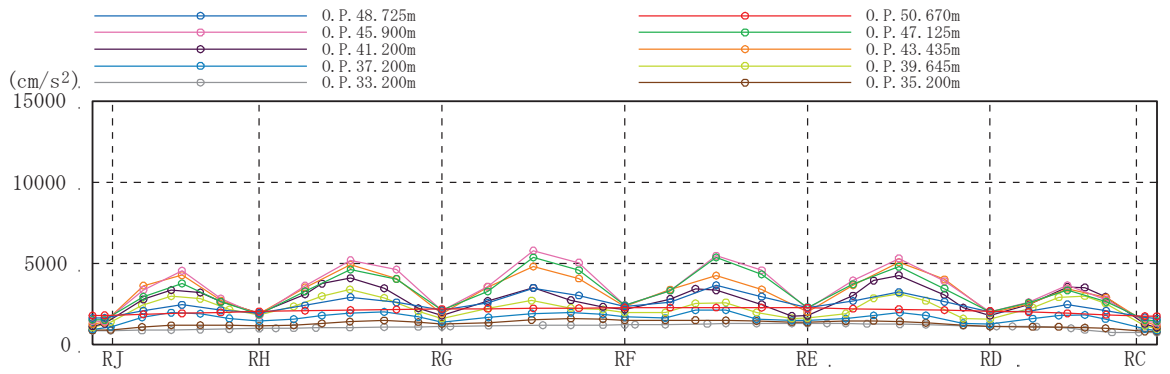


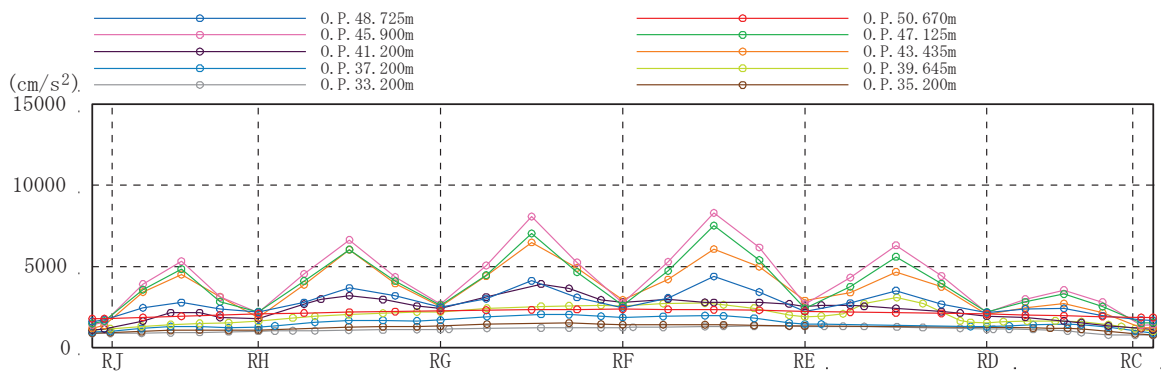
弓なりに変形するモードである。弾性設計用地震動 $S_d - D_2$ による面外方向の最大応答加速度分布はこのようなモードの影響を含む分布形状になっていると考えられる。

以上のことより、面外慣性力による面外応力に対する断面評価の対象部位については、3次元 FEM モデルの応答を確認して南北面壁を代表部位として選定し、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を評価する。

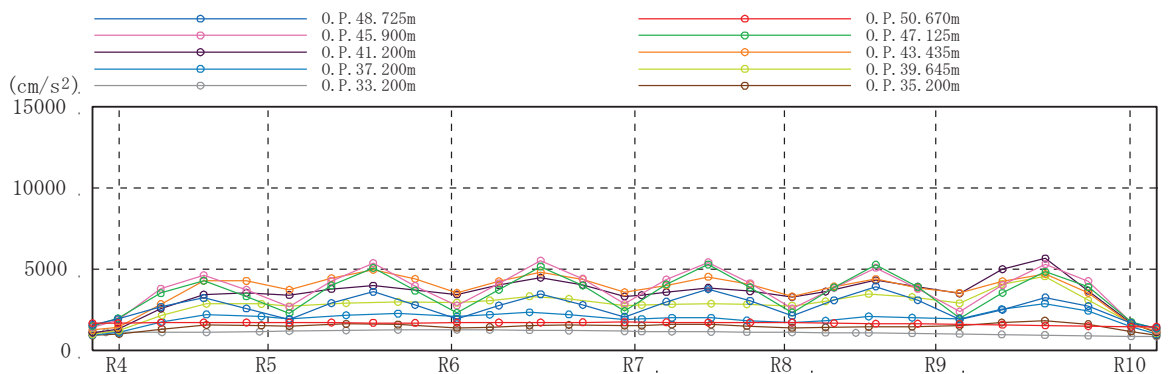
なお、面外方向加速度の機器・配管系への影響については、「別紙 4 機器・配管系に関する説明資料」において検討を行う。



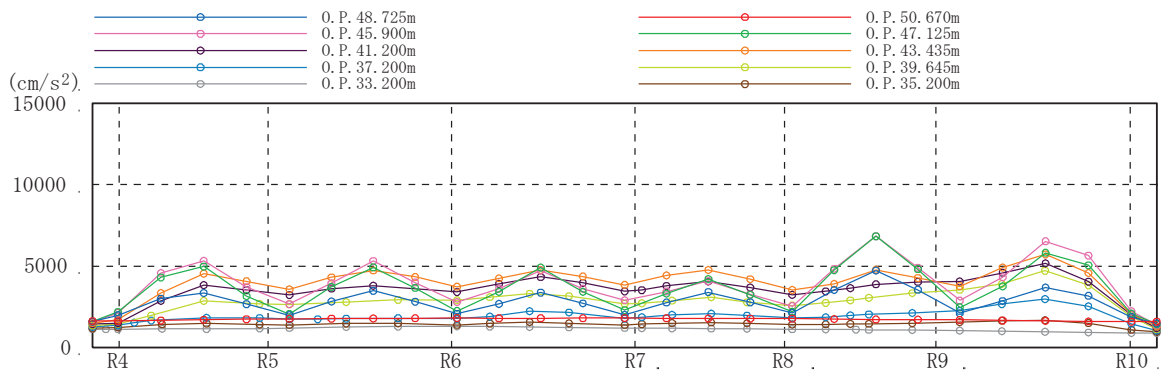
(a) 北面壁



(b) 南面壁

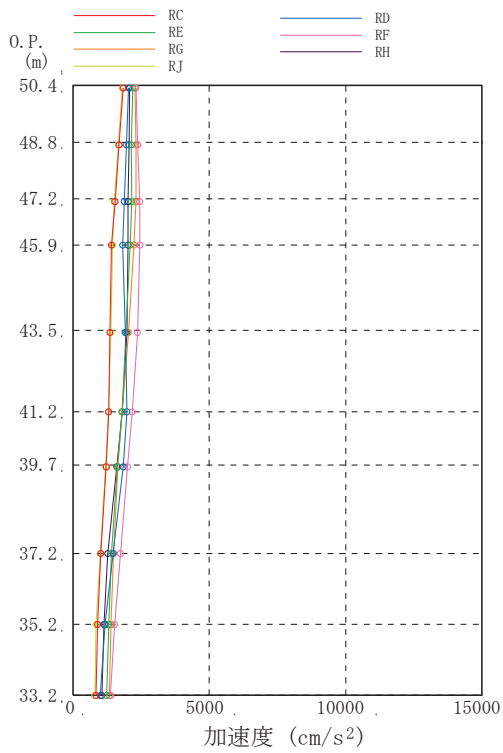


(c) 東面壁

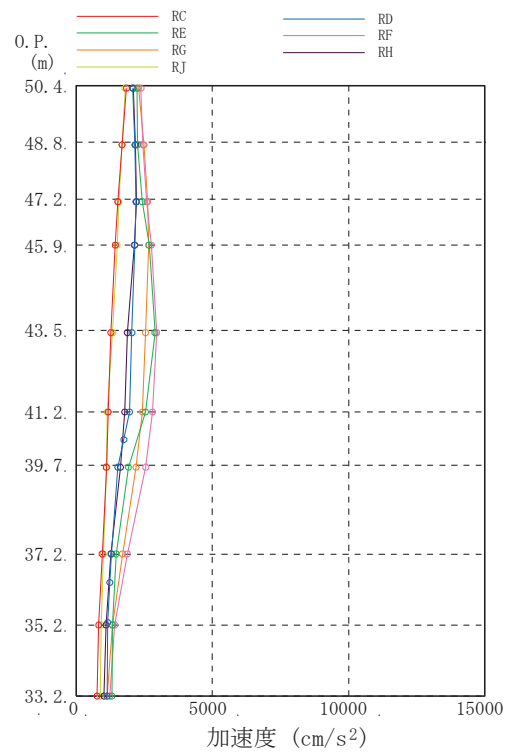


(d) 西面壁

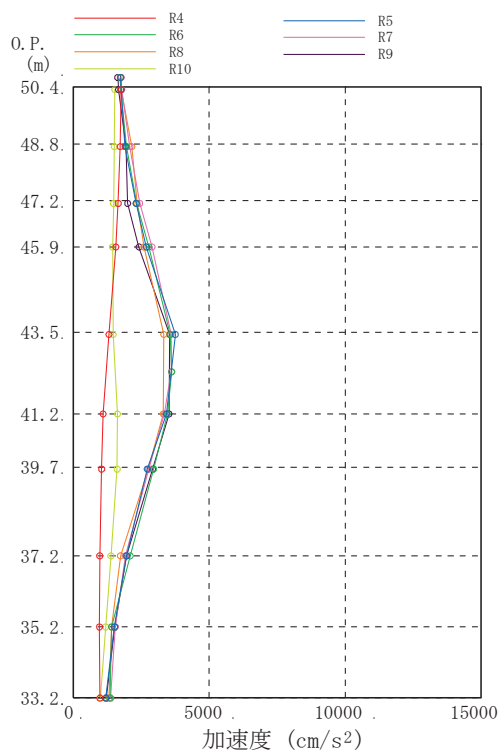
図 2-7 3 方向同時入力における壁面外方向の最大応答加速度分布



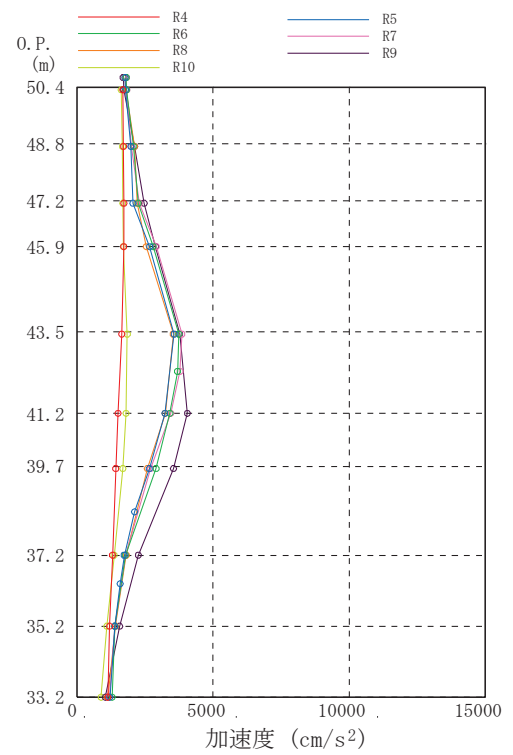
(a) 北面壁



(b) 南面壁



(c) 東面壁



(d) 西面壁

図 2-8 3 方向同時入力における壁面外方向の最大応答加速度分布

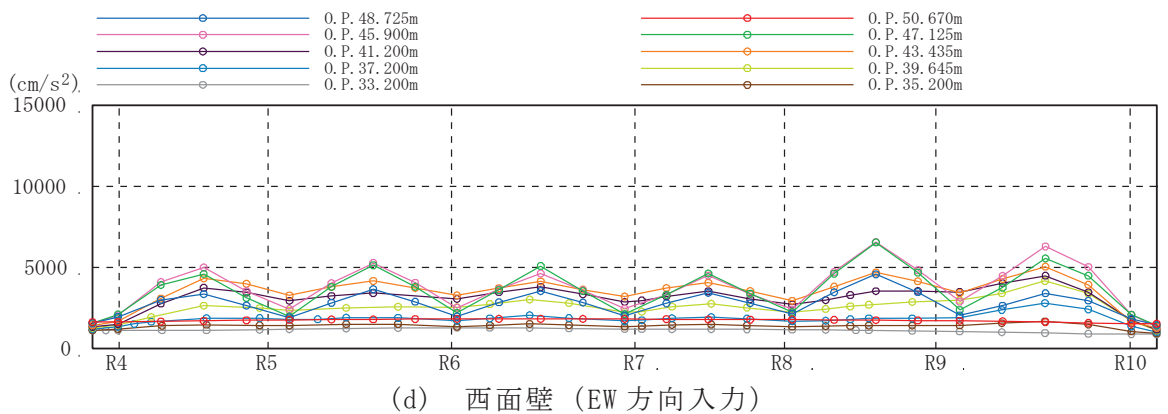
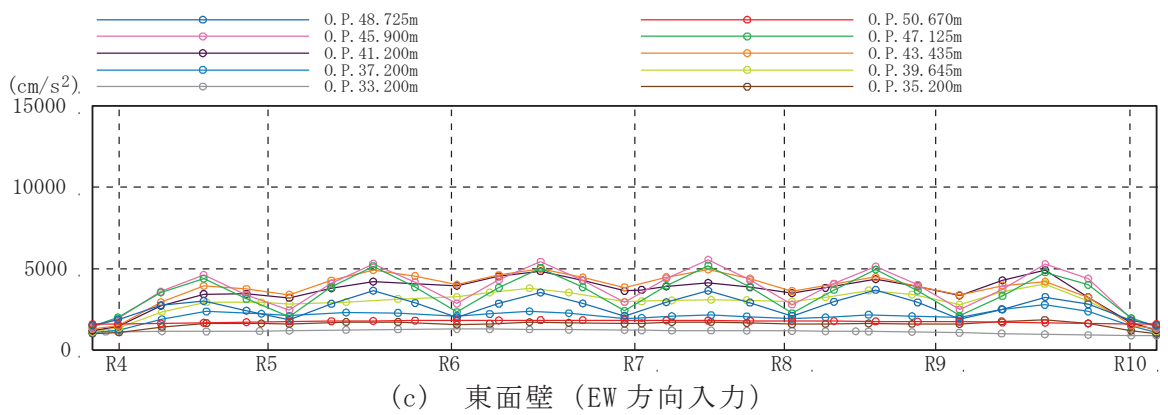
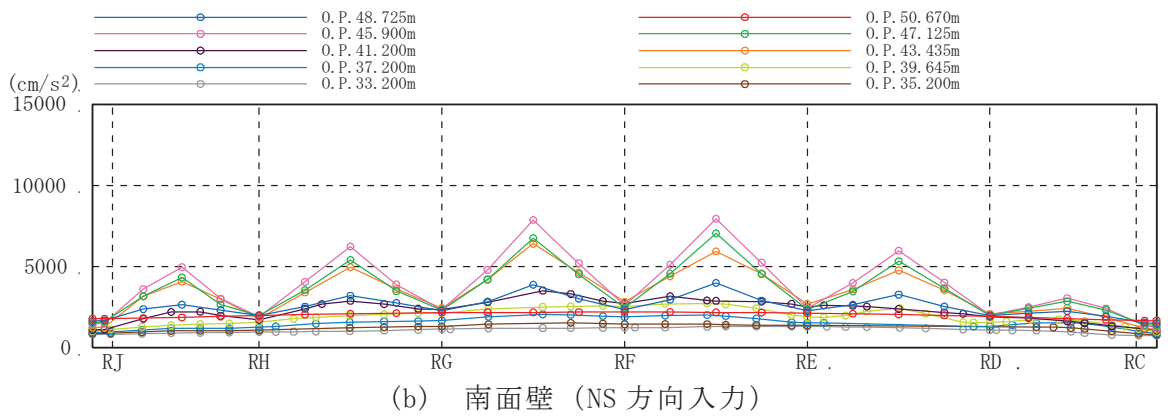
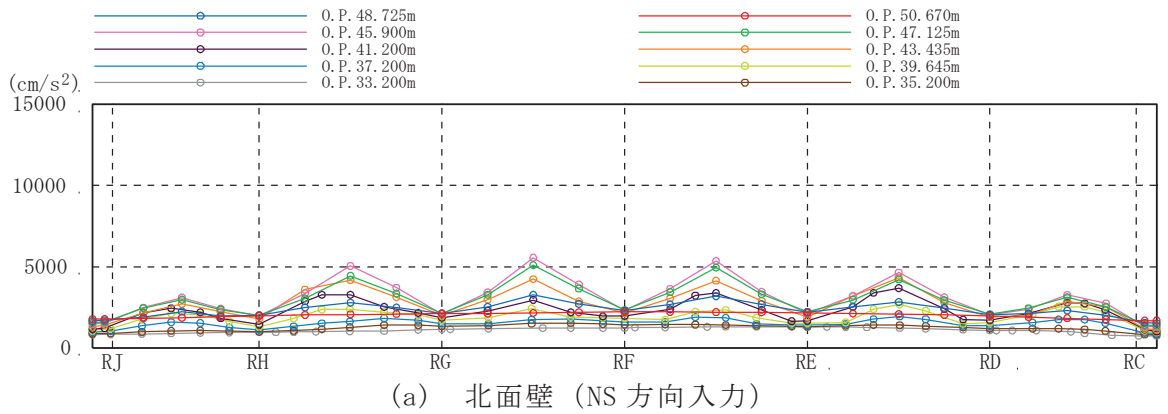
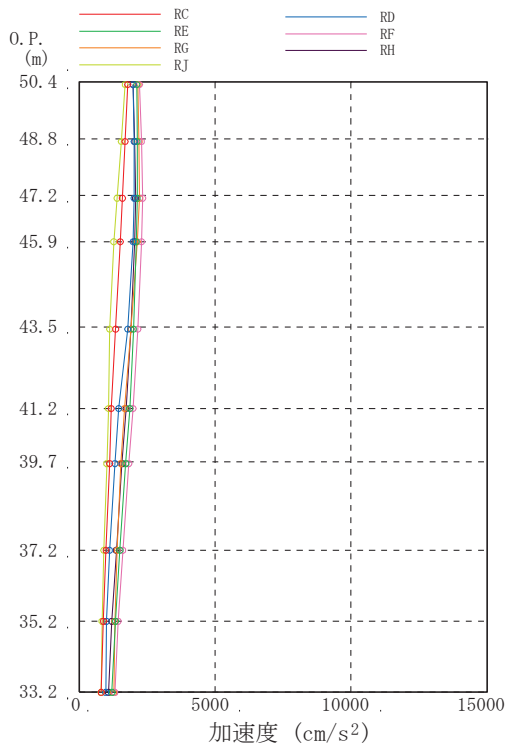
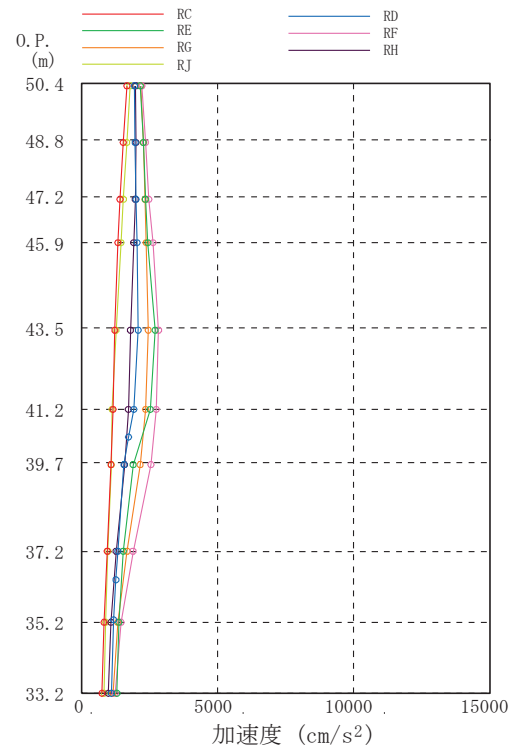


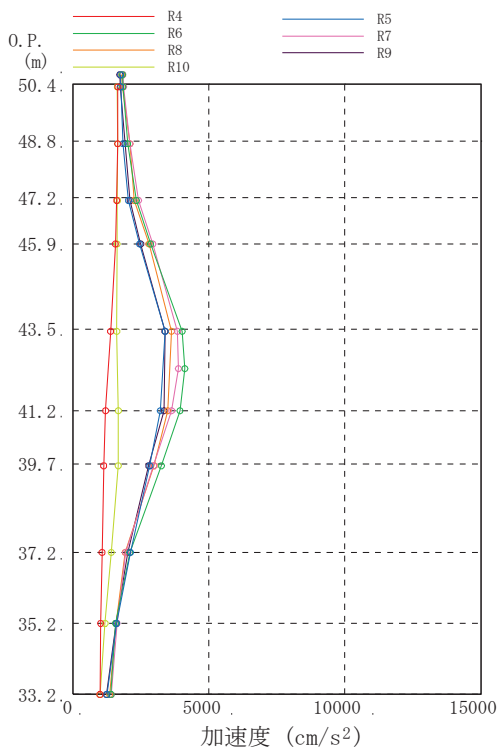
図 2-9 水平 1 方向入力における壁面外方向の最大応答加速度分布



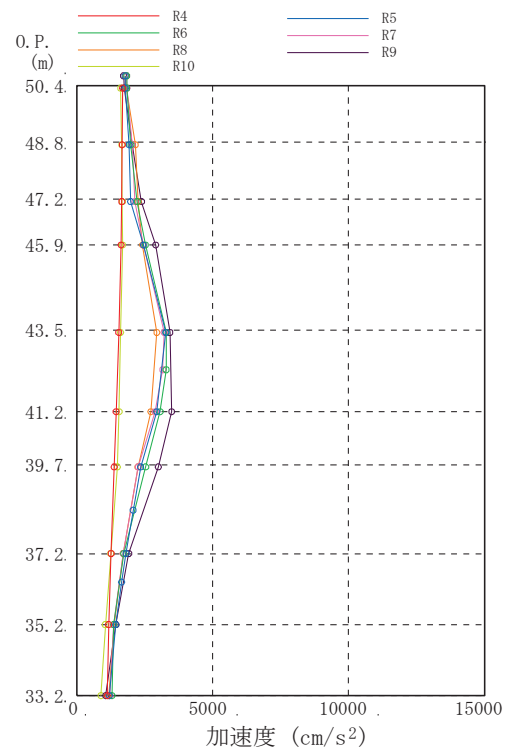
(a) 北面壁 (NS 方向入力)



(b) 南面壁 (NS 方向入力)

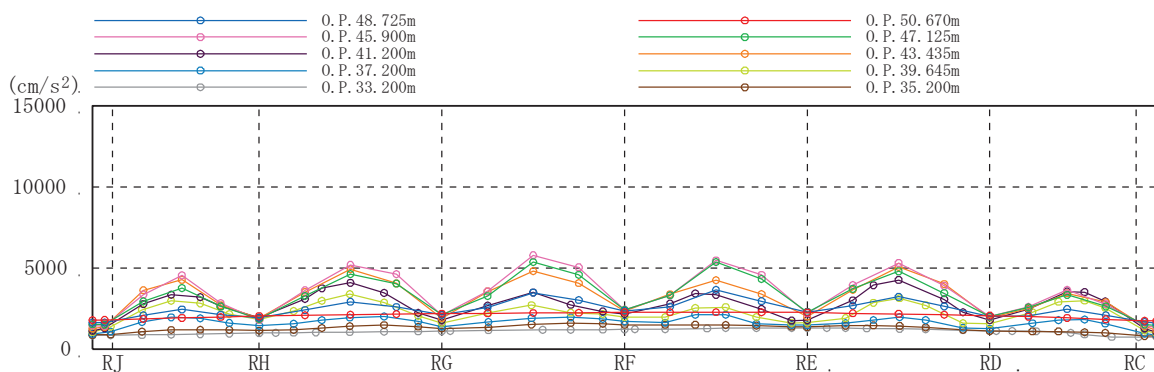


(c) 東面壁 (EW 方向入力)

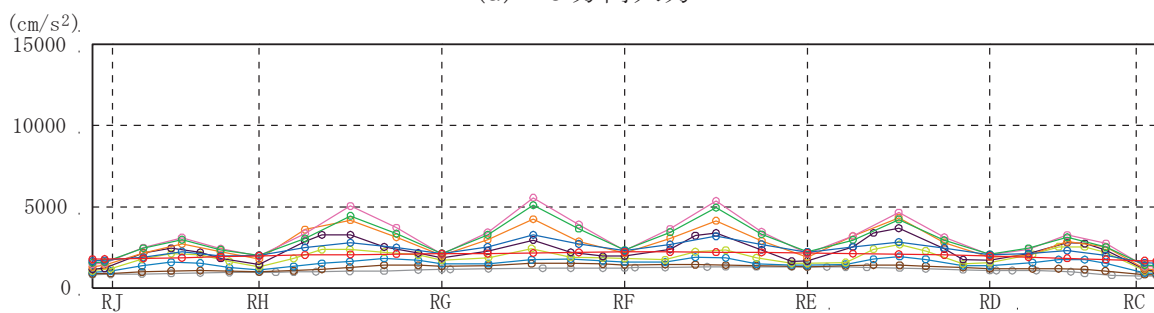


(d) 西面壁 (EW 方向入力)

図 2-10 水平 1 方向入力における壁面外方向の最大応答加速度分布

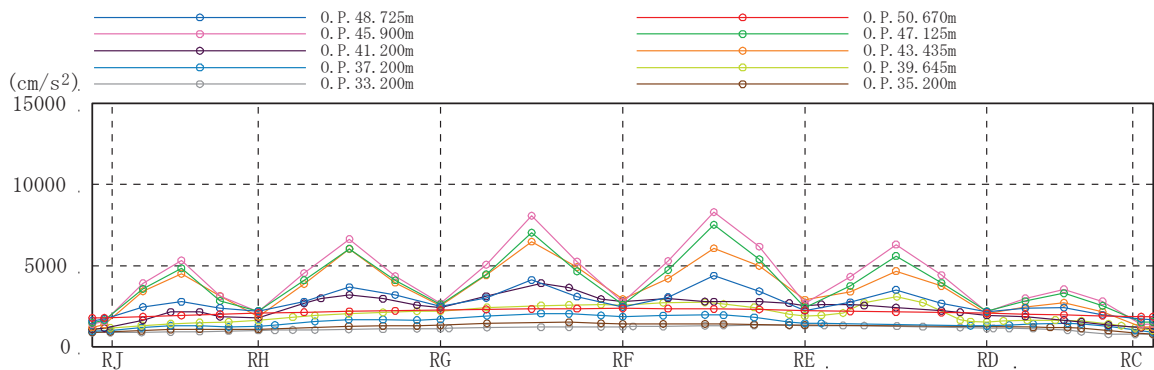


(a) 3 方向入力

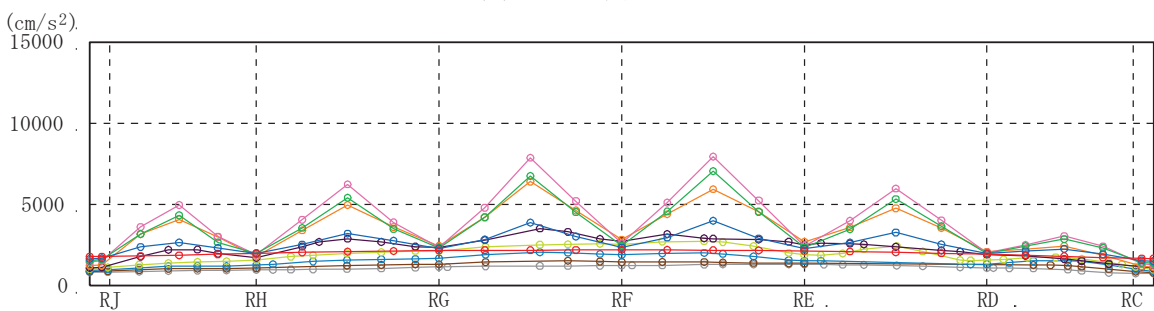


(b) 1 方向入力 (NS 方向入力)

図 2-11 水平 1 方向入力及び 3 方向同時入力の最大応答加速度の比較 (北面壁)

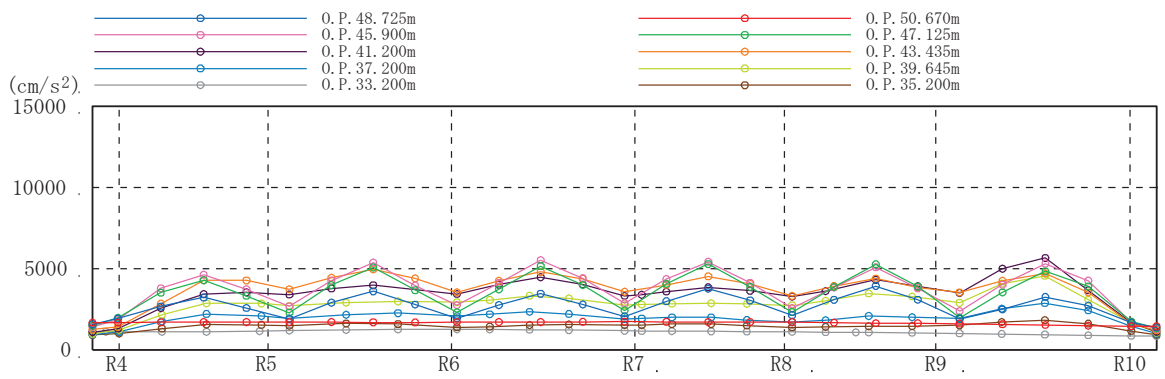


(a) 3 方向入力

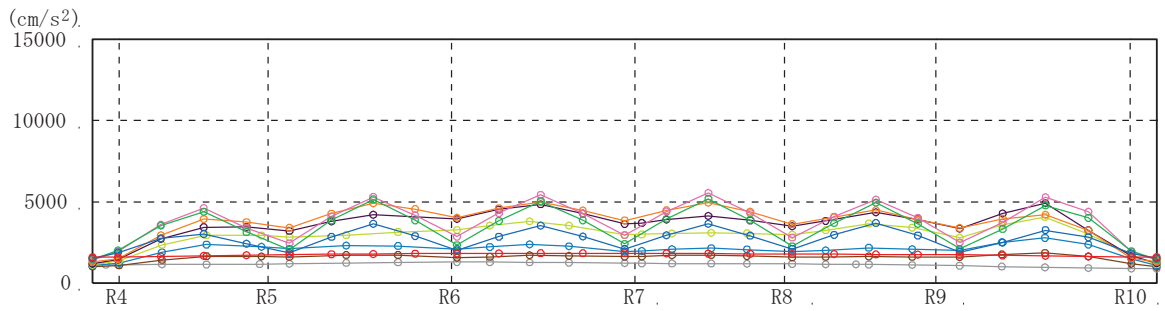


(b) 1 方向入力 (NS 方向入力)

図 2-12 水平 1 方向入力及び 3 方向同時入力の最大応答加速度の比較 (南面壁)

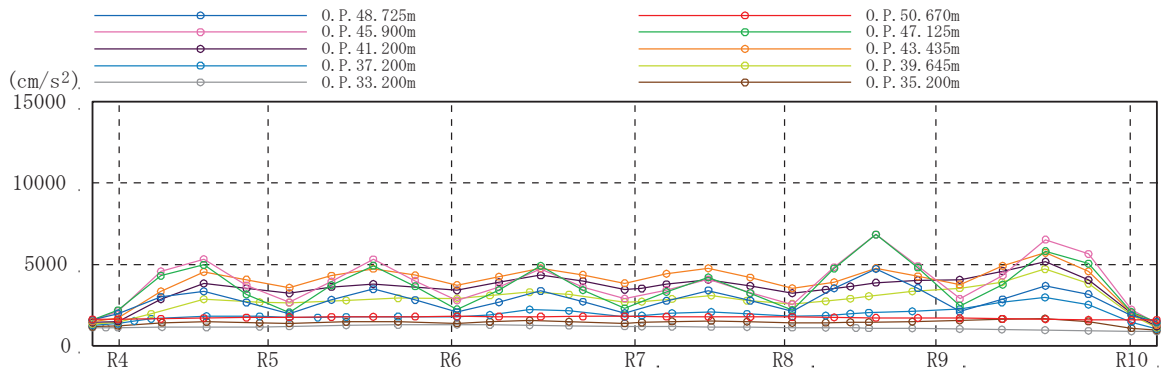


(a) 3方向入力

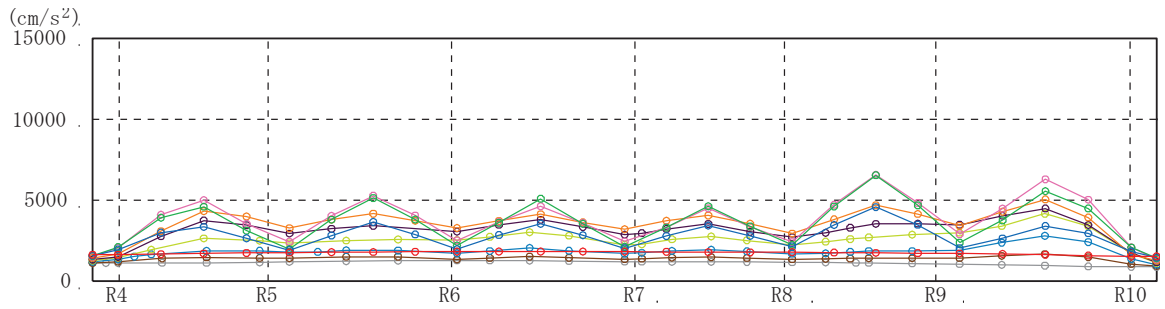


(b) 1方向入力 (EW方向入力)

図 2-13 水平 1 方向入力及び 3 方向同時入力の最大応答加速度の比較 (東面壁)

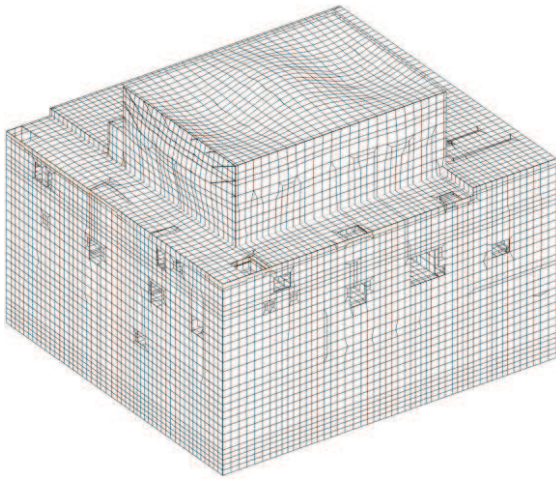


(a) 3方向入力

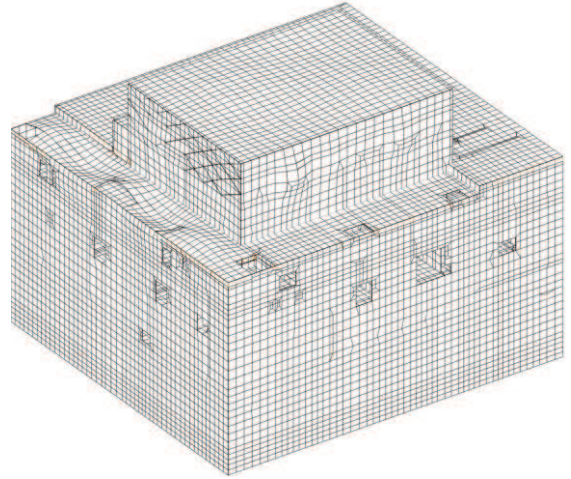


(b) 1方向入力 (EW方向入力)

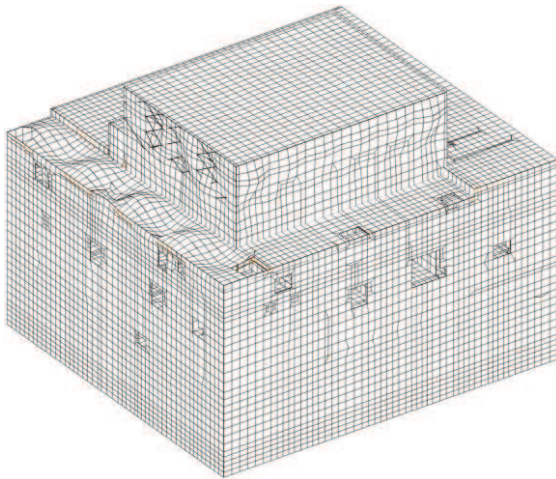
図 2-14 水平 1 方向入力及び 3 方向同時入力の最大応答加速度の比較 (西面壁)



全体 14 次 (7.26Hz)



全体 36 次 (8.89Hz)



全体 112 次 (11.94Hz)

図 2-15 3次元 FEM モデルの固有値解析結果

2.6 面外慣性力に対する壁の断面の評価

面外慣性力の影響として、原子炉建屋の燃料取替床レベルの壁について、面外慣性力に対する検討を行う。検討は、「2.5 地震応答解析結果」より、壁の面外方向への加速度の影響が顕著に出ている南北面の壁を対象として、静的応力解析モデルに置き換えて、面外慣性力による面外応力に対する断面の評価を行い、面外慣性力の影響を評価する。

評価結果を記載する部位は、面外慣性力によって生じる鉄筋応力度及び面外せん断力が最大となる部位とする。

2.6.1 解析モデル及び荷重条件

解析モデルを図 2-16 に示す。

解析モデルは静的応力解析モデルとし、スパン端部の柱及びはりまたは屋根スラブを境界条件として、四辺固定版に置き換える。耐震壁は面外方向の曲げモーメントにより引張側表面にひび割れを生じ、ひび割れの進展に応じて周辺部に応力が再配分されることとなる。本検討では、コンクリートの非線形特性を考慮した積層シェル要素を用い、引張側コンクリートのひび割れに伴う応力分散を考慮する。コンクリートの材料構成則を図 2-17 に示す。

鉄筋についてもモデル化し、面外方向の曲げモーメントにより鉄筋に生じる引張応力度が許容限界として設定した弾性限強度を超えないことを確認することで、面外慣性力により原子炉建屋の壁が有する耐震性への影響はないことを確認する。

荷重としては、基準地震動 S_s （以下「 S_s 地震時」という。）による面外方向慣性力を考慮する。 S_s 地震時の応答加速度は、弾性設計用地震動 S_d （以下「 S_d 地震時」という。）による応答加速度に対し補正を行い、質点系モデルによる地震応答解析における最大応答加速度比で係数倍して定めるものとし、係数の算出は基準地震動 $S_s - D_2$ による応答を用いる。

S_d 地震時による応答加速度の補正は、弾性設計用地震動 $S_d - D_2$ による面外方向の最大応答加速度（絶対加速度）に対し、材料物性による不確かさを考慮するための応答補正比率を乗じることで保守的に評価したものである。また、応答補正比率は、質点系モデルによる地震応答解析における最大応答加速度より算出する。

面外慣性力の算出方法は以下の通りである。

S_s 地震時の面外方向加速度（面外慣性力）

$$= 3 \text{次元 FEM モデルの } S_d \text{ 地震時面外方向最大応答加速度} \times \text{応答補正比率}$$

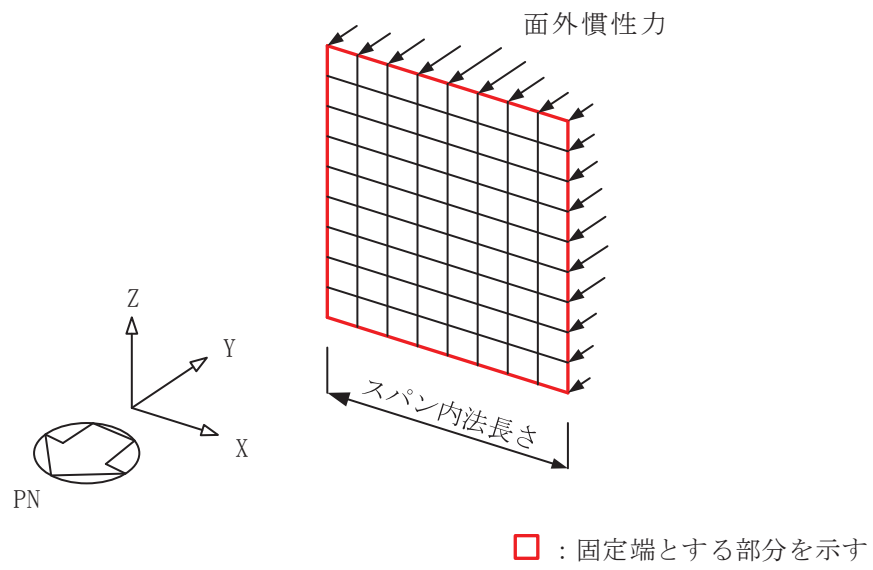
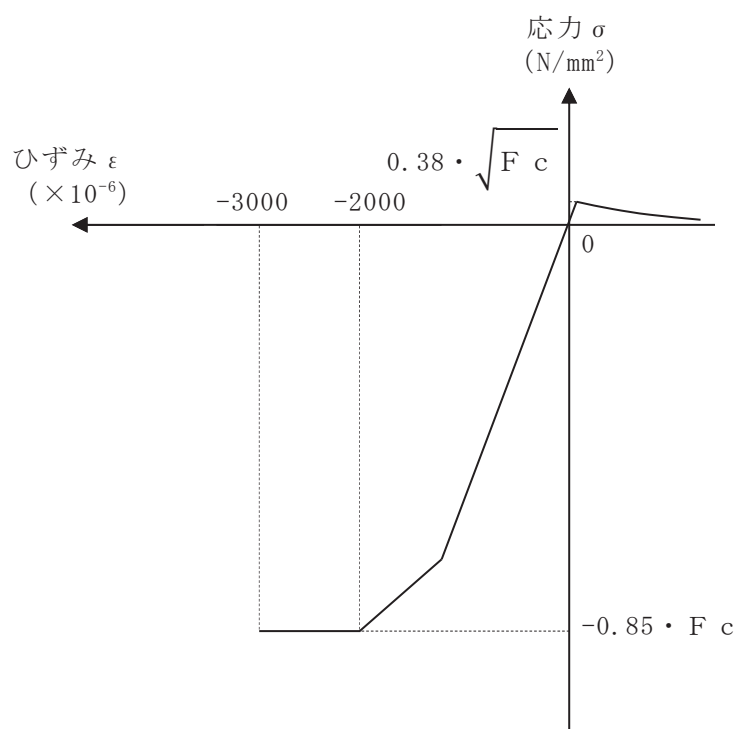


図 2-16 解析モデル



F_c : コンクリートの設計基準強度

項目	設定
圧縮強度	$-0.85 \cdot F_c$ (「CCV規格*1」)
終局圧縮ひずみ	-3000×10^{-6} (「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	$\sigma_t = 0.38 \cdot \sqrt{F_c}$ (「RC規準*2」)

注：引張方向の符号を正とする。

注記*1： JSME S NE 1-2003 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

*2： 日本建築学会 1999年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許
容応力度設計法ー

コンクリートの応力-ひずみ関係

図 2-17 材料構成則

2.6.2 応答補正比率の算出

材料物性の不確かさによる応答補正比率は、基本ケースの質点系モデルの最大応答加速度に対する材料物性の不確かさを考慮した質点系モデルの最大応答加速度の比により算出する。

S_s地震時に用いる質点系モデルによる最大応答加速度比は、S_d地震時の基本ケースとS_s地震時の基本ケースの比により算出する。

なお、北面及び南面の外壁の面外振動を評価するため、用いる最大応答加速度は、NS方向モデルのO.P. 50.5mの質点（質点番号6，質点番号18）及びO.P. 33.2mの質点（質点番号8，質点番号13，質点番号20）の最大応答加速度とする。

算出した応答補正比率を表2-4に示す。

表2-4 応答補正比率

(a) 材料物性の不確かさによる応答補正比率

地震波	S _d -D2		備考
O.P. (m)	50.5	33.2	
①基本ケース 最大加速度応答 (cm/s ²)	2981	1228	
②材料物性の不確かさ 最大応答加速度 (cm/s ²)	3052	1279	地盤剛性+σ考慮モデルの応答
②/① 最大加速度応答比	1.02	1.04	同一ケースの倍率のためメッシュ分割に合わせて線形補間を行う

(b) 質点系モデルのS_d地震時に対するS_s地震時の最大加速度応答比

地震波	S _d -D2		備考
O.P. (m)	50.5	33.2	
③S _d 地震時 最大加速度応答 (cm/s ²)	2981	1228	基本ケース
④S _s 地震時 最大応答加速度 (cm/s ²)	4619	1988	基本ケース
④/③ 最大加速度応答比	1.55	1.62	同一ケースの倍率のためメッシュ分割に合わせて線形補間を行う

2.6.3 断面の評価部位の選定

代表部位とした北面壁及び南面壁における鉄筋応力度及び単位幅あたりの面外せん断力を表 2-5 に示す。断面の評価部位は鉄筋応力度及び面外せん断力が最大となる位置を選定する。なお、北面壁は O. P. 39.645m よりも下部の壁厚が 400mm、上部の壁厚が 250mm であることから、それぞれ選定する。

選定した断面の評価部位の応力コンター図を表 2-6 及び表 2-7 に示す。

表 2-5 鉄筋応力度及び単位幅あたりの面外せん断力 (S s - D 2)

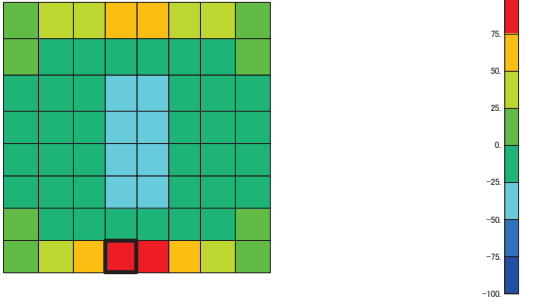
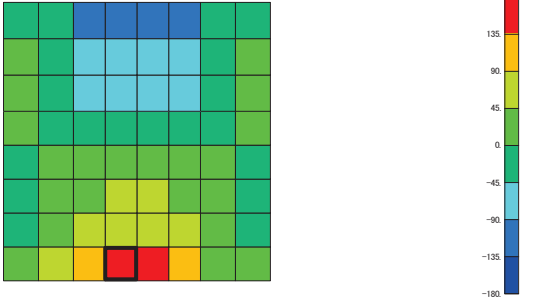
位置			鉄筋応力度 (N/mm ²)		面外せん断力 (kN/m)	
			σ_{tx}	σ_{ty}	Q _x	Q _y
北面壁	壁厚 250mm	RC - RD	22.7	8.79	73.5	49.4
		RD - RE	79.3	48.3	119	95.7
		RE - RF	84.4	55.8	126	107
		RF - RG	84.1	57.1	128	109
		RG - RH	83.2	51.7	124	99.4
		RH - RJ	20.1	8.31	68.8	47.7
	壁厚 400mm	RC - RD	17.4	4.27	124	38.3
		RD - RE	62.3	15.2	191	73.2
		RE - RF	60.0	15.5	189	73.1
		RF - RG	56.8	14.6	183	74.1
		RG - RH	61.0	15.7	194	67.8
		RH - RJ	14.1	3.78	107	35.1
南面壁	壁厚 250mm	RC - RD	12.6	8.49	62.2	52.5
		RD - RE	50.7	58.2	116	130
		RE - RF	70.3	81.4	150	169
		RF - RG	74.8	80.0	155	170
		RG - RH	59.3	57.4	124	131
		RH - RJ	25.2	16.9	92.0	79.0

注：ハッチングは、北面壁（壁厚 250mm）、北面壁（壁厚 400mm）及び南面壁における各通りの応答値のうち最大値を表示。

表 2-6 断面の評価部位の選定に関する応力コンター図（北面壁）

壁厚	応力	コンター図	
250mm	鉄筋応力度 $\sigma_t X$	(RE - RF)	<p>□ : 最大応力度 84.4N/mm²</p>
	面外せん断力 Q_x	(RF - RG)	<p>□ : 最大応力 128kN/m</p>
400mm	鉄筋応力度 $\sigma_t X$	(RD - RE)	<p>□ : 最大応力度 62.3N/mm²</p>
	面外せん断力 Q_x	(RG - RH)	<p>□ : 最大応力 194kN/m</p>

表 2-7 断面の評価部位の選定に関する応力コンター図（南面壁）

壁厚	応力	コンター図
250mm	鉄筋応力度 σ_{ty}	<p>(RE - RF)</p>  <p>□ : 最大応力度 81.4N/mm²</p>
	面外せん断力 Q_y	<p>(RF - RG)</p>  <p>□ : 最大応力 170kN/m</p>

2.6.4 断面の評価方法

基準地震動 S_s による面外慣性力により耐震壁に生じる面外方向の曲げモーメントに対し、応力解析モデルにモデル化した鉄筋の引張応力度及び圧縮応力度が許容限界を超えないことを確認する。許容限界としては、「技術基準解説書」に基づき鉄筋の F 値に 1.1 倍の割増しを考慮した弾性限強度とする。

また、面外せん断力については、面外せん断力 Q が次式で算出する許容面外せん断力 Q_A を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

ここで、

Q_A : 許容面外せん断力 (N)

b : 断面の幅 (mm)

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)

α : 割増し係数 (1.0)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度 (N/mm²)

2.6.5 断面の評価結果

断面の評価結果を表 2-8 に示す。

S s 地震時において、面外方向の曲げモーメントにより発生する壁主筋の応力度に対する検定値が 0.23，面外せん断力に対する検定値が 0.95 となり，許容限界を超えないことを確認した。

面外慣性力として，応答補正比率を考慮したうえで最大応答加速度の絶対値を用いていることや解析モデルとして保守的なモデルを用いていることなど，保守的な検討をしているため，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにより，原子炉建屋の壁が有する耐震性への影響はないと判断できる。

ただし，面外方向に大きな加速度が生じていることを踏まえ，「2.7 面外慣性力及び面内せん断力を組み合わせた場合の壁の断面の評価」において，面外慣性力及び面内せん断力を組み合わせた場合の評価を行う。

表 2-8 断面の評価結果

検討ケース		S s 地震時		
検討位置		北面壁 (R10 通り)		南面壁 (R4 通り)
厚さ t (mm) × 幅 b (mm)		250 × 1000	400 × 1000	250 × 1000
有効せい d (mm)		170	315.5	170
配筋	縦筋 (鉄筋断面積)	D22@200 (1935mm ² /m)	D25@200 (2535mm ² /m)	D22@200 (1935mm ² /m)
	横筋 (鉄筋断面積)	D19@200 (1435mm ² /m)	D22@200 (1935mm ² /m)	D19@200 (1435mm ² /m)
曲げモーメント	方向	X 方向	X 方向	Y 方向
	鉄筋応力度 σ_t (N/mm ²)	84.4	62.3	81.4
	許容限界 (N/mm ²)	379.5	379.5	379.5
	検定値	0.23	0.17	0.22
面外せん断力	方向	X 方向	X 方向	Y 方向
	発生せん断力 Q (kN/m)	128	194	170
	許容限界 (kN/m)	180	334	180
	検定値	0.72	0.59	0.95
判定		可	可	可

2.7 面外慣性力及び面内せん断力を組み合わせた場合の壁の断面の評価

「2.5 地震応答解析結果」に示すとおり、原子炉建屋の燃料取替床レベルの南北面の壁には面外方向に大きな加速度が生じていることから、当該壁を静的応力解析モデルに置き換えて、面外慣性力及び面内せん断力を組み合わせた場合の断面の評価を行う。

原子炉建屋燃料取替床レベルの壁については「VI-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉棟(二次格納施設)の耐震性についての計算書(以下「二次格納施設の耐震性についての計算書」という。)」において、二次格納施設バウンダリの機能設計上の性能目標である構造強度を有することの確認として、S_d地震時に生じる応力に対し「日本建築学会2005年 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」に基づく短期許容応力度を超えないことを確認している。そこで、原子炉建屋燃料取替床レベルの壁に対する面外慣性力及び面内せん断力を組み合わせた場合の断面評価にあたっては、S_d地震時の応答に材料物性の不確かさを考慮した地震力を用いる。

評価結果を記載する部位は、面外慣性力及び面内せん断力によって生じる鉄筋応力度及び面外せん断力が最大となる部位とする。

なお、S_s地震時の耐震壁の評価については「二次格納施設の耐震性についての計算書」において、面内に生じるせん断ひずみが許容限界である 2.0×10^{-3} を超えないことを確認しているが、「2.6 面外慣性力に対する壁の断面の評価」においては、S_s地震時の面外慣性力に対し、原子炉建屋燃料取替床レベルの壁の断面評価の結果、鉄筋に生じる応力度が弾性範囲内であることを確認していることから、面内に生じるせん断ひずみの評価に対する影響は小さいと考えられる。

2.7.1 解析モデル及び荷重条件

解析モデルを図2-18に示す。

解析モデルについては「2.6 面外慣性力に対する壁の断面の評価」と同様に、耐震壁は面外方向の曲げモーメントにより引張側表面にひび割れを生じ、ひび割れの進展に応じて周辺部に応力が再配分されることから、コンクリートの非線形特性を考慮した積層シェル要素を用い、引張側コンクリートのひび割れに伴う応力分散を考慮する。コンクリートの材料構成則は図2-17に示すとおりである。

境界条件については、モデルの上端に水平方向せん断力を与えるため、下端を固定端とし、その他の三辺は面内水平方向のみ自由とする。

評価に当たっては、面内方向のせん断力及び面外方向の曲げモーメントにより鉄筋に生じる引張応力度が許容限界として設定した弾性限強度を超えないことを確認することで、面外慣性力及び面内せん断力を組み合わせた場合でも原子炉建屋の壁に対する二次格納施設バウンダリとして要求される機能への影響がないことを確認する。

荷重としては、S d 地震時による面外方向慣性力及び面内方向せん断力を考慮する。

S d 地震時による応答加速度及び応答せん断力の補正は、弾性設計用地震動 S d - D 2 による面外方向及び面内方向の最大応答加速度（絶対加速度）に対し、材料物性による不確かさを考慮するための応答補正比率を乗じることで保守的に評価したものである。また、応答補正比率は、質点系モデルによる地震応答解析における最大応答加速度より算出する。

面外慣性力及び面内せん断力の算出方法は以下の通りである。

S d 地震時の面外方向加速度（面外慣性力）

$$= 3 \text{次元 FEM モデルの S d 地震時面外方向最大応答加速度} \times \text{応答補正比率}$$

S d 地震時の面内せん断力

$$= 3 \text{次元 FEM モデルの S d 地震時面内方向最大応答せん断力} \times \text{応答補正比率}$$

面外慣性力と面内せん断力の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程（J E A C 4 6 0 1 - 2008）」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。

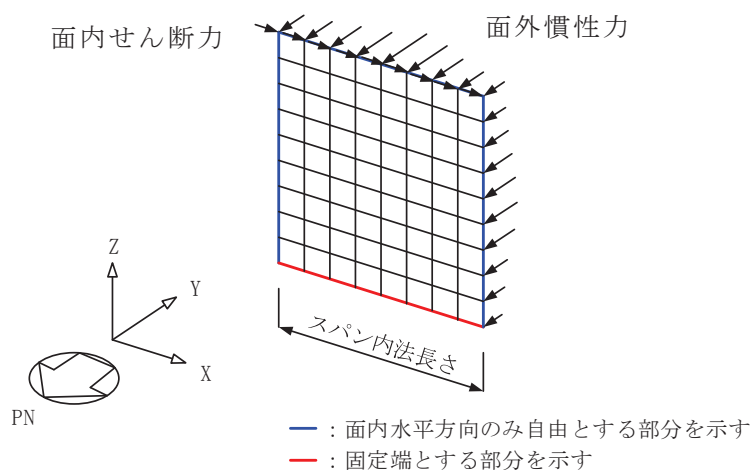


図 2-18 解析モデル

2.7.2 応答補正比率の算出

材料物性の不確かさによる応答補正比率は、基本ケースの質点系モデルの最大応答加速度に対する材料物性の不確かさを考慮した質点系モデルの最大応答加速度の比により算出する。

面外慣性力に乗じる応答補正比率は、北面及び南面の外壁の面外振動を評価するため、用いる最大応答加速度は、NS 方向モデルの O.P. 50.5m の質点（質点番号 6, 質点番号 18）及び O.P. 33.2m の質点（質点番号 8, 質点番号 13, 質点番号 20）の最大応答加速度とする。

面内せん断力に乗じる応答補正比率は、北面及び南面の外壁の面内応答を評価するため、用いる最大応答加速度は、EW 方向モデルの O.P. 50.5m の質点（質点番号 10, 質点番号 20）、O.P. 41.2m の質点（質点番号 11, 質点番号 21）及び O.P. 33.2m の質点（質点番号 12, 質点番号 22）の最大応答加速度とする。

算出した応答補正比率を表 2-9 に示す。

表 2-9 応答補正比率

(a) 面外慣性力に乗じる材料物性の不確かさによる応答補正比率

地震波	S d - D 2		備考
	50.5	33.2	
O. P. (m)	50.5	33.2	
①基本ケース 最大加速度応答 (cm/s ²)	2981	1228	
②材料物性の不確かさ 最大応答加速度 (cm/s ²)	3052	1279	地盤剛性 + σ 考慮モデルの応答
②/① 最大加速度応答比	1.02	1.04	同一ケースの倍率のためメッシュ分割に合わせて線形補間を行う

(b) 面内せん断力に乗じる材料物性の不確かさによる応答補正比率

地震波	S d - D 2						備考
	北面 (R10 通り)			南面 (R4 通り)			
対象部位	北面 (R10 通り)			南面 (R4 通り)			
O. P. (m)	50.5	41.2	33.2	50.5	41.2	33.2	
①基本ケース 最大加速度応答 (cm/s ²)	2350	1949	1207	2482	1517	1208	
②材料物性の不確かさ 最大応答加速度 (cm/s ²)	2350	1967	1232	2530	1555	1237	・地盤剛性 + σ 考慮モデルの応答
②/① 最大加速度応答比	1.00	1.01	1.02	1.02	1.03	1.02	
採用応答補正比率	1.02			1.03			・保守的に最大の応答補正比率を設定

2.7.3 断面の評価部位の選定

代表部位とした北面壁及び南面壁における鉄筋応力度及び単位幅あたりの面外せん断力を表 2-10 に示す。断面の評価部位は鉄筋応力度及び面外せん断力が最大となる位置を選定する。なお、北面壁は O. P. 39.645m よりも下部の壁厚が 400mm、上部の壁厚が 250mm であることから、それぞれ選定する。

選定した断面の評価部位の応力コンター図を表 2-11 及び表 2-12 に示す。

表 2-10 鉄筋応力度及び単位幅あたりの面外せん断力 (S d - D 2)

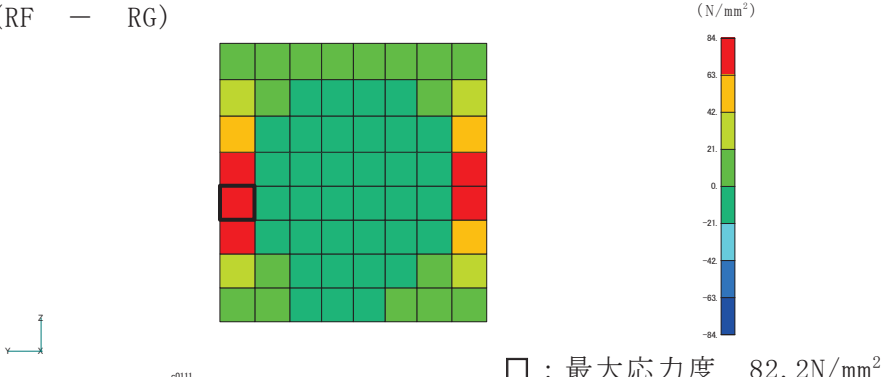
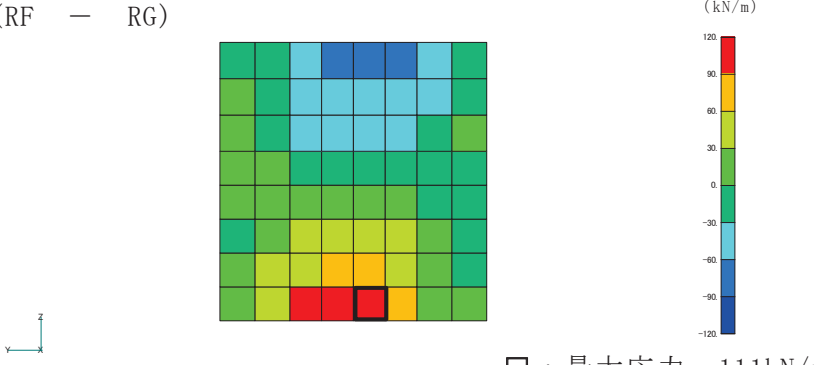
位置			鉄筋応力度 (N/mm ²)		面外せん断力 (kN/m)	
			σ_{tx}	σ_{ty}	Q _x	Q _y
北面壁	壁厚 250mm	RC - RD	11.3	4.96	46.9	30.8
		RD - RE	100	40.1	70.2	67.0
		RE - RF	112	48.9	74.1	75.8
		RF - RG	111	49.2	76.6	76.2
		RG - RH	104	42.7	73.5	69.0
		RH - RJ	9.66	4.67	44.6	29.6
	壁厚 400mm	RC - RD	9.32	2.61	77.2	24.0
		RD - RE	54.7	13.4	143	43.7
		RE - RF	53.7	14.2	144	43.3
		RF - RG	49.5	13.2	142	44.2
		RG - RH	52.4	13.3	146	40.5
		RH - RJ	8.00	2.32	65.9	22.0
南面壁	壁厚 250mm	RC - RD	6.82	5.01	41.1	33.0
		RD - RE	40.0	34.3	68.2	82.6
		RE - RF	75.0	56.8	86.0	110
		RF - RG	82.2	57.3	87.4	111
		RG - RH	55.5	37.3	72.9	84.6
		RH - RJ	13.6	8.15	58.3	49.3

注：ハッチングは、北面壁（壁厚 250mm）、北面壁（壁厚 400mm）及び南面壁における各通りの応答値のうち最大値を表示。

表 2-11 断面の評価部位の選定に関する応力コンター図（北面壁）

壁厚	応力	コンター図	
250mm	鉄筋応力度 $\sigma_t X$	(RE - RF)	<p>□ : 最大応力度 112N/mm²</p>
	面外せん断力 Q_x	(RF - RG)	<p>□ : 最大応力 76.6kN/m</p>
400mm	鉄筋応力度 $\sigma_t X$	(RD - RE)	<p>□ : 最大応力度 54.7N/mm²</p>
	面外せん断力 Q_x	(RG - RH)	<p>□ : 最大応力 146kN/m</p>

表 2-12 断面の評価部位の選定に関する応力コンター図（南面壁）

壁厚	応力	コンター図
250mm	鉄筋応力度 σ_{tX}	<p>(RF — RG)</p>  <p>□ : 最大応力度 82.2N/mm²</p>
	面外せん断力 Q_y	<p>(RF — RG)</p>  <p>□ : 最大応力 111kN/m</p>

2.7.4 断面の評価方法

弾性設計用地震動 S_d による面外慣性力及び面内せん断力により耐震壁に生じる鉄筋の引張応力度及び圧縮応力度が許容限界を超えないことを確認する。許容限界としては、「技術基準解説書」に基づき鉄筋の F 値に 1.1 倍の割増しを考慮した弾性限強度とする。

また、面外せん断力については、面外せん断力 Q が次式で算出する許容面外せん断力 Q_A を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

ここで、

Q_A : 許容面外せん断力 (N)

b : 断面の幅 (mm)

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)

α : 割増し係数 (1.0)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度 (N/mm²)

2.7.5 断面の評価結果

断面の評価結果を表 2-13 に示す。

S d 地震時において、壁主筋に発生する応力度に対する検定値が 0.30、面外せん断力に対する検定値が 0.62 となり、許容限界を超えないことを確認したことから、面外慣性力及び面内せん断力を組み合わせた場合においても、原子炉建屋の壁に対する二次格納施設バウンダリとして要求される機能への影響はないと判断できる。

表 2-13 断面の評価結果

検討ケース		S d 地震時		
検討位置		北面壁 (R10 通り)		南面壁 (R4 通り)
厚さ t (mm) × 幅 b (mm)		250×1000	400×1000	250×1000
有効せい d (mm)		170	315.5	170
配筋	縦筋 (鉄筋断面積)	D22@200 (1935mm ² /m)	D25@200 (2535mm ² /m)	D22@200 (1935mm ² /m)
	横筋 (鉄筋断面積)	D19@200 (1435mm ² /m)	D22@200 (1935mm ² /m)	D19@200 (1435mm ² /m)
面内せん断力及び 曲げモーメント	方向	X 方向	X 方向	X 方向
	鉄筋応力度 σ_t (N/mm ²)	112	54.7	82.2
	許容限界 (N/mm ²)	379.5	379.5	379.5
	検定値	0.30	0.15	0.22
面外せん断力	方向	X 方向	X 方向	Y 方向
	発生せん断力 Q (kN/m)	76.6	146	111
	許容限界 (kN/m)	180	334	180
	検定値	0.43	0.44	0.62
判定		可	可	可

2.8 検討のまとめ

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認として、原子炉建屋の燃料取替床レベルの壁に対し、面外慣性力の影響について検討を行った。

3次元FEMモデルを用いて、弾性設計用地震動 S_d に対する地震応答解析を実施し、壁の面外方向の最大応答加速度分布を確認した結果、面外にはらむような加速度分布となっており、面外慣性力が発生していることを確認したが、水平1方向入力による最大応答加速度分布に対し、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる最大応答加速度分布はおおむね同傾向であることを確認した。この結果は、壁の面外応答に与える影響は面外方向の地震動が支配的であり、水平直交方向及び鉛直方向地震動は面外応答に与える影響が小さいことを示している。

一方で、原子炉建屋の燃料取替床レベルの壁に対する面外慣性力が発生していることから、加速度の大きい原子炉建屋南北面の壁を部分的に抽出し、保守的な静的モデルに置き換えて、面外慣性力による面外応力に対する断面の評価を行った。その結果、 S_s 地震時における壁主筋の応力及び壁の面外せん断応力が許容限界を超えないことを確認した。面外慣性力として、応答補正比率を乗じたうえで最大応答加速度の絶対値を用いていることや解析モデルとして保守的なモデルを用いていることも踏まえると、面外慣性力により原子炉建屋の壁が有する耐震性への影響はないと判断できる。

さらに、同様のモデルを用いて、面外慣性力及び面内せん断力を組み合わせた場合の原子炉建屋の燃料取替床レベルの壁に対する断面の評価を行い、 S_d 地震時においても壁主筋の応力及び壁の面外せん断応力が許容限界を超えないことを確認したことから、原子炉建屋の壁に対する二次格納施設バウンダリとして要求される機能への影響はないと判断できる。

以上のことから、3次元的な応答特性が想定される部位として抽出した原子炉建屋の燃料取替床レベルの壁については、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価を行う部位として抽出しない。

3. 局所応答による影響検討

添付書類「VI-2-12 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」において応答特性②-1 及び②-2 により抽出されなかった原子炉建屋の耐震評価部位全般に対し、局所的な応答による影響の有無について、弾性設計用地震動 S d - D 2 を用いて 3 次元 FEM モデルを用いた精査を行った。

精査に当たっては、3 次元 FEM モデルで構築した原子炉建屋の地震応答解析モデルを用いて、水平 2 方向及び鉛直方向入力時の最大応答加速度を算出し評価することで行った。精査の内容は、「別紙 3 3 次元 FEM モデルによる地震応答解析」に示す。

3 次元 FEM モデルを用いた精査の結果、原子炉建屋が有する耐震性への影響が小さいことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価が必要な部位は抽出されなかった。

したがって、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を適切に算定するにあたっては、質点系モデルの地震応答解析結果を用いることで、簡易的かつ保守的に評価を行うことが可能であることを確認した。

4. 3次元 FEM モデルを用いた精査のまとめ

添付書類「VI-2-12 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」において、応答特性②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」可能性がある部位として、3次元的な応答特性が想定される部位として抽出した原子炉建屋の燃料取替床レベルの壁について、3次元 FEM モデルを用いた精査を行った。3次元 FEM モデルを用いた精査の結果、原子炉建屋の燃料取替床レベルの壁において、有している耐震性への影響が小さいと判断できることから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の考慮が必要な部位は抽出されなかった。

さらに、応答特性②-1 及び②-2 により抽出されなかった原子炉建屋の建屋評価部位全般に対し、原子炉建屋を対象とした 3次元 FEM モデルにより、水平 2 方向及び鉛直方向入力時の最大応答加速度を算出し検討することで、局所的な応答について精査を行った。精査の結果、有している耐震性への影響が小さいと判断できることから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価が必要な部位は抽出されなかった。

以上のことから、3次元的な応答特性が想定される部位として抽出された部位については、有する耐震性への影響が小さいと判断できることから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価を行う部位として抽出しない。

5. 引用文献

- (1) 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

別紙 3 3次元 FEM モデルによる地震応答解析

目 次

1. 検討概要.....	別紙 3- 1
1.1 構造概要.....	別紙 3- 1
1.2 3次元 FEM モデルによる耐震性評価の方針.....	別紙 3- 10
2. 3次元 FEM モデルの構築.....	別紙 3- 12
2.1 原子炉建屋の3次元 FEM モデル.....	別紙 3- 12
2.1.1 モデル化の基本方針.....	別紙 3- 12
2.1.2 荷重.....	別紙 3- 19
2.1.3 建屋－地盤の相互作用.....	別紙 3- 19
2.2 固有値解析.....	別紙 3- 21
2.3 観測記録を用いた検討.....	別紙 3- 23
3. 3次元 FEM モデルによる評価.....	別紙 3- 24
3.1 地震応答解析の概要.....	別紙 3- 24
3.2 建屋応答性状の把握.....	別紙 3- 28
3.2.1 基礎のロッキング振動による鉛直方向応答への影響.....	別紙 3- 28
3.2.2 鉛直軸回りのねじれ振動の影響.....	別紙 3- 31
3.2.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響.....	別紙 3- 34
3.2.4 まとめ.....	別紙 3- 52
3.3 建屋耐震性評価への影響検討.....	別紙 3- 53
3.3.1 検討方針.....	別紙 3- 53
3.3.2 3次元 FEM モデル及び質点系モデルの最大応答値の比較検討.....	別紙 3- 53
3.3.3 3次元的な応答特性（応答補正率）を考慮した建屋影響検討.....	別紙 3- 62
3.4 床応答への影響検討.....	別紙 3- 93
4. まとめ.....	別紙 3-101

1. 検討概要

添付書類「VI-2-12 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」において応答特性②-1 及び②-2 により抽出されなかった原子炉建屋の耐震評価部位全般に対し、建屋の 3 次元的応答性状の把握及び質点系モデルによる地震応答解析の妥当性の確認の観点から、原子炉建屋について 3 次元 FEM モデルによる地震応答解析を行い、建屋の局所的な応答を検討する。また、3 次元 FEM モデルによる挙動が、建屋及び機器・配管系の有する耐震性に及ぼす影響を検討する。

1.1 構造概要

原子炉建屋は、地下 3 階、地上 3 階建で、基礎底面からの高さは 64.6m であり、平面は下部で 77.0m(NS 方向)×84.0m(EW 方向)^{*1}のほぼ正方形である。建屋の構造は鉄筋コンクリート造(一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造)である。

原子炉建屋の中央部には、平面が 66.0m×53.0m^{*1}(最下階)で地下 3 階、地上 3 階建の原子炉建屋原子炉棟(以下「原子炉棟」という。)があり、その周囲には地下 3 階、地上 2 階建の原子炉建屋附属棟(以下「附属棟」という。)が配置され、これらは同一基礎版上に設置された一体構造である。また、原子炉建屋は隣接する他の建屋と構造的に分離している。

原子炉建屋の基礎は、厚さ 6.0m のべた基礎で、支持地盤である砂岩及び頁岩上に設置されている。

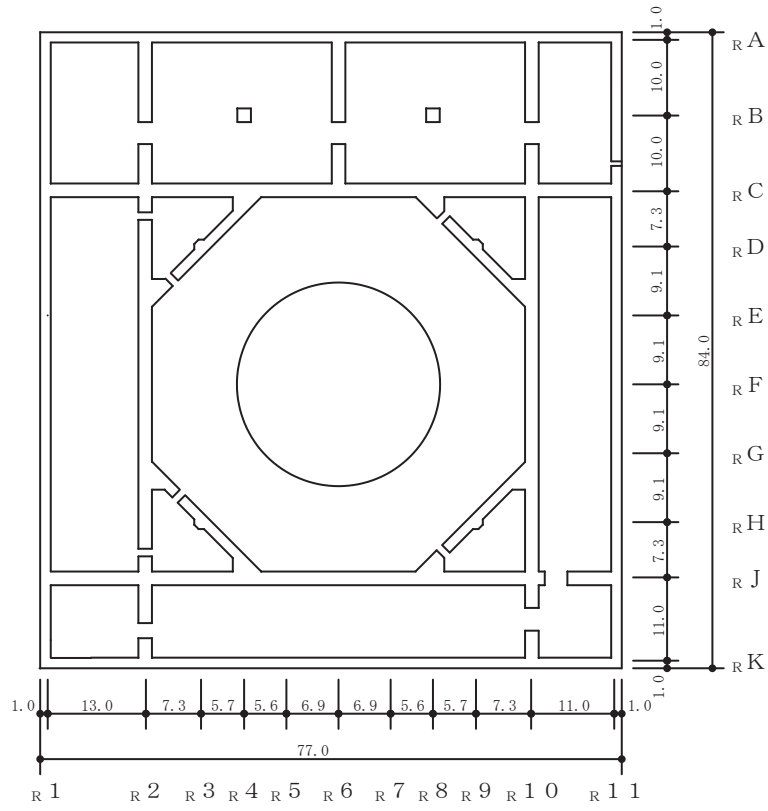
原子炉建屋の主たる耐震要素は、原子炉格納容器のまわりを囲んでいる 1 次しゃへい壁(以下「シェル壁：SW」という。)、原子炉棟の外壁(以下「内部ボックス壁：IW」という。)及び附属棟の外壁(以下「外部ボックス壁：OW」という。)である。

なお、燃料取替床(O.P.^{*2}33.2m)には使用済燃料プールが設置されている。

原子炉建屋の概略平面図及び概略断面図を図 1-1 及び図 1-2 に示す。

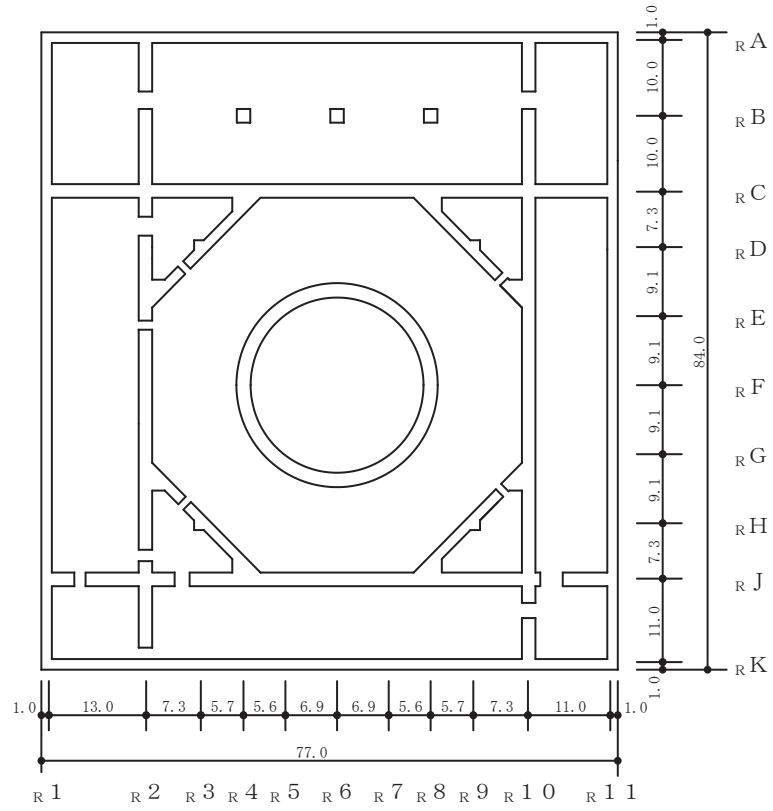
注記*1 : 建屋寸法は壁外面押えとする。

*2 : O.P. は女川原子力発電所工事用基準面であり、東京湾平均海面(T.P.)-0.74m である。



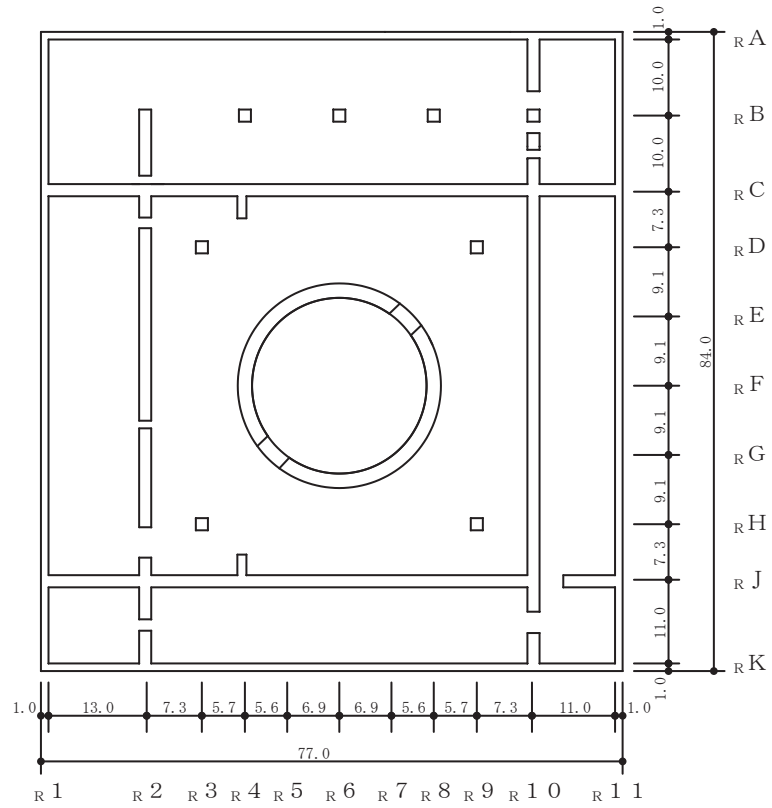
(単位：m)

図 1-1(1) 原子炉建屋の概略平面図 (0.P. -8.1m)



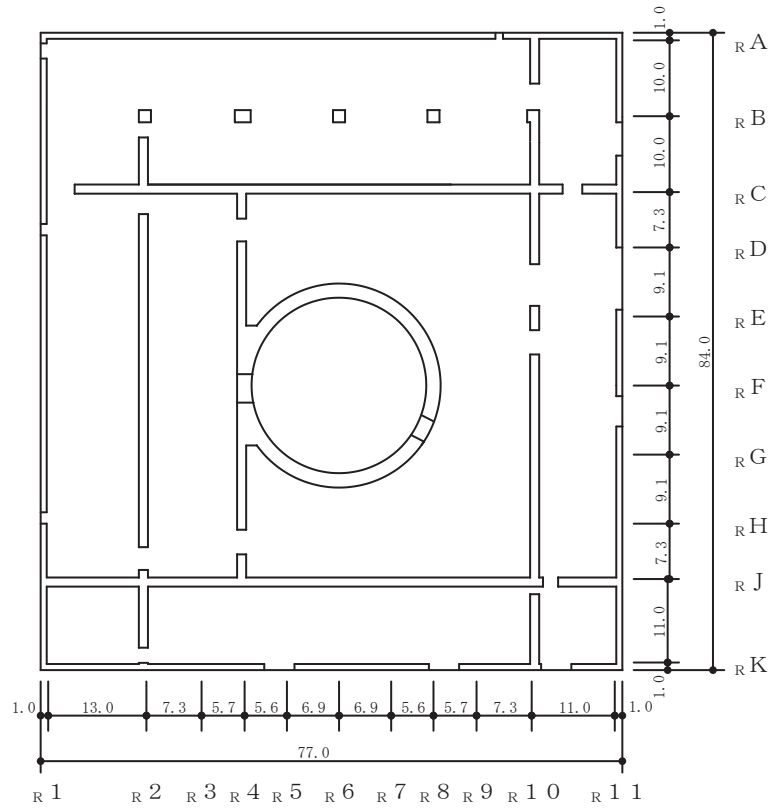
(単位：m)

図 1-1(2) 原子炉建屋の概略平面図 (0.P. -0.8m)



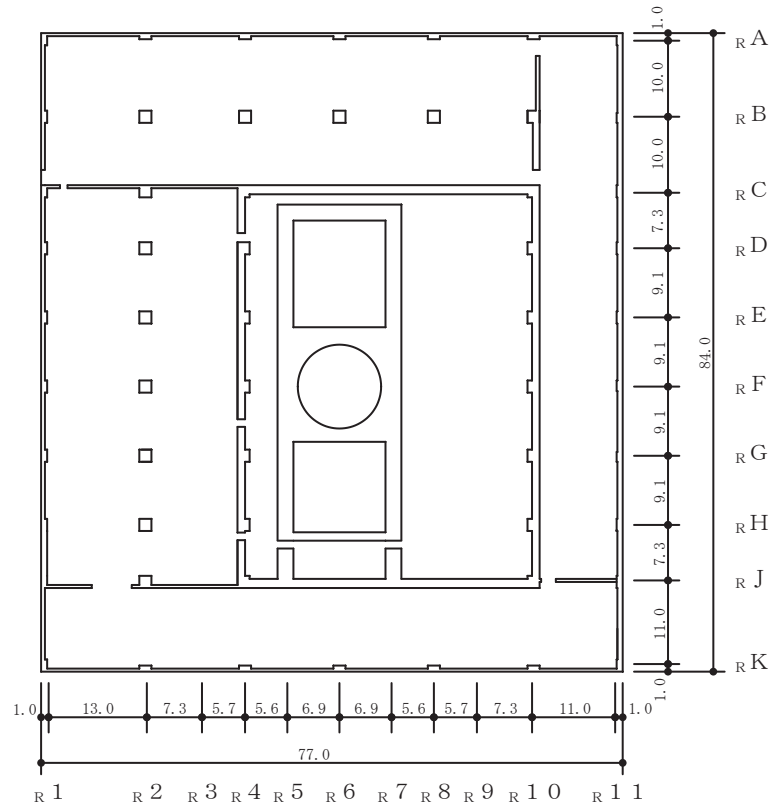
(単位：m)

図 1-1(3) 原子炉建屋の概略平面図 (O.P. 6.0m)



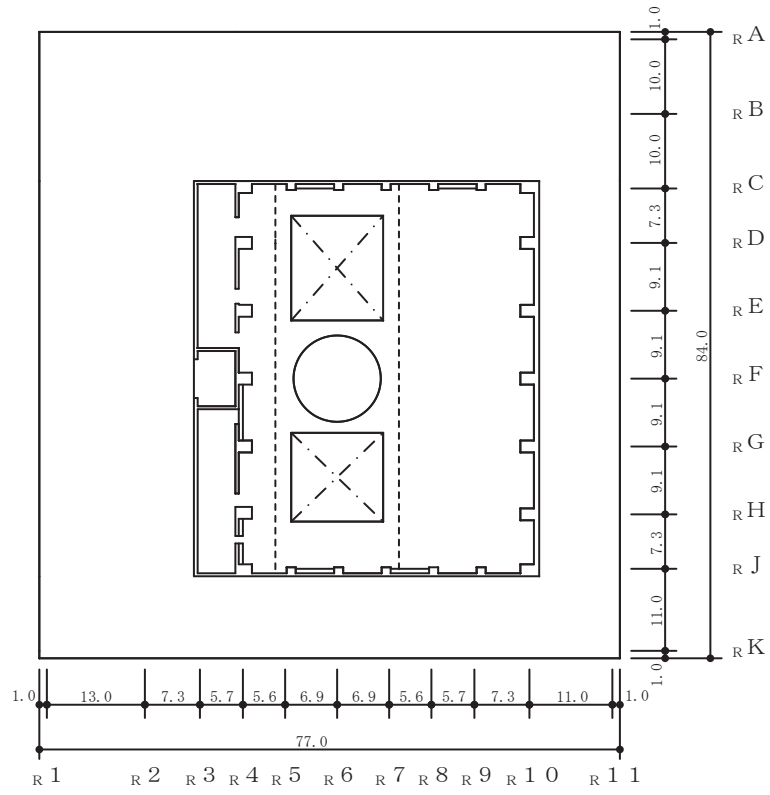
(単位：m)

図 1-1(4) 原子炉建屋の概略平面図 (0.P. 15.0m)



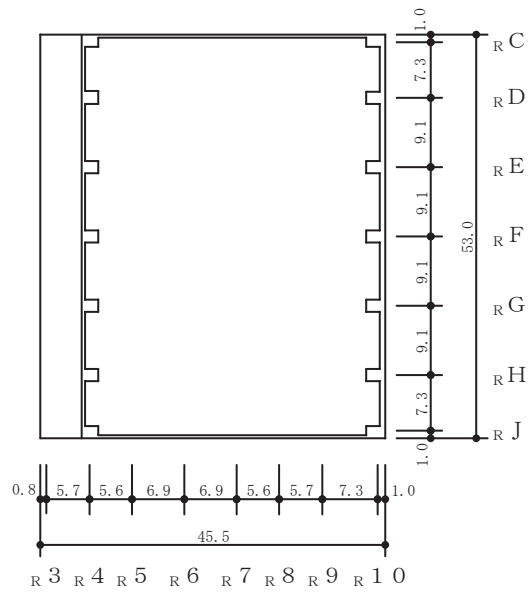
(単位：m)

図 1-1(5) 原子炉建屋の概略平面図 (0.P. 22.5m)



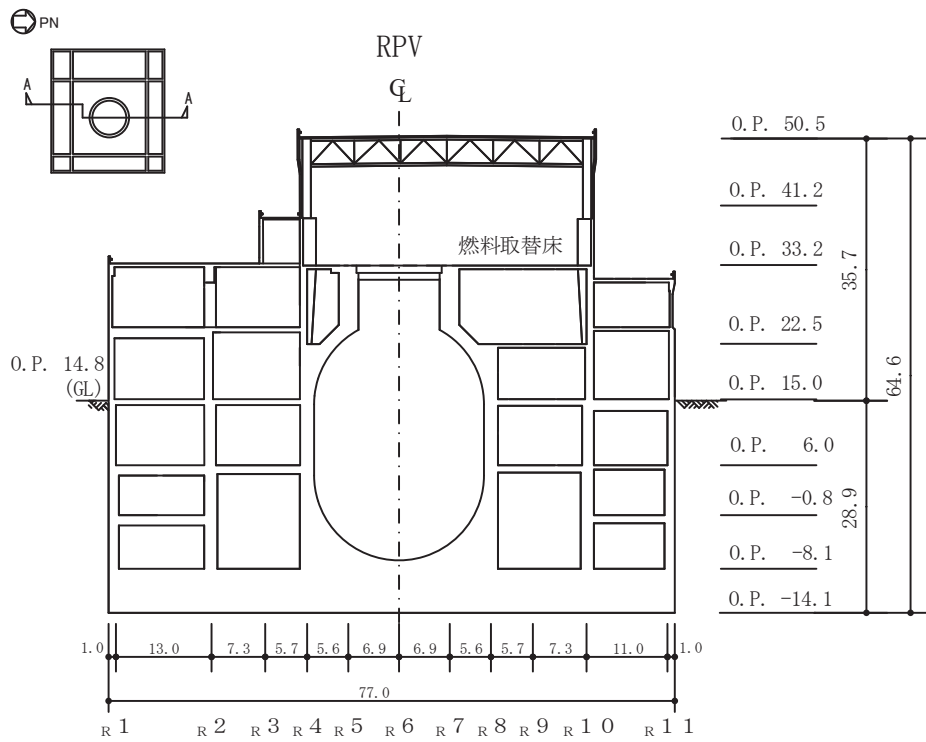
(単位：m)

図 1-1(6) 原子炉建屋の概略平面図 (0. P. 33. 2m)



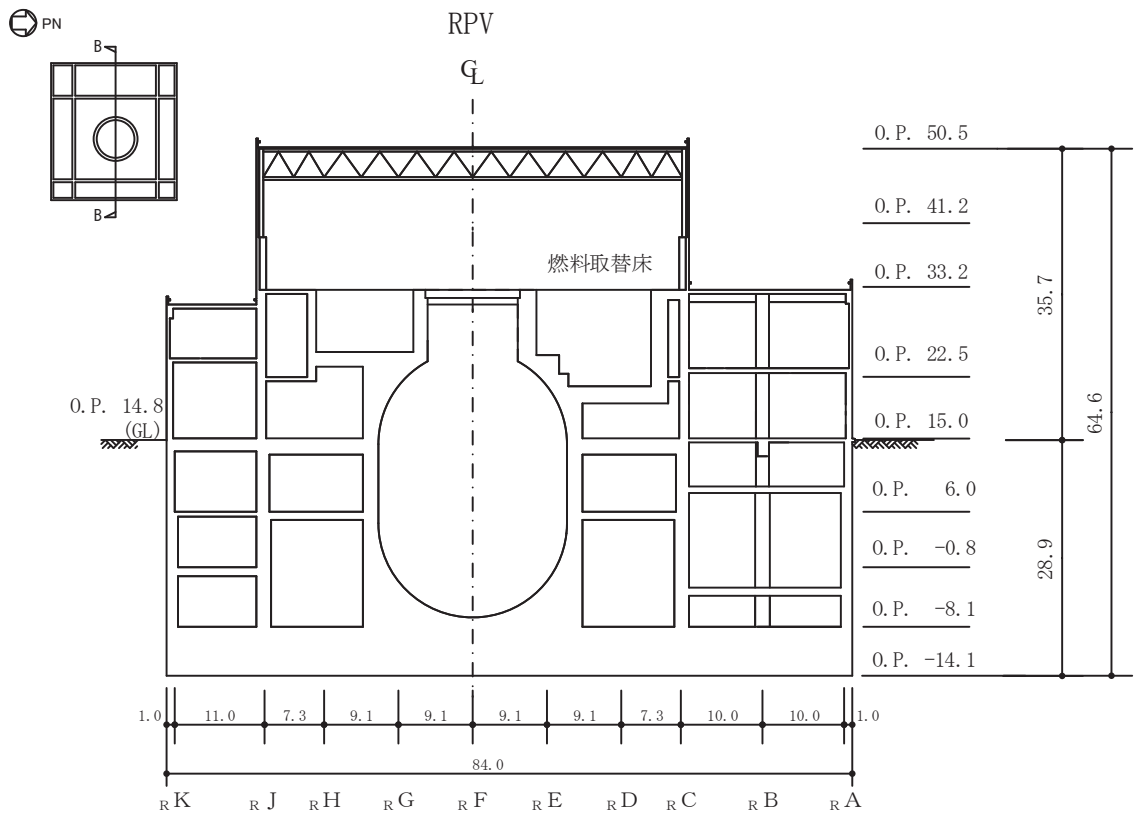
(単位：m)

図 1-1(7) 原子炉建屋の概略平面図 (0. P. 41. 2m)



(単位 : m)

図 1-2(1) 原子炉建屋の概略断面図 (A-A 断面 NS 方向)



(単位 : m)

図 1-2(2) 原子炉建屋の概略断面図 (B-B 断面 EW 方向)

1.2 3次元 FEM モデルによる耐震性評価の方針

原子炉建屋について 3次元 FEM モデルを構築し、固有値解析や観測記録を用いた解析結果から、同モデルの妥当性を確認する。そのうえで、3次元的な応答特性を把握する。また、弾性設計用地震動 S d - D 2 による地震応答解析を行い、建屋の平均的な応答や局所的な応答を把握する。更に、3次元的な応答特性から建屋及び機器・配管系の耐震評価への影響を確認する。

3次元 FEM モデルのモデル化条件を表 1-1 に示す。質点系モデルでは床の柔性を考慮しているが、3次元 FEM モデルも床の柔性を考慮したモデルとなっている。

表 1-1 3次元 FEM モデルのモデル化条件

モデル	床のモデル化	地盤のモデル化	コンクリート剛性の設定*
3次元 FEM モデル	柔性を考慮	相互作用考慮 (底面地盤のみ)	2011年3月11日東北地方太平洋沖地震の観測記録を用いたシミュレーション解析により補正

3次元 FEM モデルは、床の柔性を考慮し、地盤のモデル化に底面地盤の相互作用を考慮し、壁部分に質点系モデルのシミュレーション解析で評価した等価剛性を適用することで、建屋の実情を模擬したモデルとしている。なお、本資料で検討する 3次元 FEM モデルは、補足説明資料「補足-620-1 別紙 5 3次元 FEM 等価線形モデルによるシミュレーション解析（原子炉建屋）」に示した 3.11 地震シミュレーション解析に用いた 3次元 FEM モデルに対して、3.11 地震後に実施した燃料取替床上部壁の耐震補強部材の追加を反映したモデルとしている。

3次元 FEM モデルによる耐震性評価フローを図 1-3 に示す。

3次元 FEM モデルによる地震応答解析は、1方向入力により行う。また、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響検討として 3 方向同時入力による応答評価も併せて実施する。なお、3 方向同時入力による各方向の応答は、1 方向入力における各成分の応答を時刻歴で足し合わせるにより算出しており、詳細は「3.2.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響」にて示す。

また、解析には解析コード「MSC NASTRAN」を用いる。

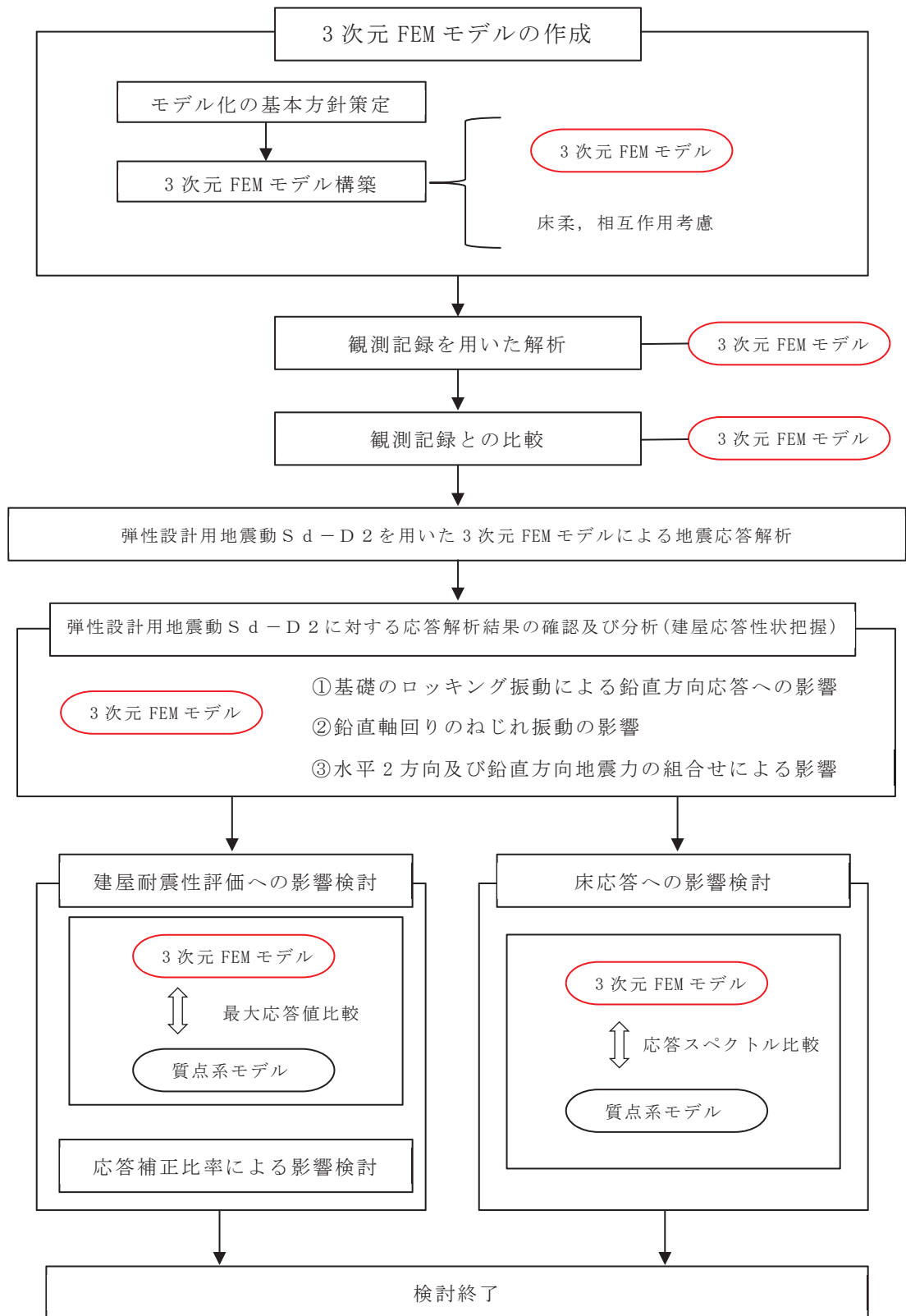


図 1-3 3次元 FEM モデルによる耐震性評価フロー

2. 3次元 FEM モデルの構築

2.1 原子炉建屋の 3次元 FEM モデル

2.1.1 モデル化の基本方針

原子炉建屋の 3次元 FEM モデルを図 2-1 に、各階のモデル図を図 2-2 に示す。

モデル化の範囲は、原子炉建屋、使用済み燃料プール、蒸気乾燥器・気水分離器ピット及び基礎とする。

3次元 FEM モデルで設定する各部材の要素タイプは、以下のとおりである。

床スラブ・壁はシェル要素（約 44200 要素）とし、耐震壁以外の主要な壁もモデル化する。基礎版は、ソリッド要素（約 13900 要素）とする。柱、はり、屋根トラスのうち主トラス及びつなぎばりの上下弦材、サブビームについてはビーム要素（約 3000 要素）とする。屋根トラスのうち主トラス及びつなぎばりの斜材・束材、水平ブレースはトラス要素（約 500 要素）とする。

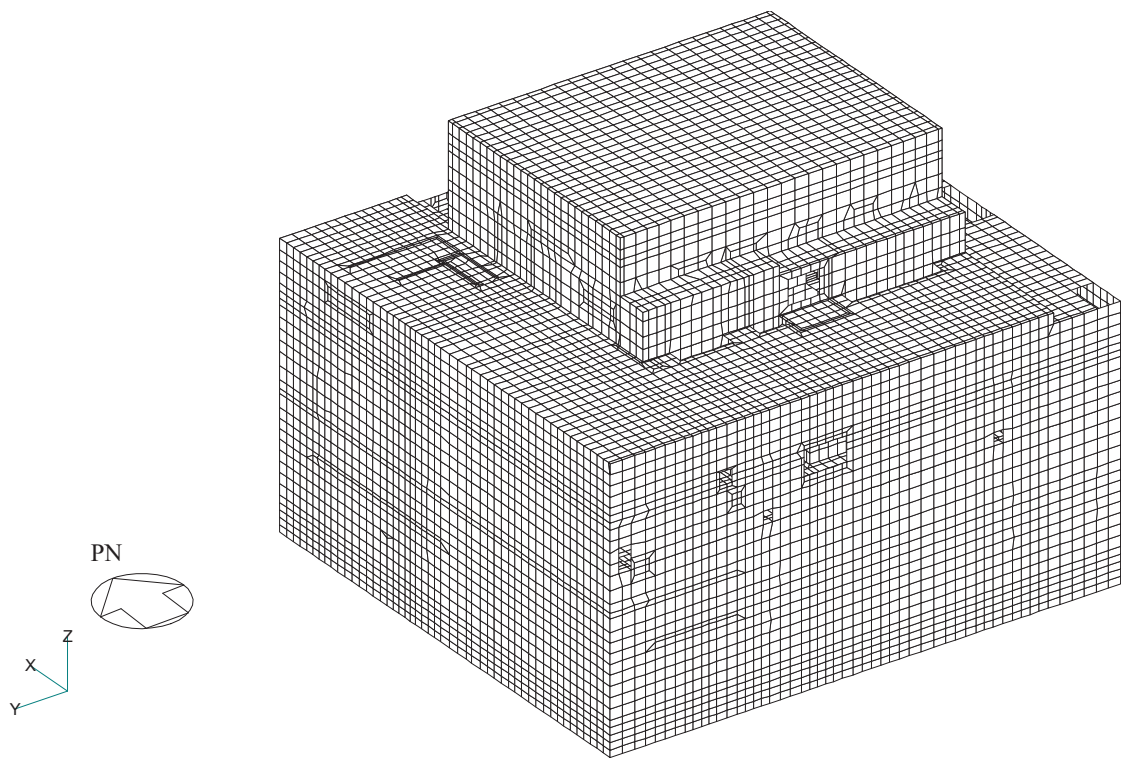
また、壁・床の開口部については、主要な部分のみモデル化する。

要素の大きさは、各スラブの上面レベルと対応する位置に節点を設け、鉛直方向にはフロア間を 3 分割以上、水平方向は通り芯間を 3 分割以上を目安とする。

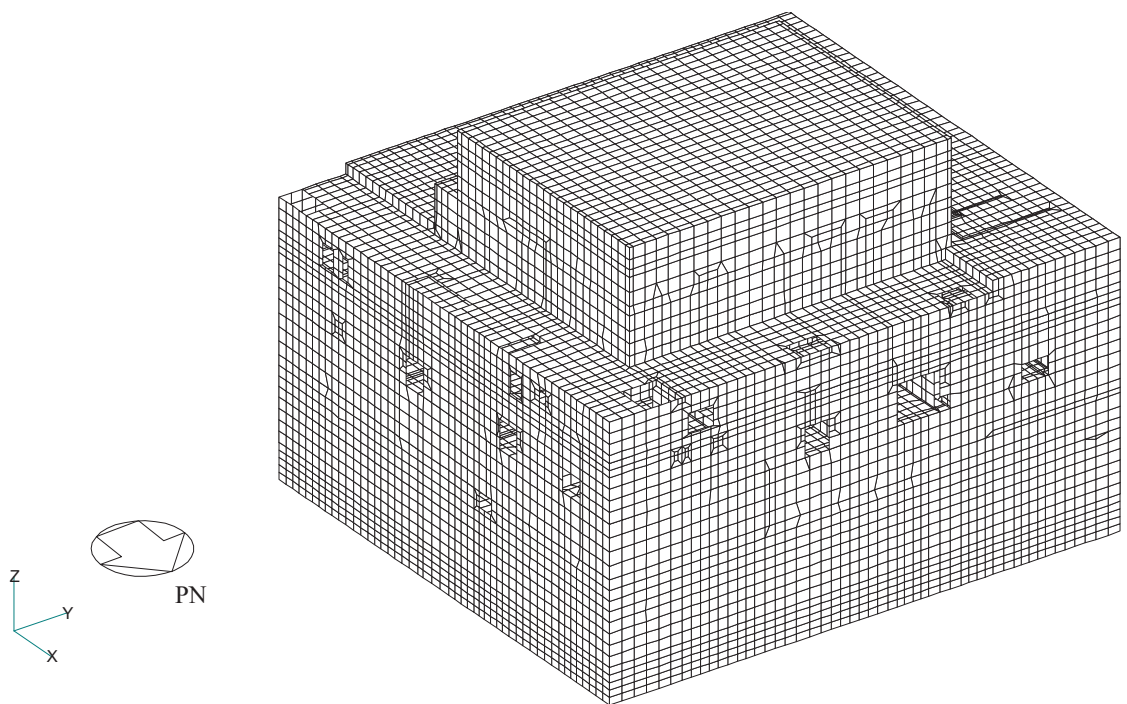
部材の接合部における剛域の設定は行わない。また、ビーム要素は柱・はりの壁・床と重複する部分の断面も含めて断面性能としてモデル化している。

使用材料の物性値を表 2-1 に示す。

コンクリートの強度及びヤング係数並びに地盤物性については、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」における原子炉建屋の設定値と同一である。

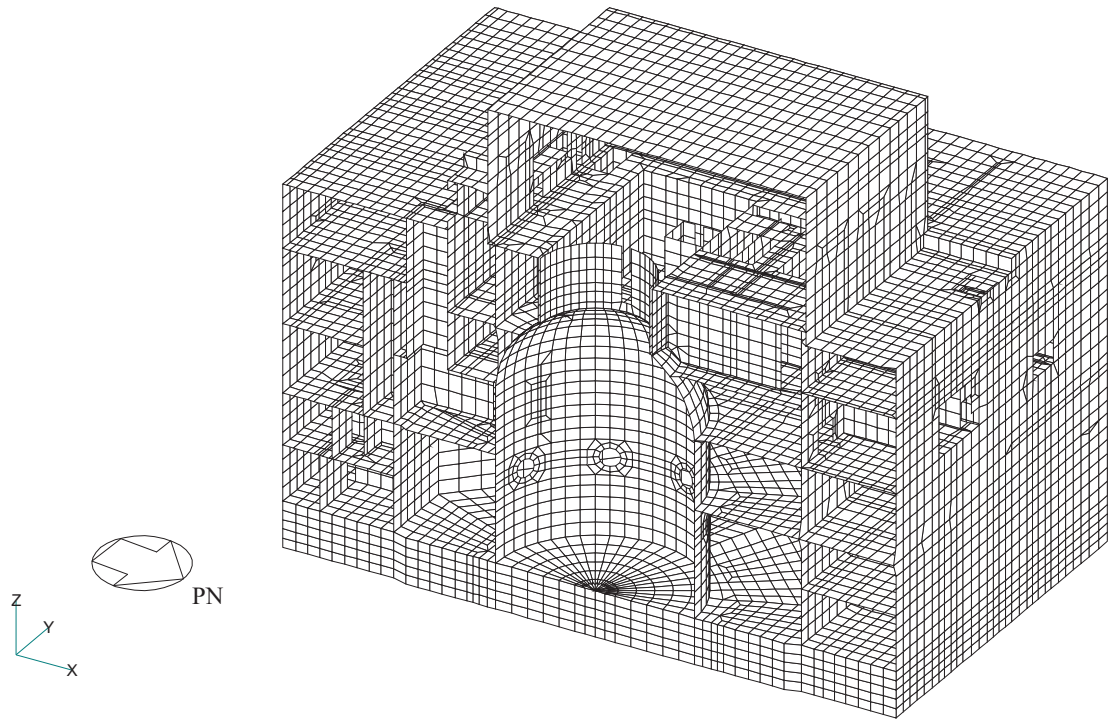


(a) 建屋全景（南西面）

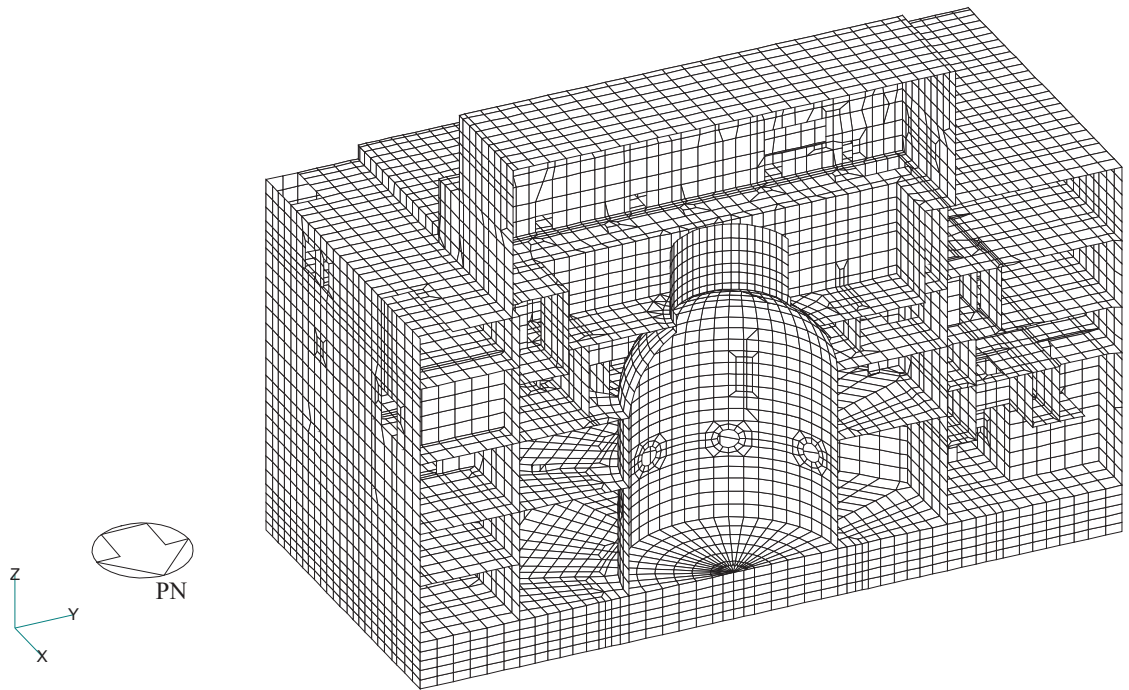


(b) 建屋全景（北東面）

図 2-1(1) 3次元 FEM モデル図 (1/2)

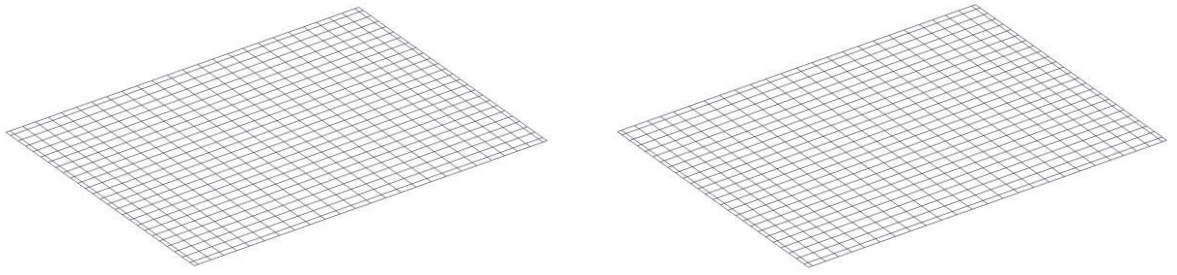


(c) NS 断面図

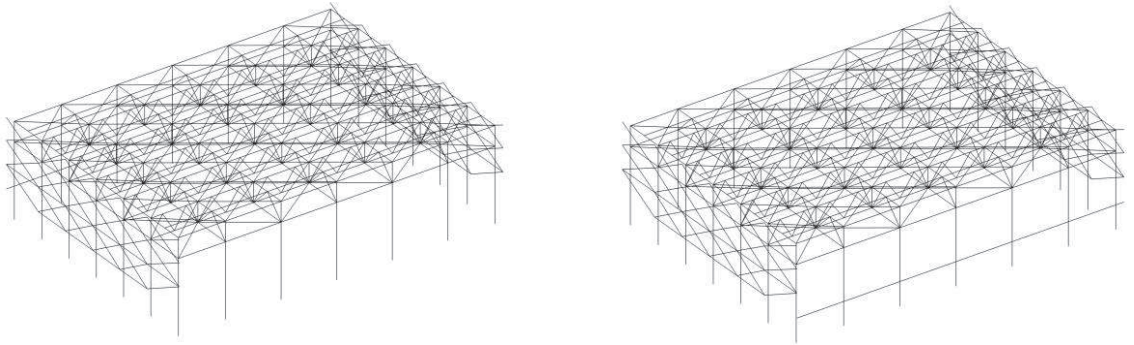


(d) EW 断面図

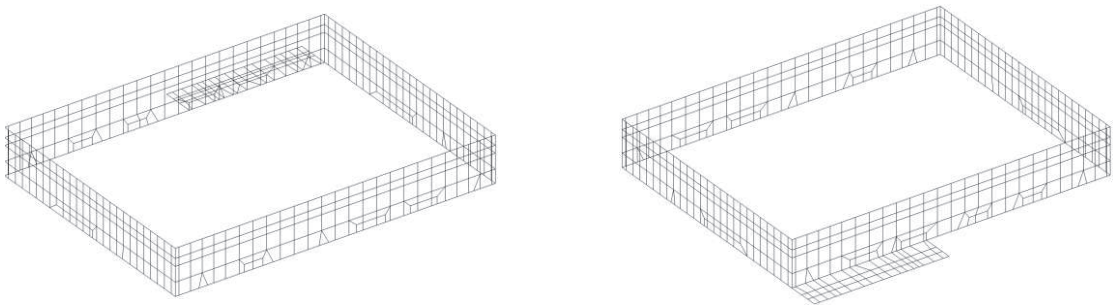
図 2-1(2) 3次元 FEM モデル図 (2/2)



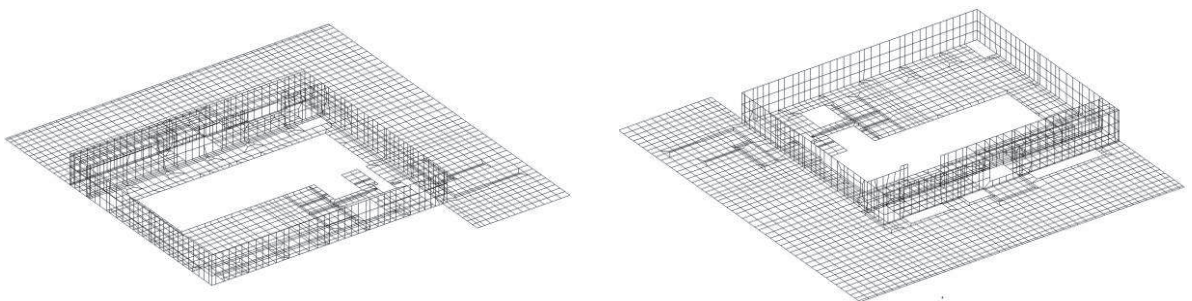
(a) O. P. 50.5m (屋根スラブ)



(b) O. P. 33.2m~O. P. 50.5m (柱, はり及び屋根トラス)

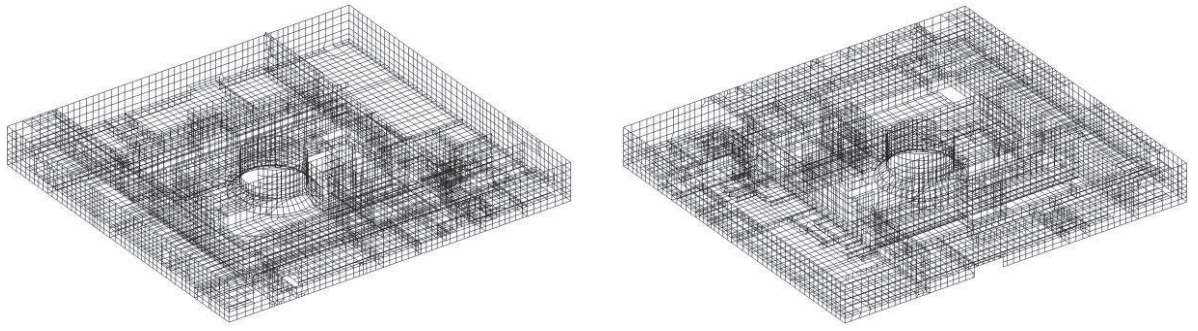


(c) O. P. 41.2m~O. P. 50.5m

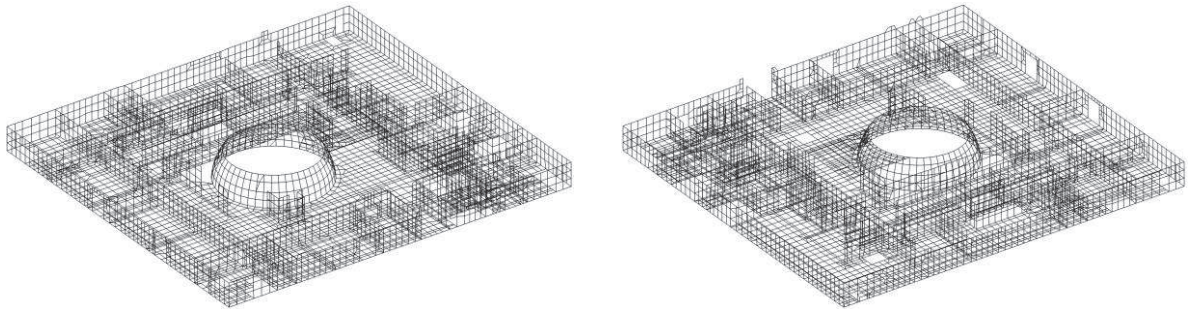


(d) O. P. 33.2m~O. P. 41.2m

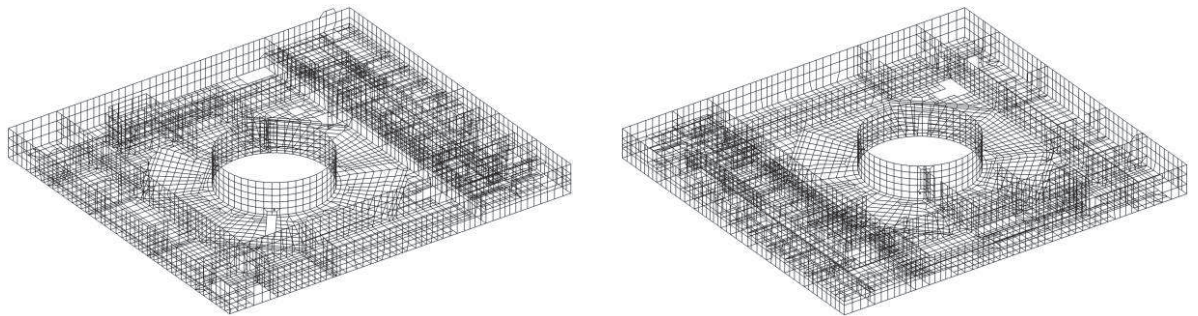
図 2-2(1) 各階の 3次元 FEM モデル図 (1/3)



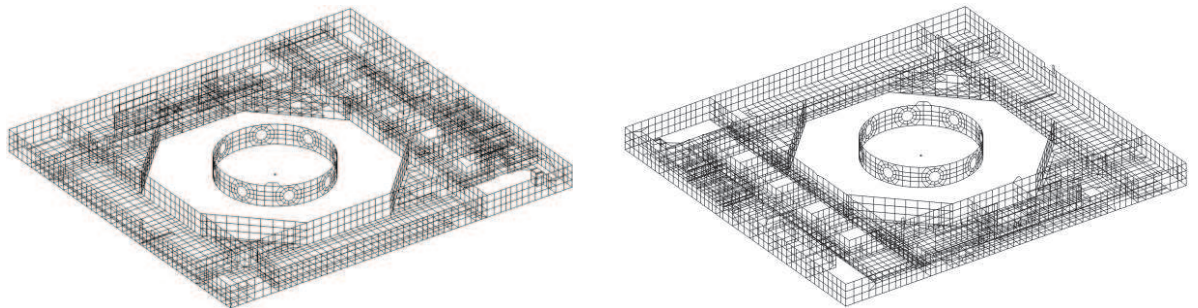
(e) O. P. 22.5m ~ O. P. 33.2m



(f) O. P. 15.0m ~ O. P. 22.5m

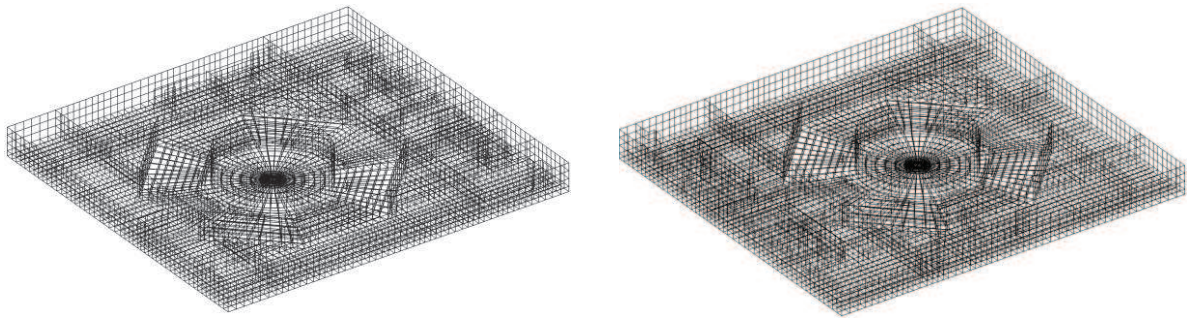


(g) O. P. 6.0m ~ O. P. 15.0m



(h) O. P. -0.8m ~ O. P. 6.0m

図 2-2(2) 各階の 3 次元 FEM モデル図 (2/3)



(i) O. P. -8.1m~O. P. -0.8m

図 2-2(3) 各階の 3 次元 FEM モデル図 (3/3)

表 2-1 使用材料の物性値

部位	使用材料	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断弾性係数 G (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
建屋部 燃料取替床上部 既設部	鉄筋コンクリート コンクリート： F c = 32.4 (N/mm ²) (F c = 330 (kgf/cm ²)) 鉄筋：SD35 (SD345 相当)	2.65 × 10 ⁴	1.14 × 10 ⁴	5
建屋部 燃料取替床上部 追設部	鉄筋コンクリート コンクリート： F c = 33 (N/mm ²) 鉄筋：SD345	2.52 × 10 ⁴	1.05 × 10 ⁴	5
建屋部 燃料取替床下部 既設部	鉄筋コンクリート コンクリート： F c = 32.4 (N/mm ²) (F c = 330 (kgf/cm ²)) 鉄筋：SD35 (SD345 相当)	2.65 × 10 ⁴	1.14 × 10 ⁴	5
屋根トラス	鉄骨：SS41 (SS400 相当) SM41A (SM400A 相当)	2.05 × 10 ⁵	7.90 × 10 ⁴	2
追設ブレース	鉄骨：SN400B SN490B BCR295	2.05 × 10 ⁵	7.90 × 10 ⁴	2

2.1.2 荷重

固定荷重，積載荷重及び機器・配管荷重を考慮する。各部について，質点系モデルの重量と整合するように重量を調整する。このうち，炉内構造物については，質点系モデルでは重量として考慮しており，建屋の3次元FEMモデルにおいても重量として考慮する。

2.1.3 建屋－地盤の相互作用

建屋－地盤の相互作用は，添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」における質点系モデルの基礎底面地盤ばねと整合するよう，地盤をばね要素でモデル化することで考慮する。

基礎底面地盤ばねについては，質点系モデルで考慮したスウェイ，ロッキング及び鉛直ばねの値を基に，3次元FEMモデルの基礎底面の各節点位置に，節点の支配面積に応じて離散化した値で割り当てる。水平方向加振時のロッキングばねは，鉛直ばねとして設定する。詳細な離散化方法を以下に示す。

地盤ばね成分が底面・並進及び底面・鉛直の場合は，各方向の地盤ばね定数を基礎底面積で除した地盤反力係数に対し，各節点の支配面積を乗じた値のばねを各節点に離散化したばねとして設定する。また，地盤ばね成分が底面・回転の場合（水平方向加振時のみ）は，水平2方向の地盤ばね定数を基礎底面の断面二次モーメントで除した鉛直次元の地盤反力係数に対し，各節点の支配面積を乗じた値のばねを各節点に離散化したばねとして設定する。一般に，水平2方向の回転ばねに等価な鉛直ばねの値は異なる値となるが，2方向同時入力解析を行うため，2方向の等価な鉛直ばねの平均値を設定値とする。

減衰係数は地盤ばね定数と同様の方法で各節点に離散化した減衰要素としてモデル化する。各地盤ばね諸元を表2-2に示す。

表 2-2 地盤ばね定数と減衰係数

(a) 底面・並進

方向	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN・s/m)
NS	1.742×10^9	2.351×10^7
EW	1.727×10^9	2.309×10^7

(b) 底面・回転

方向	ばね定数 (kN・m/rad.)	減衰係数 (kN・m・s/rad.)
NS	2.994×10^{12}	5.100×10^9
EW	3.386×10^{12}	6.732×10^9

(c) 底面・鉛直

ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN・s/m)
2.350×10^9	4.605×10^7

2.2 固有値解析

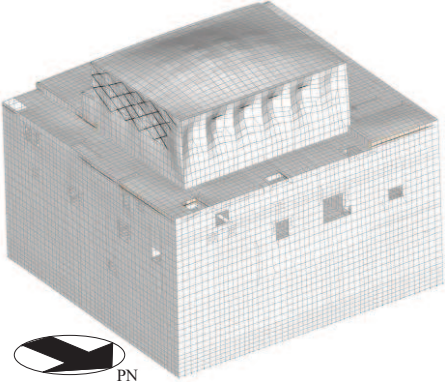
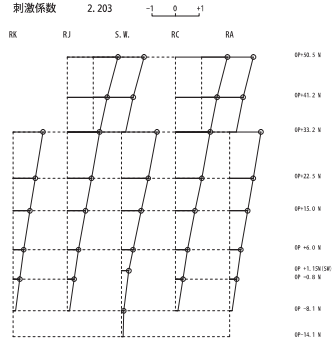
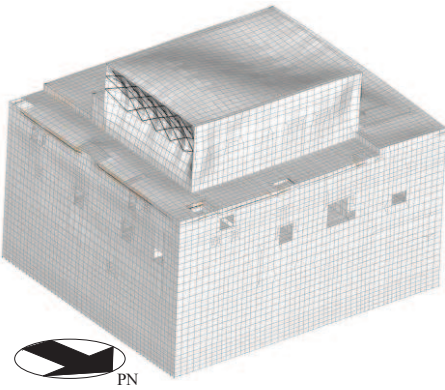
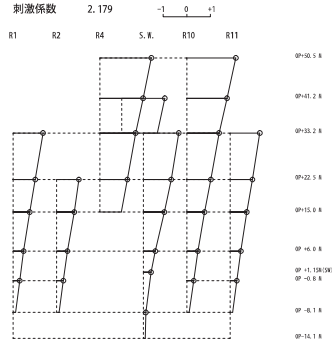
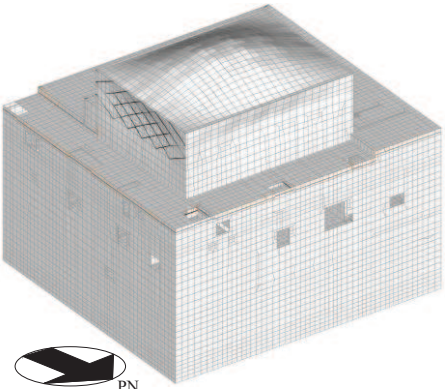
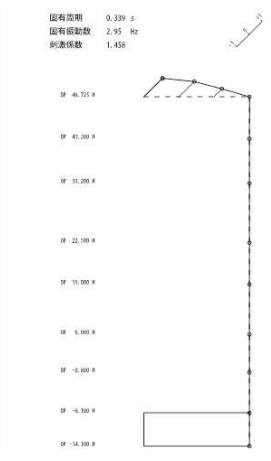
3次元 FEM モデルについて、固有値解析を実施した。固有値解析結果を表 2-3 に、質点系モデル及び 3次元 FEM モデルの固有モード比較を表 2-4 に示す。

固有値解析の結果について、質点系モデルと 3次元 FEM モデルは、いずれの方向についても概ね整合している。

表 2-3 固有値解析結果

方向	振動数 (Hz)	
	3次元 FEM モデル	質点系モデル
NS	4.10	4.21
EW	4.28	4.36
UD	3.74	2.95

表 2-4 質点系モデル及び 3 次元 FEM モデルの固有モード比較

方向	3 次元 FEM	質点系モデル
NS		<p>固有周期 0.237 s 固有振動数 4.21 Hz 刺激係数 2.203</p> 
	4.10 Hz	4.21 Hz
EW		<p>固有周期 0.230 s 固有振動数 4.36 Hz 刺激係数 2.179</p> 
	4.28 Hz	4.36 Hz
UD		<p>固有周期 0.339 s 固有振動数 2.95 Hz 刺激係数 1.458</p> 
	3.74 Hz	2.95 Hz

2.3 観測記録を用いた検討

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震（以下「3.11 地震」という。）に対する、3 次元 FEM モデルを用いたシミュレーション解析結果については、補足説明資料「補足-620-1 別紙 5 3 次元 FEM 等価線形モデルによるシミュレーション解析（原子炉建屋）」に詳細を記載している。

3 次元 FEM モデルによる解析結果は、建屋内の各部に配置された地震計による地震観測記録との比較で、応答スペクトルの形状をよく再現できていることを確認しており、以降の原子炉建屋の 3 次元応答性状の影響検討については、3 次元 FEM モデルを用いることとする。

なお、上記のシミュレーション解析に用いたモデルに対し、以降の原子炉建屋の 3 次元応答性状の影響検討に用いる 3 次元 FEM モデルは、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に示す質点系モデルとの整合性の観点から、以下の項目について変更している。

- ①せん断耐力の向上を目的とした耐震補強工事において追設した部材として、内部ボックス壁と同じ構面において 3 階（O.P. 33.2m～O.P. 41.2m）には耐震壁を、クレーン階（O.P. 41.2m～O.P. 50.5m）には鉄骨ブレースを地震応答解析モデルに反映している。
- ②コンクリートの減衰定数は 7%から 5%としている。

3. 3次元 FEM モデルによる評価

3.1 地震応答解析の概要

原子炉建屋の3次元的な応答性状を把握し、それらが建屋耐震性評価及び床応答へ及ぼす影響を検討するため、3次元 FEM モデルを用いて、弾性設計用地震動 S d に対する地震応答解析を実施する。

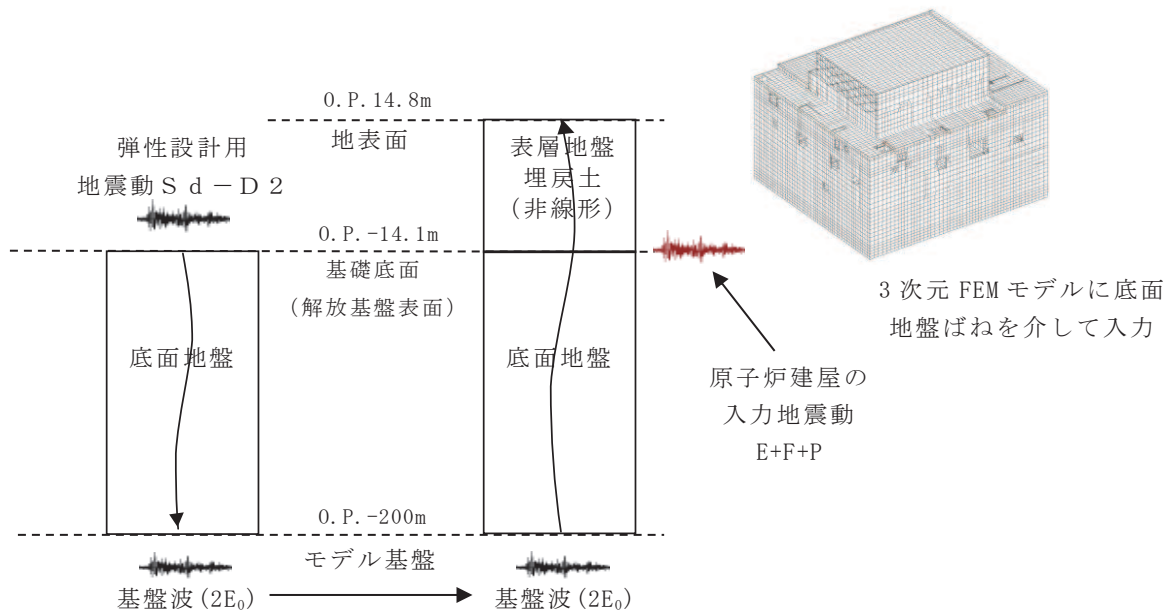
3次元 FEM モデルによる地震応答解析は弾性応答解析としていることから、地震動は弾性設計用地震動 S d とし、全周期帯の応答が大きく、建屋への影響も大きい弾性設計用地震動 S d - D 2 を用いる。(添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」参照)

弾性設計用地震動 S d - D 2 に対する建屋基礎底面の地盤応答を地盤ばねを介して入力し、3次元的な応答性状の把握を行う。図 3-1 に 3次元 FEM モデルによる地震応答解析の概念を示す。

水平2方向及び鉛直方向に同時に地震動を入力する場合は、水平方向に弾性設計用地震動 S d - D 2 の水平方向地震波(以下「S d - D 2 H」という。)及び弾性設計用地震動 S d - D 2 の位相違い波* (以下「S d - D 2 p」という。)を、UD方向に弾性設計用地震動 S d - D 2 の鉛直方向地震波(以下「S d - D 2 V」という。)を入力する。弾性設計用地震動 S d - D 2 H、S d - D 2 p 及び S d - D 2 V の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を図 3-2 及び図 3-3 に示す。

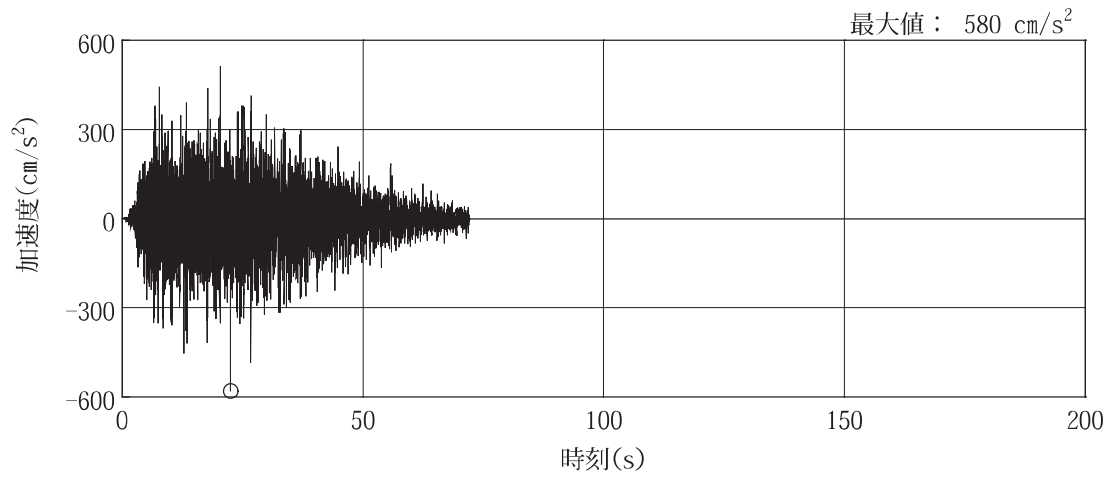
3次元 FEM モデルによる地震応答解析は、NS方向、EW方向及び鉛直方向の各々に対して行う。また、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認として、NS方向、EW方向及び鉛直方向の3方向同時入力による応答評価も併せて実施する。

注記* : S d - D 2 H の設計用応答スペクトルに適合するが、S d - D 2 H とは位相特性が異なる地震波である。

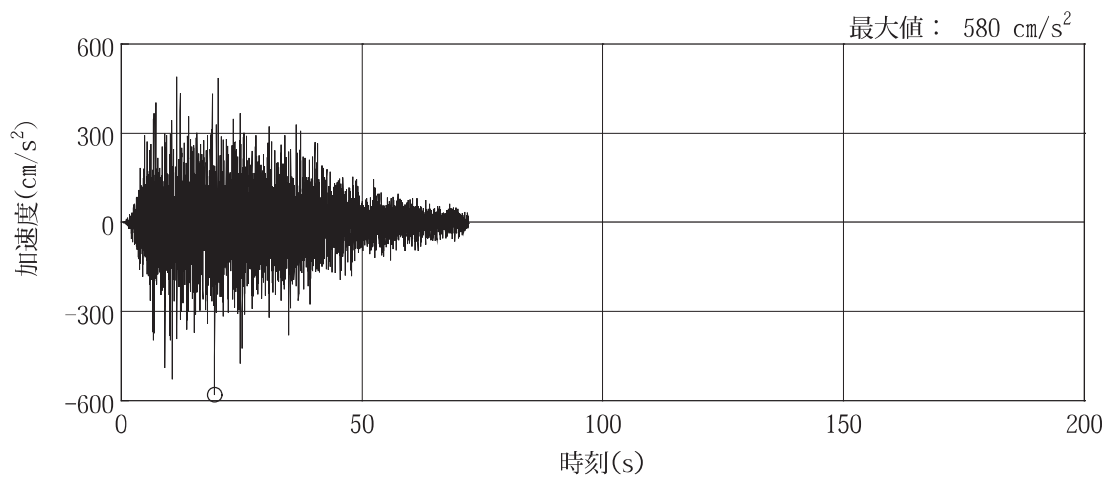


一次元地盤応答解析

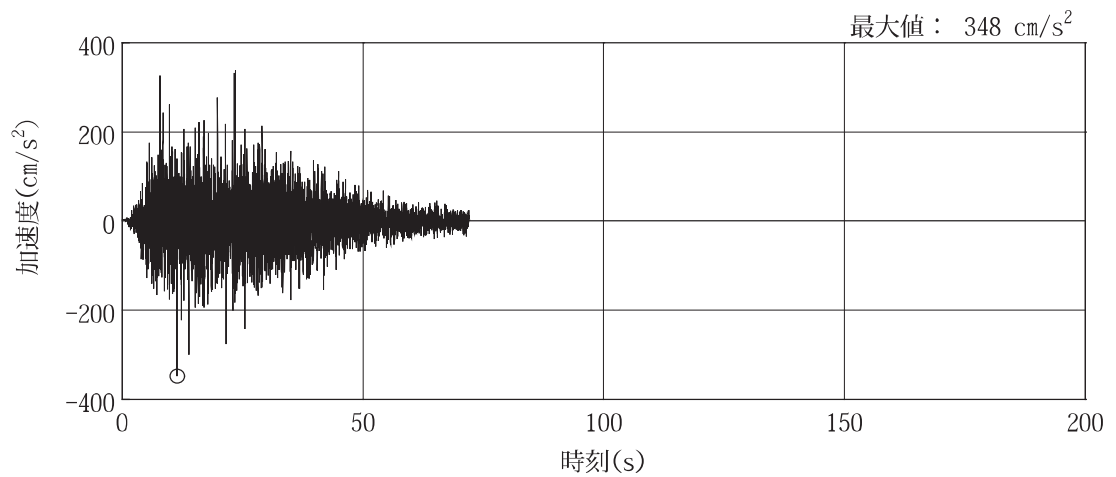
図 3-1 3次元 FEM モデルによる地震応答解析の概念



(a) S d - D 2 H

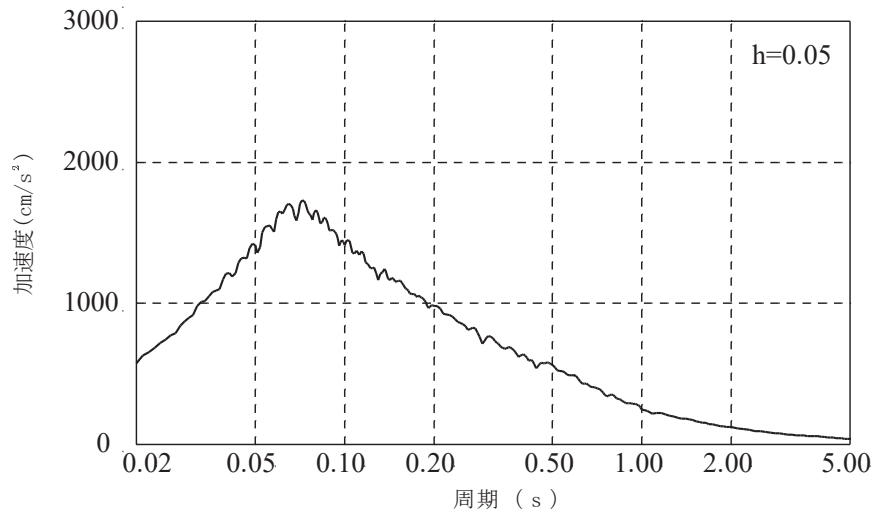


(b) S d - D 2 p

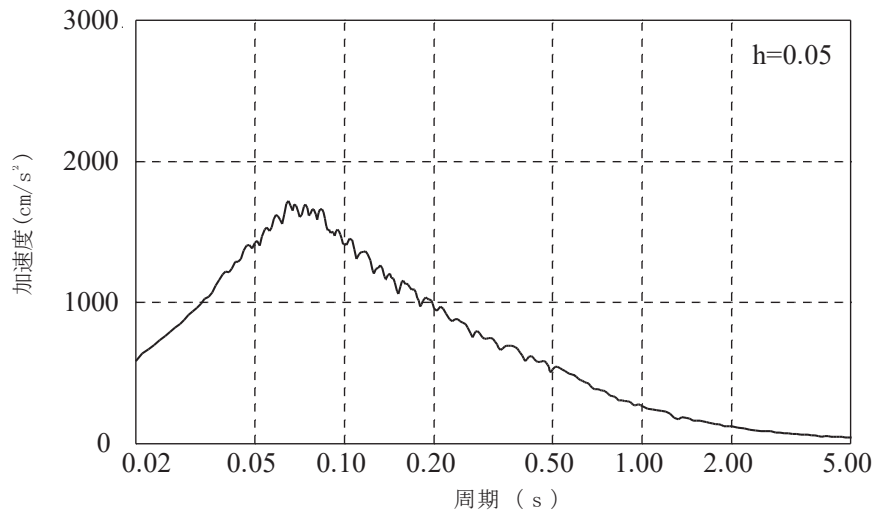


(c) S d - D 2 V

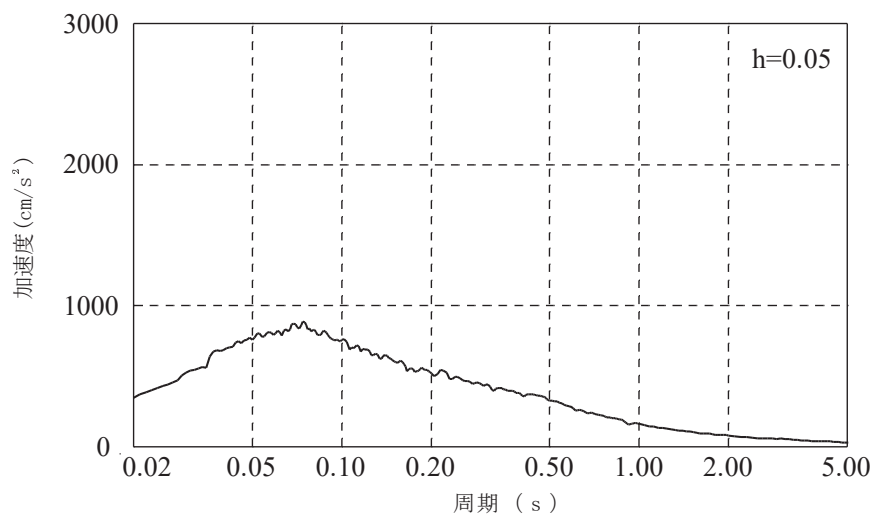
図 3-2 検討に用いる地震波の加速度時刻歴波形



(a) S d - D 2 H



(b) S d - D 2 p



(c) S d - D 2 V

図 3-3 検討に用いる地震波の加速度応答スペクトル

3.2 建屋応答性状の把握

3次元 FEM モデルを用いて、図 1-3 の評価フローに基づき、建屋応答特性の把握を行う。具体的には、以下の 3 点の応答特性について、3次元 FEM モデルを用いた分析・考察を行う。

- ・基礎のロッキング振動による鉛直方向応答への影響
3次元 FEM モデルの水平入力時の基礎版端部の鉛直応答で比較する
- ・鉛直軸回りのねじれ振動の影響
3次元 FEM モデルの加振方向及び直交方向の応答で比較する
- ・水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響
3次元 FEM モデルの水平 1 方向入力と 3 方向同時入力と比較する

3.2.1 基礎のロッキング振動による鉛直方向応答への影響

基礎のロッキング振動による鉛直方向応答への影響は、3次元 FEM モデルの鉛直入力時の鉛直方向応答と、水平方向と鉛直方向の同時入力による鉛直方向応答を比較することで検討する。

基礎のロッキング振動を確認するための応答の評価点は、ロッキング振動の影響が表れやすいと考えられる建屋端部の評価点 No. 120 及び No. 11 (O.P. -8.1m) を抽出した。

評価点 No. 120 は、NS 方向加振によりロッキングの影響が表れ、EW 方向加振時はロッキング振動の影響がほとんど表れない部位である。また、評価点 No. 11 は、EW 方向加振によりロッキングの影響が表れ、NS 方向加振時はロッキング振動の影響がほとんど表れない部位である。このため、これら 2 点について、NS 方向加振時と EW 方向加振時の鉛直応答を比較することにより、基礎のロッキング振動の影響について検討する。

検討結果を表 3-1 に示す。表 3-1 より、いずれの評価点においても NS 方向加振時及び EW 方向加振時の応答にほとんど差が見られない。従って、ロッキング振動の影響はほとんどないことを確認した。

表 3-1(1) 基礎版端部評価点の鉛直成分の応答スペクトルの比較 (S d - D 2) (1/2)

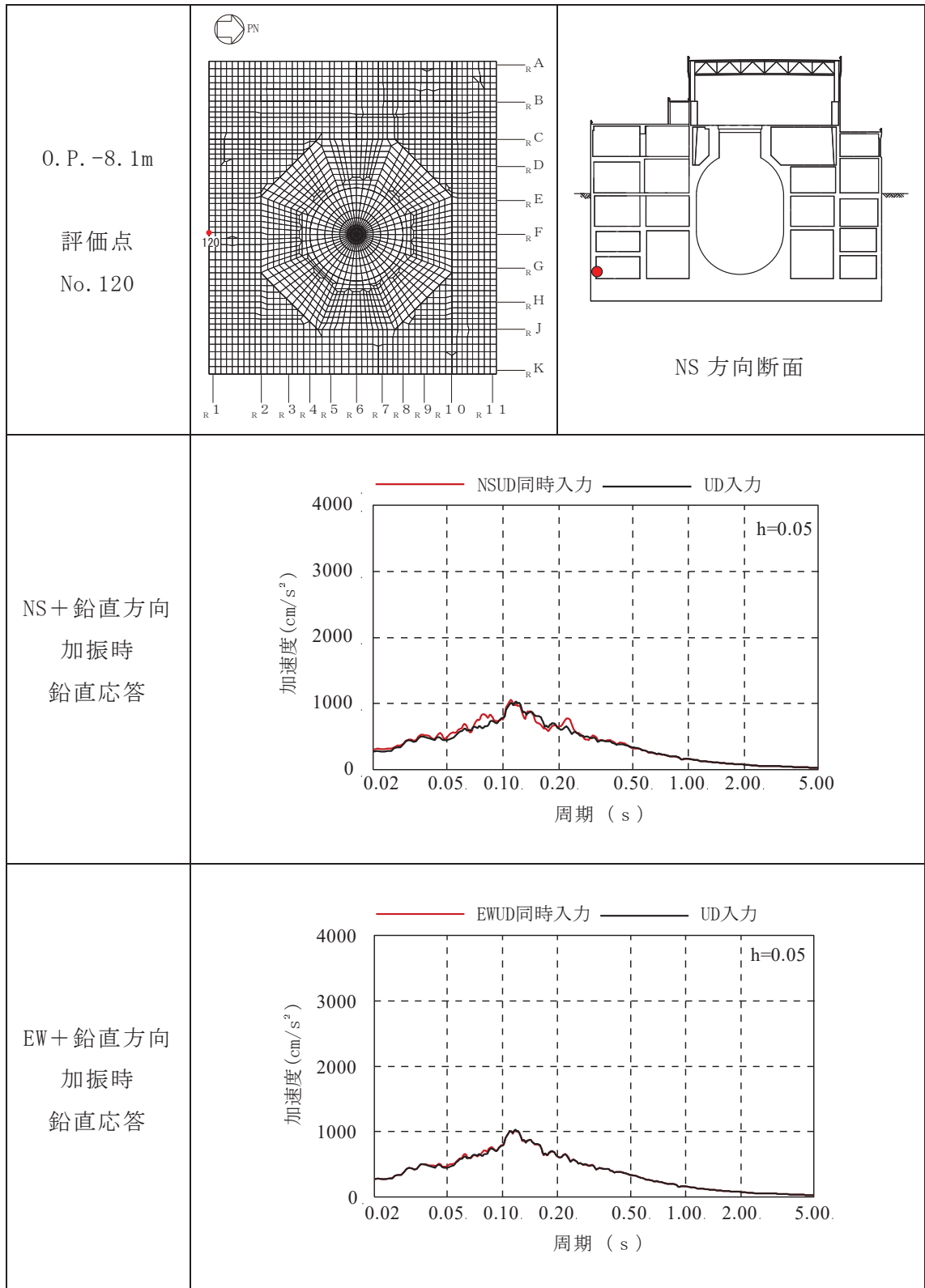
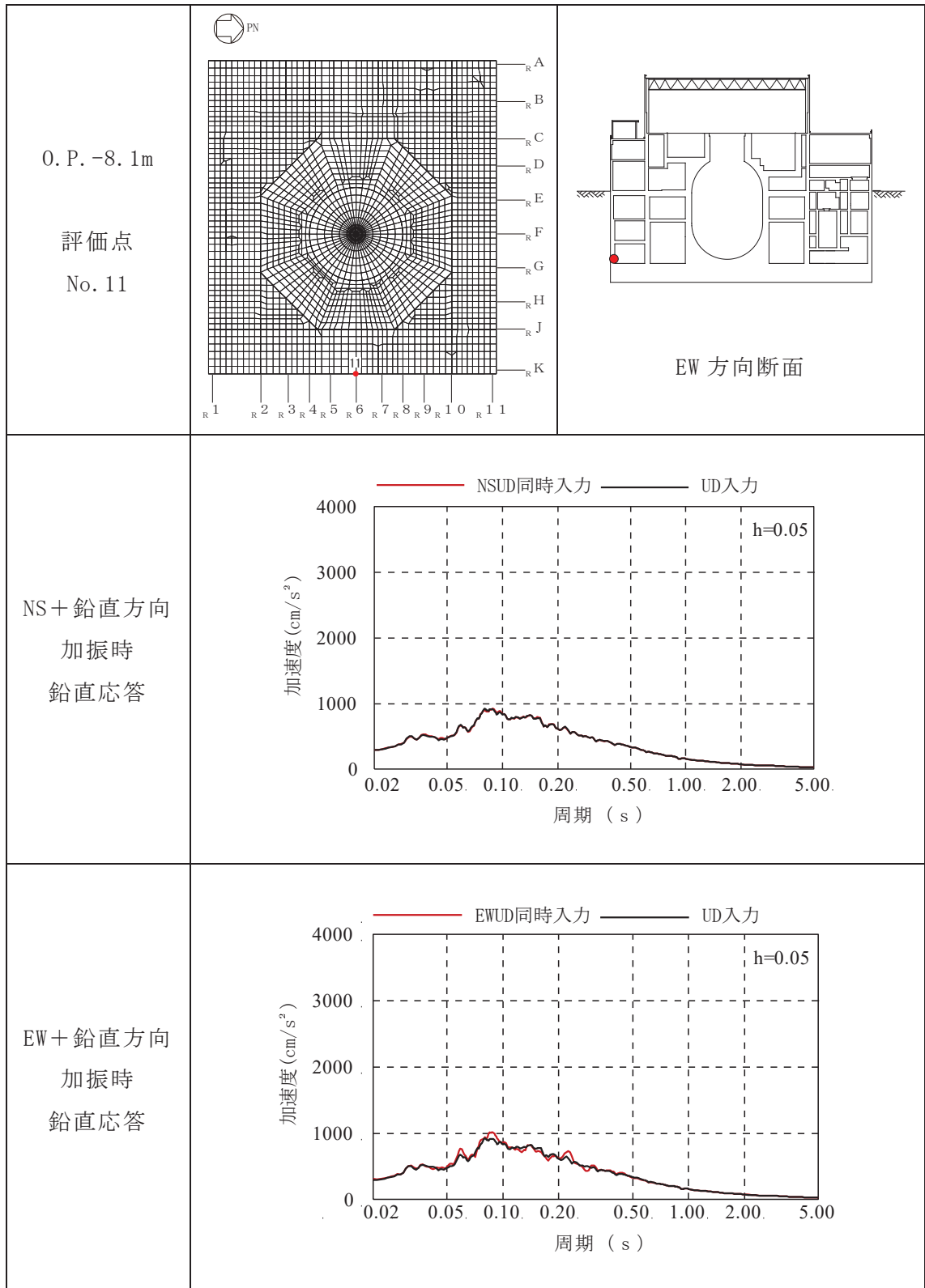


表 3-1(2) 基礎版端部評価点の鉛直成分の応答スペクトルの比較 (S d - D 2) (2/2)



3.2.2 鉛直軸回りのねじれ振動の影響

鉛直軸回りのねじれ振動の影響を 3次元 FEM モデルの地震応答解析により確認する。

原子炉建屋は、整形な平面形状であるため、ねじれ振動の影響は受けにくいと考えられるが、その中でも隅部がねじれ振動の影響が出やすいと考えられるため、応答評価点は、No. 63439 及び No. 38903 を抽出し、加振方向と加振直交方向の応答を比較する。

水平加振時の応答比較を表 3-2 に示す。表 3-2 より、選定した全ての評価点において、加振直交方向の応答は発生しているものの加振方向の応答と比較して十分に小さくなっている。したがって、水平 1 方向入力を考慮する場合、加振方向の応答に対して設計を行えば、耐震安全性上問題にはならないと考えられる。水平 2 方向の入力を考慮する場合については、水平 2 方向の入力地震動の位相の組合せによって、ねじれ振動の影響による応答が増幅する可能性がある。

以上より、水平 2 方向の入力によるねじれ振動の影響は、「3.2.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響」において確認する。

表 3-2(1) 3次元 FEM モデルの水平加振時の応答比較(1/2)

O.P. 15.0m S d - D 2

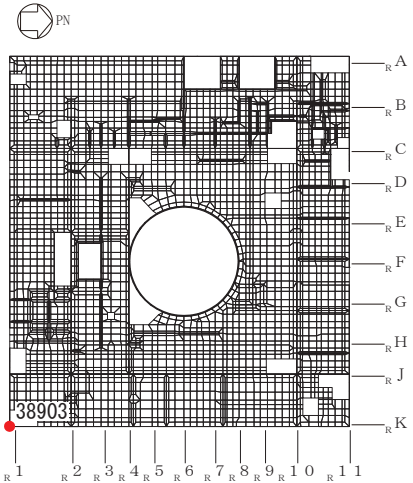
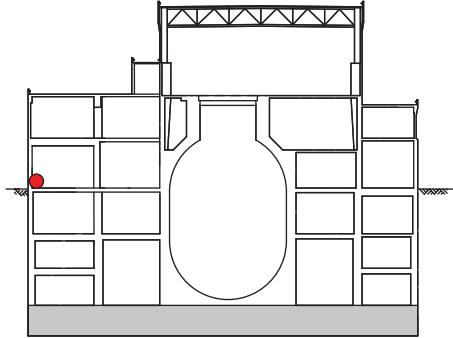
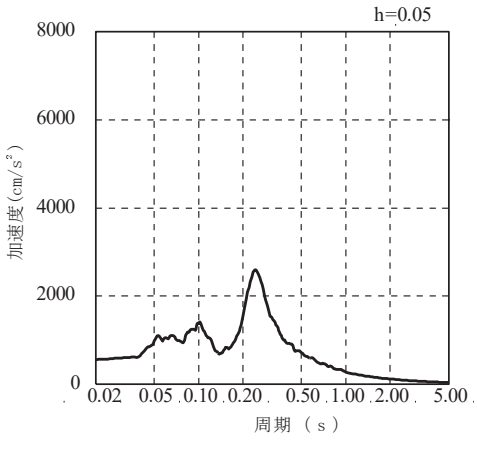
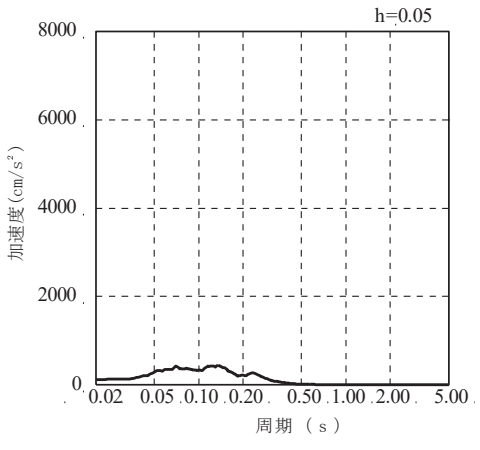
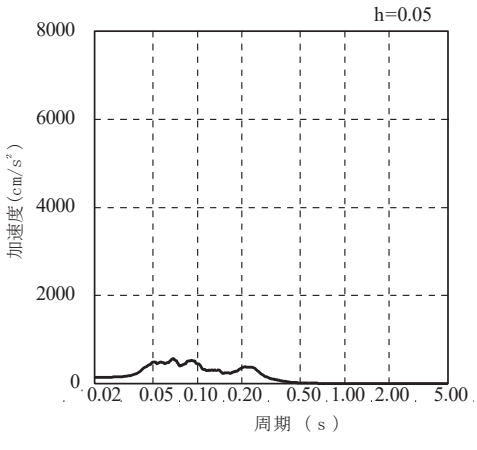
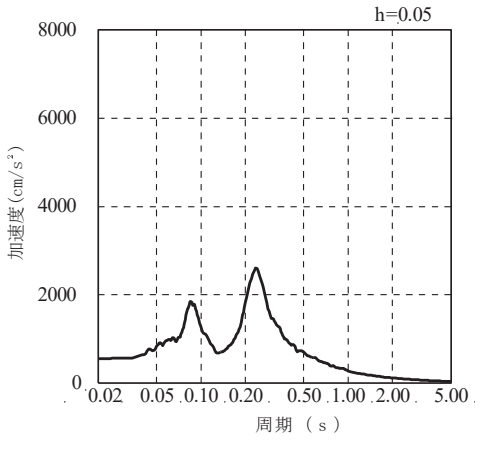
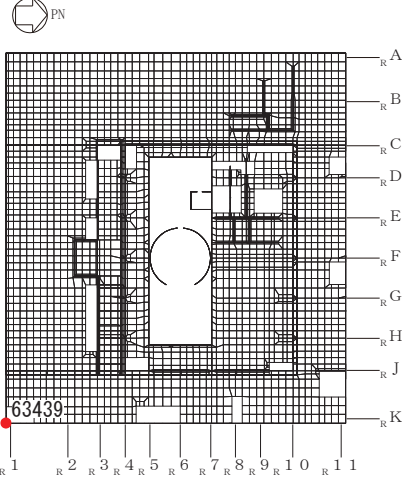
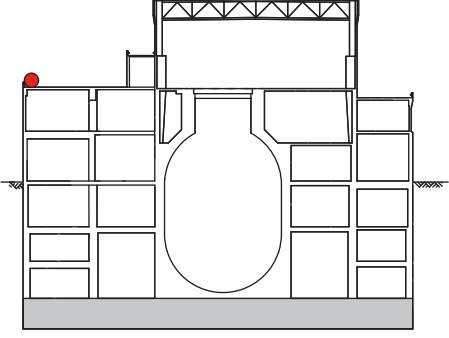
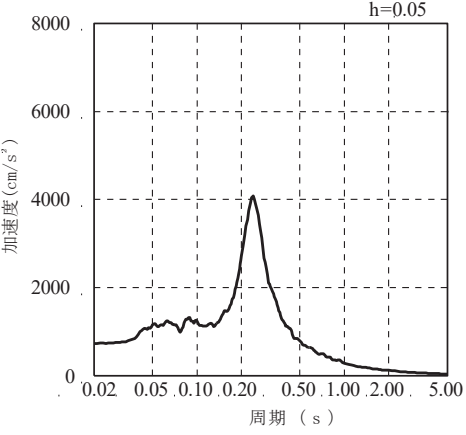
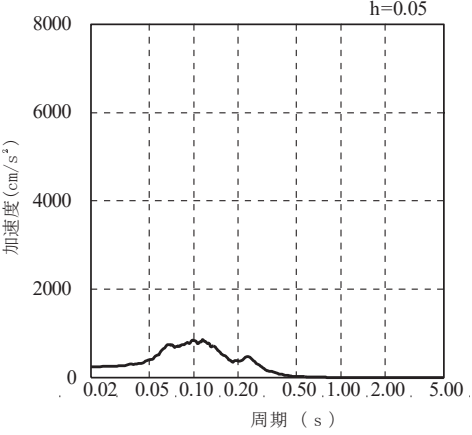
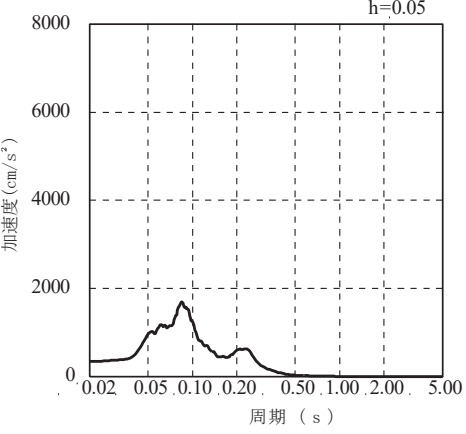
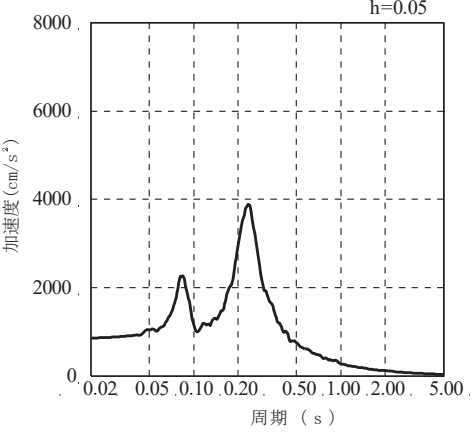
<p>O.P. 15.0m</p> <p>評価点 No. 38903</p>		
<p>方向</p>	<p>NS 方向応答</p>	<p>EW 方向応答</p>
<p>NS 方向 加振時</p>		
<p>EW 方向 加振時</p>		

表 3-2(2) 3次元 FEM モデルの水平加振時の応答比較(2/2)

0. P. 33.2m S d - D 2

<p>0. P. 33.2m</p> <p>評価点 No. 63439</p>		
<p>方向</p>	<p>NS 方向応答</p>	<p>EW 方向応答</p>
<p>NS 方向 加振時</p>		
<p>EW 方向 加振時</p>		

3.2.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響

(1) 地震動の入力方法

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認として、3 次元 FEM モデルに弾性設計用地震動 S d を水平 2 方向及び鉛直方向に同時に入力（3 方向同時入力）した場合について検討する。

地震動の組合せを表 3-3 に示す。水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響検討は、弾性設計用地震動 S d を水平 2 方向及び鉛直方向に組み合わせた地震力に対して実施する。具体的には、弾性設計用 S d - D 2 を水平 2 方向及び鉛直方向に入力した検討を実施する。

ただし、全く同じ地震動が同時に水平 2 方向に入力されることは現実的ではないことから、弾性設計用地震動 S d - D 2 について、水平 2 方向同時入力を行う場合は以下のように入力地震動を設定する。NS 方向の応答性状の比較を行う場合は、主方向である NS 方向に S d - D 2 H を入力し、直交方向の EW 方向には S d - D 2 p を入力する。EW 方向の応答性状の比較を行う場合は、主方向である EW 方向に S d - D 2 H の波形を入力し、直交方向の NS 方向には S d - D 2 p を入力する。

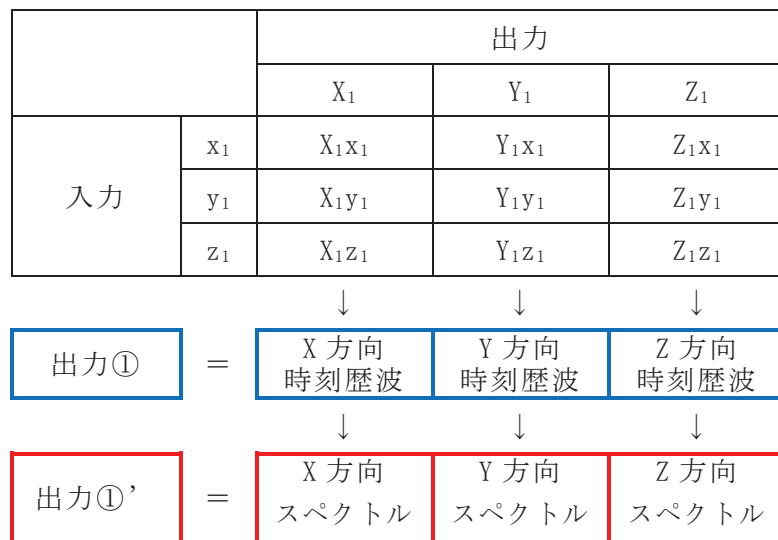
3 方向同時入力による各方向の応答は、水平 2 方向及び鉛直方向の地震動を入力して算出された各成分の応答を、時刻歴で足し合わせるにより算出する。

応答算出の考え方を図 3-4 に示す。

表 3-3 地震動の組合せ (S d - D 2)

地震動の入力方向		NS 方向	EW 方向	UD 方向
1 方向入力	NS 方向 評価時	S d - D 2 H	—	—
	EW 方向 評価時	—	S d - D 2 H	—
3 方向 同時入力	NS 方向 評価時	S d - D 2 H	S d - D 2 p	S d - D 2 V
	EW 方向 評価時	S d - D 2 p	S d - D 2 H	S d - D 2 V

図 3-4 3次元 FEM モデルによる応答算出の考え方



(2) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認

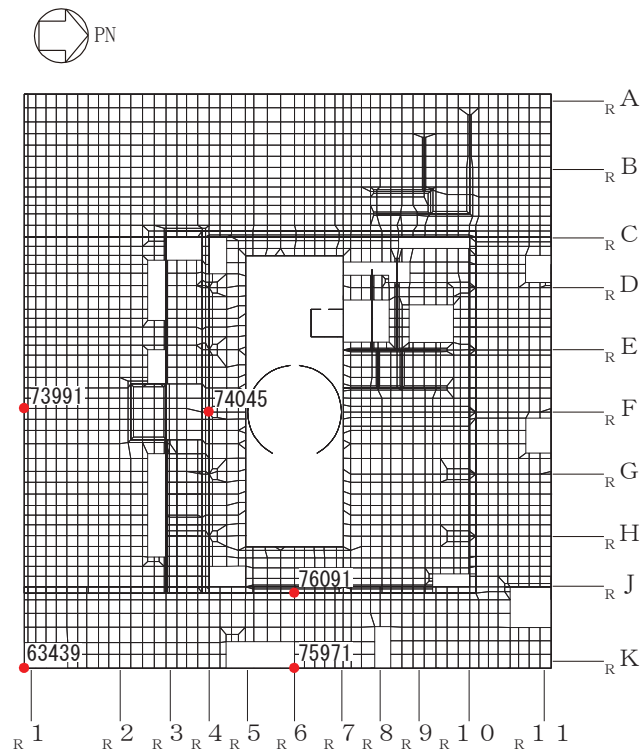
水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認は、表 3-3 の地震動を対象に、NS 方向に入力した場合及び EW 方向に入力した場合の応答と、3 方向同時入力した場合の応答とを比較することにより実施する。

応答は図 3-5 に示す評価点について比較するものとし、比較した結果を表 3-5 に示す。

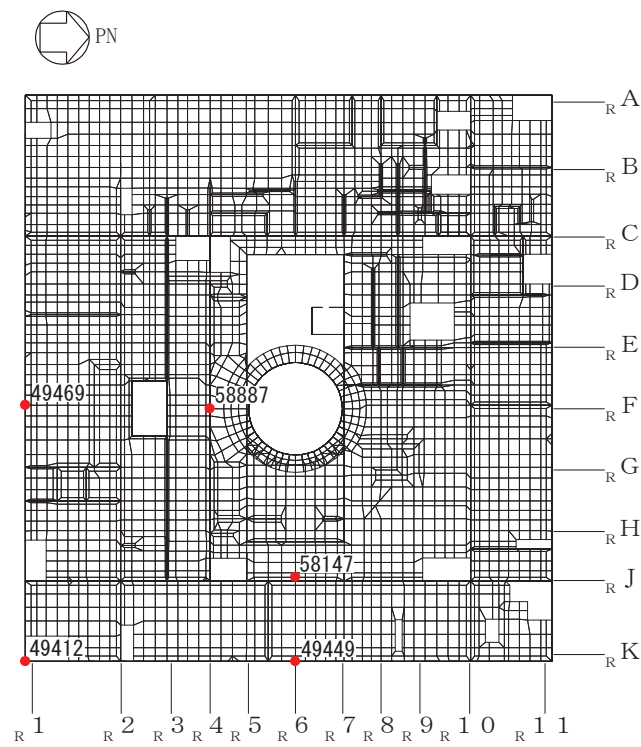
表 3-5 より、いずれの評価点においても、1 方向入力時及び 3 方向同時入力時の応答の差は小さく、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響はほとんどないことを確認した。

「3.2.2 鉛直軸回りのねじれ振動の影響」では、水平 2 方向の入力を考えた場合に、ねじれの影響によって相互に応答増幅する可能性が示唆されたが、ねじれ振動の影響による応答増幅は見られなかった。

原子炉建屋の質点系モデルを用いた耐震検討では、ねじれ振動を考慮せず、水平 1 方向入力時の入力方向の応答に対する検討を行っているが、本検討結果により、ねじれを考慮しないことは妥当と考える。

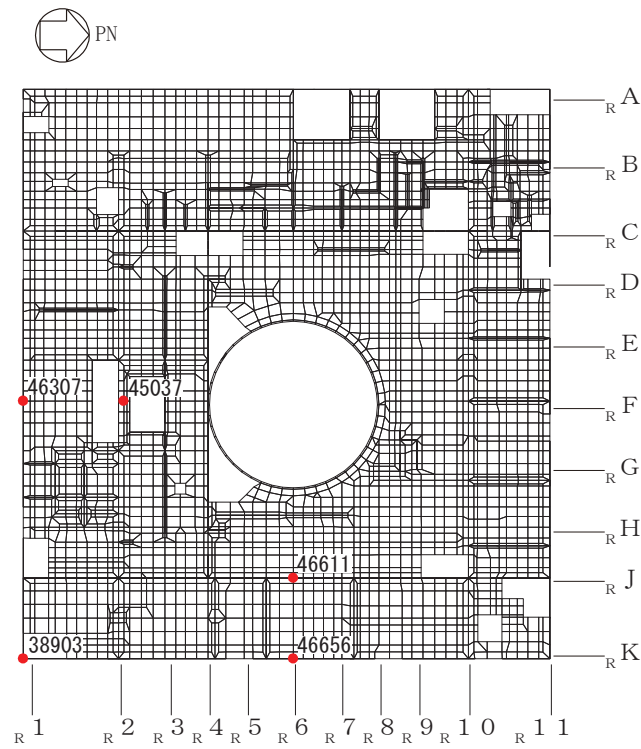


(a) 3F (O. P. 33.2m)

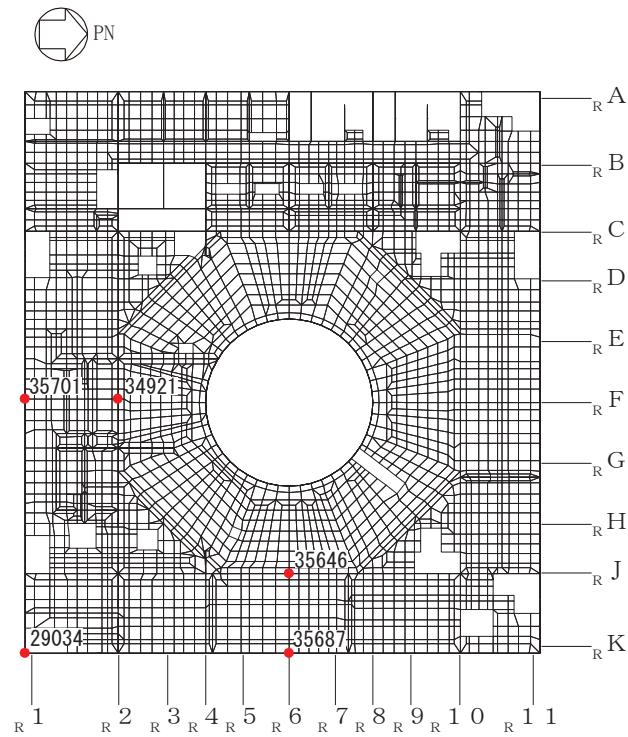


(b) 2F (O. P. 22.5m)

図 3-5(1) 応答評価位置(1/3)

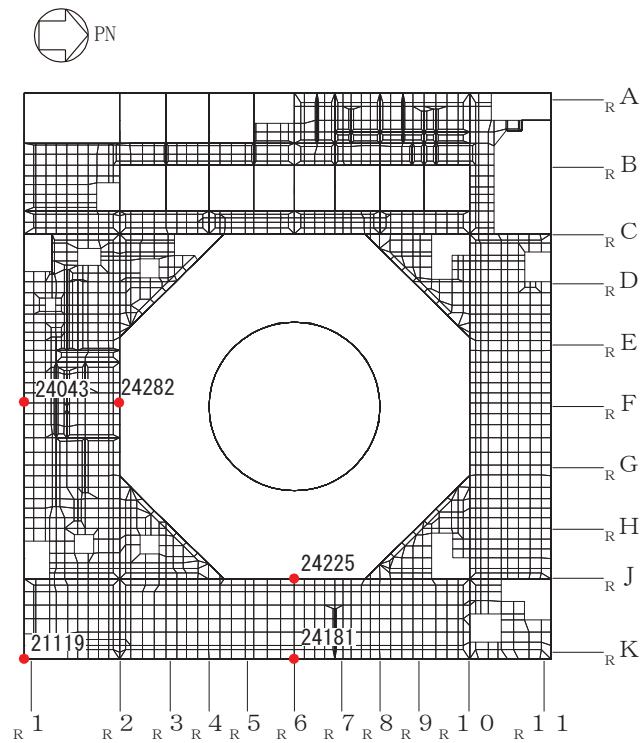


(c) 1F (O.P. 15.0m)

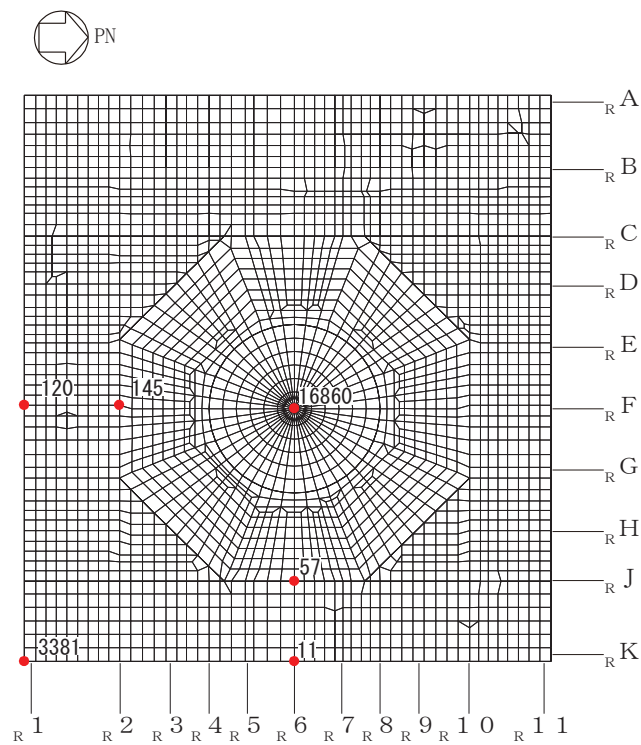


(d) B1F (O.P. 6.0m)

図 3-5(2) 応答評価位置(2/3)



(e) B2F (O.P. -0.8m)



(f) B3F (O.P. -8.1m)

図 3-5(3) 応答評価位置(3/3)

表 3-5(1) 3次元 FEM モデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力の応答比較 (S d - D 2) (1/12)

(a) O.P. 33.2m 外壁部

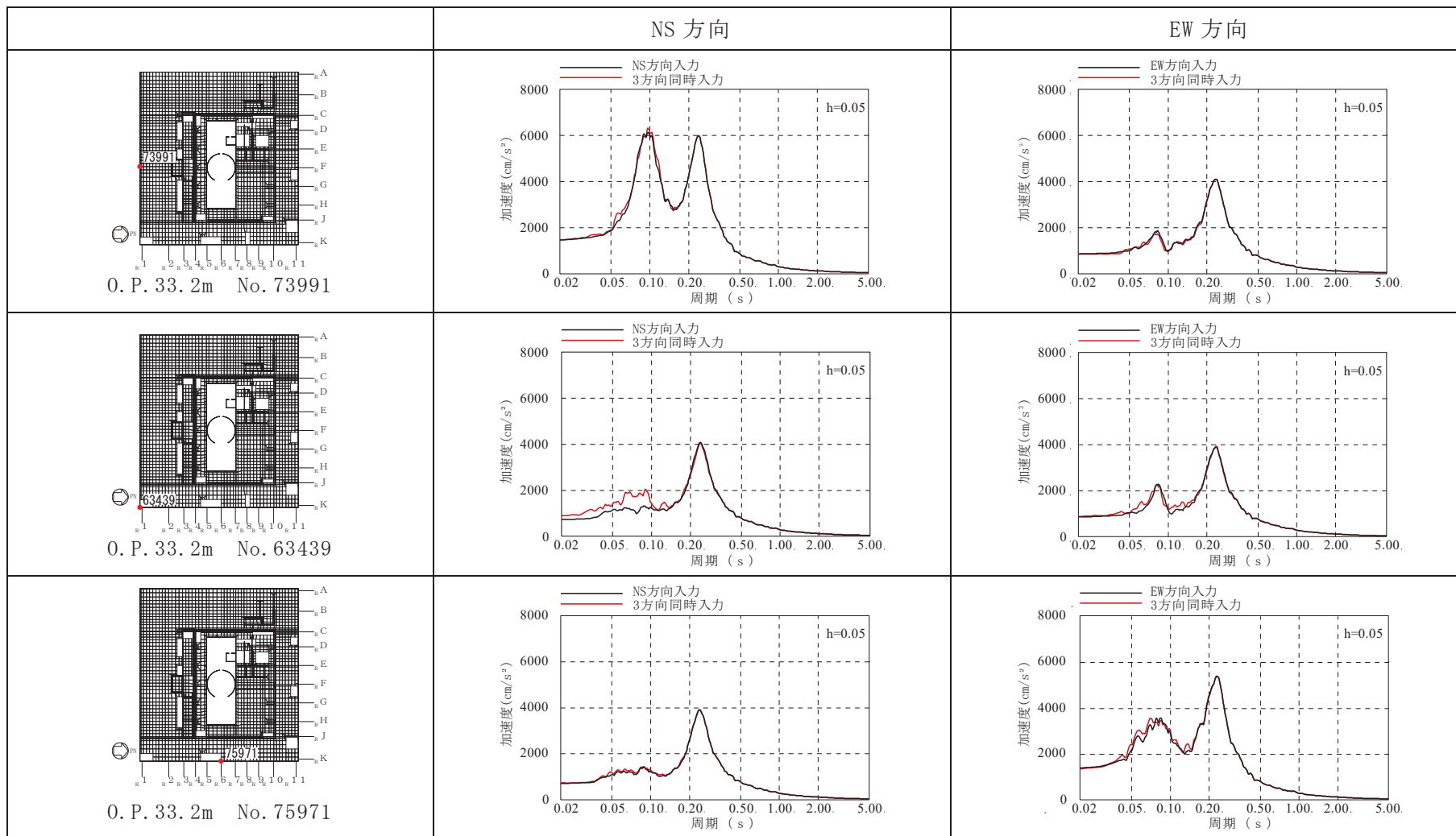


表 3-5(2) 3次元 FEM モデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力の応答比較 (S d - D 2) (2/12)

(b) O. P. 33. 2m

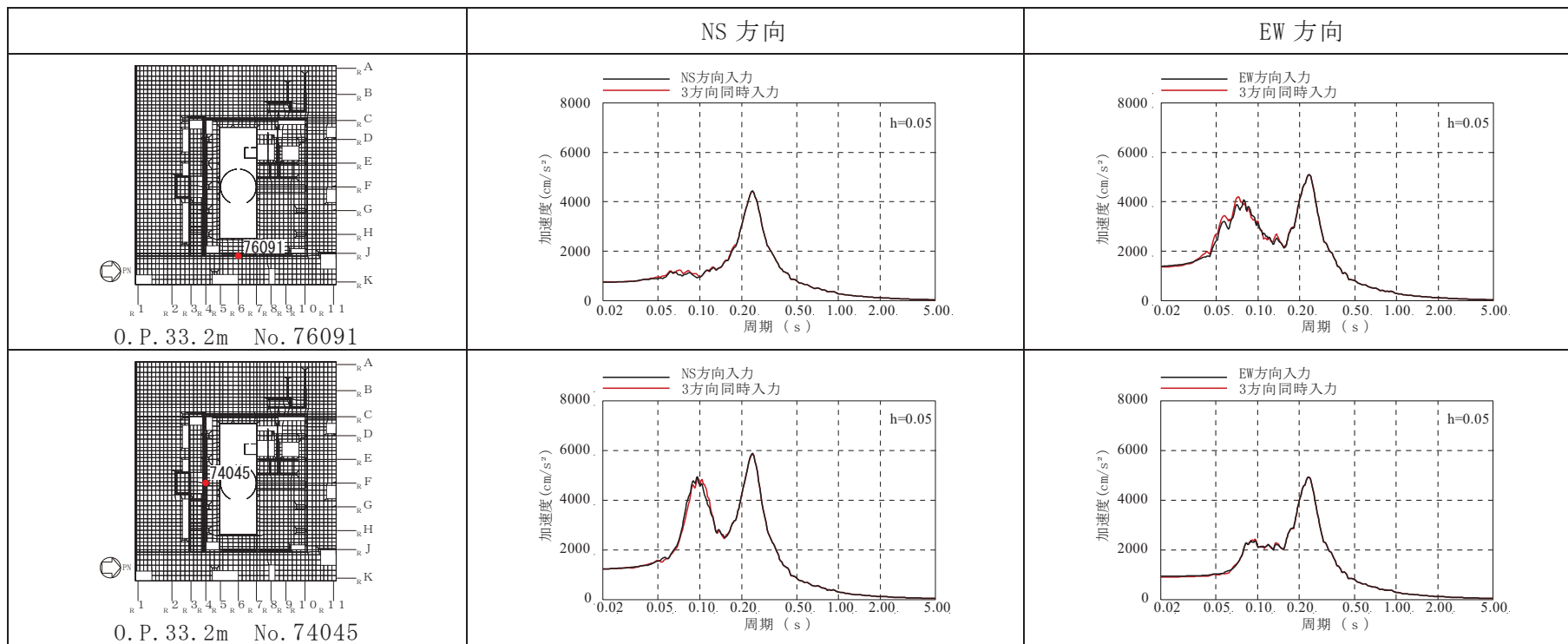


表 3-5(3) 3次元 FEM モデルの 3方向同時入力及び 1方向入力の応答比較 (S d - D 2) (3/12)

(c) O.P. 22.5 外壁部

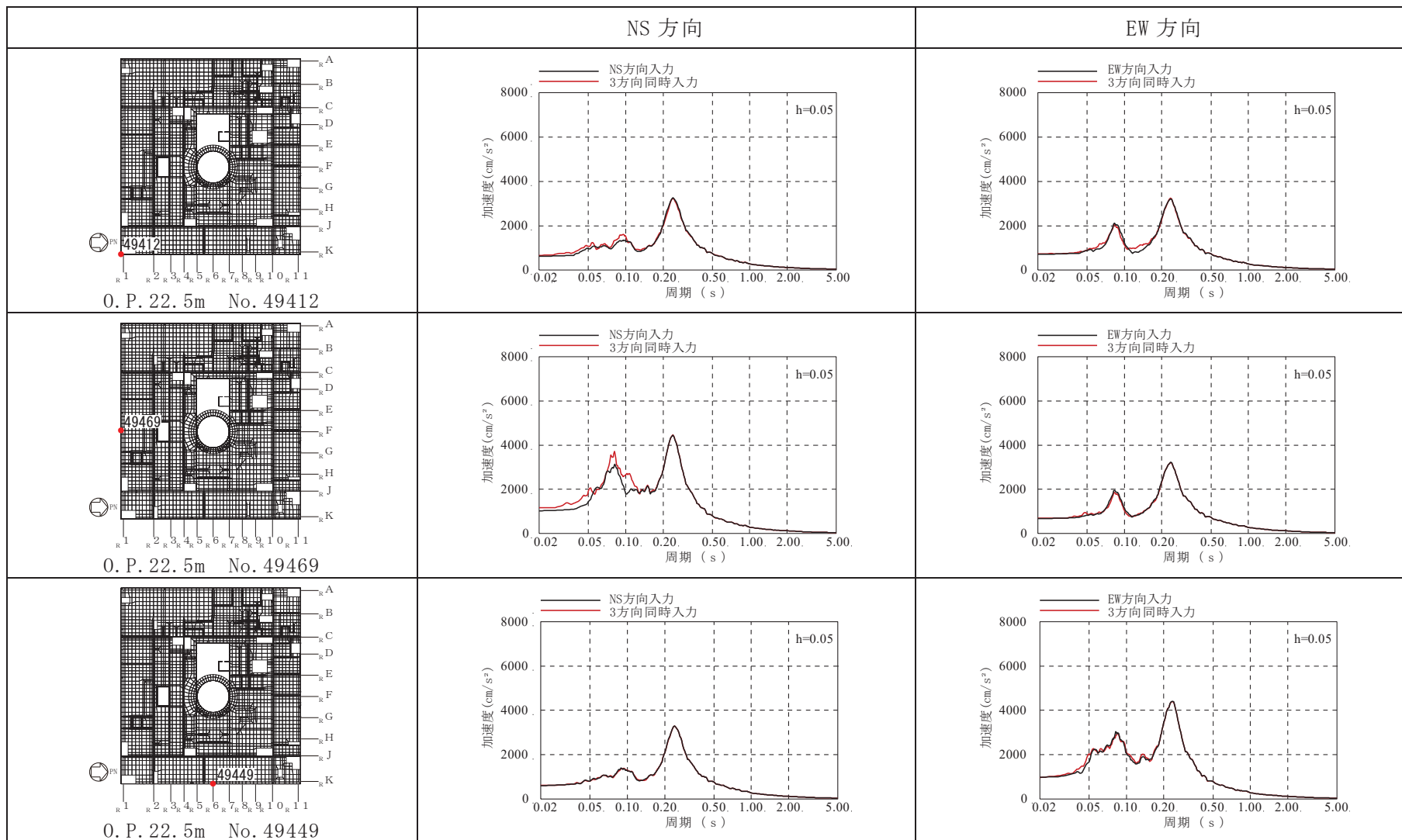


表 3-5(4) 3次元 FEM モデルの 3方向同時入力及び 1方向入力の応答比較 (S d - D 2) (4/12)

(d) O. P. 22.5m

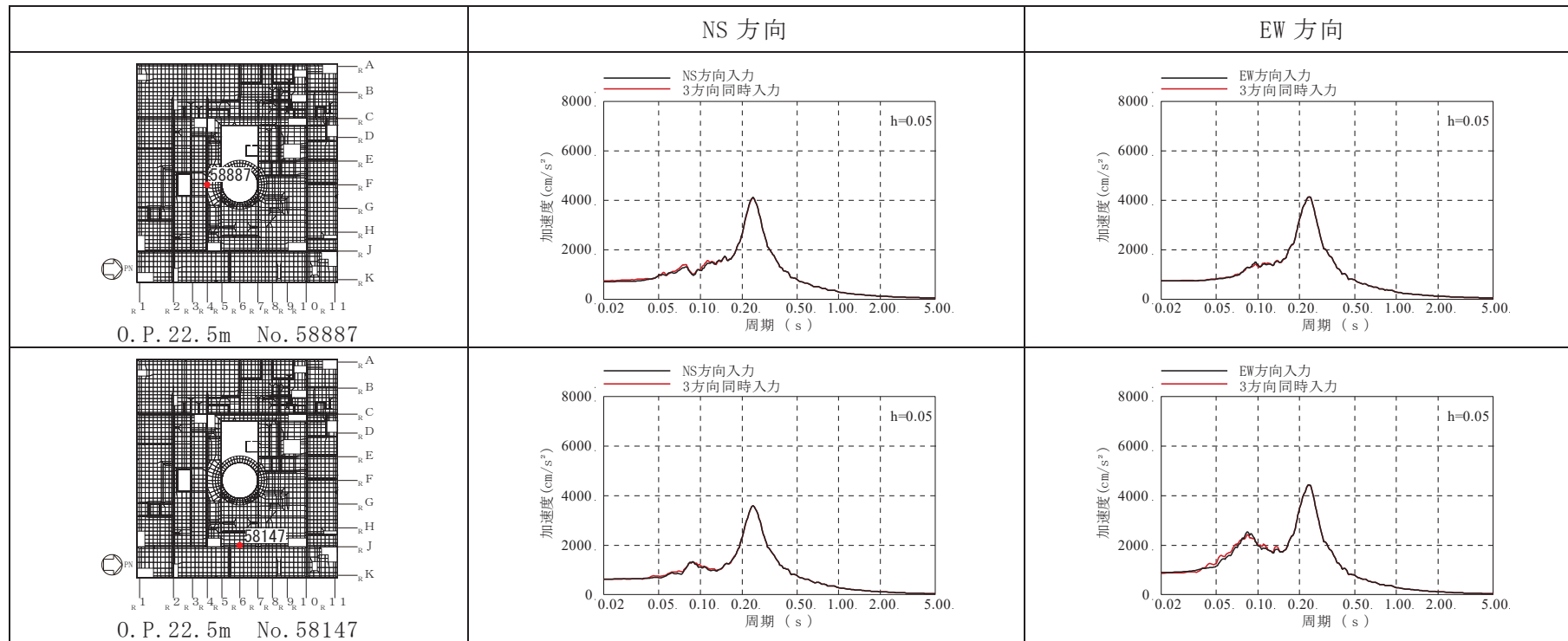


表 3-5(5) 3次元 FEM モデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力の応答比較 (S d - D 2) (5/12)

(e) 0. P. 15. 0m 外壁部

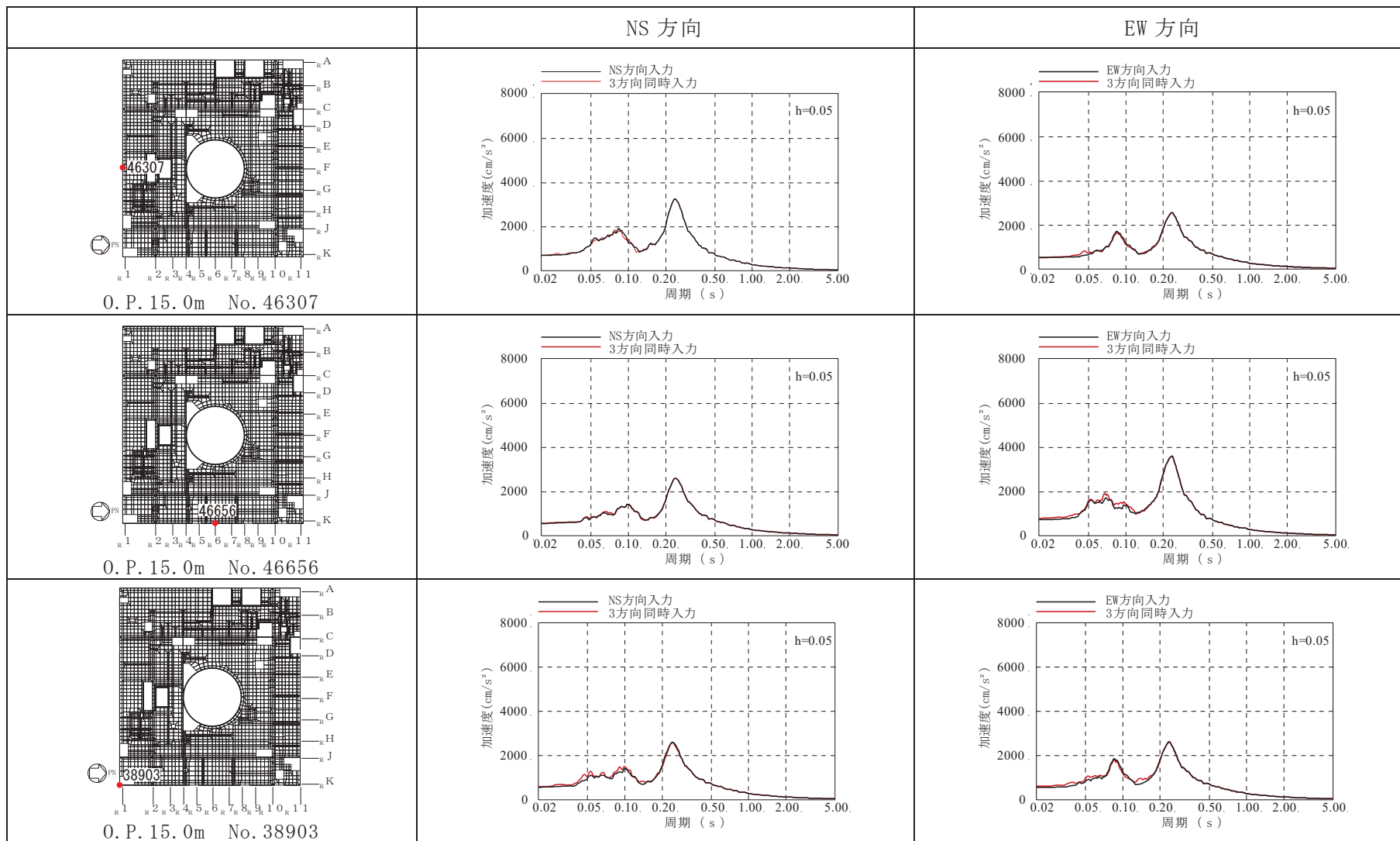


表 3-5(6) 3次元 FEM モデルの 3方向同時入力及び 1方向入力の応答比較 (S d - D 2) (6/12)

(f) O. P. 15.0m

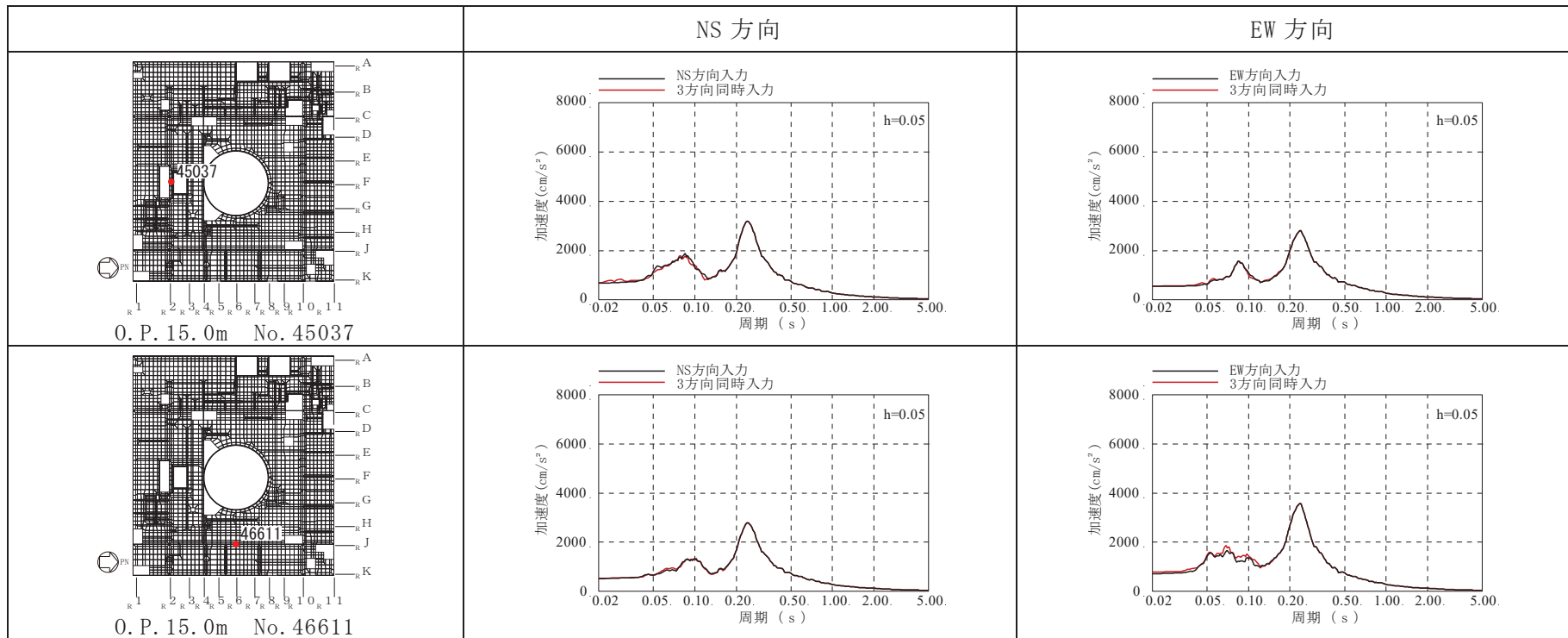


表 3-5(7) 3次元 FEM モデルの 3方向同時入力及び 1方向入力の応答比較 (S d - D 2) (7/12)

(g) O.P. 6.0m 外壁部

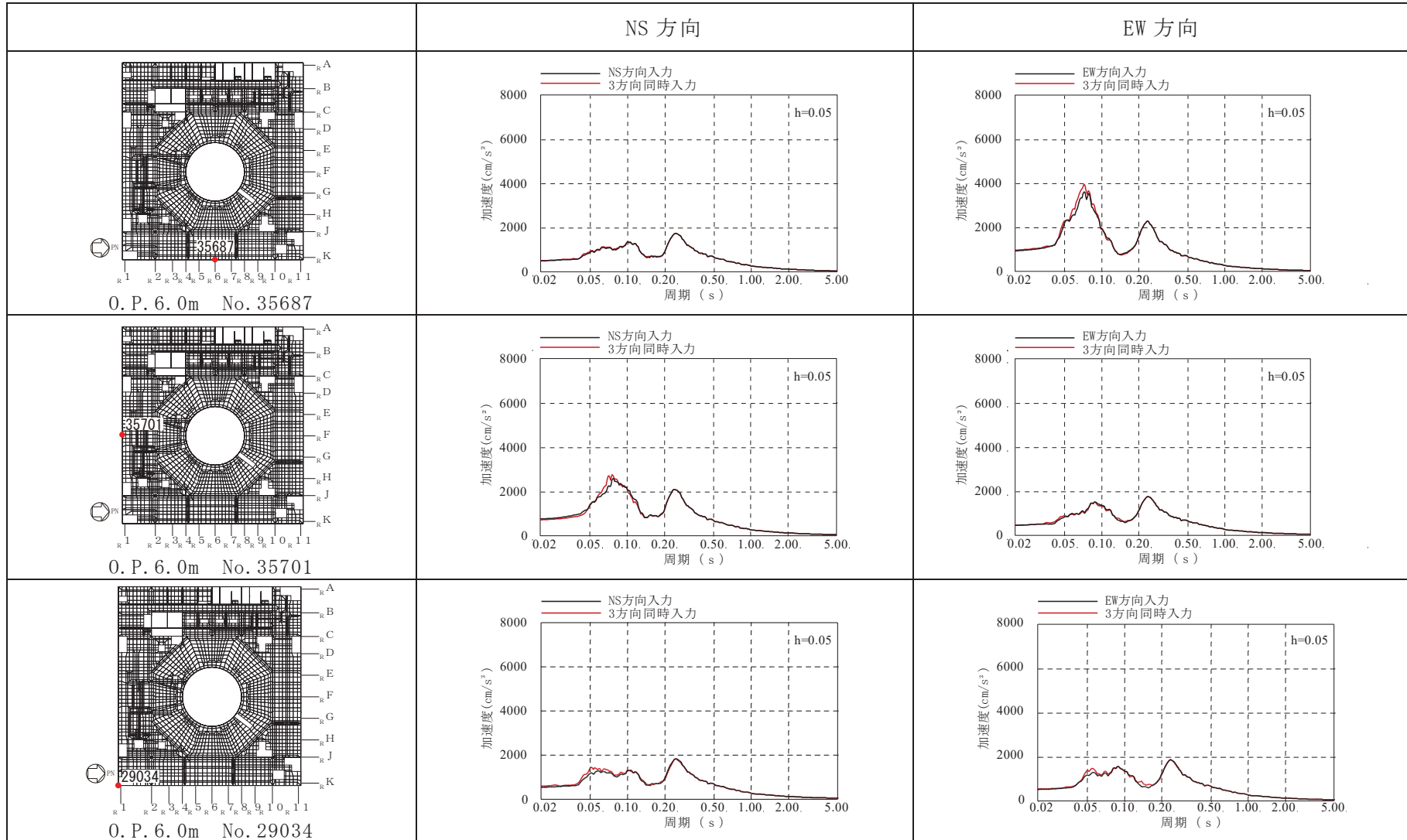


表 3-5(8) 3次元 FEM モデルの 3方向同時入力及び 1方向入力の応答比較 (S d - D 2) (8/12)

(h) O. P. 6. 0m

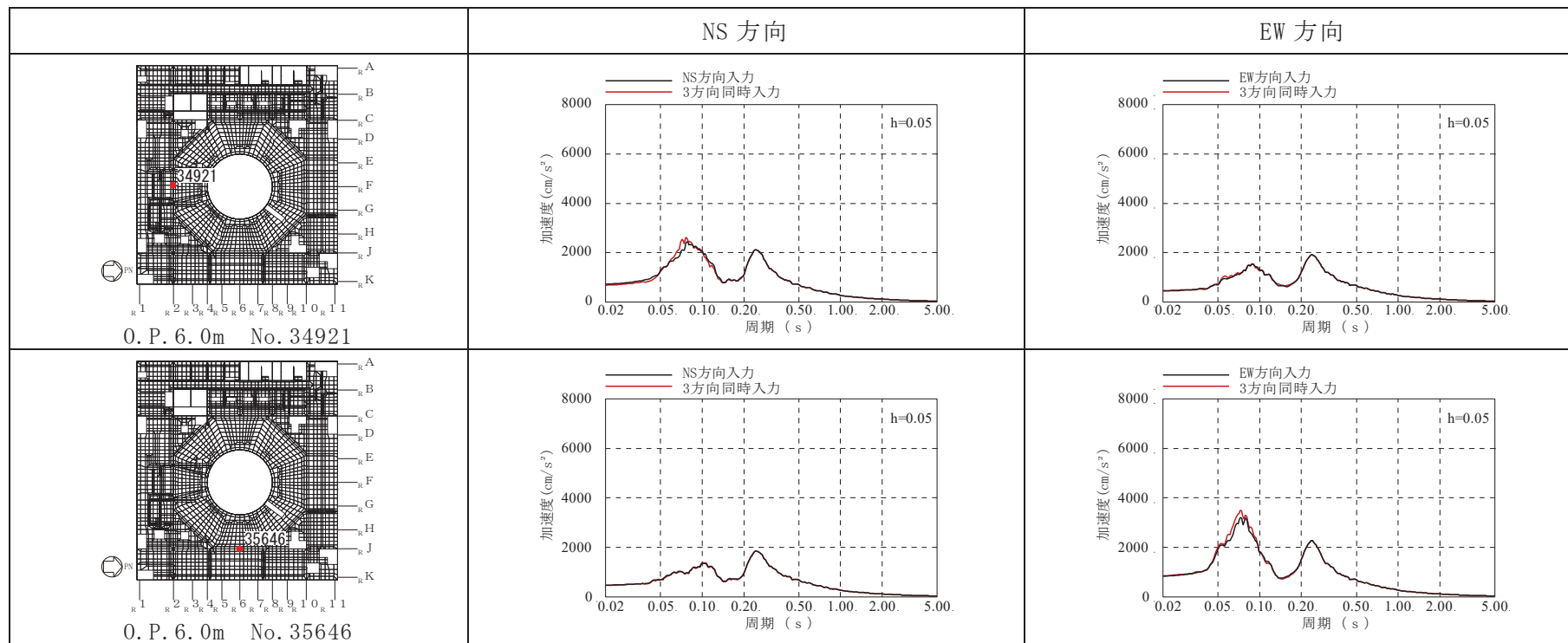


表 3-5(9) 3次元 FEM モデルの 3方向同時入力及び 1方向入力の応答比較 (S d - D 2) (9/12)

(i) 0. P. -0.8m 外壁部

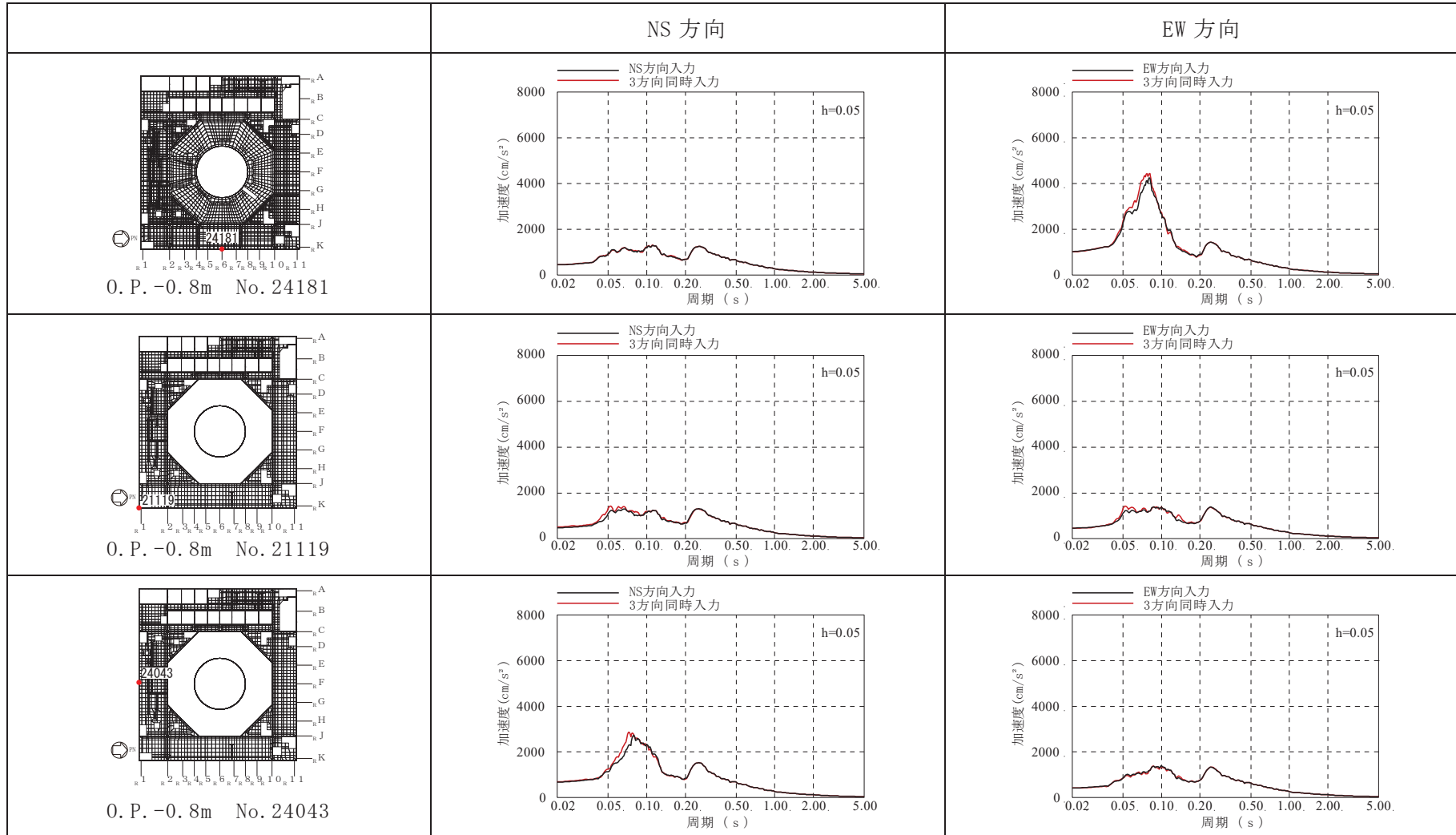


表 3-5(10) 3次元 FEM モデルの 3 方向同時入力及び 1 方向入力の応答比較 (S d - D 2) (10/12)

(j) O. P. -0.8m

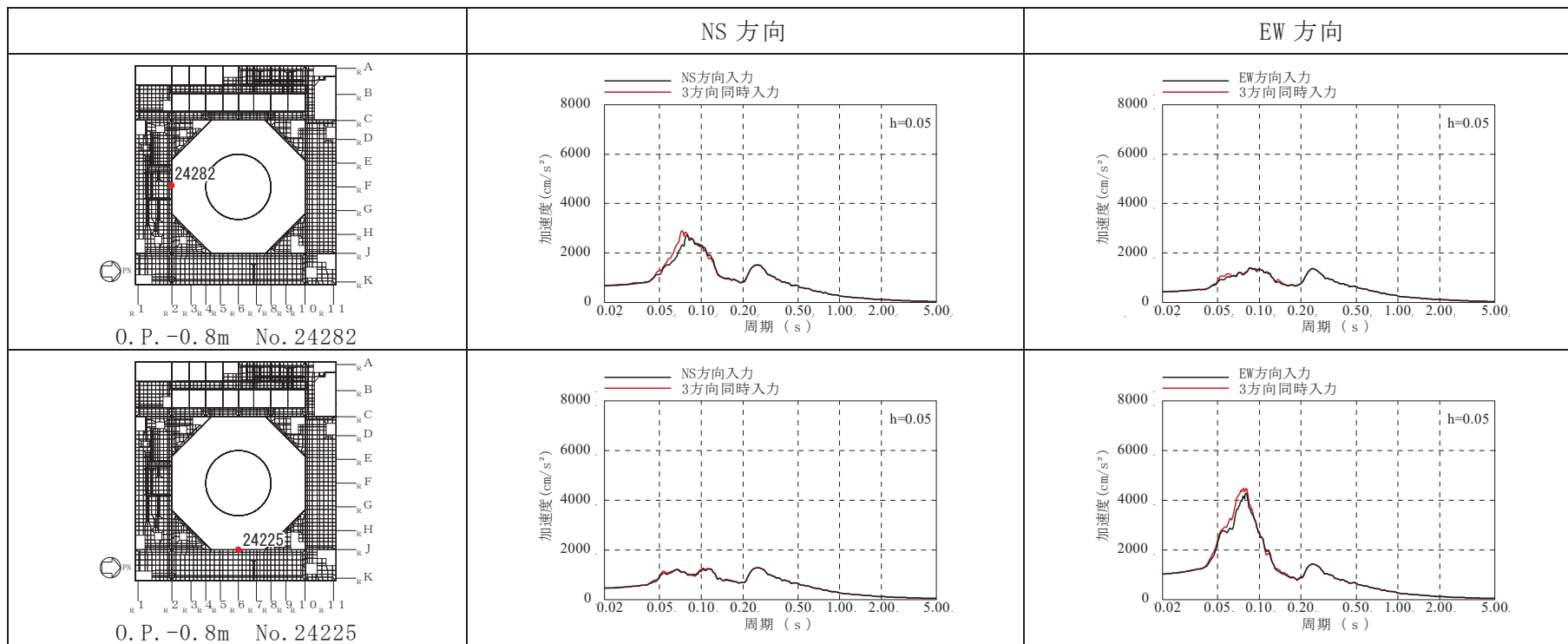


表 3-5(11) 3次元 FEM モデルの 3方向同時入力及び 1方向入力の応答比較 (S d - D 2) (11/12)

(k) 0.P. -8.1m 外壁部

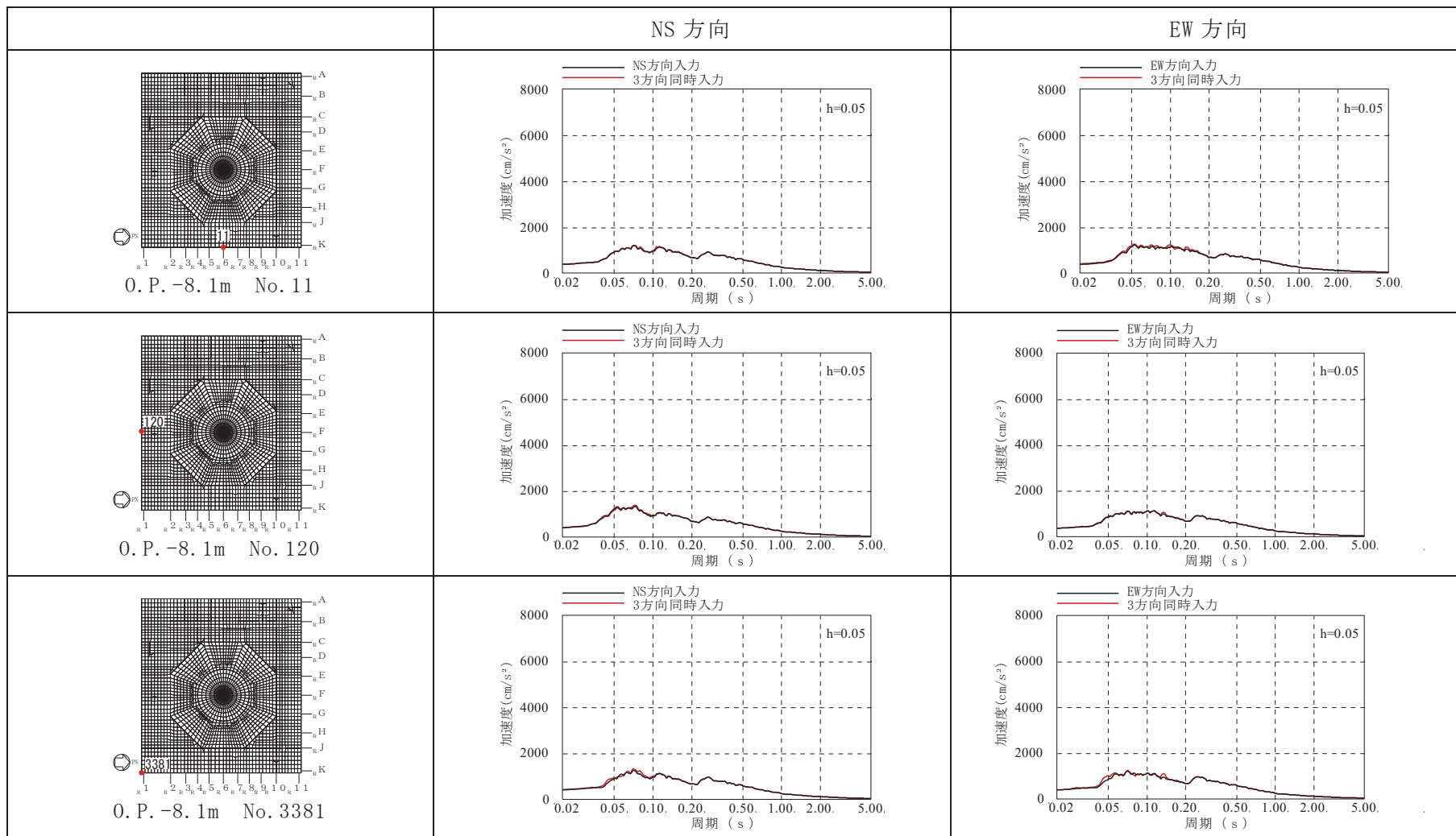
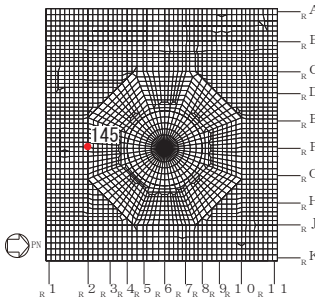
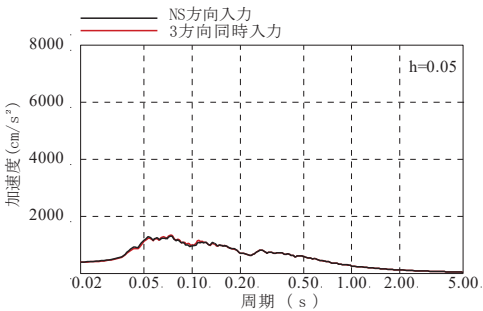
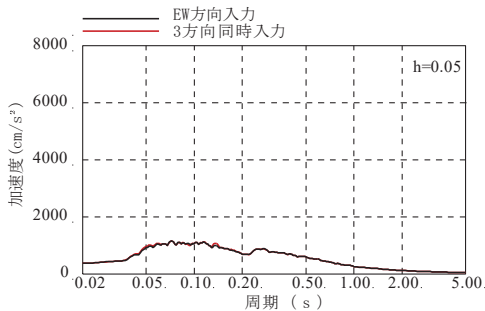
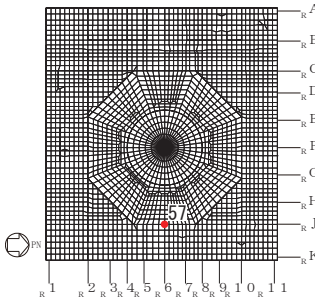
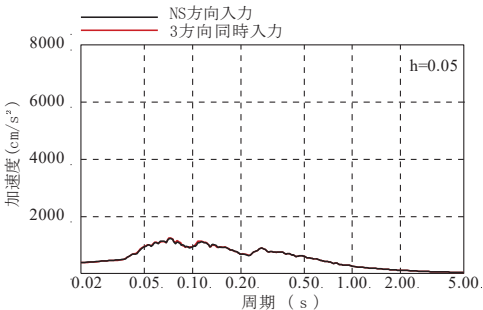
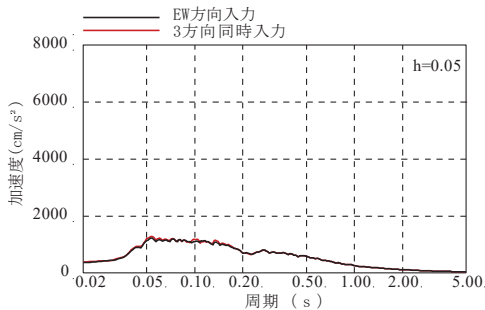
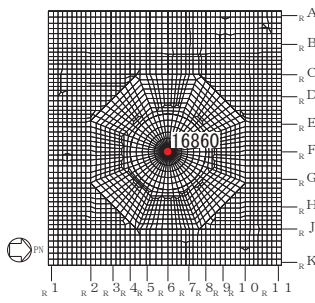
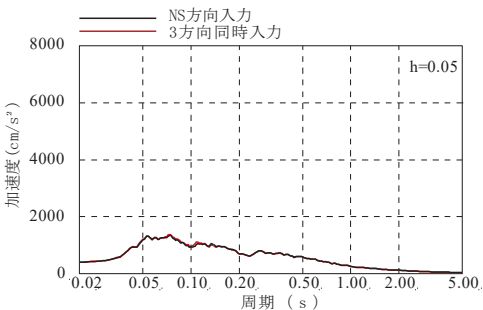
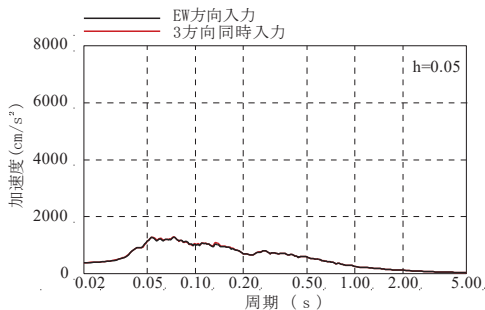


表 3-5(12) 3次元 FEM モデルの 3方向同時入力及び 1方向入力の応答比較 (S d - D 2) (12/12)

(1) O.P. -8.1m

	NS 方向	EW 方向
 <p>O.P. -8.1m No. 145</p>		
 <p>O.P. -8.1m No. 57</p>		
 <p>O.P. -8.1m No. 16860</p>		

3.2.4 まとめ

3次元 FEM モデルを用いて地震応答解析を実施し、応答性状について分析・考察を行った。

基礎のロックンク振動による鉛直方向への影響について、ロックンク振動の影響はほとんどないことを確認した。

鉛直軸回りのねじれ振動の影響並びに水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響について、3次元 FEM モデルを用いて検討した結果、3方向同時入力と 1 方向入力時での応答の差異がほとんどないことから、1 方向入力時の応答に対し、これらの影響がほとんどないことを確認した。

以上の 3 次元的な応答特性に関する分析・考察を踏まえて、次節以降では局所的な応答による建屋耐震性評価及び床応答への影響を検討する。

3.3 建屋耐震性評価への影響検討

3.3.1 検討方針

建屋耐震性評価への影響検討として、3次元 FEM モデルの応答及び質点系モデルの応答を比較する。両モデルともに弾性設計用地震動 S_d に対する地震応答解析を実施し、以下の2つの項目について検討を行う。

①3次元 FEM モデル及び質点系モデルの最大応答値（最大応答加速度）の比較検討

②3次元的な応答特性（応答補正率）を考慮した建屋影響検討

なお、質点系モデルは添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に記載の原子炉建屋の地震応答解析モデルと同じである。

3.3.2 3次元 FEM モデル及び質点系モデルの最大応答値の比較検討

3次元 FEM モデル及び質点系モデルの最大応答値（最大応答加速度）の比較を行い、3次元的な影響について確認する。

評価に当たっては、質点系モデルの全質点での応答を評価対象とし、質点系モデルの各質点に対応する3次元 FEM モデルの節点としては、図3-6に示す節点とした。

比較した結果を図3-7及び図3-8に示す。なお、図3-7及び図3-8における3次元 FEM モデルの最大応答加速度は、図3-6に示す節点における最大応答加速度をレベルごと通りごとに平均した値である。

両モデル間で、建屋下層部の最大応答加速度はおおむね対応しているが、建屋上部ほど質点系モデルの応答が大きくなる傾向が見られる。

したがって、質点系モデルによる応答評価は保守性を有していると考えられるが、「3.3.3 3次元的な応答特性（応答補正率）を考慮した建屋影響検討」により、建屋への影響検討を実施する。

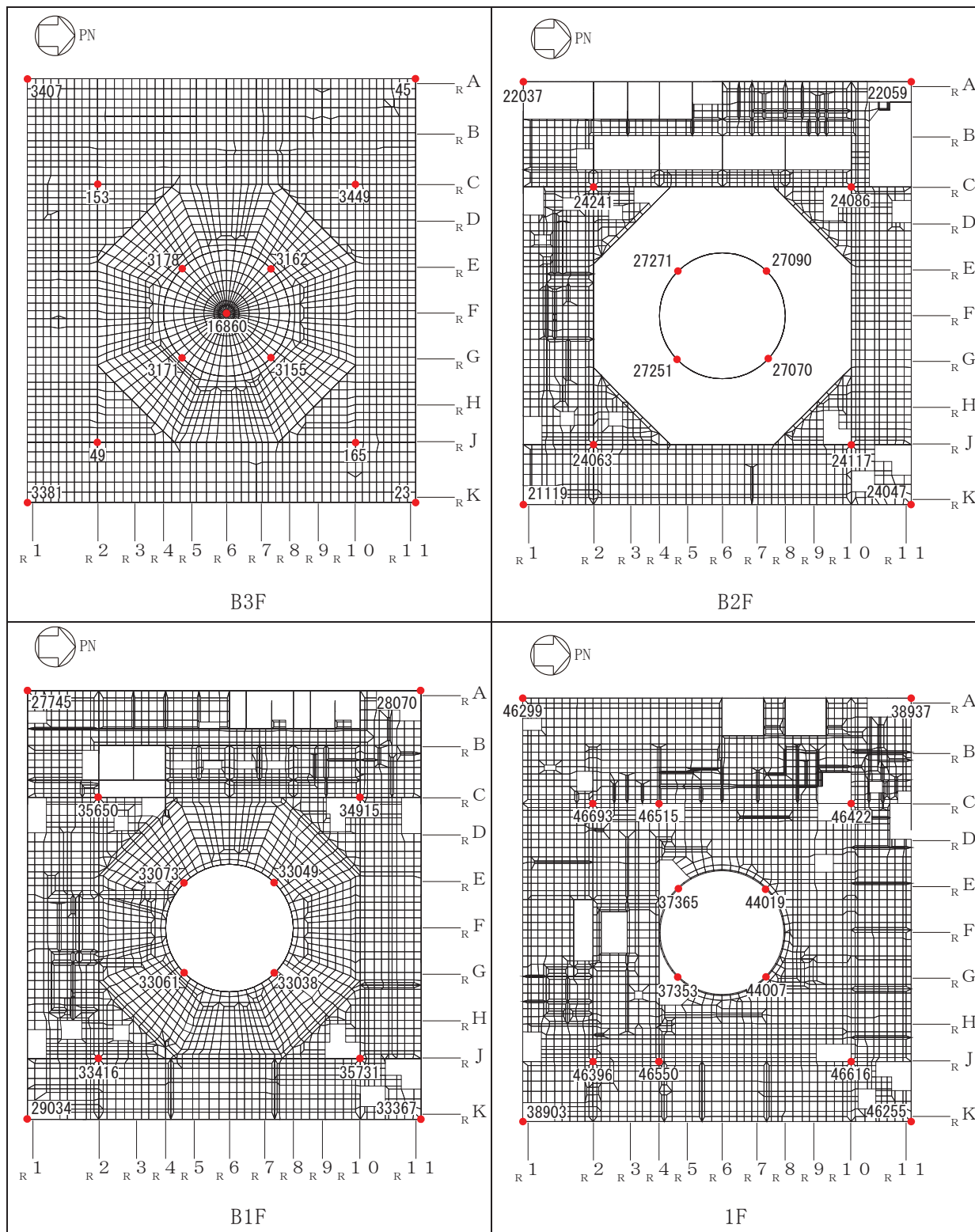


図 3-6(1) 応答評価位置 (1/2)

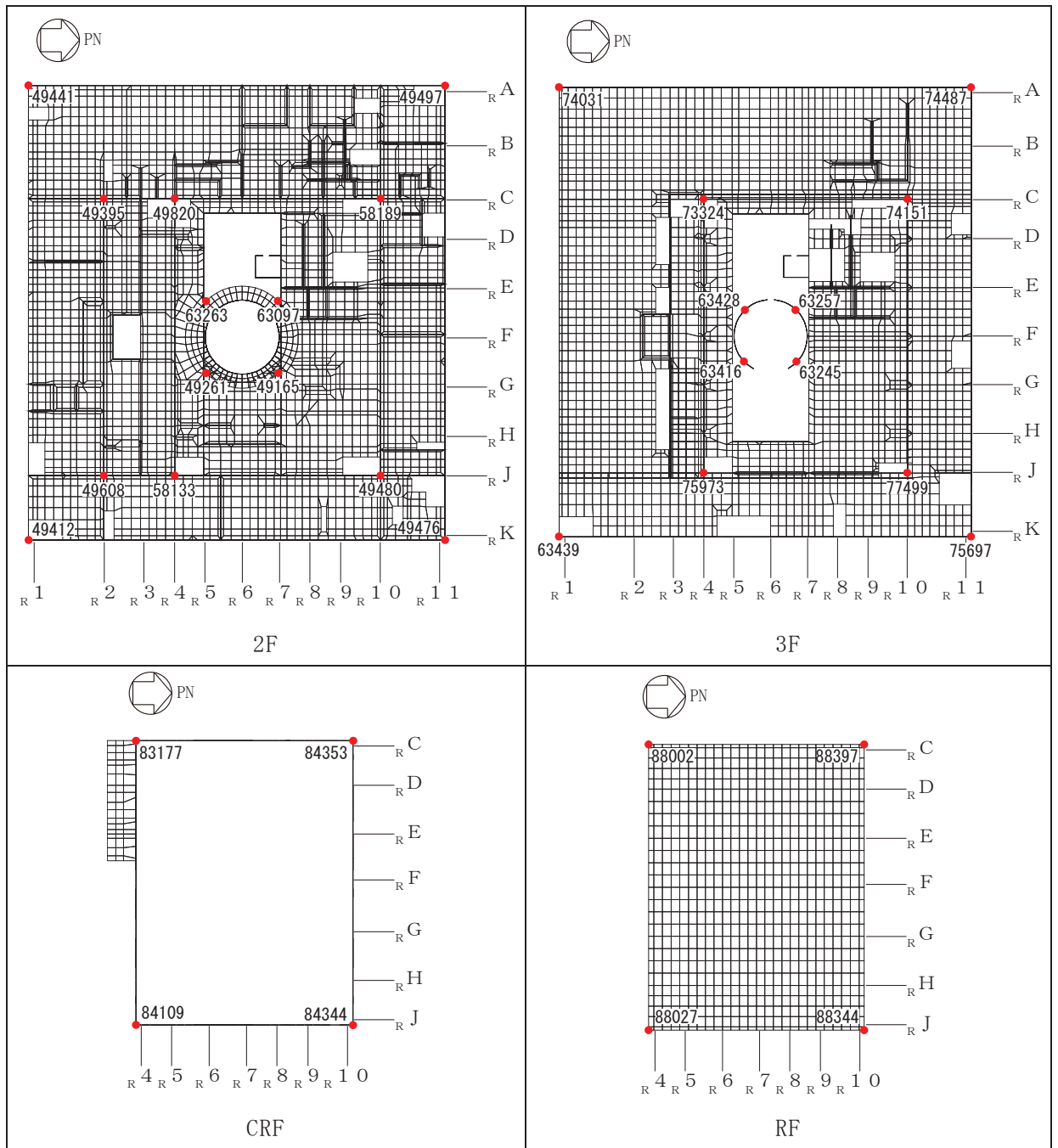
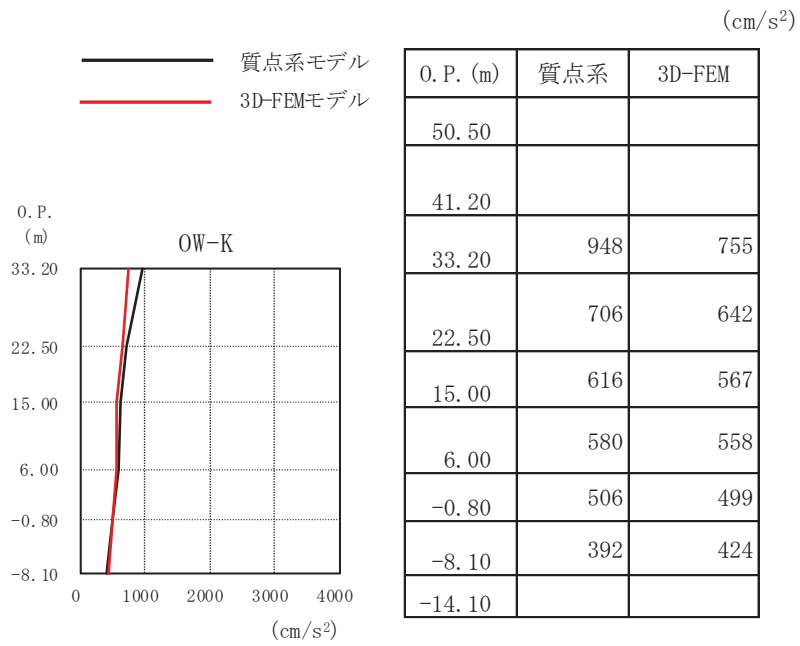
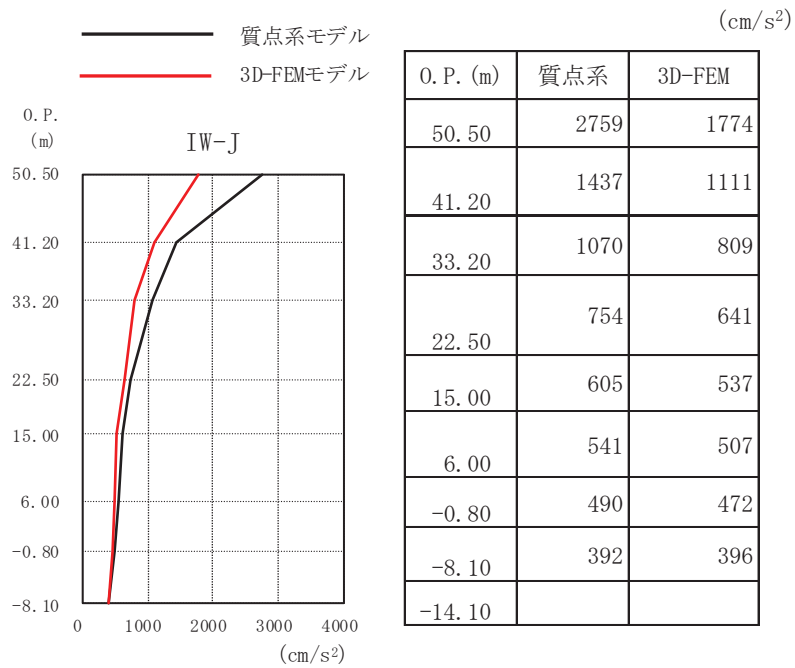


図 3-6(2) 応答評価位置(2/2)

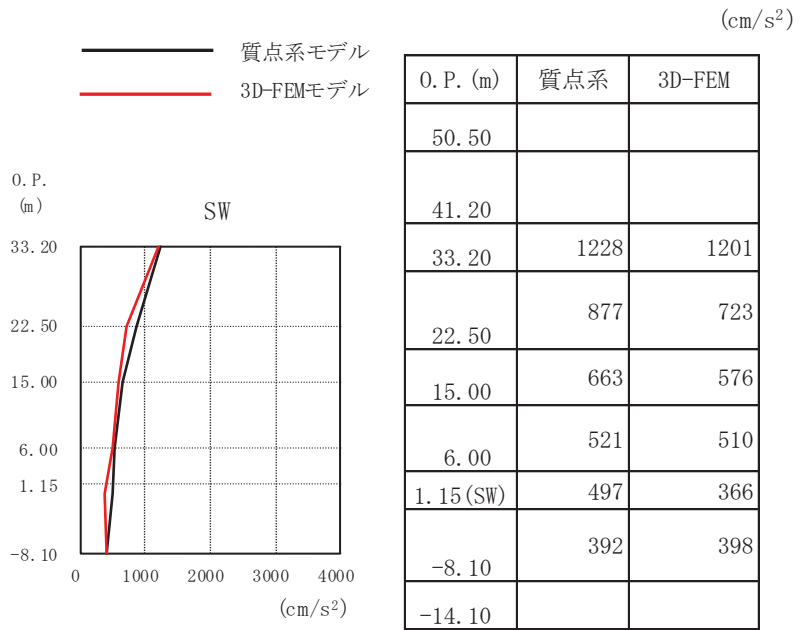


OW-K

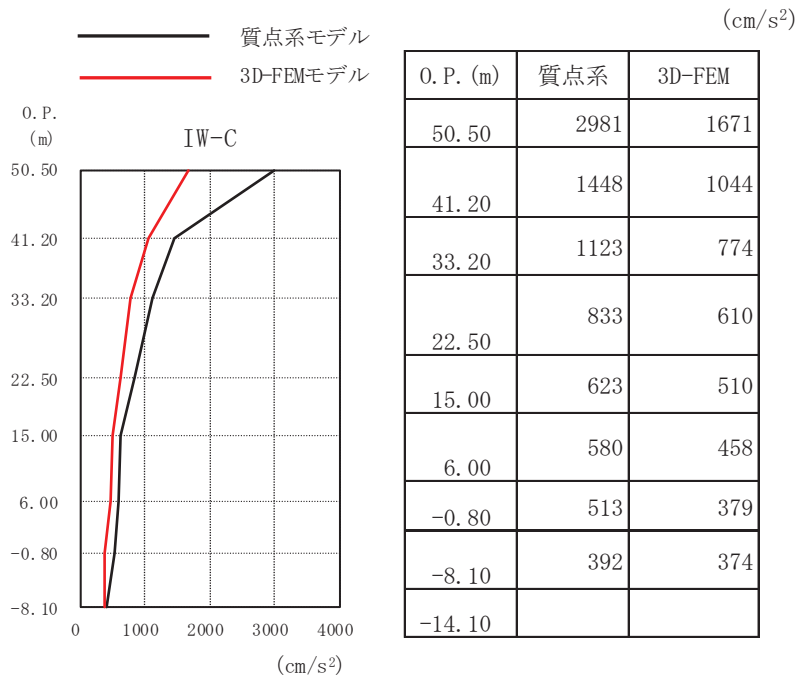


IW-J

図 3-7(1) 最大加速度の比較 NS 方向(1/3)



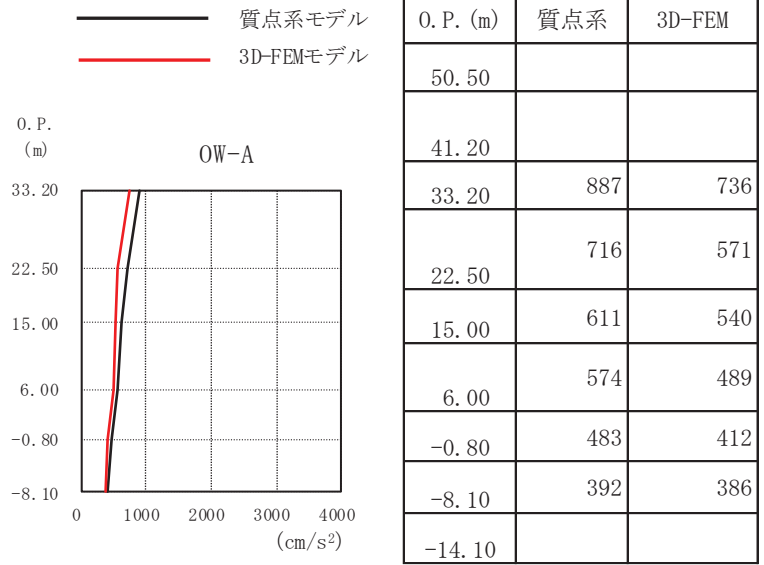
SW



IW-C

図 3-7(2) 最大加速度の比較 NS 方向(2/3)

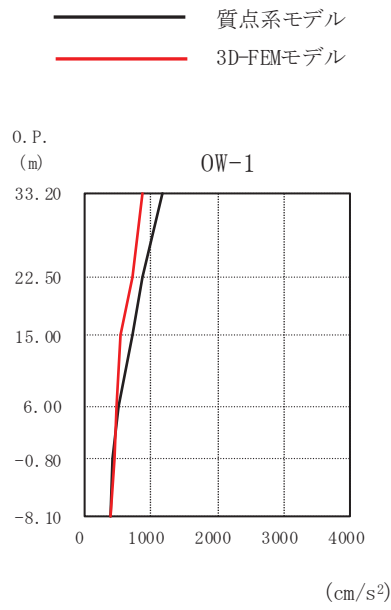
(cm/s²)



OW-A

図 3-7(3) 最大加速度の比較 NS 方向 (3/3)

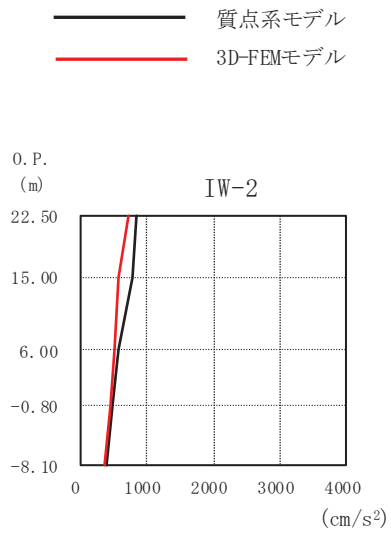
(cm/s²)



O.P. (m)	質点系	3D-FEM
50.50		
41.20		
33.20	1179	862
22.50	868	710
15.00	738	546
6.00	526	497
-0.80	423	443
-8.10	382	399
-14.10		

OW-1

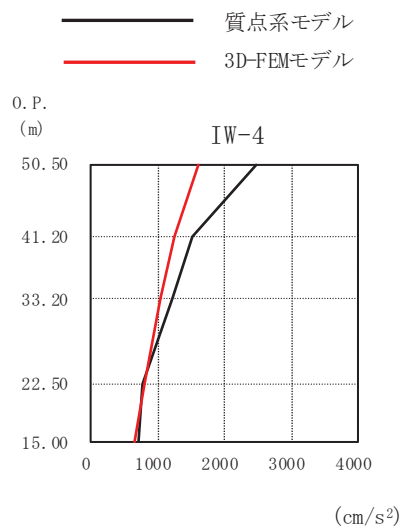
(cm/s²)



O.P. (m)	質点系	3D-FEM
50.50		
41.20		
33.20		
22.50	855	707
15.00	779	567
6.00	565	502
-0.80	471	455
-8.10	382	376
-14.10		

IW-2

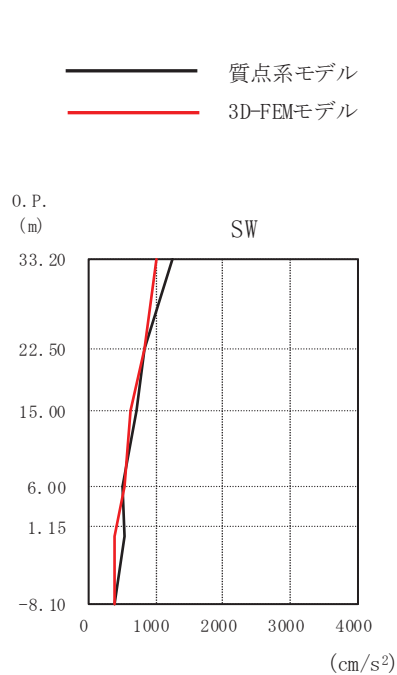
図 3-8(1) 最大加速度の比較 EW 方向 (1/3)



(cm/s²)

O.P. (m)	質点系	3D-FEM
50.50	2482	1607
41.20	1517	1262
33.20	1208	1051
22.50	784	807
15.00	698	655
6.00		
-0.80		
-8.10		
-14.10		

IW-4

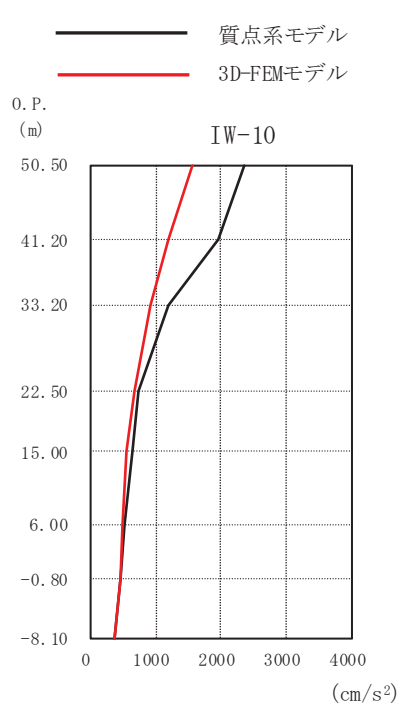


(cm/s²)

O.P. (m)	質点系	3D-FEM
50.50		
41.20		
33.20	1251	1022
22.50	830	838
15.00	719	622
6.00	499	542
1.15 (SW)	546	373
-8.10	382	381
-14.10		

SW

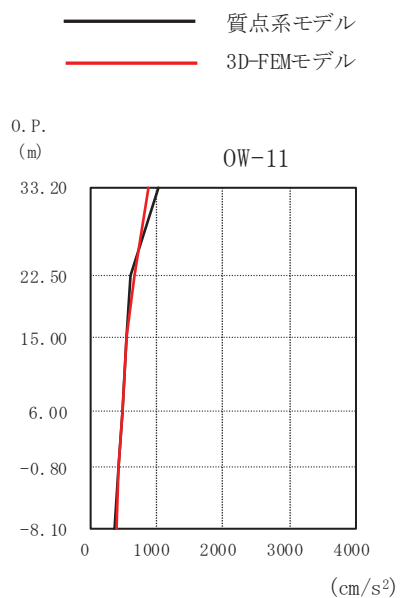
図 3-8(2) 最大加速度の比較 EW 方向 (2/3)



(cm/s²)

O.P. (m)	質点系	3D-FEM
50.50	2350	1565
41.20	1949	1199
33.20	1207	914
22.50	738	674
15.00	646	565
6.00	526	500
-0.80	452	445
-8.10	382	372
-14.10		

IW-10



(cm/s²)

O.P. (m)	質点系	3D-FEM
50.50		
41.20		
33.20	1028	872
22.50	628	669
15.00	563	553
6.00	497	483
-0.80	431	438
-8.10	382	396
-14.10		

OW-11

図 3-8(3) 最大加速度の比較 EW 方向 (3/3)

3.3.3 3次元的な応答特性（応答補正率）を考慮した建屋影響検討

「3.3.2 3次元 FEM モデル及び質点系モデルの最大応答値の比較検討」の結果を踏まえて、質点系モデルに対して、3次元 FEM モデルを用いた3次元的な応答補正を考慮し、建屋耐震性評価への影響検討を実施する。

評価に当たっては、質点系モデルにおいて、基準地震動 S_s に対する層レベルでの評価を行う部位を対象とし、3次元 FEM モデルにおける当該部での代表的な節点を複数節点選定する。

図 3-9 に検討フローを示す。

選定した3次元 FEM モデルでの評価点において、弾性設計用地震動 S_d に対する最大応答加速度を基に、3次元的な応答補正比率 ζ を算出し、質点系モデルの基準地震動 S_s に対する応答補正を行い、耐震評価への影響検討を行う。

なお、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」では、基準地震動 S_s による質点系モデルを用いた地震応答解析を行い、耐震壁のせん断ひずみを検討している。ここでは耐震壁のせん断ひずみについてのみ検討を行う。

具体的には、質点系モデルの基準地震動 S_s に対する最大応答のうち、せん断応力度 τ に応答補正率 ζ を乗じて、3次元的な応答特性を踏まえたせん断応力度を算定する。得られたせん断応力度を質点系モデルの各層各軸のせん断スケルトンカーブ上にプロットし、せん断ひずみが評価基準値 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認する。ここで、第1折れ点を超える場合は、エネルギー一定則によりせん断ひずみを評価する。エネルギー一定則によるせん断ひずみの評価方法を図 3-10 に示す。せん断ひずみを確認した結果、せん断ひずみが評価基準値を超えるものは詳細検討を実施する。

評価において選定した3次元 FEM モデルにおける代表節点は図 3-6 に示した節点である。質点系モデルでの評価部位を図 3-11 に示す。

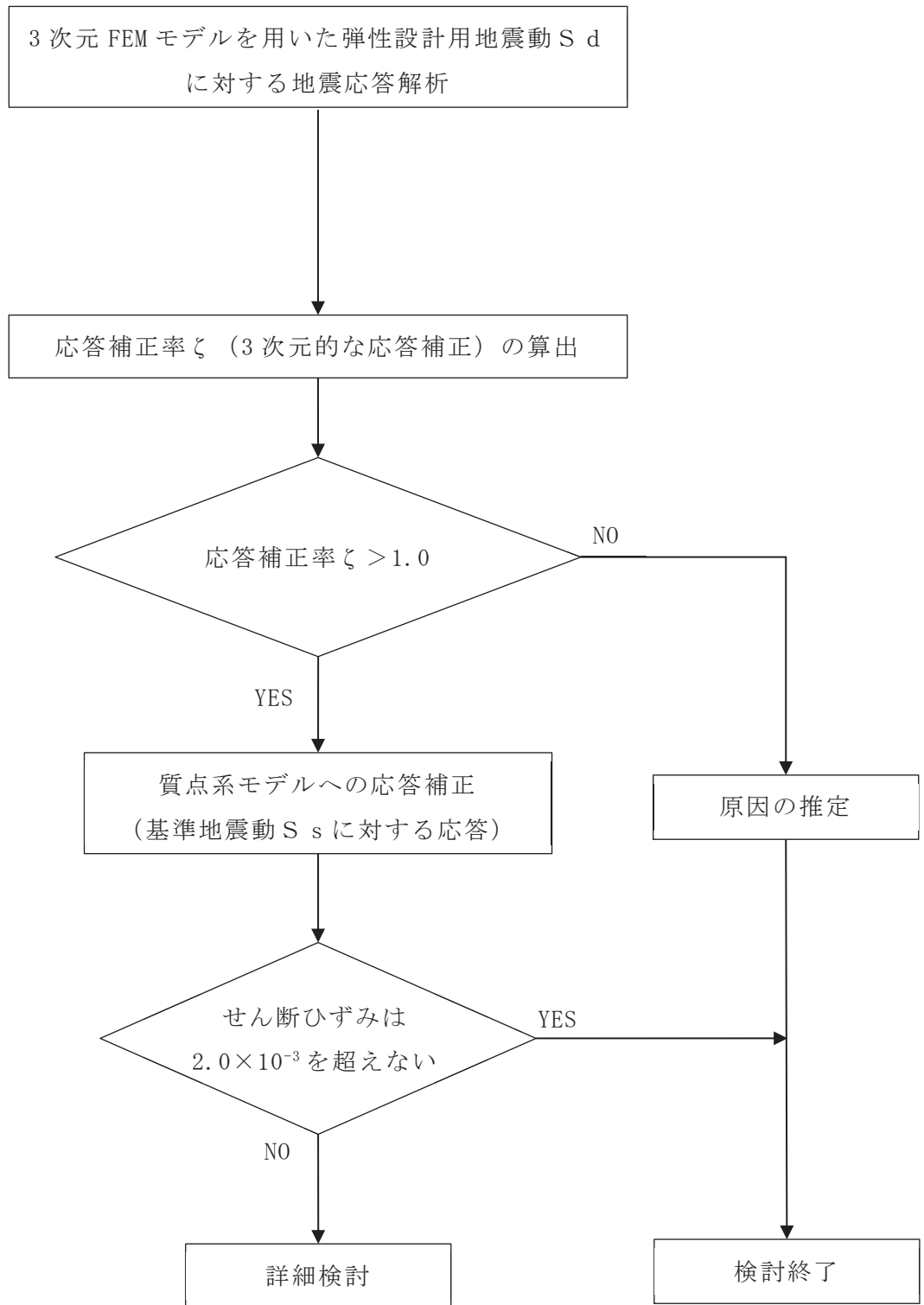
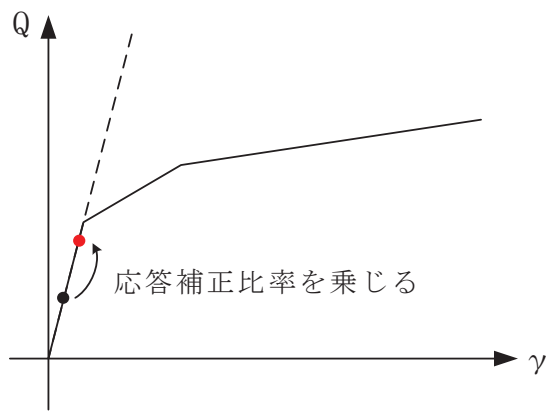
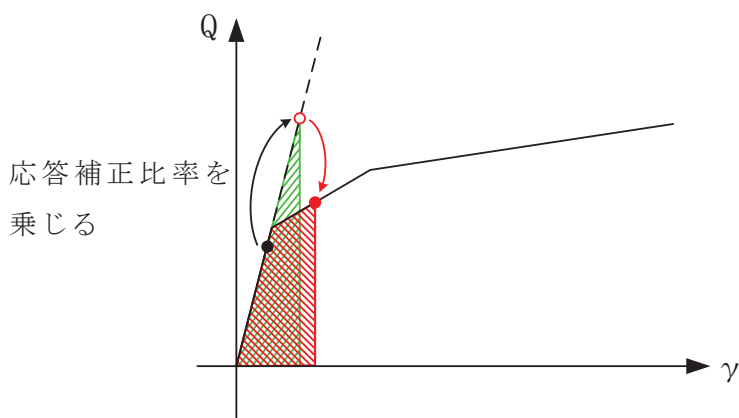


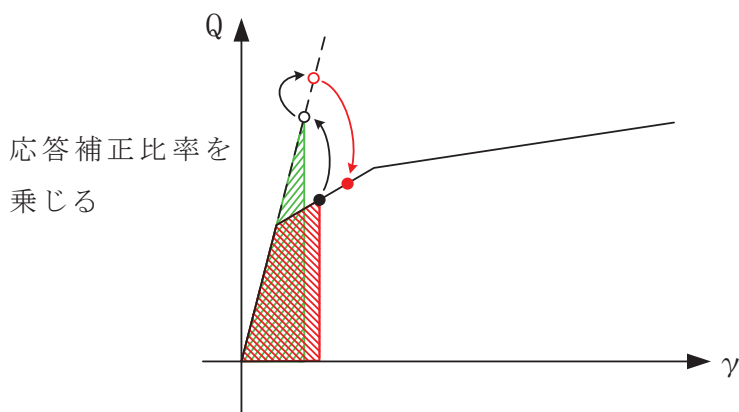
図 3-9 検討フロー



弾性直線^上において，原設計による応答結果に応答補正比率を乗じる。



応答補正比率を乗じた際，第1折点を超える場合，弾性直線の延長線上に補正後の評価結果をプロットする。
その後，エネルギー一定則で，評価線上にプロットする。



原設計において第1折点を超えている場合は，エネルギー一定則で弾性直線の延長に戻した後，補正比率を乗じる。(以下，上記に準じる)

図 3-10 エネルギー一定則によるせん断ひずみの評価方法

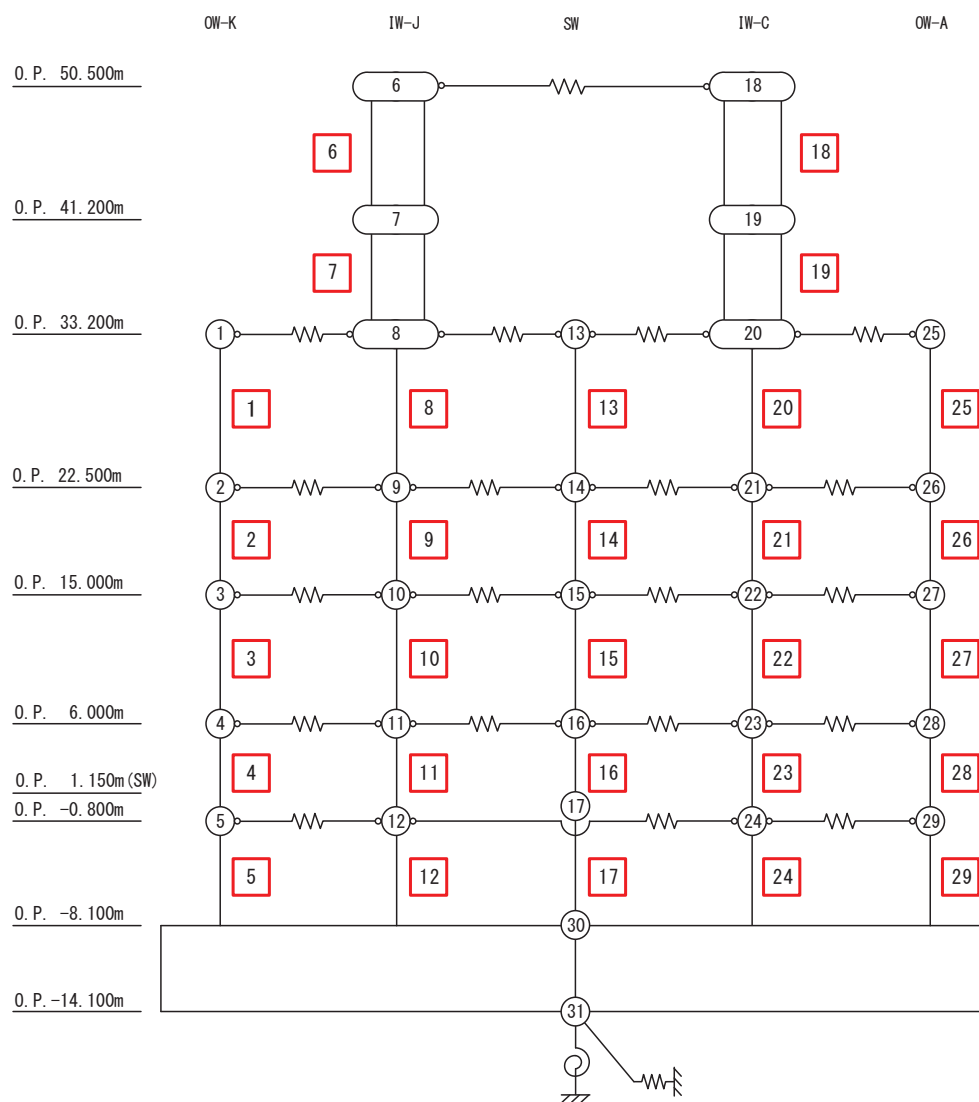


図 3-11(1) 質点系モデルの評価部位 (NS 方向) (1/2)

OW-1

IW-2

IW-4

SW

IW-10

OW-11

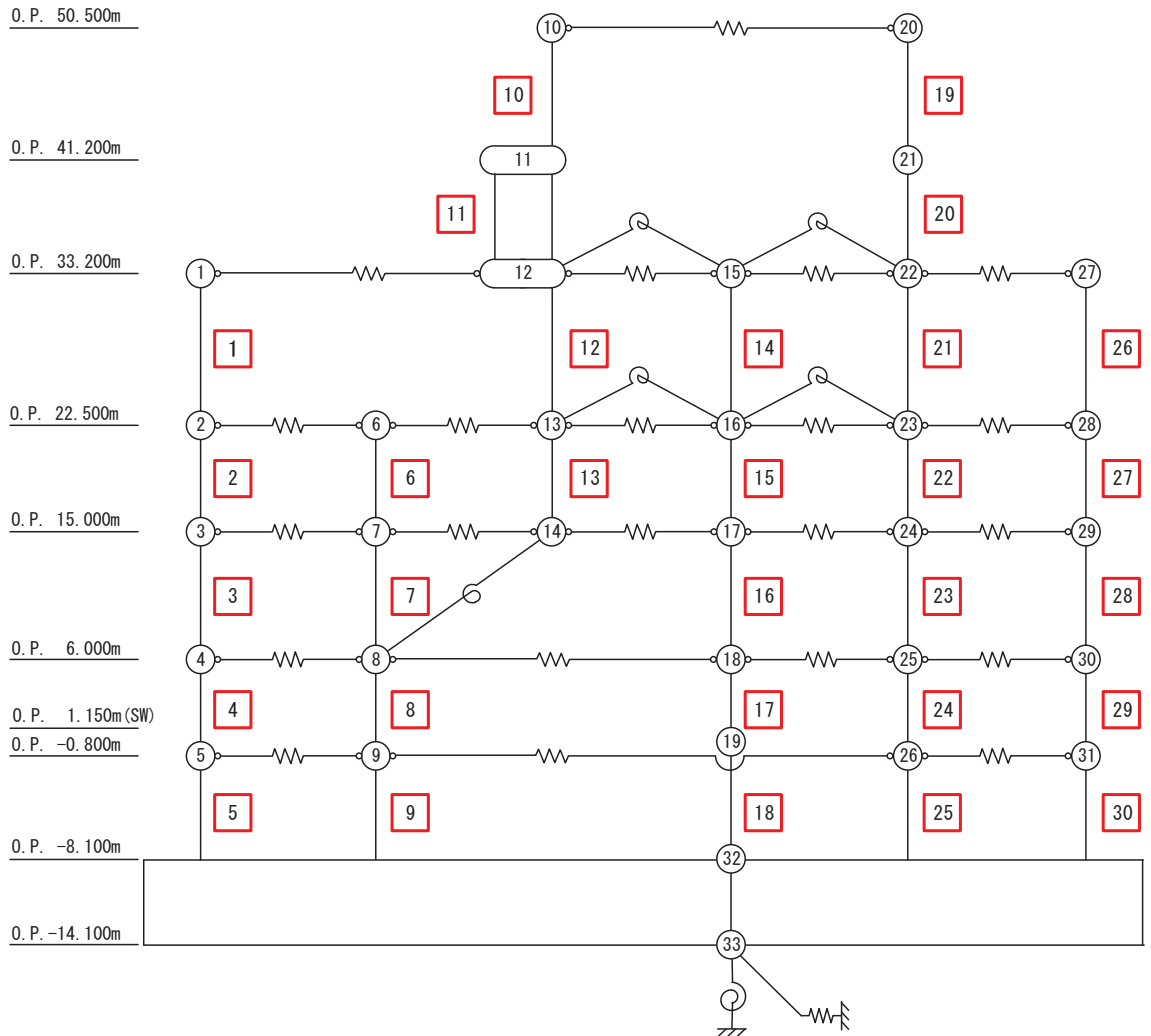


図 3-11(2) 質点系モデルの評価部位 (EW 方向) (2/2)

(1) 応答補正比率の算出

3次元 FEM モデルによる 3 次元的な応答性状を踏まえた定量的な耐震評価を行うため、質点系モデルの応答を補正する応答補正比率 ζ を算出する。

原子炉建屋については、質点系モデルにおいて、3次元的な応答性状を考慮した 3 方向同時入力の解析ができないことから、3次元 FEM モデルにおいて、1 方向入力及び 3 方向同時入力の最大応答加速度を比較し、応答補正比率 α を算出する。

得られた α を用いて、建屋評価用の応答補正比率 ζ を以下のように算出する。

① 応答補正比率 α は評価点ごとに定める。

② 応答補正比率 α は保守的な評価を実施するため、1.0 以上とする。

応答補正比率 ζ の算出式を以下に示す。

建屋評価用の応答補正比率 $\zeta = \text{Max}(\alpha, 1.0)$

ここで、

3 方向同時入力の応答補正比率 α

$$= \frac{\text{3 方向同時入力による最大応答加速度}}{\text{1 方向入力による最大応答加速度}}$$

(ただし、 ζ を算出する場合は、 $\alpha \geq 1.0$)

応答補正比率 α 、 ζ の算定結果を表 3-6 及び表 3-7 に示す。応答補正比率 ζ は 1.0~1.47 の範囲にある。

表 3-6(1) 建屋耐震性評価用の応答補正比率の算定 (NS 方向) (1/5)
(OW-K)

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		α ②/①	NS方向 応答補正比率 ζ
O.P. (m)	質点番号	FEM節点	① 1 方向入力	② 3 方向入力		
33.2	1	63439	741	897	1.22	1.47
		75697	769	1125	1.47	
22.5	2	49412	622	671	1.08	1.22
		49476	661	806	1.22	
15.0	3	38903	559	593	1.07	1.07
		46255	575	556	0.97	
6.0	4	29034	539	585	1.09	1.09
		33367	577	527	0.92	
-0.8	5	21119	477	514	1.08	1.08
		24047	521	480	0.93	

表 3-6(2) 建屋耐震性評価用の応答補正比率の算定 (NS 方向) (2/5)
(IW-J)

評価点			最大応答加速度 (cm/s ²)		α ②/①	NS方向 応答補正比率 ζ
O. P. (m)	質点番号	FEM節点	① 1 方向入力	② 3 方向入力		
50.5	6	88027	1777	1779	1.01	1.03
		88344	1770	1812	1.03	
41.2	7	84109	1082	1066	0.99	1.01
		84344	1141	1151	1.01	
33.2	8	75973	821	871	1.07	1.08
		77499	797	855	1.08	
22.5	9	49608	649	625	0.97	1.05
		58133	630	597	0.95	
		49480	644	674	1.05	
15.0	10	46396	536	562	1.05	1.05
		46550	524	543	1.04	
		46616	550	538	0.98	
6.0	11	33416	499	518	1.04	1.04
		35731	514	475	0.93	
-0.8	12	24063	467	476	1.03	1.03
		24117	477	453	0.95	

表 3-6(3) 建屋耐震性評価用の応答補正比率の算定 (NS 方向) (3/5)
(SW)

評価点			最大応答加速度 (cm/s ²)		α ②/①	NS方向 応答補正比率 ζ
O.P. (m)	質点番号	FEM節点	① 1 方向入力	② 3 方向入力		
33.2	13	63428	1230	1224	1.00	1.07
		63257	1230	1307	1.07	
		63416	1151	1145	1.00	
		63245	1193	1273	1.07	
22.5	14	63263	687	704	1.03	1.15
		63097	769	787	1.03	
		49261	717	734	1.03	
		49165	718	824	1.15	
15.0	15	37365	566	622	1.10	1.17
		44019	591	603	1.03	
		37353	553	646	1.17	
		44007	597	580	0.98	
6.0	16	33073	511	479	0.94	1.03
		33049	541	542	1.01	
		33061	499	513	1.03	
		33038	490	483	0.99	
1.15	17	27271	366	367	1.01	1.14
		27090	387	404	1.05	
		27251	355	382	1.08	
		27070	356	403	1.14	

表 3-6(4) 建屋耐震性評価用の応答補正比率の算定 (NS 方向) (4/5)
(IW-C)

評価点			最大応答加速度 (cm/s ²)		α ②/①	NS方向 応答補正比率 ζ
O. P. (m)	質点番号	FEM節点	① 1 方向入力	② 3 方向入力		
50.5	18	88002	1664	1856	1.12	1.12
		88397	1678	1762	1.06	
41.2	19	83177	1075	1098	1.03	1.05
		84353	1013	1061	1.05	
33.2	20	73324	752	762	1.02	1.02
		74151	797	789	0.99	
22.5	21	49395	622	636	1.03	1.05
		49820	587	602	1.03	
		58189	621	650	1.05	
15.0	22	46693	527	564	1.08	1.08
		46515	490	516	1.06	
		46422	512	534	1.05	
6.0	23	35650	480	514	1.08	1.08
		34915	436	430	0.99	
-0.8	24	24241	392	425	1.09	1.09
		24086	365	377	1.04	

表 3-6(5) 建屋耐震性評価用の応答補正比率の算定 (NS 方向) (5/5)
(0W-A)

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		α ②/①	NS方向 応答補正比率 ζ
O.P. (m)	質点番号	FEM節点	① 1 方向入力	② 3 方向入力		
33.2	25	74031	695	804	1.16	1.24
		74487	776	959	1.24	
22.5	26	49441	601	588	0.98	1.29
		49497	542	696	1.29	
15.0	27	46299	589	573	0.98	1.02
		38937	492	499	1.02	
6.0	28	27745	504	487	0.97	1.04
		28070	474	490	1.04	
-0.8	29	22037	414	411	1.00	1.02
		22059	410	418	1.02	

表 3-7(1) 建屋耐震性評価用の応答補正比率の算定 (EW 方向) (1/6)
(0W-1)

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		α ②/①	NS方向 応答補正比率 ζ
O.P. (m)	質点番号	FEM節点	① 1 方向入力	② 3 方向入力		
33.2	1	74031	859	840	0.98	1.02
		63439	865	881	1.02	
22.5	2	49441	708	661	0.94	1.03
		49412	712	730	1.03	
15.0	3	46299	535	534	1.00	1.10
		38903	557	611	1.10	
6.0	4	27745	485	489	1.01	1.05
		29034	510	535	1.05	
-0.8	5	22037	419	418	1.00	1.00
		21119	466	454	0.98	

表 3-7(2) 建屋耐震性評価用の応答補正比率の算定 (EW 方向) (2/6)
(IW-2)

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		α ②/①	EW方向 応答補正比率 ζ
O.P. (m)	質点番号	FEM節点	① 1 方向入力	② 3 方向入力		
22.5	6	49395	700	700	1.00	1.02
		49608	714	724	1.02	
15.0	7	46693	547	556	1.02	1.09
		46396	587	634	1.09	
6.0	8	35650	495	509	1.03	1.03
		33416	509	508	1.00	
-0.8	9	24241	436	448	1.03	1.03
		24063	474	465	0.99	

表 3-7(3) 建屋耐震性評価用の応答補正比率の算定 (EW 方向) (3/6)
(IW-4)

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		α ②/①	NS方向 応答補正比率 ζ
O.P. (m)	質点番号	FEM節点	① 1 方向入力	② 3 方向入力		
50.5	10	88002	1629	1616	1.00	1.08
		88027	1585	1704	1.08	
41.2	11	83177	1337	1438	1.08	1.08
		84109	1187	1117	0.95	
33.2	12	73324	1124	1129	1.01	1.01
		75973	977	962	0.99	
22.5	13	49820	810	823	1.02	1.02
		58133	804	817	1.02	
15.0	14	46515	624	643	1.03	1.13
		46550	686	772	1.13	

表 3-7(4) 建屋耐震性評価用の応答補正比率の算定 (EW 方向) (4/6)
(SW)

評価点			最大応答加速度 (cm/s ²)		α ②/①	EW方向 応答補正比率 ζ
O.P. (m)	質点番号	FEM節点	① 1 方向入力	② 3 方向入力		
33.2	15	63428	932	899	0.97	1.00
		63257	1088	1052	0.97	
		63416	927	888	0.96	
		63245	1142	1105	0.97	
22.5	16	63263	833	842	1.02	1.05
		63097	882	925	1.05	
		49261	795	773	0.98	
		49165	842	853	1.02	
15.0	17	37365	598	575	0.97	1.11
		44019	641	656	1.03	
		37353	595	658	1.11	
		44007	656	674	1.03	
6.0	18	33073	507	492	0.97	1.07
		33049	544	580	1.07	
		33061	526	519	0.99	
		33038	590	610	1.04	
1.15	19	27271	380	396	1.05	1.16
		27090	369	426	1.16	
		27251	369	390	1.06	
		27070	375	391	1.05	

表 3-7(5) 建屋耐震性評価用の応答補正比率の算定 (EW 方向) (5/6)
(IW-10)

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		α ②/①	NS方向 応答補正比率 ζ
O. P. (m)	質点番号	FEM節点	① 1 方向入力	② 3 方向入力		
50.5	20	88397	1541	1582	1.03	1.03
		88344	1589	1470	0.93	
41.2	21	84353	1179	1188	1.01	1.01
		84344	1219	1143	0.94	
33.2	22	74151	884	883	1.00	1.00
		77499	944	910	0.97	
22.5	23	58189	673	686	1.02	1.02
		49480	676	658	0.98	
15.0	24	46422	559	553	0.99	1.00
		46616	572	566	0.99	
6.0	25	34915	515	541	1.06	1.06
		35731	485	509	1.05	
-0.8	26	24086	446	461	1.04	1.04
		24117	444	453	1.02	

表 3-7(6) 建屋耐震性評価用の応答補正比率の算定 (EW 方向) (6/6)
(OW-11)

評価点			最大応答加速度 (cm/s^2)		α ②/①	EW方向 応答補正比率 ζ
O.P. (m)	質点番号	FEM節点	① 1 方向入力	② 3 方向入力		
33.2	27	74487	913	1044	1.15	1.15
		75697	832	774	0.94	
22.5	28	49497	675	749	1.11	1.11
		49476	664	612	0.93	
15.0	29	38937	539	588	1.10	1.10
		46255	566	563	1.00	
6.0	30	28070	452	467	1.04	1.04
		33367	515	510	1.00	
-0.8	31	22059	411	410	1.00	1.00
		24047	466	445	0.96	

(2) 評価結果

各層の応答補正比率を乗じた最大せん断応力度及び最大せん断ひずみを表 3-8 に示す。

補正後の応答をプロットしたせん断スケルトンカーブを図 3-10 及び図 3-11 に示す。質点系モデルの最大応答せん断応力度に応答補正比率 α を乗じて、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響及び 3 次元的な応答特性を踏まえたせん断ひずみを評価した結果、NS 方向及び EW 方向ともにすべての層において、評価基準値 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認した。

以上のことから、原子炉建屋については、3 次元的な応答特性による応答補正を考慮しても、建屋が有する耐震性への影響はないことを確認した。

表 3-8(1) 3次元的な応答特性を踏まえたせん断応力度及びせん断ひずみ(1/2)

(a) NS方向

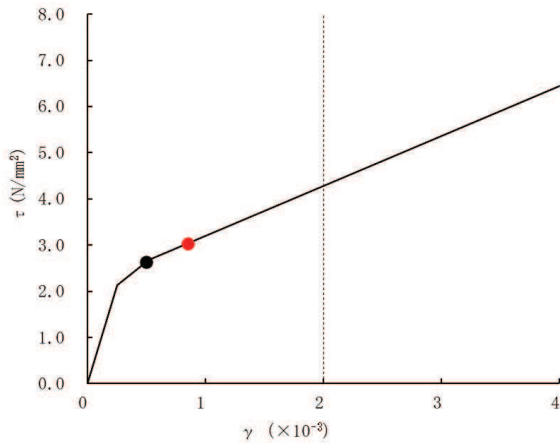
部材番号		質点系モデルの最大応答値 (基準地震動 S_s , NS方向)			NS方向 応答補正比率 ζ	応答補正後 (最大応答値 $\times\zeta$)	
		τ (N/mm ²)	γ ($\times 10^{-3}$)	地震動		τ (N/mm ²)	γ ($\times 10^{-3}$)
OW-K	1	2.63	0.50	$S_s - D 1$	1.47	3.04	0.85
	2	2.83	0.58	$S_s - D 1$	1.22	3.02	0.76
	3	2.83	0.52	$S_s - N 1$	1.07	2.93	0.57
	4	2.70	0.43	$S_s - N 1$	1.09	2.80	0.48
	5	3.19	0.60	$S_s - N 1$	1.08	3.30	0.66
IW-J	6	3.09	0.91	$S_s - D 2$	1.03	3.12	0.93
	7	3.23	1.06	$S_s - F 3$	1.01	3.23	1.06
	8	2.74	0.51	$S_s - D 2$	1.08	2.84	0.56
	9	2.99	0.60	$S_s - D 2$	1.05	3.03	0.64
	10	3.06	0.59	$S_s - N 1$	1.05	3.12	0.63
	11	2.90	0.51	$S_s - N 1$	1.04	2.95	0.54
	12	3.21	0.62	$S_s - N 1$	1.03	3.25	0.64
SW	13	1.28	0.15	$S_s - D 2$	1.07	1.37	0.16
	14	2.48	0.30	$S_s - D 2$	1.15	2.58	0.35
	15	2.77	0.34	$S_s - N 1$	1.17	2.90	0.40
	16	3.73	0.75	$S_s - N 1$	1.03	3.77	0.78
	17	2.89	0.34	$S_s - N 1$	1.14	3.01	0.39
IW-C	18	3.25	1.05	$S_s - F 3$	1.12	3.37	1.16
	19	3.08	0.92	$S_s - D 2$	1.05	3.13	0.96
	20	2.93	0.61	$S_s - D 2$	1.02	2.95	0.63
	21	3.25	0.74	$S_s - D 1$	1.05	3.30	0.79
	22	3.10	0.58	$S_s - N 1$	1.08	3.21	0.64
	23	2.91	0.50	$S_s - N 1$	1.08	3.02	0.55
	24	3.47	0.80	$S_s - N 1$	1.09	3.57	0.90
OW-A	25	2.76	0.55	$S_s - D 2$	1.24	2.97	0.74
	26	2.96	0.62	$S_s - D 1$	1.29	3.23	0.89
	27	3.05	0.59	$S_s - N 1$	1.02	3.08	0.61
	28	2.83	0.48	$S_s - N 1$	1.04	2.88	0.50
	29	3.33	0.74	$S_s - N 1$	1.02	3.35	0.76

表 3-8(2) 3次元的な応答特性を踏まえたせん断応力度及びせん断ひずみ(2/2)

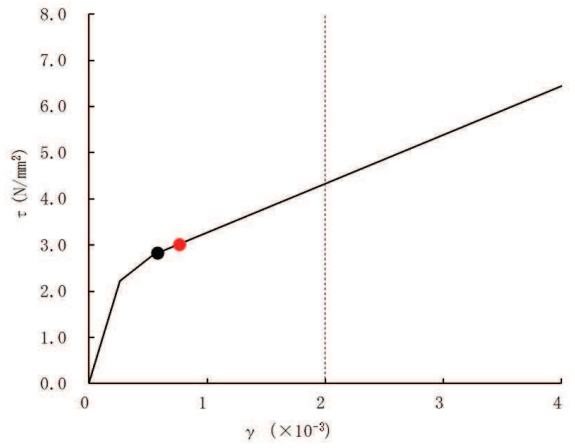
(b) EW方向

部材番号		質点系モデルの最大応答値 (基準地震動 S_s , NS方向)			EW方向 応答補正比率 ζ	応答補正後 (最大応答値 $\times \zeta$)	
		τ (N/mm ²)	τ ($\times 10^{-3}$)	地震動		τ (N/mm ²)	τ ($\times 10^{-3}$)
OW-1	1	2.77	0.56	$S_s - D 2$	1.02	2.79	0.58
	2	2.85	0.52	$S_s - D 1$	1.03	2.89	0.54
	3	2.97	0.56	$S_s - D 1$	1.10	3.08	0.64
	4	2.65	0.39	$S_s - N 1$	1.11	2.76	0.44
	5	3.01	0.52	$S_s - N 1$	1.00	3.01	0.52
IW-2	6	2.53	0.41	$S_s - D 1$	1.02	2.55	0.42
	7	3.21	0.64	$S_s - D 1$	1.09	3.29	0.72
	8	2.74	0.41	$S_s - N 1$	1.03	2.77	0.43
	9	3.14	0.56	$S_s - N 1$	1.03	3.18	0.58
IW-4	10	2.51	0.45	$S_s - F 3$	1.08	2.53	0.46
	11	2.93	0.77	$S_s - D 2$	1.00	2.93	0.77
	12	2.53	0.38	$S_s - D 2$	1.01	2.56	0.39
	13	2.93	0.47	$S_s - D 1$	1.02	2.97	0.49
SW	14	1.73	0.19	$S_s - D 2$	1.00	1.73	0.19
	15	2.62	0.37	$S_s - D 1$	1.05	2.66	0.39
	16	3.17	0.54	$S_s - D 1$	1.11	3.32	0.62
	17	3.61	0.68	$S_s - N 1$	1.07	3.72	0.74
	18	2.82	0.31	$S_s - N 1$	1.16	2.96	0.36
IW-10	19	2.82	0.68	$S_s - D 2$	1.03	2.85	0.71
	20	2.84	0.70	$S_s - D 2$	1.01	2.84	0.71
	21	2.72	0.49	$S_s - D 2$	1.00	2.72	0.49
	22	3.16	0.71	$S_s - D 1$	1.02	3.18	0.73
	23	3.02	0.56	$S_s - D 1$	1.00	3.02	0.56
	24	2.70	0.41	$S_s - N 1$	1.06	2.76	0.44
	25	3.16	0.59	$S_s - N 1$	1.04	3.23	0.62
OW-11	26	2.69	0.54	$S_s - D 2$	1.15	2.82	0.66
	27	2.97	0.70	$S_s - D 1$	1.11	3.09	0.81
	28	2.77	0.49	$S_s - D 1$	1.10	2.90	0.56
	29	2.69	0.41	$S_s - N 1$	1.04	2.73	0.43
	30	3.06	0.54	$S_s - N 1$	1.00	3.06	0.54

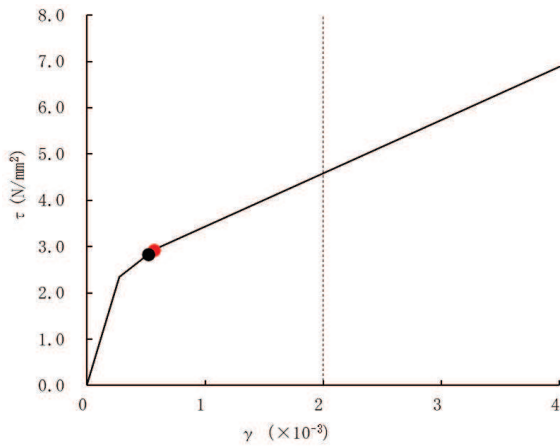
● 補正前応答値 ● 補正後応答値



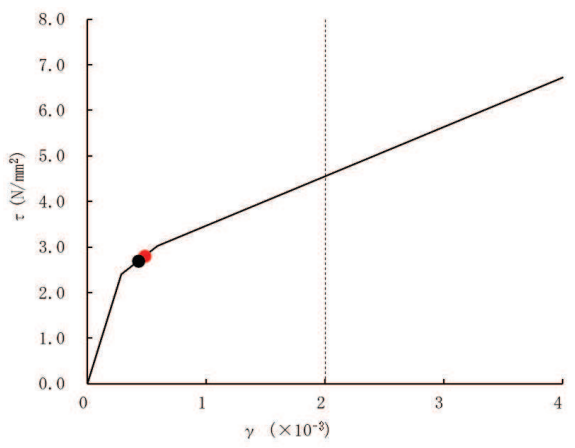
要素番号(1)



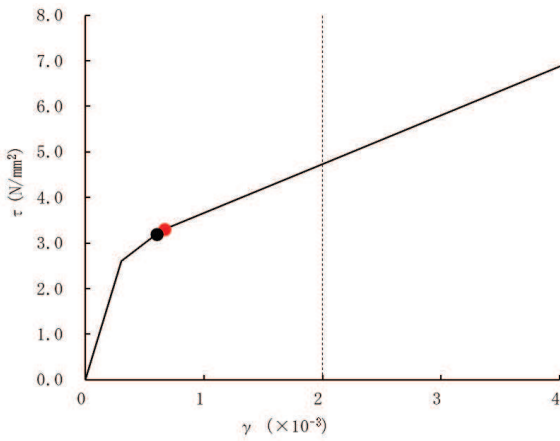
要素番号(2)



要素番号(3)



要素番号(4)



要素番号(5)

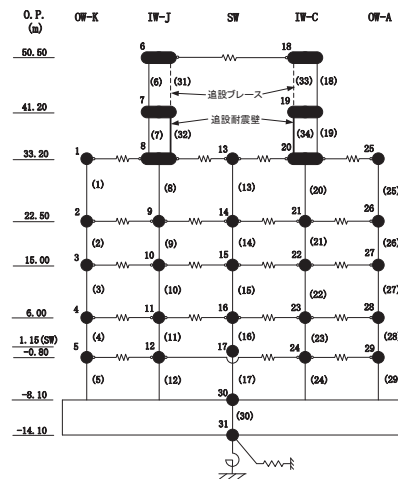
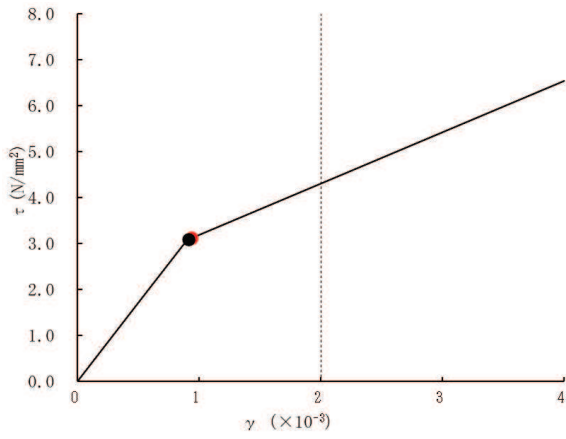
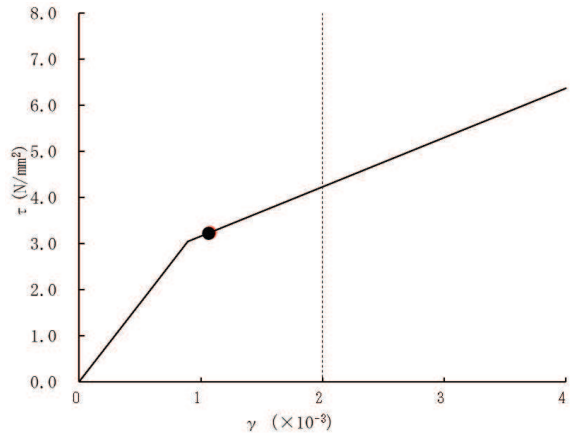


図 3-12(1) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (NS 方向) (1/6)

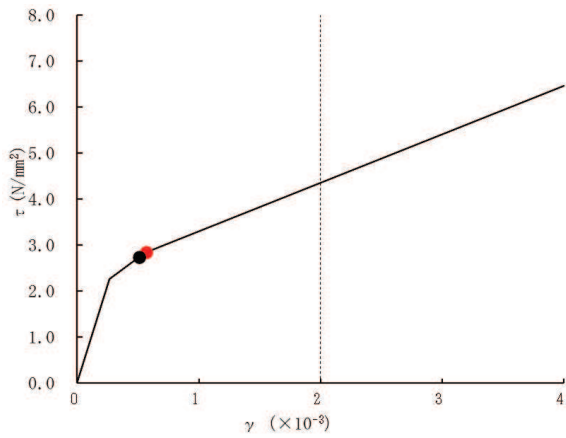
● 補正前応答値 ● 補正後応答値



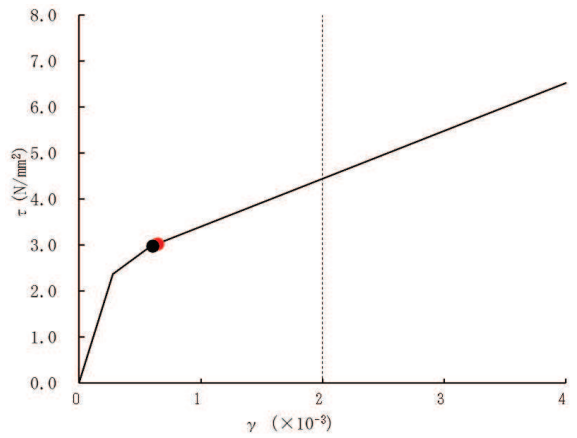
要素番号(6)



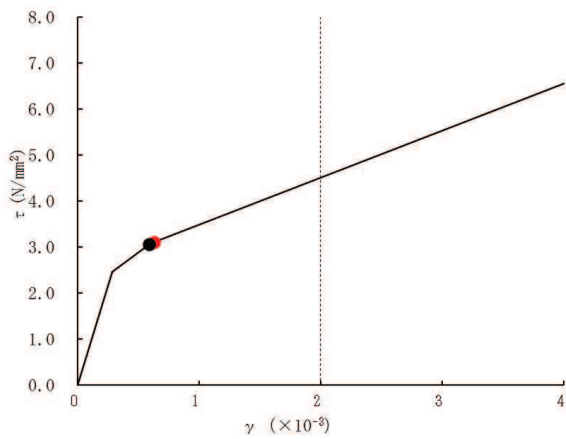
要素番号(7)



要素番号(8)



要素番号(9)



要素番号(10)

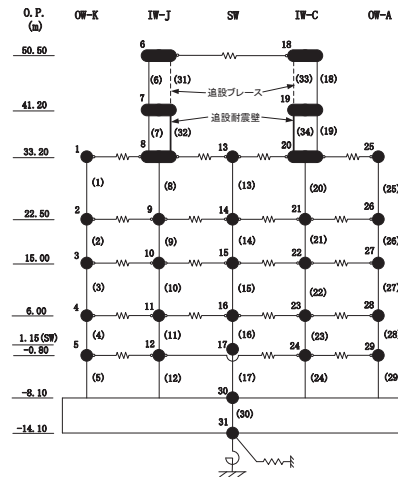
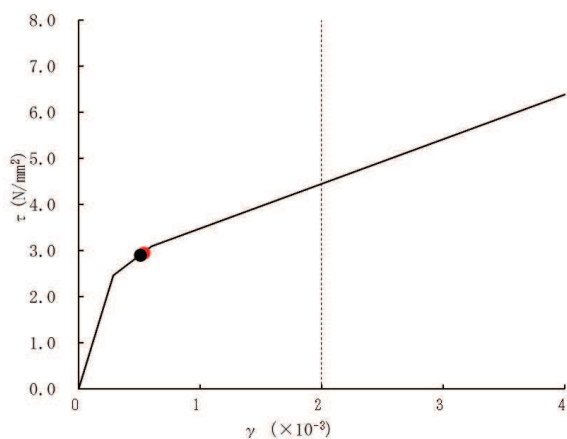
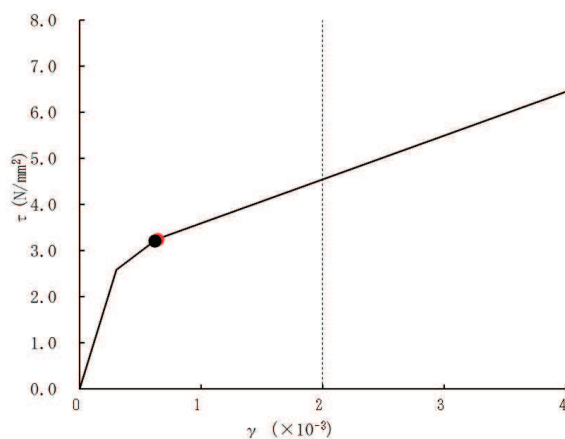


図 3-12(2) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (NS 方向) (2/6)

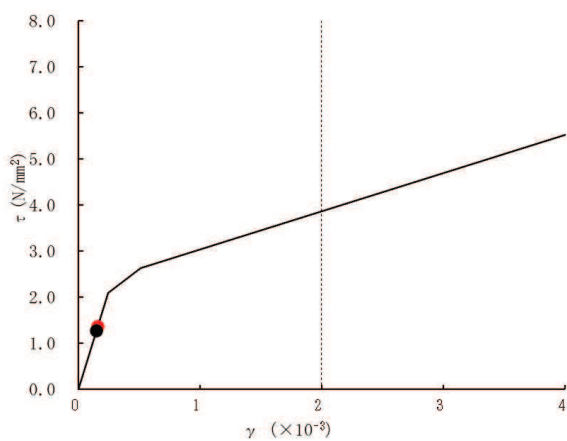
● 補正前応答値 ● 補正後応答値



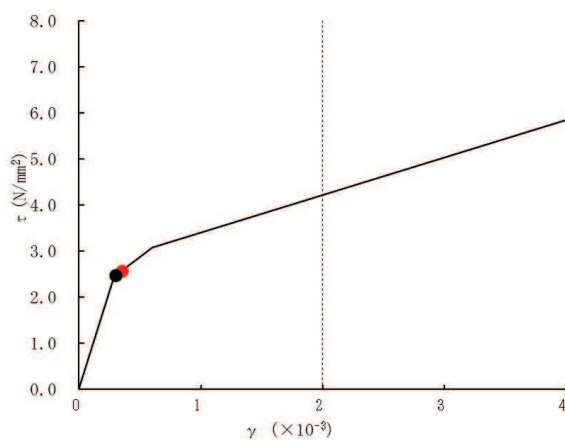
要素番号(11)



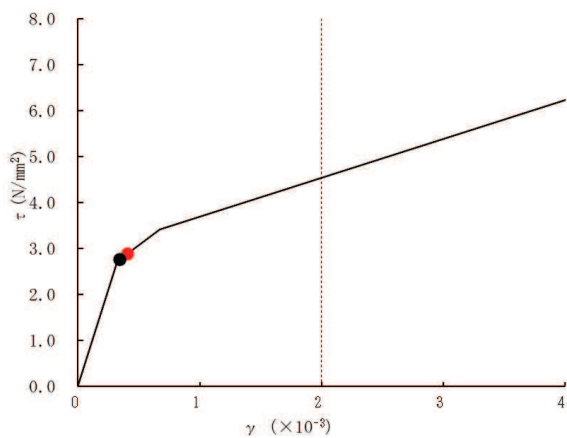
要素番号(12)



要素番号(13)



要素番号(14)



要素番号(15)

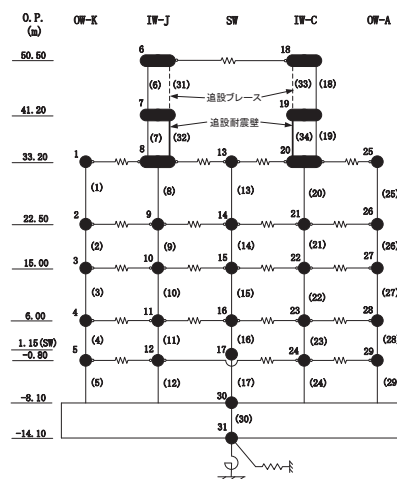
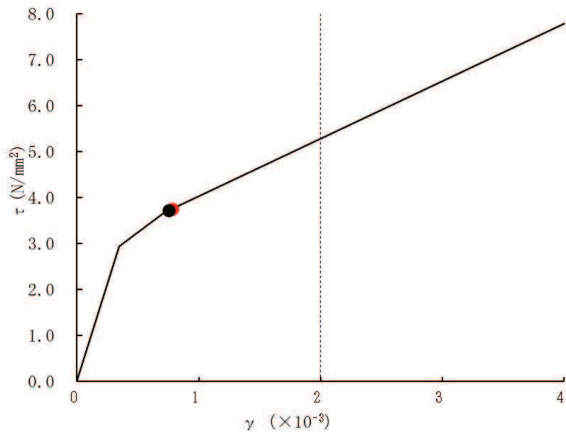
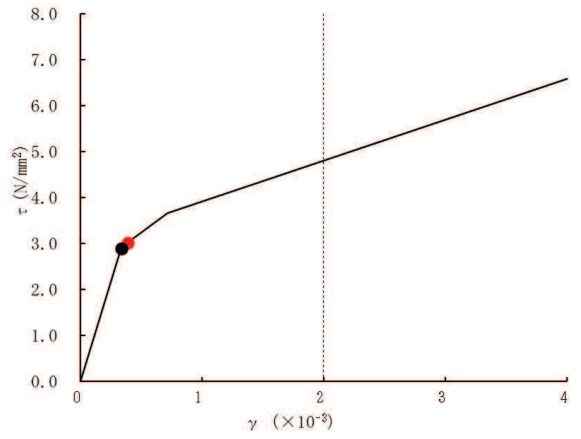


図 3-12(3) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (NS 方向) (3/6)

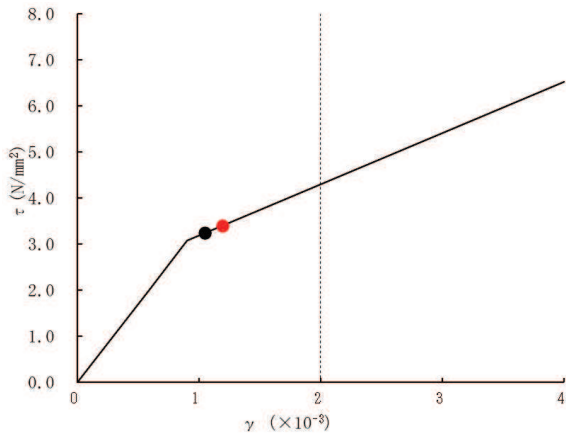
● 補正前応答値 ● 補正後応答値



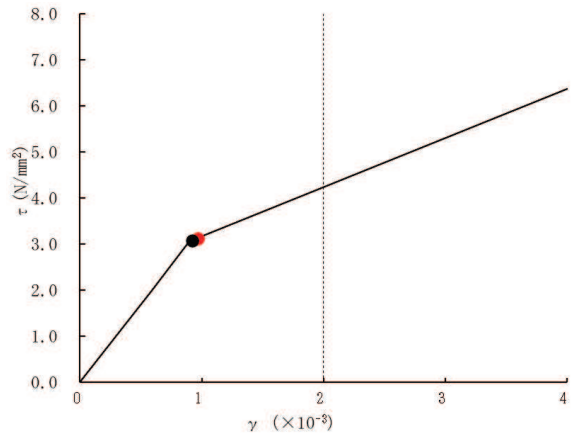
要素番号(16)



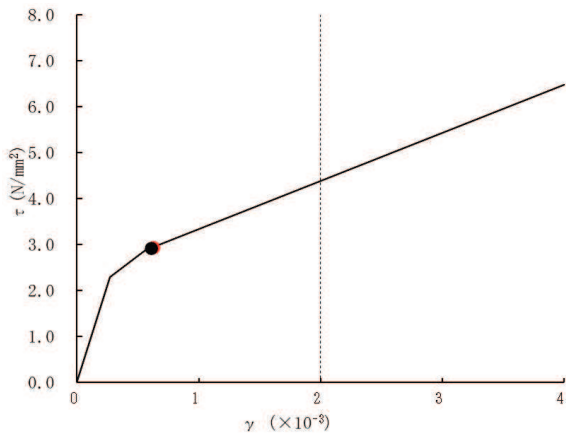
要素番号(17)



要素番号(18)



要素番号(19)



要素番号(20)

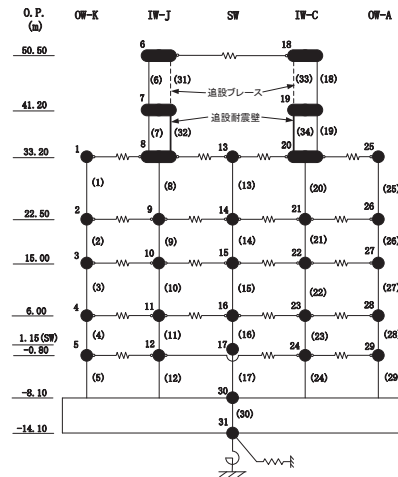
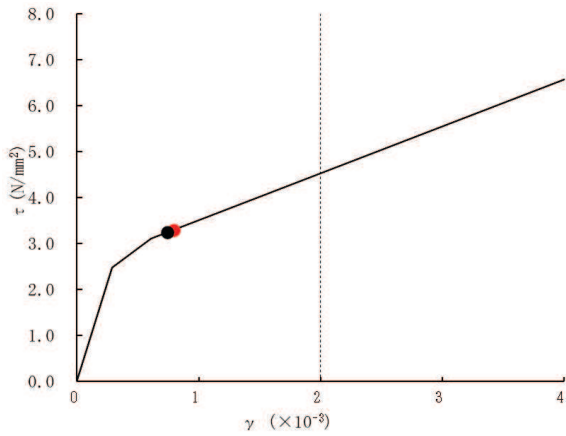
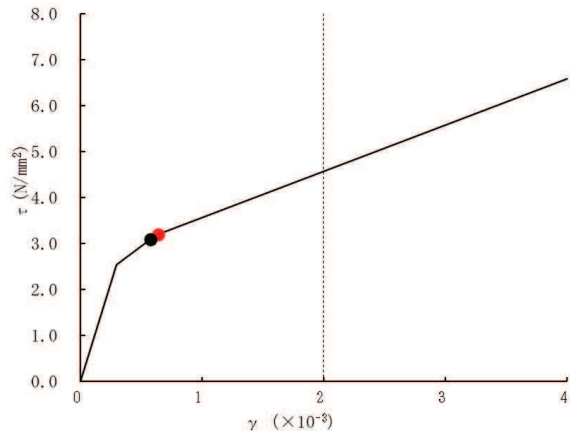


図 3-12(4) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (NS 方向) (4/6)

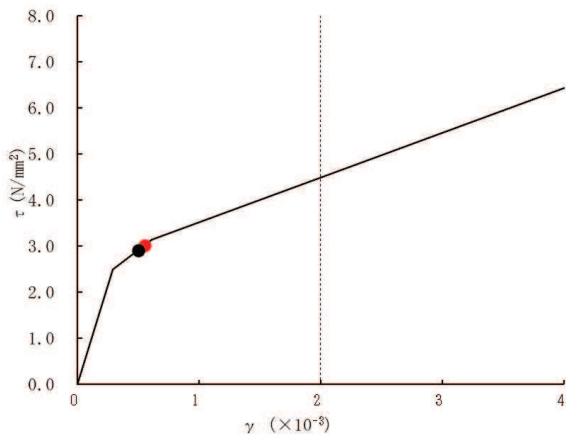
● 補正前応答値 ● 補正後応答値



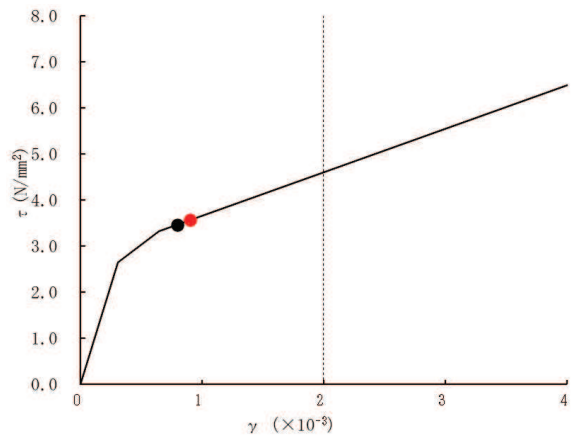
要素番号 (21)



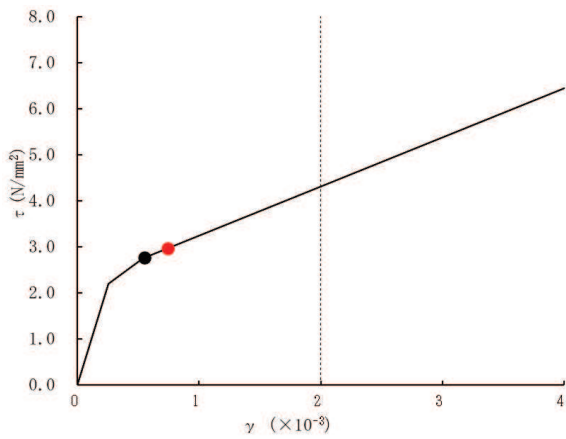
要素番号 (22)



要素番号 (23)



要素番号 (24)



要素番号 (25)

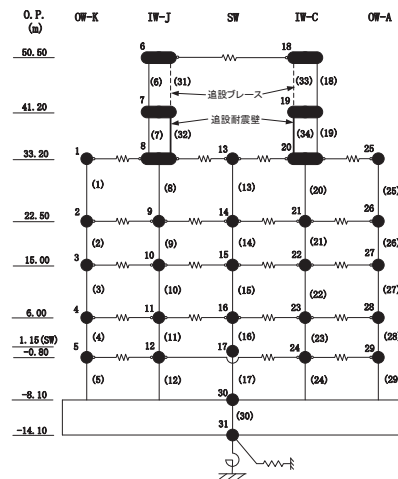
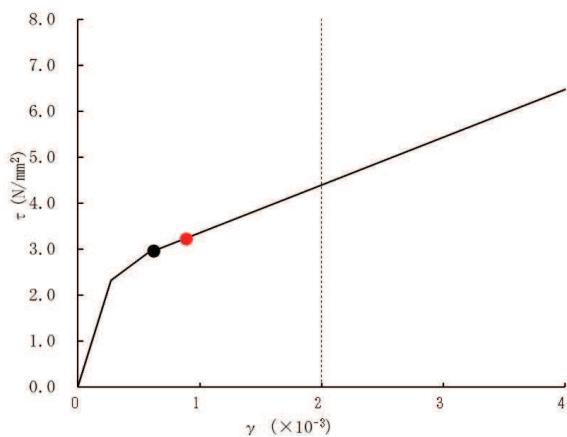
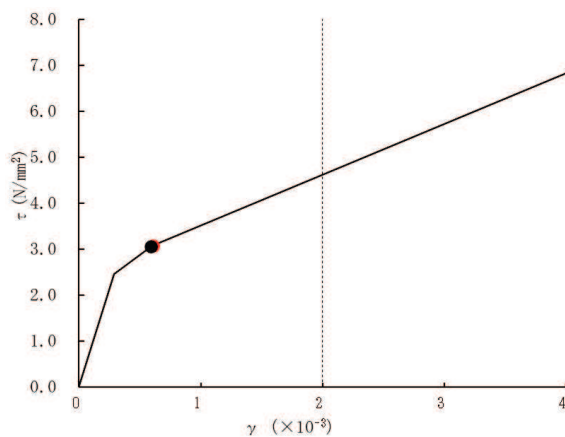


図 3-12(5) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (NS 方向) (5/6)

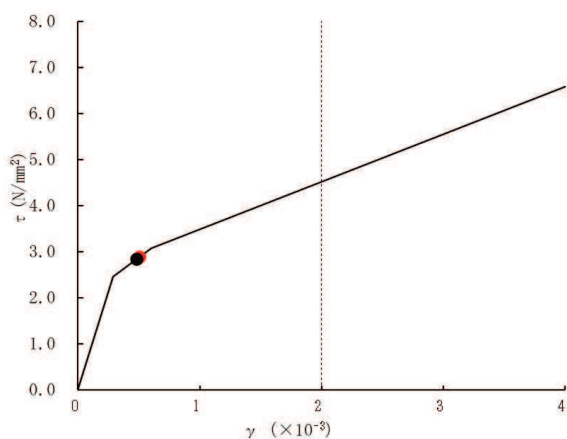
● 補正前応答値 ● 補正後応答値



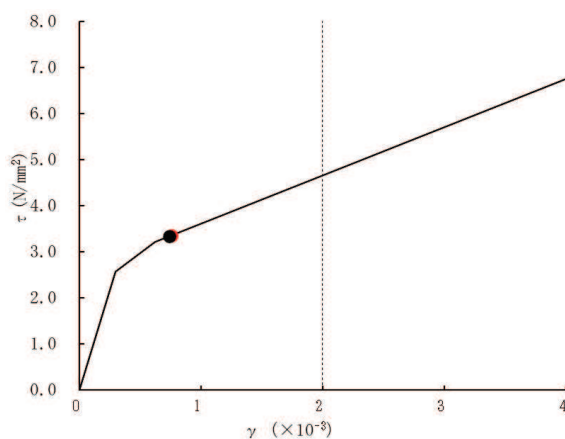
要素番号 (26)



要素番号 (27)



要素番号 (28)



要素番号 (29)

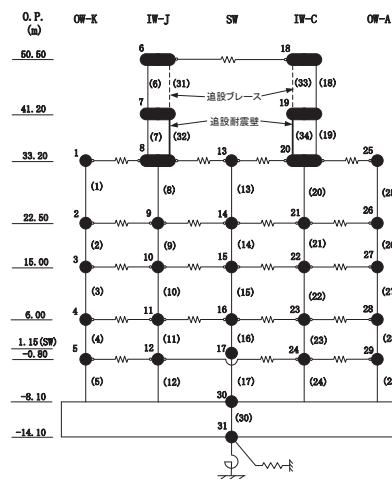
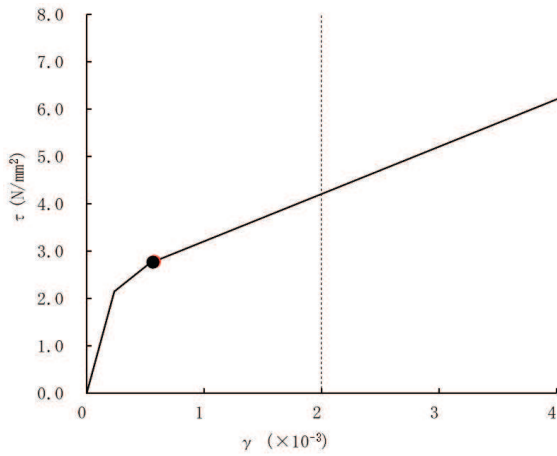
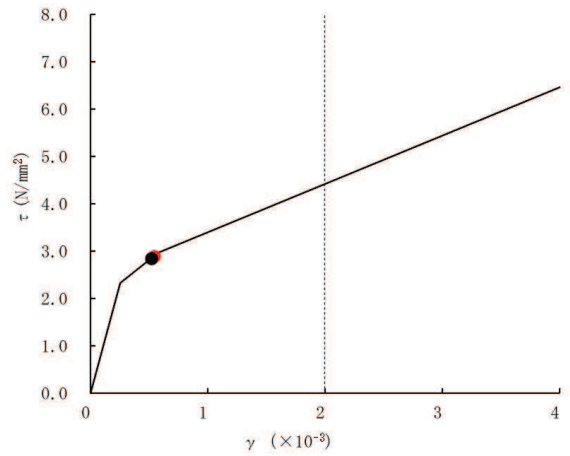


図 3-12(6) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (NS 方向) (6/6)

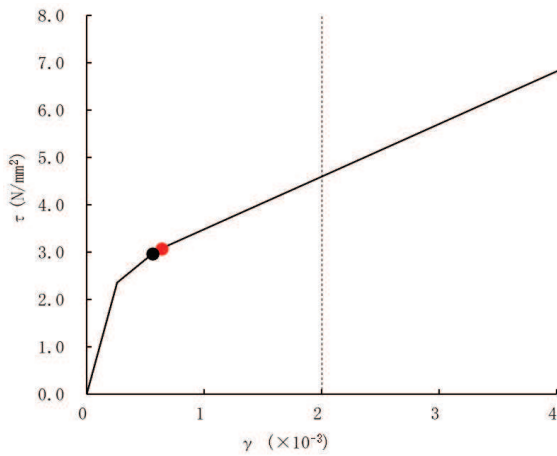
● 補正前応答値 ● 補正後応答値



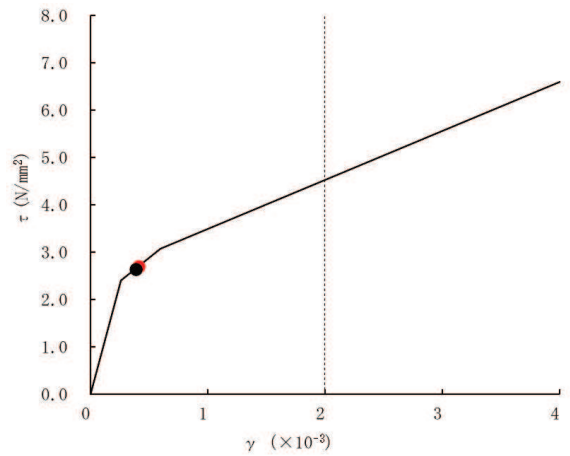
要素番号(1)



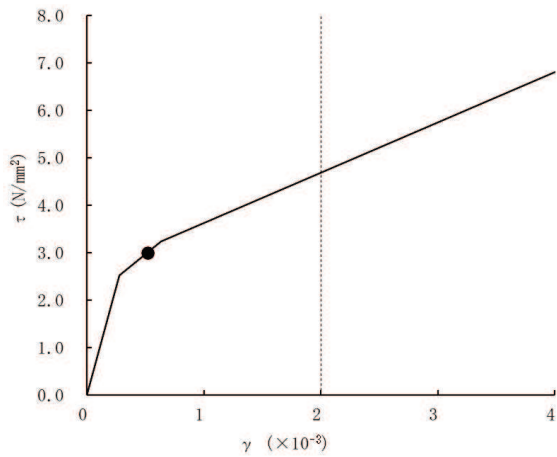
要素番号(2)



要素番号(3)



要素番号(4)



要素番号(5)

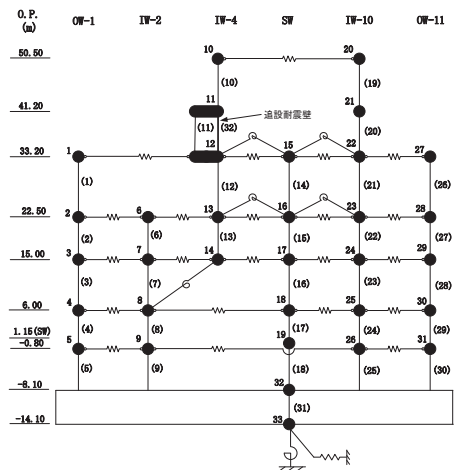
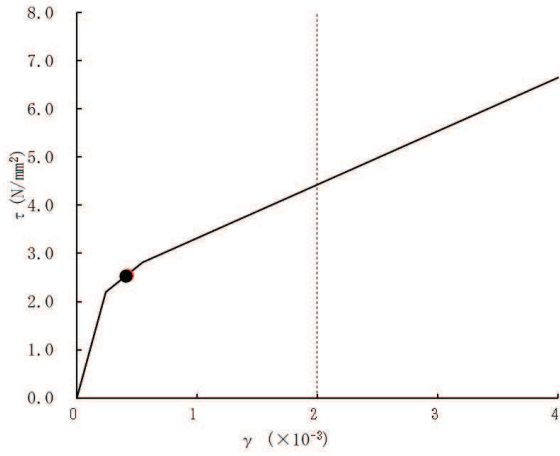
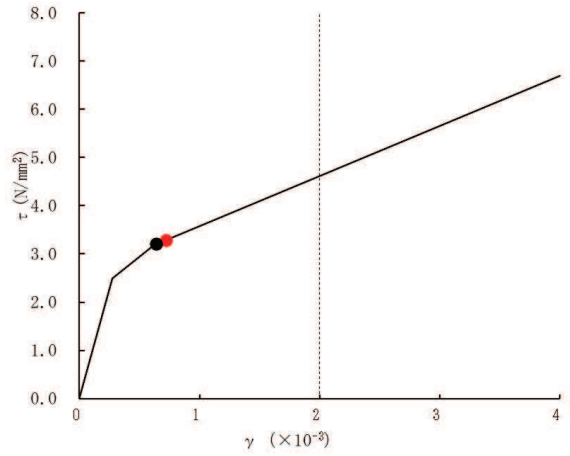


図 3-13(1) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (EW 方向) (1/6)

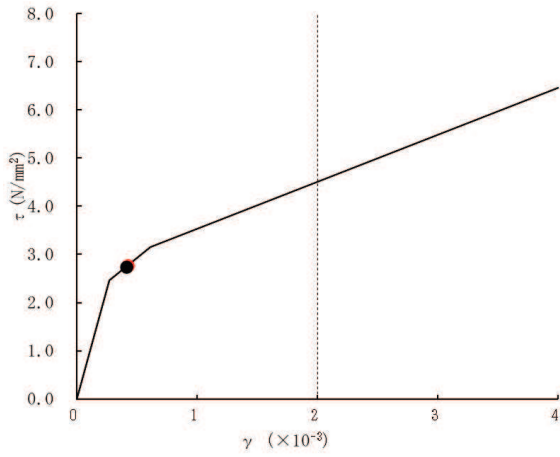
● 補正前応答値 ● 補正後応答値



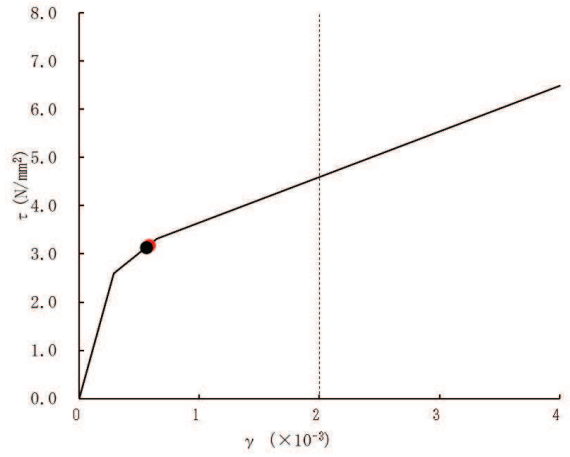
要素番号(6)



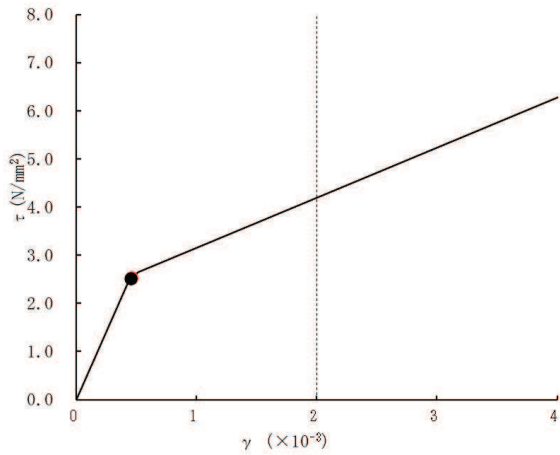
要素番号(7)



要素番号(8)



要素番号(9)



要素番号(10)

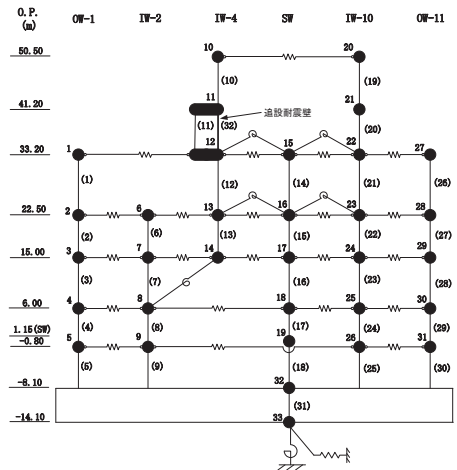
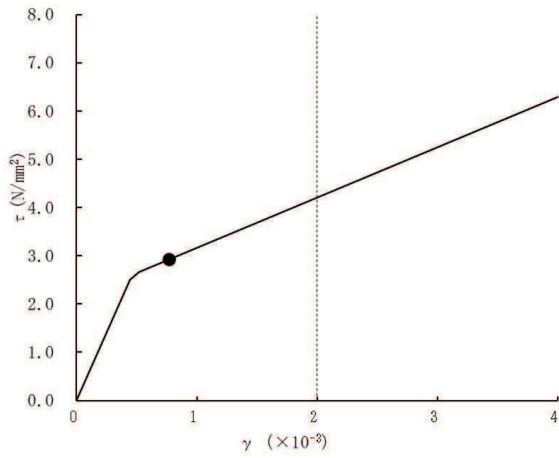
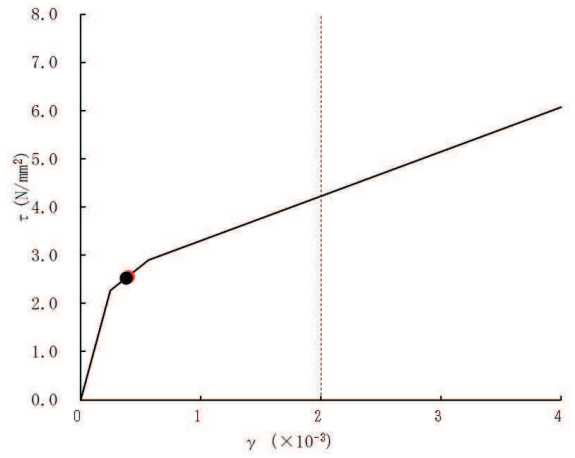


図 3-13(2) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (EW 方向) (2/6)

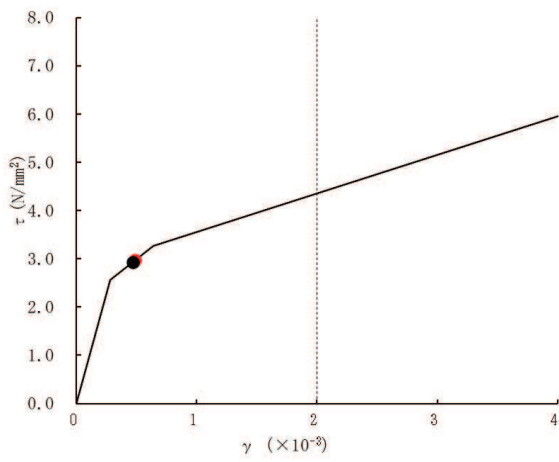
● 補正前応答値 ● 補正後応答値



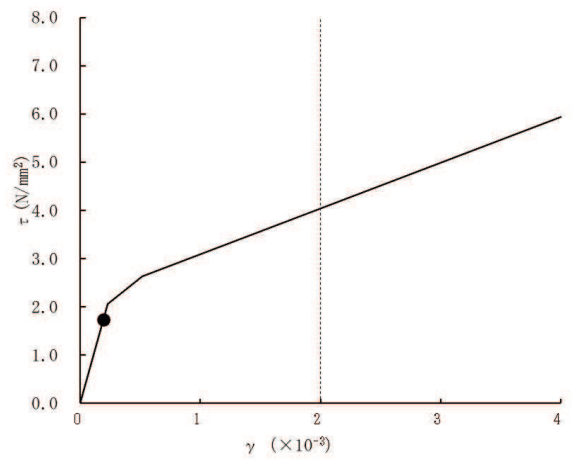
要素番号(11)



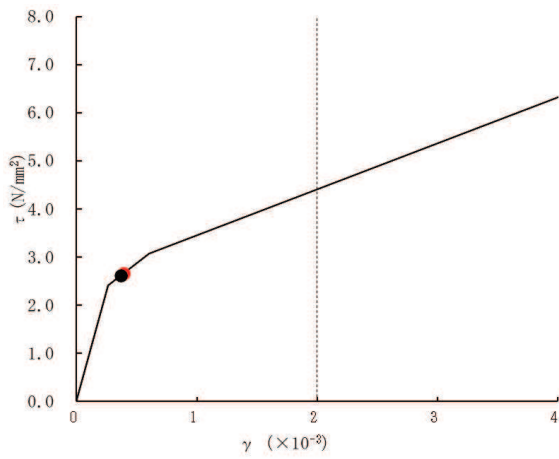
要素番号(12)



要素番号(13)



要素番号(14)



要素番号(15)

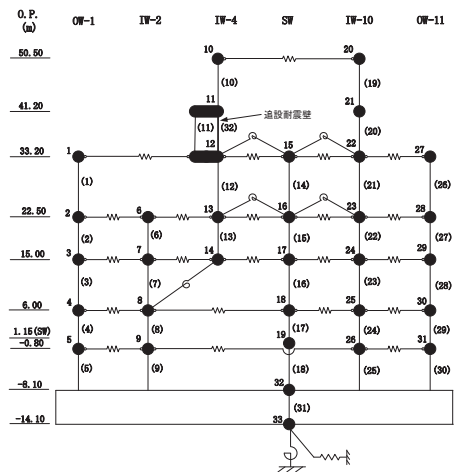
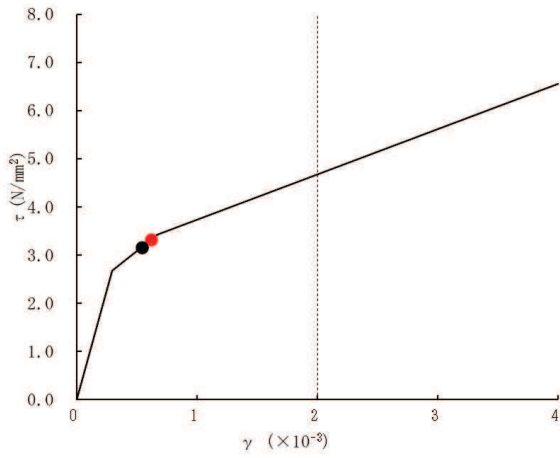
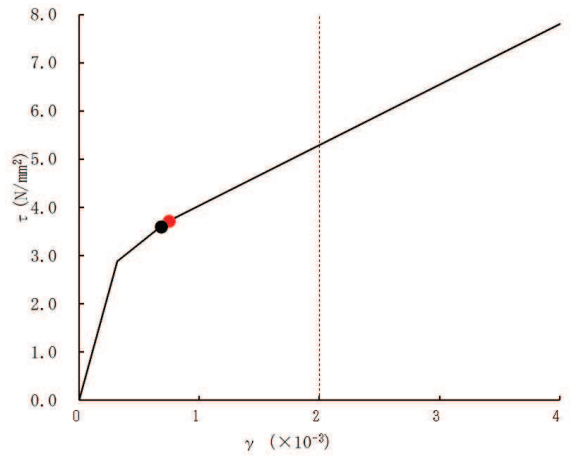


図 3-13(3) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (EW 方向) (3/6)

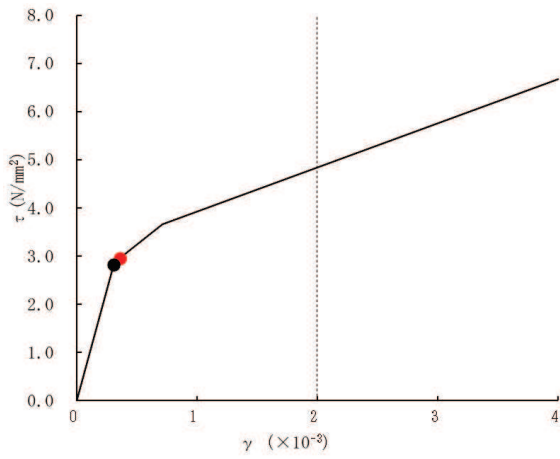
● 補正前応答値 ● 補正後応答値



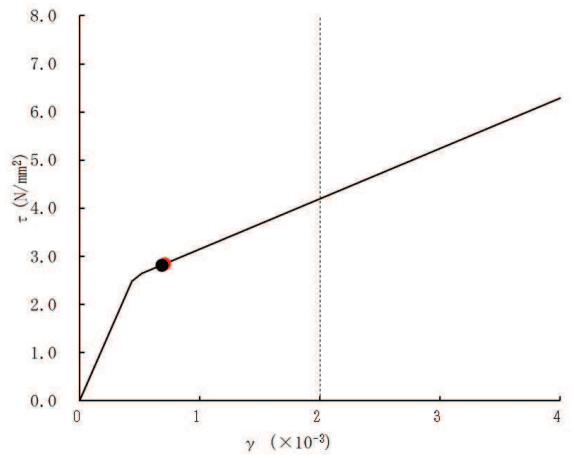
要素番号 (16)



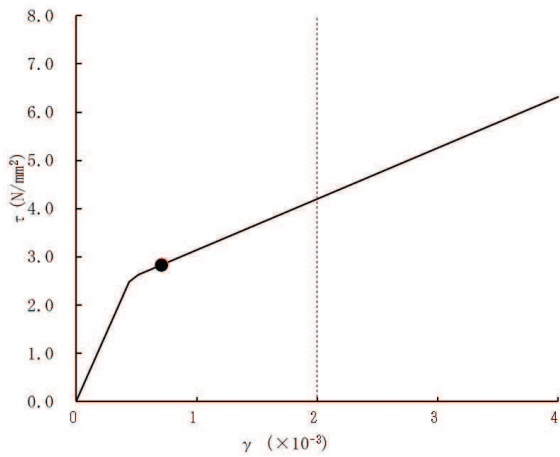
要素番号 (17)



要素番号 (18)



要素番号 (19)



要素番号 (20)

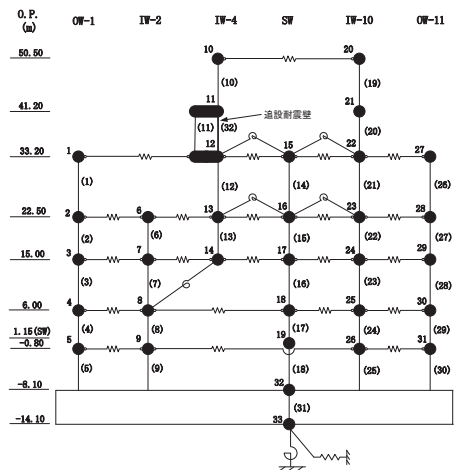
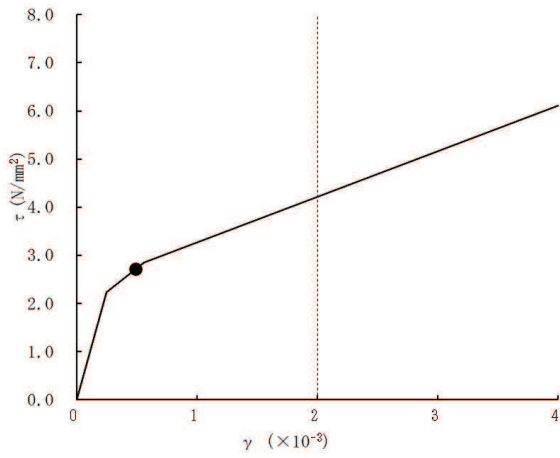
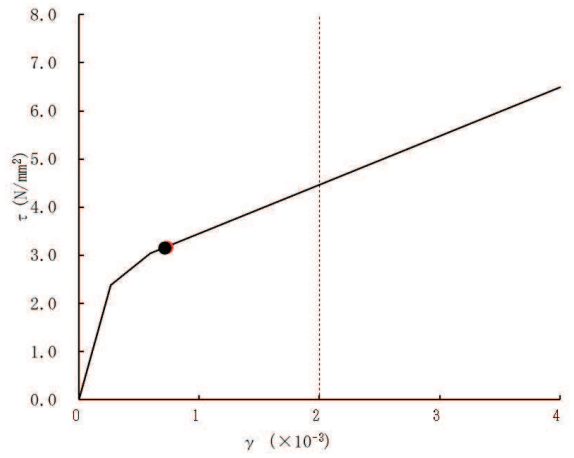


図 3-13(4) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (EW 方向) (4/6)

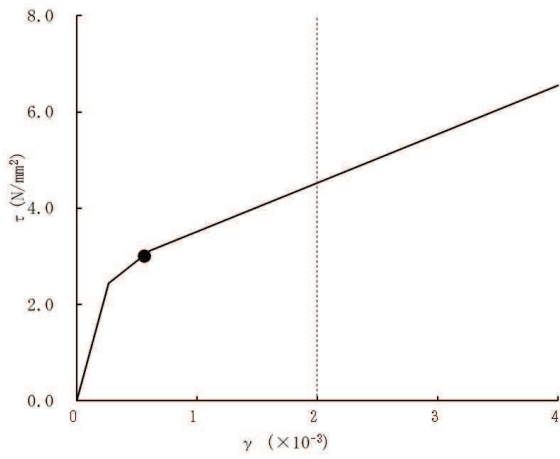
● 補正前応答値 ● 補正後応答値



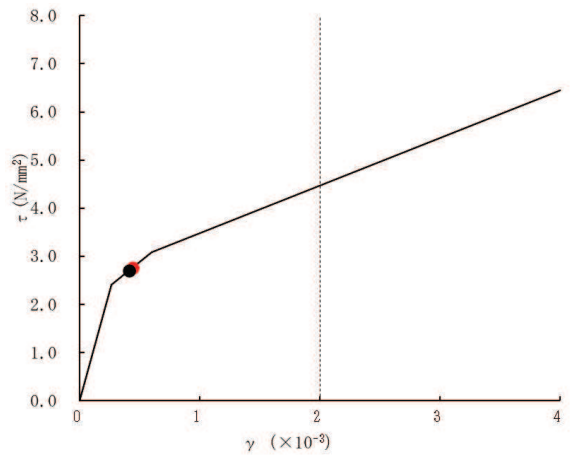
要素番号 (21)



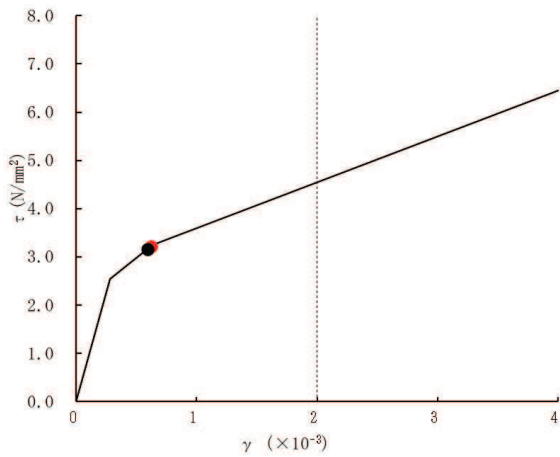
要素番号 (22)



要素番号 (23)



要素番号 (24)



要素番号 (25)

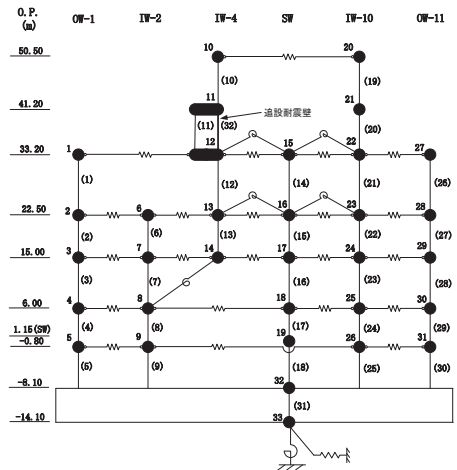
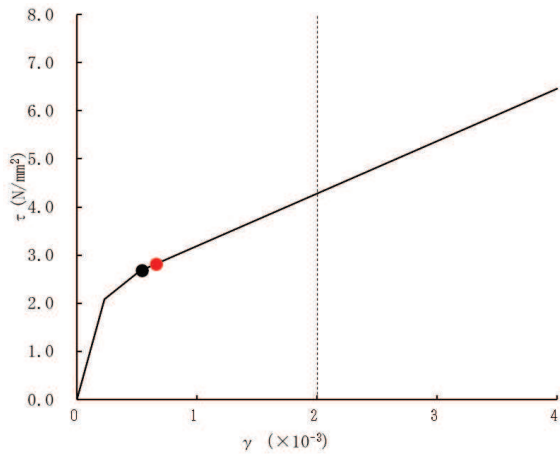
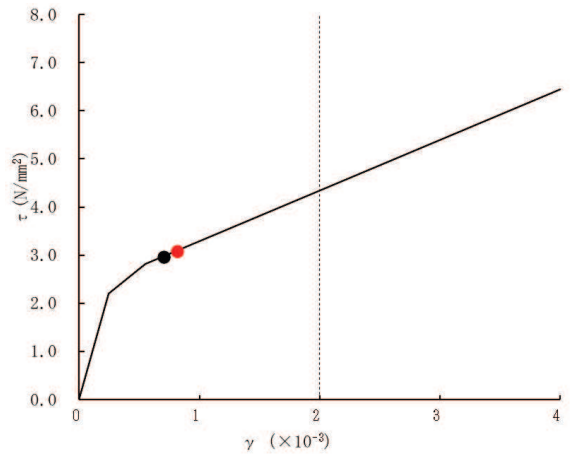


図 3-13(5) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (EW 方向) (5/6)

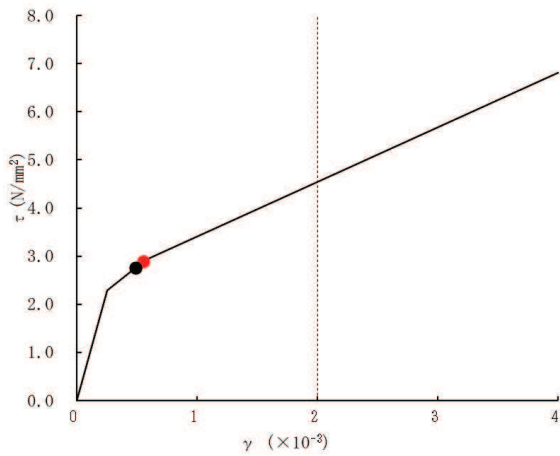
● 補正前応答値 ● 補正後応答値



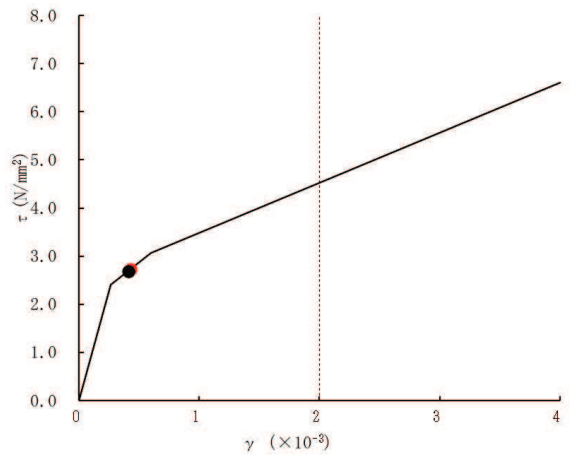
要素番号 (26)



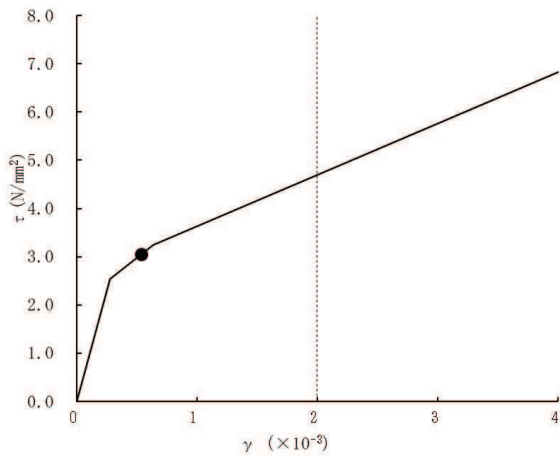
要素番号 (27)



要素番号 (28)



要素番号 (29)



要素番号 (30)

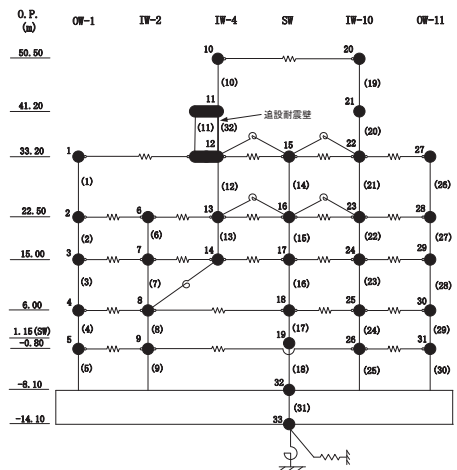


図 3-13(6) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (EW 方向) (6/6)

3.4 床応答への影響検討

3次元 FEM モデルによる地震応答解析結果から、3次元挙動が床応答に及ぼす影響について検討する。

評価部位は、図 3-5 における O.P. -8.1m~33.2m における南東の外壁部（R1 通り、RK 通り）とする。なお、原子炉建屋の地震応答解析モデルは床の柔性を考慮した多軸の質点系モデルを採用していることを踏まえ、3次元 FEM モデルと質点系モデルの床応答を比較するに当たっては、3次元挙動の影響が比較的現れやすいと考えられる外壁部の耐震壁に対応する節点及び質点を選定した。さらに、建屋全体の応答性状を比較できるように、3次元 FEM モデルの節点の応答については、耐震壁ごとに平均化を行った。

評価に当たっては、3次元 FEM モデルにおける 1 方向入力及び 3 方向同時入力時の床応答の比較、並びに質点系モデル及び 3次元 FEM モデルの床応答を比較し、3次元挙動の影響を確認する。

ここで、3次元 FEM モデルにおける 1 方向入力及び 3 方向同時入力時の床応答の比較については、「3.2.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響」にて検討しており、各レベルにおいて 3 方向同時入力による影響はほとんどないことを確認している。

質点系モデル及び 3次元 FEM モデルの床応答の比較について、地震動の入力は質点系モデルで 1 方向入力していることから、3次元 FEM モデルにおいても 1 方向入力と比較する。

表 3-9 に比較結果を示す。3次元 FEM モデルの応答スペクトルは、質点系モデルの各質点に対応する代表節点の応答波形を時刻歴で平均した波形の応答スペクトルを比較した。3次元 FEM モデルにおいて選定した代表節点の位置と、応答波形を平均化した節点の範囲を図 3-14 に示す。

水平方向について、3次元 FEM モデルの応答は、周期 0.18 秒より長周期側では質点系モデルの応答とピーク周期と振幅がほぼ対応している。周期 0.18 秒より短周期側では、質点系モデルの応答スペクトルが 3次元 FEM モデルの応答スペクトルより大きくなる傾向が見られる。3次元 FEM モデルの応答スペクトルが質点系モデルの応答スペクトルを上回る箇所が一部にあるものの、3次元 FEM モデルのみに顕著なピークが表れる箇所は認められず、質点系モデルの応答を用いた評価が保守的であることが確認できた。また、鉛直方向については概ねすべての周期帯で、質点系モデルの応答スペクトルが 3次元 FEM モデルの応答スペクトルを上回った。

以上のことから、3次元挙動の影響を踏まえても、原子炉建屋における質点系モデルの応答は、妥当であることが確認できた。

なお、3次元 FEM モデルの応答スペクトルが質点系モデルの応答スペクトルを上回る箇所があることを踏まえ、「別紙 4 機器・配管系に関する説明資料」において機器・配管系への影響について検討を行う。

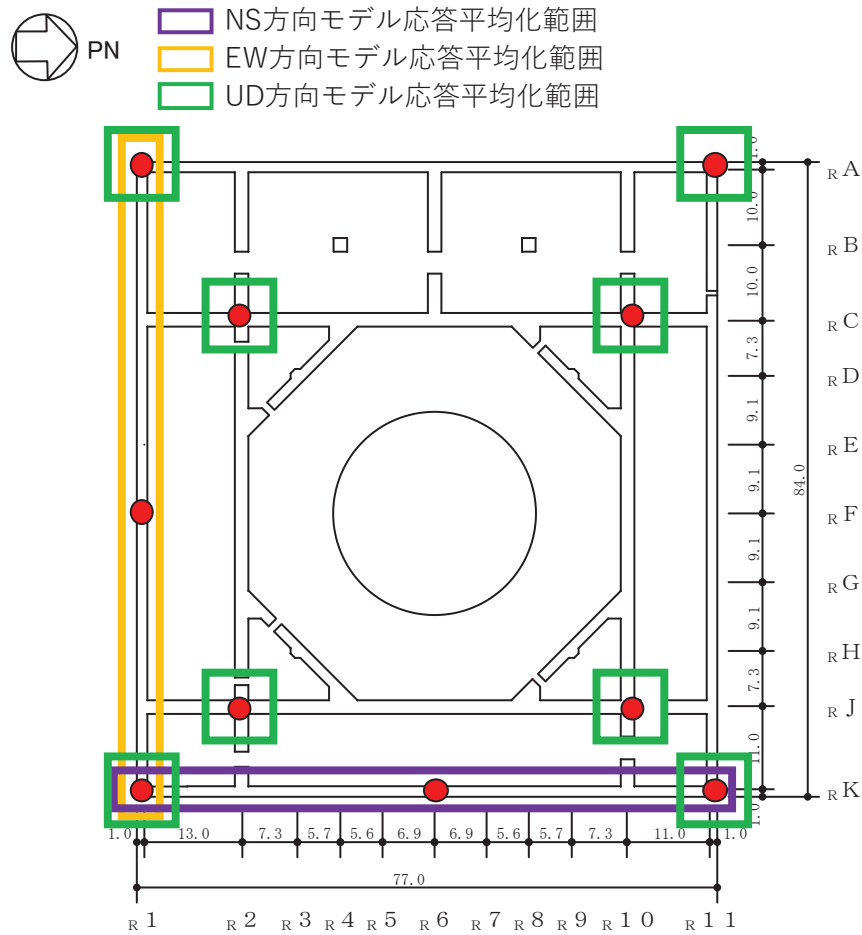


図 3-14 代表節点の位置と応答平均化範囲 (0. P. -8.1m)
(0. P. -0.8m~33.2m も同様)

表 3-9(1) 3次元 FEM モデルと質点系モデルの応答比較 (S d - D 2) (1/6)

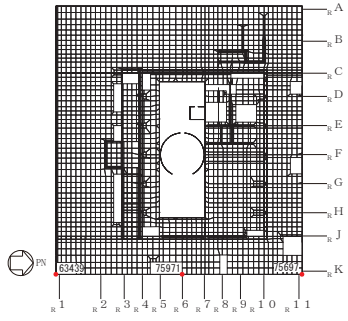
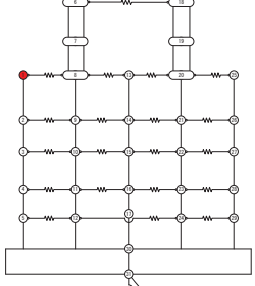
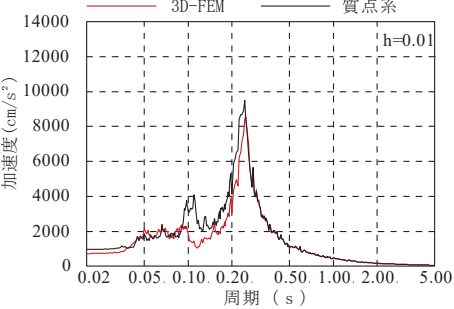
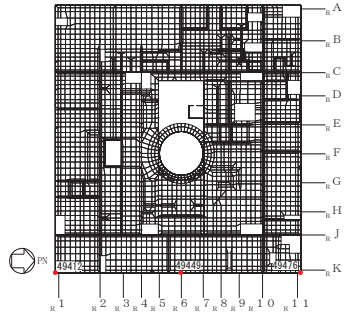
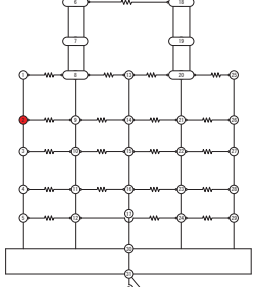
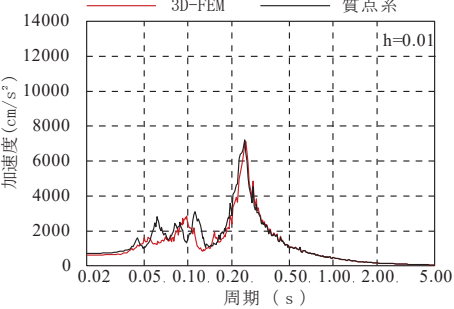
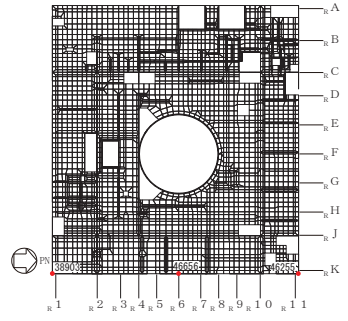
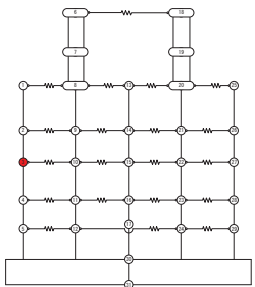
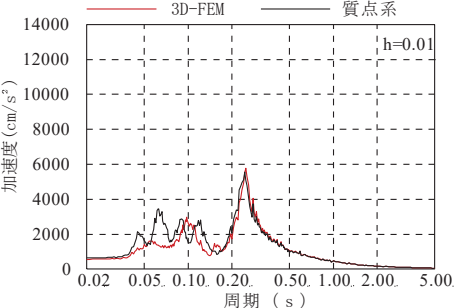
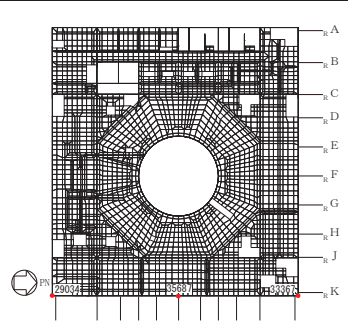
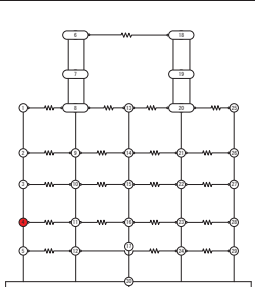
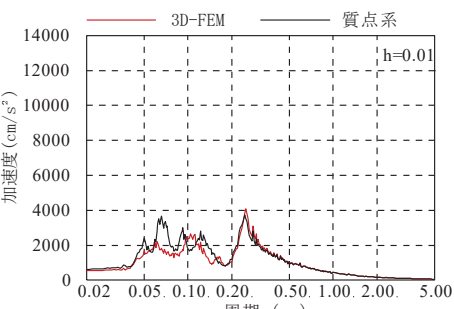
3次元 FEM モデル	質点系モデル	NS 方向応答 (OW-K)
 <p>O. P. 33. 2m</p>	 <p>質点 1</p>	 <p>h=0.01</p>
 <p>O. P. 22. 5m</p>	 <p>質点 2</p>	 <p>h=0.01</p>
 <p>O. P. 15. 0m</p>	 <p>質点 3</p>	 <p>h=0.01</p>
 <p>O. P. 6. 0m</p>	 <p>質点 4</p>	 <p>h=0.01</p>

表 3-9(2) 3次元 FEM モデルと質点系モデルの応答比較 (S d-D 2) (2/6)

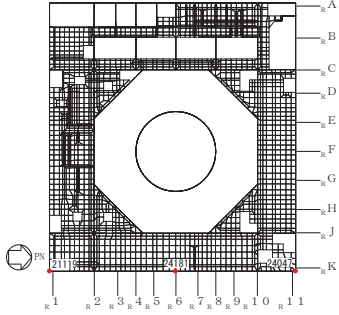
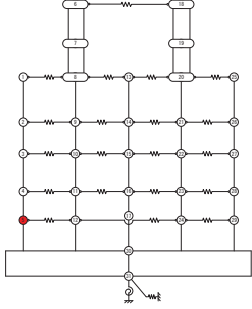
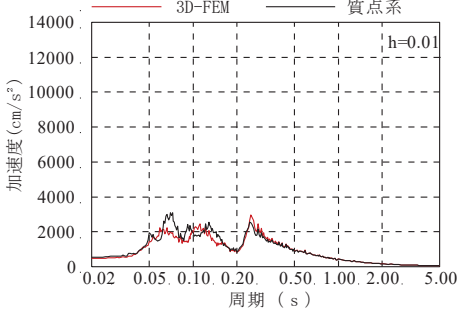
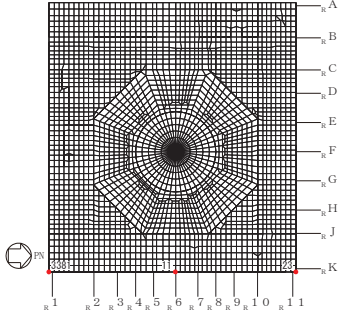
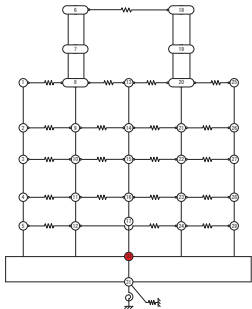
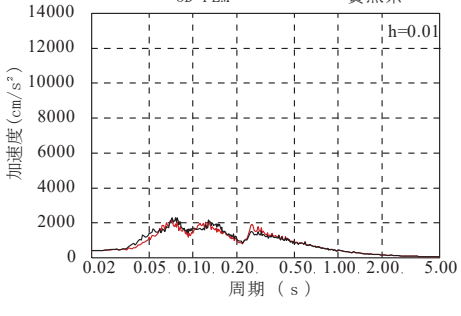
3次元 FEM モデル	質点系モデル	NS 方向応答 (0W-K)
 <p>O. P. -0.8m</p>	 <p>質点 5</p>	
 <p>O. P. -8.1m</p>	 <p>質点 30</p>	

表 3-9(3) 3次元 FEM モデルと質点系モデルの応答比較 (S d - D 2) (3/6)

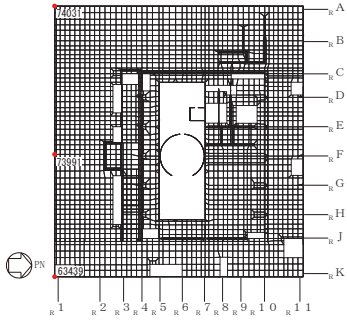
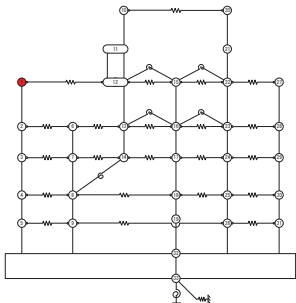
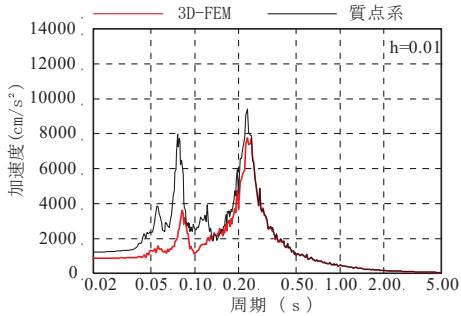
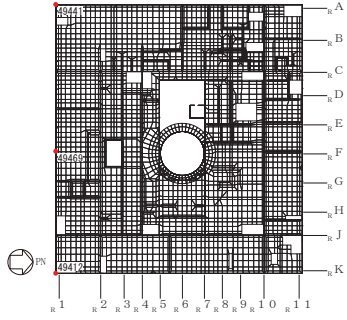
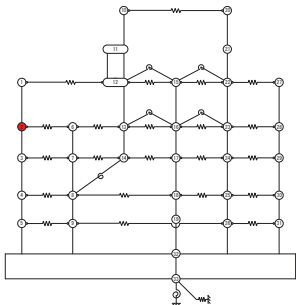
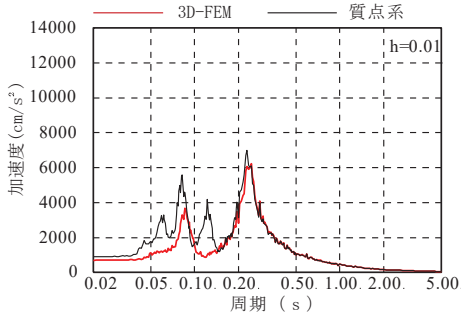
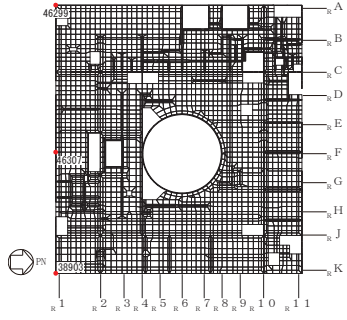
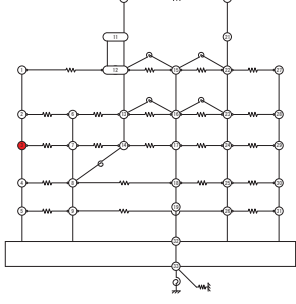
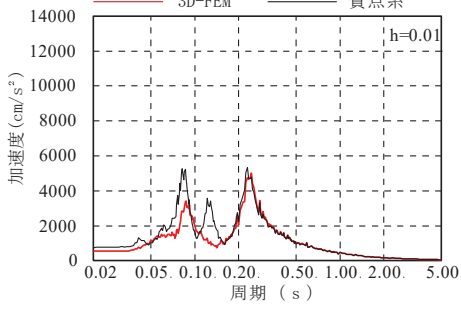
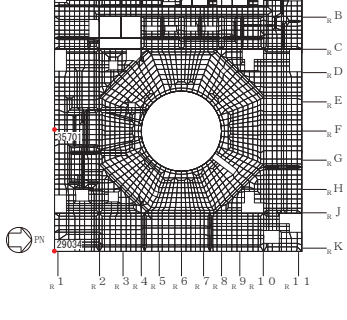
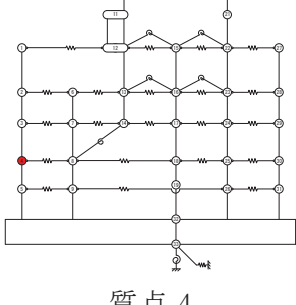
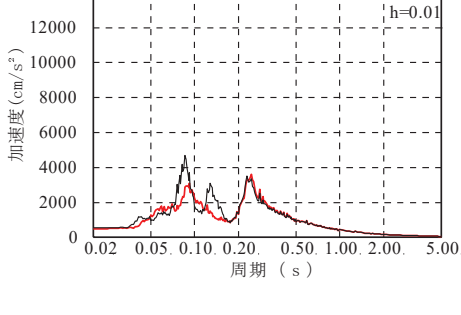
3次元 FEM モデル	質点系モデル	EW 方向応答 (0W-1)
 <p>O. P. 33.2m</p>	 <p>質点 1</p>	 <p>h=0.01</p>
 <p>O. P. 22.5m</p>	 <p>質点 2</p>	 <p>h=0.01</p>
 <p>O. P. 15.0m</p>	 <p>質点 3</p>	 <p>h=0.01</p>
 <p>O. P. 6.0m</p>	 <p>質点 4</p>	 <p>h=0.01</p>

表 3-9(4) 3次元 FEM モデルと質点系モデルの応答比較 (S d - D 2) (4/6)

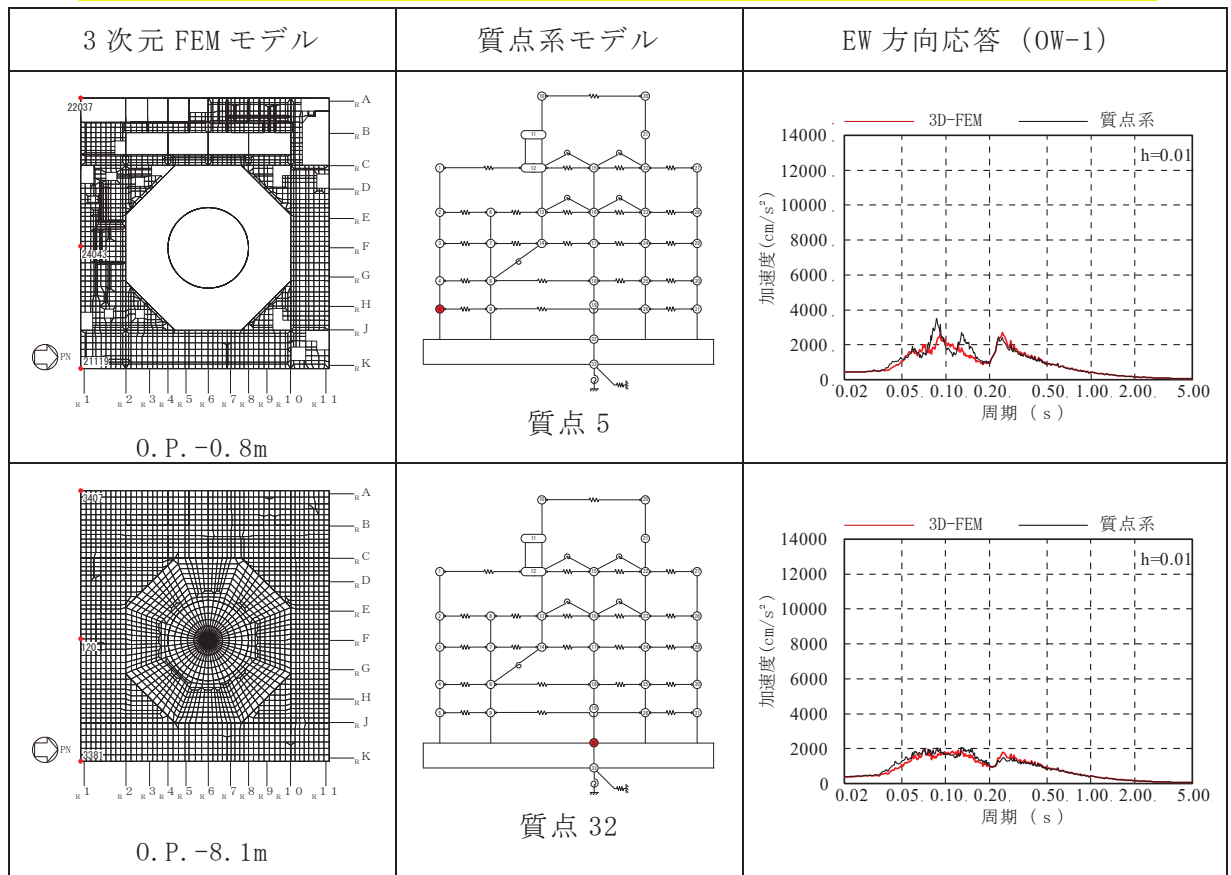


表 3-9(5) 3次元 FEM モデルと質点系モデルの応答比較 (S d - D 2) (5/6)

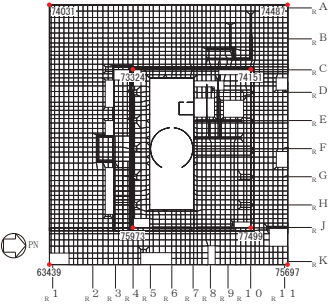
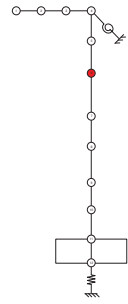
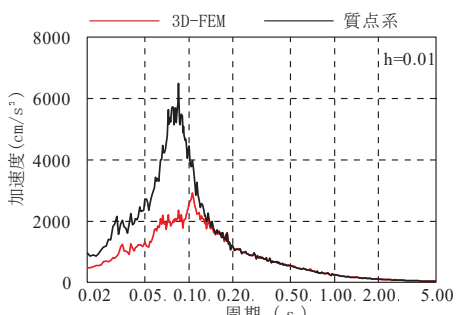
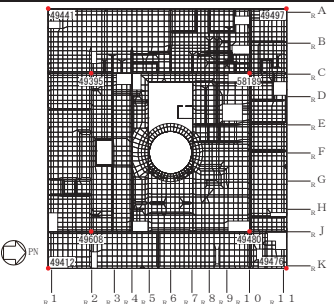
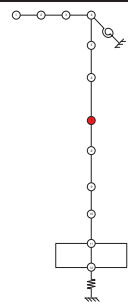
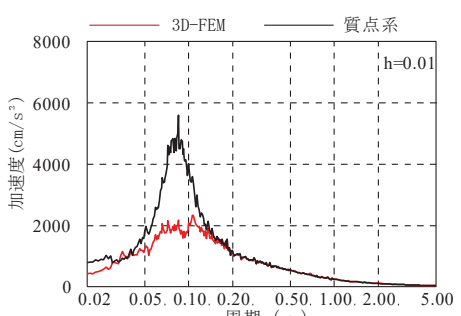
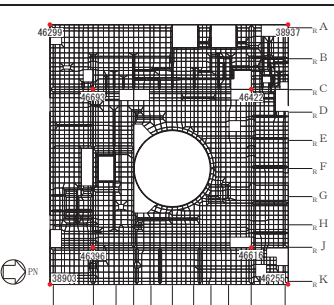
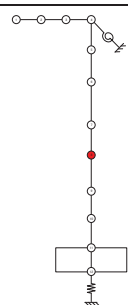
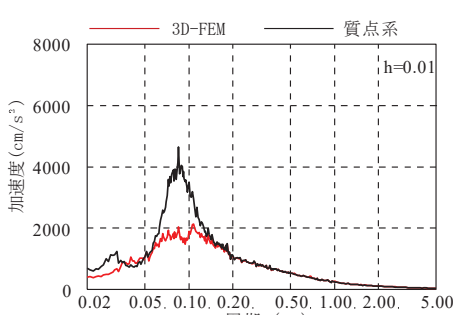
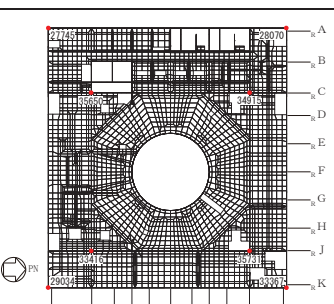
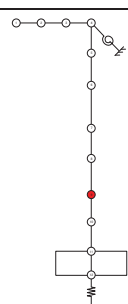
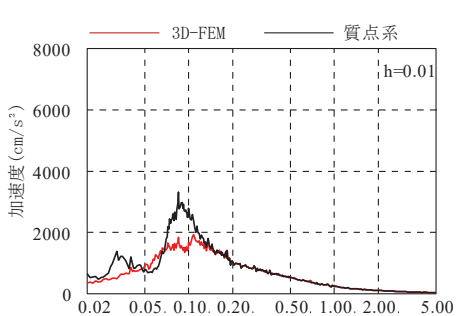
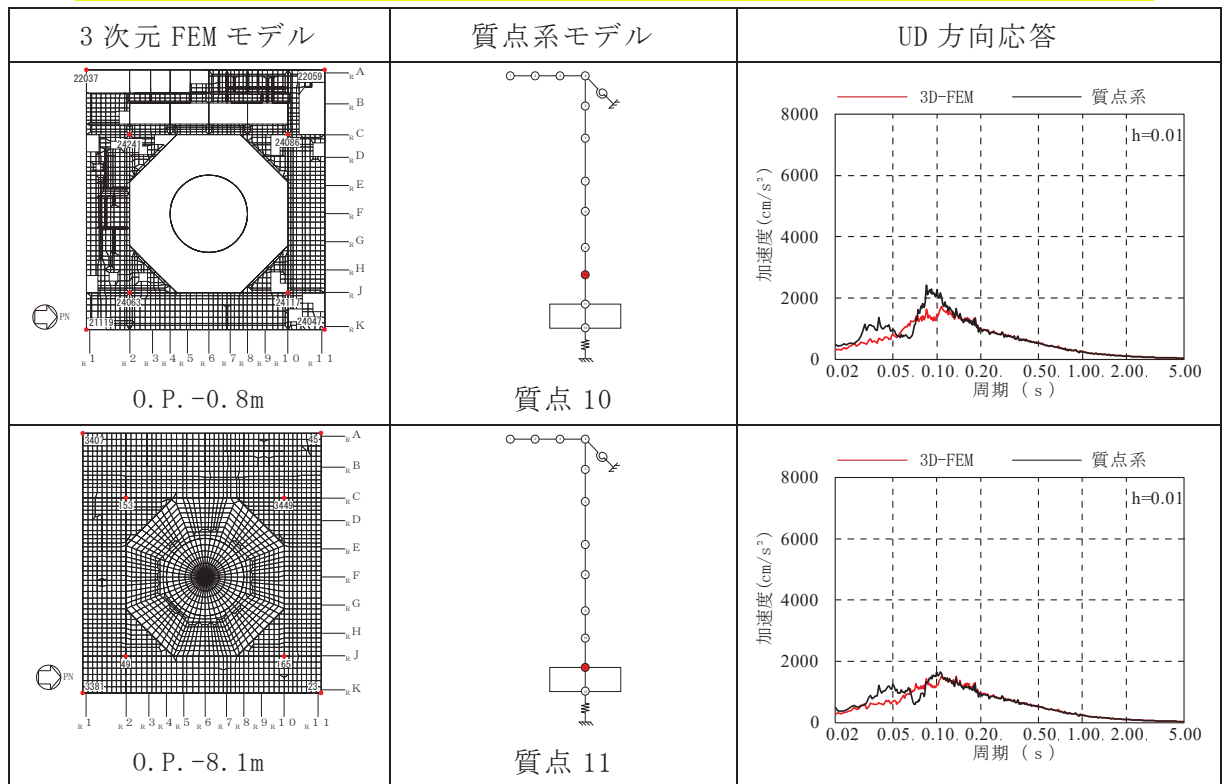
3次元 FEM モデル	質点系モデル	UD 方向応答
 <p>O. P. 33.2m</p>	 <p>質点 6</p>	
 <p>O. P. 22.5m</p>	 <p>質点 7</p>	
 <p>O. P. 15.0m</p>	 <p>質点 8</p>	
 <p>O. P. 6.0m</p>	 <p>質点 9</p>	

表 3-9(6) 3次元 FEM モデルと質点系モデルの応答比較 (S d - D 2) (6/6)



4. まとめ

「別紙 2 3次元 FEM モデルを用いた精査」においては、3次元的な応答特性が想定される部位として抽出した原子炉建屋の壁（燃料取替床レベル）について、3次元 FEM モデルにより精査を行い、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の考慮が必要な部位は抽出されなかったことを確認した。

本資料では、建屋評価部位全般に対し、原子炉建屋を対象とした 3次元 FEM モデルより、水平 2 方向及び鉛直方向入力時の最大応答加速度を算出し検討することで、局所的な応答についての精査を行った。精査の結果、有している耐震性への影響が小さいと判断できることから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価が必要な部位は抽出されなかった。

以上のことから、3次元的な応答特性が想定される部位として抽出された部位については、有する耐震性への影響が小さいと判断できることから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価を行う部位として抽出しない。

別紙 4 機器・配管系に関する説明資料

目 次

別紙 4.1	機器・配管系の耐震評価における 水平 2 方向入力の影響有無整理結果……………	別紙 4.1-1
別紙 4.2	水平 2 方向の地震による代表設備の増分影響結果 ……………	別紙 4.2-1
別紙 4.3	水平 2 方向の地震による発生値と許容値の比較結果 ……………	別紙 4.3-1
別紙 4.4	個別設備に関する補足説明 ……………	別紙 4.4-1
別紙 4.5	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価における代表性 ……	別紙 4.5-1
別紙 4.6	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ方法の検討 ……………	別紙 4.6-1
別紙 4.7	原子炉建屋 3 次元 FEM モデルの面外加速度に係る 機器・配管系への影響……………	別紙 4.7-1
別紙 4.8	原子炉建屋 3 次元 FEM モデルの応答解析結果に係る 機器・配管系への影響検討……………	別紙 4.8-1

②機器・配管系の耐震評価における水平2 方向入力の影響有無整理結果
表1 構造強度評価

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複 による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、 構造により水平1方向の地震力しか負担 しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造 により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震力を組み合わせても1方向 の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を 考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する 振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな 応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動 モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生し ないことの理由
燃料集合体	燃料被覆管	一次応力	○	—	水平2方向の影響がある。	×	—
		一次+二次応力	○	—	同上。		
		一次+二次+ピーク応力	○	—	同上。		
炉心シュラウド	上部胴	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
	中間胴	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。		
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
	下部胴	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。		
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
	上部格子板支持面	支圧応力	△	C	鉛直方向荷重により発生する応力のため水平2方向の入力の影響は受けない。		
	炉心支持板支持面	支圧応力	△	C	鉛直方向荷重により発生する応力のため水平2方向の入力の影響は受けない。		
上部サポート支持面	支圧応力	△	B	炉心シュラウド支持ロッドから荷重を受けるため炉心シュラウド支持ロッドと同様の傾向となる。したがって、水平地震動の方向ごとに最大荷重の発生点異なるため水平2方向入力の影響は軽微である。			
炉心支持構造物	レグ	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円周配置であるため水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
	シリンダ	軸圧縮応力	△	B	地震方向ごとに最大荷重を分担するレグが異なり、影響は軽微である。		
		一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。		
	プレート	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。		
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
	下部胴	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。		
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
	プレートのトグル支持面	支圧応力	△	B	炉心シュラウド支持ロッドから荷重を受けるため炉心シュラウド支持ロッドと同様の傾向となる。したがって、水平地震動の方向ごとに最大荷重の発生点異なるため水平2方向入力の影響は軽微である。		
	炉心シュラウド支持ロッド	上部サポート	一次一般膜応力	△	B		
一次膜応力+一次曲げ応力			△	B	同上。		
上部タイロッド		一次一般膜応力	△	B	炉心シュラウド支持ロッドは円形断面のシュラウドに設置されていることから発生荷重はシュラウドと同様の傾向となる。したがって、水平地震動の方向ごとに最大荷重の発生点異なるため水平2方向入力の影響は軽微である。		
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
下部タイロッド		一次一般膜応力	△	B	炉心シュラウド支持ロッドは円形断面のシュラウドに設置されていることから発生荷重はシュラウドと同様の傾向となる。したがって、水平地震動の方向ごとに最大荷重の発生点異なるため水平2方向入力の影響は軽微である。		
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
トグルクレビス	一次一般膜応力	△	B	炉心シュラウド支持ロッドは円形断面のシュラウドに設置されていることから発生荷重はシュラウドと同様の傾向となる。したがって、水平地震動の方向ごとに最大荷重の発生点異なるため水平2方向入力の影響は軽微である。			
トグルピン	せん断応力	△	B	炉心シュラウド支持ロッドは円形断面のシュラウドに設置されていることから発生荷重はシュラウドと同様の傾向となる。したがって、水平地震動の方向ごとに最大荷重の発生点異なるため水平2方向入力の影響は軽微である。			
上部格子板	グリッドプレート	一次一般膜応力	△	B	評価部位は格子構造であるため水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
炉心支持板	補強ビーム	一次一般膜応力	△	B	水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
	支持板	一次一般膜応力	△	B	水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。		
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)	振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないことの理由
炉心支持構造物	燃料支持金具	中央燃料支持金具	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。			
	周辺燃料支持金具	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。			
	制御棒案内管	長手中央部	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
			一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。		
下部溶接部	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-		
	一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。				
胴板	胴板	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。			
		一次+二次応力	△	B	同上。			
	上部ウェッジ支持面	支圧応力	△	C	水平1方向の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向の地震力が作用した場合においても水平1方向の応答が支配的となる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-	
		下部スタビライザ支持面	支圧応力	△	C			水平1方向の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向の地震力が作用した場合においても水平1方向の応答が支配的となる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。
	下部鏡板	下部鏡板	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
一次膜応力+一次曲げ応力			△	B	同上。			
一次+二次応力			△	B	同上。			
一次+二次+ピーク応力			△	B	同上。			
原子炉圧力容器	ハウジング	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。			
		一次+二次応力	△	B	同上。			
		一次+二次+ピーク応力	△	B	同上。			
	スタブチューブ	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。			
		一次+二次応力	△	B	同上。			
		一次+二次+ピーク応力	△	B	同上。			
		軸圧縮応力	△	B	同上。			
	下部鏡板リガメント	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。			
		一次+二次応力	△	B	同上。			
		一次+二次+ピーク応力	△	B	同上。			
	ノズル	各部位	一次一般膜応力	△	D	評価においては3次的に配置されている接続配管の応答を使用しており、この配管応答は水平2方向を考慮した評価を実施していることから、ノズルについても2方向を考慮した評価となっている。	○	3次元はモデルの応答解析結果(配管反力)を用い、耐震評価を実施している。
			一次膜応力+一次曲げ応力	△	D	同上。		
一次+二次応力			△	D	同上。			
一次+二次+ピーク応力			△	D	同上。			
ブラケット類	原子炉圧力容器スタビライザブラケット	一次一般膜応力	△	C	水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっていることから、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向ごとにその地震荷重は分担される。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 1章】	×	-	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	C	同上。			
	蒸気乾燥器支持ブラケット	一次一般膜応力	△	D	水平2方向入力時の地震力を4つのブラケットのうち2つで分担した荷重を方向ごとに考慮した評価を行っている。したがって、水平2方向入力による影響はない。【別紙4.4 2章】	×	-	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D	同上。			
	給水スパーチャブラケット	一次一般膜応力	○	-	評価においては3次的に配置されている原子炉内配管の応答を使用しており、原子炉内配管において地震入力方向に対する直方向の応答が生じるため、水平2方向入力の影響がある。	×	-	
		一次膜応力+一次曲げ応力	○	-	同上。			
		縦せん断応力	○	-	同上。			
	炉心スプレイブラケット	一次一般膜応力	○	-	評価においては3次的に配置されている原子炉内配管の応答を使用しており、原子炉内配管において地震入力方向に対する直方向の応答が生じるため、水平2方向入力の影響がある。	×	-	
一次膜応力+一次曲げ応力		○	-	同上。				

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震力を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないことの理由
原子炉圧力容器支持スカート	スカート	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B				
		一次+二次応力	△	B				
		一次+二次+ピーク応力	△	B				
		軸圧縮応力	△	B				
原子炉圧力容器基礎ボルト	基礎ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。 水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。	×	-	
		せん断応力	△	C				
原子炉圧力容器スタビライザ	ロッド	引張応力	△	C	水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっていることから、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向ごとにその地震荷重は分担される。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 1章】	×	-	
	ブラケット	せん断応力	△	C				
原子炉格納容器スタビライザ	パイプ	引張応力	△	C	水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっていることから、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向ごとにその地震荷重は分担される。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 1章】	×	-	
		圧縮応力	△	C				
	ガセットプレート	せん断応力	△	C	水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっていることから、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向ごとにその地震荷重は分担される。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 1章】	×	-	
		曲げ応力	△	C				
		内側メイルシヤラグ	支圧応力	△				C
制御棒駆動機構ハウジング支持金具	レストレイントビーム	引張応力	△	B	水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっていることから、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向ごとにその地震荷重は分担される。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。 支配的な応力は水平地震による曲げ応力であり、曲げ応力の最大応力点は地震方向で異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-	
		圧縮応力	△	B				
		せん断応力	△	B				
	ブラケット	強軸曲げ応力	△	B	支配的な応力は水平地震による曲げ応力であり、曲げ応力の最大応力点は地震方向で異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-	
		弱軸曲げ応力	△	B				
		引張応力	△	B				
		圧縮応力	△	B				
	スプライスプレート	せん断応力	△	B	支配的な応力は水平地震による曲げ応力であり、曲げ応力の最大応力点は地震方向で異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-	
		強軸曲げ応力	△	B				
		弱軸曲げ応力	△	B				
		引張応力	△	B				
		圧縮応力	△	B				
蒸気乾燥器	ユニットサポート	一次一般膜応力	△	C	工認耐震計算書で評価が厳しくなる方向に地震荷重を与えているため、水平2方向の地震力が作用した場合において、水平1方向の地震荷重と同等となる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	C				
耐震用ブロック溶接部	純せん断応力	純せん断応力	△	C	地震の水平力は4箇所の耐震用ブロックのうち相対する2箇所で受けるものとして評価しているが、水平2方向入力では4箇所の耐震用ブロックに荷重が分担されるため、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 2章】	×	-	
気水分離器及びスタンドパイプ	スタンドパイプ	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B				
シュラウドヘッド	シュラウドヘッド	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B				
ジェットポンプ	ライザ	一次一般膜応力	○	-	3次的に配置されているため、水平それぞれの方向の地震力に対し、各方向で応力が発生する。したがって、水平2方向入力の影響がある。	○	3次元はりモデルの応答解析結果を用い、耐震評価を実施しており、ねじれる状態についても耐震評価に用いる同種の荷重として算出される。	
		二次膜応力+一次曲げ応力	○	-				
	ディフューザ	一次一般膜応力	○	-	3次的に配置されているため、水平それぞれの方向の地震力に対し、各方向で応力が発生する。したがって、水平2方向入力の影響がある。			
		二次膜応力+一次曲げ応力	○	-				
ライザブレース	一次一般膜応力	一次一般膜応力	○	-	3次的に配置されているため、水平それぞれの方向の地震力に対し、各方向で応力が発生する。したがって、水平2方向入力の影響がある。			
		二次膜応力+一次曲げ応力	○	-				

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複 による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、 構造により水平1方向の地震力しか負担 しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造 により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震力を組み合わせても1方向 の地震力による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を 考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する 振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)				
						振動モード及び新たな 応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動 モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生し ないことの理由			
スバージャ 原子炉内配管	各部位	一次一般膜応力	○	—	3次元的に配置されているため、水平それぞれの方向の地震力に対し、各方向で応力が発生する。したがって、水平2方向入力の影響がある。	○	3次元はりモデルの応答解析結果を用い、耐震評価を実施しており、ねじれる状態についても耐震評価に用いる同種の荷重として算出される。			
		一次膜応力+一次曲げ応力	○	—	同上。					
中性子束計測案内管	中性子束計測案内管下部	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—			
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。					
使用済燃料貯蔵ラック	角管	引張応力	○	—	断面形状が一様でないため、水平2方向入力の影響がある。	○	3次元FEMモデルを作成し、耐震評価を実施している。			
		せん断応力	○	—	同上。					
		組合せ応力	○	—	同上。					
	補強板	引張応力	△	C	水平1方向の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向の地震力が作用した場合においても水平1方向の応答が支配的となる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。					
		せん断応力	△	C	同上。					
		組合せ応力	△	C	同上。					
	燃料支持板	引張応力	○	—	断面形状が一様でないため、水平2方向入力の影響がある。					
		せん断応力	○	—	同上。					
		組合せ応力	○	—	同上。					
	ベース	引張応力	○	—	断面形状が一様でないため、水平2方向入力の影響がある。					
		せん断応力	○	—	同上。					
		組合せ応力	○	—	同上。					
基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】						
	せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】						
制御棒・破損燃料貯蔵ラック	ラック部材	引張応力	○	—	断面形状が一様でないため、水平2方向入力の影響がある。	×	—			
		せん断応力	○	—	同上。					
		組合せ応力	○	—	同上。					
	支持ビーム部材	引張応力	△	C	水平1方向の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向の地震力が作用した場合においても水平1方向の応答が支配的となる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 3章】					
		せん断応力	△	A	水平1方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しない構造となっている。したがって、水平2方向入力の影響はない。【別紙4.4 3章】					
		組合せ応力	△	C	水平1方向の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向の地震力が作用した場合においても水平1方向の応答が支配的となる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 3章】					
	ラック基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】					
		せん断応力	△	A	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】					
	支持ビーム基礎ボルト	引張応力	△	C	水平1方向の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向の地震力が作用した場合においても水平1方向の応答が支配的となる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 3章】					
		せん断応力	△	C	水平1方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しない構造となっている。したがって、水平2方向入力の影響はない。【別紙4.4 3章】					
	使用済燃料プール水位/温度(ガイドパルス式)	検出器	曲げ応力	△	D			水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	検出器についてねじりが発生する可能性があるが、3次元はりモデルの応答解析結果を用い、耐震評価を実施していることから、ねじれる状態についても耐震評価に用いる同種の荷重として算出される。
			引張応力	△	D			同上。		
基礎ボルト		せん断応力	△	D	同上。					

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (8.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直直方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)	振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないこと の理由
使用済燃料プール水位/温度(ヒートサーモ式)	基礎ボルト	引張応力	○	—	水平2方向の影響がある。	○		検出器についてねじりが発生する可能性があるが、3次元はりモデルの応答解析結果を用い、耐震評価を実施していることから、ねじれる状態についても耐震評価に用いる同種の荷重として算出される。
		せん断応力	○	—	同上。			
	検出器架台	組合せ応力	○	—	同上。			
	保護管	組合せ応力	○	—	同上。			
	ワーキングテーブルラック	組合せ応力	○	—	同上。			
燃料プール冷却浄化系熱交換器	胴板	一次一般膜応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—	
		二次応力	△	A	同上。			
		一次+二次応力	△	A	同上。			
	脚	組合せ応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
		引張応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
燃料プール冷却浄化系ポンプ	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×	—	
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
	ポンプ取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
	原動機取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
せん断応力		△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】				
使用済燃料プール監視カメラ	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×	—	
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
	取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ	ラグ	せん断応力	△	A	構造上水平1方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響はない。	×	—	
		曲げ応力	△	C	工認耐震計算書では鉛直方向より有意な応力が発生する水平1方向との組合せを考慮しており、他の水平方向の地震力により発生する応力は小さいため、水平2方向入力の影響は軽微である。			
		組合せ応力	△	C	同上。			
	ボルト	引張応力	△	C	水平1方向の応力が支配的であるため、影響は軽微である。			
		せん断応力	△	A	構造上水平1方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響はない。			
	H形鋼	せん断応力	○	—	水平2方向の影響がある。			
		曲げ応力	○	—	同上。			
組合せ応力	○	—	同上。					
主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ	ラグ	せん断応力	△	A	構造上水平1方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響はない。	×	—	
		曲げ応力	△	C	工認耐震計算書では鉛直方向より有意な応力が発生する水平1方向との組合せを考慮しており、他の水平方向の地震力により発生する応力は小さいため、水平2方向入力の影響は軽微である。			
	ボルト	組合せ応力	△	C	同上。			
		引張応力	△	C	水平1方向の応力が支配的であるため、影響は軽微である。			
	H形鋼	せん断応力	△	A	構造上水平1方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響はない。			
		せん断応力	○	—	水平2方向の影響がある。			
		曲げ応力	○	—	同上。			
組合せ応力	○	—	同上。					

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複 による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、 構造により水平1方向の地震力しか負担 しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造 により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向 の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を 考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する 振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	振動モード及び新たな 応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動 モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生し ないこと理由
						残留熱除去系熱交換器	胴板	一次一般膜応力
一次応力	△	A	同上					
一次+二次応力	△	A	同上					
脚	組合せ応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×			-
	基礎ボルト	引張応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。			
残留熱除去系ポンプ	バレルケーシング	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。			
		コラムパイプ	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。		
	基礎ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。			
	ポンプ取付ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		○	X又はY方向振動モードではねじれ振動モードは現れない。水平2方向入力によって、ねじれ振動モードが高次にて現れる可能性はあるが、有意な応答ではないため、影響がないと考えられる。
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。			
	原動機台取付ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。			
	原動機取付ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。			
ECCS ストレナー	アウタージャケット	一次応力(曲げ応力を含む)	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
	フランジプレート	一次応力(曲げ応力を含む)	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
	多孔プレート(ディスクシート)	一次応力(曲げ応力を含む)	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
	多孔プレート(ポケットシート)	一次応力(曲げ応力を含む)	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。		×	-
	多孔プレート(フロントシート)	一次応力(曲げ応力を含む)	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
	フランジ	曲げ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
ストレーナ部ディー	ボルト	引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。		×	-
	ディー	一次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
高圧炉心スプレイ系ポンプ	バレルケーシング	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。			
		コラムパイプ	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。		
	基礎ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。		○	X又はY方向振動モードではねじれ振動モードは現れない。水平2方向入力によって、ねじれ振動モードが高次にて現れる可能性はあるが、有意な応答ではないため、影響がないと考えられる。
	ポンプ取付ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。			
	原動機台取付ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。			
原動機取付ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。				
	せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。				

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震力を組み合わせても1方向の地震力による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないことの理由
低圧炉心スプレイ系ポンプ	パレルケーシング	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	○		X又はY方向振動モードではねじれ振動モードは現れない。水平2方向入力によって、ねじれ振動モードが高次にて現れる可能性はあるが、有意な応答ではないため、影響がないと考えられる。
	コラムパイプ	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。			
	基礎ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。			
	ポンプ取付ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。			
	原動機台取付ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
せん断応力		△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。				
高圧代替注水系タービンポンプ	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】	×	-	
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
	ポンプ取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
直流駆動低圧注水系ポンプ	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】	×	-	
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
	ポンプ取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
	原動機取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
せん断応力		△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】				
原子炉隔離時冷却系ポンプ	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】	×	-	
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
	ポンプ取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】	×	-	
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
	タービン取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないこと の理由
復水移送ポンプ	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】	×	-	
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
	ポンプ取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
	原動機取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
復水貯蔵タンク	銅板	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせただけでも水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4.4章】	×	-	
		一次+二次応力	△	B	同上。			
		座屈	△	B	同上。			
	基礎ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4.8章】			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
原子炉補機冷却水系熱交換器	銅板	一次一般膜応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-	
		一次応力	△	A	同上。			
		一次+二次応力	△	A	同上。			
	脚	組合せ応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
		引張応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。			
原子炉補機冷却水ポンプ	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】	×	-	
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
	ポンプ取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
	原動機取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
原子炉補機冷却海水ポンプ	コラムパイプ	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせただけでも水平2方向入力の影響は軽微である。	○	X又はY方向振動モードではねじれ振動モードは現れない、水平2方向入力によって、ねじれ振動モードが高次にて現れる可能性はあるが、有意な応答ではないため、影響がないと考えられる。	
		基礎ボルト	引張応力	△	B			ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。
	ポンプ取付ボルト	引張応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。			
	原動機取付ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】			
中間支持台基礎ボルト	せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】				
原子炉補機冷却水サージタンク	銅板	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせただけでも水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4.4章】	×	-	
		一次+二次応力	△	B	同上。			
		座屈	△	B	同上。			
	基礎ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。			

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響有無の説明		
					①-2 水平方向とその直方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)	振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないことの理由
原子炉補機冷却海水系ストレナ	胴板	一次一般膜応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
		一次応力	△	A			
		一次+二次応力	△	A			
	脚	組合せ応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
	せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
	一次一般膜応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
	一次応力	△	A	同上。			
高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器	胴板	一次一般膜応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
		一次応力	△	A			
		一次+二次応力	△	A			
	脚	組合せ応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
基礎ボルト	引張応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
	せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
	一次一般膜応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
	一次応力	△	A	同上。			
高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
	ポンプ取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×	
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
	原動機取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	コラムパイプ	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。		
		引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 8章】		
	基礎ボルト	せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	○	
		引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 8章】		
	ポンプ取付ボルト	せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
		引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 8章】		
	原動機取付ボルト	せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
		引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 8章】		
中間支持台基礎ボルト	せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンク	胴板	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 4章】	×	
		一次+二次応力	△	B	同上。		
		圧縮	△	B	同上。		
	基礎ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 8章】		
せん断応力		△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
制御棒駆動機構	フランジ	一次応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	
		一次+二次応力	△	B	同上。		
		一次+二次+ピーク応力	△	B	同上。		
		引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。		
水圧制御ユニット	フレーム	せん断応力	△	D	同上。	○	
		圧縮応力	△	D	同上。		
		曲げ応力	△	D	同上。		
		組合せ応力	△	D	同上。		
		引張応力	△	D	同上。		
		せん断応力	△	D	同上。		
	取付ボルト	せん断応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。		

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないことの理由		
ほう酸水注入系ポンプ	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×	-			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】					
	ポンプ取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】					
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】					
	減速機取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】					
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】					
	原動機取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】					
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】					
ほう酸水注入系貯蔵タンク	胴板	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせる場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 4章】	×	-			
		一次二次応力	△	B	同上。					
		壓屈	△	B	同上。					
	基礎ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 8章】					
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】					
起動領域モニタ	ドライチューブ	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせる場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-			
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。					
出力領域モニタ	カバーチューブ	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせる場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-			
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。					
	校正用導管	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせる場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。					
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上。					
伝送器(矩形床置)	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×	-			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】					
	取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】					
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】					
	溶接部	引張応力	△	C	矩形形状のスタンプの溶接部であるため、ボルトと同様に、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定すると、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより影響は軽微となる。					
		せん断応力	△	C	ボルトと同様に水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。					
		曲げ応力	△	C	矩形形状のスタンプの溶接部であるため、ボルトと同様に、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定すると、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより影響は軽微となる。					
		組合せ応力	△	C	矩形形状のスタンプの溶接部であるため、ボルトと同様に、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定すると、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより影響は軽微となる。					
	伝送器(矩形壁掛)	基礎ボルト	引張応力	○	-			水平2方向入力の影響がある。	×	-
			せん断応力	△	A			壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。		
取付ボルト		引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。					
		せん断応力	△	A	壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。					
溶接部		引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。					
		せん断応力	△	A	壁掛けの溶接部は、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。					
		曲げ応力	△	A	壁掛けの溶接部は、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみにより曲げ応力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。					
		組合せ応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。					

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (8.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工路耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないこと の理由
盤(矩形床置)	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】	×	-
		せん断応力	△	C			
	取付ボルト	引張応力	△	C			
		せん断応力	△	C			
盤(矩形壁掛)	取付ボルト	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
		せん断応力	△	A	壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。		
衛星電話設備(屋外アンテナ)(中央制御室)	基礎ボルト	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
		せん断応力	△	A	壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。		
衛星電話設備(屋外アンテナ)(緊急時対策所)	基礎ボルト	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
		せん断応力	△	A	壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。		
無線連絡設備(屋外アンテナ)(中央制御室)	基礎ボルト	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
		せん断応力	△	A	壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。		
無線連絡設備(屋外アンテナ)(緊急時対策所)	基礎ボルト	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
		せん断応力	△	A	壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。		
安全パラメータ表示システム(SPDS)無線通信用アンテナ	基礎ボルト	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
		せん断応力	△	A	壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。		
統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナ	基礎ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点が異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。 水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。	×	-
		せん断応力	△	C			
ダクト本体, サポート	ダクト本体(矩形)	座屈	△	A	弱軸の有効断面に対し、最大応答を示す方向の地震力により評価を実施しており、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
	ダクト本体(円形)	座屈	△	D	水平2方向を考慮したモーメント基準で設計したピッチスパンよりも振動数基準で設計したピッチスパンの方が短いスパンとなることを確認した上で、設計は振動数基準で実施していることから水平2方向を考慮した評価となっている。		
	サポート	一次応力(組合せ)	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。		
中央制御室送風機	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】	×	-
		せん断応力	△	C			
	原動機取付ボルト	引張応力	△	C			
		せん断応力	△	C			
中央制御室排風機	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】	×	-
		せん断応力	△	C			
	原動機取付ボルト	引張応力	△	C			
		せん断応力	△	C			
中央制御室再循環送風機	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】	×	-
		せん断応力	△	C			
	原動機取付ボルト	引張応力	△	C			
		せん断応力	△	C			
中央制御室再循環フィルタ装置	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】	×	-
		せん断応力	△	C			

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無(3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響の有無の説明	①-2 水平方向とその直方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)	振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないこと の理由
緊急時対策所非常用送風機	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×	-	
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
	原動機取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
緊急時対策所非常用フィルタ装置	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×	-	
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
	取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
差圧計(中央制御室待避所用)	基礎ボルト	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある	×	-	
		せん断応力	△	A	壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。			
差圧計(緊急時対策所用)	基礎ボルト	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある	×	-	
		せん断応力	△	A	壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。			
ドライウエル	上鏡球形部	一次一般応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。	×	-	
		一次一般応力+一次曲げ応力	△	D	同上。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
	上鏡球形部と上鏡ナックル部の接合部	一次一般応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
	円筒部と上フランジの接合部	一次一般応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
	下フランジと円筒部の接合部	一次一般応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
	円筒部とナックル部の接合部	一次一般応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
	ナックル部と上部球形部の接合部	一次一般応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
	ドライウエルスプレイ管取付部	一次一般応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
	上部球形部と円筒部の接合部	一次一般応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
円筒部中心部	一次一般応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。				
	一次+二次応力	△	D	同上。				
	一次+二次応力	△	D	同上。				
円筒部と下鏡の接合部	一次一般応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。				
	一次+二次応力	△	D	同上。				
	一次+二次応力	△	D	同上。				
座屈応力	座屈応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。				
	一次一般応力+一次曲げ応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。				
	一次+二次応力	△	D	同上。				
サンドクッション部	座屈応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。				
	一次一般応力+一次曲げ応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。				
	一次+二次応力	△	D	同上。				
ドライウエルベント開口部	一次一般応力+一次曲げ応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。	×	-		
	一次+二次応力	△	D	同上。				
	一次+二次応力	△	D	同上。				
サプレッションチェンバ	胴中央部外側	一次一般応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。	×	-	
		一次一般応力+一次曲げ応力	△	D	同上。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
	胴中央部底部	一次一般応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。			
		一次一般応力+一次曲げ応力	△	D	同上。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
	胴中央部内側	一次一般応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。			
		一次一般応力+一次曲げ応力	△	D	同上。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
	胴中央部頂部	一次一般応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。			
		一次一般応力+一次曲げ応力	△	D	同上。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
	胴エビ継手部外側	一次一般応力+一次曲げ応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
	胴エビ継手部底部	一次一般応力+一次曲げ応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
		一次+二次応力	△	D	同上。			
胴エビ継手部内側	一次一般応力+一次曲げ応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。				
	一次+二次応力	△	D	同上。				
	一次+二次応力	△	D	同上。				
胴エビ継手部頂部	一次一般応力+一次曲げ応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。				
	一次+二次応力	△	D	同上。				
	一次+二次応力	△	D	同上。				

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)	振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないことの理由
サブプレッションチェンバ	内側ボックスサポート取付部	一次膜応力+一次曲げ応力	△		D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。	×	-
		一次+二次応力	△		D			
	外側ボックスサポート取付部	一次膜応力+一次曲げ応力	△		D			
		一次+二次応力	△		D			
原子炉格納容器シヤラ	内側フィニッシュシヤラ本体(溶接部)	一次応力(せん断)	△		C	水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっていることから、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向ごとにその地震荷重は分担される。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
		一次応力(曲げ)	△		C			
		一次応力(組合せ)	△		C			
		一次+二次応力(せん断)	△		C			
		一次+二次応力(曲げ)	△		C			
		一次+二次応力(座屈)	△		C			
		一次+二次応力(組合せ)	△		C			
		一次+二次応力(せん断)	△		C			
	内側フィニッシュシヤラ取付部(溶接部)	一次応力(せん断)	△		C			
		一次応力(曲げ)	△		C			
		一次応力(組合せ)	△		C			
		一次+二次応力(せん断)	△		C			
		一次+二次応力(曲げ)	△		C			
		一次+二次応力(座屈)	△		C			
		一次+二次応力(組合せ)	△		C			
		一次+二次応力(せん断)	△		C			
	外側メイルシヤラ取付部(溶接部)	一次応力(せん断)	△		C			
		一次応力(曲げ)	△		C			
		一次応力(組合せ)	△		C			
		一次+二次応力(せん断)	△		C			
		一次+二次応力(曲げ)	△		C			
		一次+二次応力(座屈)	△		C			
		一次+二次応力(組合せ)	△		C			
		一次+二次応力(せん断)	△		C			
	外側メイルシヤラ本体	一次応力(支圧)	△		C			
		一次+二次応力(支圧)	△		C			
	外側フィニッシュシヤラ本体(溶接部)	一次応力(せん断)	△		C			
		一次応力(曲げ)	△		C			
		一次応力(組合せ)	△		C			
		一次+二次応力(せん断)	△		C			
		一次+二次応力(曲げ)	△		C			
		一次+二次応力(座屈)	△		C			
		一次+二次応力(組合せ)	△		C			
		一次+二次応力(せん断)	△		C			
	外側フィニッシュシヤラ本体	一次応力(支圧)	△		C			
		一次+二次応力(支圧)	△		C			
	外側フィニッシュシヤラベースプレート	一次応力(せん断)	△		C			
		一次応力(曲げ)	△		C			
		一次応力(組合せ)	△		C			
		一次+二次応力(せん断)	△		C			
		一次+二次応力(曲げ)	△		C			
		一次+二次応力(座屈)	△		C			
		一次+二次応力(組合せ)	△		C			
		一次+二次応力(せん断)	△		C			
	外側フィニッシュシヤラ基礎ボルト	引張応力	△		C			
	外側フィニッシュシヤラ本体(溶接部)	一次応力(せん断)	△		C			
		一次応力(曲げ)	△		C			
		一次応力(組合せ)	△		C			
一次+二次応力(せん断)		△		C				
一次+二次応力(曲げ)		△		C				
一次+二次応力(座屈)		△		C				
一次+二次応力(組合せ)		△		C				
一次+二次応力(せん断)		△		C				
コンクリート	圧縮応力	△		C				
	せん断応力	△		C				
シヤラ取付部	一次膜応力+一次曲げ応力	△		C				
	一次+二次応力	△		C				

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震力を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)	振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないことの理由
ボックスサポート	ボックスプレート	一次応力(引張)	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。	×	-	
		一次応力(せん断)	△	D	同上			
		一次応力(圧縮)	△	D	同上			
		一次応力(曲げ)	△	D	同上			
		一次応力(組合せ)	△	D	同上			
		一次+二次応力(引張・圧縮)	△	D	同上			
		一次+二次応力(せん断)	△	D	同上			
		一次+二次応力(曲げ)	△	D	同上			
		一次+二次応力(座屈)	△	D	同上			
		一次+二次応力(組合せ)	△	D	同上			
	ボックスプレート取付部	一次応力(引張)	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。			
		一次応力(せん断)	△	D	同上			
		一次応力(曲げ)	△	D	同上			
		一次応力(組合せ)	△	D	同上			
		一次+二次応力(引張・圧縮)	△	D	同上			
		一次+二次応力(せん断)	△	D	同上			
		一次+二次応力(曲げ)	△	D	同上			
		一次+二次応力(座屈)	△	D	同上			
		一次+二次応力(組合せ)	△	D	同上			
		ボックスプレート(上側)取付部	一次応力(引張)	△	D			水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。
	一次応力(せん断)		△	D	同上			
	一次応力(曲げ)		△	D	同上			
	一次応力(組合せ)		△	D	同上			
	一次+二次応力(引張・圧縮)		△	D	同上			
	一次+二次応力(せん断)		△	D	同上			
	一次+二次応力(曲げ)		△	D	同上			
	一次+二次応力(座屈)		△	D	同上			
	一次+二次応力(組合せ)		△	D	同上			
	フランジプレートとシヤラグ接触部		一次応力(支圧)	△	D			水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。
		一次+二次応力(支圧)	△	D	同上			
	シヤラグ取付部	一次応力(せん断)	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。			
		一次応力(曲げ)	△	D	同上			
		一次応力(組合せ)	△	D	同上			
		一次+二次応力(せん断)	△	D	同上			
		一次+二次応力(座屈)	△	D	同上			
	基礎ボルト	一次応力(引張)	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。			
		一次応力(せん断)	△	D	同上			
	フランジプレート	一次応力(曲げ)	△	D	同上			
		一次応力(組合せ)	△	D	同上			
		一次+二次応力(せん断)	△	D	同上			
		一次+二次応力(曲げ)	△	D	同上			
		一次+二次応力(座屈)	△	D	同上			
	フランジプレート(外側)	一次応力(せん断)	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。			
		一次応力(曲げ)	△	D	同上			
		一次応力(組合せ)	△	D	同上			
		一次+二次応力(せん断)	△	D	同上			
		一次+二次応力(座屈)	△	D	同上			
	ベースプレート	一次応力(せん断)	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。			
		一次応力(曲げ)	△	D	同上			
		一次応力(組合せ)	△	D	同上			
		一次+二次応力(せん断)	△	D	同上			
		一次+二次応力(座屈)	△	D	同上			
	シヤコネクタ取付部	一次応力(せん断)	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。			
		一次応力(曲げ)	△	D	同上			
		一次応力(組合せ)	△	D	同上			
		一次+二次応力(せん断)	△	D	同上			
		一次+二次応力(座屈)	△	D	同上			
	コンクリート(ベースプレート下面)	圧縮応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。			
	コンクリート(シヤコネクタ(外側)側面)	圧縮応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。			
	コンクリート(シヤプレート上面)	せん断応力	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。			

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無(8.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)		
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないこと の理由	
ボックスサポート	パッド取付部	一次応力(引張)	△	D	水平2方向の組合せを考慮した評価を実施している。	×	-	
		一次応力(せん断)	△	D				
		一次応力(曲げ)	△	D				
		一次応力(組合せ)	△	D				
		一次+二次応力(引張・圧縮)	△	D				
		一次+二次応力(せん断)	△	D				
		一次+二次応力(曲げ)	△	D				
		一次+二次応力(座屈)	△	D				
		一次+二次応力(組合せ)	△	D				
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D				
機器搬出入用ハッチ	機器搬出入用ハッチ取付部	一次+二次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	×	-	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D				
逃がし安全弁搬出入口	逃がし安全弁搬出入口取付部	一次+二次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	×	-	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D				
制御棒駆動機構搬出入口	制御棒駆動機構搬出入口取付部	一次+二次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	×	-	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D				
原子炉格納容器	サブプレッションチェンバ出入口	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせただけでも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B				
		一次+二次応力	△	B				
	サブプレッションチェンバ出入口取付部	一次膜応力+一次曲げ応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせただけでも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-	
		一次+二次応力	△	B				
	所員用エアロック	所員用エアロック取付部	一次+二次応力	△	B	水平2方向を考慮した評価を実施している。	×	-
			一次膜応力+一次曲げ応力	△	D			
	原子炉格納容器配管貫通部	貫通部管台取付部	一次+二次応力	△	D	評価においては3次元的に配置されている接続配管の応答を使用しており、この接続配管において水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元はモデルの応答解析結果(配管反力)を用い、耐震評価を実施している。
			一次膜応力+一次曲げ応力	△	D			
		貫通部管台	一次一般膜応力	△	D	評価においては3次元的に配置されている接続配管の応答を使用しており、この接続配管において水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元はモデルの応答解析結果(配管反力)を用い、耐震評価を実施している。
一次膜応力+一次曲げ応力			△	D				
原子炉格納容器電気配線貫通部		フランジとスリーブの継手	一次一般膜応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
			一次膜応力+一次曲げ応力	○	-			
		フランジとアダプタの継手	一次一般膜応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
			一次膜応力+一次曲げ応力	○	-			
		アダプタとヘッダの継手	一次一般膜応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
			一次膜応力+一次曲げ応力	○	-			
	貫通部管台取付部	一次+二次応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-	
		一次膜応力+一次曲げ応力	○	-				
	ダウンカマ	ダウンカマ(一般部)	一次一般膜応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
			一次膜応力+一次曲げ応力	△	D			
ダウンカマ(一般部以外)		一次+二次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D				
ベント管	ベント管(一般部)	一次一般膜応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D				
	ベント管(一般部以外)	一次+二次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D				
真空破壊装置スリーブ	一次+二次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。		
	一次膜応力+一次曲げ応力	△	D					
ベント管ベローズ	ベント管ベローズ	疲労	△	D	評価においては、水平2方向を考慮したサブプレッションチェンバ及びベント管の地震応答解析結果(変位)を使用していることから、水平2方向を考慮した評価となっている。	○	3次元はモデルの応答解析結果を用い、耐震評価を実施している。	
ベントヘッド	ベントヘッド(一般部)	一次一般膜応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D				
	ベントヘッド(一般部以外)	一次+二次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。	
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D				
	ベントヘッドサポート(下側)	組合せ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。	
		ピン(下側)	組合せ応力	△				D
	ベントヘッドサポート(上側)	組合せ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。	
		ピン(上側)	組合せ応力	△				D
エンドプレート(上)	組合せ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。		
	エンドプレート(下)	組合せ応力	△				D	
サブプレッションチェンバスプレイ管	スプレイ管	一次応力	△	D	非対称構造であるため3次元モデルを用いた解析を行っており、水平地震力に対する発生応力が入力方向ごとに異なる。したがって、水平2方向の影響がある。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。	
		一次+二次応力	△	D				
	スプレイ管とスプレイ管案内管との接続部	一次応力	△	D	非対称構造であるため3次元モデルを用いた解析を行っており、水平地震力に対する発生応力が入力方向ごとに異なる。したがって、水平2方向の影響がある。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。	
		一次+二次応力	△	D				

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (8.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響有無の説明		
					①-2 水平方向とその直方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)	振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	
代替循環冷却ポンプ	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】	×	-
		せん断応力	△	C			
	ポンプ取付ボルト	引張応力	△	C			
		せん断応力	△	C			
	原動機取付ボルト	引張応力	△	C			
		せん断応力	△	C			
非常用ガス処理系空気乾燥装置	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】	×	-
		せん断応力	△	C			
	スライドボルト	引張応力	△	C			
		せん断応力	△	C			
	固定ボルト	引張応力	△	C			
		せん断応力	△	C			
非常用ガス処理系排風機	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】	×	-
		せん断応力	△	C			
	排風機取付ボルト	引張応力	△	C			
		せん断応力	△	C			
	原動機取付ボルト	引張応力	△	C			
		せん断応力	△	C			
非常用ガス処理系フィルタ装置	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】 ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4.7章】	×	-
		せん断応力	△	C			
	スライドボルト	引張応力	△	C			
		せん断応力	△	C			
	固定ボルト	引張応力	△	C			
		せん断応力	△	C			
原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置	内梁	引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。 同上。 水平1方向(面外)の荷重のみ負担し、その他の方向の荷重を負担しない構造となっていることから、水平2方向入力の影響は軽微である。 同上。 水平2方向を考慮した評価を実施している。 同上。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
		せん断応力	△	D			
	門ピン	引張応力	△	A			
		せん断応力	△	A			
	丁番ブラケット	引張応力	△	D			
		せん断応力	△	D			
可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロウ	ブレース	圧縮応力	△	A	×	-	
		せん断応力	○	-			
可燃性ガス濃度制御系再結合装置	基礎ボルト	引張応力	△	C	×	-	
		せん断応力	△	C			

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複 による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、 構造により水平1方向の地震力しか負担 しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造 により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震力を組み合わせても1方向 の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を 考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直方向が相関する 振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな 応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動 モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生し ないことの理由
静的触媒式水素再結合装置 (その1)	静的触媒式水素再結合装置本体 架台	組合せ応力	○	—	水平2方向の影響がある。		
		組合せ応力	○	—	水平2方向の影響がある。		
	取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×	—
	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
静的触媒式水素再結合装置 (その2)	静的触媒式水素再結合装置本体 架台	組合せ応力	○	—	水平2方向の影響がある。		
		組合せ応力	○	—	水平2方向の影響がある。		
	取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×	—
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
	基礎ボルト	引張応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。		
		せん断応力	△	A	縦挿けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。		
フィルタ装置	胴板	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。		
		一次膜応力＋一次曲げ応力	○	—	水平2方向の影響がある。		
	ラグ	一次＋二次応力	○	—	同上。		
		組合せ応力	○	—	水平2方向の影響がある。	×	—
	基礎ボルト	引張応力	○	—	水平2方向の影響がある。		
		せん断応力	△	A	ラグの取付ボルト穴は長穴構造であり、水平2方向の地震力を受けた場合でも、水平1方向の地震力しか負担しない構造のため、水平2方向の地震力の影響はない。		
非常用ディーゼル発電設備 機関	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×	—
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
非常用ディーゼル発電設備 発電機	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×	—
	固定子取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
	軸受台取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
非常用ディーゼル発電設備 空気だめ	胴板	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 4章】		
		一次＋二次応力	△	B	同上。		
	スカート	組合せ応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
		座屈	△	B	支配的な応力は水平地震による曲げ応力であり、曲げ応力の最大応力点は地震方向で異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
	基礎ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点が異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 8章】		
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複 による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、 構造により水平1方向の地震力しか負担 しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造 により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向 の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を 考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する 振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	振動モード及び新たな 応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動 モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生し ないことの理由
非常用ディーゼル発電設備 燃料デイトンク	胴板	一次一般膜応力	△		B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 4章】		
		一次+二次応力	△		B	同上		
	スカート	組合せ応力	△		B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	
		座屈	△		B	支配的な応力は水平地震による曲げ応力であり、曲げ応力の最大応力点は地震方向で異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
基礎ボルト	引張応力	△		B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 8章】			
	せん断応力	△		C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
非常用ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプ	基礎ボルト	引張応力	△		C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
		せん断応力	△		C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
	ポンプ取付ボルト	引張応力	△		C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×	
		せん断応力	△		C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
	原動機取付ボルト	引張応力	△		C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
		せん断応力	△		C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
非常用ディーゼル発電設備 制御盤	取付ボルト	引張応力	△		C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×	
		せん断応力	△		C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
高圧炉心スプレィ系ディーゼル発電設備 機関	基礎ボルト	引張応力	△		C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
		せん断応力	△		C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
	機関取付ボルト	引張応力	△		C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×	
		せん断応力	△		C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
高圧炉心スプレィ系ディーゼル発電設備 発電機	基礎ボルト	引張応力	△		C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
		せん断応力	△		C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
	固定子取付ボルト	引張応力	△		C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×	
		せん断応力	△		C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
	機関側軸受台取付ボルト	引張応力	△		C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
		せん断応力	△		C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		
反機関側軸受台取付ボルト	引張応力	△		C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
	せん断応力	△		C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
高圧炉心スプレィ系ディーゼル発電設備 空気だめ	胴板	一次一般膜応力	△		B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 4章】		
		一次+二次応力	△		B	同上		
	スカート	組合せ応力	△		B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×	
		座屈	△		B	支配的な応力は水平地震による曲げ応力であり、曲げ応力の最大応力点は地震方向で異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
	基礎ボルト	引張応力	△		B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
		せん断応力	△		C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。		

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工路耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないことの理由	
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 燃料デイトンク	胴板	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせられた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 4章】				
		一次+二次応力	△	B	同上				
	スカート	組合せ応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせられた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。	×			
		座屈	△	B	支配的な応力は水平地震による曲げ応力であり、曲げ応力の最大応力点は地震方向で異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。				
	基礎ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。				
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。				
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプ	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】				
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】				
	ポンプ取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】				
	原動機取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】				
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】				
軽油タンク	胴板	一次一般膜応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。				
		二次応力	△	A	同上				
		一次+二次応力	△	A	同上				
	脚	組合せ応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×			
		基礎ボルト	引張応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
			せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。			
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 制御盤	取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】				
ガスタービン発電設備 機関・発電機	取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】				
	発電機重フレーム	組合せ応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。				
	制御重フレーム	組合せ応力	○	-	同上				
ガスタービン発電設備 燃料移送ポンプ	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】				
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】				
	ポンプ取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】				
	原動機取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】				
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】				

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (8.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)	振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないことの理由	
ガスタービン発電設備 軽油タンク	胴板	一次一般膜応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に变形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。				
		一次応力	△	A	同上。				
		一次+二次応力	△	A	同上。				
	脚	組合せ応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に变形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×		-	
基礎ボルト	引張応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に变形するため、最大応力発生部位は変わらない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。					
	せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。					
ガスタービン発電設備 燃料小出槽	胴板	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 7章】				
		一次+二次応力	△	B	同上。				
		座屈	△	B	同上。				
	取付ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点が異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 8章】	×		-	
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】				
	架台取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】				
	せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】					
ガスタービン発電設備 制御盤	取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×		-	
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】				
緊急時対策用軽油タンク	胴板	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 7章】				
		一次+二次応力	△	B	同上。				
		座屈	△	B	支配的な応力は水平地震による曲げ応力であり、曲げ応力の最大応力点は地震方向で異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 8章】	×		-	
	基礎ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点が異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 8章】				
せん断応力		△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】					
無停電交流電源用静止形無停電電源装置	取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×		-	
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】				
蓄電池	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】				
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】	×		-	
	取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】				
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】				
配管本体、サポート	配管、サポート	一次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。		○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。	
		一次+二次応力	△	D	同上。				
逆流防止設備	扉体	曲げ応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。				
		せん断応力	○	-	同上。				
		組合せ応力	○	-	同上。				
	固定部	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。				
		せん断応力	○	-	同上。				
		変圧応力	○	-	同上。				
	漂流物防護工	組合せ応力	○	-	同上。				
		引張応力	○	-	同上。				
		せん断応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。				
			変圧応力	○	-	同上。			
			組合せ応力	○	-	同上。			

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複 による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、 構造により水平1方向の地震力しか負担 しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造 により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向 の地震による応力と同等といえるもの D：工路耐震計算書にて、水平2方向の地震力を 考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直方向が相関する 振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	振動モード及び新たな 応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動 モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生し ないことの理由
浸水防止蓋	浸水防止蓋	曲げ応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。			
		せん断応力	○	—	同上。			
		組合せ応力	○	—	同上。		×	—
浸水防止壁	浸水防止壁	曲げ応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。			
		せん断応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。			
		組合せ応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。			
基礎ボルト	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		×	—
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
逆止弁付ファンネル	弁本体	曲げ応力	△	B	円筒形状であり水平地震の方向ごとに最大応力発生箇所が異なるため、水平2方向入力の影響は軽微である。		×	—
		引張応力	△	B	同上。			
貫通部止水処置	モルタル	圧縮荷重	△	A	鉛直方向荷重のみ作用し、水平方向荷重が作用しない構造となっている。したがって、水平2方向入力の影響はない。		×	—
		付着荷重	△	A	水平方向の荷重は配管の軸方向と軸直角方向に分けられ、圧縮荷重はこのうち軸直角方向の荷重によってのみ作用することから、水平2方向の影響は軽微となる。			
堰	止水板	曲げ応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。			
		せん断応力	○	—	同上。			
		組合せ応力	○	—	同上。			
	柱材	曲げ応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。			
		せん断応力	○	—	同上。			
		組合せ応力	○	—	同上。			
	アンカーボルト	引張応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。			
		せん断応力	○	—	同上。			
		組合せ応力	○	—	同上。			
	津波監視カメラ(原子炉建屋屋上)	基礎ボルト	引張応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。		
せん断応力			△	A	壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。		×	—
津波監視カメラ(防潮堤)	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		×	—
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
津波監視設備制御盤	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】		×	—
取水ビット水位計(パプラー管)	基礎ボルト	引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。		○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
		せん断応力	△	D	同上。			
	取付ボルト	引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
		せん断応力	△	D	同上。			
取水ビット水位計(アキユムレータ)	胴板	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。			
		一次+二次応力	△	B	同上。			
	スカート	組合せ応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震動の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向入力の影響は軽微である。		×	—
		捩屈	△	B	支配的な応力は水平地震による曲げ応力であり、曲げ応力の最大応力点は地震方向で異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
	基礎ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
せん断応力		△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。				
取水ビット水位計(検出器)	基礎ボルト	引張応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。			
		せん断応力	△	A	壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。		×	—
取付ボルト	取付ボルト	引張応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。			
		せん断応力	△	A	壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。			
取水ビット水位計(ボンベラック)	フレーム	組合せ応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。			
		せん断応力	○	—	同上。			
	溶接部	引張応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。			
		せん断応力	○	—	同上。			
取付ボルト	取付ボルト	引張応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。			
		せん断応力	○	—	同上。			

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複 による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、 構造により水平1方向の地震力しか負担 しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造 により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向 の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を 考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する 振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)		
						振動モード及び新たな 応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動 モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生し ないこと理由	
原子炉本体の基礎	内筒	組合せ応力度	△	B	支配的な応力は水平地震による曲げ応力であり、曲げ応力の最大応力点は地震方向で異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-	
	外筒	組合せ応力度	△	B	支配的な応力は水平地震による曲げ応力であり、曲げ応力の最大応力点は地震方向で異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
	縦リブ	組合せ応力度	△	B	支配的な応力は水平地震による曲げ応力であり、曲げ応力の最大応力点は地震方向で異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
	アンカボルト	引張応力度	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点が異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
		引抜き力	△	B	同上。			
	スカートフランジ	曲げ応力度	△	B	支配的な応力は水平地震による曲げ応力であり、曲げ応力の最大応力点は地震方向で異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
		CRD開口まわり	曲げ応力度	△	B			支配的な荷重は原子炉本体及び原子炉遮蔽壁から作用する軸方向荷重(圧縮力、引張力)であり、同設備は円筒形のため、水平地震動によって発生する軸方向荷重は方向ごとに最大の発生点が異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。
		せん断応力度	△	B	同上。			
		ねじれによるせん断応力度	△	B	同上。			
海水ポンプ室門型クレーン	ガーダ	曲げ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた 解析により、ねじれモー ドを考慮した耐震評価を 実施している。	
		せん断応力	△	D	同上。			
	剛脚	引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
	掃脚	圧縮応力	△	D	同上。			
	下部連結材(剛脚側)	曲げ応力	△	D	同上。			
	下部連結材(掃脚側)	組合せ応力	△	D	同上。			
		脱線防止装置	曲げ応力	△	A			すべり方向とすべり直角方向では水平2方向で異なる挙動を示すため、水平2方向の影響は軽微である。
			せん断応力	△	A			同上。
	トロリストッパ	圧縮応力	△	A	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
	クレーン本体 トロリ 吊具	浮上がり	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
	吊具荷重	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。				
	圧縮応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。				
電巻防護ネット	大梁	曲げ応力	△	D	同上。	○	3次元のモデルを用いた 解析により、ねじれモー ドを考慮した耐震評価を 実施している。	
		せん断応力	△	D	同上。			
		組合せ応力	△	D	同上。			
	フレーム	圧縮応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
		曲げ応力	△	D	同上。			
		せん断応力	△	D	同上。			
	ゴム支承	組合せ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
		せん断心ずみ	△	D	同上。			
		圧縮応力	△	D	同上。			
	取付ボルト	引張応力	△	D	同上。			
		せん断応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
		せん断応力	△	D	同上。			
	基礎ボルト	引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
		せん断応力	△	D	同上。			
	可動支承	鉛直荷重	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
水平荷重		△	D	同上。				
フレームの移動量		移動量	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
ほう酸水注入系テストタンク	胴板	一次一般膜応力	○	-	四脚支持のため、評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点への影響が生じることから、2方向入力の影響がある。	×	-	
		二次応力	○	-	同上。			
		二次±二次応力	○	-	同上。			
	脚	組合せ応力	○	-	四脚支持のため、評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点への影響が生じることから、2方向入力の影響がある。			
		座屈	○	-	同上。			
		基礎ボルト	引張応力	○	-			四脚支持のため、1方向の地震においても軸直角方向の評価点への影響が生じることから、2方向入力の影響がある。
		せん断応力	○	-	同上。			
原子炉建屋クレーン	クレーン本体ガーダ	曲げ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた 解析により、ねじれモー ドを考慮した耐震評価を 実施している。	
		せん断応力	△	D	同上。			
		浮上り量	△	D	同上。			
	脱線防止ラグ	圧縮応力	△	A	すべり方向とすべり直角方向では水平2方向で異なる挙動を示すため、水平2方向の影響は軽微である。			
		圧縮応力	△	A	すべり方向とすべり直角方向では水平2方向で異なる挙動を示すため、水平2方向の影響は軽微である。			
	トロリストッパ	曲げ応力	△	A	同上。			
		せん断応力	△	A	同上。			
トロリ	組合せ応力	△	A	水平2方向を考慮した評価を実施している。				
吊具	浮上り量	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。				
	吊具荷重	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。				

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.2.4項(2)に対応)				
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないことの理由			
燃料交換機	構造物フレーム	引張応力	△	A	ずべり方向とすべり直角方向では、それぞれの水平方向地震力を受けた場合の挙動が異なるため、方向ごとに発生応力が異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 5章】	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。			
		せん断応力	△	A				同上		
		組合せ応力	△	A				同上		
	ブリッジ転倒防止装置	引張応力	△	A	ずべり方向とすべり直角方向では、それぞれの水平方向地震力を受けた場合の挙動が異なるため、方向ごとに発生応力が異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 5章】					
		せん断応力	△	A				同上		
		曲げ応力	△	A				同上		
	走行レール	せん断応力	△	A	ずべり方向とすべり直角方向では、それぞれの水平方向地震力を受けた場合の挙動が異なるため、方向ごとに発生応力が異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 5章】					
		曲げ応力	△	A				同上		
		組合せ応力	△	A				同上		
	トロッコ転倒防止装置	引張応力	△	A	ずべり方向とすべり直角方向では、それぞれの水平方向地震力を受けた場合の挙動が異なるため、方向ごとに発生応力が異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 5章】					
		せん断応力	△	A				同上		
		曲げ応力	△	A				同上		
	横行レール	せん断応力	△	A	ずべり方向とすべり直角方向では、それぞれの水平方向地震力を受けた場合の挙動が異なるため、方向ごとに発生応力が異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4 5章】					
		曲げ応力	△	A				同上		
		組合せ応力	△	A				同上		
	吊具	吊具荷重	△	C	鉛直荷重のみ作用し、水平荷重が作用しないため、水平2方向入力の影響はない。			×	—	
	原子炉しゃへい壁	一般胴部	圧縮応力度	△	C			鉛直方向荷重のみ作用し、水平方向荷重が作用しない構造となっている。したがって、水平2方向入力の影響はない。	×	—
			曲げ応力度	△	B					
せん断応力度			△	B						
開口集中部		組合せ応力度	△	B	同上					
		圧縮応力度	△	C	鉛直方向荷重のみ作用し、水平方向荷重が作用しない構造となっている。したがって、水平2方向入力の影響はない。					
		曲げ応力度	△	B						
せん断応力度	△	B								
原子炉ウェルカパー	本体	引張応力	△	C	鉛直方向荷重が支配的であるため、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—			
		せん断応力	△	C						
		支持部	圧縮力	△				C	同上	
耐火隔壁	フレーム部材	引張応力	○	—	水平2方向の影響がある。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。			
		せん断応力	○	—						
		曲げ応力	○	—						
	基礎ボルト	引張応力	○	—	水平2方向の影響がある。					
		せん断応力	○	—						
		基礎ボルト	引張応力	○				—		
制御棒貯蔵ラック	上部枠	引張応力	○	—	水平2方向の影響がある。	○	3次元FEMモデルを作成し、耐震評価を実施している。			
		せん断応力	○	—						
		組合せ応力	○	—						
	コラム	引張応力	○	—	水平2方向の影響がある。					
		せん断応力	○	—						
		組合せ応力	○	—						
	補強板	引張応力	△	C	水平1方向の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向の地震力が作用した場合においても水平1方向の応答が支配的となる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。					
		せん断応力	△	C						
		組合せ応力	△	C						
	ブレース	引張応力	△	C	水平1方向の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向の地震力が作用した場合においても水平1方向の応答が支配的となる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。					
		せん断応力	△	C						
		組合せ応力	△	C						
	ベース	引張応力	○	—	水平2方向の影響がある。					
		せん断応力	○	—						
		組合せ応力	○	—						
基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】						
	せん断応力	△	C		水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】					

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複 による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、 構造により水平1方向の地震力しか負担 しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造 により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震力を組み合わせても1方向 の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を 考慮しているもの(考慮方法を表3に示す。)	①-1の影響の有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する 振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな 応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動 モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生し ないことの理由
燃料チャンネル着脱機	フレーム	引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	
		せん断応力	△	D	同上。		
	可動台	組合せ応力	△	D	同上。		
		引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。		
	カーブ上面固定ボルト チェーン	せん断応力	△	D	同上。		
		吊荷荷重	△	C	鉛直荷重のみ作用し、水平荷重が作用しないため、水平2方向入力の影響はない。		
CRD自動交換機	構造物フレーム	引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	×	-
		せん断応力	△	D	同上。		
		組合せ応力	△	D	同上。		
	旋回用レール	曲げ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。		
		せん断応力	△	D	同上。		
		組合せ応力	△	D	同上。		
	固定用サポート(上 部)	圧縮応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。		
		せん断応力	△	D	同上。		
	固定ピン	組合せ応力	△	D	同上。		
		引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。		
	固定用サポート(上 部)	せん断応力	△	D	同上。		
		圧縮応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。		
固定用サポート(下 部)	せん断応力	△	D	同上。			
	組合せ応力	△	D	同上。			
固定ピン	引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
	せん断応力	△	D	同上。			
地下水位低下設備揚水ポンプ	基礎ボルト	引張応力	△	B	ボルトは円周状に配置され、水平地震動の方向ごとに最大応力の発生点異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
地下水位低下設備水位計	溶接部	組合せ応力	○	-	水平2方向の影響がある。	×	-
地下水位低下設備制御盤	フレーム	引張応力	○	-	水平2方向の影響がある。	×	-
		圧縮応力	○	-	同上。		
		せん断応力	○	-	同上。		
		曲げ応力	○	-	同上。		
		組合せ応力	○	-	同上。		
	器具取付板 筐体 据付架台	組合せ応力	○	-	水平2方向の影響がある。		
基礎ボルト	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。			
	せん断応力	△	A	壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。			
	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。			
	せん断応力	△	A	壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。			
	せん断応力	△	A	水平2方向の影響がある。			
地下水位低下設備電源盤	フレーム	引張応力	○	-	水平2方向の影響がある。	×	-
		圧縮応力	○	-	同上。		
		せん断応力	○	-	同上。		
		曲げ応力	○	-	同上。		
		組合せ応力	○	-	同上。		
	器具取付板 筐体 据付架台	組合せ応力	○	-	水平2方向の影響がある。		
盤取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
	せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
	せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。【別紙4.4 7章】			
遠隔手動弁操作設備	基礎ボルト	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
	取付ボルト	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
遠隔手動弁操作設備遮蔽	架台	引張応力	○	-	水平2方向の影響がある。	×	-
		せん断応力	○	-	同上。		
		圧縮応力	○	-	同上。		
		せん断応力	○	-	同上。		
		曲げ応力	○	-	同上。		
	基礎ボルト	組合せ応力	○	-	同上。		
		引張応力	○	-	水平2方向の影響がある。		
		取付ボルト	引張応力	○	-		
せん断応力	○	-	同上。				

表2 動的/電気的機能維持評価

機種	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点（3.2.4項(2)に対応）	
				振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと、理由 新たな応力成分が発生しないこと、理由
立形ポンプ	○	—	軸受は円周に均等に地震力を受け持つため、水平2方向入力の影響を受ける。	○	X又はY方向振動モードではねじれ振動モードは現れない。水平2方向入力によって、ねじれ振動モードが高次に現れる可能性はあるが、有意な応答ではないため、影響がないと考えられる。
横形ポンプ	△	A	現行の機能確認済加速度における詳細評価*1	×	—
ポンプ駆動用タービン	△	B	現行の機能確認済加速度における詳細評価*1	×	—
立形機器用電動機	△	D	最弱部であるフレームに対し、現行の機能確認済加速度における詳細評価*1	×	—
横形機器用電動機	△	D	最弱部である軸受に対し、現行の機能確認済加速度における詳細評価*1	×	—
空調ファン	△	A	現行の機能確認済加速度における詳細評価*1	×	—
非常用ディーゼル発電機（機関本体）	△	A	現行の機能確認済加速度における詳細評価*1	×	—
非常用ディーゼル発電機（ガバナ）	○	—	ガバナについては水平2方向合成による応答増加の影響がある。	×	—
弁	△	D	工認耐震計算書で水平2方向を考慮した評価を実施し、応答加速度が機能確認済加速度以下であることを確認している。	×	—
制御棒駆動系スクラム弁	○	—	制御棒駆動系スクラム弁については水平2方向合成による応答増加の影響がある。	×	—
制御棒挿入性	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—
盤	△	A	電気盤、制御盤等に取付けられているリレー、遮断器等の電気品は、基本的に1次元的な接点のON-OFFに関わる比較的単純な構造をしている。加えて、基本的には全て梁、扉等の強度部材に強固に固定されているため、器具の非線形応答はないと考えられる。したがって、電気品は水平1方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙4.4-9章】	×	—
伝送器・指示計	△	A	伝送器・指示計の掃引試験結果において、X、Y各成分に共振点はなく、出力変動を生じないことを確認していることから、X、Y 2方向同時入力においても共振点はないと考えられる。よって、X、Y 2方向同時入力に対しても応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
使用済燃料プール水位/温度（ガイドバルス式）	△	D	工認耐震計算書で水平2方向を考慮した評価を実施し、応答加速度が機能確認済加速度以下であることを確認している。	○	検出器についてねじりが発生する可能性があるが、3次元はりモデルの応答解析結果を用い、耐震評価を実施していることから、ねじれる状態についても耐震評価に用いる同種の荷重として算出される。
使用済燃料プール水位/温度（ヒートサーモ式）	○	—	使用済燃料プール水位/温度（ヒートサーモ式）については水平2方向合成による応答増加の影響がある。	○	検出器についてねじりが発生する可能性があるが、3次元はりモデルの応答解析結果を用い、耐震評価を実施していることから、ねじれる状態についても耐震評価に用いる同種の荷重として算出される。

機種	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点（3.2.4項(2)に対応）	
				振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと、理由 新たな応力成分が発生しないこと、理由
使用済燃料プール監視カメラ	△	A	監視カメラ本体の掃引試験結果において、X、Y各成分に共振点はなく、出力変動を生じないことを確認していることから、X、Y 2方向同時入力においても共振点は無いと考えられる。よって、X、Y 2方向同時入力に対しても応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナ	△	A	通信連絡設備（ODU）の掃引試験結果において、X、Y各成分に共振点はなく、出力変動を生じないことを確認していることから、X、Y 2方向同時入力においても共振点は無いと考えられる。よって、X、Y 2方向同時入力に対しても応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置	△	D	工認耐震計算書で2方向同時加振試験による機能維持を確認している。	×	—
ガスタービン発電機	△	A	水平2方向の入力で対角方向に応答することはないため、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
逆止弁付ファンネル	△	A	逆止弁付ファンネルの開閉機能については、鉛直方向荷重のみ作用し、水平方向荷重が作用しない構造となっている。したがって、水平2方向入力の影響はない。	×	—
津波監視カメラ	△	A	監視カメラ本体の掃引試験結果において、X、Y各成分に共振点はなく、出力変動を生じないことを確認していることから、X、Y 2方向同時入力においても共振点は無いと考えられる。よって、X、Y 2方向同時入力に対しても応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
取水ビット水位計	△	A	取水ビット水位計の掃引試験結果において、X、Y各成分に共振点はなく、出力変動を生じないことを確認していることから、X、Y 2方向同時入力においても共振点は無いと考えられる。よって、X、Y 2方向同時入力に対しても応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
地下水位低下設備揚水ポンプ	○	—	地下水位低下設備揚水ポンプについては水平2方向合成による応答増加の影響がある。	×	—
地下水位低下設備水位計	△	A	地下水位低下設備水位計の掃引試験結果において、X、Y各成分に共振点はなく、出力変動を生じないことを確認していることから、X、Y 2方向同時入力においても共振点は無いと考えられる。よって、X、Y 2方向同時入力に対しても応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
遠隔手動弁操作設備*2 (貫通シャフト、L型ジョイント、フレキシブルシャフト連結部)	△	D	工認耐震計算書で2方向同時加振試験による機能維持を確認している。	×	—
遠隔手動弁操作設備*2 (中間ギア)	○	—	遠隔手動弁操作設備の中間ギアについては水平2方向合成による応答増加の影響がある。	×	—

注記*1：JEA4601で定められた評価部位の裕度評価（既往の研究^{1)~3)}参照）

*2：評価部位によって加振試験の条件が異なり、水平2方向の地震力の重複による影響の有無が異なるため、分けて記載する。

参考文献

- 1) 共同研究報告書「動的機器の地震時機能維持に関する研究」、昭和58年3月
- 2) 共同研究報告書「動的機器の合理的耐震設計法に関する研究」、昭和59年9月
- 3) 共同研究報告書「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究（ステップ3）」、平成13年9月

表3 工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮している設備の整理結果

設備	部位	応力分類	水平2方向の考慮方法 ①：入力で組み合わせているもの ②-1：発生荷重を組み合わせているもの（SRSS 法） ②-2：発生荷重を組み合わせているもの（絶対値和法） ②-3：発生荷重を組み合わせているもの（ベクトル和法） ③-1：発生応力を組み合わせているもの（SRSS 法） ③-2：発生応力を組み合わせているもの（絶対値和法） ③-3：発生応力を組み合わせているもの（ベクトル和法） ④：その他	①又は④の設備の具体的な考慮方法	工認耐震計算書 図書番号
原子炉圧力	ノズル	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	④ ④ ④ ④	水平2方向を考慮した配管解析の応答を荷重として発生応力を算出している。（以下、「A」と記載する）	VI-2-3-4-1-2
	ブラケット類	蒸気乾燥器支持ブラケット	一次一般膜応力 一次膜応力+一次曲げ応力		
使用済燃料プール水位/温度（ガイドバルブ式）	検出器	曲げ応力	①	入力をSRSS法で組み合わせる。	VI-2-4-2-4
	基礎ボルト	引張応力 せん断応力	① ①		
ECCS ストレーナ	アウタージャケット	一次応力（曲げ応力を含む）	④	A	VI-2-5-4-1-3 VI-2-5-5-1-2 VI-2-5-5-2-2
	フランジプレート	一次応力（曲げ応力を含む）	④		
	多孔プレート（ディスクシート）	一次応力（曲げ応力を含む）	④		
	多孔プレート（ポケットシート）	一次応力（曲げ応力を含む）	④		
	多孔プレート（フロントシート）	一次応力（曲げ応力を含む）	④		
	フランジ	曲げ応力	④		
ボルト	ボルト	引張応力	④		
	ストレーナ部ティー	ティー	一次応力 ②-1	—	VI-2-5-4-1-5 VI-2-5-5-1-4 VI-2-5-5-2-4
水圧制御ユニット	フレーム	引張応力	③-1	—	VI-2-6-3-2-1
		せん断応力	③-1	—	
		圧縮応力	③-1	—	
		曲げ応力	③-1	—	
		組合せ応力	③-1	—	
	取付ボルト	引張応力 せん断応力	③-1 ③-1	—	
ダクト本体、サポート	ダクト本体（円形）	座屈	①	入力をベクトル和法で組み合わせる。	VI-2-8-3-1-1
	サポート	一次応力（組合せ）	②-1	—	VI-2-8-3-2-1
ドライウエル	上鏡球形部	一次一般膜応力	③-1	—	VI-2-9-2-1-1
		一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—	
		一次+二次応力	③-1	—	
	上鏡球形部と上鏡ナックル部の接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—	
		一次+二次応力	③-1	—	
	円筒部と上フランジの接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—	
		一次+二次応力	③-1	—	
	下フランジと円筒部の接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—	
		一次+二次応力	③-1	—	
	円筒部とナックル部の接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—	
		一次+二次応力	③-1	—	
	ナックル部と上部球形部の接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—	
		一次+二次応力	③-1	—	
	ドライウエルスブレイ管取付部	一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—	
		一次+二次応力	③-1	—	
	上部球形部と円筒部の接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—	
		一次+二次応力	③-1	—	
	円筒部中心部	一次一般膜応力	③-1	—	
		一次+二次応力	③-1	—	
	円筒部と下鏡の接合部	一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—	
一次+二次応力		③-1	—		
サンドクッション部	一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—		
	一次+二次応力	③-1	—		
ドライウエルベント開口部	ベントノズル円すい部	一次膜応力+一次曲げ応力	②-1	—	VI-2-9-2-1-4
		一次+二次応力	②-1	—	
	ドライウエルベント開口部	一次膜応力+一次曲げ応力	②-1	—	
		一次+二次応力	②-1	—	

設備	部位	応力分類	水平2方向の考慮方法 ①：入力で組み合わせているもの ②-1：発生荷重を組み合わせているもの (SRSS 法) ②-2：発生荷重を組み合わせているもの (絶対値和法) ②-3：発生荷重を組み合わせているもの (ベクトル和法) ③-1：発生応力を組み合わせているもの (SRSS 法) ③-2：発生応力を組み合わせているもの (絶対値和法) ③-3：発生応力を組み合わせているもの (ベクトル和法) ④：その他	①又は④の設備の具体的な考慮方法	工認耐震計算書 図書番号
サプレッションチェンバ	胴中央部外側	一次一般膜応力	③-1	—	VI-2-9-2-1-2
		一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—	
		一次+二次応力	③-1	—	
	胴中央部底部	一次一般膜応力	③-1	—	
		一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—	
		一次+二次応力	③-1	—	
	胴中央部内側	一次一般膜応力	③-1	—	
		一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—	
		一次+二次応力	③-1	—	
	胴中央部頂部	一次一般膜応力	③-1	—	
		一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—	
		一次+二次応力	③-1	—	
	胴エビ継手部外側	一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—	
		一次+二次応力	③-1	—	
		一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—	
	胴エビ継手部底部	一次+二次応力	③-1	—	
		一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—	
		一次+二次応力	③-1	—	
胴エビ継手部内側	一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—		
	一次+二次応力	③-1	—		
	一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—		
胴エビ継手部頂部	一次+二次応力	③-1	—		
	一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—		
	一次+二次応力	③-1	—		
内側ボックスサポート取付部	一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—		
	一次+二次応力	③-1	—		
	一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—		
外側ボックスサポート取付部	一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—		
	一次+二次応力	③-1	—		
	一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	—		
ボックスサポート	ボックスプレート	一次応力 (引張)	④	水平2方向を考慮した応答解析の結果を荷重として発生応力を算出している。(以下、「B」と記載する)	VI-2-9-2-1-5
		一次応力 (せん断)	④		
		一次応力 (圧縮)	④		
		一次応力 (曲げ)	④		
		一次応力 (組合せ)	④		
		一次+二次応力 (引張・圧縮)	④		
		一次+二次応力 (せん断)	④		
		一次+二次応力 (曲げ)	④		
		一次+二次応力 (座屈)	④		
		一次+二次応力 (組合せ)	④		
		一次+二次応力 (引張)	④		
		一次+二次応力 (せん断)	④		
	ボックスプレート取付部	一次応力 (引張)	④	B	
		一次応力 (せん断)	④		
		一次応力 (曲げ)	④		
		一次応力 (組合せ)	④		
		一次+二次応力 (引張・圧縮)	④		
		一次+二次応力 (せん断)	④		
ボックスプレート (上側) 取付部	一次応力 (引張)	④	B		
	一次応力 (せん断)	④			
	一次応力 (曲げ)	④			
	一次応力 (組合せ)	④			
	一次+二次応力 (引張・圧縮)	④			
	一次+二次応力 (せん断)	④			
フランジプレートとシヤラグ接触部	一次応力 (支圧)	④	B		
	一次+二次応力 (支圧)	④			
	一次応力 (せん断)	④			
	一次応力 (曲げ)	④			
	一次応力 (組合せ)	④			
	一次+二次応力 (せん断)	④			
シヤラグ取付部	一次+二次応力 (せん断)	④	B		
	一次+二次応力 (曲げ)	④			
	一次+二次応力 (座屈)	④			
	一次+二次応力 (組合せ)	④			
	一次+二次応力 (引張)	④			
	一次+二次応力 (せん断)	④			
基礎ボルト	一次応力 (引張)	④	B		
	一次応力 (せん断)	④			
フランジプレート	一次応力 (せん断)	④	B		
	一次応力 (曲げ)	④			
	一次応力 (組合せ)	④			
	一次+二次応力 (せん断)	④			
	一次+二次応力 (曲げ)	④			
	一次+二次応力 (座屈)	④			

設備	部位	応力分類	水平2方向の考慮方法 ①：入力で組み合わせているもの ②-1：発生荷重を組み合わせているもの (SRSS 法) ②-2：発生荷重を組み合わせているもの (絶対値和法) ②-3：発生荷重を組み合わせているもの (ベクトル和法) ③-1：発生応力を組み合わせているもの (SRSS 法) ③-2：発生応力を組み合わせているもの (絶対値和法) ③-3：発生応力を組み合わせているもの (ベクトル和法) ④：その他	①又は④の設備の具体的な考慮方法	工認耐震計算書 図書番号	
ボックスサポート	フランジプレート (外側)	一次応力 (せん断)	④	B	VI-2-9-2-1-5	
		一次応力 (曲げ)	④			
		一次応力 (組合せ)	④			
		一次+二次応力 (せん断)	④			
		一次+二次応力 (曲げ)	④			
		一次+二次応力 (座屈)	④			
	ベースプレート	一次応力 (せん断)	④	B		
		一次応力 (曲げ)	④			
		一次応力 (組合せ)	④			
		一次+二次応力 (せん断)	④			
		一次+二次応力 (曲げ)	④			
		一次+二次応力 (座屈)	④			
	シヤコネクタ取付部	一次応力 (せん断)	④	B		
		一次応力 (曲げ)	④			
		一次応力 (組合せ)	④			
		一次+二次応力 (せん断)	④			
		一次+二次応力 (曲げ)	④			
		一次+二次応力 (座屈)	④			
	コンクリート (ベースプレート下面)	圧縮応力	④	B		
	コンクリート (シヤコネクタ (外側) 側面)	圧縮応力	④	B		
	コンクリート (シヤプレート上面)	せん断応力	④			
	パッド取付部	一次応力 (引張)	④	B		
		一次応力 (せん断)	④			
		一次応力 (曲げ)	④			
一次応力 (組合せ)		④				
一次+二次応力 (引張・圧縮)		④				
一次+二次応力 (せん断)		④				
一次+二次応力 (曲げ)		④				
一次+二次応力 (座屈)		④				
一次+二次応力 (組合せ)		④				
一次膜応力+一次曲げ応力		③-2				
一次+二次応力		③-2				
一次膜応力+一次曲げ応力		③-2				
一次+二次応力	③-2					
原子炉格納容器	機器搬出入用ハッチ	機器搬出入用ハッチ取付部	一次膜応力+一次曲げ応力 一次+二次応力	--	VI-2-9-2-2-1	
	逃がし安全弁搬出入口	逃がし安全弁搬出入口取付部	一次膜応力+一次曲げ応力 一次+二次応力	--	VI-2-9-2-2-2	
	制御棒駆動機構搬出入口	制御棒駆動機構搬出入口取付部	一次膜応力+一次曲げ応力 一次+二次応力	--	VI-2-9-2-2-3	
	所員用エアロック	所員用エアロック取付部	一次膜応力+一次曲げ応力 一次+二次応力	--	VI-2-9-2-3-1	
	原子炉格納容器配管貫通部	貫通部管台	貫通部管台取付部	一次膜応力+一次曲げ応力	--	VI-2-9-2-4-1
			一次+二次応力	③-1		
一次一般膜応力			③-1			
ダウンカマ	ダウンカマ (一般部)	一次一般膜応力	③-1	--	VI-2-9-4-1	
		一次膜応力+一次曲げ応力	③-1			
	ダウンカマ (一般部以外)	一次+二次応力	③-1			
		一次一般膜応力	③-1			
ベント管	ベント管 (一般部)	一次一般膜応力	③-1	--	VI-2-9-4-2	
		一次膜応力+一次曲げ応力	③-1			
		一次+二次応力	③-1			
	ベント管 (一般部以外)	一次膜応力+一次曲げ応力	③-1			
		一次+二次応力	③-1			
		一次一般膜応力	③-1			
真空破壊装置スリーブ	一次膜応力+一次曲げ応力	③-1	--			
ベント管ベローズ	ベント管ベローズ	疲労	④	水平2方向を考慮した応答解析の結果から変位を算出している。	VI-3-3-6-2-6	

設備	部位	応力分類	水平2方向の考慮方法 ①：入力で組み合わせているもの ②-1：発生荷重を組み合わせているもの (SRSS 法) ②-2：発生荷重を組み合わせているもの (絶対値和法) ②-3：発生荷重を組み合わせているもの (ベクトル和法) ③-1：発生応力を組み合わせているもの (SRSS 法) ③-2：発生応力を組み合わせているもの (絶対値和法) ③-3：発生応力を組み合わせているもの (ベクトル和法) ④：その他	①又は④の設備の具体的な考慮方法	工認耐震計算書 図書番号
ベントヘッド	ベントヘッド (一般部)	一次一般応力	③-1	—	VI-2-9-4-1
		一次二次応力	③-1	—	
	ベントヘッド (一般部以外)	一次二次応力	③-1	—	
		一次二次応力	③-1	—	
	ベントヘッドサポート (下側)	組合せ応力	③-1	—	
	ピン (下側)	組合せ応力	③-1	—	
	エンドプレート (下側)	組合せ応力	③-1	—	
	ベントヘッドサポート (上側)	組合せ応力	③-1	—	
	ピン (上側)	組合せ応力	③-1	—	
	エンドプレート (上側)	組合せ応力	③-1	—	
原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置	内梁	引張応力	②-1	—	VI-2-9-4-4-1-5
		せん断応力	②-1	—	
	丁番ブラケット	引張応力	②-1	—	
配管本体, サポート	配管, サポート	一次応力	②-1	—	VI-2-3-4-3-8 VI-2-3-4-3-9 VI-2-4-3-1-3 VI-2-4-3-2-1 VI-2-4-3-3-1 VI-2-5-2-1-1 VI-2-5-3-1-2 VI-2-5-3-2-1 VI-2-5-4-1-4 VI-2-5-4-2-1 VI-2-5-5-1-3 VI-2-5-5-2-3 VI-2-5-5-3-2 VI-2-5-5-4-2 VI-2-5-5-5-1 VI-2-5-6-1-3 VI-2-5-6-2-3 VI-2-5-7-1-6 VI-2-5-7-2-5 VI-2-5-7-3-1 VI-2-5-8-1-1 VI-2-6-3-2-2
		一次+二次応力	②-1	—	VI-2-6-4-1-3 VI-2-6-6-1-1 VI-2-6-6-2-1 VI-2-7-3-1-1 VI-2-7-3-2-1 VI-2-8-3-2-2 VI-2-8-3-3-1 VI-2-8-3-4-1 VI-2-9-4-3-1-1 VI-2-9-4-3-2-1 VI-2-9-4-3-3-1 VI-2-9-4-3-4-2 VI-2-9-4-4-1-2 VI-2-9-4-4-2-1 VI-2-9-4-4-4-1 VI-2-9-4-5-1-1 VI-2-9-4-6-1-1 VI-2-10-1-2-1-6 VI-2-10-1-2-2-6 VI-2-10-1-2-3-5 VI-2-10-1-2-4-2 VI-2-10-3-2 VI-2-13-7
取水ビット水位計 (バブラー管)	基礎ボルト	引張応力	①	水平2方向を考慮した応答解析を行い、ボルトの発生応力を算出している。	VI-2-10-2-13-2
		せん断応力	①		
	取付ボルト	引張応力	②-2		
		せん断応力	③-1	—	

設備	部位	応力分類	水平2方向の考慮方法 ①：入力で組み合わせているもの (SRSS 法) ②-1：発生荷重を組み合わせているもの (絶対値和法) ②-2：発生荷重を組み合わせているもの (ベクトル和法) ②-3：発生荷重を組み合わせているもの (SRSS 法) ③-1：発生応力を組み合わせているもの (絶対値和法) ③-2：発生応力を組み合わせているもの (ベクトル和法) ③-3：発生応力を組み合わせているもの (SRSS 法) ④：その他	①又は④の設備の具体的な考慮方法	工認耐震計算書 図書番号
海水ポンプ室門型クレーン	ガーダ	曲げ応力	④	水平2方向を考慮した応答解析を行い、ガーダの荷重を求めている。 この荷重を用いてガーダの発生応力を算出している。	VI-2-11-2-1
		せん断応力	④		
	剛脚 揺脚 下部連結材 (剛脚側) 下部連結材 (揺脚側)	引張応力	④	水平2方向を考慮した応答解析を行い、各部位の荷重を求めている。 この荷重を用いて各部位の発生応力を算出している。	
		圧縮応力	④		
		曲げ応力	④		
		組合せ応力	④		
	クレーン本体 トロリ 吊具	浮上がり	④	水平2方向を考慮した応答解析を行い、各部位の荷重を求めている。 この荷重を用いて各部位の発生応力を算出している。 水平2方向を考慮した応答解析を行い、吊具荷重を求めている。	
吊具荷重	④				
巻巻防護ネット	大梁	圧縮応力	②-1	水平2方向を考慮した応答解析を行い、せん断ひずみを算出している。 水平2方向を考慮した応答解析を行い、発生応力を算出している。	VI-2-11-2-2
		曲げ応力	②-1		
		せん断応力	②-1		
		組合せ応力	②-1		
	フレーム	圧縮応力	②-1		
		曲げ応力	②-1		
		せん断応力	②-1		
		組合せ応力	②-1		
	ゴム支承	せん断ひずみ	④		
		圧縮応力	④		
	取付ボルト	引張応力	③-1		
		せん断応力	③-1		
	基礎ボルト	引張応力	③-1		
		せん断応力	③-1		
可動支承	鉛直荷重	④			
	水平荷重	④			
フレームの移動量	移動量	④			
原子炉建屋クレーン	クレーン本体ガーダ	曲げ応力	④	水平2方向を考慮した応答解析を行い、各部位の荷重を求めている。 この荷重を用いて各部位の発生応力を算出している。	VI-2-11-2-8
		せん断応力	④		
	トロリ 吊具	浮上り量	④		
		吊具荷重	④		
CRD自動交換機	構造物フレーム	引張応力	③-1	水平2方向を考慮した応答解析を行い、浮上り量を算出している。 水平2方向を考慮した応答解析を行い、浮上り量を算出している。	VI-2-11-2-21
		せん断応力	③-1		
		組合せ応力	③-1		
	旋回用レール	曲げ応力	②-1		
		せん断応力	②-1		
		組合せ応力	②-1		
	固定用サポート (上部) 固定ピン	圧縮応力	②-1		
		せん断応力	②-1		
	固定用サポート (上部) 取付ボルト	引張応力	②-1		
		せん断応力	②-1		
	固定用サポート (下部) 固定ピン	圧縮応力	②-1		
		せん断応力	②-1		
固定用サポート (下部) 取付ボルト	引張応力	②-1			
	せん断応力	②-1			
燃料チャンネル着脱機	フレーム	引張応力	②-1	水平2方向を考慮した応答解析を行い、浮上り量を算出している。 水平2方向を考慮した応答解析を行い、浮上り量を算出している。	VI-2-11-2-22
		せん断応力	②-1		
		組合せ応力	②-1		
	可動台	引張応力	②-1		
		せん断応力	②-1		
		組合せ応力	②-1		
カーブ上面固定ボルト	引張応力	②-1			
	せん断応力	②-1			

③水平2方向の地震による代表設備の増分影響検討結果（基準地震動Ss）

表1 構造強度評価

設備	応答軸が明確か（補足説明資料3.2.4(3項)に対応） ○：応答軸が明確 ×：応答軸が明確でない	部位	応力分類	代表設備	水平1方向及び鉛直方向地震力における 裕度が√2以上 ○：√2以上 ×：√2未満	① 発生値 (水平1方向)	② 発生値 (水平2方向)	発生値 の増分 =②÷①	増分の判定 ○：影響が無視 できない △：影響が軽微	発生値（水平2方向）の算出方法 ①：地震・地震以外に分離し、地震による応力をSRSS ②：NS・EW方向別々の応力をSRSS（地震・地震以外に分離せず） ③：地震・地震以外に分離し、NS・EW方向別々の地震による応力をSRSS ④：その他（算出方法を記載）
燃料集合体	×	燃料被覆管	一次応力 一次＋二次応力 一次＋二次＋ピーク応力	燃料集合体	○ ○ ○	-	-	-	-	-
原子炉圧力容器 圧力 ブラケット類	×	給水スパージャブラケット 炉心スプレイブラケット	一次一般懸応力 一次懸応力＋一次曲げ応力 せん断応力 一次一般懸応力 一次懸応力＋一次曲げ応力	給水スパージャブラケット 炉心スプレイブラケット	○ ○ ○ ○ ○ ○	-	-	-	-	-
原子炉圧力容器内部構造物 シュラウドヘッド	×	シュラウドヘッド	一次懸応力＋一次曲げ応力	シュラウドヘッド*	×	314MPa	314MPa	1.00	△	④ 荷重を地震・地震以外に分離し、水平2方向の影響を受ける地震荷重のみを√2倍してせん断応力を算出し、その他の応力（差圧/死荷重による応力、地震荷重による曲げ応力）と組み合わせで応力評価
ジェットポンプ	×	ライザ ディフューザ ライザブレース	一次一般懸応力 一次懸応力＋一次曲げ応力 一次一般懸応力 一次懸応力＋一次曲げ応力 一次一般懸応力 一次懸応力＋一次曲げ応力	ジェットポンプ	○ ○ ○ ○ ○ ○	-	-	-	-	-
スパージャ 原子炉内配管	×	各部位	一次一般懸応力 一次懸応力＋一次曲げ応力	スパージャ 原子炉内配管	○ ○	-	-	-	-	-
使用済燃料貯蔵ラック	×	角管 燃料支持板 ベース	引張応力 せん断応力 組合せ応力 引張応力 せん断応力 組合せ応力 引張応力 せん断応力 組合せ応力	使用済燃料貯蔵ラック	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	164MPa	183MPa	1.12	○	①
制御棒・破損燃料貯蔵ラック	×	ラック部材	引張応力 せん断応力 組合せ応力	制御棒・破損燃料貯蔵ラック	○ ○ ○	82MPa	86MPa	1.05	○	②
使用済燃料プール水位/温度（ヒートサーモ式）	×	基礎ボルト 輸送器架台 保護管 ワーキングテーブル	引張応力 せん断応力 組合せ応力 組合せ応力 せん断応力 組合せ応力	使用済燃料プール水位/温度（ヒートサーモ式）	○ ○ ○ ○ ○ ○	-	-	-	-	-
主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ	×	H形鋼	せん断応力 曲げ応力 組合せ応力	主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ	○ ○ ○	-	-	-	-	-
主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ	×	H形鋼	せん断応力 曲げ応力 組合せ応力	主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ	○ ○ ○	-	-	-	-	-
伝送器（矩形壁掛）	×	基礎ボルト 取付ボルト 溶接部	引張応力 引張応力 引張応力 組合せ応力	伝送器（矩形壁掛）	○ ○ ○ ○	-	-	-	-	-
盤（矩形壁掛）	×	取付ボルト	引張応力	盤（矩形壁掛）	○	-	-	-	-	-
衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）	×	基礎ボルト	引張応力	衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）	○	-	-	-	-	-
衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）	×	基礎ボルト	引張応力	衛星電話設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）	○	-	-	-	-	-
無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）	×	基礎ボルト	引張応力	無線連絡設備（屋外アンテナ）（中央制御室）	○	-	-	-	-	-
無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）	×	基礎ボルト	引張応力	無線連絡設備（屋外アンテナ）（緊急時対策所）	○	-	-	-	-	-
安全パラメータ表示システム（SPDS）無線通信用アンテナ	×	基礎ボルト	引張応力	安全パラメータ表示システム（SPDS）無線通信用アンテナ	○	-	-	-	-	-
差圧計（中央制御室待避所用）	×	基礎ボルト	引張応力	差圧計（中央制御室待避所用）	○	-	-	-	-	-
差圧計（緊急時対策所用）	×	基礎ボルト	引張応力	差圧計（緊急時対策所用）	○	-	-	-	-	-
原子炉格納容器電気配線貫通部	×	フランジとスリーブの継手 フランジとアダプタの継手 アダプタとヘッダの継手 貫通部管台取付部	一次一般懸応力 一次懸応力＋一次曲げ応力 一次＋二次応力 一次一般懸応力 一次懸応力＋一次曲げ応力 一次＋二次応力 一次懸応力＋一次曲げ応力 一次＋二次応力 一次懸応力＋一次曲げ応力 一次＋二次応力	原子炉格納容器電気配線貫通部	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	-	-	-	-	-

設備	応答軸が明確か(補足説明資料3.2.4(3項)に対応) ○: 応答軸が明確 ×: 応答軸が明確でない	部位	応力分類	代表設備	水平1方向及び鉛直方向地震力における 裕度が√2以上か ○: √2以上 ×: √2未満	① 発生値 (水平1方向)	② 発生値 (水平2方向)	発生値 の増分 =②÷①	増分の判定 ○: 影響が無視 できない △: 影響が軽微	発生値(水平2方向)の算出方法 ①: 地震・地震以外に分離し、地震による応力をSRSS ②: NS・EW方向別々の応力をSRSS(地震・地震以外は分離せず) ③: 地震・地震以外に分離し、NS・EW方向別々の地震による応力をSRSS ④: その他(算出方法を記載)
可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロウ	×	ベース取付溶接部	せん断応力	可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロウ	○	-	-	-	-	-
静的触媒式水素再結合装置(その1)	×	静的触媒式水素再結合装置本体	組合せ応力	静的触媒式水素再結合装置(その1)	×	121MPa	127MPa	1.05	○	①
静的触媒式水素再結合装置(その2)	×	静的触媒式水素再結合装置本体	組合せ応力	静的触媒式水素再結合装置(その2)	×	141MPa	150MPa	1.07	○	①
フィルタ装置	×	基礎ボルト	引張応力	フィルタ装置	○	-	-	-	-	-
		胴板	一次応力		○	-	-	-	-	-
		ラック	一次+二次応力		○	-	-	-	-	-
		基礎ボルト	組合せ応力		○	-	-	-	-	-
ガスタービン発電設備 機関・発電機	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-
逆流防止設備	×	扉体	曲げ応力	逆流防止設備	○	-	-	-	-	-
			せん断応力		○	-	-	-	-	
			組合せ応力		○	-	-	-	-	
		固定部	引張応力		○	-	-	-	-	-
			せん断応力		○	-	-	-	-	-
			支圧応力		○	-	-	-	-	-
漂流物防護工	引張応力	○	-	-	-	-	-	-		
	せん断応力	○	-	-	-	-	-	-		
浸水防止壁	×	浸水防止壁	曲げ応力	浸水防止壁	○	-	-	-	-	
			せん断応力		○	-	-	-	-	
			組合せ応力		○	-	-	-	-	
浸水防止蓋	×	浸水防止蓋	曲げ応力	浸水防止蓋	○	-	-	-	-	
			せん断応力		○	-	-	-	-	
			組合せ応力		○	-	-	-	-	
堰	×	固定ボルト	せん断応力	堰	○	-	-	-	-	-
			止水板		曲げ応力	○	-	-	-	-
		梁材	曲げ応力		○	-	-	-	-	-
			せん断応力		○	-	-	-	-	-
			組合せ応力		○	-	-	-	-	
		柱材	曲げ応力		○	-	-	-	-	-
			せん断応力		○	-	-	-	-	-
			組合せ応力		○	-	-	-	-	
		アンカーボルト	引張応力		○	-	-	-	-	-
			せん断応力		○	-	-	-	-	-
			組合せ応力	○	-	-	-	-		
津波監視カメラ(原子炉建屋屋上)	×	基礎ボルト	引張応力	津波監視カメラ(原子炉建屋屋上)	○	-	-	-	-	
取水ビット水位計(検出器)	×	基礎ボルト	引張応力	取水ビット水位計(検出器)	○	-	-	-	-	
		取付ボルト	引張応力		○	-	-	-	-	
取水ビット水位計(ボンベラック)	×	フレーム	組合せ応力	取水ビット水位計(ボンベラック)	○	-	-	-	-	
		溶接部	せん断応力		○	-	-	-	-	
		取付ボルト	引張応力		○	-	-	-	-	
			せん断応力		○	-	-	-	-	
ほう酸水注入系テストタンク	×	胴板	一次一般応力	ほう酸水注入系テストタンク	○	-	-	-	-	-
			一次応力		○	-	-	-	-	
			一次+二次応力		○	-	-	-	-	
		脚	組合せ応力		○	-	-	-	-	
			摩損		○	-	-	-	-	
基礎ボルト	引張応力	○	-	-	-	-	-			
耐火隔壁	×	フレーム部材	せん断応力	耐火隔壁	○	-	-	-	-	-
			せん断応力		○	-	-	-	-	
			曲げ応力		○	-	-	-	-	
		基礎ボルト	組合せ応力		○	-	-	-	-	
			引張応力		○	-	-	-	-	
			せん断応力	○	-	-	-	-		
制御棒貯蔵ラック	×	上部枠	引張応力	制御棒貯蔵ラック	○	-	-	-	-	-
			せん断応力		○	-	-	-	-	
			組合せ応力		○	-	-	-	-	
		コラム	引張応力		○	-	-	-	-	
			せん断応力		○	-	-	-	-	
		ベース	組合せ応力		○	-	-	-	-	
			引張応力		○	-	-	-	-	
			せん断応力	○	-	-	-	-		
			組合せ応力	○	-	-	-	-		

設備	応答軸が明確か（補足説明資料 3.2.4(3項)に対応) ○：応答軸が明確 ×：応答軸が明確でない	部位	応力分類	代表設備	水平1方向及び鉛直方向地震力における 裕度が√2以上か ○：√2以上 ×：√2未満	① 発生値 (水平1方向)	② 発生値 (水平2方向)	発生値 の増分 =②÷①	増分の判定 ○：影響が無視 できない △：影響が軽微	発生値（水平2方向）の算出方法 ①：地震・地震以外に分離し、地震による応力をSRSS ②：NS・EW方向別々の応力をSRSS（地震・地震以外は分離せず） ③：地震・地震以外に分離し、NS・EW方向別々の地震による応力をSRSS ④：その他（算出方法を記載）	
CRD自動交換機	×	構造物フレーム	引張応力	CRD自動交換機	○	—	—	—	—	—	
			せん断応力		○	—	—	—	—	—	
			組合せ応力		○	—	—	—	—	—	
		旋回用レール	曲げ応力		○	—	—	—	—	—	—
			せん断応力		○	—	—	—	—	—	—
			組合せ応力		○	—	—	—	—	—	—
		固定用サポート（上部）	圧縮応力		○	—	—	—	—	—	—
			せん断応力		○	—	—	—	—	—	—
		固定ピン	組合せ応力		○	—	—	—	—	—	—
			引張応力		×	346MPa	358MPa	1.04	○	③	
		固定用サポート（上部）	せん断応力		○	—	—	—	—	—	—
			圧縮応力		○	—	—	—	—	—	—
固定用サポート（下部）	せん断応力	○	—	—	—	—	—	—			
	圧縮応力	○	—	—	—	—	—	—			
固定ピン	組合せ応力	○	—	—	—	—	—	—			
	引張応力	○	—	—	—	—	—	—			
固定用サポート（下部）	せん断応力	○	—	—	—	—	—	—			
	組合せ応力	○	—	—	—	—	—	—			
地下水低下設備水位計	×	溶接部	組合せ応力	地下水低下設備水位計	○	—	—	—	—		
地下水低下設備制御盤	×	フレーム	引張応力	地下水低下設備制御盤	○	—	—	—	—	—	
			圧縮応力		○	—	—	—	—		
			せん断応力		○	—	—	—	—		
			曲げ応力		○	—	—	—	—		
			組合せ応力		○	—	—	—	—		
		器具取付板	組合せ応力		○	—	—	—	—		
		盤取付板	組合せ応力		○	—	—	—	—		
		据付架台	組合せ応力		○	—	—	—	—		
		盤取付ボルト	引張応力		○	—	—	—	—		
		基礎ボルト	引張応力		○	—	—	—	—		
地下水低下設備電源盤	×	フレーム	引張応力	地下水低下設備電源盤	○	—	—	—	—		
			圧縮応力		○	—	—	—			
			せん断応力		○	—	—	—			
			曲げ応力		○	—	—	—			
			組合せ応力		○	—	—	—			
		器具取付板	組合せ応力		○	—	—	—			
筐体	組合せ応力	○	—	—	—						
据付架台	器具取付板	組合せ応力	○	—	—	—	—				
	据付架台	組合せ応力	○	—	—	—	—				
	据付ボルト	引張応力	○	—	—	—	—				
遠隔手動弁操作設備	×	基礎ボルト	取付ボルト	遠隔手動弁操作設備	○	—	—	—	—		
			引張応力		○	—	—	—			
			引張応力		○	—	—	—			
遠隔手動弁操作設備遮蔽	×	架台	圧縮応力	遠隔手動弁操作設備遮蔽	○	—	—	—	—		
			せん断応力		○	—	—	—			
			曲げ応力		○	—	—	—			
			組合せ応力		○	—	—	—			
			基礎ボルト		引張応力	○	—	—	—		
		取付ボルト	せん断応力		○	—	—	—	—		
			引張応力		○	—	—	—			
			せん断応力		○	—	—	—			
			引張応力		○	—	—	—			
			せん断応力		○	—	—	—			

注記*：水平1方向地震力及び鉛直方向地震力による裕度（許容応力/発生応力）が1.1未満の設備

表2 (1) 動的/電氣的機能維持評価

機種	応答軸が明確か(補足説明資料3.2.4(3項)に対応) ○: 応答軸が明確 ×: 応答軸が明確でない	代表設備	水平1方向及び鉛直方向地震力における裕度が $\sqrt{2}$ 以上か ○: $\sqrt{2}$ 以上 ×: $\sqrt{2}$ 未満	応答加速度(水平1方向) [G]	応答加速度(水平2方向) [G]	発生値の増分 (=応答加速度(水平2方向)÷ 応答加速度(水平1方向))	増分の判定 ○: 影響が無視できない △: 影響が軽微	応答加速度(水平2方向)の算出方法 ①: 応答加速度(水平1方向)を $\sqrt{2}$ 倍 ②: NS・EW方向別々の応答加速度をベクトル和 ③: その他(算出方法を記載)
立形ポンプ	×	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	○*	—	—	—	—	—
非常用ディーゼル発電機	×	—	—	—	—	—	—	—
制御棒駆動系スクラム弁	×	制御棒駆動系スクラム弁	○	—	—	—	—	—
使用済燃料プール水位/温度(ヒートサーモ式)	×	使用済燃料プール水位/温度(ヒートサーモ式)	○	—	—	—	—	—
地下水位低下設備揚水ポンプ	×	地下水位低下設備揚水ポンプ	○	—	—	—	—	—
遠隔手動弁操作設備(中間ギア)	×	遠隔手動弁操作設備(中間ギア)	○	—	—	—	—	—

注記*: 機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、詳細評価を実施した。詳細評価の評価部位である軸受の水平1方向及び鉛直方向地震力における裕度が $\sqrt{2}$ 以上であることを確認した。

表2 (2) 動的/電氣的機能維持評価

機種	応答軸が明確か(補足説明資料3.2.4(3項)に対応) ○: 応答軸が明確 ×: 応答軸が明確でない	代表設備	水平1方向及び鉛直方向地震力における裕度が $\sqrt{2}$ 以上か ○: $\sqrt{2}$ 以上 ×: $\sqrt{2}$ 未満	相対変位(水平1方向) [mm]	相対変位(水平2方向) [mm]	発生値の増分 (=相対変位(水平2方向)÷ 相対変位(水平1方向))	増分の判定 ○: 影響が無視できない △: 影響が軽微	相対変位(水平2方向)の算出方法 ①: 相対変位(水平1方向)を $\sqrt{2}$ 倍 ②: NS・EW方向別々の相対変位をベクトル和 ③: その他(算出方法を記載)
制御棒挿入性	×	—	×	54.2	57.9	1.07	○	④NS方向の変位50.5mm、EW方向の変位54.2mmから相対変位を組合せ係数法で算出 $\sqrt{(54.2 \times 1.0)^2 + (50.5 \times 0.4)^2}$ $\approx 57.9\text{mm}$

④水平2方向の地震による発生値と許容値の比較結果（基準地震動S s）

表1 構造強度評価

設備	代表設備	部位	応力分類	発生値 (水平1方向)	発生値 (水平2方向)	許容値	判定	発生値（水平2方向）の算出方法 ①：地震・地震以外に分離し、地震による応力をSRSS ②：NS・EW方向別々の応力をSRSS（地震・地震以外は分離せず） ③：地震・地震以外に分離し、NS・EW方向別々の地震による応力をSRSS ④：その他（算出方法を記載）
使用済燃料貯蔵ラック	—	角管	組合せ応力	164MPa	183MPa	205MPa	○	① 183MPa 解析内で水平2方向及び鉛直方向の地震による荷重及びモーメントをSRSSした後、地震以外の荷重及びモーメントを絶対値和して組合せ応力を算出
制御棒・破損燃料貯蔵ラック	—	ラック部材	組合せ応力	82MPa	86MPa	108MPa	○	② 86MPa 水平1方向（NS方向）：26 MPa 水平1方向（EW方向）：82 MPa $\sqrt{26^2+82^2} \approx 86\text{MPa}$
静的触媒式水素再結合装置	—	静的触媒式水素再結合装置本体	組合せ応力	141MPa	150MPa	171MPa	○	① 150MPa 解析内で水平2方向及び鉛直方向の地震による応力をSRSS法により組み合わせ、自重による応力は絶対値和して垂直応力とせん断応力を算出し、その後組合せ応力を算出
CRD自動交換機	—	固定用サポート（上部） 取付ボルト	引張応力	346MPa	358MPa	444MPa	○	③ 358MPa 解析内で水平2方向及び鉛直方向の地震反力（応力）をSRSSした後、地震以外の反力（応力）を絶対値和して組合せ応力を算出

表2 動的／電氣的機能維持評価

設備	代表設備	相対変位 (水平1方向)	相対変位 (水平2方向)	確認済相対変位	判定	発生値（水平2方向）の算出方法 ①：地震・地震以外に分離し，地震による応力をSRSS ②：NS・EW方向別々の応力をSRSS（地震・地震以外は分離せず） ③：地震・地震以外に分離し，NS・EW方向別々の地震による応力をSRSS ④：その他（算出方法を記載）
制御棒挿入性	—	54.2mm	57.9mm	60mm	○	④NS方向の変位50.5mm，EW方向の変位54.2mmから相対変位を組合せ係数法で算出 $\sqrt{\{(54.2 \times 1.0)^2 + (50.5 \times 0.4)^2\}}$ $\approx 57.9\text{mm}$

個別設備に関する補足説明資料

目次

1. 水平 2 方向同時加振の影響評価について (原子炉圧力容器スタビライザ及び原子炉格納容器スタビライザ) ……	1
2. 水平 2 方向同時加振の影響評価について (蒸気乾燥器支持ブラケット) ……	5
3. 水平 2 方向同時加振の影響評価について (制御棒・破損燃料貯蔵ラック) ……	7
4. 水平 2 方向同時加振の影響評価について (円筒形容器) ……	9
5. 水平 2 方向同時加振の影響評価について (燃料交換機) ……	22
6. 水平 2 方向同時加振の影響について (応答軸が明確である設備) ……	26
7. 水平 2 方向同時加振の影響評価について (正方形配置されたボルト) ……	29
8. 水平 2 方向同時加振の影響評価について (円形配置されたボルト) ……	35
9. 水平 2 方向同時加振の影響評価について (電気盤) ……	38
10. 水平 2 方向同時加振の影響について (動的機能維持) ……	62
11. 水平 2 方向同時加振の影響について (疲労評価) ……	64
12. 制御棒挿入性評価に対する水平 2 方向地震力の組合せ方法 ……	70

1. 水平2方向同時加振の影響評価について（原子炉压力容器スタビライザ及び原子炉格納容器スタビライザ）

1.1 はじめに

本項は、原子炉压力容器スタビライザ（以下「RPVスタビライザ」という。）及び原子炉格納容器スタビライザ（以下「PCVスタビライザ」という。）に対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。

RPVスタビライザとPCVスタビライザは、地震時の水平方向荷重を周方向45°間隔で8体の構造部材にて支持する同様の設計であるため、以下水平2方向同時加振の影響については、RPVスタビライザを代表に記載する。

1.2 現行評価の手法

RPVスタビライザは、周方向45°間隔で8体配置されており、図1-1に地震荷重と各RPVスタビライザが分担する荷重の関係を示す。

水平方向の地震荷重に関して、現行評価ではRPVスタビライザ6体に各水平方向（X方向，Y方向）の最大地震力が負荷されるものとしている。

$$f = \text{MAX}\left(\frac{F_x}{4}, \frac{F_y}{4}\right)$$

ここで、

f : RPVスタビライザ1個が受けもつ最大地震荷重

F_x : X方向地震よりスタビライザ全体に発生する荷重

F_y : Y方向地震よりスタビライザ全体に発生する荷重

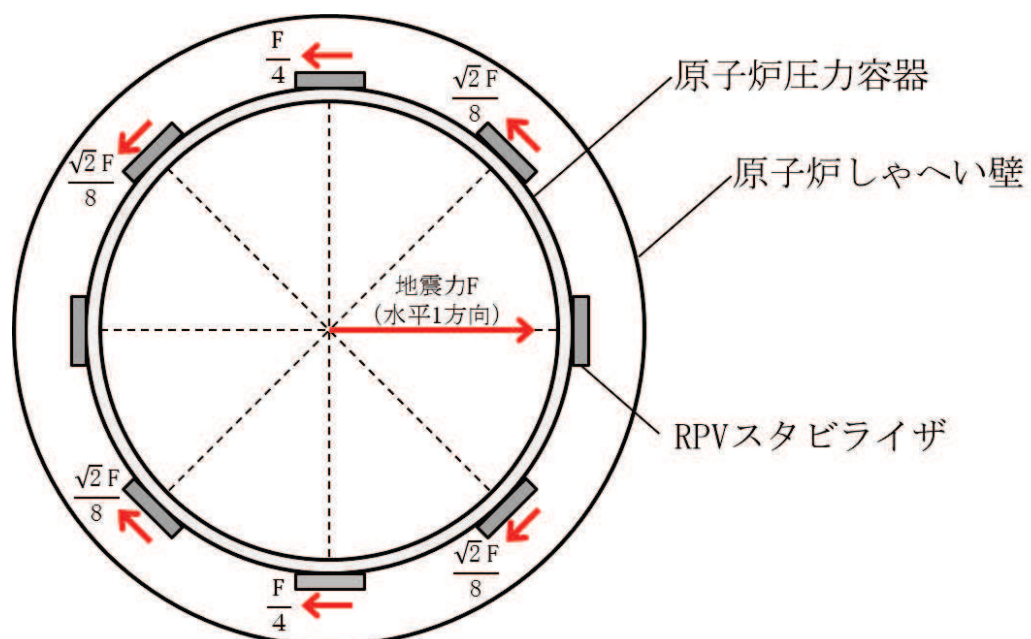


図1-1 原子炉压力容器スタビライザの水平地震荷重の分担（水平1方向）

1.3 水平2方向同時加振の影響

RPVスタビライザは、水平2方向の地震力を受けた場合においても、図1-2及び表1-1に示すとおり方向別地震荷重 F (F_x 又は F_y) に対する最大反力を受け持つ部位が異なる。

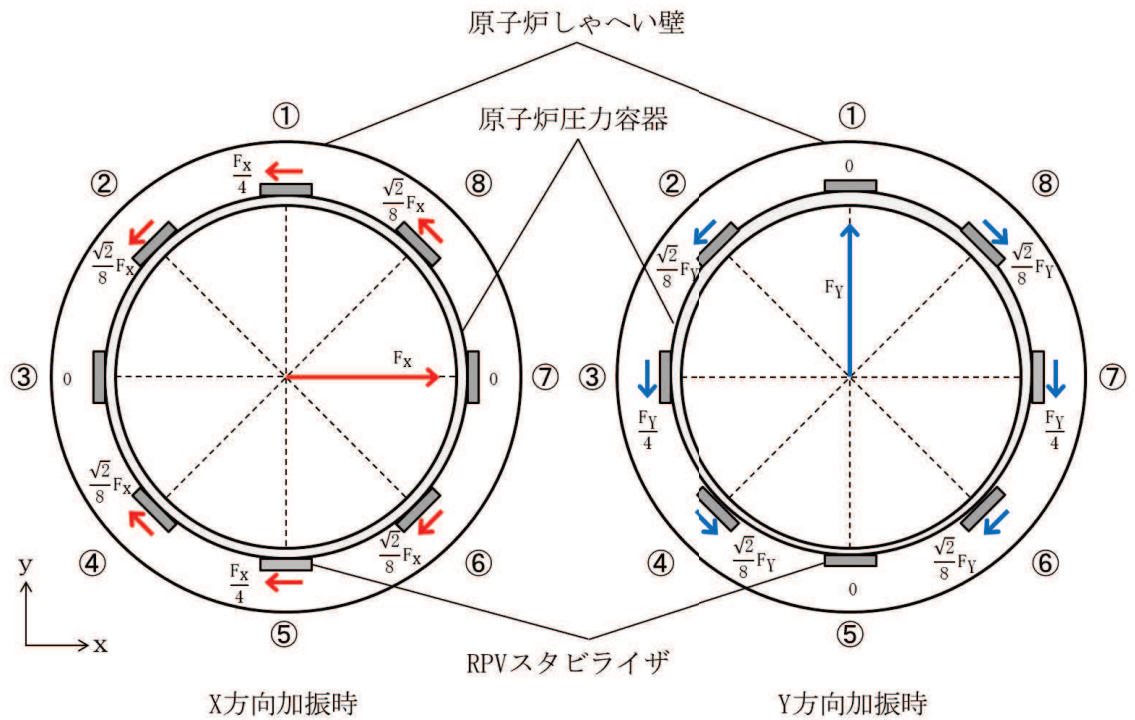


図1-2 原子炉压力容器スタビライザの水平地震荷重の分担

表 1-1 原子炉圧力容器スタビライザ各点での分担荷重

位置		方向別地震力 F に対する反力	
		X 方向	Y 方向
①	0°	$\frac{F_X}{4}$	0
②	45°	$\frac{\sqrt{2}}{8}F_X$	$\frac{\sqrt{2}}{8}F_Y$
③	90°	0	$\frac{F_Y}{4}$
④	135°	$\frac{\sqrt{2}}{8}F_X$	$\frac{\sqrt{2}}{8}F_Y$
⑤	180°	$\frac{F_X}{4}$	0
⑥	225°	$\frac{\sqrt{2}}{8}F_X$	$\frac{\sqrt{2}}{8}F_Y$
⑦	270°	0	$\frac{F_Y}{4}$
⑧	315°	$\frac{\sqrt{2}}{8}F_X$	$\frac{\sqrt{2}}{8}F_Y$
最大		$\frac{F_X}{4}$	$\frac{F_Y}{4}$

水平 2 方向地震力の組合せの考慮については、表 1-1 に示した水平 1 方向反力を用いて、X 方向、Y 方向同時には最大の地震力が発生しないと仮定し、以下の 2 つの方法にて検討を行った。

- ① 組合せ係数法： $F_Y = 0.4F_X$ と仮定し、X 方向、Y 方向のそれぞれの水平 1 方向応答結果を算術和する
- ② 最大応答の非同時性を考慮した SRSS 法： $F_Y = F_X$ と仮定し、X 方向、Y 方向のそれぞれの水平 1 方向応答結果を二乗和平方根にて合成する

上記検討の結果を表 1-2 に示す。いずれの検討方法を用いても、水平 2 方向反力の組合せ結果の最大値は f となり、これは水平 1 方向反力の最大値と同値である。

したがって、RPV スタビライザに対して水平 2 方向の影響はない。

表 1-2 原子炉压力容器スタビライザ各点における水平 2 方向の考慮

位置		組合せ係数法を用いた 水平 2 方向反力の組合せ ($F_Y = 0.4F_X$)	最大応答の非同時性を考慮した SRSS 法を用いた水平 2 方向反力の 組合せ ($F_Y = F_X$)
①	0°	$\frac{F_X}{4} = f$	$\frac{F_X}{4} = f$
②	45°	$\frac{\sqrt{2}}{8}F_X + \frac{\sqrt{2}}{8}F_Y$ $= \sqrt{2} \times 1.4 \times \frac{F_X}{8}$ $= 0.990 \times \frac{F_X}{4} < f$	$\sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}}{8}F_X\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{2}}{8}F_Y\right)^2}$ $= \frac{F_X}{4} = f$
③	90°	$\frac{F_Y}{4} = 0.4 \times \frac{F_X}{4} < f$	$\frac{F_Y}{4} = \frac{F_X}{4} = f$
④	135°	$\frac{\sqrt{2}}{8}F_X + \frac{\sqrt{2}}{8}F_Y$ $= \sqrt{2} \times 1.4 \times \frac{F_X}{8}$ $= 0.990 \times \frac{F_X}{4} < f$	$\sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}}{8}F_X\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{2}}{8}F_Y\right)^2}$ $= \frac{F_x}{4} = f$
⑤	180°	$\frac{F_X}{4} = f$	$\frac{F_X}{4} = f$
⑥	225°	$\frac{\sqrt{2}}{8}F_X + \frac{\sqrt{2}}{8}F_Y$ $= \sqrt{2} \times 1.4 \times \frac{F_X}{8}$ $= 0.990 \times \frac{F_X}{4} < f$	$\sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}}{8}F_X\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{2}}{8}F_Y\right)^2}$ $= \frac{F_X}{4} = f$
⑦	270°	$\frac{F_Y}{4} = 0.4 \times \frac{F_X}{4} < f$	$\frac{F_Y}{4} = \frac{F_X}{4} = f$
⑧	315°	$\frac{\sqrt{2}}{8}F_X + \frac{\sqrt{2}}{8}F_Y$ $= \sqrt{2} \times 1.4 \times \frac{F_X}{8}$ $= 0.990 \times \frac{F_X}{4} < f$	$\sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}}{8}F_X\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{2}}{8}F_Y\right)^2}$ $= \frac{F_X}{4} = f$
最大		f	f

2. 水平 2 方向同時加振の影響評価について（蒸気乾燥器支持ブラケット）

2.1 はじめに

本項は、蒸気乾燥器支持ブラケットに対する水平 2 方向同時加振の影響についてまとめたものである。

2.2 現行評価の手法

蒸気乾燥器支持ブラケットは、4 体配置されており、位置関係は図 2-1 のとおりとなる。

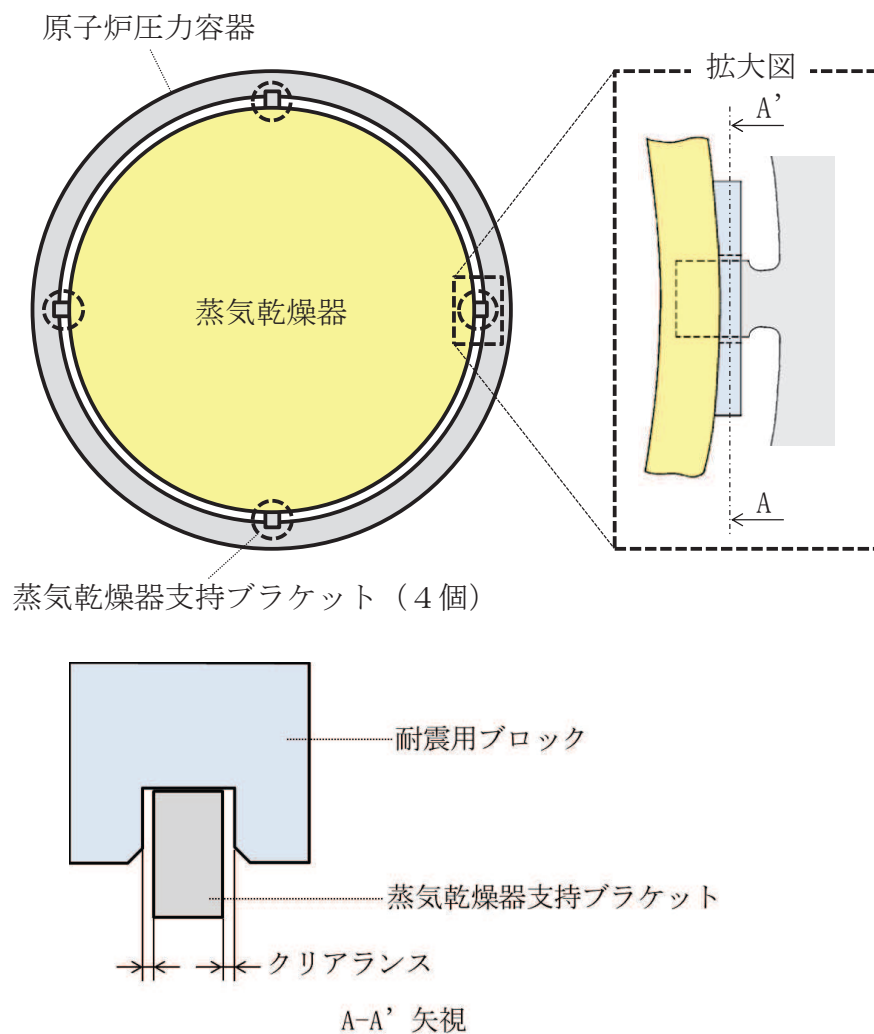


図 2-1 蒸気乾燥器支持ブラケットの位置

蒸気乾燥器支持ブラケットは、4 体で耐震用ブロックを介し蒸気乾燥器を支持する設計である。しかし、耐震用ブロックと蒸気乾燥器支持ブラケットの間にはクリアランスが存在し、水平地震動の入力方向によっては、4 体のうち対角のブラケット 2 体のみがその荷重を負担する可能性があるため、現行評価では対角のブラケット 2 体に

より、水平2方向の地震荷重を支持するものとして評価している。

図2-2に、評価においてブラケットに負荷される水平方向の地震荷重を示す。

$$F_x = F_y = \frac{F}{2}$$

F : 蒸気乾燥器から受ける地震時の水平方向荷重

F_x : X方向地震よりブラケットに発生する水平方向荷重

F_y : Y方向地震よりブラケットに発生する水平方向荷重

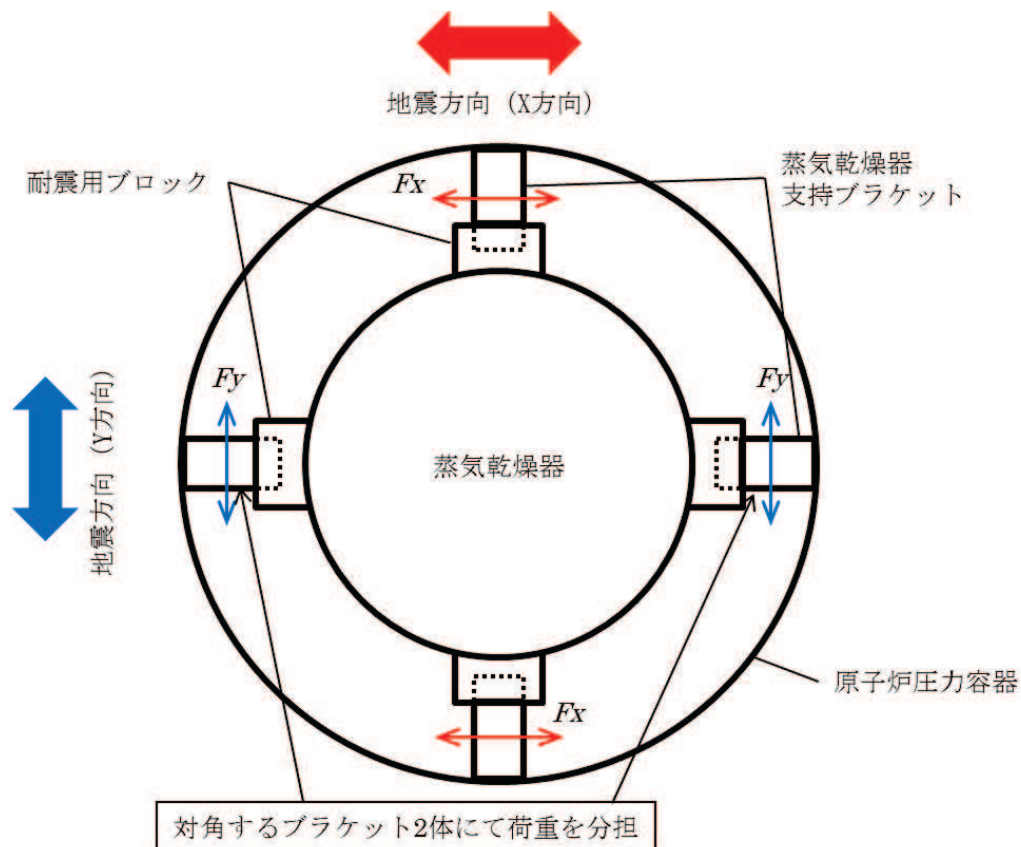


図 2-2 評価におけるブラケットの負荷荷重

2.3 水平2方向同時加振の影響

蒸気乾燥器支持ブラケットは、現行評価において、水平2方向の地震荷重を同時に考慮し、ブラケットと耐震用ブロックの接触状態として想定される最も厳しい状態として4体のブラケットのうち2体でその荷重を支持すると評価しており、水平2方向同時加振による現行の評価結果への影響はない。

3. 水平 2 方向同時加振の影響評価について（制御棒・破損燃料貯蔵ラック）

3.1 はじめに

本項は、制御棒・破損燃料貯蔵ラック（以下「ラック」という。）の支持ビームに対する水平 2 方向同時加振の影響についてまとめたものである。

3.2 支持ビームの構造

本支持ビームは、ラックの耐震上弱軸方向となる短辺方向の転倒防止を目的として、使用済燃料貯蔵プール壁面から腕を張り出す形で設置されており、ラックの短辺方向側を支持し、長辺方向側は荷重を受けない構造となっている（図 3-1）。

3.3 水平 2 方向の地震力による影響について

現行評価において、支持ビームの応力は、地震力によりラックから入力される荷重（反力）、支持ビーム自身の荷重（自重及び自身の慣性力）と、部材の断面特性を用いて下記の地震条件時のそれぞれについて求めている。

- ・長辺方向（水平 x 方向）＋鉛直方向
- ・短辺方向（水平 y 方向）＋鉛直方向

長辺方向（x 方向）の地震の場合、支持ビームはラックを支持していないため、ラックから入力される荷重（反力）は生じず、支持ビーム自身の慣性力による応力のみが発生する。短辺方向（y 方向）の地震の場合、支持ビームには、ラックからの反力と自身の慣性力による応力が発生する。支持ビーム自身の慣性力は、いずれの方向の地震においても、ラックからの反力と比較して小さい。

したがって、支持ビームの応力は、水平 1 方向（短辺方向（y 方向））の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平 2 方向入力の影響は軽微である。

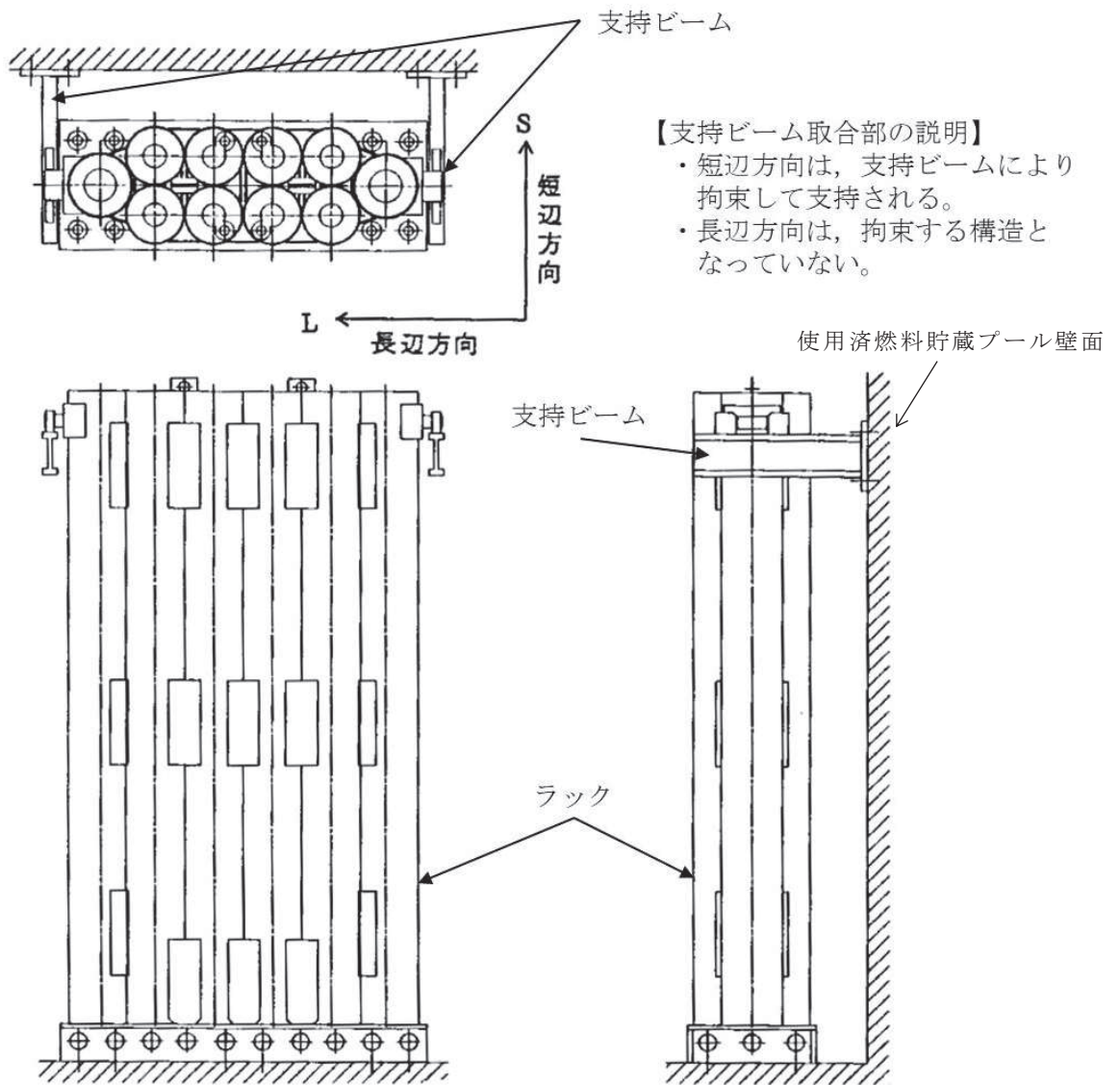


図3-1 制御棒・破損燃料貯蔵ラック設置状態

4. 水平 2 方向同時加振の影響評価について（円筒形容器）

4.1 はじめに

本項は、水平地震動が水平 2 方向に作用した場合の円筒形容器に対する影響を FEM で確認した結果をまとめたものである。

円筒形容器については、別紙 4.1 にて記載しているとおおり、X 方向地震と Y 方向地震とでは最大応力点が異なるため、それぞれの地震による応力を組み合わせても影響軽微としている。本項には、別紙 4.1 にて記載していることを解析にて確認することを目的として、円筒形容器の FEM モデルを用いた解析を実施した結果を示す。ここで、本検討は軸方向応力、周方向応力及びせん断応力の組合せに基づく胴の応力強さを対象としたものである。

具体的な確認項目として、以下 2 点を確認した。

- ① X 方向地震と Y 方向地震とで最大応力点が異なることの確認
- ② 最大応力点以外に、X 方向地震と Y 方向地震による応力を組み合わせた場合に影響のあるような点があるかを確認

4.2 影響評価検討

評価検討モデル及び応力の定義について図 4-1 に示す。なお、応力については要素ごとの局部座標系として図 4-1 に示すように定義する。検討方法を以下に示す。

- ・ 検討方法 : 水平地震力 1G を X 方向へ入力し、周方向の 0° 方向から 90° 方向にかけて応力分布を確認する。また、水平 1 方向地震による応力を用いて水平 2 方向地震による応力を評価する。
- ・ 検討モデル : たて置き円筒形容器をシェル要素にてモデル化
- ・ 拘束点 : 容器基部を拘束
- ・ 荷重条件 : モデル座標の X 方向に水平地震力 1G を負荷
- ・ 解析手法 : 静的解析
- ・ 対象部位及び応力 : 容器基部における応力強さ
- ・ 水平 2 方向同時加振時の考慮方法
 - 組合せ係数法（最大応答の非同時性を考慮）
 - SRSS 法（最大応答の非同時性を考慮）

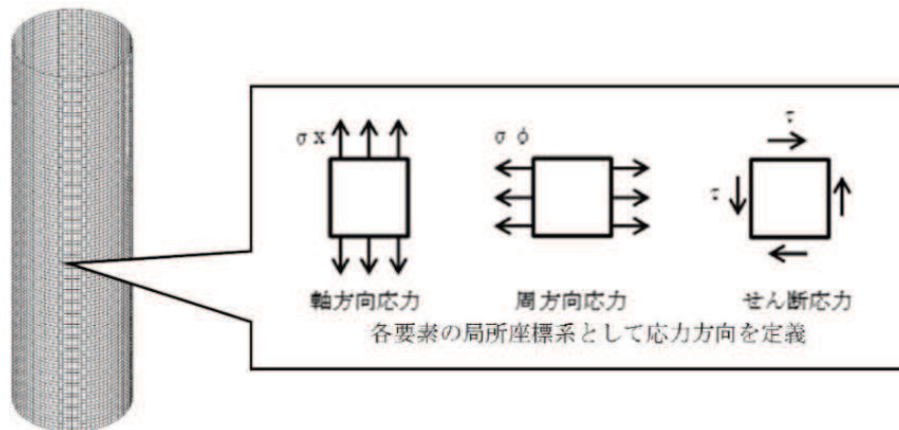


図4-1 評価検討モデル及び各応力の定義

4.3 検討結果

4.3.1 軸方向応力 σ_x

容器基部における水平地震時の軸方向応力コンター図を図 4-2 に示す。

この結果より、最大応力点は $0^\circ / 180^\circ$ 位置に発生していることが分かる。円筒形容器のため評価部位が円形の一様断面であることから、Y 方向から水平地震力を入力した場合においても、最大応力点は $90^\circ / 270^\circ$ 位置に発生することは明白であるため、水平方向地震動の入力方向により最大応力点は異なる。

また、表-1 に X 方向、Y 方向、2 方向入力時の軸方向応力分布を示す。

中間部 ($0^\circ / 90^\circ$ 方向以外) において 2 方向入力時の影響が確認できる。なお、組合せ係数法及び SRSS 法のそれぞれを用いた水平 2 方向入力時の応力 $\sigma_{x,c}(\theta)$ 及び $\sigma_{x,s}(\theta)$ は、水平 1 方向入力時の軸方向応力解析結果 (X 方向入力時応力 $\sigma_{x,X}(\theta)$ 、Y 方向入力時応力 $\sigma_{x,Y}(\theta)$) により、以下のとおり算出する。

< 組合せ係数法 >

$$\sigma_{x,c}(\theta) = \max (\sigma_{x,c(X)}(\theta), \sigma_{x,c(Y)}(\theta))$$

ただし、 $\sigma_{x,c(X)}(\theta)$ は $\sigma_{x,X}(\theta)$ に 1、 $\sigma_{x,Y}(\theta)$ に 0.4 の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれの軸方向応力を組み合わせた応力、 $\sigma_{x,c(Y)}(\theta)$ は $\sigma_{x,Y}(\theta)$ に 1、 $\sigma_{x,X}(\theta)$ に 0.4 の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれの応力を組み合わせた応力であり、以下のように表される。

$$\sigma_{x,c(X)}(\theta) = \sigma_{x,X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{x,Y}(\theta)$$

$$\sigma_{x,c(Y)}(\theta) = 0.4 \times \sigma_{x,X}(\theta) + \sigma_{x,Y}(\theta)$$

< SRSS 法 >

$$\sigma_{x,s}(\theta) = \sqrt{\sigma_{x,X}(\theta)^2 + \sigma_{x,Y}(\theta)^2}$$

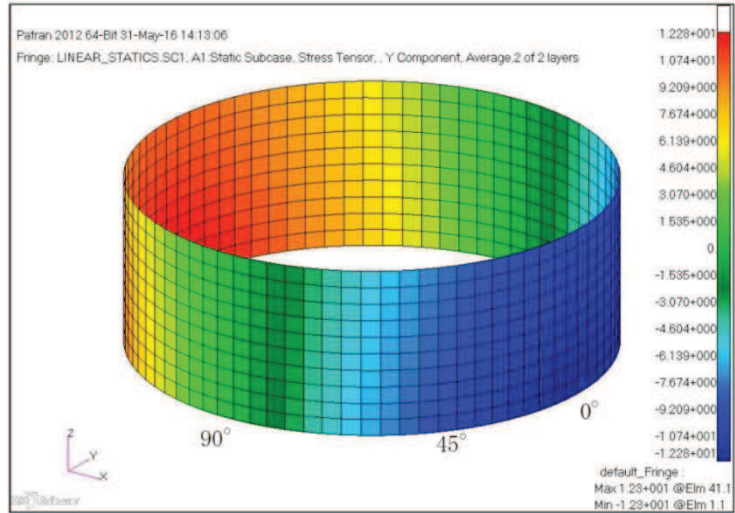


図4-2 水平地震時軸方向応力コンター図

表 4-1 水平地震時の軸方向応力分布

角度	X 方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{x,x}(\theta)$	Y 方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{x,y}(\theta)$	2 方向入力時応力 (MPa)	
			組合せ係数法 $\sigma_{x,c}(\theta)$	SRSS 法 $\sigma_{x,s}(\theta)$
0° 方向	12.28	0.00	12.28 $\sigma_{x,c(x)}(0^\circ) = 12.28$ $\sigma_{x,c(y)}(0^\circ) = 4.91$	12.28
22.5° 方向	11.34	4.70	13.22 $\sigma_{x,c(x)}(22.5^\circ) = 13.22$ $\sigma_{x,c(y)}(22.5^\circ) = 9.24$	12.28
45° 方向	8.68	8.68	12.15 $\sigma_{x,c(x)}(45^\circ) = 12.15$ $\sigma_{x,c(y)}(45^\circ) = 12.15$	12.28
67.5° 方向	4.70	11.34	13.22 $\sigma_{x,c(x)}(67.5^\circ) = 9.24$ $\sigma_{x,c(y)}(67.5^\circ) = 13.22$	12.28
90° 方向	0.00	12.28	12.28 $\sigma_{x,c(x)}(90^\circ) = 4.91$ $\sigma_{x,c(y)}(90^\circ) = 12.28$	12.28

4.3.2 周方向応力 σ_ϕ

容器基部における水平地震時の周方向応力コンター図を図 4-3 に、周方向応力分布を表 4-2 に示す。軸方向応力同様に最大応力点は $0^\circ / 180^\circ$ 位置に発生しており、最大応力点が異なることについて確認できる。

また、2 方向入力時の影響についても軸方向応力と同様に中間部 ($0^\circ / 90^\circ$ 方向以外) において 2 方向入力時の影響が確認できる。なお、組合せ係数法及び SRSS 法のそれぞれを用いた水平 2 方向入力時の応力 $\sigma_{\phi,c}(\theta)$ 及び $\sigma_{\phi,s}(\theta)$ は、水平 1 方向入力時の周方向応力解析結果 (X 方向入力時応力 $\sigma_{\phi,X}(\theta)$, Y 方向入力時応力 $\sigma_{\phi,Y}(\theta)$) により、以下のとおり算出する。

< 組合せ係数法 >

$$\sigma_{\phi,c}(\theta) = \max (\sigma_{\phi,c(X)}(\theta), \sigma_{\phi,c(Y)}(\theta))$$

ただし、 $\sigma_{\phi,c(X)}(\theta)$ は $\sigma_{\phi,X}(\theta)$ に 1, $\sigma_{\phi,Y}(\theta)$ に 0.4 の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれの周方向応力を組み合わせた応力、 $\sigma_{\phi,c(Y)}(\theta)$ は $\sigma_{\phi,Y}(\theta)$ に 1, $\sigma_{\phi,X}(\theta)$ に 0.4 の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれの応力を組み合わせた応力であり、以下のように表される。

$$\sigma_{\phi,c(X)}(\theta) = \sigma_{\phi,X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{\phi,Y}(\theta)$$

$$\sigma_{\phi,c(Y)}(\theta) = 0.4 \times \sigma_{\phi,X}(\theta) + \sigma_{\phi,Y}(\theta)$$

< SRSS 法 >

$$\sigma_{\phi,s}(\theta) = \sqrt{\sigma_{\phi,X}(\theta)^2 + \sigma_{\phi,Y}(\theta)^2}$$

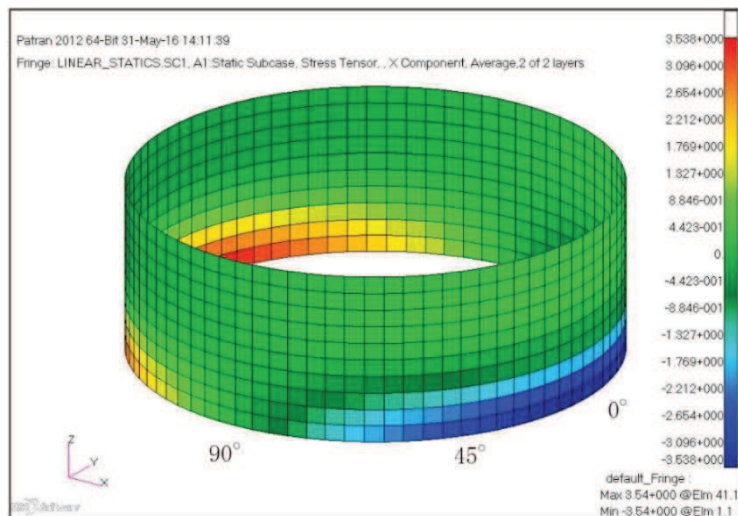


図4-3 水平地震時周方向応力コンター図

表 4-2 水平地震時の周方向応力分布

角度	X 方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{\phi, X}(\theta)$	Y 方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{\phi, Y}(\theta)$	2 方向入力時応力 (MPa)	
			組合せ係数法 $\sigma_{\phi, c}(\theta)$	SRSS 法 $\sigma_{\phi, s}(\theta)$
0° 方向	3.54	0.00	3.54 $\sigma_{\phi, c(x)}(0^\circ) = 3.54$ $\sigma_{\phi, c(y)}(0^\circ) = 1.42$	3.54
22.5° 方向	3.27	1.35	3.81 $\sigma_{\phi, c(x)}(22.5^\circ) = 3.81$ $\sigma_{\phi, c(y)}(22.5^\circ) = 2.66$	3.54
45° 方向	2.50	2.50	3.50 $\sigma_{\phi, c(x)}(45^\circ) = 3.50$ $\sigma_{\phi, c(y)}(45^\circ) = 3.50$	3.54
67.5° 方向	1.35	3.27	3.81 $\sigma_{\phi, c(x)}(67.5^\circ) = 2.66$ $\sigma_{\phi, c(y)}(67.5^\circ) = 3.81$	3.54
90° 方向	0.00	3.54	3.54 $\sigma_{\phi, c(x)}(90^\circ) = 1.42$ $\sigma_{\phi, c(y)}(90^\circ) = 3.54$	3.54

4.3.3 せん断応力 τ

容器基部における水平地震時のせん断応力コンター図を図 4-4 に示し、せん断応力分布を表 4-3 に示す。せん断応力は軸方向及び周方向応力とは異なり、最大応力は 90° /270° 位置に生じているが、最大応力と最小応力の生じる点が回転しているのみで応力の傾向として最大応力点が異なることについて確認できる。

また、2 方向入力時の影響についても軸方向応力、周方向応力と同様に中間部 (0° /90° 方向以外) において 2 方向入力時の影響が確認できる。なお、組合せ係数法及び SRSS 法のそれぞれを用いた水平 2 方向入力時の応力 $\tau_c(\theta)$ 及び $\tau_s(\theta)$ は、水平 1 方向入力時のせん断応力解析結果 (X 方向入力時応力 $\tau_X(\theta)$ 、Y 方向入力時応力 $\tau_Y(\theta)$) により、以下のとおり算出する。

< 組合せ係数法 >

$$\tau_c(\theta) = \max(\tau_{c(x)}(\theta), \tau_{c(y)}(\theta))$$

ただし、 $\tau_{c(x)}(\theta)$ は $\tau_X(\theta)$ に 1、 $\tau_Y(\theta)$ に 0.4 の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれのせん断応力を組み合わせた応力、 $\tau_{c(y)}(\theta)$ は $\tau_Y(\theta)$ に

1, $\tau_x(\theta)$ に 0.4 の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれの応力を組み合わせた応力であり, 以下のように表される。

$$\tau_{c(X)}(\theta) = \tau_x(\theta) + 0.4 \times \tau_y(\theta)$$

$$\tau_{c(Y)}(\theta) = 0.4 \times \tau_x(\theta) + \tau_y(\theta)$$

< SRSS 法 >

$$\tau_s(\theta) = \sqrt{\tau_{c(X)}(\theta)^2 + \tau_{c(Y)}(\theta)^2}$$

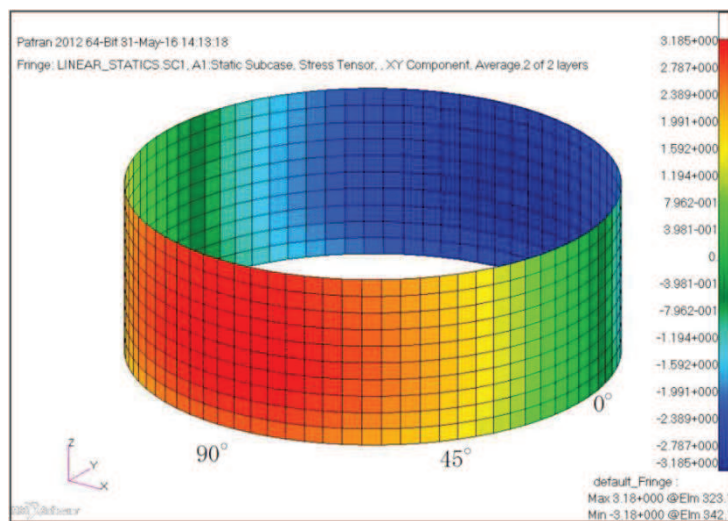


図4-4 水平地震時せん断応力コンター図

表 4-3 水平地震時のせん断応力分布

角度	X 方向入力時 応力 (MPa) $\tau_x(\theta)$	Y 方向入力時 応力 (MPa) $\tau_y(\theta)$	2 方向入力時応力 (MPa)	
			組合せ係数法 $\tau_c(\theta)$	SRSS 法 $\tau_s(\theta)$
0° 方向	0.00	2.70	2.70 $\tau_{c(x)}(0^\circ) = 1.08$ $\tau_{c(y)}(0^\circ) = 2.70$	2.70
22.5° 方向	1.03	2.49	2.91 $\tau_{c(x)}(22.5^\circ) = 2.03$ $\tau_{c(y)}(22.5^\circ) = 2.91$	2.70
45° 方向	1.91	1.91	2.67 $\tau_{c(x)}(45^\circ) = 2.67$ $\tau_{c(y)}(45^\circ) = 2.67$	2.70
67.5° 方向	2.49	1.03	2.91 $\tau_{c(x)}(67.5^\circ) = 2.91$ $\tau_{c(y)}(67.5^\circ) = 2.03$	2.70
90° 方向	2.70	0.00	2.70 $\tau_{c(x)}(90^\circ) = 2.70$ $\tau_{c(y)}(90^\circ) = 1.08$	2.70

4.3.4 応力強さ σ

胴の応力強さ σ は、表 4-1~3 に示した X 方向、Y 方向、2 方向入力時それぞれの軸方向応力 σ_x 、周方向応力 σ_ϕ 及びせん断応力 τ を組み合わせ、耐震評価結果として用いている。

< 水平 1 方向のうち、X 方向入力時の組合せ応力強さ $\sigma_x(\theta)$ >

主応力 $\sigma_{1,x}(\theta)$ 、 $\sigma_{2,x}(\theta)$ 、 $\sigma_{3,x}(\theta)$ は以下のとおりに表される。

$$\sigma_{1,x}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,x}(\theta) + \sigma_{\phi,x}(\theta) + \sqrt{(\sigma_{x,x}(\theta) - \sigma_{\phi,x}(\theta))^2 + 4\tau_x(\theta)^2} \right)$$

$$\sigma_{2,x}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,x}(\theta) + \sigma_{\phi,x}(\theta) - \sqrt{(\sigma_{x,x}(\theta) - \sigma_{\phi,x}(\theta))^2 + 4\tau_x(\theta)^2} \right)$$

$$\sigma_{3,x}(\theta) = 0$$

各主応力により、応力強さ $\sigma_x(\theta)$ は以下のとおりとなる。

$$\sigma_x(\theta) = \max(|\sigma_{1,x}(\theta) - \sigma_{2,x}(\theta)|, |\sigma_{2,x}(\theta) - \sigma_{3,x}(\theta)|, |\sigma_{3,x}(\theta) - \sigma_{1,x}(\theta)|)$$

なお、Y方向入力時の応力強さ $\sigma_Y(\theta)$ は、上記の式における X を Y に置き換えた式により算出する。

ここで $\theta = 0^\circ$ の場合、表 4-1 より $\sigma_{x,x}(0^\circ) = 12.28$ 、第 4-2 表より $\sigma_{\phi,x}(0^\circ) = 3.54$ 、表 4-3 より $\tau_x(0^\circ) = 0$ であるため

$$\sigma_{1,x}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(0)^2} \right) = 12.28$$

$$\sigma_{2,x}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(0)^2} \right) = 3.54$$

$$\sigma_{3,x}(0^\circ) = 0$$

となる。したがって、

$$\sigma_x(0^\circ) = \max(|12.28 - 3.54|, |3.54 - 0|, |0 - 12.28|) = 12.28$$

< 組合せ係数法による水平 2 方向同時加振を考慮した応力強さ $\sigma_c(\theta)$ >
 $\sigma_c(\theta)$ の算出フローを図 4-5 に示す。

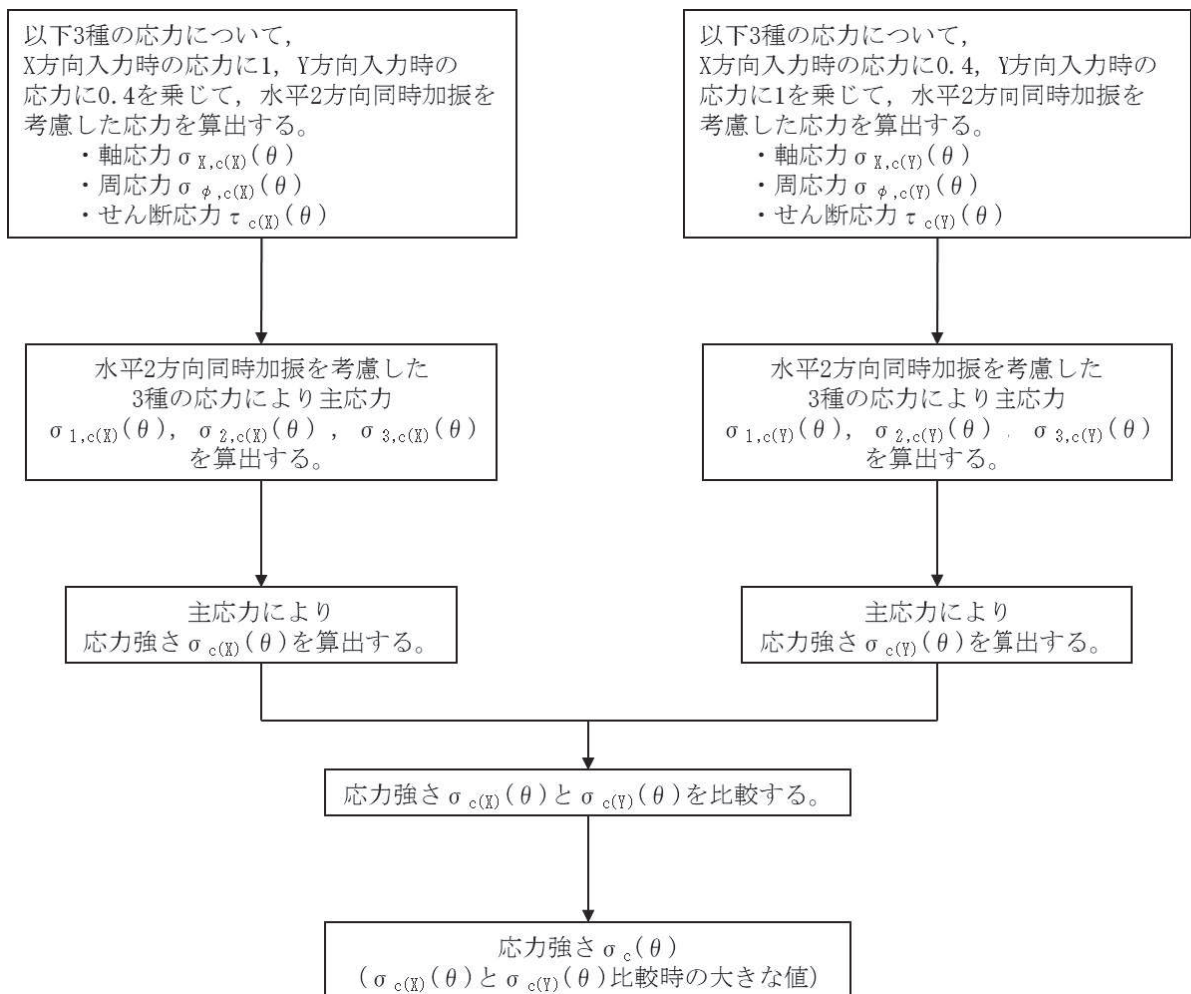


図4-5 組合せ係数法による応力強さ算出フロー

X 方向入力時の応力に 1, Y 方向入力時の応力に 0.4 を乗じて組み合わせた水平 2 方向同時加振を考慮した応力は以下のとおりとなる。

$$\sigma_{x,c(X)}(\theta) = \sigma_{x,X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{x,Y}(\theta)$$

$$\sigma_{\phi,c(X)}(\theta) = \sigma_{\phi,X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{\phi,Y}(\theta)$$

$$\tau_{c(X)}(\theta) = \tau_X(\theta) + 0.4 \times \tau_Y(\theta)$$

水平 2 方向同時加振を考慮した各応力により, 主応力 $\sigma_{1,c(X)}(\theta)$, $\sigma_{2,c(X)}(\theta)$, $\sigma_{3,c(X)}(\theta)$ は以下のとおりに表される。

$$\sigma_{1,c(X)}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,c(X)}(\theta) + \sigma_{\phi,c(X)}(\theta) + \sqrt{(\sigma_{x,c(X)}(\theta) - \sigma_{\phi,c(X)}(\theta))^2 + 4\tau_{c(X)}(\theta)^2} \right)$$

$$\sigma_{2,c(X)}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,c(X)}(\theta) + \sigma_{\phi,c(X)}(\theta) - \sqrt{(\sigma_{x,c(X)}(\theta) - \sigma_{\phi,c(X)}(\theta))^2 + 4\tau_{c(X)}(\theta)^2} \right)$$

$$\sigma_{3,c(X)}(\theta) = 0$$

各主応力により, 応力強さ $\sigma_{c(X)}(\theta)$ は以下のとおりとなる。

$$\sigma_{c(X)}(\theta) = \max(|\sigma_{1,c(X)}(\theta) - \sigma_{2,c(X)}(\theta)|, |\sigma_{2,c(X)}(\theta) - \sigma_{3,c(X)}(\theta)|, |\sigma_{3,c(X)}(\theta) - \sigma_{1,c(X)}(\theta)|)$$

同様に, Y 方向入力時の応力に 1, X 方向入力時の応力に 0.4 を乗じて組み合わせた水平 2 方向同時加振を考慮した応力により, 応力強さ $\sigma_{c(Y)}(\theta)$ を算出する。

この応力強さ $\sigma_{c(X)}(\theta)$ と $\sigma_{c(Y)}(\theta)$ を比較し, 大きな値を $\sigma_c(\theta)$ とする。

$$\sigma_c(\theta) = \max(\sigma_{c(X)}(\theta), \sigma_{c(Y)}(\theta))$$

ここで $\theta = 0^\circ$ の場合, 第 4-1 表より $\sigma_{x,c(X)}(0^\circ) = 12.28$, 表 4-2 より

$\sigma_{\phi,c(X)}(0^\circ) = 3.54$, 第 4-3 表より $\tau_{c(X)}(0^\circ) = 1.08$ であるため,

$$\sigma_{1,c(X)}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(1.08)^2} \right) = 12.41$$

$$\sigma_{2,c(X)}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(1.08)^2} \right) = 3.41$$

$$\sigma_{3,c(X)}(0^\circ) = 0$$

となる。したがって, 応力強さ $\sigma_{c(X)}(0^\circ)$ は以下のように算出される。

$$\sigma_{c(X)}(0^\circ) = \max(|12.41 - 3.41|, |3.41 - 0|, |0 - 12.41|) = 12.41$$

同様に, 表 4-1 より $\sigma_{x,c(Y)}(0^\circ) = 4.91$, 第 4-2 表より $\sigma_{\phi,c(Y)}(0^\circ) = 1.42$, 表 4-3 より $\tau_{c(Y)}(0^\circ) = 2.70$ であるため

$$\sigma_{1,c(Y)}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(4.91 + 1.42 + \sqrt{(4.91 - 1.42)^2 + 4(2.70)^2} \right) = 6.38$$

$$\sigma_{2,c(x)}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(4.91 + 1.42 - \sqrt{(4.91 - 1.42)^2 + 4(2.70)^2} \right) = -0.05$$

$$\sigma_{3,c(x)}(0^\circ) = 0$$

となる。したがって、応力強さ $\sigma_{c(y)}(0^\circ)$ は以下のように算出される。

$$\sigma_{c(x)}(0^\circ) = \max(|6.38 - (-0.05)|, |-0.05 - 0|, |0 - 6.38|) = 6.43$$

応力強さ $\sigma_{c(x)}(0^\circ)$ と $\sigma_{c(y)}(0^\circ)$ により、組合せ係数法による水平 2 方向同時加振時を考慮した応力強さ $\sigma_c(0^\circ)$ は

$$\sigma_c(0^\circ) = \max(12.41, 6.43) = 12.41$$

となる。

<SRSS 法による水平 2 方向同時加振を考慮した応力強さ $\sigma_s(\theta)$ >

主応力 $\sigma_{1,s}(\theta)$, $\sigma_{2,s}(\theta)$, $\sigma_{3,s}(\theta)$ は以下のとおりに表される。

$$\sigma_{1,s}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,s}(\theta) + \sigma_{\phi,s}(\theta) + \sqrt{(\sigma_{x,s}(\theta) - \sigma_{\phi,s}(\theta))^2 + 4\tau_s(\theta)^2} \right)$$

$$\sigma_{2,s}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,s}(\theta) + \sigma_{\phi,s}(\theta) - \sqrt{(\sigma_{x,s}(\theta) - \sigma_{\phi,s}(\theta))^2 + 4\tau_s(\theta)^2} \right)$$

$$\sigma_{3,s}(\theta) = 0$$

各主応力により、応力強さ $\sigma_s(\theta)$ は以下のとおりとなる。

$$\sigma_s(\theta) = \max(|\sigma_{1,s}(\theta) - \sigma_{2,s}(\theta)|, |\sigma_{2,s}(\theta) - \sigma_{3,s}(\theta)|, |\sigma_{3,s}(\theta) - \sigma_{1,s}(\theta)|)$$

ここで $\theta = 0^\circ$ の場合には、表 4-1 より $\sigma_{x,s}(0^\circ) = 12.28$ 、表 4-2 より $\sigma_{\phi,s}(0^\circ) = 3.54$ 、表 4-3 より $\tau_s(0^\circ) = 2.70$ であるため、

$$\sigma_{1,s}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(2.70)^2} \right) = 13.05$$

$$\sigma_{2,s}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(2.70)^2} \right) = 2.77$$

$$\sigma_{3,s}(0^\circ) = 0$$

となる。したがって、

$$\sigma_s(0^\circ) = \max(|13.05 - 2.77|, |2.77 - 0|, |0 - 13.05|) = 13.05$$

$\theta = 0^\circ$ の場合に SRSS 法、組合せ係数法を用いて算出した応力強さを表 4-4 にまとめる。

表 4-4 SRSS 法，組合せ係数法を用いて算出した応力強さ（ $\theta = 0^\circ$ ）

	X	Y	SRSS 法	組合せ係数法	
				$1.0 \times X + 0.4 \times Y$	$0.4 \times X + 1.0 \times Y$
$\sigma_x(\theta)$	12.28	0.00	$\sqrt{(12.28^2 + 0.00^2)} =$ 12.28	$12.28 \times 1.0 + 0.00 \times 0.4 =$ 12.28	$12.28 \times 0.4 + 0.00 \times 1.0 =$ 4.91
$\sigma_\phi(\theta)$	3.54	0.00	$\sqrt{(3.54^2 + 0.00^2)} =$ 3.54	$3.54 \times 1.0 + 0.00 \times 0.4 =$ 3.54	$3.54 \times 0.4 + 0.00 \times 1.0 =$ 1.42
$\tau(\theta)$	0.00	2.70	$\sqrt{(0.00^2 + 2.70^2)} =$ 2.70	$0.00 \times 1.0 + 2.70 \times 0.4 =$ 1.08	$0.00 \times 0.4 + 2.70 \times 1.0 =$ 2.70
$\sigma_1(\theta)$	-	-	$1/2 \times [12.28 + 3.54 +$ $\sqrt{\{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times 2.70^2\}}] =$ 13.05	$1/2 \times [12.28 + 3.54 +$ $\sqrt{\{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times 1.08^2\}}] =$ 12.41	$1/2 \times [4.91 + 1.42 +$ $\sqrt{\{(4.91 - 1.42)^2 + 4 \times 2.70^2\}}] =$ 6.38
$\sigma_2(\theta)$	-	-	$1/2 \times [12.28 + 3.54 -$ $\sqrt{\{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times 2.70^2\}}] =$ 2.77	$1/2 \times [12.28 + 3.54 -$ $\sqrt{\{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times 1.08^2\}}] =$ 3.41	$1/2 \times [4.91 + 1.42 -$ $\sqrt{\{(4.91 - 1.42)^2 + 4 \times 2.70^2\}}] =$ -0.05
$\sigma_3(\theta)$	-	-	0	0	0
$\sigma(\theta)$	-	-	MAX ($ 13.05 - 2.77 $, $ 2.77 - 0 $, $ 0 - 13.05 $) = 13.05	MAX ($ 12.41 - 3.41 $, $ 3.41 - 0 $, $ 0 - 12.41 $) = 12.41	MAX ($ 6.38 - (-0.05) $, $ -0.05 - 0 $, $ 0 - 6.38 $) = 6.43
				Max(12.41, 6.43) = 12.41	

別紙 4.4-19

(注) 本表記載の数値は計算例を示すものであり，実際の評価とは桁数処理の関係上，一致しないことがある。

算出した応力強さの分布及び分布図を表 4-5 及び図 4-6 に示す。

表4-5 水平地震時の応力強さ分布

角度	X 方向入力時 応力強さ (MPa) $\sigma_x (\theta)$	Y 方向入力時 応力強さ (MPa) $\sigma_y (\theta)$	2 方向入力時応力強さ (MPa)	
			組合せ係数法 $\sigma_c (\theta)$	SRSS 法 $\sigma_s (\theta)$
0° 方向	12.28	5.40	12.41	13.04
22.5° 方向	11.47	6.03	13.64	13.04
45° 方向	9.22	9.22	12.91	13.04
67.5° 方向	6.03	11.47	13.64	13.04
90° 方向	5.40	12.28	12.41	13.04

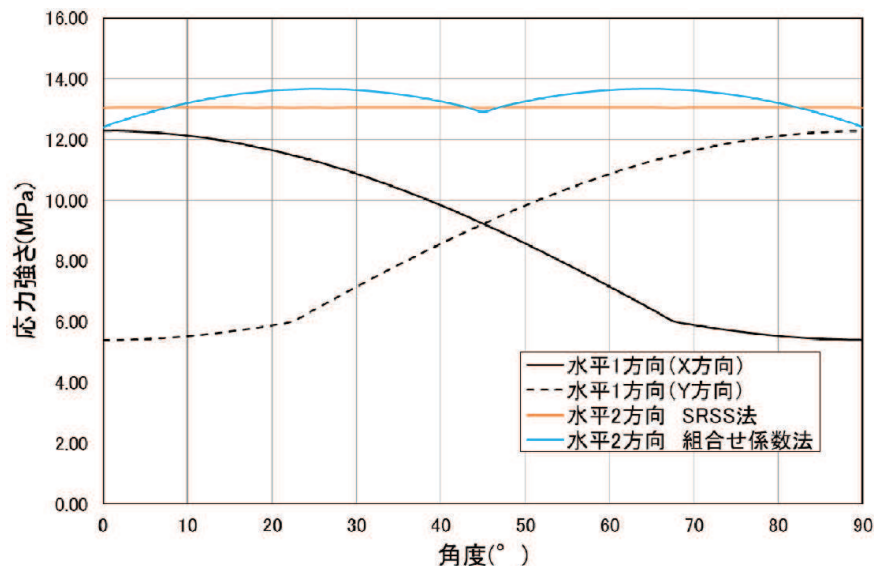


図 4-6 水平地震時応力強さ分布図

応力強さは SRSS 法では全方向において一定であるのに対して、組合せ係数法では 24.75° /65.25° 方向に 2 つのピークをもつ分布となった。応力強さは 0° /45° /90° 方向付近では SRSS 法の方が組合せ係数法に比べ大きな値となるのに対して、組合せ係数法がピークを持つ 24.75° /65.25° 方向付近では SRSS 法を約 5%上回る結果となった。

水平 2 方向入力時の SRSS 法による最大応力強さは水平 1 方向入力時の最大応力強さに対して 6%上回る程度であり (第 4-6 表参照)、水平 2 方向による影響は軽微と言える。一方、水平 2 方向入力時の組合せ係数法による最大応力強さについては、水平 1 方向入力時の最大応力強さに対して 11%上回る結果となった。これは水平 2 方向の影響軽微と判断する基準(応力の増分が 1 割)を超えているが、

本検討においては水平地震力のみを考慮しており，実際の耐震評価においては水平地震力以外に自重，内圧及び鉛直地震力等を考慮して評価を実施することから，水平2方向を考慮した際の応力強さの増分は小さくなる。このため，水平2方向による影響は軽微であると考えられる。

表4-6 水平地震時の最大応力強さ及び水平2方向による影響

		最大応力強さ (MPa)	水平2方向／水平1方向 最大応力強さ比
水平1方向入力		12.28	—
水平2方向入力	SRSS法	13.05	1.06
	組合せ係数法	13.67	1.11

5. 水平 2 方向同時加振の影響評価について（燃料交換機）

5.1 はじめに

本項は、燃料交換機（以下「FHM」という。）に対する水平 2 方向同時加振の影響についてまとめたものである。

5.2 既工認評価の手法

FHM はレール上を車輪で移動する構造であるため、基本的には建屋との固定はないが、地震時に横行方向（走行レールに対し直角方向）にすべりが生じた場合は、レールに沿って取り付けられているブリッジ転倒防止装置がレールの側面と接触し、FHM のすべりを制限する構造となっている。つまり、ブリッジ転倒防止装置とレールが接触し、FHM が横行方向に建屋と固定された体系では、地震入力も FHM 本体へそのまま伝達されることが想定される。

一方、走行方向（走行レールの長手方向）については、FHM の車輪とレールの接触面（踏面）を介して FHM 本体へと荷重が伝達される構造であり、その荷重は摩擦力により制限されるため、地震入力により生じる荷重は軽微（FHM 本体への影響は軽微）と考えられる。

上記より、FHM 本体の耐震評価では横行方向に対する地震応答が支配的であり、走行方向に対しては比較的軽微であると考えられるため、水平 2 方向同時加振の考慮として、耐震性評価で走行方向の地震応答を追加で組み合わせたとしても、既工認評価の応答結果への影響は小さいと考えられる。

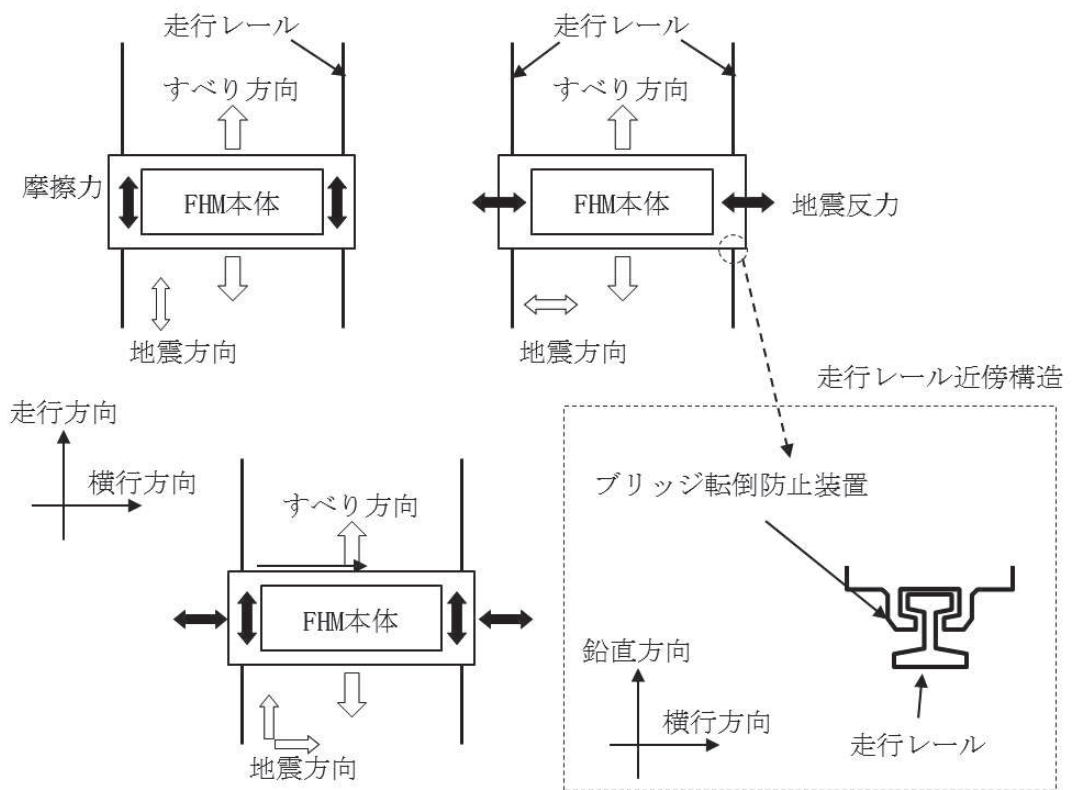


図5-1 燃料交換機の負担する水平地震荷重

5.3 今回工認の評価手法への適用について

今回工認におけるFHMの耐震評価では、水平方向については、既工認評価と同様にスペクトルモーダル解析を基本とした評価を行っている。一方、鉛直方向については、FHMが柔構造であることを踏まえ、鉛直地震動についてもスペクトルモーダル解析（鉛直方向はブリッジ転倒防止装置によって浮き上がらないため、固定条件での解析が可能）を実施している。そこで、前述を踏まえ、水平2方向及び鉛直方向の同時加振を想定した場合の今回工認の妥当性を検討する。

5.4 水平2方向同時加振の影響

表5-1に今回工認における評価と水平2方向同時加振による評価（水平2方向）の比較結果を示す。なお、評価結果の比較は、評価上厳しくなるトロリが中央位置にある場合の評価結果により行う。

表5-1 応力評価結果（トロリ中央位置）

評価部位	応力分類	算出応力 (MPa)		許容応力 (MPa)	応答増加率	
		(工認耐震計算書)	(水平2方向)			
燃料交換機構造物フレーム	引張り	239	242		1.01	
	せん断	54	55		1.02	
	組合せ	256	259		1.01	
ブリッジ	転倒防止装置	曲げ	71		74	1.04
		せん断	16		17	1.06
		組合せ	76		79	1.04
	取付ボルト	せん断	152		153	1.01
		引張り	213		216	1.01
		せん断	100		102	1.02
トロリ	転倒防止装置	引張り	12		12	1.00
		せん断	7		7	1.00
		組合せ	112		114	1.02
		せん断	23		24	1.04
	取付ボルト	引張り	102		103	1.01
		せん断	239	240	1.00	
走行レール	引張り	16	17	1.06		
	せん断	23	23	1.00		
	組合せ	257	260	1.01		
	せん断	197	204	1.04		
横行レール	引張り	37	37	1.00		
	せん断	9 (8.86)	10 (9.18)	1.04*		
	組合せ	234	242	1.03		

注記*：算出応力が小さく、整数に丸めた算出応力（小数点以下を切上げ）での応答増加率は大きくなるため、丸める前の算出応力（括弧書き）での応答増加率を記載。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5.5 結論

FHM の地震時評価に関し、鉛直地震動を動的地震力へ変更した場合について、水平 2 方向同時加振への影響検討を行った。工認耐震計算書と比較した結果、両者の差異は 10%未満という結果から、水平 2 方向を考慮しても影響としては軽微である。

6. 水平 2 方向同時加振の影響評価について（応答軸が明確である設備）

6.1 はじめに

本項は、応答軸が明確である設備について、水平 2 方向の地震力を考慮した場合においても設備の有する耐震性に対して影響軽微であることを説明するものである。

6.2 設備の有する耐震性に対して影響がないことの説明

従来設計手法として、設備の応答軸の方向、あるいは厳しい応力が発生する向きを有した設備があり、このような設備については解析上の地震力の入力を NS 方向・EW 方向を包絡した地震力（床応答曲線など）を用いて X 方向及び Y 方向から入力し、最も大きな評価結果を用いる等、保守的な評価を実施している場合がある。このような応答軸が明確な設備については、水平 2 方向の地震力による従来設計手法への影響が懸念されるようなことはないと考ええる。その理由を以下に示す。

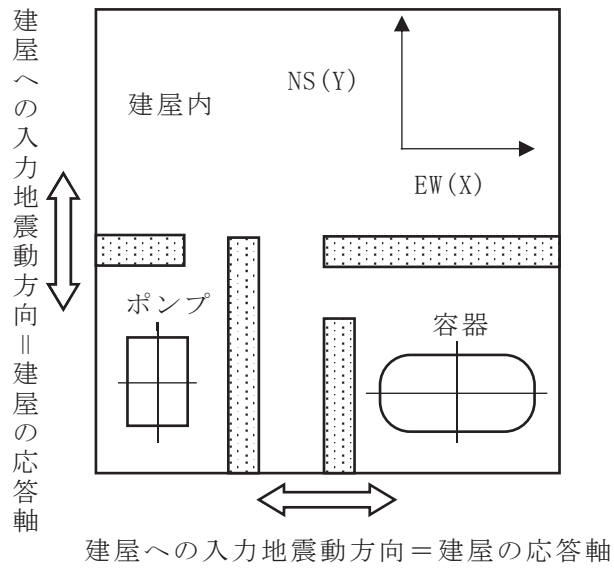
6.2.1 設備の有する耐震性に対して影響がないことの理由

応答軸（設備の弱軸・強軸）の方向、あるいは厳しい応力が発生する向きが明確である設備にて、建物・構築物の応答である NS・EW 方向の応答を機器の応答軸（図 6-1 X, Y 方向）へ入力している場合、水平 1 方向入力としては当然厳しい入力を用いた評価がなされていると考える。（さらに、機器の配置方向とは無関係に機器の応答軸へ地震力を入力している設備や水平方向を包絡した応答を用いるなどの保守性も考慮している。）

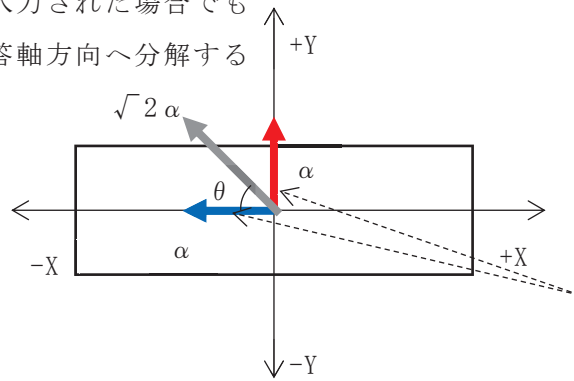
応答軸の方向あるいは厳しい応力が発生する向きが明確である設備について、水平 2 方向の地震力を想定した場合、2 方向の地震力が合成されるとすると、最大値が同時に発生する場合、最大で $\sqrt{2}$ 倍の大きさの入力となることが考えられるが、これらはそれぞれの応答軸方向に応答が分解され、強軸側の応答は十分に小さくなることから、実質的には弱軸方向に 1 方向を入力した評価で用いている応答レベルと同等となる。

さらに各方向における最大値の生起時刻の非同時性を考慮すると、さらにその影響は小さくなり、弱軸 1 方向入力による評価と大きく変わらない結果となる。

なお、6.2 項で述べたとおり、応答軸の方向あるいは厳しい応力が発生する向きが明確である設備について、設計手法として、地震力の入力を NS 方向・EW 方向を包絡した地震力（設計用床応答曲線など）を用いて保守的な評価を実施している場合も考えると、応答軸が明確な設備については、水平 2 方向の地震力を考慮した場合においても影響軽微であることが分かる。



斜め方向が入力された場合でも
 応答は各応答軸方向へ分解する



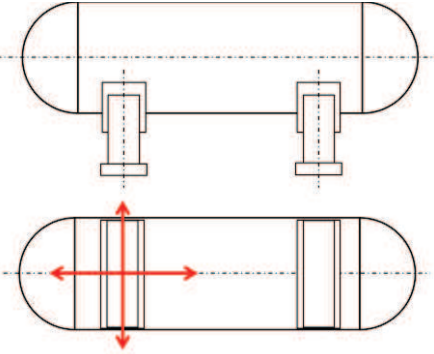
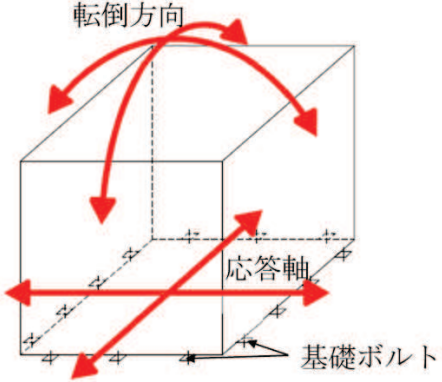
強軸方向（青）に比べて転倒し易い
 弱軸方向（赤）が最弱条件となる。
 →従来設計手法においても、弱軸
 方向での水平1方向による評価を
 実施しているため評価結果は同等
 以下となる。

図 6-1 水平 2 方向同時加振時の応答イメージ

6.2.2 本考え方が適用可能である設備（部位）例

上述の考え方は、設備の応答軸の方向と入力方向の関係によるものであることから、部位・応力分類によらず、各設備の耐震評価における入力方法によって影響軽微か否かを判断できると考える。本考え方が適用可能である設備の例を表 6-1 に示す。

表 6-1 応答軸が明確な設備について

設備	構造図	説明	備考
横置き容器		<p>横置き円筒形容器は矩形形状の支持脚により支持されており強軸と弱軸の関係が明確である。この応答軸の方向に地震力を入力した評価を実施している。</p>	<p>NS・EW 包絡地震力を用いている。</p>
空調ファン，空調ユニット，横形ポンプ，電気盤（ボルト），非常用ディーゼル機関・発電機（ボルト）		<p>空調ファン及び空調ユニット等は矩形に配置されたボルトにて支持されている。対角方向へ転倒し難く，設備の各応答軸方向へ応答し易いため，その方向に地震を入力した評価を実施している。</p>	<p>NS・EW 包絡地震力を用いている。</p>
ガスタービン発電機		<p>ガスタービン発電機は，固定装置により固定されており強軸と弱軸の関係が明確である。この応答軸の方向に地震力を入力した評価を実施している。</p>	<p>NS・EW 包絡地震力を用いている。</p>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

7. 水平2方向同時加振の影響評価について（正方形配置されたボルト）

7.1 はじめに

本項は、水平2方向に地震力が作用した場合の矩形配置されたボルトに対する影響検討結果をまとめたものである。強軸・弱軸が明確なものについては、弱軸方向に応答し水平2方向地震力による影響が軽微であるため、機器の形状を正方形として検討をおこなった。

7.2 引張応力への影響

水平1方向に地震力が作用する場合と水平2方向に地震力が作用する場合のボルトへの引張力の違いを考察する。なお、簡単のため機器の振動による影響は考えないこととする。

(1) 水平1方向に地震力が作用する場合

図7-1のようにX方向に震度 C_X が与えられる場合を考慮する。

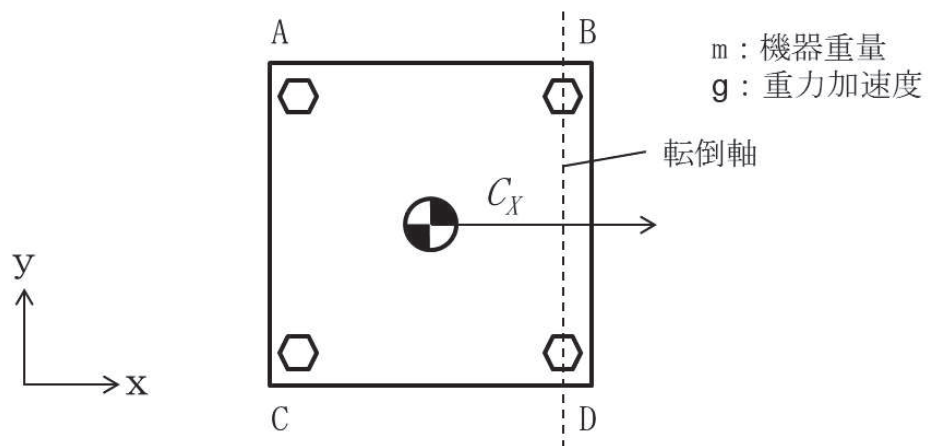


図7-1 水平1方向の地震力による応答（概要）

この場合、対象としている系の重心に作用する水平方向の力 F_H は

$$F_H = mg C_X \quad (\text{式1})$$

と表せ、 F_H によりボルトBとボルトDの中心を結んだ軸を中心に転倒モーメントを生じる。この転倒モーメントはボルトA、Cにより負担される。

このとき、系の重心に生じる力は、図7-2に示すとおりである。

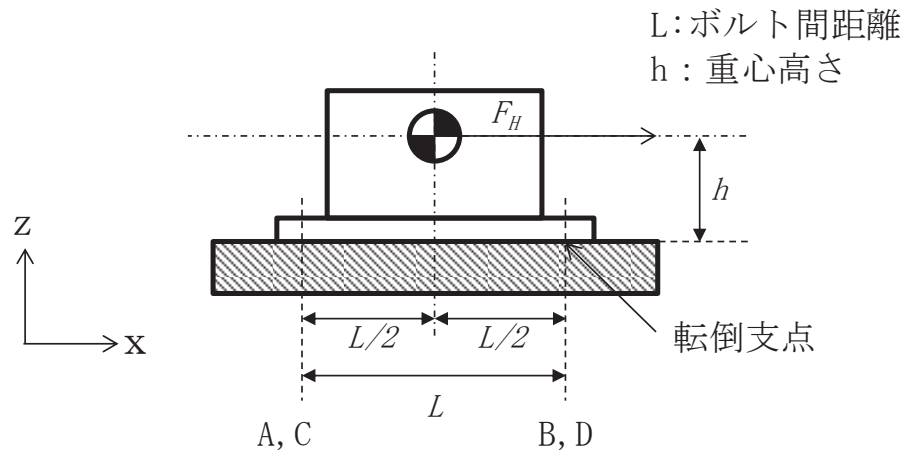


図 7-2 水平 1 方向の地震力による力

機器が転倒を起こさない場合、転倒支点まわりの転倒モーメントとボルトからの反力が釣り合うため、水平方向地震動によりボルトに発生する全引張力 F_b は

$$F_b = \frac{1}{L} (mgC_x h) \quad (\text{式 2})$$

となる。

ボルトに掛かる引張応力 σ_b は全引張力を断面積 A のボルト n 本で受けると考え、

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n A} \quad (\text{式 3})$$

である。水平 1 方向地震力を考慮する場合、ボルト A, C で全引張力を負担することから、 $n = 2$ であり、ボルトに掛かる引張応力 σ_b は

$$\sigma_b = \frac{F_b}{2 A} = \frac{mgC_x h}{2A L} \quad (\text{式 4})$$

となる。

(2) 水平 2 方向に地震力が作用する場合

図 7-3 のように X 方向と Y 方向にそれぞれ震度 C_X, C_Y が作用する場合を考慮する。なお、本検討においては、X 方向と Y 方向に同時に最大震度が発生する可能性は低いと考え、X 方向の震度と Y 方向の震度を $1 : 0.4$ ($0.4C_X = C_Y$) と仮定する。

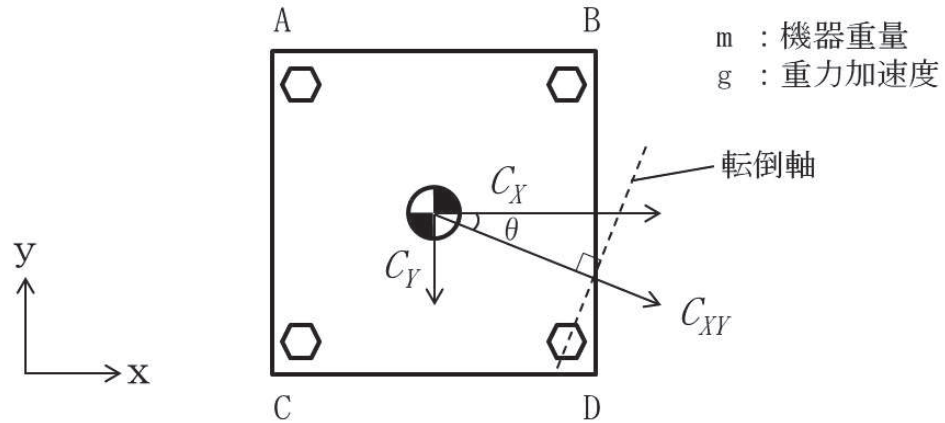


図 7-3 水平 2 方向の地震力による応答 (概要)

この時、 $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{C_Y}{C_X}\right) = \tan^{-1}(0.4)$ であることから、水平方向の震度 C_{XY} は

$$\begin{aligned} C_{XY} &= C_X \cos \theta + C_Y \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) \\ &= \frac{5}{\sqrt{29}} C_X + 0.4 \times \frac{2}{\sqrt{29}} C_X \\ &= \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X \end{aligned} \quad (\text{式 5})$$

と表すことができる。この時、対象としている系の重心に作用する水平方向の力 F_H は

$$F_H = mg C_{XY} = mg \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X \quad (\text{式 6})$$

となる。この F_H により、転倒軸を中心に転倒モーメントが生じ、ボルト A, B, C により負担される。

水平 2 方向の地震力を受けた場合、各ボルトにかかる引張力を F_A, F_B, F_C とし、図 7-4 に示すようにボルト D の中心を通り水平方向の震度 C_{XY} と直交する直線を転倒軸とすると、

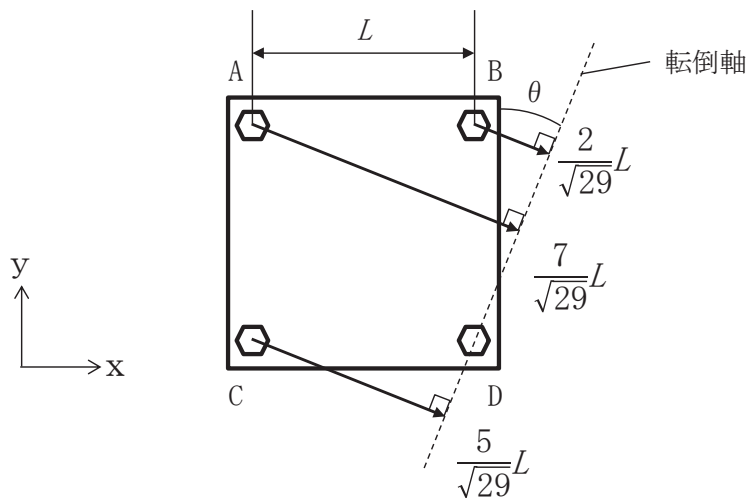


図 7-4 対角方向に応答する場合の転倒軸からの距離

ボルト A, B, C に発生する引張力は転倒軸からの距離に比例するため、

$$F_A : F_B : F_C = 7 : 2 : 5$$

であり、転倒軸周りのボルトの軸力により発生するモーメント M は、

$$\begin{aligned} M &= \frac{7}{\sqrt{29}} L F_A + \frac{2}{\sqrt{29}} L F_B + \frac{5}{\sqrt{29}} L F_C \\ &= \frac{7}{\sqrt{29}} L \times F_A + \frac{2}{\sqrt{29}} L \times \frac{2}{7} F_A + \frac{5}{\sqrt{29}} L \times \frac{5}{7} F_A \\ &= \frac{78}{7\sqrt{29}} L F_A \quad (\text{式 7}) \end{aligned}$$

である。

転倒しない場合、ボルトの軸力により発生する転倒軸周りのモーメントと、水平方向地震力によるモーメントが釣り合っているので、(式 6) 及び (式 7) より、

$$mgC_{XY} h = \frac{78}{7\sqrt{29}} L F_A \quad (\text{式 8})$$

であり、引張力 F_A は以下のとおりとなる。

$$F_A = \frac{7\sqrt{29}}{78L} mgC_{XY} h \quad (\text{式 9})$$

以上より，最も発生応力の大きいボルト A に発生する応力 σ_b' は

$$\sigma_b' = \frac{F_A}{A} = \frac{7\sqrt{29}}{78AL} mgC_{XY} h \quad (\text{式 10})$$

であり，(式 4) (式 5) 及び (式 10) より

$$\begin{aligned} \sigma_b' &= \frac{F_A}{A} = \frac{7\sqrt{29}}{78AL} \times \frac{5.8}{\sqrt{29}} mgC_X h \\ &= \frac{7 \times 5.8}{39} \times \frac{mgC_X h}{2AL} \\ &= \frac{40.6}{39} \times \sigma_b \\ &\cong 1.04 \sigma_b \end{aligned} \quad (\text{式 11})$$

となる。

したがって，水平 2 方向地震を考慮した場合，ボルトに発生する引張応力は増加するが，その影響は軽微である。

7.3 せん断応力への影響

せん断力は全基礎ボルト断面で負担するが，全ボルトに対するせん断力 Q_b は，

$$Q_b = F_H \quad (\text{式 12})$$

であり，せん断応力 τ_b は断面積 A のボルト全本数 n でせん断力 Q_b を受けるため，

$$\tau_b = \frac{Q_b}{nA} \quad (\text{式 13})$$

となる。

水平 1 方向の地震力を考慮した場合のせん断力 Q_b 及び水平 2 方向の地震力を考慮した場合のせん断力 Q_b' は (式 1) 及び (式 5) より

$$Q_b = mgC_X \quad (\text{式 14})$$

$$Q_b' = mgC_{XY}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{5.8}{\sqrt{29}} mgC_x \\ &\cong 1.08 mgC_x \end{aligned} \quad (\text{式 15})$$

となる。水平 1 方向及び水平 2 方向地震時に断面積 A 及びボルト全本数 n は変わらないため、水平 2 方向地震を考慮した場合、ボルトに発生するせん断応力は増加するが、その影響は軽微である。

8. 水平2方向同時加振の影響評価について（円形配置されたボルト）

8.1 はじめに

本項は、水平2方向に地震力が作用した場合の円形配置されたボルトに対する影響検討結果をまとめたものである。なお、せん断応力への影響は、円形／矩形の配置形状に依らず、7章に記載している矩形配置されたボルトと同様に影響軽微となるため、本章における検討では省略する。

円形配置されたボルトは、支持する構造物から伝達される地震力を受け持つことから、4章に記載している円筒容器の検討結果を踏まえた検討を行う。具体的には、図8-1に示す円筒容器基部における水平地震時の軸方向応力コンター図において、180°方向位置にて円筒容器の軸方向応力に算定されるZ方向荷重を1.00と規格化し、円形配置されたボルトに作用する引張荷重 F_b と考慮した検討を行う。

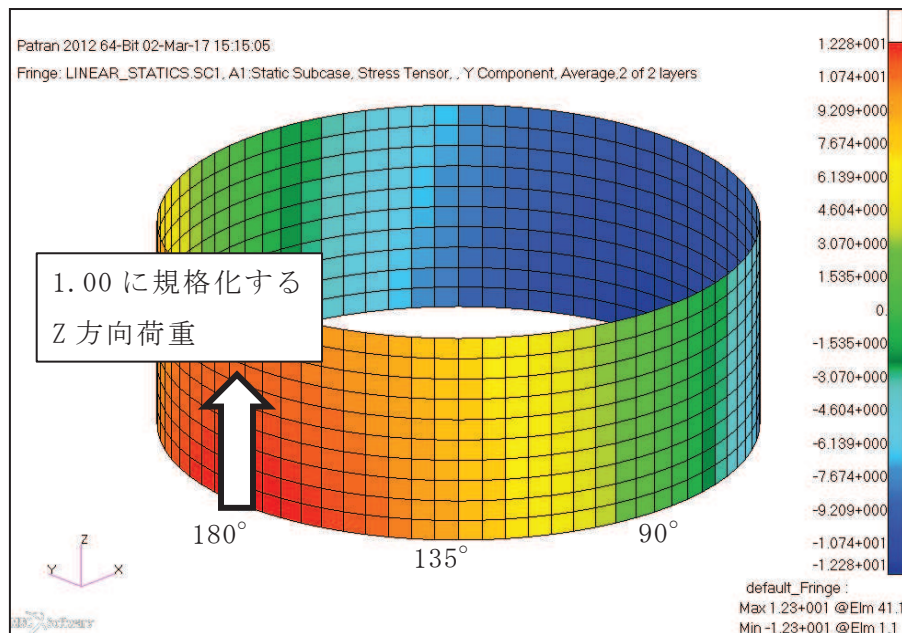


図 8-1 水平地震時軸方向応力コンター図

8.2 引張応力への影響

円形配置されたボルトに作用する引張荷重 F_b の分布を表 8-1 に示す。X 方向に水平地震動を入力した際には、最大荷重発生点は 180° 方向位置に発生する。また、円筒形容器のため評価部位が円形の一様断面であることから、Y 方向に水平地震動を入力した際には、最大荷重発生点は 90° 位置に発生し、水平地震動の入力方向により最大荷重発生点は異なる。

表 8-1 水平地震時の引張荷重分布

角度	X 方向入力時 引張荷重 (-) $F_{b,x}(\theta)$	Y 方向入力時 引張荷重 (-) $F_{b,y}(\theta)$	2 方向入力時荷重(-)	
			組合せ係数法 $F_{b,c}(\theta)$	SRSS 法 $F_{b,s}(\theta)$
90° 方向	0.00	1.00	1.00 $F_{b,c(X)}(90^\circ)=0.40$ $F_{b,c(Y)}(90^\circ)=1.00$	1.00
112.5° 方向	0.38	0.91	1.08 $F_{b,c(X)}(112.5^\circ)=0.75$ $F_{b,c(Y)}(112.5^\circ)=1.08$	1.00
135° 方向	0.71	0.71	0.99 $F_{b,c(X)}(135^\circ)=0.99$ $F_{b,c(Y)}(135^\circ)=0.99$	1.00
157.5° 方向	0.91	0.38	1.08 $F_{b,c(X)}(157.5^\circ)=1.08$ $F_{b,c(Y)}(157.5^\circ)=0.75$	1.00
180° 方向	1.00	0.00	1.00 $F_{b,c(X)}(180^\circ)=1.00$ $F_{b,c(Y)}(180^\circ)=0.40$	1.00

水平 2 方向同時加振時の引張荷重の合力は、水平 1 方向加振時の最大の引張荷重と比較し、SRSS 法を用いた場合は同値、組合せ係数法を用いた場合は最大で約 1.08 倍の値となる (図 8-2) ため、水平 2 方向同時加振の引張応力への影響は軽微である。

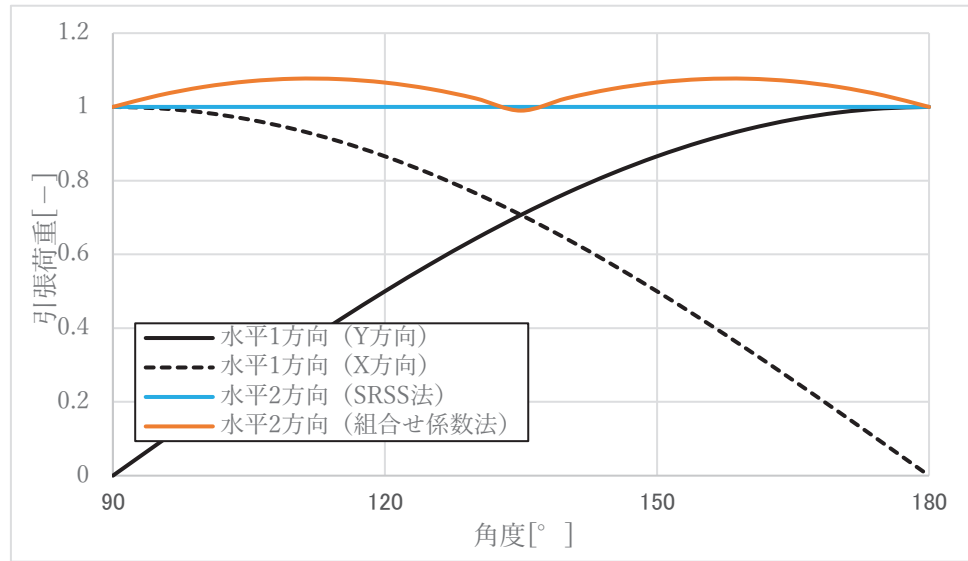


図 8-2 水平 2 方向同時加振時の水平力分布について

9. 水平 2 方向同時加振の影響評価について（電気盤）

9.1 はじめに

本項は、電気盤に取り付けられている器具に対する水平 2 方向入力の影響をまとめたものである。

9.2 水平 2 方向加振の影響について

器具への影響検討については器具の構造に着目した分類を行い、分類ごとに影響検討を行う。影響検討の評価フローを図 9-1 に、器具の構造ごとの分類結果を表 9-1 に示す。

電気盤に取り付けられている器具については、1 次元的な接点の ON-OFF に関わる比較的単純な構造をしている。加えて、基本的にはすべて梁、扉等の強度部材に強固に固定されているため、器具の非線形応答もなく、水平 2 方向の加振に対しては独立に扱うことで問題ないものとする。さらに器具の誤動作モードは、水平 1 方向を起因としたモードであるため、水平 2 方向加振による影響は軽微であるとする。

次項より表 9-1 に示す分類ごとに器具の構造から検討した結果を示す。

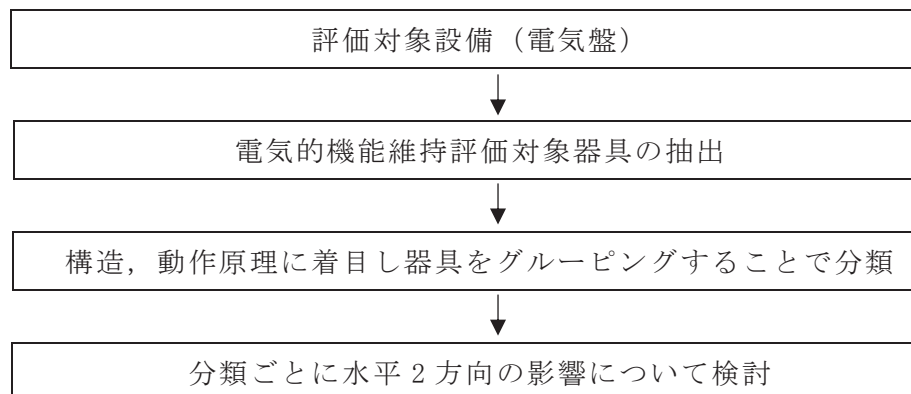


図 9-1 電気盤に取り付けられる器具の影響検討フロー

表 9-1 電気盤に取り付けられる器具の分類

分類番号	分類名称	器具取付設備例
1	補助リレー	重大事故時モニタ盤(2)
2	ノーヒューズブレーカ	原子炉冷却制御盤 ESS-I・III
3	過電流リレー (保護リレー)	6.9kV メタルクラッドスイッチギア 6-2G
4	真空遮断器	6.9kV メタルクラッドスイッチギア 6-2G
5	気中遮断器	460V パワーセンタ 4-2G
6	電磁接触器	460V 原子炉建屋 MCC 2G-1
7	操作スイッチ	原子炉冷却制御盤 ESS-I・III
8	ロックアウトリレー	非常用ディーゼル発電機 2A 制御盤
9	カード類	2号 SPDS 緊急時伝送盤(1)
10	指示計	原子炉冷却制御盤 ESS-I・III

9.3 器具の構造に着目した影響検討結果

9.3.1 補助リレー

(1) 構造，作動機構の概要

図 9-2 に補助リレーの構造及び作動機構を示す。補助リレーはコイルに通電されることにより生じる電磁力で可動鉄心部を動作させ，接点の開閉を行うものである。

補助リレーのうち，固定鉄心，固定接点はいずれも強固に固定されており，可動接点は前後方向にのみ動くことのできる構造になっている。



図 9-2 補助リレー構造図

(2) 水平 2 方向地震力に対する影響検討

図 9-2 から，器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・地震力で可動接点が振動することにより，接点が誤接触，又は誤開放する（前後方向）

ただし，補助リレーは取付部をボルト固定していること，また，器具の可動部は前後方向にのみ振動することから，誤動作にいたる事象に多次元的な影響はないと考えられる。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3) 機能確認済加速度

参考として、発生加速度と補助リレーの既往試験での確認済加速度を表 9-2 に示す。

表 9-2 補助リレーの発生加速度及び機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

方向	水平	鉛直
評価用加速度*	2.41	1.69
確認済加速度		

注記* : 2号機制御建屋 O.P. 23.45mにおける添付書類「VI-2-1-7 設計用床
応答曲線の作成方針」に基づき設定した値を記載。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

9.3.2 ノーヒューズブレーカ

(1) 構造，作動機構の概要

図 9-3 にノーヒューズブレーカの構造及び作動機構を示す。ノーヒューズブレーカには熱動電磁式と完全電磁式がある。下記に代表として熱動電磁式の動作原理と内部構造を示す。

熱動電磁式は、過電流が流れるとバイメタルが湾曲し、トリップ桿によりラッチの掛け合いが外れ、キャッチがバネにより回転し、リンクに連結された可動接点が作動し回路を遮断する。また、短絡電流等の大電流が流れた場合は、固定鉄心の電磁力で可動鉄心が吸引されトリップ桿が作動し、以降は上述と同じ動作により回路を遮断する。

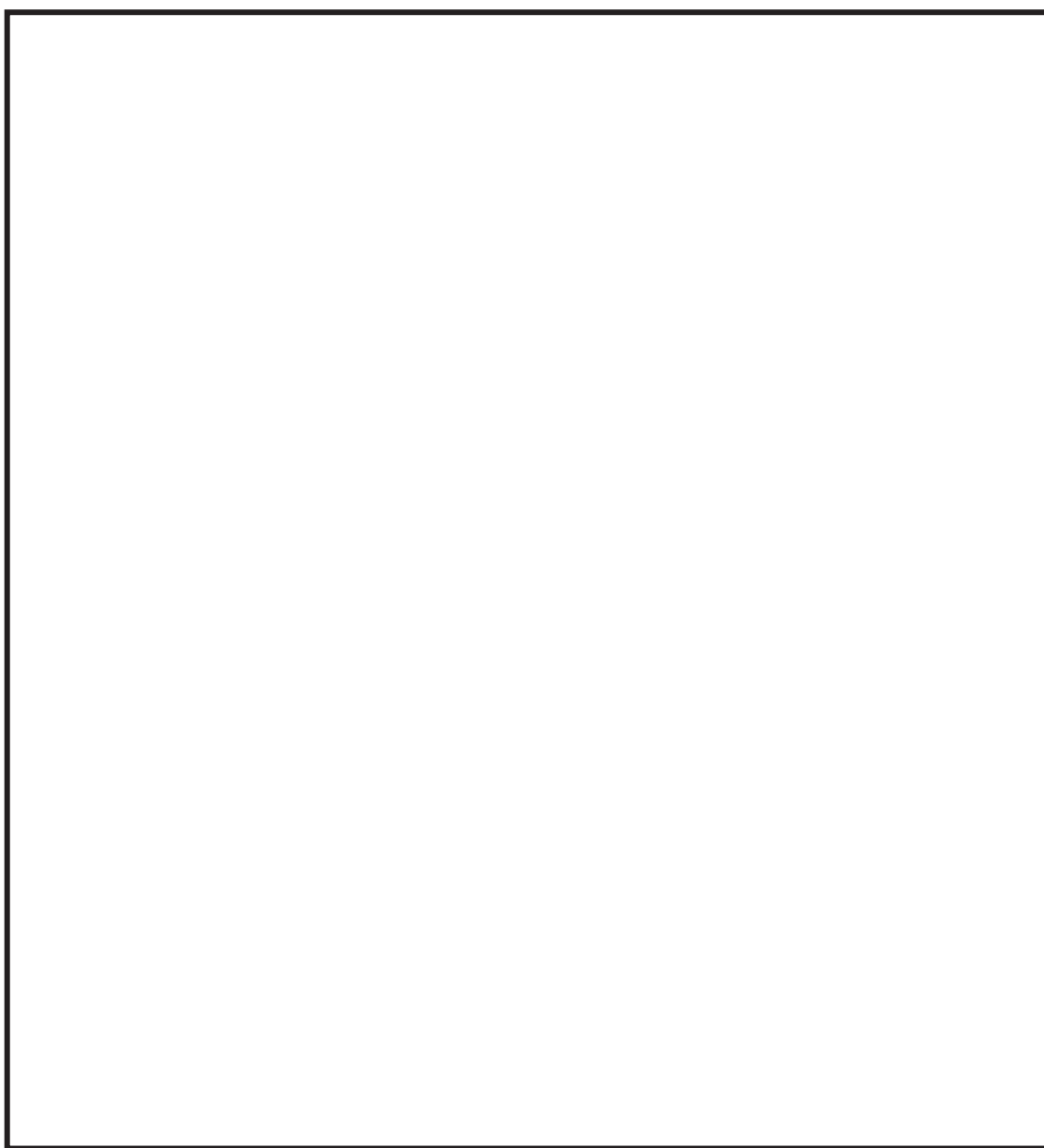


図 9-3 ノーヒューズブレーカ構造図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 水平 2 方向地震力に対する影響検討

図 9-3 から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・ハンドルが逆方向へ動作する（上下方向）
- ・接点が乖離する（前後方向，左右方向）
- ・ラッチが外れてトリップする（前後方向，上下方向）

従って、ノーヒューズブレーカの誤動作として 2 方向の振動の影響が考えられる。ただし、ハンドルは 1 方向にしか振動できないこと、前後－左右の接点乖離は各々独立であること（前後方向は接触－非接触，左右方向はずれによる）から、これらについては誤動作に至る事象は多次元的な影響はないものと考えられる。

ラッチ外れについては 2 軸（前後方向，上下方向）の影響は無視できないと考えられるが、左右方向はラッチ外れに影響を与える誤動作モードではないため、水平 2 方向の影響はないものと考えられる。なお、既往試験においては、ハンドルの移動に起因する誤動作事象は発生していない。

(3) 機能確認済加速度

参考として、発生加速度とノーヒューズブレーカの既往試験での確認済加速度を表 9-3 に示す。

表 9-3 ノーヒューズブレーカの発生加速度及び機能確認済加速度（ $\times 9.8\text{m/s}^2$ ）

方向	水平	鉛直
評価用加速度*	2.41	1.69
確認済加速度		

注記*：2号機制御建屋 0.P. 23.45m における添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定した値を記載。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

9.3.3 過電流リレー（保護リレー）

(1) 構造，作動機構の概要

図 9-4 に過電流リレー（保護リレー）の構造を示す。過電流リレーに用いているデジタル型リレーでは，計器用変流器からの入力電流をデジタル信号に変換後，演算処理回路で動作判定して設定値を超過すると補助リレーが励磁され接点が閉となる。なお，過電流リレーはボルトにて，盤の扉面に強固に取り付けられている。

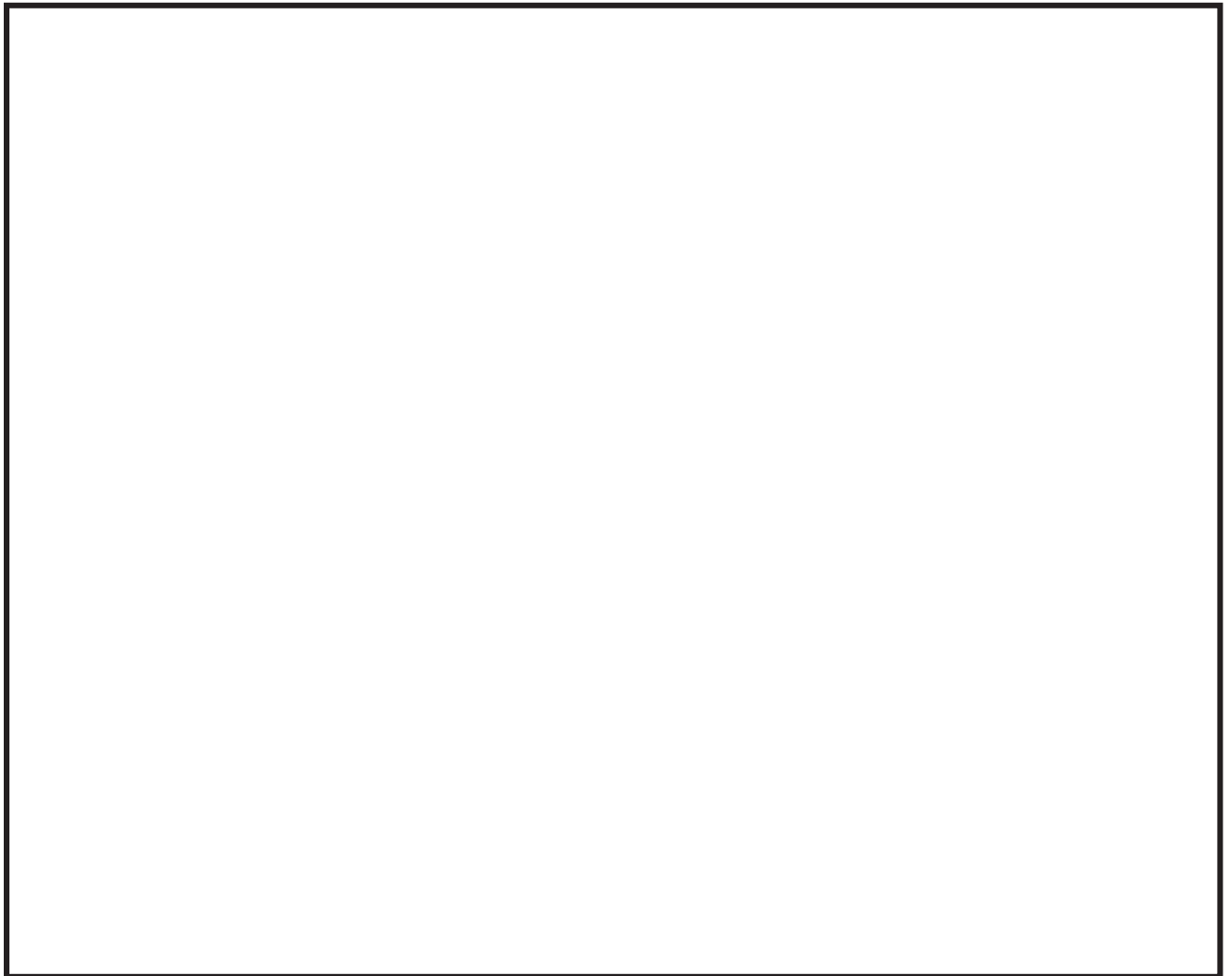


図 9-4 過電流リレー構造図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 水平 2 方向地震力に対する影響検討

図 9-4 から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・可動接点が振動により誤接触又は誤開放する（前後方向）

過電流リレーは盤に強固に固定されていること、器具の可動部は 1 方向（前後方向）にのみ振動することから、誤動作にいたる事象に多次元的な影響はないと考えられる。

(3) 機能確認済加速度

参考として、発生加速度と過電流リレーの既往試験での確認済加速度を表 9-4 に示す。

表 9-4 過電流リレーの発生加速度及び機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

方向	水平	鉛直
評価用加速度*	1.77	1.30
確認済加速度		

注記* : 2号機原子炉建屋 0.P. 22.50m における添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定した値を記載。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

9.3.4 真空遮断器

(1) 構造，作動機構の概要

図 9-5 に真空遮断器の構造を示す。真空遮断器は，遮断部，動作機構部から構成されており，投入コイル又はトリップコイルが励磁されると動作機構部が動作し遮断部が開閉する。なお，真空遮断器は遮断器室内に設けられた主回路断路部，制御回路断路部と係合しているため，容易に振動しない構造となっている。



図 9-5 真空遮断器構造図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

次に図 9-6 に真空遮断器の動作機構を示す。投入時は投入コイルが励磁されると投入パドルが回転して、投入キャッチと投入シャフトの係合が外れ、投入ばね荷重により投入カムが回転して閉路状態となる。開放時はトリップコイルが励磁されると、トリップキャッチが回転し、トリップキャッチとトリップローラの係合が外れ開路状態となる。

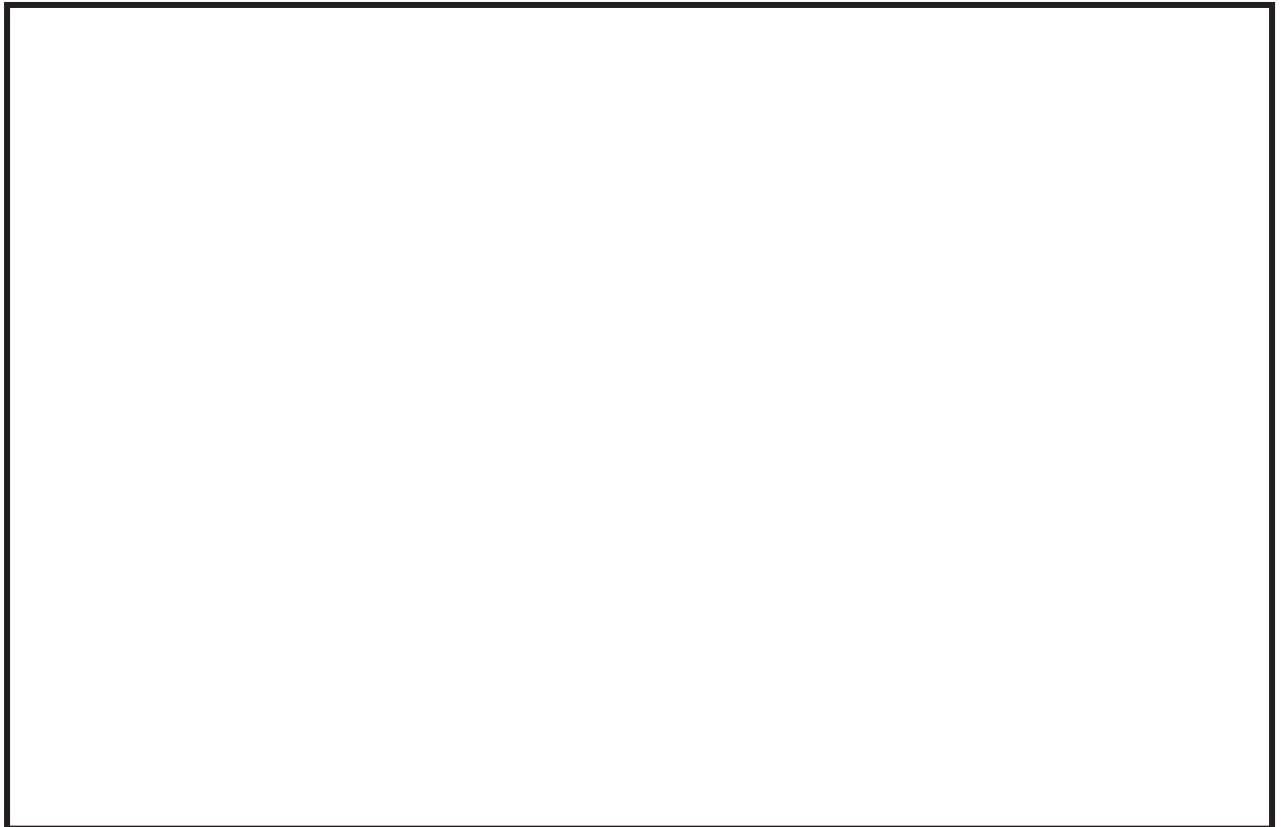


図 9-6 動作機構図

(2) 水平 2 方向地震力に対する影響検討

図 9-5, 9-6 から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・ 動作機構部が動作し、遮断器が誤投入する。(前後方向, 上下方向)
- ・ 動作機構部が動作し、遮断器投入状態が解除され、遮断器が誤開放する。
(前後方向, 上下方向)

ただし、動作機構部は前後方向及び上下方向にのみ可動するため、水平 2 方向の影響はないものと考えられる。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3) 機能確認済加速度

参考として、発生加速度と真空遮断器の既往試験での確認済加速度を表 9-5 に示す。

表 9-5 真空遮断器の発生加速度及び機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

方向	水平	鉛直
評価用加速度*	1.77	1.30
確認済加速度		

注記* : 2号機原子炉建屋 0.P. 22.50mにおける添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定した値を記載。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

9.3.5 気中遮断器

(1) 構造，作動機構の概要

図 9-7 に気中遮断器の構造を示す。気中遮断器は，遮断部，動作機構部から構成されており，投入コイル又は引外しコイルが励磁されると動作機構部が動作し遮断部が開閉する。なお，気中遮断器は盤内にボルトで固定された引出装置の溝の気中遮断器側面にあるスタッドで係合されているため，容易に振動しない構造となっている。

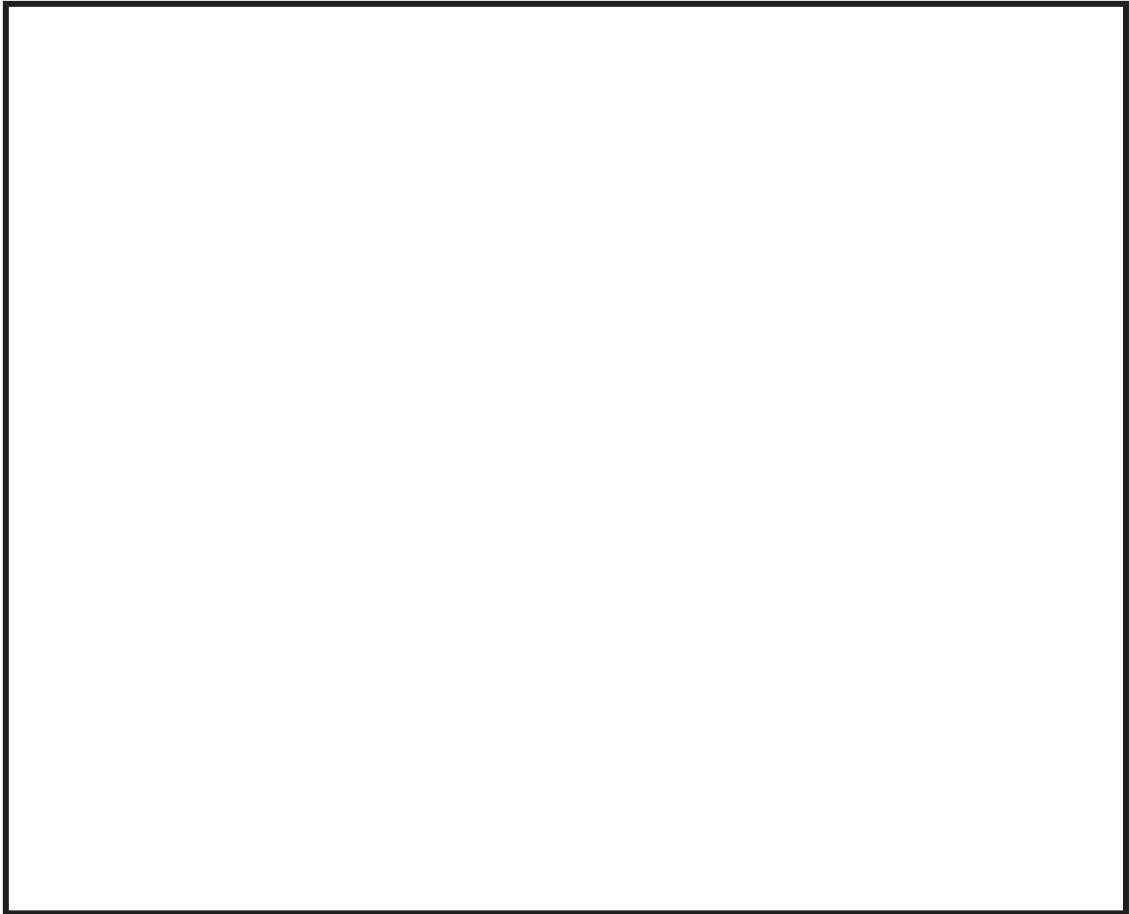


図 9-7 気中遮断器構造図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

次に図 9-8 に気中遮断器の動作機構を示す。投入動作は、投入ボタンの押下又は投入コイルの励磁により投入カムが急速に回転し閉じる。また、開放動作は、引外しボタンの押下又は引外しコイルの励磁により引外しキャッチが外れ、接触子が開く。

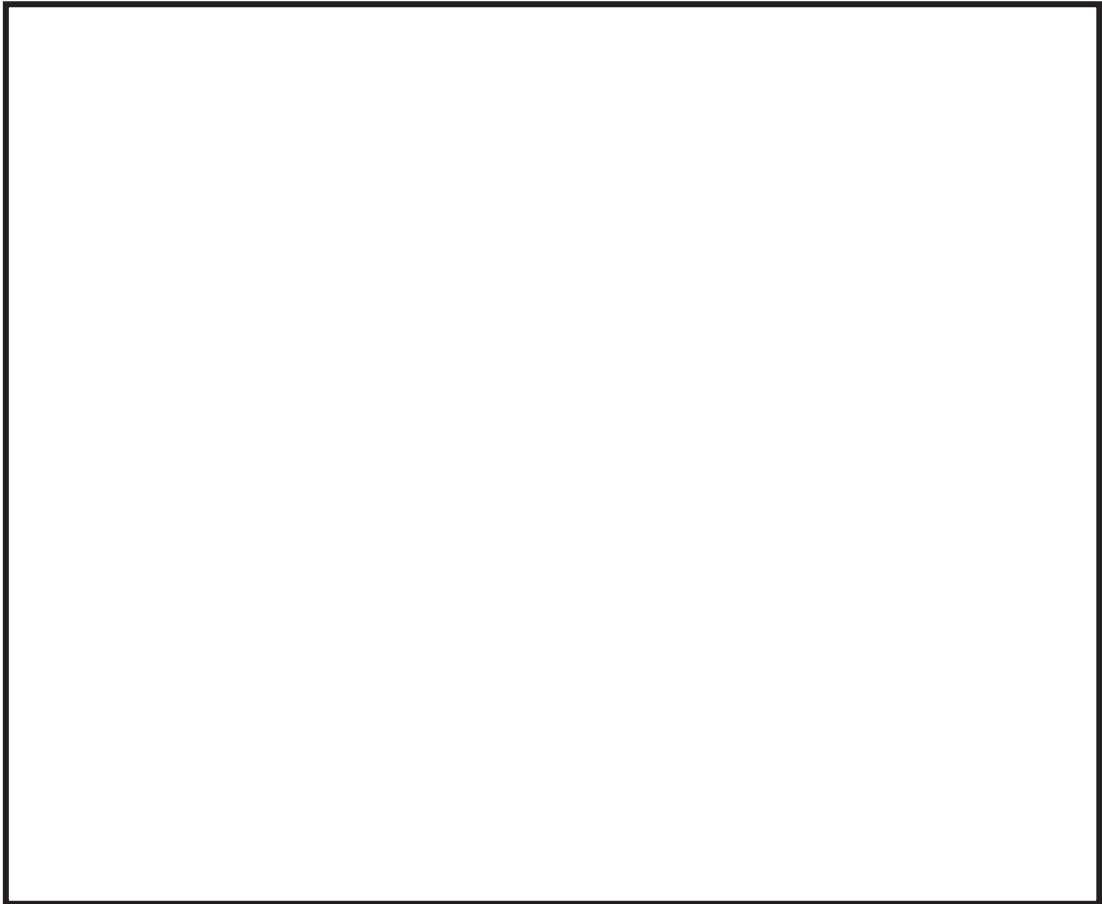


図 9-8 動作機構図

(2) 水平 2 方向地震力に対する影響検討

図 9-8 から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・動作機構部が動作し、遮断器が誤投入する。(前後方向, 上下方向)
- ・引外しボタンや動作機構部が動作し、遮断器投入状態が解除され、遮断器が誤開放する。(前後方向, 上下方向)

ただし、動作機構部は前後方向及び上下方向にのみ可動するため、水平 2 方向の影響はないものと考えられる。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3) 機能確認済加速度

参考として、発生加速度と気中遮断器の既往試験での確認済加速度を表 9-6 に示す。

表 9-6 気中遮断器の発生加速度及び機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

方向	水平	鉛直
評価用加速度*	1.31	0.91
確認済加速度		

注記* : 2号機原子炉建屋 0.P.6.00mにおける添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定した値を記載。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

9.3.6 電磁接触器

(1) 構造，作動機構の概要

図 9-9 に電磁接触器の構造及び作動機構を示す。電磁接触器は，コイルに通電されることにより生じる電磁力により可動鉄心を動作させ，接点の開閉を行うものである。

電磁接触器のうち，固定鉄心，固定接点はいずれも強固に固定されており，可動鉄心，可動接点は器具の前後方向にのみ動くことができる構造になっている。



図 9-9 電磁接触器構造図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 水平 2 方向地震力に対する影響検討

図 9-9 から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・地震力で可動鉄心（可動接点）が振動することにより、接点が誤接触又は誤開放する。（前後方向）

ただし、電磁接触器は取付部をボルトで固定していること、器具の可動部は前後方向にのみ振動することから、誤動作にいたる事象に多次元的な影響はないと考えられる。

(3) 機能確認済加速度

参考として、発生加速度と電磁接触器の既往試験での確認済加速度を表 9-7 に示す。

表 9-7 電磁接触器の発生加速度及び機能確認済加速度（ $\times 9.8\text{m/s}^2$ ）

方向	水平	鉛直
評価用加速度*	1.77	1.30
確認済加速度		

注記* : 2号機制御建屋 0.P. 22.50m における添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定した値を記載。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

9.3.7 操作スイッチ

(1) 構造，作動機構の概要

図 9-10 に操作スイッチの構造及び作動機構を示す。操作スイッチは，手動にてハンドルを回転させることで内部のカムが回転し，カムの可動接触子と固定接触子が嵌め合うことで接点の開閉を行うものである。なお，操作スイッチは，ボルトにより盤に強固に取り付けられている。

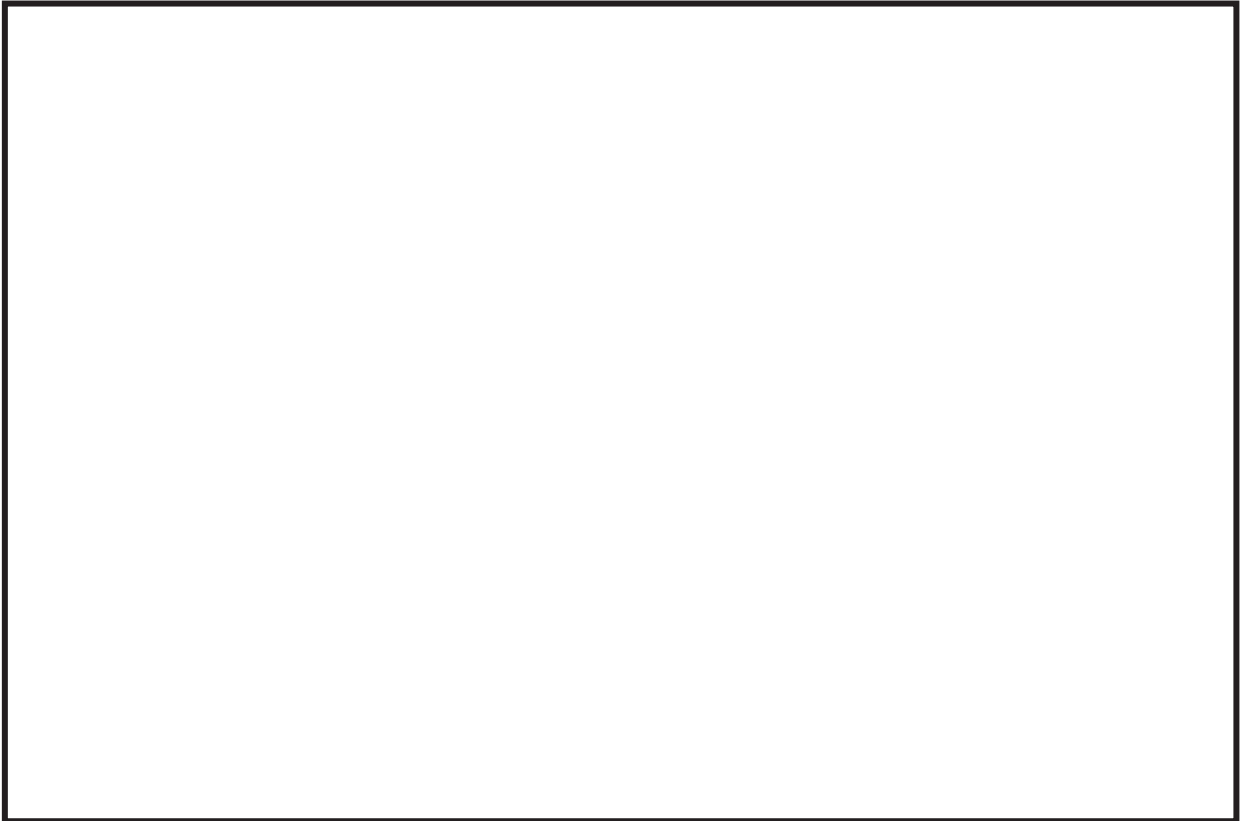


図 9-10 操作スイッチ構造図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 水平 2 方向地震力に対する影響検討

図 9-10 から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・地震力で可動接点が振動することにより、接点が誤接触又は誤開放する。

(左右方向)

ただし、可動接点の動作は左右の 1 方向のみであるため、誤動作に至る事象に多次元的な影響はないと考えられる。

(3) 機能確認済加速度

参考として、発生加速度と操作スイッチの既往試験での確認済加速度を表 9-8 に示す。

表 9-8 操作スイッチの発生加速度及び機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

方向	水平	鉛直
評価用加速度*	2.41	1.69
確認済加速度		

注記* : 2 号機制御建屋 O.P. 23.45m における添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定した値を記載。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

9.3.8 ロックアウトリレー

(1) 構造，作動機構の概要

図 9-11 にロックアウトリレーの構造及び作動機構を示す。ロックアウトリレーは，コイルに電圧が印加されるとヒンジ形アーマチュアが吸引され，バネの絞られた復帰力によってシャフトを反時計方向に回転し，接点の開閉を行うものである。また，ロックアウトリレーはボルトにて盤に強固に取り付けられている。

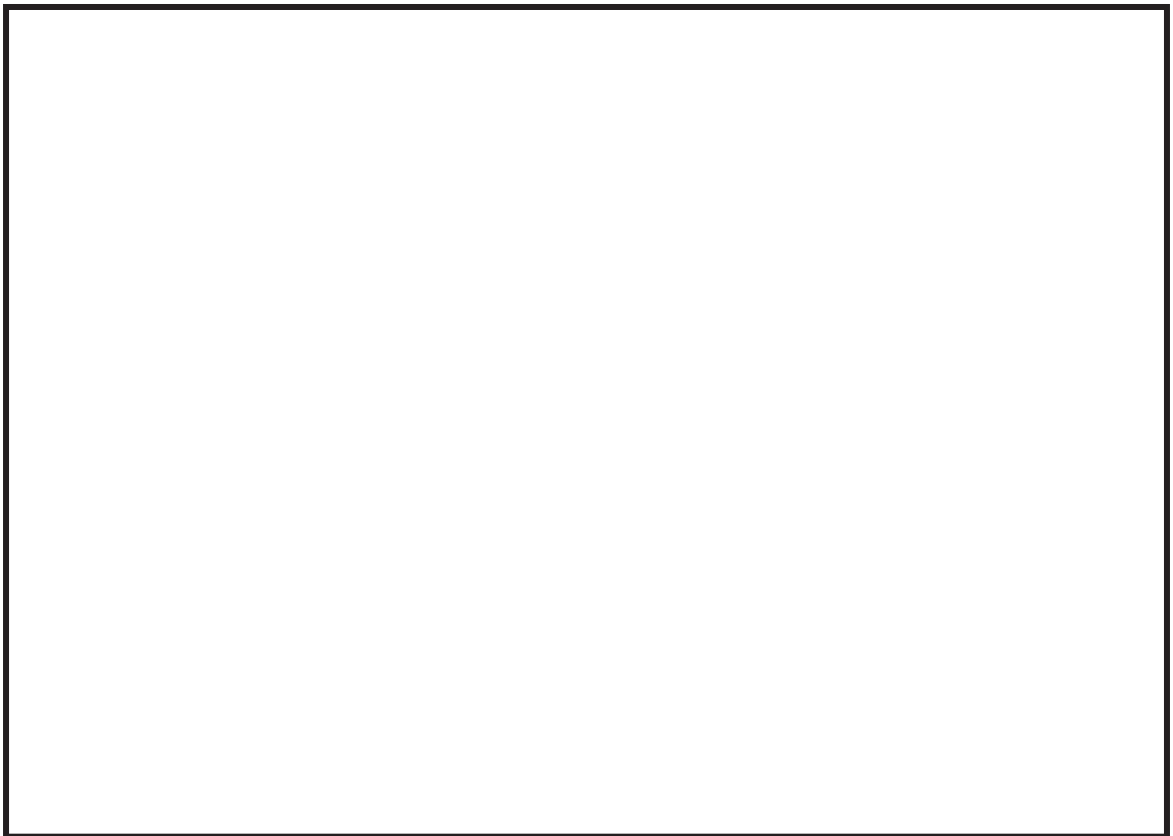


図 9-11 ロックアウトリレー構造図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 水平 2 方向地震力に対する影響検討

図 9-11 から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・地震力で可動接点が振動することにより、接点が誤接触、誤開放する。(左右方向)
- ・地震力でキャッチが解除されることにより、接点が誤接触、誤開放する。(上下方向)

ただし、可動接点は左右方向、キャッチは上下方向にのみ可動することから、水平 2 方向の影響はないものと考えられる。

(3) 機能確認済加速度

参考として、発生加速度とロックアウトリレーの既往試験での確認済加速度を表 9-9 に示す。

表 9-9 ロックアウトリレーの発生加速度及び機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

方向	水平	鉛直
評価用加速度*	1.65	1.15
確認済加速度		

注記* : 2号機原子炉建屋 0.P.15.00mにおける添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定した値を記載。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

9.3.9 カード類

(1) 構造，作動機構の概要

図 9-12 にカード類の構造及び作動機構を示す。カード類は，基板がシャーシに実装された状態で盤に取り付けられており，シャーシは盤にボルトで固定されている。

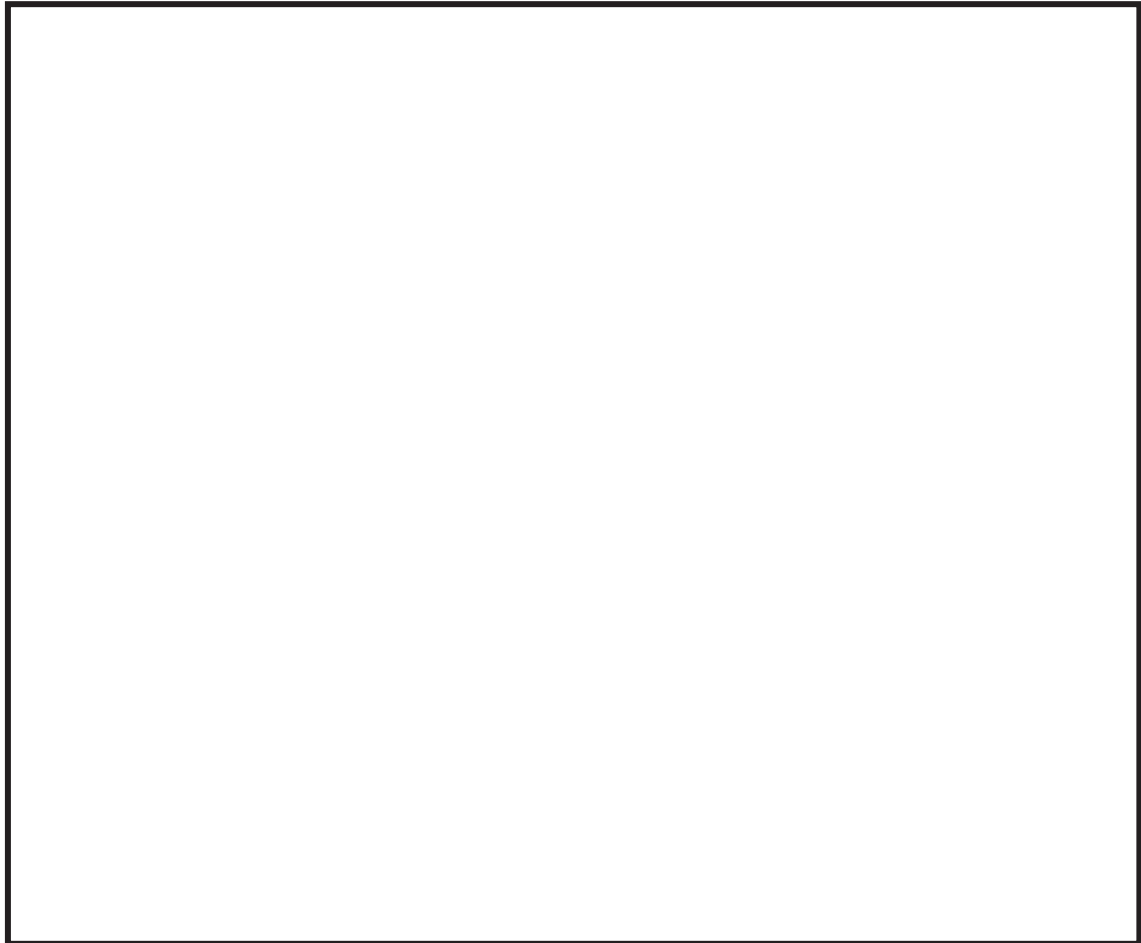


図 9-12 カード類構造図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 水平 2 方向地震力に対する影響検討

図 9-12 から，器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・地震力により基板がシャーシから脱落する（前後方向）

ただし，基板類の取付方向は前後方向であり，ネジにより前後方向を抑える構造となっていることから，誤動作に至る事象に多次元的な影響はないと考えられる。

(3) 機能確認済加速度

参考として，発生加速度とカード類の既往試験での確認済加速度を表 9-10 に示す。

表 9-10 カード類の発生加速度及び機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

方向	水平	鉛直
評価用加速度*	2.41	1.69
確認済加速度		

注記* : 2号機制御建屋 0.P.23.469mにおける添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定した値を記載。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

9.3.10 指示計

(1) 構造, 作動機構の概要

図 9-13 に指示計の構造及び作動機構を示す。指示計は, 圧力・水位・流量・電圧・電流等のプロセス値に相当する電気信号を入力し, 目盛板に表示させるものである。また, 指示計は取付ボルトにより盤に強固に取り付けられている。

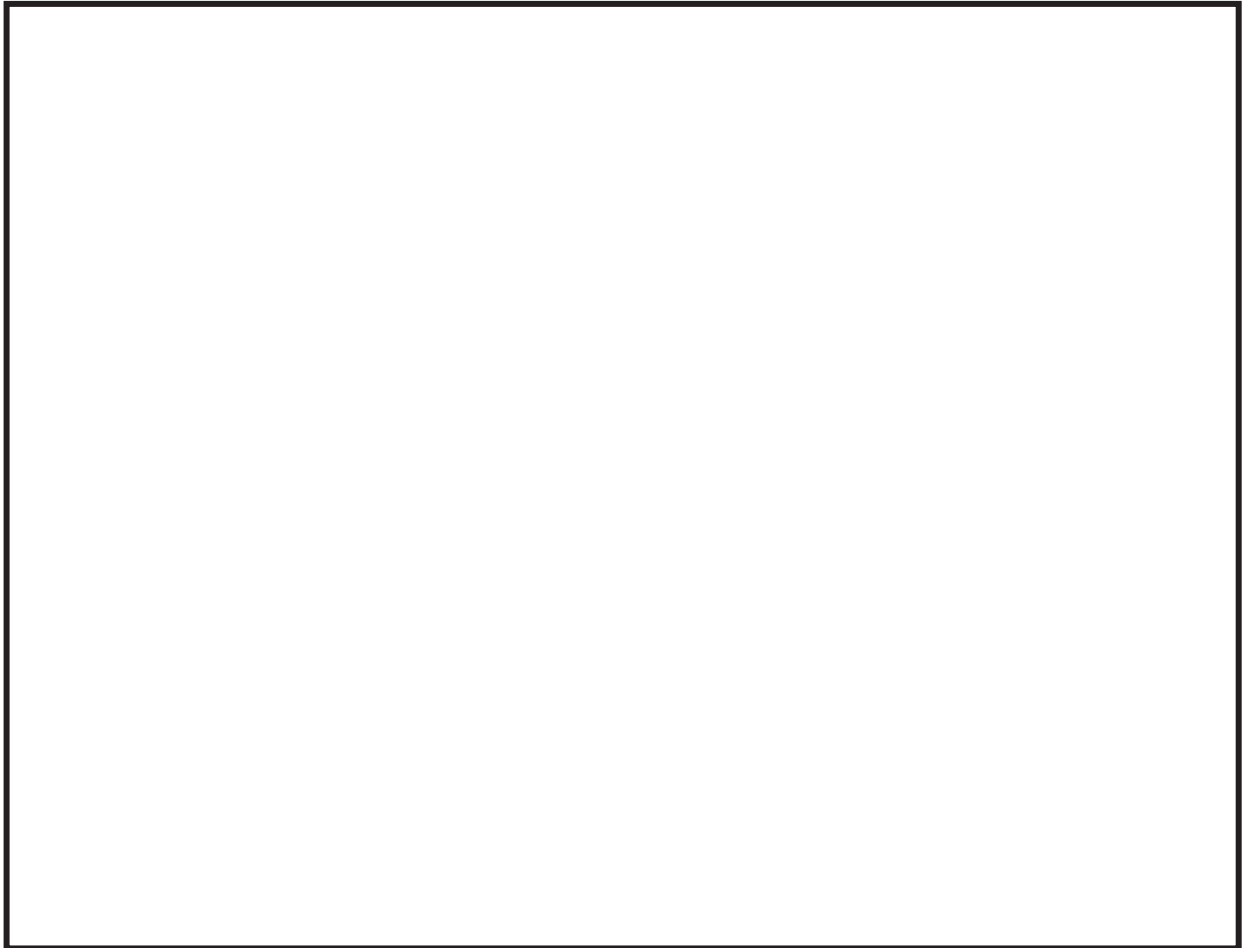


図 9-13 指示計構造図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 水平 2 方向地震力に対する影響検討

図 9-13 から，器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・地震力により指針が振動することにより，指針の指示に誤差が生じる。(上下，左右方向)

ただし，図 9-13 に示す指示計（縦形）については指針の可動方向は上下方向であるため，誤動作にいたる事象に多次元的な影響はないと考えられる。

また，図 9-13 に示す指示計（横形）については器具の可動部は左右方向にのみ振動することから，誤動作にいたる事象に多次元的な影響はないと考えられる。

(3) 機能確認済加速度

参考として，発生加速度と指示計の既往試験での確認済加速度を表 9-11 に示す。

表 9-11 指示計の発生加速度及び機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

方向	水平	鉛直
評価用加速度*	2.41	1.69
確認済加速度		

注記* : 2号機制御建屋 0.P.23.45mにおける添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定した値を記載。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

10. 水平 2 方向同時加振の影響について（動的機能維持）

10.1 はじめに

動的機器の機能維持評価における保守性の観点より、水平 2 方向同時入力を考慮した場合の影響をまとめたものである。

10.2 機能維持評価法について

動的機器の機能維持は、動的地震力を適用し、試験による評価、解析による評価により行う。試験による評価では実物モデル等の振動試験を、解析による評価では応力・変形の解析結果を用いて、要求される安全機能が維持されることを確認する。

機種ごとの代表的な機器について、上記検討を実施した既往の試験・研究の成果から機能確認済加速度（以下「At」という。）が定められ、これにより、地震動により生じる加速度レベルが At より小さいことを確認することで、安全機能が維持されることを確認できる。なお、この手法は全ての機器について、詳細評価を実施するまでもなく機能維持を確認するための合理的な方法として確立された手法である。

10.3 機能維持確認済加速度の保守性

動的機器の At については、加振台の加振限界及び機器仕様の多様性等の理由から、本来の機器の機能限界加速度ではなく、保守的な範囲内で定められている。その保守性については、代表機器の At での詳細評価において、機能維持に必要な各部位*の裕度が十分に高いことから確認することができる。

注記*：動的機器の評価項目について

解析評価における動的機器の機能維持に必要な基本評価項目（部位）は、振動特性試験により振動特性及び応答特性を把握し、機能試験の結果を踏まえ、異常要因分析に基づき抽出されている。前述のとおり At は保守的に定められており、地震応答加速度が At を上回ったとしても、個別に当該機器の基本評価項目を解析評価することで、機器の健全性が確認できる。

10.4 水平 2 方向同時入力（鉛直方向含む）の影響について

水平 2 方向同時入力による動的機能維持評価については、影響有無を整理の上、NS 方向 EW 方向の応答加速度を SRSS した結果、At を満たしており耐震性に問題が無いことを確認することとしているが、保守的に水平 1 方向の応答加速度を $\sqrt{2}$ 倍したとしても、機能維持評価の保守性により、対象の動的機器の安全機能維持確認に問題はないと考えられる。

また、At は水平・鉛直の各方向に設定されるものであるが、水平・鉛直の相関が懸念されるものは、水平・鉛直同時入力による解析評価により機能維持を確認した上

で各方向の加速度を設定している。そのため、水平・鉛直ごとの個別の評価とすることで問題ない。

11. 水平 2 方向同時加振の影響について（疲労評価）

疲労評価に用いる疲労累積係数は設計疲労線図に基づくため、一次＋二次＋ピーク応力強さの増分と、疲労累積係数の増分が比例しない。そのため、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合の疲労評価への影響を定量的に確認することを目的とし、以下の設備を対象に一次＋二次＋ピーク応力強さに水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した疲労評価を行った。

- ・水平 2 方向の地震力の重畳による影響軽微、かつ 1.1 以上の裕度を有する設備（別紙 4.1）
- ・水平 2 方向の地震力の重畳による影響あり（別紙 4.1）、かつ $\sqrt{2}$ 以上の裕度を有する設備（別紙 4.2）

表 12-1 に示す評価結果の通り、一次＋二次＋ピーク応力強さに水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合にも、設備が有する耐震性に影響がないことを確認した。

ここで、燃料集合体、クラス 1 容器、クラス MC 容器及びクラス 1 管の耐震評価に用いる疲労累積係数は、一次＋二次＋ピーク応力強さによる疲労累積係数と運転状態 I、II における疲労累積係数の和により算定している。そのため、運転状態 I、II における疲労累積係数が支配的な設備については、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合であっても、疲労累積係数が水平 1 方向及び鉛直方向地震力による疲労累積係数と同等となっている。

なお、一次＋二次＋ピーク応力強さについては、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮すると、最大 $\sqrt{2}$ 倍程度となる可能性がある。ここで、簡単に一次＋二次＋ピーク応力強さが 2 倍になると仮定すれば、疲労評価に用いる JSME に規定される設計疲労線図から求まる許容繰返し回数は、その特性から最小でも 1/10 倍程度になる（図 11-1 参照）。一方、設計で用いる許容繰返し回数については、設計用疲労線図が最適疲労線図に対して 20 倍の余裕があることから、設計疲労線図上で許容繰返し回数が 1/10 倍程度となったとしても、設計上の余裕の中に収まることがわかる（図 11-2 参照）。

また、疲労評価に用いる地震による等価繰返し回数についても実際の繰返し回数に対して余裕をもって設計上設定された回数である。

以上より、別紙 4.1 及び別紙 4.2 では、疲労評価（一次＋二次＋ピーク応力強さ）も他の応力分類と同様の整理で耐震性への影響を評価している。

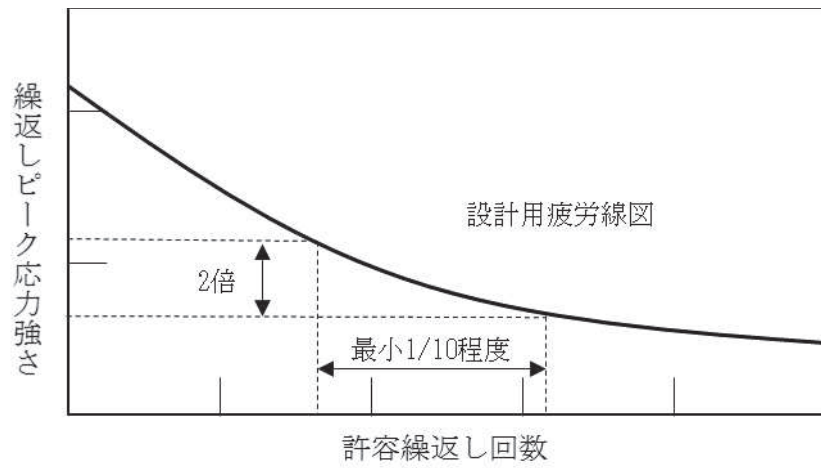


図 11-1 応力 2 倍に対する設計用疲労線図における許容繰返し回数のイメージ図

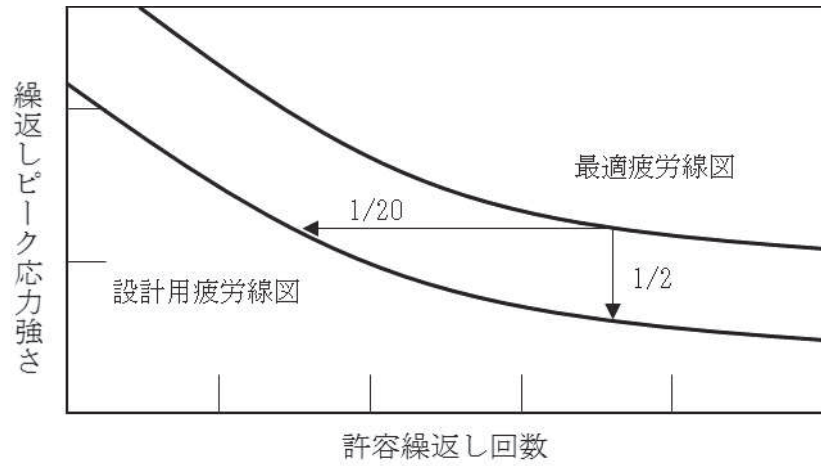


図 11-2 最適疲労線図と設計用疲労線図のイメージ図

表 11-1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した一次+二次+ピーク応力強さの評価結果 (1/4)

設備名称	評価部位	疲労累積係数*		水平 2 方向の考慮方法等
		水平 1 方向	水平 2 方向	
燃料集合体	燃料被覆管	0.088	0.584	水平 1 方向評価の繰返しピーク応力強さを $\sqrt{2}$ 倍した繰返しピーク応力強さを適用。
下部鏡板	下部鏡板	0.043	0.086	水平 1 方向評価の繰返しピーク応力強さを $\sqrt{2}$ 倍した繰返しピーク応力強さを適用。
制御棒駆動機構ハウジング貫通孔	ハウジング	0.002	0.002	水平 1 方向評価の繰返しピーク応力強さを $\sqrt{2}$ 倍した繰返しピーク応力強さを適用。
	スタブチューブ	0.006	0.019	水平 1 方向評価の繰返しピーク応力強さを $\sqrt{2}$ 倍した繰返しピーク応力強さを適用。
	下部鏡板リガメント	0.003	0.003	水平 1 方向評価の繰返しピーク応力強さを $\sqrt{2}$ 倍した繰返しピーク応力強さを適用。
再循環水出口ノズル (N1)	ノズルセーフエンド	0.004	0.004	水平 1 方向評価に適用する荷重が水平 2 方向を考慮した荷重を包絡することを確認。
	溶接部	0.002	0.002	
	ノズルエンド	0.067	0.067	
再循環水入口ノズル (N2)	ノズルセーフエンド	0.625	0.625	水平 1 方向評価に適用する荷重が水平 2 方向を考慮した荷重を包絡することを確認。
	サーマルスリーブ	0.017	0.017	
	ノズルエンド	0.100	0.100	
主蒸気出口ノズル (N3)	ノズルセーフエンド	0.021	0.021	水平 1 方向評価に適用する荷重が水平 2 方向を考慮した荷重を包絡することを確認。
	溶接部	0.009	0.009	
	ノズルエンド	0.035	0.035	

注記* : 燃料集合体, クラス 1 容器, クラス MC 容器及びクラス 1 管の疲労累積係数は, 地震動のみによる疲労累積係数と運転状態 I, II における疲労累積係数の和。

表 11-1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した一次+二次+ピーク応力強さの評価結果 (2/4)

設備名称	評価部位	疲労累積係数*		水平 2 方向の考慮方法等
		水平 1 方向	水平 2 方向	
低圧炉心スプレイノズル (N5)	ノズルセーフエンド	0.290	0.290	水平 1 方向評価に適用する荷重が水平 2 方向を考慮した荷重を包絡することを確認。
	サーマルスリーブ	0.009	0.009	
	ノズルエンド	0.025	0.025	
低圧注水ノズル (N6)	ノズルセーフエンド	0.871	0.871	水平 1 方向評価に適用する荷重が水平 2 方向を考慮した荷重を包絡することを確認。
	サーマルスリーブ	0.001	0.001	
	ノズルエンド	0.031	0.031	
上蓋スプレイノズル (N7)	フランジ部	0.004	0.004	水平 1 方向評価に適用する荷重が水平 2 方向を考慮した荷重を包絡することを確認。
	ノズルエンド	0.292	0.292	
ベントノズル (N8)	フランジ部	0.002	0.002	水平 1 方向評価に適用する荷重が水平 2 方向を考慮した荷重を包絡することを確認。
	ノズルエンド	0.167	0.167	
ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N9)	ジェットポンプ計測管貫通部シール	0.001	0.001	水平 1 方向評価に適用する荷重が水平 2 方向を考慮した荷重を包絡することを確認。
	溶接部	0.001	0.001	
	ノズルエンド	0.072	0.072	
差圧検出・ほう酸水注入ノズル (N11)	肉盛部	0.001	0.001	水平 1 方向評価に適用する荷重が水平 2 方向を考慮した荷重を包絡することを確認。
	ノズル	0.004	0.004	
計装ノズル (N12)	ノズルセーフエンド	0.003	0.003	水平 1 方向評価に適用する荷重が水平 2 方向を考慮した荷重を包絡することを確認。
	溶接部近傍	0.004	0.004	
	ノズルエンド	0.545	0.545	

注記* : 燃料集合体, クラス 1 容器, クラス MC 容器及びクラス 1 管の疲労累積係数は, 地震動のみによる疲労累積係数と運転状態 I, II における疲労累積係数の和。

表 11-1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した一次+二次+ピーク応力強さの評価結果 (3/4)

設備名称	評価部位	疲労累積係数*		水平 2 方向の考慮方法等
		水平 1 方向	水平 2 方向	
計装ノズル (N13)	ノズルセーフエンド	0.003	0.003	水平 1 方向評価に適用する荷重が水平 2 方向を考慮した荷重を包絡することを確認。
	溶接部近傍	0.004	0.004	
	ノズルエンド	0.543	0.543	
計装ノズル (N14)	ノズルセーフエンド	0.004	0.004	水平 1 方向評価に適用する荷重が水平 2 方向を考慮した荷重を包絡することを確認。
	溶接部近傍	0.001	0.001	
	ノズルエンド	0.017	0.017	
ドレンノズル (N15)	ノズルエンド	0.027	0.027	水平 1 方向評価に適用する荷重が水平 2 方向を考慮した荷重を包絡することを確認。
	肉盛部	0.016	0.016	
高圧炉心スプレイノズル (N16)	ノズルセーフエンド	0.290	0.290	水平 1 方向評価に適用する荷重が水平 2 方向を考慮した荷重を包絡することを確認。
	サーマルスリーブ	0.011	0.011	
	ノズルエンド	0.024	0.024	
原子炉圧力容器支持スカート	スカート	0.082	0.545	水平 1 方向評価の繰返しピーク応力強さを $\sqrt{2}$ 倍した繰返しピーク応力強さを適用。
制御棒駆動機構	フランジ	0.0000	0.0000	水平 1 方向評価の繰返しピーク応力強さを $\sqrt{2}$ 倍した繰返しピーク応力強さを適用。
燃料プール冷却浄化系熱交換器	胴板	0.31	0.72	水平 1 方向評価の繰返しピーク応力強さを $\sqrt{2}$ 倍した繰返しピーク応力強さを適用。
残留熱除去系熱交換器	胴板	0.38	0.87	水平 1 方向評価の繰返しピーク応力強さを $\sqrt{2}$ 倍した繰返しピーク応力強さを適用。

注記* : 燃料集合体, クラス 1 容器, クラス MC 容器及びクラス 1 管の疲労累積係数は, 地震動のみによる疲労累積係数と運転状態 I, II における疲労累積係数の和。

表 11-1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した一次+二次+ピーク応力強さの評価結果 (4/4)

設備名称	評価部位	疲労累積係数*		水平 2 方向の考慮方法等
		水平 1 方向	水平 2 方向	
原子炉補機冷却水系熱交換器	胴板	0.23	0.61	水平 1 方向評価の繰返しピーク応力強さを $\sqrt{2}$ 倍した繰返しピーク応力強さを適用。
原子炉格納容器シヤラグ	原子炉格納容器シヤラグ取付部	0.467	0.467	水平 1 方向評価に適用する荷重が水平 2 方向を考慮した荷重を包絡することを確認。

注記* : 燃料集合体, クラス 1 容器, クラス MC 容器及びクラス 1 管の疲労累積係数は, 地震動のみによる疲労累積係数と運転状態 I, II における疲労累積係数の和。

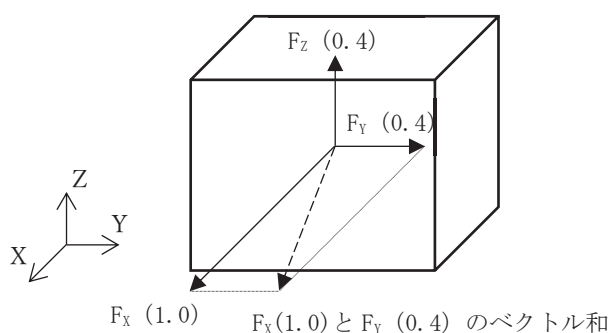
12. 制御棒挿入性評価に対する水平 2 方向地震力の組合せ方法

12.1 はじめに

本資料は、制御棒挿入性評価において水平 2 方向の地震動が作用した場合の組合せ方法についてまとめたものである。制御棒挿入性評価においては燃料集合体相対変位を評価パラメータとして用いていることから、燃料集合体相対変位に対して水平 2 方向の地震動が及ぼす影響について検討する。

12.2 制御棒挿入性評価における水平 2 方向の影響評価方法

制御棒の挿入性評価に対する水平 2 方向の影響評価については、既往の耐震評価においても適用実績のある組合せ係数法（1.0 : 0.4 : 0.4）を用いて水平 2 方向を考慮した場合の燃料集合体相対変位を算出する方針とする。組合せ係数法の概念図を図 1 に示す。



○組合せ係数法とは、最大応答の非同時性を考慮して地震力を設定する方法。

ある軸に作用する地震力を 1.0 と設定して、残りの軸の地震力に係数 0.4 を考慮するもの。

$F_x : F_y : F_z = (1.0 : 0.4 : 0.4)$ として 3 方向の荷重を組み合わせる。

図 1 組合せ係数法の概念図

12.3 水平 2 方向の影響評価結果

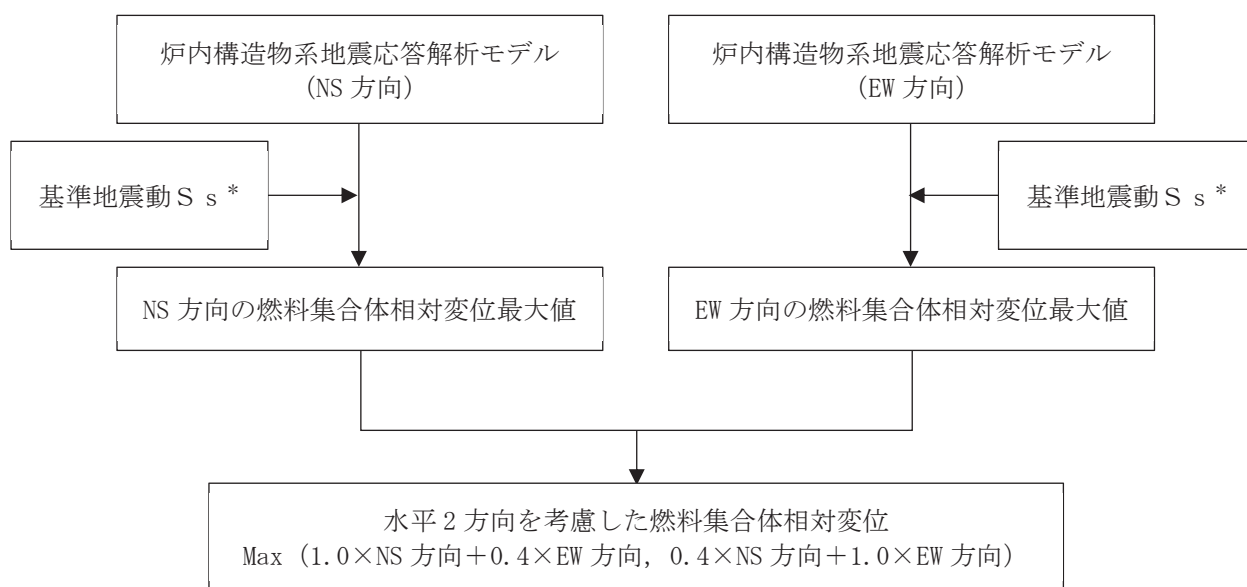
制御棒の挿入性評価に適用する組合せ係数法の評価手順を図 2 に示す。また、水平 1 方向に対する最大の燃料集合体相対変位と組合せ係数法を用いて水平 2 方向を考慮した燃料集合体相対変位の結果を表 1 に示す（別紙 4.3 表 2 記載内容を再掲）。

図 1 に示すとおり、水平 2 方向の相対変位は、NS 方向の燃料集合体相対変位及び EW 方向の燃料集合体相対変位にそれぞれ係数 0.4 を考慮して組み合わせ得られた結果から、より大きい値となる相対変位を適用するものである。表 1 に示す結果は、基準地震動 S s 7 波の中から、最も相対変位が大きくなる S s - D 2 に対して、以下 (a)、(b) の 2 式より算出される相対変位のうちより大きい結果となる (b) の相対変位を示しているものである。

$$(a) \text{ NS} \times 1.0, \text{ EW} \times 0.4 \quad \sqrt{(50.5 \times 1.0)^2 + (54.2 \times 0.4)^2} \cong 55.0\text{mm}$$

$$(b) \text{ NS} \times 0.4, \text{ EW} \times 1.0 \quad \sqrt{(50.5 \times 0.4)^2 + (54.2 \times 1.0)^2} \cong 57.9\text{mm}$$

表 1 に示すとおり、水平 2 方向を考慮した場合でも燃料集合体相対変位が確認済相対変位を下回ることを確認している。



注記*：本検討における組合せ係数法で適用する基準地震動は位相が同一のものであり，設計用の基準地震動として添付書類「VI-2-1-2 基準地震動 S s 及び弾性設計用地震動 S d の策定概要」に示すもの。

図 2 制御棒挿入性評価における組合せ係数法を用いた水平 2 方向の影響評価手順

表 1 制御棒挿入性評価における水平 2 方向の影響検討結果

評価項目	燃料集合体相対変位 (mm) *		確認済相対変位 (mm)
	水平 1 方向	水平 2 方向	
制御棒挿入性	54.2	57.9	60.0

注記*：基準地震動 S s 7 波の中でも最も燃料集合体相対変位が大きくなる基準地震動 S s - D 2 による結果を示す。

12.4 組合せ係数法の適用性

制御棒挿入性評価に組合せ係数法を適用するにあたって，耐震設計の規格や他施設も含めた適用実績等を整理し，さらに今回工認の評価における保守性の検討を行い，組合せ係数法の適用性を以下にまとめる。

12.4.1 地震荷重の組合せ方法の規格基準における整理

原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987 において，地震荷重の組合せ方法については図 3 に示すとおり，絶対値和法での組合せを実施する方針が記載されている。ただし，「鉛直震度」と「水平動的応答」との記載から分かるとおり，本規格が制定された当時は鉛直方向について動的な地震応答が定義されておらず，鉛直方向は時間の概念がない静的な震度を適用することが前提であるため，絶対値和を基本とする指針になっているものである。

6.1.5 地震応答解析

(1) 応答解析法一般

機器・配管系は、その耐震重要度に応じた静的地震力に耐えられるように設計するが、耐震 As, A クラスは静的地震力と共に動的地震力に対しても耐えられるように設計する。また、B クラスであって、建屋を含む支持構造物の振動と共振するおそれのあるものは、B クラス相当の動的地震力によってその安全性を検討する。

動的地震力は、地震応答解析によって算定されるが、機器・配管系の地震応答解析は、据付床の設計用床応答スペクトルに基づいたスペクトルモーダル解析法を採用することを基本とする。

設計用床応答スペクトルは、当該系の重心位置に近い或いは耐震支持点の最も多い床のもの等最も適切な床のものを採用することを基本とするが、耐震安全評価上必要ある場合は関連する床応答スペクトルによる多入力解析又はそれと同等の近似解析法を用いることができる。

スペクトルモーダル解析に当たっては、考慮すべきモードは、その刺激係数が無視し得ない程度のものでとし、その重畳法は加速度、変位、応力、支点反力等の算定必要応答に対してそれぞれ Square Root of the Sum of the Squares 法（以下「SRSS」法という。）とする。

鉛直震度による応答と水平動的応答の組合せは絶対和法を採用するものとする。

原子炉格納容器、原子炉圧力容器、炉内構造物は、その構造体の規模、多様な耐震支持法、応答相対変位解析の重要性により原子炉建屋と連成した解析モデル又は分離したサブストラクチャー法に類似したモデルによる時刻歴応答解析法の採用を原則とする。ただし、上記のような特殊な重要構造物でなくても、据付点、耐震支持点の地震応答加速度波形、変位波形を入力として対象機器系の時刻歴応答解析法に基づいた動的地震力を算定することは差支えない。

図 3 J E A G 4 6 0 1 -1987 に記載の地震荷重の組合せ方法（機器配管系）
(P481, 482 抜粋)

続いて、J E A G 4 6 0 1 -1987 以降に発刊されている規格として、原子力発電所耐震設計技術規程 J E A C 4 6 0 1 -2008 における、地震荷重の組合せ方法についての内容を図 4-1～4-3 に示す。

4.3.2 水平地震力と鉛直地震力による荷重の組み合わせ法

4.3.2.1 動的地震力における組み合わせ

水平地震動と鉛直地震動を別々に動的解析モデルへ入力して地震荷重を求める場合、両者の荷重組み合わせには以下の方法が適用できる。

a. 二乗和平方根(SRSS)法

水平地震動による最大荷重の二乗と鉛直地震動による最大荷重の二乗を加算し、その値の平方根を求める方法。

b. 組み合わせ係数法

水平地震動による最大荷重及び鉛直地震動による最大荷重のいずれか小さい方に組み合わせ係数 0.4 を乗じて加算する方法。

c. 代数和法

水平地震動による荷重と鉛直地震動による荷重を計算時刻ステップ毎に代数和する方法。

なお、上記 3 方法において、地震荷重のかわりに応力を組み合わせてもよい。

また、水平地震動と鉛直地震動を動的解析モデルへ同時入力することにより、地震荷重を求める方法を用いてもよい。

図 4-1 J E A C 4 6 0 1 -2008 に記載の地震荷重の組合せ方法（機器配管系）
(P 355 抜粋)

3.3.2 設計に用いる地震力

発電用原子炉施設の建物・構築物の設計に用いる地震力は、次の方法により求めなければならない。

(1) 基準地震動 S_s による地震力

「3.1.4.3 (1)基準地震動 S_s による地震力」に示す地震力の算定においては、「3.5 地震応答解析」に適合する方法を用いなければならない。この場合において、水平地震動と鉛直地震動を同時に考慮した解析結果より地震力を算定する。

ただし、水平地震動と鉛直地震動に対して各々別の解析を実施し水平地震力と鉛直地震力を算定する場合において、水平地震力と鉛直地震力による応力の組合せは、二乗和平方根法（SRSS法）又は式3.3.2-1に示す組合せ係数法を用いることができる。

組合せ係数法による地震時応力

$$= \max\{(\text{水平地震力による応力} + 0.4 \times \text{鉛直地震力による応力}), \\ (0.4 \times \text{水平地震力による応力} + \text{鉛直地震力による応力})\}$$

図 4-2 J E A C 4 6 0 1 - 2008 に記載の地震荷重の組合せ方法（建物構築物）
（P73 抜粋）

(3) 地震力の重ね合わせ

水平地震動と鉛直地震動を同時に入力して応答値を求める。ただし、線形解析や等価線形解析において、水平地震動と鉛直地震動に対して各々別の解析を実施する場合、応答値の組合せは、二乗和平方根法（SRSS法）又は組合せ係数法を用いることができる。

図 4-3 J E A C 4 6 0 1 - 2008 に記載の地震荷重の組合せ方法（屋外重要土木構造物）
（P979 抜粋）

図 4-1 に示すとおり、鉛直地震動が動的な地震応答となったことを踏まえて、機器配管系に対する地震荷重の組合せ方法は、二乗和平方根（SRSS）法、組合せ係数法及び代数和法の3手法が示されている。また、組合せ係数法については、水平方向及び鉛直方向の最大荷重のいずれか小さい方に係数として「0.4」を適用するよう記載されている。

図 4-2, 4-3 には、建物構築物及び屋外重要土木構造物における地震荷重の組合せについての記載内容を示している。地震荷重の組合せ方法は、建物構築物においても屋外重要土木構造物においても、二乗和平方根法（SRSS法）及び組合せ係数法が示されており、建物構築物に対する方針には、係数「0.4」を適用するよう記載されている。

さらに、米国 REGULATORY GUIDE 1.92*の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」においても、地震応答の非同時性を考慮して、SRSS 法や組合せ係数法（1.0 : 0.4 : 0.4）によって3方向の地震荷重を組合せる方法が示されている。

以上に示すとおり、J E A C 4 6 0 1 -2008 や REGULATORY GUIDE 1.92 において、地震荷重の組合せ方法として SRSS 法と組合せ係数法が示されており、組合せ係数法に適用する係数として「0.4」が定義されている。

注記* : REGULATORY GUIDE 1.92 “COMBINING MODAL RESPONSES AND SPATIAL COMPONENTS IN SEISMIC RESPONSE ANALYSIS”

12.4.2 女川2号機における水平2方向及び鉛直方向の地震応答の組合せに係る方針

(1) 建物構築物及び屋外重要土木構築物

今回工認において、建物構築物及び屋外重要土木構築物に対する水平2方向及び鉛直方向の組合せに係る検討では、建物構築物については組合せ係数法の適用を基本とし、屋外重要土木構築物については位相の異なる地震動を適用した評価を基本としている。ここで、組合せ係数法を適用している建物構築物の水平2方向及び鉛直方向に対する荷重の組合せケースについては表3-1-14等では示されている（表3-1-14を図5として再掲）。図5に示すとおり、3方向の地震荷重の組合せについては、基準地震動 S_s によって発生する3方向の荷重に対して、係数（1 : 0.4 : 0.4）及び符号を入れ替えて施設に最も厳しい条件を選定している。

表 3-1-14 荷重の組合せケース (水平 2 方向)

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S s 地震時	3-1	$G + P + 1.0 S_{s\ SN} - 0.4 S_{s\ WE} + 0.4 S_{s\ UD}$
	3-2	$G + P + 1.0 S_{s\ SN} + 0.4 S_{s\ WE} + 0.4 S_{s\ UD}$
	3-3	$G + P - 1.0 S_{s\ SN} - 0.4 S_{s\ WE} + 0.4 S_{s\ UD}$
	3-4	$G + P - 1.0 S_{s\ SN} + 0.4 S_{s\ WE} + 0.4 S_{s\ UD}$
	3-5	$G + P + 0.4 S_{s\ SN} - 1.0 S_{s\ WE} + 0.4 S_{s\ UD}$
	3-6	$G + P - 0.4 S_{s\ SN} - 1.0 S_{s\ WE} + 0.4 S_{s\ UD}$
	3-7	$G + P + 0.4 S_{s\ SN} + 1.0 S_{s\ WE} + 0.4 S_{s\ UD}$
	3-8	$G + P - 0.4 S_{s\ SN} + 1.0 S_{s\ WE} + 0.4 S_{s\ UD}$
	3-9	$G + P + 1.0 S_{s\ SN} - 0.4 S_{s\ WE} - 0.4 S_{s\ UD}$
	3-10	$G + P + 1.0 S_{s\ SN} + 0.4 S_{s\ WE} - 0.4 S_{s\ UD}$
	3-11	$G + P - 1.0 S_{s\ SN} - 0.4 S_{s\ WE} - 0.4 S_{s\ UD}$
	3-12	$G + P - 1.0 S_{s\ SN} + 0.4 S_{s\ WE} - 0.4 S_{s\ UD}$
	3-13	$G + P + 0.4 S_{s\ SN} - 1.0 S_{s\ WE} - 0.4 S_{s\ UD}$
	3-14	$G + P - 0.4 S_{s\ SN} - 1.0 S_{s\ WE} - 0.4 S_{s\ UD}$
	3-15	$G + P + 0.4 S_{s\ SN} + 1.0 S_{s\ WE} - 0.4 S_{s\ UD}$
	3-16	$G + P - 0.4 S_{s\ SN} + 1.0 S_{s\ WE} - 0.4 S_{s\ UD}$
	3-17	$G + P + 0.4 S_{s\ SN} - 0.4 S_{s\ WE} + 1.0 S_{s\ UD}$
	3-18	$G + P + 0.4 S_{s\ SN} + 0.4 S_{s\ WE} + 1.0 S_{s\ UD}$
	3-19	$G + P - 0.4 S_{s\ SN} - 0.4 S_{s\ WE} + 1.0 S_{s\ UD}$
	3-20	$G + P - 0.4 S_{s\ SN} + 0.4 S_{s\ WE} + 1.0 S_{s\ UD}$
	3-21	$G + P + 0.4 S_{s\ SN} - 0.4 S_{s\ WE} - 1.0 S_{s\ UD}$
	3-22	$G + P + 0.4 S_{s\ SN} + 0.4 S_{s\ WE} - 1.0 S_{s\ UD}$
	3-23	$G + P - 0.4 S_{s\ SN} - 0.4 S_{s\ WE} - 1.0 S_{s\ UD}$
	3-24	$G + P - 0.4 S_{s\ SN} + 0.4 S_{s\ WE} - 1.0 S_{s\ UD}$

G : 固定荷重
P : 積載荷重
 $S_{s\ SN}^*$: S→N 方向 S s 地震荷重 (S s 地震時動水圧荷重を含む)
 $S_{s\ WE}^*$: W→E 方向 S s 地震荷重 (S s 地震時動水圧荷重を含む)
 $S_{s\ UD}^*$: 鉛直方向 S s 地震荷重

図 5 建物構築物における水平 2 方向及び鉛直方向の地震荷重の組合せケースの例
(表 3-1-14 再掲)

(2) 機器配管系

機器配管系に対する水平2方向及び鉛直方向の組合せの検討においては、前項までに示すとおり、先行プラントと同様、円筒容器や矩形配置のボルトに対する影響程度を確認するために組合せ係数法を適用している。

別紙4.4の4項で検討している円筒容器に対する水平2方向の影響検討について図6に再掲するが、SRSS法と組合せ係数法で手法による差異は軽微であることを確認している。また、本検討において適用した組合せ係数法においては、水平2方向にそれぞれ同一の荷重を負荷して算出された応力に対し、係数(1:0.4)を考慮して地震による応力を算出している。一方、図4-1に示すとおり、地震による発生荷重に係数を考慮する方法もあるが、機器配管系における解析手法は線形解析が基本であることから、係数を応力に考慮した場合でも荷重に考慮した場合でも結果は変わらないものとなる。

なお、参考として、応力に対して係数を考慮した場合(図6)と比較するために、入力荷重に対して係数(1:0.4)を考慮した場合の軸方向応力分布を表2,3に示す。表に示すとおり、入力荷重に係数を考慮した場合の発生応力はいずれも図6に示す軸方向応力分布と同一の値となっている。図4-1に示すJ E A C 4 6 0 1 -2008にも「地震荷重のかわりに応力を組み合わせても良い。」との記載があるが、今回検討した結果からも、荷重もしくは応力に対して組合せ係数法を考慮すれば同等の結果が得られることが分かる。

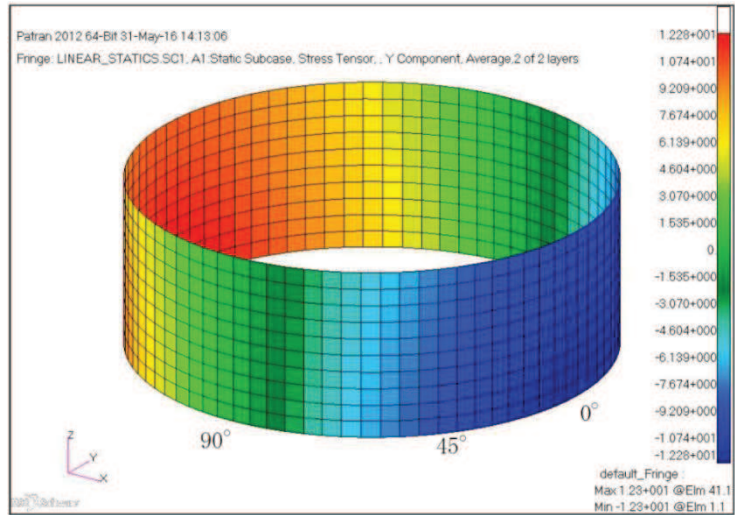


図4-2 水平地震時軸方向応力コンター図

表 4-1 水平地震時の軸方向応力分布（応力に係数を考慮した場合）

角度	X 方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{x,x}(\theta)$	Y 方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{x,y}(\theta)$	2 方向入力時応力 (MPa)	
			組合せ係数法 $\sigma_{x,c}(\theta)$	SRSS 法 $\sigma_{x,s}(\theta)$
0° 方向	12.28	0.00	12.28 $\sigma_{x,c(x)}(0^\circ) = 12.28 \times 1 + 0 \times 0.4 = 12.28$ $\sigma_{x,c(y)}(0^\circ) = 12.28 \times 0.4 + 0 \times 1 = 4.91$	12.28
22.5° 方向	11.34	4.70	13.22 $\sigma_{x,c(x)}(22.5^\circ) = 11.34 \times 1 + 4.70 \times 0.4 = 13.22$ $\sigma_{x,c(y)}(22.5^\circ) = 11.34 \times 0.4 + 4.70 \times 1 = 9.24$	12.28
45° 方向	8.68	8.68	12.15 $\sigma_{x,c(x)}(45^\circ) = 8.68 \times 1 + 8.68 \times 0.4 = 12.15$ $\sigma_{x,c(y)}(45^\circ) = 8.68 \times 0.4 + 8.68 \times 1 = 12.15$	12.28
67.5° 方向	4.70	11.34	13.22 $\sigma_{x,c(x)}(67.5^\circ) = 4.70 \times 1 + 11.34 \times 0.4 = 9.24$ $\sigma_{x,c(y)}(67.5^\circ) = 4.70 \times 0.4 + 11.34 \times 1 = 13.22$	12.28
90° 方向	0.00	12.28	12.28 $\sigma_{x,c(x)}(90^\circ) = 0 \times 1 + 12.28 \times 0.4 = 4.91$ $\sigma_{x,c(y)}(90^\circ) = 0 \times 0.4 + 12.28 \times 1 = 12.28$	12.28

図 6 機器配管系における組合せ係数法の適用例（1/2）（別紙 4.4 4 項より再掲，一部加筆）

表4-5 水平地震時の応力強さ分布

角度	X 方向入力時 応力強さ (MPa) $\sigma_x(\theta)$	Y 方向入力時 応力強さ (MPa) $\sigma_y(\theta)$	2 方向入力時応力強さ (MPa)	
			組合せ係数法 $\sigma_c(\theta)$	SRSS 法 $\sigma_s(\theta)$
0° 方向	12.28	5.40	12.41	13.04
22.5° 方向	11.47	6.03	13.64	13.04
45° 方向	9.22	9.22	12.91	13.04
67.5° 方向	6.03	11.47	13.64	13.04
90° 方向	5.40	12.28	12.41	13.04

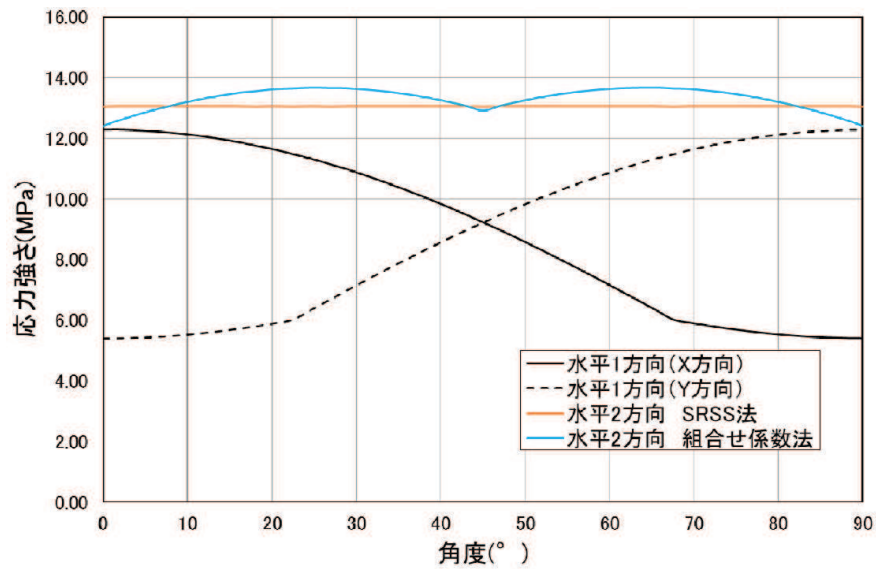


図 4-6 水平地震時応力強さ分布図

図 6 機器配管系における組合せ係数法の適用例 (2/2) (別紙 4.4 4 項より再掲)

表2 水平地震時の軸方向応力分布(入力荷重に係数を考慮した場合, X:Y=1:0.4)

角度	X:Y=1:0.4		2方向入力時応力 (MPa)
	X方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{x,x}(\theta)$	Y方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{x,y}(\theta)$	組合せ係数法 $\sigma_{x,c}(\theta)$
0° 方向	12.28	0.00	12.28 $\sigma_{x,c(x)}(0^\circ) = 12.28 + 0 = 12.28$
22.5° 方向	11.34	1.88	13.22 $\sigma_{x,c(x)}(22.5^\circ) = 11.34 + 1.88 = 13.22$
45° 方向	8.68	3.47	12.15 $\sigma_{x,c(x)}(45^\circ) = 8.68 + 3.47 = 12.15$
67.5° 方向	4.70	4.54	9.24 $\sigma_{x,c(x)}(67.5^\circ) = 4.70 + 4.54 = 9.24$
90° 方向	0.00	4.91	4.91 $\sigma_{x,c(x)}(90^\circ) = 0 + 4.91 = 4.91$

表3 水平地震時の軸方向応力分布(入力荷重に係数を考慮した場合, X:Y=0.4:1)

角度	X:Y=0.4:1		2方向入力時応力 (MPa)
	X方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{x,x}(\theta)$	Y方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{x,y}(\theta)$	組合せ係数法 $\sigma_{x,c}(\theta)$
0° 方向	4.91	0.00	4.91 $\sigma_{x,c(y)}(0^\circ) = 4.91 + 0 = 4.91$
22.5° 方向	4.54	4.70	9.24 $\sigma_{x,c(y)}(22.5^\circ) = 4.54 + 4.70 = 9.24$
45° 方向	3.47	8.68	12.15 $\sigma_{x,c(y)}(45^\circ) = 3.47 + 8.68 = 12.15$
67.5° 方向	1.88	11.34	13.22 $\sigma_{x,c(y)}(67.5^\circ) = 1.88 + 11.34 = 13.22$
90° 方向	0.00	12.28	12.28 $\sigma_{x,c(y)}(90^\circ) = 0 + 12.28 = 12.28$

12.4.3 制御棒挿入性評価に適用する組合せ係数法の保守性の検討

水平2方向の検討において屋外重要土木構造物に用いている、位相の異なる地震動を適用して評価した場合の燃料集合体の相対変位を算出し組合せ係数法による結果と比較する。

位相の異なる地震動を適用して評価する場合の評価手順を図7に示すとおり、図8に示す炉内構造物系地震応答解析モデルを適用し、位相差を考慮した地震動を図8-1のNS方向モデルへ入力し、位相差を考慮していない地震動を図8-2のEW方向モデルへ入力してそれぞれ燃料集合体中央位置での相対変位の時刻歴データを算出する。次に各方向の時刻歴データを時々刻々ベクトル合成することで水平2方向入力による変位履歴を求め、この中から最大の相対変位を算出する。

NS/EW方向の燃料集合体相対変位時刻歴データを時々刻々ベクトル合成して得られた変位履歴を図9-1に示す。また、図9-2には比較のため、NS/EW方向共に位相が同一の地震動を入力した場合の変位履歴を示す。

NS/EW方向に位相差のない同一の地震動を適用した場合は、図9-2に示すとおり、斜め方向に繰返し変形することが分かる。一方、位相の異なる地震動を適用した場合は、図9-1に示すとおり、NS方向、EW方向へバランスよく比較的円に近い形の変位履歴となっていることが分かる。

位相の異なる地震動の作成方針及び作成結果については別紙5に示しており、この中で制御棒挿入性評価において最も厳しい結果となる基準地震動S_{s-D2}を用いて検討する。基準地震動S_{s-D2}に対する燃料集合体相対変位の算出結果は、NS方向が50.5mm、EW方向が54.2mmとなりEW方向が大きい結果となっていることから、水平2方向の影響検討として結果が厳しくなるようにEW方向は位相差を考慮しない地震動をそのまま適用しNS方向に対して位相の異なる地震動を適用して評価を行う。

図9-1に示す位相の異なる地震動を組み合わせで評価した場合の燃料集合体相対変位の最大変位を表4に示す。表4に示すとおり最大変位は54.4mmとなっており、表1に示す組合せ係数法を用いた変位57.9mmと比較して小さい値となっている。水平2方向の検討において、位相の異なる地震動を適用した評価は実際の地震挙動に近い状態での評価であると考えられることから、組合せ係数法の結果はこれよりも保守的になっていることが分かる。

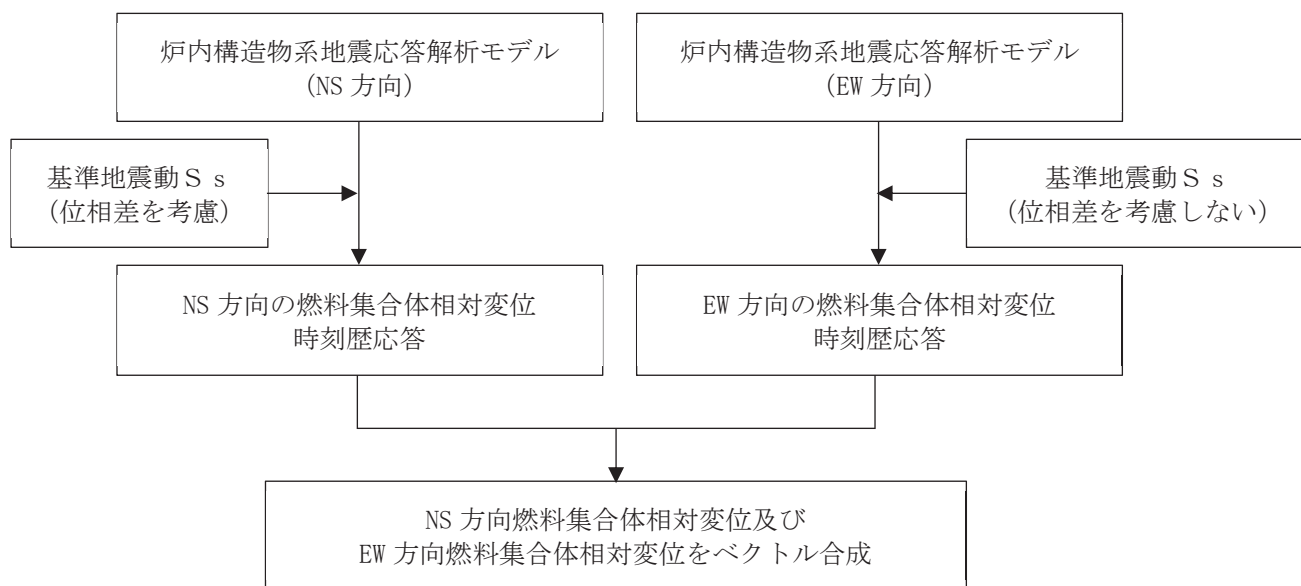


図 7 制御棒挿入性評価における位相の異なる地震動を適用した水平 2 方向の影響評価手順

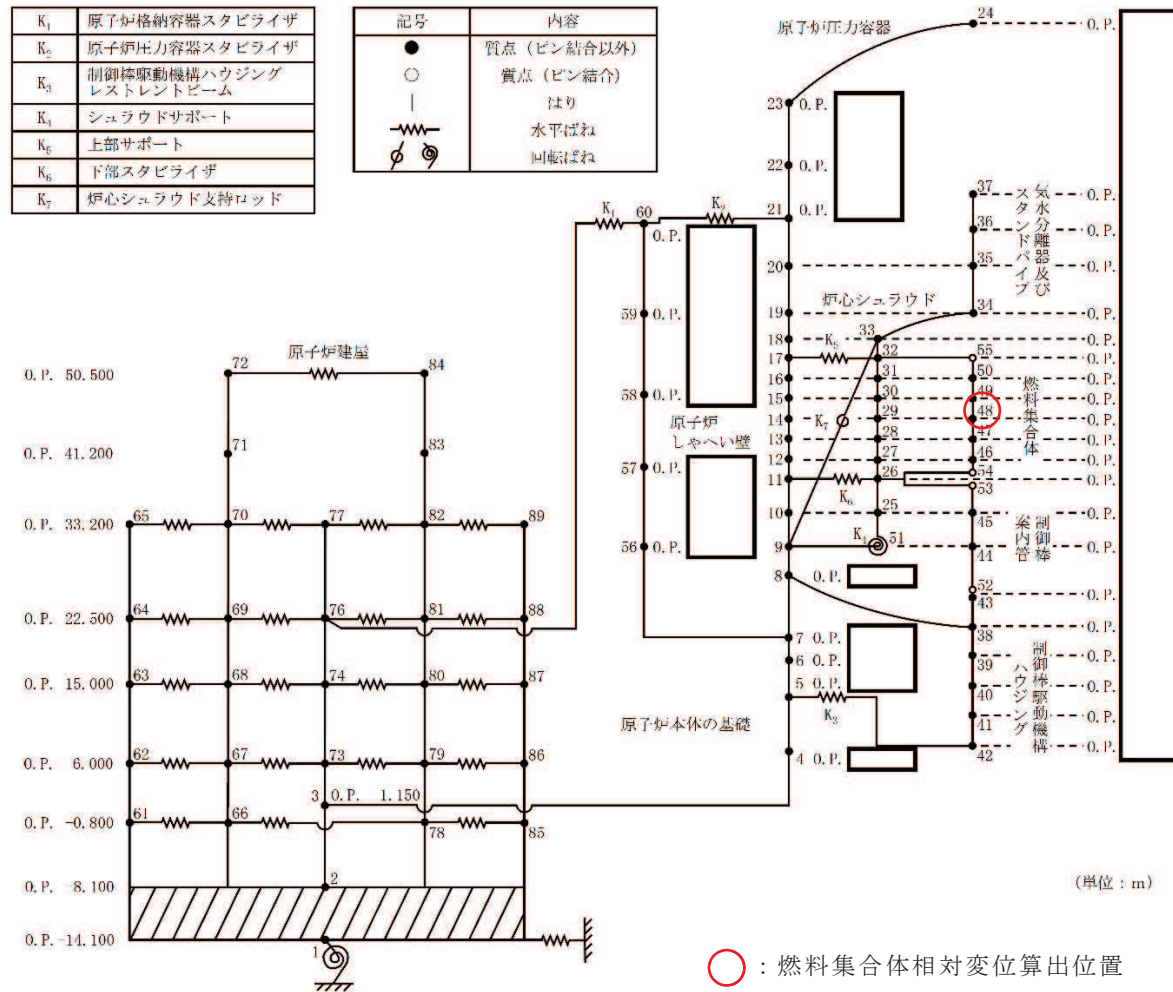
表 4 位相の異なる地震動を組み合わせて評価した場合の燃料集合体相対変位

評価項目	燃料集合体相対変位 (mm)			確認済相対変位 (mm)
	NS 方向変位* ¹ (A)	EW 方向変位* ¹ (B)	最大変位* ² (NS-EW 変位のベクトル和) $\sqrt{(A)^2+(B)^2}$	
制御棒挿入性	4.77	54.2	54.4	60.0

注記*1：最大変位*²が発生した時間における NS/EW 方向の変位。なお、NS/EW 方向それぞれの全時間帯における最大変位は NS 方向：44.6mm，EW 方向：54.2mm となる。

*2：燃料集合体の地震応答の全時間帯について NS 方向変位と EW 方向変位のベクトル和を行い最も大きかった変位のこと。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



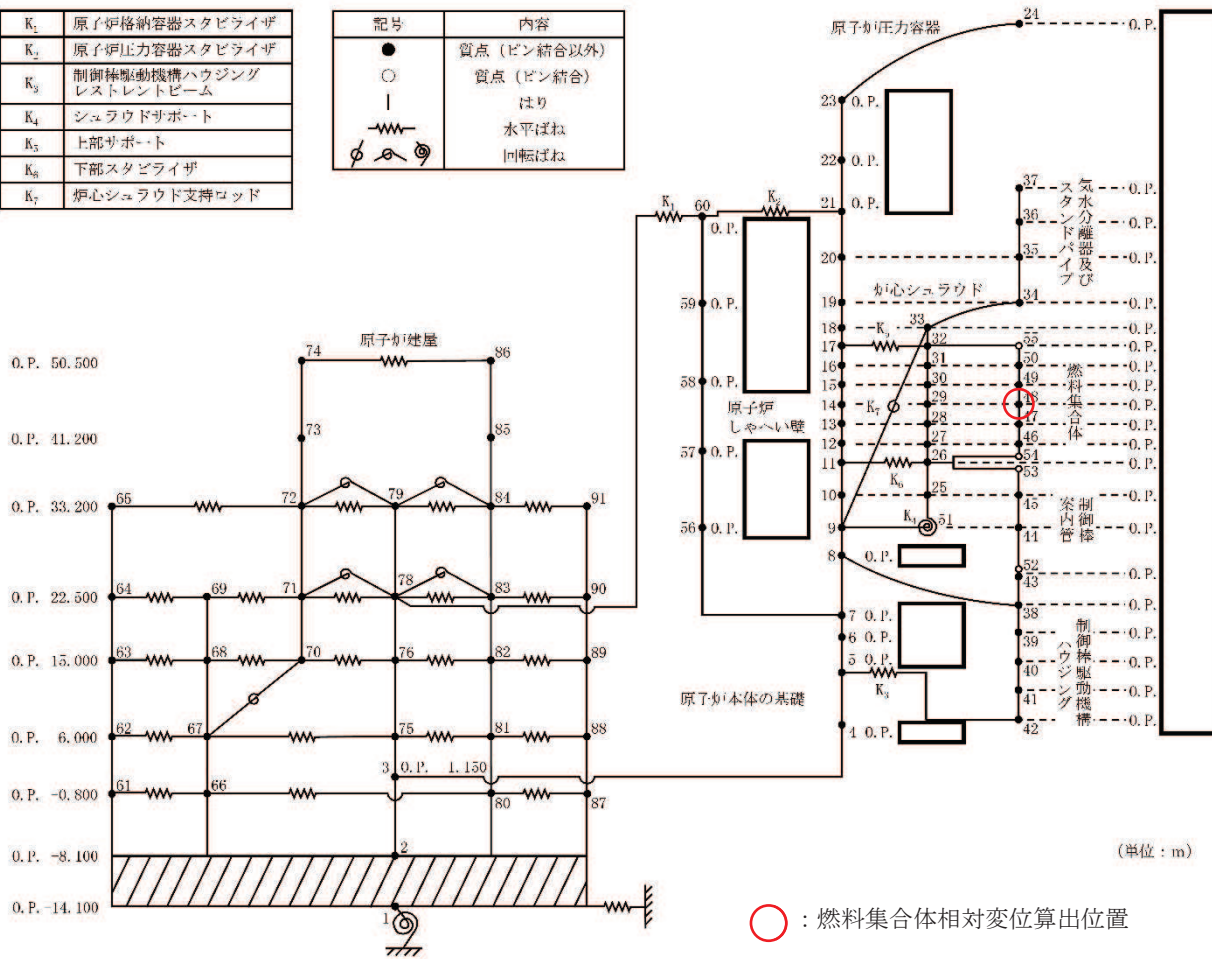
注* : 添付書類「VI-2-3-2 炉心, 原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」より

図 8-1 炉内構造物系地震応答解析モデル (NS 方向)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

K ₁	原子炉格納容器スタビライザ
K ₂	原子炉圧力容器スタビライザ
K ₃	制御棒駆動機構ハウジングレストレイントビーム
K ₄	シュラウドサポート
K ₅	上部サポート
K ₆	下部スタビライザ
K ₇	炉心シュラウド支持ロッド

記号	内容
●	質点 (ピン結合以外)
○	質点 (ピン結合)
	はり
— —	水平ばね
⊕	回転ばね



注* : 添付書類「VI-2-3-2 炉心, 原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」より

図 8-2 炉内構造物系地震応答解析モデル (EW 方向)

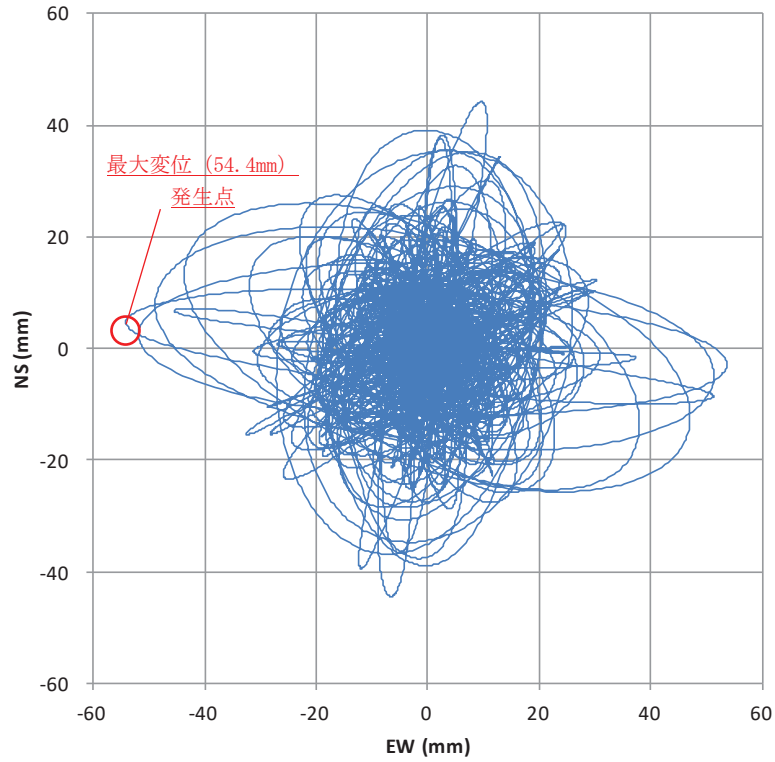


図 9-1 位相の異なる地震動を適用した地震応答解析結果（燃料集合体相対変位）のリサーチ図
 （NS 方向：位相の異なる地震動，EW 方向：位相差なし）

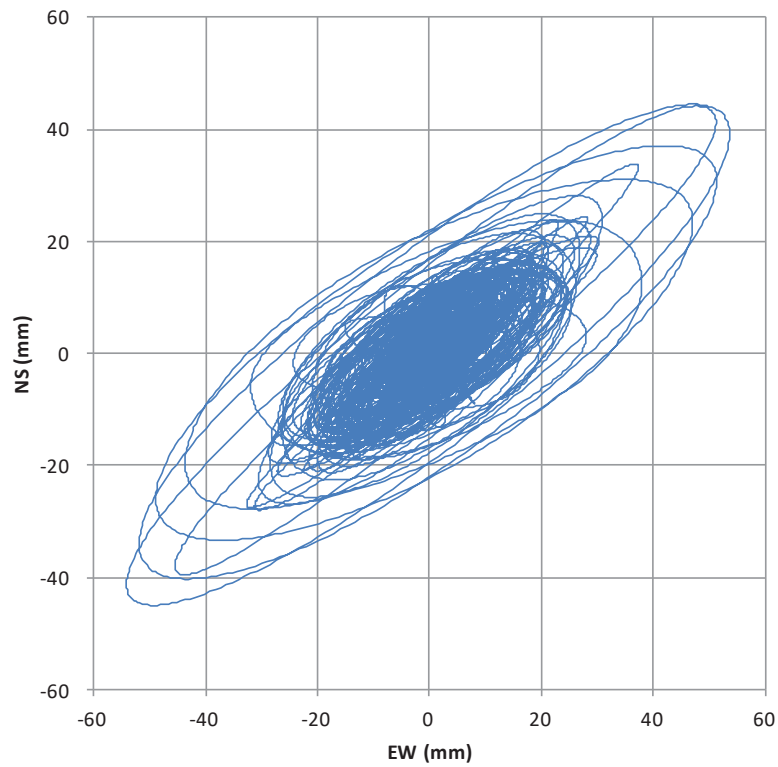


図 9-2 位相が同一の地震動を適用した地震応答解析結果（燃料集合体相対変位）のリサーチ図
 （NS 方向：位相差なし，EW 方向：位相差なし）

12.4.4 制御棒挿入性評価への組合せ係数法の適用性

4.1 項及び 4.2 項に示すとおり、J E A G 4 6 0 1 等の規格及び先行プラントの適用実績における水平 2 方向の組合せ方法として、組合せ係数法が示されていること、また建物構築物等の施設を含めて組合せ係数法の適用実績が十分であることを確認した。また、4.3 項に示すとおり、制御棒挿入性評価に対する組合せ係数法については保守性を考慮した設定としている。

以上のことから、制御棒挿入性評価に対する水平 2 方向の組合せ方法として、組合せ係数法を適用することが可能である。

12.5 制御棒挿入性試験への水平 2 方向の影響

表 1 や表 2 に示している、制御棒挿入性評価の許容限界として適用している確認済相対変位 60mm は制御棒挿入性試験結果より設定しているものであるが、これは燃料チャンネルの側面に対して平行な方向（面方向）に加振して得られた結果から定めているものである。今回、水平 2 方向の影響検討を実施するにあたり、加振試験方向が制御棒挿入性に及ぼす影響を確認するため、加振方向を斜め方向として実施した試験結果を図 10 に示す。

図 10 に示すとおり、斜め方向加振による制御棒挿入時間（75%ストロークスクラム時間）は、面方向加振条件と同等かもしくは短い結果となっている。これは、燃料集合体と制御棒の間隙が、面方向に比べ斜め方向の場合の方が大きくなるためである。燃料集合体と制御棒の間隙のイメージを図 11 に示すが、斜め方向になることで燃料集合体と制御棒の間隙がおおよそ $\sqrt{2}$ 倍となることから、斜め方向よりも面方向加振の方が厳しい条件となるものである。

なお、斜め方向の制御棒挿入性試験の試験条件を表 5 に、試験装置概要を図 12 に示す。表 5 に示すとおり斜め方向の試験については、今回工認向けに実施した面方向の試験*と同条件で実施しており試験条件に差異はない。

注記*：面方向試験の詳細は「補足-600-16 制御棒の挿入性評価について」参照。

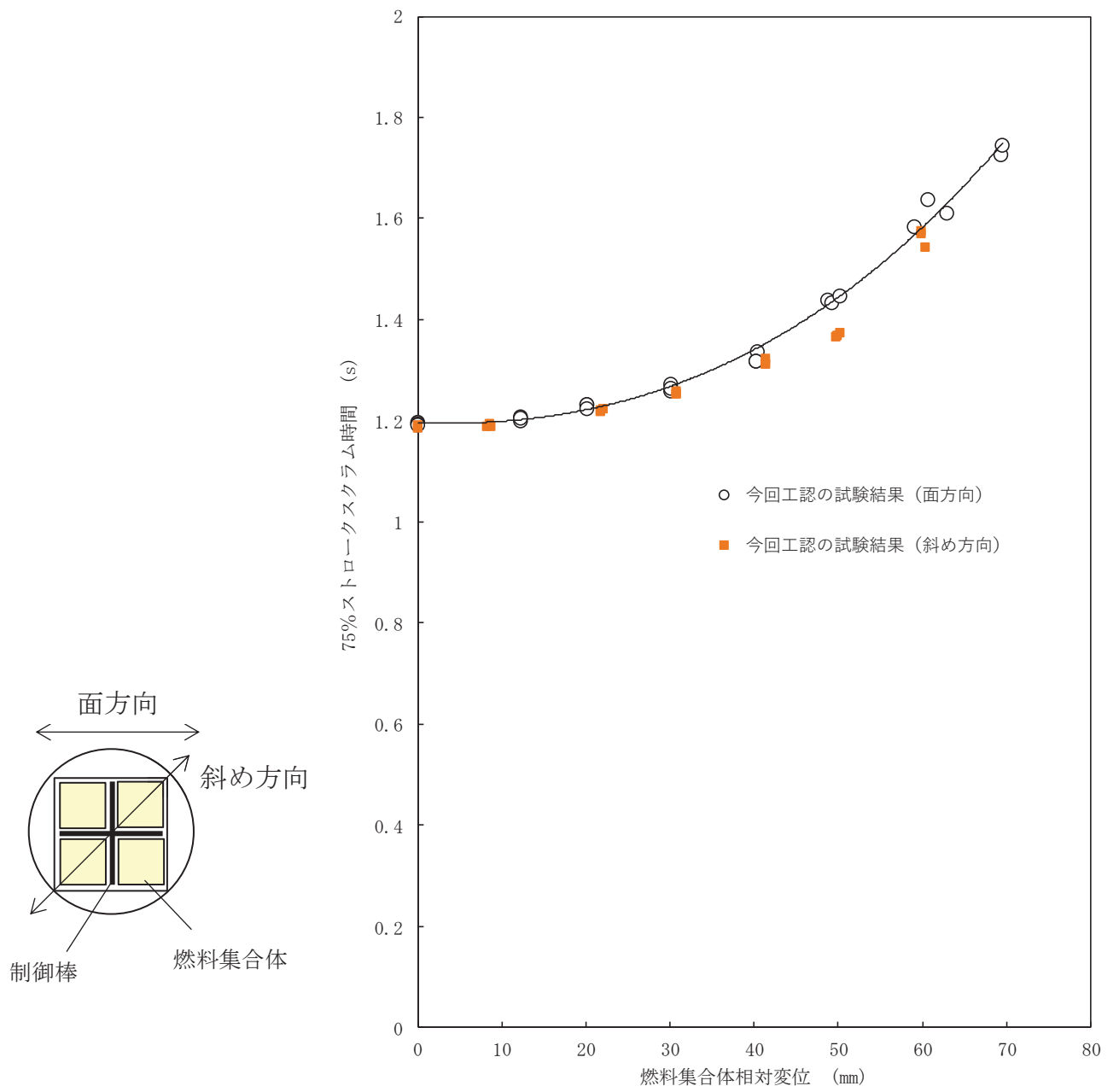


図 10 制御棒挿入性試験結果 (面方向加振－斜め方向加振の比較)

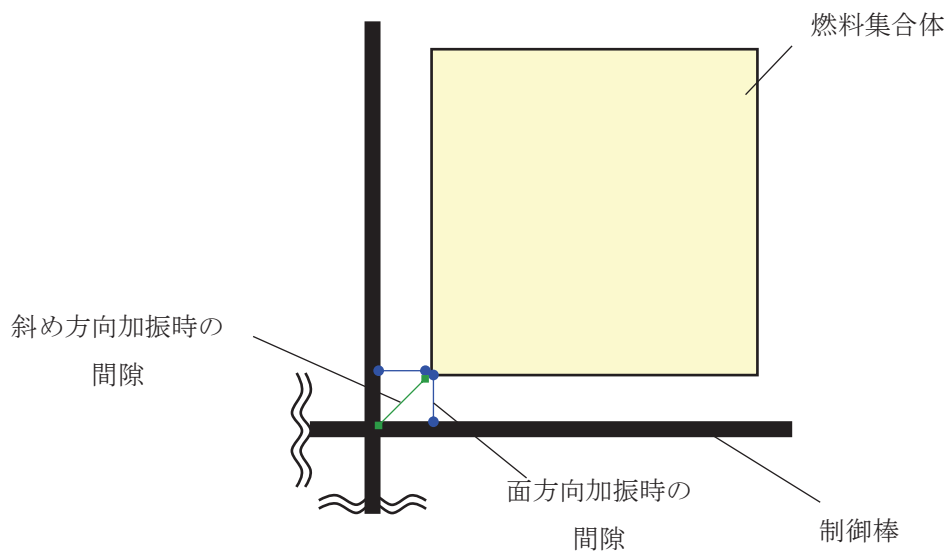



図 11 燃料集合体と制御棒の間隙のイメージ図

表 5 斜め方向加振試験の条件（面平行加振試験との比較）

条件項目	面平行（今回工認）	斜め方向（影響確認）	備考
機器・装置構成	<ul style="list-style-type: none"> ・模擬燃料集合体（9×9燃料，チャンネルボックス含む） ・制御棒 ・燃料支持金具 ・制御棒案内管 ・制御棒駆動機構 ・水圧制御ユニット 	<ul style="list-style-type: none"> ・同左 ・同左 ・同左 ・同左 ・同左 	—
試験方法	<ul style="list-style-type: none"> ・加振により燃料集合体に相対変位を発生させ，その状態で75%ストロークスクラムに要する時間を計測 ・正弦波により加振 ・各相対変位（0～70mm範囲で10mm刻みに設定）に対して3回試験を実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・同左 ・同左 ・各相対変位（0～60mm範囲で10mm刻みに設定）に対して3回試験を実施 	—
温度	常温	同左	—
圧力	大気圧*1	同左	—
チャンネルボックス板厚		同左	<ul style="list-style-type: none"> ・高温時の変位特性（加速度に対する変位量）と同等になるように設定 ・チャンネルボックス板厚を調整したことの配慮として，チャンネルボックス間の間隙を既工認と同等の条件に設定

注記*1：実機（炉圧状態）では圧力抵抗が増すため，制御棒挿入に要する時間が増加する。制御棒挿入性試験は大気圧条件で実施するが，制御棒挿入圧力を調整し，ゼロスクラム時間（無加振時の75%ストロークスクラムに要する時間）を実機と合わせることで炉圧状態を模擬している

*2：1mil=0.0254mm

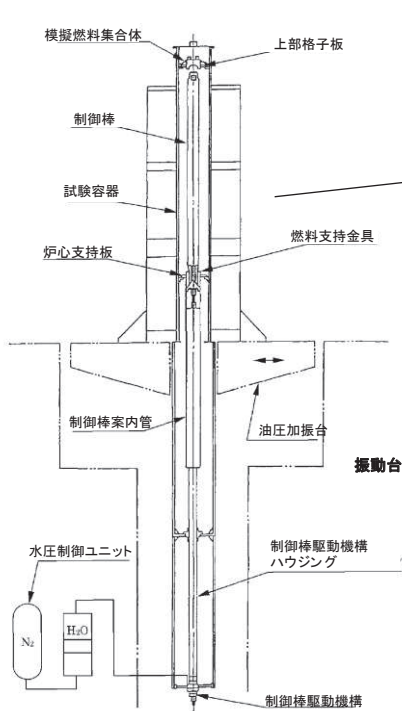


図 12-1 試験装置概要



図 12-2 試験装置外観

12.6 まとめ

組合せ係数法を適用した場合及び位相の異なる地震動を適用した場合の水平方向2方向の影響検討結果について表6に示す。組合せ係数法による結果は、実際の地震挙動に近いと考えている位相の異なる地震動による結果に比べて保守的な値となっている。

本検討結果を踏まえて、制御棒挿入性評価の水平2方向影響検討においては、組合せ係数を適用することとした。

表6 制御棒挿入性評価における水平2方向の影響検討結果まとめ

評価項目	水平2方向の影響を考慮した 燃料集合体相対変位 (mm) *		確認済相対変位 (mm)
	位相の異なる地震動 による結果	組合せ係数法に よる結果	
制御棒挿入性	54.4	57.9	60.0

注記*：基準地震動S_{s7}波の中でも最も燃料集合体相対変位が大きくなる基準地震動S_{s-D2}による結果を示す。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価における代表性

1. はじめに

機器・配管系における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価において、水平 2 方向の影響を考慮した場合に発生値がどの程度増分するかを検討している。その際には、耐震重要施設、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）又は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する設備について、機種ごとに裕度の小さい部位を代表して影響評価を実施している。

2. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価における代表性について

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価にあたっては、機種ごとに裕度の小さい部位を代表として選定しているが、その代表性について説明する。

各機種のうち一部の機種については、複数の応力分類や評価部位を有していたりするものがあり、それらについては評価結果に対する地震力の寄与度がそれぞれ変わる場合がある。従って、本影響評価においては、これらの設備について、耐震裕度が小さい部位を代表とした上で、地震以外の荷重成分を地震荷重とみなし、水平 1 方向及び鉛直方向の組合せによる評価値を水平各方向（それぞれ鉛直方向も含む）で用いるなどの簡易的かつ保守的な方法（図 2-1 参照）を適用することを基本とする。

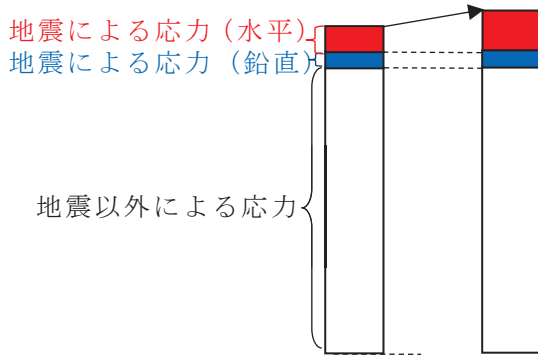
この方法を適用する機種は、耐震裕度の小さい部位や応力分類で代表することができる。

また、この簡易的かつ保守的な方法を適用しない機種は、評価結果に対する地震力の寄与度に配慮した、影響評価を個別に行う場合もある。

本影響評価の代表部位一覧を別紙 4.1 表 1 に示す。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力による発生値の算定

地震による応力（水平）
地震による応力（鉛直）



保守的な算定

全ての応力に水平 2 方向の影響を加味

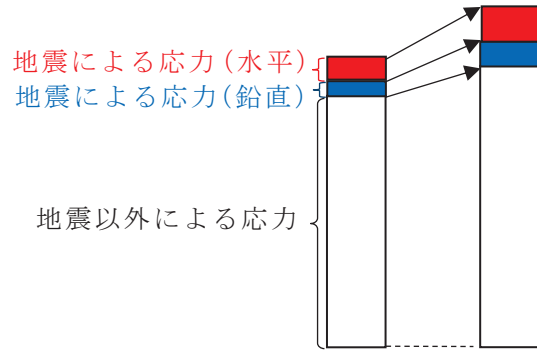


図 2-1 地震以外の荷重成分を地震荷重とみなす場合の保守的な算定イメージ

水平 2 方向地震動と鉛直方向地震動の組合せ方法の検討

1. はじめに

本資料は水平 2 方向の地震動が作用する場合の荷重の組合せ方法についてまとめたものである。本内容は電共研「新規制基準対応を踏まえた機器・配管系評価法に関する研究 (Phase2)」(平成 31 年 3 月)にて検討されており、本成果により、水平 2 方向の地震動が作用する場合に最大値の発生時間の非同時性を考慮した場合の手法として SRSS 法を用いることは妥当であることを示すものである。

2. 電共研における検討内容

水平 2 方向の地震動が作用する場合の機器の応答は、2 次元挙動を模擬できるモデルに水平 2 方向の地震動を同時に時々刻々入力して推定することが望ましい。一方、既往の耐震設計においては、1 質点系の地震応答解析結果を用いたスペクトルモーダル解析が主流であり、各方向の地震動入力に対し、時間に依存しない機器の最大応答のみを取り扱っている。

しかし、水平 2 方向に対しても同様に、各 1 方向のスペクトルモーダル解析で得られる応答の絶対値和を適用すると、最大値の発生時間の非同時性は考慮されないことから、過渡に保守的な評価となる。このため、新規制基準対応では、より合理的な評価手法として Regulatory Guide 1.92 を引用して水平 2 方向地震動の荷重を SRSS 法により組合せている。

本研究では、最大値の発生時間の非同時性を考慮した手法として SRSS 法を用いることの妥当性について検討している。

2.1 検討条件

2.1.1 入力波の選定

入力波は最大加速度が大きい断層波として「代表プラント断層モデル波」、配管の主要モードが卓越するような周期範囲に卓越ピークを有する観測波として「2011 年 4 月 7 日 宮城県沖の地震 (以下 4.07 地震という)」を選定した。入力地震波の波形図と加速度応答スペクトル図を図 2-1～図 2-4 に示す。入力波は、実機配管の設計に用いている荷重条件に近いものとして、建屋応答 (R/B 地下階) を適用した。



(a) NS 方向



(b) EW 方向



(c) UD 方向

図 2-1 代表プラント 断層モデル波：波形図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



(a) NS 方向



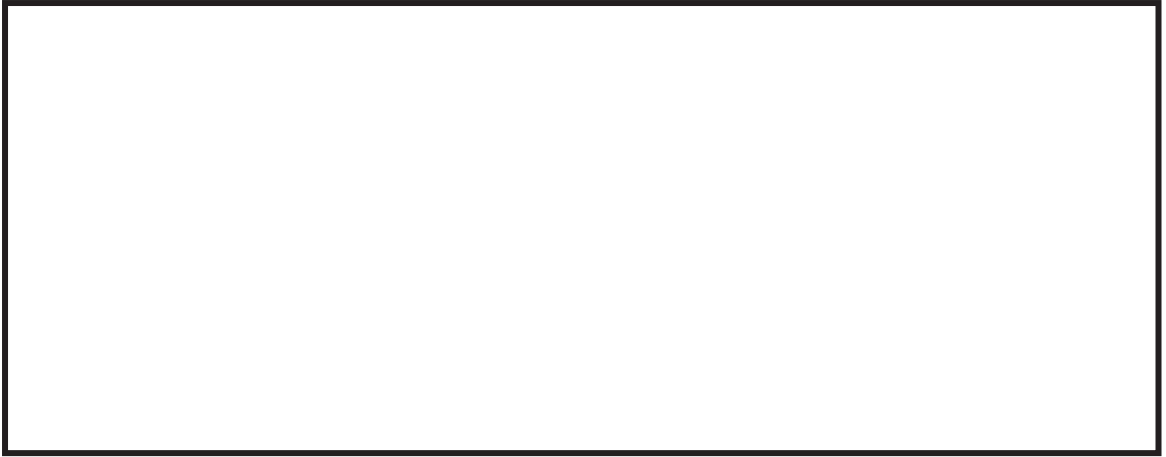
(b) EW 方向



(c) UD 方向

図 2-2 代表プラント 断層モデル波：加速度応答スペクトル図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



(a) NS 方向



(b) EW 方向



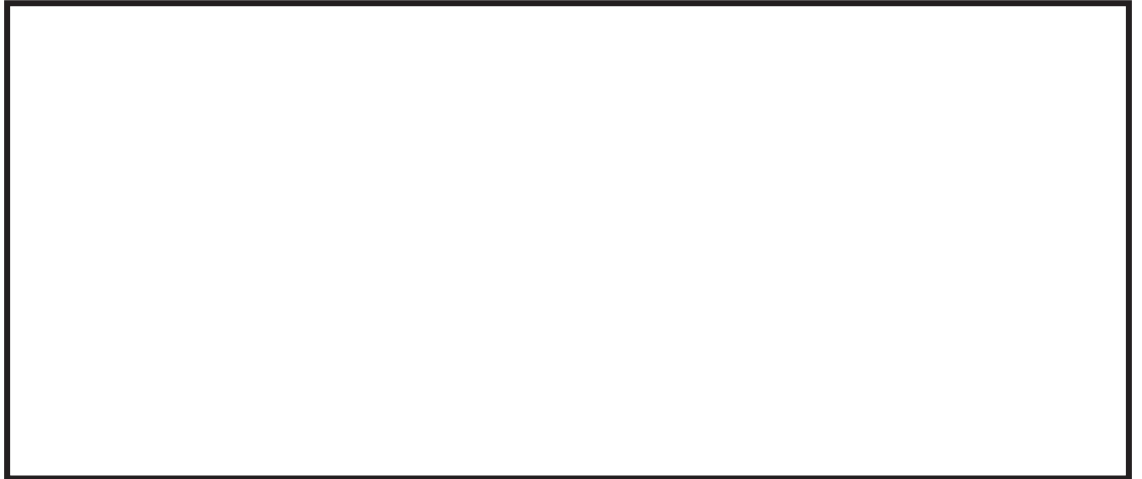
(c) UD 方向

図 2-3 4.07 地震：波形図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



(a) NS 方向



(b) EW 方向



(c) UD 方向

図 2-4 4.07 地震：加速度応答スペクトル図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.1.2 解析ケース

本検討で実施する解析ケース一覧を表 2-1 に示す。

表 2-1 解析ケース一覧

配管モデル	入力地震動		解析手法	荷重組合せ*
実機配管 モデル	断層波	代表プラン ト断層モデ ル波	時刻歴応答解析法	代数和法
			スペクトル モーダル解析	SRSS 法
				絶対値和法
	観測波	4.07 地震	時刻歴応答解析法	代数和法
			スペクトル モーダル解析	SRSS 法
				絶対値和法

注記*：代数和法：水平 2 方向地震動による荷重と鉛直方向地震動による荷重を計算時刻ステップごとに代数和する方法。

SRSS 法：水平 2 方向地震動による各方向最大荷重の二乗と鉛直方向地震動による最大荷重の二乗を加算し、その値の平方根を求める方法。

絶対値和法：水平 2 方向地震動による各方向最大荷重と鉛直方向地震動による最大荷重を絶対値和にて加算する方法。

2.1.3 対象

代表配管モデルは、3次元的な構造を持ち、主要な配管要素である直管、エルボ、ティ、サポート及び弁を含む配管系の中から、1モデル(600A/300A, h=2.0%)を選定した(図2-5)。

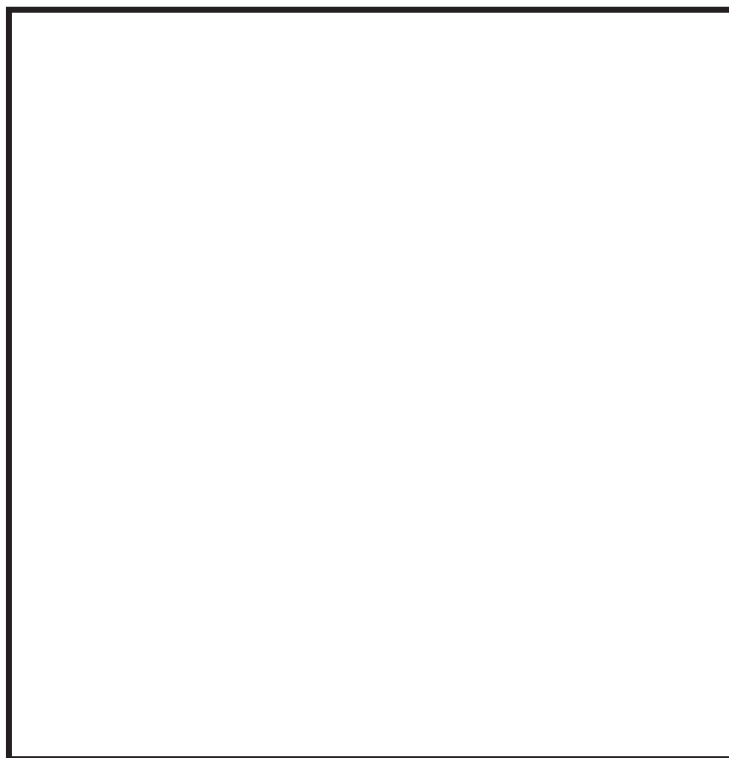


図 2-5 実機配管モデル図(鳥瞰図)

2.2 検討結果

2.2.1 実機配管モデルの固有値解析結果

前項で選定した代表モデルに対して、固有値解析を実施した。固有値解析結果を表2-2に、主要モード図を図2-6～図2-9に示す。

表 2-2 固有値解析結果

モード	固有周期 T (s)	刺激係数		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次	0.079			
2 次	0.069			
3 次	0.057			
4 次	0.051			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

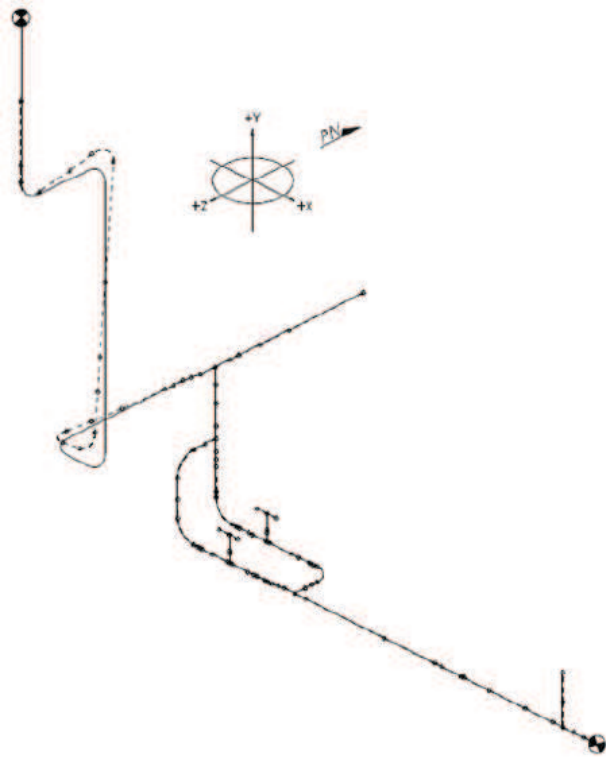


図 2-6 モード図 : 1 次モード : $T=0.079s$

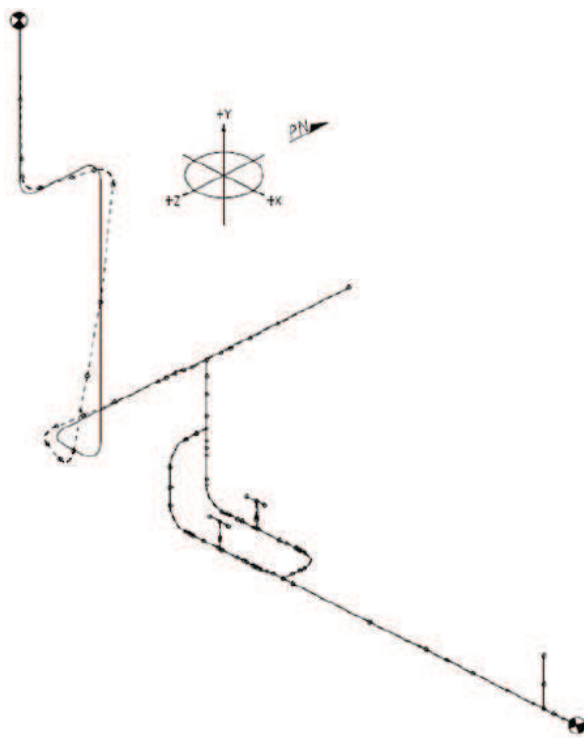


図 2-7 モード図 : 2 次モード : $T=0.069s$

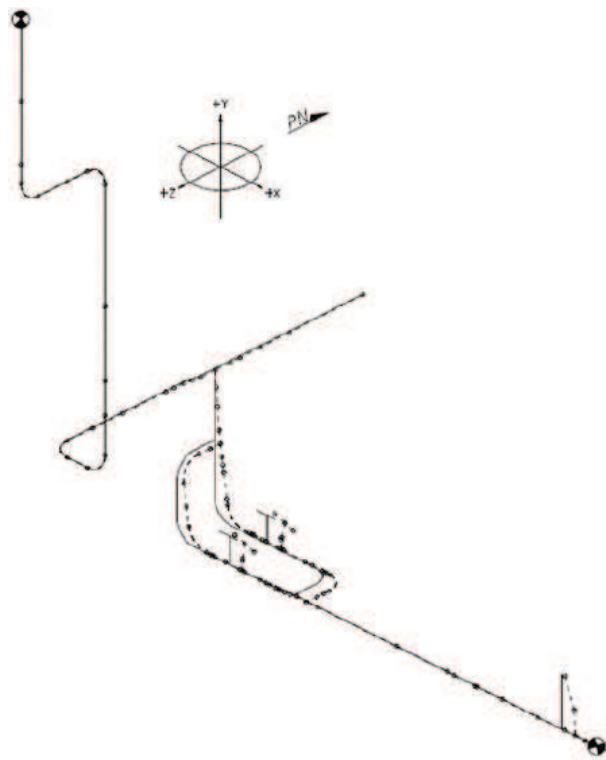


図 2-8 モード図 : 3 次モード : $T=0.057s$

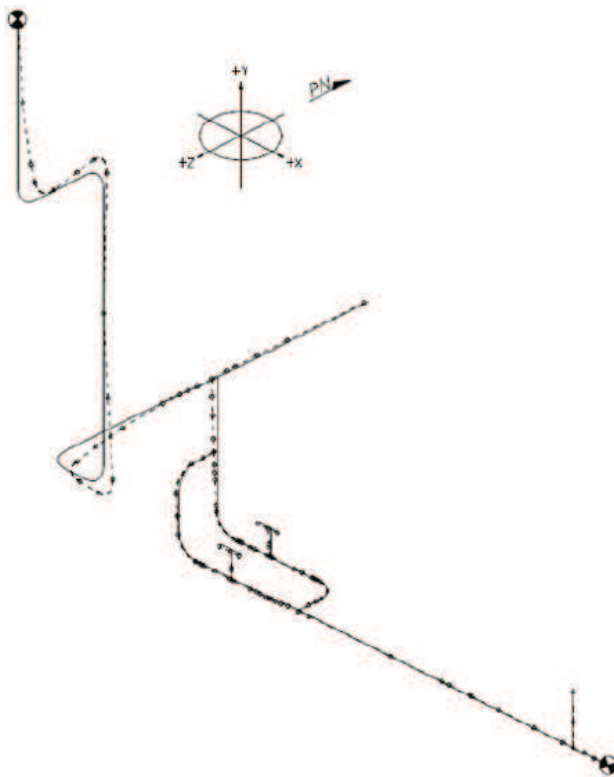


図 2-9 モード図 : 4 次モード : $T=0.051s$

2.2.2 応答解析結果及び応力算出結果

断層モデル波を入力した各評価点の応答解析結果を表 2-3 に、応力算出結果を図 2-10 に示す。4.07 地震を入力した各評価点の応答解析結果を表 2-4 に、応力算出結果を図 2-11 に示す。表 2-3, 2-4 に示す応答解析結果においては、実機配管モデルを構成する標準的な部材であるエルボ（質点番号：8, 13）、ティ（質点番号：3, 52）とアンカ（質点番号：19, 98）について、代数和法のケースを基準とした組合せ手法ごとの地震荷重の比率を算定した。

表 2-3 応答解析結果：断層モデル波（代数和法で正規化）

質点番号	組合せ	地震荷重比	部位
3	SRSS 法	1.25	ティ
	絶対値和法	1.75	
52	SRSS 法	1.20	ティ
	絶対値和法	1.80	
8	SRSS 法	1.10	エルボ
	絶対値和法	1.70	
13	SRSS 法	1.10	エルボ
	絶対値和法	1.40	
19	SRSS 法	1.00	アンカ
	絶対値和法	1.50	
98	SRSS 法	1.00	アンカ
	絶対値和法	1.50	

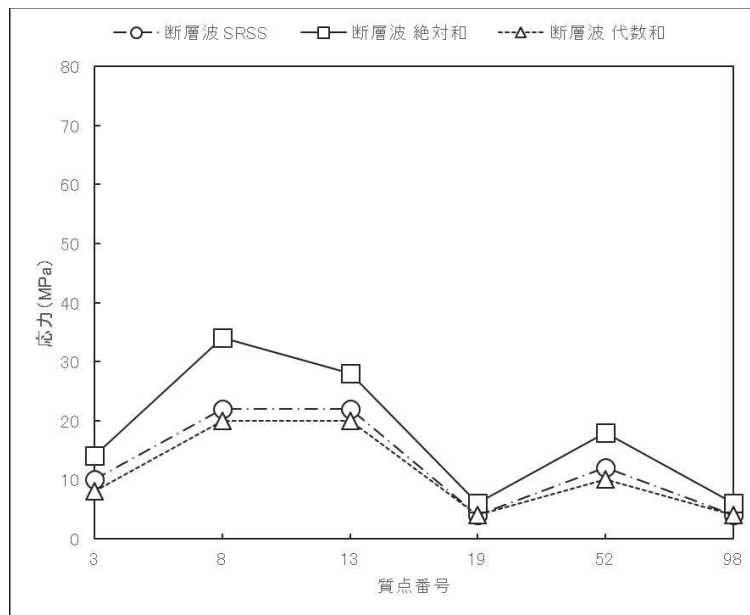


図 2-10 応力算出結果：断層モデル波

表 2-4 応答解析結果：4.07 地震（代数和方法で正規化）

質点番号	組合せ	地震荷重比	部位
3	SRSS 法	1.00	ティ
	絶対値和法	1.56	
52	SRSS 法	1.08	ティ
	絶対値和法	1.54	
8	SRSS 法	1.00	エルボ
	絶対値和法	1.76	
13	SRSS 法	1.05	エルボ
	絶対値和法	1.43	
19	SRSS 法	1.10	アンカ
	絶対値和法	1.75	
98	SRSS 法	1.25	アンカ
	絶対値和法	1.50	

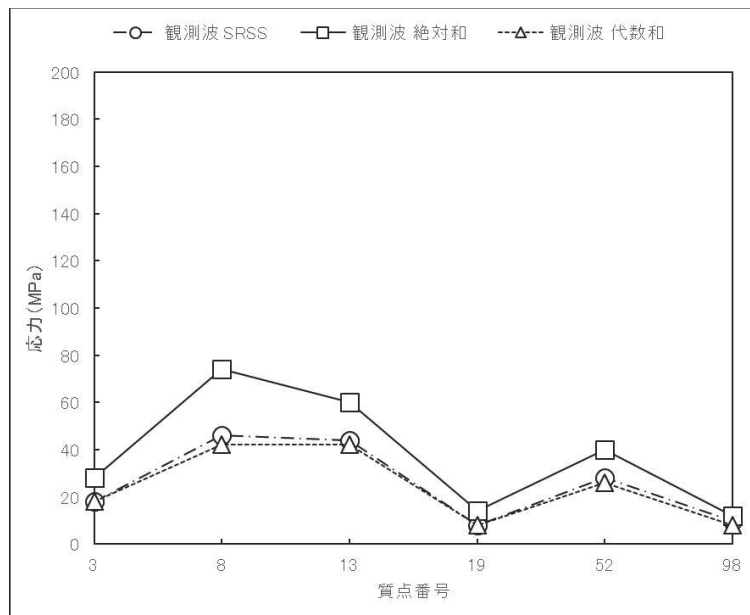


図 2-11 応力算出結果：観測波（4.07 地震）

2.2.3 実機配管モデルに対する SRSS 法の適用について

選定した実機配管モデルに対して、代表的な断層波及び観測波を用いて時刻歴応答解析法により算定した計算時刻ステップごとの地震荷重を代数和法にて組み合わせた結果並びにスペクトルモーダル解析法により算定した最大地震荷重を SRSS 法及び絶対値和法にて組み合わせた結果の比較検討を実施した。

断層波及び観測波ともに、組合せ法の違いによる各評価点の応答解析結果の差異の傾向は同様の傾向を示し、SRSS 法は代数和法の結果に対して 1.00～1.25 倍、絶対値和法は代数和法の結果に対して 1.40～1.80 倍となった。SRSS 法は、水平 2 方向地震動と鉛直方向地震動の同時入力による応答を精度よく模擬できている。

以上から、実機配管モデルに対して、スペクトルモーダル解析法により算定した水平 2 方向地震動と鉛直地震動による最大地震荷重の組合せ法として、SRSS 法を用いて差し支えないと判断した。

原子炉建屋 3次元 FEM モデルの面外加速度に係る機器・配管系への影響

1. はじめに

「別紙 2 3次元 FEM モデルを用いた精査」の「2.5 地震応答解析結果」より、壁の中央部で面外にはらむような最大応答加速度分布となっていることから、面外加速度の機器・配管系への影響検討を実施する。なお、影響検討は、本文の「3.2 機器・配管系」の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価結果を基に実施する。

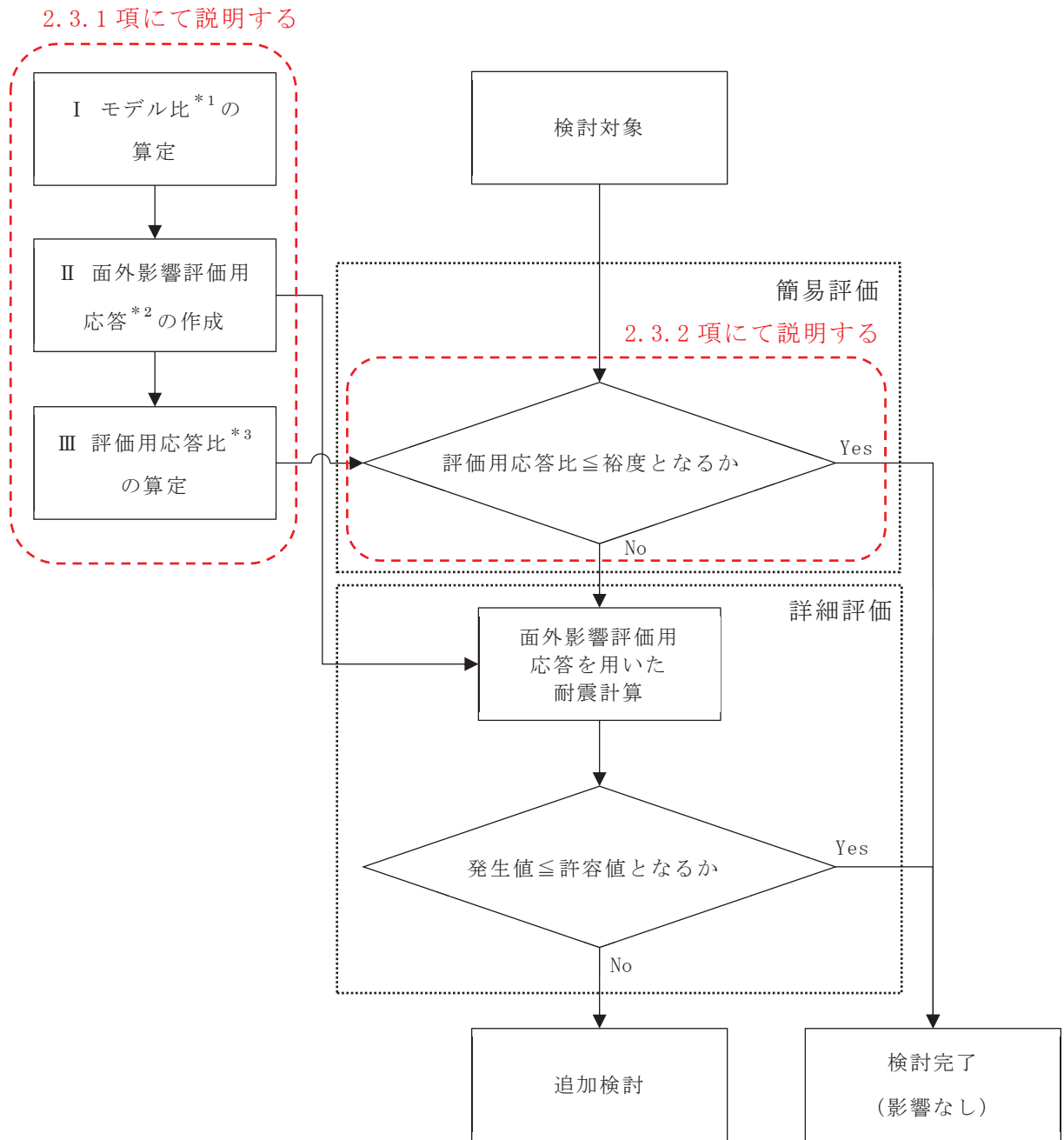
2. 検討方針

「2.1 検討対象」について、評価用応答比（詳細は 2.3.1 項にて説明）と各検討対象の裕度（許容値／発生値）を用いた簡易評価及び 3次元影響評価用応答（詳細は 2.3.1 項にて説明）を用いた詳細評価を行う。影響検討フローを図 1 に示す。

2.1 検討対象

原子炉建屋に設置され、最大応答加速度、床応答曲線及び時刻歴応答加速度を用いて評価する以下の機器・配管系を影響検討の対象とする。なお、複数スパン及び層にまたがって直交方向に壁及び床の無い連続した壁に対して、面外加速度の影響は大きいことから、原子炉建屋 3階（以下「燃料取替床」という。）に設置される設備を代表とする。また、燃料取替床の床についても燃料取替床の壁と同様であることから、機器・配管系に対する面外加速度の影響を併せて検討する。影響検討対象の機器・配管系について表 1 に示す。

- ・設計基準対象施設のうち、耐震重要度分類の S クラスに属する機器・配管系
- ・重大事故等対処施設のうち、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）に属する機器・配管系
- ・波及的影響防止のために耐震評価を実施する機器・配管系



注記*1：モデル比 = $S_d - D_2$ に対する 3次元 FEM モデルの応答 / $S_d - D_2$ に対する質点系モデルの応答

*2：面外影響評価用応答 = 質点系モデル基本ケースの S_s に対する応答 × モデル比

*3：評価用応答比 = 面外影響評価用応答 / 耐震計算で使用している S_s に対する応答

図 1 影響検討フロー

表 1 影響検討対象設備 (1/2)

No	設備名称
1	使用済燃料貯蔵ラック
2	制御棒・破損燃料貯蔵ラック
3	使用済燃料プール水位／温度 (ガイドパルス式)
4	使用済燃料プール水位／温度 (ヒートサーモ式)
5	使用済燃料プール監視カメラ
6	原子炉補機冷却水サージタンク
7	原子炉建屋内水素濃度
8	燃料取替エリア放射線モニタ
9	使用済燃料プール上部空間放射線モニタ (低線量)
10	使用済燃料プール上部空間放射線モニタ (高線量)
11	原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置
12	静的触媒式水素再結合装置 (その 1)
13	静的触媒式水素再結合装置 (その 2)
14	静的触媒式水素再結合装置動作監視装置
15	燃料プール冷却浄化系配管 (FPC-002, 003)
16	燃料プール代替注水系配管 (FPC-020)
17	燃料プールのスプレイ系配管 (FPC-019)
18	原子炉補機冷却水系配管 (KRCW-105, 205)
19	非常用ガス処理系配管 (SGTS-001)
20	原子炉格納容器フィルタベント系配管 (FCVS-004)
21	堰
22	津波監視カメラ

表 1 影響検討対象設備 (2/2)

No	設備名称
23	原子炉建屋クレーン
24	燃料交換機
25	制御棒貯蔵ラック
26	燃料チャンネル着脱機

2.2 検討内容

2.2.1 面外加速度の影響を評価するための応答の作成

3次元 FEM モデルでは、弾性設計用地震動 S_d に対する地震応答解析を行っていることから、質点系モデルの基準地震動 S_s に対する応答を補正し、面外加速度による影響を評価できる応答を作成する。

- I 弾性設計用地震動 S_d に対する 3次元 FEM モデルの応答／弾性設計用地震動 S_d に対する質点系モデルの応答の比（「モデル比」という。）を、全周期において算定する。モデル比の例を図 2 に示す。モデル比は、固有周期 0.150s を例とすると (b/a) となる。なお、建屋 3次元 FEM モデルの応答による機器・配管系の耐震評価結果へ与える影響を検討するものであるため、1.0 を下回るモデル比についてもそのまま考慮する。
- II 質点系モデル基本ケースの基準地震動 S_s に対する固有周期毎の応答に、モデル比を乗算した応答（「面外影響評価用応答」という。）を算定する。面外影響評価用応答の例を図 3 に示す。面外影響評価用応答は、固有周期 0.150s を例とすると、0.150s の質点系モデル基本ケースの基準地震動 S_s に対する応答に 0.150s のモデル比を乗算した値となる。
- III 面外影響評価用応答／耐震計算で使用している基準地震動 S_s に対する応答の比（「評価用応答比」という。）を算定する。評価用応答比の算定例を図 4 に示す。評価用応答比は、仮に固有周期が 0.150s の機器・配管系とすると、設計用床応答曲線による耐震計算を実施している場合 (d/c) となる。なお、配管反力等を用いて評価している機器・配管系は、反力等を算定している配管の評価用応答比を考慮して評価する。

ここで、弾性設計用地震動 S_d に対する 3次元 FEM モデルの応答は、機器・配管系の設置箇所に対応する節点の応答を用いる。図 5～11 に影響検討に用いた節点を示す。

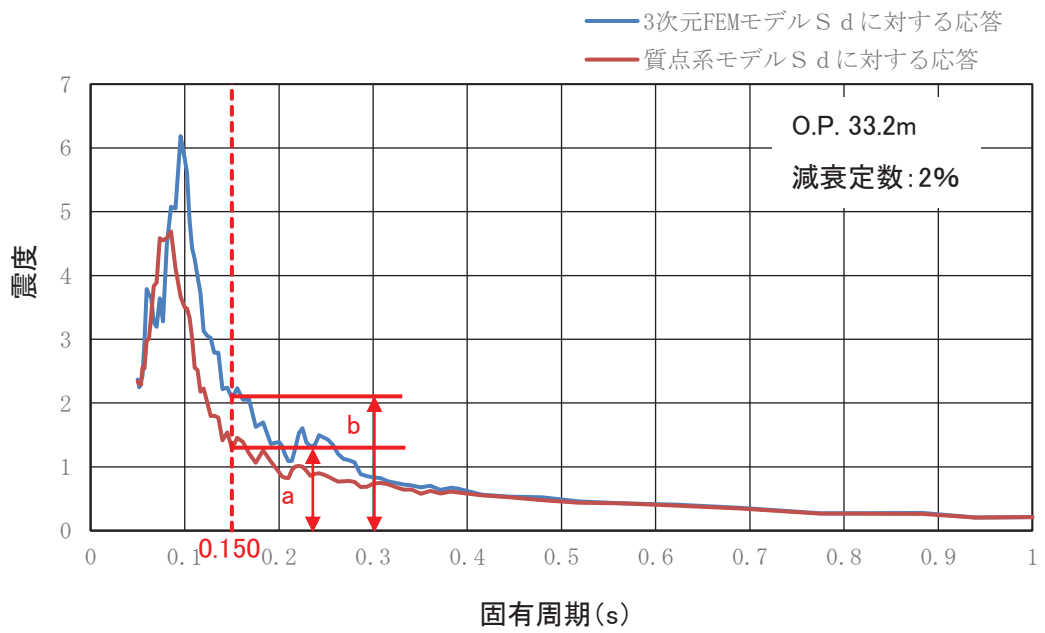


図2 モデル比の算定例 (2.2.1 項 I)

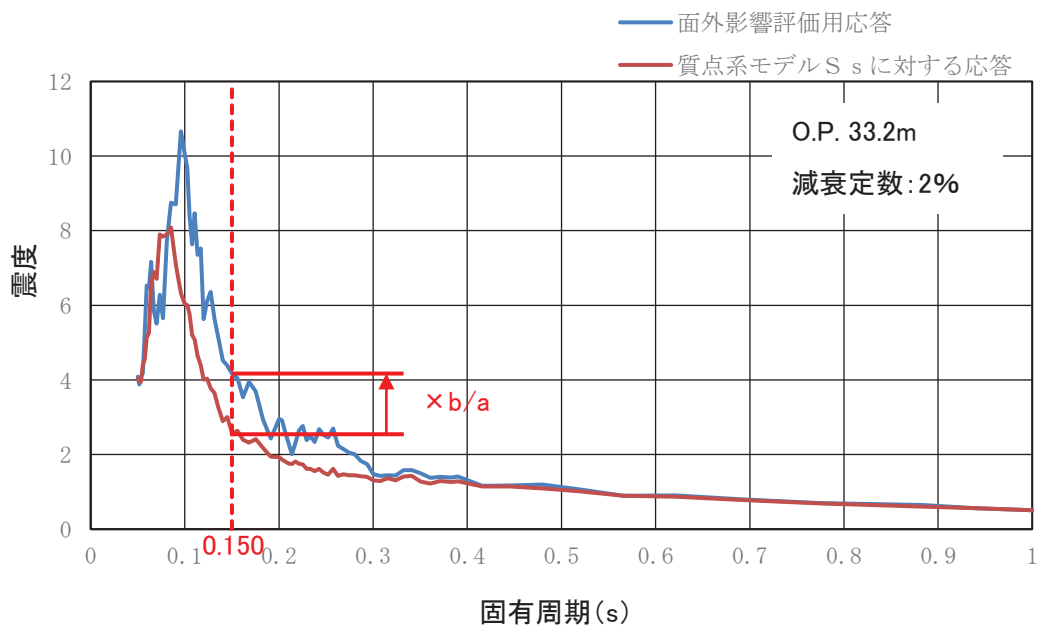
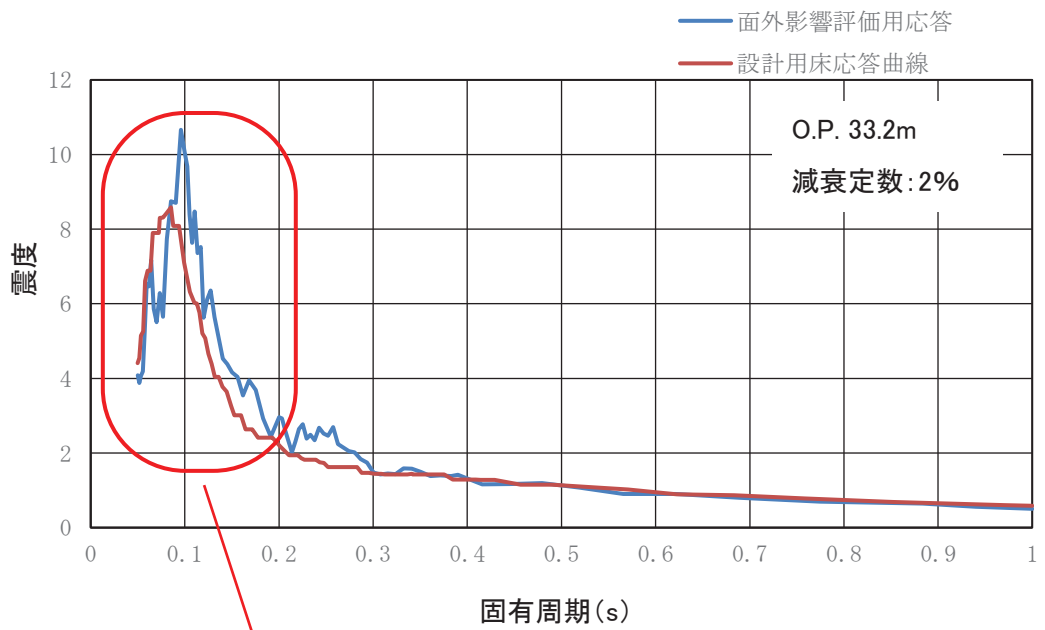
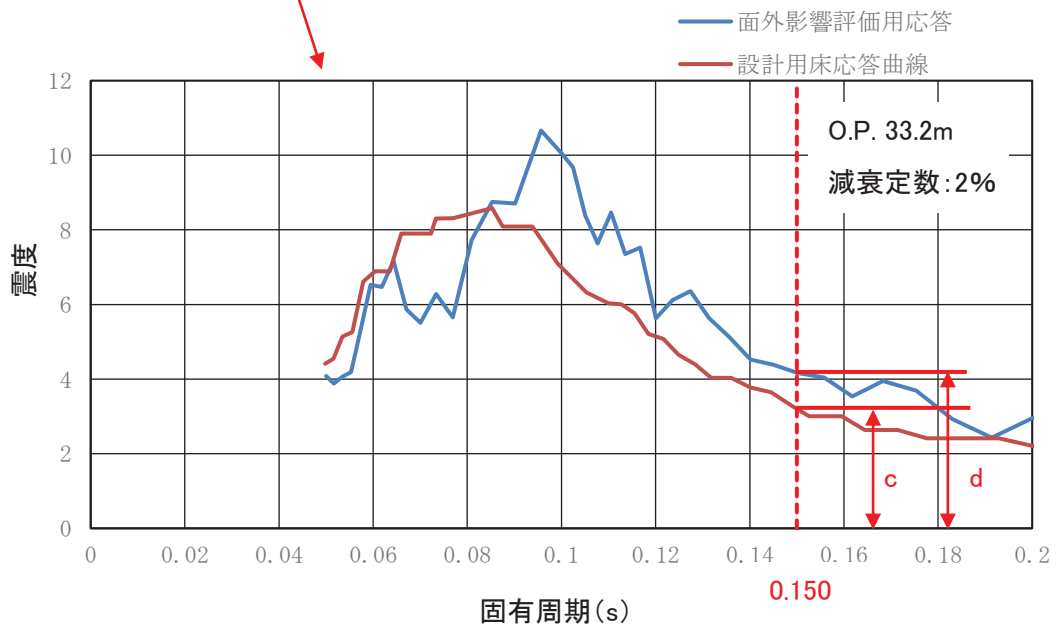


図3 面外影響評価用応答の算定例 (2.2.1 項 II)



(全体図 (固有周期 0~1.0 s))



(拡大図 (固有周期 0~0.2 s))

図4 評価用応答比の算定例 (2.2.1 項Ⅲ)

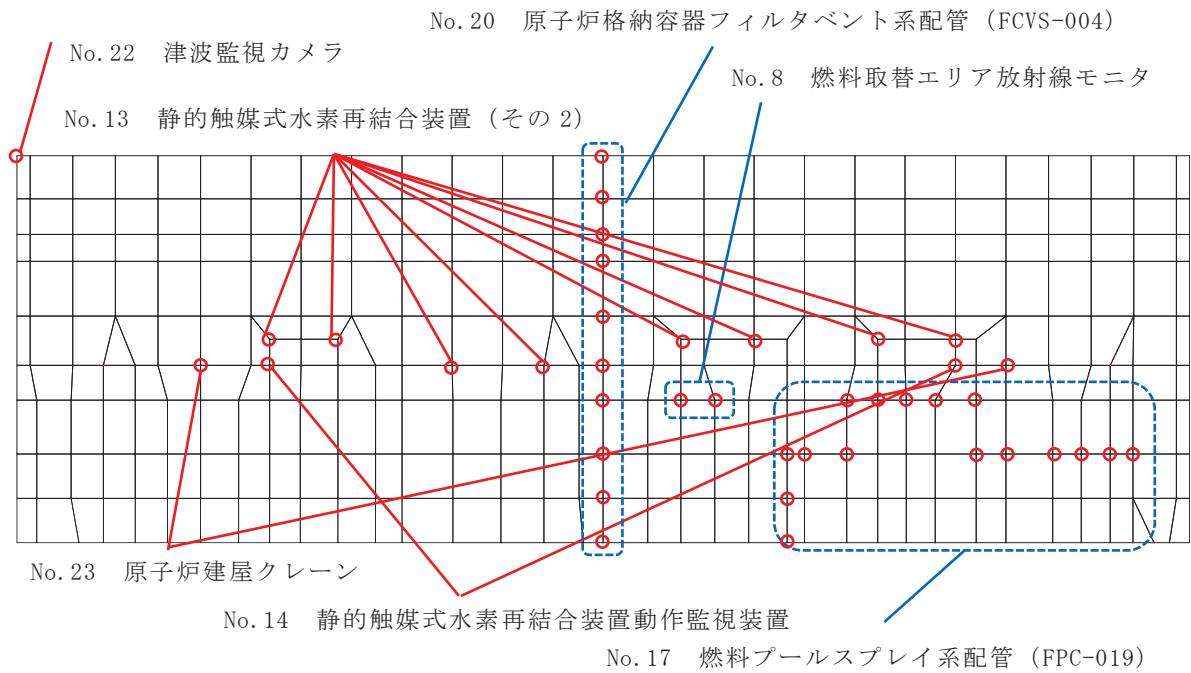


図 5 燃料取替床北面壁 (R10)

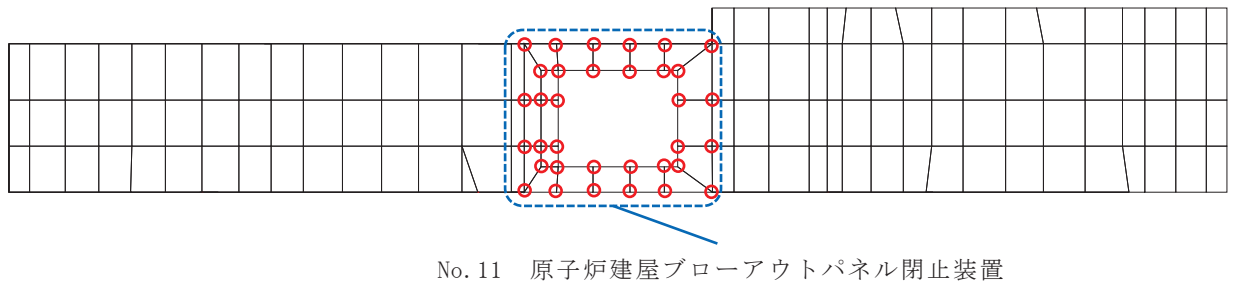


図 6 燃料取替床南面壁 (R3)

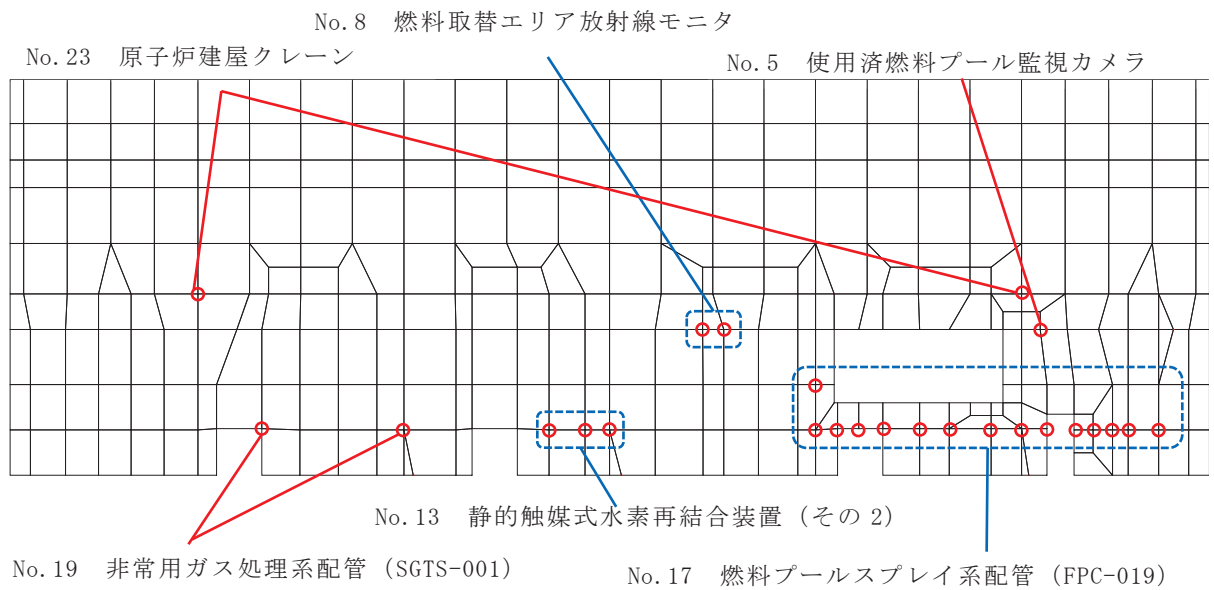
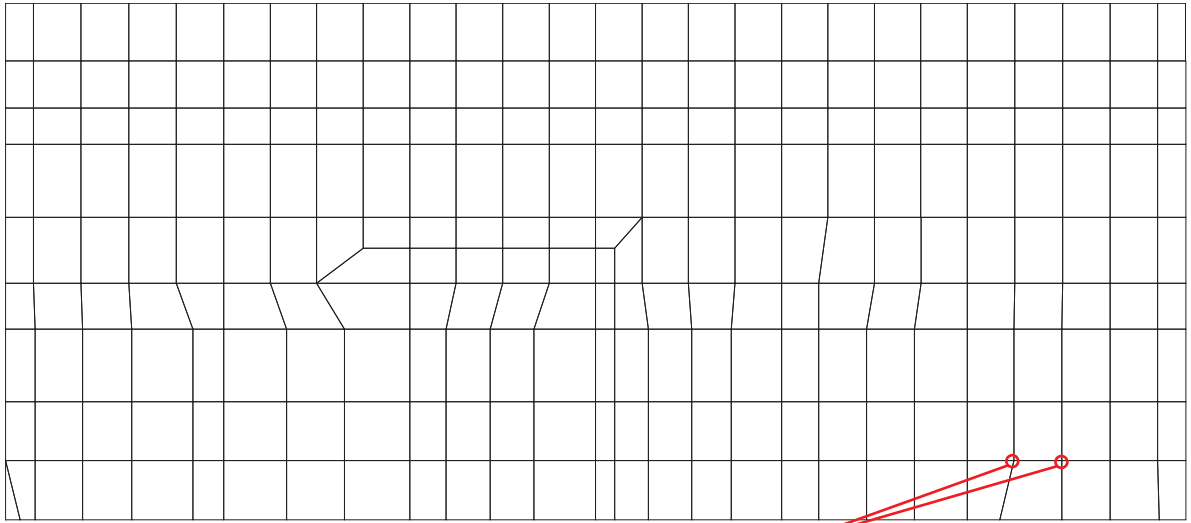
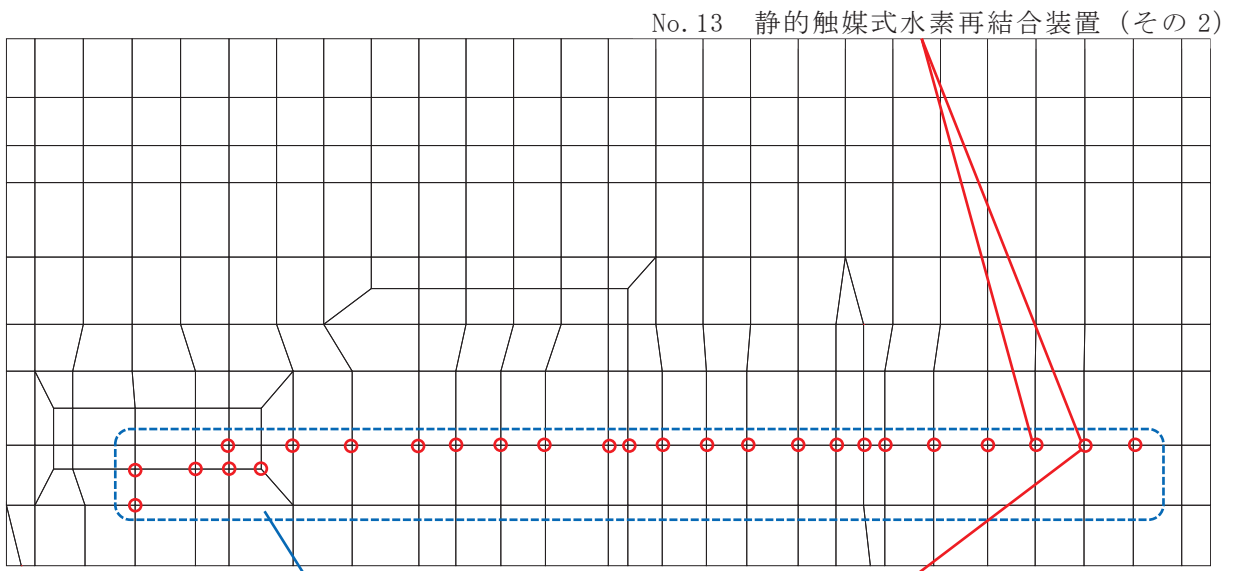


図 7 燃料取替床南面壁 (R4)



No. 13 静的触媒式水素再結合装置 (その 2)

図 8 燃料取替床東面壁 (RJ)



No. 13 静的触媒式水素再結合装置 (その 2)

No. 17 燃料プールのプレイ系配管 (FPC-019)

No. 14 静的触媒式水素再結合装置動作監視装置

図 9 燃料取替床西面壁 (RC)

No. 7 原子炉建屋内水素濃度

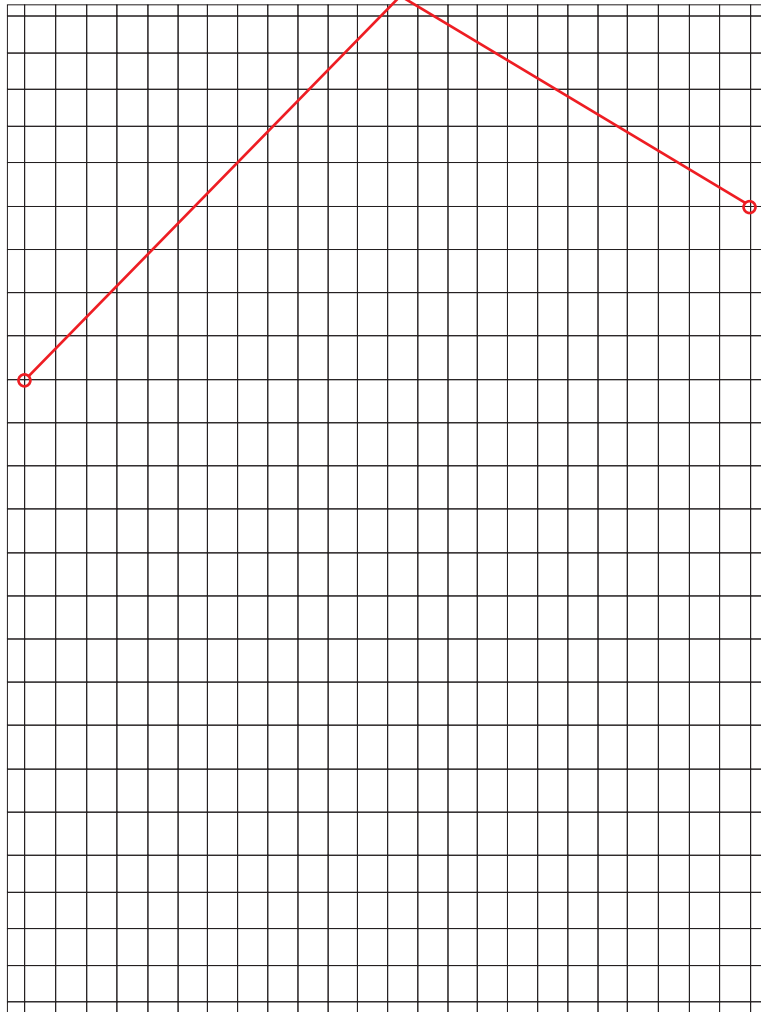


図 10 燃料取替床天井

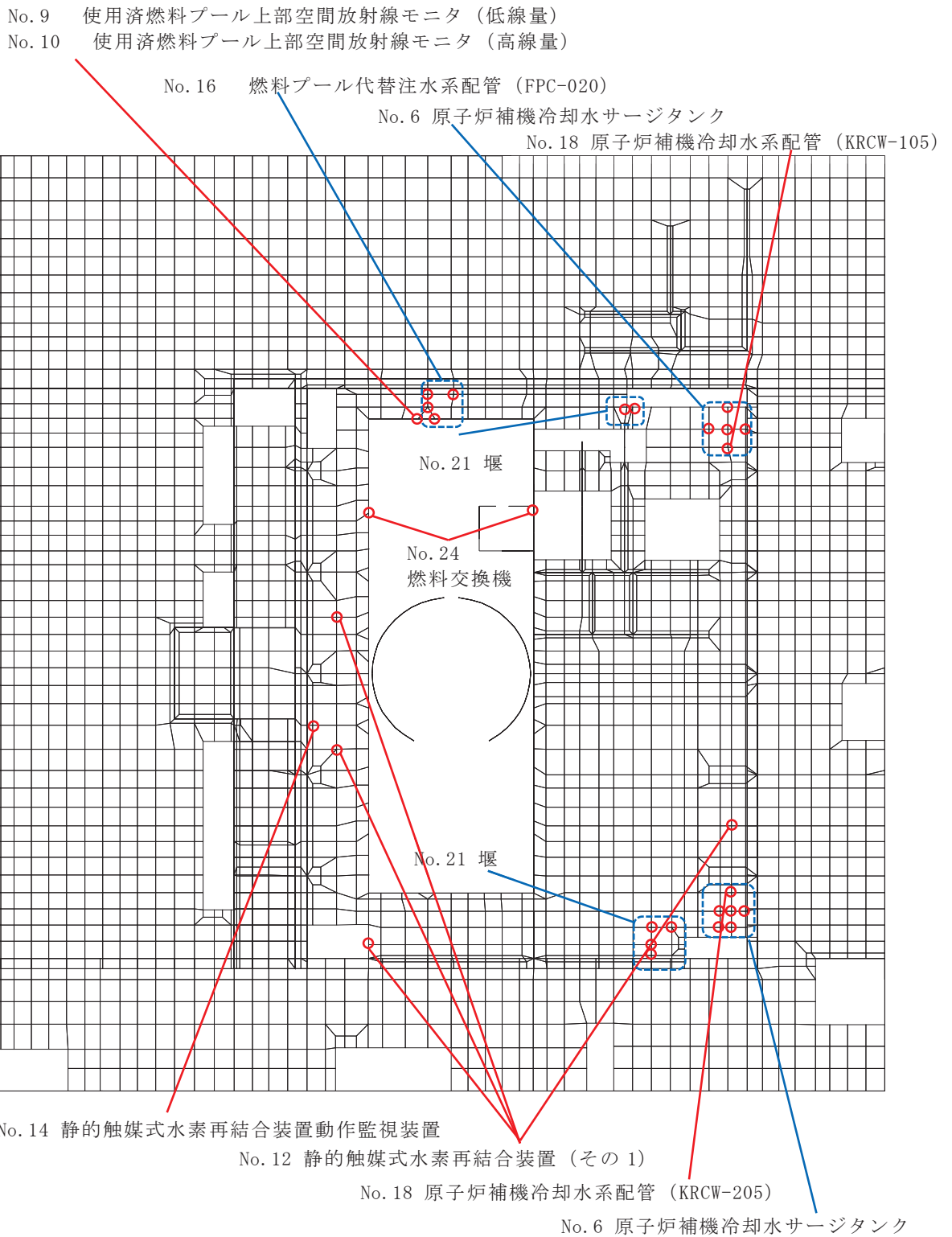


図 11 燃料取替床床

No. 15 燃料プール冷却浄化系配管 (FPC-002)

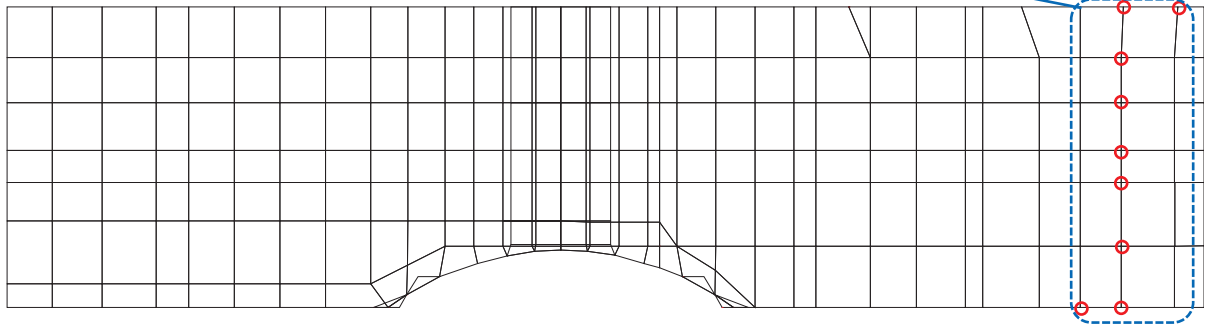
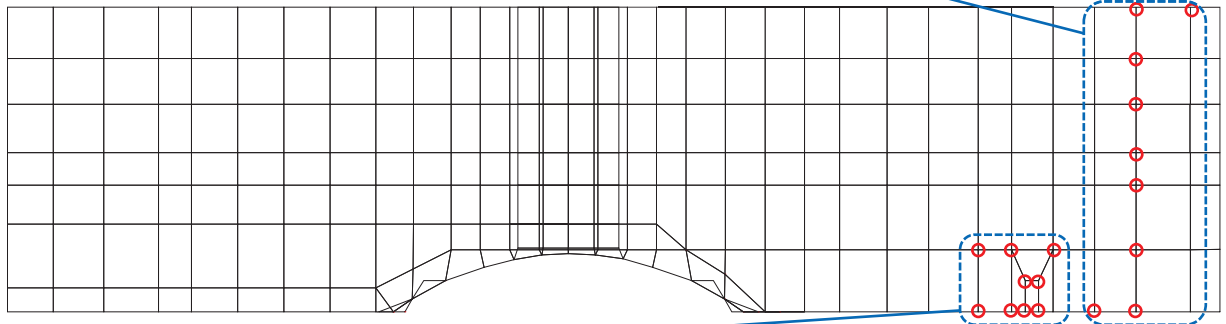


図 11 使用済燃料プール北面壁

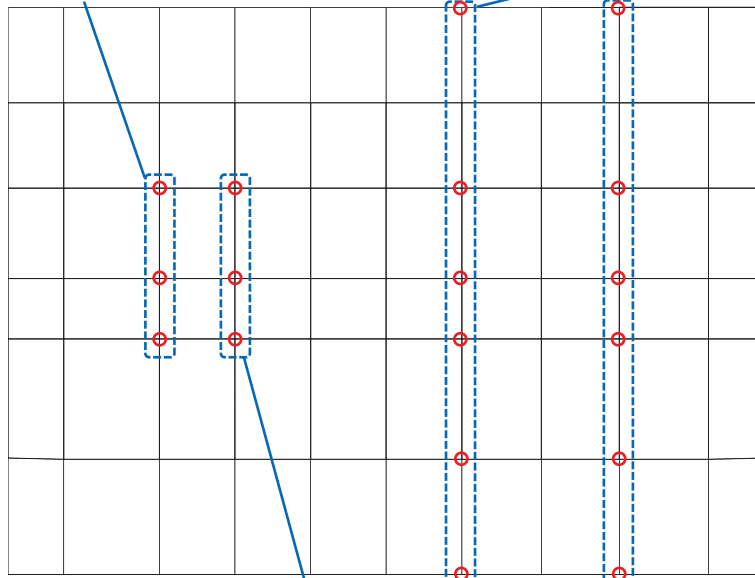
No. 15 燃料プール冷却浄化系配管 (FPC-003)



No. 2 制御棒・破損燃料貯蔵ラック

図 12 使用済燃料プール南面壁

No. 4 使用済燃料プール水位／温度 (ヒートサーモ式) No. 26 チャンネル着脱機



No. 3 使用済燃料プール水位／温度 (ガイドパルス式)

図 13 使用済燃料プール西面壁

No. 2 制御棒・破損燃料貯蔵ラック

No. 1 使用済燃料貯蔵ラック

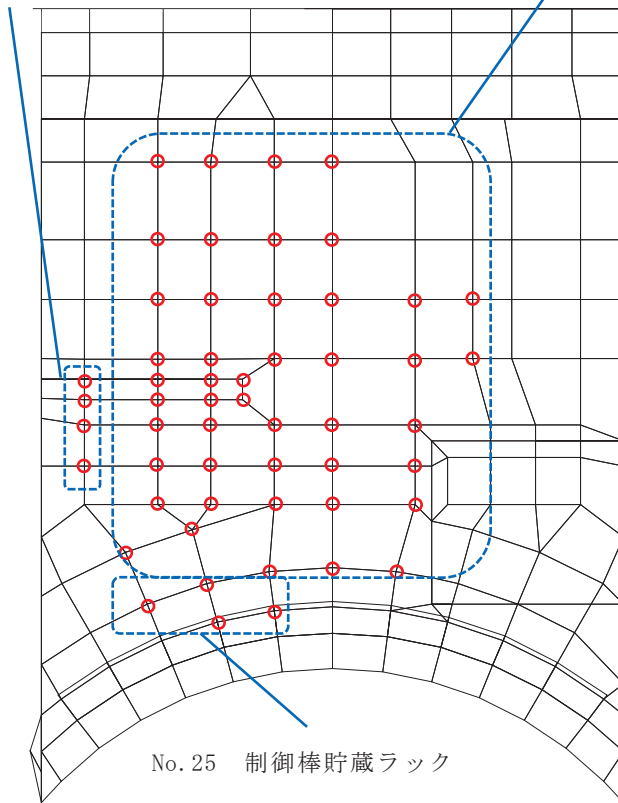


図 14 使用済燃料プール床

2.2.2 面外加速度による影響の評価

評価用応答比が耐震計算の裕度を上回る機器・配管系を抽出する。なお、柔な設備については、評価用応答比は 0.05s を超える全ての固有周期を考慮する。具体的な考慮方法を図 15 及び図 16 に示す。

抽出された機器・配管系に対して詳細検討を実施する。

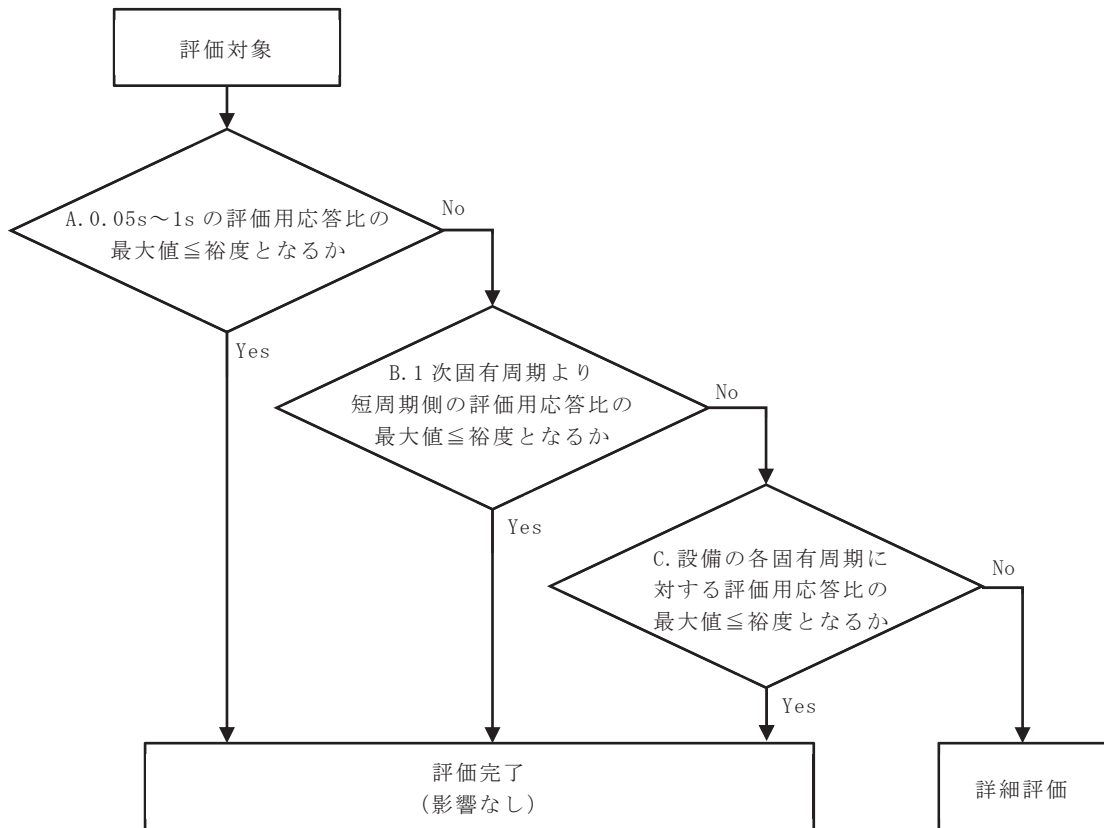
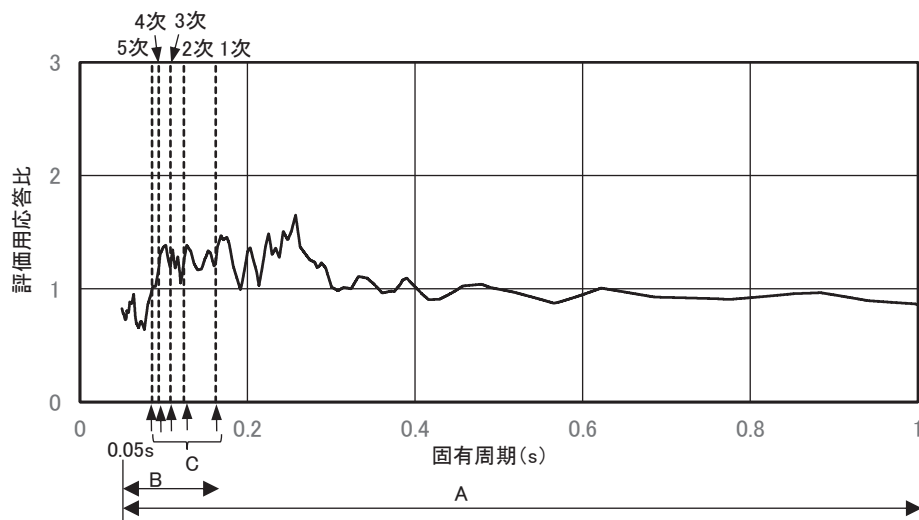


図 15 機器・配管系の固有周期における評価用応答比の考慮方法



注：A, B, C は図 15 のフローと対応

図 16 評価用応答比の算定例

3. 評価結果

3.1 簡易評価結果

簡易評価の結果を表 2 に示す。その結果、詳細評価が必要となった機器・配管系について表 3 に示す。

表 2 簡易評価結果 (1/2)

No	設備名称	評価用応答比	最小裕度	簡易評価
1	使用済燃料貯蔵ラック	1.32	1.22	×
2	制御棒・破損燃料貯蔵ラック	1.08	1.31	○
3	使用済燃料プール水位／温度 (ガイドパルス式)	0.61	1.35	○
4	使用済燃料プール水位／温度 (ヒートサーモ式)	0.84	2.88	○
5	使用済燃料プール監視カメラ	0.84	1.34	○
6	原子炉補機冷却水サージタンク	1.65	2.12	○
7	原子炉建屋内水素濃度	1.21		○
8	燃料取替エリア放射線モニタ	1.36		○
9	使用済燃料プール上部空間放射線モニタ (低線量)	1.04		○
10	使用済燃料プール上部空間放射線モニタ (高線量)	1.04		○
11	原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置	1.64		×
12	静的触媒式水素再結合装置 (その 1)	1.41	1.41	○
13	静的触媒式水素再結合装置 (その 2)	2.35	1.21	×
14	静的触媒式水素再結合装置動作監視装置	1.34		○
15	燃料プール冷却浄化系配管 (FPC-002, 003)	0.68	疲労累積係数 0.0034	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表2 簡易評価結果 (2/2)

No	設備名称	評価用応答比	最小裕度	簡易評価
16	燃料プール代替注水系配管 (FPC-020)	0.96	1.35	○
17	燃料プールスプレイ系配管 (FPC-019)	1.63	2.36	○
18	原子炉補機冷却水系配管 (KRCW-105, 205)	1.57	1.04	×
19	非常用ガス処理系配管 (SGTS-001)	0.35	2.29	○
20	原子炉格納容器フィルタベント系配管 (FCVS-004)	0.78	疲労累積係数 0.3833	○
21	堰	1.44	10.87	○
22	津波監視カメラ	0.62		○
23	原子炉建屋クレーン	1.11	1.18	○
24	燃料交換機	1.32		×
25	制御棒貯蔵ラック	0.84	2.24	○
26	燃料チャンネル着脱機	1.03	2.25	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3 詳細評価が必要となった設備

No	設備名称	減衰定数 (%) *2	固有周期 (s) *2,3	評価 項目	評価用 応答比	耐震 裕度 *4
1	使用済燃料貯蔵ラック	—	—	構造 強度	1.32	1.22
2	原子炉建屋ブローアウト パネル閉止装置	—	—	機能 維持	1.64	
3	静的触媒式水素再結合 装置 (その 2)	—	—	構造 強度	2.35	1.21
4	原子炉補機冷却水系配管 (KRCW-105, 205) *1			構造 強度	1.57	1.04
5	燃料交換機	2.0		構造 強度	1.32	

注記*1：裕度が小さい KRCW-205 を代表で記載

*2：面外方向に対して剛な設備は「—」として記載 (使用済燃料貯蔵ラックの面外方向の固有周期は 0.05s 以下で剛であり，面内方向の固有周期は [] s (110 体ラック)， [] s (170 体ラック) で柔である。原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置は，面外方向及び面内方向ともに 0.05s 以下で剛である。静的触媒式水素再結合装置 (その 2) は，面外方向及び面内方向ともに 0.05s 以下で剛である。)

*3：1 次固有周期を代表して記載

*4：耐震裕度は各設備の耐震計算書の全評価結果のうち，最小値を記載

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.2 詳細評価結果

詳細評価が必要となった機器・配管系について、面外方向は面外影響評価用応答を用いて、面内方向は、影響検討であることから基準地震動 $S_s - D1 \sim D3$ 、 $S_s - F1 \sim F3$ 及び $S_s - N1$ （以下「 $S_s - 7$ 波」という。）の基本ケース*を包絡した耐震条件を用いて耐震計算を実施した。評価に用いた地震力を表 4, 5 に、評価結果を表 6 に示す。また、評価に用いた面外評価用応答を図 17, 18 及び表 7 に示す。なお、耐震条件以外の圧力、温度等の条件は、耐震計算書と同一の条件である。

表 4 詳細評価に用いた地震力（面外方向に対して剛の設備）

方向	地震動	解析ケース	倍率
面外方向	$S_s - 7$ 波	基本ケース*	モデル比
面内方向	$S_s - 7$ 波	工認耐震計算書に用いた設計条件	1.0

表 5 詳細評価に用いた地震力（面外方向に対して柔の設備）

方向	地震動	解析ケース	拡幅	倍率
面外方向	$S_s - 7$ 波	基本ケース*	なし	モデル比
面内方向	$S_s - 7$ 波	基本ケース*	なし	1.0

注記*：添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に記載の材料物性の不確かさを考慮する解析ケースのうち、ケース 1（基本ケース）を示す。

表 6 詳細評価結果

No	設備名称	評価部位等	応力 分類等	計算 応力等	許容 応力等
1	使用済燃料貯蔵ラック	補強板 d	組合せ	168MPa	205MPa
2	原子炉建屋ブローアウト パネル閉止装置* ¹	扉駆動用電動機	機能維持 評価		
		門駆動用電動機			
3	静的触媒式水素再結合装置 (その2)* ²	静的触媒式水素 再結合装置本体	組合せ		
4	原子炉補機冷却水系配管 (KRCW-105, 205)* ³	—	一次＋ 二次応力	338MPa	458MPa
5	燃料交換機	燃料交換機 構造物フレーム	組合せ	243MPa	

注記*1：別紙 4. 7. 1 にて詳細を示す

*2：別紙 4. 7. 2 にて詳細を示す

*3：裕度が小さい KRCW-205 を代表で記載

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

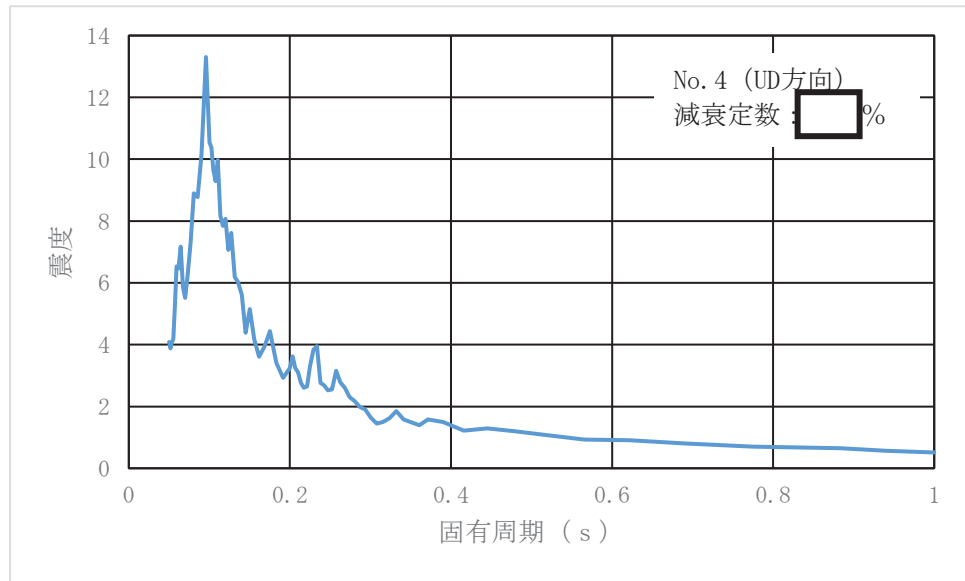


図 17 No. 4 原子炉補機冷却水系配管 (KRCW-105, 205) の面外影響評価用床応答曲線

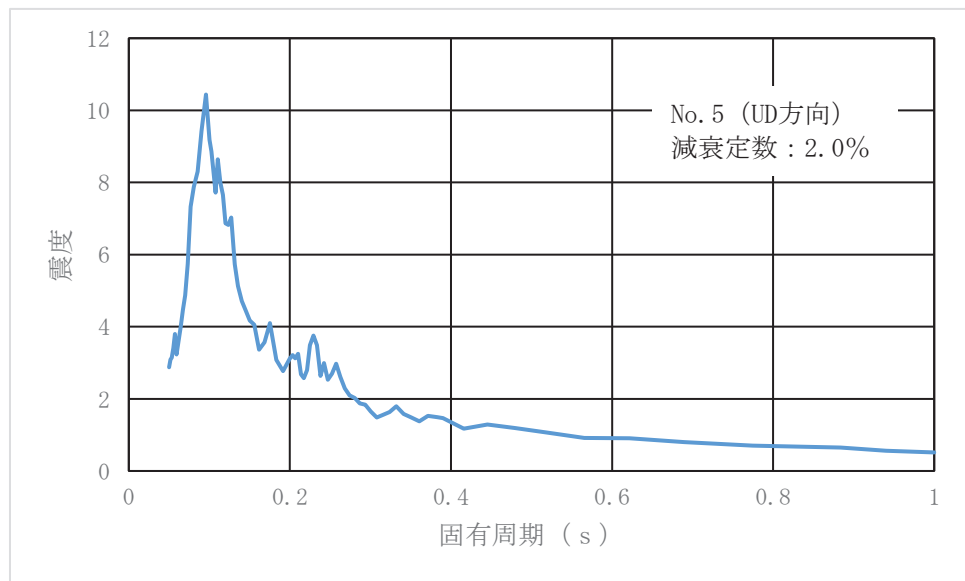


図 18 No. 5 燃料交換機の面外影響評価用床応答曲線

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 7 面外影響評価用最大応答加速度

No	設備名称	面外方向	最大応答加速度 (G)
1	使用済燃料貯蔵ラック	UD方向	2.06
2	原子炉建屋ブローアウトパネル 閉止装置* ¹	NS方向	
3	静的触媒式水素再結合装置 (その2)* ²	NS方向	7.94
4	原子炉補機冷却水系配管 (KRCW-105, 205)* ³	UD方向	2.82
5	燃料交換機	UD方向	2.70

注記*1：別紙 4.7.1 にて詳細を示す

*2：別紙 4.7.2 にて詳細を示す

*3：裕度が小さい KRCW-205 を代表で記載

4. まとめ

「別紙 2 3次元 FEM モデルを用いた精査」の「2.5 地震応答解析結果」より、壁の中央部で面外にはらむような最大応答加速度分布となっていることから、面外加速度の機器・配管系への影響検討を実施し、その結果、面外加速度による影響を考慮しても、機器・配管系の耐震評価に影響がないことを確認した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の機能維持評価

1. はじめに

原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置（以下「BOP 閉止装置」という。）の機能維持評価について、簡易評価による耐震性が確認できなかったことから、詳細検討を実施した。詳細検討で用いた面外評価用最大応答加速度と機能確認済加速度について示す。

2. 動的機能維持評価対象設備

BOP 閉止装置における動的機能維持評価対象は、扉駆動用電動機及び門駆動用電動機である。

3. 面外評価用最大応答加速度による機能維持評価

3.1 BOP 閉止装置の機能確認済加速度による評価

評価結果を表 1 に示す。扉駆動用電動機及び門駆動用電動機^機の面外評価用最大応答加速度は、機能確認済加速度を超えており、耐震性が確認できなかったことから、「3.2 扉駆動用電動機及び門駆動用電動機^機の機能確認済加速度による評価」を実施する。

表 1 加振試験による機能確認済加速度を用いた評価結果

対象	面外評価用 最大応答加速度 (G)	機能確認済加速度* (G)
扉駆動用電動機及び 門駆動用電動機		

注記*：添付書類「VI-2-9-4-4-1-5 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の耐震性について」から引用

3.2 扉駆動用電動機及び門駆動用電動機^機の機能確認済加速度による評価

BOP 閉止装置の扉駆動用電動機及び門駆動用電動機^機は、それぞれに加振試験を実施している。扉駆動用電動機及び門駆動用電動機^機の加振試験結果を表 2 に示す。扉駆動用電動機及び門駆動用電動機^機の面外評価用最大応答加速度は機能確認済加速度以下であり、耐震性が確認できた。

なお、BOP 閉止装置の構造強度評価*の最小裕度は であり、評価用応答比 1.64 に対して十分余裕があることを確認している。

注記*：添付書類「VI-2-9-4-4-1-5 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の耐震性について」に記載

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 2 扉駆動用電動機及び門駆動用電動機^機の加振試験結果

対象	面外評価用 最大応答加速度 (G)	機能確認済加速度* (G)
扉駆動用電動機		
門駆動用電動機		

注記* : 補足説明資料「補足-200-16 ブローアウトパネル関連設備の設計方針」から引用

4. まとめ

面外加速度による影響を考慮しても、BOP 閉止装置の機能維持評価において、耐震性に影響がないことを確認した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

静的触媒式水素再結合装置（その2）の応力評価

1. はじめに

静的触媒式水素再結合装置（その2）（以下「静的触媒式水素再結合装置」という。）の応力評価について、簡易評価による耐震性が確認できなかったことから、詳細検討を実施した。詳細検討で用いた面外評価用最大応答加速度と機能確認済加速度について示す。

2. 応力評価対象部位

静的触媒式水素再結合装置の応力評価対象部位は、面外方向の応答倍率>裕度となる静的触媒式水素再結合装置本体である。

3. 面外評価用最大応答加速度による応力評価

3.1 静的触媒式水素再結合装置の面外方向の応答倍率による評価

評価結果を表1に示す。静的触媒式水素再結合装置本体の面外評価用最大応答加速度による算出応力は許容応力を超えており、耐震性が確認できなかったことから、「3.2 静的触媒式水素再結合装置本体の解析モデル精緻化による評価」を実施する。

表1 面外評価用最大応答加速度を用いた評価結果

対象	応力分類	算出応力* ¹ (MPa)	許容応力* ² (MPa)
静的触媒式水素再結合装置本体	組合せ		

注記*1：面内方向は基準地震動 S_s （基本ケース）の震度，面外方向は基準地震動 S_s （基本ケース）に対して面外方向の応答倍率を乗じた震度による算出応力

*2：添付書類「VI-2-9-4-4-3-1 静的触媒式水素再結合装置の耐震性についての計算書」から引用

3.2 静的触媒式水素再結合装置本体の解析モデル精緻化による評価

添付書類「VI-2-9-4-4-3-1 静的触媒式水素再結合装置の耐震性についての計算書」（以下「工認計算書」という。）で使用した解析モデルから、より実機の構造状態に合うよう精緻化した解析モデルによる応力評価を実施した。3.2.1 項に精緻化した解析モデルを示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

静的触媒式水素再結合装置本体の解析モデル精緻化による評価結果を表 2 に示す。
 静的触媒式水素再結合装置本体の面外評価用最大応答加速度による算出応力は許容応力以下であり、耐震性が確認できた。

表 2 静的触媒式水素再結合装置本体の解析モデル精緻化による評価結果

対象	応力分類	算出応力* ¹ (MPa)	許容応力* ² (MPa)
静的触媒式水素再結合装置本体	組合せ		

注記*1：面内方向は基準地震動 S_s（基本ケース）の震度，面外方向は基準地震動 S_s（基本ケース）に対して面外方向の応答倍率を乗じた震度 (7.94) による算出応力

*2：添付書類「VI-2-9-4-4-3-1 静的触媒式水素再結合装置の耐震性についての計算書」から引用

3.2.1 解析モデルの精緻化

図 1 に工認計算書で使用した解析モデルを示す。

3.1 項の評価で裕度が 1 未満となった箇所は、静的触媒式水素再結合装置本体の背面部の①ハウジングである。



図 1 工認計算書の解析モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

図2に①ハウジングの外形図を示す。

①ハウジングは、②ブラケットと③カートリッジガイドに挟まれるようにリベットで接合された構造となっている。工認耐震計算書では①ハウジング（板厚 ）と②ブラケットをモデル化しており、③カートリッジガイドは質量のみをモデルに考慮している。



図2 ①ハウジングの外形図

精緻化した解析モデルを図3に示す。

工認計算書では、簡易的に①ハウジングのみの板厚 をモデル化しているが、精緻化した解析モデルでは、①ハウジングの濃色部について、③カートリッジガイド上部が接合する部位（板厚 ）の板厚を考慮して板厚 としてモデル化した。



図3 精緻化した解析モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. まとめ

面外加速度による影響を考慮しても、静的触媒式水素再結合装置本体の応力評価において、耐震性に影響がないことを確認した。

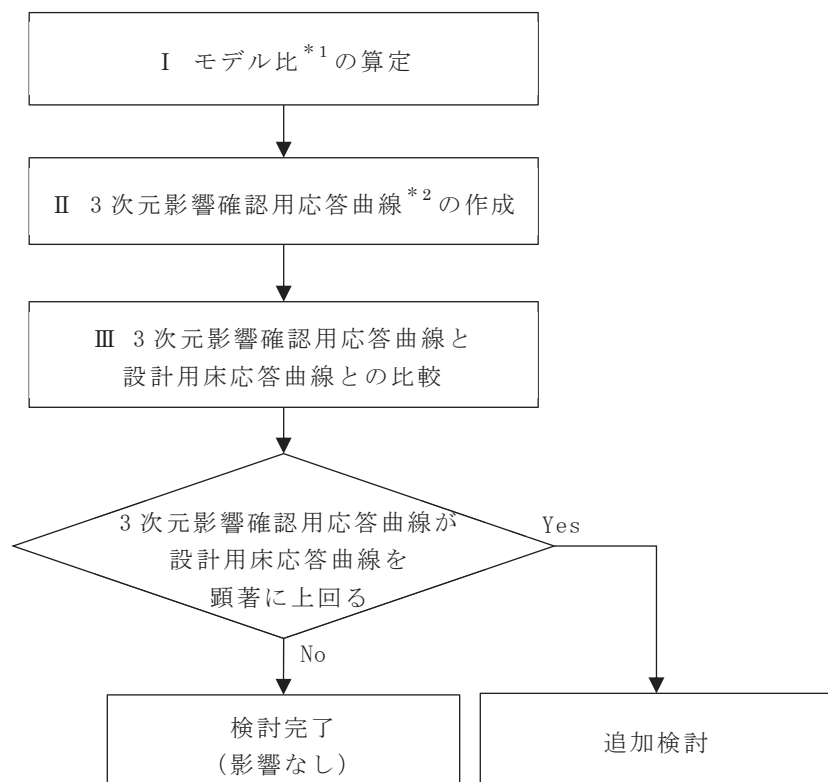
原子炉建屋 3次元 FEM モデルの応答解析結果に係る機器・配管系への影響検討

1. はじめに

「別紙 3 3次元 FEM モデルによる地震応答解析」の「3.4 床応答への影響検討」より、3次元 FEM モデルの応答スペクトルが質点系モデルの応答スペクトルを上回る箇所があることを踏まえて機器・配管系への影響検討を実施する。

2. 検討方針

3次元 FEM モデルの応答スペクトルから、3次元影響確認用応答曲線を作成し、設計用床応答曲線との比較を行う。比較対象箇所は、「別紙 3 3次元 FEM モデルによる地震応答解析」の「3.4 床応答への影響検討」と同様とする。影響検討フローを図 1 に示す。



注記*1：モデル比 = $S_d - D2$ に対する 3次元 FEM モデルの応答 / $S_d - D2$ に対する質点系モデルの応答

*2：3次元影響確認用応答曲線 = 質点系モデル基本ケースの S_s に対する応答 × モデル比

図 1 影響検討フロー

2.2 検討内容

2.2.1 3次元影響を確認するための応答の作成

3次元 FEM モデルでは、弾性設計用地震動 S_d に対する地震応答解析を行っていることから、質点系モデルの基準地震動 S_s に対する応答を補正し、3次元影響を確認できる応答を作成する。

- I 弾性設計用地震動 S_d に対する 3次元 FEM モデルの応答／弾性設計用地震動 S_d に対する質点系モデルの応答の比（「モデル比」という。）を、全周期において算定する。モデル比の例を図 2 に示す。なお、3次元 FEM モデルの応答による機器・配管系への影響を検討するものであるため、1.0 を下回るモデル比についてもそのまま考慮する。
- II 質点系モデル基本ケースの基準地震動 S_s に対する固有周期毎の応答に、モデル比を乗算した応答曲線（「3次元影響確認用応答曲線」という。）を算定する。3次元影響確認用応答曲線算定の例を図 3 に示す。
- III 3次元影響確認用応答曲線と設計用床応答曲線との比較を行う。3次元影響確認用応答曲線と設計用床応答曲線との比較例を図 4 に示す。

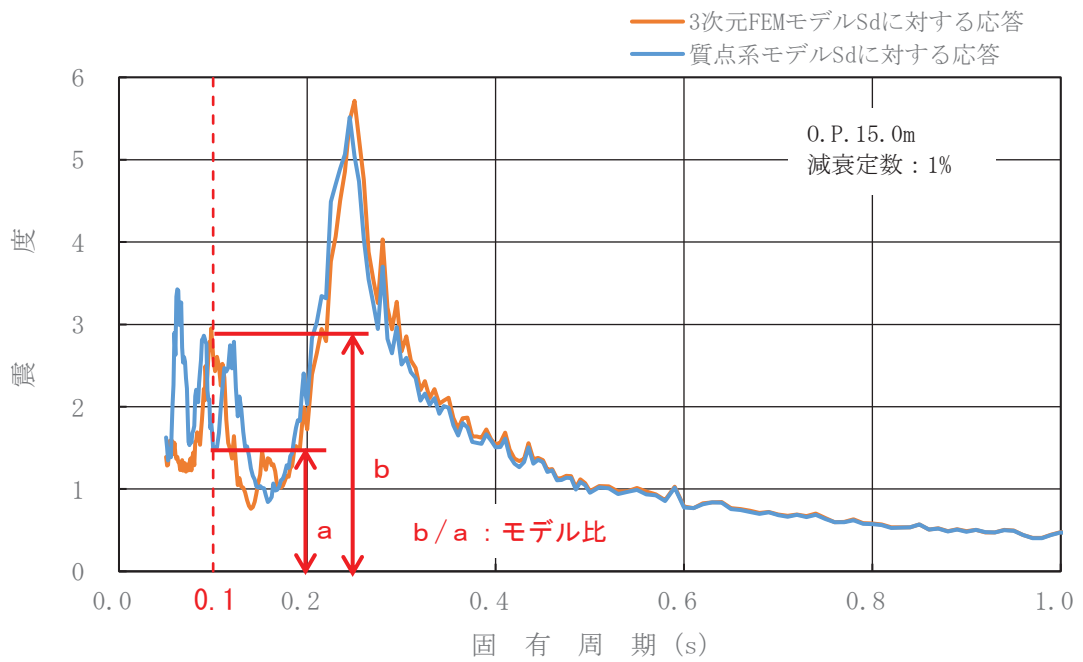


図2 モデル比の算定例 (2.2.1 項 I)

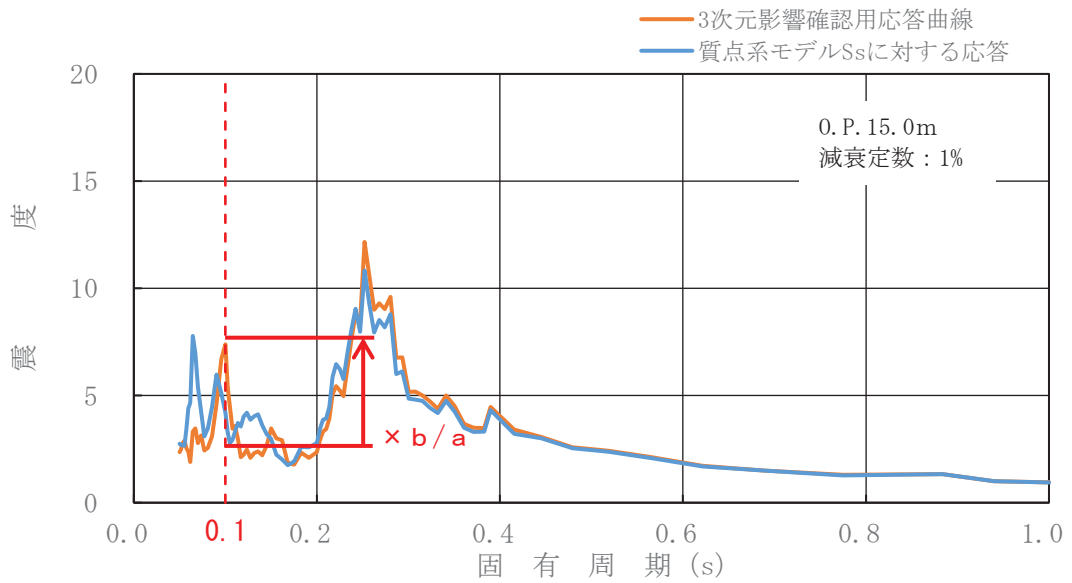


図3 3次元影響確認用応答曲線の算定例 (2.2.1 項 II)

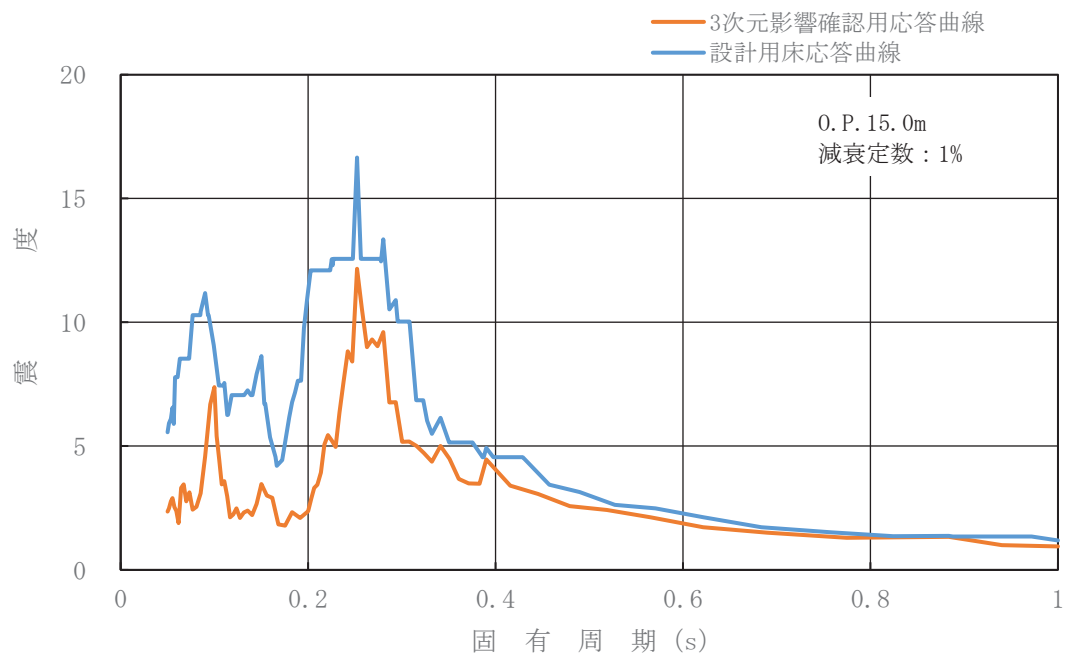


図4 3次元影響確認用応答曲線と設計用床応答曲線との比較例（2.2.1項Ⅲ）

3. 比較結果

3次元影響確認用応答曲線と設計用床応答曲線との比較を図5～7に示す。

いずれの比較対象箇所においても、3次元影響確認用応答曲線が設計用床応答曲線を顕著に上回ることではなく、設計用床応答曲線が3次元影響確認用応答曲線を概ね包絡していることを確認した。

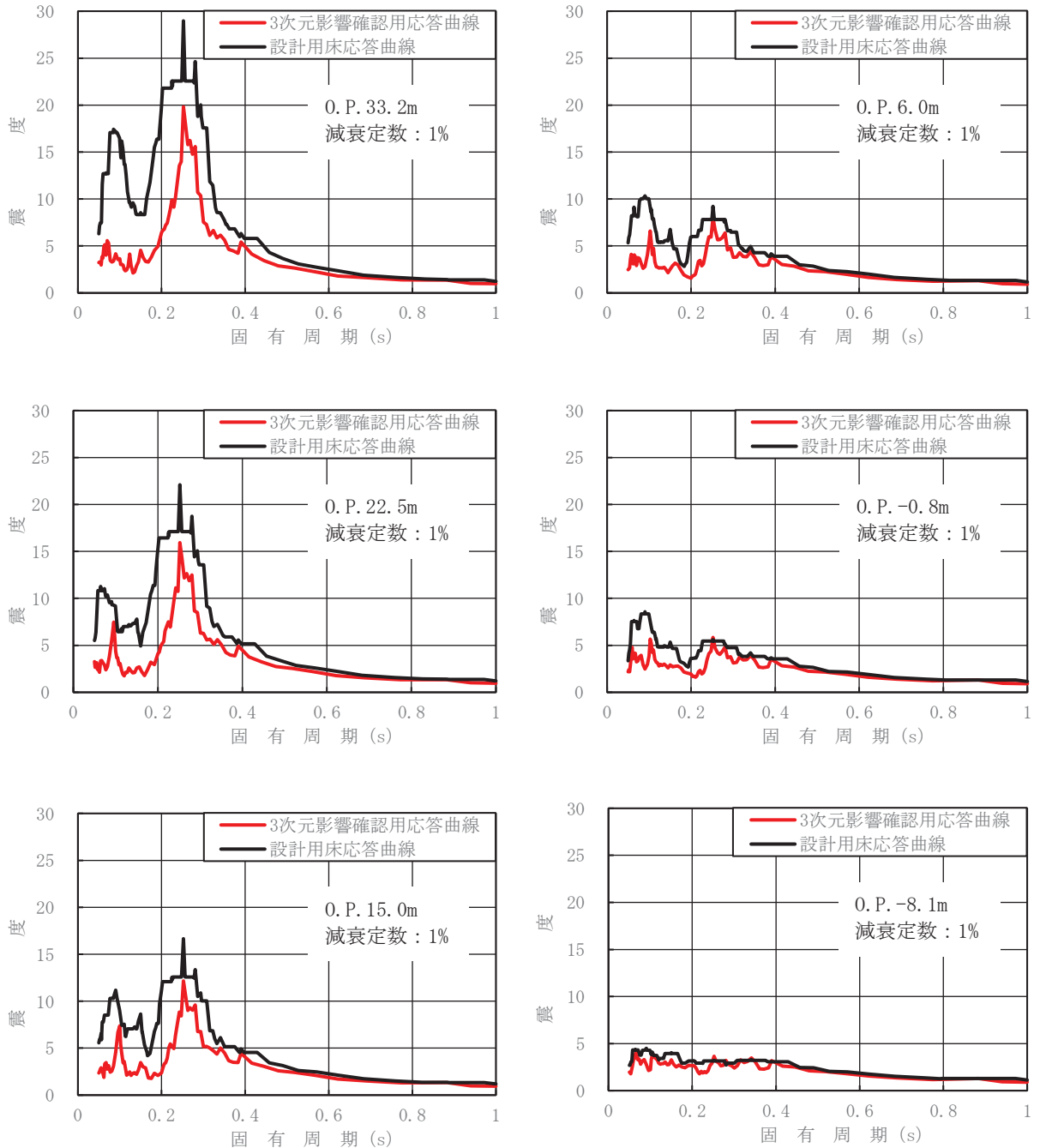


図5 3次元影響確認用応答曲線と設計用床応答曲線の比較 (NS方向)

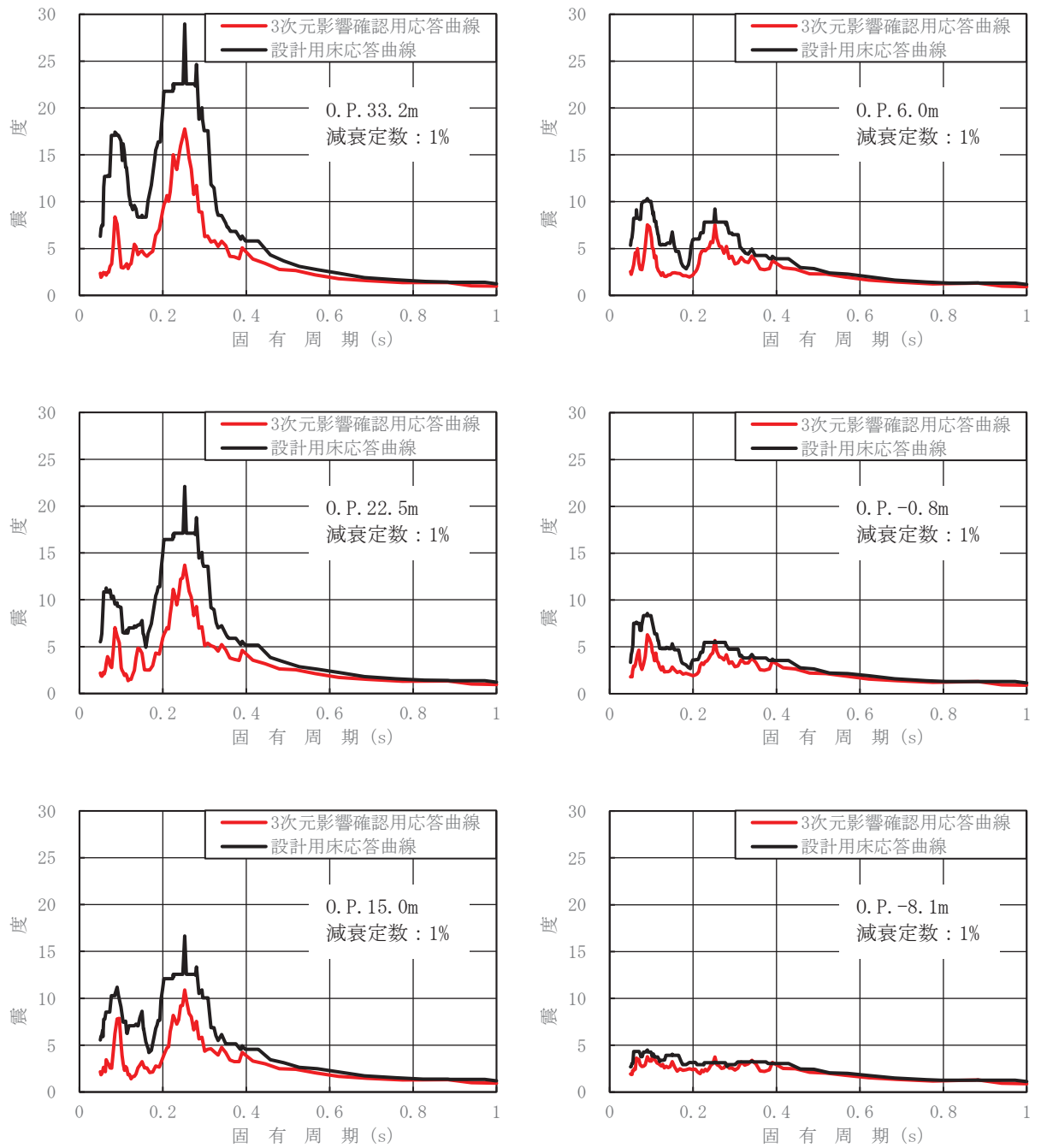


図6 3次元影響確認用応答曲線と設計用床応答曲線の比較 (EW方向)

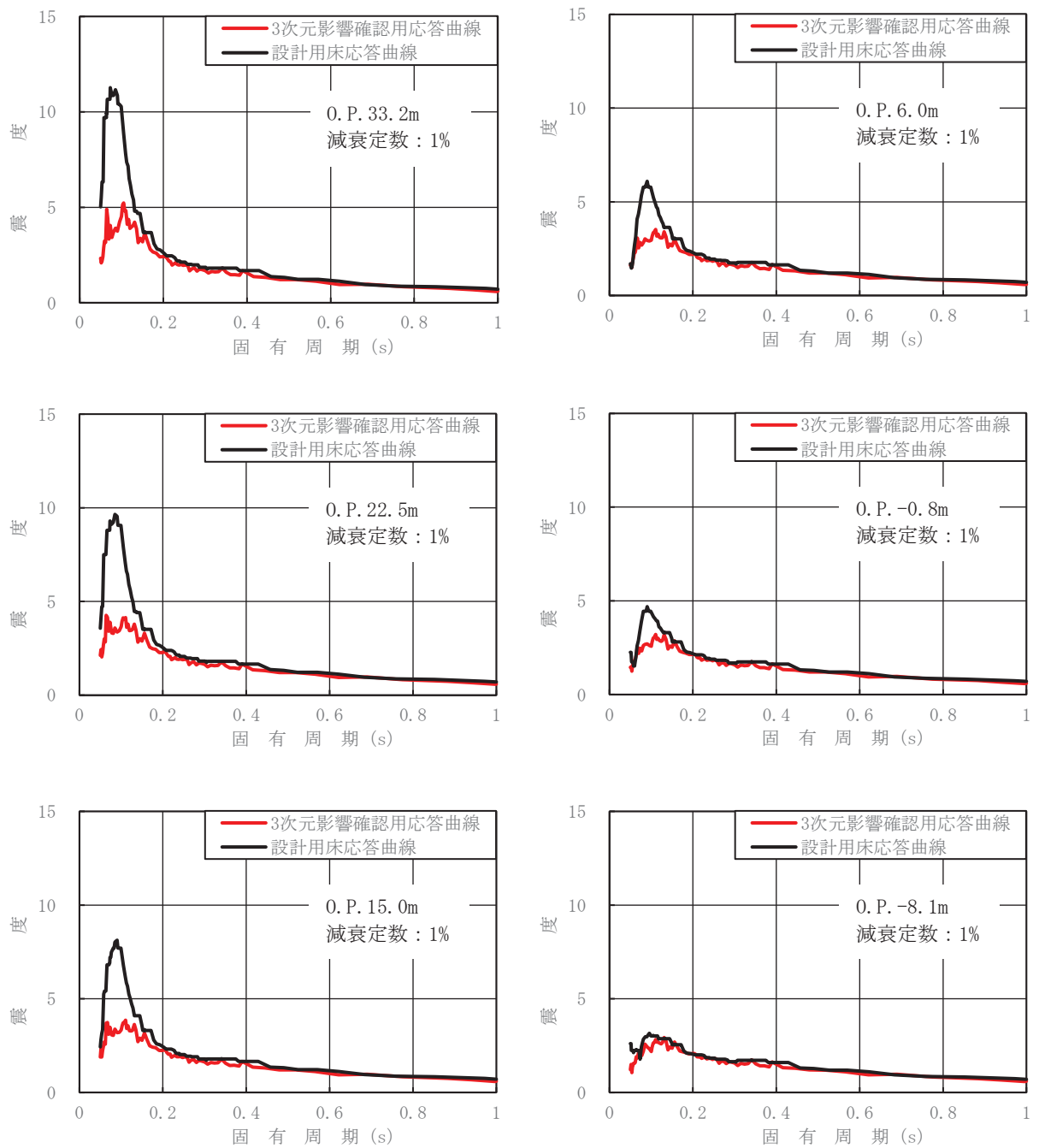


図7 3次元影響確認用応答曲線と設計用床応答曲線の比較 (UD方向)

4. まとめ

「別紙 3 3次元 FEM モデルによる地震応答解析」の「3.4 床応答への影響検討」より、3次元 FEM モデルの応答スペクトルが質点系モデルの応答スペクトルを上回る箇所があることを踏まえて機器・配管系への影響検討を実施した。3次元影響確認用応答曲線と設計用床応答曲線との比較を行い、いずれの比較対象箇所においても、3次元影響確認用応答曲線が設計用床応答曲線を顕著に上回ることはなく、設計用床応答曲線が3次元影響確認用応答曲線を概ね包絡していることを確認したため、機器・配管系の耐震評価に影響がないことを確認した。

別紙5 方向性を考慮しない水平地震動における模擬地震波の作成方針

1. はじめに

水平2方向及び鉛直方向地震力の同時入力による影響検討を行う際には、水平1方向入力、あるいは鉛直方向地震力の同時入力の検討結果から、各設備に対して影響が大きいと判断される地震動を選定する方針とする。水平2方向及び鉛直方向地震力の同時入力による影響検討を行う際に、各設備に適用する地震動を表1-1に示す。

この際、水平1方向には基準地震動 S_s-D1 、 S_s-D2 、 S_s-F1 、 S_s-F2 、 S_s-N1 及び弾性設計用地震動 S_d-D2 （以下、「基準地震動等」という。）を用いるが、その直交方向には基準地震動 S_s-D1 、 S_s-D2 、 S_s-F1 、 S_s-F2 、 S_s-N1 及び弾性設計用地震動 S_d-D2 とは位相の異なる模擬地震波または観測記録から作成した地震動（以下「模擬地震波等」という。）を用いている。本資料では、水平2方向及び鉛直方向地震力の同時入力による影響検討に用いる模擬地震波等の作成方針について示す。

表1-1 水平2方向及び鉛直方向地震力の同時入力による
影響検討を行う際に各設備に適用する地震動

設備名称	基準地震動					弾性設計 用地震動
	S_s-D1	S_s-D2	S_s-F1	S_s-F2	S_s-N1	
サプレッションチェンバ (スロッシング)	○					
軽油タンク室		○				
軽油タンク室 (H)		○				
取水口		○				
貯留堰		○				
復水貯蔵タンク基礎		○				
防潮壁 (RC 支柱)		○				
屋外排水路逆流防止設備 (北側) (集水ピット)		○				
制御棒挿入性の地震応答解析		○				
海水ポンプ室		○			○	
第3号機海水ポンプ室		○			○	
防潮壁 (杭)		○			○	
排気筒			○		○	
ガスタービン発電設備 軽油タンク室				○		
屋外排水路逆流防止設備 (南側) (集水ピット)				○		
原子炉建屋の建屋3次元 FEMによる地震応答解析						○

2. 模擬地震波等の作成方針

応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 $S_s - D 1$ 及び $S_s - D 2$ ，断層モデルを用いた手法による基準地震動 $S_s - F 1$ 及び $S_s - F 2$ ，震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 $S_s - N 1$ については，水平方向の地震動に方向性がないことから，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の同時入力による影響検討を行う場合，水平 2 方向のうち 1 方向について模擬地震波等を作成し入力する方法が考えられる。

応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 $S_s - D 1$ 及び $S_s - D 2$ ，断層モデルを用いた手法による基準地震動 $S_s - F 1$ 及び $S_s - F 2$ ，震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 $S_s - N 1$ の水平方向に組み合わせる地震動を以下に示す方針によって作成する。また，模擬地震波等の詳細な作成方法については，添付書類「VI-2-1-2 基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の策定概要」と同一である。

2.1 敷地で得られた観測記録による確認

自由地盤観測点 (O. P. -8.6m) における，2011 年東北地方太平洋沖地震 (以下，3.11 地震)，2011 年 4 月 7 日の宮城県沖の地震 (以下，4.7 地震) の観測記録から，当該サイトにおいて，水平 2 方向の地震波で位相差が生じる傾向を確認した。確認の方法として，基準地震動 $S_s - D 2$ を同時に水平 2 方向に入力した場合のオービット (図 2-1) と，観測記録の水平 2 方向のオービット (図 2-2 及び図 2-3) との比較を行った。図 2-1 から，全く同じ地震動を同時に水平 2 方向に入力した場合，オービットは現実的に考えにくい 45° 方向に直線的な軌跡を示す。一方，図 2-2 及び図 2-3 より観測記録ではオービットは位相差によって生じるランダムな軌跡を示すことを確認した。

2.2 各基準地震動水平方向に組み合わせる地震動の作成方針

2.2.1 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動に組み合わせる地震動

応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 $S_s - D 1$ 及び $S_s - D 2$ は，位相角を一様乱数とした正弦波を重ね合わせ，目標とする応答スペクトルに適合するように模擬地震波を作成している。そこで，組み合わせる地震動は，基準地震動 $S_s - D 1$ 及び $S_s - D 2$ と同一の方法で作成した位相の異なる模擬地震波とする。

2.2.2 断層モデルに基づく手法による基準地震動に組み合わせる地震動

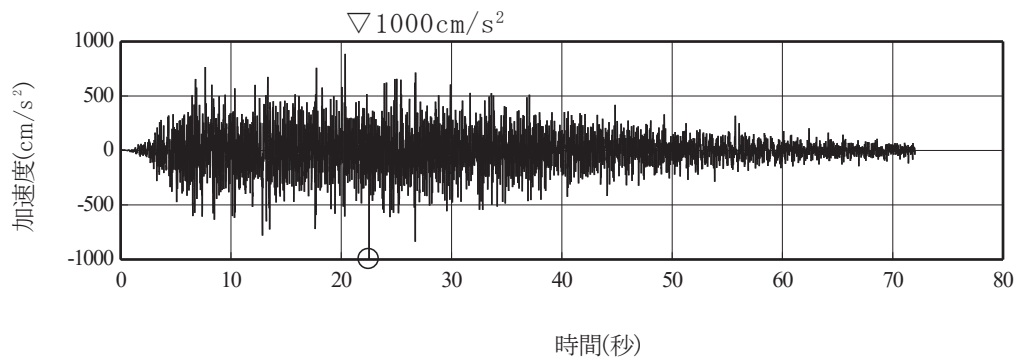
断層モデルに基づく手法による基準地震動 $S_s - F 1$ 及び $S_s - F 2$ は 3.11 地震の敷地における観測記録とシミュレーション解析との整合性が確認されている断層モデルに不確かさを考慮して，統計的グリーン関数法により評価された地震動である。また，シミュレーション結果を踏まえ放射特性を一定値としているため，水平方向の地震動に方向性がない。

波形合成にあたっては，要素地震の位相特性を一様乱数として与えていることか

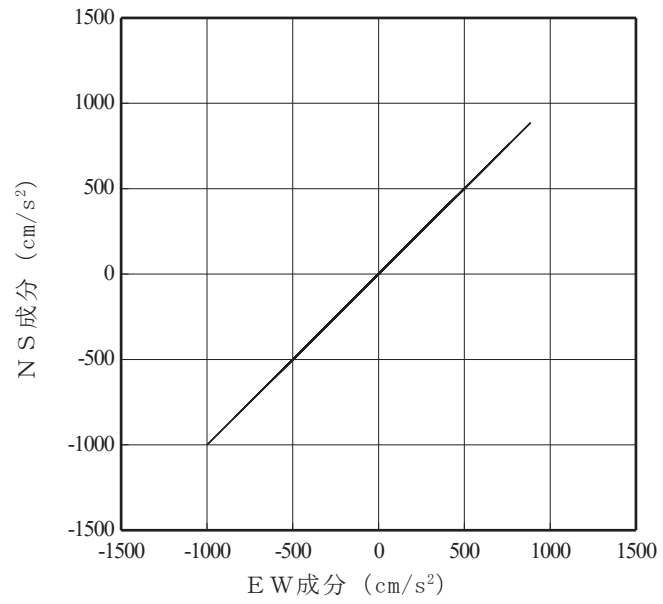
ら、組み合わせる地震動は、基準地震動 $S_s - F1$ 及び $S_s - F2$ と同一の方法で作成した位相の異なる地震動とする。

2.2.3 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動に組み合わせる地震動

基準地震動 $S_s - N1$ は「震源を特定せず策定する地震動」として、2004年北海道留萌支庁南部地震の観測記録より策定された地震動である。基準地震動 $S_s - N1$ における水平方向の地震動は、観測記録から推定される解放基盤表面相当位置の地震動に基づき作成されている。そこで、組み合わせる地震動は、基準地震動 $S_s - N1$ の作成方法と同一の方法で、基準地震動 $S_s - N1$ で用いた観測記録と水平方向に直交する観測記録から作成する。

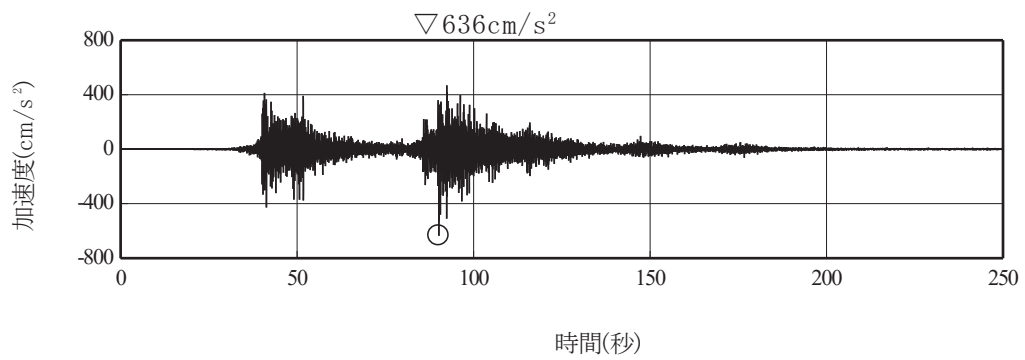
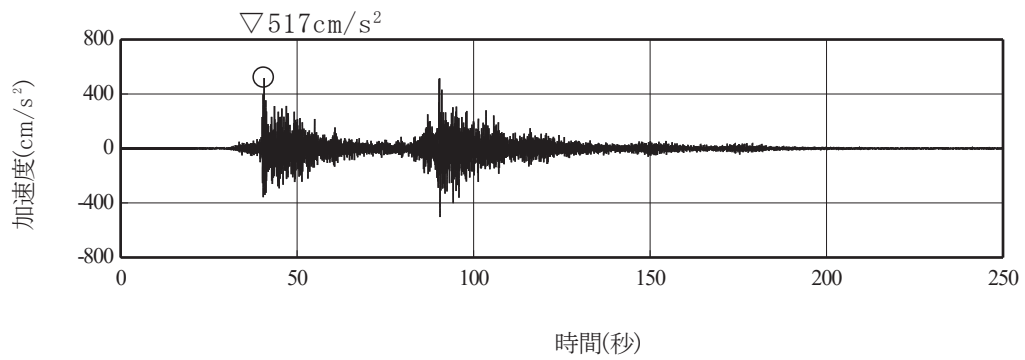


(a) 加速度時刻歴波形

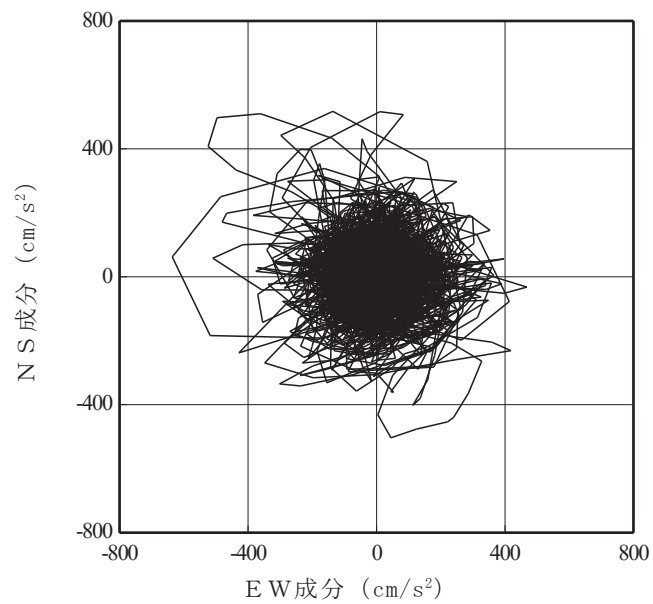


(b) 水平 2 方向の加速度成分のオービット

図2-1 基準地震動 S s - D 2

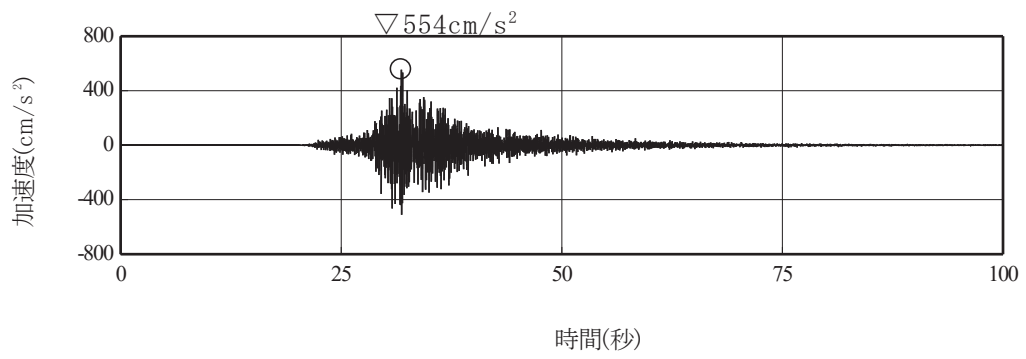
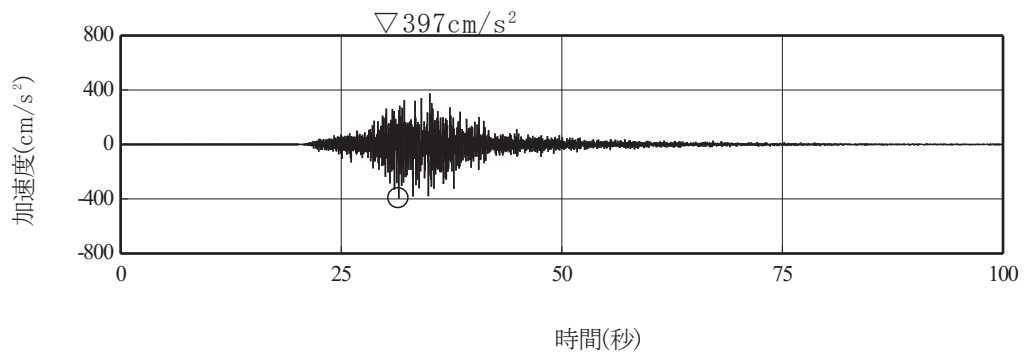


(a) 加速度時刻歴波形

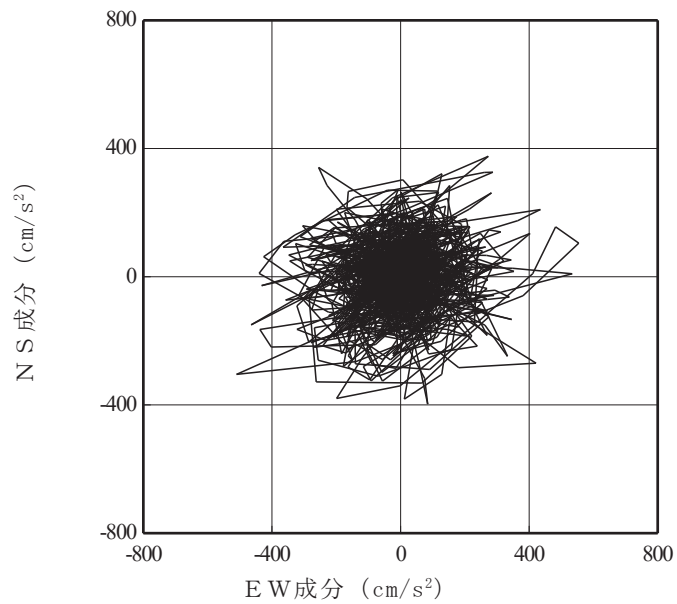


(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

図2-2 2011年東北地方太平洋沖地震観測記録 (自由地盤観測点 0.P.-8.6m)



(a) 加速度時刻歴波形

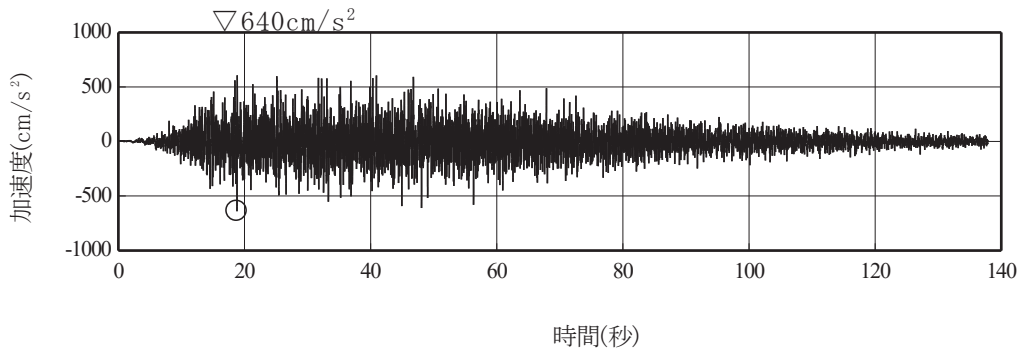


(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

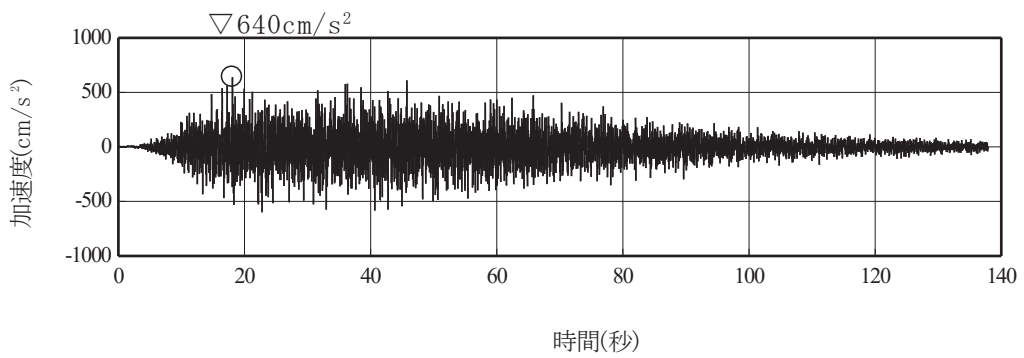
図2-3 2011年4月7日の宮城県沖の地震観測記録 (自由地盤観測点 O.P. -8.6m)

3. 位相特性の異なる模擬地震波等の作成結果

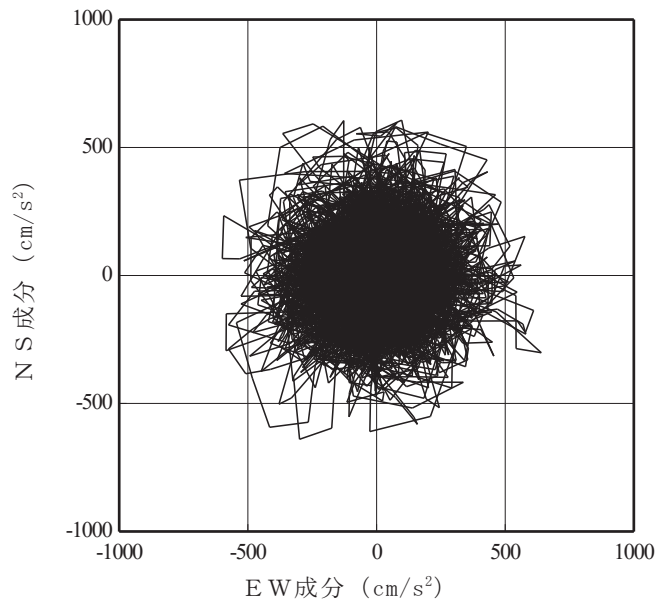
基準地震動等及び模擬地震波等の加速度時刻歴波形及びそれぞれの地震波を2方向入力した場合のオービット及び応答スペクトルを図3-1～図3-5に示す。また、基準地震動 $S_s - D 1$ 及び $S_s - D 2$ については設計用応答スペクトルもあわせて示す。



(a) 基準地震動 S s - D 1 の加速度時刻歴波形

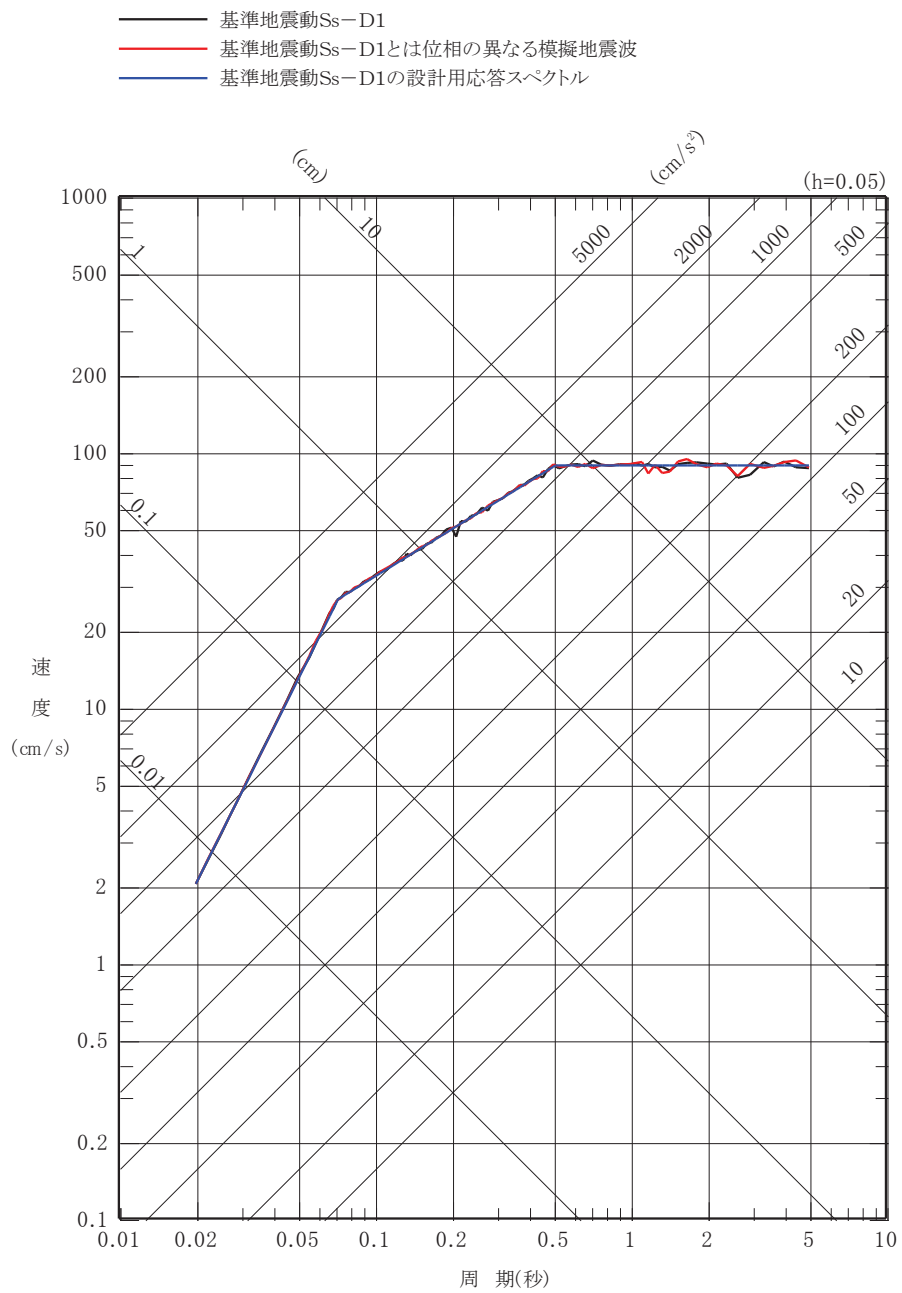


(b) 基準地震動 S s - D 1 とは位相の異なる模擬地震波の加速度時刻歴波形



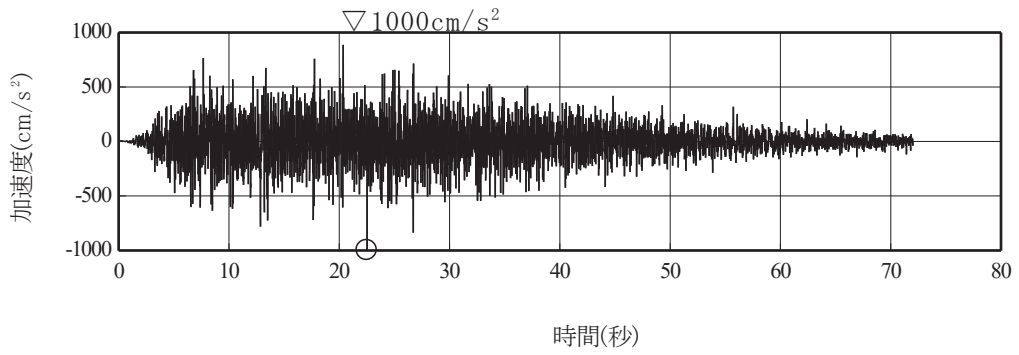
(c) 水平 2 方向の加速度成分のオービット

図3-1 基準地震動 S s - D 1 (1/2)

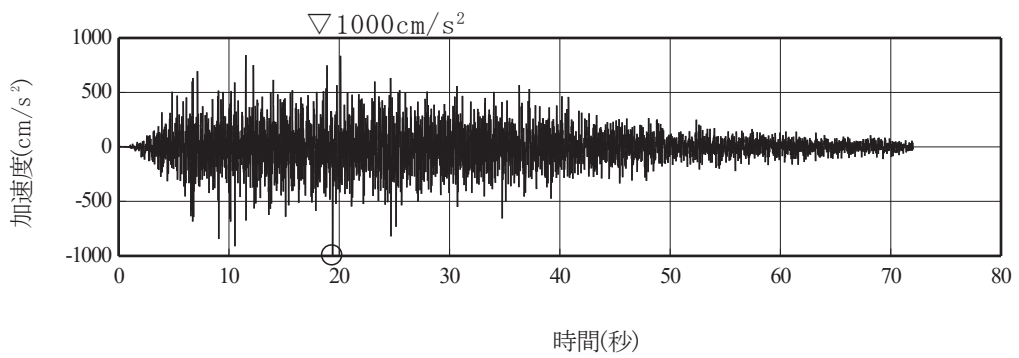


(d) 水平2方向の地震動の応答スペクトル

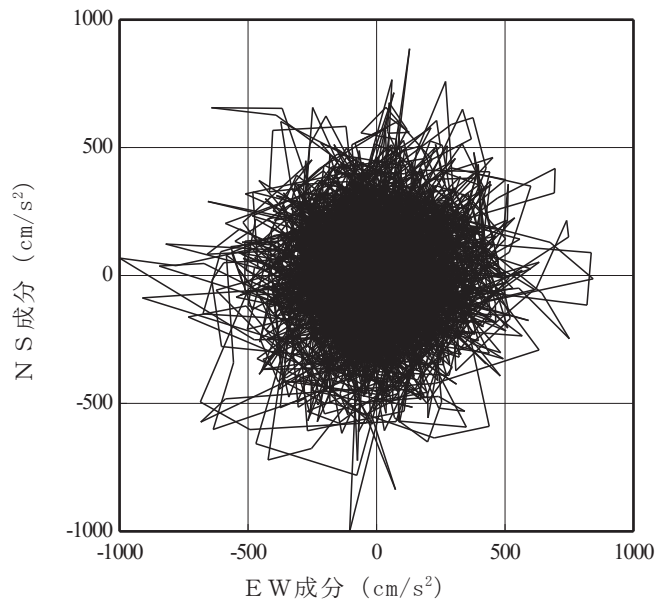
図3-1 基準地震動 S s - D 1 (2/2)



(a) 基準地震動 S s - D 2 の加速度時刻歴波形

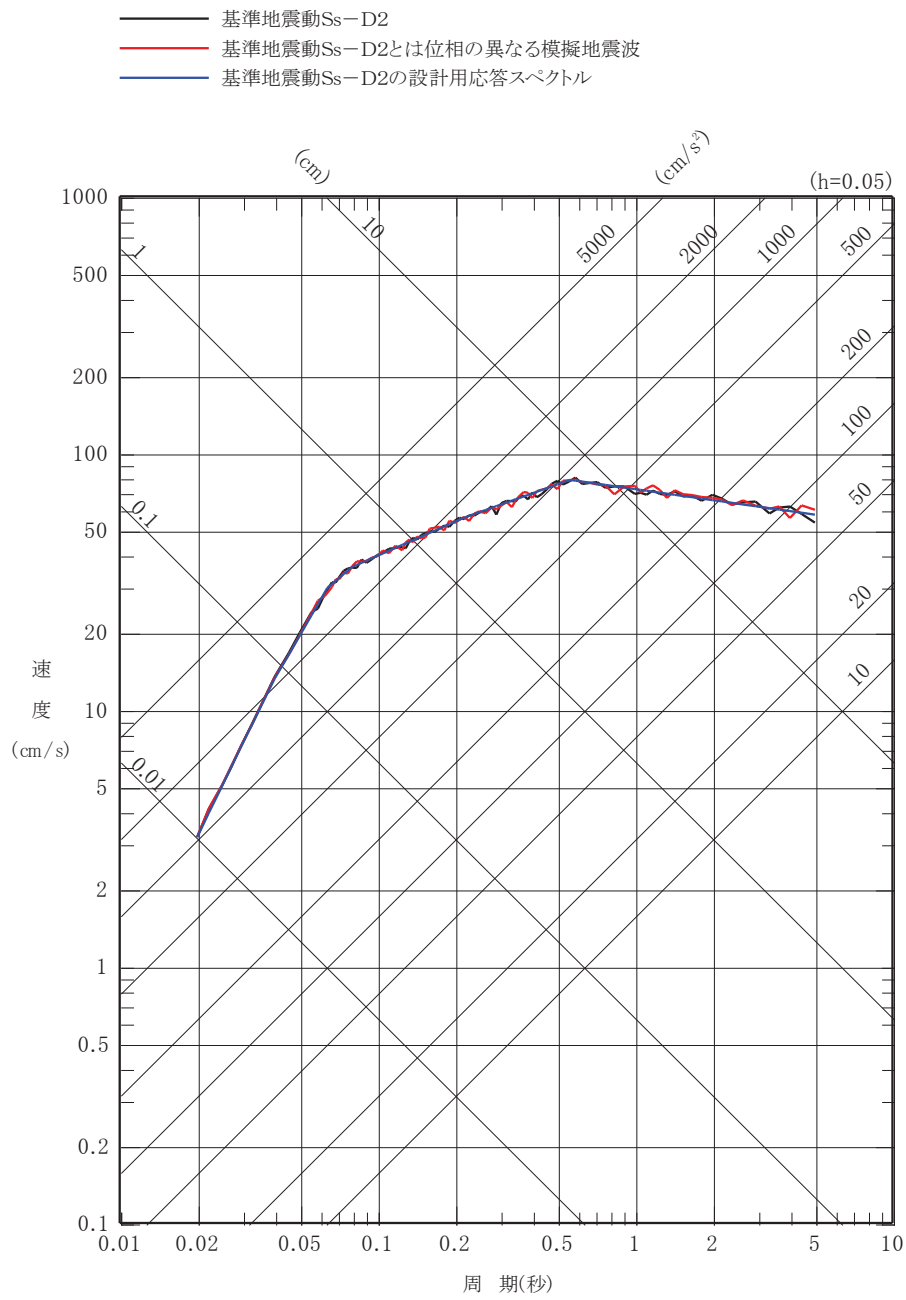


(b) 基準地震動 S s - D 2 とは位相の異なる模擬地震波の加速度時刻歴波形



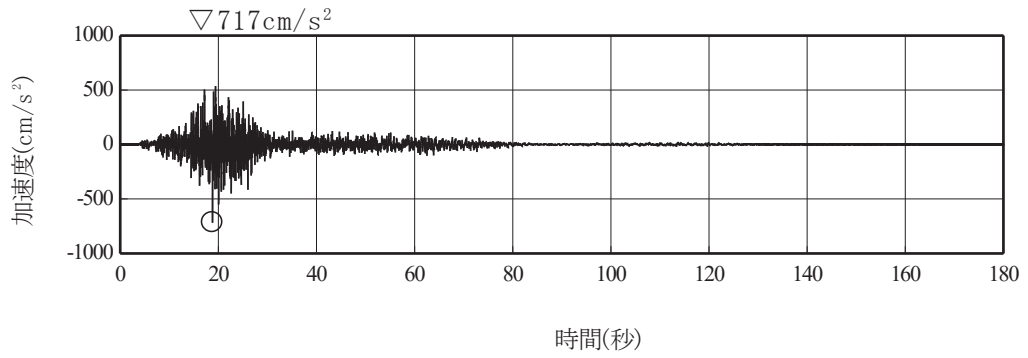
(c) 水平 2 方向の加速度成分のオービット

図3-2 基準地震動 S s - D 2 (1/2)

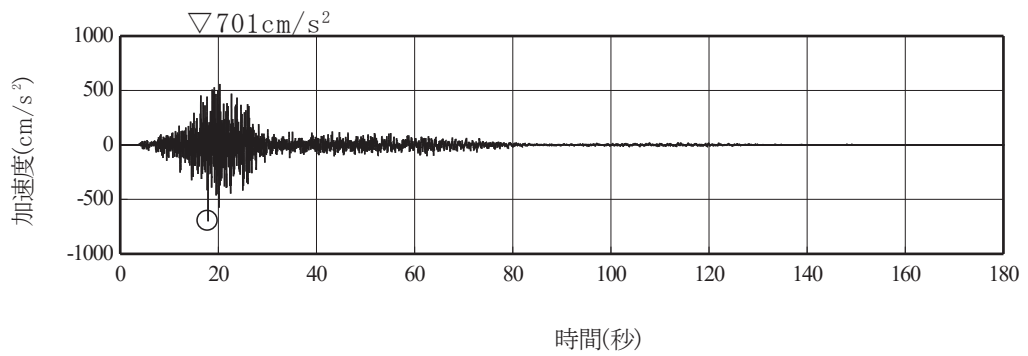


(d) 水平 2 方向の地震動の応答スペクトル

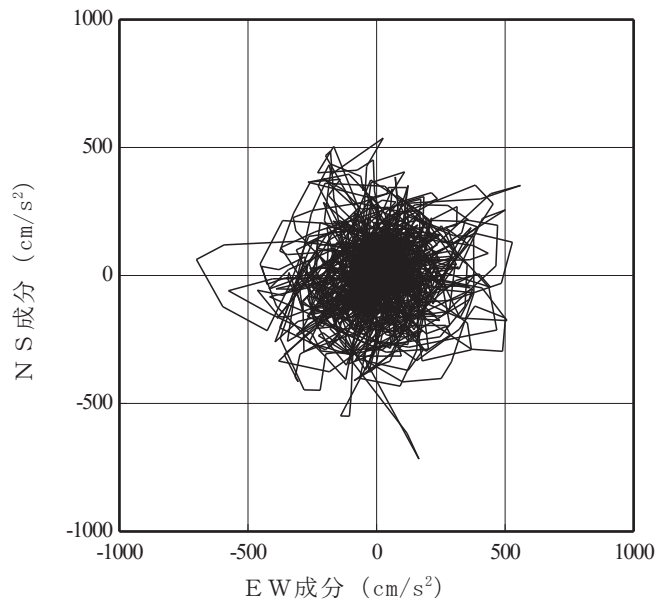
図3-2 基準地震動 S s - D 2 (2/2)



(a) 基準地震動 S s - F 1 の加速度時刻歴波形

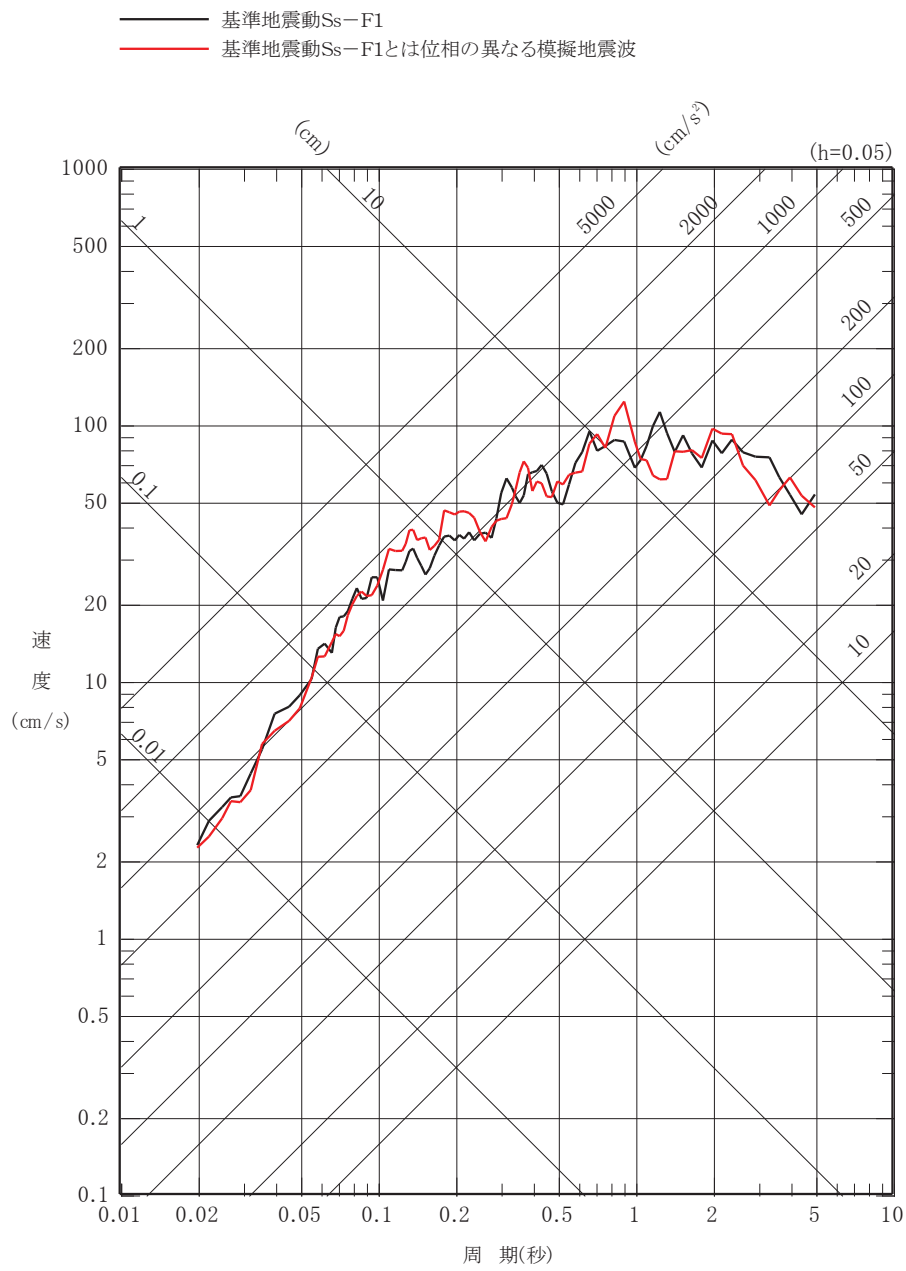


(b) 基準地震動 S s - F 1 とは位相の異なる模擬地震波の加速度時刻歴波形



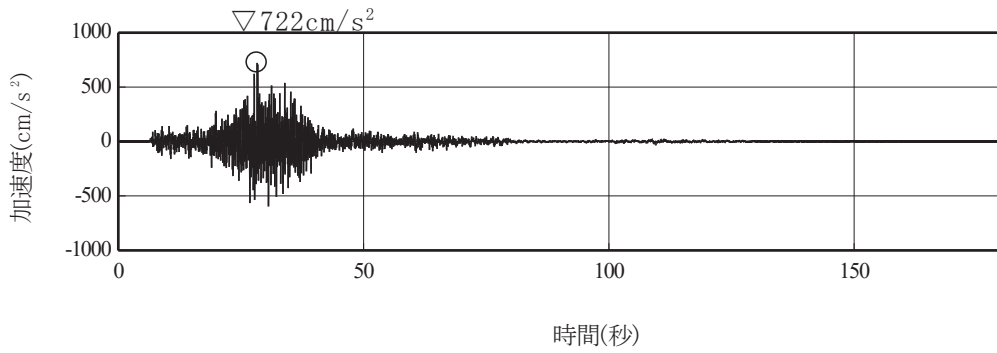
(c) 水平 2 方向の加速度成分のオービット

図3-3 基準地震動 S s - F 1 (1/2)

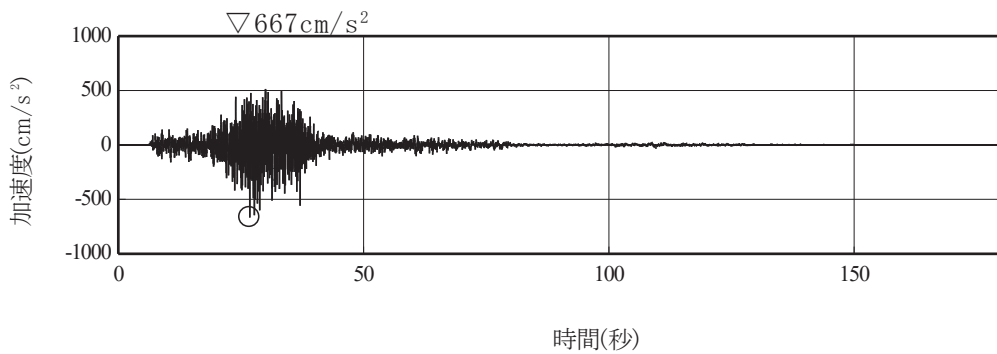


(d) 水平2方向の地震動の応答スペクトル

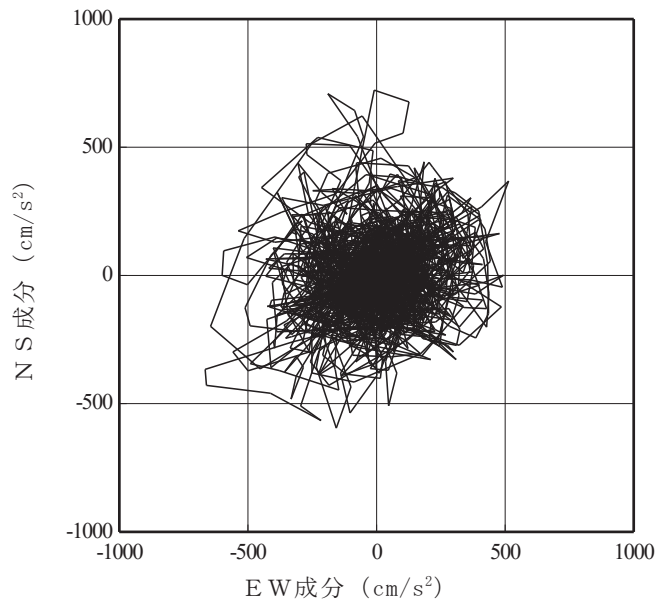
図3-3 基準地震動 S s - F 1 (2/2)



(a) 基準地震動 S s - F 2 の加速度時刻歴波形

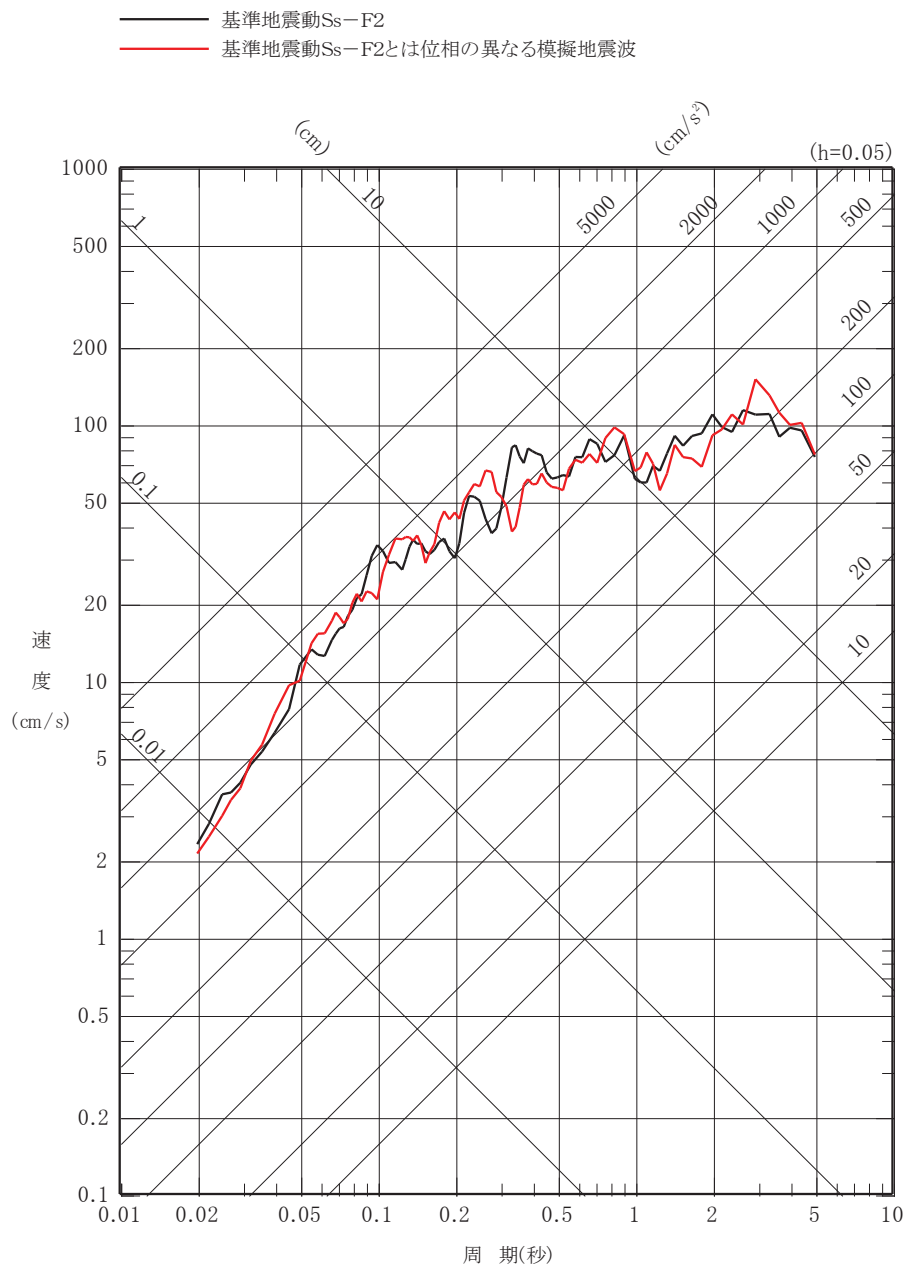


(b) 基準地震動 S s - F 2 とは位相の異なる模擬地震波の加速度時刻歴波形



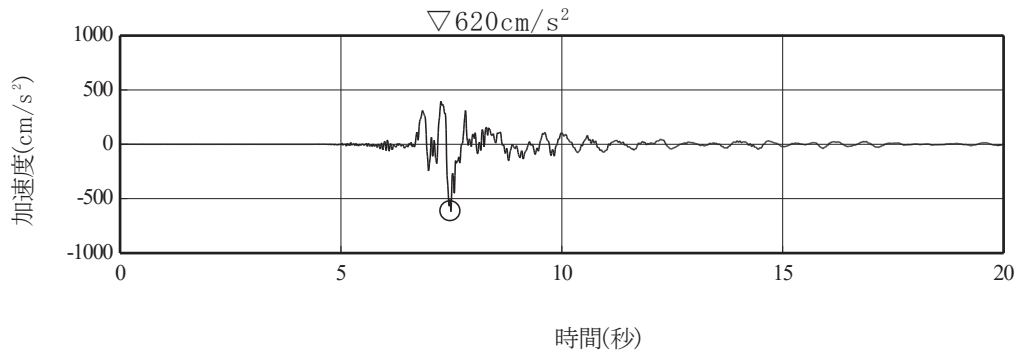
(c) 水平 2 方向の加速度成分のオービット

図 3-4 基準地震動 S s - F 2 (1/2)

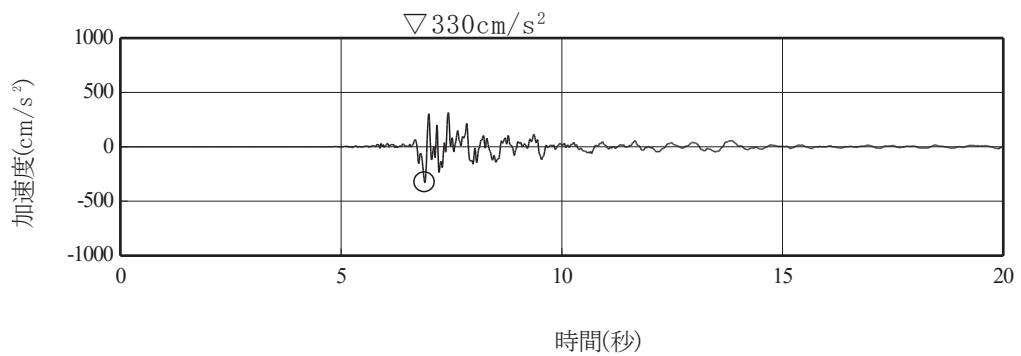


(d) 水平2方向の地震動の応答スペクトル

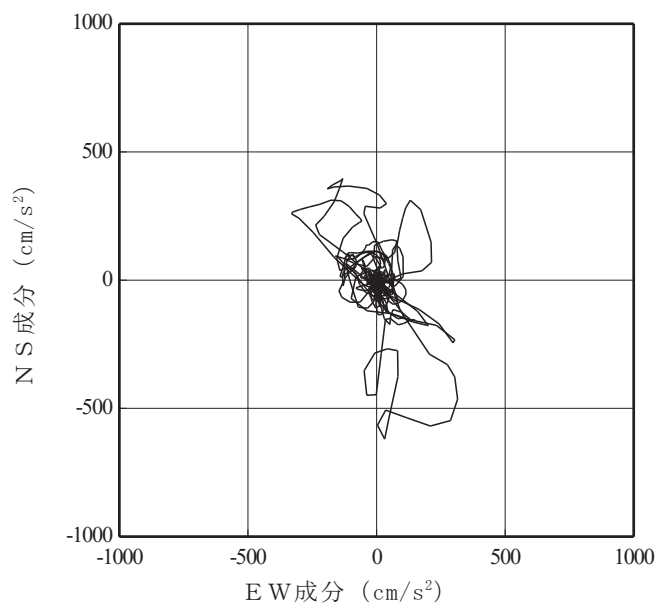
図3-4 基準地震動Ss-F2 (2/2)



(a) 基準地震動 S s - N 1 の加速度時刻歴波形

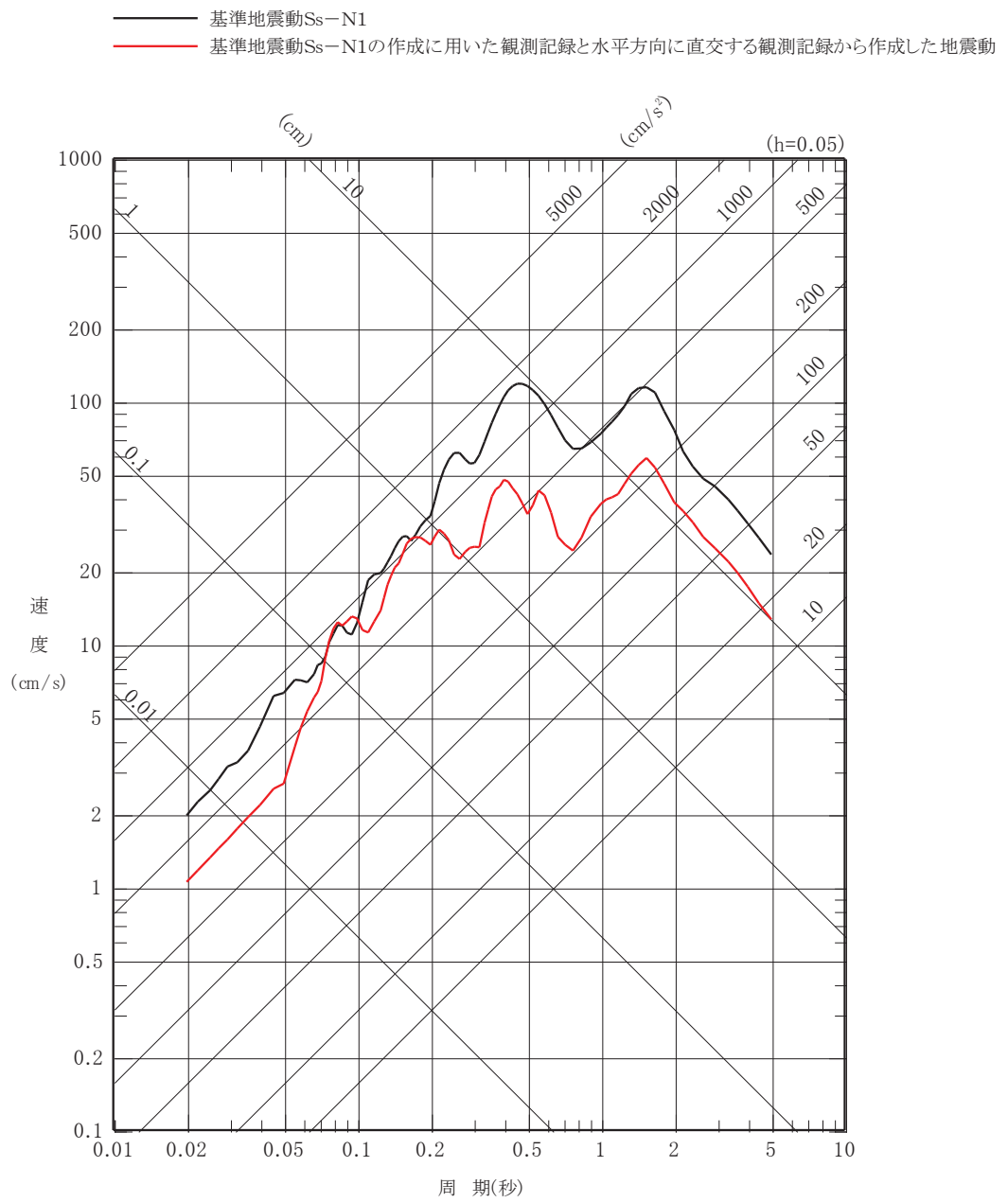


(b) 基準地震動 S s - N 1 の作成に用いた観測記録と
水平方向に直交する観測記録から作成した地震動



(c) 水平 2 方向の加速度成分のオービット

図3-5 基準地震動 S s - N 1 (1/2)



(d) 水平 2 方向の地震動の応答スペクトル

図3-5 基準地震動 S s - N 1 (2/2)

別紙 6 原子炉建屋基礎版の応力解析における応力平均化の考え方

目 次

1. 概要	別紙 6- 1
2. 応力平均化の考え方	別紙 6- 2
2.1 応力平均化を実施した領域における断面の評価要素	別紙 6- 2
2.2 応力平均化の方法	別紙 6- 4
2.3 応力平均化の結果	別紙 6-35
2.4 断面の評価結果	別紙 6-42

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-12-1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す原子炉建屋基礎版の応力解析における応力平均化の考え方について示すものである。

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、「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）」（以下「RC-N 規準」という。）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っている。この場合、当該要素における応力度ではなく、周囲の複数の要素で平均化した応力度に対して断面の評価を実施していることから、本資料では、複数の要素での応力平均化の考え方及びその結果を示す。

2. 応力平均化の考え方

2.1 応力平均化を実施した領域における断面の評価要素

断面の評価要素は、応力平均化を行うことによって応力が変わることから、応力平均化前の断面力に対する検定値を元に選定している。

原子炉建屋基礎版では、応力平均化前の応力分布において、局所的に大きな面外せん断力が発生している要素を断面の評価要素とし、応力平均化を行い、応力平均化後の値に対する断面の評価を実施した。

応力平均化を実施した要素を表 2-1、要素位置図を図 2-1 に示す。

表 2-1 応力平均化要素

評価項目	方向	要素番号	組合せケース	平均化前の検定値 (発生値/許容値)
面外せん断 応力度	放射	214	3-10	1.03
		218	3-9	1.02
		219	3-9	1.08
		220	3-9	1.08
		221	3-9	1.01
		237	3-13	1.03
		238	3-13	1.04
	NS	421	3-14	1.41
		442	3-16	1.02
		443	3-10	1.35
		1159	3-13	1.36
		1161	3-11	1.03
		1180	3-12	1.06
		1181	3-9	1.39
	EW	541	3-16	1.07
		571	3-15	1.09
		572	3-13	1.18
		594	3-9	1.28
		907	3-12	1.43
		937	3-11	1.45
		1098	3-11	1.17

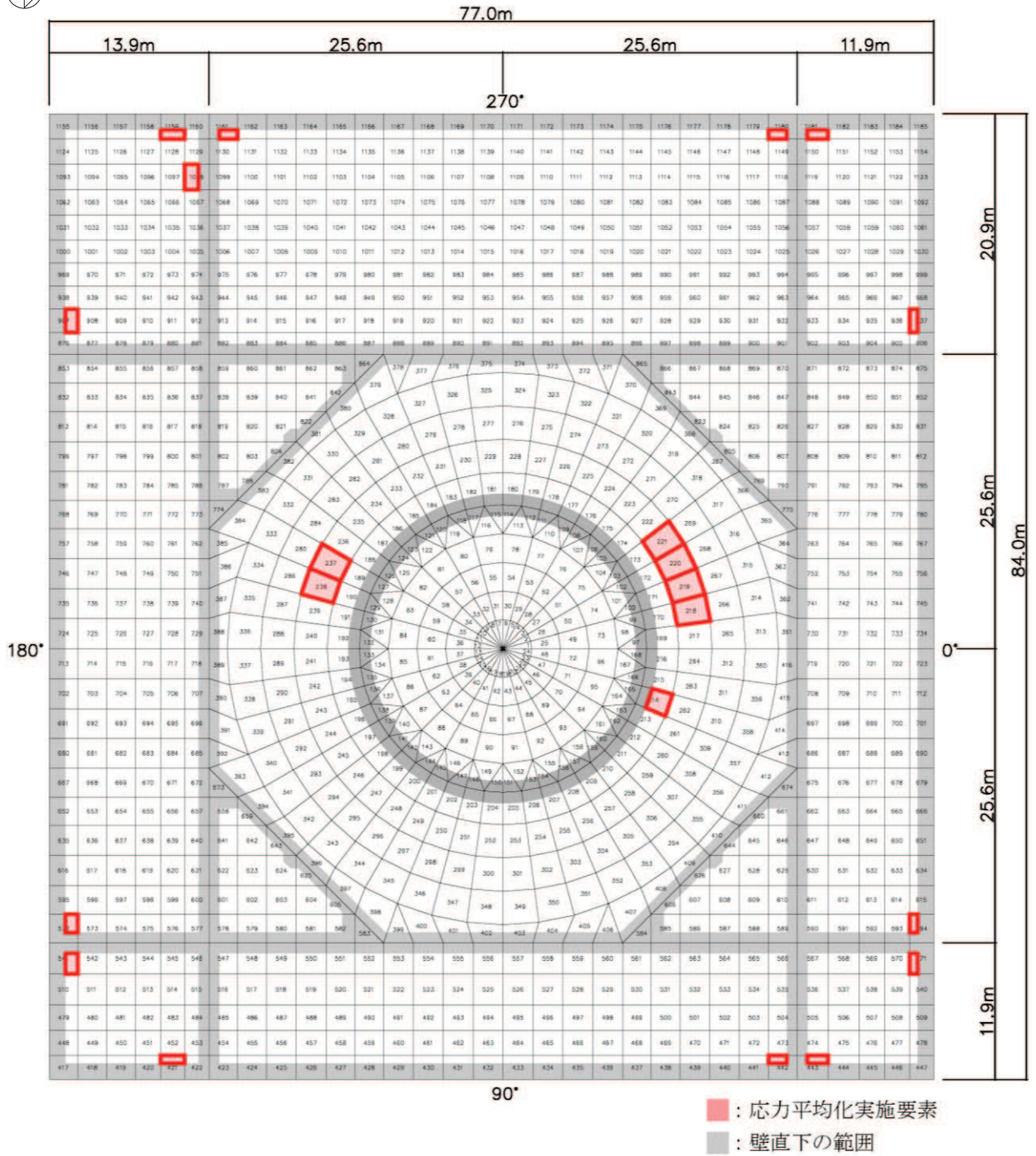


図 2-1 要素位置図

2.2 応力平均化の方法

3次元 FEM モデルを用いた応力解析においては、部材断面やモデル形状が大きく変化して不連続になっている箇所は、局所的な応力集中が発生しやすい。原子炉建屋基礎版の3次元 FEM モデルを用いた応力解析において、当該部は図 2-2 に示すようにシェル壁、耐震壁と隣接した要素であり、応力が集中しやすい。図 2-3 に示す面外せん断力のコンター図を見ると、当該要素周辺では大きな面外せん断力が発生していることが分かる。

そこで、今回の原子炉建屋基礎版の応力解析においては、弾塑性解析を採用し、材料の非線形特性を設定しているが、面外せん断力に対しては非線形特性を考慮できないことから、RC-N 規準を参考に、コンクリートのひび割れによる応力の再配分を考慮し、応力の平均化を行った。なお、基礎版全体でも鉄筋ひずみの最大値は 0.832×10^{-3} であり、鉄筋降伏時のひずみ 1.68×10^{-3} を下回っていること、応力平均化範囲及びその周辺領域では全面的な曲げ降伏状態には至っていないことを確認している。

RC-N 規準においては、「線材では、部材端に生じる斜めせん断ひび割れによって部材有効せい程度離れた断面の引張鉄筋の応力度が部材端と同じ大きさまで増大する現象（テンションシフト）が生じるが、面材では、斜めひび割れが発生した場合においても、材軸直交方向への応力再配分によって、線材におけるテンションシフトのような現象は生じにくいと考えられる。」とされており、耐震壁の面外せん断力について、「面材であるため、局所的に応力の集中があったとしても、応力の再配分を生じ、破壊に至ることはない。」とされている。また、基礎版のような大断面を有する面材の面外せん断力について、「通常の場合、FEM 解析の要素サイズは、基礎版厚より小さいため、付図 2.2 に模式的に示されるように設計用面外せん断力は想定されるひび割れ領域での平均面外せん断力に対して大きめの評価となっているといえる。また、基礎版においても、耐震壁と同様、面材における面外せん断力の再配分も期待できる。」とされている。RC-N 規準の付図 2.2 を図 2-4 に示す。

壁、床スラブ、基礎版のような面材については、RC-N 規準に示されるように、面材に荷重を作用させる直交部材からせん断破壊面が 45 度の角度で進展すると考えられることから、せん断破壊面が面材の表面から裏面まで貫通する範囲、すなわち部材厚の範囲に応力が再配分されると考えられる。原子炉建屋基礎版における面外せん断力に対する応力平均化の考え方を図 2-5 に示す。

以上より、応力の平均化は、応力コンター図及び基礎版の直上の壁配置等を考慮し、当該要素の壁から離れる側の応力方向に位置する隣接要素に対して、壁面から基礎版の部材厚である 6.0m 分の範囲で行った。また、応力平均化対象とする一連の要素が連続した壁により拘束される場合には、これらが壁直下の範囲に含まれていること、図 2-3 に示す面外せん断力のコンター図より、当該要素周辺では大きな面外せん断力が発生していることを踏まえると応力方向の直交方向にも応力が再配分されると考え、発生応力の直交方向に隣接する要素を含む範囲で平均化を行った。各要素について応力平均化範囲を図 2-6 に示す。

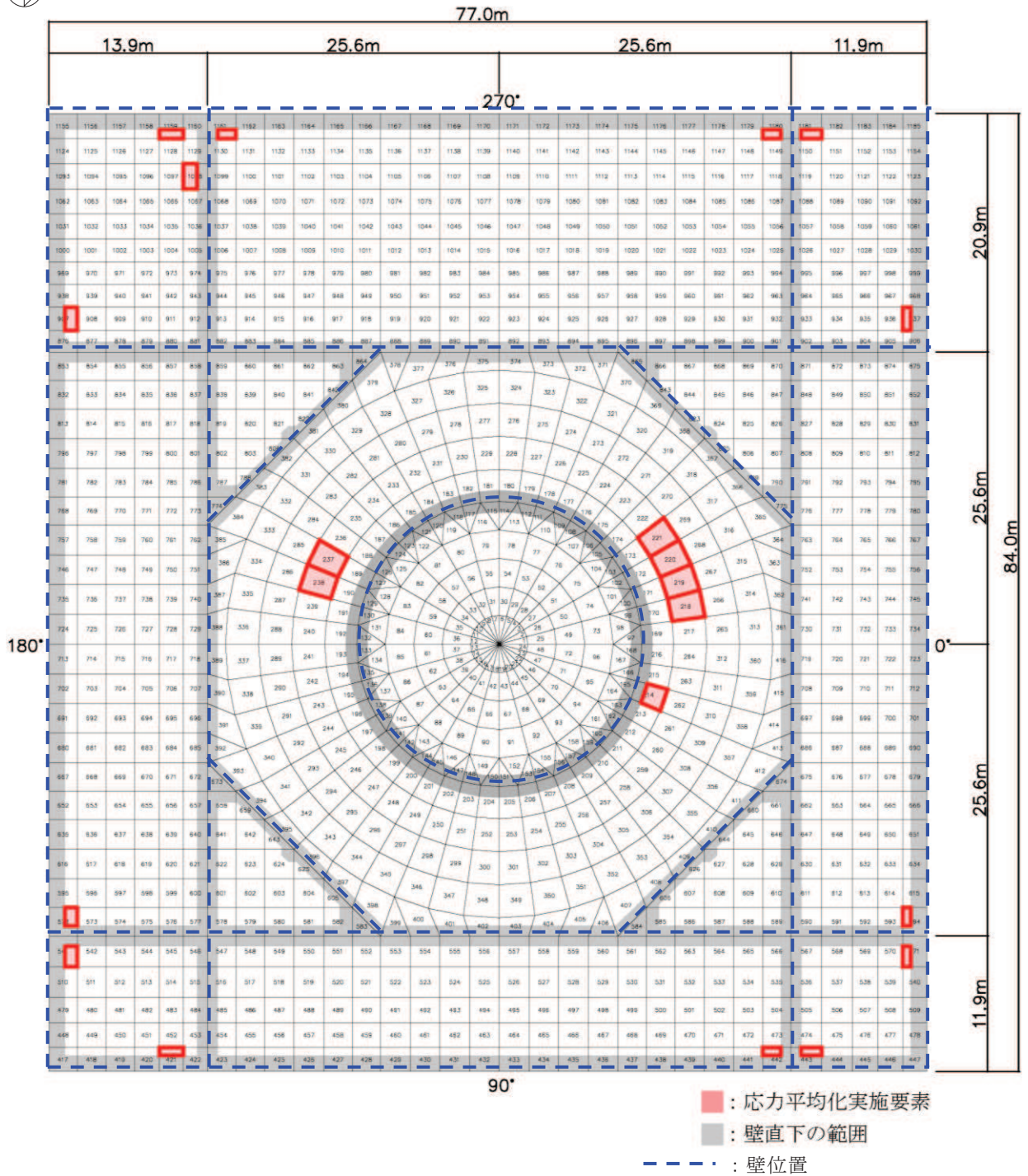
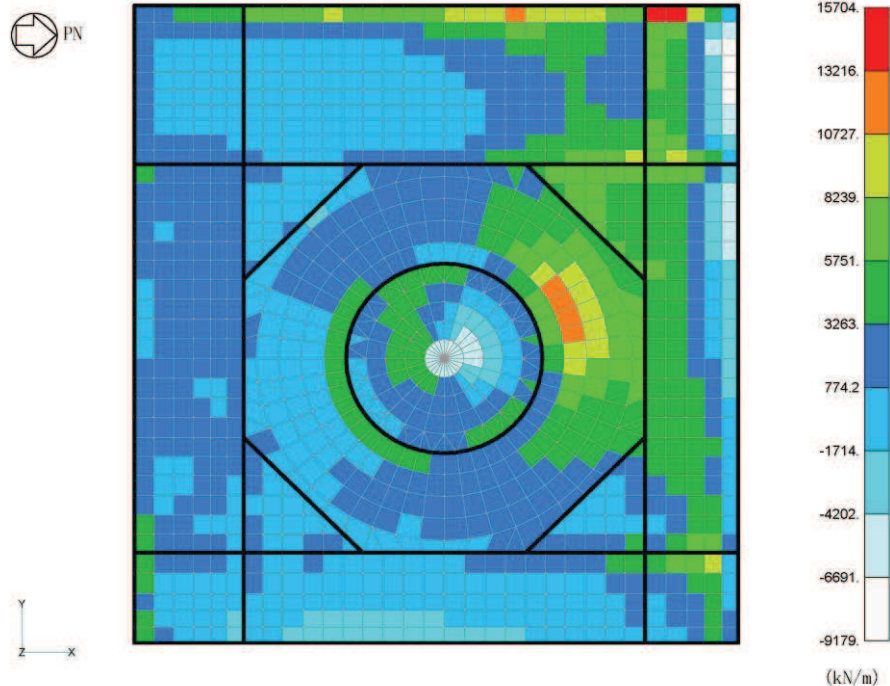


図 2-2 原子炉建屋基礎版に接続する壁の配置

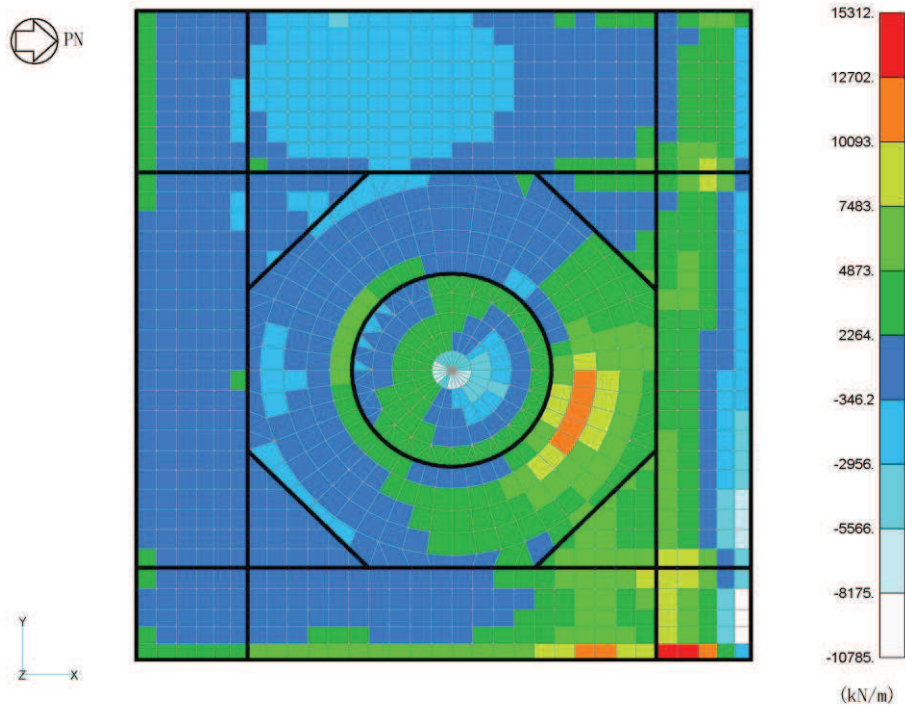
c5009 Qx



組合せケース 3-9 (放射方向, NS 方向)

図 2-3 (1) 面外せん断力のコンター図 (1/13)

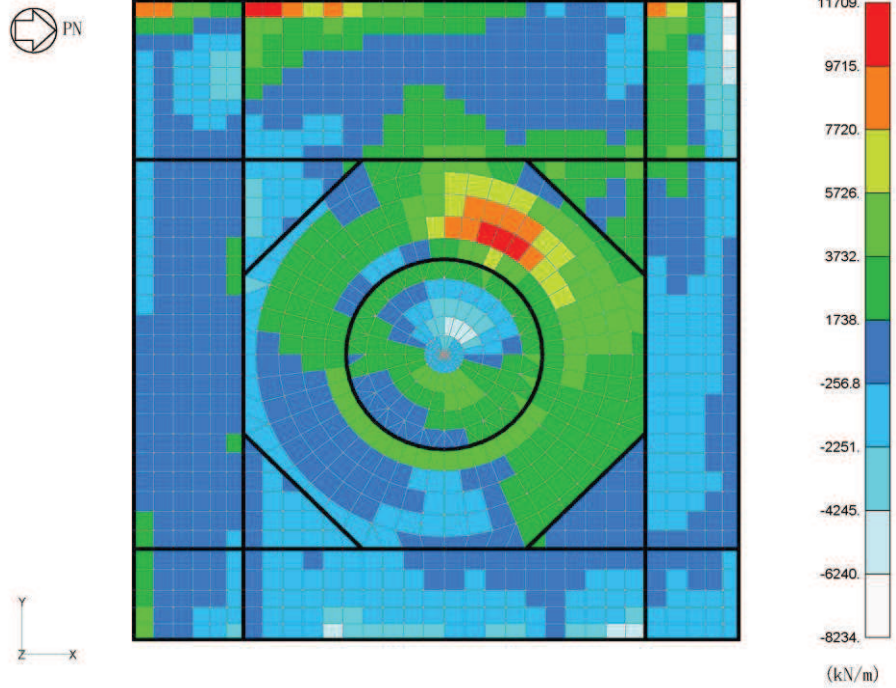
c5010 Qx



組合せケース 3-10 (放射方向, NS 方向)

図 2-3 (2) 面外せん断力のコンター図 (2/13)

c5011 Qx

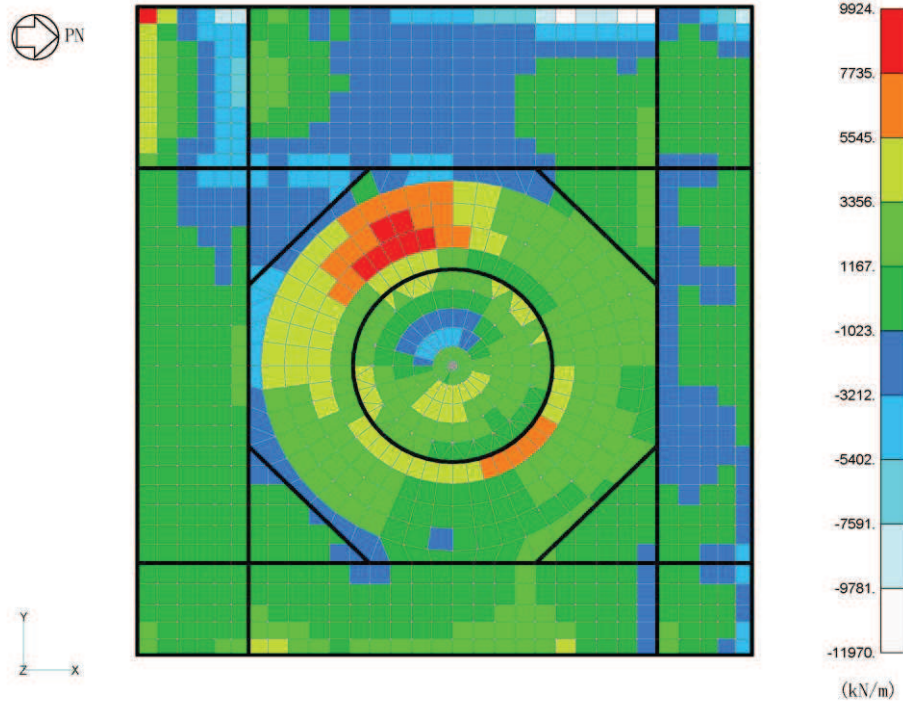


※要素25～360は放射方向を示す。
※太線部は壁の位置を示す。

組合せケース 3-11 (放射方向, NS 方向)

図 2-3 (3) 面外せん断力のコンター図 (3/13)

c5012 Qx

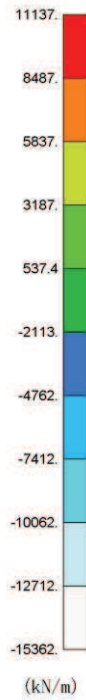
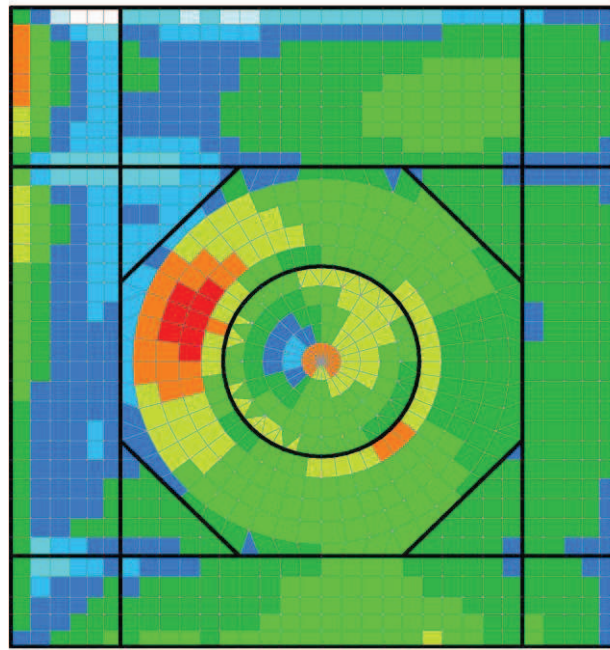


※要素25～360は放射方向を示す。
※太線部は壁の位置を示す。

組合せケース 3-12 (放射方向, NS 方向)

図 2-3 (4) 面外せん断力のコンター図 (4/13)

c5013 Qx

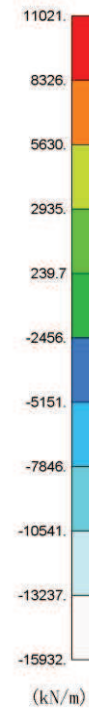
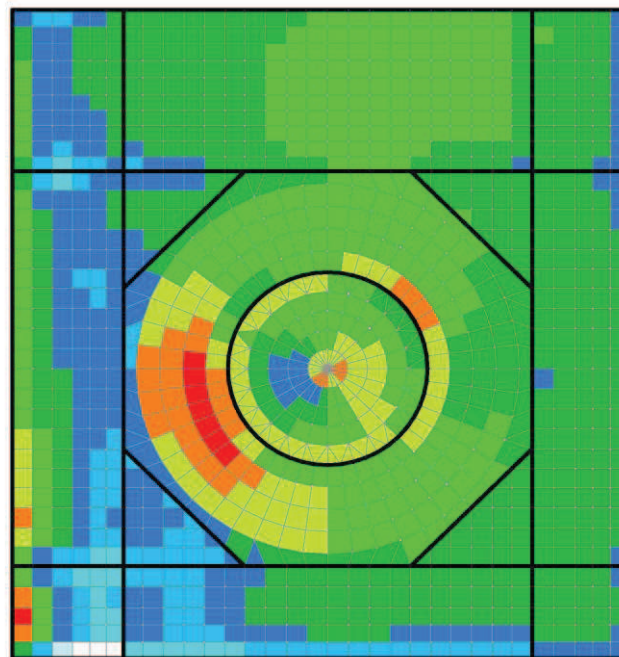


※要素25~360は放射方向を示す。
※太線部は壁の位置を示す。

組合せケース 3-13 (放射方向, NS 方向)

図 2-3 (5) 面外せん断力のコンター図 (5/13)

c5014 Qx

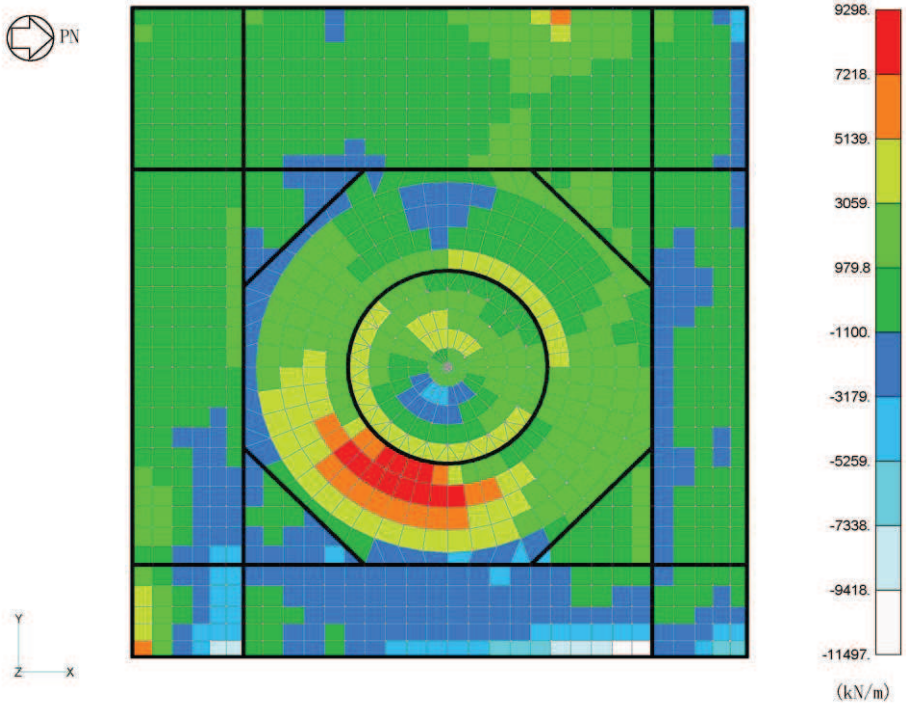


※要素25~360は放射方向を示す。
※太線部は壁の位置を示す。

組合せケース 3-14 (放射方向, NS 方向)

図 2-3 (6) 面外せん断力のコンター図 (6/13)

c5016 Qx

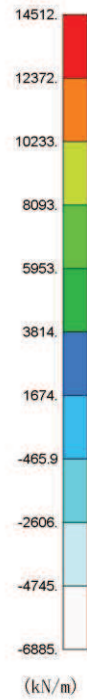
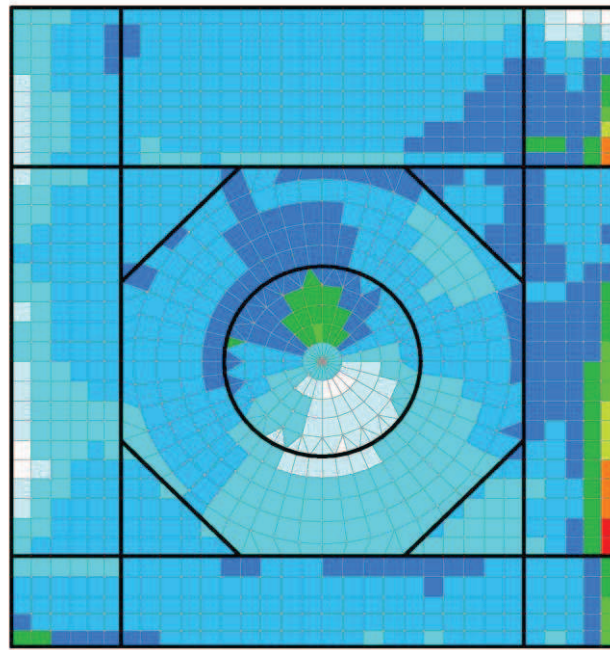


※要素25～360は放射方向を示す。
※太線部は壁の位置を示す。

組合せケース 3-16 (放射方向, NS 方向)

図 2-3 (7) 面外せん断力のコンター図 (7/13)

c5009 Qy

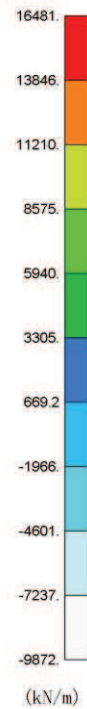
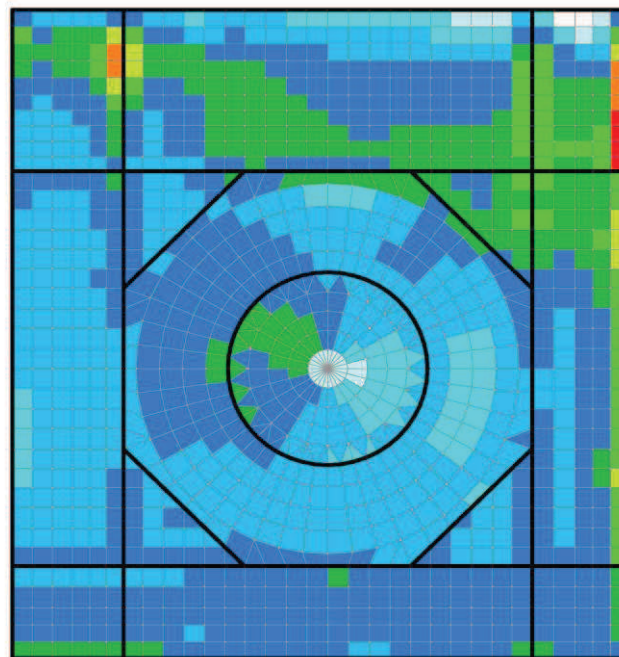


※要素25~360は放射方向を示す。
※太線部は壁の位置を示す。

組合せケース 3-9 (円周方向, EW 方向)

図 2-3 (8) 面外せん断力のコンター図 (8/13)

c5011 Qy

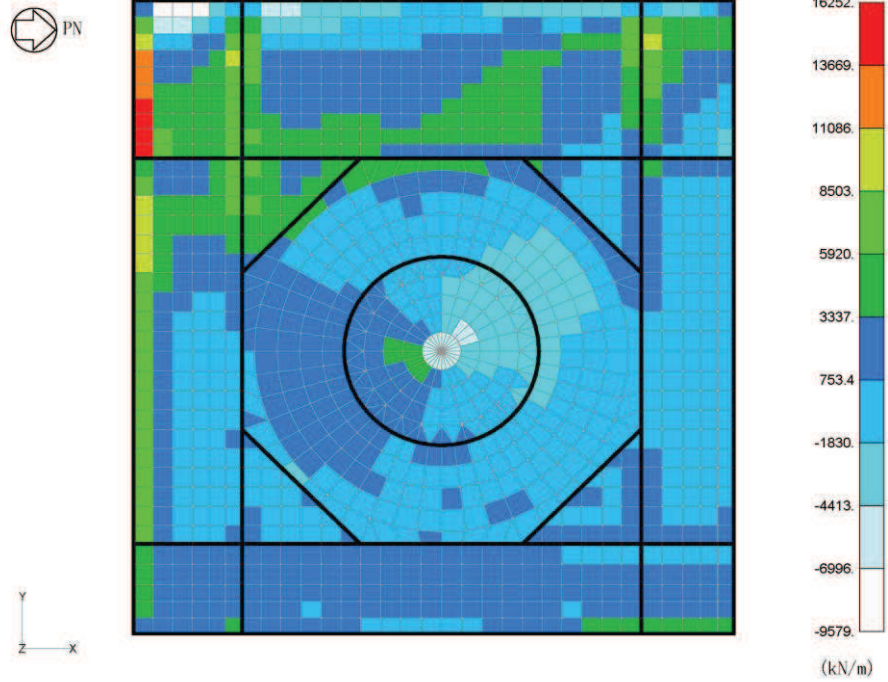


※要素25~360は放射方向を示す。
※太線部は壁の位置を示す。

組合せケース 3-11 (円周方向, EW 方向)

図 2-3 (9) 面外せん断力のコンター図 (9/13)

c5012 Qy

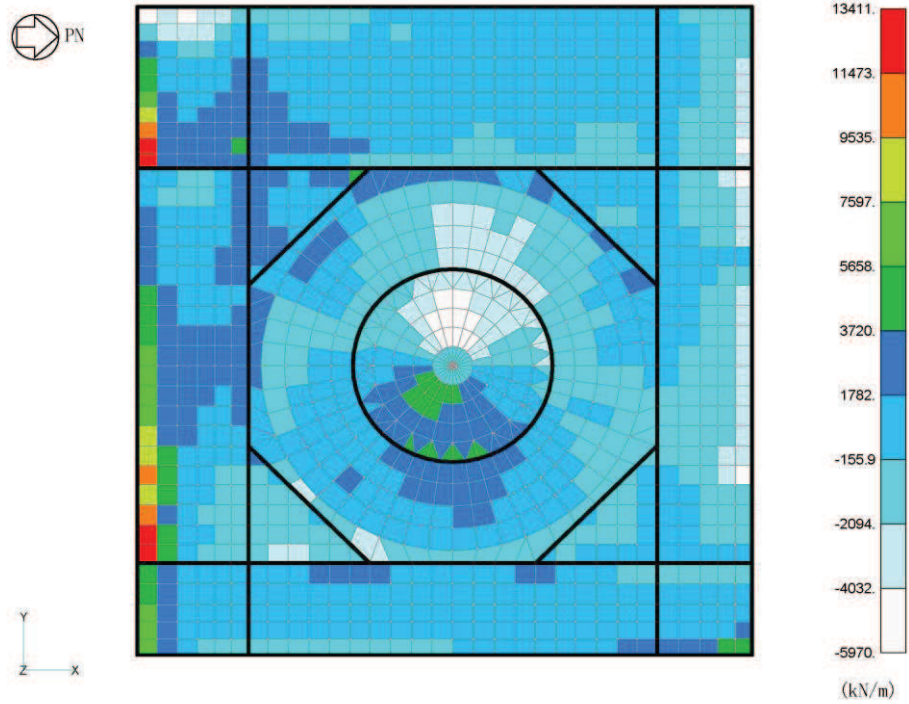


※要素25～360は放射方向を示す。
※太線部は壁の位置を示す。

組合せケース 3-12 (円周方向, EW 方向)

図 2-3 (10) 面外せん断力のコンター図 (10/13)

c5013 Qy

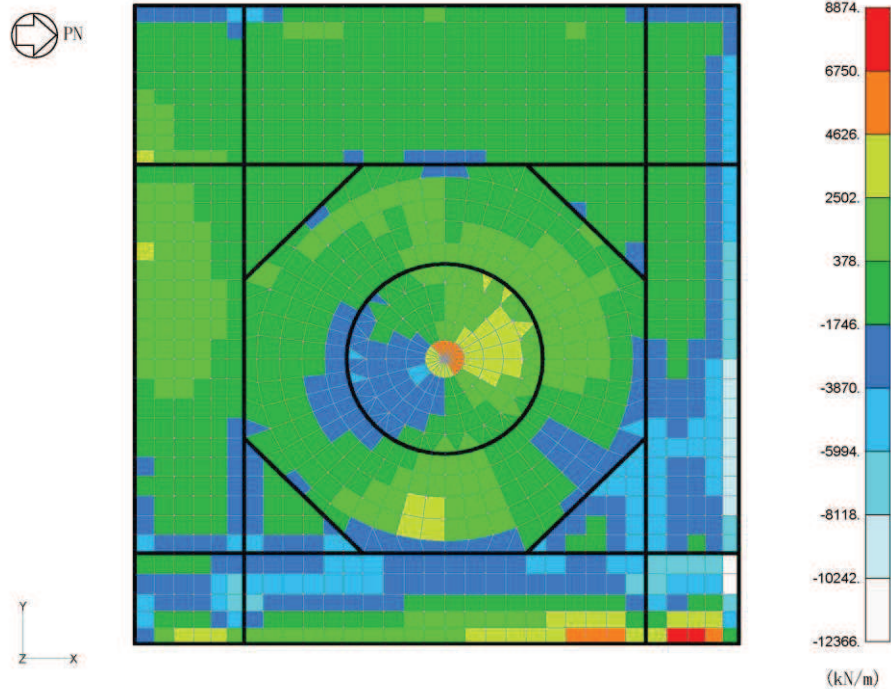


※要素25～360は放射方向を示す。
※太線部は壁の位置を示す。

組合せケース 3-13 (円周方向, EW 方向)

図 2-3 (11) 面外せん断力のコンター図 (11/13)

c5015 Qy

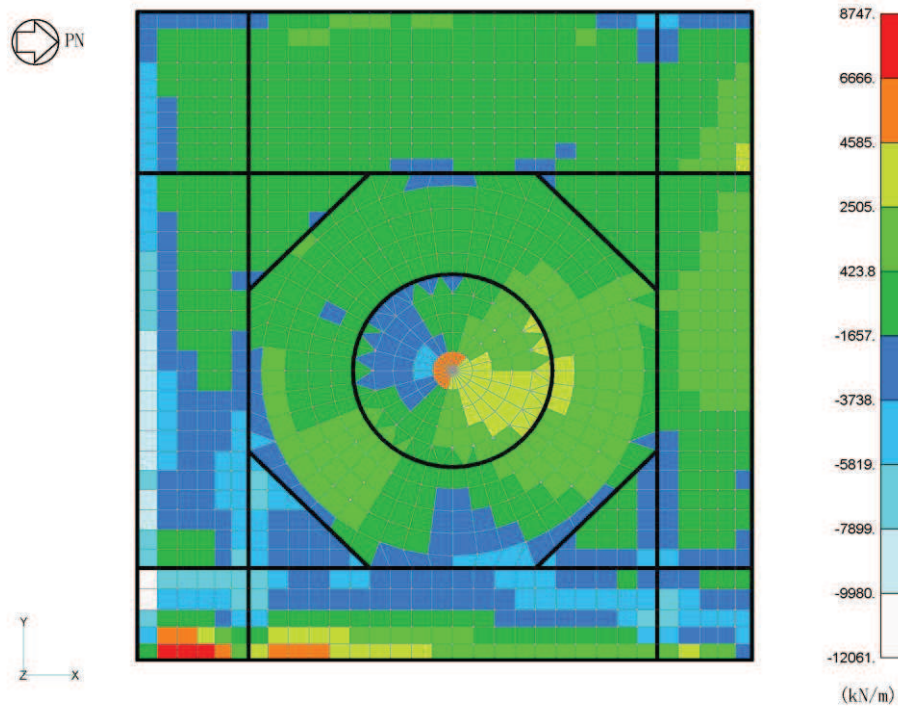


※要素25～360は放射方向を示す。
※太線部は壁の位置を示す。

組合せケース 3-15 (円周方向, EW 方向)

図 2-3 (12) 面外せん断力のコンター図 (12/13)

c5016 Qy



※要素25～360は放射方向を示す。
※太線部は壁の位置を示す。

組合せケース 3-16 (円周方向, EW 方向)

図 2-3 (13) 面外せん断力のコンター図 (13/13)

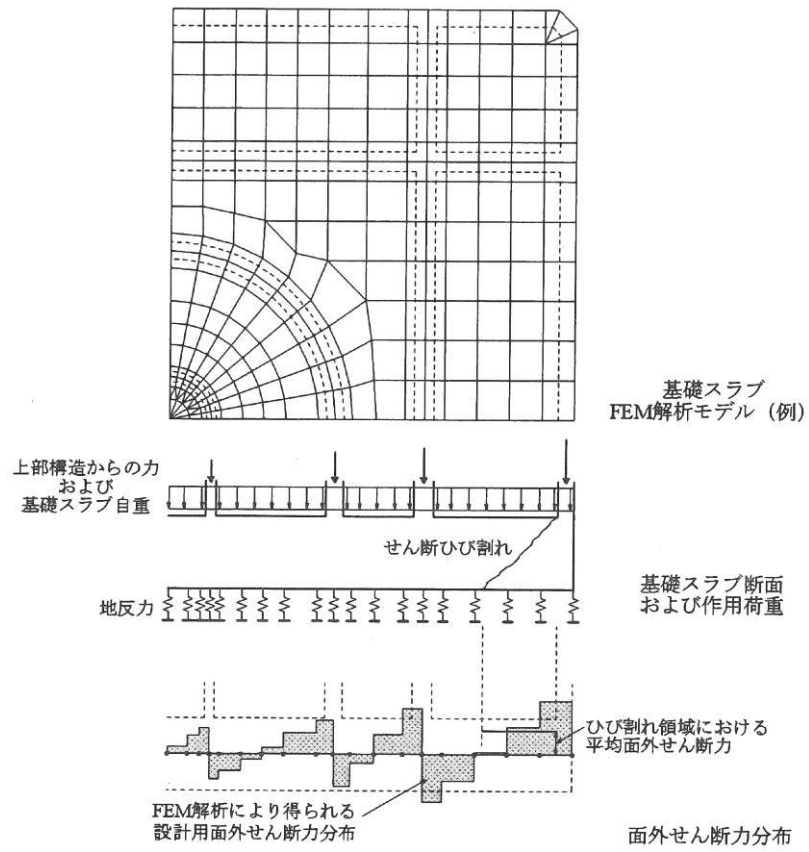


図 2-4 RC-N 規準の付図 2.2

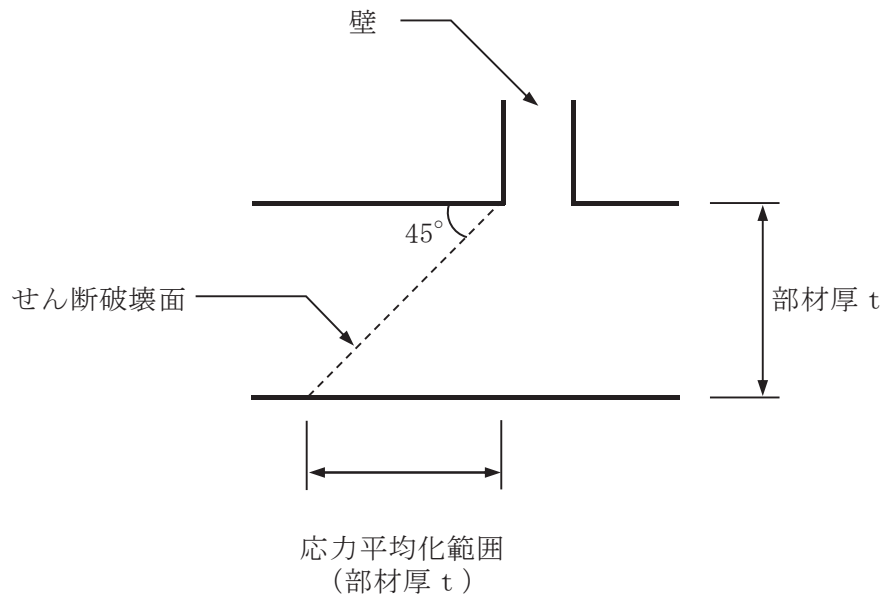
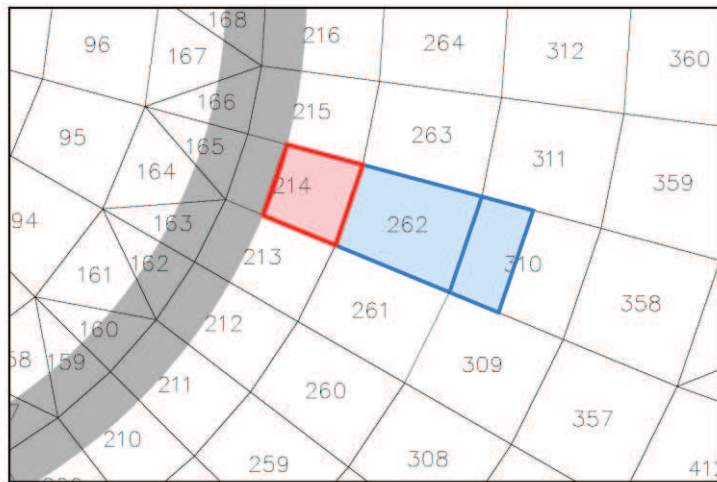
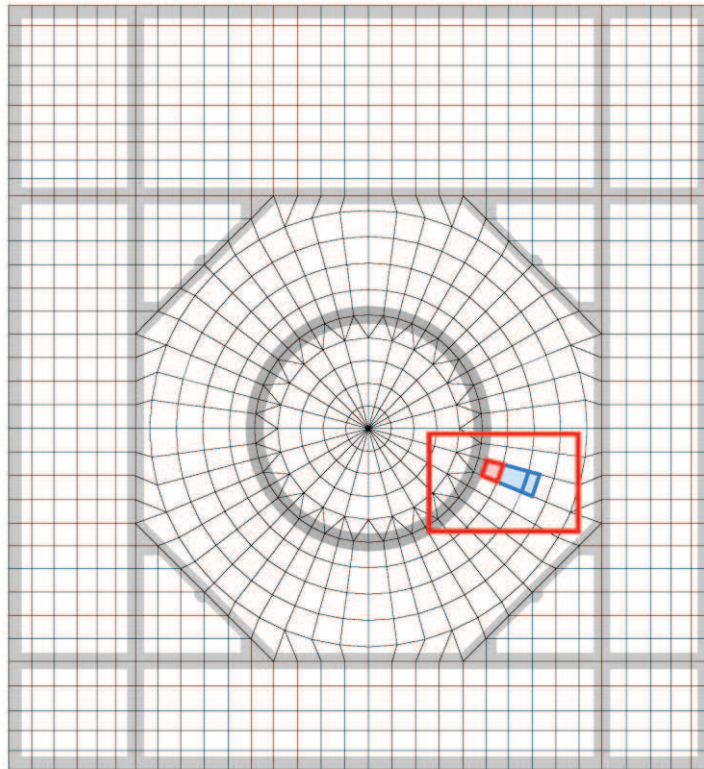


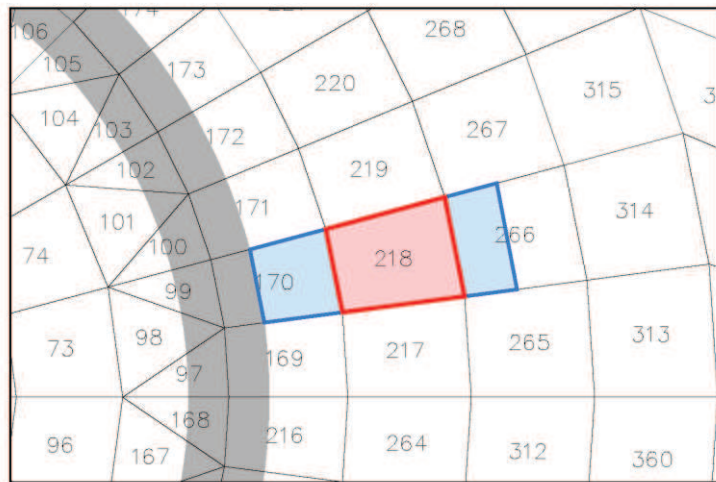
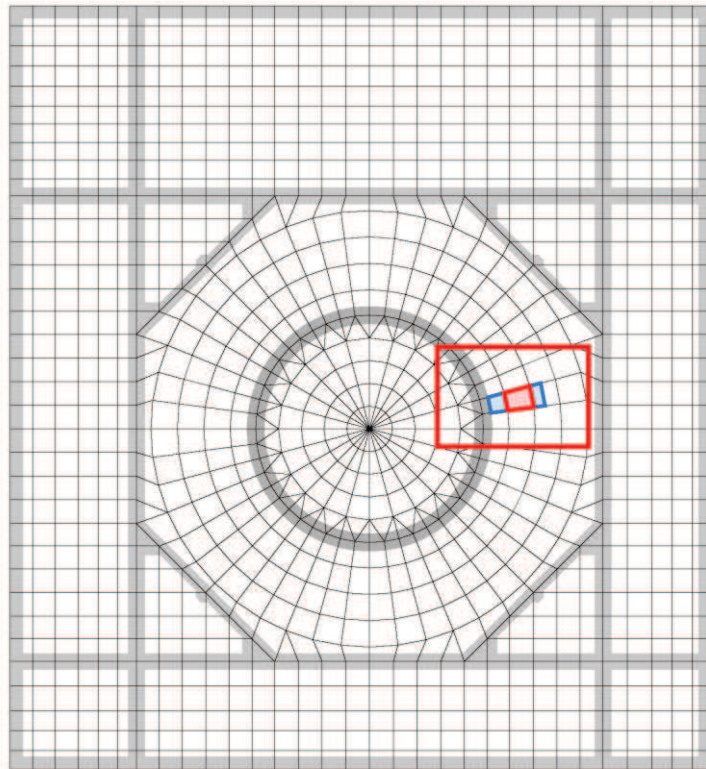
図 2-5 原子炉建屋基礎版における面外せん断力に対する応力平均化の考え方



- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素
- : 壁直下の範囲 (平均化対象外)

(a) 放射方向 要素番号 214

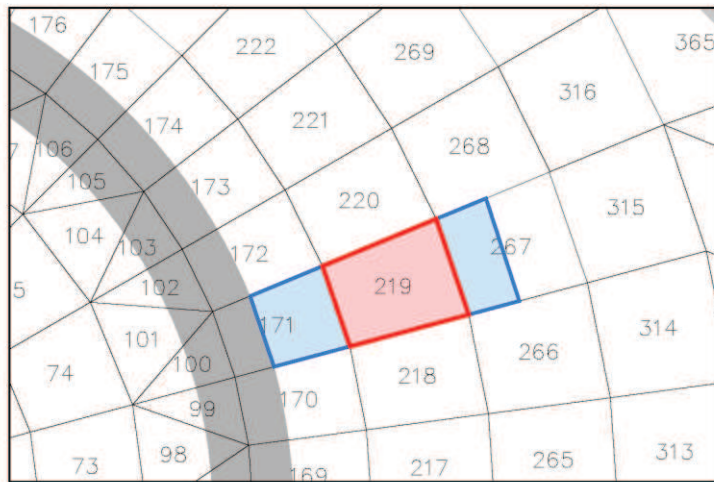
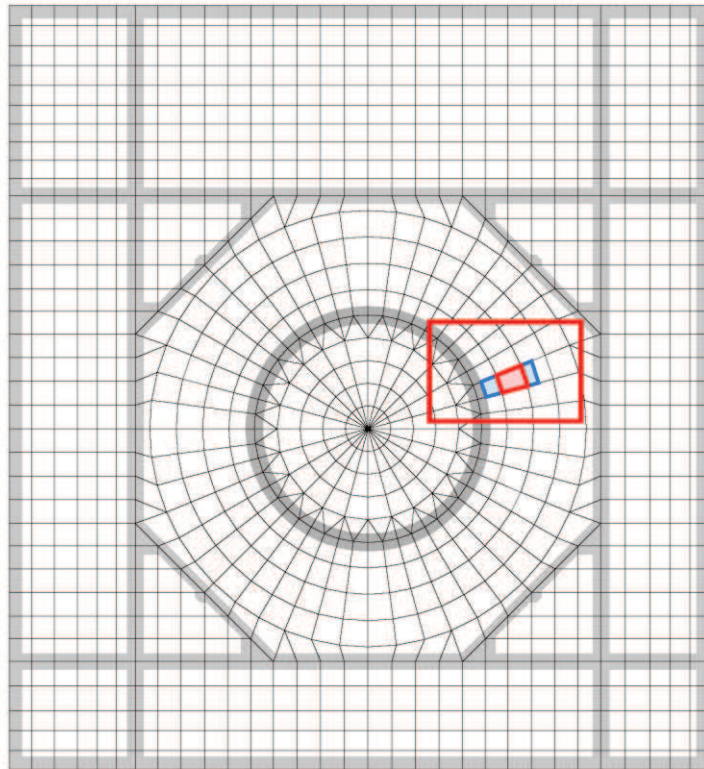
図 2-6 (1) 応力平均化範囲 (1/21)



- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素
- : 壁直下の範囲 (平均化対象外)

(b) 放射方向 要素番号 218

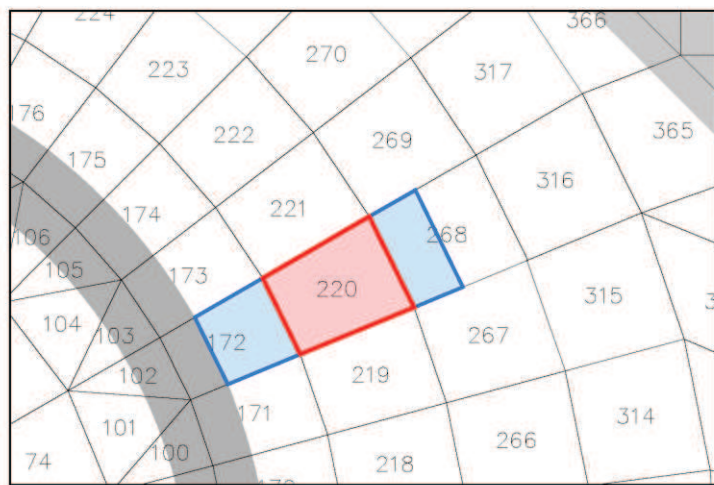
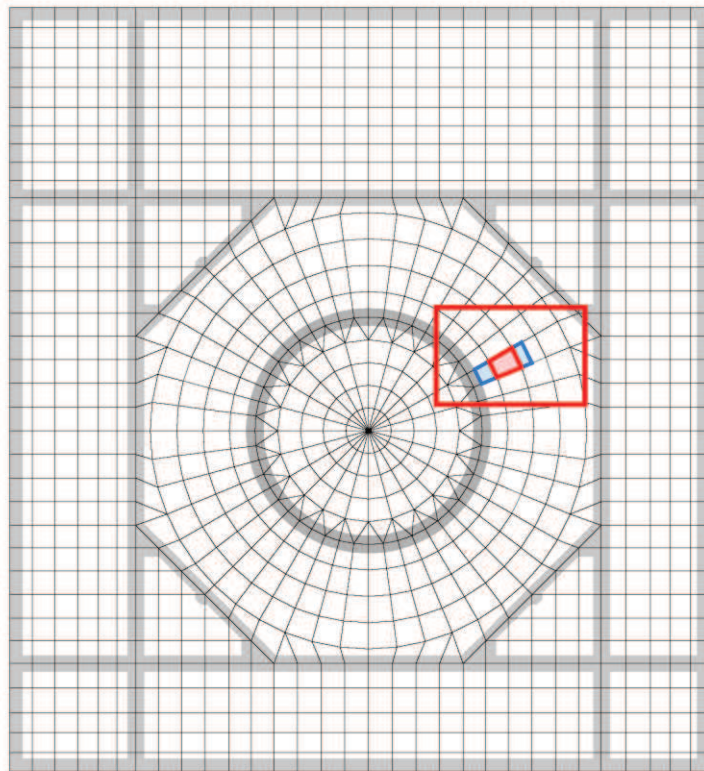
図 2-6 (2) 応力平均化範囲 (2/21)



- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素
- : 壁直下の範囲 (平均化対象外)

(c) 放射方向 要素番号 219

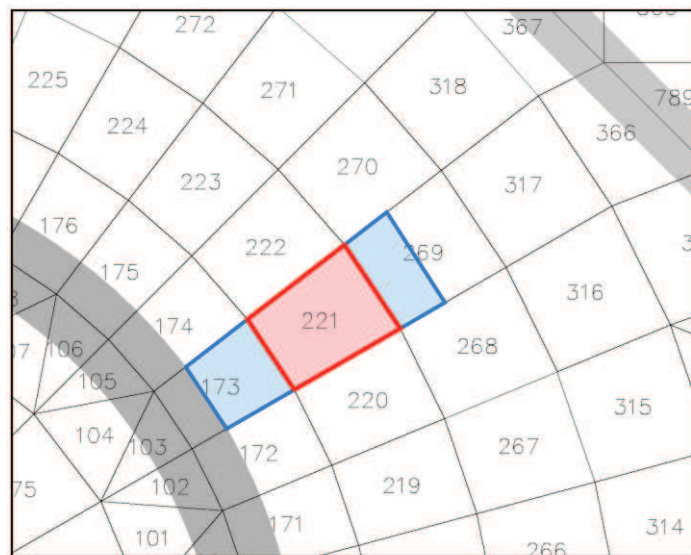
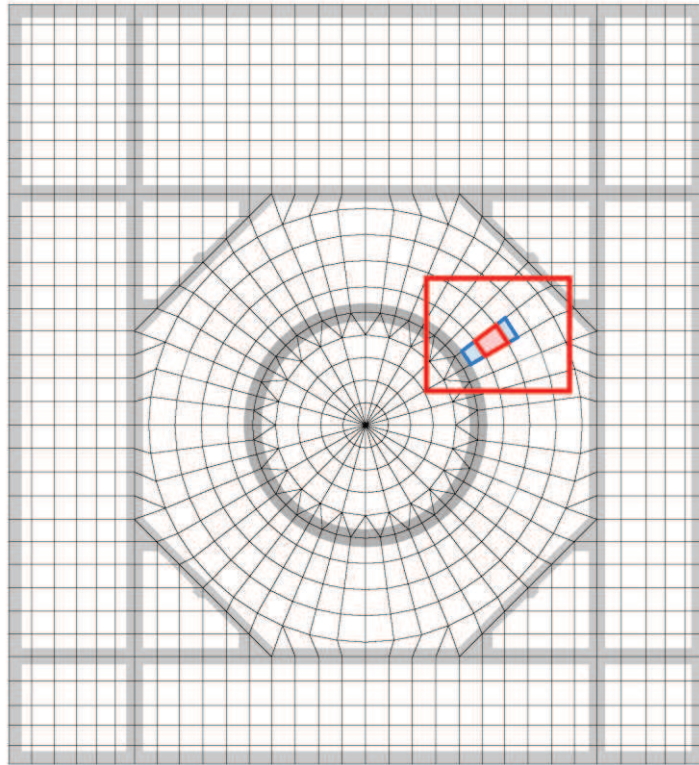
図 2-6 (3) 応力平均化範囲 (3/21)



- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素
- : 壁直下の範囲 (平均化対象外)

(d) 放射方向 要素番号 220

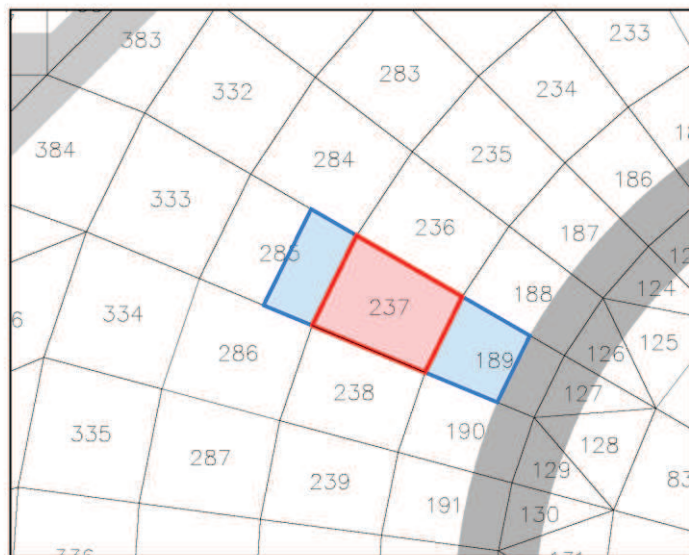
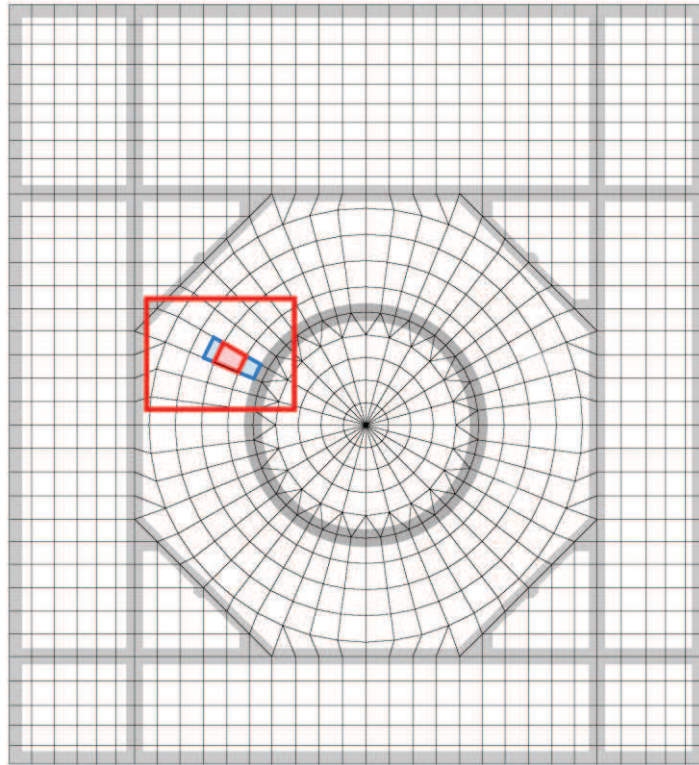
図 2-6 (4) 応力平均化範囲 (4/21)



- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素
- : 壁直下の範囲 (平均化対象外)

(e) 放射方向 要素番号 221

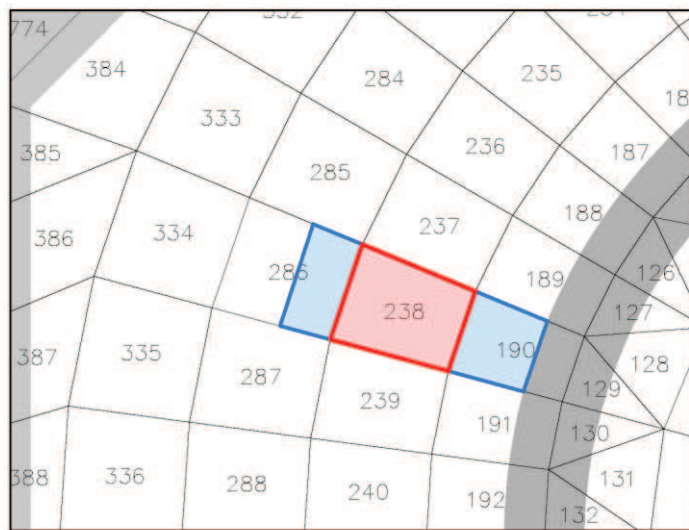
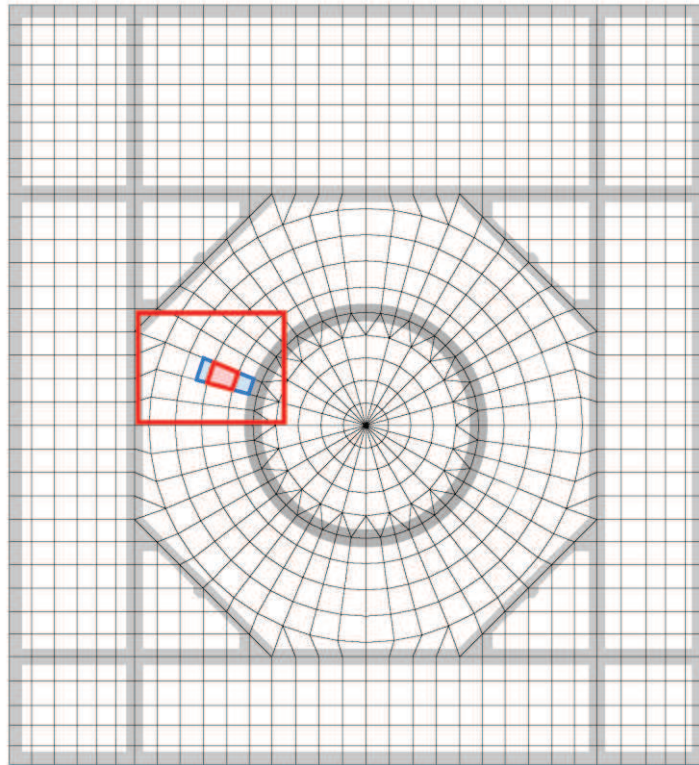
図 2-6 (5) 応力平均化範囲 (5/21)



- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素
- : 壁直下の範囲 (平均化対象外)

(f) 放射方向 要素番号 237

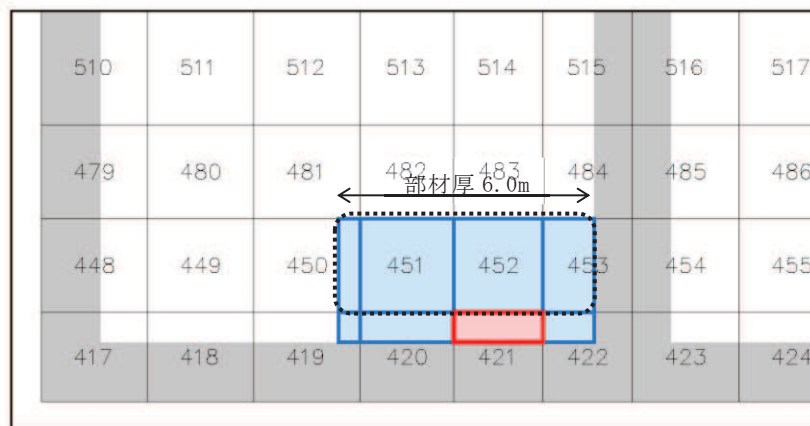
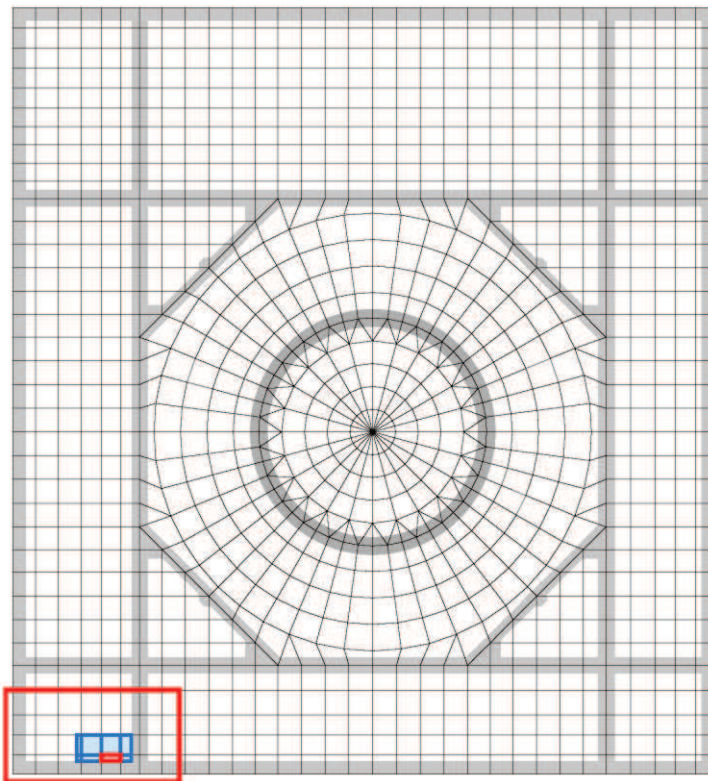
図 2-6 (6) 応力平均化範囲 (6/21)



- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素
- : 壁直下の範囲 (平均化対象外)

(g) 放射方向 要素番号 238

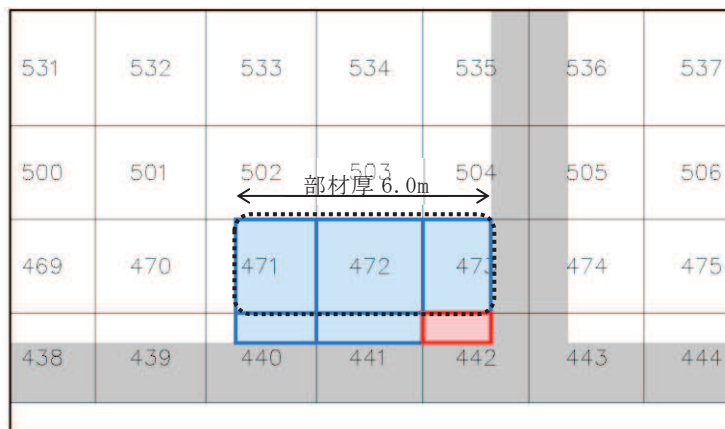
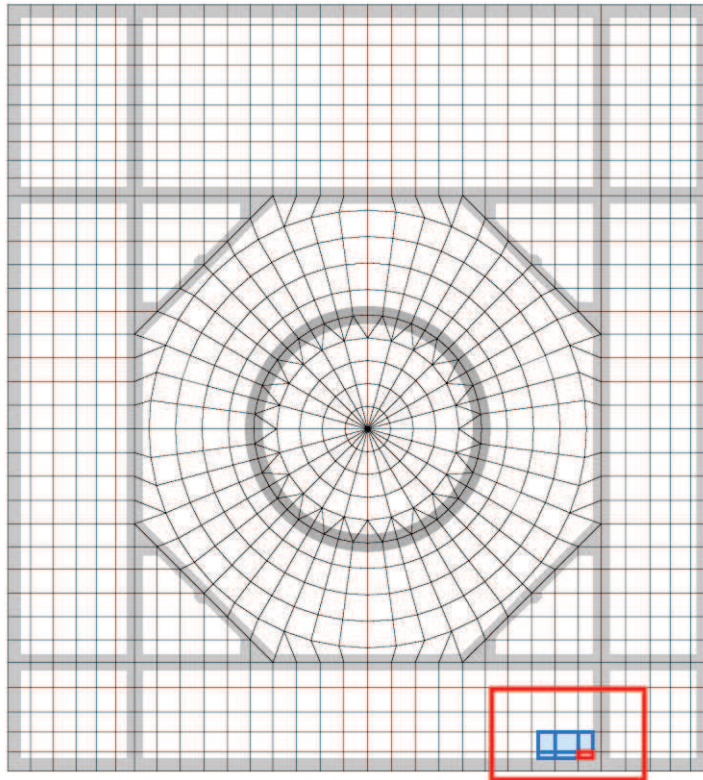
図 2-6 (7) 応力平均化範囲 (7/21)



- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素
- : 壁直下の範囲 (平均化対象外)
- : 隣接要素への応力平均化範囲

(h) NS 方向 要素番号 421

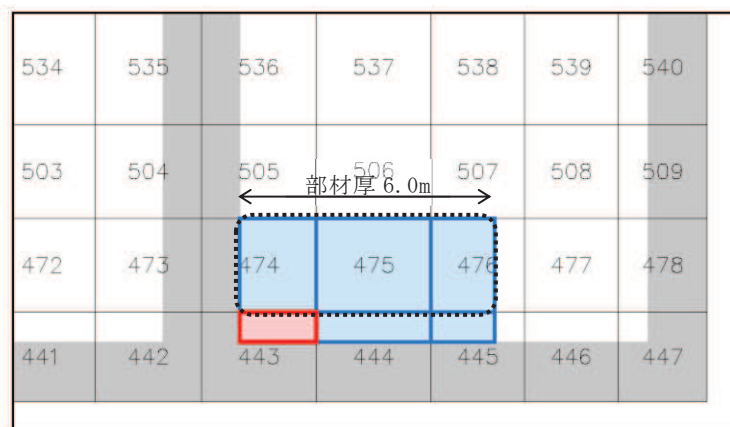
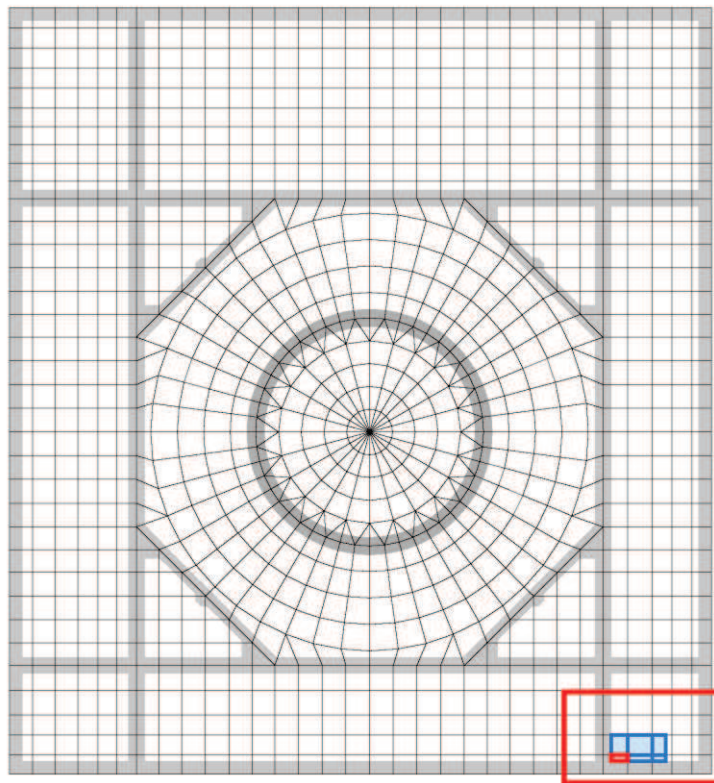
図 2-6 (8) 応力平均化範囲 (8/21)



- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素
- : 壁直下の範囲 (平均化対象外)
- : 隣接要素への応力平均化範囲

(i) NS 方向 要素番号 442

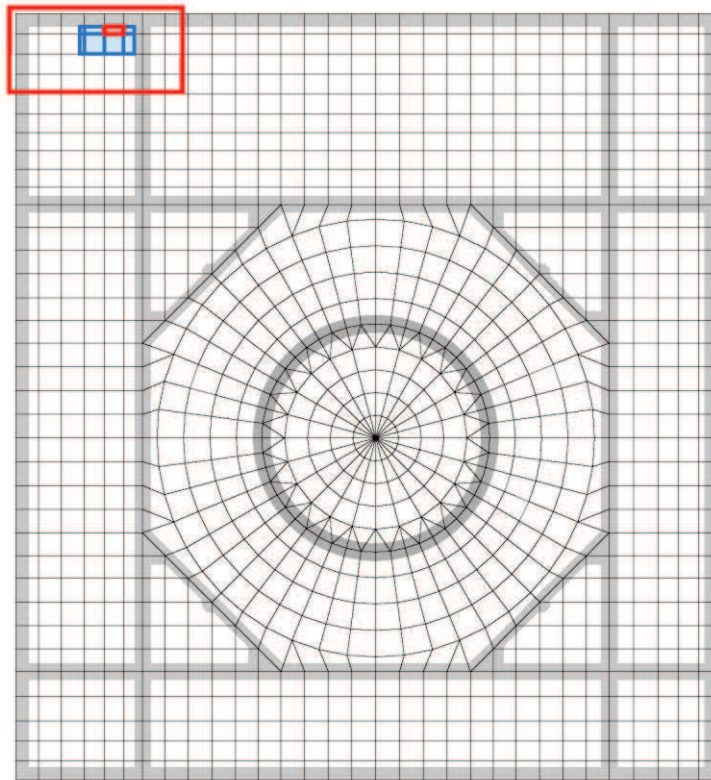
図 2-6 (9) 応力平均化範囲 (9/21)



- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素
- : 壁直下の範囲 (平均化対象外)
- : 隣接要素への応力平均化範囲

(j) NS 方向 要素番号 443

図 2-6 (10) 応力平均化範囲 (10/21)

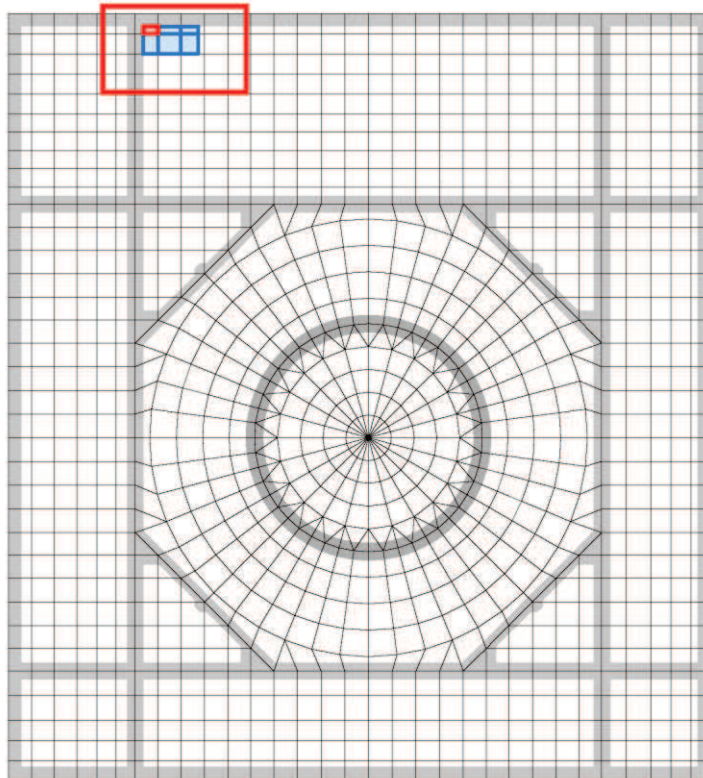


1155	1156	1157	1158	1159	1160	1161	1162
1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131
1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100
1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069

- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素
- : 壁直下の範囲 (平均化対象外)
- : 隣接要素への応力平均化範囲

(k) NS 方向 要素番号 1159

図 2-6 (11) 応力平均化範囲 (11/21)



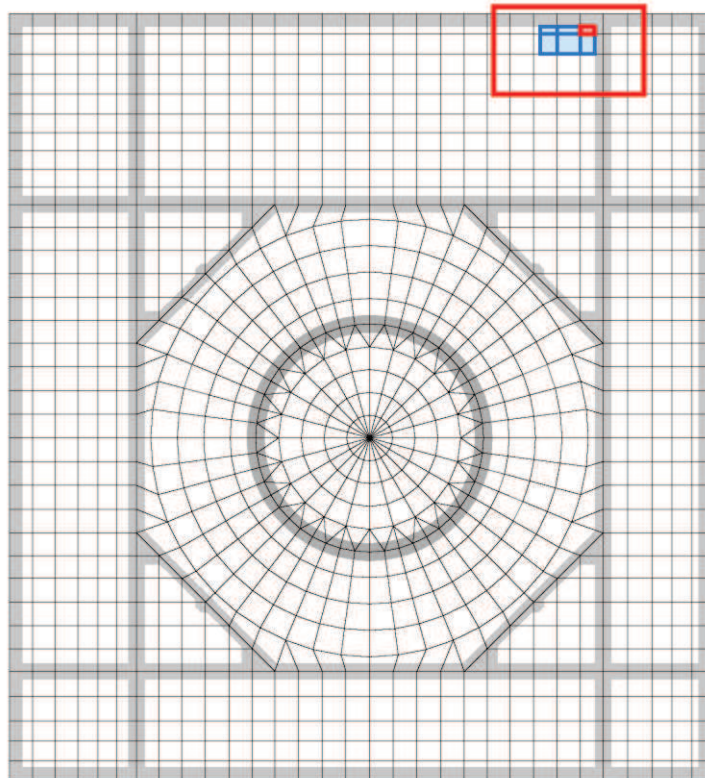
1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165
1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134
1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103
1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072

部材厚 6.0m

- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素
- : 壁直下の範囲 (平均化対象外)
- : 隣接要素への応力平均化範囲

(1) NS 方向 要素番号 1161

図 2-6 (12) 応力平均化範囲 (12/21)

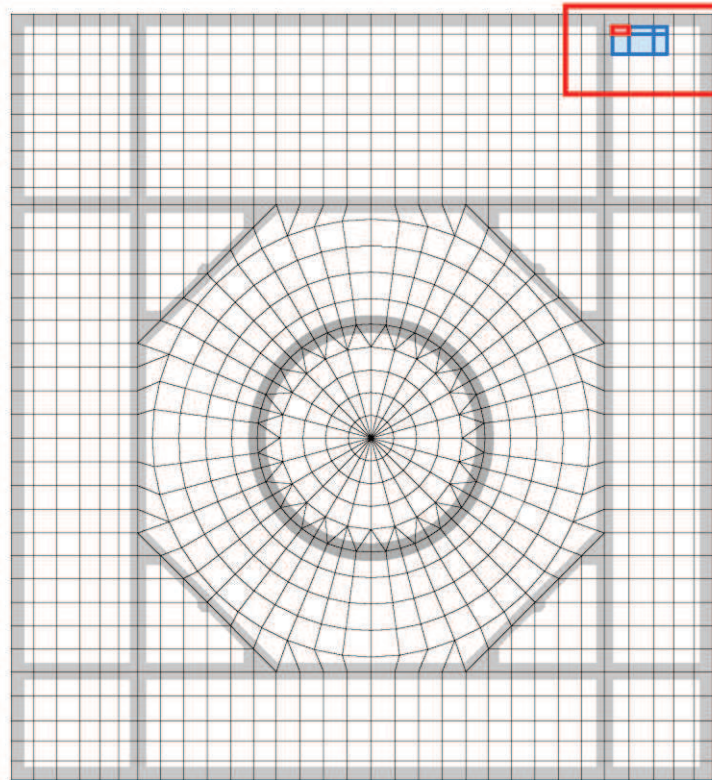


1176	1177	1178	1179	1180	1181	1182
		147	1148	1149	1150	1151
1145	1146	147	1148	1149	1150	1151
1114	1115	← 1116 部材厚 6.0m 1118 →			1119	1120
1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089

- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素
- : 壁直下の範囲 (平均化対象外)
- : 隣接要素への応力平均化範囲

(m) NS 方向 要素番号 1180

図 2-6 (13) 応力平均化範囲 (13/21)

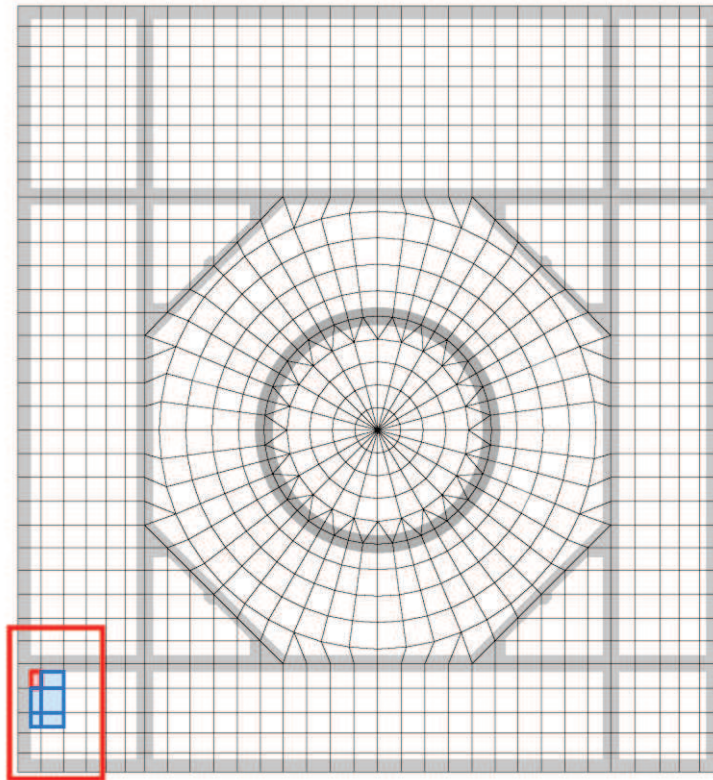


1179	1180	1181	1182	1183	1184	1185
1148	1149	1150	1151	1152	1153	1154
1117	1118	← 部材厚 6.0m →			1122	1123
1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092

- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素
- : 壁直下の範囲 (平均化対象外)
- : 隣接要素への応力平均化範囲

(n) NS 方向 要素番号 1181

図 2-6 (14) 応力平均化範囲 (14/21)



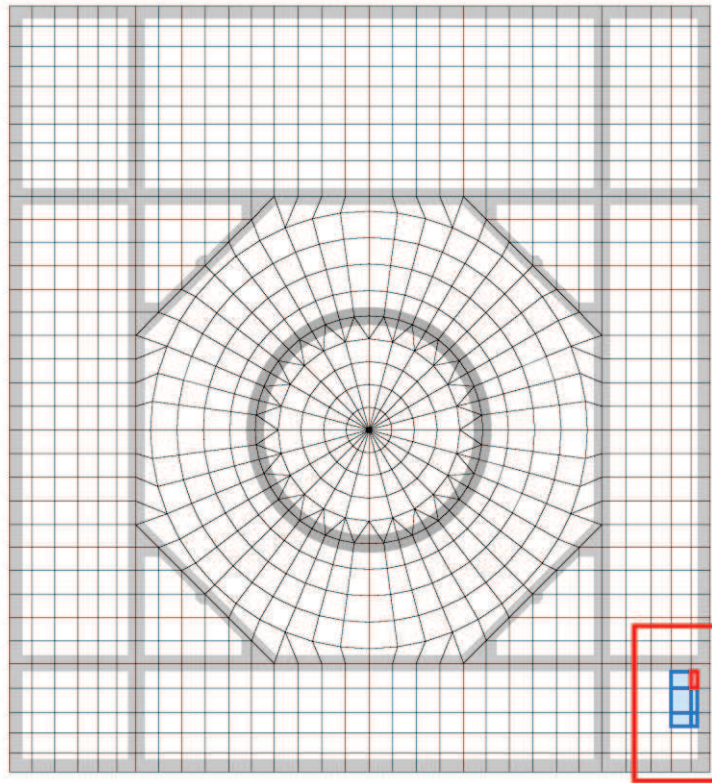
595	596	597	598
572	573	574	575
541	542	543	544
510	511	512	513
479	480	481	482
448	449	450	451
417	418	419	420

↑
↓
部材厚 6.0m

- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素
- : 壁直下の範囲 (平均化対象外)
- : 隣接要素への応力平均化範囲

(o) EW 方向 要素番号 541

図 2-6 (15) 応力平均化範囲 (15/21)



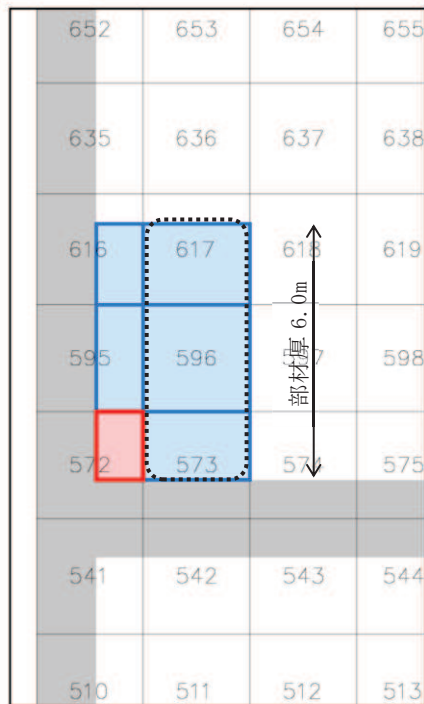
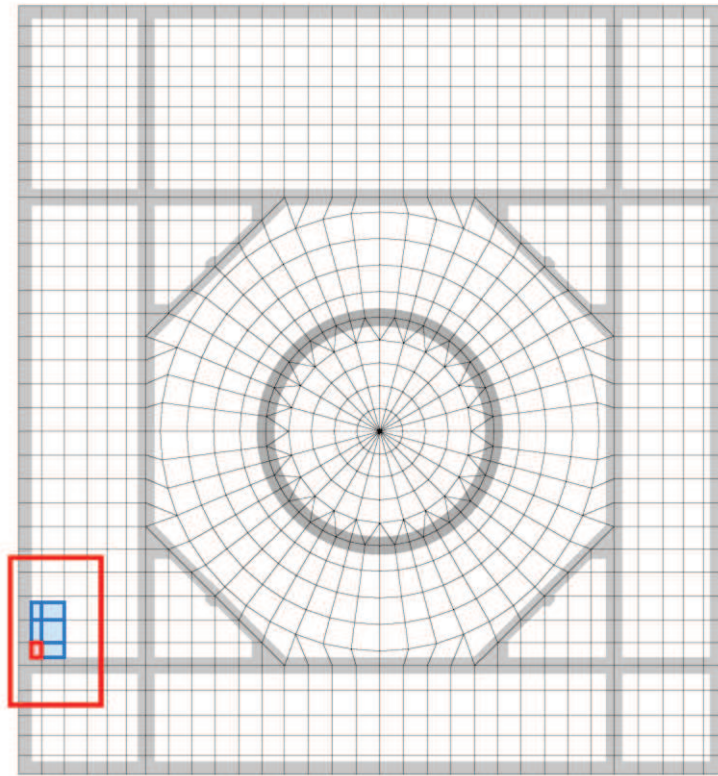
612	613	614	615
591	592	593	594
568	569	570	571
537	538	539	540
506	507	508	509
475	476	477	478
444	445	446	447

部材厚 6.0m

- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素
- : 壁直下の範囲 (平均化対象外)
- : 隣接要素への応力平均化範囲

(p) EW 方向 要素番号 571

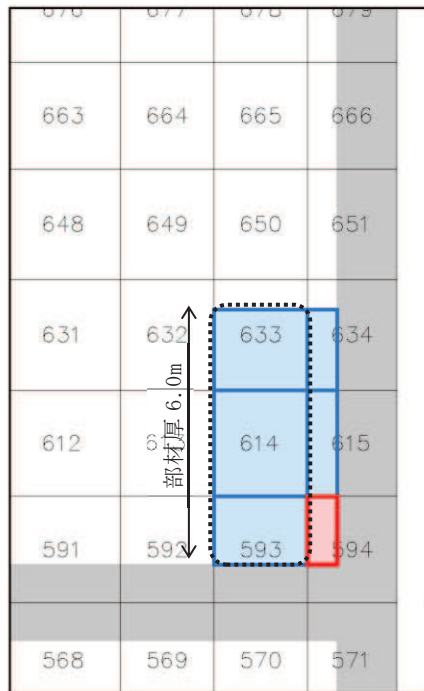
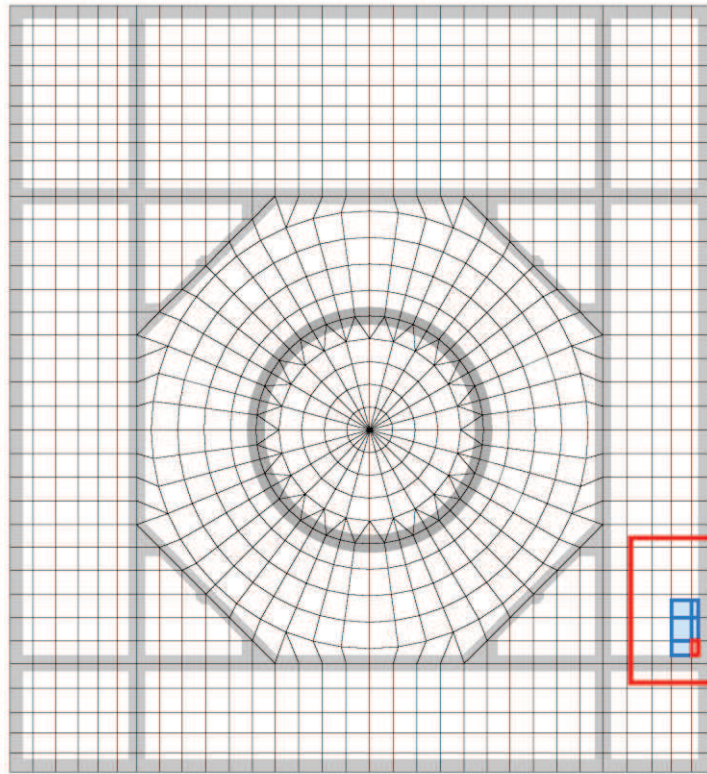
図 2-6 (16) 応力平均化範囲 (16/21)



- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素
- : 壁直下の範囲 (平均化対象外)
- : 隣接要素への応力平均化範囲

(q) EW 方向 要素番号 572

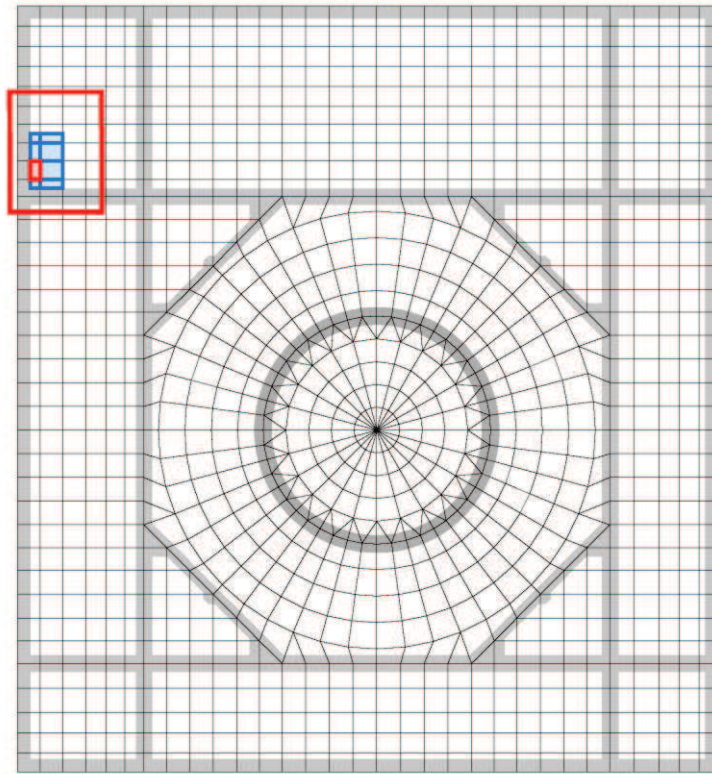
図 2-6 (17) 応力平均化範囲 (17/21)



- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素
- : 壁直下の範囲 (平均化対象外)
- : 隣接要素への応力平均化範囲

(r) EW 方向 要素番号 594

図 2-6 (18) 応力平均化範囲 (18/21)

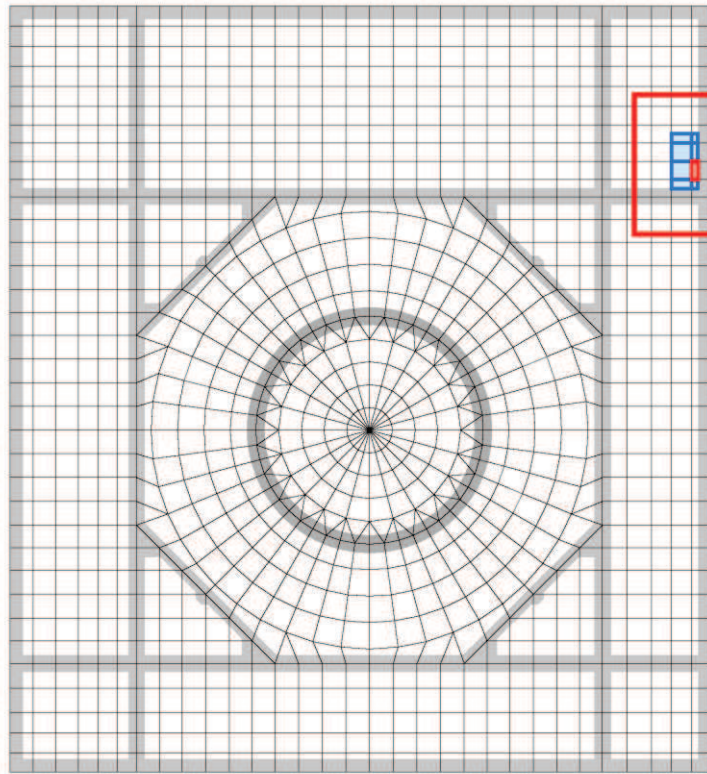


1031	1032	1033	1034
1000	1001	1002	1003
969	970	971	972
938	939	940	941
907	908	909	910
876	877	878	879
853	854	855	856

- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素
- : 壁直下の範囲 (平均化対象外)
- : 隣接要素への応力平均化範囲

(s) EW 方向 要素番号 907

図 2-6 (19) 応力平均化範囲 (19/21)

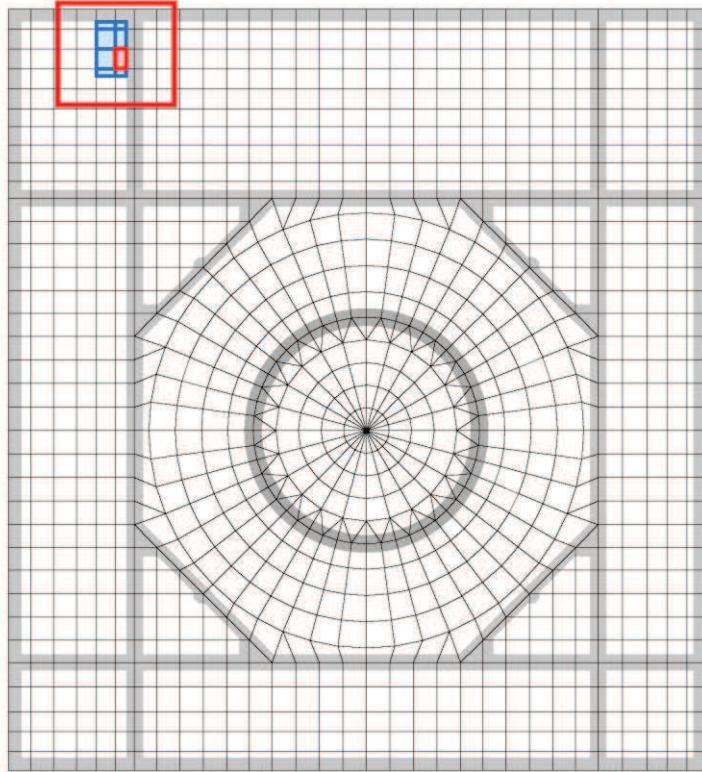


1058	1059	1060	1061
1027	1028	1029	1030
996	997	998	999
965	966	967	968
934	935	936	937
903	904	905	906
872	873	874	875
849	850	851	852

- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素
- : 壁直下の範囲 (平均化対象外)
- : 隣接要素への応力平均化範囲

(t) EW 方向 要素番号 937

図 2-6 (20) 応力平均化範囲 (20/21)



1157	1158	1159	1160	1161	1162
1126	1127	1128	1129	1130	1131
1095	1096	1097	1098	1099	1100
1064	1065	1066	1067	1068	1069
1033	1034	1035	1036	1037	1038

6.20m
 部材厚

- : 応力平均化実施要素
- : 平均化実施に用いた周辺要素
- : 壁直下の範囲 (平均化対象外)
- : 隣接要素への応力平均化範囲

(u) EW 方向 要素番号 1098

図 2-6 (21) 応力平均化範囲 (21/21)

2.3 応力平均化の結果

応力平均化の手法として、下式のとおり、要素面積を考慮した重み付け平均で平均化を行っている。応力平均化に用いる各要素の発生値、面積及び重み付け値を表2-2に示す。また、応力平均化の結果を表2-3に示す。

$$\tau_{ave} = \Sigma (\tau_i \times A_i) / \Sigma A_i$$

ここで、

τ_{ave} : 平均化後の面外せん断応力度

τ_i : 平均化前の各要素の面外せん断応力度（発生値）

A_i : 応力平均化範囲における各要素の面積

表2-2 (1) 応力平均化に用いる各要素の発生値，面積及び重み付け値 (1/5)

方向	応力平均化 対象要素	組合せ ケース	要素番号	発生値 τ_i (N/mm ²)	要素面積 A_i (m ²)	重み付け値 $\tau_i \times A_i$ ($\times 10^6$ N)
放射	214	3-10	214	1.94	3.47	6.72
			262	2.40	6.34	15.22
			310	1.69	3.07	5.19
合計					12.88	27.13
放射	218	3-9	170	1.31	3.47	4.55
			218	2.34	6.34	14.84
			266	1.96	3.07	6.03
合計					12.88	25.42
放射	219	3-9	171	1.45	3.47	5.05
			219	2.54	6.34	16.09
			267	2.02	3.07	6.22
合計					12.88	27.36
放射	220	3-9	172	1.43	3.47	4.98
			220	2.53	6.34	16.04
			268	1.97	3.07	6.06
合計					12.88	27.08
放射	221	3-9	173	1.25	3.47	4.35
			221	2.31	6.34	14.66
			269	1.85	3.07	5.67
合計					12.88	24.68
放射	237	3-13	189	1.22	3.47	4.24
			237	2.34	6.34	14.83
			285	1.89	3.07	5.81
合計					12.88	24.88
放射	238	3-13	190	1.25	3.47	4.36
			238	2.37	6.34	15.06
			286	1.95	3.07	5.98
合計					12.88	25.40

表2-2 (2) 応力平均化に用いる各要素の発生値，面積及び重み付け値 (2/5)

方向	応力平均化 対象要素	組合せ ケース	要素番号	発生値 τ_i (N/mm ²)	要素面積 A_i (m ²)	重み付け値 $\tau_i \times A_i$ ($\times 10^6$ N)
NS	421	3-14	419	2.52	0.35	0.89
			420	3.13	1.54	4.82
			421	3.39	1.47	4.99
			422	3.25	0.84	2.73
			450	0.72	1.10	0.80
			451	1.38	4.84	6.66
			452	1.92	4.62	8.87
			453	2.06	2.64	5.44
合計					17.40	35.20
NS	442	3-16	440	1.85	1.33	2.47
			441	2.24	1.75	3.92
			442	2.45	1.12	2.75
			471	0.83	4.18	3.49
			472	1.01	5.50	5.54
			473	1.02	3.52	3.61
合計					17.40	21.78
NS	443	3-10	443	3.26	1.26	4.11
			444	3.07	1.89	5.81
			445	2.16	1.05	2.27
			474	2.06	3.96	8.15
			475	1.56	5.94	9.26
			476	0.55	3.30	1.81
合計					17.40	31.41

表2-2 (3) 応力平均化に用いる各要素の発生値, 面積及び重み付け値 (3/5)

方向	応力平均化 対象要素	組合せ ケース	要素番号	発生値 τ_i (N/mm ²)	要素面積 A_i (m ²)	重み付け値 $\tau_i \times A_i$ ($\times 10^6$ N)
NS	1161	3-11	1130	1.07	3.52	3.75
			1131	1.00	5.50	5.51
			1132	0.78	4.18	3.28
			1161	2.49	1.28	3.19
			1162	2.28	2.00	4.57
			1163	1.71	1.52	2.61
合計					18.00	22.91
NS	1180	3-12	1147	0.73	4.18	3.06
			1148	0.89	5.50	4.91
			1149	0.90	3.52	3.19
			1178	1.84	1.52	2.79
			1179	2.30	2.00	4.61
			1180	2.55	1.28	3.27
合計					18.00	21.83
NS	1181	3-9	1150	1.71	3.96	6.78
			1151	1.24	5.94	7.39
			1152	0.38	3.30	1.27
			1181	3.34	1.44	4.82
			1182	3.05	2.16	6.60
			1183	2.10	1.20	2.53
合計					18.00	29.39
NS	1159	3-13	1126	0.55	1.10	0.61
			1127	1.13	4.84	5.45
			1128	1.65	4.62	7.62
			1129	1.80	2.64	4.76
			1157	2.22	0.40	0.89
			1158	2.94	1.76	5.17
			1159	3.27	1.68	5.50
			1160	3.19	0.96	3.07
合計					18.00	33.07

表2-2 (4) 応力平均化に用いる各要素の発生値, 面積及び重み付け値 (4/5)

方向	応力平均化 対象要素	組合せ ケース	要素番号	発生値 τ_i (N/mm ²)	要素面積 A_i (m ²)	重み付け値 $\tau_i \times A_i$ ($\times 10^6$ N)
EW	541	3-16	479	1.47	1.65	2.44
			480	0.15	3.75	0.55
			510	2.34	2.97	6.95
			511	0.95	6.75	6.43
			541	2.57	1.98	5.09
			542	1.32	4.50	5.93
合計					21.60	27.39
EW	571	3-15	508	0.31	3.30	1.04
			509	1.48	1.05	1.56
			539	1.11	5.94	6.62
			540	2.39	1.89	4.53
			570	1.51	3.96	6.00
			571	2.63	1.26	3.32
合計					17.40	23.07
EW	572	3-13	572	2.85	1.76	5.03
			573	0.80	4.00	3.19
			595	2.64	2.75	7.27
			596	0.83	6.25	5.19
			616	2.21	2.09	4.63
			617	0.76	4.75	3.60
合計					21.60	28.91
EW	594	3-9	593	1.14	3.52	4.03
			594	3.09	1.12	3.46
			614	1.15	5.50	6.33
			615	2.87	1.75	5.02
			633	1.04	4.18	4.33
			634	2.45	1.33	3.26
合計					17.40	26.43

表2-2 (5) 応力平均化に用いる各要素の発生値, 面積及び重み付け値 (5/5)

方向	応力平均化 対象要素	組合せ ケース	要素番号	発生値 τ_i (N/mm ²)	要素面積 A_i (m ²)	重み付け値 $\tau_i \times A_i$ ($\times 10^6$ N)
EW	907	3-12	876	3.21	1.10	3.53
			877	1.40	2.50	3.50
			907	3.46	2.20	7.61
			908	1.40	5.00	7.02
			938	3.24	2.20	7.12
			939	1.16	5.00	5.82
			969	2.97	1.10	3.27
			970	0.97	2.50	2.42
合計					21.60	40.29
EW	937	3-11	905	1.59	2.20	3.50
			906	3.19	0.70	2.24
			936	1.64	4.40	7.22
			937	3.51	1.40	4.92
			967	1.41	4.40	6.20
			968	3.26	1.40	4.57
			998	1.19	2.20	2.61
			999	2.99	0.70	2.10
合計					17.40	33.36
EW	1098	3-11	1066	1.45	1.68	2.44
			1067	2.57	0.96	2.47
			1097	1.79	4.62	8.27
			1098	2.83	2.64	7.47
			1128	1.16	4.62	5.35
			1129	2.08	2.64	5.49
			1159	0.11	1.68	0.18
			1160	0.44	0.96	0.43
合計					19.80	32.10

表2-3 応力平均化結果

方向	要素番号	組合せケース	面外せん断応力度 (N/mm ²)	
			平均化前	平均化後
放射	214	3-10	1.94	2.11
	218	3-9	2.34	1.97
	219	3-9	2.54	2.12
	220	3-9	2.53	2.10
	221	3-9	2.31	1.92
	237	3-13	2.34	1.93
	238	3-13	2.37	1.97
NS	421	3-14	3.39	2.02
	442	3-16	2.45	1.25
	443	3-10	3.26	1.81
	1159	3-13	3.27	1.84
	1161	3-11	2.49	1.27
	1180	3-12	2.55	1.21
	1181	3-9	3.34	1.63
EW	541	3-16	2.57	1.27
	571	3-15	2.63	1.33
	572	3-13	2.85	1.34
	594	3-9	3.09	1.52
	907	3-12	3.46	1.87
	937	3-11	3.51	1.92
	1098	3-11	2.83	1.62

2.4 断面の評価結果

2.4.1 断面の評価方法

断面の評価方法として、面外せん断力の発生値が許容値を超えないことを確認する。許容値は、「RC-N 規準」に基づき算出する。

2.4.2 断面の評価結果

応力平均化後の評価結果を表 2-4 に示す。表 2-4 より、応力平均化後の面外せん断応力度の発生値が許容値を超えないことを確認した。

表 2-4 応力平均化後の評価結果

方向	要素番号	組合せケース	面外せん断応力度 (N/mm ²)		平均化後の検定値 (発生値/許容値)
			発生値	許容値*	
放射	214	3-10	2.11	2.42	0.88
	218	3-9	1.97	2.09	0.95
	219	3-9	2.12	2.13	1.00
	220	3-9	2.10	2.12	1.00
	221	3-9	1.92	2.05	0.94
	237	3-13	1.93	2.05	0.95
	238	3-13	1.97	2.06	0.96
NS	421	3-14	2.02	2.42	0.84
	442	3-16	1.25	2.42	0.52
	443	3-10	1.81	2.42	0.75
	1159	3-13	1.84	2.42	0.76
	1161	3-11	1.27	2.42	0.53
	1180	3-12	1.21	2.42	0.51
	1181	3-9	1.63	2.42	0.68
EW	541	3-16	1.27	2.42	0.53
	571	3-15	1.33	2.42	0.55
	572	3-13	1.34	2.42	0.56
	594	3-9	1.52	2.42	0.63
	907	3-12	1.87	2.42	0.78
	937	3-11	1.92	2.42	0.80
	1098	3-11	1.62	2.42	0.67

注記*：応力平均化範囲に存在する面外せん断補強筋を考慮して許容値を算定