

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	TKK補-III-7 改8
提出年月日	平成30年5月24日

東海第二発電所 劣化状況評価
(耐震安全性評価)

補足説明資料

平成30年5月24日

日本原子力発電株式会社

本資料のうち、枠囲みの範囲は、営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 評価対象と評価手法	4
(1) 評価対象	4
① 耐震安全性評価対象	4
② 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出	4
(2) 評価手法	7
① 経年劣化を考慮した耐震安全性評価	7
② 動的機能維持に係る耐震安全性評価	9
③ 制御棒挿入性に係る耐震安全性評価	11
④ 東北地方太平洋沖地震を考慮した耐震安全性評価	11
⑤ 浸水防護施設に係る耐震安全性評価	15
⑥ 工事計画認可申請で用いた耐震評価手法等の反映について	18
(3) 評価用地震力	20
(4) 評価用地震動	21
(5) 代表の選定	25
4. 代表の技術評価	26
(1) 健全性評価	26
① 低サイクル疲労を考慮した耐震安全性評価	26
② 中性子照射脆化を考慮した耐震安全性評価	26
③ 照射誘起型応力腐食割れを考慮した耐震安全性評価	26
④ 熱時効を考慮した耐震安全性評価	27
⑤ 粒界型応力腐食割れを考慮した耐震安全性評価	28
⑥ 腐食（流れ加速型腐食）を考慮した耐震安全性評価	28
⑦ 腐食（全面腐食）を考慮した耐震安全性評価	30
⑧ 動的機能維持に係る耐震安全性評価	31
⑨ 制御棒挿入性に係る耐震安全性評価	33
⑩ TPO 地震を考慮した耐震安全性評価	35
(2) 現状保全	35
(3) 総合評価	35
(4) 高経年化への対応	36
5. まとめ	36
(1) 審査基準適合性	36
(2) 保守管理に関する方針として策定する事項	39

別紙 1. 低サイクル疲労を考慮した耐震安全性評価について	41
別紙 2. 中性子照射脆化を考慮した耐震安全性評価について	52
別紙 3. 照射誘起型応力腐食割れを考慮した耐震安全性評価について	70
別紙 4. シュラウドサポートの粒界型応力腐食割れを考慮した耐震安全性評価について	71
別紙 5. 流れ加速型腐食を考慮した耐震安全性評価について	83
別紙 6. 建設後の耐震補強の実績及び今後の予定について	108
別紙 7. 機器付基礎ボルトの腐食を考慮した耐震安全性評価について	179
別紙 8. 後打ちアンカの腐食を考慮した耐震安全性評価について	204
別紙 9. 弁の動的機能維持評価について	206
別紙 10. 震災が評価に与える影響とその考え方について	215
別紙 11. 水平 2 方向を考慮した影響評価について	227
別紙 12. 浸水防護施設の耐震安全性評価について	229
別紙 13. 工事計画認可申請の内容を踏まえ劣化状況評価の見直しがある場合の見直し前後の相違点について	238

添付資料-1 V-2-6-2-1 制御棒の耐震性についての計算書

添付資料-2 V-2-3-3-1 燃料集合体の耐震性についての計算書

別紙

- 別紙 1. 低サイクル疲労を考慮した耐震安全性評価について
- 別紙 2. 中性子照射脆化を考慮した耐震安全性評価について
- 別紙 3. 照射誘起型応力腐食割れを考慮した耐震安全性評価について
- 別紙 4. シュラウドサポートの粒界型応力腐食割れを考慮した耐震安全性評価について
- 別紙 5. 流れ加速型腐食を考慮した耐震安全性評価について
- 別紙 6. 建設後の耐震補強の実績及び今後の予定について
- 別紙 7. 機器付基礎ボルトの腐食を考慮した耐震安全性評価について
- 別紙 8. 後打ちアンカの腐食を考慮した耐震安全性評価について
- 別紙 9. 弁の動的機能維持評価について
- 別紙 10. 震災が評価に与える影響とその考え方について
- 別紙 11. 水平 2 方向を考慮した影響評価について
- 別紙 12. 浸水防護施設の耐震安全性評価について
- 別紙 13. 工事計画認可申請の内容を踏まえ劣化状況評価の見直しがある場合の見直し前後の相違点について

添付資料-1 V-2-6-2-1 制御棒の耐震性についての計算書

添付資料-2 V-2-3-3-1 燃料集合体の耐震性についての計算書

低サイクル疲労を考慮した耐震安全性評価について

1. 通常運転時における疲労累積係数

(1) 過渡回数

原子炉系（蒸気部）配管の通常運転時における疲労評価に用いた 60 年時点の推定過渡回数を表 1 に示す。

表 1 原子炉系（蒸気部）における推定過渡回数

運転条件	過渡回数	
	2016年11月時点	60年時点*1
ボルト締付	26	46
耐圧試験	72	132
起動（昇温）	65	110
起動（タービン起動）	65	110
夜間低出力運転（出力75 %）	67	120
週末低出力運転（出力50 %）	115	165
制御棒パターン変更	96	176
給水加熱機能喪失（発電機トリップ）	0	1
給水加熱機能喪失（給水加熱器部分バイパス）	0	1
スクラム（タービントリップ）	16	22
スクラム（その他）	20	24
停止	65	111
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	3	6
ボルト取外し	26	49

*1：60年時点過渡回数

＝実績過渡回数＋推定過渡回数

≥（試運転時過渡回数＋運転開始後過渡回数）＋（運転開始後実績過渡回数／運転開始後現時点までの運転期間年数）× 1.5 × 残年数

（評価条件として 2011 年 3 月から 2020 年 8 月末まで冷温停止状態、2020 年 9 月以降の過渡回数発生頻度は実績の 1.5 倍以上を想定）

(2) 解析モデル

原子炉系（蒸気部）配管の疲労累積係数の算出に用いた解析モデル（3次元梁モデル）を図1に示す。解析コードはHISAPを使用した。

(3) 解析結果

原子炉系（蒸気部）配管の通常運転時における疲労累積係数の最大評価値は 0.0853 となる。

なお、解析コードを使用した原子炉系（蒸気部）配管の疲労累積係数の最大評価点の算出結果を表 2 に、また、その解析モデルにおける全評価点の疲労累積係数を表 3 にそれぞれ示す。

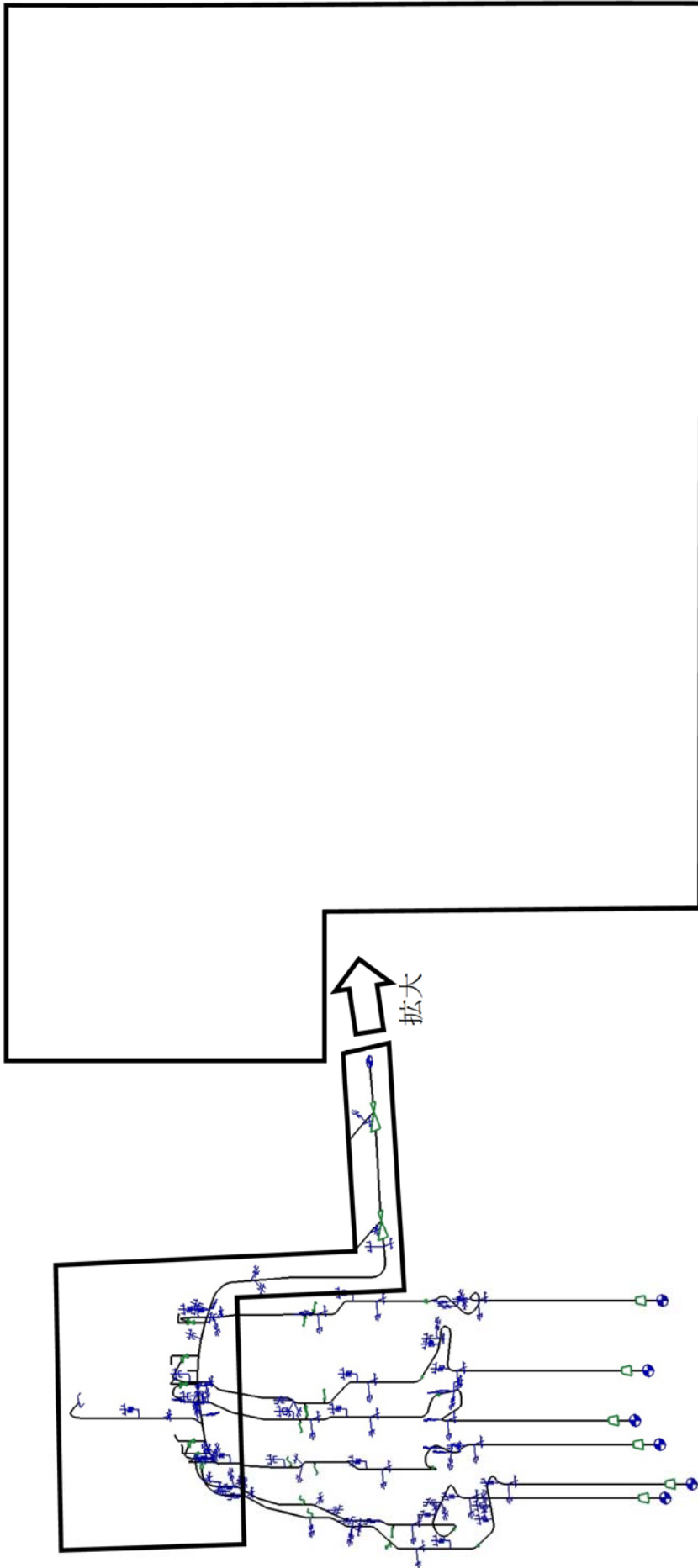


図1 原子炉系（蒸気部）配管の疲労解析モデル

評価モデル全体図

表 2 原子炉系（蒸気部）配管（解析モデル MS-C）の通常運転時の疲労累積係数（最大評価点）

系統	主蒸気系		配管モデル名	MS-C	評価点No.	12	評価点属性		通常運転時の疲労累積係数最大点									
	事象毎の組合せ						材料	STPT49 繰返し ピーク応力 (ヤグ'率 補正後)	60%日想定 繰返し回数	評価ケース	疲労累積係数							
No.	名称	番号	始点	終点	運動温度 (°C)	始点	終点	一次 + 二次 応力	Ke 係数	繰返し ピーク応力 (ヤグ'率 補正前)	最高使用履歴 における ヤング率	E	SL	MPa	ni 戻回数	Ni 許容回数	疲労累積係数	大気中
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30																		
31																		

疲労累積係数総合計 0.0853

表 3 原子炉系（蒸気部）配管（解析モデル MS-C）の通常運転時の疲労累積係数（全評価点）

評価点	疲労評価結果	評価点	疲労評価結果	評価点	疲労評価結果	評価点	疲労評価結果
12	U	0.0853					

: 最大評価点を示す

2. 基準地震動 S_s による疲労累積係数

(1) 評価仕様

原子炉系（蒸気部）の配管仕様を表 4 に示す。

表 4 原子炉系（蒸気部）主配管の配管仕様

項目	単位	評価対象配管	
		MS-C ライン (PCV 内)	
		節点 50	
		主管側	分岐側
配管口径 D_o	mm	<input type="text"/>	<input type="text"/>
配管肉厚 t	mm	<input type="text"/>	<input type="text"/>
材質	—	STPT49	<input type="text"/>
縦弾性係数	MPa	182840* ¹	
最高使用圧力	MPa	8.62	
最高使用温度	℃	302	
設計応力強さ (S_m)	MPa	138* ²	115* ²

*1：設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表 1 の値を最高使用温度の値に線形補間したもの

*2：設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 1 の値を最高使用温度の値に線形補間したもの

(2) 解析モデル

発生応力の算出には、「1. 通常運転時における疲労累積係数」の算出に用いたものと同じの解析モデル（3次元梁モデル）を用いた。

(3) 入力条件

基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d を用いた地震応答解析より得られた地震波（基準地震動 S_s 8波を包絡させた床応答スペクトル）を用いている。

また、等価繰返し回数は、基準地震動 S_s 、弾性設計用地震動 S_d ともに工事計画認可申請（平成 30 年 2 月補正申請）で適用している 110 回としている。

地震応答解析により算出した原子炉系（蒸気部）配管の荷重条件を表 5 に示す。

等価繰返し回数 110 回の妥当性は別紙 13 にて別途説明します。

表5 原子炉系（蒸気部）配管の荷重条件

荷重	要素	モーメント [N・mm]		
		Mx	My	Mz
自重及び地震 S _s	主管側			
	分岐側			
自重及び地震 S _d	主管側			
	分岐側			
地震及び相対変位 S _s	主管側			
	分岐側			
地震及び相対変位 S _d	主管側			
	分岐側			

3. 評価結果

(1) 応力の解析結果

地震時に生じる応力の解析結果を表6に示す。

表6 地震時に生じる応力の解析結果

(単位：MPa)

	一次応力						一次+二次応力	
	圧力* 1	自重及び地震	合計	許容値	ねじり	許容値	地震及び相対変位	許容値
S _s								
S _d								

*1：圧力の算出は、以下のとおり。

S_s地震時

$$S = \frac{B1 \times P \times Do}{2 \times t}$$

$$= \frac{0.5 \times 8.62 \times \boxed{}}{2 \times \boxed{}} = \boxed{} \rightarrow \boxed{} \text{ [MPa]}$$

ここで、

- B1 = 0.5 (応力係数)
- P = 8.62 (負荷喪失時の圧力)
- Do = (主管側の配管口径)
- t = (主管側の配管肉厚)

S_d地震時

$$S = \frac{B1 \times P \times Do}{2 \times t}$$
$$= \frac{0.5 \times 9.482 \times \boxed{}}{2 \times \boxed{}} = \boxed{} \rightarrow \boxed{} \text{ [MPa]}$$

ここで、

B1 = 0.5 (応力係数)
P = 8.62 · 1.1 = 9.482 (負荷喪失時の圧力)
Do = $\boxed{}$ (主管側の配管口径)
t = $\boxed{}$ (主管側の配管肉厚)

(2) 地震による疲労評価結果

① S_s地震による疲労評価

S_s地震による一次+二次+ピーク応力と繰返しピーク応力強さは、次式により算出される。

地震による一次+二次+ピーク応力

$$Spb = \frac{K_{2b} \times C_{2b} \times M_b \times 2}{Z_b}$$
$$= \frac{1.00 \times 3.96 \times \boxed{} \times 2}{\boxed{}} = \boxed{} \text{ [MPa]}$$

$$Spr = \frac{K_{2r} \times C_{2r} \times M_r \times 2}{Z_r}$$
$$= \frac{1.75 \times 1.50 \times \boxed{} \times 2}{\boxed{}} = \boxed{} \text{ [MPa]}$$

$$Sp = Spb + Spr$$
$$= \boxed{} + \boxed{} = \boxed{} \rightarrow \boxed{} \text{ [MPa]}$$

繰返しピーク応力強さ(ヤング率補正前)

$$Sl = \frac{K_e \times Sp}{2}$$
$$= \frac{2.20 \times \boxed{}}{2} = \boxed{} \rightarrow \boxed{} \text{ [MPa]}$$

繰返しピーク応力強さ(ヤング率補正後)

$$S_l' = \frac{S_l \times (2.07 \times 10^5)}{E}$$

$$= \frac{\boxed{} \times (2.07 \times 10^5)}{182840} = \boxed{} \rightarrow \boxed{} \text{ [MPa]}$$

ここで、

$K_e = 2.20$ (割増し係数)

$C_{2b} = 3.96$ (応力係数)

$C_{2r} = 1.50$ (応力係数)

$K_{2b} = 1.00$ (応力係数)

$K_{2r} = 1.75$ (応力係数)

$M_b = \boxed{}$ (N・mm) (モーメント, 解析により算出)

$M_r = \boxed{}$ (N・mm) (モーメント, 解析により算出)

$Z_b = \boxed{}$ (mm³) (配管の断面係数)

$Z_r = \boxed{}$ (mm³) (配管の断面係数)

$E = 182840$ (材料の使用温度におけるヤング率)

以上より、基準地震動 S_s による疲労累積係数を表 7 に、また、その解析モデルにおける全評価点の疲労累積係数を表 8 にそれぞれ示す。

表 7 基準地震動 S_s による疲労累積係数

節点 番号	地震による 一次+二次+ピーク 応力 (MPa)	繰返し ピーク応力強さ (MPa)	疲労累積係数 (基準地震動 S_s)
50	<input type="text"/>	<input type="text"/>	0.4509

※ S_s 地震動評価では、簡易弾塑性評価による K_e ファクターを考慮しており、「一次+二次応力」が大きく K_e ファクターとヤング率 ($2.07 \times 10^5/E$) の積が 2 を超えるため、「繰返しピーク応力強さ」が「一次+二次+ピーク応力」を上回る。

4. 通常運転時の疲労累積係数との組合せによる評価結果

通常運転時の疲労累積係数を加えた結果を表 9 に示す。疲労累積係数が許容値の 1 を下回り、原子炉系（蒸気部）配管の疲労割れに対する耐震安全性に問題はない。

表 9 S_s地震時の通常運転時疲労累積係数との組み合わせによる評価結果

通常運転時	S _s 地震時	合計
0.0853	0.4509	0.5362

シュラウドサポートの粒界型応力腐食割れを考慮した耐震安全性評価について

1. 評価方針

1.1 はじめに

東海第二発電所の炉内構造物であるシュラウドサポート溶接部については、第 21 回定期検査（平成 17 年度）において、粒界型応力腐食割れと推定されるひび割れが認められており、その後、第 24 回定期検査（平成 22 年度）の継続検査においても、その進展が確認されていることから、構造健全性評価（極限解析）を行い所定の期間（運転開始後 60 年時点までを包絡する期間）での技術基準への適合性を確認している。

構造健全性評価の結果は、電気事業法第 55 条第 3 項（現 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第 43 条の 3 の 16 第 3 項）の設備に発見された技術基準に適合しなくなるおそれのある部分の措置に該当するため、平成 22 年 3 月に経済産業大臣に報告^{*1}しており、技術基準に適合しなくなると見込まれる時期は、運転開始後 60 年時点までを包絡するのに十分に安全側の時期^{*2}であることを報告した。

しかしながら、劣化状況評価における耐震安全性評価（以下、耐震安全性評価）にあたっては、新規制基準対応に伴う基準地震動の見直しがなされていることから、基準地震動 S_s を用いた極限解析を実施し、所定の期間（運転開始後 60 年時点まで）での技術基準への適合性を確認する。

なお、評価にあたっては、第 25 回定期検査で実施した最新のシュラウドサポートの検査結果を考慮する。

図 1 に評価対象であるシュラウドサポートの概略図を示す。

* 1：東海第二発電所におけるシュラウドサポート溶接部のひび割れに関する報告について（発室発第 556 号 平成 22 年 3 月 1 日：第 24 回定期検査）

* 2：技術基準に適合しなくなると見込まれる時期は、評価時点から 45 年後（運転年数）と評価され、第 24 回定期検査は運転開始後 約 31 年であるため、運転開始後 60 年時点までを包絡できる時期となる。

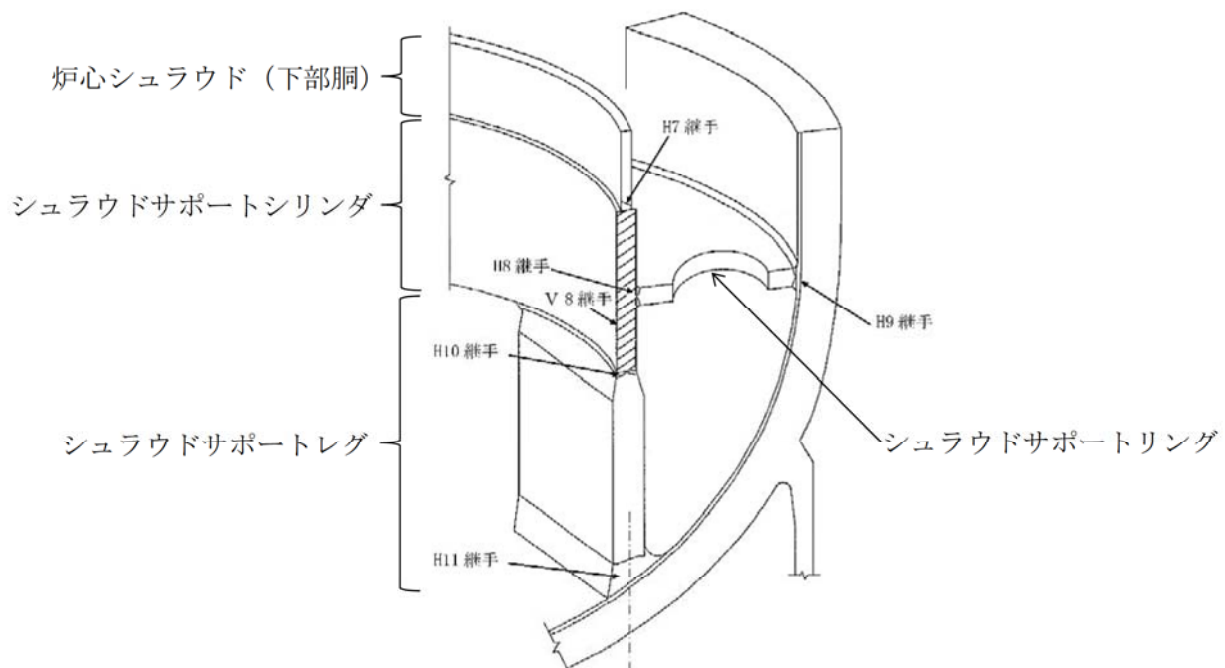


図 1 シュラウドサポート概略図

1.2 評価手順

第 24 回定期検査における構造健全性評価は、以下の評価①～④の順で実施している。

具体的には、極限解析により、ひび割れを模擬したシュラウドサポートの解析モデルを用いて、シュラウドサポートの荷重と変位特性を有限要素法により解析し、得られた荷重変位曲線と弾性勾配の 2 倍の傾きの直線との交点を崩壊荷重とみなす 2 倍勾配法により評価している。

また、構造健全性の判断は、2 倍勾配法によって得られた崩壊荷重が、地震荷重の 1.5 倍以上であれば健全性は確保されると判断している。

耐震安全性評価としては、評価①～③を実施することで運転開始後 60 年時点までの技術基準への適合性を確認できることから、構造健全性評価で実施した評価①～③を基に、解析モデルで模擬されているひび割れの包絡性を確認するとともに、変更となる地震荷重を評価条件に反映し耐震安全性評価を実施した。

<第 24 回定期検査 構造健全性評価のプロセス>

評価①：ひび割れの形状，大きさを特定

評価②：ひび割れの進展予測

評価③：所定の期間（運転開始後 60 年時点までを包絡する期間）での技術基準への適合確認

評価④：技術基準に適合しなくなる時期の評価

2. 評価内容

2.1 第 24 回定期検査の構造健全性評価について

耐震安全性評価における極限解析の前提としている第 24 回定期検査の構造健全性評価の内容を記載する。

2.1.1 評価①：ひび割れの形状、大きさを特定

評価①では、目視検査（MVT-1）によりひび割れを検出し、体積検査（UT）によりひび割れの長さ及び深さを測定することで、ひび割れを特定している。

第 24 回定期検査で検出されたひび割れの状況を表 1 に示す。

表 1 第 24 回定期検査で検出されたひび割れの状況

溶接部位	数量	検出部位	方向
H7	33 個 [検査範囲 47 %] ↓ 126 個*1	内面	軸方向
V8	8 個	内面及び外面	軸方向 周方向（ほう酸注入配管サポート溶接部）

* 1：日本原子力技術協会「BWR 炉内構造物点検評価ガイドライン [シュラウドサポート]（第 3 版）」の「未点検範囲の欠陥想定」に基づき算出したもの

2.1.2 評価②：ひび割れの進展予測

評価①で検出された H7 及び V8 の軸方向及び周方向（ほう酸注入配管サポート）のひび割れは、溶接部において全て貫通するものとしている。

また、H7 については、検査範囲と溶接残留応力の観点から、周方向ひび割れの発生が否定できないため、保守的に周方向亀裂が発生したものと仮定し、「日本機械学会 発電用原子力設備規格 維持規格（2008 年版）」（以下「維持規格」）の添付 EJG-B-2-1 シュラウドの欠陥評価 3. (4) a. (a) i. (i) に基づき、深さ 1 mm、長さ 10 mm の周方向半楕円の初期欠陥を設定し、残留応力を考慮した上で維持規格の低炭素ステンレス鋼の亀裂進展速度を用いて、進展評価を実施している。（維持規格 添付 E-5 [応力拡大係数の算出] 5.3(6) a., 添付 E-2 [亀裂進展速度] 図 添付 E-2-SA-2)

進展評価の結果から、所定の期間（運転開始後 60 年時点までを包絡する期間）での亀裂深さは mm に設定している。

図 2 にひび割れ深さと運転年数の関係を示す。

なお、第 24 回定期検査は運転開始後約 31 年であり、そこから 30 年（運転年数）を想定すると運転開始後 60 年時点を含める期間となる。

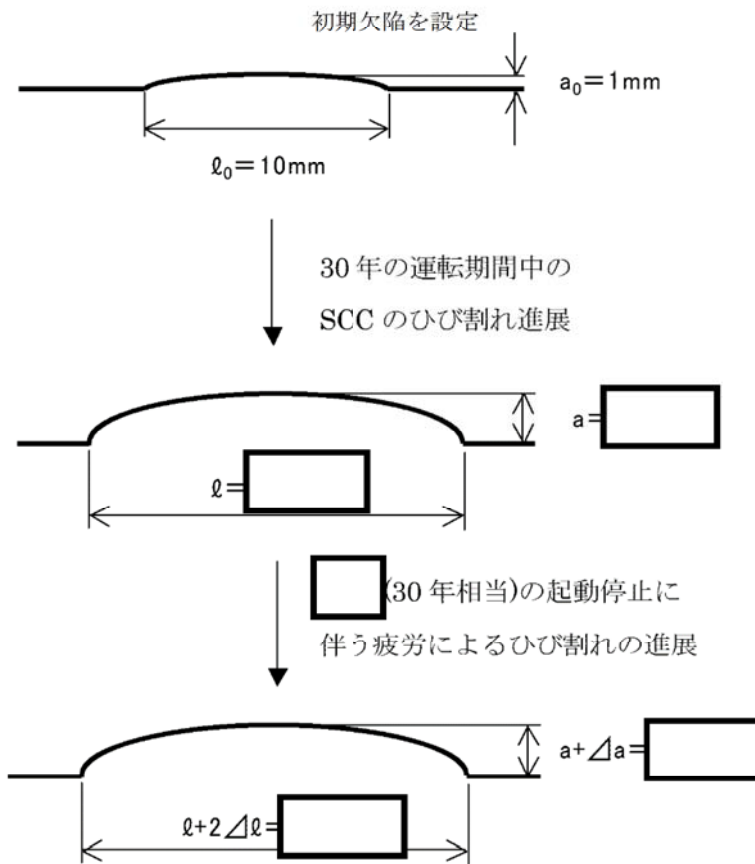


図2 ひび割れの深さと運転年数の関係 (1/2)

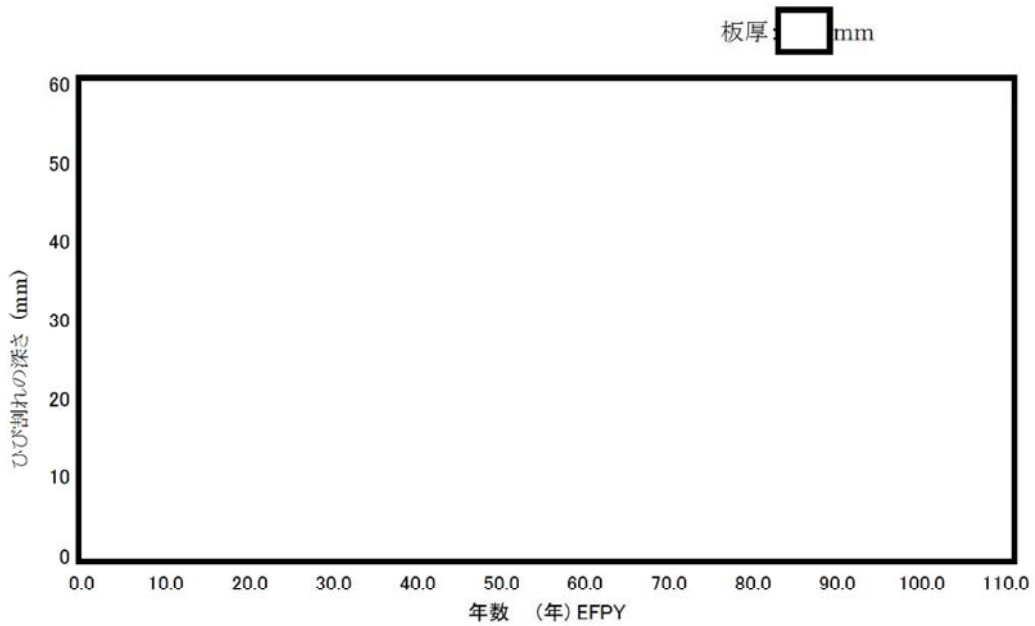


図2 ひび割れの深さと運転年数の関係 (2/2)

2.1.3 評価③：所定の期間（運転開始後 60 年時点までを包絡する期間）での技術基準への適合確認

(1) 解析モデル

解析モデルは評価対象が H7 及び V8 近傍であることからシュラウドサポートから炉心シュラウド下部胴までを模擬し、3次元シェル要素による全周モデルとしている。

解析モデルを図 3 に示す。

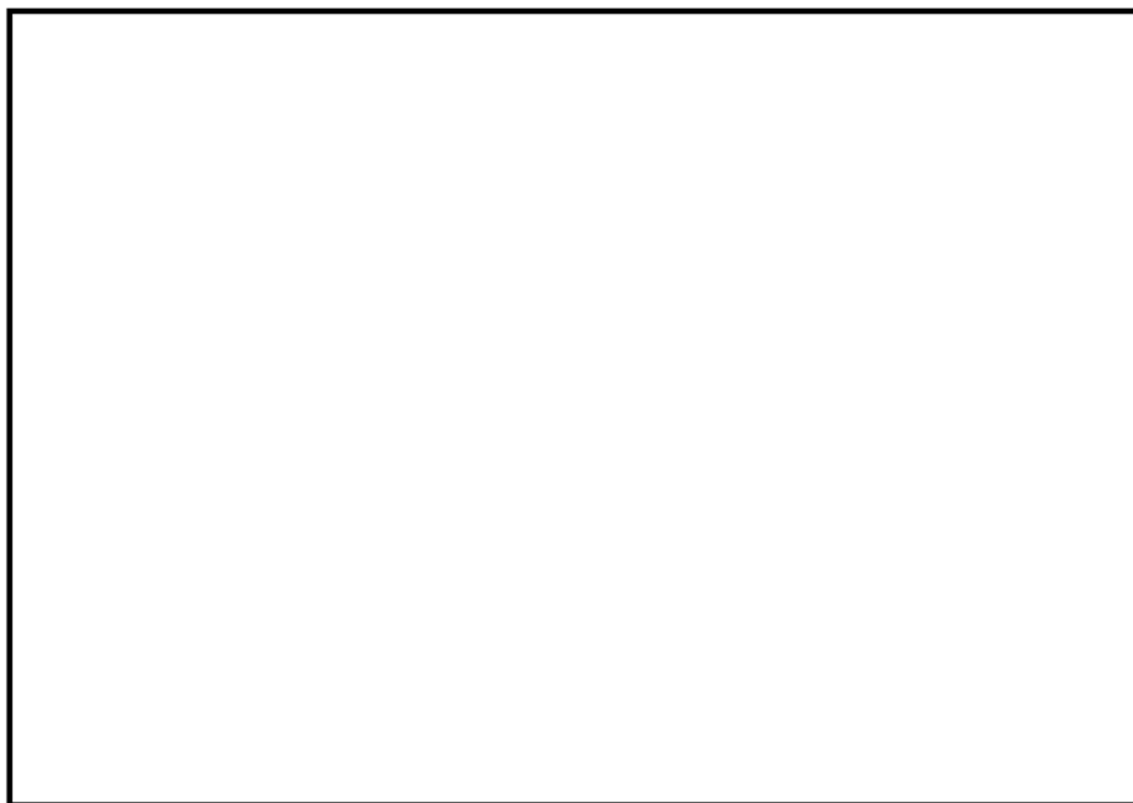


図 3 解析モデル

(2) ひび割れの付与位置

解析モデル上のひび割れは、シュラウドサポートシリンダの V8 長手方向溶接部については、全 4 箇所（ 0° 、 90° 、 180° 、 270° ）にシュラウドサポートシリンダの頂部からシュラウドサポートレグ接続部まで全長貫通亀裂（幅 mm の矩形開口）を設定している。また、ほう酸注入配管サポート溶接部の上部に水平長さ mm の周方向貫通亀裂（スリット）を設定している。

H7 周方向溶接部については、軸方向貫通亀裂（スリット）を 1° 間隔で設定するとともに、溶接熱影響部の全周に周方向亀裂（内表面に深さ mm、幅 mm）を設定している。

解析モデルにおけるひび割れの付与位置を図 4 に示す。

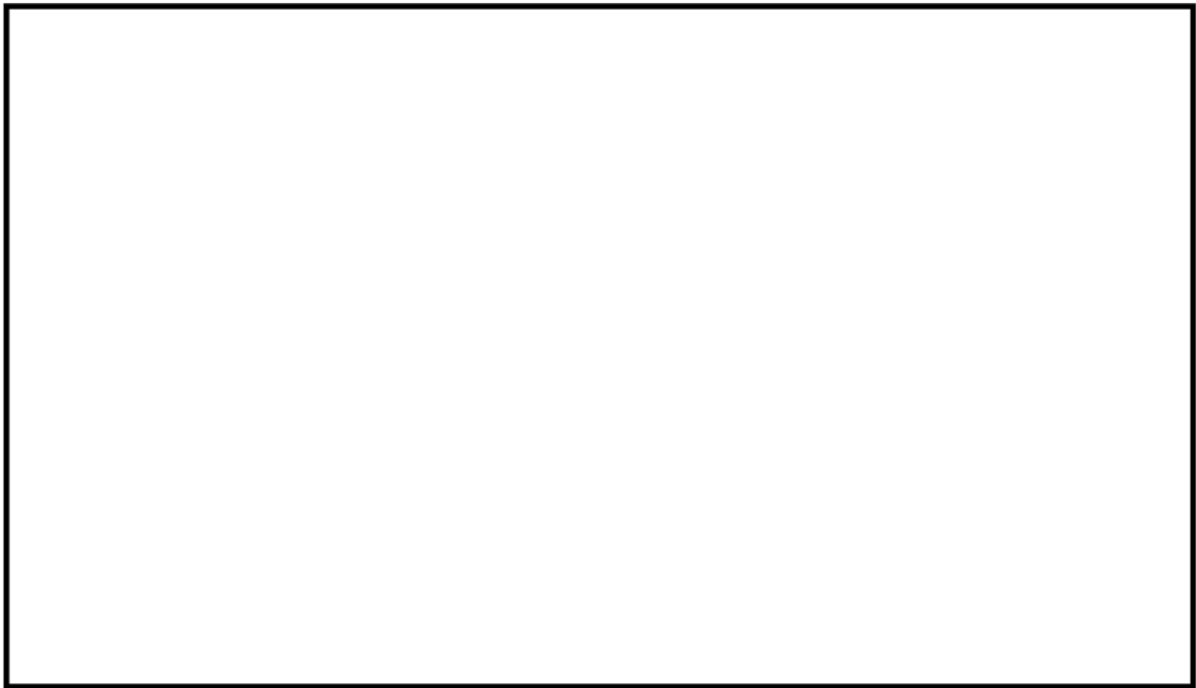


図4 ひび割れの付与位置

(3) 解析コード

3次元汎用有限要素法解析コード「MARC」を用いている。

(4) 荷重条件

解析に用いた供用状態 A, B の荷重（死荷重及び差圧）及び地震荷重を表 2 に示す。

供用状態 A, B の荷重（死荷重及び差圧）を負荷後，地震荷重を比例負荷し，設計上の地震に対する負荷荷重の比率（荷重倍率）と変位の関係を求め，2 倍勾配法により崩壊時の荷重倍率を求めている。

また，水平荷重の負荷方向は， 90° ピッチで同じひびがある場合， 180° 付近のほう酸注入配管サポート溶接部の上部に mm の周方向貫通亀裂（ が中心）を加えているため，荷重負荷方向を から の方向とした場合が，周方向のひび割れをもっとも開口し易い地震荷重負荷方向となることから，構造健全性評価における地震荷重負荷は から の方向に設定している。

表 2 荷重条件

荷重	種類	鉛直力 V (kN)	水平力 H (kN)	モーメント M (kN・m)	差圧 P (MPa)
供用状態 A, B の荷重	死荷重		—	—	—
	差圧	—	—	—	
地震時の荷重	地震荷重 S ₁ *				—
	地震荷重 S ₂				

S₁* : 水平地震力は動的解析結果から得られた地震力と静的震度から得られた地震力のうちいずれか大きい方の値を、鉛直地震力は鉛直地震動により定まる値を示す。

(5) 物性値

解析に用いた物性値を表 3 に示す。

表 3 解析に用いた物性値

材質	温度 (°C)	S _m (MPa)	弾完全塑性体の 降伏点 (MPa)	縦弾性係数 (MPa)	加工硬化係数 (MPa)
SUS304L (シュラウド下部胴)	302	96.8	S ₁ * : 1.5S _m =145		
			S ₂ : 2.3S _m =222 (注 1) 0.7S _u =253		
NCF600-P (シュラウドサポート)	302	164	S ₁ * : 1.5S _m =246		
			S ₂ : 2.3S _m =377 (注 1) 0.7S _u =350		

(注 1) : 2.3m と 0.7S_u のいずれか小さい方を用いる。

(注 2) : 加工硬化係数は、応力-塑性ひずみ曲線の傾きとして定義される係数である。

弾完全塑性体を用いる極限解析において、解析応力が降伏応力を超えると、荷重とひずみのバランスが不安定となり解析の収束が難しくなるため、極めて小さな加工硬化係数 (=E/1000) を与えることにより、降伏後の解析の収束性を上げている。

(6) 評価結果

保守的にひび割れを付与した解析モデルを用いて極限解析を実施した結果、崩壊荷重は設計上の地震荷重に対して余裕を有していることが確認されたことから、所定の期間（運転開始後 60 年時点までを包絡する期間）において、技術基準に適合しないものではないと評価している。（維持規格 添付 EJG-B-2-2）

図 5 に評価結果がより厳しい地震荷重 S₂ の極限解析結果を示す。

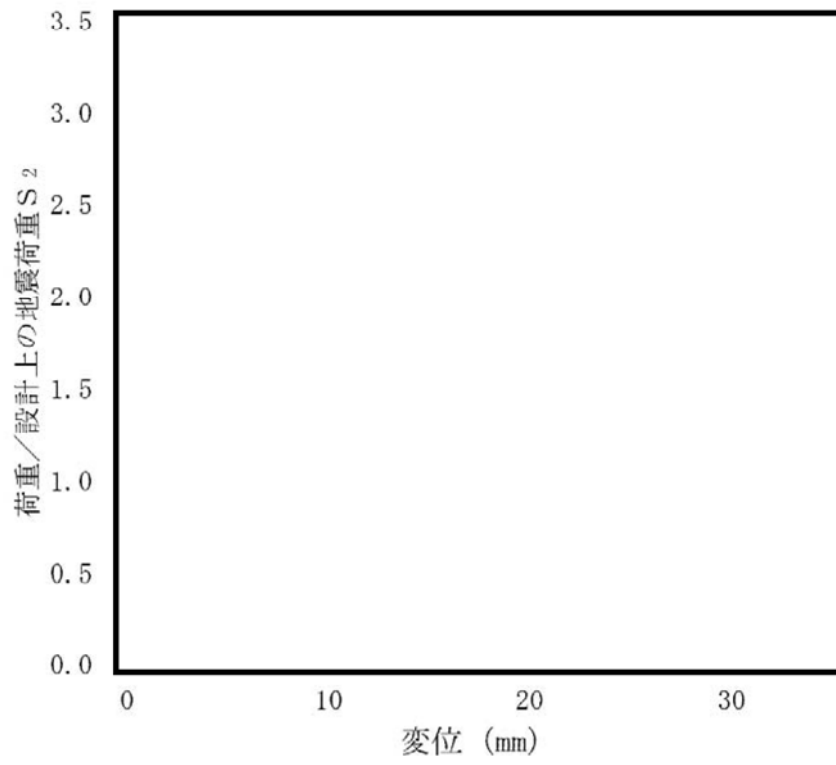


図5 極限解析結果 (地震荷重 S_2)

2.2. 耐震安全性評価について

2.2.1 評価①：ひび割れの形状、大きさを特定

最新のシュラウドサポートの検査結果である、第 25 回定期検査での検査結果を確認した。確認の結果、検出されたひび割れは、以下に示す通り、第 24 回定期検査の構造健全性評価で想定している範囲にとどまっていることが確認されている。

第 25 回定期検査で検出されたひび割れの状況を表 4 に示す。

①H7 及び V8 のひび割れの発生・進展は、予測した範囲にとどまっていた。

(H7 及び V8 に確認されたひび割れは、いずれも母材への発生・進展はなく、解析モデルに付与した想定ひび割れの範囲に包含されている)

②H7 溶接金属に周方向のひび割れは発生・進展していなかった。

③H7 軸方向のひび割れは、360 個を超えないと評価された。

表 4 第 25 回定期検査で検出されたひび割れの状況

溶接部位	数量	検出部位	方向
H7	59 個 [検査範囲 65.2 %] ↓ 91 個* ¹	内面	軸方向
V8	8 個	内面及び外面	軸方向 周方向 (ほう酸注入配管サポート溶接部)

* 1 : 日本原子力技術協会「BWR 炉内構造物点検評価ガイドライン [シュラウドサポート] (第 3 版)」の「未点検範囲の欠陥想定」に基づき算出したもの。

2.2.2 評価②：ひび割れの進展予測

第 25 回定期検査においては、ひび割れの進展は認められるものの、検出されたひび割れは、第 24 回定期検査の構造健全性評価で想定している範囲に包絡されることから、耐震安全性評価においては、第 24 回定期検査の評価と同条件で評価するものとした。

2.2.3 評価③：所定の期間 (運転開始後 60 年時点まで) での技術基準への適合確認

(1) 解析モデル

耐震安全性評価では、第 24 回定期検査での評価と同一の解析モデルを用いた。

(2) ひび割れの付与位置

耐震安全性評価では、第 24 回定期検査での評価の付与位置と同一とした。

評価モデル及びひび割れの付与位置を図 6 に示す。

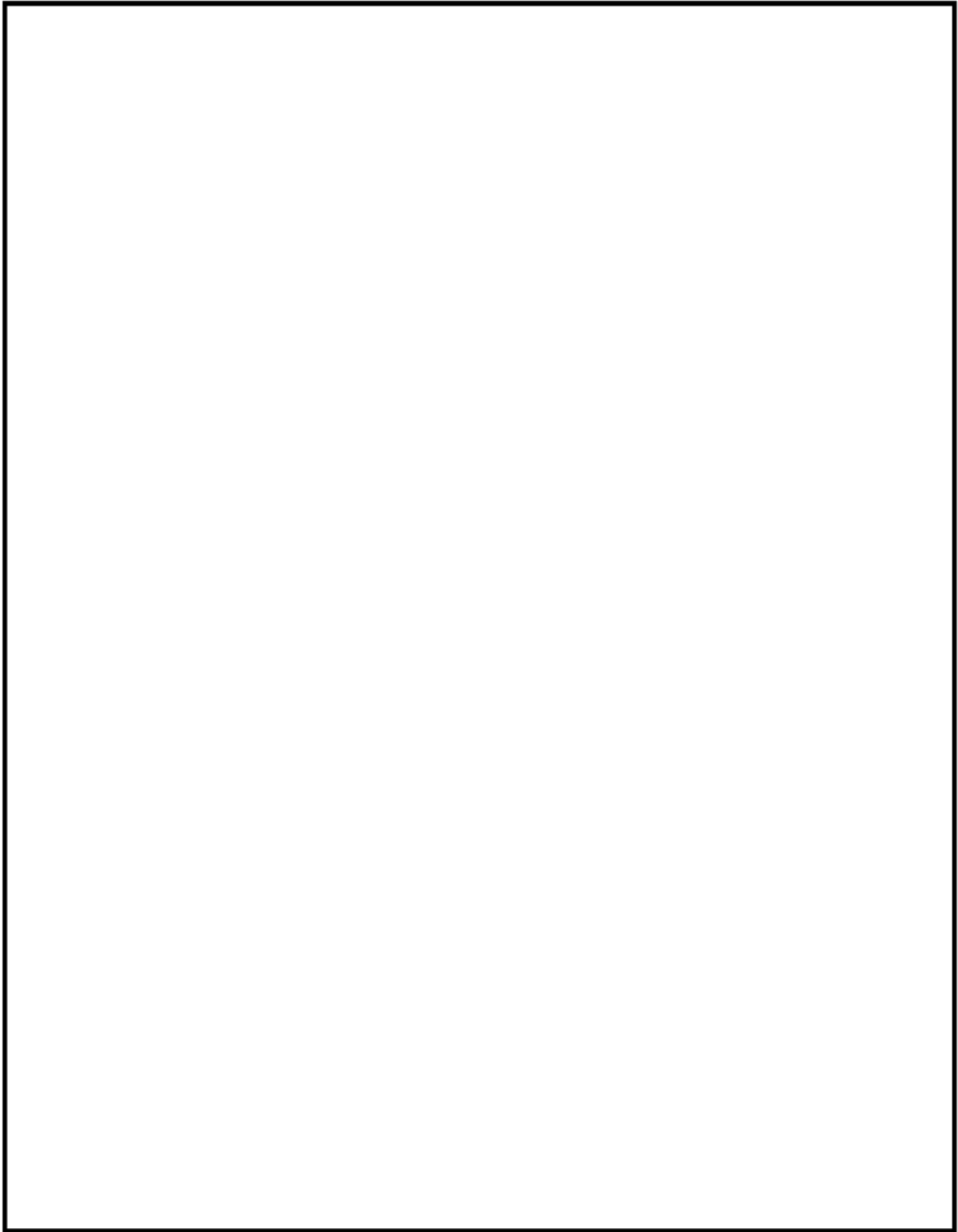


図6 解析モデル及びひび割れの付与位置

(3) 解析コード

耐震安全性評価では、3次元汎用有限要素法解析コード「ABAQUS 6.13-1」を用いた。

(4) 荷重条件

耐震安全性評価で解析に用いた供用状態 A, B の荷重（死荷重及び差圧）及び地震荷重を表 5 に示す。

このうち、供用荷重 A, B の荷重は、第 24 回定期検査の評価と同一である。

一方、地震荷重については、基準地震動 S_s による地震荷重（ S_s 8 波包絡荷重条件）を用いた。

表 5 耐震安全性評価で用いた荷重条件

荷重	種類	鉛直力 V (kN)	水平力 H (kN)	モーメント M (kN・m)	差圧 P (MPa)
供用状態 A, B の荷重	死荷重		—	—	—
	差圧	—	—	—	
地震時の荷重	地震荷重 S_s	* 1	* 2	* 2	—

* 1 : S_s -21 による算出結果

* 2 : S_s -22 による算出結果

(5) 物性値

耐震安全性評価で解析に用いた物性値を表 6 に示す。

表 6 解析に用いた物性値

材質	温度 (°C)	S_m (MPa)	弾完全塑性体の 降伏点 (MPa)	縦弾性係数 (MPa)	加工硬化係数 (MPa)
SUS304L (シュラウド下部胴)	301 (注 1)	96.9	$S_s : 2.3S_m = 222$ (注 2) $0.7S_u = 253$		(注 3)
NCF600-P (シュラウドサポート)	301 (注 1)	164	$S_s : 2.3S_m = 377$ (注 2) $0.7S_u = 350$		(注 3)

(注 1) : 供用状態 A, B の最高温度を用いた。

(注 2) : $2.3m$ と $0.7S_u$ のいずれか小さい方を用いる。

(注 3) : 加工硬化係数は、応力-塑性ひずみ曲線の傾きとして定義される係数である。

弾完全塑性体を用いる極限解析において、解析応力が降伏応力を超えると、荷重とひずみのバランスが不安定となり解析の収束が難しくなるため、極めて小さな加工硬化係数 (=E/1000) を与えることにより、降伏後の解析の収束性を上げている。

(6) 評価結果

保守的にひび割れを付与した解析モデルを用いて極限解析を実施した結果、崩壊荷重は設計上の地震荷重に対して余裕を有していることが確認されたことから、所定の期間（運転開始後 60 年時点まで）において、技術基準に適合しないものではないと評価した。（維持規格 添付 EJG-B-2-2）

地震荷重 Ss（Ss8 波包絡荷重条件）における極限解析結果を図 7 示す。

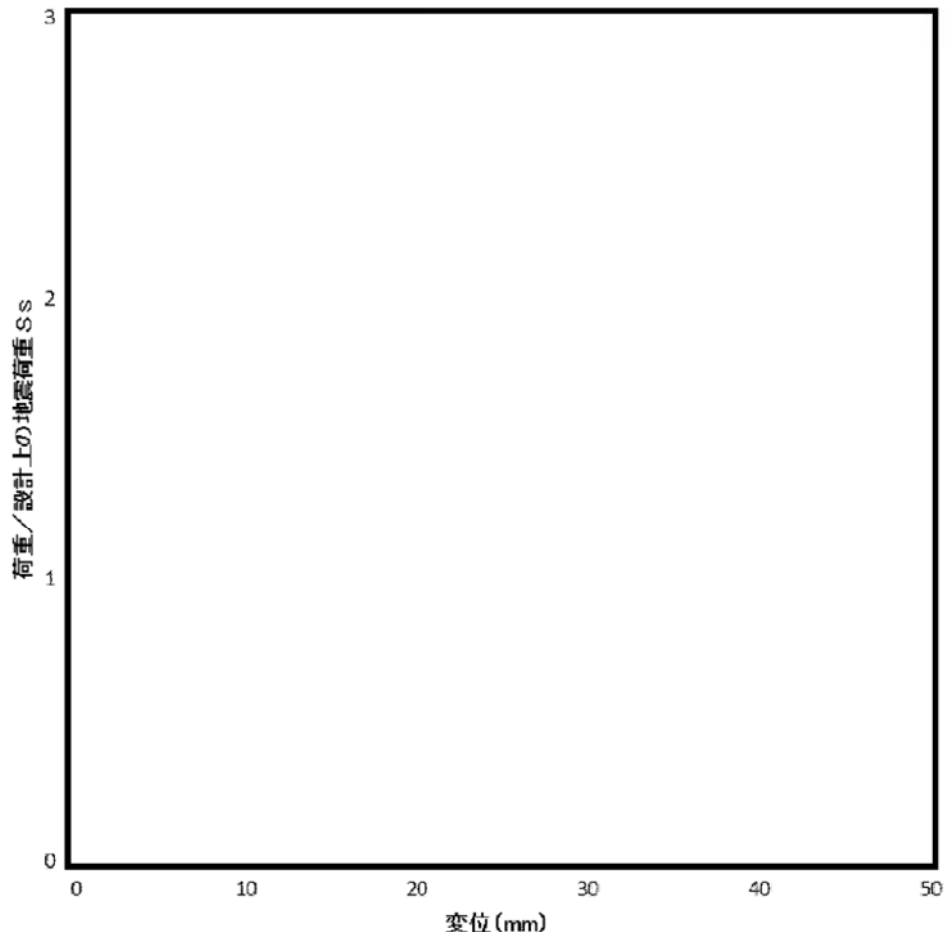


図 7 極限解析結果（地震荷重 Ss）

3. 耐震安全性評価結果

耐震安全性評価における極限解析の結果、運転開始後 60 年時点において、シュラウドサポートの崩壊荷重は地震荷重に対して余裕を有していることを確認したことから、シュラウドサポートの粒界型応力腐食割れは、耐震安全性評価上問題ない。

建設後の耐震補強の実績及び今後の予定について

耐震設計審査指針の改正後の耐震バックチェックに関連して実施した耐震補強（以下、「耐震 BC による耐震補強」という）について表 1 に示す。

表 1 過去の耐震補強概要

種別	内容	評価への影響有無 ^{*1}
配管類	サポート追設・撤去，サポート取替（容量変更），架構補強，ラグ改造，拘束方向変更（16 系統，約 350 箇所）	○
電路類	ケーブルトレイのサポート改造（約 260 箇所）	×
	電線管のサポート改造（約 70 箇所）	×
機器類	中央制御室換気空調系ダクトサポートの追設，補強	×
	残留熱除去系熱交換器架台のサポート追設	○
建物・構築物，屋外土木構造物	取水口護岸部（南北）両岸の地盤の改良	×
	非常用海水系配管（二重管）下部の地盤の改良	×
	主排気筒鉄塔の一部撤去，制震ダンパ，弾塑性ダンパ取付け，鉄塔補強	○
	原子炉建屋 6 F の屋根トラスの鉄骨補強，原子炉建屋 6 F 天井走行クレーンのクレーンガータの振れ止め敷設	×
	非常用ガス処理系屋外配管のルート変更，変更後配管用高架陸橋（架構）設置	×

*1：耐震安全性評価書に記載される評価結果に影響を及ぼす工事を○，評価結果に影響を及ぼさない工事を×とする。

工事計画認可申請（平成 30 年 2 月補正申請）及び今回の劣化状況評価における耐震安全性評価によって今後予定されている耐震補強（以下、「補正工認等による耐震補強」という）について表 2 に示す。

表 2 今後の耐震補強工事概要

種別	内容
配管類	サポート追設・撤去，サポート取替（型式・容量変更），ラグ改造，拘束方向変更（242 箇所）
機器類	残留熱除去系熱交換器架台のサポート追設，原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器のサポート追設，雑固体焼却系設備焼却炉架台補強，雑固体焼却系設備セラミックフィルタのラグ補強
建物・構築物，屋外土木構造物	主排気筒の鉄塔補強高さの嵩上げ，鉄塔脚数の増加，基礎梁の増強，鋼管杭の増設

表 1 で評価への影響有とした耐震補強工事，並びに表 2 に示す工事計画認可申請（平成 30 年 2 月補正申請）及び今回の劣化状況評価における耐震安全性評価において現状の構造から補強のため変更を加えて評価を行った機器について，補強概要を次項以降に示す。

(1) 配管類耐震補強

配管類耐震補強のうち、耐震安全性評価を実施する範囲においてサポート追設等を実施した箇所の内訳を表3に示す。

表3 配管類耐震補強予実績箇所数

系統	耐震BCによる耐震補強の実施箇所数	補正工認等による耐震補強の実施予定箇所数
原子炉再循環系	①11	⑥21*1
残留熱除去系	②15*3	⑦19*1,*3
原子炉系（蒸気部）	③20	⑧66*1/47*2
原子炉系（純水部）	④10	⑨8*1*2
給水系	⑤4	⑩2*2
復水系	—	⑪3*2
給水加熱器ドレン系	—	⑫2*2

*1：配管の低サイクル疲労を考慮した耐震安全性評価におけるサポート追設等の実施箇所数を示す

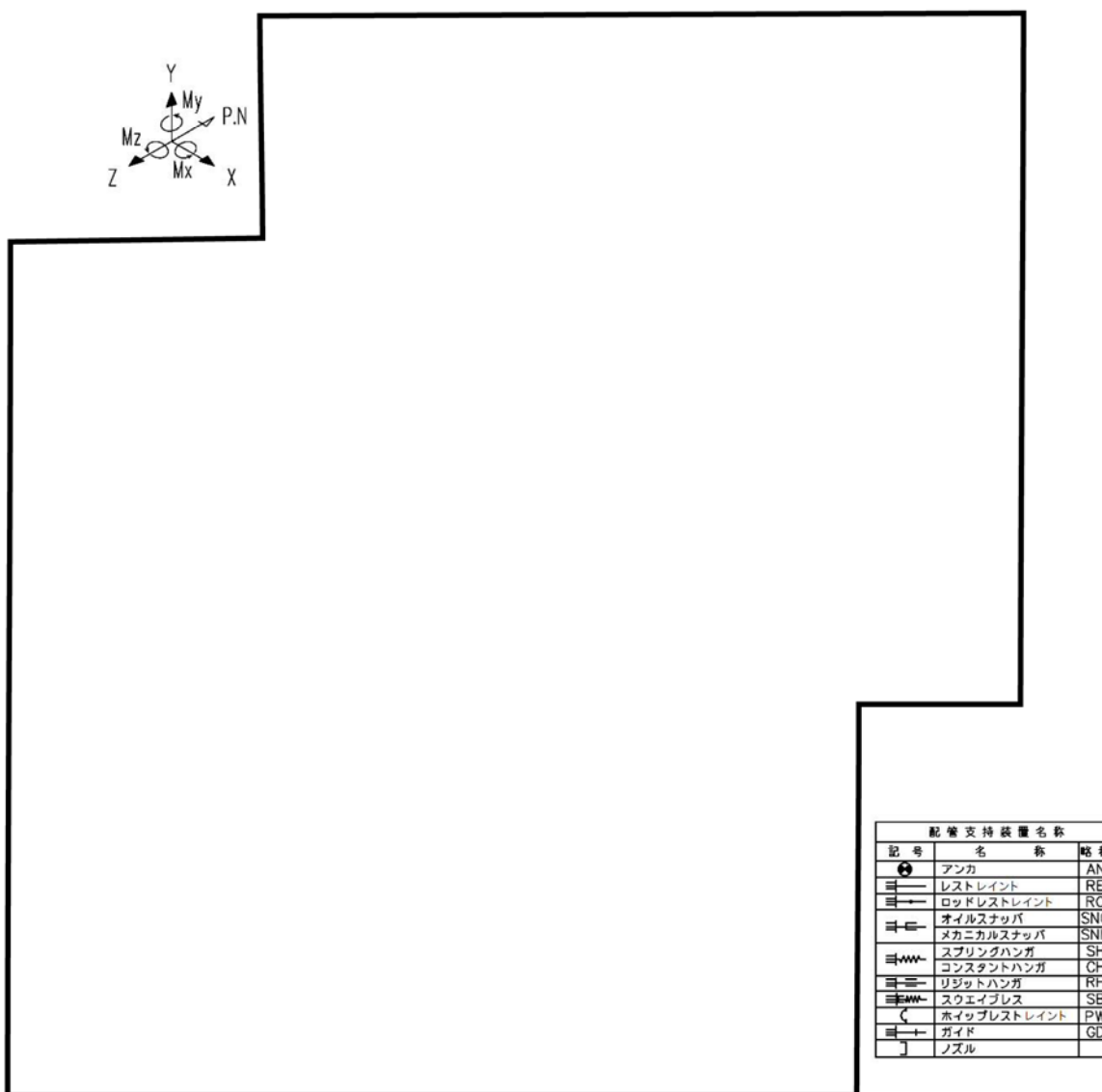
*2：配管の腐食（流れ加速型腐食）を考慮した耐震安全性評価におけるサポート追設等の実施箇所数を示す

*3：原子炉再循環系の解析モデルに含まれる範囲におけるサポート追設等の実施箇所数を示す

耐震BCによる耐震補強概要を①～⑤，補正工認等による耐震補強概要を⑥～⑫にそれぞれ示す。

補正工認等による耐震補強のうち、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d 見直しによる補正工認での耐震評価及び経年劣化を考慮しない状態での耐震評価（配管の耐震評価における公称板厚等）において補強の必要となった箇所については補強内容欄に【工】，劣化状況評価において耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象を考慮した耐震安全性評価により補強の必要となった箇所については【劣】と記載する。

① 原子炉再循環系

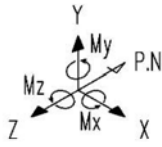


○ : 耐震 BC による耐震補強箇所

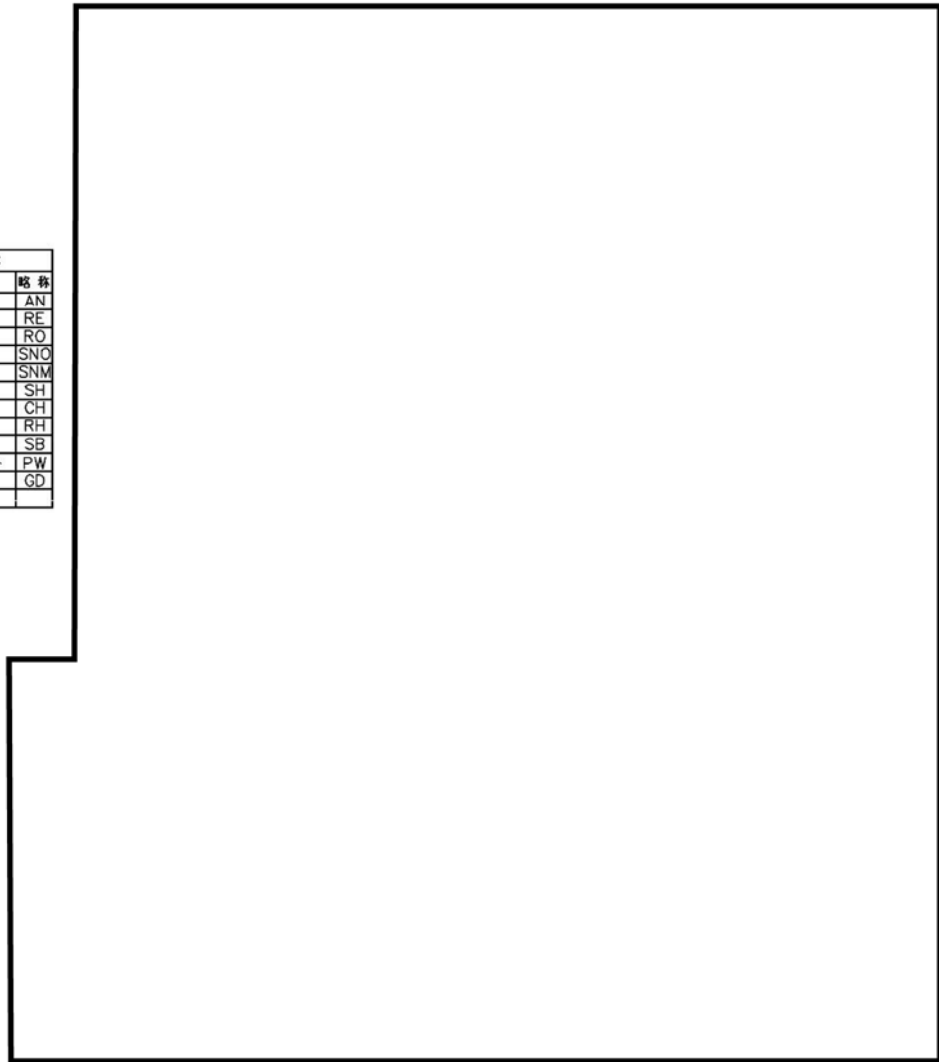
図 1 (1/2) 耐震 BC による耐震補強実施箇所【原子炉再循環系】

表 4 (1/2) 耐震 BC による耐震補強内容【原子炉再循環系】

サポート番号	補強内容
SNO-PLR-SA1	サポート容量変更 (100 kN → 160 kN)
SNO-PLR-SA2	サポート容量変更 (100 kN → 160 kN)
SNO-PLR-SA8	サポート容量変更 (50 kN → 100 kN), 架構補強
SNO-PLR-SA11	架構補強
SNO-PLR-SA14	架構補強
SNO-PLR-SA22	架構補強
SNO-PLR-SA23	サポート容量変更 (100 kN → 250 kN), 架構補強



配管支持装置名称		
記号	名称	略称
●	アンカ	AN
≡	レストレイント	RE
≡→	ロッドレストレイント	RO
≡≡	オイルスナップ	SNO
≡≡	メカニカルスナップ	SNM
≡≡≡	スプリングハンガ	SH
≡≡≡	コンスタントハンガ	CH
≡≡≡	リジッドハンガ	RH
≡≡≡	スウェイブレス	SB
≡≡≡	ホイップレストレイント	PW
≡→	ガイド	GD
└	ノズル	



○ : 耐震 BC による耐震補強箇所

図 1 (2/2) 耐震 BC による耐震補強実施箇所【原子炉再循環系】

表 4 (2/2) 耐震 BC による耐震補強内容【原子炉再循環系】

サポート番号	補強内容
SNO-PLR-SB8	サポート容量変更 (50 kN→ 100 kN), 架構補強
SNO-PLR-SB14	架構補強
SNO-PLR-SB22	架構補強
SNO-PLR-SB23	サポート容量変更 (100 kN → 250 kN), 架構補強

サポート番号：SNO-PLR-SA1 サポート容量変更



サポート番号：SNO-PLR-SA11 架構補強

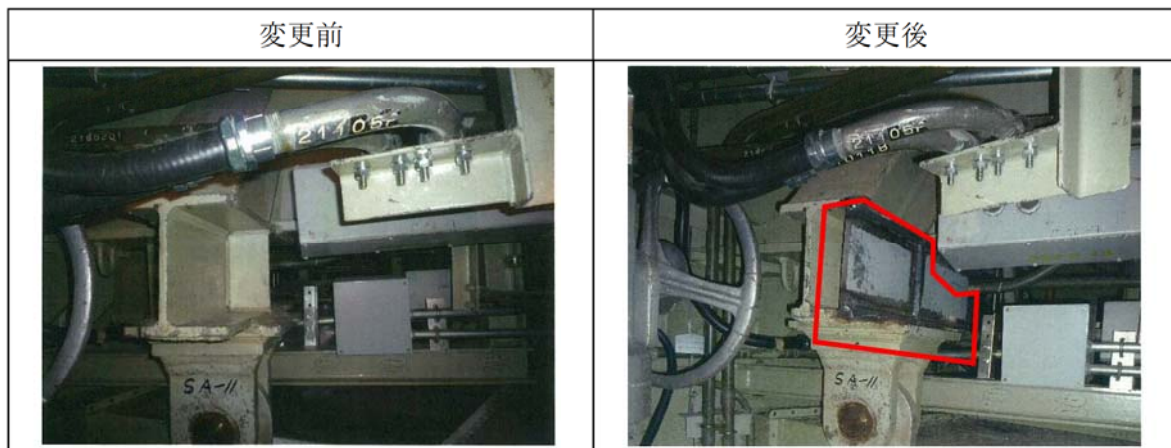
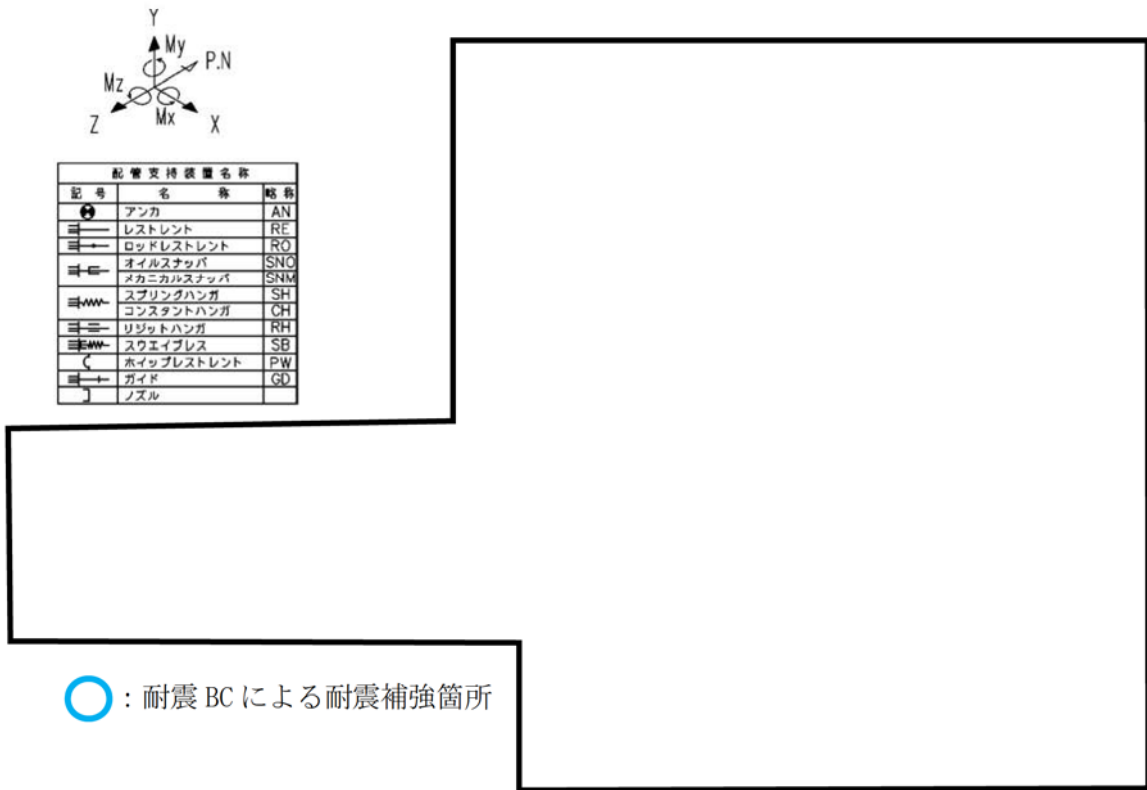


図2 サポート変更概要現場写真

② 残留熱除去系



○ : 耐震 BC による耐震補強箇所

図 3 (1/3) 耐震 BC による耐震補強実施箇所【残留熱除去系】

表 5 (1/3) 耐震 BC による耐震補強内容【残留熱除去系】

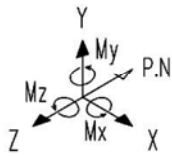
サポート番号	補強内容
SNO-RHR-30A	サポート容量変更 (50 kN → 100 kN), 架構補強
SNO-RHR-31A	架構補強
SNO-RHR-31C	サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)
SNO-RHR-32T1	サポート追設 (160 kN × 1 本)
SNO-RHR-33A	架構補強



図 3 (2/3) 耐震 BC による耐震補強実施箇所【残留熱除去系】

表 5 (2/3) 耐震 BC による耐震補強内容【残留熱除去系】

サポート番号	補強内容
SNO-RHR-412A	サポート容量変更 (10 kN → 30 kN)
SNO-RHR-413A	サポート容量変更 (30 kN → 60 kN)
SNO-RHR-413T	サポート追設 (60 kN ×1 本)
SNO-RHR-415A	サポート容量変更 (30 kN → 60 kN)
SNO-RHR-415B	架構補強



配管支持装置名称		
記号	名称	略称
●	アンカ	AN
≡	レストレイント	RE
≡→	ロッドレスレイント	RO
≡	オイルスナップ	SNO
≡	メカニカルスナップ	SNM
≡	スプリングハンガ	SH
≡	コンスタントハンガ	CH
≡	リジッドハンガ	RH
≡	スウェイブレス	SB
⌒	ホイップレストレイント	PW
≡+	ガイド	GD
⌒	ノズル	

○ : 耐震 BC による耐震補強箇所

図 3 (3/3) 耐震 BC による耐震補強実施箇所【残留熱除去系】

表 5 (3/3) 耐震 BC による耐震補強内容【残留熱除去系】

サポート番号	補強内容
AN-RHR-20	架構補強, ラグ補強
SNO-RHR-21A	サポート容量変更 (10 kN → 30 kN)
SNO-RHR-23A	サポート容量変更 (50 kN → 60 kN)
SNO-RHR-23B	サポート容量変更 (50 kN → 100 kN), 架構補強
SNO-RHR-26A	サポート容量変更 (50 kN → 100 kN), 架構補強

サポート番号 : AN-RHR-20 ラグ補強

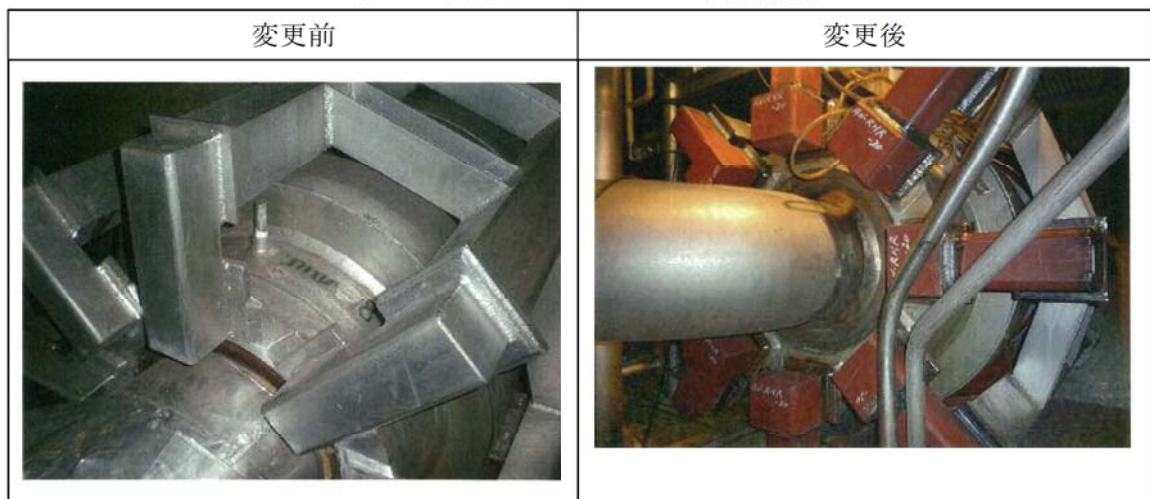
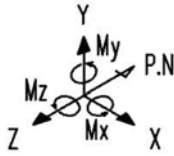


図 4 サポート変更概要現場写真

③ 原子炉系（蒸気部）



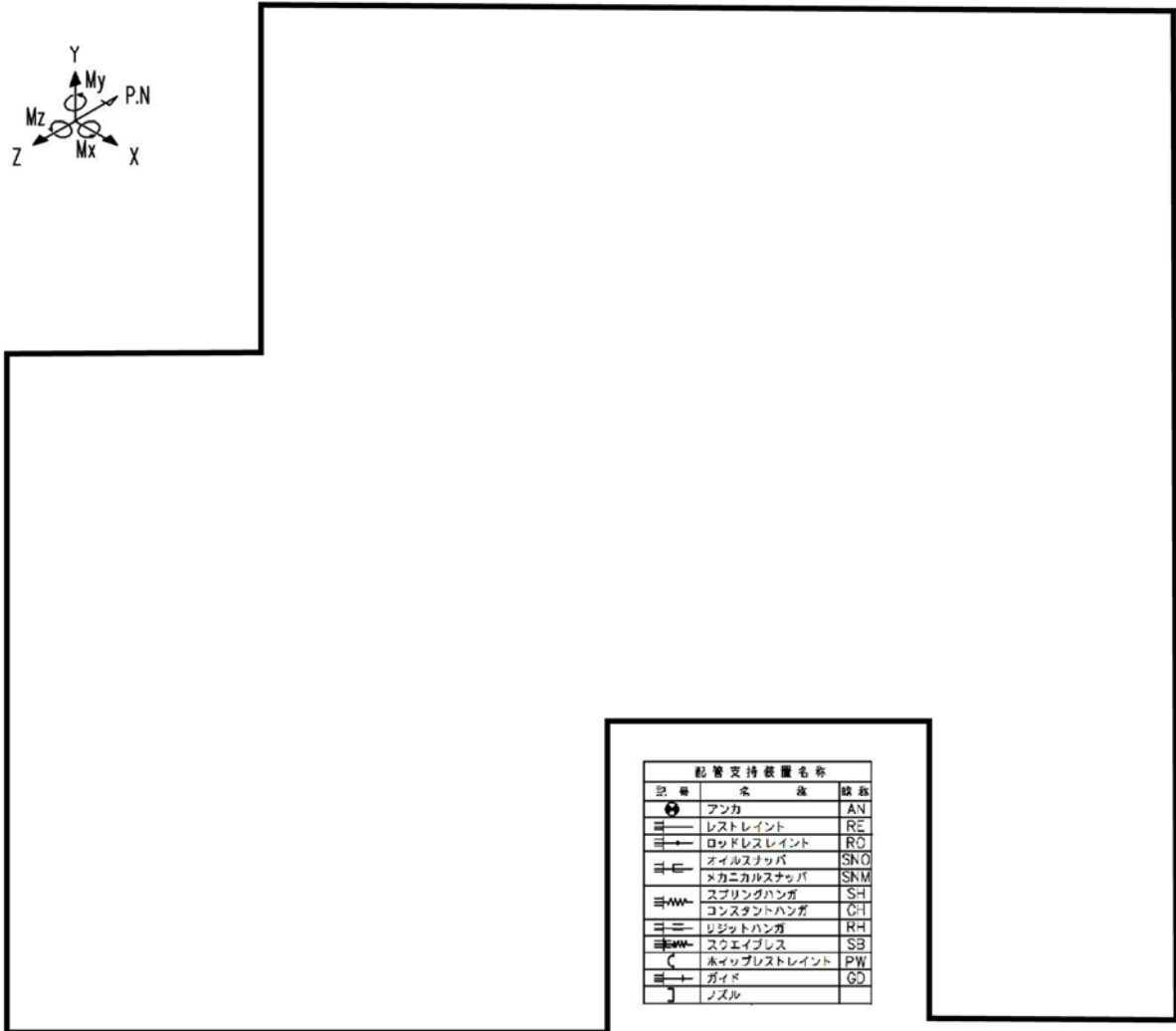
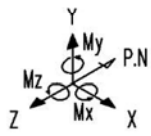
配管支持装置名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレストレイント	RO
	オイルスナッパ	SNO
	メカニカルスナッパ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CH
	リジッドハンガ	RH
	スウェイブレス	SB
	ホイップレストレイント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	

: 耐震 BC による耐震補強箇所

図 5 (1/12) 耐震 BC による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 6 (1/12) 耐震 BC による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-501	サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)



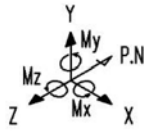
配管支持装置名称		
記号	名称	略称
⊕	アンカ	AN
≡	レストレイント	RE
≡+	ロッドレストレイント	RO
≡	オイルスナッパ	SNO
≡	メカニカルスナッパ	SNM
≡	スプリングハンガ	SH
≡	コンスタントハンガ	CH
≡	リジッドハンガ	RH
≡	スクエイブレス	SB
⊕	ホイップレストレイント	PW
≡+	ガイド	GD
⌋	ノズル	

⊕ : 耐震 BC による耐震補強箇所

図 5 (2/12) 耐震 BC による耐震補強実施箇所【原子炉系 (蒸気部)】

表 6 (2/12) 耐震 BC による耐震補強内容【原子炉系 (蒸気部)】

サポート番号	補強内容
SNM-MS-114-248	サポート容量変更 (20 kN → 30 kN)
SNM-MS-114-250	サポート容量変更 (20 kN → 60 kN)



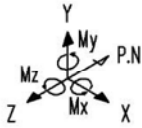
配管支持装置名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレストレイント	RO
	オイルスナッチ	SNO
	メカニカルスナッチ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CH
	リジッドハンガ	RH
	スウェイブレス	SB
	ホイップレストレイント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	

: 耐震 BC による耐震補強箇所

図 5 (3/12) 耐震 BC による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 6 (3/12) 耐震 BC による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-512-1	架構補強
SNO-MS-512-2	架構補強



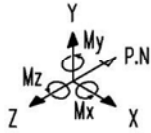
配管支持装置名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレストレイント	RO
	オイルスナッパ	SNO
	メカニカルスナッパ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CH
	リジッドハンガ	RH
	スウェイブレス	SB
	ホイップレストレイント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	

: 耐震 BC による耐震補強箇所

図 5 (4/12) 耐震 BC による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 6 (4/12) 耐震 BC による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-SB4	サポート容量変更 (100 kN → 160 kN)
SNO-MS-SB6	架構補強



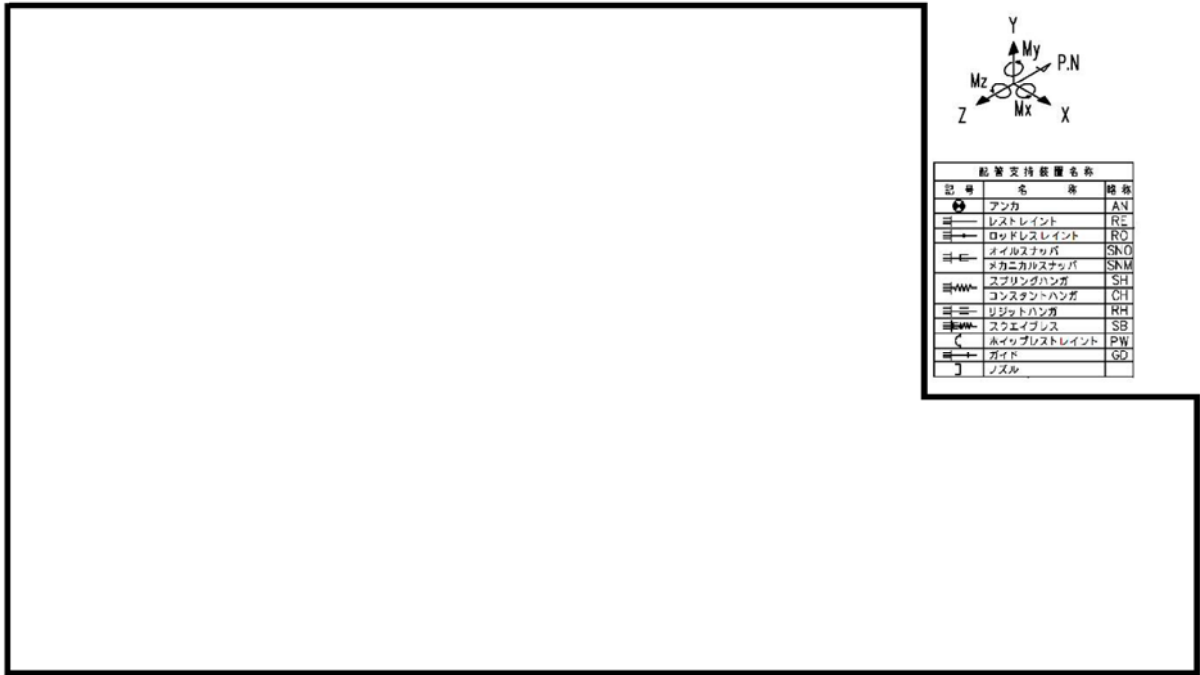
配管支持装置名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレストレイント	RO
	オイルスタップ	SNO
	メカニカルスタップ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CH
	リジッドハンガ	RH
	スウェイブレス	SB
	ホイップレストレイント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	

: 耐震 BC による耐震補強箇所

図 5 (5/12) 耐震 BC による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 6 (5/12) 耐震 BC による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-538-1	架構補強
SNO-MS-538-2	架構補強

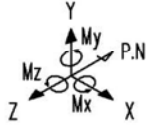


○ : 耐震 BC による耐震補強箇所

図 5 (6/12) 耐震 BC による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 6 (6/12) 耐震 BC による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-SC4	サポート容量変更 (100 kN → 160 kN)
SNO-MS-SC6	架構補強
SNO-MS-SC7	サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)



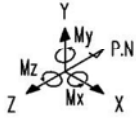
配管支持装置名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレストレイント	RO
	オイルスナッチャ	SNO
	メカニカルスナッチャ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CH
	リリットハンガ	RH
	スウェイブレス	SB
	ホイップレストレイント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	

: 耐震 BC による耐震補強箇所

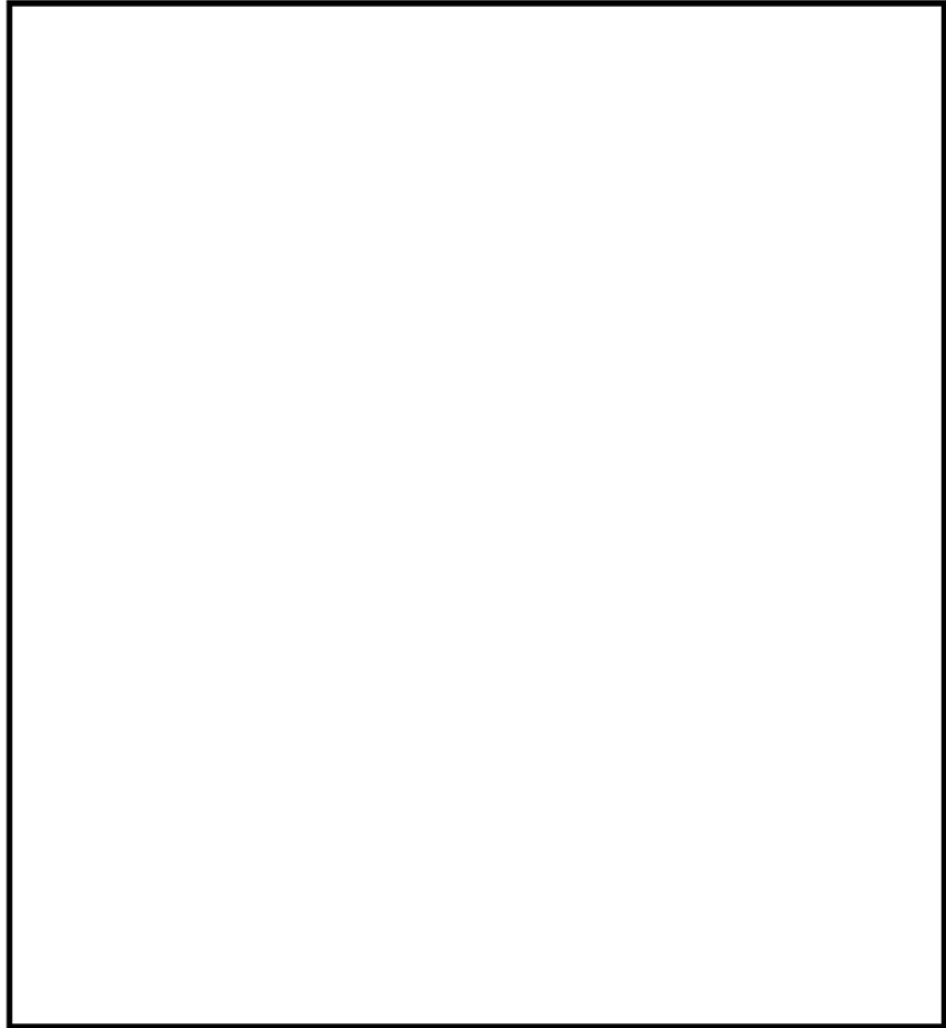
図 5 (7/12) 耐震 BC による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 6 (7/12) 耐震 BC による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-590-2	架構補強



配管支持装置名称		
記号	名称	略称
⊕	アンカ	AN
≡	レストレイント	RE
≡→	ロッドレストレイント	RC
≡←	オイルスタップ	SNO
≡←	メカニカルスタップ	SNM
≡↖	スプリングハンガ	S-H
≡↗	コンスタントハンガ	C-H
≡	リジットハンガ	R-H
≡↖↗	スラエブレス	SB
↖	ホイップレストレイント	PW
≡→	ガイド	GD
↓	ノズル	

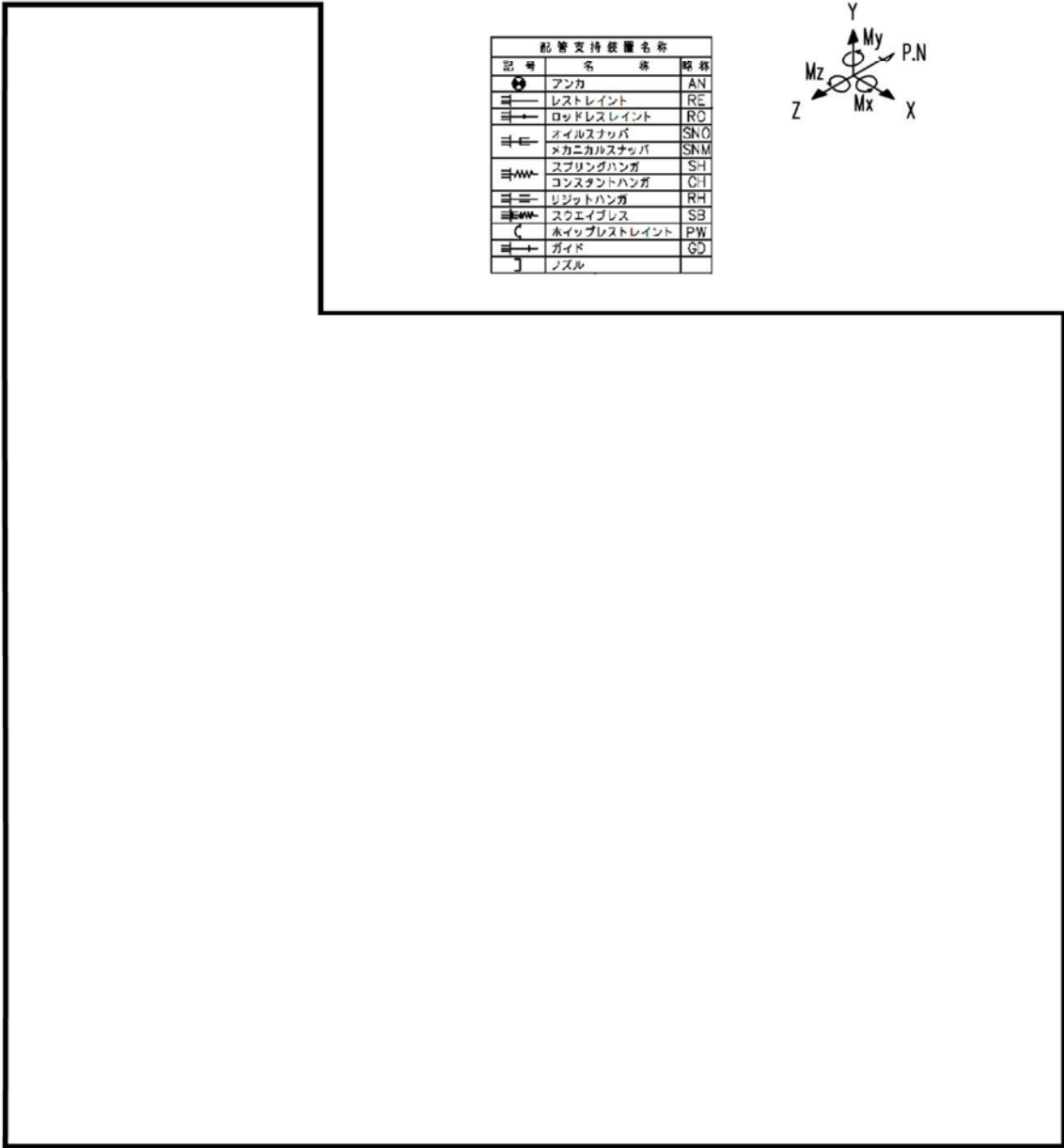


○：耐震 BC による耐震補強箇所

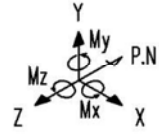
図 5 (8/12) 耐震 BC による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 6 (8/12) 耐震 BC による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-598	ラグ補強



配管支持装置名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレストレイント	RO
	オイルサッパ	SNO
	メカニカルサッパ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CH
	リジッドハンガ	RH
	スラエイブレス	SB
	ホイップレストレイント	PW
	ガイド	GD
	スズル	

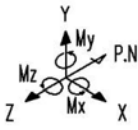


: 耐震 BC による耐震補強箇所

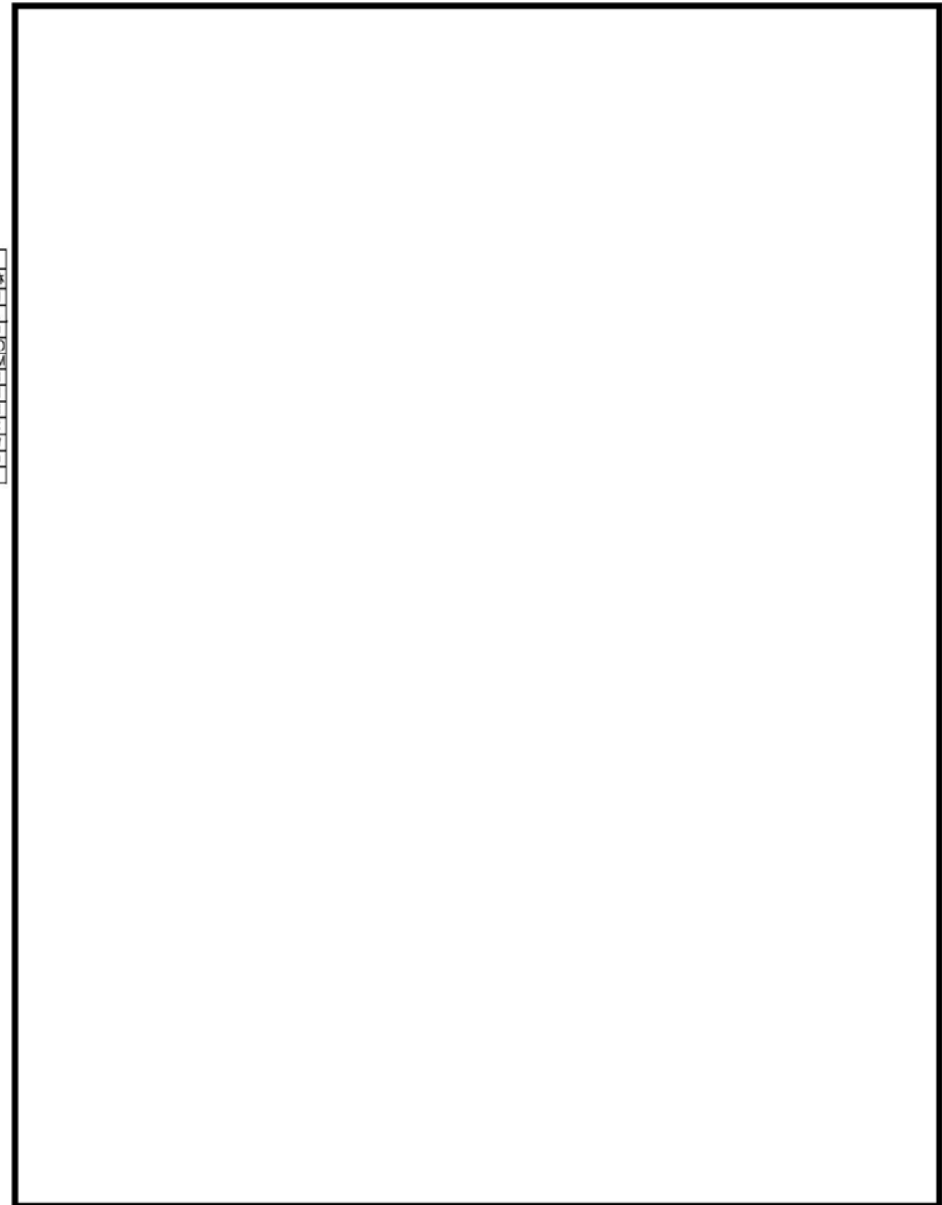
図 5 (9/12) 耐震 BC による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 6 (9/12) 耐震 BC による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-550-1	架構補強



配管支持装置名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレストレイント	RO
	アイルスナック	SNO
	ヘキサゴナルスナック	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CI
	リジッドハンガ	RH
	スチフネスハンガ	SH
	ホイップレストレイント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	

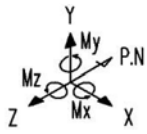


: 耐震 BC による耐震補強箇所

図 5 (10/12) 耐震 BC による耐震補強実施箇所【原子炉系 (蒸気部)】

表 6 (10/12) 耐震 BC による耐震補強内容【原子炉系 (蒸気部)】

サポート番号	補強内容
SNM-MS-123-276	サポート容量変更 (10 kN → 30 kN)
SNM-MS-123-278	サポート容量変更 (10 kN → 60 kN)



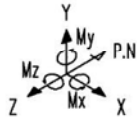
配管支持装置名称		
記号	名称	略称
⊕	アンカ	AN
≡	レストレイント	RE
≡→	ロッドレストレイント	RO
≡	オイルスナック	SNO
≡	メカニカルスナック	SNM
≡	スプリングハンガ	SH
≡	コンスタントハンガ	CH
≡	リジッドハンガ	RH
≡	スウェイブレス	SB
≡	ホップレストレイント	PW
≡→	ガイド	GD
∟	ノズル	

○ : 耐震 BC による耐震補強箇所

図 5 (11/12) 耐震 BC による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 6 (11/12) 耐震 BC による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
RE-MSIV-76-3	架構補強



記号	名称	略称
⊙	アンカ	AN
—	レストレイント	RE
—	ロッドレストレイント	RO
—	オイルスナッチ	SNO
—	メカニカルスナッチ	SNM
—	スプリングハンガ	SH
—	コンスタントハンガ	CH
—	リジットハンガ	RH
—	スクエアプレス	SB
—	ホイップレストレイント	PW
—	ガイド	GD
—	ノズル	

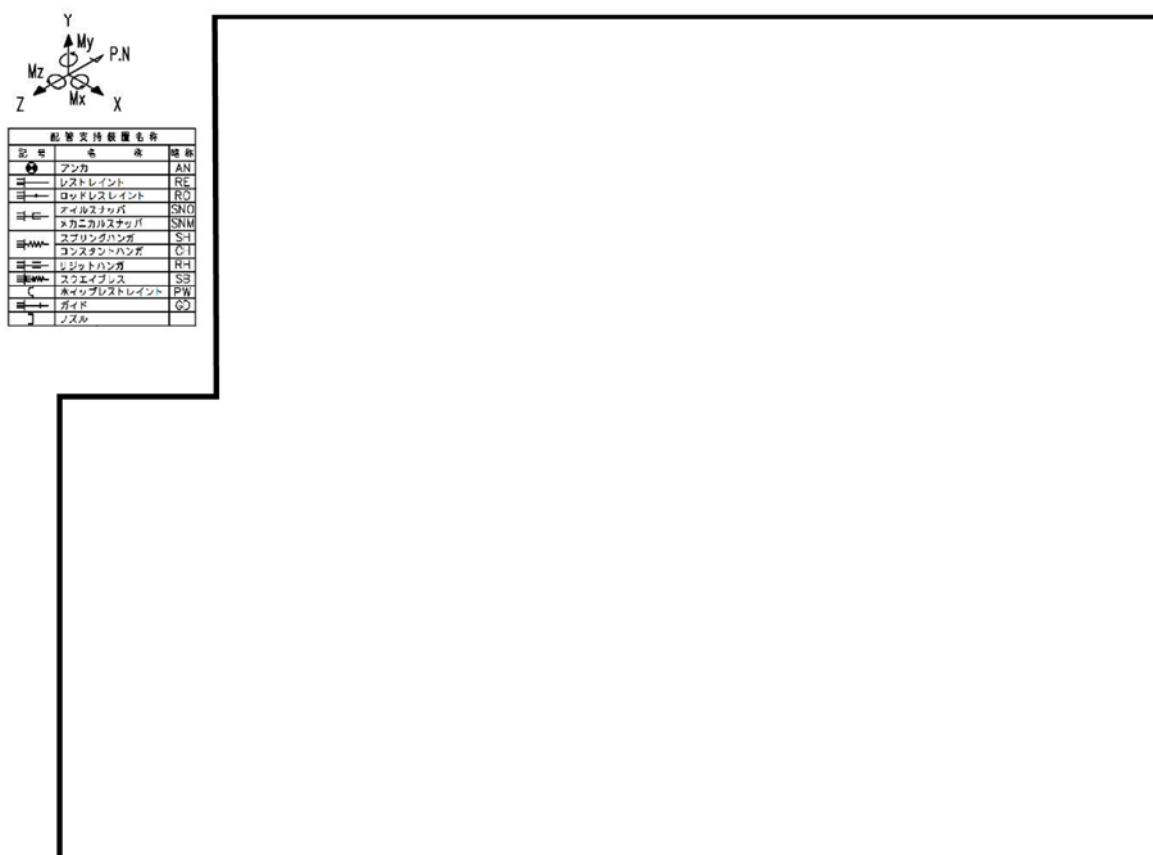
○ : 耐震 BC による耐震補強箇所

図 5 (12/12) 耐震 BC による耐震補強実施箇所【原子炉系 (蒸気部)】

表 6 (12/12) 耐震 BC による耐震補強内容【原子炉系 (蒸気部)】

サポート番号	補強内容
AN-MSIV-41	架構補強
RE-MSIV-41T	サポート追設

④ 原子炉系（純水部）

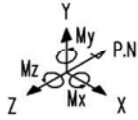


☉ : 耐震 BC による耐震補強箇所

図 6 (1/2) 耐震 BC による耐震補強実施箇所【原子炉系（純水部）】

表 7 (1/2) 耐震 BC による耐震補強内容【原子炉系（純水部）】

サポート番号	補強内容
RE-FDW-142A	架構補強
SNO-FDW-143B	架構補強
SNO-FDW-144 (C)	サポート容量変更 (50 kN → 160 kN), 架構補強
SNO-FDW-144 (D)	サポート容量変更 (50 kN → 160 kN), 架構補強
SNO-FDW-147 (C)	サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)
SNO-FDW-148-1	架構補強



配管支持装置名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレストレイント	RO
	オイルストップ	SNO
	メカニカルストップ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CH
	リジッドハンガ	RH
	セルフアライメント	SA
	ホイップレストレイント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	

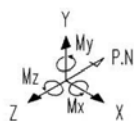
: 耐震 BC による耐震補強箇所

図 6 (2/2) 耐震 BC による耐震補強実施箇所【原子炉系（純水部）】

表 7 (2/2) 耐震 BC による耐震補強内容【原子炉系（純水部）】

サポート番号	補強内容
SNO-FDW-134 (C)	サポート容量変更 (50 kN → 160 kN)
SNO-FDW-134 (D)	サポート容量変更 (50 kN → 160 kN)
RE-FDW-135	架構補強
SNO-FDW-138-1	架構補強

⑤ 給水系



配管支持装置名義		
記号	名義	略称
●	アンカ	AN
—	レストレイント	RE
—	ロッドレストレイント	RO
—	イェルスタッパ	SNO
—	メガネカハスタッパ	SNM
—	スプリングハンダ	SH
—	コンスタントハンダ	CH
—	リジッドハンダ	RH
—	スクエイブレス	SB
C	ホイップレストレイント	PW
—	ガイド	GD
—	スズル	



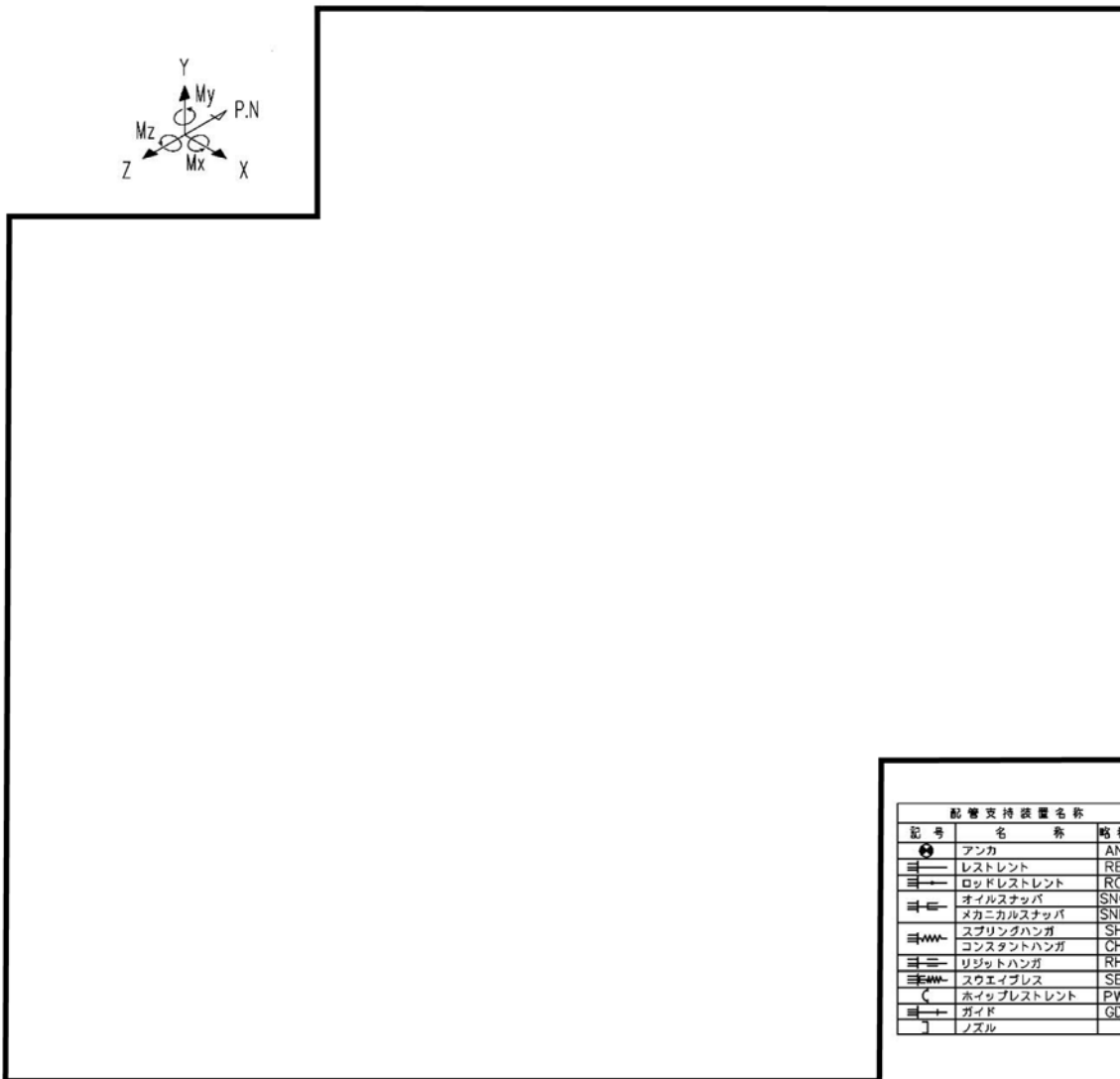
○ : 耐震 BC による耐震補強箇所

図 7 耐震 BC による耐震補強実施箇所【給水系】

表 8 耐震 BC による耐震補強内容【給水系】

サポート番号	補強内容
SNO-FDW-130F-1	架構補強
SNO-FDW-130F-2	架構補強
SNO-FDW-140D-1	架構補強
SNO-FDW-140D-2	架構補強

⑥ 原子炉再循環系

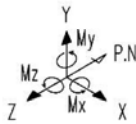


○ : 耐震 BC による耐震補強箇所 ○ — : 補正工認等による耐震補強実施箇所

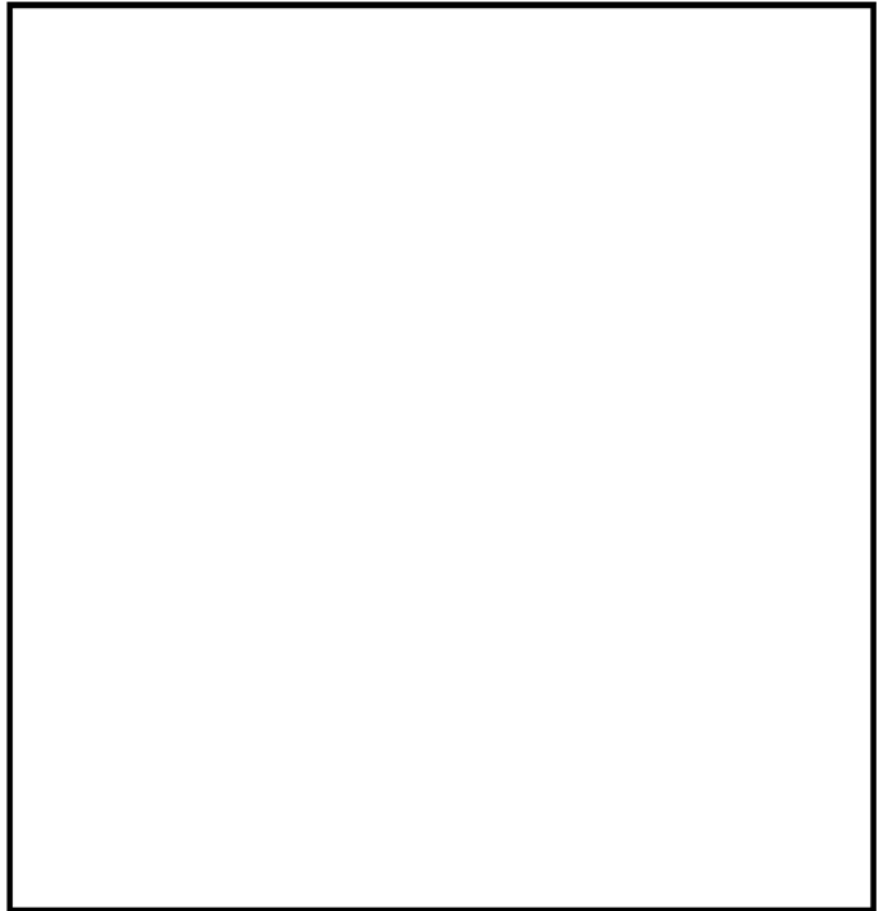
図 8 (1/2) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉再循環系】

表 9 (1/2) 補正工認等による耐震補強内容

サポート番号	補強内容
SNO-PLR-SA3	【工】 サポート容量変更 (500 kN → 1000 kN)
SNO-PLR-SA4	【工】 サポート容量変更 (500 kN → 1000 kN)
SNO-PLR-SA5	【工】 サポート容量変更 (300 kN → 600 kN)
SNO-PLR-SA12	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)
SNO-PLR-SA14	【工】 サポート容量変更 (100 kN → 600 kN)
SNO-PLR-SA15	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)
SNO-PLR-SA22	【工】 サポート撤去
(評価点 512)	【工】 サポート追設 (SNO : 160 kN × 2 本)
(評価点 1401)	【工】 サポート追設 (SNO : 100 kN × 1 本)



記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレストレイント	RO
	オイルスタッパ	SNO
	メカニカルスタッパ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CH
	リジッドハンガ	RH
	スウェイブレス	SB
	ホィップレストレイント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	



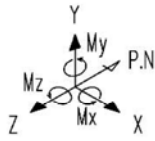
○ : 耐震 BC による耐震補強箇所 ○ — : 補正工認等による耐震補強実施箇所

図 8 (2/2) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉再循環系】

表 9 (2/2) 補正工認等による耐震補強内容

サポート番号	補強内容
SNO-PLR-SB1	【工】 サポート容量変更 (100 kN → 250 kN)
SNO-PLR-SB2	【工】 サポート容量変更 (100 kN → 250 kN)
SNO-PLR-SB3	【工】 サポート容量変更 (500 kN → 1000 kN)
SNO-PLR-SB4	【工】 サポート容量変更 (500 kN → 1000 kN)
SNO-PLR-SB5	【工】 サポート容量変更 (300 kN → 600 kN)
SNO-PLR-SB6	【工】 サポート容量変更 (100 kN → 400 kN)
SNO-PLR-SB12	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)
SNO-PLR-SB14	【工】 サポート容量変更 (100 kN → 600 kN)
SNO-PLR-SB15	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)
SNO-PLR-SB22	【工】 サポート撤去
(評価点 1401)	【工】 サポート追設 (SNO : 160 kN × 1 本)
(評価点 5101)	【工】 サポート追設 (SNO : 160 kN × 2 本)

⑦ 残留熱除去系



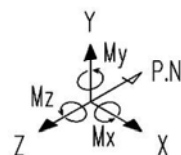
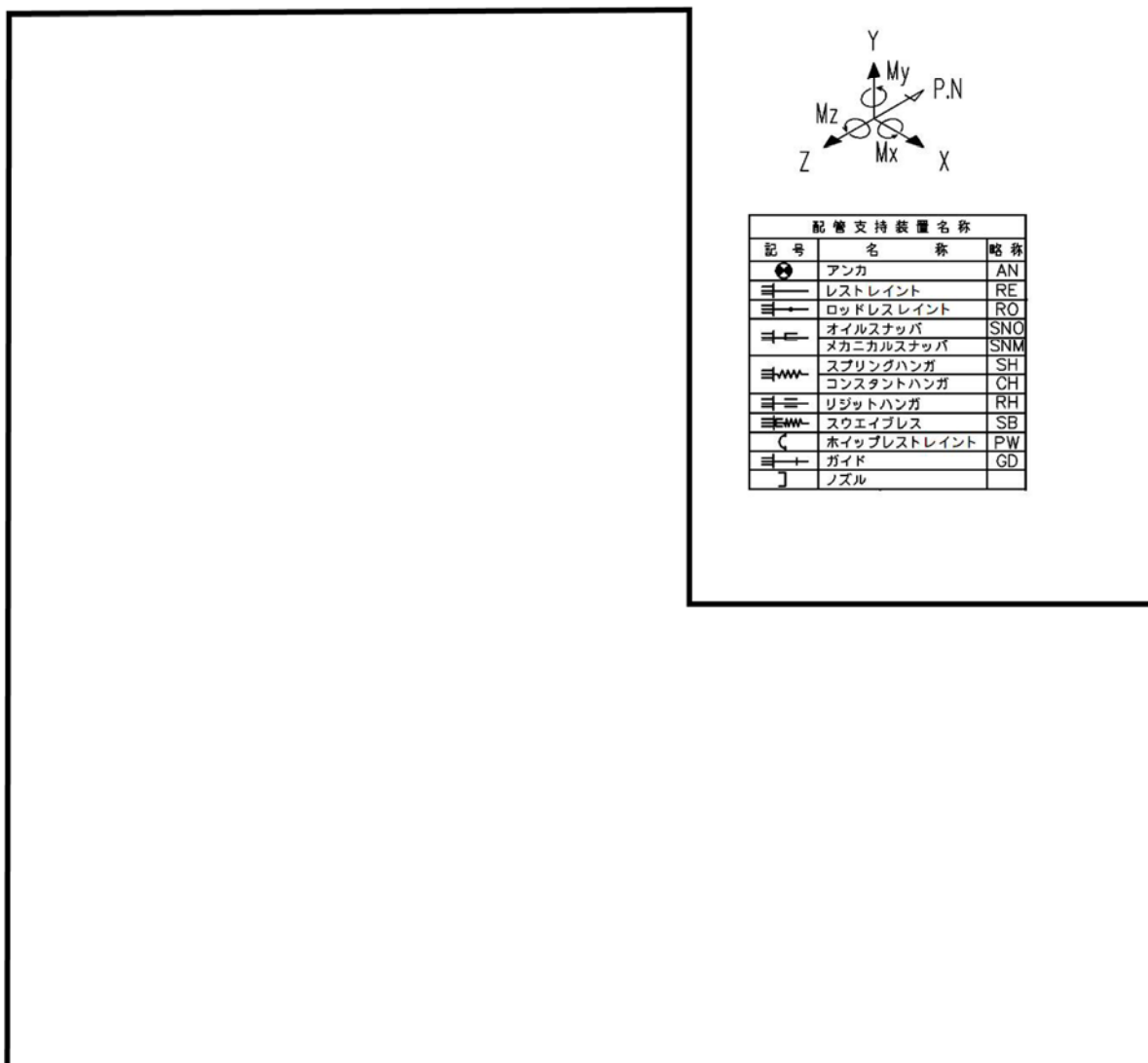
配管支持装置名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレント	RF
	ロッドレストレント	RO
	オイルスナッパ	SNO
	メカニカルスナッパ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CH
	リジッドハンガ	RH
	スウェイブレス	SB
	ホイップレストレント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	

: 耐震 BC による耐震補強箇所 : 補正工認等による耐震補強実施箇所

図 9 (1/3) 補正工認等による耐震補強実施箇所【残留熱除去系】

表 10 (1/3) 補正工認等による耐震補強内容【残留熱除去系】

サポート番号	補強内容
SNO-RHR-30A	【工】 サポート容量変更 (100 kN → 160 kN)
SNO-RHR-30B	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)
SNO-RHR-31A	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 160 kN)
SNO-RHR-31B	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)
SNO-RHR-31C	【工】 サポート容量変更 (100 kN → 160 kN)
SNO-RHR-32C	【工】 サポート容量変更 (200 kN → 250 kN)
SNO-RHR-33A	【工】 サポート容量変更 (100 kN → 250 kN)
SNO-RHR-33B	【工】 サポート容量変更 (100 kN → 160 kN)
SNO-RHR-34A	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)
(評価点 320)	【工】 サポート追設 (SNO : 60 kN ×1 本)
(評価点 327)	【工】 サポート追設 (SNO : 60 kN ×1 本)



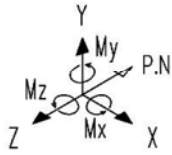
配管支持装置名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレストレイント	RO
	オイルスナップ	SNO
	メカニカルスナップ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CH
	リジッドハンガ	RH
	スウェイブレス	SB
	ホイップレストレイント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	

○ : 耐震 BC による耐震補強箇所 ○ — : 補正工認等による耐震補強実施箇所

図 9 (2/3) 補正工認等による耐震補強実施箇所【残留熱除去系】

表 10 (2/3) 補正工認等による耐震内容【残留熱除去系】

サポート番号	補強内容
SNM-RHR-413C	【工】サポート容量変更 (60 kN → 100 kN)
SNO-RHR-414B	【工】サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)
(評価点 212)	【工】サポート追設 (SNO : 100 kN × 1 本)
(評価点 215)	【工】サポート追設 (SNO : 100 kN × 1 本)



配管支持装置名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレスレイント	RO
	オイルスナッパ	SNO
	メカニカルスナッパ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CH
	リジッドハンガ	RH
	スウェイブレス	SB
	ホイップレストレイント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	

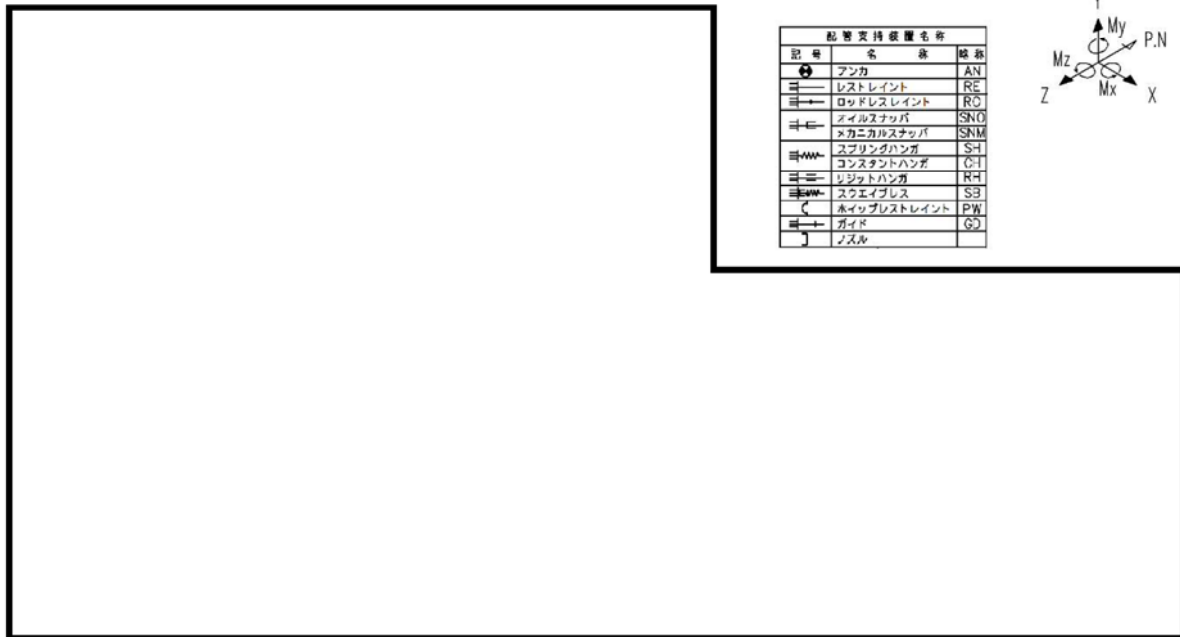
○: 耐震 BC による耐震補強箇所 ○—: 補正工認等による耐震補強実施箇所

図 9 (3/3) 補正工認等による耐震補強実施箇所【残留熱除去系】

表 10 (3/3) 補正工認等による耐震補強内容【残留熱除去系】

サポート番号	補強内容
SNO-RHR-21A	【工】 サポート容量変更 (30 kN → 60 kN)
SNO-RHR-25	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)
(評価点 212)	【工】 サポート追設 (SNO : 60 kN ×1 本)
(評価点 2151)	【工】 サポート追設 (SNO : 60 kN ×1 本)

⑧ 原子炉系（蒸気部）

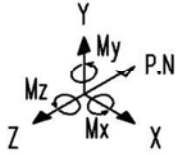


○: 耐震 BC による耐震補強箇所 ○ —: 補正工認等による耐震補強実施箇所

図 10 (1/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 11 (1/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
(評価点 24)	【工】 サポート追設 (SNO : 160 kN ×1 本 , 250 kN ×1 本)
(評価点 28)	【工】 サポート追設 (SNO : 160 kN ×1 本 , 250 kN ×1 本)
(評価点 4702)	【工】 サポート追設 (SNO : 250 kN ×1 本)
(評価点 5402)	【工】 サポート追設 (SNO : 250 kN ×1 本) (RO ×1)



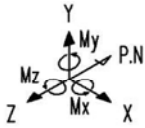
配管支持装置名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレストレイント	RO
	オイルスナッパ	SNO
	メカニカルスナッパ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CH
	リジッドハンガ	RH
	スウエイブレス	SB
	ホイップレストレイント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	

○ : 耐震 BC による耐震補強箇所 ○ : 補正工認等による耐震補強実施箇所

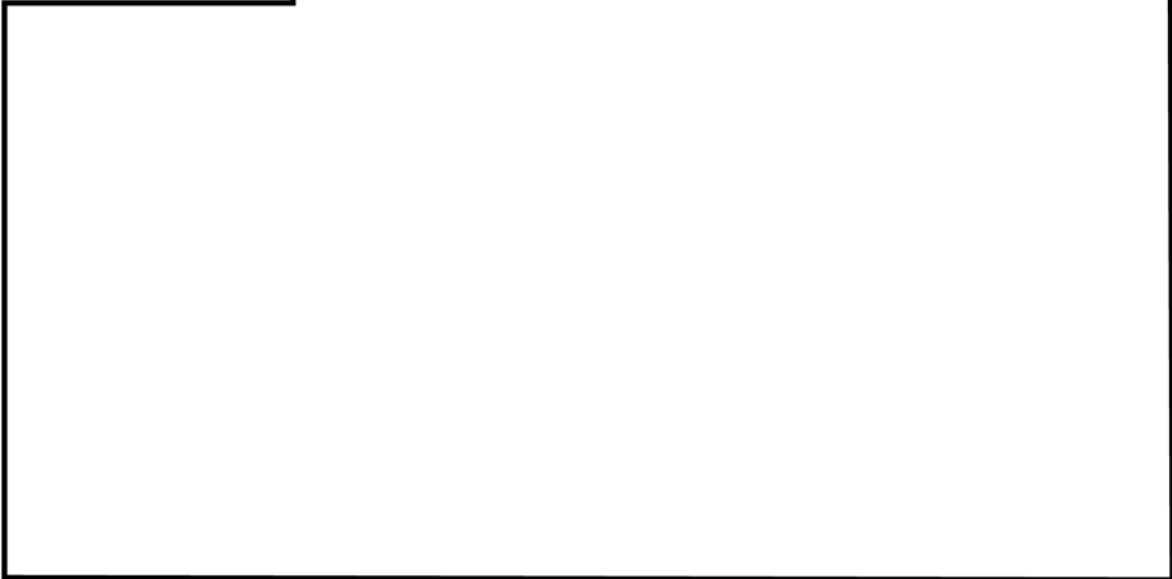
図 10 (2/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系 (蒸気部)】

表 11 (2/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系 (蒸気部)】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-503	【工】 サポート追設 (SNO : 30 kN ×1 本)
SNM-MS-113-230	【工】 サポート容量変更 (80 kN → 100 kN)



配管支持装置名称		
記号	名称	略称
☉	アンカ	AN
≡	レストレイント	RE
≡→	ロッドレストレイント	RO
≡←	オイルスナッチ	SNO
≡←	メカニカルスナッチ	SNM
≡↔	スプリングハンガ	SH
≡↔	コンスタントハンガ	CH
≡↔	リジッドハンガ	RH
≡↔	スクエイブレス	SB
≡↔	ホイップレストレイント	PW
≡→	ガイド	GD
≡	ノズル	

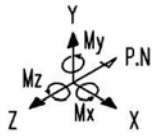


☉ : 耐震 BC による耐震補強箇所 ☉ — : 補正工認等による耐震補強実施箇所

図 10 (3/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 11 (3/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-505-1	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 60 kN)
(評価点 221)	【工】 サポート追設 (SNO : 30 kN × 1 本)
SNM-MS-114-248	【工】 サポート容量変更 (30 kN → 60 kN)



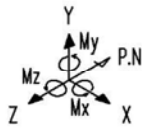
配管支持装置名称		
記号	名称	略称
⊕	アンカ	AN
—	レストレイント	RE
→	ロッドレストレイント	RO
≡	オイルスナッパ	SNO
≡	メカニカルスナッパ	SNM
≡	スプリングハンガ	SH
≡	コンスタントハンガ	CH
≡	リジッドハンガ	RH
≡	スウェイブレス	SB
⌒	ホイップレストレイント	PW
→	ガイド	GD
⌋	ノズル	

○ : 耐震 BC による耐震補強箇所 ○ — : 補正工認等による耐震補強実施箇所

図 10 (4/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 11 (4/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-510	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 60 kN)
SNO-MS-513	【工】 サポート容量変更 (100 kN → 160 kN)
(評価点 322)	【工】 サポート追設 (SNO : 30 kN × 1 本)
SNO-MS-514-1	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)
SNM-MS-115-266	【工】 サポート容量変更 (60 kN → 100 kN)



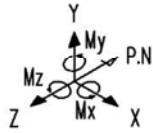
配管支持設備名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレスレイント	RO
	オイルストップ	SNO
	メカニカルストップ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CI
	リジッドハンガ	RI
	スクエイブレス	SB
	ホイップレストレイント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	

○ : 耐震 BC による耐震補強箇所 ○ — : 補正工認等による耐震補強実施箇所

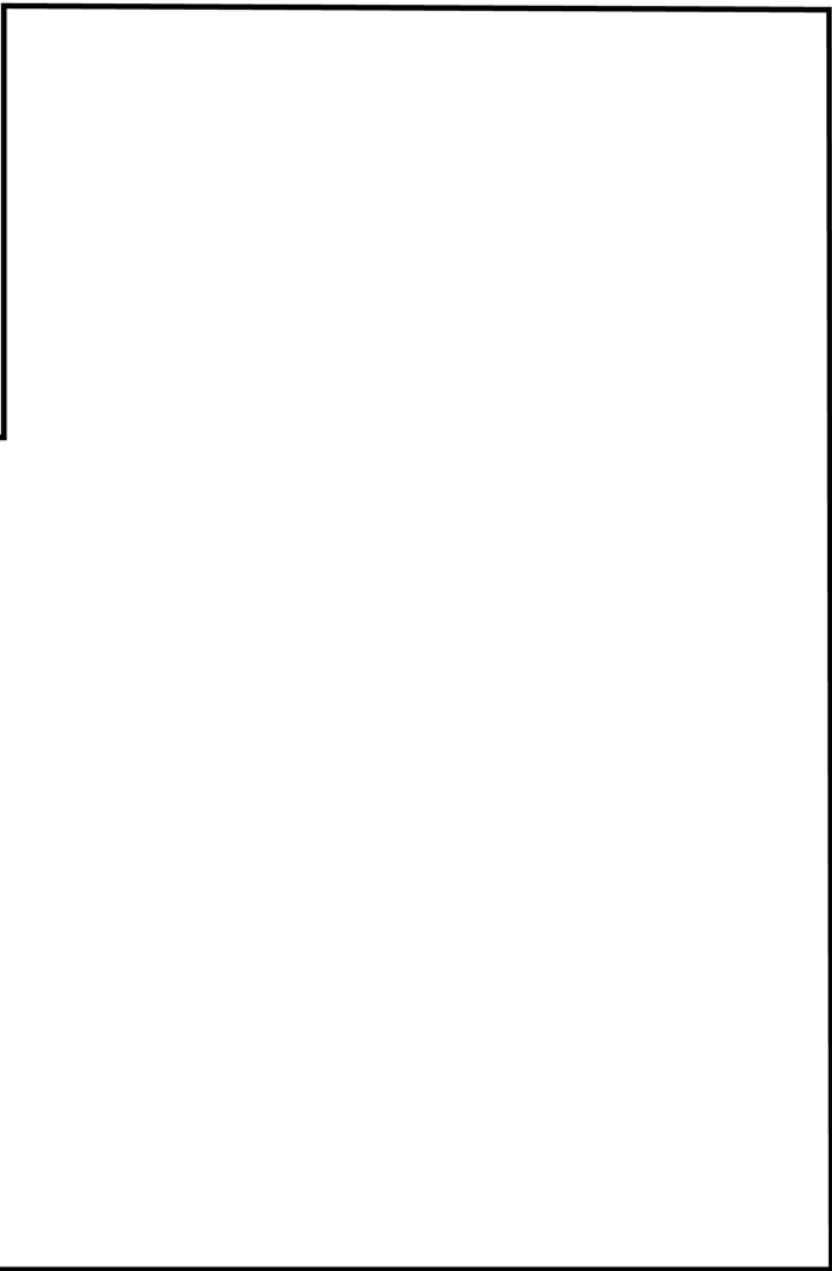
図 10 (5/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系 (蒸気部)】

表 11 (5/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系 (蒸気部)】

サポート番号	補強内容
(評価点 7)	【工】 サポート追設 (SNO : 160 kN × 1 本)
SNO-MS-SB1	【工】 サポート容量変更 (100 kN → 250 kN)
SNO-MS-SB6	【工】 サポート容量変更 (100 kN → 250 kN)
(評価点 29)	【工】 サポート追設 (SNO : 160 kN × 1 本)
(評価点 38)	【工】 サポート追設 (SNO : 250 kN × 2 本)
(評価点 60)	【工】 サポート追設 (SNO : 160 kN × 2 本)
SNO-MS-SB3	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)
SNO-MS-SB5	【工】 サポート容量変更 (100 kN → 160 kN)
(評価点 7802)	【工】 サポート追設 (SNO : 250 kN × 1 本)
(評価点 8402)	【工】 サポート追設 (SNO : 250 kN × 1 本) (RO × 1)



配管支持装置名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレストレイント	RO
	オイルスタッパ	SNO
	メカニカルスタッパ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CH
	リジッドハンガ	RH
	スウェイブレス	SB
	ホイップレストレイント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	

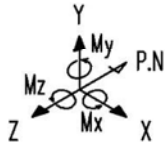


: 補正工認等による耐震補強実施箇所

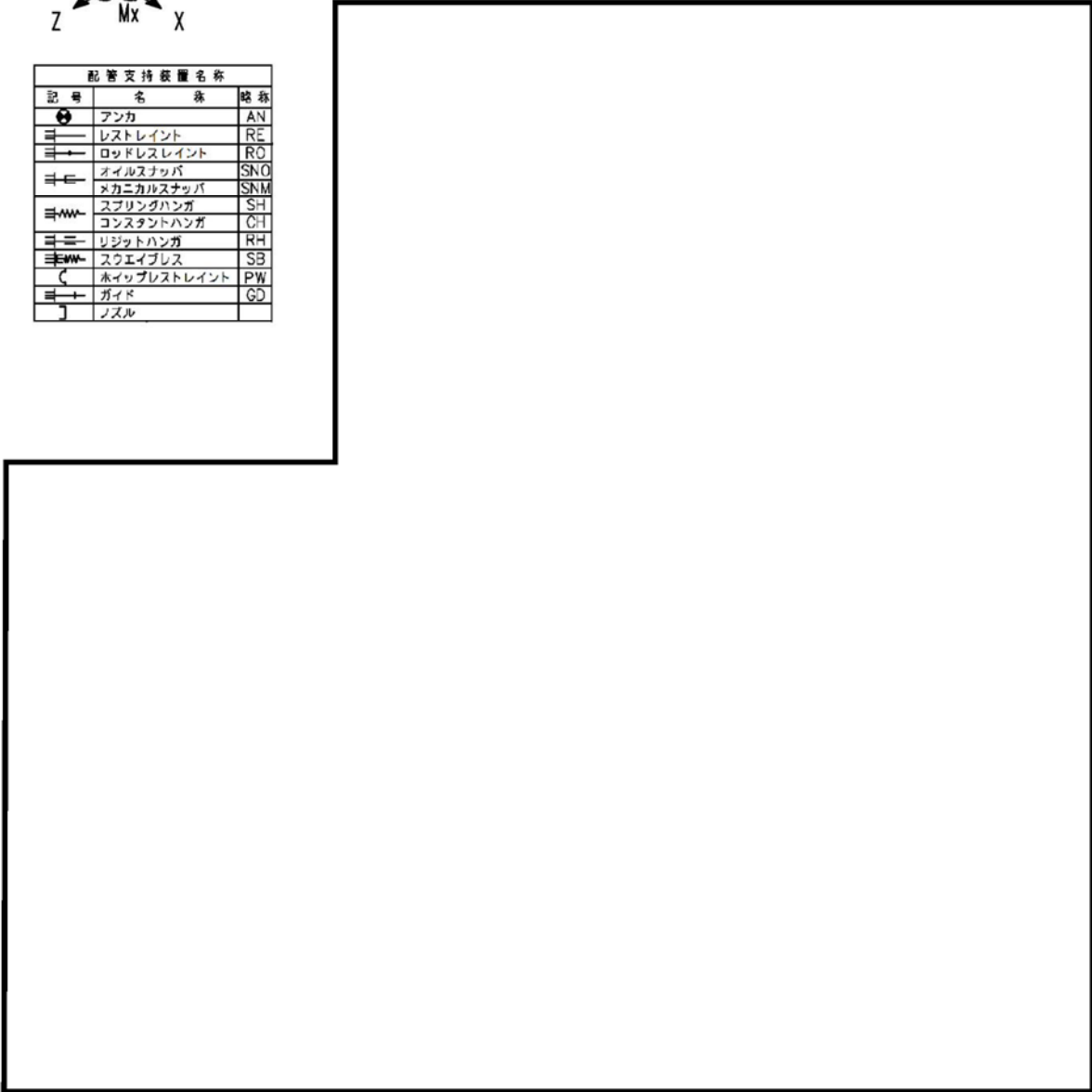
図 10 (6/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 11 (6/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-517-1	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)
(評価点 116)	【工】 サポート追設 (SNO : 30 kN ×1 本)
(評価点 119)	【工】 サポート追設 (SNO : 30 kN ×1 本)



配管支持装置名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレストレイント	RO
	オイルスナッパ	SNO
	メカニカルスナッパ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CH
	リジッドハンガ	RH
	スウェイブレス	SB
	ホイップレストレイント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	

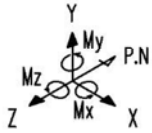


: 補正工認等による耐震補強実施箇所

図 10 (7/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 11 (7/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-523	【工】 サポート容量変更 (100 kN → 160 kN), サポート追設 (SNO : 60 kN × 1 本)



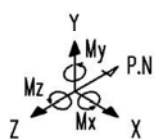
配管支持装置名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレストレイント	RO
	オイルスナッチャ	SNO
	メカニカルスナッチャ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CH
	リジッドハンガ	RH
	スウェイブレス	SB
	ホイップレストレイント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	

: 補正工認等による耐震補強実施箇所

図 10 (8/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 11 (8/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-528	【工】 サポート容量変更 (100 kN → 160 kN), サポート追設 (SNO : 30 kN × 1 本)



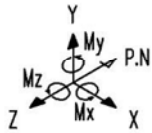
配管支持装置名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレストレイント	RO
	オイルスタップ	SNO
	メカニカルスタップ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CH
	リジッドハンガ	RH
	スウェイブレス	SB
	ホイップレストレイント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	

: 補正工認等による耐震補強実施箇所

図 10 (9/24) 40 年目 PLM 評価により実施する耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 11 (9/24) 40 年目 PLM 評価により実施する補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-532	【工】サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)
(評価点 419)	【工】サポート追設 (SNO : 30 kN ×1 本)
SNO-MS-534	【工】サポート容量変更 (100 kN → 160 kN)



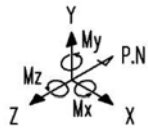
配管支持装置名称		
記号	名称	略称
●	アンカ	AN
≡	レストレイント	RE
≡→	ロッドレストレイント	RO
≡	オイルスナッチ	SNO
≡	メカニカルスナッチ	SNM
≡→	スプリングハンガ	SH
≡→	コンスタントハンガ	CH
≡→	リジッドハンガ	RH
≡→	スクエイブレス	SB
≡→	ホイップレストレイント	PW
≡→	ガイド	GD
∟	ノズル	

○ : 耐震 BC による耐震補強箇所 — : 補正工認等による耐震補強実施箇所

図 10 (10/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 11 (10/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
(評価点 505)	【工】 サポート追設 (SNO : 60 kN × 1 本)
(評価点 516)	【工】 サポート追設 (SNO : 60 kN × 1 本)
(評価点 522)	【工】 サポート追設 (SNO : 30 kN × 1 本)



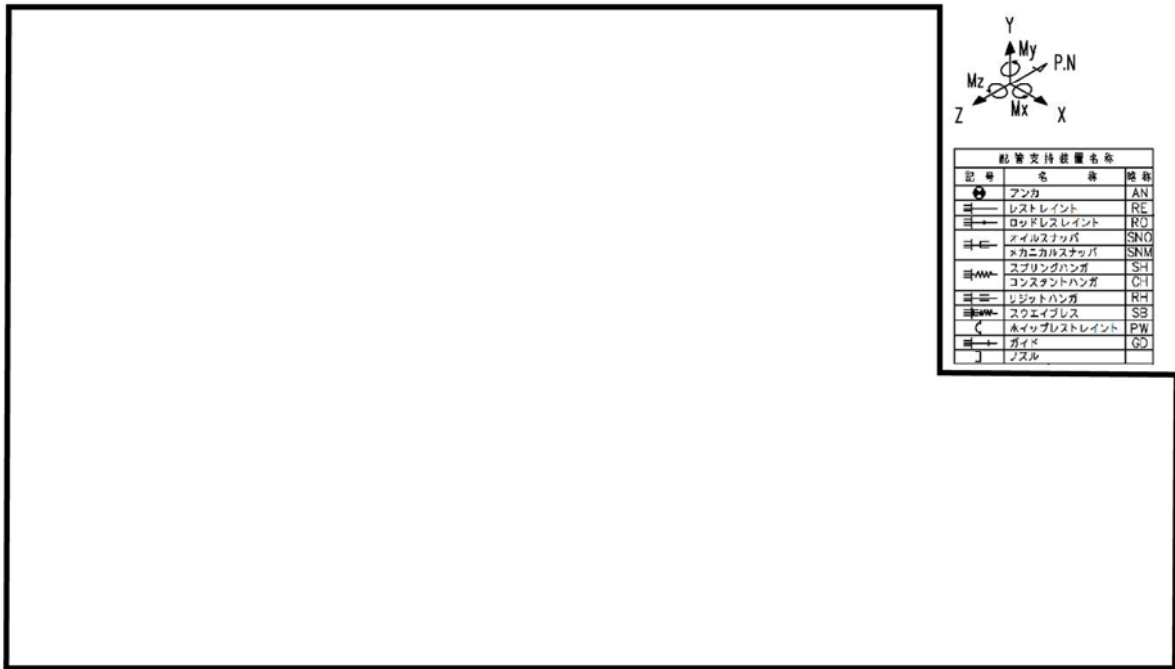
配管支持装置名称			
記号	名称	略称	略称
⊕	アンカ		AN
≡	レストレイント		RE
≡→	ロッドレストレイント		RO
≡←	オイルスナッチ		SNO
≡←	メカニカルスナッチ		SNM
≡↗	スプリングハンガ		SH
≡↘	コンスタントハンガ		CI
≡	リジッドハンガ		RI
≡↗↘	スクエイブレス		SB
⊕	ホイップレストレイント		PW
≡→	ガイド		GD
⊔	ノズル		

⊕ — : 補正工認等による耐震補強実施箇所

図 10 (11/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 11 (11/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-543	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 100 kN), サポート追設 (SNO : 60 kN × 1 本)

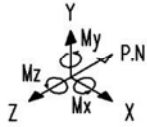


○ : 耐震 BC による耐震補強箇所 ○ — : 補正工認等による耐震補強実施箇所

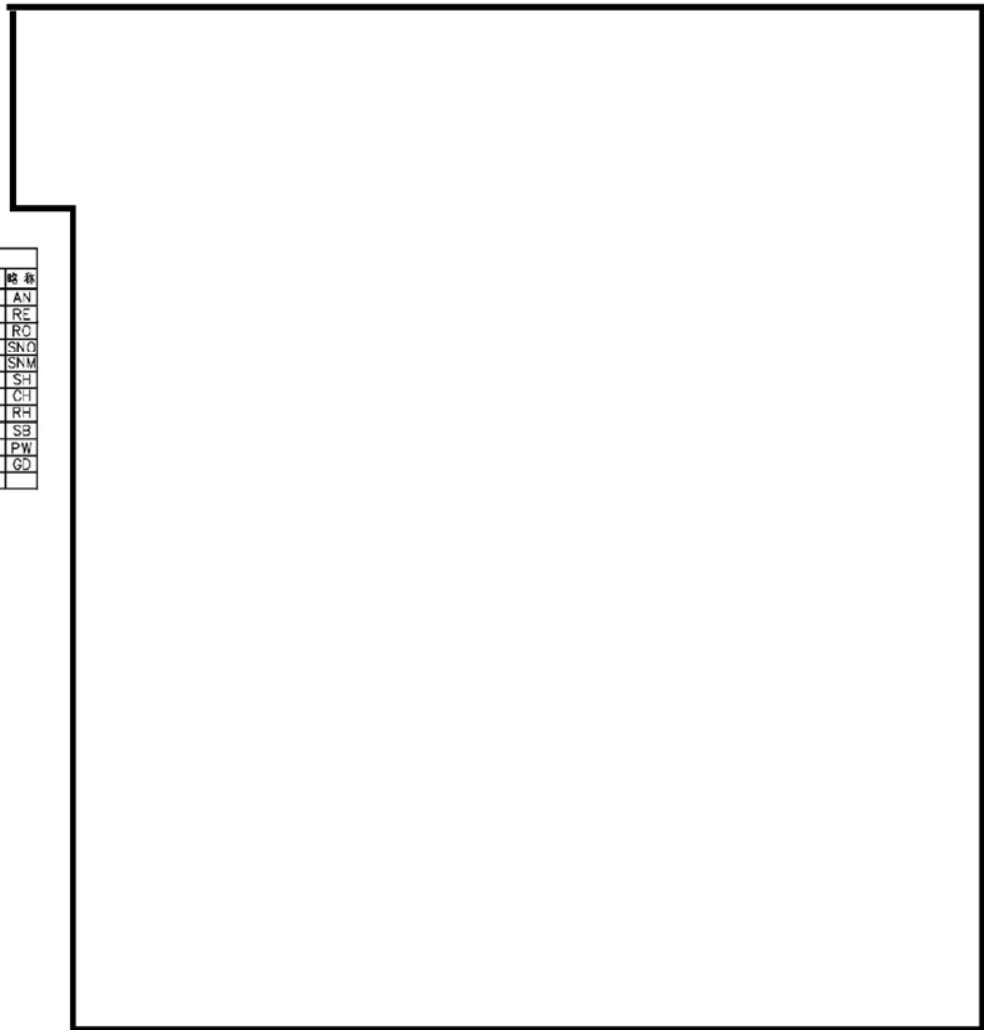
図 10 (12/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 11 (12/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
(評価点 7)	【工】 サポート追設 (SNO : 160 kN × 1 本)
SNO-MS-SC1	【工】 サポート容量変更 (100 kN → 250 kN)
SNO-MS-SC4	【工】 サポート容量変更 (160 kN → 250 kN)
SNO-MS-SC6	【工】 サポート容量変更 (100 kN → 250 kN)
(評価点 23)	【工】 サポート追設 (SNO : 250 kN × 1 本)
(評価点 32)	【工】 サポート追設 (SNO : 160 kN × 2 本)
(評価点 54)	【工】 サポート追設 (SNO : 250 kN × 2 本)
SNO-MS-SC3	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)
(評価点 7202)	【工】 サポート追設 (SNO : 250 kN × 1 本)
(評価点 7802)	【工】 サポート追設 (SNO : 250 kN × 1 本) (RO × 1)



耐震支持装置名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレストレイント	RC
	オイルカップ	SNO
	メカニカルカップ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CH
	リジッドハンガ	RH
	スクエイブレス	SB
	ホイップレストレイント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	

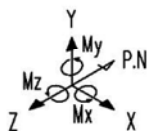


: 補正工認等による耐震補強実施箇所

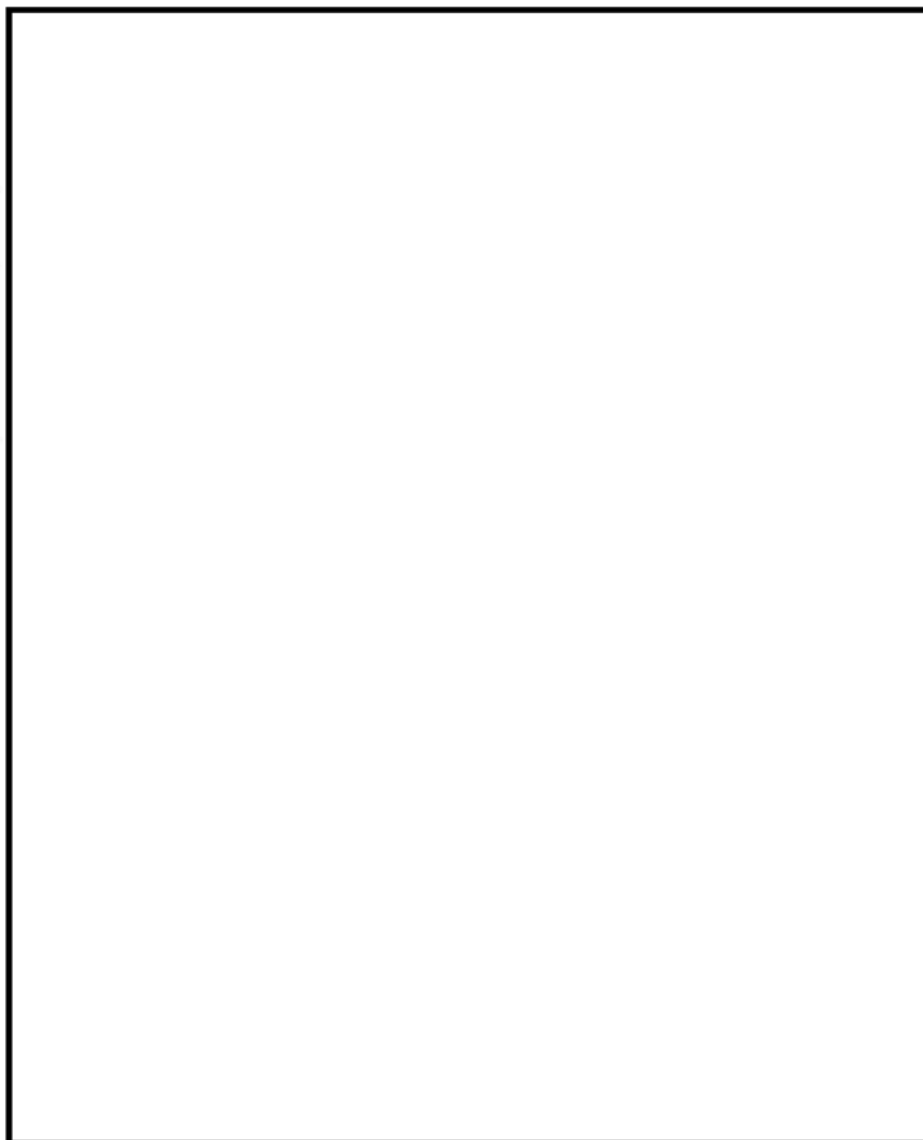
図 10 (13/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 11 (13/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-568	【工】サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)



配管支持装置名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレストレイント	RO
	オイルストップ	SNO
	球カニカルストップ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CH
	リジッドハンガ	RH
	スウェイブレス	SB
	ホイップレストレイント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	

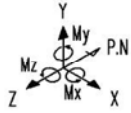


: 補正工認等による耐震補強実施箇所

図 10 (14/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 11 (14/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-578-2	【工】サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)



記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレストレイント	RO
	ナイロンスタップ	SNO
	ニッケルスタップ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CH
	リジッドハンガ	RH
	スクローストップ	SB
	ラチェットレストレイント	PW
	ガイド	GD
	インスル	

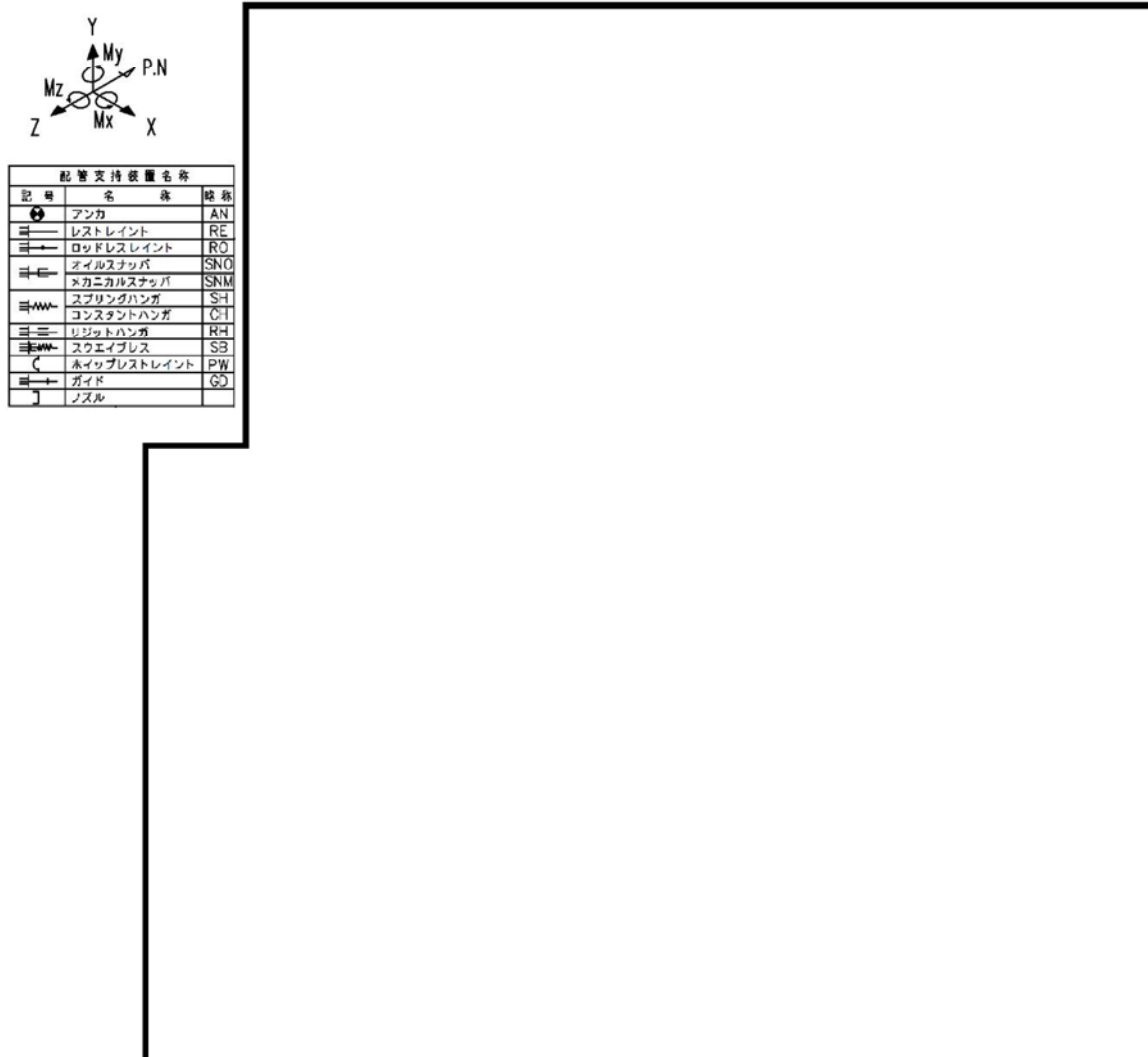


: 補正工認等による耐震補強実施箇所

図 10 (15/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 11 (15/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-583	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)
SNM-MS-128-464	【工】 サポート容量変更 (100 kN → 160 kN)

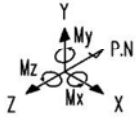


○ : 耐震 BC による耐震補強箇所 ○ — : 補正工認等による耐震補強実施箇所

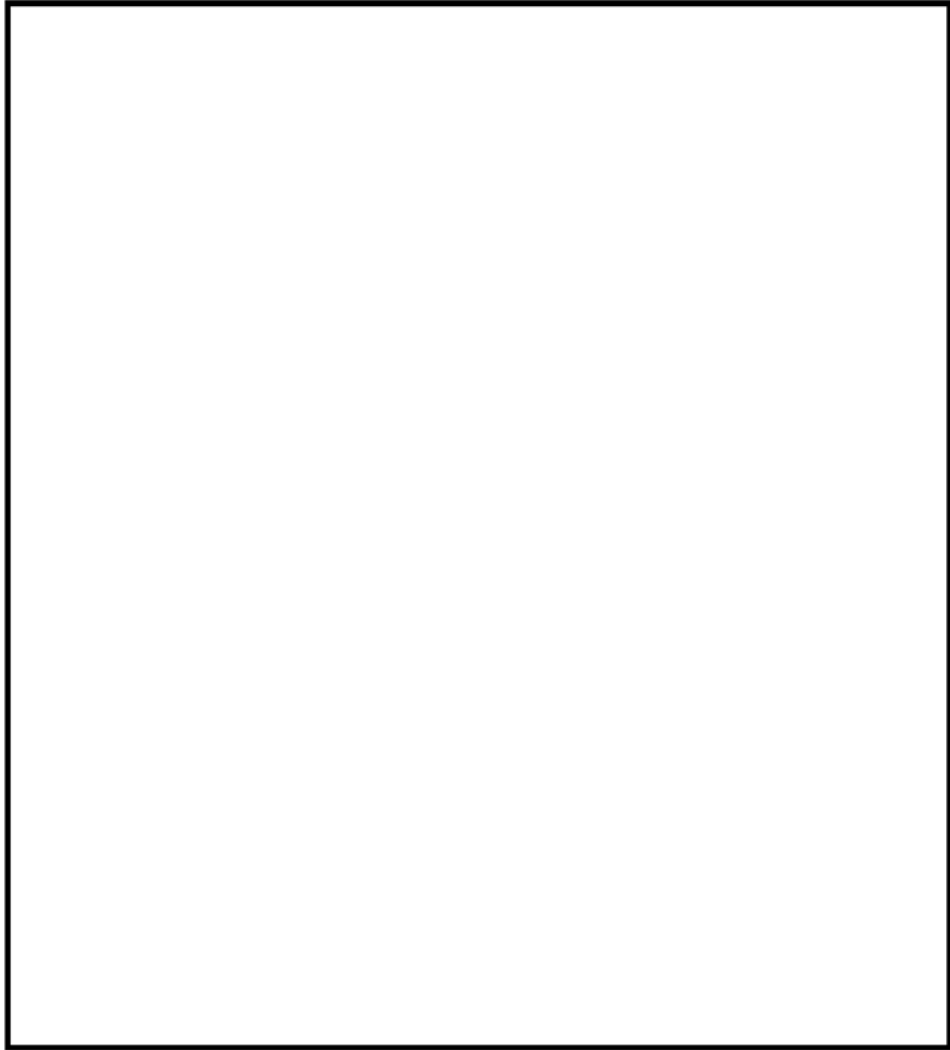
図 10 (16/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 11 (16/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
(評価点 503)	【工】 サポート追設 (SNO : 100 kN ×1 本)
(評価点 520)	【工】 サポート追設 (SNO : 100 kN ×1 本)
SNO-MS-592	【工】 サポート容量変更 (100 kN → 160 kN)



配管支持装置名称		
記号	名称	略称
⊕	アンカ	AN
—	レストレイント	RE
—	ロッドレストレイント	RC
—	オイルスタッパ	SNO
—	メカニカルスタッパ	SNM
—	スプリングハンガ	SH
—	コンスタントハンガ	CH
—	リジッドハンガ	RH
—	スクエイクブレス	SB
—	ホイップレストレイント	PW
—	ガイド	GD
—	ノズル	

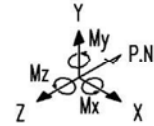
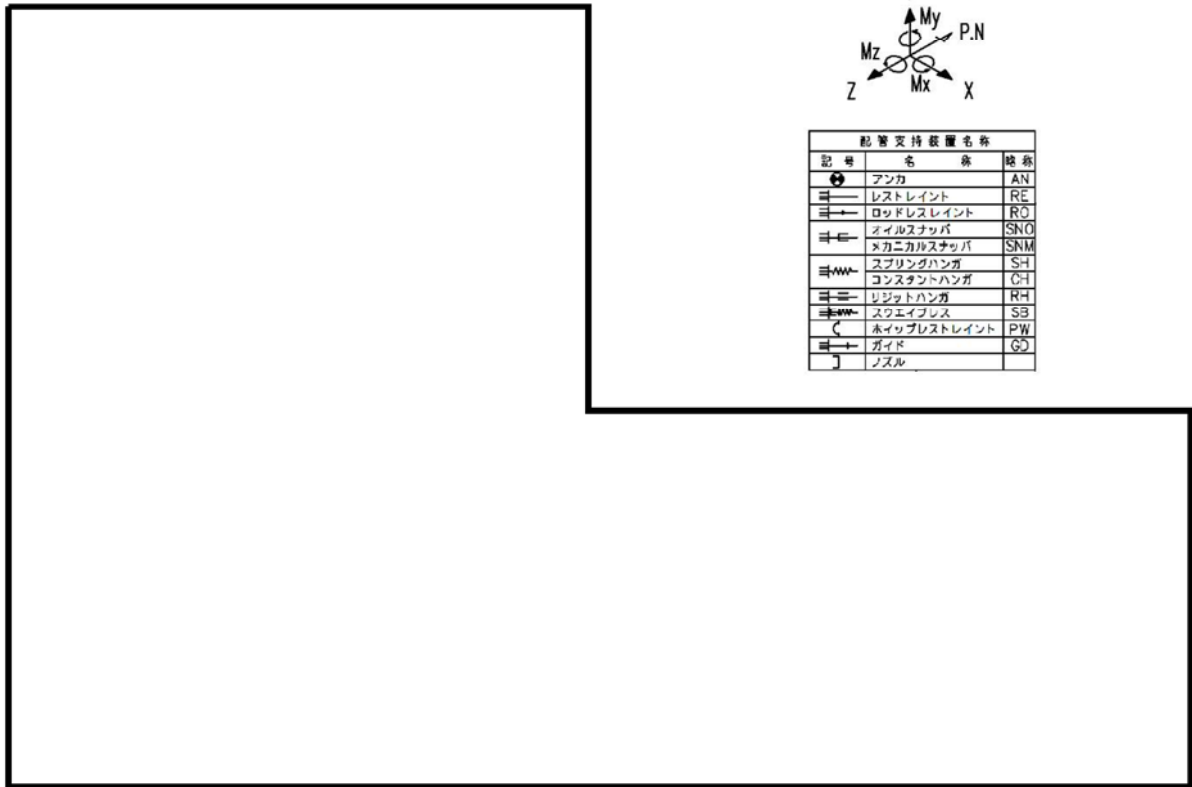


○ : 耐震 BC による耐震補強箇所 — : 補正工認等による耐震補強実施箇所

図 10 (17/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 11 (17/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
(評価点 602)	【工】サポート追設 (SNO : 100 kN ×1 本)
(評価点 619)	【工】サポート追設 (SNO : 30 kN ×1 本)



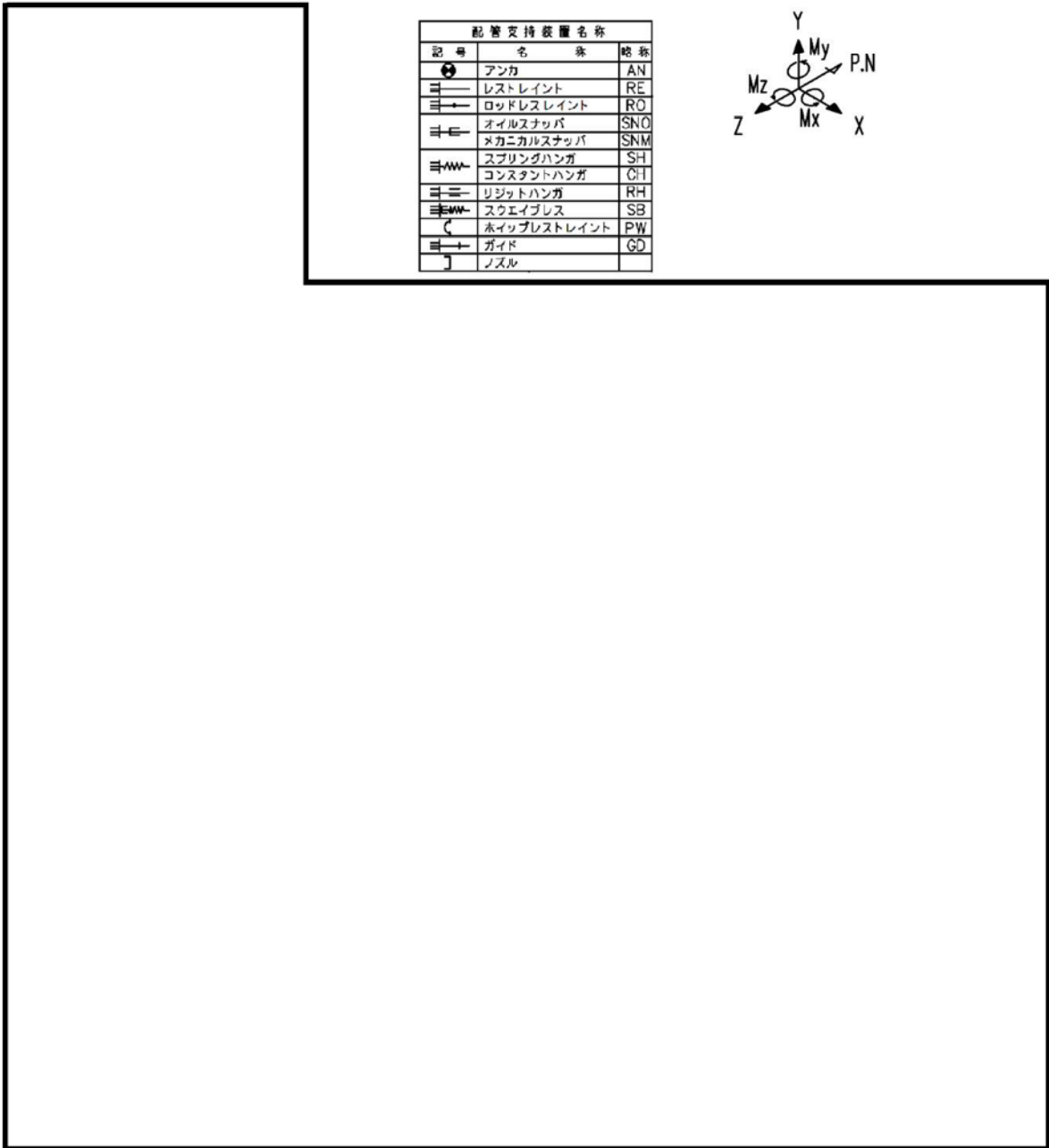
配管支持装置名称		
記号	名称	規格
●	アンカ	AN
—	レストレイント	RE
→	ロッドレストレイント	RO
⇄	オイルスナッパ	SNO
⇄	メカニカルスナッパ	SNM
≡	スプリングハンガ	S-H
≡	コンスタントハンガ	C-H
≡	リジッドハンガ	R-H
≡	スウェイブレス	SB
C	ホイップレストレイント	PW
→	ガイド	GD
J	ノズル	

— : 補正工認等による耐震補強実施箇所

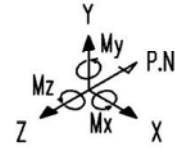
図 10 (18/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 11 (18/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
(評価点 22)	【工】 サポート追設 (SNO : 160 kN × 2 本)
(評価点 26)	【工】 サポート追設 (SNO : 160 kN × 2 本)
(評価点 4402)	【工】 サポート追設 (SNO : 250 kN × 1 本)
(評価点 5102)	【工】 サポート追設 (SNO : 250 kN × 1 本) (RO × 1)



配管支持装置名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレストレイント	RO
	オイルスタッパ	SNO
	メカニカルスタッパ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CH
	リジッドハンガ	RH
	スウェイブレス	SB
	ホイップレストレイント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	



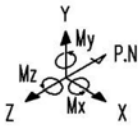
: 耐震 BC による耐震補強箇所

: 補正工認等による耐震補強実施箇所

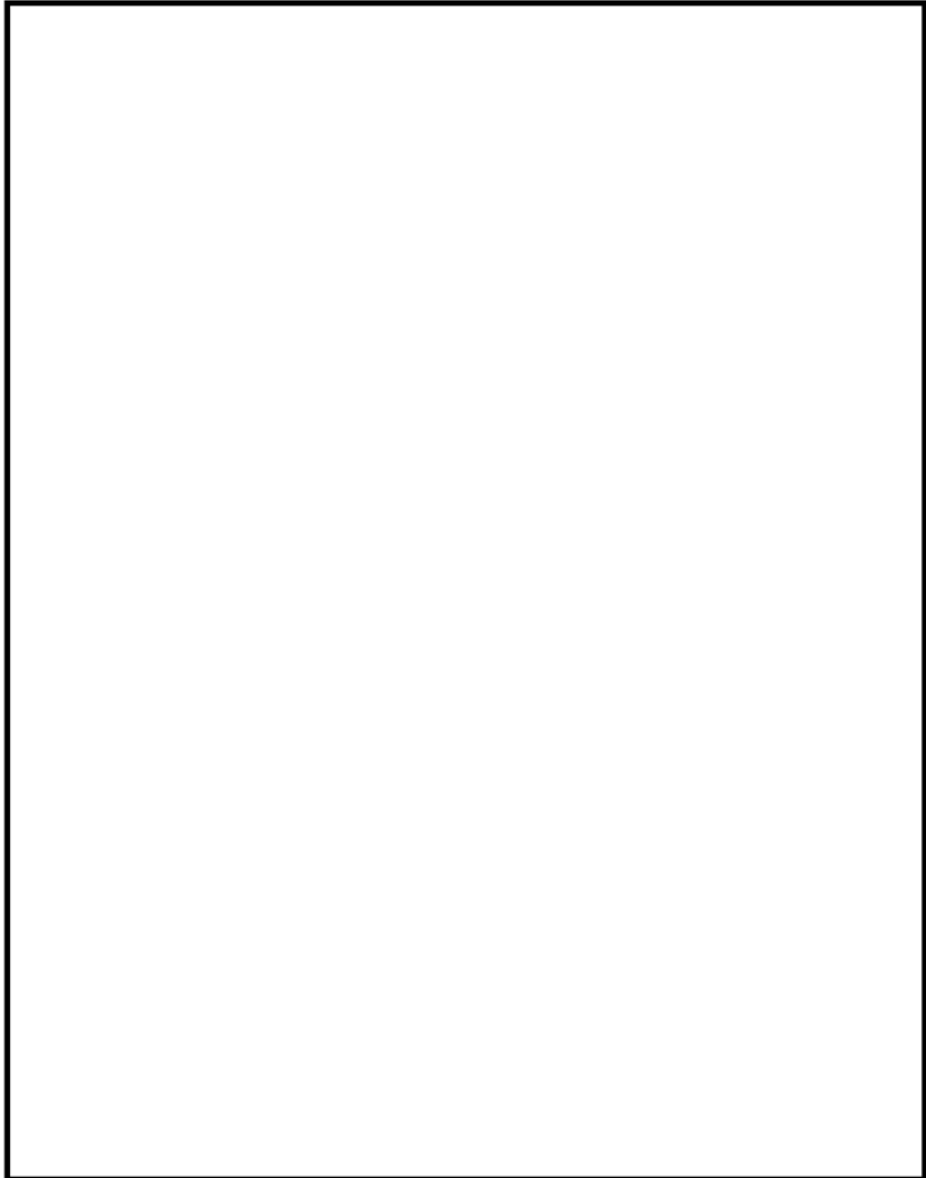
図 10 (19/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 11 (19/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-550-2	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)
SNO-MS-551-1	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)
SNO-MS-551-2	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)
SNM-MS-122-258	【工】 サポート容量変更 (80 kN → 100 kN)
SNM-MS-122-260	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)



配管支持装置名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレストレイント	RO
	テイルスナップ	SNO
	ネカニカルスナップ	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CI
	リジッドハンガ	RH
	スタウェイブレス	SB
	ホープレストレイント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	

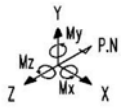


○ : 耐震 BC による耐震補強箇所 ○ : 補正工認等による耐震補強実施箇所

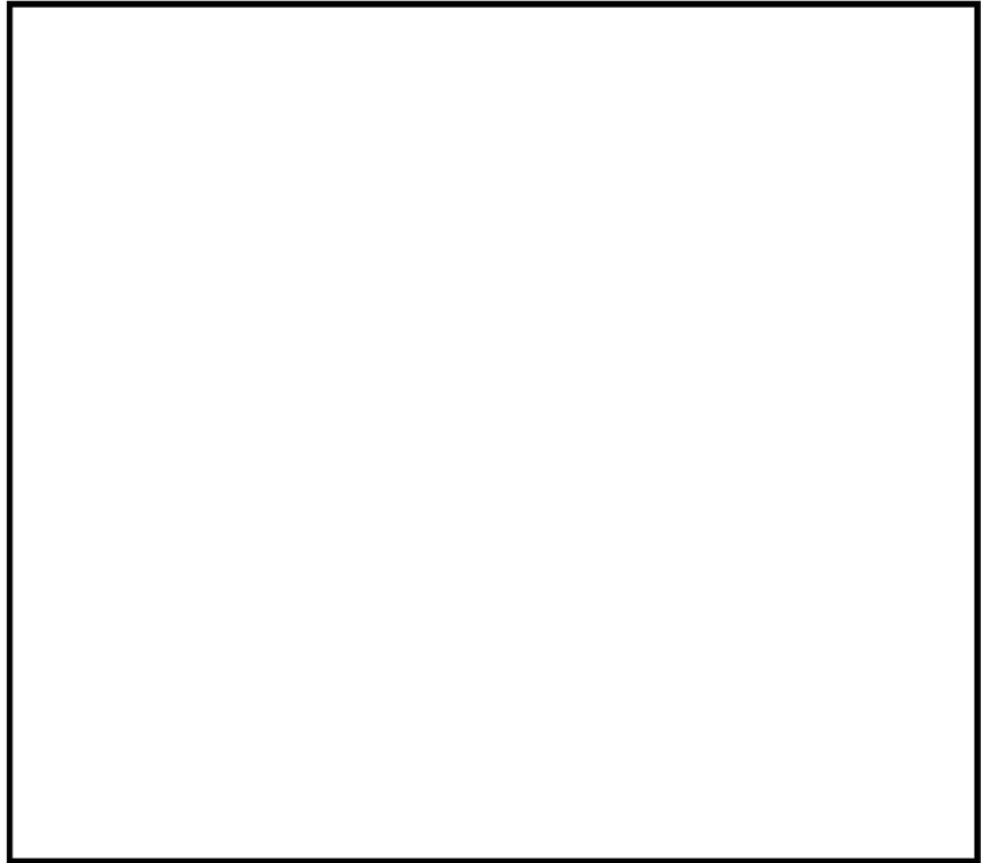
図 10 (20/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系 (蒸気部)】

表 11 (20/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系 (蒸気部)】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-556	【工】サポート容量変更 (100 kN → 160 kN)



耐震支持装置名称			
記号	名称	略称	
●	アンカ	AN	
■	レストレスト	RE	
□	ロードレスト	RL	
□	アイソスリップ	SNO	
□	スリッパ	SNM	
□	スプリングハンガ	SH	
□	コンスタントハンガ	CH	
□	リジッドハンガ	RH	
□	スクエアベース	SB	
□	ホックレストレスト	PR	
□	ガイダ	GD	
□	ノズル		

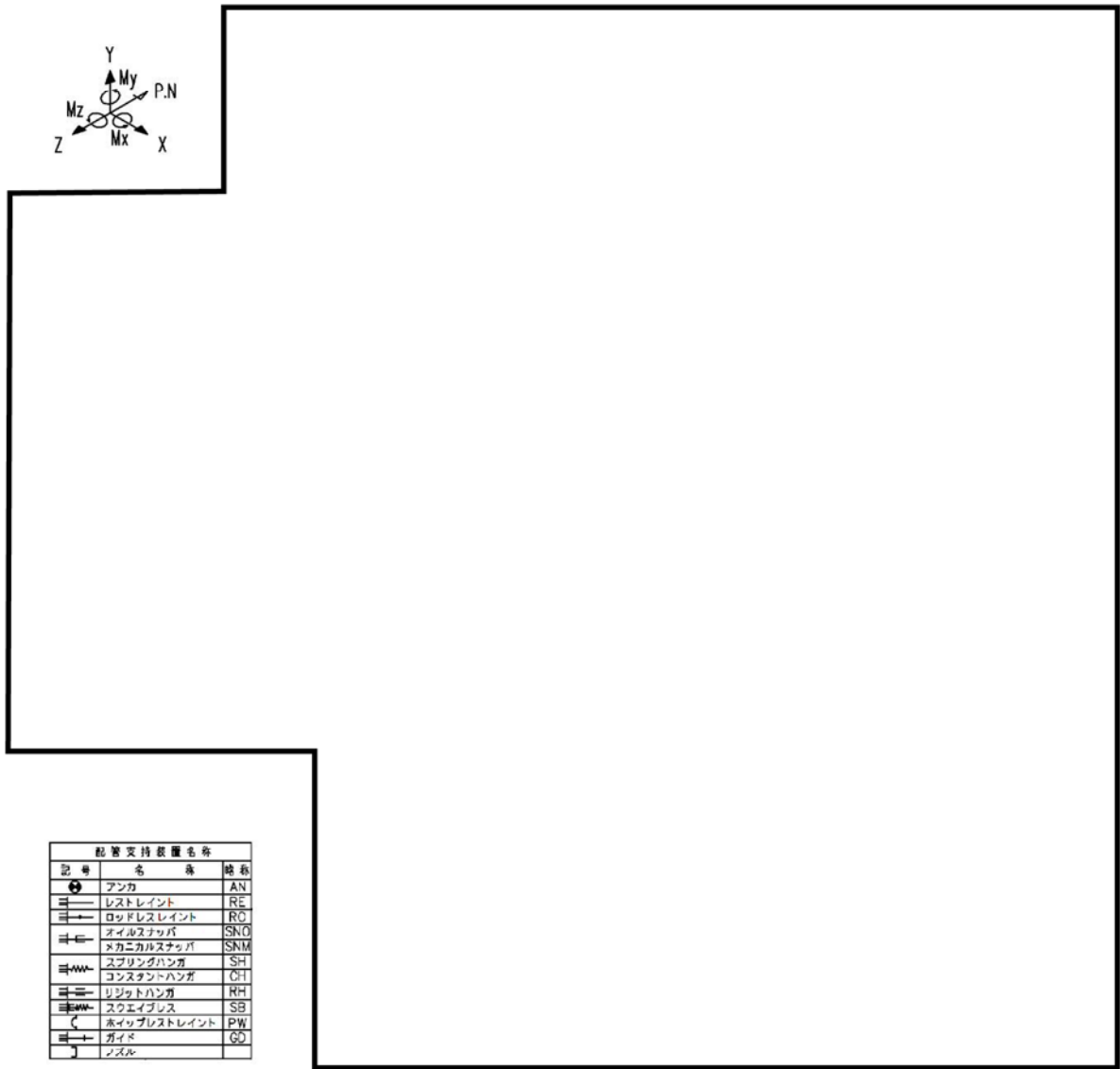


○：補正工認等による耐震補強実施箇所

図 10 (21/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

表 11 (21/24) 補正工認等による耐震内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
SNO-MS-559	【工】サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)

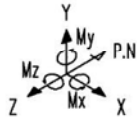


○ : 耐震 BC による耐震補強箇所 — : 補正工認等による耐震補強実施箇所

図 10 (22/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系 (蒸気部)】

表 11 (22/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
(評価点 4001)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×1 本)
(評価点 1701)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×1 本)
(評価点 21)	【工】サポート追設 (RE ×1)
(評価点 2401)	【工】サポート追設 (RH ×1)
(評価点 2403)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×2 本), サポート変更 (RE → SNO : 3 kN ×1 本)
(評価点 2701)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×2 本)
(評価点 34A)	【工】AN 移動
(評価点 52)	【工】RE 撤去, サポート追設 (RE ×1) (SNO : 3 kN ×1 本)
(評価点 5304)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×2 本)
(評価点 60)	【工】RE 拘束方向変更
(評価点 101)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×2 本)
(評価点 1051)	【工】RE 撤去, サポート追設 (SNO : 3 kN ×2 本)
(評価点 1061)	【工】サポート追設 (RH ×1)
(評価点 1063)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×1 本), サポート変更 (RE → SNO : 3 kN ×1 本)
(評価点 1071)	【工】RE 撤去, サポート追設 (SNO : 3 kN ×2 本) (RH ×1)
(評価点 1173)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×1 本), サポート変更 (RE → SNO : 3 kN ×1 本)
(評価点 1601)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×1 本)
(評価点 4591)	【工】サポート追設 (RE ×1) (SNO : 3 kN ×1 本)
(評価点 8021)	【工】サポート追設 (RE ×1)
(評価点 8061)	【工】サポート追設 (RE ×1)
(評価点 8521)	【工】サポート追設 (RE ×1)



記号	名称	略称
●	アンカ	AN
—	レストレイント	RE
—+	ロッドレストレイント	RO
—	オイルスナッチ	SNO
—	メカニカルスナッチ	SNM
—	スプリングハンガ	SH
—	コンスタントハンガ	CH
—	リジットハンガ	RH
—	スクエイブレス	SB
—	ホイップレストレイント	PW
—	ガイド	GD
—	ノズル	

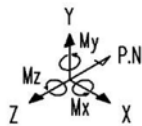


○ : 耐震 BC による耐震補強箇所 — : 補正工認等による耐震補強実施箇所

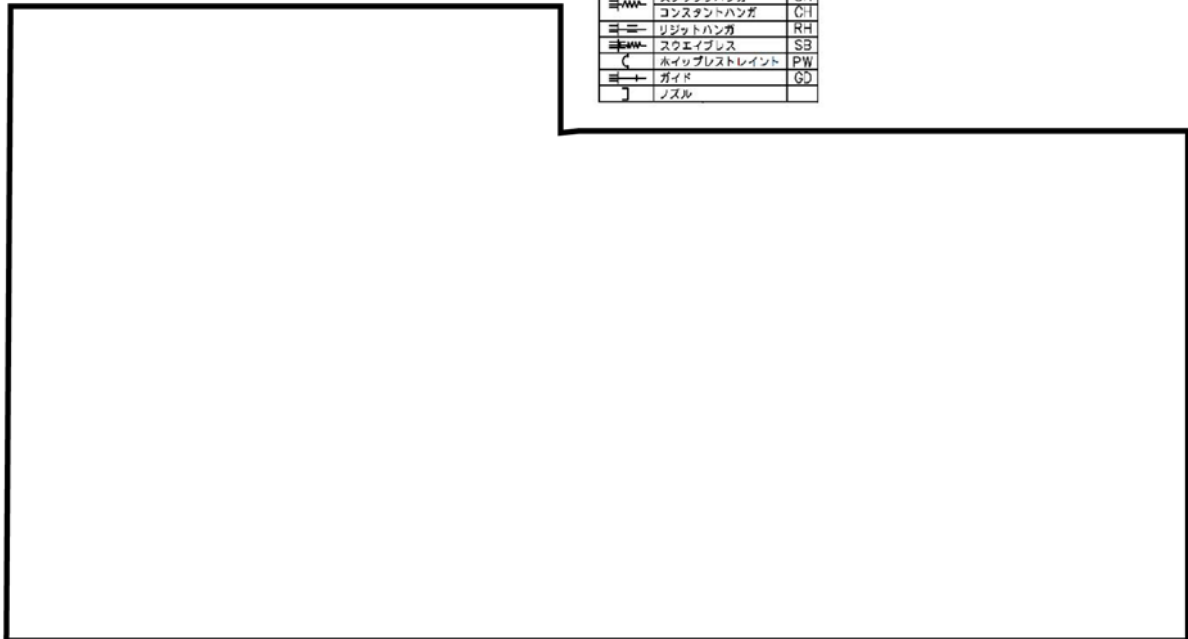
図 10 (23/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系 (蒸気部)】

表 11 (23/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
(評価点 7101)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×1 本)
(評価点 72)	【工】サポート追設 (RE ×1)
(評価点 73)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×1 本)
(評価点 75)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×2 本)
(評価点 7701)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×2 本)
(評価点 83)	【工】RE 撤去, サポート追設 (SNO : 3 kN ×2 本)
(評価点 2031)	【工】サポート追設 (RH ×1)
(評価点 2034)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×2 本)
(評価点 216)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×1 本)
(評価点 2581)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×1 本)
(評価点 3031)	【工】サポート追設 (RH ×1)
(評価点 3034)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×2 本)
(評価点 310)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×1 本)
(評価点 316)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×1 本)
(評価点 3203)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×1 本), サポート変更 (RE → SNO : 3 kN ×1 本)
(評価点 3581)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×1 本)
(評価点 511)	【工】サポート追設 (SNO : 3 kN ×1 本)
(評価点 5581)	【工】サポート追設 (RE ×1) (SNO : 3 kN ×1 本)
(評価点 903)	【工】サポート追設 (RE ×1)
(評価点 9501)	【工】サポート追設 (RE ×1) (SNO : 3 kN ×1 本)



配管支持装置名称		
記号	名称	略称
	アンカ	AN
	レストレイント	RE
	ロッドレストレイント	RO
	エイルスナック	SNO
	メカニカルスナック	SNM
	スプリングハンガ	SH
	コンスタントハンガ	CI
	リジッドハンガ	RH
	スライズ	SB
	ホイップレストレイント	PW
	ガイド	GD
	ノズル	



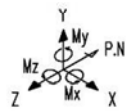
: 補正工認等による耐震補強実施箇所

図 10 (24/24) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系（蒸気部）】

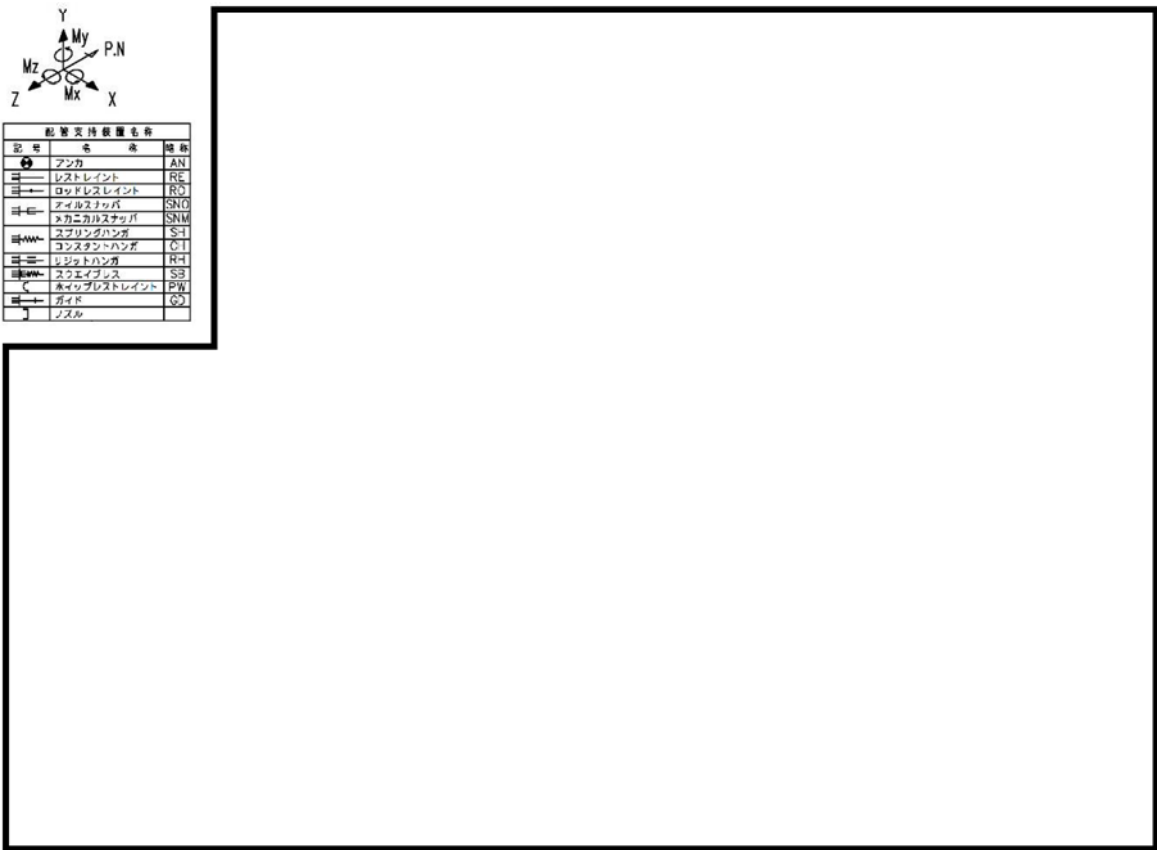
表 11 (24/24) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系（蒸気部）】

サポート番号	補強内容
(評価点 6074)	【工】 サポート追設 (SNO : 3 kN × 2 本)
(評価点 6594)	【工】 サポート追設 (SNO : 3 kN × 2 本)
RE-MS-300	【工】 RE 拘束方向変更
RE-MS-318	【工】 RE 拘束方向変更
(評価点 7074)	【工】 サポート追設 (SNO : 3 kN × 2 本)
(評価点 7584)	【工】 サポート追設 (SNO : 3 kN × 2 本)

⑨ 原子炉系（純水部）



記号	名称	規格
☉	ファン	AN
☉	レストレイント	RE
☉	ロードレストレイント	RO
☉	オイルスタッパ	SNO
☉	メカニカルスタッパ	SNM
☉	スプリングハンガ	S-I
☉	コンスタントハンガ	C-I
☉	レジットハンガ	RI-I
☉	スラメイブレス	SB
☉	ホイップレストレイント	PW
☉	ガイド	GD
☉	ノズル	

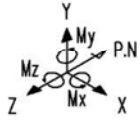


☉ : 耐震 BC による耐震補強箇所 ☉ : 補正工認等による耐震補強実施箇所

図 11 (1/2) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系（純水部）】

表 12 (1/2) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系（純水部）】

サポート番号	補強内容
SNO-FDW-144-1	【工】 サポート容量変更 (100 kN → 160 kN)
SNO-FDW-144 (C)	【工】 サポート容量変更 (160 kN → 250 kN)
SNO-FDW-144 (D)	【工】 サポート容量変更 (160 kN → 250 kN)
SNO-FDW-147 (C)	【工】 サポート容量変更 (100 kN → 160 kN)



配管支持装置名称		
記号	名称	略称
●	アンカ	AN
—	レストレイント	RE
→	ロッドレストレイント	RO
⇐	オイルスナッチ	SNO
⇐	メカニカルスナッチ	SNM
≡	スプリングハンガ	S-I
≡	コンスタントハンガ	C-I
⇐	リジッドハンガ	R-I
⇐	スロエイゴレス	SB
⇐	ホイップレストレイント	PW
→	ガイド	GD
┌	ノズル	



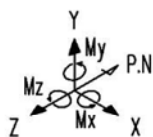
○ : 耐震 BC による耐震補強箇所 ○ : 補正工認等による耐震補強実施箇所

図 11 (2/2) 補正工認等による耐震補強実施箇所【原子炉系（純水部）】

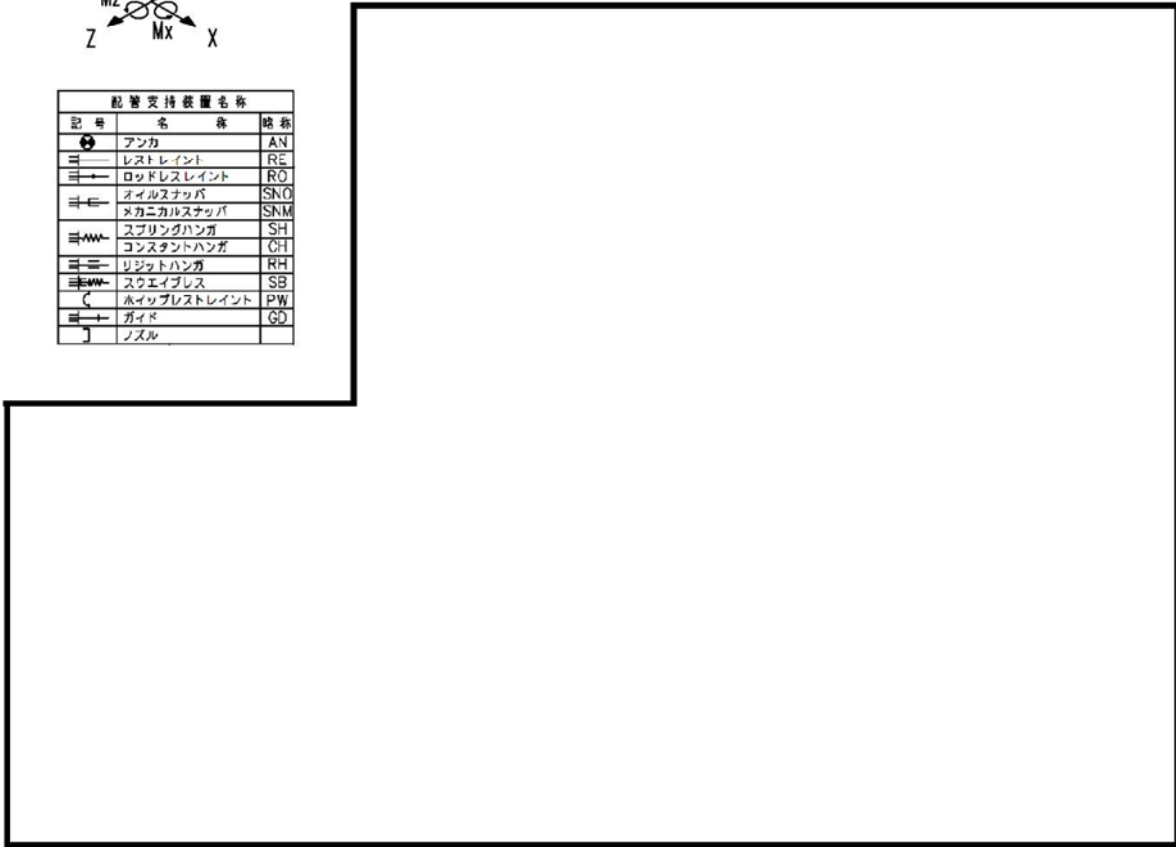
表 12 (2/2) 補正工認等による耐震補強内容【原子炉系（純水部）】

サポート番号	補強内容
SNO-FDW-134 (C)	【工】 サポート容量変更 (160 kN → 250 kN)
SNO-FDW-134 (D)	【工】 サポート容量変更 (160 kN → 250 kN)
SNO-FDW-137-3	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)
SNO-FDW-138-5	【工】 サポート容量変更 (50 kN → 100 kN)

⑩ 給水系



配管支持装置名称		
記号	名称	略称
⊕	アンカ	AN
≡	レストレイント	RE
≡→	ロッドレストレイント	RO
≡≡	オイルスナッパ	SNO
≡≡	スカーカルスナッパ	SNM
≡≡≡	スプリングハンガ	SH
≡≡≡	コンスタントハンガ	CH
≡≡≡	リジットハンガ	RH
≡≡≡	スウェイブレス	SB
⌒	ホイップレストレイント	PW
≡→	ガイド	GD
└	ノズル	

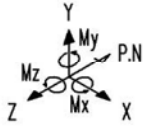


○ : 補正工認等による耐震補強実施箇所

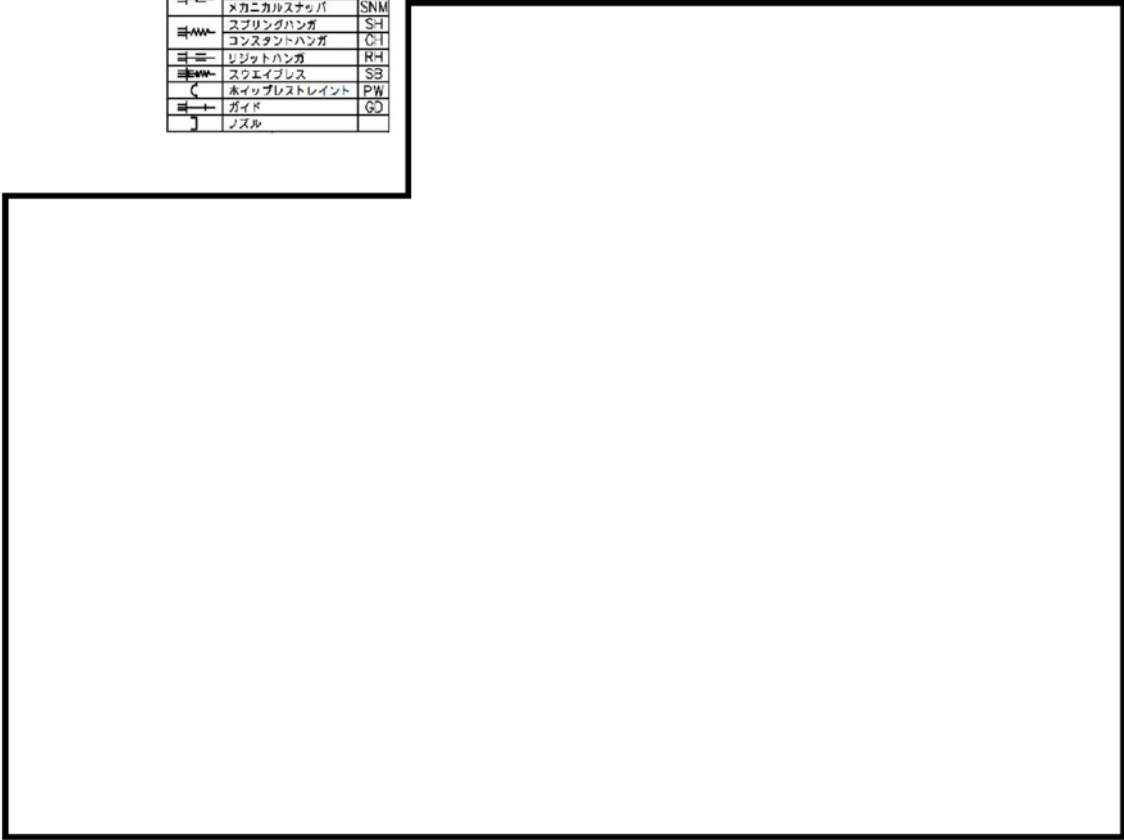
図 12 (1/2) 補正工認等による耐震耐震補強実施箇所【給水系】

表 13 (1/2) 補正工認等による耐震補強内容【給水系】

サポート番号	補強内容
SNO-FDW-153-1	【工】サポート容量変更 (50 kN → 160 kN)



配管支持装置名称		
記号	名称	規格
⊙	アンカ	AN
≡	レストレイント	RE
≡→	ロッドレストレイント	RO
≡	オイルスナップ	SNO
≡	メカニカルスナップ	SNM
≡	スプリングハンガ	SH
≡	コンスタントハンガ	CH
≡	リジッドハンガ	RH
≡	スウェイブレス	SB
≡	ホイップレストレイント	PW
≡→	ガイド	GD
┘	ノズル	



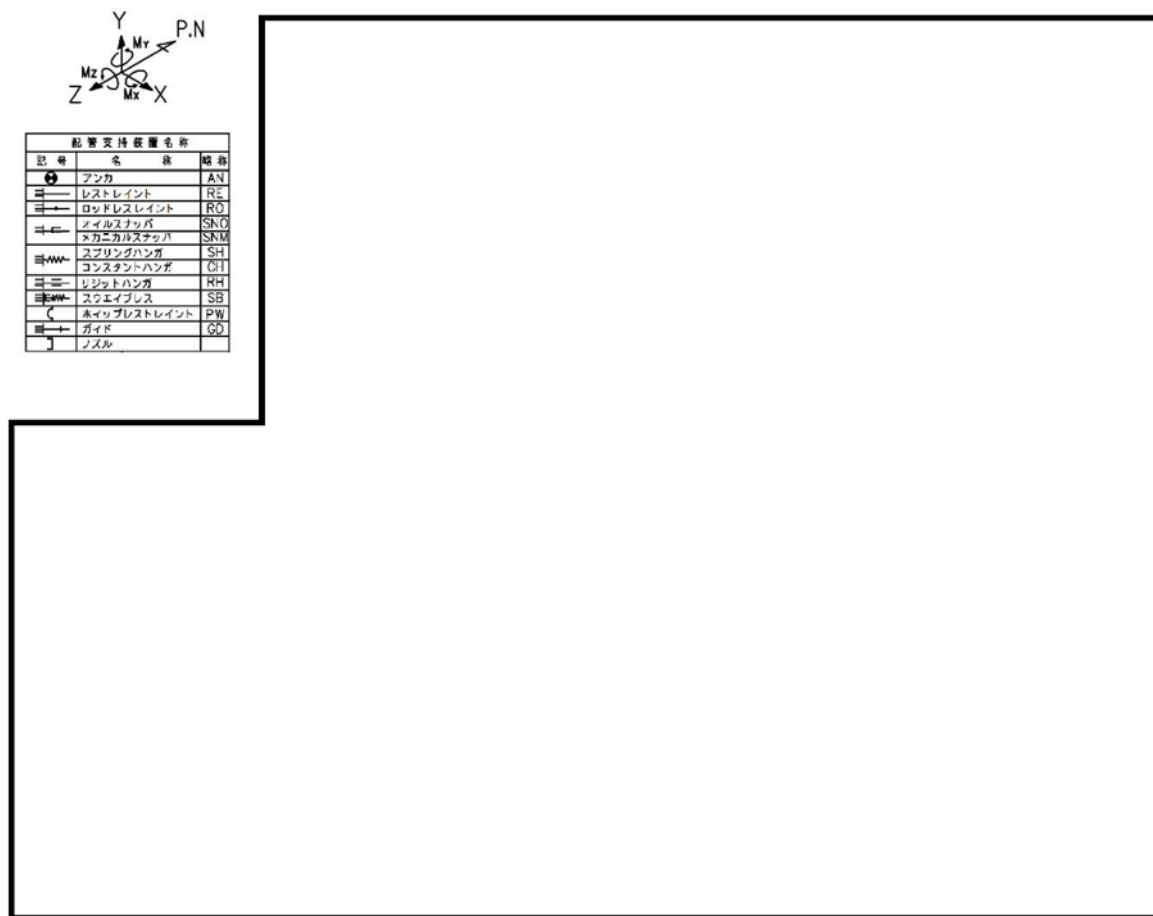
○ : 補正工認等による耐震補強実施箇所

図 12 (2/2) 補正工認等による耐震補強実施箇所【給水系】

表 13 (2/2) 補正工認等による耐震補強内容【給水系】

サポート番号	補強内容
RE-FDW-152A	【工】サポート変更 (RE → SNO : 60 kN ×1 本)

⑪ 復水系



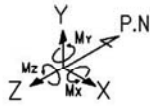
配管支持装置名所		
記号	名称	略称
●	アンカ	AN
○	レストレイント	RE
○	ロッドレストレイント	RO
○	ソイルスナップ	SNO
○	スカーカブルスナップ	SKM
○	スプリングハンガ	SH
○	コンスタントハンガ	CH
○	リジッドハンガ	RH
○	スウェイブレス	SB
○	スウェイブレストレイント	PW
○	ガイド	GD
○	ノズル	

○ : 補正工認等による耐震補強実施箇所

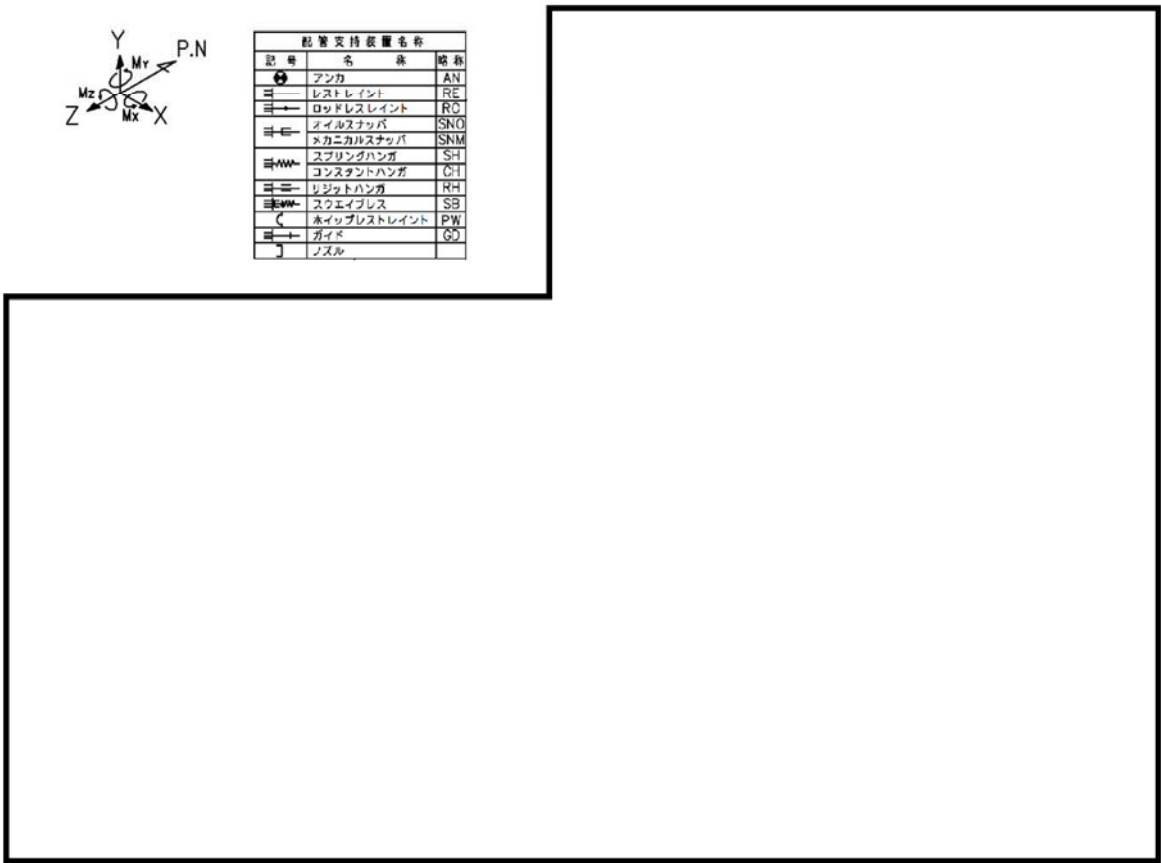
図 13 (1/3) 補正工認等による耐震補強実施箇所【復水系】

表 14 (1/3) 補正工認等による耐震補強内容【復水系】

サポート番号	補強内容
SNO-C-85A	【工】サポート容量変更 (5 kN × 2 本 → 30 kN × 2 本)



配管支持装置名称		
記号	名称	略称
●	アンカ	AN
≡	レストレイント	RE
≡→	ロッドレストレイント	RO
≡←	オイルスナッパ	SNO
≡←	メカニカルスナッパ	SNM
≡↖↗	スプリングハンガ	SH
≡↖↗	コンスタントハンガ	CH
≡↖↗	リジッドハンガ	RH
≡↖↗	スクエイブレス	SB
↖↗	ホイップレストレイント	PW
≡→	ガイド	GD
⌋	ノズル	

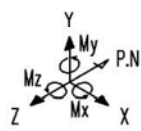


○ : 補正工認等による耐震補強実施箇所

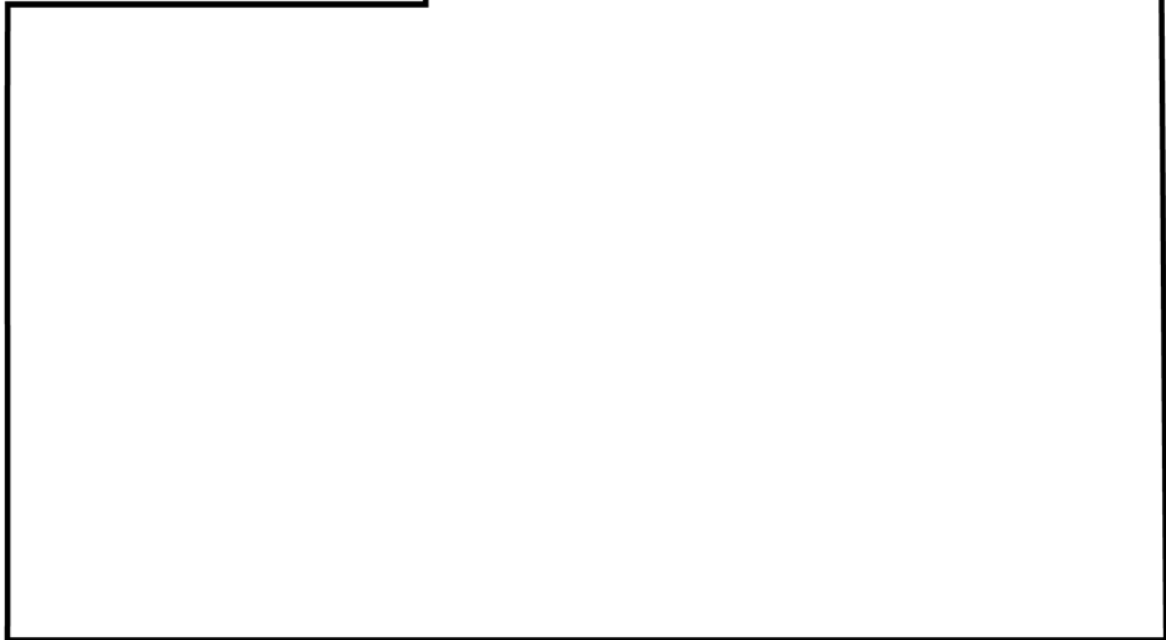
図 13 (2/3) 補正工認等による耐震補強実施箇所【復水系】

表 14 (2/3) 補正工認等による耐震補強内容【復水系】

サポート番号	補強内容
SNO-C-84B	【工】 サポート容量変更 (50 kN × 2 本 → 100 kN × 2 本)



配管支持装置名称		
記号	名称	略称
●	アンカ	AN
≡	レストレイント	RE
≡	ロッドレストレイント	RO
≡	オイルスリップ	SNO
≡	メカニカルスラッパ	SNM
≡	スプリングハンガ	SH
≡	コンスタントハンガ	CH
≡	リリットハンガ	HH
≡	スウェイブレス	SB
≡	ホイップレストレイント	PW
≡	ガイド	GD
≡	ノズル	



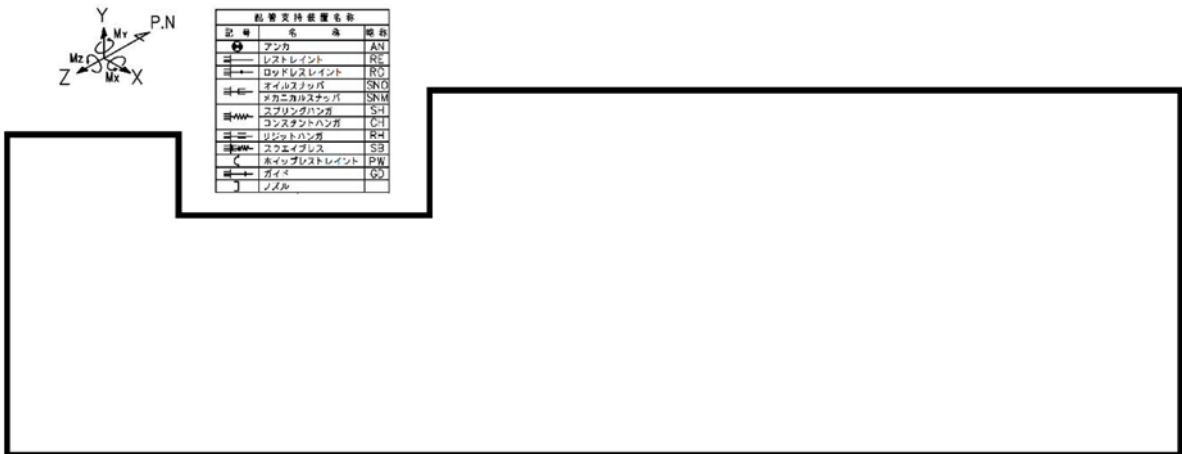
○ : 補正工認等による耐震補強実施箇所

図 13 (3/3) 補正工認等による耐震補強実施箇所【復水系】

表 14 (3/3) 補正工認等による耐震補強内容【復水系】

サポート番号	補強内容
(評価点 105)	【工】サポート追設 (RE × 1)

⑫ 給水加熱器ドレン系

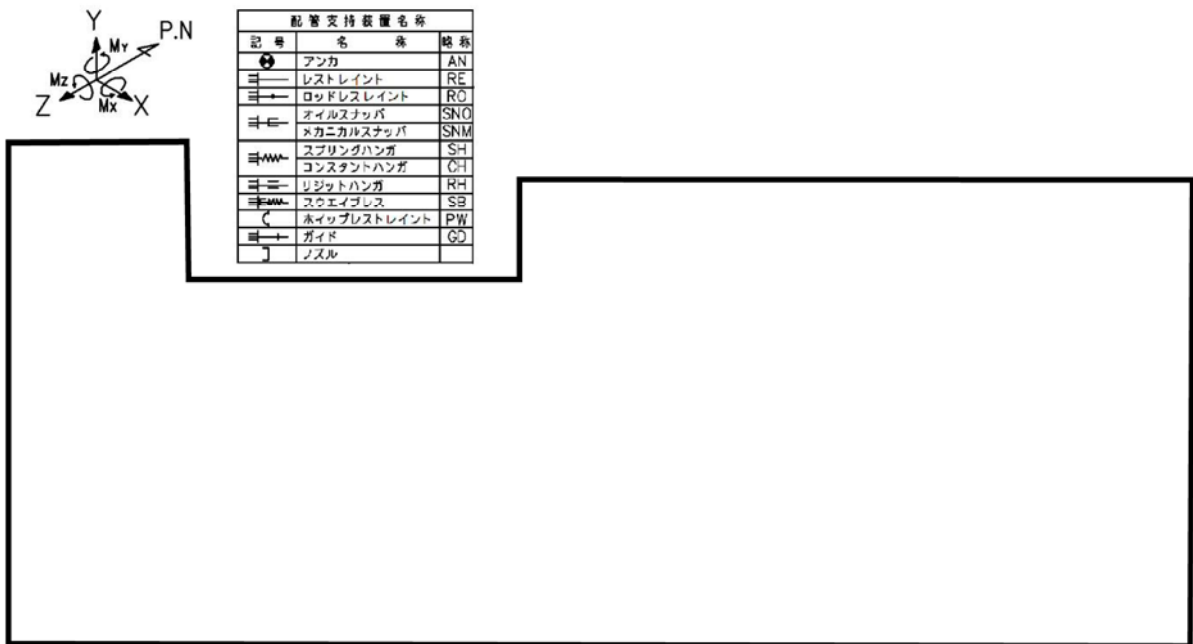


○：補正工認等による耐震補強実施箇所

図 14 (1/2) 補正工認等による耐震補強実施箇所【給水加熱器ドレン系】

表 15 (1/2) 補正工認等による耐震補強内容【給水加熱器ドレン系】

サポート番号	補強内容
SNO-HD-614	【工】サポート容量変更 (5 kN → 10 kN)



○：補正工認等による耐震補強実施箇所

図 14 (2/2) 補正工認等による耐震補強実施箇所【給水加熱器ドレン系】

表 15 (2/2) 補正工認等による耐震補強内容【給水加熱器ドレン系】

サポート番号	補強内容
SNO-HD-539A	【劣】サポート容量変更 (5 kN → 10 kN)

(2) 残留熱除去系熱交換器架台のサポート追設

残留熱除去系熱交換器架台は、耐震 BC 時に耐震補強を実施しており、また、今回の補正工認による耐震補強を予定している。

① 耐震 BC 時の耐震補強概要

a. プレート補強

b. サポート補強

耐震 BC 時の耐震補強概略図を図 15 に示す。

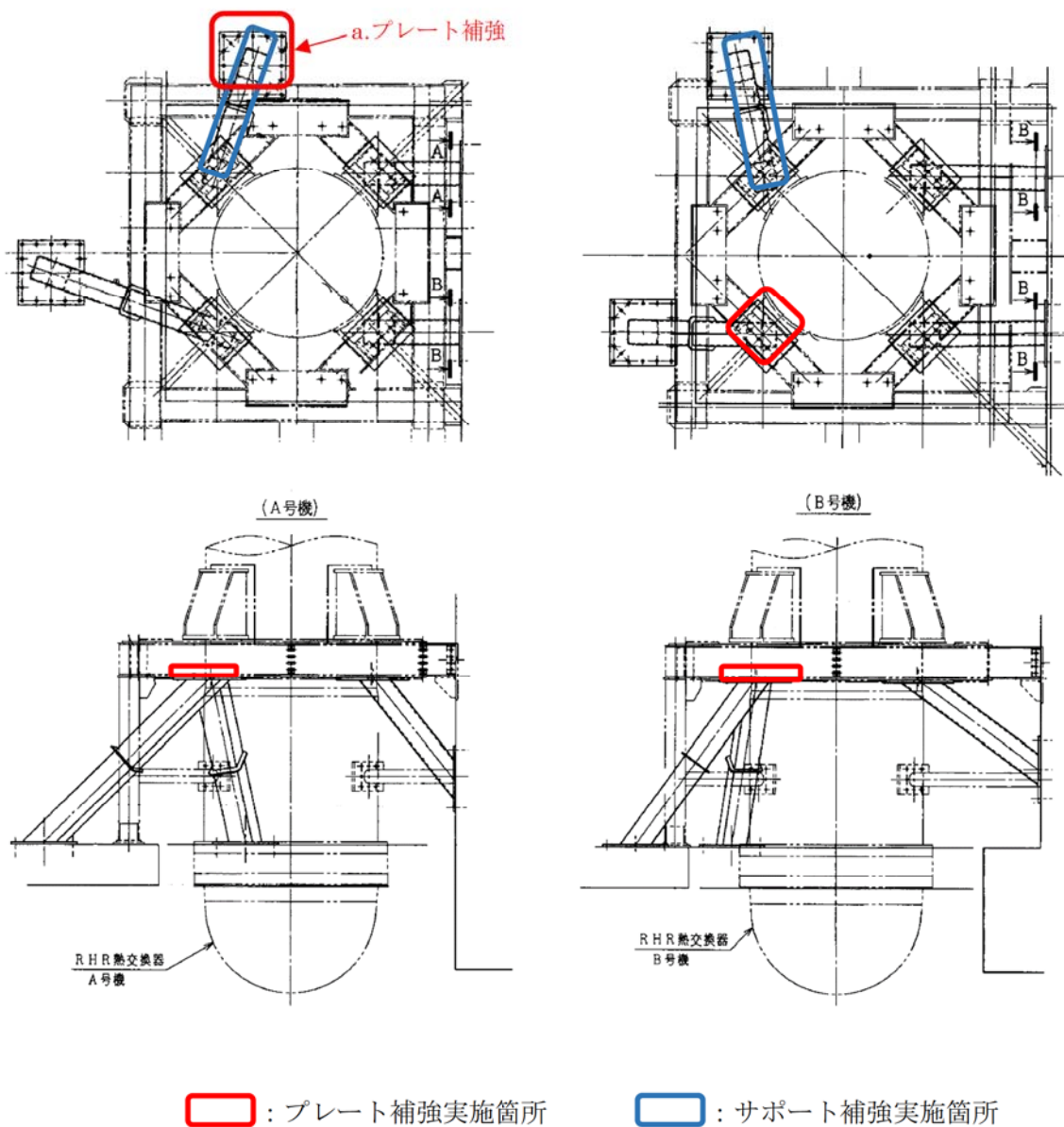


図 15 耐震 BC による耐震補強概要図

② 工事計画認可申請（平成 29 年 11 月補正申請）における耐震補強概要

残留熱除去系熱交換器の耐震クラスはSクラスに分類され、工事計画認可申請（平成 29 年 11 月補正申請）における耐震評価に伴う耐震補強（以下、「補正工認による耐震補強」という）を予定している。

補正工認による耐震補強概要図を図 16 に示す。

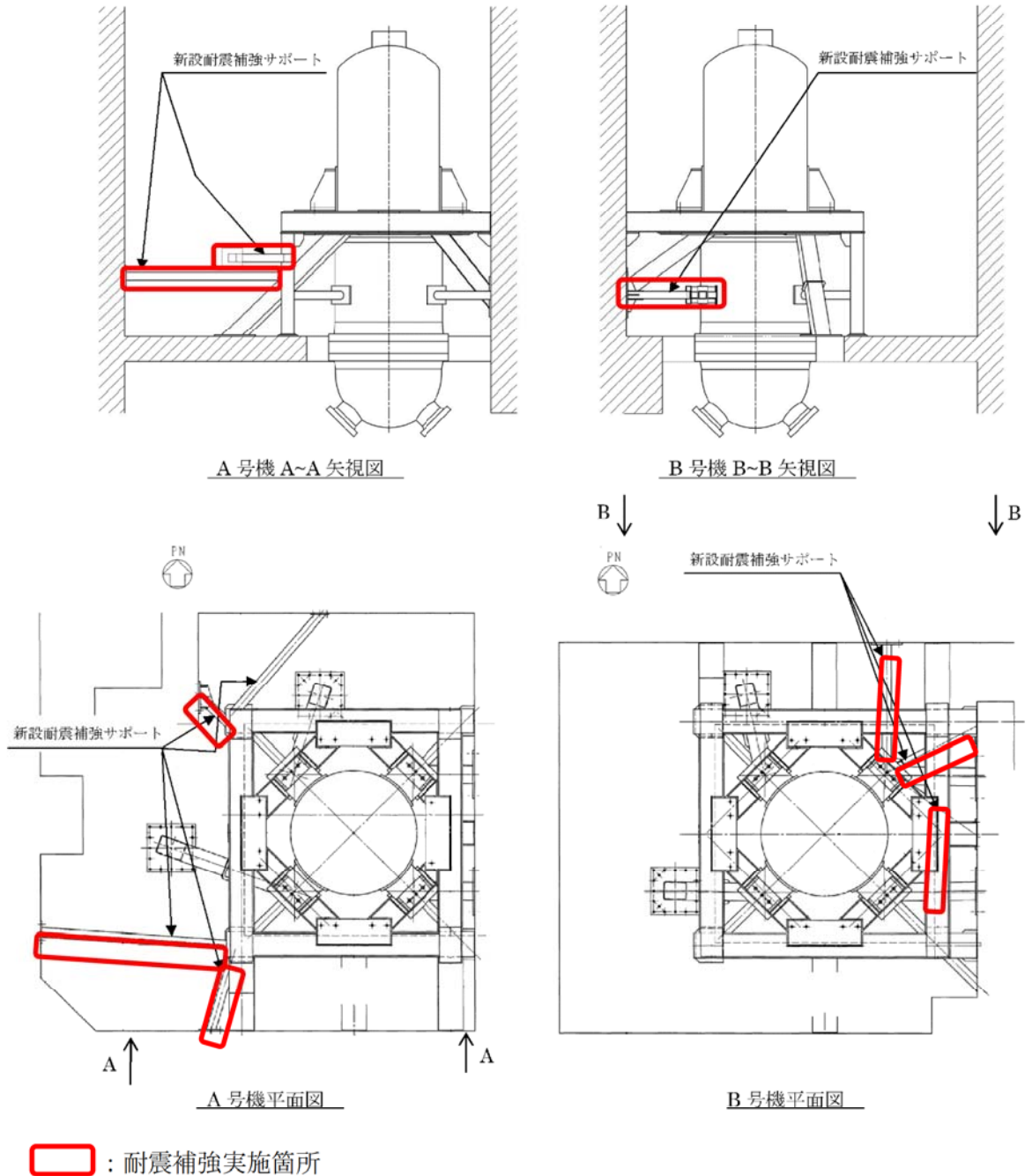


図 16 補正工認による耐震補強概要図

(3) 主排気筒耐震補強

主排気筒は、耐震 BC 時に耐震補強を実施しており、また、今回の補正工認による耐震補強を予定している。

① 耐震 BC 時の耐震補強概要

耐震 BC 時の耐震補強概要は以下のとおりであり、工事を実施するにあたっては事前に工事計画届出書を提出している。

- a. 制震装置（オイルダンパ及び弾塑性ダンパ）の設置
- b. 上層鉄塔の撤去（上部の重量を低減させ、上部の応答を低減させる）
- c. 主排気筒鉄塔部への補強材追加

耐震 BC 時の耐震補強概略図を図 17、弾塑性ダンパ及びオイルダンパ設置状況を図 18 に示す。

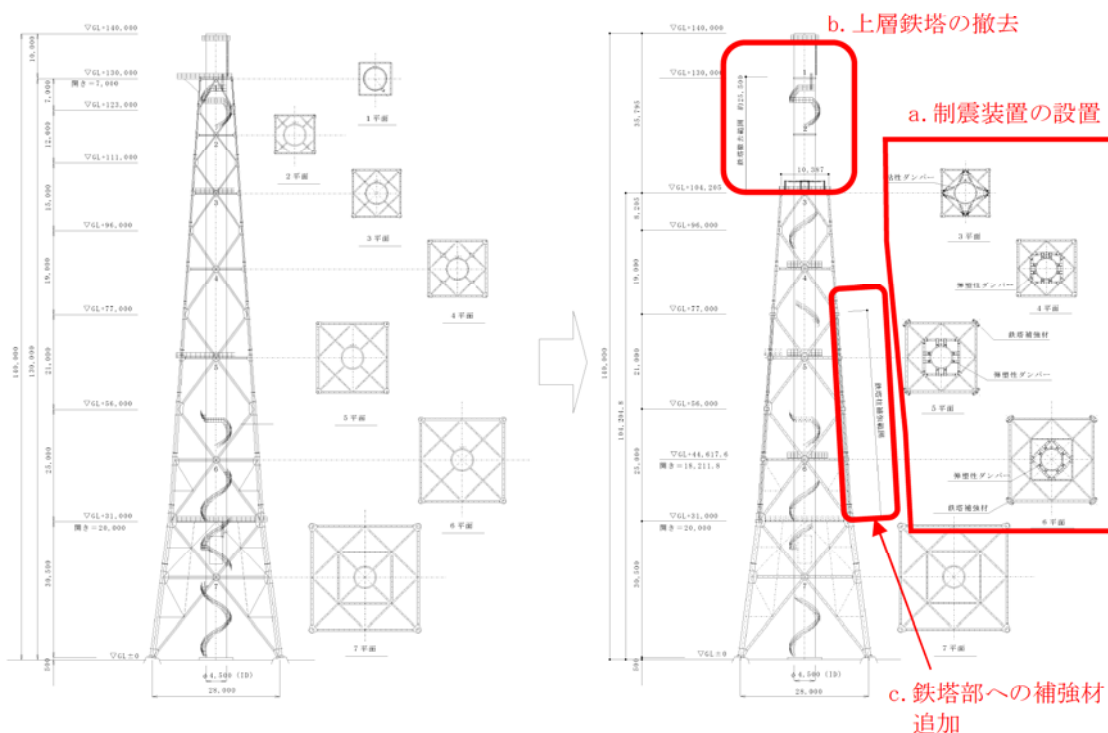


図 17 耐震 BC 時の主排気筒耐震補強概略図

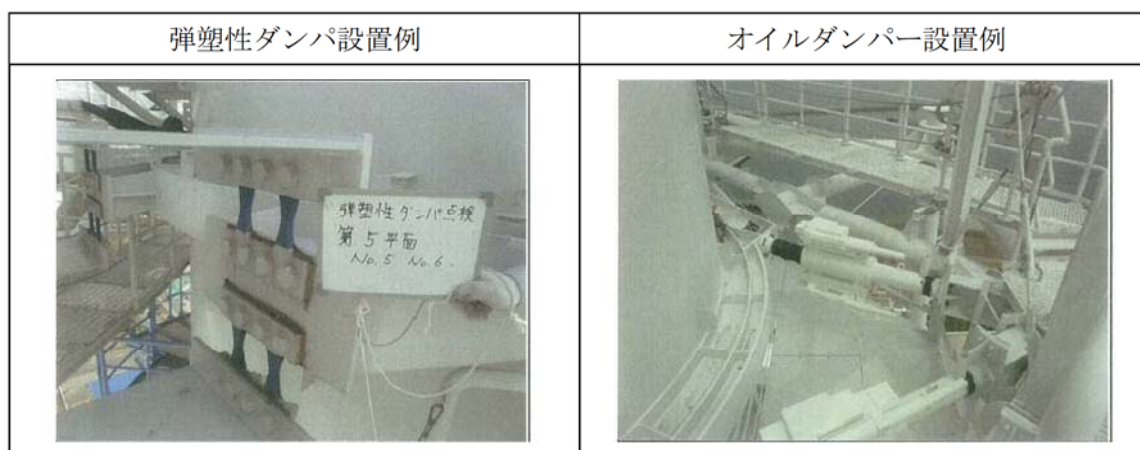


図 18 弾塑性ダンパ、オイルダンパー設置状況

② 工事計画認可申請（平成 29 年 11 月補正申請）における耐震補強概要

主排気筒の耐震クラスはCクラスに分類されるが、耐震Sクラスである非常用ガス処理系排気筒を支持しており、主排気筒の筒身、鉄塔及び基礎部は設計基準対処施設においては、「Sクラスの施設の間接支持構造物」に分類されることから、設置変更許可申請の基準地震動 S_S での機能維持が求められることから、工事計画認可申請（平成 29 年 11 月補正申請）における耐震評価に伴う耐震補強（以下、「補正工認による耐震補強」という）を予定している。

補正工認による耐震補強概要は以下のとおりである

- a. 鉄塔補強高さの嵩上げ（主柱の延伸）
- b. 鉄塔補強（脚数の増加。高さ 104.205m 以下において 8 脚増加。）
- c. 基礎梁の増強，鋼管杭の増設

補正工認による耐震補強概要図を図 19 に、基礎図を図 20 に示す。

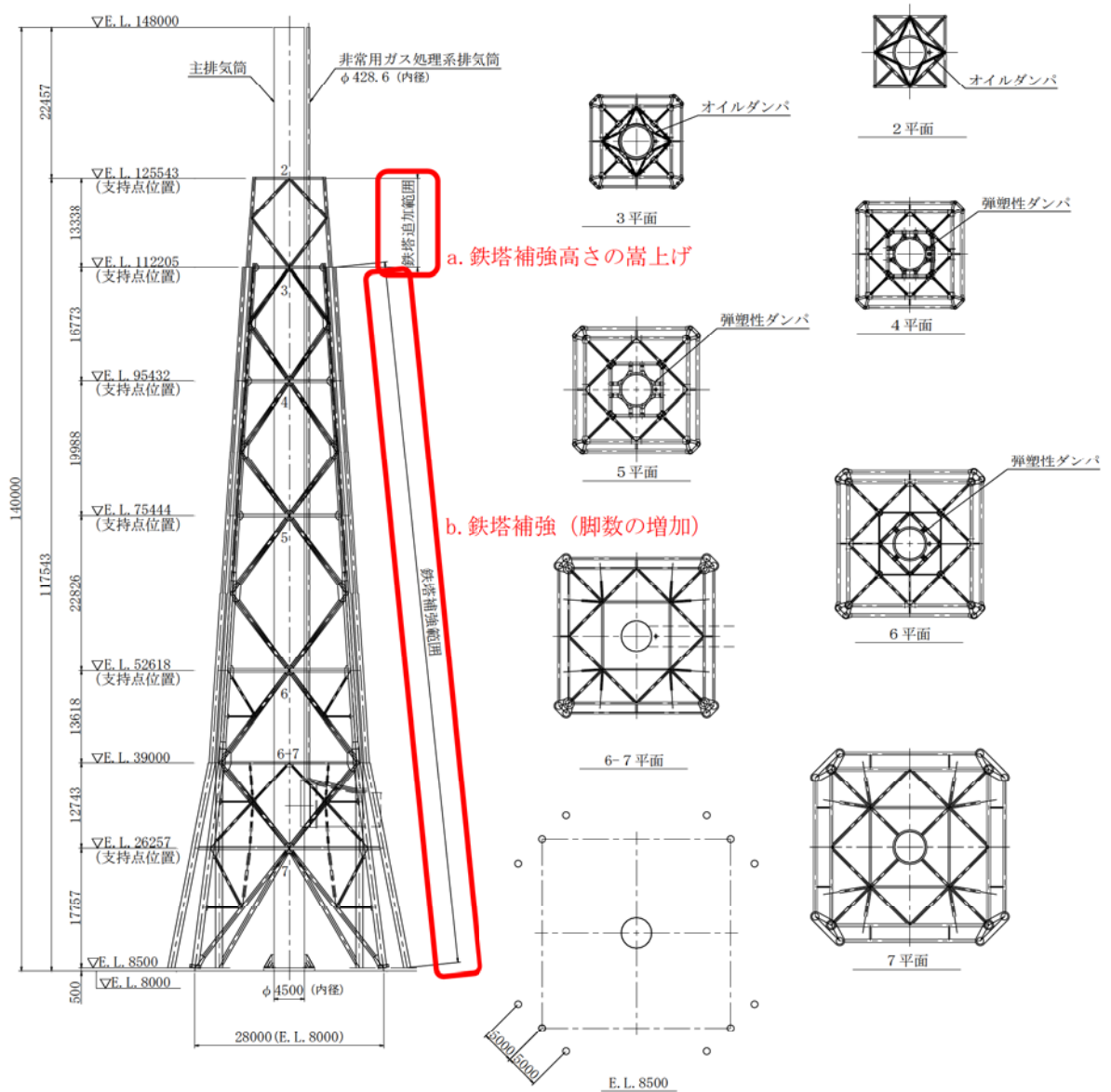


図 19 補正工認による耐震補強概要図【鉄塔部】

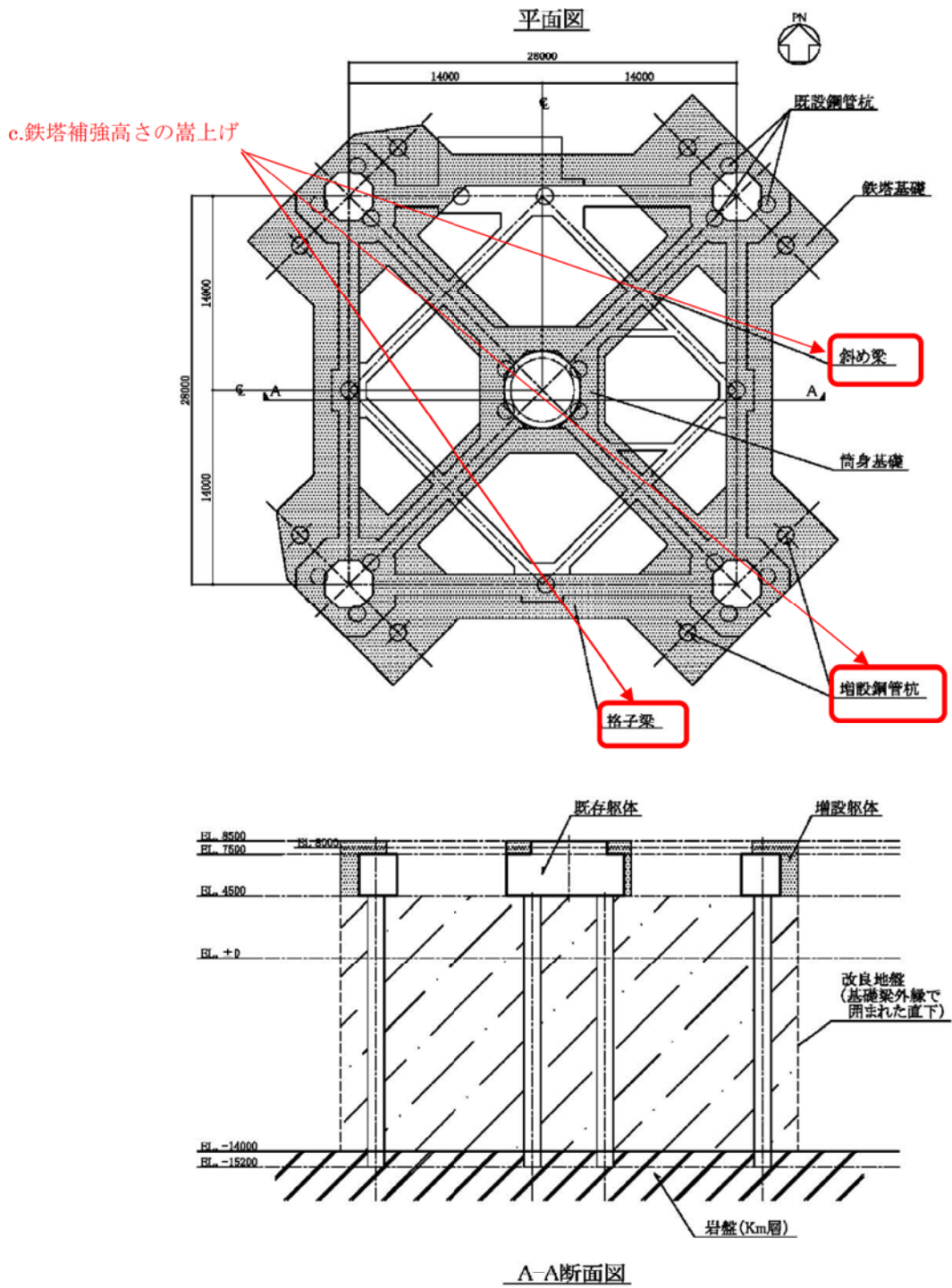


図 20 補正工認による耐震補強概要図【基礎部】

(4) 原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器他耐震補強

原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器, 雑固体焼却系設備焼却炉, 雑固体焼却系設備 1 次・2 次セラミックフィルタは耐震 B クラスに分類され, 今回の弾性設計用地震動 S_d 見直しに伴う耐震評価等による耐震補強を予定している。原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器の耐震補強概要図を図 21, 雑固体焼却系設備焼却炉の耐震補強概要を図 22 に, 雑固体焼却系設備 1 次・2 次セラミックフィルタの耐震補強概要を図 23 にそれぞれ示す。

① 原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器

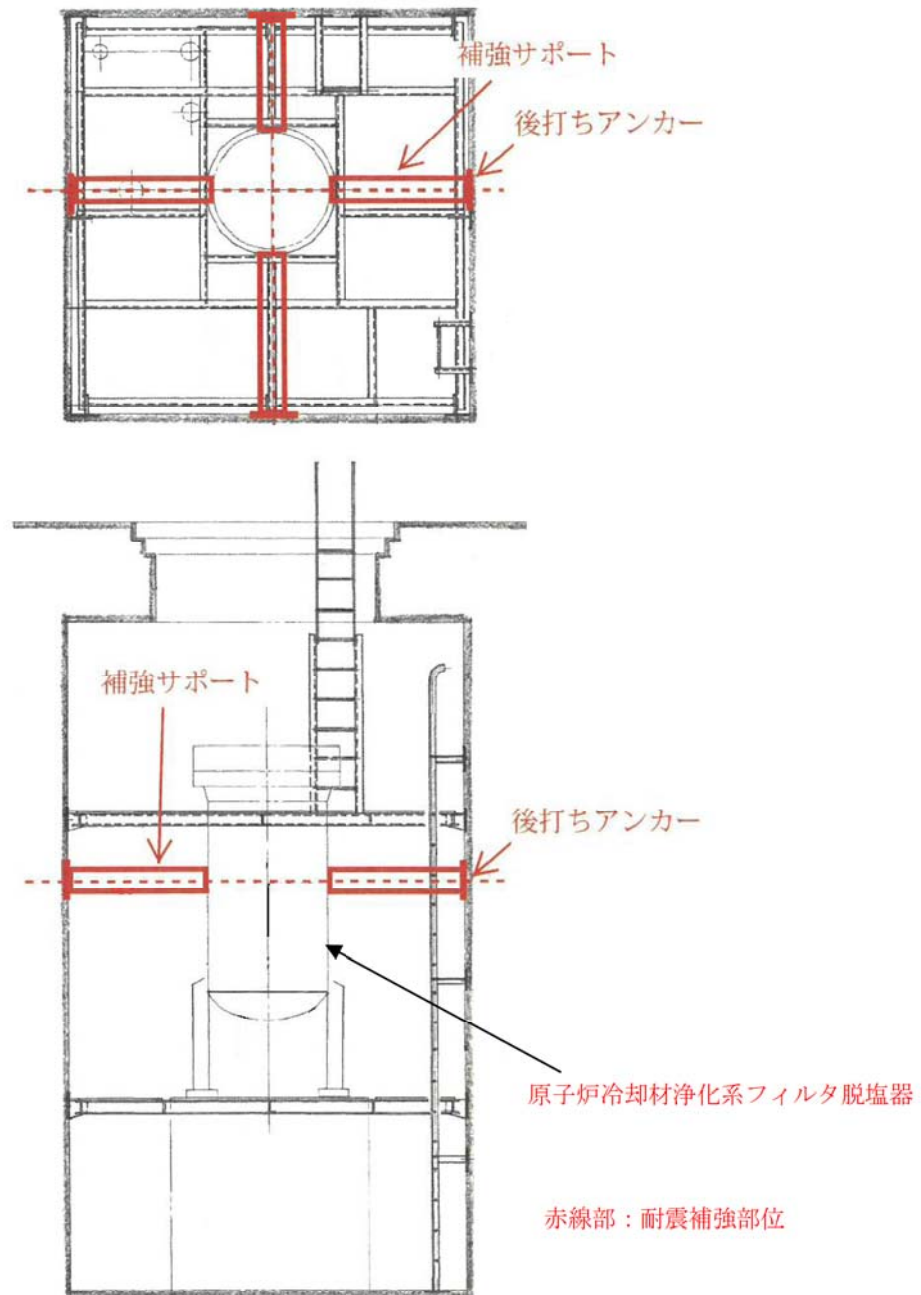


図 21 原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器耐震補強概要図

② 雑固体焼却系設備焼却炉

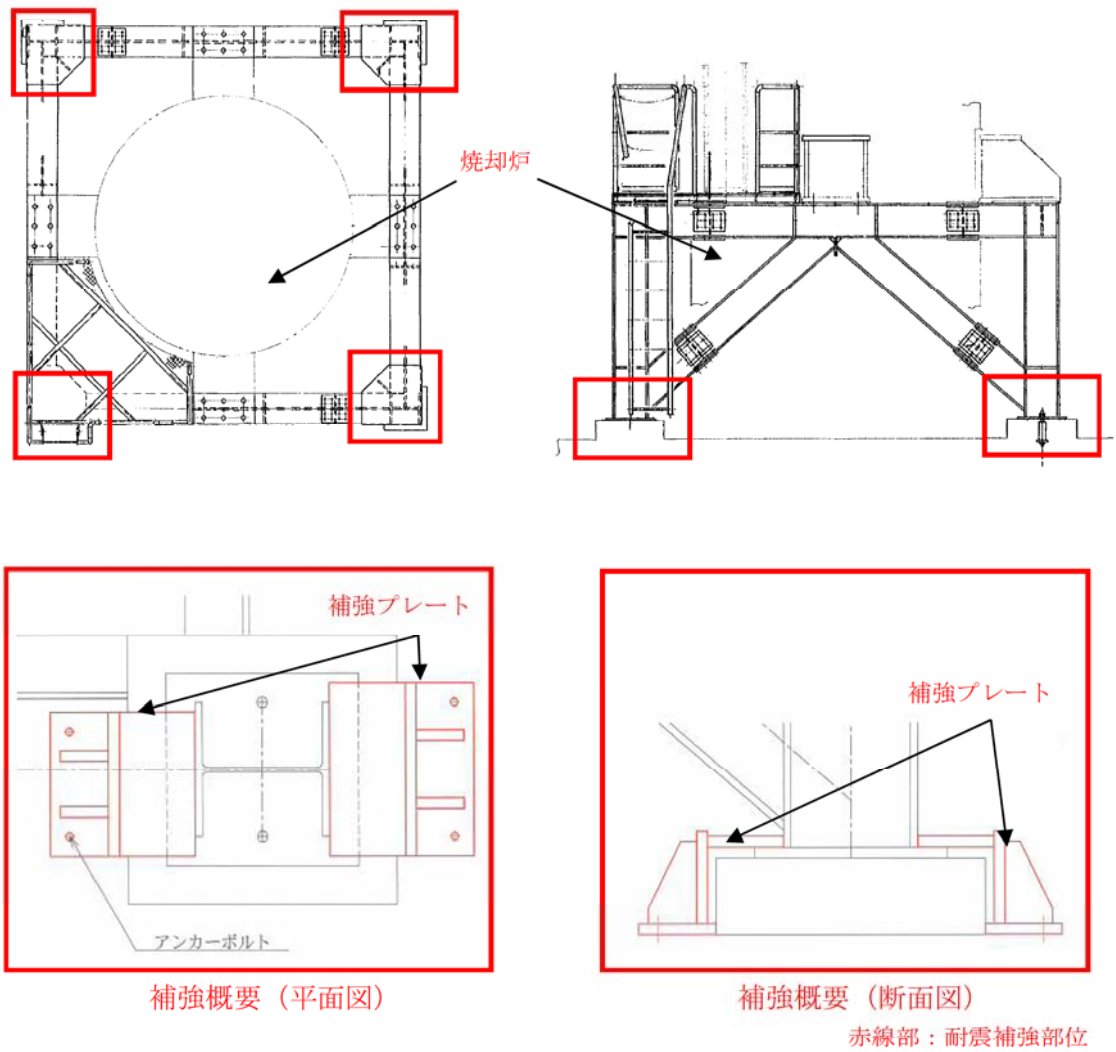
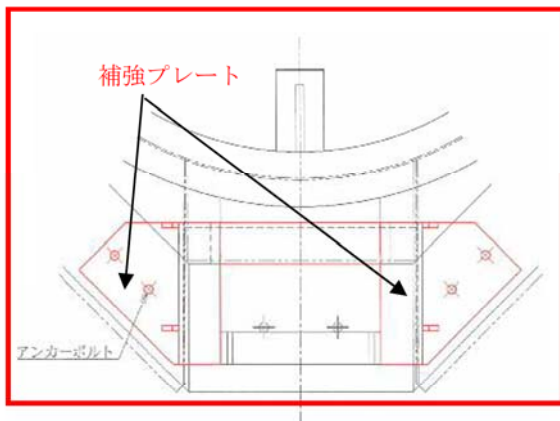
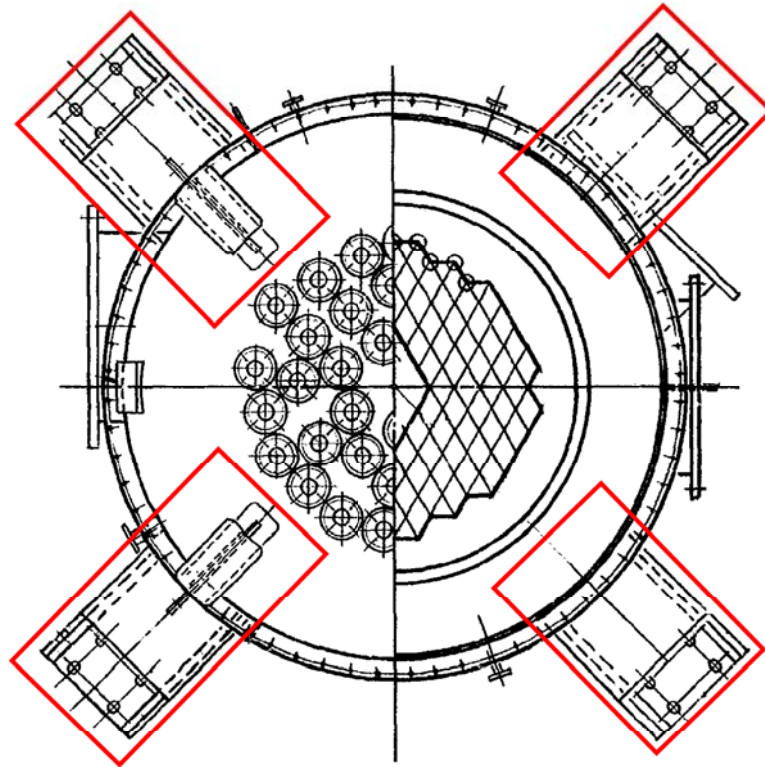
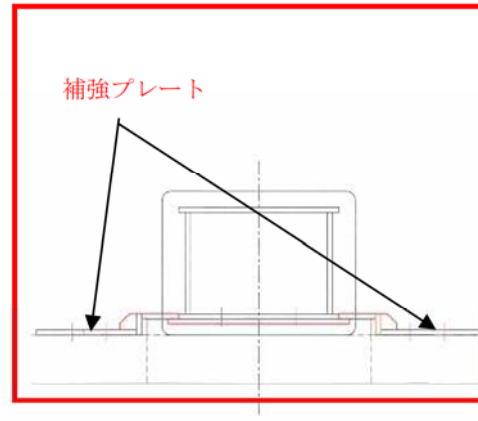


図 22 雑固体焼却系設備焼却炉耐震補強概要図

③ 雑固体焼却系設備 1次・2次セラミックフィルタ



補強概要 (平面図)



補強概要 (断面図)

赤線部：耐震補強部位

図 23 雑固体焼却系設備 1次・2次セラミックフィルタの耐震補強概要

(5) 使用済燃料乾式貯蔵容器耐震補強

使用済燃料乾式貯蔵容器は、今回の補正工認による耐震補強を予定している。1～15号機及び16,17号機の耐震補強概要を図24に示す。

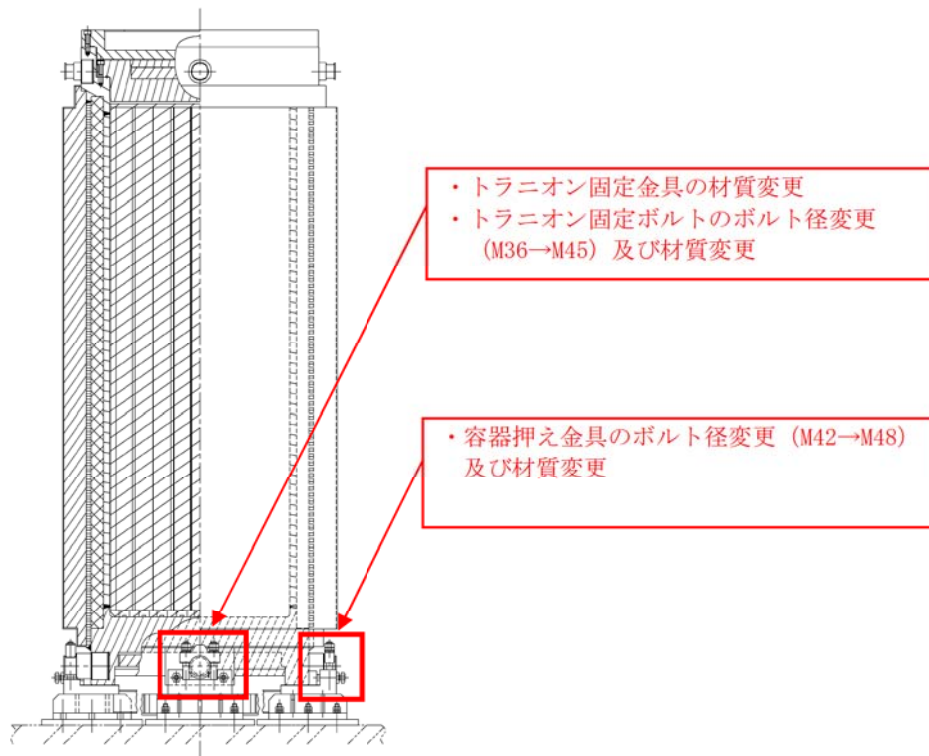


図24 (1/2) 使用済燃料乾式貯蔵容器構造図 (1～15号機) 耐震補強概要図

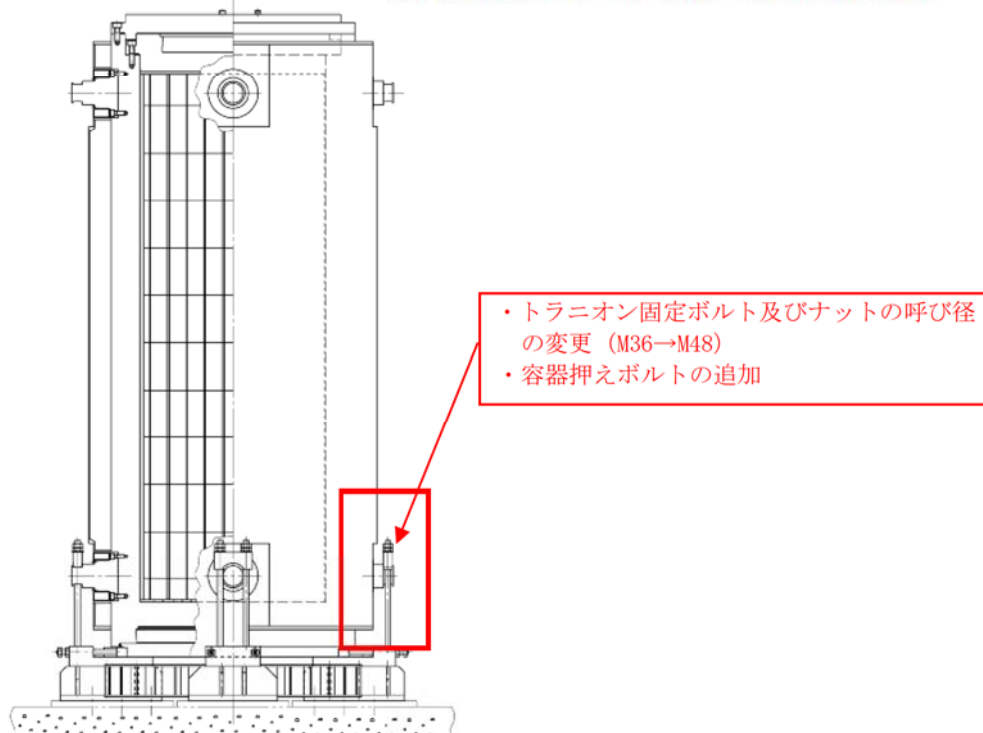


図24 (2/2) 使用済燃料乾式貯蔵容器構造図 (16,17号機) 耐震補強概要図

機器付基礎ボルトの腐食を考慮した耐震安全性評価について

耐震安全性評価書における基礎ボルトの腐食を考慮した耐震安全性評価に伴う計算過程については、表 1 に示す理由により代表機器を選定して説明する。

表 1 補足説明代表機器の選定

補足説明資料として 代表する機器	選定理由	添付番号
主排気筒	<ul style="list-style-type: none"> 耐震補強工事を前提とした耐震安全性評価を実施しており、評価結果（発生応力と許容応力の比）が最も厳しい機器であるため。 	1
残留熱除去系熱交換器	<ul style="list-style-type: none"> 耐震補強工事を前提とした耐震安全性評価を実施しており、基礎ボルトの発生応力が最も大きい機器であるため。 	2

主排気筒の基礎ボルトの耐震安全性評価

1. 主排気筒の基礎ボルトの腐食を考慮した耐震安全性評価について

1.1 主排気筒

主排気筒は、鉄塔支持型の鋼製排気筒であり、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設の間接支持構造物」に分類されている。

構造は、中央の内径 4.5m、高さ 140m の筒身にかかる水平力を周囲の根開き 28m、高さ 104.205m (EL.112.205m) の鋼管トラスの 4 脚鉄塔を補強して支える構造であり、補強部分は高さ 117.543m (EL.125.543m) まで支柱を伸ばすとともに、高さ 104.205m (EL.112.205m) 以下において 8 脚増やす予定である。また、筒身と鉄塔は図 1 に示す 6ヶ所で接続され、制振サポート（オイルダンパ）と弾塑性ダンパで接合した制震構造であり、筒身の下端は固定されている。

経年劣化事象としては、筒身脚部、鉄塔脚部及び補助鉄塔脚部の基礎ボルトに腐食が想定され、基礎ボルトの減肉により、耐震安全性に影響を及ぼす可能性があるため、耐震安全性評価を実施する。

評価方法は、工事計画認可申請（平成 29 年 11 月補正申請）における主排気筒のアンカーボルト（基礎ボルト）の評価方法を基に、東海発電所基礎ボルトの腐食量調査結果から得られた、運転開始後 60 年時点での腐食量（0.3 mm）を全周に仮定し、評価を実施する。

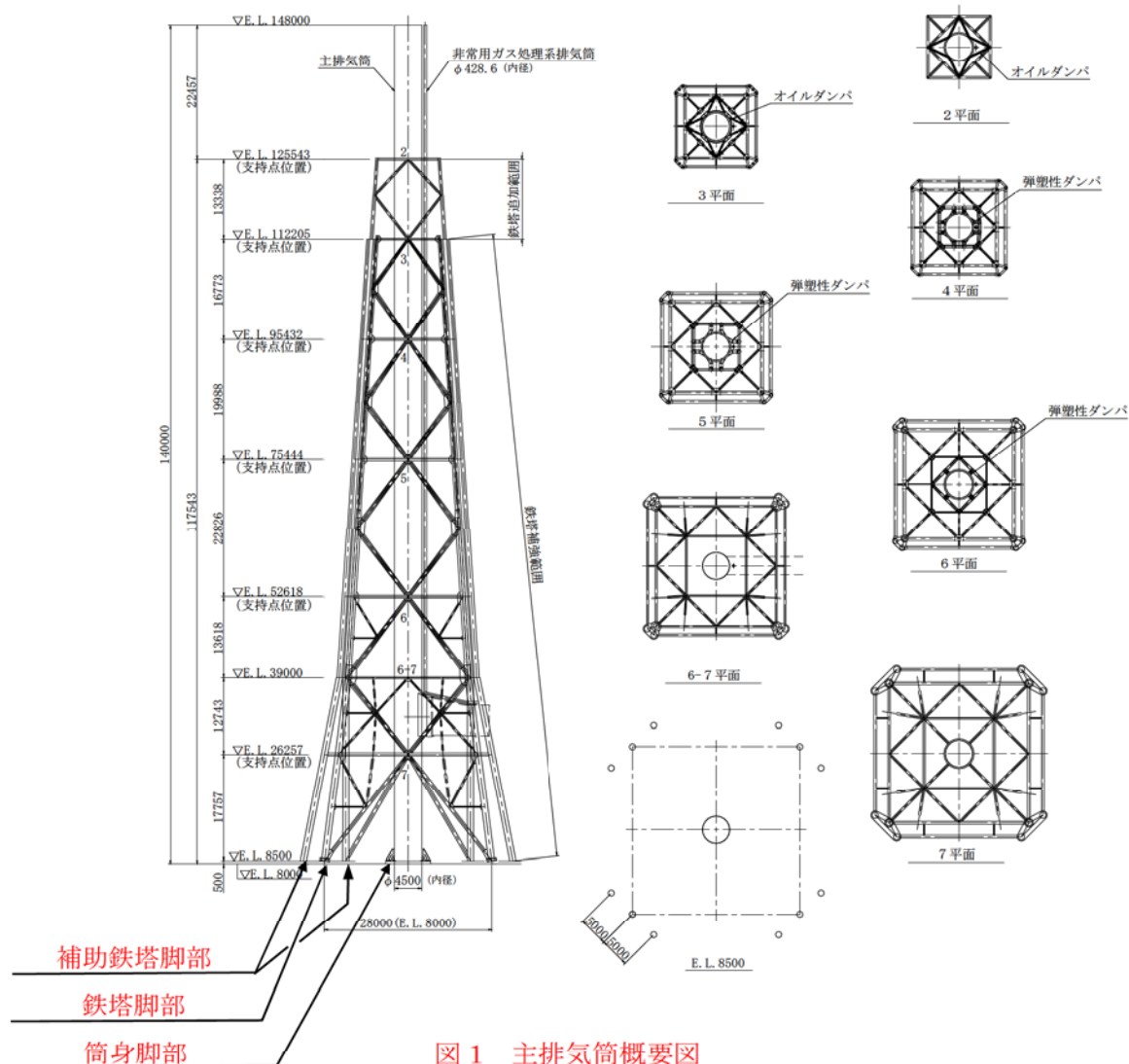


図 1 主排気筒概要図

1.2 筒身脚部基礎ボルトの評価

1.2.1 荷重条件

工事計画認可申請（平成 29 年 11 月補正申請）の「主排気筒の耐震性についての計算書」における機能維持検討時に発生する部材力の各成分の最大値を用いて検討を行う。

設計荷重は、以下に示す荷重により、筒身脚部の検討を行う。

なお、筒身脚部は補強を実施するため、筒身補強脚部のみで評価を実施する。

ここで、自重は既設部で負担するものとする。

筒身補強脚部の概略図を図 2 に示す。

引抜き力	$N_t = 17000 \text{ kN}$
	荷重ケース：Ss 波設計用荷重
曲げモーメント	$M = 5812 \text{ kN}\cdot\text{m}$
	荷重ケース：Ss 波設計用荷重
水平力	$H = 1089 \text{ kN}$
	荷重ケース：Ss 波設計用荷重

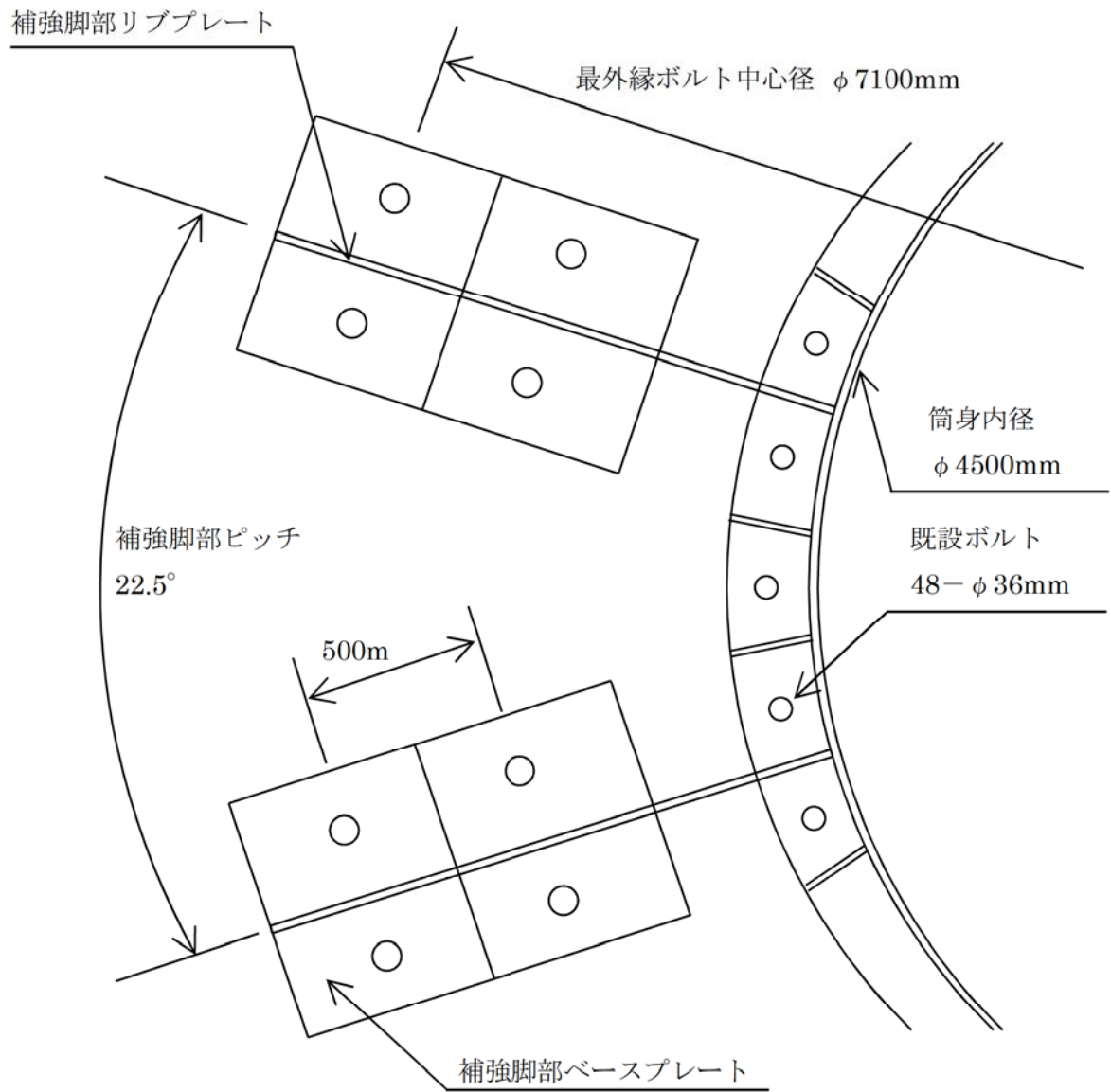


図2 筒身補強脚部概略図 (1/2)

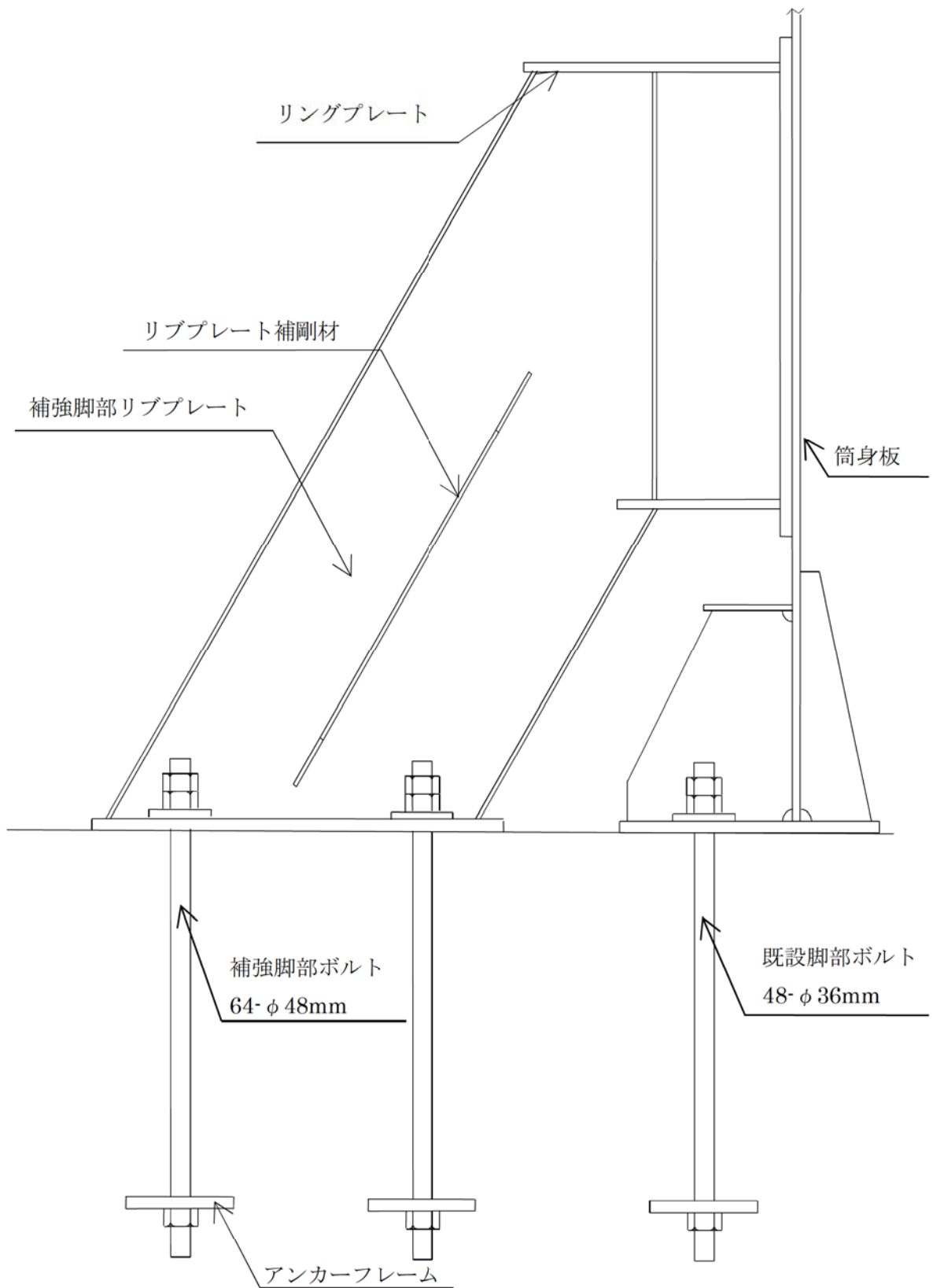


図2 筒身補強脚部概略図(2/2)

1.2.2 算出過程

a. 基礎ボルトの水平力に対する検討

- ・ボルト1本に作用するせん断力

ボルト本数 $n = 64$ 本

ボルトせん断力

$$Q = \frac{H}{n} = \frac{1089}{64} = 17.01562 \dots \rightarrow 17.0 \text{ kN}$$

- ・基礎ボルトの諸元

サイズ M48

材質 490 材相当

有効断面積

$$A_s = 1433 \text{ mm}^2$$

(JIS B 0205 メートル並目ねじより)

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2 \\ &= \frac{\pi}{4} \times \left(\frac{(44.752 - 0.6) + 41.26531}{2} \right)^2 \\ &= 1432.59262 \dots \rightarrow 1433 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_3 &= d_1 - \frac{H}{6} = (42.587 - 0.6) - \frac{0.866025 \times 5}{6} \\ &= 41.26531 \dots \text{ mm} \end{aligned}$$

設計基準強度

$$F = 324.5 \text{ N/mm}^2$$

(基準強度×1.1倍 (建設省告示第2464号第3より))

許容せん断応力 (機能維持)

$$\begin{aligned} f_s &= \frac{F}{\sqrt{3}} = \frac{324.5}{\sqrt{3}} \\ &= 187.35016 \dots \rightarrow 187 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)} \end{aligned}$$

- ・ボルトに作用するせん断応力度

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{A_s} = \frac{17.0 \times 10^3}{1433} \\ &= 11.86322 \dots \rightarrow 12 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)} \end{aligned}$$

b. 基礎ボルトの引張力に対する検討

- ・ボルト 1 本に作用する引抜力

補強脚部は十分剛とし、ボルトは鉛直力を等負担させるものとする。

ボルト本数 $n = 64$ 本

$$T_v = \frac{N_t}{n} = \frac{17000}{64} = 265.625 \rightarrow 265.6 \text{ kN}$$

曲げモーメントによる引抜は、外側ボルト群からなる有効断面より算出する。

有効断面係数 $Z = 8.141 \times 10^7 \text{ mm}^3$

$$T_b = \frac{(M \cdot A_s)}{Z} = \frac{5812 \times 1433}{8.141 \times 10^7} \times 10^3 = 102.30433 \dots \rightarrow 102.3 \text{ kN}$$

ボルト引抜力

$$T = T_v + T_b = 265.6 + 102.3 = 367.9 \text{ kN}$$

- ・基礎ボルトの諸元

サイズ M48

ボルト本数 $n = 64$ 本

材質 490 材相当

有効断面積 $A_1 = 1433 \text{ mm}^2$

設計基準強度 $f_t = F = 324.5 \text{ N/mm}^2$

(基準強度×1.1倍 (建設省告示第2464号第3より))

許容引張応力度 (機能維持)

$$\begin{aligned} f_{ts} &= \min[f_t, 1.4f_t - 1.6\tau] \\ &= \min[324.5, 1.4 \times 324.5 - 1.6 \times 12] \\ &= 324.5 \rightarrow 324 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)} \end{aligned}$$

- ・ボルトに作用する引張応力度

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \frac{T}{A_s} = \frac{367.9 \times 10^3}{1433} \\ &= 256.73412 \dots \rightarrow 257 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)} \end{aligned}$$

1.3 鉄塔脚部基礎ボルトの評価

1.3.1 荷重条件

工事計画認可申請（平成 29 年 11 月補正申請）の「主排気筒の耐震性についての計算書」より、電算アウトプットの支点反力を座標変換して、鉄塔脚部垂直反力の向きと主柱脚部の軸方向とを一致させ、座標変換後の垂直反力と水平反力の最大値により脚部の検討を行う。

下記の手順に従い算出した反力の最大引張力を以下に示す。

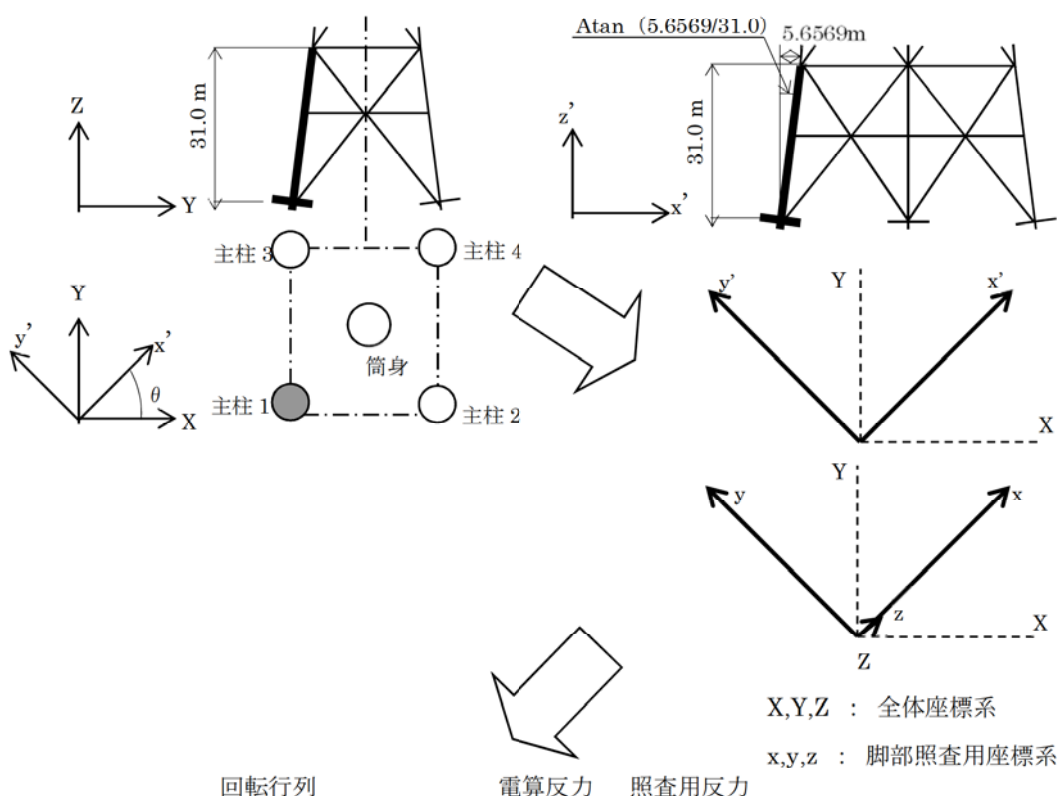
なお、水平力は刃型プレートで受けるため、引抜に対してのみ評価する。

鉄塔脚部の概略図を図 3 に示す。

$$\text{最大引張力 } \tau N_T = 4807 \text{ kN} \quad \text{Ss 波設計用荷重 斜め方向}$$

例) 主柱 1 の座標変換

下図のように主柱脚部の軸方向と全体座標系の Z 方向は一致していないため、主柱 1 の電算反力を Z 軸周りに $\theta=45^\circ$ 、新しい Y 軸 (y') 周りに $\phi=10.3416^\circ$ 回転する。



$$\begin{bmatrix} \cos \phi \cos \theta & \cos \phi \sin \theta & -\sin \phi \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ \sin \phi \cos \theta & \sin \phi \sin \theta & \cos \phi \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} RX \\ RY \\ RZ \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} Rx \\ Ry \\ Rz \end{Bmatrix}$$

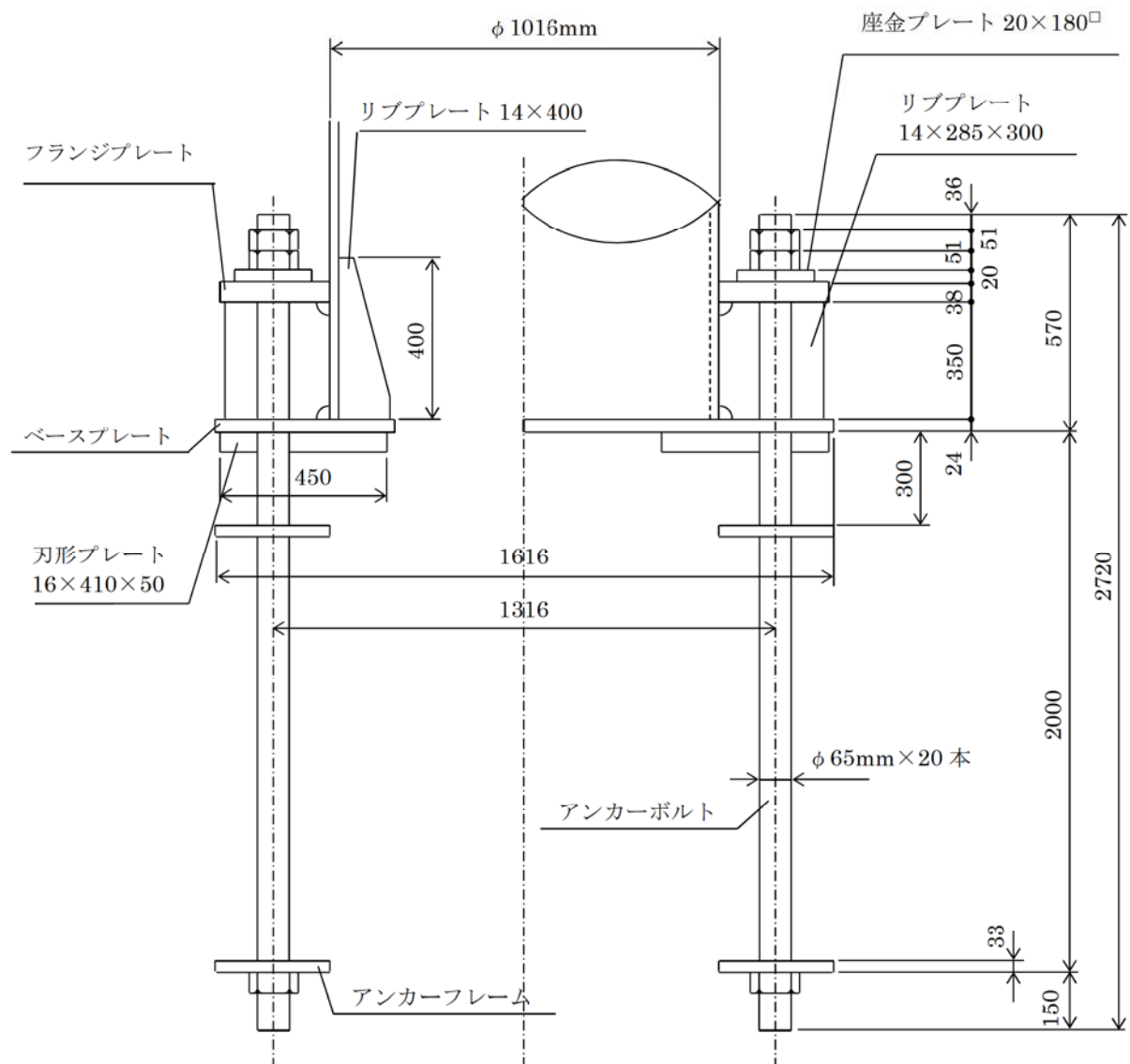


図 3 鉄塔脚部概略図

1.3.2 算出過程

a. 基礎ボルトの引張力に対する検討

・基礎ボルト諸元

サイズ	M64
ボルト本数	$n = 20$ 本
材質	SS400
有効断面積	$A_1 = 2621 \text{ mm}^2$ (JIS B 0205 メートル並目ねじより算出)

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2 \\ &= \frac{\pi}{4} \times \left(\frac{(60.103 - 0.6) + 56.03897}{2} \right)^2 \\ &= 2621.26228 \dots \rightarrow 2621 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_3 &= d_1 - \frac{H}{6} = (57.505 - 0.6) - \frac{0.866025 \times 6}{6} \\ &= 56.03897 \dots \text{ mm} \end{aligned}$$

設計基準強度	$F = 236.5 \text{ N/mm}^2$ (基準強度×1.1倍 (建設省告示第2464号第3より))
許容引張応力度 (機能維持)	$f_t = F = 236.5 \rightarrow 236 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)}$

・ボルトの引張に対する検討

ボルト1本に作用する引抜力

支柱引抜力 ${}_T N_T = 4807 \text{ kN}$

ボルト引抜力

$$T = \frac{{}_T N_T}{n} = \frac{4807}{20} = 240.35 \rightarrow 240.4 \text{ kN}$$

ボルトに作用する引張応力度

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \frac{T}{A_1} = \frac{240.4}{2621} \times 10^3 \\ &= 91.72071 \dots \rightarrow 92 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)} \end{aligned}$$

1.4 補助鉄塔脚部基礎ボルトの評価

1.4.1 荷重条件

工事計画認可申請（平成 29 年 11 月補正申請）の「主排気筒の耐震性についての計算書」における機能維持検討時に発生する部材力の各成分の最大値を用いて検討を行う。

設計荷重は、以下に示す荷重により、補助鉄塔脚部の検討を行う。

なお、水平力は刃型プレートで受けるため、引抜に対してのみ評価する。

補助鉄塔脚部の概略図を図 4 に示す。

$$\text{最大引張力 } T N_T = 7525 \text{ kN} \quad S_s \text{ 波設計用荷重 斜め方向}$$

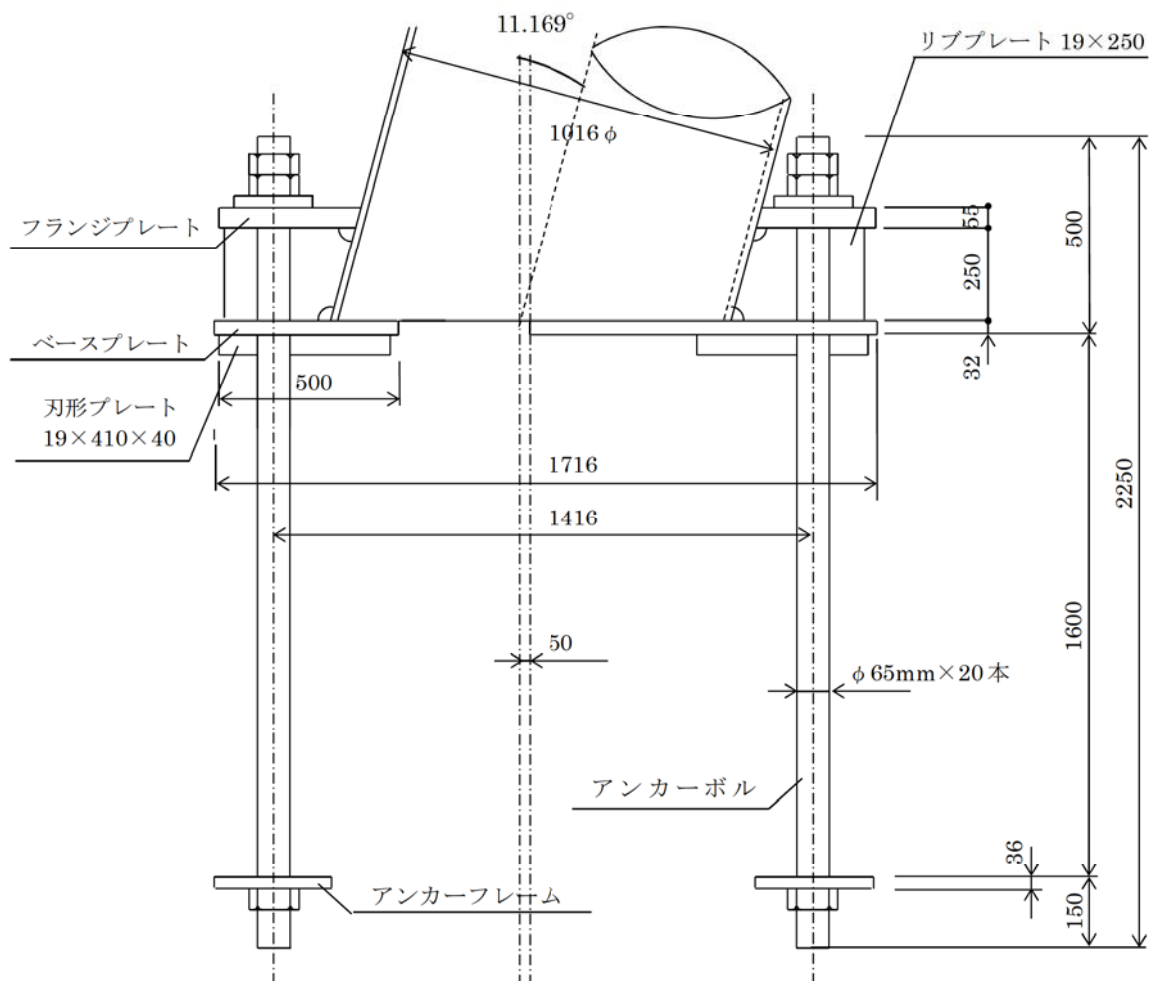


図 4 補助鉄塔脚部概略図

1.4.2 算出過程

a. 基礎ボルトの引抜きに対する検討

・基礎ボルトの諸元

サイズ	M64
ボルト本数	$n = 20$ 本
材質	700 材相当
有効断面積	$A_1 = 2621\text{mm}^2$
設計基準強度	$F = 490.0\text{N/mm}^2$
許容引張応力度 (機能維持)	$f_t = F = 490.0\text{N/mm}^2$ (MPa)
ボルト偏心距離	$\ell = 50\text{mm}$

・ボルトの引張に対する検討

ボルト 1 本に作用する引抜力

鉛直力 ${}_{\tau}N_T = 7525 \text{ kN}$

$$T_V = \frac{{}_{\tau}N_T}{n} = \frac{7525}{20} = 376.25 \rightarrow 376.3 \text{ kN}$$

ボルト孔ピッチ円中心と部材軸の偏心から生じる曲げによる引抜は、ボルト群からなる有効断面より算出する。

有効断面係数 $Z = 1.857 \times 10^7 \text{mm}^3$

$$\begin{aligned} T_b &= \frac{({}_{\tau}N_T \cdot \ell \cdot A_1)}{Z} \\ &= \frac{7525 \times 0.05 \times 2621}{1.857 \times 10^7} \times 10^3 \\ &= 53.10453 \dots \rightarrow 53.1 \text{ kN} \end{aligned}$$

ボルト引抜力 $T = T_V + T_b = 376.3 + 53.1 = 429.4 \text{ kN}$

ボルトに作用する引張応力度

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \frac{T}{A_1} = \frac{429.4}{2621} \times 10^3 \\ &= 163.83059 \dots \rightarrow 164 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)} \end{aligned}$$

2. 評価結果

算出結果より、引張、せん断ともに発生応力は、許容応力以下である。

評価部位	荷重種別	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
筒身脚部基礎ボルト	引張	257	324
	せん断	12	187
鉄塔脚部基礎ボルト	引張	92	236
補助鉄骨脚部基礎ボルト	引張	164	490

残留熱除去系熱交換器の基礎ボルトの耐震安全性評価

1. 残留熱除去系熱交換器の基礎ボルトの腐食を考慮した耐震安全性評価について

1.1 残留熱除去系熱交換器

残留熱除去系熱交換器は、ラグ支持たて置円筒形容器であり、架台上に設置されている。架台は壁および床に固定されており、架台脚は基礎ボルトにて床に固定されている。

残留熱除去系熱交換器の外形図を図1に示す。

経年劣化事象として基礎ボルト腐食が想定され、基礎ボルトの減肉により、耐震安全性に影響を及ぼす可能性があるため、耐震安全性評価を実施する。

評価にあたっては、東海発電所の基礎ボルトの腐食量調査結果から得られた、運転開始後60年時点での腐食量(0.3mm)を全周に仮定し、評価を実施する。

本機器はA号機とB号機があり架台の形状が異なるが、本書では、基礎ボルトの耐震安全性評価結果の厳しいB号機の評価結果を示す。

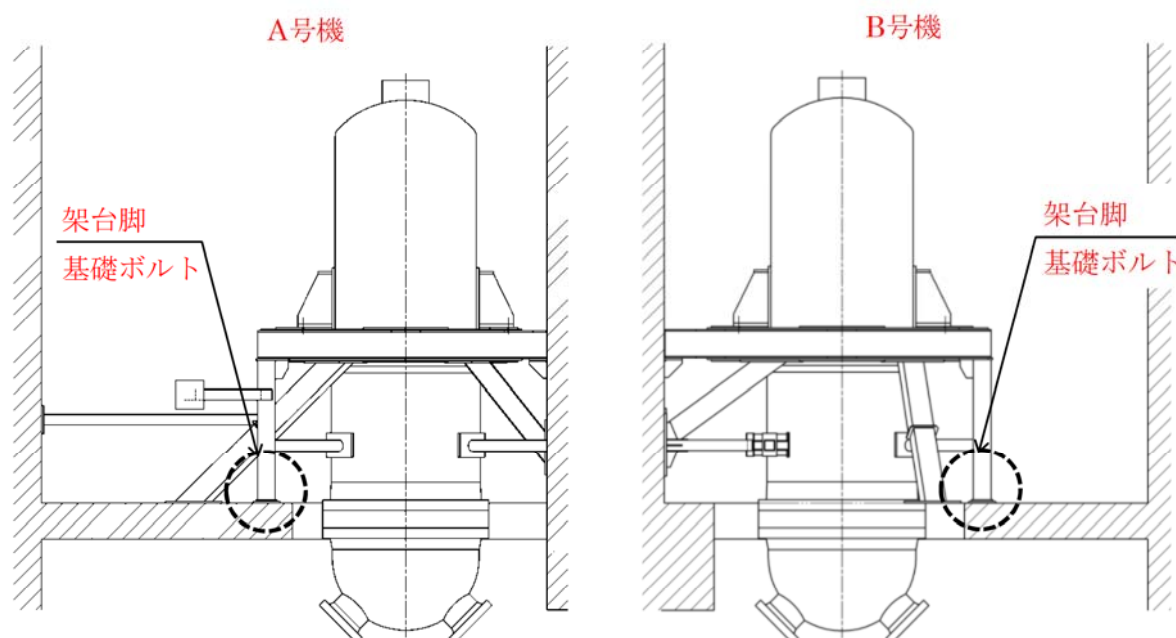


図1 残留熱除去系熱交換器外形図

1.2 評価仕様

残留熱除去系熱交換器の主な諸元を表 1 に示す。

表 1 残留熱除去系熱交換器の主な諸元

項目	記号	単位	諸元
基礎ボルトの材料	—	—	SCM435
基礎ボルトの呼び径	d_b	mm	
基礎ボルトの腐食量	c	mm	0.3 (直径 0.6)
架台脚底板のボルト並び直交方向幅	a	mm	
架台脚底板のボルト並び方向幅	b	mm	
架台脚底板端面から基礎ボルト中心までの距離	d	mm	
基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比	S	—	
架台脚 1 個当たりの基礎ボルトの本数	n	—	
引張りを受ける基礎ボルトの本数	n_1	—	
評価温度	—	°C	
基礎ボルトの設計引張強さ	S_u	MPa	930
基礎ボルトの設計降伏点	S_y	MPa	785

1.3 解析モデル

残留熱除去系熱交換器の解析モデルの概要について以下に示す。
また、解析モデルを図2に示す。

- (1) 熱交換器本体及び架台をはり要素でモデル化している。
- (2) 熱交換器本体を 質点系振動モデルとして考える。
- (3) 解析コードは、「SAP-IV」を使用し、固有値及び荷重を求める。
評価に用いた床応答曲線を図3及び図4に示す。

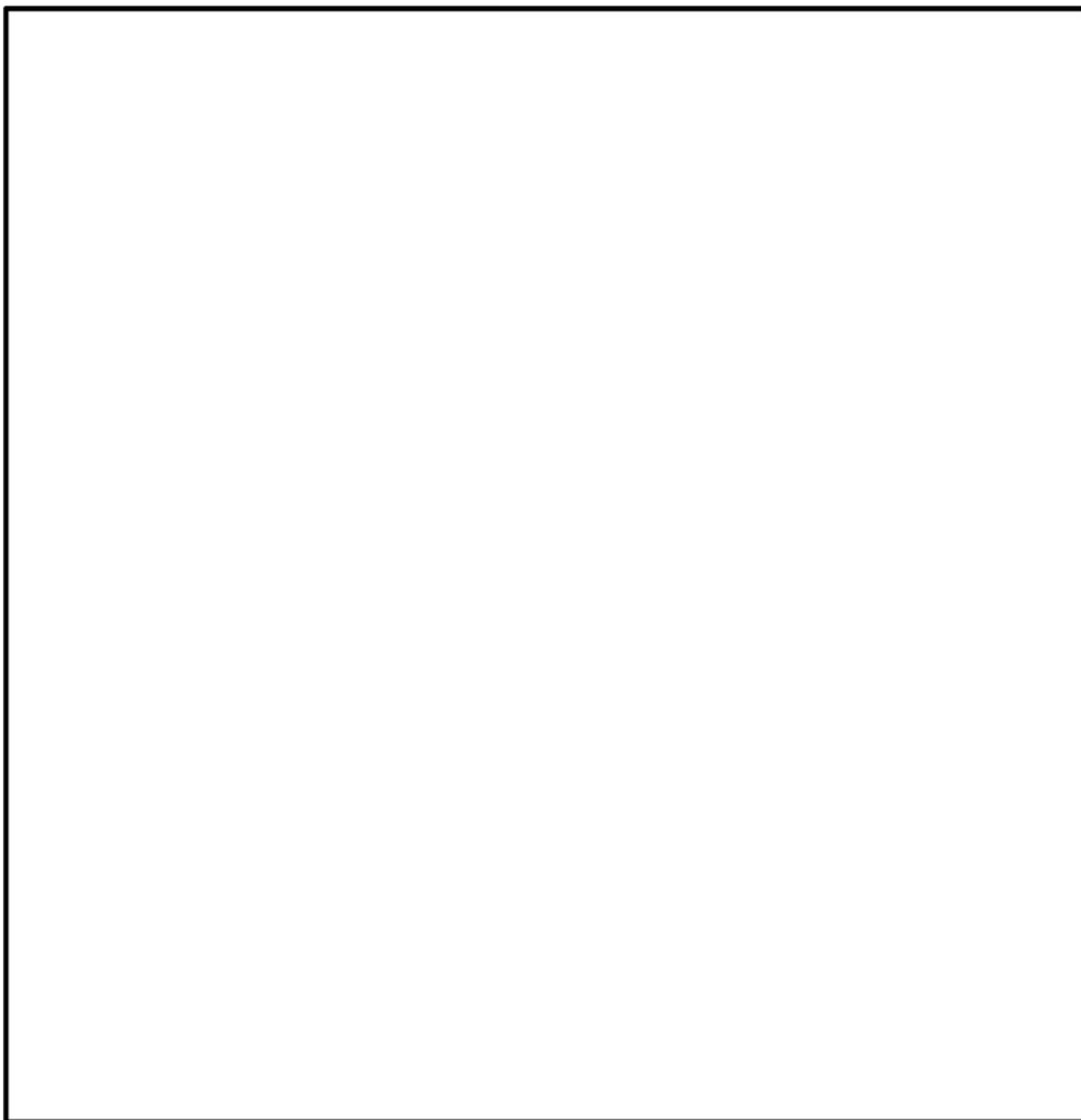
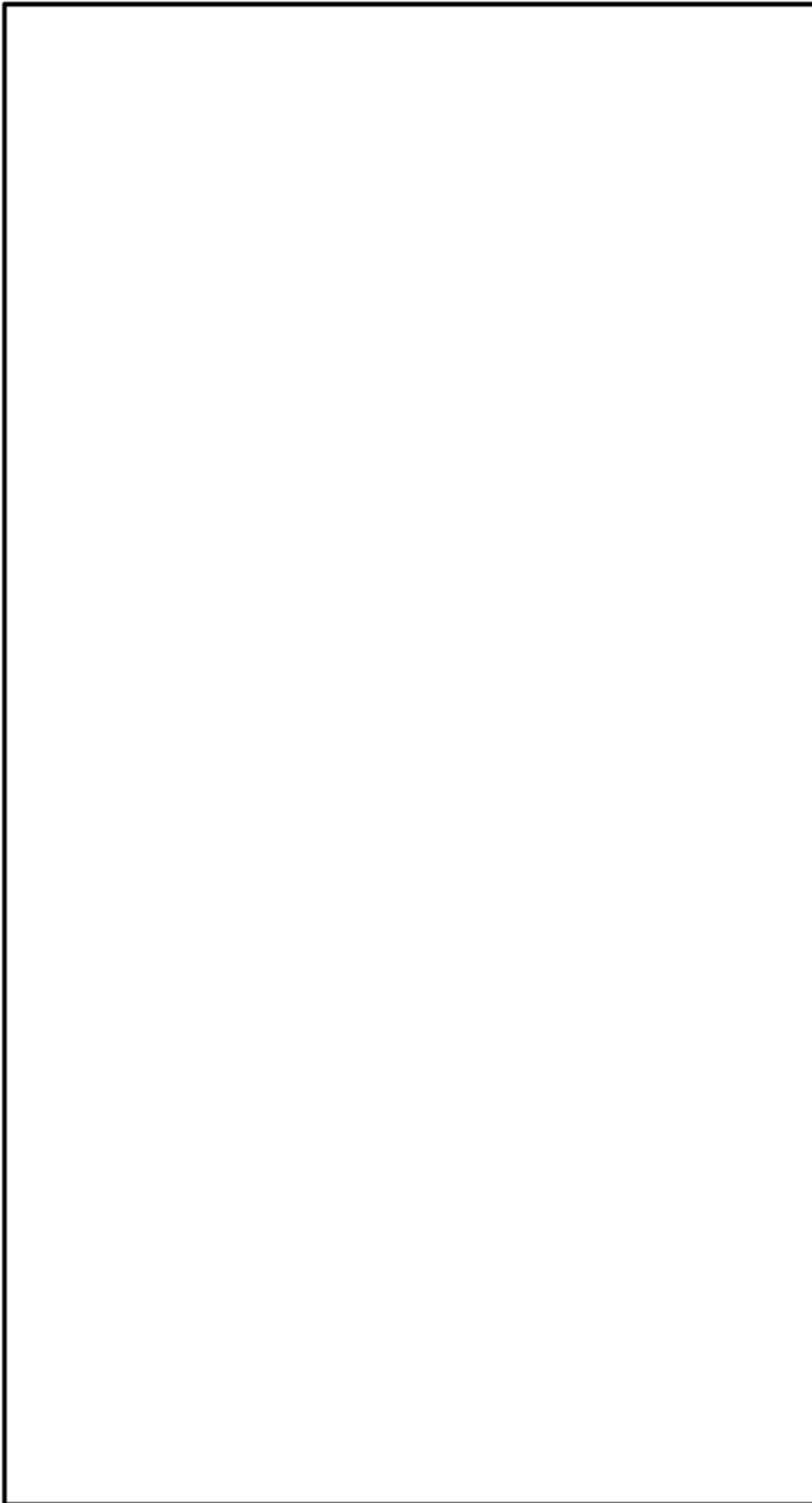
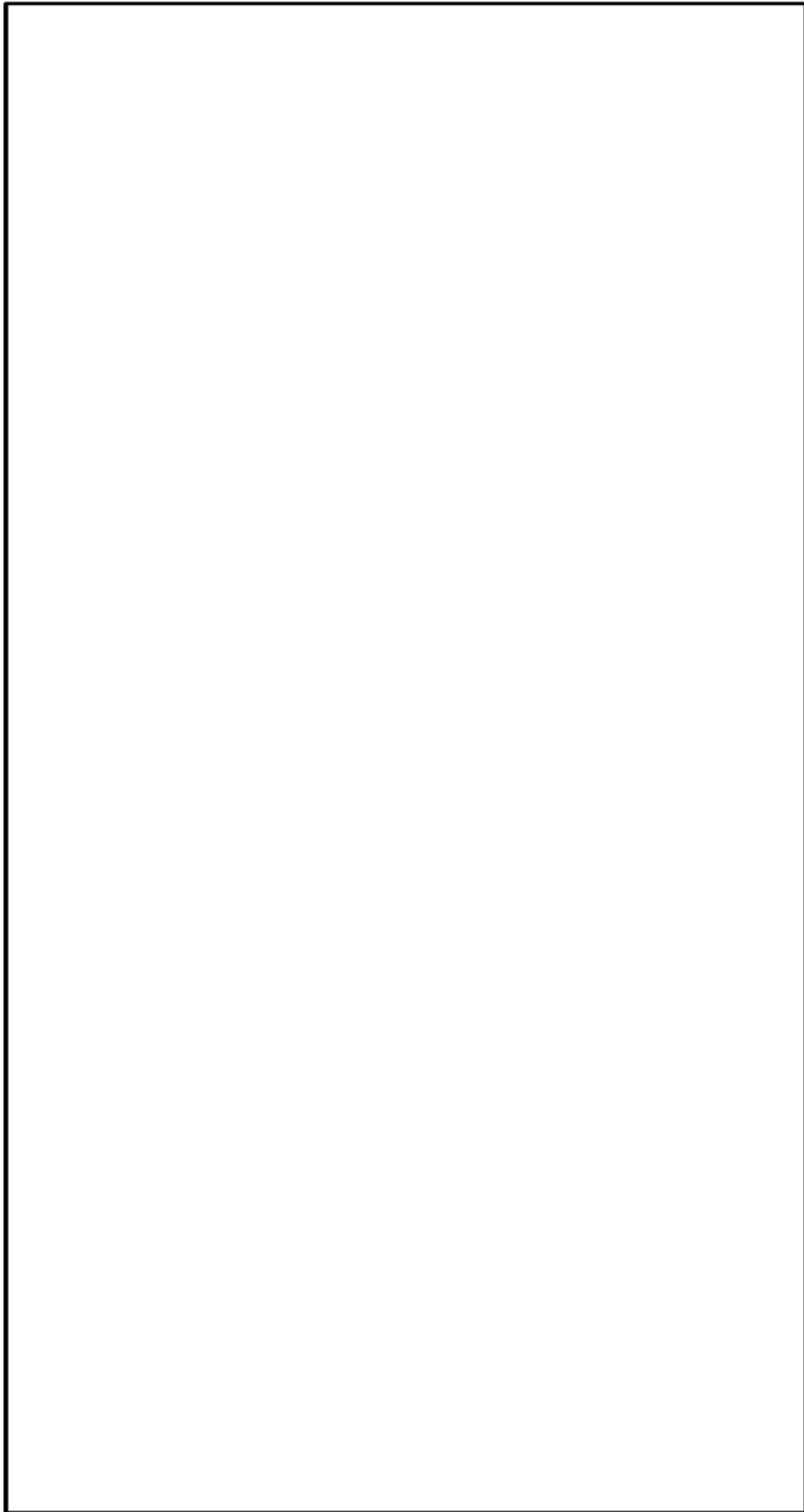


図2 残留熱除去系熱交換器（B号機）の解析モデル



※ 基準地震動 Ss EL. と EL. の包絡条件で評価

図3 残留熱除去系熱交換器設置場所の床応答曲線（水平方向 減衰1%）



※ 基準地震動 Ss EL. と EL. の包絡条件で評価

図 4 残留熱除去系熱交換器設置場所の床応答曲線（鉛直方向 減衰 1 %）

1.4 評価方法

残留熱除去系熱交換器の基礎ボルトの耐震評価は、日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987)に準拠し評価を行う。

計算に使用する記号の説明を表2に示す。

表2 計算に使用する記号の説明

記号	記号の説明	単位
d_b	ボルトの呼び径	mm
c	基礎ボルト半径あたりの腐食量	mm
a	架台脚底板のボルト並び直交方向幅	mm
b	架台脚底板のボルト並び方向幅	mm
d	架台脚底板端面から基礎ボルト中心までの距離	mm
S	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比	—
n	架台脚1個当たりの基礎ボルトの本数	—
n_1	引張りを受ける基礎ボルトの本数	—
P	水平方向地震力および鉛直方向地震力が作用した場合に、架台脚底部に働く鉛直方向荷重	N
M	水平方向地震力および鉛直方向地震力が作用した場合に、架台脚に働く曲げモーメント	N・mm
F_s	水平方向地震力および鉛直方向地震力が作用した場合に、架台脚底部に働くせん断力	N
e	曲げモーメントと鉛直方向荷重の比	—
A_b	ボルトの軸断面積	mm ²
F_b	ボルトに作用する引張力(1本当たり)	N
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$F (F^*)$	設計・建設規格のSSB-3132, 3133に定める値	MPa
f_{to}	ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{sb}	ボルトの許容せん断応力	MPa

注記1:「設計・建設規格」とは、日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 2005年版(2007年追補版含む)」(JSME S NC1-2005/2007)をいう。

1.5 入力（荷重）条件

残留熱除去系熱交換器の入力地震動条件として、原子炉建屋（EL. EL. ）の床応答曲線（基準地震動Ss8波包絡，設計用床応答曲線に材料物性のばらつき等を考慮）を用い，スペクトルモーダル解析により残留熱除去系熱交換器の架台脚部に生じる荷重及びモーメントを求めた。

解析により算出された荷重及びモーメントを表3に示す。

表3 架台脚部に生じる荷重およびモーメント

荷重・モーメントの種類	記号	解析結果	単位
水平方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合に，架台脚底部に働く鉛直方向荷重	P		N
水平方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合に，架台脚に働く曲げモーメント	M		N・mm
水平方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合に，架台脚底部に働くせん断力	F_s		N

2. 算出過程

2.1 基礎ボルトの応力算出（JEAG4601-1987 等準拠）

(1) 引張応力

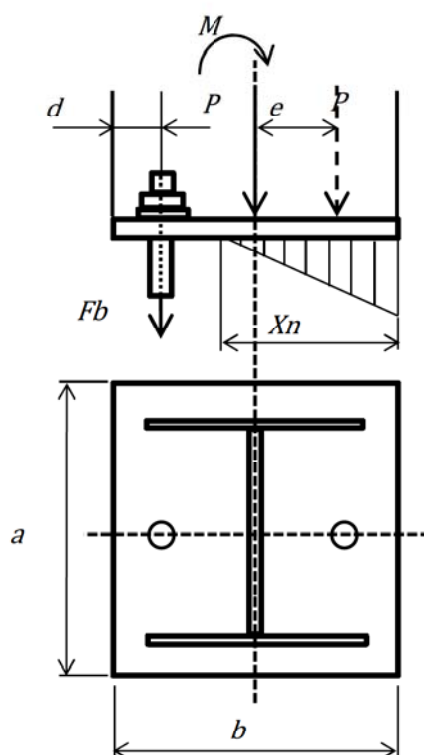


図5 架台脚部の基礎部に作用する外荷重より生じる荷重の関係

基礎ボルトに生じる引張応力は次式より求める。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_1 \cdot A_b} = \boxed{} = \boxed{} \rightarrow 344 \text{ MPa}$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに生じるせん断応力は次式より求める。

$$\tau_b = \frac{F_s}{n \cdot A_b} = \boxed{} = \boxed{} \rightarrow 85 \text{ MPa}$$

2.2 許容応力の算出

基礎ボルトは、材料が SCM435、評価温度が 40℃、呼び径 $\boxed{}$ (直径 60mm 以下)であるため、設計・建設規格の付録材料図表より、

$$S_y = 785 \text{ MPa}$$

$$S_u = 930 \text{ MPa}$$

Ss 地震力が Sd 地震力及び S クラスの機器に適用される静的地震力より大きく、Ss 地震力による評価応力が III_AS の許容応力を下回るため、III_AS の許容応力で評価する。

<許容応力状態 III_AS>

$$F = \min[S_y, 0.7S_u] \\ = \min[785, 0.7 \times 930] = \min[785, 651] = 651 \text{ MPa}$$

<許容応力状態 IV_AS>

$$F^* = \min[1.2S_y, 0.7S_u] \\ = \min[1.2 \times 785, 0.7 \times 930] = \min[942, 651] = 651 \text{ MPa}$$

ここで、 F 及び F^* は材料の許容応力を決定する場合の基準値を示す。

(1) 許容引張応力(f_{to})の算出

$$f_{to} = \frac{F}{2} \cdot 1.5 = \frac{651}{2} \times 1.5 = 488.25 \rightarrow 488.2 \text{ MPa}$$

(2) 許容せん断応力 (f_{sb}) の算出

$$f_{sb} = \frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5 = \frac{651}{1.5 \times \sqrt{3}} \times 1.5 = 375.8550 \dots \rightarrow 375 \text{ MPa}$$

(3) 組合せを考慮した許容引張応力 (f_{ts}) の算出

$$1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b = 1.4 \times 488.2 - 1.6 \times \boxed{} = 548.0340 \dots$$

よって、許容引張応力 (f_{ts}) は、

$$\begin{aligned} f_{ts} &= \min[f_{to}, 1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b] \\ &= \min[488.2, 548.0340 \dots] = 488.2 \rightarrow 488 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3. 評価結果

算出結果より、引張、せん断ともに発生応力は、許容応力以下である。

荷重種別	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
引張	344	488
せん断	85	375

水平 2 方向を考慮した影響評価について

工事計画認可申請（平成 30 年 2 月補正申請）における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価の評価部位（以下、水平 2 方向評価対象機器）に対し、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象が想定される場合は、経年劣化事象を考慮した水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

水平 2 方向を考慮した影響評価については、工事計画認可申請（平成 30 年 2 月補正申請）にて水平 2 方向を考慮した耐震評価を行う設備を対象とする。

1. 水平 2 方向評価対象機器における影響評価結果

工事計画認可申請（平成 30 年 2 月補正申請）において水平 2 方向評価対象機器として抽出され、劣化状況評価においても水平 2 方向評価対象機器として抽出される機器及び部位に対し、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象を表 1 に示す。

表 1 水平 2 方向評価対象機器の耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象

機器名	部位	耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象
	対応検討中につき追而 いたします	

2. 水平 2 方向評価対象機器における影響評価結果

工事計画認可申請（平成 30 年 2 月補正申請）における水平 2 方向評価と同等の評価手法を用いて、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象を加味した水平 2 方向影響評価結果を表 2 に示す。

表 2 水平 2 方向影響評価結果

応力	経年劣化事象考慮前		経年劣化事象考慮後	
	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
引張				
せん断			対応検討中につき追而 いたします	