

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密あるいは防護上の観点  
から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-340-13 改 15
提出年月日	平成 30 年 6 月 8 日

工事計画に係る補足説明資料

耐震性に関する説明書のうち

補足-340-13 【機電分耐震計算書の補足について】

平成 30 年 6 月

日本原子力発電株式会社

1. 炉内構造物への極限解析による評価の適用について
2. 設計用床応答曲線の作成方法及び適用方法
3. 建屋－機器連成解析モデルの時刻歴応答解析における拡張マージンの考慮  
について
4. 機電設備の耐震計算書の作成について
5. 弁の動的機能維持評価の検討方針
6. 動的機能維持の詳細評価について（新たな検討又は詳細検討が必要な設備  
の機能維持評価について）
7. 原子炉格納容器の耐震安全性評価について
8. 制御棒の挿入性評価について
9. 電気盤等の機能維持評価に適用する水平方向の評価用地震力について
10. 大型機器、構造物の地震応答計算書の補足について

下線：ご提出資料

1. 炉内構造物への極限解析による評価の適用について

## 目次

1. 概要	1
2. 耐震評価について	1
3. 炉内構造物への極限解析の準用	3
3.1 規格基準における扱い及び炉内構造物への準用	3
3.2 極限解析による評価	15
4. 試験による確認について	47
4.1 はじめに	47
4.2 試験目的	47
4.3 試験内容	47
4.4 試験結果	51
4.5 まとめ	57
5. 1本あたりの地震荷重の算出について	68
5.1 詳細モデルによる影響評価	68
5.2 最外周部の偏心の扱いについて	76
別紙ー1 試験体に対する極限解析について	78
別紙ー2 補強板の健全性について	82
別紙ー3 気水分離器と蒸気乾燥器の相対変位について	87

## 炉内構造物への極限解析による評価の適用について

### 1. 概要

既工認においては、炉内構造物として公式等を用いた評価を行っていたが、今回工認では、機能限界を踏まえた許容限界をより現実的に示す観点で、J E A G 4601, J S M E 設計・建設規格で定められた極限解析による評価（以下「極限解析」という。）を採用する。極限解析については、規格基準に基づく手法であり、また新規制基準での工認における高浜 1, 2 号炉, 美浜 3 号炉で適用実績のある手法である。

### 2. 耐震評価について

スタンドパイプの耐震評価フローを図 2-1 に示す。今回工認におけるスタンドパイプの地震荷重については、多質点系の建屋機器連成解析モデルを用いた地震応答解析を実施し、スタンドパイプ全 225 本を 1 質点として算出された地震荷重を算出する。得られた地震荷重からスタンドパイプ 1 本に掛かる地震荷重を算出し、算出した地震荷重が 1 本のスタンドパイプにおける極限解析により得られた許容値（許容荷重）以下であることを確認することにより、健全性を確認する。

これは、シュラウドヘッド及び全スタンドパイプに対する評価においては、あるスタンドパイプが許容限界を超えた場合においても、他のスタンドパイプが有する耐力により構造物としての耐力が期待できると考えられるが、1 本に対する許容値と荷重を比較する場合他のスタンドパイプの耐力に期待しないため保守的な手法となると判断しているものである。

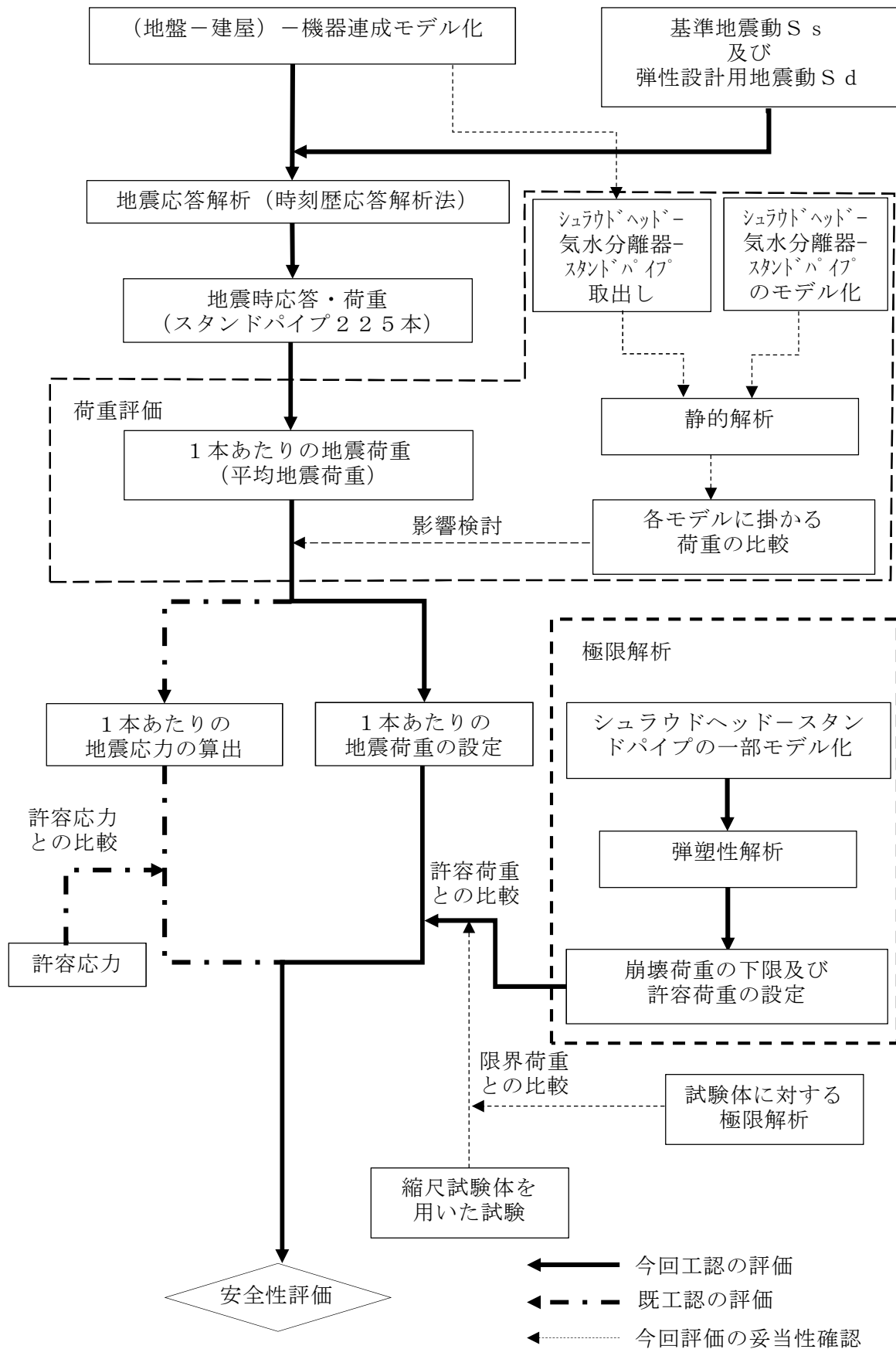


図 2-1 スタンドパイプの耐震評価フロー

### 3. 炉内構造物への極限解析の準用

#### 3.1 規格基準における扱い及び炉内構造物への準用

J E A G 4601, J S M E 設計・建設規格の炉心支持構造物に関する抜粋を図 3-1 ~ 3 に示す。極限解析は, J E A G 4601, J S M E 設計・建設規格において, 炉心支持構造物に適用可能な設計手法として規定されている。また, J E A G 4601 において, 炉内構造物の許容応力は炉心支持構造物の許容応力を準用することができることを定めている。整理結果を表 3-1 に示す。

東海第二発電所の今回工認における炉内構造物の極限解析の適用に際して炉心支持構造物の規定を準用するため, 極限解析の具体的な評価手法が規定されている J S M E 設計・建設規格の炉心支持構造物の規格に定められた要求事項を満足することを確認して, 準用することとする。炉心支持構造物の規格要求事項に対して, 極限解析を適用するスタンドパイプの適合性確認に対する要求の整理結果を表 3-2 に示す。

J S M E 設計・建設規格の炉心支持構造物の規格に定められた要求事項について建設時の記録及び応力解析から要求事項を満足していることを確認した。

また, 評価範囲であるスタンドパイプとシュラウドヘッドの取付部の溶接施工管理については炉心支持構造物と同様の施工管理を実施している。

表 3 - 1 極限解析の規格基準における扱い

規格基準	適用範囲	備考
J E A G 4601	炉心支持構造物 炉内構造物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 炉内構造物は炉心支持構造物を準用</li> <li>・ 具体的な手法として J S ME 設計・建設規格を読み込み (JEAG では告示 501 号を読み込み)</li> </ul>



表3-2 J S M E 設計・建設規格 炉心支持構造物の規格に対するスタンダードパイプの適合性確認整理結果

CSS-1000：一般要求事項

規格番号	規格名称	規格内容（概要）	炉内構造物としての考慮の要否	左欄で否の場合：理由を記載 左欄で要の場合：考慮に対する方針を記載
CSS-1100	適用			
CSS-1110	適用範囲	適用範囲を炉心支持構造物の材料、設計及び検査としている。	要	材料、設計及び検査の規格を満足することで、適用範囲を満足することを確認する。
CSS-1120	境界			
CSS-1121	炉心支持構造物と炉内構造物の境界	境界は炉心支持構造物の外表面とする。	否	評価範囲はシユラウドヘッドとスタンダードパイプであり、共に炉内構造物であることから炉心支持構造物と炉内構造物の境界がないため。
CSS-1300	記号の定義	使用する記号の定義を定めている。	要	記号の定義に従う。
CSS-1400	応力分類	CSS-3000に規定する設計、応力解析の応力分類について定めている。	要	CSS-3000に規定する設計及び応力解析は、規定の応力分類に従う。

CSS-2000：炉心支持構造物に使用する材料

規格番号	規格名称	規格内容（概要）	炉内構造物としての確認の要否	左欄で否の場合：理由を記載 左欄で要の場合：確認結果を記載
CSS-2100	炉心支持構造物に使用可能な材料			
CSS-2110	炉心支持構造物に使用可能な材料の規定	付録材料表 PartI の炉心支持構造物の規格に適合する又はこれと同等以上の化学成分及び機械的強度を有するものを使用することを定めている。	要	使用材料は SUS304TP 相当 (ASME SA-312 Gr. TP304) であり、適合している。
CSS-2120	材料の熱処理に関する部分の特例規定	CSS-2120 の規定にかかわらない熱処理に関する特例規定を設けている。	否	特例規定を適用しないため。
CSS-2130	機械試験に関する要求事項	CSS-2110 及び CSS-2300 に規定する試験を行う場合は PVB-2200 及び 2300 の規定を準用する。	否	本要求はフェライト系材料に対しての要求であり、使用材料であるオーステナイト系ステンレス鋼に対する要求はないため。
CSS-2300	破壊靱性試験要求			
CSS-2310	破壊靱性不要となる規定	使用する材料は破壊靱性試験を行い、適合することを定めている。ただし、形状、材料によっては破壊靱性試験を要しない。	否	使用材料はオーステナイト系ステンレス鋼であり、CSS-2310 に記載される破壊靱性試験は不要の条件を満たしているため。
CSS-2320	破壊靱性試験における試験片数と組数	破壊靱性試験における試験片数と組数について定めている。	否	CSS-2310 を満足しており、破壊靱性試験を行わないため。
CSS-2330	破壊靱性試験の方法および判定基準	破壊靱性試験の方法及び判定基準を定めている。	否	CSS-2310 を満足しており、破壊靱性試験を行わないため。

規格番号	規格名称	規格内容（概要）	炉内構造物としての確認の要否	左欄で否の場合：理由を記載 左欄で要の場合：確認結果を記載
CSS-2400	非破壊試験要求			
CSS-2410	各材料に適用する非破壊試験	使用する材料はPVB-2411に規定する非破壊試験を実施し、CSS-2430に合格することを定めている。	要	PVB-2411に規定する斜角法による超音波探傷試験及び浸透探傷試験を実施し、CSS-2430に合格している。
CSS-2420	溶接による補修	CSS-2410に規定に合格しないものに対して溶接による補修について定めている。	否	CSS-2410の試験に合格しており、溶接による補修を実施していないため。
CSS-2430	非破壊試験の判定基準	非破壊試験の判定基準を定めている。	要	PVB-2422に定められる超音波探傷試験の判定基準及びPVB-2426に定められる浸透探傷試験の判定基準を満足している。
CSS-2500	溶接材料			
CSS-2510	溶接に用いる材料	溶接に用いる材料は、溶接規格 N-1040 に適合することを定めている。	要	溶接に用いる材料は、母材と同等の強度を有するものを使用しており、溶接規格 N-1040 に適合している。

CSS-3000：炉心支持構造物の設計

規格番号	規格名称	規格内容（概要）	炉内構造物としての確認の要否	左欄で否の場合：理由を記載 左欄で要の場合：評価結果を記載
CSS-3010	考慮すべき荷重	設計に考慮すべき荷重を考慮することとを定めている。	要	考慮すべき荷重をとって、冷却材による差圧，自重，地震荷重を設計に用いる。
CSS-3020	考慮すべき事項	(1)減肉が考えられる部材は減肉を考慮すること。 (2)応力評価は公称寸法を使用してもよい。 を定めている。	要	(1)減肉は考慮しない (2)原則として公称寸法を使用する。
CSS-3100	材料の応力強さの限界および許容応力			
CSS-3110	ボルト等締付部材以外の応力評価			
CSS-3111	各供用状態における一次応力評価	設計条件及び各供用状態において生じる応力解析による一次応力評価は(1)～(4)の規定（一次一般膜応力強さ等に対する制限）を満足すること。 CSS-3111の応力評価の代わりにプロトタイプまたはモデル試験を実施する場合は，最大荷重 $L_e$ を求め，実際の荷重が許容荷重値を超えないこと。	要	各供用状態における一次応力強さが規定を満足することを確認した。
CSS-3111.1	プロトタイプまたはモデル試験による評価	供用状態A及びBにおいて生じる一次応力と二次応力の最大値と最小値の差は3Smを超えないこと。	否	プロトタイプまたはモデル試験による評価は適用しないため。
CSS-3112	供用状態A，Bにおける一次+二次応力評価	供用状態A及びBにおいて生じる一次応力と二次応力の最大値と最小値の差は3Smを超えないこと。	要	供用状態A，Bにおいて生じる一次応力と二次応力の最大値と最小値の差が3Sm以内であることを確認した。
CSS-3113	疲労評価（供用状態A，B）	供用状態A及びBにおける疲労累積係数は1を超えないこと。	要	CSS-3130（疲労評価不要の条件）を満足することを確認したため，疲労評価を実施しない。

規格番号	規格名称	規格内容（概要）	炉内構造物としての確認の要否	左欄で否の場合：理由を記載 左欄で要の場合：評価結果を記載
CSS-3114	純せん断応力評価	純せん断荷重を受ける部分に生じる平均せん断応力は許容値を満足すること。	要	評価結果からせん断応力は生じていないため。
CSS-3115	支圧応力評価	支圧荷重を受ける部分に生じる平均支圧応力は許容値を満足すること。	要	支圧応力は、2つの強度部材が接触し圧縮力が作用している場合の接触面における応力であり、シユラウヘッドとスタンドパイプの継手は接触ではなくすみ肉溶接にて接合されている。このため支圧応力は発生しない。
CSS-3116	軸圧縮応力の評価			
CSS-3116.1	軸方向に圧縮荷重を受ける円筒形の胴の圧縮応力の評価	軸方向に圧縮荷重を受ける円筒形の胴に生じる圧縮応力は許容値を満足すること。	要	圧縮応力は自重のみであり，軸圧縮応力が小さい（1MPa）ため評価結果を記載しない。
CSS-3116.2	軸方向に圧縮荷重を受ける柱状の部材の圧縮応力の評価	軸方向に圧縮荷重を受ける柱形の胴に生じる圧縮応力は許容値を満足すること。	要	圧縮応力は自重のみであり，軸圧縮応力が小さい（1MPa）ため評価結果を記載しない。
CSS-3117	ねじりせん断応力の評価	ねじり荷重を受ける中実円断面の形状に生じる圧縮応力は許容値を満足すること。	否	中空円断面であり，中実円断面ではないため。
CSS-3120	ボルト等締付部材の応力評価	ボルト等の支持構造物についての各供用状態における許容値を満足すること。	否	ボルト等締結部材はないため。
CSS-3130	疲労解析不要の条件	繰り返し荷重が(1)～(4)に適合する場合は疲労解析を行うことを要しない。	要	疲労評価不要の条件(1)～(4)を満足することを確認した。
CSS-3140	疲労強度低減係数または応力集中係数	疲労解析に使用する疲労強度低減係数または応力集中係数について定めている。	要	CSS-3130（疲労評価不要の条件）を満足するため疲労解析が不要であることから，使用しない。
CSS-3150	溶接部継手効率	溶接部の許容応力等に対して継手効率を考慮することを定めている。（CSS-3111.1, 3160, 3113, 3116.2 除く）	要	溶接方法の区分に応じた継手効率を考慮している。

規格番号	規格名称	規格内容（概要）	炉内構造物としての確認の要否	左欄で否の場合：理由を記載 左欄で要の場合：評価結果を記載
CSS-3160	極限解析による評価	極限解析による評価について定めている。これを満足する場合はCSS-3111の規定を満足しなくてよい、	要	地震時以外は適用しない。 (地震時の評価は本資料に記載)
CSS-3200	外面に圧力を受ける炉心支持構造物の評価			
CSS-3210	外面に圧力を受ける炉心支持構造物の形状	外面に圧力を受ける炉心支持構造物の胴の形状について定めている。	否	各供用状態において、内面の圧力の方が外面の圧力より高いため。
CSS-3220	円筒形または円すい形の胴における許容圧力（外圧）	円筒形または円すい形の胴において外面に受ける許容値を定めている。	否	円筒形であり、球形でないため。また、各供用状態において、内面の圧力の方が外面の圧力より高いため。
CSS-3230	球形の胴における許容応力	球形の胴において外面に受ける圧力に対する許容値を定めている。	否	強め輪は設けていないため。
CSS-3240	外面に圧力を受ける円筒形の炉心支持構造物に強め輪を設ける場合	円筒形において外面に受ける圧力に対する許容値を定めている。	否	
CSS-3300	簡易弾塑性解析	CSS-3112で一次+二次応力強さが3 S mを超えた場合の規定を定めている。	要	CSS-3112で一次+二次応力強さが3 S m以内であることを確認したため、簡易弾塑性解析を使用しない。
CSS-3400	クラッド構造の炉心支持構造物に対する強度評価上の取扱いについての規定	クラッド構造の炉心支持構造物の応力解析、疲労評価への考慮について定めている。	否	クラッド構造ではないため。

CSS-5000：完了検査

規格番号	規格名称	規格内容（概要）	炉内構造物としての確認の要否	左欄で否の場合：理由を記載 左欄で要の場合：確認結果を記載
CSS-5010	炉心支持構造物の完成検査	設計仕様書に従って、完了要求事項に従って、完了検査を満足すること。	要	完成後、要求事項に従い、外観検査、寸法検査を行い、満足している。

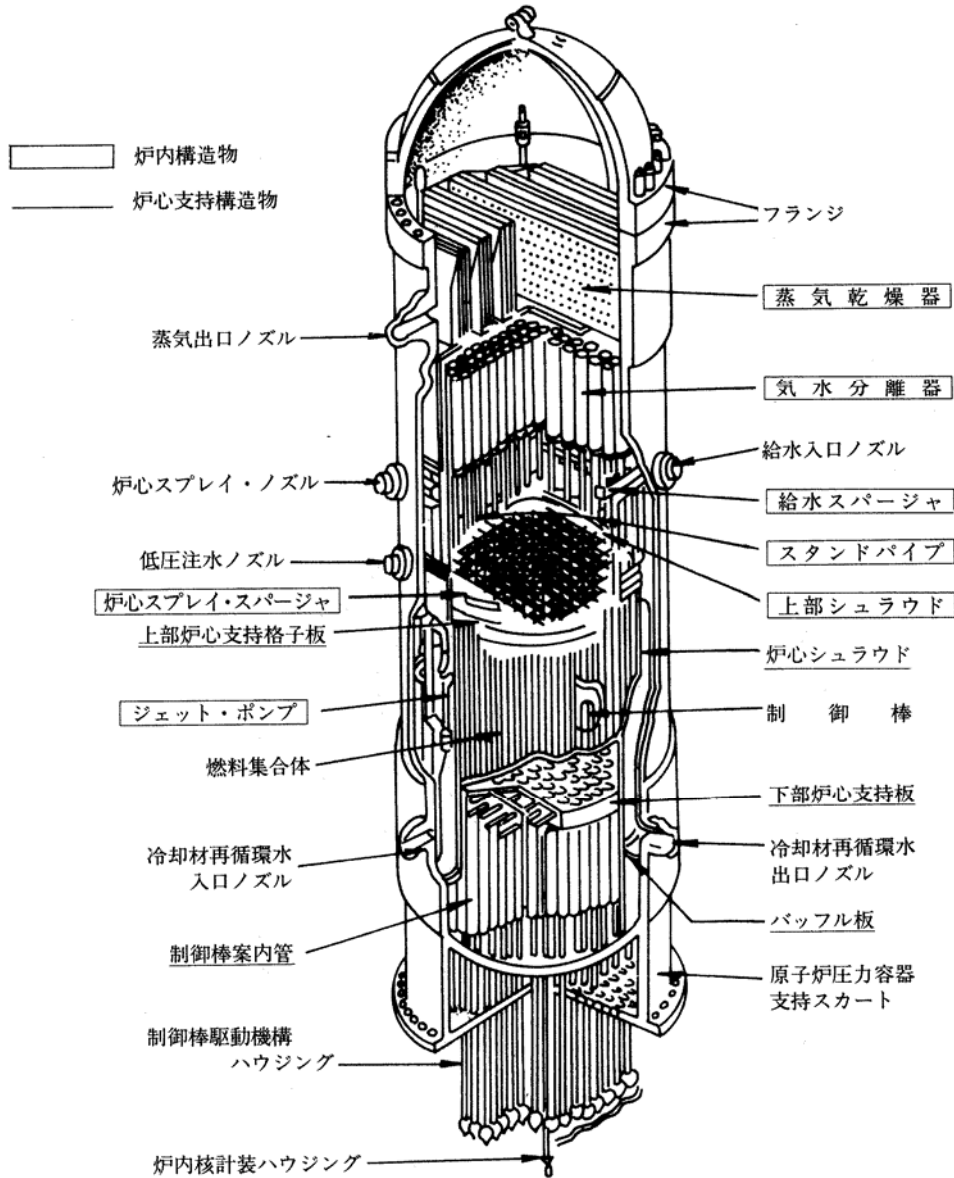


図 3 - 1 JEAG4601 炉心支持構造物と炉内構造物の分類に関する抜粋



## 2.5 炉心支持構造物の許容応力

### 2.5.1. 炉心支持構造物（ボルト等を除く）の許容応力

炉心支持構造物（ボルト等を除く）の許容応力を次に示す。

応力分類 許容 応力状態	1次一般膜応力	1次一般膜応力 + 1次曲げ応力	1次+ 2次応力	1次+ 2次 + ピーク応力	特別な応力限界		
					純せん 断応力	支 圧 応 力	ねじり 応 力
設計条件	$S_m^{(1)}$	左欄の1.5倍の値 <sup>(1)</sup>	—	—	—	—	—
I <sub>A</sub>	—	—	$3 S_m^{(2)}$	運転状態I及び <sup>(3)</sup> IIにおける荷重 の組合せについ て疲れ解析を行 い疲れ累積係数 が1.0以下であ ること。	$0.6 S_m^{(4)}$	$S_y^{(5)}$ ( $1.5 S_y$ )	$0.8 S_m^{(7)}$
II <sub>A</sub>	—	—			$0.6 S_m^{(4)}$	$S_y^{(5)}$ ( $1.5 S_y$ )	$0.8 S_m^{(7)}$
III <sub>A</sub>	$1.5 S_m^{(1)}$	左欄の1.5倍の値 <sup>(1)</sup>	—	—	$0.9 S_m^{(4)}$	$1.5 S_y^{(5)}$ ( $2.25 S_y$ )	$1.2 S_m^{(7)}$
IV <sub>A</sub>	$2/3 S_u^{(1)}$ ただし オーステナイト 系ステンレス鋼 及び高ニッケル 合金については $2/3 S_u$ と $2.4 S_m$ の小さい方。	左欄の1.5倍の値 <sup>(1)</sup>	—	—	$1.2 S_m^{(4)}$	$2 S_y^{(5)}$ ( $3 S_y$ )	$1.6 S_m^{(7)}$
III <sub>A</sub> S	$1.5 S_m^{(1)}$	左欄の1.5倍の値 <sup>(1)</sup>	—	—	$0.9 S_m^{(4)}$	$1.5 S_y^{(6)}$ ( $2.25 S_y$ )	$1.2 S_m^{(7)}$
IV <sub>A</sub> S	$2/3 S_u^{(1)}$ ただし オーステナイト 系ステンレス鋼 及び高ニッケル 合金については $2/3 S_u$ と $2.4 S_m$ の小さい方。	左欄の1.5倍の値 <sup>(1)</sup>	—	—	$1.2 S_m^{(4)}$	$2 S_y^{(6)}$ ( $3 S_y$ )	$1.6 S_m^{(7)}$

注：(1) 告示第96条第1項第一号の崩壊荷重の下限に基づく評価（ただし、設計条件については同号イ、III<sub>A</sub>及びIII<sub>A</sub>Sについては同号ロ、IV<sub>A</sub>及びIV<sub>A</sub>Sについては同号ハの評価）を適用する場合は、この限りではない。

- (2)  $3 S_m$ を超えるときは告示第97条の弾塑性解析を用いることができる。
- (3) 告示第96条第1項第三号を満たすときは、疲れ解析を行うことを要しない。
- (4) 告示第96条第1項第一号へによる。
- (5) 告示第96条第1項第一号トによる。（ ）内の値は支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合の値
- (6) （ ）内の値は、支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合の値
- (7) 告示第96条第1項第一号リによる。

図3-2 J E A G 4601 炉心支持構造物（ボルト等を除く）の許容値に関する抜粋

表 CSS-3110-1 応力強さの限界(ボルト等を除く)

応力の分類 供用状態	一次応力		二次応力	ピーク応力	特別な応力限界
	一般膜応力	曲げ応力	膜応力と曲げ応力		
	$P_m$	$P_b$	$Q$		
設計条件	$P_m$ $S_m$ 弾性解析 または $\frac{2}{3}P_{cr}$ 極限解析(注1) または $0.44L_e$ 試験(注5)	$P_m+P_b$ $1.5S_m$ 弾性解析 または $\frac{2}{3}P_{cr}$ 極限解析(注1) または $0.44L_e$ 試験(注5)	評価不要	評価不要	—
供用状態A およびB			$P_m+P_b+Q$ $3S_m$ 弾性解析 または $P_m+P_b+Q+F$ $S_a$ 疲労解析	$P_m+P_b+Q+F$ $S_a$ 疲労解析	支圧荷重 $S_y$ または 平均支圧応力 $1.5S_y$ せん断荷重 $0.6S_m$ 平均せん断応力 $0.8S_m$ 最大ねじりせん断応力
供用状態C	$P_m$ $1.5S_m$ 弾性解析 または $P_{cr}$ 極限解析(注1) または $0.6L_e$ 試験(注5)	$P_m+P_b$ $2.25S_m$ 弾性解析 または $P_{cr}$ 極限解析(注1) または $0.6L_e$ 試験(注5)	評価不要	評価不要	供用状態A およびB の1.5倍
供用状態D	$P_m$ $\frac{2.4S_m}{2/3S_u}$ (注2, 注3) 弾性解析 $\frac{2}{3}S_u$ (注4) または $0.9P_{cr}$ 極限解析(注1) または $0.8L_e$ 試験(注5)	$P_m+P_b$ $\frac{3.6S_m}{S_u}$ (注2, 注3) 弾性解析 $S_u$ (注4) または $0.9P_{cr}$ 極限解析(注1) または $0.8L_e$ 試験(注5)	評価不要	評価不要	供用状態A およびB の2倍

- (備考)
- (注1) 供用状態D以外の  $P_{cr}$  は  $1.5 S_m$  の値を降伏点として計算した崩壊荷重の下限である。供用状態Dの  $P_{cr}$  は  $\text{MIN}[2.3S_m, 0.7S_u]$  の値を降伏点として計算した崩壊荷重の下限である。
  - (注2) 2つのうちのいずれか小さい方の値をとる。
  - (注3) オーステナイト系ステンレス鋼および高ニッケル合金に適用する。
  - (注4) オーステナイト系ステンレス鋼および高ニッケル合金以外の材料に適用する。
  - (注5)  $L_e$  はプロトタイプまたはモデル試験により評価を行う場合の最大荷重である。
  - (注6) 実線は応力に基づく評価、破線は荷重に基づく評価を示す。

図3-3 J SME 設計・建設規格 炉心支持構造物(ボルト等を除く)の許容値に関する抜粋

### 3.2 極限解析による評価

極限解析は、3次元FEMモデルを用いて、弾完全塑性体の物性値を入力した解析により崩壊荷重の下限（ $P_{cr}$ ）を求め、求めた崩壊荷重の下限から許容荷重を設定ものである。極限解析フローを図3-4に示す。

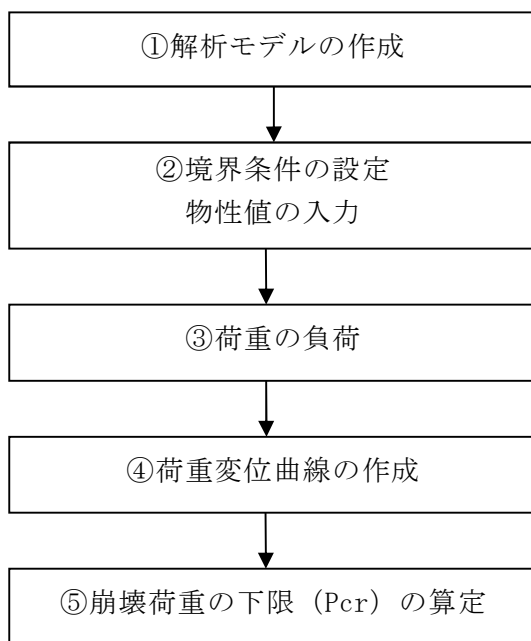


図3-4 極限解析フロー

#### ① 解析モデルの作成

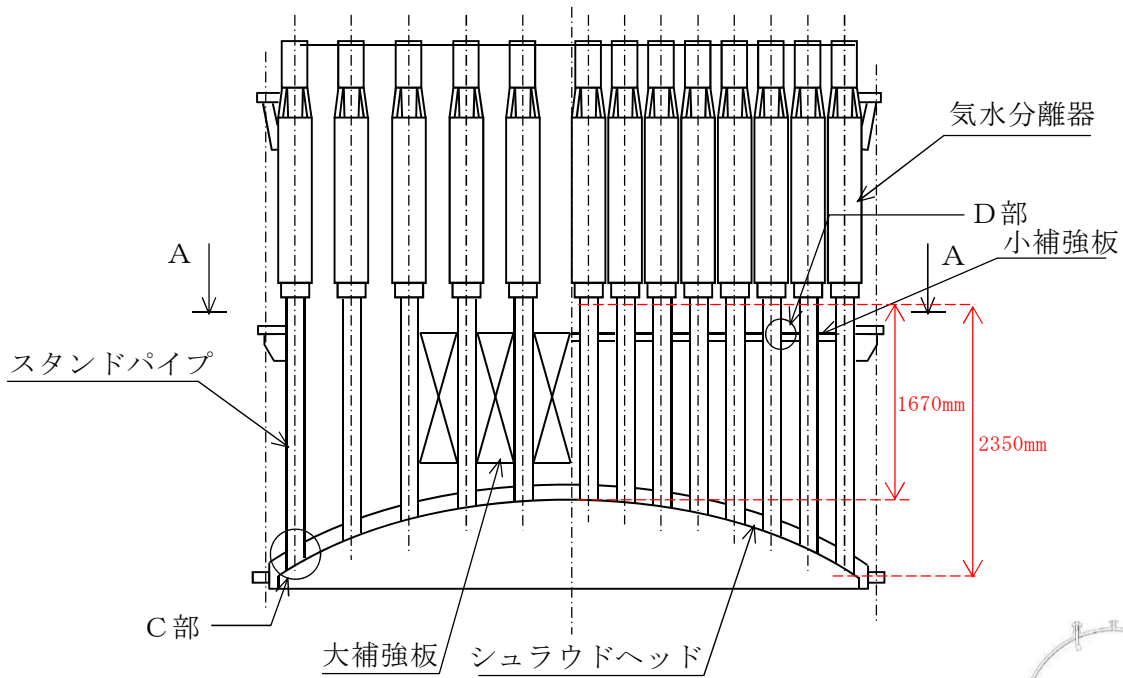
気水分離器及びスタンドパイプは、図3-5に示すとおり、シュラウドヘッド穴部に差し込まれ内外面を溶接にて取り付けている。気水分離器に作用する地震時の荷重は、スタンドパイプを介してシュラウドヘッドへ伝達される構造となっている。また、各スタンドパイプは大小の補強板で連結されている。

今回の評価では、1本のスタンドパイプが耐えることができる許容荷重を極限解析により求め、1本に掛かる地震荷重と比較することにより健全性を確認するため、解析においては、1本のスタンドパイプに着目してソリッド要素にてモデル化することとする。モデル図を図3-6に示す。

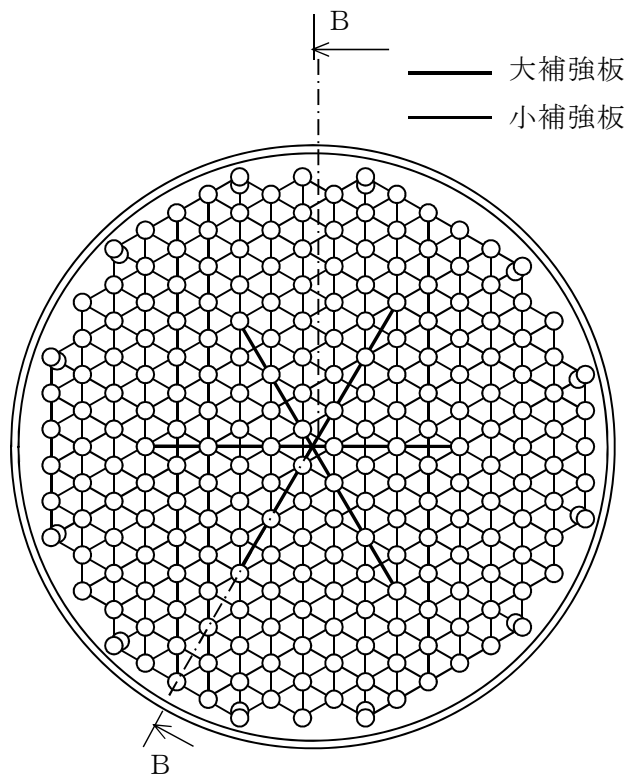
モデルは評価上厳しくなる構造不連続部であるスタンドパイプ付根部の許容荷重を設定する観点から、付根部を含むスタンドパイプの一部分（スタンドパイプ長さ1000mmまで）をモデル化する。

また、解析モデルはスタンドパイプがシュラウドヘッドに対して平面に取り付く中

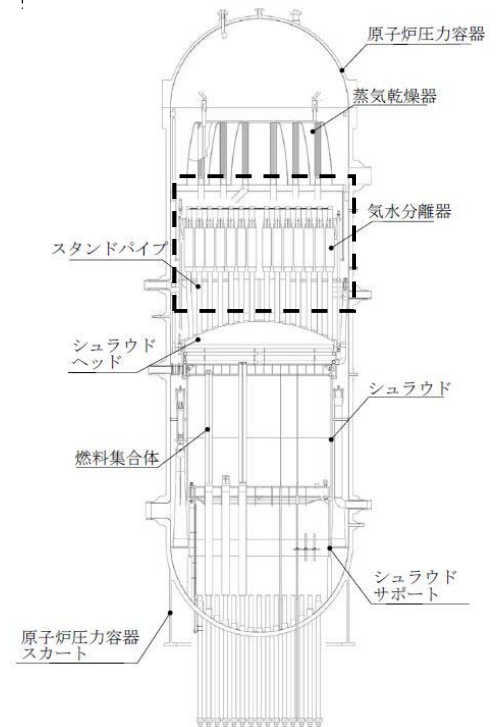
央位置及び斜めに取り付く最外周位置の2種類のモデルとする。



B～B断面図



A～A断面図



原子炉压力容器内部構造物

図3-5 炉内構造物（気水分離器及びスタンドパイプ）構造概要図(1/2)

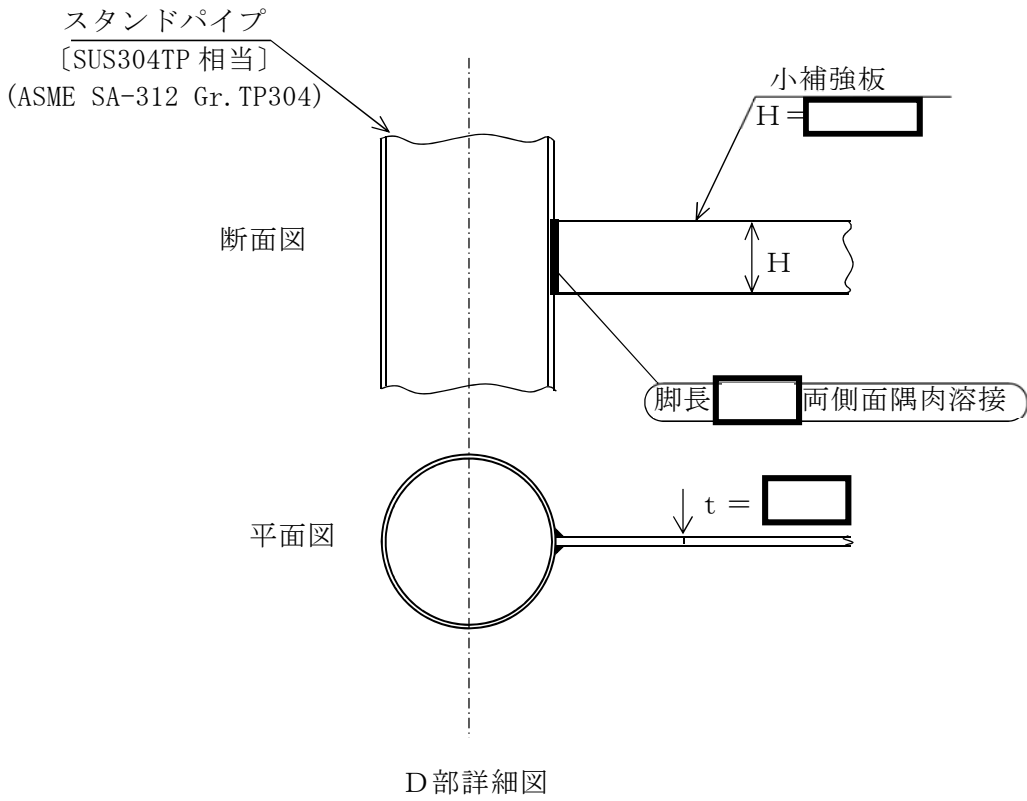
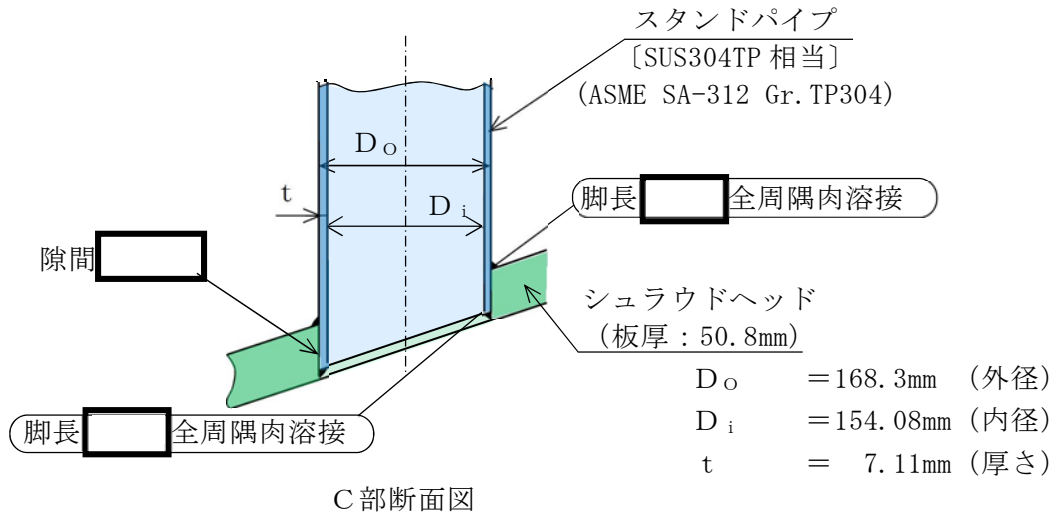
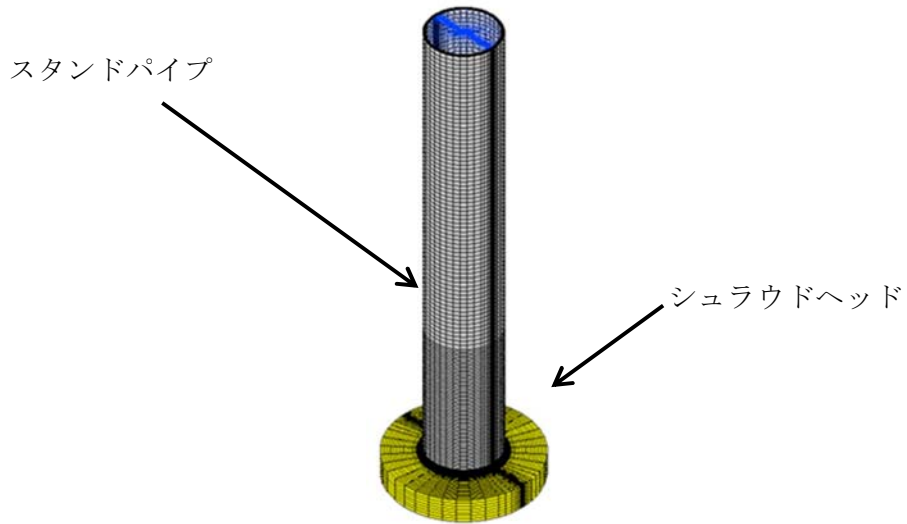


図 3 - 5 炉内構造物 (気水分離器及びスタンドパイプ) 構造概要図 (2/2)



溶接部

Welding part

図 3 - 6 極限解析に用いる解析モデル概要図 (中央位置)

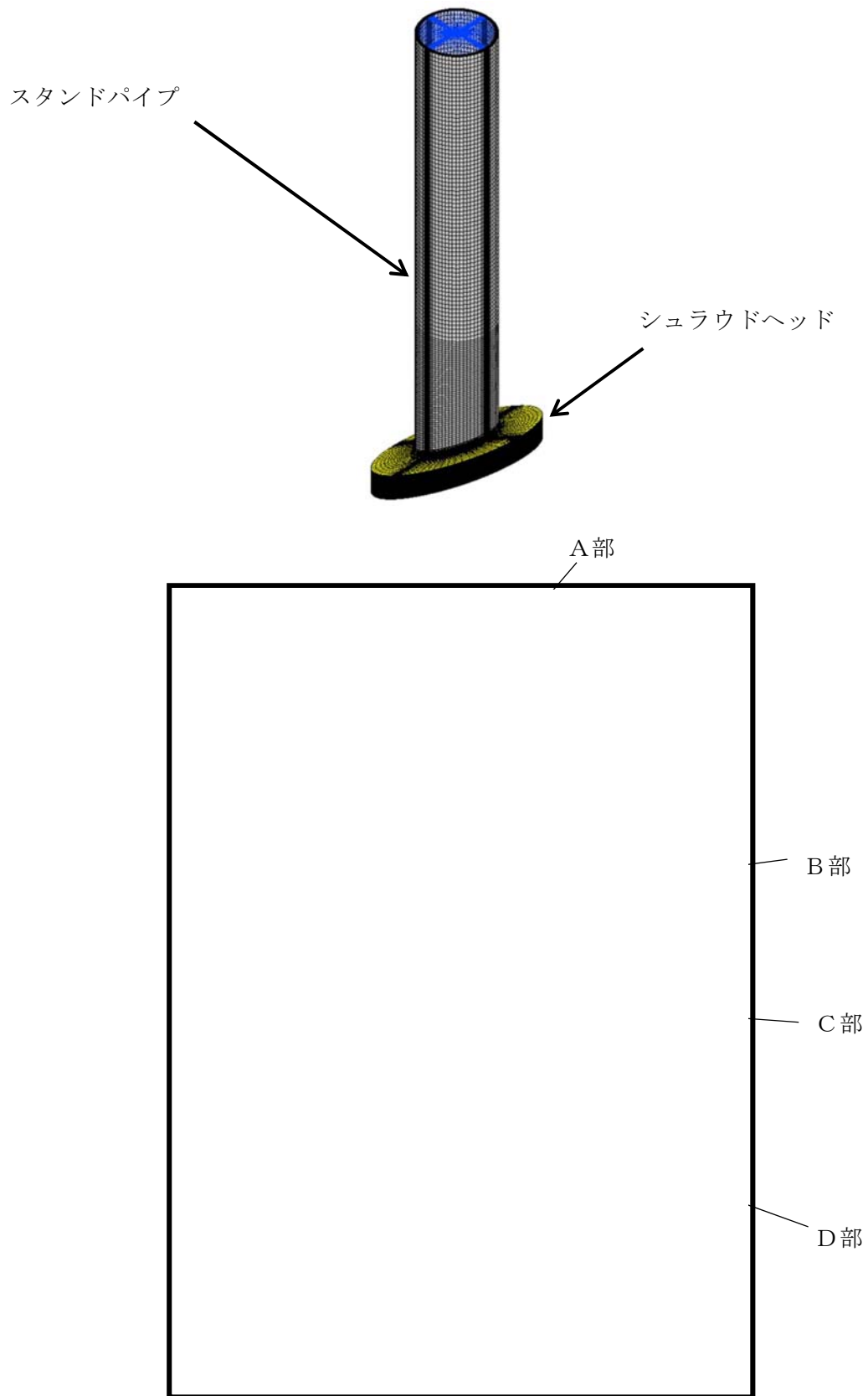
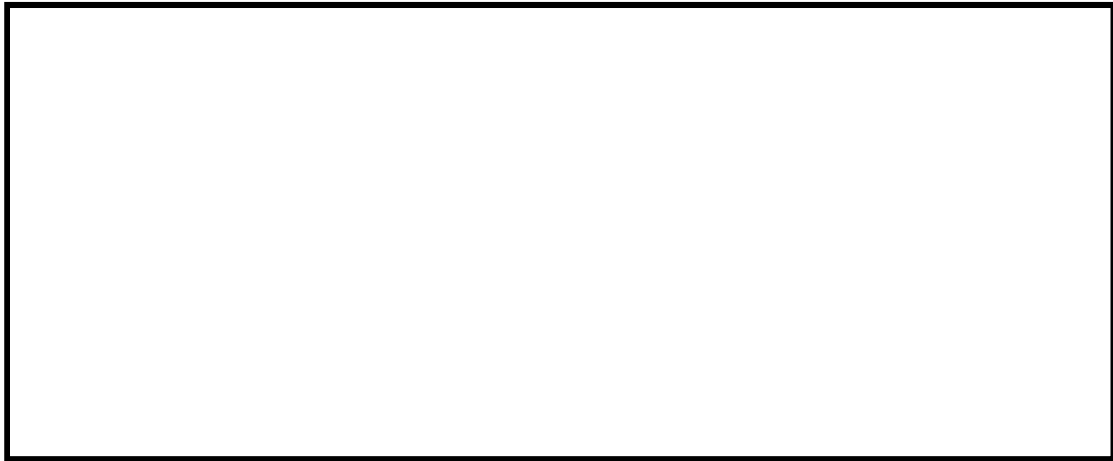


図 3 - 6 極限解析に用いる解析モデル概要図 (最外周位置)





A部詳細

B部詳細



C部詳細

D部詳細

図 3 - 6 極限解析に用いる解析モデル概要図 (最外周位置)

## ② 境界条件及び物性値

解析モデルの境界条件を図3-7に示す。境界条件として、モデル化したシュラウドヘッドの端部を完全固定としている。

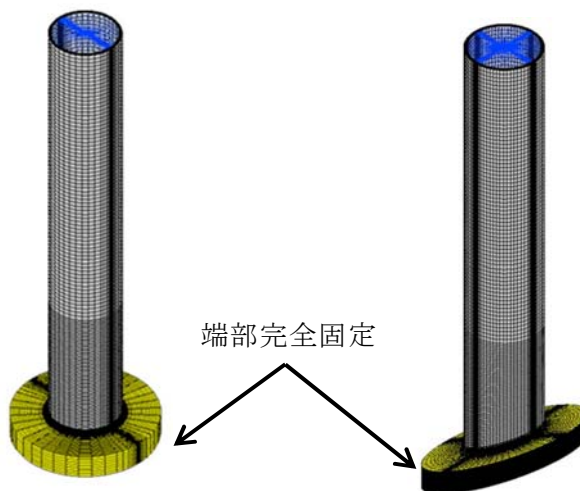


図3-7 解析モデルの境界条件

解析モデルの物性値は、許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sにおける許容荷重を求める際には、J S ME 設計・建設規格 CSS-3160 に規定されているとおり、 $2.3S_m$  と  $0.7S_u$  の小さい方を材料の降伏点とした弾完全塑性体、許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sにおける許容荷重を求める際には、同じく、 $1.5S_m$  を材料の降伏点とした弾完全塑性体を入力する(表3-3, 図3-8 参照)。また、シュラウドヘッドとスタンドパイプは溶接にて取り付けられており、溶接部は母材と同等の強度を有しているため、物性値は母材と同じとしている。

表 3 - 3 解析モデルに使用する材料の物性値

材料	ヤング率 ×10 <sup>5</sup> [MPa]	降伏応力[MPa]		
		許容応力状態 IV <sub>A</sub> S		許容応力状態 III <sub>A</sub> S
		0.7Su	2.3Sm	1.5Sm
スタンドパイプ SUS304TP	1.76	273	264	172
シュラウドヘッド SUS304				

注：運転状態 I 及び II の最高使用温度（301℃）に対する物性値を使用

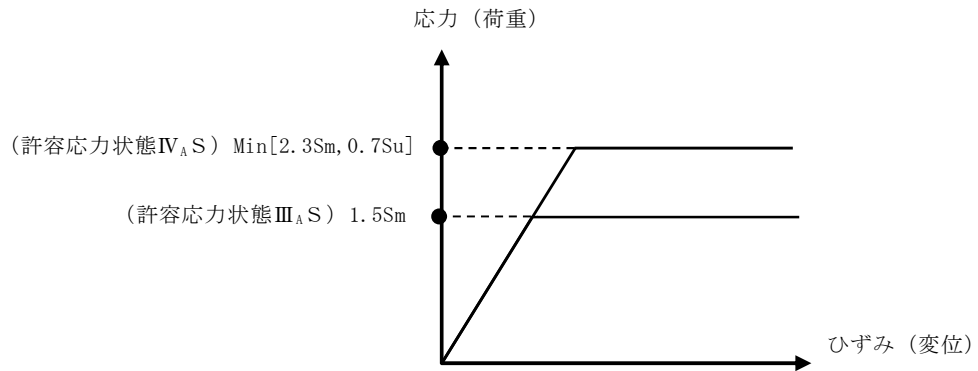


図 3 - 8 弾完全塑性体として応力とひずみの関係

### ③ 荷重の負荷

#### (1) 荷重の負荷に対する考慮

スタンドパイプはシュラウドヘッドとの取付部である付根部が構造不連続部であり評価上厳しい部位となるため、付根部が耐えることができる許容荷重を極限解析にて求める。

付根部の許容荷重と地震荷重との比較のため、地震荷重が有する3成分（水平荷重、鉛直荷重、モーメント）を有する負荷荷重とし、地震荷重の3成分のそれぞれの比率が等しくなるように負荷荷重を設定する。

また、荷重の負荷位置については、地震時に受ける荷重との整合性の観点から、モデル上端面から荷重を負荷する（以下、「入力荷重」という。）。

入力荷重に対して付根部が受ける荷重（以下、「出力荷重」という。）には、出力荷重の方が入力荷重の水平荷重によるモーメントの分だけ荷重が増加する。このため、出力荷重に対して地震荷重が有する3成分の比率が等しくなるように入力荷重を設定する。

#### (2) 荷重の負荷方向に対する考慮

##### a. 鉛直荷重方向

鉛直荷重の入力方向については、自重による荷重分だけ下向き方向の方が厳しい評価となるため、鉛直荷重は下向きとする。

##### b. 水平荷重方向

###### (a) 中心位置モデル

中心位置の水平荷重方向については、鉛直方向に対して軸対称モデルであることから、入力方向に対して許容荷重への影響はないと考えられるため、1方向とする。

###### (b) 最外周位置モデル

最外周位置の水平荷重方向については、鉛直方向に対して面对称モデルであることから、入力方向に対して許容荷重への影響があると考えられることから入力方向に対する検討を行う。

具体的には、入力荷重を中心方向、中心方向と反対のリング方向、周方向の3ケースについて実施する。

c. モーメント方向

モーメントの入力方向については，中心位置及び最外周位置共に，地震荷重との方向の整合性の観点から水平荷重方向と同じ向きとする。

中心位置及び最外周位置の入力荷重方向を図 3 - 9 に示す。

(3) 入力荷重の設定

入力荷重と出力荷重の関係はつり合いの関係から，以下のとおりとなる。(図 3 - 10 参照)

a. 鉛直荷重

入力荷重と出力荷重は等しくなる

b. 水平荷重

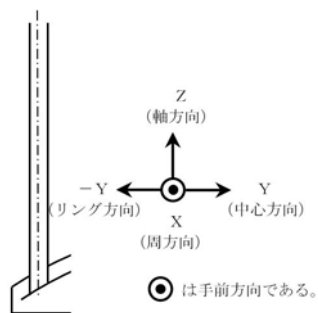
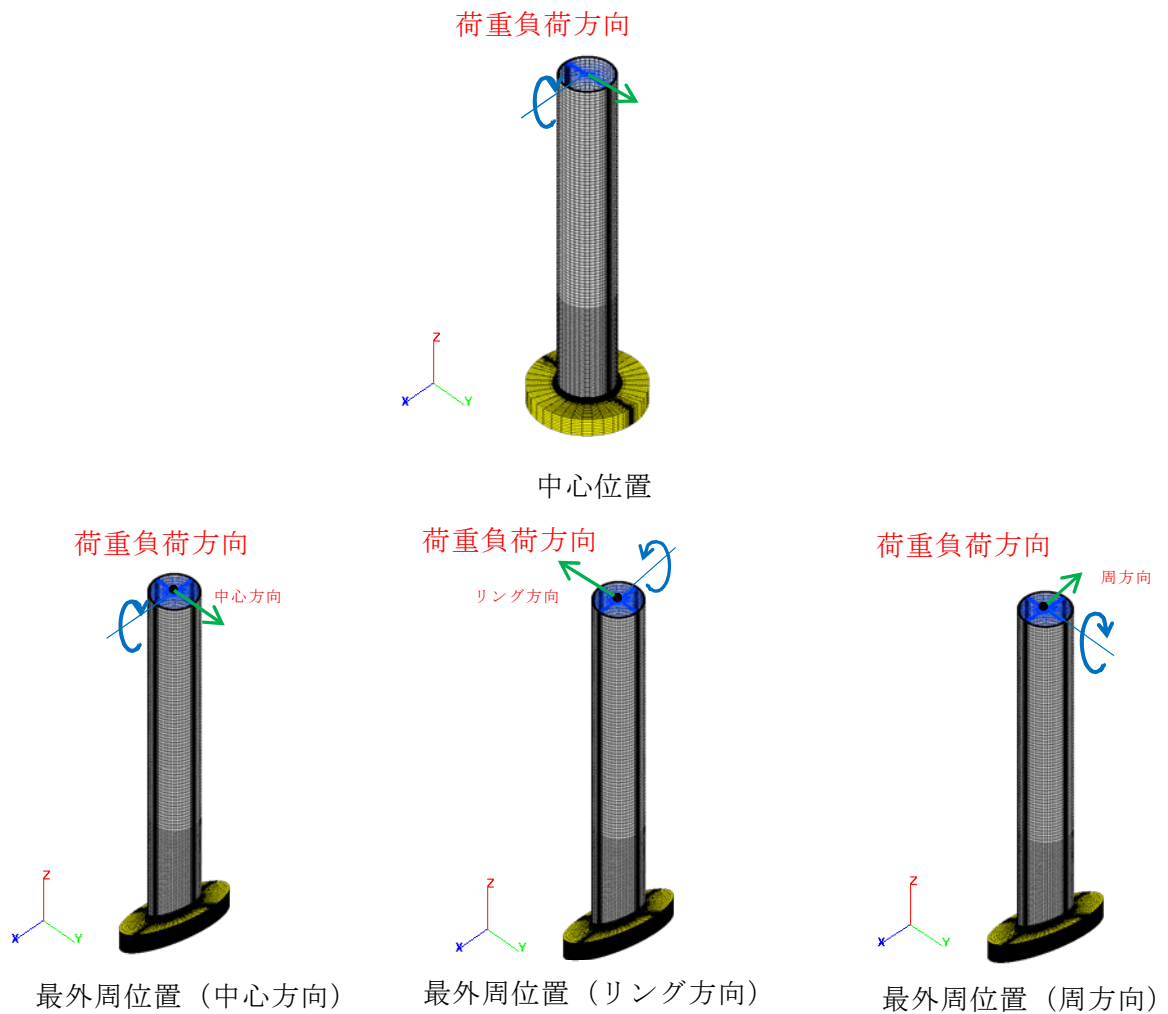
入力荷重と出力荷重は等しくなる

c. モーメント

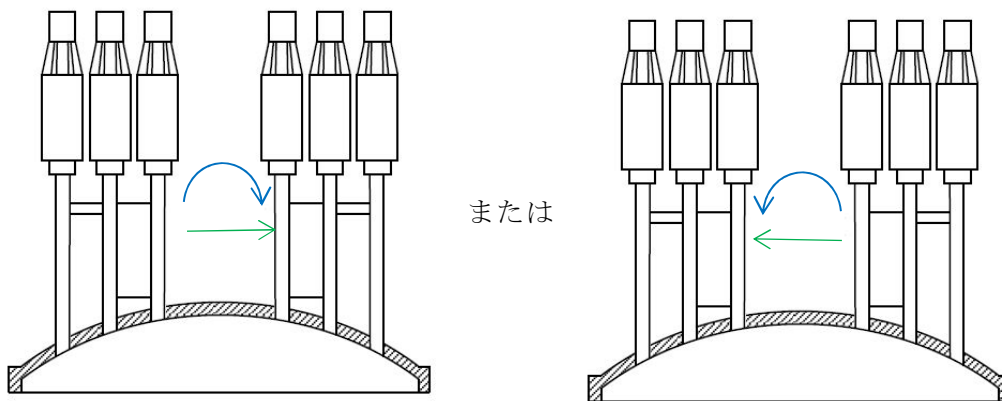
入力荷重に対して出力荷重は，水平の入力荷重と入力荷重位置と出力荷重位置の距離によるモーメントの分だけ荷重の絶対値は増加する。

(4) その他初期設定条件

入力荷重の他に初期設定条件として，圧力差(0.10MPa)による荷重及び自重による荷重を考慮する。

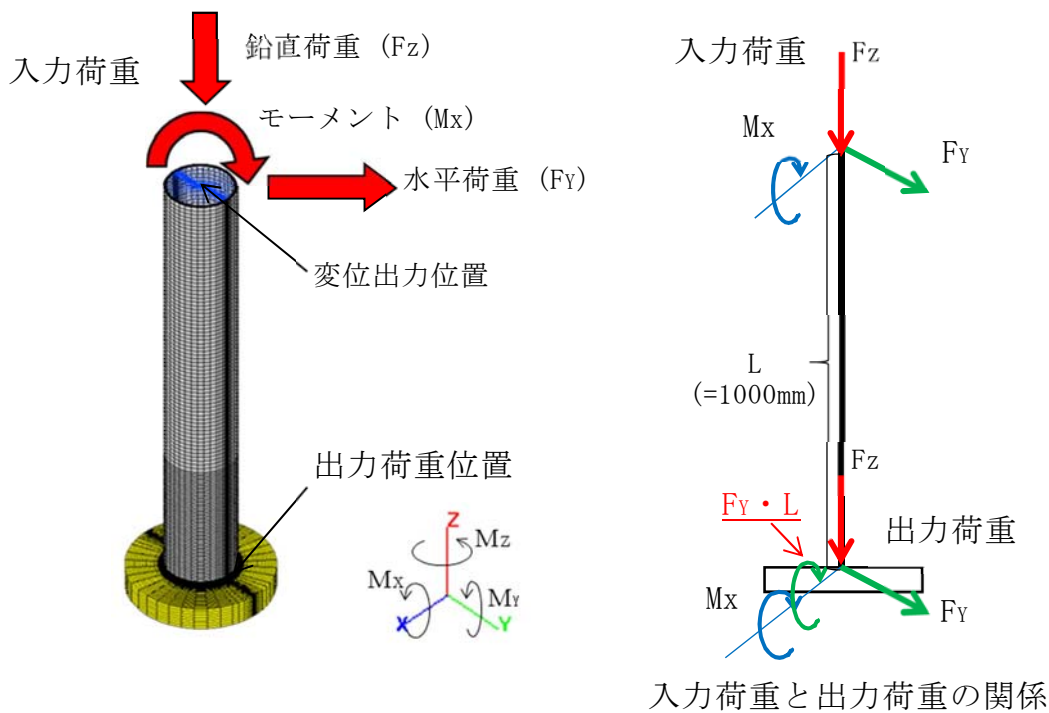


最外周位置の荷重入力方向は左図に示すとおり。



地震荷重方向

図 3 - 9 入力荷重の方向と地震荷重方向の関係



評価用入力荷重 (S s 地震用 倍率 1.0 倍時)

入力荷重成分		S s 地震評価用
鉛直荷重	$F_{Z(IN)}$	-1819.26 [N]
水平荷重	$F_{Y(IN)}$	10251.9 [N]
モーメント	$M_{X(IN)}^{*}$	$-1.91312 \times 10^7$ [N·mm]

※スタンドパイプ付根部が受ける荷重（出力荷重）と地震荷重の鉛直、水平、モーメントの比率のそれぞれが等しくなるようにするため、入力荷重のモーメントは水平荷重 $F_Y$ によってスタンドパイプ付根部に発生するモーメント（ $F_Y \cdot L$ ）を出力荷重から除いた値としている。

入力荷重と出力荷重の関係

$$|M_{X(OUT)}| = |M_{X(IN)}| + |F_Y \cdot L|$$

$M_{X(OUT)}$  : 出力荷重（モーメント）

$F_Y \cdot L$  : 付根部までの距離（L）により付根部に発生する荷重（モーメント）

評価用出力荷重 (S s 地震用 倍率 1.0 倍時)

出力荷重成分		S s 地震評価用
鉛直荷重	$F_{Z(OUT)}$	-1819.26 [N]
水平荷重	$F_{Y(OUT)}$	10251.9 [N]
モーメント	$M_{X(OUT)}$	$-2.93831 \times 10^7$ [N·mm]

S s 地震荷重 (平均地震荷重)

荷重成分		S s 地震
鉛直荷重	$F_Z$	-1819.26 [N]
水平荷重	$F_Y$	10251.9 [N]
モーメント	M	$-2.93831 \times 10^7$ [N·mm]

図 3 - 1 0 荷重の負荷

#### ④ 荷重変位曲線の作成

入力荷重の倍率を段階的に増加させ付根部に荷重を負荷し、FEM解析にてその時の付根部の荷重（出力荷重）と変位（上端部中心位置）をプロットし、荷重－変位曲線を作成する（図3-11参照）。

なお、荷重－変位曲線の荷重は出力荷重を  $S_s$  又は  $S_d$  地震荷重で除した各地震荷重に対する荷重倍率で示す。

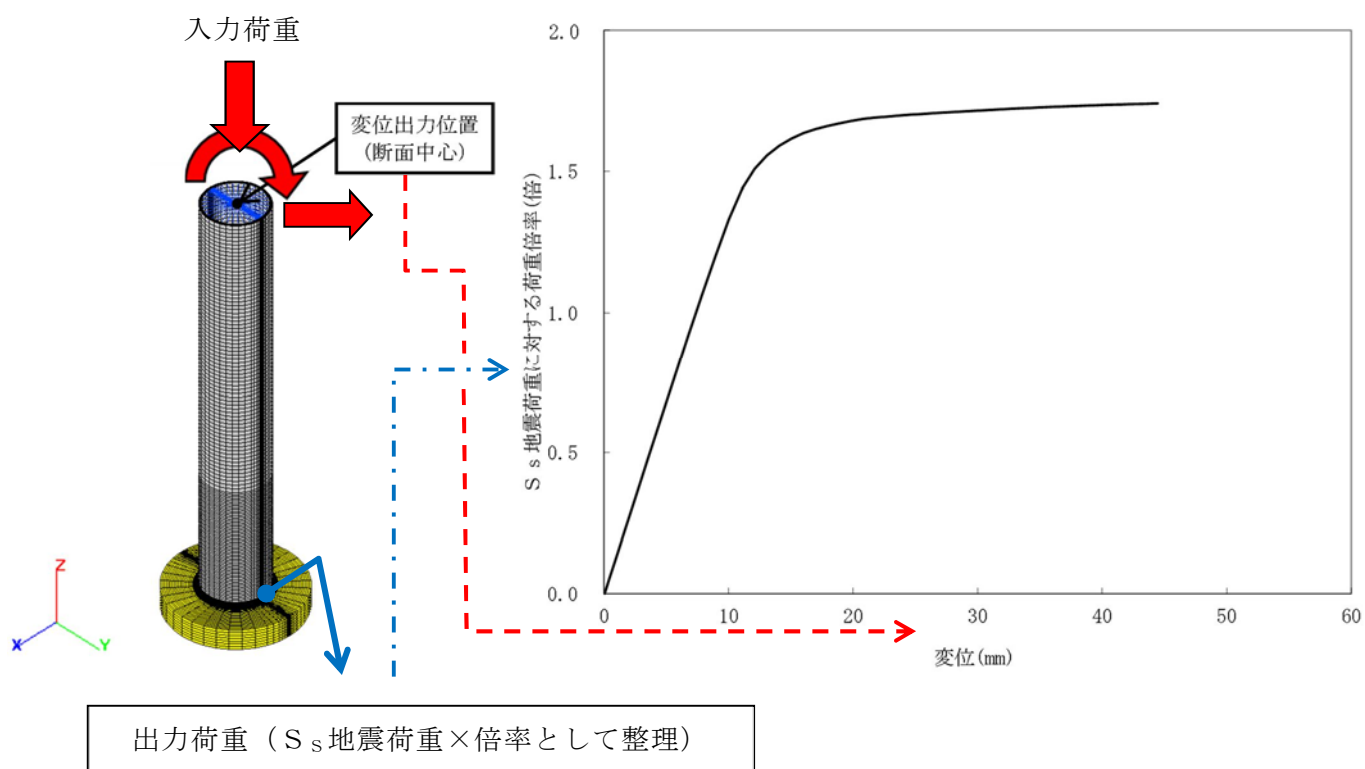


図3-11 荷重変位曲線の作成 ( $S_s$ 地震に対する評価の例、中心位置の場合)



## ⑤ 崩壊荷重の下限 (Pcr) の算定

④にて作成した荷重変位曲線を基に崩壊荷重の下限 (Pcr) を算定する。

S<sub>s</sub>地震時及びS<sub>d</sub>地震時の崩壊荷重の下限 (Pcr) の算定結果を図3-12～17及び表3-4に示す。S<sub>s</sub>地震荷重及びS<sub>d</sub>地震荷重は時刻歴応答解析に地盤物性のばらつきに対する考慮として、それぞれの地震荷重を1.5倍している。また、最外周については、S<sub>s</sub>地震荷重に対して裕度が低い周方向ケースにて代表して評価を実施している。

ここで、崩壊荷重の下限は、J S M E 設計・建設規格 CSS-3160 から「荷重とそれによる変形量の関係直線に対して、弾性範囲の関係曲線の勾配の2倍の勾配を有する直線が交わる点に相当する荷重」と定義されている(図3-18参照)。

崩壊荷重とは、ひずみ硬化を含まない理想的な弾完全塑性体の材料からなる構造物が荷重を受けて、全断面降伏又は座屈限界に達し、これ以上の荷重を加えると構造物が不安定になって変形が際限なく増加するときの荷重をいう。

算定結果から中央位置と最外周位置では若干ではあるが中央位置のほうが厳しい結果となっている。これは、3次元FEMモデルで詳細にモデル化した場合、斜めに取り付く方が付根部の溶接長さが若干増加し、Pcrが増加したものと考えられる。

今回の極限解析では直接荷重を負荷することにより付根部に局所応力の影響を受けないようシュラウドヘッドからの距離を十分に取り観点から、モデル長さを1000mmとし、荷重を負荷し、その位置での変位を変位出力位置としている。モデル長さを変化させた場合、出力荷重である付根部の荷重は上端面からの入力荷重にモデル長さが変わることによって生じる水平荷重によるモーメントの影響を考慮していることから変化しない。

モデル長さを1000mm, 1500mm, 2000mm, 2500mmに変化させた場合の荷重変位曲線を図3-19図に、評価結果を表3-5に示す。変位量は変化するが、長さを変えた場合においても崩壊荷重の下限 (Pcr) に対して影響がないことを確認した。これは、構造物が不安定になって変形が際限なく増加するときの挙動は構造不連続部である付根部によるものであり、モデル長さを変化させた場合においても、変形挙動は変化しないためである。

崩壊荷重の下限 (Pcr) での応力・ひずみ分布図を図3-20～23に示す。スタンドパイプとシュラウドヘッドの付根部に最大応力・ひずみが発生し、約13%の相当塑性

ひずみが断面内の極一部で発生しているが、断面全体としては塑性域が広がっておらず、塑性崩壊は起きていない。

また、スタンドパイプの材料であるオーステナイト系ステンレス鋼は延性材料であり、材料の伸びの規格値は34%である。今回の最大ひずみが生じている箇所は溶接部であるが、これに比べても十分に小さい。極限解析は、規格に基づき弾完全塑性体としてモデル化し評価を実施しているため、本評価体系においても保守性を有している。以上から局所的に生じている約13%相当のひずみにより崩壊は至らないものとする。

シュラウドヘッドに差し込まれたスタンドパイプとシュラウドヘッドとの間の変位は微小であり、スタンドパイプとシュラウドヘッドが接触していないことを確認している。これは、シュラウドヘッドに差し込まれたスタンドパイプは両端を溶接で固定することで、変位が微小になったものとする。

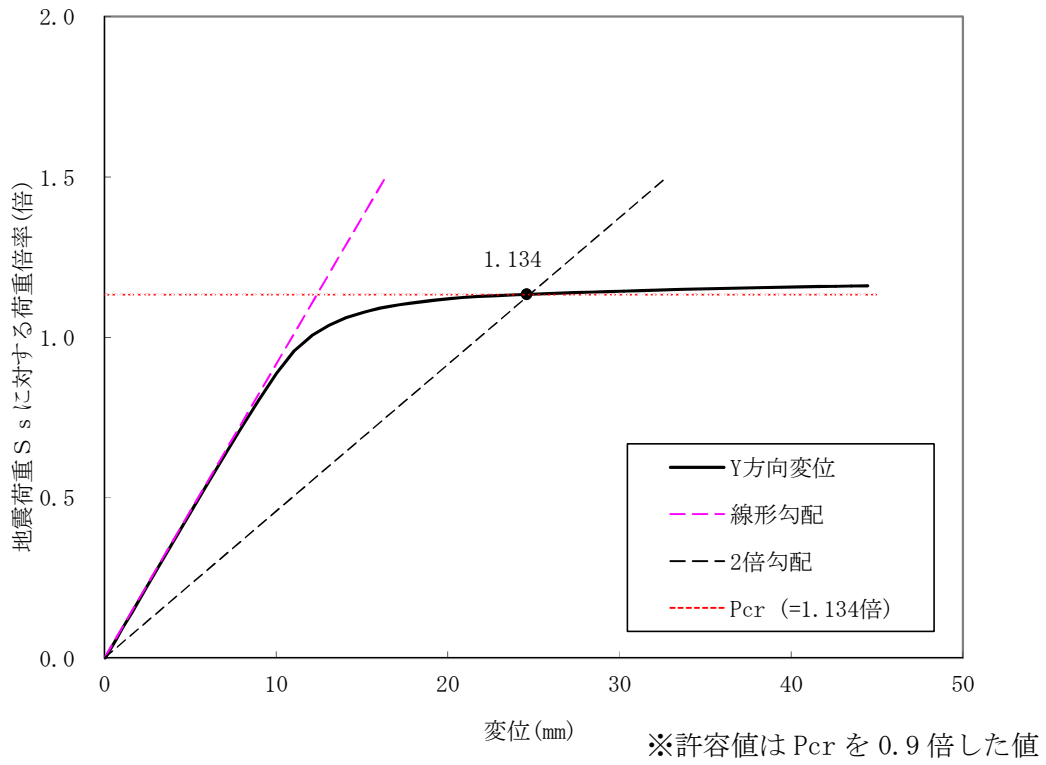


図 3-12  $S_s$ 地震時の崩壊荷重の下限の算定結果 (中心位置)

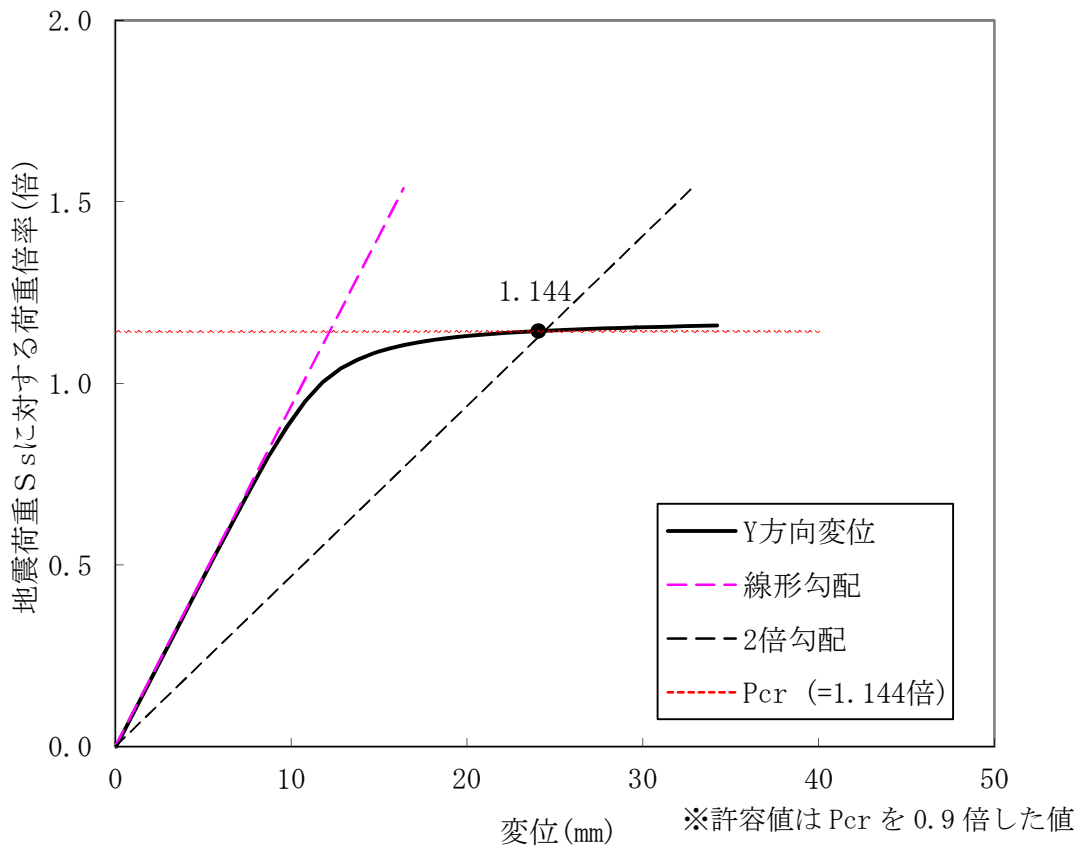


図 3-13  $S_s$ 地震時の崩壊荷重の下限の算定結果  
(最外周位置 中心方向に荷重負荷)

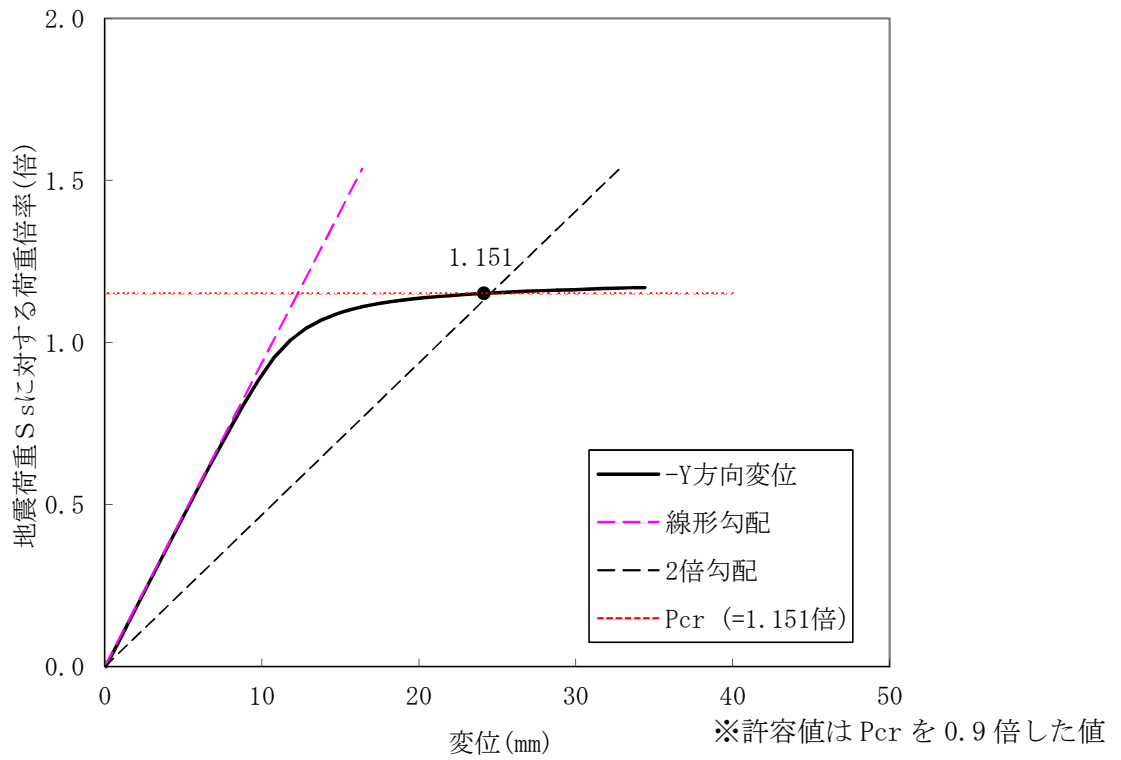


図 3-14  $S_s$ 地震時の崩壊荷重の下限の算定結果

(最外周位置 リング方向に荷重負荷)

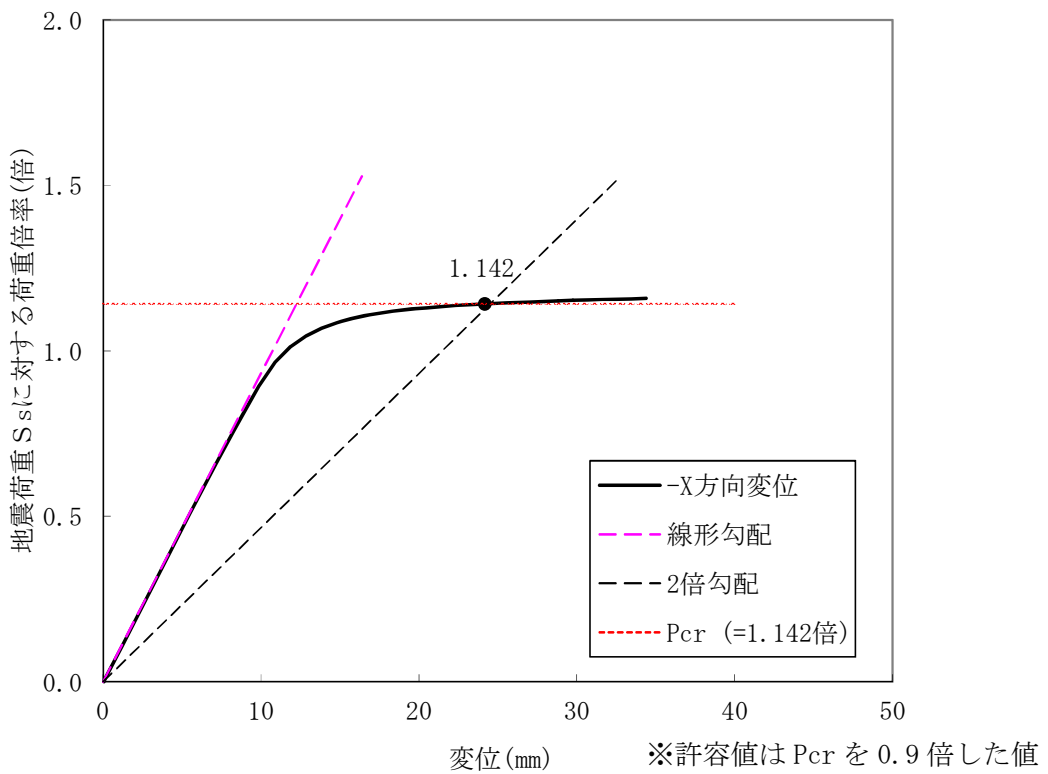


図 3-15  $S_s$ 地震時の崩壊荷重の下限の算定結果

(最外周位置 周方向に荷重負荷)

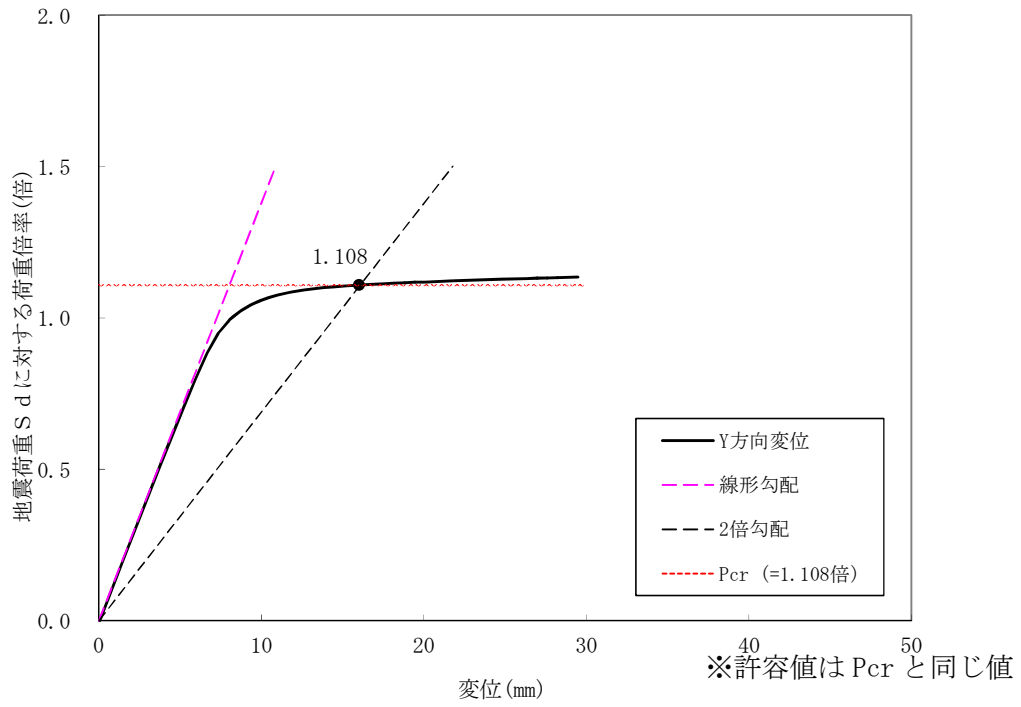


図 3-16  $S_d$ 地震時の崩壊荷重の下限の算定結果 (中心位置)

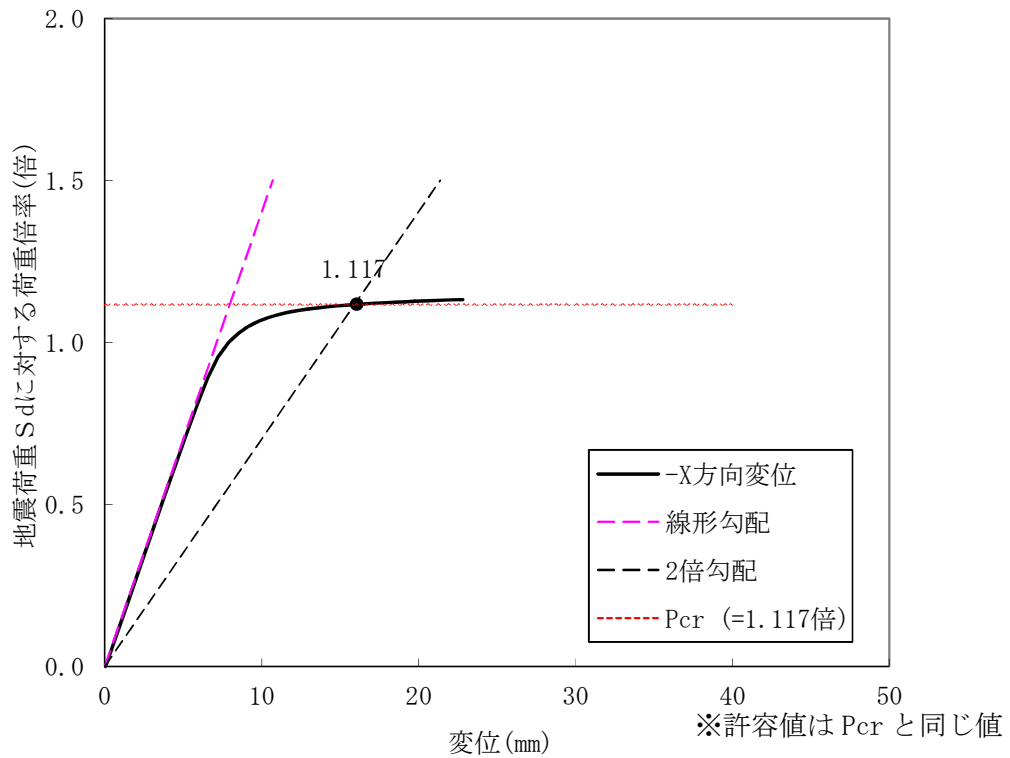


図 3-17  $S_d$ 地震時の崩壊荷重の下限の算定結果 (最外周位置 周方向に荷重負荷)

表 3-4 崩壊荷重の下限の算定結果

スタンドパイ ブ位置	水平力及びモー メント負荷方向	許容応力 状態	裕度 ( $P_{cr}$ /地震荷重)	裕度 <sup>※2</sup> (許容荷重/地震荷重)
中央部	—	Ⅳ <sub>A</sub> S	1.134	1.02
最外周部	中心方向	Ⅳ <sub>A</sub> S	1.144	1.02
	リング方向	Ⅳ <sub>A</sub> S	1.151	1.03
	周方向	Ⅳ <sub>A</sub> S	1.142	1.02
中央部	—	Ⅲ <sub>A</sub> S	1.108	1.10
最外周部	周方向 <sup>※1</sup>	Ⅲ <sub>A</sub> S	1.117	1.11

※1：中心方向，リング方向，周方向のうちⅣ<sub>A</sub>Sの裕度が最も低いものを実施  
 ※2：設計・建設規格 CSS-3160 に基づき許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sは0.9 $P_{cr}$ ，  
 許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sは $P_{cr}$ を許容荷重としている。

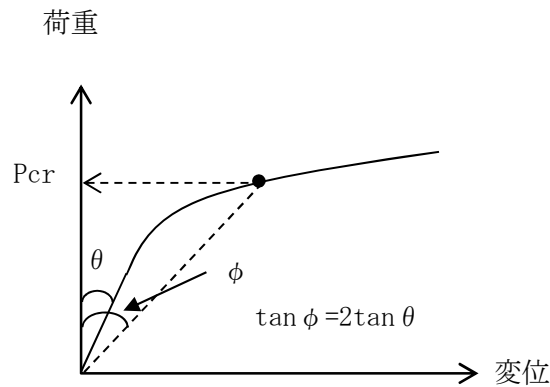
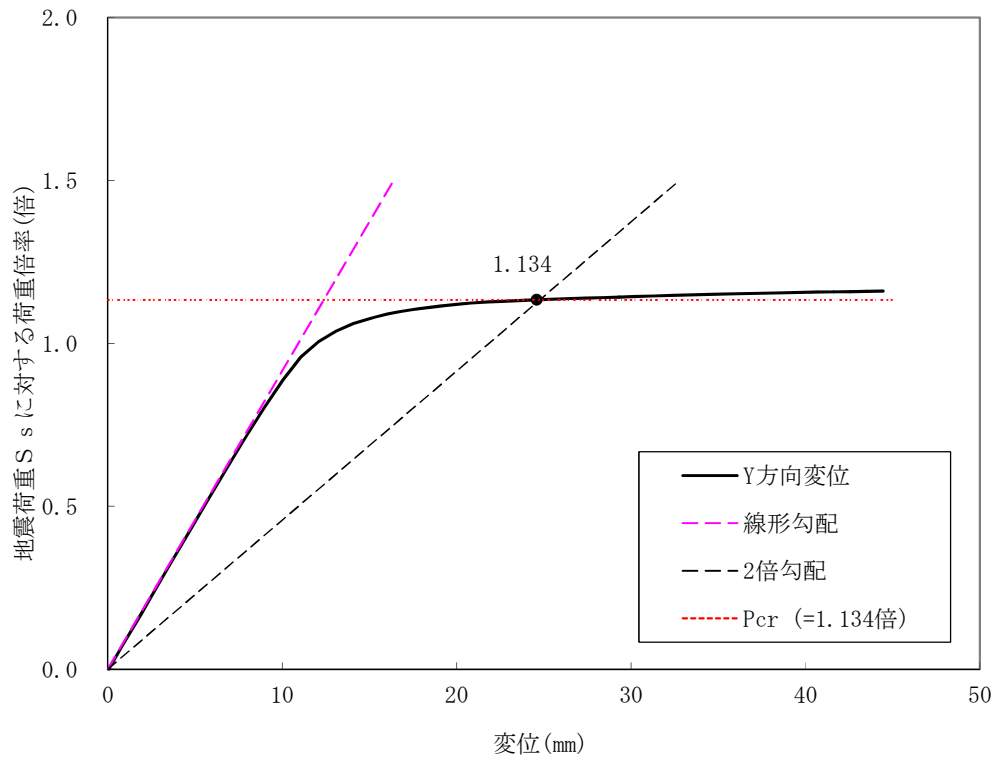
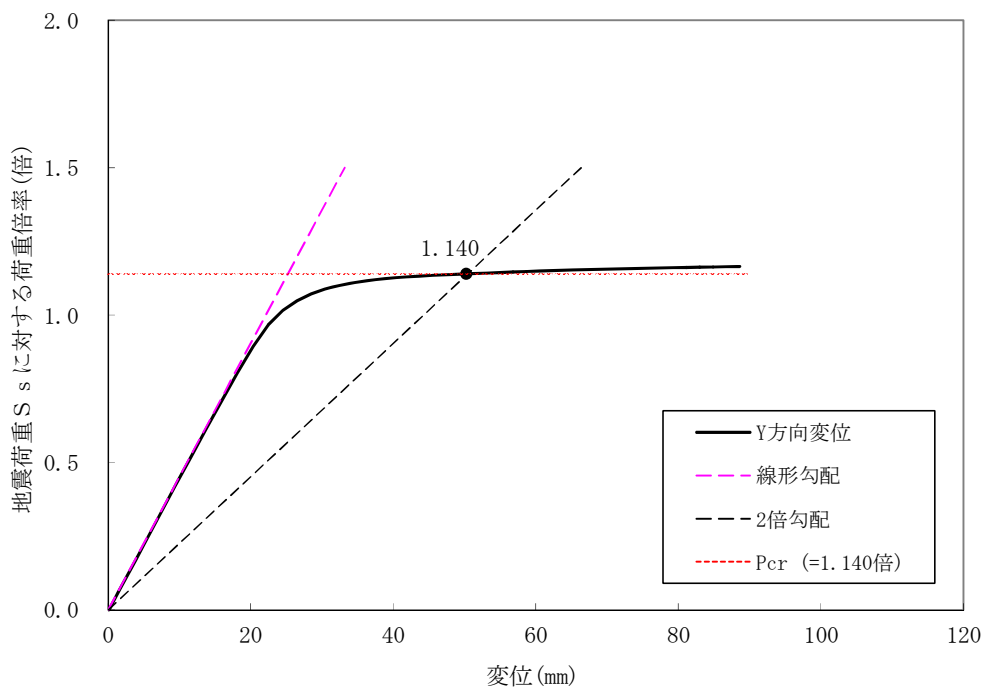


図 3-18 崩壊荷重の下限 ( $P_{cr}$ ) の定義

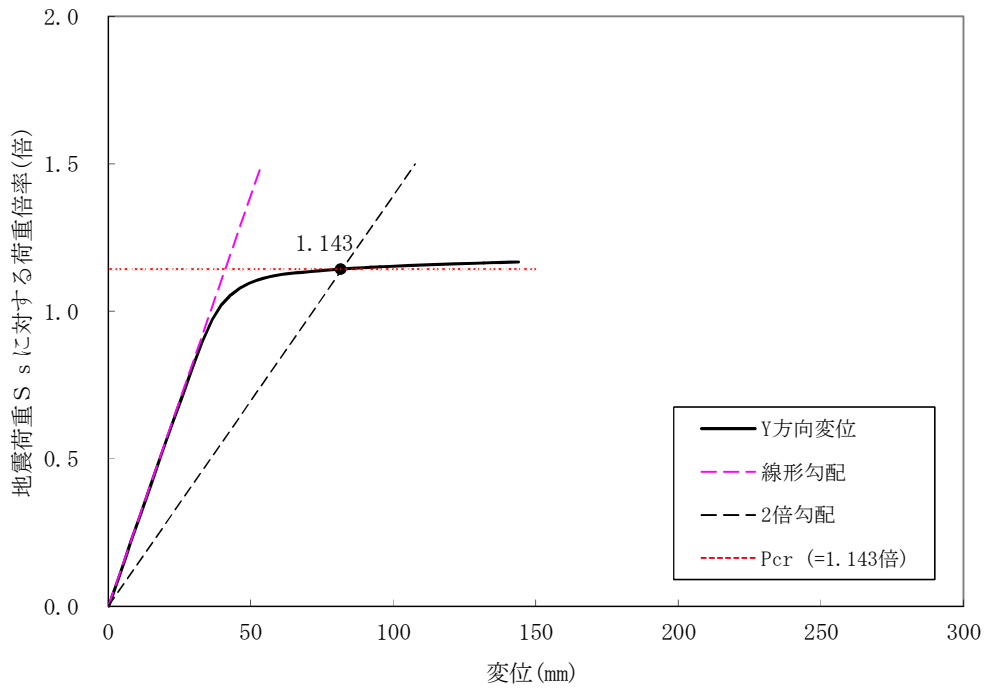


モデル長さ 1000m の場合

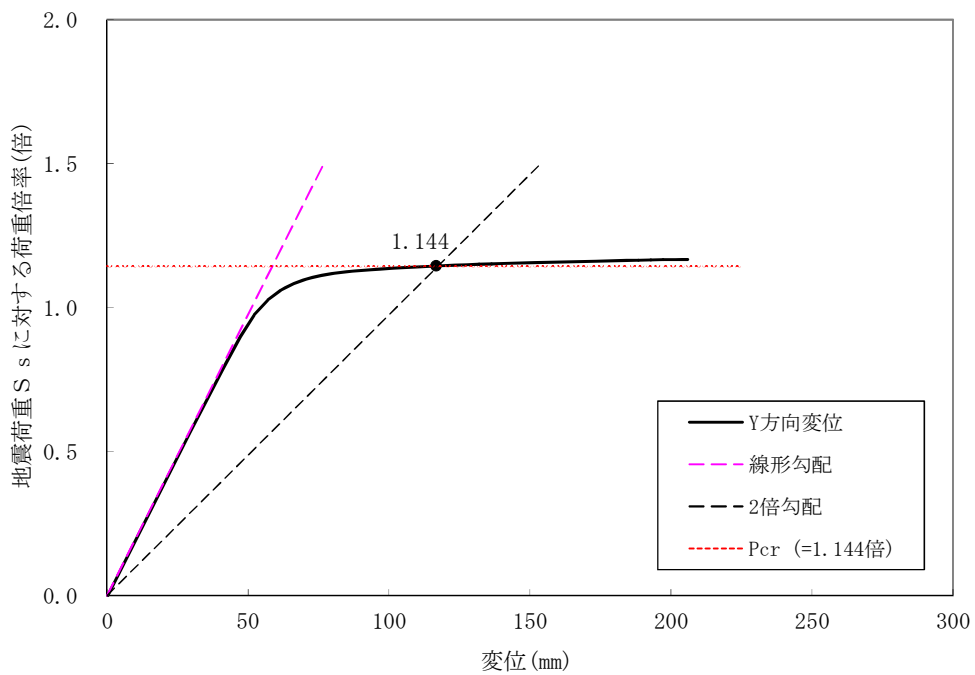


モデル長さ 1500mm の場合

図 3-19 長さを変化させた場合の極限解析結果 (1/2)



モデル長さ 2000mm の場合



モデル長さ 2500mm の場合

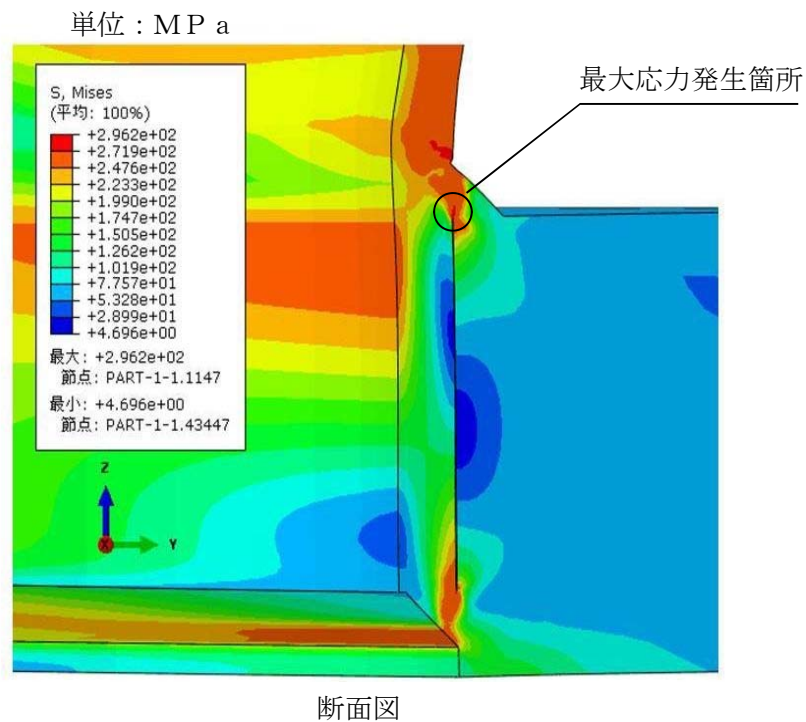
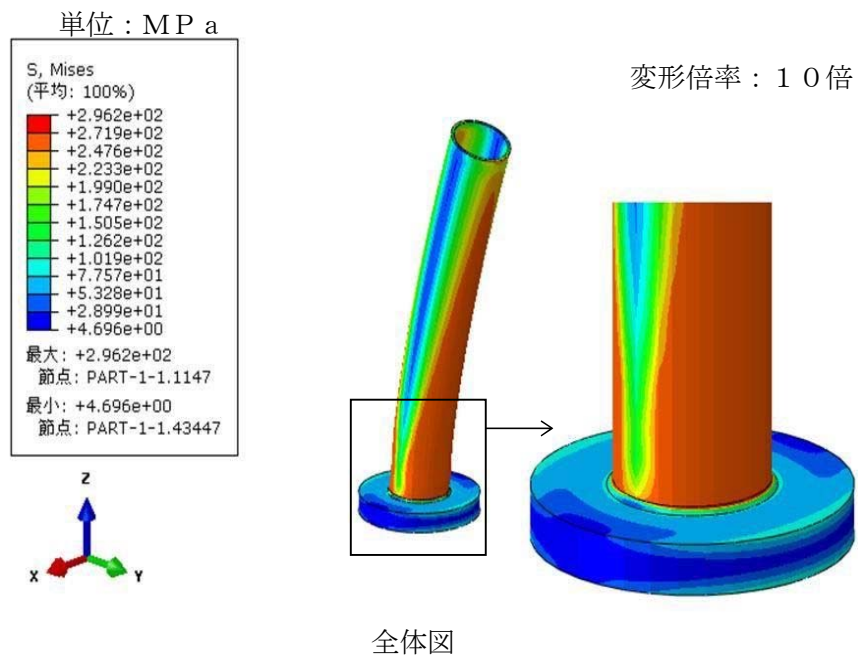
図3-19 長さを変化させた場合の極限解析結果 (2/2)



表 3-5 モデル長さを変化させたときの影響検討結果

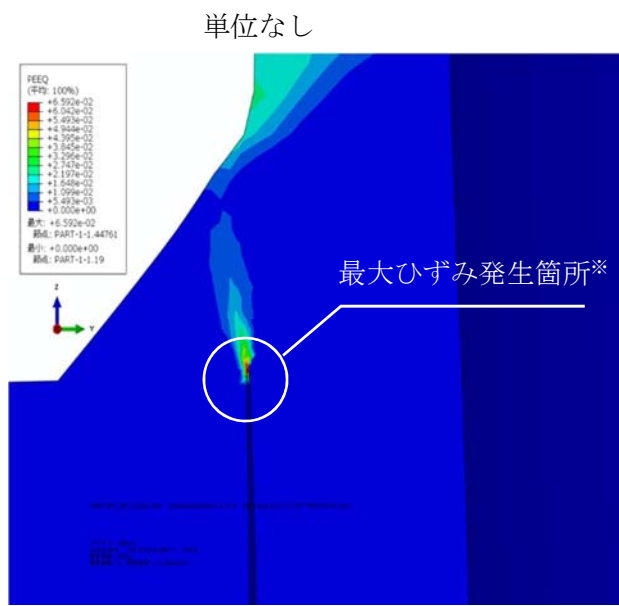
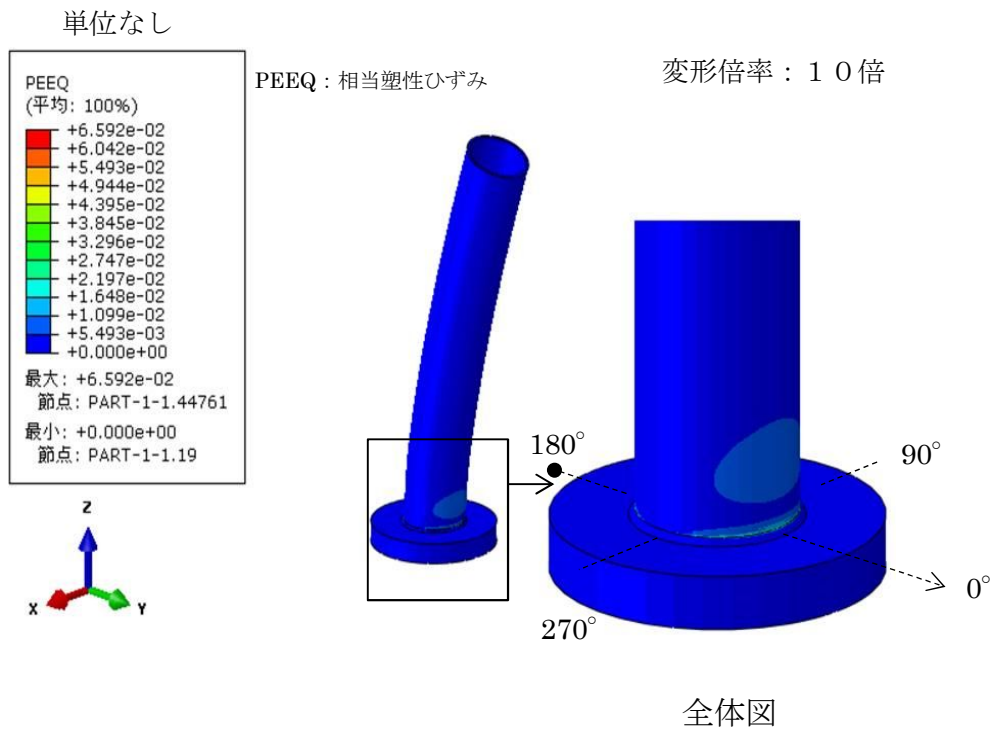
モデル長さ [mm]	許容応力 状態	裕度 (Pcr/地震荷重)	裕度 <sup>*</sup> (許容荷重/地震荷重)
1000	IV <sub>A</sub> S	1.134	1.02
1500	IV <sub>A</sub> S	1.140	1.02
2000	IV <sub>A</sub> S	1.143	1.02
2500	IV <sub>A</sub> S	1.144	1.02

※：設計・建設規格 CSS-3160 に基づき許容応力状態IV<sub>A</sub>Sは0.9Pcr を許容荷重としている。

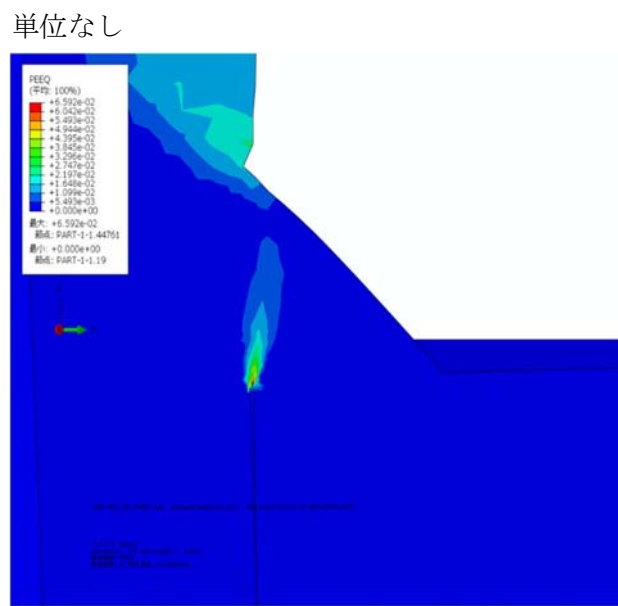


応力分布図

図3-20 崩壊荷重の下限 ( $P_{cr}$ ) での応力・ひずみ分布 (中心位置) (1/5)



180° 位置



0° 位置

ひずみ分布図

※: 最大ひずみはシュラウドヘッド

断面図

鏡板表面位置

図3-20 崩壊荷重の下限 (Pcr) での応力・ひずみ分布図 (中心位置) (2/5)

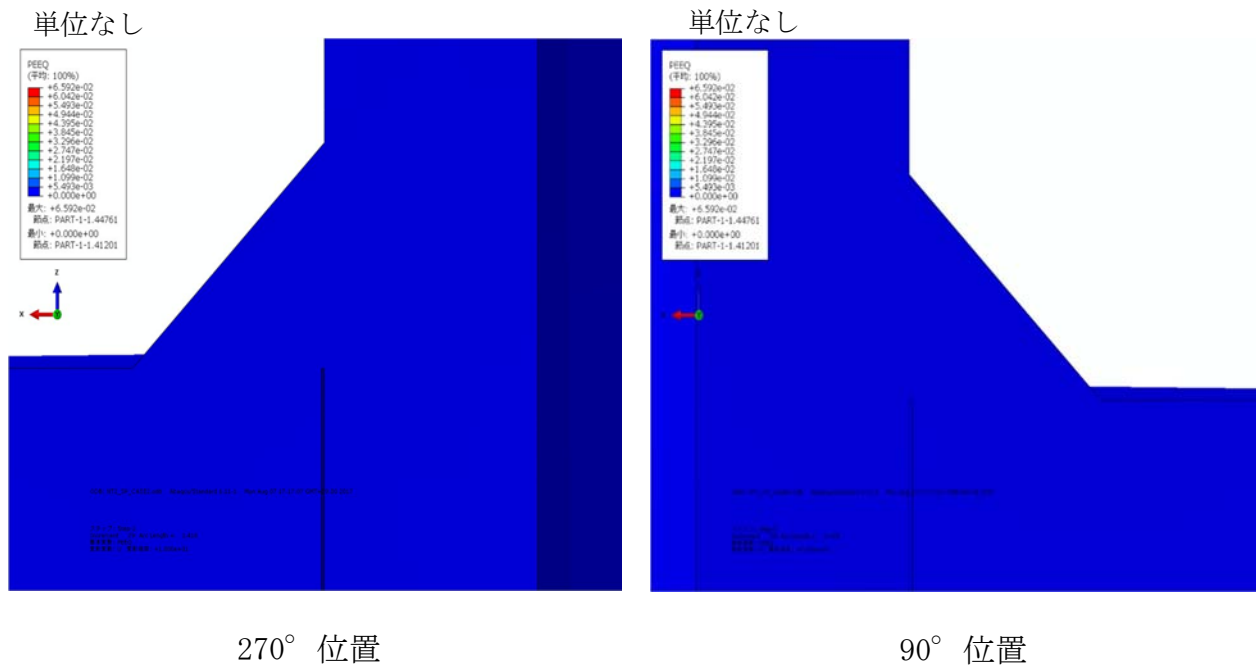
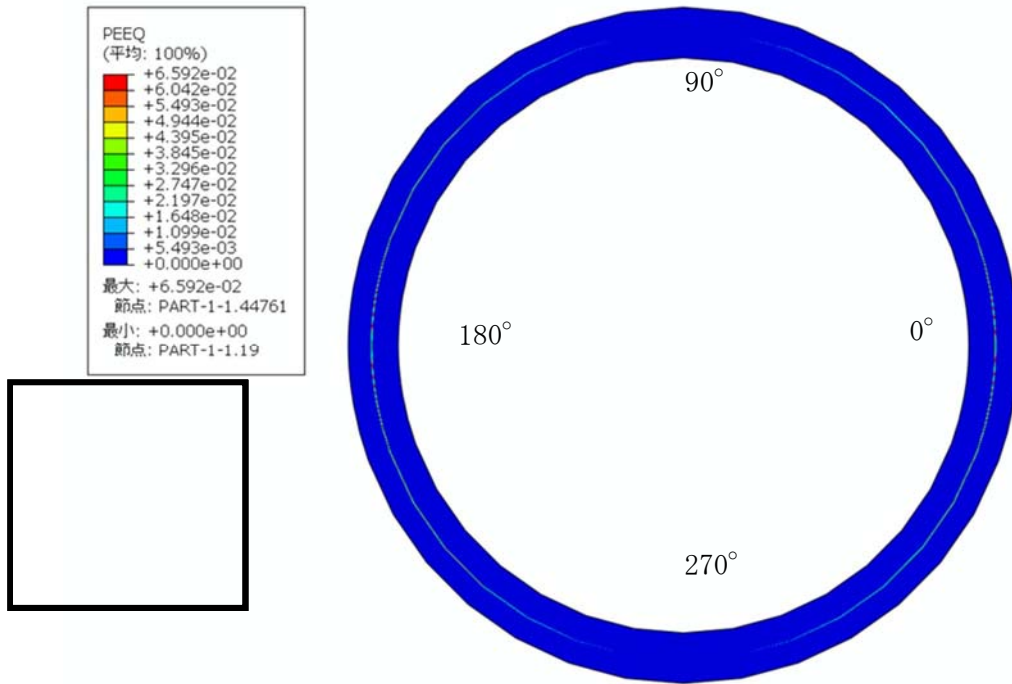


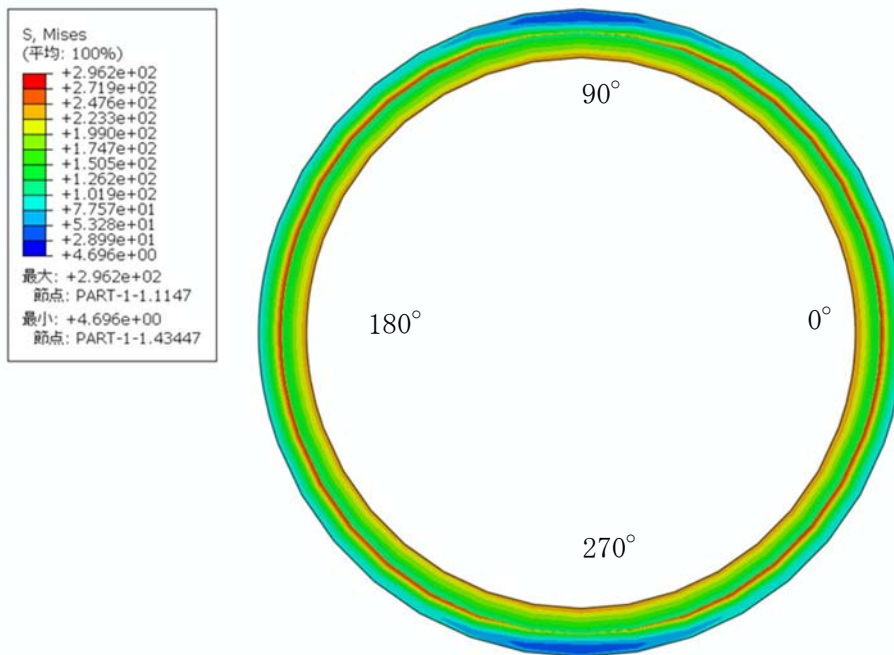
図 3 - 2 0 崩壊荷重の下限 (Pcr) での応力・ひずみ分布図 (中心位置) (3/5)

単位なし



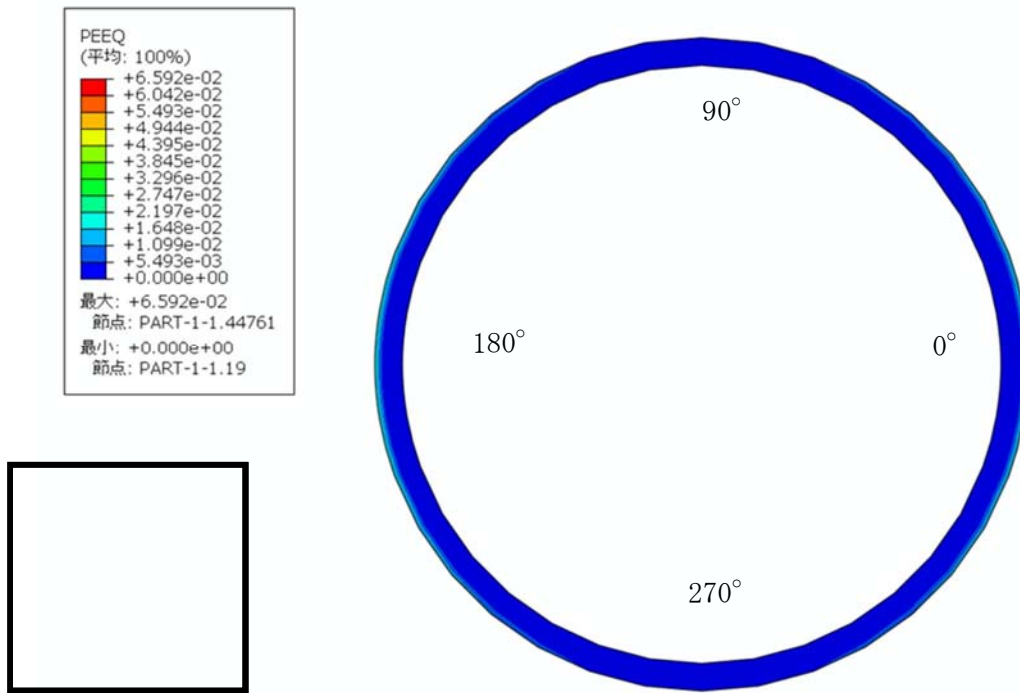
ひずみ分布図 (平面図) 最大ひずみ発生位置高さ

単位:MP a

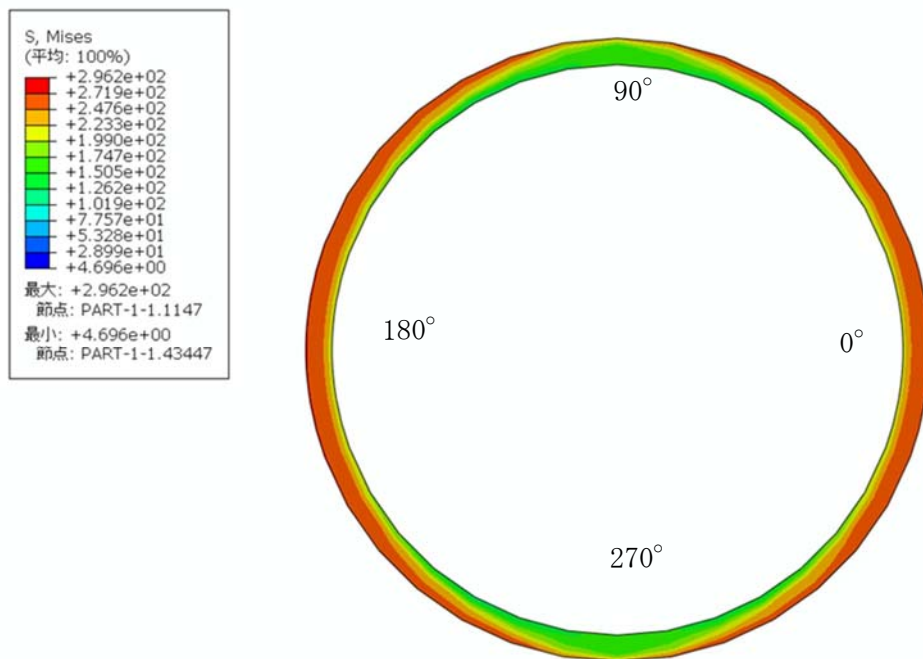


応力分布図 (平面図) 最大ひずみ発生位置高さ

図3-20 崩壊荷重の下限 ( $P_{cr}$ ) での応力・ひずみ分布図(4/5)

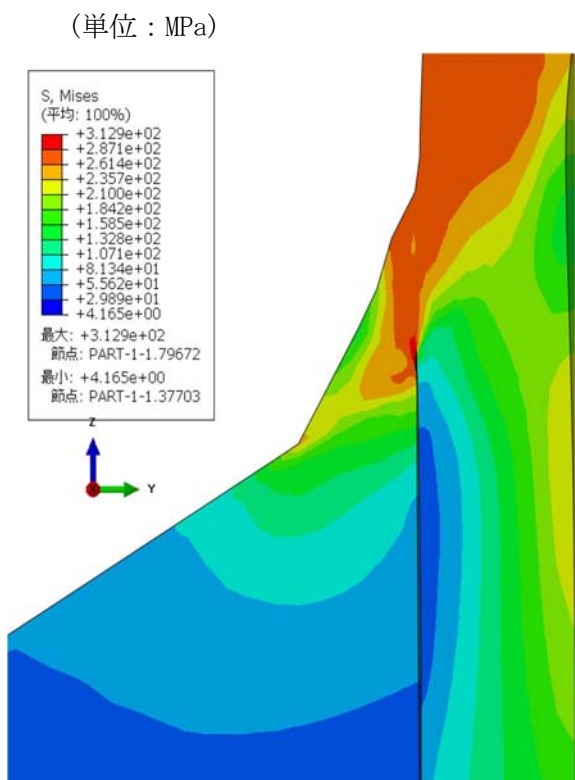
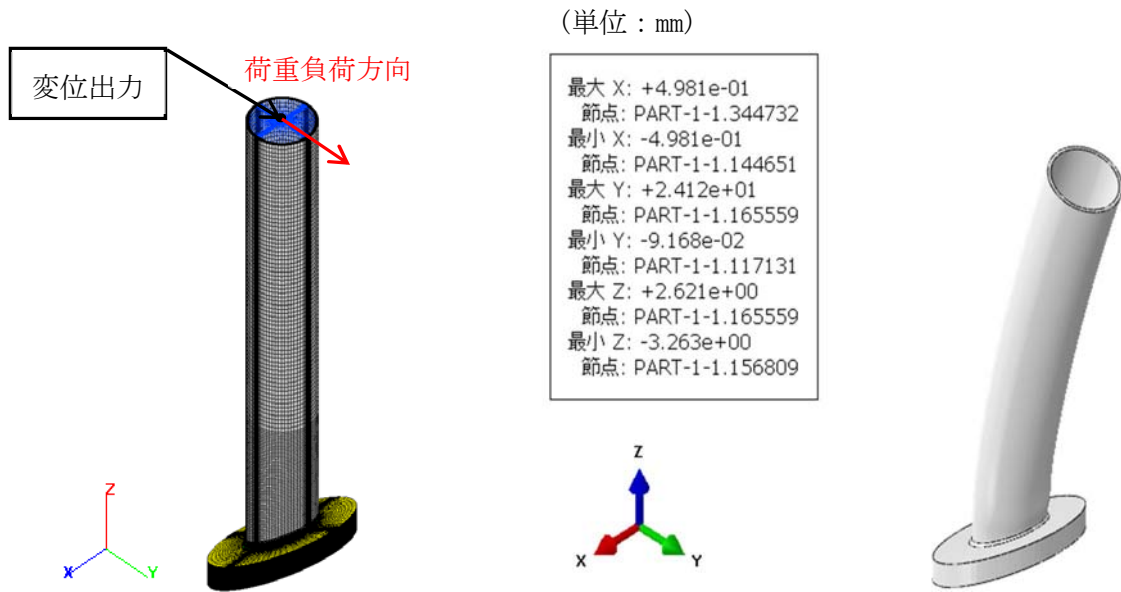


ひずみ分布図（平面図）隅肉溶接上端を含む位置

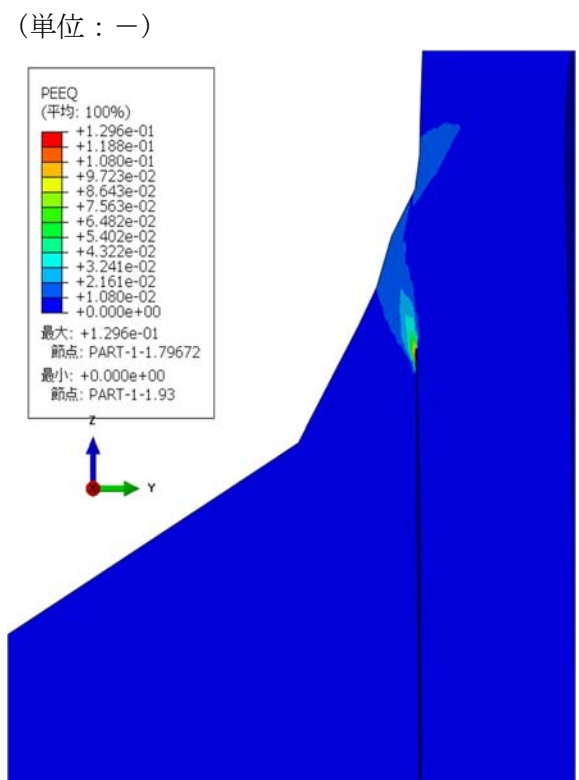


応力分布図（平面図）（隅肉溶接上端を含む位置）

図3-20 崩壊荷重の下限 ( $P_{cr}$ ) での応力・ひずみ分布図(5/5)

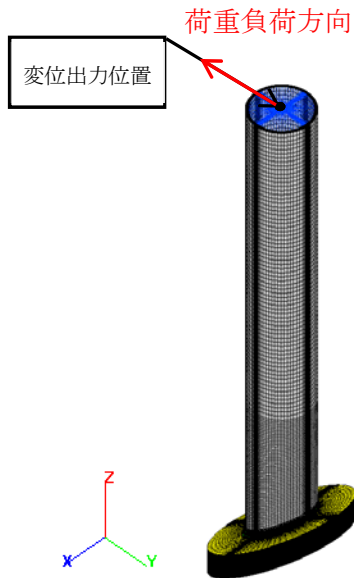


応力分布図(引張側断面)  
(2倍勾配交点)



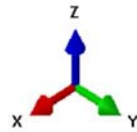
ひずみ分布図(引張側断面)  
(2倍勾配交点)

図3-21 崩壊荷重の下限 (Pcr) での応力・ひずみ分布図  
(最外周位置 中心方向に荷重負荷)

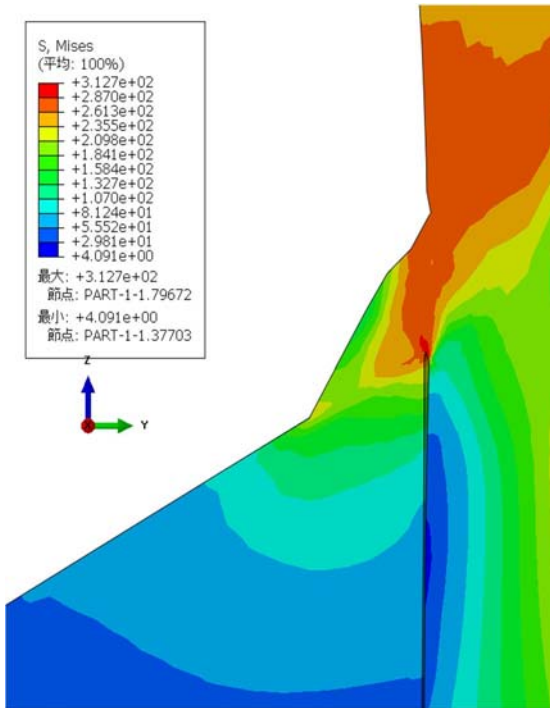


(単位 : mm)

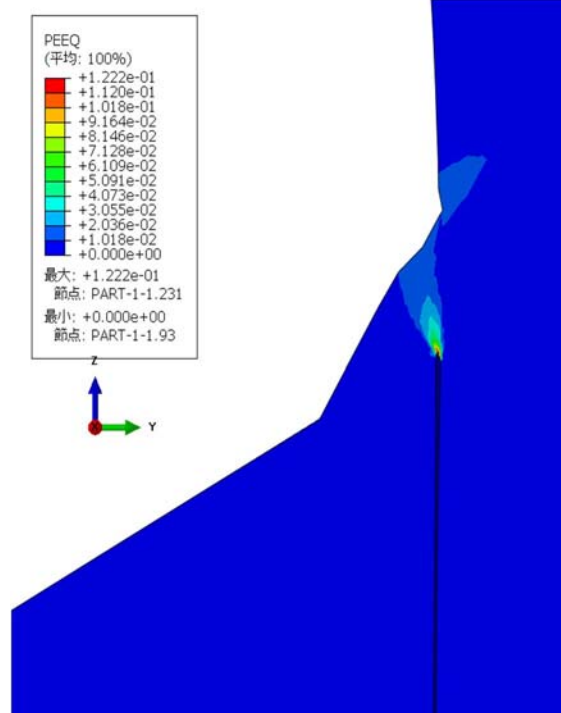
最大 X: +4.248e-01  
 節点: PART-1-1.144551  
 最小 X: -4.248e-01  
 節点: PART-1-1.344632  
 最大 Y: +9.590e-02  
 節点: PART-1-1.117126  
 最小 Y: -2.421e+01  
 節点: PART-1-1.156809  
 最大 Z: +2.607e+00  
 節点: PART-1-1.156809  
 最小 Z: -3.327e+00  
 節点: PART-1-1.165559



(単位 : MPa)



(単位 : -)



応力分布図 (圧縮側断面)

ひずみ分布図 (圧縮側断面)

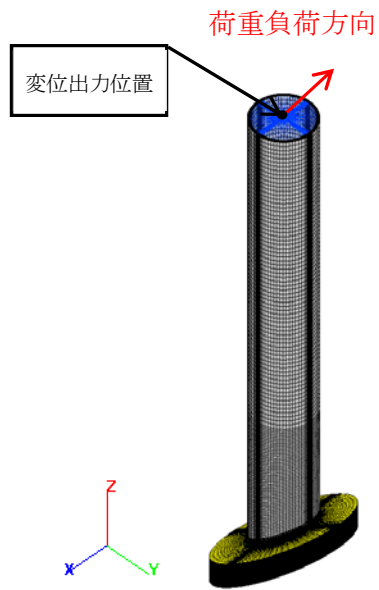
(2倍勾配交点)

(2倍勾配交点)

図3-22 崩壊荷重の下限 (P<sub>cr</sub>) での応力・ひずみ分布図

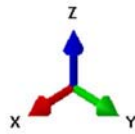
(リング方向に荷重負荷)



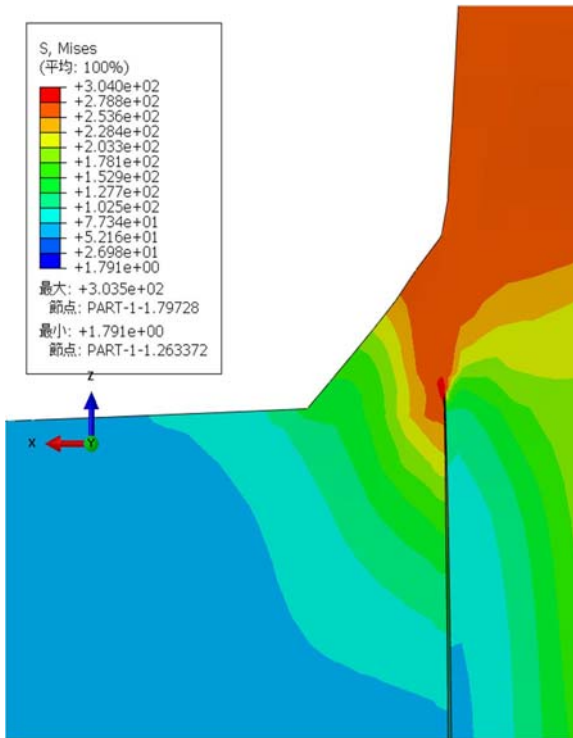


(単位 : mm)

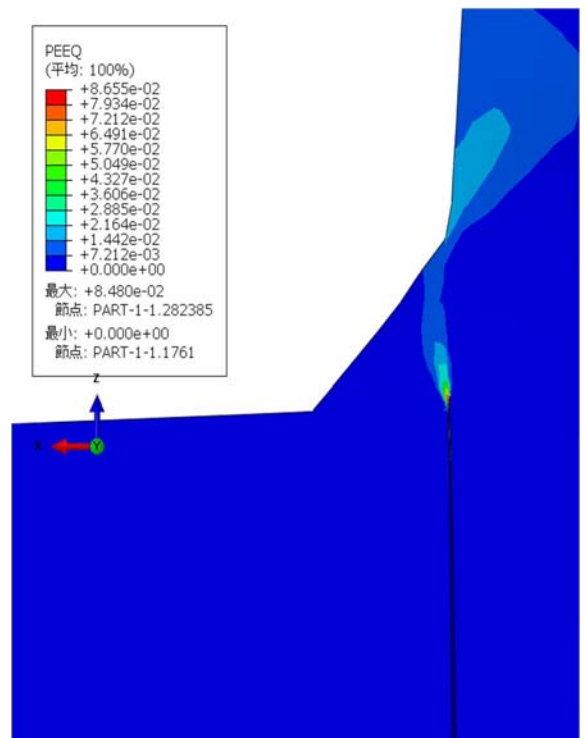
最大 X:	+7.514e-02
節点:	PART-1-1.120205
最小 X:	-2.427e+01
節点:	PART-1-1.381740
最大 Y:	+3.257e-01
節点:	PART-1-1.341834
最小 Y:	-3.370e-01
節点:	PART-1-1.141753
最大 Z:	+2.607e+00
節点:	PART-1-1.360600
最小 Z:	-3.285e+00
節点:	PART-1-1.160799



(単位 : MPa)



(単位 : -)



応力分布図(引張側断面)

ひずみ分布図(引張側断面)

(2倍勾配交点)

(2倍勾配交点)

図3-23 崩壊荷重の下限 (Pcr) での応力・ひずみ分布図

(周方向に荷重負荷)

(3) 極限解析に対する試験による確認

スタンドパイプにおける今回工認の申請は、極限解析を用いてスタンドパイプ部の有する耐力が地震荷重以上であることを確認することで、地震時における健全性を評価している。極限解析は、これまでの工認での適用例としてPWRの炉内構造物での適用実績はあるが、表3-6に示すように、適用範囲及び解析手法は同じであるものの、適用部位が異なる。なお、先行PWRと同様に東海第二発電所のスタンドパイプへの極限解析の結果が保守性を有することを補足的に確認する観点から、縮尺の試験体を用いた試験を行う。

表3-6 先行実績と東海第二との比較

	先行PWR	東海第二
適用範囲	炉内構造物	同左
適用部位	ラジアルサポート	スタンドパイプ
適用規格	J S M E 設計・建設規格 CSS-3160	同左
解析手法	3次元FEMによる 弾塑性解析	同左

## 4. 試験による確認について

### 4.1 はじめに

東海第二の気水分離器及びスタンドパイプのうち、スタンドパイプの耐震評価においては、今回工認では、極限解析を用い、スタンドパイプの耐力が地震荷重以上であることを確認することで地震時における健全性を評価している。極限解析はこれまでの工認で適用例が少ないため、実機スタンドパイプ及びシュラウドヘッドの一部を縮尺模擬体として試験を実施し、極限解析を用いたスタンドパイプの耐震評価手法の保守性を確認する。

### 4.2 試験目的

試験は、スタンドパイプとシュラウドヘッド部を模擬した縮小試験体に荷重（モーメント）を作用させる試験を実施し、スケール則を考慮してスタンドパイプが負担することができる最大の荷重（以下「限界荷重」という。）を求める。

試験にて得られた限界荷重が極限解析にて得られた崩壊荷重の下限( $P_{cr}$ )より大きいことを確認することで、極限解析の保守性を確認する。

### 4.3 試験内容

#### (1) 実施項目

東海第二のスタンドパイプ及びシュラウドヘッドを模擬した縮尺試験体にモーメントを作用させる試験を実施した。

#### (2) 試験内容

##### a. 試験体

解析結果から中心位置の方が若干  $P_{cr}$  が低い結果であるため、中心位置を代表とした試験体とする。地震による荷重は鉛直荷重、水平荷重及びモーメントが発生するが、モーメントが支配的な荷重であるため、モーメントを負荷できる試験体とした。

試験体は、スタンドパイプの構造を模擬した縮小モデルとし、試験体のサイズは、試験機が具備する恒温槽の寸法制限を考慮して外径及びスタンドパイプ板厚で  $1/3$  スケールとした。試験体の材料は実機と同等のものを使用した。

試験体の仕様を表 4-1 に示す。また、試験体の概略図を図 3-1 に、試験装置の概略図を図 4-1 に示す。試験体は、試験装置の荷重負荷を考慮して、シュラウドヘッドを模擬した鋼板に 2 本のスタンドパイプを模擬した管を溶接にて取付け、下側のスタンドパイプを試験機に固定し、上側のスタンドパイプを上方へ引っ張ることにより、スタンドパイプ付根にモーメントを作用させた。

なお、シュラウドヘッドは固定しておらず、また、シュラウドヘッドは試験結果への影響が軽微と考え、厚い平板で模擬した。

試験では、試験体に荷重を加えながら変形挙動を計測し、限界荷重を確認した。

#### b. 試験方法

試験は、恒温槽を具備した試験機に試験体を取り付け、301 °C（運転状態 I，II の最高温度）の高温状態にて、試験体に上方へ荷重を負荷しながら変位を計測することにより実施した。

なお、変位については 2 本のスタンドパイプの変位であることから、変位に 1/2 を乗ずることにより 1 本のスタンドパイプの変位として整理している。

表 4-1 縮小モデル試験体の仕様

項目		試験体仕様	実機仕様
スタンドパイプ			
寸法	外径 (Do)	56.10mm (1/3 スケール)	168.3mm
	内径 (Di)	51.36mm (1/3 スケール)	154.08mm
	板厚	2.37mm (1/3 スケール)	7.11mm
材料		SUS304TP	SUS304TP 相当 (ASME SA-312 Gr. TP304)
シュラウドヘッド鏡板			
寸法	板厚	32mm	50.8mm
材料		SUS304	SUS304 相当 (ASME SA-240 TYPE304)
変位測定位置		鏡板表面から 148mm	鏡板表面から 1000mm (極限解析の変位出力位置)
荷重負荷位置		鏡板表面から 148mm (モーメントアーム)	鏡板表面から 1000mm

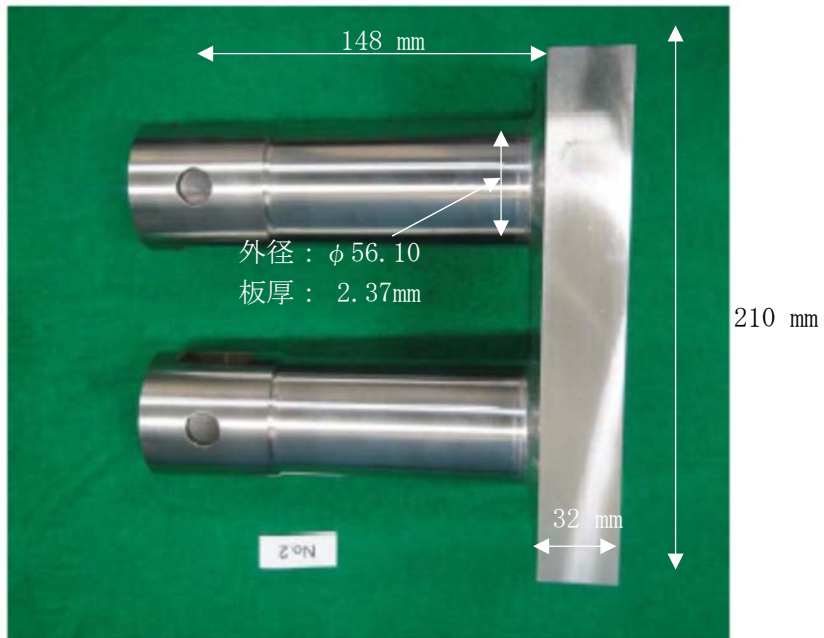
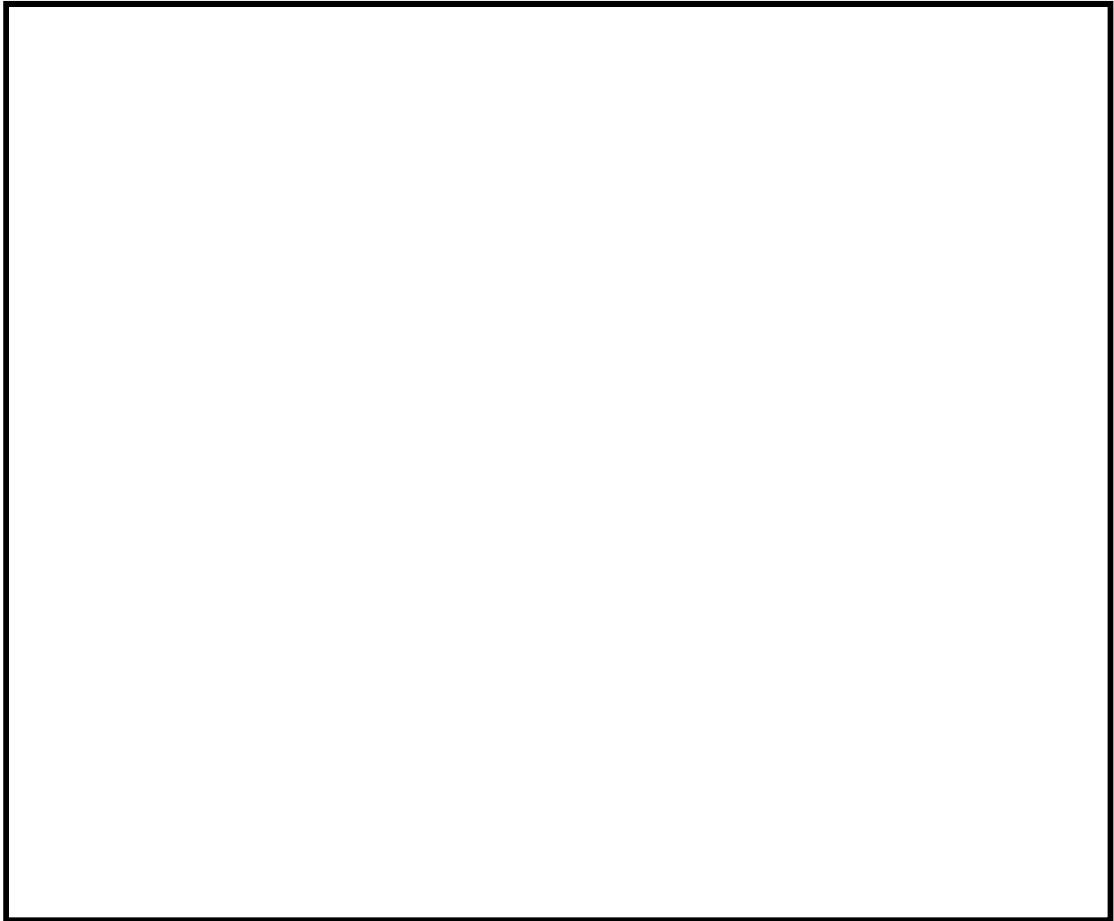


图 4 - 1 試驗体形状

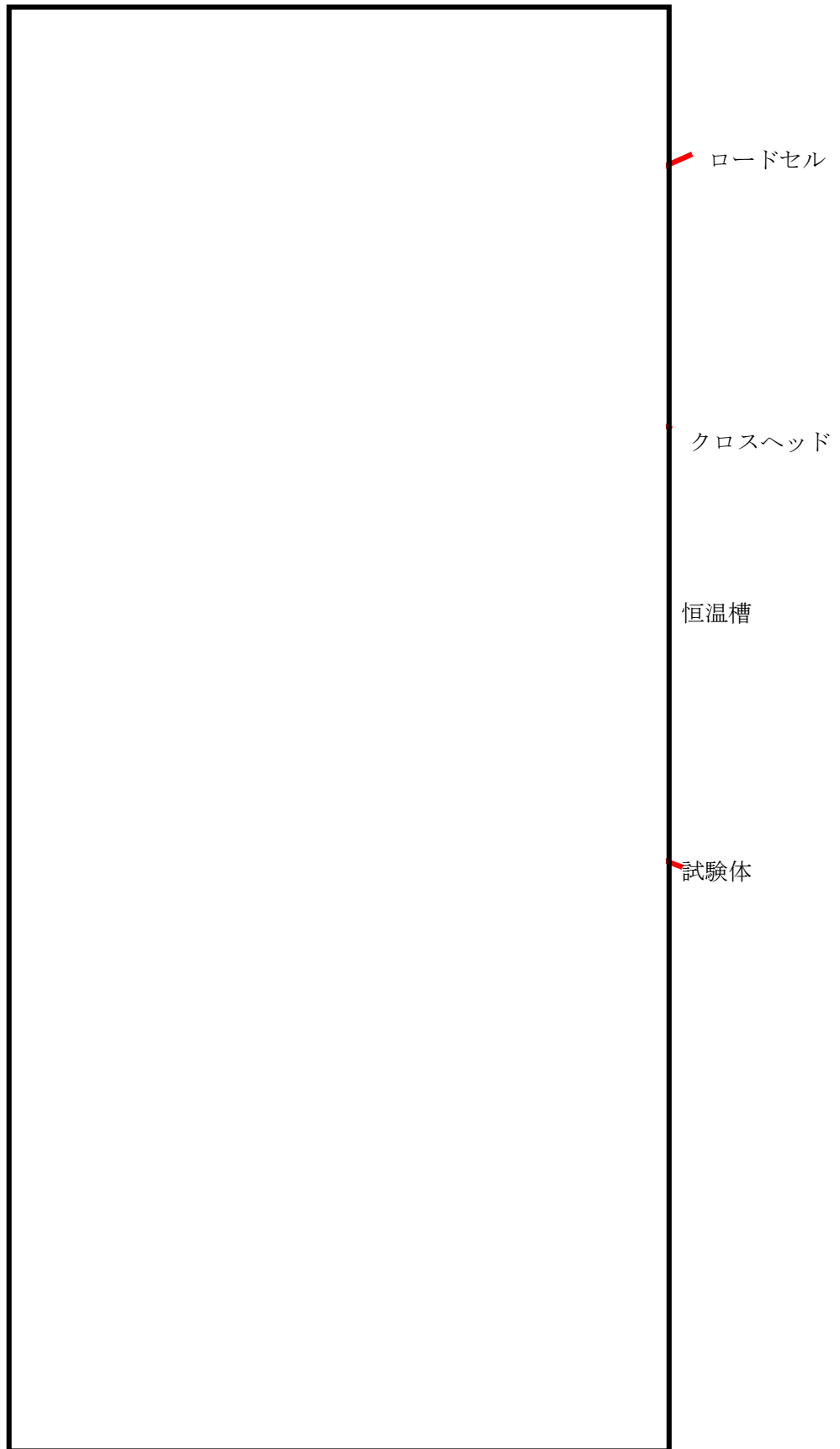
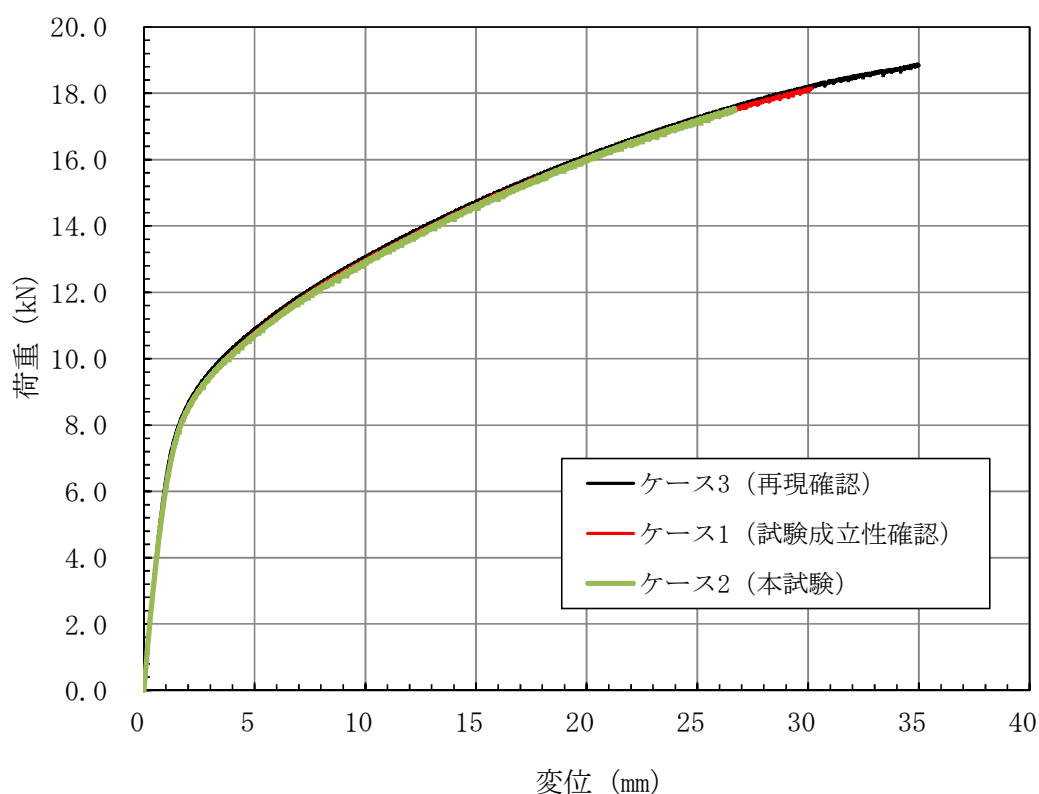


図 4 - 2 試験装置

#### 4.4 試験結果

##### (1) 試験から得られた荷重－変位曲線

試験から得られた荷重変位曲線を図4-3に示す。試験は、試験装置内の試験体と治具との干渉を考慮して、変位が26 mmを超えた時点（荷重：17.5 kN）で試験を終了した。なお、試験については試験成立性確認用、本試験、再現確認用として3回実施しており、それぞれの試験から得られた荷重変位曲線に有意な差はなかったため、本試験データを試験結果としている。



※：試験で得られた変位に1/2を乗ずることにより1本当たりの変位にしている

図4-3 試験から得られた荷重－変位曲線

(2) 試験前後及び試験中の試験体の状況

試験前後及び試験中の試験体の状況をそれぞれ図4-4に示す。試験結果から、スタンドパイプ及びシュラウドヘッドを模擬した試験体に亀裂、損傷は確認されなかった。

この結果から、試験体の限界荷重としては、少なくとも17.5 kNであることが確認された。





試験前

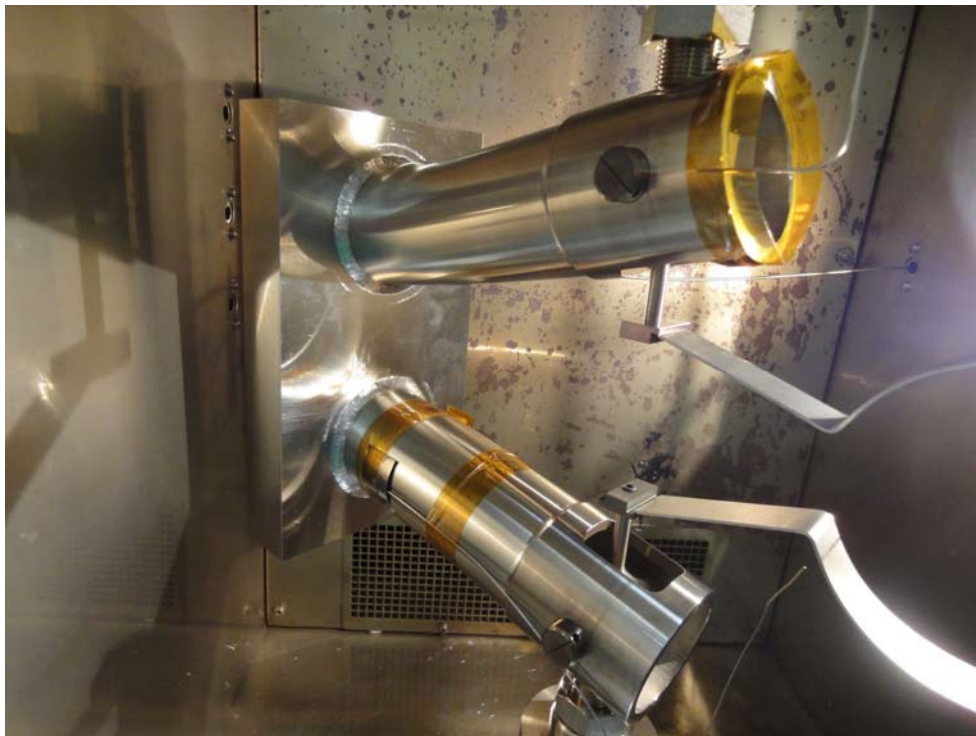


試験後

図4-4 各試験段階での試験体の状態 (1/2)



試験中



試験後

図4-4 各段階での試験体の状態 (2/2)

### (3) スケール則を踏まえた試験結果と極限解析結果の比較

試験により求められた荷重変位曲線から、スケール則及びスタンドパイプ付根部に掛かる荷重（モーメント）を考慮して実機寸法における荷重変位曲線を作成し、極限解析結果と比較評価する。

スケール則は荷重と変位に対してそれぞれ考慮する。荷重及び変位についてのスケール則の考え方は以下の通りである。

試験体のスタンドパイプ付根部に作用するモーメントは、試験力にモーメントアーム（0.148 m）を乗じて求める。荷重（モーメント）に対しては実機寸法と縮尺試験体の弾性断面係数と塑性断面係数の比はそれぞれ等しいこと、また、解析モデルと実試験体における終局時の断面性状に即していることから塑性断面係数の比<sup>\*</sup>（＝27）を乗じる。

変位に対しては、今回の評価は弾塑性解析により変位を求めており、解析に用いる応力ひずみ線図は保守的に弾完全塑性体としており、塑性域の変位は弾塑性体である試験体と異なるため、弾性域での変位比を乗じる。試験体は、各位置で断面形状が異なることから、長さ、断面二次モーメントを考慮した面積モーメント法により変位を求める。実機はたわみの式により変位を求め、実機と試験体の変位比（＝20.4）を乗ずる（算出方法は補足－1参照）。

このスケール則を考慮した結果を表4－2に示す。極限解析で得られる崩壊荷重の下限値(P<sub>cr</sub>)よりも試験で得られた値の方が耐力を有するため保守的であることがわかる。また、スケール則を考慮した試験体の荷重－変位曲線と極限解析結果の荷重－変位曲線を重ね描いたものを図4－5に示す。

なお、試験結果と極限解析結果の弾性範囲で傾きが異なるが、これは極限解析ではスタンドパイプ下端を固定端として計算しておりスタンドパイプのみの変位であるが、試験ではスタンドパイプの変位のほかに鏡板やピンのたわみも生じるため解析に比べて大きな変位となるためと考える。また、本試験目的は解析と試験で得られた荷重の比較を示すものであるが、補足－2に鏡板、ピンのたわみを考慮した詳細検討結果を示す。

※：円筒形の塑性断面係数  $Z_p$ （＝ $(D_o^3 - D_i^3) / 6$ ）の比

$D_o$ ：外径， $D_i$ ：内径

（表3－1に示す実機と試験体それぞれの内外径）

実機の塑性断面係数： $Z_p$ （実機）＝ $1.849 \times 10^5$  [mm<sup>3</sup>]

試験体の塑性断面係数： $Z_p$ （試験体）＝ $6.846 \times 10^3$  [mm<sup>3</sup>]

表 4-2 試験結果と極限解析結果の比較

	荷重 (kN)	モーメント (kN・m)	備考
①試験結果	17.5	—	
②試験結果 (付根部に掛かる モーメント)	—	2.59	①×0.148 m (モーメントア ーム)
③試験結果 (スケール則考慮)	—	69.93	②×27 (塑性断面係数の比)
④極限解析(Pcr)	—	49.73	降伏点を $\text{Min}[2.3S_m, 0.7S_u]$ とした場合
⑤極限解析(Pcr)により 得られる許容荷重	—	44.75	許容応力状態IVaS (許容荷重=0.9×④)

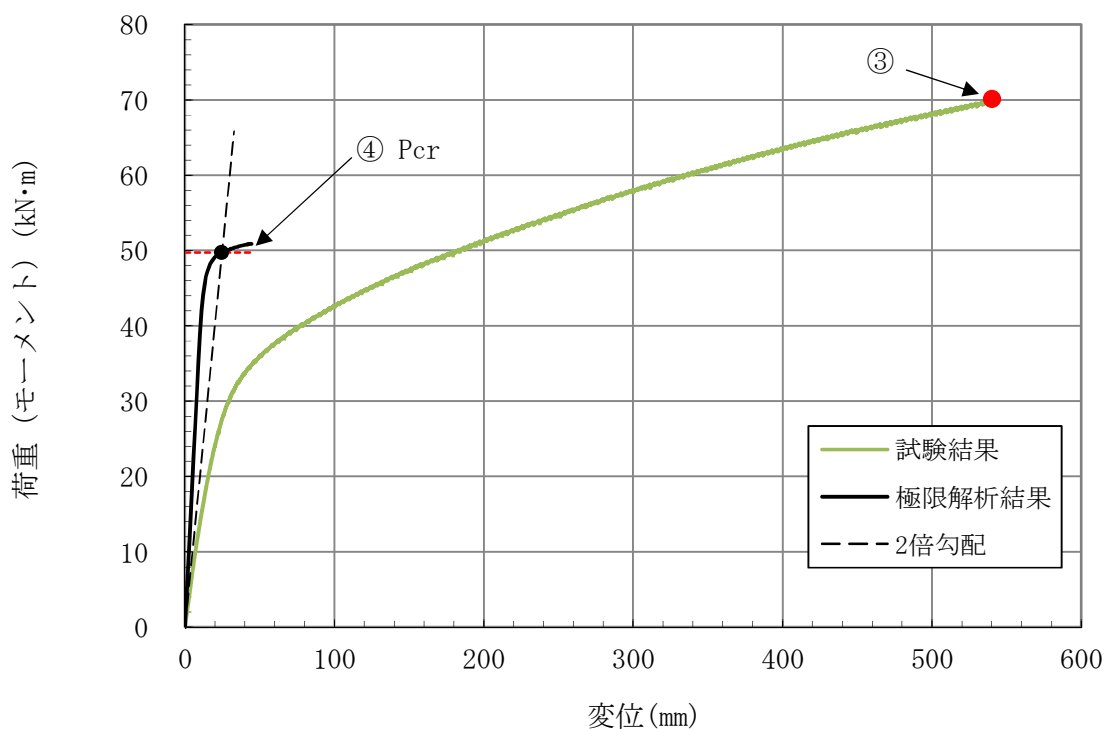


図 4-5 試験結果と極限解析結果の比較

#### 4.5 まとめ

東海第二のスタンドパイプの縮小モデル試験体に荷重（モーメント）を作用させる試験を実施した結果，限界荷重は少なくとも 17.5 kN であり，試験後の試験体に亀裂，損傷は生じていなかった。試験における限界荷重 17.5 kN は，実機のスケールでは 69.93 kN・m に相当し，極限解析により得られる許容荷重（モーメント）44.75 kN・m に対して十分大きいことがわかった。

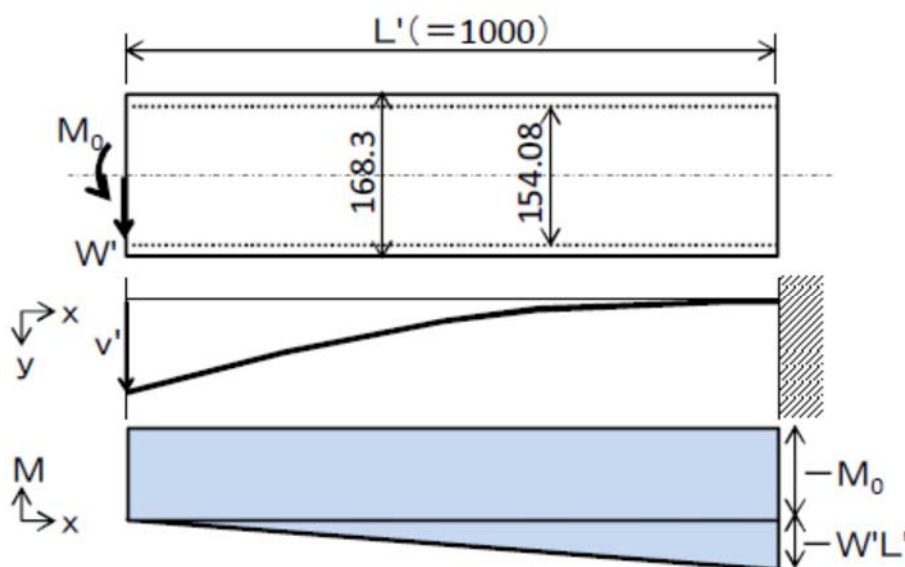
以上より，極限解析による評価手法は十分な保守性を有していることを確認した。

また，試験体に対する極限解析については別紙－1 に示すとおり，試験体に対する極限解析にて得られた  $P_{cr}$  (13.7 kN) よりも試験にて得られた許容荷重のほうが十分大きいことを確認した。

変位に対するスケール則の算出について

①実機スタンドパイプ解析モデルの変位の算出

実機スタンドパイプ解析モデルにはスタンドパイプ上面からモーメント及び水平荷重を負荷しているため、それぞれの荷重に対して、材料力学に基づき変位を算出する(下図参照)。



たわみの式より

$$\begin{aligned}
 v' &= W'L'^3 / (3EI') + M_0L'^2 / (2EI') \\
 &= \sigma Z' (W'/M') L'^3 / (3EI') + \sigma Z' \{1 - (W'/M') L'\} L'^2 / (2EI') \\
 &= 5247 \sigma / E
 \end{aligned}$$

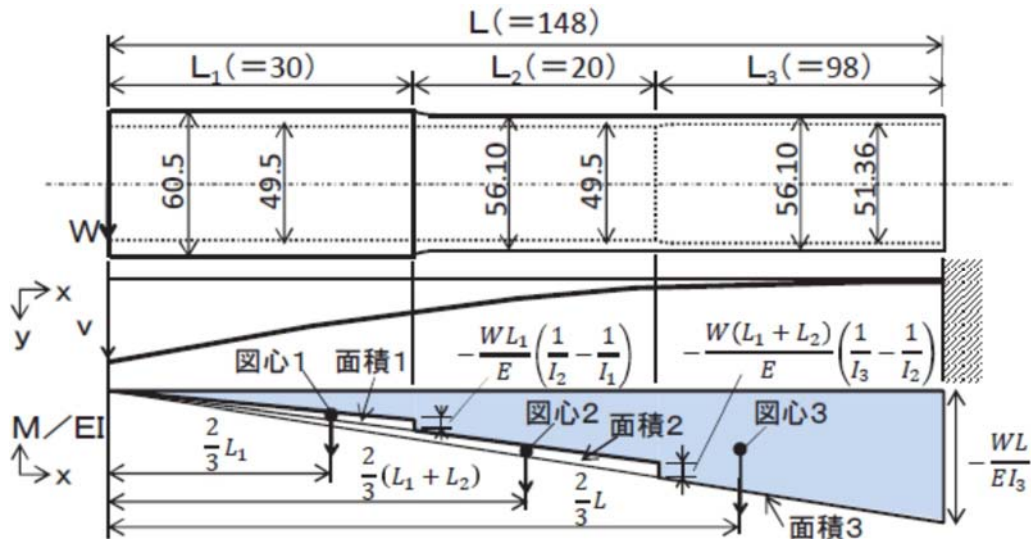
$$M_0 = M' - W'L'$$

実機スタンドパイプの諸元

項目	実機
外径 $Do'$ (mm)	168.3
内径 $Di'$ (mm)	154.08
板厚 $t'$ (mm)	7.11
断面二次モーメント $I'$ ( $mm^4$ )	$1.172 \times 10^7$
変位計測点 $L'$ (mm)	1000
地震荷重 $S_s$	
$W'$ 水平力 (kN)	3460
$M'$ 曲げモーメント ( $kN \cdot mm$ )	9870000
$W'/M'$ ( $mm^{-1}$ )	$3.506E-04$

②スタンドパイプのたわみ  $v_0$

試験体の変位の算出は、引張荷重を付与するために試験体上面に治具を取り付けることによる応力集中によりパイプと板との取付部以外が破損するのを防止するため、試験体上面付近の板厚を 1/3 より肉厚な構造（下図 L1, L2 範囲）にしている。肉厚な構造にすることにより、上面から荷重を負荷した場合、L1, L2 範囲の肉厚構造部の変位量の低下を面積モーメント法にて考慮する（下図参照）。



面積モーメント法より

$$\begin{aligned}
 v_0 &= (\text{面積3}) \times (\text{図心3までの距離}) - (\text{面積2}) \times (\text{図心2までの距離}) - \\
 &\quad (\text{面積1}) \times (\text{図心1までの距離}) \\
 &= \{WL/(EI_3)\} \cdot (L/2) \cdot (2L/3) - \{W(L_1+L_2)/(1/I_3-1/I_2)/E\} \cdot \{(L_1+L_2)/2\} \cdot (2(L_1+L_2)/3) \\
 &\quad - \{WL_1/(1/I_2-1/I_1)/E\} \cdot (L_1/2) \cdot (2L_1/3) \\
 &= \sigma Z/E \cdot \{L_2/(3I_3) - (L_1+L_2)^3/(3L) \cdot (1/I_3-1/I_2) - L_1^3/(3L) \cdot (1/I_2-1/I_1)\} \\
 &= 257.1 \sigma / E
 \end{aligned}$$

試験体の諸元

項目	試験体		
	部位1 (長さ $L_1$ )	部位2 (長さ $L_2$ )	部位3 (長さ $L_3$ )
外径 $D_{1o}, D_{2o}, D_{3o}$ (mm)	60.5	56.1	56.1
内径 $D_{1i}, D_{2i}, D_{3i}$ (mm)	49.5	49.5	51.36
板厚 $t$ (mm)	—	—	2.37
断面二次モーメント $I_1, I_2, I_3$ (mm <sup>4</sup> )	$3.629 \times 10^5$	$1.915 \times 10^5$	$1.446 \times 10^5$
変位計測点 $L$ (mm)	148		
長さ $L_1, L_2, L_3$ (mm)	30	20	98

## 試験体変位の詳細検討について

## 1. 概要

今回の試験体を用いた確認は極限解析により得られた崩壊荷重の下限（ $P_{cr}$ ）より試験にて得られた限界荷重の方が大きいことを確認することを目的としたものである。スケール則を考慮した試験での荷重変位曲線と極限解析で得られた荷重変位曲線では弾性域での線形勾配については鏡板、ピン等のたわみにより変位は一致しない。このため、変位についても詳細検討を行う。

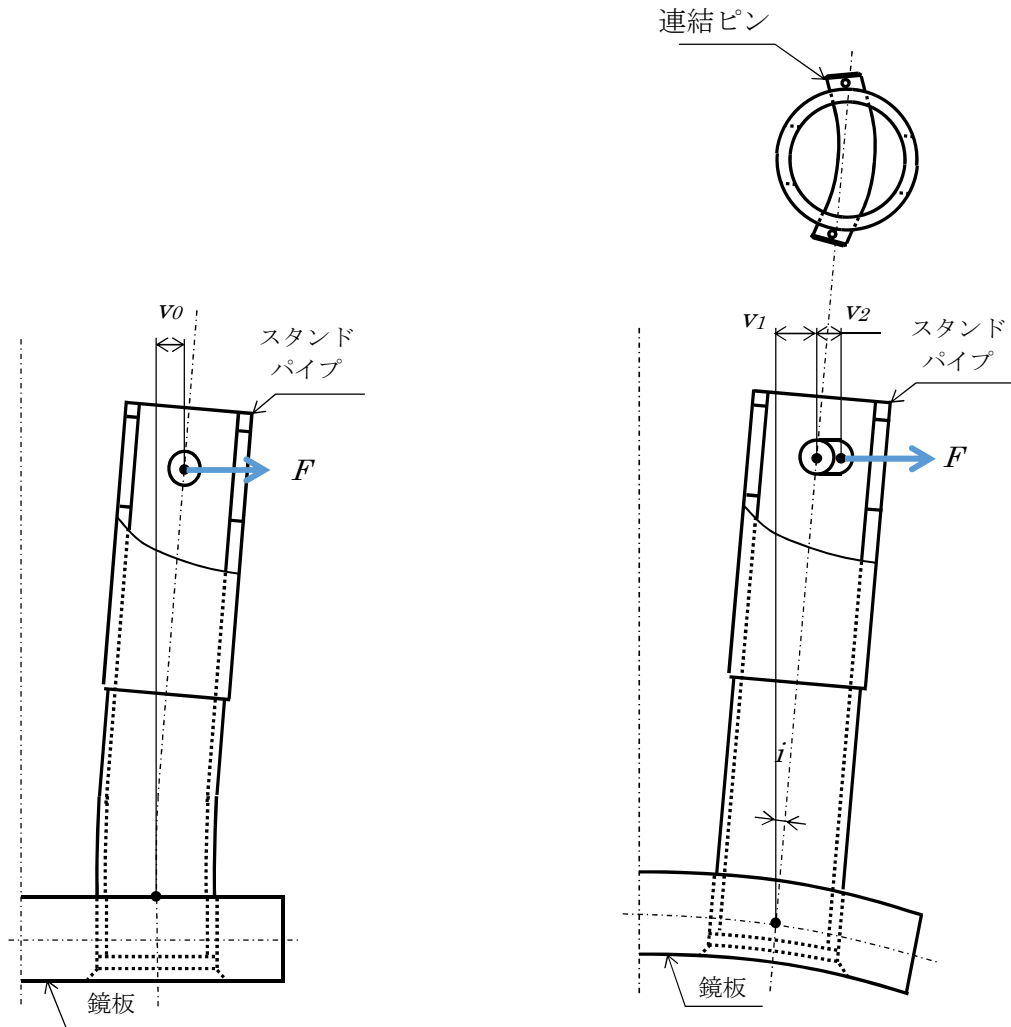
## 2. 変位比の算出

「4. 試験による確認について」でスケール則に考慮した試験体の変位量はパイプのみの変位であるため、変位比が大きくなるが、試験で得られた変位はパイプの他に鏡板、ピン及び引張試験装置の変位が考えられるため、これらの変位量を考慮した変位比を算出する。



## 2.1 試験体の変位の算出

試験体の変位は、スタンドパイプの変位の他に連結ピン及び鏡板のたわみによる変位が含まれることから、この変位を考慮する（下図参照）。



スタンドパイプのたわみ

鏡板と連結ピンのたわみ

$$\begin{aligned} \text{試験体の変位 } v_T &= \text{スタンドパイプたわみ} + \text{鏡板たわみ} + \text{連結ピンたわみ} \\ &= v_0 + v_1 + v_2 \end{aligned}$$

①鏡板のたわみによる変位  $v_1$

傾斜  $i(x)$ は、以下により求める。

$$\frac{di(x)}{dx} = \frac{M}{EI_1}$$

$$i(x) = \frac{M}{EI_1} x$$

よって、

$$i = i(a) = \frac{M}{EI_1} a$$

ここで、

$$M = F \left( L + \frac{T}{2} \right)$$

$$I_1 = \frac{W_e T^3}{12}$$

$$E = 176000 \text{ (MPa)} \text{ (301℃の SUS304 のヤング率)}$$

$$W_e = \frac{1}{a} \left( W a - \frac{\pi}{8} D_o^2 \right) \text{ (穴部を考慮した等価幅)}$$

変位  $v_1$ は、以下により求める。

$$\begin{aligned} v_1 &= i \left( L + \frac{T}{2} \right) \\ &= \frac{F a (L + T/2)^2}{EI_1} \end{aligned}$$

上式に、スタンドパイプ根元部の応力  $\sigma$  と  $F$  の関係式を代入する。

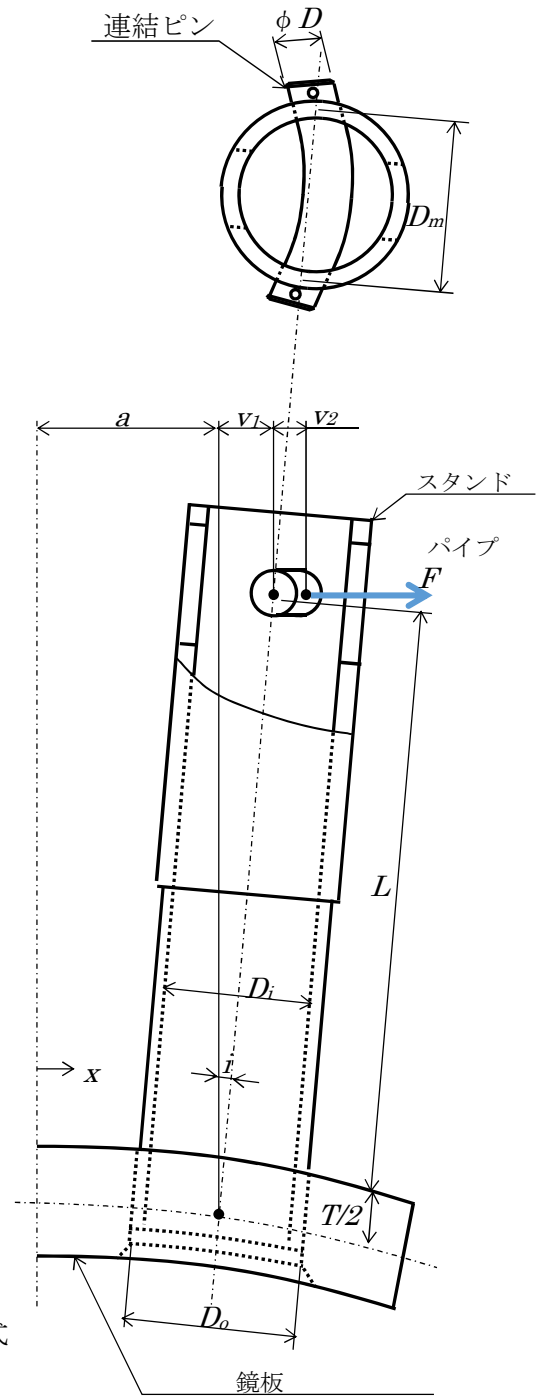
$$\sigma = \frac{FL}{Z}$$

$$F = \frac{\sigma Z}{L}$$

$$Z = \frac{\pi(D_o^4 - D_i^4)}{32D_o}$$

これより、

$$v_1 = \frac{Z a (L + T/2)^2 \sigma}{L I_1 E} = 193.5 \frac{\sigma}{E}$$



(幅  $W$ , 板厚  $T$ )

$$a = 55 \text{ (mm)}$$

$$L = 148 \text{ (mm)}$$

$$D = 16 \text{ (mm)}$$

$$T = 32 \text{ (mm)}$$

$$D_m = 55 \text{ (mm)}$$

$$W = 120 \text{ (mm)}$$

②連結ピンのたわみによる変位  $v_2$

変位  $v_2$ は、以下により求める。

$$v_2 = \frac{FD_m^3}{48E'I_2}$$

(機械工学便覧 A4-28 No.7 より)

ここで、

$$I_2 = \frac{\pi D^4}{64}$$

$E' = 183000$  (MPa)(301°Cの連結ピン(低合金鋼)のヤング率)

変位  $v_2$ の式に、スタンドパイプ根元部の応力  $\sigma$  と  $F$  の関係式を代入する。

$$\sigma = \frac{FL}{Z}$$

$$F = \frac{\sigma Z}{L}$$

$$Z = \frac{\pi(D_o^4 - D_i^4)}{32D_o}$$

これより、

$$v_2 = \frac{ZD_m^3 E \sigma}{48Ll_2 E' E} = 36.1 \frac{\sigma}{E}$$

③試験体の全変位  $v_T$

$$v_T = v_0 + v_1 + v_2 = 486.7 \frac{\sigma}{E}$$

$v_0 = 257.1 \sigma / E$  (補足-1にて得られたパイプの変位)

④実機スタンドパイプのたわみ  $v'$  (補足-1にて得られた実機スタンドパイプの変位)

$$v' = 5247 \frac{\sigma}{E}$$

⑤実機と試験体の変位比

変位比 =  $v'/v_T = 10.8$

## 2.2 引張試験装置の変位について

本項に記載している荷重変位曲線の変位は引張試験装置で得られた変位であることから、引張試験装置での変位を除去するため、試験体間に取り付けたひずみゲージの変位を使用する。

## 3. 詳細検討を反映した荷重変位曲線

2.にて考慮した鏡板、ピンのたわみを考慮した変位比及びひずみゲージによる変位データをを用いたスケール則を考慮した試験体の荷重変位曲線と極限解析結果の荷重変位曲線を重ね合わせたものを図1に示す。図1に示すとおり、弾性範囲において解析結果と試験結果が概ね一致し、その後の変位は差異が生じている。

これは、極限解析に用いる設計降伏点は設計・建設規格に従い、降伏点を許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sでは $\text{MIN}[0.7S_u, 2.3S_m]$ 、Ⅲ<sub>A</sub>Sでは $1.5S_m$ としている。オーステナイト系ステンレス鋼の $S_m$ 値は $\text{MIN}[1/3S_u, 0.9S_y]$ が採用されており、本評価での使用材料であるSUS304では $0.9S_y$ の値の方が低い。このため、許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sでは $2S_y$ 、Ⅲ<sub>A</sub>Sでは $1.35S_y$ となるような設計降伏点となり、実際のオーステナイト系ステンレス鋼の降伏点である $S_y$ よりも高い値である（図2参照）。

この理由については、設計・建設規格ではオーステナイト系ステンレス鋼のようにひずみ硬化特性が大きく安全率に余裕があるため、ひずみ硬化特性を考慮して実際の降伏点より高い設計降伏点を定めているとしている（図3参照）。

また、今回の試験体の降伏点はミルシートから $245[\text{MPa}]$ （0.2%耐力, 室温）であり、設計・建設規格の室温における設計降伏点 $S_y=205[\text{MPa}]$ に対して1.2倍程度裕度を有している。これを $301^\circ\text{C}$ の降伏点に補正した場合、試験体の降伏点は $152\text{MPa}$ であり、解析上の許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sでの降伏点 $264[\text{MPa}]$ に対して約1.7倍の降伏点の差異がある。このため、試験体の弾性範囲においては解析結果と概ね一致しているが、その後の変位は差異が生じているものと考えられる。

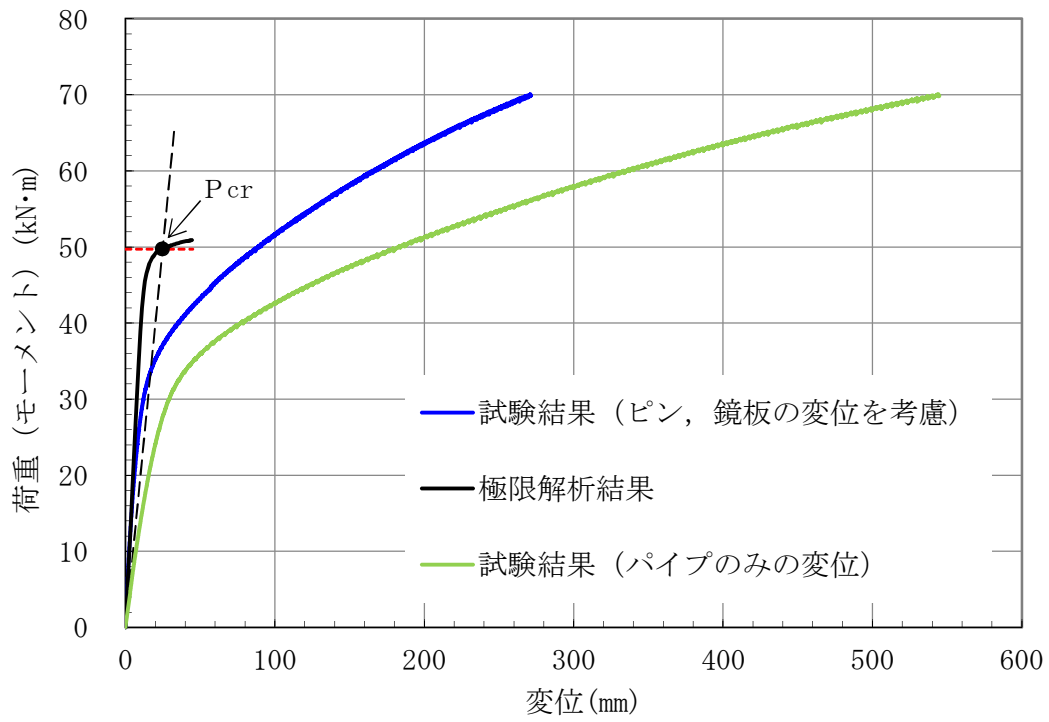


図1 試験結果と極限解析結果の荷重変位曲線 (ピン, 鏡板の変位を考慮)

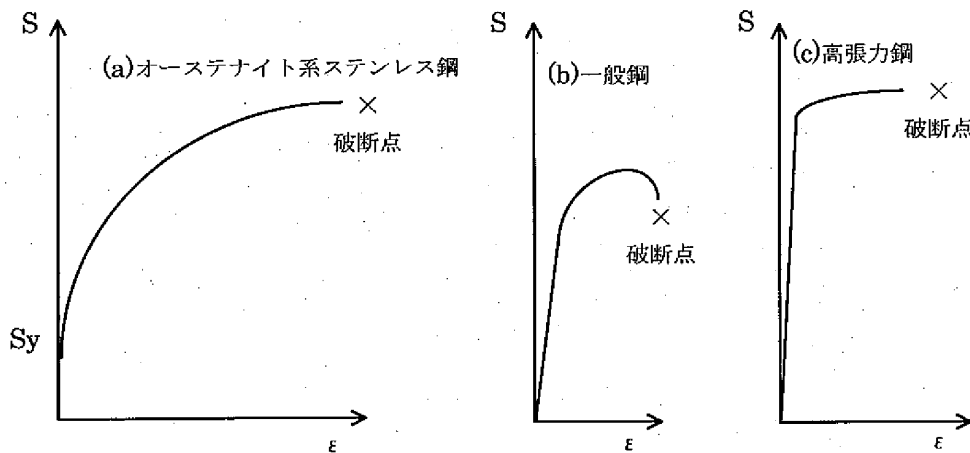
(解説 PVB-3110) ボルト以外の応力評価

PVB-3110 は、クラス 1 容器の応力強さの限界および許容応力について定めたものである。

(中略)

(2) 応力強さの制限の基本的な考え方は、次のとおりである。

各応力に対して定められる応力強さの限界は、基本的には材料の強度試験に基づいている。解説図 PVB-3110-1 に各種材料の引張試験の結果による応力-ひずみ線図の例を示す。



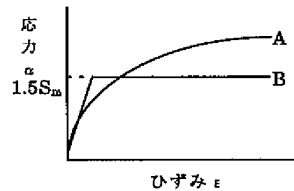
解説図 PVB-3110-1 各種材料における応力とひずみの関係

解説図 PVB-3110-1 は、鋼種による一般的な特性を示したものであるが、一般鋼と比較して、オーステナイト系ステンレス鋼は降伏点に達してもすぐ破断するのではなく、ひずみ硬化によりかなり持ちこたえる。また、それとは反対に高張力鋼は降伏点は高いが、一旦それを超えるとすぐ破断する等の傾向がある。従って、基本となる材料ごとの設計応力強さの  $S_m$  値としては、低合金鋼などの一般鋼材に関しては降伏点の  $2/3$  または引張強さの  $1/3$  のいずれか小さい方の値にとられているが、オーステナイト系ステンレス鋼では引張強さの  $1/3$  またはひずみ硬化を考慮して耐力の  $0.9$  倍のいずれか小さい方の値がとられている。(解説 GNR-2200 参照)

図 2 設計・建設規格の抜粋 (応力強さの制限の基本的な考え方に関する記載)

PVB-3160 の極限解析において  $1.5S_m$  を降伏点とした弾完全塑性体を用いることとしたのは、次のとおりである。

たとえば、ステンレス鋼の応力-ひずみ線図は解説図 PVB-3160-1 の A のようになり、明確な降伏点はなく、このままでは崩壊荷重の解析が複雑になる。そこで、応力-ひずみ線図をより単純にした解説図 PVB-3160-1 の B のようなものを想定して、対象物の荷重-変位曲線を求めようとするものである。



解説図 PVB-3160-1 応力-ひずみ線図の例

ここでは、設計条件および供用状態 C については、材料の降伏点を設計応力強さの 1.5 倍 ( $1.5 S_m$ ) とする弾完全塑性体と考える。 $S_m$  は、 $2/3 S_y$  以下にとっている場合は、 $1.5 S_m$  は、ほぼ  $S_y$  に等しくなる。

高温におけるオーステナイト系ステンレス鋼等の場合のように、 $S_m$  が  $0.9S_y$  の場合は、ほぼ  $1.35S_y$  になるので、一見不安全側になるようにとらえられやすいが、オーステナイト系ステンレス鋼等の場合は、明確な降伏点がなく、0.2% 耐力を  $S_y$  と考えると降伏点は低くなり、また高いひずみ硬化性があり、構造設計の安全性という観点からみれば、 $1.5 S_m$  を降伏点にとっても、フェライト系材料とほぼ同じ効果があると判断できる。

(中略)

供用状態 D については、材料の降伏点を設計応力強さの 2.3 倍 ( $2.3 S_m$ ) と設計応力強さの 0.7 倍 ( $0.7S_u$ ) の小さい方とする弾完全塑性体と考えると、前述と同様にして崩壊荷重の下限を求め、これを  $P_{cr}$  とする。この時の許容限界は、次のように表わすことができる。

$$\text{供用状態 D} \quad P_c \leq 0.9 P_{cr}$$

供用状態 D における安全率のとり方は、ASME B&PV Code Section III に従っている。

図 3 設計・建設規格の抜粋 (極限解析での応力-ひずみ線図の設定に関するもの)

## 5. 1本あたりの地震荷重の算出について

### 5.1 詳細モデルによる影響評価

今回工認におけるスタンドパイプの耐震評価は、極限解析にて得られた許容荷重が建屋機器連成モデルでの地震応答解析にて得られた225本を1質点として得られた地震荷重をスタンドパイプ総本数(225本)にて除した1本当たりの平均地震荷重を上回ることによって健全性を確認している。

ここで、実際の気水分離器及びスタンドパイプはシュラウドヘッドの鏡板に対して取付くことによりスタンドパイプ長さがそれぞれ異なること、また大小の補強板に結合されており、それぞれのスタンドパイプ付根部に掛かる荷重は異なり、平均地震荷重を上回る可能性がある。このため、地震応答解析にて得られた地震荷重をスタンドパイプ総本数にて除する手法(以下、「平均化」という。)の妥当性を検討した。

検討方法については、図5-1に示す気水分離器、大小の補強板を含めたスタンドパイプ225本とシュラウドヘッドをはり要素及びシェル要素でモデル化したもの(以下「詳細モデル」という。)と図5-2に示す建屋機器連成地震応答解析モデルからシュラウドヘッド、気水分離器及びスタンドパイプの部分を取り出したモデル(以下「連成モデル」という。)に対してそれぞれ水平1Gの加速度を付与し、詳細モデルでの1本に掛かる最大モーメントと連成モデルの静解析結果から得られたモーメントを平均化して得られるモーメントを比較することにより、今回工認で用いている建屋機器連成地震応答解析にて得られた地震荷重を平均化した1本当たりの地震荷重の方が詳細解析に荷重を算出するよりも保守性を有することを確認する。

気水分離器、大小の補強板、スタンドパイプは実形状及び実剛性を考慮した梁モデルでモデル化し、シュラウドヘッドはシェル要素でモデル化している。表5-1、図5-3解析諸元及びモデル図を示す。

解析結果を図5-4に示す。図5-4に示すとおり、詳細モデルの最大モーメントの方が連成モデルの平均化モーメントより低くなった。また、詳細モデル及び連成モデルの固有値解析結果を図5-5示す。詳細モデルと連成モデルで固有周期に差異が生じているが、これは、詳細モデルでは各々のパイプが卓越部位となり、連成モデルでは大補強板の剛性を考慮した1本が卓越部位となるため、固有周期は異なる。



また、図5-6に示すように、スタンドパイプ225本を1本と見立てた連成モデルではモーメントとして算出される荷重が、実形状を模擬した詳細モデルでは軸方向荷重と距離によりモーメントに変換され、モーメントが下がったものと考えられる。

以上より、今回工認で建屋機器連成地震応答解析にて得られた225本の荷重を平均化した地震荷重の方が保守性を有していることから、平均化手法を採用している。

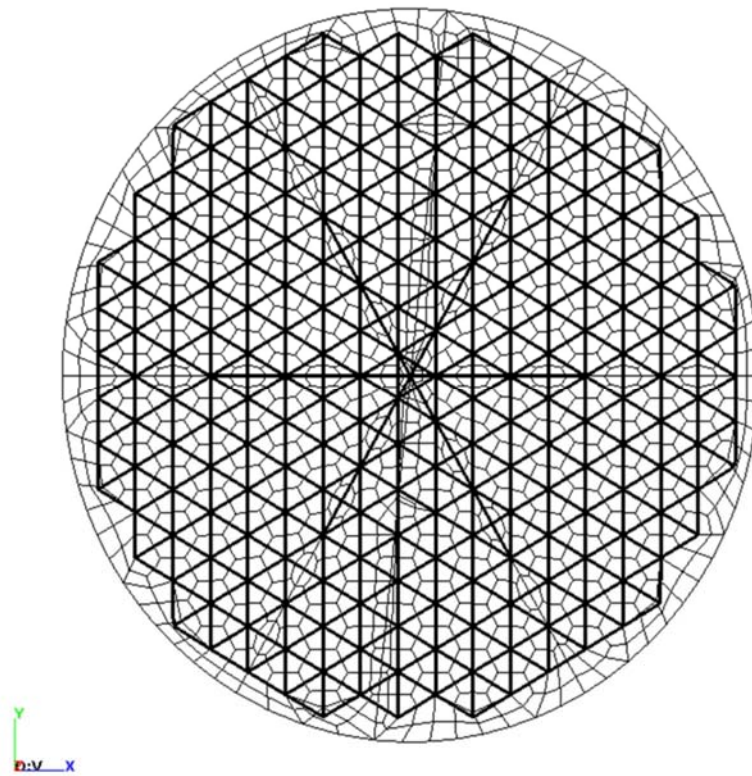
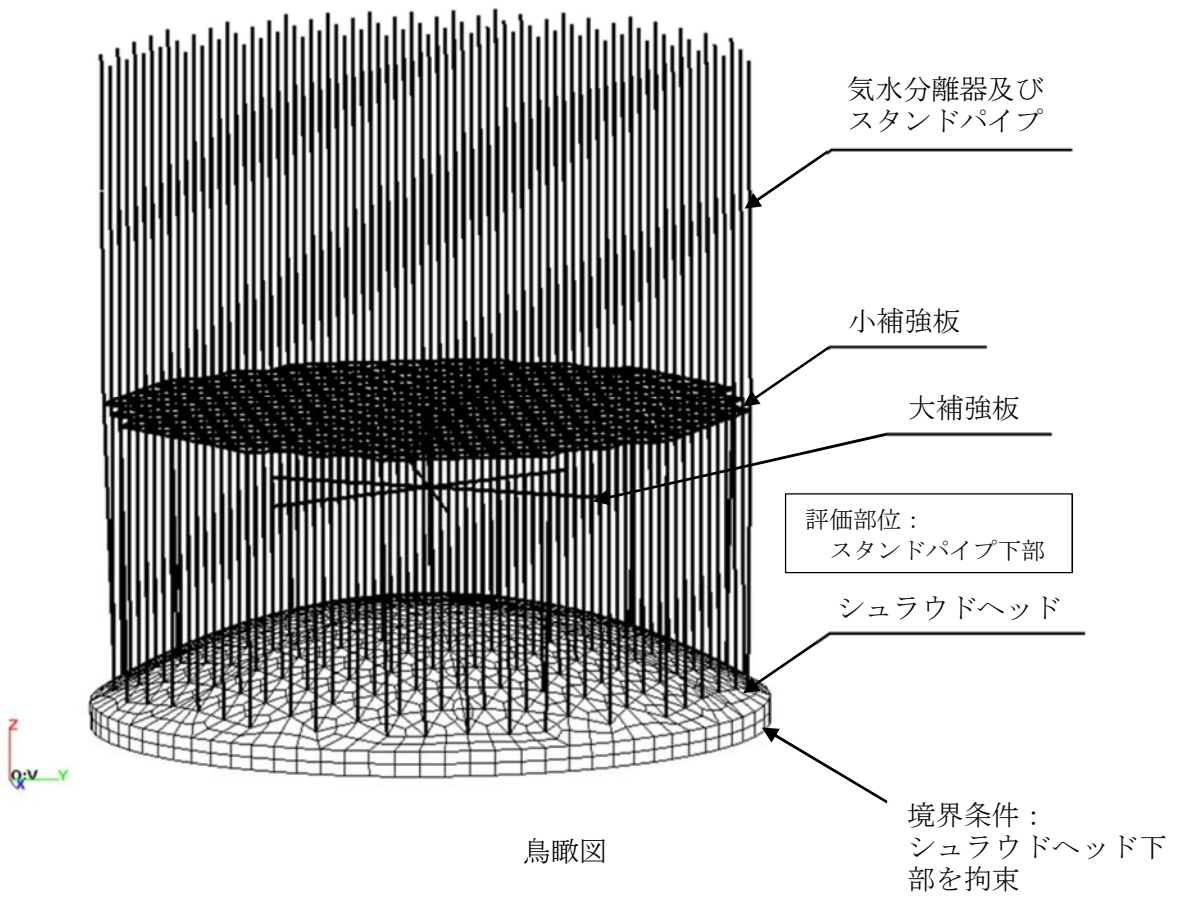
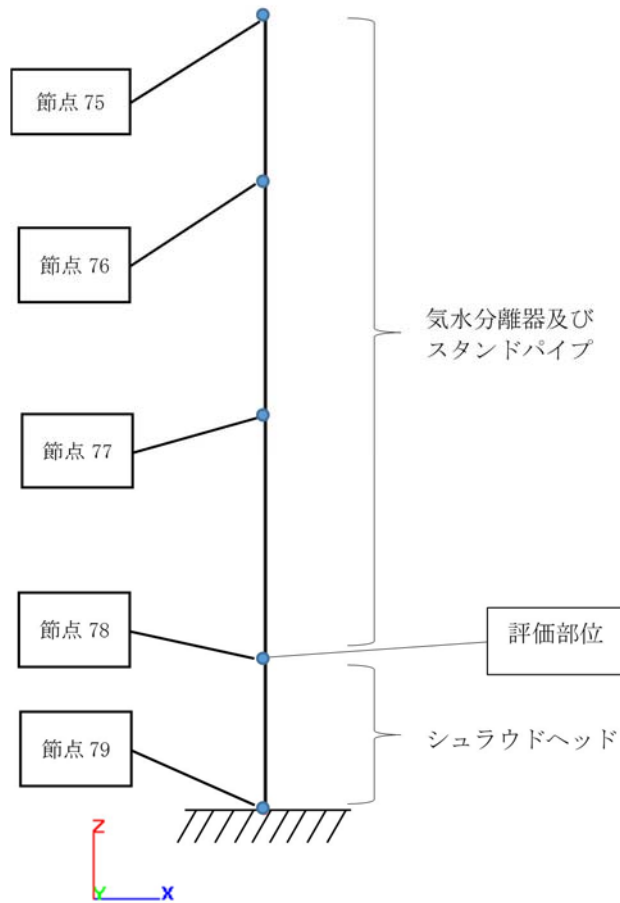


図5-1 シュラウドヘッド，気水分離器及びスタンドパイプ詳細モデル



解析モデル図

連成解析モデルのうち、気水分離器、スタンドパイプ及びシュラウドヘッド部分をモデル化

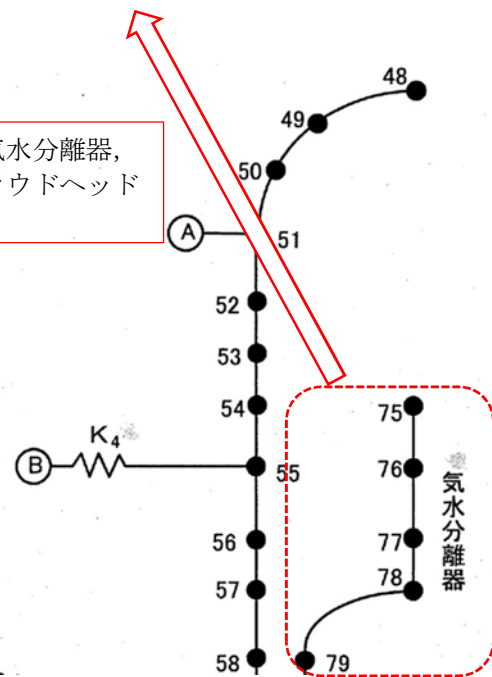


図5-2 シュラウドヘッド，気水分離器及びスタンドパイプ連成モデル

表 5-1 詳細モデルの諸元

各部名称	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	有効せん断 断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面二次モーメント [mm <sup>4</sup> ]	ねじりモーメント [mm <sup>4</sup> ]	要素タイプ	
スタンドパイプ	3.600E+03	1.800E+03	1.1720E+07	2.344E+07	ビーム要素	
気水分離器	a	1.818E+03	9.088E+02	7.429E+06		1.486E+07
	b	2.194E+03	1.097E+03	8.888E+06		1.065E+07
	c	6.352E+03	3.176E+03	7.348E+07		1.398E+08
	d	1.112E+04	5.562E+03	1.035E+08		1.950E+08
	d'	1.112E+04	5.562E+03	1.035E+08		1.950E+08
	e	7.768E+03	3.884E+03	2.445E+07		4.890E+07
	f	3.600E+03	1.800E+03	1.1720E+07		2.344E+07
小補強板	7.315E+02	6.096E+02	3.540E+05	2.069E+04		
			5.618E+03			
大補強板	7.803E+03	6.502E+03	9.6650E+08	1.065E+05		
			2.6630E+04			
鏡板(球面部)	板厚 50.8[mm]				シェル要素	
鏡板(外周部)	板厚 76.2[mm]					

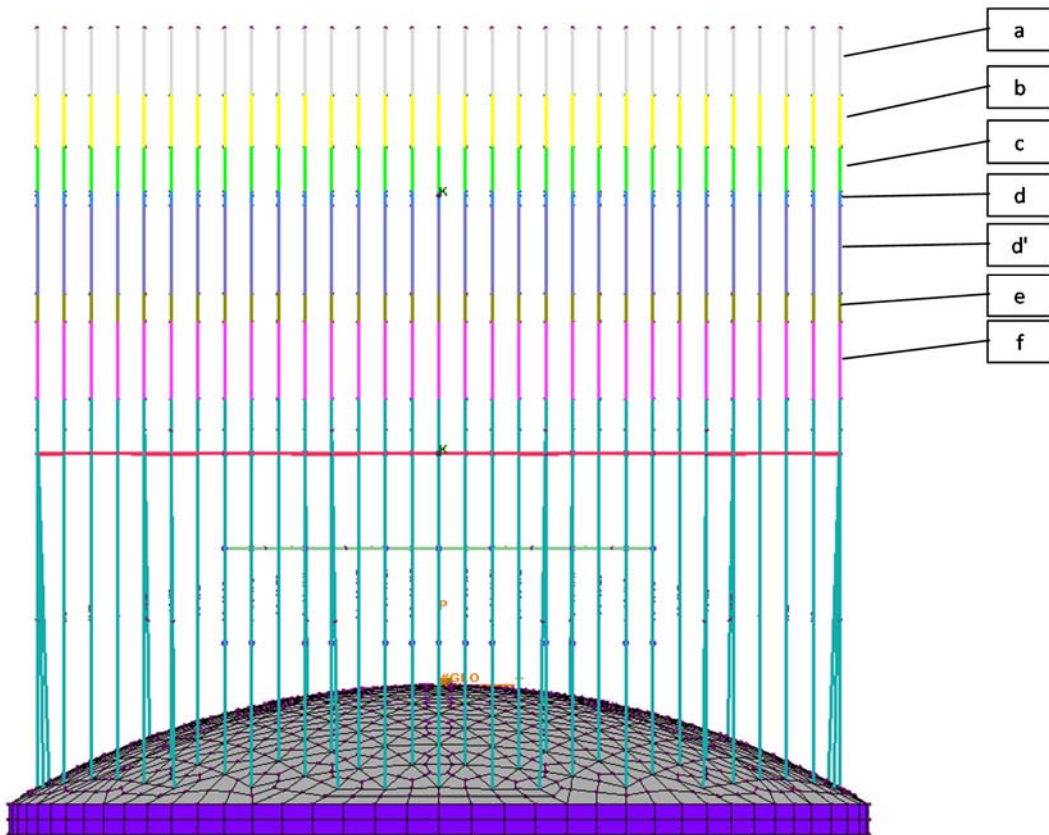


図 5-3 詳細モデルの解析モデル図

(単位：kN・m)

解析モデル 荷重条件	連成モデル モーメント	詳細モデル	
		荷重方向	モーメント
水平 1.0G	10.6 <sup>注1</sup>	X方向	8.5 <sup>注2</sup>
		Y方向	7.6 <sup>注2</sup>

注1：225本で除した値

注2：225本のうち最大値（位置は下図参照）を記載

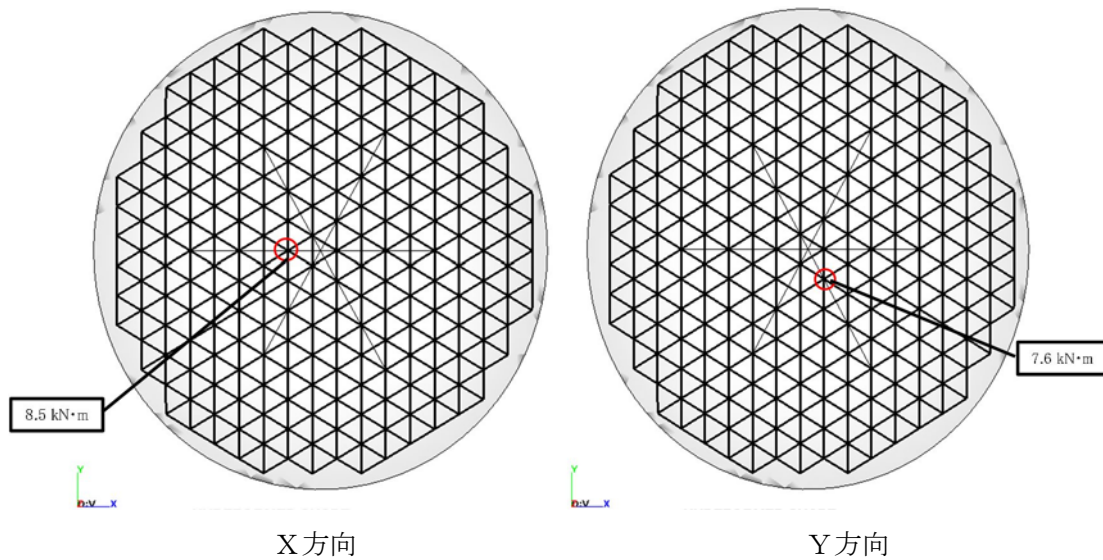
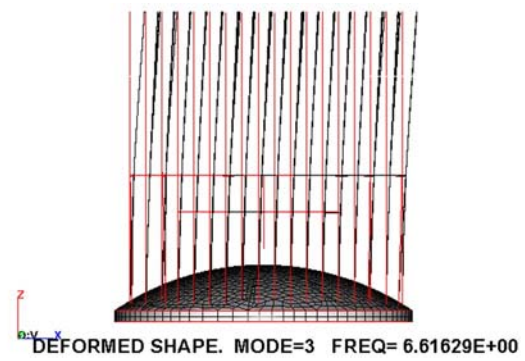
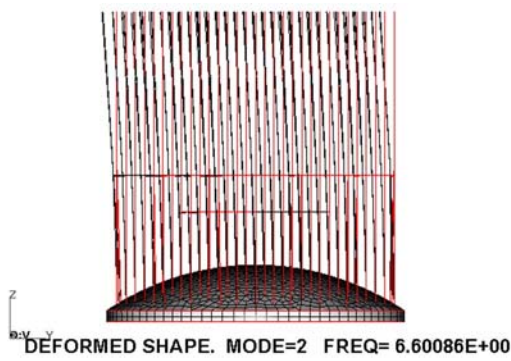


図5-4 連成モデルと詳細モデルの荷重比較

詳細モデルの固有周期及び刺激係数

モード	固有周期 (Hz)	刺激係数		
		x	y	z
1	5.4	0.01	0.03	0.00
2	6.6	-0.65	-7.67	0.00
3	6.6	7.67	-0.65	0.00
4	10.8	0.00	0.01	0.00
5	10.8	0.02	0.00	0.00



連成モデルの固有周期及び刺激係数

モード	固有周期 (Hz)	刺激係数		
		x	y	z
1	14.3	8.31	0.00	0.00
2	41.9	3.86	0.00	0.00
3	89.8	4.24	0.00	0.00
4	115.6	0.00	0.00	10.25
5	203.6	3.24	0.00	0.00

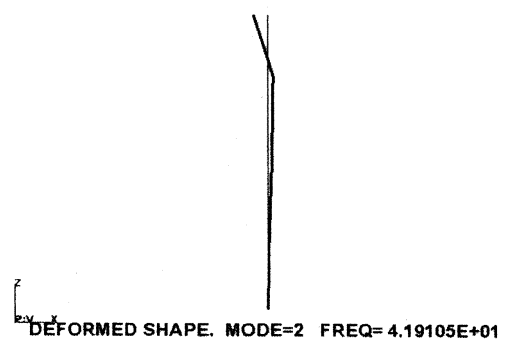
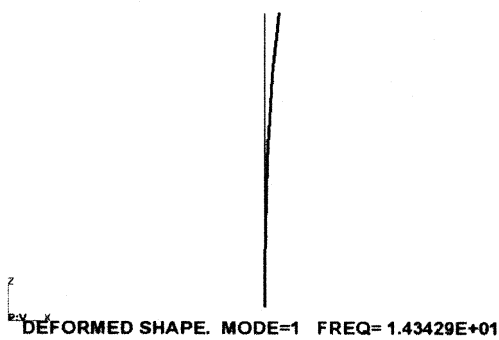


図 5 - 5 詳細モデル及び連成モデルの振動モード図

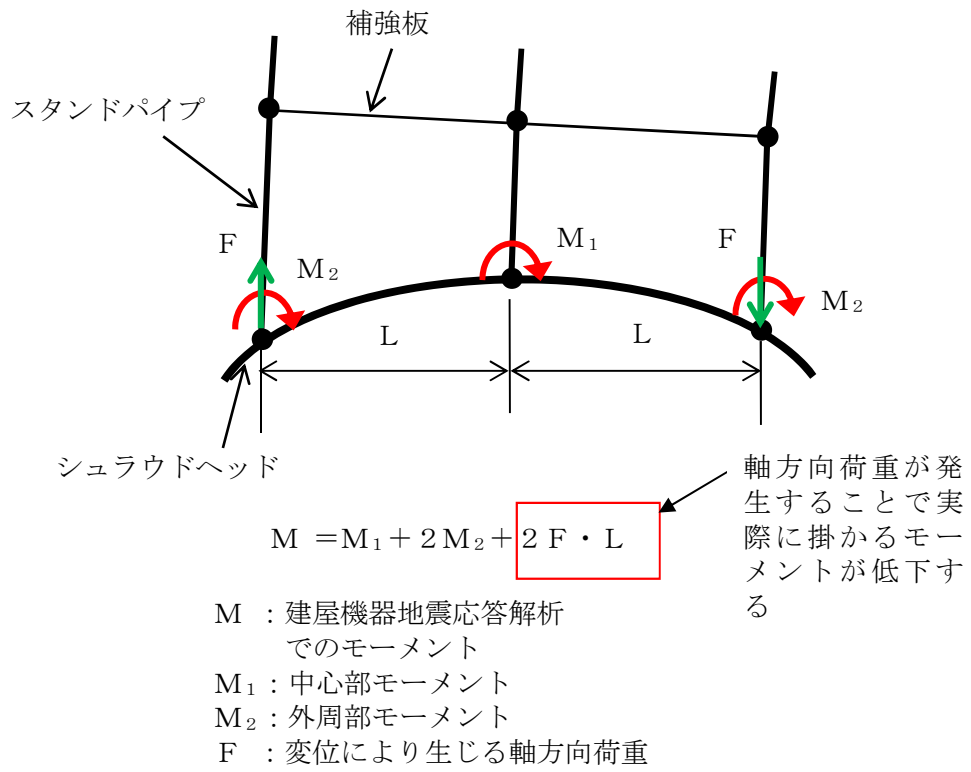


図 5-6 変位に伴い発生する荷重挙動の概略図

## 5.2 最外周部の偏心の扱いについて

最外周部のスタンドパイプのいくつかについては、スタンドパイプが鉛直方向に対して曲がりを有している構造であるため、偏心しているスタンドパイプの扱いについての影響について整理する。

### (1) 地震荷重に対する影響

モーメント及び水平方向の地震荷重は偏心することによりスタンドパイプ付根部に対して新たに生じる荷重はない。

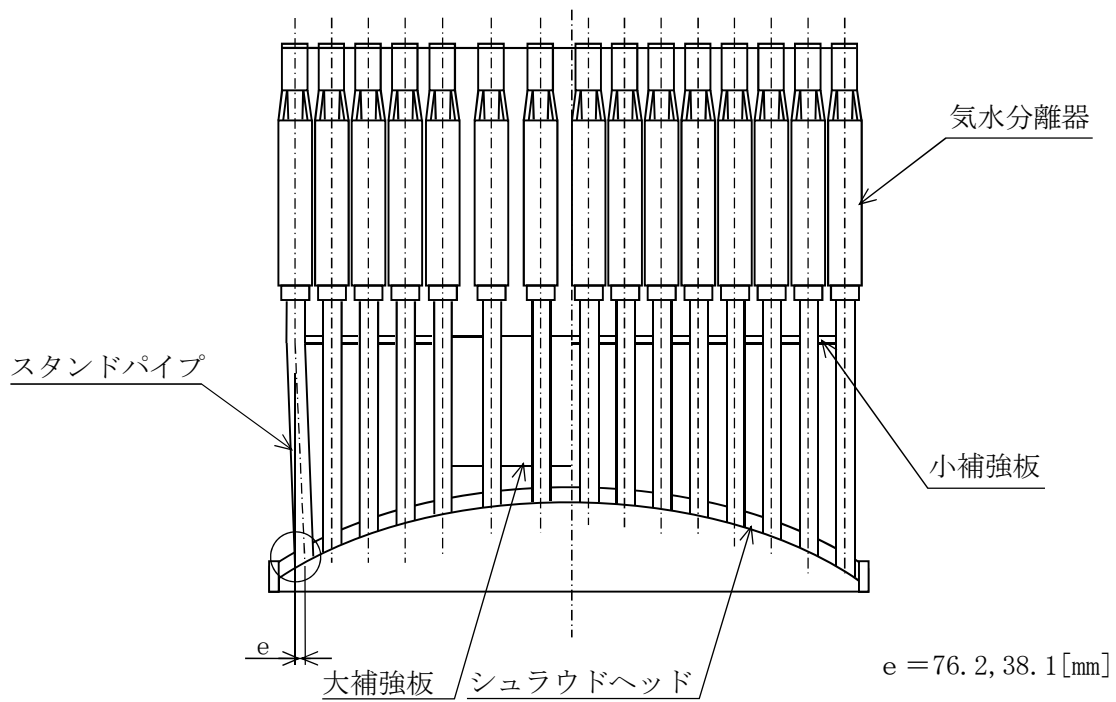
鉛直地震荷重は鉛直地震荷重と偏心量によるモーメントが発生するため、偏心により発生するモーメントを地震荷重として考慮する。同様に自重によってもモーメントが発生するため、これを考慮する。(図5-6参照)

なお、偏心により発生するモーメントは、最外周部の偏心を有しているスタンドパイプだけであるが、評価に用いる地震荷重については一律偏心により発生するモーメントを考慮する。

### (2) 極限解析に対する影響

極限解析は中心位置と斜め取付く最外周位置の2ケース実施しているが、最外周の偏心を有するスタンドパイプに対してではなく、偏心を有しない最外周のスタンドパイプにて極限解析を実施している。これは、偏心を有するスタンドパイプの方が偏心を有しないスタンドパイプと比べ斜めに取付く影響が軽減されるためである。また、今回の極限解析結果から、中心位置の方が裕度が低い結果であり、斜めに取付く影響は軽微であると考えられることから、極限解析に対する影響はないと考える。





偏心量が 38.1mm と 76.2mm の 2 種類のスタンドパイプがあるが、偏心量大きい方が鉛直力と偏心により発生するモーメントが大きくなることから、76.2mm の場合の荷重を一律考慮する。

死荷重によるモーメント： $V_{\text{自重}}/225 \times e = 1.91347 \times 10^5$  [N・mm]

$V_{\text{自重}}$ ：全スタンドパイプ死荷重 (= 565000 [N])

地震荷重によるモーメント： $V_{\text{地震}}/225 \times e = 1.38628 \times 10^5$  [N・mm]

$V_{\text{地震}}$ ：全スタンドパイプの鉛直地震荷重 (= 409334 [N])

図 5 - 6 偏心に対する考慮

## 試験体に対する極限解析について

## 1. はじめに

実機スタンドパイプ及びシュラウドヘッドの一部を縮尺模擬体として試験を実施し、試験にて得られた限界荷重が極限解析にて得られた許容荷重よりも大きいことを確認している。試験体に対しても同様に極限解析を実施し、試験にて得られた限界荷重が極限解析にて得られた許容荷重よりも大きいことを確認する。

## 2. 解析方法

極限解析手法については、実機のスタンドパイプと同様に実施する。

## ①解析モデルの作成

解析モデルは2本の試験体の対称性を考慮して1本の試験体とする。解析モデルを図2-1に示す。縮尺試験体は対称形であることから、解析モデルは全体の1/2とし、パイプは鋼板との溶接部から148mm（荷重負荷位置）までの範囲をモデル化している。また、パイプの板厚は、引張試験治具による局所的な影響を考慮する観点から治具取付部近傍を肉厚形状にしていたが、解析上においては、考慮せず、一律1/3スケールの板厚としている。

## ②境界条件の設定及び物性値の入力

境界条件は荷重負荷方向と反対側側面を拘束する。また、物性値は試験体及び実機の解析条件と同じとする。

## ③荷重の負荷

荷重の負荷は、試験の荷重の負荷と同様に試験体上面に引張力（水平荷重）を負荷する。

## ④荷重変位曲線の作成

③の荷重を増加させて荷重－変位曲線を作成する。

⑤崩壊荷重の下限（ $P_{cr}$ ）の算定

④にて作成した荷重変位曲線をもとに崩壊荷重の下限（ $P_{cr}$ ）を算定する。算定結果を図2-2に示す。算出結果から得られえた $P_{cr}$ は13.7 kNであった。

### 3. 試験結果との比較

試験体に対する極限解析にて得られた荷重－変位曲線と試験にて得られた荷重変位曲線を重ね合わせたものを図3－1に示す。試験にて得られた限界荷重は17.5 kNであり、極限解析にて得られた $P_{cr}$  (=13.7 kN) よりも、保守的であることがわかった。なお、図3－1は引張試験装置での荷重変位曲線であることから、ひずみゲージでの荷重変位曲線と重ね合わせたものを図3－2に示す。解析上はピンのたわみや形状変化部を考慮していないが、これらの変位に対する影響は小さいため、弾性勾配においても概ね一致していることが確認できる。

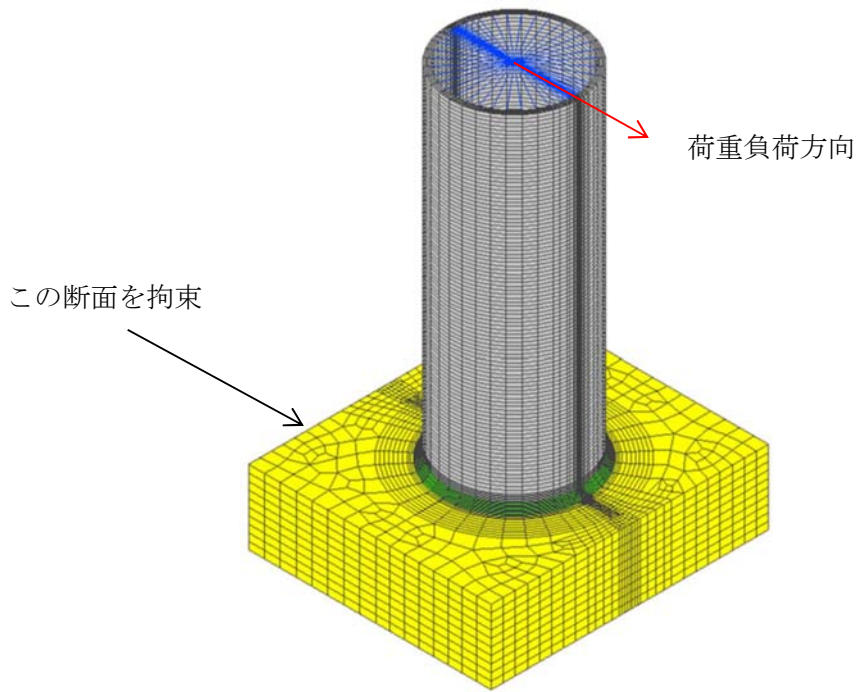


図 2-1 縮尺試験体の解析モデル図

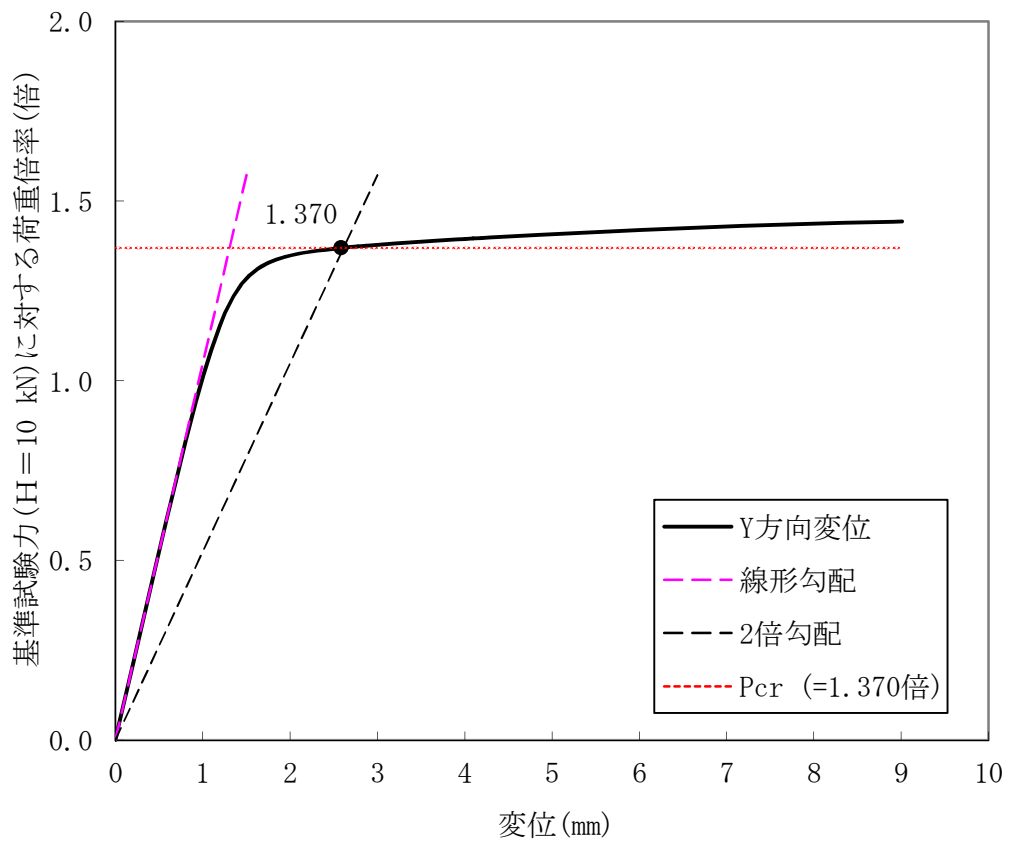


図 2-2 縮尺試験体の荷重-変位曲線

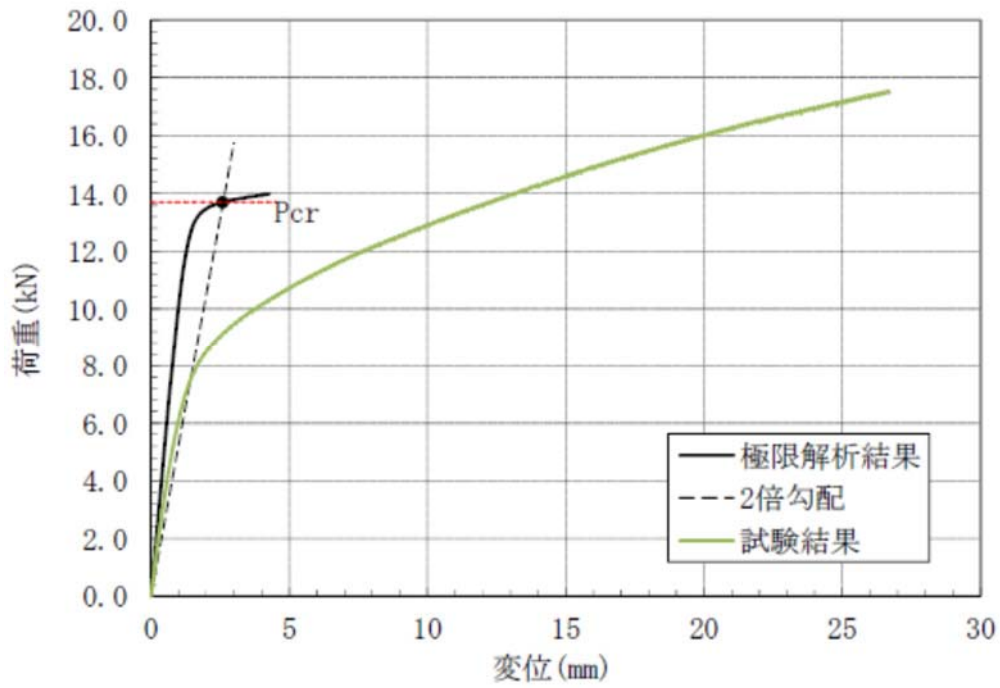


図 3-1 試験結果と試験体に対する極限解析結果との比較（引張試験装置の変位）

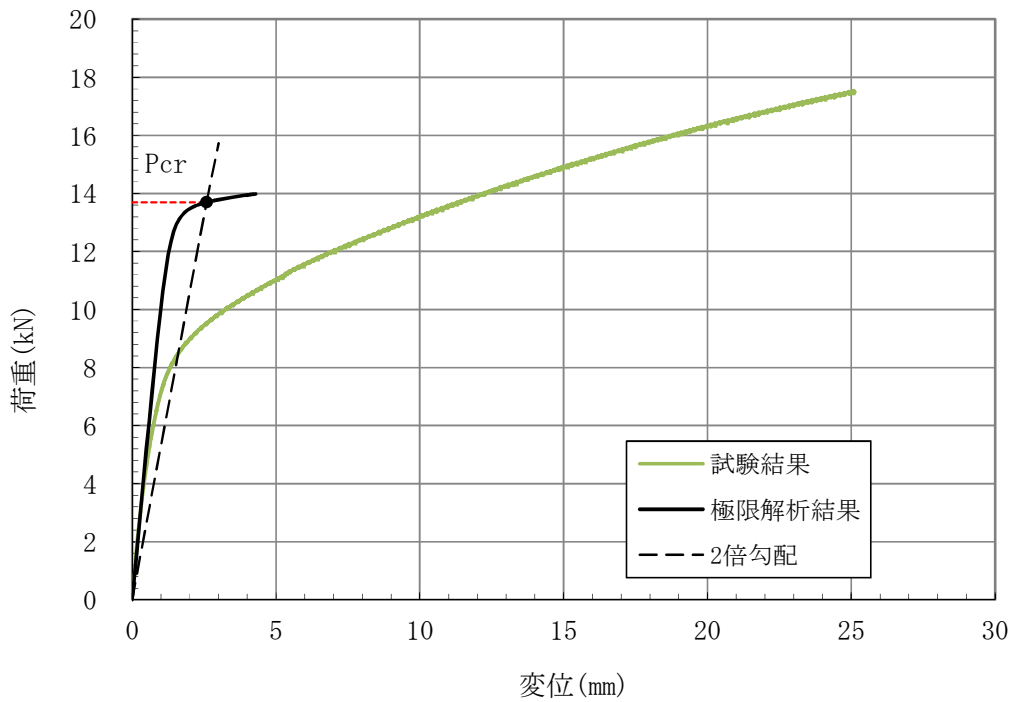


図 3-2 試験結果と試験体に対する極限解析結果との比較（ひずみゲージの変位）

## 補強板の健全性について

## 1. 概要

スタンドパイプの地震時の評価は、建屋機器連成解析にて得られた地震荷重が極限解析で得られた許容荷重下回ることで耐震健全性を確認している。極限解析にて得られた許容荷重及び通常の応力評価では大・小補強板の剛性を考慮していないが、地震応答解析に用いた建屋機器連成解析モデルでは大補強板の剛性を考慮しているため、大補強板の耐震健全性について示す。

また、本文 5. 項に記載している詳細モデルと連成モデルの荷重比較では、詳細モデルに大・小補強板の剛性を考慮していることから、併せて小補強板の健全性についても示す。上記をまとめたものを表 1 に示す。

表 1 補強板剛性の考慮の有無

モデル名称*	大補強板	小補強板
建屋機器連成解析モデル (地震荷重の算出)	○	×
極限解析モデル (許容荷重の算出)	×	×
詳細モデル (荷重分配の影響検討)	○	○

○：剛性を考慮する， ×：剛性を考慮しない

※：( ) 内はモデルの用途を示す

## 2. 評価方法

補強板 1 体当たりの死荷重に崩壊荷重発生時の震度を乗じて地震荷重を算出する（表 2 参照）。水平震度及び鉛直震度は建屋機器連成解析から得られた当該部位の震度を用いる。得られた荷重から一次応力を求め、応力強さが許容値を満足することを確認する。

表2 評価用震度

許容応力状態	EL. [m]	水平震度*	鉛直震度*	荷重倍率 (Pcr/地震荷重)
Ⅲ <sub>A</sub> S	33.132	2.79(2.51)	0.92(0.83)	1.108
Ⅳ <sub>A</sub> S	33.132	4.28(3.77)	1.74(1.53)	1.134

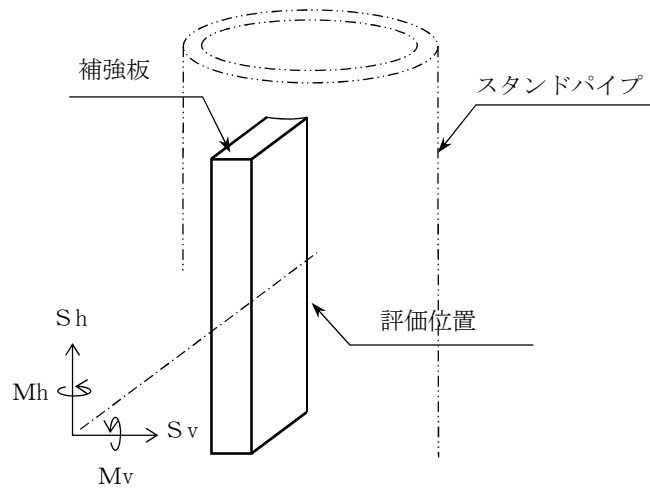
※：( ) 内に示す震度に荷重倍率を乗じた値

表2 大補強板に生じる地震荷重

許容応力状態	せん断力 S [N]		曲げモーメント M [N・mm]	
	Sh	Sv	Mh	Mv
Ⅲ <sub>A</sub> S	397	131	28100	9270
Ⅳ <sub>A</sub> S	608	247	43200	17600

表2 小補強板に生じる地震荷重

許容応力状態	せん断力 S [N]		曲げモーメント M [N・mm]	
	Sh	Sv	Mh	Mv
Ⅲ <sub>A</sub> S	15.4	5.06	447	148
Ⅳ <sub>A</sub> S	23.6	9.57	685	279



評価部位

### 3. 許容応力

補強板は原子炉圧力容器の内部にあることから JEAG4601-1984 の炉内構造物の許容限界を適用する。また、301℃（運転状態Ⅰ及びⅡの最高使用温度）における許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S及びⅣ<sub>A</sub>Sの許容応力に、JSME CSS-3150に準拠し、溶接継手効率として大補強板<sup>※1</sup>は0.35、小補強板<sup>※2</sup>は0.60を考慮する。表3に補強板の許容応力を示す。

※1 不連続すみ肉溶接，表面浸透探傷試験（検査の種類E）

※2 両側すみ肉溶接，表面浸透探傷試験（検査の種類E）

表3 補強板の許容応力（炉内構造物）

評価部位	応力分類	許容応力状態 <sup>※</sup>	
		Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S
小補強板 (オーステナイトステンレス鋼 (SUS304))	一次一般膜応力	103 (1.5Sm×0.60)	156 (Min (2.4Sm, 2/3Su) ×0.60)
	一次一般膜+ 一次曲げ応力	154 (2.25Sm×0.60)	234 (Min (3.6Sm, Su) ×0.60)
大補強板 (オーステナイトステンレス鋼 (SUS304))	一次一般膜応力	60 (1.5Sm×0.35)	91 (Min (2.4Sm, 2/3Su) ×0.35)
	一次一般膜+ 一次曲げ応力	90 (2.25Sm×0.35)	136 (Min (3.6Sm, Su) ×0.35)

※：301℃における値

### 4. 評価結果

補強板の応力評価結果を表4に示す。表4により各許容応力状態において、発生応力は許容応力を下回っており、補強板の健全性が確保できている。



表 4 補強板の応力評価結果

許容応力 状態	評価部位	評価応力	応力強さ [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度
Ⅲ <sub>A</sub> S	大補強板	一次一般膜応力	1	60	60.0
		一次一般膜応力 +一次曲げ応力	4	90	22.5
	小補強板	一次一般膜応力	1	103	103.0
		一次一般膜応力 +一次曲げ応力	1	154	154.0
Ⅳ <sub>A</sub> S	大補強板	一次一般膜応力	1	91	91.0
		一次一般膜応力 +一次曲げ応力	6	136	22.6
	小補強板	一次一般膜応力	1	156	156.0
		一次一般膜応力 +一次曲げ応力	1	234	234.0

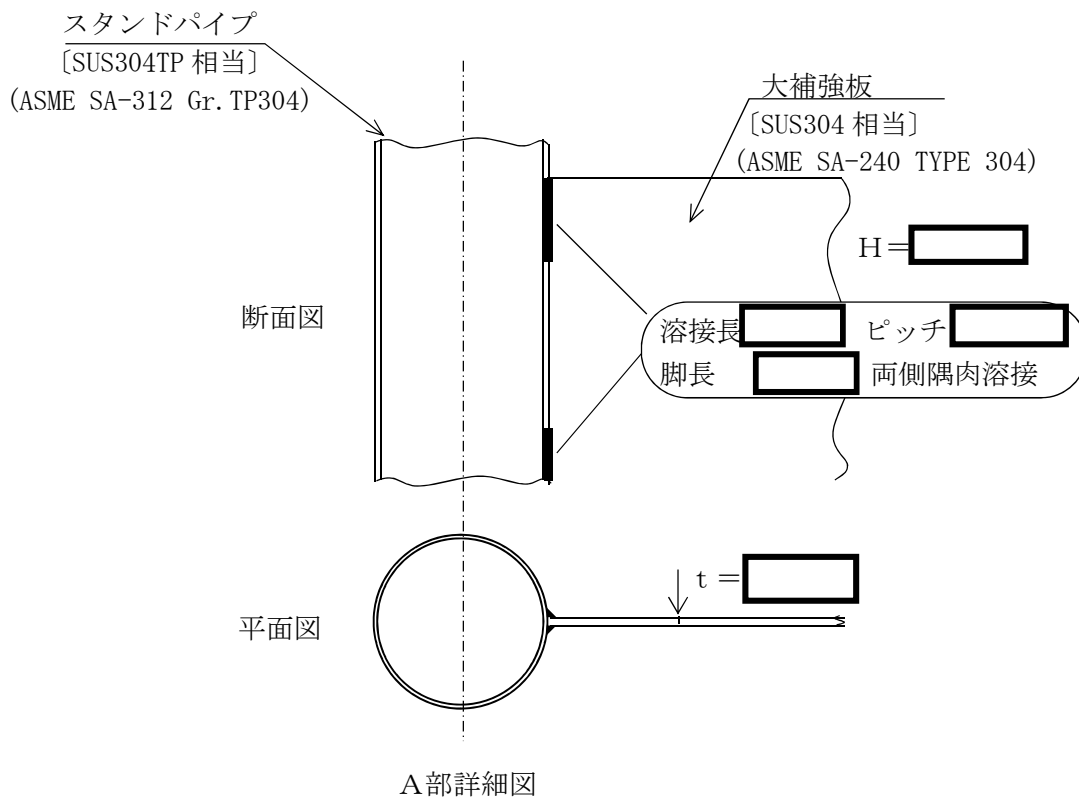
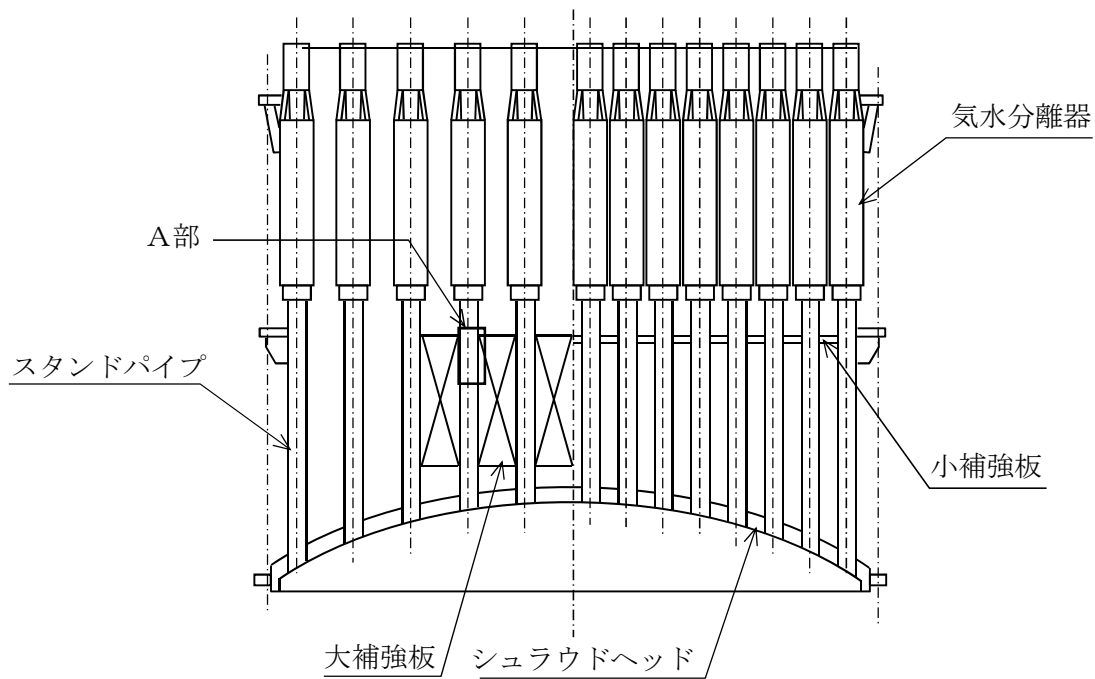


図1 補強板の外形図

気水分離器と蒸気乾燥器の相対変位について

1. 概要

蒸気乾燥器は原子炉圧力容器上部のブラケットにて支持され、気水分離器は炉心シュラウド上部のシュラウドヘッドに設置されている。また、気水分離器と蒸気乾燥器は水平方向に対してそれぞれを支持しておらず（図1参照）、地震時には水平方向の変位により蒸気乾燥器と気水分離器が接触、衝突が発生する可能性がある。このため、蒸気乾燥器と気水分離器の地震時の相対変位を評価することにより、衝突等の考慮の有無を確認する。

2. 評価方法

評価方法は図2に示す建屋機器連成解析モデルを使用し、時刻歴応答解析により蒸気乾燥器と気水分離器との相対変位を時々刻々に確認し、最大となる相対変位量が蒸気乾燥器と気水分離器とのギャップ  mm（気水分離器と蒸気乾燥器とのギャップは  mm であるが、最も距離が短い上リングとのギャップを評価に使用する）以下であることを確認する。

3. 解析結果

解析結果を表1に示す。表1に示すとおり、相対変位は基準値である  mm 以内であることから、衝突等は生じない。また、鉛直方向に対しては、気水分離器はシュラウドに、蒸気乾燥器はブラケットに支持されていることから鉛直方向に対して衝突は発生しない。

表1 相対変位時刻歴による評価結果 (単位:mm)

質点番号	①相対変位		1方向 最大変位	水平2方向	基準値 (最小ギャップ)
	NS	EW	①の最大値	①のSRSS	
5 4 - 7 5	5.62	5.46	5.62	7.84	<input type="text"/>

#### 4. 弾塑性状態を考慮した変位量の算出について

相対変位の算出は弾性解析にて算出しており、スタンドパイプの弾塑性状態による変位増加を考慮していないため、弾塑性状態における変位量を考慮する。ここで、スタンドパイプの弾塑性状態による変位の増加の影響を受けるのはシュラウドヘッド上部に設置される気水分離器及びスタンドパイプである。

気水分離器及びスタンドパイプ自体の最大応答変位は建屋機器連成解析結果から、気水分離器上部（質点番号 75）で 38.0mm，シュラウドヘッド上部（質点番号 78）で 32.5mm であるため、気水分離器及びスタンドパイプ自体の最大応答変位は 5.5mm となる（図 3 参照）。これに極限解析にて得られた荷重変位曲線から弾性状態と仮定した変位と弾塑性状態での変位の比から弾塑性状態での変位の増加量を追加する。

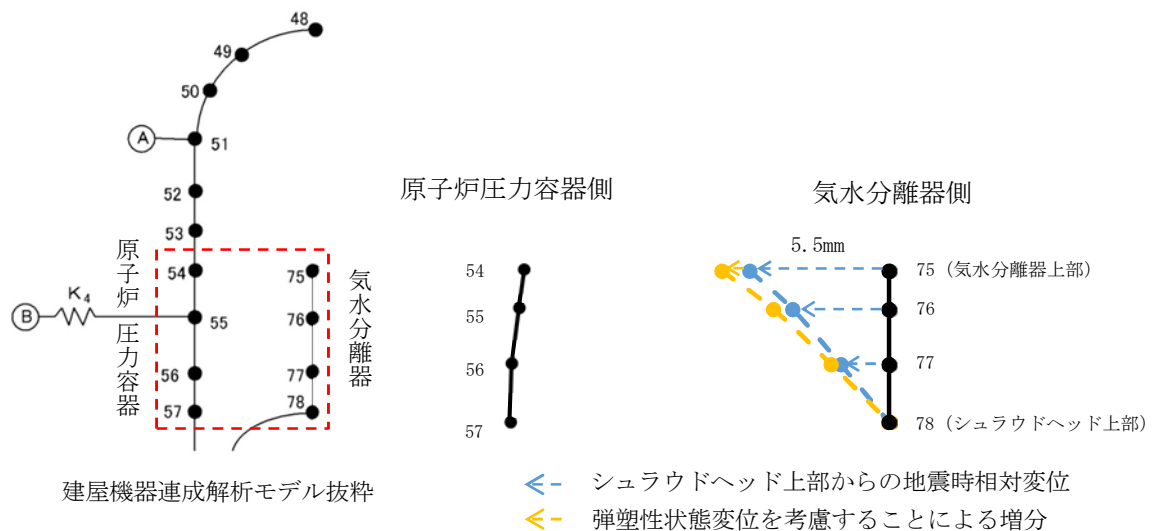


図 3 弾塑性状態の変位量に対する考慮の概要図

## 5. スタンドパイプの弾塑性状態を考慮した相対変位量

図4に示す極限解析にて得られた荷重変位曲線からS s地震時における変位量は弾性状態と比較して約1.2倍変位量が増加する。このため、弾塑性状態の変位量に対する考慮として、スタンドパイプから気水分離器までの変位量に0.2だけ変位量を上乗せする。弾塑性による変位量増加を加えた結果を表2に示す。S s地震時におけるスタンドパイプ付根部の弾塑性状態を考慮した場合でも変位量は基準値に対して十分余裕のある結果であり、地震時において気水分離器と蒸気乾燥器には衝突等は発生しない。

表2 相対変位時刻歴による評価結果（弾塑性による変位を割増係数として考慮）

(単位:mm)

質点番号	①相対変位		1方向 最大変位	水平2方向	基準値 (最小ギャップ)
	NS	EW	①の最大値 +5.5×0.2	(①+5.5×0.2) のSRSS	
54-75	5.62	5.46	6.72	9.40	□

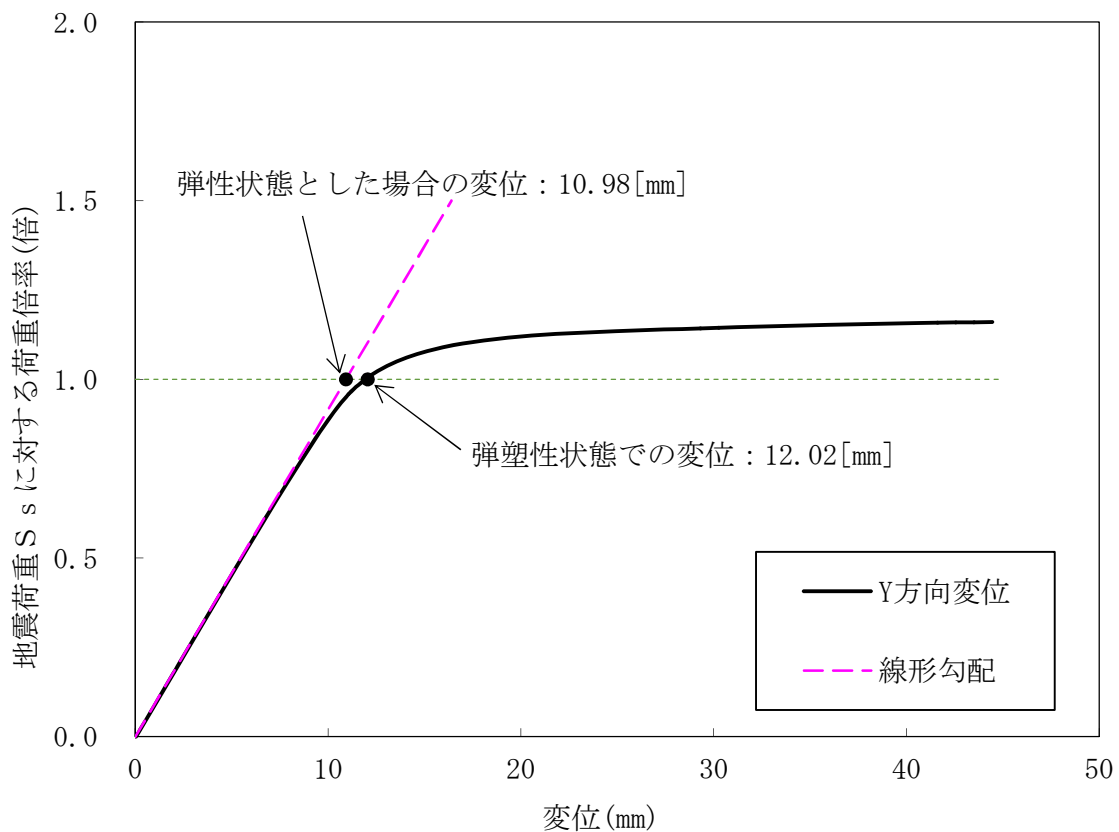
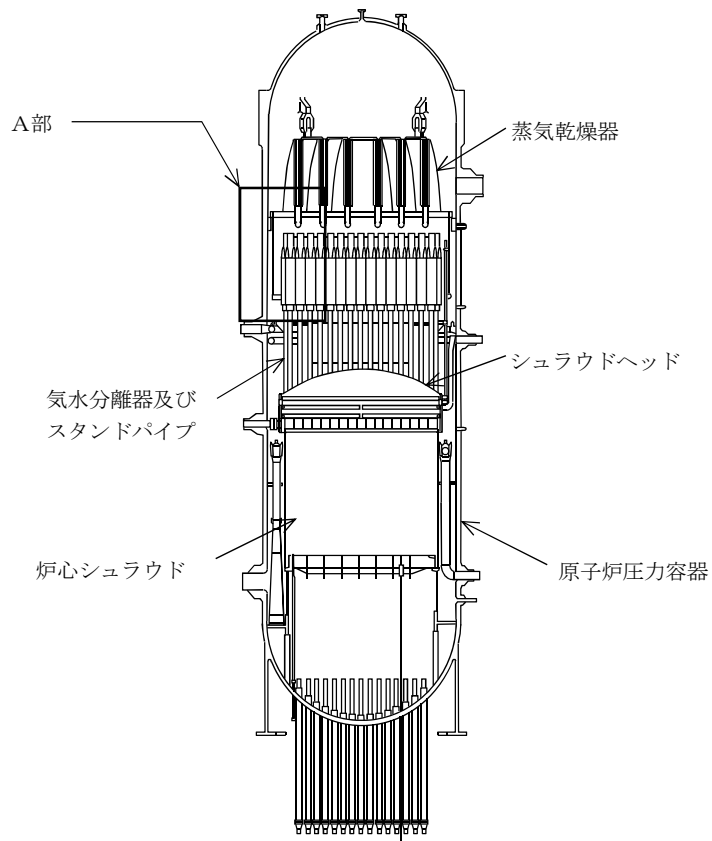
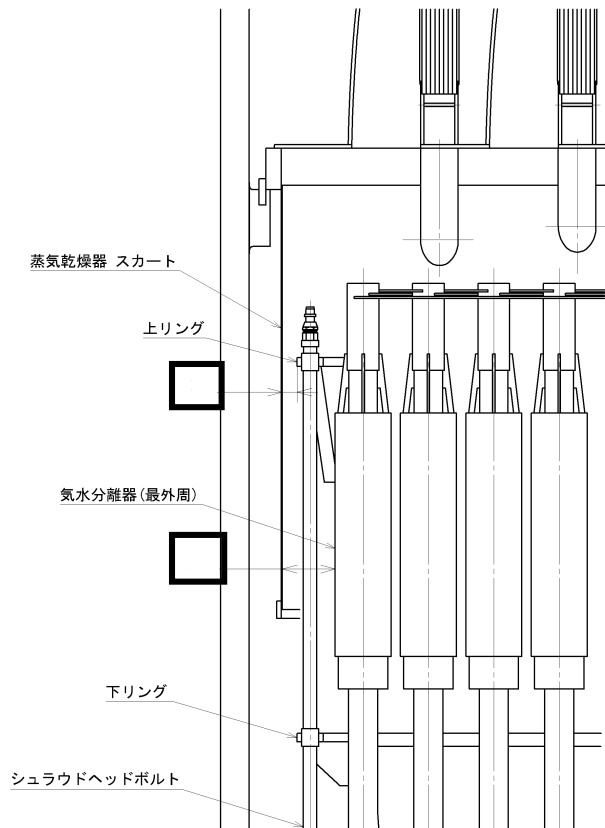


図4 極限解析での荷重変位曲線 (1000mm)



原子炉压力容器内部構造物概要図



A部詳細図

図1 蒸気乾燥器，気水分離器及びスタンドパイプ概要図

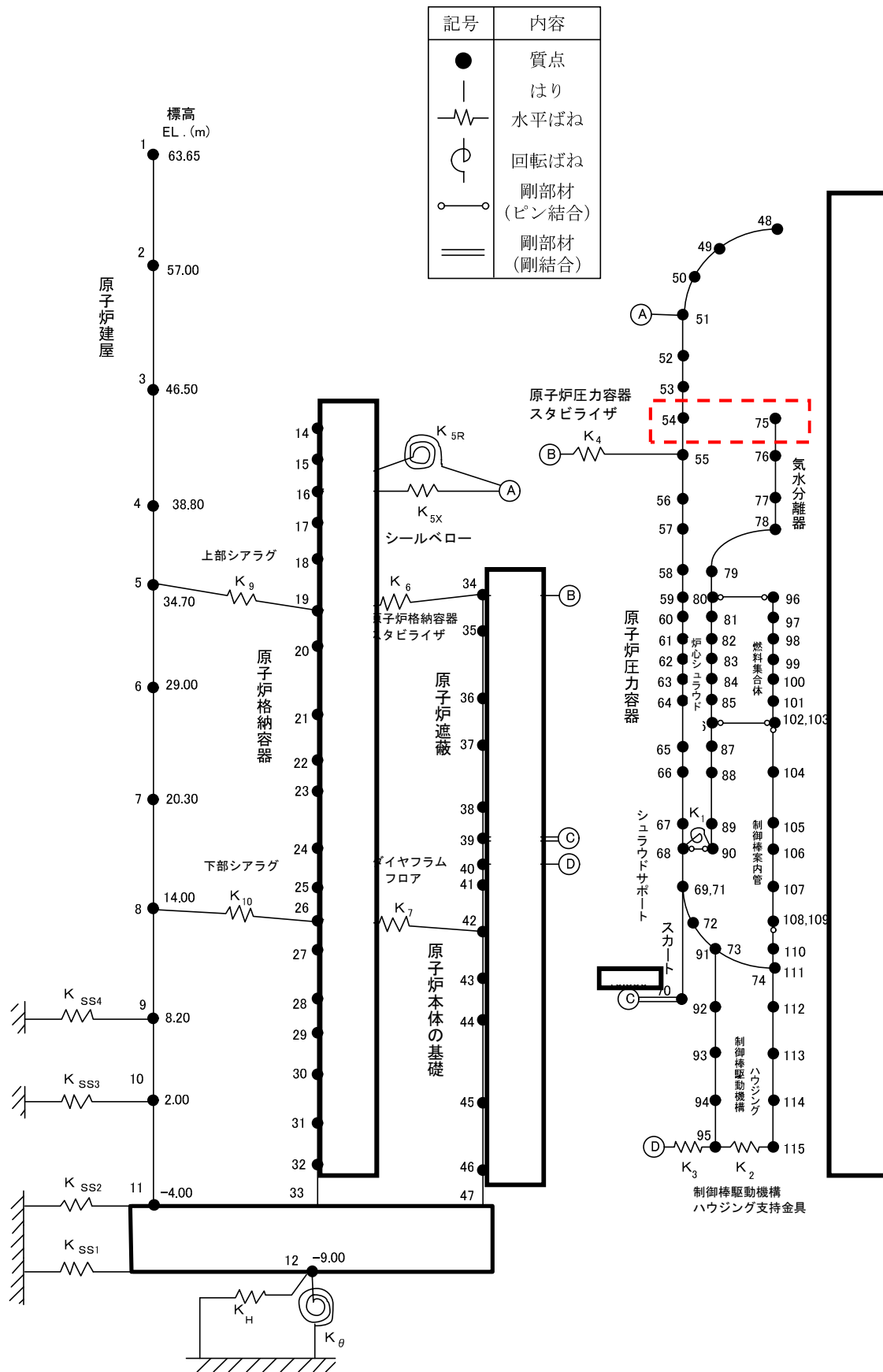


図2 建屋機器連成解析モデル (水平)

## 2. 設計用床応答曲線の作成方法及び適用方法



## 目 次

1. はじめに	1
2. 設計用床応答曲線の作成方法	1
3. 設計用床応答曲線の適用方法	1
3.1 設計用床応答曲線の適用について	1
3.2 耐震計算に用いる耐震評価条件の設計上の考慮について	4

参考 床応答スペクトル固有周期計算間隔について

添付 1 機器・配管系の耐震設計における剛柔判定を行う固有周期について

添付 2 設計用床応答曲線の作成点について

添付 3 機器・配管系の耐震評価に用いる床応答スペクトルについて

下線：本日まで提出資料

## 機器・配管系の耐震設計における剛柔判定を行う固有周期について

## 1. 剛柔判定を行う固有周期の考え方

機器・配管系の耐震設計では、基準地震動  $S_s$ 、弾性設計用地震動  $S_d$  に対して動的解析を行い水平及び鉛直方向の動的地震力を定める。その機器・配管系が柔構造と判断される場合には、動的解析により地震力を算定し、剛構造と判断される場合には、機器・配管系の設置床面の最大応答加速度の 1.2 倍の加速度を震度(1.2ZPA)とした静的解析により地震力を算定する。

ここで、剛柔判定の固有周期と動的解析の適用範囲の概要を図 1 に示す。剛柔判定の固有周期は、地震動による応答増幅が大きくなる建物・構築物の卓越周期から(十分)離隔した位置に設定し、動的解析の適用要否の決定に用いている。なお、この考え方は、J E A G 4601-1970 に示されている。

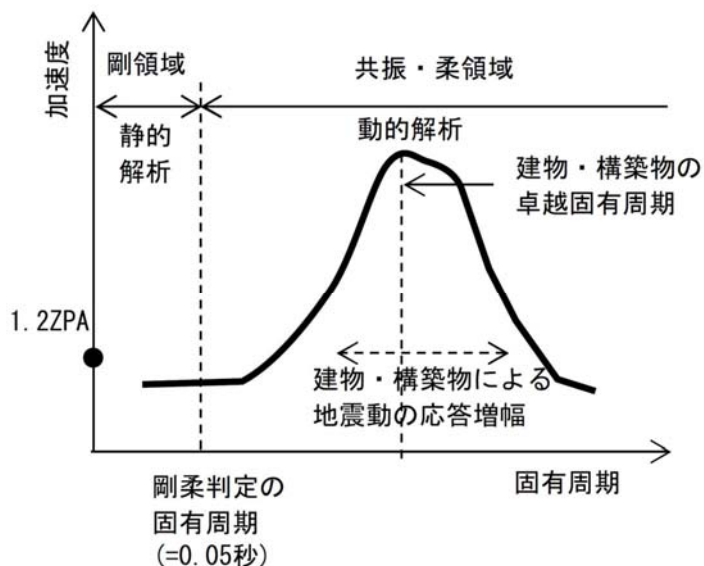


図 1 剛柔判定の固有周期と動的解析の適用範囲 (概要図)

## 2. 剛柔判定を行う固有周期と地震力の算定法

J E A G 4601-1987 の抜粋を図 2 に示す。機器・配管系の剛柔判定については、J E A G 4601-1987 に例示されているとおり、機器・配管系の 1 次固有周期が 0.05 秒以下の場合は剛、0.05 秒を超える場合は柔とする。この方針は、既工認と同じである。

機器・配管系の耐震設計では、剛柔判定の固有周期 0.05 秒を超える場合は地震応答を動的解析により行い、0.05 秒以下の地震応答は動的解析を行うのに代えて静的解析を行う。

### 6.4.3 動的地震力の概要

機器・配管系の耐震設計に用いる動的地震力は、重要性の高い As クラス機器の地震力を基本に定めるものである。本項では、その概要を示し、地震力算定の詳細は「6.5 地震応答解析」に述べることとする。

#### (1) As 及び A クラス機器

A クラス機器に関しては、基準地震動 S<sub>1</sub> に対し動的解析（地盤-建屋-機器連成の解析あるいは据付位置における設計用床応答スペクトルを用いた解析等）により算定される水平地震力を適用する。A クラス機器の中で特に重要な As クラス機器に関しては、さらに基準地震動 S<sub>2</sub> に対し動的解析によって得られる水平地震力をも適用する。ただし、その機器が剛構造と判断される場合（例えば機器の 1 次固有振動数が 20Hz 以上、あるいは、設計用床応答スペクトルの卓越する領域より高い固有振動数を有する場合）

には、その機器の据付位置における建物の応答加速度を基に定まる震度により地震力を算定する。なお、As、A クラスの機器については鉛直地震力をも考慮し、基準地震動の最大加速度を 1/2 とした鉛直震度（高さ方向については一定とする）より求まる鉛直地震力を水平地震力と同時に不利な方向で組合せる。

図 2 J E A G 4601-1987（抜粋）

### 3. 実機に対する適用性

J E A G 4601-1987 の記載は、水平方向の動的解析への適用として剛柔判定の固有周期 0.05 秒の考え方を示したものである。新規基準においては、鉛直方向についても水平方向と同様に動的な扱いとするため、鉛直方向も含め剛柔判定の固有周期 0.05 秒が地震力算定に適用可能であることを検討した。本検討に際して参照した J E A G 4601-1970 の抜粋を図 3 に示す。J E A G 4601-1970 に示す建物・構築物の卓越固有周期の  $1/2$  を剛柔判定の固有周期とするとの考え方が示されており、原子力発電所の建物・構築物の卓越周期は一般に、0.1~0.5 秒(2~10Hz)であることを考慮して、0.05 秒を剛柔判定の固有周期とすれば十分であると記載されている。

東海第二発電所の原子炉建屋地震応答解析モデルに基づく、水平方向及び鉛直方向における固有周期(基準地震動  $S_s-D1$  の例)を表 1 及び表 2 並びに図 4~図 6 に示す。建屋の卓越固有周期は水平及び鉛直方向とも 0.2 秒以上であり、剛柔判定の固有周期 0.05 秒は、原子炉建屋の卓越固有周期に対して十分な離隔(卓越固有周期の  $1/2$  以下)をもって設定されている。また加速度応答スペクトルを図 7 に、変位応答スペクトルを図 8 に示すが、固有周期 0.05 秒で加速度はおおむね収斂している。

上記の検討結果より、既工認と同じ剛柔判定の固有周期 0.05 秒は、建屋の卓越固有周期に対して十分な離隔をもっており、東海第二発電所の水平及び鉛直方向の地震力算定に適用可能であることを確認した。

原子力発電所の場合について一般的にみると、地盤の卓越振動数、構築物の固有振動数をあわせ考えて、2~10 Hz が取付け点の卓越振動数域すなわち床応答曲線が持ち上る領域と考えられる。したがって動特性がまったく不明な場合には一応これより共振領域としては 1~20 Hz を考えれば一応十分であろう。

そこで固有振動数の評価に当たって重要なことは、対象となっている機械系が固有振動数解析を必要とする範囲にあるか否かを判定することである。明らかに 20 Hz よりはるかに高い固有振動数を有すると推定される対象につき、多くの計算を行なう必要はない。その推定は在来の経験であってもよし、対象物あるいはそれと類似な機器についての試験の結果であってもよい。この試験もたとえば簡単に木槌でたたいてみるといったことであってよいのである。ときには、これによって支持金具の不完全さなどを見出すことができる。

図 3 J E A G 4601-1970 (抜粋)

表1 原子炉建屋地震応答解析モデルの固有値解析結果（水平方向）

次数	N S 方向		E W 方向	
	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)
1 次	0.409	2.44	0.411	2.43
2 次	0.202	4.96	0.202	4.96

表2 原子炉建屋地震応答解析モデルの固有値解析結果（鉛直方向）

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)
1 次	0.274	3.65

屋根トラス部が卓越するモード除く

1次モード  
 固有周期 : 0.409 (s)  
 固有振動数 : 2.44 (Hz)  
 刺激係数 : 1.916

2次モード  
 固有周期 : 0.202 (s)  
 固有振動数 : 4.96 (Hz)  
 刺激係数 : 1.154

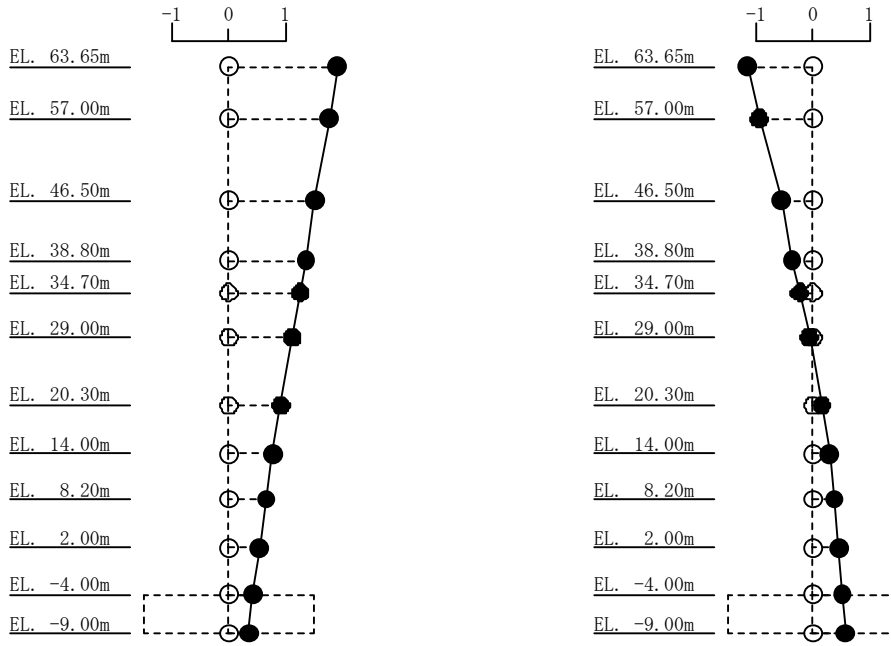


図4 刺激関数図 (S<sub>s</sub>-D1, NS方向)

1次モード  
 固有周期 : 0.411 (s)  
 固有振動数 : 2.43 (Hz)  
 刺激係数 : 1.941

2次モード  
 固有周期 : 0.202 (s)  
 固有振動数 : 4.96 (Hz)  
 刺激係数 : 1.213

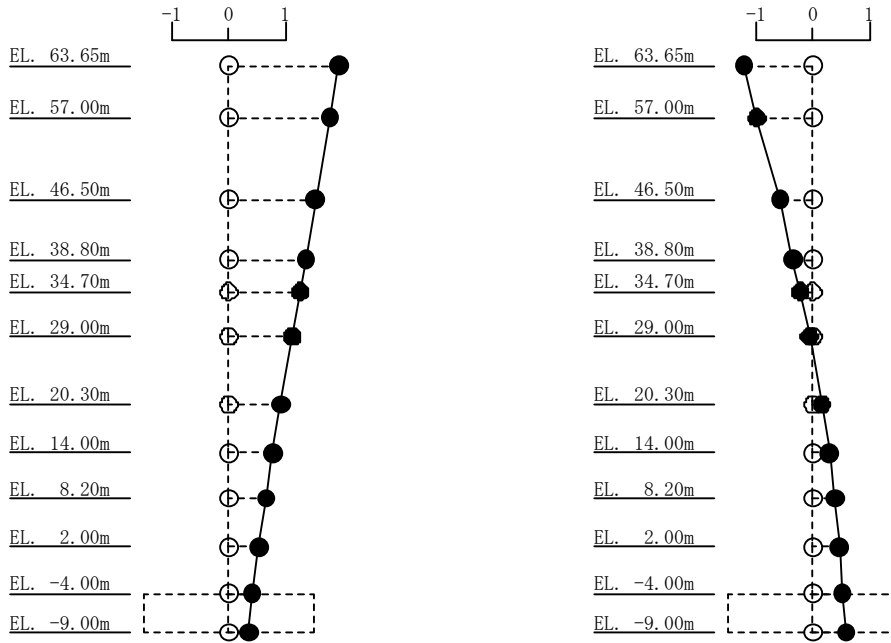


図5 刺激関数図 (S<sub>s</sub>-D1, EW方向)

1次モード  
 固有周期 : 0.274 (s)  
 固有振動数 : 3.65 (Hz)  
 刺激係数 : 1.596

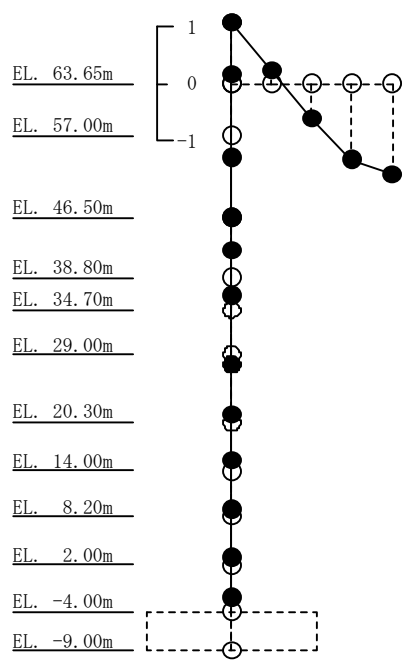


図6 刺激関数図 (S<sub>s</sub>-D 1, UD 方向)

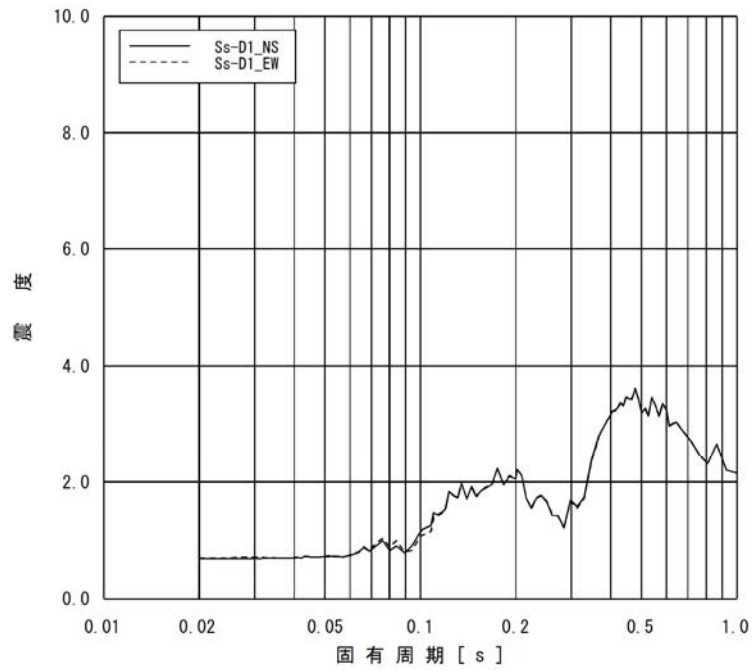


図 7-1 原子炉建屋 (EL. 8.2m) の加速度応答スペクトル (水平方向, 減衰定数 1.0%)

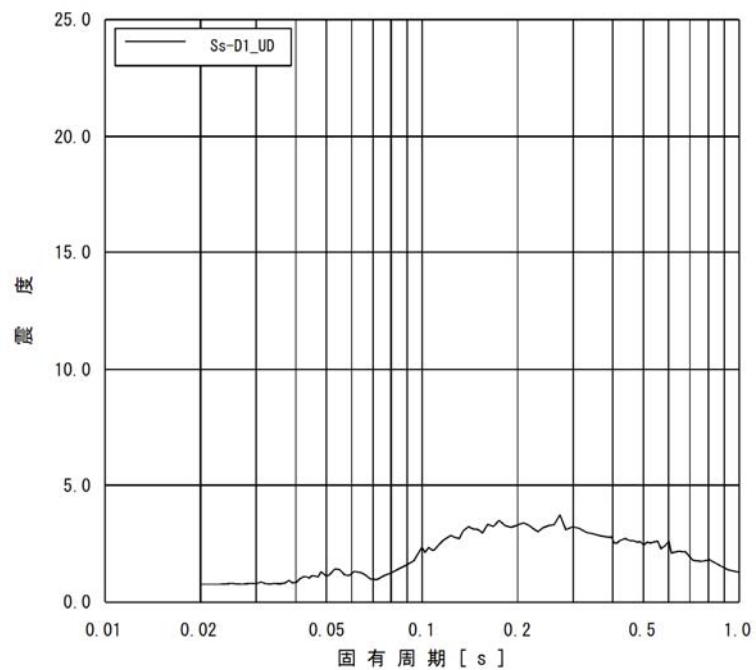


図 7-2 原子炉建屋 (EL. 8.2m) の加速度応答スペクトル (鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



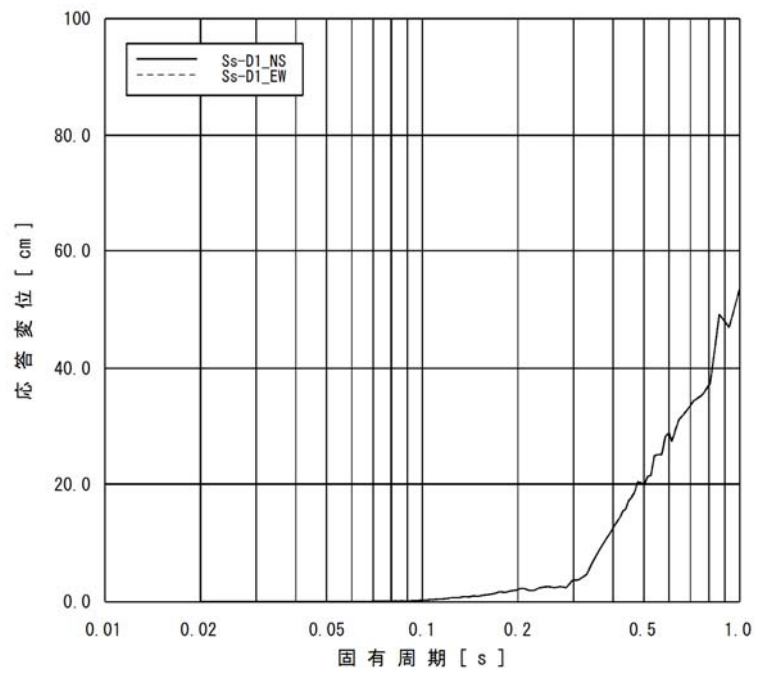


図 8-1 原子炉建屋 (EL. 8.2m) の変位応答スペクトル (水平方向, 減衰定数 1.0%)

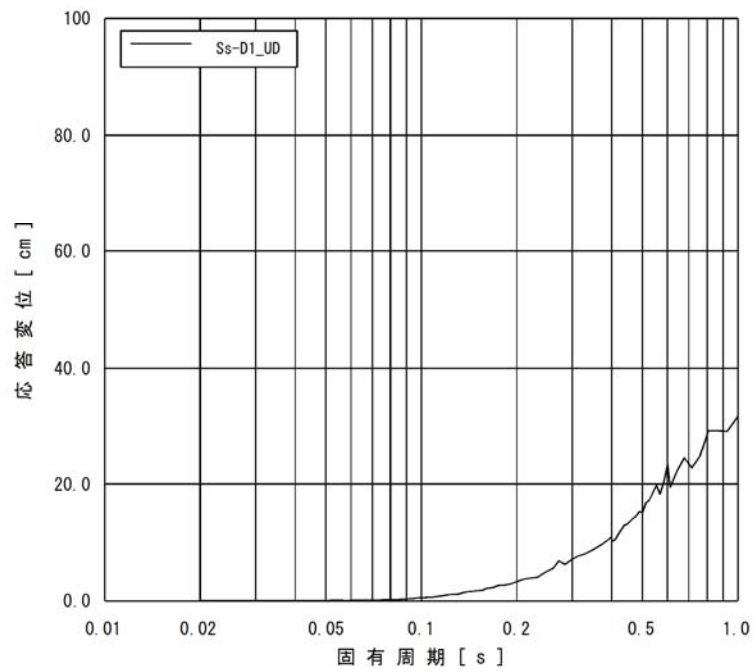


図 8-2 原子炉建屋 (EL. 8.2m) の変位応答スペクトル (鉛直方向, 減衰定数 1.0%)

#### 4. 剛柔判断及び打切り振動数に係る検討

##### (1) 剛柔判断の閾値を 0.05 秒とすることに関連する知見

地震動の高振動数領域においては地震力が短い周期で交番することから地震による変位やエネルギーが小さくなる傾向があり、設備の損傷の観点からは影響は小さいと考えられることから、0.05 秒を剛柔判断の閾値としている。この地震動の高振動数領域が設備の損傷に与える影響は小さいとの考え方は、米国における地震時の点検・再起動等においても取り入れられている。

地震動の 0.1 秒以下の高振動数領域が設備の損傷に与える影響は小さいと考えられている知見を以下に記載する。

a. J E A G 4601-1987 版で機器が剛構造と判断される場合の例示として、1 次固有振動数が 20Hz 以上、あるいは、設計用床応答スペクトルの卓越する領域より高い振動数を有する場合を掲示している。また、J E A G 4601-1970 では、一般的なものとして、2~10Hz が取付け点の卓越振動数域と考えられ、共振領域としては 1~20Hz を考えれば十分であろうとしている。

J E A G 4601-1987 における剛柔判断の固有振動数 20Hz 以上の考え方は、水平方向の動的解析への適用として示したものであるが、鉛直方向においても J E A G 4601-1970 の考え方にに基づき、原子炉建屋の卓越固有周期が剛柔判断の固有周期 0.05 秒に対して、十分な離隔を有することを確認している。また、変位応答スペクトルにおける 0.1 秒での応答について概ね収斂していることを確認している。

b. 過去に、観測された地震動が 0.1 秒以下の周期領域のみで設計時の想定を超えた原子力発電所では被害の発生が無い。

【周期 0.1 秒以下で設計時の想定を超える地震動が観測された原子力発電所】

女川原子力発電所（2005 年宮城県沖地震）

米国 Perry 原子力発電所（1986 年 Leroy 地震）※

米国 Summer 原子力発電所（1978 年小規模地震多数）※

※出典：EPRI 1988.7 A Criterion for Determining Exceedance of the Operating Basis Earthquake

c. 気象庁の震度階：近地地震などでは短周期成分が多く含まれており、日本では経験的に地震動と破壊の状態との関係を震度で示している。気象庁震度階の元となっている計測震度では、周期 0.1 秒よりも短周期側の地震動成分をフィルタでカットしている。

d. 米国の規格：地震後の対応に関する米国の規格：Nuclear Plant Response to an Earthquake (ANSI/ANS-2.23-2002) では、観測された地震が設計用の地震動を超えたか否かの判定 (OBE Exceedance Criteria) で、応答スペクトルで 0.1 秒以下の周期帯について考慮外としている。本規格では、CAV (Cumulative absolute Velocity) という指標を導入して観測された地震動の有効性 (構造物の破壊に対する影響度) を判定している。原波形と 0.1 秒のフィルタを掛けた波形について各々 CAV を算出し、その比を地震による影響の程度を示す震度 (米国では修正メルカリ震度を使用している) に対してプロットすると、破損が生じるといわれる修正メルカリ震度 VII 程度以上で安定し、0.1 秒のフ

イルタを掛けた波形が破損との関係をより良く表している。

- e. 米国電力研究所の調査 : 10Hz を超える振動数領域における高加速度振動による設備の影響について調査を行い、一部の設備を除き影響は無視できると結論付けている。固有振動数が低い設備は高振動数領域の加速度には影響を受けず、また、固有振動数が高い設備についても、高振動数領域における加速度では変位や応力が小さくなるため。高振動数領域で SSE (Safety Shutdown Earthquake) を超える地震動に見舞われた米国内で発電所 (上記 b. の発電所) において、設備に影響が無かったことも紹介されている。

※出典 : EPRI 2006.12 Program on Criterion Technology Innovation: The Effects of High-Frequency Ground Motion on Structures, Components, and Equipment in Nuclear Power Plants

- f. 建築構造学大系振動理論 : 振動理論 (大崎著) によると、速度応答スペクトルに関して系に与える最大のエネルギーと密接な関係があると述べられている。最大相対変位に角周波数を乗じたものが速度応答スペクトルとなるため、単位質量あたりの最大エネルギーは、速度応答スペクトルで表すことができる。よって、速度応答スペクトルは構造物に対して固有周期に応じて与える一種のエネルギースペクトルであると解釈することが出来る。

なお、b. ~d. についての情報は、一般社団法人 日本原子力技術協会 (現一般社団法人 原子力安全推進協会) 地震後の機器健全性評価ガイドライン (平成 24 年 3 月) にまとめて記述されている。

<http://www.gengikyo.jp/archive/pdf/JANTI-SANE-G1.pdf>

## (2) 変位応答スペクトルを踏まえた剛柔判定の検討

原子炉格納容器 (EL. 39.431m) における基準地震動  $S_s$  による加速度応答スペクトルを図 9 に示す。また、同様に変位応答スペクトルを図 10 に示す。

加速度応答スペクトルでは 0.05 秒未満で一定の加速度値を有するが、構造強度の評価に直接かかわる変位応答スペクトル<sup>\*1</sup>の卓越周期に対し、剛柔判定の固有周期 0.05 秒は、十分な離隔をもって設定されていることが分かる。

\* 1 機器・配管系の動的解析に適用されるスペクトルモーダル解析 (J E A G 4601-1987 P565, 567) では、加速度応答スペクトルから各モードに対応する応答変位を求め、この応答変位に剛性を乗じて部材力 (曲げモーメント, せん断力等) を算出している。

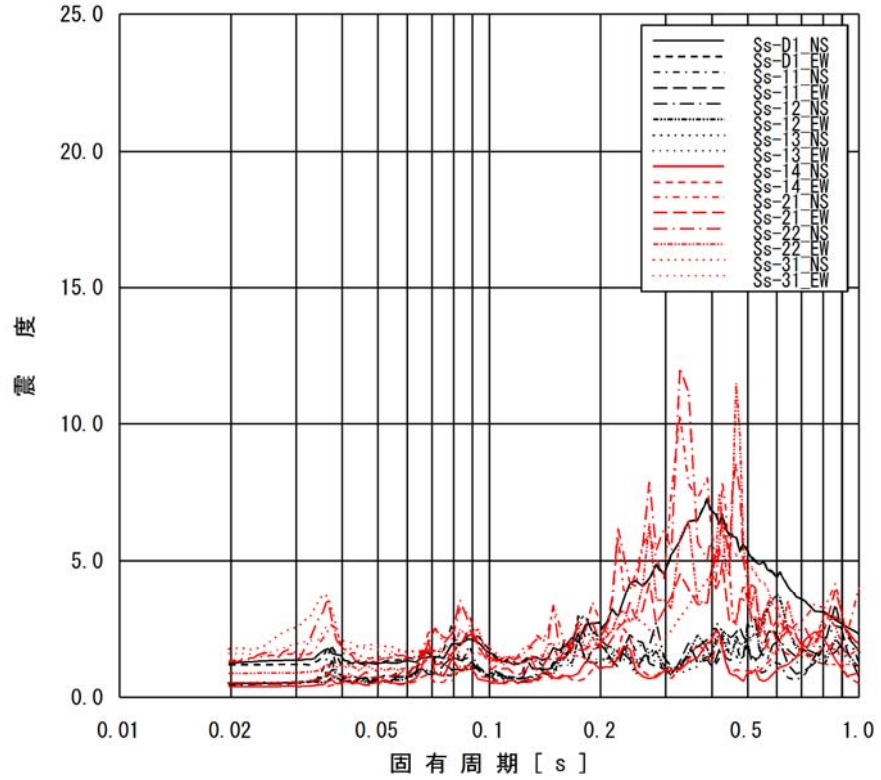


図 9-1 原子炉格納容器 (EL. 39.431m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)

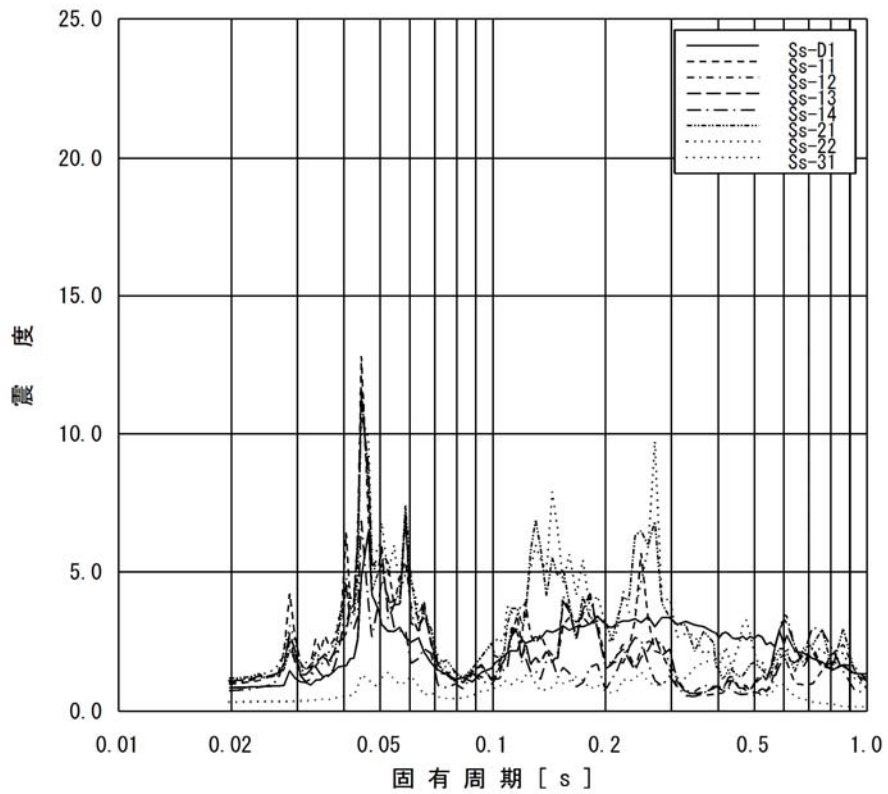


図 9-2 原子炉格納容器 (EL. 39.431m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)

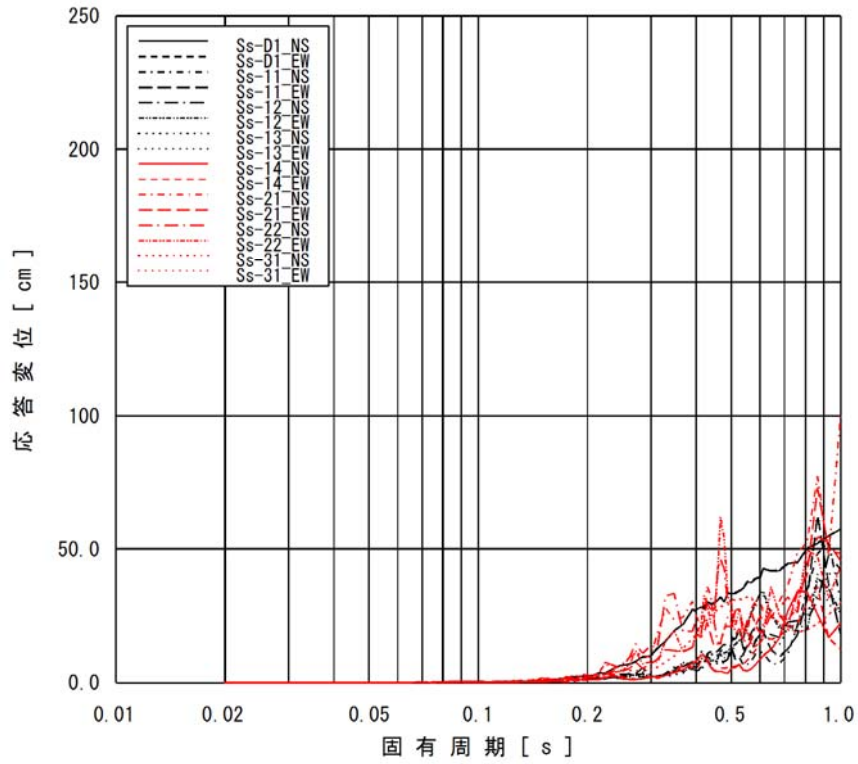


図 10-1 原子炉格納容器 (EL. 39.431m) の変位応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)

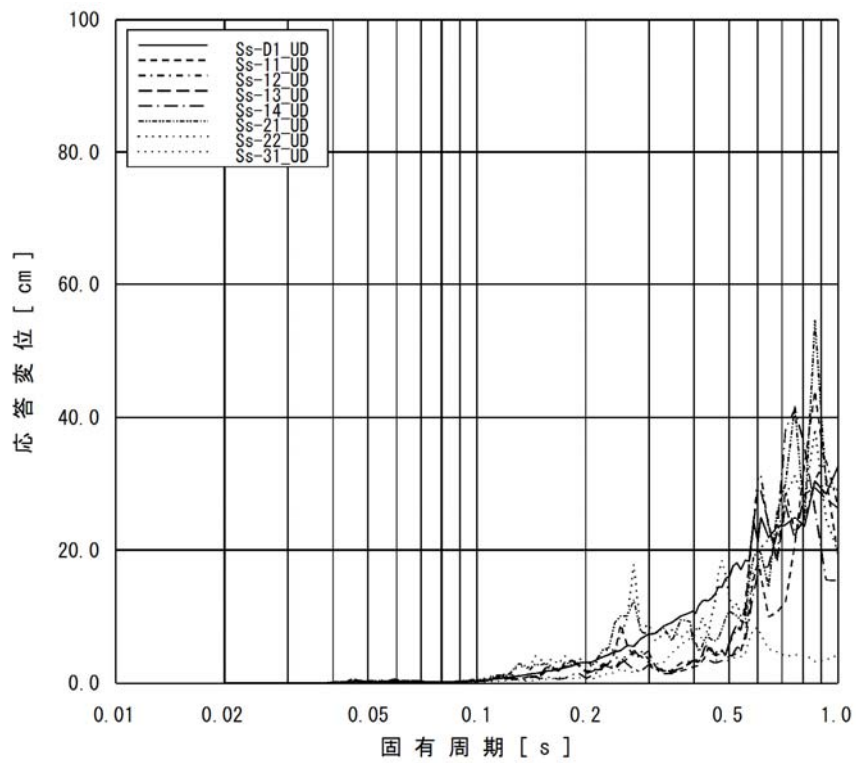


図 10-2 原子炉格納容器 (EL. 39.431m) の変位応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)

### (3) 動的解析法の妥当性確認

本項では現行の動的解析法が、構造強度設計を行う上で妥当であること、すなわち、変位スペクトルをベースに設定した剛柔判定の固有周期が耐震設計を行う上で妥当性を有していることを確認する。

#### a. 検討対象設備

検討対象設備は、20Hz 近傍に卓越する応答に対する検討を行う観点から 20Hz 近傍に卓越する応答を有する構築物の設計用床応答曲線を適用する設備を選定する。また、設計用床応答曲線を 20Hz までの作成としていることを踏まえて、1 次固有周期が 20Hz 近傍に有する設備を選定する。

#### (a) 20Hz 近傍に卓越する応答を有する設計用床応答曲線を適用する設備

代表構築物の設計用床応答曲線の傾向を確認する。代表構築物の設計用床応答曲線を添付図 1～添付図 6 に、最大応答加速度（1.2ZPA）を添付表 1～添付表 3 に示す。なお、添付図及び添付表の設計用床応答曲線及び最大応答加速度（1.2ZPA）は設計上の配慮として 1.5 倍したものである。

- ・ 原子炉建屋

水平及び鉛直ともに剛領域になるに従って加速度値が低下傾向にあり 20Hz 近傍に卓越するピークはない。

- ・ 原子炉格納容器

水平方向では下層階にて 20Hz 近傍に卓越する応答を有する。鉛直方向では全階層で 20Hz に卓越する応答を有する。

- ・ 原子炉遮蔽及び原子炉本体の基礎

水平及び鉛直ともに剛領域になるに従って加速度値が低下傾向にあり 20Hz 近傍に卓越するピークはない。

上述した各構築物の設計用床応答曲線の傾向として原子炉建屋、原子炉遮蔽及び原子炉本体の基礎の応答については、剛領域になるに従って加速度値は低下傾向にあり、20Hz 近傍に卓越する応答はないため、20Hz 近傍に卓越する応答を有する原子炉格納容器の設計用床応答曲線を適用し評価する設備に対して検討を行う。

原子炉格納容器の設計用床応答曲線を適用し耐震評価を実施する設備を表 3 に示す。動的解析法の妥当性確認のための検討対象設備については、設計用床応答曲線の加速度値が最も大きい原子炉格納容器上層階 EL. 39.431m の設計用床応答曲線を適用する原子炉隔離時冷却系配管を対象として検討する。

表3 原子炉格納容器の設計用床応答曲線を適用する設備

設備名称	評価に適用する 設計用床応答曲線	固有振動数
原子炉隔離時冷却系配管	原子炉格納容器 EL. 39. 431	1次：12. 60Hz 7次：29. 30Hz 2次：15. 10Hz 8次：32. 82Hz 3次：21. 18Hz 9次：35. 54Hz 4次：22. 23Hz 10次：39. 90Hz 5次：25. 02Hz 11次：44. 48Hz 6次：27. 24Hz 12次：48. 69Hz
機器搬入用ハッチ	原子炉格納容器 EL. 16. 319 EL. 13. 523	1次： 5. 5Hz 2次： 8. 1Hz 3次：12. 4Hz 4次：27. 3Hz
所員用エアロック	原子炉格納容器 EL. 16. 319 EL. 13. 523	1次： 6. 1Hz 2次： 7. 4Hz 3次：13. 0Hz
サプレッション・チェン バアクセスハッチ	原子炉格納容器 EL. 5. 141 EL. 3. 787	1次： 4. 4Hz 2次： 8. 6Hz 3次：12. 4Hz
ベント管	原子炉格納容器 EL. 13. 523 (水平のみ)	1次： 6. 4Hz 2次：26. 4Hz
残留熱除去系ストレーナ (高圧炉心スプレイ系スト レーナ及び低圧炉心スプ レイ系ストレーナを含む)	原子炉格納容器 EL. -0. 013	水平方向 1次：12. 3Hz 2次：21. 1Hz 鉛直方向 1次：23. 2Hz
格納容器スプレイヘッド	原子炉格納容器 EL. 11. 191 EL. 13. 523	1次：19. 06Hz 10次：24. 96Hz 2次：19. 33Hz 11次：25. 32Hz 3次：20. 21Hz 12次：25. 78Hz 4次：20. 39Hz 13次：27. 41Hz 5次：21. 16Hz 14次：28. 93Hz 6次：21. 41Hz 15次：30. 35Hz 7次：22. 08Hz 16次：30. 93Hz 8次：22. 37Hz 17次：30. 97Hz 9次：24. 12Hz 18次：32. 89Hz

(b) 1次固有周期が20Hz近傍に有する設備

原子炉建屋に設置される配管系において、20Hz近傍に1次固有振動数を有する配管系を選定する。20Hz近傍に1次固有振動数を有する配管系として、1次として19.592Hz (0.051秒)、2次として21.867Hz (0.046秒)の振動モードを有する可燃性ガス濃度制御系配管(モデルNo. FC-2)を選定する。

また、原子炉建屋に設置される固有振動数が20Hz未満(固有周期で0.05秒超え)の機器についても、配管系と同様に20Hz近傍に1次固有振動数を有する機器を選定する。1次として15.04Hz (0.066秒)、2次として25.15Hz (0.040秒)の振動モードを有する残留熱除去系ポンプを選定する。

b. 確認方法

図11に検討における地震応答解析で考慮する固有振動数領域を示す。本検討は、50Hzの領域まで作成した検討用の床応答曲線を適用した地震応答解析結果を用いて行う。また従来の耐震設計で適用している20Hzまでの領域を考慮した地震応答解析結果と比較する。

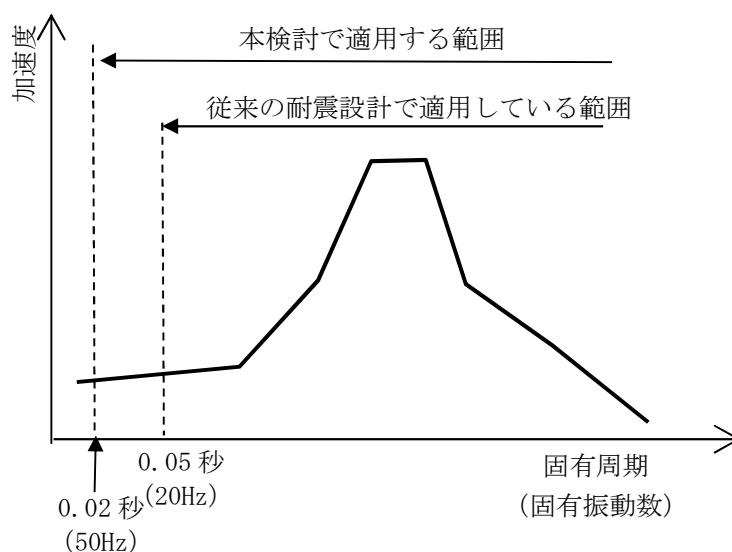


図11 地震応答解析で考慮する固有振動数領域



c. 検討用床応答曲線

地震応答解析に適用する検討用床応答曲線を図 12 に示す。剛領域の設備応答の影響を確認する観点から、固有周期 0.02 秒 (50Hz) まで作成するとともに、設計用床応答曲線と同様に周期軸方向に 10% 拡幅する。また、検討用床応答曲線の固有周期の計算間隔は、表 4 に示す計算間隔を用いる。

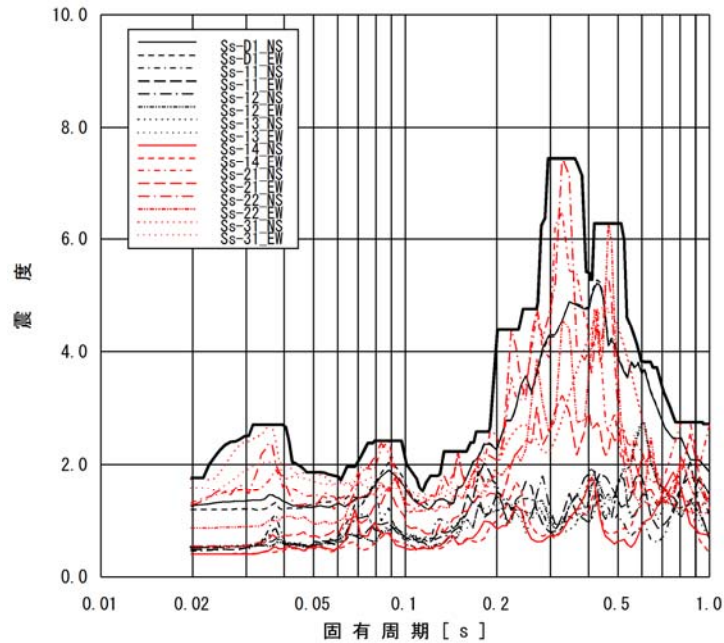


図 12-1 検討用床応答曲線 (原子炉隔離時冷却系配管用)  
(原子炉格納容器 EL. 39.431m 水平方向, 減衰定数 2.5%)

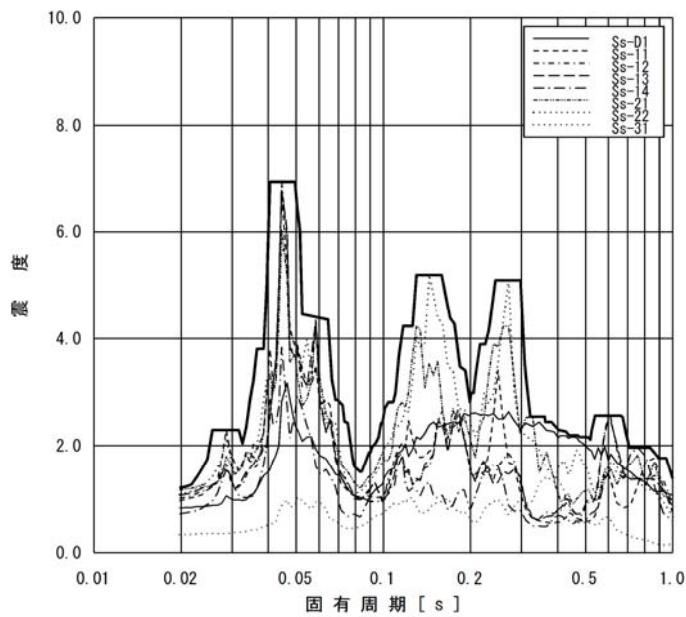


図 12-2 検討用床応答曲線 (原子炉隔離時冷却系配管用)  
(原子炉格納容器 EL. 39.431m 鉛直方向, 減衰定数 2.5%)

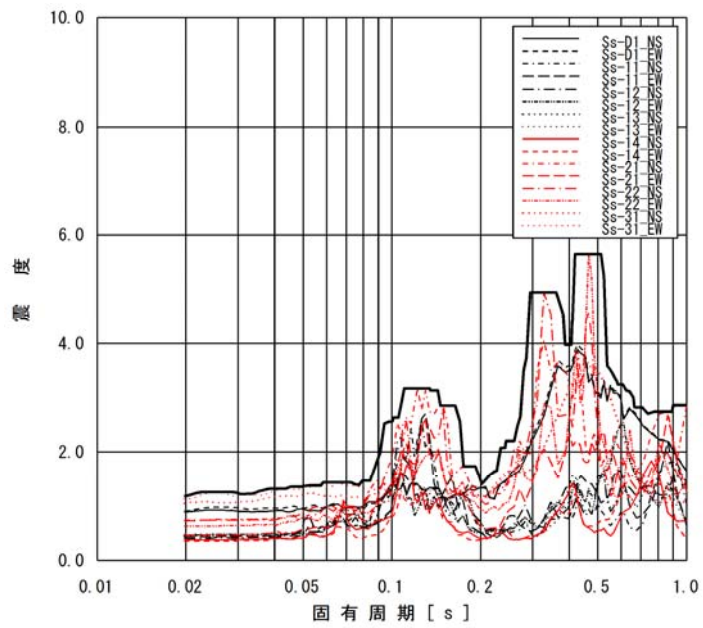


図 12-3 検討用床応答曲線（可燃性ガス濃度制御系配管用）  
（原子炉建屋 EL. 20.3m 水平方向，減衰定数 2.0%）

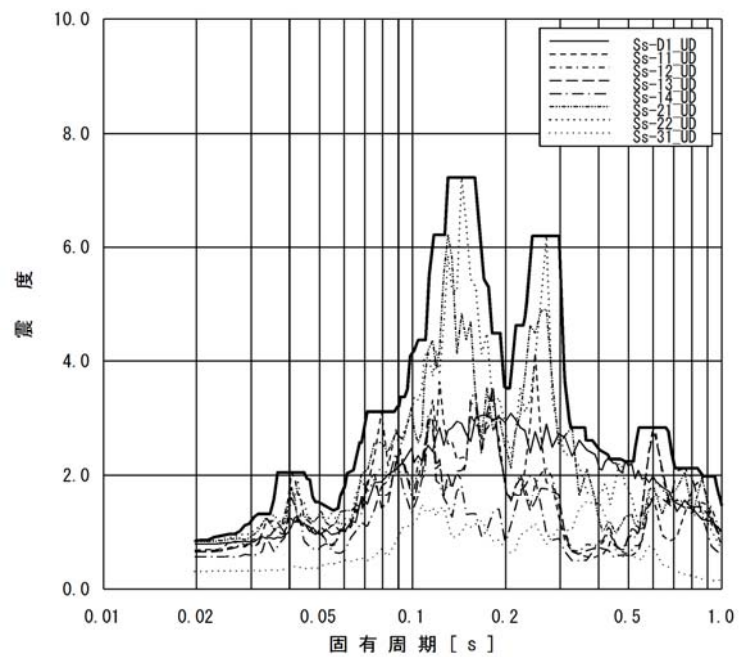


図 12-4 検討用床応答曲線（可燃性ガス濃度制御系配管用）  
（原子炉建屋 EL. 20.3m 鉛直方向，減衰定数 2.0%）

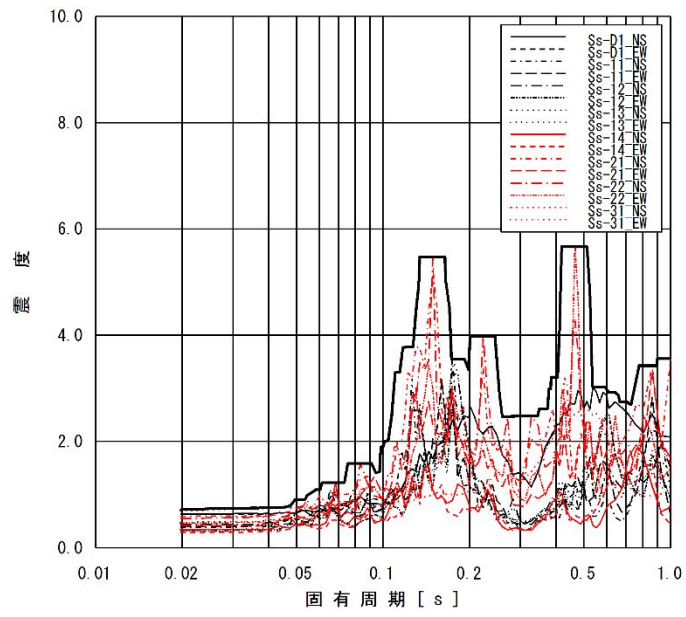


図 12-5 検討用床応答曲線（残留熱除去系ポンプ用）  
 （原子炉建屋 EL. -4.0m 水平方向，減衰定数 1.0%）

表 4 円振動数の計算間隔

固有周期 (s)	計算間隔 ( $\Delta \omega$ : rad/s)
0.02 ~ 0.1	4.0
0.1 ~ 0.2	1.5
0.2 ~ 0.39	1.0
0.39 ~ 0.6	0.3
0.6 ~ 1.0	0.5

d. 解析結果

検討対象設備の原子炉隔離時冷却系配管及び可燃性ガス濃度制御系配管の主要諸元について別紙 1 示す。また設計用床応答曲線を用いた地震応答解析結果，検討用床応答曲線を用いた地震応答解析結果及び静的解析結果を示す。なお，以下に示す解析結果は，設計用床応答曲線等の震度を 1.5 倍した値を用いた結果として示している。

(a) 原子炉隔離時冷却系配管

評価結果を表 5 に示すとともに，最大応力点発生部位を図 13 に示す。現行の手法である設計用床応答曲線を用いた 20Hz までの領域を考慮した地震応答解析結果 146MPa に対して，検討用床応答曲線を用いて 50Hz までの領域を考慮した地震応答解析結果は 148MPa であり，応力値は増加したものの，その増加は僅かであることが確認された。

表 5 原子炉隔離時冷却系配管の評価結果

		1 次応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
現行の手法による評価結果	20Hz までの領域を考慮した地震応答解析結果 (設計用床応答曲線)	146	364
	静的解析 (1.2ZPA)	94	
	包絡値	146	
妥当性 検討用	50Hz までの領域を考慮した地震応答解析結果 (検討用床応答曲線)	148	364

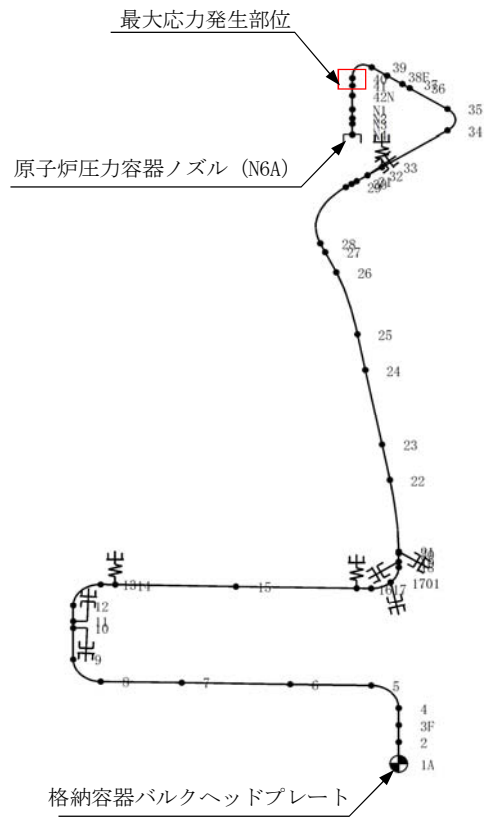


図 13 原子炉隔離時冷却系配管の最大応力発生部位

(b) 可燃性ガス濃度制御系配管

評価結果を表 6 に示すとともに、最大応力点発生部位を図 14 に示す。現行の手法である設計用床応答曲線を用いた 20Hz までの領域を考慮した地震応答解析結果 124MPa に対して、検討用床応答曲線を用いて 50Hz までの領域を考慮した地震応答解析結果は 134MPa であった。また 1.2ZPA を用いた静的解析による評価結果は 133MPa であった。

以上のとおり現行の手法による評価結果は 133MPa となり、妥当性検討用として実施した評価結果 134MPa に対して応力値は増加したものの、その増加は僅かであることが確認された。

表 6 可燃性ガス濃度制御系配管の評価結果

		1次応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
現行の手法による評価結果	20Hz までの領域を考慮した地震応答解析結果 (設計用床応答曲線)	124	363
	静的解析 (1.2ZPA)	133	
	包絡値	133	
妥当性 検討用	50Hz までの領域を考慮した地震応答解析結果 (検討用床応答曲線)	134	363

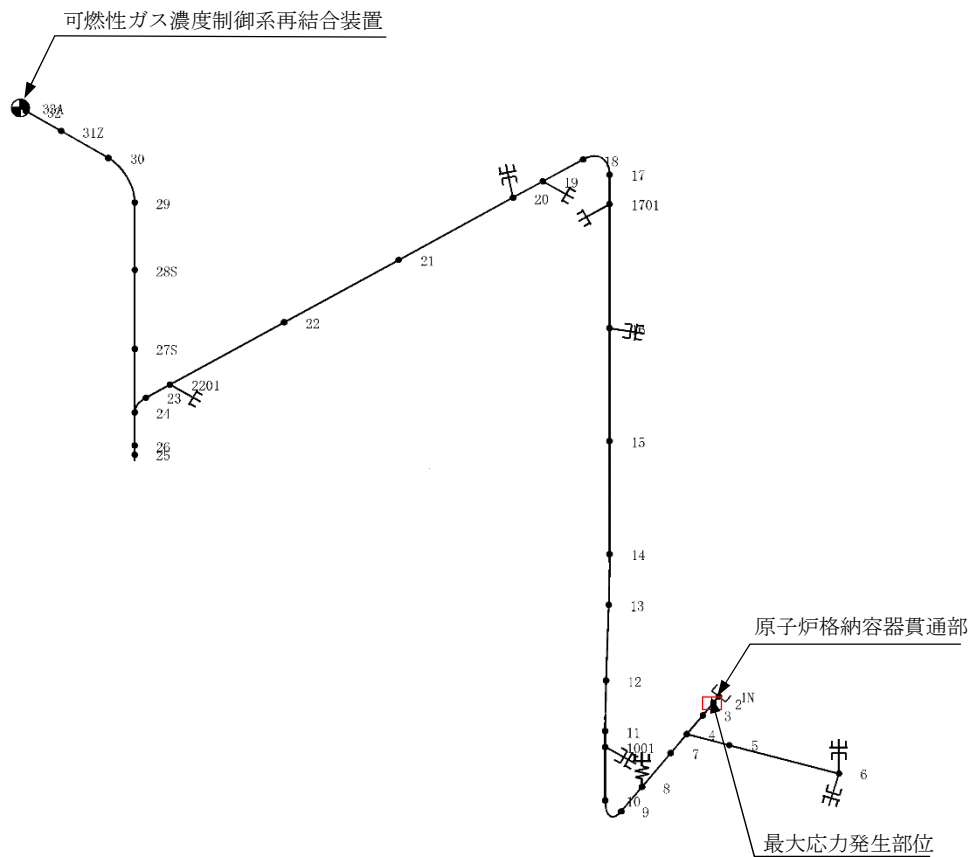


図 14 可燃性ガス濃度制御系配管の最大応力発生部位

(c) 残留熱除去系ポンプ

評価結果を表 7 (1) , (2) に示すとともに, 評価部位を図 15 に示す。

ボルト類については, 現行の手法による評価結果として静的解析の評価が支配的な結果となり, 動的解析として実施した 50Hz までの検討用床応答曲線を用いた地震応答解析結果を上回る結果となった。

バレルケーシング及びコラムパイプ, 現行手法による評価結果に対して妥当性検討応力値の増減はなかった。

以上のとおり, 全ての評価部位において, 現行の手法による評価結果が妥当性検討結果と同等又は上回る結果となった。



表 7 (1) 残留熱除去系ポンプボルト類の応力評価結果 (単位 : MPa)

		基礎ボルト		ポンプ取付ボルト		原動機台取付ボルト		原動機取付ボルト	
		引張	せん断	引張	せん断	引張	せん断	引張	せん断
よる現 行の 評 価 結 果 に	20Hz までの領域を考慮した地震応答解析結果 (設計用床応答曲線)	-	1	1	1	6	3	-	2
	静的解析 (1.2ZPA)	9	10	6	4	18	10	16	8
	包絡値	9	10	6	4	18	10	16	8
検 妥 当 性	50Hz までの領域を考慮した地震応答解析結果 (検討用床応答曲線)	8	3	5	1	15	5	16	6
許容応力		185	142	444	342	156	120	185	142

表 7 (2) 残留熱除去系ポンプバレルケーシングとコラムパイプの応力評価結果 (単位 : MPa)

		バレルケーシング	コラムパイプ
		一次一般膜応力	一次一般膜応力
よる現 行の 評 価 結 果 に	20Hz までの領域を考慮した地震応答解析結果 (設計用床応答曲線)	59	24
	静的解析 (1.2ZPA)	59	24
	包絡値	59	24
検 妥 当 性	50Hz までの領域を考慮した地震応答解析結果 (検討用床応答曲線)	59	24
許容応力		223	223

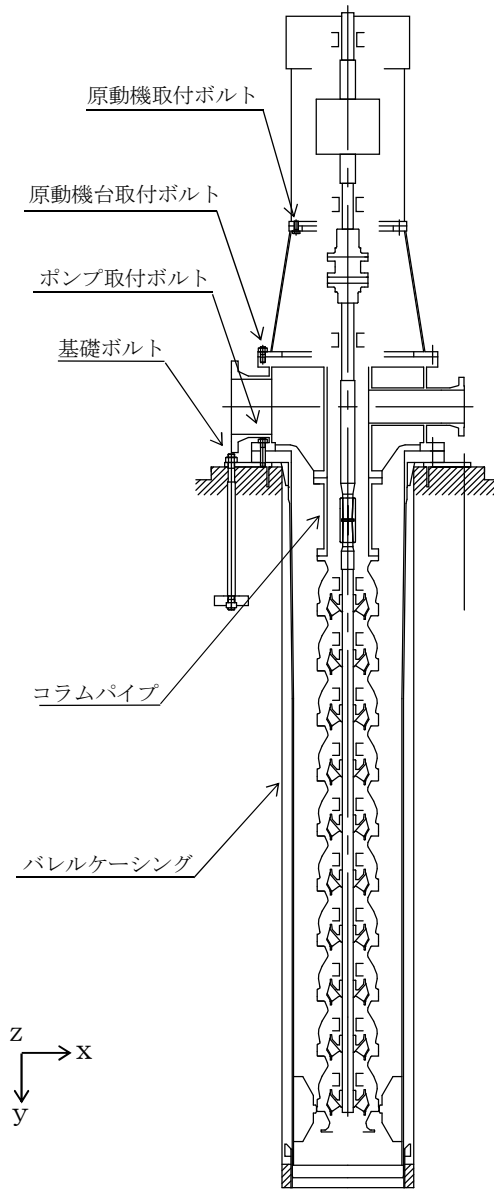


図 15 残留熱除去系ポンプの評価部位

以上のとおり，原子炉隔離時冷却系配管及び可燃性ガス濃度制御系配管，**残留熱除去系ポンプ**ともに現行の手法による評価結果に対して，妥当性検討として実施した 50Hz までの領域を考慮した地震応答解析結果による応力値の増加は僅かであった。

応力値の増加が僅かである理由としては，図 10 変位応答スペクトルで示したように，高振動数側では応答変位が小さく，**機器**に発生する応力への寄与は，低振動数側と比較しても相対的に小さくなるため，20Hz 未満の振動数領域での応力が支配的となり，20Hz 以上の振動数領域を考慮しても有意な応力の上昇が現れなかったものと考えられる。

#### (4) まとめ

現行手法の妥当性検討として、20Hz 近傍に卓越する応答を有する床応答スペクトルを適用する原子炉隔離時冷却系配管及び 20Hz 近傍に 1 次固有振動数を有する可燃性ガス濃度制御系配管及び残留熱除去系ポンプを対象に地震応答解析を実施した（表 8 参照）。

表 8 妥当性検討に用いた対象設備

対象設備	説明
原子炉隔離時冷却系配管	20Hz 近傍に卓越する応答を示す原子炉格納容器の床応答スペクトルを適用する設備として選定した。
可燃性ガス濃度制御系配管	20Hz 近傍に 1 次固有振動数を有する設備として選定した。1 次固有振動数 19.592Hz, 2 次固有振動数 21.867Hz であり, 現行手法では 1 次固有振動数のみ考慮される。
残留熱除去系ポンプ	20Hz 近傍に 1 次固有振動数を有する設備として選定した。1 次固有振動数 15.04Hz, 2 次固有振動数 25.15Hz であり, 現行手法では 1 次固有振動数のみ考慮される。

解析結果のまとめを表 9 に示す。現行手法の発生応力に対して、妥当性検討のために実施した発生応力は、原子炉隔離時冷却系配管で 2MPa の増加、可燃性ガス濃度制御系で 1MPa の増加、残留熱除去系ポンプでは同等又は下回ることが確認できた。

原子炉隔離時冷却系配管は、現行手法の発生応力に対して、妥当性検討による発生応力の増加が確認されたものの、1 次の固有振動数が比較的柔側に位置し、3 次モード以降の応答影響が少なく、動的解析結果同士での比較についても応力の増分は僅かであった。

また、可燃性ガス濃度制御系配管における動的解析結果同士での比較では、現行手法の発生応力 124MPa に対して、妥当性検討の発生応力は 134MPa となり 10MPa の増加が認められたものの、20Hz より高振動数領域への影響を考慮可能な静的解析では、妥当性検討の同等の発生応力として 133MPa を算出することが確認できた。

可燃性ガス濃度制御系配管は、スペクトルモーダル解析を適用する設備として、1 次固有振動数が 20Hz に近い配管系であり、解析にて考慮される次数として 1 次のみであり、一般的には、原子炉隔離時冷却系配管のように多次のモードを考慮することから、可燃性ガス濃度制御系配管は極めて稀な振動モードを有する解析ケースとなる。

残留熱除去系ポンプのボルト類は、動的解析結果同士の比較では応力値の増加が認められたものの、静的解析の結果が支配的であり、現行手法の発生応力が上回ることが確認された。バレルケーシング及びコラムパイプは、現行手法による発生応力から増加することはなかった。

以上のとおり現行手法の評価に対して、解析評価上において厳しくなる観点から検討対象として抽出した設備に対して発生応力の増加が僅かであること、更に変位応答スペクトルで示したように、高振動数側では応答変位が小さく、配管に発生する応力への寄与は、低振動数側と比較しても相対的に小さくなることを踏まえれば、現行手法で実施

することは妥当と考える。

表 9 現行手法及び妥当性検討の評価結果まとめ

対象設備	発生応力 (MPa)		許容応力 (MPa)
	現行手法	妥当性検討	
原子炉隔離時 冷却系配管	146 〔動的解析：146〕 〔静的解析：94〕	148	364
可燃性ガス濃度 制御系配管	133 〔動的解析：124〕 〔静的解析：133〕	134	363
残留熱除去系ポンプ* バレルケーシング	59 〔動的解析：59〕 〔静的解析：59〕	59	223

\* 裕度が最も小さい評価項目について記載

対象検討設備の主要諸元について

1. 原子炉隔離時冷却系配管

原子炉隔離時冷却系配管の主要仕様を表 1 に、解析モデル図を図 1 に、固有振動数及び刺激係数を表 2 に、主要次数のモード図を図 2 に示す。

表 1 原子炉隔離時冷却系配管の主要仕様

項目	主要仕様
最高使用圧力 (MPa)	8.62
最高使用温度 (°C)	302
外 径 (mm)	165.2
厚 さ (mm)	14.3
材 料	GSTPL 相当 (ASME SA333Gr. 6)

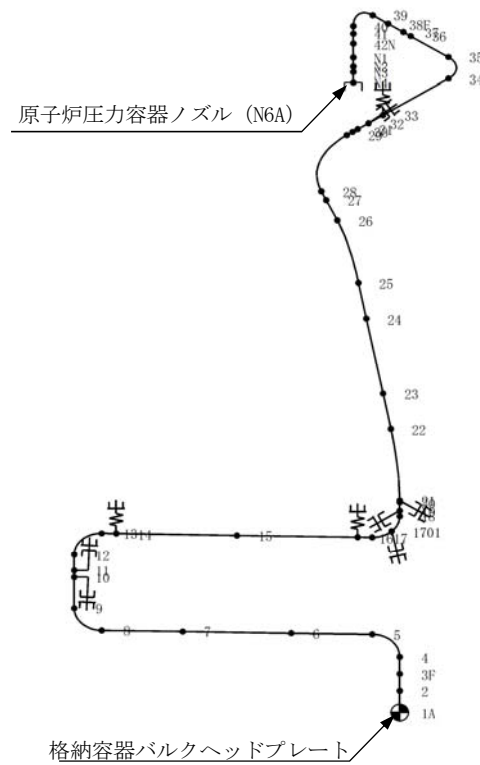
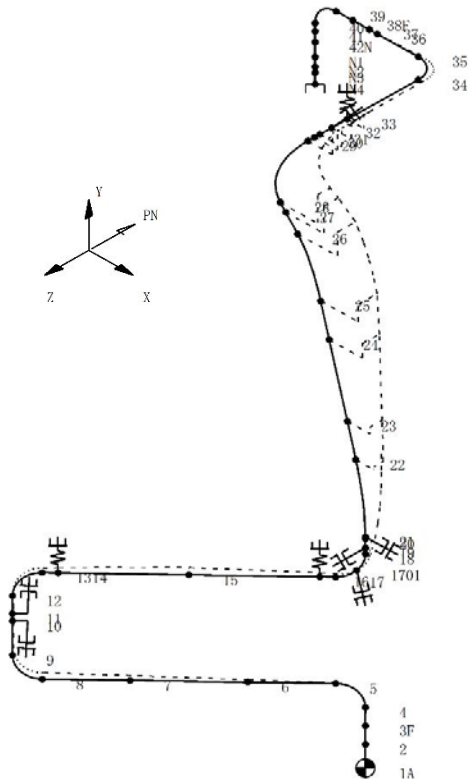


図 1 原子炉隔離時冷却系配管の解析モデル図

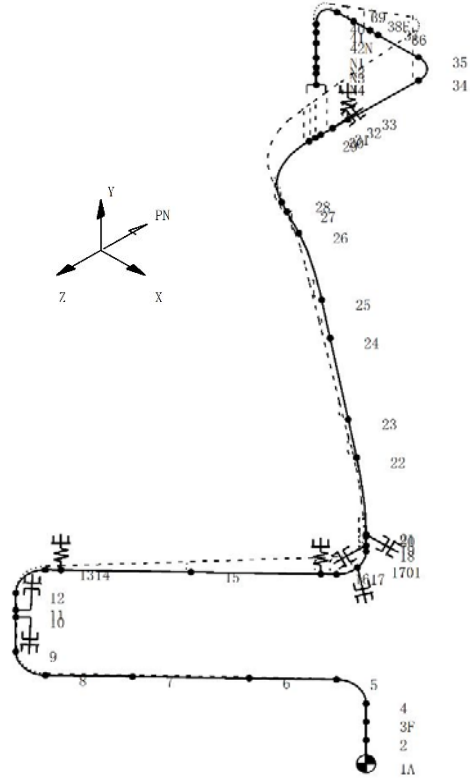
表 2 原子炉隔離時冷却系配管の固有振動数及び刺激係数

モード	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)	刺激係数*			設計震度		
						水平方向		鉛直方向
			X方向	Y方向	Z方向	X方向	Z方向	Y方向
1次	12.60	0.079	0.160	0.093	0.084	2.41	2.41	1.71
2次	15.10	0.066	0.096	0.286	0.008	1.97	1.97	3.68
3次	21.18	0.047	0.088	0.069	0.006	1.91	1.91	6.93
4次	22.23	0.045	0.131	0.148	0.051	2.00	2.00	6.93
5次	25.02	0.040	0.053	0.059	0.204	2.72	2.72	4.98
6次	27.24	0.037	0.100	0.015	0.193	2.72	2.72	3.64
7次	29.30	0.034	0.107	0.081	0.123	2.72	2.72	2.42
8次	32.82	0.030	0.017	0.027	0.160	2.51	2.51	2.30
9次	35.54	0.028	0.023	0.028	0.007	2.43	2.43	2.30
10次	39.90	0.025	0.101	0.010	0.081	2.28	1.79	2.28
11次	44.48	0.022	0.009	0.004	0.024	1.89	1.34	1.89
12次	48.69	0.021	0.092	0.009	0.092	1.77	1.22	1.77

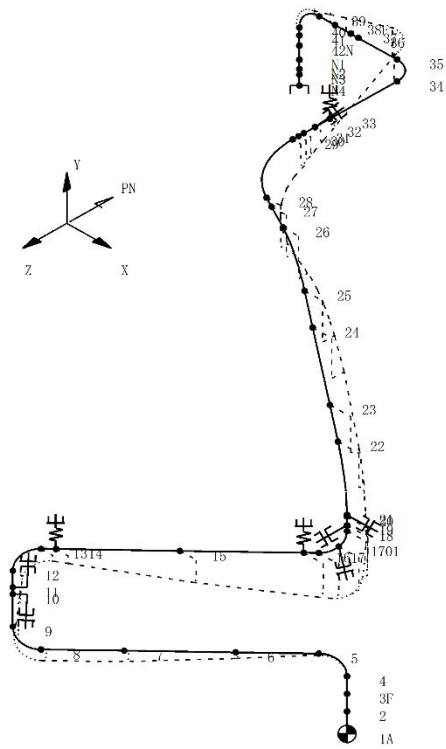
\* モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリクス積から算出した値（以下、同様）



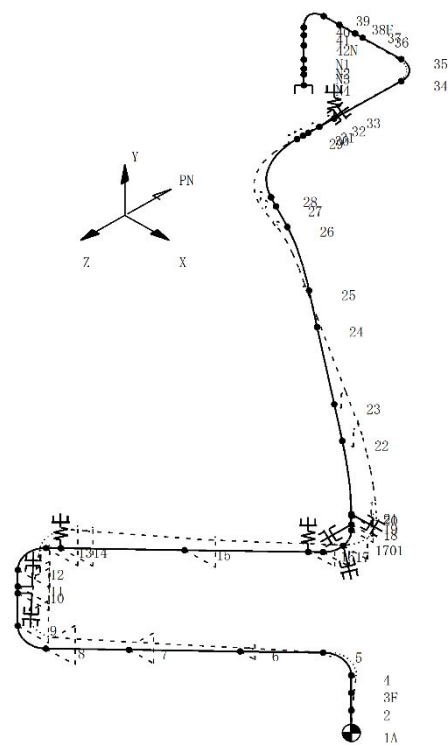
振動モード図 (1次)  
固有振動数 : 12.60 Hz



振動モード図 (2次)  
固有振動数 : 15.10 Hz



振動モード図 (3次)  
固有振動数 : 21.18 Hz



振動モード図 (4次)  
固有振動数 : 22.23 Hz

図2 原子炉隔離時冷却系配管のモード図



## 2. 可燃性ガス濃度制御系配管

可燃性ガス濃度制御系配管の主要仕様を表 3 に、解析モデル図を図 3 に、固有振動数及び刺激係数を表 4 に、主要次数のモード図を図 4 に示す。

表 3 可燃性ガス濃度制御系配管の主要仕様

項目	主要仕様
最高使用圧力 (MPa)	0.31
最高使用温度 (°C)	171
外 径 (mm)	60.5 114.3
厚 さ (mm)	5.5 6.0
材 料	STPL39 相当 (ASME SA333Gr. 6) STPT42

上段、下段の記載があるものは、上段が図 3 に示す質点 No. 1N~2 に該当し、下段が質点 No. 3~33A に該当する。

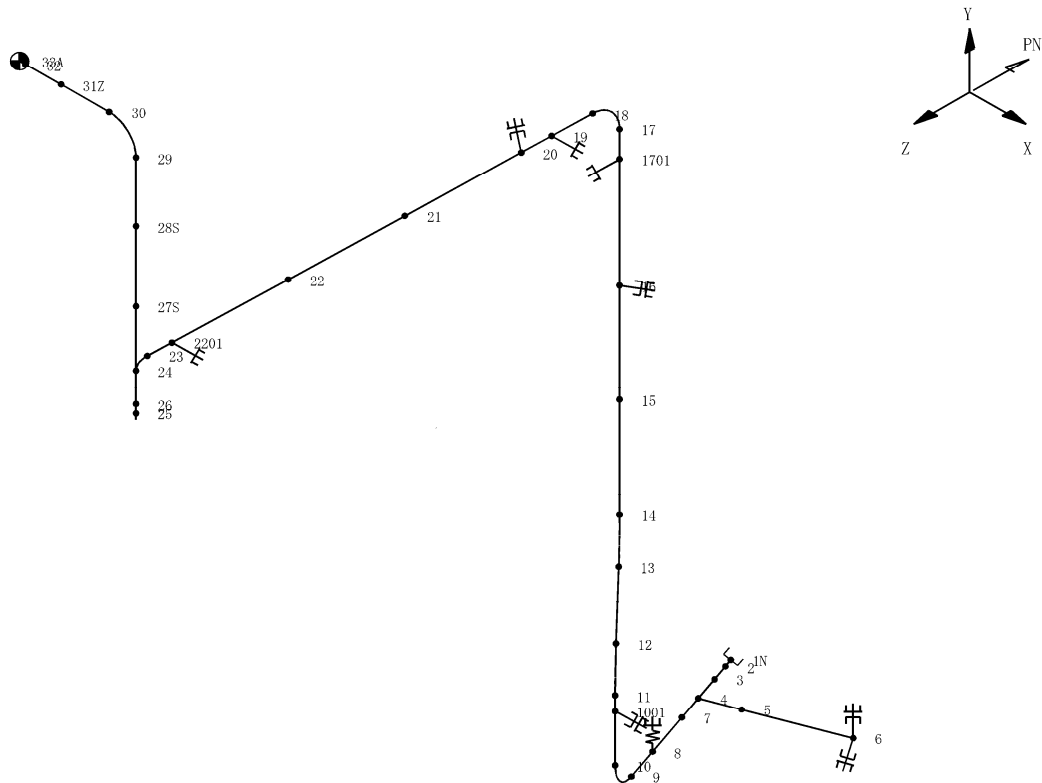
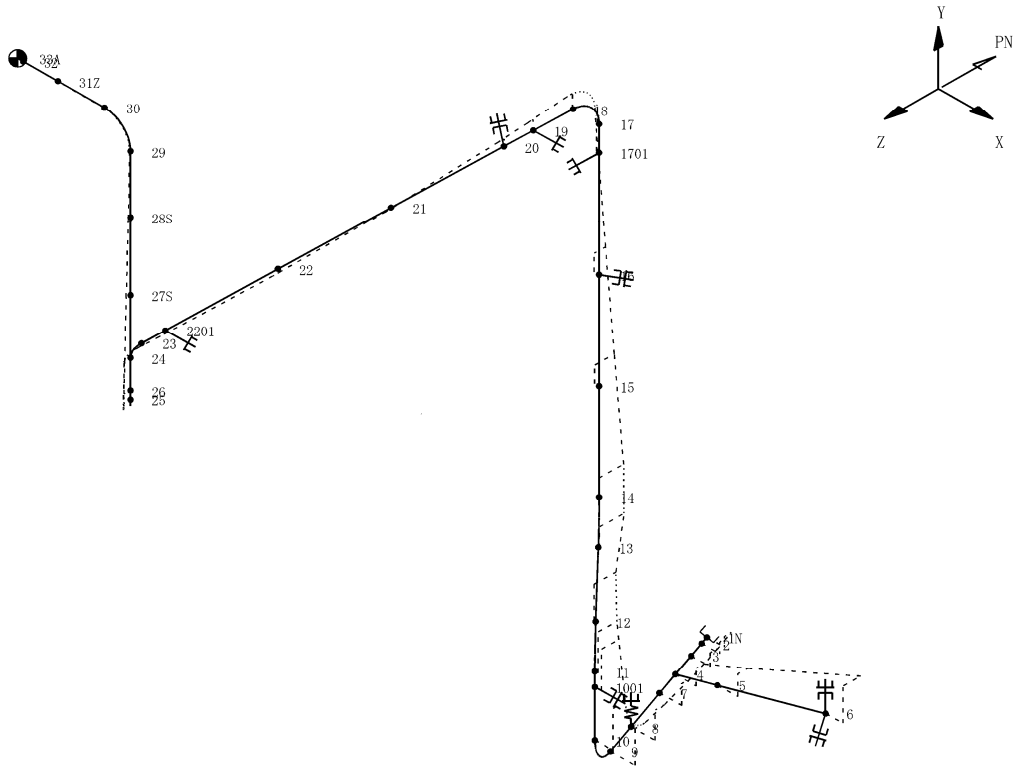


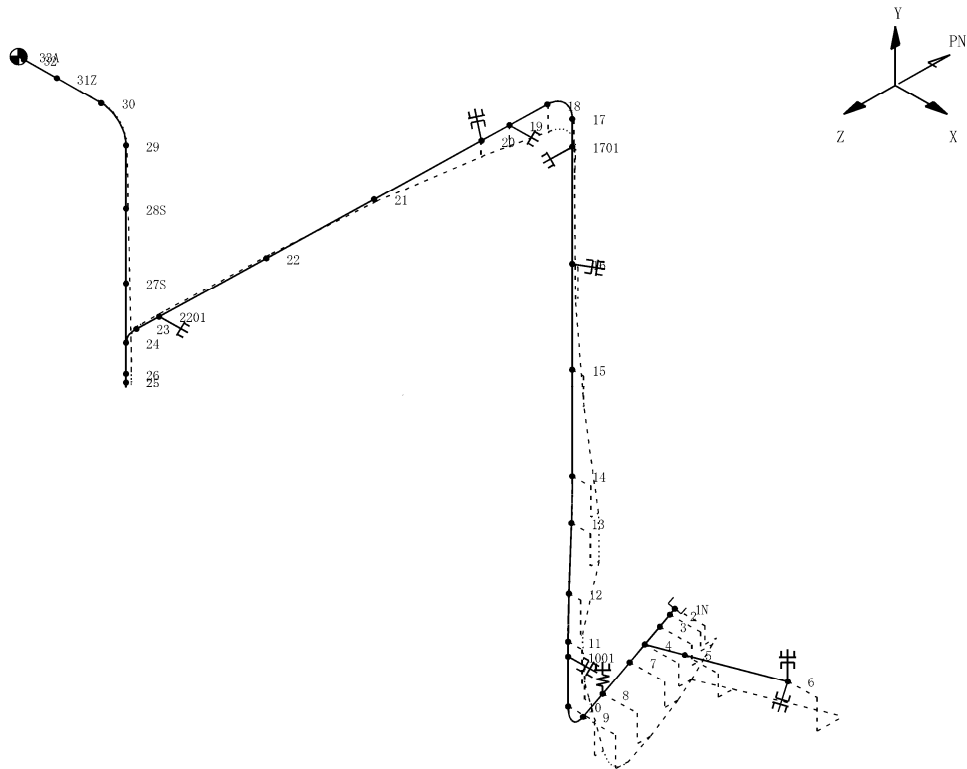
図 3 可燃性ガス濃度制御系配管の解析モデル図

表 4 可燃性ガス濃度制御系配管の固有振動数及び刺激係数

モード	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)	刺激係数			設計震度		
						水平方向		鉛直方向
			X方向	Y方向	Z方向	X方向	Z方向	Y方向
1次	19.59	0.051	0.077	0.136	0.067	1.37	1.37	1.51
2次	21.87	0.046	0.112	0.114	0.078	1.36	1.36	1.98
3次	25.34	0.039	0.000	0.006	0.010	1.32	1.32	2.06
4次	29.92	0.033	0.098	0.006	0.106	1.23	1.23	1.32
5次	36.30	0.028	0.029	0.065	0.010	1.26	1.26	1.00
6次	41.58	0.024	0.025	0.039	0.010	1.26	1.26	0.94
7次	43.59	0.023	0.020	0.034	0.023	1.26	1.26	0.91
8次	49.73	0.020	0.022	0.027	0.014	1.19	1.19	0.86

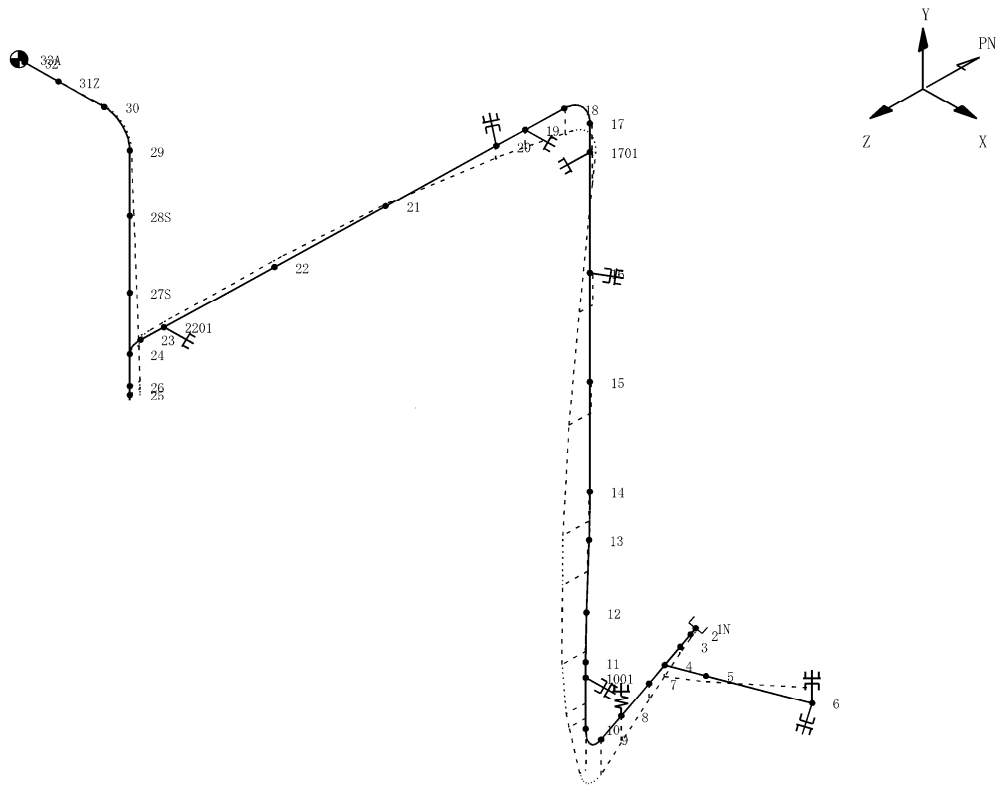


振動モード図 (1次)  
固有振動数 : 19.59 Hz

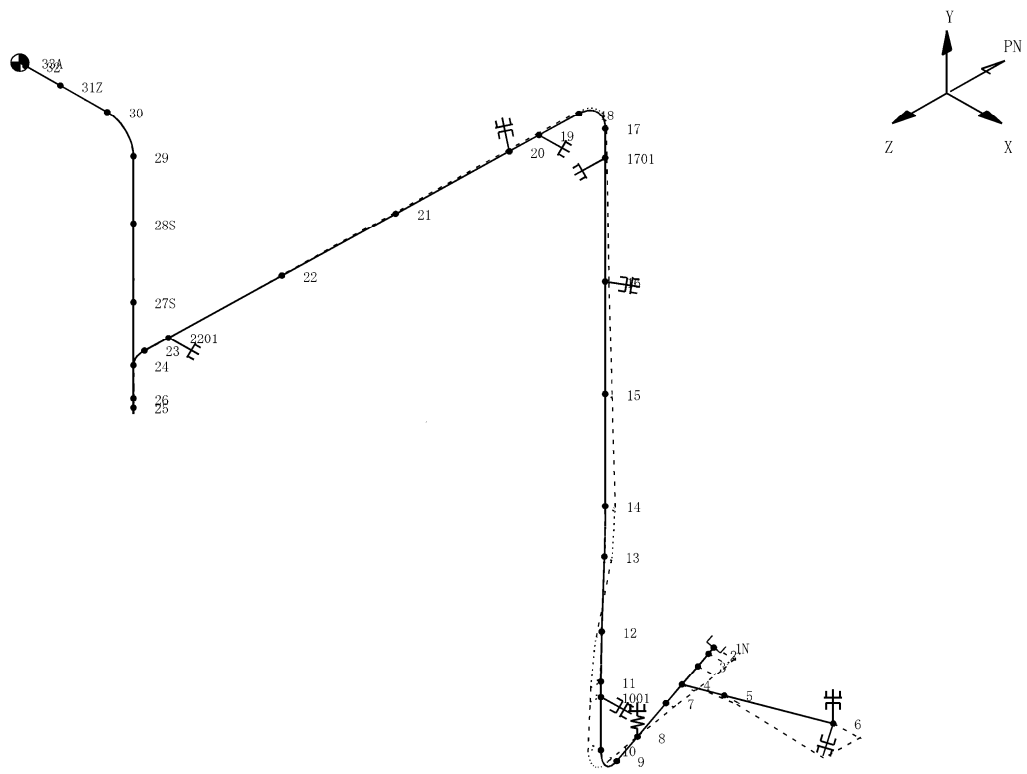


振動モード図 (2次)  
固有振動数 : 21.87 Hz

図 4 (1) 可燃性ガス濃度制御系配管のモード図



振動モード図 (3次)  
固有振動数 : 25.34 Hz



振動モード図 (4次)  
固有振動数 : 29.92 Hz

図 4 (2) 可燃性ガス濃度制御系配管のモード図

### 3. 残留熱除去系ポンプ

残留熱除去系ポンプの主要仕様を表 4 に、解析モデル図を図 5 に、固有振動数及び刺激係数を表 5 に、主要次数のモード図を図 6 に示す。

表 5 残留熱除去系ポンプの主要仕様

項目	主要仕様	
種類	ターボ型	
容量 (m <sup>3</sup> /h/個)	1691.9 以上 (1691.9*)	
揚程 (m)	85.3 以上 (85.3*)	
最高使用圧力 (MPa)	吸込側 1.52 吐出側 3.50	
最高使用温度 (°C)	182	
主要寸法	吸込口径 (mm)	600*
	吐出口径 (mm)	350*
	ケーシング外径 (mm)	1100*
	ケーシング厚さ (mm)	12.2 (14.0*)
	高さ (mm)	9490*
材料	ケーシング	SM41B, SMA41B
	ケーシングカバー	SPV24

\* : 公称値を示す。

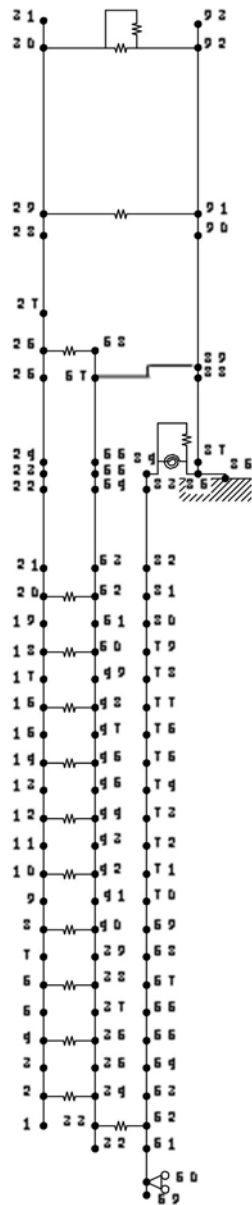
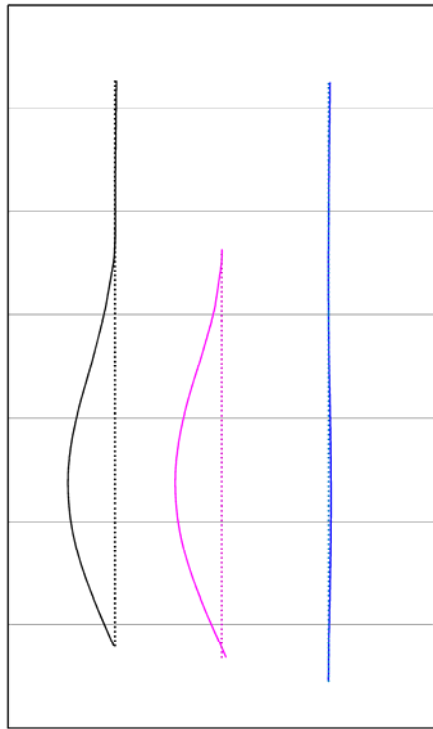


図5 残留熱除去系ポンプの解析モデル図

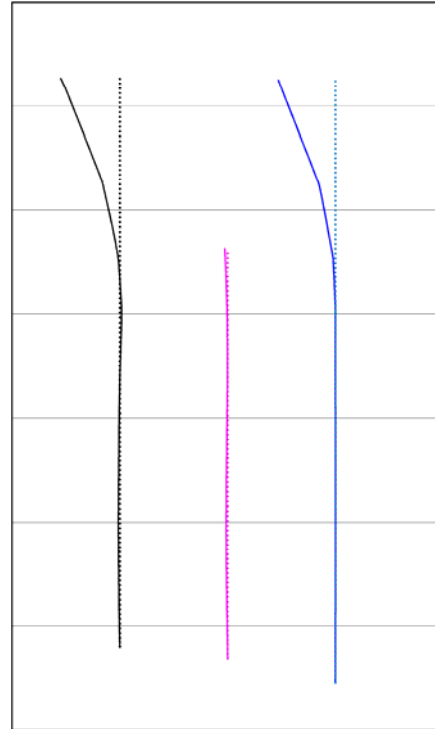
表 6 残留熱除去系ポンプの固有振動数及び刺激係数

モード	固有振動数 (Hz)	固有周期 (S)	刺激係数		設計震度	
			水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向
1 次	15.04	0.066	-1.229	0.000	0.82	1.84
2 次	25.15	0.040	-2.618	0.000	0.51	1.14
3 次	39.37	0.025	3.085	0.000	0.49	0.58
4 次	45.88	0.022	-0.196	0.000	0.49	0.55



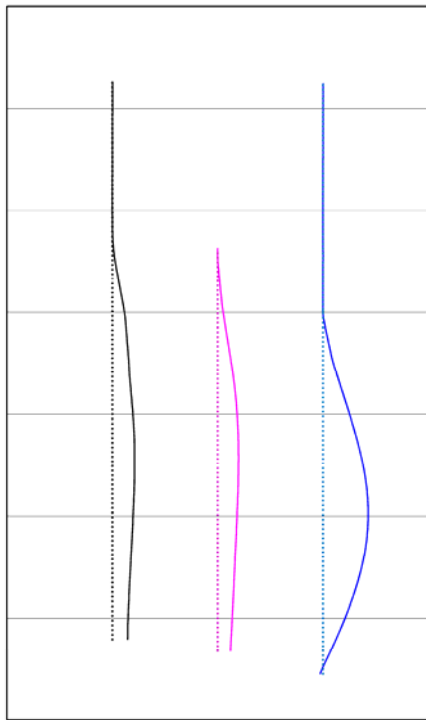
—ロータ —インナー —アウター

振動モード図(1次)  
固有振動数: 15.04 Hz



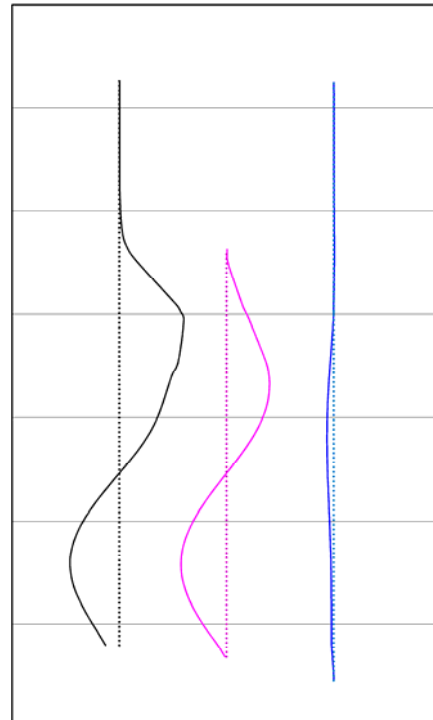
—ロータ —インナー —アウター

振動モード図(2次)  
固有振動数: 25.15 Hz



—ロータ —インナー —アウター

振動モード図(3次)  
固有振動数 : 39.37 Hz

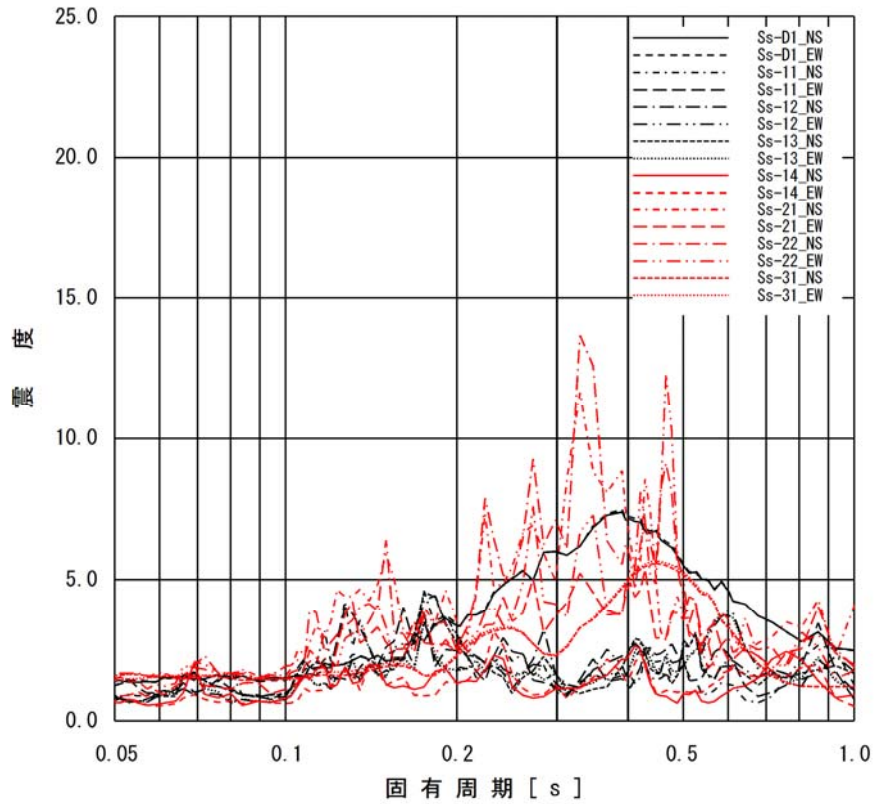


—ロータ —インナー —アウター

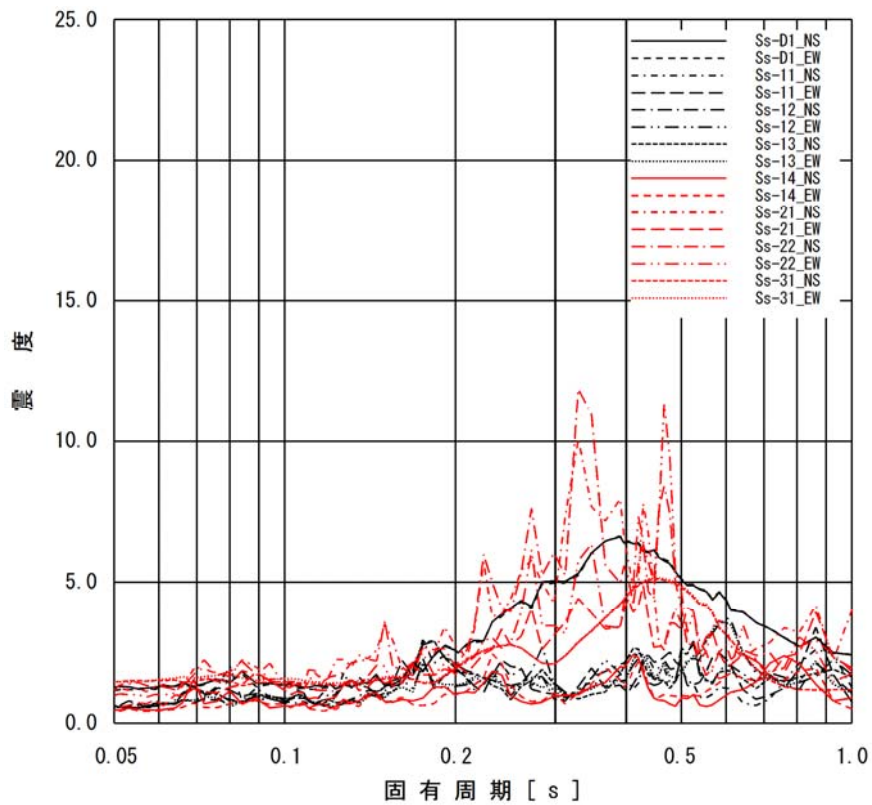
振動モード図(4次)  
固有振動数: 45.88 Hz

図 6 残留熱除去系ポンプのモード図

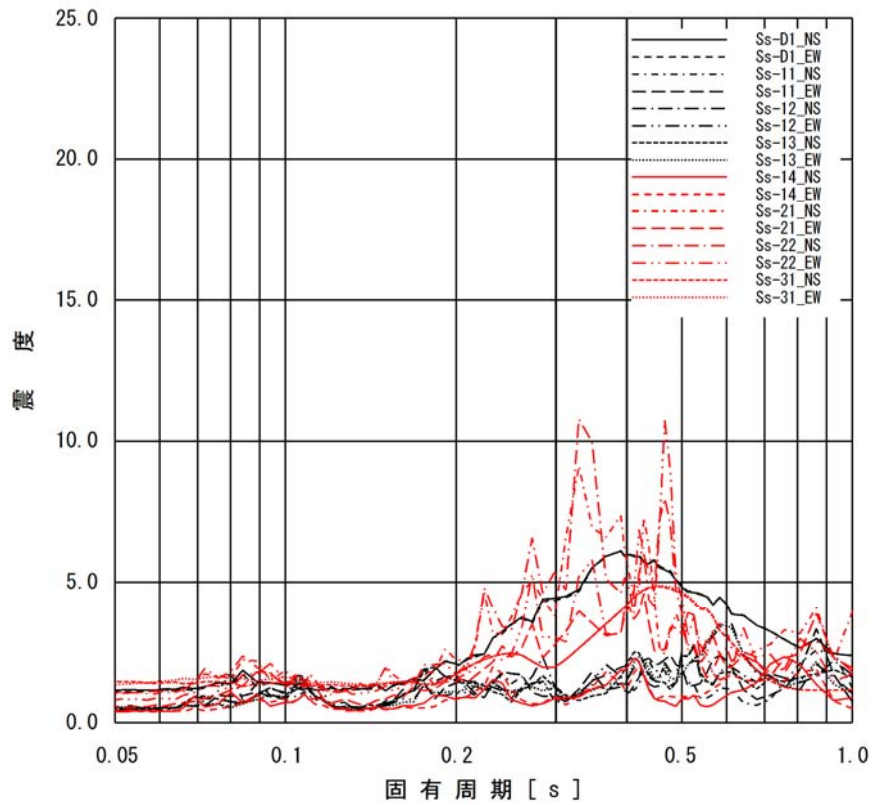




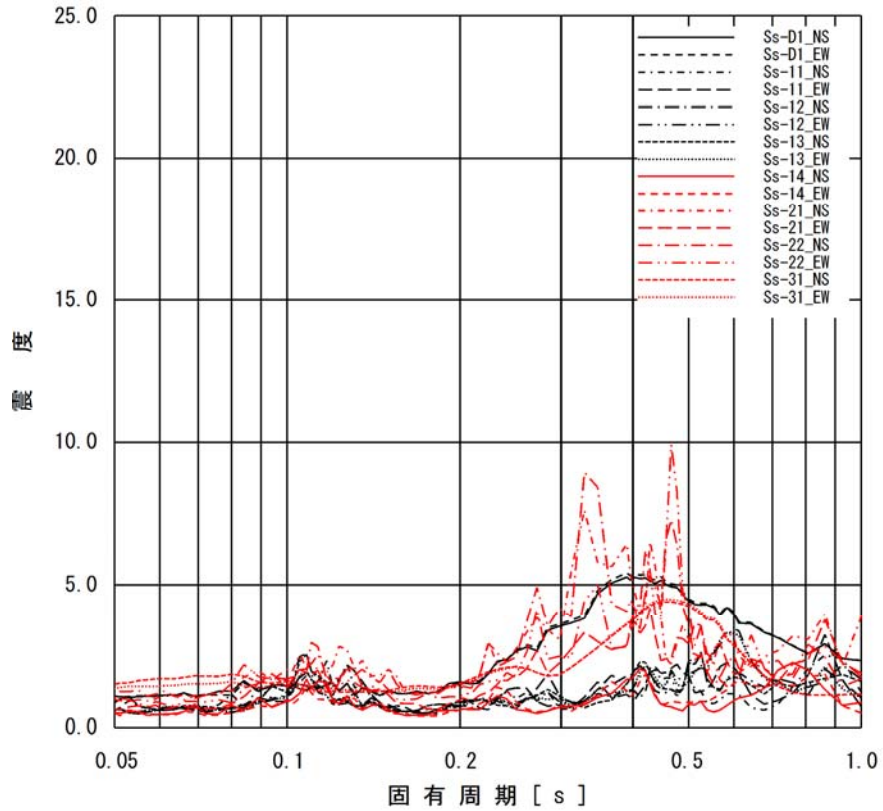
添付図 1-1 原子炉建屋 (EL. 46.5m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



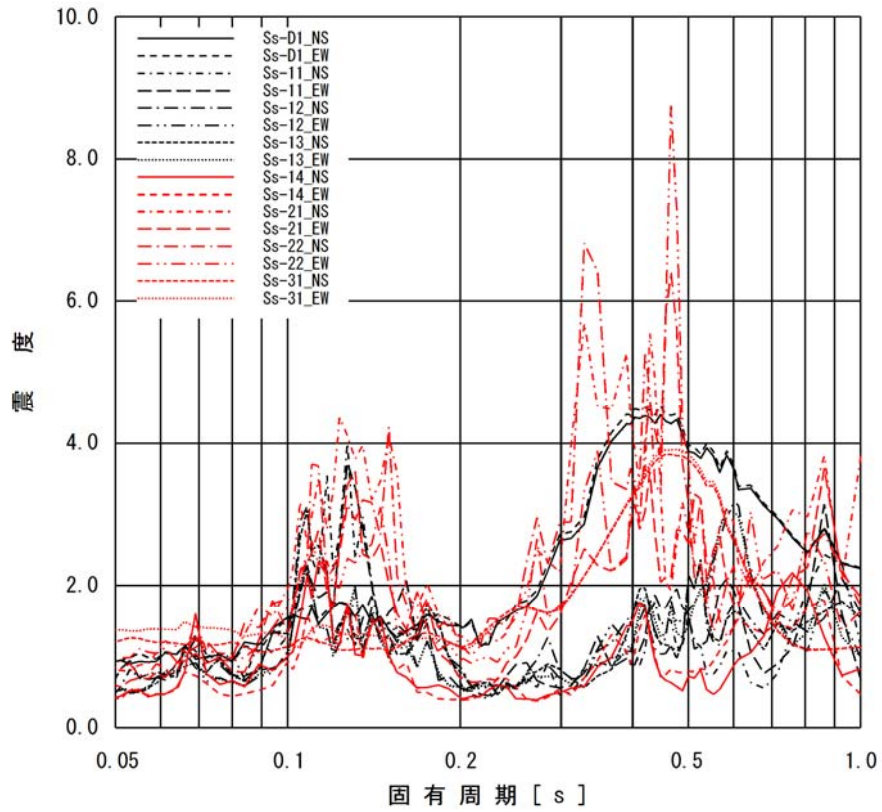
添付図 1-2 原子炉建屋 (EL. 38.8m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



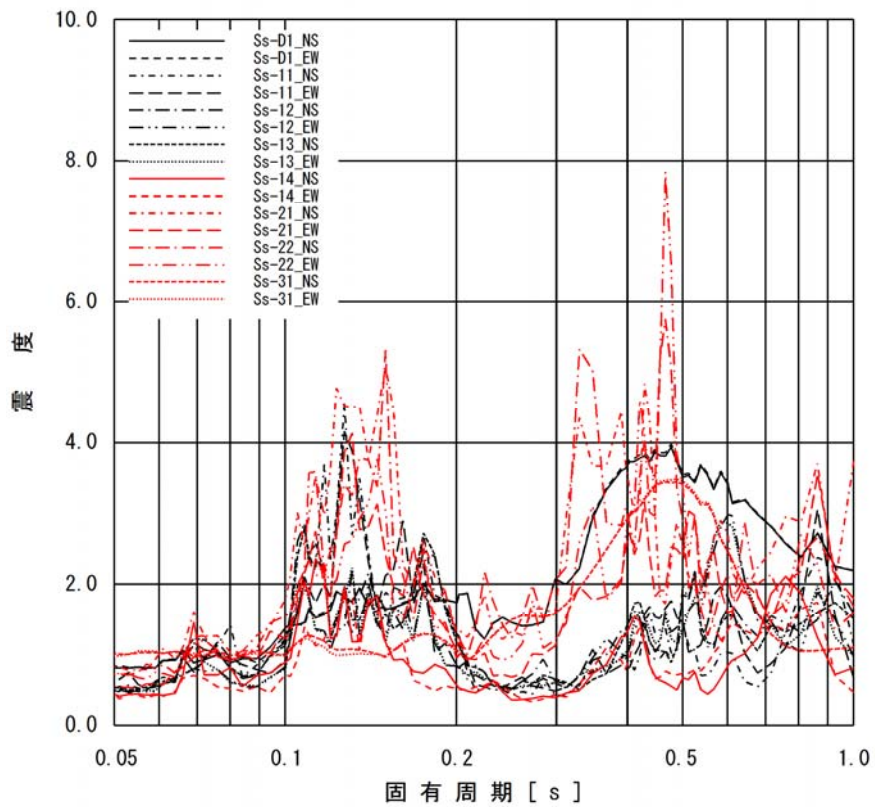
添付図 1-3 原子炉建屋 (EL. 34.7m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



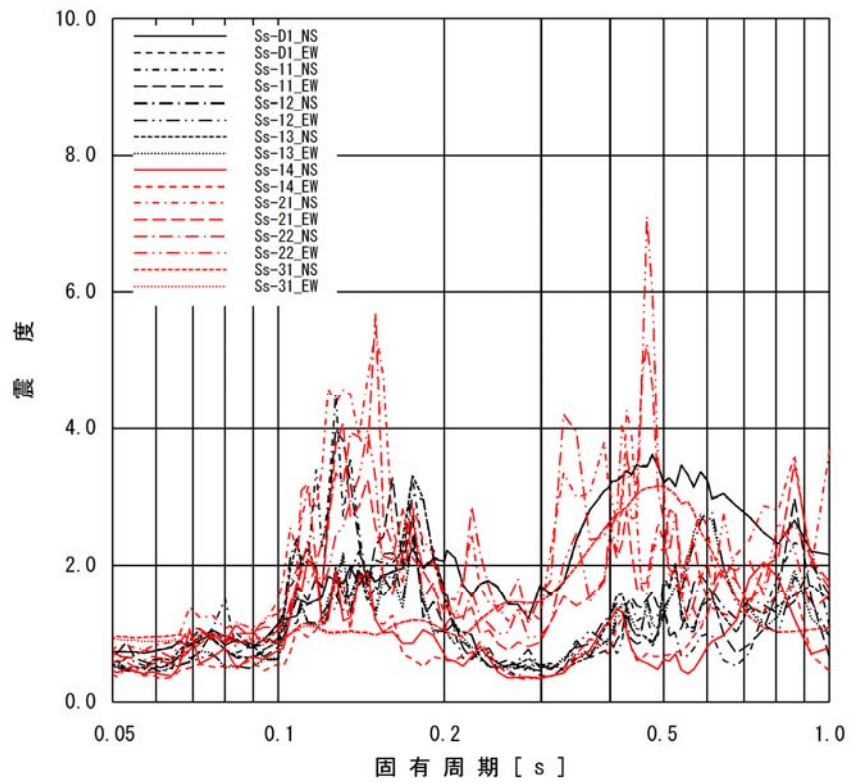
添付図 1-4 原子炉建屋 (EL. 29.0m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



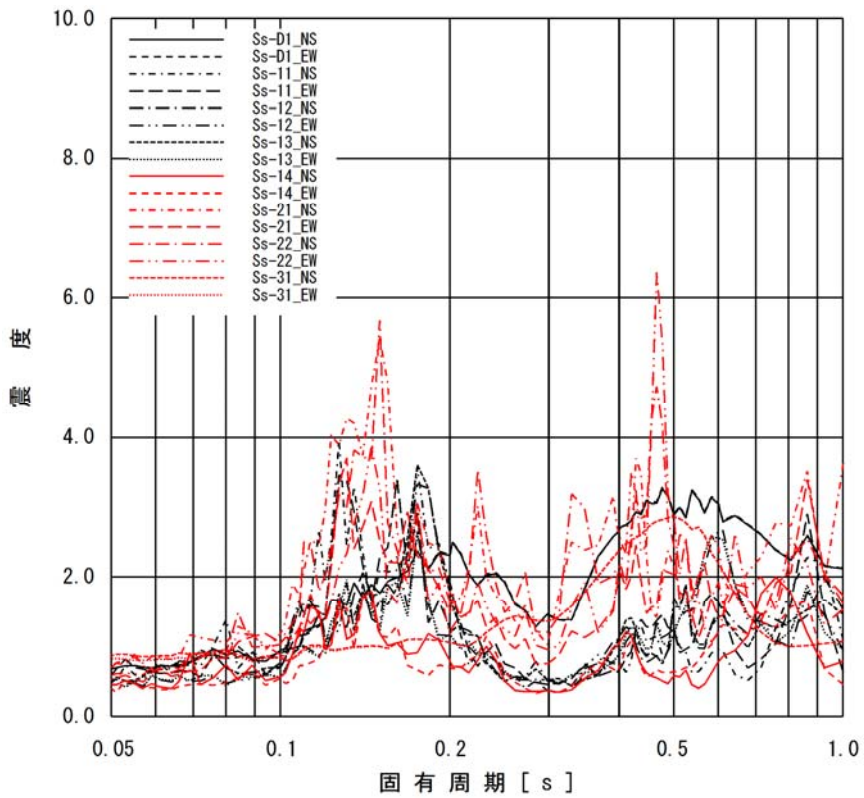
添付図 1-5 原子炉建屋 (EL. 20.3m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



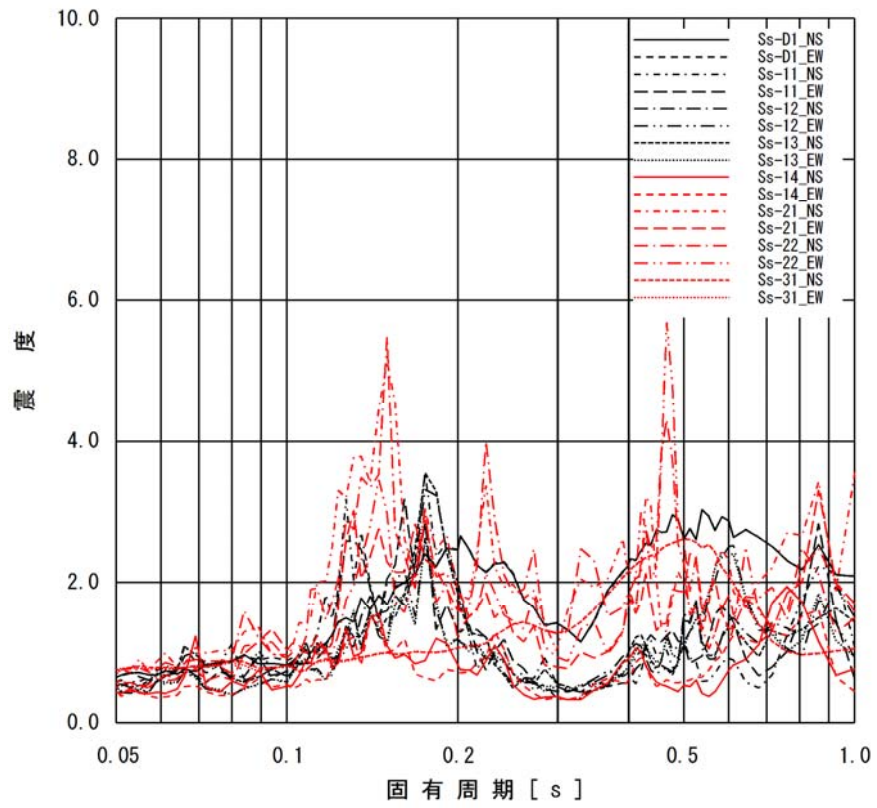
添付図 1-6 原子炉建屋 (EL. 14.0m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



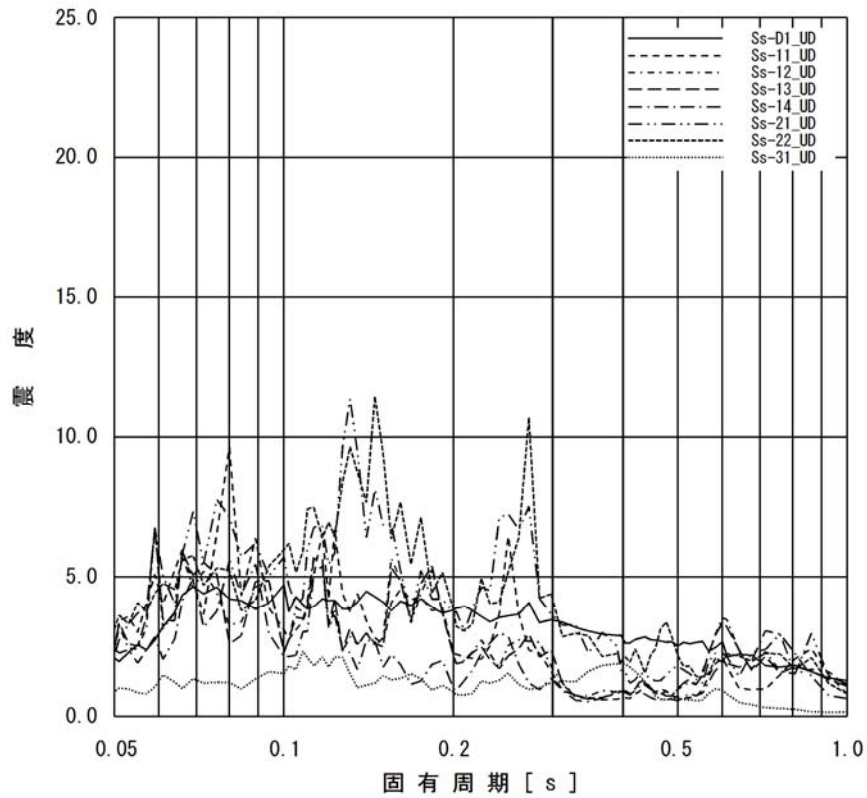
添付図 1-7 原子炉建屋 (EL. 8.2m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



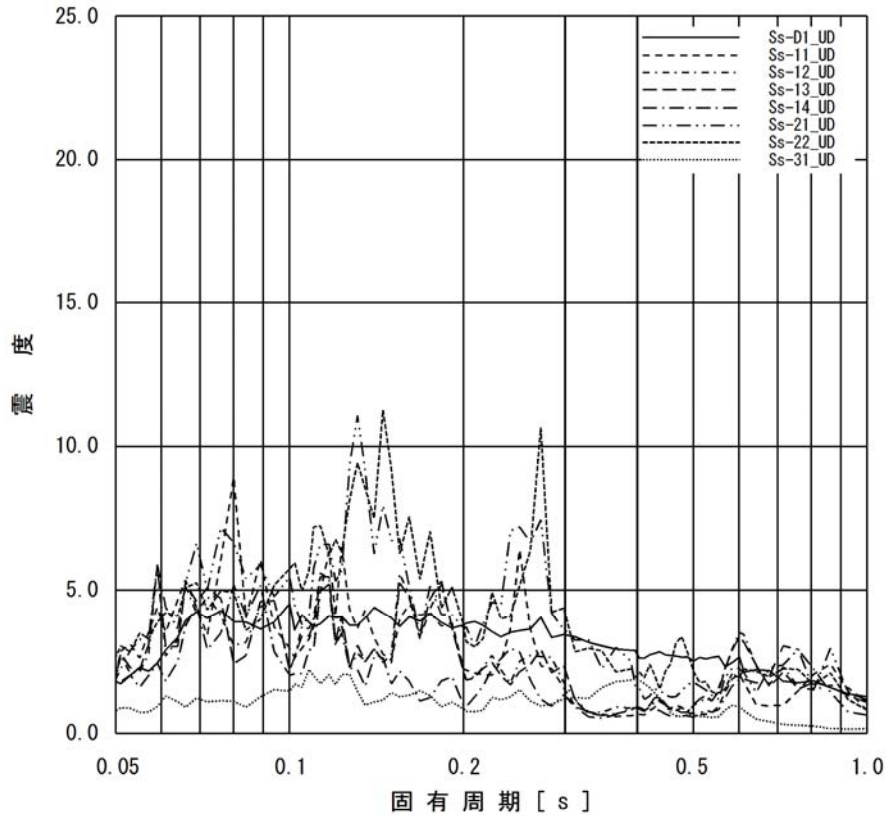
添付図 1-8 原子炉建屋 (EL. 2.0m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



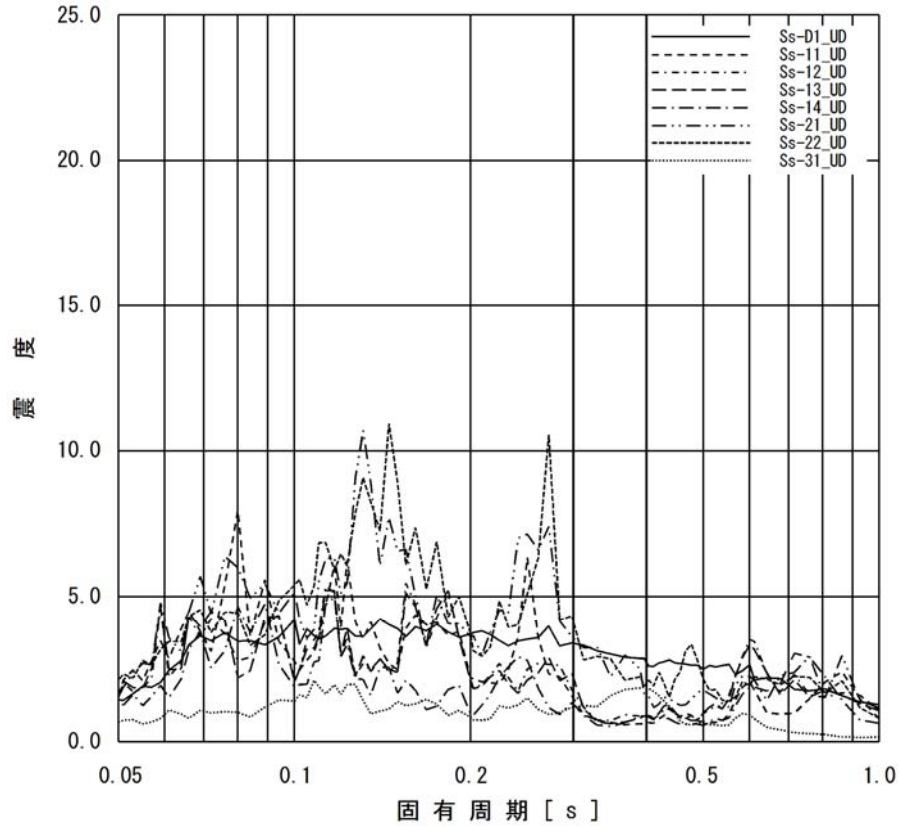
添付図 1-9 原子炉建屋 (EL. -4.0m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



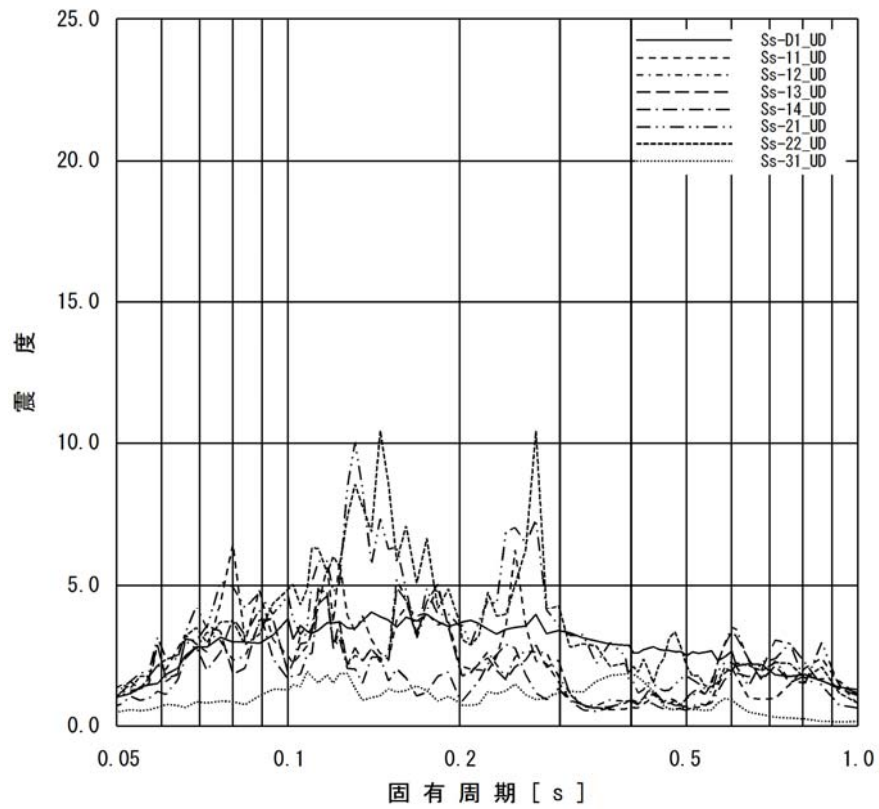
添付図 2-1 原子炉建屋 (EL. 46.5m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



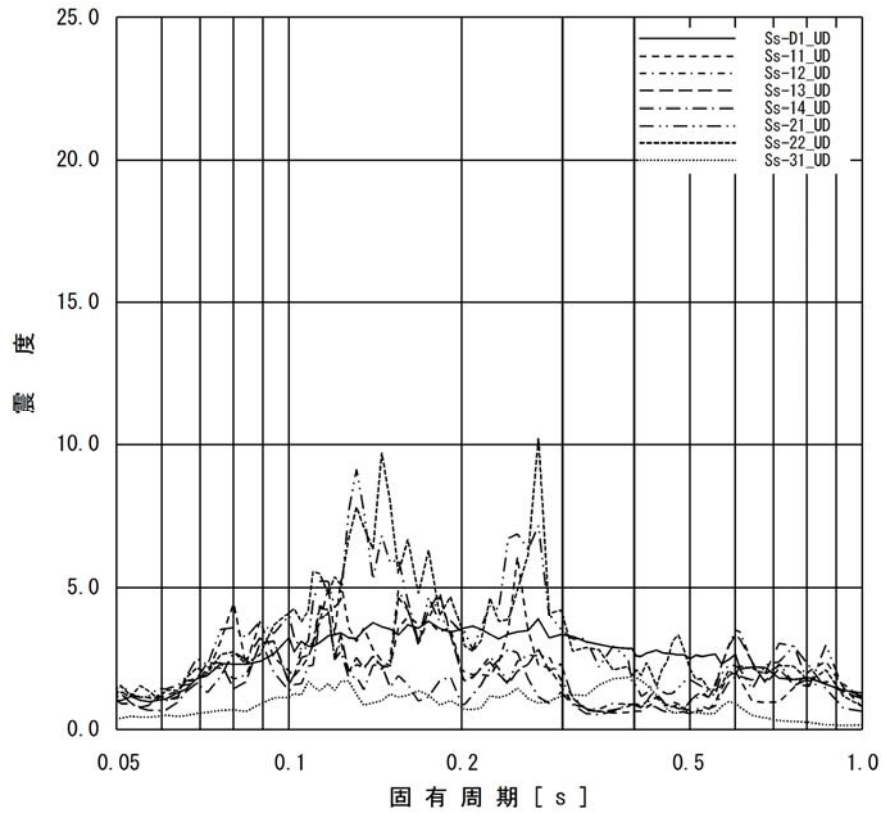
添付図 2-2 原子炉建屋 (EL. 38.8m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



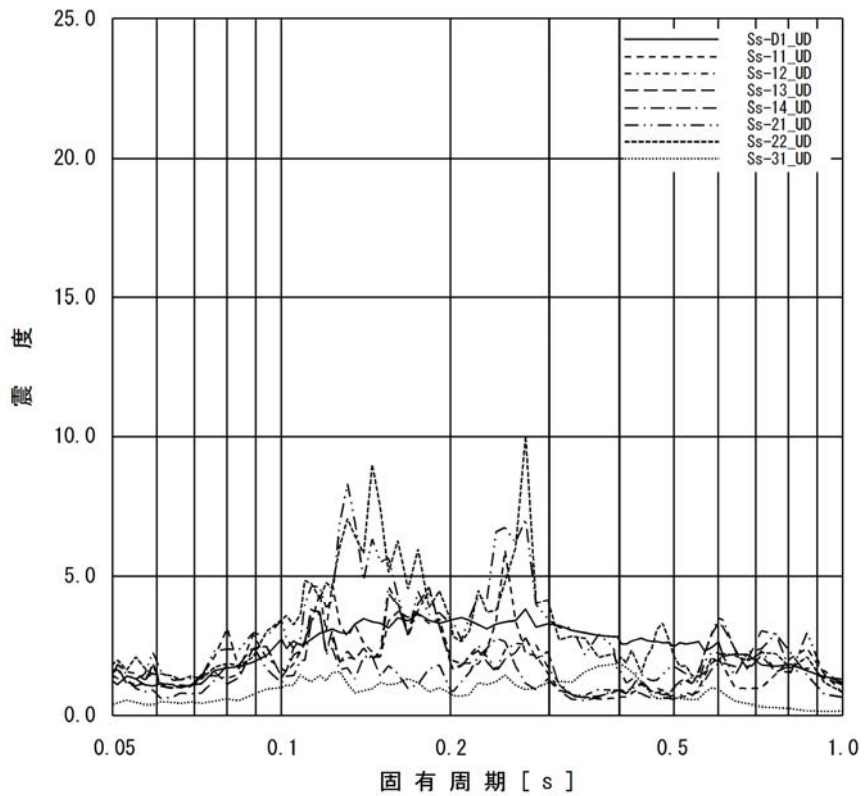
添付図 2-3 原子炉建屋 (EL. 34.7m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



添付図 2-4 原子炉建屋 (EL. 29.0m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)

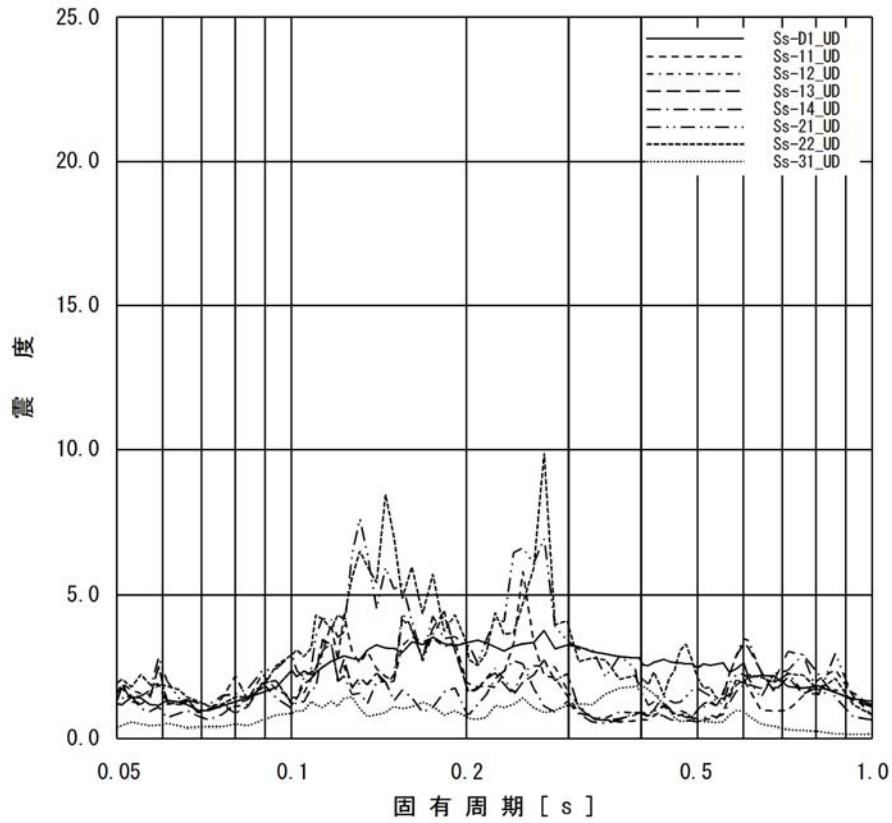


添付図 2-5 原子炉建屋 (EL. 20.3m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)

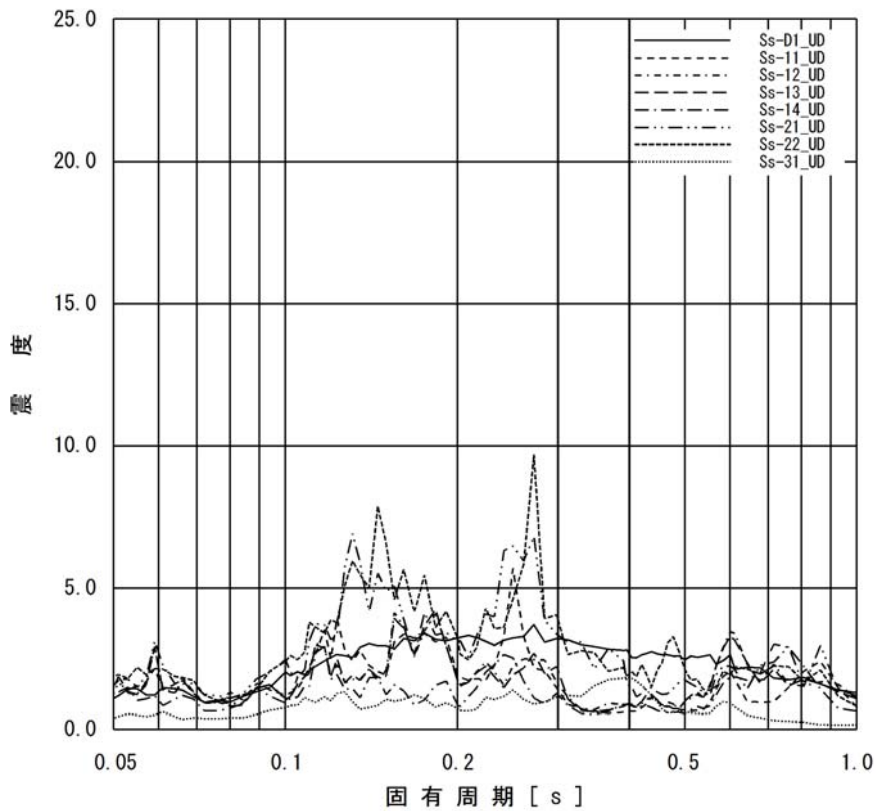


添付図 2-6 原子炉建屋 (EL. 14.0m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)

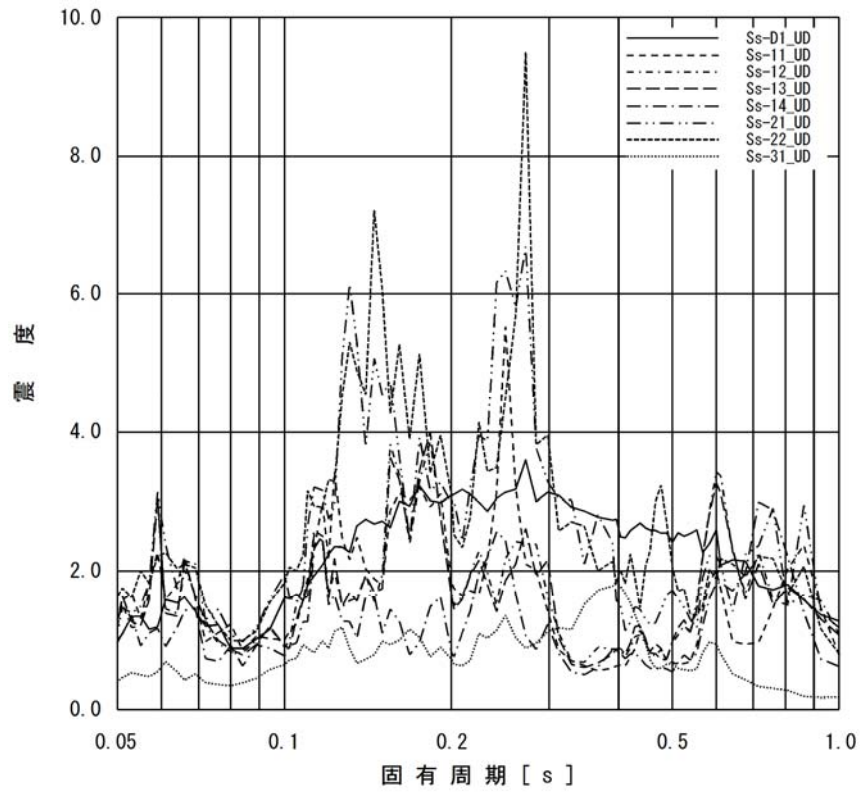




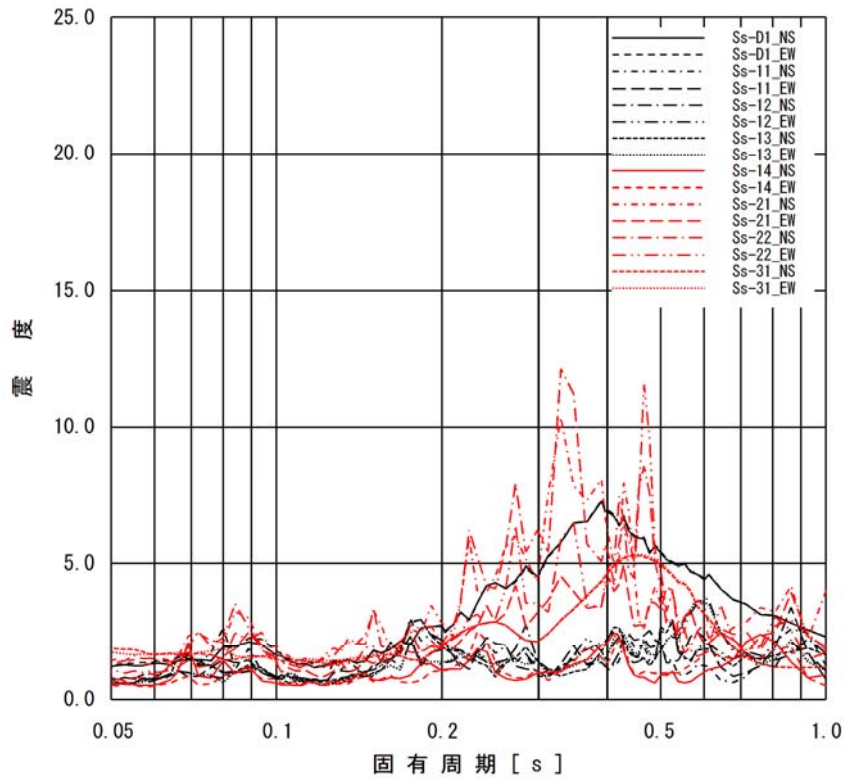
添付図 2-7 原子炉建屋 (EL. 8.2m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



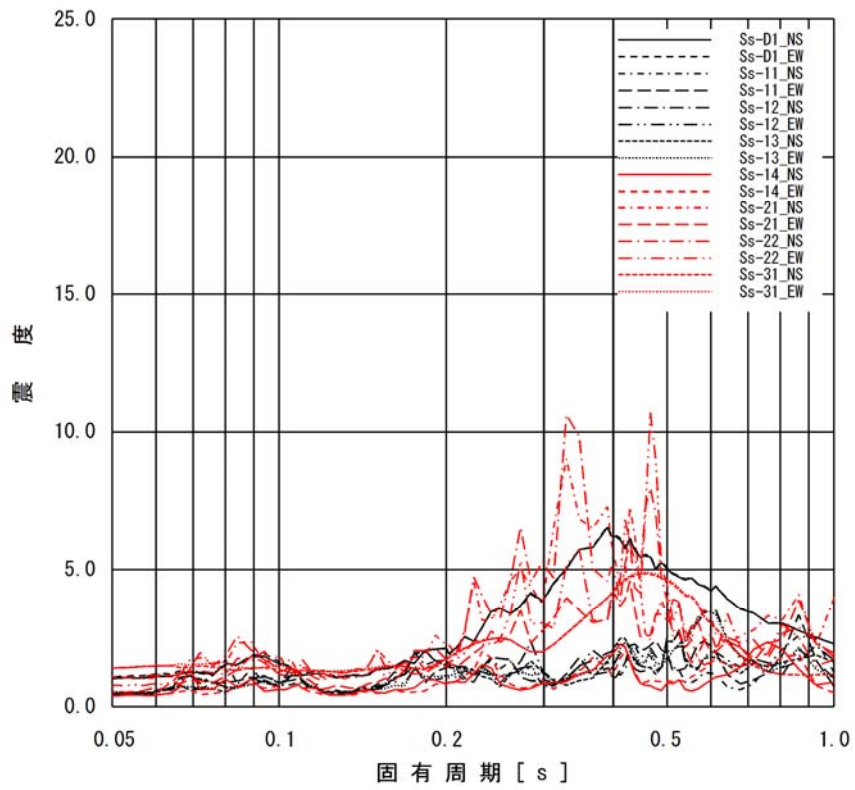
添付図 2-8 原子炉建屋 (EL. 2.0m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



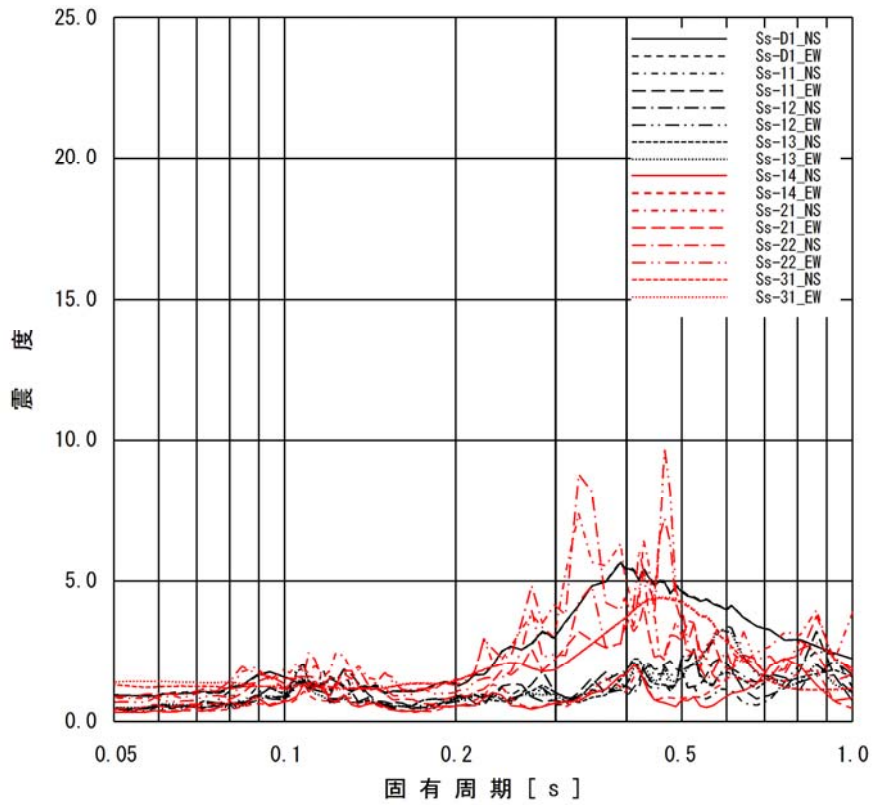
添付図 2-9 原子炉建屋 (EL. -4.0m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



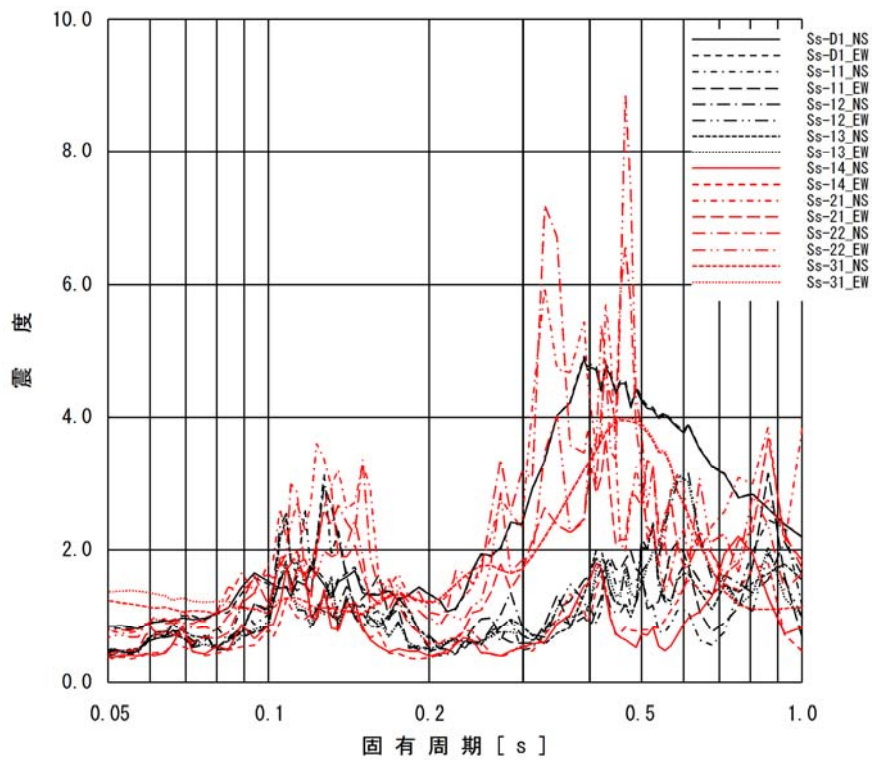
添付図 3-1 原子炉格納容器 (EL. 39.431m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



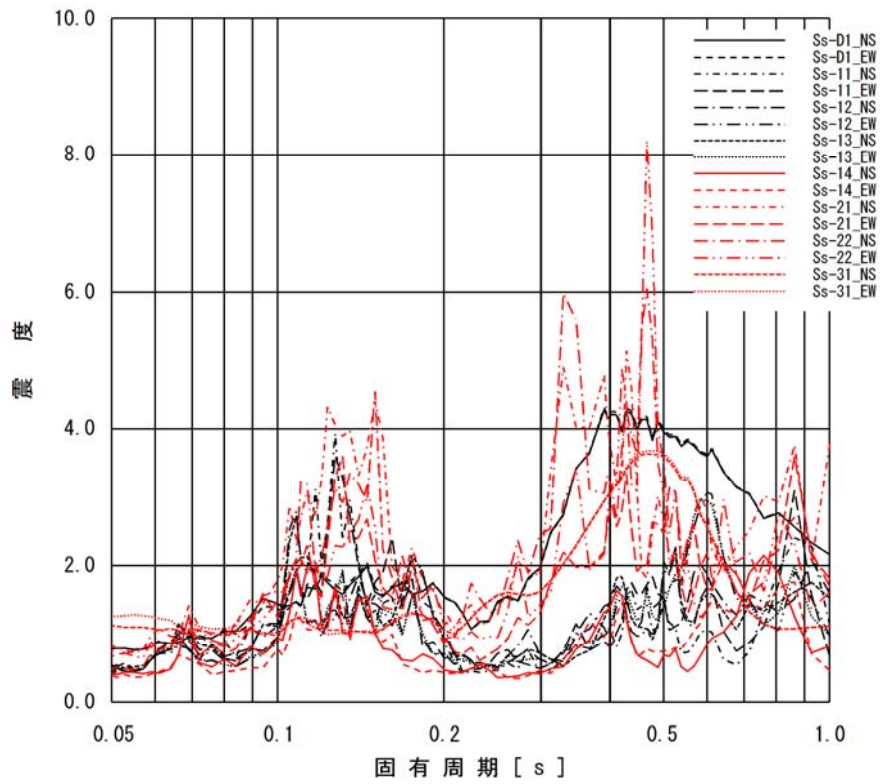
添付図 3-2 原子炉格納容器 (EL. 33.431m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



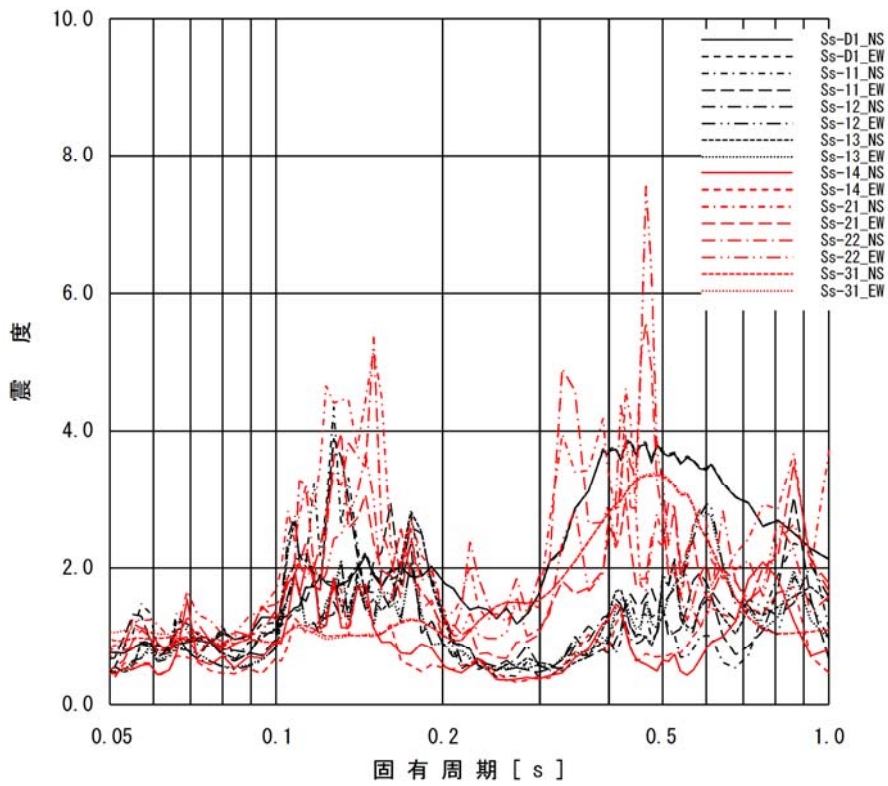
添付図 3-3 原子炉格納容器 (EL. 27.432m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



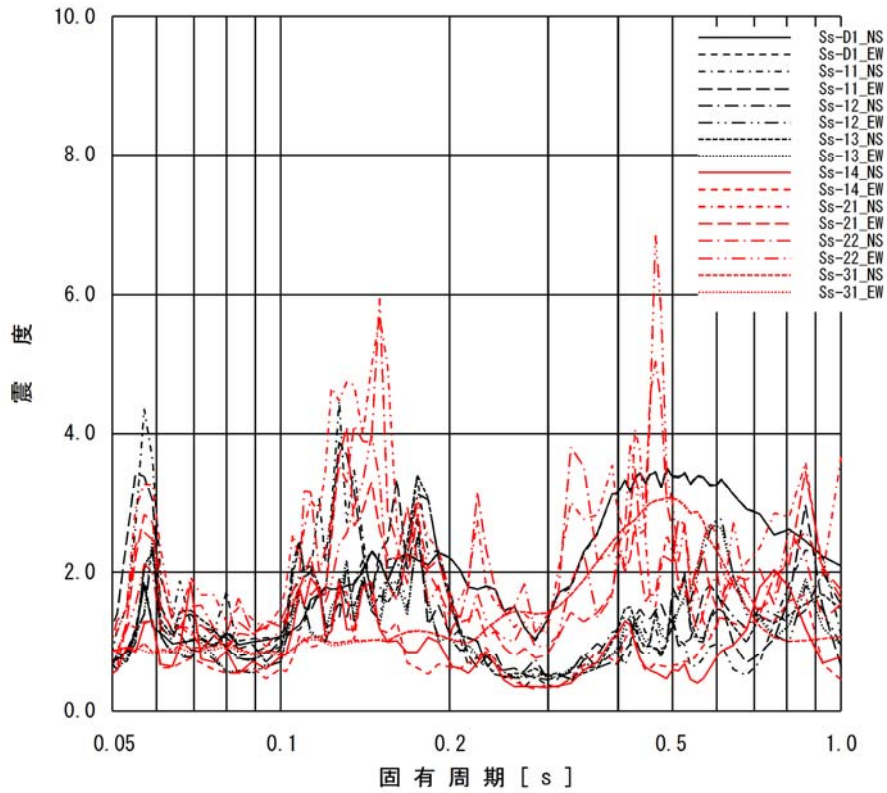
添付図 3-4 原子炉格納容器 (EL. 21.420m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



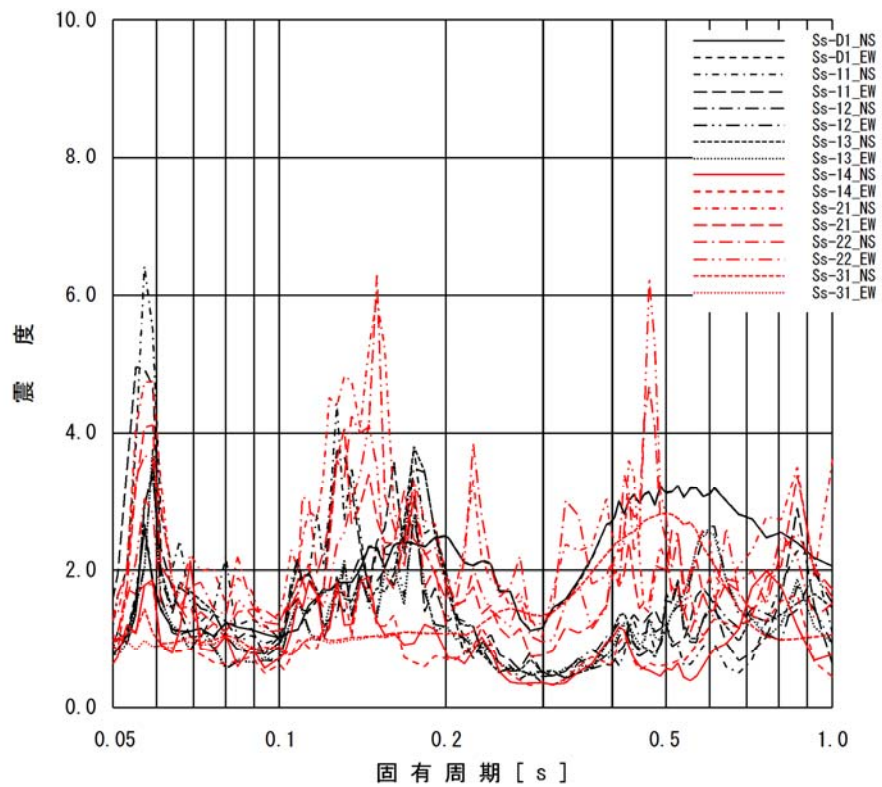
添付図 3-5 原子炉格納容器 (EL. 16.319m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



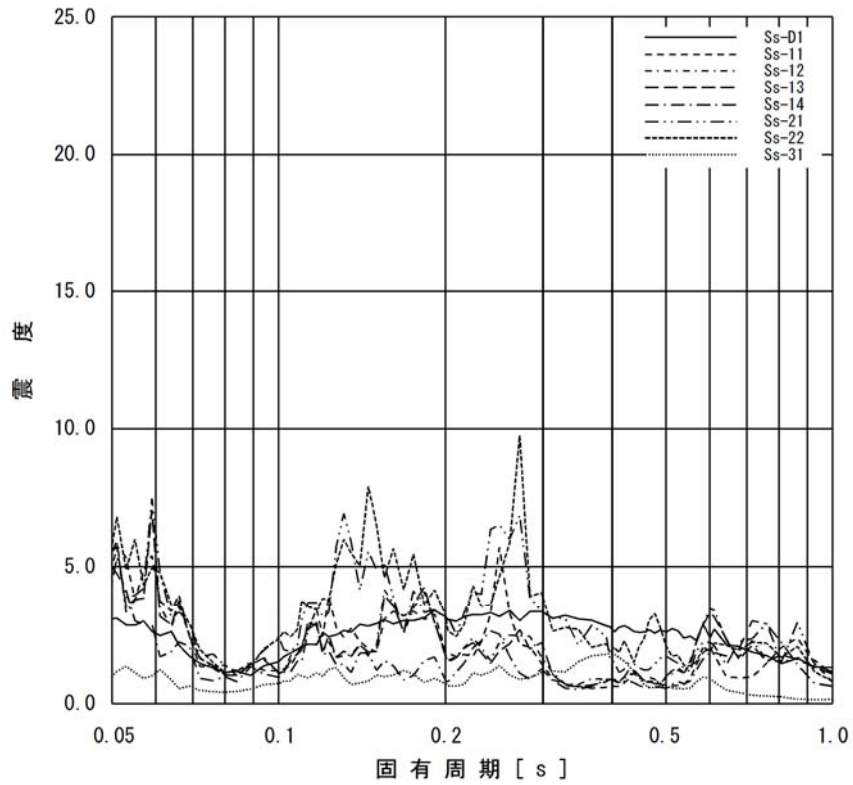
添付図 3-6 原子炉格納容器 (EL. 11.191m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



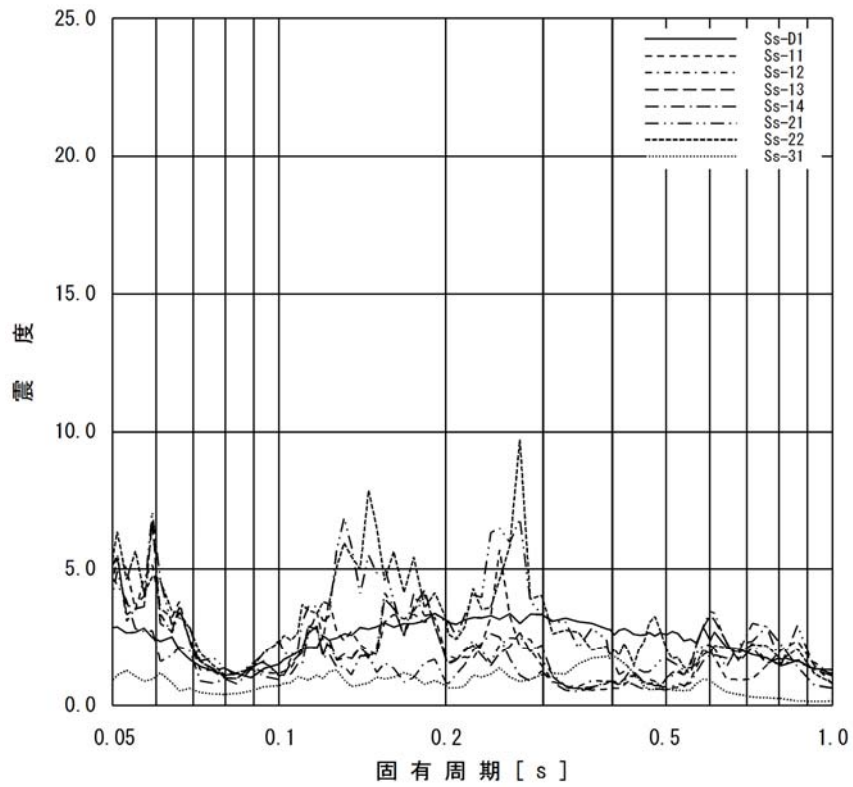
添付図 3-7 原子炉格納容器 (EL. 5.141m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



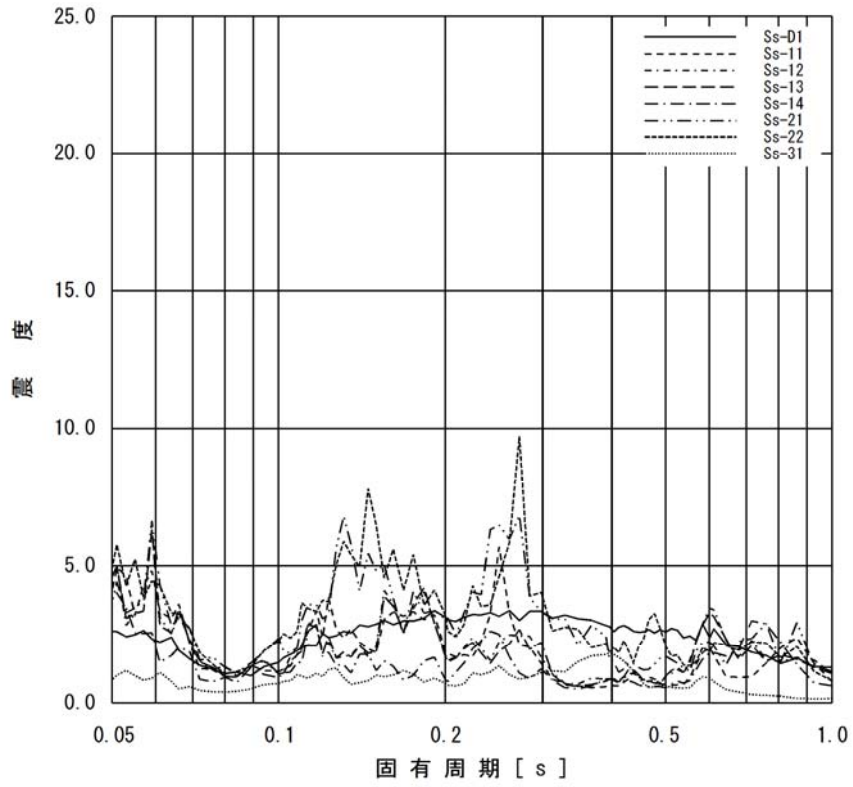
添付図 3-8 原子炉格納容器 (EL. -0.013m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



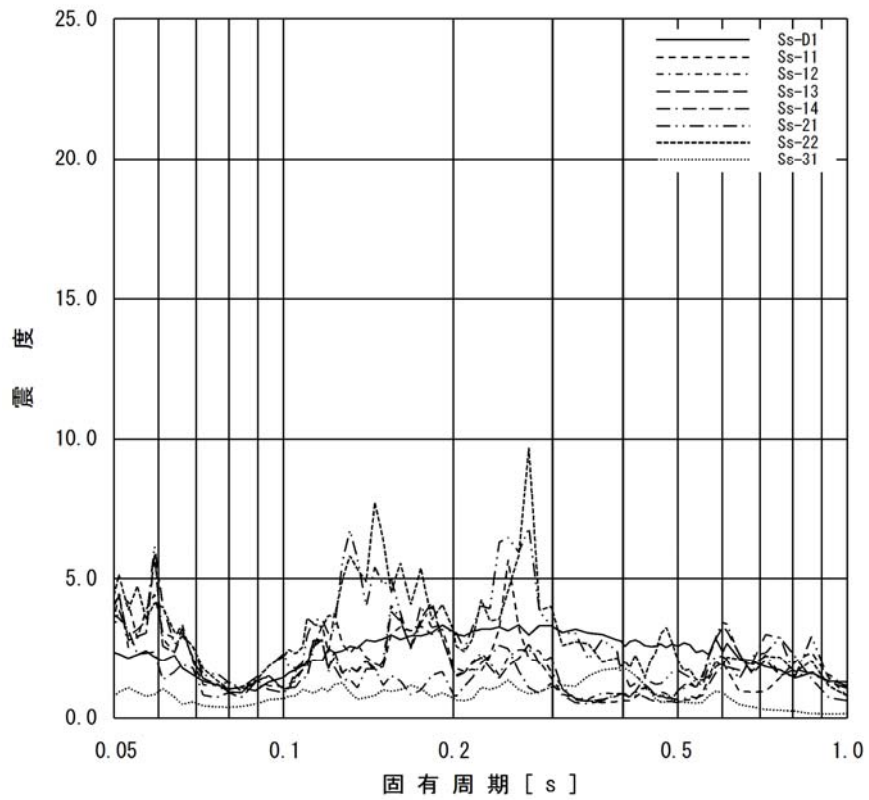
添付図 4-1 原子炉格納容器 (EL. 39.431m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



添付図 4-2 原子炉格納容器 (EL. 33.431m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)

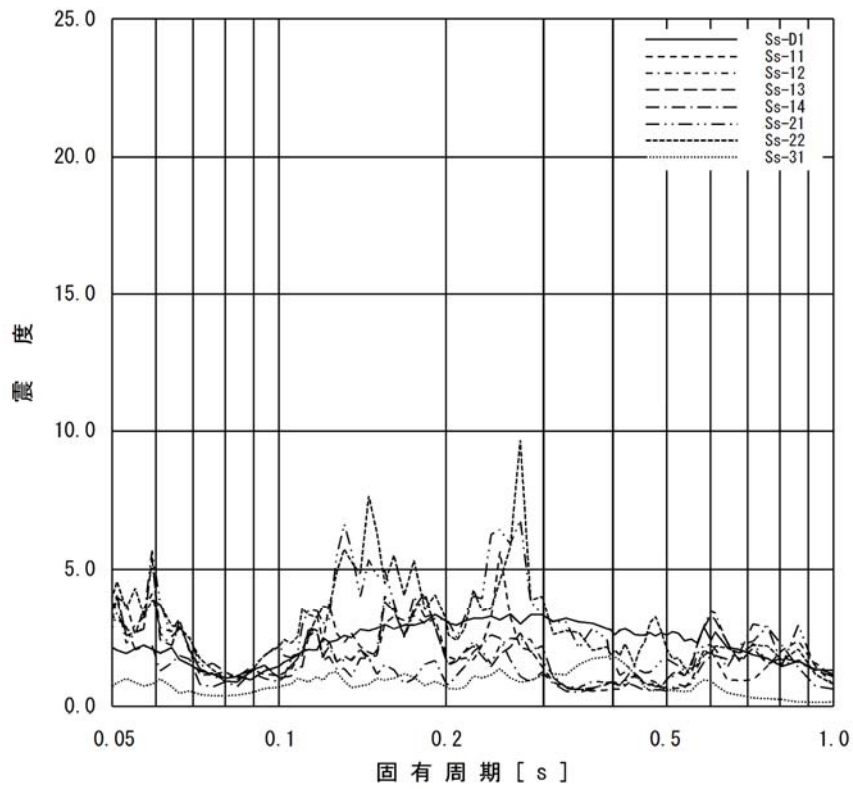


添付図 4-3 原子炉格納容器 (EL. 27.432m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)

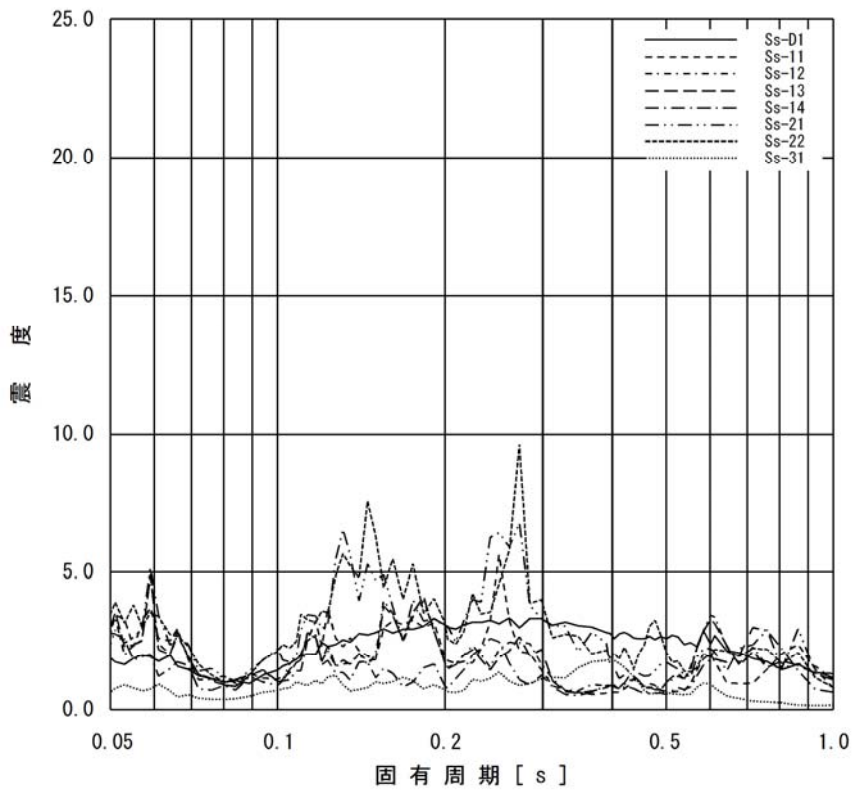


添付図 4-4 原子炉格納容器 (EL. 21.420m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)

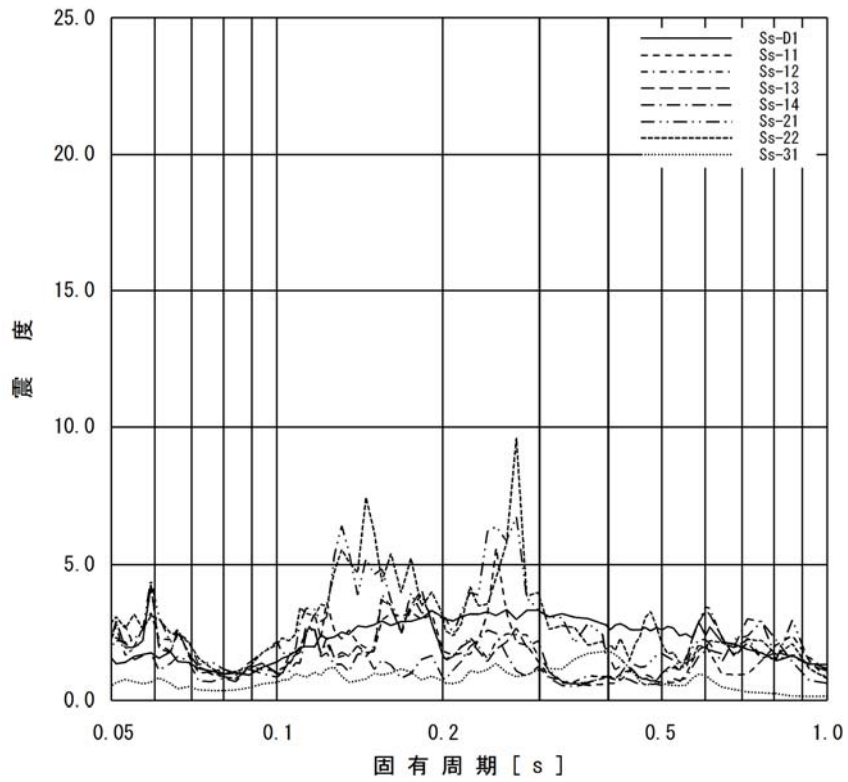




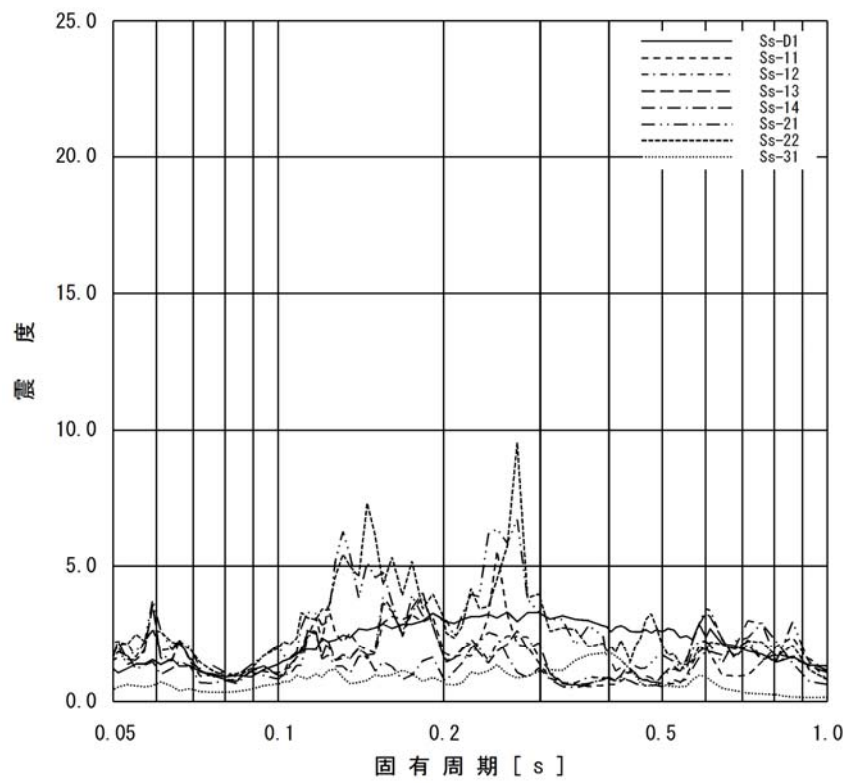
添付図 4-5 原子炉格納容器 (EL. 16.319m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



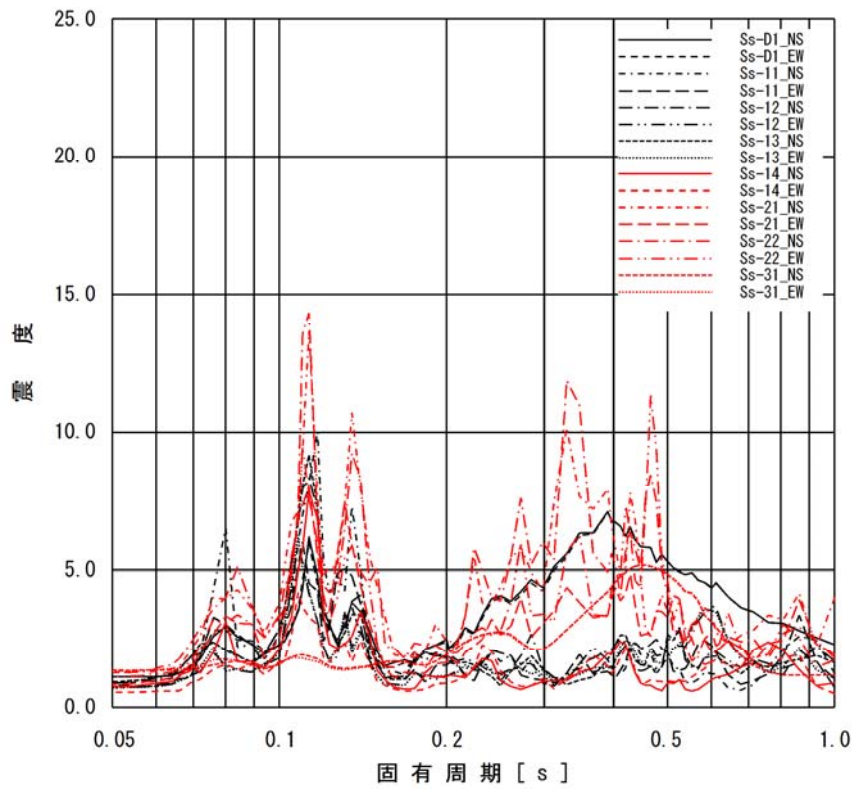
添付図 4-6 原子炉格納容器 (EL. 11.191m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



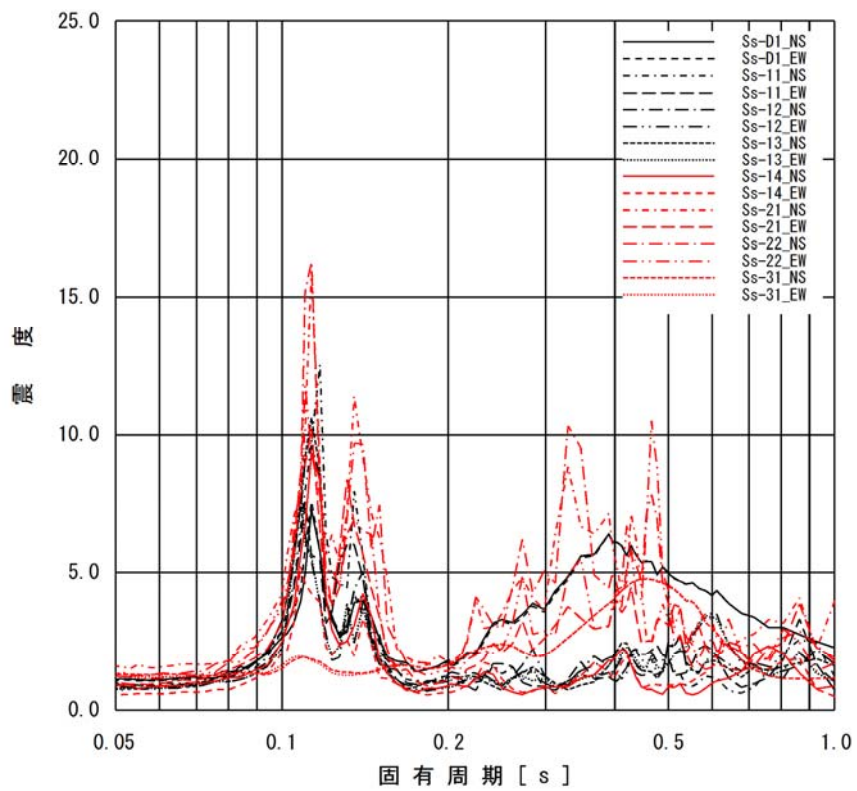
添付図 4-7 原子炉格納容器 (EL. 5.141m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



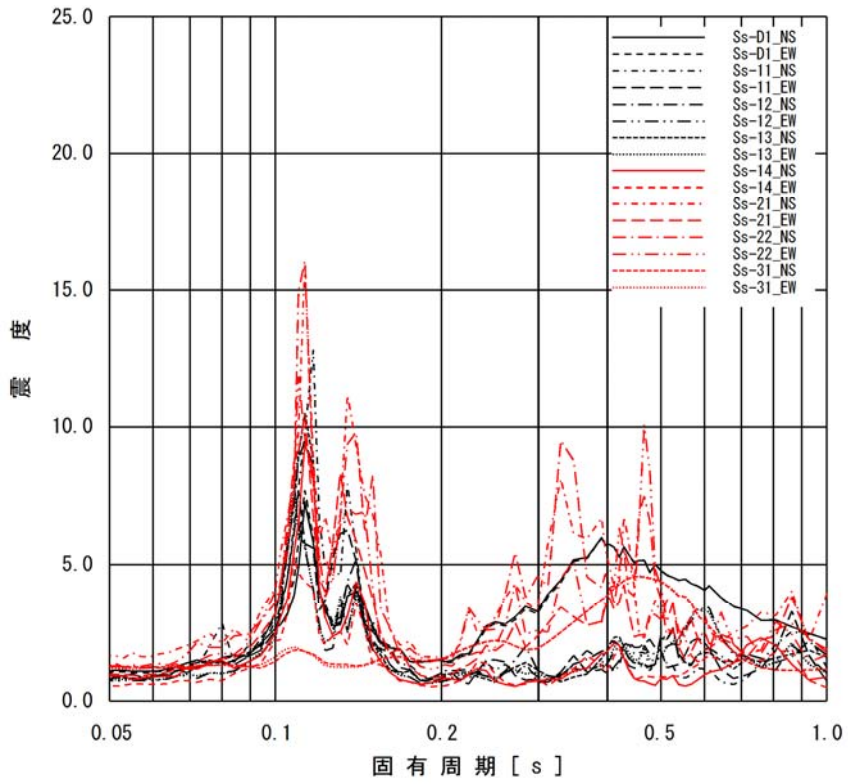
添付図 4-8 原子炉格納容器 (EL. -0.013m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



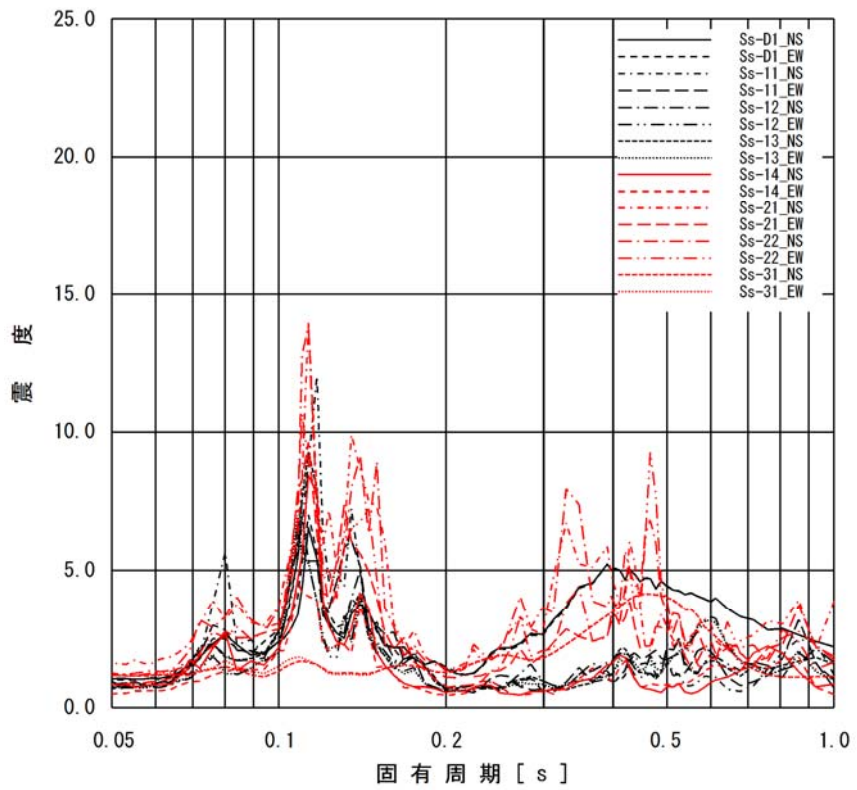
添付図 5-1 原子炉遮蔽 (EL. 34.643m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



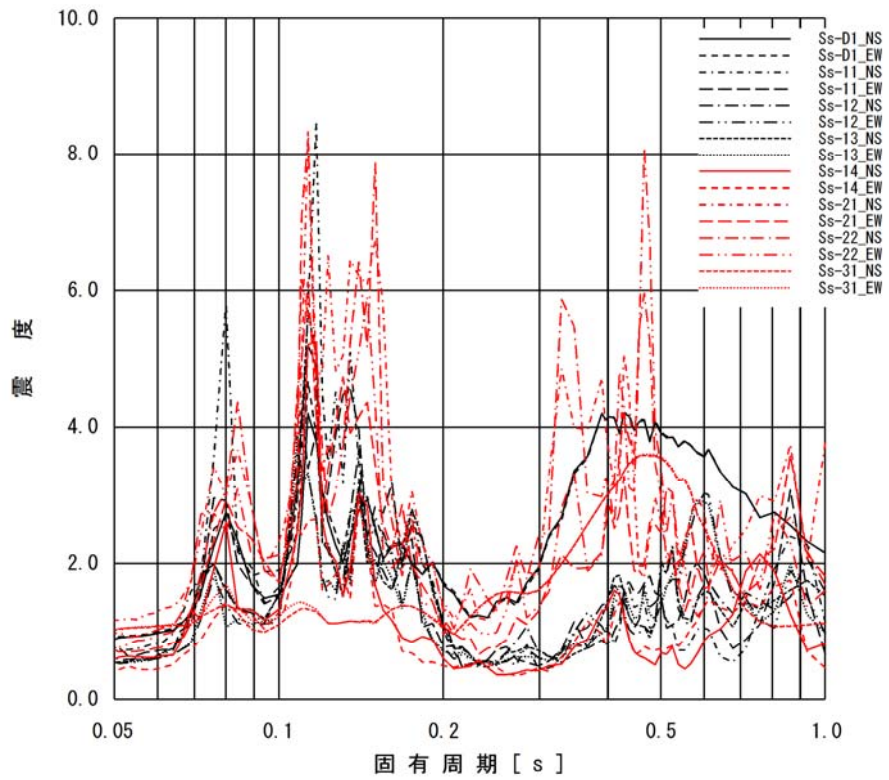
添付図 5-2 原子炉遮蔽 (EL. 28.308m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



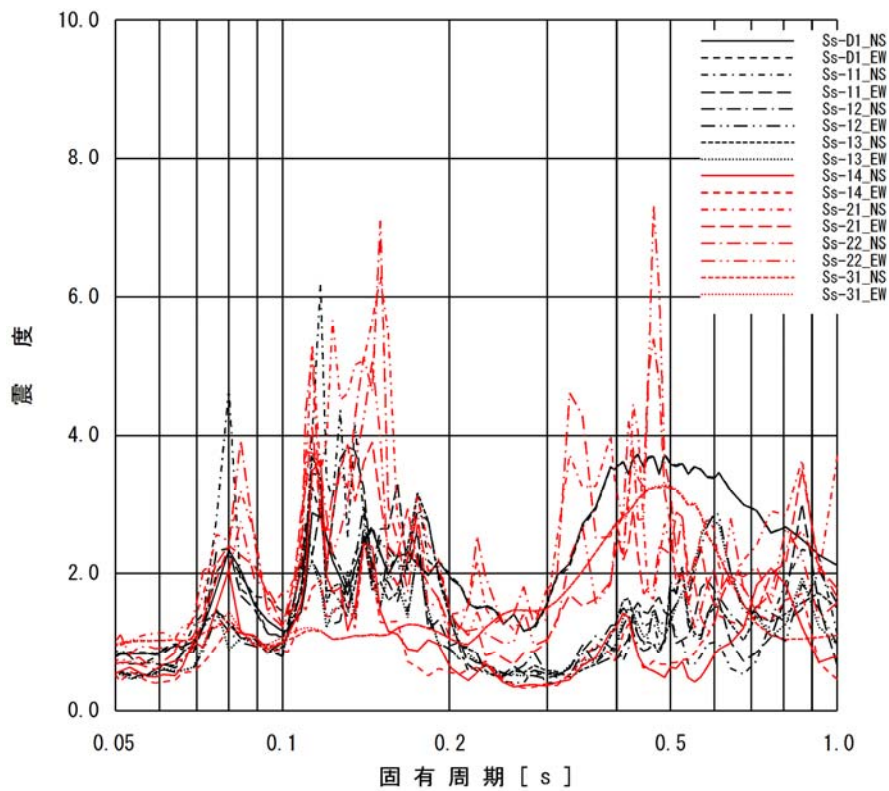
添付図 5-3 原子炉遮蔽 (EL. 25.212m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



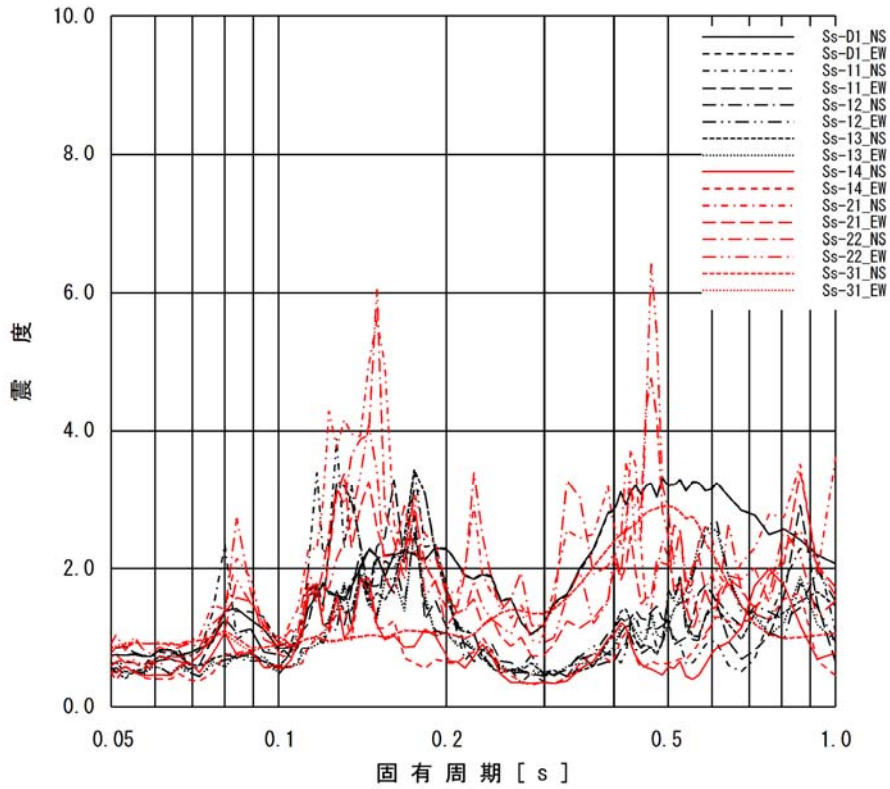
添付図 5-4 原子炉本体の基礎 (EL. 19.856m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



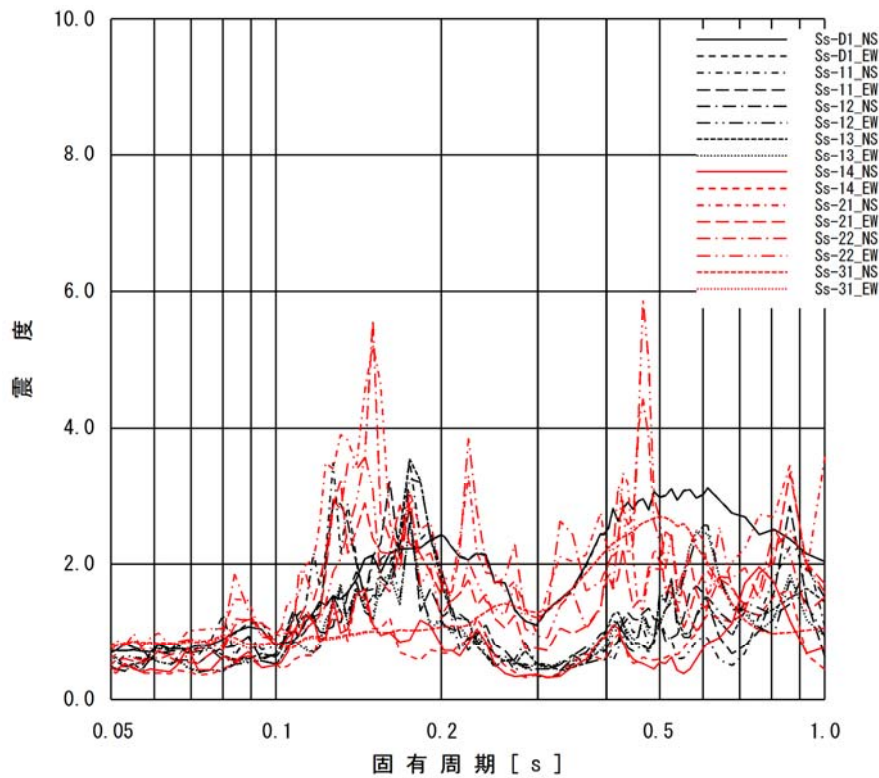
添付図 5-5 原子炉本体の基礎 (EL. 13.198m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



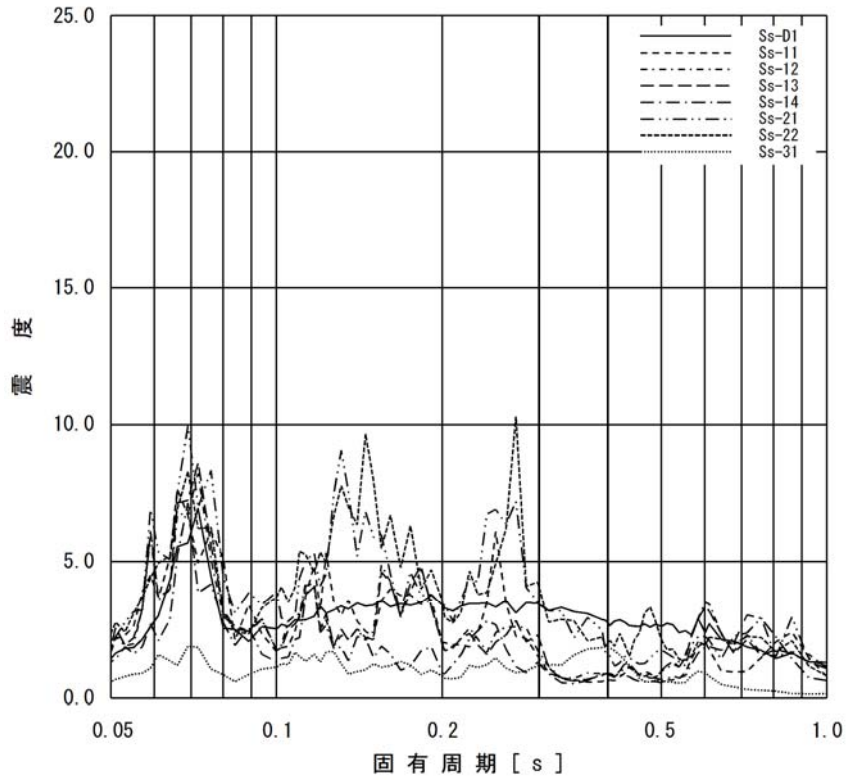
添付図 5-6 原子炉本体の基礎 (EL. 8.395m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



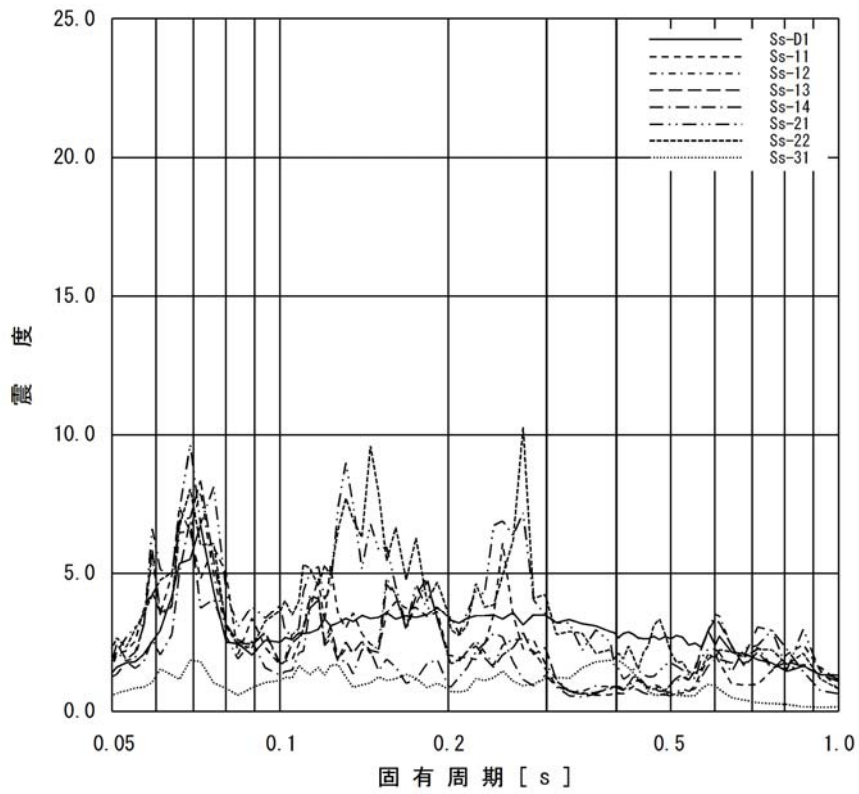
添付図 5-7 原子炉本体の基礎 (EL. 2.189m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



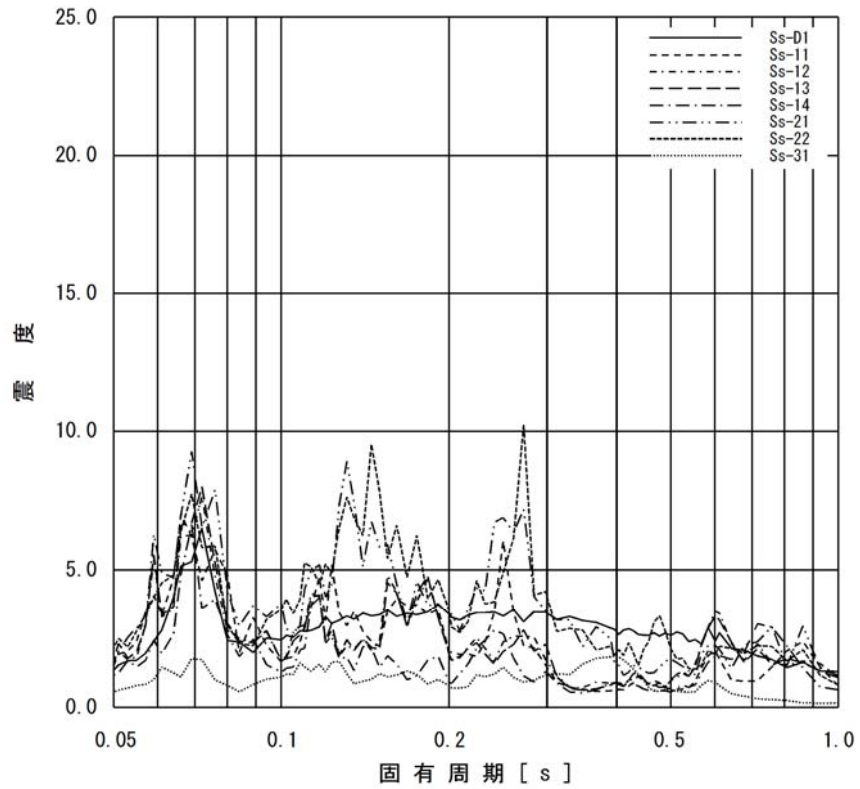
添付図 5-8 原子炉本体の基礎 (EL. -2.167m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



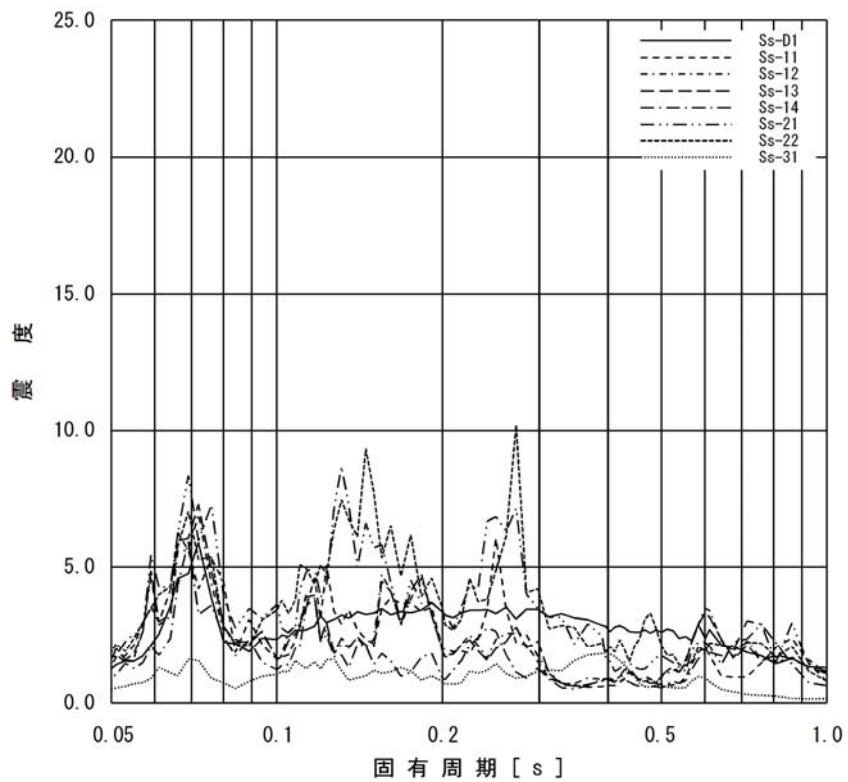
添付図 6-1 原子炉遮蔽 (EL. 34.643m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



添付図 6-2 原子炉遮蔽 (EL. 28.308m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)

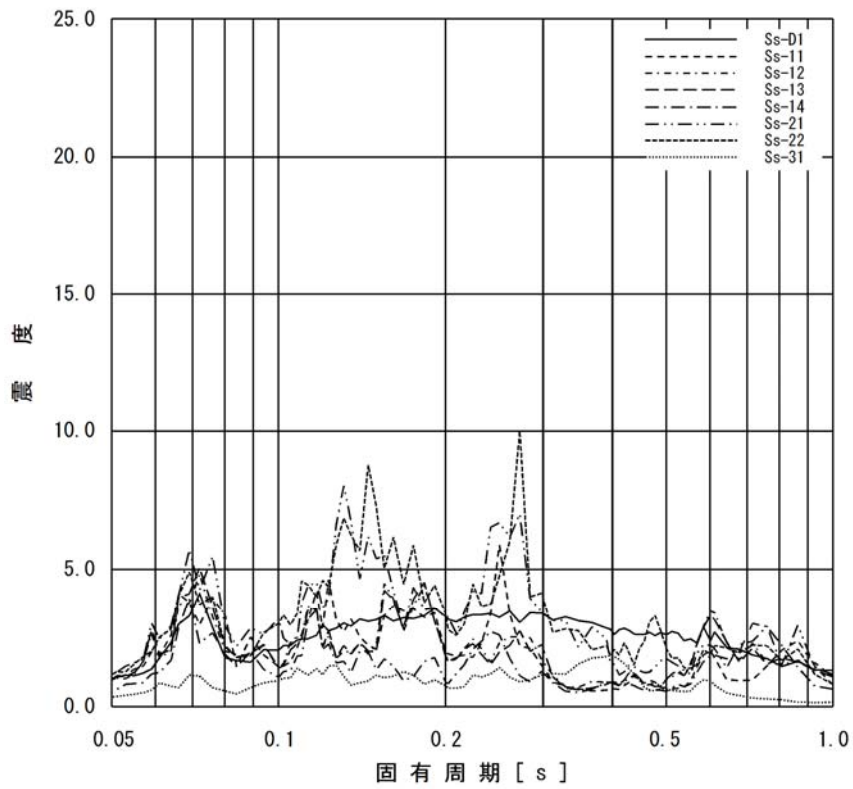


添付図 6-3 原子炉遮蔽 (EL. 25.212m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)

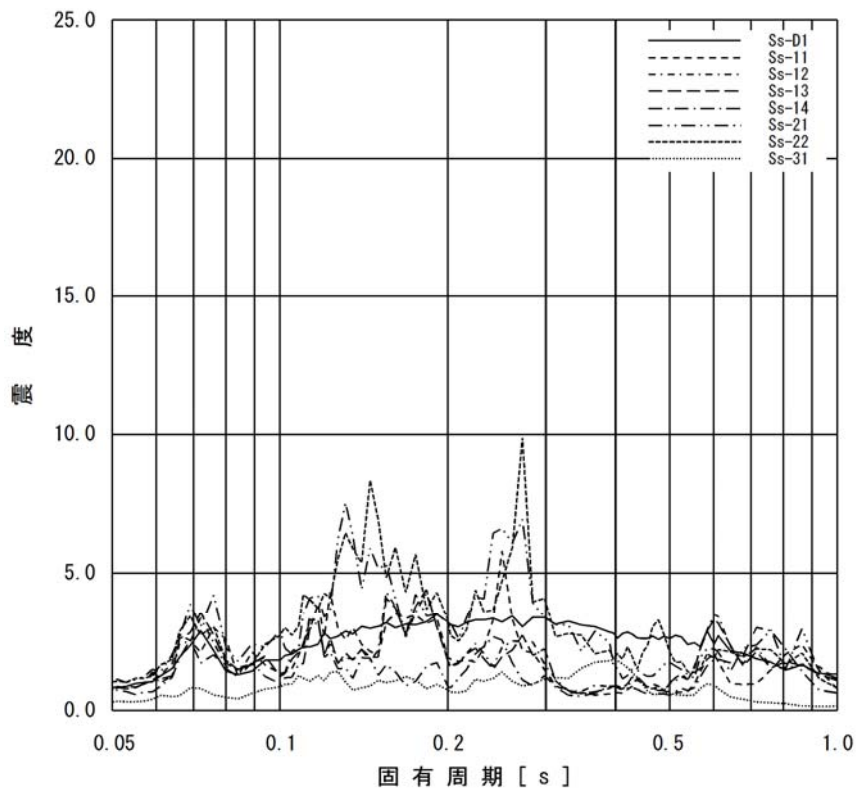


添付図 6-4 原子炉本体の基礎 (EL. 19.856m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)

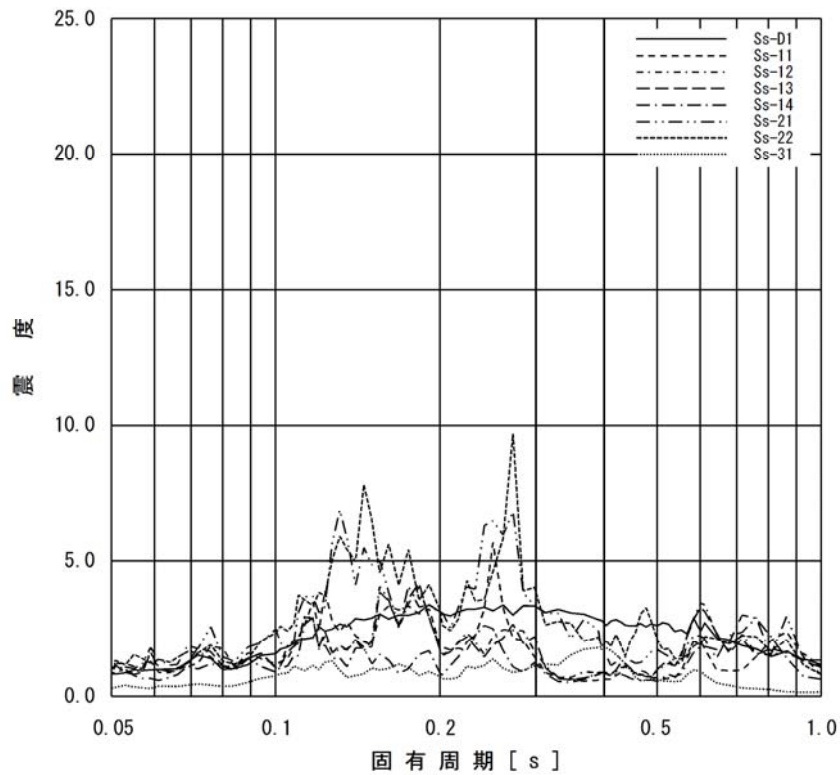




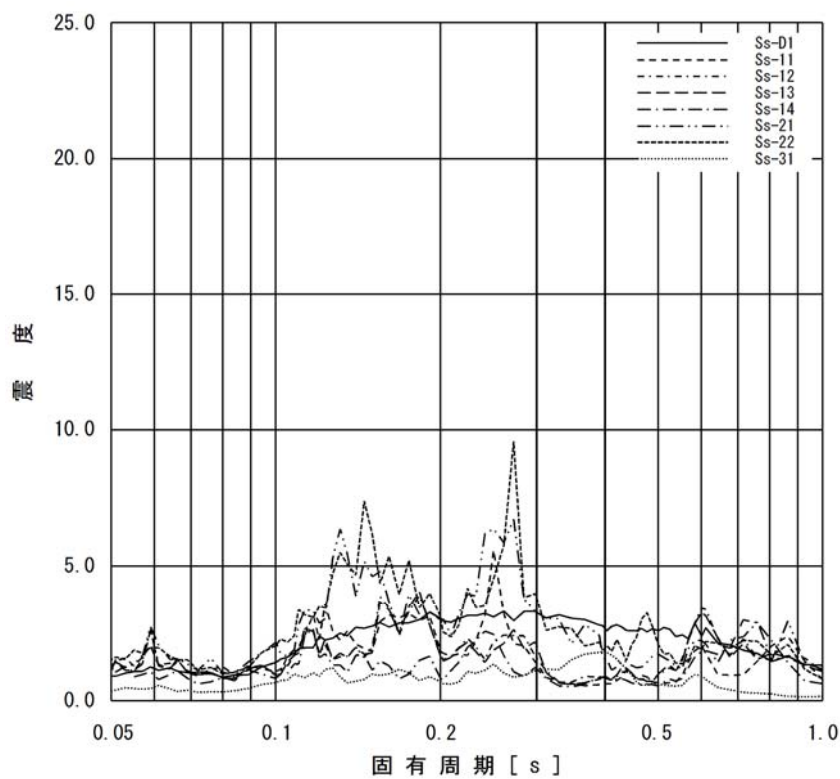
添付図 6-5 原子炉本体の基礎 (EL. 13.198m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



添付図 6-6 原子炉本体の基礎 (EL. 8.395m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



添付図 6-7 原子炉本体の基礎 (EL. 2.189m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



添付図 6-8 原子炉本体の基礎 (EL. -2.167m) の加速度応答スペクトル  
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)

添付表 1-1 原子炉建屋の最大応答加速度 (1.2ZPA)

構 築 物	EL. (m)	最大床加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )								
		$S_s - D 1$			$S_s - 1 1$			$S_s - 1 2$		
		NS 方向	EW 方向	鉛直 方向	NS 方向	EW 方向	鉛直 方向	NS 方向	EW 方向	鉛直 方向
原 子 炉 建 屋	46.50	1.56	1.55	1.20	0.59	0.63	1.28	0.71	0.65	1.08
	38.80	1.41	1.41	1.16	0.47	0.57	1.19	0.60	0.60	1.07
	34.70	1.35	1.32	1.08	0.41	0.54	1.10	0.54	0.57	1.02
	29.00	1.22	1.25	0.99	0.45	0.48	0.98	0.51	0.59	0.93
	20.30	1.07	1.07	0.95	0.45	0.53	0.81	0.50	0.57	0.81
	14.00	0.96	0.98	0.93	0.50	0.54	0.75	0.51	0.53	0.78
	8.20	0.83	0.84	0.92	0.51	0.54	0.77	0.53	0.48	0.78
	2.00	0.80	0.80	0.89	0.48	0.51	0.77	0.51	0.42	0.77
	-4.00	0.77	0.77	0.84	0.47	0.48	0.77	0.53	0.39	0.74

添付表 1-2 原子炉建屋の最大応答加速度 (1.2ZPA)

構 築 物	EL. (m)	最大床加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )								
		$S_s - 1 3$			$S_s - 1 4$			$S_s - 2 1$		
		NS 方向	EW 方向	鉛直 方向	NS 方向	EW 方向	鉛直 方向	NS 方向	EW 方向	鉛直 方向
原 子 炉 建 屋	46.50	0.72	0.65	1.10	0.59	0.51	0.80	1.61	0.77	1.52
	38.80	0.60	0.60	1.07	0.48	0.47	0.75	1.37	0.63	1.44
	34.70	0.54	0.60	1.01	0.45	0.45	0.72	1.17	0.59	1.34
	29.00	0.50	0.60	0.92	0.44	0.45	0.71	1.05	0.53	1.17
	20.30	0.54	0.59	0.78	0.45	0.44	0.68	0.89	0.56	1.01
	14.00	0.57	0.54	0.75	0.45	0.41	0.65	0.89	0.56	0.93
	8.20	0.56	0.50	0.72	0.45	0.39	0.62	0.86	0.54	0.87
	2.00	0.57	0.44	0.69	0.44	0.36	0.60	0.78	0.53	0.81
	-4.00	0.59	0.42	0.71	0.41	0.35	0.60	0.72	0.51	0.77

添付表 1-3 原子炉建屋の最大応答加速度 (1.2ZPA)

構 築 物	EL. (m)	最大床加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )					
		S <sub>s</sub> -2 2			S <sub>s</sub> -3 1		
		NS 方向	EW 方向	鉛直 方向	NS 方向	EW 方向	鉛直 方向
原 子 炉 建 屋	46.50	1.58	1.29	1.38	1.74	1.71	0.57
	38.80	1.32	1.04	1.29	1.62	1.67	0.54
	34.70	1.28	0.95	1.19	1.62	1.64	0.51
	29.00	1.07	0.81	1.08	1.55	1.53	0.45
	20.30	0.89	0.75	1.01	1.26	1.34	0.38
	14.00	0.75	0.66	0.99	1.10	1.13	0.35
	8.20	0.66	0.62	0.96	1.02	1.10	0.33
	2.00	0.68	0.60	0.92	0.95	0.96	0.32
	-4.00	0.68	0.56	0.90	0.87	0.83	0.32

添付表 2-1 原子炉格納容器の最大応答加速度 (1.2ZPA)

構築物	EL. (m)	最大床加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )								
		S <sub>s</sub> -D 1			S <sub>s</sub> -1 1			S <sub>s</sub> -1 2		
		NS 方向	EW 方向	鉛直 方向	NS 方向	EW 方向	鉛直 方向	NS 方向	EW 方向	鉛直 方向
原子炉格納容器	39.431	1.44	1.43	0.99	0.52	0.57	1.14	0.60	0.62	1.19
	33.431	1.26	1.27	0.97	0.41	0.52	1.06	0.54	0.57	1.10
	27.432	1.14	1.11	0.94	0.41	0.48	0.97	0.48	0.55	1.00
	21.420	1.03	0.98	0.90	0.42	0.49	0.91	0.47	0.54	0.94
	16.319	0.91	0.91	0.88	0.41	0.51	0.91	0.49	0.52	0.90
	11.191	0.88	0.88	0.85	0.46	0.54	0.87	0.51	0.49	0.87
	5.141	0.86	0.86	0.81	0.48	0.58	0.83	0.53	0.45	0.82
-0.013	0.83	0.83	0.78	0.52	0.61	0.79	0.58	0.46	0.77	

添付表 2-2 原子炉格納容器の最大応答加速度 (1.2ZPA)

構築物	EL. (m)	最大床加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )								
		S <sub>s</sub> -1 3			S <sub>s</sub> -1 4			S <sub>s</sub> -2 1		
		NS 方向	EW 方向	鉛直 方向	NS 方向	EW 方向	鉛直 方向	NS 方向	EW 方向	鉛直 方向
原子炉格納容器	39.431	0.61	0.65	1.26	0.47	0.48	0.85	1.50	0.64	1.39
	33.431	0.53	0.60	1.17	0.45	0.44	0.78	1.20	0.57	1.33
	27.432	0.48	0.57	1.05	0.41	0.42	0.73	1.01	0.51	1.25
	21.420	0.52	0.55	0.93	0.42	0.40	0.67	0.84	0.52	1.17
	16.319	0.54	0.53	0.88	0.43	0.39	0.64	0.85	0.52	1.11
	11.191	0.55	0.51	0.85	0.44	0.38	0.64	0.84	0.52	1.05
	5.141	0.59	0.46	0.80	0.44	0.38	0.63	0.84	0.50	0.96
-0.013	0.64	0.48	0.75	0.45	0.39	0.61	0.88	0.50	0.85	

添付表 2-3 原子炉格納容器の最大応答加速度 (1.2ZPA)

構 築 物	EL. (m)	最大床加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )					
		S <sub>s</sub> -2 2			S <sub>s</sub> -3 1		
		NS 方向	EW 方向	鉛直 方向	NS 方向	EW 方向	鉛直 方向
原 子 炉 格 納 容 器	39.431	1.46	1.04	1.28	1.85	1.81	0.39
	33.431	1.26	0.89	1.18	1.61	1.62	0.38
	27.432	1.03	0.76	1.10	1.60	1.61	0.37
	21.420	0.90	0.72	1.06	1.41	1.43	0.36
	16.319	0.80	0.68	1.02	1.23	1.25	0.35
	11.191	0.72	0.62	0.97	1.07	1.11	0.35
	5.141	0.68	0.62	0.91	1.02	1.00	0.34
	-0.013	0.72	0.64	0.87	0.96	0.93	0.33

添付表 3-1 原子炉遮蔽及び原子炉本体の基礎の最大応答加速度 (1.2ZPA)

構 築 物	EL. (m)	最大床加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )								
		S <sub>s</sub> -D 1			S <sub>s</sub> -1 1			S <sub>s</sub> -1 2		
		NS 方向	EW 方向	鉛直 方向	NS 方向	EW 方向	鉛直 方向	NS 方向	EW 方向	鉛直 方向
遮 蔽 原 子 炉	34.643	1.35	1.34	1.15	0.85	0.77	1.11	0.89	0.77	1.11
	28.308	1.31	1.25	1.14	0.84	0.81	1.08	0.80	0.80	1.07
	25.212	1.28	1.21	1.13	0.80	0.84	1.04	0.81	0.79	1.03
の 基 礎 原 子 炉 本 体	19.856	1.19	1.12	1.10	0.77	0.81	0.95	0.78	0.73	0.96
	13.198	0.99	1.00	0.98	0.65	0.67	0.79	0.63	0.58	0.82
	8.935	0.91	0.92	0.89	0.58	0.61	0.75	0.57	0.49	0.73
	2.189	0.85	0.86	0.77	0.49	0.53	0.70	0.51	0.42	0.69
	-2.167	0.84	0.84	0.74	0.46	0.50	0.73	0.54	0.40	0.72

添付表 3-2 原子炉遮蔽及び原子炉本体の基礎の最大応答加速度 (1.2ZPA)

構 築 物	EL. (m)	最大床加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )								
		S <sub>s</sub> -1 3			S <sub>s</sub> -1 4			S <sub>s</sub> -2 1		
		NS 方向	EW 方向	鉛直 方向	NS 方向	EW 方向	鉛直 方向	NS 方向	EW 方向	鉛直 方向
遮 蔽 原 子 炉	34.643	0.92	0.80	1.11	0.81	0.59	0.74	1.38	0.90	1.37
	28.308	0.79	0.83	1.07	0.88	0.60	0.73	1.55	0.95	1.34
	25.212	0.71	0.82	1.03	0.87	0.59	0.74	1.59	0.95	1.31
の 基 礎 原 子 炉 本 体	19.856	0.67	0.76	0.93	0.82	0.56	0.74	1.54	0.92	1.24
	13.198	0.59	0.60	0.75	0.62	0.47	0.69	1.18	0.75	1.05
	8.935	0.56	0.50	0.72	0.50	0.41	0.63	0.98	0.64	0.93
	2.189	0.58	0.42	0.68	0.44	0.35	0.62	0.80	0.53	0.83
	-2.167	0.60	0.41	0.69	0.42	0.35	0.60	0.74	0.52	0.77

添付表 3-3 原子炉遮蔽及び原子炉本体の基礎の最大応答加速度 (1.2ZPA)

構 築 物	EL. (m)	最大床加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )					
		S <sub>s</sub> -2 2			S <sub>s</sub> -3 1		
		N S 方向	E W 方向	鉛直 方向	N S 方向	E W 方向	鉛直 方向
遮 蔽 原 子 炉	34.643	1.46	1.22	1.31	1.64	1.59	0.42
	28.308	1.28	1.22	1.29	1.51	1.45	0.42
	25.212	1.24	1.22	1.27	1.46	1.42	0.41
の 基 礎 原 子 炉 本 体	19.856	1.20	1.15	1.22	1.35	1.34	0.39
	13.198	0.91	0.85	1.12	1.19	1.19	0.35
	8.935	0.80	0.71	1.02	1.11	1.10	0.33
	2.189	0.70	0.61	0.90	1.00	0.97	0.30
	-2.167	0.70	0.58	0.87	0.92	0.89	0.31



3. 建屋－機器連成解析モデルの時刻歴応答解析における  
拡幅マージンの考慮について

## 1. 概要

スペクトルモーダル解析による機器・配管系の耐震評価においては、周期軸方向に±10%拡幅させた設計用床応答曲線を用いることにより材料物性のばらつきによる影響を考慮している。

建屋－機器連成解析モデルを用いる地震応答解析は、時刻歴応答解析を用いるため材料物性のばらつきを考慮として、±10%拡幅効果を考慮されないため、その対応を以下に示す。

## 2. 建屋－機器連成解析における材料物性のばらつきの考慮について

建屋－機器連成解析における材料物性のばらつきの考慮は、材料物性のばらつきを考慮した建屋－機器連成解析の結果を踏まえる。具体的には、「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に基づいた材料物性のばらつきを考慮した地震応答解析ケース（以下「ばらつきケース」という。）について、同じ条件による原子炉建屋地震応答解析モデルとした機器との連成解析を行い、その応答解析結果に対する基本ケース\*1の応答増幅を考慮する。

\*1 「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」における「3.1 地震応答解析モデル」に示す物性値及び定数を用いた地震応答解析ケース

### 2.1 ばらつきケースの地震応答解析結果

建屋－機器連成解析モデルを用いた地震応答解析について、基本ケースにおける各地震応答の最大値とばらつきケースにおける各地震応答の最大値を整理するとともに、その最大値の比率を表2-1～表2-9に示す。

検討に用いた地震動は、基本ケースについては、全ての基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ を用いる。また、ばらつきケースについては、基本ケースの各質点で地震力が最大となる地震動として、 $S_s-21$ 、 $S_s-22$ 及び $S_s-31$ に加えて、原子炉建屋側での検討に用いる地震動として $S_s-D1$ を適用する。地震力が最大となる地震動を整理した結果を表2-10に示す。

最大値の比率について、構造物ごとに纏めた結果を表2-11～表2-13に示す。

表 2-11 建屋-機器連成解析結果における地震力の応答比率

構造物	応答比率の最大値 (ばらつきケース/基本ケース)					
	S <sub>s</sub>			S <sub>d</sub>		
	せん断力	モーメント	軸力	せん断力	モーメント	軸力
原子炉格納容器	1.16	1.96* <sup>1</sup> (1.41)* <sup>2</sup>	1.16	1.10	1.15	1.12
原子炉遮蔽及び 原子炉本体の基礎	1.30	1.37	1.14	1.15	1.16	1.11
原子炉压力容器	1.32	1.34	1.14	1.21	1.17	1.10
気水分離器及び 炉心シュラウド	1.36	1.36	1.15	1.21	1.20	1.11
燃料集合体	1.33	1.29	1.10	1.18	1.17	1.06
制御棒案内管	1.33	1.24	1.10	1.16	1.14	1.07
制御棒駆動機構 ハウジング	1.25	1.25	1.14	1.15	1.14	1.10

\* 1 質点番号 14 における応答比率

\* 2 2 番目に大きな応答比率

表 2-12 建屋-機器連成解析結果における地震力の応答比率

構造物	応答比率の最大値 (ばらつきケース/基本ケース)	
	ばね反力	
	S <sub>s</sub>	S <sub>d</sub>
ドライウエル上部シアラグ	1.20	1.19
ドライウエル下部シアラグ	1.19	1.20
格納容器スタビライザ	1.20	1.18
原子炉压力容器スタビライザ	1.23	1.23
制御棒駆動機構ハウジング レストレントビーム	1.22	1.19
ダイヤフラムフロア	1.26	1.22

表 2-13 建屋-機器連成解析結果における地震力の応答比率

構造物	応答比率の最大値 (ばらつきケース/基本ケース)
	相対変位
燃料集合体	1.32

## 2.2 材料物性のばらつきを踏まえた耐震評価条件の設定

2.1 項のばらつきケースの地震応答解析結果を踏まえて、耐震計算に用いる材料物性のばらつきを考慮した耐震評価条件の設定方法について示す。耐震計算は、①に示す「地震力への一律な係数を考慮した設定」にて設定した地震力を用いて行うが、裕度が確保できない場合については、②に示す「ばらつきケースの地震応答解析結果を踏まえた耐震評価条件の設定」にて設定した地震力を用いて耐震計算を行う。

### ① 地震力への一律な係数を考慮した設定

ばらつきケースの地震応答解析結果における基本ケースの地震応答解析結果の応答比率を踏まえて、「V-2-3-2 炉心、原子炉圧力容器及び格納容器内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に示す基本ケースの建屋-機器連成解析による地震応答解析結果に対して、係数 1.5 を乗じた地震力を材料物性のばらつきを踏まえた耐震評価条件として設定する。なお、一律の倍率 1.5 に含まれない質点番号 14 は、耐震評価を実施しないため、倍率の設定に考慮しない。

に限定し、ばらつきケースの応答を包含するように係数 2.0 を乗じた地震力を設定する。

各構造物における材料物性のばらつき考慮として基本ケースに乗じる係数を表 2-14 に示すとともに、各係数を乗じた地震力を別表 1~別表 8 に示す。

表 2-13 地盤物性等へのばらつき考慮として基本ケースに乗じる係数

構造物	基本ケースに乗じる係数
原子炉格納容器	1.5
原子炉遮蔽及び原子炉本体の基礎	
原子炉圧力容器	
気水分離器及び炉心シュラウド	
燃料集合体	
制御棒案内管	
制御棒駆動機構ハウジング	
原子炉格納容器	
ドライウェル上部シアラグ	
ドライウェル下部シアラグ	
格納容器スタビライザ	
原子炉圧力容器スタビライザ	
制御棒駆動機構ハウジング レストレントビーム	
ダイヤフラムフロア	

② ばらつきケースの地震応答解析結果を踏まえた耐震評価条件の設定

ばらつきケースによる建屋-機器地震応答解析結果を表 2-1~表 2-3 に示している。地盤物性等のばらつきを考慮した耐震評価条件として、表 2-1~表 2-3 を適用する。

表2-1 (1) 基準地震動 S s による建屋-機器連成解析結果の応答比較 (せん断力)

構造物	質点 番号	標高 EL (m)	せん断力 (kN)				
			基本ケース (8波包絡)	地盤物性 + $\sigma$ 考慮モデル	地盤物性 - $\sigma$ 考慮モデル	建屋剛性 考慮モデル	比率 ばらつきケース /基本ケース
原子炉格納容器	14	44.173	—	—	—	—	—
	15	41.765	172	199	167	131	1.16
	16	39.431	581	657	564	452	1.14
	17	38.522	1670	1830	1640	1520	1.10
	18	36.431	1790	1950	1750	1610	1.09
	19	33.431	1990	2170	1950	1790	1.10
	20	30.431	12200	13900	11700	5480	1.14
	21	27.432	12400	14100	11900	5690	1.14
	22	24.422	12700	14400	12200	5990	1.14
	23	21.420	13300	15200	12700	6540	1.15
	24	18.420	13900	15800	13300	7040	1.14
	25	16.319	14400	16400	13800	7510	1.14
	26	13.523	15200	17200	14500	8180	1.14
	27	12.344	12200	13200	13100	7130	1.09
	28	11.191	12700	13700	13600	7520	1.08
	29	8.164	12900	14000	13800	7750	1.09
	30	5.141	13300	14400	14100	8060	1.09
	31	3.787	13600	14800	14400	8390	1.09
	32	-0.013	13900	15100	14700	8710	1.09
	211	-4.000	26500	29000	26200	22000	1.10
原子炉遮蔽及び 原子炉本体の基礎	34	34.643	—	—	—	—	—
	35	31.432	6840	8250	5630	6450	1.21
	36	28.308	4840	5850	3720	4410	1.21
	37	25.212	2380	2870	1810	2190	1.21
	38	20.061	1770	2300	1310	809	1.30
	39	19.856	6170	6650	5730	4450	1.08
	40	17.142	11800	12700	11200	9410	1.08
	41	16.624	12100	13100	11500	9690	1.09
	42	13.198	17800	19100	16700	15100	1.08
	43	11.671	11000	11500	11400	8040	1.05
	44	8.395	13700	14100	13900	10700	1.03
	45	2.189	17000	17500	17100	14100	1.03
	46	-2.167	20500	21200	20500	17800	1.04
	211	-4.000	22200	23100	22000	19500	1.05

表2-1 (2) 基準地震動 S<sub>s</sub> による建屋-機器連成解析結果の応答比較 (せん断力)

構造物	質点 番号	標高 EL (m)	せん断力 (kN)				
			基本ケース (8波包絡)	地盤物性 + $\sigma$ 考慮モデル	地盤物性 - $\sigma$ 考慮モデル	建屋剛性 考慮モデル	比率 ばらつきケース /基本ケース
原子炉圧力容器	48	42.628	—	—	—	—	—
	49	41.322	130	163	110	109	1.26
	50	40.015	409	514	353	350	1.26
	51	39.215	857	1080	756	746	1.27
	52	38.301	964	1220	762	592	1.27
	53	36.421	1480	1860	1230	1060	1.26
	54	35.723	2240	2800	1950	1800	1.25
	55	34.656	2460	3070	2160	2010	1.25
	56	33.132	4810	5740	4790	5190	1.20
	57	33.132	4310	5110	4210	4590	1.19
	58	31.535	3850	4530	3710	4080	1.18
	59	30.560	3900	4600	3310	3670	1.18
	60	29.503	4010	4750	3250	3690	1.19
	61	28.845	4160	5280	3280	3830	1.27
	62	28.188	4480	5740	3290	3950	1.29
	63	27.531	4750	6120	3400	4030	1.29
	64	26.874	4960	6430	3480	4080	1.30
	65	26.217	5160	6730	3570	4190	1.31
	66	25.147	5250	6870	3620	4230	1.31
	67	24.596	5280	6940	3650	4240	1.32
	68	23.632	5260	6930	3630	4210	1.32
	69	23.378	4270	5470	4030	3560	1.29
	70	22.095	5560	6570	5390	4910	1.19
	71	22.095	1510	1870	1150	1170	1.24
72	21.587	1270	1580	964	963	1.25	
73	20.979	758	944	573	541	1.25	
74	20.292	—	—	—	—	—	
炉気水分離器及びドブ	75	35.723	—	—	—	—	—
	76	34.656	396	535	287	309	1.36
	77	33.132	1630	2190	1180	1290	1.35
	78	31.535	2310	3100	1680	1840	1.35
	79	30.560	2620	3530	1930	2100	1.35
	80	29.503	3620	4850	2680	2930	1.34
	81	28.845	5370	7040	3780	4590	1.32
	82	28.188	5670	7480	4040	4850	1.32
	83	27.531	5930	7860	4320	5080	1.33
	84	26.874	6270	8280	4590	5280	1.33
	85	26.217	6580	8700	4860	5440	1.33
	86	25.559	6890	9110	5110	5630	1.33
	87	25.147	7930	10400	5660	7030	1.32
	88	24.596	8030	10500	5730	7120	1.31
	89	23.632	8080	10600	5770	7180	1.32
	90	23.378	8070	10600	5760	7180	1.32

表2-1 (3) 基準地震動 S<sub>s</sub> による建屋-機器連成解析結果の応答比較 (せん断力)

構造物	質点番号	標高 EL (m)	せん断力 (kN)				
			基本ケース (8波包絡)	地盤物性 + $\sigma$ 考慮モデル	地盤物性 - $\sigma$ 考慮モデル	建屋剛性 考慮モデル	比率 ばらつきケース /基本ケース
燃料集合体	96	29.503	—	—	—	—	—
	97	28.845	1330	1510	1060	1150	1.14
	98	28.188	962	1260	728	792	1.31
	99	27.531	413	546	298	329	1.33
	100	26.874	329	383	257	280	1.17
	101	26.217	936	1230	727	791	1.32
	102	25.559	1340	1710	1060	1150	1.28
制御棒案内管	103	25.559	230	282	177	157	1.23
	104	24.596	—	—	—	—	—
	105	23.632	89.9	115	68.4	55.3	1.28
	106	23.378	11.0	14.6	8.05	9.6	1.33
	107	22.095	120	146	92.1	79.3	1.22
	108	21.587	304	378	232	203	1.25
制御棒駆動機構 (内側)	109	21.587	—	—	—	—	—
	110	20.979	637	792	480	442	1.25
	111	20.292	688	855	519	482	1.25
	112	19.344	76.1	94.0	62.0	60	1.24
	113	18.610	23.0	28.6	18.6	18	1.25
	114	17.876	17.4	21.4	15.2	15.1	1.23
	115	17.142	56.5	69.6	47.6	46.4	1.24
制御棒駆動機構 (外側)	91	20.979	68.9	84.6	57.4	54.8	1.23
	92	19.344	—	—	—	—	—
	93	18.610	15.2	18.7	12.5	12.1	1.24
	94	17.876	25.6	31.3	21.7	20.8	1.23
	95	17.142	64.9	79.5	54.8	52	1.23



表2-2 (1) 基準地震動S<sub>s</sub>による建屋-機器連成解析結果の応答比較 (モーメント)

構造物	質点番号	標高 EL (m)	モーメント (kN・m)				
			基本ケース (8波包絡)	地盤物性 + $\sigma$ 考慮モデル	地盤物性 - $\sigma$ 考慮モデル	建屋剛性 考慮モデル	比率 ばらつきケース /基本ケース
原子炉格納容器	14	44.173	51.1	99.7	45.2	27.6	1.96
	15	41.765	598	842	564	387	1.41
	16	39.431	2120	2630	2020	1490	1.25
	17	38.522	3680	4250	3530	2870	1.16
	18	36.431	7520	8470	7280	6270	1.13
	19	33.431	13700	15300	13300	11700	1.12
	20	30.431	49400	57100	47900	27800	1.16
	21	27.432	86000	99600	83400	45000	1.16
	22	24.422	125000	143000	120000	63300	1.15
	23	21.420	164000	189000	158000	83200	1.16
	24	18.420	205000	235000	197000	105000	1.15
	25	16.319	235000	269000	225000	121000	1.15
	26	13.523	277000	316000	265000	144000	1.15
	27	12.344	291000	329000	279000	152000	1.14
	28	11.191	305000	342000	293000	161000	1.13
	29	8.164	345000	385000	334000	185000	1.12
	30	5.141	385000	428000	377000	210000	1.12
	31	3.787	404000	449000	397000	221000	1.12
32	-0.013	465000	515000	465000	264000	1.11	
211	-4.000	566000	629000	561000	347000	1.12	
原子炉遮蔽及び 原子炉本体の基礎	34	34.643	92.7	113	67.2	52.1	1.22
	35	31.432	22100	26700	18100	20700	1.21
	36	28.308	37200	45000	29400	34400	1.21
	37	25.212	44600	53800	34300	41000	1.21
	38	20.061	46900	56500	35900	43600	1.21
	39	19.856	58500	71900	43000	46700	1.23
	40	17.142	53500	73100	38200	30800	1.37
	41	16.624	57400	77900	41700	29400	1.36
	42	13.198	94000	108000	90600	52700	1.15
	43	11.671	110000	122000	107000	62400	1.11
	44	8.395	152000	166000	149000	96400	1.10
	45	2.189	251000	270000	246000	182000	1.08
	46	-2.167	340000	363000	334000	258000	1.07
211	-4.000	380000	405000	374000	294000	1.07	

表2-2 (2) 基準地震動S<sub>s</sub>による建屋-機器連成解析結果の応答比較 (モーメント)

構造物	質点番号	標高 EL(m)	モーメント (kN・m)				
			基本ケース (8波包絡)	地盤物性 +σ考慮モデル	地盤物性 -σ考慮モデル	建屋剛性 考慮モデル	比率 ばらつきケース /基本ケース
原子炉圧力容器	48	42.628	0	0	0	0	—
	49	41.322	169	213	143	142	1.27
	50	40.015	704	883	604	599	1.26
	51	39.215	1390	1750	1210	1200	1.26
	52	38.301	2270	2850	1890	1740	1.26
	53	36.421	5050	6340	4190	3730	1.26
	54	35.723	6610	8300	5550	4980	1.26
	55	34.656	9220	11600	7860	7130	1.26
	56	33.132	7330	9620	5220	3360	1.32
	57	31.535	10400	12400	7790	8860	1.20
	58	30.560	14100	16700	11400	12700	1.19
	59	29.503	17900	21100	14900	16500	1.18
	60	28.845	20100	23700	16900	18700	1.18
	61	28.188	22700	26100	18700	20700	1.15
	62	27.531	25300	28700	20400	22500	1.14
	63	26.874	28000	31800	22500	24200	1.14
	64	26.217	30600	35900	24600	26700	1.18
	65	25.147	34700	43100	27900	31000	1.25
	66	24.596	37200	46900	29500	33200	1.27
	67	23.632	42300	53600	32300	37100	1.27
	68	23.378	43600	55400	32900	38100	1.28
	69	22.095	25600	34300	17400	18900	1.34
	70	19.856	35100	46800	25000	20600	1.34
	71	22.095	1310	1610	997	1030	1.23
72	21.587	543	666	445	431	1.23	
73	20.979	311	402	237	202	1.30	
74	20.292	829	1030	625	573	1.25	
及び気水分離ウロド	75	35.723	0	0	0	0	—
	76	34.656	422	571	306	329	1.36
	77	33.132	2900	3900	2110	2290	1.35
	78	31.535	6580	8840	4780	5220	1.35
	79	30.560	9130	12300	6650	7270	1.35
	80	29.503	13000	17400	9470	10400	1.34
	81	28.845	16000	21600	11900	13000	1.35
	82	28.188	19400	26100	14500	15700	1.35
	83	27.531	23100	31100	17300	18800	1.35
	84	26.874	27000	36400	20300	22100	1.35
	85	26.217	31200	42000	23500	25700	1.35
	86	25.559	35700	47900	26800	29400	1.35
	87	25.147	38800	51700	29000	32300	1.34
	88	24.596	43000	57100	32000	36200	1.33
	89	23.632	50700	67300	37400	43100	1.33
	90	23.378	52700	70000	38800	45000	1.33

表2-2 (3) 基準地震動S<sub>s</sub>による建屋-機器連成解析結果の応答比較 (モーメント)

構造物	質点番号	標高 EL (m)	モーメント (kN・m)				
			基本ケース (8波包絡)	地盤物性 +σ考慮モデル	地盤物性 -σ考慮モデル	建屋剛性 考慮モデル	比率 ばらつきケース /基本ケース
燃料集合体	96	29.503	0	0	0	0	—
	97	28.845	874	995	694	752	1.14
	98	28.188	1490	1820	1180	1280	1.23
	99	27.531	1710	2180	1350	1460	1.28
	100	26.874	1500	1930	1180	1280	1.29
	101	26.217	882	1130	698	756	1.29
	102	25.559	0	0	0	0	—
制御棒案内管	103	25.559	0	0	0	0	—
	104	24.596	221	272	170	152	1.24
	105	23.632	307	378	236	205	1.24
	106	23.378	307	379	235	205	1.24
	107	22.095	155	192	118	103	1.24
	108	21.587	0	0	0	0	—
制御棒駆動機構 (内側)	109	21.587	0	0	0	0	—
	110	20.979	387	482	292	269	1.25
	111	20.292	859	1070	648	599	1.25
	112	19.344	37.4	45.9	32.8	32.9	1.23
	113	18.610	54.2	66.8	46.0	45.1	1.24
	114	17.876	41.5	51.1	34.9	34.1	1.24
	115	17.142	0	0	0	0	—
制御棒駆動機構 (外側)	91	20.979	57.6	70.7	46.8	45.5	1.23
	92	19.344	55.2	67.6	47.0	45.3	1.23
	93	18.610	66.3	81.3	56.1	53.4	1.23
	94	17.876	47.6	58.3	40.3	38.2	1.23
	95	17.142	0	0	0	0	—

表2-3 (1) 基準地震動S<sub>s</sub>による建屋-機器連成解析結果の応答比較 (評価用軸力)

構築物	質点番号	標高 EL (m)	評価用軸力 (kN)				
			基本ケース (8波包絡)	地盤物性 + $\sigma$ 考慮モデル	地盤物性 - $\sigma$ 考慮モデル	建屋剛性 考慮モデル	比率 ばらつきケース /基本ケース
原子炉格納容器	79	44.173	—	—	—	—	—
	80	41.765	116	134	103	127	1.16
	81	39.431	407	467	360	443	1.15
	82	38.522	824	947	730	894	1.15
	83	36.431	914	1050	809	991	1.15
	84	33.431	1080	1240	956	1170	1.15
	85	30.431	1390	1590	1230	1480	1.15
	86	27.432	1600	1830	1410	1690	1.15
	87	24.422	1890	2160	1670	1980	1.15
	88	21.420	2440	2780	2160	2560	1.14
	89	18.420	2940	3340	2600	3090	1.14
	90	16.319	3420	3870	3020	3590	1.14
	91	13.523	4100	4620	3620	4300	1.13
	92	12.344	4350	4890	3840	4560	1.13
	93	11.191	4770	5360	4210	5000	1.13
	94	8.164	5010	5630	4430	5260	1.13
	95	5.141	5350	6000	4730	5600	1.13
	96	3.787	5720	6400	5050	5980	1.12
97	-0.013	6030	6740	5330	6300	1.12	
108	-4.000	6410	7150	5670	6680	1.12	
原子炉遮蔽及び 原子炉本体の基礎	66	34.643	—	—	—	—	—
	67	31.432	952	1080	868	843	1.14
	68	28.308	2850	3220	2600	2520	1.13
	69	25.212	5010	5660	4560	4420	1.13
	70	20.061	6610	7470	6020	5830	1.14
	71	19.856	11500	13000	10400	10200	1.14
	72	17.142	24000	27200	21900	21400	1.14
	73	16.624	24000	27200	21900	21400	1.14
	74	13.198	29300	33200	26700	26200	1.14
	75	11.671	32200	36500	29400	29000	1.14
	76	8.395	34500	39100	31600	31200	1.14
	77	2.189	37300	42300	34100	34100	1.14
	78	-2.167	40400	45100	36900	37200	1.12
	108	-4.000	42000	46300	38300	38600	1.11

表2-3 (2) 基準地震動 S<sub>s</sub> による建屋-機器連成解析結果の応答比較 (評価用軸力)

構築物	質点番号	標高 EL (m)	評価用軸力 (kN)				
			基本ケース (8波包絡)	地盤物性 + $\sigma$ 考慮モデル	地盤物性 - $\sigma$ 考慮モデル	建屋剛性 考慮モデル	比率 ばらつきケース / 基本ケース
原子炉圧力容器	42	42.628	—	—	—	—	—
	43	41.322	83.9	94.8	76.4	75.2	1.13
	44	40.015	312	352	284	279	1.13
	45	39.215	767	867	699	688	1.14
	46	38.301	1110	1250	1010	989	1.13
	47	36.421	1600	1800	1450	1430	1.13
	48	35.723	2030	2290	1850	1820	1.13
	49	34.656	2650	3000	2420	2380	1.14
	50	33.132	2970	3360	2710	2660	1.14
	51	31.535	3360	3790	3060	3010	1.13
	52	30.560	3640	4110	3310	3260	1.13
	53	29.503	3850	4350	3500	3440	1.13
	54	28.845	4030	4560	3680	3610	1.14
	55	28.188	4170	4710	3800	3730	1.13
	56	27.531	4310	4870	3930	3860	1.13
	57	26.874	4460	5040	4060	3990	1.14
	58	26.217	4590	5200	4190	4110	1.14
	59	25.147	4770	5400	4350	4270	1.14
	60	24.596	4990	5640	4540	4460	1.14
	61	23.632	5190	5870	4730	4640	1.14
	62	23.378	5590	6330	5100	5000	1.14
	63	22.095	6010	6800	5470	5370	1.14
	64	19.856	12300	14000	11300	11000	1.14
	63	22.095	5900	6700	5400	5310	1.14
	65	21.587	5900	6700	5400	5310	1.14
	301	21.245	5900	6700	5390	5310	1.14
19	20.979	3210	3600	2910	2870	1.13	
14	20.292	—	—	—	—	—	
気水分離器及びシユラウド	24	35.723	—	—	—	—	—
	24	35.723	40.1	44.5	36.0	37.6	1.11
	25	34.656	247	275	222	232	1.12
	26	33.132	409	455	368	384	1.12
	27	31.535	673	750	606	631	1.12
	28	30.560	1110	1260	1010	1030	1.14
	29	29.503	1230	1410	1130	1140	1.15
	30	28.845	1270	1440	1160	1170	1.14
	31	28.188	1300	1480	1190	1200	1.14
	32	27.531	1330	1520	1220	1230	1.15
	33	26.874	1370	1560	1250	1260	1.14
	34	26.217	1400	1600	1280	1290	1.15
	35	25.559	1630	1860	1490	1490	1.15
	36	25.147	1800	2060	1650	1640	1.15
	37	24.596	1840	2100	1680	1670	1.15
	38	23.632	1900	2170	1740	1730	1.15
	39	23.378	1940	2210	1770	1760	1.14
	40	23.109	1970	2250	1800	1790	1.15
41	21.546	—	—	—	—	—	

表2-3 (3) 基準地震動 S s による建屋-機器連成解析結果の応答比較 (評価用軸力)

構築物	質点番号	標高 EL (m)	評価用軸力 (kN)				
			基本ケース (8波包絡)	地盤物性 + $\sigma$ 考慮モデル	地盤物性 - $\sigma$ 考慮モデル	建屋剛性考慮モデル	比率 ばらつきケース / 基本ケース
燃料集合体	1	29.503	—	—	—	—	—
	2	28.845	149	163	132	134	1.10
	3	28.188	447	488	396	401	1.10
	4	27.531	744	813	660	667	1.10
	5	26.874	1040	1140	923	932	1.10
	6	26.217	1340	1470	1190	1200	1.10
	7	25.559	1630	1790	1450	1460	1.10
制御棒案内管	7	25.559	1940	2140	1740	1740	1.11
	8	24.596	1990	2190	1780	1790	1.11
	9	23.632	2010	2220	1800	1810	1.11
	10	23.378	2040	2250	1830	1830	1.11
	11	22.095	2080	2300	1860	1870	1.11
	12	21.587	—	—	—	—	—
制御棒駆動機構 (内側)	12	21.587	—	—	—	—	—
	13	20.979	2130	2350	1900	1910	1.11
	14	20.292	2380	2640	2140	2130	1.11
	15	19.344	356	404	325	314	1.14
	16	18.610	326	370	297	288	1.14
	17	17.876	300	340	273	264	1.14
	18	17.142	206	234	188	182	1.14
制御棒駆動機構 (外側)	19	20.979	379	429	345	334	1.14
	20	19.344	337	381	307	297	1.14
	21	18.610	310	352	283	274	1.14
	22	17.876	166	188	151	146	1.14
	23	17.142	—	—	—	—	—

表2-4 基準地震動S<sub>s</sub>による建屋-機器連成解析結果の応答比較 (ばね反力)

構造物	記号	ばね反力 (kN)				
		基本ケース (8波包絡)	地盤物性 + $\sigma$ 考慮モデル	地盤物性 - $\sigma$ 考慮モデル	建屋剛性 考慮モデル	比率 ばらつきケース /基本ケース
ドライウエル 上部シアラグ	K <sub>9</sub>	13000	15500	9760	12300	1.20
ドライウエル 下部シアラグ	K <sub>10</sub>	15900	18800	12600	12700	1.19
PCV スタビライザ	K <sub>6</sub>	14400	17200	13700	15000	1.20
RPV スタビライザ	K <sub>4</sub>	7090	8720	7060	7520	1.23
CRDハウジング レストレイントビーム	K <sub>3</sub>	356	434	301	292	1.22
ダイヤフラムフロア	K <sub>7</sub>	12400	15600	9540	10900	1.26

表2-5 基準地震動 S<sub>s</sub> による建屋-機器連成解析結果の応答比較 (相対変位)

構造物	質点番号	標高 EL(m)	相対変位 (mm)				
			基本ケース (8波包絡)	地盤物性 + $\sigma$ 考慮モデル	地盤物性 - $\sigma$ 考慮モデル	建屋剛性 考慮モデル	比率 ばらつきケース /基本ケース
燃料 集合体	97	28.845	5.6	6.9	4.4	4.8	1.29
	98	28.188	9.7	12.0	7.7	8.3	1.29
	99	27.531	11.2	14.0	8.8	9.6	1.30
	100	26.874	9.7	12.2	7.7	8.3	1.31
	101	26.217	5.6	7.1	4.5	4.8	1.32



表2-6 (1) 弾性設計用地震動 S d による建屋-機器連成解析結果の応答比較 (せん断力)

構造物	質点番号	標高 EL (m)	せん断力 (kN)				
			基本ケース (8波包絡)	地盤物性 +σ考慮モデル	地盤物性 -σ考慮モデル	建屋剛性 考慮モデル	比率 ばらつきケース /基本ケース
原子炉格納容器	14	44.173	—	—	—	—	—
	15	41.765	78.8	86.0	74.5	71.1	1.10
	16	39.431	272	295	257	246	1.09
	17	38.522	893	970	836	837	1.09
	18	36.431	950	1040	891	890	1.10
	19	33.431	1060	1150	992	986	1.09
	20	30.431	5130	5390	4910	3040	1.06
	21	27.432	5260	5530	5030	3160	1.06
	22	24.422	5440	5720	5200	3320	1.06
	23	21.420	5770	6060	5520	3640	1.06
	24	18.420	6060	6370	5800	3920	1.06
	25	16.319	6340	6660	6060	4180	1.06
	26	13.523	6730	7060	6440	4560	1.05
	27	12.344	6950	7330	6620	3730	1.06
	28	11.191	7200	7580	6850	3950	1.06
	29	8.164	7350	7720	6980	4090	1.06
	30	5.141	7540	7920	7160	4270	1.06
	31	3.787	7760	8140	7350	4480	1.05
32	-0.013	7950	8330	7520	4660	1.05	
211	-4.000	15500	16400	14100	12100	1.06	
原子炉遮蔽及び 原子炉本体の基礎	34	34.643	—	—	—	—	—
	35	31.432	4090	4650	3330	3630	1.14
	36	28.308	2890	3300	2350	2480	1.15
	37	25.212	1420	1620	1160	1210	1.15
	38	20.061	986	1090	878	512	1.11
	39	19.856	3260	3710	2960	2560	1.14
	40	17.142	6130	6750	5850	5310	1.11
	41	16.624	6310	6930	6020	5470	1.10
	42	13.198	9630	10500	9080	8550	1.10
	43	11.671	6350	6610	6000	4410	1.05
	44	8.395	7930	8270	7440	5880	1.05
	45	2.189	9880	10400	9210	7740	1.06
	46	-2.167	11900	12500	11100	9760	1.06
211	-4.000	12900	13600	11900	10800	1.06	

表2-6 (2) 弾性設計用地震動 S d による建屋-機器連成解析結果の応答比較 (せん断力)

構造物	質点番号	標高 EL (m)	せん断力 (kN)				
			基本ケース (8波包絡)	地盤物性 + $\sigma$ 考慮モデル	地盤物性 - $\sigma$ 考慮モデル	建屋剛性 考慮モデル	比率 ばらつきケース / 基本ケース
原子炉圧力容器	48	42.628	78.7	88.4	68.0	64.6	1.13
	49	41.322	249	280	215	208	1.13
	50	40.015	521	586	449	442	1.13
	51	39.215	580	649	506	357	1.12
	52	38.301	892	1000	774	632	1.13
	53	36.421	1360	1520	1170	1070	1.12
	54	35.723	1490	1670	1290	1200	1.13
	55	34.656	2880	3360	2730	2890	1.17
	56	33.132	2530	2990	2410	2560	1.19
	57	31.535	2230	2640	2130	2280	1.19
	58	30.560	2350	2660	1910	2220	1.14
	59	29.503	2410	2720	1960	2300	1.13
	60	28.845	2650	2980	2070	2430	1.13
	61	28.188	2880	3250	2240	2530	1.13
	62	27.531	3080	3490	2380	2610	1.14
	63	26.874	3230	3680	2490	2680	1.14
	64	26.217	3390	3870	2600	2790	1.15
	65	25.147	3460	3970	2640	2830	1.15
	66	24.596	3500	4020	2660	2850	1.15
	67	23.632	3500	4020	2650	2840	1.15
	68	23.378	2500	2950	2120	2140	1.18
	69	22.095	3080	3710	2850	2740	1.21
	70	19.856	911	1040	728	685	1.15
	71	22.095	766	873	612	568	1.14
72	21.587	458	522	366	323	1.14	
73	20.979	263	298	197	204	1.14	
74	20.292	1080	1220	803	847	1.13	
炉気心水分離器及び	75	35.723	1540	1740	1150	1220	1.13
	76	34.656	1750	1980	1300	1390	1.14
	77	33.132	2410	2720	1780	1940	1.13
	78	31.535	3370	4040	2630	2930	1.20
	79	30.560	3590	4300	2790	3120	1.20
	80	29.503	3800	4540	2920	3280	1.20
	81	28.845	4060	4740	3080	3420	1.17
	82	28.188	4260	4910	3240	3530	1.16
	83	27.531	4470	5130	3400	3700	1.15
	84	26.874	4470	5130	3400	3700	1.15
	85	26.217	4930	5930	3880	4460	1.21
	86	25.559	4930	5930	3880	4460	1.21
	87	25.147	5000	6010	3930	4520	1.21
	88	24.596	5040	6050	3960	4550	1.21
	89	23.632	5040	6050	3950	4560	1.21
	90	23.378	—	—	—	—	—

表2-6 (3) 弾性設計用地震動 S d による建屋-機器連成解析結果の応答比較 (せん断力)

構造物	質点番号	標高 EL (m)	せん断力 (kN)				
			基本ケース (8波包絡)	地盤物性 + $\sigma$ 考慮モデル	地盤物性 - $\sigma$ 考慮モデル	建屋剛性 考慮モデル	比率 ばらつきケース /基本ケース
燃料 集合体	96	29.503	—	—	—	—	—
	97	28.845	731	851	613	701	1.17
	98	28.188	602	688	470	509	1.15
	99	27.531	264	301	204	217	1.15
	100	26.874	181	212	150	167	1.18
	101	26.217	583	668	457	496	1.15
	102	25.559	812	933	635	719	1.15
制御 棒案内管	103	25.559	138	155	112	93.2	1.13
	104	24.596	—	—	—	—	—
	105	23.632	55.4	64.0	47.1	33.8	1.16
	106	23.378	7.17	8.30	5.56	6.18	1.16
	107	22.095	70.8	79.3	57.8	47.1	1.13
	108	21.587	184	208	149	122	1.14
制御 棒駆動 機構 (内側)	109	21.587	—	—	—	—	—
	110	20.979	385	438	308	265	1.14
	111	20.292	416	473	332	289	1.14
	112	19.344	45.6	51.8	36.9	35.0	1.14
	113	18.610	13.8	15.7	11.3	10.6	1.14
	114	17.876	10.4	11.9	8.4	8.62	1.15
	115	17.142	33.8	38.5	27.3	26.5	1.14
制御 棒駆動 機構 (外側)	91	20.979	41.5	47.2	33.6	32.1	1.14
	92	19.344	9.19	10.4	7.50	7.10	1.14
	93	18.610	15.3	17.5	12.4	11.9	1.15
	94	17.876	39.0	44.3	31.6	30.3	1.14
	95	17.142	—	—	—	—	—

表2-7 (1) 弾性設計用地震動 S d による建屋-機器連成解析結果の応答比較 (モーメント)

構造物	質点番号	標高 EL (m)	モーメント (kN・m)				
			基本ケース (8波包絡)	地盤物性 + $\sigma$ 考慮モデル	地盤物性 - $\sigma$ 考慮モデル	建屋剛性 考慮モデル	比率 ばらつきケース / 基本ケース
原子炉格納容器	14	44.173	23.0	26.3	19.8	16.9	1.15
	15	41.765	265	298	232	212	1.13
	16	39.431	928	1030	856	810	1.11
	17	38.522	1730	1880	1630	1570	1.09
	18	36.431	3740	4070	3520	3450	1.09
	19	33.431	6980	7580	6560	6460	1.09
	20	30.431	22300	23600	21100	15500	1.06
	21	27.432	38100	40300	36300	25000	1.06
	22	24.422	54600	57600	52100	35100	1.06
	23	21.420	72100	76000	68800	46200	1.06
	24	18.420	90400	95300	86300	58000	1.06
	25	16.319	104000	110000	99200	66900	1.06
	26	13.523	123000	130000	118000	79800	1.06
	27	12.344	131000	138000	125000	84200	1.06
	28	11.191	140000	147000	133000	88900	1.05
	29	8.164	162000	171000	155000	102000	1.06
	30	5.141	185000	195000	176000	115000	1.06
	31	3.787	195000	206000	186000	121000	1.06
	32	-0.013	230000	242000	220000	143000	1.06
211	-4.000	291000	305000	276000	190000	1.05	
原子炉遮蔽及び 原子炉本体の基礎	34	34.643	50.1	55.0	46.7	30.3	1.10
	35	31.432	13200	15000	10700	11700	1.14
	36	28.308	22300	25300	18000	19400	1.14
	37	25.212	26600	30300	21600	23100	1.14
	38	20.061	27900	31900	22800	24400	1.15
	39	19.856	35200	40500	28200	28000	1.16
	40	17.142	29700	33200	26600	18100	1.12
	41	16.624	31600	34600	28500	18300	1.10
	42	13.198	47700	53600	41100	31300	1.13
	43	11.671	52600	60300	48000	35700	1.15
	44	8.395	75100	80200	71200	53400	1.07
	45	2.189	136000	142000	129000	101000	1.05
	46	-2.167	188000	197000	177000	144000	1.05
211	-4.000	211000	221000	199000	163000	1.05	

表2-7 (2) 弾性設計用地震動 S d による建屋-機器連成解析結果の応答比較 (モーメント)

構造物	質点番号	標高 EL (m)	モーメント (kN・m)				
			基本ケース (8波包絡)	地盤物性 + $\sigma$ 考慮モデル	地盤物性 - $\sigma$ 考慮モデル	建屋剛性 考慮モデル	比率 ばらつきケース /基本ケース
原子炉圧力容器	48	42.628	0	0	0	0	—
	49	41.322	103	116	88.8	84.4	1.13
	50	40.015	428	481	369	356	1.13
	51	39.215	845	949	728	709	1.13
	52	38.301	1380	1540	1190	1030	1.12
	53	36.421	3050	3420	2650	2220	1.13
	54	35.723	4000	4480	3460	2960	1.12
	55	34.656	5590	6260	4830	4240	1.12
	56	33.132	4460	5080	3800	2370	1.14
	57	31.535	5820	6590	4830	4990	1.14
	58	30.560	7850	8850	6560	7200	1.13
	59	29.503	10200	11300	8560	9340	1.11
	60	28.845	11700	12900	9830	10600	1.11
	61	28.188	13200	14500	11100	12100	1.10
	62	27.531	14800	16100	12400	13500	1.09
	63	26.874	16300	17900	13700	15000	1.10
	64	26.217	18200	20200	15000	16800	1.11
	65	25.147	21800	24300	17200	19600	1.12
	66	24.596	23700	26500	18700	21100	1.12
	67	23.632	27100	30400	21200	23700	1.13
	68	23.378	27900	31400	21900	24300	1.13
	69	22.095	15600	18100	12800	11300	1.17
	70	19.856	20600	23500	17600	12100	1.15
	71	22.095	785	895	631	599	1.15
72	21.587	326	371	264	252	1.14	
73	20.979	195	226	165	122	1.16	
74	20.292	501	570	401	344	1.14	
炉気水分離器 ウ及ドビ	75	35.723	0	0	0	0	—
	76	34.656	281	318	210	217	1.14
	77	33.132	1930	2180	1440	1510	1.13
	78	31.535	4380	4960	3260	3450	1.14
	79	30.560	6070	6890	4530	4800	1.14
	80	29.503	8620	9760	6400	6850	1.14
	81	28.845	10700	12200	7910	8540	1.15
	82	28.188	12900	14700	9550	10400	1.14
	83	27.531	15400	17500	11400	12400	1.14
	84	26.874	18000	20600	13300	14600	1.15
	85	26.217	20800	23900	15400	16900	1.15
	86	25.559	23700	27200	17600	19400	1.15
	87	25.147	25600	29700	19100	20900	1.17
	88	24.596	28100	33000	21200	23400	1.18
	89	23.632	32500	38800	25000	27800	1.20
	90	23.378	33700	40300	26000	28900	1.20

表2-7 (3) 弾性設計用地震動 S d による建屋-機器連成解析結果の応答比較 (モーメント)

構造物	質点番号	標高 EL (m)	モーメント (kN・m)				
			基本ケース (8波包絡)	地盤物性 + $\sigma$ 考慮モデル	地盤物性 - $\sigma$ 考慮モデル	建屋剛性 考慮モデル	比率 ばらつきケース /基本ケース
燃料集合体	96	29.503	0	0	0	0	—
	97	28.845	481	560	403	461	1.17
	98	28.188	863	992	683	783	1.15
	99	27.531	1040	1190	812	903	1.15
	100	26.874	917	1060	718	793	1.16
	101	26.217	534	614	418	473	1.15
	102	25.559	0	0	0	0	—
制御棒案内管	103	25.559	0	0	0	0	—
	104	24.596	133	149	108	89.8	1.13
	105	23.632	184	207	150	123	1.13
	106	23.378	184	207	149	123	1.13
	107	22.095	93.3	106	75.5	62.0	1.14
	108	21.587	0	0	0	0	—
制御棒駆動機構 (内側)	109	21.587	0	0	0	0	—
	110	20.979	234	267	187	161	1.15
	111	20.292	519	591	416	359	1.14
	112	19.344	22.3	25.5	18.3	18.8	1.15
	113	18.610	32.4	36.9	26.2	25.8	1.14
	114	17.876	24.8	28.2	20.1	19.5	1.14
	115	17.142	0	0	0	0	—
制御棒駆動機構 (外側)	91	20.979	34.7	39.5	28.2	26.8	1.14
	92	19.344	33.1	37.7	26.8	25.8	1.14
	93	18.610	39.8	45.3	32.2	30.9	1.14
	94	17.876	28.6	32.5	23.2	22.2	1.14
	95	17.142	0	0	0	0	—

表2-8 (1) 弾性設計用地震動 S d による建屋-機器連成解析結果の応答比較 (評価用軸力)

構築物	質点番号	標高 EL(m)	評価用軸力(kN)				
			基本ケース (8波包絡)	地盤物性 + $\sigma$ 考慮モデル	地盤物性 - $\sigma$ 考慮モデル	建屋剛性 考慮モデル	比率 ばらつきケース /基本ケース
原子炉格納容器	79	44.173	65.2	69.3	58.4	69.4	1.07
	80	41.765	229	243	205	243	1.07
	81	39.431	461	492	416	491	1.07
	82	38.522	511	546	461	544	1.07
	83	36.431	602	644	544	640	1.07
	84	33.431	764	824	697	810	1.08
	85	30.431	873	948	802	923	1.09
	86	27.432	1020	1120	947	1080	1.10
	87	24.422	1290	1440	1220	1360	1.12
	88	21.420	1560	1740	1470	1640	1.12
	89	18.420	1810	2010	1710	1910	1.12
	90	16.319	2170	2400	2040	2290	1.11
	91	13.523	2300	2540	2170	2430	1.11
	92	12.344	2530	2790	2370	2660	1.11
	93	11.191	2660	2930	2500	2800	1.11
	94	8.164	2830	3120	2660	2970	1.11
	95	5.141	3030	3320	2840	3160	1.10
	96	3.787	3190	3500	2990	3320	1.10
97	-0.013	3390	3710	3180	3510	1.10	
108	-4.000	—	—	—	—	—	
原子炉遮蔽及び 原子炉本体の基礎	66	34.643	512	557	476	443	1.09
	67	31.432	1530	1670	1430	1330	1.10
	68	28.308	2680	2930	2510	2320	1.10
	69	25.212	3530	3870	3310	3060	1.10
	70	20.061	6070	6680	5710	5310	1.11
	71	19.856	12900	14100	12100	11300	1.10
	72	17.142	12900	14100	12100	11300	1.10
	73	16.624	15600	17200	14700	13800	1.11
	74	13.198	17200	18900	16200	15300	1.10
	75	11.671	18500	20200	17300	16500	1.10
	76	8.395	20000	21800	18700	18000	1.09
	77	2.189	21500	23300	20300	19600	1.09
	78	-2.167	22100	23900	21100	20300	1.09
108	-4.000	—	—	—	—	—	

表2-8 (2) 弾性設計用地震動 S d による建屋-機器連成解析結果の応答比較 (評価用軸力)

構築物	質点番号	標高 EL (m)	評価用軸力 (kN)				
			基本ケース (8波包絡)	地盤物性 + $\sigma$ 考慮モデル	地盤物性 - $\sigma$ 考慮モデル	建屋剛性考慮モデル	比率 ばらつきケース / 基本ケース
原子炉圧力容器	42	42.628	—	—	—	—	—
	43	41.322	45.0	49.0	41.9	40.0	1.09
	44	40.015	167	182	156	149	1.09
	45	39.215	412	449	384	366	1.09
	46	38.301	593	645	552	526	1.09
	47	36.421	855	931	796	759	1.09
	48	35.723	1090	1190	1020	965	1.10
	49	34.656	1430	1550	1330	1260	1.09
	50	33.132	1600	1740	1490	1420	1.09
	51	31.535	1800	1960	1680	1600	1.09
	52	30.560	1950	2130	1820	1730	1.10
	53	29.503	2070	2250	1930	1830	1.09
	54	28.845	2170	2360	2020	1920	1.09
	55	28.188	2240	2440	2090	1980	1.09
	56	27.531	2310	2520	2160	2050	1.10
	57	26.874	2390	2610	2230	2120	1.10
	58	26.217	2470	2690	2300	2180	1.09
	59	25.147	2560	2790	2390	2270	1.09
	60	24.596	2680	2920	2500	2370	1.09
	61	23.632	2790	3040	2600	2460	1.09
	62	23.378	3000	3270	2800	2650	1.09
	63	22.095	3220	3520	3010	2850	1.10
	64	19.856	6640	7210	6170	5870	1.09
	63	22.095	3200	3460	2970	2870	1.09
	65	21.587	3200	3460	2970	2870	1.09
	301	21.245	3200	3460	2970	2870	1.09
	19	20.979	3200	3460	2970	2870	1.09
	14	20.292	1750	1860	1600	1550	1.07
炉気水分離器ウ及び	24	35.723	—	—	—	—	—
	25	34.656	21.9	23.0	19.8	20.5	1.06
	26	33.132	135	142	122	126	1.06
	27	31.535	223	235	202	209	1.06
	28	30.560	367	386	333	343	1.06
	29	29.503	602	649	556	557	1.08
	30	28.845	669	725	620	617	1.09
	31	28.188	687	745	637	633	1.09
	32	27.531	704	764	654	649	1.09
	33	26.874	722	784	671	665	1.09
	34	26.217	739	804	688	681	1.09
	35	25.559	757	823	704	696	1.09
	36	25.147	876	958	819	804	1.10
	37	24.596	969	1070	907	886	1.11
	38	24.596	988	1090	926	904	1.11
	39	23.632	1030	1120	957	933	1.09
	40	23.378	1040	1140	974	949	1.10
	41	21.546	1060	1170	993	966	1.11



表2-8 (3) 弾性設計用地震動 S d による建屋-機器連成解析結果の応答比較 (評価用軸力)

構築物	質点番号	標高 EL(m)	評価用軸力 (kN)				
			基本ケース (8波包絡)	地盤物性 + $\sigma$ 考慮モデル	地盤物性 - $\sigma$ 考慮モデル	建屋剛性考慮モデル	比率 ばらつきケース / 基本ケース
燃料集合体	1	29.503	—	—	—	—	—
	2	28.845	80.9	85.5	72.2	72.2	1.06
	3	28.188	243	257	217	217	1.06
	4	27.531	404	427	361	361	1.06
	5	26.874	565	596	505	504	1.06
	6	26.217	724	765	649	646	1.06
	7	25.559	882	931	792	787	1.06
制御棒案内管	7	25.559	1060	1120	949	941	1.06
	8	24.596	1080	1140	971	963	1.06
	9	23.632	1100	1160	983	974	1.06
	10	23.378	1110	1170	998	988	1.06
	11	22.095	1130	1200	1020	1010	1.07
制御棒駆動機構 (内側)	12	21.587	—	—	—	—	—
	12	21.587	1160	1220	1040	1030	1.06
	13	20.979	1290	1360	1170	1150	1.06
	14	20.292	190	209	179	168	1.10
	15	19.344	174	191	164	153	1.10
	16	18.610	160	176	150	141	1.10
	17	17.876	110	121	104	96.7	1.10
制御棒駆動機構 (外側)	18	17.142	—	—	—	—	—
	19	20.979	202	222	190	178	1.10
	20	19.344	180	197	169	158	1.10
	21	18.610	166	182	156	146	1.10
	22	17.876	88.3	97.1	83.0	77.8	1.10
23	17.142	—	—	—	—	—	

表2-9 弾性設計用地震動S dによる建屋-機器連成解析結果の応答比較 (ばね反力)

構造物	記号	ばね反力 (kN)				
		基本ケース (8波包絡)	地盤物性 + $\sigma$ 考慮モデル	地盤物性 - $\sigma$ 考慮モデル	建屋剛性 考慮モデル	比率 ばらつきケース /基本ケース
ドライウエル 上部シアラグ	K <sub>9</sub>	7850	8930	6190	7120	1.14
ドライウエル 下部シアラグ	K <sub>10</sub>	7270	8300	6460	7390	1.15
PCV スタビライザ	K <sub>6</sub>	8580	9610	7890	8340	1.13
RPV スタビライザ	K <sub>4</sub>	4250	5090	3980	4160	1.20
CRDハウジング レストレイントビーム	K <sub>3</sub>	214	243	174	167	1.14
ダイヤフラムフロア	K <sub>7</sub>	7570	8700	5970	6310	1.15

表2-10 (1) 地震力 (せん断力) が最大となる地震動

構造物	標高 EL (m)	せん断力 (kN)															
		Ss-D1		Ss-11		Ss-12		Ss-13		Ss-14		Ss-21		Ss-22		Ss-31	
		NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW
原子炉格納容器	44.173	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	41.765	131	126	49.6	49.0	54.6	52.9	55.0	55.2	41.0	40.7	145	58.1	144	94.0	172	160
	39.431	444	432	167	169	185	183	187	191	141	141	480	196	479	319	581	547
	38.522	1390	1300	597	587	609	651	624	686	611	520	1270	716	1350	1050	1670	1570
	36.431	1480	1390	627	615	631	690	647	727	639	549	1350	750	1420	1110	1790	1680
	33.431	1640	1560	678	664	689	760	702	800	689	603	1480	813	1550	1230	1990	1890
	30.431	7740	7520	2780	3070	3500	3150	3570	3240	2710	2490	8620	3880	7980	6510	12200	12100
	27.432	7920	7710	2830	3140	3570	3240	3640	3330	2770	2540	8780	3960	8140	6630	12400	12300
	24.422	8150	7970	2890	3250	3670	3350	3740	3450	2830	2600	8960	4060	8350	6770	12700	12600
	21.420	8560	8440	2980	3440	3830	3570	3910	3680	2940	2730	9280	4250	8740	7020	13300	13200
	18.420	8930	8850	3050	3620	3970	3770	4060	3890	3080	2890	9590	4410	9060	7210	13900	13800
	16.319	9280	9220	3110	3770	4110	3960	4180	4090	3220	3040	9850	4540	9310	7370	14400	14400
	13.523	9790	9720	3190	4000	4320	4220	4350	4390	3420	3260	10200	4730	9630	7580	15200	15100
	12.344	9330	10200	3450	4740	4250	4910	4260	5090	3490	3730	9010	4910	8780	7530	10900	12200
	11.191	9660	10500	3500	4920	4400	5110	4470	5300	3650	3870	9250	5050	9060	7700	11300	12700
	8.164	9850	10700	3520	5020	4480	5230	4590	5410	3740	3940	9380	5130	9220	7800	11500	12900
	5.141	10200	11000	3630	5160	4580	5380	4760	5570	3880	4050	9550	5230	9420	7920	11800	13300
3.787	10400	11300	3730	5310	4730	5560	4940	5750	4020	4160	9720	5330	9620	8050	12200	13600	
-0.013	10700	11500	3820	5430	4860	5710	5100	5900	4150	4260	9850	5400	9790	8160	12500	13900	
-4.000	22000	22700	9820	13300	11600	11700	12600	11900	10200	9090	18900	11000	18100	14900	25500	26500	
及びしべやデヘスタ壁ル	34.643	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	31.432	5040	5000	3600	3970	3410	3350	2870	3500	3550	2560	6840	4240	5010	5140	5370	5550
	28.308	3280	3340	2470	2960	2380	2260	2110	2360	2390	1730	4840	2980	3320	3540	3230	3510
	25.212	1520	1610	1390	1700	1250	1010	1200	1060	1030	853	2380	1570	1750	1760	1100	1220
	20.061	931	871	1030	808	870	564	813	544	532	447	1660	864	1770	993	1260	1090
	19.856	4980	4590	3010	2780	2940	2790	2600	2860	3180	2030	5400	3140	4800	4240	6170	5780
	17.142	9520	8850	4530	5170	4610	5140	4490	5390	4970	3850	9800	5630	9290	7920	11800	11200
	16.624	9790	9110	4660	5350	4790	5300	4580	5560	5150	3960	10100	5830	9480	8130	12100	11500
	13.198	14700	13700	7050	8320	7970	8280	6860	8610	8370	5970	15700	9440	13500	12700	17800	17300
	11.671	8140	8750	3140	4480	4080	4740	4130	4890	3890	3460	7680	4940	7320	6180	10200	11000
	8.395	10300	10800	4150	6000	5490	6030	5480	6190	5240	4440	10200	6570	8850	7940	12800	13700
	2.189	12900	13400	5930	7920	7190	7560	7220	7750	6780	5660	13200	8540	10800	9990	16100	17000
	-2.167	16100	16700	7670	9950	8980	9030	9190	9250	8100	6970	16000	10400	12900	11800	19800	20500
	-4.000	17700	18300	8480	10900	9930	9670	10200	9910	8610	7570	17400	11200	13800	12700	21600	22200

表2-10 (2) 地震力 (せん断力) が最大となる地震動

構造物	標高 EL (m)	せん断力 (kN)															
		Ss-D1		Ss-11		Ss-12		Ss-13		Ss-14		Ss-21		Ss-22		Ss-31	
		NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW
原子炉压力容器	42.628	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	41.322	95.6	95.6	89.1	69.1	94.7	64.4	97.1	61.8	68.3	45.8	117	88.3	130	111	108	113
	40.015	306	306	279	222	301	207	308	199	219	148	372	282	409	353	345	364
	39.215	651	651	586	472	633	443	649	426	466	317	789	597	857	743	737	775
	38.301	574	655	679	456	608	404	624	389	417	266	824	555	964	746	653	762
	36.421	963	1030	993	732	993	684	1020	658	703	469	1270	920	1480	1200	1120	1260
	35.723	1600	1640	1450	1200	1570	1130	1620	1090	1160	792	1930	1490	2240	1890	1860	2020
	34.656	1780	1830	1590	1330	1740	1260	1790	1210	1290	886	2150	1650	2460	2080	2070	2240
	33.132	4230	4170	2710	3350	2280	2420	2180	2600	2120	2150	4810	3110	4590	3840	4610	4810
	31.535	3810	3740	2560	3140	1990	2080	1920	2270	1640	1910	4310	2770	4110	3490	4000	4220
	30.560	3400	3330	2390	2860	1780	1830	1750	2010	1460	1700	3850	2480	3650	3170	3490	3710
	29.503	3280	3200	2960	2970	1830	1900	1660	1870	1530	1590	3900	2840	3700	3300	3130	3310
	28.845	3160	3100	3450	3030	2290	1980	2150	1850	1790	1690	4010	3240	3780	3440	2860	2980
	28.188	3170	3100	3800	3070	2610	2030	2490	1960	2010	1760	4060	3510	4160	3570	2690	2730
	27.531	3230	3170	4100	3080	2900	2070	2790	2100	2210	1820	4100	3730	4480	3680	2510	2510
	26.874	3250	3210	4360	3200	3150	2180	3060	2220	2380	1860	4240	3900	4750	3750	2330	2330
	26.217	3260	3230	4560	3340	3370	2260	3290	2310	2530	1880	4470	4050	4960	3800	2160	2160
	25.147	3220	3200	4770	3480	3600	2340	3550	2400	2740	1890	4700	4370	5160	4000	1900	1920
	24.596	3140	3140	4860	3550	3730	2370	3690	2440	2860	1870	4820	4560	5250	4110	1680	1710
	23.632	3050	3070	4900	3590	3820	2380	3800	2450	2950	1840	4880	4690	5280	4170	1480	1520
	23.378	2960	2990	4880	3590	3850	2370	3860	2440	2990	1810	4900	4750	5260	4180	1310	1360
22.095	3400	3290	1870	2120	1810	1730	1780	1690	1630	1490	4030	2080	4270	3200	4080	3980	
19.856	4510	4210	2380	2970	2220	2310	2250	2490	1860	2080	4980	2740	5220	3920	5560	5420	
22.095	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21.587	1060	980	858	735	747	675	729	697	729	576	1510	903	1190	1090	1130	1120	
20.979	869	812	754	605	649	554	635	572	594	494	1270	774	1030	927	900	895	
20.292	496	479	510	405	420	319	411	316	319	307	758	528	661	584	456	457	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
及び気水分離器ド	35.723	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	34.656	233	239	352	279	251	165	252	167	214	144	396	340	394	301	123	115
	33.132	962	982	1450	1170	1060	692	1060	701	876	591	1630	1430	1610	1240	476	458
	31.535	1390	1410	2100	1670	1520	1000	1520	1020	1250	849	2310	2050	2290	1770	680	660
	30.560	1610	1630	2380	1900	1680	1140	1690	1150	1410	975	2620	2300	2600	2000	836	815
	29.503	2200	2230	3380	2670	2440	1610	2450	1640	1980	1340	3620	3290	3570	2790	1070	1040
	28.845	3870	3890	4360	3590	3430	2370	3460	2410	2970	1950	4890	4610	5370	4330	2660	2580
	28.188	4090	4110	4830	3940	3740	2570	3780	2620	3200	2110	5300	5030	5670	4620	2690	2600
	27.531	4280	4300	5300	4270	4040	2760	4050	2810	3410	2270	5700	5420	5930	4890	2700	2610
	26.874	4440	4470	5740	4590	4300	2930	4290	2980	3590	2410	6050	5770	6270	5130	2710	2620
	26.217	4570	4600	6110	4850	4520	3070	4490	3130	3740	2540	6370	6060	6580	5320	2710	2630
	25.559	4730	4760	6460	5100	4740	3210	4690	3270	3890	2660	6700	6340	6890	5540	2760	2680
	25.147	6010	5950	6440	5230	4860	3480	4740	3540	4220	2980	7150	6410	7930	6530	4650	4530
	24.596	6080	6030	6560	5330	4950	3540	4830	3600	4290	3030	7270	6530	8030	6620	4670	4550
	23.632	6120	6080	6630	5380	5000	3580	4880	3640	4320	3050	7330	6600	8080	6660	4680	4560
23.378	6120	6080	6630	5370	5020	3590	4900	3650	4330	3040	7330	6630	8070	6650	4650	4540	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表2-10 (3) 地震力 (せん断力) が最大となる地震動

構造物	標高 EL (m)	せん断力 (kN)															
		Ss-D1		Ss-11		Ss-12		Ss-13		Ss-14		Ss-21		Ss-22		Ss-31	
		NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW
制御棒駆動機構 (内側)	21.587	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20.979	413	403	448	374	362	266	354	266	267	260	637	468	574	502	364	360
	20.292	447	436	477	391	387	289	379	287	283	280	688	497	613	539	401	398
	19.344	55.4	53.3	38.6	40.3	37.6	35.0	32.4	36.0	39.5	27.1	76.1	44.5	58.1	55.3	65.7	63.8
	18.610	16.4	16.2	12.8	12.4	11.4	10.2	9.93	10.5	11.9	8.04	23.0	13.4	17.2	16.3	20.1	19.5
	17.876	13.9	13.2	8.39	8.82	8.65	8.61	8.13	8.92	9.13	6.50	17.4	10.4	13.9	13.2	15.2	15.5
	17.142	42.7	40.7	28.2	29.2	28.3	27.0	24.3	27.8	29.4	20.8	56.5	33.6	44.2	41.8	49.3	48.5
制御棒駆動機構 (外側)	20.979	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	19.344	49.6	48.3	35.4	37.1	34.3	32.2	29.7	33.1	35.6	24.6	68.9	40.8	54.2	50.6	58.0	57.3
	18.610	10.8	10.9	8.68	8.25	7.58	6.90	6.64	7.05	7.78	5.37	15.2	8.96	12.0	11.0	12.9	12.6
	17.876	19.1	18.3	12.5	13.6	12.8	12.3	11.1	12.7	13.3	9.28	25.6	15.2	20.3	19.1	21.5	21.6
	17.142	48.2	46.3	33.2	34.2	32.5	30.9	28.0	31.8	33.6	23.7	64.9	38.7	51.6	48.0	54.9	54.7
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表2-10 (4) 地震力 (モーメント) が最大となる地震動

構造物	標高 EL (m)	モーメント (kN・m)																	
		Ss-D1		Ss-11		Ss-12		Ss-13		Ss-14		Ss-21		Ss-22		Ss-31			
		NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW		
原子炉格納容器	44.173	33.5	24.0	21.6	17.5	18.3	11.4	18.0	10.0	10.8	8.50	51.1	19.4	50.8	25.1	47.3	39.0		
	41.765	430	397	177	178	186	156	185	164	139	122	544	208	545	323	598	514		
	39.431	1570	1500	619	610	669	607	671	636	498	462	1840	724	1850	1160	2120	1880		
	38.522	2860	2700	1130	1050	1220	1210	1230	1270	1040	932	3000	1300	3060	2090	3680	3310		
	36.431	6020	5670	2480	2340	2560	2670	2590	2810	2370	2090	5860	2780	6050	4440	7520	6880		
	33.431	11100	10500	4590	4380	4710	5000	4780	5260	4480	3930	10600	5240	10900	8250	13700	12700		
	30.431	34100	33200	12100	13100	15300	14400	15600	15100	11300	11100	36600	16400	35000	27400	49400	48900		
	27.432	57800	56500	20400	22500	26100	24000	26600	25100	19600	18600	63300	28400	59600	47400	86000	86000		
	24.422	82500	80700	29000	32400	37300	34000	38000	35600	28300	26300	90700	40800	85100	68000	124000	125000		
	21.420	109000	107000	38000	42900	49000	44700	50000	46700	37200	34600	119000	53700	112000	89500	163000	164000		
	18.420	136000	134000	47200	53800	61100	55900	62300	58400	46400	43300	148000	67100	139000	112000	204000	205000		
	16.319	155000	153000	53900	61800	69900	64200	71300	67100	53000	49700	169000	76800	159000	128000	234000	235000		
	13.523	183000	181000	62800	73000	81900	75900	83600	79300	62000	58900	198000	90100	187000	149000	277000	276000		
	12.344	193000	193000	65200	78300	86300	81600	88300	85200	66000	63200	206000	95600	196000	157000	290000	291000		
	11.191	204000	205000	67900	83700	90900	87400	93100	91200	70200	67700	215000	102000	206000	166000	303000	305000		
	8.164	232000	237000	76000	98000	103000	103000	106000	108000	81200	79700	239000	116000	230000	188000	338000	345000		
	5.141	262000	269000	85700	113000	115000	119000	119000	124000	92600	92000	263000	131000	255000	210000	374000	385000		
	3.787	275000	284000	90600	120000	120000	127000	124000	132000	97800	97700	275000	138000	266000	221000	391000	404000		
	-0.013	325000	337000	108000	142000	141000	151000	146000	157000	114000	116000	320000	163000	311000	260000	448000	465000		
-4.000	395000	410000	123000	175000	170000	196000	166000	203000	145000	148000	363000	193000	380000	295000	542000	566000			
及びしゃへい壁 ル	34.643	49.6	54.0	69.3	46.8	43.5	38.9	43.8	34.5	35.0	25.6	84.7	46.8	92.7	65.8	39.7	48.2		
	31.432	16200	16100	11600	12800	11000	10800	9230	11300	11400	8200	22100	13700	16100	16600	17200	17800		
	28.308	26100	26500	19200	22100	18400	17800	15800	18600	18900	13600	37200	22900	26400	27600	27300	28700		
	25.212	30300	30900	22900	27300	21900	20900	19500	21800	22000	16000	44600	27500	30700	32600	29700	32400		
	20.061	31200	32100	24400	30900	22800	21100	21900	22200	21800	16500	46900	29200	31500	33500	24900	29700		
	19.856	34200	37800	43100	31500	36400	25000	35300	24900	28300	21400	58500	35500	55500	36900	23300	27800		
	17.142	30700	31100	38400	29200	31200	24300	31700	20400	23500	17800	50100	34600	53500	38200	30200	28100		
	16.624	33700	33500	37500	29300	30100	24300	30900	20400	23900	17600	52100	35000	57400	40700	36900	34400		
	13.198	67100	63500	31300	32200	38300	26800	37800	28300	27000	23300	75600	36800	80700	62500	94000	87800		
	11.671	79500	76300	35200	36000	41500	33700	41300	35700	31000	28600	83300	40600	89400	71200	110000	104000		
	8.395	113000	110000	44900	46000	50700	53100	51900	56000	45200	42700	108000	55900	114000	91300	152000	147000		
	2.189	193000	191000	66700	83800	86400	100000	79500	104000	84900	76400	172000	102000	169000	140000	251000	251000		
	-2.167	259000	258000	92400	123000	125000	139000	119000	145000	119000	106000	238000	145000	223000	190000	335000	340000		
	-4.000	288000	288000	106000	143000	143000	157000	138000	163000	135000	120000	269000	165000	248000	212000	374000	380000		



表2-10 (6) 地震力 (モーメント) が最大となる地震動

構造物	標高 EL (m)	モーメント (kN・m)															
		Ss-D1		Ss-11		Ss-12		Ss-13		Ss-14		Ss-21		Ss-22		Ss-31	
		NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW
制御棒駆動機構 (内側)	21.587	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20.979	251	245	273	227	220	162	215	162	163	158	387	285	349	306	221	219
	20.292	558	544	600	496	486	360	476	359	357	350	859	626	770	676	496	492
	19.344	29.9	28.7	17.9	18.9	18.8	18.7	17.5	19.3	19.7	14.2	37.4	22.6	30.1	28.4	32.7	33.3
	18.610	41.5	39.5	26.4	27.9	27.1	26.1	23.5	26.9	28.3	20.1	54.2	32.3	42.7	40.4	47.3	46.9
	17.876	31.4	29.9	20.7	21.4	20.7	19.8	17.9	20.4	21.6	15.3	41.5	24.7	32.5	30.7	36.2	35.6
	17.142	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
制御棒駆動機構 (外側)	20.979	39.8	39.8	30.9	31.7	28.5	26.0	24.8	26.7	29.5	20.1	57.6	33.7	44.7	41.6	48.2	47.2
	19.344	41.7	39.9	27.1	29.0	27.7	26.6	23.9	27.4	28.7	20.2	55.2	33.0	44.0	41.2	46.7	46.8
	18.610	49.4	47.2	33.4	35.0	33.2	31.7	28.7	32.6	34.4	24.2	66.3	39.6	52.7	49.2	56.1	55.8
	17.876	35.4	34.0	24.4	25.1	23.9	22.7	20.6	23.3	24.7	17.4	47.6	28.4	37.9	35.3	40.3	40.1
	17.142	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—



表2-10 (7) 地震力(軸力)が最大となる地震動

構築物	標高 EL(m)	評価用軸力(kN)							
		Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
原子炉格納容器	44.173	—	—	—	—	—	—	—	—
	41.765	82.8	93.8	101	107	71.1	116	110	32.5
	39.431	291	329	354	373	249	407	384	114
	38.522	591	665	716	754	503	824	775	232
	36.431	656	737	793	836	557	914	858	257
	33.431	776	868	934	985	655	1080	1010	304
	30.431	1000	1110	1190	1260	834	1390	1290	392
	27.432	1160	1270	1360	1440	955	1600	1470	453
	24.422	1380	1500	1600	1690	1120	1890	1720	539
	21.420	1810	1920	2020	2150	1430	2440	2190	704
	18.420	2200	2300	2400	2550	1720	2940	2610	856
	16.319	2580	2650	2750	2930	1990	3420	2990	1000
	13.523	3120	3150	3240	3460	2370	4100	3540	1210
	12.344	3320	3330	3440	3650	2510	4350	3760	1290
	11.191	3670	3640	3790	3970	2750	4770	4150	1420
	8.164	3870	3810	3990	4160	2890	5010	4370	1500
	5.141	4150	4040	4270	4400	3070	5350	4680	1600
	3.787	4470	4320	4590	4670	3290	5720	5020	1720
	-0.013	4750	4590	4860	4900	3470	6030	5310	1830
	-4.000	5100	4930	5200	5170	3720	6410	5670	1970
しゃへい壁及びベデスタル	34.643	—	—	—	—	—	—	—	—
	31.432	808	789	770	767	516	952	920	300
	28.308	2420	2360	2300	2290	1550	2850	2750	895
	25.212	4260	4110	4000	3990	2740	5010	4830	1570
	20.061	5630	5380	5250	5230	3640	6610	6380	2080
	19.856	9830	9000	8860	8770	6490	11500	11100	3580
	17.142	20600	19300	18400	18500	13600	24000	23300	7500
	16.624	20600	19300	18400	18500	13600	24000	23300	7500
	13.198	25300	23100	22400	22100	16900	29300	28400	9160
	11.671	28100	25300	24700	24100	18800	32200	31400	10200
	8.395	30300	27000	26500	25500	20400	34500	33900	10900
	2.189	33100	29000	28800	27200	22400	37300	37000	11900
	-2.167	36000	30800	31100	28600	24600	39900	40400	12900
	-4.000	37400	31500	32100	29100	25600	41000	42000	13500
	—	—	—	—	—	—	—	—	

表2-10 (8) 地震力 (軸力) が最大となる地震動

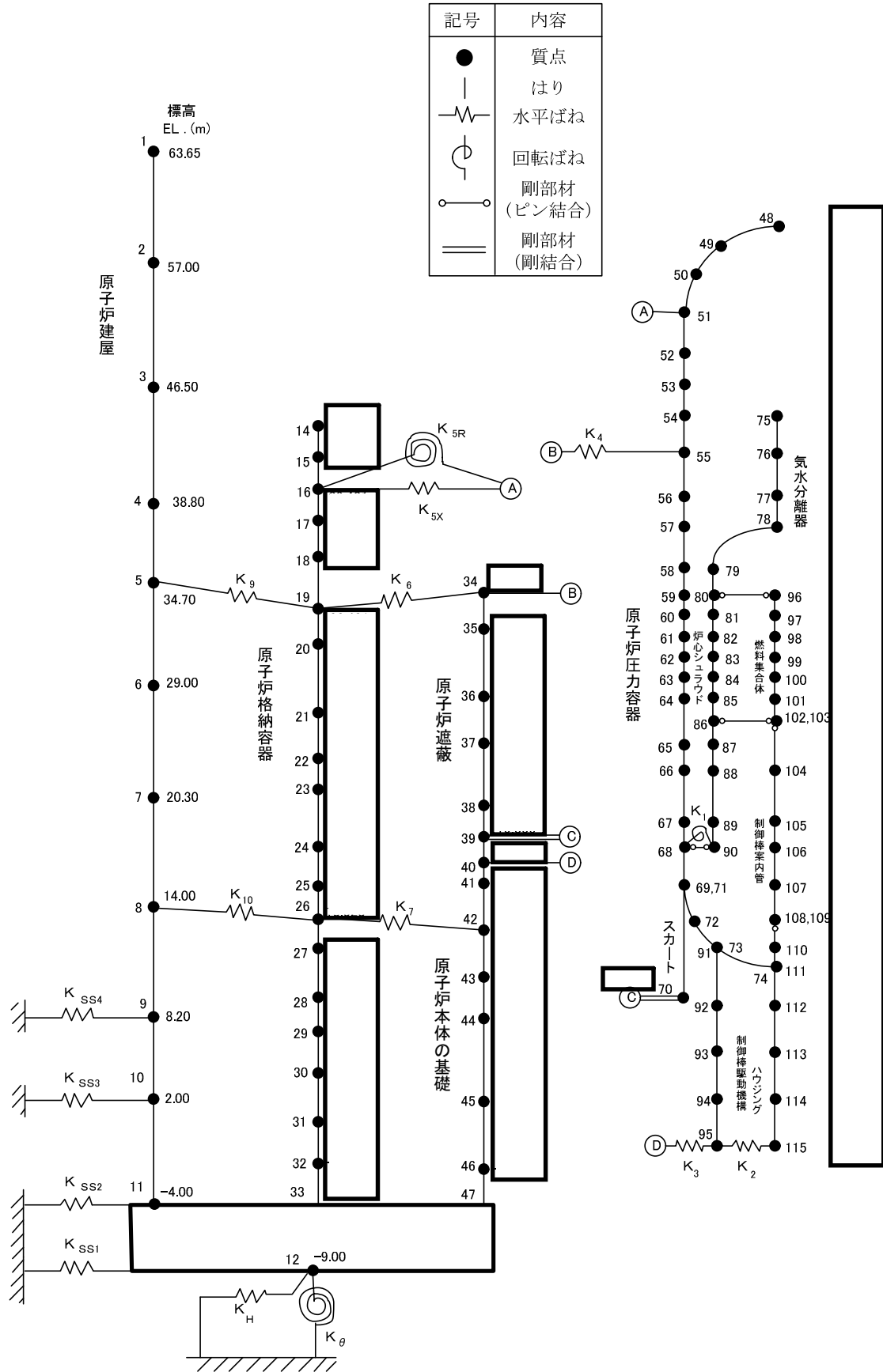
構築物	標高 EL (m)	評価用軸力 (kN)							
		Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
気水分離器及び シユラウド	35.723	—	—	—	—	—	—	—	—
	34.656	33.1	33.7	28.2	29.8	22.1	40.1	38.1	12.0
	33.132	204	208	174	184	136	247	235	74.0
	31.535	338	344	288	304	225	409	389	123
	30.560	557	566	475	501	371	673	641	202
	29.503	933	933	796	825	616	1110	1070	338
	28.845	1040	1040	887	918	686	1230	1190	376
	28.188	1070	1070	912	943	705	1270	1220	387
	27.531	1100	1100	936	967	724	1300	1250	397
	26.874	1130	1120	960	992	742	1330	1290	407
	26.217	1160	1150	985	1020	761	1370	1320	417
	25.559	1190	1180	1010	1040	779	1400	1350	428
	25.147	1380	1360	1180	1210	906	1630	1570	497
	24.596	1530	1500	1310	1340	1010	1800	1730	551
	23.632	1560	1530	1330	1370	1030	1840	1770	563
	23.378	1620	1580	1380	1420	1060	1900	1830	582
	23.109	1640	1610	1400	1440	1080	1940	1860	592
21.546	1680	1640	1430	1470	1100	1970	1900	604	
		—	—	—	—	—	—	—	—

表2-10 (9) 地震力 (軸力) が最大となる地震動

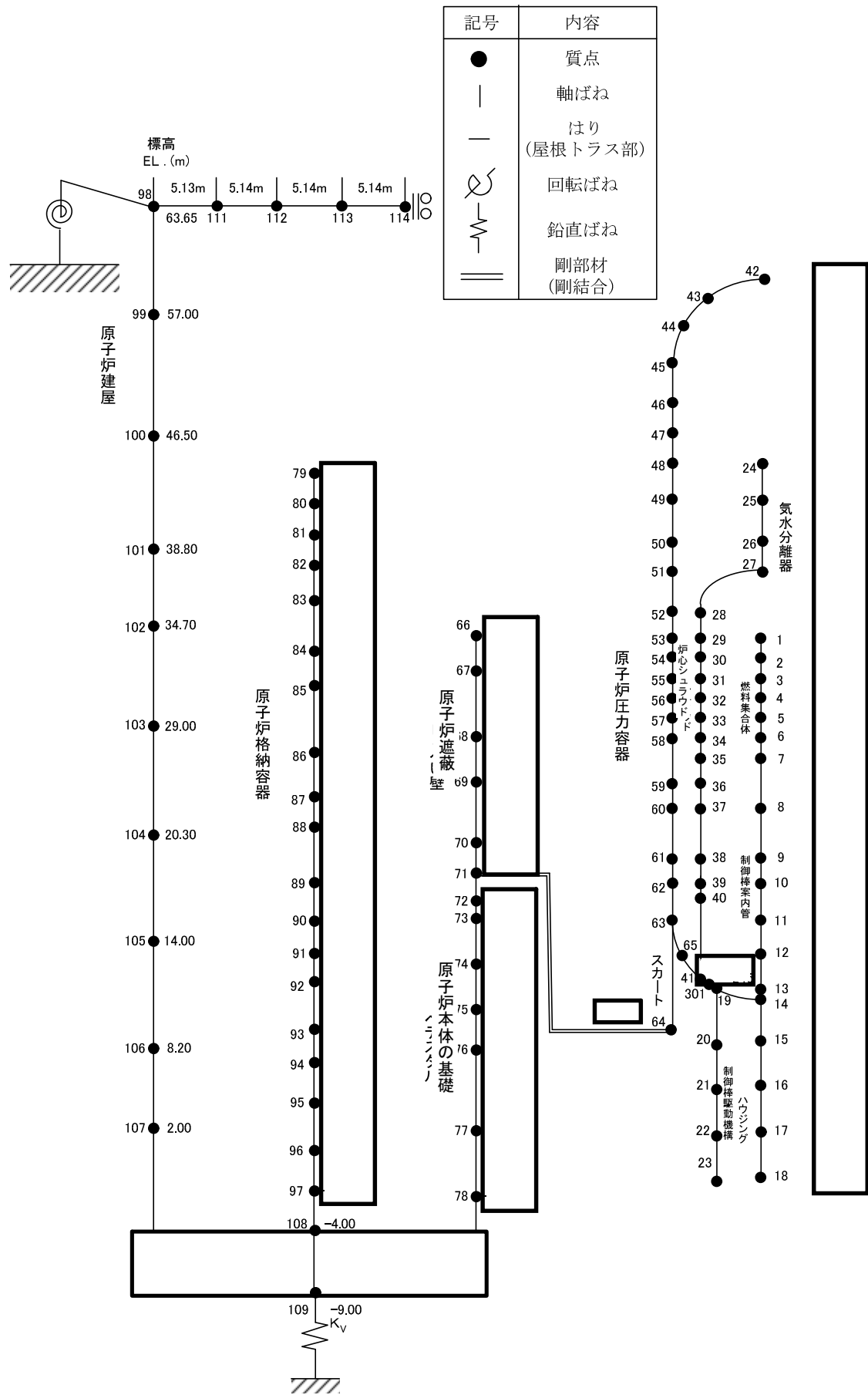
構築物	標高 EL(m)	評価用軸力(kN)							
		Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
制御棒駆動機構 (内側)	21.587	—	—	—	—	—	—	—	—
	20.979	1790	1750	1570	1650	1140	2130	2030	647
	20.292	2010	1950	1760	1830	1290	2380	2270	727
	19.344	307	281	264	272	204	356	344	111
	18.610	280	257	241	249	187	326	315	102
	17.876	258	236	222	229	171	300	289	93.3
	17.142	177	163	152	158	118	206	199	64.1
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
制御棒駆動機構 (外側)	20.979	—	—	—	—	—	—	—	—
	19.344	326	295	281	291	216	379	366	118
	18.610	290	262	250	259	192	337	325	105
	17.876	267	242	230	239	177	310	300	96.7
	17.142	143	129	123	128	94.2	166	160	51.7
	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表2-10 (10) 地震力 (ばね反力) が最大となる地震動

構造物	ばね反力 (kN)															
	Ss-D1		Ss-11		Ss-12		Ss-13		Ss-14		Ss-21		Ss-22		Ss-31	
	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW
ドライウエル 上部シアラグ	7530	7840	8930	7970	7630	5690	7310	5630	6660	5060	13000	8850	10300	9550	5620	6080
ドライウエル 下部シアラグ	10900	7560	6280	6800	6040	5260	6590	5350	5540	3690	12600	6810	11900	8380	15900	12500
P C V スタビライザ	12000	11900	8580	8650	7340	7530	7650	7940	7640	6010	14400	9440	12700	11800	13500	13600
R P V スタビライザ	6150	6180	4520	4310	4180	3800	4300	3900	3610	3140	6930	4830	7050	6070	7050	7090
CRDハウジング レストレントビーム	269	262	187	185	180	169	156	174	186	132	356	214	282	263	303	310
ダイヤフラムフロア	9310	7560	5900	7000	6390	5280	6080	5510	6210	4150	12400	6920	10400	8890	11200	9820



参考図1 原子炉本体地震応答解析モデル（水平方向）（単位：m）



参考図 2 原子炉本体地震応答解析モデル（鉛直方向）（単位：m）

別表1(1) 基準地震動 S s による建屋一機器連成解析結果 (基本ケース×係数)

構造物	せん断力(kN)												8波包絡				
	Ss-D1		Ss-11		Ss-12		Ss-13		Ss-14		Ss-21			Ss-22		Ss-31	
	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW		NS	EW	NS	EW
標高 EL (m)																	
44.173	197	189	74.4	73.6	81.9	79.4	82.5	82.8	61.5	61.0	217	87.1	215	141	258	239	258
41.765	666	648	250	254	278	275	280	286	211	212	719	294	718	478	872	821	872
39.431	2090	1950	881	881	913	976	936	1030	916	779	1910	1080	2020	1570	2510	2350	2510
38.522	2220	2090	940	923	946	1040	970	1090	958	823	2020	1130	2130	1670	2680	2520	2680
36.431	2460	2230	1020	995	1040	1140	1060	1200	1040	904	2220	1220	2330	1840	2980	2830	2980
33.431	11600	11300	4170	4610	5250	4720	5350	4860	4070	3730	13000	5820	12000	9760	18200	18100	18200
30.431	11900	11600	4240	4710	5360	4850	5460	4990	4150	3800	13200	5940	12200	9940	18600	18500	18600
27.432	12300	12000	4330	4870	5500	5030	5610	5170	4250	3890	13500	6090	12800	10200	19000	18900	19000
24.422	12900	12700	4470	5160	5750	5350	5870	5510	4400	4090	14000	6370	13100	10600	20000	19800	20000
21.420	13400	13300	4580	5420	5950	5650	6080	5830	4610	4330	14400	6610	13600	10900	20900	20700	20900
18.420	14000	13900	4670	5660	6170	5930	6270	6130	4830	4560	14800	6820	14000	11100	21600	21500	21600
16.319	14700	14600	4780	6000	6470	6330	6520	6580	5130	4880	15300	7100	14500	11400	22700	22700	22700
13.523	14000	15300	5170	7100	6370	7370	6390	7640	5230	5590	13600	7360	13200	11300	18400	18400	18400
12.344	14500	15800	5240	7370	6590	7660	6700	7940	5470	5800	13900	7570	13600	11600	19000	19000	19000
11.191	14800	16000	5280	7530	6720	7840	6880	8120	5620	5910	14100	7700	13900	11700	19400	19400	19400
8.164	15200	16400	5440	7740	6870	8080	7130	8360	5810	6070	14400	7850	14200	11900	19900	19900	19900
5.141	15600	16900	5590	7960	7090	8340	7410	8630	6030	6240	14600	7990	14500	12100	20400	20400	20400
3.787	16000	17300	5720	8150	7290	8560	7650	8850	6220	6390	14800	8100	14700	12300	20800	20800	20800
-0.013	32900	34000	14800	19900	17400	17500	18900	17800	15300	13700	28400	16500	27200	22400	38300	39800	39800
-4.000	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
34.643	7550	7500	5390	5950	5110	5020	4300	5250	5320	3830	10300	6360	7510	7710	8050	8330	10300
31.432	4910	5010	3710	4440	3570	3390	3160	3540	3580	2600	7250	4460	4980	5310	4840	5260	7250
28.308	2280	2410	2080	2550	1870	1510	1800	1590	1550	1280	3580	2350	2620	2640	1650	1820	3580
25.212	1400	1310	1540	1220	1310	846	1220	815	798	670	2490	1300	2660	1490	1890	1630	2660
20.061	7470	6880	4510	4170	4410	4180	3900	4290	4780	3040	8090	4710	7200	6380	9260	8670	9260
19.856	14300	13300	6800	7760	6910	7700	6730	8080	7460	5770	14700	8440	14000	11900	17700	16800	17700
17.142	14700	13700	6990	8020	7180	7950	6870	8340	7730	5940	15100	8740	14200	12200	18100	17200	18100
16.624	22100	20600	10600	12500	12000	12400	10300	13000	12600	8950	23500	14200	20200	19000	26700	25900	26700
13.198	12200	13200	4710	6720	6120	7110	6190	7330	5840	5190	11600	7410	11000	9270	15200	16500	16500
11.671	15400	16200	6230	9000	8230	9940	8210	9290	7860	6650	15300	9850	13300	11900	19100	20500	20500
8.395	19400	20100	8890	11900	10800	11400	10900	11700	10200	8480	19700	12800	16200	15000	24100	25500	25500
2.189	24200	25000	11500	15000	13500	13600	13800	13900	12200	10500	24000	15600	19800	17700	29700	30800	30800
-2.167	26600	27400	12800	16400	14900	14500	15300	14900	13000	11400	26100	16800	20700	19100	32400	33300	33300
-4.000	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
原 子 炉 本 体 の 基 礎																	





別表1(3) 基準地震動Ssによる建屋－機器連成解析結果（基本ケース×係数）

標高 El (m)	せん断力(kN)										8波包絡						
	Ss-D1		Ss-11		Ss-12		Ss-13		Ss-14		Ss-21		Ss-22		Ss-31		
	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	
29.503	1520	1580	1090	1050	1080	649	671	1130	621	605	2000	1030	1800	1320	1680	1670	2000
28.845	1020	1070	997	921	787	532	889	889	519	413	1400	848	1450	903	1070	1060	1450
28.188	388	395	470	404	332	226	368	368	241	169	522	391	620	391	363	366	620
27.531	335	352	284	305	300	170	305	175	171	166	494	292	464	348	377	367	494
26.874	1010	1060	955	901	773	521	875	875	497	419	1400	823	1410	902	1080	1060	1410
26.217	1570	1630	1320	1170	1060	716	1220	752	749	567	2010	1120	1970	1260	1660	1670	2010
25.559	227	225	234	220	177	142	167	140	132	123	344	263	294	270	215	209	344
24.596	83.5	84.8	117	98.5	78.1	55.5	75.6	56.6	62.8	54.0	135	111	134	114	63.3	69.3	135
23.632	11.7	12.0	14.8	12.0	10.9	7.90	10.7	8.07	9.56	6.81	15.3	16.0	16.5	13.6	7.29	10.6	16.5
23.378	116	117	124	121	90.6	71.4	85.3	71.7	68.9	61.9	179	139	156	140	108	106	179
22.095	294	292	341	299	257	186	248	191	197	181	457	356	421	366	252	238	457
21.587	619	605	672	560	542	399	531	399	401	390	955	703	860	753	545	540	955
20.979	671	653	716	587	581	433	569	430	424	420	1030	746	919	808	601	597	1030
20.292	83.1	79.9	57.9	60.4	56.4	52.4	48.6	54.0	59.2	40.7	115	66.8	87.1	83.0	98.5	95.7	115
19.344	24.5	24.3	19.1	18.6	17.0	15.3	14.9	15.7	17.8	12.1	34.5	20.0	25.8	24.5	30.1	29.2	34.5
18.610	20.8	19.8	12.6	13.3	13.0	12.9	12.2	13.4	13.7	9.75	26.1	15.6	20.9	19.8	22.8	23.2	26.1
17.876	64.0	61.0	42.3	43.8	42.4	40.4	36.5	41.7	44.2	31.2	84.8	50.5	66.3	62.7	73.9	72.7	84.8
17.142																	
20.979	74.4	72.4	53.1	55.6	51.5	48.2	44.5	49.6	53.3	36.9	104	61.2	81.3	75.9	86.9	86.0	104
19.344	16.2	16.3	13.1	12.4	11.4	10.4	9.96	10.6	11.7	8.05	22.8	13.5	17.9	16.4	19.3	18.9	22.8
18.610	28.6	27.5	18.8	20.3	19.1	18.4	16.6	19.0	19.9	14.0	38.3	22.8	30.4	28.6	32.3	32.3	38.3
17.876	72.3	69.5	49.8	51.3	48.8	46.3	42.0	47.6	50.4	35.5	97.3	58.1	77.3	72.0	82.4	82.0	97.3
17.142																	

別表2(1) 基準地震動 S s による建屋一機器連成解析結果 (基本ケース×係数)

構造物	標高 EL (m)	基準地震動 S s モーメント (kN·m)												8波包絡				
		Ss-D1		Ss-11		Ss-12		Ss-13		Ss-14		Ss-21			Ss-22		Ss-31	
		NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW		NS	EW	NS	EW
原子炉格納容器	44.173	50.2	36.0	32.3	26.2	17.2	26.9	15.0	16.2	12.8	76.6	29.0	76.2	37.6	71.0	58.5	76.6	
	41.765	645	595	266	267	234	278	246	208	183	816	312	817	485	897	772	897	
	39.431	2350	2240	929	915	911	1010	954	747	692	2770	1090	2770	1740	3180	2810	3180	
	38.522	4280	4050	1690	1570	1810	1840	1900	1550	1400	4500	1940	4580	3130	5520	4960	5520	
	36.431	9030	8510	3710	3510	4000	3880	4210	3560	3140	8790	4170	9070	6660	11300	10400	11300	
	33.431	16700	15800	6890	6570	7490	7160	7890	6710	5890	15800	7860	16400	12400	20600	19000	20600	
	30.431	51100	49700	18200	19600	21500	23300	22600	17000	16700	54900	24600	52500	41100	74000	73300	74000	
	27.432	86800	84700	30500	33800	36000	39800	37600	29500	27800	94900	42500	89400	71100	129000	129000	129000	
	24.422	124000	121000	43500	48600	51000	57000	53300	42400	39400	136000	61100	128000	102000	186000	187000	187000	
	21.420	163000	160000	57000	64300	67000	74900	70100	55800	51800	179000	80600	168000	135000	245000	246000	246000	
	18.420	203000	200000	70800	80600	83800	93400	87600	69500	64900	222000	101000	209000	168000	306000	308000	308000	
	16.319	233000	230000	80800	92700	105000	107000	101000	79400	74500	254000	116000	239000	191000	351000	353000	353000	
	13.523	274000	271000	94200	110000	123000	126000	119000	92900	88300	296000	136000	280000	224000	415000	415000	415000	
	12.344	290000	289000	97800	118000	130000	133000	128000	99000	94800	309000	144000	294000	236000	434000	436000	436000	
	11.191	306000	307000	102000	126000	137000	140000	137000	106000	102000	323000	152000	308000	248000	454000	458000	458000	
8.164	348000	355000	114000	147000	154000	159000	161000	122000	120000	358000	174000	345000	281000	507000	517000	517000		
5.141	392000	404000	129000	169000	172000	178000	186000	139000	138000	395000	196000	382000	315000	561000	577000	577000		
3.787	413000	426000	136000	179000	180000	187000	197000	147000	147000	412000	206000	399000	331000	586000	605000	605000		
-0.013	488000	506000	161000	213000	211000	219000	235000	171000	174000	480000	244000	466000	390000	672000	697000	697000		
-4.000	593000	615000	184000	262000	254000	249000	305000	217000	222000	544000	289000	569000	443000	813000	849000	849000		
34.643	74.4	81.0	104	70.2	58.3	65.7	51.8	52.5	38.4	127	70.1	139	98.6	59.5	72.3	139		
31.432	24300	24100	17300	19200	16500	13900	16900	17200	12300	33100	20500	24100	24800	25900	26700	33100		
28.308	39100	39700	28800	33100	27600	23600	27900	28300	20400	55800	34400	39600	41400	40900	43100	55800		
25.212	45400	46300	34300	40900	32800	29200	32700	33000	24000	66800	41200	46100	48900	44600	48500	66800		
20.061	46700	48200	36600	46300	34100	32800	33200	32700	24700	70300	43700	47300	50200	37400	44500	70300		
19.856	51300	56700	64700	47200	54500	53000	37300	42400	32100	87700	53300	83300	55300	34900	41700	87700		
17.142	46100	46600	57500	43800	46800	47500	30600	35200	26700	75200	51900	80200	57300	45300	42100	80200		
16.624	50500	50200	56300	43900	45200	46300	30600	35800	26400	78100	52400	86100	61000	55400	51600	86100		
13.198	101000	95200	46900	48300	57400	56700	42500	40500	34900	114000	55200	121000	93800	141000	132000	141000		
11.671	120000	115000	52800	54000	62200	61900	53600	46500	42900	125000	60900	134000	107000	165000	156000	165000		
8.395	169000	165000	67300	69000	76000	77900	83900	67700	64000	162000	83800	171000	137000	228000	220000	228000		
2.189	289000	286000	100000	126000	130000	120000	156000	128000	115000	257000	153000	253000	210000	376000	376000	376000		
-2.167	388000	387000	139000	185000	188000	178000	217000	179000	159000	357000	217000	335000	285000	503000	509000	509000		
-4.000	432000	432000	159000	214000	214000	206000	244000	202000	180000	403000	247000	371000	318000	561000	570000	570000		

原子炉本体遮蔽の基礎



別表2(3) 基準地震動 Ss による建屋一機器連成解析結果 (基本ケース×係数)

構造物	基準地震動 Ss モーメント (kN・m)																			8波包絡						
	Ss-D1		Ss-11		Ss-12		Ss-13		Ss-14		Ss-21		Ss-22		Ss-31											
	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW										
標高 EL.(m)																										
燃料 集 集 合 体	29.503	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
	28.845	1000	1040	691	427	743	442	398	409	398	673	1190	866	1110	1100	1310	1100	1100	1110	1100	1100	1100	1100	1310		
	28.188	1670	1740	1370	1160	776	809	749	749	667	1200	2100	1450	1810	1790	2230	2100	1450	1810	1790	2230	2100	1450	2230		
	27.531	1920	2000	1680	1560	924	967	907	907	756	1450	2570	1640	2050	2030	2570	2510	1640	2050	2030	2570	2510	1640	2570		
	26.874	1700	1770	1490	1360	813	854	819	819	648	1280	2220	1420	1800	1790	2240	2220	1420	1800	1790	2240	2220	1420	2240		
26.217	1030	1070	863	766	471	797	495	493	374	1330	735	1300	824	1100	1330	1300	824	1090	1100	1330	1300	824	1330			
25.559	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
25.559	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
24.596	218	217	226	212	137	161	135	127	118	127	253	283	260	207	201	332	260	207	201	332	283	260	332			
23.632	298	298	331	307	186	233	189	188	170	188	359	409	365	268	257	460	365	268	257	460	409	365	460			
23.378	298	298	332	306	186	235	189	188	171	188	359	410	365	266	255	460	365	266	255	460	410	365	460			
22.095	150	148	174	152	94.3	126	96.7	94.8	91.6	94.8	181	214	186	128	121	232	186	128	121	232	214	186	232			
21.587	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
21.587	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
20.979	376	368	409	341	243	323	243	244	237	244	427	523	458	328	328	581	458	328	328	581	523	458	581			
20.292	837	816	900	744	540	714	538	535	525	535	939	1160	1020	744	738	1290	1020	744	738	1290	1160	1020	1290			
19.344	44.9	43.0	26.8	28.3	28.0	26.2	28.9	29.5	21.2	29.5	33.8	45.2	42.6	50.0	50.0	56.2	42.6	49.0	50.0	56.2	45.2	42.6	56.2			
18.610	62.2	59.2	39.6	41.8	39.1	35.3	40.4	42.5	30.1	42.5	48.5	64.0	60.5	70.3	70.3	81.4	60.5	71.0	70.3	81.4	64.0	60.5	81.4			
17.876	47.0	44.8	31.1	32.1	29.7	26.8	30.6	32.4	22.9	32.4	37.0	48.7	46.1	53.4	53.4	62.2	46.1	54.3	53.4	62.2	48.7	46.1	62.2			
17.142	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
20.979	59.7	59.6	46.3	47.5	39.0	37.2	40.0	44.2	30.1	44.2	50.5	67.1	62.3	70.7	70.7	86.3	62.3	72.2	70.7	86.3	67.1	62.3	86.3			
19.344	62.5	59.8	40.6	43.5	39.9	35.8	41.1	43.0	30.3	43.0	49.5	66.0	61.8	70.1	70.1	82.8	61.8	70.0	70.1	82.8	66.0	61.8	82.8			
18.610	74.1	70.7	50.1	52.5	49.8	43.0	48.9	51.5	36.3	51.5	59.4	79.1	73.8	83.7	83.7	99.5	73.8	84.1	83.7	99.5	79.1	73.8	99.5			
17.876	53.1	51.0	36.5	37.7	34.0	30.9	35.0	37.0	26.0	37.0	42.6	56.8	52.9	60.2	60.2	71.4	52.9	60.5	60.2	71.4	56.8	52.9	71.4			
17.142	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

別表3(1) 基準地震動Ssによる建屋一機器連成解析結果 (基本ケース×係数)

建築物	階高 El.(m)	評価用入力(kN)												
		Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31	8波包絡				
	44.173	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	124	141	152	160	160	107	174	165	48.8	174	—	—	—	—
	41.765	493	531	560	560	374	610	576	171	610	—	—	—	—
	39.431	886	1080	1140	1140	754	1240	1170	348	1240	—	—	—	—
	38.522	983	1110	1190	1260	835	1370	1290	386	1370	—	—	—	—
	36.431	1170	1310	1400	1480	983	1620	1520	456	1620	—	—	—	—
	33.431	1500	1670	1790	1890	1250	2080	1930	587	2080	—	—	—	—
	30.431	1740	1910	2050	2160	1440	2390	2210	679	2390	—	—	—	—
	27.432	2070	2250	2390	2530	1680	2830	2580	808	2830	—	—	—	—
	24.422	2710	2870	3030	3220	2150	3650	3280	1060	3650	—	—	—	—
	21.420	3300	3440	3600	3830	2580	4410	3910	1290	4410	—	—	—	—
	18.420	3860	3970	4120	4390	2980	5120	4490	1510	5120	—	—	—	—
	16.319	4680	4730	4850	5180	3560	6140	5300	1820	6140	—	—	—	—
	13.523	4980	5000	5150	5470	3770	6520	5640	1930	6520	—	—	—	—
	12.344	5500	5450	5680	5950	4120	7150	6220	2130	7150	—	—	—	—
	11.191	5810	5710	5980	6230	4330	7520	6560	2250	7520	—	—	—	—
	8.164	6230	6060	6410	6800	4610	8020	7020	2400	8020	—	—	—	—
	5.141	6700	6480	6880	7010	4930	8570	7530	2580	8570	—	—	—	—
	3.787	7120	6880	7290	7350	5210	9040	7970	2740	9040	—	—	—	—
	-0.013	7650	7390	7800	7750	5570	9610	8500	2950	9610	—	—	—	—
	-4.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	34.643	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1220	1190	1160	1160	1150	773	1430	1380	449	1430	—	—	—	—
	31.432	3630	3530	3450	3430	2330	4270	4130	1350	4270	—	—	—	—
	28.308	6390	6160	6000	5990	4110	7510	7240	2360	7510	—	—	—	—
	25.212	8450	8060	7870	7850	5470	9910	9560	3110	9910	—	—	—	—
	20.061	14800	13500	13300	13200	9730	17200	16600	5370	17200	—	—	—	—
	19.856	30900	28900	27600	27700	20400	36000	34900	11300	36000	—	—	—	—
	17.142	30900	28900	27600	27700	20400	36000	34900	11300	36000	—	—	—	—
	16.624	38000	34700	33600	33200	25300	43900	42600	13800	43900	—	—	—	—
	13.198	42100	37900	37000	36100	28200	48300	47100	15200	48300	—	—	—	—
	11.671	45500	40500	39800	38300	30600	51800	50800	16400	51800	—	—	—	—
	8.395	49600	43500	43100	40800	33600	56000	55500	17800	56000	—	—	—	—
	2.189	54000	46200	46600	42800	36800	59900	60600	19400	60600	—	—	—	—
	-2.167	56100	47200	48200	43600	38300	61500	62900	20200	62900	—	—	—	—
	-4.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—



別表3(2) 基準地震動 S s による建屋一機器連成解析結果 (基本ケース×係数)

建築物	標高 EL(m)	評価用軸力(kN)										8波包絡		
		Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31					
燃料集合体	29.503	186	184	166	176	117	224	211	67.4	224	211	67.4	224	
	28.845	556	552	496	526	351	670	632	202	632	202	670	670	
	28.188	927	919	825	874	585	1120	1060	337	1060	337	1120	1120	
	27.531	1300	1290	1160	1220	820	1560	1480	471	1480	471	1560	1560	
	26.874	1670	1650	1480	1570	1060	2000	1900	605	1900	605	2000	2000	
	26.217	2040	2010	1800	1900	1290	2440	2320	739	2320	739	2440	2440	
	25.559	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	25.559	2440	2400	2150	2270	1550	2910	2770	885	2770	885	2910	2910	
	24.596	2500	2460	2200	2320	1590	2980	2840	906	2840	906	2980	2980	
	23.632	2530	2490	2220	2350	1610	3020	2870	917	2870	917	3020	3020	
23.378	2570	2530	2260	2380	1630	3060	2920	931	2920	931	3060	3060		
22.095	2620	2570	2300	2430	1670	3120	2970	950	2970	950	3120	3120		
21.587	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
21.587	2680	2630	2350	2470	1710	3190	3040	970	3040	970	3190	3190		
20.979	3010	2930	2640	2750	1930	3570	3410	1090	3410	1090	3570	3570		
20.292	460	421	396	408	306	534	516	167	516	167	534	534		
19.344	420	385	362	374	280	489	472	153	472	153	489	489		
18.610	386	354	332	343	257	449	434	140	434	140	449	449		
17.876	266	244	228	236	177	309	298	96.2	298	96.2	309	309		
17.142	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
20.979	489	442	422	436	323	568	549	177	549	177	568	568		
19.344	434	393	375	388	287	505	488	158	488	158	505	505		
18.610	400	362	346	358	265	465	450	145	450	145	465	465		
17.876	214	194	185	191	142	249	240	77.5	240	77.5	249	249		
17.142	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

別表4 基準地震動S<sub>s</sub>による建屋-機器連成解析結果 (基本ケース×係数)

構造物	記号	基礎地震動S <sub>s</sub> 方向反力 (kN)												8波包絡						
		S <sub>s</sub> -D1		S <sub>s</sub> -11		S <sub>s</sub> -12		S <sub>s</sub> -13		S <sub>s</sub> -14		S <sub>s</sub> -21			S <sub>s</sub> -22		S <sub>s</sub> -31			
		NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW		NS	EW	NS	EW		
ドライウエル 上部シアラフ	K <sub>9</sub>	11300	11800	13400	12000	8530	8440	11500	8530	11000	8440	9990	7590	19500	13300	15400	14400	8430	9110	19500
ドライウエル 下部シアラフ	K <sub>10</sub>	16400	11400	9410	10200	7900	8020	9890	7900	9890	8020	8310	5530	18800	10300	17800	12600	23800	18700	23800
PCV スタビライザ	K <sub>6</sub>	18000	17800	12900	13000	11300	11900	11500	11300	11500	11900	11500	9010	21600	14200	19000	17600	20200	20400	21600
RPV スタビライザ	K <sub>4</sub>	9220	9260	6770	6460	5700	5850	6440	5700	6440	5850	5410	4710	10400	7250	10600	9100	10600	10700	10700
CRDハウジング レストレントベーム	K <sub>3</sub>	403	392	281	277	254	260	233	254	233	260	278	197	534	321	423	394	454	465	534
ダイアフラムフロア	K <sub>7</sub>	14000	11400	8840	10500	7920	8260	9110	7920	9110	8260	9320	6220	18600	10400	15600	13400	16700	14800	18600



別表5(1) 弾性設計用地震動Sdによる建屋一機器連成解析結果 (基本ケース×係数)

構造物	標高 EL(m)	せん断力(kN)												8波包絡			
		Sd-D1		Sd-11		Sd-12		Sd-13		Sd-14		Sd-21		Sd-22		Sd-31	
		NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW
	44.173	114	118	41.0	38.6	54.1	44.3	50.6	45.6	36.7	33.9	100	48.1	110	80.7	118	119
	41.765	390	401	137	132	181	153	169	157	124	116	340	162	371	273	406	408
	39.431	1240	1180	481	459	587	546	592	576	549	442	1100	602	1220	875	1340	1300
	38.522	1320	1260	505	480	606	578	611	608	572	466	1170	630	1290	928	1430	1430
	36.431	1470	1410	545	517	639	635	643	667	613	510	1270	679	1410	1030	1590	1590
	33.431	6490	6710	2220	2380	3060	2590	2980	2520	2390	2200	6570	3180	6750	5530	7650	7690
	30.431	6670	6880	2260	2430	3090	2660	3040	2590	2430	2230	6710	3250	6890	5630	7740	7880
	27.432	6890	7110	2300	2510	3110	2750	3120	2680	2480	2280	6870	3330	7060	5750	8000	8150
	24.422	7300	7520	2370	2650	3250	2930	3260	2850	2650	2360	7140	3480	7350	5950	8490	8650
	21.420	7650	7880	2420	2780	3370	3090	3380	3000	2610	2420	7350	3610	7570	6110	8930	9090
	18.420	7970	8190	2460	2900	3470	3240	3480	3160	2650	2470	7520	3720	7760	6240	9350	9500
	16.319	8410	8630	2510	3070	3620	3460	3610	3410	2730	2550	7740	3870	8000	6400	9930	10100
	13.523	7850	8580	2670	3600	3670	4120	3650	4170	2900	3050	6980	4020	7290	5920	9470	10500
	12.344	8090	8920	2770	3740	3790	4250	3810	4340	3030	3150	7170	4140	7530	6060	9830	10800
	11.191	8230	8960	2830	3820	3850	4330	3910	4450	3100	3210	7280	4210	7660	6150	10100	11100
	8.164	8400	9130	2910	3920	3930	4420	4040	4580	3200	3290	7410	4290	7830	6250	10400	11300
	5.141	8580	9310	2980	4030	3990	4570	4170	4730	3310	3380	7540	4360	7990	6360	10700	11700
	3.787	8720	9450	3040	4120	4040	4690	4290	4850	3400	3450	7650	4420	8130	6460	11000	12000
	-0.013	17700	18300	7860	10200	10200	9650	11000	9730	8470	7930	15700	9180	15900	12300	22200	23200
	-4.000	4620	4940	3010	3320	3720	3070	3190	3140	3480	2430	6130	3700	4870	4820	5090	5360
	34.643	3060	3140	2100	2480	2600	2040	2250	2130	2370	1650	4340	2640	3440	3350	3300	3530
	28.308	1550	1660	1120	1430	1370	988	1310	979	1050	865	2120	1370	1740	1660	1280	1480
	25.212	902	992	810	660	934	623	875	603	647	468	1220	760	1480	991	448	383
	20.061	4550	4230	2490	2280	2920	2510	2950	2560	3110	1910	4890	2710	4180	3980	4710	4650
	19.856	8250	7420	3770	4330	4400	4520	4300	4710	4690	3270	8640	4760	8370	7140	9200	9160
	17.142	8490	7640	3880	4470	4580	4660	4380	4870	4870	3360	8870	4920	8540	7350	9460	9460
	16.624	13000	11800	5870	6910	7630	7280	6900	7560	8030	5220	14000	8140	11900	11700	14400	14500
	13.198	7140	7490	2540	3430	3490	3950	3440	4060	3520	2880	6410	4140	5920	5230	8840	9530
	11.671	9100	9340	3370	4620	4740	5050	4560	5180	4810	3700	8510	5590	7200	6950	11200	11900
	8.395	11500	12000	4760	6120	6210	6330	5970	6480	6230	4740	11000	7340	9060	8870	14100	14900
	2.189	14000	14600	6130	7660	7590	7460	7520	7640	7350	5840	13400	8940	11100	10400	17100	17900
	-2.167	15200	15800	6760	8410	8210	7970	8290	8150	7830	6360	14500	9650	12000	10900	18600	19300
	-4.000	4620	4940	3010	3320	3720	3070	3190	3140	3480	2430	6130	3700	4870	4820	5090	5360



別表5(3) 弾性設計用地震動Sdによる建屋-機器連成解析結果 (基本ケース×係数)

構造物	標高 EL(m)	せん断力(kN)																		
		Sd-D1		Sd-11		Sd-12		Sd-13		Sd-14		Sd-21		Sd-22		Sd-31		8波包絡		
		NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW			
燃料 集 合 体	29.503	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—
	28.845	906	1100	612	567	596	406	421	421	411	351	560	787	1070	985	971	1100	—	—	—
	28.188	659	798	564	504	444	342	433	362	353	273	495	541	902	625	618	902	—	—	—
	27.531	266	308	265	226	206	149	194	161	168	120	237	241	395	209	209	395	—	—	—
	26.874	216	266	162	167	179	108	163	111	112	98.1	167	211	272	225	220	272	—	—	—
	26.217	650	789	540	492	444	333	422	352	337	270	474	543	875	628	620	875	—	—	—
	25.559	955	1150	739	631	604	453	588	480	505	364	1070	652	1220	965	959	1220	—	—	—
	25.559	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	24.596	145	149	131	125	136	96.7	130	96.9	102	83.3	207	160	191	124	124	207	—	—	—
	23.632	60.4	66.7	63.6	55.1	60.2	43.1	58.9	41.5	49.2	38.4	80.3	67.4	83.1	37.8	37.4	83.1	—	—	—
23.378	8.32	8.58	8.30	6.71	7.92	5.56	7.71	5.64	7.10	5.28	8.96	9.85	10.8	4.15	3.76	10.8	—	—	—	
22.095	74.6	79.7	68.1	67.8	69.8	49.3	66.5	49.9	53.2	42.3	107	84.6	101	62.5	62.5	107	—	—	—	
21.587	195	200	187	168	197	137	192	137	153	126	276	217	264	148	147	276	—	—	—	
21.587	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20.979	408	398	374	317	413	291	408	292	310	272	577	430	538	319	318	577	—	—	—	
20.292	440	418	398	333	442	313	437	314	327	292	623	457	571	351	351	623	—	—	—	
19.344	51.3	49.5	33.0	33.4	39.8	32.1	36.6	32.9	38.7	25.8	68.3	39.8	54.7	54.7	55.8	68.3	—	—	—	
18.610	15.4	14.7	10.6	10.2	11.8	9.54	11.1	9.71	11.6	7.67	20.7	12.1	16.4	16.1	16.4	20.7	—	—	—	
17.876	12.4	12.0	7.06	7.36	9.32	7.86	8.65	8.13	9.07	6.29	15.6	9.12	13.0	13.2	13.5	15.6	—	—	—	
17.142	39.2	38.5	23.6	24.2	29.6	24.7	27.2	25.3	29.0	19.9	50.7	30.0	39.5	42.0	42.9	50.7	—	—	—	
20.979	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19.344	47.0	44.9	30.4	30.9	36.8	30.2	33.6	30.9	34.5	23.4	62.2	36.6	50.7	49.5	50.6	62.2	—	—	—	
18.610	10.4	9.83	7.13	6.81	7.91	6.63	7.40	6.74	7.55	5.13	13.8	8.15	11.2	10.7	10.9	13.8	—	—	—	
17.876	17.7	17.0	10.7	11.3	13.8	11.5	12.6	11.8	12.9	8.86	23.0	13.6	19.0	18.7	19.2	23.0	—	—	—	
17.142	44.9	43.5	27.9	28.5	34.4	28.8	31.5	29.5	32.7	22.5	58.4	34.6	48.1	47.6	48.7	58.4	—	—	—	

別表6(1) 弾性設計用地震動S d による建屋－機器連成解析結果（基本ケース×係数）

構造物	モーメント (kN-m)																
	弾性設計用地震動S d																
	Sd-D1		Sd-11		Sd-12		Sd-13		Sd-14		Sd-21		Sd-22		Sd-31		8波包絡
NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	
44.173	25.4	24.3	19.4	14.9	23.6	12.5	23.4	12.5	12.7	11.1	27.9	17.5	34.5	22.7	17.2	16.8	34.5
41.765	362	372	153	146	201	133	189	141	136	119	346	183	397	284	349	349	397
39.431	1360	1400	520	491	686	513	643	528	464	420	1240	618	1360	1010	1360	1360	1400
38.522	2500	2480	921	822	1180	1020	1110	1060	916	784	2100	1080	2400	1770	2590	2550	2590
36.431	5310	5160	2010	1830	2380	2240	2290	2350	2100	1770	4590	2410	5100	3690	5610	5480	5610
33.431	9840	9520	3720	3420	4310	4190	4200	4390	3970	3320	8530	4500	9460	6850	10500	10200	10500
30.431	29400	29800	9730	10200	13100	11500	13200	12000	9700	8890	27600	13500	29200	23300	33200	33400	33400
27.432	49600	50600	16300	17500	22200	19000	22400	19800	17000	14900	47900	23300	50100	40300	56500	57100	57100
24.422	70600	72200	23200	25000	31600	27300	32000	28000	24500	21800	68900	33400	71700	57800	80800	81900	81900
21.420	92900	95200	30400	33100	41500	36200	42000	36600	32300	28900	90700	44000	94200	76000	107000	108000	108000
18.420	116000	119000	37700	41500	51600	45500	52300	45700	40200	36200	113000	55000	118000	94600	134000	136000	136000
16.319	134000	137000	42900	47600	59000	52400	59800	52400	45900	41500	130000	62900	134000	108000	154000	156000	156000
13.523	157000	161000	50000	56200	69100	62100	70000	61800	53500	48600	151000	73800	157000	127000	182000	184000	184000
12.344	167000	172000	51700	60200	72700	66200	74000	66400	55600	50700	158000	78100	165000	133000	193000	197000	197000
11.191	176000	182000	53700	64300	76500	70600	78000	71100	57800	53400	166000	82400	173000	139000	204000	209000	209000
8.164	201000	209000	59700	75200	86300	83000	88300	83700	64600	63200	184000	93900	194000	156000	235000	243000	243000
5.141	227000	237000	66700	86300	96200	96100	98700	96800	73300	73200	204000	106000	215000	174000	266000	277000	277000
3.787	239000	250000	70000	91400	101000	103000	104000	103000	77400	77800	213000	111000	225000	182000	280000	292000	292000
-0.013	281000	295000	82300	109000	118000	121000	122000	124000	89800	92500	248000	131000	262000	214000	329000	345000	345000
-4.000	339000	356000	92400	133000	136000	157000	133000	162000	111000	118000	284000	156000	302000	241000	416000	436000	436000
34.643	51.8	57.4	57.2	37.5	49.2	44.0	47.9	39.6	40.2	27.5	67.7	41.5	75.1	60.1	33.7	33.6	75.1
31.432	14900	14900	9660	10700	12000	9830	10300	10100	11200	7780	19800	11900	15700	15500	16400	17200	19800
28.308	24000	24600	16200	18500	20100	16100	17200	16700	18600	12900	33400	20200	28400	26000	26600	28200	33400
25.212	28300	29000	19300	22900	23900	18800	20600	19700	21700	15300	39900	24300	31600	30900	30500	32700	39900
20.061	30100	31500	20800	25900	24900	19100	22300	20100	21800	15800	41900	26200	33400	31900	29300	32400	41900
19.856	34400	38500	35200	25800	39600	28700	39200	25200	31100	21800	52800	33300	48100	35800	27800	30800	52800
17.142	29200	31900	31600	23100	33700	26900	34300	23000	25500	18200	41800	30400	44500	34700	15400	13000	44500
16.624	31400	34100	30900	23200	32500	26500	33300	22700	25600	18300	44700	30700	47400	36500	20700	17600	47400
13.198	61500	58400	25800	27200	37300	23500	36600	23800	24600	20200	59300	32500	71600	53500	64800	61000	71600
11.671	71500	68800	28700	29300	40100	28200	39700	29600	27900	24400	68200	34900	78900	60300	77700	74900	78900
8.395	98200	95700	35700	35800	46300	43600	46800	46000	39900	35600	92000	46300	98600	75900	113000	113000	113000
2.189	167000	164000	51400	66300	72300	82600	65500	85900	75900	62800	148000	83700	145000	121000	199000	204000	204000
-2.167	226000	223000	71900	94300	106000	115000	95000	119000	107000	87700	198000	121000	181000	166000	274000	282000	282000
-4.000	253000	249000	82500	109000	120000	130000	110000	134000	121000	99100	223000	138000	199000	186000	308000	317000	317000



別表6(3) 弾性設計用地震動S dによる建屋—機器連成解析結果 (基本ケース×係数)

構造物	階高 EL (m)	モーメント (kN-m)												8波包絡						
		Sd-DI		Sd-11		Sd-12		Sd-13		Sd-14		Sd-21			Sd-22		Sd-31			
		NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW		NS	EW	NS	EW		
燃料集舎	29.503	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	28.845	596	721	403	374	393	267	347	277	270	231	692	369	703	518	648	639	721	—	
	28.188	1030	1250	773	702	678	489	624	514	502	410	1180	673	1300	869	1060	1050	1300	—	
	27.531	1200	1450	945	846	777	587	747	619	611	479	1360	828	1580	989	1200	1180	1580	—	
	26.874	1060	1280	841	738	676	517	682	547	553	416	1190	740	1380	855	1050	1040	1380	—	
	26.217	629	756	486	416	398	298	387	316	333	240	705	429	801	499	635	631	801	—	
	25.559	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	24.596	140	143	126	120	131	93.1	125	93.3	97.4	80.2	199	154	184	162	120	120	199	—	
	23.632	195	201	182	173	189	132	182	133	145	118	276	219	261	228	156	156	276	—	
	23.378	195	200	183	173	190	133	183	134	146	118	276	219	261	228	155	155	276	—	
22.095	98.8	102	94.9	85.4	99.7	69.4	97.6	69.6	77.5	63.9	140	111	134	117	74.8	74.4	140	—		
21.587	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
21.587	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
20.979	248	242	227	193	251	177	249	178	188	166	351	262	327	288	194	193	351	—		
20.292	550	529	501	421	554	392	549	393	413	366	779	576	719	638	435	434	779	—		
19.344	26.8	26.3	15.0	15.8	19.9	17.0	18.4	17.6	19.5	13.7	33.5	19.9	28.0	26.4	28.7	29.4	33.5	—		
18.610	37.8	37.0	22.3	23.2	28.6	23.8	26.3	24.5	27.9	19.2	48.6	28.7	40.0	38.0	40.5	41.4	48.6	—		
17.876	28.8	28.2	17.4	17.8	21.7	18.1	20.0	18.6	21.3	14.6	37.2	22.0	30.5	29.0	30.8	31.5	37.2	—		
17.142	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
20.979	38.5	36.1	26.5	26.3	30.6	24.7	28.1	25.3	28.6	19.0	62.1	30.4	41.8	40.0	40.1	40.9	52.1	—		
19.344	38.5	37.2	23.2	24.2	29.5	24.7	27.0	25.4	28.0	19.3	49.6	29.4	41.1	38.9	40.8	41.8	49.6	—		
18.610	45.9	44.4	28.4	29.2	35.3	29.5	32.3	30.3	33.5	23.0	59.7	35.4	49.2	46.6	48.7	49.8	59.7	—		
17.876	33.0	32.0	20.5	20.9	25.2	21.1	23.1	21.7	24.0	16.5	42.9	25.4	35.3	33.5	35.0	35.8	42.9	—		
17.142	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

別表7(1) 弾性設計用地震動Sdによる建屋—機器連成解析結果 (基本ケース×係数)

構造物	標高 EL (m)	弾性設計用地震動Sd 評価用軸力(kN)										8波包絡
		Sd-D1	Sd-11	Sd-12	Sd-13	Sd-14	Sd-21	Sd-22	Sd-31			
	44.173	68.9	74.4	93.2	97.8	62.0	92.3	89.4	27.7	97.8		
	41.765	242	261	327	343	217	324	313	343	343		
	39.431	492	528	639	692	439	656	631	197	692		
	38.522	546	585	730	767	486	728	699	219	767		
	36.431	646	690	859	902	572	859	822	259	902		
	33.431	832	882	1090	1150	728	1100	1050	333	1150		
	30.431	961	1020	1250	1310	834	1270	1190	384	1310		
	27.432	1150	1200	1450	1530	977	1500	1400	457	1530		
	24.422	1500	1530	1830	1930	1250	1940	1760	596	1940		
	21.420	1820	1840	2160	2280	1490	2340	2090	724	2340		
	18.420	2120	2120	2480	2600	1710	2720	2430	846	2720		
	16.319	2570	2530	2930	3050	2020	3260	2920	1020	3260		
	13.523	2730	2670	3090	3210	2130	3450	3090	1090	3450		
	12.344	3010	2910	3350	3480	2320	3790	3390	1200	3790		
	11.191	3180	3050	3510	3640	2430	3990	3570	1260	3990		
	8.164	3410	3240	3710	3850	2580	4250	3800	1350	4250		
	5.141	3670	3430	3920	4070	2740	4540	4060	1450	4540		
	3.787	3890	3590	4100	4260	2880	4790	4290	1530	4790		
	-0.013	4170	3860	4300	4480	3050	5080	4580	1630	5080		
	-4.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	34.643	672	604	656	702	424	768	736	249	768		
	31.432	2020	1800	1950	2100	1270	2300	2200	744	2300		
	28.308	3540	3140	3400	3650	2220	4020	3860	1310	4020		
	25.212	4690	4120	4450	4770	2920	5300	5090	1720	5300		
	20.061	8200	6900	7430	7920	5240	9100	8790	2970	9100		
	17.300	17300	14800	15600	16600	11000	19300	18600	6220	19300		
	17.142	17300	14800	15600	16600	11000	19300	18600	6220	19300		
	16.624	21200	17800	18600	19800	13700	23500	22700	7590	23500		
	13.198	23500	19500	20500	21500	15300	25800	25100	8390	25800		
	11.671	25300	20800	21900	22700	16500	27700	26900	9020	27700		
	8.395	27600	22300	23700	24100	18100	30000	29300	9800	30000		
	2.189	29900	23700	25400	25300	19800	32200	31800	10600	32200		
	-2.167	31000	24200	26100	25600	20600	33100	33000	11000	33100		
	-4.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

別表7(2) 弾性設計用地震動Sdによる建屋—機器連成解析結果(基本ケース×係数)

構造物	弾性設計用地震動Sd											
	Sd-D1	Sd-I1	Sd-12	Sd-13	Sd-14	Sd-21	Sd-22	Sd-31	S波包絡			
42.028	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
41.322	59.6	53.6	55.5	59.0	37.9	67.5	65.2	21.9	67.5	—	—	
40.015	221	199	206	219	141	251	242	81.1	251	—	—	
39.215	545	490	508	540	347	618	596	200	618	—	—	
38.301	784	704	730	777	499	889	858	288	889	—	—	
36.421	1130	1020	1060	1120	719	1290	1240	415	1290	—	—	
35.723	1440	1290	1340	1430	916	1640	1580	528	1640	—	—	
34.656	1890	1690	1750	1870	1200	2140	2060	690	2140	—	—	
33.132	2110	1890	1960	2090	1350	2390	2310	773	2390	—	—	
31.535	2390	2130	2360	2360	1520	2700	2610	873	2700	—	—	
30.560	2590	2310	2390	2560	1650	2930	2820	946	2930	—	—	
29.503	2740	2440	2530	2700	1750	3100	2990	1000	3100	—	—	
28.845	2870	2550	2650	2830	1830	3250	3130	1050	3250	—	—	
28.188	2970	2640	2740	2930	1890	3360	3240	1090	3360	—	—	
27.531	3070	2720	2830	3030	1960	3470	3350	1120	3470	—	—	
26.874	3180	2810	2920	3130	2030	3590	3460	1160	3590	—	—	
26.217	3280	2900	3010	3220	2090	3700	3570	1200	3700	—	—	
25.147	3400	3000	3120	3350	2170	3840	3700	1240	3840	—	—	
24.596	3560	3130	3260	3490	2270	4010	3870	1300	4010	—	—	
23.632	3710	3260	3390	3640	2370	4180	4030	1350	4180	—	—	
23.378	4000	3500	3650	3910	2560	4500	4340	1460	4500	—	—	
22.095	4290	3750	3920	4190	2750	4830	4660	1560	4830	—	—	
19.856	8820	7700	7950	8510	5610	9950	9550	3180	9950	—	—	
22.095	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
21.887	4240	3710	3780	4050	2670	4800	4680	1520	4800	—	—	
21.245	4240	3710	3780	4050	2670	4800	4680	1520	4800	—	—	
20.979	4240	3710	3780	4050	2670	4800	4680	1520	4800	—	—	
20.292	2290	2010	2090	2230	1430	2620	2480	822	2620	—	—	
35.723	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
34.656	27.8	26.3	24.9	26.5	18.0	32.8	30.7	10.2	32.8	—	—	
33.132	172	162	154	164	111	202	189	62.5	202	—	—	
31.535	284	268	254	271	184	335	313	104	335	—	—	
30.560	468	441	418	446	303	550	516	171	550	—	—	
29.503	784	723	684	733	502	903	855	284	903	—	—	
28.845	874	804	760	816	559	1010	952	316	1010	—	—	
28.188	898	825	780	838	574	1030	978	325	1030	—	—	
27.531	922	846	800	859	589	1060	1010	333	1060	—	—	
26.874	946	867	821	881	604	1090	1030	342	1090	—	—	
26.217	970	888	841	903	619	1110	1060	350	1110	—	—	
25.559	993	908	861	925	634	1140	1080	359	1140	—	—	
25.147	1160	1050	1000	1080	738	1320	1260	416	1320	—	—	
24.596	1160	1110	1110	1190	818	1460	1390	461	1460	—	—	
23.632	1310	1180	1130	1220	834	1490	1420	470	1490	—	—	
23.378	1360	1220	1170	1260	863	1540	1470	486	1540	—	—	
23.109	1380	1240	1190	1280	878	1560	1490	495	1560	—	—	
21.546	1410	1260	1220	1310	896	1590	1520	504	1590	—	—	
21.546	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	



別表7(3) 弾性設計用地震動Sdによる建屋一機器連成解析結果(基本ケース×係数)

標高 EL (m)	構造物	弾性設計用地震動Sd 設備用脚力(kN)										S波包絡
		Sd-D1	Sd-11	Sd-12	Sd-13	Sd-14	Sd-21	Sd-22	Sd-31			
21.587	制 ハ ウ 側 内 側 駆 動 機 構	1500	1340	1380	1480	921	1730	1630	536	1730	—	
20.979		1680	1500	1550	1660	1030	1940	1830	603	1940	—	
20.292		257	215	229	244	167	285	275	92.0	285	—	
19.344		235	196	210	224	153	261	252	84.2	261	—	
18.610		216	181	193	205	140	240	231	77.3	240	—	
17.876		148	124	133	141	96.2	165	159	53.2	165	—	
17.142		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
20.979	制 ハ ウ 側 外 側 駆 動 機 構	273	225	245	261	176	303	293	97.8	303	—	
19.344		243	200	218	232	156	269	260	86.9	269	—	
18.610		224	184	201	214	144	248	240	80.2	248	—	
17.876		120	98.3	108	115	76.8	133	128	42.8	133	—	
17.142		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

別表8 弾性設計用地震動S dによる建屋－機器連成解析結果（基本ケース×係数）

構造物	記号*	水平反力 (kN)																	
		Sd-D1		Sd-11		Sd-12		Sd-13		Sd-14		Sd-21		Sd-22		Sd-31		8波包絡	
		NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW		
ドライウエール 上部シヤラダ	K <sub>9</sub>	7430	8090	7500	6790	8360	5910	8320	5750	7050	5030	11800	8190	10300	9350	6550	6940	11800	
ドライウエール 下部シヤラダ	K <sub>10</sub>	9390	7160	6280	5700	6540	5690	6680	5770	5580	4060	10900	6170	10100	8650	9020	7640	10900	
PCV スタビライザ	K <sub>6</sub>	10800	10800	7120	7290	7800	7240	7680	7110	7280	5530	12900	8140	11600	10700	12100	12600	12900	
RPV スタビライザ	K <sub>1</sub>	5750	5730	3730	3650	4270	3690	4380	3580	3440	2800	6160	4370	6360	5450	6140	6370	6370	
CRDハブシヤラダ レストレントビーム	K <sub>3</sub>	249	246	153	153	183	156	168	159	181	125	320	191	261	249	268	274	320	
ダイヤアラミアフロア	K <sub>7</sub>	8350	7040	4940	5840	6940	5490	6640	5660	6170	4050	11400	6310	9950	8650	8440	7860	11400	

## 8. 制御棒の挿入性評価について

## 目 次

1. はじめに.....	2
2. 制御棒挿入性評価について.....	2
3. 鉛直地震動の影響について.....	4
3.1 既往研究の制御棒挿入性の整理.....	4
3.2 鉛直地震動の影響評価.....	5
3.2.1 影響評価方針.....	5
3.2.2 評価結果.....	6
4. まとめ.....	8

## 1. はじめに

制御棒挿入性への鉛直方向加速度の影響については、社団法人日本電気協会原子力発電耐震設計専門部会「水平・上下地震動に対する機器の機能維持評価法の検討に関する調査報告書」（以下「耐専報告書」という。）及び独立行政法人原子力安全基盤機構「原子炉施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査機器耐力その3（総合評価）に係る報告書」（以下「機器耐力報告書」という。）にて整理されている。東海第二発電所（以下「東二」という。）における鉛直方向加速度による制御棒挿入性の影響評価について、耐専報告書に纏められた方法に基づき影響評価を実施した。

## 2. 制御棒挿入性評価について

今回工認における制御棒挿入性評価については、JEAG4601-1991 追補版でのBWR用制御棒の評価手法を適用する。JEAG4601-1991 追補版の制御棒挿入性の評価手順を図1に示す。

制御棒の耐震性についての計算書では、建屋・機器連成系応答解析から得られた燃料集合体の相対変位が、制御棒の挿入試験で得られた燃料集合体の相対変位（約40mm）以内であることを確認している。東二の制御棒の耐震性についての評価概要を表1に示す。

表1 制御棒の耐震性についての評価概要

燃料集合体相対変位 (基準地震動 $S_s$ )	機能確認済相対変位	鉛直方向震度
16.8mm <sup>*1</sup>	約40mm	1.24G <sup>*1</sup> (0.83G <sup>*2</sup> )

\*1: 1.5倍を考慮した値

\*2: 1.5倍を考慮しない値

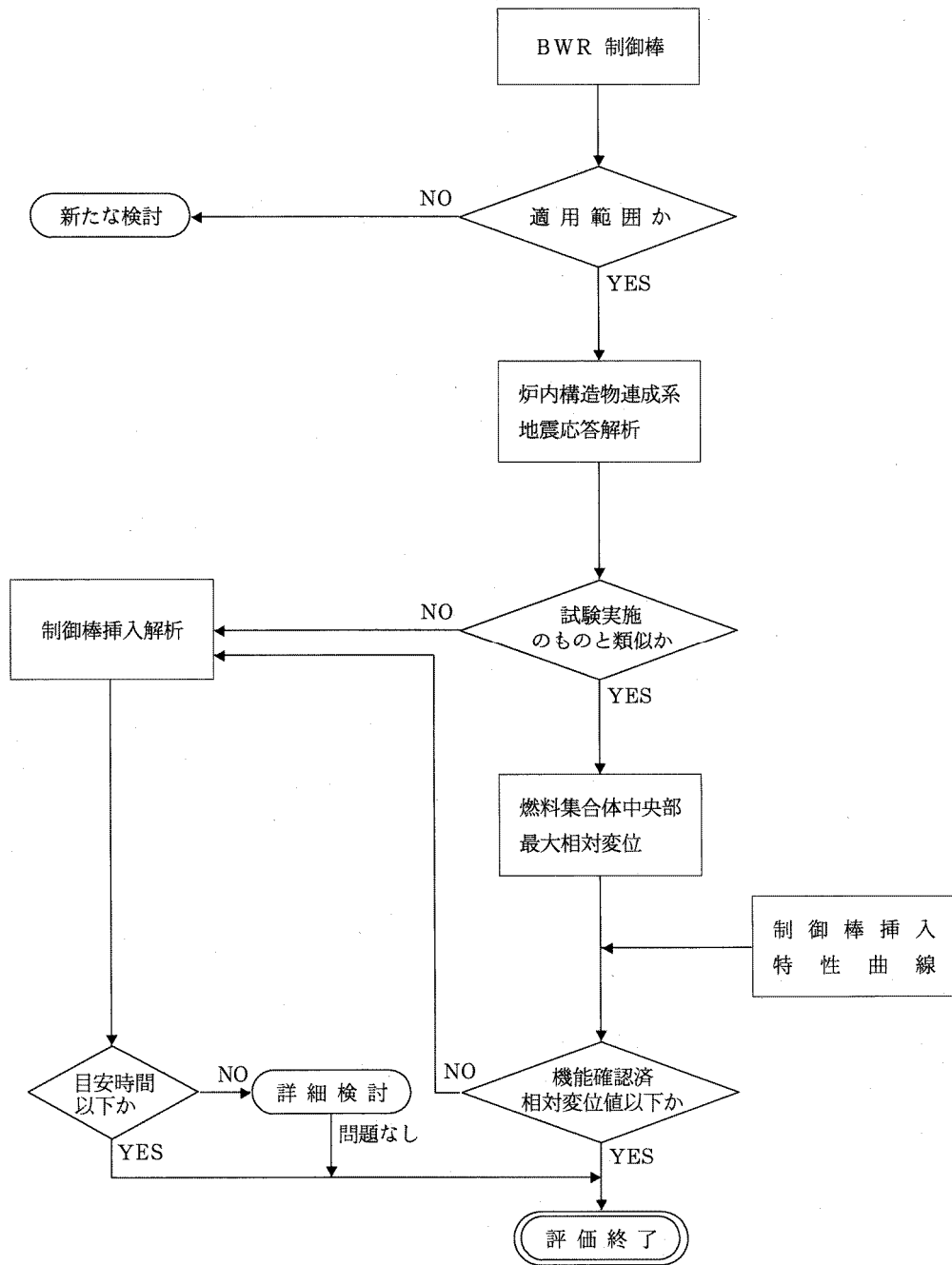


図1 制御棒挿入性の評価手順（BWR）（JEAG 4601-1991 追補版）

### 3. 鉛直地震動の影響について

#### 3.1 既往研究の制御棒挿入性の整理

- (1) NUPEC 実証試験では、最大約  $0.3 \times 9.8\text{m/s}^2$  までの上下地震動による試験を行い、上下方向の地震加速度が作用しても挿入性に影響しないことが確認されている。
- (2) 耐専報告書では、制御棒挿入時に制御棒に作用する挿入力とその他作用力を算出し、その大小関係と方向から上下地震動に対する影響を評価し、 $1.0 \times 9.8\text{m/s}^2$  に対して影響は小さく無視できるとしている。なお、ここでは、水平地震力による燃料中央部のたわみ変位は 34mm である。
- (3) 機器耐力報告書では、上下地震動として最大加速度  $2.0 \times 9.8\text{m/s}^2$  に対する検討を実施し、上下地震動による制御棒挿入性への影響はきわめて小さいこと報告している。

## 3.2 鉛直地震動の影響評価

### 3.2.1 影響評価方針

制御棒挿入性の鉛直方向加速度の影響評価については、耐専報告書における影響評価と同様に制御棒挿入時に制御棒に作用する荷重を静的荷重と扱い、また各荷重の作用方法は安全側の評価となるように設定する。ここで設定した条件において制御棒に作用する上下方向の荷重から、鉛直方向加速度が制御棒挿入性に与える影響を評価する。表2に影響評価で考慮する荷重と設定方針を示す。

表2 制御棒挿入性影響評価で考慮する荷重と設定方針

No.	制御棒に作用する荷重の種類	設定方法
1	制御棒自重	下向きに働く力として設定
2	制御棒駆動機構の挿入圧及び炉圧	定格炉圧時の炉圧スクラムでの挿入力として設定
3	炉水による浮力	制御棒に生じる浮力を制御棒の体積に基づき設定
4	上下地震力による抗力	炉心支持板位置の鉛直方向加速度から下向きに作用する力として設定
5	水平地震力による抗力	耐専報告書で算定された水平地震力による抗力（摩擦力）を用いる。* この算定では燃料中央部でのたわみ変位は34mmである。一方、東二の燃料集合体変位は16.8mmである。

\*： 耐専報告書記載の文献（ASME PVP）における、水平方向加振中の制御棒挿入試験での計測結果から解析した制御棒に生じる水平力を基にしている。



### 3.2.2 評価結果

表1の設定方針により算出した制御棒に作用する各鉛直方向荷重を表3及び図2に示す。制御棒挿入機構の挿入力为主体の上向きの力は約5100Nである。一方、自重や鉛直地震動による下向きの力は約3800Nである。よって、方向性を考慮した荷重の総和は上向きの力が1300N以上上回っている。

表3 制御棒挿入性影響評価で考慮する荷重と算出根拠

No.	制御棒に作用する荷重の種類	荷重 (N) *	算出根拠
1	制御棒自重	- 814	制御棒質量：83kg
2	制御棒駆動機構の挿入圧及び炉圧	+ 5061	定格圧力（6.93MPa）時の挿入力
3	炉水による浮力	+ 94	制御棒体積に炉水密度を考慮
4	上下地震力による抗力	- 1460	鉛直方向加速度 1.24G が制御棒及び制御棒駆動機構部に作用するとして算定
5	水平地震力による抗力（摩擦力）	- 1509	水平地震動による燃料中央部のたわみ変位が34mmになる状態で、50%ストロークのスクラムした場合に、制御棒に生じる水平力の解析値が約15092Nであり、一般的な動摩擦係数0.1として抗力を算定(耐専報告書)
作用力の合計		+ 1372	—

\*： 荷重の方向を、上向き+、下向き-とした。

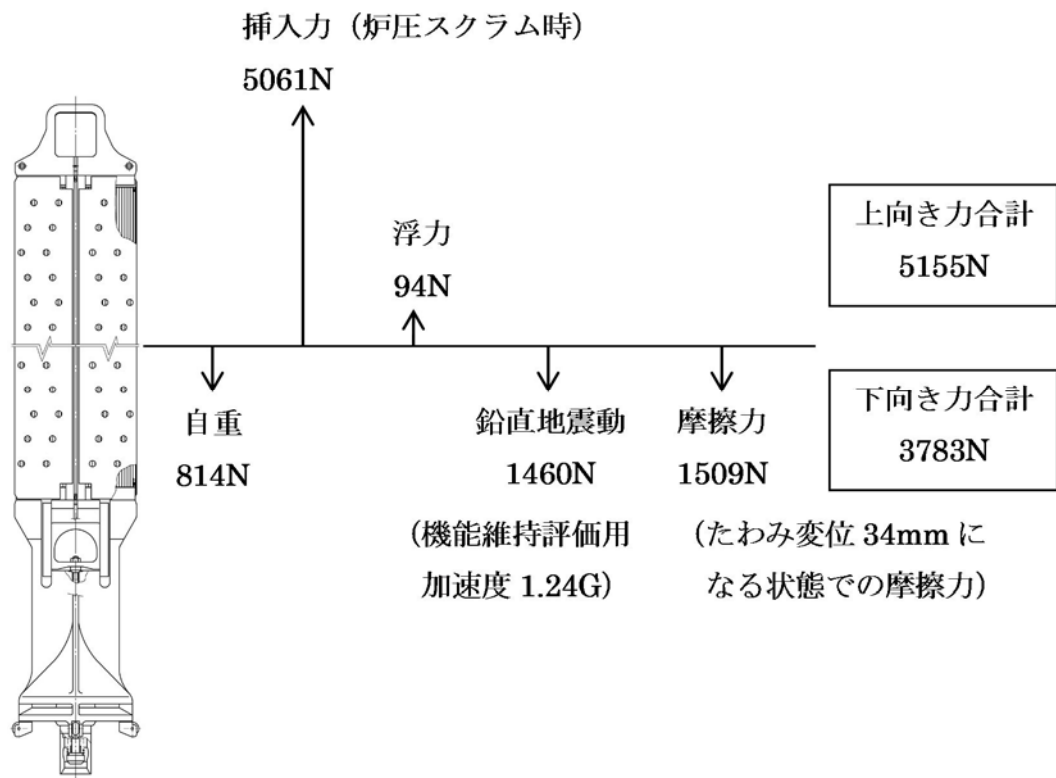


図 2 制御棒に作用する鉛直方向荷重

#### 4. まとめ

鉛直地震動が作用した場合を想定し、制御棒に作用する上下方向地震力と地震スクラムにより生じるその他作用力との大小関係进行评估し、影響を検討した。その結果、交番荷重である鉛直地震動の加速度 1.24G が、仮に常時下向きに作用するとした場合でも、制御棒の上向き挿入力は下向きの力に対して、十分大きくなっている。なお、今回の影響評価では、下記①、②に示すように保守性を有している。

- ① 制御棒駆動機構による上向きの挿入力として、水圧制御ユニットアキュムレータによるスクラムよりも低い炉圧スクラム (6.93MPa) による挿入力を用いている。
- ② 水平地震力による抗力として、耐専報告書記載の文献に基づき、燃料中央部のたわみ変位が 34mm になる状態でスクラムした場合に制御棒に生じる水平力を使用している。一方、東二の燃料集合体相対変位は 16.8mm であり、この時の水平地震力による抗力は 34mm での抗力より小さい。

以上のことから、制御棒の挿入性に対する鉛直方向地震による影響は小さく問題ないと考える。

9. 電気盤等の機能維持評価に適用する水平方向の  
評価用加速度について

## 1. はじめに

電気盤、計装ラック（以下「電気盤等」という。）については、JNES\*で実施された電気盤等の加振試験より固有振動数 20Hz 以上を有していても、器具取付位置での応答は、水平方向入力に対して応答増幅があることが確認されている。

当該事象を踏まえて東海第二発電所の電気盤等の機能維持評価に適用する水平方向の評価用加速度の保守性を確認する。

\* 独立行政法人原子力安全基盤機構 平成 16 年度原子力発電施設耐震信頼性実証に関する報告書その 1（横形ポンプ，電気品）

## 2. 評価用加速度の保守性の確認

電気盤等については、固有振動数を 20Hz 以上の剛構造とすることを基本として設計している。以下では固有振動数が 20Hz 以上であり、評価に用いる加速度（以下「評価用加速度」という。）として最大応答加速度（ZPA）をベースとしている電気盤等について、評価用加速度の保守性を確認する。

### 2.1 原子炉建屋に設置される電気盤等

原子炉建屋に設置される電気盤等の機能維持評価に適用する評価用加速度は、「補足 340-13 機電分耐震計算書の補足 2. 設計用床応答曲線の作成方法及び適用方法」にて、最大応答加速度（1.0ZPA）を 1.5 倍した値又は材料物性のばらつきを考慮した値を用いることから、各々のケースについて確認を行う。

(1) 評価用加速度として最大応答加速度 (1.0ZPA) を 1.5 倍した値を用いる場合の保守性

原子炉建屋の水平方向の床応答スペクトルは、0.1 秒より剛領域では応答増幅がないことが確認されている (参考図 1)。このため、電気盤等の応答増幅が影響される 20Hz での床応答スペクトルの地震力が、評価用加速度として用いる 1.0ZPA の 1.5 倍の値よりも下回っていれば、評価用加速度が保守性を有しているといえる。

これより、評価用加速度 (1.0ZPA×1.5 倍) が床応答スペクトルにおける 20Hz での地震力を上回っていることを確認する (表 1)。表 1 に示すとおり、評価用加速度は、床応答スペクトルにおける 20Hz での地震力を上回っていることを確認した。

表 1 評価用加速度 (1.0ZPA×1.5) と床応答スペクトルの地震力 (20Hz) との比較

標高 EL. (m)	評価用加速度 (1.0ZPA×1.5)	床応答スペクトルの地震力 (20Hz での震度)	
		基本ケース	材料物性のばらつき 等を考慮したケース
46.5	1.46	1.07	1.10
38.8	1.40	0.99	1.04
34.7	1.37	0.96	1.07
29.0	1.29	1.05	1.15
20.3	1.11	0.90	1.03
14.0	0.95	0.68	0.82
8.2	0.92	0.63	0.66
2.0	0.80	0.58	0.61
-4.0	0.72	0.53	0.57

\* 1 減衰定数 4.0%を用いた。

(2) 評価用加速度として材料物性のばらつき等の最大応答加速度 (1.0ZPA) を用いる場合の保守性

(1)項と同様の考え方にに基づき、電気盤等の応答増幅が影響される 20Hz での床応答スペクトルの地震力が、評価用加速度として用いる材料物性のばらつき等の最大応答加速度よりも下回っていれば、評価用加速度が保守性を有しているといえる。

これより、評価用加速度として用いる材料物性のばらつき等の最大応答加速度が床応答スペクトルにおける 20Hz での地震力とを比較した (表 2)。表 2 に示すとおり、評価用加速度は、床応答スペクトルにおける 20Hz での地震力よりも小さな値となっている。このため、評価用加速度として材料物性のばらつき等の最大応答加速度を用いる場合については、応答スペクトルにおける 20Hz での地震力を考慮した評価を行う必要がある。

表 2 評価用加速度 (材料物性のばらつき等を考慮) と床応答スペクトルの地震力 (20Hz) との比較

標高 EL. (m)	評価用加速度 (材料物性のばらつき 等を考慮)	床応答スペクトルの地震力* <sup>1</sup> (20Hz での震度)	
		基本ケース	材料物性のばらつき 等を考慮したケース
46.5	1.05	1.07	1.10
38.8	0.99	0.99	1.04
34.7	0.98	0.96	1.07
29.0	0.91	1.05	1.15
20.3	0.85	0.90	1.03
14.0	0.69	0.68	0.82
8.2	0.61	0.63	0.66
2.0	0.58	0.58	0.61
-4.0	0.52	0.53	0.57

\* 1 減衰定数 4.0%を用いた。

### 3. まとめ

#### 3.1 原子炉建屋に設置される電気盤等

原子炉建屋に設置される電気盤等の機能維持評価に適用する評価用加速度について、最大応答加速度（1.0ZPA）を1.5倍した値又は材料物性のばらつきを考慮した値を用いる場合において以下のとおり整理する。

(1) 最大応答加速度（1.0ZPA）を1.5倍した値を用いる場合

評価用加速度は、床応答スペクトルにおける20Hzでの地震力を上回っていることが確認できたため、現行とおりの値を用いて評価を行う。

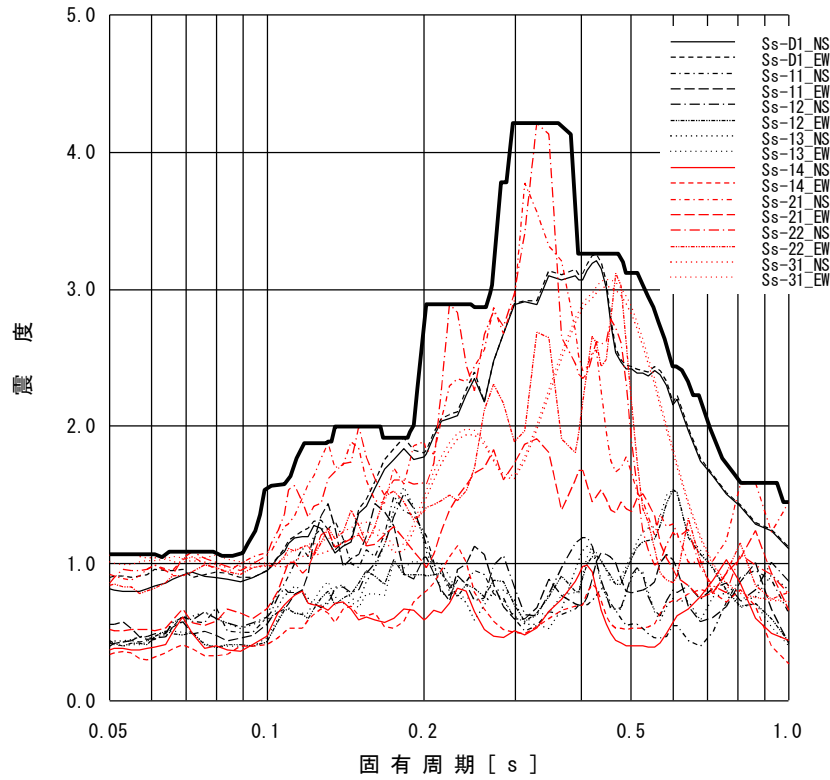
(2) 材料物性のばらつき等の最大応答加速度（1.0ZPA）を用いる場合

評価用加速度は、床応答スペクトルにおける20Hzでの地震力よりも小さな値となっているため、応答スペクトルにおける20Hzでの地震力を考慮することとし、表2における最大値を用いた評価を行う（表3）。

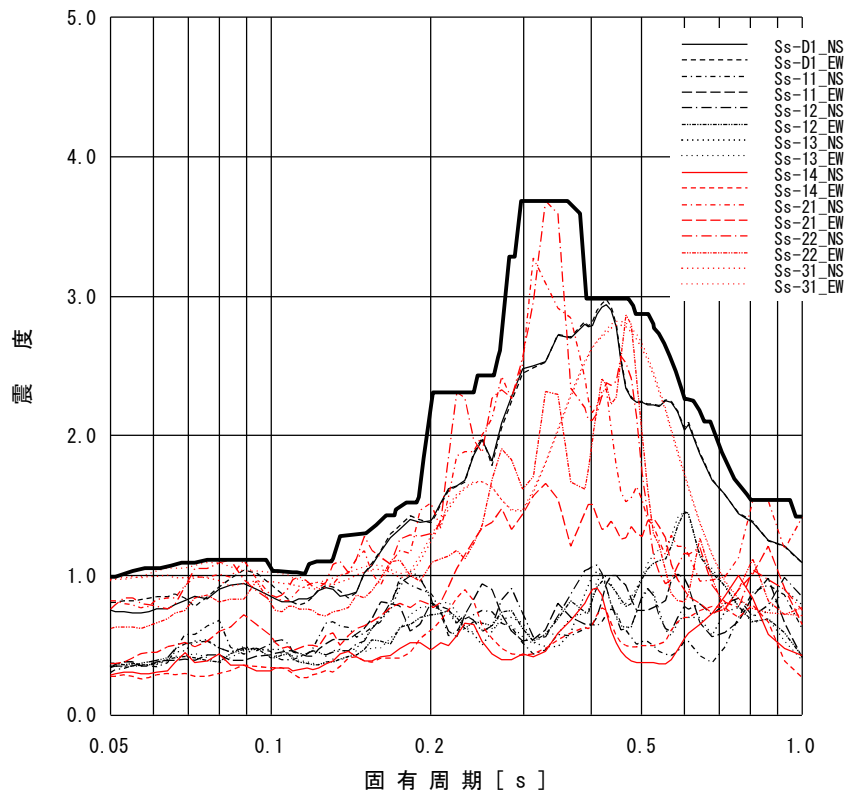
表3 材料物性のばらつき等の最大応答加速度（1.0ZPA）を用いる場合の評価用加速度

標高 EL. (m)	評価用加速度
46.5	1.10
38.8	1.04
34.7	1.07
29.0	1.15
20.3	1.03
14.0	0.82
8.2	0.66
2.0	0.61
-4.0	0.57

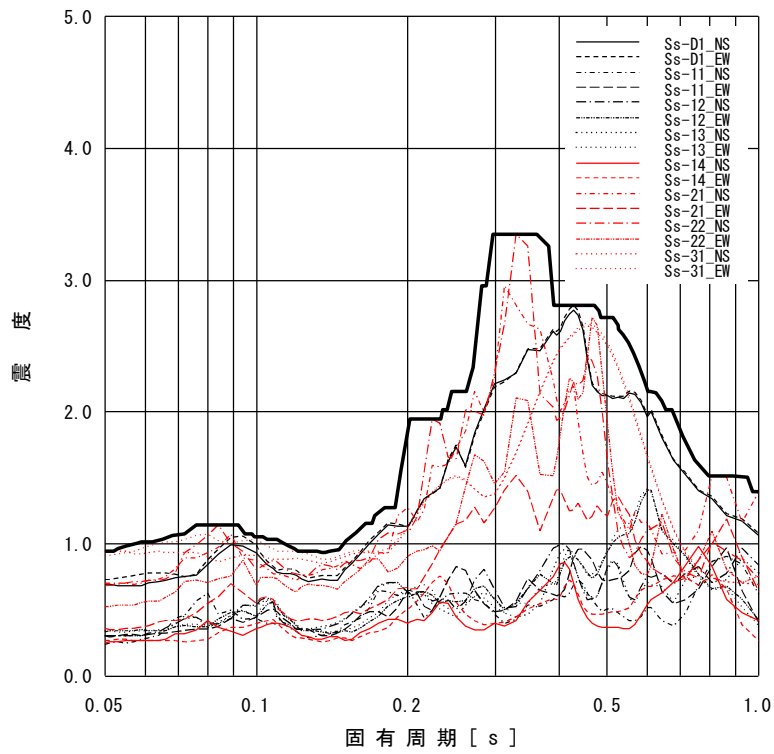




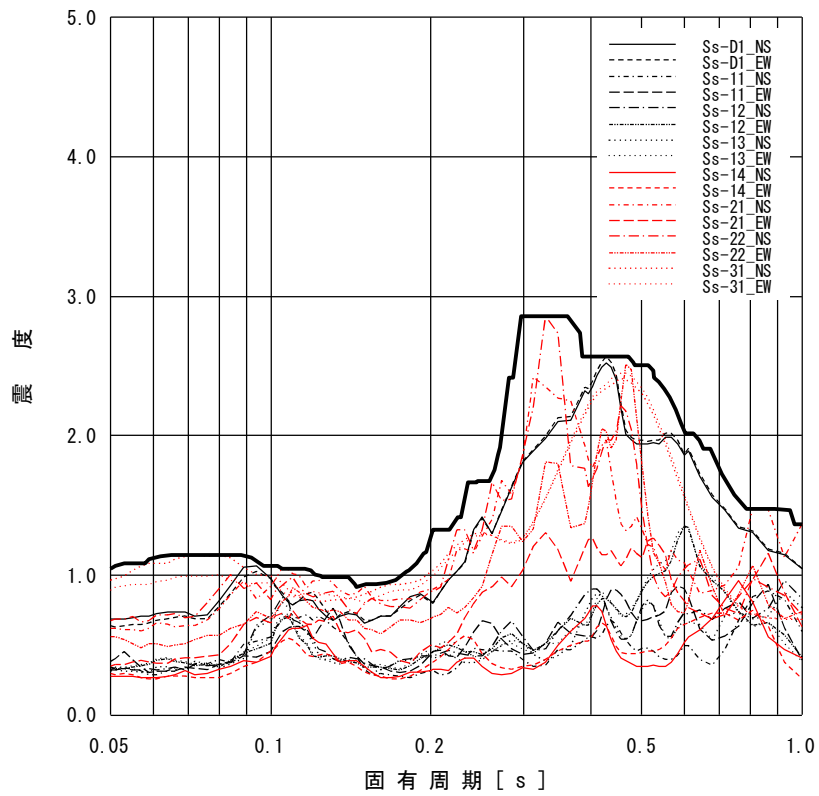
添付図 1-1 原子炉建屋 (EL. 46.5m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 4.0%)



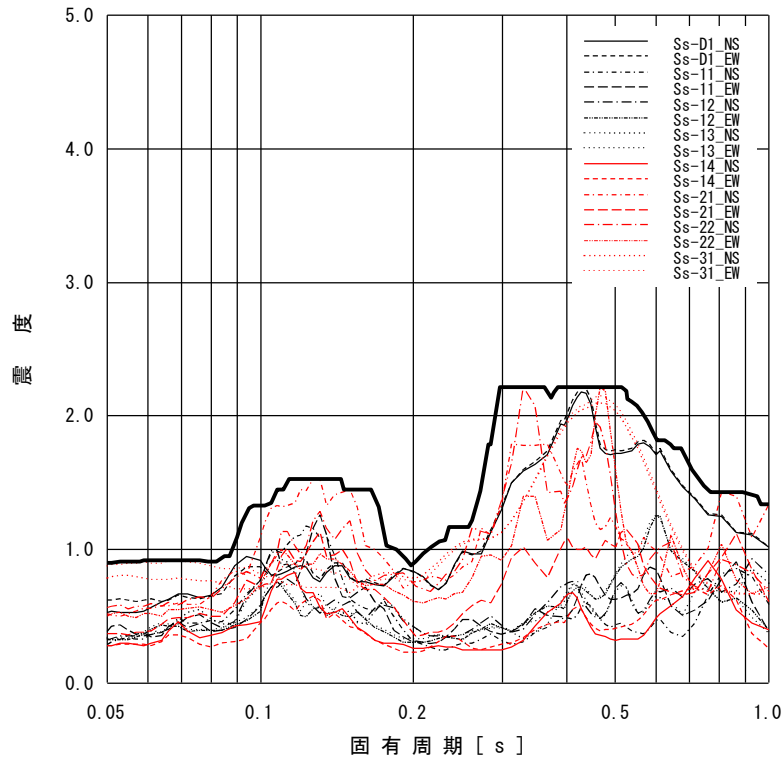
添付図 1-2 原子炉建屋 (EL. 38.8m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 4.0%)



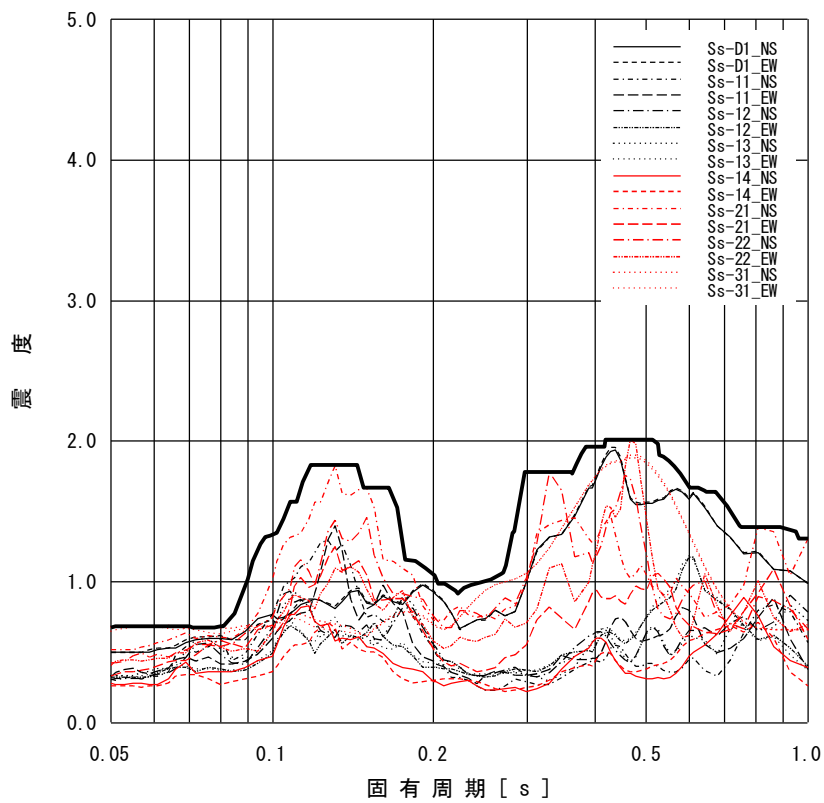
添付図 1-3 原子炉建屋 (EL. 34.7m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 4.0%)



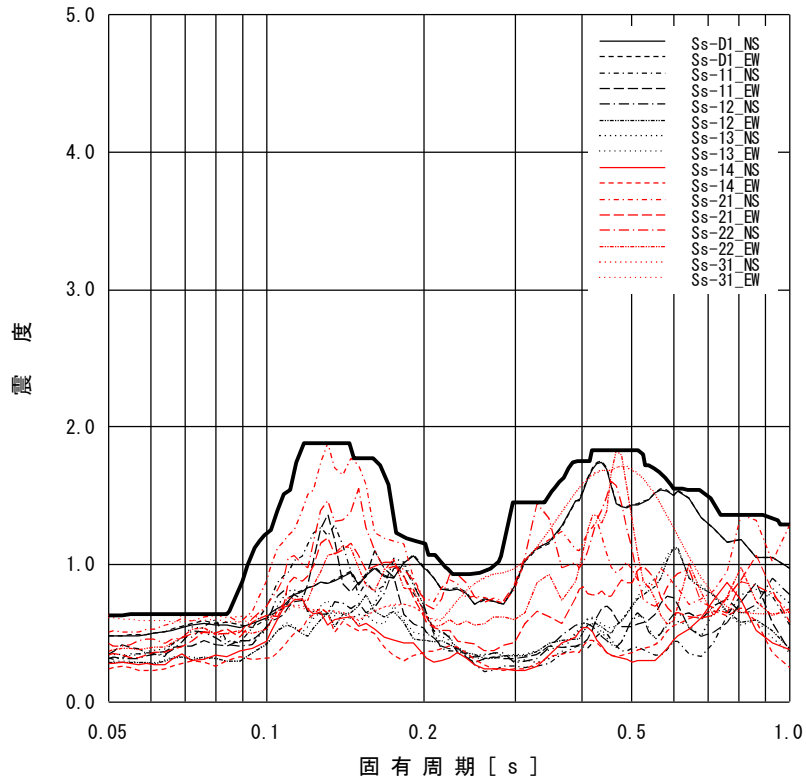
添付図 1-4 原子炉建屋 (EL. 29.0m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 4.0%)



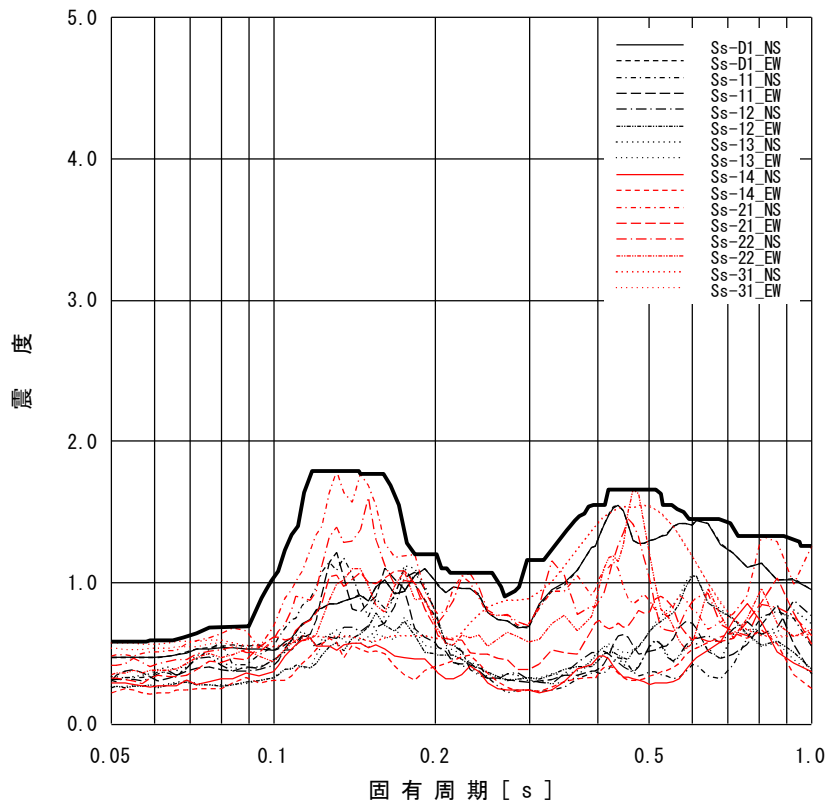
添付図 1-5 原子炉建屋 (EL. 20.3m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 4.0%)



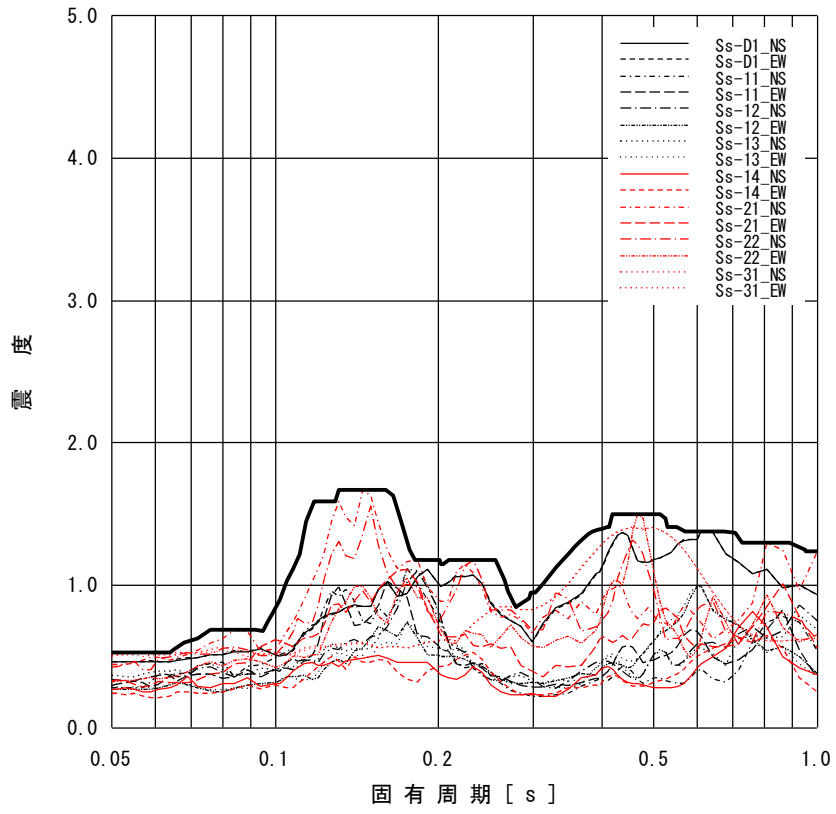
添付図 1-6 原子炉建屋 (EL. 14.0m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 4.0%)



添付図 1-7 原子炉建屋 (EL. 8.2m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 4.0%)



添付図 1-8 原子炉建屋 (EL. 2.0m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 4.0%)



添付図 1-9 原子炉建屋 (EL. -4.0m) の加速度応答スペクトル  
(水平方向, 減衰定数 4.0%)

10. 大型機器，構造物の地震応答計算書の補足について

## 目 次

1. 地震応答解析モデルの設定について	1
1.1 はじめに	1
1.2 質点位置	1
1.3 質点質量	3
1.4 断面剛性（有効せん断断面積及び断面二次モーメント）	4
1.5 構造物間ばね定数	5
1.6 ダイヤフラム・フロア質量のモデル化	6
1.7 原子炉本体の基礎のコンクリート物性	7
1.8 解析モデルの扱い	11
2. シアラグ部のクリアランスについて	14
2.1 はじめに	14
2.2 シアラグ部概略構造とクリアランス評価	14

下線：本日まで提出資料

## 1. 地震応答解析モデルの設定について

### 1.1 はじめに

地震応答解析モデルの設定については、資料V-2-1-5「地震応答解析の基本方針」に記載の解析モデルの設定方針に基づいており、設定内容については、資料V-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」で説明している。ここで、解析モデルは基本的に既工認のモデル諸元を適用しており、かつ、最近のプラントで適用実績があるモデル化手法を参照しモデル諸元を設定している。

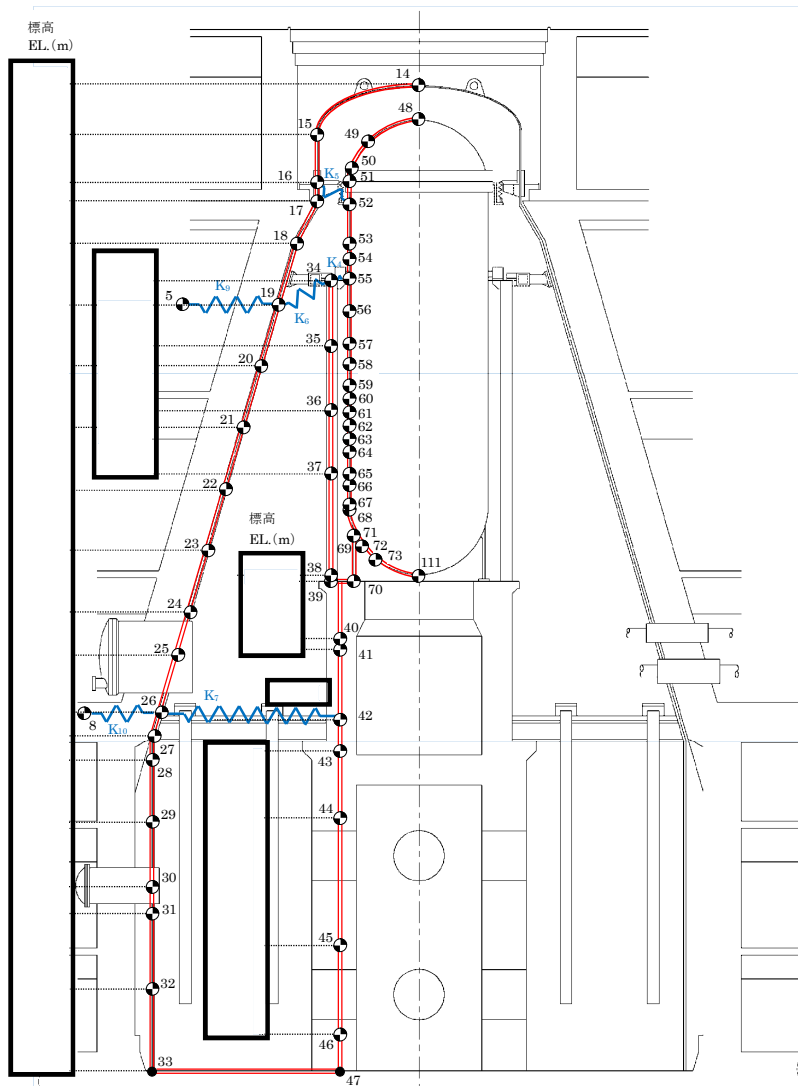
本資料において、解析モデルの作成内容として、質点位置、質量算出例、断面剛性算出例、ばね定数の設定方法等について、以下に示す。

### 1.2 質点位置

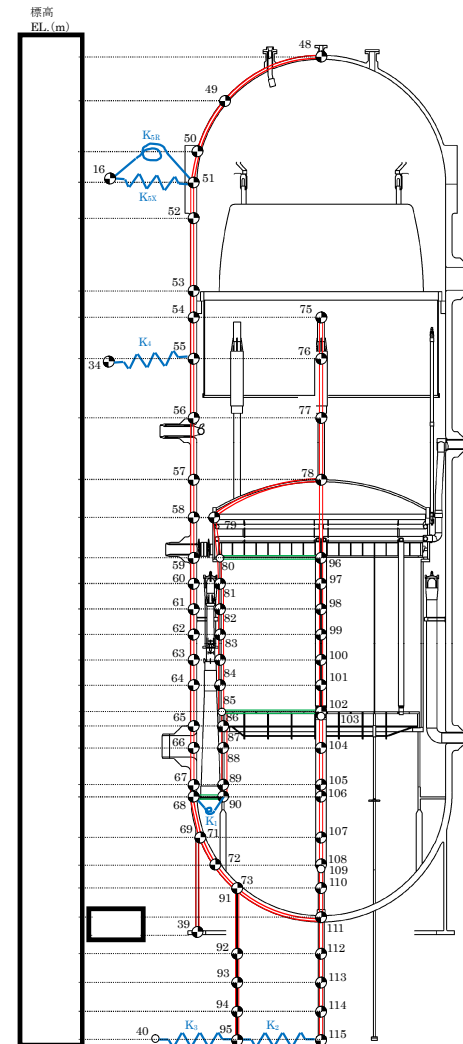
解析モデルで設定した質点位置は、各構造物の地震応答を把握できるように、モデル化する各構造物の形状を踏まえて設定している。各構造物断面図上に質点位置を示した図として、原子炉格納容器、原子炉遮蔽及び原子炉本体の基礎について図 1(1)に、原子炉圧力容器、炉心シュラウド、燃料集合体、制御棒案内管及び制御棒駆動機構ハウジング等について図 1(2)に示す。なお、地震応答解析では、図 1 以外に原子炉建屋の地震応答解析モデルと連成させて応答解析を実施している。

質点位置は、各構造物の形状不連続部、ハッチ類等の付加物接合部及び各構造物の接続部などに設け、振動モードを把握できる間隔としている。





(1) 原子炉格納容器，原子炉遮蔽及び原子炉本体の基礎



(2) 原子炉圧力容器，炉心シュラウド，燃料集合体，制御棒案内管及び制御棒駆動機構ハウジング等

図1 地震応答解析モデル（水平方向）

1.3 質点質量

追而

1.4 断面剛性（有効せん断断面積及び断面二次モーメント）

追而

1.5 構造物間ばね定数

追而

## 1.6 ダイヤフラム・フロア質量のモデル化

ダイヤフラム・フロアは、原子炉格納容器のドライウェル部とサプレッション・チェンバ部との境界に設置される円環平板形状の構造物である。円環状の鉄筋コンクリート床スラブ、床スラブを支持する半径方向に配置した鋼製大梁及び大梁間に円周方向に複数配置した鋼製小梁により構成されている。円環内周端は原子炉本体の基礎に結合支持され、円環外周部で大梁を支持するため原子炉格納容器底面から鋼製柱を設置している。円環外周端は原子炉格納容器に設置したダイヤフラムブラケットに、大梁端部が水平方向で隙間をもって嵌め合う構造となっている。(図2参照)

ダイヤフラム・フロア自重は、内周端が結合支持された原子炉本体の基礎及び大梁を支持する柱とで負担する。柱は円周状に  $10^\circ$  間隔で 18 本設置しており、ダイヤフラム・フロア自重を原子炉本体の基礎及び柱 18 本とで、 の割合で分担する。

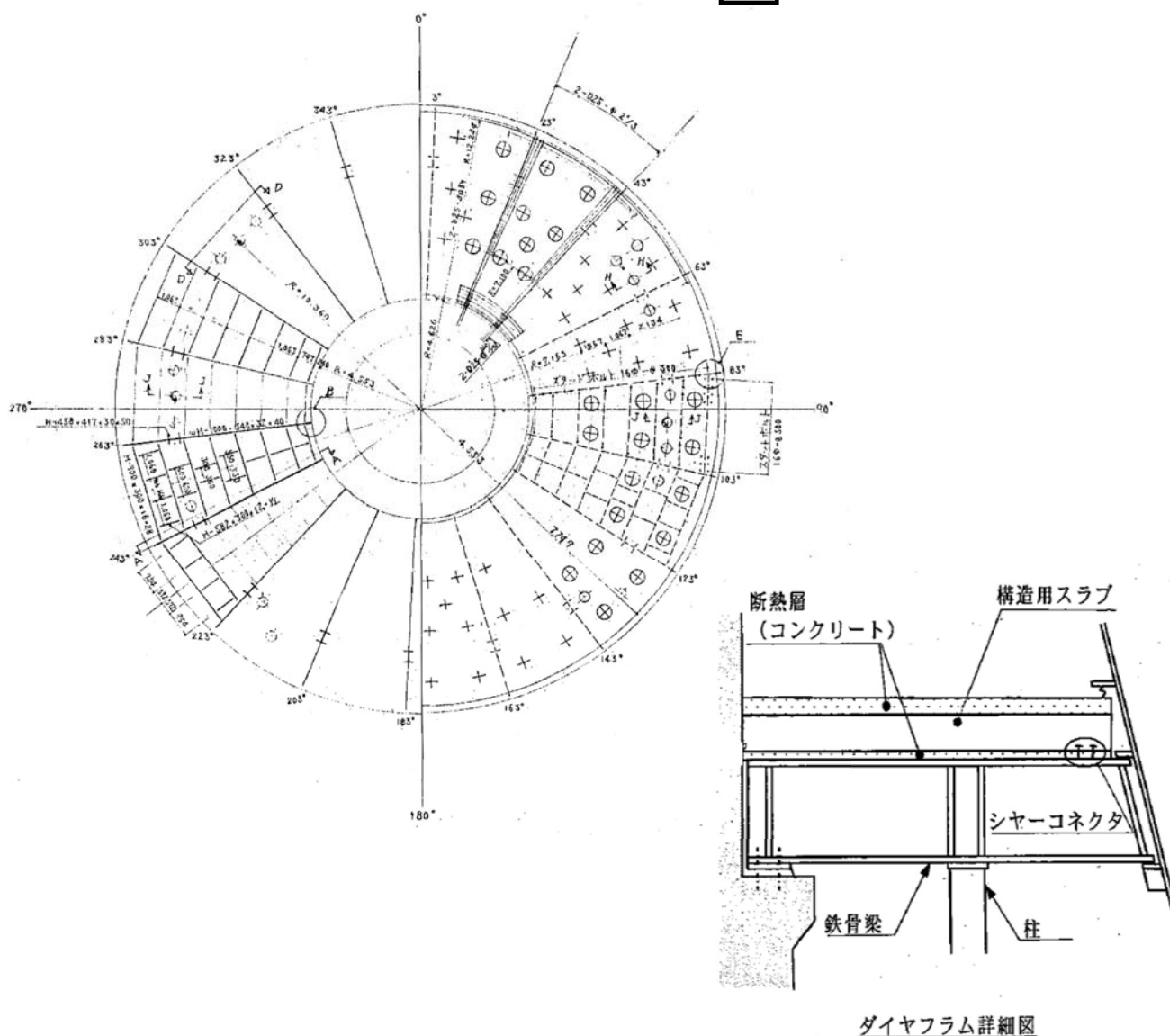


図2 ダイヤフラム・フロア概要図

## 1.7 原子炉本体の基礎のコンクリート物性

今回工認の地震応答計算では、原子炉本体の基礎のコンクリートはポアソン比 0.17 を使用している。一方、最新の「鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説」では、ポアソン比は 0.2 である。

そこで、原子炉本体の基礎のコンクリートのポアソン比を 0.2 とした場合の影響について、検討を行った。

### (1) 検討方針

ポアソン比は縦弾性係数と横弾性係数の関係から定まるものであり、地震応答解析に使用する諸元のうち、せん断剛性に関係する。このため、水平方向の地震応答解析について影響を確認する。

また、検討する地震動は、 $S_s-D1$  とし、せん断剛性以外の解析条件の変更はない。

### (2) 検討結果

影響検討として、固有周期、応答加速度、ばね反力について整理した。

固有周期の比較を表 1 に示す。EW方向の 9 次モードにおいて、周期に変化がみられるが、これは原子炉压力容器が卓越するモードである。それ以外に固有周期の変化はない。

応答加速度については、原子炉遮蔽、原子炉本体の基礎及び原子炉压力容器についての比較を表 2 に示す。一部の節点で 0.01 の変化があるが、加速度への影響はほぼない。

ばね反力については、上部シアラグ及び下部シアラグについての比較を表 3 に示す。ばね反力への影響はごく小さい。

以上より、原子炉本体の基礎のコンクリートのポアソン比を 0.2 とした場合の応答解析を行った結果、固有周期に有意な変動はなく、地震応答に有意な変化は生じていない。よって、今回工認では、当該部位のポアソン比は既工認と同じとする。

表 1 固有周期の比較

固有周期 (s)				
次数	NS方向		EW方向	
	ポアソン比 0.17	ポアソン比 0.2	ポアソン比 0.17	ポアソン比 0.2
	1	0.411	0.411	0.413
2	0.203	0.203	0.203	0.203
3	0.196	0.196	0.195	0.195
4	0.136	0.136	0.134	0.134
5	0.114	0.114	0.113	0.113
6	0.103	0.103	0.106	0.106
7	0.086	0.086	0.087	0.087
8	0.084	0.084	0.084	0.084
9	0.077	0.077	0.076	0.077
10	0.063	0.063	0.063	0.063
11	0.059	0.059	0.059	0.059
12	0.057	0.057	0.056	0.056
13	0.052	0.052	0.05	0.05

表2 加速度の比較

加速度 (G)					
節点 番号	部位	NS方向		EW方向	
		ポアソン比 0.17	ポアソン比 0.2	ポアソン比 0.17	ポアソン比 0.2
34	原子炉 遮蔽	0.9	0.9	0.89	0.89
35		0.89	0.89	0.86	0.86
36		0.88	0.88	0.84	0.84
37		0.85	0.85	0.81	0.81
38		0.8	0.8	0.75	0.75
39	原子炉 本体の 基礎	0.79	0.79	0.75	0.75
40		0.74	0.75	0.72	0.72
41		0.73	0.74	0.72	0.72
42		0.66	0.66	0.67	0.67
43		0.64	0.64	0.65	0.65
44		0.61	0.61	0.61	0.61
45		0.57	0.57	0.57	0.57
46		0.56	0.56	0.56	0.56
48	原子炉 圧力容 器	1.12	1.13	1.12	1.13
49		1.08	1.09	1.08	1.09
50		1.05	1.05	1.05	1.05
51		1.03	1.03	1.02	1.03
52		1	1	1	1
53		0.95	0.96	0.95	0.95
54		0.94	0.94	0.93	0.94
55		0.91	0.91	0.91	0.91
56		0.89	0.89	0.88	0.88
57		0.88	0.88	0.86	0.86
58		0.88	0.88	0.85	0.85
59		0.87	0.87	0.84	0.84
60		0.87	0.87	0.84	0.84
61		0.86	0.86	0.83	0.83
62		0.86	0.86	0.82	0.83
63		0.85	0.85	0.82	0.82
64		0.85	0.85	0.81	0.81
65		0.84	0.84	0.81	0.81
66		0.83	0.84	0.8	0.8
67		0.82	0.83	0.79	0.79
68		0.82	0.82	0.78	0.79
69		0.81	0.82	0.77	0.78
70		0.79	0.79	0.75	0.75
71	0.81	0.82	0.77	0.78	
72	0.81	0.81	0.77	0.77	
73	0.81	0.81	0.77	0.77	

表3 ばね反力の比較

ばね反力(kN)				
部位	NS方向		EW方向	
	ポアソン比 0.17	ポアソン比 0.2	ポアソン比 0.17	ポアソン比 0.2
上部シアラグ	7530	7540	7840	7840
下部シアラグ	10900	11000	7560	7660

## 1.8 解析モデルの扱い

### (1) 検討方針

既工認では、建屋と連成して地震応答を計算する大型機器、構造物系の解析モデルについて、次の2つのモデルを用いていた。

これに対して今回工認では、炉内構造物等もモデル化したモデル②を用いて地震応答解析を実施している。

モデル①： 原子炉建屋～原子炉格納容器～原子炉遮蔽・原子炉本体の基礎～  
原子炉压力容器

モデル②： 原子炉建屋～原子炉格納容器～原子炉遮蔽・原子炉本体の基礎～  
原子炉压力容器～炉内構造物（気水分離器・炉心シュラウド，燃料  
集合体，制御棒案内管）～制御棒駆動機構ハウジング

本資料において、2つのモデルを整理すると共に、モデル②のみを用いて地震応答解析を実施している理由について示す。

### (2) 地震応答解析モデルの整理とモデル②を適用する理由

モデル①及び②についての整理を表4に示す。既工認では、評価対象設備に合わせ、まずモデル①による地震応答解析を実施し、その後、炉内構造物の耐震計算に合わせてモデル②による地震応答解析を実施した。これは、工認申請の進捗によるものである。モデル②での炉内構造物のモデル化の際に、原子炉压力容器については、炉内構造物の質点標高に合わせて細分化している。

今回工認では、設計進捗に合わせてモデルを使い分ける必要はないことから、モデル②を用いて地震応答解析を実施するものとした。



表 4 地震応答解析モデルの整理

項目	モデル① [図 3 参照]	モデル② [図 4, 5 参照]
主なモデル化対象設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉建屋 [C/S]</li> <li>・原子炉格納容器 [PCV]</li> <li>・原子炉遮蔽 [S/WALL]</li> <li>・原子炉本体の基礎 [PED]</li> <li>・原子炉圧力容器 [RPV]</li> <li>・シアラグ (上部, 下部) [K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>]</li> <li>・シールベロー [K<sub>3</sub>]</li> <li>・スタビライザ [K<sub>4</sub>, K<sub>6</sub>]</li> <li>・ダイヤフラム・フロア [K<sub>5</sub>]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>← (同左)</li> <li>← (同左)</li> <li>← (同左)</li> <li>← (同左)</li> <li>← (同左) ※1</li> <li>← (同左) [K<sub>9</sub>, K<sub>10</sub>]</li> <li>← (同左) [K<sub>5</sub>]</li> <li>← (同左) [K<sub>4</sub>, K<sub>6</sub>]</li> <li>← (同左) [K<sub>7</sub>]</li> <li>・炉内構造物 (気水分離器, シュラウド, 燃料集合体, 制御棒案内管)</li> <li>・制御棒駆動機構ハウジング</li> </ul>
既工認での適用対象設備 (既工認分割申請回)	<p>(分割申請第 1 回)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉格納容器</li> <li>・原子炉遮蔽</li> <li>・原子炉本体の基礎</li> <li>・原子炉圧力容器</li> <li>・シアラグ (上部, 下部)</li> <li>・スタビライザ</li> <li>・ダイヤフラム・フロア</li> </ul>	<p>(分割申請第 20 回)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・炉内構造物 (気水分離器, シュラウド, 燃料集合体, 制御棒案内管)</li> <li>・制御棒駆動機構ハウジング</li> </ul>
今回工認での適用対象設備	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉格納容器</li> <li>・原子炉遮蔽</li> <li>・原子炉本体の基礎</li> <li>・原子炉圧力容器</li> <li>・シアラグ (上部, 下部)</li> <li>・スタビライザ</li> <li>・ダイヤフラム・フロア</li> <li>・炉内構造物 (気水分離器, シュラウド, 燃料集合体, 制御棒案内管)</li> <li>・制御棒駆動機構ハウジング</li> </ul>

※1： 原子炉圧力容器については、炉内構造物の質点標高に合わせ細分化している。

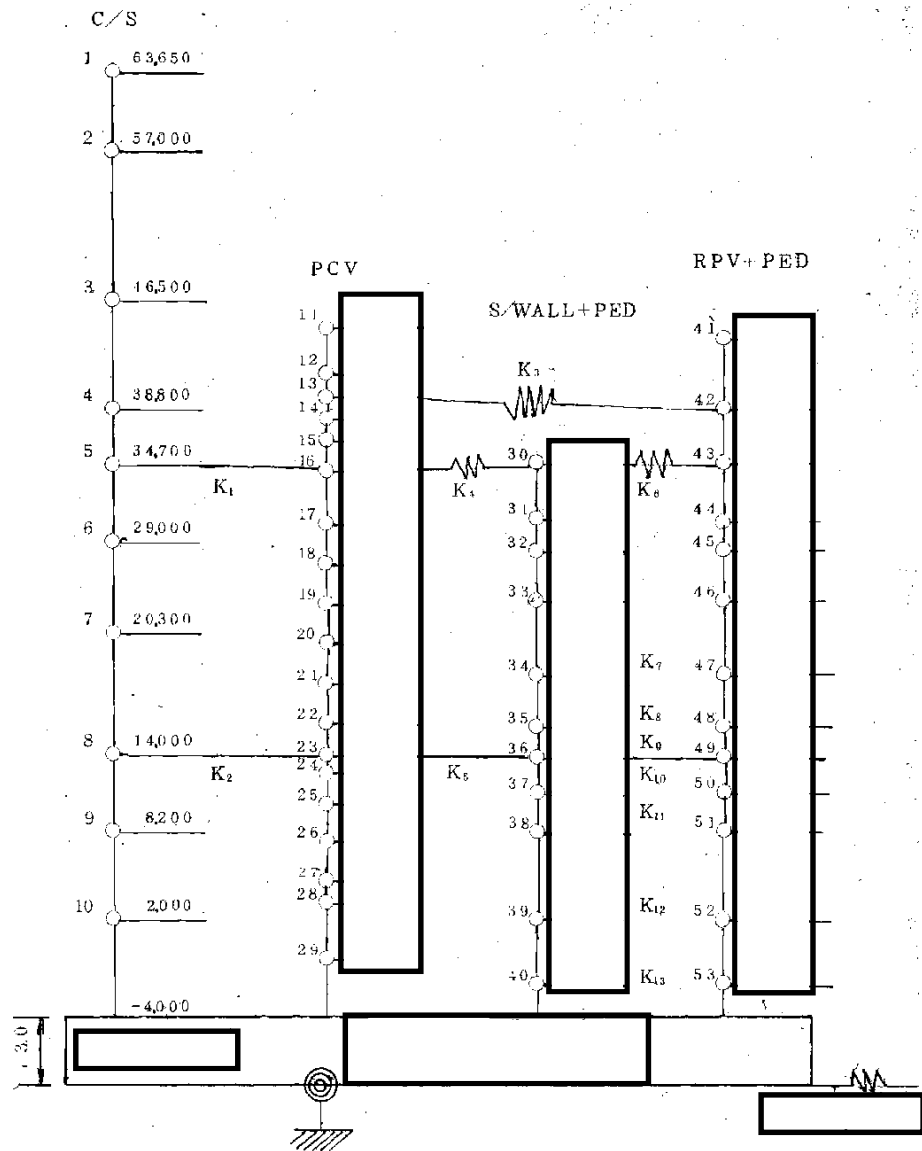


図3 地震応答解析モデル：モデル①（既工認：分割申請第1回）

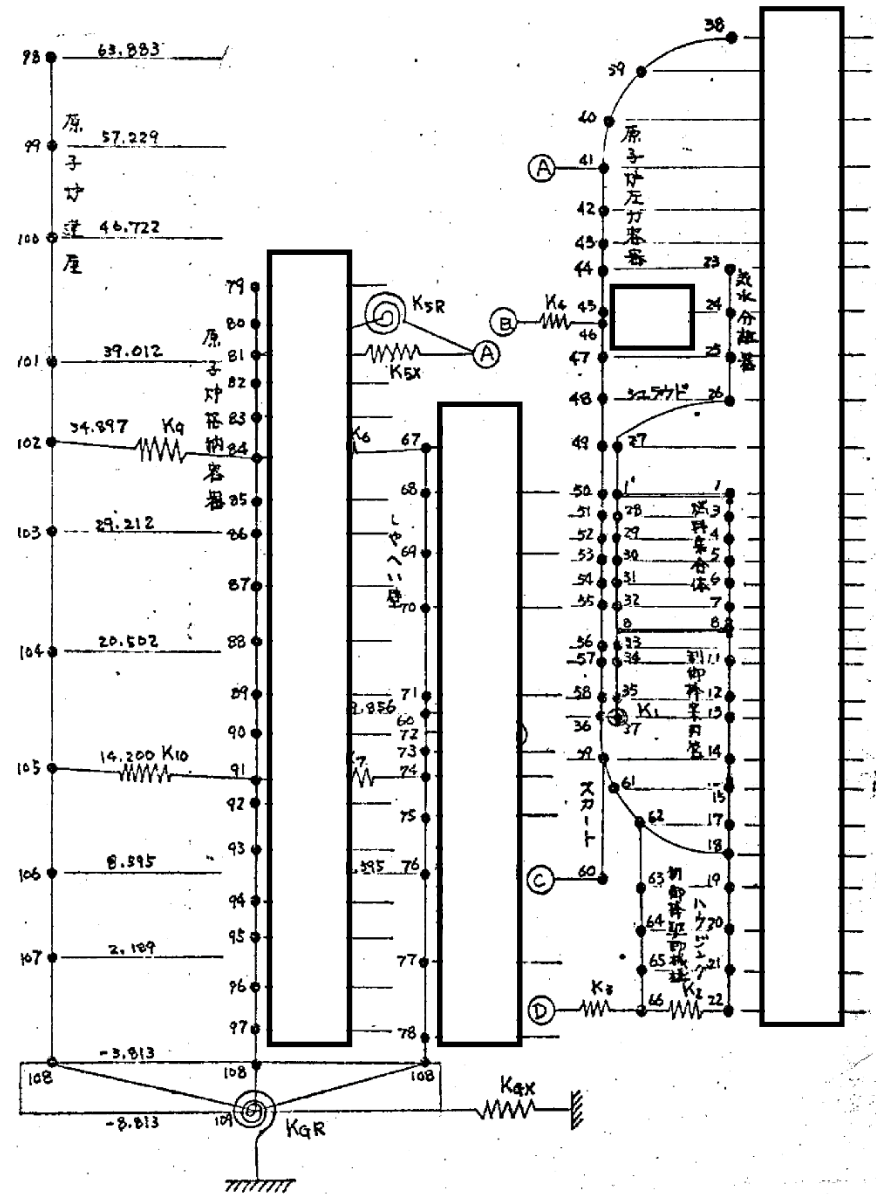


図4 地震応答解析モデル：モデル②（既工認：分割申請第20回）

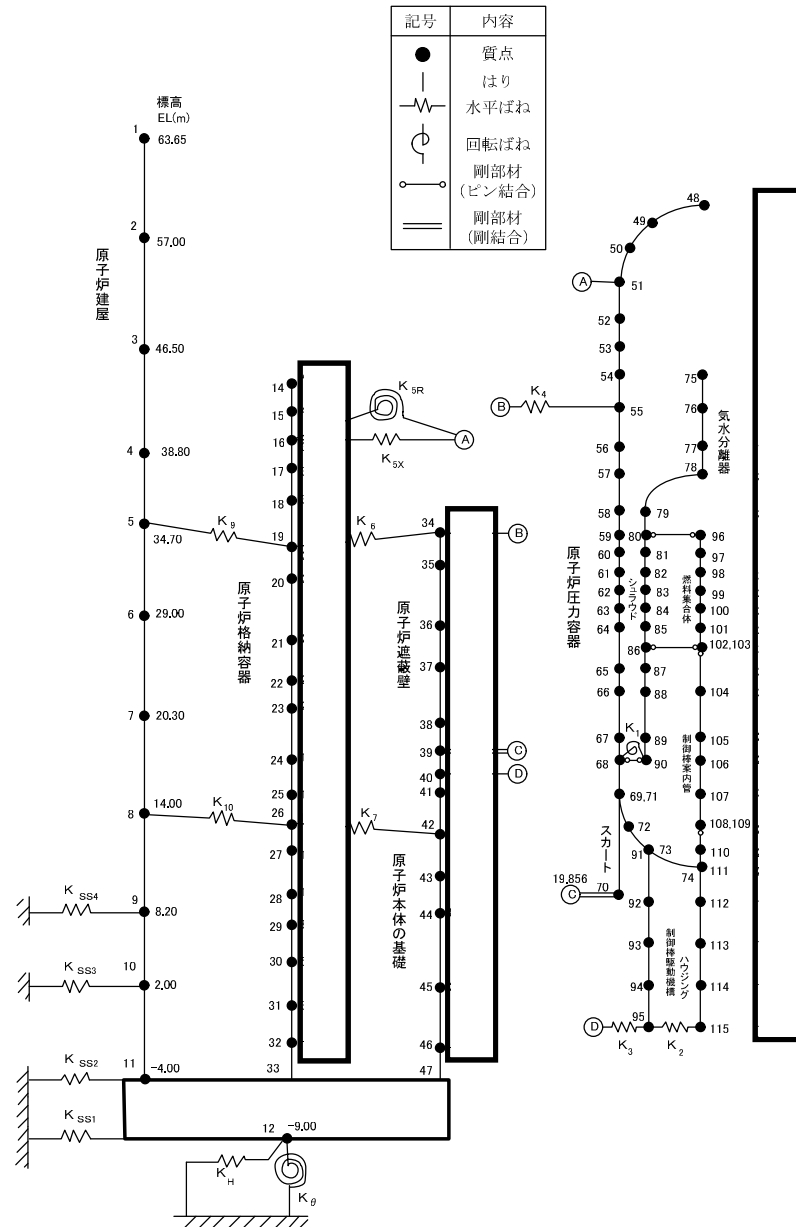


図5 地震応答解析モデル：モデル②（今回工認）

## 2. シアラグ部のクリアランスについて

### 2.1 はじめに

原子炉格納容器（以下「PCV」という。）と原子炉建屋シェル壁の間には空隙が設けられ、ドライウェルの上部及び下部に設置されたシアラグを介して水平方向地震荷重を伝達する構造になっている。

シアラグ部には、設計基準事象で設定する内圧及び熱膨張を考慮し、クリアランスを設けている。本資料において、重大事故等時の場合でもクリアランスが確保され、PCVの健全性に影響がないことを以下に示す。

### 2.2 シアラグ部概略構造とクリアランス評価

シアラグ部は、PCV側のメイルシアラグとシェル壁側のフィメイルシアラグとから構成されており、PCV半径方向にクリアランスを設けている。上部及び下部シアラグの概略図を図6及び図7に示す。

このクリアランスにより、内圧及び熱膨張によりメイルシアラグとフィメイルシアラグとが接触しPCVに過大な局部応力が生じることはない。

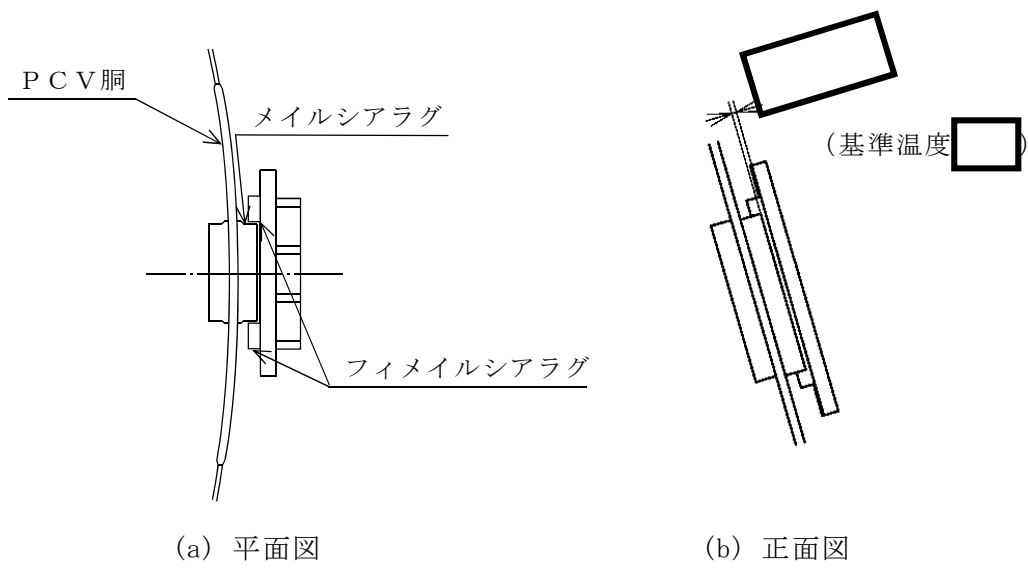


図 6 上部シアラグ概略図

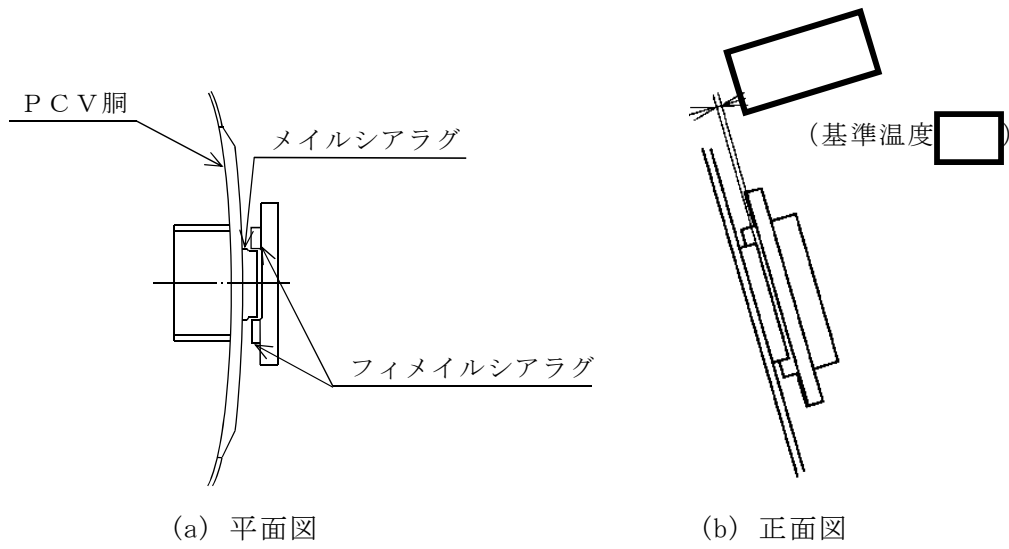


図 7 下部シアラグ概略図

当該部のクリアランスは、運転時及び事故時の温度条件によるPCV本体の変位と原子炉建屋シェル壁の変位の相対変位の分だけ減少することとなる。ここで、重大事故等時についてPCV本体と原子炉建屋シェル壁に想定する温度と圧力の組合せを表5のとおり整理した。

表5 PCV本体及び原子炉建屋シェル壁の重大事故等時の温度，圧力

PCV本体		原子炉建屋
温度	圧力	温度

※1：変位0の状態として基準温度  とする。

※2：PCV壁面での最大温度

※3：通常時運転温度

表5の整理に基づき、シアラグ部のクリアランスを評価した。評価結果を表6に示す。評価の結果、重大事故時等において、シアラグ部のクリアランスが確保されていることを確認した。

表6 シアラグ部のクリアランス評価

	クリアランス (mm)
上部シアラグ	
下部シアラグ	