保温材有 1.0%
		水平方向 Y 方向	
		鉛直方向 Z 方向	保温材無 0.5%

### 3.6 評価方針

S クラス配管に対しては、基準地震動  $S_s$  による発生値と許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S における許容応力値との比較を行う。発生値が許容応力値以下であれば、弾性設計用地震動  $S_d$  による発生値についても、許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S における許容応力値以下であることから弾性設計用地震動  $S_d$  による評価を省略する。

上記にて、基準地震動  $S_s$  による発生値が許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S における許容応力値を上回った場合は、弾性設計用地震動  $S_d$  による発生値と許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S における許容応力値を比較するものとする。

B クラス配管に対しては、弾性設計用地震動  $S_d$  に 2 分の 1 を乗じた地震動による発生値と許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S における許容応力値との比較を行う。

### 3.7 Sクラス配管

#### 3.7.1 貫通部配管 P107(CV 外)

(1) アイソメ図

アイソメ図を第 3.1 図に示す。

(2) モデル図

解析モデル図を第 3.2 図に示す。

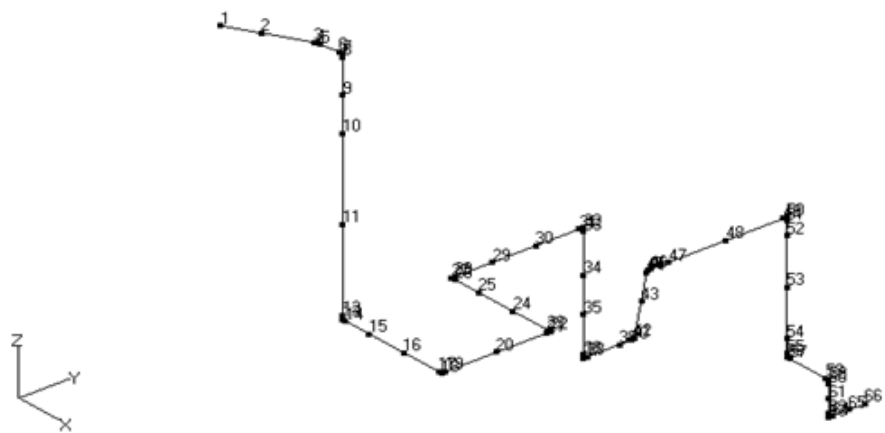
(3) 配管諸元

配管諸元を第 3.2 表に示す。

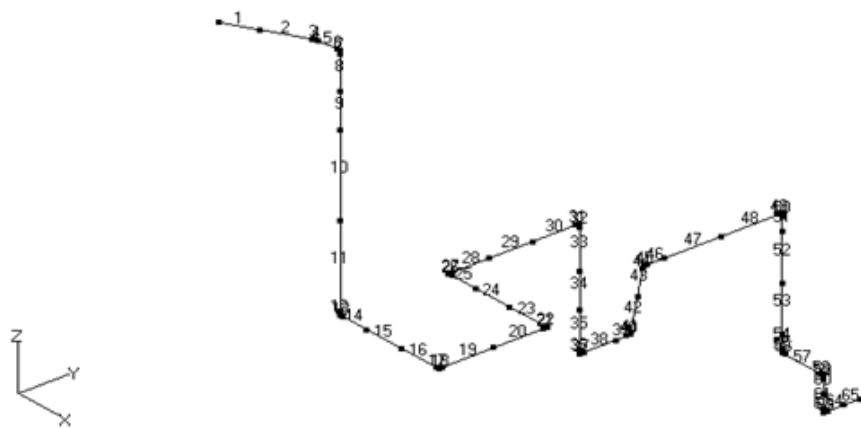
(4) 応力評価結果

応力評価結果を第 3.3 表及び第 3.4 表に示す。





(節点番号)



(要素番号)

第 3.2 図 貫通部配管 P107 (CV 外) の解析モデル図

第 3.2 表 貫通部配管 P107 (CV 外) の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管 質量 (kg/m)	保温材
1-66	10.5	2.4	SUS304TP	4.7	420	1.67×10 <sup>5</sup>	0.30	0.5	無し

第 3.3 表 貫通部配管 P107 (CV 外) の応力評価結果(一次応力) (最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力	②自重 応力	③地震 応力	計算応力 ①+②+③	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
66	Ⅲ <sub>A</sub> S	6	24	23	53	126

第 3.4 表 貫通部配管 P107 (CV 外) の応力評価結果(一次+二次応力) (最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力	②二次応力	計算応力 ①+②	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa
4	Ⅲ <sub>A</sub> S	15	135	150	232

### 3.7.2 貫通部配管 P107 (CV 内)

(1) アイソメ図

アイソメ図を第 3.3 図に示す。

(2) モデル図

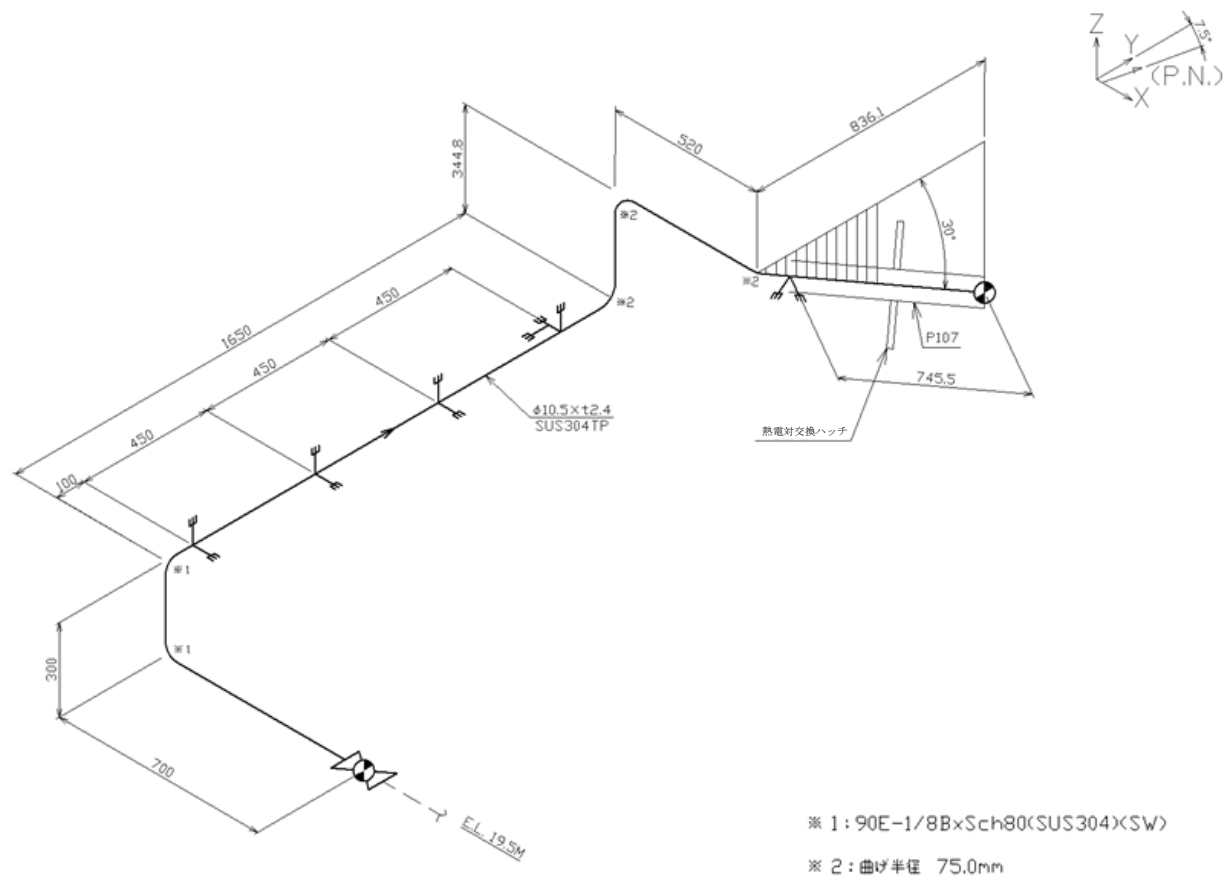
解析モデル図を第 3.4 図に示す。

(3) 配管諸元

配管諸元を第 3.5 表に示す。

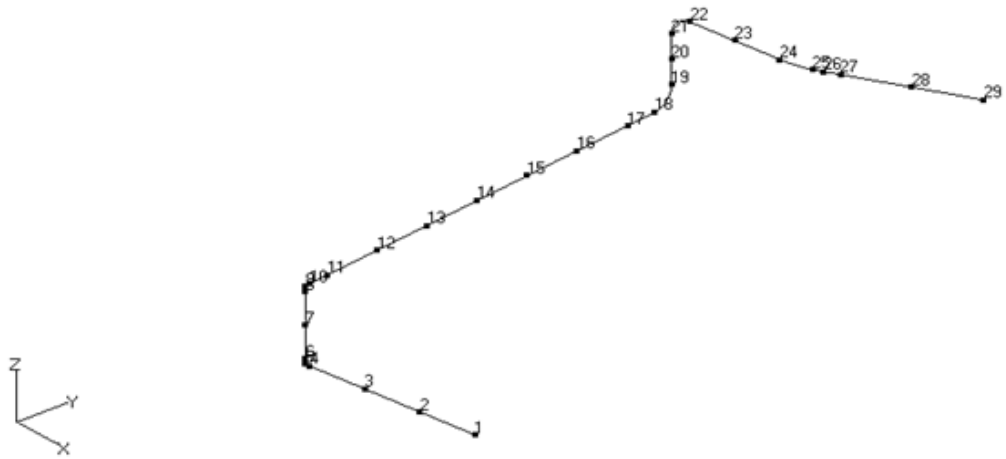
(4) 応力評価結果

評価結果を第 3.6 表及び第 3.7 表に示す。

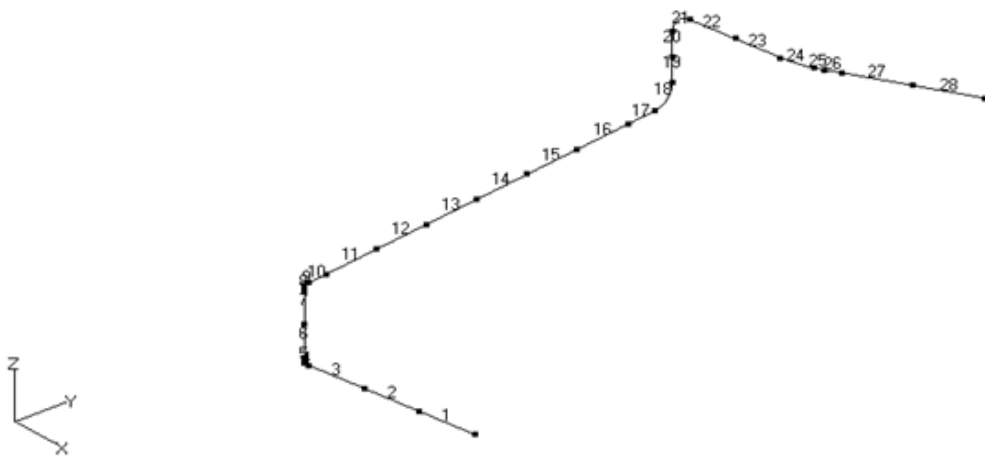


第 3.3 図 貫通部配管 P107 (CV 内) のアイソメ図





(節点番号)



(要素番号)

第 3.4 図 貫通部配管 P107(CV 内)の解析モデル図

第 3.5 表 貫通部配管 P107 (CV 内) の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管 質量 (kg/m)	保温材
1-29	10.5	2.4	SUS304TP	4.7	420	1.67×10 <sup>5</sup>	0.30	0.5	無し

第 3.6 表 貫通部配管 P107 (CV 内) の応力評価結果(一次応力) (最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力	②自重 応力	③地震 応力	計算応力 ①+②+③	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
1	Ⅲ <sub>A</sub> S	6	4	6	16	126

第 3.7 表 貫通部配管 P107 (CV 内) の応力評価結果(一次+二次応力) (最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力	②二次応力	計算応力 ①+②	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa
29	Ⅲ <sub>A</sub> S	6	81	87	232

### 3.7.3 貫通部配管 P108 (CV 外)

(1) アイソメ図

アイソメ図を第 3.5 図に示す。

(2) モデル図

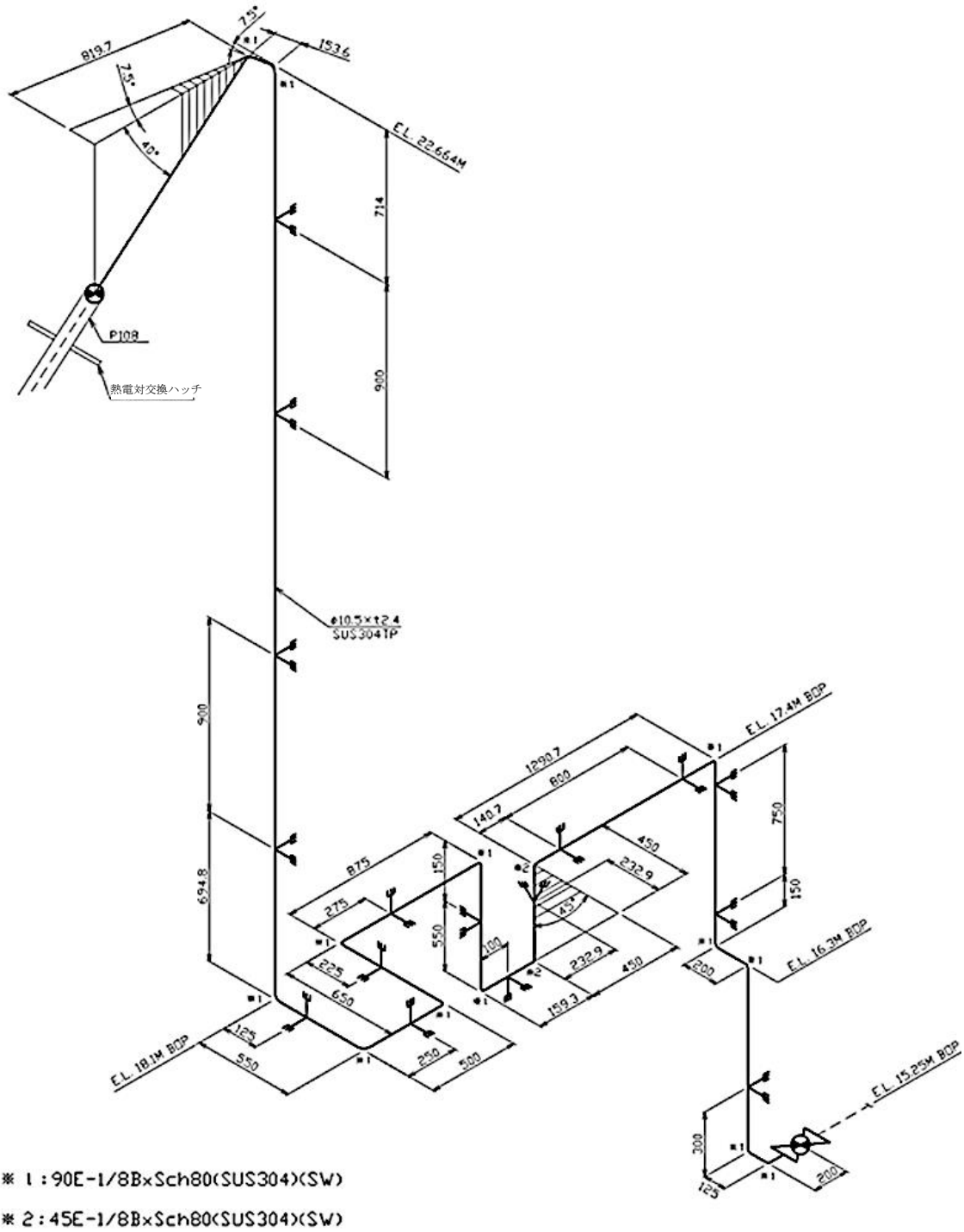
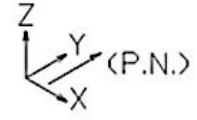
解析モデル図を第 3.6 図に示す。

(3) 配管諸元

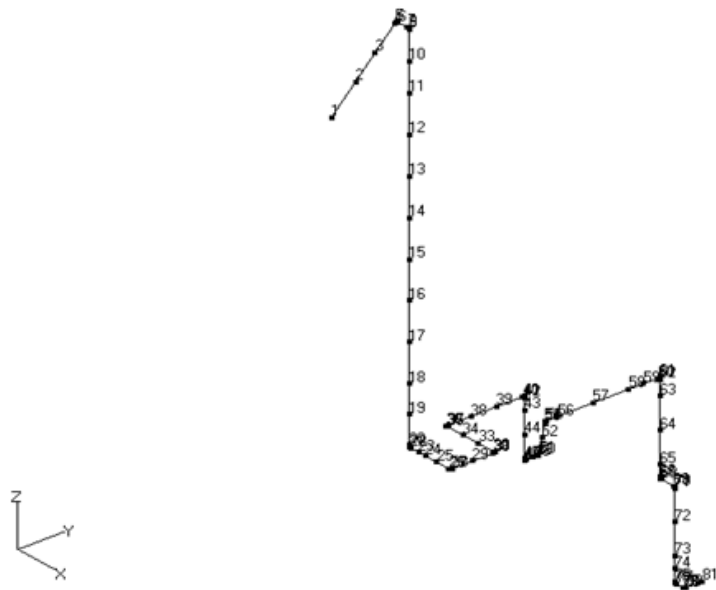
配管諸元を第 3.8 表に示す。

(4) 応力評価結果

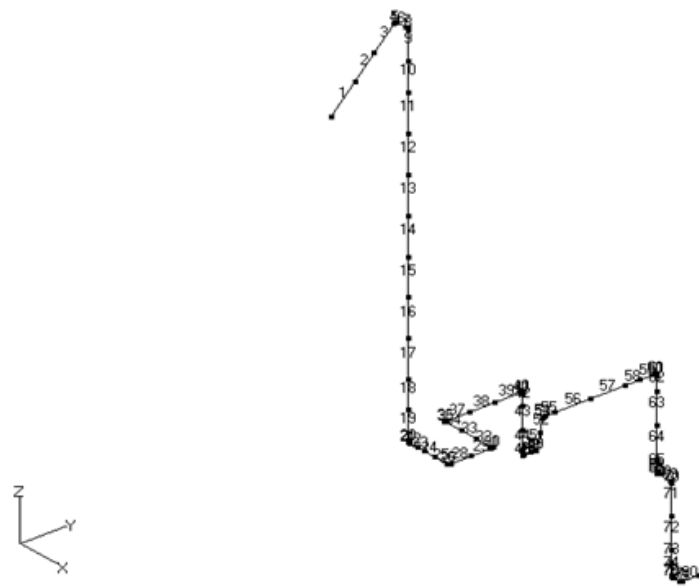
評価結果を第 3.9 表及び第 3.10 表に示す。



第 3.5 図 貫通部配管 P108 (CV 外) のアイソメ図



(節点番号)



(要素番号)

第 3.6 図 貫通部配管 P108 (CV 外) の解析モデル図

第 3.8 表 貫通部配管 P108 (CV 外) の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-81	10.5	2.4	SUS304TP	4.7	420	1.67×10 <sup>5</sup>	0.30	0.5	無し

第 3.9 表 貫通部配管 P108 (CV 外) の応力評価結果(一次応力) (最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力	②自重 応力	③地震 応力	計算応力 ①+②+③	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
36	Ⅲ <sub>A</sub> S	6	7	81	94	126

第 3.10 表 貫通部配管 P108 (CV 外) の応力評価結果(一次+二次応力) (最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力	②二次応力	計算応力 ①+②	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa
36	Ⅲ <sub>A</sub> S	162	2	164	232

#### 3.7.4 貫通部配管 P108(CV 内)

(1) アイソメ図

アイソメ図を第 3.7 図に示す。

(2) モデル図

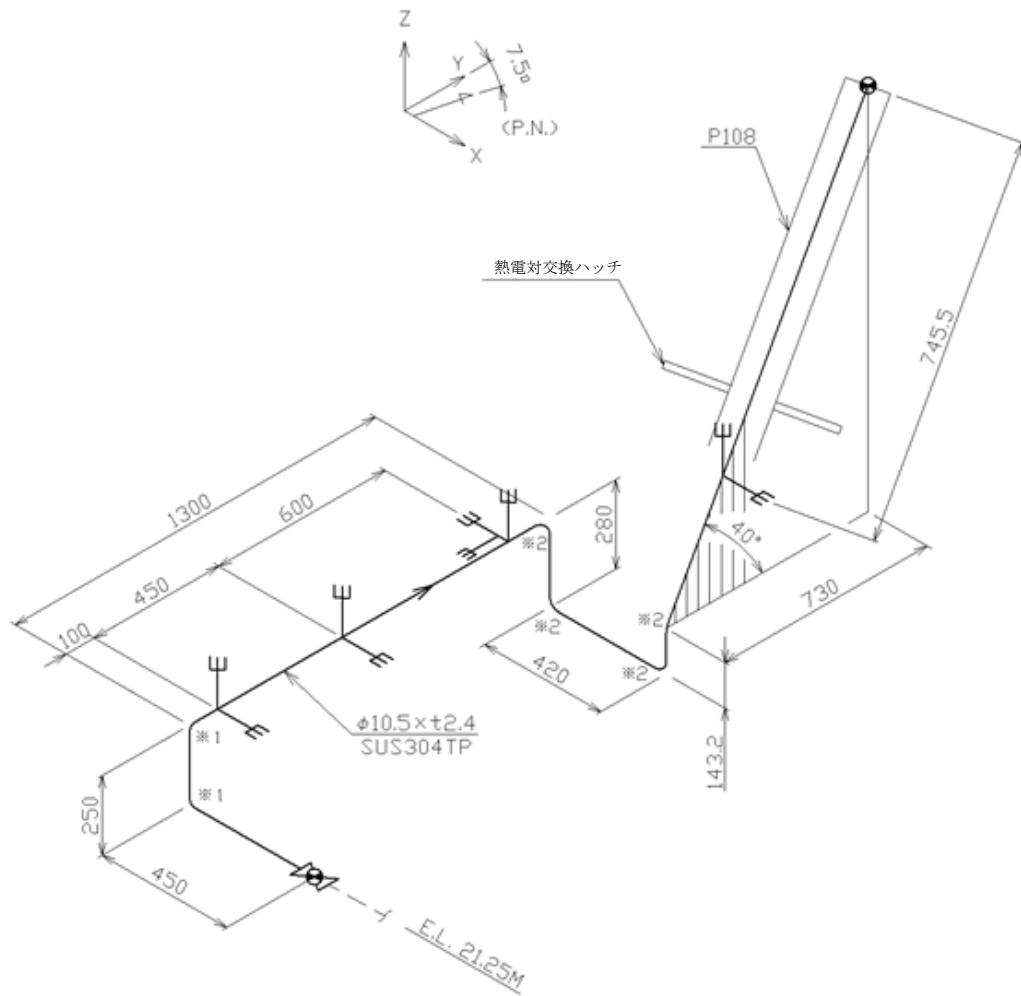
解析モデル図を第 3.8 図に示す。

(3) 配管諸元

配管諸元を第 3.11 表に示す。

(4) 応力評価結果

評価結果を第 3.12 表及び第 3.13 表に示す。

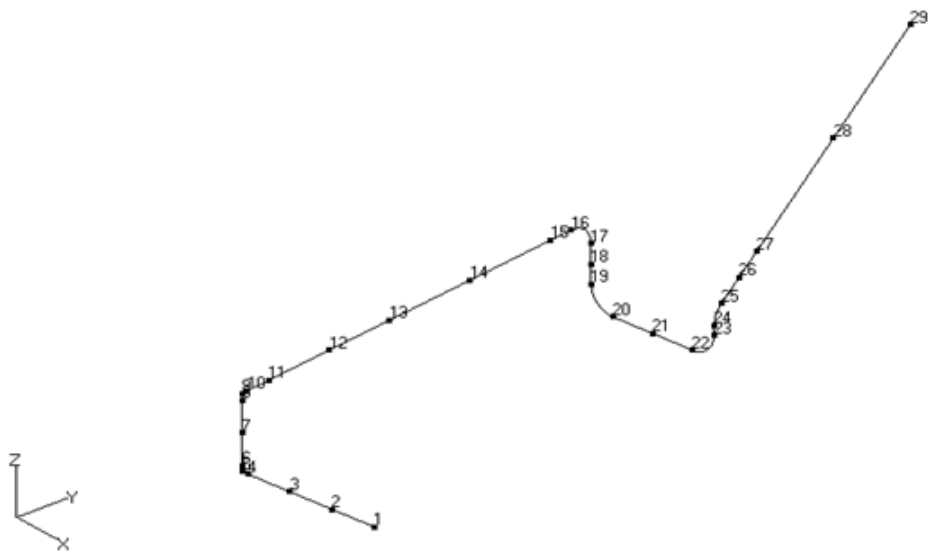


※ 1 : 90E-1/8B×Sch80(SUS304)×S'W)

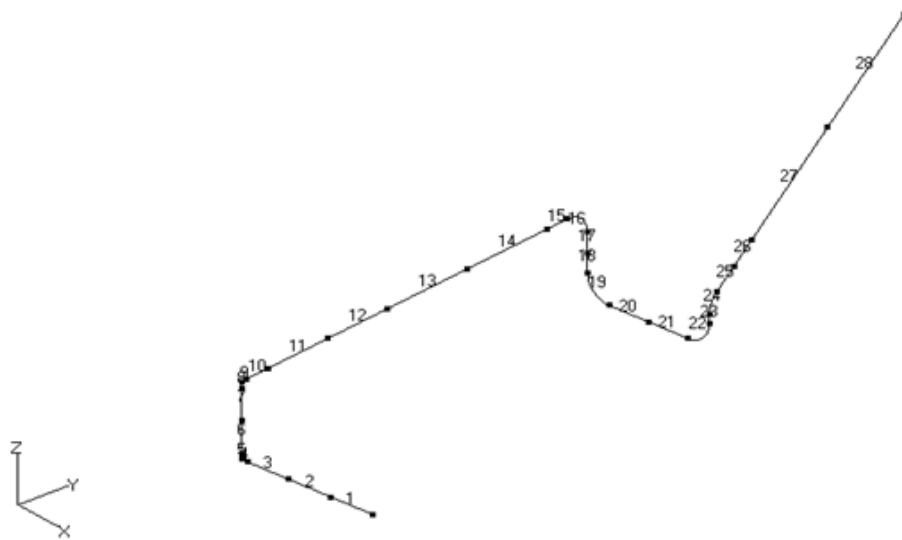
※ 2 : 曲げ半径 75.0mm

第 3.7 図 貫通部配管 P108 (CV 内) のアイソメ図





(節点番号)



(要素番号)

第 3.8 図 貫通部配管 P108(CV 内)の解析モデル図

第 3.11 表 貫通部配管 P108 (CV 内) の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-29	10.5	2.4	SUS304TP	4.7	420	1.67×10 <sup>5</sup>	0.30	0.5	無し

第 3.12 表 貫通部配管 P108 (CV 内) の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力	②自重 応力	③地震 応力	計算応力 ①+②+③	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
1	Ⅲ <sub>A</sub> S	6	3	4	13	126

第 3.13 表 貫通部配管 P108 (CV 内) の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力	②二次応力	計算応力 ①+②	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa
29	Ⅲ <sub>A</sub> S	5	84	89	232

### 3.7.5 貫通部配管 P113 (CV 外)

(1) アイソメ図

アイソメ図を第 3.9 図に示す。

(2) モデル図

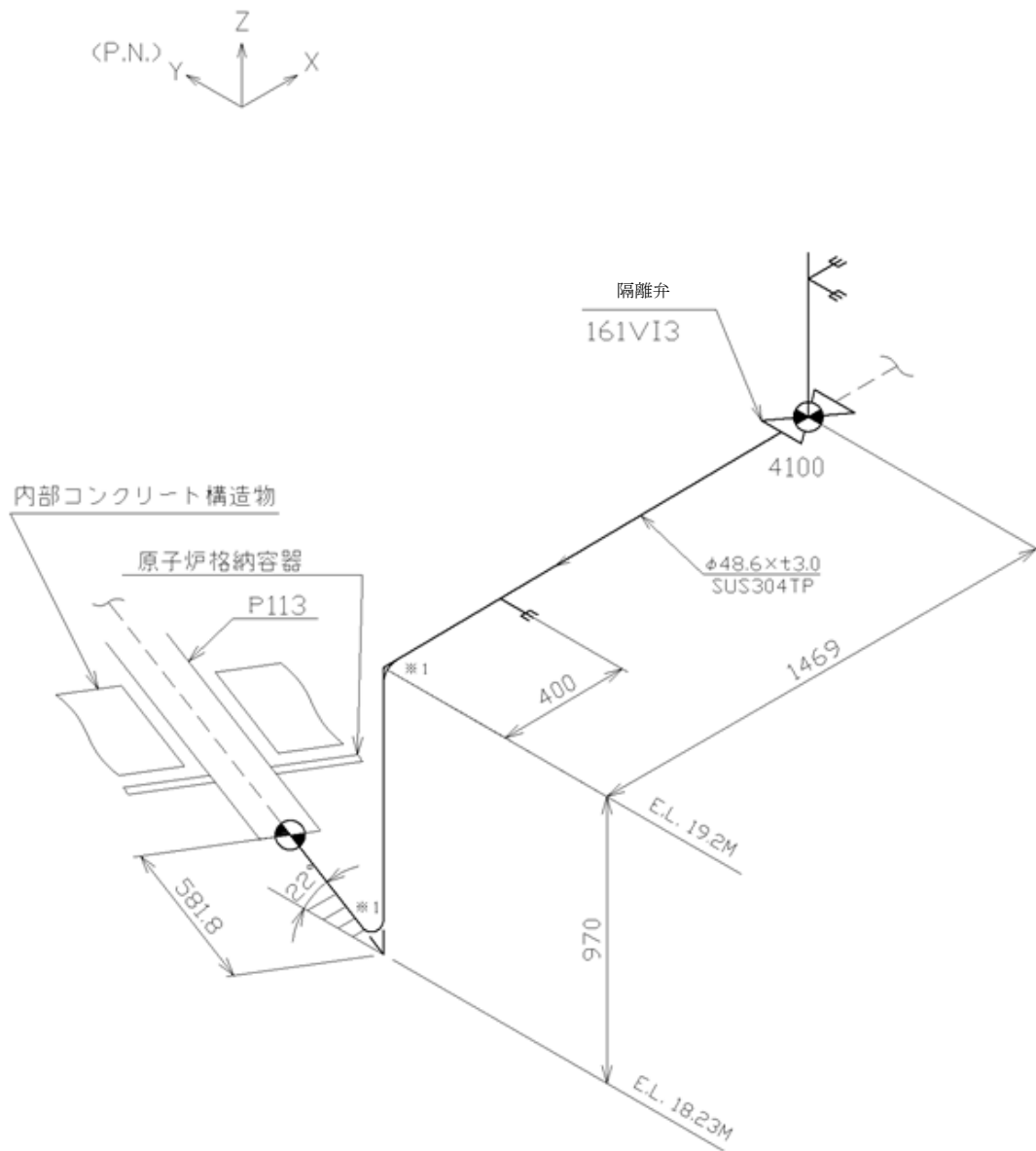
解析モデル図を第 3.10 図に示す。

(3) 配管諸元

配管諸元を第 3.14 表に示す。

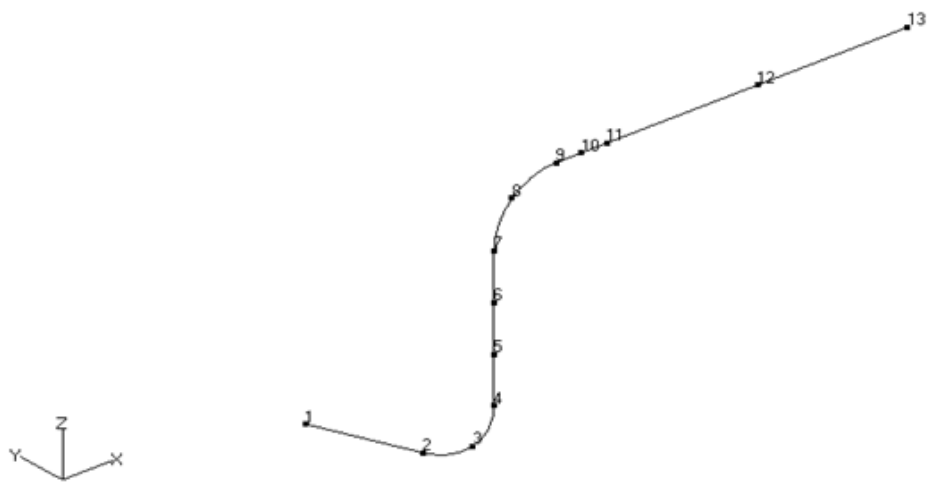
(4) 応力評価結果

評価結果を第 3.15 表及び第 3.16 表に示す。

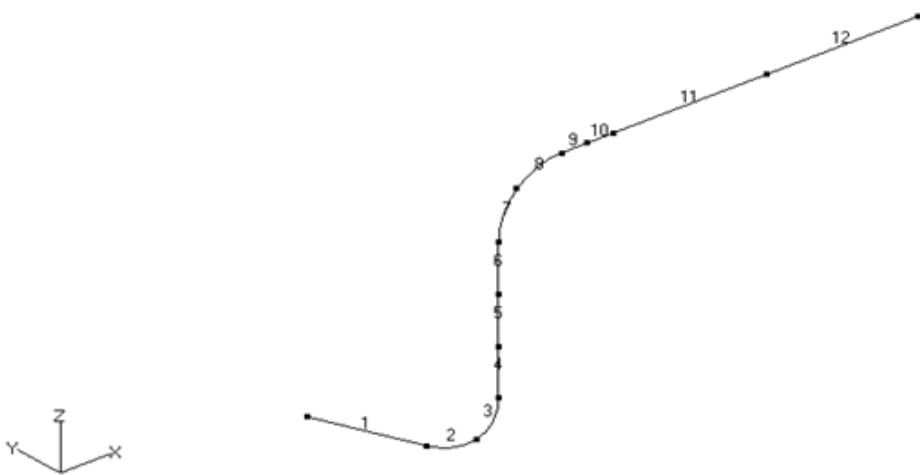


※ 1: 曲げ半径 220.0mm

第 3.9 図 貫通部配管 P113 (CV 外) のアイソメ図



(節点番号)



(要素番号)

第 3.10 図 貫通部配管 P113(CV 外)の解析モデル図

第 3.14 表 貫通部配管 P113(CV 外)の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-13	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	400	1.69×10 <sup>5</sup>	0.30	8.3	有り

第 3.15 表 貫通部配管 P113(CV 外)の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力	②自重 応力	③地震 応力	計算応力 ①+②+③	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
1	Ⅲ <sub>A</sub> S	19	12	7	38	129

第 3.16 表 貫通部配管 P113(CV 外)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力	②二次応力	計算応力 ①+②	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa
1	Ⅲ <sub>A</sub> S	14	60	74	238

### 3.7.6 貫通部配管 P113 (CV 内)

(1) アイソメ図

アイソメ図を第 3.11 図に示す。

(2) モデル図

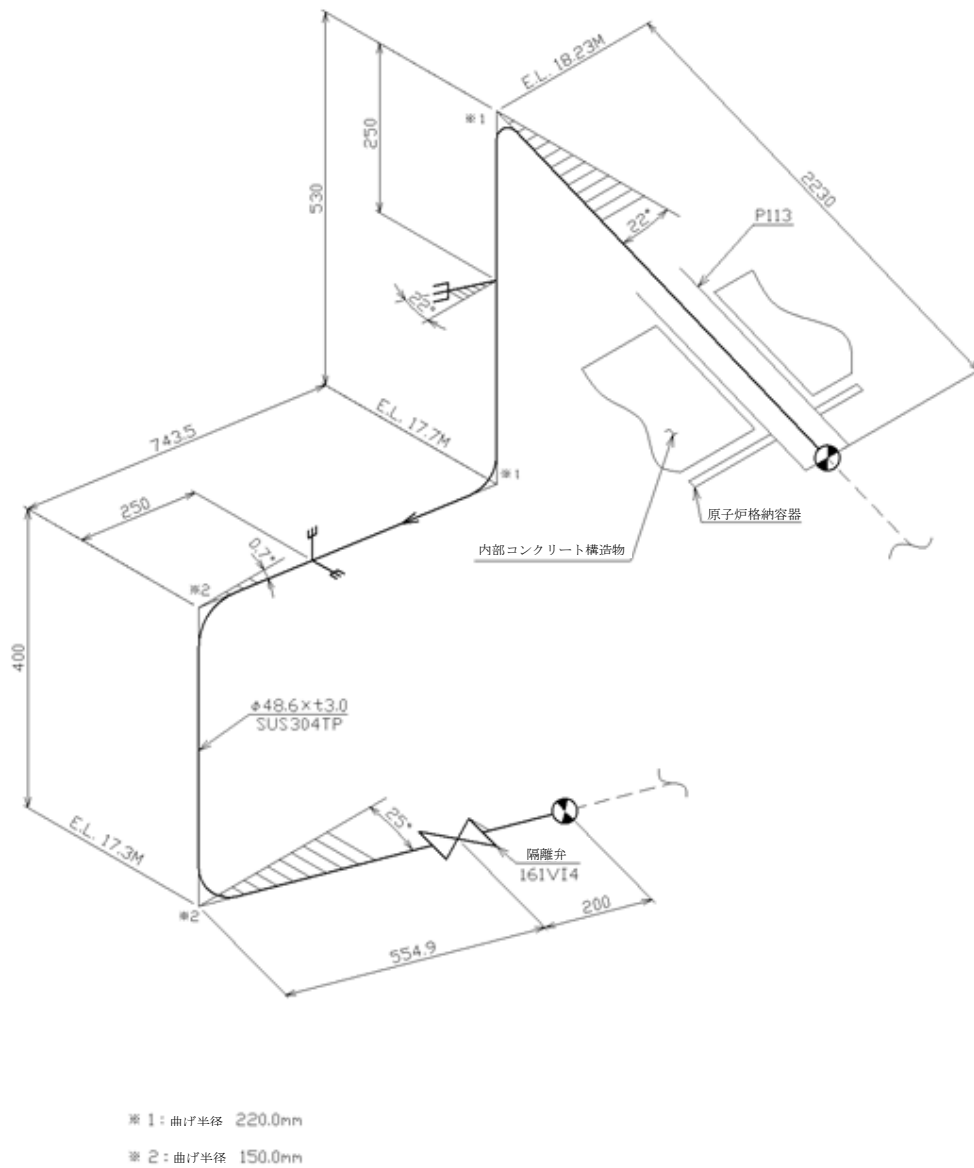
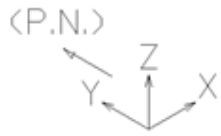
解析モデル図を第 3.12 図に示す。

(3) 配管諸元

配管諸元を第 3.17 表に示す。

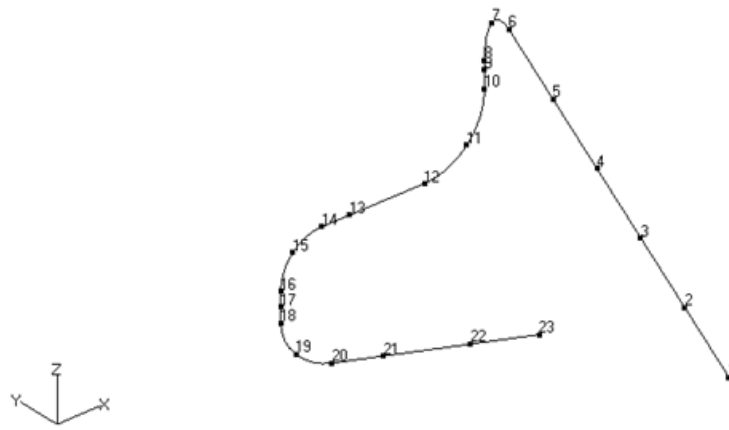
(4) 応力評価結果

評価結果を第 3.18 表及び第 3.19 表に示す。

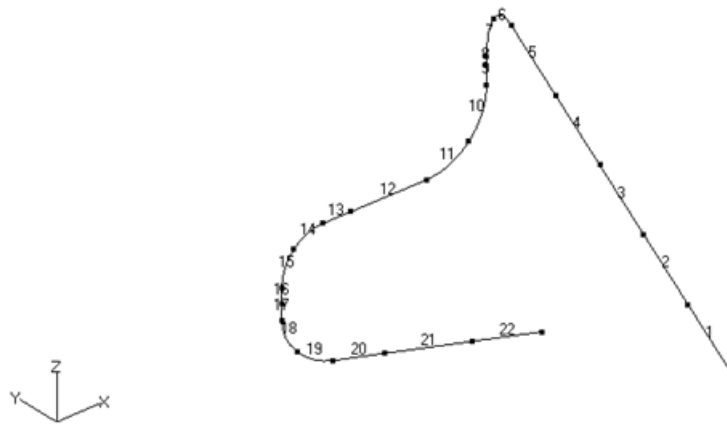


第 3.11 図 貫通部配管 P113(CV 内)のアイソメ図





(節点番号)



(要素番号)

第 3.12 図 貫通部配管 P113(CV 内)の解析モデル図

第 3.17 表 貫通部配管 P113(CV 内)の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-23	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	400	1.69×10 <sup>5</sup>	0.30	8.3	有り

第 3.18 表 貫通部配管 P113(CV 内)の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力	②自重 応力	③地震 応力	計算応力 ①+②+③	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
1	Ⅲ <sub>A</sub> S	19	11	13	43	129

第 3.19 表 貫通部配管 P113(CV 内)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力	②二次応力	計算応力 ①+②	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa
23	Ⅲ <sub>A</sub> S	8	53	61	238

### 3.7.7 貫通部配管 P204(CV 外)

(1) アイソメ図

アイソメ図を第 3.13 図に示す。

(2) モデル図

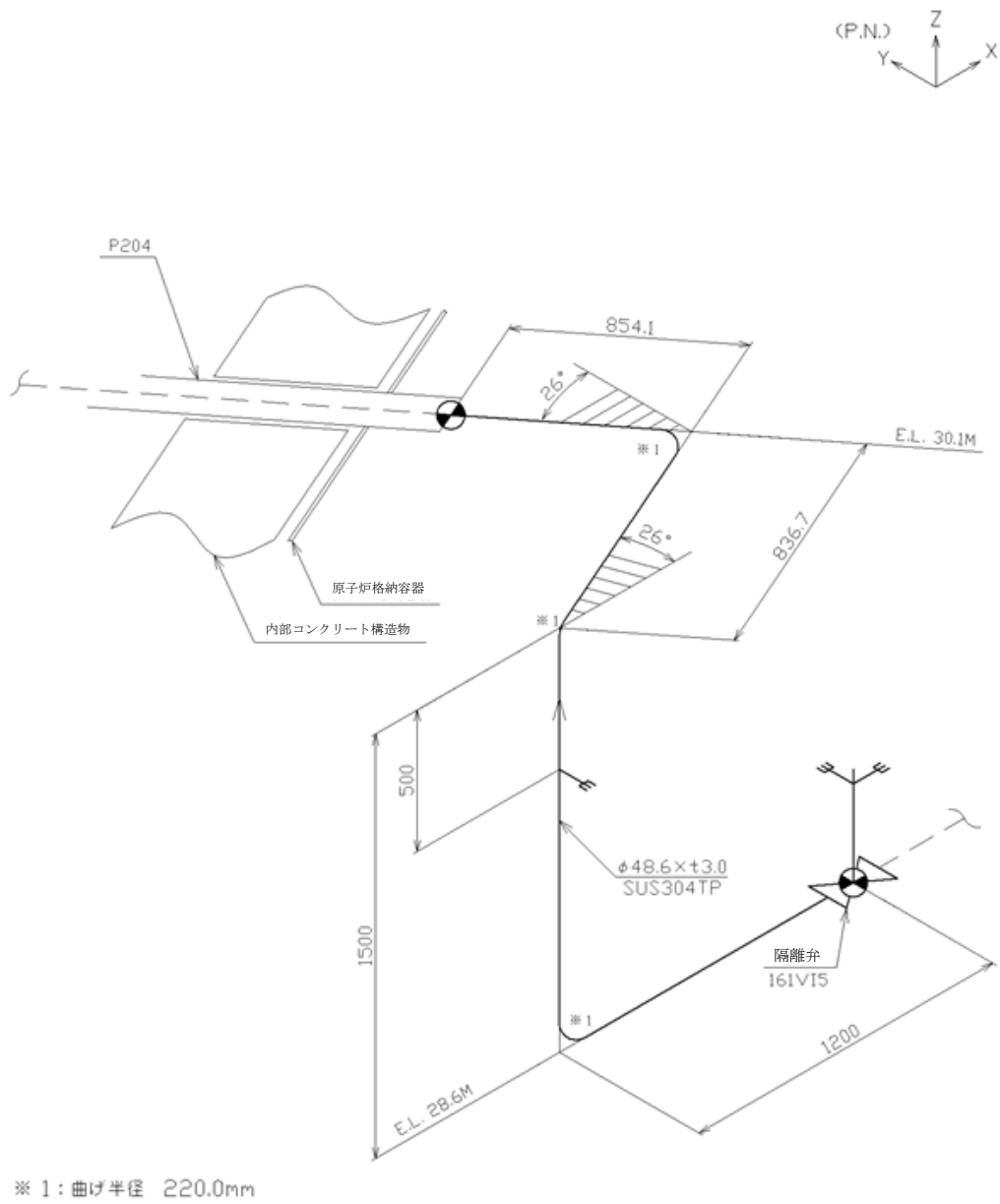
解析モデル図を第 3.14 図に示す。

(3) 配管諸元

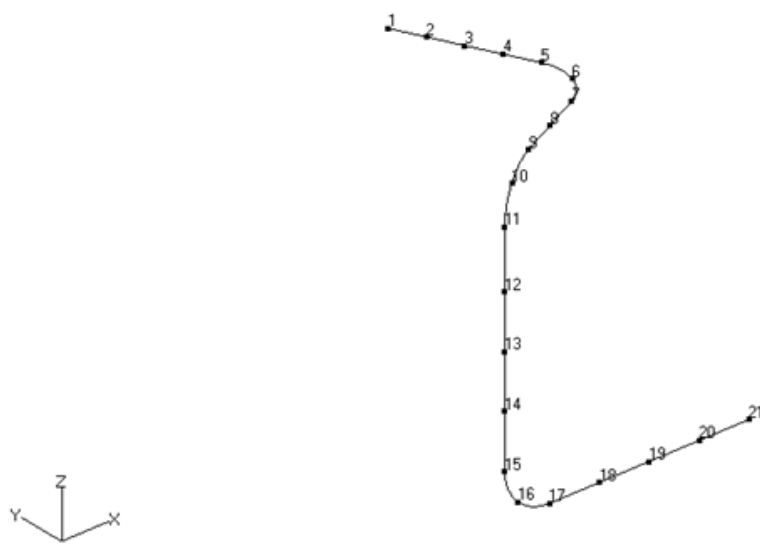
配管諸元を第 3.20 表に示す。

(4) 応力評価結果

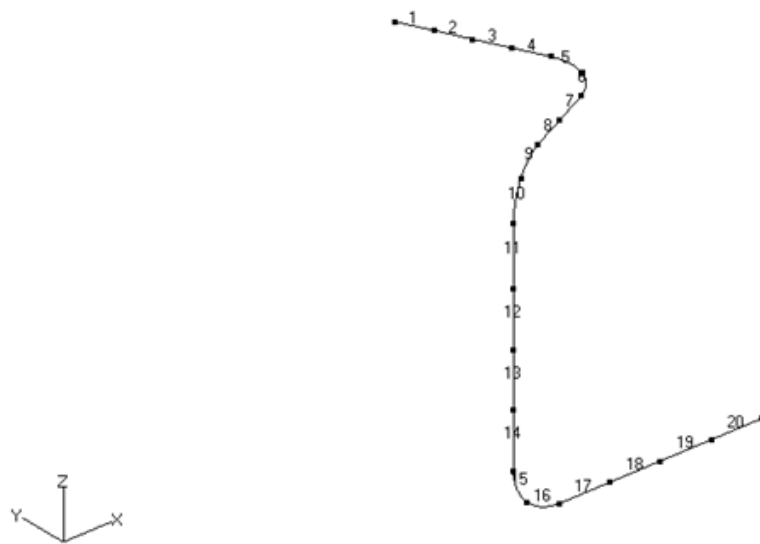
評価結果を第 3.21 表及び第 3.22 表に示す。



第 3.13 図 貫通部配管 P204(CV 外)のアイソメ図



(節点番号)



(要素番号)

第 3.14 図 貫通部配管 P204 (CV 外) の解析モデル図

第 3.20 表 貫通部配管 P204 (CV 外) の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-21	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	3.4	無し

第 3.21 表 貫通部配管 P204 (CV 外) の応力評価結果 (一次応力) (最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力	②自重 応力	③地震 応力	計算応力 ①+②+③	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
1	Ⅲ <sub>A</sub> S	19	9	14	42	155

第 3.22 表 貫通部配管 P204 (CV 外) の応力評価結果 (一次+二次応力) (最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力	②二次応力	計算応力 ①+②	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa
6	Ⅲ <sub>A</sub> S	8	51	59	310

### 3.7.8 貫通部配管 P204(CV 内)

(1) アイソメ図

アイソメ図を第 3.15 図に示す。

(2) モデル図

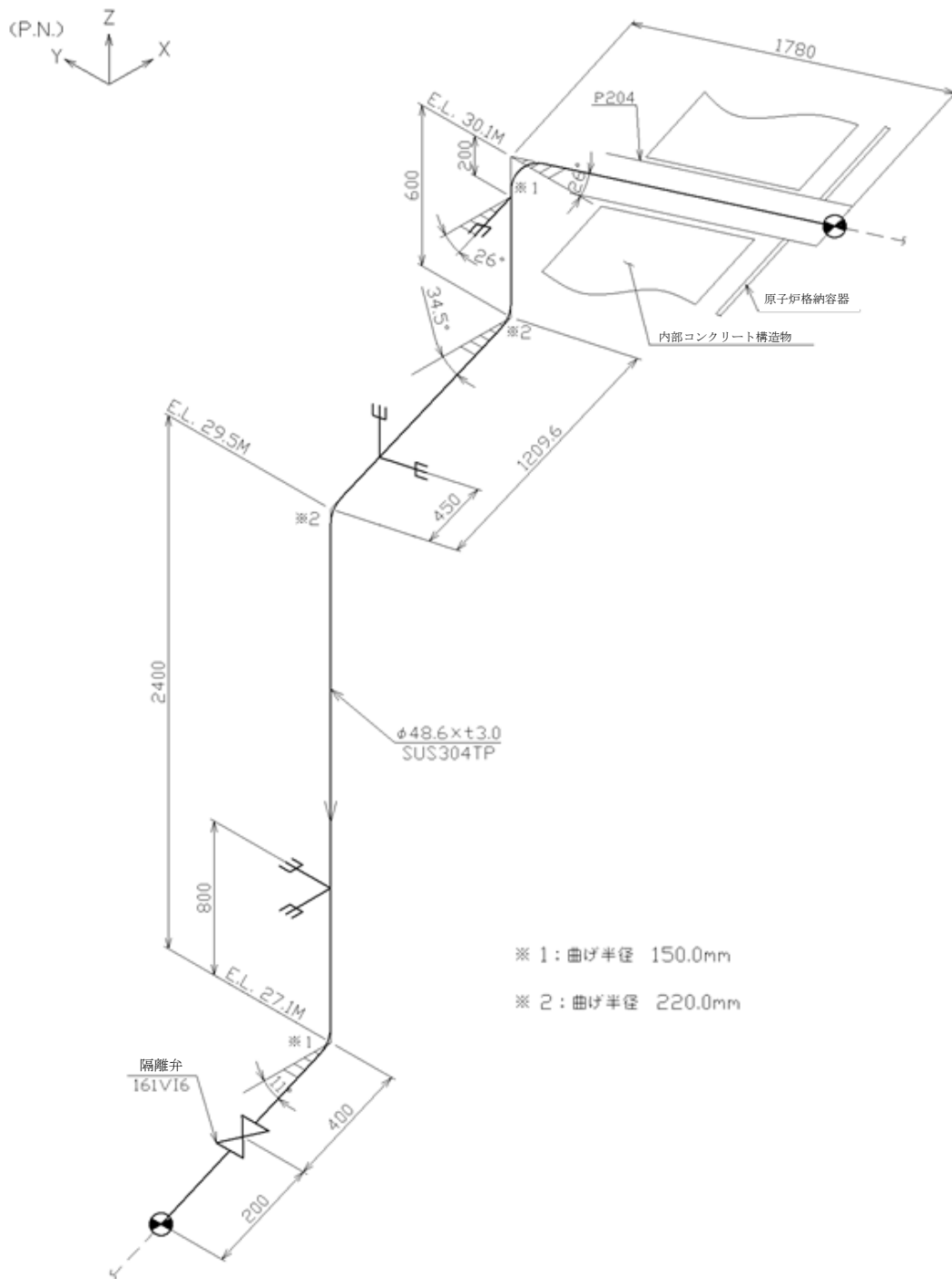
解析モデル図を第 3.16 図に示す。

(3) 配管諸元

配管諸元を第 3.23 表に示す。

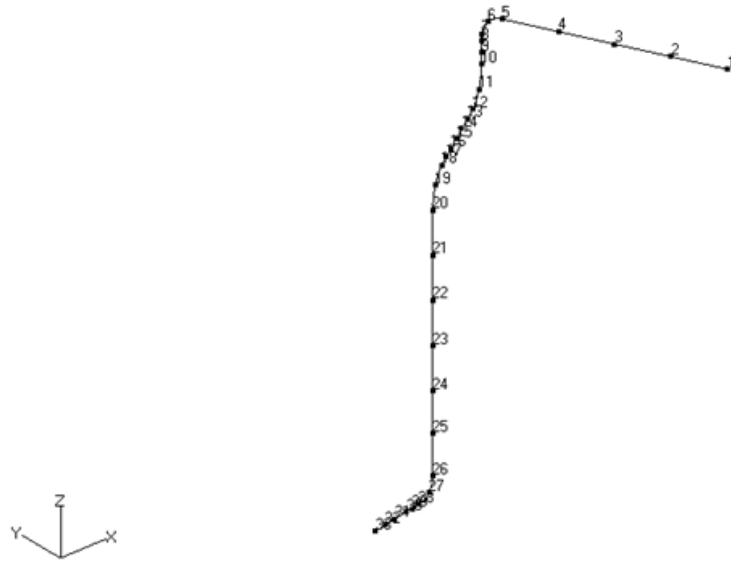
(4) 応力評価結果

評価結果を第 3.24 表及び第 3.25 表に示す。

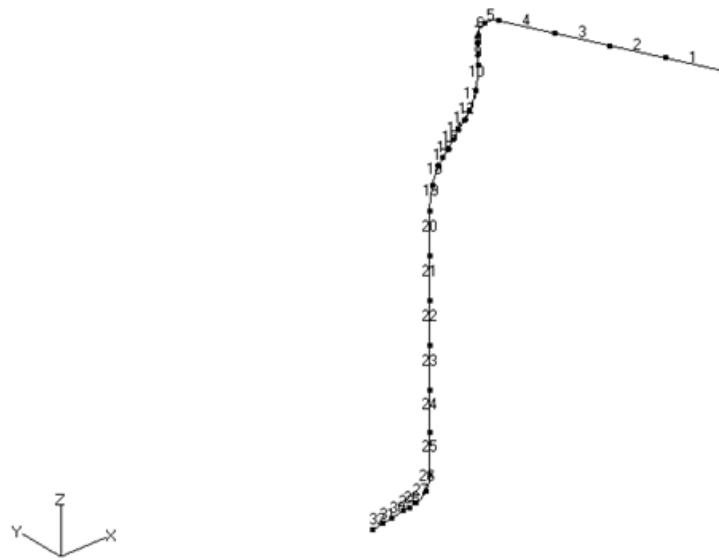


第 3.15 図 貫通部配管 P204(CV 内)のアイソメ図





(節点番号)



(要素番号)

第 3.16 図 貫通部配管 P204 (CV 内) の解析モデル図

第 3.23 表 貫通部配管 P204 (CV 内) の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-33	48.6	3.0	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	3.4	無し

第 3.24 表 貫通部配管 P204 (CV 内) の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力	②自重 応力	③地震 応力	計算応力 ①+②+③	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
16	Ⅲ <sub>A</sub> S	19	7	10	36	155

第 3.25 表 貫通部配管 P204 (CV 内) の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力	②二次応力	計算応力 ①+②	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa
1	Ⅲ <sub>A</sub> S	13	50	63	310

### 3.8 Bクラス配管

#### 3.8.1 貫通部配管 P125 (CV 外)

(1) アイソメ図

アイソメ図を第 3.17 図に示す。

(2) モデル図

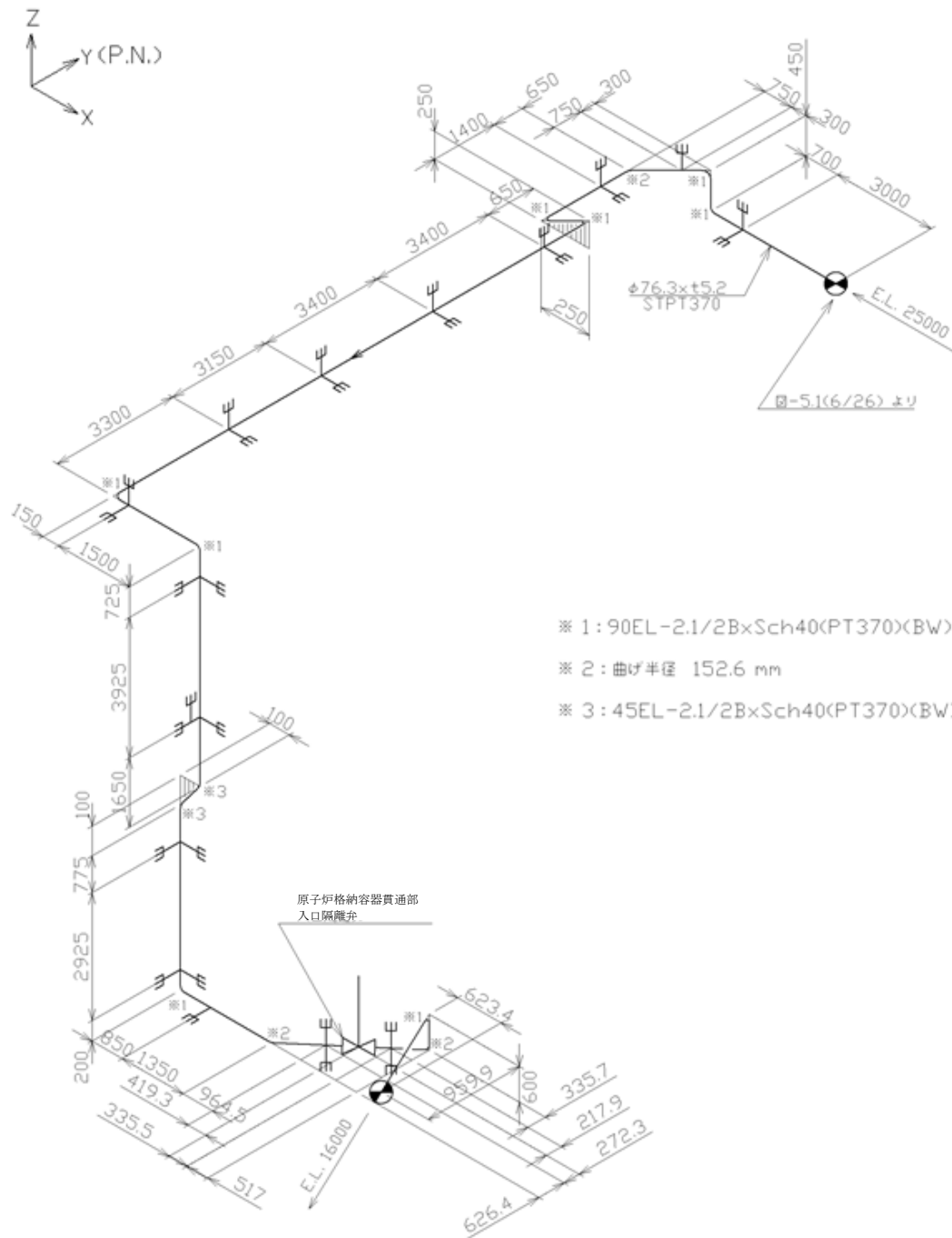
解析モデル図を第 3.18 図及び第 3.19 図に示す。

(3) 配管諸元

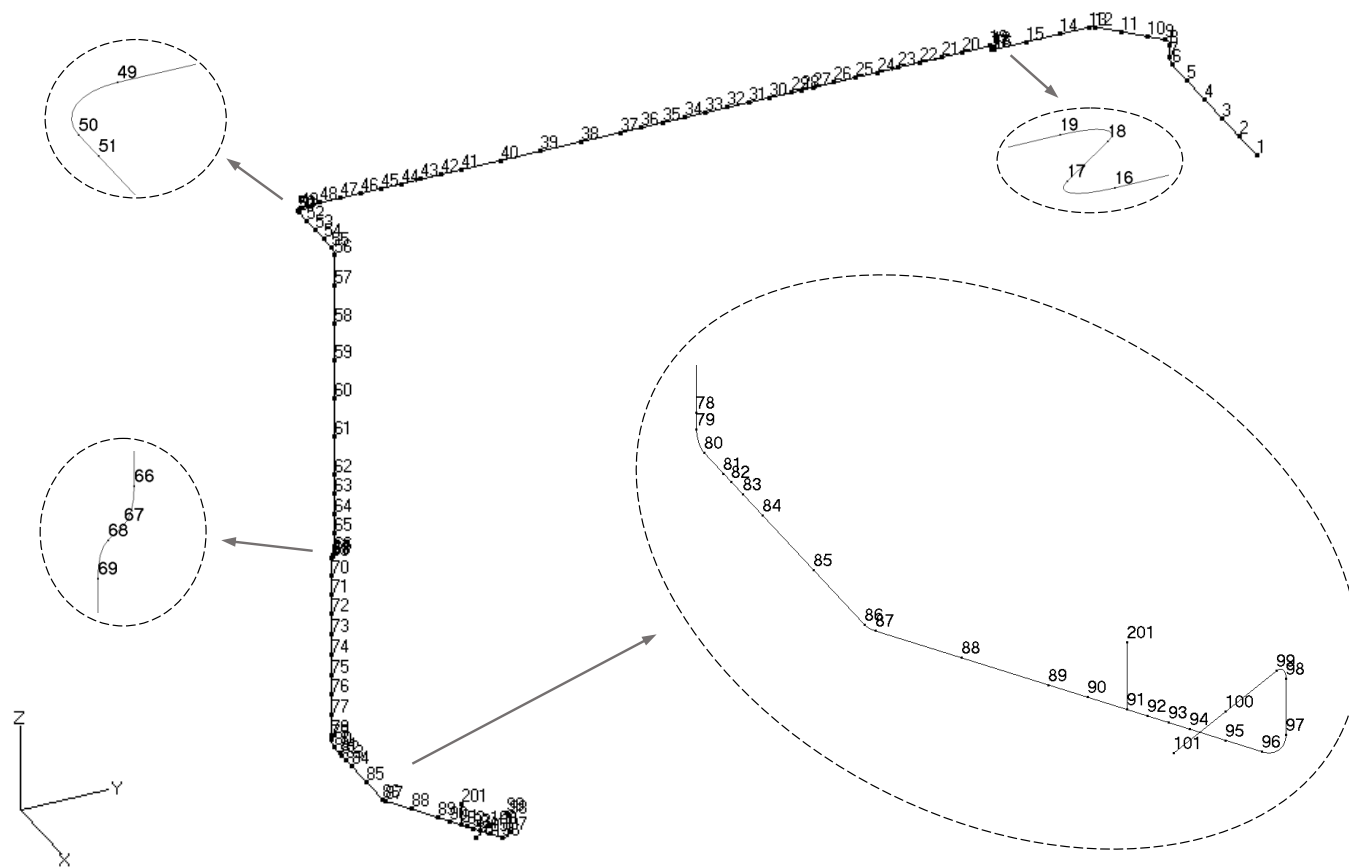
配管諸元を第 3.26 表に示す。

(4) 応力評価結果

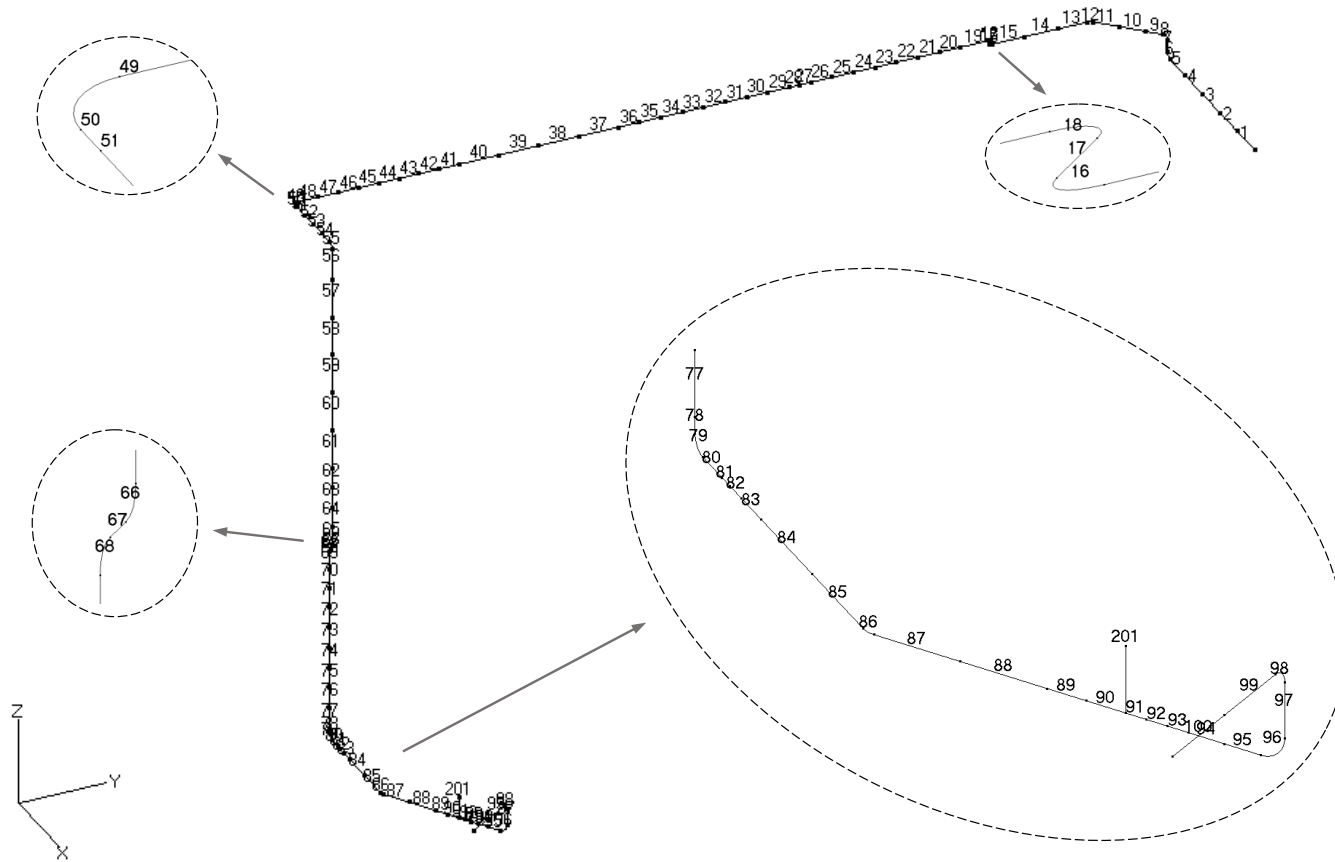
評価結果を第 3.27 表及び第 3.28 表に示す。



第 3.17 図 貫通部配管 P125(CV 外)のアイソメ図



第 3. 18 図 貫通部配管 P125 (CV 外) の解析モデル図 (節点番号)



第 3.19 図 貫通部配管 P125 (CV 外) の解析モデル図 (要素番号)

第 3.26 表 貫通部配管 P125 (CV 外) の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-90	76.3	5.2	STPT370	1.0	60	2.01×10 <sup>5</sup>	0.30	12.5	無し
91-101	76.3	5.2	STPT370	1.0	150	1.95×10 <sup>5</sup>	0.30	12.5	無し

第 3.27 表 貫通部配管 P125 (CV 外) の応力評価結果 (一次応力) (最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力	②自重 応力	③地震 応力	計算応力 ①+②+③	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
91	Ⅲ <sub>A</sub> S	4	20	32	56	183

第 3.28 表 貫通部配管 P125 (CV 外) の応力評価結果 (一次+二次応力) (最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力	②二次応力	計算応力 ①+②	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa
91	Ⅲ <sub>A</sub> S	63	22	85	366

### 3.8.2 貫通部配管 P201 (CV 外)

(1) アイソメ図

アイソメ図を第 3.20 図に示す。

(2) モデル図

解析モデル図を第 3.21 図に示す。

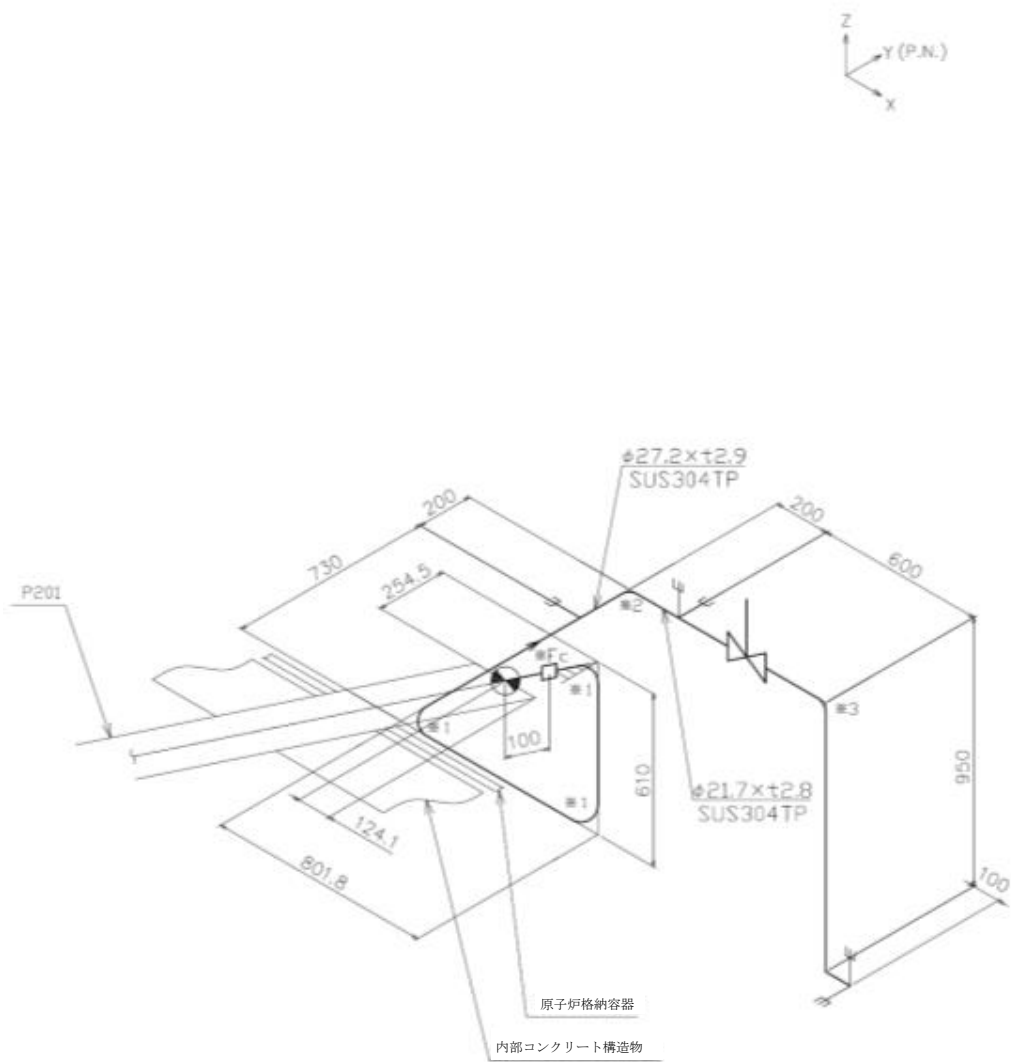
(3) 配管諸元

配管諸元を第 3.29 表に示す。

(4) 応力評価結果

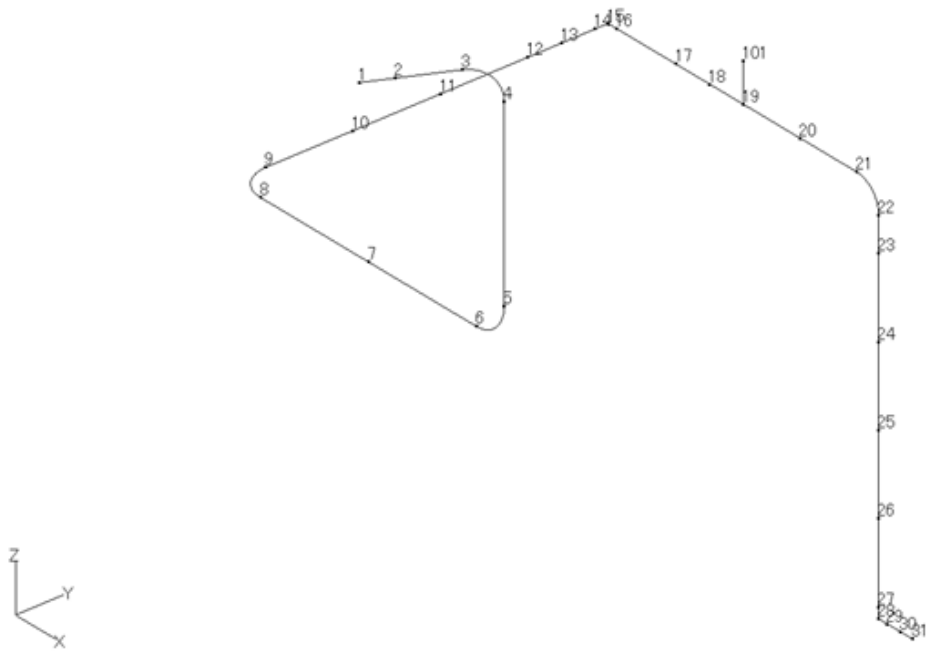
評価結果を第 3.30 表及び第 3.31 表に示す。



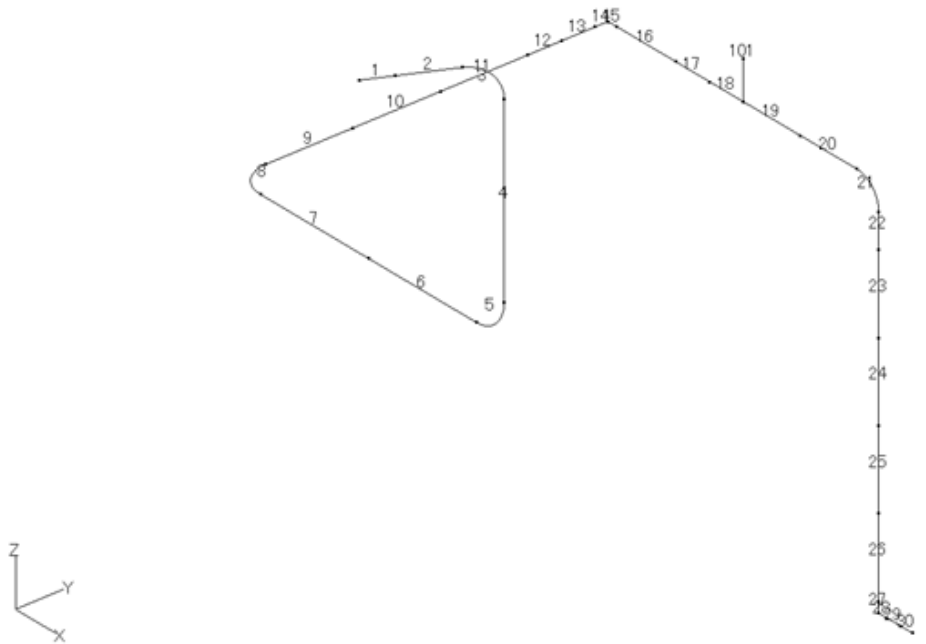


- ※ 1 : 曲げ半径 81.6mm
- ※ 2 : 90RE-3/4Bx1/2BxSch80(SUS304)(SW)
- ※ 3 : 曲げ半径 65.1mm
- ※ Fc : 3/4BxSch80(SUS304)(SW)

第 3.20 図 貫通部配管 P201 (CV 外) のアイソメ図



(節点番号)



(要素番号)

第 3. 21 図 貫通部配管 P201 (CV 外) の解析モデル図

第 3.29 表 貫通部配管 P201 (CV 外) の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-14	27.2	2.9	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	1.8	無し
15-31	21.7	2.8	SUS304TP	4.7	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	1.3	無し

第 3.30 表 貫通部配管 P201 (CV 外) の応力評価結果 (一次応力) (最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力	②自重 応力	③地震 応力	計算応力 ①+②+③	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
19	Ⅲ <sub>A</sub> S	10	22	10	42	155

第 3.31 表 貫通部配管 P201 (CV 外) の応力評価結果 (一次+二次応力) (最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力	②二次応力	計算応力 ①+②	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa
2	Ⅲ <sub>A</sub> S	9	47	56	310

### 3.8.3 貫通部配管 P211 その1(CV 外)

#### (1) アイソメ図

アイソメ図を第 3.22 図に示す。

#### (2) モデル図

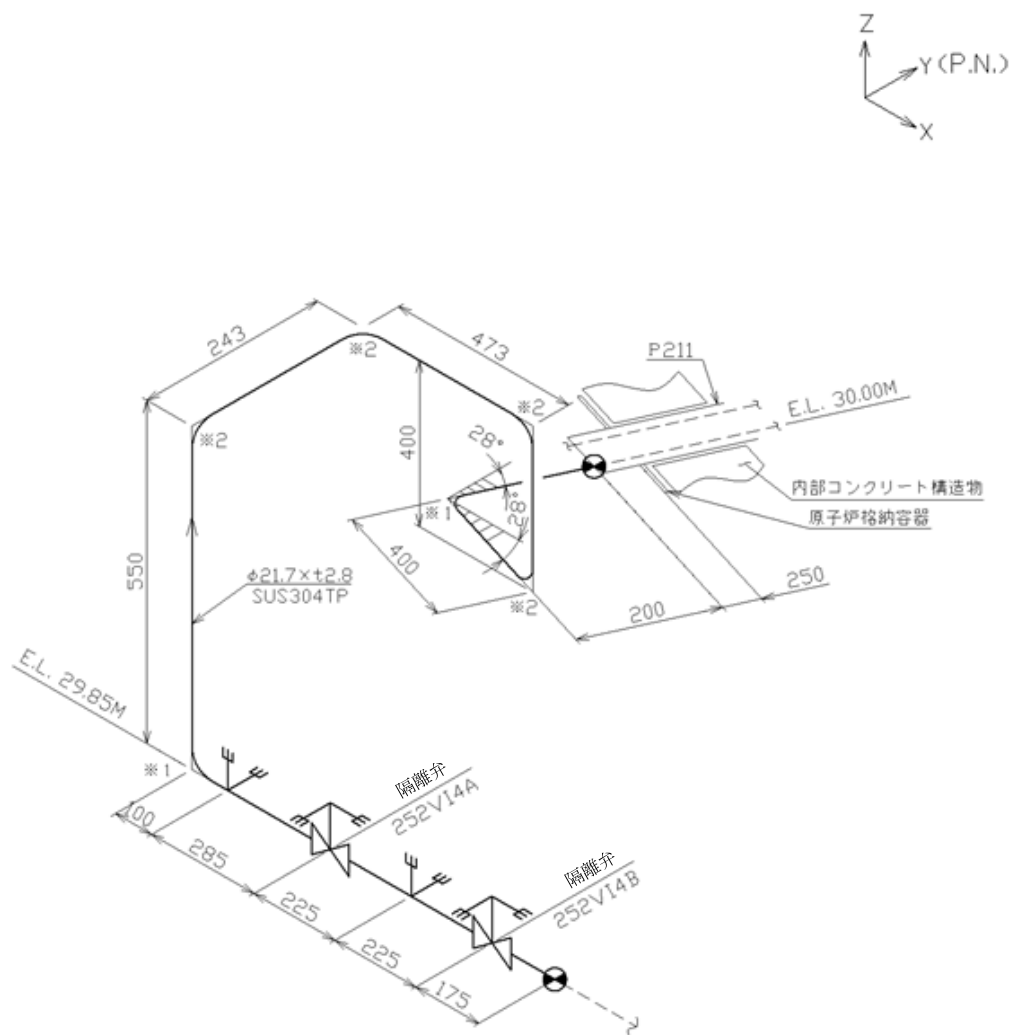
解析モデル図を第 3.23 図に示す。

#### (3) 配管諸元

配管諸元を第 3.32 表に示す。

#### (4) 応力評価結果

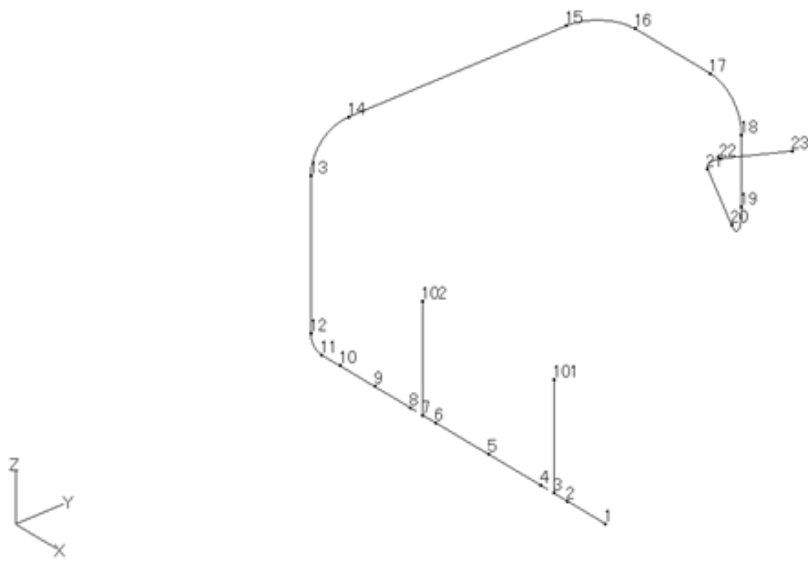
評価結果を第 3.33 表及び第 3.34 表に示す。



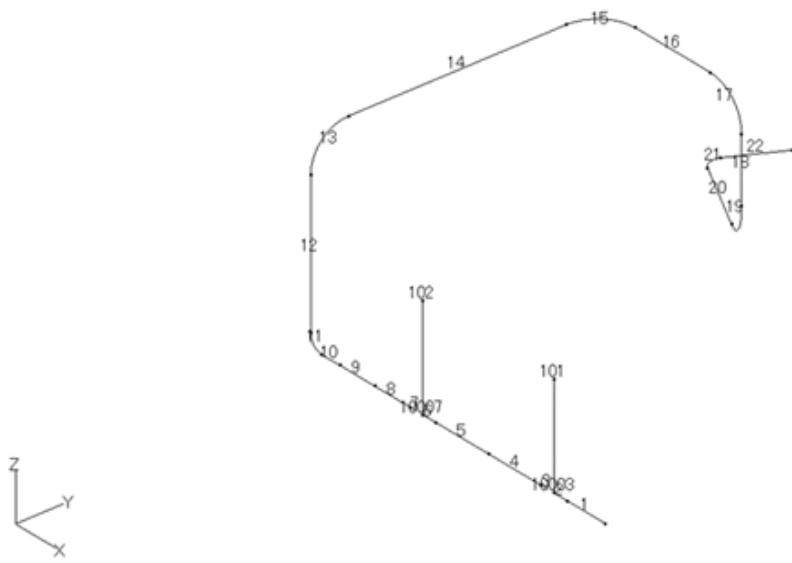
※ 1 : 90EL-1/2B×Sch40(SUS304)(BW)

※ 2 : 曲げ半径 108.5mm

第 3.22 図 貫通部配管 P211 その 1 (CV 外) のアイソメ図



(節点番号)



(要素番号)

第 3.23 図 貫通部配管 P211 その 1(CV 外)の解析モデル図

第 3.32 表 貫通部配管 P211 その 1(CV 外)の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-23	21.7	2.8	SUS304TP	0.4	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	1.3	無し

第 3.33 表 貫通部配管 P211 その 1(CV 外)の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力	②自重 応力	③地震 応力	計算応力 ①+②+③	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
6	Ⅲ <sub>A</sub> S	1	77	27	105	155

第 3.34 表 貫通部配管 P211 その 1(CV 外)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力	②二次応力	計算応力 ①+②	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa
8	Ⅲ <sub>A</sub> S	45	20	65	310

#### 3.8.4 貫通部配管 P211 その2(CV 外)

(1) アイソメ図

アイソメ図を第 3.24 図に示す。

(2) モデル図

解析モデル図を第 3.25 図に示す。

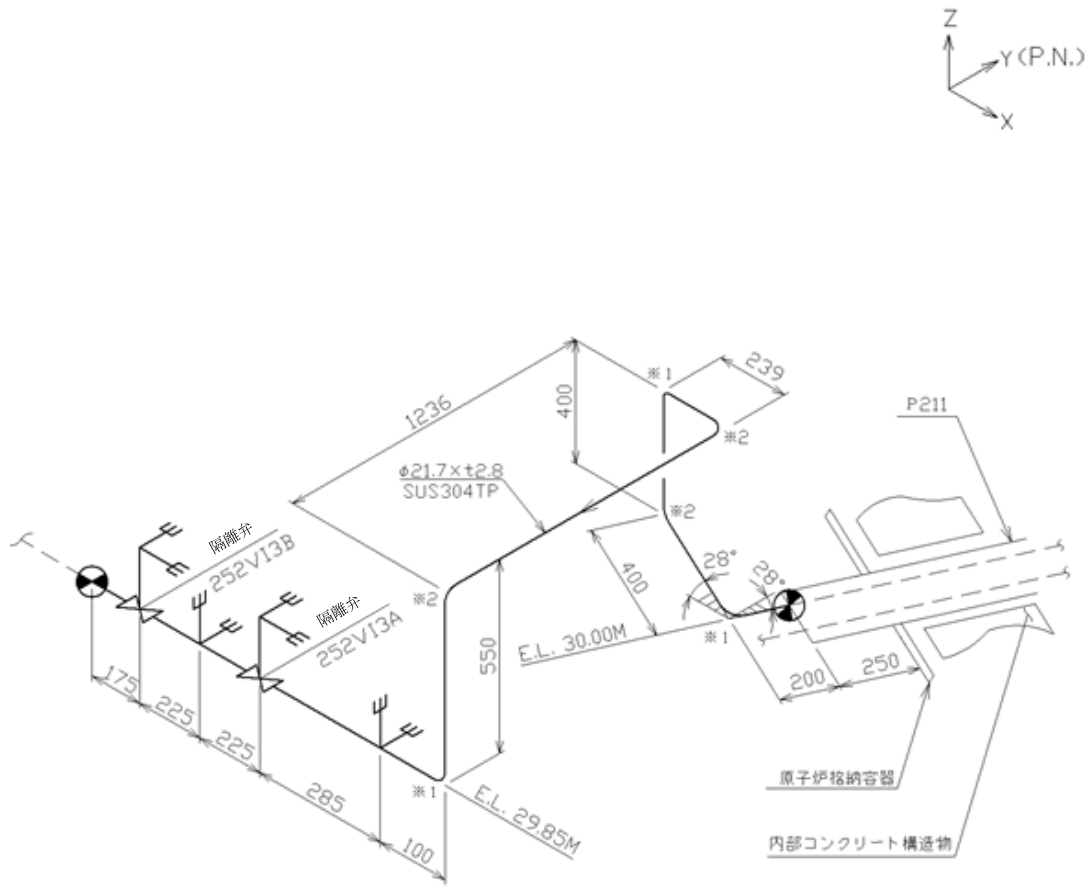
(3) 配管諸元

配管諸元を第 3.35 表に示す。

(4) 応力評価結果

評価結果を第 3.36 表及び第 3.37 表に示す。

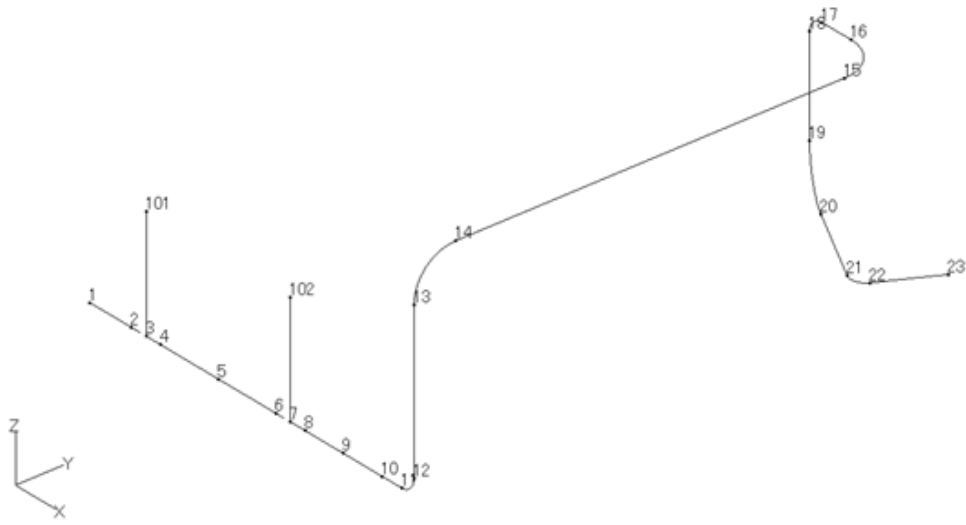




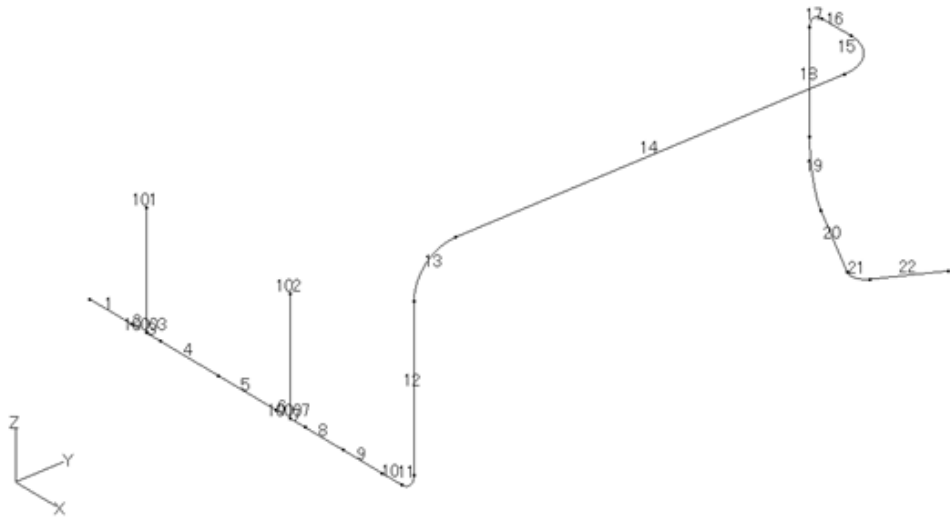
※ 1 : 90EL-1/2BxSch40(SUS304)(BW)

※ 2 : 曲げ半径 108.5mm

第 3.24 図 貫通部配管 P211 その 2 (CV 外) のアイソメ図



(節点番号)



(要素番号)

第 3.25 図 貫通部配管 P211 その 2(CV 外)の解析モデル図

第 3.35 表 貫通部配管 P211 その 2(CV 外)の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-23	21.7	2.8	SUS304TP	0.4	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	1.3	無し

第 3.36 表 貫通部配管 P211 その 2(CV 外)の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力	②自重 応力	③地震 応力	計算応力 ①+②+③	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
6	Ⅲ <sub>A</sub> S	1	78	28	107	155

第 3.37 表 貫通部配管 P211 その 2(CV 外)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力	②二次応力	計算応力 ①+②	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa
8	Ⅲ <sub>A</sub> S	47	19	66	310

### 3.8.5 貫通部配管 P218 (CV 外)

(1) アイソメ図

アイソメ図を第 3.26 図に示す。

(2) モデル図

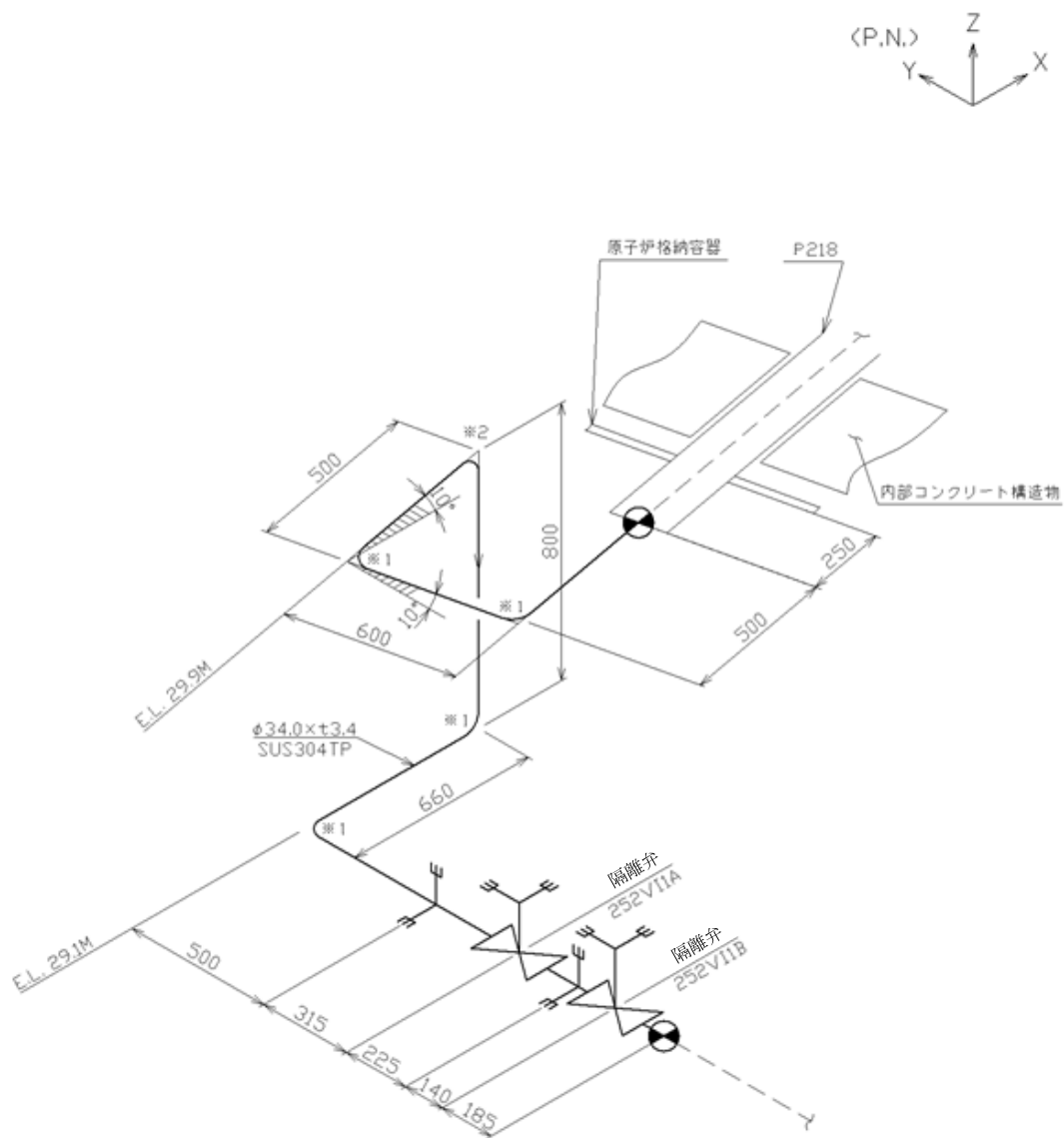
解析モデル図を第 3.27 図に示す。

(3) 配管諸元

配管諸元を第 3.38 表に示す。

(4) 応力評価結果

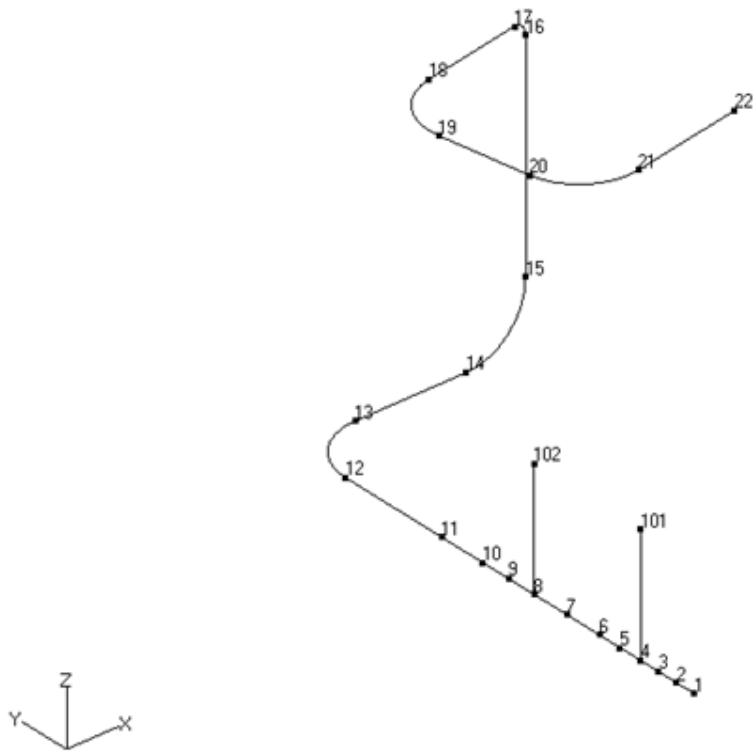
評価結果を第 3.39 表及び第 3.40 表に示す。



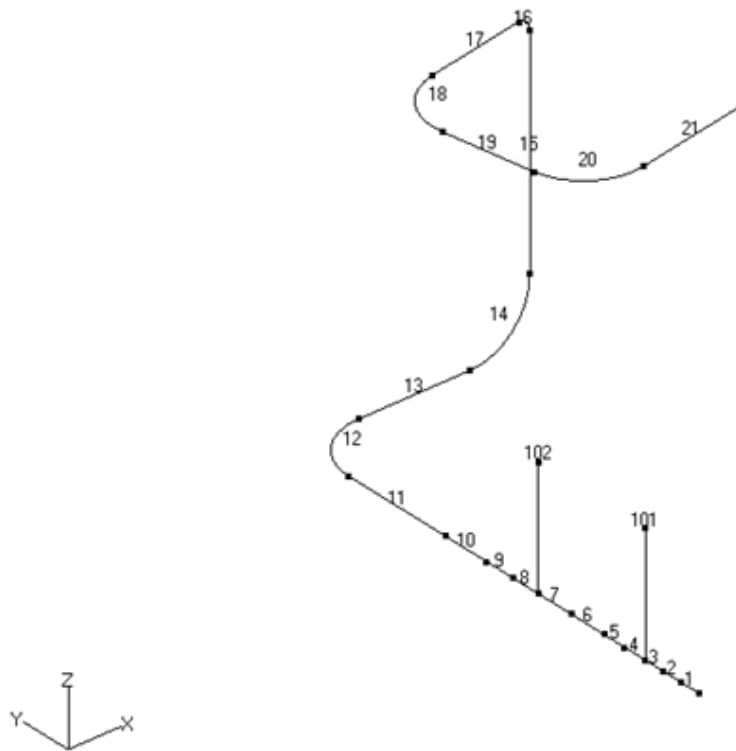
※ 1 : 曲げ半径 170.0mm

※ 2 : 90EL-1BxSch40(SUS304)(BW)

第 3.26 図 貫通部配管 P218(CV 外)のアイソメ図



(節点番号)



(要素番号)

第 3.27 図 貫通部配管 P218(CV 外)の解析モデル図

第 3.38 表 貫通部配管 P218 (CV 外) の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-22	34.0	3.4	SUS304TP	0.4	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	2.6	無し

第 3.39 表 貫通部配管 P218 (CV 外) の応力評価結果 (一次応力) (最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力	②自重 応力	③地震 応力	計算応力 ①+②+③	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
8	Ⅲ <sub>A</sub> S	1	33	7	41	155

第 3.40 表 貫通部配管 P218 (CV 外) の応力評価結果 (一次+二次応力) (最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力	②二次応力	計算応力 ①+②	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa
8	Ⅲ <sub>A</sub> S	13	10	23	310

### 3.8.6 貫通部配管 P219(CV 外)

(1) アイソメ図

アイソメ図を第 3.28 図に示す。

(2) モデル図

解析モデル図を第 3.29 図に示す。

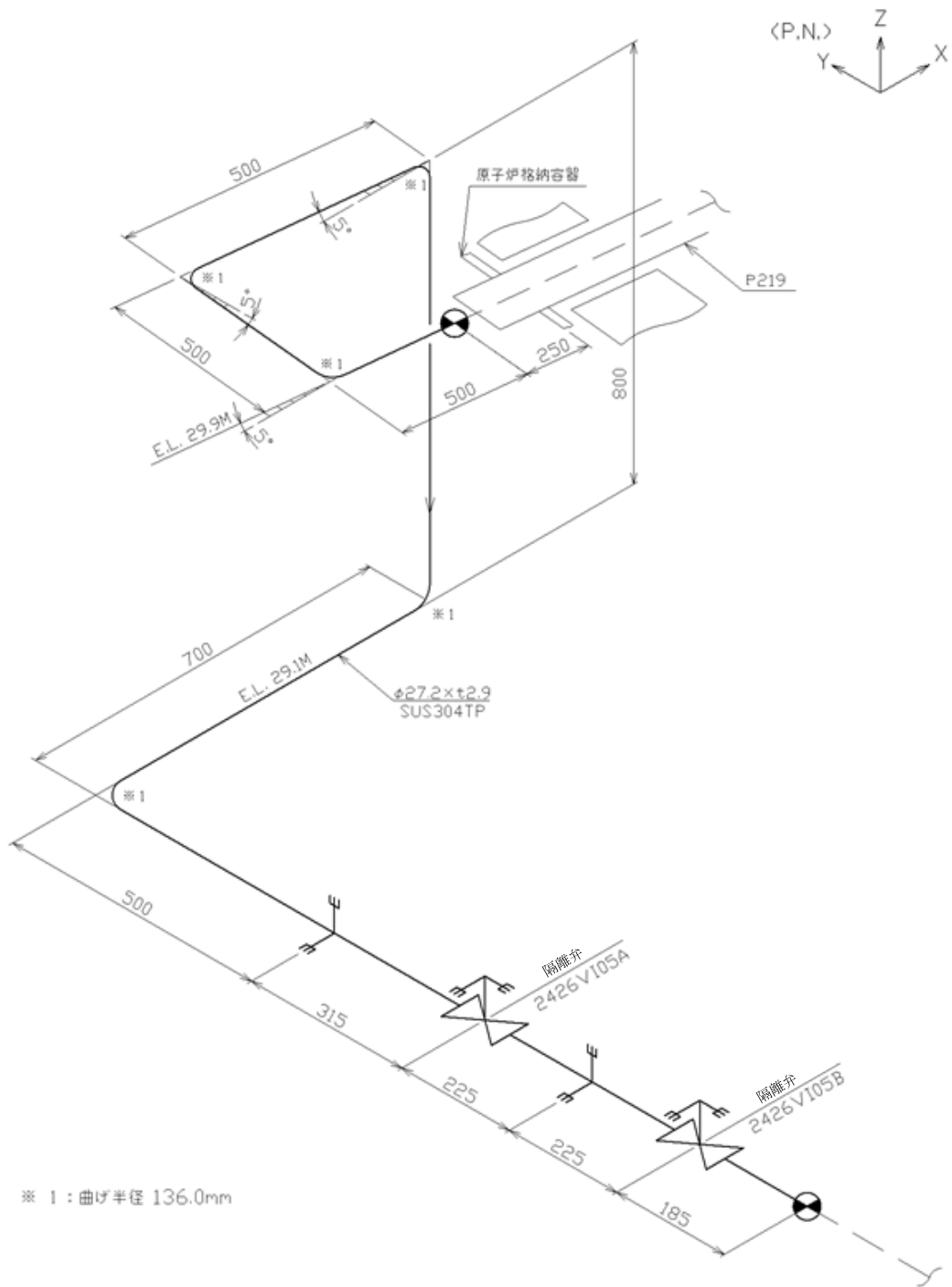
(3) 配管諸元

配管諸元を第 3.41 表に示す。

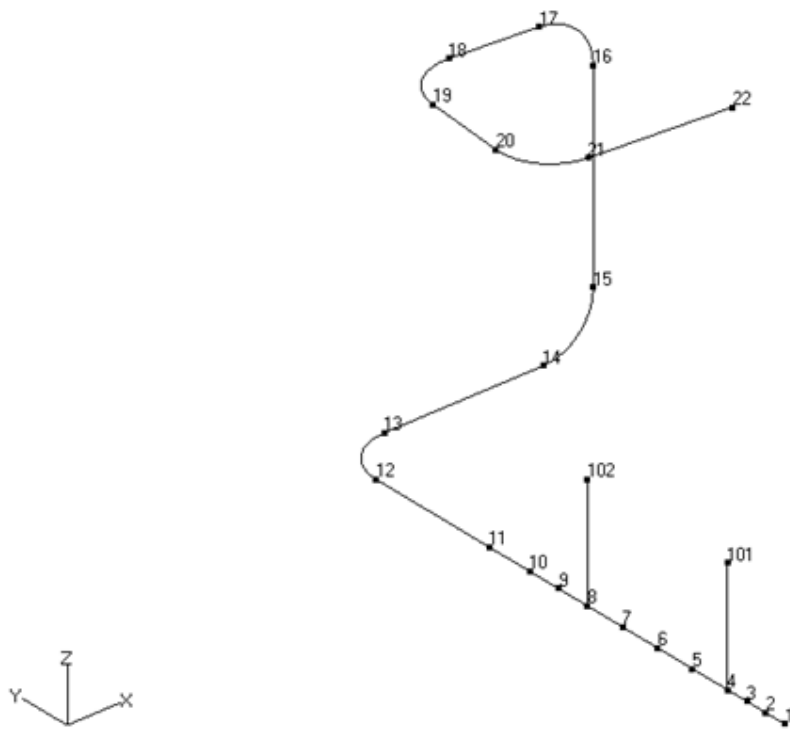
(4) 応力評価結果

評価結果を第 3.42 表及び第 3.43 表に示す。

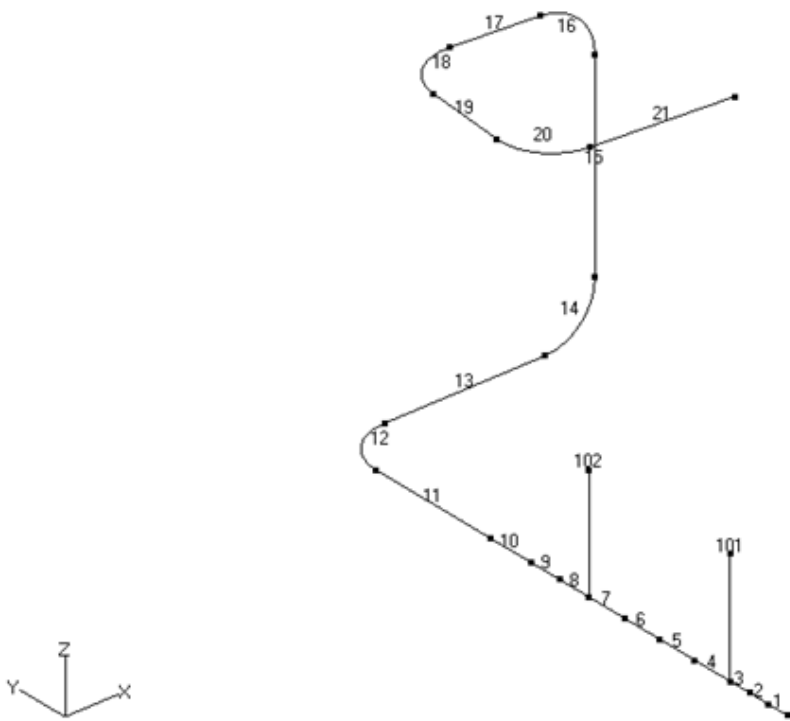




第 3.28 図 貫通部配管 P219(CV 外)のアイソメ図



(節点番号)



(要素番号)

第 3.29 図 貫通部配管 P219(CV 外)の解析モデル図

第 3.41 表 貫通部配管 P219(CV 外)の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-22	27.2	2.9	SUS304TP	0.4	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	1.8	無し

第 3.42 表 貫通部配管 P219(CV 外)の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力	②自重 応力	③地震 応力	計算応力 ①+②+③	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
8	Ⅲ <sub>A</sub> S	1	58	22	81	155

第 3.43 表 貫通部配管 P219(CV 外)の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力	②二次応力	計算応力 ①+②	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa
11	Ⅲ <sub>A</sub> S	56	7	63	310

### 3.8.7 貫通部配管 P225 (CV 外)

(1) アイソメ図

アイソメ図を第 3.30 図に示す。

(2) モデル図

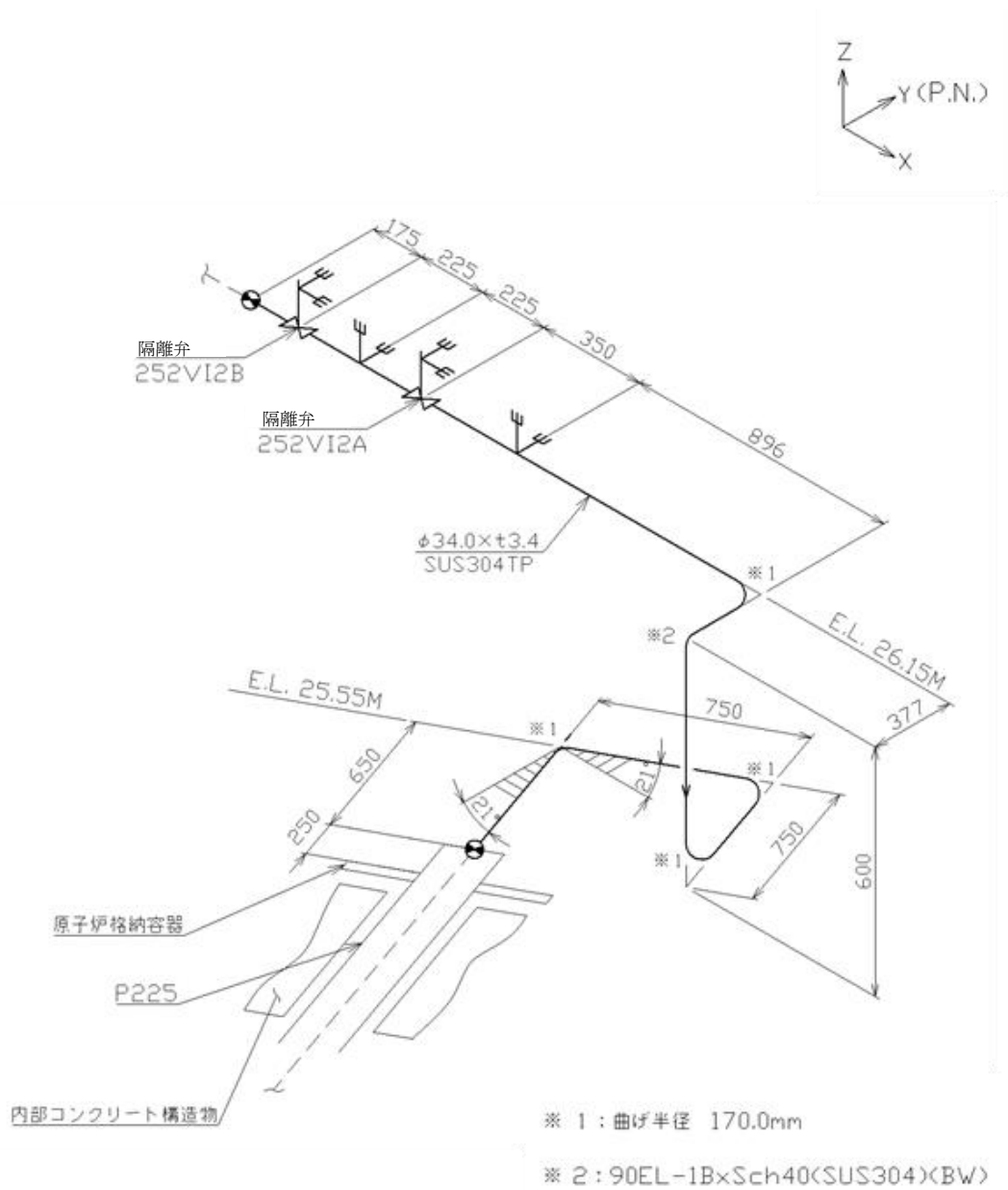
解析モデル図を第 3.31 図に示す。

(3) 配管諸元

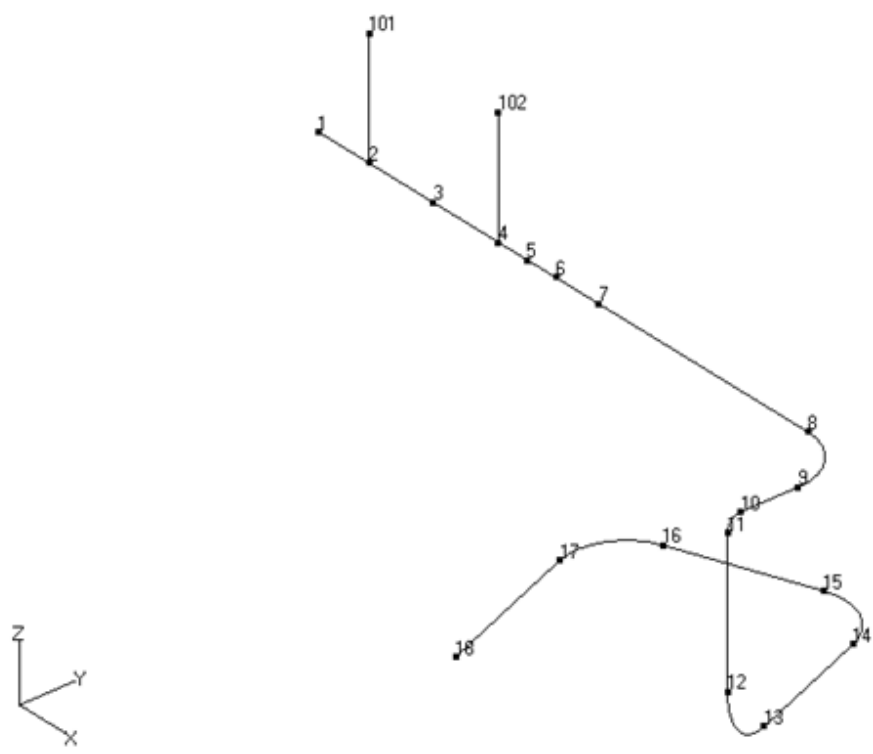
配管諸元を第 3.44 表に示す。

(4) 応力評価結果

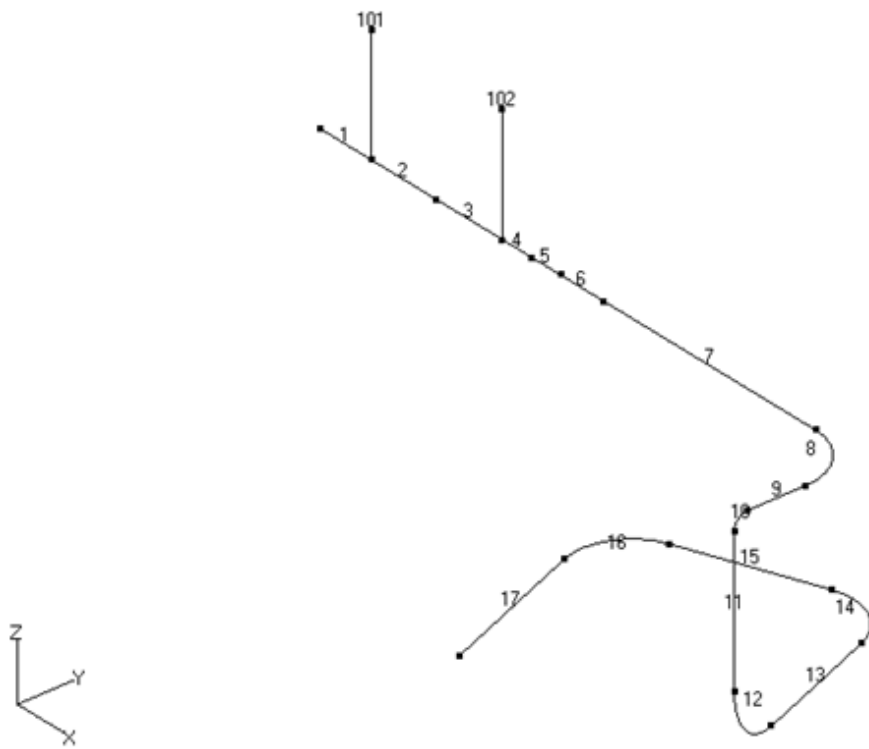
評価結果を第 3.45 表及び第 3.46 表に示す。



第 3.30 図 貫通部配管 P225(CV 外)のアイソメ図



(節点番号)



(要素番号)

第 3.31 図 貫通部配管 P225(CV 外)の解析モデル図

第 3.44 表 貫通部配管 P225 (CV 外) の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	配管質量 (kg/m)	保温材
1-18	34.0	3.4	SUS304TP	0.4	150	1.86×10 <sup>5</sup>	0.30	2.6	無し

第 3.45 表 貫通部配管 P225 (CV 外) の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力	②自重 応力	③地震 応力	計算応力 ①+②+③	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
7	Ⅲ <sub>A</sub> S	1	13	35	49	155

第 3.46 表 貫通部配管 P225 (CV 外) の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力	②二次応力	計算応力 ①+②	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa
7	Ⅲ <sub>A</sub> S	70	14	84	310

#### 4. まとめ

原子炉格納施設の耐震性評価は、2.2 評価結果、3.7 Sクラス配管及び3.8 Bクラス配管に示すとおり、発生値は評価基準値を満足しており、耐震余裕を有することを確認した。



1-4-9. 機器・配管系及び建物・構築物の構造(耐震性及び波及的影響)に関する説明書  
(その他試験研究用等原子炉の附属施設の耐震性評価)

## 目 次

1. その他試験研究用等原子炉の附属施設の耐震性評価.....	添 1 - 4 - 9 - 1
2. 応答倍率法による評価.....	添 1 - 4 - 9 - 4
2.1 評価手法.....	添 1 - 4 - 9 - 4
2.2 評価結果.....	添 1 - 4 - 9 - 4
3. 既往の設工認と同等の評価.....	添 1 - 4 - 9 - 6
3.1 非常用発電機の主配管(始動用空気配管).....	添 1 - 4 - 9 - 6
4. まとめ .....	添 1 - 4 - 9 - 10

## 表 目 次

第 1.1 表	その他試験研究用等原子炉の附属施設の評価対象設備...	添 1 - 4 - 9 - 1
第 1.2 表	固有周期解析の結果.....	添 1 - 4 - 9 - 2
第 2.1 表	B クラス評価 .....	添 1 - 4 - 9 - 5
第 3.1 表	配管仕様.....	添 1 - 4 - 9 - 6
第 3.2 表	直管部最大支持間隔及び応力の解析結果.....	添 1 - 4 - 9 - 9

## 図 目 次

- 第 3.1 図 E. L. 15. 0m から E. L. 44. 7m の各床面の包絡波(水平) . . . . . 添 1 - 4 - 9 - 8  
第 3.2 図 E. L. 15. 0m から E. L. 44. 7m の各床面の包絡波(鉛直) . . . . . 添 1 - 4 - 9 - 8

1. その他試験研究用等原子炉の附属施設の耐震性評価

その他試験研究用等原子炉の附属施設の評価対象設備及び耐震重要度分類を第 1.1 表に、B クラス設備の固有周期解析の結果を第 1.2 表に示す。

第 1.1 表 その他試験研究用等原子炉の附属施設の評価対象設備

耐震重要度分類	クラス別施設	設備機器
B クラス	原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設	非常用発電機
		圧縮空気設備
	放射性廃棄物以外の放射性物質に関連した施設で、その破損により公衆及び放射線業務従事者等に過大な放射線被ばくを与える可能性のある施設	制御棒交換機
	放射性物質の放出を伴うような場合に、その外部放散を抑制するための施設で S クラスに属さない施設	使用済燃料貯蔵建家換気空調設備の一部

第 1.2 表 固有周期解析の結果

設備機器		据付場所(m)	固有周期(s)	参考資料※3
非常用 発電機	非常用発電機	原子炉建家 E. L. 36. 7	—※1	IV-ニ-18 III-ニ-6
	始動用空気槽	原子炉建家 E. L. 29. 7	0. 010	IV-ニ-19
	主燃料槽	屋外 E. L. 29. 0	0. 036	IV-ニ-19
	燃料小出槽	原子炉建家 E. L. 36. 7	0. 038	IV-ニ-19
	主配管(始動用空気配 管)	原子炉建家	0. 222 評価対象	IV-ニ-20
圧縮空 気設備	空気圧縮機	原子炉建家 E. L. 22. 7	—※1	IV-ニ-27 III-ニ-6
	前置空気ろ過器	原子炉建家 E. L. 22. 7	0. 013	IV-ニ-27
	除湿器	原子炉建家 E. L. 22. 7	—※1	IV-ニ-27 III-ニ-6
	後置空気ろ過器	原子炉建家 E. L. 22. 7	0. 013	IV-ニ-27
	制御用主空気貯槽	原子炉建家 E. L. 22. 7	0. 007	IV-ニ-27
	制御用空気貯槽	原子炉建家 E. L. 22. 7	0. 007	IV-ニ-27
制御棒交換機		内部コンクリート構 造物 E. L. 36. 7	0. 406 評価対象	V-ニ-8
使用済 燃料貯 蔵建家 換気空 調設備 の一部	貯蔵セル排気系統フ ィルタユニット	使用済燃料貯蔵建家 E. L. 36. 7	—※2	ニ-4-1 III-ニ-6
	貯蔵セル排気系統排 風機	使用済燃料貯蔵建家 E. L. 36. 7	—※1	ニ-4-1 III-ニ-6

※1 横型ポンプは、構造的に一体の大きなブロック状としており、重心の位置がブロック状のほぼ中心にあり、かつ下面が基礎ボルトに固定されている。したがって、全体的に一つの剛体とみなせるため計算は省略し、固有周期は十分に小さいとする。

※2 ユニット機器は、構造的に大きなブロック状をしており、重心の位置がブロック状のほぼ中心にあり、かつ下面が基礎ボルトに固定されている。したがって、全体的に一つの剛体とみなせるため計算は省略し、固有周期は十分に小さいとする。

※3 既往の設工認添付計算書

「IV-ニ-18 非常用発電機の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

「III-ニ-6 ポンプ類及びユニット機器の耐震計算書作成の基本方針」(設計及び工事の方法の認可(第3回申請)平成4年4月9日付け4安(原規)第47号)

「IV-ニ-19 非常用電源設備の容器の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

「IV-ニ-20 非常用電源設備の主配管の耐震計算書(始動用空気配管)」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

「IV-ニ-27 制御用圧縮空気設備の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

「V-ニ-8 制御棒交換機の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第5回申請)平成5年7月9日付け5安(原規)第84号)

「ニ-4-1 使用済燃料貯蔵建家換気空調設備の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可平成11年9月8日付け11安(原規)第124号)

## 2. 応答倍率法による評価

### 2.1 評価手法

添付書類 1-4-1. に基づき評価を行う。

### 2.2 評価結果

その他試験研究用等原子炉の附属施設の耐震性の評価結果を第 2.1 表に示す。



第 2.1 表 B クラス評価

No.	機器	耐震 クラス	評価部位	分類	計算値		許容値 MPa	参考資料※1	備考
					方法 1 MPa	方法 2 MPa			
チ-B-1	制御棒 交換機	B	本体胴	一次一般膜	33	31	202	V-ニ-8	
			取付ボルト	引張	75	70	537		

※1：既往の設工認添付計算書

「V-ニ-8 制御棒交換機の耐震計算書」（設計及び工事の方法の認可（第 5 回申請）平成 5 年 7 月 9 日付け 5 安（原規）第 84 号）

### 3. 既往の設工認と同等の評価

#### 3.1 非常用発電機の主配管(始動用空気配管)

非常用発電機の主配管(始動用空気配管)の耐震健全性を確認する。

##### 3.1.1 適用規格

・原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601)

##### 3.1.2 設計条件

###### (1) 配管仕様

配管仕様を第 3.1 表に示す。

第 3.1 表 配管仕様

耐震重要度分類	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	材料	保温材
B	3.2	80	STPG370	無し

###### (2) 設計原則

本配管系の耐震設計は、定ピッチスパン法で支持間隔を算定し、実施することを原則とする。

##### 3.1.3 設計方針

(1) 原子炉建家内配管の支持間隔は、応力基準定ピッチスパン法で算定する。

(2) 配管系を直管部、曲がり部、集中質量を有する直管部及び分岐部の標準的な要素に分け、各要素の固有振動数、地震応力等が許容値を満足するように、その支持間隔を定める。配管系全体としては、各要素の組合せを考え、配管の支持点等を定める。

(3) 配管支持構造物は剛に設計することを原則とし、かつ、配管の自重、地震等による荷重に対して十分な強度を有するものとする。

また、支持構造物の剛性が配管系全体の剛性に影響をされると考えられる場合は、これを考慮して設計を行う。

##### 3.1.4 計算方法

###### (1) 床応答曲線

床応答曲線は、原子炉建家の 1/2Sd 波とし、該当する配管系を支持する床を含む原子炉建家の E. L. 15.0m から E. L. 44.7m の各床面の設計用床応答曲線を全て包絡し、谷埋めしたもの(第 3.1 図及び第 3.2 図)を用いて行う。

(2) 減衰定数

減衰定数は、0.5%とする。

(3) 計算に用いる加速度

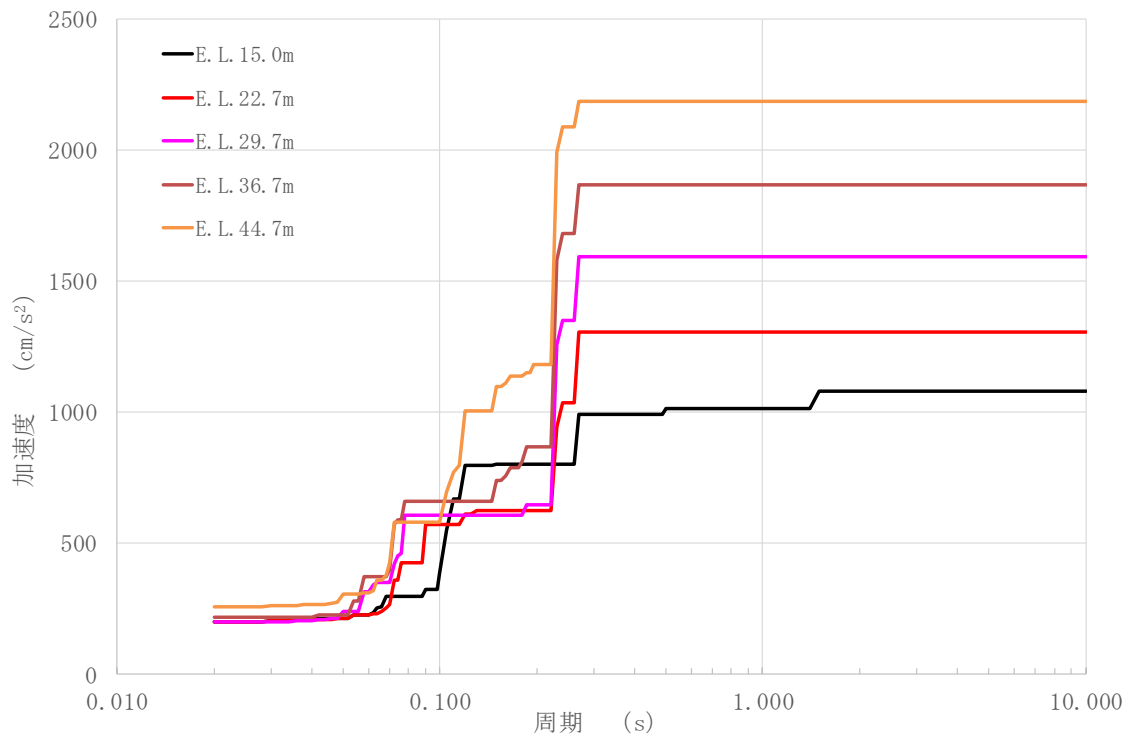
計算に用いる加速度は包絡波の最大値を用いるものとし、水平方向は 2,187gal、鉛直は 1,305gal とする。

(4) 配管重量に対する考慮

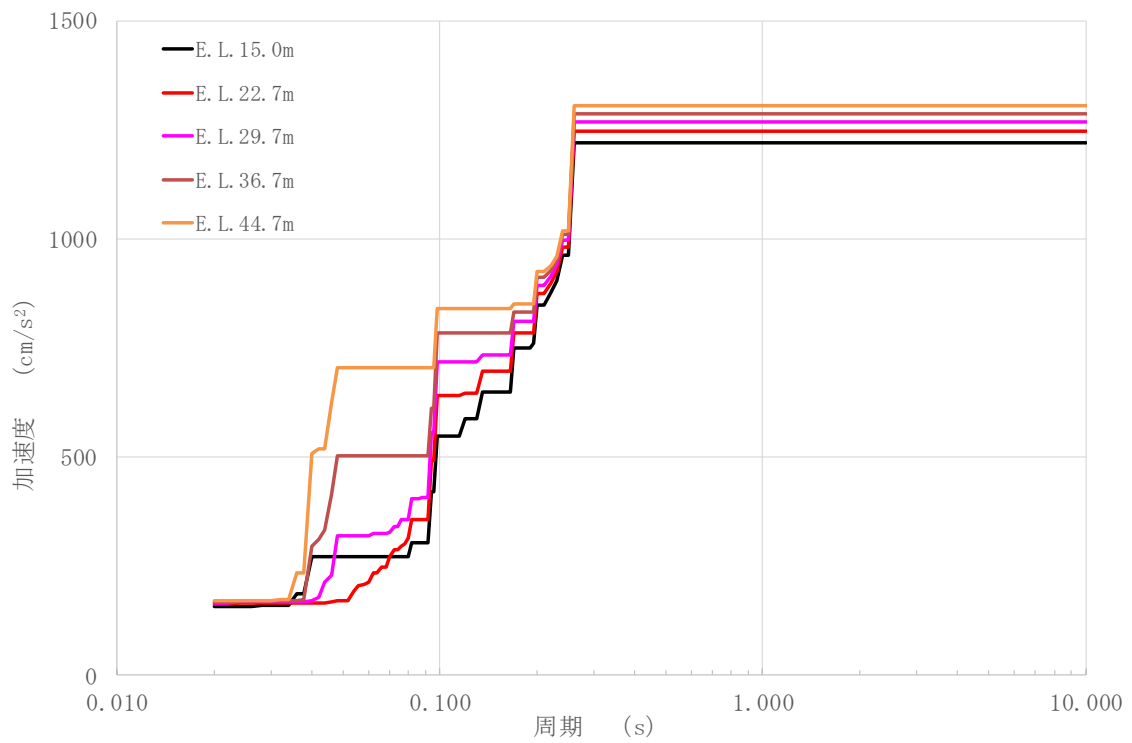
配管重量は、内部流体が空気であること及び保温材が巻設されていないことから、配管自体の重量に保守的に安全率 1.05 を乗じるものとする。

(5) 配管応力

配管に生ずる応力としては、地震力による応力の他に、内圧、自重による各応力を求める。



第 3.1 図 E. L. 15.0m から E. L. 44.7m の各床面の包絡波(水平)



第 3.2 図 E. L. 15.0m から E. L. 44.7m の各床面の包絡波(鉛直)

### 3.1.5 解析結果

解析結果を第 3.2 表に示す。

第 3.2 表 直管部最大支持間隔及び応力の解析結果

主要寸法		支持間隔 [m]	一次応力		一次+二次応力	
外径 [mm]	厚さ [mm]		応力 [MPa]	許容値 [MPa]	応力 [MPa]	許容値 [MPa]
27.2	2.9	4.0	157	179	299	358
60.5	3.9	6.3	166	179	307	358

曲がり部に関して、曲がり部の長さ比と直管部最大支持間隔に対する曲がり部を挟む支持構造物管距離の比の関係から、配管の支持間隔は、許容領域内に収まるように選択する。

集中質量を有する直管部に関して、重量比と直管部最大支持間隔に対する配管の許容支持間隔の比の関係から、配管の支持間隔は、許容領域内に収まるように選択する。

分岐部に関して、直管部最大支持間隔に対する枝管の支持間隔比と直管部最大支持間隔に対する母管の支持間隔比の関係から、配管の支持間隔は、許容領域内に収まるように選択する。

#### 4. まとめ

その他試験研究用等原子炉の附属施設の耐震性評価は、2.2 評価結果及び3.1.5 解析結果に示すとおり、発生値は評価基準値を満足しており、耐震余裕を有することを確認した。