

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-03-0600-8-3_改0
提出年月日	2021年1月22日

補足-600-8-3 建屋-機器連成解析モデルにおける原子炉本体の基礎の非線形復元力特性等の設定に関する補足説明資料

2021年1月
東北電力株式会社

目次

1. 概要.....	1
2. 先行プラントとの RPV ペDESTALの構造の比較.....	1
3. RPV ペDESTALのスケルトンカーブの設定方法	3
3.1 せん断力-せん断変形角関係 ($Q-\gamma$ 関係)	3
3.1.1 第1折点の設定.....	4
3.1.2 第2折点の設定.....	5
3.2 せん断力-せん断変形角関係の履歴特性.....	6
3.3 曲げモーメント-曲率関係 ($M-\phi$ 関係)	7
3.3.1 第1折点の設定.....	8
3.3.2 第2折点の設定.....	9
3.4 曲げモーメント-曲率関係の履歴特性.....	9
4. RPV ペDESTALのスケルトンカーブ	11
4.1 解析モデル.....	11
4.2 使用材料の物性値.....	11
4.3 せん断力のスケルトンカーブ.....	14
4.4 曲げモーメントのスケルトンカーブ.....	19
4.5 RPV ペDESTALの剛性に対する影響確認	24

1. 概要

既工認では、建屋－機器連成解析モデルにおける原子炉本体の基礎のモデル化は、剛性一定の線形仮定としていた。

今回工認では、基準地震動 S_s の増大に伴い、より適正な地震応答解析を実施する観点から、原子炉本体の基礎（以下「RPVペDESTAL」という。）も原子炉建屋及び先行プラントと同様にコンクリートの剛性変化を考慮した非線形解析モデルを採用する。非線形解析モデルの設定に当たっては、【設置変更許可申請書 まとめ資料 4条別紙-6 原子炉本体の基礎の復元力特性について】に記載のとおり、鉄筋コンクリートの評価手法として実績のある手法に加え、鋼板とコンクリートの複合構造としての特徴に留意した既往の知見を参考にして行う。

本資料は、RPV ペDESTALのスケルトンカーブの設定について説明するものである。

2. 先行プラントとの RPV ペDESTALの構造の比較

女川原子力発電所第2号機の RPV ペDESTALの構造概要を図 2-1 に、柏崎刈羽原子力発電所7号機の RPV ペDESTALの構造概要を図 2-2 に示す。

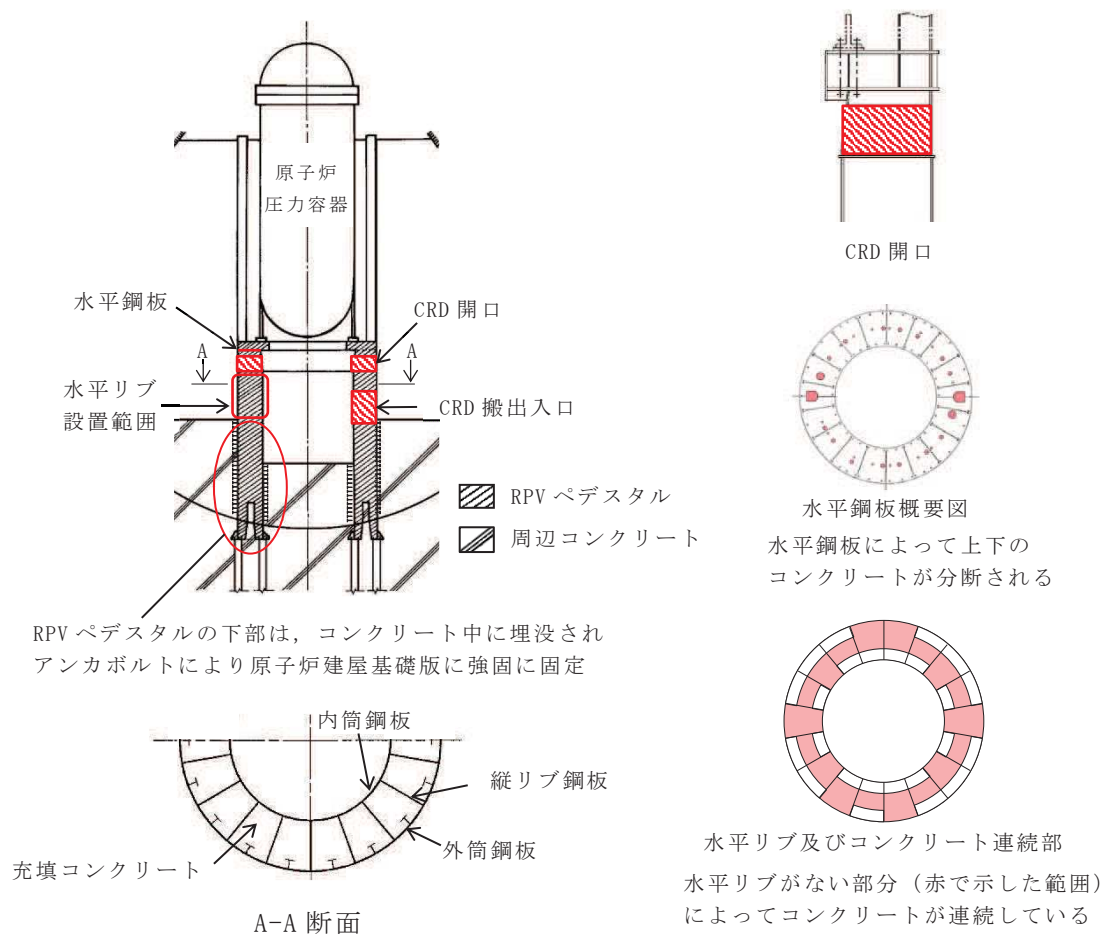


図 2-1 女川原子力発電所第2号機の RPV ペDESTALの構造概要

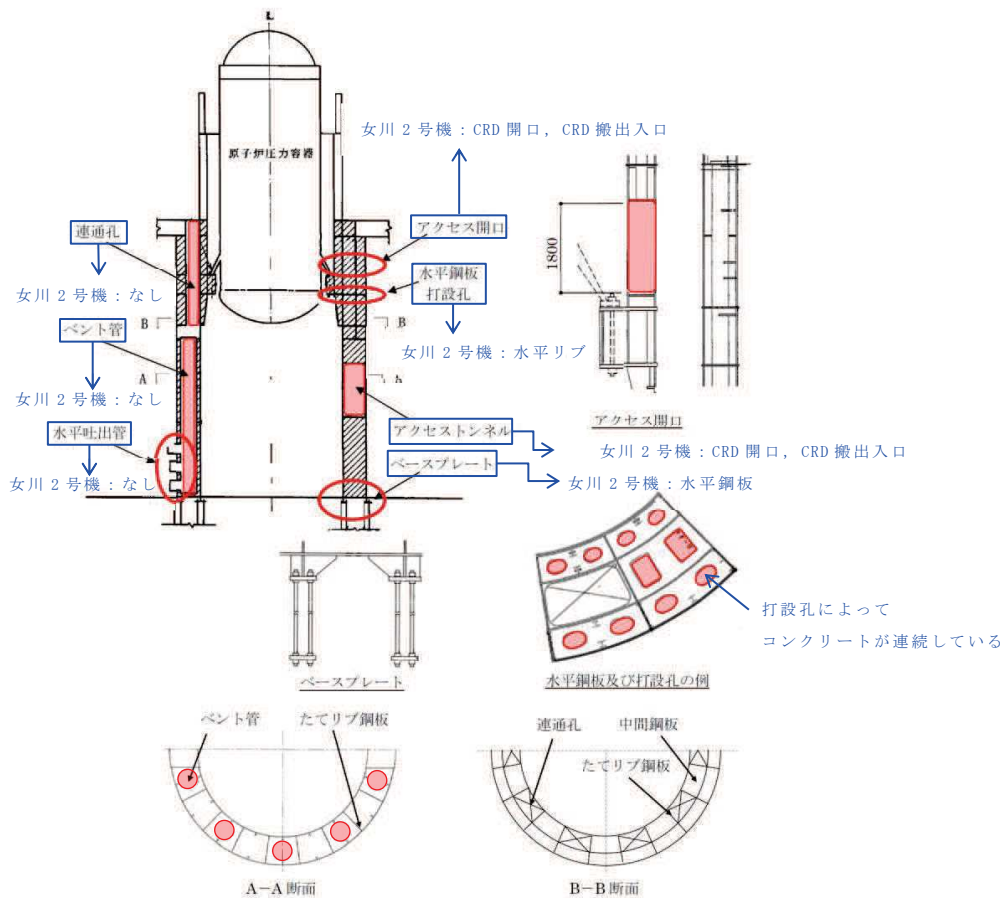


図 2-2 柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機の RPV ペDESTAL の構造概要
 (第 442 回原子力発電所の新規制基準に係る審査会合資料 1-1-3
 (H29.2.14) より引用, 一部加筆)

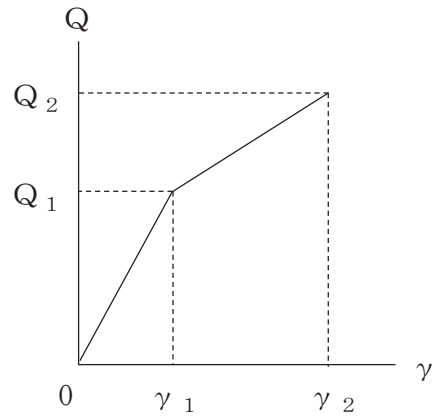
沸騰水型原子炉 (BWR-5) である女川原子力発電所第 2 号機と改良型沸騰水型原子炉 (ABWR) である柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機の RPV ペDESTAL の構造は, 原子炉の形式の差による差はあるものの, 復元力特性を設定する際の基本的な考え方 (開口部の考慮, 鋼板等によるコンクリートの分断) は同様である。

一方, 構造の差異として, 女川原子力発電所第 2 号機の RPV ペDESTAL 下部は, コンクリート中に埋没され, アンカボルトによって原子炉建屋基礎版に固定されているため, 女川原子力発電所第 2 号機の地震応答解析モデルにおいては, RPV ペDESTAL の下部を原子炉建屋基礎版と一体として扱い, 周辺コンクリートの上端位置で原子炉建屋基礎版に剛として結合させている。この扱いについては, RPV ペDESTAL 下部に対する周辺コンクリートを考慮した剛性及び周辺コンクリートとの定着の観点で確認するとともに, 3 次元 FEM による静的弾性解析を実施し, RPV ペDESTAL 下部を原子炉建屋基礎版と一体として扱うことが妥当であることを検証している。

3. RPV ペデスタルのスケルトンカーブの設定方法

3.1 せん断力-せん断変形角関係 (Q- γ 関係)

RPV ペデスタルのせん断力-せん断変形角関係 (Q- γ 関係) は, コンクリートのひび割れを表す第 1 折点と鋼板の降伏を表す第 2 折点までを設定する。RPV ペデスタルのせん断力-せん断変形角関係を図 3-1 に示す。



Q_1 : 第 1 折点のせん断力

Q_2 : 第 2 折点のせん断力

γ_1 : 第 1 折点のせん断変形角

γ_2 : 第 2 折点のせん断変形角

図 3-1 RPV ペデスタルのせん断力-せん断変形角関係

3.1.1 第1折点の設定

RPV ペデスタルにおけるせん断力のスケルトンカーブの第1折点は、以下の式より算出している。

$$Q_1 = \left(A_C + \left(\frac{G_S}{G_C} \right) \cdot A_S \right) \cdot \tau_{cr}$$

$$\gamma_1 = \tau_{cr} / G_C$$

$$\text{ただし, } \tau_{cr} = \sqrt{0.31 \sqrt{\sigma_B} \cdot (0.31 \sqrt{\sigma_B} + \sigma_v)}$$

ここで、

A_C : コンクリートのせん断断面積 (mm^2)

A_S : 鋼板のせん断断面積 (mm^2)

G_C : コンクリートのせん断弾性係数 (N/mm^2)

G_S : 鋼板のせん断弾性係数 (N/mm^2)

σ_B : コンクリートの圧縮強度 (N/mm^2)

σ_v : 鋼板を考慮した鉛直方向軸応力度 (圧縮を正, N/mm^2)

3.1.2 第2折点の設定

RPV ペデスタルにおけるせん断力のスケルトンカーブの第2折点は、以下の式より算出している。

$$Q_2 = \frac{(K_\alpha + K_\beta)}{\sqrt{(3 \cdot K_\alpha^2 + K_\beta^2)}} \cdot A_s \cdot \sigma_y$$

$$\gamma_2 = \frac{Q_2}{(K_\alpha + K_\beta)}$$

ただし、 $K_\alpha = A_s \cdot G_s$

$$K_\beta = \frac{(\cos \theta)^2 \cdot H}{2 \left[\frac{1 - \nu_c^2}{E_c' \cdot t_c \cdot \sin 2\theta} + \frac{1}{2 \cdot E_s} (C1 + C2) \right]}$$

ここで、

A_s : 鋼板のせん断断面積 (mm²)

G_s : 鋼板のせん断弾性係数 (N/mm²)

E_c' : ひび割れを考慮したコンクリートのヤング係数 (N/mm²)

E_s : 鋼板のヤング係数 (N/mm²)

K_α : 鋼板のせん断剛性 (N)

K_β : ひび割れ後の鋼板による拘束効果を考慮した
コンクリートの有効せん断剛性 (N)

σ_y : 鋼板の降伏点強度 (N/mm²)

ν_c : コンクリートのポアソン比

H : コンクリートの高さ (mm)

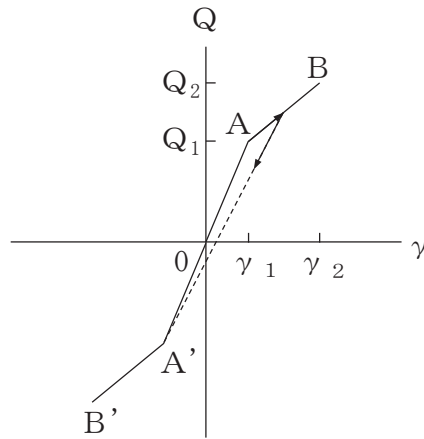
t_c : コンクリート板厚 (mm)

θ : 圧縮ストラット角度

$C1, C2$: 寸法及び θ から定まる係数

3.2 せん断力-せん断変形角関係の履歴特性

RPV ペDESTALのせん断力-せん断変形角関係の履歴特性は、最大点指向型モデルとする。RPV ペDESTALのせん断力-せん断変形角関係の履歴特性を図 3-2 に示す。

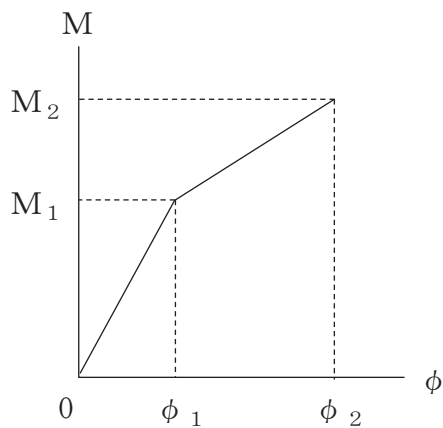


- 0-A間 : 弾性範囲
- A-B間 : 負側スケルトンが経験した最大点に向かう。ただし、負側最大点が第1折点を越えていなければ、負側第1折点に向かう。
- 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。
- 安定ループは面積を持たない。

図 3-2 RPV ペDESTALのせん断力-せん断変形角関係の履歴特性

3.3 曲げモーメント-曲率関係 (M- ϕ 関係)

RPV ペDESTALの曲げモーメント-曲率関係 (M- ϕ 関係) は、コンクリートのひび割れを表す第 1 折点と鋼板の降伏を表す第 2 折点までを設定する。RPV ペDESTALの曲げモーメント-曲率関係を図 3-3 に示す。



M_1 : 第 1 折点の曲げモーメント

M_2 : 第 2 折点の曲げモーメント

ϕ_1 : 第 1 折点の曲率

ϕ_2 : 第 2 折点の曲率

図 3-3 RPV ペDESTALの曲げモーメント-曲率関係

3.3.1 第1折点の設定

RPV ペDESTALにおける曲げモーメントのスケルトンカーブの第1折点は、以下の式より算出している。

$$M_1 = Z_e (\alpha \cdot f_t + \sigma_v)$$

$$\phi_1 = M_1 / (E_c \cdot I_e)$$

ここで、

Z_e : 鋼板を考慮した断面係数 (mm³)

α : RPV ペDESTALの水平断面積に対する開口部の面積の比率
(図 3-4 及び図 3-5 参照)

f_t : コンクリートの曲げ引張強度 (N/mm²)

σ_v : 鋼板を考慮した鉛直方向軸応力度 (圧縮を正, N/mm²)

E_c : コンクリートのヤング係数 (N/mm²)

I_e : 鋼板を考慮した断面二次モーメント (mm⁴)

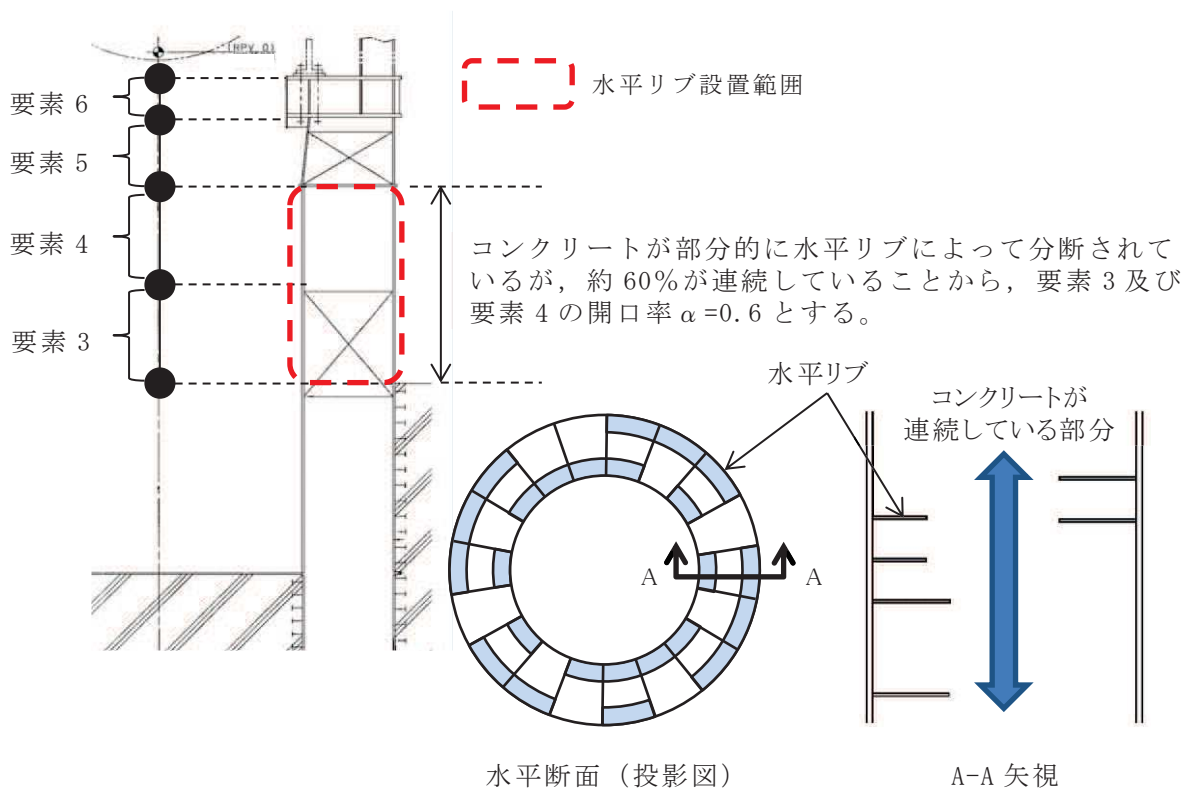


図 3-4 水平リブがある場合の開口率の考え方

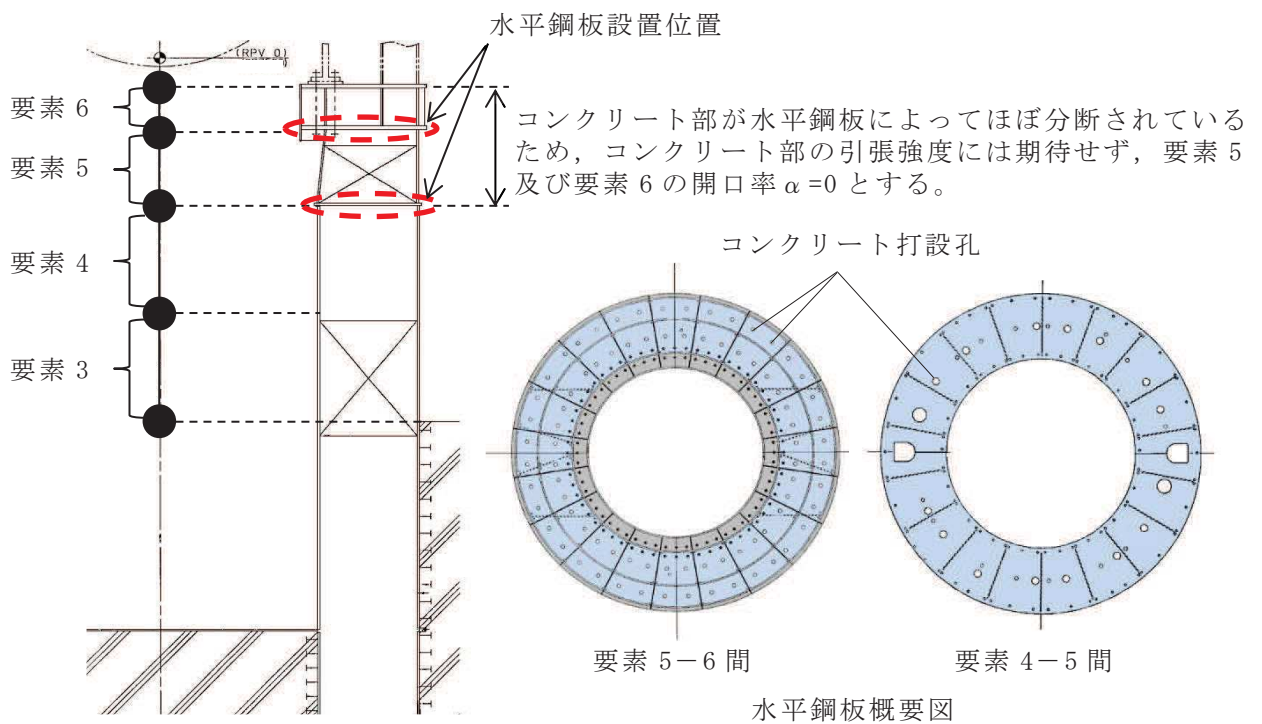


図 3-5 水平鋼板がある場合の開口率の考え方

3.3.2 第 2 折点の設定

RPV ペデスタルにおける曲げモーメントのスケルトンカーブの第 2 折点は、以下の式より算出している。

$$M_2 = M_y$$

$$\phi_2 = \phi_y$$

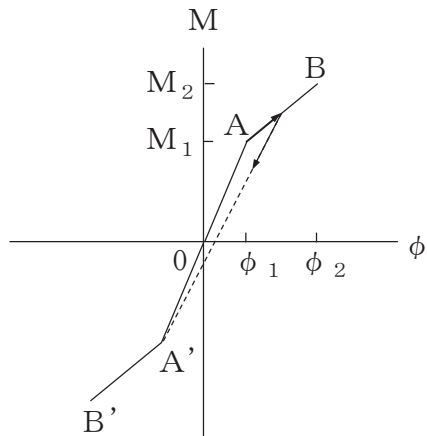
ここで、

M_y : 鋼板降伏時モーメント (N・mm)

ϕ_y : 鋼板降伏時曲率 (1/mm)

3.4 曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

RPV ペデスタルの曲げモーメントー曲率関係の履歴特性は、最大点指向型モデルとする。RPV ペデスタルの曲げモーメントー曲率関係の履歴特性を図 3-6 に示す。



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

図 3-6 RPV ペDESTALの曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

4. RPV ペデスタルのスケルトンカーブ

4.1 解析モデル

RPV ペデスタルは、建屋－大型機器連成解析モデルの一部を構成しており、各質点間を等価な曲げ、せん断剛性を評価した多質点系モデルとしている。大型機器系の解析モデルを例として図 4-1 及び図 4-2 に示す。

4.2 使用材料の物性値

RPV ペデスタルのスケルトンカーブの設定に用いるコンクリート強度の設計条件は、既工認と同様に設計基準強度を用いることとする。一方、建屋側でコンクリートの乾燥収縮及び地震によるひび割れの影響として、初期剛性低下が確認されていることに対して、RPV ペデスタルの内部に充填されたコンクリートは、鋼板に囲まれており、乾燥収縮の影響はないと考えられるが、建屋側と同様に初期剛性低下を考慮した地震応答解析を行い、影響を確認する。また、RPV ペデスタルのコンクリート強度を実強度とした場合の影響についても確認する。

各ケースの地震応答解析に用いる RPV ペデスタルの使用材料の物性値を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

表 4-1 使用材料の物性値（コンクリート）

検討ケース	圧縮強度	ヤング係数 E_c (N/mm ²)	せん断弾性係数 G_c (N/mm ²)
基本ケース		2.65×10^4	1.14×10^4
初期剛性低下*1	$\sigma_B = 32.3$ (N/mm ²) *2	NS方向： 1.99×10^4	NS方向： 0.853×10^4
		EW方向： 2.12×10^4	EW方向： 0.908×10^4
実強度	$\sigma_B = 51.2$ (N/mm ²) *3	3.33×10^4	1.43×10^4

注記*1：添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に示す原子炉建屋の耐震壁の初期剛性の設計値に対する補正係数（地下3階から地上2階：NS方向0.75，EW方向0.80）を適用してヤング係数及びせん断弾性係数を設定

*2：設計基準強度に基づくコンクリートの圧縮強度

*3：建設時の実強度測定試験結果に基づくコンクリートの圧縮強度

表 4-2 使用材料の物性値（鋼板）

使用材料	ヤング係数 E_s (N/mm ²)	せん断弾性係数 G_s (N/mm ²)
鋼板：SPV50 (SPV490相当)	1.91×10^5	7.35×10^4

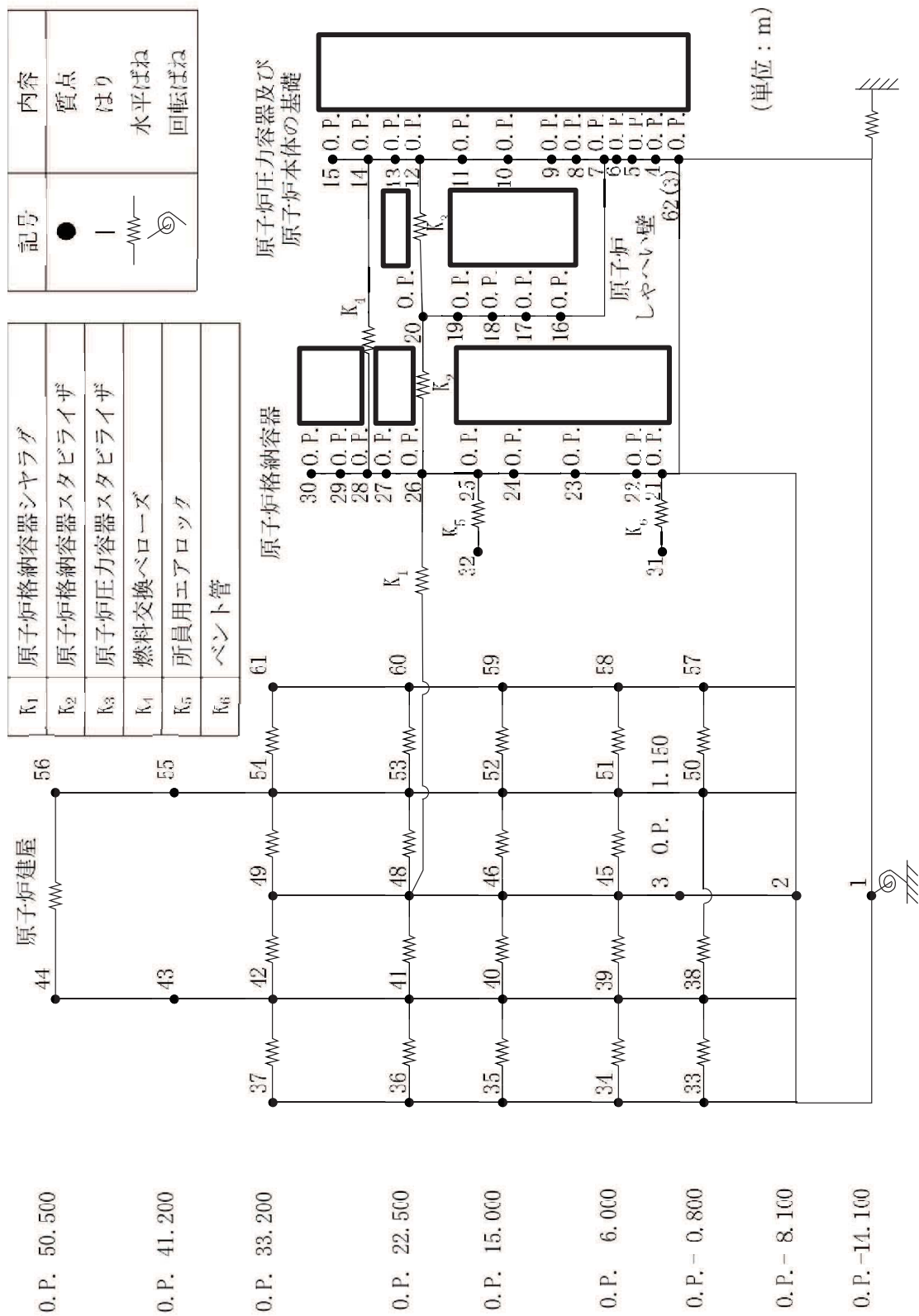


図 4-1 大型機器系地震応答解析モデル (NS 方向, 誘発上下動を考慮しない場合)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

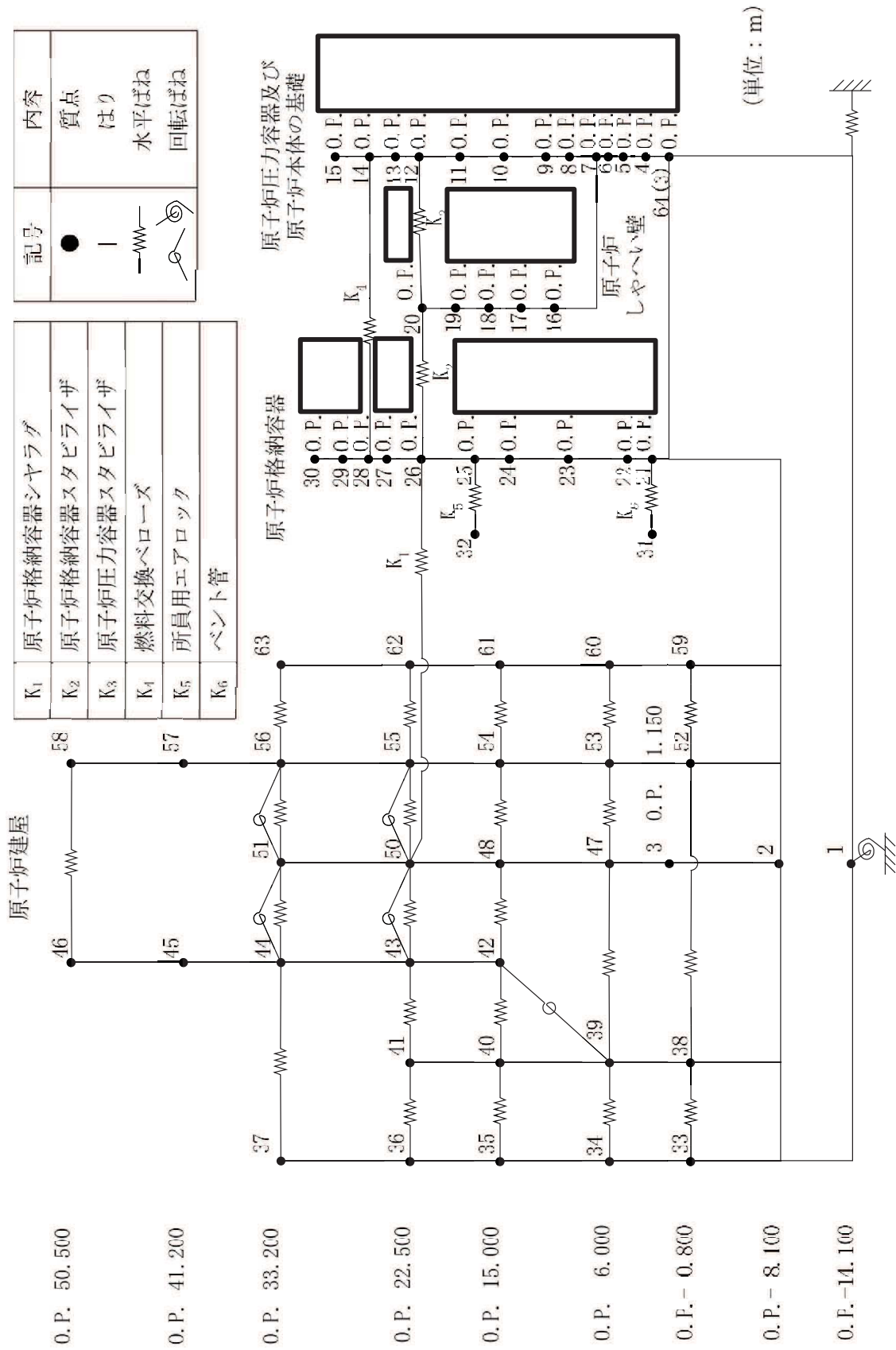


図 4-2 大型機器系地震応答解析モデル (EW 方向, 誘発上下動を考慮しない場合)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.3 せん断力のスケルトンカーブ

基本ケース，初期剛性低下ケース及び実強度ケースにおける RPV ペDESTAL の各要素のせん断力のスケルトンカーブの諸数値を表 4-3～表 4-8 に，スケルトンカーブの比較を図 4-3 及び図 4-4 に示す。

表 4-3 せん断力のスケルトンカーブ ($Q-\gamma$ 関係) (基本ケース, NS 方向)

質点番号	要素番号	Q_1 ($\times 10^4$ kN)	γ_1 ($\times 10^{-4}$)	Q_2 ($\times 10^4$ kN)	γ_2 ($\times 10^{-4}$)
7	6	5.042	1.775	34.90	32.51
6					
5	5	2.867	1.859	24.63	27.17
	4	5.343	1.808	29.06	33.23
4	3	5.428	1.837	29.06	33.23
62					

表 4-4 せん断力のスケルトンカーブ ($Q-\gamma$ 関係) (基本ケース, EW 方向)

質点番号	要素番号	Q_1 ($\times 10^4$ kN)	γ_1 ($\times 10^{-4}$)	Q_2 ($\times 10^4$ kN)	γ_2 ($\times 10^{-4}$)
7	6	5.042	1.775	34.90	32.51
6					
5	5	5.400	1.859	39.48	31.21
	4	5.343	1.808	29.06	33.23
4	3	5.032	1.837	27.23	33.20
64					

表 4-5 せん断力のスケルトンカーブ ($Q - \gamma$ 関係) (初期剛性低下ケース, NS 方向)

質点番号	要素番号	Q_1 ($\times 10^4$ kN)	γ_1 ($\times 10^{-4}$)	Q_2 ($\times 10^4$ kN)	γ_2 ($\times 10^{-4}$)
7	6	5.713	2.466	34.90	32.51
6					
5	5	4.024	3.204	24.63	27.17
	4	5.805	2.420	29.06	33.23
4	3	5.895	2.457	29.06	33.23
62					

表 4-6 せん断力のスケルトンカーブ ($Q - \gamma$ 関係) (初期剛性低下ケース, EW 方向)

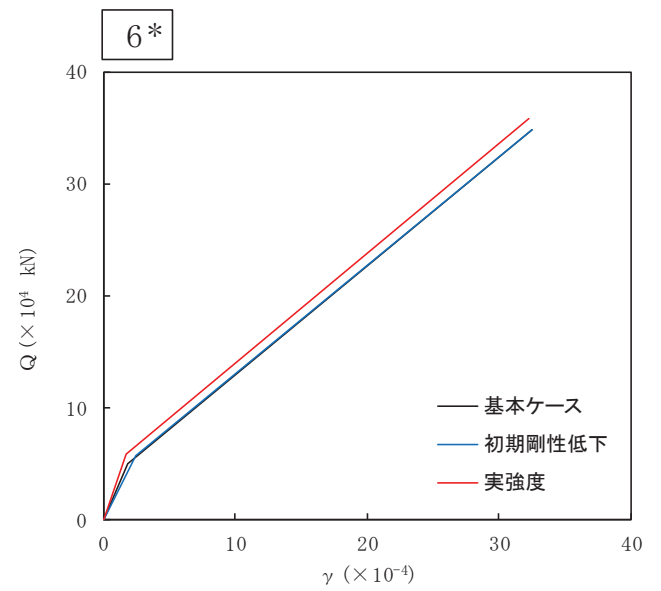
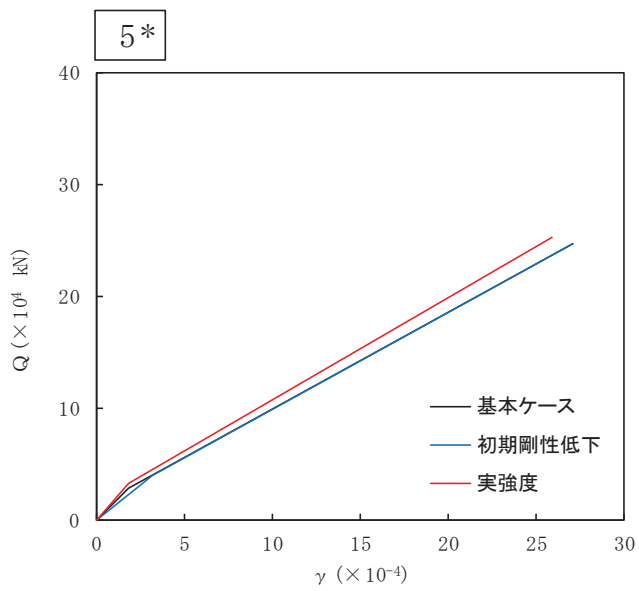
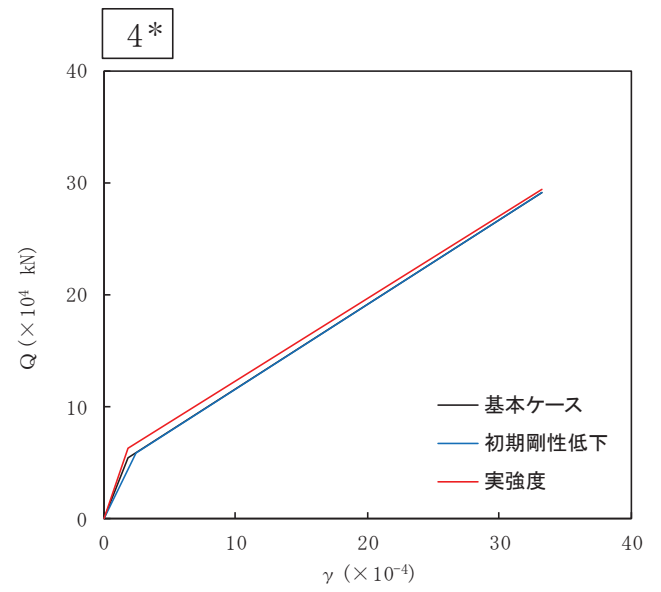
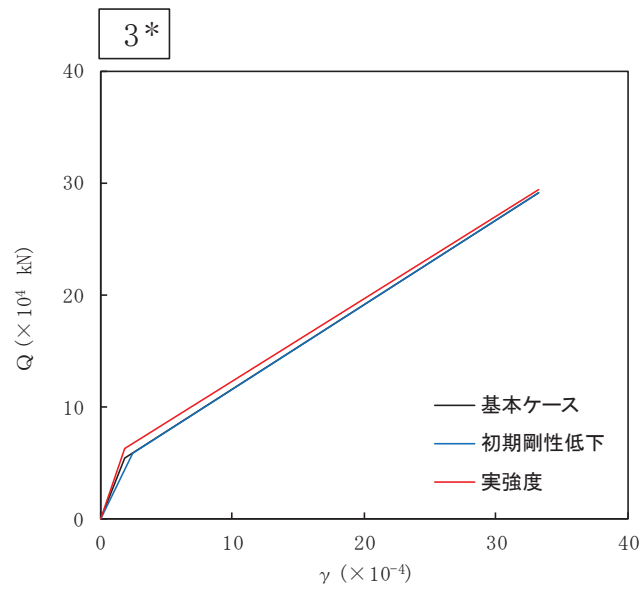
質点番号	要素番号	Q_1 ($\times 10^4$ kN)	γ_1 ($\times 10^{-4}$)	Q_2 ($\times 10^4$ kN)	γ_2 ($\times 10^{-4}$)
7	6	5.538	2.285	34.90	32.51
6					
5	5	6.105	2.466	39.48	31.21
	4	5.686	2.263	29.06	33.23
4	3	5.360	2.301	27.23	33.20
64					

表 4-7 せん断力のスケルトンカーブ ($Q-\gamma$ 関係) (実強度ケース, NS 方向)

質点番号	要素番号	Q_1 ($\times 10^4$ kN)	γ_1 ($\times 10^{-4}$)	Q_2 ($\times 10^4$ kN)	γ_2 ($\times 10^{-4}$)
7	6	5.885	1.748	35.79	32.32
6					
5	5	3.333	1.820	25.25	25.98
	4	6.239	1.776	29.38	33.20
4	3	6.328	1.801	29.38	33.20
62					

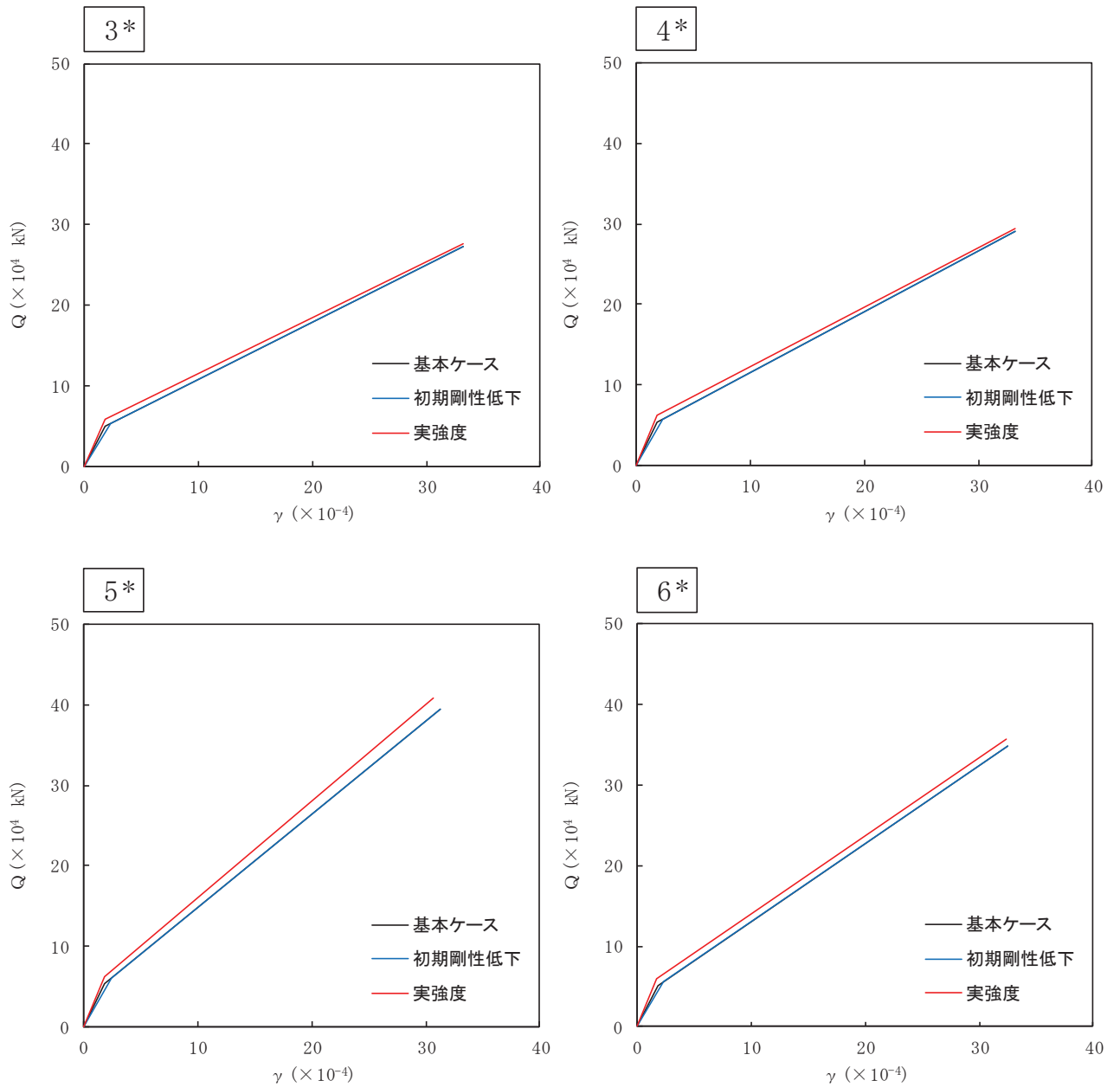
表 4-8 せん断力のスケルトンカーブ ($Q-\gamma$ 関係) (実強度ケース, EW 方向)

質点番号	要素番号	Q_1 ($\times 10^4$ kN)	γ_1 ($\times 10^{-4}$)	Q_2 ($\times 10^4$ kN)	γ_2 ($\times 10^{-4}$)
7	6	5.885	1.748	35.79	32.32
6					
5	5	6.275	1.820	40.82	30.68
	4	6.239	1.776	29.38	33.20
4	3	5.867	1.801	27.55	33.18
64					



注記*：各図上の記載の番号は、表 4-3～表 4-8 の要素番号に対応

図 4-3 Q - γ 関係の比較 (NS 方向)



注記*：各図上の記載の番号は、表 4-3～表 4-8 の要素番号に対応

図 4-4 $Q - \gamma$ 関係の比較 (EW 方向)

4.4 曲げモーメントのスケルトンカーブ

基本ケース，初期剛性低下ケース及び実強度ケースにおける RPV ペDESTAL の各要素の曲げモーメントのスケルトンカーブの諸数値を表 4-9～表 4-14 に，スケルトンカーブの比較を図 4-5 及び図 4-6 に示す。

表 4-9 曲げモーメントのスケルトンカーブ (M-φ 関係) (基本ケース, NS 方向)

質点番号	要素番号	M ₁ (×10 ⁸ kN・mm)	φ ₁ (×10 ⁻⁵ 1/m)	M ₂ (×10 ⁸ kN・mm)	φ ₂ (×10 ⁻⁵ 1/m)
7	6	1.032	1.036	16.81	38.53
6					
5	5	1.107	1.151	15.98	38.49
4	4	1.740	1.721	16.36	38.39
62	3	1.738	1.799	15.73	38.50

表 4-10 曲げモーメントのスケルトンカーブ (M-φ 関係) (基本ケース, EW 方向)

質点番号	要素番号	M ₁ (×10 ⁸ kN・mm)	φ ₁ (×10 ⁻⁵ 1/m)	M ₂ (×10 ⁸ kN・mm)	φ ₂ (×10 ⁻⁵ 1/m)
7	6	1.032	1.036	16.81	38.53
6					
5	5	0.8983	1.441	10.66	38.90
4	4	1.740	1.721	16.36	38.39
64	3	1.767	1.794	16.01	38.49

表 4-11 曲げモーメントのスケルトンカーブ (M- ϕ 関係)
(初期剛性低下ケース, NS 方向)

質点番号	要素番号	M ₁ ($\times 10^8$ kN \cdot mm)	ϕ_1 ($\times 10^{-5}$ 1/m)	M ₂ ($\times 10^8$ kN \cdot mm)	ϕ_2 ($\times 10^{-5}$ 1/m)
7	6	1.222	1.487	16.81	38.53
6					
5	5	1.304	1.646	15.98	38.49
	4	2.026	2.438	16.36	38.39
4	3	2.024	2.549	15.73	38.50
62					

表 4-12 曲げモーメントのスケルトンカーブ (M- ϕ 関係)
(初期剛性低下ケース, EW 方向)

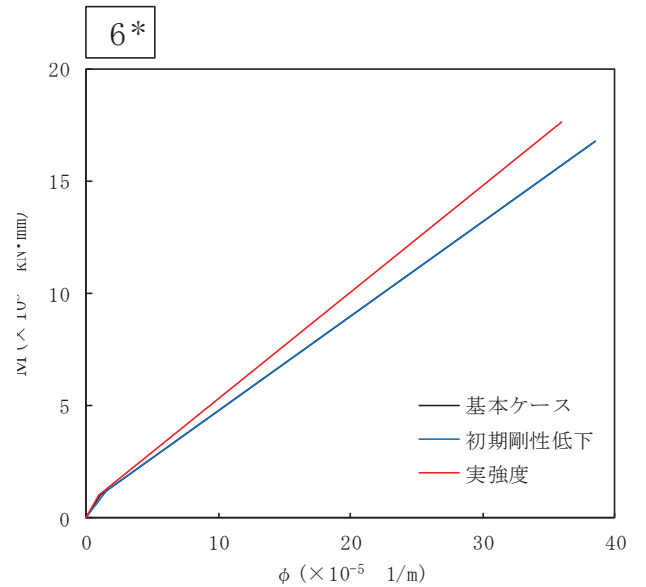
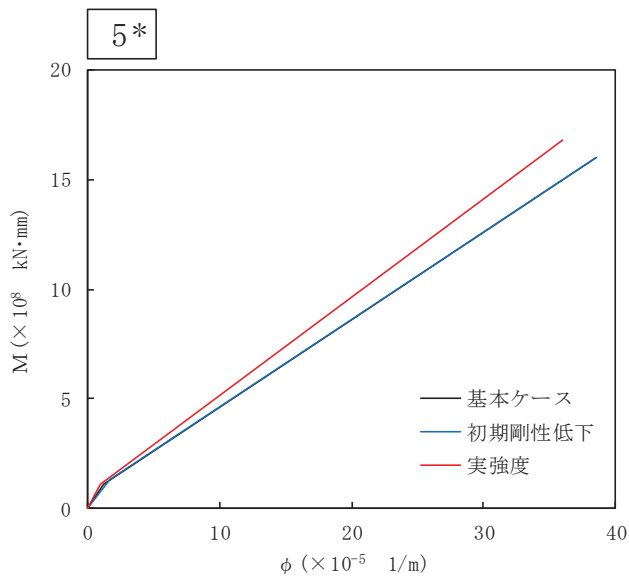
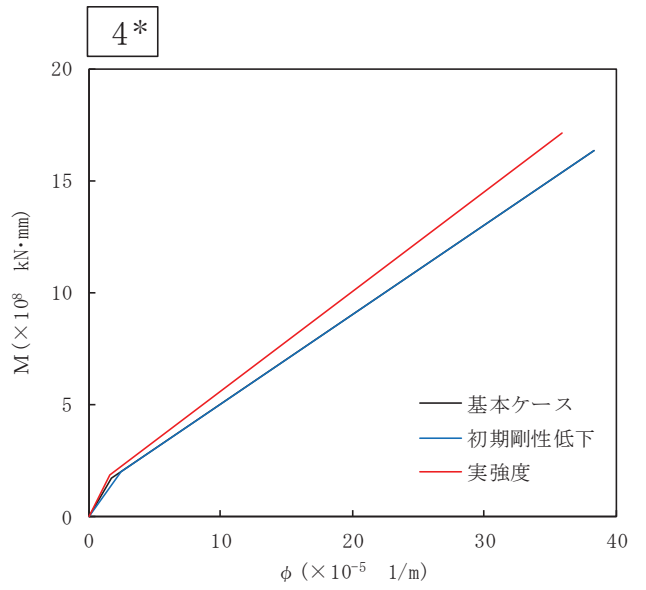
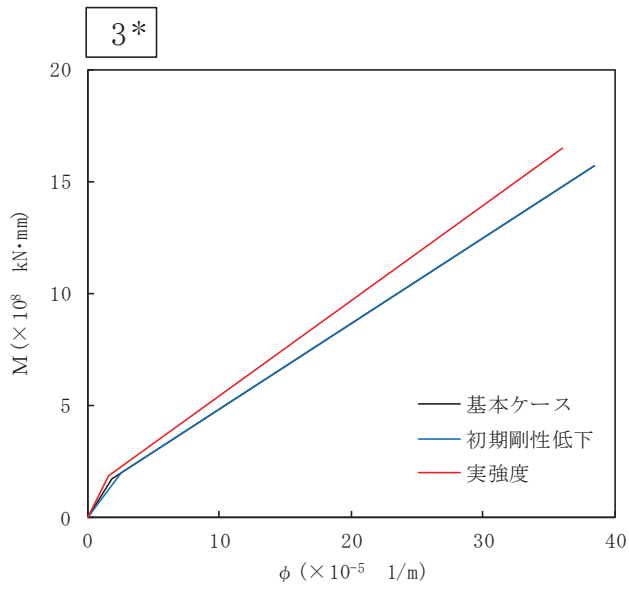
質点番号	要素番号	M ₁ ($\times 10^8$ kN \cdot mm)	ϕ_1 ($\times 10^{-5}$ 1/m)	M ₂ ($\times 10^8$ kN \cdot mm)	ϕ_2 ($\times 10^{-5}$ 1/m)
7	6	1.172	1.368	16.81	38.53
6					
5	5	1.018	1.901	10.66	38.90
	4	1.952	2.252	16.36	38.39
4	3	1.982	2.348	16.01	38.49
64					

表 4-13 曲げモーメントのスケルトンカーブ (M-φ 関係) (実強度ケース, NS 方向)

質点番号	要素番号	M ₁ (×10 ⁸ kN・mm)	φ ₁ (×10 ⁻⁵ 1/m)	M ₂ (×10 ⁸ kN・mm)	φ ₂ (×10 ⁻⁵ 1/m)
7	6	1.034	0.8823	17.68	36.06
6					
5	5	1.116	0.9841	16.80	36.02
	4	1.870	1.567	17.16	35.94
4	3	1.859	1.630	16.50	36.03
62					

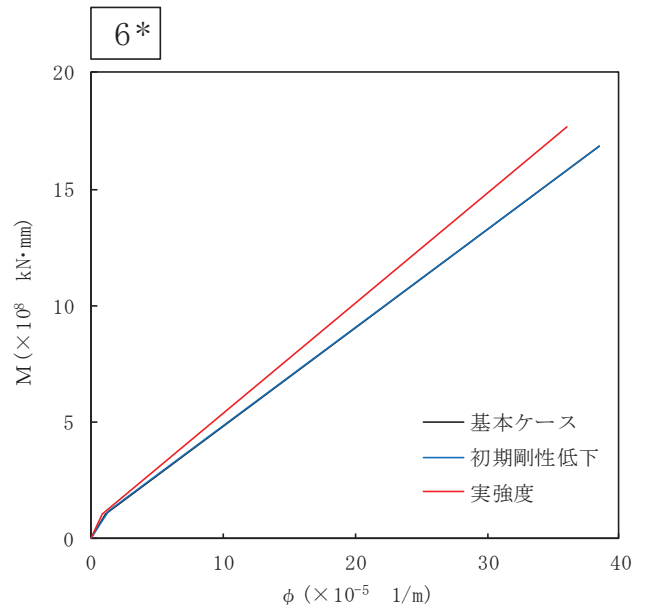
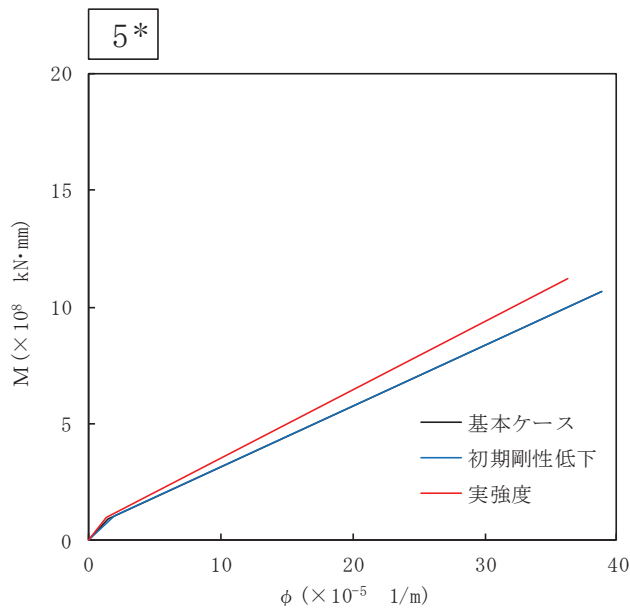
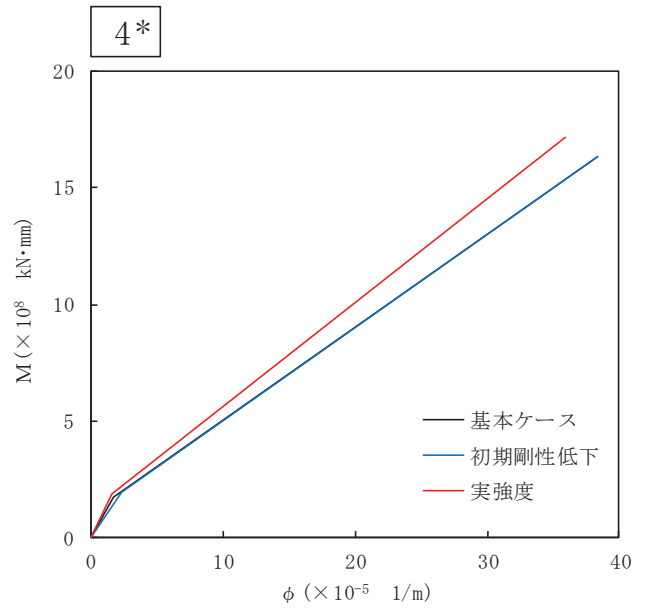
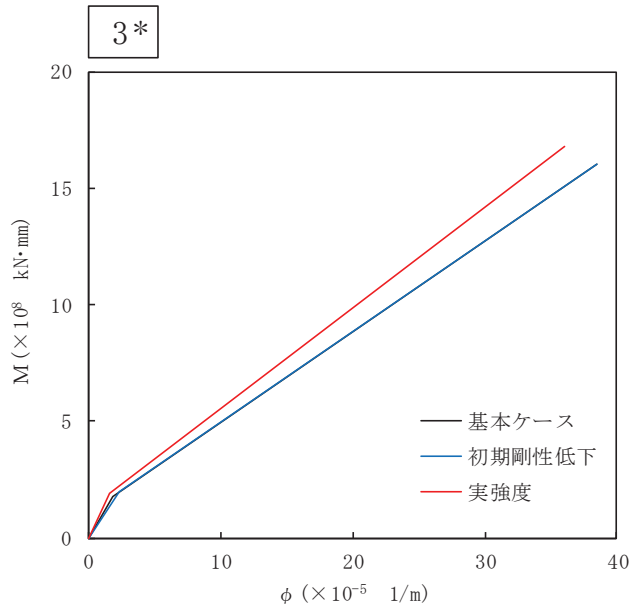
表 4-14 曲げモーメントのスケルトンカーブ (M-φ 関係) (実強度ケース, EW 方向)

質点番号	要素番号	M ₁ (×10 ⁸ kN・mm)	φ ₁ (×10 ⁻⁵ 1/m)	M ₂ (×10 ⁸ kN・mm)	φ ₂ (×10 ⁻⁵ 1/m)
7	6	1.034	0.8823	17.68	36.06
6					
5	5	0.9809	1.335	11.24	36.33
	4	1.870	1.567	17.16	35.94
4	3	1.892	1.628	16.80	36.02
64					



注記*：各図上の記載の番号は、表 4-9～表 4-14 の要素番号に対応

図 4-5 M- ϕ 関係の比較 (NS 方向)



注記*：各図上の記載の番号は、表 4-9～表 4-14 の要素番号に対応

図 4-6 M- ϕ 関係の比較 (EW 方向)

4.5 RPV ペDESTALの剛性に対する影響確認

RPV ペDESTALの剛性に対する影響を確認するために、4.3 項及び 4.4 項に示すスケルトンカーブを用いた建屋-機器連成解析を行い、それぞれの地震力を比較した結果を表 4-15 に示す。解析モデルのうち、建屋側の物性値は、コンクリートの乾燥収縮及び地震によるひび割れの影響を考慮して初期剛性を低下させた基本ケースとした。入力地震動は、補足-600-8-1「建屋-機器連成解析モデルの時刻歴応答解析における材料物性の不確かさ等を考慮した設計用地震力の設定について」と同様に、基準地震動 S_s の基本ケースの各質点で地震力が最大となる地震動を用いることとし、水平方向は S_s-D1 、 S_s-D2 、 S_s-D3 、 S_s-F3 及び S_s-N1 、鉛直方向は S_s-D2 を用いた。

影響確認の結果、表 4-15 に示すとおり、RPV ペDESTALの内部コンクリートの初期剛性を低下させた場合、基本ケースの地震荷重を上回る場合（主として軸力及びばね反力）があることから、RPV ペDESTALの内部コンクリートの初期剛性を低下させたケースを設計条件として考慮する。一方、RPV ペDESTALの内部コンクリートの強度を実強度とした場合は、炉心シュラウドのせん断力（1 箇所）において基本ケースの地震荷重をわずかに上回るが、その差は 1%程度であり、設計裕度に収まることから、評価に及ぼす影響はないことを確認した。

表 4-15 (1) 地震荷重の比較 (せん断力, S s) (1/2)

構造物	標高 O.P. (m)	せん断力 (×10 ² kN)				比率		設計用地震力
		基本ケース* (A)	初期剛性低下 (B)	実強度 (C)	B/A	C/A		
原子炉圧力容器		5.59	5.23	5.28	0.94	0.95	5.59	
		22.2	20.7	21.0	0.94	0.95	22.2	
		44.0	41.8	42.4	0.95	0.97	44.0	
		36.9	34.8	31.4	0.95	0.86	36.9	
		39.0	32.5	35.5	0.84	0.92	39.0	
		67.4	63.9	66.2	0.95	0.99	67.4	
		93.0	87.8	90.3	0.95	0.98	93.0	
		115	113	111	0.99	0.97	115	
		306	304	295	1.00	0.97	306	
		333	331	319	1.00	0.96	333	
原子炉基礎本体		364	357	343	0.99	0.95	364	
		393	378	364	0.97	0.93	393	
		74.0	74.1	65.5	1.01	0.89	74.1	
		78.4	66.9	71.2	0.86	0.91	78.4	
しゃへい炉壁		102	88.6	94.8	0.87	0.93	102	
		135	125	128	0.93	0.95	135	
原子炉格納容器		175	168	167	0.96	0.96	175	
		3.12	2.90	2.89	0.93	0.93	3.12	
		6.09	5.62	5.63	0.93	0.93	6.09	
		34.6	33.9	32.6	0.98	0.95	34.6	
		41.7	40.8	40.5	0.98	0.98	41.7	
		345	289	288	0.84	0.84	345	
		357	303	302	0.85	0.85	357	
		365	313	311	0.86	0.86	365	
		379	328	327	0.87	0.87	379	
		385	334	332	0.87	0.87	385	
	399	343	342	0.86	0.86	399		

注記* : 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」に示すケース1~ケース6の包絡値

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-15 (1) 地震荷重の比較 (せん断力, S s) (2/2)

構造物	標高 O.P. (m)	せん断力 (×10 ² kN)				比率		設計用地震力
		基本ケース* (A)	初期剛性低下 (B)	実強度 (C)	B/A	C/A		
炉心シユラウド		6.65	6.16	5.79	0.93	0.88	6.65	
		14.7	13.5	12.7	0.92	0.87	14.7	
		24.3	23.4	24.3	0.97	1.00	24.3	
		30.1	29.0	30.3	0.97	1.01	30.1	
		38.8	37.4	36.3	0.97	0.94	38.8	
		37.5	34.9	35.5	0.94	0.95	37.5	
		40.8	38.8	36.9	0.96	0.91	40.8	
		43.9	42.0	40.0	0.96	0.92	43.9	
		46.9	46.2	42.7	0.99	0.92	46.9	
		51.5	50.1	46.0	0.98	0.90	51.5	
		57.2	54.7	51.5	0.96	0.91	57.2	
		63.4	61.5	61.9	0.98	0.98	63.4	
		64.6	62.7	62.3	0.98	0.97	64.6	
	案内管棒		15.4	13.7	12.4	0.89	0.81	15.4
			4.06	3.60	3.25	0.89	0.81	4.06
	制御棒ハウジング機構		13.2	11.8	10.6	0.90	0.81	13.2
		20.0	17.6	15.8	0.88	0.79	20.0	
		6.08	5.30	5.54	0.88	0.92	6.08	
		3.45	3.19	3.38	0.93	0.98	3.45	
燃料集合体		0.274	0.204	0.210	0.75	0.77	0.274	
		3.28	3.02	3.20	0.93	0.98	3.28	
		38.1	33.5	32.8	0.88	0.87	38.1	
		26.2	23.1	22.7	0.89	0.87	26.2	
		9.81	8.65	8.48	0.89	0.87	9.81	
		10.5	9.10	9.01	0.87	0.86	10.5	
	26.3	23.3	22.9	0.89	0.88	26.3		
	36.2	32.2	31.8	0.89	0.88	36.2		

注記* : 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」に示すケース1~ケース6の包絡値

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-15 (2) 地震荷重の比較 (モーメント, S s) (1/2)

構造物	標高 O.P. (m)	モーメント ($\times 10^6$ kN・mm)			比率		設計用地震力
		基本ケース* (A)	初期剛性低下 (B)	実強度 (C)	B/A	C/A	
原子炉圧力容器		0	0	0	-	-	0
		1.54	1.44	1.45	0.94	0.95	1.54
		6.38	5.92	6.02	0.93	0.95	6.38
		14.8	13.8	14.0	0.94	0.95	14.8
		19.7	17.4	17.6	0.89	0.90	19.7
		32.6	28.3	29.6	0.87	0.91	32.6
		52.1	47.3	49.3	0.91	0.95	52.1
		65.9	60.6	63.1	0.92	0.96	65.9
		89.1	79.2	83.7	0.89	0.94	89.1
		234	206	219	0.89	0.94	234
		257	225	238	0.88	0.93	257
		296	260	272	0.88	0.92	296
		360	323	330	0.90	0.92	360
	428	389	392	0.91	0.92	428	
原子炉基礎体		0	0	0	-	-	0
		20.5	20.5	18.1	1.00	0.89	20.5
		41.6	37.1	37.8	0.90	0.91	41.6
		63.7	52.3	57.2	0.83	0.90	63.7
		91.1	77.3	84.6	0.85	0.93	91.1
		145	127	136	0.88	0.94	145
		0	0	0	-	-	0
		0.720	0.667	0.667	0.93	0.93	0.720
		2.02	1.87	1.87	0.93	0.93	2.02
		6.57	6.36	6.35	0.97	0.97	6.57
		18.7	18.2	18.2	0.98	0.98	18.7
		164	142	141	0.87	0.86	164
		265	228	227	0.87	0.86	265
	442	379	377	0.86	0.86	442	
	625	538	535	0.87	0.86	625	
	702	605	602	0.87	0.86	702	
	759	655	651	0.87	0.86	759	
原子炉格納容器		0	0	0	-	-	0
		0.720	0.667	0.667	0.93	0.93	0.720
		2.02	1.87	1.87	0.93	0.93	2.02
		6.57	6.36	6.35	0.97	0.97	6.57
		18.7	18.2	18.2	0.98	0.98	18.7
		164	142	141	0.87	0.86	164
		265	228	227	0.87	0.86	265
		442	379	377	0.86	0.86	442
		625	538	535	0.87	0.86	625
		702	605	602	0.87	0.86	702
		759	655	651	0.87	0.86	759

注記* : 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」に示すケース1~ケース6の包絡値

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-15 (2) 地震荷重の比較 (モーメント, S s) (2/2)

構造物	標高 O.P. (m)	モーメント ($\times 10^5$ kN・mm)			比率		設計用地震力
		基本ケース* (A)	初期剛性低下 (B)	実強度 (C)	B/A	C/A	
炉心 シユラウド		0	0	0	-	-	0
		8.53	7.90	7.43	0.93	0.88	8.53
		27.3	25.2	23.7	0.93	0.87	27.3
		67.2	63.2	62.3	0.95	0.93	67.2
		93.4	88.4	89.0	0.95	0.96	93.4
		107	101	91.3	0.95	0.86	107
		121	114	107	0.95	0.89	121
		149	141	133	0.95	0.90	149
		179	169	160	0.95	0.90	179
		210	199	188	0.95	0.90	210
		243	231	218	0.96	0.90	243
		277	266	249	0.97	0.90	277
		348	338	315	0.98	0.91	348
		421	411	383	0.98	0.91	421
		0	0	0	-	-	0
	案制 内御 管棒		18.1	16.1	14.5	0.89	0.81
		22.8	20.3	18.3	0.90	0.81	22.8
制 御 棒 ハ ウ ジ ン グ 機 構		0	0	0	-	-	0
		0	0	0	-	-	0
		21.9	19.4	17.4	0.89	0.80	21.9
		0.790	0.585	0.604	0.75	0.77	0.790
		3.51	3.28	3.42	0.94	0.98	3.51
		3.49	3.21	3.40	0.92	0.98	3.49
燃 料 集 合 体		0	0	0	-	-	0
		0	0	0	-	-	0
		26.8	23.6	23.1	0.89	0.87	26.8
		45.2	39.8	39.0	0.89	0.87	45.2
		51.1	45.2	44.5	0.89	0.88	51.1
		43.8	39.0	38.4	0.90	0.88	43.8
		25.4	22.7	22.4	0.90	0.89	25.4
		0	0	0	-	-	0

注記* : 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」に示すケース1~ケース6の包絡値

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-15 (3) 地震荷重の比較 (軸力, S s) (1/2)

構造物	標高 O.P. (m)	軸力 (×10 ² kN)				実強度 (C)	B/A	C/A	設計用地震力
		基本ケース* (A)	初期剛性低下 (B)						
原子炉圧力容器		2.00	2.04		1.88	1.02	0.93	2.04	
		14.5	14.9		13.7	1.03	0.92	14.9	
		25.1	25.8		23.6	1.03	0.92	25.8	
		32.0	33.0		30.2	1.04	0.92	33.0	
		40.9	42.5		38.7	1.04	0.92	42.5	
		48.9	51.0		46.1	1.05	0.91	51.0	
		57.4	59.6		53.4	1.04	0.90	59.6	
		120	123		113	1.03	0.92	123	
		330	338		323	1.03	0.96	338	
		348	357		340	1.03	0.96	357	
原子炉本体		366	376		358	1.03	0.96	376	
		381	392		372	1.03	0.95	392	
		26.4	26.1		26.2	0.99	1.00	26.4	
		59.2	58.9		59.1	1.00	1.00	59.2	
しゃげい壁		116	115		115	1.00	1.00	116	
		157	156		156	1.00	1.00	157	
		196	198		195	1.02	0.99	198	
原子炉格納容器		1.43	1.40		1.40	0.98	0.98	1.43	
		2.85	2.79		2.79	0.98	0.98	2.85	
		11.0	10.7		10.7	0.98	0.98	11.0	
		15.5	15.2		15.2	0.99	0.99	15.5	
		29.7	29.1		29.0	0.98	0.98	29.7	
		40.1	39.0		39.7	0.98	1.00	40.1	
		47.7	45.8		47.2	0.97	0.99	47.7	
		61.0	58.5		60.3	0.96	0.99	61.0	
		66.9	64.2		66.1	0.96	0.99	66.9	
		79.9	76.6		78.9	0.96	0.99	79.9	

注記* : 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」に示すケース1~ケース3の包絡値

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-15 (3) 地震荷重の比較 (軸力, S s) (2/2)

構造物	標高 O.P. (m)	軸力 (×10 ² kN)			比率		設計用地震力
		基本ケース* (A)	初期剛性低下 (B)	実強度 (C)	B/A	C/A	
炉 心 シ ュ ラ ウ ド		1.05	1.08	1.02	1.03	0.95	1.08
		3.15	3.24	3.05	1.03	0.95	3.24
		4.85	4.98	4.70	1.03	0.95	4.98
		6.86	7.04	6.64	1.03	0.95	7.04
		9.96	10.2	9.64	1.03	0.95	10.2
		11.7	12.0	11.3	1.03	0.95	12.0
		12.1	12.3	11.7	1.02	0.96	12.3
		12.4	12.7	12.0	1.03	0.95	12.7
		12.7	13.0	12.3	1.03	0.95	13.0
		13.1	13.4	12.7	1.03	0.95	13.4
		13.4	13.7	13.0	1.03	0.95	13.7
		16.6	17.0	16.0	1.03	0.95	17.0
		16.8	17.2	16.2	1.03	0.95	17.2
		17.0	17.4	16.4	1.03	0.95	17.4
	案 制 内 御 管 棒		24.9	25.5	24.2	1.03	0.95
		25.6	26.2	24.8	1.03	0.95	26.2
		26.2	26.8	25.4	1.03	0.95	26.8
制 御 棒 ハ ウ ジ ン グ 機 構		27.0	27.6	26.1	1.03	0.95	27.6
		6.73	6.93	6.44	1.03	0.93	6.93
		6.15	6.33	5.89	1.03	0.94	6.33
		5.56	5.72	5.32	1.03	0.94	5.72
	4.96	5.11	4.75	1.04	0.93	5.11	

注記* : 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」に示すケース1～ケース3の包絡値

表 4-15 (4) 地震荷重の比較 (ばね反力, S s)

名称	ばね反力 (×10 ³ kN)			比率		設計用地震力
	基本ケース* (A)	初期剛性低下 (B)	実強度 (C)	B/A	C/A	
原子炉圧力容器スタビライザ	7.81	8.25	7.62	1.06	0.98	8.25
原子炉格納容器スタビライザ	15.0	15.8	13.7	1.06	0.92	15.8
原子炉格納容器シヤラグ	34.1	25.9	26.5	0.76	0.78	34.1
ベント管	2.06	1.88	1.82	0.92	0.89	2.06
燃料交換ベローズ	1.69	1.71	1.58	1.02	0.94	1.71
所用エアロック	0.304	0.282	0.272	0.93	0.90	0.304
制御棒駆動機構ハウジング レストレントビーム	0.473	0.404	0.422	0.86	0.90	0.473
炉心シユラウド回転ばね [×10 ⁷ kN・mm]	4.21	4.11	3.83	0.98	0.91	4.21
上部サポート	5.91	5.43	5.46	0.92	0.93	5.91
下部スタビライザ	1.61	1.48	1.48	0.92	0.92	1.61

注記*: 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」に示すケース 1~ケース 6 の包絡値

表 4-15 (5) 地震荷重の比較 (相対変位, S s)

名称	標高 O.P. (m)	相対変位 (mm)		比率		設計用地震力	
		基本ケース* (A)	初期剛性低下 (B)	実強度 (C)	B/A		C/A
燃料 集 合 体	[Redacted]	0	0	0	0	0	
		27.4	24.2	23.8	0.89	0.87	27.4
		47.2	41.7	41.0	0.89	0.87	47.2
		54.2	48.0	47.2	0.89	0.88	54.2
		46.8	41.5	40.8	0.89	0.88	46.8
		27.0	24.0	23.6	0.89	0.88	27.0
		0	0	0	0	0	

注記*: 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」に示すケース 1~ケース 6 の包絡値

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。