別紙1 大物搬入建屋の耐震性についての計算書

- (I) 大物搬入建屋の地震応答計算書
- (Ⅱ) 大物搬入建屋の耐震性についての計算書

(I) 大物搬入建屋の地震応答計算書

1. 概要	 1
2. 基本方針 ······	 2
2.1 位置	 2
2.2 構造概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	 3
2.3 解析方針	 8
2.4 適用規格·基準等······	 10
3. 解析方法	 11
3.1 設計用模擬地震波······	 11
<ol> <li>3.2 地震応答解析モデル・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・</li></ol>	 12
3.2.1 水平方向モデル・・・・・	 13
3.2.2 鉛直方向モデル・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	 14
3.3 入力地震動・・・・・	 38
3.4 解析方法	 39
3.4.1 動的解析 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	 39
3.4.2 静的解析 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	 39
3.4.3 必要保有水平耐力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	 40
3.5 解析条件	 41
3.5.1 建物・構築物の復元力特性······	 41
3.5.2 材料物性の不確かさ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	 50
4. 解析結果・・・・・・	 51
4.1 動的解析	 51
4.1.1 固有值解析結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	 51
4.1.2 応答解析結果・・・・・	 51
4.2 静的解析	 80
4.3 必要保有水平耐力・・・・・	 81

#### 1. 概要

本資料は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」、V-2-1-6「地震応答解析の 基本方針」及びV-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説 明書」のうちV-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に 関する基本方針」に基づく大物搬入建屋の地震応答解析について説明するものである。

地震応答解析により算出した各種応答値及び静的地震力は, V-2-1-9「機能維持の基本方針」に示す建物・構築物の設計用地震力として用いる。また,必要保有水平耐力については建物・構築物の構造強度の確認に用いる。

- 2. 基本方針
- 2.1 位置

大物搬入建屋の設置位置を図2-1に示す。



図 2-1 大物搬入建屋の設置位置

#### 2.2 構造概要

大物搬入建屋は、地上1階建ての鉄筋コンクリート造の建物である。大物搬入建屋の杭伏図及び概略平面図を図2-2に、概略断面図を図2-3に示す。

大物搬入建屋の平面は、9.0m(NS方向)×23.05m(EW方向)であり、地上高さは 7.6mである。大物搬入建屋の基礎は厚さ2.5mの鉄筋コンクリートスラブであり、支持 地盤である泥岩上に場所打ち鋼管コンクリート杭(外径1.2m,杭長21.4m,16本,以 下「杭」という。)を介して設置している。また、液状化対策として建屋下部の支持 地盤以浅の地盤はセメント系の地盤改良を実施している。なお、大物搬入建屋は隣接 する原子炉建屋と構造的に分離している。



(単位:m)

注1:○は場所打ち鋼管コンクリート杭(外径1.2m)を示す。 注2:破線は基礎スラブ,柱及び壁を示す。

図 2-2 大物搬入建屋の杭伏図及び概略平面図(杭伏図)(1/3)



(単位:m)

注1:破線は基礎スラブを示す。 注2:東京湾平均海面(以下「T.M.S.L.」という。)

図 2-2 大物搬入建屋の杭伏図及び概略平面図 (1F, T.M.S.L. 12.3m) (2/3)



K7 ① V-2-9-3-1 別紙1(I) R1

(単位:m)

図 2-2 大物搬入建屋の杭伏図及び概略平面図 (RF, T.M.S.L. 19.6m) (3/3)



(単位:m)

図 2-3 大物搬入建屋の概略断面図(NS 方向)(1/2)



(単位:m)

図 2-3 大物搬入建屋の概略断面図(EW 方向)(2/2)

#### 2.3 解析方針

大物搬入建屋の地震応答解析は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づいて 行う。

地震応答解析フローを図 2-4 に示す。

地震応答解析は、「3.1 設計用模擬地震波」及び「3.2 地震応答解析モデル」に おいて設定した地震応答解析モデルと「3.3 入力地震動」において設定した入力地 震動を用いて実施することとし、「3.4 解析方法」及び「3.5 解析条件」に基づき、 「4.1 動的解析」においては、材料物性の不確かさを考慮した建屋及び杭の各種応 答値を算出する。「4.2 静的解析」においては静的地震力を、「4.3 必要保有水平耐 力」においては必要保有水平耐力を算出する。



注記\*:材料物性の不確かさを考慮する。

図 2-4 大物搬入建屋の地震応答解析フロー

2.4 適用規格·基準等

大物搬入建屋の地震応答解析において適用する規格・基準等を以下に示す。

- 建築基準法・同施行令
- ・ 建築耐震設計における保有耐力と変形性能((社)日本建築学会, 1990改定)
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計法-((社)日本建築学会,1999改定)
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説((社)日本建築学会,2005 制定)
- ・ 鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計と保有水平耐 カー((社)日本建築学会,2001改定)
- · 建築基礎構造設計指針((社)日本建築学会,2001改定)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG460
   1・補-1984((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本 電気協会)

- 3. 解析方法
- 3.1 設計用模擬地震波

大物搬入建屋の地震応答解析モデルは,建屋と杭と地盤の相互作用を考慮した建屋 -杭-地盤連成モデルとする。この建屋-杭-地盤連成モデルへの入力地震動は、V -2-1-2「基準地震動Ss及び弾性設計用地震動Sdの策定概要」に示す解放基盤表面 レベルに想定する設計用模擬地震波を用いることとする。

基準地震動Ss及び弾性設計用地震動Sdとして作成した設計用模擬地震波の加速 度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルは、V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」 と同一である。 3.2 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、水平方向 及び鉛直方向それぞれについて設定する。

地震応答解析モデルの設定に用いた建物・構築物の物性値を表3-1に示す。

部位	使用材料	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	せん断 弾性係数 G (N/mm <sup>2</sup> )	減衰定数 h (%)
建屋部	コンクリート: F c = 33 (N/mm <sup>2</sup> ) 鉄筋: SD345, SD390	2.52×10 <sup>4</sup>	$1.05 \times 10^{4}$	5
基礎スラブ	コンクリート: F c = 30 (N/mm <sup>2</sup> ) 鉄筋: SD345	2. $44 \times 10^4$	$1.02 \times 10^4$	5
枯	コンクリート F c = 24 (N/mm <sup>2</sup> )	2. $27 \times 10^4$	9. $45 \times 10^3$	2
1) L	鋼管:SKK490 φ1200mm×t25mm	2.05×10 <sup>5</sup>	7.90×10 <sup>4</sup>	0

表 3-1 建物・構築物の物性値

#### 3.2.1 水平方向モデル

水平方向の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮した擬似3次元FEM モデルとする。

建屋は一軸多質点系モデルとし、重量は床レベルの集中質点で評価する。NS方 向はフレーム構造のため、静的荷重漸増解析モデルにより求まる水平方向の変位 量と等価なせん断変形を考慮したはり要素を用いてモデル化する。EW方向は壁構 造のため、せん断変形及び曲げ変形を考慮したはり要素でモデル化する。地盤は 平面ひずみ要素でモデル化し、杭ははり要素でモデル化する。

地震応答解析モデルを図3-1及び図3-2に,建屋の地震応答解析モデルを図3-3に,建屋の地震応答解析モデル諸元を表3-2に,杭の断面性能を表3-3に示す。解析モデルの節点数はNS方向モデルで14872,EW方向モデルで16638,要素数はNS方向モデルで28099,EW方向モデルで31170である。ここで,建屋下部の支持地盤以浅の地盤にセメント系の地盤改良体をモデル化する。解析領域の境界部において,側面はエネルギ逸散効果を,底面は半無限性を考慮するために粘性境界を設ける。

地盤は水平成層地盤とし、地盤定数は初期地盤の物性値、せん断弾性係数及び 減衰定数のひずみ依存特性を用いた一次元波動論で得られる等価地盤物性値とす る。ここで、初期地盤の地層区分及び地盤定数については、大物搬入建屋 に隣接する原子炉建屋にて設定している地層区分及び地盤定数を用いるこ ととし、層厚については大物搬入建屋周辺地盤の地盤調査結果に基づき設 定する。初期地盤の物性値及びひずみ依存特性については、V-2-1-3「地盤の 支持性能に係る基本方針」に基づき設定し、地盤改良体の初期地盤物性値及び ひずみ依存特性は表3-4の通り設定する。なお、表3-4に示す単位体積重量 は、地盤改良を行う範囲に対して地盤改良体が占める体積(改良率)を考 慮するため、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示す原地盤及 び地盤改良体の単位体積重量を改良率で加重平均する。また、表3-4に示 すせん断波速度は、改良率を考慮するため動せん断弾性係数に改良率を乗 じた値及び改良率を考慮した単位体積重量を用いて算定する。

基準地震動Ssに対する地盤定数を表3-5~表3-12に,弾性設計用地震動Sdに対する地盤定数を表3-13~表3-20に示す。

#### 3.2.2 鉛直方向モデル

鉛直方向の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮した擬似3次元FEM モデルとする。

建屋は一軸多質点系モデルとし、重量は床レベルの集中質点で評価する。鉛直 方向は軸変形を考慮したはり要素を用いてモデル化する。

地震応答解析モデルを図3-4に、建屋の地震応答解析モデルを図3-5に、建屋の地震応答解析モデル諸元を表3-21に、杭の断面性能を表3-22に示す。

地盤は地盤調査に基づき水平成層地盤とし,地盤定数は初期地盤の物性値及び ひずみ依存特性を考慮して求めた等価地盤物性値を用いる。鉛直方向の地盤定数 は水平方向の地盤定数から設定するものとし,表3-5~表3-20に示す。



図 3-1 地震応答解析モデル(NS 方向)



図 3-2 地震応答解析モデル(EW 方向)



注:□内は質点番号を,()内は部材番号を示す。 図 3-3 建屋の地震応答解析モデル(水平方向)

表 3-2 建屋の地震応答解析モデル諸元(水平方向)

質点 番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I <sub>G</sub> (×10 <sup>3</sup> kN・m <sup>2</sup> )	部材 番号	せん断 断面積 A <sub>s</sub> (m²)	断面二次 モーメント I (m <sup>4</sup> )
1	9340	65.4			
2	15970	201.4	(1)	2.6	_
3	9000	111.0	(2)	300. 1	_
合計	34310		1	L	

(a) NS 方向モデル

(b)	EW 方向モデル	/
-----	----------	---

質点 番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I <sub>G</sub> (×10 <sup>3</sup> kN・m <sup>2</sup> )	部材 番号	せん断 断面積 A <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント I (m <sup>4</sup> )
1	9340	481.1		07.0	1700
2	15970	825.1		37.0	1700
3	9000	462.5	(2)	300.1	15400
合計	34310		1	1	L

表 3-3 杭の断面性能(水平方向)

外径 D(mm)	板厚 <sup>*1</sup> t(mm)	全断面積* <sup>2</sup> A(m <sup>2</sup> )	せん断 断面積* <sup>2</sup> A <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント* <sup>2</sup> I (m <sup>4</sup> )
1200	25	1.838	1.344	0.2236

注記\*1:上記の板厚に対して腐食代1mmを考慮する。

\*2:表中の断面諸元はコンクリート換算した値である。

標高		せん断波	単位体積	ポマソンド		h e u
T.M.S.L.	地層	速度	重量	ホノノンに	$G/G_0 \sim \gamma$	(0)
(m)		$V_{\rm s}~({\rm m/s})$	$\gamma$ t (kN/m <sup>3</sup> )	ν		(%)
+12.0~	新期砂層	910	17 0	0 202	$1 \left( (1 + 10 - 1 - 1)^{21} \right)$	γ / (0. 172 γ
+1.0	置換	810	17.9	0.302	$1/(1+10.1\gamma)$	+0.00783)+0.401
+1.0~	古安田層	800	18 0	0 302	$1 / (1+10, 1, 1^{1,21})$	γ / (0. 172 γ
-8.0	置換	800	10.0	0.302	$1/(1+10.1\gamma)$	+0.00783)+0.401

表 3-4 地盤改良体の物性値

注:γはせん断ひずみ(%)を表す。

### 表 3-5 地盤定数 (Ss-1)

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度V。	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G / G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0+1.0	新期砂層 置換	810	17.9	0.302	11.7	12.0	0.98	0
-8.0	古安田層 置換	800	18.0	0.302	10.9	11.7	0.94	1
-33.0		490	17.0	0.451	3.78	4.16	0.91	3
-90.0	<b>五</b> 山 屋	530	16.6	0.446	4.13	4.75	0.87	3
-136.0		590	17.3	0.432	5.28	6.14	0.86	3
-155.0		650	19.3	0.424	7.32	8.32	0.88	3
8	椎谷層	720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00	-

(a) 建屋下部

(b) 建屋周囲

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度 V <sub>s</sub>	$\gamma$ t	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G / G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0 +7.5	<b>新</b> 田 小 屋	150	16.1	0.347	0.107	0.369	0.29	22
+1.0	新期砂磨	200	16.1	0.308	0.0722	0.657	0.11	29
-8.0	古安田層	330	17.3	0.462	0.998	1.92	0.52	6

## 表 3-6 地盤定数 (Ss-2)

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度 V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G/G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 k \textrm{N/m}^2)$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0	新期砂層 置換	810	17.9	0.302	11.7	12.0	0.98	0
-8.0	古安田層 置換	800	18.0	0.302	10.9	11.7	0.94	1
-33.0		490	17.0	0.451	3.70	4.16	0.89	3
-90.0	王山困	530	16.6	0.446	4.27	4.75	0.90	3
-136.0		590	17.3	0.432	5.64	6.14	0.92	3
-155.0		650	19.3	0. 424	7.82	8.32	0.94	3
$\infty$	椎谷層	720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00	-

(a) 建屋下部

(b) 建屋周囲

標	高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
Т.М.S	S.L.	地層	速度 V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G/G_0$	h
(m	)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 k \textrm{N}/\textrm{m}^2)$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+	12.0 +7.5	<b>新田</b> 小屋	150	16.1	0.347	0.114	0.369	0.31	19
	+1.0	新期砂磨 )	200	16.1	0.308	0.0722	0.657	0.11	27
	-8.0	古安田層	330	17.3	0.462	0.998	1.92	0.52	5

## 表 3-7 地盤定数 (Ss-3)

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度V。	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G / G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0+1.0	新期砂層 置換	810	17.9	0.302	11.7	12.0	0.98	0
-8.0	古安田層 置換	800	18.0	0.302	11.1	11.7	0.95	1
-33.0		490	17.0	0.451	3.82	4.16	0.92	3
-90.0	<b>田</b> 山 国	530	16.6	0.446	4.03	4.75	0.85	3
-136.0		590	17.3	0.432	5.09	6.14	0.83	3
-155.0		650	19.3	0.424	7.23	8.32	0.87	3
8	椎谷層	720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00	_

(a) 建屋下部

(b) 建屋周囲

Γ	標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
	T.M.S.L.	地層	速度 V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G/G_0$	h
	(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
	+12.0 +7.5	新田小屋	150	16.1	0.347	0.121	0.369	0.33	20
	+1.0	利刔吵眉	200	16.1	0.308	0.0591	0.657	0.09	29
	-8.0	古安田層	330	17.3	0.462	0.883	1.92	0.46	8

## 表 3-8 地盤定数 (Ss-4)

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度 V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G/G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$( imes 10^5 k N/m^2)$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0	新期砂層 置換	810	17.9	0.302	11.7	12.0	0.98	0
-8.0	古安田層 置換	800	18.0	0.302	11.2	11.7	0.96	1
-33.0		490	17.0	0.451	3.91	4.16	0.94	3
-90.0	王山困	530	16.6	0.446	4.37	4.75	0.92	3
-136.0		590	17.3	0.432	5.64	6.14	0.92	3
-155.0		650	19.3	0.424	7.82	8.32	0.94	3
$\infty$	椎谷層	720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00	-

(a) 建屋下部

(b) 建屋周囲

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度 V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G/G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 k \textrm{N}/\textrm{m}^2)$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0 +7.5	<b>新田</b> 小区	150	16.1	0.347	0.132	0.369	0.36	18
+1.0	利知少僧	200	16.1	0.308	0.0919	0.657	0.14	24
-8.0	古安田層	330	17.3	0.462	1.19	1.92	0.62	4

## 表 3-9 地盤定数 (Ss-5)

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度V。	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G/G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$( imes 10^5 k N/m^2)$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0+1.0	新期砂層 置換	810	17.9	0.302	11.7	12.0	0.98	0
-8.0	古安田層 置換	800	18.0	0.302	11.1	11.7	0.95	1
-33.0		490	17.0	0.451	3.82	4.16	0.92	3
-90.0	王山困	530	16.6	0.446	4.27	4.75	0.90	3
-136.0		590	17.3	0.432	5.40	6.14	0.88	3
-155.0		650	19.3	0.424	7.48	8.32	0.90	3
$\infty$	椎谷層	720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00	-

(a) 建屋下部

(b) 建屋周囲

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度 V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G/G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 k \text{N}/\text{m}^2)$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0 +7.5	实田小园	150	16.1	0.347	0.114	0.369	0.31	15
+1.0	利知少僧	200	16.1	0.308	0.105	0.657	0.16	24
-8.0	古安田層	330	17.3	0.462	1.11	1.92	0.58	4

# 表 3-10 地盤定数 (Ss-6)

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度 V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G/G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 k \textrm{N/m}^2)$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0+1.0	新期砂層 置換	810	17.9	0.302	11.7	12.0	0.98	0
-8.0	古安田層 置換	800	18.0	0.302	11.2	11.7	0.96	1
-33.0		490	17.0	0.451	3.91	4.16	0.94	3
-90.0	<b>一</b> 山 国	530	16.6	0.446	4.32	4.75	0.91	3
-136.0	四口唐	590	17.3	0.432	5.52	6.14	0.90	3
-155.0		650	19.3	0.424	7.65	8.32	0.92	3
$\infty$	椎谷層	720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00	-

(a) 建屋下部

(b) 建屋周囲

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度 V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G/G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 k \text{N}/\text{m}^2)$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0 +7.5	<b>新田</b> 小区	150	16.1	0.347	0.125	0.369	0.34	18
+1.0	利知少僧	200	16.1	0.308	0.0854	0.657	0.13	24
-8.0	古安田層	330	17.3	0.462	1.15	1.92	0.60	4

# 表 3-11 地盤定数 (Ss-7)

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度 V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G / G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$( imes 10^5 k N/m^2)$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0	新期砂層 置換	810	17.9	0.302	11.7	12.0	0.98	0
-8.0	古安田層 置換	800	18.0	0.302	11.1	11.7	0.95	1
-33.0		490	17.0	0.451	3.78	4.16	0.91	3
-90.0	田山岡	530	16.6	0.446	4.22	4.75	0.89	3
-136.0	四口眉	590	17.3	0.432	5.34	6.14	0.87	3
-155.0		650	19.3	0.424	7.40	8.32	0.89	3
$\infty$	椎谷層	720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00	-

(a) 建屋下部

(b) 建屋周囲

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度 V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G/G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 k \textrm{N}/\textrm{m}^2)$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0 +7.5	实用小屋	150	16.1	0.347	0.125	0.369	0.34	15
+1.0	利知少眉	200	16.1	0.308	0.118	0.657	0.18	23
-8.0	古安田層	330	17.3	0.462	1.11	1.92	0.58	4

# 表 3-12 地盤定数 (Ss-8)

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G / G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0+1.0	新期砂層 置換	810	17.9	0.302	11.7	12.0	0. 98	0
-8.0	古安田層 置換	800	18.0	0.302	11.1	11.7	0.95	1
-33.0		490	17.0	0.451	3.78	4.16	0.91	3
-90.0	<b>田</b> 山 国	530	16.6	0.446	4.13	4.75	0.87	3
-136.0		590	17.3	0.432	5.64	6.14	0.92	3
-155.0		650	19.3	0.424	7.90	8. 32	0.95	3
œ	椎谷層	720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00	-

(a) 建屋下部

(b) 建屋周囲

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度 V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G/G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 \text{kN/m}^2)$	$(\times 10^5 \text{kN/m}^2)$		(%)
+12.0 +7.5	实用小园	150	16.1	0.347	0.132	0.369	0.36	20
+1.0	利知砂眉	200	16.1	0.308	0.0854	0.657	0.13	28
-8.0	古安田層	330	17.3	0.462	1.19	1.92	0.62	5

### 表 3-13 地盤定数 (Sd-1)

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度Vs	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G/G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0 +1.0	新期砂層 置換	810	17.9	0.302	11.8	12.0	0.99	0
-8.0	古安田層 置換	800	18.0	0.302	11.3	11.7	0.97	1
-33.0		490	17.0	0.451	3.99	4.16	0.96	3
-90.0	<b>田</b> 山 国	530	16.6	0.446	4.51	4.75	0.95	3
-136.0	日口眉	590	17.3	0.432	5.77	6.14	0.94	3
-155.0		650	19.3	0.424	7.90	8. 32	0.95	3
8	椎谷層	720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00	-

(a) 建屋下部

(b) 建屋周囲

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度Vs	$\gamma$ t	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G / G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0 +7.5	实用小区	150	16.1	0.347	0.154	0.369	0.42	17
+1.0	初别吵眉	200	16.1	0.308	0.164	0.657	0.25	24
-8.0	古安田層	330	17.3	0.462	1.28	1.92	0.67	4

## 表 3-14 地盤定数 (Sd-2)

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度 V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G/G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 k \text{N/m}^2)$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0+1.0	新期砂層 置換	810	17.9	0.302	11.8	12.0	0.99	0
-8.0	古安田層 置換	800	18.0	0.302	11.3	11.7	0.97	0
-33.0		490	17.0	0.451	3.99	4.16	0.96	3
-90.0	<b>一</b> 山 国	530	16.6	0.446	4.56	4.75	0.96	3
-136.0		590	17.3	0.432	5.95	6.14	0.97	3
-155.0		650	19.3	0.424	8.07	8.32	0.97	3
$\infty$	椎谷層	720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00	-

(a) 建屋下部

(b) 建屋周囲

	標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
Τ.	M.S.L.	地層	速度 V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G / G_0$	h
	(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 k \textrm{N}/\textrm{m}^2)$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
	+12.0 +7.5	东田小屋	150	16.1	0.347	0.162	0.369	0.44	14
	+1.0	利知少僧	200	16.1	0.308	0.151	0.657	0.23	20
	-8.0	古安田層	330	17.3	0.462	1.22	1.92	0.64	3

### 表 3-15 地盤定数 (Sd-3)

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度V。	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G / G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0+1.0	新期砂層 置換	810	17.9	0.302	11.8	12.0	0.99	0
-8.0	古安田層 置換	800	18.0	0.302	11.4	11.7	0.98	1
-33.0		490	17.0	0.451	3.99	4.16	0.96	3
-90.0	<b>一</b> 山 国	530	16.6	0.446	4.46	4.75	0.94	3
-136.0		590	17.3	0.432	5.71	6.14	0.93	3
-155.0		650	19.3	0.424	7.90	8.32	0.95	3
8	椎谷層	720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00	-

(a) 建屋下部

(b) 建屋周囲

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度 V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G/G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0 +7.5	实用小园	150	16.1	0.347	0.177	0.369	0.48	15
+1.0	新别砂層	200	16.1	0.308	0.197	0.657	0.30	22
-8.0	古安田層	330	17.3	0.462	1.28	1.92	0.67	4

# 表 3-16 地盤定数 (Sd-4)

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度 V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G / G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 k \text{N}/\text{m}^2)$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0+1.0	新期砂層 置換	810	17.9	0.302	11.8	12.0	0.99	0
-8.0	古安田層 置換	800	18.0	0.302	11.4	11.7	0.98	0
-33.0		490	17.0	0.451	4.03	4.16	0.97	3
-90.0	<b>一</b> 山 国	530	16.6	0.446	4.60	4.75	0.97	3
-136.0		590	17.3	0.432	5.95	6.14	0.97	3
-155.0		650	19.3	0.424	8.07	8.32	0.97	3
$\infty$	椎谷層	720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00	-

(a) 建屋下部

(b) 建屋周囲

模	票高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
Т.М	.S.L.	地層	速度 V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G/G_0$	h
(	(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 k \textrm{N}/\textrm{m}^2)$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
	+12.0 +7.5	东田小屋	150	16.1	0.347	0.180	0.369	0.49	12
	+1.0	利知砂眉	200	16.1	0.308	0.197	0.657	0.30	17
	-8.0	古安田層	330	17.3	0.462	1.34	1.92	0.70	3

# 表 3-17 地盤定数 (Sd-5)

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度V。	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G / G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 k N/m^2)$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0+1.0	新期砂層 置換	810	17.9	0.302	11.8	12.0	0.99	0
-8.0	古安田層 置換	800	18.0	0.302	11.4	11.7	0.98	0
-33.0		490	17.0	0.451	4.03	4.16	0.97	3
-90.0	王山困	530	16.6	0.446	4.56	4.75	0.96	3
-136.0	四口唐	590	17.3	0.432	5.83	6.14	0.95	3
-155.0		650	19.3	0.424	7.98	8.32	0.96	3
$\infty$	椎谷層	720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00	-

(a) 建屋下部

(b) 建屋周囲

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L	地層	速度 V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G/G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 k \text{N}/\text{m}^2)$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12++7	0 5 新期 <b></b> 新期	150	16.1	0.347	0.173	0.369	0.47	11
+1	利刑少皆	200	16.1	0.308	0.190	0.657	0.29	16
-8	0 古安田層	330	17.3	0.462	1.34	1.92	0.70	3
# 表 3-18 地盤定数 (Sd-6)

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度 V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G/G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$( imes 10^5 k N/m^2)$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0+1.0	新期砂層 置換	810	17.9	0.302	11.8	12.0	0.99	0
-8.0	古安田層 置換	800	18.0	0.302	11.4	11.7	0.98	0
-33.0		490	17.0	0.451	4.03	4.16	0.97	3
-90.0	田山国	530	16.6	0.446	4.56	4.75	0.96	3
-136.0		590	17.3	0.432	5.89	6.14	0.96	3
-155.0		650	19.3	0.424	8.07	8.32	0.97	3
$\infty$	椎谷層	720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00	-

(a) 建屋下部

(b) 建屋周囲

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度 V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G/G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 k \textrm{N}/\textrm{m}^2)$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0 +7.5	东田小屋	150	16.1	0.347	0.173	0.369	0.47	12
+1.0	利知少僧	200	16.1	0.308	0.183	0.657	0.28	18
-8.0	古安田層	330	17.3	0.462	1.32	1.92	0.69	3

注:T.M.S.L. -8.0m以深は建屋下部の値を採用する。

# 表 3-19 地盤定数 (Sd-7)

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度V。	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G / G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 k N/m^2)$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0+1.0	新期砂層 置換	810	17.9	0.302	11.8	12.0	0.99	0
-8.0	古安田層 置換	800	18.0	0.302	11.4	11.7	0.98	0
-33.0		490	17.0	0.451	3.99	4.16	0.96	3
-90.0		530	16.6	0.446	4.56	4.75	0.96	3
-136.0		590	17.3	0.432	5.83	6.14	0.95	3
-155.0		650	19.3	0.424	7.90	8.32	0.95	3
$\infty$	椎谷層	720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00	-

(a) 建屋下部

(b) 建屋周囲

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度 V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G/G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 k \textrm{N}/\textrm{m}^2)$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0 +7.5	东田小屋	150	16.1	0.347	0.166	0.369	0.45	10
+1.0	利知少僧	200	16.1	0.308	0.190	0.657	0.29	15
-8.0	古安田層	330	17.3	0.462	1.36	1.92	0.71	3

注:T.M.S.L. -8.0m以深は建屋下部の値を採用する。

# 表 3-20 地盤定数 (Sd-8)

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度V <sub>s</sub>	γt	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	$G / G_0$	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$		(%)
+12.0+1.0	新期砂層 置換	810	17.9	0.302	11.8	12.0	0.99	0
-8.0	古安田層 置換	800	18.0	0.302	11.4	11.7	0.98	1
-33.0		490	17.0	0.451	3.99	4.16	0.96	3
-90.0	王二国	530	16.6	0.446	4.51	4.75	0.95	3
-136.0		590	17.3	0.432	5.95	6.14	0.97	3
-155.0		650	19.3	0.424	8.15	8.32	0.98	3
œ	椎谷層	720	19.9	0.416	10.5	10.5	1.00	_

(a) 建屋下部

(b) 建屋周囲

標高		せん断波	単位体積重量	ポアソン比	せん断弾性	初期せん断	剛性低下率	減衰定数
T.M.S.L.	地層	速度Vs	$\gamma$ t	ν	係数 G	弹性係数 G <sub>0</sub>	G / G <sub>0</sub>	h
(m)		(m/s)	$(kN/m^3)$		$(\times 10^5 \mathrm{kN/m^2})$	$(\times 10^5 \mathrm{kN/m}^2)$		(%)
+12.0 +7.5	实用小区	150	16.1	0.347	0.173	0.369	0.47	15
+1.0	利知砂眉	200	16.1	0.308	0.157	0.657	0.24	24
-8.0	古安田層	330	17.3	0.462	1.32	1.92	0.69	4

注:T.M.S.L. -8.0m以深は建屋下部の値を採用する。



図 3-4 地震応答解析モデル(鉛直方向)



注:□内は質点番号を,()内は部材番号を示す。 図 3-5 建屋の地震応答解析モデル(鉛直方向)

表 3-21 建屋の地震応答解析モデル諸元(鉛直方向)

質点 番号	質点重量 W (kN)	部材 番号	軸断面積 A <sub>N</sub> (m <sup>2</sup> )	
1	9340	(1)	27.0	
2	15970	(1)	57.0	
3	9000	(2)	300.1	
合計	34310			

表 3-22 杭の断面性能(鉛直方向)

外径	板厚*1	軸断面積*2
D (mm)	t (mm)	A $(m^2)$
1200	25	1.838

注記\*1:上記の板厚に対して腐食代1mmを考慮する。

\*2:表中の断面諸元はコンクリート換算した値である。

3.3 入力地震動

地震応答解析に用いる入力地震動は,解放基盤表面レベルに想定する基準地震動S s及び弾性設計用地震動Sdとする。地震応答解析は,解析モデル下端レベル(T.M. S.L.-155.0m)に入力地震動を水平方向及び鉛直方向にそれぞれ入力することで実施す る。地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を図3-6に示す。



図 3-6 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図

3.4 解析方法

大物搬入建屋の地震応答解析には,解析コード「SoilPlus」を用いる。また,解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については,別紙「計算機プログラム (解析コード)の概要」に示す。

3.4.1 動的解析

建物・構築物の動的解析は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、 時刻歴応答解析により実施する。動的解析により建屋及び杭の各種応答値を算出 する。

#### 3.4.2 静的解析

(1) 水平地震力

水平地震力算定用の基準面は基礎スラブ上端位置(T.M.S.L. 11.9m)とし,基準面より上の部分の地震力は,地震層せん断力係数を用いた次式にて算定する。

 $Q_i = n \cdot C_i \cdot W_i$ 

 $C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0$ 

ここで,

Q<sub>i</sub>: : 第 i 層に生じる水平地震力

n :施設の重要度分類に応じた係数(3.0)

C<sub>i</sub>:第i層の地震層せん断力係数

- W<sub>i</sub> : 第 i 層が支える重量
- Z : 地震地域係数 (1.0)
- R<sub>t</sub> : 振動特性係数(1.0)
- A<sub>i</sub>: : 第 i 層の地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

C<sub>0</sub> :標準せん断力係数(0.2)

(2) 鉛直地震力

鉛直地震力は,鉛直震度0.3を基準とし,建物・構築物の振動特性,地盤の種 類等を考慮して,次式によって算定する鉛直震度を用いて定める。

 $C_v = R_v \cdot 0.3$ 

- ここで,
  - C<sub>v</sub>:鉛直震度
  - R<sub>v</sub>:鉛直方向振動特性係数(1.0)
- 3.4.3 必要保有水平耐力

各層の必要保有水平耐力Qunは、次式により算定する。

 $Q_{un} = D_s \cdot F_{es} \cdot Q_{ud}$ 

- ここで,
  - D。:各層の構造特性係数(NS 方向:0.45, EW 方向:0.55)
     F。s:各層の形状特性係数

地震力によって各層に生じる水平力Qudは、次式により算定する。

 $Q_{u d} = n \cdot C_{i} \cdot W_{i}$  $C_{i} = Z \cdot R_{t} \cdot A_{i} \cdot C_{0}$ 

- ここで,
  - n :施設の重要度分類に応じた係数(1.0)
  - C<sub>i</sub>: 第 i 層の地震層せん断力係数
  - W<sub>i</sub>:第 i 層が支える重量
  - Z : 地震地域係数 (1.0)
  - R<sub>t</sub>:振動特性係数(1.0)
  - A<sub>i</sub>: : 第 i 層の地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数
  - C<sub>0</sub> :標準せん断力係数(1.0)

- 3.5 解析条件
  - 3.5.1 建物・構築物の復元力特性
    - (1) 耐震壁のせん断応力度-せん断ひずみ関係(τ-γ関係)
       耐震壁のせん断応力度-せん断ひずみ関係(τ-γ関係)は原子力発電所耐震
       設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協会)(以下
       「JEAG4601-1991 追補版」という。)に基づき、トリリニア型スケルトン曲線とする。耐震壁のせん断応力度-せん断ひずみ関係を図3-7に示す。





(2) 耐震壁のせん断応力度-せん断ひずみ関係の履歴特性

耐震壁のせん断応力度-せん断ひずみ関係の履歴特性は、「JEAG4601 -1991 追補版」に基づき、最大点指向型モデルとする。耐震壁のせん断応力度 -せん断ひずみ関係の履歴特性を図3-8に示す。



- a. 0-A間 : 弹性範囲。
- b. A-B間 : 負側スケルトンが経験した最大点に向かう。ただし, 負側最大 点が第1折点を超えていなければ, 負側第1折点に向かう。
- c. B-C間 : 負側最大点指向。
- d. 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。
- e. 安定ループは面積を持たない。

図 3-8 耐震壁のせん断応力度-せん断ひずみ関係の履歴特性

(3) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 (M- φ 関係)

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 (M-φ関係) は,「JEAG4601-19 91 追補版」に基づき,トリリニア型スケルトン曲線とする。耐震壁の曲げモー メントー曲率関係を図3-9に示す。



図 3-9 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係

(4) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性は、「JEAG4601-1991 追補版」に基づき、ディグレイディングトリリニア型モデルとする。耐震壁の曲 げモーメントー曲率関係の履歴特性を図3-10に示す。



- a. 0-A間 : 弾性範囲。
- b. A-B間 : 負側スケルトンが経験した最大点に向かう。ただし, 負側最大 点が第1折点を超えていなければ, 負側第1折点に向かう。
- c. B-C間 : 負側最大点指向型で,安定ループは最大曲率に応じた等価粘性 減衰を与える平行四辺形をしたディグレイディングトリリニア 型とする。平行四辺形の折点は,最大値から2・M<sub>1</sub>を減じた点 とする。ただし,負側最大点が第2折点を超えていなければ,負 側第2折点を最大点とする安定ループを形成する。また,安定ル ープ内部での繰り返しに用いる剛性は安定ループの戻り剛性に 同じとする。
- d. 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。

図 3-10 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

(5) フレーム構造部のせん断応力度-せん断ひずみ関係 (τ-γ関係)

フレーム構造部のせん断応力度-せん断ひずみ関係 ( $\tau - \gamma$ 関係) は, 柱脚固 定としたフレームモデルを用い, せん断変形及び曲げ変形を考慮した静的荷重漸 増解析に基づき設定する。大物搬入建屋の静的荷重漸増解析には, 解析コード 「SuperBuild/SS7」を用いる。また, 解析コードの検証及び妥当 性確認等の概要については, 別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に 示す。

以下に静的荷重漸増解析の条件を示す。

- ・外力分布は、保有水平耐力の外力分布形状を用いる。
- ・加力方向は正負方向について実施し、耐力が低くなる加力方向を採用する。
- ・加力方向における最大層間変形角が1/100に達した時点で解析を終了する。
- ・荷重-変形曲線における層間変位計算位置は重心位置とする。

以上の静的荷重漸増解析より求まる荷重-変形曲線にフィッティングするトリ リニア型のスケルトン曲線でフレーム構造部の非線形特性を評価する。第1折点 はひび割れモーメント発生時,終局点は保有水平耐力時とし,第2折点は保有水 平耐力以下でエネルギ等価となるよう設定する。

フレーム構造部のせん断応力度-せん断ひずみ関係を図3-11に示す。



図 3-11 フレーム構造部のせん断応力度-せん断ひずみ関係

(6) フレーム構造部のせん断応力度-せん断ひずみ関係の履歴特性

フレーム構造部のせん断応力度-せん断ひずみ関係の履歴特性は、「建築耐震 設計における保有耐力と変形性能((社)日本建築学会、1990改定)」に基づき、 武田モデルとする。フレーム構造部のせん断応力度-せん断ひずみ関係の履歴特 性を図3-12に示す。



- a. 0-A間 : 弾性範囲。

- d. 復元力0の点から最大点に向かう直線上から反対方向に戻る場合も復元力が 0になるまで勾配K<sub>r</sub>で戻り,その後反対側の今までの最大点に向かう。
- e. 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。

図 3-12 フレーム構造部のせん断応力度-せん断ひずみ関係の履歴特性

(7) スケルトン曲線の諸数値

大物搬入建屋の耐震壁及びフレーム構造部について算出したせん断力及び曲げ モーメントのスケルトン曲線の諸数値を表3-23~表3-25に示す。

	第1折点		第 2	折点	終局点		
階	$ au_{1}$	γ 1	$ au$ $_2$	$\gamma$ 2	τ <sub>3</sub>	γ3	
	$(N/mm^2)$	$(\times 10^{-3})$	$(N/mm^2)$	$(\times 10^{-3})$	$(N/mm^2)$	$(\times 10^{-3})$	
1F	3.67	0.350	13.6	6.48	14.5	9.92	

表 3-23 せん断力のスケルトン曲線 (τ - γ 関係) (NS 方向)

表 3-24 せん断力のスケルトン曲線 ( $\tau - \gamma$  関係) (EW 方向)

	第1折点		第 2	折点	終局点		
階	$ au_{-1}$	γ 1	$ au$ $_2$	γ2	$ au$ $_3$	γ3	
	$(N/mm^2)$	$(\times 10^{-3})$	$(N/mm^2)$	$(\times 10^{-3})$	$(N/mm^2)$	$(\times 10^{-3})$	
1F	1.90	0.181	2.57	0.544	3.28	4.00	

表 3-25 曲げモーメントのスケルトン曲線 (M-φ 関係) (EW 方向)

	第1折点		第 2	折点	終局点		
階	$M_1$	$\phi_{1}$	$M_2$	$\phi_2$	$M_3$	фз	
	$(\times 10^6 \mathrm{kN} \cdot \mathrm{m})$	$(\times 10^{-5}/\text{m})$	$(\times 10^6 \mathrm{kN} \cdot \mathrm{m})$	$(\times 10^{-5}/\text{m})$	$(\times 10^6 \mathrm{kN} \cdot \mathrm{m})$	$( imes 10^{-5}/{ m m})$	
1F	0.363	0.856	1.26	10.1	2.22	203	

(8) 杭の曲げモーメントー軸力相関及び曲率関係と履歴特性

杭の曲げモーメントー軸力相関,杭の曲げモーメントー曲率関係及び履歴特性 は,鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計と保有水平 耐力-((社)日本建築学会,2001改定)に基づき作成する。杭の曲げモーメン トー軸力相関を図3-13に,杭の曲げモーメントー曲率関係を図3-14に示す。杭 の曲げモーメントー曲率関係は、地震応答解析中に変化する杭軸力に応じて算定 する。また,履歴特性はノーマルバイリニアとする。



図 3-13 杭の曲げモーメントー軸力相関



(a) 杭軸力-12000kN~杭軸力 4000kN



(b) 杭軸力 5000kN~杭軸力 15000kN

図 3-14 杭の曲げモーメントー曲率関係

3.5.2 材料物性の不確かさ

解析においては、「3.2 地震応答解析モデル」に示す物性値及び定数を基本ケ ースとし、材料物性の不確かさを考慮する。材料物性の不確かさを考慮した地震 応答解析は、建屋応答への影響の大きい地震動に対して実施することとし、基本 ケースの地震応答解析の応答値のいずれかが最大となる地震動(基準地震動Ss についてはSs-1及びSs-3、弾性設計用地震動SdについてはSd-1及びSd-3)に対 して実施することとする。

地盤剛性については、地盤調査結果の平均値をもとに設定した数値を基本ケー スとし、地盤剛性の不確かさの検討にあたっては、初期せん断波速度に対して標 準偏差に相当するばらつき(±1σ)を考慮する。

材料物性の不確かさのうち,建屋剛性については,新設構造物であり設計基準 強度を用いていることから,考慮しない。

材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを表3-26に示す。

検討ケース	地盤剛性	備考
①ケース1	大西 沙维 -Hh 舟空	其木ケーマ
(工認モデル)	标中地盘	医平り ハ
②ケース 2	標準地盤+ σ	
<ul><li>(地盤剛性+σ)</li></ul>	(新期砂層+13%,古安田層+25%,西山層+10%)	
③ケース 3	標準地盤一 σ	
<ul><li>(地盤剛性-σ)</li></ul>	(新期砂層-13%,古安田層-25%,西山層-10%)	

表 3-26 材料物性の不確かさを考慮する解析ケース

- 4. 解析結果
- 4.1 動的解析

本資料においては,代表として基準地震動Ss及び弾性設計用地震動Sdの基本ケ ースの地震応答解析結果を示す。

4.1.1 固有值解析結果

基本ケースの地震応答解析モデルの固有値解析結果(固有周期及び固有振動数) を表4-1及び表4-2に示す。なお、大物搬入建屋では建屋-杭連成の固有振 動モードから固有周期及び固有振動数を決定しており、刺激係数は用いて いない。固有振動モードをSs-1及びSd-1の結果を代表として図4-1及び図4-2 に示す。

4.1.2 応答解析結果

基準地震動Ss及び弾性設計用地震動Sdの基本ケースの地震応答解析結果を 図4-3~図4-24及び表4-3~表4-4に示す。

		<b>八田</b>	2,1 ~ ~ ,
基準地震動	士山	固有周期	固有振動数
S s	刀回	(s)	(Hz)
	NS	0.285	3.51
Ss-1	EW	0.279	3.59
	鉛直	0.169	5.93
	NS	0.281	3.56
Ss-2	EW	0.276	3.63
	鉛直	0.166	6.03
	NS	0.292	3.42
Ss-3	EW	0.285	3.51
	鉛直	0.172	5.83
	NS	0.268	3.74
Ss-4	EW	0.264	3.79
	鉛直	0.162	6.18
	NS	0.269	3.72
Ss-5	EW	0.267	3.74
	鉛直	0.177	5.65
	NS	0.272	3.68
Ss-6	EW	0.268	3.73
	鉛直	0.179	5.59
	NS	0.265	3.78
Ss-7	EW	0.263	3.80
	鉛直	0.175	5.71
	NS	0.272	3. 68
Ss-8	EW	0.269	3.72
	鉛直	0.178	5.61

表 4-1 固有值解析結果(基準地震動 S s)

注:建屋-杭連成一次モードを示す。



(b) EW 方向(f=3.59Hz)

注:凡例は全体モデルにおいて基準化した固有ベクトルを示す。 図 4-1 固有振動モード(Ss-1)(1/2)



(c) 鉛直方向(f=5.93Hz)

注:凡例は全体モデルにおいて基準化した固有ベクトルを示す。 図 4-1 固有振動モード(Ss-1)(2/2)

弾性設計用			
地震動	方向	固有周期	固有振動数
S d		(s)	(Hz)
	NS	0.247	4.04
Sd-1	EW	0.245	4.08
	鉛直	0.180	5.55
	NS	0.245	4.07
Sd-2	EW	0.250	4.01
	鉛直	0.164	6.08
	NS	0.275	3.63
Sd-3	EW	0.268	3.73
	鉛直	0.173	5.79
	NS	0.273	3.67
Sd-4	EW	0.266	3.76
	鉛直	0.171	5.84
	NS	0.276	3.62
Sd-5	EW	0.269	3.72
	鉛直	0.173	5.78
	NS	0.278	3.59
Sd-6	EW	0.270	3.70
	鉛直	0.174	5.74
	NS	0.277	3.60
Sd-7	EW	0.270	3.71
	鉛直	0.174	5.76
	NS	0.249	4.02
Sd-8	EW	0.272	3.67
	鉛直	0.179	5.58

表 4-2 固有值解析結果(弾性設計地震動 S d)

注:建屋-杭連成一次モードを示す。



(b) EW 方向(f=4.08Hz)

注:凡例は全体モデルにおいて基準化した固有ベクトルを示す。 図 4-2 固有振動モード(Sd-1)(1/2)



注:凡例は全体モデルにおいて基準化した固有ベクトルを示す。 図 4-2 固有振動モード(Sd-1)(2/2)



								$(m/s^2)$
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss <del>-</del> 6	Ss-7	Ss-8	最大值
34.0	27.7	16.5	9.99	10.2	10.2	10.1	14.2	34.0
16.6	8.11	8.75	7.17	5.52	7.81	4.98	10.9	16.6
14-2	7.05	7 70	6 55	4 84	7.08	4 37	10.2	14 2

図 4-3 最大応答加速度(基準地震動 S s, NS 方向)



								(mm)
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
78.8	47.0	63.9	24.2	23.5	26.0	27.5	33.4	78.8
37.2	22.6	55.6	17.5	22.7	20.8	26.4	22.3	55.6
97.4	01.0	EE 0	17.4	20 6	90 5	96.4	91.6	EE 9
31.4	41.4	00.0	17.4	22.0	20.5	20.4	21.0	

注1:分布図はSs-1~Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。 注2:ハッチングはSs-1~Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。 注3:T.M.S.L.-13.7m(原子炉建屋の基礎スラブ下端レベル)の地盤 に対する相対変位を示す。

図 4-4 最大応答変位(基準地震動 S s, NS 方向)



								$(\times 10^3 \mathrm{kN})$
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss <del>-</del> 8	最大値
32. 2	26. 2	15. 7	9.51	9.71	9.74	9.60	13. 5	32. 2
49.1	30.9	28.7	20. 9	18. 1	22.4	17.4	29.7	49.1

図 4-5 最大応答せん断力(基準地震動 S s, NS 方向)



								$(m/s^2)$
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
17.5	13.0	9.74	9.06	11.4	9.46	11.8	11.0	17.5
14. 4	8. 73	8. 21	7. 16	8. 67	7.47	9. 16	9. 93	14. 4
13.7	8.73	7.81	6.77	8.39	7.05	8.64	9.60	13.7

図 4-6 最大応答加速度(基準地震動 S s, EW 方向)



								(mm)
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
39.0	25.3	58.6	37.3	49.6	44.5	54.9	22.7	58.6
39.0	22.7	58 1	36.2	18 8	43.5	54.3	21.8	58 1
39.0	44.1	00.1	30.2	40.0	45.0	04. 5	21.0	06.1
		57.0	05.0	40.0	40.0		01.7	55.0
39.0	ų 22.3	57.9	35.9	48.6	43.2	54.1	[ 21.7]	57.9

注1:分布図はSs-1~Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。 注2:ハッチングはSs-1~Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。 注3:T.M.S.L.-13.7m(原子炉建屋の基礎スラブ下端レベル)の地盤 に対する相対変位を示す。

図 4-7 最大応答変位(基準地震動 S s, EW 方向)



								$(\times 10^{\circ} \text{kN})$
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
16.6	12. 4	9. 27	8.63	10.8	9.01	11.3	10. 5	16. 6
39.6	26.1	22. 5	20.0	24.3	20.9	25.4	26.6	39.6

図 4-8 最大応答せん断力(基準地震動 Ss, EW 方向)



							C	$\times 10^{6}$ kN • m)
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss <del>-</del> 8	最大値
0.0302	0.0283	0.0172	0.0172	0.0194	0.0181	0.0209	0.00901	0.0302
0.153	0.123	0.0825	0.0809	0.102	0.0846	0.107	0.0872	0.153
0.199	0.169	0.103	0.107	0.134	0.112	0.141	0.0981	0.199
0.290	0.233	0.156	0.153	0.194	0.161	0.204	0.165	0.290

注1:分布図はSs-1~Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。 注2:ハッチングはSs-1~Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。

図 4-9 最大応答曲げモーメント(基準地震動 Ss, EW 方向)



							(ш) о у
Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
5.67	5.67	3.96	4.06	4.34	4.22	3.44	8.53
5. 57	5.67	3. 87	3. 99	4. 25	4. 15	3. 32	8. 44
5 56	5 66	3 87	3.98	4 25	4 14	3 31	8 43
	Ss-2 5.67 5.57 5.57	Ss-2         Ss-3           5.67         5.67           5.57         5.67           5.57         5.67           5.56         5.66	Ss-2         Ss-3         Ss-4           5.67         5.67         3.96           5.57         5.67         3.87           5.56         5.66         3.87	Ss-2         Ss-3         Ss-4         Ss-5           5.67         5.67         3.96         4.06           5.57         5.67         3.87         3.99           5.56         5.67         3.87         3.99           5.56         5.66         3.87         3.98	Ss-2         Ss-3         Ss-4         Ss-5         Ss-6           5.67         5.67         3.96         4.06         4.34           5.57         5.67         3.87         3.99         4.25           5.56         5.66         3.87         3.98         4.25	Ss-2         Ss-3         Ss-4         Ss-5         Ss-6         Ss-7           5.67         5.67         3.96         4.06         4.34         4.22           5.57         5.67         3.87         3.99         4.25         4.15           5.57         5.66         3.87         3.99         4.25         4.15           5.56         5.66         3.87         3.98         4.25         4.14	Ss-2         Ss-3         Ss-4         Ss-5         Ss-6         Ss-7         Ss-8           5.67         5.67         3.96         4.06         4.34         4.22         3.44           5.67         5.67         3.96         4.06         4.34         4.22         3.44           5.57         5.67         3.87         3.99         4.25         4.15         3.32           5.56         5.66         3.87         3.98         4.25         4.14         3.31

図 4-10 最大応答加速度(基準地震動 S s, 鉛直方向)



								(mm)
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
5.55	2.56	19.2	3.52	4.25	4.94	5.15	1.42	19.2
5 54	2 55	10.2	2 51	4 24	4.02	5 14	1 40	10.2
5.54	2.55	19.2	3.51	4.24	4.93	5.14	1.40	19.2
5. 53	2.55	19.2	3. 51	4. 24	4.93	5.14	1.40	19.2

注1:分布図はSs-1~Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。 注2:ハッチングはSs-1~Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。 注3:T.M.S.L.-13.7m(原子炉建屋の基礎スラブ下端レベル)の地盤 に対する相対変位を示す。

図 4-11 最大応答変位(基準地震動 S s, 鉛直方向)



								$(\times 10^3 \mathrm{kN})$
Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
8. 12	5. 40	5. 40	3. 77	3. 86	4. 14	4. 02	3. 28	8. 12
21.9	14.5	14.6	10. 1	10.4	11. 1	10.8	8.68	21.9

図 4-12 最大応答軸力(基準地震動 S s,鉛直方向)



部材番号(1)

図 4-13 せん断スケルトン曲線上の最大応答値(基準地震動 Ss, EW 方向)

表 4-3 基準地震動 Ssによる地震応答解析結果に基づく杭頭の応答値

基準地震動 Ss	NS方向		EW方向		鉛直方向	
	杭番号	最大応答軸力	杭番号	最大応答軸力	杭番号	最大応答軸力
		$(\times 10^3 \mathrm{kN})$		$(\times 10^3 \mathrm{kN})$		$( imes 10^3 \mathrm{kN})$
Ss-1	34	3.97	286	1.66	286	0.575
Ss-2	114	2.59	286	1.09	286	-0.243
Ss-3	34	1.56	86	0.484	286	-0.239
Ss-4	114	0.542	46	0.0907	286	-0.885
Ss-5	34	0.411	46	0.341	286	-0.862
Ss-6	114	0.622	46	0.167	286	-0.842
Ss-7	34	0.333	46	0.411	286	-0.893
Ss-8	34	1.35	86	0.172	286	-1.06

(a) 最大応答軸力

注1:表には杭一本当たりの応答値を示し、軸力は引張を正とする。

注2:ハッチングはSs-1~Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。



杭頭の要素番号

### 表 4-3 基準地震動 Ssによる地震応答解析結果に基づく杭頭の応答値

基準地震動 S s	NS方向		EW方向		鉛直方向	
	杭番号	最小応答軸力	杭番号	最小応答軸力	杭番号	最小応答軸力
		$(\times 10^3 \mathrm{kN})$		$(\times 10^3 \mathrm{kN})$		$( imes 10^3 \mathrm{kN})$
Ss-1	114	-7.16	286	-5.05	286	-4.02
Ss-2	34	-5.99	46	-4.21	286	-3.05
Ss-3	114	-4.86	246	-3.82	286	-3.08
Ss-4	34	-4.00	286	-3.62	286	-2.66
Ss-5	114	-3.74	286	-3.96	286	-2.63
Ss-6	34	-4.08	286	-3.71	286	-2.77
Ss-7	114	-3.66	286	-4.04	286	-2.70
Ss-8	114	-4.61	246	-3.52	286	-2.53

(b) 最小応答軸力

注1:表には杭一本当たりの応答値を示し、軸力は引張を正とする。

注2:ハッチングはSs-1~Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。



杭頭の要素番号

### 表 4-3 基準地震動 Ssによる地震応答解析結果に基づく杭頭の応答値

	NS方向			EW方向			鉛直方向		
基準地震動 S s	杭番号	軸力 (×10 <sup>3</sup> kN)	最大応答曲げ モーメント (×10 <sup>3</sup> kN·m)	杭番号	軸力 (×10 <sup>3</sup> kN)	最大応答曲げ モーメント (×10 <sup>3</sup> kN·m)	杭番号	軸力 (×10 <sup>3</sup> kN)	最大応答曲げ モーメント (×10 <sup>3</sup> kN·m)
Ss-1	74	-1.29	2.39	166	-3.25	1.53	86	-4.54	0.132
Ss-2	74	-2.05	1.61	166	-3.53	1.35	286	-8.21	0.100
Ss-3	74	-5.08	2.10	166	-3.24	1.47	46	-3.75	0.0829
Ss-4	74	-2.29	1.26	166	-3.49	1.12	286	-2.86	0.0604
Ss-5	74	-4.20	0.917	166	-3.49	1.28	286	-7.66	0.0620
Ss-6	74	-2.24	1.30	166	-3.50	1.20	286	-2.76	0.0662
Ss-7	74	-4.14	0.819	166	-3.47	1.20	286	-7.88	0.0612
Ss-8	74	-2.22	1.68	46	-2.22	1.00	286	-3.18	0.0653

(c) 最大応答曲げモーメント

注1:表には杭一本当たりの応答値を示し、軸力は引張を正とする。

注2:ハッチングはSs-1~Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。

注3:軸力は最大応答曲げモーメント発生時の軸力を示す。



杭頭の要素番号

基準地震動 Ss	NS方向		EW方向		鉛直方向	
	杭番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)	杭番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)	杭番号	最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)
Ss-1	74	4.13	46	2.37	46	0.375
Ss-2	74	2.72	46	1.98	46	0.215
Ss-3	74	3. 53	166	2.03	46	0.266
Ss-4	74	2.15	46	1.74	46	0.152
Ss-5	74	1.59	166	1.75	46	0.136
Ss-6	74	2.21	46	1.82	46	0.170
Ss-7	74	1.42	166	1.66	46	0.110
Ss-8	74	2.76	46	2.00	286	0.0948

(d) 最大応答せん断力

注1:表には杭一本当たりの応答値を示す。

注2:ハッチングはSs-1~Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。



NS 方向モデル

EW方向モデル

杭頭の要素番号


								$(m/s^2)$
Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd <del>-</del> 6	Sd-7	Sd <del>-</del> 8	最大値
11.7	11.3	7.37	4.67	5.56	5.06	5.11	7.21	11.7
7.50	6.70	4.00	2,40	0.01	2.00	0.55		7 50
7.53	6.72	4.68	3.42	2.81	3.68	2.55	5.16	7.53
6.34	5.67	4, 13	3. 13	2, 46	3, 36	2, 20	4, 71	6. 34

図 4-14 最大応答加速度(弾性設計用地震動 S d, NS 方向)



								(mm)
Sd-1	Sd-2	Sd <del>-</del> 3	Sd <del>-</del> 4	Sd-5	Sd <del>-</del> 6	Sd-7	Sd-8	最大値
23.4	18.8	28.6	11.7	11.4	12.4	13.1	14.7	28.6
18.8	11.9	26.1	8.29	10.9	10.3	12.5	11.7	26.1
18.6	10.8	25.7	8, 19	10.8	10. 1	12.5	11.1	25.7

注1:分布図はSs-1~Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。 注2:ハッチングはSs-1~Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。 注3:T.M.S.L.-13.7m(原子炉建屋の基礎スラブ下端レベル)の地盤 に対する相対変位を示す。

図 4-15 最大応答変位 (弾性設計用地震動 S d, NS 方向)



								$(\times 10^3 \mathrm{kN})$
Sd <del>-</del> 1	Sd-2	Sd <del>-</del> 3	Sd-4	Sd <del>-</del> 5	Sd <del>-</del> 6	Sd-7	Sd <del>-</del> 8	最大値
11. 1	10.8	7. 02	4. 45	5. 29	4.82	4. 87	6.87	11. 1
22.4	21.2	14.0	9.86	8.80	10.8	8. 56	15. 1	22.4

図 4-16 最大応答せん断力(弾性設計用地震動 Sd, NS 方向)



								(m/s²)
Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd <del>-</del> 6	Sd-7	Sd <del>-</del> 8	最大値
8.00	6.61	4.94	4.56	5.72	4.72	5.88	4.92	8.00
6, 41	4, 44	4, 33	3. 63	4. 27	3. 74	4, 71	4, 39	6. 41
6.01	2.02	4.10	9.49	4.14	0.50	4.46	4.92	6.01
6.01	3.98	4.10	3.42	4.14	3.52	4.40	4.23	6.01

図 4-17 最大応答加速度(弾性設計用地震動 S d, EW 方向)



								(mm)
Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd <del>-</del> 4	Sd-5	Sd <del>-</del> 6	Sd-7	Sd-8	最大値
18.3	11.6	25.7	18.0	23.5	21.6	25.4	10.7	25.7
18. 1	9. 89	25. 2	17.4	23. 0	21.0	25. 1	9. 89	25. 2
18.0	9.60	25.1	17.2	22. 9	20.8	25.0	9.65	25. 1

注1:分布図はSs-1~Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。 注2:ハッチングはSs-1~Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。 注3:T.M.S.L.-13.7m(原子炉建屋の基礎スラブ下端レベル)の地盤 に対する相対変位を示す。

図 4-18 最大応答変位 (弾性設計用地震動 S d, EW 方向)



								$(\times 10^{\circ} \text{kN})$
Sd-1	Sd-2	Sd <del>-</del> 3	Sd-4	Sd <del>-</del> 5	Sd <del>-</del> 6	Sd-7	Sd <del>-</del> 8	最大値
7.62	6. 30	4. 70	4. 34	5. 44	4. 50	5.60	4. 68	7.62
17.9	13.4	11.7	10. 1	12.4	10.5	13.0	11.8	17.9

図 4-19 最大応答せん断力(弾性設計用地震動Sd, EW 方向)



							()	$\times 10^{6}$ kN • m)
Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd <del>-</del> 4	Sd <del>-</del> 5	Sd <del>-</del> 6	Sd-7	Sd <del>-</del> 8	最大値
0.0137	0.0139	0.00779	0.00843	0.00938	0.00888	0.0101	0.00442	0.0139
0.0698	0.0621	0.0405	0.0404	0.0508	0.0420	0.0528	0.0393	0.0698
0.0897	0.0844	0.0488	0.0532	0.0659	0.0555	0.0691	0.0445	0.0897
0.132	0.118	0.0767	0.0767	0.0963	0.0798	0.100	0.0741	0.132

注1:分布図はSs-1~Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。 注2:ハッチングはSs-1~Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。

図 4-20 最大応答曲げモーメント(弾性設計用地震動 Sd, EW 方向)



Sd-1         Sd-2         Sd-3         Sd-4         Sd-5         Sd-6         Sd-7         Sd-8         最大           4.10         2.76         2.85         1.99         2.10         2.16         2.13         1.76         2.17	<b></b>
4. 10         2. 76         2. 85         1. 99         2. 10         2. 16         2. 13         1. 76	
	4.10
4.06 2.71 2.82 1.95 2.06 2.12 2.09 1.72	4.06
4 06 2 70 2 82 1 95 2 06 2 11 2 09 1 71	4 06

図 4-21 最大応答加速度(弾性設計用地震動 Sd, 鉛直方向)



								(mm)
Sd-1	Sd-2	Sd-3	Sd-4	Sd-5	Sd-6	Sd-7	Sd-8	最大値
2.68	1.60	9.56	1.83	2.18	2.48	2.73	0.664	9.56
						0.50		
2.67	1.59	9.56	1.83	2.17	2.47	2.73	0.653	9.56
2.67	1.59	9, 56	1.83	2, 17	2.47	2. 73	0.651	9.56

注1:分布図はSs-1~Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。 注2:ハッチングはSs-1~Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。 注3:T.M.S.L.-13.7m(原子炉建屋の基礎スラブ下端レベル)の地盤 に対する相対変位を示す。

図 4-22 最大応答変位(弾性設計用地震動 Sd, 鉛直方向)



								$(\times 10^3 \mathrm{kN})$
Sd <del>-</del> 1	Sd-2	Sd <del>-</del> 3	Sd <del>-</del> 4	Sd <del>-</del> 5	Sd <del>-</del> 6	Sd-7	Sd <del>-</del> 8	最大値
3. 90	2. 63	2. 71	1.90	2. 00	2.06	2. 03	1.67	3. 90
10.5	7.03	7.30	5.07	5.35	5. 51	5.43	4.46	10.5

図 4-23 最大応答軸力(弾性設計用地震動 Sd, 鉛直方向)



部材番号(1)

図 4-24 せん断スケルトン曲線上の最大応答値(弾性設計用地震動Sd, EW 方向)

## 表 4-4 弾性設計用地震動 Sd による地震応答解析結果に基づく杭頭の応答値

	NS方向		EWフ	方向	鉛直方向		
弾性設計用地震動 Sd	枯蚕旦	最大応答軸力	长来日	最大応答軸力	长来马	最大応答軸力	
	机留方	$(\times 10^3 \mathrm{kN})$	机备方	$(\times 10^3 \mathrm{kN})$	机省万	$(\times 10^3 \mathrm{kN})$	
Sd-1	114	0.750	286	-0.170	286	-0.592	
Sd-2	34	0.592	286	-0.278	286	-1.06	
Sd-3	114	-0.116	86	-0.773	286	-0.98	
Sd-4	114	-0.648	46	-0.742	286	-1.29	
Sd-5	34	-0.613	46	-0.639	286	-1.31	
Sd-6	114	-0.561	46	-0.705	286	-1.29	
Sd-7	34	-0.659	46	-0.614	286	-1.34	
Sd-8	34	-0.120	86	-0.807	286	-1.37	

(a) 最大応答軸力

注1:表には杭一本当たりの応答値を示し、軸力は引張を正とする。

注2:ハッチングはSd-1~Sd-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。



杭頭の要素番号

## 表 4-4 弾性設計用地震動 Sd による地震応答解析結果に基づく杭頭の応答値

	NSプ	方向	EWブ	方向	鉛直方向		
弾性設計用地震動 Sd	长来已	最小応答軸力	枯来旦	最小応答軸力	枯来旦	最小応答軸力	
	机留方	$(\times 10^3 \mathrm{kN})$	机备方	$(\times 10^3 \mathrm{kN})$	机省万	$(\times 10^3 \mathrm{kN})$	
Sd-1	34	-4.20	286	-3.22	286	-2.71	
Sd-2	114	-3.99	46	-2.98	286	-2.43	
Sd-3	34	-3.28	286	-2.61	286	-2.30	
Sd-4	34	-2.76	286	-2.70	286	-2.18	
Sd-5	114	-2.74	286	-2.84	286	-2.21	
Sd-6	34	-2.85	286	-2.74	286	-2.22	
Sd-7	114	-2.69	286	-2.87	286	-2.22	
Sd-8	114	-3.21	246	-2.56	286	-2.15	

(b) 最小応答軸力

注1:表には杭一本当たりの応答値を示し、軸力は引張を正とする。

注2:ハッチングはSd-1~Sd-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。



杭頭の要素番号

# 表 4-4 弾性設計用地震動 Sd による地震応答解析結果に基づく杭頭の応答値

	NS方向			EW方向			鉛直方向		
弾性設計地震動 Sd	杭番号	軸力 (×10 <sup>3</sup> kN)	最大応答曲げ モーメント (×10 <sup>3</sup> kN·m)	杭番号	軸力 (×10 <sup>3</sup> kN)	最大応答曲げ モーメント (×10 <sup>3</sup> kN·m)	杭番号	軸力 (×10 <sup>3</sup> kN)	最大応答曲げ モーメント (×10 <sup>3</sup> kN·m)
Sd-1	74	-2.38	1.21	166	-3.45	0.774	286	-3.08	0.0694
Sd-2	74	-4.20	0.850	166	-3.44	0.715	286	-6.95	0.0497
Sd-3	74	-4.03	0.843	166	-3.33	0.561	286	-6.83	0.0337
Sd-4	74	-2.89	0.622	166	-3.42	0.532	286	-3.95	0.0277
Sd-5	74	-3.81	0.517	166	-3.43	0.649	286	-6.62	0.0295
Sd-6	74	-2.85	0.660	166	-3.42	0.574	286	-3.87	0.0287
Sd-7	74	-3. 77	0.477	166	-3. 43	0.701	286	-6.66	0.0288
Sd-8	74	-4. 08	0.905	166	-3.33	0.569	286	-6.31	0.0354

## (c) 最大応答曲げモーメント

注1:表には杭一本当たりの応答値を示し、軸力は引張を正とする。

注2:ハッチングはSd-1~Sd-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。

注3:軸力は最大応答曲げモーメント発生時の軸力を示す。



杭頭の要素番号

	NS方向		EW方向		鉛直方向	
弾性設計地震動 Sd	杭番号	最大応答せん断力	杭番号	最大応答せん断力	杭番号	最大応答せん断力
		$(\times 10^3 \text{kN})$		$(\times 10^3 \text{kN})$		$(\times 10^3 \text{kN})$
Sd-1	74	2.07	166	1.07	46	0.177
Sd-2	74	1.48	46	0.994	46	0.110
Sd-3	74	1.42	166	0.771	46	0.0938
Sd-4	74	1.05	166	0.734	46	0.0481
Sd-5	74	0.887	166	0.892	46	0.0582
Sd-6	74	1.12	166	0.793	46	0.0526
Sd-7	74	0.817	166	0.966	46	0.0512
Sd-8	74	1.52	46	0.846	286	0.0442

(d) 最大応答せん断力

注1:表には杭一本当たりの応答値を示す。

注2:ハッチングはSd-1~Sd-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示。



NS 方向モデル

EW 方向モデル

杭頭の要素番号

### 4.2 静的解析

静的地震力については、「3.4 解析方法」に示す方法にて算出する。地震層せん断 力係数3.0C i 及び静的地震力(水平地震力)を表4-5及び表4-6に示す。

表 4-5 地震層せん断力係数(3.0Ci)及び水平地震力(NS方向)

T.M.S.L.	層せん断力	水平地震力	
(m)	係数	$(\times 10^3 \mathrm{kN})$	
$11.9 \sim 19.6$	0.60	5.61	

表 4-6 地震層せん断力係数(3.0Ci)及び水平地震力(EW方向)

T. M. S. L.	層せん断力	静的地震力
(m)	係数	$(\times 10^3 \mathrm{kN})$
$11.9 \sim 19.6$	0.60	5.61

4.3 必要保有水平耐力

必要保有水平耐力については、「3.4 解析方法」に示す方法にて算出する。必要保 有水平耐力Qunを表4-7及び表4-8に示す。

T.M.S.L.	構造特性係数	形状特性係数	必要保有水平耐力				
(m)	D <sub>s</sub>	F e s	$\mathbf{Q}_{u n}$ (×10 <sup>3</sup> kN)				
$11.9 \sim 19.6$	0.45	1.14	4.79				

表 4-7 必要保有水平耐力Qun (NS 方向)

表 4-8 必要保有水平耐力Qun (EW 方向)

T.M.S.L.	構造特性係数	形状特性係数	必要保有水平耐力
(m)	D <sub>s</sub>	F e s	$\mathbf{Q}_{u n}$ (×10 <sup>3</sup> kN)
$11.9 \sim 19.6$	0.55	1.00	5.14

(Ⅱ) 大物搬入建屋の耐震性についての計算書

1. 概要 · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· 1
2. 基本方針 ······	· 2
2.1 位置 ·····	· 2
2.2 構造概要 ······	· 3
2.3 評価方針 ·····	14
2.4 適用規格·基準等······	16
<ol> <li>地震応答解析による評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・</li></ol>	17
<ol> <li>応力解析による評価方法 ····································</li></ol>	20
4.1 評価対象部位及び評価方針・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	20
4.1.1 耐震壁	21
4.1.2 杭 · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	22
4.1.3 基礎スラブ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	23
4.1.4 屋根スラブ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	24
4.1.5 フレーム構造部 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	25
4.2 荷重及び荷重の組合せ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	26
4.2.1 耐震壁	26
4.2.2 杭 · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	27
4.2.3 基礎スラブ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	28
4.2.4 屋根スラブ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	30
4.2.5 フレーム構造部・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	31
4.3 許容限界 ······	32
4.4 解析モデル及び諸元・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	37
4.4.1 耐震壁	37
4. 4. 2 杭 · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	38
4.4.3 基礎スラブ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	39
4.4.4 屋根スラブ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	41
4.4.5 フレーム構造部・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	42
4.5 評価方法 ······	44
4.5.1 応力解析方法	44
4.5.2 断面の評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	58
<ol> <li>地震応答解析による評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・</li></ol>	61
5.1 耐震壁のせん断ひずみの評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	61
5.1.1 Ss地震時・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	61

5.2	フレーム構造部・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	62
5.	2.1 Ss地震時 ······	62
5.3	保有水平耐力	63
6. 厉	芯力解析による評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	64
6.1	耐震壁の評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	64
6.2	杭の評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	66
6.3	基礎スラブの評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	67
6.4	屋根スラブの評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	72
6.5	フレーム構造部の評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	74

### 1. 概要

本資料は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、原子炉建屋の一部を構成する 大物搬入建屋の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、そ の評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

大物搬入建屋のうち,原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設)は,設計基準対象 施設においては「Sクラスの施設」に,重大事故等対処施設においては「常設重 大事故緩和設備」に分類される。また,大物搬入建屋を構成する壁及びスラブの 一部は,二次遮蔽壁に該当し,その二次遮蔽壁は,重大事故等対処施設において は「常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事 故緩和設備」に分類される。

以下,大物搬入建屋のうち,原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設)の「Sク ラスの施設」及び「常設重大事故緩和設備」としての分類に応じた耐震評価並び に二次遮蔽壁の「常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及 び常設重大事故緩和設備」としての分類に応じた耐震評価を示す。

- 2. 基本方針
- 2.1 位置

大物搬入建屋の位置を図 2-1 に示す。



図 2-1 大物搬入建屋の設置位置

### 2.2 構造概要

大物搬入建屋は、地上1階建ての鉄筋コンクリート造の建物である。大物搬入建 屋の杭伏図及び概略平面図を図2-2に、概略断面図を図2-3に、原子炉建屋原 子炉区域(二次格納施設)の範囲の平面図及び断面図を図2-4及び図2-5に示 す。また、二次遮蔽壁の範囲の平面図及び断面図を図2-6及び図2-7に示す。

大物搬入建屋の平面は、9.0m (NS 方向) ×23.05m (EW 方向) であり、地上高さは 7.6m である。大物搬入建屋の基礎は厚さ 2.5m の鉄筋コンクリートスラブであり、支持 地盤である泥岩上に場所打ち鋼管コンクリート杭 (外径 1.2m, 杭長 21.4m, 16 本,以下「杭」という。)を介して設置している。また、液状化対策として建 屋下部の支持地盤以浅の地盤はセメント系の地盤改良を実施している。なお、 大物搬入建屋は隣接する原子炉建屋と構造的に分離している。



(単位:m)

注1:○は場所打ち鋼管コンクリート杭(外径1.2m)を示す。 注2:破線は基礎スラブ,柱及び壁を示す。

図 2-2 大物搬入建屋の杭伏図及び概略平面図(杭伏図)(1/3)



(単位:m)

注1:破線は基礎スラブを示す。

注2:東京湾平均海面(以下「T.M.S.L.」という。)

図 2-2 大物搬入建屋の杭伏図及び概略平面図 (1F, T.M.S.L. 12.3m) (2/3)



(単位:m)

図 2-2 大物搬入建屋の杭伏図及び概略平面図 (RF, T.M.S.L. 19.6m) (3/3)



(単位:m)

図 2-3 大物搬入建屋の概略断面図 (1/2) (NS 方向)



(単位:m)

図 2-3 大物搬入建屋の概略断面図(2/2)

(EW 方向)



(単位:m)

注:破線は基礎スラブを示す。

図 2-4 原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設)の範囲の平面図

(1F, T.M.S.L. 12.3m) (1/2)



(単位:m)

# 図 2-4 原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設)の範囲の平面図 (RF, T.M.S.L. 19.6m)(2/2)



(NS 方向)



図 2-5 原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設)の範囲の断面図(2/2)

(EW 方向)



注:破線は基礎スラブを示す。

図 2-6 二次遮蔽壁の範囲の平面図 (1F, T.M.S.L. 12.3m) (1/2)





K7 ① V-2-9-3-1 別紙1 (Ⅱ) R1



(EW 方向)

### 2.3 評価方針

大物搬入建屋のうち,原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設)は,設計基準対象施 設においては「Sクラスの施設」に,重大事故等対処施設においては「常設重大事故 緩和設備」に分類される。また,大物搬入建屋を構成する壁及びスラブの一部は,二 次遮蔽壁に該当し,その二次遮蔽壁は,重大事故等対処施設においては「常設耐震重 要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類 される。

大物搬入建屋の設計基準対象施設としての評価においては,弾性設計用地震動Sd による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対する評価(以下「Sd 地震時に対する評価」という。),基準地震動Ssによる地震力に対する評価(以下「S s地震時に対する評価」という。)及び保有水平耐力の評価を行うこととし,それぞれ の評価はV-2-9-3-1「原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設)の耐震性についての計 算書」別紙1(I)「大物搬入建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。 大物搬入建屋の評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき,地震応答解析に よる評価においては耐震壁のせん断ひずみ,フレーム構造部の層間変形角及び保有水 平耐力の評価を,応力解析による評価においては断面の評価を行うことで,大物搬入 建屋の地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。評価にあたっては材料物性の不 確かさを考慮する。表 2-1に大物搬入建屋の材料物性の不確かさを考慮する解析ケー スを示す。

また,重大事故等対処施設としての評価においては,Ss地震時に対する評価及び保有水平耐力の評価を行う。ここで,大物搬入建屋では,運転時,設計基準事故時及び重大事故等時の状態において,圧力,温度等の条件について有意な差異がないことから,重大事故等対処施設としての評価は,設計基準対象施設としての評価と同一となる。

大物搬入建屋の評価フローを図 2-8 に示す。

検討ケース	地盤剛性	備考
①ケース1 (工認モデル)	標準地盤	基本ケース
<ul><li>②ケース 2</li><li>(地盤剛性+σ)</li></ul>	標準地盤+ σ (新期砂層+13%,古安田層+25%,西山層+10%)	
③ケース 3 (地盤剛性-σ)	標準地盤- σ (新期砂層-13%,古安田層-25%,西山層-10%)	

表 2-1 材料物性の不確かさを考慮する解析ケース



注記\*1: V-2-9-3-1「原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設)の耐震性についての計算書」 別紙1(I)「大物搬入建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

\*2:二次遮蔽壁について実施する。

\*3:原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設)について実施する。

図 2-8 大物搬入建屋の評価フロー

2.4 適用規格·基準等

大物搬入建屋の評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- 建築基準法・同施行令
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計法-((社)日本建築学会,1999改定)
- ・原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社)日本建築学会,2005 制定)
- ・鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計と保有水平耐力 -((社)日本建築学会,2001改定)
- ・建築基礎構造設計指針((社)日本建築学会,2001改定)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・ 補-1984((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電 気協会)
- ・2015 年版建築物の構造関係技術基準解説書(国土交通省国土技術政策総合研究 所・国立研究開発法人建築研究所)

3. 地震応答解析による評価方法

大物搬入建屋の構造強度については、V-2-9-3-1「原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設)の耐震性についての計算書」別紙1(I)「大物搬入建屋の地震応答計算書」 に基づき、材料物性の不確かさを考慮した耐震壁の最大せん断ひずみ、フレーム構造部 の最大層間変形角が許容限界を超えないこと及び保有水平耐力が必要保有水平耐力に対 して妥当な安全余裕を有することを確認する。

また,遮蔽性及び気密性の維持については, V-2-9-3-1「原子炉建屋原子炉区域(二 次格納施設)の耐震性についての計算書」別紙1(I)「大物搬入建屋の地震応答計 算書」に基づき,材料物性の不確かさを考慮した耐震壁の最大せん断ひずみが許容限界 を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における大物搬入建屋の許容限界は、V-2-1-9「機能維持の 基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持方針に基づき、表 3-1 及び表 3 -2のとおり設定する。

### 表 3-1 地震応答解析による評価における許容限界

要求 機能	機能設計上 の性能目標	地震力	部位	機能維持の ための考え方	許容限界 (評価基準値)
_		基準地震動	耐震壁	最大せん断ひず みが構造強度を 確保するための 許容限界を超え ないことを確認	せん断ひずみ 2.0×10 <sup>-3</sup>
	構造強度を 有すること	S s	フレーム 構造部	最大層間変形角 が構造強度を確 保するための許 容限界を超えな いことを確認	層間変形角 1/120 <sup>*1</sup>
		保有水平 耐力	構造物 全体	保有水平耐力が 必要保有水平耐 力に対して妥当 な安全余裕を有 することを確認	必要保有 水平耐力
気密性	換 気 せ 能 さ て を 総 結 す る こ と	基準地震動 S s	耐震壁 (原子炉建屋原 子炉区域(二次 格納施設)	最大せん断ひず みが気密性を維 持するための許 容限界を超えな いことを確認	せん断ひずみ 2.0×10 <sup>-3</sup> * <sup>2</sup>

### (設計基準対象施設としての評価)

注記\*1:2015 年版建築物の構造関係技術基準解説書(国土交通省国土技術政策総合研究 所・国立研究開発法人建築研究所)(以下「技術基準解説書」という。)により設

\*2:事故時においては,鉄筋コンクリート製原子炉格納容器(以下「RCCV」という。) から漏えいした空気を非常用ガス処理設備で処理できるように気密性を有する 設計とし,地震時においてもその機能を維持できる設計とする。気密性に対する 許容限界の適用性は, V-2-9-3-1「原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設)の耐 震性についての計算書」別紙2「原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設)の気密 性に関する計算書」に示す。

定。

## 表 3-2 地震応答解析による評価における許容限界

要求 機能	機能設計上 の性能目標	地震力	部位	機能維持の ための考え方	許容限界 (評価基準値)
		基準地震動	耐震壁	最大せん断ひず みが構造強度を 確保するための 許容限界を超え ないことを確認	せん断ひずみ 2.0×10 <sup>-3</sup>
_	構 造 強 度 を 有すること	S s	フレーム 構造部	最大層間変形角 が構造強度を確 保するための許 容限界を超えな いことを確認	層間変形角 1/120 <sup>*1</sup>
		保有水平 耐力	構造物 全体	保有水平耐力が 必要保有水平耐 力に対して妥当 な安全余裕を有 することを確認	必要保有 水平耐力
遮蔽性	<ul> <li>遮蔽体の損</li> <li>傷により遮</li> <li>蔽性を損な</li> <li>わないこと</li> </ul>	基準地震動 S s	耐震壁 (二次遮蔽壁)	最大せん断ひず みが遮蔽性を維 持するための許 容限界を超えな いことを確認	せん断ひずみ 2.0×10 <sup>-3</sup>
気密性	換いてき した した した した した した した した した した した した した	基準地震動 S s	耐震壁 (原子炉建屋原 子炉区域(二次 格納施設)	最大せん断ひず みが気密性を維 持するための許 容限界を超えな いことを確認	せん断ひずみ 2.0×10 <sup>-3</sup> * <sup>2</sup>

### (重大事故等対処施設としての評価)

注記\*1:「技術基準解説書」により設定。

\*2:事故時においては, RCCV から漏えいした空気を非常用ガス処理設備で処理でき るように気密性を有する設計とし,地震時においてもその機能を維持できる設計 とする。気密性に対する許容限界の適用性は, V-2-9-3-1「原子炉建屋原子炉区 域(二次格納施設)の耐震性についての計算書」別紙2「原子炉建屋原子炉区域 (二次格納施設)の気密性に関する計算書」に示す。

- 4. 応力解析による評価方法
- 4.1 評価対象部位及び評価方針

大物搬入建屋の応力解析による評価対象部位は,耐震壁,杭,基礎スラブ,屋根ス ラブ及びフレーム構造部とし,応力解析により評価を行う。応力解析にあたっては, V-2-9-3-1「原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設)の耐震性についての計算 書」別紙1(I)「大物搬入建屋の地震応答計算書」による結果を用いて,荷重の組合 せを行う。

弾性設計用の水平地震荷重は,弾性設計用地震動Sdによる地震応答解析により算 定される動的地震力又は層せん断係数 3.0Ciより算定される静的地震力より設定す る。なお,水平地震荷重は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡し たものとする。表4-1に水平地震荷重を示す。

弾性設計用地震動 Sdによる地震力は静的地震力を上回るため,弾性設計用地震動 Sdによる地震力により評価を行う。

表 4-1 水平地震荷重(弾性設計用地震動 Sd による地震力及び静的地震力)

T. M. S. L. (m)	NS 🗸	方向	EW 方向		
	層せん断力	静的地震力	層せん断力	静的地震力	
(11)	$(\times 10^2 \text{kN})$	$(\times 10^2 \text{kN})$	$(\times 10^2 \text{kN})$	$(\times 10^2 \mathrm{kN})$	
11.9 $\sim$ 19.6	127	56.1	86.4	56.1	
9.4 $\sim$ 11.9	241	104	198	104	

注:表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

弾性設計用の鉛直地震荷重は,弾性設計用地震動Sdによる地震応答解析により算 定される動的地震力又は鉛直震度0.3より算定される静的地震力より設定する。なお, 鉛直地震荷重は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとす る。表4-2に鉛直地震荷重を示す。

弾性設計用地震動 Sdによる地震力は静的地震力を上回るため,弾性設計用地震動 Sdによる地震力により評価を行う。

表 4-2 鉛直地震荷重(弾性設計用地震動 Sd による地震力及び静的地震力)

T. M. S. L. (m)	鉛直震度	
	弾性設計用地震動	静的地震力
	Sdによる鉛直震度	による鉛直震度
19.6	0.43	0.3
11.9	0. 43	0.3

注:表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。
- 4.1.1 耐震壁
  - (1) Sd 地震時に対する評価

耐震壁のSd地震時に対する評価は、材料物性の不確かさを考慮した地震力と 地震力以外の荷重の組合せの結果により発生する応力が、原子力施設鉄筋コ ンクリート構造計算規準・同解説 ((社)日本建築学会、2005制定)(以 下「RC-N規準」という。)に基づき設定した許容限界を超えないことを確認す る。

図 4-1 に耐震壁の応力解析による評価フローを示す。



注記\*:材料物性の不確かさを考慮する。

図 4-1 耐震壁の応力解析によるフロー

- 4.1.2 杭
  - S d 地震時に対する評価

杭のSd地震時に対する評価は,材料物性の不確かさを考慮した地震力と 地震力以外の荷重の組合せの結果,発生する応力が,建築基礎構造設計指針 ((社)日本建築学会,2001改定)(以下「基礎指針」という。)及び鉄骨 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 –許容応力度設計と保有水平耐力 -((社)日本建築学会,2001改定)(以下「SRC規準」という。)に基づ き設定した許容限界を超えないことを確認する。

S s 地震時に対する評価

杭のSs地震時に対する評価は,材料物性の不確かさを考慮した地震力と 地震力以外の荷重の組合せの結果,発生する応力が,「基礎指針」及び「SRC 規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

図 4-2 に杭の応力解析による評価フローを示す。



注記\*:材料物性の不確かさを考慮する。

図 4-2 杭の応力解析によるフロー

- 4.1.3 基礎スラブ
  - S d 地震時に対する評価

基礎スラブのSd地震時に対する評価は、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力 解析によることとし、材料物性の不確かさを考慮した地震力と地震力以外の荷重 の組合せの結果、発生する応力が、「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超 えないことを確認する。

(2) S s 地震時に対する評価

基礎スラブのSs地震時に対する評価は、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力 解析によることとし、材料物性の不確かさを考慮した地震力と地震力以外の荷重 の組合せの結果、発生する応力が、「RC-N 規準」に基づき設定した許容限界を超 えないことを確認する。

図 4-3 に基礎スラブの応力解析による評価フローを示す。



注記\*:材料物性の不確かさを考慮する。

図 4-3 基礎スラブの応力解析による評価フロー

- 4.1.4 屋根スラブ
  - S d 地震時に対する評価

屋根スラブのSd地震時に対する評価は,材料物性の不確かさを考慮した 鉛直方向の地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果,発生する応力が 「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

(2) S s 地震時に対する評価

屋根スラブのSs地震時に対する評価は,材料物性の不確かさを考慮した 鉛直方向の地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果,発生する応力が 「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

図 4-4 に屋根スラブの応力解析による評価フローを示す。



注記\*:材料物性の不確かさを考慮する。

図 4-4 屋根スラブの応力解析による評価フロー

- 4.1.5 フレーム構造部
  - (1) Sd 地震時に対する評価

フレーム構造部のSd地震時に対する評価は,材料物性の不確かさを考慮した 地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果,発生する応力が「RC-N規準」 に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

図 4-5 にフレーム構造部の応力解析による評価フローを示す。



注記\*:材料物性の不確かさを考慮する。

図 4-5 フレーム構造部の応力解析によるフロー

4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している荷重 及び荷重の組合せを用いる。

- 4.2.1 耐震壁
  - (1) 荷重
    - a. 鉛直荷重

鉛直荷重は固定荷重,積載荷重,積雪荷重とする。なお,積雪量は280cm とし,地震荷重と組み合わせるため,その0.35倍の積雪荷重を考慮する。

b. 水平地震荷重

水平地震荷重は,弾性設計用地震動Sdによる地震応答解析により算定され る動的地震力より設定する。なお,水平地震荷重は材料物性の不確かさを考慮 した地震応答解析結果を包絡したものとする。

c. 鉛直地震荷重

鉛直地震荷重は,弾性設計用地震動Sdによる地震応答解析により算定され る動的地震力より設定する。なお,鉛直地震荷重は材料物性の不確かさを考慮 した地震応答解析結果を包絡したものとする。

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-3 に示す。

外力の状態	荷重の組合せ
S d 地震時	V L + S d
	÷

表 4-3 荷重の組合せ

VL :鉛直荷重

Sd : Sd 地震荷重(水平・鉛直)

## 4.2.2 杭

(1) 荷重

a. 鉛直荷重

鉛直荷重は固定荷重,積載荷重,積雪荷重とする。なお,積雪量は280cm とし,地震荷重と組み合わせるため,その0.35倍の積雪荷重を考慮する。

b. 水平地震荷重

水平地震荷重は,弾性設計用地震動Sd及び基準地震動Ssによる地震 応答解析により算定される動的地震力より設定する。なお,水平地震荷重 は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

c. 鉛直地震荷重

鉛直地震荷重は,弾性設計用地震動Sd及び基準地震動Ssによる地震応答 解析により算定される動的地震力より設定する。なお,鉛直地震荷重は材料物 性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-4 に示す。

表 4-4 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S d 地震時	V L + S d
S s 地震時	VL + Ss
	F:

VL :鉛直荷重

S d : S d 地震荷重(水平・鉛直)

Ss : Ss 地震荷重(水平・鉛直)

- 4.2.3 基礎スラブ
  - (1) 荷重
    - a. 鉛直荷重

鉛直荷重は固定荷重,積載荷重,積雪荷重とする。なお,積雪量は280cm とし,地震荷重と組み合わせるため,その0.35倍の積雪荷重を考慮する。

b. 浮力

浮力は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、地下水位面 を地表面(T.M.S.L. 12.0m)とし、基礎スラブに上向きの等分布荷重として入 力する。ただし、大物搬入建屋は原子炉建屋近傍にあり、地下排水設備による 地下水位低下の影響が考えられるため、浮力を無視したケースについても考慮 する。

c. 水平地震荷重

水平地震荷重は,弾性設計用地震動Sd及び基準地震動Ssによる地震 応答解析により算定される動的地震力より設定する。なお,水平地震荷重 は浮力考慮ケース及び浮力無視ケースともに地下水位面を地表面 (T.M.S.L.12.0m)に設定し,材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果 を包絡したものとする。

d. 鉛直地震荷重

鉛直地震荷重は,弾性設計用地震動Sd及び基準地震動Ssによる地震応答 解析析により算定される動的地震力より設定する。なお,鉛直地震荷重は浮力 考慮ケース及び浮力無視ケースともに地下水位面を地表面(T.M.S.L.12.0m)に 設定し,材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとす る。 (2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-5 に示す。

何里の組合も
V L + S d + B L
V L + S d
VL + Ss + BL
VL + Ss

表 4-5 荷重の組合せ

VL :鉛直荷重

S d : S d 地震荷重 (水平・鉛直)

Ss : Ss 地震荷重(水平・鉛直)

BL :浮力

- 4.2.4 屋根スラブ
  - (1) 荷重
    - a. 鉛直荷重

鉛直荷重は固定荷重,積載荷重,積雪荷重とする。なお,積雪量は280cm とし,地震荷重と組み合わせるため,その0.35倍の積雪荷重を考慮する。

b. 地震荷重

鉛直地震荷重は,弾性設計用地震動Sd及び基準地震動Ssによる地震 応答解析により算定される動的地震力より設定する。なお,鉛直震度は材 料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-6 に示す。

的重动而且合
V L + S d
V L + S s

表 4-6 荷重の組合せ

VL :鉛直荷重

Sd : Sd 地震荷重(鉛直)

S s : S s 地震荷重(鉛直)

### 4.2.5 フレーム構造部

- (1) 荷重
  - a. 鉛直荷重

鉛直荷重は固定荷重,積載荷重,積雪荷重とする。なお,積雪量は280cm とし,地震荷重と組み合わせるため,その0.35倍の積雪荷重を考慮する。

b. 水平地震荷重

水平地震荷重は,弾性設計用地震動Sdによる地震応答解析により算定され る動的地震力より設定する。なお,水平地震荷重は材料物性の不確かさを考慮 した地震応答解析結果を包絡したものとする。

c. 鉛直地震荷重

鉛直地震荷重は,弾性設計用地震動Sdによる地震応答解析により算定され る動的地震力より設定する。なお,鉛直地震荷重は材料物性の不確かさを考慮 した地震応答解析結果を包絡したものとする。

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-7 に示す。

表 4-7 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S d 地震時	V L + S d

VL :鉛直荷重

Sd : Sd 地震荷重(水平・鉛直)

# 4.3 許容限界

応力解析による評価における大物搬入建屋の許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持の基本方針に基づき、表 4-8 及び表 4-9 のとおり設定する。

また、コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 4-10 及び表 4-11 に、鋼管 の許容応力度を表 4-12 に示す。杭の支持力は「基礎指針」に基づき算定する。 また、杭軸力を考慮した曲げ耐力は「SRC 規準」に基づき算定する。杭の支持力 に関する許容限界を表 4-13 に、杭の許容せん断力を表 4-14 に、曲げモーメ ントと杭軸力相関を図 4-6 に示す。

表 4-8 応力解析による評価における許容限界

要求 機能	機能設計上 の性能目標	地震力	部位	機能維持のた めの考え方	許容限界 (評価基準値)			
	構造強度を	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的地震力	耐震壁 基礎スラブ 屋根スラブ フレーム 構造部 杭	部 材 に 生 じ る 応 力 が 構 造 強 度 を 確 保 す る	「RC-N 規準」 に基づく 短期許容応力度 「基礎指針」 及び 「SRC 規準」 に基づく 短期許容応力度			
	有すること	. E	有すること	ため 基礎スラブ こと	ための許容限 界を超えない ことを確認	「RC-N 規準」 に基づく 終局耐力 <sup>*1</sup>		
	基準地震動 S s	基準地震動	基準地震動	基準地震動	基準地震動 屋根 S s	屋根スラブ		<ul> <li>「RC-N 規準」</li> <li>に基づく</li> <li>短期許容応力度</li> </ul>
		杭		「基礎指針」 及び 「SRC 規準」 に基づく 終局耐力				
気密性	換気性能と あいまって 気密性能を 有すること	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的地震力 基準地震動 S s	屋根スラブ (原子炉建屋 原子炉区域 (二次格納施 設)の床)	部材に生じる 応力が気密性 を維持するた めの許容限界 を超えないこ とを確認	「RC-N 規準」 に基づく 短期許容応力度* <sup>2</sup>			

(設計基準対象施設としての評価)

注記\*1:「RC-N規準」の短期許容応力度の鋼材の基準強度Fを「技術基準解説書」に基づき1.1倍(面外せん断力に対する評価時の鋼材の基準強度Fは1.0倍)した耐力とする。

\*2:地震時に生じる応力に対して許容応力度設計とし、地震時及び地震後においても 気密性を維持できる設計とする。

# 表 4-9 応力解析による評価における許容限界

要求 機能	機能設計上 の性能目標	地震力	部位	機能維持のた めの考え方	許容限界 (評価基準値)
			基礎スラブ	部材に生じる 応力が構造強 度を確保する ための許容限	「RC-N 規準」 に基づく 終局強度 <sup>*1</sup>
_ 構造強度を 	基準地震動	屋根スラブ	「RC-N 規準」 に基づく 短期許容応力度		
			杭	界を超えない ことを確認	「基礎指針」 及び 「SRC 規準」 に基づく 終局耐力
遮蔽性	遮蔽体の損 傷により遮 蔽性を損な わないこと	基準地震動 S s	屋根スラブ (二次遮蔽壁 の床)	部材に生じる 応力が遮蔽性 を維持するた めの許容限界 を超えないこ とを確認	「RC-N 規準」 に基づく 短期許容応力度* <sup>2</sup>
気密性	換気性能と あいまって 気密性能を 有すること	基準地震動 S s	屋根スラブ (原子炉建屋 原子炉区域 (二次格納施 設)の床)	部材に生じる 応力が気密性 を維するた めの許容限界 を超えないこ とを確認	「RC-N 規準」 に基づく 短期許容応力度* <sup>3</sup>

#### (重大事故等対処施設としての評価)

注記\*1:「RC-N規準」の短期許容応力度の鋼材の基準強度Fを「技術基準解説書」に基づき1.1倍(面外せん断力に対する評価時の鋼材の基準強度Fは1.0倍)した耐力とする。

- \*2:許容限界は終局耐力に対し妥当な安全余裕を有したものとして設定することとし、さらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度とする。
- \*3:地震時に生じる応力に対して許容応力度設計とし,地震時及び地震後において も気密性を維持できる設計とする。

表 4-10 コンクリートの許容応力度

(単位:N/mm<sup>2</sup>)

部位	設計基準強度	短期	
	Fс	圧縮	せん断
基礎スラブ	30.0	20.0	1.18
屋根スラブ           フレーム構造部           耐震壁	33.0	22.0	1.23

表 4-11 鉄筋の許容応力度

(単位:N/mm<sup>2</sup>)

毎回	短期		
作里 方门	引張及び圧縮	せん断	
SD345	345	345	
SD390	390	390	

表 4-12 鋼管の許容応力度

(単位:N/mm<sup>2</sup>)

待则	短期		
作里方门	引張及び圧縮	せん断	
SKK490	325	187	

注:材料強度は許容応力度(引張及び圧縮)を1.1倍して算出する。

杭径 φ(mm)	杭の支持力 (×10 <sup>3</sup> kN)		
	短期許容支持力	鉛直	10.0
1200	R a	引抜	5.66
1200	極限支持力	鉛直	15.0
	R u	引抜	8.49

表 4-13 杭の支持力に関する許容限界

表 4-14 杭の許容せん断力

杭径	短期許容せん断力
$\phi$ (mm)	Q s u ( $\times 10^3$ kN)
1200	8.27



- 4.4 解析モデル及び諸元
  - 4.4.1 耐震壁
    - (1) モデル化の基本方針

耐震壁の応力は、V-2-9-3-1「原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設)の耐震 性についての計算書」別紙1(I)「大物搬入建屋の地震応答計算書」に基づき評 価する。

(2) 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-15 及び表 4-16 に示す。

諸元	物性値
ヤング係数	2.52 $ imes$ 10 $^4$ N/mm $^2$
ポアソン比	0.2

表 4-15 コンクリートの物性値

注:剛性はコンクリートの設計基準強度(33.0N/mm<sup>2</sup>)に基づく。

表 4-16 鉄筋の物性値

諸元	物性値	
鋼材種	SD345	
ヤング係数	$2.05 \times 10^5$ N/mm <sup>2</sup>	

- 4.4.2 杭
  - (1) モデル化の基本方針

杭の応力は、V-2-9-3-1「原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設)の耐震 性についての計算書」別紙1(I)「大物搬入建屋の地震応答計算書」に基 づき評価する。

解析には,解析コード「SoilPlus」を用いる。解析コードの検証 及び妥当性確認等の概要については,別紙「計算機プログラム(解析コード) の概要」に示す。

(2) 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-17~表 4-19 に示す。

諸元	物性値
ヤング係数	2. $27 \times 10^4$ N/mm <sup>2</sup>
ポアソン比	0.2

表 4-17 コンクリートの物性値

注:剛性はコンクリートの設計基準強度(24.0N/mm<sup>2</sup>)に基づく。

表 4-18 鋼管の物性値

諸元	物性値
鋼材種	SKK490
ヤング係数	2.05 $ imes$ 10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup>

表 4-19 杭の断面性能

外径 D (mm)	板厚* <sup>1</sup> t (mm)	全断面積* <sup>2</sup> A (m <sup>2</sup> )	せん断 断面積* <sup>2</sup> As(m <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント* <sup>2</sup> I(m <sup>4</sup> )
1200	25	1.838	1.344	0.2236

注:コンクリートはFc=24.0N/mm<sup>2</sup>とする。

注記\*1:上記の板厚に対して腐食代1mmを考慮する。

\*2:表中の断面諸元はコンクリート換算した値である。

- 4.4.3 基礎スラブ
  - (1) モデル化の基本方針

応力解析は、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析とする。解析には、 解析コード「MSC NASTRAN」を用いる。解析コードの検証及び妥 当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概 要」に示す。

基礎スラブのモデル図を図4-7に示す。



注:太線は壁の位置を示す。

(単位:m)

## 図 4-7 基礎スラブの解析モデル図(平面図)(1/2)



(単位:m)

図 4-7 基礎スラブの解析モデル図(断面図)(2/2)

(2) 使用要素

解析モデルに使用する FEM 要素は,基礎スラブについてはシェル要素とする。また,基礎スラブより立ち上がっている耐震壁については,はり要素として剛性を考慮する。解析モデルの節点数は 612,要素数は 561 である。

(3) 境界条件

解析モデルの基礎底面には、水平方向及び鉛直方向の地盤ばねを設ける。 地盤ばねは地震応答解析モデルにおける地盤部分の擬似3次元FEMモデルを 用いて加振解析を行い、算定した複素インピーダンスの実部から設定し、各 節点に離散化する。

なお,水平方向は NS 方向及び EW 方向各々の水平ばね定数,鉛直方向は水 平方向地震荷重については NS 方向及び EW 方向各々の回転ばね定数,そのほ かの荷重については鉛直ばね定数に基づきばね剛性を設定する。 (4) 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-20 及び表 4-21 に示す。

諸元	物性値
ヤング係数	2.44 $ imes$ 10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup>
ポアソン比	0.2

表 4-20 コンクリートの物性値

注:剛性はコンクリートの設計基準強度(30.0N/mm<sup>2</sup>)に基づく。

表 4-21 鉄筋の物性値

諸元	物性値	
鋼材種	SD345	
ヤング係数	2.05 $ imes$ 10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup>	

4.4.4 屋根スラブ

(1) モデル化の基本方針

屋根スラブは,1方向スラブとしてモデル化し,両端固定ばりとして評価する。

- 4.4.5 フレーム構造部
  - (1) モデル化の基本方針

フレーム構造部の応力は3次元フレームモデルを用いて評価する。

3次元フレームモデルは部材芯でモデル化するものとし、はり及び柱は線材 でモデル化する。耐震壁は壁エレメント置換でモデル化し、層の剛性及び耐力を 考慮する。袖壁、垂壁によるはり及び柱の拘束効果については、剛体とした剛域 にて考慮する。フレーム脚部についてはピン支持とし杭や浮上りは考慮しない。 屋根スラブ及び基礎スラブは剛床仮定とし、基礎スラブは剛性を割増したはりと してモデル化する。

解析には,解析コード「Super Build/SS7」を用いる。解 析コードの検証及び妥当性確認等の概要については,別紙「計算機プログラ ム(解析コード)の概要」に示す。

フレーム構造部のモデル図を図4-8に示す。



(寸法は部材芯間距離)



図 4-8 フレーム構造部の解析モデル図

(2) 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-22 及び表 4-23 に示す。

諸元	物性値
ヤング係数	2.52 $ imes$ 10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup>
ポアソン比	0.2

表 4-22 コンクリートの物性値

注:剛性はコンクリートの設計基準強度(33.0N/mm<sup>2</sup>)に基づく。

表 4-23 鉄筋の物性値

諸元	物性値
鋼材種	SD345 SD390
ヤング係数	2.05 $ imes$ 10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup>

#### 4.5 評価方法

- 4.5.1 応力解析方法
  - (1) 耐震壁
    - a. 荷重ケース

Sd 地震時の応力は、単独荷重による応力を組み合わせて求める。単独荷重 の記号を以下に示す。

VL :鉛直荷重
 Sd<sub>EW</sub> : Sd地震荷重(E→W入力, EW方向)
 Sd<sub>WE</sub> : Sd地震荷重(W→E入力, EW方向)
 Kv<sub>d</sub> :鉛直震度(Sd地震時)

表 4-24 及び表 4-25 に S d 地震時の水平地震荷重及び鉛直 地震荷重を示す。

表 4-24 水平地震荷重 (Sd 地震時)

• •		,
T. M. S. L. (m)	方向	層せん断力 (×10 <sup>2</sup> kN)
11.9~19.6	EW	86.4

注:表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

表 4-25 鉛直地震荷重(Sd 地震時)

T.M.S.L. (m)	鉛直震度
19.6	0.43

注:表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

b. 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-26 に示す。

水平方向と鉛直方向の荷重の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008((社)日本電気協会)」を参考に、組合せ 係数法(組合せ係数は1.0と0.4)を用いるものとする。

ケース No.	水平:鉛直	鉛直震度	荷重の組合せケース
1-1	1.0:0.4	下向き	$(1.0+0.4 \text{ K v}_{d}) \text{ V L} + \text{S d}_{EW}$
1-2		上向き	$(1.0-0.4 \text{ K v}_{d}) \text{ V L} + \text{S d}_{EW}$
1-3		下向き	$(1.0+0.4 \mathrm{K}\mathrm{v}_{d})$ VL + Sd <sub>WE</sub>
1-4		上向き	$(1.0-0.4 \text{ K v}_{d}) \text{ V L} + \text{S d}_{WE}$

表 4-26 荷重の組合せケース (Sd 地震時)

(2) 杭

大物搬入建屋杭について, Sd 地震時及びSs 地震時に対して地震応答解析モ デルを用いた弾塑性応力解析を実施し,杭に生じる応力に対して評価する。

a. 荷重ケース

Sd 地震時及びSs 地震時の応力は,単独荷重による応力を組み合わせて求める。単独荷重の記号を以下に示す。

VL :鉛直荷重

S	d	S N	:	S	d	地扂	长	苛重		(S→N	入力,	NS 方向)
S	d	N S	:	S	d	地窟	慶イ	苛重		(N→S	入力,	NS 方向)
S	d	ΕW	:	S	d	地扂	慶石	苛重	•	$(E \rightarrow W$	入力,	EW 方向)
S	d	WΕ	:	S	d	地扂	慶石	苛重	•	$(W \rightarrow E$	入力,	EW 方向)
S	s	S N	:	S	s	地扂	慶石	苛重	•	(S→N	入力,	NS 方向)
S	s	N S	:	S	s	地扂	慶石	苛重	•	(N→S	入力,	NS 方向)
S	s	ΕW	:	S	s	地扂	长	苛重		$(E \rightarrow W$	入力,	EW 方向)
S	s	WΕ	:	S	s	地扂	长	苛重		$(W \rightarrow E$	入力,	EW 方向)
Κ	v	d	:	鉛	直	震厚	Ĩ	( S		d 地震	時)	
Κ	v	s	:	鉛	直	震厚	FZ	( S		s 地震	時)	

表 4-27~表 4-30 にSd 地震時及びSs 地震時の水平地震荷重及び鉛直地 震荷重を示す。

<b>武王</b> 21	<b>八十地展向重(604</b> 月	四股时)
T. M. S. L. (m)	NS 方向 層せん断力 (×10 <sup>2</sup> kN)	EW 方向 層せん断力 (×10 <sup>2</sup> kN)
11.9 $\sim$ 19.6	127	86.4

表 4-27 水平地震荷重 (Sd 地震時)

注:表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

表 4-28 水平地震荷重 (S s 地震時)

T. M. S. L. (m)	NS 方向 層せん断力 (×10 <sup>2</sup> kN)	EW 方向 層せん断力 (×10 <sup>2</sup> kN)	
$11.9 \sim 19.6$	322	170	

注:表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

T. M. S. L. (m)	鉛直震度	
19.6	0.43	

表 4-29 鉛直地震荷重 (Sd 地震時)

注:表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

表 4-30 鉛直地震荷重(Ss地震時)

T. M. S. L. (m)	鉛直震度
19.6	0.89

注:表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

b. 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-31 及び表 4-32 に示す。

水平方向と鉛直方向の荷重の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008((社)日本電気協会)」を参考に、組合せ 係数法(組合せ係数は1.0と0.4)を用いるものとする。

ケース 水平:鉛直 鉛直震度 荷重の組合せケース No. 1 - 1下向き  $(1.0+0.4 \text{ K v}_{d}) \text{ V L} + \text{ S d}_{SN}$ 1 - 2上向き  $(1.0 - 0.4 \text{ K v}_{d}) \text{ V L} + \text{ S d}_{\text{ S N}}$ 1.0:0.4 $(1.0+0.4 \text{ K v}_{d}) \text{ V L} + \text{ S d}_{NS}$ 1 - 3下向き 上向き  $(1.0 - 0.4 \text{ K v}_{d}) \text{ V L} + \text{ S d}_{NS}$ 1 - 4 $(1.0 + K v_d) V L + 0.4 S d_{SN}$ 1 - 5下向き 上向き  $(1.0 - K v_d) V L + 0.4 S d_{SN}$ 1 - 60.4:1.0 1 - 7 $(1.0 + K v_d) V L + 0.4 S d_{NS}$ 下向き 1 - 8上向き  $(1.0 - K v_d) V L + 0.4 S d_{NS}$ 

表 4-31 荷重の組合せケース(Sd 地震時)

表 4-32	荷重の組合せケース	(S s 地震時)

ケース No.	水平:鉛直	鉛直震度	荷重の組合せケース
2-1		下向き	$(1.0+0.4\mathrm{K}\mathrm{v}_{s})\mathrm{V}\mathrm{L}+\mathrm{S}\mathrm{s}_{SN}$
2-2	1.0:0.4	上向き	$(1.0-0.4 \mathrm{K}\mathrm{v}_{\mathrm{s}})\mathrm{V}\mathrm{L}+\mathrm{S}\mathrm{s}_{\mathrm{N}}$
2-3		下向き	$(1.0+0.4 \mathrm{K}\mathrm{v}_{s})\mathrm{V}\mathrm{L}+\mathrm{S}\mathrm{s}_{NS}$
2-4		上向き	$(1.0 - 0.4 \text{ K v}_{s}) \text{ V L} + \text{ S s}_{NS}$
2-5	0.4:1.0	下向き	$(1.0 + K v_s) V L + 0.4 S s_{SN}$
2-6		上向き	$(1.0 - K v_s) V L + 0.4 S s_{SN}$
2-7		下向き	$(1.0 + K v_s) V L + 0.4 S s_{NS}$
2-8		上向き	$(1.0 - K v_s) V L + 0.4 S s_{NS}$

(3) 基礎スラブ

大物搬入建屋基礎スラブについて、Sd地震時及びSs地震時に対して3次元 FEMモデルを用いた弾性応力解析を実施する。

a. 荷重ケース

Sd 地震時及びSs 地震時の応力は,次の荷重ケースによる応力を組み合わ せて求める。単独荷重の記号を以下に示す。

VL :鉛直荷重

S d  $_{SN}$ : S d 地震荷重 (S $\rightarrow$ N 入力, NS 方向) S d  $_{NS}$ : S d 地震荷重 (N $\rightarrow$ S 入力, NS 方向) S d  $_{EW}$ : S d 地震荷重 (E $\rightarrow$ W 入力, EW 方向) S d  $_{WE}$ : S d 地震荷重 (W $\rightarrow$ E 入力, EW 方向) S s  $_{SN}$ : S s 地震荷重 (S $\rightarrow$ N 入力, NS 方向) S s  $_{NS}$ : S s 地震荷重 (N $\rightarrow$ S 入力, NS 方向) S s  $_{EW}$ : S s 地震荷重 (E $\rightarrow$ W 入力, EW 方向) S s  $_{WE}$ : S s 地震荷重 (E $\rightarrow$ W 入力, EW 方向) S s  $_{WE}$ : S s 地震荷重 (W $\rightarrow$ E 入力, EW 方向) K v d : 鉛直震度 (S d 地震時) K v s : 鉛直震度 (S s 地震時) B L : 浮力

表 4-33~表 4-36 にSd地震時及びSs地震時の水平地震荷重及び鉛直地 震荷重を示す。

T. M. S. L. (m)	NS 方向層せん断力 (×10 <sup>2</sup> kN)	EW 方向層せん断力 (×10 <sup>2</sup> kN)
11.9~19.6	133	91
9.4~11.9	253	208

表 4-33 水平地震荷重(Sd 地震時)

注:表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

T.M.S.L. (m)	NS 方向層せん断力 (×10 <sup>2</sup> kN)	EW 方向層せん断力 (×10 <sup>2</sup> kN)
11.9~19.6	338	179
9.4~11.9	516	416

表 4-34 水平地震荷重(Ss地震時)

注:表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

表 4-35 鉛直地震荷	「重(Sd地震時)
T. M. S. L. (m)	鉛直震度
11.9	0. 43

注:表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

表 4-36 鉛直地震荷重(Ss地震時)

T. M. S. L. (m)	鉛直震度
11.9	0.88

注:表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

b. 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-37 及び表 4-38 に示す。

水平方向と鉛直方向の荷重の組合せは,「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008((社)日本電気協会)」を参考に,組合せ 係数法(組合せ係数は1.0と0.4)を用いるものとする。

ケース No.	水平:鉛直	鉛直震度	荷重の組合せケース
1-1		下向き	$(1.0+0.4 \text{ K v}_{d}) \text{ V L} + \text{ S d}_{\text{ S N}} + \text{ B L}$
1-2		上向き	$(1.0-0.4 \text{ K v}_{d}) \text{ V L} + \text{ S d}_{\text{ S N}} + \text{ B L}$
1-3		下向き	$(1.0+0.4 \text{ K v}_{d}) \text{ V L} + \text{ S d}_{NS} + \text{ B L}$
1-4	1 0 . 0 4	上向き	$(1.0-0.4 \text{ K v}_{d}) \text{ V L} + \text{ S d}_{NS} + \text{ B L}$
1-5	1.0.0.4	下向き	$(1.0+0.4 \text{ K v}_{d}) \text{ V L} + \text{ S d}_{EW} + \text{ B L}$
1-6		上向き	$(1.0-0.4 \text{ K v}_{\text{d}}) \text{ V L} + \text{S d}_{\text{EW}} + \text{B L}$
1 - 7		下向き	$(1.0+0.4 \text{ K v}_{d}) \text{ V L} + \text{ S d}_{WE} + \text{ B L}$
1-8		上向き	$(1.0-0.4 \text{ K v}_{d}) \text{ V L} + \text{ S d}_{WE} + \text{ B L}$
1-9		下向き	$(1.0 + K v_d) V L + 0.4 S d_{SN} + B L$
1-10		上向き	$(1.0 - K v_d) V L + 0.4 S d_{SN} + B L$
1-11		下向き	$(1.0 + K v_d) V L + 0.4 S d_{NS} + B L$
1 - 12	$0.4 \cdot 1.0$	上向き	$(1.0 - K v_d) V L + 0.4 S d_{NS} + B L$
1-13	0.4.1.0	下向き	$(1.0 + K v_d) V L + 0.4 S d_{EW} + B L$
1-14		上向き	$(1.0 - K v_d) V L + 0.4 S d_{EW} + B L$
1-15		下向き	$(1.0 + K v_d) V L + 0.4 S d_{WE} + B L$
1-16		上向き	$(1.0 - K v_d) V L + 0.4 S d_{WE} + B L$
1 - 17		下向き	$(1.0+0.4\mathrm{K}$ v $_{\mathrm{d}})$ V L + S d $_{\mathrm{S}}$ N
1-18		上向き	$(1.0-0.4$ K v $_{\rm d})$ V L + S d $_{\rm S N}$
1 - 19		下向き	$(1.0+0.4 \mathrm{K}$ v $_{\mathrm{d}})$ V L + S d $_{\mathrm{N}}$ s
1-20	$1 0 \cdot 0 4$	上向き	$(1.0-0.4$ K v $_{\rm d})$ V L + S d $_{ m NS}$
1-21	1.0.0.4	下向き	$(1.0+0.4 \mathrm{K}_{\mathrm{V}_{\mathrm{d}}})\mathrm{V}\mathrm{L}+\mathrm{S}_{\mathrm{d}_{\mathrm{EW}}}$
1-22		上向き	$(1.0-0.4 \mathrm{K}\mathrm{v}_{\mathrm{d}})\mathrm{V}\mathrm{L}+\mathrm{S}\mathrm{d}_{\mathrm{EW}}$
1-23		下向き	$(1.0+0.4 \mathrm{K}\mathrm{v}_{\mathrm{d}})\mathrm{V}\mathrm{L}+\mathrm{S}\mathrm{d}_{\mathrm{WE}}$
1 - 24		上向き	$(1.0-0.4 \mathrm{K}\mathrm{v}_{\mathrm{d}})\mathrm{V}\mathrm{L}+\mathrm{S}\mathrm{d}_{\mathrm{WE}}$
1 - 25		下向き	$(1.0 + K v_d) V L + 0.4 S d_{SN}$
1-26		上向き	$(1.0 - K v_d) V L + 0.4 S d_{SN}$
1-27		下向き	$(1.0 + K v_d) V L + 0.4 S d_{NS}$
1-28	0.4:1.0	上向き	$(1.0 - K v_d) V L + 0.4 S d_{NS}$
1-29		下向き	$(1.0 + K v_d) V L + 0.4 S d_{EW}$
1-30		上向き	$(1.0 - K v_d) V L + 0.4 S d_{EW}$
1-31		下向き	$(1.0 + K v_d) V L + 0.4 S d_{WE}$
1 - 32		上向き	$(1.0 - K v_d) V L + 0.4 S d_{WE}$

表 4-37 荷重の組合せケース (Sd 地震時)

ケース No.	水平:鉛直	鉛直震度	荷重の組合せケース
2-1		下向き	$(1.0+0.4 \text{ K v}_{s}) \text{ V L} + \text{ S s}_{SN} + \text{ B L}$
2-2		上向き	$(1.0-0.4 \text{ K v}_{s}) \text{ V L} + \text{ S s}_{N} + \text{ B L}$
2-3		下向き	$(1.0+0.4 \text{ K v}_{s}) \text{ V L} + \text{S}_{N \text{ N}} + \text{B} \text{ L}$
2-4	1 0 . 0 4	上向き	$(1.0-0.4 \text{ K v}_{s}) \text{ V L} + \text{S s}_{NS} + \text{B L}$
2-5	1.0:0.4	下向き	$(1.0+0.4 \text{ K v}_{s}) \text{ V L} + \text{S s}_{EW} + \text{B L}$
2-6		上向き	$(1.0-0.4 \text{ K v}_{s}) \text{ V L} + \text{S s}_{EW} + \text{B L}$
2-7		下向き	$(1.0+0.4 \text{ K v}_{s}) \text{ V L} + \text{ S s}_{WE} + \text{ B L}$
2-8		上向き	$(1.0-0.4 \mathrm{K}\mathrm{v}_{s})\mathrm{V}\mathrm{L}+\mathrm{S}\mathrm{s}_{WE}+\mathrm{B}\mathrm{L}$
2-9		下向き	$(1.0 + K v_s) V L + 0.4 S s_{N} + B L$
2-10		上向き	$(1.0 - K v_s) V L + 0.4 S s_{SN} + B L$
2-11		下向き	$(1.0 + K v_s) V L + 0.4 S s_{NS} + B L$
2-12	$0.4 \cdot 1.0$	上向き	$(1.0 - K v_s) V L + 0.4 S s_{NS} + B L$
2-13	0.4.1.0	下向き	$(1.0 + K v_s) V L + 0.4 S s_{EW} + B L$
2-14		上向き	$(1.0 - K v_s) V L + 0.4 S s_{EW} + B L$
2-15		下向き	$(1.0 + K v_s) V L + 0.4 S s_{WE} + B L$
2-16		上向き	$(1.0 - K v_s) V L + 0.4 S s_{WE} + B L$
2-17		下向き	$(1.0+0.4 \mathrm{K}\mathrm{v}_{s})\mathrm{V}\mathrm{L}+\mathrm{S}\mathrm{s}_{SN}$
2-18		上向き	$(1.0-0.4 \mathrm{K} \mathrm{v}_{\mathrm{s}}) \mathrm{V} \mathrm{L} + \mathrm{S} \mathrm{s}_{\mathrm{S} \mathrm{N}}$
2-19		下向き	(1.0+0.4K v $_{\rm s}$ ) V L + S $_{\rm N S}$
2-20	$1 0 \cdot 0 4$	上向き	$(1.0-0.4 \mathrm{K}\mathrm{v}_{\mathrm{s}})\mathrm{V}\mathrm{L}+\mathrm{S}\mathrm{s}_{\mathrm{N}\mathrm{S}}$
2-21	1.0.0.4	下向き	$(1.0+0.4 \mathrm{K} \mathrm{v} \mathrm{_s}) \mathrm{V} \mathrm{L} + \mathrm{S} \mathrm{s} \mathrm{_{E}W}$
2-22		上向き	$(1.0-0.4 \mathrm{K}\mathrm{v}_{\mathrm{s}})\mathrm{V}\mathrm{L}+\mathrm{S}\mathrm{s}_{\mathrm{E}\mathrm{W}}$
2-23		下向き	$(1.0+0.4 \mathrm{K}\mathrm{v}_{\mathrm{s}})\mathrm{V}\mathrm{L}+\mathrm{S}\mathrm{s}_{\mathrm{WE}}$
2-24		上向き	$(1.0-0.4 \mathrm{K}\mathrm{v}_{\mathrm{s}})\mathrm{V}\mathrm{L}+\mathrm{S}\mathrm{s}_{\mathrm{WE}}$
2-25		下向き	$(1.0+K_{V_s})VL+0.4S_{SN}$
2-26		上向き	$(1.0-\mathrm{K}$ V $_{\mathrm{s}})$ V L + 0.4 S $_{\mathrm{S}}$ S $_{\mathrm{S}}$ N
2-27		下向き	$(1.0+K v_s) V L + 0.4 S s_{NS}$
2-28	$0.4 \cdot 1.0$	上向き	$(1.0 - K_{V_s}) V L + 0.4 S s_{NS}$
2-29	0.7.1.0	下向き	$(1.0 + K v_s) V L + 0.4 S s_{EW}$
2-30		上向き	$(1.0-\mathrm{K}~\mathrm{v}~\mathrm{_s})~\mathrm{V}~\mathrm{L}+0.4~\mathrm{S}~\mathrm{s}~\mathrm{_{E}W}$
2-31		下向き	$(1.0 + K v_s) V L + 0.4 S s_{WE}$
2-32		上向き	$(1.0 - K v_s) V L + 0.4 S s_{WE}$

表 4-38 荷重の組合せケース (Ss地震時)

- c. 荷重の入力方法
  - (a) 地震荷重

地震荷重は、上部構造物の基礎スラブへの地震時反力を考慮する。基礎スラブ底面に生じる反力が、弾性設計用地震動Sd及び基準地震動Ssに対する地震応答解析結果と等価になるように設定する。基礎スラブ内に作用する荷重は、Sd地震時及びSs地震時の上部構造による入力荷重と基礎スラブ底面に発生する荷重の差をFEMモデルの各要素の大きさに応じて分配し、節点荷重として入力する。

(b) 地震荷重以外の荷重

地震荷重以外の荷重については,FEM モデルの各節点又は各要素に, 集中荷重又は分布荷重として入力する。

- (4) 屋根スラブ
  - a. 荷重ケース

Sd地震時及びSs地震時の応力は,単独荷重による応力を組み合わせて求める。単独荷重の記号を以下に示す。Sd地震時及びSs地震時の鉛直地震荷重を表4-39及び表4-40示す。

VL :鉛直荷重

K v d: 鉛直震度(S d 地震時)

K v s: 鉛直震度(S s 地震時)

表 4-39 鉛直地震荷重(Sd 地震時)

T. M. S. L. (m)	鉛直震度
19.6	0.43

注:表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

T. M. S. L. (m)	鉛直震度
19.6	0.89

表 4-40 鉛直地震荷重 (S s 地震時)

注:表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

### b. 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-41 及び表 4-42 に示す。

表 4-41 荷重の組合せケース (Sd 地震時)

ケース No.	鉛直	鉛直震度	荷重の組合せケース
1-1	1.0	下向き	$(1.0 + K v_d) V L$
1-2		上向き	$(1.0 - K v_d) V L$

表 4-42 荷重の組合せケース (S s 地震時)

ケース No.	鉛直	鉛直震度	荷重の組合せケース
2-1	1 0	下向き	$(1.0 + K v_{s}) V L$
2-2	1.0	上向き	$(1.0 - K v_{s}) V L$

c. 応力算出方法

等分布荷重を受ける両端固定ばりの曲げモーメント及びせん断力は下式より 求める。

(端部曲げモーメント)  $M = \frac{1}{12} w \cdot \ell^2$ ここで, w : 等分布荷重(N/m)  $\ell$  : スパン(m)

(端部せん断力)

$$Q = \frac{1}{2} w \cdot \ell$$
  
ここで、  
w :等分布荷重(N/m)  
 $\ell$  :スパン(m)

- (5) フレーム構造部
  - a. 荷重ケース

Sd 地震時の応力は、単独荷重による応力を組み合わせて求める。単独荷重 の記号を以下に示す。

VL :鉛直荷重

S d <sub>S N</sub>: S d 地震荷重(S→N 入力, NS 方向)

S d<sub>NS</sub>: S d 地震荷重(N→S 入力, NS 方向)

K v d : 鉛直震度(S d 地震時)

表 4-43 及び表 4-44 に S d 地震時の水平地震荷重及び鉛直 地震荷重を示す。

T. M. S. L. (m)	NS 方向 層せん断力 (×10 <sup>2</sup> kN)
11.9 $\sim$ 19.6	127

表 4-43 水平地震荷重(Sd 地震時)

注:表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

表 4-44 鉛直地震荷重(Sd 地震時)

T. M. S. L. (m)	鉛直震度
19.6	0.43

注:表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

b. 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-45 に示す。

水平方向と鉛直方向の荷重の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規 程 JEAC4601-2008((社)日本電気協会)」を参考に、組合せ 係数法(組合せ係数は1.0と0.4)を用いるものとする。
ケース No.	水平:鉛直	鉛直震度	荷重の組合せケース
1-1	1.0:0.4	下向き	$(1.0+0.4\mathrm{K~v}_{\mathrm{d}})\mathrm{V~L}+\mathrm{S~d}_{\mathrm{S~N}}$
1-2		上向き	$(1.0-0.4\mathrm{K~v}_{\mathrm{d}})\mathrm{V~L}+\mathrm{S~d}_{\mathrm{S~N}}$
1-3		下向き	$(1.0+0.4\mathrm{K}\mathrm{v}_{\mathrm{d}})\mathrm{V}\mathrm{L}+\mathrm{S}\mathrm{d}_{\mathrm{N}\mathrm{S}}$
1-4		上向き	$(1.0-0.4 \mathrm{K~v}_{\mathrm{d}})\mathrm{V~L} + \mathrm{S~d}_{\mathrm{N~S}}$
1-5		下向き	$(1.0 + K v_d) V L + 0.4 S d_{SN}$
1-6	0 4 • 1 0	上向き	$(1.0-\mathrm{K}~\mathrm{v}_{\mathrm{d}})~\mathrm{V}~\mathrm{L}+0.4~\mathrm{S}~\mathrm{d}_{\mathrm{S}~\mathrm{N}}$
1 - 7	0.4:1.0	下向き	$(1.0 + K v_d) V L + 0.4 S d_{NS}$
1-8		上向き	$(1.0 - K v_d) V L + 0.4 S d_{NS}$

表 4-45 荷重の組合せケース (Sd 地震時)

- 4.5.2 断面の評価方法
  - (1) 耐震壁

Sd地震時について、せん断力による応力は全て鉄筋で負担し、また、曲げモ ーメントにより生じる引張応力についても、鉄筋で負担することとし、必要鉄筋 比が設計鉄筋比を超えないことを確認する。

(2) 杭

Sd 地震時及びSs 地震時の軸力(鉛直支持力及び引抜き力),曲げモーメント 及びせん断力が許容限界を超えないことを確認する。

- (3) 基礎スラブ
  - a. 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

軸力,曲げモーメント及び面内せん断力については,必要鉄筋量が設計 配筋量を超えないことを確認する。必要鉄筋量(A)は,「RC-N 規準」に 基づき,各要素の縦方向と横方向の軸力及び曲げモーメントに対して必要 となる片側鉄筋量(A t)を柱の許容応力度設計式を用いて算定し,これと 面内せん断力に対して必要となる全鉄筋量(A s)により,下式によって算 定する。なお,S s 地震時に対しては,軸力,曲げモーメント及び面内せ ん断力に対する必要鉄筋量は,「技術基準解説書」に基づき,鉄筋の引張 強度を 1.1 倍として算定する。

A = A t + A s / 2

b. 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N 規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、次式を基に算定した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

 $Q_A = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot w f_t \cdot (p_w - 0.002) \}$ ここで,

- Q<sub>A</sub> :許容面外せん断力(N)
- b : 断面の幅 (mm)
- j : 断面の応力中心間距離で, 断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)
- f s : コンクリートの短期許容せん断応力度で,表 4-10 に示す値 (N/mm<sup>2</sup>)
- α : 許容せん断力の割増し係数

(2を超える場合は2,1未満の場合は1とする。また,引張軸力が 2N/mm<sup>2</sup>を超える場合は1とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$$
M :曲げモーメント (N·mm)
Q :せん断力 (N)
d :断面の有効せい (mm)

 wft
 : せん断補強筋の短期許容引張応力度で、表 4-11 に示す値 (N/mm<sup>2</sup>)

p<sub>w</sub> : せん断補強筋比で, 次式による。(0.002 以上とする。\*)

$$p_{w} = \frac{a_{w}}{b \cdot x}$$

aw: せん断補強筋の断面積 (mm<sup>2</sup>)

x : せん断補強筋の間隔 (mm)

注記\*:せん断補強筋がない領域については、第2項を0とする。

(4) 屋根スラブ

屋根スラブの評価は以下の方法で行う。

屋根スラブについては,曲げモーメントによる鉄筋応力度及び面外せん断力を 算定し,各許容限界を超えないことを確認する。

a. 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N 規準」に基づき、次式をもとに計算した評価対象箇所 に生じる曲げモーメントによる鉄筋応力度が、許容限界を超えないことを確認 する。

$$\sigma_{t} = \frac{M}{a_{t} \cdot j}$$

ここで,

- σ<sub>t</sub>:鉄筋の引張応力度(N/mm<sup>2</sup>)
- M :曲げモーメント(N・mm)
- a<sub>t</sub>:引張鉄筋断面積(mm<sup>2</sup>)
- j : 断面の応力中心距離で, 断面の有効せいの7/8倍の値(mm)

b. 面外せん断力に対する断面評価方法

断面の評価は、「RC-N 規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力 が、次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

 $Q_{A} = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_{s} + 0.5 \cdot w f_{t} \cdot (p_{w} - 0.002) \}$ 

- ここで,
  - Q<sub>A</sub> :許容面外せん断力 (N)
  - b : 断面の幅 (mm)
  - j : 断面の応力中心間距離で, 断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)
  - α :許容せん断力の割増し係数
    - (2を超える場合は2,1未満の場合は1とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d + 1)}$$

ここで,

- M :曲げモーメント (N・mm)
- Q : せん断力 (N)
- d : 断面の有効せい (mm)
- f<sub>s</sub>: コンクリートの短期許容せん断応力度(N/mm<sup>2</sup>)
- wft
   : せん断補強筋の短期許容引張応力度で、表 4-11 に示す値 (N/mm<sup>2</sup>)
- pw : せん断補強筋比で, 次式による。(0.002 以上とする。\*)

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$
  
 $a_w : せん断補強筋の断面積 (mm2)x : せん断補強筋の間隔 (mm)$ 

注記\*: せん断補強筋がない領域については,第2項を0とする。 (なお,屋根スラブには,面外せん断補強筋は入っていない。)

(5) フレーム構造部

フレーム構造部の評価は以下の方法で行う。

フレーム構造部については, Sd 地震時について, 発生応力に対する必要鉄筋 量が設計配筋量を超えないことを確認する。

- 5. 地震応答解析による評価結果
- 5.1 耐震壁のせん断ひずみの評価結果
  - 5.1.1 Ss地震時

鉄筋コンクリート造耐震壁について,Ss地震時の最大せん断ひずみが許容限界(2.0×10<sup>-3</sup>)を超えないことを確認する。

材料物性の不確かさを考慮したSs地震時の最大せん断ひずみは、0.0438×10<sup>-3</sup> (部材番号1, EW方向, Ss-1, ケース3)であり、許容限界(2.0×10<sup>-3</sup>)を超えな いことを確認した。耐震壁の最大せん断ひずみをせん断スケルトン曲線にプロッ トした図を図 5-1に示す。



図 5-1 せん断スケルトン曲線上の最大せん断ひずみ (EW 方向, Ss-1, ケース 3)

# 5.2 フレーム構造部

# 5.2.1 Ss地震時

フレーム構造部について,Ss地震時の最大層間変形角が許容限界(1/120) を超えないことを確認する。

材料物性の不確かさを考慮したSs地震時の最大層間変形角は,1/146 (NS 方 向, Ss-1,ケース3)であり,許容限界(1/120)を超えないことを確認した。

## 5.3 保有水平耐力

必要保有水平耐力Qunと保有水平耐力Quの比較結果を表5-1及び表5-2に示す。保有水平耐力Quが必要保有水平耐力Qunに対して妥当な安全余裕を有していることを確認した。

なお,必要保有水平耐力Qunに対する保有水平耐力Quの比は最小で7.84である。

表 5-1 必要保有水平耐力Qunと保有水平耐力Quの比較結果(NS方向)

T. M. S. L. (m)	${f Q}_{un}$ (×10 <sup>3</sup> kN)	${f Q}_{u}$ ( $ imes 10^{3}$ kN)	$\mathbf{Q}_{u}$ / $\mathbf{Q}_{un}$		
11.9~19.6	4.79	37.6	7.84		

表 5-2 必要保有水平耐力Qunと保有水平耐力Quの比較結果(EW方向)

T. M. S. L. (m)	${f Q}_{u n}$ (×10 <sup>3</sup> kN)	${f Q}_{u}$ ( $ imes 10^{3}$ kN)	$Q_u / Q_{un}$		
11.9~19.6	5.14	65.2	12.6		

- 6. 応力解析による評価結果
- **6.1** 耐震壁の評価結果

評価対象とする耐震壁を示したものを図 6-1 に示す。また,「4.5.2 断面評価方法」 に基づいた断面の評価結果を表 6-1 に示す。

Sd地震時において、必要鉄筋比が設計鉄筋比を超えないことを確認した。



評価対象とする耐震壁を示す。

(単位:m)

図 6-1 評価対象とする耐震壁(1F, T.M.S.L. 12.3m)

,	T.M.S.L. (m)	11.9~19.6						
	壁位置	.1	12					
	<u>(通り)</u>							
	壁記号	EW1	EW1					
	断面積(m <sup>2</sup> )	6.915	6.915					
	壁厚(mm)							
	縦筋 配筋	D19@200 ダブル	D19@200 ダブル					
配	縦筋 設計鉄筋比 Pg(%)	0.96	0.96					
筋	横筋 配筋	D19@200 ダブル	D19@200 ダブル					
	横筋 設計鉄筋比 Pg(%)	0.96	0.96					
せ ん 断	せん断力 Q(×10 <sup>3</sup> kN)	4.32	4.32					
に対する	せん断応力度 τ (N/mm <sup>2</sup> )	0.62	0.62					
。 検 討	必要鉄筋比 P <sub>Q</sub> (%)	0.18	0.18					
曲 げ モ	曲げモーメント M(×10 <sup>5</sup> kN・m)	0.41	0.41					
ーメン	軸力	2.52	2.52					
トに対す	N (×10 <sup>3</sup> kN)	3. 57	3.57					
る検討	必要鉄筋比 P <sub>M</sub> (%)	0.04	0.04					
( I	$P_Q + P_M) / P_g$	0.23	0.23					

表 6-1 耐震壁の評価結果(Sd 地震時)

6.2 杭の評価結果

杭について, Sd 地震時及びSs 地震時の軸力(鉛直支持力及び引抜き力),曲げモ ーメント及びせん断力が許容限界を超えないことを確認する。

Sd地震時及びSs地震時に発生する最大杭応力に対する評価結果を表 6-2 及び 表 6-3 に示す。なお、押込み力及び引抜き力については、Sd地震時及びSs地震時 に杭頭に発生する最大応答軸力を用いる。

Sd 地震時及びSs 地震時において,発生する応力値が許容限界を超えないことを 確認した。

		最大応力	許容限界	検定値	荷重ケース						
鉛直支持力	押込み力	4.66	10.0	0.47	Sd-1,1-1						
$(\times 10^{3} \mathrm{kN})$	引抜き力	1.24	5.66	0.22	Sd-1,1-2						
曲げモーメント	$( imes 10^3 { m kN} \cdot { m m})$	1.25	8.32	0.16	Sd-1,1-1						
せん断力(	$\times 10^{3}$ kN)	2.16	8.27	0.27	Sd-1, 1-1						

表 6-2 最大杭応力に対する評価結果(Sd 地震時)

注:表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

		最大応力	許容限界	検定値	荷重ケース
鉛直支持力	押込み力	8.09	15.0	0.54	Ss-1, 2-1
$(\times 10^{3} \mathrm{kN})$	引抜き力	4.94	8.49	0.59	Ss-1,2-2
曲げモーメント	2.59	13.4	0.20	Ss-3, 2-1	
せん断力(	$\times 10^{3}$ kN)	4.39	8.27	0.54	Ss-3, 2-1

表 6-3 最大杭応力に対する評価結果(Ss地震時)

注:表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

6.3 基礎スラブの評価結果

大物搬入建屋の基礎スラブの配筋図を図 6-2 に示す。

断面の評価結果を記載する要素を、以下のとおり選定する。

軸力,曲げモーメント及び面内せん断力に対する評価については,必要鉄筋量が最 大となる要素を選定し,面外せん断力に対する評価については,面外せん断力に対す る短期許容せん断力の割合が最少となる要素を選定する。最大値発生位置を図 6-3 に,評価結果を表 6-4 及び表 6-5 に示す。

Sd 地震時及びSs 地震時において,軸力,曲げモーメント及び面内せん断力に対 する必要鉄筋量が設計配筋量を超えないことを確認した。また,面外せん断力が短期 許容せん断力を超えないことを確認した。



Y方向 D38@200+D38@400

(単位:m)

# 図 6-2 基礎スラブ配筋図(1/2)





(単位:m)

図 6-2 基礎スラブ配筋図 (2/2)



(単位:m)

図 6-3 最大値発生位置(Sd 地震時)(1/2)



(単位:m)

図 6-3 最大値発生位置(S s 地震時)(2/2)

	方向	評価 項目	要素 番号	荷重 ケース	解析 結果	許容限界	備考
軸力 +	NS	必要鉄筋量/ 設計配筋量	64	1-1	0.38	1.0	
曲げモーメント + 面内せん断力	EW	必要鉄筋量/ 設計配筋量	451	1-21	0.20	1.0	
西久井ノ版力	NS	面外せん断力 ×10 <sup>3</sup> (kN/m)	55	1-19	2.25	5.27	せん断* 補強筋
山アトビん例フ	EW	面外せん断力 ×10 <sup>3</sup> (kN/m)	86	1-19	1.95	5.27	せん断* 補強筋

表 6-4 基礎スラブの評価結果(Sd地震時)

注記\*:評価対象要素がせん断補強筋がある領域にあることを示す。

評価 要素 荷重 解析 方向 許容限界 備考 結果 項目 番号 ケース 必要鉄筋量/ 軸力 2-3 NS 55 0.85 1.0 設計配筋量 +曲げモーメント 必要鉄筋量/ +EW 451 2 - 210.32 1.0 設計配筋量 面内せん断力 面外せん断力 せん断\* NS 4.71 5.27 55 2 - 19 $imes 10^3$  (kN/m) 補強筋 面外せん断力 面外せん断力 せん断\*

86

2 - 19

4.18

5.27

補強筋

表 6-5 基礎スラブの評価結果 (S s 地震時)

注記\*:評価対象要素がせん断補強筋がある領域にあることを示す。

 $imes 10^3$  (kN/m)

EW

### 6.4 屋根スラブの評価結果

屋根スラブの評価対象箇所は,各断面の検定値が最も大きい箇所とし,図 6-4 に示 す。また,「4.5.2 断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果を表 6-6 に示す。な お,対象とするスラブは十分な剛性(固有振動数 20Hz 以上)を有していることから, 共振は考慮しない。

Sd地震時及びSs地震時において,曲げモーメントに対する鉄筋応力度が許容限 界を超えないこと及び発生する面外せん断力が許容限界を超えないことを確認した。 なお,基準地震動Ssによる地震力は弾性設計用地震動Sdによる地震力を上回るた め,基準地震動Ssによる地震力により屋根スラブの評価を行う。



(単位:m)

図 6-4 屋根スラブの評価対象箇所 (RF, T.M.S.L. 19.6m)

	T.M.S.L.	(m)	19.6		
	厚さt(	mm)			
	有効せいな	1 (mm)	212. 5		
西西	筋	上ば筋	D22@200 (1935mm²/m)		
(鉄筋	断面積)	下ば筋	D22@200 (1935mm²/m)		
曲	発生曲け M(1	『モーメント «N・m/m)	49.2		
げモー	鉄筋 σ <sub>t</sub>	5応力度 (N/m <sup>2</sup> )	345		
-メン	許 M <sub>A</sub>	容限界 (N/m <sup>2</sup> )	124. 1		
r	検定	直M/M <sub>A</sub>	0.40		
一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一	発生せん	新力Q(kN/m)	68.6		
山外せ、	せん断ス. 割増し	パン比による レ係数 α	1.00		
ん 断 力	許容限界	界 $\mathbf{Q}_{\mathrm{A}}$ (kN/m)	228. 7		
	検定	直Q/QA	0.30		
	判定		न		

表 6-6 屋根スラブの評価結果(Ss地震時)

6.5 フレーム構造部の評価結果

フレーム構造部の評価対象箇所は、フレームに垂壁及び袖壁があり、柱及びはりの 各断面の検定値が最も大きくなる LD 通りとし、図 6-5 に示す。また評価結果を表 6 -7 及び表 6-8 に示す。

フレーム構造部については、Sd 地震時において、柱及びはりの必要鉄筋量が設計 配筋量を超えないことを確認した。

柱及びはりの各断面の検定に用いる記号の説明

- b : 断面の幅 (mm)
- D :断面のせい (mm)
- d : 断面の有効せい (mm)
- j : 断面の応力中心間距離で, 断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)
- M :曲げモーメント (N・mm)
- N : 軸力 (N)
- Q : せん断力 (N)
- p<sub>t</sub> :引張鉄筋比(%)
- a<sub>t</sub>:引張鉄筋の断面積(mm<sup>2</sup>)
- p<sub>w</sub>:必要あばら筋比又は帯筋比(%)
- f t : 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- f s : コンクリートの許容せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- α :許容せん断力の割増し係数

(2を超える場合は2,1未満の場合は1とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$$



図 6-5 フレーム構造部の評価対象箇所(はり伏図)(1/2)





図 6-5 フレーム構造部の評価対象箇所(LD 通り軸組図)(2/2)

		T. M. S. L. (m)		19.6							
				LD							
		 はり記号		G1							
		位置	L1 端	L1 端 中央							
断		$b \times D$ (mm)		1700 ×							
面		d (mm)	1000	1100	1000						
形		j (mm)	875	962	875						
	長	M (kN·m)	911	564	909						
設	期	Q (kN)	540	349	545						
計		M (kN·m)	4504	764	4514						
応	短	荷重ケース	1-3	1 - 7	1-1						
力	期	Q (kN)	2305	2099	2311						
		荷重ケース	1-3	1-3	1-1						
長	Ν	$M \neq (b \cdot d^2) (N/mm^2)$	0.54	0.27	0.53						
期		p t*1 (%)	0.15	0.07	0.14						
短	Ν	$M \neq (b \cdot d^2) (N/mm^2)$	2.65	0.35	2.66						
期		p t*1 (%)	0.76	0.10	0.76						
ļ	必要	鉄筋量 a t <sup>*1</sup> (mm <sup>2</sup> )	12920	1870	12920						
訂	ս Հ Լ	上ば筋	20-D38	10-D38	20-D38						
百西	Ţ	下ば筋	20-D38	10-D38	20-D38						
前	5	断面積*2 (mm <sup>2</sup> )	22800	11400	22800						
		$\alpha$		1.35							
せこん	対 す フ	許容せん断力 α・f s・b・j (kN)	2470	2716	2470						
町・	つ 格	p w <sup>*1</sup> (%)	0.20	0.20	0.20						
に	討	あ ば ら 筋		5-D19@200							
		あばら筋比* <sup>2</sup> (%)		0.42							
			L1 端	中央	L2 端						
		配筋図	20-D38	10-D38	20-D38						

表 6-7 はりの評価結果(Sd 地震時)

注記\*1:応力から決められる必要鉄筋断面積,必要鉄筋比。

\*2:設計配筋の鉄筋断面積,鉄筋比。

		T.M.S.L. (m)	11.9~	~19.6				
		通り記号	L	D				
		柱 記 号	С	1				
		位 置	柱脚	柱頭				
断		$b \times D$ (mm)	1700 ×					
面		d (mm)	1850					
形		j (mm)	1618					
	E	N (kN)	1402	1402				
	山田	M (kN·m)	1403	909				
設	79]	Q (kN)	326	326				
計		N (kN)	3118	3118				
応	后	M (kN·m)	11205	6171				
力	出間	荷重ケース	1-1	1-1				
	ற	Q (kN)	3511	3511				
		荷重ケース	1-1	1-1				
Ľ		$N / (b \cdot D) (N/mm^2)$	0.41	0.41				
長期	l	$M \neq (b \cdot D^2) (N/mm^2)$	0.21	0.13				
舟		p t*1 (%)	0.00	0.00				
<i>1</i> =		$N / (b \cdot D) (N/mm^2)$	0.92	0.92				
湿	l	$M \neq (b \cdot D^2) (N/mm^2)$	1.65	0.91				
旁		p t*1 (%)	0.41	0.16				
į	必要	與筋量 a t <sup>*1</sup> (mm <sup>2</sup> )	13940	5440				
設調	計	引張側鉄筋	22-D38	22-D38				
配角	筋	断面積*2 (mm <sup>2</sup> )	25080	25080				
		α	1.00	1.00				
せえん	対 す フ	許容せん断力 α・f s・b・j (kN)	3383	3383				
山力オ	つ 恰	$\mathrm{p}$ w <sup>*1</sup> (%)	0.23	0.23				
に言	討	帯 筋	6-D16	5@100				
		帯筋比*2(%)	0.	70				
			22-	D38				
		配筋図	22-D38					

表 6-8 柱の評価結果(Sd地震時)

注記\*1:応力から決められる必要鉄筋断面積,必要鉄筋比。 \*2:設計配筋の鉄筋断面積,鉄筋比。 別紙2 原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設)の気密性に関する計算書

1.	概要	••••		••••			•••		•••			•••			••	 ••		 		1
2.	既往の	知見等	の整理	•••			•••		•••						•••	 ••		 		1
3.	原子炉	建屋原	子炉区	域にお	ける	空気	〔漏ン	えい	量に	こ対す	よる	影	ᅪ検	討	•	 ••		 •••		3
3.	1 検討	方針		••••			•••		•••			•••			••	 ••		 		3
3. 2	2 空気	漏えい	量の算	定結果			•••		•••						••	 ••		 		9
	3.2.1	壁面か	らの漏	えい量	•		•••		•••		• • •	•••	•••		••	 ••		 •••		9
3. 3	3 総漏	えい量	と非常	用ガス	処理	設備	青放と	出流	量の	)比輔	交	•••		•••	••	 ••		 •••	•••	10
3.4	4 検討	結果		••••			•••		•••		• • •	•••	• • • •		••	 ••		 		10
4.	まとめ															 	•••	 •••		10

#### 1. 概要

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(昭和53年9月制定)におけるAク ラスの施設の気密性について、原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1987 ((社)日本電気協会、以下「JEAG4601-1987」という。)では、S1地震動に 対し弾性範囲であることを確認することで、機能が維持されるとしている。

V-2-1-9「機能維持の基本方針」の機能維持の設計方針では,耐震壁のせん断ひずみ がおおむね弾性状態にとどまることを基本としたうえで,おおむね弾性状態を超える場 合は,地震応答解析による耐震壁のせん断ひずみから算定した空気漏えい量が,設置す る換気設備の性能を下回ることで必要な気密性を維持する設計としている。その場合, 気密性を要求される施設に対し,基準地震動Ssによる鉄筋コンクリート造耐震壁の許 容限界を最大せん断ひずみ 2.0×10<sup>-3</sup>としている。

二次格納施設の気密バウンダリを構成する原子炉建屋原子炉区域の地震応答解析による評価において,耐震壁の許容限界として設定した最大せん断ひずみ 2.0×10<sup>-3</sup>の適用 性について確認するために,耐震壁のせん断ひび割れと空気漏えい量の関係に係る既往 の知見を整理するとともに,原子炉建屋原子炉区域における空気漏えい量に対する影響 を評価する。

### 2. 既往の知見等の整理

(財)原子力発電技術機構は、「原子力発電施設耐震信頼性実証試験に関する報告 書<sup>\*1</sup>」において、JEAG4601-1987 による許容限界の目安値(S2地震時に対し てせん断変形角 2/1000rad,静的地震力に対して  $\tau = \tau u/1.5$ )において想定されるひ び割れを残留ひび割れと仮定した場合の外気侵入量を算出し、気圧差維持のためのファ ン容量と比較することで、空気漏えい量に対する評価を実施している。その結果「残留 ひび割れからの外気侵入量は、ファン容量に比較すると無視できるほど小さいことが明 らかになった」としている。

また、(財)原子力発電技術機構は、「原子炉建屋の弾塑性試験に関する報告書\*2」に おいて、耐震壁の残留ひび割れからの通気量の評価式が、十分に実機への適用性がある ことを確認している。更に、開口部の存在による通気量割増率の評価式も示されており、 「開口部の残留ひび割れ幅の割増率がおおよそ推定できる」としている。

したがって、二次格納施設の気密バウンダリとなる原子炉建屋原子炉区域の壁が鉄筋 コンクリート造であり、壁厚も「原子炉建屋の弾塑性試験に関する報告書」に示される 壁厚と同程度であることから、同文献にて提案されている各評価式を用い、原子炉建屋 原子炉区域における空気漏えい量の算出を行う。以下に評価式を示す。  $Q = C \gamma^{2.57} \Delta P \neq T \quad (2. 1)$  $z \in \mathcal{C},$ 

- Q : 単位面積あたりの流量 (L/min/m<sup>2</sup>)
- C : 定数

(中央値は 2.24×10<sup>6</sup>, 95%非超過値は 1.18×10<sup>7</sup>, 5%非超過値は 4.21×10<sup>5</sup>)
 γ :最大せん断ひずみ

- △P : 差圧 (mmAq)
- T :壁厚 (cm)

$$\Delta_{Q} = \left\{ \left( \alpha^{2} - 1 \right) \left( \frac{Q'}{Q_{0}} - 1 \right) - 1 \right\} \beta + 1 \cdots \left( 2. 2 \right)$$

- ここで,
  - Δ<sub>α</sub>:通気量割増率
  - α :通気量割増範囲 (=3)

$$\frac{Q'}{Q_0}$$
 : 定数

(中央値とみなされる評価法では 1.81, 安全側とみなされる評価法では 7.41)β :壁の見付け面積に対する開口の総面積

- 注記\*1:財団法人 原子力発電技術機構「原子力発電施設耐震信頼性実証試験 原子炉建 屋総合評価 建屋基礎地盤系評価に関する報告書(その2)平成8年度」
  - \*2:財団法人 原子力発電技術機構「耐震安全解析コード改良試験 原子炉建屋の弾 塑性試験 試験結果の評価に関する報告書 平成5年度」

- 3. 原子炉建屋原子炉区域における空気漏えい量に対する影響検討
- 3.1 検討方針

「原子炉建屋の弾塑性試験に関する報告書」に基づき,式(2.1)及び式(2.2) により気密バウンダリを構成する壁の最大せん断ひずみが許容限界(2.0×10<sup>-3</sup>)に 達したときの空気漏えい量を算定し,非常用ガス処理設備放出流量以下となっている ことを確認する。

原子炉建屋原子炉区域の概略図を図 3-1 に示す。原子炉建屋原子炉区域(T.M.S.L. -8.2m~T.M.S.L.49.7m)を構成する壁の壁厚は約 [cm から約] [cm である。



-----:気密バウンダリ

(a) 平面図 (T.M.S.L.-8.2m) (単位:m)



(b) 平面図 (T.M.S.L. -1.7m) (単位:m)

図 3-2 原子炉建屋原子炉区域の概略図(1/5)



----: 気密バウンダリ

(c) 平面図 (T.M.S.L.4.8m) (単位:m)



(d) 平面図 (T.M.S.L.12.3m) (単位:m)

図 3-3 原子炉建屋原子炉区域の概略図(2/5)



(e) 平面図 (T.M.S.L. 18.1m) (単位:m)



(f) 平面図 (T.M.S.L. 23.5m) (単位:m)

図 3-4 原子炉建屋原子炉区域の概略図(3/5)



----: 気密バウンダリ

(g) 平面図 (T.M.S.L. 31.7m) (単位:m)

図 3-5 原子炉建屋原子炉区域の概略図(4/5)



(h) 断面図(B-B断面)(単位:m)



(i) 断面図 (A-A 断面) (単位:m)

図 3-6 原子炉建屋原子炉区域の概略図(5/5)

- 3.2 空気漏えい量の算定結果
  - 3.2.1 壁面からの漏えい量

原子炉建屋原子炉区域の壁厚ごとに空気漏えい量を算定した。本検討は、地震 応答解析のせん断ひずみの許容限界として最大せん断ひずみ 2.0×10<sup>-3</sup> を用いる ことの適用性を確認することが目的であることから、評価式における定数につ いて、安全側の値を用いた。算定結果を表 3-1に示す。

					*1	*2	*3				
	应同		定	数	最大				壁の見付		
T.M.S.L.	壁	厚			せん断	差圧	壁の	漏えい量	面積に対する	通気量	総漏えい量
(m)		1	C	O'/O	ひすみ		面積 	0	開口総面積	割増率	0 X A X A O
	(.	)		$Q / Q_0$	$\gamma$	$\Delta P$	A	Q	β	ΔQ	$Q \times A \times \Delta Q$
	NC (C	cm)	$(\times 10^{\circ})$	7 41	$(\times 10^{\circ})$	(mmAq)	(m <sup>-</sup> )	(l/m1n/m)	0.011	1 56	(l/min)
49.7	NS EW		1.18	7.41	2.00	0.4	897	0.30	0.011	1.00	420
	EW		1.18	7.41	2.00	6.4	1371	0.30	0.000	1.00	412
			1.10	7.41	2.00	0.4 6.4	200	0.30	0.039	0.97 E E 2	239
	NS		1.10	7.41	2.00	0.4 6.4	134	0.20	0.090	0.00	100
91 7			1.10	7.41	2.00	0.4 6.4	10	0.22	0.000	1.00	201
51.7			1.10	7.41	2.00	0.4 6.4	107	0.10	0.000	I.00	0 207
	EW		1.10	7.41	2.00	0.4 6.4	197	0.30	0.090	0.00	321
	Ew		1.10	7.41	2.00	0.4 6.4	201	0.22	0.000	1.00	41
	NC		1.10	7.41	2.00	0.4 6.4	301 640	0.10	0.008	4.44	504
00 E	NS		1.18	7.41	2.00	0.4 6.4	040 791	0.30	0.040	3.02	580
23.0	EW		1.10	7.41	2.00	6.4	121	0.30	0.040	3.02	64
			1.10	7.41	2.00	0.4 6.4	202	0.10	0.010	7.44	700
10 1	NS		1.10	7.41	2.00	0.4 6.4	303	0.30	0.120	1.44	100
10.1	EW		1.10	7.41	2.00	6.4	644	0.07	0.000	7.44	9
	E.W.		1.10	7.41	2.00	6.4	102	0.30	0.120	7.44 9.55	570
			1.10	7.41	2.00	6.4	193	0.30	0.150	0.00	210
	NS		1.10	7.41	2.00	6.4	68	0.00	0.030	15 28	210
	110		1.10	7.41	2.00	6.4	50	0.22	0.204	1 36	228
			1.10	7.41	2.00 8 22*4	6.4	67	13 70	0.007	1.30	1929
12.3			1.10	7.41	2 00	6.4	180	0.35	0.009	8 55	530
			1.10	7 41	2.00	6.4	543	0.30	0.150	3 52	574
	EW		1.10	7 41	2.00	6.4	73	0.00	0.007	1 36	11
	2		1.10	7 41	2.00	6.4	40	0.07	0.000	1.00	3
			1.10	7 41	2.00	6.4	358	0.30	0.006	1.00	141
			1.10	7 41	2.00	6.4	652	0.30	0.062	4 12	806
	NS		1.18	7.41	2.00	6.4	7	0.13	0.125	7, 29	7
4.8			1, 18	7.41	2.00	6.4	639	0.30	0, 062	4.12	791
	EW		1, 18	7.41	2.00	6.4	240	0.13	0, 125	7, 29	228
			1, 18	7.41	2.00	6.4	108	0.07	0,000	1.00	8
	NS		1.18	7.41	2.00	6.4	736	0.06	0,003	1.16	52
-1.7	EW		1.18	7.41	2.00	6.4	775	0.06	0,003	1.16	54
	NS		1.18	7.41	2.00	6.4	736	0.06	0.001	1.06	47
-8.2	EW		1.18	7.41	2.00	6.4	775	0.06	0.001	1.06	50
		-								合計	11194

表 3-1 算定結果(原子炉建屋原子炉区域)

注記\*1:保守的に各壁の最大せん断ひずみが同時に許容限界となることを想定し,評価 する。

- \*2:設計気密度の差圧条件とする。
- \*3:気密バウンダリを構成する壁の総面積を用いる。
- \*4:当該壁はフレーム構造部のため、フレーム構造部の許容限界である最大層間変 形角1/120(=8.33×10<sup>-3</sup>)を用いて評価する。

3.3 総漏えい量と非常用ガス処理設備放出流量の比較 原子炉建屋原子炉区域の総漏えい量と空気流入率を表 3-2 に示す。

総漏えい量	非常用ガス処理設備放出流量
$(m^3/min)$	$(m^3/min)$
12	33. 3*

表 3-2 総漏えい量と空気流入率の比較

注記\*:非常用ガス処理設備容量とする。

## 3.4 検討結果

原子炉建屋原子炉区域について総漏えい量は非常用ガス処理設備放出流量以下となっていることを確認した。

よって,原子炉建屋原子炉区域は,耐震壁の許容限界を最大せん断ひずみ 2.0×10<sup>-3</sup> とした場合において,換気設備とあいまって機能を維持できる気密性を有 している。

4. まとめ

原子炉建屋原子炉区域は、耐震壁の許容限界として最大せん断ひずみ 2.0×10<sup>-3</sup> を適 用した場合において、原子炉格納容器から漏えいした空気を非常用ガス処理設備で処理 できる気密性を有していることを確認した。

以上より,原子炉建屋の地震応答解析による評価において,換気設備とあいまって気 密性を維持するために設定する許容限界として,最大せん断ひずみ 2.0×10<sup>-3</sup>を用いる ことの適用性を確認した。 V-2-9-3-1-1 燃料取替床ブローアウトパネルの耐震性 についての計算書

1.	1	概要	••••	, <b></b> .		••••	 • • • •	••••	• • • •	• • • •	••••	• • • •	••••	 	• • •		 • 1
2.	-	一般事	事項			••••	 	••••			••••		••••	 			 · 2
2	. 1	配置	置概要	•••		••••	 	••••			••••		••••	 	• • •		 • 2
2	. 2	構造	皆概要	• • • •		••••	 	••••			••••		••••	 			 • 3
2	. 3	評値	町方針	•••		••••	 	••••			••••		••••	 			 • 5
	2.	3.1	S d	閉機育	能維持	争 •••	 	••••			••••		••••	 	•••		 • 5
	2.	3.2	S s	開機育	能維持	<b>} ···</b>	 	••••	• • • •		••••		••••	 	• • •	• • •	 • 5
2	. 4	適戶	月規格	・基準	隼等	••••	 	••••	• • • •		••••		••••	 	• • •	• • •	 • 6
3.		S d 🖡	月機能	維持言	評価	••••	 	••••	• • • •		••••		••••	 	• • •	• • •	 • 7
3	. 1	固有	有周期	の確認	忍方法	<u> </u>	 	••••	• • • •		••••		••••	 	• • •	• • •	 • 7
	3.	1.1	水平	方向		••••	 	••••	• • • •		••••		••••	 	• • •	• • •	 • 7
	3.	1.2	鉛直	方向		••••	 	••••	• • • •		••••		••••	 	• • •	• • •	 • 7
3	. 2	固有	有周期	の確認	忍結果	₹	 	••••	• • • •		••••		••••	 	• • •	• • •	 • 7
3	. 3	設言	十用地	震力		••••	 	••••			••••		••••	 	• • •		 • 8
3	. 4	評値	町方法	•••		••••	 	••••			••••		••••	 	• • •		 • 9
	3.	4.1	地震	荷重		••••	 	••••	• • • •		••••		••••	 	• • •	• • •	 • 9
	3.	4.2	開放	荷重		••••	 	••••			••••		••••	 		• • •	 • 9
3	. 5	評値	町結果	•••		••••	 	••••			••••		••••	 			 • 9
4.		S s 厚	<b></b> 掲機能	維持言	平価	••••	 	••••			••••		••••	 		• • •	 10
4	. 1	取作	すけ状	況・		••••	 	••••			••••		••••	 	• • •	• • •	 10
4	. 2	層間	冒変位	の算え	さ ・・	••••	 	••••			••••		••••	 			 11
4	. 3	評値	町結果	•••		••••	 	••••			••••		••••	 			 11
#### 1. 概要

本計算書は、V-1-1-7「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の 下における健全性に関する説明書」のうちV-1-1-7-別添4「ブローアウトパネル 関連設備の設計方針」に基づき、原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設)に設置 されている燃料取替床ブローアウトパネル(以下「オペフロBOP」という。)が、 弾性設計用地震動Sdによる地震力に対し開放しないこと、基準地震動Ssによ る地震力に対し開放機能が維持できる構造強度を有していることを説明するもの である。

オペフロBOPは,設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に,重大事 故等対処設備においては「常設耐震重要重大事故防止設備」に分類される。

## 2. 一般事項

#### 2.1 配置概要

オペフロ BOP の設置位置図を図 2-1 に示す。



オペフロ BOP

注:東京湾平均海面(以下「T.M.S.L.」という。) 図 2-1 オペフロ BOP の設置位置図(単位:m) (T.M.S.L. 38.2m)

#### 2.2 構造概要

オペフロBOPは,原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設)の一部(地上4階中 間床)に配置され,差圧により開放するパネル本体部,パネルを建屋外壁内に 設置する枠部及び差圧により破損するクリップ部より構成される設備である。 オペフロBOPの構造計画を表2-1に示す。

計画の概要 主体構造 支持構造 ・パネル本体部 オペフロ BOP は、十分な強度を有する構 ・枠部 造とし,原子炉建屋原子炉区域(二次格 オペフロ BOP は,パネル本体部,パネル 納施設)の壁に枠部とクリップにより据 を原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設) 付けられる。 の壁に設置する枠部より構成される設備で ある。 SS400 材料 クリップ式(18 個) 作動方式 クリップ仕様 材質 SUS304 概略構造図(単位:m) パネル本体部 A T. M. S. L. 45. 18 11 A-A断面 4.16 \_/ B 3.80 B 0-----/ 枠部 クリップ T. M. S. L. 41. 10 Ē Γ. B-B断面 4.00 パネル本体部 4.26

表 2-1 オペフロ BOP 構造計画

2.3 評価方針

オペフロBOPの地震時の構造強度及び機能維持評価は、V-1-1-7「安全設備 及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」 のうちV-1-1-7-別添4「ブローアウトパネル関連設備の設計方針」に基づき、 以下の評価方針とする。

オペフロBOPの評価フローを図2-2に示す。

2.3.1 Sd閉機能維持

弾性設計用地震動Sdによる地震力に相当する荷重でオペフロ BOP が開放しな いこと(以下「Sd閉機能維持」という。)を確認する。具体的には,モックア ップ試験体の振動試験により固有振動数を計測し,弾性設計用地震動Sdによる 地震荷重が,オペフロ BOPの開放荷重を下回ることを確認する。

2.3.2 S s 開機能維持

基準地震動Ssによる地震力に対し開放機能が維持できる構造強度を有してい ること(以下「Ss開機能維持」という。)を確認する。具体的には,基準地震 動Ssによる地震力に対し,設置箇所の原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設) 躯体の層間変位が,パネル本体と枠部の間隙より小さいことを確認することによ り,パネル本体には支持躯体の変形に伴う地震時応力が生じず,パネル本体が開 放機能を維持できることを確認する。



図 2-2 オペフロ BOP の評価フロー

2.4 適用規格·基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- 建築基準法・同施行令
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計法-((社)日本 建築学会,1999改定)
- ・原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説((社)日本建築学会, 2005制定)
- ・鋼構造設計規準 -許容応力度設計法-((社)日本建築学会,2005改定)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG460 1・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本 電気協会)

- 3. Sd 閉機能維持評価
- 3.1 固有周期の確認方法
  - 3.1.1 水平方向

オペフロ BOP の閉機能維持評価に係る面外方向(NS 方向)について固有周期を 確認する。固有周期は、モックアップ試験体の振動試験にて、ゴムハンマーによ り当該試験体に振動を与え、加速度を測定し、測定したパネル本体中央の加速度 波形から、高速フーリエ変換により算定したフーリエスペクトルより確認する。

なお,面内方向(EW 方向)については十分な剛性を有しており閉機能維持評価 に影響しないことから,固有周期の確認を省略する。

3.1.2 鉛直方向

鉛直方向は十分な剛性を有しており閉機能維持評価に影響しないことから,固 有周期の確認を省略する。

3.2 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 3-1,固有振動数の測定結果を図 3-1 に示す。面外方向 (NS 方向)の固有周期は 秒 (Hz)であり、20Hz を下回ることを確認した。 そのため、「3.3 設計用地震力」では、応答増幅を考慮して検討する。



方向	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)
NS 方向		

3.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 3-2 に示す。

「弾性設計用地震動Sd」による地震力は、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方 針」に基づき、「静的震度」による地震力は、V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算 書」に基づき設定する。また、減衰定数は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に 記載の減衰定数 2%(鉄骨)を用いる。評価に用いる震度は、保守的な評価とするため、 オペフロ BOP 設置階の上階(T.M.S.L. 49.7m)の値とする。

なお,オペフロ BOP を閉止するクリップは,枠部に作用する鉛直震度により応力が 発生しない機構であるため,鉛直震度に対するSd閉機能維持評価は行わない。

据付場所 床面高	所及び さ(m)		原一	子炉建屋	ſ.M.S.L. 4	9.7	
固有周	期(s)	NS 方向	: *1	EW 方向:	: 0.05以下	鉛直:0.	05 以下
減衰定勢	数(%)		NS 方向	:2.0 EWナ	方向:— 釺	沿直:一	
地震	力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s		
エード	固有周期 (s)	応答水平	平震度*2	応答鉛直	応答水平震度 応答銘		応答鉛直
		NS 方向	EW 方向	震度* <sup>2</sup>	NS 方向	EW 方向	震度
1次		1.30					
2 次	0.021						
3 次							
動的地震	<b></b> 虞力* <sup>3</sup>	1.04		0.51			
静的地震	<b></b> 复力*4	0.76		0.24			

表 3-2 設計用地震力(設計基準対象施設)

注記\*1:1次固有周期について記載。

- \*2:各モードの固有周期に対し,設計用床応答曲線(Sd)より得られる震度を示す。
- \*3:弾性設計用地震動Sdに基づく設計用最大応答加速度より定めた震度 (1.0ZPA)を示す。
- \*4:静的震度(3.0・Ci及び1.0・Cv)を示す。

3.4 評価方法

3.4.1 地震荷重

弾性設計用地震動Sdによる地震荷重は、「3.3 設計用地震力」で示した水平 震度を用いて、次式により算定する。

 $F_{H} = W \cdot C_{H} \cdot g$ 

F<sub>H</sub>:地震荷重(N)

W :オペフロ BOP の重量 (=1500kg)

Сн:水平震度 (=1.30)

**g** :重力加速度(=9.80665m/s<sup>2</sup>)

#### 3.4.2 開放荷重

オペフロ BOP の開放荷重は、V-1-1-7「安全設備及び重大事故等対処設備が使 用される条件の下における健全性に関する説明書」のうちV-1-1-7-別添 4「ブロ ーアウトパネル関連設備の設計方針」に示す実機大モックアップ試験にて得られ た開放荷重とする。

#### 3.5 評価結果

オペフロ BOP の地震荷重と開放荷重を比較した評価結果を表 3-3 に示す。

オペフロ BOP は,弾性設計用地震動Sdによる地震力に対し,開放しないことを確認した。

試験体	開放荷重 (kN)	判定値 地震荷重 (kN)	判定
試験体1		19.2	0
試験体 2		19.2	0
試験体 3		19.2	0

表 3-3 評価結果

- 4. S s 開機能維持評価
- 4.1 取付け状況

オペフロ BOP は、クリップにより枠部に取付けられている。パネル本体と枠部の取付け状況を図 4-1 に示す。パネル本体と枠部とは左右及び上部に 70 mmの間隙がある。



図 4-1 パネル本体と枠部の取付け状況(単位:m)

#### 4.2 層間変位の算定

地震時の躯体の層間変位について図 4-2 示す。層間変位は、V-2-9-3-1「原子炉建 屋原子炉区域(二次格納施設)の耐震性についての計算書」にて設定している耐震壁 のせん断ひずみの許容限界を層間変形角として、以下の式により算定する。

 $\delta = h \cdot \theta$ 

h:パネル本体の高さ(=4.16m)

 $\theta$ : 層間変形角 (=2.0×10<sup>-3</sup>rad)



図 4-2 層間変位

4.3 評価結果

評価結果を表 4-1 に示す。躯体の層間変位は 8.32mm であり、パネル本体側面と枠 部とは 70mm の間隙があることから変形に対し追従できる。以上のことから、オペフロ BOP は、基準地震動 S s を受けたとしても開放機能に影響はないことを確認した。

表 4-1 評価結果

層間変位 (mm)	間隙 (mm)	判定
8. 32	70	0

V-2-9-3-1-2 主蒸気系トンネル室

ブローアウトパネルの耐震性についての計算書

1.	材	既要						 	• • •	 	 	•••	•••	•••		 	· 1
2.	_	一般事	耳項 ・・					 		 • • •	 	• • •		•••		 	· 2
2	. 1	配置	置概要				•••	 	•••	 • • •	 	•••	• • •	•••		 	· 2
2	. 2	構造	皆概要					 		 • • •	 	•••	• • •	•••	• • • •	 	• 5
2	. 3	評佰	面方針					 	•••	 • • •	 	•••	•••	•••		 	• 8
	2.	3.1	S d 閉	]機能約	隹持			 	•••	 	 	•••	•••	•••		 	• 9
	2.	3.2	S s 開	]機能約	隹持			 	•••	 	 	•••		•••		 	• 9
2	. 4	適月	月規格・	基準等	争・・			 		 • • •	 	•••		•••		 	10
3.	ç	5 d 閉	月機能維	持評价	<b>⊞</b> ··			 		 • • •	 	•••		•••		 	11
3	. 1	モッ	<i>」</i> クアッ	, プ試験	険によ	、る確	奮認	 	•••	 • • •	 	•••		•••		 	11
3	. 2	地震	袁応答解	『析に』	よる確	認		 		 • • •	 	•••	•••	•••		 	12
	3.	2.1	固有周	期の算	拿定			 		 • • •	 	•••	•••	•••		 	12
	3.	2.2	設計用	1地震ナ	ყ			 		 •••	 	•••	•••	•••		 	15
	3.	2.3	評価力	「法・・				 		 • • •	 	•••	• • •	•••		 	16
	3.	2.4	評価結	课				 		 • • •	 	•••	•••	•••		 	16
4.	S	S s 閉	<b>月機能</b> 維	持評价	Ē.			 		 • • •	 	•••	•••	•••		 	17
4	. 1	取付	けけ状汚	1				 	•••	 • • •	 	•••		•••		 	17
4	. 2	層間	間変位の	)算定				 		 	 	•••		•••		 	18
4	. 3	評佰	「結果					 		 • • •	 		• • •	•••		 	18

#### 1. 概要

本計算書は、V-1-1-7「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の 下における健全性に関する説明書」のうちV-1-1-7-別添4「ブローアウトパネル 関連設備の設計方針」に基づき、原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設)主蒸気 系トンネル室(以下「MSトンネル室」という。)のタービン建屋境界部に設置さ れている主蒸気系トンネル室ブローアウトパネル(以下「MSトンネル室BOP」と いう。)が弾性設計用地震動Sdによる地震力に対し開放しないこと、基準地震 動Ssによる地震力に対し開放機能が維持できる構造強度を有していることを説 明するものである。

MSトンネル室BOPは,設計基準対象施設において「Sクラスの施設」に,重大 事故等対処設備においては「常設重大事故緩和設備」に分類される。 2. 一般事項

2.1 配置概要

MSトンネル室 BOPは、原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設)のMSトンネル室ター ビン建屋側開口部(東京湾平均海面(以下「T.M.S.L.」という。)12.3m~23.5m)に 配置されている。

MS トンネル室 BOP の設置位置平面図及び断面図を図 2-1 及び図 2-2 に示す。



MS トンネル室 BOP

図 2-1 MSトンネル室 BOP の設置位置平面図(単位:m)(1/2) (T. M. S. L. 12. 3m)



MSトンネル室 BOP



(T.M.S.L.18.1m)



MS トンネル室 BOP

図 2-2 MS トンネル室 BOP の設置位置断面図(単位:m)

(EW 方向)

## 2.2 構造概要

MSトンネル室BOPは,差圧により開放するラプチャーパネル及びラプチャー パネルをMSトンネル室壁面内に設置するための枠部より構成される設備である。 MSトンネル室BOPの構造計画を表2-1及び表2-2に示す。



表 2-1 MS トンネル室 BOP の構造計画 (ラプチャーパネル)



表 2-2 MS トンネル室 BOP の構造計画(枠部)

2.3 評価方針

MSトンネル室BOPの地震時の構造強度及び機能維持評価は、V-1-1-7「安全 設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説 明書」のうちV-1-1-7-別添4「ブローアウトパネル関連設備の設計方針」に基 づき、以下の評価方針とする。

MSトンネル室BOPの評価フローを図2-3に示す。



図 2-3 MS トンネル室 BOP の評価フロー

2.3.1 Sd閉機能維持

弾性設計用地震動Sdによる地震力に対してMSトンネル室BOPが開放しないこと(以下「Sd閉機能維持」という。)を確認する。具体的には,弾性設計用地震動Sdによる地震荷重が,MSトンネル室BOPの設計開放荷重(5.89kN/m<sup>2</sup>)を下回ることを確認する。

2.3.2 S s 開機能維持

基準地震動Ssによる地震力に対し開放機能が維持できる構造強度を有してい ること(以下「Ss開機能維持」という。)を確認する。具体的には,基準地震動 Ssによる地震力に対して,設置箇所における原子炉建屋原子炉区域(二次格納 施設)躯体の層間変位が,取付けボルトと枠部の取付け孔の間隙より小さいこと を確認することにより,ラプチャーパネルには支持躯体の変形に伴う地震時応力 が生じず,ラプチャーパネルが開放機能を維持できることを確認する。 2.4 適用規格·基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- 建築基準法・同施行令
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計法-((社)日本 建築学会,1999改定)
- ・原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説((社)日本建築学会, 2005制定)
- ・鋼構造設計規準 -許容応力度設計法-((社)日本建築学会,2005改定)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG460 1・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本 電気協会)

3. Sd閉機能維持評価

MS トンネル室 BOP のラプチャーパネルに作用する弾性設計用地震動 S d による地震力が,設計開放荷重(5.89kN/m<sup>2</sup>)を下回ることを確認する。

3.1 モックアップ試験による確認

MS トンネル室 BOP が弾性設計用地震動Sdに対して開放しないことを確認するため, V-1-1-7「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」のうち, V-1-1-7-別添 4「ブローアウトパネル関連設備の設計方針」に示すように加振試験を実施している。加振試験結果を表 3-1 に示す。加振試験結果の最大値は kN/m<sup>2</sup>であり,設計開放荷重(5.89kN/m<sup>2</sup>)を下回ることから,弾性設計用地震動Sdでは開放しない。

試験体	測定值 (kN/m <sup>2</sup> )	設計開放荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	判定
試験体1			0
試験体 2		5.89	0
試験体 3			0

表 3-1 加振試験結果

- 3.2 地震応答解析による確認
  - 3.2.1 固有周期の算定

MS トンネル室 BOP の固有値解析方法を以下に示す。固有周期は、枠部をモデル 化した有限要素法(以下「FEM」という。)による固有値解析にて求める。

固有値解析に用いる FEM 解析モデルの概要を図 3-1 に、材料及び部材の諸元を 表 3-2 に, 部材の配置を図 3-2 に示す。

MS トンネル室 BOP 枠部は、ラプチャーパネルを支持する鉄骨部材とラプチャー パネル以外の鋼板をモデル化する。各鉄骨部材は軸、曲げ変形を考慮した梁要素 としてモデル化し、鋼板はシェル要素でモデル化する。なお、ラプチャーパネル については, 重量及び剛性は軽微であるため, 斜材については, 枠部全体の振動 性状に与える影響は軽微であるためモデル化していない。

MS トンネル室壁面に支持されている外周部節点は、並進成分(水平並びに鉛直) を固定とする。また、各部材の接合部はフランジを接合していないことから、部 材端部はピン接合とする。柱・梁部材は、原子炉建屋側のフランジ外面が同一平 面上にあり、鋼板は原子炉建屋側のフランジ面に設置されているため、モデル化 にあたっては、柱・梁部材及び鋼板の偏心をオフセットとして考慮する。

解析には,解析コード「MSC NASTRAN」を使用し,解析コードの検 証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム(解析コード) の概要」に示す。



## 表 3-2 材料及び部材の諸元

(a) 材料定数

項目	値
ヤング係数	$205000 \text{ N/mm}^2$
せん断弾性係数	$79000 \text{ N/mm}^2$

(b) 使用部材

部材	使用部材
C1/B1	$[-380 \times 100 \times 10.5 \times 16]$
C2	$\text{H-}700\!\times\!300\!\times\!13\!\times\!24$
B2	$\mathrm{H}300\times300\times10\times15$
С3	$H-300\times150\times6.5\times9$
B3/P1	$H-200\times100\times5.5\times8$
L	L-75×75×6
PL	PL-9



図 3-2 部材の配置(単位:m)

固有値解析結果を表 3-3 に,固有モードを図 3-3 に示す。MS トンネル室 BOP の閉機能維持評価に係る面外方向(EW 方向)の1次固有周期は 秒( Hz) であり,20Hz を下回ることを確認した。なお,面内方向(NS 方向)及び鉛直方向については,20Hz 以上であり,十分な剛性を有していることを確認した。

		田右周期	刺激係数*				
モード	卓越方向	(s)	X 方向	Y 方向	Z 方向		
			(NS 万 円)	(EW 万円)	(釿旦)		
1次	水平		—	1.626	—		
2 次	水平	0.052	_	0.005	_		

表 3-3 固有值解析結果

注記\*:モードごとに固有ベクトルの最大値を1に規準化して得られる刺激係数を示す。



#### 3.2.2 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 3-4 に示す。

「弾性設計用地震動Sd」による地震力は、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作 成方針」に基づき、「静的震度」による地震力は、V-2-2-1「原子炉建屋の地震 応答計算書」に基づき設定する。また、減衰定数は、V-2-1-6「地震応答解析の 基本方針」に記載の減衰定数 2%(鉄骨)を用いる。評価に用いる震度は、保守的 な評価とするため MSトンネル室 BOP 設置階の上階(T.M.S.L.23.5m)の値とする。 なお、ラプチャーパネルは、枠部に作用する鉛直震度により応力が発生しない 機構であるため、鉛直震度に対するSd 閉機能維持評価は行わない。

据付場所 床面高	所及び さ(m)	原子炉建屋 T.M.S.L.23.5					
固有周	期(s)	NS 方向	]:0.05以	下 EW 方向	: *1	鉛直:0.0	05 以下
減衰定数	数(%)		NS 方向	: — EW 方	向:2.0 鈶	沿直:一	
地震	力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s		
エード	固有周期	応答水平	平震度*2	震度*2 応答鉛直		応答水平震度 応答針	
	(s)	NS 方向	EW 方向	震度* <sup>2</sup>	NS 方向	EW 方向	震度
1次			0.59				
2 次	0.052		0.59				
3次	0.037						
動的地震力*3			0.54	0.46			
静的地震	<b></b> 麦力 <sup>*4</sup>		0.51	0.24			

表 3-4 設計用地震力(設計基準対象施設,重大事故等対処設備)

注記\*1:1次固有周期について記載。

- \*2:各モードの固有周期に対し,設計用床応答曲線(Sd)より得られる震度を示す。
- \*3:弾性設計用地震動Sdに基づく設計用最大応答加速度より定めた震度 (1.0ZPA)を示す。
- \*4:静的震度(3.0・Ci及び1.0・Cv)を示す。

- 3.2.3 評価方法
  - (1) 地震荷重

地震荷重は,弾性設計用地震動Sdに基づくスペクトルモーダル解析より求め た水平震度を用いて次式より算定する。

 $F_{H} = W \cdot C_{H} \cdot g$ 

F<sub>H</sub> : 地震荷重 (N/m<sup>2</sup>)

W : ラプチャーディスクの重量 (=0.54kg/m<sup>2</sup>)

Сн :水平震度 (=0.96)

- g :重力加速度 (=9.80665m/s<sup>2</sup>)
- 3.2.4 評価結果

MSトンネル室 BOP の地震荷重と開放荷重を比較した評価結果を表 3-5 に示す。 MSトンネル室 BOP は,弾性設計用地震動 Sdによる地震力に対して開放せず, 閉機能を維持できることを確認した。

表	3 - 5	評価結果

地震荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	設計開放荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	判定
0.00509	5.89	0

- 4. S s 開機能維持評価
- 4.1 取付け状況

ラプチャーパネルは、取付け枠を介して枠部にボルトで取付けられている。各部の 孔径とボルト径の関係を図 4-1 に示す。取付けボルトは M12,枠部の孔は約φ14mm, 取付け枠の孔は約φ15mm であり、ボルトが孔の中心に取付けられている場合は、取付 け枠孔と枠部孔とは約 2.5mm の層間変位に追従可能な間隙がある。



図 4-1 孔径とボルト径の関係

4.2 層間変位の算定

地震時の躯体の層間変位について図 4-2 に示す。層間変位は、V-2-9-3-1「原子炉 建屋原子炉区域(二次格納施設)の耐震性についての計算書」にて算出している耐震 壁のせん断ひずみの最大値を層間変形角として、以下の式により算定する。

 $\delta = h \cdot \theta$ 

- h:パネル本体の高さ(=780mm)
- $\theta$ :最大せん断ひずみ\* (=0.437×10<sup>-3</sup>rad)

注記\*:材料物性の不確かさを考慮したT.M.S.L.12.3m~T.M.S.L.23.5mのNS方向の 最大値。



図 4-2 層間変位

4.3 評価結果

評価結果を表 4-1 に示す。躯体の層間変位は 0.34mm であり,取付け枠孔と枠部孔 とは約 2.5mm の間隙があることから変形に対し追従できる。以上のことから,MSトン ネル室 BOP は,基準地震動Ssを受けたとしても開放機能に影響はないことを確認し た。

表	4 -	1	評価結	果
1	Т	T	FI 1141 小日 .	~~

層間変位 (mm)	間隙 (mm)	判定
0.34	約 2.5	0

V-2-9-3-2 原子炉建屋機器搬出入口の耐震性についての計算書

次

1.	,	概要・					 ••••	 ••••	••••	 	 	1
2.		一般事	「項・・・・				 	 •••••	••••	 	 	1
2	. 1	配置	『概要・・・				 ••••	 ••••	• • • • • •	 	 	1
2	. 2	構造	貢概要・・・				 ••••	 ••••	••••	 	 	3
2	. 3	評価	5方針・・・				 ••••	 ••••	••••	 	 	4
2	. 4	適用	見格・碁	表準等・			 ••••	 ••••	••••	 	 	5
2	. 5	記号	の説明・				 ••••	 ••••	••••	 	 	6
3.		固有盾	期・・・・				 ••••	 ••••	••••	 	 	8
3	. 1	固有	「周期の言	十算方法	去・・・・		 ••••	 ••••	••••	 	 	8
	3.	. 1. 1	水平方面	, 			 ••••	 • • • • • •	••••	 	 	8
	3.	. 1. 2	鉛直方向	, 			 ••••	 ••••	••••	 	 	9
3	. 2	固有	「周期の言	计算条件	<b>‡</b> •••••		 ••••	 ••••	••••	 	 	9
3	. 3	固有	「周期の言	十算結身	長・・・・		 ••••	 • • • • • •	••••	 	 	9
4.	7	構造強	〕 度評価·				 	 •••••	••••	 	 	10
4	. 1	評価	ī対象部位	<u>k</u>			 ••••	 •••••	••••	 	 • • • •	10
4	. 2	荷重	【及び荷重	重の組合	····		 ••••	 •••••	••••	 	 • • • •	13
	4.	. 2. 1	耐震評信	西上考慮	重する	荷重·	 ••••	 •••••	••••	 	 • • • •	13
	4.	. 2. 2	荷重の讀	殳定・・・			 	 •••••	••••	 	 	14
4	. 3	許容	※限界・・・				 	 •••••	••••	 	 	16
	4.	. 3. 1	使用材料	≩			 ••••	 ••••	••••	 	 	16
	4.	. 3. 2	許容限界	早・・・・			 ••••	 ••••	••••	 	 	17
4	. 4	計算	「方法・・・				 ••••	 ••••	••••	 	 	18
	4.	. 4. 1	荷重計算	算方法・			 ••••	 ••••	••••	 	 	18
	4.	. 4. 2	応力評値	$\mathbb{H} \cdot \cdot \cdot \cdot$			 ••••	 ••••	••••	 	 	27
4	. 5	計算	〔条件・・・				 ••••	 ••••	••••	 	 	29
5.	ļ	評価結	₹果・・・・				 	 •••••	••••	 	 	31

1. 概要

本資料は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持 の設計方針に基づき、原子炉建屋機器搬出入口の扉(以下「機器搬出入扉」という。) が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

機器搬出入扉は原子炉建屋原子炉区域の一部施設として扱うため,設計基準対象施設 においてはSクラス施設に,重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止 設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下,設計基準対象施設及び重大事故等対処設備として構造強度評価を示す。

- 2. 一般事項
- 2.1 配置概要

機器搬出入扉の設置位置を図 2-1 に示す。

# T.M.S.L.12.3m

図 2-1 設置位置図

## 2.2 構造概要

機器搬出入扉の構造計画を表 2-1 に示す。



# 表 2-1 構造計画
#### 2.3 評価方針

機器搬出入扉の耐震評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度 上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき「2.2 構造概 要」にて示す機器搬出入扉の部位を踏まえ、「4.1 評価対象部位」にて設定する部位 において、設計用地震力により生じる応力度が許容限界内に収まることを「4.構造強 度評価」に示す方法にて確認することで実施する。

機器搬出入扉の耐震評価は、V-2-9-3-1「原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設) の耐震性についての計算書」別紙(I)「大物搬入建屋の地震応答計算書」の結果を踏 まえたものとする。評価にあたっては材料物性の不確かさを考慮する。

機器搬出入扉の耐震評価フローを図 2-2 に示す。



図 2-2 耐震評価フロー

2.4 適用規格·基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法·同施行令
- (2) 各種合成構造設計指針·同解説 [(社) 日本建築学会, 2010 改定]
- (3) 鋼構造設計規準-許容応力度設計法-[(社)日本建築学会,2005改定]
- (4) JISハンドブック 鉄鋼 I-2019-[(一財)日本規格協会]
  - JIS G 4303 ステンレス鋼棒
  - ・JIS G 4304 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯
  - ・JIS G 4305 冷間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯
- (5) JISハンドブック ねじ I-2019-[(一財)日本規格協会]
  - ・ J I S B 1054-1 耐食ステンレス鋼製締結用部品の機械的性質
     第1部:ボルト,小ねじ及び植込みボルト

# 2.5 記号の説明

機器搬出入扉の耐震評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

	項目 記号 定義			
		Е	ヤング率	$N/m^2$
		Fн	水平地震力	Ν
		F <sub>v</sub>	鉛直地震力	Ν
		f	機器搬出入扉の1次固有振動数	Hz
		Ι	断面二次モーメント	$\mathrm{mm}^4$
		Q	モデル化に用いる芯材の長さ	mm
	十足	m	質量分布	kg/m
	共通	Сн	水平震度	
		C <sub>v</sub>	鉛直震度	—
		W x	扉体自重	kN
		$\mathbf{W}_1$	扉体幅	mm
		$H_1$	扉体高	mm
		P 1	圧力荷重 (内圧)	$kN/m^2$
		$P_2$	圧力荷重 (外圧)	$kN/m^2$
		L j	ヒンジ間距離	mm
		L r	扉体重心~ヒンジ芯間距離(扉体幅方向)	mm
	共通	L t	扉体重心~ヒンジ芯間距離(扉体厚方向)	mm
		R <sub>r</sub>	扉体幅方向自重反力	Ν
		$R_{\rm t}$	扉体厚方向自重反力	Ν
		$A_1$	ヒンジアームの断面積	$\mathrm{mm}^2$
Ŀ		Τ 1	ヒンジアームの引張力	Ν
ンジ		L <sub>1</sub>	ヒンジアームの作用点間距離	mm
部		$M_1$	ヒンジアームの曲げモーメント	N•mm
	ヒンジ	$\mathbf{Q}_{1}$	ヒンジアームのせん断力	Ν
	アーム	$Z_1$	ヒンジアームの断面係数	mm <sup>3</sup>
		σ <sub>t1</sub>	ヒンジアームの引張応力度	$N/mm^2$
		σ <sub>b1</sub>	ヒンジアームの曲げ応力度	$N/mm^2$
		σ <sub>X1</sub>	ヒンジアームの組合せ応力度	$N/mm^2$
		$ au_{1}$	ヒンジアームのせん断応力度	$N/mm^2$

表 2-2 耐震評価に用いる記号(1/2)

	項目	記号	定義	単位
		$A_2$	ヒンジピンの断面積	mm <sup>2</sup>
		$A_2$ '	ヒンジピンの受圧面積	mm <sup>2</sup>
		L <sub>2</sub>	ヒンジピンの軸支持間距離	mm
		$M_2$	ヒンジピンの曲げモーメント	N•mm
	ヒンジ	$\mathbf{Q}_2$	ヒンジピンのせん断力	Ν
	ピン	$Z_2$	ヒンジピンの断面係数	mm <sup>3</sup>
ヒ		<b>σ</b> c 2	ヒンジピンの圧縮応力度	$N/mm^2$
ン		<b>σ</b> b 2	ヒンジピンの曲げ応力度	$N/mm^2$
ジ		σ <sub>X2</sub>	ヒンジピンの組合せ応力度	$N/mm^2$
部		τ2	ヒンジピンのせん断応力度	$N/mm^2$
		A $_{b 3}$	ヒンジボルトの断面積	$\mathrm{mm}^2$
		n <sub>b3</sub>	ヒンジボルトの本数	本
	ヒンジ	$\mathbf{Q}_3$	ヒンジボルトのせん断力	Ν
	ボルト	Τ <sub>3</sub>	ヒンジボルトの引張力	Ν
		σ <sub>t3</sub>	ヒンジボルトの引張応力度	$N/mm^2$
		τ3	ヒンジボルトのせん断応力度	$N/mm^2$
	共通	Fн'	水平面外方向の慣性力	Ν
		$A_4$	カンヌキの断面積	mm <sup>2</sup>
		L <sub>4</sub>	カンヌキの作用点間距離	mm
		$M_4$	カンヌキの曲げモーメント	N•mm
		n	カンヌキの本数	本
	カンヌキ	${f Q}_4$	カンヌキのせん断力	Ν
		$Z_4$	カンヌキの断面係数	mm <sup>3</sup>
カン		<b>σ</b> b 4	カンヌキの曲げ応力度	$N/mm^2$
ヌナ		σ <sub>X4</sub>	カンヌキの組合せ応力度	$N/mm^2$
<del>イ</del> 部		τ4	カンヌキのせん断応力度	$N/mm^2$
		A $_5$	カンヌキ受けピンの断面積	$\mathrm{mm}^2$
		L <sub>5</sub>	カンヌキ受けピンの作用点間距離	mm
	カンコモ	$M_5$	カンヌキ受けピンの曲げモーメント	N•mm
	ハンスイ 受けピン	${f Q}$ $_5$	カンヌキ受けピンのせん断力	N
	XULV	Z <sub>5</sub>	カンヌキ受けピンの断面係数	mm <sup>3</sup>
		σь5	カンヌキ受けピンの曲げ応力度	$N/mm^2$
		τ 5	カンヌキ受けピンのせん断応力度	$N/mm^2$

表 2-2 耐震評価に用いる記号(2/2)

- 3. 固有周期
- 3.1 固有周期の計算方法

固有周期は,扉閉止時及び扉開放時について,図 3-1 及び図 3-2 に示すはりモデ ルとして,「土木学会 構造力学公式集」に基づき計算する。

機器搬出入扉は、カンヌキにより扉枠に固定される構造であることから、端部の境 界条件を扉閉止時は両端固定ばりとして、扉開放時は片側ヒンジ、片側自由端のはり としてモデル化する。また、モデル化に用いる芯材の長さは扉幅とする。

3.1.1 水平方向

(1) 扉閉止時

扉閉止時の水平方向の固有周期は,図 3-1 に示す固有値計算モデルにより, 扉体面外方向について算出する。固有周期は「土木学会 構造力学公式集」に基 づき次式で求める。



図 3-1 固有値計算モデル

(2) 扉開放時

扉開放時の水平方向の固有周期は,図 3-2 に示す固有値計算モデルにより, 扉体面外方向について算出する。



図 3-2 固有値計算モデル

3.1.2 鉛直方向

鉛直方向については,扉に配された鉛直方向の芯材等の軸剛性が「3.1.1 水 平方向」で検討した面外方向の剛性に比べて十分に大きいことから,固有周期の 計算を省略する。

3.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる数値を表 3-1 に示す。

項目	記号	単位	数值		
モデル化に用いる芯材の長さ	Q	mm			
ヤング率	Е	$N/m^2$			
断面二次モーメント	Ι	$\mathrm{mm}^4$			
質量分布	m	kg/m			

表 3-1 固有周期の計算条件

3.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 3-2 に示す。計算結果より、剛であることを確認した。

表 3-2 固有周期(s)

扉名称	扉の開閉状況	固有振動数(Hz)		固有周期(s)	1
松兕柳山ぇ戸	閉止時				
險奋掀山八扉	開放時				

- 4. 構造強度評価
- 4.1 評価対象部位

機器搬出入扉の評価対象部位は,「2.2 構造概要」に示す機器搬出入扉の構造を踏 まえ,機器搬出入扉に作用する荷重の作用方向及び伝達経路を考慮し,設定する。

機器搬出入扉に生じる地震力及び圧力荷重は, ヒンジ部(ヒンジアーム, ヒンジピン, ヒンジボルト)及びカンヌキ部(カンヌキ, カンヌキ受けピン)から扉枠に伝達 しているため,評価部位をヒンジ部及びカンヌキ部とする。

なお, 扉枠についてはボルト, アンカーボルトの大半が損傷しない限り転倒・脱落 は生じないことから評価対象としないこととする。

機器搬出入扉の地震荷重の作用イメージと評価部位を図 4-1 に示す。

◄-----: 評価対象部位に作用する荷重
!---!: 評価対象部位

図 4-1 扉閉止時の地震荷重の作用イメージと評価部位

◄-----: 評価対象部位に作用する荷重
└----::評価対象部位

図 4-2 扉開放時の地震荷重の作用イメージと評価部位

4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、V-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の 制限」にて設定している荷重の組合せに基づき設定する。

V-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」にて設定している荷 重の組合せを以下に示す。なお、V-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度 上の制限」に従い、設計基準対象施設と重大事故等対処設備の評価に用いる荷重の組 合せは同一とする。

なお、本資料において基準地震動Ssによる評価として短期許容応力度を超えない ことを確認するため、弾性設計用地震動Sdによる評価は行わないこととする。

 $G + P + S_S$ 

#### 4.2.1 耐震評価上考慮する荷重

機器搬出入扉の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

- G :扉の固定荷重
- P:通常時の圧力荷重
- S<sub>s</sub>:基準地震動S<sub>s</sub>による地震力

- 4.2.2 荷重の設定
  - (1) 固定荷重(G)機器搬出入扉の固定荷重を表 4-1 に示す。

表	4 -	1	古	定	荷	臿
1	- <b>T</b>	<b>T</b>			151	44

扉名称	固定荷重(kN)
機器搬出入扉	

(2) 圧力荷重(P)

機器搬出入扉に作用する圧力荷重を表 4-2 に示す。ここで,圧力荷重は機器 搬出入扉の建設時に設定した設計条件を基に設定するものであり,外圧(負圧) は機器搬出入扉に対し外側から内側へ作用するものとする。

表 4-2 圧力荷重

種類	圧力荷重(kN/m²)
内圧 (正圧)	0.000
外圧 (負圧)	0.736

(3) 地震荷重(S<sub>s</sub>)

基準地震動Ssによる荷重は,表4-3で示した設計震度を用いて,次式により 算定する。ただし,耐震評価に用いる震度は,材料物性の不確かさを考慮したも のとしてV-2-9-3-1「原子炉建屋原子炉区域(二次格納施設)の耐震性について の計算書」別紙(I)「大物搬入建屋の地震応答計算書」によることとし,大物搬 入建屋の屋根スラブ位置の値とする。

 $S_S=\;G\;\cdot\;K$ 

ここで、 S<sub>s</sub> :基準地震動S<sub>s</sub>による地震力(kN)
 G :固定荷重(kN)
 K :設計震度

豆 夕 升	設置場所	設計震度		
· 『非 石 11/1	(抽出位置)	水平方向	鉛直方向	
十物物力建良物铝物山力同	T.M.S.L.12.3m	2 47	0.80	
入初版八建座陵畚撤山八扉	(T.M.S.L.19.6m)	5.47	0.89	

表 4-3 設計震度

#### 4.3 許容限界

許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

4.3.1 使用材料

機器搬出入扉を構成するヒンジ部,カンヌキ部の使用材料を表 4-4 に示す。

部位			材質			仕様		
ヒンジ部	ヒンジアーム							
	ヒンジピン							
	ヒンジボルト							
カンヌキ部	カンヌキ							
	カンヌキ受けピン							

表 4-4 使用材料

- 4.3.2 許容限界
  - (1) ヒンジ部及びカンヌキ部

ヒンジ部及びカンヌキ部を構成する部材の許容限界は、「鋼構造設計規準一許 容応力度設計法-((社)日本建築学会、2005 改定)」に基づき設定する。各部 材の許容限界を表 4-5 に示す。

++ 応	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )			
	曲げ	引張	せん断	
			205	118
		345	345	199
		_	410	236

表 4-5 ヒンジ部及びカンヌキ部の許容限界

### 4.4 計算方法

機器搬出入扉の耐震評価は、地震により生じる応力度が、「4.3 許容限界」で設定 した許容限界を超えないことを確認する。

- 4.4.1 荷重計算方法
  - (1) ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジアーム、ヒンジピン及びヒンジボルトで構成されており、 次式により算定する水平地震力及び扉体自重反力(鉛直地震力を含む)から、各 部材に発生する応力度を算定する。なお、圧力荷重はヒンジ部に作用しない構造 である。ヒンジ部に生じる荷重を図4-2に示す。

$$F_{H} = W_{X} \cdot C_{H}$$

$$F_{V} = W_{X} \cdot C_{V}$$

$$R_{r} = (W_{X} + F_{V}) \cdot \frac{L_{r}}{L_{j}}$$

$$R_{t} = (W_{X} + F_{V}) \cdot \frac{L_{t}}{L_{j}}$$



a. ヒンジアーム

ヒンジアームは、引張応力度及び曲げ応力度とせん断応力度の組合せについ て評価する。図4-3にヒンジアームに生じる荷重を示す。

(a) 引張力

ヒンジアームに生じる引張力及び引張応力度を次式により算定する。

$$T_1 = R_r$$

$$\sigma_{t1} = \frac{T_1}{A_1}$$

(b) 曲げモーメント ヒンジアームに生じる曲げモーメント及び曲げ応力度を次式により算定す る。

$$M_{1} = (W_{X} + F_{V}) \cdot L_{1}$$
$$\sigma_{b1} = \frac{M_{1}}{Z_{1}}$$

(c) せん断力

ヒンジアームに生じるせん断力及びせん断応力度を次式により算定する。

$$Q_1 = W_X + F_V$$

$$\tau_1 = \frac{Q_1}{A_1}$$

### 図 4-3 ヒンジアームに生じる荷重

b. ヒンジピン

ヒンジピンは,圧縮応力度及び曲げ応力度とせん断応力度の組合せについて 評価する。図4-4にヒンジピンに生じる荷重を示す。

(a) 圧縮力

ヒンジピンに生じる圧縮力及び圧縮応力度を次式により算定する。

$$N_2 = W_X + F_V$$
$$\sigma_{c2} = \frac{N_2}{A_2'}$$

(b) 曲げモーメント ヒンジピンに生じる曲げモーメント及び曲げ応力度を次式により算定する。

$$M_2 = \sqrt{\left( R_r + \frac{F_H}{2} \right)^2 + R_t^2} \cdot L_2$$

$$\sigma_{b2} = \frac{M_2}{Z_2}$$

(c) せん断力 ヒンジピンに生じるせん断力及びせん断応力度を次式により算定する。

$$Q_{2} = \sqrt{\left(R_{r} + \frac{F_{H}}{2}\right)^{2} + R_{t}^{2}}$$
$$\tau_{2} = \frac{Q_{2}}{A_{2}}$$

図 4-4 ヒンジピンに生じる荷重

c. ヒンジボルト

ヒンジボルトは、引張応力度及びせん断応力度について評価する。なお、扉 付ヒンジボルトと枠付ヒンジボルトの呼び径は同じであることから、保守的に 枠付ヒンジボルトについて評価する。ヒンジボルトに生じる荷重は、扉の開放 角度が 90°の時には引張力として作用し、扉の開放角度が 0°の時には、せん 断力として作用することから次式により算定する。なお、45°や 135°等の上 記以外の開放状況下においては、ヒンジボルトに生じる引張力とせん断力はそ れぞれ 90°開放時の引張力、0°開放時のせん断力に包絡されるため開放状況 は 90°と 0°を想定するものとする。また、2か所設置しているヒンジ部のう ち、上部のヒンジ部は水平方向の荷重のみ負担するのに対して、下部のヒンジ 部は鉛直方向の荷重と水平方向の荷重を負担することから、下部のヒンジボル トを対象に評価する。図 4-5 にヒンジボルトに生じる荷重を示す。

$$T_{3} = Q_{3} = \sqrt{\left(R_{r} + \frac{F_{H}}{2}\right)^{2} + (W_{X} + F_{V})^{2}}$$
$$\sigma_{t3} = \frac{T_{3}}{n_{b3} \cdot A_{b3}}$$
$$\tau_{3} = \frac{Q_{3}}{n_{b3} \cdot A_{b3}}$$

図 4-5 ヒンジボルトに生じる荷重

(2) カンヌキ部

カンヌキ部は、カンヌキ、カンヌキ受けピンで構成されており、次式により算 定する水平地震力及び圧力荷重(内圧)から、各部材に発生する荷重を算定す る。扉体に生じる荷重を図4-6に、カンヌキ部に生じる荷重を図4-7に示す。 なお、圧力荷重(外圧)は扉体から扉枠に直接伝達され、カンヌキ部には作用し ない構造である。

 $F_{H}' = W_X \cdot C_H + P_{N1} \cdot W_1 \cdot H_1$ 

図 4-6 扉体に生じる荷重



図 4-7 カンヌキ部に生じる荷重

- a. カンヌキ カンヌキは、曲げ応力度及びせん断応力度の組合せについて評価する。
  - (a) 曲げモーメント

カンヌキに生じる曲げモーメント及び曲げ応力度を次式により算定する。

$$M_4 = \frac{F_H'}{n} \cdot L_4$$
$$\sigma_{b4} = \frac{M_4}{Z_4}$$

(b) せん断力

カンヌキに生じるせん断力及びせん断応力度を次式により算定する。

$$Q_4 = \frac{F_{H'}}{n}$$
$$\tau_4 = \frac{Q_4}{A_4}$$

b. カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンは、曲げ応力度及びせん断応力度について評価する。なお、 端部を単純支持として評価するため、曲げとせん断の組合せについては評価を 行わないものとする。

(a) 曲げモーメント

カンヌキ受けピンに生じる曲げモーメント及び曲げ応力度を次式により算 定する。

$$M_5 = \frac{1}{4} \cdot \frac{F_{H}}{n} \cdot L_5$$
$$\sigma_{b5} = \frac{M_5}{Z_5}$$

(b) せん断力

カンヌキ受けピンに生じるせん断力及びせん断応力度を次式により算定す る。

$$Q_5 = \frac{1}{2} \cdot \frac{F_{H}'}{n}$$
$$\tau_5 = \frac{Q_5}{A_5}$$

### 4.4.2 応力評価

各部材に生じる応力度等が,許容限界以下であることを確認する。 なお,異なる荷重が同時に作用する部材については,荷重の組合せを考慮する。

- (1) ヒンジ部
  - a. ヒンジアーム

ヒンジアームに生じる引張応力度,曲げ応力度及びせん断応力度から組合せ 応力度を次式により算定し,ヒンジアームに生じる引張応力度及び組合せ応力 度が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_{t1} = \frac{T_1}{A_1}$$

$$\sigma_{X1} = \sqrt{\left(\frac{M_1}{Z_1}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q_1}{A_1}\right)^2}$$

b. ヒンジピン

ヒンジピンに生じる圧縮応力度,曲げ応力度及びせん断応力度から組合せ応 力度を次式により算定し,ヒンジピンに生じる圧縮応力度及び組合せ応力度が 許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_{c2} = \frac{N_2}{A_2'}$$

$$\sigma_{x2} = \sqrt{\left(\frac{M_2}{Z_2}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q_2}{A_2}\right)^2}$$

### c. ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じる引張応力度及びせん断応力度を次式により算定し, ヒ ンジボルトの許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_{t3} = \frac{T_3}{n_{b3} \cdot A_{b3}}$$
$$\tau_3 = \frac{Q_3}{n_{b3} \cdot A_{b3}}$$

(2) カンヌキ部

a. カンヌキ

カンヌキに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から,組合せ応力度を次式に より算定し,カンヌキに生じる組合せ応力度が許容限界以下であることを確認 する。

$$\sigma_{X4} = \sqrt{\left(\frac{M_4}{Z_4}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q_4}{A_4}\right)^2}$$

b. カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度を次式により算定し, カンヌキ受けピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度が許容限界以下である ことを確認する。

$$\sigma_{b5} = \frac{M_5}{Z_5}$$
$$\tau_5 = \frac{Q_5}{A_5}$$

# 4.5 計算条件

「4.4 計算方法」に用いる計算条件を表 4-6 に示す。

評価部位		記号	単位	定義	数值
		Сн	_	水平震度	3.47
		C <sub>v</sub>	_	鉛直震度	0.89
		W x	kN	扉体自重	
	共通	W 1	mm	扉体幅	
		Η 1	mm	扉体高	
		P 1	$kN/m^2$	圧力荷重(内圧)	0.000
		P 2	$kN/m^2$	圧力荷重(外圧)	0.735
		L j	mm	ヒンジ中心間距離	
	共通	¢通	mm	扉体重心~ヒンジ芯間距	
				離 (扉体幅方向)	
		L t	mm	扉体重心~ヒンジ芯間距	
1.				離(扉体厚さ方向)	
E		A 1	$\mathrm{mm}^2$	断面積	
~	ヒンジアーム	L <sub>1</sub>	mm	作用点間距離	
シュア		Ζ <sub>1</sub>	$\mathrm{mm}^3$	断面係数	
미		A $_2$	$\mathrm{mm}^2$	断面積	
	トンジャン	A 2 '	$\mathrm{mm}^2$	受圧面積	
		L <sub>2</sub>	mm	軸支持間距離	
		Z 2	mm <sup>3</sup>	断面係数	
	トンジボルト	А в з	$\mathrm{mm}^2$	断面積	
		пьз	本	本数	

表 4-6 耐震評価に用いる計算条件(1/2)

	評価部位	記号	単位	定義	数值
		$A_4$	$\mathrm{mm}^2$	断面積	
カ	カンコキ	L <sub>4</sub>	mm	作用点間距離	
ン	ハンメイ	n	本	本数	
ヌ		Ζ4	$\mathrm{mm}^3$	断面係数	
キ	カンフナ三け	A 5	$\mathrm{mm}^2$	断面積	
部	カンメキ交り	L <sub>5</sub>	mm	作用点間距離	
		Ζ 5	mm <sup>3</sup>	断面係数	

表 4-6 耐震評価に用いる計算条件(2/2)

## 5. 評価結果

機器搬出入扉の評価結果を表 5-1 に示す。発生値は許容限界を下回っており,設計 用地震力に対して十分な耐震性を有していることを確認した。

	評価部位	分類	発生値	許容限界	判定
			$(N/mm^2)$	$(N/mm^2)$	
ヒンジ部	ヒンジアーム	引張	5	205	OK
		曲げ	65	205	OK
		せん断	8	118	OK
		組合せ	67	205	OK
	ヒンジピン	圧縮	30	345	OK
		曲げ	153	345	ОК
		せん断	33	199	ОК
		組合せ	164	345	ОК
	ヒンジボルト	引張	124	410	ОК
		せん断	124	236	ОК
力	カンヌキ	曲げ	181	345	ОК
ン		せん断	16	199	ОК
ヌ		組合せ	184	345	ОК
丰	カンヌキ受けピン	曲げ	212	345	ОК
部		せん断	21	199	ОК

表 5-1 耐震評価結果

V-2-9-3-3 原子炉建屋エアロックの耐震性についての計算書

目	次
---	---

1.	. 7	概要	1
2.		一般事項	1
4	2.1	配置概要	1
	2.2	構造計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4	2.3	評価方針・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
	2.4	適用規格・基準等・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
4	2.5	記号の説明・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
3.	.	固有周期・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	12
:	3.1	固有周期の計算方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	12
	3.	.1.1 水平方向・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	12
	3.	.1.2 鉛直方向・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	13
:	3.2	固有周期の計算条件・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	14
:	3.3	固有周期の計算結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	15
4.	. 7	構造強度評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	16
4	4.1	評価部位 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	16
4	4.2	荷重及び荷重の組合せ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	19
	4.	.2.1 耐震評価上考慮する荷重・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	19
	4.	.2.2 荷重の設定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	20
4	4.3	許容限界・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	22
	4.	.3.1 使用材料	22
	4.	.3.2 許容限界・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	23
4	4.4	計算方法	24
	4.	.4.1 開き戸形式・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	24
	4.	.4.2 引き戸形式・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	33
4	4.5	計算条件	37
5.	. 1	評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	40

1. 概要

本資料は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉建屋エアロックが設計用地震力に対して十分な構造強度を 有していることを説明するものである。

原子炉建屋エアロックは,原子炉建屋原子炉区域の一部施設として扱うため,設計基 準対象施設においてはSクラス施設に,重大事故等対処設備においては常設耐震重要重 大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下,設計基準対象施設及び重大事故等対処設備として構造強度評価を示す。

- 2. 一般事項
- 2.1 配置概要

原子炉建屋エアロックの設置位置を図 2-1 に示す。



T.M.S.L.12.3m

図 2-1 設置位置図 (1/2)



T.M.S.L.34.5m

T.M.S.L.31.7m

図 2-1 設置位置図 (2/2)

## 2.2 構造計画

原子炉建屋エアロックの構造計画を表 2-1 及び表 2-2, 概略構造図を図 2-2 及び 図 2-3 に示す。

計画の概要		
基礎・支持構造	主体構造	
エアロックを閉止する際に、カンヌキ	開き戸形式の鋼製扉とし、鋼製の芯材	
により扉が扉枠に固定される構造とす	に表側鋼板を取付け,扉に設置されたカ	
る。また, 扉枠を躯体の開口部周辺に,	ンヌキを鋼製の扉枠に差し込み,扉を扉	
スタッドにより固定する構造とする。	枠と一体化させる構造とする。また、扉	
	と扉枠の接続はヒンジを介する構造とす	
	る。	

表 2-1 構造計画 (開き戸形式)

r			
L			

図 2-2 概略構造図(開き戸形式)

計画の概要			
基礎・支持構造	主体構造		
エアロックを閉止する際に締付ローラー	引き戸形式の鋼製扉とし、鋼製の表側鋼		
により扉が扉枠に固定される構造とする。	板をスライドさせ,締付ローラーによって		
エアロックの閉止の際は、枠溝に対し回	固定部に密着することで扉を扉枠と一体化		
転する締め付けローラーが、枠溝から受け	させる構造とする。		
る反力で扉を押し込むようにして扉が扉枠			
に固定される。			
また,扉枠を躯体の開口部周辺にスタッ			
ドにより固定する構造とする。			

表 2-2 構造計画(引き戸形式)

図 2-3 概略構造図(引き戸形式)
2.3 評価方針

原子炉建屋エアロックの耐震評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき 「2.2 構造計画」にて示す原子炉建屋エアロックの部位を踏まえ、「4.1 評価部位」 にて設定する部位において、設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを 「4. 構造強度評価」に示す方法にて確認することで実施する。

原子炉建屋エアロックの耐震評価は、V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の 結果を踏まえたものとする。評価にあたっては材料物性の不確かさを考慮する。

なお,図 2-1 で示すように,原子炉建屋内には開き戸形式のエアロック扉が1箇 所,引き戸形式のエアロック扉が3箇所あるが,引き戸形式のエアロック扉はいずれ も同一構造の扉であることから,開き戸形式と引き戸形式のエアロック扉1箇所ずつ について評価を実施する。



原子炉建屋エアロックの耐震評価フローを図 2-4 に示す。

図 2-4 耐震評価フロー

2.4 適用規格·基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法·同施行令
- (2) 各種合成構造設計指針·同解説((社)日本建築学会,2010改定)
- (3) 鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学会,2005改定)
- (4) JIS G 3101-2015 一般構造用圧延鋼材
- (5) J I S G 4 0 5 3 2012 機械構造用合金鋼鋼材

### 2.5 記号の説明

原子炉建屋エアロックの耐震評価に用いる記号を表 2-3 及び表 2-4 に示す。

	項目	記号定義		単位
		Е	ヤング率	$N/m^2$
		Fн	水平地震力	Ν
		F <sub>v</sub>	鉛直地震力	Ν
		Т	固有周期	S
		f	原子炉建屋エアロックの1次固有振動数	Hz
		Ι	断面二次モーメント	$\mathrm{m}^4$
		Q	はり長さ	mm
	共通	m	質量分布	kg/m
		Сн	水平震度	_
		C <sub>v</sub>	鉛直震度	—
		W x	扉体自重	kN
		$\mathbf{W}_1$	扉体幅	mm
		$H_1$	扉体高	mm
		$P_{E1}$	圧力荷重 (内圧)	$kN/m^2$
		$P_{\rm E2}$	圧力荷重 (外圧)	$kN/m^2$
		L j	ヒンジ中心間距離	mm
	共通	L r	扉体重心~ヒンジ芯間距離(扉体幅方向)	mm
		L t	扉体重心~ヒンジ芯間距離(扉体厚方向)	mm
		R r	扉体幅方向自重反力	Ν
		$R_{\rm t}$	扉体厚方向自重反力	Ν
		$A_1$	ヒンジアームの断面積	$\mathrm{mm}^2$
F		L <sub>1</sub>	ヒンジアームの作用点間距離	mm
ンジ		$M_1$	ヒンジアームの曲げモーメント	N•mm
部	ヒンジ	$\mathbf{Q}_{1}$	ヒンジアームのせん断力	Ν
	アーム	$Z_1$	ヒンジアームの断面係数	mm <sup>3</sup>
		σ <sub>b1</sub>	ヒンジアームの曲げ応力度	$N/mm^2$
		$\sigma_{X1}$	ヒンジアームの組合せ応力度	$N/mm^2$
		$ au_{-1}$	ヒンジアームのせん断応力度	$N/mm^2$
	ヒンジ	$A_2$	ヒンジピンの断面積	$\mathrm{mm}^2$
	ピン	L $_2$	ヒンジピンの軸支持間距離	mm

表 2-3 耐震評価に用いる記号(開き戸形式)(1/2)

	項目	記号	定義	単位
		$M_2$	ヒンジピンの曲げモーメント	N•mm
		$\mathbf{Q}_2$	ヒンジピンのせん断力	Ν
	ヒンジ	Z 2	ヒンジピンの断面係数	mm <sup>3</sup>
	ピン	<b>σ</b> b 2	ヒンジピンの曲げ応力度	$N/mm^2$
ヒン		σ χ2	ヒンジピンの組合せ応力度	$N/mm^2$
		τ2	ヒンジピンのせん断応力度	$N/mm^2$
ジ 部		A <sub>b 3</sub>	ヒンジボルトの断面積	mm <sup>2</sup>
ЧЦ		пьз	ヒンジボルトの本数	本
	ヒンジ	$Q_3$	ヒンジボルトのせん断力	Ν
	ボルト	Τ <sub>3</sub>	ヒンジボルトの引張力	Ν
		σ <sub>t3</sub>	ヒンジボルトの引張応力度	$N/mm^2$
		τ <sub>3</sub>	ヒンジボルトのせん断応力度	$N/mm^2$
	共通	F <sub>H</sub> '	水平面外方向の慣性力	Ν
		$A_4$	カンヌキの断面積	$\mathrm{mm}^2$
		L <sub>4</sub>	カンヌキの作用点間距離	mm
		$M_4$	カンヌキの曲げモーメント	N•mm
		n	カンヌキの本数	本
	カンヌキ	${f Q}_4$	カンヌキのせん断力	Ν
		$Z_4$	カンヌキの断面係数	mm <sup>3</sup>
		σ <sub>b4</sub>	カンヌキの曲げ応力度	$N/mm^2$
		σ <sub>X4</sub>	カンヌキの組合せ応力度	$N/mm^2$
カン		$ au_4$	カンヌキのせん断応力度	$N/mm^2$
ヌキ		$A_5$	カンヌキ受けピンの断面積	$\mathrm{mm}^2$
部		L <sub>5</sub>	カンヌキ受けピンの作用点間距離	mm
	カンヌキ	$M_5$	カンヌキ受けピンの曲げモーメント	N•mm
	受け	${f Q}$ 5	カンヌキ受けピンのせん断力	Ν
	ピン	Z $_5$	カンヌキ受けピンの断面係数	mm <sup>3</sup>
		<b>σ</b> b 5	カンヌキ受けピンの曲げ応力度	$N/mm^2$
		au 5	カンヌキ受けピンのせん断応力度	$N/mm^2$
	カンマキ	A $_{b\ 6}$	カンヌキ受けボルトの断面積	$\mathrm{mm}^2$
	~~~~	n <sub>b6</sub>	カンヌキ受けボルトの本数	本
	ズルト	Τ <sub>6</sub>	カンヌキ受けボルトの引張力	Ν
	NUL I	σ <sub>t6</sub>	カンヌキ受けボルトの引張応力度	$N/mm^2$

表 2-3 耐震評価に用いる記号(開き戸形式)(2/2)

	項目	記号	定義	単位	
		E	ヤング率	$N/m^2$	
		F <sub>H</sub>	水平地震力	Ν	
		F <sub>v</sub>	鉛直地震力	Ν	
		Т	固有周期	S	
		f	原子炉建屋エアロックの1次固有振動数	Hz	
		Ι	断面二次モーメント	$m^4$	
		Q	はり長さ	mm	
	共通	m	質量分布	kg/m	
		Сн	水平震度	—	
		C <sub>v</sub>	鉛直震度	—	
W <sub>x</sub> W <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Р <sub>Е1</sub> Р <sub>Е2</sub>		W x	扉体自重	kN	
		${ m W}_2$	扉幅	mm	
		$H_2$	扉高	mm	
		P <sub>E 1</sub>	圧力荷重 (内圧)	$kN/m^2$	
		P <sub>E 2</sub>	圧力荷重 (外圧)	$kN/m^2$	
		F -	接触箇所1箇所あたりが負担する水平面外	N	
	- 世 通	F 7	方向の慣性力	IN	
	开迅	N -	水平面外方向の扉体とレール周辺部材の接	笛正	
		1 🗤 7	触箇所	回 171	
締		A 7	締付ローラー軸の断面積	$\mathrm{mm}^2$	
付		L 7	締付ローラー作用点距離	mm	
音区		M 7	締付ローラー軸評価位置の曲げモーメント	$N \cdot mm^2$	
	ローラー軸	Z 7	締付ローラー軸の断面係数	mm <sup>3</sup>	
		σь7	締付ローラー軸の曲げ応力度	$N/mm^2$	
		σ χ7	締付ローラー軸の組合せ応力度	$N/mm^2$	
		τ <sub>7</sub>	締付ローラー軸のせん断応力度	$N/mm^2$	

表 2-4 耐震評価に用いる記号(引き戸形式)

- 3. 固有周期
- 3.1 固有周期の計算方法

固有周期は,扉閉止時及び扉開放時について,図 3-1 及び図 3-2 に示すはりモデ ルとして,「土木学会 構造力学公式集」に基づき計算する。

ここで, 扉閉止時は, 開き戸形式のエアロックはカンヌキにより扉枠に固定される 構造であることから端部の境界条件を固定として, 引き戸形式のエアロックは締付け ローラーにより扉を扉面外方向に拘束する構造であることから端部の境界条件を単純 支持とする。

扉開放時は,開き戸形式のエアロックは片側ヒンジ,片側自由端のはりとしてモデ ル化し,引き戸形式のエアロックは扉閉止時と端部の境界条件が変わらないことから, 端部の境界条件を単純支持とする。

また、モデル化に用いる芯材の長さは扉幅とする。

- 3.1.1 水平方向
  - (1) 扉閉止時

扉閉止時の水平方向の固有周期は、図 3-1 に示す固有値計算モデルにより、 扉体面外方向について算出する。







b.引き戸形式



図 3-1 固有値計算モデル(扉閉止時)

(2) 扉開放時

扉開放時の水平方向の固有周期は,図 3-2 に示す固有値計算モデルにより, 扉体面外方向について算出する。

a.開き戸形式



b. 引き戸形式



図 3-2 固有値計算モデル (扉開放時)

3.1.2 鉛直方向

鉛直方向については,扉に配された鉛直方向の芯材等の軸剛性が,「3.1.1 水 平方向」で検討した面外方向の剛性に比べて十分に大きいことから,固有周期の 計算を省略する。 3.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる数値を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期の計算条件

(a)	FCS	室エン	アロ	ツ	ク	(開	き	戸	形式	こ)
-----	-----	-----	----	---	---	----	---	---	----	----

項目	記号	単位	数値
モデル化に用いる芯材の長さ	Q	mm	
ヤング率	Е	$N/m^2$	
断面二次モーメント	Ι	$m^4$	
質量分布	m	kg/m	

(b) 南西側エアロック及び北西側エアロック(引き戸形式)

項目	記号	単位	数值
モデル化に用いる芯材の長さ	Q	mm	
ヤング率	E	$N/m^2$	
断面二次モーメント	Ι	$m^4$	
質量分布	m	kg/m	

(c) ギャラリー室エアロック(引き戸形式)

項目	記号	単位	数値
モデル化に用いる芯材の長さ	Q	mm	
ヤング率	Е	$N/m^2$	
断面二次モーメント	Ι	$\mathrm{m}^4$	
質量分布	m	kg/m	

3.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 3-2 に示す。計算結果より、剛であることを確認した。

エアロック名称	扉の開閉状況	固有振動数(Hz)	固有周期(s)
FCC 安大アロック	閉止時		
FUS 重二 ノロック	開放時		
南西側エアロック	閉止時		
北西側エアロック	開放時		
ギャラリー安ァアロック	閉止時		
イヤノリー主人ノロツク	開放時		

表 3-2 固有周期(s)

- 4. 構造強度評価
- 4.1 評価部位

原子炉建屋エアロックの評価対象部位は、「2.2 構造計画」に示すエアロックの構 造を踏まえ、エアロックに作用する荷重の作用方向及び伝達経路を考慮し、設定する。 開き戸形式のエアロックに生じる地震力及び圧力荷重は、ヒンジ部及びカンヌキ部 から扉枠に伝達しているため、評価部位をヒンジ部及びカンヌキ部とする。

引き戸形式のエアロックに生じる地震力及び圧力荷重は, 締付ローラーから扉枠に 伝達しているため, 評価部位を締付部(締付ローラー, ベアリング, ローラー軸)と する。

なお, 扉枠からは直接躯体に荷重の伝達をしているため, 扉枠と躯体を接合してい るスタッドについては, 評価対象としないこととする。

原子炉建屋エアロックの地震荷重の作用イメージと評価部位を図 4-1 に示す。

<-----: :評価対象部位に作用する荷重</p>:評価対象部位

(a) 開き戸形式

図 4-1 地震荷重の作用イメージと評価部位 (1/2)

◀	:	評価対象部位に作用する荷重
[]	:	評価対象部位



4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、V-2-9-1「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度 上の制限」にて設定している荷重の組合せに準じて設定する。

V-2-9-1「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」にて設定している荷重の組合せを以下に示す。なお、V-2-9-1「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に従い、設計基準対象施設と重大事故等対処施設の評価に用いる荷重の組合せは同一とする。

なお、本資料において基準地震動Ssによる評価として短期許容応力度を超えないことを確認するため、弾性設計用地震動Sdによる評価は行わないこととする。

 $G + P + S_s$ 

#### 4.2.1 耐震評価上考慮する荷重

原子炉建屋エアロックの耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

- G : 固定荷重 (kN)
- P : 圧力荷重 (kN/m<sup>2</sup>)
- S<sub>s</sub> : 基準地震動 S<sub>s</sub>による地震力(kN)

- 4.2.2 荷重の設定
  - (1) 固定荷重(G)

原子炉建屋エアロックの固定荷重を表 4-1 に示す。

エアロック名称	固定荷重(kN)		
FCS 室エアロック			
南西側エアロック			
北西側エアロック			
ギャラリー室エアロック			

表 4-1 固定荷重

(2) 圧力荷重(P)

原子炉建屋エアロックにかかる圧力荷重を表 4-2 に示す。ここで,圧力荷重 は原子炉建屋エアロックの建設時に設定した設計条件を基に設定するものであり, 外圧(負圧)はエアロックに対し外側から内側へ作用するものとする。

表 4-2 圧力荷重

種類	圧力荷重(kN/m²)
内圧(正圧)	0.000
外圧 (負圧)	0.736

(3) 地震荷重(S<sub>s</sub>)

基準地震動Ssによる荷重は、表4-3で示した設計震度を用いて、次式により 算定する。ただし、耐震評価に用いる震度は、材料物性の不確かさを考慮したも のとしてV-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」によることとし、設置階の上 階の値とする。

エマロルカタサ	設置場所	設計震度		
エノロツク名称	(抽出位置)	水平方向	鉛直方向	
FCS 室エアロック	T.M.S.L.12.3m	0.95	0.91	
南西側エアロック 北西側エアロック	(T.M.S.L.18.1m)	0.95	0.91	
ギャラリー室エアロック	T. M. S. L. 34. 5m (T. M. S. L. 38. 2m)	1.36	0.99	

表 4-3 設計震度

### 4.3 許容限界

許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

4.3.1 使用材料

原子炉建屋エアロックを構成するヒンジ部,カンヌキ部及び締付部の使用材料 を表 4-4 に示す。

### 表 4-4 使用材料

(a) 開き戸形式

部位			材質	仕様	
	ヒンジアーム				
ヒンジ部	ヒンジピン				
	ヒンジボルト				
	カンヌキ				
カンヌキ部	カンヌキ受けピン				
	カンヌキ受けボルト				

(b) 引き戸形式

部位			材質	仕様	
	締付ローラー				
締付部	ベアリング				
	ローラー軸				

- 4.3.2 許容限界
  - (1) ヒンジ部及びカンヌキ部

ヒンジ部及びカンヌキ部を構成する部材の許容限界は、「鋼構造設計規準一許 容応力度設計法-((社)日本建築学会、2005改定)」(以下「S規準」という。) に基づき設定する。各部材の許容限界を表 4-5 に示す。

材質		許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )				
		曲げ	引張	せん断		
		215	215	124		
		205	205	118		
		345	345	199		
		651	651	375		

表 4-5 ヒンジ部及びカンヌキ部の許容限界

(2) 締付部

締付部を構成する部材の許容限界及び許容荷重は,「S規準」及び「基本定格 荷重」に基づき設定する。各部材の許容限界及び許容荷重を表 4-6 に示す。

材質		許	許容荷重		
		曲げ	引張	せん断	定格荷重(N)
		_			9790
		—			11300
		215	215	124	

表 4-6 締付部の許容限界及び許容荷重

### 4.4 計算方法

原子炉建屋エアロックの耐震評価は、地震により生じる応力度または荷重が、「4.3 許容限界」で設定した許容限界を超えないことを確認する。

- 4.4.1 開き戸形式
  - (1) 荷重計算方法
    - a. ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジアーム、ヒンジピン及びヒンジボルトで構成されており、 次式により算定する水平地震力及び扉体自重反力(鉛直地震力を含む)から、 各部材に発生する応力度を算定する。ヒンジ部に生じる荷重を図 4-2 に示す。

$$F_{H} = W_{X} \cdot C_{H}$$

$$F_{V} = W_{X} \cdot C_{V}$$

$$R_{r} = (W_{X} + F_{V}) \cdot \frac{L_{r}}{L_{j}}$$

$$R_{t} = (W_{X} + F_{V}) \cdot \frac{L_{t}}{L_{j}}$$

図 4-2 ヒンジ部に生じる荷重

(a) ヒンジアーム

ヒンジアームは、曲げ応力度とせん断応力度の組合せについて評価する。 図 4-3 にヒンジアームに生じる荷重を示す。

イ. 曲げモーメント

ヒンジアームに生じる曲げモーメント及び曲げ応力度を次式により算定 する。

$$M_{1} = (W_{X} + F_{V}) \cdot L_{1}$$
$$\sigma_{b1} = \frac{M_{1}}{Z_{1}}$$

ロ. せん断力

ヒンジアームに生じるせん断力及びせん断応力度を次式により算定する。



図 4-3 ヒンジアームに生じる荷重

(b) ヒンジピン

ヒンジピンは、曲げ応力度とせん断応力度の組合せについて評価する。図 4-4にヒンジピンに生じる荷重を示す。

イ. 曲げモーメント

ヒンジピンに生じる曲げモーメント及び曲げ応力度を次式により算定す る。

$$M_{2} = \sqrt{(R_{r} + \frac{F_{H}}{2})^{2} + R_{t}^{2}} \cdot L_{2}$$
  
$$\sigma_{b2} = \frac{M_{2}}{Z_{2}}$$

ロ. せん断力

ヒンジピンに生じるせん断力及びせん断応力度を次式により算定する。

$$Q_{2} = \sqrt{(R_{r} + \frac{F_{H}}{2})^{2} + {R_{t}}^{2}}$$
  
 $\tau_{2} = \frac{Q_{2}}{A_{2}}$ 



図 4-4 ヒンジピンに生じる荷重

(c) ヒンジボルト

ヒンジボルトは、引張応力度及びせん断応力度について評価する。ヒンジ ボルトに生じる荷重は、扉の開放角度が 90°の時には引張力として作用し、 扉の開放角度が 180°の時には、せん断力として作用することから次式によ り算定する。なお、45°や 135°等の上記以外の開放状況下においては、ヒ ンジボルトに生じる引張力とせん断力はそれぞれ 90°開放時の引張力、 180°開放時のせん断力に包絡されるため開放状況は 90°と 180°を想定す るものとする。また、2 か所設置しているヒンジ部のうち、上部のヒンジ部 は水平方向の荷重のみ負担するのに対して、下部のヒンジ部は鉛直方向の荷 重と水平方向の荷重を負担することから、下部のヒンジボルトを対象に評価 する。図 4-5 にヒンジボルトに生じる荷重を示す。

$$T_{3} = Q_{3} = \sqrt{(R_{r} + \frac{F_{H}}{2})^{2} + (W_{X} + F_{V})^{2}}$$
$$\sigma_{t3} = \frac{T_{3}}{n_{b3} \cdot A_{b3}}$$
$$\tau_{3} = \frac{Q_{3}}{n_{b3} \cdot A_{b3}}$$



図 4-5 ヒンジボルトに生じる荷重

b. カンヌキ部

カンヌキ部は、カンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトで構成 されており、次式により算定する水平地震力及び圧力荷重(外圧)から、各部 材に発生する荷重を算定する。扉体に生じる荷重を図 4-6 に、カンヌキ部に 生じる荷重を図 4-7 に示す。

 $F_{H}' = W_X \cdot C_H + P_{E2} \cdot W_1 \cdot H_1$ 



図 4-6 扉体に生じる荷重

(a) 平面図

(b) A-A 断面図

図 4-7 カンヌキ部に生じる荷重

- (a) カンヌキ カンヌキは、曲げ応力度及びせん断応力度の組合せについて評価する。
- イ. 曲げモーメント

カンヌキに生じる曲げモーメント及び曲げ応力度を次式により算定する。

$$M_{4} = \frac{F_{H}}{2 \cdot n} \cdot L_{4}$$
$$\sigma_{b4} = \frac{M_{4}}{Z_{4}}$$

ロ. せん断力

カンヌキに生じるせん断力及びせん断応力度を次式により算定する。

$$Q_4 = \frac{F_H}{2 \cdot n}$$
$$\tau_4 = \frac{Q_4}{A_4}$$

(b) カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンは、曲げ応力度及びせん断応力度について評価する。な お、端部を単純支持として評価するため、曲げとせん断の組合せについては 評価を行わないものとする。

イ. 曲げモーメント

カンヌキ受けピンに生じる曲げモーメント及び曲げ応力度を次式により 算定する。

$$M_{5} = \frac{1}{4} \cdot \frac{F_{H}}{2 \cdot n} \cdot L_{5}$$
$$\sigma_{b5} = \frac{M_{5}}{Z_{5}}$$

ロ. せん断力

カンヌキ受けピンに生じるせん断力及びせん断応力度を次式により算定 する。

$$Q_{5} = \frac{1}{2} \cdot \frac{F_{H}}{2 \cdot n}$$
$$\tau_{5} = \frac{Q_{5}}{A_{5}}$$

(c) カンヌキ受けボルト

カンヌキ受けボルトは,引張応力度について評価する。カンヌキ受けボル トに生じる引張力及び引張応力度を次式により算定する。

$$T_{6} = \frac{F_{H}}{2 \cdot n}$$

$$\sigma_{t 6} = \frac{T_{6}}{n_{b 6} \cdot A_{b 6}}$$

(2) 応力の評価

各部材に生じる応力度等が,許容限界以下であることを確認する。なお,異な る荷重が同時に作用する部材については,荷重の組合せを考慮する。

- a. ヒンジ部
  - (a) ヒンジアーム

ヒンジアームに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から,組合せ応力度を 次式により算定し,ヒンジアームに生じる組合せ応力度が許容限界以下であ ることを確認する。

$$\sigma_{X1} = \sqrt{(\frac{M_1}{Z_1})^2 + 3 \cdot (\frac{Q_1}{A_1})^2}$$

(b) ヒンジピン

ヒンジピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から,組合せ応力度を次 式により算定し,ヒンジピンに生じる組合せ応力度が許容限界以下であるこ とを確認する。

$$\sigma_{X2} = \sqrt{(\frac{M_2}{Z_2})^2 + 3 \cdot (\frac{Q_2}{A_2})^2}$$

(c) ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じる引張応力度及びせん断応力度を次式により算定し, ボルトの許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_{t3} = \frac{T_3}{n_{b3} \cdot A_{b3}}$$
$$\tau_3 = \frac{Q_3}{n_{b3} \cdot A_{b3}}$$

- b. カンヌキ部
  - (a) カンヌキ

カンヌキに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から,組合せ応力度を次式 により算定し,カンヌキに生じる組合せ応力度が許容限界以下であることを 確認する。

$$\sigma_{X4} = \sqrt{(\frac{M_4}{Z_4})^2 + 3 \cdot (\frac{Q_4}{A_4})^2}$$

(b) カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から,組合せ応力 度を次式により算定し,カンヌキ受けピンに生じる組合せ応力度が許容限界 以下であることを確認する。

$$\sigma_{b5} = \frac{M_5}{Z_5}$$
$$\tau_5 = \frac{Q_5}{A_5}$$

(c) カンヌキ受けボルト

カンヌキ受けボルトに生じる引張応力度を次式により算定し,ボルトの許 容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_{t6} = \frac{T_6}{n_{b6} \cdot A_{b6}}$$

- 4.4.2 引き戸形式
  - (1) 荷重計算方法
    - a. 締付部
      - (a) 締付ローラー

接触箇所1箇所あたりが負担する水平面外方向の慣性力は次式で算出する。 図 4-8 に締付ローラーに生じる荷重を示す。

 $F_7 = (C_H \cdot W_X + P_{E2} \cdot W_2 \cdot H_2) / N_7$ 



図 4-8 締付ローラーに生じる荷重

(b) ベアリング

接触箇所1箇所あたりが負担する水平面外方向の慣性力は次式で算出する。 図 4-9 にベアリングに生じる荷重を示す。

$$F_7 = \ (C_H \boldsymbol{\cdot} W_X + P_{E2} \boldsymbol{\cdot} W_2 \boldsymbol{\cdot} H_2 \ ) \diagup N_7$$



図 4-9 ベアリングに生じる荷重

(c) ローラー軸

ローラー軸は、曲げ応力度及びせん断応力度について評価する。図 4-10 にローラー軸に生じる荷重を示す。

イ.曲げモーメント
 ローラー軸に生じる曲げモーメント及び曲げ応力度を次式により算定する。

$$M_7 = F_7 \cdot L_7$$
$$\sigma_{b7} = \frac{M_7}{Z_7}$$

ロ. せん断力

ローラー軸に生じるせん断応力度を次式により算定する。



(2) 応力の評価

各部材に生じる荷重又は応力度が,許容限界以下であることを確認する。なお, 異なる荷重が同時に作用する部材については,荷重の組合せを考慮する。

# a. 締付部

- (a) 締付ローラー締付ローラーに生じる荷重が許容荷重以下であることを確認する。
- (b) ベアリング ベアリングに生じる荷重が許容荷重以下であることを確認する。
- (c) ローラー軸

ローラー軸に生じる曲げ応力度及びせん断応力度から,組合せ応力度を次 式により算定し,ローラー軸に生じる組合せ応力度が許容限界以下であるこ とを確認する。

$$\sigma_{\rm X7} = \sqrt{\sigma_{\rm b7}^2 + 3 \cdot \tau_7^2}$$

# 4.5 計算条件

「4.4 計算方法」に用いる計算条件を表 4-7 に示す。

表 4-7 耐震評価に用いる計算条件(1/3)

	(a) FCS 室エアロック									
	対称部位	記号	単位	定義		数值				
		Сн	—	水平震度		0.95				
		C <sub>v</sub>		鉛直震度		0.91				
		W x	kN	扉体自重						
	共通	W 1	mm	扉体幅						
		Η 1	mm	扉体高						
		P <sub>E1</sub>	$kN/m^2$	圧力荷重(内圧)		0.000				
		P $_{\rm E~2}$	$kN/m^2$	圧力荷重(外圧)		0.736				
		L j	mm	ヒンジ中心間距離						
		т		扉体重心~ヒンジ芯間距						
	共通	Lr	11111	離 (扉体幅方向)						
		т		扉体重心~ヒンジ芯間距						
Ł		L t	111111	離 (扉体厚方向)						
ン		A 1	$\mathrm{mm}^2$	断面積						
ジ	ヒンジアーム	L <sub>1</sub>	mm	作用点間距離						

mm<sup>3</sup>

mm mm<sup>3</sup>

 $\mathrm{mm}^2$ 

本

 $Z_1$ 

A  $_2$ 

 $L_2$ 

 $Z_2$ 

A  $_{\rm b}$   $_{\rm 3}$ 

пьз

断面係数

断面係数

断面積

本数

軸支持間距離

断面積

部

ヒンジピン

ヒンジボルト

表 4-7 耐震評価に用いる計算条件(2/3)

	対称部位	記号	単位	定義	数值	
		$A_4$	$\mathrm{mm}^2$	断面積		
		L <sub>4</sub>	mm	作用点間距離		
カ	ハンメイ	n	本	本数		
ン		$Z_4$	$\mathrm{mm}^3$	断面係数		
ヌ	カンコキ画け	A 5	$\mathrm{mm}^2$	断面積		
キ	ルンメイタリ	L <sub>5</sub>	mm	作用点間距離		
部		Ζ 5	$\mathrm{mm}^3$	断面係数		
	カンヌキ受け	$A_{b6}$	$\mathrm{mm}^2$	断面積		
	ボルト	пь6	本	本数		

(a) FCS 室エアロック

表 4-7 耐震評価に用いる計算条件(3/3))

対称部位		記号	単位	定義	数值	
		Сн		水平震度	0.95	
		C <sub>v</sub>		鉛直震度	0.91	
		W <sub>x</sub>	kN	扉体自重		
	共通	W $_2$	mm	扉体幅		
		H 2		mm	扉体高	
		P <sub>E 1</sub>	$kN/m^2$	圧力荷重(内圧)	0.000	
		P $_{\rm E~2}$	$kN/m^2$	圧力荷重(外圧)	0.736	
於	共通	N 7	箇所	締付部の接触個所		
斾		A <sub>7</sub>	$\mathrm{mm}^2$	断面積		
山	ローラー軸	L <sub>7</sub>	mm	作用点間距離		
司)		Ζ 7	$mm^3$	断面係数		

(b) 南西側エアロック及び北西側エアロック

(c) ギャラリー室エアロック

対称部位		記号	単位	定義	数值	
		Сн	—	水平震度	1.36	
		C <sub>v</sub>	_	鉛直震度	0.99	
		W <sub>x</sub>	kN	扉体自重		
	共通	W $_2$	mm	扉体幅		
		H <sub>2</sub>	mm	扉体高		
		P <sub>E1</sub>	$kN/m^2$	圧力荷重(内圧)	0.000	
		P <sub>E 2</sub>	$kN/m^2$	圧力荷重(外圧)	0.736	
☆☆	共通	N 7	箇所	締付部の接触個所		
₩市 /		A 7	$\mathrm{mm}^2$	断面積		
付 部	ローラー軸	L 7	mm	作用点間距離		
		Ζ <sub>7</sub>	mm <sup>3</sup>	断面係数		

# 5. 評価結果

エアロックの評価結果を表 5-1 に示す。発生値は許容限界を下回っており,設計用 地震力に対して十分な耐震性を有していることを確認した。

	評価部位	分類	発生値	許容限界
		曲げ (N/mm²)	22	215
	ヒンシ	せん断 (N/mm²)	2	124
Ŀ	) – Д	組合せ (N/mm <sup>2</sup> )	23	215
ン	14 ) / 2 <sup>3</sup> /	曲げ (N/mm²)	127	345
ジ		せん断 (N/mm <sup>2</sup> )	12	199
部		組合せ (N/mm <sup>2</sup> )	129	345
	ヒンジ	引張(N/mm²)	32	651
	ボルト	せん断 (N/mm <sup>2</sup> )	32	375
		曲げ (N/mm²)	5	205
力	カンヌキ	せん断 (N/mm <sup>2</sup> )	1	118
ン		組合せ (N/mm <sup>2</sup> )	6	205
ヌ	カンヌキ受け	曲げ (N/mm²)	30	205
キ	ピン	せん断 (N/mm²)	3	118
部	カンヌキ受け	己 连 (N/mm <sup>2</sup> )	14	651
	ボルト	クリカズ (N/mm <sup>-</sup> )	14	001

表 5-1 耐震評価結果 (1/2) (a) FCS 室エアロック

表 5-1 耐震評価結果(2/2)

評価部位		分類	発生値	許容限界
	締付ローラー	定格荷重(N)	971	9790
締	ベアリング	定格荷重(N)	971	11300
付		曲げ (N/mm²)	20	215
部	ローラー軸	せん断 (N/mm²)	2	124
		組合せ (N/mm <sup>2</sup> )	21	215

(b) 南西側エアロック及び北西側エアロック

(c) ギャラリー室エアロック

	評価部位	分類	発生値	許容限界
	締付ローラー	定格荷重(N)	1203	9790
締	ベアリング	定格荷重(N)	1203	11300
付		曲げ (N/mm²)	25	215
部	ローラー軸	せん断 (N/mm²)	2	124
		組合せ (N/mm <sup>2</sup> )	26	215

V-2-9-3-4 原子炉建屋基礎スラブの耐震性についての計算書
1. 概要 ······	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	6
2.4 適用規格·基準等 ······	10
<ol> <li>地震応答解析による評価方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・</li></ol>	11
<ol> <li>応力解析による評価方法 ····································</li></ol>	12
4.1 評価対象部位及び評価方針	12
4.2 荷重及び荷重の組合せ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	14
4.2.1 荷重	14
4.2.2 荷重の組合せ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	24
4.3 許容限界	25
4.4 解析モデル及び諸元 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	28
4.4.1 モデル化の基本方針 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	28
4.4.2 解析諸元	32
4.4.3 材料構成則	33
4.5 評価方法	35
4.5.1 応力解析方法	35
4.5.2 断面の評価方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	40
5. 評価結果	44
5.1 地震応答解析による評価結果	44
5.1.1 Sd地震時 ······	44
5.1.2 Ss地震時 ······	44
5.2 応力解析による評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	46
5.2.1 Sd地震時 ······	46
5.2.2 Ss地震時 ······	46
6. 引用文献	52

### 1. 概要

原子炉建屋基礎スラブは、原子炉格納容器の底部に該当する部分(以下「RCCV 底部」 という。)及び原子炉建屋のうち RCCV 底部以外の基礎(以下「周辺部基礎」という。) で構成される。

本資料は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、原子炉建屋基礎スラブのうち、 周辺部基礎の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その 評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

なお, RCCV 底部の評価については, V-2-9-2-1「原子炉格納容器コンクリート部の耐 震性についての計算書」にて実施する。

周辺部基礎は,設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」及び「Sクラスの施 設の間接支持構造物」に,重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止 設備,常設重大事故緩和設備,常設重大事故防止設備(設計基準拡張)(当該設備が属 する耐震重要度分類がSクラスのもの)及び常設重大事故緩和設備(設計基準拡張)の 間接支持構造物」に分類される。

以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

- 2. 基本方針
- 2.1 位置

原子炉建屋基礎スラブは,原子炉建屋の一部を構成している。原子炉建屋基礎スラ ブを含む原子炉建屋の設置位置を図 2-1 に示す。



図 2-1 原子炉建屋基礎スラブを含む原子炉建屋の設置位置

### 2.2 構造概要

原子炉建屋基礎スラブは、鉄筋コンクリート製原子炉格納容器(以下「RCCV」という。)及びこれを取り囲む原子炉建屋の共通の基礎となっている鉄筋コンクリート造の基礎スラブであり、RCCV 底部と周辺部基礎により構成される。平面の形状は、NS 方向 56.6m, EW 方向 59.6m の矩形であり、厚さは 5.5m である。

この基礎スラブは、上部構造物からの死荷重、活荷重、地震力、内圧等に対して、 十分な強度を有するように設計され、支持地盤である泥岩上にマンメイドロックを介 して設置されている。上部構造物としては、原子炉本体基礎(以下「RPV 基礎」とい う。), RCCV、原子炉建屋の外壁(以下「ボックス壁」という。), RCCV とボックス 壁の間の耐震壁(以下「中間壁」という。)等が配置されている。

原子炉建屋基礎スラブの概略平面図及び概略断面図を図 2-2 及び図 2-3 に示す。



- 注記\*:原子炉圧力容器(以下「RPV」という。)
- 注:東京湾平均海面(以下「T.M.S.L.」という。)
- 図 2-2 原子炉建屋基礎スラブの概略平面図(T.M.S.L.-8.2m)(単位:m)



原子炉建屋基礎スラブ

図 2-3 原子炉建屋基礎スラブの概略断面図(A-A 断面)(単位:m)

### 2.3 評価方針

周辺部基礎は,設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」及び「Sクラスの 施設の間接支持構造物」に,重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故 防止設備,常設重大事故緩和設備,常設重大事故防止設備(設計基準拡張)(当該設 備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの)及び常設重大事故緩和設備(設計基準 拡張)の間接支持構造物」に分類される。

周辺部基礎の設計基準対象施設としての評価においては,弾性設計用地震動Sdに よる地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力(以下「Sd地震時」とい う。)に対する評価及び基準地震動Ssによる地震力(以下「Ss地震時」という。) に対する評価を行うこととし,それぞれの評価は,V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答 計算書」の結果を踏まえたものとする。

周辺部基礎の評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析に よる評価においては接地圧の評価を、応力解析による評価においては断面の評価を行 うことで、周辺部基礎の地震時の構造強度及び支持機能の確認を行う。なお、接地圧 は、RCCV 底部及び周辺部基礎を一体として扱い、原子炉建屋基礎スラブ全体として評 価する。評価にあたっては、V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」による材料物 性の不確かさを考慮する。表 2-1 に材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを示 す。

また,重大事故等対処施設としての評価においては,Ss地震時に対する評価を行 うこととする。ここで,周辺部基礎では,運転時,設計基準事故時及び重大事故等時 の状態において,圧力,温度等の条件について有意な差異がないことから,重大事故 等対処施設としての評価は,設計基準対象施設と同一となる。

更に、RCCV 底部は設計基準対象施設においては「Sクラス施設」及び「Sクラスの 施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故 防止設備」及び「常設重大事故緩和設備」並びに「常設耐震重要重大事故防止設備, 常設重大事故緩和設備,常設重大事故防止設備(設計基準拡張)(当該設備が属する 耐震重要度分類がSクラスのもの)及び常設重大事故緩和設備(設計基準拡張)の間 接支持構造物」に分類され、それぞれの分類に応じた耐震評価を実施している。周辺 部基礎について、周辺部基礎が RCCV 底部に接続し、基礎全体として一体となってい ることから、RCCV 底部のそれぞれの分類に応じた耐震評価における荷重の組合せに対 しても「Sクラスの施設」及び間接支持構造物としての機能を有していることを確認 する。なお、RCCV 底部は、V-2-9-2-1「原子炉格納容器コンクリート部の耐震性につ いての計算書」に示すとおり、荷重状態III~Vに対する評価を実施しているが、荷重 状態IIIの地震時(1)及び荷重状態IVの地震時(2)に対する評価については、それぞ れSd地震時及びSs地震時に対する評価と同一となる。また、荷重状態IIIの(異常 +地震)時(1)、荷重状態IVの(異常+地震)時(2)及び荷重状態Vに対する評価 については,周辺部基礎では,運転時,設計基準事故時及び重大事故等時の状態において,圧力,温度等の条件について有意な差異がないことから,それぞれSd地震時 又はSs地震時に対する評価と同一となる。

周辺部基礎の評価フローを図 2-4 に示す。

検討ケース	コンクリート 剛性	回転ばね 定数	地盤剛性	備考
①ケース1 (工認モデル)	実強度 (43.1N/mm <sup>2</sup> )	100%	標準地盤	基本ケース
<ul> <li>②ケース2</li> <li>(建屋剛性+σ, 地盤剛性+σ)</li> </ul>	実強度+σ (46.0N/mm <sup>2</sup> )	100%	標準地盤+σ (新期砂層+13%, 古安田層+25%, 西山層+10%)	
<ul> <li>③ケース3</li> <li>(建屋剛性-σ, 地盤剛性-σ)</li> </ul>	実強度-σ (40.2N/mm <sup>2</sup> )	100%	標準地盤-σ (新期砂層-13%, 古安田層-25%, 西山層-10%)	
<ul><li>④ケース4</li><li>(建屋剛性コア平均)</li></ul>	実強度 (コア平均) (55.7N/mm <sup>2</sup> )	100%	標準地盤	
⑤ケース5 (建屋剛性-2σ)	実強度-2σ (37.2N/mm <sup>2</sup> )	100%	標準地盤	
⑥ケース 6 (回転ばね低減)	実強度 (43.1N/mm <sup>2</sup> )	50%	標準地盤	

表 2-1 材料物性の不確かさを考慮する解析ケース



注記\*: V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-4 周辺部基礎の評価フロー

2.4 適用規格·基準等

本評価において、適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・建築基準法・同施行令
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 一許容応力度設計法-((社)日本建築学会,1999改定)(以下「RC規準」という。)
- ・原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説((社)日本建築学会,2005 制定)(以下「RC-N規準」という。)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・ 補-1984((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本 電気協会)(以下「JEAG4601-1991 追補版」という。)
- ・発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格((社)日本機械学会, 2003)(以下「CCV規格」という。)

3. 地震応答解析による評価方法

地震応答解析による評価において,周辺部基礎の構造強度については,V-2-2-1「原 子炉建屋の地震応答計算書」に基づき,材料物性の不確かさを考慮した最大接地圧が許 容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における周辺部基礎の許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表 3-1 及び表 3-2 のとおり設定する。

衣 3-1 地震心合胜竹による評価にわける	5 計谷限界
-----------------------	--------

要求 機能	機能設計上の 性能目標	地震力	部位	機能維持のための 考え方	許容限界 (評価基準値)
	構造強度を	弾性設計用地震動 Sd及び 静的地震力	基礎地盤	最大接地圧が地盤 の支持力度を超え ないことを確認	短期許容支持力度*1 4110kN/m <sup>2</sup>
	有すること	基準地震動 S s	基礎地盤	最大接地圧が地盤 の支持力度を超え ないことを確認	極限支持力度* <sup>2</sup> 6170kN/m <sup>2</sup>

(設計基準対象施設としての評価)

注記\*1:平成4年3月27日付け3資庁第13034号にて認可された工事計画の添付資 料IV-1-3「原子炉格納施設の基礎に関する説明書」に基づく。

\*2:平成3年8月23日付け3資庁第6675号にて認可された工事計画の添付資 料Ⅳ-2-7-1「原子炉建屋の耐震性についての計算書」に基づく。

表 3-2 地震応答解析による評価における許容限界

要求 機能	機能設計上の 性能目標	地震力	部位	機能維持のための 考え方	許容限界 (評価基準値)
	構造強度を 有すること	基準地震動 S s	基礎地盤	最大接地圧が地盤 の支持力度を超え ないことを確認	極限支持力度* 6170kN/m <sup>2</sup>

(重大事故等対処施設としての評価)

注記\*:平成3年8月23日付け3資庁第6675号にて認可された工事計画の添付資料 IV-2-7-1「原子炉建屋の耐震性についての計算書」に基づく。

- 4. 応力解析による評価方法
- 4.1 評価対象部位及び評価方針

周辺部基礎の応力解析による評価対象部位は基礎スラブとし、3 次元 FEM モデルを 用いた応力解析により評価を行う。3 次元 FEM モデルを用いた応力解析に当たっては、 V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」及び平成4年3月27日付け3資庁第13034 号にて認可された工事計画の添付資料IV-1-3「原子炉格納施設の基礎に関する説明書」 (以下「既工認」という。)による荷重を用いて、荷重の組合せを行う。応力解析に よる評価フローを図4-1に示す。

(1) Sd 地震時に対する評価

Sd地震時に対する評価は、周辺部基礎について、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果,発生する応力が RC-N 規準に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

(2) S s 地震時に対する評価

Ss地震時に対する評価は、周辺部基礎について、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力又はひずみが、RC-N規準又はCCV規格に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。



に基づき設定する。

# 図 4-1 応力解析による評価フロー

4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している荷重 及び荷重の組合せを用いる。

- 4.2.1 荷重
  - (1) 固定荷重基礎スラブに作用する固定荷重として次のものを考慮する。
    - a. 死荷重及び活荷重(DL) 死荷重及び活荷重は,既工認に基づき,次のものを考慮する。
      - ・鉄筋コンクリート構造体の自重・・・・23.5kN/m<sup>3</sup>
      - ・サプレッションプール内静水圧(水深 7.1m)
      - ・ボックス壁, RCCV, 中間壁, 柱等から作用する上部構造物の自重並びに機 器及び配管の重量
      - ・基礎スラブ上の機器,配管等の重量
      - ・浮力・・・53.9kN/m<sup>2</sup>

(2) 運転時荷重

基礎スラブにおいて、運転時の状態で作用する荷重として次のものを考慮する。 各荷重については、既工認に基づき設定する。(既工認時の温度分布解析につい ては、V-2-9-2-1「原子炉格納容器コンクリート部の耐震性についての計算書」 の別紙2「温度分布解析」参照)

a. 運転時圧力(P<sub>1</sub>)

運転時において, RCCV 底部の上面と下面との圧力差によって生じる荷重で, 次の値とする。

 $P_1 = 13.7 kPa$ 

b. 運転時温度荷重(T<sub>1</sub>)

運転時において,基礎スラブに生じる温度変化による荷重及び基礎スラブの 上面と下面との温度差によって生じる荷重で,上面と下面の温度を表 4-1 の とおり設定する。

表 4-1 運転時温度荷重(T<sub>1</sub>)

(単位:℃)

	記号 季		RCCV 底部				周辺部基礎		
			記号	字 笛	А	部	В	部	С
			비고	上面	下面	上面	下面	上面	下面
	T	sT 1	夏	45.0	15.0	36.0	16.0	38.5	15.5
連転時	<b>I</b> 1	wT 1	冬	45.0	15.0	35.0	15.0	11.0	17.0



c. 逃がし安全弁作動時荷重(H<sub>1</sub>)

逃がし安全弁作動時において,サプレッションプール部に考慮する水力学的 動荷重は,次の値とする。



- (3) 地震荷重
  - a. S d 地震荷重(K<sub>d</sub>)

水平地震力は,弾性設計用地震動Sdに対する地震応答解析より算定される 動的地震力及び静的地震力より設定する。静的地震力については,既工認時に 基準地震動S1による動的地震力及び静的地震力に余裕を考慮して設定したS1 地震荷重を適用する。

鉛直地震力は,鉛直震度として設定する。鉛直震度は,弾性設計用地震動S dに対する地震応答解析より算定される軸力係数及び震度 0.3 を基準とし,建 物・構築物の振動特性,地盤の種類等を考慮した高さ一定方向の鉛直震度より 設定する。

Sd地震荷重を表4-2~表4-4に示す。

b. S s 地震荷重(K<sub>s</sub>)

水平地震力及び鉛直地震力は,基準地震動 S s に対する地震応答解析より算 定される動的地震力及び軸力係数より設定する。

S s 地震荷重を表 4-5~表 4-7 に示す。

部位	せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)			
	S d	静的地震力		
ボックス壁 (RA 通り)	174	197		
中間壁 (RB 通り)	49.0	56.4		
RCCV	133	183		
RPV 基礎	43.3	42.5		
中間壁 (RF 通り)	36.7	41.4		
ボックス壁 (RG 通り)	174	197		

表 4-2 地震荷重(K<sub>d</sub>)(せん断力) (a) NS 方向

(b) EW 方向

	せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)			
ㅋゝ 1꼬.	S d	静的地震力		
ボックス壁 (R1 通り)	208	214		
中間壁 (R2 通り)	26.6	22.5		
中間壁 (R3 通り)	15.7	9.90		
RCCV	117	195		
RPV 基礎	43.3	42.5		
中間壁 (R5 通り)	12.7	7.94		
中間壁 (R6 通り)	17.0	11.4		
ボックス壁 (R7 通り)	208	214		

表4-3 地震荷重	(K <sub>d</sub> )	(曲げモーメ	ント	)
-----------	-------------------	--------	----	---

部 位	曲げモーメント (×10 <sup>4</sup> kN・m)			
	S d	静的地震力		
ボックス壁 (RA 通り)	662	728		
中間壁 (RB 通り)	143	59.8		
RCCV	423	609		
RPV 基礎	90.4	88.6		
中間壁 (RF 通り)	107	43.3		
ボックス壁 (RG 通り)	662	729		

(a) NS 方向

(b) EW 方向

却。估	曲げモーメント (×10 <sup>4</sup> kN・m)			
百) 一 二 二 二 二 二 二 二 二	S d	静的地震力		
ボックス壁 (R1 通り)	687	724		
中間壁 (R2 通り)	78.2	20.8		
中間壁 (R3 通り)	46.2	9.22		
RCCV	383	507		
RPV 基礎	90.4	88.6		
中間壁 (R5 通り)	37.4	7.35		
中間壁 (R6 通り)	50.1	10.5		
ボックス壁 (R7 通り)	687	717		

	鉛直震度		
市 12.	Sd (軸力係数)	静的地震力	
RCCV,ボックス壁 及び中間壁	0.44	0.24	
RPV 基礎	0.49	0.24	
基礎スラブ	0. 38	0.24	

表 4-4 地震荷重(K<sub>d</sub>)(鉛直震度)

部位	せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)
	S s
ボックス壁 (RA 通り)	312
中間壁 (RB 通り)	83.6
RCCV	241
RPV 基礎	59.3
中間壁 (RF 通り)	62.7
ボックス壁 (RG 通り)	312

表 4-5 地震荷重(K<sub>s</sub>)(せん断力) (a) NS 方向

(b) EW方向

部位	せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN)
	S s
ボックス壁 (R1 通り)	379
中間壁 (R2 通り)	49.7
中間壁 (R3 通り)	29.3
RCCV	241
RPV 基礎	59.3
中間壁 (R5 通り)	23.8
中間壁 (R6 通り)	31.8
ボックス壁 (R7 通り)	379

±11 /+	曲げモーメント (×10 <sup>4</sup> kN・m)
前) 11/2	S s
ボックス壁 (RA 通り)	1150
中間壁 (RB 通り)	250
RCCV	779
RPV 基礎	120
中間壁 (RF 通り)	188
ボックス壁 (RG 通り)	1150

表 4-6 地震荷重(K<sub>s</sub>) (曲げモーメント) (a) NS 方向

(b) EW方向

部位	曲げモーメント (×10 <sup>4</sup> kN・m)
	S s
ボックス壁 (R1 通り)	1180
中間壁 (R2 通り)	131
中間壁 (R3 通り)	77.6
RCCV	675
RPV 基礎	120
中間壁 (R5 通り)	62.9
中間壁 (R6 通り)	84.1
ボックス壁 (R7 通り)	1180

我!!: 地展向重 (	IX <sub>s</sub> ) (如臣辰汉)
<b>立</b> 7 /士	鉛直震度
司3 1立	S s (軸力係数)
RCCV,ボックス壁 及び中間壁	0.88
RPV 基礎	0.96
基礎スラブ	0.76

表 4-7 地震荷重(K<sub>s</sub>)(鉛直震度)

c. 地震時土圧荷重(E<sub>d</sub>, E<sub>s</sub>)

地震時土圧荷重は, 地震時土圧により地下外壁を介して作用する荷重として,

JEAG4601-1991追補版に基づき算出した荷重を包絡させて設定する。 地震時土圧荷重を表4-8に、地震時土圧による荷重分布を図4-2に示す。

標高 (m)
S d 地震時土圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)
S s 地震時土圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)
T. M. S. L. 12. 0~T. M. S. L. -6. 0
260+0.65・γ・h
460+0.65・γ・h
T. M. S. L. -6. 0~T. M. S. L. -8. 2
710
1180

表 4-8 地震時土圧荷重(E<sub>d</sub>, E<sub>s</sub>)

注:記号は以下のとおり。

γ: 土の単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>)

h:地表面からの深さ(m)



S d 地震時土圧荷重

S s 地震時土圧荷重

図 4-2 地震時土圧による荷重分布

4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-9 に示す。

外力の状態	荷重 番号	荷重の組合せ
S d 地震時*	1	$D L + P_1 + T_1 + H_1 + K_d + E_d$
S s 地震時	2	$D L + P_1 + H_1 + K_s + E_s$

表 4-9 荷重の組合せ

注記\*:温度荷重がない場合も考慮する。

- DL : 死荷重及び活荷重
- P<sub>1</sub>:運転時圧力
- T<sub>1</sub>:運転時温度荷重
- H<sub>1</sub>:逃がし安全弁作動時荷重
- K<sub>d</sub>, K<sub>s</sub> : 地震荷重
- E<sub>d</sub>, E<sub>s</sub> :地震時土圧荷重

### 4.3 許容限界

応力解析による評価における周辺部基礎の許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本 方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持の方針に基づき、表 4-10 及び表 4-11 のとおり設定する。

また, コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 4-12 及び表 4-13 に, コンクリート及び鉄筋の許容ひずみを表 4-14 に示す。

要求 機能	機能設計上の 性能目標	地震力	部位	機能維持のための 考え方	許容限界 (評価基準値)
	弾性設計用 地震動 S d 及び静的地 震力	周辺部 基礎	部材に生じる応力 が構造強度を確保 するための許容限 界を超えないこと を確認	RC-N規準に基づく 短期許容応力度	
_	伸迫加度を有すること	基準地震動 S s	周辺部基礎	部材に生じる応力 及びひずみが構造 強度を確保するた めの許容限界を超 えないことを確認	<ul> <li>・ひずみ*1 コンクリート</li> <li>3.0×10<sup>-3</sup> (圧縮) 鉄筋</li> <li>5.0×10<sup>-3</sup></li> <li>・面外せん断力*2 短期許容せん断力</li> </ul>
支持 機能 <sup>*3</sup>	機器・配管系等 の設備を支持す る機能を損なわ ないこと	基準地震動 S s	周辺部 基礎	部材に生じる応力 及びひずみが支持 機能を維持するた めの許容限界を超 えないことを確認	<ul> <li>・ひずみ*1 コンクリート</li> <li>3.0×10<sup>-3</sup> (圧縮)</li> <li>鉄筋</li> <li>5.0×10<sup>-3</sup></li> <li>・面外せん断力*2 短期許容せん断力</li> </ul>

表 4-10 応力解析による評価における許容限界 (設計基準対象施設としての評価)

注記\*1:CCV 規格に基づく。

\*2: RC-N 規準に基づく。

\*3:「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響」の確認が含まれる。

表 4-11 応力解析による評価における許容限界

要求 機能	機能設計上の 性能目標	地震力	部位	機能維持のための 考え方	許容限界 (評価基準値)
_	構造強度を 有すること	基準地震動 S s	周辺部 基礎	部材に生じる応力 及びひずみが構造 強度を確保するた めの許容限界を超 えないことを確認	<ul> <li>・ ひずみ*1 コンクリート</li> <li>3.0×10<sup>-3</sup> (圧縮) 鉄筋</li> <li>5.0×10<sup>-3</sup></li> <li>・ 面外せん断力*2 短期許容せん断力</li> </ul>
支持 機能* <sup>3</sup>	機器・配管系等 の設備を支持す る機能を損なわ ないこと	基準地震動 S s	周辺部 基礎	部材に生じる応力 及びひずみが支持 機能を維持するた めの許容限界を超 えないことを確認	<ul> <li>・ひずみ*1 コンクリート</li> <li>3.0×10<sup>-3</sup> (圧縮) 鉄筋</li> <li>5.0×10<sup>-3</sup></li> <li>・面外せん断力*2 短期許容せん断力</li> </ul>

(重大事故等対処施設としての評価)

注記\*1:CCV 規格に基づく。

\*2:RC-N 規準に基づく。

\*3:「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響」の確認が含まれる。

表 4-12 コンクリートの許容応力度

(単位:N/mm<sup>2</sup>)

	設計基準強度 F 。= 29.4				
外力の状態	応力状態1*1		応力状態2*2		
	圧縮	せん断	圧縮	せん断	
S d 地震時	19.6	1.17	22.0	1.17	
Ss地震時	_	1.17	_	_	

注記\*1:「応力状態 1」とは、各荷重状態において温度荷重により生じる応力を除いた応力が生じている状態をいう。

\*2:「応力状態 2」とは、各荷重状態において温度荷重による応力が生じている状態をいう。

## 表 4-13 鉄筋の許容応力度

(単位:N/mm<sup>2</sup>)

外力の状態	引張及び圧縮	面外せん断補強
で」を	SD35(SD345 相当)	SD35(SD345 相当)
5 0 地展时	345	345

### 表4-14 コンクリート及び鉄筋の許容ひずみ

外力の状態	コンクリート (圧縮ひずみ)	鉄筋 (圧縮ひずみ及び引張ひずみ)
S s 地震時	0.003	0.005

- 4.4 解析モデル及び諸元
  - 4.4.1 モデル化の基本方針
    - (1) 基本方針

Sd地震時における応力解析は、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析を実施する。解析には、解析コード「MSC NASTRAN」を用いる。Ss地震時における応力解析は、3次元 FEM モデルを用いた弾塑性応力解析を実施する。 解析には、解析コード「ABAQUS」を用いる。また、解析コードの検証及び 妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」 に示す。

応力解析モデルは、周辺部基礎のほか、RCCV、使用済燃料貯蔵プール、蒸気乾燥器・気水分離器ピット及びダイヤフラムフロアを一体としたモデルである。応力解析における評価対象部位は、周辺部基礎であるが、各部の荷重伝達を考慮するために周辺部を含むモデルを用いることとした。なお、本解析モデルは、V-2-9-2-1「原子炉格納容器コンクリート部の耐震性についての計算書」と同一である。地震荷重時の解析モデルを図4-3に示す。

Sd 地震時における熱応力の解析に用いるコンクリートの弾性係数は, 1/3 に 低減した値を用いる。

(2) 使用要素

Sd地震時における解析モデルに使用する FEM 要素は、シェル要素とする。使用する要素は四辺形及び三角形で、この要素は均質等方性材料によるシェル要素である。

S s 地震時における解析モデルに使用する FEM 要素は,積層シェル要素とする。 使用する要素は四辺形及び三角形で,この要素は鉄筋層をモデル化した異方性材 料による積層シェル要素である。

各要素には,板の曲げと軸力を同時に考えるが,板の曲げには面外せん断変形 の影響も考慮する。

解析モデルの節点数は7805,要素数は11024である。

(3) 境界条件

3 次元 FEM モデルの基礎スラブ底面及び側面に, V-2-2-1「原子炉建屋の地震 応答計算書」に示す地盤ばねを離散化して,水平方向及び鉛直方向のばねを設け る。3 次元 FEM モデルの水平方向のばねについては,地震応答解析モデルのスウ ェイばね及び側面水平ばねを,鉛直方向のばねについては,地震応答解析モデル のロッキングばね及び側面回転ばねを基に設定を行う。なお,基礎スラブ底面の 地盤ばねについては,引張力が発生したときに浮上りを考慮する。

28

また,3 次元 FEM モデルの上部構造物に対する周辺床及び外壁の剛性並びに基礎スラブに対する上部構造物の剛性を考慮する。中間壁の脚部位置については,はり要素を設ける。



30



注:太線部は耐震壁の位置を示す。

(c) 基礎スラブ要素分割図図 4-3 解析モデル(2/2)

## 4.4.2 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-15 及び表 4-16 に示す。

*	物性	生値
	上部構造物	基礎スラブ
ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	2.88×10 <sup>4</sup> * 1	2. $79 \times 10^{4} * 2$
ポアソン比	0.2	0.2

表 4-15 コンクリートの物性値

注記\*1:剛性はコンクリートの実強度(43.1N/mm<sup>2</sup>)に基づく。

\*2: 剛性はコンクリートの実強度(39.2N/mm<sup>2</sup>)に基づく。

表 4-16 鉄筋の物性値

諸元	物性値
鉄筋の種類	SD40(SD390 相当) SD35(SD345 相当)
ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	2. $05 \times 10^5$

## 4.4.3 材料構成則

Ss地震時に対する評価で用いる材料構成則を図4-4に示す。

なお,ヤング係数は実強度に基づく値とし,コンクリートの圧縮強度は設計基 準強度に基づく値とする。



F。: コンクリートの設計基準強度

項目	設定
圧縮強度	-0.85F。(CCV 規格)
終局圧縮ひずみ	-3000×10 <sup>-6</sup> (CCV 規格)
圧縮側のコンクリート構成則	CEB-FIP Model code に基づき設 定 (引用文献(1)参照)
ひび割れ発生後の引張軟化曲線	出雲ほか(1987)による式 (c=0.4)(引用文献(2)参照)
引張強度	$\sigma_{\rm t} = 0.38 \sqrt{F_{\rm c}} (RC  \ddagger 1)$

注:引張方向の符号を正とする。

(a) コンクリートの応力-ひずみ関係

- ・鉄筋の構成則:バイリニア型
- ・終局ひずみ:±5000×10<sup>-6</sup> (CCV 規格)



σ<sub>y</sub>:鉄筋の降伏強度

注:引張方向の符号を正とする。

(b) 鉄筋の応力-ひずみ関係

図 4-4 材料構成則 (2/2)

### 4.5 評価方法

4.5.1 応力解析方法

周辺部基礎について, Sd地震時に対して3次元 FEM モデルを用いた弾性応力 解析を実施し, Ss地震時に対して3次元 FEM モデルを用いた弾塑性応力解析を 実施する。

(1) 荷重ケース

Sd地震時及びSs地震時の応力は,次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

DL : 死荷重及び活荷重

 P1
 :運転時圧力

- T<sub>1</sub>:運転時温度荷重
- H<sub>1</sub>:逃がし安全弁作動時荷重
- K<sub>d1SN</sub>\* : S→N 方向 S d 地震荷重(動的地震力)
- K<sub>d1WE</sub>\* : W→E 方向 S d 地震荷重(動的地震力)
- K<sub>d1DU</sub>\*:鉛直方向 Sd地震荷重(動的地震力)
- K<sub>d2SN</sub>\* : S→N 方向 S d 地震荷重(静的地震力)
- K<sub>d2WE</sub>\* : W→E 方向 S d 地震荷重(静的地震力)
- K<sub>d2DU</sub>\* : 鉛直方向 S d 地震荷重(静的地震力)
- K<sub>sSN</sub>\* :S→N方向 S s 地震荷重
- K<sub>sWE</sub>\* : W→E方向 Ss地震荷重
- K<sub>sDU</sub>\* : 鉛直方向 S s 地震荷重
- E<sub>dNS</sub> : NS 方向 S d 地震時土圧荷重
- E<sub>dEW</sub> : EW 方向 S d 地震時土圧荷重
- E<sub>sNS</sub> : NS 方向 S s 地震時土圧荷重
- E<sub>sEW</sub> : EW 方向 S s 地震時土圧荷重
- 注記\*:計算上の座標軸を基準として, EW 方向は W→E 方向の加力, NS 方向は S→N 方向の加力, 鉛直方向は上向きの加力を記載している。
(2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-17 に示す。

水平地震力と鉛直地震力の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程JEA C4601-2008((社)日本電気協会)」を参考に、組合せ係数法(組合せ係数 は1.0と0.4)を用いるものとする。

外力の状態	ケース	荷重の組合せ
01.地雷咕	NO.	
Sd 地晨时	1-1	$D L + P_{1} + [T_{1}] + H_{1} + 1.0 K_{d 1 S N} + 0.4 K_{d 1 D U} + 1.0 E_{d N S}$
	1-2	$D L + P_{1} + [T_{1}] + H_{1} + 1.0 K_{d 1 W E} + 0.4 K_{d 1 D U} + 1.0 E_{d E W}$
	1-3	$D L + P_{1} + [T_{1}] + H_{1} - 1.0 K_{d 1 S N} + 0.4 K_{d 1 D U} + 1.0 E_{d N S}$
	1-4	D L + P $_{1}$ + [T $_{1}$ ] + H $_{1}$ - 1.0 K $_{d \ 1 \ W E}$ + 0.4 K $_{d \ 1 \ D \ U}$ + 1.0 E $_{d \ E \ W}$
	1-5	D L + P $_{1}$ + [T $_{1}$ ] + H $_{1}$ + 1.0 K $_{d \ 1 \ S \ N}$ - 0.4 K $_{d \ 1 \ D \ U}$ + 1.0 E $_{d \ N \ S}$
	1-6	D L + P $_{1}$ + [T $_{1}$ ] + H $_{1}$ + 1.0K $_{d \ 1 \ W E}$ - 0.4K $_{d \ 1 \ D \ U}$ + 1.0E $_{d \ E \ W}$
	1 - 7	D L + P $_{1}$ + [T $_{1}$ ] + H $_{1}$ - 1.0K $_{d 1 S N}$ - 0.4K $_{d 1 D U}$ + 1.0E $_{d N S}$
	1-8	D L + P $_{1}$ + [T $_{1}$ ] + H $_{1}$ - 1.0 K $_{d \ 1 \ W E}$ - 0.4 K $_{d \ 1 \ D \ U}$ + 1.0 E $_{d \ E \ W}$
	1-9	D L + P $_{1}$ + [T $_{1}$ ] + H $_{1}$ + 0. 4K $_{d \ 1 \ S \ N}$ + 1. 0K $_{d \ 1 \ D \ U}$ + 0. 4E $_{d \ N \ S}$
	1-10	D L + P $_{1}$ + [T $_{1}$ ] + H $_{1}$ + 0. 4 K $_{d \ 1 \ W E}$ + 1. 0 K $_{d \ 1 \ D \ U}$ + 0. 4 E $_{d \ E \ W}$
	1-11	D L + P $_{1}$ + [T $_{1}$ ] + H $_{1}$ - 0. 4K $_{d \ 1 \ S \ N}$ + 1. 0K $_{d \ 1 \ D \ U}$ + 0. 4E $_{d \ N \ S}$
	1-12	D L + P $_{1}$ + [T $_{1}$ ] + H $_{1}$ - 0. 4 K $_{d \ 1 \ W E}$ + 1. 0 K $_{d \ 1 \ D \ U}$ + 0. 4 E $_{d \ E \ W}$
	1-13	D L + P $_{1}$ + [T $_{1}$ ] + H $_{1}$ + 0. 4 K $_{d 1 S N}$ - 1. 0 K $_{d 1 D U}$ + 0. 4 E $_{d N S}$
	1-14	D L + P $_{1}$ + [T $_{1}$ ] + H $_{1}$ + 0. 4 K $_{d \ 1 \ W E}$ - 1. 0 K $_{d \ 1 \ D \ U}$ + 0. 4 E $_{d \ E \ W}$
	1-15	D L + P $_{1}$ + [T $_{1}$ ] + H $_{1}$ - 0. 4 K $_{d 1 S N}$ - 1. 0 K $_{d 1 D U}$ + 0. 4 E $_{d N S}$
	1-16	D L + P $_{1}$ + [T $_{1}$ ] + H $_{1}$ - 0. 4 K $_{d \ 1 \ W E}$ - 1. 0 K $_{d \ 1 \ D \ U}$ + 0. 4 E $_{d \ E \ W}$
	1-17	$D L + P_{1} + [T_{1}] + H_{1} + 1.0 K_{d 2 S N} + 1.0 K_{d 2 D U} + 1.0 E_{d N S}$
	1-18	$D L + P_{1} + [T_{1}] + H_{1} + 1.0 K_{d 2WE} + 1.0 K_{d 2DU} + 1.0 E_{dEW}$
	1-19	D L + P $_{1}$ + [T $_{1}$ ] + H $_{1}$ - 1.0 K $_{d 2 S N}$ + 1.0 K $_{d 2 D U}$ + 1.0 E $_{d N S}$
	1-20	$D L + P_{1} + [T_{1}] + H_{1} - 1.0 K_{d 2WE} + 1.0 K_{d 2DU} + 1.0 E_{dEW}$
	1-21	$D L + P_{1} + [T_{1}] + H_{1} + 1.0 K_{d 2 S N} - 1.0 K_{d 2 D U} + 1.0 E_{d N S}$
	1-22	$D L + P_{1} + [T_{1}] + H_{1} + 1.0 K_{d 2WE} - 1.0 K_{d 2DU} + 1.0 E_{d EW}$
	1-23	$D L + P_{1} + [T_{1}] + H_{1} - 1.0 K_{d 2 S N} - 1.0 K_{d 2 D U} + 1.0 E_{d N S}$
	1-24	$D L + P_{1} + [T_{1}] + H_{1} - 1.0 K_{d 2WE} - 1.0 K_{d 2DU} + 1.0 E_{d EW}$
X). [ ],],		

表 4-17 荷重の組合せケース (1/2)

注:[]は応力状態2に対する荷重を表す。

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S s 地震時	2-1	D L + P <sub>1</sub> +H <sub>1</sub> +1.0K <sub>s S N</sub> +0.4K <sub>s D U</sub> +1.0E <sub>s N S</sub>
	2-2	D L + P <sub>1</sub> + H <sub>1</sub> + 1.0 K $_{sWE}$ + 0.4 K $_{sDU}$ + 1.0 E $_{sEW}$
	2-3	D L + P <sub>1</sub> + H <sub>1</sub> - 1.0 K <sub>s S N</sub> + 0.4 K <sub>s D U</sub> + 1.0 E <sub>s N S</sub>
	2-4	D L + P <sub>1</sub> + H <sub>1</sub> - 1.0K <sub>sWE</sub> + 0.4K <sub>sDU</sub> + 1.0E <sub>sEW</sub>
	2-5	D L + P <sub>1</sub> +H <sub>1</sub> +1.0K <sub>s S N</sub> -0.4K <sub>s D U</sub> +1.0E <sub>s N S</sub>
	2-6	D L + P <sub>1</sub> + H <sub>1</sub> + 1.0K <sub>sWE</sub> - 0.4K <sub>sDU</sub> + 1.0E <sub>sEW</sub>
	2-7	D L + P <sub>1</sub> + H <sub>1</sub> - 1.0K <sub>s SN</sub> - 0.4K <sub>s DU</sub> + 1.0E <sub>s NS</sub>
	2-8	D L + P <sub>1</sub> + H <sub>1</sub> - 1.0K <sub>sWE</sub> - 0.4K <sub>sDU</sub> + 1.0E <sub>sEW</sub>
	2-9	D L + P <sub>1</sub> + H <sub>1</sub> + 0. 4 K <sub>s S N</sub> + 1. 0 K <sub>s D U</sub> + 0. 4 E <sub>s N S</sub>
	2-10	D L + P <sub>1</sub> + H <sub>1</sub> + 0. 4 K $_{s WE}$ + 1. 0 K $_{s DU}$ + 0. 4 E $_{s EW}$
	2-11	D L + P <sub>1</sub> + H <sub>1</sub> - 0. 4 K <sub>s S N</sub> + 1. 0 K <sub>s D U</sub> + 0. 4 E <sub>s N S</sub>
	2-12	D L + P <sub>1</sub> + H <sub>1</sub> - 0. 4 K <sub>s W E</sub> + 1. 0 K <sub>s D U</sub> + 0. 4 E <sub>s E W</sub>
	2-13	D L + P <sub>1</sub> + H <sub>1</sub> + 0. 4 K <sub>s S N</sub> - 1. 0 K <sub>s D U</sub> + 0. 4 E <sub>s N S</sub>
	2-14	D L + P <sub>1</sub> + H <sub>1</sub> + 0. 4 K $_{sWE}$ - 1. 0 K $_{sDU}$ + 0. 4 E $_{sEW}$
	2-15	D L + P <sub>1</sub> + H <sub>1</sub> - 0. 4 K <sub>s S N</sub> - 1. 0 K <sub>s D U</sub> + 0. 4 E <sub>s N S</sub>
	2-16	D L + P <sub>1</sub> + H <sub>1</sub> - 0.4 K $_{sWE}$ - 1.0 K $_{sDU}$ + 0.4 E $_{sEW}$

表 4-17 荷重の組合せケース (2/2)

- (3) 荷重の入力方法
  - a. 地震荷重

基礎スラブに上部構造物から作用する水平地震力については,上部構造物か らのせん断力及び曲げモーメントを基礎スラブの当該位置の節点に離散化して 節点荷重として入力する。

基礎スラブに上部構造物から作用する鉛直地震力については,上部構造物か らの軸力とし,鉛直力に置換し,モデル上の各節点における支配面積に応じた 節点力として入力する。

基礎スラブ内に作用する荷重については、地震時の上部構造物からの入力荷 重と基礎スラブ底面及び側面に発生する荷重の差を FEM モデルの各要素の大き さに応じて分配し、節点荷重として入力する。

b. 温度荷重

Sd地震時における熱応力については,CCV規格に基づき,部材の剛性を一 律に低減する一律低減法により評価する。

c. 地震荷重及び温度荷重以外の荷重

地震荷重及び温度荷重以外の荷重については,FEM モデルの各節点又は各要素に,集中荷重又は分布荷重として入力する。

4.5.2 断面の評価方法

周辺部基礎の断面の評価に用いる応力は、3 次元 FEM モデルを用いた応力解析 により得られた各荷重による断面力(軸力,曲げモーメント,せん断力)とする。 周辺部基礎の断面力成分を図 4-5 に示す。



図 4-5 周辺部基礎の断面力成分

(1) Sd地震時

周辺部基礎について,軸力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力 度並びに面外せん断力が,各許容値を超えないことを確認する。

a. 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は,軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想 柱として算定する。

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋の引張応力度及びコンクリートの圧縮応 力度を算定する際は, RC-N 規準に基づき,表 4-12 及び表 4-13 に示す許容応 力度を超えないことを確認する。 b. 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、RC-N規準に基づき行う。

面外せん断力が,次式を基に算定した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

 $Q_{A} = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_{s} + 0.5 \cdot w f_{t} \cdot (p_{w} - 0.002) \} \cdots \cdots \cdots \cdots (4.1)$  $\Xi \subseteq \mathfrak{C},$ 

- Q<sub>A</sub> :許容面外せん断力(N)
- b : 断面の幅 (mm)
- j : 断面の応力中心間距離で,断面の有効せいの 7/8 倍の値(mm)
- f s : コンクリートの短期許容せん断応力度で,表 4-12 に示す値 (N/mm<sup>2</sup>)
- α :許容せん断力の割増し係数

(2を超える場合は2,1未満の場合は1とする。また,引張軸力が2N/mm<sup>2</sup>を超える場合は1とする。)

- M :曲げモーメント(N・mm)
- Q : せん断力(N)
- d : 断面の有効せい(mm)
- wft : さん断補強筋の短期許容引張応力度で,表4-13に示す値

 $(N/mm^2)$ 

pw : せん断補強筋比で,次式による。(0.002以上とする。\*)

a w: せん断補強筋の断面積(mm<sup>2</sup>)

x : せん断補強筋の間隔(mm)

注記\*:せん断補強筋がない領域については、第2項を0とする。

(2) S s 地震時

周辺部基礎について、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートの ひずみ並びに面外せん断力が、各許容値を超えないことを確認する。

a. 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は,軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想 柱として算定する。

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみが、CCV 規格の CVE-3521.2 に基づき、表 4-14 に示す許容ひずみを超えないことを確認する。

b. 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、RC-N規準に基づき行う。

面外せん断力が,「(1) Sd地震時」と同様に算定した許容面外せん断力 を超えないことを確認する。

3 次元 FEM モデルを用いた応力の算定において, FEM 要素に応力集中等が見られる場合については, RC-N 規準に基づき, 応力の再配分等を考慮してある一定の 領域の応力を平均化したうえで断面の評価を行う。

- 5. 評価結果
- 5.1 地震応答解析による評価結果 地震時の最大接地圧が,地盤の許容限界を超えないことを確認する。
  - 5.1.1 Sd地震時
    - 材料物性の不確かさを考慮したSd地震時の最大接地圧が 1340kN/m<sup>2</sup> であるこ とから,地盤の短期許容支持力度(4110kN/m<sup>2</sup>)を超えないことを確認した。 Sd地震時の最大接地圧を表 5-1 に示す。
  - 5.1.2 Ss地震時

材料物性の不確かさを考慮したSs地震時の最大接地圧が 2620kN/m<sup>2</sup> であることから,地盤の極限支持力度(6170kN/m<sup>2</sup>)を超えないことを確認した。

Ss地震時の最大接地圧を表 5-2 に示す。

	NS方向	EW方向				
検討ケース	Sd-1, ケース6	Sd-2, ケース6				
鉛直力 N(×10 <sup>5</sup> kN)	22.7	21.7				
転倒モーメント M(×10 <sup>6</sup> kN・m)	20.4	23.0				
最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )	1320	1340				

表 5-1 Sd地震時の最大接地圧

表 5-2 S s 地震時の最大接地圧

	NS方向*	EW方向*
検討ケース	Ss-1, ケース6	Ss-2, ケース6
鉛直力 N (×10 <sup>5</sup> kN)	29.0	28.8
転倒モーメント M(×10 <sup>6</sup> kN・m)	34.7	39.0
最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )	2360	2620

注記\*:誘発上下動を考慮。

5.2 応力解析による評価結果

「4.5.2 断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果を以下に示す。また、3 次元 FEM モデルの配筋領域図を図 5-1 に、配筋一覧を表 5-3 に示す。

5.2.1 Sd地震時

断面の評価結果を記載する要素は,軸力及び曲げモーメントによる引張応力度 及び圧縮応力度並びに面外せん断力に対する評価において,発生値に対する許容 値の割合が最小となる要素とする。

選定した要素の位置を図 5-2 に,評価結果を表 5-4 に示す。

Sd 地震時において,軸力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力 度並びに面外せん断応力度が,各許容値を超えないことを確認した。

5.2.2 Ss地震時

断面の評価結果を記載する要素は、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコ ンクリートのひずみ並びに面外せん断力に対する評価において、発生値に対する 許容値の割合が最小となる要素とする。

選定した要素の位置を図 5-3 に,評価結果を表 5-5 に示す。

S s 地震時において,軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートの ひずみ並びに面外せん断応力度が,各許容値を超えないことを確認した。





47

表 5-3 配筋一覧

(a) 主筋

絔柆		上ば筋	下ば筋		
限域	方向	配筋	方向	配筋	
А	放射	5×320-D38	NS	5-D38@200	
	円周	5-D38@200	EW	5-D38@200	
В	NS	3-D38@200	NS	5-D38@200	
	EW	3-D38@200	EW	5-D38@200	
С	NS	3-D38@200	NS	3-D38@200	
	EW	3-D38@200	EW	3-D38@200	

(b) せん断補強筋

領域	配筋
а	$D35@400 \times 400$





評価項目			要素番号	組合せ ケース	発生値	許容値
軸力	コンクリート圧縮応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	EW	10002429	1-19	5.75	22.0
+ 曲げモーメント	鉄筋引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	EW	10002421	1-23	234	345
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	EW	10001047	1-22	1.17	2.34

表 5-4 評価結果 (Sd 地震時)

表 5-5 評価結果 (S s 地震時)

評価項目			要素番号	組合せ ケース	発生値	許容値
軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ (×10 <sup>-3</sup> )	NS	10001186	2-1	0.264	3.00
	鉄筋圧縮ひずみ (×10 <sup>-3</sup> )	NS	10001186	2-1	0.228	5.00
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	EW	10002411	2-2	2.36	3.01

- 6. 引用文献
  - Comite Euro-International du Beton: CEB-FIP MODEL CODE 1990 (DESIGN CODE), 1993
  - (2) 出雲淳一, 島弘, 岡村甫: 面内力を受ける鉄筋コンクリート板要素の解析モデル, コンクリート工学, Vol. 25, No. 9, 1987.9

V-2-9-4 圧力低減設備その他の安全設備の耐震性についての計算書

V-2-9-4-1 真空破壊弁の耐震性についての計算書

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	3
2.4 記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
3. 評価部位	5
4. 固有周期	7
5. 構造強度評価	7
5.1 構造強度評価方法	7
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	7
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
5.2.2 許容応力	7
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
5.2.4 設計荷重 ······	12
5.3 設計用地震力	13
5.4 計算方法	14
5.4.1 最高使用圧力(内圧)による応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	15
5.4.2 最高使用圧力(外圧)による応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	15
5.4.3 真空破壊弁に作用する荷重による応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	15
5.5 計算条件	19
5.6 応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	19
6. 機能維持評価	20
6.1 動的機能維持評価方法 2	20
7. 評価結果	21
7.1 設計基準対象施設としての評価結果 2	21
7.2 重大事故等対処設備としての評価結果 2	24

1. 概要

本計算書は、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びV-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、真空破壊弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

真空破壊弁は設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては 常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下,設計基準対象 施設及び重大事故等対処設備としての構造強度及び動的機能評価を示す。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

真空破壊弁の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画



 $\sim$ 

## 2.2 評価方針

真空破壊弁の応力評価は、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及び V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づ き、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界内に 収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、機能 維持評価は、V-2-1-9「機能維持の機能方針」にて設定した動的機能維持の方針に基づき、 地震時の応答加速度が動的機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示 す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

真空破壊弁の耐震評価フローを図 2-1 に示す。



図 2-1 真空破壊弁の耐震評価フロー

2.3 適用規格·基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版 ((社)日本電気協会)
- ・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。)) J S M E
  S N C 1 2005/2007)(以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
А	面積	$\mathrm{mm}^2$
Сн	水平方向設計震度	—
Сv	鉛直方向設計震度	—
D	死荷重	—
D i *	直径 (i=0, 1)	mm
ℓ 1	長さ	mm
Mc	モーメント	N•mm
Md	機械的荷重	—
ML	モーメント	N•mm
Msad	機械的荷重(SA時)	—
Ν	軸力	Ν
Р	最高使用圧力 (内圧)	MPa, kPa
РD	圧力	—
P e	最高使用圧力 (外圧)	MPa, kPa
PSAD	圧力 (SA時)	
Q	せん断力	Ν
S	許容引張応力	MPa
S d	弾性設計用地震動Sdにより定まる地震力	
S d *	弾性設計用地震動Sdにより定まる地震力又は静的地震力	—
Sm	設計応力強さ	MPa
S s	基準地震動Ssにより定まる地震力	
S u	設計引張強さ	MPa
S y	設計降伏点	MPa
S <sub>y</sub> (RT)	40℃における設計降伏点	MPa
tı	厚さ	mm
W 1	死荷重	Ν
Z	断面係数	$\mathrm{mm}^3$
σℓ	軸方向応力	MPa
σt	円周方向応力	MPa
τ	せん断応力	MPa

注記\*:Diの添字iの意味は、以下のとおりとする。

i =0:パイプ外径 i =1:パイプ内径

## 3. 評価部位

真空破壊弁の配置図を図 3-1 に,形状及び主要寸法を図 3-2 に,使用材料及び使用部位を 表 3-1 に示す。



図 3-1 真空破壊弁の配置図



注記\*1:W<sub>1</sub>(死荷重)の作用点を示す。 \*2:ℓ<sub>1</sub>寸法は最大長さを示す。



図 3-2 真空破壊弁の形状及び主要寸法(単位:mm)

表 3-1 使用材料表

使用部位	使用材料	備考	
パイプ	SGV49	SGV480 相当	

4. 固有周期

真空破壊弁は、パイプが原子炉本体の基礎に埋め込まれた構造であり、原子炉本体の基礎からの突出し長さに対して断面剛性が高いため、固有周期は十分に小さく剛構造となる。 よって、固有周期の計算は省略する。

- 5. 構造強度評価
- 5.1 構造強度評価方法
  - (1) 真空破壊弁は、パイプが原子炉本体の基礎に埋め込まれた構造であり、地震荷重は原子 炉本体の基礎を介して原子炉建屋に伝達される。 真空破壊弁の耐震評価として、V-2-2-4「原子炉本体の基礎の地震応答計算書」におい

て計算された荷重を用いて構造強度評価を行う。また,重大事故等対処設備としての評価 においては,没水時における真空破壊弁内部の水重量を考慮する。

- (2) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。
- (3) 概略構造図を表 2-1 に示す。
- 5.2 荷重の組合せ及び許容応力
  - 5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

真空破壊弁の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち,設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

- 詳細な荷重の組合せは,対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお,考慮する荷 重の組合せは,組み合わせる荷重の大きさを踏まえ,評価上厳しくなる組合せを選定す る。
- 5.2.2 許容応力

真空破壊弁の許容応力はV-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 に示すとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

真空破壊弁の使用材料の許容応力評価条件のうち,設計基準対象施設の評価に用いる ものを表 5-4 に,重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

施設区分		機器名称	耐震重要度 分類	機器等 の区分	荷重の組合せ	許容応力状態	
原子炉格納	圧力低減設備	t other a		*	$D + P_D + M_D + S d^*$	III A S	
施設	その他の安全設備	具空破壊开	S	S	**	$D + P_D + M_D + S_s$	IV <sub>A</sub> S

表5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

注記\*:クラス2容器の荷重の組合せ及び許容応力状態で評価する。

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等 の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納 施設	圧力低減設備 その他の安全 設備	真空破壊弁	常設耐震/防止 常設/緩和	*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S s^{*3}$	$V{}_{A}S{}^{*4}$

表5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記\*1:「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2:重大事故等クラス2容器の荷重の組合せ及び許容応力状態で評価する。

\*3:重大事故等後の最高内圧(差圧),最高温度との組合せを考慮する。

\*4: VASとしてIVASの許容限界を用いる。

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
III A S	Syと0.6・Suの小さい方。 ただし,オーステナイト系ステンレス鋼及 び高ニッケル合金については1.2・Sとし てもよい。	左欄の 1.5倍の値	Sd又はSs地震動のみによる疲	*1 ぎ労解析を行い,疲労累積係数が
IV A S V A S *2	0.6•Su	左欄の 1.5倍の値	1.0以下であること。ただし,地 変動値が2・Sy以下であれば疲労	ξ動のみによる一次+二次応力の ⋮解析は不要。

表5-3 クラス2容器の許容応力

注記\*1:2・Syを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合,設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313 を除く。Smは2/3・Syと読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

\*2: VASとしてWASの許容限界を用いる。

表5-4 使用材料の許容応力評価条件(設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度≶	条件 2)	S (MPa)	Sу (MPa)	Sч (MPa)	Sy(RT) (MPa)
真空破壊弁パイプ	SGV49*	周囲環境 温度	171		229	423	

注記\*:SGV480相当

表5-5 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度≶	条件 \)	S (MPa)	Sy (MPa)	Sч (MPa)	Sy(RT) (MPa)
真空破壊弁パイプ	SGV49*	周囲環境 温度	200		226	422	

注記\*:SGV480相当

- 5.2.4 設計荷重
  - (1) 設計基準対象施設としての設計圧力及び設計温度
    設計基準対象施設としての設計圧力及び設計温度は、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に基づき設定する。

内圧(差圧)	173kPa
外圧(差圧)	14kPa
温度	171°C

- (2) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度
  重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、以下のとおりとする。
  内圧(差圧) 173kPa
  温度 200℃
- (3) 死荷重

真空破壊弁の自重を死荷重とする。

なお、重大事故等対処設備においては、没水による内包水を考慮する。

N N

設計基準対象施設	
重大事故等対処設備	

## 5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-6 及び表 5-7 に示す。

「弾性設計用地震動Sd又は静的地震力」及び「基準地震動Ss」による地震力は, V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

公····································						
据付場所	固有周期 ( s )		弾性設計用 又は静	地震動Sd 的震度	基準地震動 S s	
設置高さ (m)	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉本体の 基礎 T. M. S. L. 6. 15	*	*	Сн=0.68	C <sub>V</sub> =0.68	Сн=1.37	Cv=1.36

表 5-6 設計用地震力(設計基準対象施設)

注記\*:固有周期は十分に小さく、計算を省略する。

据付場所及び	固有 ( s	周期 s)	弾性設計用	地震動Sd	基準地震動S s	
設置高さ (m)	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉本体の 基礎 T.M.S.L. 6.15	*	*	Сн=0.68	Cv = 0.68	Сн=1.37	Cv=1.36

表 5-7 設計用地震力 (重大事故等対処設備)

注記\*:固有周期は十分に小さく、計算を省略する。

## 5.4 計算方法

真空破壊弁の応力評価点は,真空破壊弁を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し, 発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 5-8 及び図 5-1 に示す。

応力評価点番号	応力評価点
P 1	真空破壊弁パイプ (P1-A~P1-C)

表 5-8 応力評価点



図 5-1 真空破壊弁の応力評価点

5.4.1 最高使用圧力(内圧)による応力

円周方向  $\sigma_{t} = \frac{P \cdot D_{1}}{2 \cdot t_{1}}$ 軸方向  $\sigma_{\ell} = \frac{P \cdot D_{1}}{4 \cdot t_{1}}$ 

5.4.2 最高使用圧力(外圧)による応力

円周方向

$$\sigma t = -\frac{Pe \cdot (D_1 + 2 \cdot t_1)}{2 \cdot t_1}$$
軸方向
$$\sigma \ell = -\frac{Pe \cdot (D_1 + 2 \cdot t_1)}{2 \cdot t_1}$$

$$\ell = -\frac{1}{4 \cdot t_1}$$

5.4.3 真空破壊弁に作用する荷重による応力

真空破壊弁に作用する荷重として鉛直方向荷重及び水平方向荷重を考慮する。

ここで,荷重の作用位置はすべての場合に対して安全側に真空破壊弁パイプの 外側端(フランジ面)とする。

また、地震荷重の作用方向を図 5-2 のように定める。







図5-2 地震荷重の作用方向
(1) 鉛直方向荷重

鉛直方向荷重としては,真空破壊弁の死荷重(W1)がある。この荷重と地震荷重を 加え合わせて,応力計算を行う。

- a. 死荷重による鉛直方向荷重
  - (a) 死荷重

モーメント ML=W1・ℓ1 せん断力

 $Q = W_1$ 

(b) 地震荷重作用時

モーメント  $M_L = \pm C_V \cdot W_1 \cdot \ell_1$ せん断力  $Q = \pm C_V \cdot W_1$ 

ここに, Cv: 鉛直方向設計震度

(2) 水平方向荷重

水平方向荷重としては、真空破壊弁の死荷重による水平地震荷重がある。

a. 死荷重による水平地震荷重

(a) 地震荷重作用時
 軸力
 N=±CH・W1
 モーメント
 Mc=±CH・W1・ℓ1
 せん断力
 Q=±CH・W1
 ここに、CH:水平方向設計震度

(3) 各荷重による応力

(1)項及び(2)項で得られた軸力,モーメント及びせん断力により真空破壊弁パイプに 生じる応力は以下の式により計算する。

a. 軸力による応力  

$$\sigma \ell = \frac{N}{A}$$
  
ここに,  
 $A : 真空破壊弁パイプの断面積$   
 $= \frac{\pi}{4} \cdot (D_0^2 - D_1^2)$   
 $D_0 = D_1 + 2 \cdot t_1$   
b. モーメントによる応力  
 $\sigma \ell = \frac{Mc}{Z} \left( \nabla t \frac{ML}{Z} \right)$   
ここに,  
 $Z : 真空破壊弁パイプの断面係数$   
 $= \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(D_0^4 - D_1^4)}{D_0}$   
c. せん断力による応力  
 $\tau = \frac{Q}{A}$ 

# 5.5 計算条件

応力解析に用いる荷重を、「5.2 荷重の組合せ及び許容応力」及び「5.3 設計用地震力」 に示す。

5.6 応力の評価

「5.4 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。ただし、一次+二次応力が許容値を満足しない場合は、設計・建設規格 PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い、疲労累積係数が 1.0 以下であること。

- 6. 機能維持評価
- 6.1 動的機能維持評価方法

真空破壊弁の地震時又は地震後の動的機能維持評価について以下に示す。

なお,評価用加速度はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき基準地震動Ss により定まる応答加速度を設定する。

真空破壊弁は地震時動的機能維持が確認された逆止弁と類似の構造であるため、V-2-1-9 「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。

評価用加速度は表 5-6及び表 5-7に示すものを用いる。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

	₹ 0 1 小风船伸起	的加速反	(7.5.011/3)
評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
		水平	6.0
真空破壊弁	<b>逆止</b> 开	鉛直	6.0

表 6-1 機能確認済加速度

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$ 

- 7. 評価結果
- 7.1 設計基準対象施設としての評価結果

真空破壊弁の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を 満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認 した。

- (1) 構造強度評価結果構造強度評価の結果を表 7-1 及び表 7-2 に示す。
- (2) 機能維持評価結果動的機能維持評価の結果を表 7-3 に示す。

	評価部位			III A S			
評価対象設備			応力分類	算出応力	許容応力	判定	備考
				MPa	MPa		
			一次一般膜応力	9	229	0	
	P1-A	真空破壊弁パイプ	一次膜応力+一次曲げ応力	9	344	0	
			一次+二次応力	10	458	0	
	P1-B	真空破壊弁パイプ	一次一般膜応力	9	229	0	
真空破壊弁			一次膜応力+一次曲げ応力	9	344	0	
			一次+二次応力	10	458	0	
		真空破壊弁パイプ	一次一般膜応力	7	229	0	
	P1-C		次膜応力+次曲げ応力	7	344	0	
			一次+二次応力	10	458	0	

表 7-1 許容応力状態ⅢASに対する評価結果(D+PD+MD+Sd\*)

	評価部位			IV A S			
評価対象設備			応力分類	算出応力	許容応力	判定	備考
				MPa	MPa		
			一次一般膜応力	10	253	0	
	P1-A	真空破壊弁パイプ	一次膜応力+一次曲げ応力	10	380	0	
			一次+二次応力	14	458	0	
	Р1-В	真空破壊弁パイプ	一次一般膜応力	10	253	0	
真空破壊弁			一次膜応力+一次曲げ応力	10	380	0	
			一次+二次応力	14	458	0	
		真空破壊弁パイプ	一次一般膜応力	8	253	0	
	P1-C		一次膜応力+一次曲げ応力	8	380	0	
			一次+二次応力	14	458	0	

表 7-2 許容応力状態IVASに対する評価結果(D+PD+MD+Ss)

表 7	-3	動的機能0	り評価結果
<u> </u>	0		

		表 7-3 動的	機能の評価結果		$(\times 9.8 \text{m/s}^2)$	
		機能維持評価用加速度		機能確認済加速度		
	要求機能	水平	鉛直	水平	鉛直	
真空破壊弁	β (Ss) *	1.37	1.36	6.0	6.0	

注記\*:基準地震動Ss,弾性設計用地震動Sd後に動的機能が要求されることを表す。

機能維持評価用加速度(1.2ZPA)は全て機能確認済加速度以下である。

7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

真空破壊弁の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は 許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有している ことを確認した。

- (1) 構造強度評価結果
   構造強度評価結果を表 7-4 に示す。
- (2) 機能維持評価結果動的機能維持評価の結果を表 7-5 に示す。

	評価部位			V A S			
評価対象設備			応力分類	算出応力	許容応力	判定	備考
				MPa	MPa		
			一次一般膜応力	14	253	0	
	P1-A	真空破壊弁パイプ	一次膜応力+一次曲げ応力	14	379	0	
			一次+二次応力	16	452	0	
		真空破壊弁パイプ	一次一般膜応力	13	253	0	
真空破壊弁	P1-B		一次膜応力+一次曲げ応力	13	379	0	
			一次+二次応力	16	452	0	
		真空破壊弁パイプ	一次一般膜応力	10	253	0	
	P1-C		一次膜応力+一次曲げ応力	10	379	0	
			一次+二次応力	16	452	0	

表 7-4 許容応力状態 VAS に対する評価結果 (D+PSAD+MSAD+Ss)

表	7 - 5	動的機能の評価結果	
1	. 0		

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$ 

		機能維持評	価用加速度	機能確認済加速度		
	要求機能	水平	鉛直	水平	鉛直	
真空破壊弁	$\beta$ (Ss) *	1. 37	1.36	6. 0	6.0	

注記\*:基準地震動Ss,弾性設計用地震動Sd後に動的機能が要求されることを表す。

機能維持評価用加速度(1.2ZPA)は全て機能確認済加速度以下である。

V-2-9-4-2 ダイヤフラムフロアの耐震性についての計算書

1. 概要 ······	1
2. 一般事項 ······	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格·基準等 ···································	4
2.4 記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	5
3. 評価部位	6
4. 構造強度評価	8
4.1 構造強度評価方法	8
4.2 荷重の組合せ及び許容値	8
4.2.1 荷重の組合せ及び荷重状態	8
4.2.2 許容値	8
4.2.3 使用材料の許容応力度評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
4.2.4 設計荷重	13
4.3 設計用地震力	15
4.4 計算方法	15
4.4.1 評価点	15
4.4.2 解析モデル及び諸元	17
4.4.3 荷重, 応力度及びひずみ計算方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	19
4.5 計算条件	20
4.6 評価	20
5. 評価結果	21
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	21
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	37
6. 参照図書	48

#### 1. 概要

本計算書は、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びV-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に準じ、ダイヤフラムフロアが設計用地 震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

ダイヤフラムフロアは設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備に おいては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下,設計 基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応工認対象となる設計用地震力及び重大事故等時に対 する評価について記載するものとし、前述の荷重を除く荷重によるダイヤフラムフロアの評価 は、平成4年3月27日付け3資庁第13034号にて認可された工事計画の添付書類(参照図書 (1))による(以下「既工認」という。)。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ダイヤフラムフロアの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画



 $\sim$ 

### 2.2 評価方針

ダイヤフラムフロアの応力評価は、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」 及びV-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに「2.3 適用 規格・基準等」にて設定される許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用 する設計用地震力による応力度等が許容限界内に収まることを、「4. 構造強度評価」にて示 す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

ダイヤフラムフロアの耐震評価フローを図 2-1 に示す。



図 2-1 ダイヤフラムフロアの耐震評価フロー

2.3 適用規格·基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984 ((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 ((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版 ((社)日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格(コンクリート製原子炉格納容器規格 JSME S NE1-2003)(以下,「CCV規格」という。)
- ・各種合成構造設計指針・同解説(日本建築学会 1985 制定)
- ・鋼構造設計規準(日本建築学会 2005改定)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
Е	ヤング係数	$N/mm^2$
fь	許容曲げ応力度	$N/mm^2$
f s	許容せん断応力度	$N/mm^2$
F	許容応力度の基準値	$N/mm^2$
Fс	コンクリートの設計基準強度	kg/cm², N/mm²
Н	水力学的動荷重,水平方向荷重	—, kN
L	活荷重	—
Рі	压力 (i=1, 2, 3…)	—
PSAL	压力 (SA後長期内圧)	kPa
PSALL	压力 (SA後長々期内圧)	kPa
$\mathbf{P}\mathbf{w}$	面外せん断補強筋比	—
$Q_{A_{1}}$	コンクリートの許容面外せん断力	N/mm
$Q_{A2}$	鉄筋で補強した場合の許容面外せん断力	N/mm
Q x	円周方向の面外せん断力	N/mm
Q y	放射方向の面外せん断力	N/mm
R i	配管荷重 ( i =1, 2, 3…)	—
S d	弾性設計用地震動Sdにより定まる地震力	—
Sd*	弾性設計用地震動Sdにより定まる地震力又は静的地震力	—
S s	基準地震動Ssにより定まる地震力	—
S u	設計引張強さ	$N/mm^2$
Sу	設計降伏点	$N/mm^2$
T 1	温度	—
V	鉛直方向荷重,鉛直震度	$kN/m^2$ , $kN$ , —
α	線膨張係数、せん断スパン比による割増し係数	1/℃, —
сғс	コンクリートの圧縮ひずみ	—
sεс	鉄筋の圧縮ひずみ	—
sεt	鉄筋の引張ひずみ	—
ν	ポアソン比	—
ρ	単位体積質量	$kN/m^3$
сσс	コンクリートの圧縮応力度	$N/mm^2$
ѕσс	鉄筋の圧縮応力度	$N/mm^2$
sσt	鉄筋の引張応力度	$N/mm^2$

# 3. 評価部位

ダイヤフラムフロアの形状及び主要寸法を図 3-1 に、使用材料及び使用部位を表 3-1 に示す。



図 3-1 ダイヤフラムフロアの形状及び主要寸法(単位:mm)

使用部位			使用材料	備考		
鉄筋コンクリートスラブ	コンクリート部	コンクリート				
	鉄筋					
構造用鋼材						
(シアプレート)						

表 3-1 使用材料表

- 4. 構造強度評価
- 4.1 構造強度評価方法
  - (1) ダイヤフラムフロアの地震荷重は、原子炉本体基礎及び原子炉格納容器シェル部を介し て原子炉建屋に伝達される。ダイヤフラムフロアの耐震評価として、V-2-2-1「原子炉建 屋の地震応答計算書」及びV-2-2-4「原子炉本体の基礎の地震応答計算書」において計算 された荷重を用いて、参照図書(1)に示す既工認の手法に従い構造強度評価を行う。
  - (2) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。
  - (3) 概略構造図を表 2-1 に示す。
- 4.2 荷重の組合せ及び許容値
  - 4.2.1 荷重の組合せ及び荷重状態

ダイヤフラムフロアの荷重の組合せ及び荷重状態のうち,設計基準対象施設の評価に 用いるものを表 4-1 に,重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

詳細な荷重の組合せは、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い、対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお、考慮する荷重の組合せは、組み合わせる荷重の大きさを踏まえ、評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2 許容値

ダイヤフラムフロアの許容値は、「2.3 適用規格・基準等」に基づき表 4-3~表 4-9 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力度評価条件

ダイヤフラムフロアの使用材料の許容応力度評価条件を表 4-10 に示す。

施設区分機器		機器名称	耐震重要度 分類	機器等 の区分	荷重の組合せ*1		荷重状態* <sup>3</sup> <許容応力状態>
原子炉格納施設	圧力低減 設備その他 の安全設備	ダイヤ フラム フロア	S	建物・ 構築物	$D + L + P_{1} + R_{1} + T_{1} + H + S d *$ $D + L + P_{1} + R_{1} + H + S s$ $D + L + P_{2} + R_{2} + S d * *^{2}$	<ul> <li>(10)</li> <li>(11)</li> <li>(14)</li> <li>(16)</li> <li>(12)</li> <li>(13)</li> <li>(15)</li> <li>(17)</li> </ul>	III <短期> IV <短期> IV <短期>

表 4-1 荷重の組合せ及び荷重状態(設計基準対象施設)

注記\*1:()内はV-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5-3の荷重の組合せのNo.を示す。

\*2:地震荷重と組み合わせる場合は、異常発生直後を除くその後の状態の荷重と組み合わせる。

\*3:鋼構造設計規準による場合は、< >内の許容応力状態を適用する。

表 4-2	荷重の組合せ及び荷重状態	(重大事故等対処設備)
~ ~		

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等 の区分	荷重の組合せ*2		荷重状態*4 <許容応力状態>
原子炉格納	压力低減	ダイヤフラム	常設耐震/防止	建物·	$D + L + P_3 + R_3 + H + S d^{*3}$	(V(L)-1)	V <sup>*5</sup> <短期>
施設	設備その他の安全設備	フロア	常設/緩和	構築物	$D + L + P_4 + R_4 + S_5$	(V(LL)-1)	V <sup>*5</sup> <短期>

注記\*1:「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2:()内はV-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5-4の荷重の組合せのNo.を示す。

\*3:重大事故等後の最高内圧及びそのときの飽和温度との組合せを考慮する。

\*4:鋼構造設計規準による場合は、< >内の許容応力状態を適用する。

\*5:VとしてⅣの許容限界を用いる。

衣4-3 ユンクリートの計谷応力度				
応力分類	コンクリート (単位:N/mm <sup>2</sup> )			
荷重状態	圧縮応力	度*1	せん断応力度*2	
	応力状態1* <sup>3</sup>	$\frac{2}{3}$ • F c		
Ш	応力状態2* <sup>3</sup>	$\frac{3}{4}$ · F c	1.5 $\cdot \left(0.49 + \frac{F c}{100}\right)$	
IV	0.85 • F c			
V				

表4-3 コンクリートの許容応力度

注記\*1:VとしてIVの許容限界を用いる。

\*2:Ⅳ及びVとしてⅢの許容限界を用いる。

\*3: CCV規格 CVE-3120 用語の定義より,応力状態1は各荷重状態において 温度荷重により生じる応力を除いた応力が生じている状態をいう。応力 状態2は各荷重状態において応力が生じている状態をいう。

表4-4 鉄筋の許容応力度	(単位:N/mm <sup>2</sup> )
---------------	-------------------------

荷重状態	引張応力度及び圧縮応力度*	
III		
IV		
V		

注記\*:Ⅳ及びVとしてⅢの許容限界を用いる。

荷重状態	引張応力度*
Ш	
IV	
V	

表4-5 鉄筋の面外せん断力に対する許容応力度(単位:N/mm<sup>2</sup>)

注記\*:Ⅳ及びVとしてⅢの許容限界を用いる。

表4-6 鉄筋とコンクリートの許容ひずみ

-++	鉄貨	コンクリート			
何重状態	引張ひずみ*	圧縮ひずみ*	圧縮ひずみ*		
IV					
V	0.005	0.005	0.003		

注記\*:VとしてIVの許容限界を用いる。

XIII V	
荷重状態	面外せん断力*
Ш	
IV	
V	

表4-7 コンクリートの許容面外せん断力(単位:N/mm)

注記\*:Ⅳ及びVとしてⅢの許容限界を用いる。

表4-8 構造用鋼材の許容応力度

許容応力状態	曲げ	せん断
短期	1.5 • f ь	1.5 • f s

表4-9 原子炉本体基礎接合部半径方向水平力伝達用頭付スタッドの許容値(単位:N/本)

許容応力状態	せん断力
短期	

計	材料*1, *2	F (N/mm²)	Sy (N/mm²)	S u (N/mm²)	
構造用鋼材	原子炉格納容器接合部				
(シアプレート)	原子炉本体基礎接合部				
注記*1: は		を示す。			
*2	を示す。				

表 4-10 使用材料の許容応力度評価条件

- 4.2.4 設計荷重
  - (1) 設計基準対象施設としての設計荷重
     設計基準対象施設としてのダイヤフラムフロアの設計荷重を表 4-11 に示す。

	荷重	荷重記号*1	ダイヤフラムフロアに作用する荷重
通常荷重	死荷重	D	V: kN/m <sup>2</sup>
	運転時差圧	P 1	14kPa (D/W 14kPa, S/C 0kPa)
連転时何里	運転時温度	T 1	上面温度 57℃,下面温度 43℃
異常時荷重	異常時内圧*2	P 2	34kPa (D/W 34kPa, S/C 34kPa)
	弾性設計用地震動 S d に より定まる地震荷重又は 静的地震荷重	S d *	H: kN <sup>*3</sup> V: 鉛直震度 0.59 <sup>*4</sup>
地震時荷重	弾性設計用地震動Sd又 は静的地震により定まる 地震時配管荷重	S d *	$V: kN^{*5}$
	基準地震動Ssにより定 まる地震荷重	S s	H: kN <sup>*3</sup> V: 鉛直震度 1.16 <sup>*4</sup>
	基準地震動Ssにより定 まる地震時配管荷重	S s	V: kN <sup>*5</sup>

表 4-11 設計荷重(設計基準対象施設)

注1:D/Wはドライウェル,S/Cはサプレッションチェンバを示す。

注2: Vは鉛直方向を示す。(下向きを正とする。)Hは水平方向を示す。

注3:原子炉格納容器及び原子炉本体基礎より間接的に作用する水力学的動荷重についても 考慮する。

注記\*1:表 4-1の荷重の組合せの記号を示す。

\*2:異常時発生直後を除くその後の状態の荷重を示す。

- \*3: V-2-2-4「原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき設定し,既工認の値との包 絡値とする。
- \*4: V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。
- \*5: 逃がし安全弁排気管貫通部1箇所当たりの荷重を示す。

(2) 重大事故等対処設備としての設計荷重

重大事故等対処設備としてのダイヤフラムフロアの設計荷重を表 4-12 に示す。

	荷重	荷重記号*1	ダイヤフラムフロアに作用する荷重					
	死荷重	D	V: kN/m <sup>2</sup>					
	SA後長期							
重大事故 等時荷重	内圧Psal	Р 3	620kPa (D/W 620kPa, S/C 620kPa)					
	差圧Psal		173kPa (D/W 620kPa, S/C 447kPa)					
	SA後長々期							
	内圧Psall	${ m P}_4$	150kPa (D/W 150kPa, S/C 150kPa)					
	差圧Psall		100kPa (D/W 150kPa, S/C 50kPa)					
	弹性設計用地震動 S d	C 1	H: kN <sup>*2</sup>					
	により定まる地震荷重	Sa	V:鉛直震度 0.59*3					
	弾性設計用地震動 S d							
地震時荷重	により定まる地震時配	S d	$V: kN^{*4}$					
(重大事故 等時)	管荷重							
	基準地震動Ssにより	0	H : $kN^{*2}$					
	定まる地震荷重	Ss	V:鉛直震度 1.16*3					
	基準地震動Ssにより	0	N7 <b>1</b> 1N#4					
	定まる地震時配管荷重	Ss	V : KN <sup>***</sup>					

表 4-12 設計荷重(重大事故等対処設備)

注1:D/Wはドライウェル,S/Cはサプレッションチェンバを示す。

注2: Vは鉛直方向を示す。(下向きを正とする。)Hは水平方向を示す。

注3:原子炉格納容器及び原子炉本体基礎より間接的に作用する水力学的動荷重についても 考慮する。

注記\*1:表 4-2の荷重の組合せの記号を示す。

- \*2: V-2-2-4「原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき設定し,既工認の値との包 絡値とする。
- \*3: V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。
- \*4: 逃がし安全弁排気管貫通部1箇所当たりの荷重を示す。

4.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力は、「4.2.4 設計荷重」に示す荷重を用いる。なお、設計用地 震力は、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」及びV-2-2-4「原子炉本体の基礎の地震 応答計算書」に基づき設定し、既工認の値との包絡値とする。

- 4.4 計算方法
  - 4.4.1 評価点

ダイヤフラムフロアの評価点は、ダイヤフラムフロアを構成する部材の形状及び荷重 伝達経路を考慮し、発生荷重、応力度又はひずみが大きくなる部位を選定する。選定し た評価点を表 4-13 及び図 4-1~図 4-3 に示す。

評価点番号	評価点
P 1 *1	鉄筋コンクリートスラブ放射方向
P 2 *1	鉄筋コンクリートスラブ円周方向
P 3 *2	鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部 地震時水平力伝達用シアプレート
P 4 $^{*2}$	鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部 鉛直力伝達用シアプレート
P 5 *2	原子炉本体基礎接合部 地震時水平力伝達用シアプレート
P 6 *3	原子炉本体基礎接合部 半径方向水平力伝達用頭付きスタッド

表 4-13 ダイヤフラムフロアの評価点

注記\*1:CCV規格に基づき応力度,ひずみ及び面外せん断力を評価する。 \*2:鋼構造設計規準に基づき曲げ応力度及びせん断応力度を評価する。 \*3:各種合成構造設計指針・同解説に基づきせん断力を評価する。







図 4-2 ダイヤフラムフロアの評価点(鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部)



図 4-3 ダイヤフラムフロアの評価点(原子炉本体基礎接合部)

- 4.4.2 解析モデル及び諸元
  - (1) 設計基準対象施設としての解析モデル 設計基準対象施設としての評価は、既工認からの変更はなく、参照図書(1)に示すとお りである。
  - (2) 重大事故等対処設備としての解析モデル
     重大事故等対処設備としての評価における、ダイヤフラムフロアの解析モデルの概要
     を以下に示す。
    - a. ダイヤフラムフロアの解析モデルは、3次元シェルモデルによる有限要素解析手法を 適用する。ダイヤフラムフロアが平面的にほぼ対称であるため、既工認と同様に、 解析は 1/2 モデルを用いて行う。解析モデルを図 4-4 に、解析モデルの諸元につい て表 4-14 に示す。
    - b.
    - c. 解析コードは「MSC NASTRAN」を使用し、荷重、応力度及びひずみを求 める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、 別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

図 4-4 解析モデル (単位:mm)

	表 4-14	解析モデル諸元
--	--------	---------

項目	記号	単位	入力値
材質	_	_	コンクリート
単位体積重量	ρ	kN/m <sup>3</sup>	
ヤング係数	Е	$N/mm^2$	
線膨張係数	α	1/°C	
ポアソン比	ν	_	
要素数	_		
節点数	_		

4.4.3 荷重,応力度及びひずみ計算方法

ダイヤフラムフロアの荷重、応力度及びひずみ計算方法について以下に示す。

荷重,応力度及びひずみの計算方法は既工認から変更はなく,参考図書(1)に示すとおりである。

a. 応力評価点 P1, P2

「4.4.2 解析モデル及び諸元」に示すダイヤフラムフロアの解析モデルにより算出 した軸力,曲げモーメント及び面外せん断力より,応力度,ひずみ及び面外せん断力 を求める。

b. 応力評価点 P3, P5

評価点に作用する水平方向の地震荷重と部材の断面性能より,曲げ応力度及びせん 断応力度を求める。

c. 応力評価点 P4

「4.4.2 解析モデル及び諸元」に示すダイヤフラムフロアの解析モデルにより算出 した面外せん断力と部材の断面性能より,曲げ応力度及びせん断応力度を求める。

d. 応力評価点 P6

「4.4.2 解析モデル及び諸元」に示すダイヤフラムフロアの解析モデルにより算出 した軸力より, せん断力を求める。

# 4.5 計算条件

解析に用いる荷重を「4.2 荷重の組合せ及び許容値」に示す。

4.6 評価

「4.4 計算方法」で求めた荷重,応力度及びひずみが許容値以下であること。

なお,面外せん断力に対する評価においては,コンクリートの許容面外せん断力を満足し ない場合, CCV規格 CVE-3522(2)に従い,鉄筋で補強した場合の許容面外せん断力を用い ること。

### 5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ダイヤフラムフロアの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許 容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果
 構造強度評価の結果を表 5-1~表 5-3 に示す。また,評価点 P1, P2 における断面検討
 箇所を図 5-1 に示す。

表中の「荷重の組合せ」欄には、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」 における表 5-3の荷重の組合せの No. を記載する。



図 5-1 断面検討箇所

						П		荷重の	
評価対象設備		評価部位	箇所名* <sup>2</sup>	検討応力度	応力状態	算出応力度*3	許容値		判定
						$N/mm^2$	$N/mm^2$		組合せ
					1	-5.8		0	(14)
ダイヤフラム フロア			No. 1	сбс	2	-5.1		0	(14)
				sбс	1	-11.9		0	(14)
		鉄筋コンクリート スラブ放射方向		sσt	2	177.6		0	(14)
	P1		No. 2		1	-2.2		0	(14)
				сбс	2	-3.0		0	(14)
				sбс	1	-12.0		0	(14)
				sσt	2	175.5		0	(14)
			No. 3		1	-5.4		0	(14)
				сбс	2	-5.2		0	(14)
				sбс	2	-55.4		0	(14)
				sσt	1	168.2		0	(14)
					1	-2.7		0	(14)
				сбс	2	-5.2		0	(14)
			No. 4	ѕσс	2	-38.5		0	(14)
				sσt	2	100.9		0	(14)

表 5-1(1) 荷重状態Ⅲに対する評価結果<sup>\*1</sup>(D+L+P<sub>1</sub>+R<sub>1</sub>+T<sub>1</sub>+H+S d<sup>\*</sup>)(その1)

注記\*1:軸力及び曲げモーメントによる応力度の評価結果を示す。

\*2:図5-1における断面検討箇所を示す。

\*3:算出応力度の最大値を示す。

						Ι		-#	
評価対象設備		評価部位	箇所名*2	検討応力度	応力状態	算出応力度*3	許容値	判定	何里の
						$N/mm^2$	$N/mm^2$		組合せ
					1	-1.5		0	(14)
ダイヤフラム フロア			No. 5	сбс	2	-2.8		0	(14)
		鉄筋コンクリート スラブ円周方向		sбс	2	-34.2		0	(14)
				sσt	1	79.4		0	(14)
	P2		No. 6		1	-2.2		0	(14)
				сос	2	-5.0		0	(14)
				sбс	2	-55.2		0	(14)
				sσt	1	122.3		0	(14)
			No. 7		1	-0.9		0	(14)
				сбс	2	-2.6		0	(14)
				sбс	2	-29.5		0	(14)
				sσt	1	59.5		0	(14)
					1	-3.7		0	(14)
			N	сσс	2	-5.1		0	(14)
			No. 8	sос	2	-48.6		0	(14)
				sσt	1	89.2		0	(14)

表 5-1(1) 荷重状態Ⅲに対する評価結果\*1(D+L+P1+R1+T1+H+Sd\*)(その2)

注記\*1:軸力及び曲げモーメントによる応力度の評価結果を示す。

\*2:図5-1における断面検討箇所を示す。

\*3:算出応力度の最大値を示す。

			tota - to + 2		Ш								
苏伍山在部供					算出荷重	1011FF	許容値			-	許容値		荷重の
評価对象設備		計1曲 台51立	箇所名**	心刀状態	Q y *3		$Q_{A_1}$		α	$P_{W}$	$Q_{A2}$	判定	組合せ
					N/mm		N/mm			(%)	N/mm		
			No. 1	2	738						_	0	(14)
ダイヤフラム	DI	鉄筋コンクリート	No. 2	1	940							0	(14)
フロア	PI	P1 スラブ放射方向	No. 3	1	649							$\bigcirc$	(14)
			No. 4	1	1369							0	(14)

表 5-1(2) 荷重状態Ⅲに対する評価結果<sup>\*1</sup>(D+L+P<sub>1</sub>+R<sub>1</sub>+T<sub>1</sub>+H+S d<sup>\*</sup>)(その1)

注記\*1:面外せん断力に対する評価結果を示す。

\*2:図 5-1 における断面検討箇所を示す。

\*3:面外せん断力の最大値を示す。

24

					Ш							
카 / ㅠ ㅗ ! ᄼ 카 / ㅠ			** <b>*</b> * 5 * 9		算出荷重	禬臣	午容値		-	許容値		荷重の
評価对象設備		評1曲部1亚	箇所名**	心刀状態	Q x *3		$Q_{A_1}$	α	$P_{w}$	<b>Q</b> A 2	判定	組合せ
					N/mm		N/mm		(%)	N/mm		
			No. 5	2	355			_			$\bigcirc$	(14)
ダイヤフラム	DO	鉄筋コンクリート	No. 6	2	685			_			$\bigcirc$	(14)
フロア	P2	スラブ円周方向	No. 7	2	106						$\bigcirc$	(14)
			No. 8	2	691						$\bigcirc$	(14)

表 5-1(2) 荷重状態Ⅲに対する評価結果<sup>\*1</sup>(D+L+P<sub>1</sub>+R<sub>1</sub>+T<sub>1</sub>+H+S d<sup>\*</sup>)(その 2)

注記\*1:面外せん断力に対する評価結果を示す。

\*2:図 5-1 における断面検討箇所を示す。

\*3:面外せん断力の最大値を示す。

25
				Π			## # @		
評価対象設備		評価部位	応力分類	算出応力度	許容値		判定	何里の	
				$N/mm^2$	$N/mm^2$	_		祖谷セ	
	Do	鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部	曲げ応力度	52			$\bigcirc$	*	
P	P3	地震時水平力伝達用シアプレート	せん断応力度	7			0	*	
ダイヤフラム	D.(	鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部	曲げ応力度	128			0	(14)	
フロア	P4	鉛直力伝達用シアプレート	せん断応力度	16			0	(14)	
	55	原子炉本体基礎接合部	曲げ応力度	159			0	*	
P5		地震時水平力伝達用シアプレート	せん断応力度	17			0	*	

表 5-1(3) 荷重状態Ⅲに対する評価結果(D+L+P<sub>1</sub>+R<sub>1</sub>+T<sub>1</sub>+H+S d\*)

注記\*: 支配的な水平地震荷重のみ考慮し評価するため、「一」とする。

26

Ш 荷重の せん断力\* 判定 評価対象設備 評価部位 許容値 組合せ N/本 N/本 ダイヤフラム 原子炉本体基礎接合部 P6 3.  $747 \times 10^4$  $\bigcirc$ (14)フロア 半径方向水平力伝達用頭付きスタッド

表 5-1(4) 荷重状態Ⅲに対する評価結果(D+L+P1+R1+T1+H+Sd\*)

注記\*:スタッド1本当たりのせん断力を示す。

						IV			荷重の
評価対象設備		評価部位	箇所名* <sup>2</sup>	検討ひずみ	応力状態	算出ひずみ*3	許容値	判定	何里の
						$(\times 10^{-6})$	$(\times 10^{-6})$		祖合で
				сξс	1	-332	-3000	0	(15)
			No. 1	s & c	1	-28	-5000	0	(15)
				sεt	1	697	5000	0	(15)
				сξс	1	-114	-3000	0	(15)
			No. 2	s & c	1	-57	-5000	0	(15)
ダイヤフラム	D1	鉄筋コンクリート スラブ放射方向		sεt	1	524	5000	0	(15)
フロア	PI			сξс	1	-327	-3000	0	(15)
				No. 3	s & c	1	-171	-171 -5000	
				sεt	1	1324	5000	0	(15)
				сξс	1	-143	-3000	0	(15)
			No. 4	s E C	1	-65	-5000	0	(15)
				sεt	1	655	5000	0	(15)

表 5-2(1) 荷重状態IVに対する評価結果<sup>\*1</sup>(D+L+P<sub>1</sub>+R<sub>1</sub>+H+S<sub>s</sub>)(その1)

\*2:図5-1における断面検討箇所を示す。

\*3:算出ひずみの最大値を示す。

						IV			荷重の		
評価対象設備		評価部位	箇所名* <sup>2</sup>	検討ひずみ	応力状態	算出ひずみ*3	許容値	判定	何重の		
						$(\times 10^{-6})$	$(\times 10^{-6})$		組合セ		
				сξс	1	-96	-3000	0	(15)		
			No. 5	sξc	1	-90	-5000	0	(15)		
				sεt	1	621	5000	0	(15)		
				сξс	1	-126	-3000	0	(15)		
			No. 6	s & c	1	-103	-5000	0	(15)		
ダイヤフラム	DO	鉄筋コンクリート		sεt	1	896	5000	0	(15)		
フロア	P2	スラブ円周方向		сξс	1	-69	-3000	0	(15)		
					No. 7	s & c	1	-62	-5000	0	(15)
				sεt	1	500	5000	0	(15)		
				сξс	1	-203	-3000	0	(15)		
			No. 8	s & c	1	-39	-5000	0	(15)		
				sεt	1	523	5000	0	(15)		

表 5-2(1) 荷重状態IVに対する評価結果<sup>\*1</sup>(D+L+P<sub>1</sub>+R<sub>1</sub>+H+S<sub>s</sub>)(その2)

\*2:図5-1における断面検討箇所を示す。

\*3:算出ひずみの最大値を示す。

				<b>亡</b> 力(P)能							
			66		算出荷重	許容値		_	許容値		荷重の
評価対象設備		評価部位	箇所名**	心力状態	Q y *3	$Q_{A1}$	α	$P_{w}$	$Q_{A2}$	判定	組合せ
					N/mm	N/mm		(%)	N/mm		
			No. 1	1	627			—		0	(15)
ダイヤフラム	DI	鉄筋コンクリート	No. 2	1	1064					0	(15)
フロア	PI	スラブ放射方向	No. 3	1	760				_	0	(15)
			No. 4	1	1534					0	(15)

表 5-2(2) 荷重状態IVに対する評価結果<sup>\*1</sup>(D+L+P<sub>1</sub>+R<sub>1</sub>+H+S<sub>S</sub>)(その1)

\*2:図 5-1 における断面検討箇所を示す。

\*3:面外せん断力の最大値を示す。

29

카 /ㅠ 니 쇼 카 /ㅠ		375 /77 -447 /La	** <b>*</b> * 5 * 9		算出荷重	Ť	午容値		5	許容値		荷重の
評価対象設備		評価部位	箇所名**	心力状態	Q x *3	(	$Q_{A_1}$	α	$P_{w}$	<b>Q</b> A 2	判定	組合せ
					N/mm	]	N/mm		(%)	N/mm		
			No. 5	1	327				_		$\bigcirc$	(15)
ダイヤフラム	DO	鉄筋コンクリート	No. 6	1	699				_		$\bigcirc$	(15)
フロア	P2	スラブ円周方向	No. 7	1	154						$\bigcirc$	(15)
			No. 8	1	699						0	(15)

表 5-2(2) 荷重状態IVに対する評価結果<sup>\*1</sup>(D+L+P<sub>1</sub>+R<sub>1</sub>+H+S<sub>8</sub>)(その2)

\*2:図 5-1 における断面検討箇所を示す。

\*3:面外せん断力の最大値を示す。

30

				IV					-++	
評価対象設備		評価部位	応力分類	算出応力度		許容値		判定	何重の	
				$N/mm^2$		$N/mm^2$			祖谷セ	
	DO	鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部	曲げ応力度	120				$\bigcirc$	*	
P3	P3	地震時水平力伝達用シアプレート	せん断応力度	15				0	*	
ダイヤフラム	D.(	鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部	曲げ応力度	149				0	(15)	
フロア	P4	鉛直力伝達用シアプレート	せん断応力度	18				$\bigcirc$	(15)	
	55	原子炉本体基礎接合部	曲げ応力度	373				0	*	
	Ρ5	地震時水平力伝達用シアプレート	せん断応力度	39				0	*	

表 5-2(3) 荷重状態IVに対する評価結果(D+L+P1+R1+H+Ss)

注記\*: 支配的な水平地震荷重のみ考慮し評価するため、「一」とする。

		☆ 5 <sup>-2</sup> (4) 何里扒恕Ⅳに対する計画相未	(D + L + F) + K +	$\Pi + S S$		
			IV			# * •
評価対象設備		評価部位	せん断力*	許容値	判定	何重の
			N/本	N/本		組合せ
ダイヤフラム	DC	原子炉本体基礎接合部	$4.760 \times 10^{4}$		$\bigcirc$	(15)
フロア	PO	半径方向水平力伝達用頭付きスタッド	4. $769 \times 10^{-5}$		0	(15)

表 5-2(4) 荷重状態IVに対する評価結果(D+L+P1+R1+H+Ss)

注記\*:スタッド1本当たりのせん断力を示す。

						Г	V	
評価対象設備		評価部位	箇所名*2	検討ひずみ	応力状態	算出ひずみ*³	許容値	判定
						$(\times 10^{-6})$	$(\times 10^{-6})$	
				сξс	1	-251	-3000	$\bigcirc$
			No. 1	sξc	1	-4	-5000	$\bigcirc$
				sεt	1	535	5000	$\bigcirc$
				сξс	1	-105	-3000	$\bigcirc$
ダイヤフラム 鉄筋コ		No. 2	s & c	1	-30	-5000	$\bigcirc$	
	鉄筋コンクリート		sεt	1	376	5000	$\bigcirc$	
フロア	PI	スラブ放射方向		сξс	1	-237	-3000	$\bigcirc$
			No. 3	sξc	1	-99	-5000	$\bigcirc$
				sεt	1	761	5000	$\bigcirc$
				сξс	1	-133	-3000	0
			No. 4	sɛc	1	-39	-5000	0
				sεt	1	495	5000	0

表 5-3(1) 荷重状態IVに対する評価結果\*1(D+L+P2+R2+Sd\*)(その1)

\*2:図5-1における断面検討箇所を示す。

\*3:算出ひずみの最大値を示す。

						Г	V	
評価対象設備		評価部位	箇所名*2	検討ひずみ	応力状態	算出ひずみ*³	許容値	判定
						$(\times 10^{-6})$	$(\times 10^{-6})$	
				сξс	1	-57	-3000	0
			No. 5	s & c	1	-51	-5000	$\bigcirc$
				s & t	1	408	5000	$\bigcirc$
				сξс	1	-89	-3000	$\bigcirc$
ダイヤフラム 鉄筋コンクリ		No. 6	s & c	1	-63	-5000	$\bigcirc$	
	鉄筋コンクリート		s & t	1	598	5000	$\bigcirc$	
フロア	P2	スラブ円周方向		сξс	1	-33	-3000	$\bigcirc$
			No. 7	s & c	1	-29	-5000	$\bigcirc$
				s & t	1	295	5000	$\bigcirc$
			с٤с	1	-165	-3000	0	
			No. 8	s & c	1	-13	-5000	0
				sεt	1	421	5000	0

表 5-3(1) 荷重状態IVに対する評価結果\*1(D+L+P2+R2+Sd\*)(その2)

\*2:図 5-1 における断面検討箇所を示す。

\*3:算出ひずみの最大値を示す。

					IV							
汞尔马布凯佛					算出荷重	Ĩ	許容値		D	許容値		
評価对象設備		評価部位	· 固所名***	心力状態	Q y *3		$Q_{A1}$	α	$P_{W}$	$Q_{A2}$	判定	
					N/mm		N/mm		(%)	N/mm		
			No. 1	1	523			_	_		0	
ダイヤフラム	54	鉄筋コンクリート	No. 2	1	893			_	_		0	
フロア	P1	スラブ放射方向	No. 3	1	566			_	_		0	
			No. 4	1	1314						0	

表 5-3(2) 荷重状態IVに対する評価結果\*1(D+L+P2+R2+Sd\*)(その1)

\*2:図 5-1 における断面検討箇所を示す。

\*3:面外せん断力の最大値を示す。

					IV							
					算出荷重	許容値			許容値	stat <del>da</del>		
評価対象設備		評価部位	箇所名**	応力状態	Q x *3	$Q_{A1}$	α	P w	Q A 2	判定		
					N/mm	N/mm		(%)	N/mm			
			No. 5	1	235					0		
ダイヤフラム	Do	鉄筋コンクリート	No. 6	1	673			_	_	$\bigcirc$		
フロア	P2	スラブ円周方向	No. 7	1	103			_	_	0		
			No. 8	1	642		_	_		0		

表 5-3(2) 荷重状態IVに対する評価結果\*1(D+L+P2+R2+Sd\*)(その2)

\*2:図 5-1 における断面検討箇所を示す。

\*3:面外せん断力の最大値を示す。

				Л		
評価対象設備		評価部位	応力分類	算出応力度	許容値	判定
				$N/mm^2$	$N/mm^2$	
	DO	鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部	曲げ応力度	52		$\bigcirc$
	P3	地震時水平力伝達用シアプレート	せん断応力度	7		0
ダイヤフラム	D.(	鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部	曲げ応力度	117		0
フロア	Ρ4	鉛直力伝達用シアプレート	せん断応力度	14		$\bigcirc$
		原子炉本体基礎接合部	曲げ応力度	159		0
P		地震時水平力伝達用シアプレート	せん断応力度	17		0

表 5-3(3) 荷重状態IVに対する評価結果(D+L+P2+R2+Sd\*)

ω	
6	

表 5-3(4) 荷重状態IVに対する評価結果(D+L+P2+R2+Sd\*)

				IV		
1111LL	評価対象設備		評価部位	せん断力* 許容値		
				N/本 N/本		
1	ダイヤフラム	DC	原子炉本体基礎接合部	$2.244 \times 10^{4}$		(
	フロア Po		半径方向水平力伝達用頭付きスタッド	$3.344 \times 10^{-5}$		0

注記\*:スタッド1本当たりのせん断力を示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ダイヤフラムフロアの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。 発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有していること を確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価結果を表 5-4 及び表 5-5 に示す。また,評価点 P1, P2 における断面検討 箇所を図 5-2 に示す。

図 5-2 断面検討箇所

						v		
評価対象設備	評価部位		箇所名*2	検討ひずみ	応力状態	算出ひずみ*³	許容値	判定
						$(\times 10^{-6})$	$(\times 10^{-6})$	
				сξс	1	-587	-3000	0
			No. 1	s & c	1	-10	-5000	0
		1 鉄筋コンクリート スラブ放射方向		s & t	1	1234	5000	0
				сξс	1	-256	-3000	0
			No. 2	s & c	1	<b></b> *4		
ダイヤフラム				s & t	1	1220	5000	0
フロア	ΡI			сξс	1	-531	-3000	0
			No. 3	s & c	1	-195	-5000	$\bigcirc$
				sεt	1	1294	5000	$\bigcirc$
				сξс	1	-256	-3000	0
			No. 4	s & c	1	<b></b> *4		_
				sεt	1	1220	5000	0

表 5-4(1) 荷重状態 V に対する評価結果\*1(D+L+P3+R3+H+Sd)(その1)

\*2:図 5-2 における断面検討箇所を示す。

\*3:算出ひずみの最大値を示す。

\*4: 圧縮ひずみは生じない。

						T.	V	
評価対象設備	評価部位		箇所名*2	検討ひずみ	応力状態	算出ひずみ* <sup>3</sup>	許容値	判定
						$(\times 10^{-6})$	$(\times 10^{-6})$	
				сξс	1	-153	-3000	0
			No. 5	s & c	1	-35	-5000	0
		2 鉄筋コンクリート スラブ円周方向		s & t	1	1129	5000	0
				сξс	1	-217	-3000	0
			No. 6	s & c	1	<b></b> *4	—	
ダイヤフラム				sεt	1	1649	5000	0
フロア	P2			сξс	1	-15	-3000	0
			No. 7	s ɛ̃ c	1	<b>*</b> 4	_	_
				sεt	1	593	5000	0
				сξс	1	-38	-3000	$\bigcirc$
			No. 8	s E C	1	<b>—</b> *4		_
				sεt	1	968	5000	0

表 5-4(1) 荷重状態 V に対する評価結果\*1(D+L+P3+R3+H+Sd)(その2)

\*2:図 5-2 における断面検討箇所を示す。

\*3:算出ひずみの最大値を示す。

\*4: 圧縮ひずみは生じない。

					V								
評価対象設備	評価部位		<b>かた 一</b> ビ ケ *9		算出荷重	許容値			許容値				
			箇所名**	心刀状態	Q y *3	$Q_{A1}$	α	$P_{w}$	$Q_{A2}$	判疋			
					N/mm	N/mm		(%)	N/mm				
			No. 1	1	1109					0			
ダイヤフラム		D1	D1	D1	鉄筋コンクリート	No. 2	1	1936					0
フロア	PI	スラブ放射方向	No. 3	1	1245					0			
			No. 4	1	1936					0			

表 5-4(2) 荷重状態Vに対する評価結果<sup>\*1</sup>(D+L+P<sub>3</sub>+R<sub>3</sub>+H+Sd)(その1)

\*2:図 5-2 における断面検討箇所を示す。

\*3:面外せん断力の最大値を示す。

					V						
評価対象設備			** -r + * 9		算出荷重		許容値			許容値	
		評1曲 台约亚	箇所名**	心刀状態	Q x *3		$Q_{A1}$	α	$P_{w}$	Q A 2	判定
					N/mm		N/mm		(%)	N/mm	
			No. 5	1	312						0
ダイヤフラム	D.C.	鉄筋コンクリート	No. 6	1	525				_		0
フロア	P2	P2 スラブ円周方向	No. 7	1	88				_		0
			No. 8	1	802						0

表 5-4(2) 荷重状態Vに対する評価結果<sup>\*1</sup>(D+L+P<sub>3</sub>+R<sub>3</sub>+H+Sd)(その2)

\*2:図 5-2 における断面検討箇所を示す。

\*3:面外せん断力の最大値を示す。

				I		
評価対象設備		評価部位	応力分類	算出応力度	許容値	判定
				$N/mm^2$	$N/mm^2$	
	P3	鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部	曲げ応力度	52		$\bigcirc$
		地震時水平力伝達用シアプレート	せん断応力度	7		$\bigcirc$
ダイヤフラム	P4	鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部	曲げ応力度	206		0
フロア		鉛直力伝達用シアプレート	せん断応力度	25		$\bigcirc$
		原子炉本体基礎接合部	曲げ応力度	159		0
	P5	地震時水平力伝達用シアプレート	せん断応力度	17		0

表 5-4(3) 荷重状態 V に対する評価結果(D+L+P3+R3+H+Sd)

4	
$\sim$	

表 5-4(4) 荷重状態Vに対する評価結果(D+L+P<sub>3</sub>+R<sub>3</sub>+H+Sd)

			V		
評価対象設備		評価部位	せん断力* 許容値		判定
			N/本	N/本	
ダイヤフラム	DC	原子炉本体基礎接合部	$E_{\rm CRE} \times 10^4$		$\bigcirc$
フロア	РŬ	半径方向水平力伝達用頭付きスタッド	$5.023 \times 10^{-5}$		U

注記\*:スタッド1本当たりのせん断力を示す。

						v		
評価対象設備	評価部位		箇所名*2	検討ひずみ	応力状態	算出ひずみ*³	許容値	判定
						$(\times 10^{-6})$	$(\times 10^{-6})$	
				сξс	1	-575	-3000	0
			No. 1	s & c	1	-52	-5000	0
		鉄筋コンクリート スラブ放射方向		s & t	1	1088	5000	0
				сξс	1	-182	-3000	0
			No. 2	s & c	1	-63	-5000	0
ダイヤフラム				sεt	1	851	5000	$\bigcirc$
フロア	ΡI			сξс	1	-403	-3000	0
			No. 3	s & c	1	-225	-5000	0
				s & t	1	1461	5000	0
				сғс	1	-182	-3000	0
			No. 4	sɛc	1	-63	-5000	0
				sεt	1	851	5000	0

表 5-5(1) 荷重状態 V に対する評価結果\*1(D+L+P4+R4+Ss)(その1)

\*2:図 5-2 における断面検討箇所を示す。

\*3:算出ひずみの最大値を示す。

						, v		
評価対象設備		評価部位	箇所名*2	検討ひずみ	応力状態	算出ひずみ* <sup>3</sup>	許容値	判定
						$(\times 10^{-6})$	$(\times 10^{-6})$	
				сξс	1	-138	-3000	0
			No. 5	sɛc	1	-120	-5000	0
		2 鉄筋コンクリート スラブ円周方向		s & t	1	813	5000	0
				сξс	1	-200	-3000	0
			No. 6	sɛc	1	-41	-5000	0
ダイヤフラム				sεt	1	991	5000	0
フロア	P2			сғс	1	-76	-3000	0
			No. 7	sɛc	1	-69	-5000	0
				sεt	1	619	5000	0
				сғс	1	-69	-3000	$\bigcirc$
			No. 8	sɛc	1	-2	-5000	0
				sεt	1	521	5000	0

表 5-5(1) 荷重状態 V に対する評価結果\*1(D+L+P4+R4+Ss)(その2)

\*2:図 5-2 における断面検討箇所を示す。

\*3:算出ひずみの最大値を示す。

					V						
評価対象設備			<b>ケケービ</b> ケ *9		算出荷重	許容値			許容値		
	評価部位 		箇所名 <sup>**</sup> 応刀状態	心力状態	Q y *3	$Q_{A1}$	α	$P_{w}$	$Q_{A2}$	刊化	
					N/mm	N/mm		(%)	N/mm		
			No. 1	1	1166					0	
ダイヤフラム		鉄筋コンクリート	No. 2	1	1782					0	
フロア	PI	スラブ放射方向	No. 3	1	1063					0	
			No. 4	1	1782					0	

表 5-5(2) 荷重状態 V に対する評価結果\*1(D+L+P4+R4+Ss)(その1)

\*2:図 5-2 における断面検討箇所を示す。

\*3:面外せん断力の最大値を示す。

							V				
<u></u>			<b>たたった</b> み まり		算出荷重	許容値			許容値		
評価対象設備		評恤邰位	箇所名**	応力状態	心刀状態	Q x *3	$Q_{A1}$	α	$P_{w}$	<b>Q</b> A 2	判定
					N/mm	N/mm		(%)	N/mm		
			No. 5	1	285					0	
ダイヤフラム	D.C.	鉄筋コンクリート	No. 6	1	535		_	_	_	0	
フロア	P2	スラブ円周方向	No. 7	1	137		_	_	_	0	
			No. 8	1	695					0	

表 5-5(2) 荷重状態 V に対する評価結果<sup>\*1</sup> (D+L+P<sub>4</sub>+R<sub>4</sub>+S<sub>5</sub>) (その 2)

\*2:図 5-2 における断面検討箇所を示す。

\*3:面外せん断力の最大値を示す。

				V		
評価対象設備		評価部位	応力分類	算出応力度	許容値	判定
				$N/mm^2$	$N/mm^2$	
	Do	鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部	曲げ応力度	120		$\bigcirc$
	P3	地震時水平力伝達用シアプレート	せん断応力度	15		0
ダイヤフラム	DA	鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部	曲げ応力度	187		0
フロア	フロア P4	鉛直力伝達用シアプレート	せん断応力度	23		$\bigcirc$
		原子炉本体基礎接合部	曲げ応力度	373		0
	Рb	地震時水平力伝達用シアプレート	せん断応力度	39		0

表 5-5(3) 荷重状態 V に対する評価結果 (D+L+P<sub>4</sub>+R<sub>4</sub>+S<sub>5</sub>)

. 15
H->
- 1
~

表 5-5(4) 荷重状態Vに対する評価結果(D+L+P<sub>4</sub>+R<sub>4</sub>+S<sub>s</sub>)

			V		
評価対象設備	評価部位		せん断力* 許容値		判定
			N/本	N/本	
ダイヤフラム	DC	原子炉本体基礎接合部	4 147 × 104		(
フロア	P6	半径方向水平力伝達用頭付きスタッド	4. $147 \times 10^{12}$		0

注記\*:スタッド1本当たりのせん断力を示す。

# 6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第7号機 第2回工事計画認可申請書
 IV-3-4-3-3「ダイヤフラムフロアの強度計算書」

V-2-9-4-3 ベント管の耐震性についての計算書

目 次

1. 根	既要 ·····	1
2. –	-般事項	1
2.1	構造計画	1
2.2	評価方針	3
2.3	適用規格・基準等 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
2.4	記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
3. 訂	平価部位 •••••••••••••••••••	5
4. 坩	也震応答解析及び構造強度評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
4.1	地震応答解析及び構造強度評価方法	7
4.2	荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
4. 2	2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
4. 2	2.2 許容応力	7
4. 2	2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
4. 2	2.4 設計荷重	11
4.3	解析モデル及び諸元 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	12
4.4	固有周期	14
4.5	設計用地震力	17
4.6	計算方法	20
4.7	計算条件	21
4.8	応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	21
5. 評	平価結果	22
5.1	設計基準対象施設としての評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	22
5.2	重大事故等対処設備としての評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	25
6. 参	≽照図書 ·····	27

#### 1. 概要

本計算書は、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びV-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、ベント管が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

ベント管は設計基準対象施設においてはSクラス施設に,重大事故等対処設備においては常 設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下,設計基準対象施 設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応工認対象となる設計用地震力及び重大事故等時に対 する評価について記載するものとし、前述の荷重を除く荷重によるベント管の評価は、平成4 年3月27日付け3資庁第13034号にて認可された工事計画の添付書類(参照図書(1))による (以下「既工認」という。)。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ベント管の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画



 $\sim$ 

#### 2.2 評価方針

ベント管の応力評価は、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及び V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づ き、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界内に 収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施 する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

ベント管の耐震評価フローを図 2-1 に示す。



図 2-1 ベント管の耐震評価フロー

2.3 適用規格·基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版 ((社)日本電気協会)
- ・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)(以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
Сі	地震層せん断力係数	—
Сv	鉛直方向設計震度	—
D	死荷重	—
D i	直径 (i=1, 2, 3)	mm
E	縦弾性係数	MPa
ℓ i	長さ (i=1, 2, 3…)	mm
то	質量	kg
<b>m</b> 1	水質量	kg
Md	機械的荷重	
Msad	機械的荷重 (SA時)	
РD	圧力	
PSAD	压力 (SA時)	—, kPa
S	許容引張応力	MPa
S d	弾性設計用地震動Sdにより定まる地震力	
S d *	弾性設計用地震動Sdにより定まる地震力又は静的地震力	
Sm	設計応力強さ	MPa
S s	基準地震動Ssにより定まる地震力	
S u	設計引張強さ	MPa
S y	設計降伏点	MPa
t i	厚さ (i=1, 2, 3)	mm
ΤD	温度	°C
TSAD	温度(SA時)	°C
ν	ポアソン比	—

## 3. 評価部位

ベント管の形状及び主要寸法を図 3-1 に、使用材料及び使用部位を表 3-1 に示す。



A:リターンライン有 B:リターンライン無

①垂直管 ②水平吐出管 ③リターンライン



図 3-1 ベント管の形状及び主要寸法

表 3-1 使用材料表

使用部位	使用材料	備考
垂直管及び水平吐出管	SUS304L	
リターンライン		

- 4. 地震応答解析及び構造強度評価
- 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法
  - (1) ベント管は原子炉本体の基礎に内蔵されている構造物であり、ベント管に作用する地震 力は、水平及び鉛直の固有周期に応じた応答加速度に基づき算出する。ベント管の耐震評 価として、V-2-2-4「原子炉本体の基礎の地震応答計算書」の応答解析に基づき算出した 地震力を用いて、参照図書(1)に示す既工認の手法に従い構造強度評価を行う。
  - (2) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。
  - (3) 概略構造図を表 2-1 に示す。
- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
  - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ベント管の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち,設計基準対象施設の評価に用いる ものを表 4-1 に,重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

詳細な荷重の組合せは,対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお,考慮する荷 重の組合せは,組み合わせる荷重の大きさを踏まえ,評価上厳しくなる組合せを選定す る。

4.2.2 許容応力

ベント管の許容応力はV-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 に示すとおり とする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ベント管の使用材料の許容応力評価条件のうち,設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に,重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

施設区分		機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力 状態
原子炉格納	圧力低減設備	s s i tete			$D + P_D + M_D + S d^*$	III <sub>A</sub> S
施設 その他の安	その他の安全設備	2の安全設備	S	クフス2官	$D + P_D + M_D + S_s$	IV A S

表4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

表4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

施設区分		機器名称	設備分類*1	*1 機器等の区分 荷重の組合せ		許容応力 状態
原子炉格納 施設	圧力低減設備 その他の安全設備	ベント管	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等 クラス2管	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S s^{*2}$	V A S *3

注記\*1:「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2:重大事故等後の最高内圧(差圧)及び最高外圧(差圧)との組合せを考慮する。

\*3: VASとしてWASの許容限界を用いる。

応力分類 許容 応力状態	一次応力 (曲げ応力を含む。)	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
III A S	Sy ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高 ニッケル合金については、上記値と1.2・Sとの 大きい方。	Sd又はSs地震動のみによる疲労解析	*1 「を行い疲労累積係数が1.0以下であるこ
IV A S		と。ただし、地震動のみによる一次+ ば、疲労解析は不要である。	二次応力の変動値が2・Sy以下であれ
$V_{A}S^{*2}$	0.9 • S u		

表4-3 クラス2管及び重大事故等クラス2管の許容応力

注記\*1:2・Syを超える場合,設計・建設規格 PPB-3536(1),(2),(4)及び(5)の簡易弾塑性解析を用いることができる。
 (ただし、Smは2/3・Syと読み替える。)

\*2: VASとしてWASの許容限界を用いる。

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Sm (MPa)	Sy (MPa)	Su (MPa)	S (MPa)
垂直管及び水平吐出管	SUS304L	周囲環境 温度	171		127	382	
リターンライン		周囲環境 温度	171				

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件(設計基準対象施設)

### 表 4-5 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Sm (MPa)	Sy (MPa)	Su (MPa)	S (MPa)
垂直管及び水平吐出管	SUS304L	周囲環境 温度	200		122	372	_
リターンライン		周囲環境 温度	200				_

- 4.2.4 設計荷重
  - (1) 設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設としての設計荷重である,最高使用圧力,最高使用温度,死荷重及 び逃がし安全弁作動時荷重は,既工認(参照図書(1))からの変更はなく,次のとおりで ある。

a. 最高使用圧力及び最高使用温度

内圧	(差圧)	173kPa
外圧	(差圧)	14kPa
温度		171°C

b. 死荷重

ベン	ト管	1	本当た	ŋ	の死荷重
ベン	ト管	1	本当た	ŋ	の管内保有水

c. 逃がし安全弁作動時荷重

逃がし安全弁作動時空気泡圧力による荷重としては,気泡差圧による荷重と気 泡速度によるドラッグ力を考慮する。

(2) 重大事故等対処設備としての設計荷重

a. 評価圧力及び評価温度

内圧	(差圧)	P  sad	173kPa
外圧	(差圧)	P  sad	14kPa
温度		TSAD	200°C

b. 重大事故等対処設備としての水荷重

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として,没水時におけるベント管内 部の水重量を考慮する。

管内保有水

c. 重大事故等対処設備としての逃がし安全弁作動時荷重及び原子炉冷却材喪失事故 時蒸気ブローダウン荷重

重大事故等対処設備としての逃がし安全弁作動時荷重及び原子炉冷却材喪失事 故時蒸気ブローダウン荷重は設計基準対象施設としての荷重と同じであるため, 参照図書(1)に示すとおりである。
- 4.3 解析モデル及び諸元
  - (1) 設計基準対象施設としての解析モデル及び諸元 設計基準対象施設としての評価は、ベント管質量及び内部水質量を考慮して固有値解析 及び構造強度評価を実施する。動的解析手法としては、スペクトルモーダル解析法を用い る。なお、ベント管はコンクリートに埋設されているが、解析においては考慮しない。 解析モデルの概要を以下に示す。
    - a. ベント管は、3次元はり要素による有限要素解析手法を適用する。解析モデルを 図 4-1 に、機器の諸元について表 4-6 に示す。
    - b. 垂直管,水平吐出管及びリターンラインをモデル化し,固有値解析及び構造強度評 価を実施する。
    - d. 解析コードは「MSC NASTRAN」を使用する。なお,評価に用いる解析コ ードの検証及び妥当性確認等の概要については,別紙「計算機プログラム(解析コ ード)の概要」に示す。
  - (2) 重大事故等対処設備としての解析モデル及び諸元

重大事故等対処設備としての評価は、ベント管質量及び内部水質量を考慮して固有値解 析及び構造強度評価を実施する。ベント管はコンクリートに埋設されているが、解析にお いては考慮しない。重大事故等対処設備としての解析モデルは、設計基準対象施設と同じ とする。諸元を表 4-6 に示す。

 $\mathbb{R}^{1}$ 

図 4-1 解析モデル

X -	* 1/A HI F		(PVC FT			
		単位		入力	り値	
項目	記号		А	:リターン	B:リターン	/
				ライン有	ライン無	
質量	m o	kg	Γ			
水質量	m 1	kg				
温度条件	ТD	°C		57	57	
縦弾性係数	Е	MPa				
ポアソン比	ν	_		0.3	0.3	1
要素数						
節点数						

# 表 4-6 機器諸元(その 1)(設計基準対象施設)

表 4-6 機器諸元 (その2) (重大事故等対処設備)

				入力値	
項目	記号	単位	A : リターン	・ B:リターン	
			ライン有	ライン無	
質量	m o	kg			
水質量	m 1	kg			
温度条件	TSAD	°C	200	200	
縦弾性係数	Е	MPa			
ポアソン比	ν	—	0.3	0.3	
要素数					
節点数					

#### 4.4 固有周期

(1) 設計基準対象施設としての固有周期

設計基準対象施設における固有周期を表 4-7 に,振動モード図を図 4-2 に示す。リタ ーンライン有及び無の固有周期は 0.05 秒を超えており,柔構造であることを確認した。

リターン			刺激係数*			
ラインの 有無	モード	固有同 <del>期</del> (s)	X方向	Y方向	Z方向	
	1次	0.050	-2.903	0.000	0.000	
有	2次	0.022	_	_		
無	1次	0.061	-3.030	0.000	0.000	
	2次	0.025				

表 4-7 固有周期(設計基準対象施設)

注記\*:刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から 算出した値を示す。

(2) 重大事故等対処設備としての固有周期

重大事故等対処設備における固有周期を表 4-8 に,振動モード図を図 4-3 に示す。リ ターンライン有及び無の固有周期は 0.05 秒を超えており,柔構造であることを確認した。

表 4-8 固有周期(重大事故等対処設備)

リターン			刺激係数*			
ラインの 有無	モード	固有周期 (s)	X方向	Y方向	Z方向	
	1次	0.053	3.265	0.000	0.000	
有	2 次	0.031			_	
無	1次	0.068	3.627	0.000	0.000	
	2 次	0.038	_			

注記\*:刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から 算出した値を示す。



図 4-2 振動モード図(設計基準対象施設)



図 4-3 振動モード図 (重大事故等対処設備)

## 4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-9 及び表 4-10 に示す。

「弾性設計用地震動Sd又は静的震度」及び「基準地震動Ss」による地震力は,

V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数はV-2-1-6 「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

据付場所及び			原子炉本体基礎							
Ī	設置高さ(m	)		T. M. S. L. 3.5 $\sim$ -8.2						
減衰定数(%)				;	水平:	*1 鉛直:-	_			
地震力			弾性	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度 基準地震動 S s			S			
リターン ラインの	モード	固有周期	応答水革	平震度*2	応答鉛直 震度* <sup>2</sup>	応答水革	平震度*2	応答鉛直 震度* <sup>2</sup>		
有無		(s)	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向		
<u></u>	1次	0.050								
有	2 次 <sup>*3</sup>	0.022								
Ant	1次	0.061								
無	2 次* <sup>3</sup>	0.025								
動的地震力*4										
	静的地震	<sub>雲力*5</sub>								

表 4-9 設計用地震力(設計基準対象施設)

注記\*1:ベント管は配管に区分されるため、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の配管の減衰定数を用いる。

\*2: 各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

\*3:1次は固有周期が 0.050s より長いモード,2次は固有周期 0.050s 以下のモードを示す。

\*4: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

\*5:静的震度(3.6Ci及び1.2Cv)を示す。

据付場所及び			原子炉本体基礎						
設置高さ (m)				T. M. S. L. 3. 5 $\sim$ -8. 2					
減衰定数(%)					水平:	*1 鉛直:-	-		
地震力			弾性調	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度 基準地震動 S s			S		
リターン ラインの	モード	固有周期	応答水革	平震度*2	応答鉛直 震度* <sup>2</sup>	応答水革	平震度*2	応答鉛直 震度* <sup>2</sup>	
有無		(s)	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向	
<u></u>	1次	0.053							
有	2 次* <sup>3</sup>	0.031							
Aust	1次	0.068							
無 2次* <sup>3</sup> 0.03		0.038							
動的地震力*4									
	静的地震	<b></b> 麦力* <sup>5</sup>							

表 4-10 設計用地震力(重大事故等対処設備)

注記\*1:ベント管は配管に区分されるため、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の配管の減衰定数を用いる。

\*2: 各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

\*3:1次は固有周期が 0.050s より長いモード,2次は固有周期 0.050s 以下のモードを示す。

\*4: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

\*5:静的震度(3.6Ci及び1.2Cv)を示す。

4.6 計算方法

ベント管の応力評価点は、ベント管を構成する部材の形状及び応力レベルを考慮し、発生 応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4-11 及び図 4-4 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1~P4 は「4.3 解析モデル及び諸元」に示す解析から得られた荷重と各評価 点の断面性能を用いて評価する。

応力評価点番号	応力評価点
P 1	垂直管支持部
P 2	水平吐出管の垂直管との結合部
P 3	水平吐出管支持部
P 4	リターンラインの垂直管との結合部

表 4-11 応力評価点



図 4-4 ベント管の応力評価点

## 4.7 計算条件

応力解析に用いる荷重を,「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」及び「4.5 設計用地震力」 に示す。

4.8 応力の評価

「4.6 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。ただし、一次+二次応力が許容値を満足しない場合は、設計・建設規格 PPB-3536 に基づいて疲労評価を行い、疲労累積係数が 1.0 以下であること。

- 5. 評価結果
- 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ベント管の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満 足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果構造強度評価の結果を表 5-1 及び表 5-2 に示す。

K7 ① V-2-9-4-3 R1

				III A	A S		
評価対象設備		評価部位	応力分類	算出応力	許容応力	判定	備考
				MPa	MPa		
	D1 4	垂直管支持部	一次応力	11		$\bigcirc$	
	P1-A	(リターンライン有)	一次+二次応力	2		$\bigcirc$	
	D1 D	垂直管支持部	一次応力	11		$\bigcirc$	
	Р1-В	(リターンライン無)	一次+二次応力	2		$\bigcirc$	
	P2-A	水平吐出管の垂直管との結合部	一次応力	13		$\bigcirc$	
		(リターンライン有)	一次+二次応力	14		$\bigcirc$	
NY 1 th	P2-B	水平吐出管の垂直管との結合部	一次応力	17		$\bigcirc$	
ペント官		(リターンライン無)	一次+二次応力	22		0	
		水平吐出管支持部	一次応力	5		$\bigcirc$	
	P3-A	(リターンライン有)	一次+二次応力	4		0	
		水平吐出管支持部	一次応力	5		$\bigcirc$	
	Р3-В	(リターンライン無)	一次+二次応力	4		$\bigcirc$	
	D4		一次応力	38		0	
	P4	リターシフィンの垂直官との結合部	一次+二次応力	68		0	

表 5-1 許容応力状態ⅢASに対する評価結果(D+PD+MD+Sd\*)

K7 ① V-2-9-4-3 R1

				IV	A S		
評価対象設備		評価部位	応力分類	算出応力	許容応力	判定	備考
				MPa	MPa		
		垂直管支持部	一次応力	3		$\bigcirc$	
	P1-A	(リターンライン有)	一次+二次応力	4		$\bigcirc$	
	D1 D	垂直管支持部	一次応力	3		$\bigcirc$	
	Р1-В	(リターンライン無)	一次+二次応力	4		$\bigcirc$	
	P2-A	水平吐出管の垂直管との結合部	一次応力	20		$\bigcirc$	
		(リターンライン有)	一次+二次応力	30		$\bigcirc$	
	P2-B	水平吐出管の垂直管との結合部	一次応力	25		$\bigcirc$	
シント氏		(リターンライン無)	一次+二次応力	40		$\bigcirc$	
	D9 4	水平吐出管支持部	一次応力	5		$\bigcirc$	
	P3-A	(リターンライン有)	一次+二次応力	6		$\bigcirc$	
	ם פם	水平吐出管支持部	一次応力	6		$\bigcirc$	
	P3-B	(リターンライン無)	一次+二次応力	8		$\bigcirc$	
	D4	リカーンニノンのチェ英語の社会部	一次応力	74		$\bigcirc$	
	Ρ4	リターシンインの亜旦官との結合部	一次+二次応力	142		0	

表 5-2 許容応力状態IVASに対する評価結果(D+PD+MD+Ss)

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ベント管の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許 容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果
構造強度評価結果を表 5-3 に示す。

				V	A S		
評価対象設備		評価部位	応力分類	算出応力	許容応力	判定	備考
				MPa	MPa		
	D1 4	垂直管支持部	一次応力	23		0	
	P1-A	(リターンライン有)	一次+二次応力	8		$\bigcirc$	
	D1 D	垂直管支持部	一次応力	23		$\bigcirc$	
	Ы-В	(リターンライン無)	一次+二次応力	8		$\bigcirc$	
		水平吐出管の垂直管との結合部	一次応力	44		$\bigcirc$	
	P2-A	(リターンライン有)	一次+二次応力	36		$\bigcirc$	
NY 1 KK	DO D	水平吐出管の垂直管との結合部	一次応力	55		$\bigcirc$	
ペント官	Р2-В	(リターンライン無)	一次+二次応力	56		$\bigcirc$	
		水平吐出管支持部	一次応力	43		$\bigcirc$	
	P3-A	(リターンライン有)	一次+二次応力	8		$\bigcirc$	
		水平吐出管支持部	一次応力	46		$\bigcirc$	
	РЗ-В	(リターンライン無)	一次+二次応力	12		$\bigcirc$	
	D4	リカーンニノンの手支体上の社会が	一次応力	118		$\bigcirc$	
	P4	リターンフィンの亜旦官との結合部	一次+二次応力	192		0	

表 5-3 許容応力状態 VAS に対する評価結果(D+PSAD+MSAD+Ss)

# 6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第7号機 第2回工事計画認可申請書
IV-3-4-3-4「ベント管の強度計算書」

V-2-9-4-4 原子炉格納容器安全設備の耐震性についての計算書

V-2-9-4-4-1 格納容器スプレイ冷却系の耐震性についての計算書

V-2-9-4-4-1-1 ドライウェルスプレイ管の耐震性についての計算書

目 次

1. 棋	既要 ·····	1
2. –	-般事項	1
2.1	構造計画	1
2.2	評価方針	3
2.3	適用規格・基準等	3
2.4	記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
3. 責	平価部位	5
4. ±	也震応答解析及び構造強度評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6
4.1	地震応答解析及び構造強度評価方法	6
4.2	荷重の組合せ及び許容応力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6
4.	2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	6
4.	2.2 許容応力	6
4.	2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6
4.	2.4 設計荷重	11
4.3	解析モデル及び諸元 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	12
4.4	固有周期 ·····	14
4.5	設計用地震力	16
4.6	計算方法 ·····	19
4.7	計算条件	21
4.8	応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	21
5. 責	平価結果	22
5.1	設計基準対象施設としての評価結果	22
5.2	重大事故等対処設備としての評価結果	25
6. 耄	◎照図書 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	27

1. 概要

本計算書は、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びV-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、原子炉格納容器スプレイ管

(ドライウェル側)(以下「ドライウェルスプレイ管」という。)が設計用地震力に対して十分 な構造強度を有していることを説明するものである。

ドライウェルスプレイ管は設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下, 設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応工認対象となる設計用地震力及び重大事故等時に対 する評価について記載するものとし、前述の荷重を除く荷重によるドライウェルスプレイ管の 評価は、平成4年3月27日付け3資庁第13034号にて認可された工事計画の添付書類(参照図 書(1))による(以下「既工認」という。)。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ドライウェルスプレイ管の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		
基礎・支持構造	主体構造	燃略傳道凶
ドライウェルスプレイ管 の配管サポートは,原子 炉格納容器トップスラブ 部に支持される。 ドライウェルスプレイ管 案内管は原子炉格納容器 貫通部及びパイプホイッ プレストレントストラク チャに支持される。 ドライウェルスプレイ管 は原子炉格納容器トップ スラブ部を介して鉛直方 向荷重及び水平方向荷重 が原子炉建屋に伝達され る。	ドライウェルスプレイ 管は,外径216.3mm及 び厚さ12.7mmのパイ プで作られ,直径 mの円環構造である。 ドライウェルスプレイ 管案内管は,外径 216.3mm及び厚さ 12.7mmのパイプで作ら れ,スプレイ管と原子 炉格納容器をつなぐ構 造である。	ドライウェルスプレイ管   ドライウェル     スプレイ管案内管   管継手     スプレイ管案内管   スプレイ管案内管
		(単位:mm)

#### 2.2 評価方針

ドライウェルスプレイ管の応力評価は、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説 明書」及びV-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容 限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許 容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認する ことで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

ドライウェルスプレイ管の耐震評価フローを図 2-1 に示す。



図 2-1 ドライウェルスプレイ管の耐震評価フロー

2.3 適用規格·基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版 ((社)日本電気協会)
- ・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

2.	4	記号の説	明

記号	記号の説明	単位
Сі	地震層せん断力係数	
Сv	鉛直方向設計震度	—
D	死荷重, 直径	—, mm
Е	縦弾性係数	MPa
fь	許容曲げ応力	MPa
f c	許容圧縮応力	MPa
f p	許容支圧応力	MPa
f s	許容せん断応力	MPa
f t	許容引張応力	MPa
Fх	管軸方向の反力	kN
F y	管軸直角方向の反力	kN
F z	鉛直方向の反力	kN
m i	質量 (i=0, 1)	kg/m
Md	機械的荷重	—
Msad	機械的荷重 (SA時)	—
Mx	管軸回りのモーメント	kN • m
Му	管軸直角回りのモーメント	kN • m
Mz	鉛直軸回りのモーメント	kN • m
РD	圧力	—
PSAD	压力 (SA時)	—, MPa
S	許容引張応力	MPa
S d	弾性設計用地震動Sdにより定まる地震力	—
S d *	弾性設計用地震動Sdにより定まる地震力又は静的地震力	—
Sm	設計応力強さ	MPa
S s	基準地震動Ssにより定まる地震力	—
S u	設計引張強さ	MPa
Sу	設計降伏点	MPa
t	厚さ	mm
ΤD	温度	°C
TSAD	温度 (SA時)	°C
ν	ポアソン比	—

## 3. 評価部位

ドライウェルスプレイ管の形状及び主要寸法を図 3-1 に、使用材料及び使用部位を表 3-1 に示す。



①ドライウェルスプレイ管 ②スプレイ管案内管

(単位:mm)

図 3-1 ドライウェルスプレイ管の形状及び主要寸法

表 3-1 使用材料表

使用部位	使用材料	備考
ドライウェルスプレイ管 及びスプレイ管案内管	STS42	STS410 相当
レストレイント	SGV49	SGV480 相当

- 4. 地震応答解析及び構造強度評価
- 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法
  - (1) ドライウェルスプレイ管に作用する地震力は、水平及び鉛直の固有周期に応じた応答加 速度に基づき算出する。ドライウェルスプレイ管の耐震評価として、V-2-2-1「原子炉建 屋の地震応答計算書」の応答解析に基づき算出した地震力を用いて、参照図書(1)及びV-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」に示す手法に従い構造強度評価を行う。
  - (2) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。
  - (3) 概略構造図を表 2-1 に示す。
- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
  - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウェルスプレイ管の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち,設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に,重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

詳細な荷重の組合せは,対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお,考慮する荷 重の組合せは,組み合わせる荷重の大きさを踏まえ,評価上厳しくなる組合せを選定す る。

4.2.2 許容応力

ドライウェルスプレイ管の許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき 表 4-3 及び表 4-4 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウェルスプレイ管の使用材料の許容応力評価条件のうち,設計基準対象施設の 評価に用いるものを表 4-5 に,重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示 す。

施設区分		設備名称	耐震重要度分類	機器等 の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納	圧力低減設備	原子炉格納容器			$D + P_D + M_D + S d^*$	III <sub>A</sub> S
施設	その他の安全設備	スプレイ管 (ドライウェル側)	S	クラス2管	$D + P_D + M_D + S_s$	IV <sub>A</sub> S

表4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

表4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等 の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納 施設	圧力低減設備 その他の安全設備	原子炉格納容器 スプレイ管 (ドライウェル側)	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等 クラス2管	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V A S *2

注記\*1:「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2: VASとしてWASの許容限界を用いる。

応力分類 許容 応力状態	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次十二次応力	一次+二次+ピーク応力
III A S	Sy ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高 ニッケル合金については、上記値と1.2・Sとの 大きい方。	Sd又はSs地震動のみによる疲労解析	*1 Fを行い疲労累積係数が1.0以下であるこ
IV A S		と。ただし、地震動のみによる一次+ ば、疲労解析は不要である。	二次応力の変動値が2・Sy以下であれ
V A S *2	0.9 • S u		

表4-3 クラス2管及び重大事故等クラス2管の許容応力

注記\*1:2·Syを超える場合,設計・建設規格 PPB-3536(1),(2),(4)及び(5)の簡易弾塑性解析を用いることができる。

(ただし、Smは2/3・Syと読み替える。)

\*2: VASとしてIVASの許容限界を用いる。

			一次	応力					·次+二次応	力	
計容応刀 状態	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	組合せ*3	引張り /圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈
III A S	1.5 • f t	1.5 • f s	1.5 • f c	1.5•fъ	1.5 • f p	1.5 • f t				1.5 • f p	
IV A S	1.5 • f t *	1.5•fs*	1.5•fc*	1.5•fь*	1.5 • f p*	1.5•ft*	3•ft*4	*1, *4 3•fs	*2, *4 3•f b		1.5・fb 1.5・fs 又は
V A S *7	1.5 • f t *	1.5 • f s *	1.5 • f c *	1.5 • f b*	1.5 • f p*	1.5 • f t *				1.5 • f p*	1.5 • f c

表 4-4 支持構造物の許容応力\*5,\*6

注記\*1: すみ肉溶接部にあっては、最大応力に対して1.5・f sとする。

\*2:設計・建設規格 SSB-3121.1(4)a.により求めたfbとする。

\*3:組合せ応力の許容応力は、設計・建設規格に基づく値とする。

\*4:地震動のみによる応力振幅について評価する。

\*5: 材料の許容応力を決定する場合の基準値Fは,設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める値又は表9に定める値の0.7 倍のい ずれか小さい方の値とする。ただし,使用温度が40度を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金にあっては,設 計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める値の1.35 倍の値,表9 に定める0.7 倍の値又は室温における表8 に定める値のいず れか小さい値とする。

 \*6:ft\*,fs\*,fc\*,fb\*,fp\*は,ft,fs,fc,fb,fpの値を算出する際に設計・建設規格 SSB-3121.1(1)本文中「付録 材料図表 Part5 表8に定める値」とあるのを「付録材料図表 Part5 表8に定める値の1.2倍の値」と読み替えて計算した値とする。
\*7:VASとしてIVASの許容限界を用いる。

9

評価部材	材料*1,*2	温度≶	条件 2)	Sm (MPa)	Sy (MPa)	Su (MPa)	S (MPa)
ドライウェルスプレイ管 及びスプレイ管案内管	STS42	周囲環境 温度	171		211	404	_
レストレイント	SGV49	周囲環境 温度	171	_	229	423	_

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件(設計基準対象施設)

注記\*1:STS42はSTS410相当を示す。

\*2: SGV49は SGV480相当を示す。

評価部材	材料*1, *2	温度≶	条件 ;)	Sm (MPa)	Sу (MPa)	Su (MPa)	S (MPa)
ドライウェルスプレイ管 及びスプレイ管案内管	STS42	周囲環境 温度	200	_	207	404	_
レストレイント	SGV49	周囲環境 温度	200	_	226	422	_

表 4-6 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

注記\*1:STS42はSTS410相当を示す。

\*2: SGV49は SGV480相当を示す。

- 4.2.4 設計荷重
  - (1) 設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設としての設計荷重である,最高使用圧力,最高使用温度及び死荷重 は,既工認(参照図書(1))からの変更はなく,次のとおりである。

a. 最高使用圧力及び最高使用温度

- 圧力 3.43MPa
- 温度 171℃

b. 死荷重



注記\*:管内保有水及びノズルの重量を含めた自重を死荷重とする。

(2) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、以下のとおりとする。

圧力Psad	3.43MPa
温度Tsad	200°C

- 4.3 解析モデル及び諸元
  - (1) 設計基準対象施設としての解析モデル及び諸元 設計基準対象施設としての評価は、ドライウェルスプレイ管質量及び内部水質量を考慮 して固有値解析及び構造強度評価を実施する。動的解析手法としては、スペクトルモーダ ル解析法を用いる。

解析モデルの概要を以下に示す。

- a. ドライウェルスプレイ管は、3 次元はり要素による有限要素解析手法を適用する。解 析モデルを図 4-1 に、機器の諸元について表 4-7 に示す。
- b. ドライウェルスプレイ管及びスプレイ管案内管をモデル化し,固有値解析及び構造 強度評価を実施する。
- c. 拘束条件は、ドライウェルスプレイ管においては、レストレイントを支持条件(レ ストレイントの向きに応じた並進拘束)とする。また、スプレイ管案内管において は、レストレイントを支持条件とし、アンカ部を固定条件(並進拘束及び回転拘束) とする。
- d. 解析コードは「MSC NASTRAN」を使用する。なお,評価に用いる解析コ ードの検証及び妥当性確認等の概要については,別紙「計算機プログラム(解析コ ード)の概要」に示す。

(2) 重大事故等対処設備としての解析モデル及び諸元

重大事故等時のドライウェルスプレイ管の解析モデル及び諸元は,設計基準対象施設と 同じとする。

項目		記号	単位	入力値
	ドライウェルスプレイ管	m o	kg/m	
筫重	スプレイ管案内管	m 1	kg/m	
温度条件		ΤD	°C	57
縦弾性的	系数	Е	MPa	201000
ポアソン比		ν	_	0.3
要素数		_	— 21	
節点数		_		210

表 4-7 機器諸元(設計基準対象施設及び重大事故等対処設備)

### 4.4 固有周期

設計基準対象施設及び重大事故等対処設備における固有周期を表 4-8 に、振動モード図を 3 次まで代表して図 4-2 に示す。固有周期は 0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認 した。

- 18	固有周期		刺激係数*	
モード	(s)	X方向	Y方向	Z方向
1次	0.164	0.967	-0.015	-0.002
2 次	0.107	0.046	0.713	-0.015
3次	0.079	0.198	-0.216	0.129
4次	0.078	-0.581	0.496	-0.225
5次	0.075	-1.118	-0.169	0.095
6次	0.069	-0.709	-0.238	0.135
7 次	0.061	-0.525	0.060	-0.043
8次	0.054	0.134	-0.760	-0.190
9次	0.051	-0.054	-0.031	-0.044

表 4-8 固有周期(設計基準対象施設及び重大事故等対処設備)

注記\*:刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと

質量マトリックスの積から算出した値を示す。



1 次モード



2 次モード



3 次モード

## 4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-9 に示す。

「弾性設計用地震動Sd又は静的震度」及び「基準地震動Ss」による地震力は, V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数は

V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。
		XI 0(1)	段前 消日政	/) (於前述-	戶內 款泡飯/				
据付4 設置	昜所及び 高さ(m)		原子炉建屋 T.M.S.L.20.6~14.68						
減衰深	定数(%)		水	平: 2.0 <sup>*1</sup>	鉛直: 2.	0*1			
地	震力	弾性	設計用地震重 又は静的震度	力S d 更	基準地震動S s				
- モード 固有周期		応答水፯	平震度*2	応答鉛直 震度* <sup>2</sup>	応答水平震度*2		応答鉛直 震度* <sup>2</sup>		
	(s)	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向		
1次	0.164								
2次	0.107								
3次	0.079								
4次	0.078								
5次	0.075								
6次	0.069								
7次	0.061								
8次	0.054								
9次	0.051								
10次*3	0.045								
動的地	也震力*4	0.64	0.64	0.56	1.21	1.21	1.12		
静的均	也震力*5	0.78	0.78	0.29			_		

表 4-9(1) 設計用地震力(設計基準対象施設)

注記\*1:ドライウェルスプレイ管は配管に区分されるため、V-2-1-6「地震応答解析の基本方 針」に記載の配管の減衰定数を用いる。

\*2: 各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

\*3:9次までは固有周期が 0.050s より長いモード,10次は固有周期 0.050s 以下のモード を示す。

\*4: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

\*5:静的震度(3.6Ci及び1.2Cv)を示す。

	<b>ب</b>		又前,而已没,		うろうの言語			
据付4 設置	昜所及び 高さ(m)	原子炉建屋 T.M.S.L.20.6~14.68						
減衰深	宦数(%)		水五	$ arepsilon: 2.0^{*1} $	鉛直: 2.	0*1		
地	震力	弾性調	設計用地震重 又は静的震度	力S d 変	基準地震動S s			
ド 固有周期 モード		応答水፯	平震度*2	応答鉛直 震度* <sup>2</sup>	応答水革	応答鉛直 震度* <sup>2</sup>		
	(s)	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向	
1次	0.164							
2次	0.107							
3次	0.079							
4次	0.078							
5次	0.075							
6次	0.069							
7次	0.061							
8次	0.054							
9次	0.051							
10次*3	0.045							
動的地	也震力*4				1.21	1.21	1.12	
静的坦	也震力*5							

表 4-9(2) 設計用地震力(重大事故等対処設備)

\*2: 各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

\*3:9次までは固有周期が 0.050s より長いモード,10次は固有周期 0.050s 以下のモード を示す。

\*4: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

\*5:静的震度(3.6Ci及び1.2Cv)を示す。

注記\*1:ドライウェルスプレイ管は配管に区分されるため、V-2-1-6「地震応答解析の基本方 針」に記載の配管の減衰定数を用いる。

4.6 計算方法

ドライウェルスプレイ管の応力評価点は、ドライウェルスプレイ管を構成する各部材において、発生応力が最も大きくなる箇所とする。選定した応力評価点を表 4-10 及び図 4-3 に示す。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1~P3 は「4.3 解析モデル及び諸元」に示す解析から得られた荷重を用いて 評価する。

応力評価点 P4 はV-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」に基づき評価する。

応力評価点番号	応力評価点
P 1	スプレイ管
P 2	スプレイ管とスプレイ管案内管 との接続部
Р 3	スプレイ管案内管
P 4	レストレイント

表 4-10 応力評価点

K7 ① V-2-9-4-4-1-1 R1



図 4-3 ドライウェルスプレイ管の応力評価点

# 4.7 計算条件

応力解析に用いる荷重を,「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」及び「4.5 設計用地震力」 に示す。

4.8 応力の評価

「4.6 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。ただし、一次+二次応力が許容値を満足しない場合は、設計・建設規格 PPB-3536 に基づいて疲労評価を行い、疲労累積係数が 1.0 以下であること。

- 5. 評価結果
- 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ドライウェルスプレイ管の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値 は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認 した。

- (1) 構造強度評価結果構造強度評価の結果を表 5-1 及び表 5-2 に示す。
- (2) 支持構造物評価結果(ドライウェルスプレイ管支持構造物) 支持構造物評価の結果を表 5-3 に示す。

				III A	a S		
評価対象設備		応力評価点	応力分類	算出応力	許容応力	判定	備考
				MPa	MPa		
	Di		一次応力	53	211	0	
	PI	スプレイ官	一次+二次応力	67	422	0	
ドライウェル	DO	スプレイ管とスプレイ管案内管	一次応力	34	211	0	
スプレイ管	P2	との接続部	一次+二次応力	54	422	0	
	D.C.		一次応力	40	211	0	
	РЗ	スプレイ管案内管	一次+二次応力	51	422	0	

表 5-1 許容応力状態ⅢASに対する評価結果(D+PD+MD+Sd\*)

表 5-2 許容応力状態IVASに対する評価結果(D+PD+MD+Ss)

	応力評価点			IV	a S		
評価対象設備			応力分類	算出応力	許容応力	判定	備考
				MPa	MPa		
	DI		一次応力	75	363	0	
	PI	スプレイ 官	一次+二次応力	111	422	0	
ドライウェル	DO	スプレイ管とスプレイ管案内管	一次応力	45	363	0	
スプレイ管	P2	との接続部	一次+二次応力	81	422	0	
	DO		一次応力	53	363	0	
	P3	スブレイ管案内管	一次+二次応力	75	422	0	

23

						支持点	点荷重			1	評価結果		
応力評価点		型式	材質	温度 (℃)	反力(kN)			モーン	モーメント (kN・m)			計算	許容
						Ð	Ð				分類	応力	応力
					F x *	ΡΥ	Γz	Mx	Мy	Μz	77 /24	(MPa)	(MPa)
P4	レストレイント	架構	SGV480	171	64	0	10			_	組合せ	171	275

表 5-3 支持構造物評価結果(D+P\_D+M\_D+S\_s)

注記\*:周方向(配管軸方向)反力を示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ドライウェルスプレイ管の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示 す。発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有している ことを確認した。

- (1) 構造強度評価結果
   構造強度評価の結果を表 5-4 に示す。
- (2) 支持構造物評価結果(ドライウェルスプレイ管支持構造物) 支持構造物評価の結果を表 5-5 に示す。

	応力評価点			V	A S		
評価対象設備			応力分類	算出応力	許容応力	判定	備考
				MPa	MPa		
			一次応力	75	363	0	
	PI	スプレイ官	一次+二次応力	111	414	0	
ドライウェル	DO	スプレイ管とスプレイ管案内管	一次応力	45	363	0	
スプレイ管	P2	との接続部	一次+二次応力	81	414	0	
	D.C.		一次応力	53	363	0	
	P3	スプレイ管案内管	一次+二次応力	75	414	0	

表 5-4 許容応力状態 VAS に対する評価結果 (D+PsAD+MsAD+Ss)

表 5-5 支持構造物評価結果 (D+Psad+Msad+Ss)

						支持点	荷重				評価結果		
応力	]評価点	型式	材質	温度 (℃)	,	反力(kì	N)	モーメント (kN・m)		応力	計算	許容	
					Fx*	Fч	F z	Mx My Mz		分類	応力 (MPa)	応力 (MPa)	
P4	レストレイント	架構	SGV480	200	64	0	10	_	_	_	組合せ	171	271

注記\*:周方向(配管軸方向)反力を示す。

# 6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第7号機 第2回工事計画認可申請書
 IV-3-4-3-5「ドライウェルスプレイ管の強度計算書」

V-2-9-4-4-1-2 サプレッションチェンバスプレイ管の 耐震性についての計算書 目 次

1. 根	既要 ·····	1
2. –	-般事項	1
2.1	構造計画	1
2.2	評価方針 •••••••••••••••••••	3
2.3	適用規格・基準等 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
2.4	記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
3. 責	平価部位	5
4. 均	也震応答解析及び構造強度評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6
4.1	地震応答解析及び構造強度評価方法	6
4.2	荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6
4.	2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	6
4.	2.2 許容応力	6
4.	2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6
4.	2.4 設計荷重	11
4.3	解析モデル及び諸元 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	12
4.4	固有周期 ·····	14
4.5	設計用地震力	16
4.6	計算方法	19
4.7	計算条件	21
4.8	応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	21
5. 畜	平価結果	22
5.1	設計基準対象施設としての評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	22
5.2	重大事故等対処設備としての評価結果	25
6. 孝	◎照図書 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	27

#### 1. 概要

本計算書は、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びV-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、原子炉格納容器スプレイ管

(サプレッションチェンバ側)(以下「サプレッションチェンバスプレイ管」という。)が設計 用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

サプレッションチェンバスプレイ管は設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事 故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類され る。以下,設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応工認対象となる設計用地震力及び重大事故等時に対 する評価について記載するものとし、前述の荷重を除く荷重によるサプレッションチェンバス プレイ管の評価は、平成4年3月27日付け3資庁第13034号にて認可された工事計画の添付書 類(参照図書(1))による(以下「既工認」という。)。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

サプレッションチェンバスプレイ管の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画



 $\sim$ 

#### 2.2 評価方針

サプレッションチェンバスプレイ管の応力評価は、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件 に関する説明書」及びV-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ 並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による 応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法に て確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

サプレッションチェンバスプレイ管の耐震評価フローを図 2-1 に示す。



図 2-1 サプレッションチェンバスプレイ管の耐震評価フロー

2.3 適用規格·基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版 ((社)日本電気協会)
- ・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)(以下「設計・建設規格」という。)

2.	4	記号の説	明

記号	記号の説明	単位
Сі	地震層せん断力係数	
Сv	鉛直方向設計震度	—
D	死荷重, 直径	—, mm
Е	縦弾性係数	MPa
fь	許容曲げ応力	MPa
f c	許容圧縮応力	MPa
fр	許容支圧応力	MPa
f s	許容せん断応力	MPa
f t	許容引張応力	MPa
Fх	管軸方向の反力	kN
F y	管軸直角方向の反力	kN
F z	鉛直方向の反力	kN
m i	質量 (i=0, 1)	kg/m
Md	機械的荷重	—
Msad	機械的荷重 (SA時)	—
Mx	管軸回りのモーメント	kN • m
Му	管軸直角回りのモーメント	kN • m
Mz	鉛直軸回りのモーメント	kN • m
РD	圧力	—
PSAD	压力 (SA時)	—, MPa
S	許容引張応力	MPa
S d	弾性設計用地震動Sdにより定まる地震力	—
S d *	弾性設計用地震動Sdにより定まる地震力又は静的地震力	—
Sm	設計応力強さ	MPa
S s	基準地震動Ssにより定まる地震力	—
S u	設計引張強さ	MPa
Sу	設計降伏点	MPa
t	厚さ	mm
ΤD	温度	°C
TSAD	温度 (SA時)	°C
ν	ポアソン比	—

#### 3. 評価部位

サプレッションチェンバスプレイ管の形状及び主要寸法を図 3-1 に,使用材料及び使用部位 を表 3-1 に示す。



①サプレッションチェンバスプレイ管 ②スプレイ管案内管

(単位:mm)

図 3-1 サプレッションチェンバスプレイ管の形状及び主要寸法

表 3-1 使用材料表

使用部位	使用材料	備考							
サプレッションチェンバ									
スプレイ管	STS42	STS410 相当							
及びスプレイ管案内管									
レストレイント	SGV49	SGV480 相当							

- 4. 地震応答解析及び構造強度評価
- 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法
  - (1) サプレッションチェンバスプレイ管に作用する地震力は、水平及び鉛直の固有周期に応じた応答加速度に基づき算出する。サプレッションチェンバスプレイ管の耐震評価として、 V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」及びV-2-2-4「原子炉本体の基礎の地震応答計算書」の応答解析に基づき算出した地震力を用いて、参照図書(1)及びV-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」に示す手法に従い構造強度評価を行う。
  - (2) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。
  - (3) 概略構造図を表 2-1 に示す。
- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
  - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッションチェンバスプレイ管の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち,設計基 準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に,重大事故等対処設備の評価に用いるものを 表 4-2 に示す。

詳細な荷重の組合せは,対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお,考慮する荷 重の組合せは,組み合わせる荷重の大きさを踏まえ,評価上厳しくなる組合せを選定す る。

4.2.2 許容応力

サプレッションチェンバスプレイ管の許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」 に基づき表 4-3 及び表 4-4 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サプレッションチェンバスプレイ管の使用材料の許容応力評価条件のうち,設計基準 対象施設の評価に用いるものを表 4-5 に,重大事故等対処設備の評価に用いるものを 表 4-6 に示す。

施設区分		設備名称	耐震重要度分類	機器等 の区分	荷重の組合せ	許容応力 状態	
医乙烷物油	广大低洲洲进	原子炉格納容器			$D + P_D + M_D + S d^*$	III A S	
原于炉格納 施設	圧力低減設備 その他の安全設備	スプレイ官 (サプレッション チェンバ側)	S	クラス2管	$D + P_D + M_D + S_s$	IV A S	

表4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

表4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

	施設区分	機器名称	設備分類*1	機器等 の区分	荷重の組合せ	許容応力 状態
原子炉格納 施設	圧力低減設備 その他の安全設備	原子炉格納容器 スプレイ管 (サプレッション チェンバ側)	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等 クラス2管	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S^{*2}$

注記\*1:「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2: VASとしてWASの許容限界を用いる。

応力分類 許容 応力状態	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
III A S	Sy ただし,オーステナイト系ステンレス鋼及び高 ニッケル合金については,上記値と1.2・Sとの 大きい方。	Sd又はSs地震動のみによる疲労解析	*1 を行い疲労累積係数が1.0以下であるこ
IV A S V A S *2	0.9 • S u	と。ただし,地震動のみによる一次+ ば,疲労解析は不要である。	二次応力の変動値が2・Sy以下であれ
VAS			

表4-3 クラス2管及び重大事故等クラス2管の許容応力

注記\*1:2·Syを超える場合,設計・建設規格 PPB-3536(1),(2),(4)及び(5)の簡易弾塑性解析を用いることができる。

(ただし, Smは2/3・Syと読み替える。)

\*2: VASとしてIVASの許容限界を用いる。

<b>赤</b> 広亡も		一次応力						次+二次応	力		
計容応力 状態	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	組合せ*3	引張り /圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈
IIIAS	1.5 • f t	1.5 • f s	1.5 • f c	1.5•fь	1.5•fp	1.5 • f t				1.5 • f p	
IV A S	1.5 • f t *	1.5 • f s *	1.5 • f c *	1.5•fь*	1.5 • f p*	1.5 • f t *	3•ft*4	*1, *4 3•fs	*2, *4 3•fb	15.5*	1.5・fb 1.5・fs 又は 1.5・fc
V A S *7	1.5 • f t *	1.5 • f s *	1.5 • f c *	1.5•fь*	1.5 • f p*	1.5 • f t *				1. 5 - 1 p	

表4-4 支持構造物の許容応力\*5,\*6

注記\*1: すみ肉溶接部にあっては、最大応力に対して1.5・f sとする。

\*2:設計・建設規格 SSB-3121.1(4)a.により求めたfbとする。

\*3:組合せ応力の許容応力は、設計・建設規格に基づく値とする。

\*4:地震動のみによる応力振幅について評価する。

- \*5: 材料の許容応力を決定する場合の基準値Fは,設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める値又は表9に定める値の0.7 倍のい ずれか小さい方の値とする。ただし,使用温度が40度を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金にあっては,設 計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める値の1.35 倍の値,表9 に定める0.7 倍の値又は室温における表8 に定める値のいず れか小さい値とする。
- \*6: ft\*, fs\*, fc\*, fb\*, fp\*は, ft, fs, fc, fb, fpの値を算出する際に設計・建設規格 SSB-3121.1(1)本文中「付録 材料図表 Part5 表8に定める値」とあるのを「付録材料図表 Part5 表8に定める値の1.2倍の値」と読み替えて計算した値とする。
  \*7: VASとしてIVASの許容限界を用いる。

評価部材	材料*1,*2	温度条件 (℃)		Sm (MPa)	Sу (MPa)	Su (MPa)	S (MPa)
サプレッションチェンバ スプレイ管 及びスプレイ管案内管	STS42	周囲環境 温度	104	_	219	404	_
レストレイント	SGV49	周囲環境 温度	104		237	430	_

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件(設計基準対象施設)

注記\*1:STS42はSTS410相当を示す。

\*2: SGV49は SGV480相当を示す。

評価部材	材料*1,*2	温度条件 (℃)		Sm (MPa)	Sу (MPa)	Su (MPa)	S (MPa)
サプレッションチェンバ スプレイ管 及びスプレイ管案内管	STS42	周囲環境 温度	200		207	404	
レストレイント	SGV49	周囲環境 温度	200	_	226	422	_

表 4-6 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

注記\*1:STS42はSTS410相当を示す。

\*2: SGV49は SGV480相当を示す。

- 4.2.4 設計荷重
  - (1) 設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設としての設計荷重である、最高使用圧力、最高使用温度及び死荷重 は、既工認(参照図書(1))からの変更はなく、次のとおりである。

- a. 最高使用圧力及び最高使用温度
  - 圧力 3.43MPa
  - 温度 104℃
- b. 死荷重



(2) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、以下のとおりとする。

圧力Psad	3.43MPa
温度Tsad	200°C

- 4.3 解析モデル及び諸元
  - (1) 設計基準対象施設としての解析モデル及び諸元

設計基準対象施設としての評価は、サプレッションチェンバスプレイ管質量及び内部水 質量を考慮して固有値解析及び構造強度評価を実施する。動的解析手法としては、スペク トルモーダル解析法を用いる。

解析モデルの概要を以下に示す。

- a. サプレッションチェンバスプレイ管は、3次元はり要素による有限要素解析手法を適 用する。解析モデルを図4-1に、機器の諸元について表4-7に示す。
- b. サプレッションチェンバスプレイ管及びスプレイ管案内管をモデル化し,固有値解 析及び構造強度評価を実施する。
- c. 拘束条件は、スプレイ管においては、レストレイントを支持条件(レストレイント の向きに応じた並進拘束)とする。また、スプレイ管案内管においては、アンカ部 を固定条件(並進拘束及び回転拘束)とする。
- d. 解析コードは「MSC NASTRAN」を使用する。なお,評価に用いる解析コ ードの検証及び妥当性確認等の概要については,別紙「計算機プログラム(解析コ ード)の概要」に示す。
- (2) 重大事故等対処設備としての解析モデル及び諸元

重大事故等時のサプレッションチェンバスプレイ管の解析モデル及び諸元は,設計基準 対象施設と同じとする。

	項目	記号	単位	入力値
斦具	サプレッションチェンバスプレイ管	<b>m</b> 0	kg/m	
貝里	スプレイ管案内管	<b>m</b> 1	kg/m	
温度条件	<b>#</b>	ΤD	°C	35
縦弾性係	系数	Е	MPa	202000
ポアソン	/比	ν		0.3
要素数		_		162
節点数				162

表 4-7 機器諸元(設計基準対象施設及び重大事故等対処設備)

K7 ① V-2-9-4-4-1-2 R1

#### 4.4 固有周期

設計基準対象施設及び重大事故等対処設備における固有周期を表 4-8 に、振動モード図 を 3 次まで代表して図 4-2 に示す。固有周期は 0.05 秒を超えており、柔構造であることを 確認した。

~ 12	固有周期		刺激係数*	
モート	(s)	X方向	Y方向	Z方向
1次	0.149	0.023	0.000	-0.032
2 次	0.148	0.000	0.004	0.000
3次	0.140	0.000	-0.002	0.000
4次	0.137	-0.026	0.000	-0.172
5次	0.127	-0.008	0.000	-0.013
6次	0.125	0.000	-0.026	0.000
7 次	0.118	0.000	-0.001	0.000
8次	0.117	-0.045	0.000	-0.100
23 次	0.054	0.089	0.000	-0.021

表 4-8 固有周期(設計基準対象施設及び重大事故等対処設備)

注記\*:刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。





3次モード

図 4-2 振動モード図

### 4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-9 に示す。

「弾性設計用地震動Sd又は静的震度」及び「基準地震動Ss」による地震力は, V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数は

V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

		X I J(I)	取时川地展	/] (政时坐-	户内家旭民/		
据付城 設置	昜所及び 高さ(m)	ダイヤフラムフロア <sup>*1</sup> 原子炉格納容器 T.M.S.L. 10.8 ~ 8.9					
減衰知	主数(%)		水	$\vec{F}$ : 2.0 <sup>*2</sup>	鉛直: 2.	0*2	
地	震力	弾性	設計用地震重 又は静的震度	計用地震動Sd は静的震度 基準地震動Ss			S
モード	固有周期	応答水革	平震度*3	応答鉛直 震度 <sup>*3</sup>	応答水革	平震度*3	応答鉛直 震度 <sup>*3</sup>
	(s)	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
1次	0.149						
2次	0.148						
3次	0.140						
4次	0.137						
5次	0.127						
6次	0.125						
7次	0.118						
8次	0.117						
23 次	0.054						
24 次 <sup>*4</sup>	0.044						
動的均	也震力*5	0.58	0.58	0.52	1.15	1.15	1.05
静的地	也震力*6	0.67	0.67	0.29			

表 4-9(1) 設計用地震力(設計基準対象施設)

注記\*1:ダイヤフラムフロアに支持構造物が設置されるため,原子炉建屋及び原子炉遮蔽壁を 包絡した震度を適用する。

- \*2:サプレッションチェンバスプレイ管は配管に区分されるため、V-2-1-6「地震応答解 析の基本方針」に記載の配管の減衰定数を用いる。
- \*3: 各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。
- \*4:23次までは固有周期が0.050sより長いモード,24次は固有周期0.050s以下のモード を示す。
- \*5: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。
- \*6:静的震度(3.6Ci及び1.2Cv)を示す。

	1	χ H J (Δ)	双时/11地展/	1 (里八爭與	守州 处取 佣/		
据付4 設置	昜所及び 高さ(m)	ダイヤフラムフロア <sup>*1</sup> 原子炉格納容器 T.M.S.L. 10.8 ~ 8.9					
減衰知	官数(%)		水	区: 2.0 <sup>*2</sup>	鉛直: 2.	0*2	
地	震力	弾性調	設計用地震重 又は静的震度	bSd €	基	準地震動S	S
モード	固有周期	応答水革	応答水平震度*3		応答水፯	平震度*3	応答鉛直 震度* <sup>3</sup>
	(S)	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
1次	0.149						
2次	0.148						
3次	0.140						
4次	0.137						
5 次	0.127						
6次	0.125						
7次	0.118						
8次	0.117						
23 次	0.054						
24 次 <sup>*4</sup>	0.044			_			
動的地	也震力*5				1.15	1.15	1.05
静的地	也震力*6						

表 4-9(2) 設計用地震力(重大事故等対処設備)

注記\*1:ダイヤフラムフロアに支持構造物が設置されるため,原子炉建屋及び原子炉遮蔽壁を 包絡した震度を適用する。

- \*2:サプレッションチェンバスプレイ管は配管に区分されるため、V-2-1-6「地震応答解 析の基本方針」に記載の配管の減衰定数を用いる。
- \*3: 各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。
- \*4:23次までは固有周期が 0.050sより長いモード,24次は固有周期 0.050s以下のモード を示す。
- \*5: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。
- \*6:静的震度(3.6Ci及び1.2Cv)を示す。

#### 4.6 計算方法

サプレッションチェンバスプレイ管の応力評価点は、サプレッションチェンバスプレイ管 を構成する各部材において、発生応力が最も大きくなる箇所とする。選定した応力評価点を 表 4-10 及び図 4-3 に示す。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1~P3 は「4.3 解析モデル及び諸元」に示す解析から得られた荷重を用いて 評価する。

応力評価点 P4 はV-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」に基づき評価する。

応力評価点番号	応力評価点
P 1	スプレイ管
P 2	スプレイ管とスプレイ管案内管との接続部
Р 3	スプレイ管案内管
P 4	レストレイント

表 4-10 応力評価点

K7 ① V-2-9-4-4-1-2 R1



図 4-3 サプレッションチェンバスプレイ管の応力評価点

# 4.7 計算条件

応力解析に用いる荷重を,「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」及び「4.5 設計用地震力」 に示す。

4.8 応力の評価

「4.6 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。ただし、一次+二次応力が許容値を満足しない場合は、設計・建設規格 PPB-3536 に基づいて疲労評価を行い、疲労累積係数が 1.0 以下であること。

- 5. 評価結果
- 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

サプレッションチェンバスプレイ管の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示 す。発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有している ことを確認した。

- (1) 構造強度評価結果構造強度評価の結果を表 5-1 及び表 5-2 に示す。
- (2) 支持構造物評価結果(サプレッションチェンバスプレイ管支持構造物) 支持構造物評価の結果を表 5-3 に示す。

	応力評価点		応力分類	III A S			
評価対象設備				算出応力	許容応力	判定	備考
				MPa	MPa		
サプレッション チェンバ スプレイ管	P1	スプレイ管	一次応力	44	219	$\bigcirc$	
			一次+二次応力	35	439	0	
	P2	スプレイ管とスプレイ管案内管	一次応力	43	219	0	
		との接続部	一次+二次応力	45	439	0	
		スプレイ管案内管	一次応力	26	219	0	
	Ρ3		一次+二次応力	28	439	0	

表 5-1 許容応力状態ⅢASに対する評価結果(D+PD+MD+Sd\*)

表 5-2 許容応力状態IVASに対する評価結果(D+PD+MD+Ss)

	応力評価点		応力分類	IV A S			
評価対象設備				算出応力	許容応力	判定	備考
				MPa	MPa		
サプレッション チェンバ スプレイ管	P1	スプレイ管	一次応力	59	364	0	
			一次+二次応力	65	439	0	
	P2	スプレイ管とスプレイ管案内管	一次応力	56	364	0	
		との接続部	一次+二次応力	77	439	0	
	P3	スプレイ管案内管	一次応力	32	364	0	
			一次+二次応力	46	439	0	

23
		材質		支持点荷重							評価結果		
応力評価点			型式	温度 (℃)	反力(kN)			モーメ	ント (	kN•m)	応力	計算	許容
				$(\mathbf{C})$	ata						分粨	応力	応力
					$F_{X}^{*}$	Fγ	FΖ	M <sub>X</sub>	$M_{\rm Y}$	$M_Z$	7779	(MPa)	(MPa)
P4	レストレイント	架構	SGV480	104	19	0	6				曲げ	108	547

表 5-3 支持構造物評価結果(D+P\_D+M\_D+S\_s)

注記\*:周方向(配管軸方向)反力を示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

サプレッションチェンバスプレイ管の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果 を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を 有していることを確認した。

- (1) 構造強度評価結果
  構造強度評価の結果を表 5-4 に示す。
- (2) 支持構造物評価結果(サプレッションチェンバスプレイ管支持構造物) 支持構造物評価の結果を表 5-5 に示す。

				V	A S		
評価対象設備		応力評価点	応力分類	算出応力	許容応力	判定	備考
				MPa	MPa		
	DI		一次応力	59	363	0	
	PI	スプレイ官	一次+二次応力	65	414	0	
サプレッション	DO	スプレイ管とスプレイ管案内管	一次応力	56	363	0	
ナエンハ	P2	との接続部	一次+二次応力	77	414	0	
スフレイ管	Do		一次応力	32	363	0	
	РЗ	スブレイ管案内管	一次+二次応力	46	414	0	

表 5-4 許容応力状態VASに対する評価結果(D+PsAD+MsAD+Ss)

表 5-5 支持構造物評価結果(D+Psad+Msad+Ss)

							支持点	荷重				評価結果	
応力	型式	材質	温度 (℃)	LE度 反力 (kN) モーメント (kN・		反力(kN)			kN•m)	応力	計算	許容	
					F <sub>x</sub> * F <sub>y</sub> F		F <sub>z</sub>	M <sub>X</sub>	$M_{\rm Y}$	$M_Z$	分類	応力 (MPa)	応力 (MPa)
P4	レストレイント	架構	SGV480	200	19	0	6	_	_	_	曲げ	108	521

注記\*:周方向(配管軸方向)反力を示す。

# 6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第7号機 第2回工事計画認可申請書
 IV-3-4-3-6「サプレッションチェンバスプレイ管の強度計算書」

V-2-9-4-4-2 格納容器下部注水系の耐震性についての計算書

V-2-9-4-4-2-1 管の耐震性についての計算書

重大事故等対処設備

目 次

1.	概	要 •	••	••	•••	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•••	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	1
2.	概	略系統図	国及び順		义		•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	••	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	2
:	2.1	概略系;	統図		•••	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	••	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	2
:	2.2	鳥瞰図		••	•••	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	••	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	6
3.	計	算条件	•	••	•••	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	••	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	8
:	3.1	計算方法	法	•	•••	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•••	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	8
:	3.2	荷重の	組合せ	及び	ド許多	容応	い	J状	、態			•	•	•	•	•	•	•••	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	9
:	3.3	設計条	件	•	•••	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•••	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	10
:	3.4	材料及	び許容	応力	J		•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•••	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	12
:	3.5	設計用	地震力		•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•••	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	13
4.	解	析結果及	なび評価	Б	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•••	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	14
	4.1	固有周期	期及び	設計	震	吏			•	•		•	•	•	•	•	•	•••	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	14
	4.2	評価結	果	•	•••	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•••	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	20
	4.2	.1 管	の応力	評価	師結	果			•	•		•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	20
	4.2	.2 支	持構造	物評	陌行	洁果	Ę			•		•	•	•	•	•	•	••	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	21
	4.2	.3 弁	の動的	機能	᠄維	寺評	F佰	眎結	果	2		•	•	•	•	•	•	••	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	22
	4.2	.4 代	表モデ	ルの	)選)	<b></b> 定 結	宇	見及	ζŰ	全	モ	デノ	120	の診	平伯	眎結	课			•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	23

1. 概要

本計算書は、V-2-1-14 「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書 作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、管、支持構造物及び弁が設計 用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。 評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モ デル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値/発生値(以 下「裕度」という。)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価 結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を 4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち,種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評 価結果を代表として記載する。

(3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要 求弁を代表として評価結果を記載する。

## 2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
——————————(細線)	工事計画記載範囲の管のうち,本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
(破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち,他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
00-0-00	鳥瞰図番号
$\mathbf{\Theta}$	アンカ

概略系統図記号凡例



ω

格納容器下部注水系概略系統図(その1)



\*2:解析モデル上低圧代替注水系に含める。

格納容器下部注水系概略系統図(その2)



注記\*:解析モデル上低圧代替注水系に含める。

格納容器下部注水系概略系統図(その3)

## 2.2 鳥瞰図

記号	内容
(太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
——————————————————————————————————————	工事計画記載範囲の管のうち,本系統の管であって他計算書記 載範囲の管
————— (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち,他 系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
•	質点
${\color{black}}$	アンカ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分 を示す。スナッバについても同様とする。)
∃€	スナッバ
∃-///~	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号,矢印は拘束方向を示す。また, 内に 変位量を記載する。) 注1:鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

鳥瞰図記号凡例

-7

鳥瞰図	
-----	--

MUWC-PD-1

## 3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、 「HISAP」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙 「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設 分類 <sup>*1</sup>	設備 分類 <sup>*2</sup>	機器等 の区分	耐震 重要度分類	荷重の組合せ <sup>*3</sup>	許容応力 状態 <sup>*4</sup>
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	格納容器 下部注水系	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管		$V_L + S_s$	V A S
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	代替循環冷却系	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	_	$V_L + S_S$	V A S

注記\*1:DBは設計基準対象施設,SAは重大事故等対処設備を示す。

\*2:「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*3:運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*4:許容応力状態VASは許容応力状態WASの許容限界を使用し、許容応力状態WASとして評価を実施する。

### 3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 MUWC-PD-1

管番号	対応する証価占	最高使用圧力	外径	厚さ	<b>**</b> *1	耐震	縦弾性係数	
	対応する詳価点	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	11 1-1	重要度分類	(MPa)
1	2~17	0.62	200	114.3	6.0	STPG370		200400

## 支持点及び貫通部ばね定数

古齿占釆旦	各軸之	ち向ばね定数(	N/mm)	各軸回り回転ばね定数(N·mm/rad)					
又何尽留方	Х	Υ	Z	Х	Y	Z			
7									
1001									
16									

鳥瞰図 MUWC-PD-1

# 3.4 材料及び許容応力

本ナ実に	最高使用温度	許容応力(MPa)								
113 157	(°C)	S m	S y	S u	S h					
STPG370 200			148	345	_					

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

#### 3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。 なお,設計用床応答曲線はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを 用いる。また,減衰定数はV-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
MUWC-PD-1	原子炉本体基礎		

#### 4. 解析結果及び評価

#### 4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 MUWC-PD-1

適用す	る地震動等	S s						
エード	固有周期	応答水	応答水平震度*1 応答鉛直					
	(s)	s) X方向 Z方向		Y方向				
1 次			<u> </u>					
2 次								
3 次								
4 次								
動自	的震度 <sup>*2</sup>			. Г				

注記\*1:各モードの固有周期に対し,設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

\*2: Sd 又はSs 地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

### 各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 MUWC-PD-1

エード	固有周期		刺激係数*	
	(s)	X方向 Y方向		Z方向
1次				
2 次				
3 次				

注記\*:刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から 算出した値を示す。

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図 示し、次ページ以降に示す。

# K7 ① V-2-9-4-4-2-1(重) R1



# K7 ① V-2-9-4-4-2-1(重) R1



# K7 ① V-2-9-4-4-2-1(重) R1



### 4.2 評価結果

#### 4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図				一次応力	評価(MPa)	一次十二次応	疲労評価	
	許容応力 状態	最大応力 評価点	■ 最大応力 区分	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				Sprm (Ss)	0.95 u	Sn (Ss)	2Ѕу	USs
MUWC-PD-1	V A S	14	Sprm (Ss)	23	310			
MUWC-PD-1	V A S	13	Sn (Ss)			42	296	

### 4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果(荷重評価)

					評価結果			
支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (℃)	計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)		
			_	_				

# 21 支持構造物評価結果(応力評価)

支持構造物 番号		種類型式	材質				支持,	点荷重			-	評価結果	1
	種類			温度 (℃)	反力(kN)		モーメント (kN・m)		応力	計算	許容		
					F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>X</sub>	M <sub>Y</sub>	Mz	分類	がいり (MPa)	MPa)
RE-MUWC-P001	レストレイント	リプレート	SM400B STKR400	200	2	3	0		_		せん断	5	106

### 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評 (×9.5	価用加速度 8m/s <sup>2</sup> )	機能確認 (×9.5	済加速度 8m/s <sup>2</sup> )	構造強度評価結果 (MPa)		
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力	

#### 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し,応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図,設計条件及び評価結果 を記載している。下表に,代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

			許容応力状態 VAS											
		一次応力					一次+二次応力				疲労評価			
No.	配管モデル	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	計画点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	計価点	疲労 累積 係数	代 表
1	MUWC-PD-1	14	23	310	13.47	0	13	42	296	7.04	0			—

V-2-9-4-4-3 代替循環冷却系の耐震性についての計算書

V-2-9-4-4-3-1 管の耐震性についての計算書

重大事故等対処設備

1.	概要	1
2.	概略系統図	2
3.	計算条件	10
3.	1 荷重の組合せ及び許容応力状態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	10
4.	解析結果及び評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	11

1. 概要

本計算書は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算 書作成の基本方針」に基づき、管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構 造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち,各応力区分における最大応力評価点評価結果を解 析モデル単位に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち,種類及び型式単位に反力が最大となる支持点 の評価結果を代表として記載する。

(3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維 持要求弁を代表として評価結果を記載する。
# 2. 概略系統図

f		· · · · · ·	
<b>棚 1</b> 12 3	ふ統図	1 카 분	月 仮日
에 씨 빠져 기	: ///나/스		7621

記号	内容
(太線)	工事計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
(細線)	工事計画書記載範囲の管のうち,本系統の管であって 他計算書記載範囲の管
(破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち,他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
$\bigcirc \bigcirc $	鳥瞰図番号
$\underbrace{\bullet}$	アンカ





注記\*:解析モデル上高圧炉心注水系に含める。

代替循環冷却系概略系統図(その2)



代替循環冷却系概略系統図(その3)



代替循環冷却系概略系統図(その4)



注記\*:解析モデル上低圧代替注水系に含める。

代替循環冷却系概略系統図(その5)



注記\*:解析モデル上復水給水系に含める。

代替循環冷却系概略系統図(その6)



注記\*:解析モデル上復水給水系に含める。

代替循環冷却系概略系統図(その7)

### 3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

	万休夕和	不休日午	施設	設備	機器等	耐震	共手の知人止*3	許容応力
他設名你	<b> </b> 初 / 用 名	术机名称	分類*1	分類*2	の区分	重要度分類	何里の組合セッ	状態*4
原子炉	原子炉格納容器	代替循環	S A	告凯 / 颂 fn	重大事故等		V	VS
格納施設	安全設備	冷却系	SA	币 取 / 液 和	クラス 2 管		VLTJS	VAS

注記 \*1: DBは設計基準対象施設, SAは重大事故等対処設備を示す。

\*2:「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*3:運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*4:許容応力状態VASは許容応力状態WASの許容限界を使用し、許容応力状態WASとして評価を実施する。

4. 解析結果及び評価

以下の計算書の重大事故等対処設備に含まれる。

- 「V-2-5-1 原子炉冷却系統施設の耐震計算結果」
- 「V-2-5-3-1-6 管の耐震性についての計算書」
- 「V-2-5-4-1-5 管の耐震性についての計算書」
- 「V-2-5-4-4-1 管の耐震性についての計算書」
- 「V-2-5-5-1-3 管の耐震性についての計算書」
- 「V-2-9-4-4-1-1 ドライウェルスプレイ管の耐震性についての計算書」
- 「V-2-9-4-4-2-1 管の耐震性についての計算書」

V-2-9-4-5 放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備 並びに格納容器再循環設備の耐震性についての計算書 V-2-9-4-5-1 非常用ガス処理系の耐震性についての計算書

V-2-9-4-5-1-1 非常用ガス処理系乾燥装置の耐震性についての計算書

1. 概要	1
2. 一般事項 ······	1
2.1 構造計画 ······	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	5
2.5 計算精度と数値の丸め方 ······	7
3. 評価部位	8
4. 固有周期	9
4.1 固有周期の計算方法	9
4.2 固有周期の計算条件	10
4.3 固有周期の計算結果	10
5. 構造強度評価	11
5.1 構造強度評価方法	11
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	11
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	11
5.2.2 許容応力	11
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	11
5.3 設計用地震力	15
5.4 計算方法 ······	16
5.4.1 応力の計算方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	16
5.5 計算条件	20
5.6 応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	20
5.6.1 ボルトの応力評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	20
6. 評価結果	21
6.1         設計基準対象施設としての評価結果         ····································	21
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	21

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、非常用ガス処理系乾燥装置が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

非常用ガス処理系乾燥装置は,設計基準対象施設においてはSクラス施設に,重大事故等対 処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下,設計基準対象施設及び重大事故 等対処設備としての構造強度評価を示す。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

非常用ガス処理系乾燥装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表2-1 構造計画



#### 2.2 評価方針

非常用ガス処理系乾燥装置の応力評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す非常用ガス処理 系乾燥装置の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」 にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に 示す。

非常用ガス処理系乾燥装置の耐震評価フローを図 2-1 に示す。



図 2-1 非常用ガス処理系乾燥装置の耐震評価フロー

2.3 適用規格·基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984 ((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格((社)日本機械学会,2005/2007)(以下「設計・ 建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
Abi	ボルトの軸断面積*1	$\mathrm{mm}^2$
A e	有効せん断断面積	$\mathrm{mm}^2$
Сн	水平方向設計震度	—
Сv	鉛直方向設計震度	—
d i	ボルトの呼び径*1	mm
Е	縦弾性係数	MPa
F i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値*1	MPa
Fi*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値*1	MPa
F b i	ボルトに作用する引張力(1 本当たり) *1	Ν
fsbi	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力*1	MPa
ftoi	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力*1	MPa
ftsi	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*1	MPa
G	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$
h i	据付面又は取付面から重心までの距離*2	mm
Ι	断面二次モーメント	$\mathrm{mm}^4$
Кн	水平方向ばね定数	N/m
Κv	鉛直方向ばね定数	N/m
$\ell_{1 \ i}$	重心とボルト間の水平方向距離*1,*3	mm
$\ell_{2\ i}$	重心とボルト間の水平方向距離*1,*3	mm
m i	運転時質量*2	kg
n i	ボルトの本数*1	—
n f i	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数*1	—
n q i	せん断力を受けるボルトの本数*1	—
${f Q}$ b i	ボルトに作用するせん断力*1	Ν
S u i	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値*1	MPa
S у і	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値*1	MPa
Syi (RT)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の	MPa
	40℃における値* <sup>1</sup>	
Тн	水平方向固有周期	S
Τv	鉛直方向固有周期	S
π	円周率	
<b>о</b> b i	ボルトに生じる引張応力*1	MPa
τьі	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa

注記\*1:Abi, di, Fi, Fi<sup>\*</sup>, Fbi, fsbi, ftoi, ftsi, l<sub>1i</sub>, l<sub>2i</sub>, ni, nfi, nqi, Qbi, Sui, Syi, Syi (RT), σbi及びτbiの添字iの意味は, 以 下のとおりとする。

i =1:基礎ボルト

i =2:取付ボルト

\*2:h i 及びm i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

i =1:据付面

i =2:取付面

 $*3:\ell_{1\,i}\leq \ell_{2\,i}$ 

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。 表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりとする。

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	S	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	°C	_		整数位
質量	kg			整数位
長さ	mm	— —		整数位*1
面積	$\mathrm{mm}^2$	有効数字5桁目 四捨五入		有効数字4桁*2
断面二次モーメント	$\mathrm{mm}^4$	有効数字5桁目 四捨五入 有		有効数字4桁*2
力	Ν	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

表 2-2 表示する数値の丸め方

注記\*1:設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

\*2:絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

\*3:設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏 点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値と する。

## 3. 評価部位

非常用ガス処理系乾燥装置の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、 耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。非常用ガス処理系乾燥装 置の耐震評価部位については、表 2-1の概略構造図に示す。

- 4. 固有周期
- 4.1 固有周期の計算方法

非常用ガス処理系乾燥装置の固有周期の計算方法を以下に示す。

- (1) 計算モデル
  - a. 非常用ガス処理系乾燥装置の質量は重心に集中するものとする。
  - b. 変形は非常用ガス処理系乾燥装置をはりと考えたときの曲げ及びせん断変形を考慮 する。
  - c. 非常用ガス処理系乾燥装置は架台上にあり,架台は基礎ボルトで基礎に固定されて おり,固定端とする。
  - d. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
     非常用ガス処理系乾燥装置は、図4-1に示す下端固定の1質点系振動モデルとして考える。



(2) 固有周期

曲げ及びせん断変形によるばね定数Kは次式で表される。

水平方向 K<sub>H</sub>= 
$$\frac{1000}{\frac{h_{1}^{3}}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h_{1}}{G \cdot A_{e}}}$$
 (4.1.1)

鉛直方向 
$$K_{V} = \frac{1000}{h_{1}}^{*}$$
 (4.1.2)  
E · A e

注記\*:断面積には、固有周期が大きく算出される有効せん断断面積A eを用いる。

したがって、固有周期は次式で求められる。

水平方向 
$$T_{H}=2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_{1}}{K_{H}}}$$
 ..... (4.1.3)  
鉛直方向  $T_{V}=2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_{1}}{K_{V}}}$  .... (4.1.4)

4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【非常用ガス処理系乾燥装置の耐震性に ついての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 4-1 に示す。計算の結果,固有周期は 0.05 秒以下であり,剛であることを確認した。

表 4-1	固有周期	(単位:s)
水平		
鉛直		

- 5. 構造強度評価
- 5.1 構造強度評価方法
  - 4.1項 a. ~d. のほか, 次の条件で計算する。
  - (1) 地震力は非常用ガス処理系乾燥装置に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものと する。
  - (2) 転倒方向は図 5-1 及び図 5-2 における長辺方向及び短辺方向について検討し,計算書 には計算結果の厳しい方(許容値/発生値の小さい方をいう。)を記載する。
  - (3) 基礎ボルトに対するせん断力はボルト全本数で受けるものとする。
     また、取付ボルトに対するせん断力は、長辺方向にスライドできるものとし、固定部(2本)のボルト本数のみで受けるものとする。
- 5.2 荷重の組合せ及び許容応力
- 5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 非常用ガス処理系乾燥装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設 の評価に用いるものを表5-1に,重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-2に示 す。
- 5.2.2 許容応力

非常用ガス処理系乾燥装置の許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき 表5-3のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

非常用ガス処理系乾燥装置の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の 評価に用いるものを表5-4に,重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-5に示 す。

施言	<b>投区分</b>	機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉	放射性物質濃 度制御設備及 び可燃性ガス	非常用ガス処理系	S	カラマ / 答*	$D + P_D + M_D + S d^*$	III ∧ S
格納施設	濃度制御設備 並びに格納容 器再循環設備	乾燥装置		///46	$\mathrm{D} + \mathrm{P}_\mathrm{D} + \mathrm{M}_\mathrm{D} + \mathrm{S}$ s	IV A S

表5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

注記\*:クラス4管の支持構造物を含む。

12

表5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

施調	受区分	機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
	放射性物質濃 度制御設備及				$D + P_D + M_D + S_s *^3$	IV A S
原子炉 格納施設	び可燃性ガス 濃度制御設備 並びに格納容 器再循環設備	非常用ガス処理系 乾燥装置	常設/緩和	重大事故等 クラス2管 <sup>*2</sup>	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとしてIVA Sの許容限界を用 いる。)

注記\*1:「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2:重大事故等クラス2管の支持構造物を含む。

\*3:「D+Psad+Msad+Ss」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

許容応力状態	許容限界 <sup>*1,*2</sup> (ボルト等)			
	一次応力			
	引張り	せん断		
III A S	1.5 • f t	1.5 • f s		
IV A S				
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)	1.5 • f t*	1.5 • f s*		

表5-3 許容応力(その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物)

注記\*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

評価部材	材料	温度条件 (℃)	÷	Sy (MPa)	S u (MPa)	Sy(RT) (MPa)
基礎ボルト	SS400 (16mm<径≦40mm)	周囲環境温度	66	225	385	
取付ボルト		最高使用温度	120			_

表5-5 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Sу (MPa)	Su (MPa)	Sy(RT) (MPa)
基礎ボルト	SS400 (16mm<径≦40mm)	周囲環境温度	80	220	379	
取付ボルト		最高使用温度	120			_

### 5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-6 及び表 5-7 に示す。

「弾性設計用地震動Sd又は静的震度」及び「基準地震動Ss」による地震力は、V-2-1-7 「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

据付場所 及び	固有周	]期(s)	弾性設計用 又は静	地震動Sd 的震度	基準地震動S s	
床面高さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 T.M.S.L.23.5*			Сн=0.78	Cv = 0.71	Сн=1.51	Cv = 1.38

表 5-6 設計用地震力(設計基準対象施設)

注記\*:基準床レベルを示す。

据付場所 及び	固有周	哥期(s)	弾性設計用 又は静	地震動Sd 的震度	基準地震動S s			
床面高さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
原子炉建屋 T.M.S.L.23.5*					Сн=1.51	C v=1.38		

表 5-7 設計用地震力 (重大事故等対処設備)

注記\*:基準床レベルを示す。

#### 5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

基礎ボルト及び取付ボルトの応力は,地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。



図 5-1(1) 計算モデル (短辺方向転倒-1 (1-C<sub>V</sub>)≧0の場合)



図 5-1(2) 計算モデル (短辺方向転倒-2 (1-Cv)<0の場合)



図 5-2(1) 計算モデル (長辺方向転倒-1 (1-Cv)≧0の場合)



図 5-2(2) 計算モデル (長辺方向転倒-2 (1-Cv)<0の場合)

#### (1) 引張応力

ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図 5-1 及び図 5-2 に示すボルトを 支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力 計算モデル図 5-1(1)及び 5-2(1)の場合の引張力 【絶対値和】  $F_{bi} = \frac{m_i \cdot g \cdot C_H \cdot h_i - m_i \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{1i}}{n_{fi} \cdot (\ell_{1i} + \ell_{2i})}$  (5.4.1.1) 計算モデル図 5-1(2)及び 5-2(2)の場合の引張力 【絶対値和】

$$F_{b i} = \frac{m_{i} \cdot g \cdot C_{H} \cdot h_{i} - m_{i} \cdot g \cdot (1 - C_{V}) \cdot \ell_{2 i}}{n_{f i} \cdot (\ell_{1 i} + \ell_{2 i})}$$

引張応力  $\sigma_{b_{i}} = \frac{F_{b_{i}}}{A_{b_{i}}}$  (5.4.1.3) ここで、ボルトの軸断面積A<sub>bi</sub>は次式により求める。  $A_{b_{i}} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{i}^{2}$  (5.4.1.4)

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力はボルト全本数で受けるものとして計算する。 また,取付ボルトに対するせん断力は固定部(2本)のボルト本数のみで受け るものとして計算する。

せん断力  
$$Q_{b i} = m_i \cdot C_H \cdot g$$
 (5.4.1.5)

せん断応力

5.5 計算条件

応力計算に用いる計算条件は,本計算書の【非常用ガス処理系乾燥装置の耐震性について の計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

- 5.6 応力の評価
  - 5.6.1 ボルトの応力評価

5.4 項で求めたボルトの引張応力 $\sigma_{bi}$ は次式より求めた許容引張応力 $f_{tsi}$ 以下であること。ただし、 $f_{toi}$ は下表による。

$$f_{t s i} = Min[1.4 \cdot f_{t o i} - 1.6 \cdot \tau_{b i}, f_{t o i}] \quad \dots \dots \quad (5.6.1.1)$$

せん断応力  $\tau_{bi}$ はせん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力  $f_{sbi}$ 以下であること。ただし、 $f_{sbi}$ は下表による。

	弾性設計用地震動Sd 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S s による荷重との 組合せの場合
許容引張応力 <i>f</i> t o i	$\frac{\mathrm{F} \mathrm{i}}{2} \cdot 1.5$	$\frac{\mathbf{F} \mathbf{i}^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 ƒ s b i	$\frac{\mathrm{F \ i}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{\mathrm{F~i}^{*}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

- 6. 評価結果
- 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

非常用ガス処理系乾燥装置の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生 値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確 認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

非常用ガス処理系乾燥装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に 示す。発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有してい ることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### 【非常用ガス処理系乾燥装置の耐震性についての計算結果】

#### 1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

		<b>提付場所及7</b> 隊	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		最高伸用温度	周囲環境温度
機器名称	耐震重要度分類	床面高さ(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)	(°C)
非常用ガス処理系 乾燥装置	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 23.5*			Сн=0.78	$C_{v}=0.71$	Сн=1.51	Cv=1.38	120	66
		注記*:基準床レ	ベルを示す。							

1.2 機器要目									
部材	m i (kg)	h i (mm)	ℓ <sub>1 i</sub> *1 (mm)	$\ell_{2 i} *^{1}$ (mm)	d i (mm)	Аьі (mm²)	n i	n f i *1	nqi
基礎ボルト		1					6	3	6
( i =1)							0	2	0
取付ボルト							6	3	0
(i=2)		1	1	1	1		0	2	2

				*	転倒方向		
部材	Sуі (MPa)	Sui (MPa)	F i (MPa)	F i (MPa)	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	
基礎ボルト (i=1)	225 <sup>*2</sup> (16mm<径≦40mm)	385* <sup>2</sup>	225	270	長辺	長辺	
取付ボルト (i=2)					長辺	長辺	

E (MPa)	G (MPa)	I (mm <sup>4</sup> )	A e (mm <sup>2</sup> )	
		$3.161 \times 10^{9}$	$2.340 \times 10^{4}$	

注記\*1:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し, 下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

\*2:周囲環境温度で算出

\*3:最高使用温度で算出
#### 1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

1.3.1 ボルトに作用	する力			(単位:N)				
	Fь	i	Q b i					
部材	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s				
基礎ボルト								
( i =1)								
取付ボルト								
(i=2)								

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位:MPa) 弾性設計用地震動Sd又は静的震度 基準地震動 S s 部材 材料 応力 算出応力 許容応力 算出応力 許容応力  $f_{ts1} = 202^*$ 引張り  $f_{ts1} = 169^*$ σ b1=19  $\sigma$  b1=54 基礎ボルト SS400 (i = 1)せん断  $f_{\rm sb1} = 130$ τы=21  $f_{\rm sb1} = 155$ τ b1=11 引張り  $f_{ts2} = 444^*$  $f_{ts2} = 444^*$ 取付ボルト  $\sigma$  b2=14  $\sigma$  b2=43 (i = 2) $f_{sb2} = 342$ せん断  $\tau$  b2=29  $\tau$  b2=56  $f_{\rm sb2} = 342$ 

すべて許容応力以下である。

注記\*: $f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ 

### 23

#### 2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称		据付場所及び	固有周	周期(s)	弾性設計用 又は静	地震動Sd 的震度	基準地震	ξ動Ss	最高使用温度	周囲環谙温度
	設備分類	床面高さ(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)	◎四來現瘟及 (℃)
非常用ガス処理系 乾燥装置	常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 23.5*			_	_	Сн=1.51	C v = 1.38	120	80

注記\*:基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	ℓ <sub>1 i</sub> *1 (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> *1 (mm)	d i (mm)	${ m A}$ b i (mm <sup>2</sup> )	n i	n f i *1	n q i
基礎ボルト (i=1)							6	3	6
取付ボルト (i=2)							6	3	2

				*	転倒方向				
部材	部材 Syi (MPa)		F i (MPa)	Fi (MPa)	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s			
基礎ボルト (i=1)	220*2 (16mm<径≦40mm)	$379^{*2}$	_	264	_	長辺			
取付ボルト (i=2)					_	長辺			

E (MPa)	G (MPa)	I (mm <sup>4</sup> )	$A e (mm^2)$
		3. $161 \times 10^9$	2. $340 \times 10^4$

注記\*1:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し, 下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

\*2:周囲環境温度で算出

\*3:最高使用温度で算出

#### 2.3 計算数値

#### 2.3.1 ボルトに作用する力

2.3.1 ボルトに作用	する力			(単位:N)				
	Fь	i	Q b i					
部材	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s				
基礎ボルト (i=1)	_		_					
取付ボルト (i=2)	_		_					

2.	4	結論
_	-	71°H HUU

2.4.1 ボルトの応力 (単位:MPa) 弾性設計用地震動Sd又は静的震度 基準地震動 S s 材料 応力 部材 算出応力 許容応力 算出応力 許容応力 引張り \_ \_  $f_{ts1} = 198^*$ σ b1=54 基礎ボルト SS400 (i = 1)せん断 τы=21  $f_{\rm sb1} = 152$ — — 引張り  $f_{ts2} = 444^*$ 取付ボルト — —  $\sigma$  b2=43 (i = 2)せん断 \_\_\_\_ —  $\tau$  b2=56  $f_{sb2} = 342$ 

すべて許容応力以下である。

注記\*:ftsi=Min[1.4・ftoi-1.6・てbi, ftoi]



26

V-2-9-4-5-1-2 管の耐震性についての計算書

設計基準対象施設

目 次

1.	概	要・	•••	••	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	1
2.	概	略系統図)	及び鳥間	敢図		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	2
	2.1	概略系統	$\mathbb{Z}$	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	2
	2.2	鳥瞰図	•	••	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	4
3.	計	算条件	••	••	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	6
	3.1	計算方法		••	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	6
	3.2	荷重の組	合せ及	び言	午室	「応」	力制	犬覓	ŝ			•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	7
	3.3	設計条件	:	••	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	8
	3.4	材料及び	許容応	力		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	14
	3.5	設計用地	震力		•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	15
4.	解	析結果及び	び評価		•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	16
	4.1	固有周期	及び設	計別	震度	Ĕ		•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	16
	4.2	評価結果	:	•••	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	22
	4.2	.1 管の	応力評	価約	志果	Ļ		•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	22
	4.2	.2 支持	構造物	評価	田糸	宇果			•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	23
	4.2	.3 弁の	動的機	能網	進持	評	価約	洁戶	杲			•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	24
	4.2	.4 代表	モデル	の	巽兌	話	果】	をて	び全	とモ	ミラ	ゴル	VØ.	う診	陌	缿結	果			•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	25

1. 概要

本計算書は、V-2-1-14 「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書 作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、管、支持構造物及び弁が設計 用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。 評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち,各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モ デル単位に記載する。また,全3モデルのうち,各応力区分における最大応力評価点の 許容値/発生値(以下「裕度」という。)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図, 計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モ デルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち,種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評 価結果を代表として記載する。

(3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要 求弁を代表として評価結果を記載する。

# 2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
	工事計画記載範囲の管のうち,本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
(破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち,他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
00-0-00	鳥瞰図番号
$\mathbf{\Theta}$	アンカ

概略系統図記号凡例



# 2.2 鳥瞰図

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
——————————————————————————————————————	工事計画記載範囲の管のうち,本系統の管であって他計算書記 載範囲の管
————— (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち,他 系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
•	質点
$\mathbf{\Theta}$	アンカ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分 を示す。スナッバについても同様とする。)
∃€	スナッバ
∃·∕∕∕∕−	ハンガ
<del>] _</del>	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号,矢印は拘束方向を示す。また, 内に 変位量を記載する。) 注1:鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

鳥瞰図記号凡例

K7 ① V-2-9-4-5-1-2(設) R1

	鳥瞰図 SGTS-R-3

# 3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「HISAP」及び「NuPIAS」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の 概要については、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設 分類 <sup>*1</sup>	設備 分類	機器等 の区分	耐震 重要度分類	荷重の組合せ <sup>*2, 3</sup>	許容応力 状態
原子炉格納施設	放射性物質濃度 制御設備及び 可燃性ガス濃度 制御設備並びに 格納容器再循環設備	非常用ガス処理系	קת		カヨフィ答	0	$I_{L} + S_{d}$ $II_{L} + S_{d}$	III A S
			DВ	_	クノヘ4官	5	$\frac{I_{L} + S_{S}}{\prod L + S_{S}}$	IV A S

注記\*1:DBは設計基準対象施設,SAは重大事故等対処設備を示す。

\*2:運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*3:許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

### 3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図	SGTS-R-3
MY 14/2 12 1	

竺亚旦	封亡ナフ証価占	最高使用圧力	最高使用温度	外径	厚さ	++421	耐震	縦弾性係数
官留万	刈心する評価点	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	1/1 /1/1	重要度分類	(MPa)
1	12~13, 12~143	0.025	150	318.5	10.3	STPT410	S	196800
	$14 \sim 73, 65 \sim 92$	0.005	150	0.07 4	0.0	CTDT 410		100000
2	80~87, 99~85	0.025	150	267.4	9.3	STPT410	S	196800

 $\infty$ 

 ,, P.I.	
質量	対応する評価点
	12~13, 12~111
	$14 \sim 30$
	47~88, 65~85
	112~118
	$125 \sim 136$
-	136~137

鳥瞰図 SGTS-R-3

-f	
鳥瞰図	SGTS-R-3

質量		対応する評価点
		74, 93
		76, 95
		88

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
$74 \sim 75$				$75{\sim}77$			
77~78			Ι	$78{\sim}79$			
$75 \sim 76$			Ι	$93 \sim 94$			Ι
94~96			Ι	$96{\sim}97$			Γ
97~98				94~95			

鳥瞰図 SGTS-R-3

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	74, 76, 93, 95		75,94
	77, 96		78,97
	79, 98		

鳥瞰図 SGTS-R-3

# 支持点及び貫通部ばね定数

古法占釆旦	各軸之	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N·mm/rad)		
又打尽留力	Х	Y	Ζ	Х	Y	Ζ	
22							
31							
35							
48							
54							
67							
83							
88							
106							
117							
128							
135							
143							

鳥瞰図 SGTS-R-3

# 3.4 材料及び許容応力

材料	最高使用温度				
	(°C)	S m	S y	S u	S h
STPT410	150		214	404	

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

#### 3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。 なお,設計用床応答曲線はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを 用いる。また,減衰定数はV-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
SGTS-R-3	原子炉建屋		

#### 4. 解析結果及び評価

### 4.1 固有周期及び設計震度

#### 鳥瞰図 SGTS-R-3

適用す	る地震動等	Sd及び静的震度			S s			
H L	固有周期		応答水	平震度*1	応答鉛直震度*1	応答水	平震度*1	応答鉛直震度*1
τ-Γ	(s)	X 7	方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1 次								
2 次								
3 次								
4 次								
5 次								
6 次								
7 次								
8 次								
17 次								
18 次								
動自	内震度 <sup>*2</sup>							
静白	的震度*3							

注記\*1:各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

\*2: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

\*3:3.6C1及び1.2Cvより定めた震度を示す。

#### 各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 SGTS-R-3

	固有周期		刺激係数*					
	(s)	X方向	Y方向	Z方向				
1次		ļ						
2 次								
3 次								
4 次								
5 次								
6 次								
7次								
8 次								
17 次		+						

注記\*:刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から 算出した値を示す。 振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



鳥瞰図





### 4.2 評価結果

#### 4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クニ	ラスク	以下	の管
			* / H

				一次応力詞	平価(MPa)	一次+二次応	、力評価(MPa)	疲労評価
自豳团	許容応力	最大応力	最大応力	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
,可再入口	状態	評価点	区分	Sprm (Sd)	Sy*			
				Sprm (Ss)	0.9S u	$S_n$ ( $S_s$ )	2 S у	USs
SGTS-R-3	III A S	42	Sprm (Sd)	96	214			_
SGTS-R-3	IV A S	42	Sprm (Ss)	184	363			
SGTS-R-3	IV A S	42	S n (S s)			354	428	

注記\*: オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、Syと1.2Shのうち大きい方の値とする。

#### 4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果(荷重評価)

					評価	結果
支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (℃)	計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
RO-SGTS-R005	ロッドレストレイント	RSA3	V-2-1-12 支持構造物 について」	「配管及び の耐震計算 参照	16	52

23

# 支持構造物評価結果(応力評価)

							支持,		評価結果				
支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (℃)	ļ	反力(kN)	)	モー	メント()	kN•m)	応力	計算	許容
					F <sub>X</sub>	F $_{\rm Y}$	F <sub>z</sub>	M <sub>X</sub>	$M_{\rm Y}$	$M_Z$	分類	(MPa)	加75 (MPa)
AN-SGTS-R501	アンカ	ラグ	SGV410 STKR400	100	16	12	18	12	11	10	曲げ	19	115
RE-SGTS-R013	レストレイント	架構	STKR400	66	0	16	90				組合せ	79	150

### 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評( (×9.3	西用加速度 <sup>*</sup> 8m/s <sup>2</sup> )	機能確認 (×9.5	済加速度 8m/s <sup>2</sup> )	構造強度評価結果 (MPa)			
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力		
T22-F004A	止め弁	$\beta$ (Sd)	2.9	1.3	6.0	6.0	_	_		

注記\*:機能維持評価用加速度は、打ち切り振動数を30Hzとして計算した結果を示す。

#### 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し,応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図,設計条件及び評価結果 を記載している。下表に,代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス2以下の管)

			許容応	力状態	∏IA S		許容応力状態 ⅣAS													
			-	一次応力	1			-	一次応力				一次		疲労評価					
No.	配管モデル	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表	
1	SGTS-R-1	30	24	220	9.16		30	41	364	8.87		30	70	440	6.28				—	
2	SGTS-R-2	2	14	214	15.28		33	21	363	17.28		33	33	428	12.96				_	
3	SGTS-R-3	42	96	214	2. 22	0	42	184	363	1.97	0	42	354	428	1. 20	0			—	

注記\*:ⅢASの一次+二次応力の許容値はⅣASと同様であることから、地震荷重が大きいⅣASの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

重大事故等対処設備

目 次

1.	概	要	•••	•••	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2.	概	略系統	を図及び	鳥瞰	义		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
:	2.1	概略	系統図		•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
:	2.2	鳥瞰	X	••	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	4
3.	計	算条件	÷ •	••	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	6
:	3.1	計算	方法	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	6
:	3.2	荷重	の組合も	せ及て	バ許に	容,	むフ	与北	犬寬	1,CCF			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	7
:	3.3	設計	条件	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	8
:	3.4	材料	及び許額	客応ス	J		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	14
:	3.5	設計	用地震ス	力	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	15
4.	解	析結果	見及び評	価	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	16
	4.1	固有	周期及び	バ設言	+震	度			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	16
	4.2	評価	結果	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	22
	4.2	.1	管の応え	力評价	田結:	果			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	22
	4.2	.2	支持構論	皆物言	平価	結身	杲			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	23
	4.2	.3	弁の動的	勺機貧	と維.	持言	平伯	田糸	吉月	杲			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	24
	4.2	.4	代表モラ	デルの	)選	定約	吉見	民及	をて	び全	ÈЭ	モラ	デノ	V0	D膏	平伯	田約	韦	Ē.			•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	25

1. 概要

本計算書は、V-2-1-14 「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書 作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、管、支持構造物及び弁が設計 用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。 評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち,各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モ デル単位に記載する。また,全4モデルのうち,各応力区分における最大応力評価点の 許容値/発生値(以下「裕度」という。)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図, 計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モ デルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち,種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評 価結果を代表として記載する。

(3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要 求弁を代表として評価結果を記載する。

# 2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

記号	内容
(太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
	工事計画記載範囲の管のうち,本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
(破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち,他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
00-0-00	鳥瞰図番号
$\mathbf{\Theta}$	アンカ

概略系統図記号凡例


注記\*1:非常用ガス処理系及び耐圧強化ベント系 \*2:耐圧強化ベント系 解析上本系統に含める。

非常用ガス処理系概略系統図

# 2.2 鳥瞰図

記号	内容				
	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管				
——————————————————————————————————————	工事計画記載範囲の管のうち,本系統の管であって他計算書記 載範囲の管				
————— (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち,他 系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管				
•	質点				
$\mathbf{\Theta}$	アンカ				
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分 を示す。スナッバについても同様とする。)				
∃€	スナッバ				
∃-VVV	ハンガ				
<del>] =</del>	リジットハンガ				
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号,矢印は拘束方向を示す。また, 内に 変位量を記載する。) 注1:鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。				

鳥瞰図記号凡例

## K7 ① V-2-9-4-5-1-2(重) R1

鳥瞰図 SGTS-R-3

# 3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「HISAP」及び「NuPIAS」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の 概要については、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設 分類 <sup>*1</sup>	設備 分類 <sup>*2</sup>	機器等 の区分	耐震 重要度分類	荷重の組合せ <sup>*3</sup>	許容応力 状態 <sup>*4</sup>
原子炉格納施設	放射性物質濃度 制御設備及び 可燃性ガス濃度 制御設備並びに 格納容器再循環設備	非常用ガス処理系	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	_	$V_L + S_S$	V A S
原子炉格納施設	放射性物質濃度 制御設備及び 可燃性ガス濃度 制御設備並びに 格納容器再循環設備	耐圧強化ベント系	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	_	$V_L + S_S$	V a S
原子炉冷却 系統施設	残留熱除去設備	耐圧強化ベント系	S A	常設耐震/防止	重大事故等 クラス2管		$V_L + S_S$	V A S

注記\*1:DBは設計基準対象施設,SAは重大事故等対処設備を示す。

\*2:「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*3:運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*4:許容応力状態VASは許容応力状態IVASの許容限界を使用し、許容応力状態IVASとして評価を実施する。

## 3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

#### 鳥瞰図 SGTS-R-3

答乗号 対応する証価占		最高使用圧力	最高使用温度	外径	厚さ	++	耐震	縦弾性係数
官留方	対応する詳価点	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	11 12	重要度分類	(MPa)
1	1~2	0.62	200	558.8	9.5	SM400C		201667
2	7~8	0.62	171	558.8	9.5	SM400C		196800
3	10~13, 12~143	0.62	171	318.5	10.3	STPT410	_	196800
4	14~186, 65~187	0.62	171	267.4	9.3	STPT410		196800
5	80~87, 99~85	0,025	150	967 4	0.2	STDT410		106800
5	186~73, 187~92	0.025	150	207.4	9.3	5171410		190800



自肠网	CCTC D 9
「「「「「「「」」」	6-7-610C

質量対応する評価点		対応する評価点	
			3, 5
			74, 93
			76, 95
			88

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
$3\sim\!4$				4~6			
4~5				74~75			
75~77				77~78			
$78 \sim 79$				75~76			
93~94				94~96			
96~97			Γ	97~98			
94~95							

鳥瞰図 SGTS-R-3

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	3, 5		4
	6	ΤΓ	74, 76, 93, 95
ΠΓ	75, 94	ΤΓ	77, 96
	78, 97		79, 98

鳥瞰図 SGTS-R-3

# 支持点及び貫通部ばね定数

古博占来旦	各軸	方向ばね定数(	N/mm)	各軸回り回	回転ばね定数(	N•mm/rad)
又付尽留方	Х	Y	Z	Х	Y	Ζ
1		1				
22						I
31						Ι
35						Ī
48						Ī
54						Г
67						Ī
83						Ī
88						Ī
106						Ī
117	$\Box$					Ī
128	$\Box$					Ī
135	$\Box$					Ī
143				L ++ -> +->	<b></b>	]

鳥瞰図 SGTS-R-3

# 3.4 材料及び許容応力

++水	最高使用温度	許容応力(MPa)				
173 197	(°C)	S m	S y	S u	S h	
SM400C	200		193	373	_	
SM400C	171		201	373		
STPT410	171		211	404	—	
STPT410	150	_	214	404		

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

## 3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。 なお,設計用床応答曲線はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを 用いる。また,減衰定数はV-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
SGTS-R-3	原子炉建屋		

## 4. 解析結果及び評価

## 4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 SGTS-R-3

適用する地震動等				S s				
モーバ		固有周期			応答水平	平震度*1	応答鉛直震度*1	
		(s)			X方向	Z方向	Y方向	
1 次					_			
2 次					_			
3 次					_			
4 次					-			
5 次					-			
6 次					-			
7次					-			
8 次					-			
17 次					-			
18 次					-			
動自	内震	。 度 <sup>*2</sup>						

注記\*1:各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

\*2: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

## 各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 SGTS-R-3

	固有周期		刺激係数*	
	(s)	X方向	Y方向	Z方向
1次		•		
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
17 次				

注記\*:刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から 算出した値を示す。 振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。







## 4.2 評価結果

#### 4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

			一次応力	評価(MPa)	一次十二次応	疲労評価		
鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	■ 最大応力 区分	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
			Sprm (Ss)	0.9S u	Sn (Ss)	2 Ѕу	USs	
SGTS-R-3	V A S	42	Sprm (Ss)	188	363			
SGTS-R-3	V A S	42	Sn (Ss)			354	422	

#### 4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果(荷重評価)

支持構造物 番号					評価	結果
	種類	型式	材質	温度 (℃)	計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
RO-SGTS-R005	ロッドレストレイント	RSA3	V-2-1-12 支持構造物 について」	「配管及び の耐震計算 参照	16	52

23

支持構造物評価結果(応力評価)

支持構造物 番号			材質	温度 (℃)			支持周	点荷重				評価結果	Ļ
	種類	型式			反力(kN)		モーメント(kN・m)		応力	計算	許容		
					F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	My	Mz	分類	)いり) (MPa)	ルロクリ (MPa)
AN-SGTS-R502	アンカ	ラグ	SGV410	200	108	100	147	120	184	44	せん断	40	108
RE-SGTS-R013	レストレイント	架構	STKR400	100	0	16	90	_	_	_	組合せ	79	135

## 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評 (×9.5	価用加速度 8m/s <sup>2</sup> )	機能確認 (×9.5	済加速度 8m/s <sup>2</sup> )	構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力

#### 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し,応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図,設計条件及び評価結果 を記載している。下表に,代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

			許容応力状態 VAS											
No.	配管モデル	一次応力					一次+二次応力				疲労評価			
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表
1	SGTS-R-1	30	41	364	8.87		30	70	440	6.28			Ì	—
2	SGTS-R-2	33	21	363	17.28		33	33	428	12.96				—
3	SGTS-R-3	42	188	363	1.93	0	42	354	422	1.19	0			
4	HCVS-R-1	10	96	371	3. 86		85	244	300	1. 22				_

V-2-9-4-5-1-3 非常用ガス処理系排風機の耐震性についての計算書

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
3.2.2 許容応力	3
3.2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
3.3 計算条件	3
4. 機能維持評価	7
4.1 動的機能維持評価方法	7
5. 評価結果	8
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	8
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計 方針に基づき、非常用ガス処理系排風機が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を 有していることを説明するものである。

非常用ガス処理系排風機は,設計基準対象施設においてはSクラス施設に,重大事故等対処設 備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下,設計基準対象施設及び重大事故等対処 設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお,非常用ガス処理系排風機は、V-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプと類 似の構造であるため、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横軸ポンプの耐震性につい ての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

非常用ガス処理系排風機の構造計画を表2-1に示す。

表2-1 構造計画



- 3. 構造強度評価
- 3.1 構造強度評価方法

非常用ガス処理系排風機の構造強度評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

- 3.2 荷重の組合せ及び許容応力
  - 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 非常用ガス処理系排風機の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の 評価に用いるものを表3-1に,重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-2に示す。
  - 3.2.2 許容応力

非常用ガス処理系排風機の許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき 表3-3のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

非常用ガス処理系排風機の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表3-4に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-5に示す。

3.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は,本計算書の【非常用ガス処理系排風機の耐震性についての 計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

施副	设区分	機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納	放射性物質濃 度制御設備及 び可燃性ガス	非常用ガス処理系			$D + P_D + M_D + S d^*$	III A S
施設	濃度制御設備 並びに格納容 器再循環設備	排風機	S	*	$D + P_D + M_D + S_s$	IV A S

表3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

注記\*:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

4

表3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

施言	段区分	機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
	放射性物質濃 度制御設備及				$D + P_D + M_D + S_s *^3$	IV A S
原子炉格納	び可燃性ガス	非常用ガス処理系	系常設/緩和	*2		V A S
施設	濃度制御設備	排風機				(VASとして
	並びに格納容				D + r SAD + MISAD + S S	NASの許容限
	器再循環設備					界を用いる。)

注記\*1:「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2:重大事故等その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

\*3: 「D+Psad+Msad+Ss」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

	許容限界 <sup>*1,*2</sup> (ボルト等) 一次応力					
許容応力状態						
	引張り	せん断				
III A S	1.5 • f t	1.5 • f s				
IV A S						
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)	1.5 • f t*	1.5 • f s*				

表3-3 許容応力(その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物)

注記\*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Sy (MPa)	Su (MPa)	Sy(RT) (MPa)
基礎ボルト	SS400 (16mm<径≦40mm)	周囲環境温度	66	225	385	_
ケーシング取付ボルト	SS400 (16mm<径≦40mm)	最高使用温度	150	198	373	_
原動機取付ボルト	SS400 (16mm<径≦40mm)	周囲環境温度	66	225	385	

表3-4 使用材料の許容応力評価条件(設計基準対象施設)

表3-5 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

	評価部材	材料	温度条件 (℃)		Sy (MPa)	S u (MPa)	Sy(RT) (MPa)
	基礎ボルト	SS400 (16mm<径≦40mm)	周囲環境温度	80	220	379	
ケー	ーシング取付ボルト	SS400 (16mm<径≦40mm)	最高使用温度	150	198	373	
厚	原動機取付ボルト	SS400 (16mm<径≦40mm)	周囲環境温度	80	220	379	

- 4. 機能維持評価
- 4.1 動的機能維持評価方法

非常用ガス処理系排風機の動的機能維持評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料 -1 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。 非常用ガス処理系排風機は地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性 であるため、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確 認済加速度を表4-1に示す。

	表4-1	機能確認済加速度	$(\times 9.8 \text{m/s}^2)$
評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
7-11	法と古江刊ファン	水平	2.3
	速心直結空ノアン	鉛直	1.0
百動地	横形ころがり	水平	4. 7
示 動/殘	軸受電動機	鉛直	1.0

≢4\_1 继能確認这加速度

- 5. 評価結果
- 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

非常用ガス処理系排風機の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は 許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有しているこ とを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

- (2) 機能維持評価結果動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。
- 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

非常用ガス処理系排風機の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。 発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有し ていることを確認した。

- (1) 構造強度評価結果構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。
- (2) 機能維持評価結果動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### 【非常用ガス処理系排風機の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設
1.1 設計条件

			固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動 S s				
機器名称	耐震重要度 分類	据付場所及び 床面高さ(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	排風機振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
非常用ガス処理系 排風機	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 24.215 (T.M.S.L. 23.5 <sup>*1</sup> )	*2	*2	Сн=0.78	Cv = 0.71	Сн=1.53	Cv=1.38	С <sub>Р</sub> =0.21	150	66

注記\*1:基準床レベルを示す。

\*2:固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

1.2 機器要目

部材		m i (kg)	h i (mm)	ℓ 1 i *1 (mm)	ℓ₂ i *1 (mm)	d i (mm)	A b i (mm <sup>2</sup> )	n i	n f i *1
基礎ボルト								0	4
(i=1)								8	2
ケーシング取付ボルト								4	1
(i=2)								4	2
原動機取付ボルト								4	2
(i=3)								4	2
					,	転倒	方向		
	1	0	0		L 7 7				

					転倒	方向		
部材	Syi (MPa)	S u i (MPa)	Fi (MPa)	Fi* (MPa)	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動 S s	M P (N ⋅ mm)	
基礎ボルト (i=1)	225 <sup>*2</sup> (16mm<径≦40mm)	385* <sup>2</sup>	225	270	軸	崋		
ケーシング取付ボルト (i=2)	198 <sup>*3</sup> (16mm<径≦40mm)	373* <sup>3</sup>	198	237	軸	崋		
原動機取付ボルト (i=3)	225 <sup>*2</sup> (16mm<径≦40mm)	385*2	225	270	軸直角	軸直角	4.775 $\times 10^{4}$	

$H_{P}$	N
(µm)	(rpm)

注記\*1:各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し,

下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

\*2:周囲環境温度で算出

\*3:最高使用温度で算出

1.3 計算数値

131 ボルトに作田オスカ

1.3.1 ボルトに作用す	る力			(単位:N)	
	F	b i	Q b i		
部材	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s	
基礎ボルト (i=1)					
ケーシング取付ボルト (i=2)					
原動機取付ボルト (i=3)					

#### 1.4 結論 1 4 1 ギルトの内力

1.4.1 ボルトの応力						(単位:MPa)	
			弾性設計用地震動	S d 又は静的震度	基準地震動 S s		
部材	材料	応力	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
基礎ボルト	55400	引張り	σь1=13	f t s 1=169*	σь1=41	f t s1=202*	
(i = 1)	33400	せん断	τ ь1=12	fsb1=130	τ ь1=22	fsb1=155	
ケーシング取付ボルト	88400	引張り	σ b2=47	$f_{t s 2} = 148^*$	σь2=86	$f_{t s 2} = 178^*$	
(i=2)	33400	せん断	τ ь2=5	fsb2=114	τь2=9	fsb2=137	
原動機取付ボルト	66400	引張り	σьз=5	f t s 3=169*	σьз=10	f t s 3=202*	
(i=3)	33400	せん断	τь3=4	fsb3=130	τьз=6	f s b 3=155	

すべて許容応力以下である。

注記\*: $f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ 

#### $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$ 1.4.2 動的機能の評価結果 機能維持評価用加速度\* 機能確認済加速度 水平方向 1.03 2.3 ファン 鉛直方向 0.93 1.0 水平方向 1.03 4.7 原動機 鉛直方向 0.93 1.0

注記\*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。 機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

⊢	-	
	⊃	

#### 2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

		<b>坦</b> 伊根武及7%	固有周	引期(s)	弾性設計用地震動	S d 又は静的震度	基準地震	震動Ss	北国地垣動	是宣传田泪座	国田谭培洱庄
機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	排風機振動 による震度	菆尚使用温度 (℃)	向囲環現温度 (℃)
非常用ガス処理系 排風機	常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 24.215 (T.M.S.L. 23.5 <sup>*1</sup> )	*2	*2	_	_	Сн=1.53	Cv=1.38	$C_{P} = 0.21$	150	80

注記\*1:基準床レベルを示す。

\*2:固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

2.2 機器要目

部材	m i (kg)	h i (mm)	ℓ 1 i *1 (mm)	ℓ ₂ i *1 (mm)	d i (mm)	A b i (mm <sup>2</sup> )	n i	n f i *1
基礎ボルト							8	4
(i = 1)							0	2
ケーシング取付ボルト							4	1
(i =2)							4	2
原動機取付ボルト							4	2
(i =3)							4	2

					転倒	方向		
部材	Syi (MPa)	Sıui (MPa)	F i (MPa)	Fi <sup>*</sup> (MPa)	弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動 S s	M ₽ (N • mm)	
基礎ボルト (i=1)	220 <sup>*2</sup> (16mm<径≦40mm)	379*2	_	264	_	軸	_	
ケーシング取付ボルト (i=2)	198 <sup>*3</sup> (16mm<径≦40mm)	373*3	_	237	_	軸	_	
原動機取付ボルト (i=3)	220*2 (16mm<径≦40mm)	$379^{*2}$	_	264	_	軸直角	4.775 $\times 10^4$	

Η P	N
(μm)	(rpm)

注記\*1:各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し,

下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

\*2:周囲環境温度で算出

\*3:最高使用温度で算出
#### 2.3 計算数値

931 ボルトに作田オスカ

2.3.1 ボルトに作用す	る力		-	(単位:N)		
	F	b i	Qı	Q b i		
部材	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動S s		
基礎ボルト (i=1)	_		—			
ケーシング取付ボルト (i=2)	_		—			
原動機取付ボルト (i=3)	_		—			

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力						(単位:MPa)
			弾性設計用地震動	S d 又は静的震度	基準地震動 S s	
部材	材料	応力	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	66400	引張り	—	—	σь1=41	f t s1=198*
(i=1)	55400	せん断	—	—	τ ь1=22	fsb1=152
ケーシング取付ボルト	\$\$400	引張り	_	_	σь2=86	$f_{t s 2} = 178^*$
(i =2)	33400	せん断	—	—	τь2=9	fsb2=137
原動機取付ボルト	55400	引張り	—	—	σьз=10	fts3=198*
(i =3)	55400	せん断	—	—	τьз=6	fsb3=152

すべて許容応力以下である。

注記\*:ftsi=Min[1.4・ftoi-1.6・てbi, ftoi]

#### 2.4.2 動的機能の評価結果

 $(\times 9.8 \text{m/s}^2)$ 

			機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度		
	771	水平方向	1.03	2.3		
/ / / /	鉛直方向	0.93	1.0			
	百動地	水平方向	1.03	4.7		
	原動機	鉛直方向	0.93	1.0		

注記\*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。 機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

$\vdash$	
$\sim$	



V-2-9-4-5-1-4 非常用ガス処理系フィルタ装置の耐震性についての

計算書

1. 概要 ···		1
2. 一般事項		1
2.1 構造計画		1
2.2 評価方針		3
2.3 適用規格	<ul><li>・基準等</li></ul>	4
2.4 記号の説	明 ·····	5
2.5 計算精度	と数値の丸め方 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
3. 評価部位		8
4. 固有周期		9
4.1 固有周期	の計算方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
4.2 固有周期	の計算条件	10
4.3 固有周期	の計算結果	10
5. 構造強度評	価	11
5.1 構造強度	評価方法	11
5.2 荷重の組	合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	11
5.2.1 荷重	の組合せ及び許容応力状態・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	11
5.2.2 許容	応力 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••	11
5.2.3 使用	材料の許容応力評価条件・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	11
5.3 設計用地	震力	15
5.4 計算方法		16
5.4.1 応力	の計算方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	16
5.5 計算条件	•••••••••••••••••••••••••••••••••••••••	20
5.6 応力の評	価	20
5.6.1 ボル	トの応力評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	20
6. 評価結果		21
6.1 設計基準	対象施設としての評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	21
6.2 重大事故	等対処設備としての評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	21

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、非常用ガス処理系フィルタ装置が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

非常用ガス処理系フィルタ装置は,設計基準対象施設においてはSクラス施設に,重大事故 等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下,設計基準対象施設及び重大 事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

非常用ガス処理系フィルタ装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表2-1 構造計画



## 2.2 評価方針

非常用ガス処理系フィルタ装置の応力評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定 した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す非常用ガス 処理系フィルタ装置の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固 有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まるこ とを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

非常用ガス処理系フィルタ装置の耐震評価フローを図 2-1 に示す。



図 2-1 非常用ガス処理系フィルタ装置の耐震評価フロー

2.3 適用規格·基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984 ((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格((社)日本機械学会,2005/2007)(以下「設計・ 建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
Abi	ボルトの軸断面積*1	$\mathrm{mm}^2$
A e	有効せん断断面積	$\mathrm{mm}^2$
Сн	水平方向設計震度	—
Сv	鉛直方向設計震度	—
d i	ボルトの呼び径*1	mm
Е	縦弾性係数	MPa
F i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値*1	MPa
Fi*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値*1	MPa
F ь і	ボルトに作用する引張力(1 本当たり)*1	Ν
fsbi	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力*1	MPa
ftoi	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力*1	MPa
ftsi	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*1	MPa
G	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$
h i	据付面又は取付面から重心までの距離*2	mm
Ι	断面二次モーメント	$\mathrm{mm}^4$
Кн	水平方向ばね定数	N/m
Κv	鉛直方向ばね定数	N/m
<i>l</i> 1 i	重心とボルト間の水平方向距離*1,*3	mm
<i>l</i> 2 i	重心とボルト間の水平方向距離*1,*3	mm
m i	運転時質量*2	kg
n i	ボルトの本数*1	—
n f i	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数*1	—
n q i	せん断力を受けるボルトの本数*1	—
Q b i	ボルトに作用するせん断力*1	Ν
S u i	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値*1	MPa
S y i	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値*1	MPa
S <sub>yi</sub> (RT)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃における値 <sup>*1</sup>	MPa
Тн	水平方向固有周期	S
Τv	鉛直方向固有周期	S
π	円周率	_
σbi	ボルトに生じる引張応力*1	MPa
τbi	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa

注記\*1:Abi, di, Fi, Fi<sup>\*</sup>, Fbi, fsbi, ftoi, ftoi, li, li, li, ni, nfi, nqi, Qbi, Sui, Syi, Syi (RT), σbi及びτbiの添字iの意味は, 以 下のとおりとする。

- i =1:基礎ボルト
- i =2: 取付ボルト

\*2:h i 及びm i の添字 i の意味は,以下のとおりとする。

i =1: 据付面

i =2: 取付面

 $*3:\ell_{1\,i}\leq \ell_{2\,i}$ 

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。 表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりとする。

数値の種類 単位 処理桁 処理方法 表示桁 固有周期 小数点以下第4位 四捨五入 小数点以下第3位 S 震度 小数点以下第3位 切上げ 小数点以下第2位 温度  $^{\circ}C$ \_\_\_\_ 整数位 整数位 質量 \_\_\_\_ kg \_\_\_\_ 長さ 整数位\*1 \_\_\_\_ mm 有効数字5桁目 有効数字4桁\*2 面積 四捨五入  $\mathrm{mm}^2$ 断面二次モーメント 有効数字5桁目 四捨五入 有効数字4桁\*2  $\mathrm{mm}^4$ 力 有効数字5桁目 四捨五入 有効数字4桁\*2 Ν 算出応力 小数点以下第1位 切上げ MPa 整数位 許容応力\*3 切捨て MPa 小数点以下第1位 整数位

表 2-2 表示する数値の丸め方

注記\*1:設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

\*2:絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

\*3:設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏 点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値と する。

# 3. 評価部位

非常用ガス処理系フィルタ装置の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。非常用ガス処理系フィルタ装置の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

- 4. 固有周期
- 4.1 固有周期の計算方法

非常用ガス処理系フィルタ装置の固有周期の計算方法を以下に示す。

- (1) 計算モデル
  - a. 非常用ガス処理系フィルタ装置の質量は重心に集中するものとする。
  - b. 変形は非常用ガス処理系フィルタ装置をはりと考えたときの曲げ及びせん断変形を 考慮する。
  - c. 非常用ガス処理系フィルタ装置は架台上にあり,架台は基礎ボルトで基礎に固定さ れており,固定端とする。
  - d. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
     非常用ガス処理系フィルタ装置は、図4-1に示す下端固定の1質点系振動モデルとして考える。



(2) 固有周期

曲げ及びせん断変形によるばね定数Kは次式で表される。

水平方向 K<sub>H</sub>= 
$$\frac{1000}{\frac{h_{1^{3}}}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h_{1}}{G \cdot A_{e}}}$$
 (4.1.1)

鉛直方向 
$$K_{V} = \frac{1000}{\frac{h_{1}}{E \cdot A_{e}}}^{*}$$
 (4.1.2)

注記\*:断面積には、固有周期が大きく算出される有効せん断断面積A eを用いる。

したがって、固有周期は次式で求められる。

水平方向 
$$T_{H}=2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_{1}}{K_{H}}}$$
 ..... (4.1.3)  
鉛直方向  $T_{V}=2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_{1}}{K_{V}}}$  .... (4.1.4)

4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【非常用ガス処理系フィルタ装置の耐震 性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 4-1 に示す。計算の結果,固有周期は 0.05 秒以下であり,剛であることを確認した。

表 4-1	固有周期	(単位:s)
水平		
鉛直		

- 5. 構造強度評価
- 5.1 構造強度評価方法

4.1項 a. ~d. のほか, 次の条件で計算する。

- (1) 地震力は非常用ガス処理系フィルタ装置に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 転倒方向は図 5-1 及び図 5-2 における長辺方向及び短辺方向について検討し,計算書 には計算結果の厳しい方(許容値/発生値の小さい方をいう。)を記載する。
- (3) 基礎ボルトに対するせん断力はボルト全本数で受けるものとする。
   また、取付ボルトに対するせん断力は、長辺方向にスライドできるものとし、固定部(2本)のボルト本数のみで受けるものとする。
- 5.2 荷重の組合せ及び許容応力
  - 5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

非常用ガス処理系フィルタ装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象 施設の評価に用いるものを表5-1に,重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-2 に示す。

5.2.2 許容応力

非常用ガス処理系フィルタ装置の許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5-3のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

非常用ガス処理系フィルタ装置の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施 設の評価に用いるものを表5-4に,重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-5に 示す。

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態	
原子炉	放射性物質濃 度制御設備及 び可燃性ガス	非常用ガス処理系	S	カラマ / 答*	$D + P_D + M_D + S d^*$	III ∧ S	
格納施設	濃度制御設備 並びに格納容 器再循環設備	フィルタ装置	5	5	///46	$\mathrm{D} + \mathrm{P}_\mathrm{D} + \mathrm{M}_\mathrm{D} + \mathrm{S}$ s	IV A S

表5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

注記\*:クラス4管の支持構造物を含む。

12

表5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

施調	受区分	機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
	放射性物質濃 度制御設備及				$D + P_D + M_D + S_s *^3$	IV A S
原子炉 格納施設	び可燃性ガス 濃度制御設備 並びに格納容 器再循環設備	非常用ガス処理系 フィルタ装置	常設/緩和	重大事故等 クラス2管 <sup>*2</sup>	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_{S}$	VAS (VASとしてIVA Sの許容限界を用 いる。)

注記\*1:「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2:重大事故等クラス2管の支持構造物を含む。

\*3:「D+Psad+Msad+Ss」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

	許容限界* <sup>1,*2</sup> (ボルト等) 一次応力				
許容応力状態					
	引張り	せん断			
III A S	1.5 • f t	1.5 • f s			
IV A S					
V A S	1.5 • f t*	1.5 • f s*			
(VASとしてIVASの許容限界を用いる。)					

表5-3 許容応力(その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物)

注記\*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

評価部材	材料	温度条 (℃)	件	Sy (MPa)	S u (MPa)	S y (RT) (MPa)		
基礎ボルト	SS400 (16mm<径≦40mm)	周囲環境温度	66	225	385	_		
取付ボルト		最高使用温度	150					

表5-4 使用材料の許容応力評価条件(設計基準対象施設)

表5-5 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条 (℃)	件	Sy (MPa)	S u (MPa)	Sy(RT) (MPa)
基礎ボルト	SS400 (16mm<径≦40mm)	周囲環境温度	80	220	379	
取付ボルト		最高使用温度	150			_

## 5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-6 及び表 5-7 に示す。

「弾性設計用地震動Sd又は静的震度」及び「基準地震動Ss」による地震力は、V-2-1-7 「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

据付場所 及び	固有周	引期(s)	弾性設計用 又は静	地震動Sd 的震度	基準地震動S s		
床面高さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉建屋 T.M.S.L.23.5*			Сн=0.78	$C_{V} = 0.71$	Сн=1.51	C v = 1.38	

表 5-6 設計用地震力(設計基準対象施設)

注記\*:基準床レベルを示す。

据付場所 及び	固有周期(s)		弾性設計用 又は静	地震動Sd 的震度	基準地震動 S s					
床面高さ (m)	近高さ (m) 水平方向 鉛直方向			鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				
原子炉建屋 T.M.S.L.23.5*					Сн=1.51	C v = 1.38				

表 5-7 設計用地震力 (重大事故等対処設備)

注記\*:基準床レベルを示す。

## 5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

基礎ボルト及び取付ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。



図 5-1(1) 計算モデル (短辺方向転倒-1 (1-C<sub>V</sub>)≧0の場合)



図 5-1(2) 計算モデル (短辺方向転倒-2 (1-Cv)<0の場合)



図 5-2(1) 計算モデル (長辺方向転倒-1 (1-Cv)≧0の場合)



図 5-2(2) 計算モデル (長辺方向転倒-2 (1-Cv)<0の場合)

## (1) 引張応力

ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図 5-1 及び図 5-2 に示すボルトを 支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力 計算モデル図 5-1(1)及び 5-2(1)の場合の引張力 【絶対値和】  $F_{bi} = \frac{m_i \cdot g \cdot C_H \cdot h_i - m_i \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{1i}}{n_{fi} \cdot (\ell_{1i} + \ell_{2i})}$  (5.4.1.1) 計算モデル図 5-1(2)及び 5-2(2)の場合の引張力 【絶対値和】  $F_{bi} = \frac{m_i \cdot g \cdot C_H \cdot h_i - m_i \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{2i}}{n_{fi} \cdot (\ell_{1i} + \ell_{2i})}$  (5.4.1.2)

引張応力  $\sigma_{b i} = \frac{F_{b i}}{A_{b i}} \cdots (5.4.1.3)$ ここで、ボルトの軸断面積A<sub>b i</sub>は次式により求める。  $A_{b i} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{i}^{2} \cdots (5.4.1.4)$ 

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力はボルト全本数で受けるものとして計算する。 また,取付ボルトに対するせん断力は固定部(2本)のボルト本数のみで受けるものとして計算する。

せん断応力

## 5.5 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【非常用ガス処理系フィルタ装置の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

- 5.6 応力の評価
  - 5.6.1 ボルトの応力評価

5.4 項で求めたボルトの引張応力 $\sigma_{bi}$ は次式より求めた許容引張応力 $f_{tsi}$ 以下であること。ただし、 $f_{toi}$ は下表による。

$$f_{t s i} = Min[1.4 \cdot f_{t o i} - 1.6 \cdot \tau_{b i}, f_{t o i}] \quad \dots \dots \quad (5.6.1.1)$$

せん断応力  $\tau_{bi}$ はせん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力  $f_{sbi}$ 以下であること。ただし、 $f_{sbi}$ は下表による。

	弾性設計用地震動Sd 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S s による荷重との 組合せの場合
許容引張応力 <i>f</i> t o i	$\frac{\mathrm{F} \mathrm{i}}{2} \cdot 1.5$	$\frac{\mathrm{F} \mathrm{i}^{*}}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f s b i	$\frac{\mathrm{F \ i}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{\mathrm{F} \mathrm{i}^{*}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

- 6. 評価結果
- 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

非常用ガス処理系フィルタ装置の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。 発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有していること を確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

非常用ガス処理系フィルタ装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以 下に示す。発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有し ていることを確認した。

(1)構造強度評価結果
 構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 【非常用ガス処理系フィルタ装置の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設
 1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び 床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用 又は静	Ⅰ地震動Sd ѝ的震度	基準地震動S s		最高使用温度	周囲環境温度
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	取同 <b>厌</b> 用 <b>但</b> 及 (℃)	问西垛現值度 (℃)
非常用ガス処理系 フィルタ装置	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 23.5*			Сн=0.78	Cv = 0.71	Сн=1.51	C v=1.38	150	66

注記\*:基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材		m i (kg)	h i (mm)	$\ell_1 i *^1$ (mm)	$\ell_2$ i *1 (mm)	d i (mm)	A b i (mm <sup>2</sup> )	n i	n f i *1	n q i
基礎ボルト								19	9	19
(i=1)							10	2	10	
取付ボルト (i=2)								10	9	0
						ļI	18	2	2	

	_		Fi	_ *	転倒	方向
部材	Syi (MPa)	Sui (MPa)	Fi (MPa)	F i (MPa)	弾性設計用 地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	225 <sup>*2</sup> (16mm<径≦40mm)	385* <sup>2</sup>	225	270	短辺	長辺
取付ボルト (i=2)					短辺	長辺

E (MPa)	G (MPa)	I (mm <sup>4</sup> )	$A e (mm^2)$
		$5.940 \times 10^{9}$	$2.880 \times 10^{4}$

注記\*1:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し, 下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

\*2:周囲環境温度で算出

\*3:最高使用温度で算出

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位)	÷	N)	

部材	F ь	i	Q b i						
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s					
基礎ボルト (i=1)									
取付ボルト (i=2)									

1.	4	結	論

1.4.1 ボルトの応力

(単位:MPa)

	材料	応力	弾性設計用地震動:	S d 又は静的震度	基準地震動 S s		
部材			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
基礎ボルト	SS400	引張り	σ b1=13	$f_{ts1} = 169^*$	σ b1=59	$f_{ts1} = 202^*$	
(i = 1)		せん断	τы=12	$f_{\rm sb1} = 130$	τ b1=22	$f_{\rm sb1} = 155$	
取付ボルト		引張り σ <sub>b2</sub> =10		$f_{ts2} = 444^*$	$\sigma$ b2=50	$f_{ts2} = 329^*$	
(i=2)		せん断	au b2=95	$f_{sb2} = 342$	$\tau$ b2=184	$f_{sb2} = 342$	

すべて許容応力以下である。

注記\*: $f_{tsi} = Min[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ 

#### 2. 重大事故等対処設備

#### 2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		- 最高使用温度	周囲環境温度
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	取同灰用溫及 (℃)	问团乘死1画反 (℃)
非常用ガス処理系 フィルタ装置	常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 23.5*			_	_	Сн=1.51	C v=1.38	150	80
注記*:基準床レベルを示す。										

2.2 機器要目

 $\ell_{1\,i} * {}^1$  $\ell_{2 i} *^1$ hі d i Аbi m i n f i \*1 部材 n i пqі (kg) (mm) (mm) (mm) (mm)  $(mm^2)$ 9 基礎ボルト 18 18 (i = 1)2 9 取付ボルト 18 2 (i = 2)2

					転倒方向								
部材	部材 Syi Sui (MPa) (MPa)		F i (MPa)	F i (MPa)	弾性設計用 地震動Sd 又は静的震度	基準地震動 S s							
基礎ボルト (i=1)	220*2 (16mm<径≦40mm)	$379^{*2}$	_	264	_	長辺							
取付ボルト (i=2)			_			長辺							

E (MPa)	G (MPa)	I (mm <sup>4</sup> )	A e (mm²)
		5.940 $\times 10^{9}$	$2.880 \times 10^4$

注記\*1:各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し, 下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

\*2:周囲環境温度で算出

\*3:最高使用温度で算出

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位:N)

	Fь	i	Q b	i
部材	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	_		_	
取付ボルト (i=2)	_		_	

2· 1 //1/100	2.	4	結論
--------------	----	---	----

<u>2.4.1</u> ボルトの応力	Ċ					(単位:MPa)			
			弾性設計用地震動	基準地震	也震動Ss				
部材	部材    材料	応力	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力			
基礎ボルト	\$\$400	引張り	—	—	σы=59	$f_{ts1} = 198^*$			
( i =1)	33400	せん断		_	τ b1=22	$f_{\rm sb1} = 152$			
取付ボルト		引張り		_	$\sigma$ b2=50	$f_{ts2}=329^*$			
(i=2)		せん断	_	_	$\tau$ b2=184	$f_{\rm sb2} = 342$			

すべて許容応力以下である。

注記\*:ftsi =Min[1.4・ftoi-1.6・てbi, ftoi]



V-2-9-4-5-2 可燃性ガス濃度制御系の耐震性についての計算書

V-2-9-4-5-2-1 管の耐震性についての計算書

設計基準対象施設

目 次

1.	概要	•••	••	••	•	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2.	概略系	統図及び	ド鳥瞰	X		•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
2.1	概問	各系統図		••	•	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
2.2	2 鳥瞰	故図	••	••	•	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	4
3.	計算条	件 •	••	••	•	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	12
3.1	計算	氧方法	•	••	•	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	12
3.2	2 荷重	重の組合	せ及て	バ許ジ	容応	いた	)状	態			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	13
3.3	8 設言	+条件	•	•••	•	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	14
3.4	1 材料	科及び許知	容応ス	5		•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	24
3.5	5 設言	+用地震	力	•	•	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	25
4.	解析結	果及び評	価	•	•	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	26
4.1	固有	<b></b> 有周期及 <sup>1</sup>	び設言	+震/	叓			•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	26
4.2	2 評位	町結果	•	•••	•	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	38
4	<b>.</b> 2. 1	管の応	力評値	田結	杲			•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	38
4	. 2. 2	支持構	造物言	平価約	結果	Ē.		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	39
4	1. 2. 3	弁の動	的機能	と維 れ	寺詔	陌	놞	果			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	40
4	1.2.4	代表モ	デルの	D選)	定結	宇果	人及	び	全さ	モラ	デノ	V0	D育	平伯	6	宇	ł			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	41

1. 概要

本計算書は、V-2-1-14 「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書 作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、管、支持構造物及び弁が設計 用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。 評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち,各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モ デル単位に記載する。また,全4モデルのうち,各応力区分における最大応力評価点の 許容値/発生値(以下「裕度」という。)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図, 計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モ デルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち,種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評 価結果を代表として記載する。

(3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要 求弁を代表として評価結果を記載する。

# 2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
—————— (細線)	工事計画記載範囲の管のうち,本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
(破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち,他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
00-0-00	鳥瞰図番号
$\mathbf{\Theta}$	アンカ

概略系統図記号凡例


## 2.2 鳥瞰図

記号	内容
(太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
——————————————————————————————————————	工事計画記載範囲の管のうち,本系統の管であって他計算書記 載範囲の管
————— (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち,他 系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
•	質点
${\color{black}}$	アンカ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分 を示す。スナッバについても同様とする。)
∃-[	スナッバ
∃-///~	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号,矢印は拘束方向を示す。また, 内に 変位量を記載する。) 注1:鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

鳥瞰図記号凡例

сл
----

鳥瞰図	FCS-R-1(1/2)
局瞰凶	FUS=K=I(1/2)

-	-		
	د	Э	

2/2)

-	1	

鳥瞰図	FCS-R-4(1/5)
鳥瞰凶	FCS-R-4(1/5)



鳥瞰図 FCS-R-4(2/5)

	1	7
鳥瞰図	FCS-R-4(3/5)	

鳥瞰図 FCS-R-4(4/5)



鳥瞰図 FCS-R-4(5/5)
------------------

## 3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は,「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは, 「HISAP」を使用し,解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については,別紙 「計算機プログラム (解析コード)の概要」に示す。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設 分類 <sup>*1</sup>	設備 分類	機器等 の区分	耐震 重要度分類	荷重の組合せ <sup>*2,3</sup>	許容応力 状態
百乙后按如佐凯	放射性物質濃度 制御設備及び 可燃性ガス濃度	可燃性ガス	DD		クラス2管	C	$I_{L} + S_{d}$ $II_{L} + S_{d}$	III A S
原于炉格納施設	可燃性カス震度制御設備並びに	濃度制御系	DВ		クラス3管	5	IL+SS	W.S.
	格納容器再循環設備						$II_L + S_S$	IVAS

注記\*1:DBは設計基準対象施設,SAは重大事故等対処設備を示す。

\*2:運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*3:許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

## 3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 FC	S-R-1
--------	-------

答乗早 対応する証価占		最高使用圧力	最高使用温度	外径	厚さ	<b>**</b> *1	耐震	縦弾性係数
官留方	対応する詳価点	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	11 11	重要度分類	(MPa)
1	1A~2F	0.31	171	114.3	6.0	SUS304TP	S	191720
2	2F~5F, 6F~20S	0.31	171	114.3	6.0	STPT410	S	200360
3	20S~38, 44~70	0.31	171	114.3	6.0	STPT410	S	201667
4	39~43	0.31	171	89.1	5.5	STPT410	S	201667
5	74~78, 82~84	0.31	171	114.3	6.0	STPT410	S	200400

## 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図  FCS	-K-4
----------	------

答来早	対応する評価占	最高使用圧力	最高使用温度	外径	厚さ	***1	耐震	縦弾性係数
日留方	刈心する計画点	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	113 11-1	重要度分類	(MPa)
1	2~8	0.31	104	165.2	7.1	STPT410	S	201667
2	12~16, 20~70S	0.31	171	165.2	7.1	STPT410	S	201667
3	70S~77F	0.31	171	165.2	7.1	STPT410	S	200360
4	80F~81A	0.31	171	165.2	7.1	SUS304TP	S	191720

鳥瞰図	FCS-R-1

質量		対応する評価点
	2F	
	5F, 6F	

# フランジ部の質量

鳥瞰図 F	CS-R-4
-------	--------

質量	対応する評価点
	77F, 80F

評価点	評価点 外径(mm)		厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
70~71					71~72			
$72 \sim 73$					71~74			
78~79					79~80			
80~81					79~82			

鳥瞰図 FCS-R-1

評価点	9	ト径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
$8 \sim 9$					9~10			
10~11					9~12			
16~17					17~18			
18~19					17~20			

鳥瞰図 FCS-R-4

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	70, 74, 78, 82		71, 79
	72, 80		73, 81

鳥瞰図 FCS-R-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点		
	8, 12, 16, 20		9, 17		
	10, 18		11, 19		

鳥瞰図 FCS-R-4

## 支持点及び貫通部ばね定数

古住占来已	各軸ス	方向ばね定数(	N/mm)	各軸回り回転ばね定数(N·mm/rad		
又付尽留方	Х	Υ	Z	Х	Y	Z
1A						
7						
16						I
26	Ι					I
30						I
34						I
37						I
45	Ι					I
55	Ι					Ι
75						Ι
77						Ī

鳥瞰図 FCS-R-1

## 支持点及び貫通部ばね定数

古法占釆旦	各軸力	ち向ばね定数()	N/mm)	各軸回り回	回転ばね定数(	N•mm/rad)
又打尽备方	Х	Y	Ζ	Х	Υ	Z
** 6**						
15Z						
<b>**</b> 29 <b>*</b> *						
<b>**</b> 29 <b>**</b>						
35						
46						
58						
64						
74						Ι
81A						Ī

鳥瞰図 FCS-R-4

# 3.4 材料及び許容応力

***/	最高使用温度	許容応力(MPa)					
173 1747	(°C)	S m	Sу	S u	S h		
SUS304TP	171		150	413	113		
STPT410	171	_	211	404	_		
STPT410	104		219	404			

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

#### 3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。 なお,設計用床応答曲線はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを 用いる。また,減衰定数はV-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
FCS-R-1	原子炉建屋		
FCS-R-4	原子炉建屋		

#### 4. 解析結果及び評価

#### 4.1 固有周期及び設計震度

#### 鳥瞰図 FCS-R-1

適用する地震動等		Sd及び静的震度			S s			
H L	固有周期		応答水平	平震度*1	応答鉛直震度*1	応答水	平震度*1	応答鉛直震度*1
- <u>-</u> r		(s)	X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1 次								
2 次								
3 次								
4 次								
5 次								
6 次								
7 次								Π
8 次								
動的	的震	度 <sup>*2</sup>	I					Π
静白	的震	度 <sup>*3</sup>						

注記\*1:各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

\*2: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

\*3:3.6C1及び1.2Cvより定めた震度を示す。

## 各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 FCS-R-1

エード	、 固有周期		刺激係数*				
		( <sub>S</sub> )	X方向	Y方向	Z方向		
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
6次							
7次							

注記\*:刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から 算出した値を示す。 振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図 示し、次ページ以降に示す。

代表的振動モード図(1次)

鳥瞰図	FCS-R-1
鳥瞰図	FCS-R-1

代表的振動モード図(2次)

自瞰図	FCS-R-T	1
局瞅凶	гсэ-к	T

代表的振動モード図(3次)

#### 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 FCS-R-4

適用す	る地震動等	Sd及び静的震度			S s		
	固有周期	応答水	平震度*1	応答鉛直震度*1	応答水	平震度*1	応答鉛直震度*1
	(s)	X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
6 次							
7 次							
8 次	ΤΓ						
11 次	ΤΓ						$\Box$
12 次							
動的	内震度 <sup>*2</sup>						$\Box$
静白	内震度 <sup>*3</sup>						

注記\*1:各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

\*2: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

\*3:3.6C1及び1.2Cvより定めた震度を示す。

## 各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 FCS-R-4

		固有周期		刺激係数*	
		(s)	X方向	Y方向	Z方向
1 次					
2 次					Γ
3 次					Γ
4 次					
5 次					
6次					Γ
7次					
8 次					Γ
11 次			•	•	
	ille IX				

注記\*:刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から 算出した値を示す。

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図 示し、次ページ以降に示す。

代表的振動モード図(1次)

35

- 鳥瞰図   FCS-R-4	鳥瞰図
-----------------	-----

代表的振動モード図(2次)

鳥瞰図	F C S – R – 4
711 <b>3</b> 10 p <b>1</b>	

代表的振動モード図(3次)

急瞰図	FCS-R-4
	•

#### 4.2 評価結果

#### 4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

ク	ラ	ス	2以	下の管
				1 . 1

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価(MPa)		一次+二次応力評価(MPa)		疲労評価
				計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				Sprm (Sd)	Sy*			
				Sprm (Ss)	0.9S u	Sn (Ss)	2 S у	USs
FCS-R-4	III ∧ S	7	Sprm (Sd)	97	219		_	
FCS-R-1	IV A S	84	Sprm (Ss)	148	363			
FCS-R-1	IV A S	84	Sn (Ss)			279	422	

注記\*: オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、Syと1.2Shのうち大きい方の値とする。
### 4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果 (荷重評価)

					評価	結果	
支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (℃)	計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)	
SNM-FCS-R048	メカニカルスナッバ	SMS-10B-100	V-2-1-12 「 持構送物の通	配管及び支	13	150	
SH-FCS-R044	スプリングハンガ	VSA4B-11	ついて」参照	四日日中に	6	7	

39

支持構造物評価結果(応力評価)

支持構造物 番号					支持点荷重							評価結果		
	種類	型式	材質	温度 (℃)	Ŀ	反力(k№	I)	モージ	メント(	(kN•m)	応力	計算	許容	
				-	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	F <sub>Z</sub>	M <sub>X</sub>	M <sub>Y</sub>	Mz	分類	)い)) (MPa)	MPa)	
RE-FCS-R033	レストレイント	Uボルト	SS400 SM400B	171	11	8	0	_			組合せ	73	138	

## 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評( (×9.3	西用加速度 <sup>*</sup> 8m/s <sup>2</sup> )	機能確認 (×9.5	済加速度 8m/s <sup>2</sup> )	構造強度 (M	評価結果 Pa)
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
T49-F001A	止め弁	$\beta$ (Sd)	1.2	1.1	6.0	6.0	_	_
T49-F007B	止め弁	$\beta$ (Sd)	2.5	1.1	6.0	6.0		

注記\*:機能維持評価用加速度は、打ち切り振動数を30Hzとして計算した結果を示す。

#### 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し,応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図,設計条件及び評価結果 を記載している。下表に,代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス2以下の管)

		許容応力状態 ⅢAS									Ē	許容応	力状態	IV A S						
			-	一次応力	1			-	一次応力				一次	+二次応	动*		疲労評価 評 疲労 低 累積 点 係数 代 			
No.	配管モデル	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表	
1	FCS-R-1	84	79	211	2.67		84	148	363	2.45	0	84	279	422	1.51	0				
2	FCS-R-2	6	45	219	4.86		6	71	363	5.11		6	136	438	3.22					
3	FCS-R-3	80	81	211	2.60		80	121	363	3.00		80	165	422	2.55					
4	FCS-R-4	7	97	219	2.25	0	7	139	363	2.61		7	201	438	2.17					

注記\*:ⅢASの一次+二次応力の許容値はⅣASと同様であることから、地震荷重が大きいⅣASの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

重大事故等対処設備

目 次

1.	概要	•••	••	••	•	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2.	概略系	統図及び	ド鳥瞰	X		•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
2.1	概暇	各系統図		••	•	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
2.2	2 鳥師	故図	••	••	•	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	4
3.	計算条	件 •	••	••	•	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	10
3.1	計算	氧方法	•	••	•	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	10
3.2	2 荷重	重の組合	せ及て	バ許ジ	容応	いた	)状	態			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	11
3.3	設計	+条件	•	••	•	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	12
3.4	材料	斗及び許知	容応ス	5		•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	16
3.5	5 設計	+用地震	力	•	•	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	17
4.	解析結	果及び評	価	•	•	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	18
4.1	固有	<b></b> 有周期及 <sup>1</sup>	び設言	十震	叓			•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	18
4.2	2 評句	町結果	•	•••	•	•	•	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	24
4	. 2. 1	管の応	力評値	田結り	杲			•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	24
4	. 2. 2	支持構	造物言	平価約	結果	Ē.		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	25
4	. 2. 3	弁の動	的機能	と 維打	寺詔	陌	缿結	果			•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	26
4	. 2. 4	代表モ	デルの	り選び	定紀	宇果	と及	び	全	モラ	デノ	V0	D育	平伯	6	宇	ł		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	27

1. 概要

本計算書は、V-2-1-14 「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書 作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、管、支持構造物及び弁が設計 用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。 評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モ デル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値/発生値(以 下「裕度」という。)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価 結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を 4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち,種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評 価結果を代表として記載する。

(3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要 求弁を代表として評価結果を記載する。

# 2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち,本計算書記載範囲の管
——————(細線)	工事計画記載範囲の管のうち,本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
(破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち,他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
00-0-00	鳥瞰図番号
$\mathbf{\Theta}$	アンカ

概略系統図記号凡例



ω

## 2.2 鳥瞰図

記号	内容
(太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
——————————————————————————————————————	工事計画記載範囲の管のうち,本系統の管であって他計算書記 載範囲の管
————— (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち,他 系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
•	質点
${\color{black}}$	アンカ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分 を示す。スナッバについても同様とする。)
∃€	スナッバ
$\exists \neg \cdots \neg \neg \neg$	ハンガ
<del>] = _</del>	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号,矢印は拘束方向を示す。また, 内に 変位量を記載する。) 注1:鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

鳥瞰図記号凡例



鳥瞰図	FCS-R-4(1/5)
110 ml/1 ml	100 1 1(1/0)



鳥瞰図	FCS-R-4 $(2/5)$

鳥瞰図 FCS-R-4(3/5)



鳥瞰図	FCS-R-4(4/5)
	100 11 1(1/0/

鳥瞰図 FCS-R-4(5/5)

## 3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は,「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは, 「HISAP」を使用し,解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については,別紙 「計算機プログラム (解析コード)の概要」に示す。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設 分類 <sup>*1</sup>	設備 分類 <sup>*2</sup>	機器等 の区分	耐震 重要度分類	荷重の組合せ <sup>*3</sup>	許容応力 状態 <sup>*4</sup>
原子炉格納施設	圧力逃がし装置	格納容器圧力 逃がし装置	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	_	$V_L + S_S$	$V \wedge S$
原子炉格納施設	放射性物質濃度 制御設備及び 可燃性ガス濃度 制御設備並びに 格納容器再循環設備	格納容器圧力 逃がし装置	SΑ	常設/緩和	重大事故等 クラス2管		$V_L + S_S$	VAS
原子炉冷却 系統施設	残留熱除去設備	格納容器圧力 逃がし装置	SΑ	常設耐震/防止	重大事故等 クラス2管		$V_L + S_S$	V A S

注記\*1:DBは設計基準対象施設,SAは重大事故等対処設備を示す。

\*2:「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*3:運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*4:許容応力状態VASは許容応力状態IVASの許容限界を使用し、許容応力状態IVASとして評価を実施する。

## 3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

#### 鳥瞰図 FCS-R-4

答乘旦	答乗早 対応才ス評価占		最高使用温度	外径	厚さ	++ 41	耐震	縦弾性係数
百倍方	対応する計画点	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	11 11	重要度分類	(MPa)
1	2~7	0.62	200	165.2	7.1	STPT410		201667
2	$7 \sim 140 \text{W}$	0.62	200	60.5	3.9	S25C		201667
3	140W~143W	0.62	200	60.5	3.9	STPT410		201667
	$144$ W $\sim$ 157W, 158W $\sim$ 172W	1.00	200	60 F	2.0			100667
4	173W~174A	1.00	200	60.5	3.9	505316L1P		193667

鳥瞰図 FCS-R-4
-------------

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
143W~144W				$157W\sim\!158W$			
$172 \text{W} \sim 173 \text{W}$							-

白晰应	ECC D 4
局瞰凶	$\Gamma \cup \Im^{-} \Lambda^{-4}$

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	$143 \texttt{W} \sim 144 \texttt{W}$		$157W \sim 158W$ , $172W \sim 173W$

## 支持点及び貫通部ばね定数

古齿占釆早	各軸	方向ばね定数(	N/mm)	各軸回り回転ばね定数(N·mm/rad)		
入11小田力	Х	X Y Z		Х	Υ	Z
** 6 **						
						Ι
1401						Ι
1581						I
161						I
164						Ι
169						I
174A						]

鳥瞰図 FCS-R-4

# 3.4 材料及び許容応力

林水	最高使用温度	許容応力(MPa)				
173 197	(°C)	S m	S y	S u	S h	
STPT410	200		207	404		
S25C	200	_	218	406	_	
SUS316LTP	200		120	407		

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

#### 3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。 なお,設計用床応答曲線はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを 用いる。また,減衰定数はV-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
FCS-R-4	原子炉建屋		

#### 4. 解析結果及び評価

## 4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 FCS-R-4

適用する地震動等			S s			
モーバ	固有周期		応答水	応答鉛直震度*1		
	(s)		X方向	Z方向	Y方向	
1 次					·	
2 次						
3 次						
4 次						
5 次						
6 次						
7 次						
8 次	T T					
11 次	T I		Ī		Π	
12 次			Ī		Π	
動的震度 <sup>*2</sup>						

注記\*1:各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

\*2: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

## 各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 FCS-R-4

	固有周期			刺激係数*	
		(s)	X方向	Y方向	Z方向
1次					
2 次					
3 次					
4 次					
5 次					
6次					
7次					
8 次		_			
11 次					

注記\*:刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から 算出した値を示す。 振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図 示し、次ページ以降に示す。

代表的振動モード図(1次)

急瞰図	FCS-R-4

代表的振動モード図(2次)

代表的振動モード図(3次)

鳥瞰図	F C S –

-R - 4

## 4.2 評価結果

#### 4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図				一次応力	評価(MPa)	一次十二次応	疲労評価		
	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数	
				Sprm (Ss)	0.95 u	$S_n$ ( $S_s$ )	2 Ѕу	USs	
FCS-R-4	V A S	7	Sprm (Ss)	142	363	_			
FCS-R-4	$V \wedge S$	7	Sn (Ss)			204	414		

#### 4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果 (荷重評価)

支持構造物 番号					評価結果		
	種類	型式	材質	温度 (℃)	計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)	
SNM-FCS-R046	メカニカルスナッバ	SMS-10A-100	V-2-1-12「配管及び支 持構造物の耐震計算に ついて」参照		4	150	

25

## 支持構造物評価結果(応力評価)

支持構造物 番号						支持点荷重						評価結果			
	種類	型式	材質	温度 (℃)	反力(kN)		モーメント (kN・m)			応力	計算	許容			
					F <sub>x</sub>	F <sub>Y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>X</sub>	My	Mz	分類	がいり (MPa)	がいフリ (MPa)		
FCVSDOP-45A	アンカ	ラグ	SUS316L	200	1	6	3	2	1	1	組合せ	101	108		
FCVSDOP-47R	レストレイント	架構	STKR400	100	0	3	3	_	_	_	組合せ	48	113		

## 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評 (×9.	価用加速度 8m/s <sup>2</sup> )	機能確認 (×9.5	済加速度 8m/s <sup>2</sup> )	構造強度評価結果 (MPa)		
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力	

#### 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し,応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図,設計条件及び評価結果 を記載している。下表に,代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

			許容応力状態 VAS											
	一次応力					一次+二次応力					疲労評価			
No.	配管モデル	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	計価点	疲労 累積 係数	代 表
1	FCS-R-4	7	142	363	2.55	0	7	204	414	2.02	0			—

27

V-2-9-4-5-3 水素濃度抑制系の耐震性についての計算書

V-2-9-4-5-3-1 静的触媒式水素再結合器の耐震性についての計算書

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	7
2.3 適用規格·基準等	8
2.4 記号の説明	9
2.5 計算精度と数値の丸め方	11
3. 評価部位	12
4. 地震応答解析及び構造強度評価	12
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	12
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	13
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	13
4.2.2 許容応力	13
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	13
4.3 解析モデル及び諸元	17
4.4 固有周期	19
4.5 設計用地震力	19
4.6 計算方法	20
4.6.1 静的触媒式水素再結合器本体 2	20
4.6.2 架台	20
4.6.3 取付ボルト	20
4.6.4 基礎ボルト	23
4.7 計算条件	27
4.8 応力の評価	27
4.8.1 静的触媒式水素再結合器本体及び架台の応力評価	27
4.8.2 取付ボルト及び基礎ボルトの応力評価 2	27
5. 評価結果	28
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果 2	28

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、静的触媒式水素再結合器が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明 するものである。

静的触媒式水素再結合器は,重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下,重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

静的触媒式水素再結合器の構造計画を表2-1から表2-5に示す。静的触媒式水素再結合器 は、形状の異なる5種類の架台形状があり、1つの架台につき静的触媒式水素再結合器本体を2 台又は3台取り付けている。
表2-1 構造計画



N

表 2-2 構造計画



ω

表 2-	- 3	構诰計画
------	-----	------



4

表 2-4 構造計画



ы

表 2-5 構造計画



9

#### 2.2 評価方針

静的触媒式水素再結合器の応力評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷 重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す静的触媒式水素再 結合器の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び 諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容 限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認する ことで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

静的触媒式水素再結合器の耐震評価フローを図2-1に示す。



図 2-1 静的触媒式水素再結合器の耐震評価フロー

2.3 適用規格·基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格((社)日本機械学会,2005/2007)(以下「設
  - 計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A b 1	取付ボルトの軸断面積	$\mathrm{mm}^2$
Ab 2	基礎ボルトの軸断面積	$\mathrm{mm}^2$
Сн	水平方向設計震度	—
Сv	鉛直方向設計震度	—
d 1	取付ボルトの呼び径	mm
d 2	基礎ボルトの呼び径	mm
E	静的触媒式水素再結合器本体の縦弾性係数	MPa
E s	架台の縦弾性係数	MPa
F *	設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
Fbp	取付ボルトに作用する引張力	Ν
F <sub>x</sub>	架台に作用する力(X方向)	Ν
Fу	架台に作用する力(Y方向)	Ν
F z	架台に作用する力(Z方向)	Ν
$f{ m s}$ b	ボルトの許容せん断応力	MPa
f t	静的触媒式水素再結合器本体及び架台の許容引張応力	MPa
f t o	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
fts	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
mo	静的触媒式水素再結合器本体1台あたりの質量	kg
mol	架台を含めた全体の質量	kg
$\ell$ , $\ell_1$ , $\ell_2$	基礎ボルト間距離	mm
Мx	架台に作用するモーメント(X軸周り)	N•mm
Му	架台に作用するモーメント (Y軸周り)	N•mm
M z	架台に作用するモーメント(Z軸周り)	N•mm
n 1	せん断力を受ける取付ボルトの本数	—
n 2	せん断力を受ける基礎ボルトの本数	—
n f 1	引張力を受ける取付ボルトの本数	—
n f 2	架台に作用する力(Fx)により引張力を受ける	—
	基礎ボルトの本数	
nfз	架台に作用するモーメント(My, Mz)により引張力を受ける	—
	基礎ボルトの本数	
Q b p	取付ボルトに作用するせん断力	Ν
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
S <sub>y</sub> (RT)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の	MPa
	40℃における値	

記号	記号の説明	単位
Т	温度条件	°C
ν	ポアソン比	—
σba	基礎ボルトに作用する引張応力	MPa
σьр	取付ボルトに作用する引張応力	MPa
σр	静的触媒式水素再結合器本体に作用する組合せ応力	MPa
σs	架台に作用する組合せ応力	MPa
τba	基礎ボルトに作用するせん断応力	MPa
au b p	取付ボルトに作用するせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-6に示すとおりとする。

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	S	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	°C	_	_	整数位
質量	kg	_	_	整数位
長さ	mm	_	_	整数位*1
面積	$\mathrm{mm}^2$	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N•mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	Ν	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

表 2-6 表示する数値の丸め方

注記\*1:設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

\*2:絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

\*3:設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は, 比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て,整数位までの値とする。 3. 評価部位

静的触媒式水素再結合器の耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す 条件に基づき,耐震評価上厳しくなる静的触媒式水素再結合器本体,架台,取付ボルト,基礎 ボルトについて実施する。

静的触媒式水素再結合器の耐震評価部位については、表2-1から表2-5の概略構造図に示す。

- 4. 地震応答解析及び構造強度評価
- 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法
  - (1) 地震力は、静的触媒式水素再結合器に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとし、原則として、強度評価において組み合わせるものとする。なお、取付ボルト及び基礎ボルトにおいては、作用する荷重の算出において組み合わせるものとする。
  - (2) 静的触媒式水素再結合器本体は、壁に設置した架台に熱膨張を逃がすために設置した皿 バネを介して、それぞれ4本の取付ボルトで取り付ける。静的触媒式水素再結合器本体は 取付ボルト4本で固定されているが、熱膨張を逃がす構造となっていることから、引張力 及びせん断力を受けるボルトは、保守的に1本とする。
  - (3) 架台は,壁に基礎ボルトで取り付ける。
  - (4) 基礎ボルト部及び取付ボルト部は、剛体として評価する。
  - (5) 静的触媒式水素再結合器本体及び架台は、三次元のシェル要素でモデル化する。
  - (6) 触媒カートリッジは、剛性を期待せず質量のみ考慮する。
  - (7) 取付ボルト及び基礎ボルトの応力は,解析結果で得られた荷重(反力,モーメント)を 用いて,理論式により算出する。
  - (8) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
  - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態
     静的触媒式水素再結合器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。
  - 4.2.2 許容応力

静的触媒式水素再結合器の許容応力は, V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき 表4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

静的触媒式水素再結合器の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の 評価に用いるものを表4-3に示す。

施認	这区分	機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉	放射性物質濃 度制御設備及 び可燃性ガス	静的触媒式	常設/緩和	* 2	$D + P_D + M_D + S_s *^3$	IV A S
格納施設	濃度制御設備 並びに格納容 器再循環設備	水素再結合器		^ 2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容 限界を用いる。)

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記\*1:「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

\*3: 「D+Psad+Msad+Ss」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

	許容限界 <sup>*1,*2</sup> (ボルト以外)	許容限界* <sup>1,*2</sup> (ボルト等)		
許容応力状態	一次応力	一次	応力	
	組合せ	引張り	せん断	
IV <sub>A</sub> S			v	
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの 許容限界を用いる。)	1.5 • f t *	1.5 • f t*	1.5 • f s *	

表4-2 許容応力(重大事故等その他の支持構造物)

注記\*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2:当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は

評価を省略する。

評価部材	材料	温度条件		S y	S u	Sy (RT)
		(°	C)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
静的触媒式水素 再結合器本体		最高使用温度	300			
架台	55400 (厚さ≦16mm)	最高使用温度	300	170	373	_
取付ボルト	SUS316L	最高使用温度	300	105	374	175
基礎ボルト	SS400 (径≦16mm)	周囲環境温度	100 (300*)	170	373	

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

注記\*:周囲環境温度は100℃であるが,保守的に機器の最高使用温度である300℃を使用する。

4.3 解析モデル及び諸元

静的触媒式水素再結合器の解析モデルを図4-1に,解析モデルの概要を以下に示す。また, 機器の諸元を本計算書の【静的触媒式水素再結合器の耐震性についての計算結果】のその他 の機器要目に示す。

- (1) 静的触媒式水素再結合器本体及び架台は、三次元のシェル要素でモデル化する。
- (2) 拘束条件として,架台は壁への取付部を固定端とする。また,静的触媒式水素再結合器 本体は,架台に取付ボルトで固定する。なお,基礎ボルト部及び取付ボルト部は,剛体 として評価する。
- (3) 静的触媒式水素再結合器本体及び架台の質量は,密度にて与えるものとする。また,カ ートリッジの質量は,静的触媒式水素再結合器本体の前後面に分布荷重として与える。
- (4) 取付ボルト及び基礎ボルトの応力は,解析結果で得られた荷重(反力,モーメント)を 用いて,理論式により算出する。
- (5) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有値、静的触媒式水素再結合器 本体及び架台の応力を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等 の概要については、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

図4-1(2) 解析モデル(静的触媒式水素再結合器(その3)(その5))

### 4.4 固有周期

固有値解析の結果を表4-4に示す。固有周期は、0.05秒以下であり、剛であることを確認 した。

				刺激係数			
形状	モード	卓越方向	固有周期 (-)	水平	方向	的古土占	
			(\$)	NS方向	EW方向	<u> </u>	
その1	1次	水平	0.040	—	—	—	
-( 0) 1	2 次	鉛直	0.037	—	—		
そのの	1次	水平	0.040				
その2	2次	鉛直	0.037	—	—		
200	1次	鉛直	0.039	_	—		
その3	2次	水平	0.036	—	—		
201	1次	鉛直	0.037				
その4	2次	水平	0.034				
205	1次	鉛直	0.039	_		_	
てのう	2次	水平	0.035				

表 4-4 固有周期

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表4-5に示す。

「基準地震動Ss」による地震力は、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき 設定する。

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震力Sd 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 T.M.S.L. 31.7 (T.M.S.L. 38.2*1)	0. 040*2	0. 039*2		_	С <sub>Н</sub> =2.03	$C_{V} = 1.45$

表 4-5 設計用地震力 (重大事故等対処設備)

注記\*1:基準床レベルを示す。

\*2:形状(その1~その5)のうち、最も大きいものを代表で記載する。

4.6 計算方法

4.6.1 静的触媒式水素再結合器本体

静的触媒式水素再結合器本体の応力は,自重,鉛直方向地震及び水平方向地震(X, Y)を考慮し,三次元シェル要素による解析結果を用いる。ここで,応力の算出式は下 記による。

応力の種類	単位	応力算出式
組合せ応力	MPa	$\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3 \tau_x y^2}$

#### 4.6.2 架台

架台の応力は,静的触媒式水素再結合器本体と同様に,自重,鉛直方向地震及び水平 方向地震(X,Y)を考慮し,三次元シェル要素による解析結果を用いる。応力の算出式 は静的触媒式水素再結合器本体と同様である。

### 4.6.3 取付ボルト

取付ボルトの応力は,解析結果で得られた反力から理論式により引張応力及びせん断応 力を算出する。

解析で得られた取付ボルト部の反力を表4-6に示す。



図4-2 計算モデル(短辺方向転倒)



図4-3 計算モデル(長辺方向転倒)

		表4-6 取付ボルト発生	反力 (単位:N)		
長市	计负燃型	反力			
7247	入] 《《1成石中	Fър	${f Q}$ b p		
その1	静的触媒式 水素再結合器	497. 7	2. $365 \times 10^3$		
その2	静的触媒式 水素再結合器	497. 7	2. $365 \times 10^3$		
その3	静的触媒式 水素再結合器	498.2	$3.585 imes10^3$		
その4	静的触媒式 水素再結合器	498.3	$1.413 \times 10^{3}$		
その5	静的触媒式 水素再結合器	498. 5	$3.709 \times 10^{3}$		

K7 ① V-2-9-4-5-3-1 R1

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は図4-2及び図4-3で取付ボルトを支点とする転倒を考 え、この片側の取付ボルト1本で受けるものとして計算する。

引張応力

取付ボルトの軸断面積Ab1は,次式により求める。

A b 1 = 
$$\frac{\pi}{4}$$
 · d 1<sup>2</sup> ..... (4.6.3.2)

(2) せん断応力 取付ボルトに対するせん断力は,取付ボルト1本で受けるものとして計算する。

せん断応力

- 4.6.4 基礎ボルト
  - (1) 2本の場合

基礎ボルトの応力は,解析で得られた反力及びモーメントから理論式により,引張 応力及びせん断応力を算出する。

解析で得られた架台基礎ボルト部の反力及びモーメントを表4-7に示す。





図4-4 計算モデル(架台基礎ボルト部)

<b>#4.1</b> 5		反力 (N)			モーメント (N・mm)		
形状	对家機器	F x	Fу	F z	Мx	Му	M z
7.01	静的触媒式	1 011 × 103	1 007 × 103	1 200 × 103	1.075 \(1.05	7 001 × 105	
その1	水素再結合器	$1.211 \times 10^{\circ}$	$1.007 \times 10^{\circ}$	$1.320 \times 10^{\circ}$	$1.275 \times 10^{\circ}$	$7.231 \times 10^{\circ}$	
200	静的触媒式	$1.011 \times 10^{3}$	$1.007 \times 10^{3}$	$1,290\times 10^{3}$	$1  577 \times 10^{5}$	7 497 × 105	
2012	水素再結合器	$1.211 \times 10^{-5}$	$1.007 \times 10^{-5}$	1. $320 \times 10^{-5}$	$1.577 \times 10^{-5}$	$7.487 \times 10^{-5}$	
200	静的触媒式	$1.252 \times 10^{3}$	1 774 × 103	1 010 × 103	9 101 × 105	1 145 × 106	
203	水素再結合器	1.353 $\times 10^{\circ}$	1. $(14 \times 10^{\circ})$	$1.919 \times 10^{\circ}$	2. 191 × 10°	1.145 $\times$ 10°	

表4-7 基礎ボルトの発生反力,モーメント

a. 引張応力

基礎ボルトに対する引張応力は、次式により求める。

引張応力

基礎ボルトの軸断面積Ab2は,次式により求める。

$$A_{b_{2}} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{2^{2}} \cdots (4.6.4.2)$$

b. せん断応力

基礎ボルトに対するせん断応力は、次式により求める。

せん断応力

(2) 4本の場合

基礎ボルトの応力は,解析で得られた反力及びモーメントから理論式により,引張 応力及びせん断応力を算出する。

解析で得られた架台基礎ボルト部の反力及びモーメントを表4-8に示す。







図4-5 計算モデル(架台基礎ボルト部)

形状			反力 (N)		モーメント (N・mm)						
	对家機奋	F x	Fу	F z	Мx	Му	M z				
その4	静的触媒式 水素再結合器	852.8	857.5	$1.343 \times 10^{3}$	$1.337 \times 10^{5}$	7. $231 \times 10^5$	$1.954 \times 10^{5}$				
その5	静的触媒式 水素再結合器	$1.353 \times 10^{3}$	$1.589 \times 10^{3}$	$1.937 \times 10^{3}$	$1.863 \times 10^{5}$	$1.145 \times 10^{6}$	2. $700 \times 10^5$				

表4-8 基礎ボルトの発生反力,モーメント

a. 引張応力

基礎ボルトに対する引張応力は、次式により求める。

引張応力

$$\sigma_{ba} = \frac{F_x}{n_{f_2} \cdot A_{b_2}} + \frac{M_y}{n_{f_3} \cdot \ell_1 \cdot A_{b_2}} + \frac{M_z}{n_{f_3} \cdot \ell_2 \cdot A_{b_2}} \cdots \cdots (4.6.4.4)$$

基礎ボルトの軸断面積Ab2は、次式により求める。

$$A_{b_2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{2^2} \cdots (4.6.4.5)$$

b. せん断応力 基礎ボルトに対するせん断応力は,次式により求める。

せん断応力

$$\tau_{b a} = \frac{\sqrt{F_{y^2} + F_{z^2}}}{n_{2} \cdot A_{b 2}} + \frac{M_x}{n_{2} \cdot \sqrt{\ell_1^2 + \ell_2^2}} \cdot A_{b 2} \cdots (4.6.4.6)$$

#### 4.7 計算条件

応力解析に用いる自重(静的触媒式水素再結合器本体及び架台)及び荷重(地震荷重)は、 本計算書の【静的触媒式水素再結合器の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要 目に示す。

#### 4.8 応力の評価

4.8.1 静的触媒式水素再結合器本体及び架台の応力評価

4.6.1項及び4.6.2項で求めた静的触媒式水素再結合器本体及び架台の組合せ応力が許 容応力ft以下であること。

ただし、 $f_t$ は下表による。

	基準地震動 S s による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f t	$\frac{\mathrm{F}^{*}}{1.5} \cdot 1.5$

4.8.2 取付ボルト及び基礎ボルトの応力評価

4.6.3項で求めた取付ボルトの引張応力 $\sigma_{bp}$ 及び4.6.4項で求めた基礎ボルトの引張 応力 $\sigma_{ba}$ は次式より求めた許容引張応力 $f_{ts}$ 以下であること。ただし、 $f_{to}$ は下表に よる。なお、次式のうち $\tau_{b}$ は取付ボルトでは $\tau_{bp}$ 、基礎ボルトでは $\tau_{ba}$ と読み替え る。

せん断応力  $\tau$  bp及び  $\tau$  ba はせん断力のみを受ける取付ボルト及び基礎ボルトの許容 せん断応力  $f_{sb}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb}$ は下表による。

	基準地震動Ssによる荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{ m t~o}$	$\frac{-\overline{F}^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f <sub>sb</sub>	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

- 5. 評価結果
- 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果 静的触媒式水素再結合器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示 す。発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有している ことを確認した。
  - (1) 構造強度評価結果構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 【静的触媒式水素再結合器(その1)の耐震性についての計算結果】

## 1. 重大事故等対処設備

## 1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 分類 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 Sd又は静的震度		基準地震動S s		最高使用温度	周囲環境温度
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)	(°C)
±\$4.65.66.4世──\		百乙烷建民			政府及及	政时及反	政时放汉	政府成及		
前の歴媒式 水素再結合器 (その1)	常設/緩和	原于炉建屋 T. M. S. L. 31.7 (T. M. S. L. 38.2 <sup>*1</sup> )	0.040	0.037	_		Сн=2.03	Cv = 1.45	300	$100 (300^{*2})$

注記\*1:基準床レベルを示す。

\*2:周囲環境温度は100℃であるが、保守的に機器の最高使用温度である300℃を使用する。

1.2 機器要目

m o (kg)	m o l (kg)	ℓ (mm)	E (MPa)	E s (MPa)	ν	d 1 (mm)	$\begin{array}{c} A b {\scriptstyle 1} \\ (mm^2) \end{array}$	d 2 (mm)	A b 2 (mm <sup>2</sup> )	n 1	n f 1 *	n 2	nf2	nf3
					0.3	12 (M12)	113. 1	12 (M12)	113. 1	1	1	2	2	1

注記\*:上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	Sy (MPa)	Su (MPa)	F* (MPa)		
静的触媒式 水素再結合器本体					
架台	170 (厚さ≦16mm)	373	204		
取付ボルト	105	374	141		
基礎ボルト	170 (径≦16mm)	373	204		

1.3 計算数値

1.3.1 取付ボルトに作用する力

(単位:N)

	F	b p	Q b p		
部材	弾性設計用地震動	甘淮地雪計の。	弾性設計用地震動	甘潍地雲動の。	
	S d 又は静的震度	本毕地辰勤 5 S	S d 又は静的震度	苯中地展到 5 S	
取付ボルト	取付ボルト ―			2. $365 \times 10^3$	

# 1.3.2 基礎ボルトに作用する力

(単位:N)

	F	x	F	У	F z		
部材	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	
基礎ボルト	_	$1.211 \times 10^{3}$	_	$1.007 \times 10^{3}$		$1.320 \times 10^{3}$	

1.3.3 基礎ボルトに作用するモーメント

(単位:N・mm)

部材	Μ	[ x	N	[y	M z		
	弾性設計用地震動	甘淮北雪乱。	弾性設計用地震動	甘滩地電動で。	弾性設計用地震動	基準地震動 S s	
	Sd 又は静的震度	苯毕地展到 5 S	S d 又は静的震度	苯毕地展到 5 S	S d 又は静的震度		
基礎ボルト		$1.275 \times 10^{5}$		$7.231 \times 10^5$			

1.4 結論

1.4.1 固有周期	(単位:s)	
モード	固有周期	卓越方向
1次	0.040	水平

# 1.4.2 応力及び許容荷重

(単位:MPa)

<del>*</del> 77++	++101	r <del>&lt;</del> − +-	弾性設計用地震動	Sd又は静的震度	基準地震動S s		
司公	竹村	心刀	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
静的触媒式	5115204 年 光	知合开			a — 196	f 171	
水素再結合器本体	505304作日ヨ	祖行せ			0 p — 120	$J_{\rm t} = 171$	
架台	SS400	組合せ	—	_	$\sigma_s = 86$	$f_{\rm t} = 204$	
取付せれた	CUCDICI	引張り	_	_	$\sigma_{bp} = 5$	$f_{\rm ts} = 106^*$	
現刊ホアレト	202310L	せん断			$\tau$ <sub>b p</sub> = 21	$f_{\rm sb} = 81$	
基礎ボルト	SS400	引張り		—	σьа= 19	$f_{\rm ts} = 122^*$	
		せん断	—	—	τьа= 10	$f_{\rm sb} = 94$	

すべて許容応力以下である。

注記 \*: $f_{ts} = Min[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_{b}, f_{to}]$ 

### 【静的触媒式水素再結合器(その2)の耐震性についての計算結果】

## 2. 重大事故等対処設備

# 2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 設備分類 (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 Sd又は静的震度		基準地震動 S s		最高使用温度	周囲環境温度
			水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計雪面	鉛直方向 設計雪面	(°C)	(°C)
					<b>以</b> 日 辰 反	<b>以</b> 日 辰 戊	<b>以</b> 日 辰 反	<b>以</b> 日 辰 反		
<ul><li>静的触媒式</li><li>水素再結合器</li><li>(その2)</li></ul>	常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.7 (T.M.S.L. 38.2 <sup>*1</sup> )	0.040	0.037			Сн=2.03	Cv = 1.45	300	$100 (300^{*2})$

注記\*1:基準床レベルを示す。

\*2:周囲環境温度は100℃であるが、保守的に機器の最高使用温度である300℃を使用する。

2.2 機器要目

m o (kg)	m o l (kg)	ℓ (mm)	E (MPa)	E s (MPa)	ν	d 1 (mm)	A b 1 (mm <sup>2</sup> )	d 2 (mm)	A b 2 (mm <sup>2</sup> )	n 1	nf1*	n 2	nf2	nfз
					0.3	12 (M12)	113.1	12 (M12)	113.1	1	1	2	2	1

注記\*:上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	Sy (MPa)	Su (MPa)	F* (MPa)
静的触媒式 水素再結合器本体			
架台	170 (厚さ≦16mm)	373	204
取付ボルト	105 374		141
基礎ボルト	170 (径≦16mm)	373	204

2.3 計算数値

2.3.1 取付ボルトに作用する力

(単位:N)

部材	F	b p	${f Q}$ b p		
	弾性設計用地震動	甘淮地雪乱の。	弾性設計用地震動	甘潍地雲動の。	
	S d 又は静的震度		Sd又は静的震度 差平地展動		
取付ボルト ―		497.7		2. $365 \times 10^3$	

# 2.3.2 基礎ボルトに作用する力

(単位:N)

部材	F	x	F	У	F z		
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	
基礎ボルト		$1.211 \times 10^{3}$		$1.007 \times 10^{3}$	_	$1.320 \times 10^{3}$	

2.3.3 基礎ボルトに作用するモーメント

(単位:N・mm)

部材	М	x	М	y	M z		
	弾性設計用地震動	其潍业 雪動 りっ	弾性設計用地震動	ま 淮 地 雪 動 ら 。	弾性設計用地震動	基準地震動 S s	
	S d 又は静的震度	苯毕地展到 5 S	S d 又は静的震度	<b>室中地展到5</b> 5	S d 又は静的震度		
基礎ボルト	_	$1.577 imes10^5$	—	7. $487 \times 10^5$	_	_	

2.4 結論

2.4.1 固有周期	3	(単位:s)
モード	固有周期	卓越方向
1次	0.040	水平

# 2.4.2 応力及び許容荷重

(単位:MPa)

<b>☆</b> 7 + +	***	r <del>, −</del> ,	弾性設計用地震動	ISd 又は静的震度	基準地震動 S s		
司》 村	州科	心刀	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
静的触媒式	5115204 中 光	知合开			a — 196	f 171	
水素再結合器本体	505304作日 三	利用 I I I I	_	_	0 p — 120	$J_{\rm t} = 171$	
架台	SS400	組合せ	_		$\sigma_s = 86$	$f_{\rm t} = 204$	
取付せれた	CUCDICI	引張り	_		$\sigma_{bp} = 5$	$f_{\rm ts} = 106^*$	
現刊ホアレト	505316L	せん断			$\tau$ <sub>b p</sub> = 21	$f_{\rm sb} = 81$	
基礎ボルト	55400	引張り		—	σьа = 19	$f_{\rm ts} = 122^*$	
	55400	せん断		_	τьа= 11	$f_{\rm sb} = 94$	

すべて許容応力以下である。

注記 \*: $f_{t s} = Min[1.4 \cdot f_{t o} - 1.6 \cdot \tau_{b}, f_{t o}]$ 

### 【静的触媒式水素再結合器(その3)の耐震性についての計算結果】

## 3. 重大事故等対処設備

# 3.1 設計条件

機器名称	凯供八粨	据付場所及び	固有周期(s)		弾性設計用地震動 Sd又は静的震度		基準地震動S s		最高使用温度	周囲環境温度
	設倆分類	床面高さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	(°C)	(°C)
静的触媒式 水素再結合器 (その3)	常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.7 (T.M.S.L. 38.2 <sup>*1</sup> )	0.036	0.039			Сн=2.03	Cv = 1.45	300	$100 (300^{*2})$

注記\*1:基準床レベルを示す。

\*2:周囲環境温度は100℃であるが、保守的に機器の最高使用温度である300℃を使用する。

3.2 機器要目

m o (kg)	m o l (kg)	ℓ (mm)	E (MPa)	E s (MPa)	ν	d 1 (mm)	A b 1 (mm <sup>2</sup> )	d 2 (mm)	A b 2 (mm <sup>2</sup> )	n 1	nfı*	n 2	nf2	nfз
					0.3	12 (M12)	113.1	12 (M12)	113.1	1	1	2	2	1

注記\*:上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	Sy (MPa)	Su (MPa)	F* (MPa)	
静的触媒式 水素再結合器本体				
架台	170 (厚さ≦16mm)	373	204	
取付ボルト	105	374	141	
基礎ボルト	170 (径≦16mm)	373	204	

3.3 計算数値

3.3.1 取付ボルトに作用する力

(単位:N)

部材	F	b p	Q b p		
	弾性設計用地震動	甘淮地雪計の。	弾性設計用地震動	<b>「「淮圳雲動</b> の。	
	S d 又は静的震度	苯毕地展到 5 S	S d 又は静的震度	苯中地展到 5 S	
取付ボルト ―		498.2		3. $585 \times 10^3$	

# 3.3.2 基礎ボルトに作用する力

(単位:N)

部材	F	x	F	У	F z		
	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	
基礎ボルト		$1.353 \times 10^{3}$		$1.774 \times 10^{3}$	_	$1.919 \times 10^{3}$	

3.3.3 基礎ボルトに作用するモーメント

(単位:N・mm)

部材	M x		Му		M z	
	弾性設計用地震動	基準地震動S s	弾性設計用地震動	基準地震動 S s	弾性設計用地震動	基準地震動 S s
	S d 又は静的震度		S d 又は静的震度		S d 又は静的震度	
基礎ボルト		2. $191 \times 10^5$		$1.145 \times 10^{6}$		

3.4 結論

3.4.1 固有周期	国有周期 (単位:				
モード	固有周期	卓越方向			
1次	0.039	鉛直			

# 3.4.2 応力及び許容荷重

## (単位:MPa)

<b>*</b> 77++	材料	応力	弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動 S s	
司孙尔			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
静的触媒式		組合せ	—	_	$\sigma_{\rm p}$ = 125	$f_{\rm t} = 171$
水素再結合器本体	505304作目 当					
架台	SS400	組合せ	—		$\sigma$ s = 75	$f_{\rm t} = 204$
取付ボルト	SUS316L	引張り	—		$\sigma_{bp} = 5$	$f_{\rm ts} = -98^*$
		せん断			$\tau$ <sub>b p</sub> = 32	$f_{\rm sb} = 81$
基礎ボルト	SS400	引張り	_	—	$\sigma$ b a = 27	$f_{\rm ts} = 122^*$
		せん断	—	—	$\tau$ b a = 16	$f_{\rm sb} = 94$

すべて許容応力以下である。

注記 \*: $f_{t s} = Min[1.4 \cdot f_{t o} - 1.6 \cdot \tau_{b}, f_{t o}]$
### 【静的触媒式水素再結合器(その4)の耐震性についての計算結果】

## 4. 重大事故等対処設備

## 4.1 設計条件

	凯供八拓	据付場所及び	固有周期(s)		弾性設計用地震動 Sd又は静的震度		基準地震動S s		最高使用温度	周囲環境温度
機舔石你	<b></b>	本 山 尚 さ (m)	水亚方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	(°C)	(°C)
		(m)		四匹//101	設計震度	設計震度	設計震度	設計震度		
静的触媒式 水素再結合器 (その4)	常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.7 (T.M.S.L. 38.2 <sup>*1</sup> )	0.034	0.037	_		Сн=2.03	C v = 1.45	300	$100$ $(300^{*2})$

注記\*1:基準床レベルを示す。

\*2:周囲環境温度は100℃であるが、保守的に機器の最高使用温度である300℃を使用する。

4.2 機器要目

m o (kg)	m o l (kg)	ℓ 1 (mm)	ℓ ₂ (mm)	E (MPa)	Es (MPa)	ν	d 1 (mm)	${ m A}$ b 1 (mm <sup>2</sup> )	d 2 (mm)	${ m A}$ b 2 (mm <sup>2</sup> )	n 1	nf1*	n 2	nf2	nfз
						0.3	12 (M12)	113. 1	12 (M12)	113. 1	1	1	4	4	2

注記\*:上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	Sy (MPa)	Su (MPa)	F* (MPa)
静的触媒式 水素再結合器本体			
架台	170 (厚さ≦16mm)	373	204
取付ボルト	105	374	141
基礎ボルト	170 (径≦16mm)	373	204

## 4.3 計算数値

39

4.3.1 取付ボルトに作用する力

(単位:N)

	F	b p	Q b p		
部材	弾性設計用地震動	弹性設計用地震動 其進地雲動 S 。		甘淮地雲動の。	
	Sd又は静的震度		Sd又は静的震度 金平地展動 5		
取付ボルト		498. 3		$1.413 \times 10^{3}$	

4.3.2 基礎ボルトに作用する力

(単位:N)

	F	x	F	У	F z		
部材	弾性設計用地震動	ま 淮 地 雪 動 ら 。	弾性設計用地震動	ま 淮 地 雪 動 ら 。	弾性設計用地震動	<b> 「 淮 州 雲 動 ら</b> 。	
Sd又は静的震度		苯毕地展到 5 S	Sd又は静的震度 Sd又は静的震度		S d 又は静的震度		
基礎ボルト	_	852.8		857.8	_	$1.343 \times 10^{3}$	

4.3.3 基礎ボルトに作用するモーメント

(単位:N・mm)

	М	[ x	M	[y	M z		
部材	弾性設計用地震動	甘淮地電動で。	弾性設計用地震動	甘淮地雪乱ら。	弾性設計用地震動	甘淮地雲動の。	
	Sd 又は静的震度	苯毕地展到 5 S	S d 又は静的震度	本中地長到55	S d 又は静的震度	苯中地展到 5 S	
基礎ボルト		$1.337 \times 10^{5}$		$7.231 \times 10^{5}$		$1.954 \times 10^{5}$	

4.4 結論

4.4.1 固有周期	3	(単位:s)
モード	固有周期	卓越方向
1次	0.037	鉛直

# 4.4.2 応力及び許容荷重

(単位:MPa)

***	++*	r <del>\'</del> +	弾性設計用地震動	ISd 又は静的震度	基準地震動S s			
司》 村	竹科	心刀	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力		
静的触媒式		如人开			<b>—</b> 199	f _ 171		
水素再結合器本体	505304作日ヨ	祖台也			0 p — 122	J t - 1/1		
架台	SS400	組合せ			$\sigma$ s = 59	$f_{\rm t} = 204$		
取付せれた	CUCDICI	引張り			$\sigma_{bp} = 5$	$f_{\rm ts} = 106^*$		
現1月ホノレト	202310L	せん断			$\tau$ <sub>b p</sub> = 13	$f_{\rm sb} = 81$		
甘花林子り、ト	55400	引張り			σьа = 16	$f_{\rm ts} = 122^*$		
査碇小ルト	55400	せん断	_		τьа = 5	$f_{\rm sb} = 94$		

すべて許容応力以下である。

注記 \*: $f_{t s} = Min[1.4 \cdot f_{t o} - 1.6 \cdot \tau_{b}, f_{t o}]$ 

### 【静的触媒式水素再結合器(その5)の耐震性についての計算結果】

5. 重大事故等対処設備

5.1 設計条件

	凯佛八粘	据付場所及び	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		最高使用温度	周囲環境温度
機奋石が	<b> </b>		水亚方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	(°C)	(°C)
		(11)	八十八回	如臣/川可	設計震度	設計震度	設計震度	設計震度		
静的触媒式 水素再結合器 (その5)	常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.7 (T.M.S.L. 38.2 <sup>*1</sup> )	0.035	0.039	_		Сн=2.03	Cv = 1.45	300	$100 (300^{*2})$

注記\*1:基準床レベルを示す。

\*2:周囲環境温度は100℃であるが、保守的に機器の最高使用温度である300℃を使用する。

5.2 機器要目

41

m o (kg)	m o l (kg)	ℓ 1 (mm)	ℓ 2 (mm)	E (MPa)	E s (MPa)	ν	d 1 (mm)	${ m A}$ b 1 (mm <sup>2</sup> )	d 2 (mm)	${ m A}$ b 2 (mm <sup>2</sup> )	n 1	nf1*	n 2	nf2	nfз
						0.3	12 (M12)	113. 1	12 (M12)	113. 1	1	1	4	4	2

注記\*:上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	Sy (MPa)	S u (MPa)	F* (MPa)
静的触媒式 水素再結合器本体			
架台	170 (厚さ≦16mm)	373	204
取付ボルト	105	374	141
基礎ボルト	170 (径≦16mm)	373	204

5.3 計算数値

42

5.3.1 取付ボルトに作用する力

(単位:N)

	F	b p	Q b p		
部材	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		弹性設計用地震動 其進地震動		
			Sd 又は静的震度 金平地震動		
取付ボルト		498.5		3. $709 \times 10^3$	

5.3.2 基礎ボルトに作用する力

(単位:N)

	F	x	F	у	F	Z
部材	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト		$1.353 \times 10^{3}$		$1.589 \times 10^{3}$		$1.937 \times 10^{3}$

5.3.3 基礎ボルトに作用するモーメント

(単位:N・mm)

	M x		M	y	M z		
部材	弾性設計用地震動	甘淮地電動で。	弾性設計用地震動	甘淮地電動で。	弾性設計用地震動	甘淮地雪乱り。	
	S d 又は静的震度	苯毕地展到 5 ℃	S d 又は静的震度	苯毕地展到 5 S	S d 又は静的震度	本毕地辰勤 5 S	
基礎ボルト	—	$1.863 \times 10^{5}$		$1.145 \times 10^{6}$		2.700 $\times 10^{5}$	

5.4 結論

5.4.1 固有周期		(単位:s)
モード	固有周期	卓越方向
1次	0.039	鉛直

# 5.4.2 応力及び許容荷重

(単位:MPa)

立てたオートレートオナギント		r <del>&lt;</del> − −	弾性設計用地震動	Sd又は静的震度	基準地震動 S s		
司小小	竹杆	心刀	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
静的触媒式		如人让			- <u> </u>	f _ 171	
水素再結合器本体	505304作日 ヨ	祖行せ			0 p — 121	J t - 1/1	
架台	SS400	組合せ			$\sigma_s = 68$	$f_{\rm t} = 204$	
取付ギルト	CUCDICI	引張り	_	_	$\sigma_{b p} = 5$	$f_{\rm ts} = 96^*$	
現行がアレト	202310L	せん断			$\tau$ <sub>b p</sub> = 33	$f_{\rm sb} = 81$	
甘花林子山山	55400	引張り			σьа = 24	$f_{\rm ts} = 122^*$	
査碇小/レト	55400	せん断			τьа = 8	$f_{\rm sb} = 94$	

すべて許容応力以下である。

注記 \*: $f_{t s} = Min[1.4 \cdot f_{t o} - 1.6 \cdot \tau_{b}, f_{t o}]$ 



静的触媒式水素再結合器(その1)



静的触媒式水素再結合器(その2)



静的触媒式水素再結合器(その3)



静的触媒式水素再結合器(その4)



静的触媒式水素再結合器(その5)

V-2-9-4-5-4 耐圧強化ベント系の耐震性についての計算書

V-2-9-4-5-4-1 管の耐震性についての計算書

重大事故等対処設備

1.	概要	1
2.	概略系統図	2
3.	計算条件	5
3.1	1 荷重の組合せ及び許容応力状態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	5
4.	解析結果及び評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6

1. 概要

本計算書は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算 書作成の基本方針」に基づき、管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構 造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち,各応力区分における最大応力評価点評価結果を解 析モデル単位に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち,種類及び型式単位に反力が最大となる支持点 の評価結果を代表として記載する。

(3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維 持要求弁を代表として評価結果を記載する。

## 2. 概略系統図

記号	内容
(太線)	工事計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
(細線)	工事計画書記載範囲の管のうち,本系統の管であって 他計算書記載範囲の管
(破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管 のうち,他系統の管であって系統の概略を示すため に表記する管
$\bigcirc \bigcirc $	鳥瞰図番号
$\mathbf{\Theta}$	アンカ

概略系統図記号凡例



耐圧強化ベント系概略系統図(その1)



4

### 3. 計算条件

### 3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

<b></b>	設備名称	玄統夕称	施設	設備	機器等	耐震	荷重の組合社*3	許容応力
旭政石尔	<b></b> 顾 师 石 小		分類*1	分類*2	の区分	重要度分類	何里の旭日ピ	状態*4
	放射性物質濃							
	度制御設備及							
原子炉	び可燃性ガス	耐圧強化	C 4	<b>尚</b> 凯 /經 和	重大事故等		V	V C
格納施設	濃度制御設備	ベント系	5 A	吊	クラス 2 管		$V_L + S_S$	VAS
	並びに格納容							
	器再循環設備							
原子炉 冷却系統 施設	残留熱除去 設備	耐圧強化 ベント系	S A	常設耐震/防止	重大事故等 クラス2管	_	$V_L + S_S$	V A S

注記 \*1: DBは設計基準対象施設, SAは重大事故等対処設備を示す。

\*2:「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備,「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*3:運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*4:許容応力状態VASは許容応力状態IVASの許容限界を使用し、許容応力状態IVASとして評価を実施する。

ы

### 4. 解析結果及び評価

以下の計算書の重大事故等対処設備に含まれる。

「V-2-9-4-5-1-2 管の耐震性についての計算書」

「V-2-9-4-6-1-1 管の耐震性についての計算書」

V-2-9-4-5-5 格納容器圧力逃がし装置の耐震性についての計算書

V-2-9-4-5-5-1 ドレン移送ポンプの耐震性についての計算書

目

次

1. 概要
2. 一般事項 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••
2.1 構造計画 ・・・・・・・・・・・・・・・
3. 構造強度評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.1 構造強度評価方法 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••
3.2 荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.2.2 許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.3 計算条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4. 機能維持評価
4.1 動的機能維持評価方法
4.1.1 機能確認済加速度
5. 評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9 「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、格納容器圧力逃がし装置のドレン移送ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

ドレン移送ポンプは,重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常 設重大事故緩和設備に分類される。以下,重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的 機能維持評価を示す。

なお、ドレン移送ポンプは、V-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプであるた め、構造強度評価はV-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横軸ポンプの耐震性についての 計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。また、ドレン移送ポンプは、V-2-1-9「機能維 持の基本方針」に記載されていない原動機であるモータが一体構造の横軸ポンプであるため、 加振試験で得られた機能確認済加速度と機能維持評価用加速度との比較により、動的機能維持 の確認を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ドレン移送ポンプの構造計画を表 2-1 に示す。



表 2-1 構造計画

- 3. 構造強度評価
- 3.1 構造強度評価方法

ドレン移送ポンプは、V-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプであるため、構造 強度評価は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横軸ポンプの耐震性についての計算 書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

- 3.2 荷重の組合せ及び許容応力
  - 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 ドレン移送ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価

に用いるものを表3-1に示す。

3.2.2 許容応力

ドレン移送ポンプの許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表3-2の とおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドレン移送ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に 用いるものを表3-3に示す。

3.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【ドレン移送ポンプの耐震性についての計算結 果】の設計条件及び機器要目に示す。

施調	改区分	機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
	放射性物質濃				$D + P_D + M_D + S_S^{*3}$	IV A S
原子炉格納 施設	度制御設備及 び可燃性ガス 濃度制御設備 並びに格納容 器再循環設備	ドレン移送ポンプ	常設/緩和	重大事故等 クラス2ポンプ <sup>*2</sup>	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)
					$D + P_D + M_D + S_S^{*3}$	IV A S
原子炉格納 施設	圧力逃がし装置	ドレン移送ポンプ	常設/緩和	重大事故等 クラス2ポンプ* <sup>2</sup>	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)
					$D + P_D + M_D + S_S^{*3}$	IV A S
原子炉冷却 系統施設	残留熱除去設備	ドレン移送ポンプ	常設耐震/防止	重大事故等 クラス2ポンプ <sup>*2</sup>	D+Psad+Msad+Ss	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記\*1:「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備,「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2:重大事故等クラス2ポンプの支持構造物を含む。

\*3: 「D+Psad+Msad+Ss」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

4

	表 3-2	許容応力	(重大事故等ク	ラス2	2 支持構造物
--	-------	------	---------	-----	---------

	許容限界 <sup>*1,*2</sup> (ボルト等)				
許容応力状態	一次応力				
	引張り	せん断			
IV <sub>A</sub> S	×				
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてW <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)	1.5 • f t *	1.5 • f <sub>s</sub> *			

注記\*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2:当該の応力が生じない場合,規格基準で省略可能とされている場合及びほかの応力で代表可能である場合は評価を省略する。

	•					
評価部材	材料	温度条( (℃)	<b>+</b>	Sу (MPa)	S u (MPa)	S y (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度	65	189	481	205
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	150	155	422	205

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

- 4. 機能維持評価
- 4.1 動的機能維持評価方法

ドレン移送ポンプの機能維持評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、地震時の 応答加速度が、機能確認済加速度以下であることを確認することで実施する。

なお,機能維持評価用加速度は, V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき,基準 地震動Ssにより定まる応答加速度を設定する。

機能確認済加速度は、ドレン移送ポンプが、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載されて いない原動機であるモータが一体構造の横軸ポンプであり、既往の研究によって機能維持が確 認された適用機種と構造・作動原理が異なることから、個別の加振試験によって得られる機能 維持を確認した加速度を機能確認済加速度とする。

#### 4.1.1 機能確認済加速度

ドレン移送ポンプの機能確認済加速度は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、 実機の据付状態を模擬した上で、当該機器が設置される床における設計用床応答曲線を包 絡する模擬地震波による加振試験において、動的機能の健全性を確認した加速度とする。 機能確認済加速度を表4-1に示す。

		(
評価部位	方向	機能確認済加速度
いい、投光ポンプ	水平	3. 4
トレン核応ホンク	鉛直	2.2

表 4-1 機能確認済加速度

 $(\times 9.8 \text{ m/s}^2)$ 

- 5. 評価結果
- 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

ドレン移送ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生 値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有してい ることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

## 【ドレン移送ポンプの耐震性についての計算結果】

#### 1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機 器 名 称   設備分類		据付場所及び床面高さ	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd 又は静的震度		基準地震動S s		ポンプ振動	最高使用	周囲環境
	<b></b>	(m)	水平	鉛直	水平方向	鉛直方向 設計雪度	水平方向	鉛直方向	による震度	温度 (℃)	温度 (℃)
			刀円	刀凹	<b> </b>		<b> </b>	<b> </b>			
ドレン移送ポンプ	常設耐震/防止 常設/緩和	フィルタベント遮蔽壁 T.M.S.L. 12.7 (T.M.S.L. 12.0 <sup>*1</sup> )	*2	*2	_	_	С <sub>н</sub> =3.79	$C_{V} = 1.70$	$C_{P} = 0.31$	150	65

注記\*1:基準床レベルを示す。

\*2:固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

_	1.2 機器要目								
	部 材	m i (kg)	h i (mm)	ℓ <sub>1 i</sub> *1 (mm)	ℓ ₂ i <sup>*1</sup> (mm)	d i (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	пi	n f i <sup>*1</sup>
	基礎ボルト							C C	3
	(i = 1)							6	2
	ポンプ取付ボルト							10	6
	(i = 2)							12	2

	S у і	S u i	<sub>Sy</sub> (RT) <sub>i</sub>	Fi	Fi <b>*</b>	転倒に	Мр	
的材	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動S s	(N • mm)
基礎ボルト (i=1)	189* <sup>2</sup>	481 <sup>*2</sup>	205	_	246	_	軸直角方向	—
ポンプ取付ボルト (i=2)	155 <sup>*3</sup>	$422^{*3}$	205	—	209	_	軸方向	—

注記\*1:各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する

НР	Ν
$(\mu m)$	(rpm)
65	2900

評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。 \*2:周囲環境温度で算出

\*2: 同囲環境値度で昇山

\*3:最高使用温度で算出

#### 1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力									
	F	b i			Q <sub>bi</sub>				
部材	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s			弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動Ss		
基礎ボルト (i=1)					_				
ポンプ取付ボルト (i=2)					_				

#### 1.4 結論

#### 1.4.1 ボルトの応力

(単位:MPa)

部 材	++ \0	÷ .	弾性設計用地震動	動Sd又は静的震度	基準地震動S s				
	14 科	心刀	算出応力	許容応力	算出応力	許容応力			
基礎ボルト		引張り	—	—	$\sigma_{b1} = 30$	$f_{ts1} = 147*$			
( i =1)		せん断	—	—	$\tau$ b1 = 14	$f_{\rm sb1}$ =113			
ポンプ取付ボルト		引張り	—	—	$\sigma_{b2}=28$	$f_{ m ts2} = 156^*$			
(i=2)		せん断	_	_	$\tau$ b2= 11	$f_{ m sb2}$ =120			

すべて許容応力以下である。

注記\*: $f_{tsi}$ =Min[1.4 ·  $f_{toi}$ -1.6 ·  $\tau_{bi}$ ,  $f_{toi}$ ]

1.4.2 動的機能の評価	$(\times 9.8 \text{m/s}^2)$				
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度		
100 5 <b>14</b> 116 18 5 - 2	水平方向 3.16		3.4		
ドレン移送ボンブ	鉛直方向	1.42	2. 2		

注記\*:基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



V-2-9-4-6 原子炉格納容器調気設備の耐震性についての計算書

V-2-9-4-6-1 不活性ガス系の耐震性についての計算書

V-2-9-4-6-1-1 管の耐震性についての計算書
設計基準対象施設

目 次

1.	概	要	•••	•••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2.	概	略系統	三図及び	鳥瞰	図		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
4	2.1	概略系	系統図		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
2	2.2	鳥瞰	X	••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	4
3.	計	算条件	•	••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	12
	3.1	計算	方法	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	12
	3.2	荷重の	の組合も	せ及て	バ許	容』	むフ	力壮	犬寬	700			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	13
	3.3	設計約	条件	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	14
	3.4	材料】	及び許額	家応え	5		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	27
	3.5	設計用	ヨ 地震 フ	5		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	28
4.	解	析結果	及び評	価		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	29
2	4.1	固有周	<b>周期及</b> て	バ設言	+震	度			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	29
4	4.2	評価約	結果	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	41
	4.2	.1 肴	管の応7	り評价	田結	果			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	41
	4.2	2.2	支持構造	皆物言	平価	結	杲			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	42
	4.2	.3 <del>5</del>	弁の動自	勺機貧	も維	持調	評有	田糸	吉月	艮			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	43
	4.2	.4 f	代表モラ	デルの	D選	定約	詰り	表	をて	バイ	<u>}</u> न	ミラ	デノ	V0	D育	平伯	田糸	吉月	Ę			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	44

1. 概要

本計算書は、V-2-1-14 「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書 作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、管、支持構造物及び弁が設計 用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。 評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち,各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モ デル単位に記載する。また,全3モデルのうち,各応力区分における最大応力評価点の 許容値/発生値(以下「裕度」という。)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図, 計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モ デルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち,種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評 価結果を代表として記載する。

(3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要 求弁を代表として評価結果を記載する。

# 2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
	工事計画記載範囲の管のうち,本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
(破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち,他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
00-0-00	鳥瞰図番号
$\mathbf{\Theta}$	アンカ

概略系統図記号凡例



解析モデル上本系統に含める。

不活性ガス系概略系統図

# 2.2 鳥瞰図

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
——————————————————————————————————————	工事計画記載範囲の管のうち,本系統の管であって他計算書記 載範囲の管
(破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち,他 系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
•	質点
$\mathbf{\Theta}$	アンカ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分 を示す。スナッバについても同様とする。)
∃€	スナッバ
∃-√√√-	ハンガ
<u>] -</u>	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号,矢印は拘束方向を示す。また, 内に 変位量を記載する。) 注1:鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

鳥瞰図記号凡例

K7 ① V-2-9-4-6-1-1(設) R1			
	鳥瞰図	AC-R-1(1/4)	

鳥瞰図	AC-R-1(3/4)
My PANE A	

 $\overline{\phantom{a}}$ 







# 3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「HISAP」及び「NuPIAS」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の 概要については、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設 分類 <sup>*1</sup>	設備 分類	機器等 の区分	耐震 重要度分類	荷重の組合せ <sup>*2,3</sup>	許容応力 状態			
		不活性ガス系					IL+Sd	III A S			
百子后枚纳描铅	原子炉格納容器		DB		クラス2管	S	$II_L + S d$	mAO			
示丁川 俗称  他改	調気設備				クラス3管	5	I $_L+S$ s	IV A S			
							II L + S s				
	放射性物質濃度						$I_{L} + S_{d}$	- III ∧ S			
百乙后故妯旋訊	制御設備及び	北帝田ガラ加理交	DD		カニフィ答	C	$II_L + S d$				
原丁炉格納施設	可燃性カス震度 制御設備並びに	非吊用刀入処埋糸	DБ		クノヘ 4 官 	5	I $_L+S$ s	W/ C			
	格納容器再循環設備						$II_L + S_s$	IV A S			

注記\*1:DBは設計基準対象施設,SAは重大事故等対処設備を示す。

\*2:運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*3:許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

### 3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 A	AC-R-1
-------	--------

答乗旦	対応する証価占	最高使用圧力	最高使用温度	外径	厚さ	***1	耐震	縦弾性係数	
百笛万	刈心りる計画点	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	113 11-11	重要度分類	(MPa)	
1	19F~25, 21~106F	0.21	171		0.5	SM400C	C	201667	
	108F~110, 37~143F	0.31	111	000.0	9.0	SM400C	5		
2	26~63F	0.31	171	406.4	12.7	STPT410	S	201667	
3	145F~147	0.31	104	558.8	9.5	SM400C	S	201667	

### 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図	AC-R-	-2
-----	-------	----

答承旦	対応する証確に	最高使用圧力	最高使用温度	外径	厚さ	++	耐震	縦弾性係数	
官留万	対応する評価点	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	1/1 1/1	耐震 重要度分類 S S	(MPa)	
1	$2\sim3, 4\sim5$	0.31	104	558.8	9.5	STPT410	S	201667	
2	3~4, 5~6	0.31	104	558.8	9.5	SM400C	S	201667	
	11~13, 14~22				9.5		S		
	26~27, 32~34			558.8		SM400C		200400	
	35~36, 37~39	0.01	171						
3	40~43, 45~46	0.31						200400	
	47~52, 53~56								
	121~124								
	13~14, 25~26								
4	34∼35, 36∼37	0.31	171	558.8	9.5	STPT410	S	200400	
	39~40, 43~44								

### 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

#### 鳥瞰図 AC-R-2

管番号	対応する証価点	最高使用圧力	最高使用温度	外径	厚さ	++*1	耐震	縦弾性係数	
官留方	対応する計画点	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	1/1 /**	重要度分類	(MPa)	
	46~47, 52~53	0.01	1.51	==0.0	0 -		s	000400	
4	$56 \sim 57$	0.31	171	558.8	9.5	STPT410	S	200400	
5	22~45, 44~23	0.31	171	568 4	14 3	SM400C	S	200400	
0	57~61,60~121	0.01	111	500. 4	14.0	3014000	5	200400	
6	58~146	0.31	171	276.8	14.0	SFVC2B	S	200400	
7	$146 \sim 153$	0.31	171	267.4	9.3	STPT410	S	200400	
8	158~170, 177~192	0.014	100	267.4	9.3	STPT410	S	204000	

# 配管の付加質量

\_

鳥瞰図 AC-R-1

質量	対応する評価点	
	831~861, 1171~1201	

質量		対応する評価点
		2~7, 9~15
		7~9
		21~49, 42~23
		25~28, 30~41
		28~30
		50~57, 121~124
		57~61,60~121
		58~156
		156~171, 173~189
		171~173

鳥瞰図 AC-R-2

鳥瞰図	AC-R-1
까까빠자뜨기	MO IN I

質量		対応する評価点		
		15F, 19F, 106F, 108F, 143F, 145F		
		63F, 65F		

鳥瞰図	AC-R-2
	$M \cup K \square$

質量		対応する評価点	
		7, 9, 28, 30	
		154, 156	
		171, 173	

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	5	<b>朴径(mm)</b>	厚さ(mm)	長さ(mm)
15F~16				16~17				
16~19F				63F~64				
64~641				64~65F				
106F~107				107~1071				
107~108F				143F~144				
144~1441				144~145F				

鳥瞰図 AC-R-1

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
7~8				8~10			
8~9				28~29			
$29 \sim 31$				$29 \sim 30$			
$154 \sim 155$				$155 \sim 157$			
$155 \sim \! 156$				171~172			
$172 \sim 174$				$174 \sim 175$			
175~176				172~173		i	

鳥瞰図 AC-R-2

質量		対応する評価点	質量		対応する評価点		
		15F, 19F, 106F, 108F, 143F, 145F			16, 107, 144		
		17, 1071, 1441			63F, 65F		
		64			641		

鳥瞰図 AC-R-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	7, 9, 28, 30		8, 29
	10, 31	Γ	154, 156
	155		157
	171, 173	Γ	172
	174		175
	176		

鳥瞰図 AC-R-2

古法占釆旦	各軸之	方向ばね定数(	N/mm)	各軸回り回転ばね定数(N·mm/rad)			
又行尽留方	Х	Y	Z	Х	Y	Z	
31							
62							
351							
82							
88							
101							
** 101 **							
116							
122	Π					Γ	
131							
** 131 **							
						Γ	
** 131 **							
		<u> </u>			<u> </u>		

鳥瞰図 AC-R-1

古住占来旦	各軸之	方向ばね定数(	N/mm)	各軸回り回転ばね定数(N·mm/rad)			
又打尽备方	Х	Y	Z	Х	Y	Z	
12							
18							
33						I	
48						Ι	
123							
159						I	
178						I	
184						Ι	
192						]	

鳥瞰図 AC-R-2

### 3.4 材料及び許容応力

<b>十</b> 十本(	最高使用温度	許容応力(MPa)					
173 174	(°C)	S m	S y	S u	S h		
SM400C	171		201	373			
STPT410	171		211	404			
SM400C	104		219	373			
STPT410	104		219	404	—		
SFVC2B	171		217	438			
STPT410	100	_	220	405			

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

#### 3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。 なお,設計用床応答曲線はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを 用いる。また,減衰定数はV-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
AC-R-1	原子炉建屋		
AC-R-2			
	原子炉建屋		
			-
			1

#### 4. 解析結果及び評価

#### 4.1 固有周期及び設計震度

#### 鳥瞰図 AC-R-1

適用する地震動等			S d 及び静的震度			S s			
エード 固有周期		応答水平		平震度 <sup>*1</sup> 応答鉛直震度 <sup>*1</sup>		応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	
τ-r	(s)			X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次									
2 次									
3 次									
4 次									
5 次				-					
6 次									
7 次									
8 次									
21 次									
22 次									
動的	的震度*2								
静的	的震度*3			-					

注記\*1:各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

\*2: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

\*3:3.6C1及び1.2Cvより定めた震度を示す。

# 各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 AC-R-1

<b>T</b>	固有周期	刺激係数*				
	(s)	X方向	Y方向	Z方向		
1次		!				
2 次						
3 次						
4 次						
5 次						
6 次						
7 次						
8 次						
21 次		+				
注記*:刺	· 激係数は,モード質	、 量を正規化し、固不		トリックスの積から		

算出した値を示す。

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図 示し、次ページ以降に示す。



代表的振動モード図(1次)

代表的振動モード図(2次)

鳥瞰図	A C – R – 1



代表的振動モード図(3次)

	鳥瞰図	AC-R-1	
図(3次)			
#### 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 AC-R-2

適用す	る地震動等	5	Sd及び静的震	度			
	固有周期	応答水3	平震度*1	応答鉛直震度*1	応答水	平震度*1	応答鉛直震度*1
	(s)	X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
6 次							
7 次							
8 次							
13 次							
14 次							
動的	小震度 <sup>*2</sup>						
静白	小震度 <sup>*3</sup>						

注記\*1:各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

\*2: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

\*3:3.6C 1及び1.2C vより定めた震度を示す。

## 各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 AC-R-2

	固有周期	刺激係数*												
	(s)	X方向	Y方向	Z方向										
1次														
2 次														
3 次														
4 次														
5 次														
6 次														
7 次														
8次														
13 次														

注記\*:刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から 算出した値を示す。

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図 示し、次ページ以降に示す。



代表的振動モード図(2次)			
	鳥瞰図	AC-R-2	1

39



### 4.2 評価結果

### 4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

				一次応力詞	平価(MPa)	一次+二次応	疲労評価		
自瞰团	許容応力	最大応力	最大応力	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数	
<b>应</b> 再入口	状態	評価点	区分	Sprm (Sd)	Sy*				
				Sprm (Ss)	0.9S u	$S_n$ ( $S_s$ )	2 Ѕу	USs	
AC-R-2	III A S	60	Sprm (Sd)	104	201				
AC-R-1	IV A S	37	Sprm (Ss)	141	335				
AC-R-1	IV A S	37	S n (S s)		_	265	402	_	

注記\*: オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、Syと1.2Shのうち大きい方の値とする。

### 4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果(荷重評価)

					評価	結果
支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (℃)	計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
SNM-AC-R007T-1	メカニカルスナッバ	SMS-25A-100	V-2-1-12 支持構造物 について」	「配管及び の耐震計算 参照	96	375

42

### 支持構造物評価結果(応力評価)

							支持,		İ				
支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (℃)		反力(kN)	)	モー	メント(	kN•m)	応力	計算	許容
					F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>X</sub>	M <sub>Y</sub>	Mz	分類	(MPa)	)いり) (MPa)
AN-AC-R501	アンカ	ラグ	SGV410	66	29	16	12	18	66	17	曲げ	30	121
RE-AC-R018	レストレイント	架構	STKR400	66	0	172	38	_	_	—	組合せ	27	150

## 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評 (×9.5	価用加速度 8m/s <sup>2</sup> )	機能確認 (×9.3	済加速度 8m/s <sup>2</sup> )	構造強度評価結果 (MPa)				
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力			
	—										

### 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し,応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図,設計条件及び評価結果 を記載している。下表に,代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス2以下の管)

			許容応	力状態	I∏ A S		許容応力状態 IVAS													
			-	一次応力	1			-	一次応力				一次	+二次応	力*		疲労評価			
No.	配管モデル	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表	
1	AC-R-1	37	76	201	2.64		37	141	335	2.37	0	37	265	402	1.51	0			—	
2	AC-R-2	60	104	201	1.93	0	60	141	335	2.37		60	220	402	1.82				_	
3	AC-R-3	54W	51	219	4. 29		54W	75	363	4.84		53W	145	422	2. 91		_		_	

注記\*:ⅢASの一次+二次応力の許容値はⅣASと同様であることから、地震荷重が大きいⅣASの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

重大事故等対処設備

目 次

1.	概	要	•••	••	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2.	概	略系統	統図及て	ド鳥瞰	図			•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
4	2.1	概略	系統図		•	•	•	•	• •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
2	2.2	鳥瞰	図	•••	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	4
3.	計	算条值	华 •	••	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	8
	3.1	計算	方法	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	8
	3.2	荷重	の組合	せ及び	び言	午容	応	力	状	態			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	9
	3.3	設計	条件	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	10
	3.4	材料	及び許	容応	力			•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	17
	3.5	設計	·用地震	力		•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	18
4.	解	析結果	果及び評	晒		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	19
2	4.1	固有	周期及	び設調	計創	冟度	Ē		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	19
2	4.2	評価	i結果	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	25
	4.2	. 1	管の応	力評(	面約	吉果	Ļ		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	25
	4.2	. 2	支持構	造物	評伯	6日約	串果			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	26
	4.2	. 3	弁の動	的機能	能約	ᆂ挦	評	価	結	果			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	27
	4.2	. 4	代表モ	デル	の遅	國定	結	果	及	び	全	Ŧ	デノ	V0	り言	平伯	田糸	吉月	₹			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	28

1. 概要

本計算書は、V-2-1-14 「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書 作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、管、支持構造物及び弁が設計 用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。 評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モ デル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値/発生値(以 下「裕度」という。)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価 結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を 4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち,種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評 価結果を代表として記載する。

(3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要 求弁を代表として評価結果を記載する。

# 2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
——————(細線)	工事計画記載範囲の管のうち,本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
(破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち,他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
00-0-00	鳥瞰図番号
	アンカ

概略系統図記号凡例



不活性ガス系概略系統図

# 2.2 鳥瞰図

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
——————————————————————————————————————	工事計画記載範囲の管のうち,本系統の管であって他計算書記 載範囲の管
(破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち,他 系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
•	質点
$\mathbf{\Theta}$	アンカ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分 を示す。スナッバについても同様とする。)
∃€	スナッバ
∃-////−	ハンガ
<del>] = -</del>	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号,矢印は拘束方向を示す。また, 内に 変位量を記載する。) 注1:鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

鳥瞰図記号凡例



	AC-R-2(2/3)
	1
-	-

6

	Γ	鳥瞰図	AC-R-2(3/3)	

# 3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、 「NuPIAS」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別 紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設 分類 <sup>*1</sup>	設備 分類 <sup>*2</sup>	機器等 の区分	耐震 重要度分類	荷重の組合せ <sup>*3</sup>	許容応力 状態 <sup>*4</sup>
原子炉格納施設	圧力逃がし装置	格納容器圧力 逃がし装置	SΑ	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	_	$V_L + S_S$	$V \wedge S$
原子炉格納施設	放射性物質濃度 制御設備及び 可燃性ガス濃度 制御設備並びに 格納容器再循環設備	格納容器圧力 逃がし装置	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	_	V L + S s	V a S
原子炉格納施設	放射性物質濃度 制御設備及び 可燃性ガス濃度 制御設備並びに 格納容器再循環設備	耐圧強化ベント系	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管		$V_L + S_S$	V A S
原子炉冷却 系統施設	残留熱除去設備	耐圧強化ベント系	SΑ	常設耐震/防止	重大事故等 クラス2管	_	$V_L + S_S$	$V \wedge S$
原子炉冷却 系統施設	残留熱除去設備	格納容器圧力 逃がし装置	S A	常設耐震/防止	重大事故等 クラス2管		$V_L + S_S$	V A S

注記\*1:DBは設計基準対象施設,SAは重大事故等対処設備を示す。

\*2:「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*3:運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*4:許容応力状態VASは許容応力状態IVASの許容限界を使用し、許容応力状態IVASとして評価を実施する。

9

## 3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 A	\C−I	R-2
-------	------	-----

答乎早	計亡する評価占	最高使用圧力	最高使用温度	外径	厚さ	<b>+</b> +水]	耐震	縦弾性係数
百亩方	文言でも平言法	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	1/3 1/-1	重要度分類	(MPa)
	$2\sim$ 3, $4\sim$ 5							
	68~71,74~76							
1	75~78,83~85	0.62	200	558.8	9.5	STPT410	_	201667
	202~203, 204~205							
	206~70							
2	3~4, 5~6	0.62	200	558 8	9.5	SM400C		201667
2	71~72, 76~77	0.02	200	550, 0	9.0	3M400C		201007
	11~13, 14~22							
	26~27, 32~34					SM400C		
3	35~36, 37~39	0.62	200	558.8	9.5		_	200400
	40~43, 45~46							
	47~52, 53~56							

## 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

#### 鳥瞰図 AC-R-2

答来旦	計広する証価占	最高使用圧力最高使用温度		外径	厚さ	<b>+十</b> 本]	耐震	縦弾性係数
百省万	文字。今年言述	(MPa)	(°C)	(mm)	(mm)	1/1 /**	重要度分類	(MPa)
3	$55 \sim 194$	0.62	200	558.8	9.5	SM400C		200400
	13~14, 25~26							
	34~35, 36~37							
4	39~40, 43~44	0.62	200	558.8	9.5	STPT410		200400
	46~47, 52~53							
	$56 \sim 57$							
5	22~45, 44~23	0.62	200	E69 4	14.9	SW400C		200400
Ð	$57 \sim 61$	0. 02	200	300.4	14. 3	SM400C		200400
	66~68, 72~74							
6	201~202, 203~204	0.62	200	559.0	9.5	STPT410	_	201667
	$205 \sim 206$							
7	86~120	0.62	200	406.4	9.5	STPT410		201667

質量	対応する評価点					
	2~7, 9~15					
	7~9					
	21~49, 42~23					
	25~28, 30~41					
	28~30					
	50~57, 61~62, 81~85, 55~195					
	57~61, 62~64, 79~81, 195~197					
	64~79, 197~70					
	86~88					
	96~268					
	268~102					
	67					

鳥瞰図 AC-R-2

白斑	
鳥瞰凶	AC-K-Z

質量		対応する評価点			
		7, 9, 28, 30, 62			
		64			
		79, 81			
		195, 197			

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
7~8				8~10			
8~9			Ι	28~29			
29~31			Ι	29~30			
62~63			Ι	63~65			
63~64			Ι	79~80			
80~82			Ι	80~81			
195~196			Ι	196~198			
198~199				199~200			
196~197							

鳥瞰図 AC-R-2

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	7, 9, 28, 30, 79, 81		8, 29, 80
	10, 31, 82		62, 64
	63		65
	195, 197		196
	198		199
	200		

鳥瞰図 AC-R-2

# 支持点及び貫通部ばね定数

支持占悉县	谷軸〕	各 			谷 軸 回 り 回 転 は ね 足 数 (N・mm/rad)		
	Х	Y	Z	Х	Y	Z	
12							
18							
33						Ī	
48						Ī	
** 67 **						Ī	
						Ī	
77						Ī	
92						Ī	
98						Ī	
106						Ī	
109						Ī	
116						Ī	
120							

鳥瞰図 AC-R-2

# 3.4 材料及び許容応力

+++水[	最高使用温度	許容応力(MPa)			
173 197	(°C)	S m	S y	S u	S h
STPT410	200		207	404	_
SM400C	200		193	373	

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

### 3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。 なお,設計用床応答曲線はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを 用いる。また,減衰定数はV-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
AC-R-2	原子炉建屋		

### 4. 解析結果及び評価

### 4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 AC-R-2

適用する地震動等			S s			
	固有周期		応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	
	(s)		X方向 Z方向		Y方向	
1 次						
2 次						
3 次						
4 次						
5 次						
6 次	Π					
7 次						
8 次	Π					
13 次	$\Box$ T				Π	
14 次					Π	
動的震度 <sup>*2</sup>						

注記\*1:各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

\*2: Sd又はSs地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

## 各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 AC-R-2

モード	固有周期	]	刺激係数*			
	(s)	X 方	向	Y方向	Z方向	
1次		ł	<u> </u>		·	
2 次					Γ	
3 次						
4 次						
5 次						
6 次						
7 次						
8 次					Γ	
13 次						

注記\*:刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から 算出した値を示す。 振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図 示し、次ページ以降に示す。






## 4.2 評価結果

### 4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

				一次応力	評価(MPa)	一次十二次応	、力評価(MPa)	疲労評価
鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	■ 最大応力 区分	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				Sprm (Ss)	0.9S u	Sn (Ss)	2 Ѕу	USs
AC-R-2	V A S	60	Sprm (Ss)	146	335			
AC-R-2	V A S	60	Sn (Ss)			220	386	_

## 4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果(荷重評価)

					評価	結果
支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (℃)	計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
K7FV-SNB19	メカニカルスナッバ	SMS-10A-100	V-2-1-12「 持構造物の耐 ついて」参則	配管及び支 耐震計算に <sup>預</sup>	44	90

26

# 支持構造物評価結果(応力評価)

							支持病	点荷重				評価結果	Ļ
支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (℃)	反力(kN)		モーメント(kN・m)		応力	計算	許容		
					F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	$M_{\rm Y}$	Mz	分類	)にフリ (MPa)	(MPa)
AN-SGTS-R502	アンカ	ラグ	SGV410	200	108	100	147	120	184	44	せん断	40	108
RE-AC-R018	レストレイント	架構	STKR400	100	0	173	38	_		_	組合せ	27	135

## 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	番号 形式 要求機能		機能維持評 (×9.5	価用加速度 8m/s <sup>2</sup> )	機能確認 (×9.3	済加速度 8m/s <sup>2</sup> )	構造強度評価結果 (MPa)		
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力	
					_				

### 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し,応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図,設計条件及び評価結果 を記載している。下表に,代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

						Ī	許容応	力状態	$V \mathbin{\mbox{\rm A}} S$					
			-	一次応力				一次	:十二次师	芯力		3	疲労評価	
No.	配管モデル	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	計画点	疲労 累積 係数	代 表
1	AC-R-2	60	146	335	2.29	0	60	220	386	1.75	0			—

28

V-2-9-4-7 圧力逃がし装置の耐震性についての計算書

V-2-9-4-7-1 格納容器圧力逃がし装置の耐震性についての計算書

V-2-9-4-7-1-1 ドレンタンクの耐震性についての計算書

次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格·基準等 ······	4
2.4 記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	16
3. 評価部位	17
4. 地震応答解析及び構造強度評価	17
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	17
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	17
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	17
4.2.2 許容応力	17
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	18
4.3 解析モデル及び諸元 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	23
4.4 固有周期 ····································	24
4.4.1 水平方向固有周期	24
4.4.2 鉛直方向固有周期	29
4.4.3 固有周期の計算結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	33
4.5 設計用地震力	34
4.6 計算方法	35
4.6.1 胴の応力 ····································	35
4.6.2 ラグの応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	51
4.6.3 取付ボルトの応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	54
4.7 計算条件	56
4.8 応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	56
4.8.1 胴の応力評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	56
4.8.2 ラグの応力評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	56
4.8.3 取付ボルトの応力評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	56
5. 評価結果	57
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	57
6. 参考文献	57

1. 概要

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針 に基づき、格納容器圧力逃がし装置のドレンタンクが設計用地震力に対して十分な構造 強度を有していることを説明するものである。

ドレンタンクは,重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び 常設重大事故緩和設備に分類される。以下,重大事故等対処設備としての構造強度評価 を示す。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

ドレンタンクの構造計画を表 2-1 に示す。



表 2-1 構造計画

#### 2.2 評価方針

ラグ支持たて置円筒形容器であるドレンタンクの応力評価は、V-2-1-9「機能維持 の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造 計画」にて示すドレンタンクの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所におい て、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設 計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強 度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示 す。

ドレンタンクの耐震評価フローを図 2-1 に示す。



図 2-1 ドレンタンクの耐震評価フロー

2.3 適用規格·基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補 -1984((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格((社)日本機械学会,2005/2007)(以下 「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単 位
А	胴の断面積	$\mathrm{mm}^2$
$A_b$	ボルトの軸断面積	$\mathrm{mm}^2$
$A_{be}$	ボルトの有効断面積	$\mathrm{mm}^2$
Ae	胴の有効せん断断面積	$\mathrm{mm}^2$
$A_{s1}$	鉛直方向荷重に対するラグのせん断断面積	$\mathrm{mm}^2$
$A_{s2}$	周方向荷重に対するラグのせん断断面積	$\mathrm{mm}^2$
а	ラグの半径方向端面から胴の板厚中心までの距離	mm
b	ラグの半径方向端面からボルト中心までの距離	mm
$C_1$	ラグの胴つけ根部のアタッチメントの幅の 1/2(胴の周方向)	mm
$C_2$	ラグの胴つけ根部のアタッチメントの幅の 1/2(胴の軸方向)	mm
$C_{c, j}$	周方向モーメントによる応力の補正係数(参考文献(1),(2)より	—
	得られる値)(j=1:周方向応力, j=2:軸方向応力)	
Сн	水平方向設計震度	—
C_{\ell, j}	鉛直方向モーメントによる応力の補正係数(参考文献(1),(2)よ	—
	り得られる値)(j=1:周方向応力, j=2:軸方向応力)	
$C_{\rm V}$	鉛直方向設計震度	—
с	架台端面からボルト中心までの距離	mm
D <sub>i</sub>	胴の内径	mm
d	ボルト中心間の距離	mm
d <sub>o</sub>	ボルトの呼び径	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
Еь	ボルトの縦弾性係数	MPa
е	ラグ底板幅の 1/2	mm
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3121.3 又は SSB-3133 に定める値	MPa
Fο	振動モデル系におけるラグに加わる水平力(振れ止め架台に加わ	Ν
	る水平力を除いた水平力)	
F <sub>1</sub>	振動モデル系の上部重心における水平力	Ν
F <sub>2</sub>	振動モデル系の下部重心における水平力(振れ止め架台に加わる	Ν
	水平力を除いた水平力)	
F <sub>01</sub>	運転時質量によりボルトに作用する鉛直方向反力	Ν
$F_{01D}$	鉛直下向き地震力によりボルトに作用する鉛直方向反力	Ν
$F_{01U}$	鉛直上向き地震力によりボルトに作用する鉛直方向反力	Ν

記号	記号の説明	単 位
$F_{01V}$	鉛直方向地震力によりボルトに作用する鉛直方向反力	Ν
F 0 2	運転時質量により架台端面に作用する鉛直方向反力	Ν
$F_{02U}$	鉛直上向き地震力によりラグの半径方向端面に作用する鉛直方向	Ν
	反力	
F 11	水平力 F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> により第1ラグのボルトに作用する鉛直方向反力	Ν
F $_{12}$	水平力 F1, F2により第1ラグの半径方向端面に作用する鉛直方	Ν
	向反力	
F $_{21}$	水平力 F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> により第3 ラグのボルトに作用する鉛直方向反力	Ν
F $_{22}$	水平力 F1, F2により第3 ラグの半径方向端面に作用する鉛直方	Ν
	向反力	
F <sub>31</sub> , F <sub>32</sub>	水平力F1, F2により第2, 第4ラグのボルトに作用する鉛直方	Ν
	向反力(図4-4に示す鉛直方向反力)	
$F_{\rm V}$	単位鉛直力	Ν
$f_{ m s\ b}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
$f_{ m t}$	ラグの許容引張応力	MPa
$f_{ m t\ 0}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
$f_{ m t\ s}$	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
G	胴のせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$
Н	水頭	mm
$H_1$	ラグのアタッチメント中心より上部重心までの距離	mm
$H_2$	ラグのアタッチメント中心より振れ止め架台を考慮した仮想的な	mm
	下部重心までの距離	
$H_{2i}$	ラグのアタッチメント中心より下部の各質点間の距離(i=1,2,	mm
	, 5)	
$H_{2V}$	ラグのアタッチメント中心より下部重心までの距離	mm
Ι	胴の断面二次モーメント	$\mathrm{mm}^4$
K <sub>c</sub>	胴のラグつけ根部における周方向曲げモーメントに対する局部ば	—
	ね定数(参考文献(1)より得られる値)	
$\mathrm{K}_{\ell}$	胴のラグつけ根部における長手方向曲げモーメントに対する局部	
	ばね定数(参考文献(1)より得られる値)	
k 1	胴の中心軸の傾きに対するばね定数	N•mm/rad
k 2	胴の中心軸の水平移動に対するばね定数	N/mm
k 5	胴の鉛直方向変位に対するばね定数	N/mm

記号	記号の説明	単 位
k 6	鉛直荷重による上部胴の伸び変形に対するばね定数	N/mm
k 7	鉛直荷重による下部胴の伸び変形に対するばね定数	N/mm
k <sub>c</sub> , k <sub>l</sub>	参考文献(1), (2)におけるアタッチメントパラメータの周方向及	—
	び軸方向の補正係数	
L	胴の長さ	mm
L <sub>b</sub>	ボルトの有効長さ	mm
$M_{\mathrm{x}}$	胴に生じる軸方向の曲げモーメント(参考文献(1),(2)の図表よ	N•mm
	り)	
${ m M}_{\phi}$	胴に生じる周方向の曲げモーメント(参考文献(1),(2)の図表よ	N•mm
	り)	
М	水平力による胴のラグつけ根部の転倒モーメント	N•mm
$M_0$	鉛直方向荷重による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N•mm
$M_1$ , $M_2$	水平力F1, F2による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N•mm
$M_3$	水平力 F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> による胴のラグつけ根部のねじり方向モーメント	N•mm
$M_{\rm C}$	水平力F1, F2による胴のラグつけ根部の周方向モーメント	N•mm
$\mathrm{M}_{\ell}$	運転時質量による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N•mm
$M_{\ell \mathrm{D}}$	鉛直下向き地震力による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N•mm
$M_{\ell U}$	鉛直上向き地震力による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N•mm
$M_{\ell \rm V}$	鉛直方向地震力による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N•mm
$m_0$	容器の運転時質量	kg
$m_1$	ラグのアタッチメント中心より上部の運転時質量	kg
$m_2$	ラグのアタッチメント中心より下部の振れ止め架台を考慮した仮	kg
	想的な運転時質量	
$m_{2i}$	ラグのアタッチメント中心より下部の各質点の運転時質量(i=	kg
	1, 2, …, 6)	
$m_{2V}$	ラグのアタッチメント中心より下部の運転時質量	kg
$N_x$	胴に生じる軸方向の膜力(参考文献(1),(2)の図表より)	N/mm
${ m N}_{\phi}$	胴に生じる周方向の膜力(参考文献(1),(2)の図表より)	N/mm
n	ラグ1個当りのボルトの本数	—
P <sub>r</sub>	最高使用圧力	MPa
Q	水平力 F1, F2による胴のラグつけ根部の周方向荷重	Ν
R	運転時質量によるラグつけ根部の鉛直方向反力	Ν
$R_0$	鉛直方向荷重によるラグつけ根部の鉛直方向反力	Ν
$R_1$	水平力 F1, F2によるラグつけ根部の鉛直方向反力	Ν

記号	<u>1</u> . 7	記号の説明	単 位
R <sub>D</sub>		鉛直下向き地震力によるラグつけ根部の鉛直方向反力	Ν
R u		鉛直上向き地震力によるラグつけ根部の鉛直方向反力	Ν
R $_{\rm V}$		鉛直方向地震力によるラグつけ根部の鉛直方向反力	Ν
r <sub>m</sub>		胴の平均半径	mm
S		設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に定める値	MPa
S a		胴の許容応力	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
Sy (R´	T )	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃に	MPa
		おける値	
Τ <sub>H</sub>		水平方向振動系の固有周期	S
$T_{\rm H1}$		水平方向振動系の固有周期(1次)	S
$T_{\rm H2}$		水平方向振動系の固有周期(2次)	S
Τv		鉛直方向振動系の固有周期(1次)	S
t		胴の板厚	mm
Z se		胴の軸方向軸に対するラグの断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_{sp}$		ラグのねじり断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_{\rm st}$		胴の周方向軸に対するラグの断面係数	mm <sup>3</sup>
α		参考文献(1), (2)におけるシェルパラメータ	—
β, β <sub>1</sub> ,	$\beta_2$ ,	参考文献(1), (2)におけるアタッチメントパラメータ	—
β <sub>ℓ</sub> ,	β <sub>c</sub>		
γ		参考文献(1), (2)におけるシェルパラメータ	—
$\Delta_{\rm ~x~1}$		水平力 F1, F2による胴の中心軸の水平方向変位量	mm
$\Delta_{\mathrm{x}2}$		水平力 F <sub>1</sub> による上部胴の曲げ及びせん断変形による水平方向変	mm
		位量	
$\Delta$ x 3		水平力 F <sub>2</sub> による下部胴の曲げ及びせん断変形による水平方向変	mm
		位量	
$\delta_{11V}$		上部重心へ単位鉛直力をかけた場合の上部重心の鉛直方向変位量	mm
$\delta_{\rm 12V}$		下部重心へ単位鉛直力をかけた場合の上部重心の鉛直方向変位量	mm
$\delta_{21V}$		上部重心へ単位鉛直力をかけた場合の下部重心の鉛直方向変位量	mm
δ 22V		下部重心へ単位鉛直力をかけた場合の下部重心の鉛直方向変位量	mm
3		拘束係数(ラグの回転を拘束する場合:1,しない場合:0)	-
θ		水平力 F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> による胴の中心軸の傾き角	rad
θ ο		運転時質量による胴のラグつけ根部の局部傾き角	rad

記号	記号の説明	単 位
θou	鉛直上向き地震力による胴のラグつけ根部の局部傾き角	rad
heta 1	水平力 F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> による胴の第1ラグつけ根部の局部傾き角	rad
$ heta$ $_2$	水平力 F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> による胴の第3ラグつけ根部の局部傾き角	rad
$ heta$ $_3$	水平力 F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> による胴の第2, 第4 ラグの周方向ねじれ角	rad
heta s o	運転時質量によるラグの架台に対する傾き角	rad
heta sou	鉛直上向き地震力によるラグの架台に対する傾き角	rad
heta s 1	水平力F1, F2による第1ラグの架台に対する傾き角	rad
heta s 2	水平力 F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> による第3 ラグの架台に対する傾き角	rad
π	円周率	—
ρ	液体の比重	—
σο	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
σ <sub>οφ</sub>	胴の周方向一次一般膜応力	MPa
σ <sub>ox</sub>	胴の軸方向一次一般膜応力	MPa
σ1	胴の一次応力の最大値	MPa
σ <sub>2</sub>	胴の一次+二次応力の変動値の最大値	MPa
σ <sub>11</sub> , σ <sub>12</sub>	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第1ラグ	MPa
	つけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次応力	
σ <sub>13</sub> , σ <sub>14</sub>	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第2及び	MPa
	第4 ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せー	
	次応力	
σ <sub>15</sub> , σ <sub>16</sub>	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第3ラグ	MPa
	つけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次応力	
σ17, σ18	X方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第1及び	MPa
	第4 ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せー	
	次応力	
σ <sub>19</sub> , σ <sub>110</sub>	X方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第2及び	MPa
	第3 ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せー	
	次応力	
σ <sub>21</sub> , σ <sub>22</sub>	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第1ラグ	MPa
	つけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次応力+	
	二次応力の変動値	
σ23, σ24	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第2及び	MPa
	第4 ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せー	
	次応力+二次応力の変動値	

記号	記号の説明	単 位
σ <sub>25</sub> , σ <sub>26</sub>	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第3 ラグ	MPa
	つけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次応力+	
	二次応力の変動値	
σ <sub>27</sub> , σ <sub>28</sub>	X方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第1及び	MPa
	第4 ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せー	
	次応力+二次応力の変動値	
σ29, σ210	X方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第2及び	MPa
	第3 ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一	
	次応力+二次応力の変動値	
σ <sub>1s</sub>	Z 方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の第1 ラグの組	MPa
	合せ応力	
σ <sub>2s</sub>	Z 方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の第2 ラグ及び	MPa
	第4ラグの組合せ応力	
σ <sub>3s</sub>	Z 方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の第3 ラグの組	MPa
	合せ応力	
σ <sub>4s</sub>	X方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の第1ラグ及び	MPa
	第4ラグの組合せ応力	
σ <sub>5s</sub>	X方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の第2ラグ及び	MPa
	第3ラグの組合せ応力	
σ <sub>b</sub>	ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
σ <sub>b1</sub>	Z方向地震力及び鉛直方向地震力により第1ラグのボルトに生じ	MPa
	る引張応力	
<b>О</b> b 2	Z方向地震力及び鉛直方向地震力により第2ラグ及び第4ラグの	MPa
	ボルトに生じる引張応力	
σьз	Z 方向地震力及び鉛直方向地震力により第3 ラグのボルトに生じ	MPa
	る引張応力	
<b>σ</b> b 4	X方向地震力及び鉛直方向地震力により第1ラグ及び第4ラグの	MPa
	ボルトに生じる引張応力	
σь5	X方向地震力及び鉛直方向地震力により第2ラグ及び第3ラグの	MPa
	ボルトに生じる引張応力	
σs	ラグの組合せ応力の最大値	MPa
σ <sub>s1</sub>	運転時質量によるラグの曲げ応力	MPa
σ <sub>s2</sub>	Z 方向地震力による第1 ラグの曲げ応力	MPa
σ <sub>s3</sub>	Z 方向地震力による第2 ラグ及び第4 ラグの曲げ応力	MPa

記	号		記	号	の	説	明	単	位
σ	s 4	Z方向地震力によ	る第 3	ラグの	曲げ応	力		MI	'a
σ	s 5	X方向地震力によ	る第1	ラグ及	び第4	ラグの	曲げ応力	MI	'a
σ	s 6	X方向地震力によ	る第 2	ラグ及	び第3	ラグの	曲げ応力	MI	'a
σs	s 7	鉛直方向地震力に	よるラ	グの曲	げ応力	T		MI	'a
σ <sub>φ1</sub> ,	$\sigma_{x1}$	内圧又は静水頭に	よる胴	の周方	向応力	及び軸	方向応力	MI	'a
σ¢	¢ 2	静水頭に作用する	鉛直方	向地震	力によ	る胴の	周方向応力	MI	'a
σ	x 2	運転時質量による	胴の軸	方向応	力			MI	a
σ <sub>φ3</sub> ,	$\sigma_{x3}$	運転時質量により	生じる	鉛直方	「向モー	・メント	による胴の周方向及	MI	'a
		び軸方向応力							
σ	x 4	水平方向地震力が	作用し	た場合	の転倒	モーメ	ントによる胴の軸方	MI	'a
		向応力							
σ <sub>φ5</sub> ,	$\sigma_{x5}$	Z方向地震力が作	■用した	場合の	鉛直方	向モー	メントによる第1ラ	MI	'a
		グつけ根部の胴の	)周方向	及び軸	方向一	·次応力			
σ2φ5,	σ <sub>2x5</sub>	Z方向地震力が作	■用した	場合の	鉛直方	向モー	メントによる第1ラ	MI	'a
		グつけ根部の胴の	)周方向	及び軸	方向二	次応力			
σ <sub>φ6</sub> ,	$\sigma_{x6}$	Z方向地震力が作	■用した	場合の	鉛直方	向モー	メントによる第 3 ラ	MI	'na
		グつけ根部の胴の	)周方向	及び軸	方向一	·次応力			
σ <sub>2φ6</sub> ,	σ <sub>2x6</sub>	Z方向地震力が作	■用した	場合の	鉛直方	向モー	メントによる第 3 ラ	MI	'a
		グつけ根部の胴の	)周方向	及び軸	方向二	次応力			
σ <sub>φ7</sub> ,	$\sigma_{x7}$	Z方向地震力が作	■用した	場合の	周方向	モーメ	ントによる第 2 ラグ	MI	'na
		及び第4ラグつけ	根部の	胴の周	方向及	び軸方	向一次応力		
σ2φ7,	$\sigma_{2x7}$	Z方向地震力が作	■用した	場合の	周方向	モーメ	ントによる第 2 ラグ	MI	'na
		及び第4ラグつけ	根部の	胴の周	方向及	び軸方	向二次応力		
σ <sub>φ8</sub> ,	σ <sub>x8</sub>	X方向地震力が作	■用した	場合の	鉛直方	向モー	メントによる第1ラ	MI	<b>'</b> a
		グ及び第4ラグつ	け根部	の胴の	周方向	及び軸	方向一次応力		
σ <sub>2φ8</sub> ,	$\sigma_{2x8}$	X方向地震力が作	■用した	場合の	鉛直方	向モー	メントによる第1ラ	MI	<b>'</b> a
		グ及び第4ラグつ	け根部	の胴の	周方向	及び軸	方向二次応力		
σ <sub>φ</sub> 9,	σ <sub>x9</sub>	X方向地震力が作	■用した	場合の	鉛直方	向モー	メントによる第 2 ラ	MI	'a
		グ及び第3ラグつ	け根部	の胴の	周方向	及び軸	方向一次応力		
σ2φ9,	σ <sub>2x9</sub>	X方向地震力が作	■用した	場合の	鉛直方	向モー	メントによる第2ラ	MI	<b>'</b> a
		グ及び第3ラグつ	け根部	の胴の	周方向	及び軸	方向二次応力		
σ <sub>φ10</sub> ,	$\sigma_{x10}$	X方向地震力が作	■用した	場合の	同方向	モーメ	ントによるラグつけ	MI	<b>'</b> a
		根部の周方向及び	「軸方向	一次応	力				

記号	記号の説明	単 位
σ <sub>2φ10</sub> ,	X方向地震力が作用した場合の周方向モーメントによるラグつけ	MPa
σ 2 x 1 0	根部の周方向及び軸方向二次応力	
$\sigma_{x11}$	鉛直方向地震力により胴断面に生じる引張応力	MPa
$\sigma_{\phi 12}, \sigma_{x 12}$	鉛直方向地震力により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周方	MPa
	向及び軸方向の一次応力	
σ <sub>2φ12</sub> ,	鉛直方向地震力により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周方	MPa
σ 2 x 1 2	向及び軸方向の二次応力	
σ <sub>φ12D</sub> ,	鉛直下向き地震力により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周	MPa
σ <sub>x12D</sub>	方向及び軸方向の一次応力	
σ <sub>2φ12D</sub> ,	鉛直下向き地震力により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周	MPa
σ <sub>2x12D</sub>	方向及び軸方向の二次応力	
σ <sub>φ12U</sub> ,	鉛直上向き地震力により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周	MPa
$\sigma_{x12\rm U}$	方向及び軸方向の一次応力	
σ <sub>2φ12</sub> υ,	鉛直上向き地震力により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周	MPa
σ <sub>2x12</sub> υ	方向及び軸方向の二次応力	
$\sigma_{xx1}, \sigma_{xx2}$	X方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第1ラグ	MPa
	及び第4 ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における軸方	
	向一次応力の和	
σ <sub>2xx1</sub> ,	X方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第1ラグ	MPa
σ <sub>2xx2</sub>	及び第4 ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における軸方	
	向一次十二次応力	
$\sigma_{xx3}, \sigma_{xx4}$	X方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第2ラグ	MPa
	及び第3 ラグつけ根部の第1 評価点及び第2 評価点における軸方	
	向一次応力の和	
σ <sub>2xx3</sub> ,	X方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第2ラグ	MPa
σ <sub>2xx4</sub>	及び第3 ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における軸方	
	向一次十二次応力	
$\sigma_{xz1}, \sigma_{xz2}$	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第1ラグ	MPa
	つけ根部の第1評価点及び第2評価点における軸方向一次応力の	
	和	
σ <sub>2xz1</sub> ,	Z方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の第1ラグ	MPa
σ <sub>2xz2</sub>	つけ根部の第1評価点及び第2評価点における軸方向一次+二次	
	応力	

船	号		記	号	Ф	説	明	単	位
σ <sub>xz3</sub> ,	$\sigma_{xz4}$	Z方向地震力及び	「鉛直方	向地	震力が作	用した	場合の胴の第 2 ラグ	MP	а
		及び第4ラグつけ	∀根部の	第1	評価点及	び第 2	評価点における軸方		
		向一次応力の和							
σ <sub>2xz3</sub> ,		Z 方向地震力及び	*鉛直方	向地	震力が作	用した	場合の胴の第 2 ラグ	MPa	а
σ2	x z 4	及び第4ラグつけ	根部の	第1	評価点及	び第 2	評価点における軸方		
		向一次+二次応力	J						
σ <sub>xz5</sub> ,	$\sigma_{xz6}$	Z 方向地震力及び	「鉛直方	向地	震力が作	用した	場合の胴の第3ラグ	MPa	а
		つけ根部の第1部	<b>平</b> 価点及	び第	2 評価点	におけ	「る軸方向一次応力の		
		和							
σ <sub>2xz5</sub> ,		Z方向地震力及び	「鉛直方	向地	震力が作	用した	場合の胴の第3ラグ	MP	а
σ2	x z 6	つけ根部の第1部	<b>平</b> 価点及	び第	2 評価点	におけ	+る軸方向一次+二次		
		応力							
σ <sub>φx1</sub> ,	$\sigma_{\phix2}$	X方向地震力及び	「鉛直方	向地	震力が作	用した	場合の胴の第1ラグ	MP	а
		及び第4ラグつけ	根部の	第1	評価点及	び第 2	評価点における周方		
		向一次応力の和							
σ <sub>2φx1</sub> ,		X方向地震力及び	*鉛直方	向地	震力が作	用した	場合の胴の第1ラグ	MPa	а
σ <sub>2</sub>	φ x 2	及び第4ラグつけ	根部の	第1	評価点及	び第 2	評価点における周方		
		向一次+二次応力	J						
σ <sub>φx3</sub> ,	σ <sub>φx4</sub>	X方向地震力及び	「鉛直方	向地	震力が作	用した	場合の胴の第2ラグ	MP	а
		及び第3ラグつけ	根部の	第1	評価点及	び第 2	評価点における周方		
		向一次応力の和							
σ <sub>2φx3</sub> ,		X方向地震力及び	「鉛直方	向地	震力が作	用した	場合の胴の第2ラグ	MP	а
σ2	φ x 4	及び第3ラグつけ	根部の	第1	評価点及	び第 2	評価点における周方		
		向一次+二次応力	J						
σ <sub>φz1</sub> ,	σ <sub>φz2</sub>	Z 方向地震力及び	*鉛直方	向地	震力が作	用した	場合の胴の第1ラグ	MP	а
		つけ根部の第1評	<b>平</b> 価点及	び第	2 評価点	におけ	る周方向一次応力の		
		和							
σ <sub>2φz1</sub> ,		Z 方向地震力及び	*鉛直方	向地	震力が作	用した	場合の胴の第1ラグ	MPa	а
σ <sub>2</sub>	φ z 2	つけ根部の第1評	<b>平</b> 価点及	び第	2 評価点	におけ	↓る周方向一次+二次		
		応力							
σ <sub>φz3</sub> ,	σ <sub>φz4</sub>	Z 方向地震力及び	「鉛直方	向地	震力が作	用した	場合の胴の第2ラグ	MP	а
		及び第4ラグつけ	∀根部の	第1	評価点及	び第 2	評価点における周方		
		向一次応力の和							

記	号		記	号	の	説	明	単	位
σ <sub>2φz3</sub> ,		Z方向地震力及び	『鉛直方	向地創	震力が作	用した	場合の胴の第 2 ラグ	MPa	a
σ2	φz4	及び第4ラグつけ	け根部の	第1書	評価点及	び第 2	? 評価点における周方		
		向一次+二次応力	J						
σ <sub>φz5</sub> ,	$\sigma_{\phi z 6}$	Z方向地震力及び	『鉛直方	向地創	震力が作	用した	場合の胴の第 3 ラグ	MPa	a
		つけ根部の第1壽	平価点及	び第	2 評価点	におけ	ける周方向一次応力の		
		和							
σ2φz5,		Z方向地震力及び	『鉛直方	向地創	震力が作	用した	場合の胴の第3ラグ	MPa	a
σ <sub>2</sub>	φz6	つけ根部の第1壽	平価点及	び第	2 評価点	におけ	ける周方向一次+二次		
		応力							
τз		Z方向地震力によ	い胴の	ラグ~	つけ根部	に生じ	じるねじりモーメント	MPa	а
		によるせん断応力	J						
τ <sub>6</sub>		X方向地震力によ	い胴の	ラグイ	つけ根部	に生じ	じるねじりモーメント	MPa	а
		によるせん断応力	J						
τь		ボルトに生じるも	しん断応	力の長	最大値			MPa	а
τь	2	Z方向地震力及C	『鉛直方	向地創	震力によ	りボル	- トに生じるせん断応	MPa	a
		力							
τь	4	X方向地震力及び	『鉛直方	向地創	震力によ	り第1	ラグ及び第4ラグの	MPa	a
		ボルトに生じるも	しん断応	力					
τь	5	X方向地震力及び	『鉛直方	向地創	震力によ	り第 2	ラグ及び第3ラグの	MPa	а
		ボルトに生じるも	しん断応	力					
$ au_{ m c}$	1	Z方向地震力によ	い胴の	ラグイ	っけ根部	に生じ	る周方向せん断応力	MPa	a
au c	4	X方向地震力によ	い胴の	ラグイ	っけ根部	に生じ	る周方向せん断応力	MPa	a
τ φι	1	運転時質量により	胴のラ	グつじ	け根部に	生じる	軸方向せん断応力	MPa	a
τος	2	Z方向地震力によ	い胴の	ラグイ	っけ根部	に生じ	る軸方向せん断応力	MPa	a
τιε	5	X方向地震力によ	い胴の	ラグイ	っけ根部	に生じ	る軸方向せん断応力	MPa	a
τιε	5	鉛直方向地震力に	こより胴	のラク	グつけ根	部に生	こじる軸方向せん断応	MPa	a
		力							
τιε	6D	鉛直下向き地震力	っにより	胴のう	ラグつけ	根部に	生じる軸方向せん断	MPa	a
		応力							
τιε	6U	鉛直上向き地震力	」により	胴のう	ラグつけ	根部に	生じる軸方向せん断	MPa	a
		応力							
τs	1	運転時質量による	ラグの	せん聞	断応力			MPa	а
au s	2	Z方向地震力によ	、る第 1	ラグの	のせん断	応力		MPa	a
τs	3	Z方向地震力によ	、る第 2	ラグ】	及び第4	ラグの	)せん断応力	MPa	a

記号	記号の説明	単 位
τ <sub>s4</sub>	Z 方向地震力による第3 ラグのせん断応力	MPa
au s 5	X方向地震力による第1ラグ及び第4ラグのせん断応力	MPa
au s 6	X 方向地震力による第2 ラグ及び第3 ラグのせん断応力	MPa
au s 7	鉛直方向地震力によるラグのせん断応力	MPa
$\omega_{\rm H}$	水平方向振動系の角速度	rad/s
ωv	鉛直方向振動系の角速度	rad/s

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は,有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりとする。

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		S	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	а 5		小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
最高	使用圧力	MPa	—		小数点以下第2位
温度		°C	—		整数位
比重			小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
質量		kg			整数位
長	下記以外の長さ	mm			整数位*1
さ	胴板の厚さ	mm	—		小数点以下第1位
面積	* 2	$\mathrm{mm}^2$	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*3
モーメント		N•mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*3
力		Ν	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*3
算出	「応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容	F応力*4	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

表 2-2 表示する数値の丸め方

注記\*1:設計上定める値が小数点以下第1位の場合は,小数点以下第1位表示とする。 \*2:ボルトの有効断面積は,JIS B 1082 表1に記載の値とする。

\*3:絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

\*4:設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力 及び降伏点は,比例法により補間した値の小数点以下第1位を切捨て,整数位ま での値とする。

3. 評価部位

ドレンタンクの耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に 基づき、耐震評価上厳しくなる胴板、ラグ、取付ボルトについて実施する。ドレンタン クの耐震評価部位については、表 2-1の概略構造図に示す。

- 4. 地震応答解析及び構造強度評価
- 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法
  - (1) 容器及び内容物の質量は鉛直方向を複数の領域に区分し,各領域の全質量が, それぞれの重心に集中するものとする。
  - (2) 容器の胴は4個のラグで支持され、ラグ1個に対し、取付ボルト2本で架台に 取り付ける。
  - (3) ラグと架台との取付部で取付ボルトの伸びを考慮する。
  - (4) 架台は剛構造とする。
  - (5) ラグは胴の半径方向にスライド可能とし、半径方向の荷重は受け持たないものとする。
  - (6) ラグはボルト間の中心を軸に回転し得るものとする。
  - (7) 胴をはりと考え、水平方向の変形モードは胴の曲げ及びせん断変形を、鉛直方 向は胴の伸び変形を考慮する。
  - (8) 胴板とラグの取付部において胴板の局部変形を考慮する。
  - (9) 地震力は、容器に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
  - (10) 組合せ応力の計算においては、安全側に絶対値和で組合せるものとする。
  - (11) 本計算書は、鉛直方向反力F<sub>11</sub>, F<sub>12</sub>, F<sub>21</sub>, F<sub>22</sub>がすべて正の値の場合の み適用する。
  - (12) 容器は胴の半径方向の変位を拘束する振れ止め架台を有するものとする。
  - (13) 容器は満水の状態を想定する。
  - (14) 耐震計算に用いる寸法は公称値を使用する。
- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
- 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ドレンタンクの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

ドレンタンクの許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 及び表 4-3 に示す。 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドレンタンクの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価 に用いるものを表 4-4 に示す。

施設区分		機器名称	設備分類 <sup>*1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
			常設/緩和	* 2	$D + P_D + M_D + S_s * ^3$	IV A S
原子炉 格納施設	圧力 逃 が し 装 置	ドレンタンク		重大事故等 クラス2容器	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとしてIVASの 許容限界を用いる。)
原子炉 格納施設	放射性物質濃	ドレンタンク	常設/緩和		$D + P_{D} + M_{D} + S_{s} * ^{3}$	IV A S
	度前仰 設備及 び可燃性ガス 濃度制御設備 並びに格納容 器再循環設備			*2 重大事故等 クラス2容器	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V A S (V A S として IV A S の 許容限界を用いる。)
		ドレンタンク	常設耐震/防止	* 2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV A S
原子炉冷却 系統施設	残留熱除去設備			*2 重大事故等 クラス2容器	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとしてⅣASの 許容限界を用いる。)

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記\*1:「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備,「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2:重大事故等クラス2容器の支持構造物を含む。

**\***3:「D+P<sub>SAD</sub>+M<sub>SAD</sub>+S<sub>S</sub>」の評価に包絡されるため,評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力(重大事故等クラス2容器)

20

	許容限界*1,*2						
許容応力状態		一次膜応力+		一次+二次+			
	一次一般限心刀	一次曲げ応力	一次十一次応刀	ピーク応力			
IV A S	0.6 • S u	左欄の 1.5 倍の値	基準地震動Ssのみによる疲労解析を行い,疲労累 積係数が1.0以下であること。ただし,地震動のみ による一次+二次応力の変動値が2・Sy以下であれ ば疲労解析は不要。*3				
(V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> Sの 許容限界を用いる。)							

注記\*1:座屈に対する評価が必要な場合には、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

\*2:当該の応力が生じない場合,規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。 \*3:2・Syを超えるときは弾塑性解析若しくは設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313 を除く。Smは 2/3・Syと読み替える。)の 簡易弾塑性解析を用いる。

	許容限界*1,*2	許容限界*1,*2		
	(ボルト等以外)	(ボルト等)		
許容応力状態	一次応力	一次応力		
	組合せ	引張	せん断	
IV <sub>A</sub> S	1 5.f *	1 5.f *	1.5•f <sub>s</sub> *	
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる)	1. 0 <sup>.</sup> 1 <sup>t</sup>	1. 5 · 1 t		

表 4-3 許容応力(重大事故等クラス2支持構造物)

注記\*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2:当該の応力が生じない場合,規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S y (MPa)	S u (MPa)	S y (R T) (MPa)
胴板	SUS316L	最高使用温度	200	_	120	407	
ラグ	SUS304	最高使用温度	200	_	144	402	205
取付ボルト	SNB7 (63mm<径≦100mm)	最高使用温度	200	_	569	708	

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

4.3 解析モデル及び諸元

ドレンタンクの解析モデルを図4-1に,解析モデルの概要を以下に示す。また,機器の諸元を本計算書の【ドレンタンクの耐震性についての計算結果】の機器要目及び その他の機器要目に示す。

- (1) ドレンタンクをはり要素でモデル化する。
- (2) 上部のラグ位置でばね支持,下部の2段の振れ止め架台位置で半径方向を支持 された多質点系振動モデルとして考える。
- (3) 容器及び内容物の質量は鉛直方向を複数の領域に区分し,各領域の全質量が, それぞれの重心(m<sub>1</sub>, m<sub>21</sub>, m<sub>22</sub>, m<sub>23</sub>, m<sub>24</sub>, m<sub>25</sub>, m<sub>26</sub>)に集中するものとする。
- (4) 拘束条件として、ラグ取付部、振れ止め架台と建屋の接合部を完全拘束する。
- (5) 解析コードは、「ABAQUS」を使用し、固有値及び荷重を求める。 なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別 紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。



図 4-1 水平方向解析モデル及び水平方向変形モード図

#### 4.4 固有周期

4.4.1 水平方向固有周期

図 4-1 に示されるように容器全体を各質点に区分し, 胴, ラグ及び振れ止め架 台からなる全体系についての固有値解析を行い, 固有周期を求める。

固有周期評価に用いるラグつけ根部における胴の中心軸の傾きに対するばね定数k1及び水平移動に対するばね定数k2は次により求める。

(1) ばね定数k<sub>1</sub>

ラグつけ根部における胴の中心軸の傾きに対するばね定数k<sub>1</sub>は次式で表される。

ここで、θはラグ、ボルト及び胴について、それぞれの荷重、モーメント及び 変位量の釣合条件の方程式を作ることにより、次のようにして求める。 なお、ばね定数k1は連立方程式の解として得られ、F1、H1、F2及びH2に は依存しないため、固有周期評価においてはF1、H1、F2及びH2は任意の値 を用いることとする。

a. 胴への荷重,モーメント及び胴の変位量について ラグつけ根部における水平力の釣合より

 $F_{0} = F_{1} + F_{2} = 2 \cdot Q \cdots (4.4.3)$ 

ラグつけ根部における転倒モーメントの釣合より

ここで, r<sub>m</sub>は次による。

 $r_{m} = (D_{i} + t) / 2 \cdots (4.4.5)$ 

シェルパラメータ $\alpha$ ,  $\gamma$ 及びアタッチメントパラメータ $\beta$ によって,参考文献 (1),(2)の表よりK<sub>4</sub>及びk<sub>4</sub>が求まり,転倒モーメントによる第1ラグ及び第3ラ グの胴つけ根部の局部傾き角は,次のようにして求めることができる。

 $\alpha = L \swarrow r_{m} \cdots (4.4.6)$   $\gamma = r_{m} \swarrow t \cdots (4.4.7)$   $\beta_{1} = C_{1} \swarrow r_{m} \cdots (4.4.7)$   $\beta_{2} = C_{2} \swarrow r_{m} \cdots (4.4.8)$   $\beta_{2} = C_{2} \swarrow r_{m} \cdots (4.4.9)$   $\beta_{\ell} = k_{\ell} \cdot \sqrt[3]{\beta_{1} \cdot \beta_{2}^{2}} \cdots (4.4.10)$   $\theta_{1} = \frac{M_{1} \cdot K_{\ell}}{r_{m}^{3} \cdot \beta_{\ell}^{2} \cdot E} \cdots (4.4.11)$   $\theta_{2} = \frac{M_{2} \cdot K_{\ell}}{r_{m}^{3} \cdot \beta_{\ell}^{2} \cdot E} \cdots (4.4.12)$ 

ただし、 $F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$ の場合は、 $M_1 & \delta - M_1$ 、 $M_2 & \delta - M_2$ に置き換える。

b. 第1ラグについて図4-2のように傾いたとき モーメントの釣合より

 $F_{12} \cdot a - F_{11} \cdot (a - b) + M_1 = 0 \cdots (4.4.13)$ 

ただし、 $F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$ の場合は $a \cdot b - c$ )に置き換える。 鉛直力の釣合より

 $F_{12} - F_{11} + R_1 = 0 \cdots (4.4.14)$ 

c. 第3ラグについて図4-3のように傾いたとき
 モーメントの釣合より

 $F_{21} \cdot (a - b) - F_{22} \cdot (a - b - c) + M_2 = 0 \cdots (4.4.15)$ 

ただし、 $F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$ の場合は(a - b - c)をaに置き換える。 鉛直力の釣合より

 $F_{2 2} - F_{2 1} - R_{1} = 0 \cdots (4.4.16)$ 



d. 第2及び第4ラグについて図4-4のように傾いたとき モーメントの釣合より

$$-F_{31} \cdot \frac{d}{2} + F_{32} \cdot \frac{d}{2} - (F_{31} + F_{32}) \cdot e + M_3 = 0 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (4.4.17)$$

ただし, F<sub>1</sub>・H<sub>1</sub> < F<sub>2</sub>・H<sub>2</sub>の場合は左辺第3項の「- (F<sub>31</sub>+F<sub>32</sub>)」を「+ (F<sub>31</sub>+F<sub>32</sub>)」に置き換える。

ボルトの伸びと力の関係より

ただし,  $F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$ の場合は左辺分母の「 $e + \frac{d}{2}$ 」を「 $e - \frac{d}{2}$ 」に,

右辺分母「
$$e-\frac{d}{2}$$
」を「 $e+\frac{d}{2}$ 」に置き換える。



図 4-4 第2及び第4ラグに作用するモーメントと力

ラグの架台に対する傾き角はボルトの伸びと力の平衡条件より求められる。 第1ラグについて

ただし,  $F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$ の場合は b を c に置き換える。 第 3 ラグについて

 $\theta_{s 2} = \frac{F_{21} \cdot L_{b}}{n \cdot A_{be} \cdot E_{b} \cdot c} \cdots (4.4.20)$ 

ただし、 $F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$ の場合は c を b に置き換える。 第 2 及び第 4 ラグについて

ただし、 $F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$ の場合は $F_{31}$ を $F_{32}$ に置き換える。

胴中心軸の傾き角 $\theta$ , ラグつけ根部の局部傾き角 $\theta_1$ 及び $\theta_2$ 並びにラグの架台 に対する傾き角 $\theta_{s1}$ 及び $\theta_{s2}$ の間には次の関係が成立する。

 $\theta_{s 1} - \theta_{1} + \theta = 0 \cdots (4.4.22)$  $\theta_{s 2} - \theta_{2} + \theta = 0 \cdots (4.4.23)$  ただし、 $F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$ の場合は $a \in (a - b - c)$ ,  $(a - b - c) \in a$ に置き換える。

胴中心軸の傾き角θは以上の式を連立させて解くことにより求められる。



図 4-5 転倒モーメントによる胴及びラグの傾き角

(2) ばね定数k<sub>2</sub>

ラグつけ根部における胴の水平移動に対するばね定数k2は次式で示される。

 $k_{2} = F_{0} / \Delta_{x_{1}} \cdots (4.4.25)$ 

ここで、F<sub>0</sub>は(4.4.3)式で求められる値を用い、Δ<sub>x1</sub>は次式による。

 $\Delta_{x 1} = (a - b) \cdot \theta_{3} \cdots (4.4.26)$ 

θ<sub>3</sub>は(4.4.3)式で求められるQの値を用いることにより以下により求める。 第2ラグ及び第4ラグの曲げモーメントの釣合より

$$M_{c} = Q \cdot (a - b) \cdot (1 - \epsilon) \cdots (4.4.27)$$
シェルパラメータ $\alpha$ ,  $\gamma$ 及びアタッチメントパラメータ $\beta$ によって,参考文献 (1),(2)の表よりK。及びk。が求まり,水平力による第2ラグ及び第4ラグの胴 つけ根部の局部傾き角は,次のようにして求めることができる。

ここで、
$$\beta_{c}$$
は次式による。  
 $\beta_{c} = k_{c} \cdot \sqrt[3]{\beta_{1}^{2} \cdot \beta_{2}} \cdots (4.4.29)$ 



図 4-6 水平力による胴の中心軸の変位量

4.4.2 鉛直方向固有周期

鉛直方向の2質点系振動の固有周期は,次式で求める。

鉛直方向振動系における角速度ωvは2質点系の自由振動の式より求める。

 $10^{-6} \cdot \mathbf{m}_{1} \cdot \mathbf{m}_{2\mathrm{V}} \cdot (\delta_{11\mathrm{V}} \cdot \delta_{22\mathrm{V}} - \delta_{12\mathrm{V}} \cdot \delta_{21\mathrm{V}}) \cdot \omega_{\mathrm{V}}^{4}$  $-10^{-3} \cdot (\delta_{11\mathrm{V}} \cdot \mathbf{m}_{1} + \delta_{22\mathrm{V}} \cdot \mathbf{m}_{2\mathrm{V}}) \cdot \omega_{\mathrm{V}}^{2} + 1 = 0$  $\dots \qquad (4.4.31)$ 

ここで、 δ<sub>11v</sub>及びδ<sub>21v</sub>は容器上部重心の位置へ単位鉛直力をかけた場合の 上部及び下部重心の鉛直変位量であり、 δ<sub>12v</sub>及びδ<sub>22v</sub>は容器下部重心の位置 へ単位鉛直力をかけた場合の上部及び下部重心の鉛直変位量である。これらは、 次式で表すことができる。

ばね定数k5, k6及びk7は次により求める。



図 4-7 鉛直方向固有周期計算モデル

(1) ばね定数k<sub>5</sub>

鉛直方向変位に対するばね定数k5は,鉛直方向の力の釣合より

 $4 \cdot R_0 - F_V = 0 \cdots (4.4.35)$ 

ラグについて、図4-8のように傾いたとき、モーメントと力の平衡条件より

$$(a - b - c) \cdot F_{02} - (a - b) \cdot F_{01} - M_0 = 0 \cdots (4.4.36)$$

$$F_{02} - F_{01} - R_0 = 0 \cdots (4.4.37)$$

ラグつけ根部の局部傾き角 $\theta_0$ 及びラグの架台に対する傾き角 $\theta_{s0}$ は, 4.4.1(1)a.及び d.項の $\theta_2$ 及び $\theta_{s2}$ と同様の方法で求められる。

$$\theta_{0} = \frac{M_{0} \cdot K_{\ell}}{r_{m}^{3} \cdot \beta_{\ell}^{2} \cdot E} \cdots (4.4.38)$$

ここで、ラグつけ根部の局部傾き角 $\theta_0$ とラグの架台に対する傾き角 $\theta_{s0}$ は等しいから

以上の式を連立させて解くことにより $\theta_{s0}$ が得られ、これより鉛直方向変位量 (a - b - c)・ $\theta_{s0}$ が求まる。したがって、鉛直方向変位に対するばね定数 $k_5$ は次式で求められる。



図 4-8 鉛直下向き荷重により胴に生じるモーメントと力



図 4-9 鉛直下向き荷重によりラグに作用するモーメントと力

(2) ばね定数k<sub>6</sub>

鉛直荷重による上部胴の伸び変形に対するばね定数k<sub>6</sub>は,次式により与えられる。

(3) ばね定数k<sub>7</sub>

鉛直荷重による下部胴の伸び変形に対するばね定数k<sub>7</sub>は,次式により与えられる。

4.4.3 固有周期の計算結果

固有値解析により求めた水平方向固有周期と理論式により計算した鉛直方向固 有周期を表4-5に示す。固有周期は、0.05秒以下であり、剛であることを確認し た。

表 4-5 固有周期 (単位:s)

<b>太王</b> 0 固有向为	( -	+ <u> </u> <u>u</u> . 5)	
水平1次			
水平2次			
鉛直1次			

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表4-6に示す。

「基準地震動Ss」による地震力は、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に 基づき設定する。

据付場所	固有周	] 期 (s)	弾性設計用	地震動 S d	基準地震動 S s		
及び		1 /91 (6)	又は静	的震度			
床面高さ	水亚古向	<b>公</b> 直 专向	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	
(m)	水十万间	如电力问	設計震度	設計震度	設計震度	設計震度	
フィルタベント							
遮蔽壁					C = -4.58	$C_{11} = 1.76$	
T.M.S.L.12.0					$C_{\rm H} = 4.50$	$C_{V} = 1.70$	
(T.M.S.L.26.3 <sup>*</sup> )							

表 4-6 設計用地震力(重大事故等対処設備)

注記\*:基準床レベルを示す。

#### 4.6 計算方法

- 4.6.1 胴の応力
  - (1) 静水頭又は内圧による応力

静水頭による場合(鉛直方向地震時を含む)

$$\sigma_{x1} = 0 \cdots (4.6.1.3)$$

内圧による場合

(2) 運転時質量による応力

(3) 鉛直方向地震力により胴断面に生じる引張応力

(4) 運転時質量による胴のラグつけ根部の応力運転時質量moによる鉛直方向の力の平衡条件より

 $4 \cdot R - m_0 \cdot g = 0 \cdots (4.6.1.9)$ 

また, ラグについて図 4-10 のように傾いたとき, モーメントと力の平衡条件 より

$$F_{02} \cdot (a - b - c) - F_{01} \cdot (a - b) - M_{\ell} = 0 \cdots (4.6.1.10)$$
  
$$F_{02} - F_{01} - R = 0 \cdots (4.6.1.11)$$



図 4-10 鉛直荷重により胴及びラグに作用するモーメントと力

運転時質量によるラグつけ根部の局部傾き角 $\theta_0$ は、4.4.1(1)項の $\theta_1$ 又は $\theta_2$ と同様に、次式で求める。

運転時質量によるラグの架台に対する傾き角 $\theta_{s0}$ は、4.4.1(1)項の $\theta_{s1}$ 又は $\theta_{s2}$ と同様に、次式で求める。

ここで、ラグつけ根部の局部傾き角 $\theta$ 。とラグの架台に対する傾き角 $\theta$ 。。は等しいから

以上の式を連立させて解くことによりR, M<sub>0</sub>, F<sub>01</sub>は次式で求められる。

$$M_{\ell} = \frac{R \cdot (a - b - c)}{1 + \frac{n \cdot A_{b \ e} \cdot E_{b} \cdot K_{\ell} \cdot c^{2}}{r_{m}^{-3} \cdot \beta_{\ell}^{-2} \cdot E \cdot L_{b}}}$$
(4. 6. 1. 16)  
$$F_{0 \ 1} = \frac{R \cdot (a - b - c) - M_{\ell}}{c}$$
(4. 6. 1. 17)

運転時質量による鉛直方向曲げモーメントM<sub>θ</sub>により生じる胴の周方向応力及び 軸方向応力は、次のようにして求めることができる。なお、\*を付記した変数は、 シェルパラメータα、γ及びアタッチメントパラメータβによって、参考文献 (1)、(2)の表より求まる。

一次応力

$$\sigma_{\phi 3} = \left[\frac{N_{\phi}}{M_{\ell} / (r_{m}^{2} \cdot \beta)}\right]^{*} \cdot \left[\frac{M_{\ell}}{r_{m}^{2} \cdot t \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdot C_{\ell 1} \cdot \cdots \cdot (4.6.1.18)$$

$$\sigma_{x 3} = \left[\frac{N_x}{M_{\ell} / (r_m^2 \cdot \beta)}\right]^* \cdot \left[\frac{M_{\ell}}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdot C_{\ell 2} \cdots \cdots \cdots \cdots (4.6.1.19)$$

ここで,アタッチメントパラメータβ<sub>0</sub>は次式で表される。

反力Rによるせん断応力は次式で表される。

 (5) 鉛直方向地震力による胴のラグつけ根部の応力 鉛直方向地震力による胴のラグつけ根部の応力は、下記 a.項及びb.項より得 られるσφ12D, σφ12U, σx12D, σx12U, σ2φ12D, σ2φ12U, σ2x12D, σ2x12U, τφ6D, τφ6Uを用いて下記の様に求める。

一次応力  

$$\sigma_{\phi 1 2} = \max[|\sigma_{\phi 1 2 D}|, |\sigma_{\phi 1 2 U}|]$$
 (4.6.1.22)

$$\sigma_{x 1 2} = \max[|\sigma_{x 1 2 D}|, |\sigma_{x 1 2 U}|] \cdots (4.6.1.23)$$

二次応力

$$\sigma_{2 \phi 1 2} = \max[|\sigma_{2 \phi 1 2 D}|, |\sigma_{2 \phi 1 2 U}|] \cdots (4.6.1.24)$$
  
$$\sigma_{2 x 1 2} = \max[|\sigma_{2 x 1 2 D}|, |\sigma_{2 x 1 2 U}|] \cdots (4.6.1.25)$$

反力によるせん断応力

a. 鉛直下向き地震力による胴のラグつけ根部の応力
 鉛直下向き地震力により生じる応力は 4.6.1(4)項で与えられた連立方程式において、mo・gをmo・g・Cvに置き換えて解くことにより求められる。

$$M_{\ell D} = \frac{R_{D} \cdot (a - b - c)}{1 + \frac{n \cdot A_{b e} \cdot E_{b} \cdot K_{\ell} \cdot c^{2}}{r_{m}^{3} \cdot \beta_{\ell}^{2} \cdot E \cdot L_{b}}} \cdots (4.6.1.28)$$

鉛直下向き地震力による鉛直方向曲げモーメント $M_{\ell D}$ により生じる胴の周方向 応力及び軸方向応力は、次のようにして求めることができる。なお、\*を付記した 変数は、シェルパラメータ $\alpha$ 、  $\gamma$ 及びアタッチメントパラメータ $\beta$ によって、参 考文献(1),(2)の表より求まる。

一次応力

$$\sigma_{\phi \ 1 \ 2 \ D} = \left[\frac{N_{\phi}}{M_{\ell D} \swarrow (r_{m}^{2} \cdot \beta)}\right]^{*} \cdot \left[\frac{M_{\ell D}}{r_{m}^{2} \cdot t \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdot C_{\ell \ 1} \cdots \cdots (4. \ 6. \ 1. \ 30)$$

$$\sigma_{x \ 1 \ 2 \ D} = \left[\frac{N_{X}}{M_{\ell D} \swarrow (r_{m}^{2} \cdot \beta)}\right]^{*} \cdot \left[\frac{M_{\ell D}}{r_{m}^{2} \cdot t \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdot C_{\ell 2} \cdots \cdots (4. \ 6. \ 1. \ 31)$$

$$\sigma_{2 \phi 1 2 D} = \left[\frac{M_{\phi}}{M_{\ell D} \swarrow (\mathbf{r}_{\mathrm{m}} \cdot \beta)}\right]^* \cdot \left[\frac{6 \cdot M_{\ell D}}{\mathbf{r}_{\mathrm{m}} \cdot \mathbf{t}^2 \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdots \cdots \cdots \cdots (4. \ 6. \ 1. \ 32)$$

$$\sigma_{2 \times 1 2 D} = \left[\frac{M_{x}}{M_{\ell D} \swarrow (r_{m} \cdot \beta)}\right]^{*} \cdot \left[\frac{6 \cdot M_{\ell D}}{r_{m} \cdot t^{2} \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdots \cdots \cdots \cdots (4.6.1.33)$$

ここで,アタッチメントパラメータβ<sub>0</sub>は次式で表される。

反力RDによるせん断応力は次式で表される。

b. 鉛直上向き地震力による胴のラグつけ根部の応力 鉛直上向き地震力による鉛直方向の力の平衡条件より

 $4 \cdot R_{U} - (C_{V} - 1) \cdot m_{0} \cdot g = 0 \cdots (4.6.1.36)$ 

また, ラグについて図 4-11 のように傾いたとき, モーメントと力の平衡条件 より

$$F_{0 2 U} \cdot a - F_{0 1 U} \cdot (a - b) + M_{\ell U} = 0 \cdots (4.6.1.37)$$
  
$$F_{0 2 U} - F_{0 1 U} + R_{U} = 0 \cdots (4.6.1.38)$$



図 4-11 鉛直上向き地震力により胴及びラグに作用するモーメントと力

ラグつけ根部の局部傾き角 $\theta_{0U}$ は、4.4.1(1)項の $\theta_{1}$ 又は $\theta_{2}$ と同様に、次式で求める。

$$\theta_{0} = \frac{M_{\ell U} \cdot K_{\ell}}{r_{m}^{3} \cdot \beta_{\ell}^{2} \cdot E} \cdots (4.6.1.39)$$

ラグの架台に対する傾き角θ<sub>s0U</sub>は,4.4.1(1)項のθ<sub>s1</sub>又はθ<sub>s2</sub>と同様に,次 式で求める。

ここで, ラグつけ根部の局部傾き角θouとラグの架台に対する傾き角θsouは 等しいから

 $\theta_{0} = \theta_{s} = 0$ (4.6.1.41)

以上の式を連立させて解くことによりR<sub>U</sub>, M<sub>ℓU</sub>, F<sub>01U</sub>は次式で求められる。

$$R_{U} = \frac{(C_{V} - 1) \cdot m_{0} \cdot g}{4} \cdots (4.6.1.42)$$

$$M_{\ell U} = \frac{R_{U} \cdot a}{1 + \frac{n \cdot A_{b e} \cdot E_{b} \cdot K_{\ell} \cdot b^{2}}{r_{m}^{3} \cdot \beta_{\ell}^{2} \cdot E \cdot L_{b}}} \cdots (4.6.1.43)$$

$$F_{0 1 U} = \frac{R_{U} \cdot a - M_{\ell U}}{b} \cdots (4.6.1.44)$$

鉛直上向き地震力による鉛直方向曲げモーメント $M_{\ell U}$ により生じる胴の周方向 応力及び軸方向応力は、次のようにして求めることができる。なお、\*を付記した 変数は、シェルパラメータ $\alpha$ 、  $\gamma$ 及びアタッチメントパラメータ $\beta$ によって、参 考文献(1)、(2)の表より求まる。

一次応力

$$\sigma_{\phi 1 2 U} = \left[\frac{N_{\phi}}{M_{\ell U} \swarrow (r_{m}^{2} \cdot \beta)}\right]^{*} \cdot \left[\frac{M_{\ell U}}{r_{m}^{2} \cdot t \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdot C_{\ell 1} \cdots \cdots (4.6.1.45)$$

$$\sigma_{x \ 1 \ 2 \ U} = \left[\frac{N_x}{M_{\ell U}} / (r_m^2 \cdot \beta)\right]^* \cdot \left[\frac{M_{\ell U}}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta_\ell}\right] \cdot C_{\ell \ 2} \cdots \cdots \cdots (4. \ 6. \ 1. \ 46)$$

$$\sigma_{2 \phi 1 2 U} = \left[\frac{M_{\phi}}{M_{\ell U} \diagup (\mathbf{r_{m}} \cdot \beta)}\right]^{*} \cdot \left[\frac{6 \cdot M_{\ell U}}{\mathbf{r_{m}} \cdot \mathbf{t}^{2} \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdots \cdots \cdots \cdots (4. \ 6. \ 1. \ 47)$$

$$\sigma_{2 \times 1 \times 2 \cup} = \left[\frac{\mathbf{M}_{\mathbf{x}}}{\mathbf{M}_{\ell \cup} \diagup (\mathbf{r}_{\mathbf{m}} \cdot \boldsymbol{\beta})}\right]^{*} \cdot \left[\frac{\mathbf{6} \cdot \mathbf{M}_{\ell \cup}}{\mathbf{r}_{\mathbf{m}} \cdot \mathbf{t}^{2} \cdot \boldsymbol{\beta}_{\ell}}\right] \cdot \dots \dots \dots \dots \dots (4. \ 6. \ 1. \ 48)$$

ここで,アタッチメントパラメータβ<sub>0</sub>は次式で表される。

反力Ruによるせん断応力は次式で表される。

$$\tau_{\ell 6 U} = \frac{R_U}{4 \cdot C_2 \cdot t} \cdots (4.6.1.50)$$

(6) 水平方向地震力による胴の曲げ応力

図 4-1 に示す解析モデルについて,表 4-6 に示す水平方向設計震度 $C_H$ を用いた水平方向地震に対する静解析を行い,ラグつけ根部の転倒モーメントM及び水平力F<sub>0</sub>を算出する。M,F<sub>0</sub>,F<sub>1</sub>,H<sub>1</sub>を(4.4.2)式及び(4.4.3)式に代入することで,F<sub>2</sub>及びH<sub>2</sub>を算出する。多質点系振動モデルのラグから下部の複数の質点を,振れ止め架台の効果を考慮した形で1質点に縮約した場合の下部重心の水平力がF<sub>2</sub>,ラグのアタッチメント中心から下部重心までの距離がH<sub>2</sub>である。

ただし,  $m_1 \cdot g \cdot H_1 < m_2 \cdot g \cdot H_2$ の場合は $m_1 \cdot g \cdot H_1 \delta m_2 \cdot g \cdot H_2$ に置き換える。

(7) 水平方向地震力(Z方向)(表 2-1参照)による胴のラグつけ根部の応力
 4.4 項の固有周期計算における水平力F<sub>1</sub>をC<sub>H</sub>・m<sub>1</sub>・g, F<sub>2</sub>をC<sub>H</sub>・m<sub>2</sub>・g
 に置き換えて得られるM<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, R<sub>1</sub>及びM<sub>3</sub>の値を使用する。

鉛直方向曲げモーメント $M_1$ 及び $M_2$ により生じる胴の周方向応力及び軸方向応力は 4.6.1(4)項の $\sigma_{\phi 3}$ 及び $\sigma_{x 3}$ と同様にして

一次応力

$$\sigma_{\phi 5} = \left[\frac{N_{\phi}}{M_{1} \swarrow (r_{m}^{2} \cdot \beta)}\right]^{*} \cdot \left[\frac{|M_{1}|}{r_{m}^{2} \cdot t \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdot C_{\ell 1} \cdots \cdots \cdots \cdots (4.6.1.52)$$

$$\sigma_{x 5} = \left[\frac{N_x}{M_1 \swarrow (r_m^2 \cdot \beta)}\right]^* \cdot \left[\frac{|M_1|}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta_\ell}\right] \cdot C_{\ell 2} \cdots \cdots \cdots \cdots (4.6.1.53)$$

二次応力

$$\sigma_{2 \phi 5} = \left[\frac{\mathbf{M}_{\phi}}{\mathbf{M}_{1} / (\mathbf{r}_{m} \cdot \boldsymbol{\beta})}\right]^{*} \cdot \left[\frac{\mathbf{6} \cdot |\mathbf{M}_{1}|}{\mathbf{r}_{m} \cdot \mathbf{t}^{2} \cdot \boldsymbol{\beta}_{\ell}}\right] \cdot \cdots \cdot (4. \ \mathbf{6}. \ \mathbf{1}. \ \mathbf{54})$$

$$\sigma_{2 \times 5} = \left[\frac{\mathbf{M}_{\mathbf{x}}}{\mathbf{M}_{\mathbf{1}} / (\mathbf{r}_{\mathbf{m}} \cdot \boldsymbol{\beta})}\right]^{*} \cdot \left[\frac{\mathbf{6} \cdot |\mathbf{M}_{\mathbf{1}}|}{\mathbf{r}_{\mathbf{m}} \cdot \mathbf{t}^{2} \cdot \boldsymbol{\beta}_{\ell}}\right] \cdot \cdots \cdot (4. \ 6. \ 1. \ 55)$$

$$\sigma_{\phi 6} = \left[\frac{N_{\phi}}{M_{2} \swarrow (r_{m}^{2} \cdot \beta)}\right]^{*} \cdot \left[\frac{|M_{2}|}{r_{m}^{2} \cdot t \cdot \beta_{\ell}}\right] \cdot C_{\ell 1} \cdots \cdots \cdots \cdots (4. \ 6. \ 1. \ 56)$$

$$\sigma_{\mathbf{x} \mathbf{6}} = \left[\frac{\mathbf{N}_{\mathbf{x}}}{\mathbf{M}_{2} \diagup (\mathbf{r}_{\mathbf{m}}^{2} \cdot \boldsymbol{\beta})}\right]^{*} \cdot \left[\frac{|\mathbf{M}_{2}|}{\mathbf{r}_{\mathbf{m}}^{2} \cdot \mathbf{t} \cdot \boldsymbol{\beta}_{\ell}}\right] \cdot \mathbf{C}_{\ell 2} \cdots \cdots \cdots \cdots (4. \ 6. \ 1. \ 57)$$

二次応力

$$\sigma_{2 \phi 6} = \left[\frac{\mathbf{M}_{\phi}}{\mathbf{M}_{2} / (\mathbf{r}_{\mathrm{m}} \cdot \boldsymbol{\beta})}\right]^{*} \cdot \left[\frac{6 \cdot |\mathbf{M}_{2}|}{\mathbf{r}_{\mathrm{m}} \cdot \mathbf{t}^{2} \cdot \boldsymbol{\beta}_{\ell}}\right] \cdot \cdots \cdot (4. \ 6. \ 1. \ 58)$$

$$\sigma_{2 \times 6} = \left[\frac{\mathbf{M}_{\mathbf{x}}}{\mathbf{M}_{2} \diagup (\mathbf{r}_{\mathbf{m}} \cdot \boldsymbol{\beta})}\right]^{*} \cdot \left[\frac{\mathbf{6} \cdot |\mathbf{M}_{2}|}{\mathbf{r}_{\mathbf{m}} \cdot \mathbf{t}^{2} \cdot \boldsymbol{\beta}_{\ell}}\right] \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (4. \ 6. \ 1. \ 59)$$

ここで,アタッチメントパラメータβ<sub>0</sub>は次式で表される。

$$\beta_{\ell} = \sqrt[3]{\beta_1 \cdot \beta_2^2} \cdots (4.6.1.60)$$

周方向曲げモーメントMcにより生じる胴の周方向応力及び軸方向応力は 一次応力

$$\sigma_{\phi 7} = \left[\frac{N_{\phi}}{M_{C} \swarrow (r_{m}^{2} \cdot \beta)}\right]^{*} \cdot \left[\frac{|M_{C}|}{r_{m}^{2} \cdot t \cdot \beta_{C}}\right] \cdot C_{C1} \cdots \cdots \cdots \cdots (4.6.1.61)$$

$$\sigma_{x 7} = \left[\frac{N_x}{M_c / (r_m^2 \cdot \beta)}\right]^* \cdot \left[\frac{|M_c|}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta_c}\right] \cdot C_{C 2} \cdots \cdots \cdots (4. 6. 1. 62)$$

二次応力

ここで, アタッチメントパラメータβcは次式で表される。

$$\beta_{\rm c} = \sqrt[3]{\beta_1^2 \cdot \beta_2} \cdots (4.6.1.65)$$

(4.4.3)式より求まる周方向せん断力Qによるせん断応力は

$$\tau_{c 1} = \frac{|\mathbf{Q}|}{4 \cdot \mathbf{C}_{1} \cdot \mathbf{t}} \cdots (4.6.1.66)$$

鉛直方向せん断力R1によるせん断応力は

ねじりモーメントM3により生じる胴の局部せん断応力は

ただし、 $C_1 > C_2$ の場合は $C_1 \in C_2$ に置き換える。(図 4-12 参照)



図 4-12 胴の評価点

(8) 水平方向地震力(X方向)(表 2-1参照)による胴のラグつけ根部の応力 鉛直方向曲げモーメントM<sub>1</sub>により生じる胴の周方向応力及び軸方向応力は

 $\sigma_{\phi 8} = \sigma_{\phi 5} / \sqrt{2} , \quad \sigma_{x 8} = \sigma_{x 5} / \sqrt{2}$  $\sigma_{2 \phi 8} = \sigma_{2 \phi 5} / \sqrt{2} , \quad \sigma_{2 x 8} = \sigma_{2 x 5} / \sqrt{2}$ 

鉛直方向曲げモーメントM2により生じる胴の周方向応力及び軸方向応力は

 $\sigma_{\phi 9} = \sigma_{\phi 6} / \sqrt{2} , \quad \sigma_{x 9} = \sigma_{x 6} / \sqrt{2}$  $\sigma_{2 \phi 9} = \sigma_{2 \phi 6} / \sqrt{2} , \quad \sigma_{2 x 9} = \sigma_{2 x 6} / \sqrt{2}$ 

周方向曲げモーメントMcにより生じる胴の周方向応力及び軸方向応力は

 $\sigma_{\phi 1 0} = \sigma_{\phi 7} / \sqrt{2}, \quad \sigma_{x 1 0} = \sigma_{x 7} / \sqrt{2}$  $\sigma_{2 \phi 1 0} = \sigma_{2 \phi 7} / \sqrt{2}, \quad \sigma_{2 x 1 0} = \sigma_{2 x 7} / \sqrt{2}$ 

周方向せん断力Qによる胴のせん断応力は

 $\tau_{c 4} = \tau_{c 1} / \sqrt{2}$ 

鉛直方向せん断力R1による胴のせん断応力は

 $\tau_{\ell 5} = \tau_{\ell 2} / \sqrt{2}$ 

ねじりモーメントM3による胴のせん断応力は

$$\tau_{6} = \tau_{3} \diagup \sqrt{2}$$

(9) 組合せ応力

(1)~(8)によって算出される胴のラグつけ根部に生じる応力は以下により組合わされる。

a. 一次一般膜応力

$\sigma_{0} = \max$ ( $\sigma_{0\phi}$ ,	$\sigma_{0x}$ )	 $\cdots (4.6.1.69)$
$\sigma_{0\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi}$	2	 $\cdots$ (4. 6. 1. 70)

【絶対値和】

$$\sigma_{0x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x11} + \sigma_{x4} \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (4.6.1.71)$$

 $\sigma_{1} = \max (\sigma_{11}, \sigma_{12}, \sigma_{13}, \sigma_{14}, \sigma_{15}, \sigma_{16}, \sigma_{17}, \sigma_{18}, \sigma_{19}, \sigma_{110}) \cdots (4.6.1.72)$ 

- (a) 水平方向地震力(Z方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合の組合せ一次応 力
- イ. 第1ラグのつけ根部

第1評価点については

$$\sigma_{1\ 1} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi \ z \ 1} + \sigma_{x \ z \ 1} + \sqrt{\left(\sigma_{\phi \ z \ 1} - \sigma_{x \ z \ 1}\right)^2} \right\} \cdots \cdots \cdots (4.\ 6.\ 1.\ 73)$$

【絶対値和】

$$\sigma_{\phi z 1} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 5} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 1 2} \cdots \cdots \cdots (4. \ 6. \ 1. \ 74)$$
  
$$\sigma_{x z 1} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 1 1} + \sigma_{x 1 2} \cdots \cdots (4. \ 6. \ 1. \ 75)$$

第2評価点については

ロ. 第2及び第4ラグのつけ根部

第1評価点については

$$\sigma_{13} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi \ z \ 3} + \sigma_{x \ z \ 3} + \sqrt{\left(\sigma_{\phi \ z \ 3} - \sigma_{x \ z \ 3}\right)^2 + 4 \cdot \left(\tau_{c \ 1} + \tau_{3}\right)^2} \right\}$$
(4. 6. 1. 79)

# 【絶対値和】

$$\sigma_{\phi z 3} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 1 2} \cdots (4.6.1.80)$$
  
$$\sigma_{x z 3} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 1 1} + \sigma_{x 1 2} \cdots (4.6.1.81)$$

### 第2評価点については

# 【絶対値和】

ハ. 第3ラグのつけ根部

第1評価点については

$$\sigma_{1\,5} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi z 5} + \sigma_{x z 5} + \sqrt{\left(\sigma_{\phi z 5} - \sigma_{x z 5}\right)^2} \right\} \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (4.\ 6.\ 1.\ 85)$$

【絶対値和】

$$\sigma_{\phi z 5} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 6} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 1 2} \cdots \cdots \cdots (4. 6. 1. 86)$$
  
$$\sigma_{x z 5} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 6} + \sigma_{x 1 1} + \sigma_{x 1 2} \cdots \cdots (4. 6. 1. 87)$$

第2評価点については

- (b) 水平方向地震力(X方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合の組合せ一次応 力
- イ. 第1及び第4ラグのつけ根部 第1評価点については

1 (  $\Box$ . 0

$$\sigma_{1 7} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi x 1} + \sigma_{x x 1} + \sqrt{\left(\sigma_{\phi x 1} - \sigma_{x x 1}\right)^{2} + 4 \cdot \left(\tau_{c 4} + \tau_{6}\right)^{2}} \right\}$$
(4. 6. 1. 91)

【絶対値和】

$$\sigma_{\phi x 1} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 8} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 1 2} \cdots (4.6.1.92)$$
  
$$\sigma_{x x 1} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 8} + \sigma_{x 1 1} + \sigma_{x 1 2}$$
  
.....(4.6.1.93)

第2評価点については

- ロ. 第2及び第3ラグのつけ根部
  - 第1評価点については

$$\sigma_{1 9} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi x 3} + \sigma_{x x 3} + \sqrt{\left(\sigma_{\phi x 3} - \sigma_{x x 3}\right)^{2} + 4 \cdot \left(\tau_{c 4} + \tau_{6}\right)^{2}} \right\}$$
(4. 6. 1. 97)

【絶対値和】  $\sigma_{\phi x 3} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 1 2} \cdots \cdots \cdots \cdots (4.6.1.98)$  $\sigma_{x x 3} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 9} + \sigma_{x 1 1} + \sigma_{x 1 2}$  第2評価点については

【絶対値和】

$\sigma_{110} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi x 4} + \sigma_{x x 4} + \sqrt{\left(\sigma_{\phi x 4} - \sigma_{x x 4}\right)^{2} + 4 \cdot \left(\tau_{\ell 1} + \tau_{\ell 5} + \tau_{6} + \tau_{\ell 6}\right)^{2}} \right\}$
$\sigma_{\phi x 4} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 1 0} + \sigma_{\phi 2} \cdots $
$\sigma_{x x 4} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 1 0} + \sigma_{x 1 1} \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (4.6.1.102)$

(a) 水平方向地震力(Z方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合の地震力のみに よる一次+二次応力の変動値

イ. 第1ラグのつけ根部第1評価点については

$$\sigma_{21} = \sigma_{2\phi z 1} + \sigma_{2xz 1} + \sqrt{\left(\sigma_{2\phi z 1} - \sigma_{2xz 1}\right)^{2}} \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (4. \ 6. \ 1. \ 104)$$

【絶対値和】

 $\sigma_{2 \phi z 1} = \sigma_{\phi 5} + \sigma_{2 \phi 5} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 1 2} + \sigma_{2 \phi 1 2} \cdots \cdots (4. \ 6. \ 1. \ 105)$  $\sigma_{2 x z 1} = \sigma_{x 4} + \sigma_{x 5} + \sigma_{2 x 5} + \sigma_{x 1 1} + \sigma_{x 1 2} + \sigma_{2 x 1 2}$  $\cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (4. \ 6. \ 1. \ 106)$ 

第2評価点については

$$\sigma_{22} = \sigma_{2\phi z 2} + \sigma_{2x z 2} + \sqrt{\left(\sigma_{2\phi z 2} - \sigma_{2x z 2}\right)^{2} + 4 \cdot \left(\tau_{\ell 2} + \tau_{\ell 6}\right)^{2}}$$
(4. 6. 1. 107)

【絶対値和】

σ	$_{2 \phi z 2} =$	σ <sub>φ2</sub>	• • • •	• • • •		••••	•••••	•••••	••••	• • • •	(4.6.1	. 108)
σ	$_{2 x z 2} =$	σ <sub>x4</sub>	+ σ	x 1 1	••••	••••		••••	• • • • •	••••	(4.6.1	.109)

ロ. 第2及び第4ラグのつけ根部

第1評価点については

【絶対値和】

$$\sigma_{2 \phi z 3} = \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 1 2} + \sigma_{2 \phi 1 2} \cdots (4. 6. 1. 111)$$
  
$$\sigma_{2 x z 3} = \sigma_{x 1 1} + \sigma_{x 1 2} + \sigma_{2 x 1 2} \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (4. 6. 1. 112)$$

第2評価点については

#### 【絶対値和】

ハ. 第3ラグのつけ根部第1評価点については

【絶対値和】

$$\sigma_{2 \phi z 5} = \sigma_{\phi 6} + \sigma_{2 \phi 6} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 1 2} + \sigma_{2 \phi 1 2} \cdots \cdots (4. 6. 1. 117)$$
  

$$\sigma_{2 x z 5} = \sigma_{x 4} + \sigma_{x 6} + \sigma_{2 x 6} + \sigma_{x 1 1} + \sigma_{x 1 2} + \sigma_{2 x 1 2} \cdots (4. 6. 1. 118)$$

第2評価点については

$$\sigma_{26} = \sigma_{2\phi z 6} + \sigma_{2x z 6} + \sqrt{\left(\sigma_{2\phi z 6} - \sigma_{2x z 6}\right)^{2} + 4 \cdot \left(\tau_{\ell 2} + \tau_{\ell 6}\right)^{2}}$$
(4. 6. 1. 119)

 

- (b) 水平方向地震力(X方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合の地震力のみに よる一次+二次応力の変動値
- イ. 第1及び第4ラグのつけ根部

第1評価点については

$$\sigma_{27} = \sigma_{2\phi x 1} + \sigma_{2x x 1} + \sqrt{\left(\sigma_{2\phi x 1} - \sigma_{2x x 1}\right)^{2} + 4 \cdot \left(\tau_{c4} + \tau_{6}\right)^{2}}$$
(4. 6. 1. 122)

【絶対値和】

$$\sigma_{2\phi x 1} = \sigma_{\phi 8} + \sigma_{2\phi 8} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 1 2} + \sigma_{2\phi 1 2} \cdots \cdots (4. 6. 1. 123)$$
  
$$\sigma_{2x x 1} = \sigma_{x 4} + \sigma_{x 8} + \sigma_{2x 8} + \sigma_{x 1 1} + \sigma_{x 1 2} + \sigma_{2x 1 2}$$
  
.....(4. 6. 1. 124)

第2評価点については

$$\sigma_{28} = \sigma_{2\phi x 2} + \sigma_{2x x 2} + \sqrt{\left(\sigma_{2\phi x 2} - \sigma_{2x x 2}\right)^{2} + 4 \cdot \left(\tau_{\ell 5} + \tau_{6} + \tau_{\ell 6}\right)^{2}}$$
(4. 6. 1. 125)

【絶対値和】

ロ. 第2及び第3ラグのつけ根部

第1評価点については

【絶対値和】

$$\sigma_{2 \phi x 3} = \sigma_{\phi 9} + \sigma_{2 \phi 9} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 1 2} + \sigma_{2 \phi 1 2} \cdots \cdots (4.6.1.129)$$
  

$$\sigma_{2 x x 3} = \sigma_{x 4} + \sigma_{x 9} + \sigma_{2 x 9} + \sigma_{x 1 1} + \sigma_{x 1 2} + \sigma_{2 x 1 2} \cdots (4.6.1.130)$$

第2評価点については

$$\sigma_{2 1 0} = \sigma_{2 \phi x 4} + \sigma_{2 x x 4} + \sqrt{\left(\sigma_{2 \phi x 4} - \sigma_{2 x x 4}\right)^{2} + 4 \cdot \left(\tau_{\ell 5} + \tau_{6} + \tau_{\ell 6}\right)^{2}}$$
(4. 6. 1. 131)

【絶対値和】

#### 4.6.2 ラグの応力

(1) 運転時質量による応力

(2) 鉛直方向地震力による応力

$$\sigma_{s 7} = \frac{M_{\ell V}}{Z_{s t}} \cdots (4.6.2.3)$$
  
$$\tau_{s 7} = \frac{R_{V}}{A_{s 1}} \cdots (4.6.2.4)$$

ここで, M<sub>ℓ</sub>v, R<sub>v</sub>は 4.6.1(5)項で得られたM<sub>ℓD</sub>, M<sub>ℓU</sub>, R<sub>D</sub>, R<sub>U</sub>を用いて次式 で求められる。

$$M_{\ell V} = \max (|M_{\ell D}|, |M_{\ell U}|) \cdots (4.6.2.5)$$
  
 $R_{V} = \max (|R_{D}|, |R_{U}|) \cdots (4.6.2.6)$ 

(3) 水平方向地震力(Z方向)による応力

第1ラグについて

$$\sigma_{s 2} = \frac{|\mathbf{M}_{1}|}{Z_{s t}} \cdots (4.6.2.7)$$
  
$$\tau_{s 2} = \frac{|\mathbf{R}_{1}|}{\mathbf{A}_{s 1}} \cdots (4.6.2.8)$$

第2及び第4ラグについて

$$\sigma_{s3} = \frac{|M_C|}{Z_{s\ell}} \cdots (4.6.2.9)$$

#### 第3 ラグについて

$$\sigma_{s 4} = \frac{|M_2|}{Z_{s t}} \cdots (4.6.2.11)$$
  
$$\tau_{s 4} = \frac{|R_1|}{A_{s 1}} \cdots (4.6.2.12)$$

(4) 水平方向地震力(X方向)による応力第1及び第4ラグについて

#### 第2及び第3ラグについて

(5) 組合せ応力

ラグの最大応力は次式で表される。 σ<sub>s</sub>=max (σ<sub>1s</sub>, σ<sub>2s</sub>, σ<sub>3s</sub>, σ<sub>4s</sub>, σ<sub>5s</sub>) ······· (4.6.2.17)

a. 水平方向地震力(Z方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合

#### 【絶対値和】

第1ラグについて

$$\sigma_{1 \text{ s}} = \sqrt{(\sigma_{\text{s}1} + \sigma_{\text{s}2} + \sigma_{\text{s}7})^2 + 3 \cdot (\tau_{\text{s}1} + \tau_{\text{s}2} + \tau_{\text{s}7})^2} \cdots (4.6.2.18)$$

第2及び第4ラグについて

$$\sigma_{2 s} = \sqrt{(\sigma_{s 1} + \sigma_{s 3} + \sigma_{s 7})^{2} + 3 \cdot (\tau_{s 1} + \tau_{s 3} + \tau_{s 7})^{2}} \cdots (4.6.2.19)$$

第3 ラグについて

$$\sigma_{3 s} = \sqrt{(\sigma_{s 1} + \sigma_{s 4} + \sigma_{s 7})^2 + 3 \cdot (\tau_{s 1} + \tau_{s 4} + \tau_{s 7})^2} \cdots (4.6.2.20)$$

b. 水平方向地震力(X方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合

【絶対値和】

第1及び第4ラグについて

$$\sigma_{4 s} = \sqrt{(\sigma_{s 1} + \sigma_{s 5} + \sigma_{s 7})^2 + 3 \cdot (\tau_{s 1} + \tau_{s 5} + \tau_{s 7})^2} \cdots (4.6.2.21)$$

第2及び第3ラグについて

$$\sigma_{5\ s} = \sqrt{(\sigma_{s\ 1} + \sigma_{s\ 6} + \sigma_{s\ 7})^2 + 3 \cdot (\tau_{s\ 1} + \tau_{s\ 6} + \tau_{s\ 7})^2} \cdots (4.\ 6.\ 2.\ 22)$$

4.6.3 取付ボルトの応力

ボルトの最大引張応力及び最大せん断応力は次式で表される。

 $\sigma_{b} = \max (\sigma_{b1}, \sigma_{b2}, \sigma_{b3}, \sigma_{b4}, \sigma_{b5}) \cdots (4.6.3.1)$  $\tau_{b} = \max (\tau_{b2}, \tau_{b4}, \tau_{b5}) \cdots (4.6.3.2)$ 

(1) 水平方向地震力(Z方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合

### 【絶対値和】

第1ラグについて

第2及び第4ラグについて

第3ラグについて  

$$\sigma_{b3} = \frac{|F_{21}| + F_{01} + F_{01V}}{n \cdot A_{b}}$$
 ..... (4.6.3.6)

- ここで、F<sub>01V</sub>は 4.6.1(5)項で得られたF<sub>01D</sub>, F<sub>01U</sub>を用いて次式で求める。 F<sub>01V</sub>=max (F<sub>01D</sub>, F<sub>01U</sub>) ······(4.6.3.7)
- (2) 水平方向地震力(X方向)及び鉛直方向地震力が作用した場合

### 【絶対値和】

第1及び第4ラグについて

$$\sigma_{b4} = \frac{|F_{11}|}{\sqrt{2} \cdot n \cdot A_{b}} + \frac{\max(|F_{31}|, |F_{32}|)}{\sqrt{2} \cdot A_{b}} + \frac{F_{01} + F_{01V}}{n \cdot A_{b}} \cdots (4.6.3.8)$$

$$|Q| \cdot (1 - \epsilon) \qquad (4.6.3.8)$$

第2及び第3ラグについて

$$\sigma_{b 5} = \frac{|F_{21}|}{\sqrt{2} \cdot n \cdot A_{b}} + \frac{\max(|F_{31}|, |F_{32}|)}{\sqrt{2} \cdot A_{b}} + \frac{F_{01} + F_{01V}}{n \cdot A_{b}} \cdots (4.6.3.10)$$

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重(胴, ラグ及び取付ボルト)及び荷重(地震荷重)は,本計 算書の【ドレンタンクの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

- 4.8 応力の評価
- 4.8.1 胴の応力評価

4.6.1(9)項で求めた組合せ応力が胴の最高使用温度における許容応力Sa以下であること。ただし、Saは4.2.2項表4-2による。

4.8.2 ラグの応力評価

4.6.2(5)項で求めた組合せ応力が許容引張応力  $f_t$ 以下であること。ただし、 $f_t$ は下表による。



4.8.3 取付ボルトの応力評価

4.6.3 項で求めたボルトの引張応力 $\sigma_b$ は次式より求めた許容引張応力 $f_{t_s}$ 以下であること。ただし、 $f_{t_0}$ は下表による。

$$f_{ts} = \min (1.4 \cdot f_{t0} - 1.6 \cdot \tau_{b}, f_{t0}) \cdots \cdots \cdots (4.8.3.1)$$

せん断応力  $\tau_{b}$ はせん断力のみを受ける取付ボルトの許容せん断応力  $f_{sb}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb}$ は下表による。

	基準地震動 Ssによる荷
	重との組合せの場合
許容引張応力	F*.15
$f_{ m t}$ o	
許容せん断応力	F*
$f_{ m s}$ b	$\frac{1}{1.5 \cdot \sqrt{3}}$ 1.3

- 5. 評価結果
- 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

ドレンタンクの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示 す。発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を 有していることを確認した。

- (1) 構造強度評価結果構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。
- 6. 参考文献
- Bijlaard, P.P.: Stresses from Radial Loads and External Moments in Cylindrical Pressure Vessels, The Welding Journal, 34(12), Research Supplement, 1955.
- (2) Wichman, K.R. et al.: Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings, Welding Research Council bulletin, March 1979 revision of WRC bulletin 107 / August 1965.

# 【ドレンタンクの耐震性についての計算結果】 1. 重大事故等対処設備

	<u>米門 たぶ</u>		1) No.	据付場所及び	床面高さ	固有周期	朝(s)	弾性設計用 又は静	地震動Sd 的震度	基準地)	震動Ss	最高使用	最高使用	周囲環境
ł	<b>赞奋</b> 名 称	設備	i分類	(m)		水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	圧刀 (MPa)	温度 (℃)	温度 (℃)
וא	<i>、</i> ンタンク	常設耐況 常設ノ	₹/防止 /緩和	フィルタベン T. M. S. L. (T. M. S. L.	ト遮蔽壁 12.0 26.3 <sup>*</sup> )			_	_	$C_{H} = 4.58$	$C_{V} = 1.76$	0.25	200	_
1.2 機器	要目		注言 	こ*: 基準床 レ	<b>-ベルを示す。</b> 									
m <sub>0</sub> (kg)	m 1 (kg)	m <sub>2</sub> (kg)	D <sub>i</sub> (mm)	t (mm)	E (MPa)	Е <sub>ь</sub> (MPa)	G (MPa)	H 1 (mm)	H 2 (mm)	С <sub>1</sub> (mm)	C 2 (mm)	e (mm)	К <sub>с</sub> (—)	К <sub>е</sub> (—)
			1612	12. 0 (10. 8) <sup>*1</sup>	183000 <sup>*2</sup>	192000 <sup>*2</sup>	*2 70400	630	430	350	350	300	7430	1090
ε	A <sub>s1</sub>	A <sub>s2</sub>	Z <sub>sp</sub>	Z <sub>s</sub> ę	Z <sub>st</sub>	ke	k <sub>c</sub>	C <sub>\$1</sub>	C <sub>\$2</sub>	C c 1	C <sub>c2</sub>		-	
()	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>3</sup> )	(mm <sup>3</sup> )	(mm <sup>3</sup> )	()	()	()	()	()	()	a		-=+
0	3. $120 \times 10^4$	3. $120 \times 10^4$	2.080 $\times 10^5$	5.818 $\times$ 10 <sup>6</sup>	2. 471×10 <sup>6</sup>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			$\land$
		L		4	т	4	Δ.	Δ.	т	7		c		
n (—)	a (mm)	(mm)	c (mm)	(mm)	стр (mm)	(mm)	$(\text{mm}^2)$	$(\text{mm}^2)$	(mm)					
2	208	123	40	300	32	36 (M36)	$1.018 \times 10^{3}$	817	4466	]		_t	Di	_= → □
S y	S u	S	S y	Su	F*	S y	Su	F*	]				-	
(順极) (MPa)	(順板) (MPa)	(順极) (MPa)	(フク) (MPa)	(ラク) (MPa)	(ラク) (MPa)	(ボルト) (MPa)	(ボルト) (MPa)	(ボルト) (MPa)						
*2 120	<b>407 *</b> 2		*2 1 <b>44</b>	<b>402</b>	194	569 <sup>★2</sup> (63mm<径≤100mm)	708 <sup>*2</sup> (63mm<径≤100mm)	495						
					1		1	注記 *1 : ( *2 · 是	) 内は最小馬 三 庙田沮 庶 7	〔さ ◎管山		C		
m <sub>2 1</sub> (kg)	m <sub>2 2</sub> (kg)	m <sub>2 3</sub> (kg)	m <sub>2 4</sub> (kg)	m <sub>2 5</sub> (kg)	m <sub>2 6</sub> (kg)	m <sub>2 V</sub> (kg)		<i>~2.</i> д	间区用础及、	. <del>У</del> Ц			e#= e	
												_		\₽
						]	-					- + +	[	
H <sub>21</sub> (mm)	H <sub>22</sub> (mm)	H <sub>23</sub> (mm)	H <sub>24</sub> (mm)	H <sub>25</sub> (mm)	H <sub>2</sub> v (mm)								A A A A A A A A A A A A A A A A A A A	
840	840	540	540	430	1850	]							/	

#### 1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力(弾性設計用地震動Sd又は静的震度)

(単位:MPa)

	静水頭又は内圧	静水頭又は内圧	運転時質量による応力 水平方向地震による応力		鉛直方向地震による応力	組合せ一次
)心 /J	による応力	(鉛直方向地震時)	自重による応力	転倒モーメントによる応力	鉛直方向荷重による応力	一般膜応力
周方向	—	—	—	—	—	
軸方向	—	—	—	—	—	—
せん断	—	_	—	—	—	

(2) 一次一般膜応力(基準地震動Ss)

(単位:MPa)

ct to	静水頭又は内圧	静水頭又は内圧	運転時質量による応力	水平方向地震による応力	鉛直方向地震による応力	組合せ一次
	による応力	(鉛直方向地震時)	自重による応力	転倒モーメントによる応力	鉛直方向荷重による応力	一般膜応力
周方向	$\sigma_{\phi 1} = 17$	$\sigma_{\phi 2} = 6$	—	—	—	
軸方向	$\sigma_{x 1} = 9$	—	$\sigma_{x^2} = 3$	$\sigma_{x4} = 4$	$\sigma_{x 11} = 4$	$\sigma_0 = 23$
せん断	_		_	_	_	

(単位:MPa)

(3) 一次応力(弾性設計用地震動Sd又は静的震度)

地	地						運転時質量	による応力	;	水平方向地震による応力	J	鉛直方向地		
震の種類	震の方向	Ť	平価点	応力	静水頭又は内圧 による応力	静水頭又は内圧 による応力 (鉛直方向地震時)	自重による応力	曲げモーメント による応力	転倒モーメント による応力	鉛直方向モーメント による応力	周方向モーメント による応力	鉛直方向荷重 による応力	鉛直方向モーメント による応力	組合せ 一次応力
			第	周方向	—	—	_	_	—	—	—	_	—	
		heter	評	軸方向	—	—	_	_	—	—	—	_	—	—
		弗 1 ラ	点	せん断	—	—	-	_		_		-	_	
		フグ	第	周方向	—	—	_	_	—	—	_	_	—	
弾性設計		꿵	評任	軸方向	—	—			—	_	_		_	—
			点	せん断	—	—	-	_		_		-		
	7	樹	第	周方向	—	—			_	—			_	
用	方向	弗 2 亚	評	軸方向	—	_			_	—			_	—
悪	及び	及び	恤 点	せん断	_	_	-	_		_		-	_	
Sd V	鉛	分 4 万	第	周方向	_	_			_	—			_	
した	声	ノグ	評任	軸方向	—	—	—	_	—	—	—	—	—	—
前	[11]	꿵	100 点	せん断	—	—	-	_		—		-	_	
度			第	周方向	—	—	—	_	—	—	—	—	—	
		605 C	評	軸方向	—	—	_	_	—	—	—	_	—	—
		- 第二 3 二	100 点	せん断	—	—	-	_		—		-		
		ブ加	第	周方向	_	_	_		_	_	_	_	_	
		谀	評価	軸方向	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
			" 点	せん断	_	_	-	_		_		-		

														(単位:MPa)
地雷	地雷					梅水頭又は肉耳	運転時質量	による応力		水平方向地震による応力	1	鉛直方向地	震による応力	
辰 の 種 類	晨の方向	評	価点	応力	静水頭又は内圧 による応力	能よる応力 (鉛直方向地震時)	自重による応力	曲げモーメント による応力	転倒モーメント による応力	鉛直方向モーメント による応力	周方向モーメント による応力	鉛直方向荷重 による応力	鉛直方向モーメント による応力	組合せ 一次応力
		heter	第	周方向	—	—	—	—	—	—	-	—	_	
		弗 1 亚	評	軸方向	—	—	—	—	—	—	_	—	—	_
弾		び	仙点	せん断	—	—	-	-		_		•	-	
性設計用	v	弗 4 ラ	第	周方向	—	—	—	_	—	_	-	—	—	
	方向	ブ	評価	軸方向	—	—	—	_	—	_	_	—	—	—
震動	及び	נאטי	点	せん断	—	—	-	_		—		-	_	
Sd V	鉛直	笛	第	周方向	—	—	—	_	—	_	_	—	—	
した	声	2	評	軸方向	—	—	—	—	—	_	_	—	_	_
前	[4]	び	仙点	せん断	—	—	-	_		—			_	
震度		弗 3 三	第	周方向	—	—	—	_	—	_	_	—	—	
		グ	評価	軸方向	—	_	_	_	_	—	_	_	_	_
		"則	"Ш 点	せん断	_	_	-	_		_			_	

(4) 一次応力(基準地震動Ss)

(単位:MPa)

地	地						運転時質量	はによる応力	;	水平方向地震による応り	þ	鉛直方向地	震による応力		
震 の 種 類	震の方向	Ť	平価点	応力	静水頭又は内圧 による応力	静水頭又は内圧 による応力 (鉛直方向地震時)	自重による応力	曲げモーメント による応力	転倒モーメント による応力	鉛直方向モーメント による応力	周方向モーメント による応力	鉛直方向荷重 による応力	鉛直方向モーメント による応力	組合せ 一次応力	
			第	周方向	$\sigma_{\phi 1} = 17$	$\sigma_{\phi 2} = 6$	_	σ φ з = 1	—	σ φ 5 = 1	_	—	σ φ 12= 2		
		Artic .	評	軸方向	σ <sub>x1</sub> = 9	—	σ <sub>x 2</sub> = 3	σ <sub>x 3</sub> = 1	$\sigma_{x 4} = 4$	$\sigma_{x 5} = 1$	—	σ <sub>x 11</sub> = 4	$\sigma_{x_{12}} = 1$	σ 11= 26	
		- 第 1 三	血点	せん断	_	—	-			—		-	—		
		ノグ	第	周方向	σ <sub>φ1</sub> = 17	$\sigma_{\phi^2} = 6$	—	—	—	—	—	—	—		
		199	評価	軸方向	σ <sub>x1</sub> = 9	_	σ <sub>x 2</sub> = 3	—	$\sigma_{x 4} = 4$	—	—	σ x 11= 4	—	σ <sub>12</sub> = 28	
			山点	せん断	—	_	τι=	2		$\tau_{12} = 2$		τι6=	4		
	7	笛	第	周方向	σ <sub>φ1</sub> = 17	$\sigma_{\phi 2} = 6$	_	σ <sub>φ3</sub> = 1	—	—	—	—	σ <sub>φ12</sub> = 2		
基	方向	2	評価	軸方向	σ <sub>x1</sub> = 9	_	σ <sub>x 2</sub> = 3	σ <sub>x 3</sub> = 1	—	_	_	σ <sub>x 11</sub> = 4	$\sigma_{x_{12}} = 1$	$\sigma_{13} = 30$	
準地	四 及 78	び第	価点	点	せん断	_	_	-	_	τ з=	1 τ <sub>с1</sub> =	8	-	_	
震動	鉛	4	第 2	周方向	$\sigma_{\phi^{-1}} = -17$	$\sigma_{\phi^2} = 6$	_	—	—	—	σ <sub>φ 7</sub> = 7	_	—		
Ss	方向	グ側	評価	軸方向	$\sigma_{x^{-1}} = 9$	_	$\sigma_{x^2} = 3$	_	_	—	σ <sub>x 7</sub> = 19	σ <sub>x 11</sub> = 4	—	σ <sub>14</sub> = 38	
	[1]	DPG	点	せん断	_	_	τι=	2		$\tau_{3} = 1$		τι6=	4		
			第 1	周方向	$\sigma_{\phi^{-1}} = -17$	$\sigma_{\phi^2} = 6$	_	σ <sub>φ3</sub> = 1	—	$\sigma_{\phi 6} = 1$	_	_	σ <sub>φ12</sub> = 2		
		笛	評価	軸方向	σ <sub>x1</sub> = 9	—	$\sigma_{x_2} = 3$	σ <sub>x 3</sub> = 1	σ <sub>x4</sub> = 4	$\sigma_{x_{6}} = 1$	—	σ <sub>x 11</sub> = 4	σ <sub>x 12</sub> = 1	σ 15= 26	
		3 5	点	せん断	_	_	-	_		_		-	_		
		グ側	第 2	周方向	$\sigma_{\phi^{-1}} = -17$	$\sigma_{\phi^2} = 6$	_	_	_	_	_	_	_		
		001	評価	軸方向	σ <sub>x1</sub> = 9	_	σ <sub>x 2</sub> = 3	—	σ <sub>x 4</sub> = 4	—	—	σ <sub>x</sub> 11= 4	—	σ <sub>16</sub> = 28	
			点	せん断	—	—	τι=	2		$\tau_{12} = 2$		τι6=	4		

														(平位・加石)
地震の種類	地震の方向					終ま商立は中国	運転時質量による応力		水平方向地震による応力			鉛直方向地震による応力		
		評価点		応力	静水頭又は内圧 による応力	<ul> <li>一部小頭又は内庄</li> <li>による応力</li> <li>(鉛直方向地震時)</li> </ul>	自重による応力	曲げモーメント による応力	転倒モーメント による応力	鉛直方向モーメント による応力	周方向モーメント による応力	鉛直方向荷重 による応力	鉛直方向モーメント による応力	組合せ 一次応力
基準地震動Ss	X方向及び	第1及び第4ラグ側第2及び第3ラグ側	第 1 評価点	周方向	σ <sub>φ1</sub> = 17	$\sigma_{\phi 2} = 6$	—	σ φ з = 1	—	$\sigma_{\phi 8} = 1$	—	—	σ φ 12= 2	σ 17= 30
				軸方向	σ <sub>x1</sub> = 9	—	σ <sub>x 2</sub> = 3	σ <sub>x 3</sub> = 1	$\sigma_{x 4} = 4$	$\sigma_{x 8} = 1$	—	σ <sub>x 11</sub> = 4	σ <sub>x 12</sub> = 1	
				せん断	—	—	-	_	τ <sub>с4</sub> =	6 τ <sub>6</sub> =	1	-	_	
			第 2 評価点	周方向	σ <sub>φ1</sub> = 17	$\sigma_{\phi^2} = 6$	—	_	—	—	$\sigma_{\phi 10} = 5$	—	—	σ <sub>18</sub> = 37
				軸方向	$\sigma_{x_1} = 9$	—	σ <sub>x 2</sub> = 3	—	$\sigma_{x 4} = 4$	—	σ <sub>x 10</sub> = 14	σ <sub>x 11</sub> = 4	—	
				せん断	—	—	$\tau_{+1} = 2$		$\tau_{15} = 1$ $\tau_{6} = 1$			$\tau$   6 = 4		
	鉛		第 1 評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1} = 17$	$\sigma_{\phi^2} = 6$	—	$\sigma_{\phi^{3}} = 1$	—	$\sigma_{\phi 9} = 1$	—	—	σ <sub>φ 12</sub> = 2	σ <sub>19</sub> = 30
	声			軸方向	σ <sub>x1</sub> = 9	—	σ <sub>x 2</sub> = 3	σ <sub>x 3</sub> = 1	$\sigma_{x 4} = 4$	$\sigma_{x^{9}} = 1$	—	σ <sub>x 11</sub> = 4	$\sigma_{x^{12}} = 1$	
	[11]			せん断	—	—	-		τ <sub>c4</sub> = 6 τ <sub>6</sub> = 1			_		
			第 2 評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1} = 17$	$\sigma_{\phi_2} = 6$	—	—	—	—	σ <sub>φ10</sub> = 5	—	—	σ <sub>110</sub> = 37
				軸方向	σ <sub>x1</sub> = 9	_	σ <sub>x 2</sub> = 3	_	σ <sub>x4</sub> = 4	_	σ <sub>x 10</sub> = 14	σ <sub>x 11</sub> = 4	_	
				せん断	_	_	τι=	2	τι 5=	1 τ 6=	1	τι6=	4	

(単位:MPa)
(5) 地震動のみによる一次+二次応力(弾性設計用地震動Sd又は静的震度)

										(単位:MPa)		
地震の	地震の		評	с <b>т</b>	鉛道	(方向地震による応力		水平方向地震による	态力	組合せ一次		
種類	方向		点	ML 7J	自重による応力	曲げモーメントによる応力	転倒モーメント による応力	鉛直方向モーメントによる応力	周方向モーメントによる応力	←(変動値)		
			第	周方向	_	—	-	—	—			
			1 評	軸方向	_	—	-	—	_	_		
		第 1	新 点 新 第 一	せん断		-		_				
		ラグ		周方向	-	—	-	—	—			
		側	側	則 2 評	軸方向	_	-	-	—	_	_	
			価点	せん断	1	_		_				
	_	第2及び第4	第	周方向	-	—	-	—	—			
	Z 方		1 評	軸方向	-	—	-	—	—	—		
弾性	同及		及び	及び第	恤点	せん断		-		_		
	い鉛		第	周方向	-	_	-	_	_			
	直 方 立	フグ	2 評	軸方向	_	_	-	-	_	—		
	[1]	1則	価点	せん断		-		-				
1任 設			第	周方向	_	-	_	-	-			
用		hete:	評	軸方向	—	—	-	-	-	—		
震動		弗 3 5	価点	せん断		_		_				
Sd V		ノグ 側	ソーグ側	ソーグ側	第	周方向	_	—	_	_	_	
くは					側	評価	軸方向	-	—	-	—	_
的雪			点	せん断		_		_				
度		绺	第 1	周方向	-	—	-	—	_			
		第5 1 及	評価	軸方向	-	—	-	—	—	_		
		び 笠	点	せん断		_		-				
	v	4	第 2	周方向	_	—	—	—	—			
	方向	グ側	評価	軸方向	—	—	—	-	—	—		
	及び	100	点	せん断		-						
	鉛	笛	第 1	周方向	-	_	-	-	_			
	方向	2 及	評価	軸方向	—	—	—	-	—	—		
	100	び 第	点	せん断		-	ļ	-				
		3	第 2	周方向	-	_	-	-	_			
		· グ 側	評価	軸方向	-	_	-	—	—	-		
		側	側	側	点	せん断		_		—		

#### (6) 地震動のみによる一次+二次応力(基準地震動Ss)

(畄)	14	MD =	
(里)	11/	MPa)	

地 震 の	地震の	評価		<b>c</b> +	鉛	直方向地震による応力		水平方向地震による	応力	<ul> <li>組合せ一次</li> <li>+二次応力</li> <li>(変動値)</li> </ul>		
の種類	方向		「」	点	心刀	自重による応力	曲げモーメントによる応力	転倒モーメント による応力	鉛直方向モーメントによる応力	周方向モーメントによる応力	+ 二次応力 (変動値)	
			第	周方向	_	$\sigma_{\phi 12} = 2  \sigma_{2\phi 12} = 2$	_	$\sigma_{\phi 5} = 1$ $\sigma_{2\phi 5} = 1$	_			
		late:	評	軸方向	$\sigma_{x 11} = 4$	$\sigma_{x 12} = 1 \sigma_{2x 12} = 3$	$\sigma_{x4} = 4$	$\sigma_{x\ 5} = \ 1 \qquad \sigma_{2x\ 5} = \ 1$	_	σ <sub>21</sub> = 25		
		弗 1 二	価点	せん断		_		-				
		フグ	第	周方向	_	_	_	_	_			
		1則	2 評	軸方向	σ <sub>x11</sub> = 4	—	$\sigma_{x 4} = 4$	—	_	σ <sub>22</sub> = 24		
			価点	せん断		τι 6 = 4		$\tau_{1^{2}} = 2$	·			
		lete.	第	周方向	_	$\sigma_{\phi 12} = 2 \qquad \sigma_{2\phi 12} = 2$	—	_	_			
	Z 方	第 2	1 評	軸方向	$\sigma_{x11} = 4$	$\sigma_{x 12} = 1  \sigma_{2 x 12} = 3$	—	—	_	$\sigma_{23} = 33$		
	反	及び	恤	せん断		_	τ 3=	1 τ <sub>c1</sub> =	8			
	い	第 4 ラ グ	第	周方向	_	_	—	—	$\sigma_{\phi 7} = 7$ $\sigma_{2\phi 7} = 72$			
	直方		2 評	軸方向	σ <sub>x11</sub> = 4	_	_	—	$\sigma_{x 7} = 19 \qquad \sigma_{2x7} = 31$	$\sigma_{24} = -168$		
	[□]	1則	恤	せん断		τ <sub>16</sub> = 4		$\tau_{-6} = -1$				
			第	周方向	_	$\sigma_{\phi 12} = 2 \qquad \sigma_{2\phi 12} = 2$	—	$\sigma_{\phi 6} = 1$ $\sigma_{2\phi 6} = 1$	_			
基		later.	1 評	軸方向	$\sigma_{x11} = 4$	$\sigma_{x 12} = 1  \sigma_{2 x 12} = 3$	$\sigma_{x 4} = 4$	$\sigma_{x 6} = 1$ $\sigma_{2 x 6} = 1$	_	σ <sub>25</sub> = 25		
進地		第 3 -	恤点	せん断		_		_	•			
震動		フグ	第	周方向	_	_	-	—	-			
Ss		1則 1 1	側	側	2 評	軸方向	$\sigma_{x11} = 4$	_	$\sigma_{x 4} = 4$	—	—	σ <sub>26</sub> = 24
					恤	せん断		τι 6 = 4		τι2= 2	<u>.</u>	
		hte	第	周方向	_	$\sigma_{\phi 12} = 2 \qquad \sigma_{2\phi 12} = 2$	_	$\sigma_{\phi 8} = 1$ $\sigma_{2\phi 8} = 1$	_			
		弗 1 7	評	軸方向	σ <sub>x11</sub> = 4	$\sigma_{x 12} = 1  \sigma_{2 x 12} = 3$	$\sigma_{x 4} = 4$	$\sigma_{x8} = 1$ $\sigma_{2x8} = 1$	_	σ <sub>27</sub> = 34		
		及び	恤	せん断		_	τ <sub>с4</sub> =	6 τ <sub>6</sub> =	1			
	v	第 4 三	第。	周方向	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 10} = 5$ $\sigma_{2\phi 10} = 51$			
	方向	グ	評	軸方向	$\sigma_{x 11} = 4$	_	$\sigma_{x 4} = 4$	_	$\sigma_{x 10} = 14 \qquad \sigma_{2x 10} = 22$	$\sigma_{28} = 124$		
	及び	199	山点	せん断		$\tau_{16} = 4$	τι 5=	1 τ <sub>6</sub> =	1			
	鉛	545	第 -	周方向	—	$\sigma_{\phi 12} = 2 \sigma_{2\phi 12} = 2$	—	$\sigma_{\phi 9} = 1 \qquad \sigma_{2\phi 9} = 1$	_			
	声	弗 2 五	評	軸方向	$\sigma_{x11} = 4$	$\sigma_{x 12} = 1  \sigma_{2 x 12} = 3$	$\sigma_{x4} = 4$	$\sigma_{x 9} = 1  \sigma_{2 x 9} = 1$	_	$\sigma_{29} = 34$		
	[11]	び労	山点	せん断		_	$\tau$ c 4 =	6 τ <sub>6</sub> =	1			
		第 3 二	第	周方向	_	_	_	_	$\sigma_{\phi 10} = 5 \qquad \sigma_{2\phi 10} = 51$			
		ラグ	ラグ	⊿ 評	軸方向	$\sigma_{x 11} = 4$	—	$\sigma_{x4} = 4$	_	$\sigma_{x 10} = 14 \qquad \sigma_{2x 10} = 22$	σ <sub>210</sub> = 124	
		199	画点	せん断		τι6= 4	τι 5=	1 τ 6=	1			

#### 1.3.2 ラグに生じる応力

(単位:MPa)

地震力の孫綱	地震力の方向		運転時質量による応力		水平方向地震による応力		鉛直方向地震による応力		如人让亡士
地長刀叼種類			曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	粗合セルリ
		第1ラグ側		—	_	_	_	—	—
弾性設計用	Z 方向及び 鉛直方向	第2及び第4ラグ側	_	—	—	_	_	_	—
地震動Sd 又は	100000	第3ラグ側	_	—	—	_	_	_	—
静的震度	X 方向及び	第1及び第4ラグ側	—	—	—	—	—	—	—
	鉛直方向	第2及び第3ラグ側		_	_	_		_	_

(単位	:	MPa)

地震士の経緯			運転時質量による応力		水平方向地震による応力		鉛直方向地震による応力		组合社内力
地展力の種類	地震力の方向		曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	
	フナウルバ	第1ラグ側	$\sigma_{s_1} = 1$	$\tau_{s1} = 2$	$\sigma_{s^2} = 1$	$\tau_{s 2} = 1$	σ <sub>s7</sub> = 1	τ s 7 = 2	$\sigma_{1 s} = 7$
# 34 10 7 51	と 方向及び 鉛直方向	第2及び第4ラグ側	$\sigma_{s_1} = 1$	τ <sub>s1</sub> = 2	σ <sub>s3</sub> = 2	$\tau_{s 3} = 29$	σ <sub>s7</sub> = 1	τ <sub>s7</sub> = 2	$\sigma_{2 s} = 55$
基準地震動 S s		第3ラグ側	$\sigma_{s_1} = 1$	τ <sub>s1</sub> = 2	σ <sub>s4</sub> = 1	$\tau_{s 4} = 1$	σ <sub>s7</sub> = 1	τ <sub>s7</sub> = 2	$\sigma_{3 s} = 7$
	X方向及び	第1及び第4ラグ側	$\sigma_{s_1} = 1$	τ <sub>s1</sub> = 2	$\sigma_{s}_{5} = 2$	$\tau_{s 5} = 21$	σ <sub>s7</sub> = 1	τ <sub>s7</sub> = 2	$\sigma_{4 s} = 42$
	鉛直方向	第2及び第3ラグ側	$\sigma_{s_1} = 1$	$\tau_{s_1} = 2$	$\sigma_{s 6} = 2$	$\tau_{s 6} = 21$	σ <sub>s7</sub> = 1	τ s 7 = 2	σ <sub>5 s</sub> = 42

#### 1.3.3 取付ボルトに生じる応力

				(単位:MPa)
地震力の種類	地震力の方向		引張応力	せん断応力
		第1ラグ側	_	—
弾性設計用	Z 方向及ひ 鉛直方向	第2及び第4ラグ側	_	—
地震動Sd 又は		第3ラグ側	_	—
静的震度	X方向及び	第1及び第4ラグ側	_	—
	鉛直方向	第2及び第3ラグ側	—	—

				(単位:MPa)
地震力の種類	地震力の方向		引張応力	せん断応力
		第1ラグ側	σ <sub>b1</sub> = 47	_
# W. 14 77 71	2 万同及び 鉛直方向	第2及び第4ラグ側	$\sigma_{\rm b_2} = 39$	τь₂= 62
基準地震動 S s		第3ラグ側	σьз= 35	_
	X方向及び	第1及び第4ラグ側	σ <sub>b4</sub> = 49	τь4= 44
	鉛直方向	第2及び第3ラグ側	σь = 41	τь = 44

(単位:MPa)

1.4 結論

1.4.1 固有周期

		(単	位:s)
K	卓越	固有周期	
4 – F	方向		
1次	水平	$T_{H1} =$	
2次	水平	$T_{H2} =$	
1次	鉛直	$T_v =$	

89

(単位:MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動 S s		
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
		一次一般膜	—	—	$\sigma_{0} = 23$	$S_{a} = 244$	
胴板	SUS316L	SUS316L	一次	_	_	$\sigma_{1} = 38$	$S_{a} = 366$
			一次+二次	—	—	$\sigma_{2} = 168$	$S_{a} = 240$
ラグ	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_{\rm s} = 55$	$f_{\rm t} = 194$	
あけギルト	CND7	引張			$\sigma_{\rm b} = 49$	$f_{t s} = 371 *$	
取り小ルト	SIND	せん断	_	_	$\tau$ b = 62	$f_{\rm s \ b} = 286$	

すべて許容応力以下である。

注記\*:f<sub>t s</sub>=Min[1.4・f<sub>t o</sub>-1.6・ τ b, f<sub>t o</sub>]

## 1.5 その他の機器要目

(1) 節点データ

岱上平日	節点座標(mm)					
即尽笛万	Х	у	Z			
1	0.0	660.0	0.0			
2	0.0	869.2	0.0			
3	0.0	1090.0	0.0			
4	0.0	1266.3	0.0			
5	0.0	1445.7	0.0			
6	0.0	1630.0	0.0			
7	0.0	1804.3	0.0			
8	0.0	1983.7	0.0			
9	0.0	2170.0	0.0			
10	0.0	2373.9	0.0			
11	0.0	2584.8	0.0			
12	0.0	2795.6	0.0			
13	0.0	3010.0	0.0			
14	0.0	3217.4	0.0			
15	0.0	3428.3	0.0			
16	0.0	3639.1	0.0			
17	0.0	3850.0	0.0			
18	0.0	4005.4	0.0			
19	0.0	4160.7	0.0			
20	0.0	4316.0	0.0			
21	0.0	4480.0	0.0			
22	0.0	3850.0	-100.0			
23	100.0	3850.0	0.0			
24	-957.0	1087.0	-957.0			
25	-957.0	1087.0	-765.6			
26	-957.0	1087.0	-574.2			
27	-957.0	1087.0	-382.8			
28	-957.0	1087.0	-191.4			
29	-957.0	1087.0	0.0			
30	-957.0	1087.0	191.4			

岱占天旦		節点座標(mm)	
即尽备方	Х	у	Z
31	-957.0	1087.0	382.8
32	-957.0	1087.0	574.2
33	-957.0	1087.0	765.6
34	-957.0	1087.0	957.0
35	-765.6	1087.0	957.0
36	-574.2	1087.0	957.0
37	-382.8	1087.0	957.0
38	-191.4	1087.0	957.0
39	0.0	1087.0	957.0
40	185.7	1087.0	957.0
41	371.3	1087.0	957.0
42	557.0	1087.0	957.0
43	690.3	1087.0	823.7
44	823.7	1087.0	690.3
45	957.0	1087.0	557.0
46	957.0	1087.0	371.3
47	957.0	1087.0	185.7
48	957.0	1087.0	0.0
49	957.0	1087.0	-191.4
50	957.0	1087.0	-382.8
51	957.0	1087.0	-574.2
52	957.0	1087.0	-765.6
53	957.0	1087.0	-957.0
54	765.6	1087.0	-957.0
55	574.2	1087.0	-957.0
56	382.8	1087.0	-957.0
57	191.4	1087.0	-957.0
58	0.0	1087.0	-957.0
59	-191.4	1087.0	-957.0
60	-382.8	1087.0	-957.0
61	-574. 2	1087. 0	-957.0
62	-765.6	1087.0	-957.0

岱上平日	節点座標(mm)					
即尽备方	Х	у	Z			
63	-957.0	2163.0	-957.0			
64	-957.0	2163.0	-765.6			
65	-957.0	2163.0	-574.2			
66	-957.0	2163.0	-382.8			
67	-957.0	2163.0	-191.4			
68	-957.0	2163.0	0.0			
69	-957.0	2163.0	191.4			
70	-957.0	2163.0	382.8			
71	-957.0	2163.0	574.2			
72	-957.0	2163.0	765.6			
73	-957.0	2163.0	957.0			
74	-765.6	2163.0	957.0			
75	-574.2	2163.0	957.0			
76	-382.8	2163.0	957.0			
77	-191.4	2163.0	957.0			
78	0.0	2163.0	957.0			
79	185.7	2163.0	957.0			
80	371.3	2163.0	957.0			
81	557.0	2163.0	957.0			
82	690.3	2163.0	823.7			
83	823.7	2163.0	690.3			
84	957.0	2163.0	557.0			
85	957.0	2163.0	371.3			
86	957.0	2163.0	185.7			
87	957.0	2163.0	0.0			
88	957.0	2163.0	-191.4			
89	957.0	2163.0	-382.8			
90	957.0	2163.0	-574.2			
91	957.0	2163.0	-765.6			
92	957.0	2163. 0	-957.0			
93	765. 6	2163. 0	-957.0			
94	574.2	2163.0	-957.0			

然占来已	節点座標(mm)					
即尽备方	Х	У	Z			
95	382.8	2163.0	-957.0			
96	191.4	2163.0	-957.0			
97	0.0	2163.0	-957.0			
98	-191.4	2163.0	-957.0			
99	-382.8	2163.0	-957.0			
100	-574.2	2163.0	-957.0			
101	-765.6	2163.0	-957.0			

版面娃姓釆县			杜光	版五建	断面二次	断面二次
何面行庄备 5	要素両端0	D節点番号	水中	$(mm^2)$	モーメント	極モーメント
(安米留方)			面力		$(mm^4)$	$(mm^4)$
1	1	2	1	61223	2.02×10 <sup>10</sup>	4. $04 \times 10^{10}$
2	2	3	1	61223	2. $02 \times 10^{10}$	4. $04 \times 10^{10}$
3	3	4	1	61223	2. $02 \times 10^{10}$	4. $04 \times 10^{10}$
4	4	5	1	61223	2. $02 \times 10^{10}$	4.04 × 10 <sup>10</sup>
5	5	6	1	61223	2. $02 \times 10^{10}$	4.04 × 10 <sup>10</sup>
6	6	7	1	61223	2. $02 \times 10^{10}$	4.04 × 10 <sup>10</sup>
7	7	8	1	61223	2. $02 \times 10^{10}$	4.04 × 10 <sup>10</sup>
8	8	9	1	61223	2. $02 \times 10^{10}$	4.04 × 10 <sup>10</sup>
9	9	10	1	61223	2. $02 \times 10^{10}$	4.04 × 10 <sup>10</sup>
10	10	11	1	61223	2. $02 \times 10^{10}$	4.04 × 10 <sup>10</sup>
11	11	12	1	61223	2. $02 \times 10^{10}$	4.04 × 10 <sup>10</sup>
12	12	13	1	61223	2. $02 \times 10^{10}$	4. $04 \times 10^{10}$
13	13	14	1	61223	2. $02 \times 10^{10}$	4. $04 \times 10^{10}$
14	14	15	1	61223	2. $02 \times 10^{10}$	4. $04 \times 10^{10}$
15	15	16	1	61223	2. $02 \times 10^{10}$	4. $04 \times 10^{10}$
16	16	17	1	61223	2. $02 \times 10^{10}$	4. $04 \times 10^{10}$
17	17	18	1	61223	2. $02 \times 10^{10}$	4.04 × 10 <sup>10</sup>
18	18	19	1	61223	2. $02 \times 10^{10}$	4. $04 \times 10^{10}$
19	19	20	1	61223	2. $02 \times 10^{10}$	4.04×10 <sup>10</sup>
20	20	21	1	61223	2. $02 \times 10^{10}$	4.04 × 10 <sup>10</sup>
21	39	40	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
22	40	41	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
23	41	42	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
24	45	44	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
25	44	43	2	8653	4. $98 \times 10^{7}$	9. 96 × 10 <sup>7</sup>
26	43	42	2	8653	4. $98 \times 10^{7}$	9. 96 × 10 <sup>7</sup>
27	48	47	2	8653	4. 98 × 10 <sup>7</sup>	9.96 × 10 <sup>7</sup>
28	47	46	2	8653	4. 98 $\times 10^{7}$	9.96 $\times 10^{7}$
29	46	45	2	8653	$4.98 \times 10^{7}$	9.96 $\times 10^{7}$
30	53	52	2	8653	$4.98 \times 10^{7}$	9.96 × 10 <sup>7</sup>
31	52	51	2	8653	$4.98 \times 10^{7}$	9.96 $\times 10^{7}$

(2) 要素の断面形状

斯西特州来早	₩ <del>来</del> 旦		<b>**</b> *川	紙面積	断面二次	断面二次
例 面 行 性 备 方 ( 西 耒 釆 旦 )	要素両端0	り節点番号	竹杆	例 山 傾	モーメント	極モーメント
(安米留方)			宙方		$(mm^4)$	$(mm^4)$
32	51	50	2	8653	4.98 × 10 <sup>7</sup>	9.96 × 10 <sup>7</sup>
33	50	49	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
34	49	48	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
35	58	57	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
36	57	56	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
37	56	55	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
38	55	54	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
39	54	53	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
40	24	62	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
41	62	61	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
42	61	60	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
43	60	59	2	8653	4.98 × 10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
44	59	58	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
45	29	28	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
46	28	27	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
47	27	26	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
48	26	25	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
49	25	24	2	8653	4.98×107	9.96×10 <sup>7</sup>
50	34	33	2	8653	4.98 × 10 <sup>7</sup>	9.96 × 10 <sup>7</sup>
51	33	32	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 × 10 <sup>7</sup>
52	32	31	2	8653	4.98 × 10 <sup>7</sup>	9.96 × 10 <sup>7</sup>
53	31	30	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
54	30	29	2	8653	4.98 × 10 <sup>7</sup>	9.96 × 10 <sup>7</sup>
55	39	38	2	8653	4.98 × 10 <sup>7</sup>	9.96 × 10 <sup>7</sup>
56	38	37	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 × 10 <sup>7</sup>
57	37	36	2	8653	4. 98 × 10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
58	36	35	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
59	35	34	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
60	78	79	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
61	79	80	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
62	80	81	2	8653	4. 98 × 10 <sup>7</sup>	9.96 × 10 <sup>7</sup>

版面性批釆早	断面裝性悉号		材料	版五建	断面二次	断面二次
阿面苻庄备与 (西志 <del>死</del> 二)	要素両端0	D節点番号	水丹	例	モーメント	極モーメント
(女术宙方)			宙力	(11111)	$(mm^4)$	$(mm^4)$
63	84	83	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
64	83	82	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
65	82	81	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
66	87	86	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
67	86	85	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
68	85	84	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
69	92	91	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
70	91	90	2	8653	4.98 × 10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
71	90	89	2	8653	4.98 × 10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
72	89	88	2	8653	4.98 × 10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
73	88	87	2	8653	4.98 × 10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
74	97	96	2	8653	4.98 × 10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
75	96	95	2	8653	4.98 × 10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
76	95	94	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
77	94	93	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
78	93	92	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
79	63	101	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
80	101	100	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
81	100	99	2	8653	4.98 × 10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
82	99	98	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
83	98	97	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 × 10 <sup>7</sup>
84	68	67	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
85	67	66	2	8653	4.98 × 10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
86	66	65	2	8653	4.98 × 10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
87	65	64	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
88	64	63	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
89	73	72	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
90	72	71	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
91	71	70	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
92	70	69	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
93	69	68	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$

断面特性番号 (要素番号)	要素両端0	)節点番号	材料 番号	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント (mm <sup>4</sup> )	断面二次 極モーメント (mm <sup>4</sup> )
94	78	77	2	8653	4.98 × 10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
95	77	76	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
96	76	75	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
97	75	74	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$
98	74	73	2	8653	4.98×10 <sup>7</sup>	9.96 $\times 10^{7}$

## (3) ばね結合部の指定

ばねの両端	の節点番号	ばね定数
3	29	$1.00 \times 10^{15}$ (N/mm)
3	39	$1.00 \times 10^{15}$ (N/mm)
3	48	1.00×10 <sup>15</sup> (N/mm)
3	58	$1.00 \times 10^{15}$ (N/mm)
9	68	$1.00 \times 10^{15}$ (N/mm)
9	78	$1.00 \times 10^{15}$ (N/mm)
9	87	$1.00 \times 10^{15}$ (N/mm)
9	97	$1.00 \times 10^{15}$ (N/mm)
17	22	6.78 $ imes$ 10 <sup>5</sup> (N/mm)
17	22	$1.08 \times 10^{13} \text{ (N·mm/rad)}$
17	23	$6.78 \times 10^5$ (N/mm)
17	23	$1.08 \times 10^{13} \text{ (N·mm/rad)}$

# (4) 節点の質量

節点番号	質 量 (kg)		
1			
3			
6			
9			
13			
17			
21			

### (5) 材料物性值

<u> </u>	温度	縦弾性係数	質量密度	ポアソン比	++ 质
材料番号   (℃)	(°C)	(MPa)	$(kg/mm^3)$	()	11 頁
			0		
1	200	183000	(節点に集中質量	0.3	SUS316L
			として与えている)		
2	200	191000	7.85 $\times$ 10 <sup>-6</sup>	0.3	SS400

