

別紙 3-1 補助壁の考慮有無による建物応答への影響  
について

## 目 次

1. 概要.....	別紙 3-1-1
1.1 検討概要.....	別紙 3-1-1
2. 解析モデル.....	別紙 3-1-2
3. 検討結果.....	別紙 3-1-5
3.1 固有値解析結果.....	別紙 3-1-5
4. まとめ.....	別紙 3-1-10

## 1. 概要

### 1.1 検討概要

VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」に示す原子炉建物の質点系モデル（以下「今回工認モデル」という。）では、耐震要素として耐震壁を考慮している。一方で、別紙3に示す3次元FEMモデルでは、耐震壁以外の主要な壁（以下「補助壁」という。）についてもモデル化している。

本資料では、3次元FEMモデルのうち質点系対応モデルと今回工認モデルで補助壁の考慮の有無に差異があるため、今回工認モデルと耐震壁及び補助壁の剛性を考慮した質点系モデル（以下「補助壁考慮モデル」という。）を比較することにより、補助壁の考慮有無による建物応答への影響を確認する。

なお、影響検討は、別紙3において3次元的な応答特性による応答補正比率を用いた耐震影響評価を実施する際に、質点系対応モデルの水平方向の応答を用いることから、水平方向を対象とする。

地震応答解析モデルにおける剛性の評価範囲を表1-1に示す。

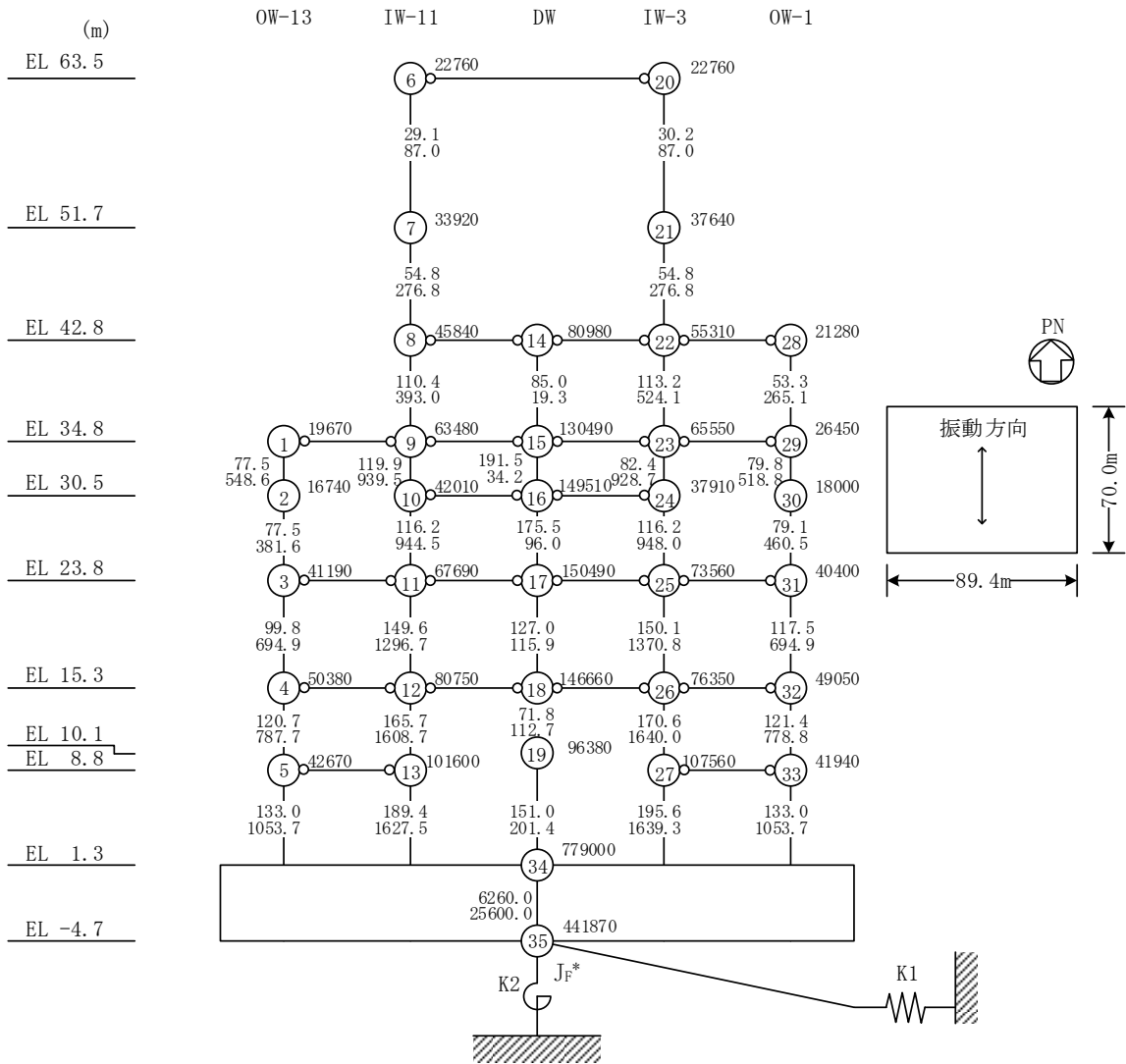
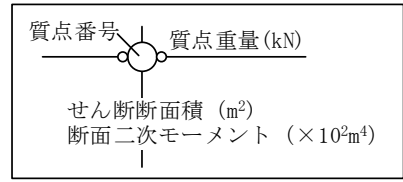
表1-1 地震応答解析モデルにおける剛性の評価範囲

地震応答解析モデル	剛性の評価範囲	備考
質点系モデル (今回工認モデル)	耐震壁を考慮	VI-2-2-2の今回工認モデル
3次元FEMモデル (質点系対応モデル)	耐震壁及び補助壁を考慮	別紙3の質点系対応モデル
質点系モデル (補助壁考慮モデル)	耐震壁及び補助壁を考慮	別紙3-1において今回工認モデルと比較

## 2. 解析モデル

補助壁考慮モデルの水平方向の地震応答解析モデルを図 2-1 に示す。

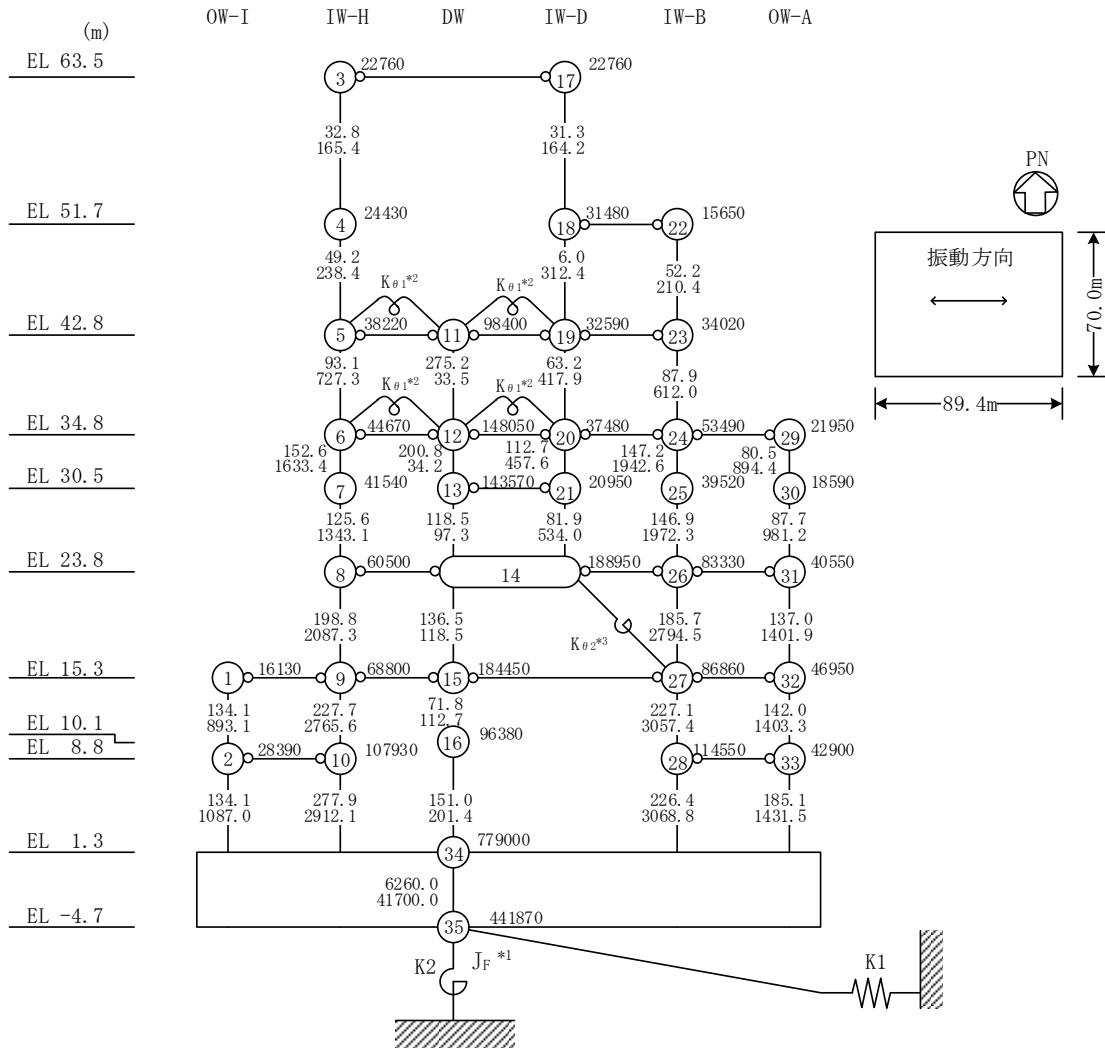
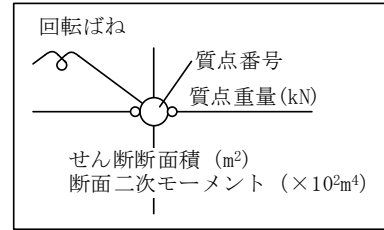
なお、補助壁考慮モデルにおける補助壁の考慮範囲やモデル化の考え方は、「補足-024-01 原子炉建物の地震応答計算書に関する補足説明資料」の別紙 3「地震応答解析における不確かさに関する検討」に示す原子炉建物の地震応答解析モデル（ケース 5～ケース 7）と同様としており、今回工認モデルからの地震応答解析モデルの諸元の変更箇所はせん断断面積のみである。



注記\* : 回転慣性重量 ( $12.25 \times 10^8 \text{kN} \cdot \text{m}^2$ )

ばね番号	地盤ばね成分	ばね定数 K c
K1	底面・水平	$1.55 \times 10^9 \text{ (kN/m)}$
K2	底面・回転	$2.13 \times 10^{12} \text{ (kN} \cdot \text{m/rad)}$

図 2-1(1) 原子炉建物の地震応答解析モデル (補助壁考慮モデル) (NS 方向)



注記\*1：回転慣性重量 ( $20.88 \times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}^2$ )

\*2：燃料プール壁の回転ばね ( $2.567 \times 10^9 \text{kN} \cdot \text{m/rad}$ )

\*3：内部ボックス壁の軸抵抗を考慮した回転ばね ( $158.1 \times 10^9 \text{kN} \cdot \text{m/rad}$ )

ばね番号	地盤ばね成分	ばね定数 K c
K1	底面・水平	$1.51 \times 10^9 \text{ (kN/m)}$
K2	底面・回転	$3.02 \times 10^{12} \text{ (kN} \cdot \text{m/rad)}$

図 2-1(2) 原子炉建物の地震応答解析モデル (補助壁考慮モデル) (EW方向)

### 3. 検討結果

#### 3.1 固有値解析結果

今回工認モデルと補助壁考慮モデルの固有値解析結果の比較を表 3-1 に示す。

また、刺激関数図の比較を図 3-1 及び図 3-2 に示す。

補助壁考慮モデルの固有振動数は、補助壁の剛性の影響により今回工認モデルに比べて僅かに大きくなるものの、おおむね同程度となることを確認した。

表 3-1 固有値解析結果の比較

(a) NS方向

(単位 : Hz)

次数	今回工認モデル	補助壁考慮モデル
1	4.55	4.67 (1.02)
2	10.10	10.37 (1.03)
3	14.39	14.66 (1.02)
4	19.23	20.39 (1.06)
5	21.71	21.77 (1.00)
6	23.28	23.32 (1.00)

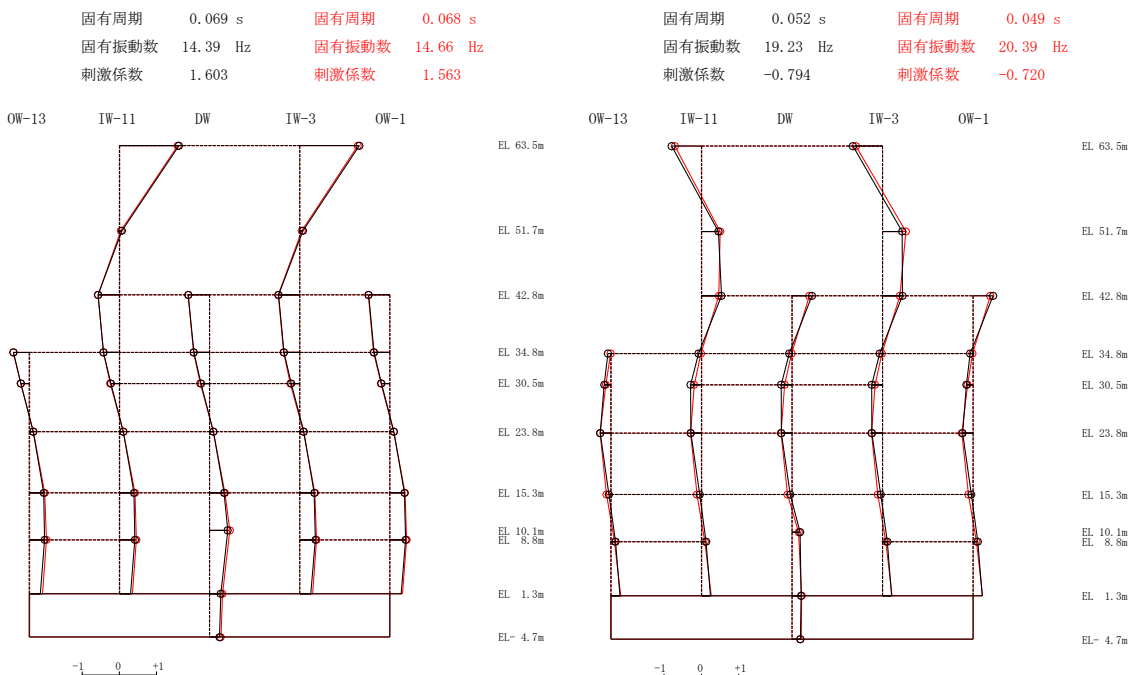
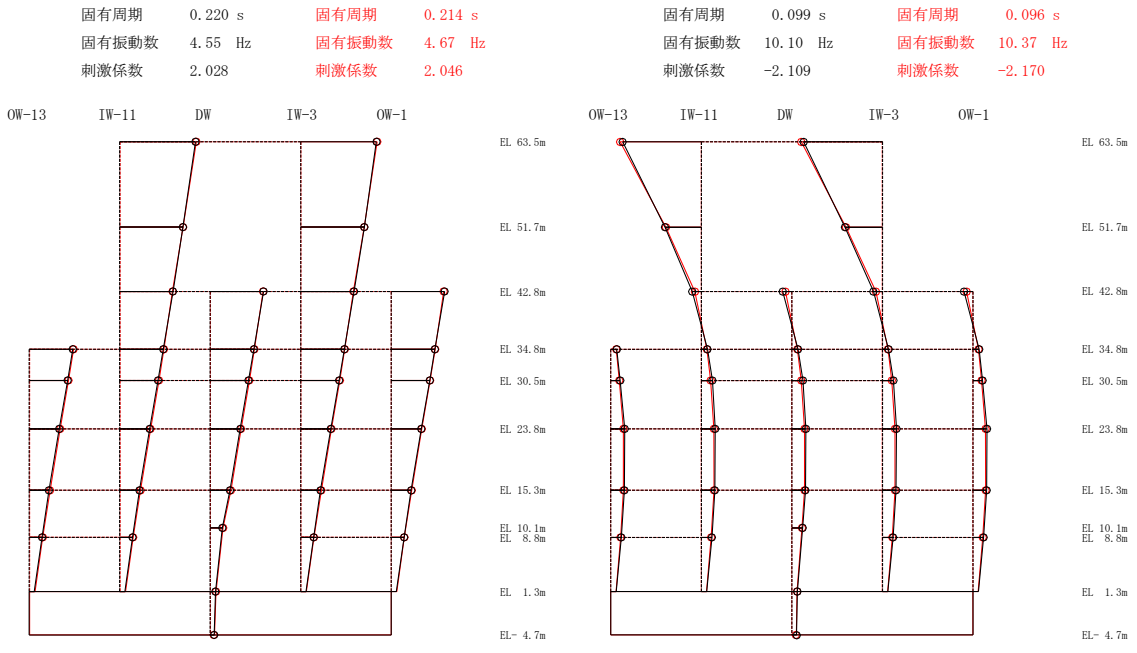
(b) EW方向

(単位 : Hz)

次数	今回工認モデル	補助壁考慮モデル
1	4.94	5.07 (1.03)
2	10.72	10.91 (1.02)
3	14.84	15.11 (1.02)
4	19.63	19.68 (1.00)
5	20.14	20.76 (1.03)
6	22.60	23.04 (1.02)

注 : ( ) 内は今回工認モデルに対する比率

○—今回工認モデル
○—補助壁考慮モデル



注：今回工認モデルを黒，補助壁考慮モデルを赤で示す。

図 3-1(1) 刺激関数図の比較 (NS方向)

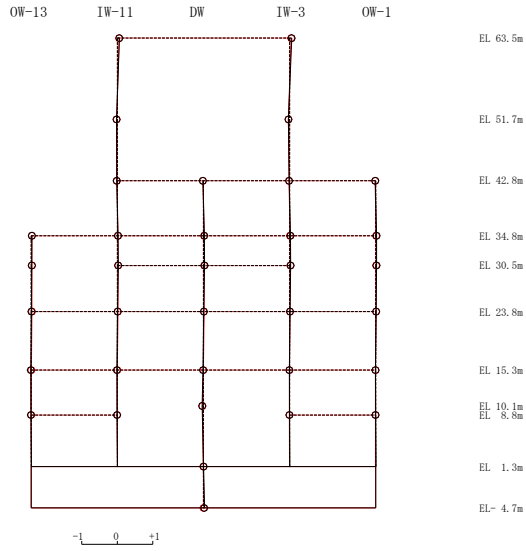


—○— 今回工認モデル

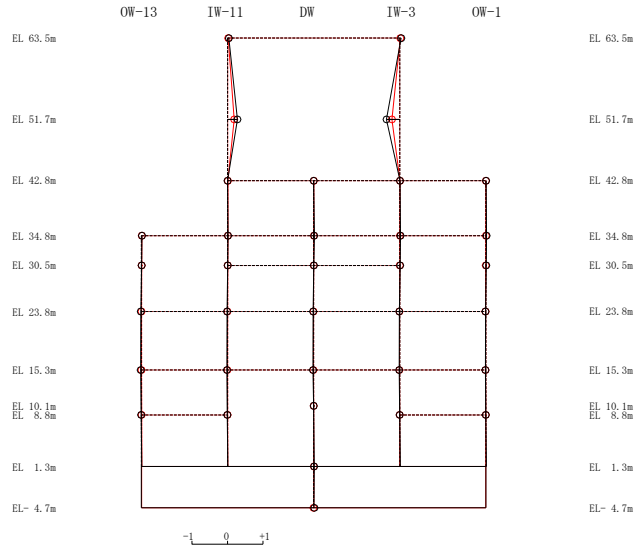
—○— 補助壁考慮モデル

固有周期	0.046 s	固有周期	0.046 s
固有振動数	21.71 Hz	固有振動数	21.77 Hz
刺激係数	0.059	刺激係数	0.047

固有周期	0.043 s	固有周期	0.043 s
固有振動数	23.28 Hz	固有振動数	23.32 Hz
刺激係数	-0.375	刺激係数	-0.219



5次 モード



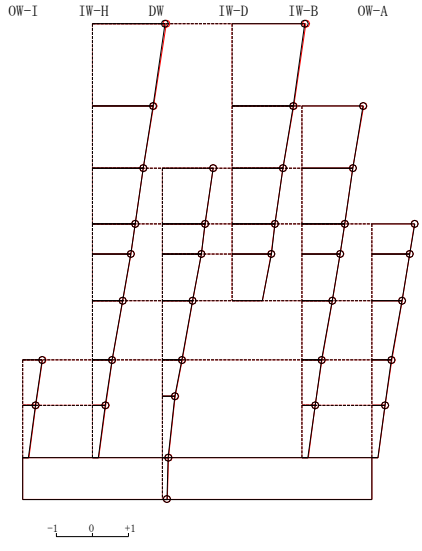
6次 モード

注：今回工認モデルを黒，補助壁考慮モデルを赤で示す。

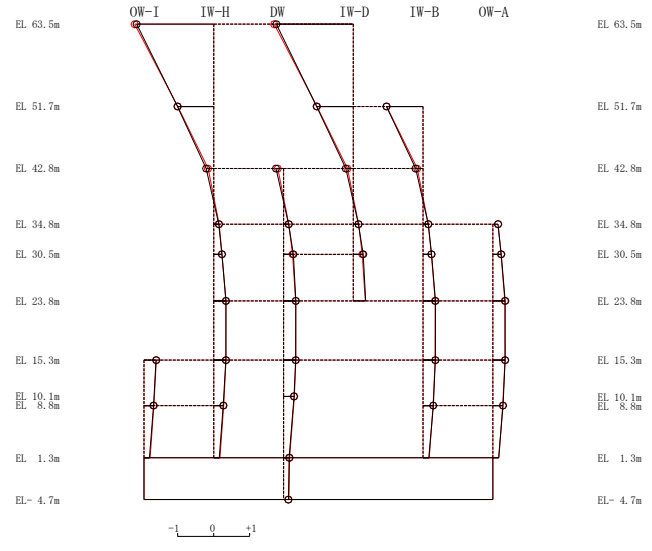
図 3-1(2) 刺激関数図の比較 (NS 方向)

○—今回工認モデル
○—補助壁考慮モデル

固有周期	0.203 s	固有周期	0.197 s	固有周期	0.093 s	固有周期	0.092 s
固有振動数	4.94 Hz	固有振動数	5.07 Hz	固有振動数	10.72 Hz	固有振動数	10.91 Hz
刺激係数	2.012	刺激係数	2.051	刺激係数	-2.137	刺激係数	-2.204

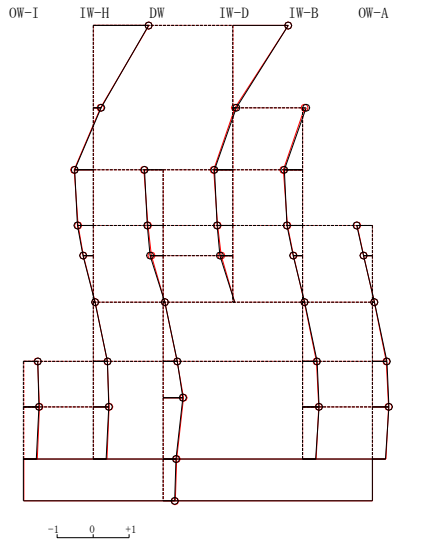


1次モード

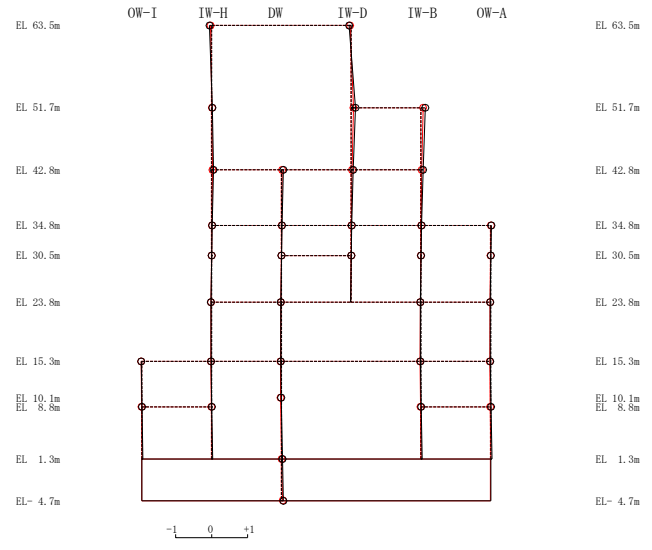


2次モード

固有周期	0.067 s	固有周期	0.066 s	固有周期	0.051 s	固有周期	0.051 s
固有振動数	14.84 Hz	固有振動数	15.11 Hz	固有振動数	19.63 Hz	固有振動数	19.68 Hz
刺激係数	1.542	刺激係数	1.536	刺激係数	0.118	刺激係数	0.072



3次モード



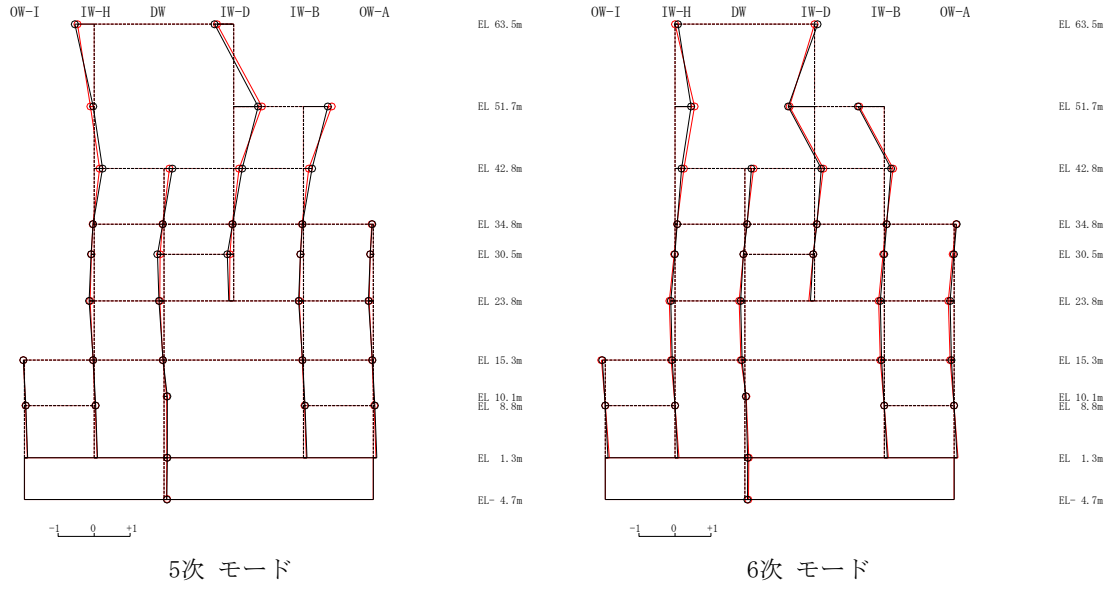
4次モード

注：今回工認モデルを黒，補助壁考慮モデルを赤で示す。

図 3-2(1) 刺激関数図の比較 (EW方向)

—○— 今回工認モデル
—●— 補助壁考慮モデル

固有周期	0.050 s	固有周期	0.048 s	固有周期	0.044 s	固有周期	0.043 s
固有振動数	20.14 Hz	固有振動数	20.76 Hz	固有振動数	22.60 Hz	固有振動数	23.04 Hz
刺激係数	0.674	刺激係数	0.786	刺激係数	-0.736	刺激係数	-0.695



注：今回工認モデルを黒，補助壁考慮モデルを赤で示す。

図 3-2(2) 刺激関数図の比較 (EW方向)

#### 4. まとめ

今回工認モデルと補助壁考慮モデルの固有値解析結果の比較を行い、固有振動数は両モデルでおおむね同程度の結果となったことから、補助壁の考慮の有無が建物の応答性状に与える影響が小さいことを確認した。

## 別紙 4 機器・配管系に関する影響検討

## 目 次

別紙 4.1	機器・配管系の耐震評価における水平2方向入力の影響整理結果	別紙 4.1-1
別紙 4.2	水平2方向の地震による代表設備の増分影響 検討結果（基準地震動 $S_s$ ）	別紙 4.2-1
別紙 4.3	水平2方向の地震による発生値と許容値の 比較結果（基準地震動 $S_s$ ）	別紙 4.3-1
別紙 4.4	個別設備に関する補足説明資料	別紙 4.4-1
別紙 4.5	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価における代表性	別紙 4.5-1
別紙 4.6	水平2方向地震動と鉛直方向地震動の組合せ方法の検討	別紙 4.6-1
別紙 4.7	原子炉建物3次元FEMモデルの面外応答に係る 機器・配管系への影響検討	別紙 4.7-1
別紙 4.8	原子炉建物3次元FEMモデルの応答解析結果に係る 機器・配管系への影響検討	別紙 4.8-1

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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)			
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないことの理由 新たな応力成分が発生しないことの理由		
燃料集合体	燃料被覆管	一次応力	○	—	水平2方向の影響がある。	×	—		
		一次+二次応力	○	—	同上				
		一次+二次+ピーク応力	○	—	同上				
炉心支持構造物	炉心シュラウド	上部胴 下部胴	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料4】	×	—	
			一次一般膜応力+一次曲げ応力	△	B				同上
		中間胴	一次一般膜応力	△	B				同上
			一次一般膜応力+一次曲げ応力 座屈	△ △	B B				同上 同上
	シュラウドサポート	レグ	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円周配置であるため、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。	×	—	
			一次一般膜応力+一次曲げ応力	△	B				同上
			座屈	△	B				同上
	上部格子板	グリッドプレート	一次一般膜応力	△	B	評価部位は格子構造であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。	×	—	
			一次一般膜応力+一次曲げ応力	△	B				同上
	炉心支持板	補強ビーム 支持板	一次一般膜応力	△	B	水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。	×	—	
			一次一般膜応力+一次曲げ応力	△	B				同上
		スタッド	一次一般膜応力	△	C	鉛直荷重のみ作用し、水平荷重が作用しないため、水平2方向入力の影響はない。			
一次一般膜応力+一次曲げ応力			△	C	同上				
燃料支持金具	中央燃料支持金具 周辺燃料支持金具	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料4】	×	—		
		一次一般膜応力+一次曲げ応力	△	B				同上	
炉心支持構造物	制御棒案内管	下部溶接部 長手中央部	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料4】	×	—	
			一次一般膜応力+一次曲げ応力	△	B				同上
原子炉圧力容器	円筒胴	円筒胴	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料4】	×	—	
			一次膜応力+一次曲げ応力	△	B				同上
			一次+二次応力	△	B				同上
			一次+二次+ピーク応力	△	B				同上
	下鏡	下鏡 下鏡と円筒胴の接合部 原子炉圧力容器支持スカートと 円筒胴の接合部	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料4】	×	—	
			一次膜応力+一次曲げ応力	△	B				同上
			一次+二次応力	△	B				同上
			一次+二次+ピーク応力	△	B				同上

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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相關する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)			
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないことの理由 新たな応力成分が発生しないことの理由		
原子炉圧力容器	制御棒貫通孔	ハウジング	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせられた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料4】	×	-	
			一次膜応力+一次曲げ応力	△	B				
			一次+二次応力	△	B				
			一次+二次+ピーク応力	△	B				
		スタブチューブ	一次一般膜応力	△	B				同上
			一次膜応力+一次曲げ応力	△	B				同上
			一次+二次応力	△	B				同上
			一次+二次+ピーク応力	△	B				同上
	座屈	座屈	△	B	同上				
		座屈	△	B	同上				
		座屈	△	B	同上				
		座屈	△	B	同上				
	原子炉中性子計装孔	原子炉中性子計装ハウジング	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせられた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料4】	×	-	
			一次膜応力+一次曲げ応力	△	B				
			一次+二次応力	△	B				
			一次+二次+ピーク応力	△	B				
ノズル	各部位	一次一般膜応力	△	D	評価においては3次元的に配置されている接続配管の応答を使用しており、この配管応答は水平2方向を考慮した評価を実施していることから、ノズルについても水平2方向を考慮した評価となっている。	○	3次元はりモデルの応答解析結果(配管反力)を用い、耐震評価を実施している。		
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D					
		一次+二次応力	△	D					
		一次+二次+ピーク応力	△	D					
ブラケット類	スタビライザブラケット	一次一般膜応力	△	C	水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっているため、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向ごとにその地震荷重は分担される。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料1】	×	-		
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	C				同上	
	蒸気乾燥器支持ブラケット	一次一般膜応力	△	D	水平2方向入力時の地震力を4つのブラケットのうち2つで分担した荷重を方向ごとに考慮した評価を行っている。【補足説明資料2】	×	-		
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D				同上	
	炉心スプレイブラケット	一次一般膜応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	×	-		
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D				同上	
	給水スパーチャブラケット	一次一般膜応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	×	-		
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D				同上	
純せん断応力	△	D	同上						
原子炉圧力容器基礎ボルト	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは円周状に配置され、水平地震の方向ごとに最大応力の発生点異なる。水平2方向の入力を想定した場合にも水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料7】	×	-		
		せん断応力	△	C				水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料7】	
原子炉圧力容器支持構造物	支持スカート	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせられた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料4】	×	-		
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	B					
		一次+二次応力	△	B					
		一次+二次+ピーク応力	△	B					
		座屈	△	B				同上	



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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)		
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないこと の理由	
原子炉圧力容器付属構造物	原子炉圧力容器スタビライザ	ロッド	引張応力	△	C	水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっているため、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向ごとにその地震荷重は分担される。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料1】	×	-
		ブラケット	せん断応力 曲げ応力	△ △	C C	同上 同上		
	原子炉格納容器スタビライザ	パイプ	引張応力	△	C	水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっているため、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向ごとにその地震荷重は分担される。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料1】	×	-
			せん断応力	△	C	同上		
			圧縮応力	△	C	同上		
			曲げ応力	△	C	同上		
			組合せ応力	△	C	同上		
		フランジボルト	引張応力	△	C	同上		
		ガセットプレート	せん断応力	△	C	同上		
			曲げ応力	△	C	同上		
	組合せ応力		△	C	同上			
	制御棒駆動機構ハウジング支持金具	レストレントビーム一般部 レストレントビーム端部	曲げ応力	△	B	水平方向地震が作用する際に、加振軸上に最大応力が発生する。水平2方向の地震力が同時に作用した場合においても、それぞれの方向の加振軸上に最大応力が発生する。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
		レストレントビーム結合ボルト	引張応力	△	B	水平方向地震が作用する際に、加振軸上に最大応力が発生する。水平2方向の地震力が同時に作用した場合においても、それぞれの方向の加振軸上に最大応力が発生する。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
			せん断応力	△	B	同上		
	ジェットポンプ計測配管貫通部シール	貫通部シール	一次一般膜応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	×	-
			一次膜応力+一次曲げ応力	△	D	同上		
			一次+二次応力	△	D	同上		
			一次+二次+ピーク応力	△	D	同上		
	差圧検出・ほう酸水注入系配管 (ティーよりN11ノズルまでの外管)	差圧検出管	一次一般膜応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	従来より、3次元はりモデルの応答解析結果を用い、耐震評価を実施しており、ねじれる状態についても耐震評価に用いる同種の荷重として算出される。
			一次膜応力+一次曲げ応力	△	D	同上		
一次+二次応力			△	D	同上			
一次+二次+ピーク応力			△	D	同上			
蒸気乾燥器	蒸気乾燥器ユニット	一次一般膜応力	△	C	従来評価で評価が厳しくなる方向に地震荷重を与えているため、水平2方向入力を考慮しても水平1方向の地震荷重と同等となる。したがって水平2方向の影響は軽微である。	×	-	
		一次一般膜応力+一次曲げ応力	△	C	同上			
	耐震用ブロック	純せん断応力	△	D	水平2方向入力時の地震力を4つの耐震用ブロックのうち2つで分担した荷重を方向ごとに考慮した評価を行っている。【補足説明資料2】			
気水分離器及びスタンドパイプ シュラウドヘッド 原子炉中性子計装案内管	各部位	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料4】	×	-	
		一次一般膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上			
	各部位	一次一般膜応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	従来より、3次元はりモデルの応答解析結果を用い、耐震評価を実施しており、ねじれる状態についても耐震評価に用いる同種の荷重として算出される。	
		一次一般膜応力+一次曲げ応力	△	D	同上			

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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないことの理由 新たな応力成分が発生しないことの理由
原子炉構造力物容器内 ジェットポンプ	ライザ ディフューザ ライザブレース	一次一般膜応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○		従来より、3次元はりモデルの応答解析結果を用い、耐震評価を実施しており、ねじれる状態についても耐震評価に用いる同種の荷重として算出される。
		一次一般膜応力+一次曲げ応力	△	D	同上			
使用済燃料貯蔵ラック	ラック部材 (板、シートプレート及びラックベース)	引張応力	○	-	水平それぞれの方向における評価において、最大応力発生箇所は異なるものの、円形状の一樣断面でないため、発生応力は積算される。したがって、水平2方向入力の影響がある。	○		3次元FEMモデルを作成し、耐震評価を実施している。
		せん断応力	○	-	同上			
		組合せ応力	○	-	同上			
	ラック取付ボルト 基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】	×		
せん断応力		△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】				
制御棒・破損燃料貯蔵ラック	ラック	引張応力	○	-	水平それぞれの方向における評価において、最大応力発生箇所は異なるものの、円形状の一樣断面でないため、発生応力は積算される。したがって、水平2方向入力の影響がある。			
		せん断応力	○	-	同上			
		組合せ応力	○	-	同上			
	サポート	引張応力	△	C	水平1方向の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向の地震力が作用した場合においても水平1方向の応答が支配的となる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3】	×		
		せん断応力	△	A	水平1方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しない構造となっている。したがって、水平2方向入力の影響はない。【補足説明資料3】			
		組合せ応力	△	C	水平1方向の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向の地震力が作用した場合においても水平1方向の応答が支配的となる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3】			
	底部基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】			
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】			
	サポート部基礎ボルト	引張応力	△	C	水平1方向の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向の地震力が作用した場合においても水平1方向の応答が支配的となる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料3】			
		せん断応力	△	A	水平1方向及び鉛直方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。			
燃料プール水位・温度(SA)	架構	引張(圧縮)応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	○		3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
		せん断応力	○	-	同上			
		曲げ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
		組合せ応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。			
	ワークテーブルフック	引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
		せん断応力	△	A	水平1方向及び鉛直方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。			
		組合せ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】			
せん断応力		△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】				

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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと、理由 新たな応力成分が発生しないことの理由
燃料プール水位 (SA)	検出器保護管	曲げ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
		組合せ応力	△	D	同上		
	検出器架台基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
燃料プール監視カメラ	基礎ボルト	引張応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—
		せん断応力	△	A	壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。		
	取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
燃料プール監視カメラ用冷却設備	基礎ボルト 取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	—
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
		組合せ応力	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		
アキュムレータ	胴板	一次一般膜応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—
		一次応力	○	—	同上		
		一次+二次応力	○	—	同上		
	脚	組合せ応力	○	—	同上		
残留熱除去系熱交換器	胴板	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料4】	×	—
		一次応力	△	B	同上		
		一次+二次応力	△	B	同上		
	ラグ	組合せ応力	△	B	水平2方向が同時に作用した場合においても、応力評価点が区別されるため、2方向入力の影響は軽微である。		
	基礎ボルト	引張応力	△	B	同上		
追設基礎ボルト	せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】			
立形ポンプ	コラムパイプ パレルケーシング	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料4】	○	現在考慮しているX,Y方向振動モードではねじれ振動は現れない。よって、ねじれ振動モードが高次に現れる可能性があるが、有意な応答ではないため、影響がないと考えられる。
	基礎ボルト 取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは円周状に配置され、水平地震の方向ごとに最大応力の発生点が異なる。水平2方向の入力を想定した場合にも水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料7】		
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料7】		
		組合せ応力	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		
ECCSストレナー 原子炉隔離時冷却系ストレナー	各部位 (フランジ、取付ボルト以外)	一次膜応力+一次曲げ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	×	—
	フランジ	曲げ応力	△	D	同上		
	ボルト	引張応力	△	D	同上		
ECCSストレナー部ティー 原子炉隔離時冷却系ストレナー部ティー	ティー フランジ	一次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	×	—

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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないことの理由 新たな応力成分が発生しないことの理由
ECCS ストレーナ取付部コネクタ	コネクタ フランジ	一次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	×	—
ECCS ストレーナ取付部サポート	サポートパイプ サポートパイプ溶接部 サポートプレート サポートボルト	一次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	×	—
横形ポンプ 補機海水ストレーナ ポンプ駆動用タービン 空調ファン 空調ユニット	基礎ボルト 取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	—
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
		組合せ応力	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		
原子炉補機冷却系熱交換器	胴板	一次一般膜応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料5】	×	—
		一次応力	△	A	同上		
		一次+二次応力	△	A	同上		
	脚	組合せ応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料5】		
		基礎ボルト	引張応力	△	A		
連結板	引張応力	△	A	水平方向の地震荷重を分散して負担する構造となっているため、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向ごとにその地震荷重は分担される。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。			
横置円筒形容器	胴板	一次一般膜応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料5】	×	—
		一次応力	△	A	同上		
		一次+二次応力	△	A	同上		
	脚	組合せ応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料5】		
		基礎ボルト	引張応力	△	A		
	せん断応力		△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
	組合せ応力		△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		

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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと の理由 新たな応力成分が発生しないこと の理由
たて置円筒形容器（スカート支持）	胴板	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料4】	×	-
		一次+二次応力	△	B	同上		
	スカート	組合せ応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料4】		
		座屈	△	B	同上		
	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは円周状に配置され、水平地震の方向ごとに最大応力の発生点異なる。水平2方向の入力を想定した場合にも水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料7】		
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料7】		
組合せ応力		△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。			
制御棒駆動機構	フランジ	一次応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料4】	×	-
		一次+二次応力	△	B	同上		
		一次+二次+ビーク応力	△	B	同上		
水圧制御ユニット	フレーム	引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
		せん断応力	△	D	同上		
		圧縮応力	△	D	同上		
		曲げ応力	△	D	同上		
	取付ボルト	引張応力	△	D	同上	×	-
		せん断応力	△	D	同上		
		せん断応力	△	D	同上		
平底たて置円筒形容器	胴板	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料4】	×	-
		一次+二次応力	△	B	同上		
		座屈	△	B	同上		
	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは円周状に配置され、水平地震の方向ごとに最大応力の発生点異なる。水平2方向の入力を想定した場合にも水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料7】		
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料7】		
組合せ応力	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。				
核計測装置	各部位	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料4】	×	-
		一次一般膜応力+一次曲げ応力	△	B	同上		
伝送器（矩形床置）	基礎ボルト 取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	-
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
		組合せ応力	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		

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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないことの理由 新たな応力成分が発生しないことの理由
伝送器（矩形壁掛）	基礎ボルト	引張応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—
		せん断応力	△	A	水平1方向及び鉛直方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。		
		組合せ応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。		
	溶接部	せん断応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。		
伝送器（サポート鋼材固定）	基礎ボルト	引張応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—
		せん断応力	△	A	水平1方向及び鉛直方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。		
		組合せ応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。		
	溶接部	せん断応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。		
制御盤、電気盤（矩形床置）	基礎ボルト 取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	—
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
		組合せ応力	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		
制御盤、電気盤（矩形壁掛）	基礎ボルト 取付ボルト	引張応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—
		せん断応力	△	A	水平1方向及び鉛直方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。		
		組合せ応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。		
	溶接部	せん断応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。		
モニタリング設備（矩形床置）	取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	—
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
		組合せ応力	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		
モニタリング設備（矩形壁掛）	基礎ボルト 取付ボルト	引張応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—
		せん断応力	△	A	水平1方向及び鉛直方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。		
		組合せ応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。		
通信連絡設備（アンテナ類）（矩形床置）	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	—
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
		組合せ応力	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		

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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震力を組み合わせても1方向の地震力による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)		
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないことの理由 新たな応力成分が発生しないことの理由	
通信連絡設備（アンテナ類）（矩形壁掛）	基礎ボルト	引張応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—	
		せん断応力	△	A	水平1方向及び鉛直方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。			
		組合せ応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。			
	取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	—	
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】			
		組合せ応力	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。			
ダクト本体、サポート	ダクト本体（矩形）	座屈	△	A	弱軸の有効断面に対し、最大応答を示す方向の地震力により評価を実施しており、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—	
	ダクト本体（円形）	座屈	△	D	水平2方向を考慮したモーメント基準で設計したピッチスパンよりも振動数基準で設計したピッチスパンの方が短いスパンとなることを確認した上で、設計は振動数基準で実施していることから水平2方向を考慮した評価となっている。			
	サポート	一次応力（組合せ）	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
中央制御室待避室遮蔽	構造フレーム（鉄骨、鋼板）	引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元FEMモデルを作成し、耐震評価を実施している。	
		せん断応力	△	D	同上			
		圧縮応力	△	D	同上			
		曲げ応力	△	D	同上			
		組合せ応力	△	D	同上			
	基礎ボルト 遮蔽パネル接合部ボルト	引張応力	△	D	同上			
		せん断応力	△	D	同上			
		組合せ応力	△	D	同上			
	構造フレーム接合部高力ボルト	せん断応力	△	D	同上			
	遮蔽パネル 気密用鋼板	組合せ応力	△	D	同上			
原子炉格納容器	ドライウエル	ドライウエル上ふた球形部とナックル部の接合部 円筒部とナックル部の接合部 ナックル部と球形部の接合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料4】	×	—
		球形部の板厚変化部 球形部と円筒部の接合部 円筒部と球形部の接合部	一次＋二次応力	△	B	同上		
		円筒部	一次一般膜応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料4】		
			一次膜応力＋一次曲げ応力	△	B	同上		
			一次＋二次応力	△	B	同上		
		基部	一次膜応力＋一次曲げ応力	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料4】		
	一次＋二次応力		△	B	同上			
	座屈		△	B	同上			

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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)			
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないことの理由 新たな応力成分が発生しないことの理由		
サブプレッションチェンバ	サブプレッションチェンバ胴中央部上部	一次一般膜応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	×	-		
	サブプレッションチェンバ胴中央部下部	一次膜応力+一次曲げ応力	△	D	同上				
	サブプレッションチェンバ胴中央部内側	一次+二次応力	△	D	同上				
	サブプレッションチェンバ胴中央部外側	一次+二次応力	△	D	同上				
サブプレッションチェンバ	サブプレッションチェンバ胴エビ継部上部	一次膜応力+一次曲げ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	×	-		
	サブプレッションチェンバ胴エビ継部下部	一次+二次応力	△	D	同上				
原子炉格納容器	シヤラグ	内側メイルシヤラグ	せん断応力	△	C	水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっているため、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向ごとにその地震荷重は分担される。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料1】	×	-	
		外側メイルシヤラグ	曲げ応力	△	C				同上
		内側フィメイルシヤラグ	組合せ応力	△	C				同上
	シヤラグ	内側メイルシヤラグ接触部	支圧応力	△	C	水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっているため、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向ごとにその地震荷重は分担される。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料1】			
		外側メイルシヤラグ接触部	支圧応力	△	C				
		内側フィメイルシヤラグ接触部	支圧応力	△	C				
	シヤラグ	基礎ボルト	引張応力	△	C	水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっているため、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向ごとにその地震荷重は分担される。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料1】			
		ベースプレート シヤプレート	せん断応力	△	C				水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっているため、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向ごとにその地震荷重は分担される。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料1】
			曲げ応力	△	C				
	組合せ応力		△	C					
	シヤラグ	内側シヤラグサポート	引張応力	△	C	水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっているため、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向ごとにその地震荷重は分担される。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料1】			
			圧縮応力	△	C				
		シヤラグ取付部	一次膜応力+一次曲げ応力	△	C	水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっているため、水平2方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向ごとにその地震荷重は分担される。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料1】			
	サブプレッションチェンバサポート	サポート ベースとベースプレートの接合部	引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			×
せん断応力			△	D					
圧縮応力			△	D					
曲げ応力			△	D					
組合せ応力			△	D					
シヤキー		せん断応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。				
		支圧圧力	△	D					
ベースプレート シヤプレート		せん断応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。				
		曲げ応力	△	D					
		組合せ応力	△	D					
コンクリート		圧縮応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。				
ボルト 基礎ボルト		引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。				



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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)		
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないことの理由 新たな応力成分が発生しないことの理由	
原子炉格納容器	ハッチ類	ハッチ円筒胴	一次一般膜応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	×	-
			一次膜応力+一次曲げ応力	△	D			
			一次+二次応力	△	D			
	ハッチ本体と補強板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
		一次+二次応力	△	D				
		一次+二次+ピーク応力	△	D				
	原子炉格納容器配管貫通部	原子炉格納容器とスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。		
			一次+二次応力	△	D			
			一次一般膜応力	△	D			
	スリーブ	一次膜応力+一次曲げ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
		一次+二次応力	△	D				
		一次+二次+ピーク応力	△	D				
原子炉格納容器電気配線貫通部	ドライウエルとスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
		一次+二次応力	△	D				
		一次+二次+ピーク応力	△	D				
真空破壊装置	スリーブ	一次一般膜応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D				
		一次+二次応力	△	D				
	スリーブとベント管との結合部	一次一般膜応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D				
		一次+二次+ピーク応力	△	D				
ダウンカマ	ダウンカマ	一次一般膜応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D				
		一次+二次応力	△	D				
	ベントヘッドとダウンカマの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
		一次+二次応力	△	D				
		一次+二次+ピーク応力	△	D				
ベント管	ヘッド接続部 ベント管円筒部 ベント管とドライウエルとの接合部	一次一般膜応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
		一次一般膜応力+一次曲げ応力	△	D				
		一次+二次応力	△	D				
		一次+二次+ピーク応力	△	D				
ベント管ベローズ	ベント管ベローズ	疲労	△	D	評価においては、水平2方向を考慮したサブプレッションチェンバ及びベント管の地震応答解析結果(変位)を使用していることから、水平2方向を考慮した評価となっている。			
ベントヘッド	ベントヘッド	一次一般膜応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
		一次膜応力+一次曲げ応力	△	D				
		一次+二次応力	△	D				
	ベントヘッド補強リング取付部	一次膜応力+一次曲げ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
		一次+二次応力	△	D				
		引張応力	△	D				
	ベントヘッドサポート	圧縮応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
		曲げ応力	△	D				
		組合せ応力	△	D				
		引張応力	△	D				
	サブプレッションチェンバ補強リング	せん断応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
		圧縮応力	△	D				
		曲げ応力	△	D				
		組合せ応力	△	D				
	ボルト	せん断応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。			
曲げ応力		△	D					
支圧圧力		△	D					
組合せ応力		△	D					

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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相關する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)		
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないことの理由 新たな応力成分が発生しないことの理由	
ドライウェルスプレイ管	上部スプレイ管案内管	一次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。	
		一次+二次応力	△	D	同上			
	上部スプレイ管ティー部	一次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。	
		一次+二次応力	△	D	同上			
	上部スプレイ管案内管サポート	一次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。	
		一次+二次応力	△	D	同上			
		せん断応力	△	D	同上			
	下部スプレイ管	一次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。	
		一次+二次応力	△	D	同上			
	下部スプレイ管案内管	一次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。	
		一次+二次応力	△	D	同上			
	下部スプレイ管ティー部	一次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。	
		一次+二次応力	△	D	同上			
	下部スプレイ管サポート	一次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。	
		一次+二次応力	△	D	同上			
		組合せ応力	△	D	同上			
	サブレッションチェンバスプレイ管	スプレイ管	一次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
			一次+二次応力	△	D	同上		
			一次+二次+ピーク応力	△	D	同上		
		スプレイ管えび状の管部	一次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
			一次+二次応力	△	D	同上		
		スプレイ管ティー部	一次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
			一次+二次応力	△	D	同上		

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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相關する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないことの理由 新たな応力成分が発生しないことの理由
サプレッションチェンバースプレイ管	スプレイ管案内管	一次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
		一次+二次応力	△	D	同上		
	スプレイ管サポート	一次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
		一次+二次応力	△	D	同上		
		せん断応力	△	D	同上		
	ブローアウトパネル閉止装置	シャフト	組合せ応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×
コネクタ		せん断応力	△	A	水平1方向及び鉛直方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。		
軸受取付ボルト 駆動部取付ボルト 取付ボルト 基礎ボルト		引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
		せん断応力	△	A	水平1方向及び鉛直方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。		
可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロウ	ブレース	圧縮応力	△	A	ブレースはブロウの重心とサポートプレート設置位置のずれによる軸方向転倒防止のため設置している。そのためブレースが受け持つ荷重は現在評価対象としている軸方向の転倒モーメント分のみと考えられ、軸直方向の水平地震荷重はベース溶接部のせん断で受け持つと考えられる。したがって、水平2方向入力の影響は受けない。	×	-
	ベース取付溶接部	せん断応力	○	-	ベース溶接部で水平方向のそれぞれの水平荷重を負担する。したがって、水平2方向入力の影響がある。		
可燃性ガス濃度制御系再結合装置	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	-
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
		組合せ応力	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		
静的触媒式水素処理装置	静的触媒式水素処理装置本体	組合せ応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
	架台	組合せ応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
		取付ボルト	引張応力	○	-		
	せん断応力		○	-	同上		
	組合せ応力		○	-	同上		
	基礎ボルト	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
		せん断応力	△	A	水平1方向及び鉛直方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。		
遠隔手動弁操作設備	基礎ボルト	引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により耐震評価を実施している。
		せん断応力	△	D	同上		
		組合せ応力	△	D	同上		
	取付ボルト	引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により耐震評価を実施している。
		せん断応力	△	D	同上		
		組合せ応力	△	D	同上		
ディーゼル発電機	基礎ボルト 取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	-
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
		組合せ応力	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		

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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないことの理由 新たな応力成分が発生しないことの理由
ガスタービン発電機	基礎ボルト 取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	—
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	—
		組合せ応力	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。	×	—
その他電源設備	基礎ボルト 取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	—
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】	×	—
		組合せ応力	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。	×	—
配管本体、サポート（多質点はモデル解析）	配管、サポート	一次応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
		一次+二次応力	△	D	同上	○	
防波壁通路防波扉 (1号機北側、2号機北側)	ヒンジ部（ヒンジ板）	曲げ応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—
		せん断応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—
		引張応力	○	—	同上	×	—
		組合せ応力	○	—	同上	×	—
	ヒンジ部（ヒンジピン）	曲げ応力	○	—	同上	×	—
		せん断応力	○	—	同上	×	—
		圧縮応力	○	—	同上	×	—
		組合せ応力	○	—	同上	×	—
	ヒンジ部（ヒンジボルト）	せん断応力	○	—	同上	×	—
		引張応力	○	—	同上	×	—
	カンヌキ部	曲げ応力	△	A	水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しない	×	—
		せん断応力	△	A	同上	×	—
		組合せ応力	△	A	同上	×	—
アンカーボルト	引張応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—	
	せん断応力	○	—	同上	×	—	
1号機取水槽流路縮小工	縮小板	曲げ応力	△	C	水平1方向の地震力の応答が支配的であり、他水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向の地震力が作用した場合においても水平1方向の応答が支配的となる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
		せん断応力	△	C	同上	×	—
	固定ボルト	引張応力	△	C	水平1方向の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向の地震力が作用した場合においても水平1方向の応答が支配的となる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
		取水管（フランジ部）	曲げ応力	△	C	水平1方向の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向の地震力が作用した場合においても水平1方向の応答が支配的となる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×
	取水管（管胴部）	せん断応力	△	C	同上	×	—
		曲げ応力	△	C	水平1方向の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向の地震力が作用した場合においても水平1方向の応答が支配的となる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
	せん断応力	△	C	同上	×	—	

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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないことの理由 新たな応力成分が発生しないこと理由
屋外排水路逆止弁	扉体部	曲げ応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
		せん断応力	○	-	同上	×	-
		組合せ応力	○	-	同上	×	-
	固定部	せん断応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
		支圧応力	○	-	同上	×	-
		引張応力	○	-	同上	×	-
取水槽除じん機エリア水密扉（北）	ヒンジ部	曲げ応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
		せん断応力	○	-	同上	×	-
		組合せ応力	○	-	同上	×	-
	カンスキ部	引張応力	△	A	水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しない	×	-
		せん断応力	△	A	同上	×	-
	アンカーボルト	引張応力	△	A	水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しない	×	-
		せん断応力	△	A	同上	×	-
		組合せ応力	△	A	同上	×	-
	取水槽除じん機エリア水密扉（東） 取水槽除じん機エリア水密扉（西）	扉板 芯材	曲げ応力	△	A	水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しない	×
せん断応力			△	A	同上	×	-
外部縦柱 水密扉戸当り用支柱 固定プレート		曲げ応力	△	A	水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しない	×	-
		せん断応力	△	A	同上	×	-
		組合せ応力	△	A	同上	×	-
締付ボルト		軸応力	△	A	水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しない	×	-
		引張応力	△	A	水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しない	×	-
外部縦柱固定ボルト		せん断応力	△	A	同上	×	-
		引張応力	△	A	水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しない	×	-
アンカーボルト		せん断応力	△	A	同上	×	-
		組合せ応力	△	A	同上	×	-
		引張応力	△	A	同上	×	-
水密扉（建物内、燃料移送ポンプエリア）	ヒンジ部	曲げ応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
		せん断応力	○	-	同上		
		組合せ応力	○	-	同上		
	カンスキ部	曲げ応力	△	A	水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しない		
		せん断応力	△	A	同上		
		組合せ応力	△	A	同上		
		引張応力	△	A	同上		
	アンカーボルト	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
		せん断応力	○	-	同上		
		組合せ応力	○	-	同上		
	パネル部（パネル板）	曲げ応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
		せん断応力	○	-	同上		
	パネル部（パネル芯材）	曲げ応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
		せん断応力	○	-	同上		
		曲げ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。		
		せん断応力	△	D	同上		
	パネル部（柱、はり）	軸応力	△	D	同上		
		組合せ応力	△	D	同上		
		引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。		
	パネル部（アンカーボルト）	せん断応力	△	D	同上		
		組合せ応力	△	D	同上		
引張応力		△	D	同上			

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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないことの理由 新たな応力成分が発生しないことの理由
防水壁(ディーゼル燃料移送ポンプエリア)	鋼板	曲げ応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
	胴縁	曲げ応力	○	-	同上		
		せん断応力	○	-	同上		
	はり柱	曲げ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。		
		せん断応力	△	D	同上		
		圧縮応力	△	D	同上		
		組合せ応力	△	D	同上		
	ブレース	引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。		
	アンカーボルト	引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。		
		せん断応力	△	D	同上		
組合せ応力		△	D	同上			
堰(柱支持型)	鋼板	曲げ応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
	はり材柱材	曲げ応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
		せん断応力	○	-	同上		
		組合せ応力	○	-	同上		
		引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
	アンカーボルト	せん断応力	○	-	同上		
組合せ応力		○	-	同上			
堰(鋼板折曲げ型)	鋼板	曲げ応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
	アンカーボルト	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
		せん断応力	○	-	同上		
		組合せ応力	○	-	同上		
堰(鉄筋コンクリート製)	アンカー筋主筋	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
		せん断応力	○	-	同上		
		組合せ応力	○	-	同上		
	堰底部のコンクリート	せん断応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
		圧縮応力	○	-	同上		
防水板	鋼板	曲げ応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
	芯材	曲げ応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
		せん断応力	○	-	同上		
		組合せ応力	○	-	同上		
		引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
	アンカーボルト	せん断応力	○	-	同上		
		組合せ応力	○	-	同上		
床ドレン逆止弁		弁本体 フロートガイド	引張応力	△	C	鉛直荷重のみ作用し、水平荷重が作用しないため、水平2方向入力の影響はない。	×
	曲げ応力		△	B	円筒形状であり水平地震の方向ごとに最大応力発生箇所が異なるため、水平2方向入力の影響は軽微である。		
	組合せ応力		△	C	上記の引張応力及び曲げ応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		
	基礎ボルト	引張応力	△	C	鉛直荷重のみ作用し、水平荷重が作用しないため、水平2方向入力の影響はない。		
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
		組合せ応力	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		
貫通部止水処置	モルタル	付着荷重	△	A	鉛直荷重のみ作用し、水平荷重が作用しないため、水平2方向入力の影響はない。	×	-
		圧縮荷重	△	A	水平2方向を考慮した評価を実施している。		
	電路貫通部金属ボックスのアンカーボルト	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
		せん断応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。		

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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないことの理由 新たな応力成分が発生しないことの理由
津波監視カメラ	架台	引張応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—
		せん断応力	○	—	同上		
		圧縮応力	○	—	同上		
		曲げ応力	○	—	同上		
		組合せ応力	○	—	同上		
	架台溶接部	せん断応力	○	—	水平2方向入力の影響がある。		
	取付ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
		組合せ応力	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		
	架台基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
せん断応力		△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】			
組合せ応力		△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。			
取水槽水位計	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
		組合せ応力	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。		
原子炉本体の基礎	円筒部	組合せ応力度	△	B	支配的な応力は水平地震による曲げ応力であり、曲げ応力の最大点は地震方向で異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
	たてリブ	組合せ応力度	△	B	支配的な応力は水平地震による曲げ応力であり、曲げ応力の最大点は地震方向で異なる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
	基礎ボルト	引張応力度	△	C	ボルトは円周状に配置され、水平地震の方向ごとに最大応力の発生点異なる。水平2方向の入力を想定した場合にも水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料7】		
		引抜き力	△	C	同上		
	ベースプレート	曲げ応力度	△	C	ボルトは円周状に配置され、水平地震の方向ごとに最大応力の発生点異なる。水平2方向の入力を想定した場合にも水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料7】		

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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)					
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないことの理由 新たな応力成分が発生しないことの理由				
建物開口部竜巻防護対策設備（竜巻防護ネット対策設備）	フレーム	引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	×	-				
		圧縮応力	△	D							
		せん断応力	△	D							
		曲げ応力	△	D							
		組合せ応力	△	D							
	アンカーボルト	引張応力	△	D							
せん断応力		△	D								
組合せ応力		△	D								
建物開口部竜巻防護対策設備（竜巻防護鋼板対策設備）	フレーム	せん断応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	×	-				
		曲げ応力	△	D							
		組合せ応力	△	D							
	アンカーボルト	引張応力	△	D							
		せん断応力	△	D							
		組合せ応力	△	D							
取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備	鋼板	曲げ応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-				
		せん断応力	○	-							
	架構	曲げ応力	○	-							
		せん断応力	○	-							
	ベースプレート	曲げ応力	○	-							
		せん断応力	○	-							
		組合せ応力	○	-							
	アンカーボルト	引張応力	○	-							
		せん断応力	○	-							
		組合せ応力	○	-							
	取水槽海水ポンプエリア防護対策設備	鋼板 はり	曲げ応力	○				-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
			せん断応力	○				-			
柱		曲げ応力	○	-							
		圧縮応力	○	-							
		せん断応力	○	-							
		組合せ応力	○	-							
架構		曲げ応力	○	-							
		曲げ応力	○	-							
		せん断応力	○	-							
ベースプレート		せん断応力	○	-							
		組合せ応力	○	-							
		同上	○	-							
アンカーボルト		引張応力	○	-							
		せん断応力	○	-							
		組合せ応力	○	-							
原子炉建物天井クレーン	クレーン本体ガード	せん断応力	△	D	水平2方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。				
		曲げ応力	△	D							
		浮上り量	△	D							
	落下防止ラグ	圧縮応力	△	A	すべり方向とすべり直交方向では、それぞれの水平方向地震を受けた場合の挙動が異なるため、方向ごとに発生応力が異なる。したがって、水平2方向の影響は軽微である。	×	-				
		同上	△	A							
	トロリストッパ	せん断応力	△	A	すべり方向とすべり直交方向では、それぞれの水平方向地震を受けた場合の挙動が異なるため、方向ごとに発生応力が異なる。したがって、水平2方向の影響は軽微である。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。				
		曲げ応力	△	D							
		組合せ応力	△	D							
	トロリ	浮上り量	△	D	水平2方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた評価を実施している。	○					
	吊具	吊荷荷重	△	C				鉛直荷重のみ作用し、水平荷重が作用しないため、水平2方向入力の影響はない。			



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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないことの理由 新たな応力成分が発生しないことの理由
燃料取替機	燃料取替機構造物フレーム ブリッジ脱線防止ラグ(本体) トロリ脱線防止ラグ(本体) 走行レール 横行レール	せん断応力	△	D	水平2方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
		曲げ応力	△	D	同上		
		組合せ応力	△	D	同上		
	ブリッジ脱線防止ラグ(取付ボルト) トロリ脱線防止ラグ(取付ボルト)	せん断応力	△	D	水平2方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた評価を実施している。	×	-
	吊具(ワイヤロープ)	支持荷重	△	C	鉛直荷重のみ作用し、水平荷重が作用しないため、水平2方向入力の影響はない。		
吊具(先端金具)	引張応力	△	C	鉛直荷重のみ作用し、水平荷重が作用しないため、水平2方向入力の影響はない。			
チャンネル着脱装置	ガイドレール	せん断応力	○	-	3次元モデルを用いた解析を行っており、水平地震力に対する発生応力が入力方向ごとに異なる。したがって、水平2方向入力の影響がある。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
		曲げ応力	○	-	同上		
		組合せ応力	○	-	同上		
	カート	せん断応力	○	-	3次元モデルを用いた解析を行っており、水平地震力に対する発生応力が入力方向ごとに異なる。したがって、水平2方向入力の影響がある。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
		曲げ応力	○	-	同上		
		組合せ応力	○	-	同上		
	固定ボルト	引張応力	○	-	3次元モデルを用いた解析を行っており、水平地震力に対する発生応力が入力方向ごとに異なる。したがって、水平2方向入力の影響がある。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
		せん断応力	△	A	壁掛けのボルトは、壁と平行方向の水平地震力と鉛直地震力のみによりせん断力が発生するため、水平2方向入力の影響はない。		
	ローラチェーン	吊荷荷重	△	C	鉛直荷重のみ作用し、水平荷重が作用しないため、水平2方向入力の影響はない。	×	-
チャンネル取扱ブーム	ブーム 回転ポスト 固定ポスト	組合せ応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
		引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
	基礎ボルト	せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
制御棒貯蔵ハンガ	制御棒落下防止ボール	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
		せん断応力	○	-	同上		
		組合せ応力	○	-	同上		
	ボール支持金具	せん断応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-
	基礎ボルト	引張応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料5】		
せん断応力		△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】			

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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)				
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないことの理由 新たな応力成分が発生しないことの理由			
原子炉浄化系補助熱交換器	胴板	一次一般膜応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料5】	×	-			
		一次応力	△	A	同上					
		一次+二次応力	△	A	同上					
	脚	組合せ応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料5】					
		基礎ボルト	引張応力	△	A			水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料5】		
			せん断応力	△	C			水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】		
	組合せ応力		△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。					
	追設基礎ボルト	引張応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料5】					
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】					
		組合せ応力	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。					
	中央制御室天井照明	補強材	引張応力	△	D			水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
			せん断応力	△	D			同上		
支持鋼材 補強斜材		引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。					
		圧縮応力	△	D	同上					
		せん断応力	△	D	同上					
		曲げ応力	△	D	同上					
取付ボルト（照明ボルト） 継手ボルト 基礎ボルト		引張応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。					
		せん断応力	△	D	同上					
		組合せ応力	△	D	同上					
溶接部		せん断応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。					
防煙垂れ壁	フレーム部材	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	×	-			
		せん断応力	○	-	同上					
		曲げ応力	○	-	同上					
		組合せ応力	○	-	同上					
	基礎ボルト	引張応力	△	C	ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平2方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】					
		せん断応力	△	C	同上					

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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)			
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないことの理由 新たな応力成分が発生しないことの理由		
タービン補機冷却系熱交換器	脚	組合せ応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料5】	×	-		
	基礎ボルト	引張応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料5】				
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】				
		組合せ応力	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。				
	追設基礎ボルト	引張応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、強軸と弱軸の関係が明確であり、斜め方向に変形するのではなく、支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため、最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。【補足説明資料5】				
		せん断応力	△	C	水平2方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平2方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微である。【補足説明資料6】				
		組合せ応力	△	C	上記の引張応力及びせん断応力は、水平2方向の影響が軽微のため、組合せ応力も水平2方向の影響は軽微である。				
主排気ダクト	ダクト本体	座屈	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により耐震評価を実施している。		
	支持構造物部材 支持装置	組合せ応力	△	D	水平2方向を考慮した評価を実施している。				
取水槽ガントリクレーン	クレーン本体ガード 走行車輪 走行レール	せん断応力	△	D	水平2方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた評価を実施している。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。		
		曲げ応力	△	D	同上				
		組合せ応力	△	D	同上				
	脚 脚下部継ぎ ガード継ぎ	引張応力	△	D	水平2方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた評価を実施している。				
		圧縮応力	△	D	同上				
		せん断応力	△	D	同上				
		曲げ応力	△	D	同上				
	転倒防止装置アーム	組合せ応力	△	D	水平2方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた評価を実施している。				
		トルリストッパ	圧縮応力	△	A			すべり方向とすべり直交方向では、それぞれの水平方向地震を受けた場合の挙動が異なるため、方向ごとに発生応力が異なる。したがって、水平2方向の影響は軽微である。	×
	トロリ	浮上り量	△	D	水平2方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた評価を実施している。			○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
	吊具	吊荷荷重	△	C	鉛直荷重のみ作用し、水平荷重が作用しないため、水平2方向入力の影響はない。			×	-
	単軸粘性ダンパ	荷重	△	D	水平2方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた評価を実施している。			○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
		変位	△	D	同上				
	ブレース	圧縮応力	△	D	水平2方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた評価を実施している。				
クレビス	せん断応力	△	D	水平2方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた評価を実施している。					
	曲げ応力	△	D	同上					
	組合せ応力	△	D	同上					
	回転角度	△	D	同上					

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

設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの（考慮方法を表3に示す。）	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 (3.2.4項(2)に対応)	
						振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないことの理由 新たな応力成分が発生しないことの理由
除じん機	フレーム取付ボルト	せん断応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、フレーム取付ボルトは水流方向のせん断力のみ負担するため、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
	フレーム耐震サポート	せん断応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、せん断力を負担する断面が水流方向、水流直角方向で異なるため、水平2方向入力の影響は軽微である。		
	フレーム耐震ピン	せん断応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
		曲げ応力	○	-	同上		
		組合せ応力	○	-	同上		
	アジャストボルト	圧縮応力	△	C	鉛直荷重のみ作用し、水平荷重が作用しないため、水平2方向入力の影響はない。		
尾軸取付ボルト	せん断応力	△	A	水平2方向が同時に作用した場合においても、尾軸取付ボルトは水流方向のせん断力のみ負担するため、水平2方向入力の影響は軽微である。			
循環水ポンプ渦防止板	鋼板	せん断応力	△	C	水平1方向の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向の地震力が作用した場合においても水平1方向の応答が支配的となる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
		曲げ応力	△	C	同上		
		組合せ応力	△	C	同上		
	支持梁	せん断応力	△	C	同上		
		曲げ応力	△	C	同上		
		組合せ応力	△	C	同上		
	ブラケット	せん断応力	△	C	同上		
		曲げ応力	△	C	同上		
		組合せ応力	△	C	同上		
	取付ボルト (①, ②)	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
		せん断応力	△	C	水平1方向の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向の地震力が作用した場合においても水平1方向の応答が支配的となる。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
	基礎ボルト	引張応力	△	C	同上		
せん断応力		△	C	同上			
原子炉ウェルシールドプラグ	シールドプラグ本体	曲げモーメント	△	C	鉛直方向荷重が支配的であるため、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
		せん断力	△	C	同上	×	-
	支持部	圧縮力	△	C	同上	×	-
耐火障壁	フレーム部材	引張応力	○	-	水平2方向入力の影響がある。	○	3次元のモデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。
		圧縮応力	○	-	同上		
		せん断応力	○	-	同上		
		曲げ応力	○	-	同上		
		組合せ応力	○	-	同上		
	基礎ボルト	引張応力	○	-	同上		
		せん断応力	○	-	同上		
ガンマ線遮蔽壁	胴基部 開口集中部	せん断応力度	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料4】	×	-
		圧縮応力度	△	C	鉛直方向荷重のみ作用し、水平方向荷重が作用しない。したがって、水平2方向入力の影響は軽微である。		
		曲げ応力度	△	B	評価部位は円形の一様断面であることから、水平地震の方向ごとに最大応力点が異なる。したがって、水平2方向の地震力を組み合わせた場合でも水平2方向の影響は軽微である。【補足説明資料4】		
		組合せ応力度	△	B	同上		

表2 動的／電氣的機能維持評価

機種	①-1 水平2方向の地震力の重複 による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震力を組み合わせても1方向の地震力による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点（3.2.4項(2)に対応）	
				振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと、理由 新たな応力成分が発生しないこと、理由
立形ポンプ	○	—	軸受は円周に均等に地震力を受け持つため、水平2方向入力の影響を受ける。	○	X又はY方向振動モードではねじれ振動モードは現れない。水平2方向入力によって、ねじれ振動モードが高次にて現れる可能性はあるが、有意な応答ではないため、影響がないと考えられる。
横形ポンプ	△	A	現行の機能確認済加速度における詳細評価※で最弱部である軸系に対して、曲げに対して軸直角方向の水平1方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
ポンプ駆動用タービン	△	B	現行の機能確認済加速度における詳細評価※で最弱部である弁箱（主蒸気止め弁ヨーク部（立置き））に対して、水平2方向による最大応力の発生箇所が異なるため影響は軽微である。	×	—
立形機器用原動機	△	D	最弱部であるフレームに対して、現行の機能維持確認済加速度における詳細評価※において十分な裕度が確認されており、水平2方向入力による応答増加の影響は軽微である。	×	—
横形機器用原動機	△	D	最弱部である軸受けに対して、現行の機能維持確認済加速度における詳細評価※において十分な裕度が確認されており、水平2方向入力による応答増加の影響は軽微である。	×	—
空調ファン	△	A	現行の機能確認済加速度における詳細評価※で最弱部である軸系に対して、曲げに対して軸直角方向の水平1方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
ディーゼル発電設備（機関本体）	△	A	現行の機能確認済加速度における詳細評価※で最弱部である軸系に対して、曲げに対して軸直角方向の水平1方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
ディーゼル発電設備（ガバナ）	○	—	ガバナについては水平2方向合成による応答増加の影響がある。ただし、JEAG4601に記載の機能維持確認済加速度は1.8Gであるが、旧JNES試験より4Gまで機能維持を確認しているため、2方向合成加速度が4G未満であれば問題ない。	×	—
弁	△	D	工認耐震計算書で水平2方向を考慮した評価を実施し、応答加速度が機能確認済加速度以下であることを確認している。	×	—
制御棒駆動水圧系スクラム弁	○	—	制御棒駆動水圧系スクラム弁については水平2方向合成による応答増加の影響がある。	×	—
制御棒挿入性	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—
盤	△	A	電気盤、制御盤等に取付けられているリレー、遮断器等の電気品は、基本的に1次元的な接点のON-OFFに関わる比較的単純な構造をしている。加えて、基本的には全て梁、扉等の強度部材に強固に固定されているため、器具の非線形応答はないと考えられる。したがって、電気品は水平1方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料8】	×	—
伝送器・指示計	△	A	伝送器・指示計の掃引試験結果において、X、Y各成分に共振点はなく、出力変動を生じないことを確認していることから、X、Y2方向成分にも共振点はないものと考えられる。よって、X、Y2方向入力に対しても応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
燃料プール水位・温度（SA）	△	D	工認耐震計算書で水平2方向を考慮した評価を実施し、応答加速度が機能確認済加速度以下であることを確認している。	○	3次元モデルの応答解析結果を用い、耐震評価を実施していることから、ねじれる状態についても耐震評価に用いる荷重として算出される。

表2 動的／電氣的機能維持評価

機種	①-1 水平2方向の地震力の重複 による影響の有無 (3.2.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震力を組み合わせても1方向の地震力による応力と同等といえるもの D：工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮しているもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直行方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点（3.2.4項(2)に対応）	
				振動モード及び新たな応力成分の発生有無 ○：発生する ×：発生しない	左記「○」の場合、振動モードの影響がないこと、理由 新たな応力成分が発生しないこと、理由
燃料プール水位（SA）	△	D	工認耐震計算書で水平2方向を考慮した評価を実施し、検出器保護管に生じる応力が、弾性範囲内となることを確認している。	○	3次元モデルの応答解析結果を用い、耐震評価を実施していることから、ねじれる状態についても耐震評価に用いる荷重として算出される。
燃料プール監視カメラ	△	A	水平2方向の入力で対角方向に反応することはないため、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
燃料プール監視カメラ用冷却設備	△	A	水平2方向の入力で対角方向に反応することはないため、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
モニタリング設備	△	A	掃引試験結果において、X、Y各成分に共振点はなく、出力変動を生じないことを確認していることから、X、Y2方向成分にも共振点はないものと考えられる。よって、X、Y2方向入力に対しても応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
通信連絡設備（アンテナ類）	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—
原子炉建物ブローアウトパネル	△	D	3方向同時加振試験結果により水平2方向入力による影響が軽微であることを確認している。	×	—
ガスタービン発電機	△	A	水平2方向の入力で対角方向に反応することはないため、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
床ドレン逆止弁	△	A	掃引試験結果において、X、Y各成分に共振点はなく、出力変動を生じないことを確認していることから、X、Y2方向成分にも共振点はないものと考えられる。よって、X、Y2方向入力に対しても応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
津波監視カメラ	△	A	水平2方向の入力で対角方向に反応することはないため、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
取水槽水位計	△	A	掃引試験結果において、X、Y各成分に共振点はなく、出力変動を生じないことを確認していることから、X、Y2方向成分にも共振点はないものと考えられる。よって、X、Y2方向入力に対しても応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
地下水位低下設備揚水ポンプ	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—
地下水位低下設備水位計	△	A	掃引試験結果において、X、Y各成分に共振点はなく、出力変動を生じないことを確認していることから、X、Y2方向成分にも共振点はないものと考えられる。よって、X、Y2方向入力に対しても応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	—
遠隔手動弁操作設備（貫通シャフト、中間ギア）	△	D	工認耐震計算書で2方向同時加振試験による機能維持を確認している。	×	—
遠隔手動弁操作設備（L型ジョイント）	△	D	工認耐震計算書で水平2方向を考慮した評価を実施し、応答加速度が機能確認済加速度以下であることを確認している。	×	—
遠隔手動弁操作設備（フレキシブルシャフト連結部）	○	—	水平2方向入力の影響がある。	×	—

表3 工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮している設備の整理結果

設備		部位	応力分類	水平2方向の考慮方法 ①-1:発生荷重を組み合わせているもの (SRSS法) ①-2:発生荷重を組み合わせているもの (絶対値和) ①-3:発生荷重を組み合わせているもの (組合せ係数法) ②-1:発生応力を組み合わせているもの (SRSS法) ②-2:発生応力を組み合わせているもの (絶対値和) ②-3:発生応力を組み合わせているもの (組合せ係数法) ③:その他	設備の具体的な考慮方法	工認耐震計算書図書番号	
原子炉圧力容器	ノズル	各部位	一次一般膜応力	①-1	-	VI-2-3-3-1-2	
			一次膜応力+一次曲げ応力	①-1	-		
			一次+二次応力	①-1	-		
			一次+二次+ピーク応力	①-1	-		
	ブラケット類	蒸気乾燥器支持ブラケット	一次一般膜応力	③	水平2方向入力時の地震力を4つのブラケットのうち2つで分担した荷重を方向ごとに考慮した評価を行っている。 同上	VI-2-3-3-1-2	
			一次膜応力+一次曲げ応力	③			
		炉心スプレイブラケット	一次一般膜応力	①-1	-		
			一次膜応力+一次曲げ応力	①-1	-		
		給水スパージャブラケット	一次一般膜応力	①-1	-		
			一次膜応力+一次曲げ応力	①-1	-		
原子炉構造力容器附属	ジェットポンプ計測配管貫通部シール	貫通部シール	一次一般膜応力	①-1	-	VI-2-3-3-2-4	
			一次膜応力+一次曲げ応力	①-1	-		
			一次+二次応力	①-1	-		
			一次+二次+ピーク応力	①-1	-		
	差圧検出・ほう酸水注入系配管(ティーよりN11ノズルまでの外管)	差圧検出管	一次一般膜応力	①-1	-	VI-2-3-3-2-5	
			一次膜応力+一次曲げ応力	①-1	-		
			一次+二次応力	①-1	-		
			一次+二次+ピーク応力	①-1	-		
	原子炉圧力容器内部構造物	蒸気乾燥器	耐震用ブロック	純せん断応力	①-1	-	VI-2-3-3-3-2
		スパージャ炉内配管	各部位	一次一般膜応力	①-1	-	VI-2-3-3-3-6 VI-2-3-3-3-7
一次一般膜応力+一次曲げ応力				①-1	-	VI-2-3-3-3-8 VI-2-3-3-3-9 VI-2-3-3-3-10	
ジェットポンプ		ライザ ディフューザ ライザブレース	一次一般膜応力	①-1	-	VI-2-3-3-3-5	
			一次一般膜応力+一次曲げ応力	①-1	-		
燃料プール水位・温度 (SA)		架構	曲げ応力	②-2	-	VI-2-4-2-4	
	ワークテーブルフック	引張応力 組合せ応力	②-2 ②-2	- -			
燃料プール水位 (SA)	検出器保護管	曲げ応力 組合せ応力	①-2 ①-2	- -	VI-2-4-2-5		
ECCSストレナ 原子炉隔離時冷却系ストレナ	各部位 (フランジ, 取付ボルト以外)	一次膜応力+一次曲げ応力	①-1	-	VI-2-5-4-1-3		
	フランジ	曲げ応力	①-1	-	VI-2-5-5-1-2 VI-2-5-5-2-2		
	ボルト	引張応力	①-1	-	VI-2-5-5-4-1		
ECCSストレナ部ティー 原子炉隔離時冷却系ストレナ部ティー	ティー フランジ	一次応力	①-1	-	VI-2-5-4-1-5 VI-2-5-5-1-4 VI-2-5-5-2-4 VI-2-5-6-1-4		
ECCSストレナ取付部コネクタ	コネクタ フランジ	一次応力	①-1	-	VI-2-5-4-1-6 VI-2-5-5-1-5 VI-2-5-5-2-5		
ECCSストレナ取付部サポート	サポートパイプ サポートパイプ溶接部 サポートプレート サポートボルト	一次応力	①-1	-	VI-2-5-4-1-7 VI-2-5-5-1-6 VI-2-5-5-2-6		

表3 工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮している設備の整理結果

設備	部位	応力分類	水平2方向の考慮方法 ①-1:発生荷重を組み合わせているもの (SRSS法) ①-2:発生荷重を組み合わせているもの (絶対値和) ①-3:発生荷重を組み合わせているもの (組合せ係数法) ②-1:発生応力を組み合わせているもの (SRSS法) ②-2:発生応力を組み合わせているもの (絶対値和) ②-3:発生応力を組み合わせているもの (組合せ係数法) ③:その他	設備の具体的な考慮方法	工認耐震計算書図書番号	
水圧制御ユニット	フレーム	引張応力	②-1	-	VI-2-6-3-2-1-1	
		せん断応力	②-1	-		
		圧縮応力	②-1	-		
		曲げ応力	②-1	-		
		組合せ応力	②-1	-		
	取付ボルト	引張応力	②-1	-		
		せん断応力	②-1	-		
ダクト本体, サポート	ダクト本体 (円形)	座屈	③	水平2方向地震動による各方向最大荷重をベクトル和で組み合わせダクトに生じる曲げモーメントを算出している。	VI-2-8-3-1-1	
	サポート	一次応力 (組合せ)	①-1	-		
中央制御室待避室遮蔽	構造フレーム (鉄骨, 鋼板)	引張応力	①-3	-	VI-2-8-4-4	
		せん断応力	①-3	-		
		圧縮応力	①-3	-		
		曲げ応力	①-3	-		
		組合せ応力	①-3	-		
	基礎ボルト 遮蔽パネル接合部ボルト	引張応力	①-3	-		
		せん断応力	①-3	-		
構造フレーム接合部高力ボルト	せん断応力	①-3	-			
遮蔽パネル 気密用鋼板	組合せ応力	①-3	-			
原子炉格納容器	サブプレッションチェンバ	サブプレッションチェンバ胴中央部上部	一次一般膜応力	②-1	-	
		サブプレッションチェンバ胴中央部下部	一次膜応力+一次曲げ応力	②-1	-	
		サブプレッションチェンバ胴中央部内側	一次+二次応力	②-1	-	
		サブプレッションチェンバ胴中央部外側	一次+二次応力	②-1	-	
	サブプレッションチェンバ	サブプレッションチェンバ胴エビ継部上部	一次膜応力+一次曲げ応力	②-1	-	
		サブプレッションチェンバ胴エビ継部下部	一次+二次応力	②-1	-	
	サブプレッションチェンバサポート	サポート ベースとベースプレートの接合部	引張応力	①-1	-	VI-2-9-2-3
			せん断応力	①-1	-	
			圧縮応力	①-1	-	
			曲げ応力	①-1	-	
組合せ応力			①-1	-		
シアキー		せん断応力	①-1	-		
	支圧圧力	①-1	-			
サブプレッションチェンバサポート	ベースプレート シアプレート	せん断応力	①-1	-		
		曲げ応力	①-1	-		
	コンクリート	組合せ応力	①-1	-		
コンクリート	圧縮応力	①-1	-			
ボルト 基礎ボルト	引張応力	①-1	-			



表3 工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮している設備の整理結果

設備		部位	応力分類	水平2方向の考慮方法 ①-1:発生荷重を組み合わせているもの (SRSS法) ①-2:発生荷重を組み合わせているもの (絶対値和) ①-3:発生荷重を組み合わせているもの (組合せ係数法) ②-1:発生応力を組み合わせているもの (SRSS法) ②-2:発生応力を組み合わせているもの (絶対値和) ②-3:発生応力を組み合わせているもの (組合せ係数法) ③:その他	設備の具体的な考慮方法	工認耐震計算書図書番号
原子炉格納容器	機器搬入口 逃がし安全弁搬出ハッチ 制御棒駆動機構搬出ハッチ	ハッチ円筒胴	一次一般膜応力	②-2	-	VI-2-9-2-5
			一次膜応力+一次曲げ応力	②-2	-	
			一次+二次応力	②-2	-	
		ハッチ本体と補強板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	①-1, ②-2	-	VI-2-9-2-6
			一次+二次応力	①-1, ②-2	-	VI-2-9-2-7
			一次+二次+ピーク応力	①-1, ②-2	-	
	サブプレッションチェンバアクセス ハッチ	アクセスハッチスリーブ	一次一般膜応力	③	サブプレッションチェンバの地震応答解析において水平2方向の震度をベクトル和で組み合わせ、その震度を入力としている。	VI-2-9-2-8
			一次膜応力+一次曲げ応力	③	同上	
			一次+二次応力	③	同上	
		アクセスハッチ本体とサブプレッションチェンバ胴との結合部 アクセスハッチスリーブと補強リブとの結合部 補強リブとサブプレッションチェンバ胴との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	③	同上	
	補強リブ	一次+二次応力	③	同上		
	所員用エアロック	ハッチ円筒胴	一次一般膜応力	②-3	-	VI-2-9-2-9
			一次膜応力+一次曲げ応力	②-3	-	
			一次+二次応力	②-3	-	
		ハッチ本体と補強板との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	①-1, ②-3	-	
			一次+二次応力	①-1, ②-3	-	
			一次+二次+ピーク応力	①-1, ②-3	-	
	原子炉格納容器配管貫通部	原子炉格納容器とスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	①-1	-	VI-2-9-2-10
			一次+二次応力	①-1	-	
		スリーブ	一次一般膜応力	①-1	-	
一次膜応力+一次曲げ応力			①-1	-		
原子炉格納容器電気配線貫通部	ドライウェルとスリーブとの結合部	一次+二次応力	①-1	-		
		一次膜応力+一次曲げ応力	①-1, ②-2	-		
		一次+二次応力	①-1, ②-2	-		
真空破壊装置	スリーブ	一次一般膜応力	①-2	-	VI-2-9-4-1	
		一次膜応力+一次曲げ応力	①-2	-		
		一次+二次応力	①-2	-		
	スリーブとベント管との結合部	一次一般膜応力	①-2, ②-1	-		
		一次膜応力+一次曲げ応力	①-2, ②-1	-		
		一次+二次応力	①-2, ②-1	-		
ダウンカマ	ダウンカマ	一次一般膜応力	①-1	-	VI-2-9-4-2	
		一次膜応力+一次曲げ応力	①-1	-		
		一次+二次応力	①-1	-		
	ベントヘッドとダウンカマの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	②-1	-		
		一次+二次応力	②-1	-		
		一次+二次+ピーク応力	②-1	-		

表3 工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮している設備の整理結果

設備	部位	応力分類	水平2方向の考慮方法 ①-1：発生荷重を組み合わせているもの (SRSS法) ①-2：発生荷重を組み合わせているもの (絶対値和) ①-3：発生荷重を組み合わせているもの (組合せ係数法) ②-1：発生応力を組み合わせているもの (SRSS法) ②-2：発生応力を組み合わせているもの (絶対値和) ②-3：発生応力を組み合わせているもの (組合せ係数法) ③：その他	設備の具体的な考慮方法	工認耐震計算書図書番号
ベント管	ヘッド接続部	一次一般膜応力	②-1	-	VI-2-9-4-3
		一次一般膜応力+一次曲げ応力	②-1	-	
		一次+二次応力	②-1	-	
		一次+二次+ピーク応力	②-1	-	
	ベント管円筒部	一次一般膜応力	①-1	-	
		一次一般膜応力+一次曲げ応力	①-1	-	
		一次+二次応力	①-1	-	
		一次+二次+ピーク応力	①-1	-	
	ベント管とドライウェルとの接合部	一次一般膜応力	①-1	-	
		一次一般膜応力+一次曲げ応力	①-1	-	
		一次+二次応力	①-1	-	
		一次+二次+ピーク応力	①-1	-	
ベント管ベローズ	ベント管ベローズ	疲労	①-2	-	VI-3-3-7-1-17
ベントヘッド	ベントヘッド	一次一般膜応力	②-1	-	VI-2-9-4-2-2
		一次膜応力+一次曲げ応力	②-1	-	
		一次+二次応力	②-1	-	
	ベントヘッド補強リング取付部	一次膜応力+一次曲げ応力	②-1	-	
		一次+二次応力	②-1	-	
	ベントヘッドサポート	引張応力	①-1	-	
		圧縮応力	①-1	-	
		曲げ応力	①-1	-	
		組合せ応力	①-1	-	
	サブプレッションチェンバ補強リング	引張応力	①-1	-	
		せん断応力	①-1	-	
		圧縮応力	①-1	-	
		曲げ応力	①-1	-	
	ボルト	せん断応力	①-1	-	
		曲げ応力	①-1	-	
		支圧圧力	①-1	-	
組合せ応力		①-1	-		
ドライウェルスブレイ管	上部ブレイ管案内管	一次応力	①-2	-	VI-2-9-4-4-1-1
		一次+二次応力	①-2	-	
	上部ブレイ管ティー部	一次応力	①-2	-	
		一次+二次応力	①-2	-	
	上部ブレイ管案内管サポート	一次応力	①-1	-	
		一次+二次応力	①-1	-	
		せん断応力	①-1	-	
	下部ブレイ管	一次応力	①-2	-	
		一次+二次応力	①-2	-	
	下部ブレイ管案内管	一次応力	①-2	-	
		一次+二次応力	①-2	-	
	下部ブレイ管ティー部	一次応力	①-2	-	
		一次+二次応力	①-2	-	
	下部ブレイ管サポート	一次応力	①-1	-	
一次+二次応力		①-1	-		
組合せ応力		①-1	-		

表3 工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮している設備の整理結果

設備	部位	応力分類	水平2方向の考慮方法 ①-1：発生荷重を組み合わせているもの (SRSS法) ①-2：発生荷重を組み合わせているもの (絶対値和) ①-3：発生荷重を組み合わせているもの (組合せ係数法) ②-1：発生応力を組み合わせているもの (SRSS法) ②-2：発生応力を組み合わせているもの (絶対値和) ②-3：発生応力を組み合わせているもの (組合せ係数法) ③：その他	設備の具体的な考慮方法	工認耐震計算書図書番号
サプレッションチェンバースプレイ管	スプレイ管	一次応力	①-1	-	VI-2-9-4-4-1-2
		一次+二次応力	①-1	-	
		一次+二次+ピーク応力	①-1	-	
	スプレイ管えび状の管部	一次応力	①-1	-	
		一次+二次応力	①-1	-	
	スプレイ管ティー部	一次応力	①-1	-	
		一次+二次応力	①-1	-	
	スプレイ管案内管	一次応力	①-1	-	
		一次+二次応力	①-1	-	
	スプレイ管サポート	一次応力	①-1	-	
		一次+二次応力	①-1	-	
		せん断応力	①-1	-	
遠隔手動弁操作設備	基礎ボルト	引張応力	①-2	-	VI-2-9-4-7-1-4
		せん断応力	①-2	-	
		組合せ応力	①-2	-	
	取付ボルト	引張応力	①-1	-	
		せん断応力	①-1	-	
		組合せ応力	①-1	-	
配管本体, サポート (多質点はモデル解析)	配管, サポート	一次応力	①-1	-	VI-2-4-3-1-3 VI-2-4-3-2-1 VI-2-5-2-1-1 VI-2-5-3-1-2 VI-2-5-3-2-1 VI-2-5-4-1-4 VI-2-5-5-1-3 VI-2-5-5-2-3 VI-2-5-5-3-2 VI-2-5-5-5-2 VI-2-5-6-1-3 VI-2-5-7-1-6 VI-2-5-7-2-6 VI-2-5-7-3-1 VI-2-5-8-1-1 VI-2-6-3-2-1-2 VI-2-6-4-1-3 VI-2-6-6-1-1 VI-2-7-2-1-1 VI-2-8-3-2-1 VI-2-8-3-3-1 VI-2-9-4-4-2-1 VI-2-9-4-4-3-1 VI-2-9-4-4-4-2 VI-2-9-4-5-1-1 VI-2-9-4-5-2-1 VI-2-9-4-5-4-1 VI-2-9-4-6-1-1 VI-2-9-4-7-1-1 VI-2-10-1-2-1-9 VI-2-10-1-2-2-7 VI-2-10-1-2-3-6 VI-2-11-2-8 VI-2-10-2-11
		一次+二次応力	①-1	-	

表3 工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮している設備の整理結果

設備	部位	応力分類	水平2方向の考慮方法 ①-1:発生荷重を組み合わせているもの (SRSS法) ①-2:発生荷重を組み合わせているもの (絶対値和) ①-3:発生荷重を組み合わせているもの (組合せ係数法) ②-1:発生応力を組み合わせているもの (SRSS法) ②-2:発生応力を組み合わせているもの (絶対値和) ②-3:発生応力を組み合わせているもの (組合せ係数法) ③:その他	設備の具体的な考慮方法	工認耐震計算書図書番号			
水密扉 (建物内、ディーゼル燃料移送ポンプエリア)	パネル部 (柱, はり)	曲げ応力	②-3	-	VI-2-10-2-9			
		せん断応力	②-3	-				
		軸応力	②-3	-				
		組合せ応力	②-3	-				
	パネル部 (アンカーボルト)	引張応力	②-3	-				
		せん断応力	②-3	-				
防水壁(ディーゼル燃料移送ポンプエリア)	はり 柱	曲げ応力	③	水平2方向及び鉛直方向の震度を組合せ係数法により組合せたものを入力震度として3次元静的線形応力解析を行い、各部位の発生応力を算出している。	VI-2-10-2-8			
		せん断応力	③					
		圧縮応力	③					
		組合せ応力	③					
	ブレース	引張応力	③					
	アンカーボルト	引張応力	③					
		せん断応力	③					
		組合せ応力	③					
	建物開口部竜巻防護対策設備 (竜巻防護ネット対策設備)	フレーム	引張応力			②-3	-	VI-2-11-2-6
			圧縮応力			②-3	-	
せん断応力			②-3	-				
曲げ応力			②-3	-				
組合せ応力			②-3	-				
アンカーボルト		引張応力	②-3	-				
		せん断応力	②-3	-				
		組合せ応力	②-3	-				
建物開口部竜巻防護対策設備 (竜巻防護鋼板対策設備)	フレーム	せん断応力	②-3	-	VI-2-11-2-6			
		曲げ応力	②-3	-				
		組合せ応力	②-3	-				
	アンカーボルト	引張応力	②-3	-				
		せん断応力	②-3	-				
		組合せ応力	②-3	-				
原子炉建物天井クレーン	クレーン本体ガード	せん断応力	③	水平2方向及び鉛直方向同時入力による非線形時刻歴解析を行い、各部位の荷重を求めている。 この荷重を用いて各部位の発生応力を算出している。 水平2方向及び鉛直方向同時入力による非線形時刻歴解析を行い、浮上り量を算出している。	VI-2-11-2-7-1			
		曲げ応力	③					
		浮上り量	③					
	トロリストッパ	曲げ応力	③					
		組合せ応力	③					
	トロリ	浮上り量	③					
燃料取替機	燃料取替機構造物フレーム ブリッジ脱線防止ラグ (本体) トロリ脱線防止ラグ (本体) 走行レール 横行レール	せん断応力	①-2	-	VI-2-11-2-7-2			
		曲げ応力	①-2	-				
		組合せ応力	①-2	-				
	ブリッジ脱線防止ラグ (取付ボルト) トロリ脱線防止ラグ (取付ボルト)	せん断応力	①-2	-				

表3 工認耐震計算書にて、水平2方向の地震力を考慮している設備の整理結果

設備	部位	応力分類	水平2方向の考慮方法 ①-1:発生荷重を組み合わせているもの (SRSS法) ①-2:発生荷重を組み合わせているもの (絶対値和) ①-3:発生荷重を組み合わせているもの (組合せ係数法) ②-1:発生応力を組み合わせているもの (SRSS法) ②-2:発生応力を組み合わせているもの (絶対値和) ②-3:発生応力を組み合わせているもの (組合せ係数法) ③:その他	設備の具体的な考慮方法	工認耐震計算書図書番号
中央制御室天井照明	補強材	引張応力	①-1	-	VI-2-11-2-7-10
		せん断応力	①-1	-	
	支持鋼材 補強斜材	引張応力	①-1	-	
		圧縮応力	①-1	-	
		せん断応力	①-1	-	
		曲げ応力	①-1	-	
	取付ボルト (照明ボルト) 継手ボルト 基礎ボルト	引張応力	①-1	-	
		せん断応力	①-1	-	
		組合せ応力	①-1	-	
	溶接部	せん断応力	①-1	-	
主排気ダクト	ダクト本体	座屈	①-1	-	VI-2-11-2-7-13
	支持構造物部材 支持装置	組合せ応力	①-1	-	
取水槽ガントリクレーン	クレーン本体ガーダ 走行車輪 走行レール	せん断応力	③	水平2方向及び鉛直方向同時入力による非線形時刻歴解析を行い、各部位の荷重を求めている。 この荷重を用いて各部位の発生応力を算出している。	VI-2-11-2-7-14
		曲げ応力	③		
		組合せ応力	③		
	脚 脚下部継ぎ ガーダ継ぎ	引張応力	③	水平2方向及び鉛直方向同時入力による非線形時刻歴解析を行い、各部位の荷重を求めている。 この荷重を用いて各部位の発生応力を算出している。	
		圧縮応力	③		
		せん断応力	③		
		曲げ応力	③		
	転倒防止装置アーム	組合せ応力	③	水平2方向及び鉛直方向同時入力による非線形時刻歴解析を行い、各部位の荷重を求めている。 この荷重を用いて各部位の発生応力を算出している。	
		組合せ応力	③		
	トロリ	浮上り量	③	水平2方向及び鉛直方向同時入力による非線形時刻歴解析を行い、浮上り量を算出している。	
	単軸粘性ダンパ	荷重	③	水平2方向及び鉛直方向同時入力による非線形時刻歴解析を行い、荷重を算出している。	
		変位	③	水平2方向及び鉛直方向同時入力による非線形時刻歴解析を行い、変位を算出している。	
	ブレース	圧縮応力	③	水平2方向及び鉛直方向同時入力による非線形時刻歴解析を行い、各部位の荷重を求めている。 この荷重を用いて各部位の発生応力を算出している。	
クレビス	せん断応力	③	水平2方向及び鉛直方向同時入力による非線形時刻歴解析を行い、各部位の荷重を求めている。 この荷重を用いて各部位の発生応力を算出している。		
	曲げ応力	③			
	組合せ応力	③			
	回転角度	③		水平2方向及び鉛直方向同時入力による非線形時刻歴解析を行い、回転角度を算出している。	

## 水平 2 方向及び鉛直方向の動的地震力の具体的な考慮方法について

## 1. 概要

耐震評価における水平 2 方向及び鉛直方向の動的地震力の組合せにあたっては、各方向の動的地震力により発生する荷重又は応力を同等に組み合わせて評価を実施するが、本書にて組合せ方法について具体例を用いて説明する。

水平 2 方向及び鉛直方向の動的地震力を荷重又は応力の段階で組み合わせる方法の分類は表 1 に示す 6 通りであり、今回水圧制御ユニットの取付ボルトの耐震評価を代表例とし、各分類の組合せ方法を適用した場合の評価式について説明する。

なお、水圧制御ユニットの取付ボルトの耐震評価に実際に適用している組合せ方法は表 1 における②-1 である（評価内容の詳細は VI-2-6-3-2-1-1 「水圧制御ユニットの耐震性についての計算書」参照）。

表 1 水平 2 方向及び鉛直方向の動的地震力の組合せ方法\*

組合せ段階	組合せ方法		
	SRSS 法	絶対値和	組合せ係数法
発生荷重	①-1	①-2	①-3
発生応力	②-1	②-2	②-3

注記\*：表中の分類番号（①-1 他）は別紙 4.1 表 3 における分類番号を示す。

## 2. 水平 2 方向及び鉛直方向の動的地震力の考慮方法

## 2.1 荷重の段階で組合せを行う場合

水圧制御ユニットの底部取付ボルトの引張応力の評価を例とする。

底部取付ボルトに対する引張応力は、図 1 に示すフレームのせん断力  $F_y$  及び曲げモーメント  $M_z$  を考え、これを保守的に片側のボルトで受けるものとして計算する。

## (1) 引張力

$$F_b = |F_y| + \frac{|M_z|}{\ell_1} \dots\dots\dots (1)$$

## (2) 引張応力

$$\sigma_{tb} = \frac{F_b}{N_f \cdot A_{b1}} \dots\dots\dots (2)$$

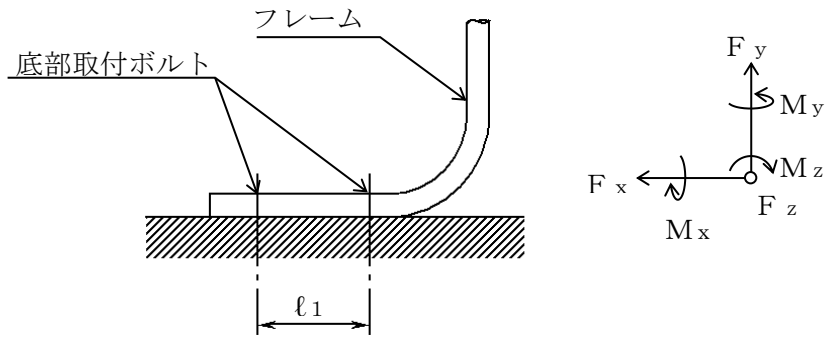


図1 フレームの底部を支持架構に取付けるボルト部の概要

(1)式を踏まえ、水平2方向及び鉛直方向の動的地震力を考慮した場合の引張力 $F_b$ の算出式を以下に示す。なお、引張応力 $\sigma_{tb}$ の算出方法は(2)式による。

【絶対値和】 (分類①-2)

$$F_b = \left| F_{y(\text{自重})} \right| + \left| F_{y(\text{x軸入力})} \right| + \left| F_{y(\text{y軸入力})} \right| + \left| F_{y(\text{z軸入力})} \right| \\ + \frac{\left| M_{z(\text{自重})} \right| + \left| M_{z(\text{x軸入力})} \right| + \left| M_{z(\text{y軸入力})} \right| + \left| M_{z(\text{z軸入力})} \right|}{l_1} \dots (3)$$

【S R S S法】 (分類①-1)

$$F_b = \left| F_{y(\text{自重})} \right| + \sqrt{\left| F_{y(\text{x軸入力})} \right|^2 + \left| F_{y(\text{y軸入力})} \right|^2 + \left| F_{y(\text{z軸入力})} \right|^2} \\ + \frac{\left| M_{z(\text{自重})} \right| + \sqrt{\left| M_{z(\text{x軸入力})} \right|^2 + \left| M_{z(\text{y軸入力})} \right|^2 + \left| M_{z(\text{z軸入力})} \right|^2}}{l_1} \dots (4)$$

【組合せ係数法】（分類①-3）

$$\begin{aligned}
 F_b = & \max \left( \left| F_y (\text{自重}) \right| + 0.4 \left| F_y (\text{x軸入力}) \right| + 0.4 \left| F_y (\text{y軸入力}) \right| + 1.0 \left| F_y (\text{z軸入力}) \right| \right. \\
 & + \frac{\left| M_z (\text{自重}) \right| + 0.4 \left| M_z (\text{x軸入力}) \right| + 0.4 \left| M_z (\text{y軸入力}) \right| + 1.0 \left| M_z (\text{z軸入力}) \right|}{\ell_1}, \\
 & \left| F_y (\text{自重}) \right| + 0.4 \left| F_y (\text{x軸入力}) \right| + 1.0 \left| F_y (\text{y軸入力}) \right| + 0.4 \left| F_y (\text{z軸入力}) \right| \\
 & + \frac{\left| M_z (\text{自重}) \right| + 0.4 \left| M_z (\text{x軸入力}) \right| + 1.0 \left| M_z (\text{y軸入力}) \right| + 0.4 \left| M_z (\text{z軸入力}) \right|}{\ell_1}, \\
 & \left| F_y (\text{自重}) \right| + 1.0 \left| F_y (\text{x軸入力}) \right| + 0.4 \left| F_y (\text{y軸入力}) \right| + 0.4 \left| F_y (\text{z軸入力}) \right| \\
 & + \frac{\left| M_z (\text{自重}) \right| + 1.0 \left| M_z (\text{x軸入力}) \right| + 0.4 \left| M_z (\text{y軸入力}) \right| + 0.4 \left| M_z (\text{z軸入力}) \right|}{\ell_1} \left. \right) \cdot \cdot \cdot (5)
 \end{aligned}$$

ここで、

- $A_{b1}$  : フレームの底部を支持架構に取付けるボルトの軸断面積 (mm<sup>2</sup>)
- $F_b$  : 底部取付ボルトに作用する引張力 (N)
- $F_y$  : フレームのせん断力 (y 方向) (N)
- $F_y (\text{自重})$  : 自重によるフレームのせん断力 (y 方向) (N)
- $F_y (\text{x軸入力})$  : x 軸方向動的地震力によるフレームのせん断力 (y 方向) (N)
- $F_y (\text{y軸入力})$  : y 軸方向動的地震力によるフレームのせん断力 (y 方向) (N)
- $F_y (\text{z軸入力})$  : z 軸方向動的地震力によるフレームのせん断力 (y 方向) (N)
- $\ell_1$  : フレームの底部を支持架構に取付けるボルト間の距離 (mm)
- $M_z$  : フレームの曲げモーメント (z 軸) (N・mm)
- $M_z (\text{自重})$  : 自重によるフレームの曲げモーメント (z 軸) (N・mm)
- $M_z (\text{x軸入力})$  : x 軸方向動的地震力によるフレームの曲げモーメント (z 軸) (N・mm)
- $M_z (\text{y軸入力})$  : y 軸方向動的地震力によるフレームの曲げモーメント (z 軸) (N・mm)
- $M_z (\text{z軸入力})$  : z 軸方向動的地震力によるフレームの曲げモーメント (z 軸) (N・mm)
- $N_f$  : 評価上引張力を受けるとして期待する底部取付ボルトの本数
- $\sigma_{tb}$  : 底部取付ボルトに生じる引張応力の最大値 (MPa)

である。



2.2 応力による組合せを行う場合

2.1 と同様、水圧制御ユニットの底部取付ボルトの引張応力の評価を例とする。

(1)式より、自重及び各方向の動的地震力により発生する引張力は(5) (6)式のとおり示される。

$$F_{b(自重)} = \left| F_{y(自重)} \right| + \frac{|M_{z(自重)}|}{\ell_1} \dots \dots \dots (5)$$

$$F_{b(x(y, z)軸入力)} = \left| F_{y(x(y, z)軸入力)} \right| + \frac{|M_{z(x(y, z)軸入力)}|}{\ell_1} \dots \dots \dots (6)$$

(2) (5) (6)式を踏まえ、水平2方向及び鉛直方向の動的地震力を考慮した場合の引張応力  $\sigma_{tb}$  の算出式を以下に示す。

【絶対値和】 (分類②-2)

$$\sigma_{tb} = \frac{|F_{b(自重)}| + |F_{b(x軸入力)}| + |F_{b(y軸入力)}| + |F_{b(z軸入力)}|}{N_f \cdot A_{b1}} \dots \dots (7)$$

【S R S S法】 (分類②-1)

$$\sigma_{tb} = \frac{|F_{b(自重)}| + \sqrt{|F_{b(x軸入力)}|^2 + |F_{b(y軸入力)}|^2 + |F_{b(z軸入力)}|^2}}{N_f \cdot A_{b1}} \dots \dots (8)$$

【組合せ係数法】 (分類②-3)

$$\sigma_{tb} = \max \left( \frac{|F_{b(自重)}| + 0.4|F_{b(x軸入力)}| + 0.4|F_{b(y軸入力)}| + 1.0|F_{b(z軸入力)}|}{N_f \cdot A_{b1}}, \right. \\ \frac{|F_{b(自重)}| + 0.4|F_{b(x軸入力)}| + 1.0|F_{b(y軸入力)}| + 0.4|F_{b(z軸入力)}|}{N_f \cdot A_{b1}}, \\ \left. \frac{|F_{b(自重)}| + 1.0|F_{b(x軸入力)}| + 0.4|F_{b(y軸入力)}| + 0.4|F_{b(z軸入力)}|}{N_f \cdot A_{b1}} \right) \dots (9)$$

ここで、

$F_{b(自重)}$  : 自重により底部取付ボルトに作用する引張力 (N)

$F_{b(x軸入力)}$  : x 軸方向動的地震力により底部取付ボルトに作用する引張力 (N)

$F_{b(y軸入力)}$  : y 軸方向動的地震力により底部取付ボルトに作用する引張力 (N)

$F_{b(z軸入力)}$  : z 軸方向動的地震力により底部取付ボルトに作用する引張力 (N)

である。

③水平2方向の地震による代表設備の増分影響検討結果（基準地震動S s）

表1 構造強度評価

設備	応答軸が明確か（補足説明資料に対応） ○：応答軸が明確 ×：応答軸が明確でない	部位	応力分類	代表設備	水平1方向及び鉛直方向地震力における裕度が√2以上か ○：√2以上 ×：√2未満	①発生値 (水平1方向)	②発生値 (水平2方向)	発生値の増分 =②÷①	増分の判定 ○：影響が無視できない △：影響が軽微	発生値（水平2方向）の算出方法 ①地震・地震以外に分離し、地震による応力をSRSS ②NS・EW方向別々の応力をSRSS（地震・地震以外は分離せず） ③地震・地震以外に分離し、NS・EW方向別々の地震による応力をSRSS ④その他（算出方法を記載）
燃料集合体	×	燃料被覆管	一次応力	燃料集合体	○	-	-	-	-	-
			一次+二次応力		○	-	-	-	-	-
			一次+二次+ピーク応力		○	-	-	-	-	-
使用済燃料貯蔵ラック	×	ラック部材 (板, シートプレート及びラックベース)	引張応力	使用済燃料貯蔵ラック	○	-	-	-	-	-
			せん断応力		○	-	-	-	-	
			組合せ応力		○	-	-	-	-	
制御棒・破損燃料貯蔵ラック	×	ラック	引張応力	制御棒・破損燃料貯蔵ラック	○	-	-	-	-	-
			せん断応力		○	-	-	-	-	
			組合せ応力		○	-	-	-	-	
燃料プール水位・温度（SA）	×	架構	引張(圧縮)応力	燃料プール水位・温度（SA）	○	-	-	-	-	-
			せん断応力		○	-	-	-	-	
			組合せ応力		○	-	-	-	-	
燃料プール監視カメラ	×	基礎ボルト	引張応力	燃料プール監視カメラ	○	-	-	-	-	-
アキュムレータ	×	胴板	一次一般膜応力	アキュムレータ	○	-	-	-	-	-
			一次応力		○	-	-	-	-	
			一次+二次応力		○	-	-	-	-	
伝送器（矩形壁掛）	×	基礎ボルト	引張応力	低圧炉心スプレイポンプ出口圧力	○	-	-	-	-	-
			組合せ応力		○	-	-	-	-	
			溶接部		引張応力	○	-	-	-	-
伝送器（サポート鋼材固定）	×	基礎ボルト	引張応力	スクラム排水容器水位	○	-	-	-	-	-
			組合せ応力		○	-	-	-	-	
			溶接部		引張応力	○	-	-	-	-
制御盤，電気盤（矩形壁掛）	×	基礎ボルト 取付ボルト	引張応力	1・2号SPDS伝送用アンテナ用中継器盤	○	-	-	-	-	-
			組合せ応力		○	-	-	-	-	
			溶接部		引張応力	○	-	-	-	-
組合せ応力	○	-		-	-	-				
モニタリング設備（矩形壁掛）	×	基礎ボルト 取付ボルト		引張応力	燃料取替階放射線モニタ	○	-	-	-	-
			組合せ応力	○		-	-	-	-	
			通信連絡設備（アンテナ類）（矩形壁掛）	×		基礎ボルト	引張応力	衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）	○	-
組合せ応力	○	-			-		-		-	
ブローアウトパネル閉止装置	×	シャフト			組合せ応力		ブローアウトパネル閉止装置		○	-
			軸受取付ボルト 駆動部取付ボルト 取付ボルト 基礎ボルト	引張応力	○	-		-	-	-
				組合せ応力	○	-		-	-	-
可燃性ガス濃度制御系再結合装置 ブロワ	×	ベース取付溶接部		せん断応力	可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ	○	-	-	-	-
静的触媒式水素処理装置	×	静的触媒式水素処理装置本体	組合せ応力	静的触媒式水素処理装置	○	-	-	-	-	-
			組合せ応力		○	-	-	-	-	
		架台	組合せ応力		○	-	-	-	-	
			組合せ応力		○	-	-	-	-	
		取付ボルト	引張応力		○	-	-	-	-	
			せん断応力		○	-	-	-	-	
基礎ボルト	引張応力	○	-	-	-	-				
	組合せ応力	○	-	-	-	-				

③水平2方向の地震による代表設備の増分影響検討結果（基準地震動S s）

表1 構造強度評価

設備	応答軸が明確か（補足説明資料 に対応） ○：応答軸が明確 ×：応答軸が明確でない	部位	応力分類	代表設備	水平1方向及び鉛直方向地震力における裕度が√2以上か ○：√2以上 ×：√2未満	① 発生値 (水平1方向)	② 発生値 (水平2方向)	発生値の増分 =②÷①	増分の判定 ○：影響が無視できない △：影響が軽微	発生値（水平2方向）の算出方法 ①地震・地震以外に分離し、地震による応力をSRSS ②NS・EW方向別々の応力をSRSS（地震・地震以外は分離せず） ③地震・地震以外に分離し、NS・EW方向別々の地震による応力をSRSS ④その他（算出方法を記載）	
防波壁通路防波扉 (1号機北側, 2号機北側)	×	ヒンジ部 (ヒンジ板)	曲げ応力	防波壁通路防波扉 (1号機北側, 2号機北側)	○	-	-	-	-	-	
			せん断応力		○	-	-	-	-	-	
			引張応力		○	-	-	-	-	-	
			組合せ応力		○	-	-	-	-	-	
	×	ヒンジ部 (ヒンジピン)	曲げ応力		○	-	-	-	-	-	-
			せん断応力		○	-	-	-	-	-	
			圧縮応力		○	-	-	-	-	-	
			組合せ応力		○	-	-	-	-	-	
	×	ヒンジ部 (ヒンジボルト)	せん断応力		○	-	-	-	-	-	-
			引張応力		○	-	-	-	-	-	
	×	アンカーボルト	引張応力		○	-	-	-	-	-	-
			せん断応力		○	-	-	-	-	-	-
屋外排水路逆止弁	×	扉体部	曲げ応力	屋外排水路逆止弁	○	-	-	-	-	-	
			せん断応力		○	-	-	-	-	-	
			組合せ応力		○	-	-	-	-	-	
	×	固定部	せん断応力		○	-	-	-	-	-	-
			支圧応力		○	-	-	-	-	-	
			引張応力		○	-	-	-	-	-	
取水槽除じん機エリア水密扉 (北)	×	ヒンジ部	曲げ応力	取水槽除じん機エリア水密扉 (北)	○	-	-	-	-	-	
			せん断応力		○	-	-	-	-	-	
			組合せ応力		○	-	-	-	-	-	
水密扉 (建物内, 燃料移送ポンプエリア)	×	ヒンジ部	曲げ応力	水密扉 (建物内, 燃料移送ポンプエリア)	×	265N/mm <sup>2</sup>	275N/mm <sup>2</sup>	1.04	○	②	
			せん断応力		○	-	-	-	-	-	
			組合せ応力		×	268N/mm <sup>2</sup>	278N/mm <sup>2</sup>	1.04	○	②	
	×	アンカーボルト	引張応力		○	-	-	-	-	-	-
			せん断応力		○	-	-	-	-	-	
			組合せ応力		○	-	-	-	-	-	
×	パネル部 (パネル板)	曲げ応力	○	-	-	-	-	-	-		
		せん断応力	○	-	-	-	-	-			
防水壁 (ディーゼル燃料移送ポンプエリア)	×	鋼板	曲げ応力	防水壁 (ディーゼル燃料移送ポンプエリア)	○	-	-	-	-	-	
			せん断応力		○	-	-	-	-	-	
			銅縁		○	-	-	-	-	-	
堰 (柱支持型)	×	鋼板	曲げ応力	堰 (柱支持型)	○	-	-	-	-	-	
			せん断応力		○	-	-	-	-	-	
			組合せ応力		○	-	-	-	-	-	
	×	はり材 柱材	引張応力		○	-	-	-	-	-	-
			せん断応力		○	-	-	-	-	-	
			組合せ応力		○	-	-	-	-	-	
×	アンカーボルト	引張応力	○	-	-	-	-	-	-		
		せん断応力	○	-	-	-	-	-			
		組合せ応力	○	-	-	-	-	-			
堰 (鋼板折曲げ型)	×	鋼板	曲げ応力	堰 (鋼板折曲げ型)	○	-	-	-	-	-	
			引張応力		○	-	-	-	-	-	
			せん断応力		○	-	-	-	-	-	
堰 (鉄筋コンクリート製)	×	アンカー筋 主筋	引張応力	堰 (鉄筋コンクリート製)	○	-	-	-	-	-	
			せん断応力		○	-	-	-	-	-	
			組合せ応力		○	-	-	-	-	-	
	×	堰底部のコンクリート	せん断応力		○	-	-	-	-	-	-
			圧縮応力		○	-	-	-	-	-	

③水平2方向の地震による代表設備の増分影響検討結果（基準地震動Ss）

表1 構造強度評価

設備	応答軸が明確か（補足説明資料に対応） ○：応答軸が明確 ×：応答軸が明確でない	部位	応力分類	代表設備	水平1方向及び鉛直方向地震力における裕度が√2以上か ○：√2以上 ×：√2未満	①発生値 (水平1方向)	②発生値 (水平2方向)	発生値の増分 =②÷①	増分の判定 ○：影響が無視できない △：影響が軽微	発生値（水平2方向）の算出方法 ①地震・地震以外に分離し、地震による応力をSRSS ②NS・EW方向別々の応力をSRSS（地震・地震以外は分離せず） ③地震・地震以外に分離し、NS・EW方向別々の地震による応力をSRSS ④その他（算出方法を記載）		
防水板	×	鋼板	曲げ応力	防水板	○	-	-	-	-	-		
			せん断応力		○	-	-	-	-	-		
	×	芯材	せん断応力		○	-	-	-	-	-	-	
			組合せ応力		○	-	-	-	-	-	-	
			引張応力		○	-	-	-	-	-	-	
	×	アンカーボルト	せん断応力		○	-	-	-	-	-	-	
			組合せ応力		○	-	-	-	-	-	-	
引張応力			○	-	-	-	-	-	-			
貫通部止水処置	×	電路貫通部金属ボックスのアンカーボルト	引張応力	貫通部止水処置	○	-	-	-	-	-		
			せん断応力		○	-	-	-	-	-		
津波監視カメラ	×	架台	引張応力	2号機排気筒津波監視カメラ	○	-	-	-	-	-		
			せん断応力		○	-	-	-	-	-		
			圧縮応力		○	-	-	-	-	-		
			曲げ応力		○	-	-	-	-	-		
			組合せ応力		○	-	-	-	-	-		
	×	架台溶接部	引張応力		○	-	-	-	-	-	-	
			圧縮応力		○	-	-	-	-	-		
取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備	×	鋼板	曲げ応力	取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備	○	-	-	-	-	-		
			せん断応力		○	-	-	-	-	-		
	×	架構	曲げ応力		○	-	-	-	-	-		
			せん断応力		○	-	-	-	-	-		
	×	ベースプレート	曲げ応力		○	-	-	-	-	-		
			せん断応力		○	-	-	-	-	-		
			組合せ応力		○	-	-	-	-	-		
	×	アンカーボルト	引張応力		○	-	-	-	-	-		
			せん断応力		○	-	-	-	-	-		
			組合せ応力		○	-	-	-	-	-		
	取水槽海水ポンプエリア防護対策設備	×	鋼板はり		曲げ応力	取水槽海水ポンプエリア防護対策設備	○	-	-	-	-	-
					せん断応力		○	-	-	-	-	-
×		柱	曲げ応力	○	-		-	-	-	-		
			圧縮応力	○	-		-	-	-	-		
			せん断応力	○	-		-	-	-	-		
			組合せ応力	○	-		-	-	-			
×		架構	曲げ応力	○	-		-	-	-	-		
			せん断応力	○	-		-	-	-	-		
×		ベースプレート	曲げ応力	○	-		-	-	-	-		
			せん断応力	○	-		-	-	-	-		
			組合せ応力	○	-		-	-	-	-		
×		アンカーボルト	引張応力	○	-		-	-	-	-		
	せん断応力		○	-	-	-	-	-				
	組合せ応力		○	-	-	-	-	-				

③水平2方向の地震による代表設備の増分影響検討結果（基準地震動S s）

表1 構造強度評価

設備	応答軸が明確か（補足説明資料 に対応） ○：応答軸が明確 ×：応答軸が明確でない	部位	応力分類	代表設備	水平1方向及び鉛直方向地震力における裕度が√2以上か ○：√2以上 ×：√2未満	① 発生値 (水平1方向)	② 発生値 (水平2方向)	発生値の増分 =②÷①	増分の判定 ○：影響が無視できない △：影響が軽微	発生値（水平2方向）の算出方法 ①地震・地震以外に分離し、地震による応力をSRSS ②NS・EW方向別々の応力をSRSS（地震・地震以外は分離せず） ③地震・地震以外に分離し、NS・EW方向別々の地震による応力をSRSS ④その他（算出方法を記載）	
チャンネル着脱装置	×	ガイドレール	せん断応力	チャンネル着脱装置	○	-	-	-	-	-	
			曲げ応力		○	-	-	-	-	-	
			組合せ応力		○	-	-	-	-	-	
	×	カート	せん断応力		○	-	-	-	-	-	
			曲げ応力		○	-	-	-	-	-	
			組合せ応力		○	-	-	-	-	-	
×	固定ボルト	引張応力	○	-	-	-	-	-			
チャンネル取扱ブーム	×	ブーム 回転ポスト 固定ポスト	組合せ応力	チャンネル取扱ブーム	○	-	-	-	-		
制御棒貯蔵ハンガ	×	制御棒落下防止ポール	引張応力	制御棒貯蔵ハンガ	○	-	-	-	-	-	
			せん断応力		○	-	-	-	-	-	
組合せ応力	○	-	-		-	-	-	-			
×	ポール支持金具	せん断応力	○		-	-	-	-	-	-	
		引張応力	○		-	-	-	-	-		
防煙垂れ壁	×	フレーム部材	せん断応力		防煙垂れ壁	○	-	-	-	-	-
			せん断応力	○		-	-	-	-		
			曲げ応力	○		-	-	-	-		
			組合せ応力	○		-	-	-	-		
除じん機	×	フレーム耐震ピン	せん断	除じん機		○	-	-	-	-	-
			曲げ応力			○	-	-	-	-	
			組合せ応力		○	-	-	-	-		
循環水ポンプ渦防止板	×	取付ボルト（①，②）	引張応力		循環水ポンプ渦防止板	○	-	-	-	-	
耐火障壁	×	フレーム部材	引張応力		耐火障壁（格納容器ガスサ ンプリング装置冷却器）	○	-	-	-	-	-
			圧縮応力			○	-	-	-	-	
			せん断応力	○		-	-	-	-		
			曲げ応力	○		-	-	-	-		
			組合せ応力	○		-	-	-	-		
	×	基礎ボルト	引張応力	耐火障壁（中央制御室送風機）		○	-	-	-	-	-
			せん断応力		○	-	-	-	-		
			せん断応力		○	-	-	-	-		

表2(1) 動的／電氣的機能維持評価

機種	応答軸が明確か（補足説明資料に対応） ○：応答軸が明確 ×：応答軸が明確でない	代表設備	水平1方向及び鉛直方向地震力における裕度が $\sqrt{2}$ 以上か ○： $\sqrt{2}$ 以上 ×： $\sqrt{2}$ 未満	① 応答加速度 (水平1方向) [G]	② 応答加速度 (水平2方向) [G]	発生値の増分 =②÷①	増分の判定 ○：影響が無視できない △：影響が軽微	応答加速度（水平2方向）の算出方法 ①：応答加速度（水平1方向）を $\sqrt{2}$ 倍 ②：NS・EW方向別々の応答加速度をベクトル和 ③：その他（算出方法を記載）
立形ポンプ	×	原子炉補機海水ポンプ	○	—	—	—	—	—
ディーゼル発電設備（ガバナ）	×	非常用ディーゼル発電設備（ガバナ）	○	—	—	—	—	—
制御棒駆動水圧スクラム弁	×	制御棒駆動水圧スクラム弁	○	—	—	—	—	—
通信連絡設備（アンテナ類）	×	衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）	○	—	—	—	—	—
地下水位低下設備揚水ポンプ	×	地下水位低下設備揚水ポンプ	○	—	—	—	—	—
遠隔手動弁操作設備（フレキシブルシャフト連結部）	×	遠隔手動弁操作設備（フレキシブルシャフト連結部）	○	—	—	—	—	—

表2(2) 動的／電氣的機能維持評価

機種	応答軸が明確か（補足説明資料に対応） ○：応答軸が明確 ×：応答軸が明確でない	代表設備	水平1方向及び鉛直方向地震力における裕度が $\sqrt{2}$ 以上か ○： $\sqrt{2}$ 以上 ×： $\sqrt{2}$ 未満	① 相対変位 (水平1方向) [mm]	② 相対変位 (水平2方向) [mm]	発生値の増分 =②÷①	増分の判定 ○：影響が無視できない △：影響が軽微	相対変位（水平2方向）の算出方法 ①：相対変位（水平1方向）を $\sqrt{2}$ 倍 ②：NS・EW方向別々の相対変位をベクトル和 ③：その他（算出方法を記載）
制御棒挿入性	×	—	×	35.0	35.8	1.02	○	③燃料集合体の相対変位が最大となる基準地震動 $S_s - F1$ （地盤物性- $\sigma$ ケース）におけるNS方向の最大相対変位18.6mm, EW方向の最大相対変位35.0mmに組合せ係数法を適用し、ベクトル和にて算出 $\sqrt{((35.0 \times 1.0)^2 + (18.6 \times 0.4)^2)} \approx 35.8\text{mm}$

④水平2方向の地震による発生値と許容値の比較結果（基準地震動S<sub>s</sub>）

表1 構造強度評価

設備	代表設備	部位	応力分類	発生値 (水平1方向)	発生値 (水平2方向)	許容値	判定	発生値（水平2方向）の算出方法 ①：地震・地震以外に分離し，地震による応力をSRSS ②：NS・EW方向別々の応力をSRSS（地震・地震以外は分離せず） ③：地震・地震以外に分離し，NS・EW方向別々の地震による応力をSRSS ④：その他（算出方法を記載）
水密扉（建物内，燃料移送ポンプエリア）	—	ヒンジ部	曲げ応力	265N/mm <sup>2</sup>	275N/mm <sup>2</sup>	345N/mm <sup>2</sup>	○	②
			組合せ応力	268N/mm <sup>2</sup>	278N/mm <sup>2</sup>	345N/mm <sup>2</sup>	○	

④水平2方向の地震による発生値と許容値の比較結果（基準地震動S<sub>s</sub>）

表2 動的／電氣的機能維持評価

設備	代表設備	相対変位 (水平1方向)	相対変位 (水平2方向)	確認済相対変位	判定	発生値（水平2方向）の算出方法 ①：地震・地震以外に分離し，地震による応力をSRSS ②：NS・EW方向別々の応力をSRSS（地震・地震以外は分離せず） ③：地震・地震以外に分離し，NS・EW方向別々の地震による応力をSRSS ④：その他（算出方法を記載）
制御棒挿入性	—	35.0mm	35.8mm	40mm	○	④燃料集合体の相対変位が最大となる基準地震動S <sub>s</sub> -F1（地盤物性-σケース）におけるNS方向の最大相対変位18.6mm，EW方向の最大相対変位35.0mmに組合せ係数法を適用し，ベクトル和にて算出 $\sqrt{((35.0 \times 1.0)^2 + (18.6 \times 0.4)^2)} \approx 35.8\text{mm}$



## 個別設備に関する補足説明資料

## 目次

1. 水平 2 方向同時加振の影響評価（原子炉圧力容器スタビライザ，原子炉格納容器スタビライザ及びシヤラグ）	1
2. 水平 2 方向同時加振の影響評価（蒸気乾燥器支持ブラケット）	6
3. 水平 2 方向同時加振の影響評価（制御棒・破損燃料貯蔵ラック）	8
4. 水平 2 方向同時加振の影響評価（円筒形容器）	10
5. 水平 2 方向同時加振の影響評価（応答軸が明確である設備）	25
6. 水平 2 方向同時加振の影響評価（矩形配置されたボルト）	28
7. 水平 2 方向同時加振の影響評価（円周配置されたボルト）	33
8. 水平 2 方向同時加振の影響評価（電気盤）	37
9. 水平 2 方向同時加振の影響評価（動的機能維持）	59
10. 水平 2 方向同時加振の影響評価（疲労評価）	60
11. 制御棒挿入性評価に対する水平 2 方向地震力の組合せ方法	63
12. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価（水密扉）	77

1. 水平2方向同時加振の影響評価（原子炉压力容器スタビライザ，原子炉格納容器スタビライザ及びシヤラグ）

1.1 はじめに

本項は，原子炉压力容器スタビライザ（以下「RPV スタビライザ」という。）（図1-1），原子炉格納容器スタビライザ（以下「PCV スタビライザ」という。）（図1-2）及びシヤラグ（図1-3）に対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。

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

1.2 現行評価の手法

RPV スタビライザは，周方向45° 間隔で8体配置されており，図1-4に地震荷重と各RPV スタビライザが分担する荷重の関係を示す。

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

$$f = \text{MAX} \left( \frac{F_X}{4}, \frac{F_Y}{4} \right)$$

ここで，

f : RPV スタビライザ1個が受け持つ最大地震荷重

$F_X$  : X方向地震よりスタビライザ全体に発生する荷重

$F_Y$  : Y方向地震よりスタビライザ全体に発生する荷重

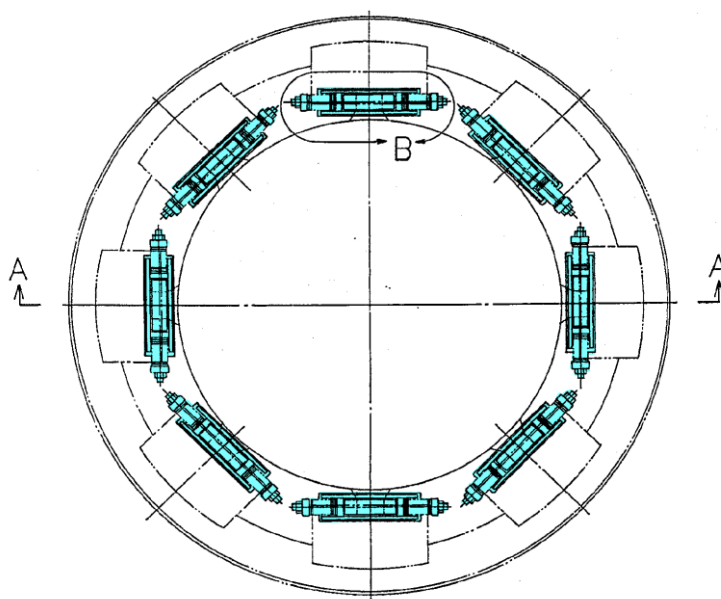


図1-1 原子炉压力容器スタビライザ

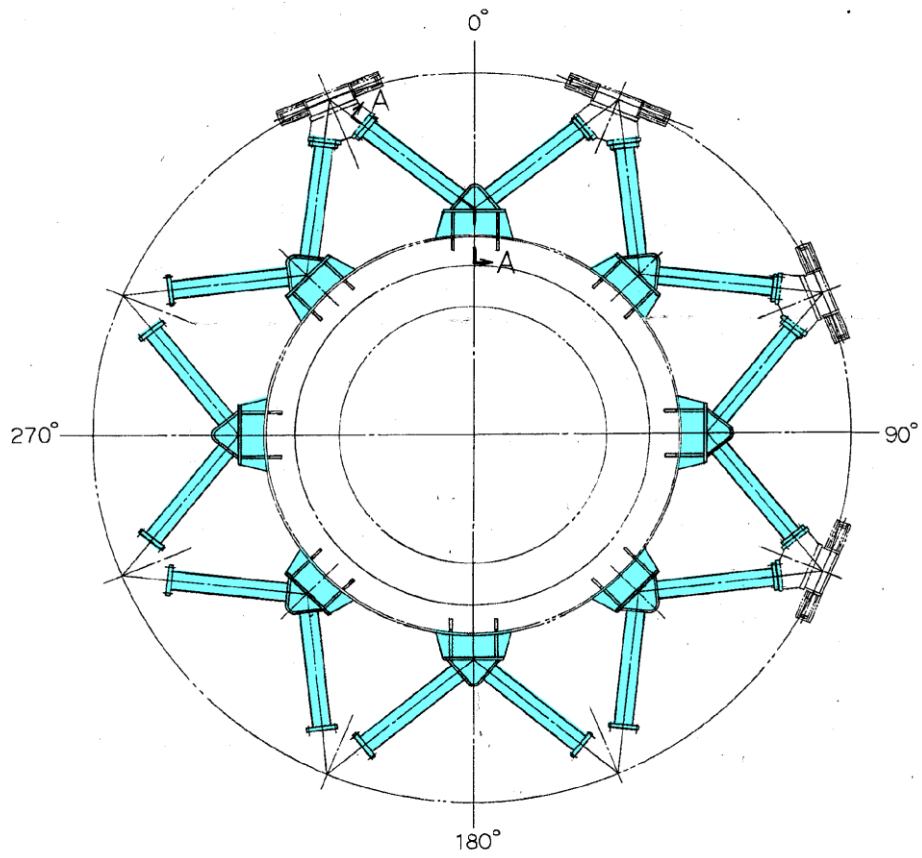


図 1-2 原子炉格納容器スタビライザ

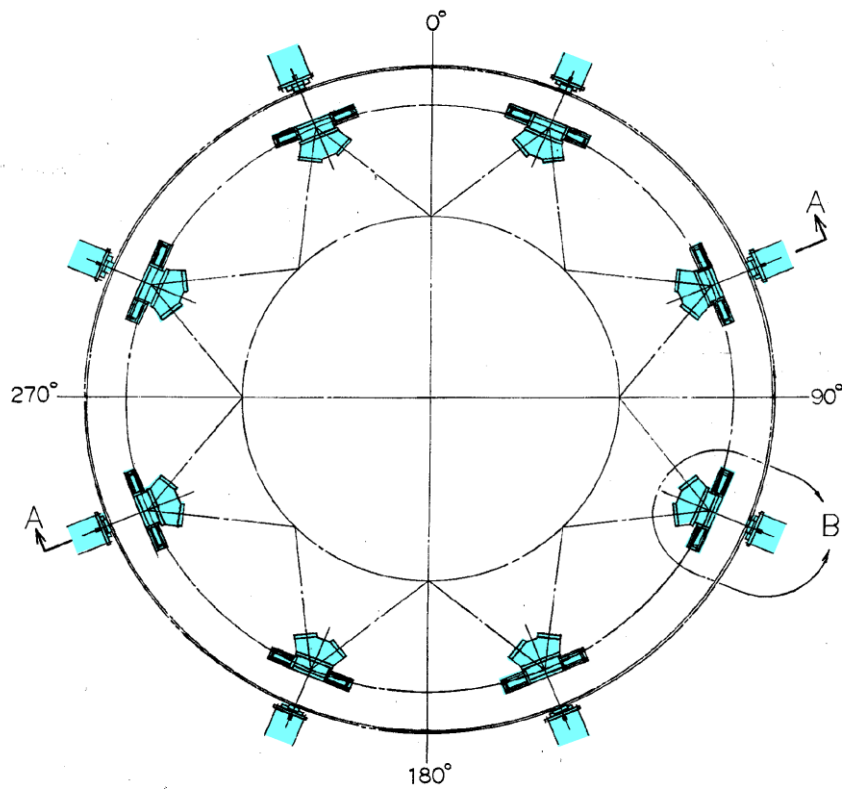


図 1-3 シヤラゲ

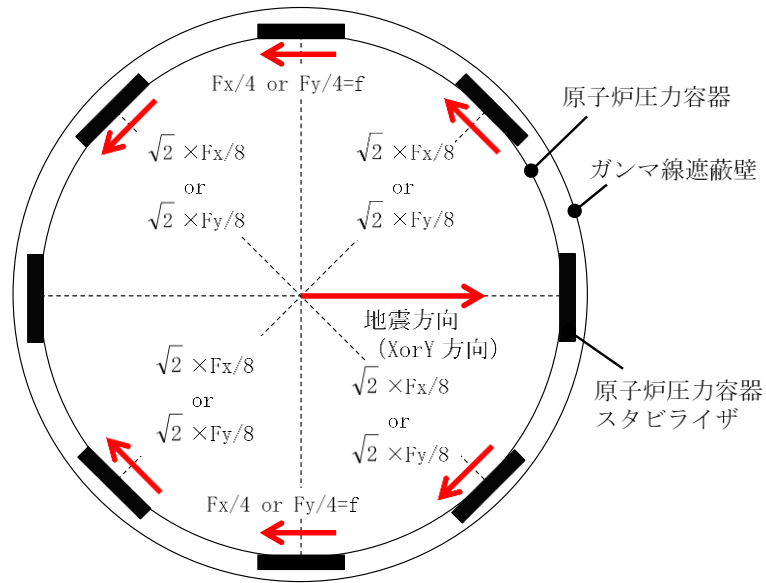


図1-4 原子炉压力容器スタビライザの水平地震荷重の分担（水平1方向）

### 1.3 水平2方向同時加振の影響

RPV スタビライザは、水平2方向の地震力を受けた場合においても、図1-5及び表1-1に示すとおり方向別地震荷重  $F_x$  又は  $F_y$  に対する最大反力を受け持つ部位が異なる。

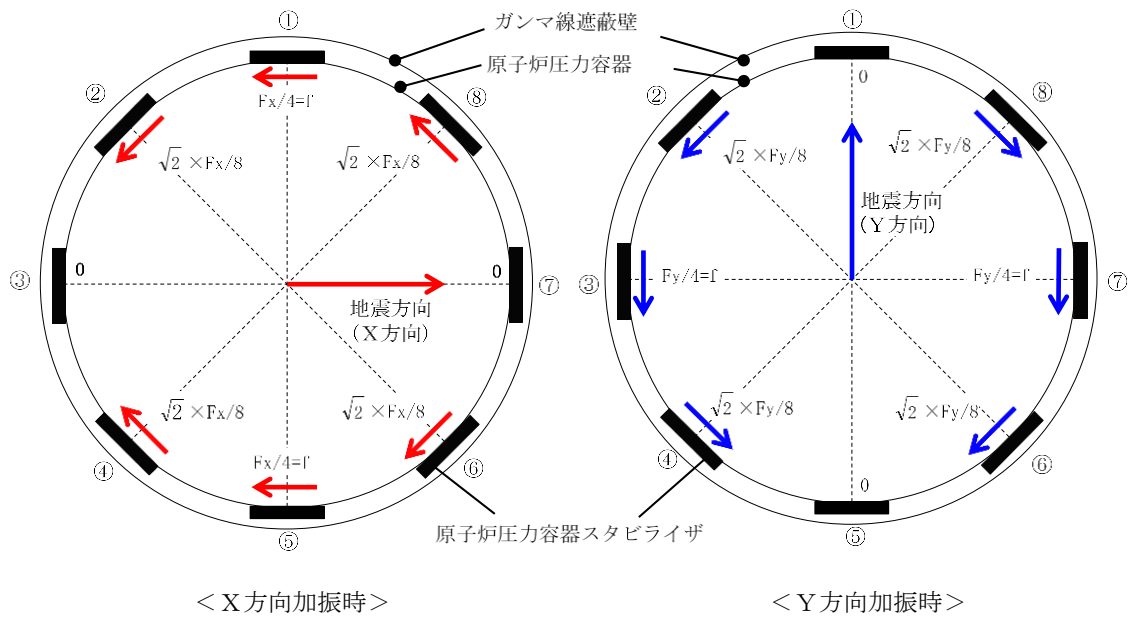


図1-5 原子炉压力容器スタビライザの水平地震荷重の分担

表 1-1 原子炉压力容器スタビライザ各点での分担荷重

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

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

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

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

したがって、RPV スタビライザに対して水平 2 方向の影響はない。

表 1-2 原子炉圧力容器スタビライザ各点における水平 2 方向の考慮

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

## 2. 水平2方向同時加振の影響評価（蒸気乾燥器支持ブラケット）

### 2.1 はじめに

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

### 2.2 現行評価の手法

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

蒸気乾燥器支持ブラケットは、図2-2のとおり蒸気乾燥器支持ブラケットの直交方向のせん断荷重を負担する構造であり、4体で耐震用ブロックを介し蒸気乾燥器を支持する設計である。しかし、耐震用ブロックと蒸気乾燥器支持ブラケットの間にはクリアランスが存在し、水平地震動の入力方向によっては、4体のうち対角のブラケット2体のみがその荷重を負担する可能性があるため、現行評価では対角のブラケット2体により、水平2方向の地震荷重を支持するものとして評価している。

図2-3に、評価においてブラケットに負荷される水平方向の地震荷重を示す。

$$F_Y = \frac{F}{2}$$

F : 蒸気乾燥器から受ける地震時の水平方向荷重

F<sub>X</sub> : X方向地震よりブラケットに発生する水平方向荷重

F<sub>Y</sub> : Y方向地震よりブラケットに発生する水平方向荷重

### 2.3 水平2方向同時加振の影響

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

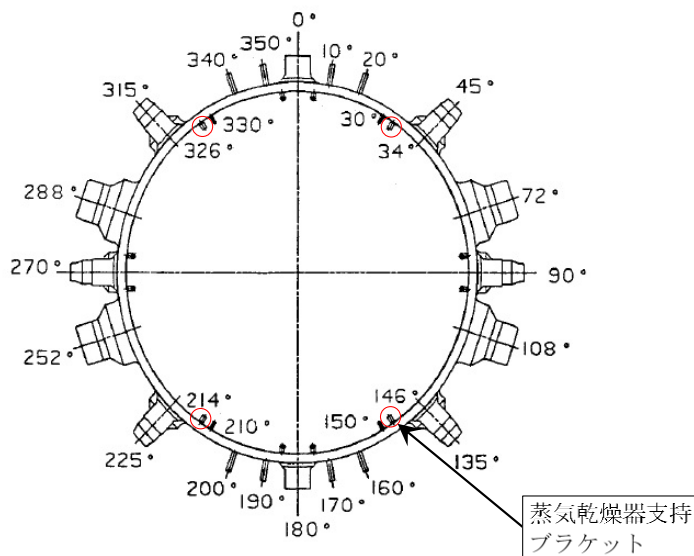


図2-1 蒸気乾燥器支持ブラケット位置図

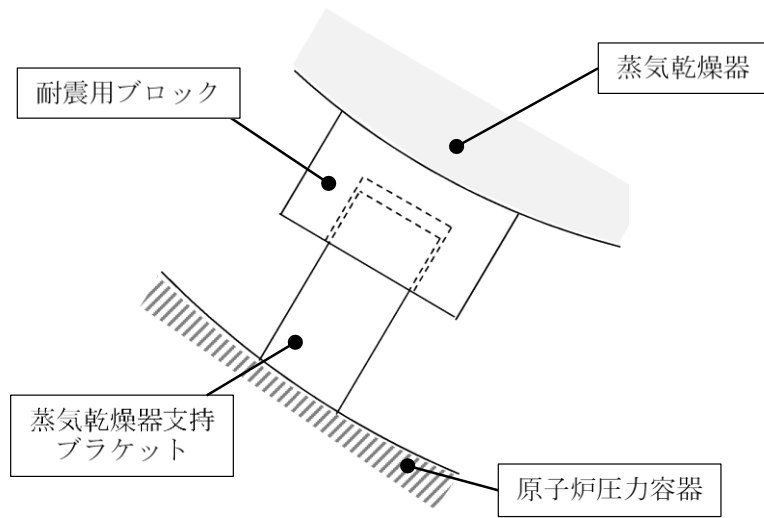


図 2-2 蒸気乾燥器支持ブラケットと耐震用ブロックの取合いイメージ

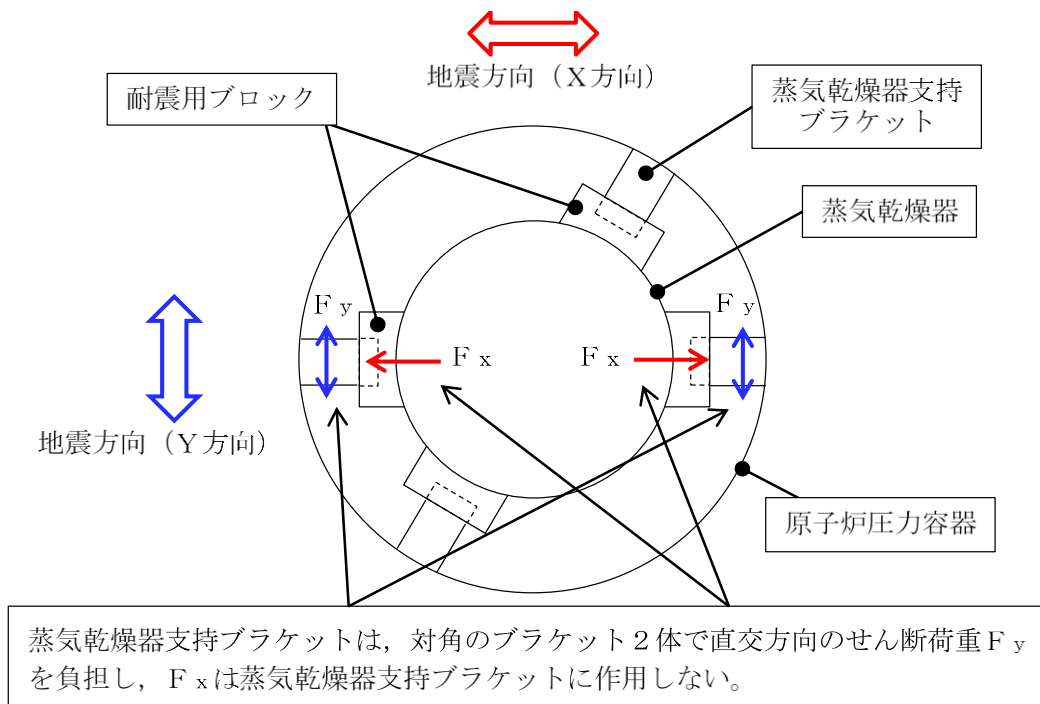


図 2-3 評価におけるブラケットの負荷荷重



### 3. 水平2方向同時加振の影響評価（制御棒・破損燃料貯蔵ラック）

#### 3.1 はじめに

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

#### 3.2 サポートの構造

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

#### 3.3 水平2方向の地震力による影響について

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

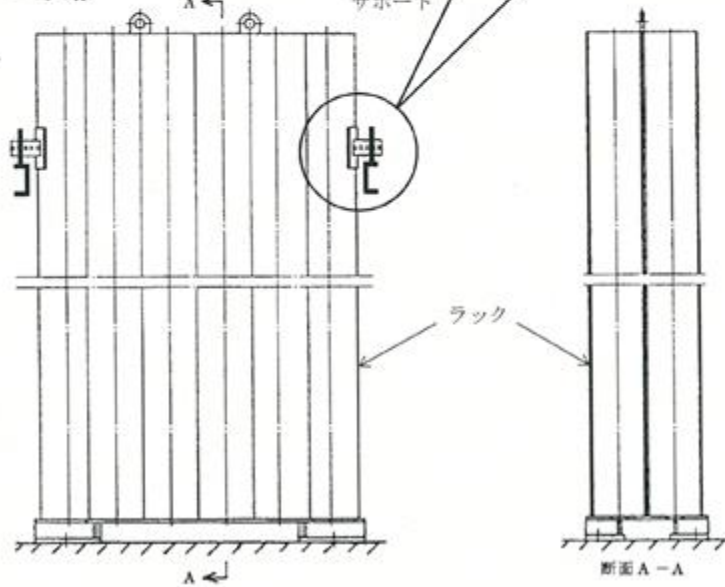
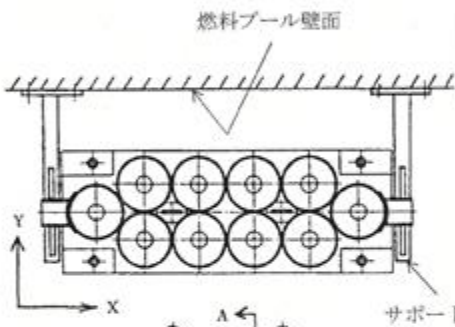
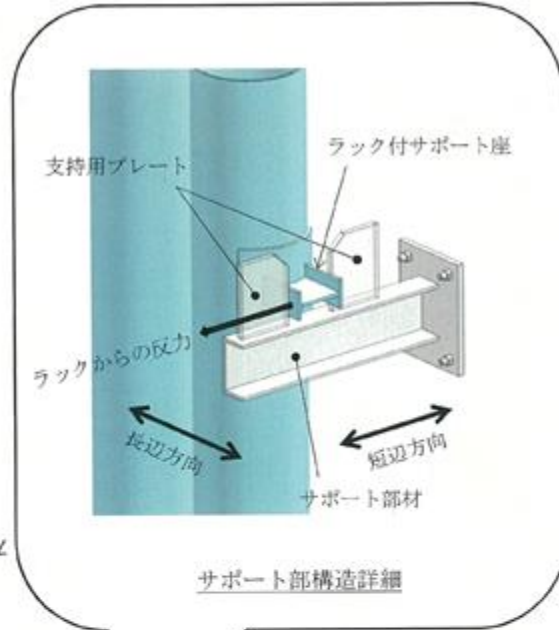
- ・長辺方向（水平X方向）＋鉛直方向
- ・短辺方向（水平Y方向）＋鉛直方向

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

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

〔サポート取合部の説明〕

- ・短辺方向側は、ラック付のサポート座を支持用プレートではさみ込むように拘束して支持されている。
- ・長辺方向側は、拘束する構造となっていない。



全景

図 3-1 制御棒・破損燃料貯蔵ラック設置状態

## 4. 水平2方向同時加振の影響評価（円筒形容器）

### 4.1 はじめに

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

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

具体的な確認項目として、以下2点を確認した。

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

### 4.2 影響評価検討

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

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

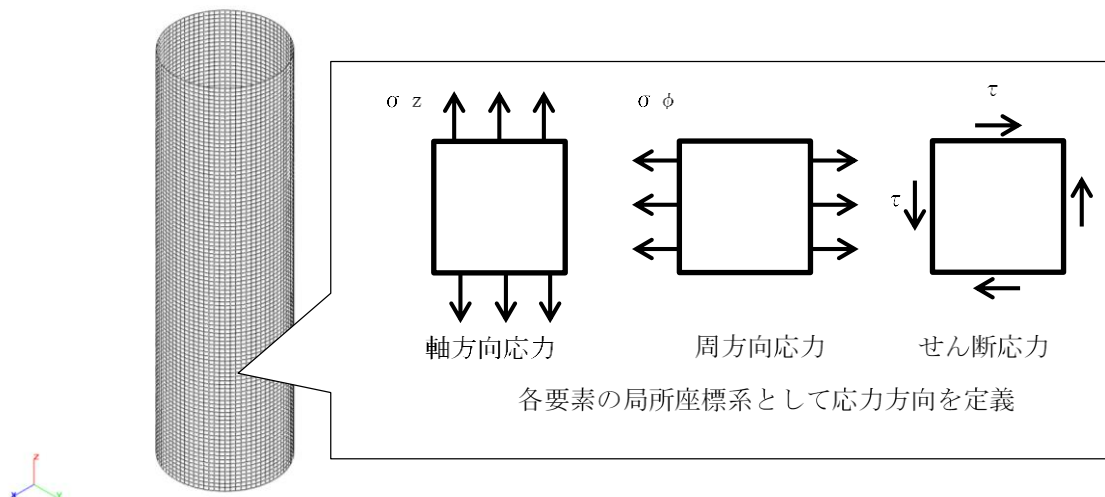


図 4-1 評価検討モデル及び各応力の定義

### 4.3 検討結果

#### 4.3.1 軸方向応力 $\sigma_z$

容器基部における水平地震時の軸方向応力コンター図を図 4-2 に示す。

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

また、表 4-1 に X 方向、Y 方向、2 方向入力時の軸方向応力分布を示す。

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

<組合せ係数法>

$$\sigma_{z,c}(\theta) = \text{MAX} (\sigma_{z,c(X)}(\theta), \sigma_{z,c(Y)}(\theta))$$

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

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

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

<SRSS法>

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

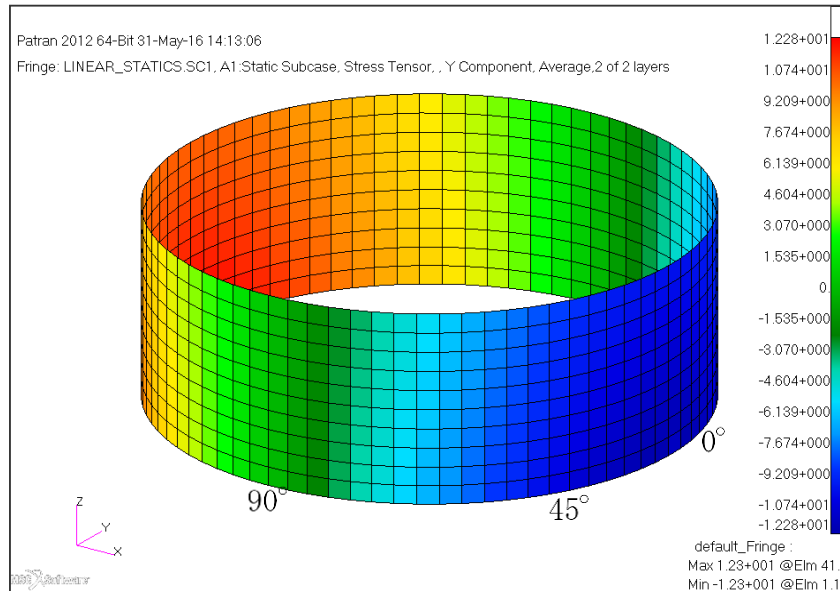


図 4-2 水平地震時軸方向コンター図 (X方向入力)

表 4-1 水平地震時の軸方向応力分布

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

#### 4.3.2 周方向応力 $\sigma_\phi$

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

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

<組合せ係数法>

$$\sigma_{\phi,c}(\theta) = \text{MAX} (\sigma_{\phi,c(x)}(\theta), \sigma_{\phi,c(y)}(\theta))$$

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

$$\sigma_{\phi,c(x)}(\theta) = \sigma_{\phi,x}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{\phi,y}(\theta)$$

$$\sigma_{\phi,c(y)}(\theta) = 0.4 \times \sigma_{\phi,x}(\theta) + \sigma_{\phi,y}(\theta)$$

<SRS S法>

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

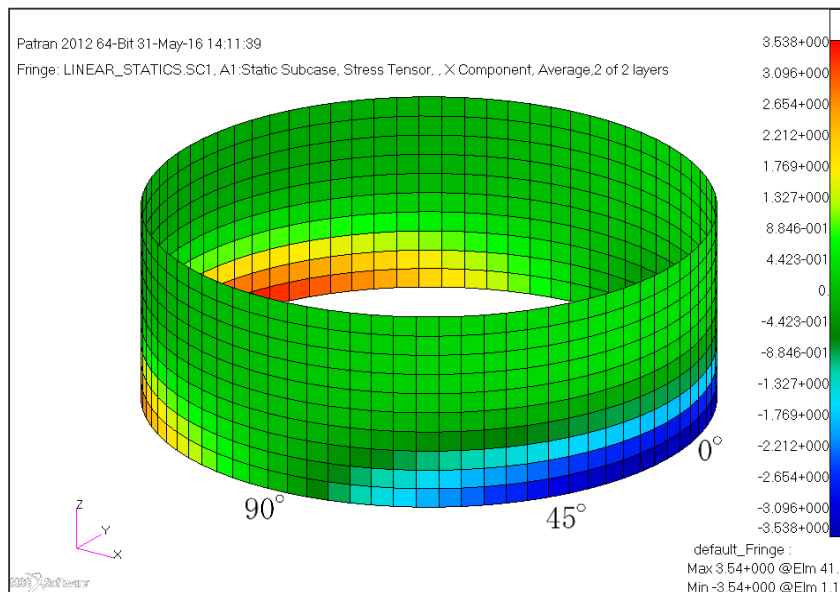


図4-3 水平地震時周方向応力コンター図 (X方向入力)

表 4-2 水平地震時の周方向応力分布

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

#### 4.3.3 せん断応力 $\tau$

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

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

<組合せ係数法>

$$\tau_c(\theta) = \text{MAX}(\tau_{c(X)}(\theta), \tau_{c(Y)}(\theta))$$

ただし、 $\tau_{c(X)}(\theta)$ は $\tau_x(\theta)$ に1、 $\tau_y(\theta)$ に0.4の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれのせん断応力を組み合わせた応力、 $\tau_{c(Y)}(\theta)$ は $\tau_{cY}(\theta)$ に1、 $\tau_x(\theta)$ に0.4の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれのせん断応力を組み合わせた応力であり、以下のように表される。

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

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

<SRSS法>

$$\tau_s(\theta) = \sqrt{\tau_x(\theta)^2 + \tau_y(\theta)^2}$$

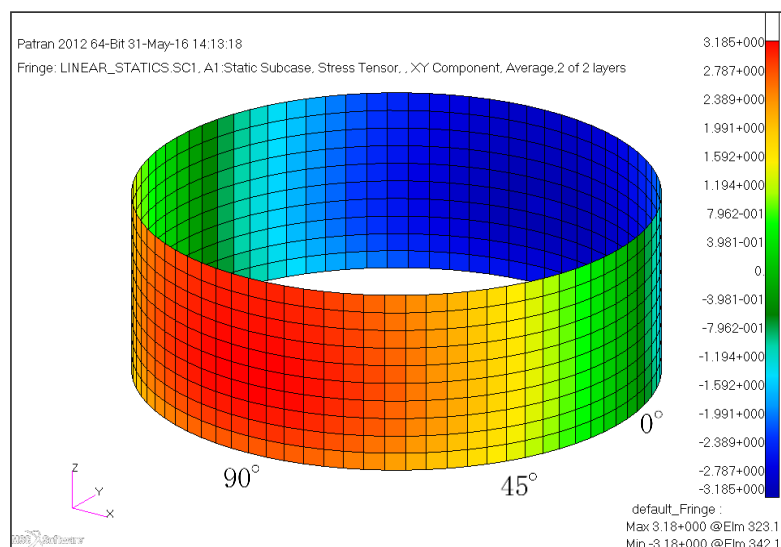


図4-4 水平地震時せん断応力コンター図 (X方向入力)



表 4-3 水平地震時のせん断応力分布

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

#### 4.3.4 応力強さ $\sigma$

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

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

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

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

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

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

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

$$\sigma_x(\theta) = \text{MAX} \left( \left| \sigma_{1,X}(\theta) - \sigma_{2,X}(\theta) \right|, \left| \sigma_{2,X}(\theta) - \sigma_{3,X}(\theta) \right|, \left| \sigma_{3,X}(\theta) - \sigma_{1,X}(\theta) \right| \right)$$

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

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

$$\sigma_{1,X}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left( 12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(0.00)^2} \right) = 12.28$$

$$\sigma_{2,X}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left( 12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(0.00)^2} \right) = 3.54$$

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

となる。したがって、

$$\sigma_x(0^\circ) = \text{MAX}(|12.28 - 3.54|, |3.54 - 0.00|, |0.00 - 12.28|) = 12.28$$

<組合せ係数法による水平 2 方向同時加振を考慮した応力強さ  $\sigma_c(\theta)$ >

$\sigma_c(\theta)$  の算出フローを図 4-5 に示す。

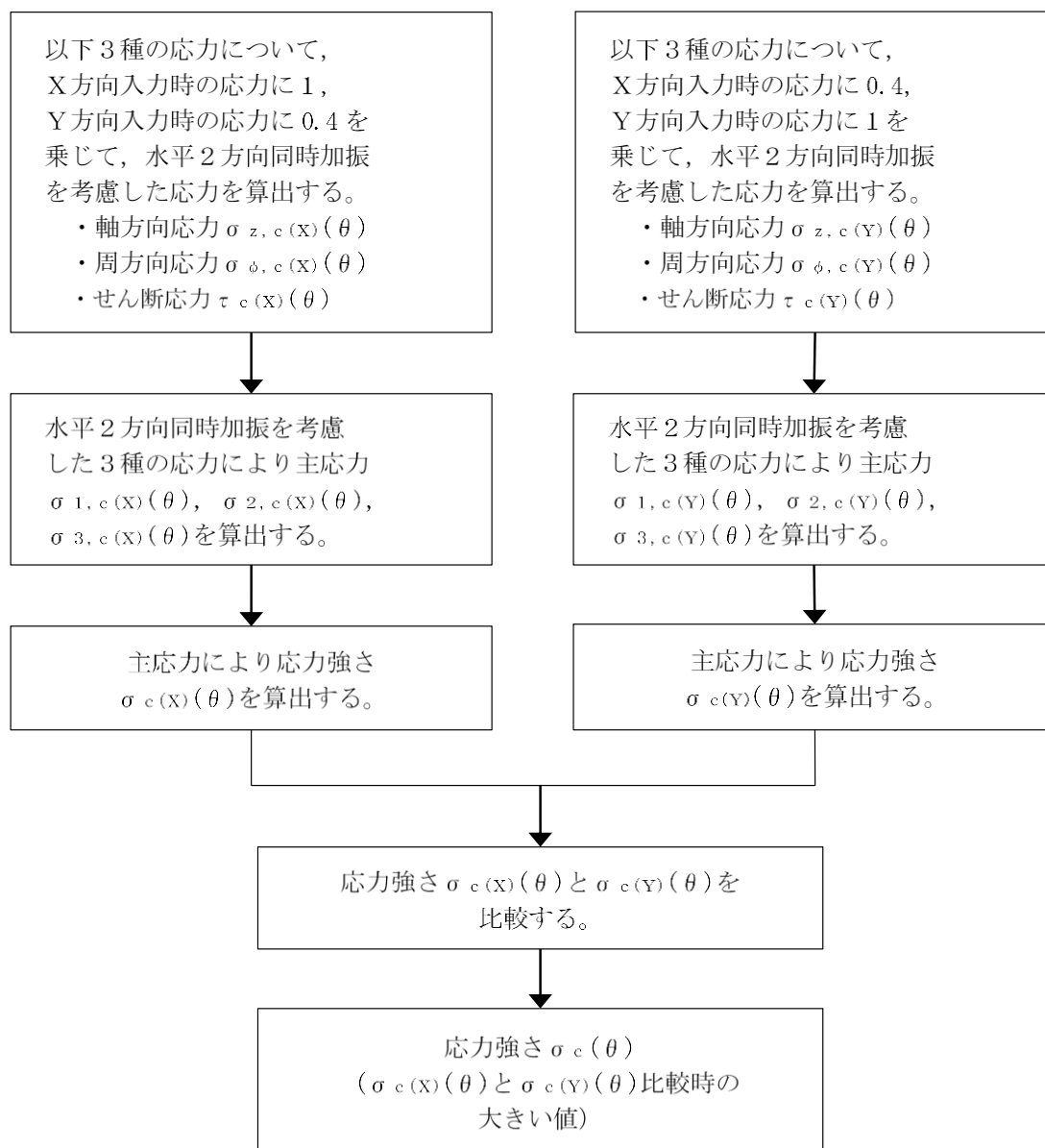


図 4-5 組合せ係数法による応力強さ算出フロー

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\sigma_{c(X)}(\theta) = \text{MAX} \left( \left| \sigma_{1,c(X)}(\theta) - \sigma_{2,c(X)}(\theta) \right|, \left| \sigma_{2,c(X)}(\theta) - \sigma_{3,c(X)}(\theta) \right|, \left| \sigma_{3,c(X)}(\theta) - \sigma_{1,c(X)}(\theta) \right| \right)$$

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

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

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

ここで  $\theta = 0^\circ$  の場合, 表 4-1 より  $\sigma_{z,c(X)}(0^\circ) = 12.28$ , 表 4-2 より  $\sigma_{\phi,c(X)}(0^\circ) = 3.54$ , 表 4-3 より  $\tau_{c(X)}(0^\circ) = 1.08$  であるため,

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

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

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

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

$$\sigma_{c(X)}(0^\circ) = \text{MAX}(|12.41 - 3.41|, |3.41 - 0.00|, |0.00 - 12.41|) = 12.41$$

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

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

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

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

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

$$\sigma_{c(Y)}(0^\circ) = \text{MAX}(|6.38 - (-0.05)|, |-0.05 - 0.00|, |0.00 - 6.38|) = 6.43$$

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

$$\sigma_c(0^\circ) = \text{MAX}(12.41, 6.43) = 12.41$$

となる。

<SRSS法による水平 2 方向同時加振を考慮した応力強さ  $\sigma_s(\theta)$ >  
主応力  $\sigma_{1, s}(\theta)$ ,  $\sigma_{2, s}(\theta)$ ,  $\sigma_{3, s}(\theta)$  は以下のとおりに表される。

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

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

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

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

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

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

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

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

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

となる。したがって、

$$\sigma_s(0^\circ) = \text{MAX}(|13.05 - 2.77|, |2.77 - 0.00|, |0.00 - 13.05|) = 13.05$$

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

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

	X方向 入力時	Y方向 入力時	S R S S 法	組合せ係数法	
				$1.0 \times X + 0.4 \times Y$	$0.4 \times X + 1.0 \times Y$
$\sigma_z(\theta)$	12.28	0.00	$\sqrt{(12.28^2 + 0.00^2)} =$ 12.28	$12.28 \times 1.0 + 0.00 \times 0.4 =$ 12.28	$12.28 \times 0.4 + 0.00 \times 0.1 =$ 4.91
$\sigma_\phi(\theta)$	3.54	0.00	$\sqrt{(3.54^2 + 0.00^2)} =$ 3.54	$3.54 \times 1.0 + 0.00 \times 0.4 =$ 3.54	$3.54 \times 0.4 + 0.00 \times 0.1 =$ 1.42
$\tau(\theta)$	0.00	2.70	$\sqrt{(0.00^2 + 2.70^2)} =$ 2.70	$0.00 \times 1.0 + 2.70 \times 0.4 =$ 1.08	$0.00 \times 0.4 + 2.70 \times 0.1 =$ 2.70
$\sigma(\theta)$	-	-	$\text{MAX}( 13.05 - 2.77 ,$ $ 2.77 - 0.00 ,  0.00 - 13.05 ) =$ 13.05	$\text{MAX}( 12.41 - 3.41 ,$ $ 3.41 - 0.00 ,  0.00 - 12.41 ) =$ 12.41	$\text{MAX}( 6.38 - (-0.05) ,$ $ -0.05 - 0.00 ,  0.00 - 6.38 ) =$ 6.43
			$\text{MAX}(12.41, 6.43) = 12.41$		

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

算出した応力強さの分布及び分布図を表 4-5 及び図 4-6 に示す。

表 4-5 水平地震時の応力強さ分布

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

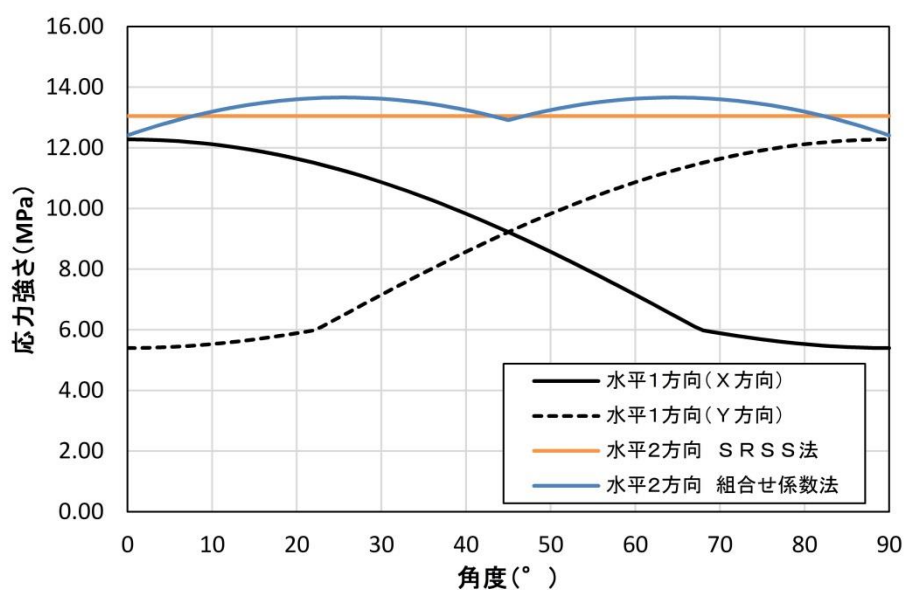


図 4-6 水平地震時応力強さ分布図

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

水平 2 方向入力時の S R S S法による最大応力強さは水平 1 方向入力時の最大応力強さに対して 6%上回る程度であり (表 4-6 参照), 水平 2 方向による影響は軽微といえる。一方, 水平 2 方向入力時の組合せ係数法による最大応力強さについては,



水平1方向入力時の最大応力強さに対して11%上回る結果となった。これは水平2方向の影響軽微と判断する基準（応力の増分が1割）を超えているが、本検討においては水平地震力のみを考慮しており、実際の耐震評価においては水平地震力以外に自重、内圧及び鉛直地震力等を考慮して評価を実施することから、水平2方向を考慮した際の応力強さの増分は小さくなる。このため、水平2方向による影響は軽微であると考えられる。

表4-6 水平地震時の最大応力強さ及び水平2方向による影響

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

## 5. 水平2方向同時加振の影響評価（応答軸が明確である設備）

### 5.1 はじめに

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

### 5.2 設備の有する耐震性に対して影響軽微であることの説明

設備の応答軸（弱軸・強軸）の方向、あるいは厳しい応力が発生する向きが明確な設備（以下「応答軸が明確な設備」という。）があり、このような設備については従来設計手法として、解析時にNS・EW方向を包絡した地震力（床応答スペクトルなど）を設備のX方向及びY方向から入力し、最大応答で評価する等、保守的な評価を実施している。このような応答軸が明確な設備については、水平2方向の地震力による従来設計手法への影響が懸念されるようなことはないと考ええる。その理由を以下に示す。

応答軸が明確な設備については、従来設計手法においても建物・構築物のNS・EW方向の応答を包絡した地震力を設備の各応答軸（図5-1 X, Y方向）へ入力しているため、設備にとって厳しい方向となる弱軸方向への入力を用いた評価を実施している。

水平2方向の地震力を想定した場合、2方向の地震力が合成されるとすると、最大値が同時に発生する場合、最大で $\sqrt{2}$ 倍の大きさの入力となることが考えられるが、応答軸が明確な設備は対角方向へ転倒し難く、設備の応答軸方向へ応答し易いため、応答はそれぞれの応答軸方向（弱軸／強軸）に分解され、強軸側の応答は十分に小さくなる。また、強軸方向に比べて転倒し易い弱軸方向が、最も厳しい条件となるため、実質的には弱軸方向に1方向を入力した場合の応答レベルと同等となる。各方向における最大値の生起時刻の非同時性を考慮すると、さらにその影響は小さくなり、弱軸1方向入力による評価と大きく変わらない結果となる。

設計手法としてNS・EW方向を包絡した地震力（床応答スペクトルなど）を入力して保守的な評価を実施していることも考えると、応答軸が明確な設備については、水平2方向の地震力を考慮した場合においても影響軽微であるといえる。

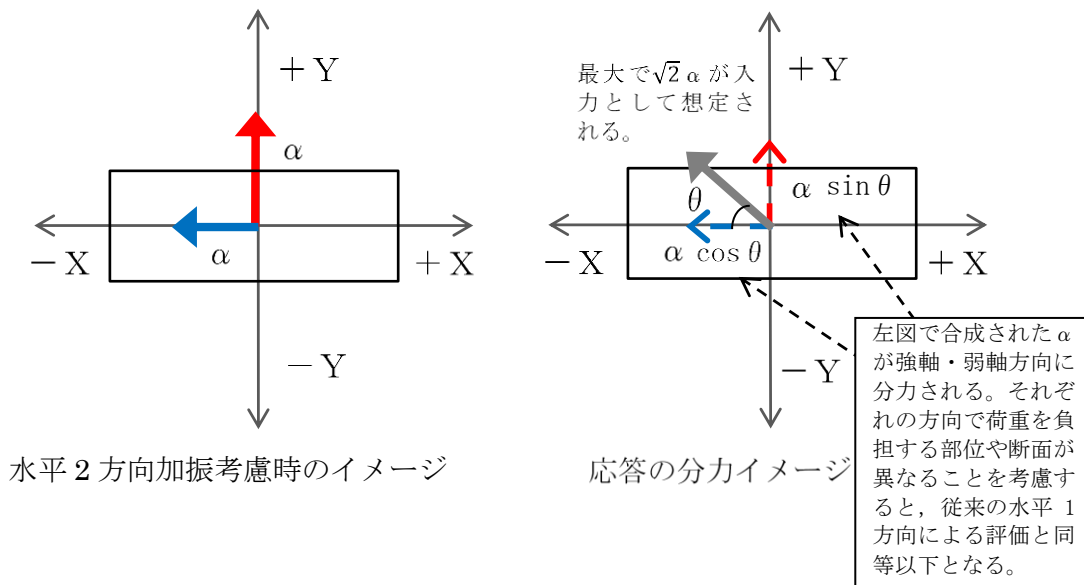
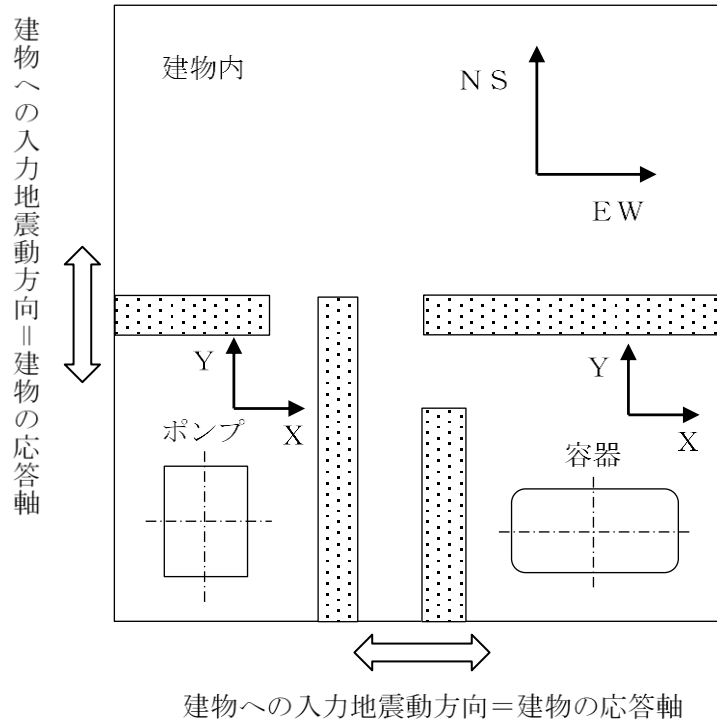
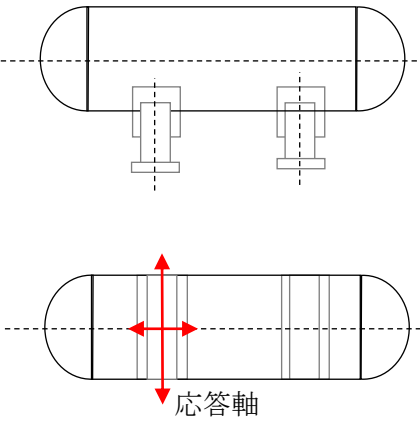
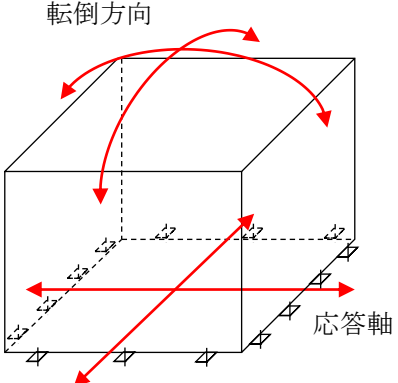


図 5-1 水平 2 方向同時加振時の応答イメージ

上述の考え方は、設備の応答軸の方向と入力方向の関係によるものであることから、部位・応力分類によらず、各設備の耐震評価における入力方法によって影響軽微か否かを判断できると考える。表 5-1 に応答軸が明確な設備の例を示す。

表 5-1 応答軸が明確な設備について

設備	構造図	説明	備考
横置円筒形容器		<p>横置円筒形容器は矩形形状の支持脚により支持されており強軸と弱軸の関係が明確である。この応答軸の方向に地震力を入力した評価を実施している。</p>	<p>NS・EW 包絡地震力を用いている。</p>
空調ファン，空調ユニット，横形ポンプ，電気盤（ボルト），ディーゼル発電機（ボルト）等		<p>空調ファン等は矩形に配置されたボルトにて支持されている。対角方向の剛性が高く，水平地震力に対して斜め方向へ転倒することなく，弱軸／強軸方向にしか応答せず，その方向に地震を入力した評価を実施している。</p>	<p>NS・EW 包絡地震力を用いている。</p>

## 6. 水平2方向同時加振の影響評価（矩形配置されたボルト）

### 6.1 はじめに

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

### 6.2 引張応力への影響

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

#### (1) 水平1方向に地震力が作用する場合

図6-1のようにX方向に震度 $C_H$ が与えられる場合を考慮する。

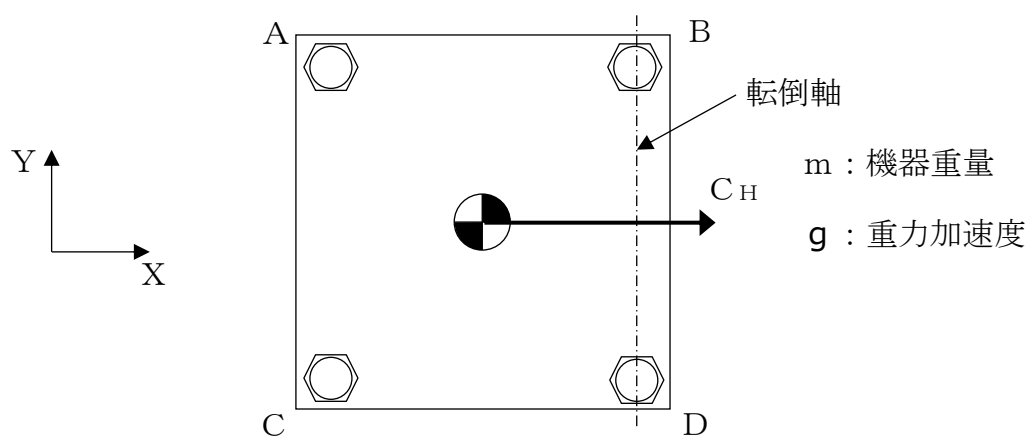


図6-1 水平1方向の地震力による応答（概要）

この場合、対象としている系の重心に作用する水平方向の力 $F_H$ は、

$$F_H = m g C_H$$

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

このとき、系の重心に生じる力は、図6-2に示すとおりである。

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

$$F_b = \frac{1}{L} (m g C_H h)$$

となる。

ボルトに発生する引張応力 $\sigma_b$ は全引張力を断面積 $A_b$ のボルト $n_f$ 本で受けると考え、

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

である。水平1方向地震力を考慮する場合、ボルトA、Cで全引張力を負担することから、 $n_f=2$ であるため、ボルトに発生する引張応力 $\sigma_b$ は、

$$\sigma_b = \frac{F_b}{2A_b} = \frac{m g C_H h}{2A_b L}$$

となる。

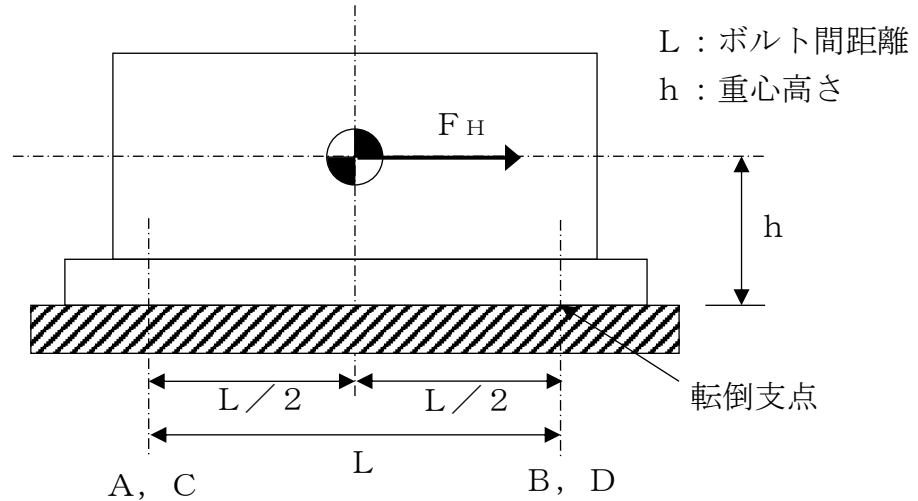


図6-2 水平1方向の地震力による力

(2) 水平2方向に地震力が作用する場合

図6-3のようにX方向とY方向にそれぞれ震度 $C_x$ 、 $C_y$ が作用する場合を考慮する。なお、本検討においては、X方向とY方向に同時に最大震度が作用する可能性は低いと考え、X方向の震度とY方向の震度を1 : 0.4 ( $0.4C_x = C_y$ )と仮定する。

m : 機器重量

g : 重力加速度

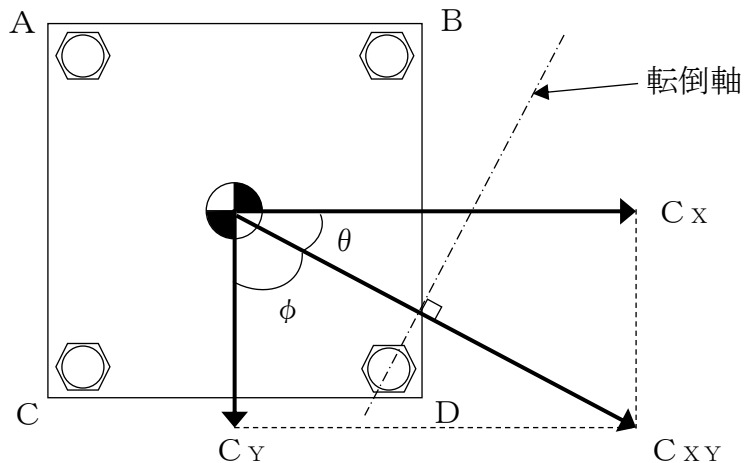
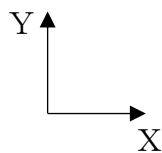


図6-3 水平2方向の地震力による応答 (概要)

このとき、 $\theta = \tan^{-1}(4/10)$ であることから、水平方向の震度 $C_{XY}$ は、

$$\begin{aligned} C_{XY} &= C_X \cos \theta + C_Y \cos \phi \\ &= \frac{5}{\sqrt{29}} C_X + 0.4 \times \frac{2}{\sqrt{29}} C_X \\ &= \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X \end{aligned}$$

と表せる。このとき、対象としている系の重心に作用する水平方向の力 $F_H$ は、

$$F_H = m g C_{XY} = m g \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X$$

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

水平2方向の地震力を受け対角方向に応答する場合、各ボルトにかかる引張力を $F_A$ 、 $F_B$ 、 $F_C$ とし図7-4に示すようにボルトDの中心をとおり水平方向の震度 $C_{XY}$ と直交する直線を転倒軸とすると、ボルトA、B、Cに発生する引張力は転倒軸からの距離に比例するため、

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

であり、転倒軸まわりのボルトの軸力により発生するモーメント $M$ は、

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

である。

転倒しない場合、ボルトの軸力により発生する転倒軸まわりのモーメント $M$ と、水平方向地震力によるモーメントが釣り合っているので、

$$m g C_{XY} h = \frac{78}{7\sqrt{29}} L F_A$$

であり、引張力 $F_A$ は以下のとおりとなる。

$$F_A = \frac{7\sqrt{29}}{78L} (m g C_{XY} h)$$

以上より、最も発生応力の大きいボルトAに発生する応力 $\sigma_b'$ は、

$$\sigma_b' = \frac{F_A}{A_b} = \frac{7\sqrt{29}}{78A_b L} (m g C_{XY} h)$$

であり、水平1方向地震動を考慮した場合のボルトにかかる応力 $\sigma_b$

$$\sigma_b = \frac{F_A}{2A_b} = \frac{1}{2A_b L} (m g C_H h)$$

に対して、震度  $C_{XY} = \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X$  であることから、

$$\begin{aligned}\sigma_b' &= \frac{7\sqrt{29}}{39 \times 2A_b L} (m g C_{XY} h) \\ &= \frac{7\sqrt{29}}{39 \times 2A_b L} \times \frac{5.8}{\sqrt{29}} \times (m g C_X h) \\ &= 1.04 \sigma_b\end{aligned}$$

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

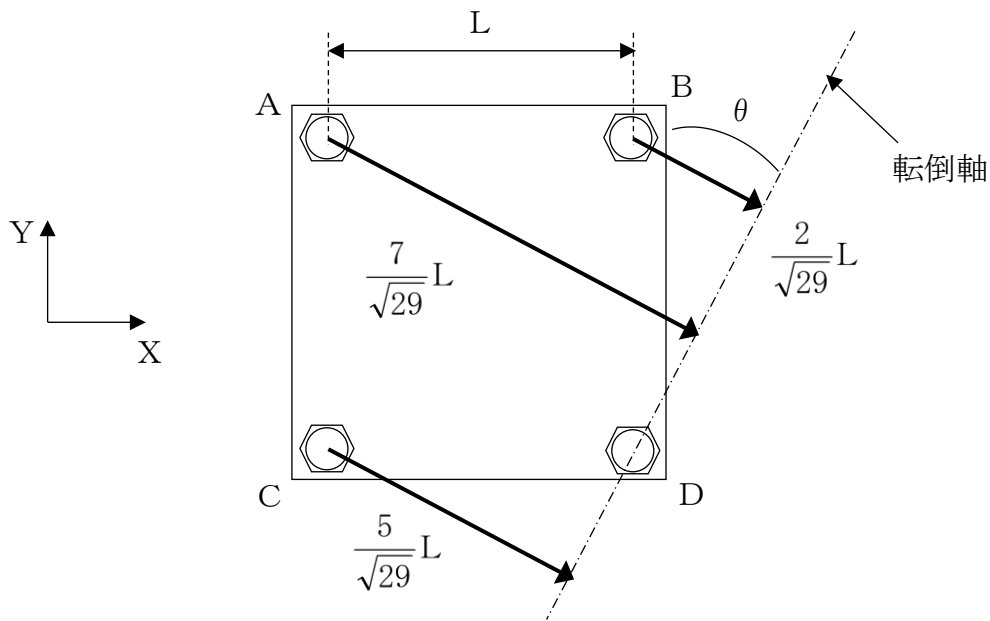


図 6-4 対角方向に応答する場合の転倒軸からの距離

### 6.3 せん断応力への影響

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

$$Q_b = F_H$$

であり、せん断応力  $\tau_b$  は断面積  $A_b$  のボルト全本数  $n$  でせん断力  $Q_b$  を受けるため、

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n A_b}$$

となる。

水平 1 方向の地震力を考慮した場合のせん断力  $Q_b$  及び水平 2 方向の地震力を考慮し

た場合のせん断力  $Q_b'$  は  $C_{XY} = \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X$  であるため、

$$Q_b = m g C_X$$

$$Q_b' = m g C_{XY} = m g \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X = 1.08 m g C_X$$



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

## 7. 水平2方向同時加振の影響評価（円周配置されたボルト）

### 7.1 はじめに

本項は、水平2方向に地震力が作用した場合の円周配置されたボルトに対する影響検討結果をまとめたものである。

### 7.2 引張応力への影響

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

#### (1) 水平1方向に地震力が作用する場合

図7-1のように水平1方向の震度  $C_H = \text{MAX}(C_X, C_Y)$  が与えられる場合を考慮する。ここで機器の質量を  $m$ 、重力加速度を  $g$  とする。

$C_X > C_Y$  の場合、対象としている系の重心に作用する水平方向の力  $F_H$  は、

$$F_H = m g C_X$$

と表せ、 $F_H$ により最外列のボルトを通る転倒軸を中心に転倒モーメントが生じる。このとき、系の重心に生じる力は、図7-2に示すとおりである。

$F_H$ により生じる転倒モーメント  $M$  は

$$M = F_H h = m g C_X h$$

となり、各ボルトに加わる引張力の分布を図8-3のとおりとしたとき、引張力が最大となる転倒軸から最も遠いボルトに加わる引張力は、

$$F_1 = \frac{L_1}{\sum_{i=1}^n L_i^2} M = \frac{L_1}{\sum_{i=1}^n L_i^2} m g C_X h$$

である。

ボルトに発生する引張応力  $\sigma_b$  は引張力を断面積  $A_b$  のボルト1本で受けるため、

$$\sigma_b = \frac{F_1}{A_b} = \frac{L_1}{\sum_{i=1}^n L_i^2} \frac{m g C_X h}{A_b}$$

となる。

#### (2) 水平2方向に地震力が作用する場合

図7-1における水平方向震度  $C_H$  について、水平2方向（X方向及びY方向）の震度  $C_X$ 、 $C_Y$  を組み合わせる場合を考慮する。なお、本検討においては、X方向とY方向に同時に最大震度が作用する可能性は低いと考え、X方向の震度とY方向の震度を1 : 0.4 ( $0.4 C_X = C_Y$ ) と仮定する。

このとき、水平方向の震度は、 $C_H = \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X$  となり、対象としている系の重心に作用する水平方向の力  $F_H$  は、

$$F_H = m g C_H = m g \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X$$

と表せ、 $F_H$ により最外列のボルトを通る転倒軸を中心に転倒モーメントが生じる。このとき、系の重心に生じる力は、図8-2に示すとおりである。

$F_H$ により生じる転倒モーメント $M$ は

$$M = F_H h = m g \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X h$$

となり、各ボルトに加わる引張力の分布を第7-3図のとおりとしたとき、引張力が最大となる転倒軸から最も遠いボルトに加わる引張力は、

$$F_1 = \frac{L_1}{\sum_{i=1}^n L_i^2} M = \frac{L_1}{\sum_{i=1}^n L_i^2} m g \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X h$$

である。

ボルトに発生する引張応力 $\sigma_b'$ は引張力を断面積 $A_b$ のボルト1本で受けるため、

$$\sigma_b' = \frac{F_1}{A_b} = \frac{5.8}{\sqrt{29}} \frac{L_1}{\sum_{i=1}^n L_i^2} \frac{m g C_X h}{A_b} = 1.08 \sigma_b$$

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

### 7.3 せん断応力への影響

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

$$Q_b = F_H$$

であり、せん断応力 $\tau_b$ は断面積 $A_b$ のボルト全本数 $n$ でせん断力 $Q_b$ を受けるため、

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n A_b}$$

となる。

水平1方向の地震力を考慮した場合のせん断力 $Q_b$ 及び水平2方向の地震力を考慮した場合のせん断力 $Q_b'$ は、水平2方向を組み合わせた水平方向震度 $C_H = \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X$ であるため、

$$Q_b = m g C_X$$

$$Q_b' = m g \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X = 1.08 m g C_X$$

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

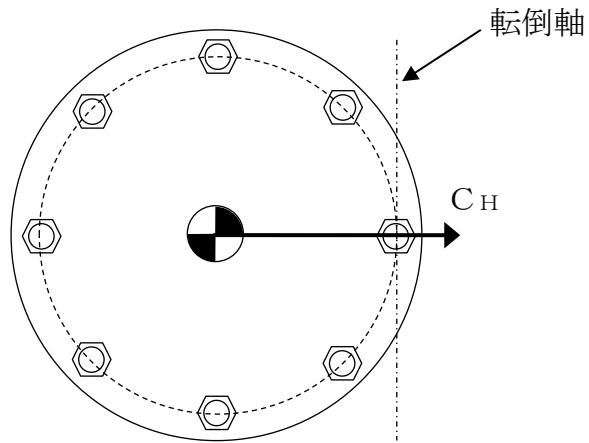


図 7-1 水平方向の地震力による応答 (概要)

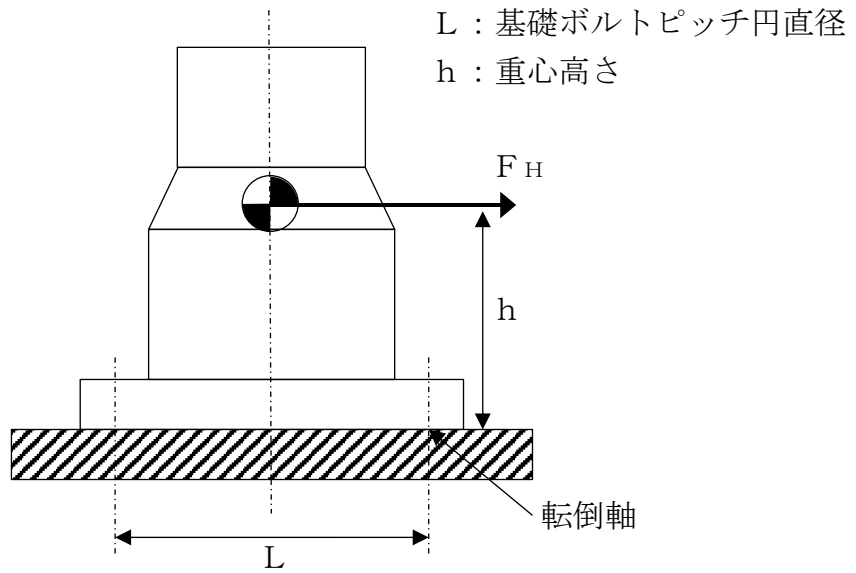


図 7-2 水平方向の地震力による力

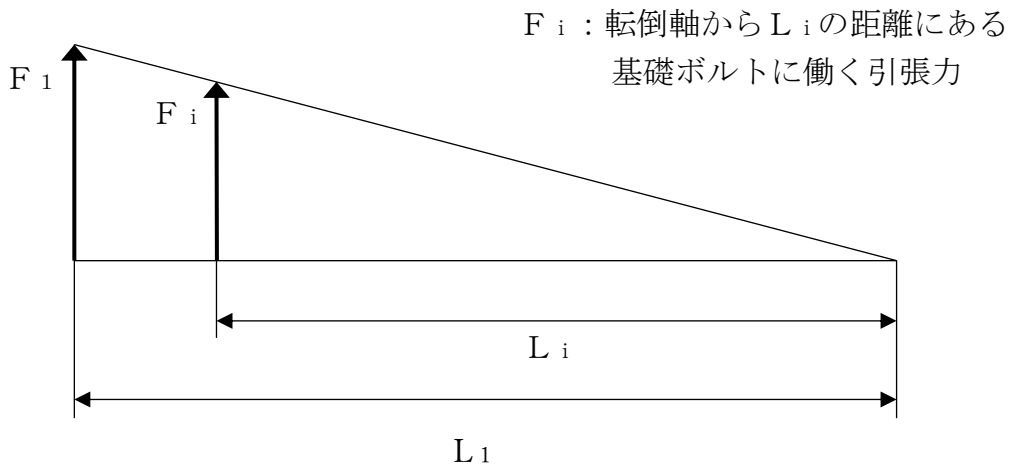


図 7-3 ボルトに働く引張力

## 8. 水平2方向同時加振の影響評価（電気盤）

### 8.1 はじめに

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

### 8.2 水平2方向加振の影響について

器具への影響検討については器具の構造に着目した分類を行い、分類ごとに影響検討を行う。影響検討の評価フローを図8-1に、器具の構造ごとの分類結果を表8-1に示す。

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

次項より、表8-1に示す分類ごとに器具の構造から検討した結果を示す。

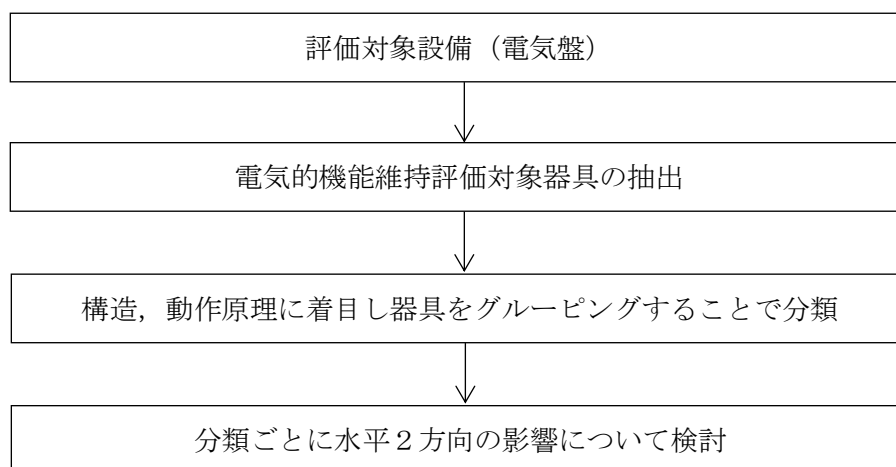


図8-1 電気盤に取り付けられる器具の影響検討フロー

表 8-1 電気盤に取り付けられる器具の分類

分類番号	分類名称	器具取付設備例
1	補助リレー	A-RHR・LPCS 継電器盤
2	ノーヒューズブレーカ	2C1-R/B コントロールセンタ
3	過電流リレー (保護リレー)	2C-メタクラ
4	真空遮断器	2C-メタクラ
5	気中遮断器	2C-ロードセンタ
6	電磁接触器	2C2-R/B コントロールセンタ
7	操作スイッチ	安全設備制御盤
8	ロックアウトリレー	2A-ディーゼル発電機盤
9	カード類	出力領域モニタ盤
10	指示計	A-ディーゼル発電機制御盤

### 8.3 器具の構造に着目した影響検討結果

#### 8.3.1 補助リレー

##### (1) 構造及び作動機構の概要

図 8-2 に補助リレーの構造及び作動機構を示す。補助リレーはコイルに通電されることにより生じる電磁力でアマチュア部を動作させ、接点の開閉を行うものである。補助リレーのうち、固定鉄心、固定接点（A、B接点）はいずれも強固に固定されており、可動接点は1方向（上下方向又は左右方向）にのみ動くことができる構造になっている。

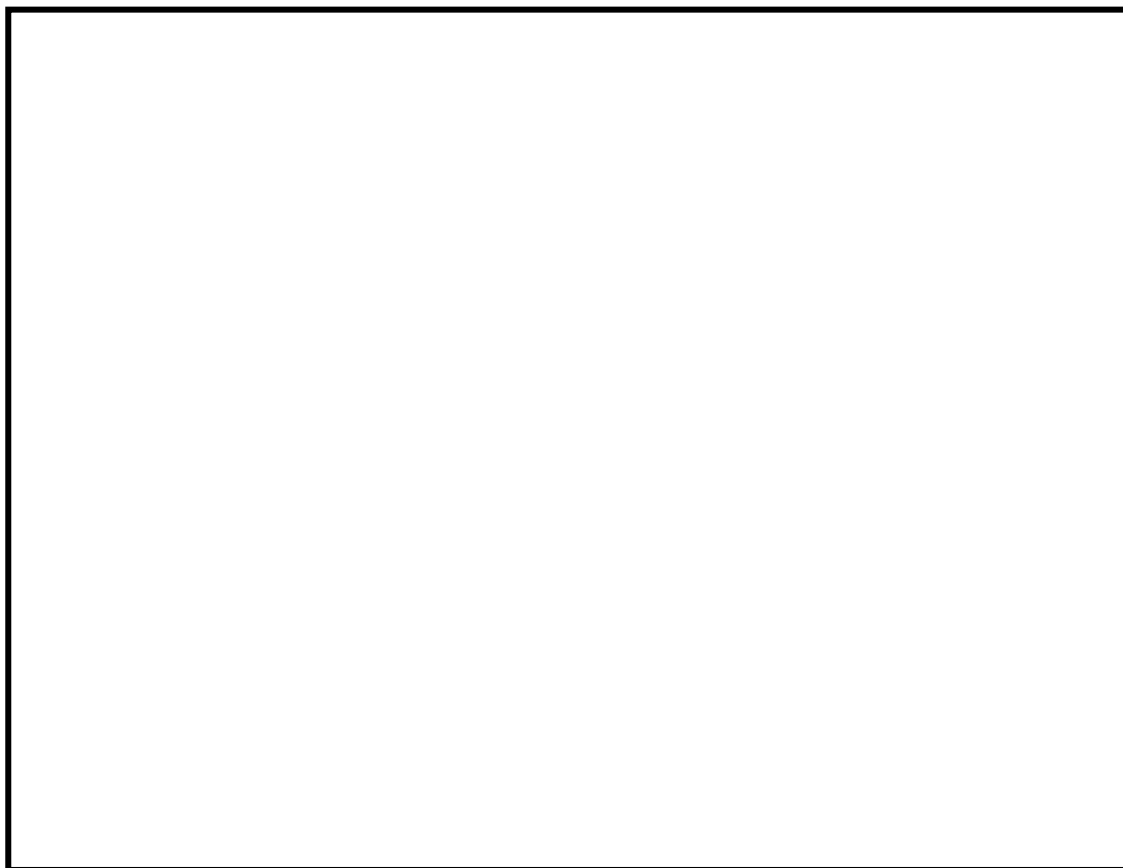


図 8-2 補助リレー構造図

##### (2) 水平2方向地震力に対する影響検討

図 8-2 より、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・地震力による可動鉄心（可動接点）の振動に伴う接点の誤接触又は誤開放（上下方向又は左右方向）

ただし、補助リレーは取付部をボルト固定していること、また器具可動部の振動方向が1方向（上下方向又は左右方向）のみであることより、誤動作に至る事象に多次元的な影響はないと考えられる。

##### (3) 機能確認済加速度

参考として、機能維持評価用加速度と補助リレーの既往試験での機能確認済加速度を表 8-2 に示す。



表 8-2 補助リレーの機能維持評価用加速度及び機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

方向	水平* <sup>1</sup> (前後・左右)	鉛直 (上下)
機能維持評価用加速度* <sup>2</sup>	1.56	1.22
機能確認済加速度		

注記\* 1 : 機能維持評価用加速度は前後及び左右方向の最大値, 機能確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載

\* 2 : 廃棄物処理建物 EL 16.9m 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

### 8.3.2 ノーヒューズブレーカ

#### (1) 構造及び作動機構の概要

図 8-3 にノーヒューズブレーカ（以下「MCCB」という。）の構造及び作動機構を示す。MCCB には熱動電磁式及び完全電磁式がある。下記に代表して熱動電磁式の作動原理及び内部構造を示す。

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



図 8-3 MCCB（熱動電磁式）構造図

(2) 水平2方向地震力に対する影響検討

図8-3より、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・ハンドルの逆方向への動作（上下方向）
- ・接点の乖離（前後方向，左右方向）
- ・ラッチ外れによるトリップ（前後方向，上下方向）

上記より、MCCBの誤動作として2方向の振動の影響が考えられる。ただし、ハンドルは1方向にしか振動できないこと、前後-左右の接点乖離は各々独立であること（前後方向は接触・非接触による乖離，左右方向はずれによる乖離）から、誤動作に至る事象は多次元的な影響はないと考えられる。

ラッチ外れについては、2軸（前後方向，上下方向）の影響は無視できないと考えられるが、左右方向はラッチ外れに影響を与える誤動作モードではないため、水平2方向の影響はないと考えられる。

なお、既往試験では、ハンドルの移動に起因する誤動作事象は発生していない。

(3) 機能確認済加速度

参考として、機能維持評価用加速度とMCCBの既往試験での機能確認済加速度を表8-3に示す。

表8-3 MCCBの機能維持評価用加速度及び機能確認済加速度（ $\times 9.8\text{m/s}^2$ ）

方向	水平*1 (前後・左右)	鉛直 (上下)
機能維持評価用加速度*2	1.44	1.73
機能確認済加速度		

注記\*1：機能維持評価用加速度は前後及び左右方向の最大値，機能確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載

\*2：原子炉建物 EL 23.8m 設計用震度II（基準地震動Ss）により定まる加速度

### 8.3.3 過電流リレー（保護リレー）

#### (1) 構造及び作動機構の概要

図8-4に過電流リレー（保護リレー）の構造を示す。過電流リレーは、電流コイル1つを持つ電磁石が動作トルクを発生し、永久磁石の制動により限時特性を得る円板型リレーであり、タップ値以上の過電流が流れると接点が動作し、警報や遮断器引き外しを行う。なお、過電流リレーはボルトにて、盤の扉面に強固に取り付けられている。

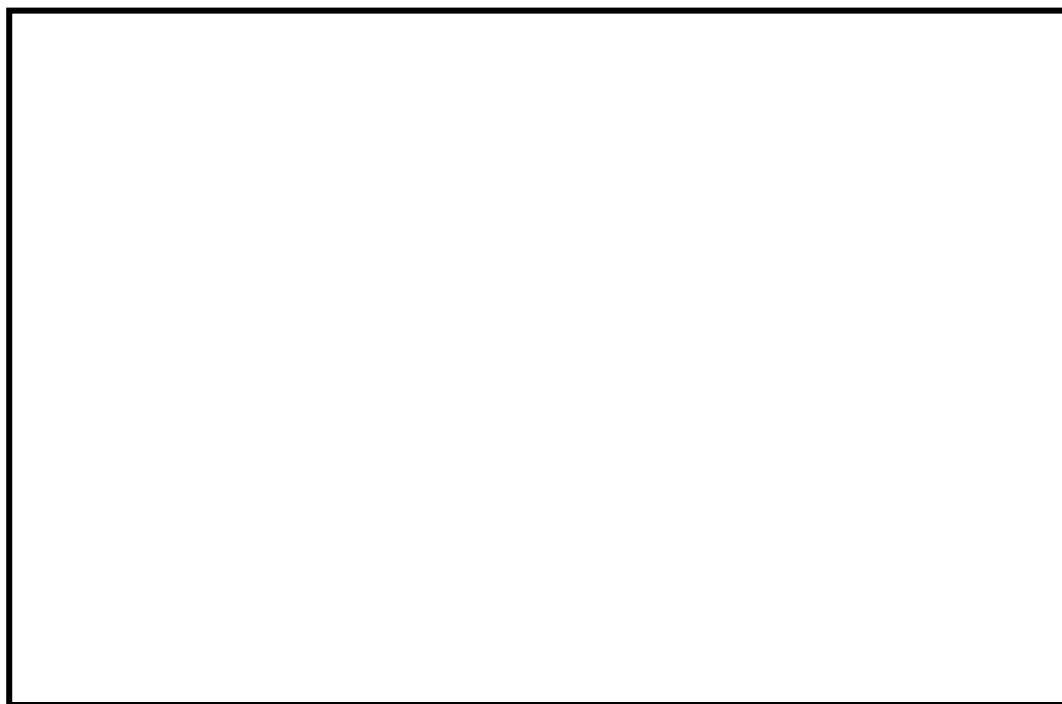


図8-4 過電流リレー構造図

#### (2) 水平2方向地震力に対する影響検討

図8-4より、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・誘導円板の接触による固渋（上下方向）
- ・可動接点の振動による接点の誤接触（前後方向，左右方向）

誘導円板の固渋については、上下方向に生じるものであるため、水平2方向の影響はない。

接点の誤接触については、昭和56年日本機械学会論文集「誘導円板型リレーの地震時誤動作に関する研究」において、円板が水平2方向入力により回転し、接点接触により誤動作が生じることが報告されている。しかしながら、平成13年度に行われた電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究」において、水平2方向加振時に鉛直方向加振を加えた試験を実施しており、正弦波加振試験では円板の回転挙動が発生したが、地震波加振試験では円板の回転挙動が発生しないことが確認されており、水平2方向地震力の影響はないと考えられる。

(3) 機能確認済加速度

参考として、機能維持評価用加速度と過電流リレーの既往試験での機能確認済加速度を表 8-4 に示す。

表 8-4 過電流リレーの機能維持評価用加速度及び機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

方向	水平* <sup>1</sup> (前後・左右)	鉛直 (上下)
機能維持評価用加速度* <sup>2</sup>	1.44	1.73
機能確認済加速度		

注記\* 1 : 機能維持評価用加速度は前後及び左右方向の最大値, 機能確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載

\* 2 : 原子炉建物 EL 23.8m 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

#### 8.3.4 真空遮断器

##### (1) 構造及び作動機構の概要

図8-5に真空遮断器の構造を示す。真空遮断器は、遮断部、動作機構部から構成されており、投入コイル又は引外しコイルが励磁されると動作機構部が動作し遮断部(接触子)が開閉する。なお、真空遮断器は出し入れねじが盤側の出し入れスクリュ用ナットに固定され、一次断路部で盤側の母線と係合しているため、容易に振動しない構造となっている。

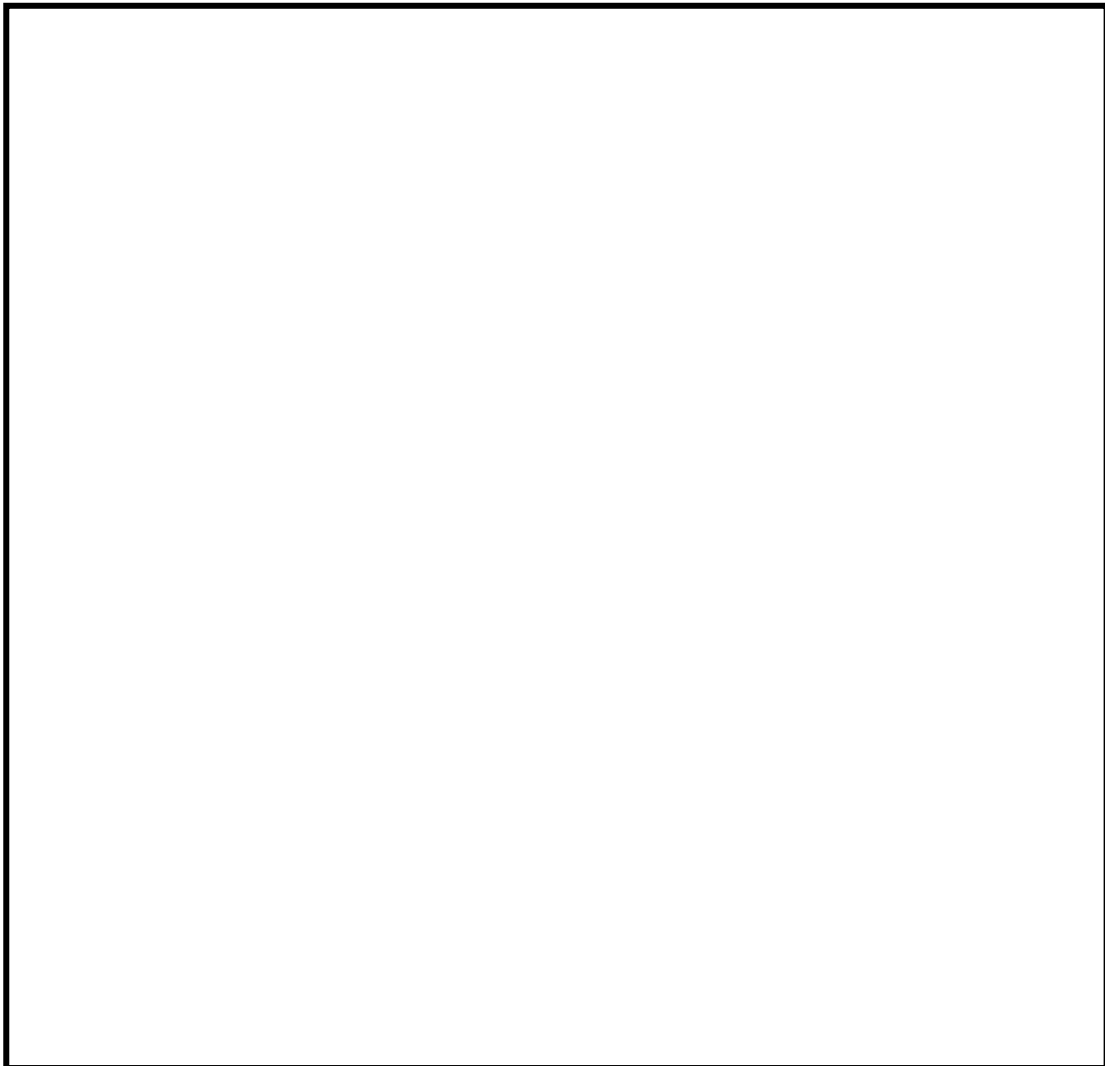


図8-5 真空遮断器構造図

次に図 8-6 に真空遮断器の動作機構を示す。投入時は投入コイルが励磁されるとプランジャーがロックロッドを介してローラを押し上げ、補助レバー、ロッドを介して、主レバーが回転して、接触子を閉じ閉路状態となる。解放時は引外しコイルが励磁されると、引外しレバーがフックの結合を外し、遮断ばねの力で主レバーが回転し、接触子を開き開路状態となる。

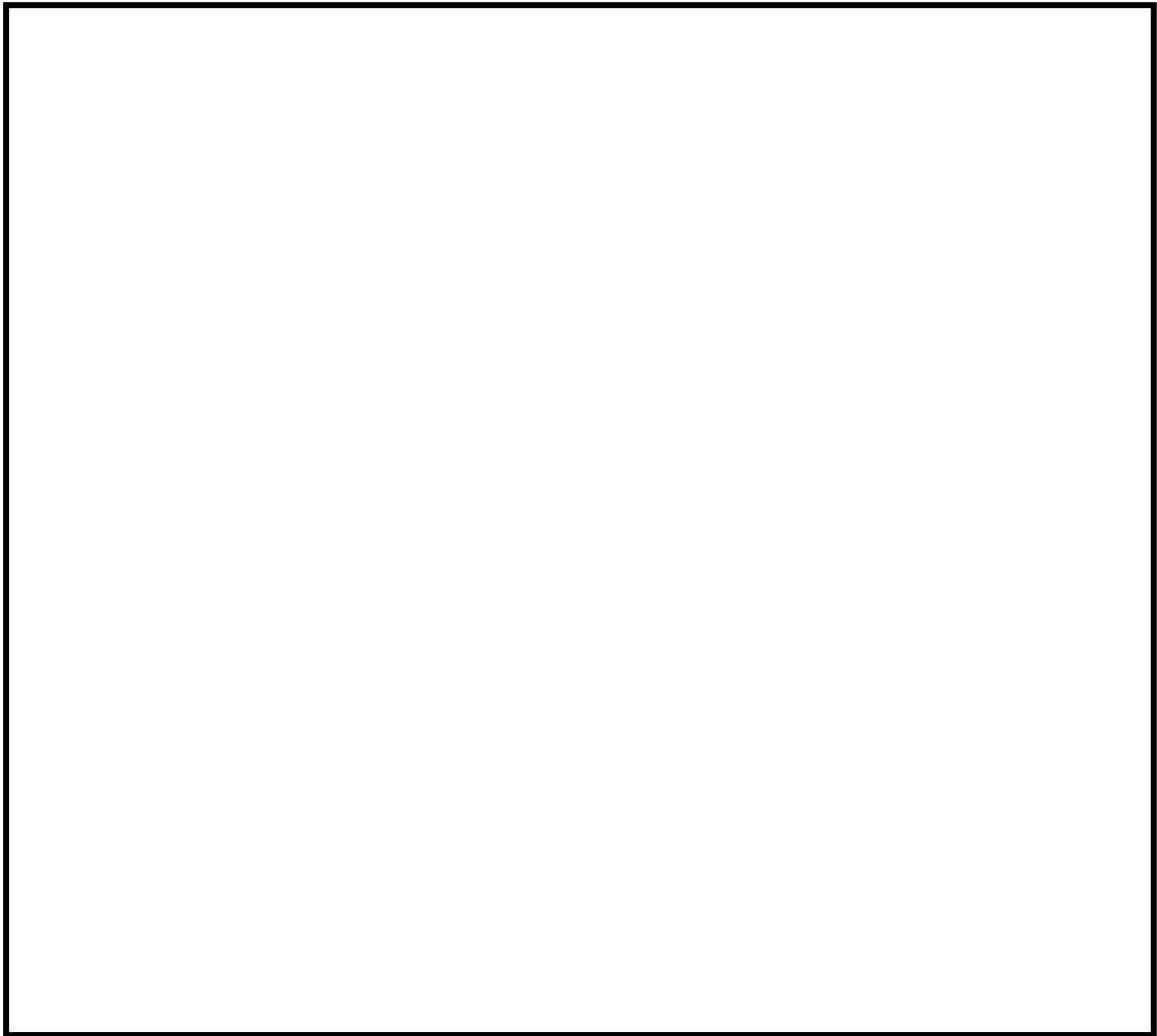


図 8-6 真空遮断器動作機構図

(2) 水平 2 方向地震力に対する影響検討

図 8-5, 8-6 から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

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

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

(3) 機能確認済加速度

参考として、機能維持評価用加速度と真空遮断器の既往試験での機能確認済加速度を表 8-5 に示す。

表 8-5 真空遮断器の機能維持評価用加速度及び機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

方向	水平* <sup>1</sup> (前後・左右)	鉛直 (上下)
機能維持評価用加速度* <sup>2</sup>	1.44	1.73
機能確認済加速度		

注記\* 1 : 機能維持評価用加速度は前後及び左右方向の最大値, 機能確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載

\* 2 : 原子炉建物 EL 23.8m 設計用震度 II (基準地震動  $S_s$ ) により定まる加速度



### 8.3.5 気中遮断器

#### (1) 構造及び作動機構の概要

図8-7に気中遮断器の構造を示す。気中遮断器は、遮断部、動作機構部から構成されており、投入コイル又は引外しコイルが励磁されると動作機構部が動作し遮断部が開閉する。なお、気中遮断器は主端子が母線に係合し固定され、引出装置が盤側の固定ピンで固定されているため、容易に振動しない構造となっている。

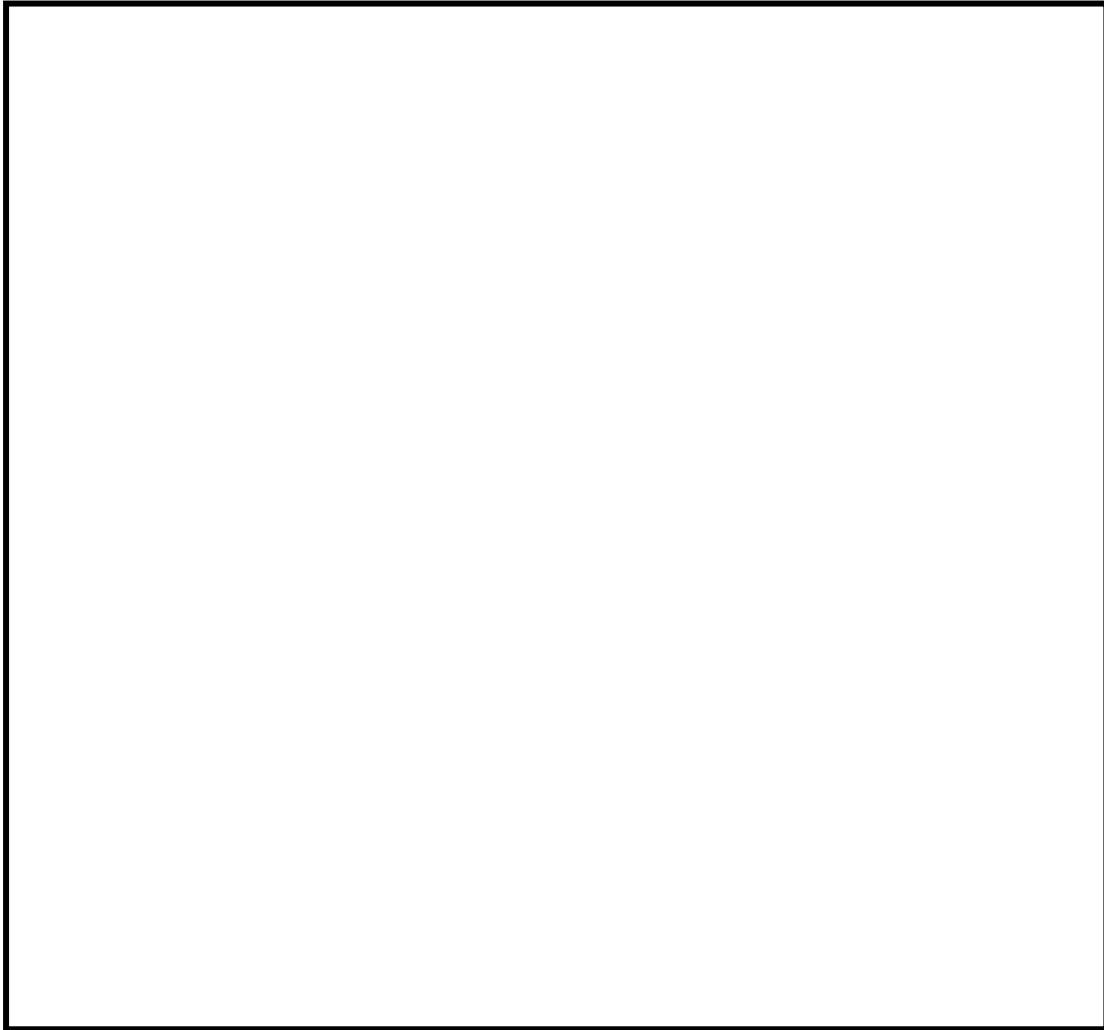


図8-7 気中遮断器構造図

次に図 8-8 に気中遮断器の動作機構を示す。投入時は、投入コイルの励磁により、プランジャーがlockingロットを介してローラを押上げ、主レバーを回して、接触子を閉じたあとに、支えリンクで保持する。開放時は、引外しコイルが励磁されると、フックの結合が外され、主レバーは早切バネの力で回り接触子が開かれたあとに、リンクが復帰し、同時にフックが結合する。

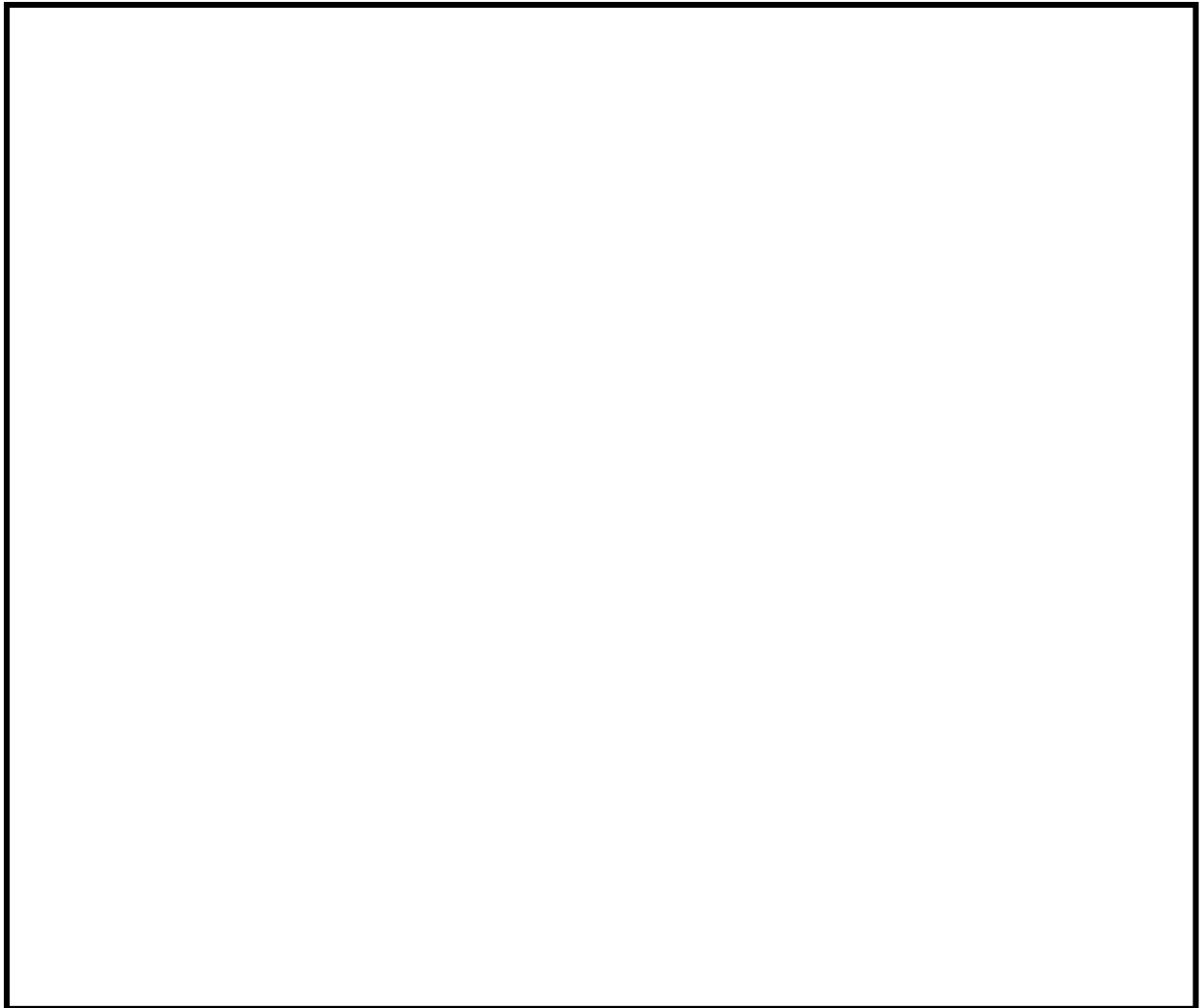


図 8-8 気中遮断器動作機構図

(2) 水平 2 方向地震力に対する影響検討

図 8-8 から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

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

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

(3) 機能確認済加速度

参考として、機能維持評価用加速度と気中遮断器の既往試験での機能確認済加速度を表 8-6 に示す。

表 8-6 気中遮断器の機能維持評価用加速度及び機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

方向	水平* <sup>1</sup> (前後・左右)	鉛直 (上下)
機能維持評価用加速度* <sup>2</sup>	1.44	1.73
機能確認済加速度		

注記\* 1 : 機能維持評価用加速度は前後及び左右方向の最大値, 機能確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載

\* 2 : 原子炉建物 EL 23.8m 設計用震度 II (基準地震動  $S_s$ ) により定まる加速度

### 8.3.6 電磁接触器

#### (1) 構造及び作動機構の概要

図8-9に電磁接触器の構造及び動作機構を示す。電磁接触器は、コイルに通電されることにより生じる電磁力により可動鉄心を作動させ、接点の開閉を行うものである。

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

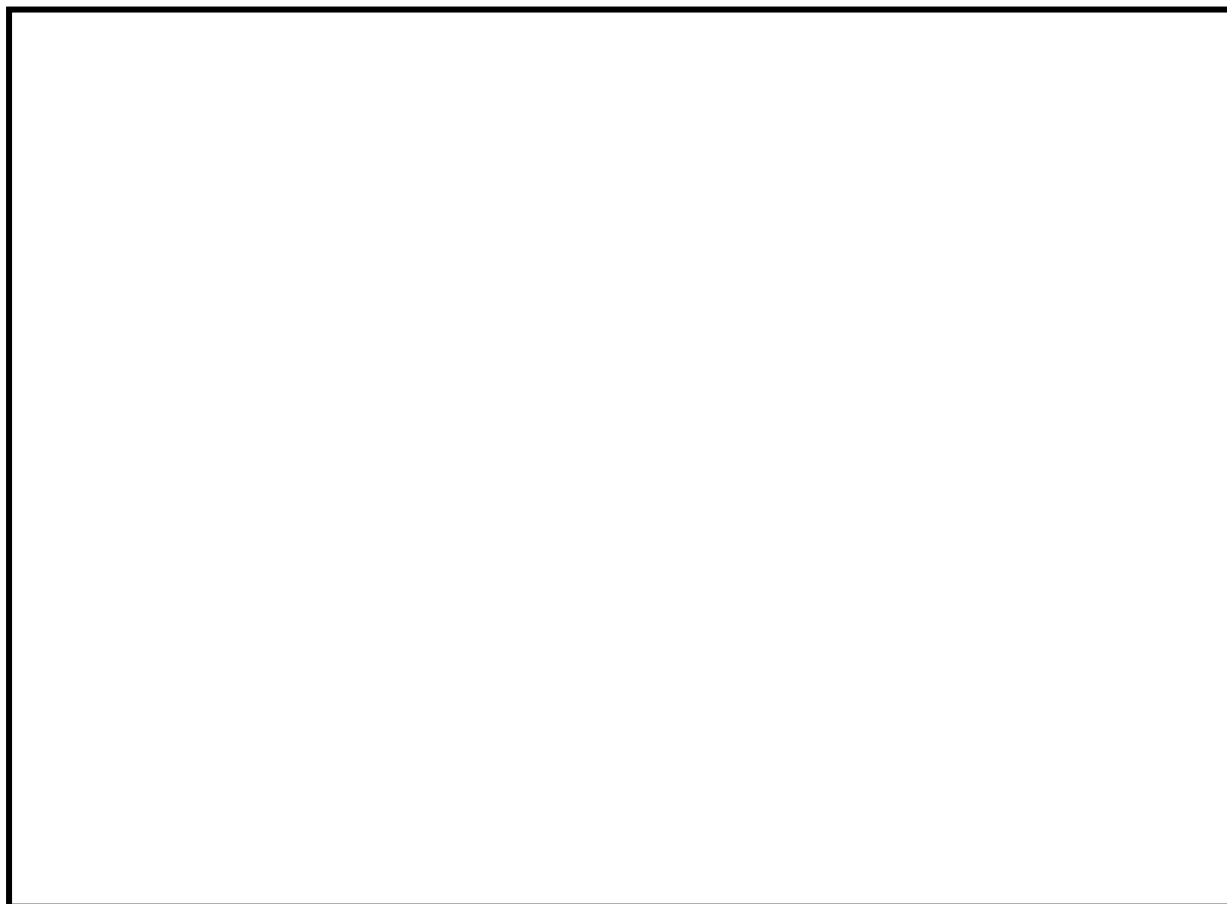


図8-9 電磁接触器構造図

(2) 水平2方向地震力に対する影響検討

図8-9から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

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

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

(3) 機能確認済加速度

参考として、機能維持評価用加速度と電磁接触器の既往試験での機能確認済加速度を表8-7に示す。

表8-7 電磁接触器の機能維持評価用加速度及び機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

方向	水平*1 (前後・左右)	鉛直 (上下)
機能維持評価用加速度*2	1.95	1.94
機能確認済加速度		

注記\*1：機能維持評価用加速度は前後及び左右方向の最大値，機能確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載

\*2：原子炉建物 EL 28.8m(基準床レベル EL 30.5m) 設計用震度Ⅱ（基準地震動S s）により定まる加速度

## 8.2.7 操作スイッチ

### (1) 構造及び作動機構の概要

図8-10に操作スイッチの構造及び作動機構を示す。操作スイッチは、手動にてハンドルを回転させることで内部のカムが回転し、カムの可動接触子と固定接触子が嵌め合うことで接点の開閉を行うものである。なお、操作スイッチは、ボルトにより盤に強固に取り付けられている。



図8-10 操作スイッチ構造図

### (2) 水平2方向地震力に対する影響検討

図8-10から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・地震力で可動接点が振動することにより、接点が誤接触又は誤開放する。

(左右方向)

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

### (3) 機能確認済加速度

参考として、機能維持評価用加速度と操作スイッチの既往試験での機能確認済加速度を表8-8に示す。

表8-8 操作スイッチの機能維持評価用加速度及び機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

方向	水平*1 (前後・左右)	鉛直 (上下)
機能維持評価用加速度*2	2.84	1.32
機能確認済加速度		

注記\*1：機能維持評価用加速度は前後及び左右方向の最大値、機能確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載

\*2：制御室建物 EL 16.9m 設計用震度Ⅱ（基準地震動S<sub>s</sub>）により定まる加速度

## 8.2.8 ロックアウトリレー

### (1) 構造及び作動機構の概要

図8-11にロックアウトリレーの構造及び作動機構を示す。ロックアウトリレーは、保護リレー等からの信号を受けた場合、コイルが励磁され、盤外側のハンドルが倒れ、その状態が維持される。また、ロックアウトリレーはボルトにて盤に強固に取り付けられている。



図8-11 ロックアウトリレー構造図

### (2) 水平2方向地震力に対する影響検討

図8-11から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

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

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

### (3) 機能確認済加速度

参考として、機能維持評価用加速度とロックアウトリレーの既往試験での機能確認済加速度を表8-9に示す。

表8-9 ロックアウトリレーの機能維持評価用加速度及び機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

方向	水平* <sup>1</sup> (前後・左右)	上下
機能維持評価用加速度* <sup>2</sup>	1.29	0.96
機能確認済加速度		

\* 1 : 機能維持評価用加速度は前後及び左右方向の最大値、機能確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載

\* 2 : 原子炉建物 EL 2.8m (基準床レベル EL 8.8m) 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

### 8.2.9 カード類

#### (1) 構造及び作動機構の概要

図 8-12 にカード類の構造及び作動機構を示す。カード類は、基板がユニットに実装された状態で盤に取り付けられており、ユニットは盤にボルトで固定されている。

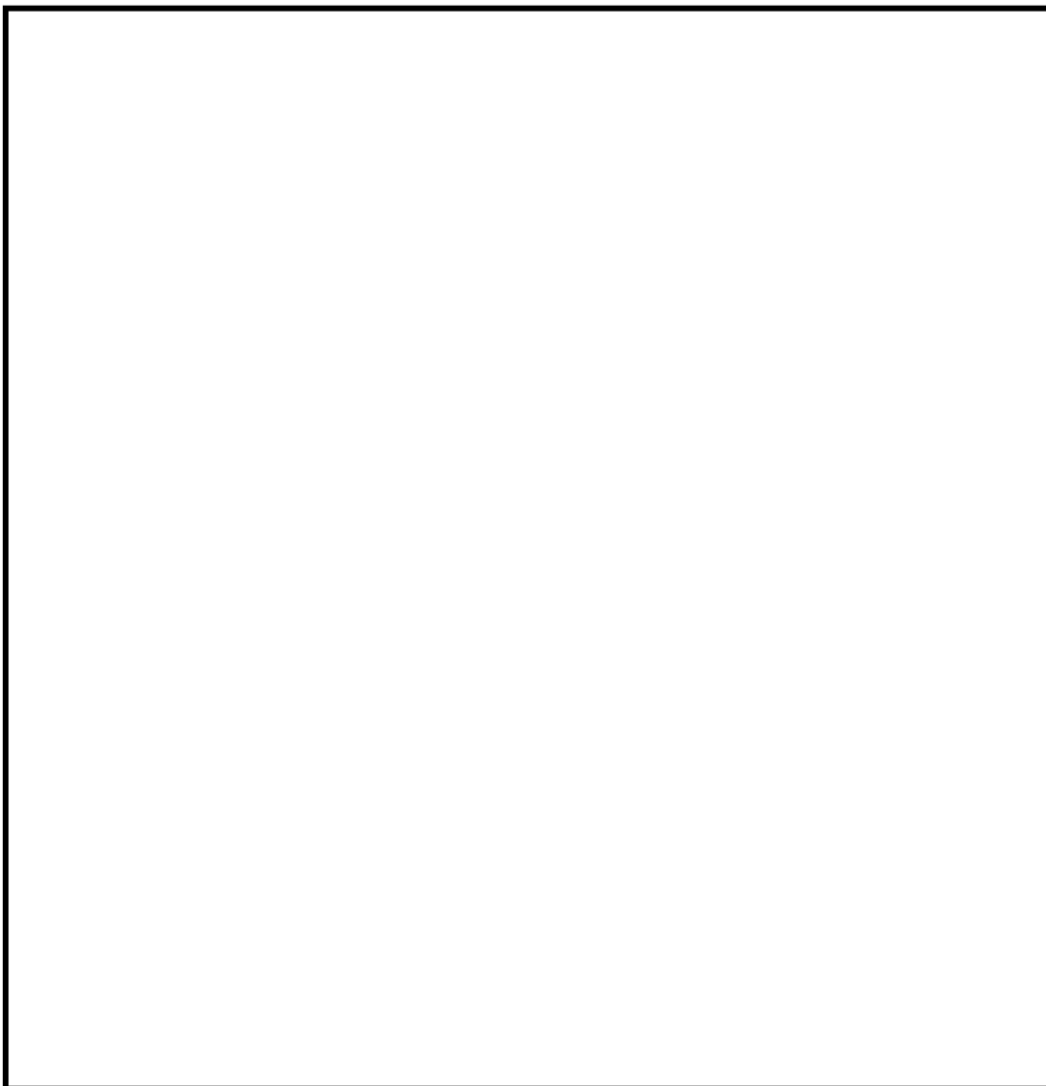


図 8-12 カード類構造図



(2) 水平2方向地震力に対する影響検討

図8-12から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・地震力により基盤がユニットから脱落する。(前後方向)

ただし、基盤類の取付方向は前後方向であり、脱落防止金具により前後方向を抑える構造となっていることから水平2方向の地震力による影響はない。

(3) 機能確認済加速度

参考として、機能維持評価用加速度とカード類の既往試験での機能確認済加速度を表8-10に示す。

表8-10 カード類の機能維持評価用加速度及び機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

方向	水平*1 (前後・左右)	鉛直 (上下)
機能維持評価用加速度*2	2.84	1.32
機能確認済加速度		

注記\*1：機能維持評価用加速度は前後及び左右方向の最大値，機能確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載

\*2：制御室建物 EL 16.9m 設計用震度Ⅱ（基準地震動S<sub>s</sub>）により定まる加速度

## 8.2.10 指示計

### (1) 構造及び作動機構の概要

図 8-13 に指示計の構造及び作動機構を示す。指示計は、圧力・水位・流量・電圧・電流等のプロセス値に相当する電気信号を入力し、目盛板に表示させるものである。また、指示計は押しネジにより盤に強固に取り付けられている。

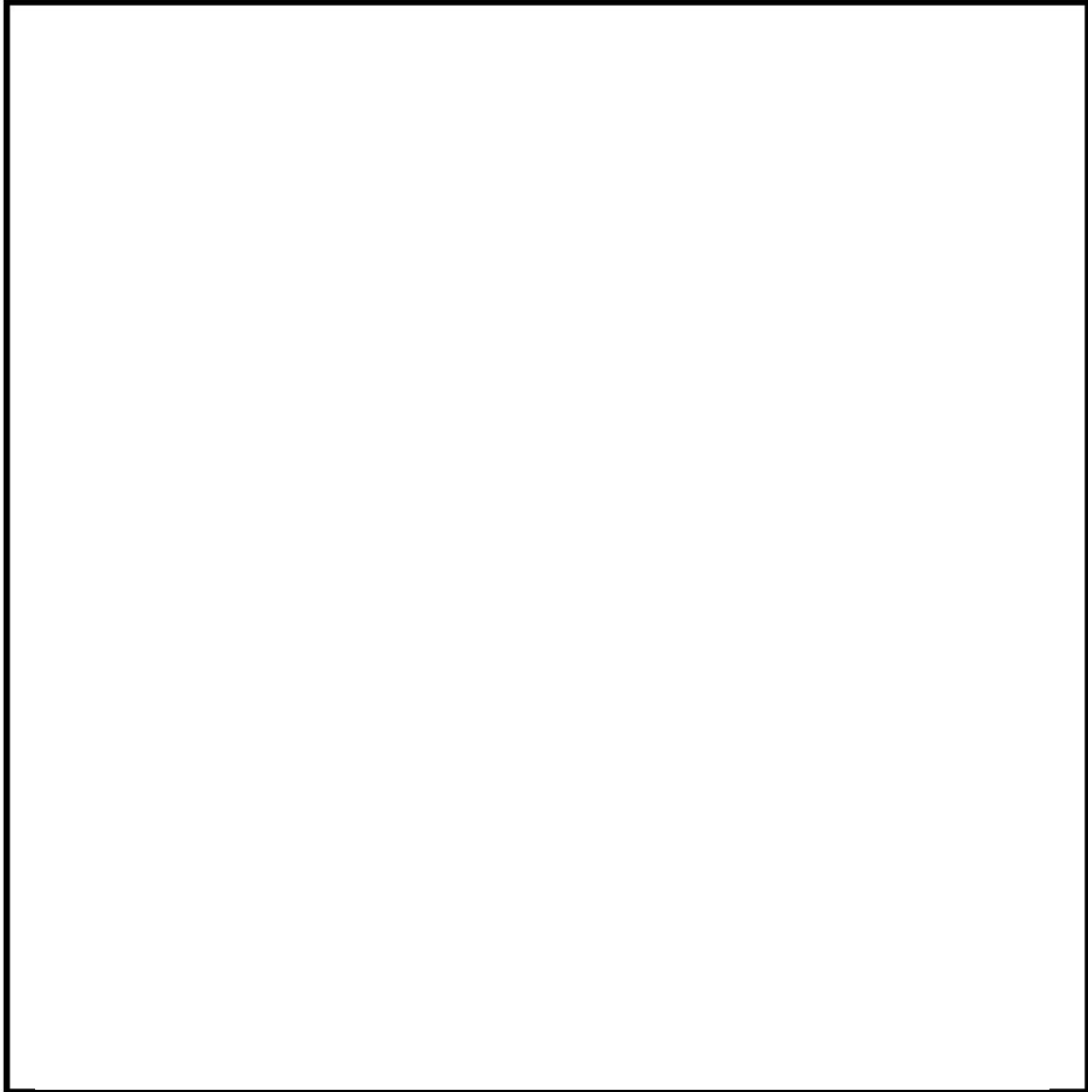


図 8-13 指示計構造図

### (2) 水平 2 方向地震力に対する影響検討

図 8-13 から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・地震力により指針が振動することにより、指針の指示に誤差が生じる。

(上下方向, 左右方向)

ただし、図 8-13 に示す指示計（縦形）については指針の可動方向は上下方向であるため、誤動作にいたる事象に多次元的な影響はないと考えられる。

また、図 8-13 に示す指示計（横形）については器具の可動部は左右方向にのみ振動することから、誤動作にいたる事象に多次元的な影響はないと考えられる。

(3) 機能確認済加速度

参考として、機能維持評価用加速度と指示計の既往試験での機能確認済加速度を表 8-11 に示す。

表 8-11 指示計の機能維持評価用加速度及び機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

方向	水平* <sup>1</sup> (前後・左右)	鉛直 (上下)
機能維持評価用加速度* <sup>2</sup>	1.29	0.96
機能確認済加速度		

注記\* 1 : 機能維持評価用加速度は前後及び左右方向の最大値, 機能確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載

\* 2 : 原子炉建物 EL 2.8m (基準床レベル EL 8.8m) 設計用震度 II (基準地震動 S s) により定まる加速度

## 9. 水平2方向同時加振の影響評価（動的機能維持）

### 9.1 はじめに

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

### 9.2 機能維持評価法について

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

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

### 9.3 機能維持確認済加速度の保守性

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

#### 注記\*：動的機器の評価項目について

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

### 9.4 水平2方向同時入力（鉛直方向含む）の影響について

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

また、Atは水平・鉛直の各方向に設定されるものであるが、水平・鉛直の相関が懸念されるものは、水平・鉛直同時入力による解析評価により機能維持を確認した上で各方向の加速度を設定している。そのため、水平・鉛直ごとの個別の評価とすることで問題ない。

#### 10. 水平2方向同時加振の影響評価（疲労評価）

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

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

表10-1に示す評価結果のとおり、一次＋二次＋ピーク応力強さに水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合にも、設備が有する耐震性に影響がないことを確認した。

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

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

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

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

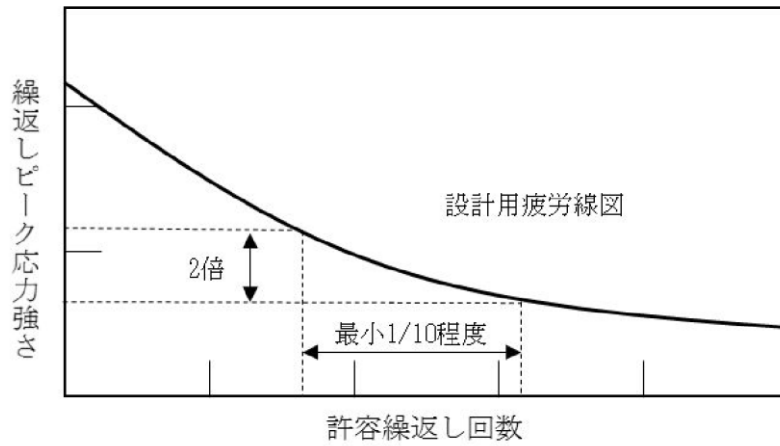


図 10-1 応力 2 倍に対する設計用疲労線図における許容繰返し回数のイメージ図

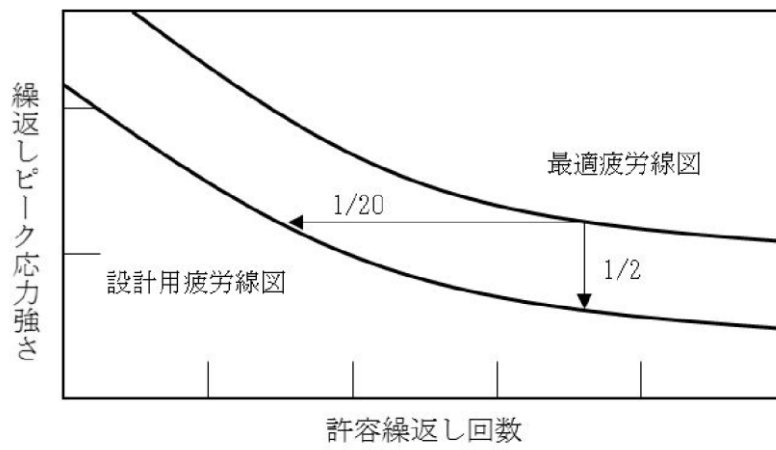


図 10-2 最適疲労線図と設計用疲労線図のイメージ図

表 10-1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した一次+二次+ピーク応力強さの評価結果

設備名称	評価部位	疲労累積係数*		水平 2 方向の考慮方法等
		水平 1 方向	水平 2 方向	
燃料集合体	燃料被覆管	0.012	0.044	水平 1 方向評価の繰返しピーク応力強さを $\sqrt{2}$ 倍した繰返しピーク応力強さを適用。
円筒胴	円筒胴	0.005	0.005	水平 1 方向評価に適用する荷重が水平 2 方向を考慮した荷重を包絡することを確認
下鏡	下鏡	0.009	0.009	水平 1 方向評価に適用する荷重が水平 2 方向を考慮した荷重を包絡することを確認
	下鏡と円筒部の接合部	0.016	0.016	
	原子炉圧力容器支持スカートと円筒胴の接合部	0.407	0.407	
制御棒貫通孔	スタブチューブ	0.187	0.187	水平 1 方向評価に適用する荷重が水平 2 方向を考慮した荷重を包絡することを確認
	ハウジング	0.059	0.059	
原子炉中性子計装孔	原子炉中性子計装ハウジング	0.963	0.963	水平 1 方向評価に適用する荷重が水平 2 方向を考慮した荷重を包絡することを確認
原子炉圧力容器支持スカート	支持スカート	0.037	0.037	水平 1 方向評価に適用する荷重が水平 2 方向を考慮した荷重を包絡することを確認
非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料貯蔵タンク	胴板	0.597	0.945	水平 2 方向及び鉛直方向の地震による応力を S R S S 法により組み合わせて算出した繰返しピーク応力強さを適用
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 ディーゼル燃料貯蔵タンク	胴板	0.597	0.945	水平 2 方向及び鉛直方向の地震による応力を S R S S 法により組み合わせて算出した繰返しピーク応力強さを適用

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

## 11. 制御棒挿入性評価に対する水平2方向地震力の組合せ方法

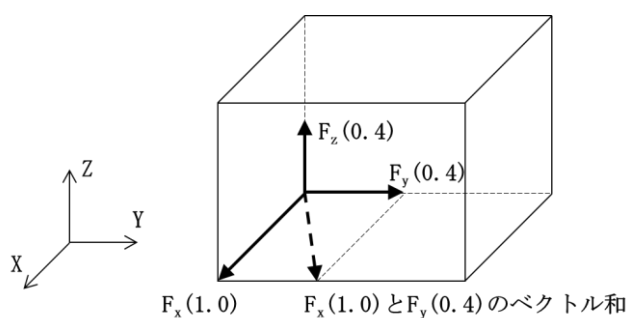
### 11.1 はじめに

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

### 11.2 制御棒挿入性評価における水平2方向の影響評価方法

制御棒の挿入性評価に対する水平2方向の影響評価については、機器・配管系の今回工認の耐震評価においても適用する（適用の詳細は補足-023-02「耐震評価対象の網羅性、既工認との手法の相違点の整理について」参照）組合せ係数法（1.0 : 0.4 : 0.4）を用いて水平2方向を考慮した場合の燃料集合体相対変位を算出する方針とする。組合せ係数法概念図を図11-1に示す。

なお、機器・配管系に対する水平2方向及び鉛直方向の組合せの検討にあたっては、4項の円筒容器に対する水平2方向の影響検討において、発生応力に対してSRSS法と組合せ係数法を適用した場合に手法による差異は軽微であることを確認している。機器・配管系の耐震評価は線形解析を基本とすることから、発生荷重に対してSRSS法と組合せ係数法を適用した場合にも同等の結果が得られるため、本影響評価において組合せ係数法を適用することは妥当と考えられるが、評価の保守性についてもあわせて確認する（11.4項参照）。



○組合せ係数法とは、最大応答の非同時性を考慮して地震力を設定する方法。

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

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

図11-1 組合せ係数法概念図

### 11.3 水平2方向の影響評価結果

制御棒の挿入性評価に適用する組合せ係数法の評価手順を図11-2に示す。また、水平1方向に対する最大の燃料集合体相対変位と組合せ係数法を用いて水平2方向を考慮した燃料集合体相対変位の結果を表11-1に示す（別紙4.3表2記載内容を再掲）。

図11-1に示すとおり、水平2方向の相対変位は、NS方向の燃料集合体相対変位及びEW方向の燃料集合体相対変位にそれぞれ係数0.4を考慮して組み合わせ得られた結果から、より大きい値となる相対変位を適用するものである。表11-1に示す結果は、基準地震動S s 5波（基本ケース及び地盤ばらつきケース）の中から、最も相対変位が大きくなるS s - F 1（地盤剛性-σケース）に対して、以下(a)、(b)の2式より算出さ



れる相対変位のうちより大きい結果となる (b) の相対変位を示しているものである。

$$(a) \text{ NS} \times 1.0, \text{ EW} \times 0.4 \quad \sqrt{(18.6 \times 1.0)^2 + (35.0 \times 0.4)^2} \approx 23.3 \text{ mm}$$

$$(b) \text{ NS} \times 0.4, \text{ EW} \times 1.0 \quad \sqrt{(18.6 \times 0.4)^2 + (35.0 \times 1.0)^2} \approx 35.8 \text{ mm}$$

表 11-1 に示すとおり、水平 2 方向を考慮した場合でも燃料集合体相対変位が確認済相対変位を下回ることを確認している。

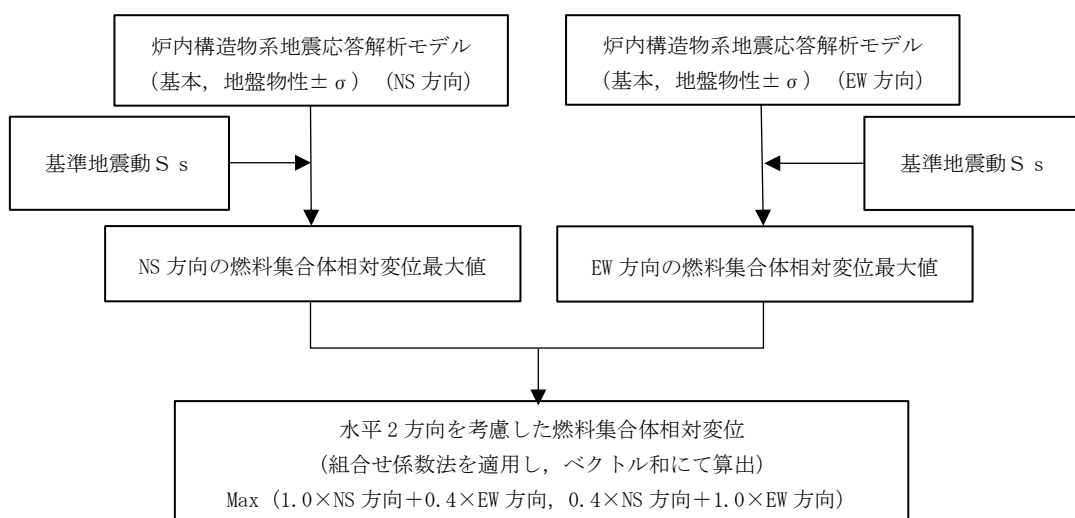


図 11-2 制御棒挿入性評価における組合せ係数法を用いた水平 2 方向の影響評価手順

表 11-1 制御棒挿入性評価における水平 2 方向の影響検討結果

評価項目	燃料集合体相対変位 (mm) *		確認済相対変位 (mm)
	水平 1 方向	水平 2 方向	
制御棒挿入性	35.0	35.8	40

注記\* : 基準地震動 S s 5 波 (基本ケース及び地盤ばらつきケース) の中でも最も燃料集合体相対変位が大きくなる基準地震動 S s - F 1 (地盤物性 - σ ケース) による結果を示す。

#### 11.4 組合せ係数法を適用した影響検討結果の保守性

本項では、制御棒挿入性評価において組合せ係数法を適用した水平 2 方向の影響検討結果 (11.3 項参照) の保守性を確認する。

基準地震動 S s 5 波 (基本ケース及び地盤ばらつきケース) のうち、燃料集合体の相対変位が最大となる基準地震動 S s - F 1 (地盤物性 - σ ケース) について、水平 2 方向入力による変位履歴から最大の相対変位を算出し、組合せ係数法による結果と比較する。

評価手順を図 11-3 に示す。基準地震動  $S_s - F 1$  は断層モデル手法による基準地震動であることから、図 11-4 に示す原子炉本体地震応答解析モデルへの入力として、 $S_s - F 1$  (NS) に基づく入力地震動を NS 方向モデルに入力し、 $S_s - F 1$  (EW) に基づく入力地震動を EW 方向モデルに入力してそれぞれ燃料集合体中央位置での相対変位の時刻歴データを算出する。次に各方向の時刻歴データを時々刻々ベクトル合成することで水平 2 方向入力による変位履歴を求め、この中から最大の相対変位を算出する。

NS/EW 方向の燃料集合体相対変位による変位オービットを図 11-5 に示す。あわせて、燃料集合体相対変位の最大変位を表 11-2 に示す。表 11-2 に示すとおり変位履歴を用いて算出した最大変位は 35.1mm となっており、組合せ係数法を用いた変位 35.8mm と比較して小さい値となっていることから、組合せ係数法の結果は保守的であることが分かる。

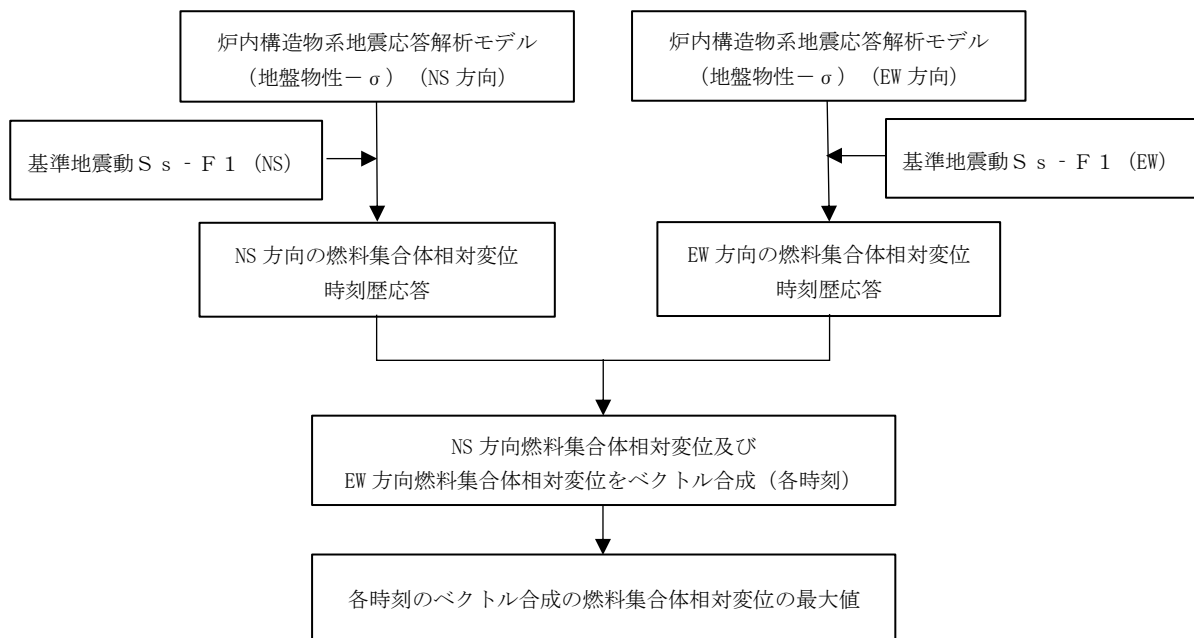


図 11-3 制御棒挿入性評価における変位履歴を用いた水平 2 方向の影響評価手順

表 11-2 燃料集合体相対変位

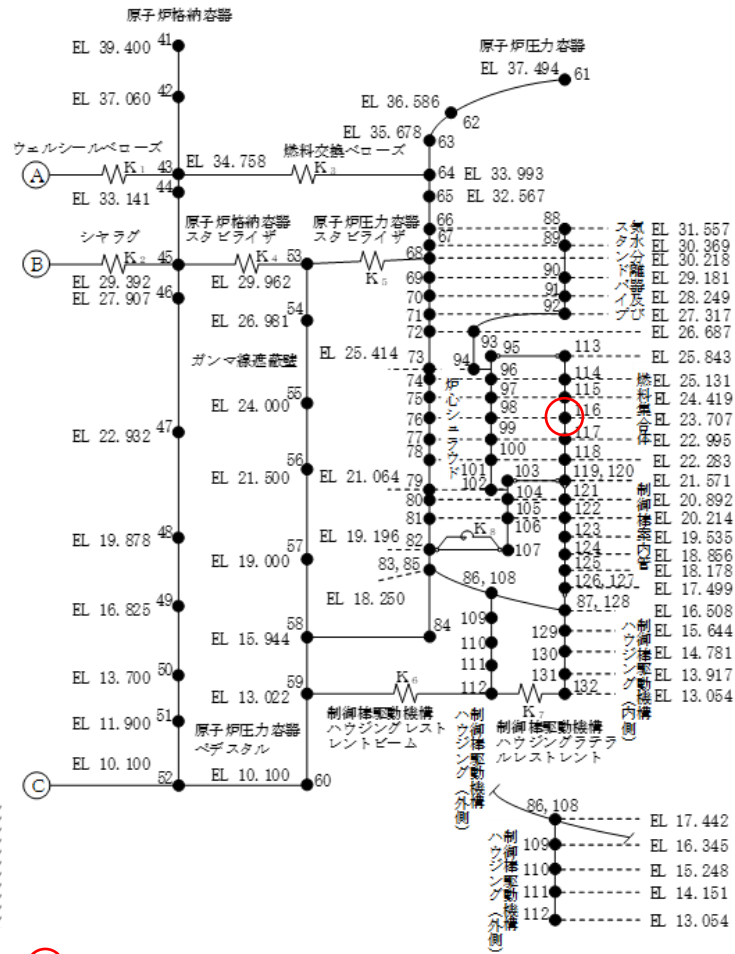
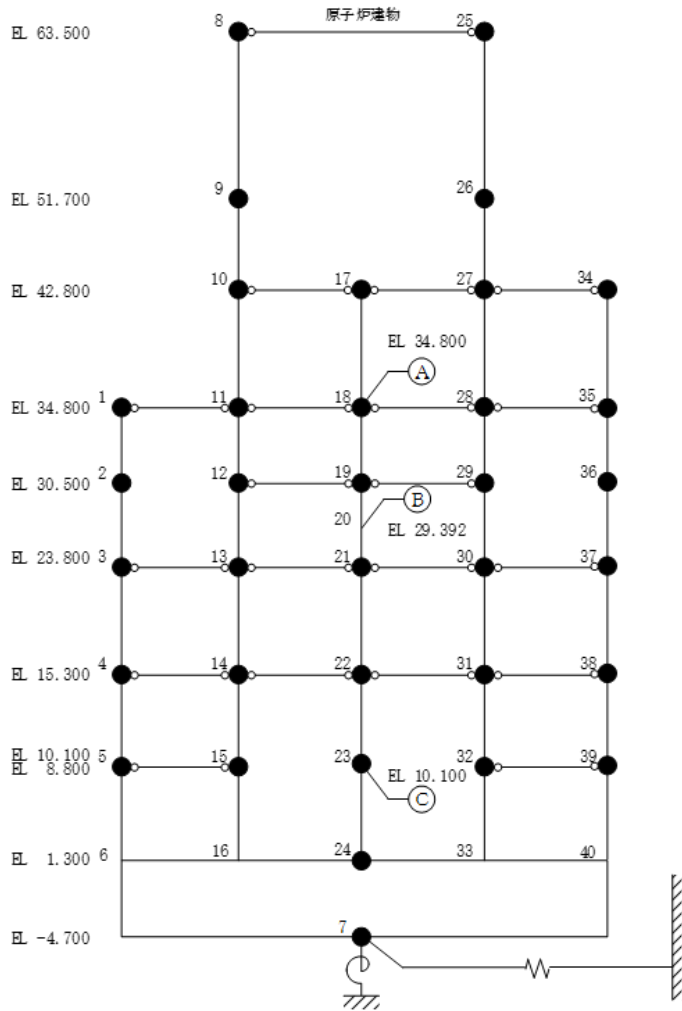
評価項目	相対変位算出方法	燃料集合体相対変位 (mm)			確認済相対変位 (mm)
		NS 方向変位	EW 方向変位	最大変位	
制御棒挿入性	変位履歴を用いて算出	1.55 <sup>*1</sup>	35.0 <sup>*1</sup>	35.1 <sup>*2</sup>	40
	組合せ係数法を適用して算出	18.6 <sup>*3</sup>	35.0 <sup>*3</sup>	35.8 <sup>*4</sup>	

注記\*1：最大変位\*2が発生した時間における NS/EW 方向の変位。なお，NS/EW 方向それぞれの全時間帯における最大変位は NS 方向：18.6mm，EW 方向：35.0mm となる。

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

\*3：燃料集合体の相対変位が最大となる基準地震動 S s - F 1（地盤物性-σ ケース）における NS/EW 方向の最大変位。

\*4：基準地震動 S s - F 1（地盤物性-σ ケース）における NS/EW 方向の最大変位に組合せ係数法を適用し，ベクトル和にて算出した値。

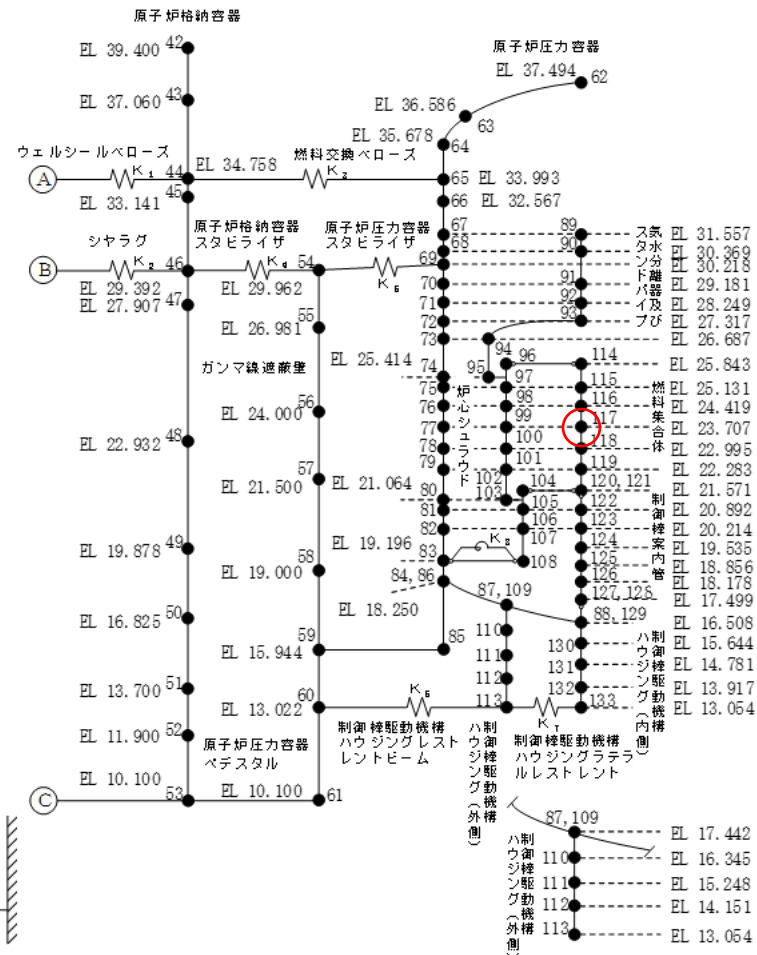
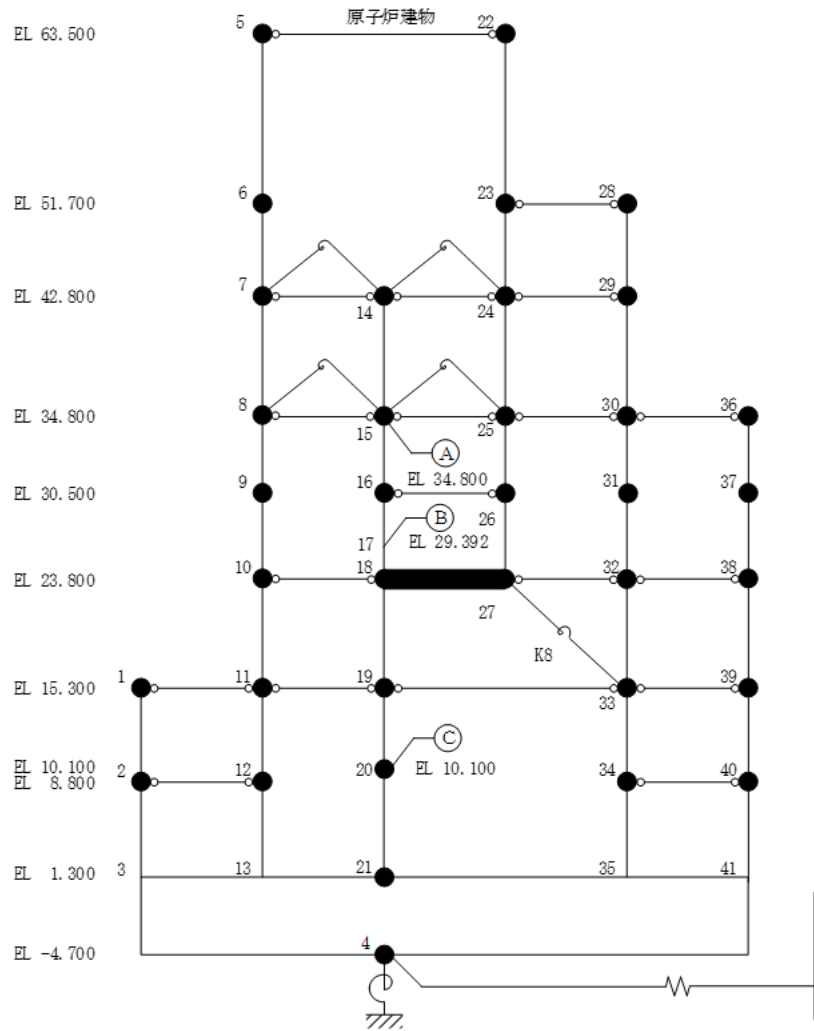


○: 燃料集合体相対変位算出位置

記号	内容
●	質点
— —	曲げ・せん断部材
—/—	水平ばね
⊕	回転ばね
○—○	剛部材 (ピン結合)

K <sub>1</sub>	ウエルシールベローズ
K <sub>2</sub>	シヤラグ
K <sub>3</sub>	燃料交換ベローズ
K <sub>4</sub>	原子炉格納容器スタビライザ
K <sub>5</sub>	原子炉圧力容器スタビライザ
K <sub>6</sub>	制御棒駆動機構ハウジングレストレント
K <sub>7</sub>	制御棒駆動機構ハウジングラスタラルレストレント
K <sub>8</sub>	シユラウドサポート

図 11-4-1 原子炉本体地震応答解析モデル (NS 方向)



○ : 燃料集合体相対変位算出位置

記号	内容
●	質点
— —	曲げ・せん断部材
— — —	水平ばね
⊙	回転ばね
○—○	剛部材 (ピン結合)

K <sub>1</sub>	ウエルシールベローズ
K <sub>2</sub>	シャラグ
K <sub>3</sub>	燃料交換ベローズ
K <sub>4</sub>	原子炉格納容器スタビライザ
K <sub>5</sub>	原子炉圧力容器スタビライザ
K <sub>6</sub>	制御棒駆動機構ハウジングレストレントビーム
K <sub>7</sub>	制御棒駆動機構ハウジングラテラルレストレント
K <sub>8</sub>	シールドサポート

図 11-4-2 原子炉本体地震応答解析モデル (EW 方向)

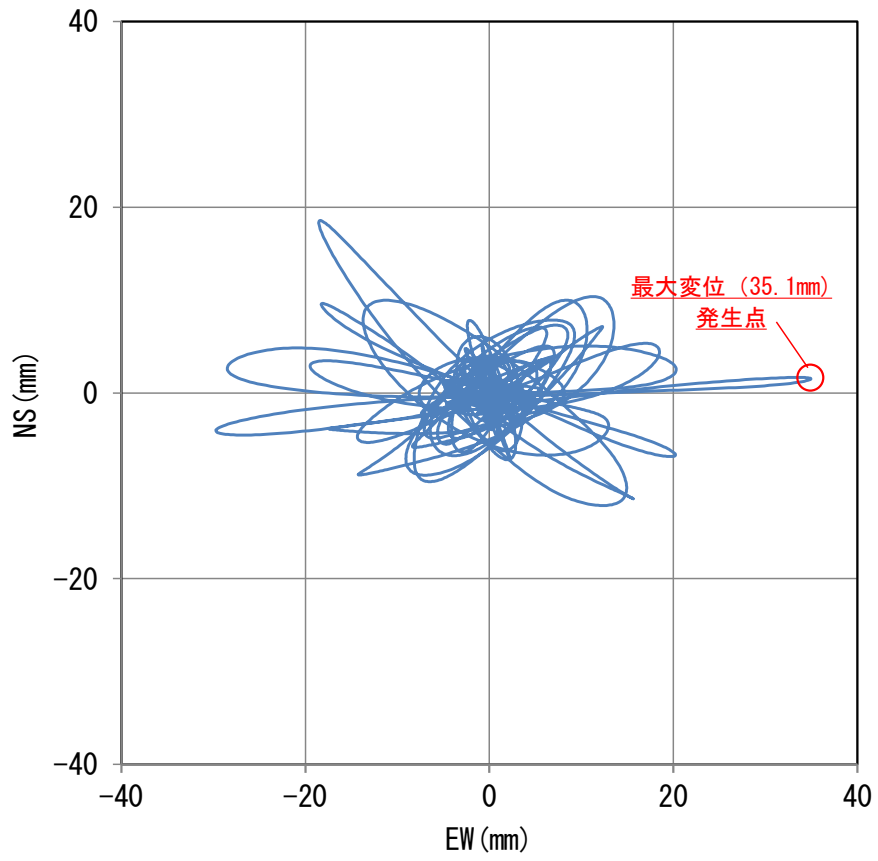


図 11-5 変位オービット (燃料集合体相対変位)

## 11.5 制御棒挿入性試験への水平2方向の影響

表 11-1 に示した確認済相対変位は、今回工認（VI-2-6-2-1「制御棒の耐震性についての計算書」）用制御棒挿入試験結果（対辺方向加振）より設定している。これは燃料チャンネルの側面に対して平行な方向（対辺方向）に加振して得られた結果である。図 11-6 に試験結果を示す。

図 11-7 に、制御棒挿入性試験への水平2方向の影響を確認するために、燃料チャンネルの側面に対して平行な方向（対辺方向）と対角な方向（対角方向）に加振した影響確認用制御棒挿入試験結果を示す。表 11-3 に今回工認用制御棒挿入試験、影響確認用制御棒挿入試験（対辺方向及び対角方向加振）の試験条件を示す。

今回工認用と影響確認用（対辺方向加振）で試験装置（図 11-8, 図 11-9）が異なるが、試験結果（図 11-6, 図 11-7）は同等であり、試験装置による差異はない。また、影響確認用（対角方向加振）の試験については、影響確認用（対辺方向加振）と同条件で実施しており試験条件に差異はない。

図 11-7 より、対角方向加振による制御棒挿入時間（75%ストロークスクラム時間）は、対辺方向加振条件と同等かもしくは短い結果となっている。これは、燃料集合体と制御棒の間隙が、対辺方向に比べ対角方向の場合の方が大きくなるためである。

図 11-10 に、燃料集合体と制御棒の間隙のイメージを示す。対角方向になることで燃料集合体と制御棒の間隙がおおよそ $\sqrt{2}$ 倍となることから、対角方向よりも対辺方向加振の方が厳しい条件となる。

以上のことから、制御棒挿入性評価における水平2方向の影響検討において、今回工認向けにて実施した制御棒挿入試験結果より設定した確認済相対変位を用いる。

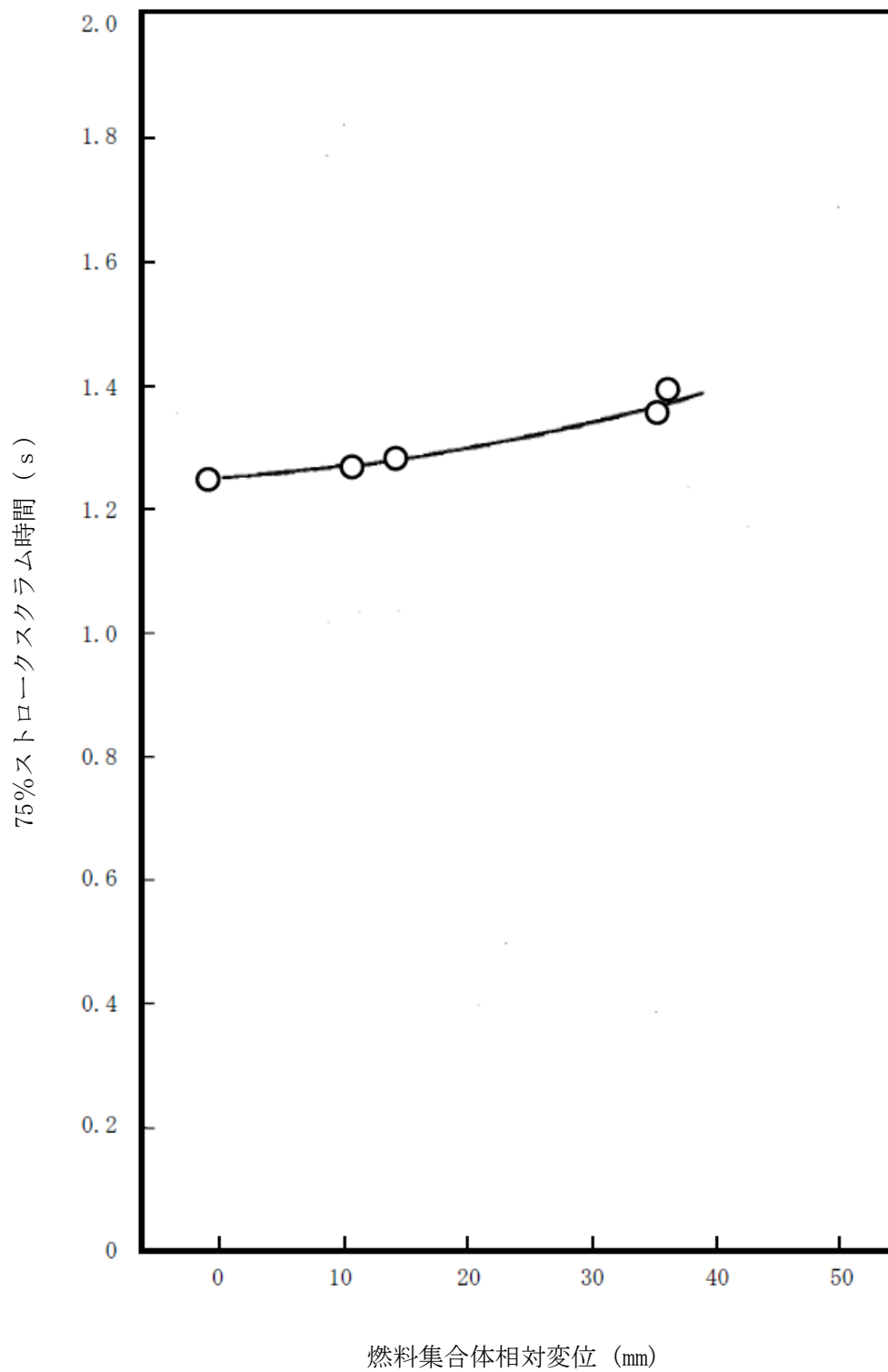


図 11-6 今回工認用制御棒挿入性試験結果 (対辺方向加振)



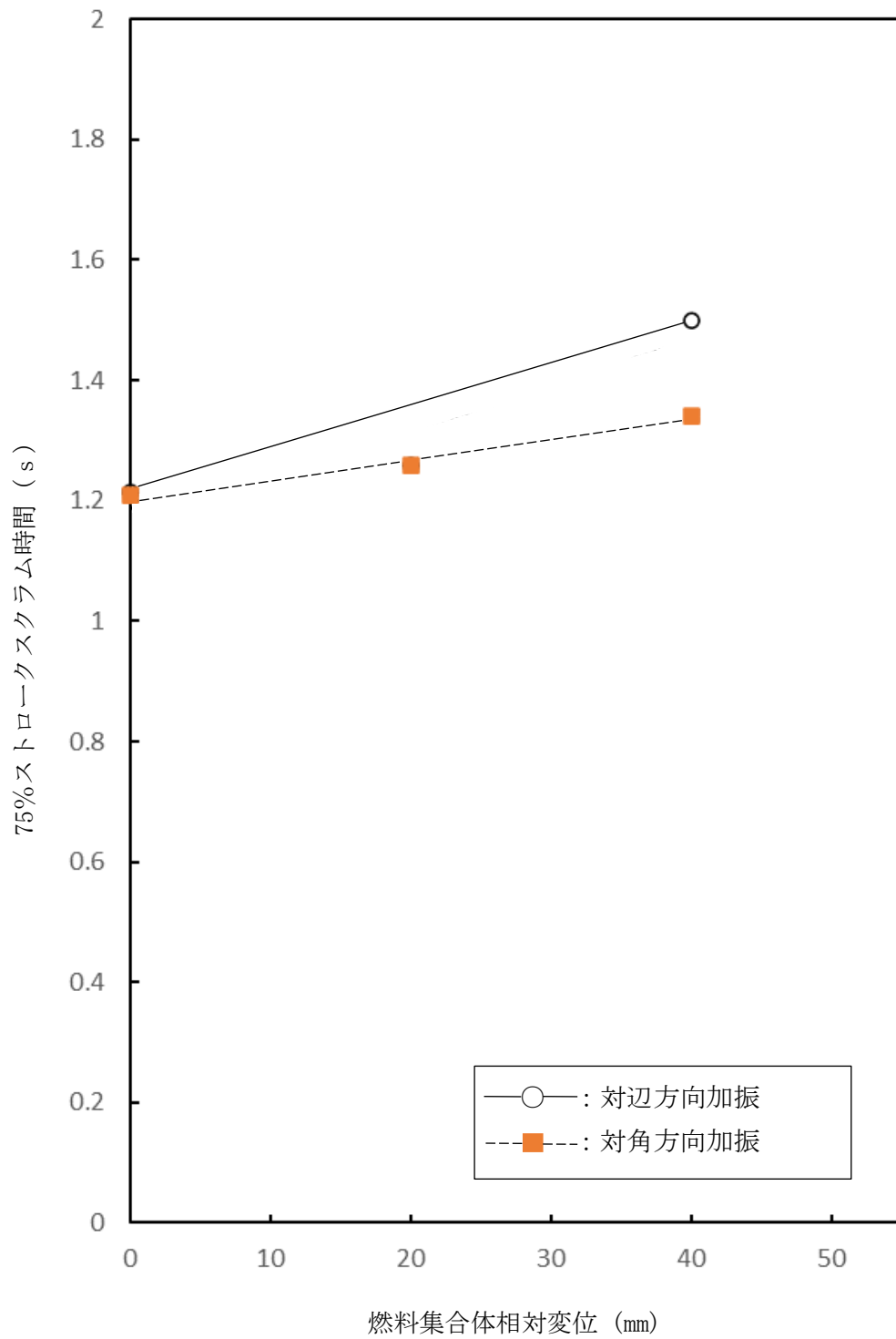


図 11-7 影響確認用制御棒挿入性試験結果（対辺方向加振－対角方向加振の比較）

表 11-3 対角方向加振試験の条件（対辺方向加振試験との比較）

条件項目	今回工認用 (対辺方向加振)	影響確認用	
		対辺方向加振	対角方向加振
機器・ 装置構成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 質量模擬燃料集合体</li> <li>・ 制御棒（ボロンカーバイド型）</li> <li>・ 燃料支持金具</li> <li>・ 制御棒案内管</li> <li>・ 制御棒駆動機構</li> <li>・ 水圧制御ユニット</li> <li>・ 試験装置 図 11-8</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</li> <li>・ 同左</li> <li>・ 同左</li> <li>・ 試験装置 図 11-9</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</li> <li>・ 同左</li> <li>・ 同左</li> <li>・ 同左</li> </ul>
試験方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 加振により燃料集合体に相対変位を発生させ、その状態で 75% ストロークスクラムに要する時間を計測</li> <li>・ 正弦波により加振</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 同左</li> <li>・ 同左</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 同左</li> <li>・ 同左</li> </ul>
温度	室温	同左	同左
圧力	常圧*1	同左	同左
チャンネル ボックス 板厚	120mil(3.05mm)*2	同左	同左

注記\*1：アキュムレータ圧力の調整により原子炉定格圧力（6.93MPa[gage]）時のスクラムを模擬

\*2：1mil=0.0254mm

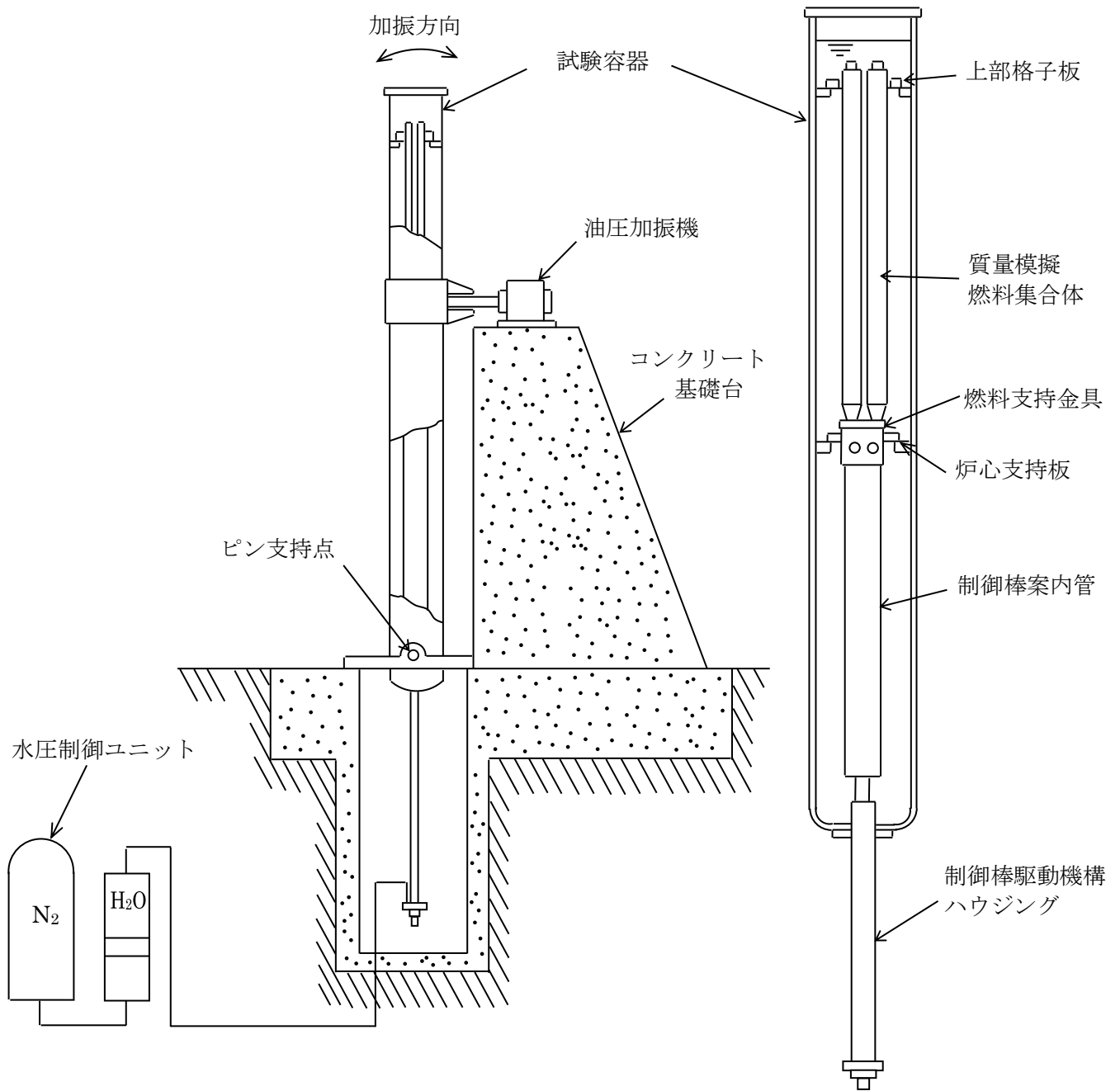


図 11-8 今回工認用制御棒挿入性試験 試験装置概要

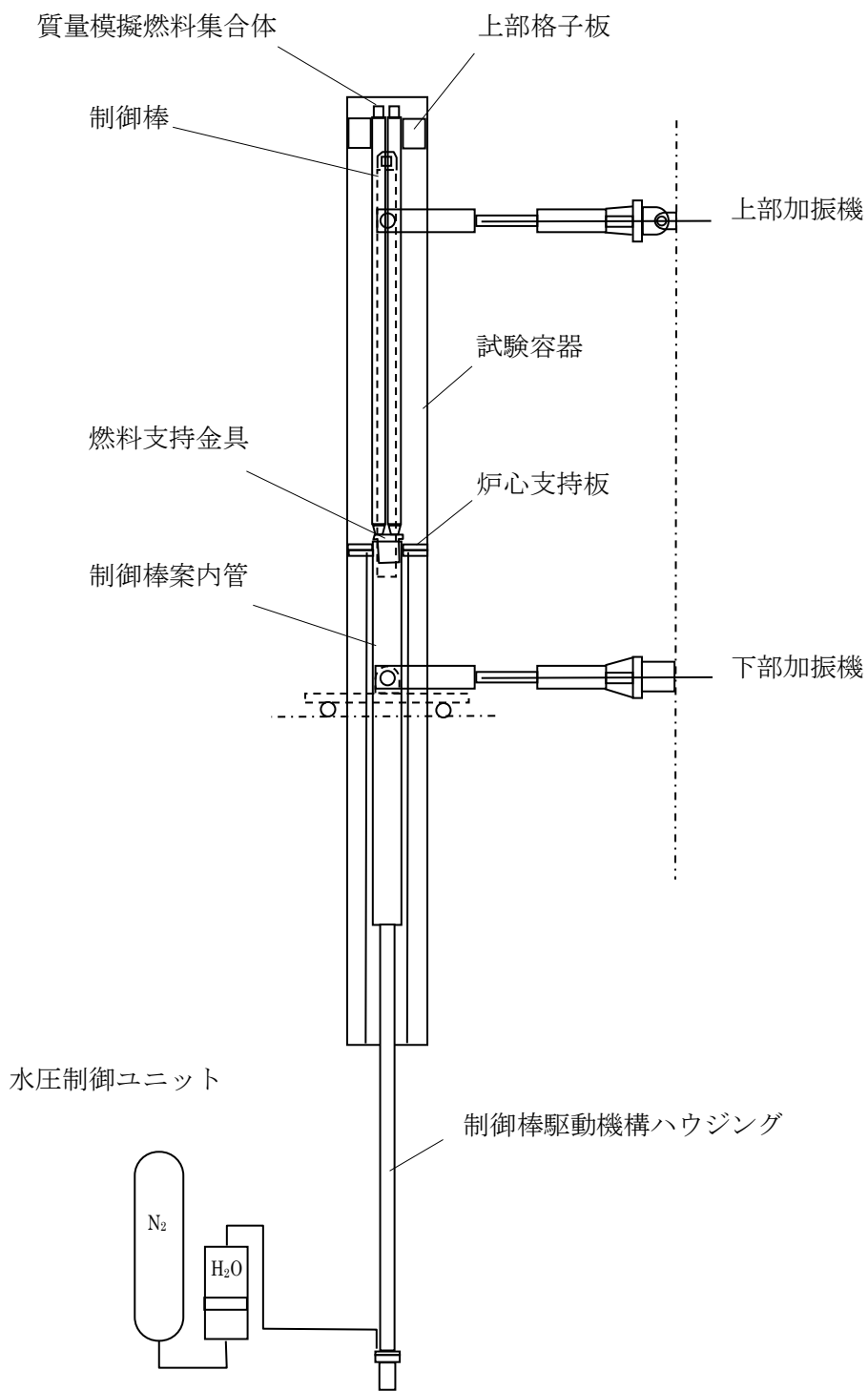
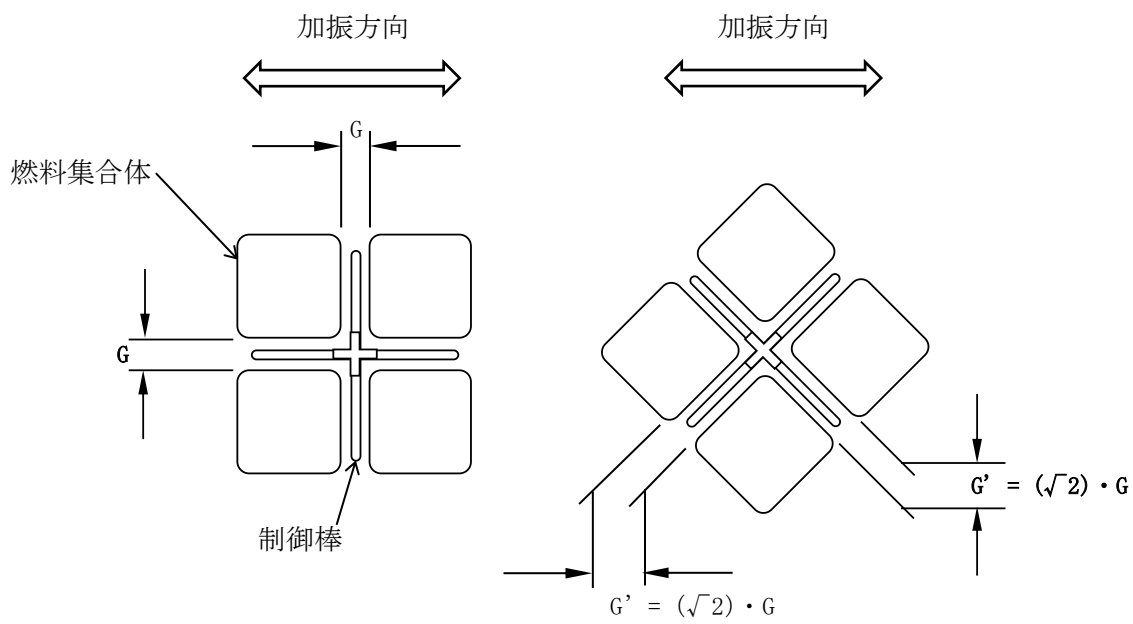


図 11-9 影響確認用制御棒挿入性試験（対辺方向加振—対角方向加振の比較）  
試験装置概要

G : 対辺方向加振時の間隙  
 G' : 対角方向加振時の間隙



(a) 対辺方向加振

(b) 対角方向加振

図 11-10 燃料集合体と制御棒の間隙のイメージ図

## 12. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価（水密扉）

### 12.1 はじめに

本項は、水密扉（建物内、燃料移送ポンプエリア）（以下「水密扉」という。）について、水平2方向の地震力を考慮した場合においても設備が有する耐震性に影響がないことを説明するものである。

### 12.2 水平2方向の影響評価方法

#### 12.2.1 評価対象部位

評価対象部位は「VI-2-12 水平2方向及び鉛直地震力の組合せに関する影響評価結果」において個別に検討を行うこととした水密扉ヒンジ部のうち水平2方向の地震力による影響の可能性があるヒンジピンとする。

水密扉の概略構造図を図12-1に示す。

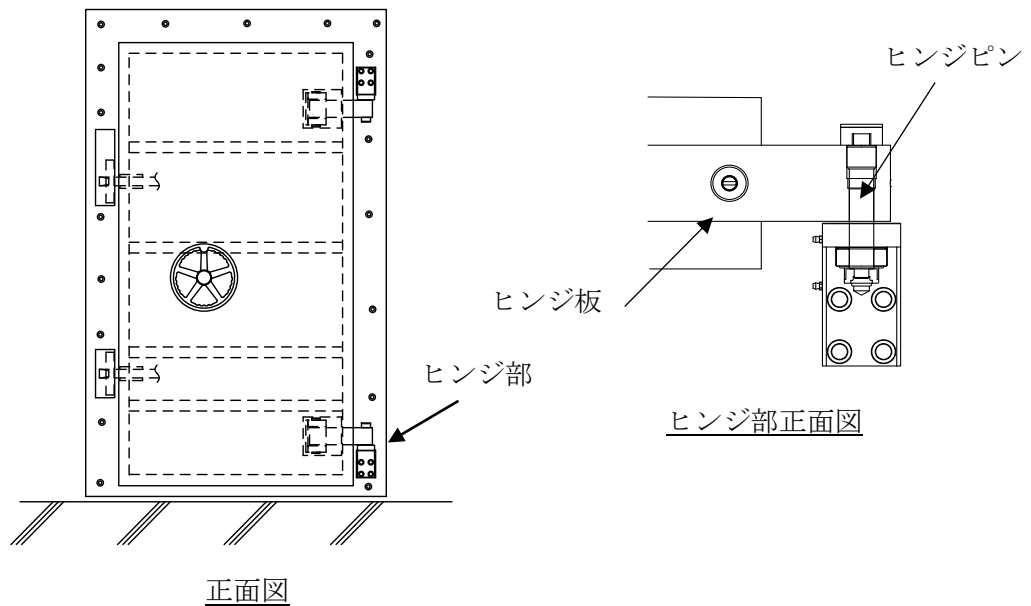


図12-1 水密扉の概略構造図

## 12.2.2 荷重及び荷重の組合せ

### (1) 地震荷重 (S<sub>s</sub>)

耐震計算書の水平1方向及び鉛直方向地震力を組合わせた評価結果を用いて、水平2方向及び鉛直方向の地震力に対する発生値を算出する。水平2方向及び鉛直方向の組合せは組合せ係数法による。組合せケースを表12-1に示す。

$$S_s = G \cdot k$$

ここで、S<sub>s</sub> : 地震荷重 (kN)

G : 固定荷重 (kN)

k : 設計震度

表 12-1 組合せケース

検討ケース	組合せ
ケース1	1.0K <sub>Ha</sub> +0.4K <sub>Hb</sub> +1.0K <sub>UD</sub>
ケース2	0.4K <sub>Ha</sub> +1.0K <sub>Hb</sub> +1.0K <sub>UD</sub>

## 12.2.3 許容限界

ヒンジピンの許容限界を表12-2に示す。

表 12-2 ヒンジピンの許容限界

評価対象部位	材質 強度区分	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		
		引張	曲げ	せん断
ヒンジピン (25φ)	S45C	345	345	199

## 12.2.4 評価方法

### 12.2.4.1 応力算定

#### (1) 扉に生じる転倒力

次式により算定するスラスト荷重（回転軸線方向荷重）及び転倒力から、ヒンジピンに発生する応力を算定する。ヒンジピンに生じる荷重の例を図 12-2 に示す。

$$W_1 = G_D + k_{UD} \cdot G_D$$

$$F_1 = W_1 \cdot L_1 / L_3 + k_{Ha} \cdot G_D / 2$$

$$F_2 = W_1 \cdot L_2 / L_3 + k_{Hb} \cdot G_D / 2$$

ここで、

- $W_1$  : スラスト荷重 (kN)
- $G_D$  : 扉重量 (kN)
- $k_{Ha}, k_{Hb}$  : 水平震度
- $k_{UD}$  : 鉛直震度
- $F_1$  : 扉幅方向の転倒力（水平 1 方向＋鉛直方向）(kN)
- $F_2$  : 扉厚方向の転倒力（水平 1 方向＋鉛直方向）(kN)
- $L_1$  : 扉幅方向の扉重心とヒンジ芯間距離 (mm)
- $L_2$  : 扉厚方向の扉重心とヒンジ芯間距離 (mm)
- $L_3$  : ヒンジ芯間距離 (mm)

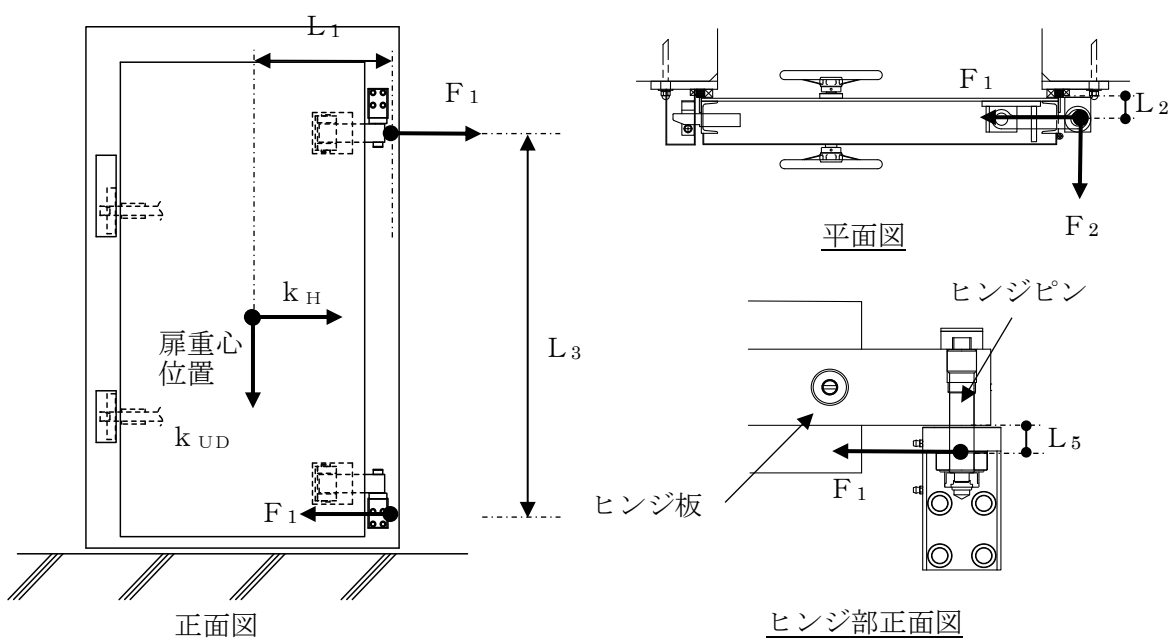


図 12-2 ヒンジ部に生じる荷重の例



#### 12.2.4.2 断面検定

鉛直方向を含んだ水平方向の発生値を組合わせて、水平2方向を考慮したヒンジピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し、ヒンジピンの短期許容応力度以下であることを確認する。

- (a) ヒンジピンに生じる曲げ応力度

$$\sigma = (M \cdot 10^6) / Z_2$$

$$M = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \cdot L_5 \cdot 10^{-3}$$

ここで、

$\sigma$  : ヒンジピンの曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : ヒンジピンの曲げモーメント (kN・m)

$Z_2$  : ヒンジピンの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$F_1$  : 扉幅方向の転倒力 (水平1方向+鉛直方向) (kN)

$F_2$  : 扉厚方向の転倒力 (水平1方向+鉛直方向) (kN)

$L_5$  : ヒンジ板と受板間距離 (mm)

- (b) ヒンジピンに生じるせん断応力度

$$\tau = (Q \cdot 10^3) / A_2$$

$$Q = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

ここで、

$\tau$  : ヒンジピンのせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : ヒンジピンのせん断力 (kN)

$A_2$  : ヒンジピンのせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

(c) ヒンジピンに生じる組合せ応力度

ヒンジピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005改定）に基づく次式により算定し、ヒンジピンの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq s f_t$$

ここで、

$s f_t$  : ヒンジピンの短期許容引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

### 12.3 評価条件

耐震評価に用いる評価条件を表 12-3 に示す。

表 12-3 耐震評価に用いる条件

記号	単位	定義	数値
$W_1$	kN	スラスト荷重	11.18
$G_D$	kN	扉重量	5.884
$k_H$	—	水平震度	2.23
$k_{UD}$	—	鉛直震度	0.90
$L_1$	mm	扉幅方向の扉重心とヒンジ芯間距離	610
$L_2$	mm	扉厚方向の扉重心とヒンジ芯間距離	65
$L_3$	mm	ヒンジ芯間距離	1667
$L_5$	mm	ヒンジ板と受板間距離	38
$Z_2$	mm <sup>3</sup>	ヒンジピンの断面係数	1534
$A_2$	mm <sup>2</sup>	ヒンジピンのせん断断面積	490.9

#### 12.4 評価結果

ヒンジピンの評価結果を表 12-4 に示す。水平 2 方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値が許容値を満足し、設備が有する耐震性に影響がないことを確認した。

表 12-4 ヒンジピンの断面検定結果

検討ケース	分類	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界値 (N/mm <sup>2</sup> )	発生応力度/ 許容限界値
ケース 1	曲げ	275	345	0.80
	せん断	23	199	0.12
	組合せ	278	345	0.81
ケース 2	曲げ	241	345	0.70
	せん断	20	199	0.11
	組合せ	243	345	0.71

## 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価における代表性

## 1. はじめに

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

## 2. 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価における代表性について

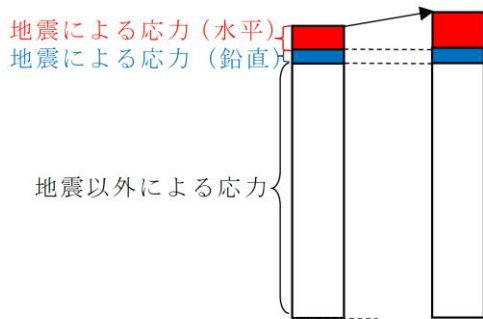
水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価にあたっては、機種ごとに裕度の小さい部位を代表として選定しているが、その代表性について説明する。

各機種のうち一部の機種については、複数の応力分類や評価部位を有していたりするものがあり、それらについては評価結果に対する地震力の寄与度がそれぞれ変わる場合がある。従って、本影響評価においては、これらの設備について、耐震裕度が小さい部位を代表とした上で、地震以外の荷重成分を地震荷重とみなし、水平1方向及び鉛直方向の組合せによる評価値を水平各方向（それぞれ鉛直方向も含む）で用いるなどの簡易的かつ保守的な方法（図4.5-1参照）を適用することを基本とする。この方法を適用する機種は、耐震裕度の小さい部位や応力分類で代表することができる。また、この簡易的かつ保守的な方法を適用しない機種は、評価結果に対する地震力の寄与度に配慮した、影響評価を個別に行う場合もある。

本影響評価の代表部位一覧を別紙4.1表1に示す。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力による発生値の算定

地震による応力のみに  
水平 2 方向の影響を加味



保守的な算定

全ての応力に水平 2 方向の  
影響を加味

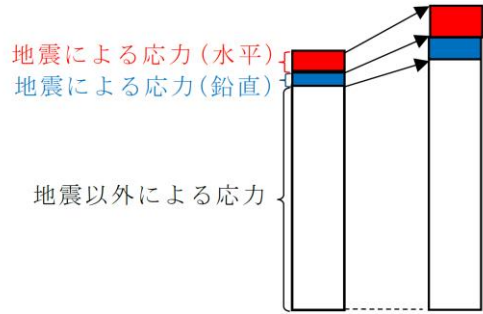


図 4.5-1 地震以外の荷重成分を地震荷重とみなす場合の保守的な算定イメージ

## 水平 2 方向地震動と鉛直方向地震動の組合せ方法の検討

## 1. はじめに

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

## 2. 電共研における検討内容

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

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

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

## 2.1 検討条件

## 2.1.1 入力波の選定

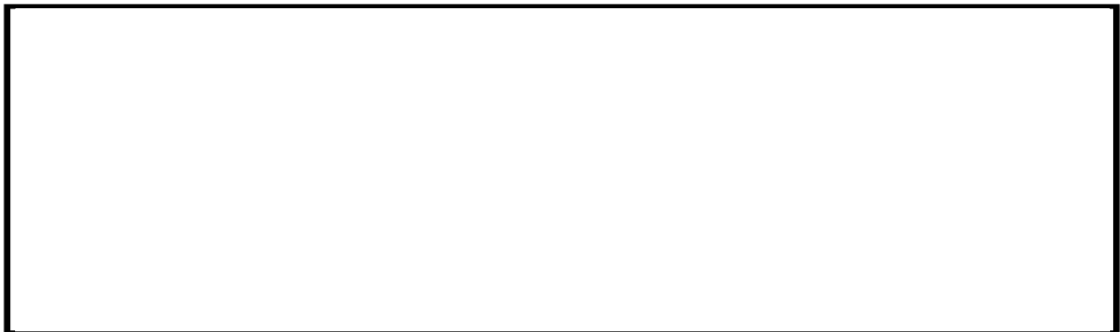
入力波は最大加速度が大きい断層波として「代表プラント断層モデル波」、配管の主要モードが卓越するような周期範囲に卓越ピークを有する観測波として「2011 年 4 月 7 日 宮城県沖の地震 (以下「4.07 地震」という。)) を選定した。入力地震波の波形図と加速度応答スペクトル図を図 4.6-1~図 4.6-4 に示す。入力波は、実機配管の設計に用いている荷重条件に近いものとして、建屋応答 (R/B 地下階) を適用した。



(a)NS 方向



(b)EW方向



(c)UD 方向

図 4.6-1 代表プラント 断層モデル波：波形図



(a) NS方向



(b) EW方向



(c) UD方向

図4.6-2 代表プラント 断層モデル波：加速度応答スペクトル図

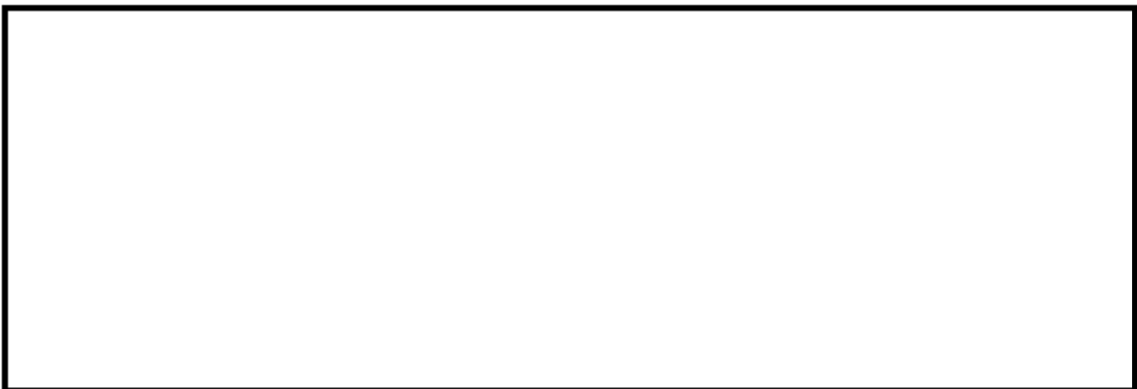




(a) NS方向



(b) EW方向



(c) UD方向

図4.6-3 4.07地震：波形図



(a) NS方向



(b) EW方向



(c) UD方向

図4.6-4 4.07地震：加速度応答スペクトル図

## 2.1.2 解析ケース

本検討で実施する解析ケース一覧を表4.6-1に示す。

表4.6-1 解析ケース一覧

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

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

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

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

### 2.1.3 対象

代表配管モデルは、3次元的な構造を持ち、主要な配管要素である直管、エルボ、ティ、サポート及び弁を含む配管系の中から、1モデル(600A/300A, h=2.0%)を選定した(図4.6-5)。

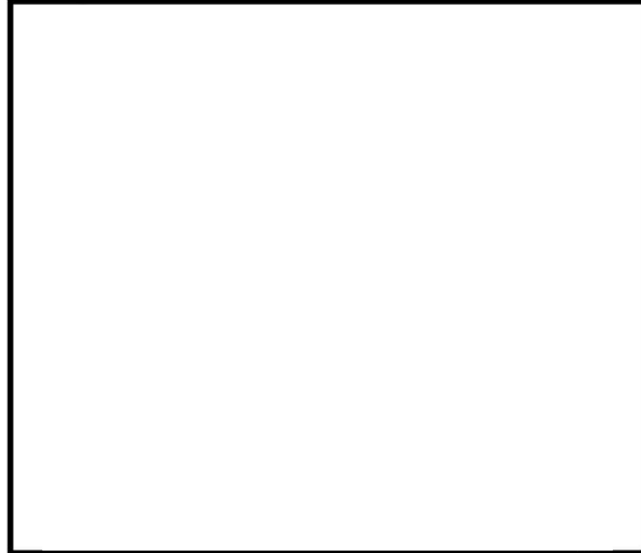


図4.6-5 実機配管モデル図(鳥瞰図)

## 2.2 検討結果

### 2.2.1 実機配管モデルの固有値解析結果

前項で選定した代表モデルに対して、固有値解析を実施した。固有値解析結果を表4.6-2に、主要モード図を図4.6-6～図4.6-9に示す。

表4.6-2 固有値解析結果

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

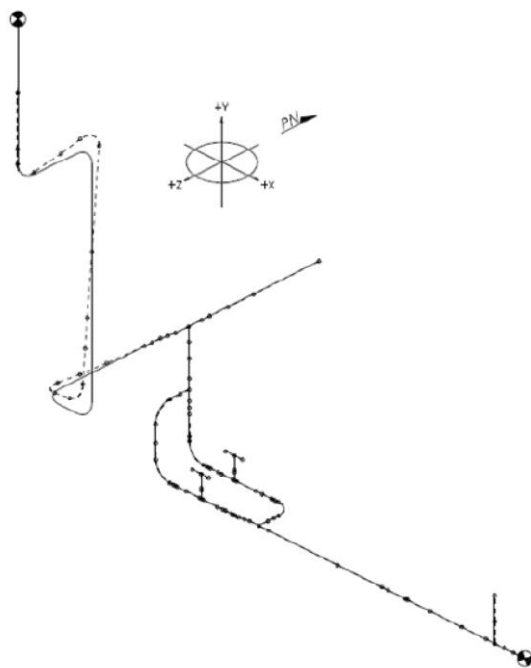


図4.6-6 モード図：1次モード： $T=0.079s$

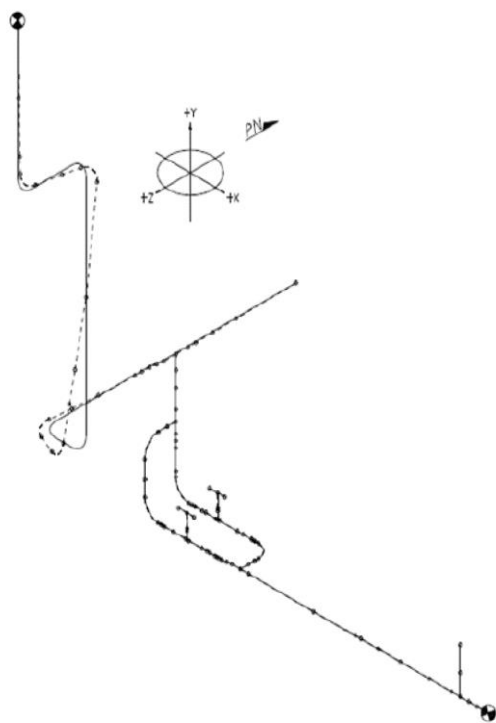


図4.6-7 モード図：2次モード： $T=0.069s$

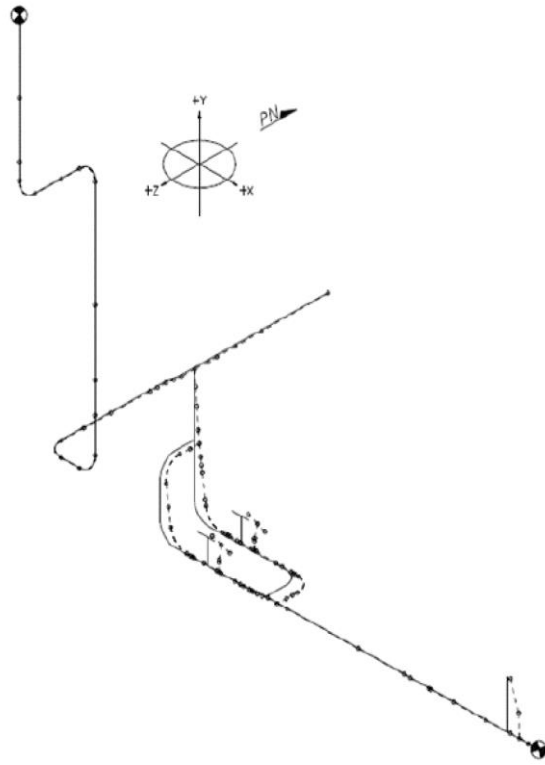


図4.6-8 モード図：3次モード：T=0.057s

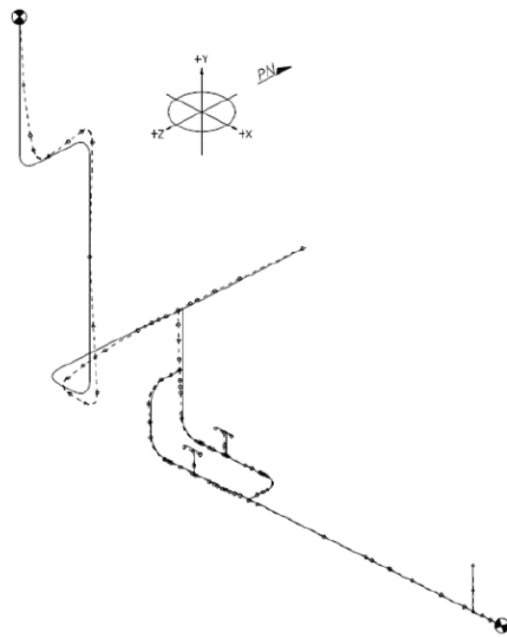


図4.6-9 モード図：4次モード：T=0.051s

## 2.2.2 応答解析結果及び応力算出結果

断層モデル波を入力した各評価点の応答解析結果を表4.6-3に、応力算出結果を図4.6-10に示す。4.07地震を入力した各評価点の応答解析結果を表4.6-4に、応力算出結果を図4.6-11に示す。表4.6-3、4.6-4に示す応答解析結果においては、実機配管モデルを構成する標準的な部材であるエルボ（質点番号：8, 13），ティ（質点番号：3, 52）とアンカ（質点番号：19, 98）について、代数和法のケースを基準とした組合せ手法ごとの地震荷重の比率を算定した。

表4.6-3 応答解析結果：断層モデル波（代数和法で正規化）

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

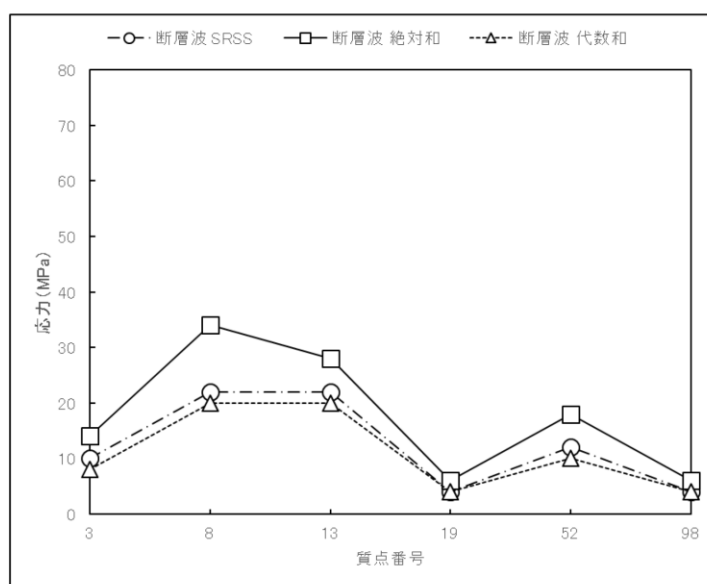


図4.6-10 応力算出結果：断層モデル波



表4.6-4 応答解析結果：4.07地震（代数和法で正規化）

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

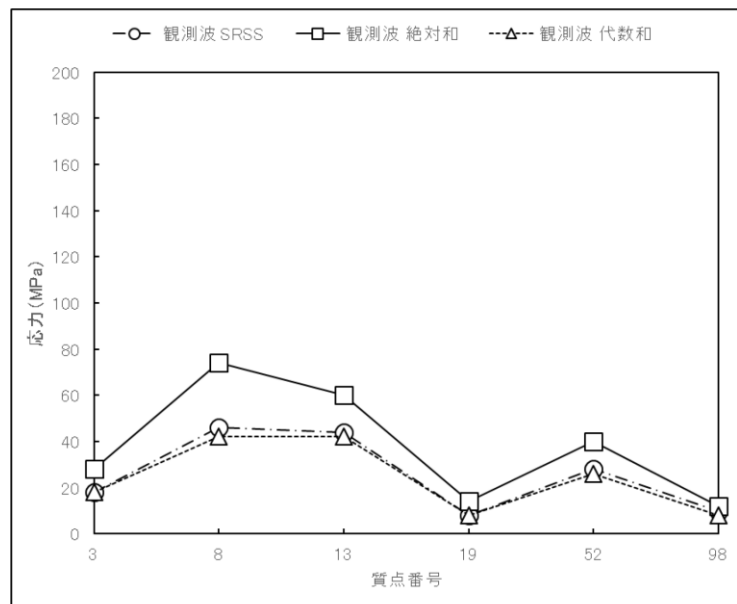


図4.6-11 応力算出結果：観測波（4.07地震）

### 2.2.3 実機配管モデルに対するSRS法適用について

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

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

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

別紙 4.7 原子炉建物 3次元 FEMモデルの面外応答に係る  
機器・配管系への影響検討

## 目 次

1. 概要 .....	別紙 4. 7-1
2. 検討方針 .....	別紙 4. 7-1
2.1 検討対象 .....	別紙 4. 7-1
2.2 検討方法 .....	別紙 4. 7-6
3. 評価結果 .....	別紙 4. 7-14
3.1 簡易評価結果 .....	別紙 4. 7-14
3.2 詳細評価結果 .....	別紙 4. 7-26

別紙 4. 7-1 原子炉建物天井クレーンの落下防止ラグの応力評価

## 1. 概要

別紙2「原子炉建物3次元FEMモデルを用いた精査」の「2.5 地震応答解析結果」より、壁の中央部で面外にはらむような最大応答加速度分布となっており、3次元FEMモデルの面外応答が質点系モデルの応答を上回る箇所がある。そのため、補足説明資料「補足 023-13 地震応答に影響を及ぼす不確かさ要因の整理」に基づき、面外応答の機器・配管系への影響検討を実施する。

## 2. 検討方針

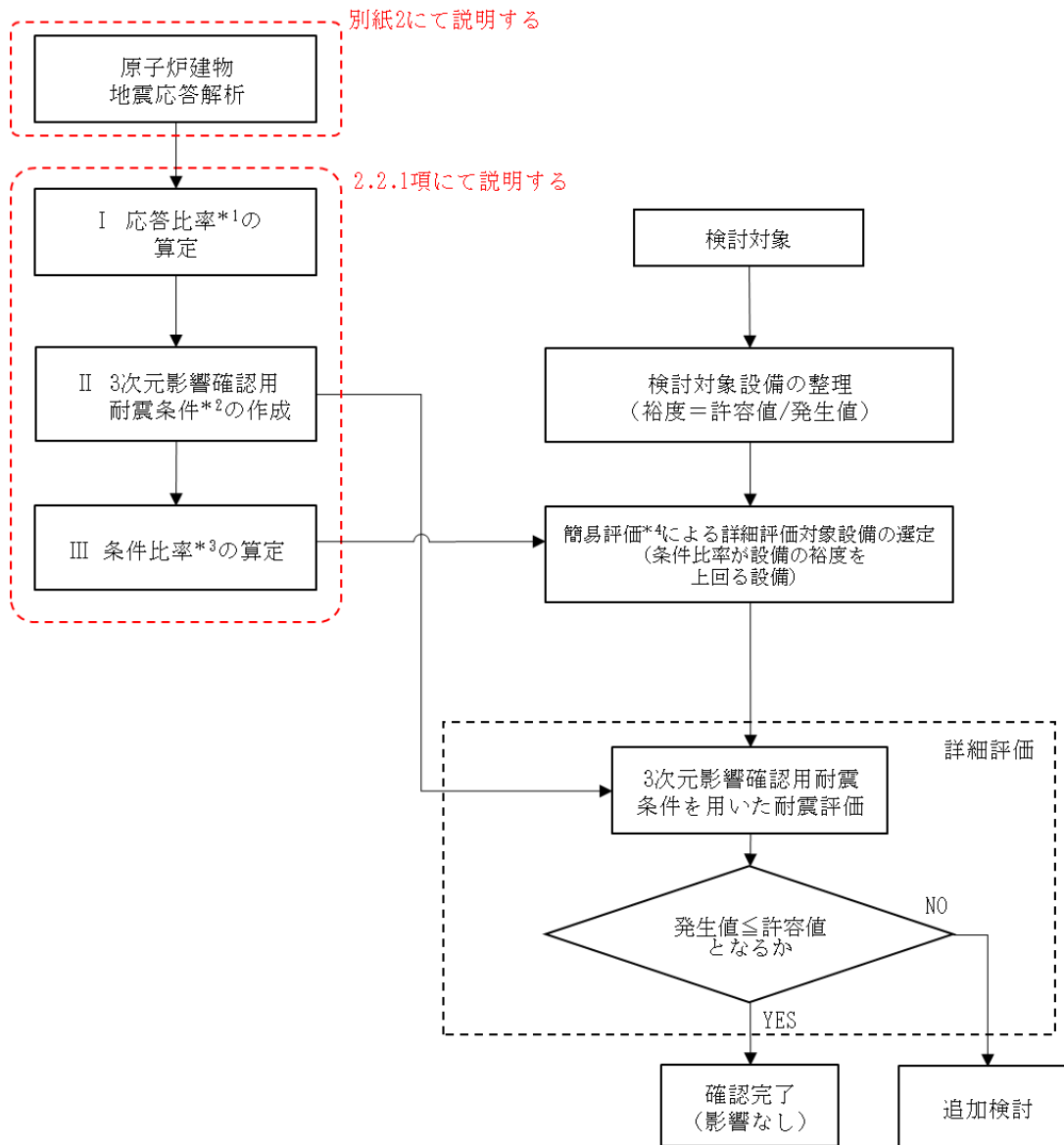
「2.1 検討対象」について、条件比率（詳細は2.2.1項にて説明）と各検討対象の裕度（許容値／発生値）を用いた簡易評価及び3次元影響確認用耐震条件（詳細は2.2.1項にて説明）を用いた詳細評価を行う。影響検討フローを図2-1に示す。

### 2.1 検討対象

原子炉建物に設置され、最大応答加速度、床応答スペクトル及び時刻歴応答加速度を用いて評価する以下の機器・配管系に影響検討の対象とする。なお、複数スパン及び層にまたがって直交方向に壁及び床の無い連続した壁に対して、面外応答の影響は大きいことから、原子炉建物4階（以下「燃料取替階」という。）に設置される設備を代表とする。

また、燃料取替階の床についても燃料取替階の壁と同様であることから、機器・配管系に対する面外応答の影響を併せて検討する。影響検討対象の機器・配管系について表2-1に、設置位置の概略図を図2-2に示す。

- ・設計基準対象施設のうち、耐震重要度分類のSクラスに属する機器・配管系
- ・重大事故等対処施設のうち、常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）に属する機器・配管系
- ・波及的影響防止のために耐震評価を実施する機器・配管系



- 注記\*1: 応答比率=3次元FEMモデルの応答 (S d 5波\*5) / 質点系モデルの応答 (S d 5波\*5)
- \*2: 3次元影響確認用耐震条件=質点系モデルの応答 基本ケース\*6 (S s 5波\*7) × 応答比率
- \*3: 条件比率=3次元影響確認用耐震条件 / 耐震計算に用いる設計条件
- \*4: 刺激係数を考慮した条件比率を用いた評価を含む。
- \*5: S d 5波は、弾性設計用地震動 S d - D, F 1, F 2, N 1 及び N 2
- \*6: VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」に示す基本ケース
- \*7: S s 5波は、基準地震動 S s - D, F 1, F 2, N 1 及び N 2

図 2-1 原子炉建物 3 次元 F E M モデルの面外応答に係る機器・配管系への影響検討フロー

表 2-1 影響検討対象設備

No.	設備名称
1	使用済燃料貯蔵ラック
2	制御棒・破損燃料貯蔵ラック
3	燃料プール水位・温度 (S A)
4	燃料プール水位 (S A)
5	燃料プール冷却系配管
6	燃料プールのプレイ系配管
7	燃料プール監視カメラ (S A)
8	原子炉補機冷却系サージタンク
9	原子炉建物水素濃度
10	静的触媒式水素処理装置入口温度
11	静的触媒式水素処理装置出口温度
12	無線通信設備用アンテナ (中央制御室)
13	発信用アンテナ (1・2号)
14	燃料取替階放射線モニタ
15	燃料プールエリア放射線モニタ (低レンジ) (S A)
16	燃料プールエリア放射線モニタ (高レンジ) (S A)
17	ブローアウトパネル閉止装置
18	静的触媒式水素処理装置
19	格納容器フィルタベント系配管
20	堰
21	建物開口部竜巻防護対策設備
22	原子炉建物天井クレーン
23	燃料取替機
24	チャンネル着脱装置
25	チャンネル取扱ブーム
26	制御棒貯蔵ハンガ



凡例

赤：床に設置されている機器・配管

青：壁に設置されている機器・配管

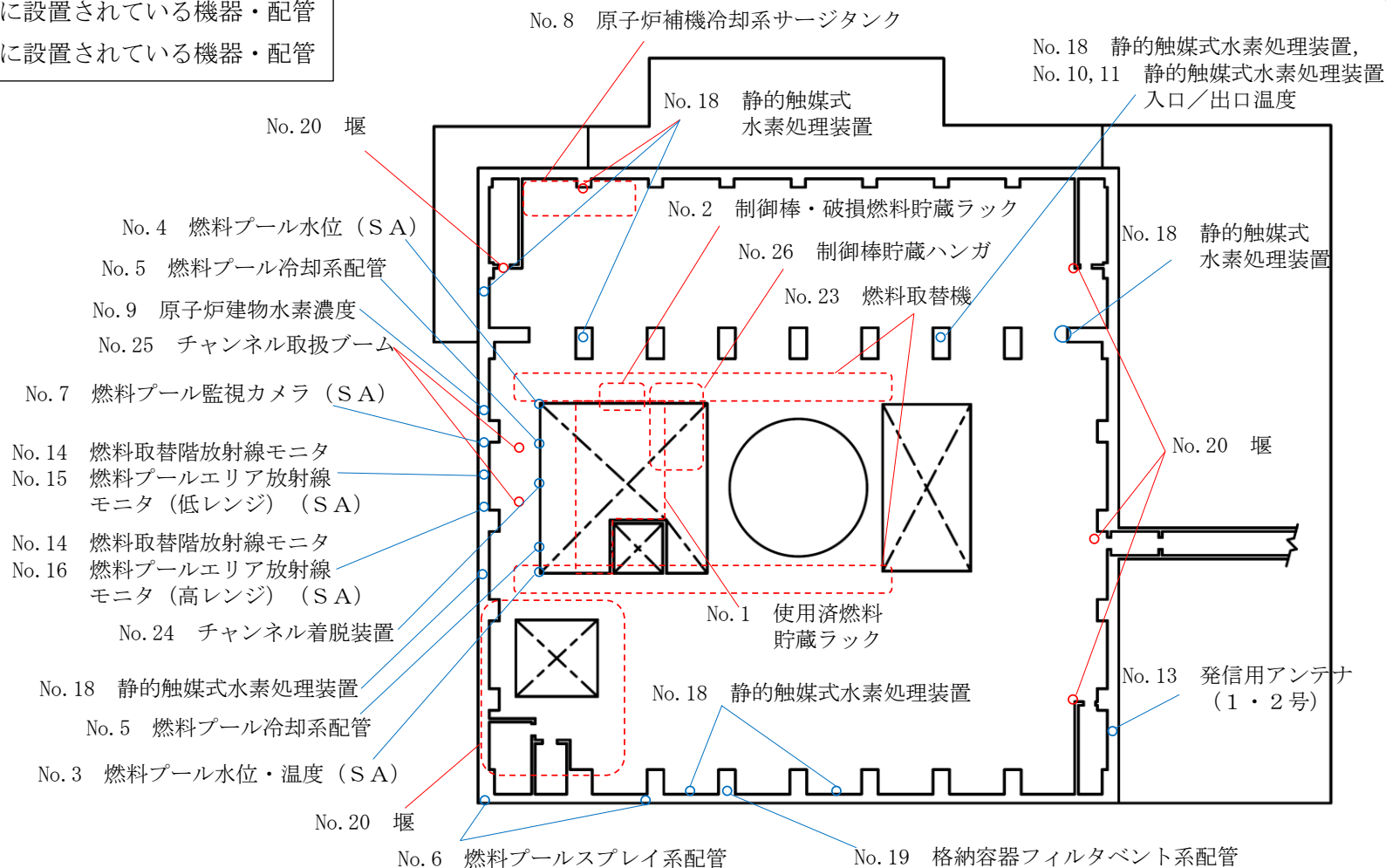


図 2-2 (1) 影響検討対象設備の概略配置図 (平面図 EL 42.800m)



凡例

赤：床に設置されている機器・配管

青：壁に設置されている機器・配管

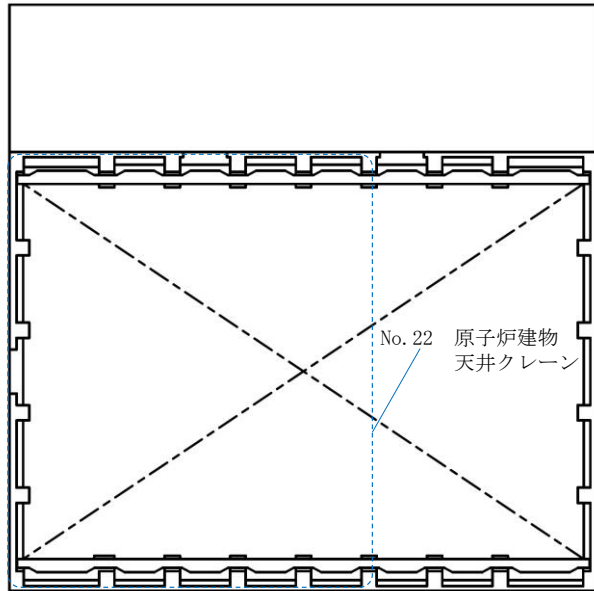


図 2-2 (2) 影響検討対象設備の概略配置図 (平面図 EL 51.700m)

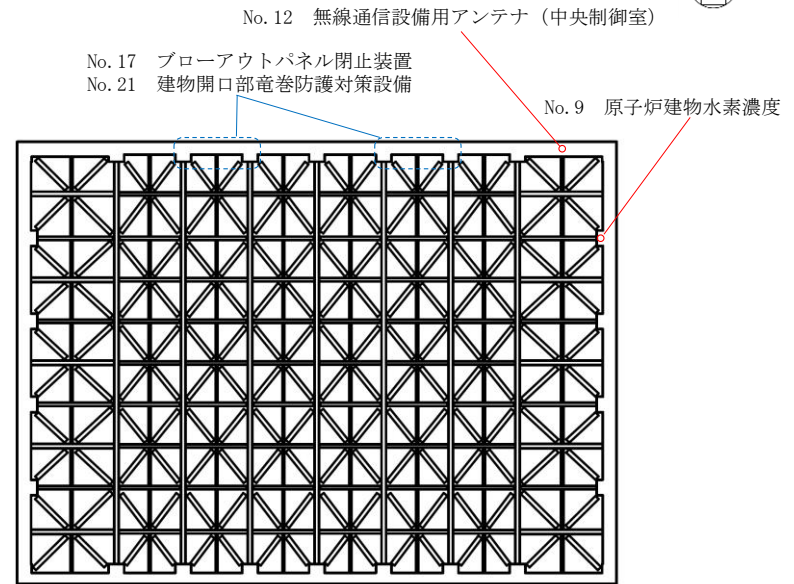


図 2-2 (3) 影響検討対象設備の概略配置図 (平面図 EL 63.500m)

## 2.2 検討方法

### 2.2.1 3次元影響確認用耐震条件の作成

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

#### I：応答比率の算定方法

弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-D, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>（以下「S<sub>d</sub>5波」という。）に対する3次元FEMモデルと質点系モデルの応答の比（以下「応答比率」という。）を、全周期において算定する。応答比率の算定イメージを図2-3（1）に示す。

3次元影響確認用床応答スペクトルの固有周期0.131sを例とすると、0.131sの質点系モデルの応答aに対する3次元FEMモデルの応答bの比が0.131sの応答比率（b/a）となる。

なお、3次元FEMモデルの応答による機器・配管系の耐震評価結果へ与える影響を検討するものであるため、応答比率が1.0を下回る場合でも、その応答比率を乗ずる。

$$\text{応答比率} = \frac{\text{3次元FEMモデルの応答（S}_{d5}\text{波）}}{\text{質点系モデルの応答（S}_{d5}\text{波）}}$$

#### II：3次元影響確認用床応答スペクトルの算定方法

質点系モデル基本ケースの基準地震動S<sub>s</sub>-D, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>（以下「S<sub>s</sub>5波」という。）に対する固有周期ごとの応答に、応答比率を乗算して、3次元影響確認用床応答スペクトルを算定する。3次元影響確認用床応答スペクトルの算定イメージを図2-3（2）に示す。

3次元影響確認用床応答スペクトルの固有周期0.131sを例とすると、0.131sの質点系モデル基本ケースの基準地震動S<sub>s</sub>に対する応答に0.131sの応答比率（b/a）を乗算した値となる。

3次元影響確認用床応答スペクトル

$$= \text{質点系モデルの応答 基本ケース（S}_{s5}\text{波）} \times \text{応答比率}$$

#### III：条件比率の算定方法

3次元影響確認用床応答スペクトルと耐震計算に用いる設計用床応答スペクトルの比（以下「条件比率」という。）を算定する。条件比率の算定例を図2-3（3）に示す。条件比率は、仮に固有周期が0.131sの機器・配管系とすると、設計用床応答スペクトルによる耐震計算を実施している場合（d/c）となる。

$$\text{条件比率} = \frac{\text{3次元影響確認用床応答スペクトル}}{\text{耐震計算に用いる設計用床応答スペクトル}}$$

なお、配管系等のスペクトルモーダル解析を実施している設備は、刺激係数を考慮してモードごとの比率を算出する手法による条件比率（以下「刺激係数を考慮した条件比率」という。）を用いて簡易評価を行う場合がある。刺激係数を考慮した条件比率の算出方法は「補足-024-01 原子炉建物の地震応答計算書に関する補足説明資料 別紙3-8 刺激係数を考慮した条件比率の算出」に示す。

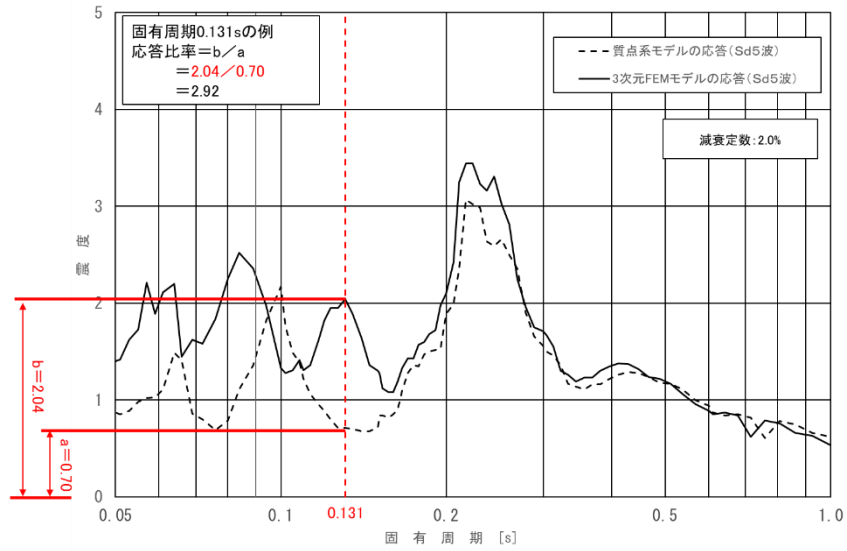


図 2-3 (1) 床応答スペクトルにおける応答比率の算定イメージ

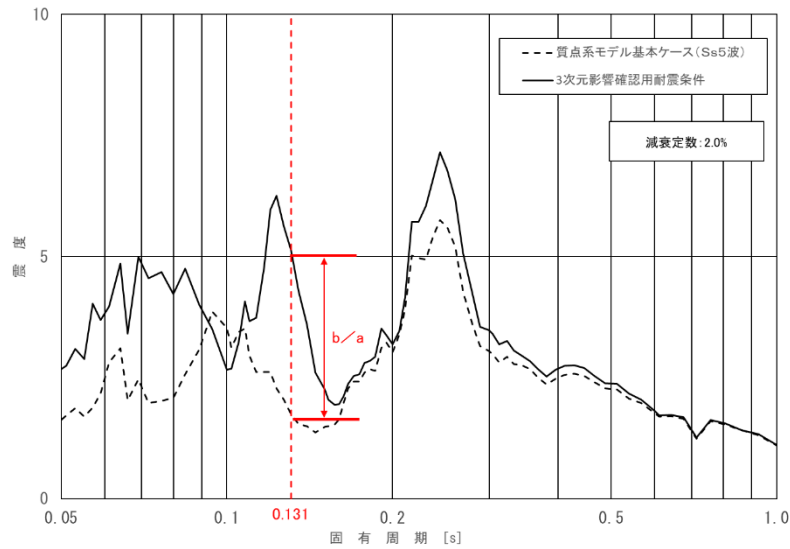


図 2-3 (2) 3次元影響確認用床応答スペクトルの算定イメージ

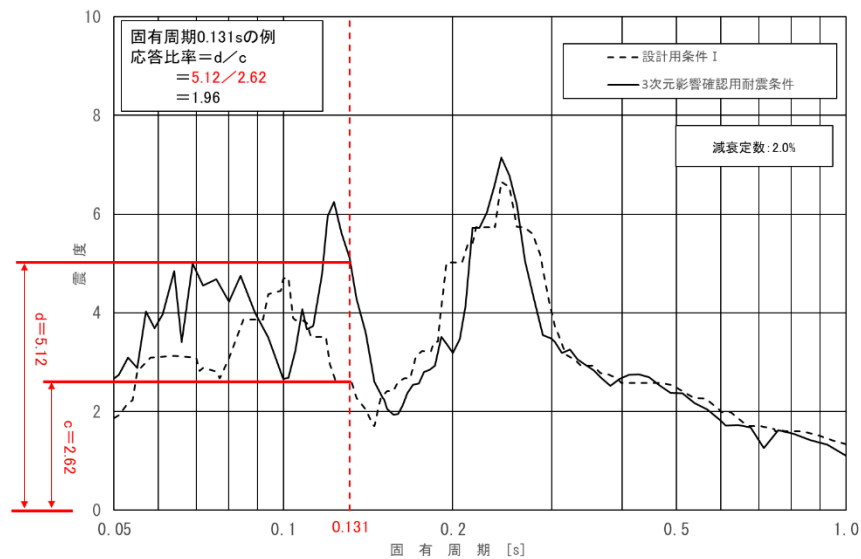


図 2-3 (3) 条件比率の算定イメージ

ここで、弾性設計用地震動  $S_d$  に対する 3次元 FEMモデルの応答は、図 2-4 に示す機器・配管系の設置箇所に対応する節点の応答を用いる。なお、節点が複数ある機器・配管系については各節点の応答を包絡する。

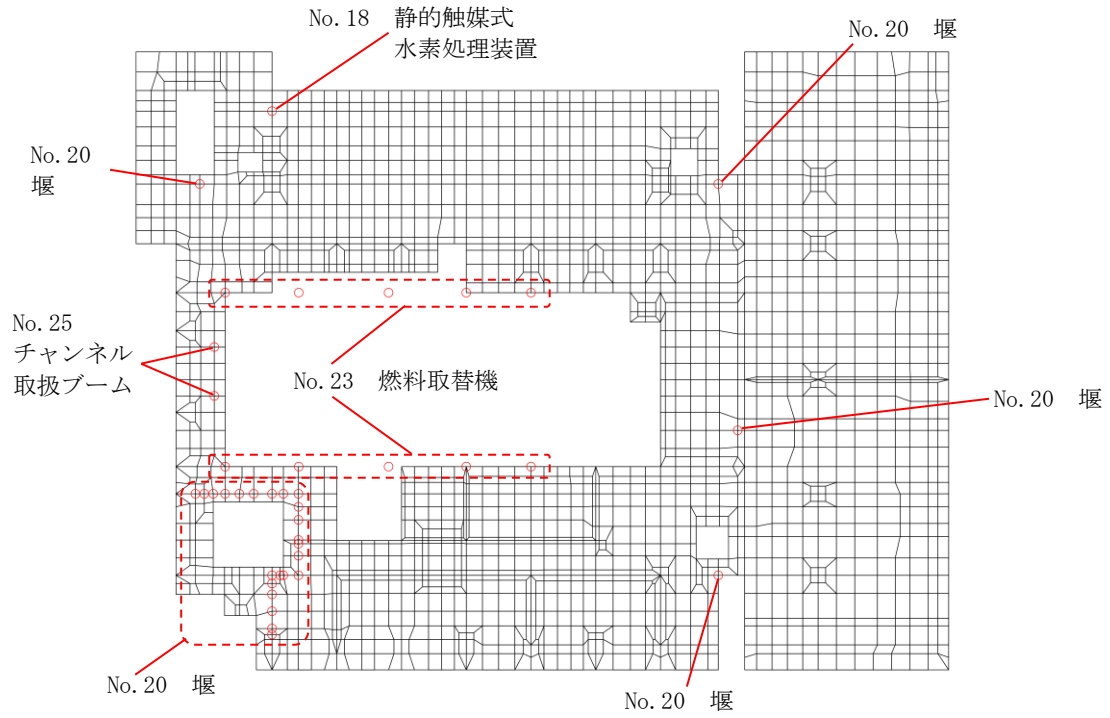


図 2-4 (1) 機器・配管系の設置箇所 (燃料取替階 床 EL42.800m)

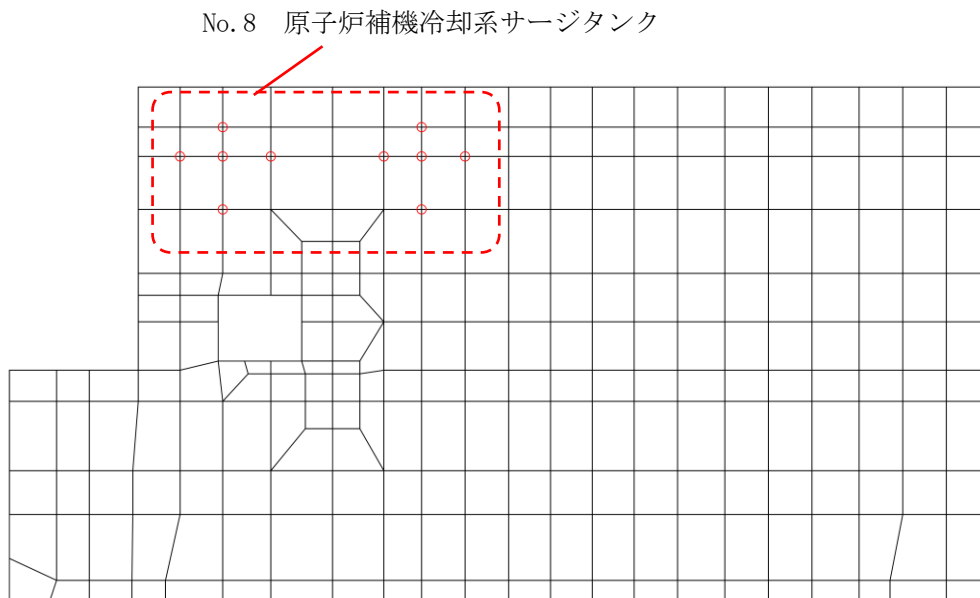


図 2-4 (2) 機器・配管系の設置箇所 (燃料取替階 床 (北西部詳細) EL42.800m)

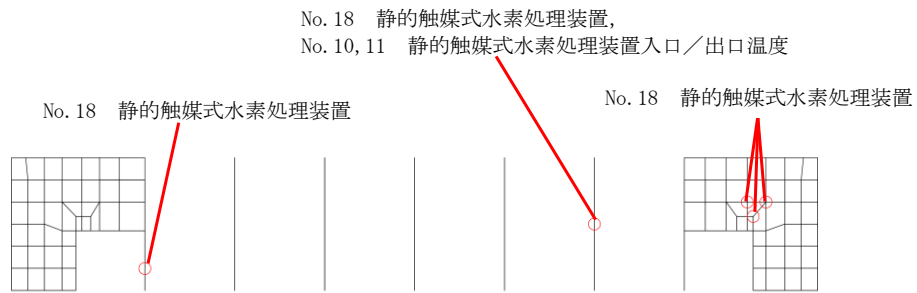


図 2-4 (3) 機器・配管系の設置箇所 (北面壁 EL42.800m~EL51.700m)

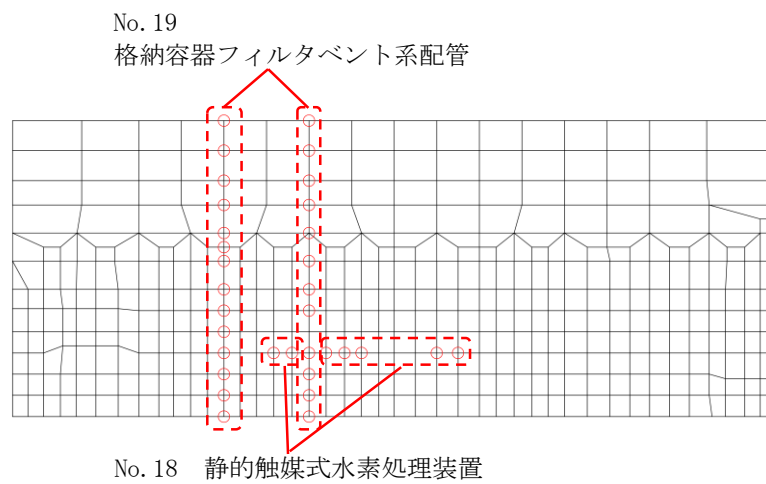


図 2-4 (4) 機器・配管系の設置箇所 (南面壁 EL42.800m~EL63.500m)

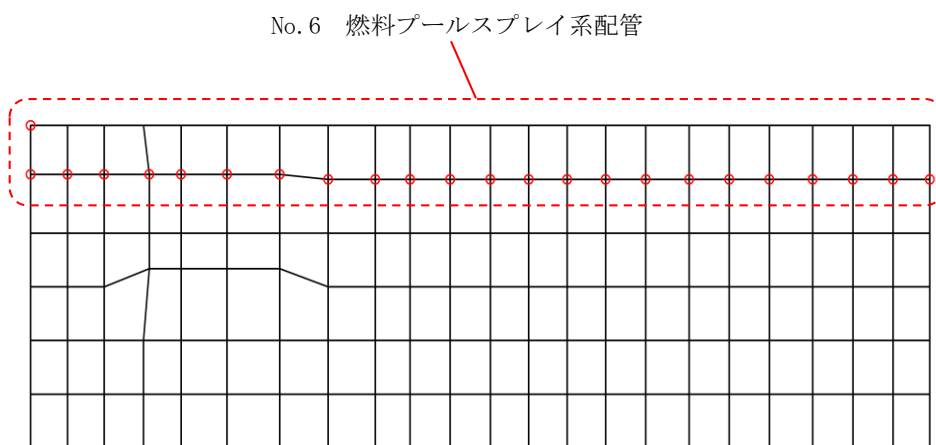
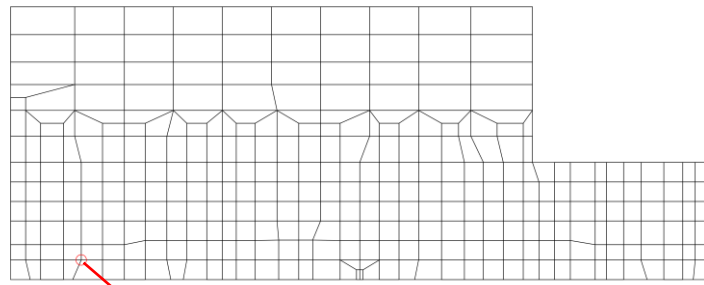


図 2-4 (5) 機器・配管系の設置箇所 (南面壁 EL42.800m~EL63.500m)



No. 13 発信用アンテナ (1・2号)

図 2-4 (6) 機器・配管系の設置箇所 (東面壁 EL42.800m~EL63.500m)

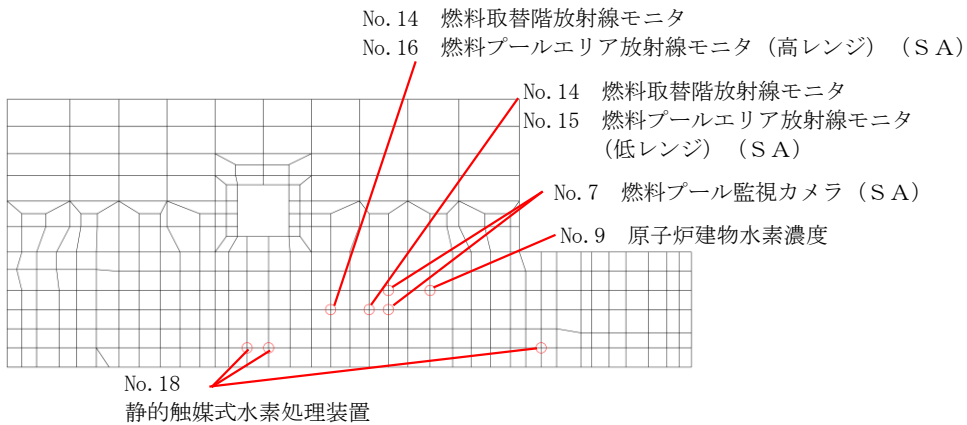


図 2-4 (7) 機器・配管系の設置箇所 (西面壁 EL42.800m~EL63.500m)

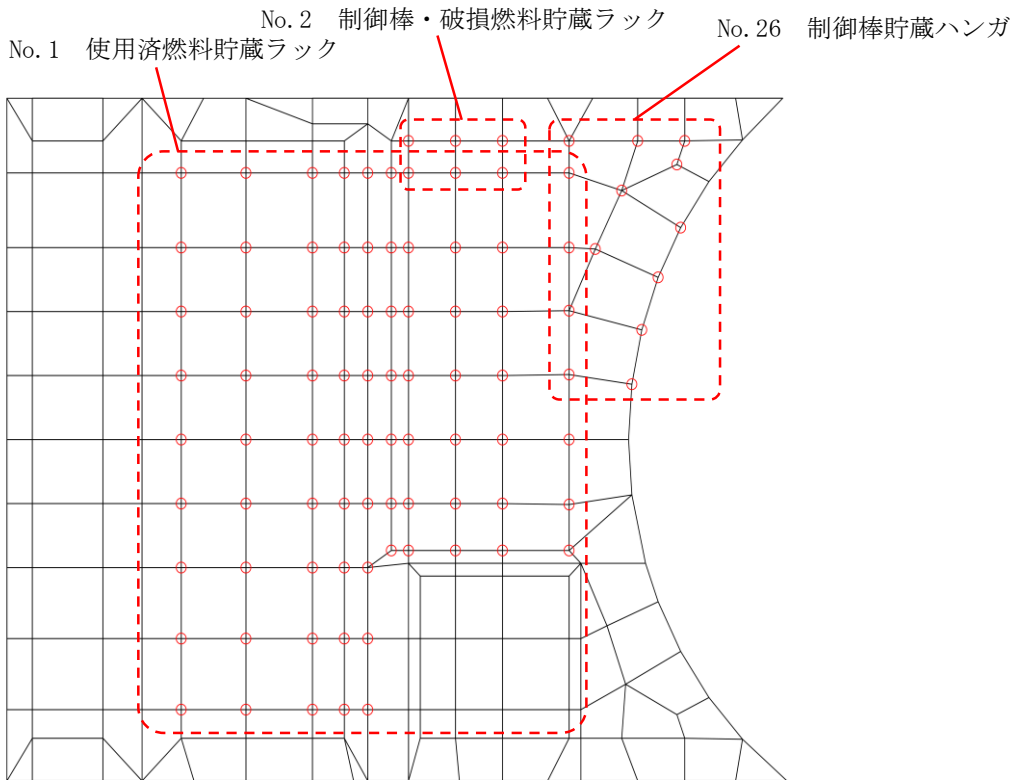


図 2-4 (8) 機器・配管系の設置箇所 (燃料プール 床 EL30.500m)

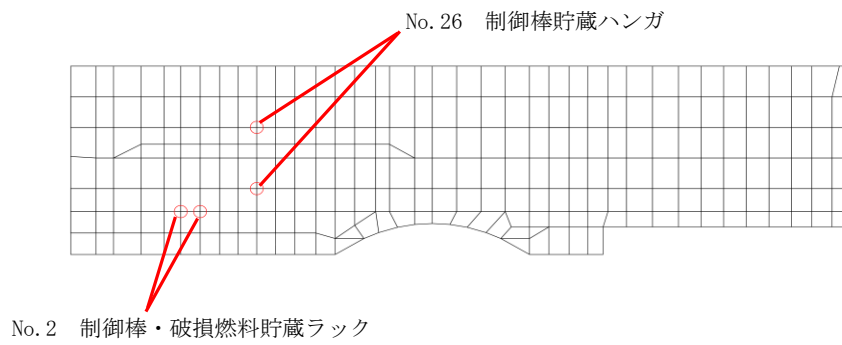


図 2-4 (9) 機器・配管系の設置箇所 (燃料プール 北面壁 EL30.500m~EL42.800m)

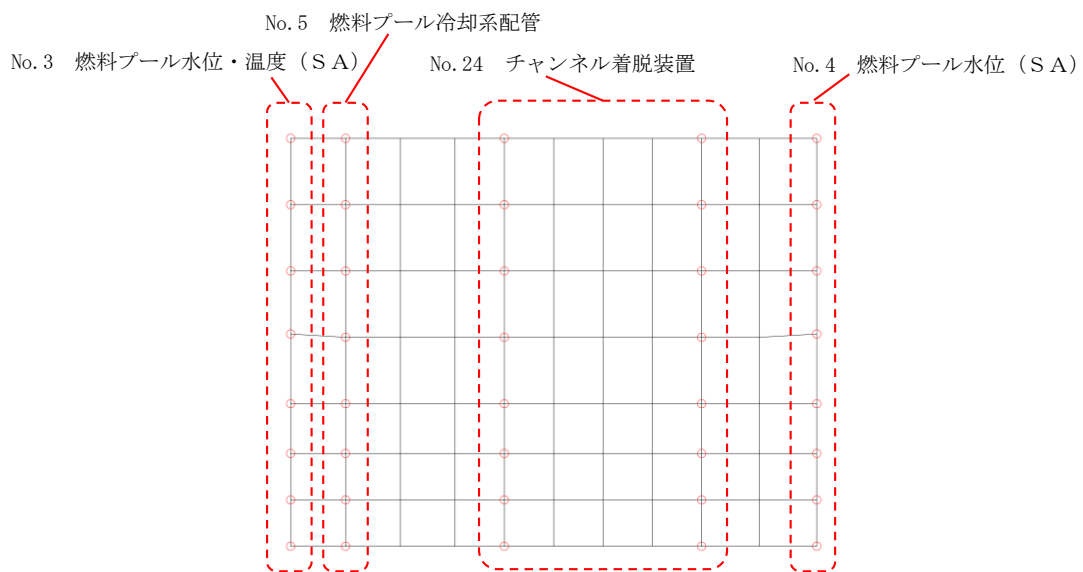


図 2-4 (10) 機器・配管系の設置箇所 (燃料プール 西面壁 EL30.500m~EL42.800m)

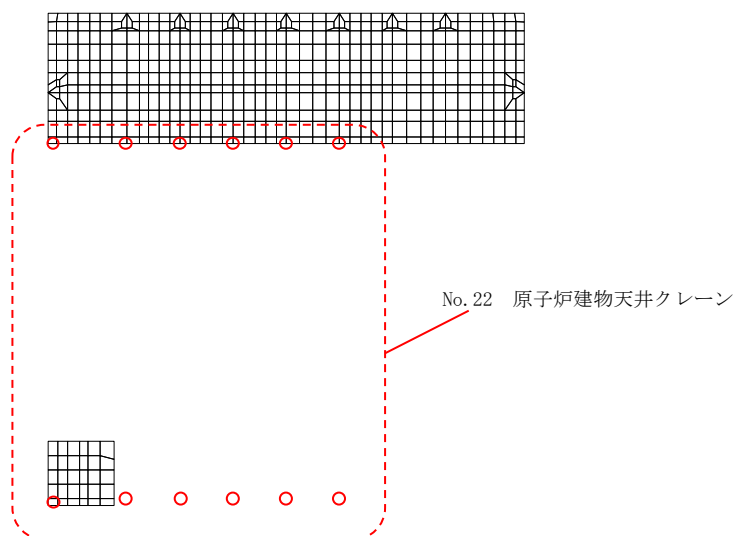


図 2-4 (11) 機器・配管系の設置箇所 (原子炉建物天井クレーン EL 51.700m)

No. 17 ブローアウトパネル閉止装置  
No. 21 建物開口部竜巻防護対策設備

No. 12 無線通信設備用アンテナ (中央制御室)

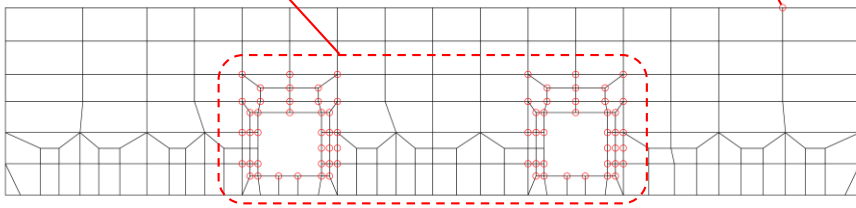


図 2-4 (12) 機器・配管系の設置箇所 (北面壁 EL51.700m~EL63.500m)

No. 12 無線通信設備用アンテナ (中央制御室)



No. 9 原子炉建物水素濃度

図 2-4 (13) 機器・配管系の設置箇所 (天井 EL 63.500m)



## 2.2.2 3次元FEMモデルによる影響の評価

3次元FEMモデルによる機器・配管系の影響評価を以下のとおり実施する。

### (1) 簡易評価による詳細評価対象設備の選定

条件比率が耐震計算の裕度を上回る機器・配管系を抽出する。

なお、疲労評価は発生値が震度に比例しないことから、一次+二次応力による発生値が許容値を上回り疲労評価を実施している設備については、条件比率が1を上回る場合、詳細評価対象設備に含めることとする。

設備に応じた条件比率の適用方法を以下に示す。

#### a. 評価に震度を適用する設備

対象設備の標高における条件比率の全方向最大値を適用する。

#### b. 評価に床応答スペクトルを適用する設備

各方向について対象設備の標高，減衰定数，固有周期（0.05～1.0s間）における条件比率の最大値を算出し，全方向最大値を適用する。

床応答スペクトルの条件比率の算定方法を図2-5に示す。

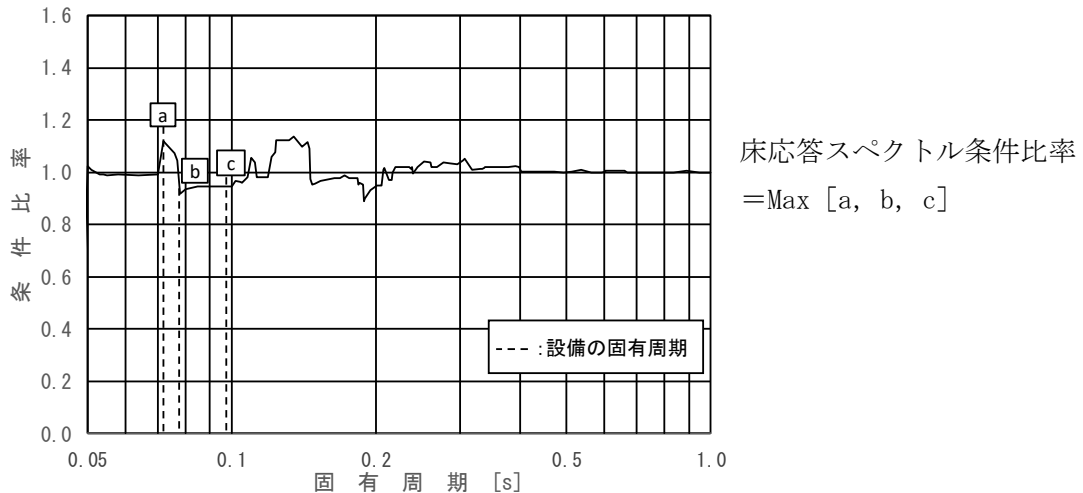


図2-5 簡易評価に用いる各方向における床応答スペクトルの条件比率の算定方法  
(評価に床応答スペクトルを適用する設備)

#### c. 評価に時刻歴応答解析を適用する原子炉建物天井クレーン

原子炉建物天井クレーンは走行車輪部で支持された両端支持はりの構造をしていることから鉛直方向の応答が支配的である。また，鉛直方向の1次の振動モードが支配的であるため，天井クレーンの標高，減衰定数，鉛直方向1次の固有周期における床応答スペクトルの条件比率（鉛直）を適用する。なお，落下防止ラグは震度の条件比率（NS方向）を適用する。

(2) 詳細評価

条件比率が耐震計算の裕度を上回る設備について、3次元影響確認用耐震条件を用いて、当該設備の耐震計算書で適用している評価手法と同等の手法による評価を行い、発生値が許容値以下となることを確認する。確認の結果、発生値が許容値を上回る場合は、追加検討を行う。

(3) 追加検討

詳細評価で発生値が許容値を上回った設備は、設備の評価結果等に応じて個別に設備対策、評価の精緻化等を行う。

3. 評価結果

3.1 簡易評価結果

簡易評価の結果を表3-1に示す。また、設計用床応答スペクトルを用いた評価をしている各影響検討設備の3次元影響確認用床応答スペクトル ( $S_s$ ) と耐震計算に用いる設計用床応答スペクトル ( $S_s$ ) の比較を図3-1に示す。

表 3-1 簡易評価結果 (基準地震動 S s) (1/2)

No.	設備名称	評価部位	応力分類等	最小裕度	条件比率	刺激係数を考慮した条件比率	評価結果
1	使用済燃料貯蔵ラック	基礎ボルト	引張	1.16	0.85	—	○
2	制御棒・破損燃料貯蔵ラック	基礎ボルト (底部)	引張	1.03	0.64	—	○
3	燃料プール 水位・温度 (S A)	架構	組合せ	1.28	0.76 <sup>*1</sup> (図 3-1(1))	—	○
		機能維持	—		0.96 <sup>*2</sup>	—	○
4	燃料プール 水位 (S A)	検出器 保護管	組合せ		0.94 (図 3-1(2))	—	○
5	燃料プール冷却系 配管 FPC-R-5	配管本体	一次 + 二次応力	1.42	0.90 (図 3-1(3))	—	○
6	燃料プールのプレイ系 配管 SFPS-R-3	配管本体	一次 + 二次応力	1.05	1.42 (図 3-1(4))	1.07	×
7	燃料プール 監視カメラ (S A)	取付ボルト	引張		1.00 <sup>*3</sup>	—	○
		機能維持	—		1.47 <sup>*4</sup>	—	○
8	原子炉補機冷却系 サージタンク	基礎ボルト	引張	1.02	0.68	—	○
9	原子炉建物水素濃度	基礎ボルト	引張	78.0	0.61 <sup>*5</sup>	—	○
		機能維持	—		1.39 <sup>*6</sup>	—	○
10	静的触媒式水素処理 装置入口温度	基礎ボルト	引張	26.0	0.74 <sup>*7</sup>	—	○
		機能維持	—		0.54 <sup>*8</sup>	—	○
11	静的触媒式水素処理 装置出口温度	機能維持	—		0.54	—	○
12	無線通信設備用 アンテナ (中央制御室)	基礎ボルト	引張	7.20	0.61	—	○
		機能維持	—		0.61	—	○
13	発信用アンテナ (1・2号)	基礎ボルト	引張	25.33	0.57	—	○
		機能維持	—		0.57	—	○
14	燃料取替階放射線 モニタ	取付ボルト	せん断	53.00	2.12	—	○
		機能維持	—		2.12	—	○

表 3-1 簡易評価結果（基準地震動 S<sub>s</sub>）（2/2）

No.	設備名称	評価部位	応力分類等	最小裕度	条件比率	刺激係数を考慮した条件比率	評価結果
15	燃料プールエリア 放射線モニタ （低レンジ）（S A）	基礎ボルト	引張	52.00	1.20	—	○
		機能維持	—		1.20	—	○
16	燃料プールエリア 放射線モニタ （高レンジ）（S A）	基礎ボルト	引張	52.00	1.37	—	○
		機能維持	—		1.37	—	○
17	ブローアウトパネル 閉止装置	基礎ボルト （閉状態）	せん断	1.69	0.86* <sup>9</sup>	—	○
		機能維持	—		1.29* <sup>10</sup>	—	○
18	静的触媒式水素処理装置	本体	組合せ	1.94	0.75	—	○
19	格納容器フィルタ ベント系配管	配管本体	一次 ＋ 二次応力	5.30	1.19	—	○
20	堰	鋼板	曲げ	30.11	1.18	—	○
21	建物開口部竜巻防護 対策設備	アンカー ボルト	引張	1.12	0.77	—	○
22	原子炉建物 天井クレーン	クレーン 本体ガーダ 中央部	曲げ	1.16	1.12 (図 3-1(5))	—	○
		落下防止 ラグ	圧縮	1.17	1.88	—	×
23	燃料取替機	燃料取替機 構造物 フレーム （ガーダ）	組合せ	1.13	1.54 (図 3-1(6))	—	×
24	チャンネル着脱装置	カート	組合せ	1.18	0.59 (図 3-1(7))	—	○
25	チャンネル取扱 ブーム	回転ポスト （上部）	組合せ	1.11	0.63 (図 3-1(8))	—	○
26	制御棒貯蔵ハンガ	基礎ボルト	引張	1.07	0.50 (図 3-1(9))	—	○

注記\*1：条件比率＝3次元影響確認用床応答スペクトル／設計用床応答スペクトルⅠを上回る設計用床応答スペクトルより得られる震度

\*2：条件比率＝3次元影響確認用震度により定まる加速度／設計用震度Ⅰにより定まる加速度

\*3：条件比率＝3次元影響確認用震度／設計用震度Ⅱを上回る設計震度

\*4：条件比率＝3次元影響確認用震度により定まる加速度／設計用震度Ⅱにより定まる加速度

\*5：条件比率＝3次元影響確認用震度／設計用震度Ⅰを上回る設計震度

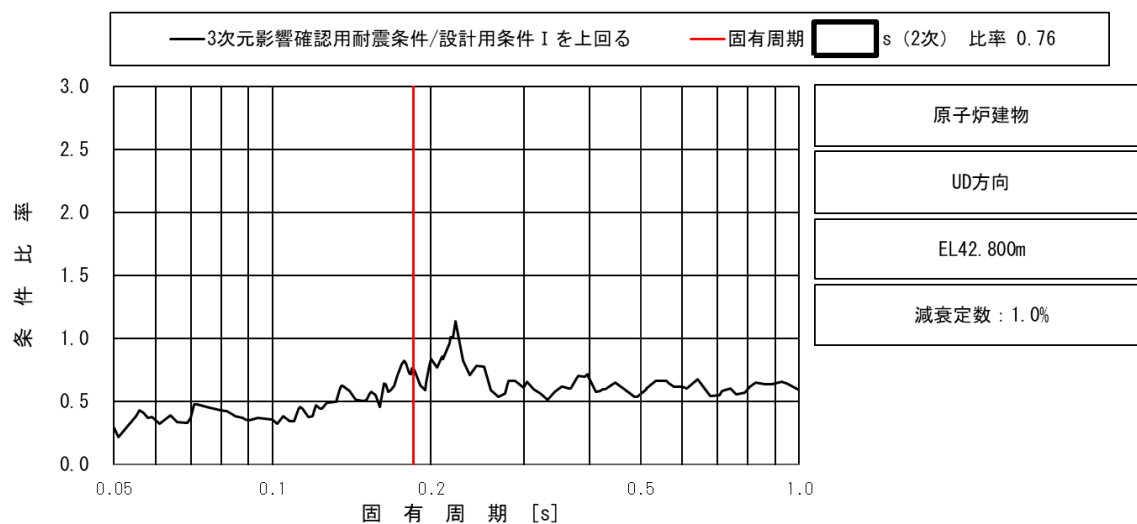
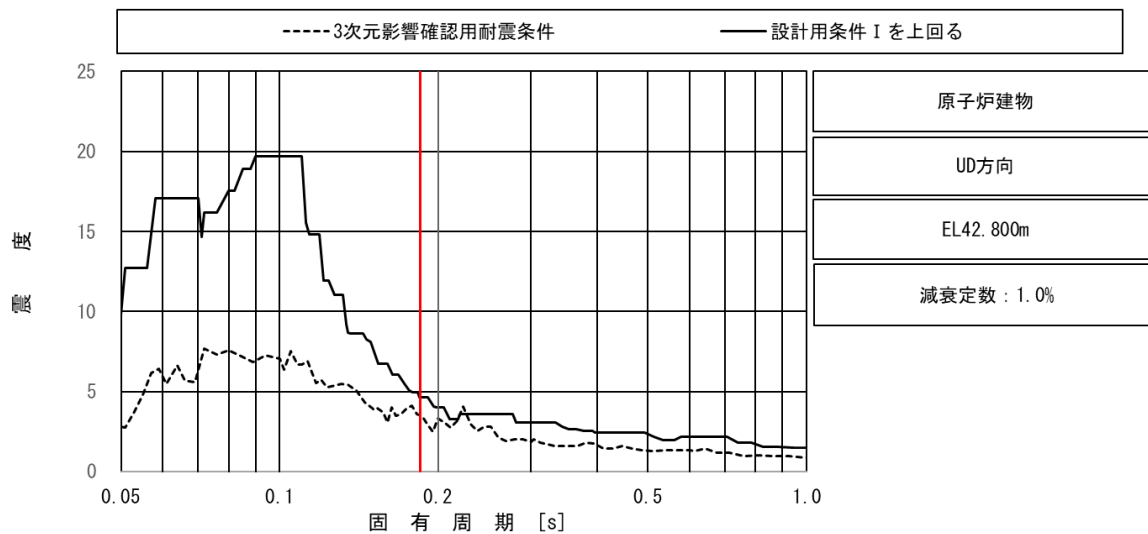
\*6：条件比率＝3次元影響確認用震度により定まる加速度／設計用震度Ⅰにより定まる加速度

\*7：条件比率＝3次元影響確認用震度／設計用震度Ⅰを上回る設計震度

\*8：条件比率＝3次元影響確認用震度により定まる加速度／設計用震度Ⅱにより定まる加速度

\*9：条件比率＝3次元影響確認用震度／設計用震度Ⅱ

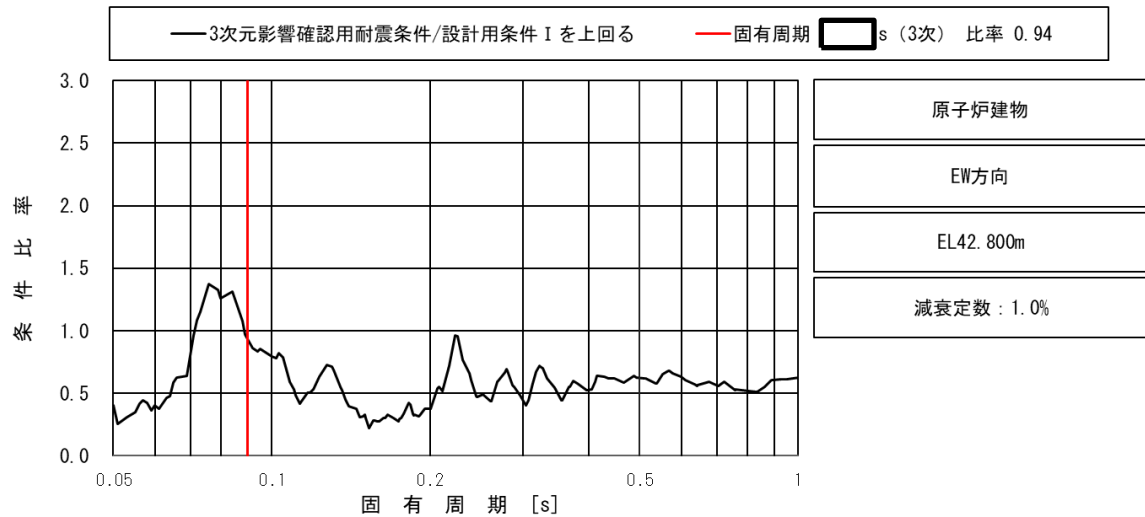
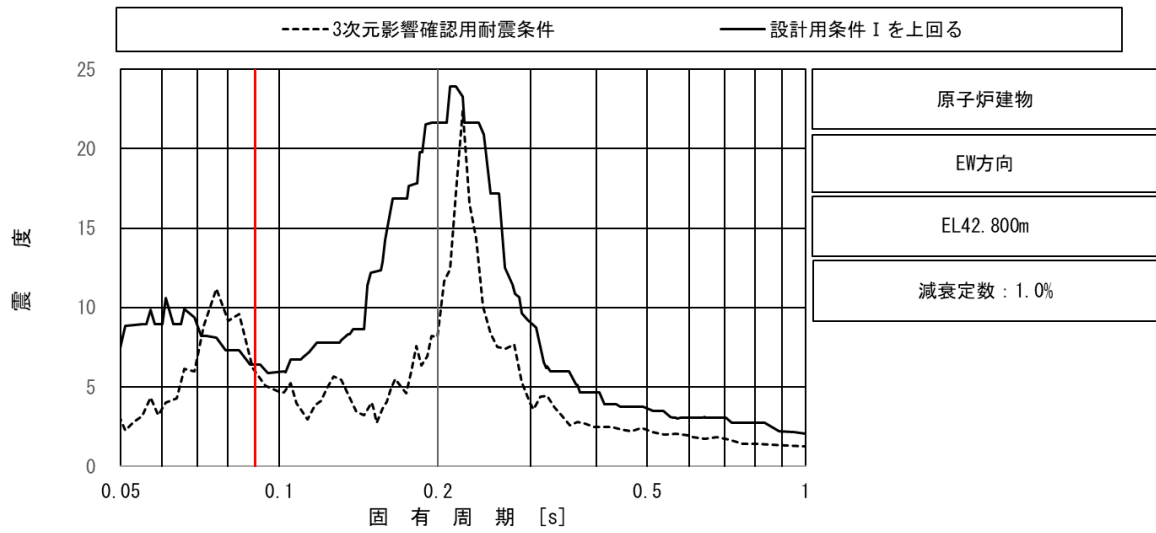
\*10：条件比率＝3次元影響確認用震度により定まる加速度／設計用震度Ⅰにより定まる加速度



上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

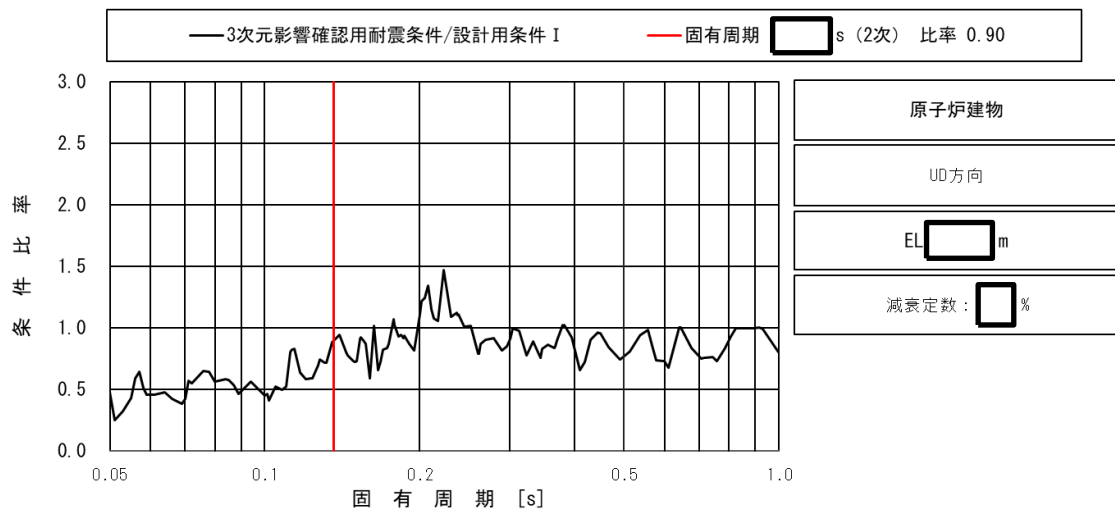
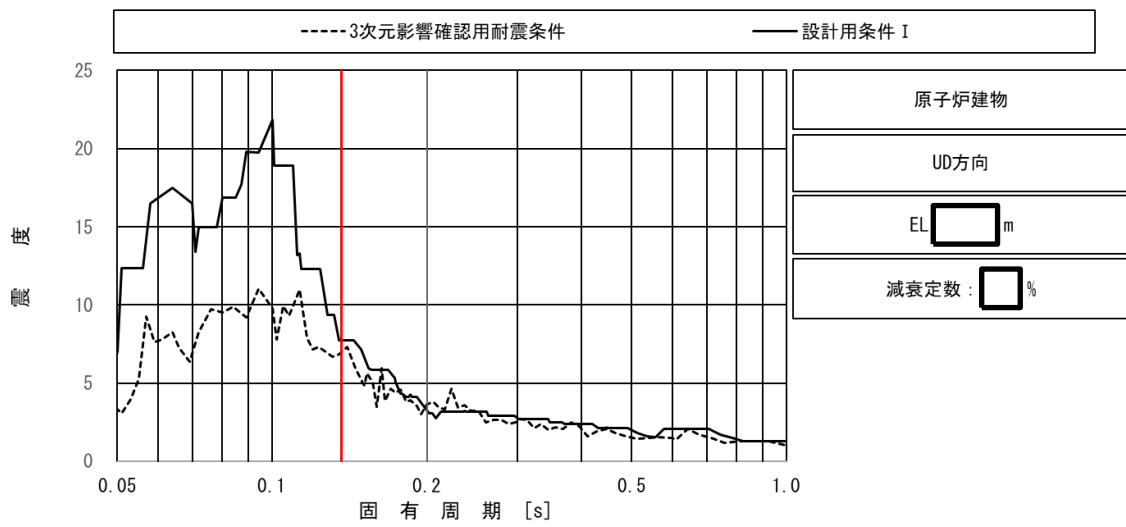
図 3-1 (1) 燃料プール水位・温度 (S A) の条件比率  
(基準地震動 S s, 鉛直方向, 原子炉建物 EL42.800m)



上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

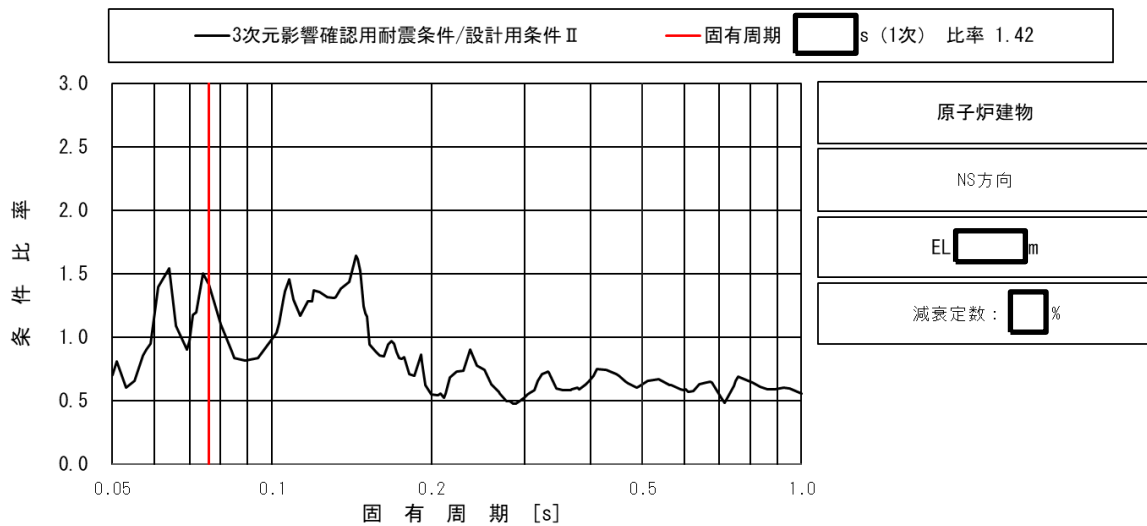
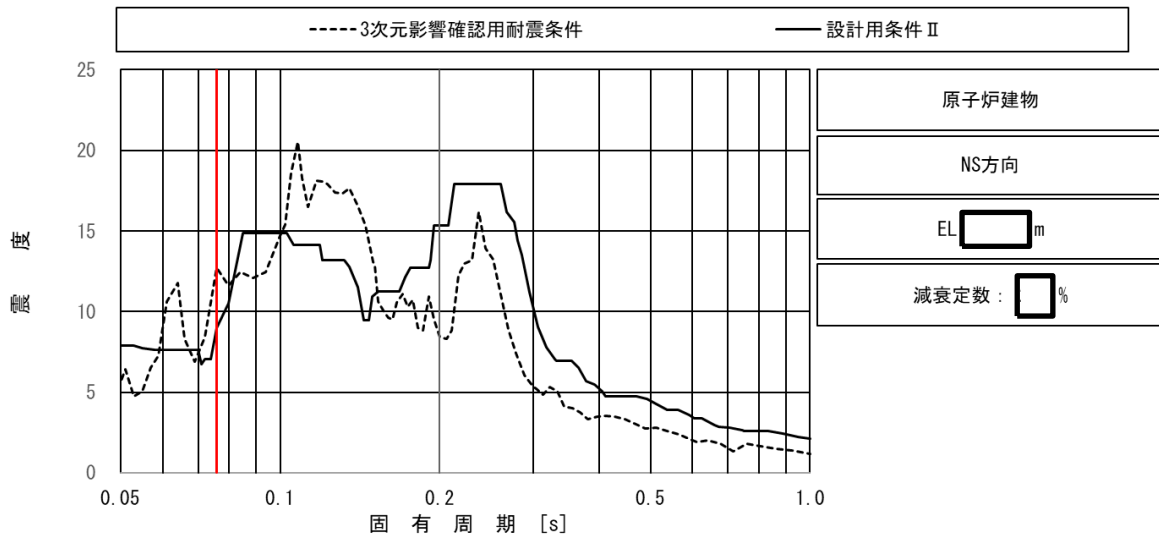
図 3-1 (2) 燃料プール水位 (S A) の条件比率  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW), 原子炉建物 EL42.800m)



上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

図 3-1 (3) 燃料プール冷却系配管の条件比率  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW), 原子炉建物 EL [ ] m)

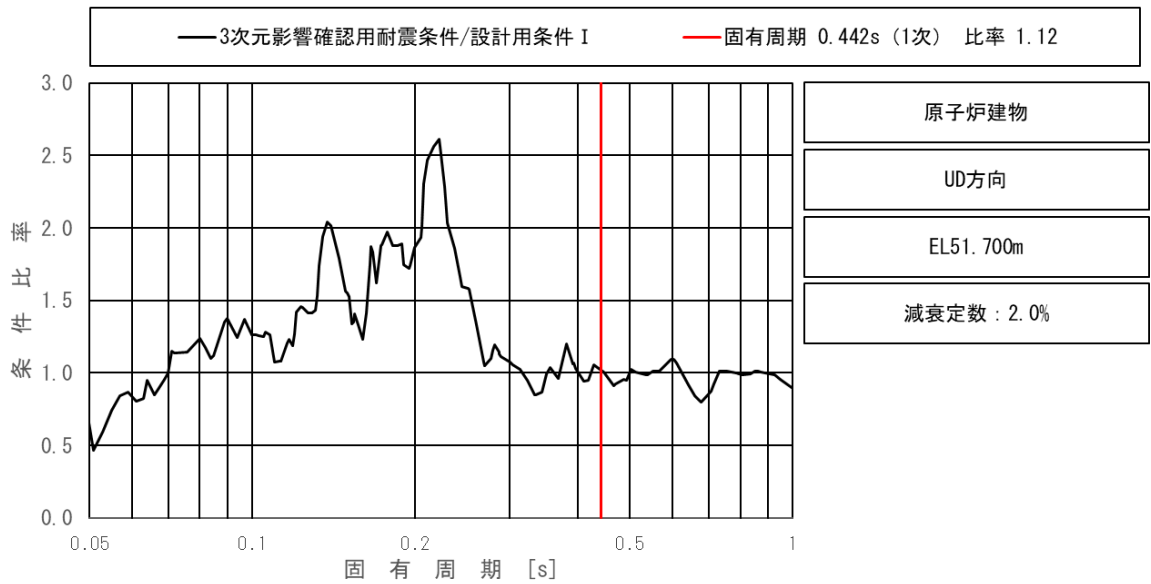
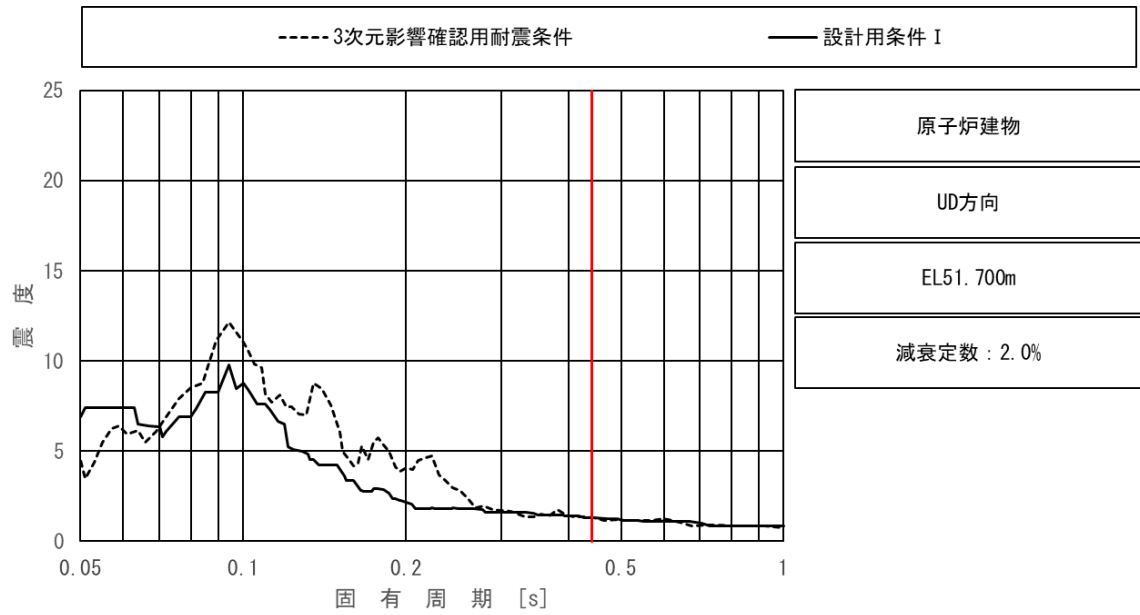


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

図 3-1 (4) 燃料プールスプレイ系配管の条件比率  
(基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS), 原子炉建物 EL [ ] m)

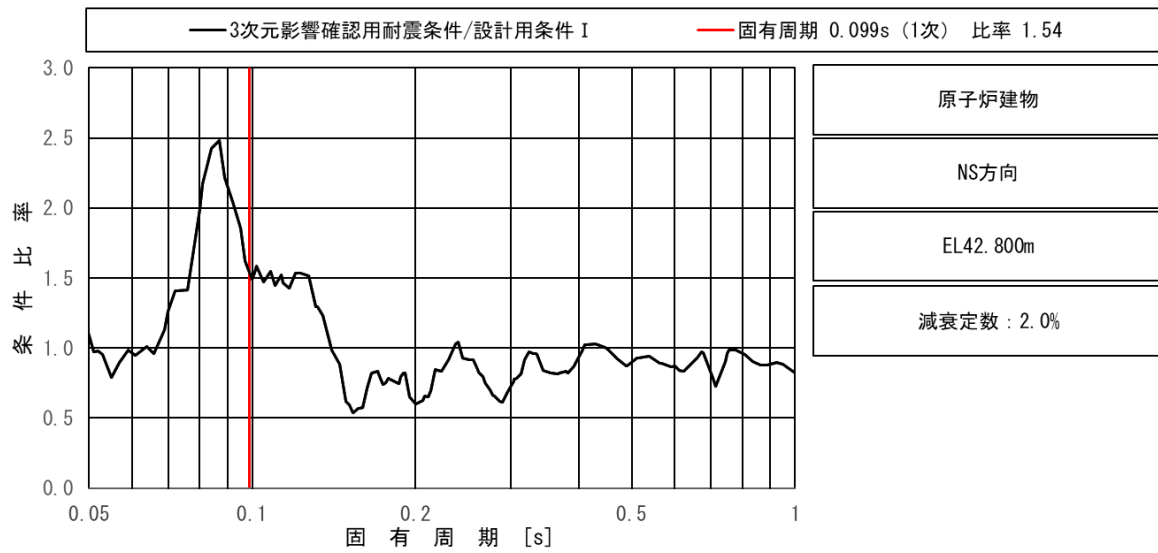
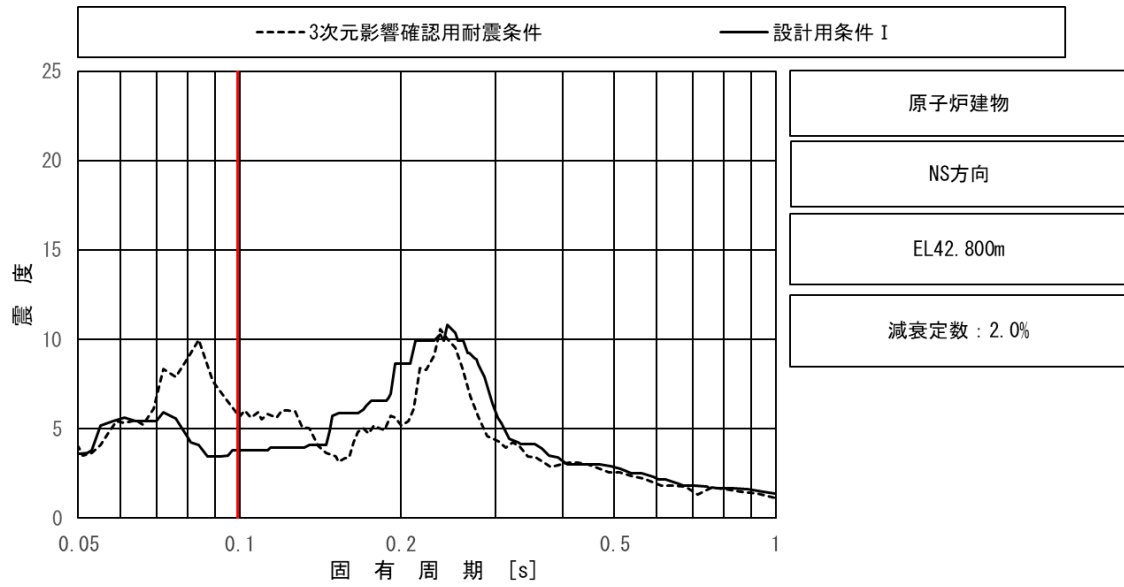




上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

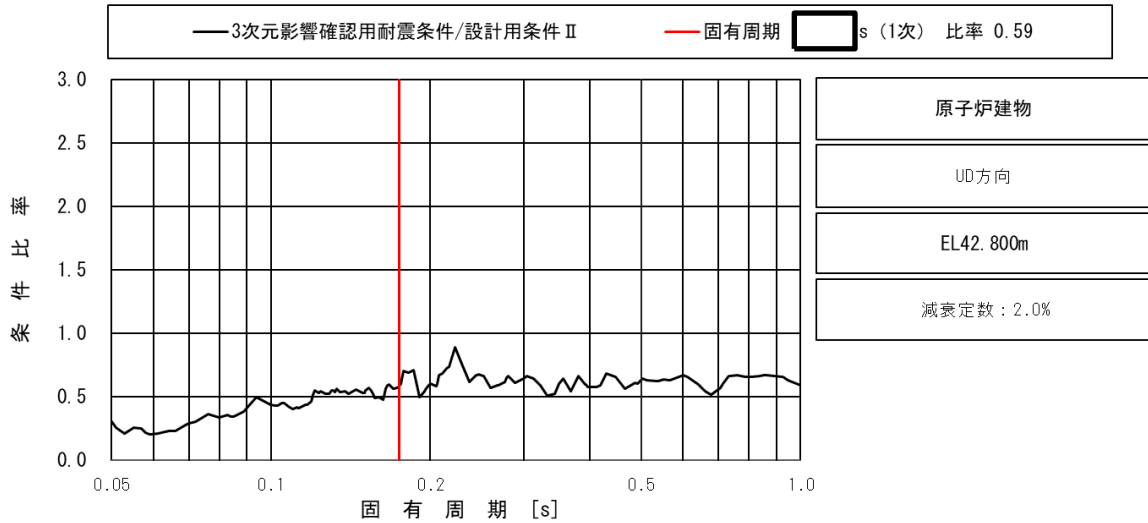
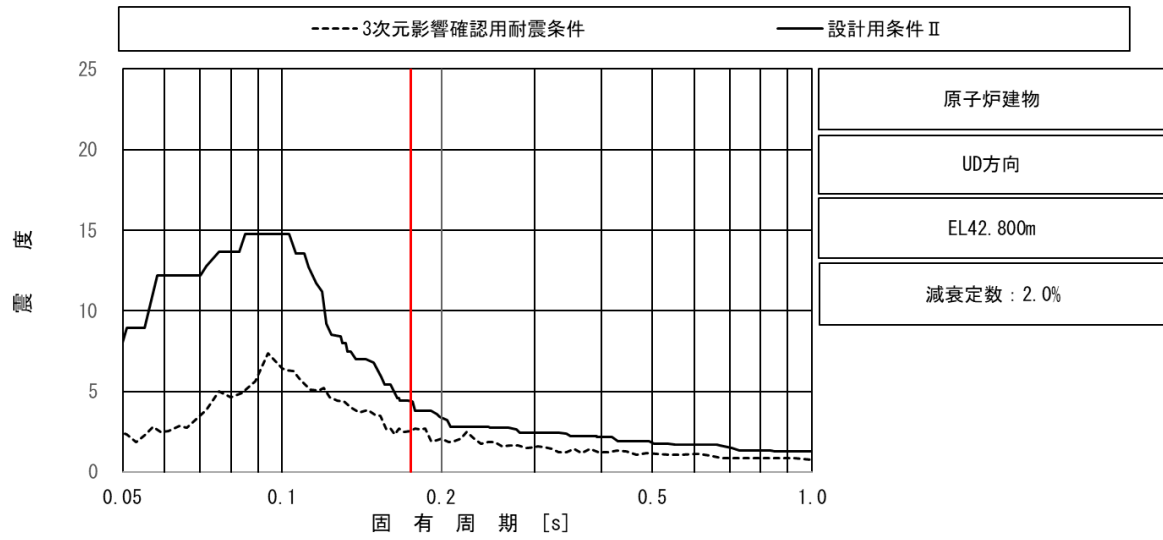
図 3-1 (5) 原子炉建物天井クレーンの条件比率  
(基準地震動 S s , 鉛直方向, 原子炉建物 EL51.700m)



上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

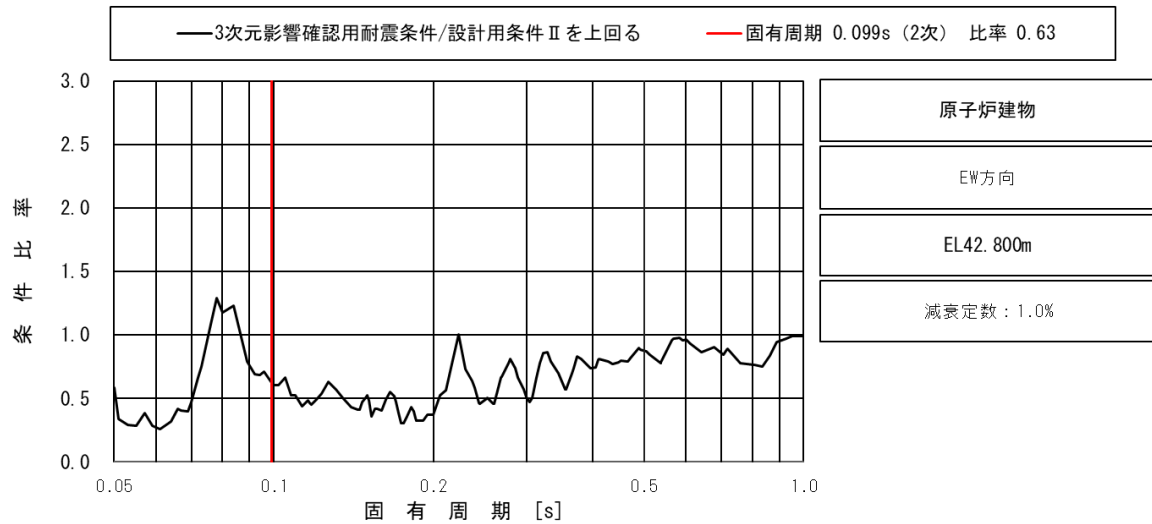
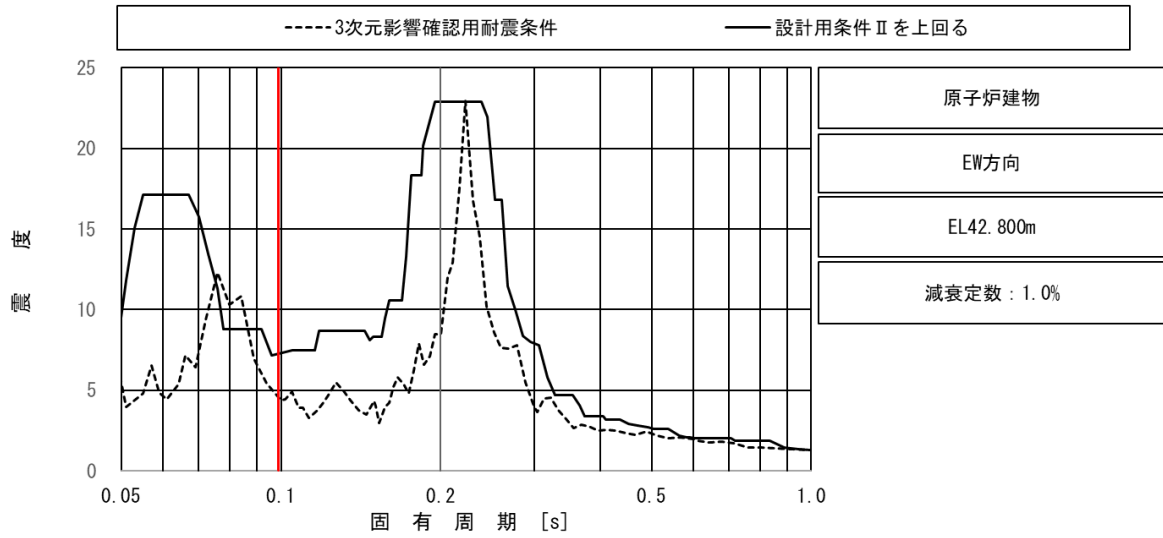
図 3-1 (6) 燃料取替機の場合の条件比率  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS), 原子炉建物 EL42.800m)



上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

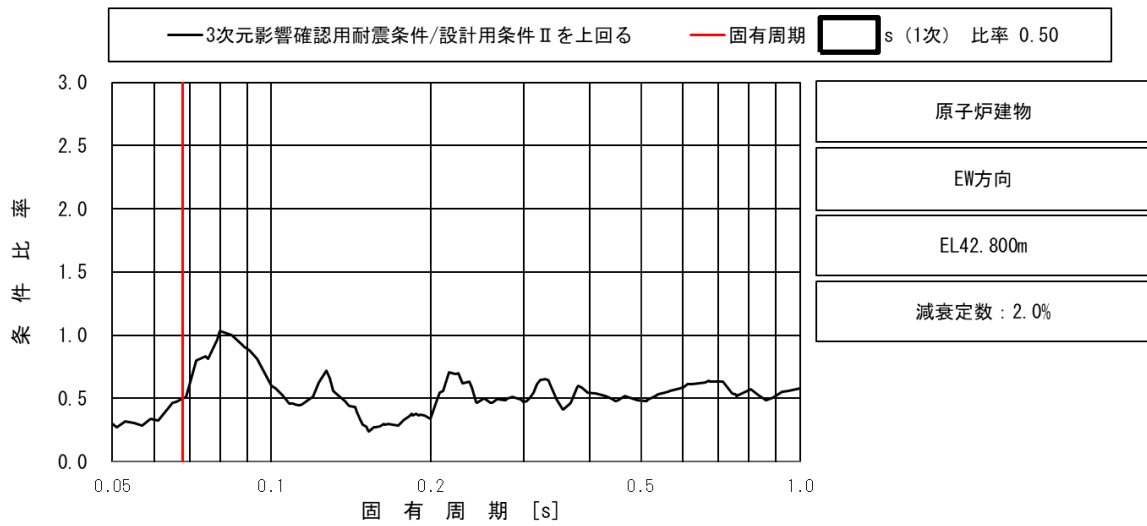
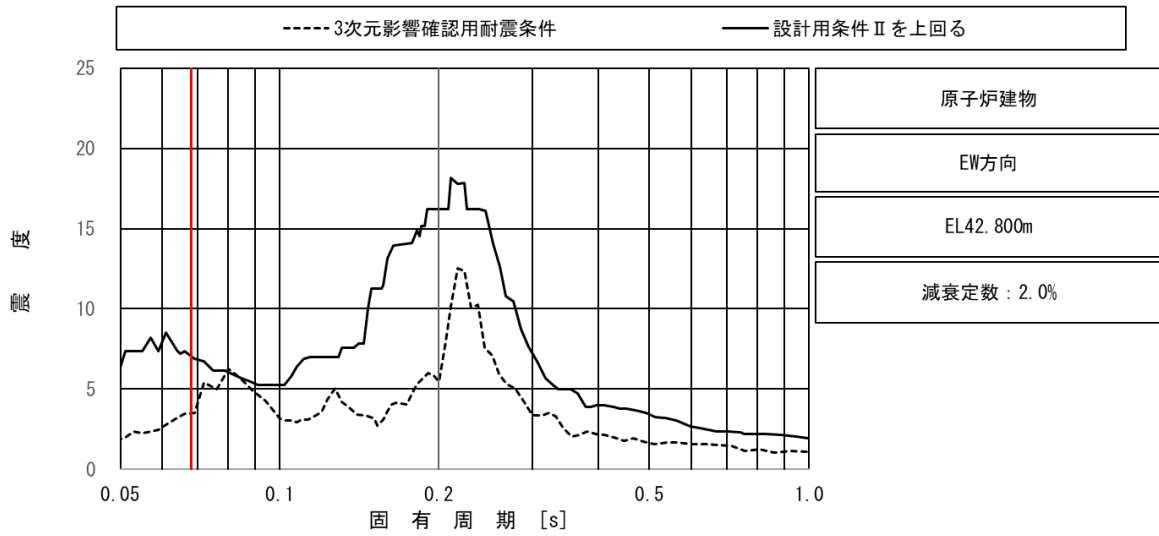
図 3-1 (7) チャンネル着脱装置の条件比率  
(基準地震動  $S_s$  , 鉛直方向, 原子炉建物 EL42.800m)



上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

図 3-1 (8) チャンネル取扱ブームの条件比率  
(基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW), 原子炉建物 EL42.800m)



上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

図 3-1 (9) 制御棒貯蔵ハンガの条件比率  
(基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW), 原子炉建物 EL42.800m)

### 3.2 詳細評価結果

#### (1) 詳細評価条件

詳細評価が必要となった機器・配管系の評価の耐震条件は、2.2.1項に示す3次元影響確認用耐震条件を用いた。剛構造である設備は最大応答加速度、柔構造である設備は図3-2に示す床応答スペクトル（振幅なし）を用い、水平2方向及び鉛直方向の組合せを考慮して評価を実施した。

なお、耐震条件以外の圧力、温度等の条件は、耐震計算書と同一の条件である。

#### (2) 詳細評価結果

評価結果を表3-2に示す。詳細評価対象設備の発生値が許容値以下となることを確認した。

また、補足説明資料「補足 023-13 地震応答に影響を及ぼす不確かさ要因の整理」に基づき、詳細評価による発生値と耐震計算書に記載の発生値を比較し、対象設備の詳細評価による発生値が耐震計算書に記載の発生値を上回る設備は1設備であることを確認した。よって、この1設備の評価結果をVI-2-12「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に反映する。

表3-2 条件比率が設備の裕度を上回った設備の詳細評価結果

設備名称	評価部位	応力分類	詳細評価結果							耐震計算書の発生値との比較	
			条件種別	構造物名	EL (m)	減衰定数 (%)	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	評価結果*1	発生値 (MPa)	比較結果*2
燃料プールのプレイ系配管 SFPS-R-3	配管本体	一次+二次	FRS	原子炉建物	51.7	2.0	166*4	376	○	356*4	○
原子炉建物天井クレーン*3	落下防止ラグ	圧縮	震度	原子炉建物	42.8	—	250	254	○	216	×
燃料取替機	ガーダ	組合せ	FRS	原子炉建物	42.8	2.0	215*4	275	○	242*4	○

注記\*1：詳細評価による発生値が許容値を上回らない場合は「○」

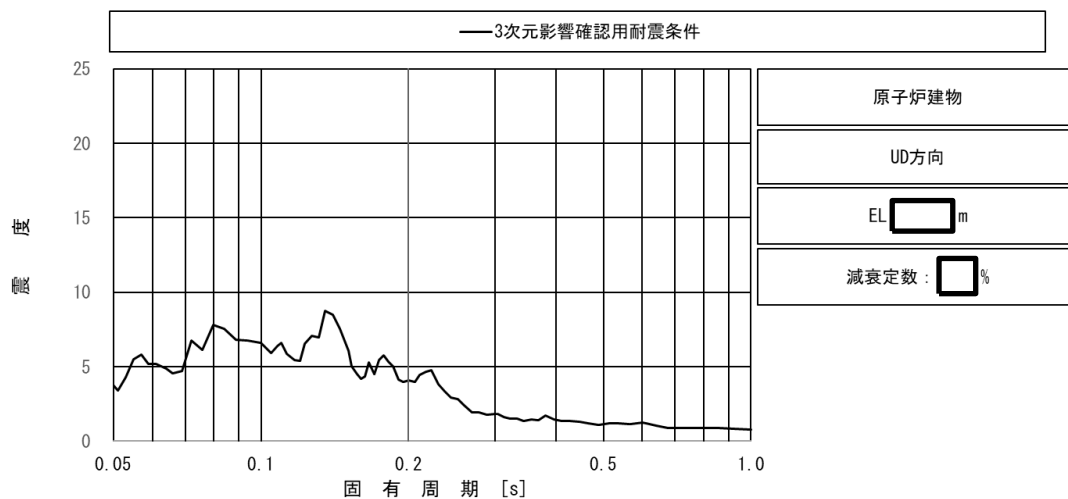
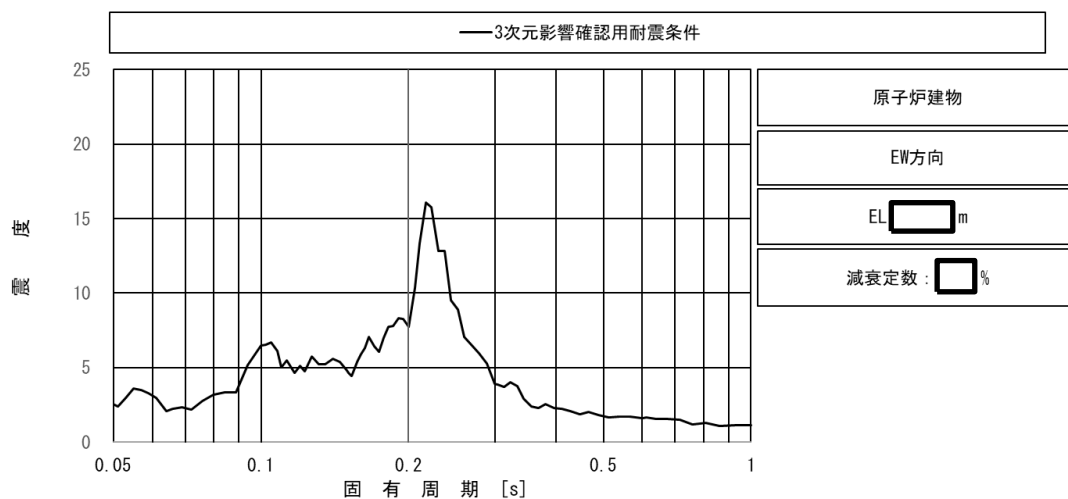
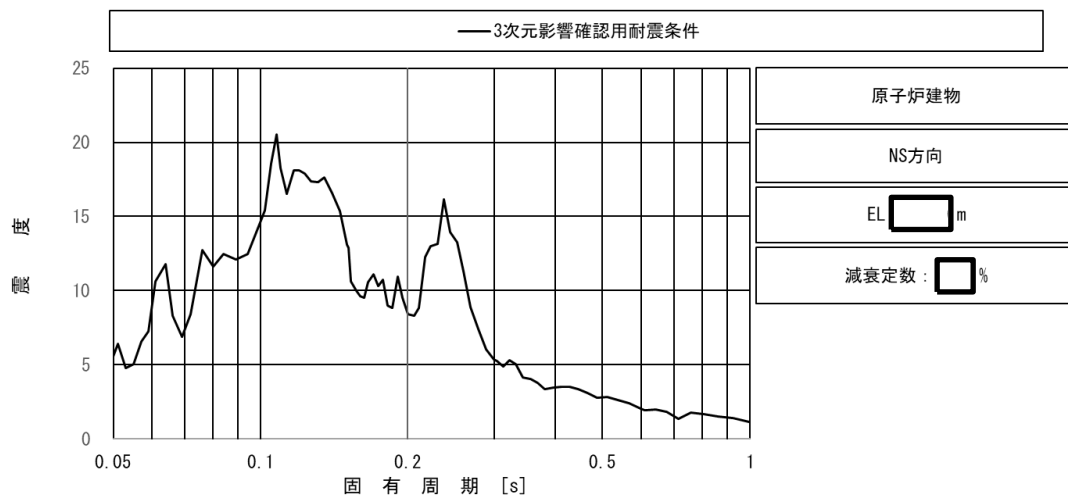
詳細評価による発生値が許容値を上回る場合は「×」を記載

\*2：詳細評価による発生値が耐震計算書に記載の発生値を上回らない場合は「○」

詳細評価による発生値が耐震計算書に記載の発生値を上回る場合は「×」を記載

\*3：別紙4.7-1にて詳細を示す。

\*4：主要な振動モードにおいて3次元影響確認用耐震条件が耐震計算に用いる設計条件を下回ることから詳細評価による発生値が耐震計算書に記載の発生値を下回った。

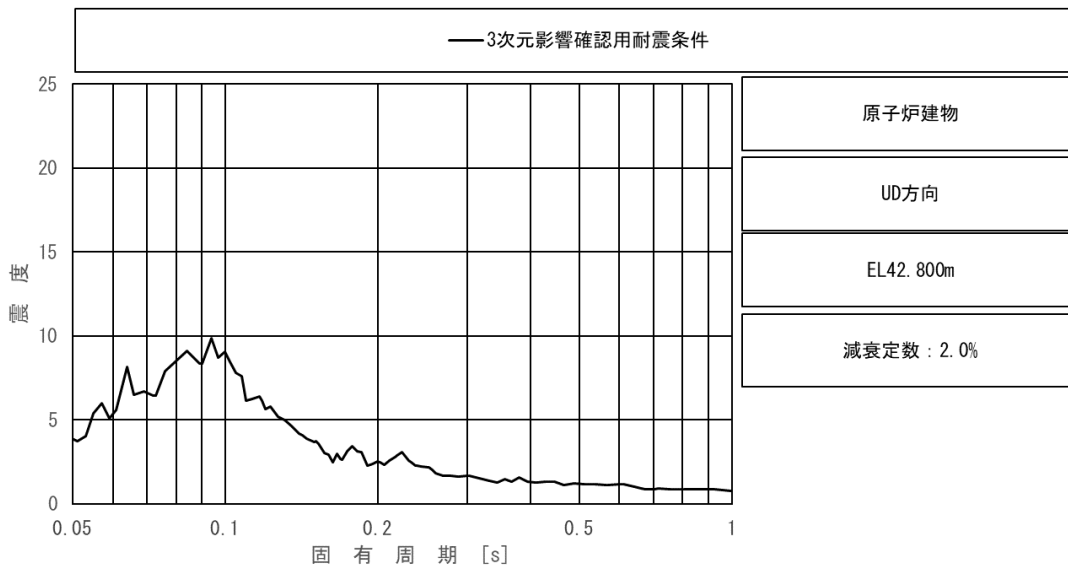
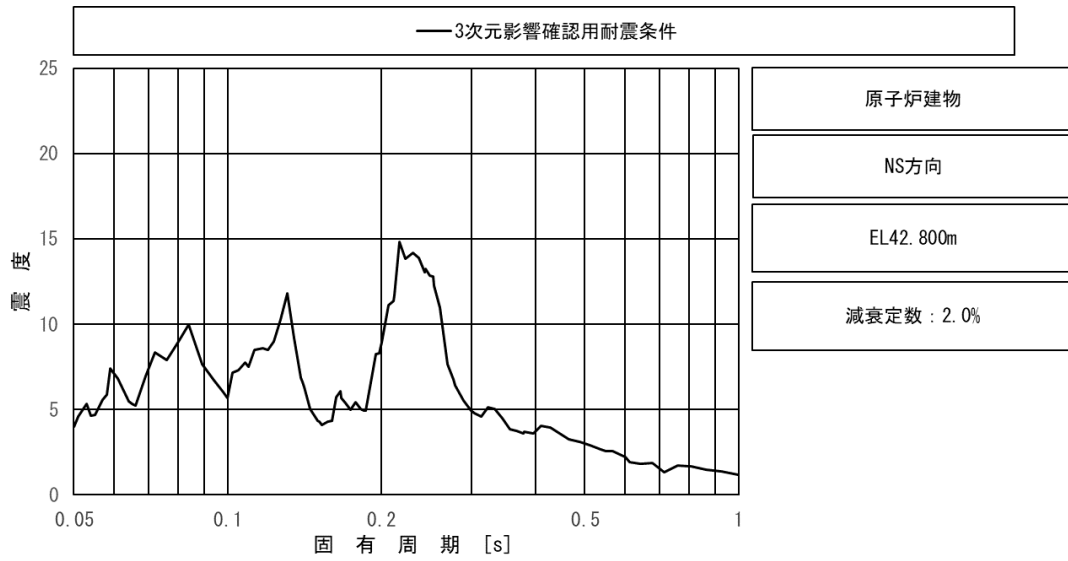


上段：水平方向（NS）床応答スペクトル

中段：水平方向（EW）床応答スペクトル

下段：鉛直方向床応答スペクトル

図 3-2 (1) 燃料プールのプレイ系配管の 3 次元影響確認用耐震条件  
(原子炉建物 EL [ ] m)



上段：水平方向（NS）床応答スペクトル\*

下段：鉛直方向床応答スペクトル\*

注記\*：保守的に3次元影響確認用耐震条件を上回る床応答スペクトルを設定

図3-2 (2) 燃料取替機の3次元影響確認用耐震条件  
(原子炉建物 EL42.800m)



#### 4. まとめ

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

## 原子炉建物天井クレーンの落下防止ラグの応力評価

## 1. はじめに

原子炉建物天井クレーンの重大事故等時の状態を考慮した場合の応力評価について、3次元影響確認用耐震条件（最大応答加速度）の簡易評価における落下防止ラグの耐震性を確認できなかったことから、落下防止ラグの詳細評価を実施した。

## 2. 応力評価対象部位

原子炉建物天井クレーンの応力評価対象部位は、重大事故等時の状態を考慮した場合の評価結果より、3次元影響確認用耐震条件（最大応答加速度）の1.2ZPA震度を適用した簡易評価で耐震性を確認できなかった落下防止ラグである。

## 3. 3次元影響確認用耐震条件（最大応答加速度）による応力評価

評価条件を表1、評価結果を表2に示す。VI-2-11-2-7-1「原子炉建物天井クレーンの耐震性についての計算書」（以下「耐震計算書」という。）と同じ評価手法を用いた、落下防止ラグの3次元影響確認用耐震条件（最大応答加速度）による算出応力は許容応力を超過しており、耐震性を確認できなかったことから、「4. 落下防止ラグの評価断面の精緻化による評価」を実施する。

表1 3次元影響確認用耐震条件（最大応答加速度）を用いた評価条件

対象	NS 方向 震度	EW 方向 震度	UD 方向 震度
落下防止ラグ	4.25	—*	—*

注記\*：落下防止ラグは、構造により水平方向1方向（NS方向）の地震力のみ負担するため、他の方向については「—」と記載する。

表2 3次元影響確認用耐震条件（最大応答加速度）を用いた評価結果

対象	応力分類	算出応力*1 (MPa)	許容応力*2 (MPa)
落下防止ラグ	圧縮	405	254

注記\*1：3次元影響確認用耐震条件（最大応答加速度）の震度による算出応力

\*2：VI-2-11-2-7-1「原子炉建物天井クレーンの耐震性についての計算書」から引用

4. 落下防止ラグの評価断面の精緻化による評価

耐震計算書で使用した評価断面から、より実機の構造状態に合うように精緻化した評価断面による応力評価を実施した。4.1 項に精緻化した評価断面を示す。

落下防止ラグの評価断面の精緻化による評価結果を表 3 に示す。落下防止ラグの 3 次元影響確認用耐震条件（最大応答加速度）による算出応力は許容応力以下であり、耐震性を確認できた。

表 3 落下防止ラグの評価断面の精緻化による評価結果

対象	応力分類	算出応力*1 (MPa)	許容応力*2 (MPa)
落下防止ラグ	圧縮	250	254

注記\*1：3次元影響確認用耐震条件（最大応答加速度）の震度による算出応力

\*2：VI-2-11-2-7-1「原子炉建物天井クレーンの耐震性についての計算書」から引用

4.1 評価断面の精緻化

3 項の評価で裕度が 1 未満となった箇所は、落下防止ラグの圧縮応力の評価断面である。

図 1 に耐震計算書で使用した評価断面を示す。

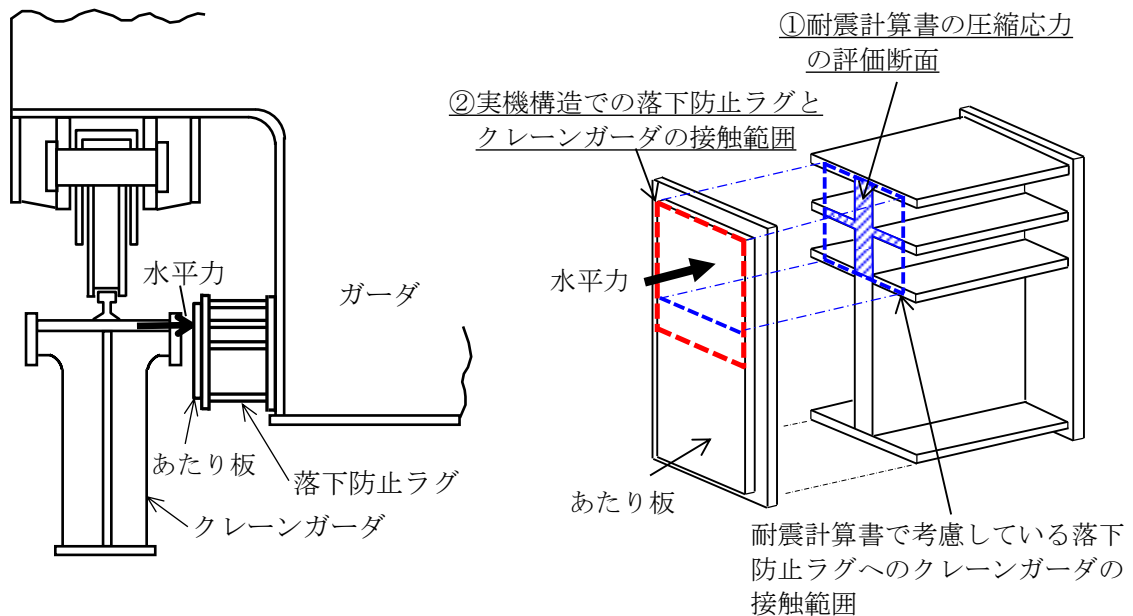


図 1 耐震計算書の評価断面

圧縮応力の評価断面は、横材と縦材が溶接で接合された構造となっている。①耐震計算書の圧縮応力の評価断面は、保守的な評価となるように②実機のクレーンガーダ側のあたり板と落下防止ラグ側のあたり板の接触範囲に対して、縦寸法が小さい寸法の評価断面としている。

今回の検討において、建物の3次元影響確認用耐震条件（最大応答加速度）の応答が増加したことにより、①耐震計算書の圧縮応力の評価断面に対する入力加速度が大きくなったことから、応力が発生し許容応力を上回る結果となった。

そこで、実機構造を踏まえた評価断面の精緻化を実施し、評価へ反映を行った。

精緻化した評価断面を図2に示す。

上記のとおり①耐震計算書の圧縮応力の評価断面は、実機の接触範囲の縦寸法よりも小さい寸法の評価断面（縦  mm×横  mm の接触範囲）としていたが、③精緻化した評価断面においては、実機構造を踏まえ、クレーンガーダ側のあたり板と落下防止ラグ側のあたり板の接触範囲（縦  mm×横  mm の接触範囲）と同じ寸法を考慮した評価断面とした。

なお、クレーン本体ガーダの浮上り量（7mm）を考慮しても精緻化した評価断面の断面積は変わらない。

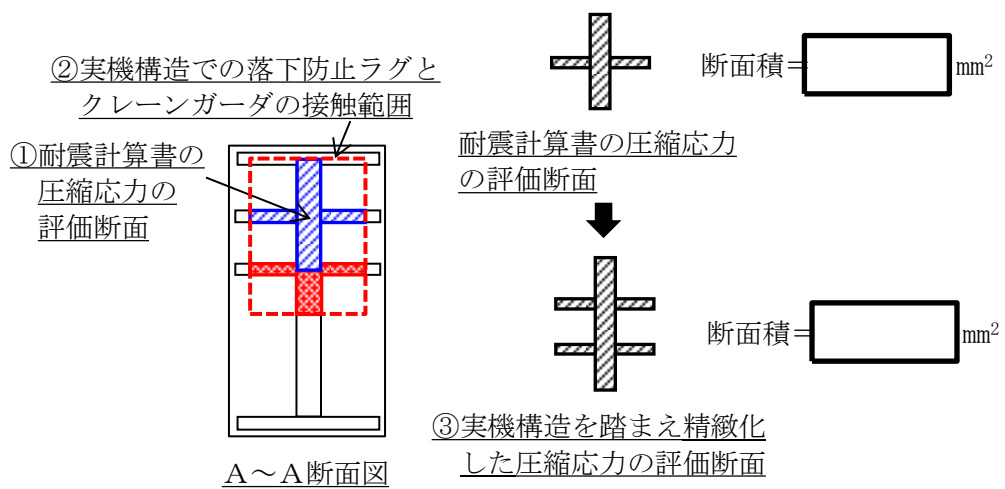
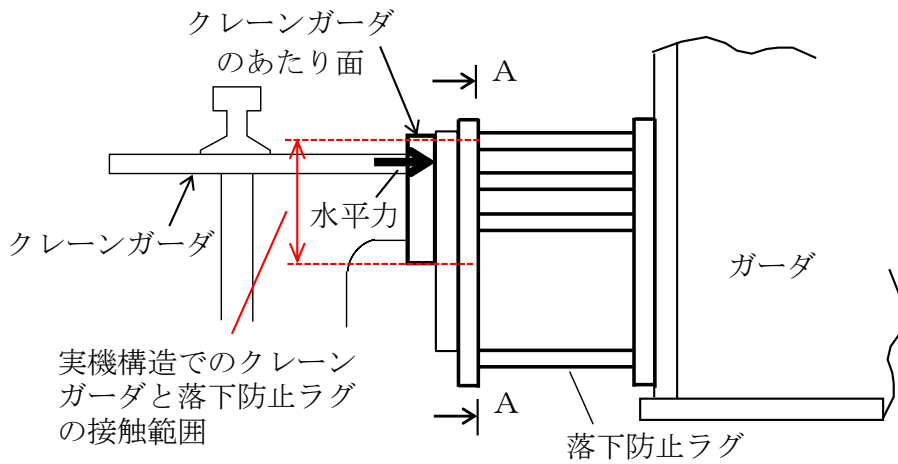
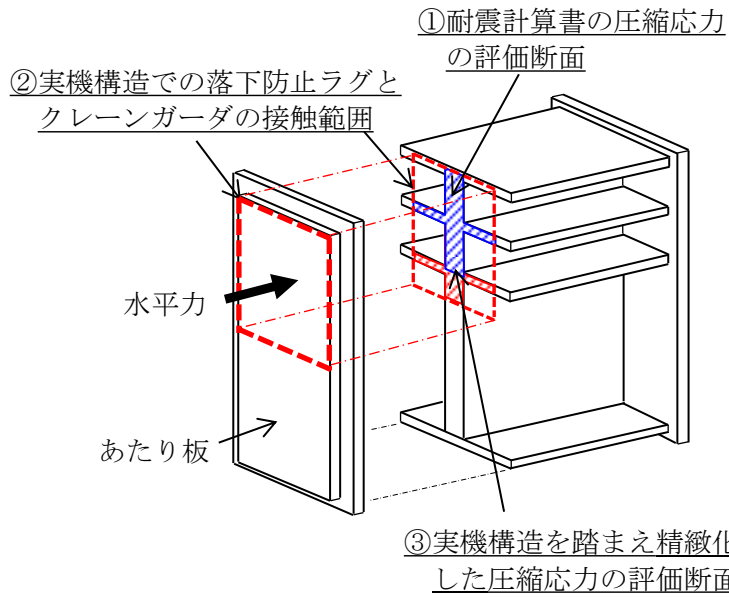


図2 精緻化した評価断面

## 5. まとめ

原子炉建物天井クレーンの重大事故等時の状態を考慮した場合の応力評価について、3次元影響確認用耐震条件（最大応答加速度）の簡易評価における落下防止ラグの耐震性を確認できなかったことから、落下防止ラグの詳細評価を実施した。その結果、原子炉建物の3次元FEMモデルの面外応答の影響を考慮しても、落下防止ラグの耐震性に影響がないことを確認した。

別紙 4.8 原子炉建物 3次元 FEMモデルの応答解析結果に  
係る機器・配管系への影響検討

## 目 次

1. 概要 .....	別紙 4.8-1
2. 検討方針 .....	別紙 4.8-1
2.1 検討対象 .....	別紙 4.8-3
2.2 検討方法 .....	別紙 4.8-3
2.2.1 3次元影響確認用耐震条件の作成 .....	別紙 4.8-3
2.2.2 3次元FEMモデルによる影響の評価 .....	別紙 4.8-6
3. 検討内容 .....	別紙 4.8-7
4. 評価結果 .....	別紙 4.8-29
5. まとめ .....	別紙 4.8-46

別紙 4.8-1 原子炉建物3次元FEMモデルによる原子炉圧力容器等の地震応答への影響確認

別紙 4.8-2 計算機プログラム（解析コード）の概要



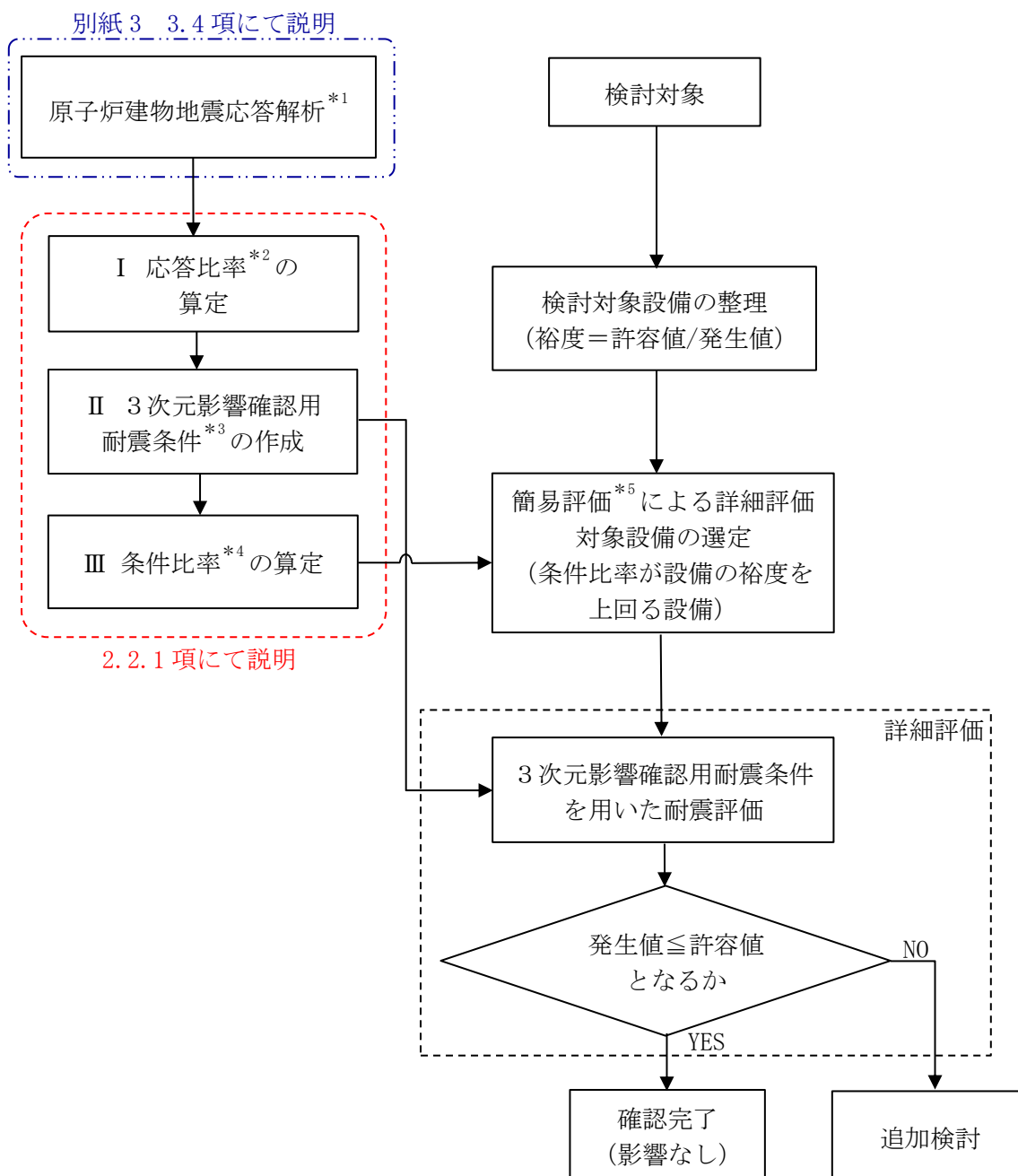
## 1. 概要

「別紙3 原子炉建物3次元FEMモデルによる地震応答解析」の「3.4 床応答への影響検討」より、3次元FEMモデルの応答が質点系モデルの応答を上回る箇所があることから、「補足-023-1 地震応答に影響を及ぼす不確かさ要因の整理」に基づき、機器・配管系への影響検討を実施する。

## 2. 検討方針

3次元FEMモデルの応答から、3次元影響確認用の床応答スペクトル（以下「3次元影響確認用床応答スペクトル」という。）及び震度（以下「3次元影響確認用震度」という。また「3次元影響確認用床応答スペクトル」「3次元影響確認用震度」を総称して「3次元影響確認用耐震条件」という。）を作成し、設計用床応答スペクトル及び設計用震度との比較を行い、条件比率を算出する。比較対象箇所は、「別紙3 原子炉建物3次元FEMモデルによる地震応答解析」の「3.4 床応答への影響検討」と同様とする。「2.1 検討対象」に示す機器・配管系について、条件比率と各検討対象の裕度（許容値／発生値）を用いた簡易評価及び3次元影響確認用耐震条件を用いた詳細評価を行う。影響検討フローを図2-1に示す。

なお、原子炉建物と連成させる原子炉圧力容器等は3次元FEMモデルではモデル化されておらず、3次元影響確認用耐震条件を直接作成できない。原子炉圧力容器等の原子炉建物と連成させた質点系モデルにより算定される耐震評価条件を用いる設備については、原子炉建物（3次元FEMモデル）と原子炉圧力容器等（質点系モデル）を連成させた地震応答解析を実施し、建物3次元FEMモデルによる原子炉圧力容器等の地震応答への影響を確認する（別紙4.8-1参照）。



- 注記\*1: 3次元FEMモデルでの地震応答解析 (S d 5波<sup>\*6</sup>) 及び質点系モデルでの地震応答解析 (S d 5波<sup>\*6</sup>)  
 \*2: 応答比率=3次元FEMモデルの応答 (S d 5波<sup>\*6</sup>) / 質点系モデルの応答 (S d 5波<sup>\*6</sup>)  
 \*3: 3次元影響確認用耐震条件=質点系モデルの応答 基本ケース<sup>\*7</sup> (S s 5波<sup>\*8</sup>) × 応答比率  
 \*4: 条件比率=3次元影響確認用耐震条件/耐震計算に用いる設計条件  
 \*5: 刺激係数を考慮した条件比率を用いた評価を含む。  
 \*6: S d 5波は、弾性設計用地震動S d-D, F 1, F 2, N 1及びN 2  
 \*7: VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」に示す基本ケース  
 \*8: S s 5波は、基準地震動S s-D, F 1, F 2, N 1及びN 2

図2-1 原子炉建物3次元FEMモデルの応答解析結果に係る機器・配管系への影響検討フロー

## 2.1 検討対象

原子炉建物に設置される以下の機器・配管系を影響検討の対象とする。なお、燃料取替階以上に設置される機器については機器設置位置の3次元影響確認用耐震条件を用いて個別に確認することから、本検討の対象外とする（別紙4.7参照）。

また、2.に記載のとおり、原子炉圧力容器等の原子炉建物と連成させた質点系モデルにより算定される耐震評価条件を用いる設備は別紙4.8-1にて評価する。

- ・設計基準対象施設のうち、耐震重要度分類のSクラスに属する機器・配管系
- ・重大事故等対処施設のうち、常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）に属する機器・配管系
- ・波及的影響防止のために耐震評価を実施する機器・配管系

## 2.2 検討方法

### 2.2.1 3次元影響確認用耐震条件の作成

3次元FEMモデルでは、弾性設計用地震動S<sub>d</sub>に対する地震応答解析を行っていることから、弾性設計用地震動S<sub>d</sub>に対する3次元FEMモデルの応答と質点系モデルの応答の比率を用いて質点系モデルの基準地震動S<sub>s</sub>に対する応答を補正し、3次元影響確認用耐震条件を作成する。

以下、床応答スペクトルを例に3次元影響確認用耐震条件の作成方法を示す。震度についても床応答スペクトルと同様に作成する。

#### I：応答比率の算定方法

弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-D, F1, F2, N1, N2（以下「S<sub>d</sub>5波」という。）に対する3次元FEMモデルの応答と弾性設計用地震動S<sub>d</sub>5波に対する質点系モデルの応答の比（以下「応答比率」という。）を、全周期において算定する。応答比率の算定にあたっては、「別紙3 原子炉建物3次元FEMモデルによる地震応答解析」と同様に3次元FEMモデルの床応答スペクトルを作成する。応答比率の算定イメージを図2-2に示す。なお、3次元FEMモデルの応答による機器・配管系の耐震評価結果へ与える影響を検討するものであるため、応答比率が1.0を下回る場合でも、その応答比率を乗ずる。

$$\text{応答比率} = \frac{\text{3次元FEMモデルの応答（S}_{d}\text{5波）}}{\text{質点系モデルの応答（S}_{d}\text{5波）}}$$

#### II：3次元影響確認用床応答スペクトルの算定方法

質点系モデル基本ケースの基準地震動S<sub>s</sub>-D, F1, F2, N1, N2（以下「S<sub>s</sub>5

波」という)に対する固有周期ごとの応答に、応答比率を乗算して、3次元影響確認用床応答スペクトルを算定する。3次元影響確認用床応答スペクトルの算定イメージを図2-3に示す。3次元影響確認用床応答スペクトルは、固有周期0.131sを例とすると、0.131sの質点系モデル基本ケースの基準地震動S<sub>s</sub>に対する応答に0.131sの応答比率を乗算した値となる。

$$\begin{aligned} \text{3次元影響確認用床応答スペクトル} &= \text{質点系モデルの応答 基本ケース (S}_s\text{ 5波)} \\ &\quad \times \text{応答比率} \end{aligned}$$

### III：条件比率の算定方法

3次元影響確認用床応答スペクトルと耐震計算に用いる設計用床応答スペクトルの比(以下「条件比率」という。)を算定する。条件比率の算定例を図2-4に示す。条件比率は、仮に固有周期が0.131sの機器・配管系とすると、設計用床応答スペクトルによる耐震計算を実施している場合(d/c)となる。

$$\text{条件比率} = \frac{\text{3次元影響確認用床応答スペクトル}}{\text{耐震計算に用いる設計用床応答スペクトル}}$$

なお、配管系等のスペクトルモーダル解析を実施している設備は、刺激係数を考慮してモードごとの比率を算出する手法による条件比率(以下「刺激係数を考慮した条件比率」という。)を用いて簡易評価を行う場合がある。刺激係数を考慮した条件比率の算出方法は「補足-024-01 原子炉建物の地震応答計算書に関する補足説明資料 別紙3-8 刺激係数を考慮した条件比率の算出」に示す。

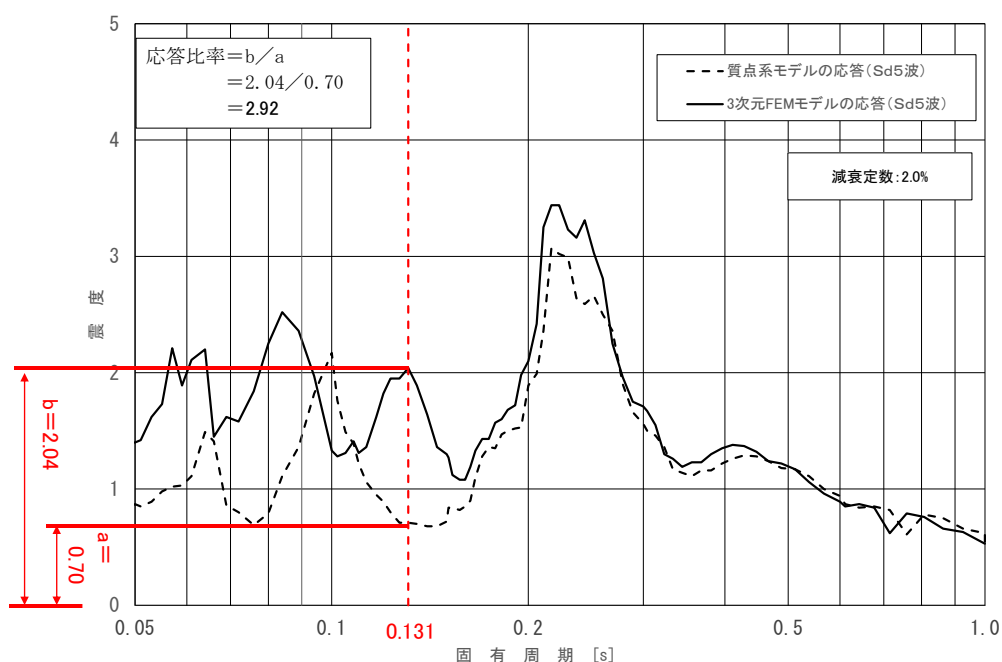


図2-2 床応答スペクトルにおける応答比率の算定イメージ

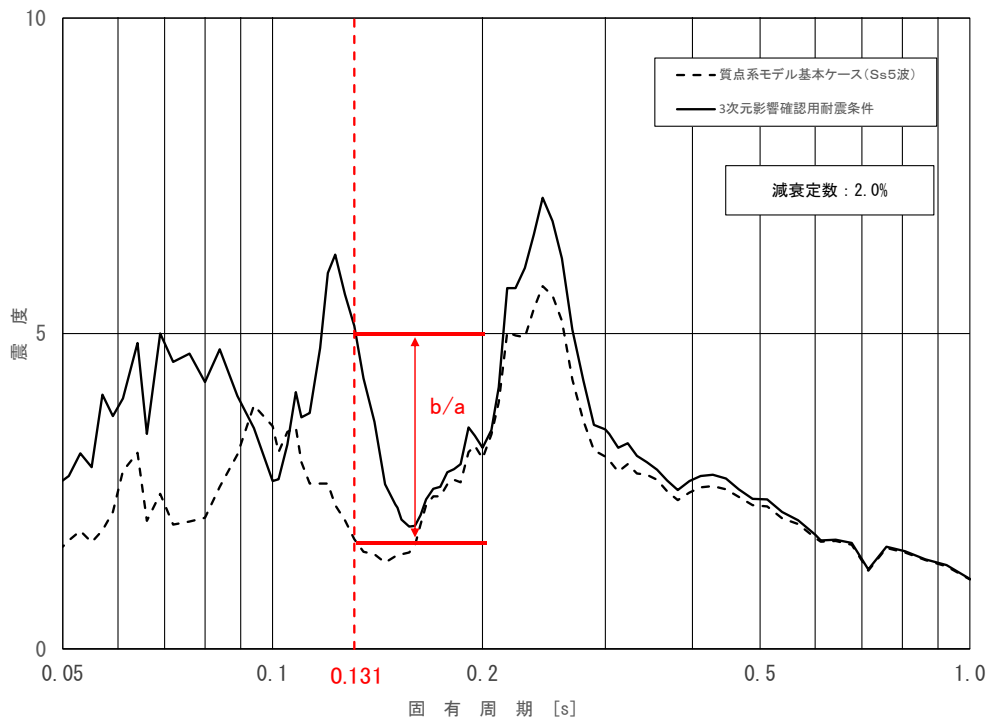


図 2-3 3次元影響確認用床応答スペクトルの算定イメージ

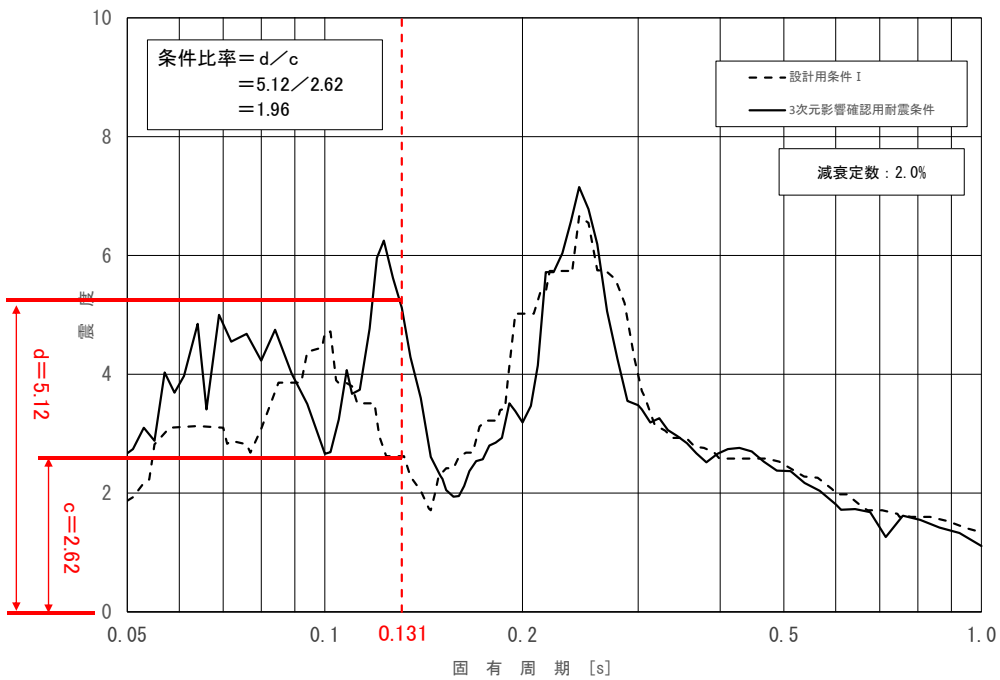


図 2-4 条件比率の算定イメージ

## 2.2.2 3次元FEMモデルによる影響の評価

3次元FEMモデルによる機器・配管系の影響評価を以下のとおり実施する。

### (1) 簡易評価による詳細評価対象設備の選定

条件比率が耐震計算の裕度を上回る機器・配管系を抽出する。

なお、疲労評価は発生値が震度に比例しないことから、一次＋二次応力による発生値が許容値を上回り疲労評価を実施している設備については、条件比率が1を上回る場合、詳細評価対象設備に含めることとする。

設備に応じた条件比率の適用方法を以下に示す。

#### a. 評価に震度を適用する設備

対象設備の標高における条件比率の全方向最大値を適用する。

#### b. 評価に床応答スペクトルを適用する設備

各方向について対象設備の標高，減衰定数，固有周期（0.05～1.0s間）における条件比率の最大値を算出し，全方向最大値を適用する。

床応答スペクトルの条件比率の算定方法を図2-5に示す。

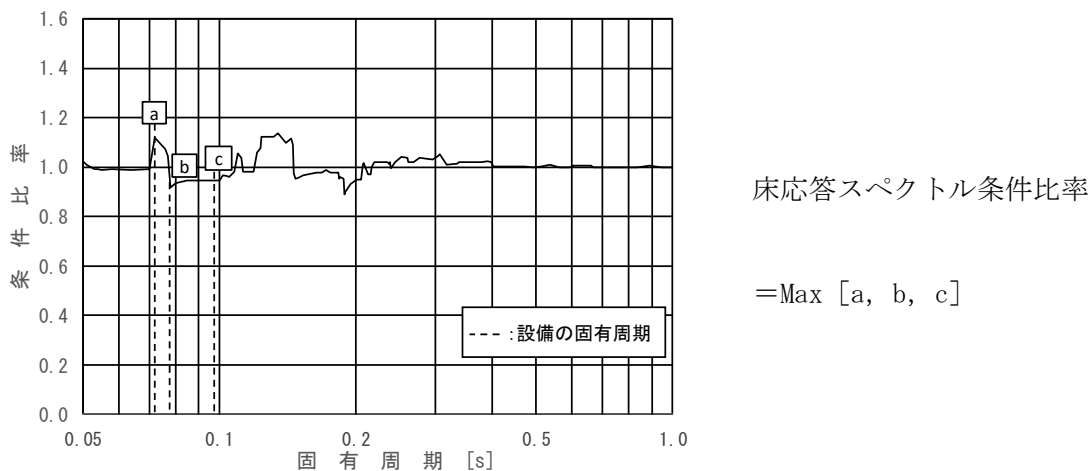


図2-5 簡易評価に用いる各方向における床応答スペクトルの条件比率の算定方法  
(評価に床応答スペクトルを適用する設備)

なお、支配的な振動モードが明確な設備については、当該の固有周期における条件比率を適用する。

### (2) 詳細評価

詳細評価対象設備として選定した設備について、3次元影響確認用耐震条件を用いて、当該設備の耐震計算書で適用している評価手法と同等の手法による評価を行い、発生値が許容値以下となることを確認する。確認の結果、発生値が許容値を上回る場合は、追加検討を行う。

(3) 追加検討

詳細評価で発生値が許容値を上回った設備は、設備の評価結果等に応じて個別に設備対策、評価の精緻化等を行う。

3. 検討内容

(1) 3次元影響確認用耐震条件の作成結果

3次元影響確認用震度を表 3-1～表 3-2, 3次元影響確認用床応答スペクトルを図 3-1～図 3-3 に示す。なお, 床応答スペクトルの減衰定数は, 耐震裕度の比較的小さい配管系の主要な減衰定数である 2.0%を代表とする。

また, 同図表にはVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示される設計用震度及び設計用床応答スペクトルを併記して示す。

3次元影響確認用床応答スペクトルと設計用床応答スペクトルを比較し, 各標高・各減衰について, 3次元影響確認用床応答スペクトル/設計用床応答スペクトルにより周期ごとの条件比率を算定する。

表 3-1 (1/3) 震度 (原子炉建物)  
 基準地震動  $S_s$ , 1.0ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0			条件比率	
	NS方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元影響 確認用耐 震条件	③/①	③/②
原子炉 建物	6, 20	63.500	2.70	3.69	1.77	0.66	0.48
	7, 21	51.700	1.89	2.70	1.41	0.75	0.53
	8, 14, 22, 28	42.800	1.35	1.92	1.09	0.81	0.57
	1, 9, 15, 23, 29	34.800	1.06	1.56	1.04	0.99	0.67
	2, 10, 16, 24, 30	30.500	1.17	1.74	1.14	0.98	0.66
	10, 16, 24	30.500 (燃料プール)	1.08	1.55	1.14	1.06	0.74
	3, 11, 17, 25, 31	23.800	1.02	1.44	0.90	0.89	0.63
	4, 12, 18, 26, 32	15.300	0.92	1.32	0.83	0.91	0.63
	19	10.100	0.96	1.44	0.93	0.97	0.65
	5, 13, 27, 33	8.800	0.86	1.25	0.78	0.91	0.63
	34	1.300	0.74	1.07	0.68	0.92	0.64



表 3-1 (2/3) 震度 (原子炉建物)  
 基準地震動  $S_s$ , 1.0ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0			条件比率	
	EW方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元影響 確認用耐 震条件	③/①	③/②
原子炉 建物	3, 17	63.500	2.76	4.14	2.29	0.83	0.56
	4, 18, 22	51.700	2.00	2.93	1.92	0.96	0.66
	5, 11, 19, 23	42.800	1.46	2.10	1.20	0.83	0.58
	6, 12, 20, 24, 29	34.800	1.17	1.73	1.03	0.89	0.60
	7, 13, 21, 25, 30	30.500	1.46	1.95	1.55	1.07	0.80
	13, 21	30.500 (燃料プール)	1.20	1.77	1.55	1.30	0.88
	8, 14, 26, 31	23.800	0.98	1.43	0.93	0.95	0.66
	1, 9, 15, 27, 32	15.300	0.87	1.29	0.92	1.06	0.72
	16	10.100	0.98	1.44	0.88	0.90	0.62
	2, 10, 28, 33	8.800	0.88	1.29	0.85	0.97	0.66
	34	1.300	0.81	1.17	0.74	0.92	0.64

表 3-1 (3/3) 震度 (原子炉建物)  
 基準地震動  $S_s$ , 1.0ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0			条件比率	
	鉛直方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元影 響確認用 耐震条件	③/①	③/②
原子炉 建物	7	63.500	1.63	2.21	1.10	0.68	0.50
	8	51.700	1.48	2.04	0.95	0.65	0.47
	9, 17	42.800	1.51	2.06	1.10	0.73	0.54
	1, 10, 18	34.800	1.49	1.98	1.08	0.73	0.55
	2, 11, 19	30.500	1.44	1.94	1.02	0.71	0.53
	11, 19	30.500 (燃料プール)	1.44	1.94	1.02	0.71	0.53
	3, 12, 20	23.800	1.28	1.73	0.87	0.68	0.51
	4, 13, 21	15.300	0.97	1.31	0.70	0.73	0.54
	22	10.100	0.70	1.05	0.63	0.90	0.60
	5, 14	8.800	0.64	0.96	0.63	0.99	0.66
	6, 15, 23	1.300	0.58	0.87	0.60	1.04	0.69

表 3-2 (1/3) 震度 (原子炉建物)  
 基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2			条件比率	
	NS方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元影響 確認用耐 震条件	③/①	③/②
原子炉 建物	6, 20	63.500	3.23	4.43	2.12	0.66	0.48
	7, 21	51.700	2.27	3.24	1.69	0.75	0.53
	8, 14, 22, 28	42.800	1.62	2.31	1.31	0.81	0.57
	1, 9, 15, 23, 29	34.800	1.27	1.88	1.25	0.99	0.67
	2, 10, 16, 24, 30	30.500	1.40	2.09	1.36	0.98	0.66
	10, 16, 24	30.500 (燃料プール)	1.30	1.86	1.36	1.05	0.74
	3, 11, 17, 25, 31	23.800	1.23	1.73	1.08	0.88	0.63
	4, 12, 18, 26, 32	15.300	1.10	1.59	0.99	0.90	0.63
	19	10.100	1.15	1.73	1.11	0.97	0.65
	5, 13, 27, 33	8.800	1.03	1.49	0.93	0.91	0.63
	34	1.300	0.89	1.28	0.82	0.93	0.65

表 3-2 (2/3) 震度 (原子炉建物)  
 基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2			条件比率	
	EW方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元影響 確認用耐 震条件	③/①	③/②
原子炉 建物	3, 17	63.500	3.31	4.97	2.75	0.84	0.56
	4, 18, 22	51.700	2.40	3.51	2.30	0.96	0.66
	5, 11, 19, 23	42.800	1.75	2.52	1.44	0.83	0.58
	6, 12, 20, 24, 29	34.800	1.41	2.07	1.24	0.88	0.60
	7, 13, 21, 25, 30	30.500	1.75	2.33	1.86	1.07	0.80
	13, 21	30.500 (燃料プール)	1.44	2.13	1.86	1.30	0.88
	8, 14, 26, 31	23.800	1.17	1.71	1.12	0.96	0.66
	1, 9, 15, 27, 32	15.300	1.04	1.55	1.11	1.07	0.72
	16	10.100	1.18	1.74	1.05	0.89	0.61
	2, 10, 28, 33	8.800	1.06	1.56	1.01	0.96	0.65
	34	1.300	0.98	1.41	0.89	0.91	0.64

表 3-2 (3/3) 震度 (原子炉建物)  
 基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2			条件比率	
	鉛直方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元影 響確認用 耐震条件	③/①	③/②
原子炉 建物	7	63.500	1.95	2.66	1.32	0.68	0.50
	8	51.700	1.77	2.46	1.14	0.65	0.47
	9, 17	42.800	1.81	2.46	1.32	0.73	0.54
	1, 10, 18	34.800	1.79	2.39	1.30	0.73	0.55
	2, 11, 19	30.500	1.73	2.31	1.23	0.72	0.54
	11, 19	30.500 (燃料プール)	1.73	2.31	1.23	0.72	0.54
	3, 12, 20	23.800	1.54	2.07	1.04	0.68	0.51
	4, 13, 21	15.300	1.16	1.58	0.84	0.73	0.54
	22	10.100	0.84	1.25	0.76	0.91	0.61
	5, 14	8.800	0.77	1.16	0.75	0.98	0.65
	6, 15, 23	1.300	0.70	1.05	0.72	1.03	0.69

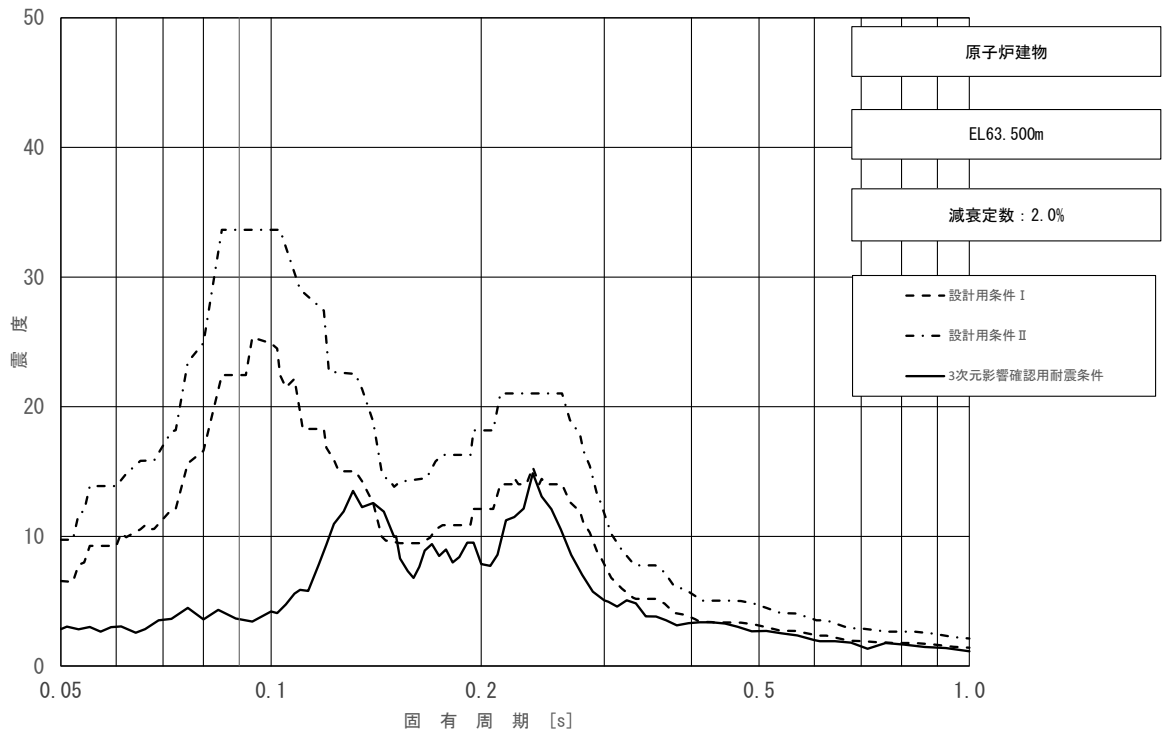


図 3-1 (1/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS): 原子炉建物 EL63.500m)

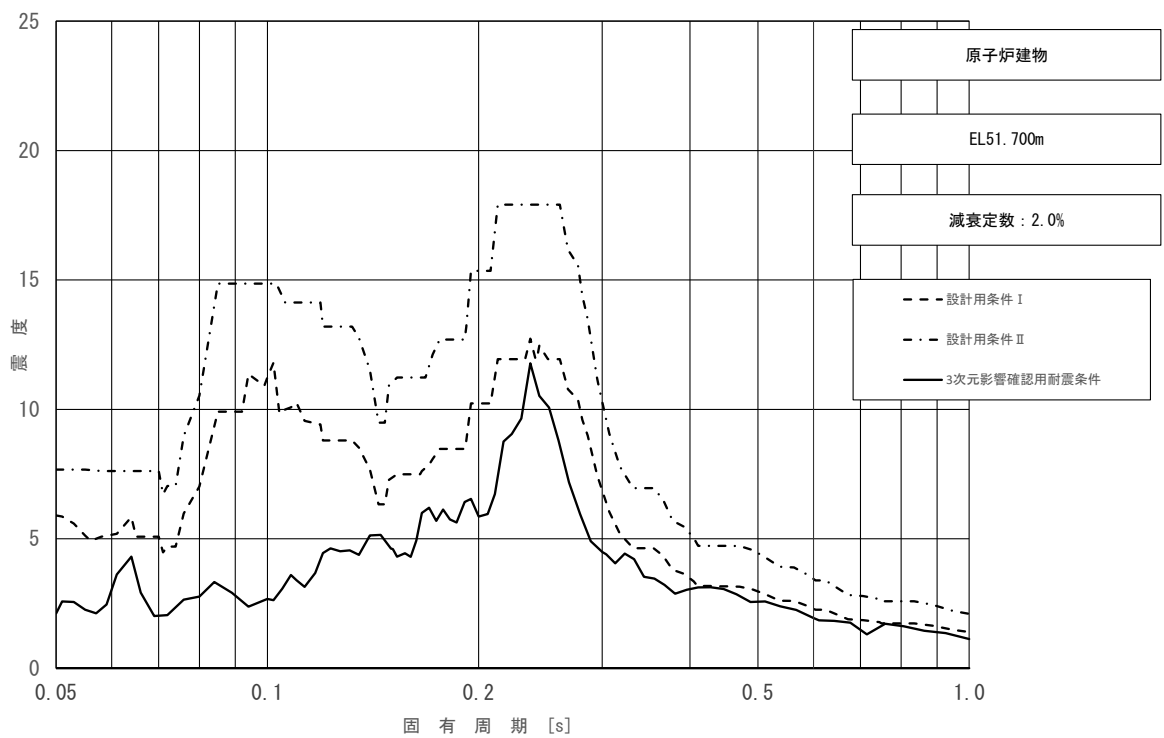


図 3-1 (2/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS): 原子炉建物 EL51.700m)

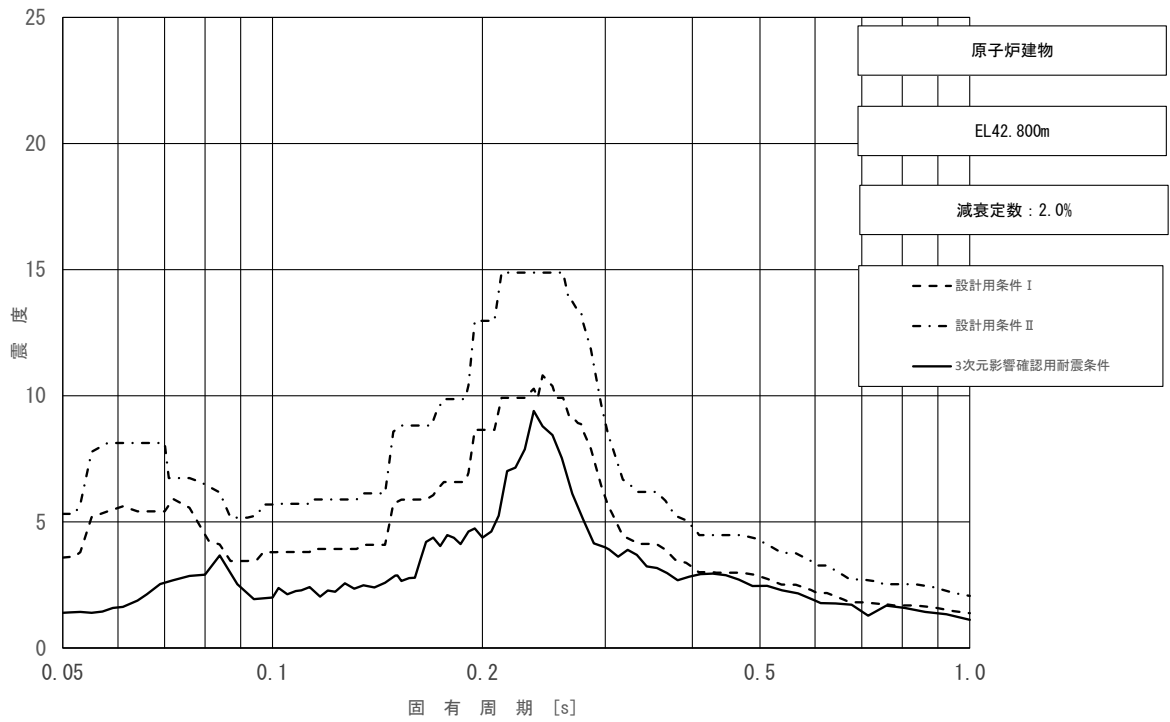


図 3-1 (3/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS): 原子炉建物 EL42.800m)

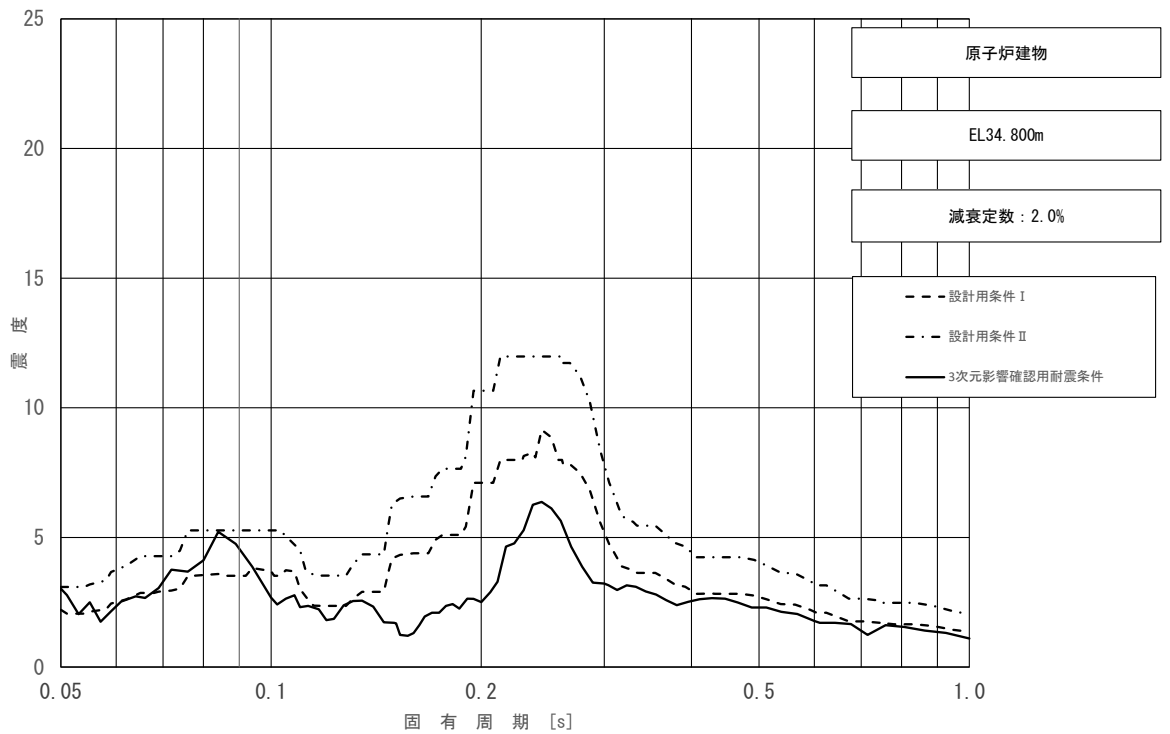


図 3-1 (4/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS): 原子炉建物 EL34.800m)

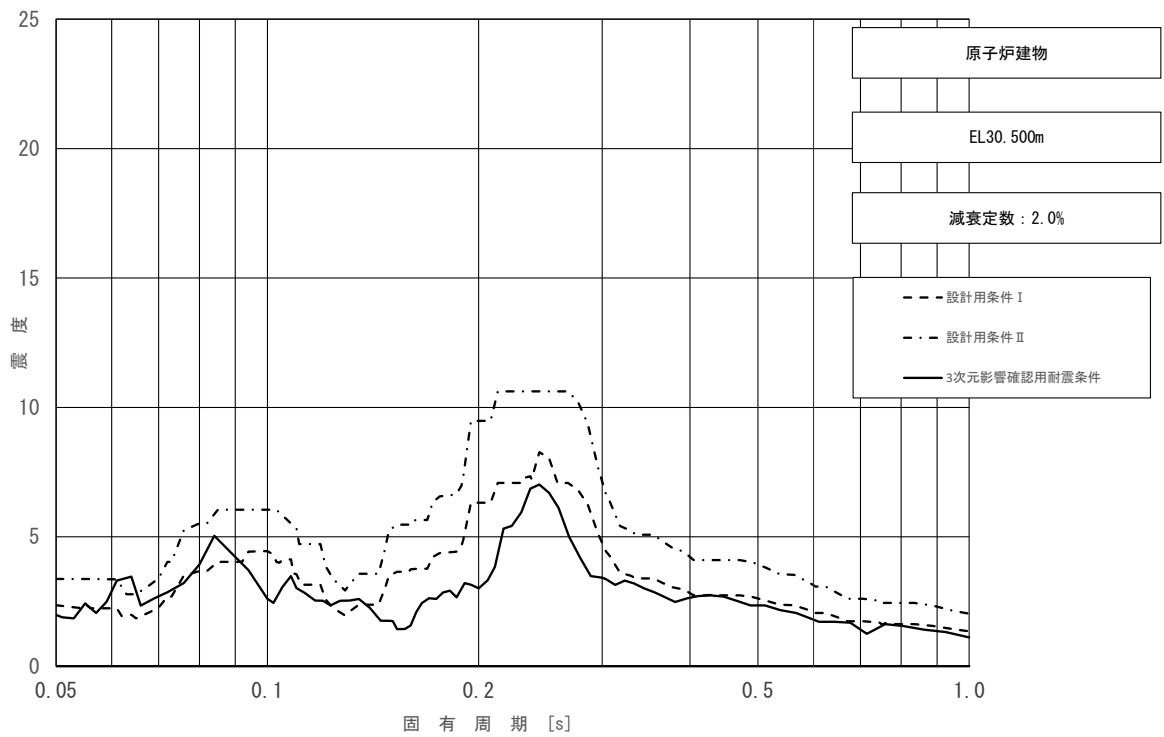


図 3-1 (5/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS): 原子炉建物 EL30.500m)

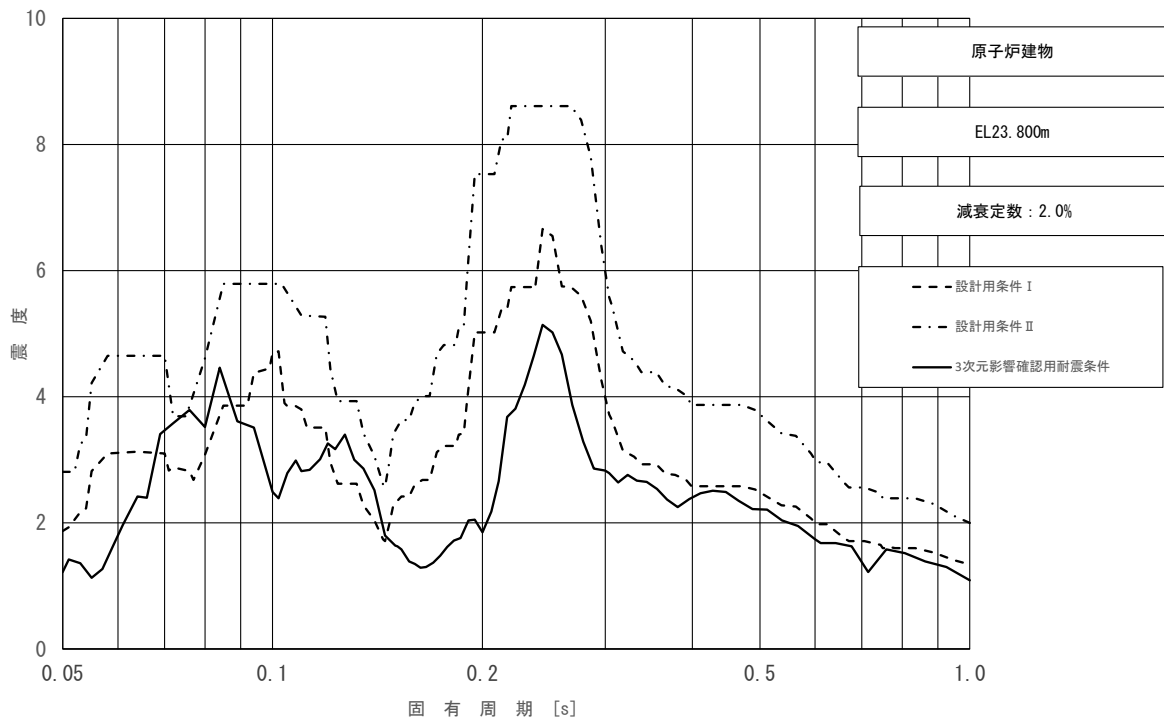


図 3-1 (6/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS): 原子炉建物 EL23.800m)



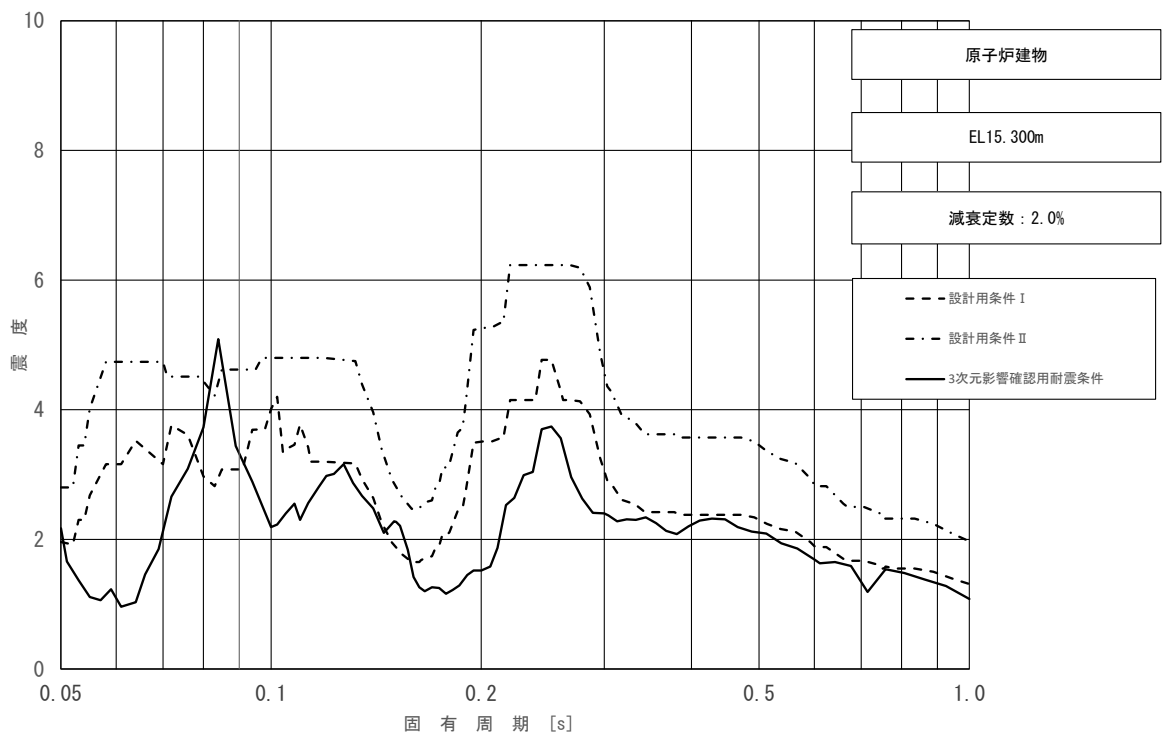


図 3-1 (7/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS): 原子炉建物 EL15.300m)

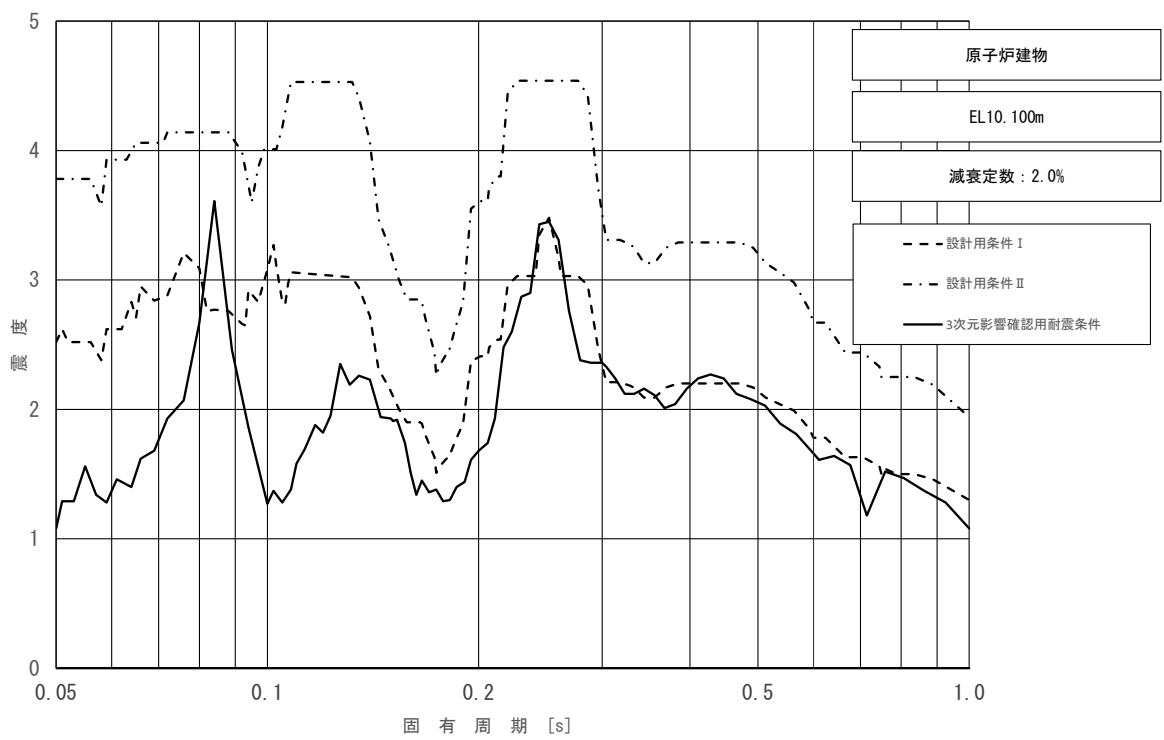


図 3-1 (8/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS): 原子炉建物 EL10.100m)

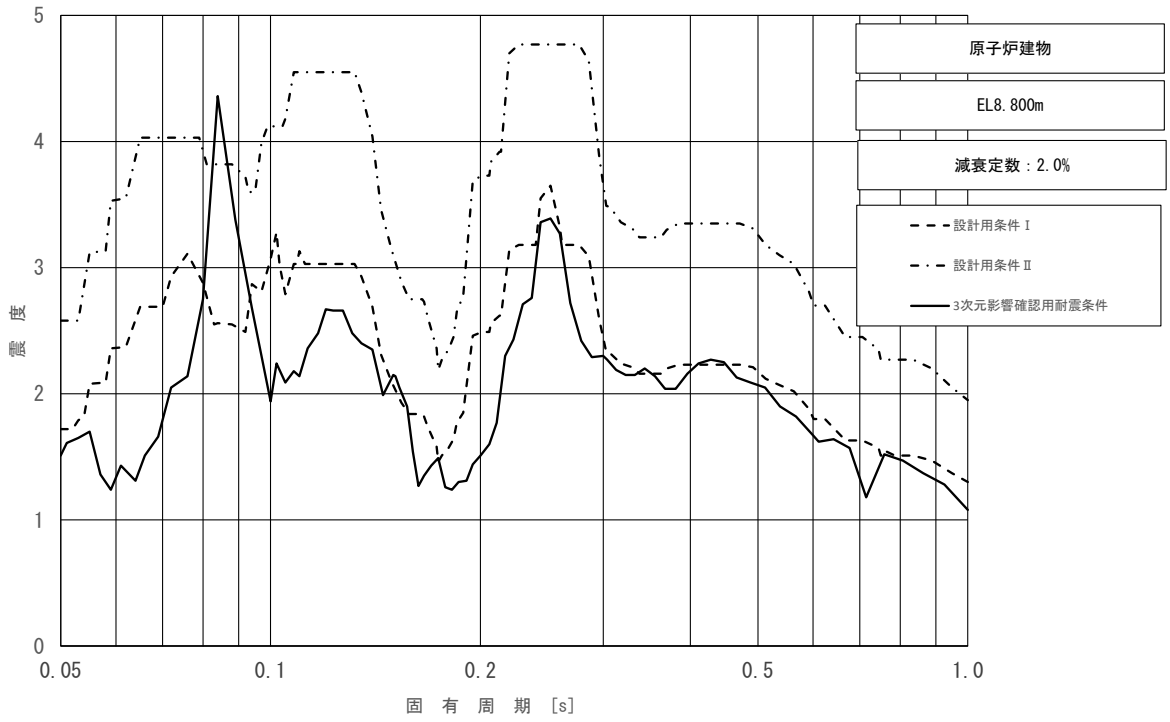


図 3-1 (9/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉建物 EL. 800m)

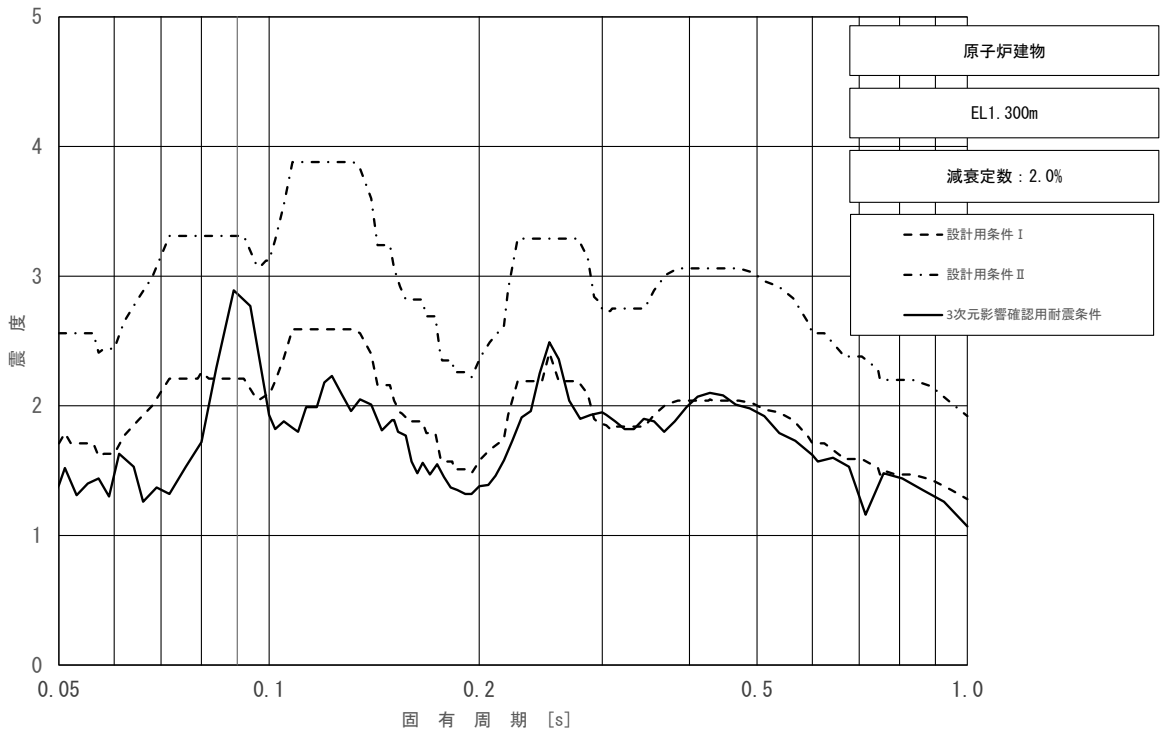


図 3-1 (10/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉建物 EL. 300m)

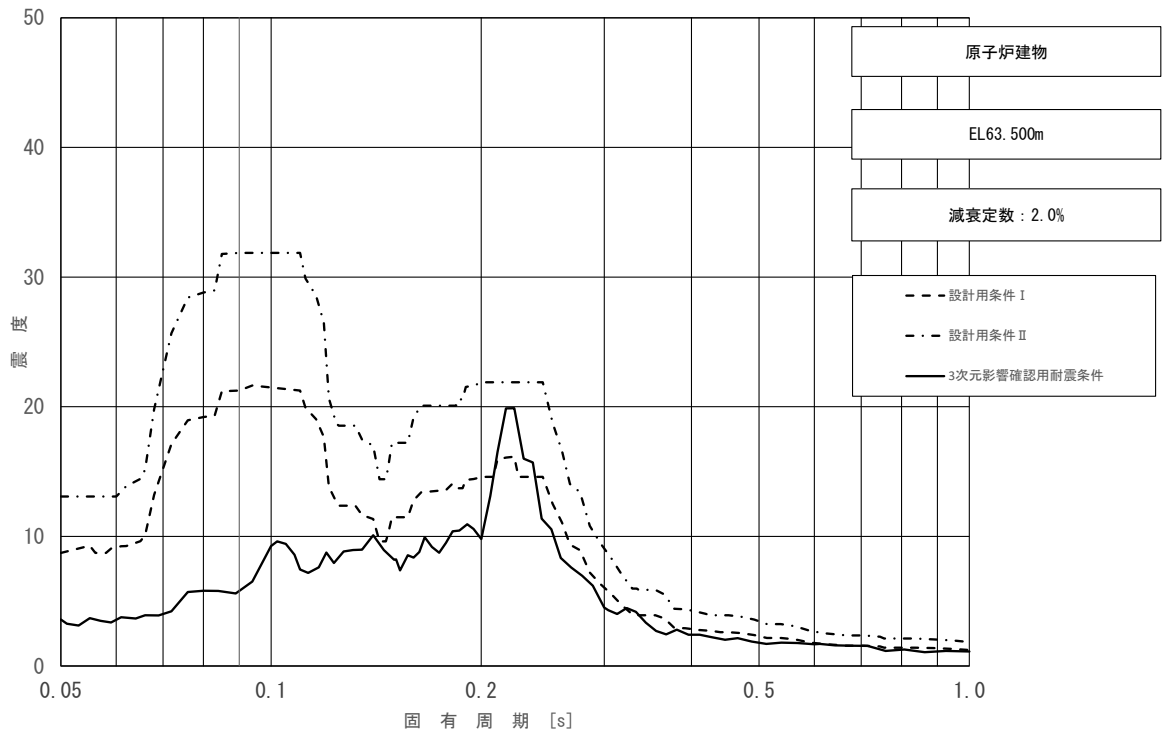


図 3-2 (1/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW): 原子炉建物 EL63.500m)

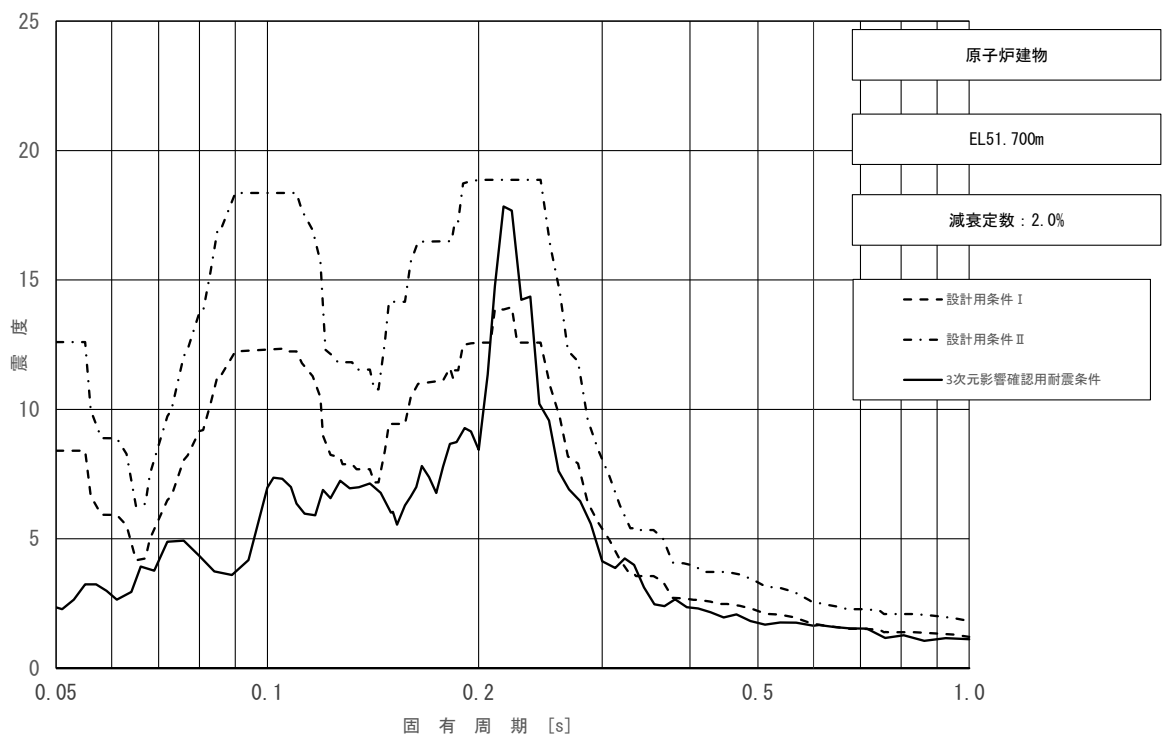


図 3-2 (2/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW): 原子炉建物 EL51.700m)

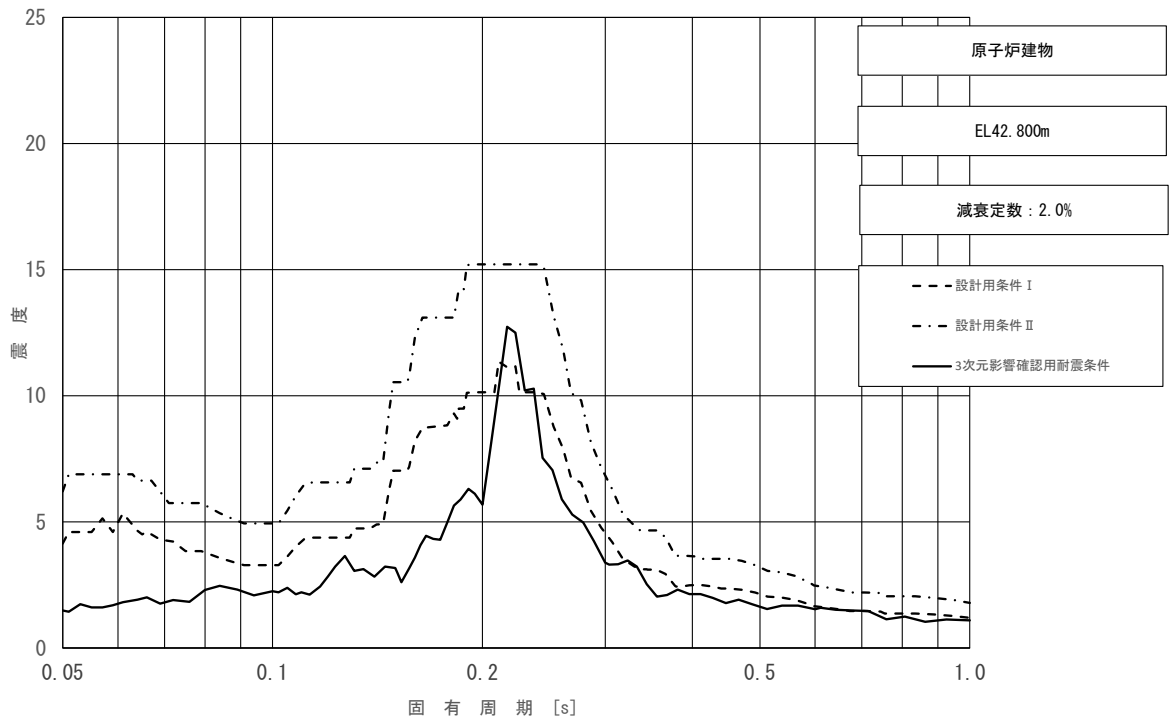


図 3-2 (3/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW): 原子炉建物 EL42.800m)

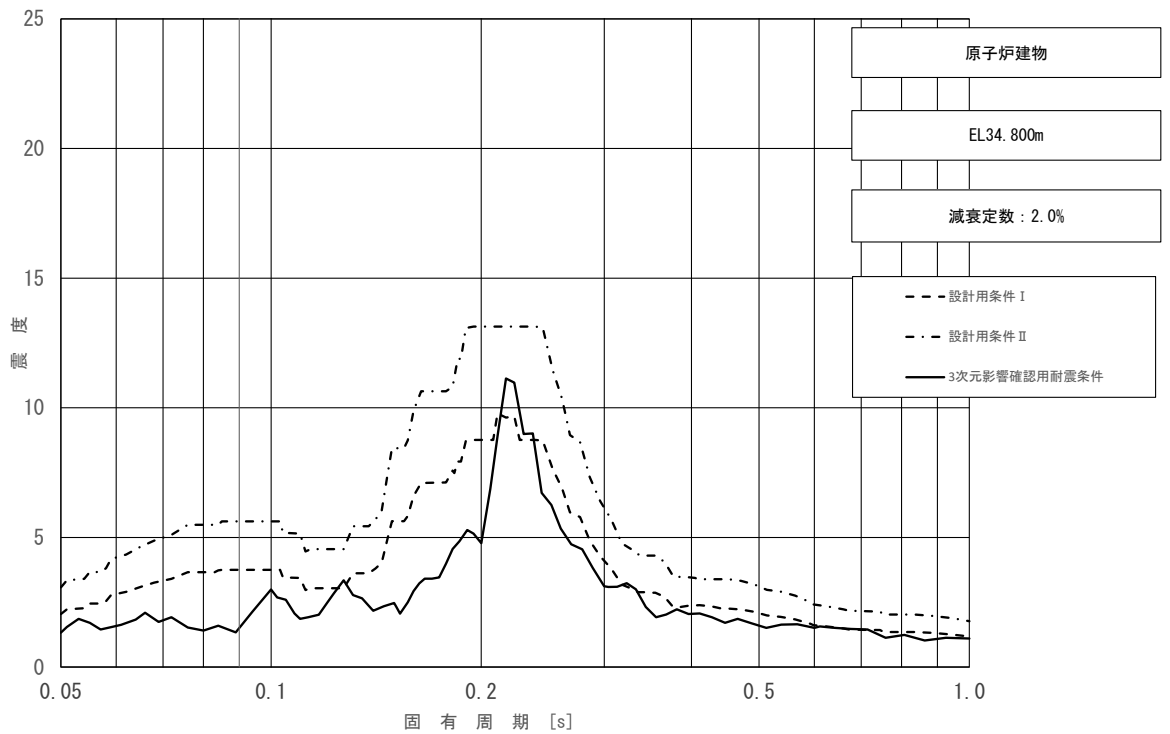


図 3-2 (4/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW): 原子炉建物 EL34.800m)

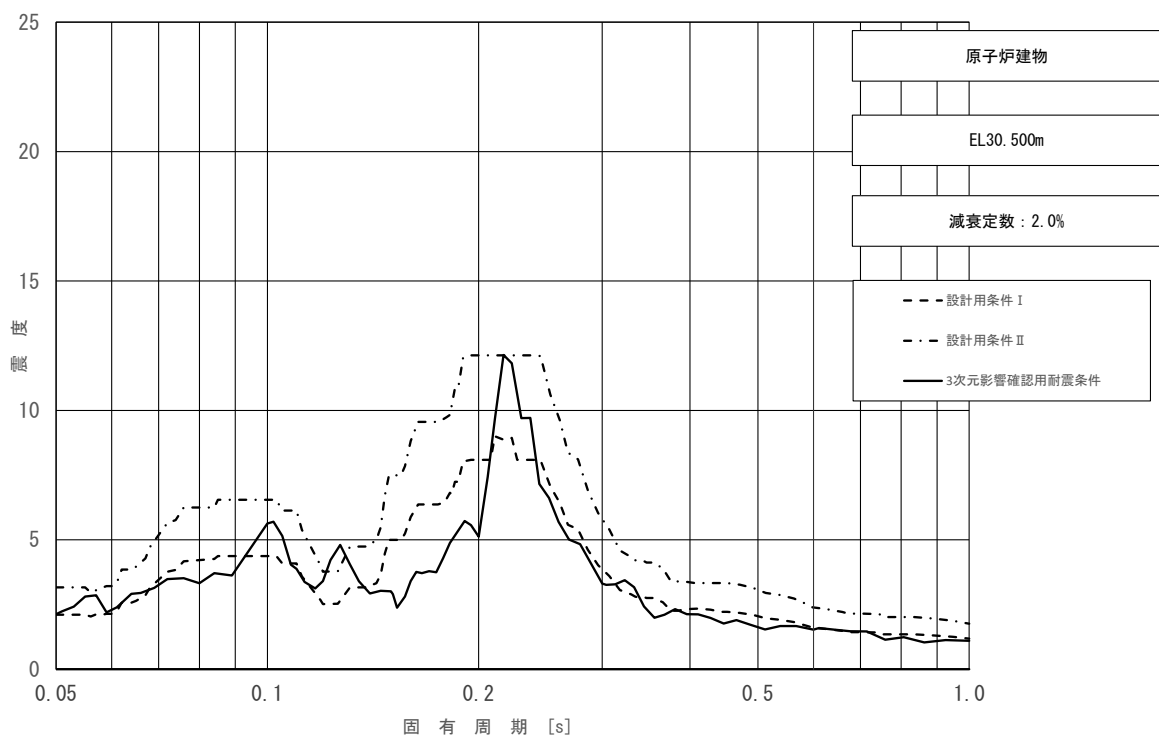


図 3-2 (5/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW): 原子炉建物 EL30.500m)

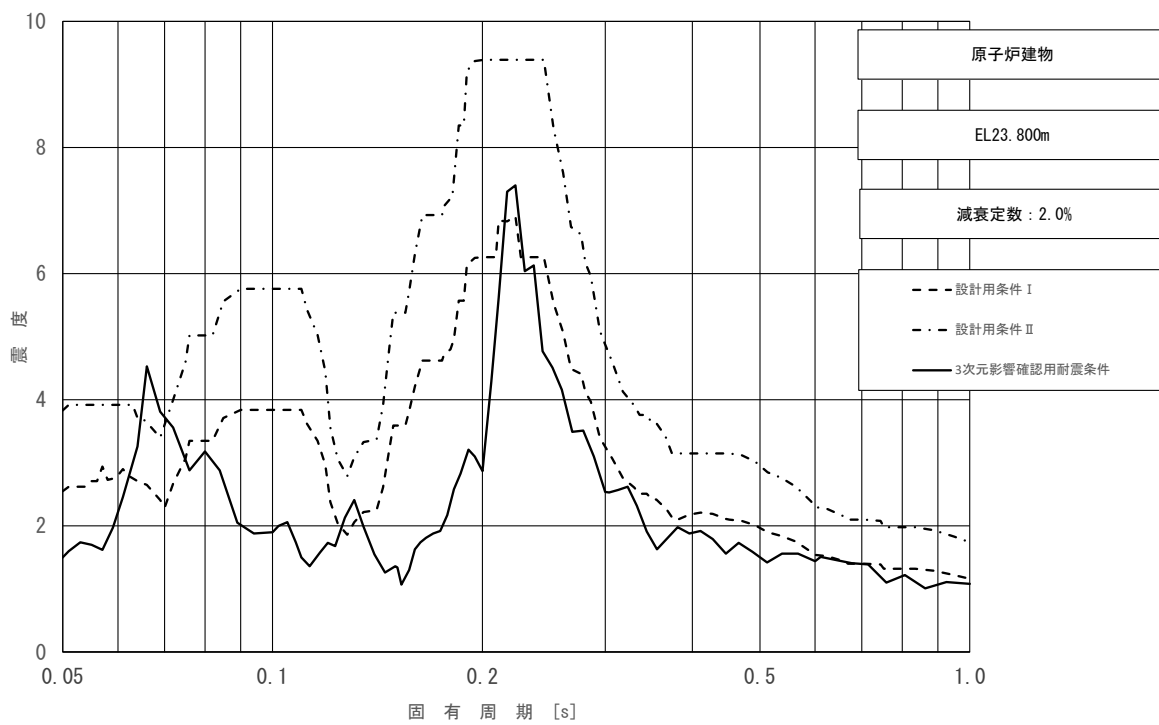


図 3-2 (6/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW): 原子炉建物 EL23.800m)

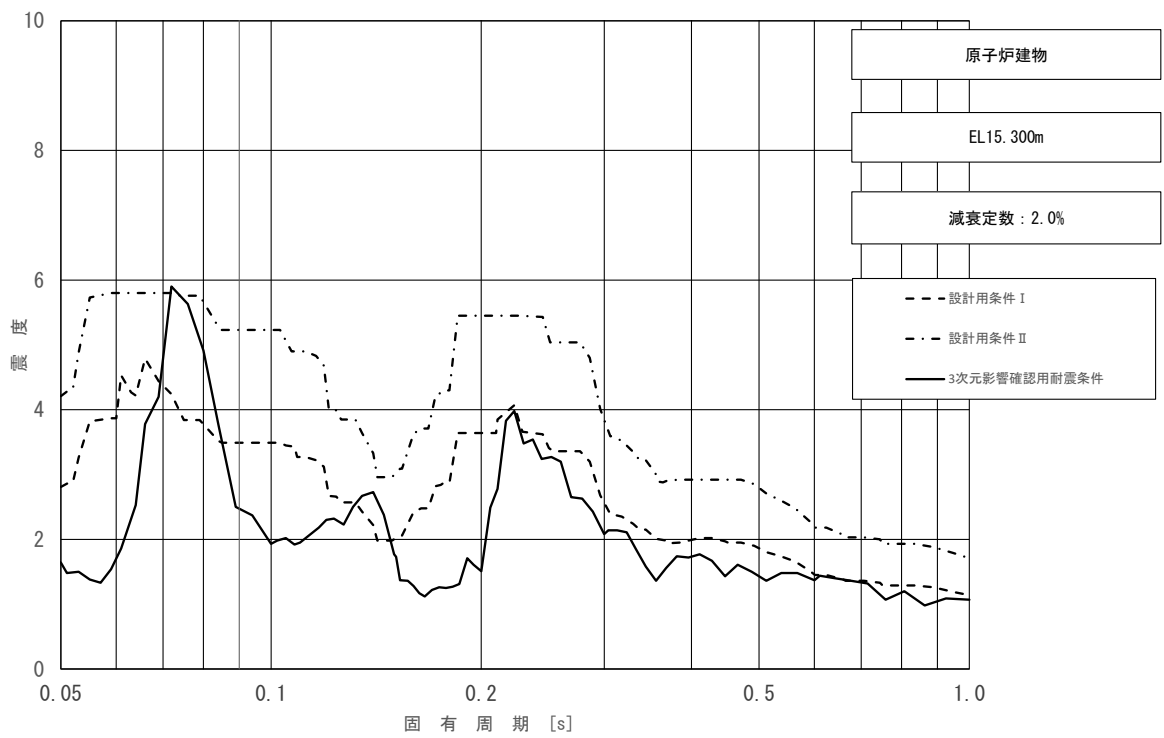


図 3-2 (7/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW): 原子炉建物 EL15.300m)

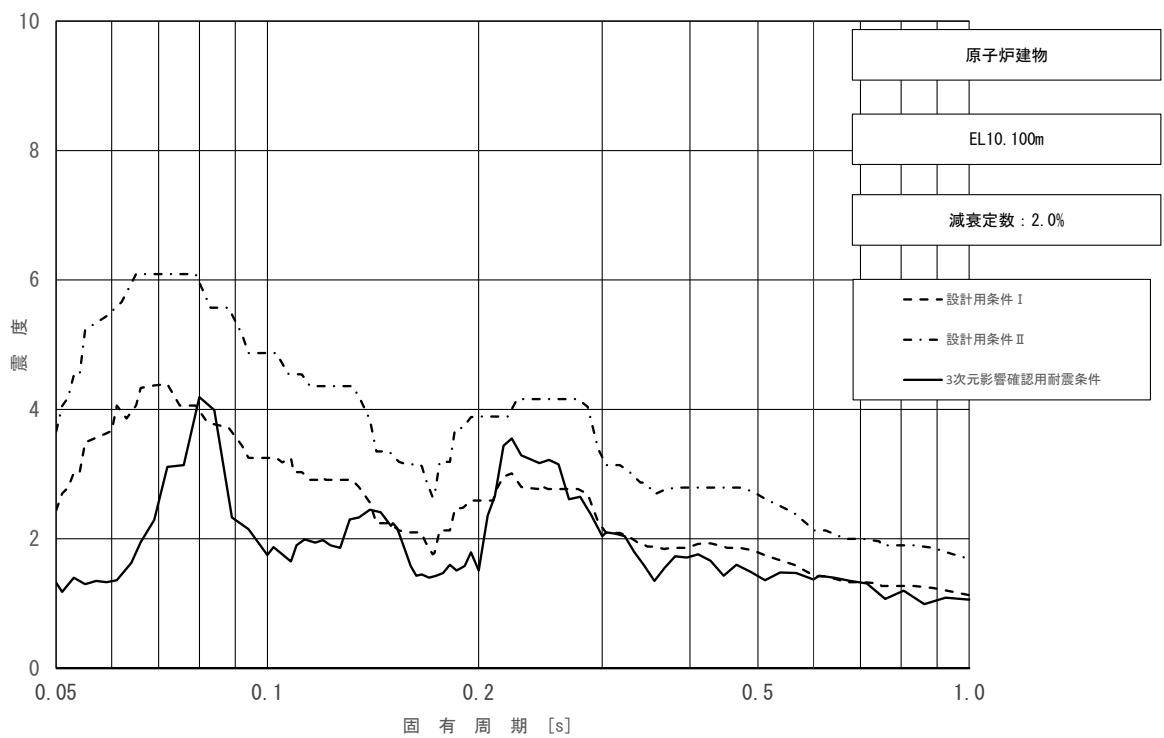


図 3-2 (8/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW): 原子炉建物 EL10.100m)

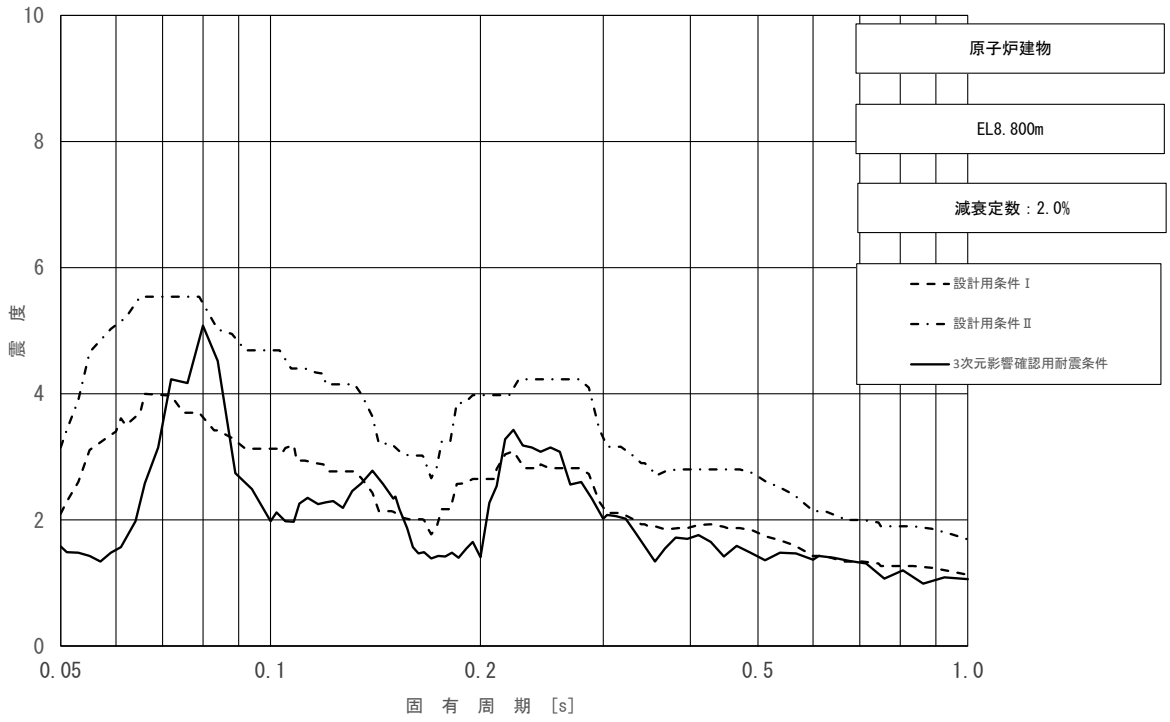


図 3-2 (9/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉建物 EL8.800m)

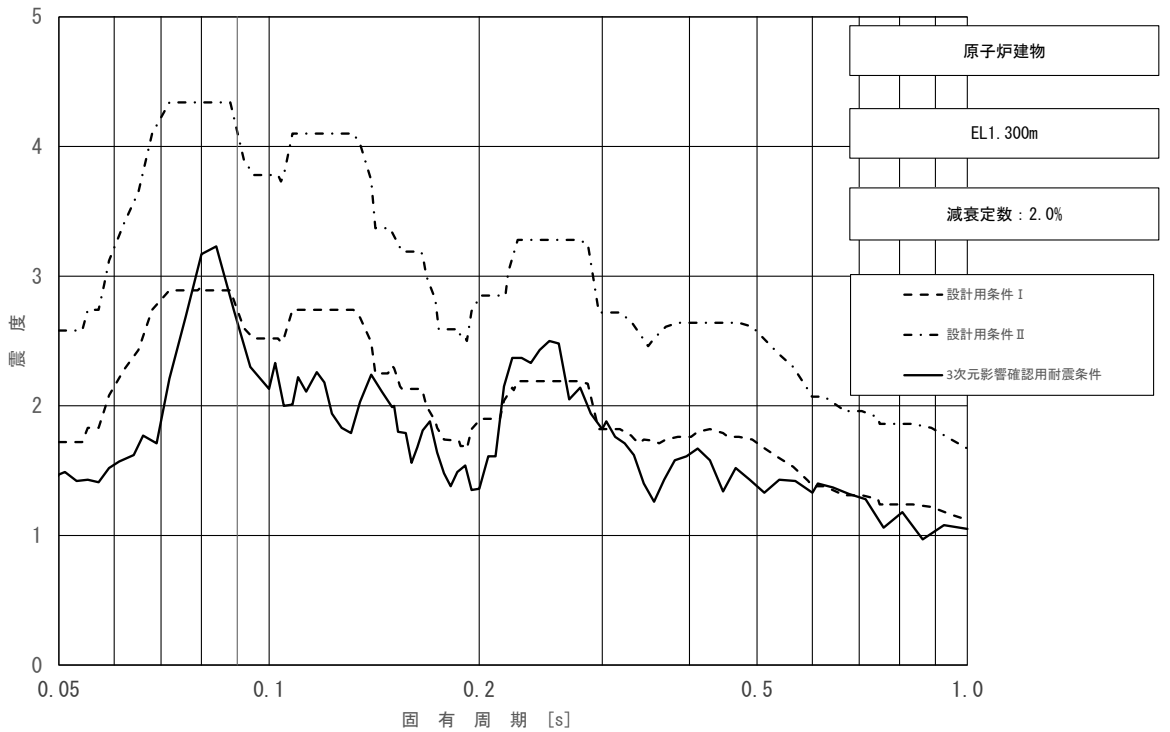


図 3-2 (10/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉建物 EL1.300m)

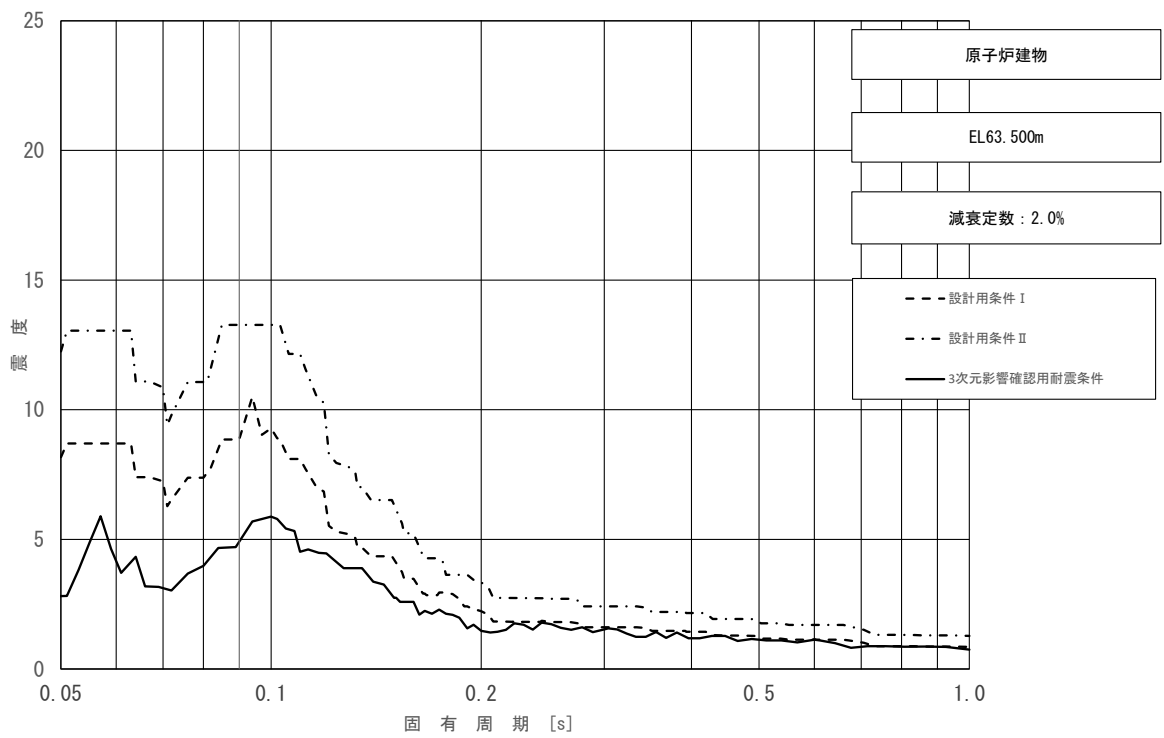


図 3-3 (1/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉建物 EL63.500m)

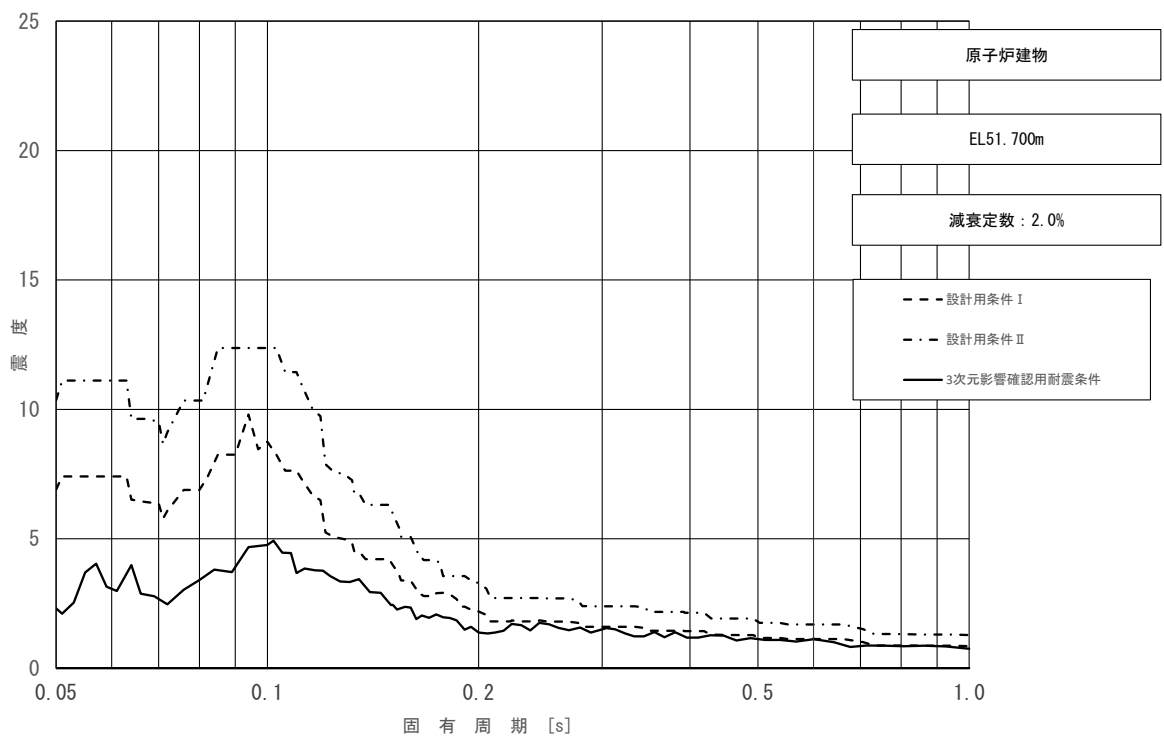


図 3-3 (2/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉建物 EL51.700m)



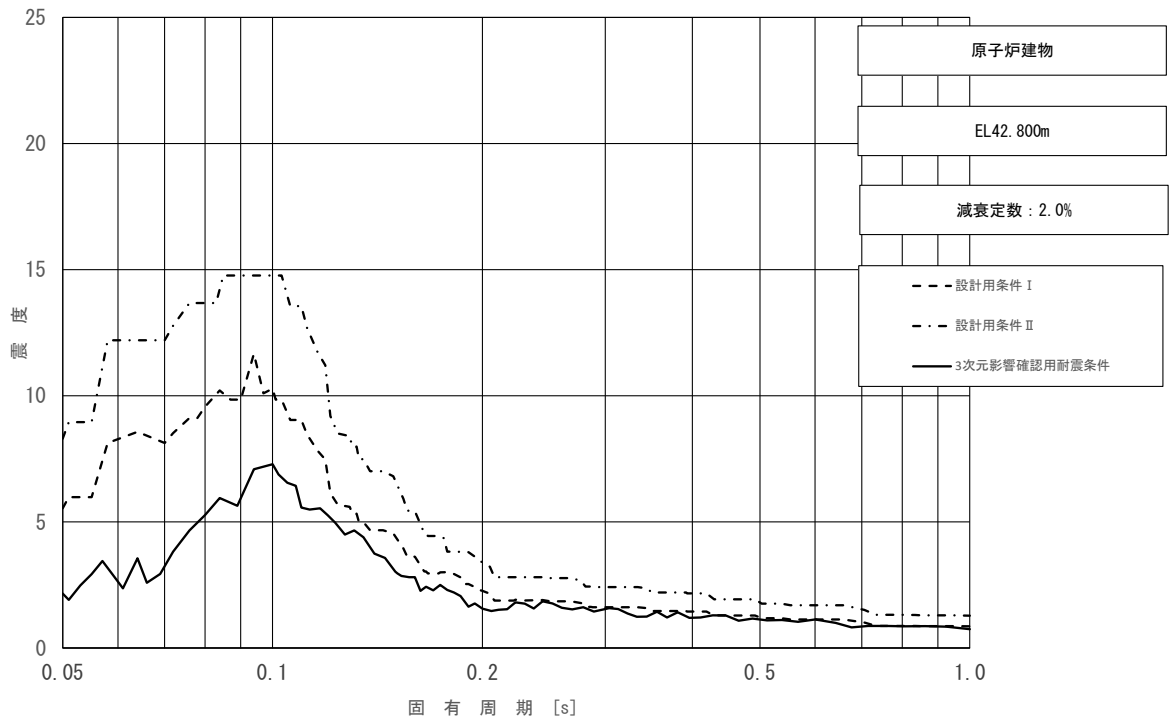


図 3-3 (3/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉建物 EL42.800m)

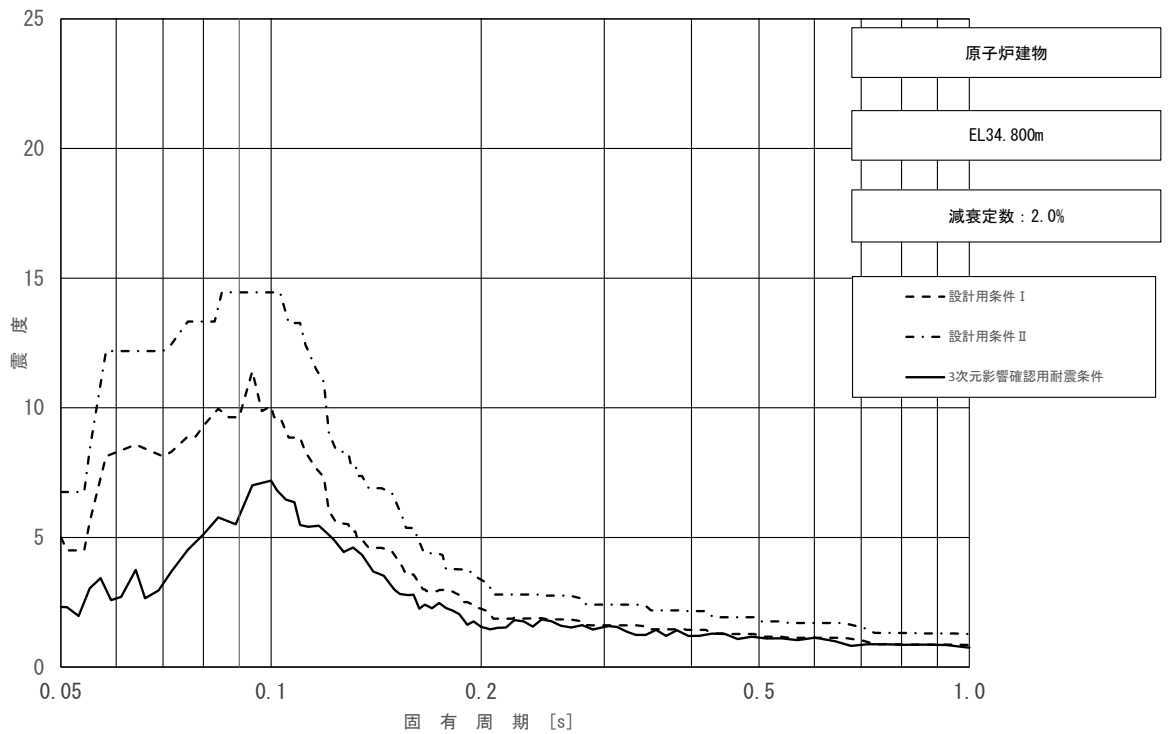


図 3-3 (4/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉建物 EL34.800m)

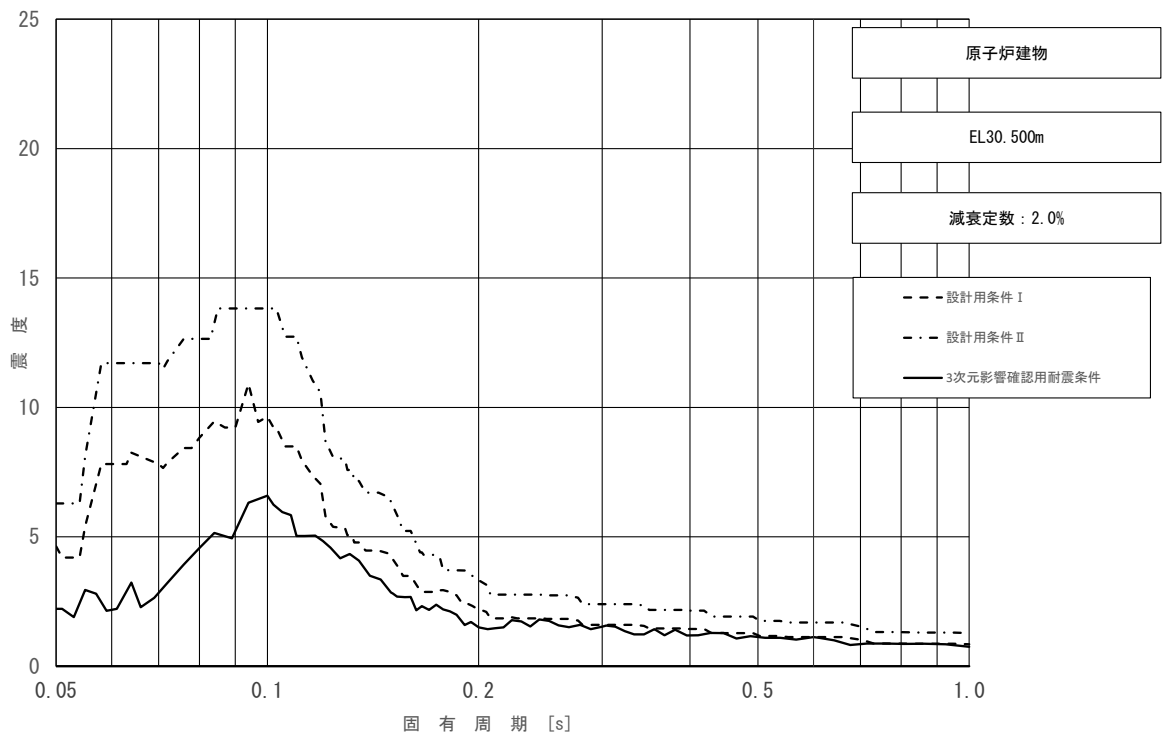


図 3-3 (5/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉建物 EL30.500m)

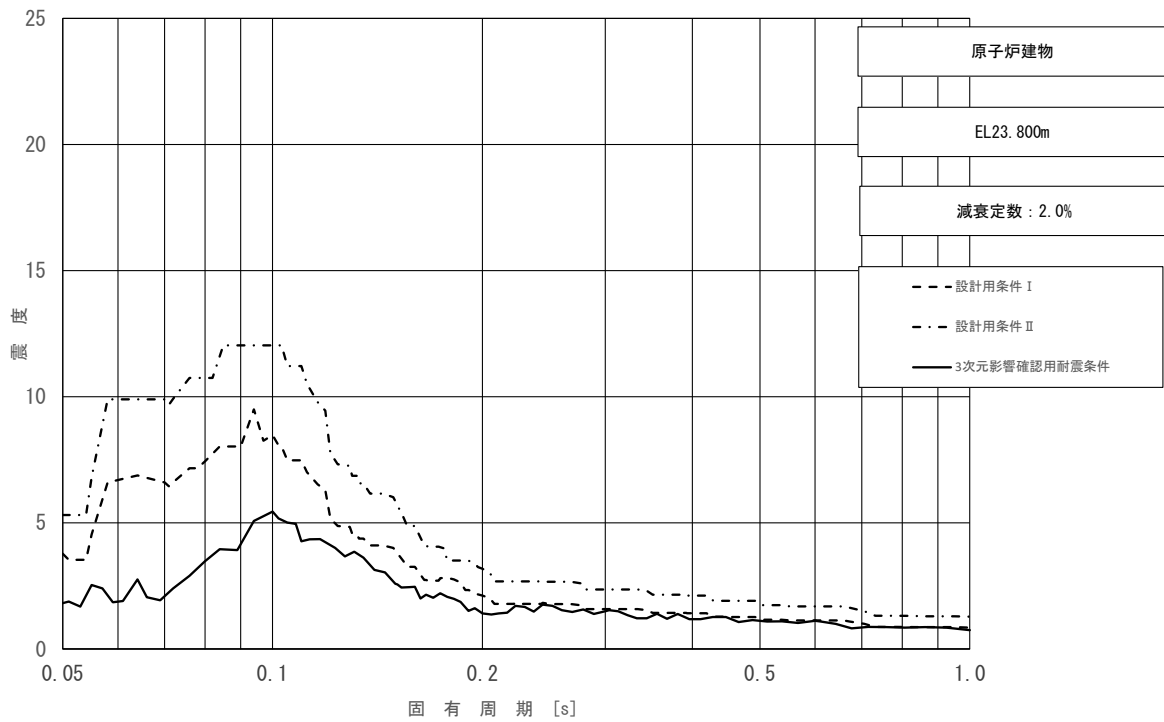


図 3-3 (6/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉建物 EL23.800m)

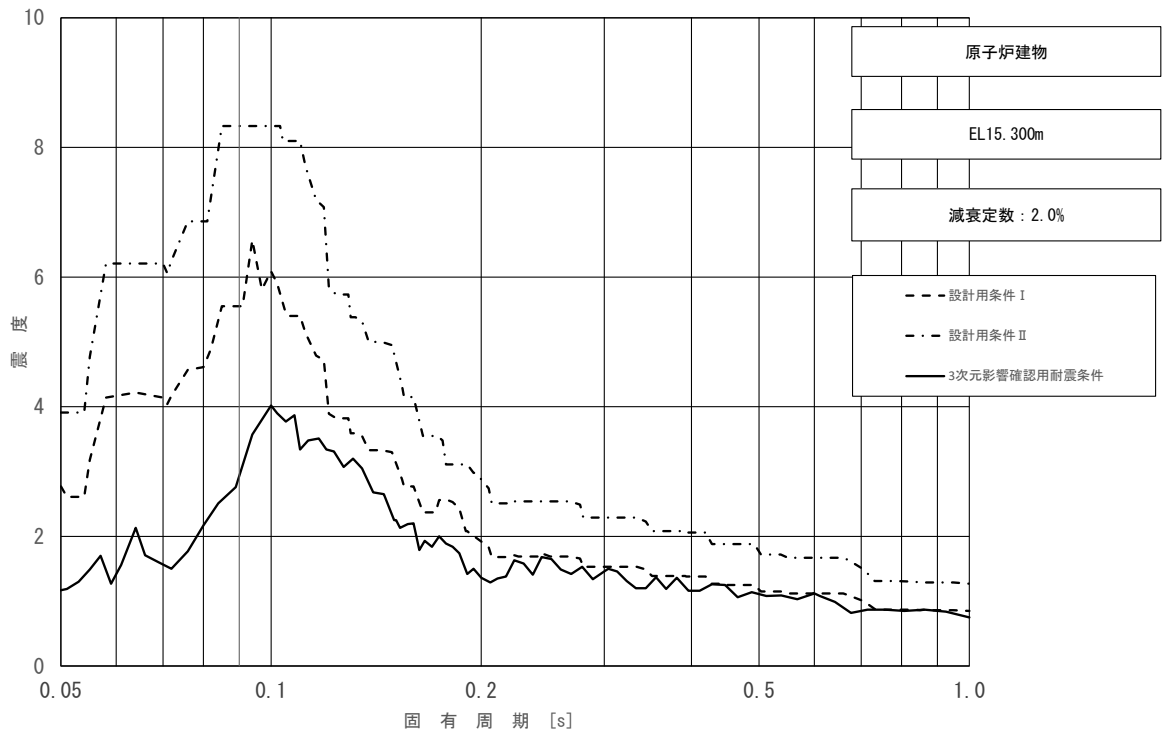


図 3-3 (7/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉建物 EL15.300m)

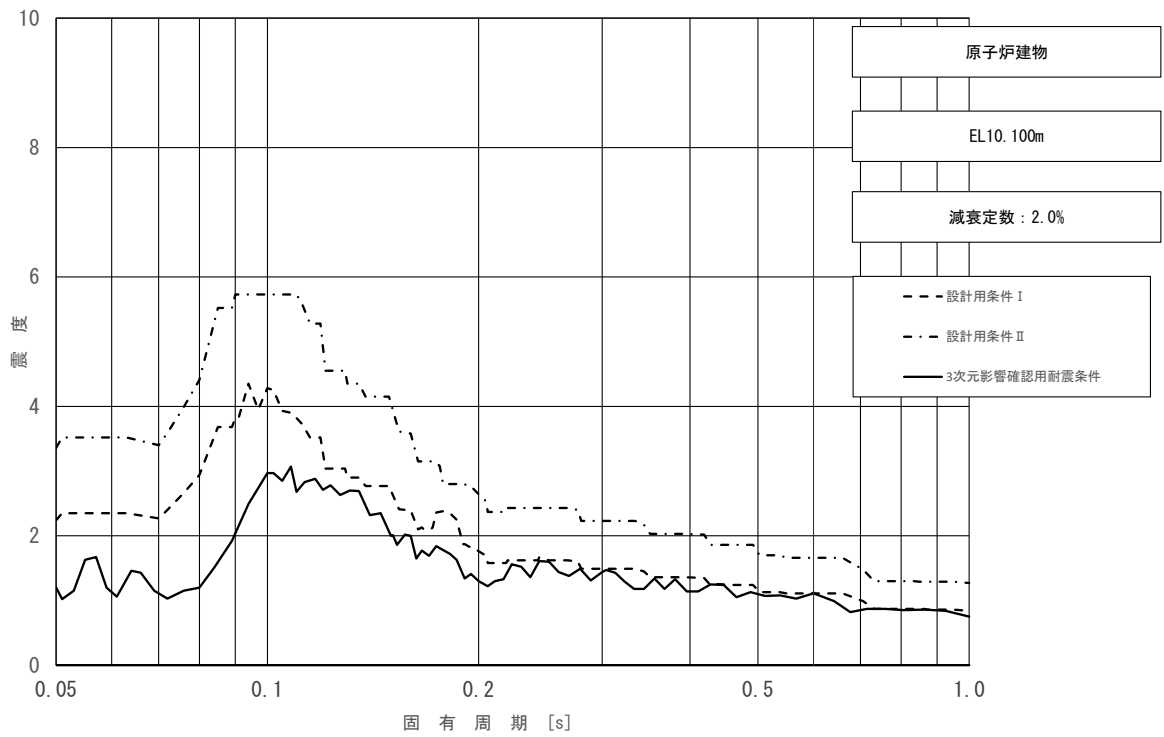


図 3-3 (8/10) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉建物 EL10.100m)

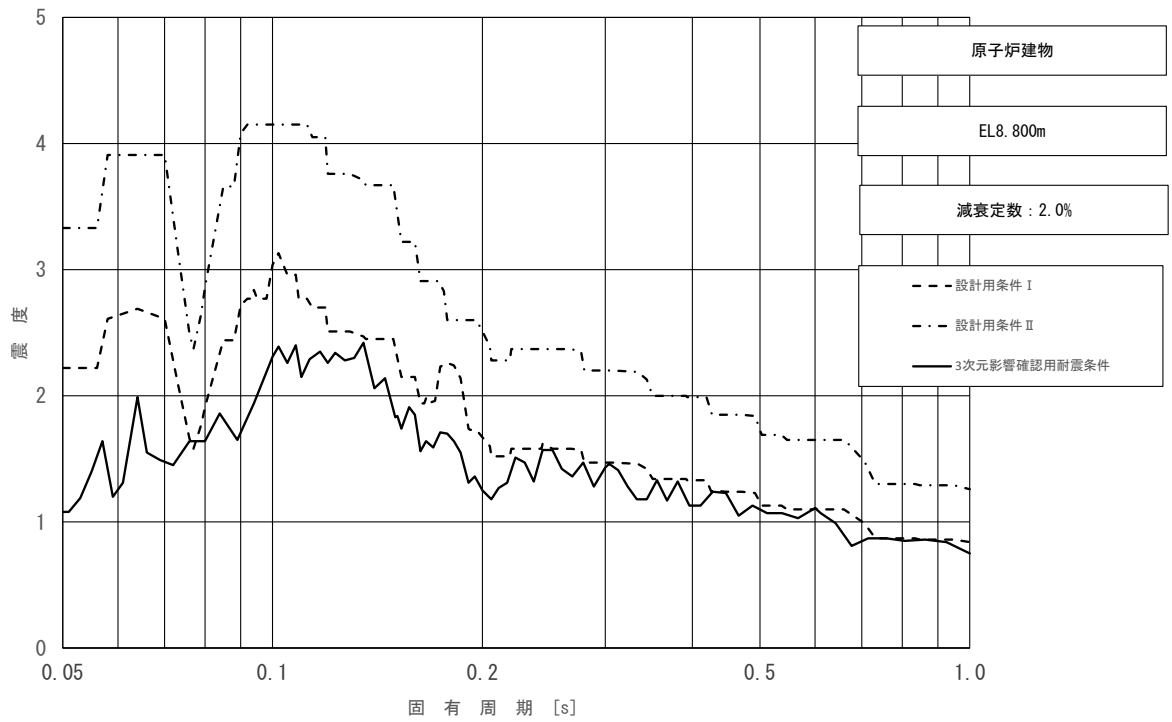


図 3-3 (9/10) 床応答スペクトル  
(基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉建物 EL. 800m)

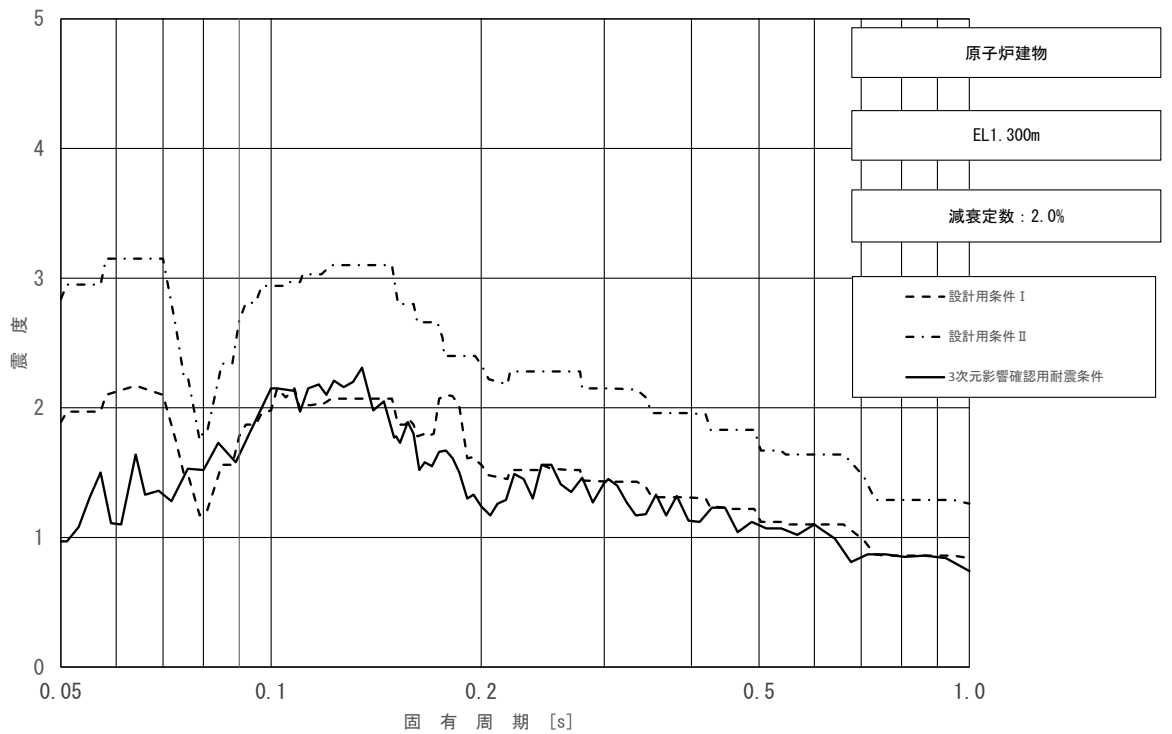


図 3-3 (10/10) 床応答スペクトル  
(基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉建物 EL. 300m)

#### 4. 検討結果

##### (1) 簡易評価結果

簡易評価の結果、一部の設備を除き、条件比率が設備の裕度以下となることを確認した。表4-1に条件比率が設備の裕度を上回った設備の簡易評価結果を示す。なお、配管の詳細評価対象は、評価に用いる各標高で裕度が最小となる配管を代表としている。

表 4-1 条件比率が設備の裕度を上回った設備の簡易評価結果

設備名称	評価部位	応力分類	耐震評価結果 (基準地震動 S s)			条件比率	刺激係数を 考慮した 条件比率	評価 結果	
			発生値*1 (MPa)	許容値 (MPa)	裕度				
配管 (RHR-R-2)	配管本体	一次+二次 応力	353	394	1.11	1.51 (図 4-1)	1.37	×	
配管 (ADS-R- 2SP)	配管本体	一次+二次 応力	260	300	1.15	1.23 (図 4-2)	1.20	×	
配管 (FCS-R-3)	配管本体	一次+二次 応力	466	438	0.93	1.64 (図 4-3)	1.28	×	
		疲労*2	0.6098*3	1	—				
配管 (NGC-R-1)	配管本体	一次+二次 応力	380	438	1.15	1.72 (図 4-4)	1.35	×	
サブプレッショ ンチェンバ	サブプレッショ ンチェンバ胴 エビ継部外側	一次+二次 応力	478	501	1.04	水平	1.25*4 (図 4-5)	1.25*4	×
						鉛直	0.50*4 (図 4-6)		
サブプレッショ ンチェンバサポート	ベースプレー ト (コンクリ ート反力側)	組合せ応力	251	298	1.18	水平	1.25*4 (図 4-5)	1.25*4	×
						鉛直	0.50*4 (図 4-6)		

注記\*1：一次+二次応力の発生値が許容値を上回った場合は疲労評価を実施する。

\*2：単位は無次元

\*3：疲労評価には個別に設定する等価繰返し回数  回（基準地震動 S s）を適用する。

\*4：水平方向と鉛直方向で地震応答解析モデルが異なるため、各解析モデルにおける条件比率を示す。

(2) 詳細評価結果

簡易評価において条件比率が設備の裕度を上回った6設備に対して詳細評価を行った結果、発生値が許容値以下であることを確認した。表4-2に詳細評価結果を示す。

また、補足説明資料「補足-023-13 地震応答に影響を及ぼす不確かさ要因の整理」に基づき、詳細評価による発生値と耐震計算書に記載の発生値を比較し、対象設備の詳細評価による発生値が耐震計算書に記載の発生値を上回る設備は2設備であることを確認した。よって、この2設備の評価結果をVI-2-12「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に反映する。

表 4-2 条件比率が設備の裕度を上回った設備の詳細評価結果

設備名称	評価部位	応力分類	詳細評価結果						耐震計算書の発生値との比較		
			条件種別	構造物名	EL (m)	減衰定数 (%)	発生値*1 (MPa)	許容値 (MPa)	評価結果*7	発生値 (MPa)	比較結果*8
配管 (RHR-R-2)	配管本体	一次+二次応力	FRS	原子炉建物			270*9	394	○	353*9	○
配管 (ADS-R-2SP)	配管本体	一次+二次応力	FRS	原子炉建物			201*9	300	○	260*9	○
配管 (FCS-R-3)	配管本体	一次+二次応力	FRS	原子炉建物			457*9	438	○	466*9	○
		疲労*2	—	原子炉建物			0.5883*3,*9	1		0.6098*9	○
配管 (NGC-R-1)	配管本体	一次+二次応力	FRS	原子炉建物			374*9	438	○	380*9	○
サブプレッショ ンチェンバ	サブプレッ ションチェン バ胴エビ継 部外側	一次+二次 応力	FRS	原子炉 建物	1.3	1.0	598*4	501	○	478	×
		疲労*2	—	原子炉 建物	1.3	1.0	0.1465*5	1		—	
サブプレッショ ンチェンバサ ポート	ベースプレ ート (コンクリ ート反力 側)	組合せ 応力	FRS	原子炉 建物	1.3	1.0	298*6,*10	298	○	251	×

注記\*1：一次+二次応力の発生値が許容値を上回った場合は疲労評価を実施する。

\*2：単位は無次元

\*3：疲労評価には個別に設定する等価繰返し回数    回（基準地震動 S s）を適用する。

\*4：水平方向の地震応答解析モデルにおける条件比率を耐震計算書の発生応力に乗じて評価した結果を示す。

\*5：疲労評価には一律に設定する等価繰返し回数 150 回（基準地震動 S s）を適用する。

\*6：耐震計算書におけるサブプレッションチェンバサポートに作用する水平方向及び鉛直方向地震荷重（水平2方向及び鉛直方向入力による地震応答解析結果）に、水平方向（NS 方向及び EW 方向の最大）及び鉛直方向の条件比率を乗じた荷重を用いて評価した結果を示す。

\*7：詳細評価による発生値が許容値を上回らない場合は「○」

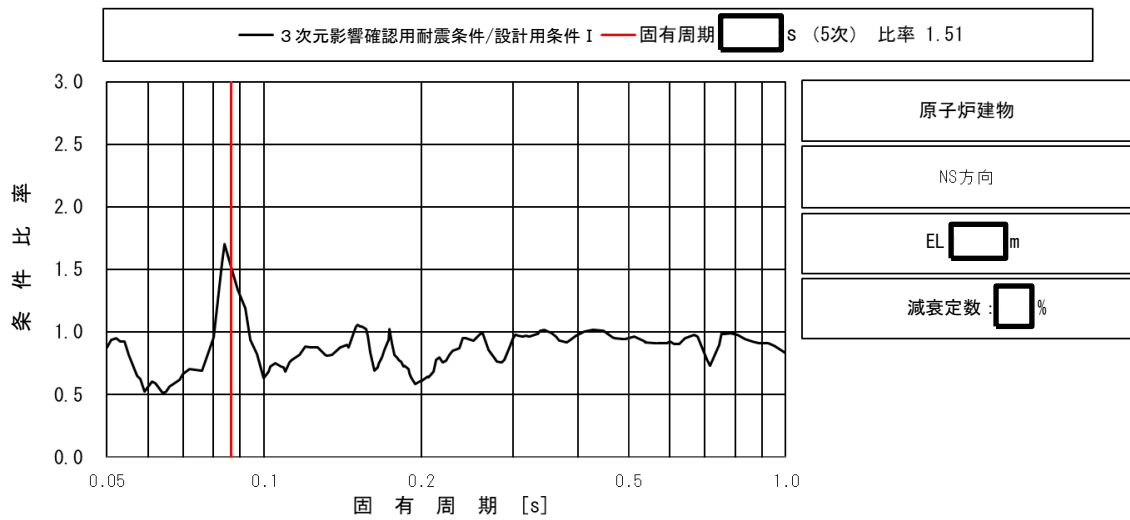
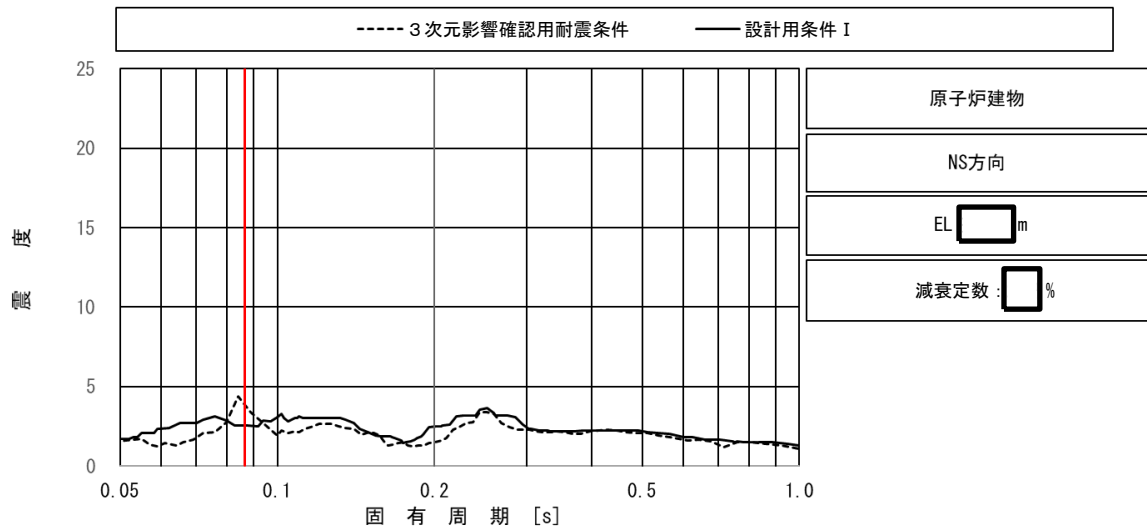
詳細評価による発生値が許容値を上回る場合は「×」を記載

\*8：詳細評価による発生値が耐震計算書に記載の発生値を上回らない場合は「○」

詳細評価による発生値が耐震計算書に記載の発生値を上回る場合は「×」を記載

\*9：主要な振動モードにおいて3次元影響確認用耐震条件が耐震計算に用いる設計条件を下回ることから詳細評価による発生値が耐震計算書に記載の発生値を下回った。

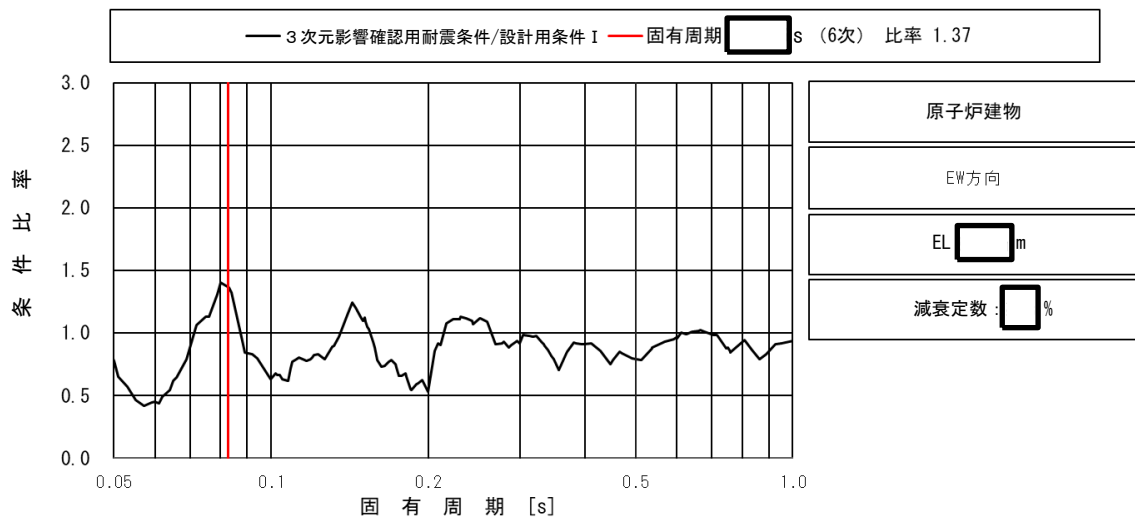
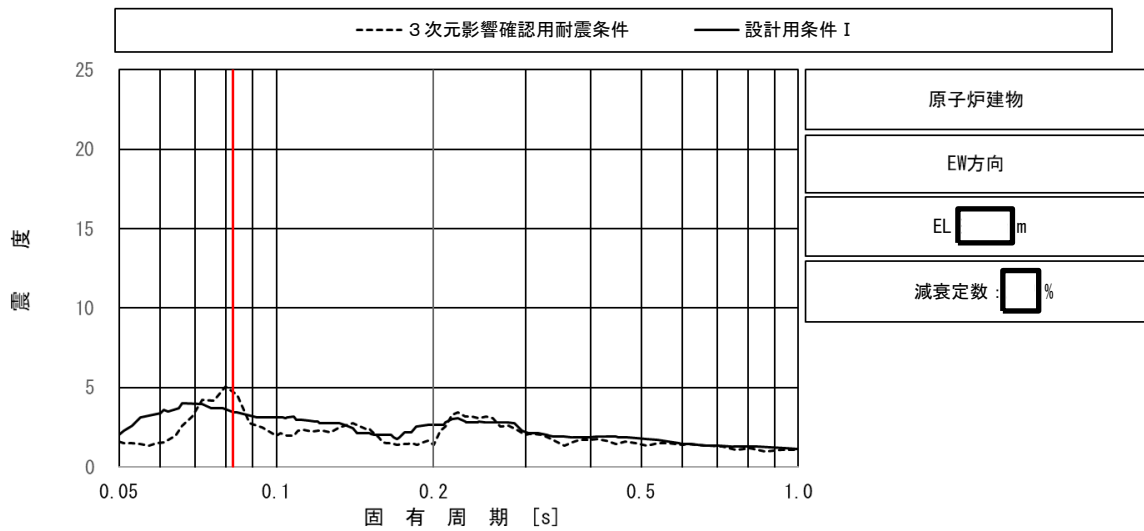
\*10：水平方向の条件比率には、NS 方向の条件比率 (1.04) 及び EW 方向の条件比率 (1.25) のうち、厳しい方の条件比率 (1.25) を適用している。このため、NS 方向の応答に対しては約 1.2 倍 (=1.25÷1.04) の余裕が考慮されており、保守的な条件が考慮されている。



上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

図 4-1 配管(RHR-R-2)の条件比率  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS), 原子炉建物 EL [ ] m) (1/3)

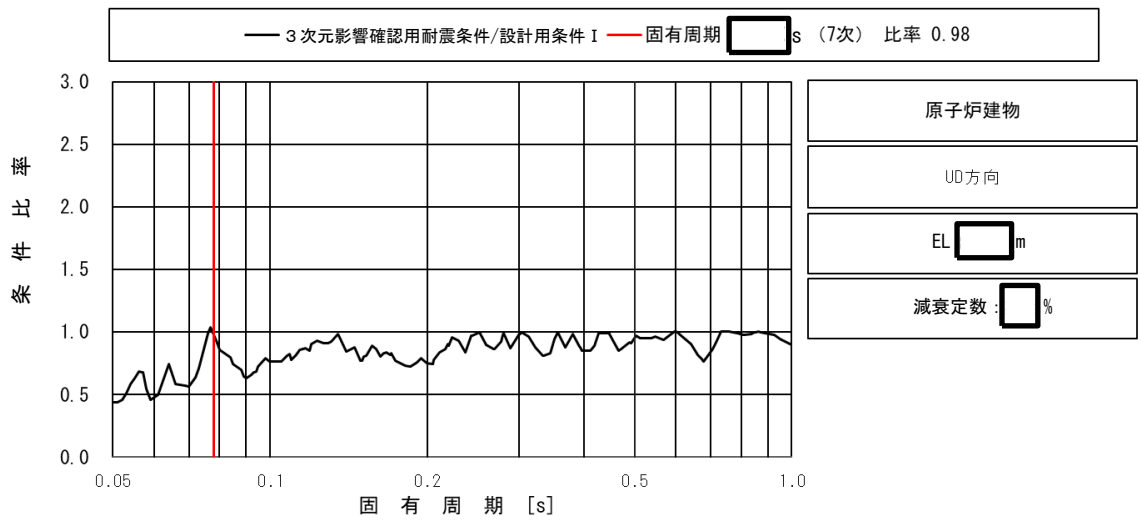
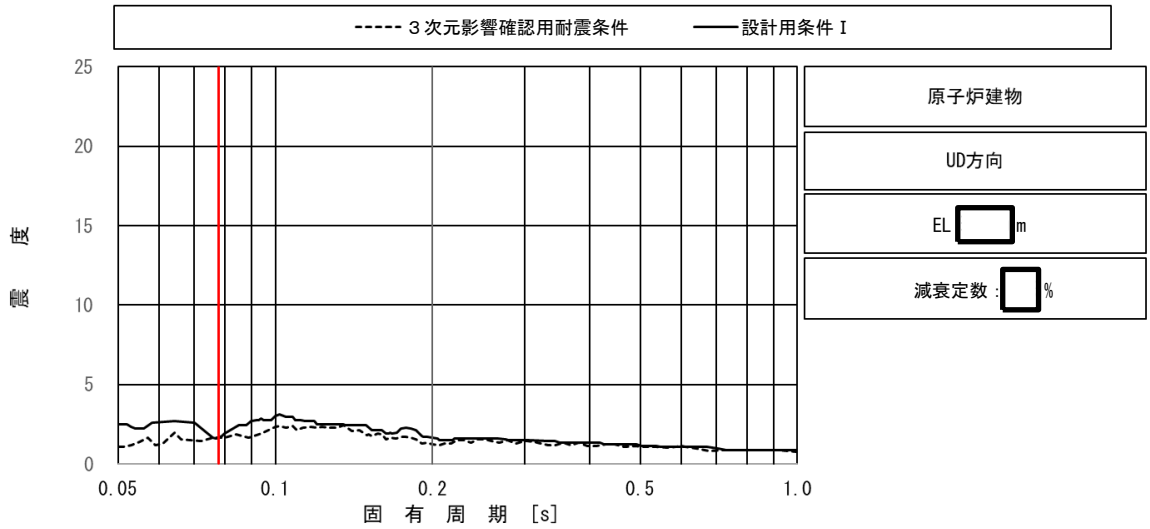


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

図 4-1 配管(RHR-R-2)の条件比率  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW), 原子炉建物 EL [ ] m) (2/3)

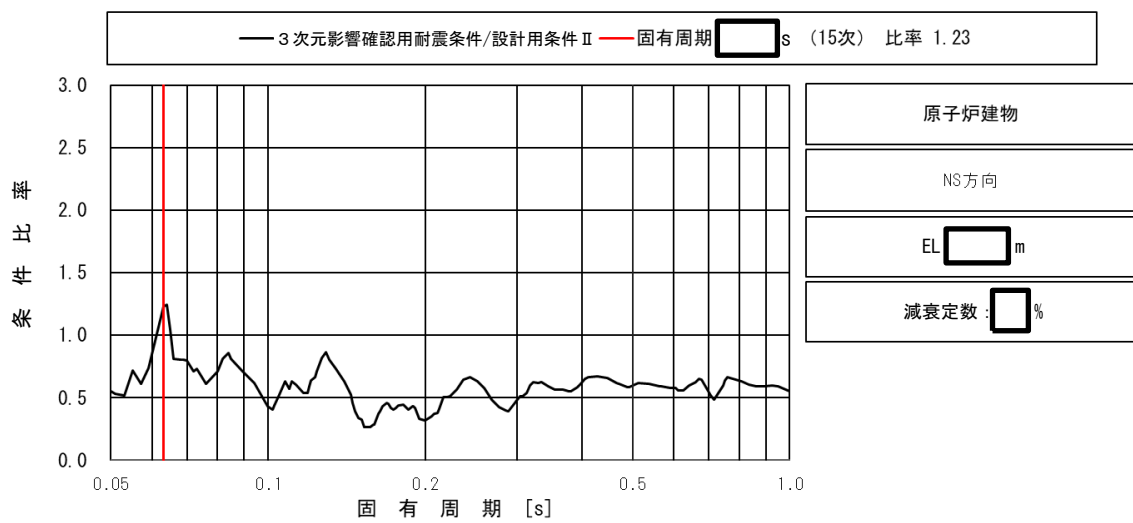
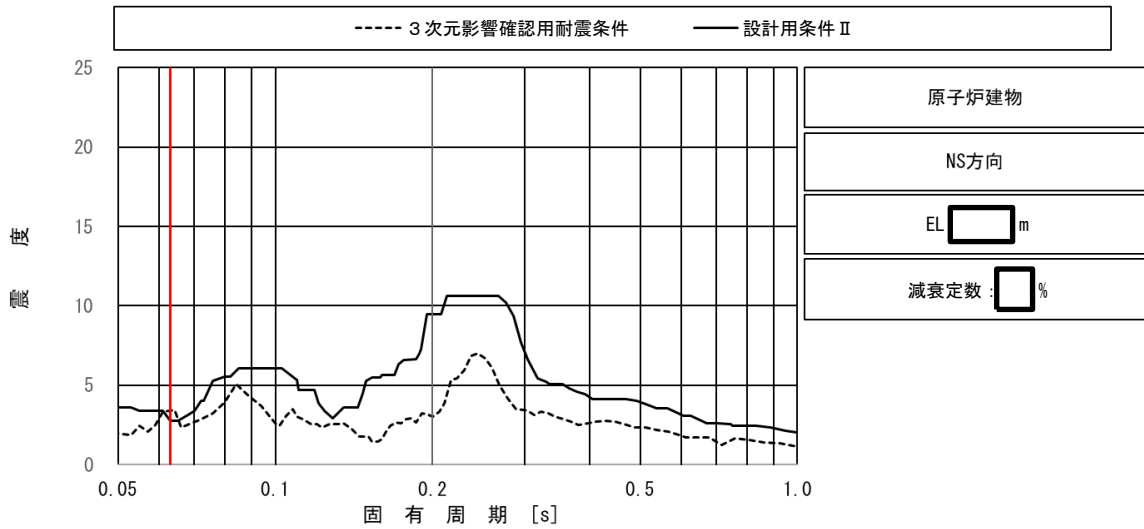




上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

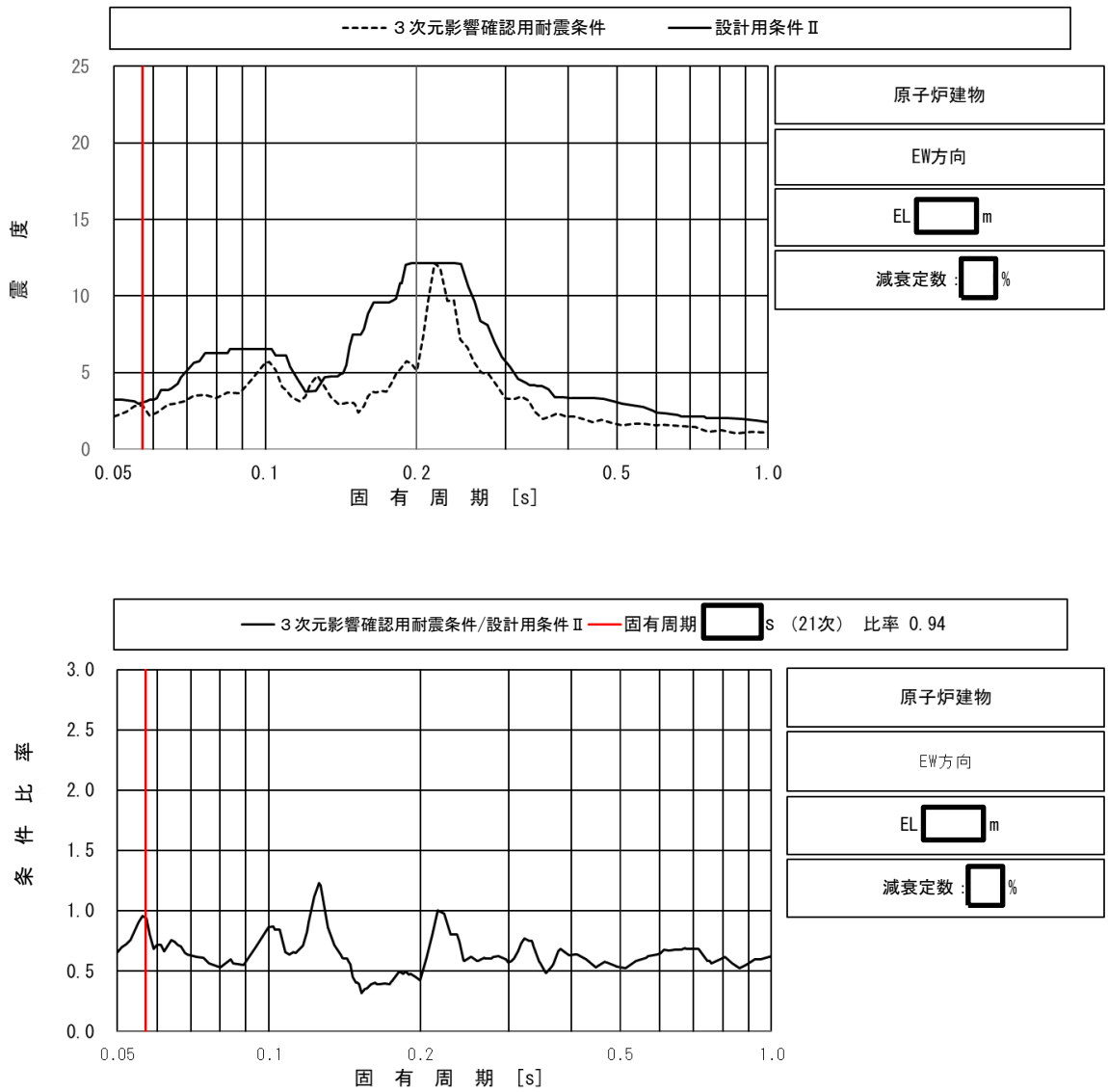
図 4-1 配管 (RHR-R-2) の条件比率  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向, 原子炉建物 EL [ ] m) (3/3)



上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

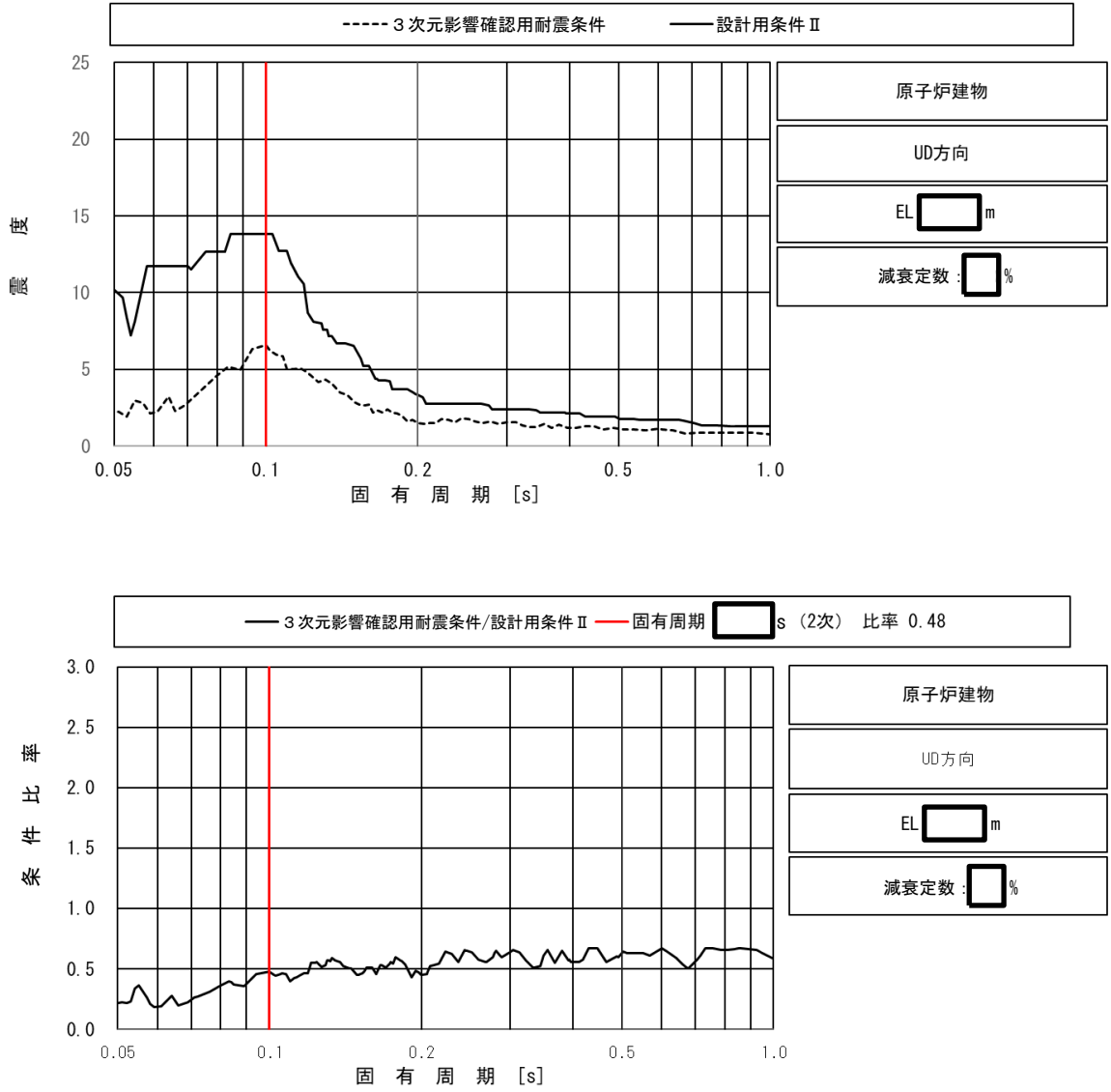
図4-2 配管(ADS-R-2SP)の条件比率  
(基準地震動  $S_s$ , 水平方向(NS), 原子炉建物 EL [ ] m) (1/3)



上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

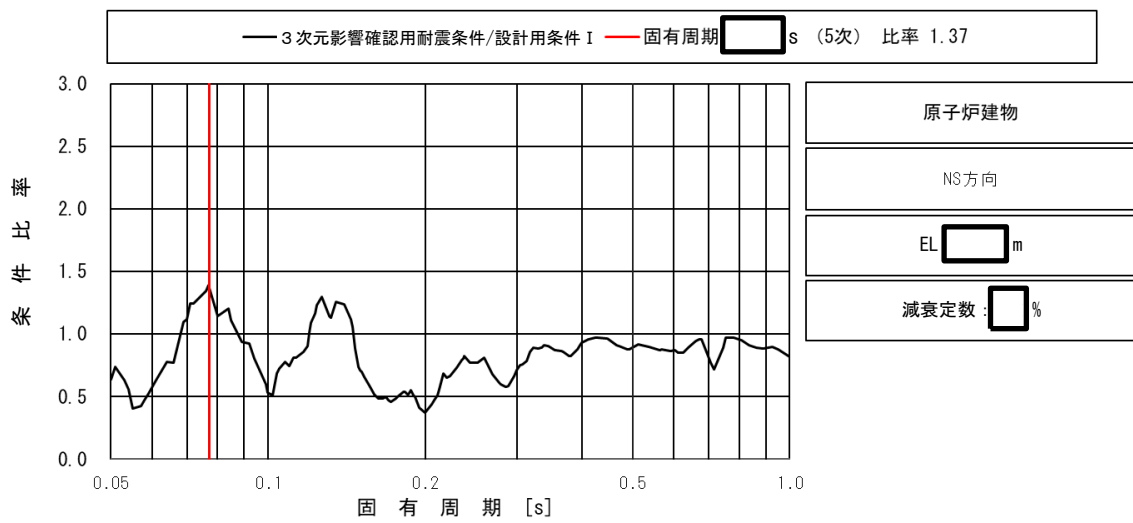
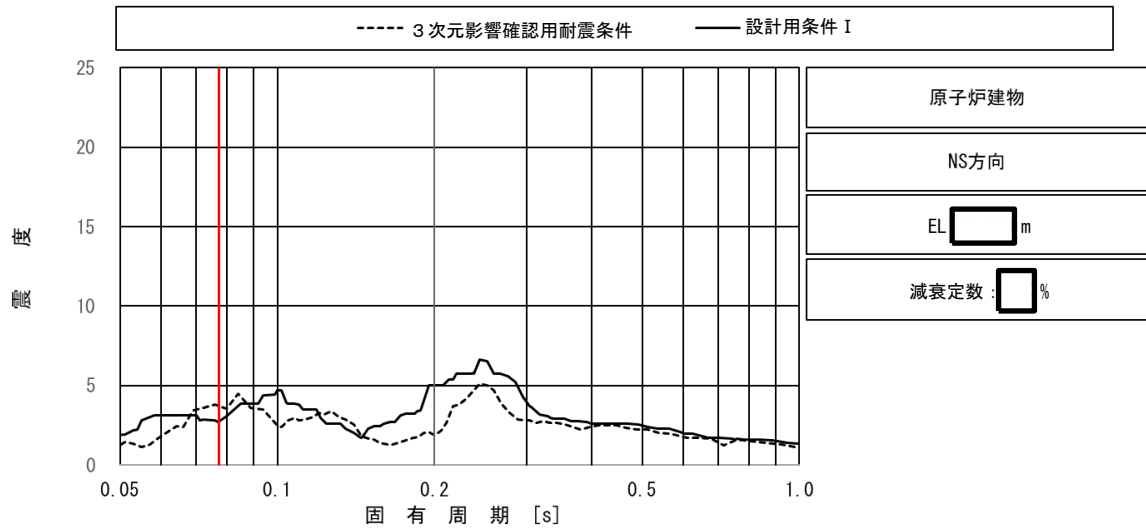
図 4-2 配管 (ADS-R-2SP) の条件比率  
 (基準地震動  $S$  s, 水平方向 (EW), 原子炉建物 EL [ ] m) (2/3)



上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

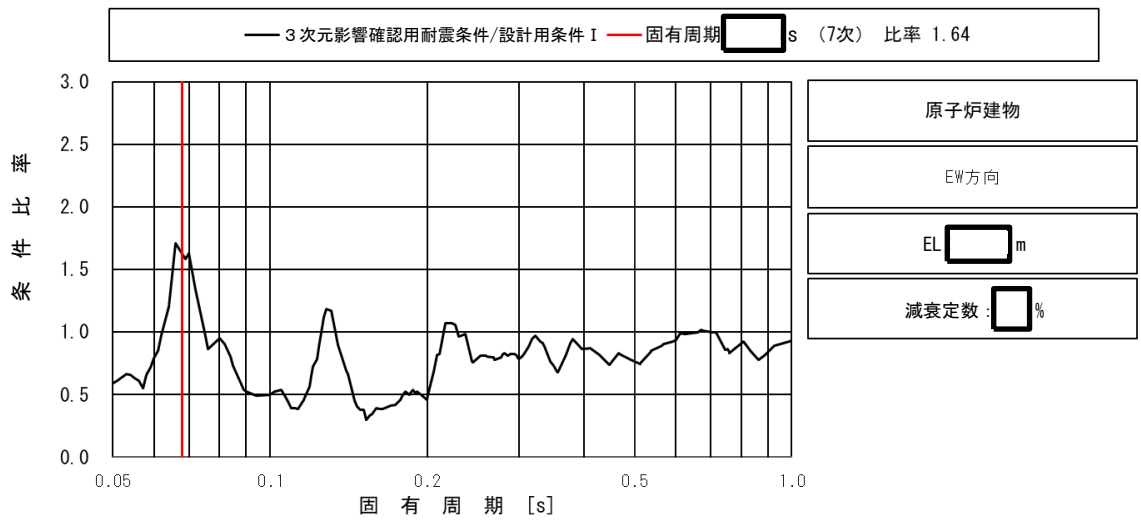
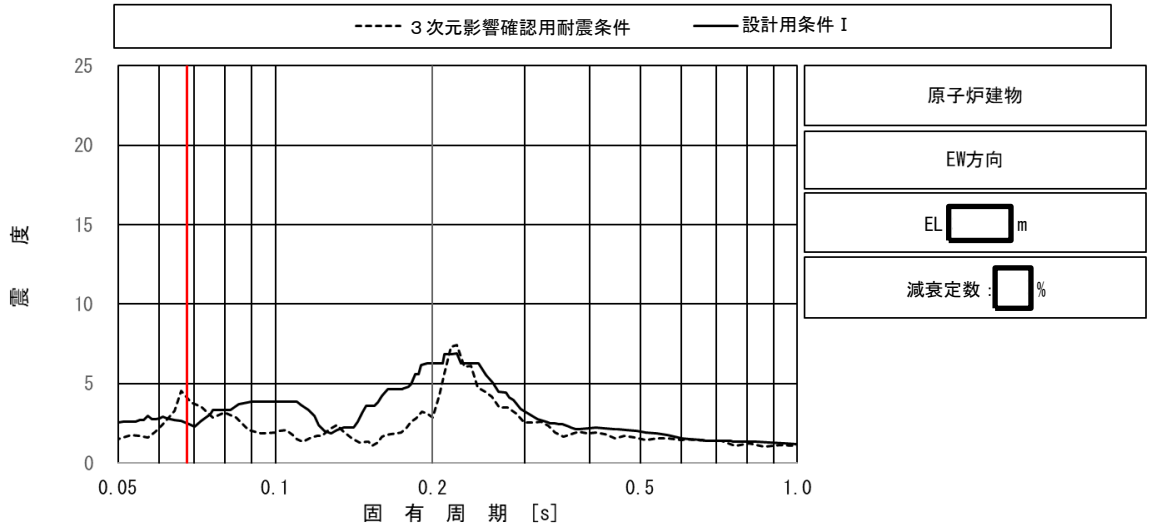
図 4-2 配管 (ADS-R-2SP) の条件比率  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向, 原子炉建物 EL [ ] m) (3/3)



上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

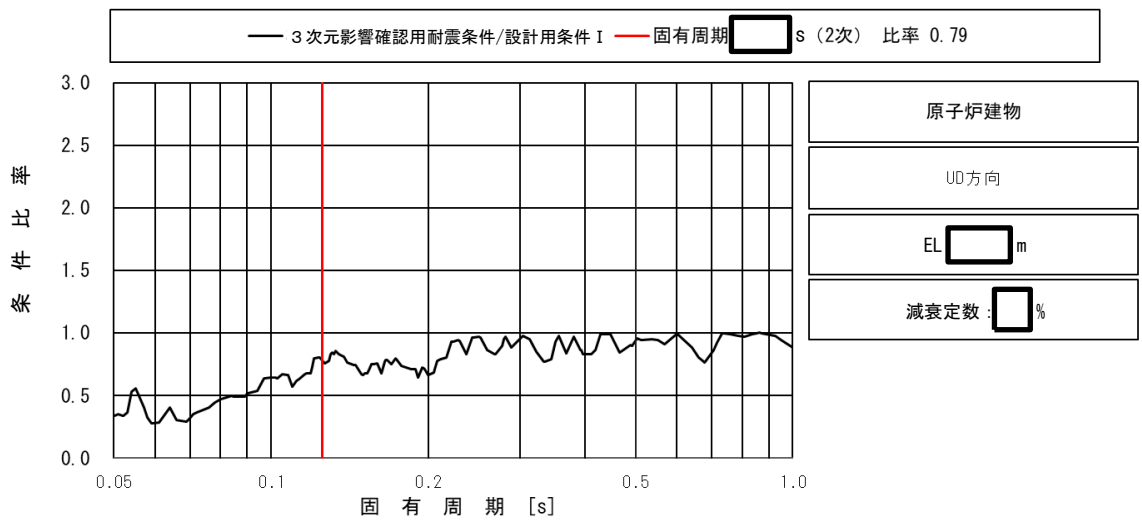
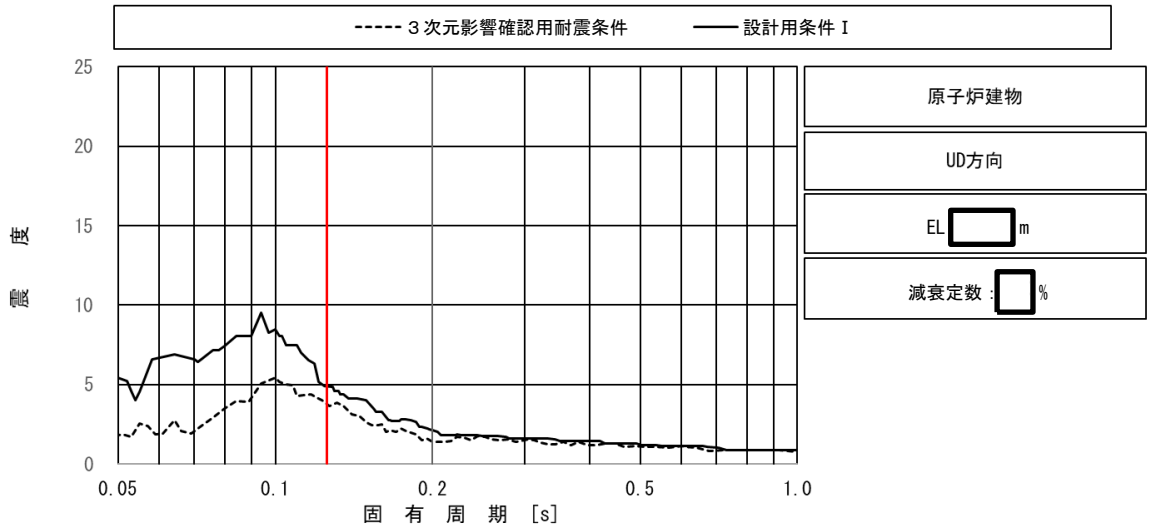
図 4-3 配管(FCS-R-3)の条件比率  
 (基準地震動 S s, 水平方向 (NS), 原子炉建物 EL [ ] m) (1/3)



上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

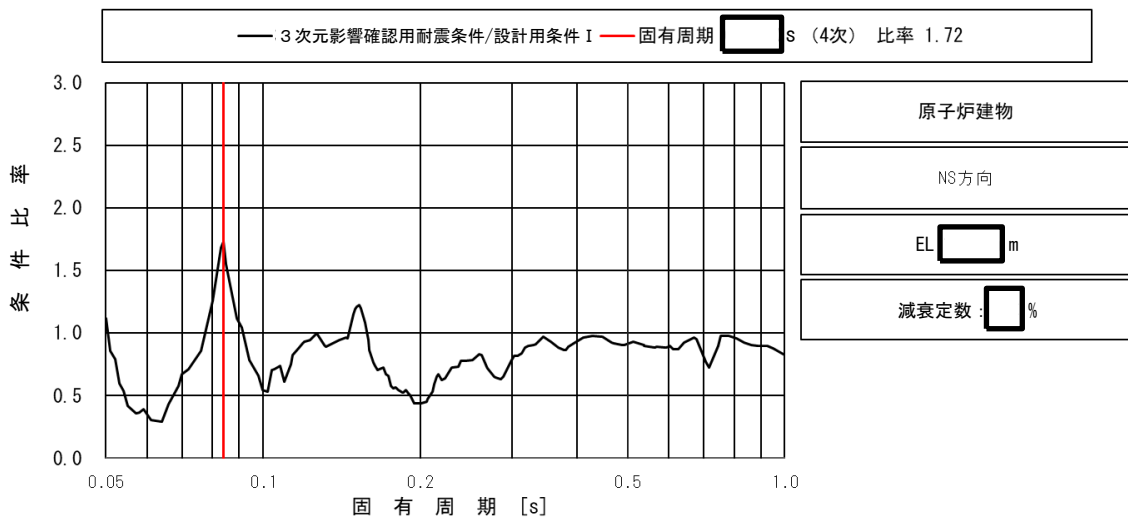
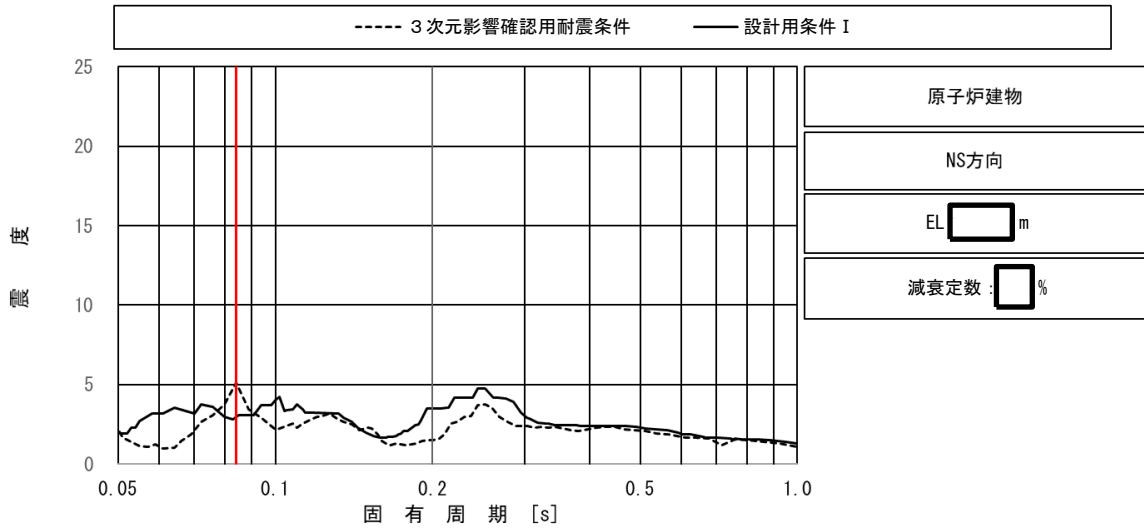
図 4-3 配管(FCS-R-3)の条件比率  
 (基準地震動 S s, 水平方向 (EW), 原子炉建物 EL [ ] m) (2/3)



上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

図 4-3 配管(FCS-R-3)の条件比率  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向, 原子炉建物 EL [ ] m) (3/3)

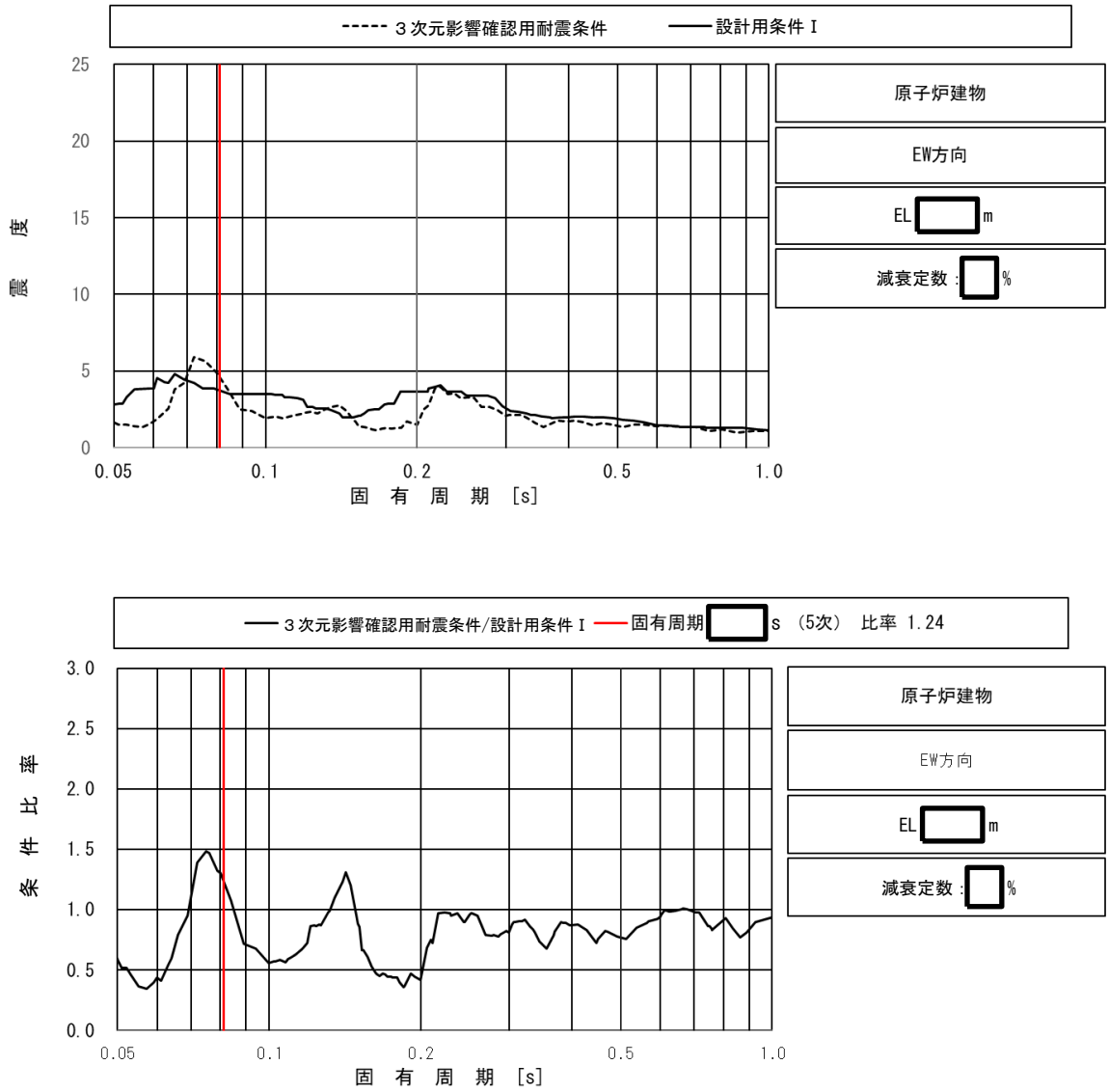


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

図 4-4 配管(NGC-R-1)の条件比率  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS), 原子炉建物 EL [ ] m) (1/3)

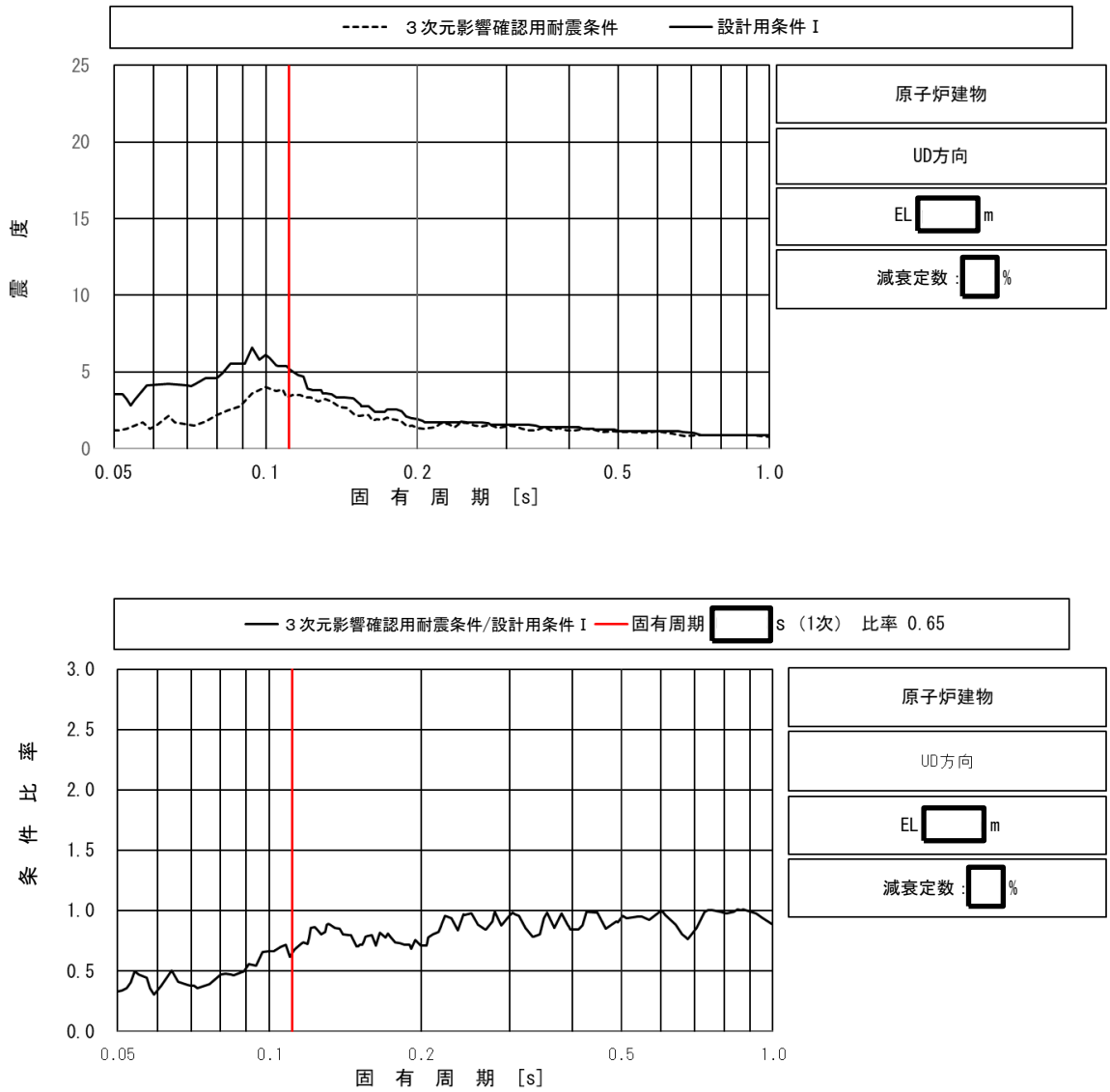




上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

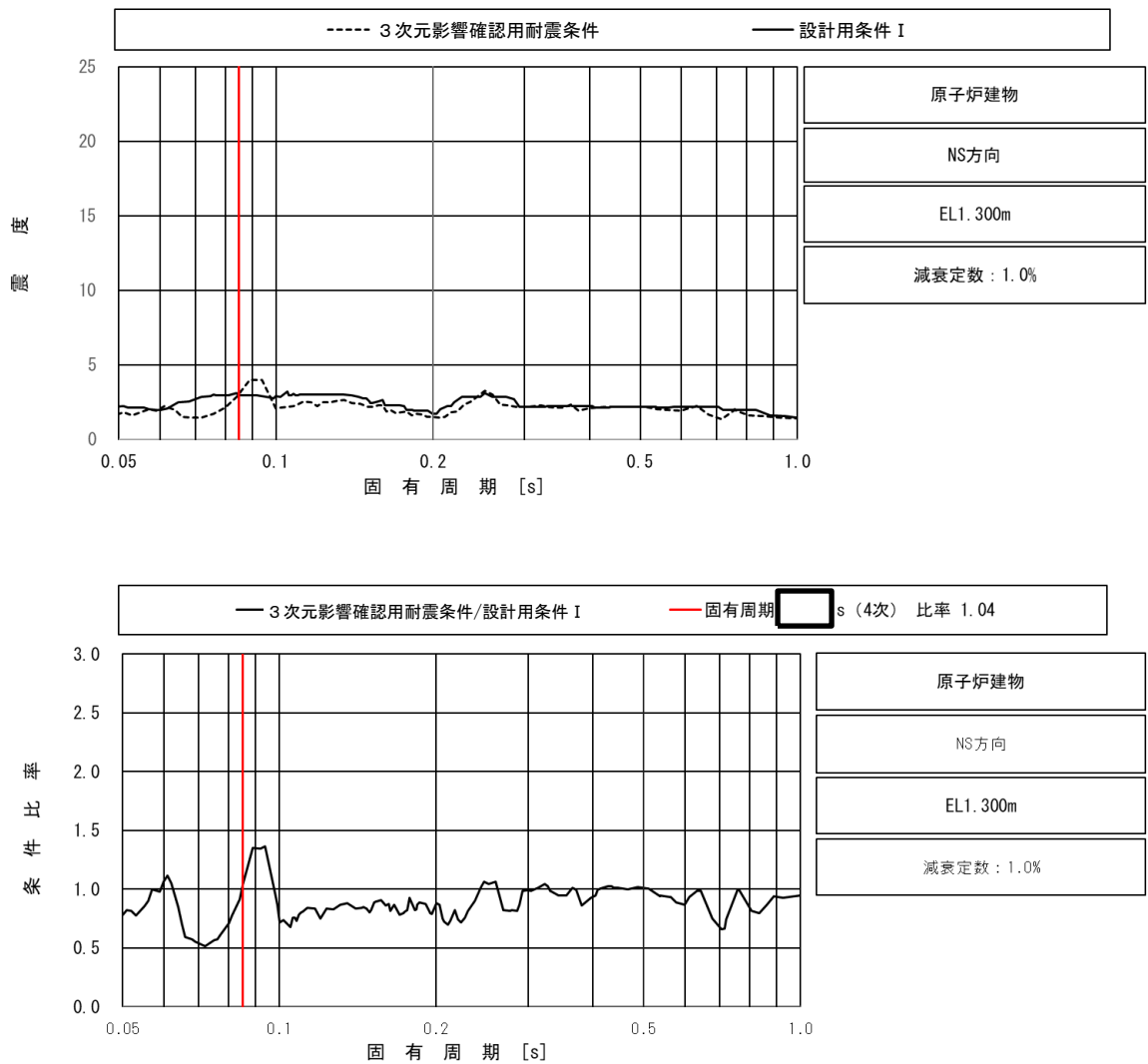
図 4-4 配管(NGC-R-1)の条件比率  
 (基準地震動 S s, 水平方向 (EW), 原子炉建物 EL  m) (2/3)



上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

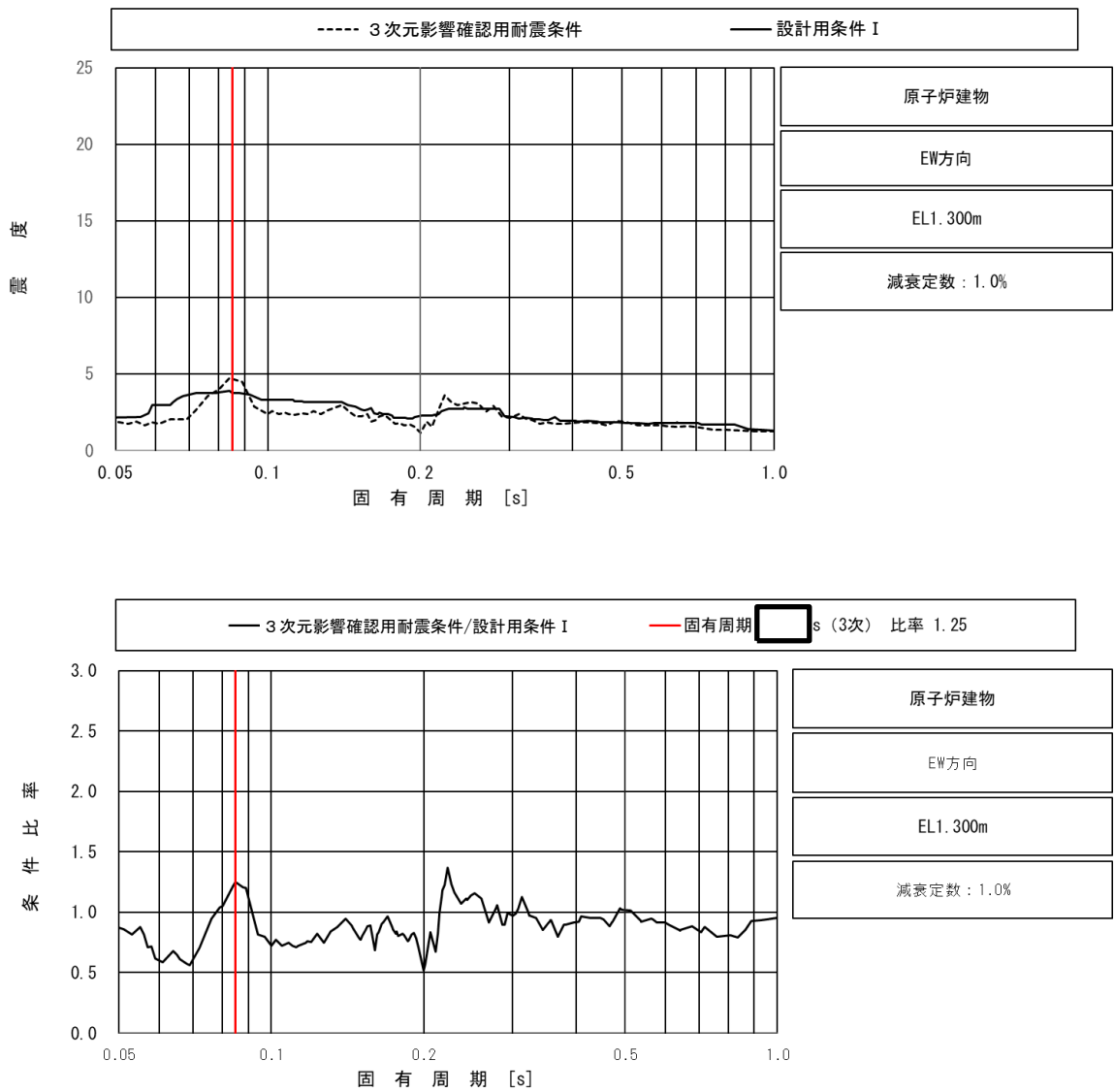
図 4-4 配管(NGC-R-1)の条件比率  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向, 原子炉建物 EL  m) (3/3)



上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

図 4-5 サプレッションチェンバ及びサプレッションチェンバサポート  
 (水平方向地震応答解析モデル) の条件比率  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS), 原子炉建物 EL 1.300m) (1/2)



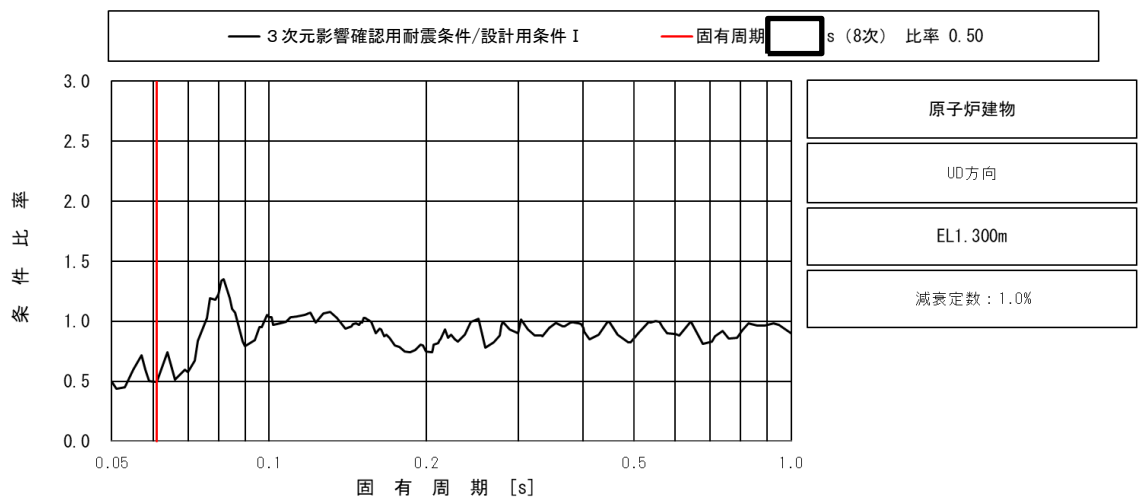
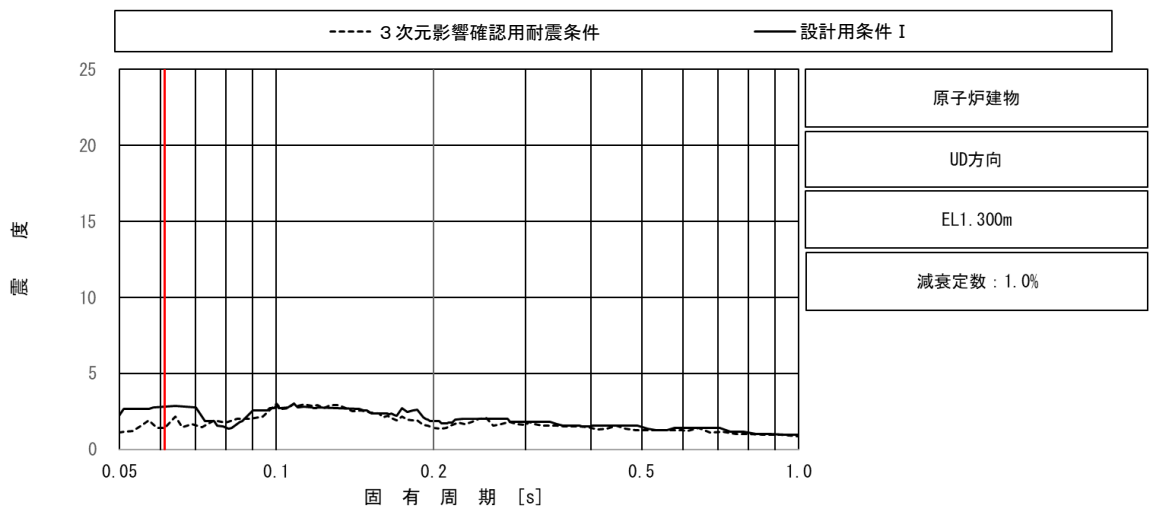
上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

図 4-5 サプレッションチェンバ及びサプレッションチェンバサポート

(水平方向地震応答解析モデル) の条件比率

(基準地震動  $S_s$  , 水平方向 (EW), 原子炉建物 EL 1.300m) (2/2)



上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル条件比率

図 4-6 サプレッションチェンバ及びサプレッションチェンバサポート  
(鉛直方向地震応答解析モデル) の条件比率  
(基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向, 原子炉建物 EL 1.300m)

## 5. まとめ

「別紙3 3次元FEMモデルによる地震応答解析」の「3.4 床応答への影響検討」より、3次元FEMモデルの応答が質点系モデルの応答を上回る箇所があることを踏まえて機器・配管系への影響検討を実施した。その結果、3次元FEMモデルによる影響を考慮しても、機器・配管系の耐震性に影響がないことを確認した。

別紙 4.8-1 原子炉建物 3次元 FEMモデルによる

原子炉圧力容器等の地震応答への影響確認

## 目 次

1. 概要	別紙 4.8-1-1
2. 検討方針	別紙 4.8-1-1
2.1 検討対象	別紙 4.8-1-3
2.2 検討方法	別紙 4.8-1-3
2.2.1 3次元FEM-質点系連成モデル耐震条件の作成	別紙 4.8-1-3
2.2.2 3次元FEM-質点系連成モデルによる影響の評価	別紙 4.8-1-4
3. 「3次元FEM-質点系連成モデル」のモデル化	別紙 4.8-1-5
3.1 解析条件	別紙 4.8-1-5
3.2 解析モデル	別紙 4.8-1-6
4. 検討内容	別紙 4.8-1-10
4.1 固有値解析結果	別紙 4.8-1-10
4.2 3次元FEM連成解析モデルと今回工認モデルの応答比率	別紙 4.8-1-20
4.3 3次元FEM連成解析モデル耐震条件の作成	別紙 4.8-1-241
5. 検討結果	別紙 4.8-1-350
6. まとめ	別紙 4.8-1-354



## 1. 概要

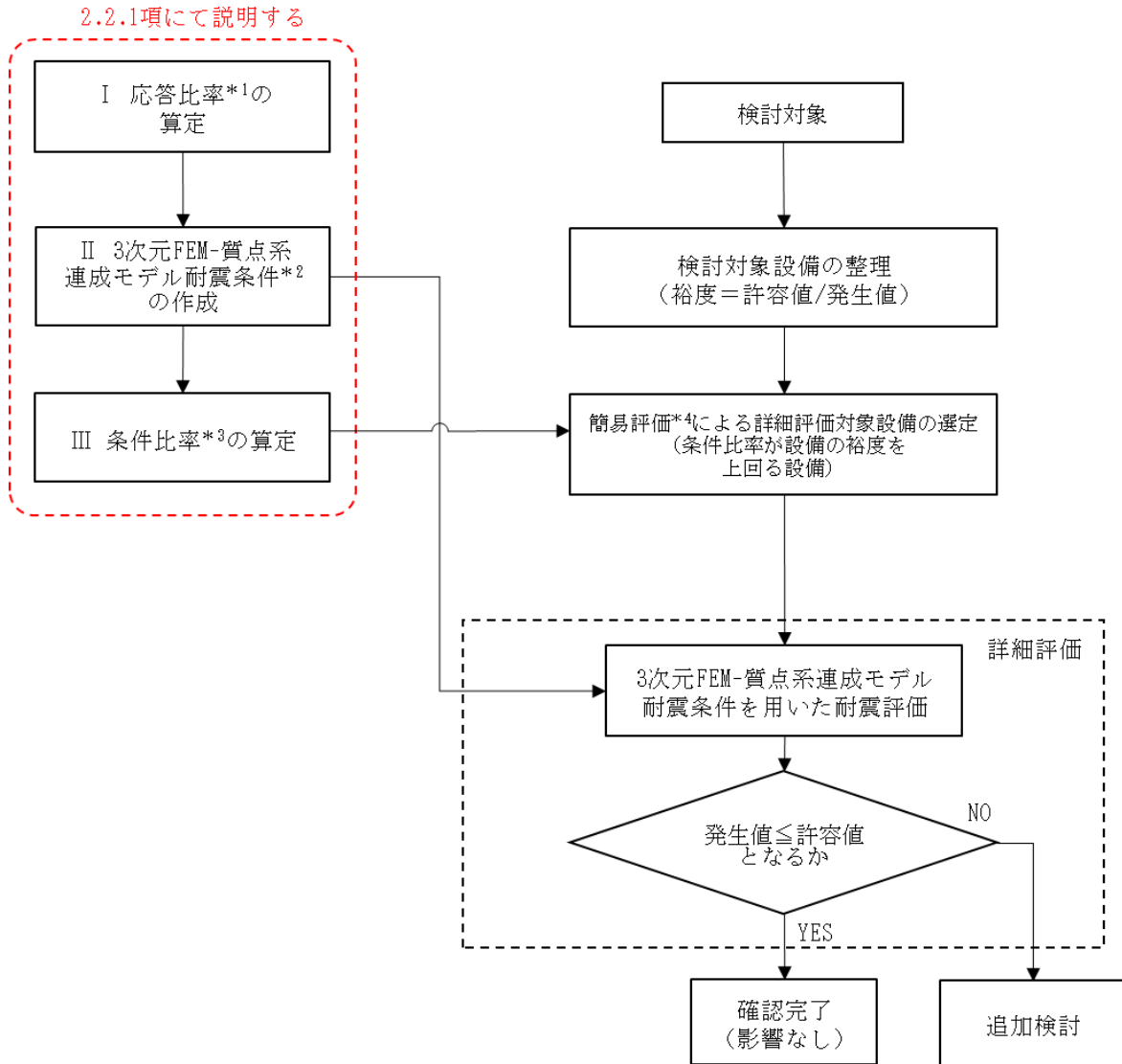
「別紙3 原子炉建物3次元FEMモデルによる地震応答解析」の「3.4 床応答への影響検討」より、原子炉建物としては、3次元的な応答特性を踏まえても、質点系モデルの応答を用いた評価が概ね保守的であることが確認された。また、一部3次元FEMモデルの応答が質点系モデルの応答を上回る箇所があることから、機器・配管系への影響検討を実施した。

しかし、原子炉建物と連成させる原子炉圧力容器等は3次元FEMモデルではモデル化されておらず、3次元影響評価用応答を直接算出できない。原子炉建物と原子炉圧力容器等の接続点における応答比率を用いて影響検討を実施する方法も考えられるが、一部の周期帯では応答比率が大きく、当該比率を用いて原子炉圧力容器等の影響評価を実施すると過大評価となる可能性がある。そこで、本検討では、原子炉建物（3次元FEMモデル）と原子炉圧力容器等（3次元質点系モデル）を連成させた地震応答解析を実施し、建物3次元FEMモデルによる原子炉圧力容器等の地震応答への影響を確認する。

## 2. 検討方針

本検討では、原子炉建物（3次元FEMモデル）と原子炉圧力容器等（3次元質点系モデル）を連成させたモデル（以下「3次元FEM-質点系連成モデル」という。）と今回工認モデル（質点系モデル）（以下「今回工認モデル」という。）の応答を比較することにより、建物3次元FEMモデルを連成させることによる原子炉圧力容器等の地震応答への影響を確認する。なお、影響検討は、弾性設計用地震動 $S_d$ のうち位相特性の偏りがなく、全周期帯において安定した応答を生じさせ、機器・配管系の耐震性評価において支配的な $S_d-D$ に対して実施する。また、今回工認モデルでは地震動の入力は3方向個別入力していることから、3次元FEM-質点系連成モデルにおいても3方向個別入力力で比較する。なお、「別紙3 原子炉建物3次元FEMモデルによる地震応答解析」の「3.2.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響」において、3方向個別入力時及び3方向同時入力時の応答の差は小さく、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響はほとんどないことを確認している。よって、機器・配管系においても水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響はほとんどないと考えられる。

弾性設計用地震動 $S_d-D$ における3次元FEM-質点系連成モデルと今回工認モデルの応答比率を用いて今回工認モデルの基準地震動 $S_s-D$ 、 $F_1$ 、 $F_2$ 、 $N_1$ 及び $N_2$ に対する応答を補正した3次元FEM-質点系連成モデルの影響検討用の床応答スペクトル（以下「3次元FEM-質点系連成モデル床応答スペクトル」という。）、震度（以下「3次元FEM-質点系連成モデル震度」という。）及び荷重（以下「3次元FEM-質点系連成モデル荷重」という。また「3次元FEM-質点系連成モデル床応答スペクトル」「3次元FEM-質点系連成モデル震度」「3次元FEM-質点系連成モデル荷重」を総称して「3次元FEM-質点系連成モデル耐震条件」という。）を作成し、機器・配管系の影響検討を実施する。影響検討フローを図2-1に示す。



- 注記\*1: 応答比率 = 3次元FEM-質点系連成モデルの応答 (S<sub>d</sub>-D) / 今回工認モデルの応答 (S<sub>d</sub>-D)
- \*2: 3次元FEM-質点系連成モデル耐震条件 = 今回工認モデルの基本ケースの応答\*5 (S<sub>s</sub>5波\*6) × 応答比率
- \*3: 条件比率 = 3次元FEM-質点系連成モデル耐震条件 / 耐震計算に用いる設計条件
- \*4: 刺激係数を考慮した条件比率を用いた評価を含む。
- \*5: VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」に示す基本ケース
- \*6: S<sub>s</sub>5波は、基準地震動S<sub>s</sub>-D, F1, F2, N1及びN2

図 2-1 3次元FEM-質点系連成モデルの応答解析結果に係る機器・配管系への影響検討フロー

## 2.1 検討対象

原子炉建物に設置される以下の機器・配管系のうち、原子炉圧力容器等の原子炉建物と連成させた質点系モデルにより算定される耐震評価条件を用いる設備を影響検討の対象とする。

- ・設計基準対象施設のうち、耐震重要度分類のSクラスに属する機器・配管系
- ・重大事故等対処施設のうち、常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）に属する機器・配管系
- ・波及的影響防止のために耐震評価を実施する機器・配管系

## 2.2 検討方法

### 2.2.1 3次元FEM-質点系連成モデル耐震条件の作成

3次元FEM-質点系連成モデルでは、弾性設計用地震動 $S_d$ のうち位相特性の偏りがなく、全周期帯において安定した応答を生じさせ、機器・配管系の耐震性評価において支配的な $S_d-D$ に対する3次元FEM-質点系連成モデルと今回工認モデルの応答の比率を用いて今回工認モデルの基準地震動 $S_s$ に対する応答を補正し、3次元FEM-質点系連成モデル耐震条件を作成する。

以下、床応答スペクトルを例に3次元FEM-質点系連成モデル耐震条件の作成方法を示す。震度及び荷重についても床応答スペクトルと同様に作成する。

#### I：応答比率の算定方法

弾性設計用地震動 $S_d-D$ に対する3次元FEM-質点系連成モデルの応答と弾性設計用地震動 $S_d-D$ に対する今回工認モデルの応答の比（以下「応答比率」という。）を、全周期において算定する。なお、3次元FEM-質点系連成モデルの応答による機器・配管系の耐震評価結果へ与える影響を検討するものであるため、応答比率が1.0を下回る場合でも、その応答比率を乗ずる。

$$\text{応答比率} = \frac{\text{3次元FEM-質点系連成モデルの応答（}S_d-D\text{）}}{\text{今回工認モデルの応答（}S_d-D\text{）}}$$

#### II：3次元FEM-質点系連成モデル床応答スペクトルの算定方法

今回工認モデル基本ケースの基準地震動 $S_s-D$ 、 $F_1$ 、 $F_2$ 、 $N_1$ 、 $N_2$ （以下「 $S_s$ 5波」という）に対する固有周期毎の応答に、応答比率を乗算して、3次元FEM-質点系連成モデル床応答スペクトルを算定する。

#### 3次元FEM-質点系連成モデル床応答スペクトル

$$= \text{今回工認モデルの基本ケースの応答（}S_s\text{5波）} \times \text{応答比率}$$

### Ⅲ：条件比率の算定方法

3次元FEM-質点系連成モデル床応答スペクトルと耐震計算に用いる設計用床応答スペクトルの比（以下「条件比率」という。）を算定する。

$$\text{条件比率} = \frac{\text{3次元FEM-質点系連成モデル床応答スペクトル}}{\text{耐震計算に用いる設計用床応答スペクトル}}$$

なお、配管系等のスペクトルモーダル解析を実施している設備は、刺激係数を考慮してモード毎の比率を算出する手法による条件比率（以下「刺激係数を考慮した条件比率」という。）を用いて簡易評価を行う場合がある。刺激係数を考慮した条件比率の算出方法は「補足-024-01 原子炉建物の地震応答計算書に関する補足説明資料 別紙3-8 刺激係数を考慮した条件比率の算出」に示す。

#### 2.2.2 3次元FEM-質点系連成モデルによる影響の評価

3次元FEM-質点系連成モデルによる機器・配管系の影響評価を以下のとおり実施する。

##### (1) 簡易評価による詳細評価対象設備の選定

条件比率が耐震計算の裕度を上回る機器・配管系を抽出する。

なお、疲労評価は発生値が震度に比例しないことから、一次+二次応力による発生値が許容値を上回り疲労評価を実施している設備については、条件比率が1を上回る場合、詳細評価対象設備に含めることとする。

設備に応じた条件比率の適用方法を以下に示す。

##### a. 評価に震度を適用する設備

対象設備の標高における条件比率の全方向最大値を適用する。

##### b. 評価に床応答スペクトルを適用する設備

各方向について対象設備の標高、減衰定数、固有周期（0.05～1.0s間）における条件比率の最大値を算出し、全方向最大値を適用する。

##### c. 設計用荷重を評価に適用する設備

対象設備の標高における条件比率の全方向最大値を適用する。

##### (2) 詳細評価

詳細評価対象設備として選定した設備について、3次元FEM-質点系連成モデル耐震条件を用いて、当該設備の耐震計算書で適用している評価手法と同等の手法による評価を行い、発生値が許容値以下となることを確認する。確認の結果、発生値が許容値を上回る場合は、追加検討を行う。

##### (3) 追加検討

詳細評価で発生値が許容値を上回った設備は、設備の評価結果等に応じて個別に設備対策、評価の精緻化等を行う。

3. 「3次元FEM-質点系連成モデル」のモデル化

3.1 解析条件

検討に用いる3次元FEM-質点系連成モデルを図3-1に示す。

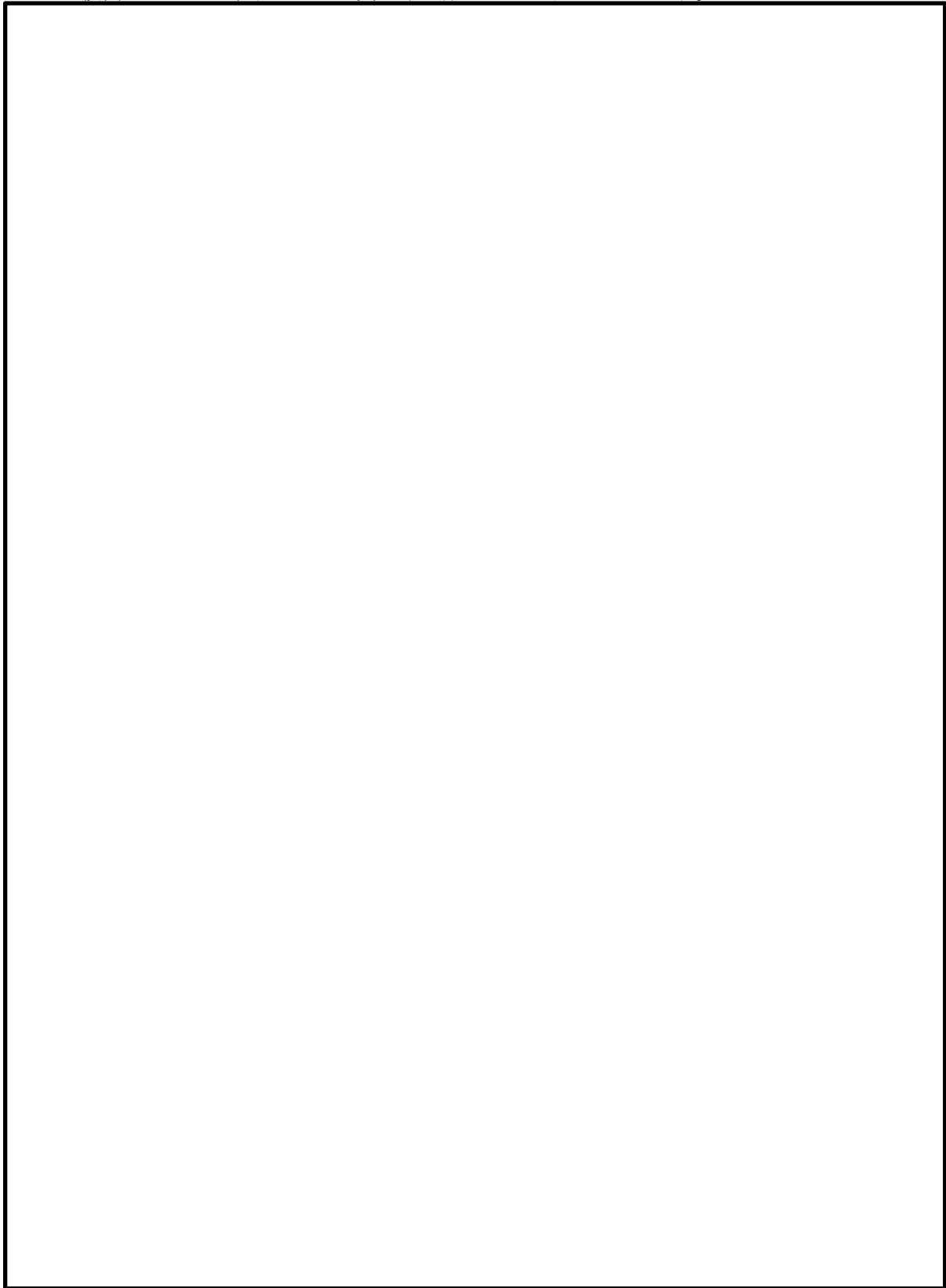


図3-1 3次元FEM-質点系連成モデル

### 3.2 解析モデル

3次元FEM-質点系連成モデル及び今回工認モデルの解析条件を表3-1に示す。原子炉圧力容器等は偏心が少なく、同一中心軸を有しているため、各大型機器の質点系モデルを同一中心軸位置に配置した3次元質点系モデルとした。

表3-1 解析条件

		3次元FEM-質点系連成モデル	今回工認モデル
解析モデル	モデル	原子炉建物：3次元FEM <sup>*1</sup> 原子炉圧力容器等 ：3次元質点系 <sup>*2, *3</sup>	原子炉建物：質点系 原子炉圧力容器等：質点系
	節点数	74412	128(NS), 129(EW), 114(UD)
	要素数	100196	163(NS), 168(EW), 120(UD)
	コンクリート剛性	実剛性	設計剛性
	減衰	ひずみエネルギー比例減衰	ひずみエネルギー比例減衰
	建物-機器接続方法	ウェルシールベローズ, シヤラグ： K <sub>1</sub> , K <sub>2</sub> (図3-1参照)のばねを分散して接続 PCV下端部：剛体要素で結合	ウェルシールベローズ, シヤラグ： K <sub>1</sub> , K <sub>2</sub> (図3-1参照)の1本のばねで接続 PCV下端部：剛体要素で結合
入力地震動	S d - D	S d - D	
入力方向	NS, EW, 鉛直 (1方向)	NS, EW, 鉛直 (1方向)	
解析手法	時刻歴モーダル解析	時刻歴解析 (直接積分法)	

注記\*1：「別紙3 原子炉建物3次元FEMモデルによる地震応答解析」「1.2 3次元FEMモデルによる耐震性評価の方針」における建物模擬モデルを使用。ただし、建物模擬モデルではシールドウォールに原子炉圧力容器等の質量を付加しているため、3次元FEM-質点系連成モデルでは、シールドウォールに付加されていた原子炉圧力容器等の質量を建物模擬モデルの質量から減ずる。

\*2：原子炉圧力容器等は偏心が少なく、同一中心軸を有しているため、各大型機器の質点系モデルを同一中心軸位置に配置した3次元質点系モデルとした。

\*3：今回工認モデルの水平方向質点系モデル(NS, EW)に基づき、鉛直方向に関する諸元も定義し、3次元FEM-質点系連成モデルを作成

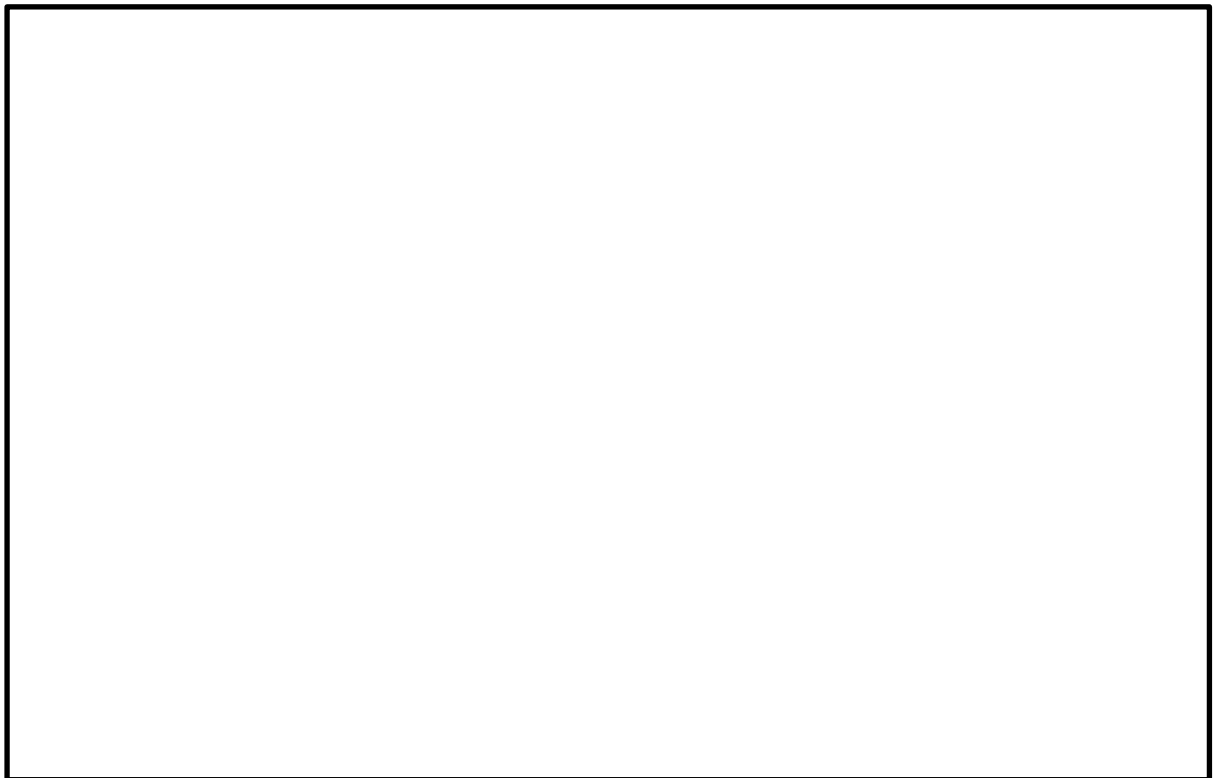
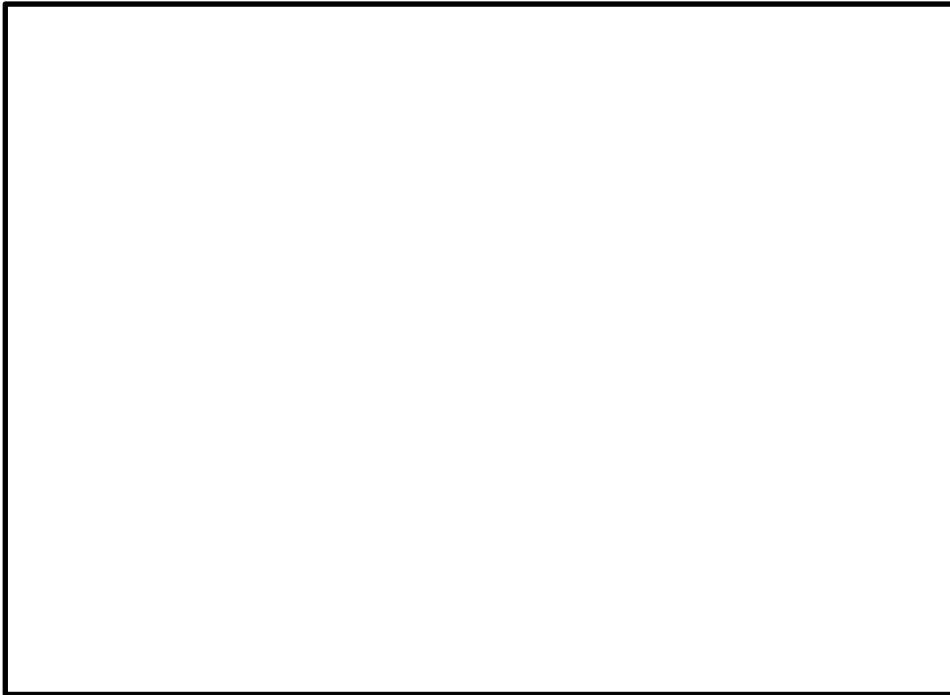
#### (1) 建物-機器接続方法

##### (a) ウェルシールベローズ

ウェルシールベローズによる建物(3次元FEM)とPCV(質点系モデル)との接続については、径方向のばね接続でモデル化した。全方向の振動が建物とPCV間に伝達できるように、PCVと建物間には  間隔に計  本の径方向ばねで接続した(図3-2(a)参照)。なお、ばねで接続した節点間では径方向の荷重を伝達する拘束条件とし、その他の並進方向(水平, 鉛直)及び回転方向は非拘束条件とする。

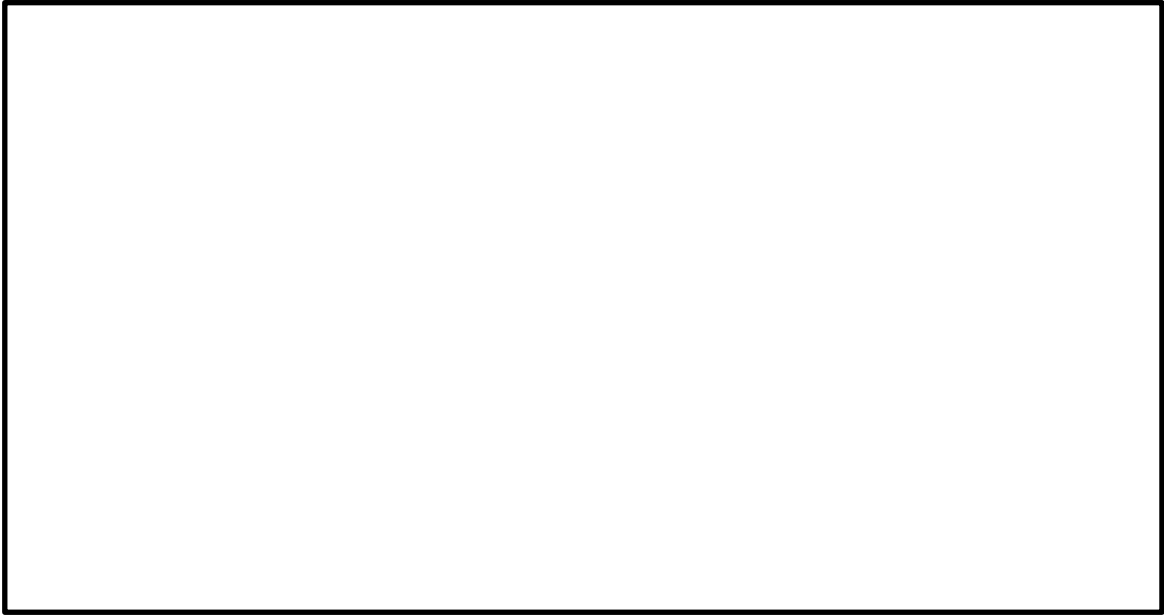
ばね定数について、以下に示すように水平各方向の合計値が質点系モデルに設定され

たばね定数に等しくなるように算出した（図 3-2(b) 参照）。



(a) ウェルシールベローズのモデル化方法

図 3-2 ウェルシールベローズのモデル化(1/2)



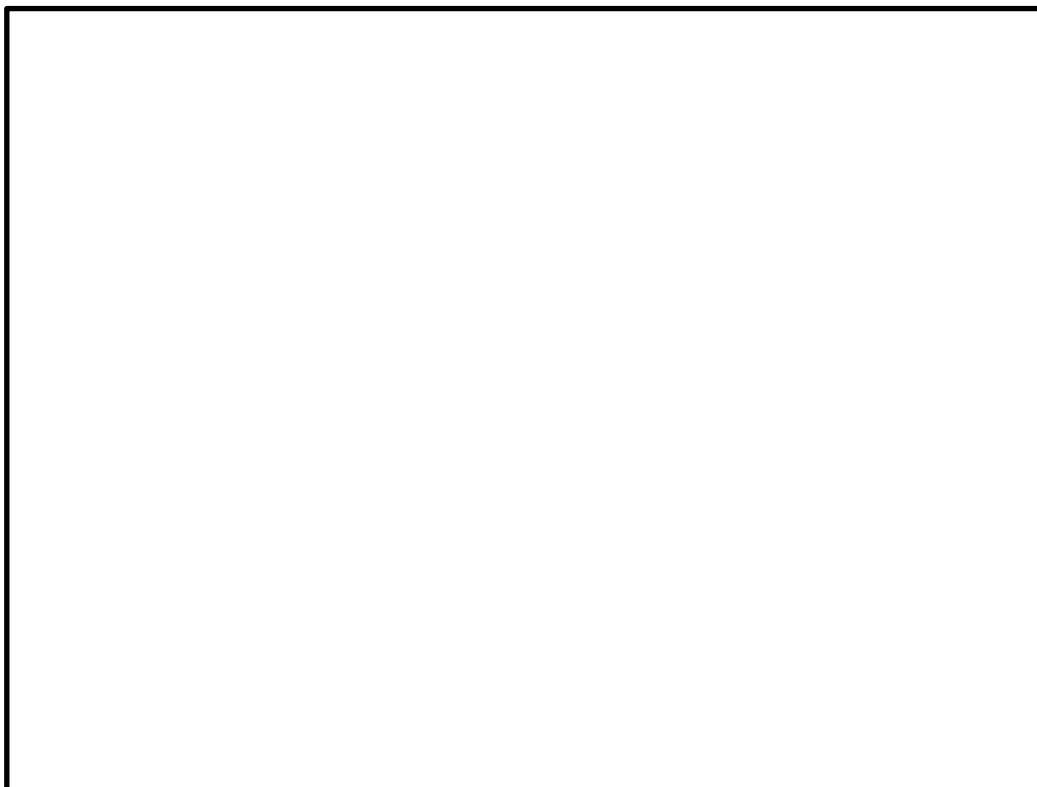
(b) ウェルシールベローズのばね定数算出方法

図 3-2 ウェルシールベローズのモデル化(2/2)

(b) シヤラグ

シヤラグによる建物(3次元FEM)とPCV(質点系モデル)との接続については、周方向のせん断ばねでモデル化した。シヤラグの設置位置と形状を考慮したうえ、PCVと建物間には  間隔に計  本の周方向ばねで接続した(図 3-3(a)参照)。なお、ばねで接続した節点間では周方向の荷重を伝達する拘束条件とし、その他の並進方向(水平、鉛直)及び回転方向は非拘束条件とする。

ばね定数について、以下に示すように水平各方向の合計値が質点系モデルに設定されたばね定数に等しくなるように算出した(図 3-3(b)参照)。







(a) シヤラグのモデル化方法



(b) シヤラグのばね定数算出方法

図 3-3 シヤラグのモデル化

(c) PCV 下端部

剛体要素で結合し, 並進方向 (水平, 鉛直) 及び回転方向を完全拘束の拘束条件とする。

#### 4. 検討内容

##### 4.1 固有値解析結果

3次元FEM-質点系連成モデルと今回工認モデルによる固有値解析比較結果を表4-1に、振動モード図を図4-1～4-3に示す。固有値解析結果より得られた固有振動数の中で、20Hz以下の主要な次数についてまとめた。水平方向における主要な振動モードの固有値解析比較結果より、3次元FEM-質点系連成モデルと今回工認モデルの固有振動数の差異は最大約6%であり、概ね同様な結果が確認された。また、鉛直方向における主要な振動モードの固有値解析比較結果より、3次元FEM-質点系連成モデルと今回工認モデルの固有振動数の差異は約4%であり、概ね同様な結果が確認された。

表4-1 (1/3) 固有値解析結果 (NS方向)

モードの種類	固有周期[s]		差異[%]
	今回工認モデル	3次元FEM-質点系連成モデル	
原子炉建物 1次	0.219	0.222	-1.4
燃料集合体 1次	0.202	0.202	0.0
炉心シュラウド 1次	0.135	0.135	0.0
原子炉圧力容器 1次	0.110	0.109	0.9

表4-1 (2/3) 固有値解析結果 (EW方向)

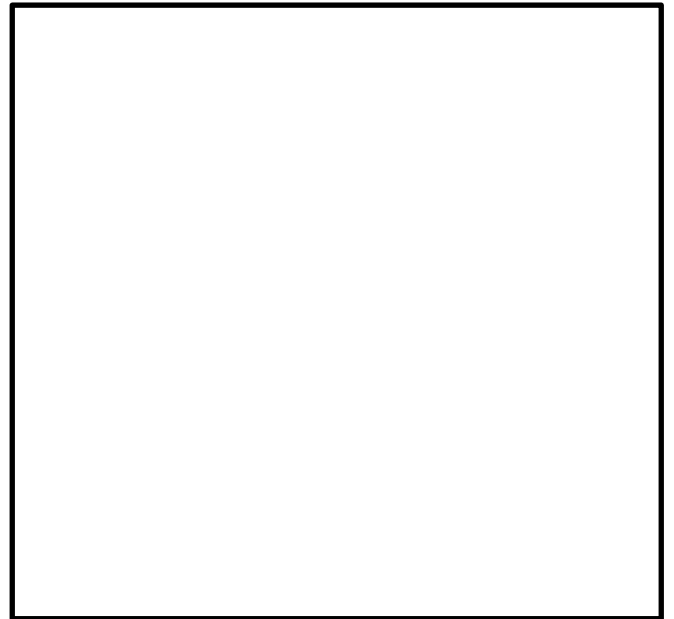
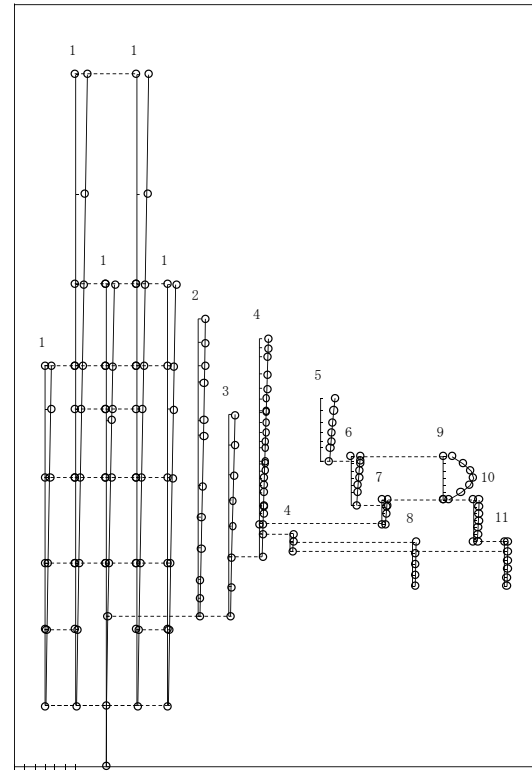
モードの種類	固有周期[s]		差異[%]
	今回工認モデル	3次元FEM-質点系連成モデル	
燃料集合体 1次	0.204	0.202	1.0
原子炉建物 1次	0.200	0.212	-6.0
炉心シュラウド 1次	0.135	0.135	0.0
PED-RPV系 1次	0.109	0.109	0.0

表4-1 (3/3) 固有値解析結果 (鉛直方向)

モードの種類	固有周期[s]		差異[%]
	今回工認モデル	3次元FEM-質点系連成モデル	
原子炉建物 1次	0.106	0.110	-3.8

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペDESTAL
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器, スタンドパイプ,  
シュラウドヘッド及び炉心シュラウド上部胴

- 6 炉心シュラウド中間胴
- 7 炉心シュラウド下部胴
- 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
- 9 燃料集合体
- 10 制御棒案内管
- 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)



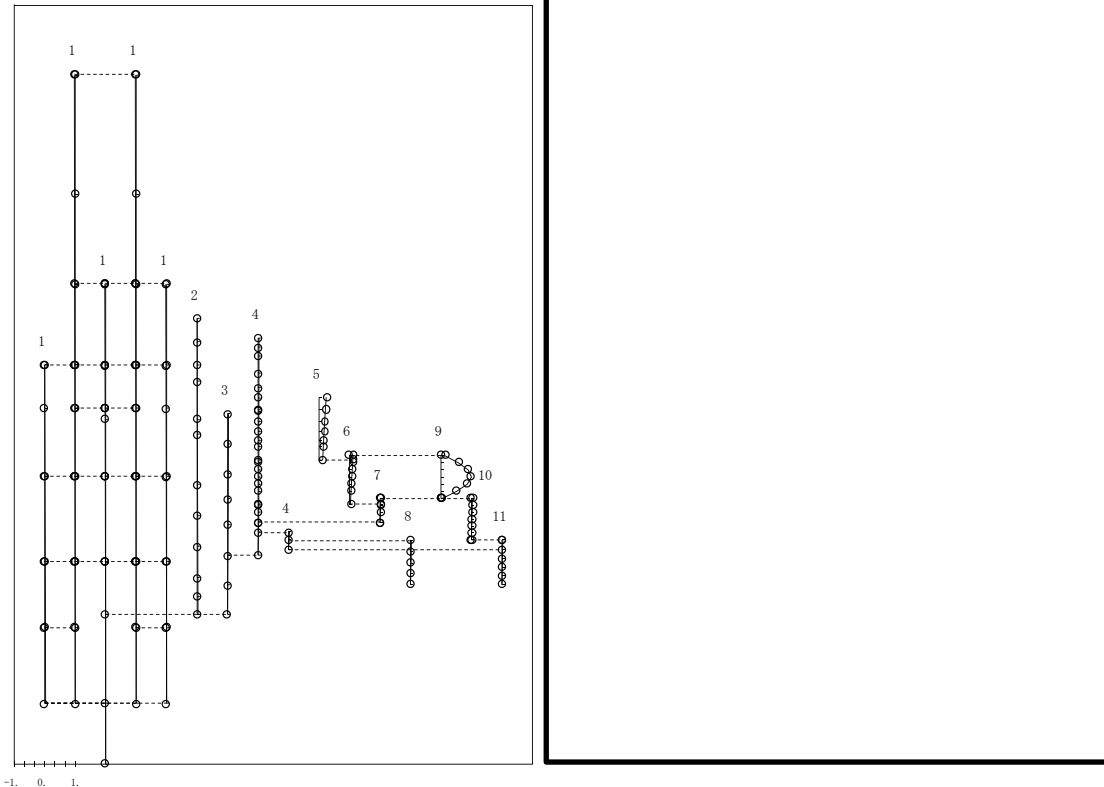
-1. 0. 1. 今回工認モデル : 0.219s

3次元FEM-質点系連成モデル : 0.222s

図4-1 (1/4) 振動モード (NS方向) (原子炉建物 1次)

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペDESTAL
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器, スタンドパイプ,  
シュラウドヘッド及び炉心シュラウド上部胴

- 6 炉心シュラウド中間胴
- 7 炉心シュラウド下部胴
- 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
- 9 燃料集合体
- 10 制御棒案内管
- 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)



-1. 0. 1.

今回工認モデル : 0.202s

3次元FEM-質点系連成モデル : 0.202s

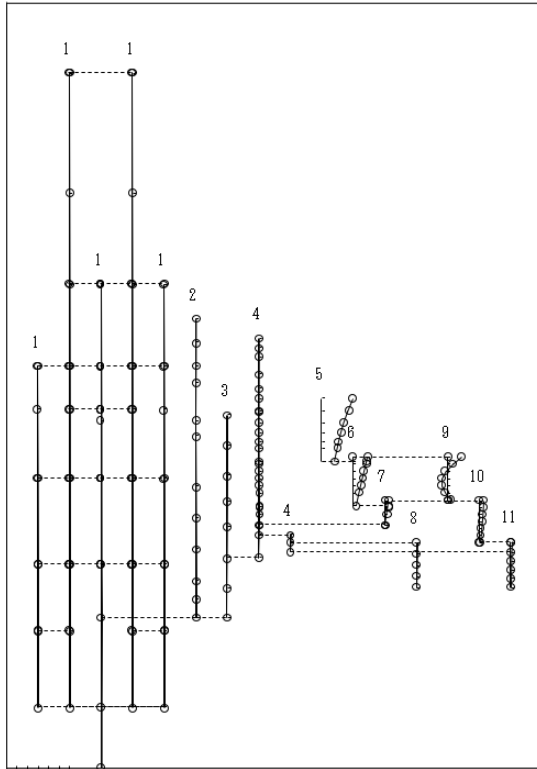
(原子炉圧力容器等部分)



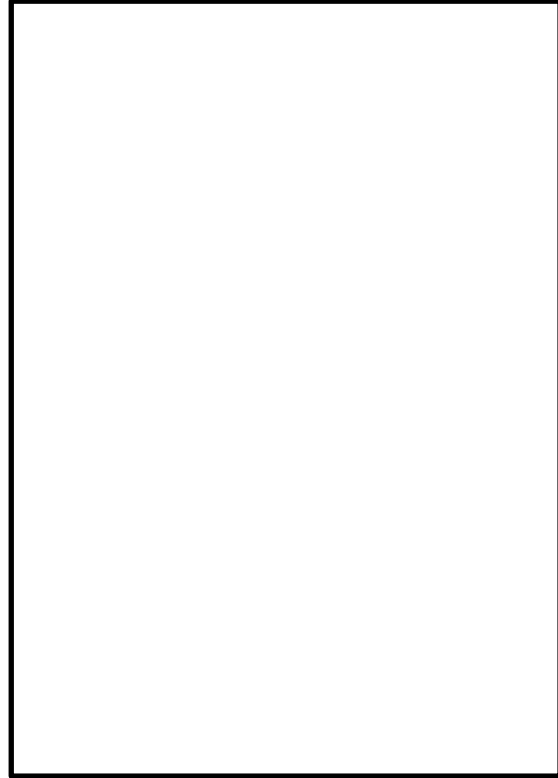
3次元FEM-質点系連成モデル\* : 0.202s 注記\* : 今回工認モデルとは逆位相で出力されている。

図4-1 (2/4) 振動モード (NS方向) (燃料集合体 1次)

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペDESTAL
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器, スタンドパイプ,  
シュラウドヘッド及び炉心シュラウド上部胴
- 6 炉心シュラウド中間胴
- 7 炉心シュラウド下部胴
- 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
- 9 燃料集合体
- 10 制御棒案内管
- 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)

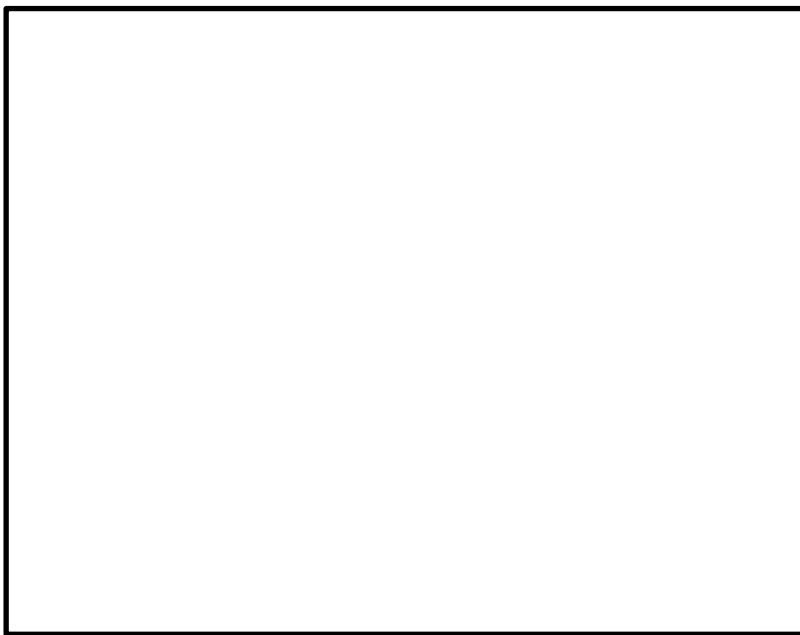


-1. 0. 1. 今回工認モデル : 0.135s



3次元FEM-質点系連成モデル\* : 0.135s

(炉心シュラウド)

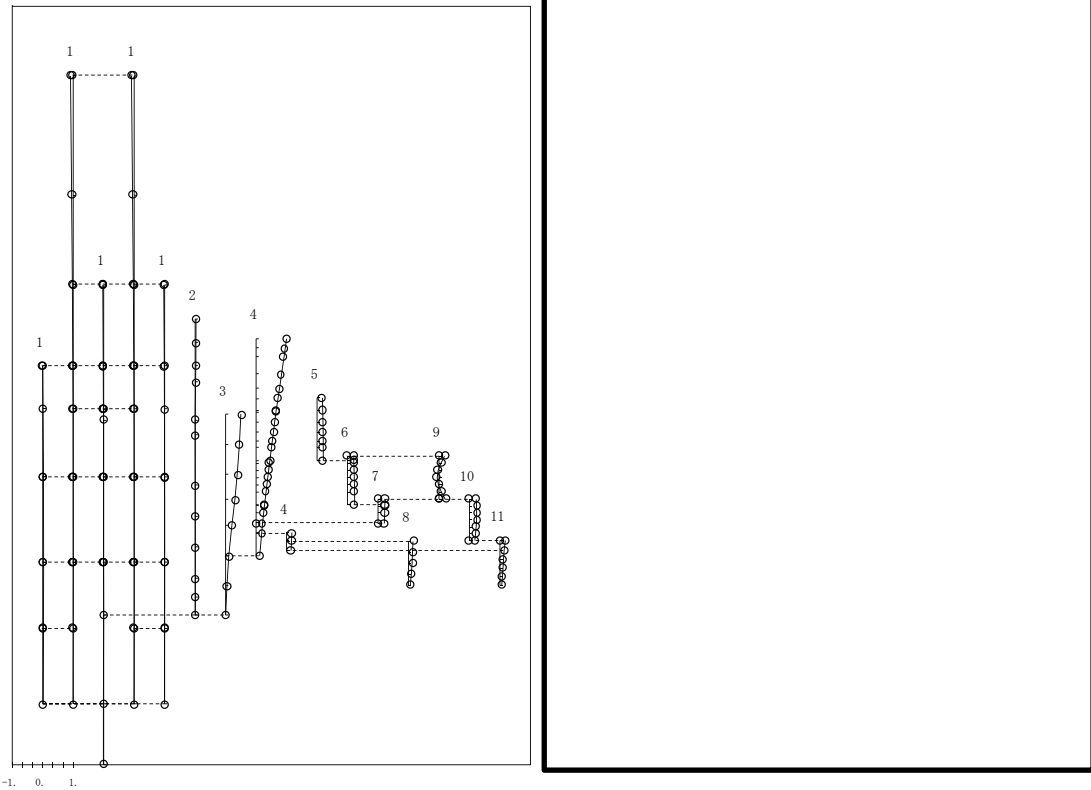


注記\* : 今回工認モデルとは逆位相  
で出力されている。

3次元FEM-質点系連成モデル\* : 0.135 注記\* : 今回工認モデルとは逆位相  
で出力されている。

図4-1 (3/4) 振動モード (NS方向) (炉心シュラウド 1次)

- |   |                     |
|---|---------------------|
| 1 原子炉建物                                   | 6 炉心シュラウド中間胴        |
| 2 原子炉格納容器                                 | 7 炉心シュラウド下部胴        |
| 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペDESTAL                 | 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)  |
| 4 原子炉圧力容器                                 | 9 燃料集合体             |
| 5 気水分離器, スタンドパイプ,<br>シュラウドヘッド及び炉心シュラウド上部胴 | 10 制御棒案内管           |
|   | 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側) |



今回工認モデル : 0.110s

3次元FEM-質点系連成モデル\* : 0.109s  
(原子炉圧力容器等部分)

注記\* : 今回工認モデルとは逆位相  
で出力されている。

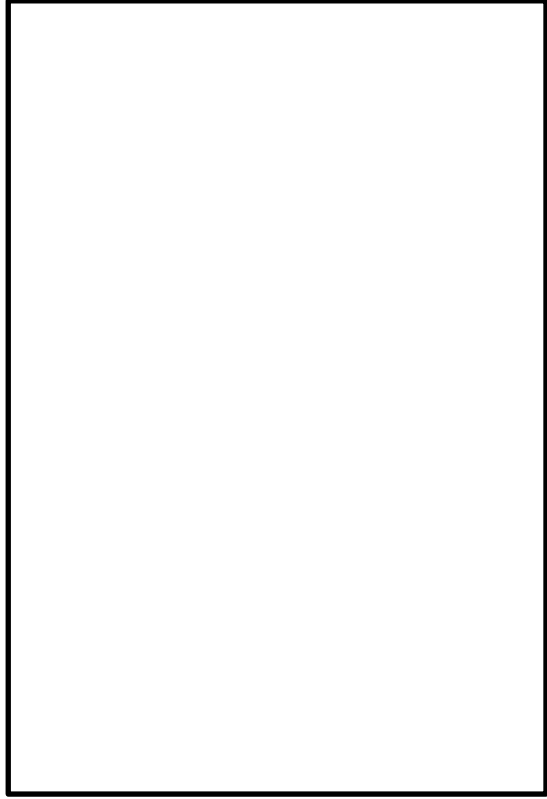
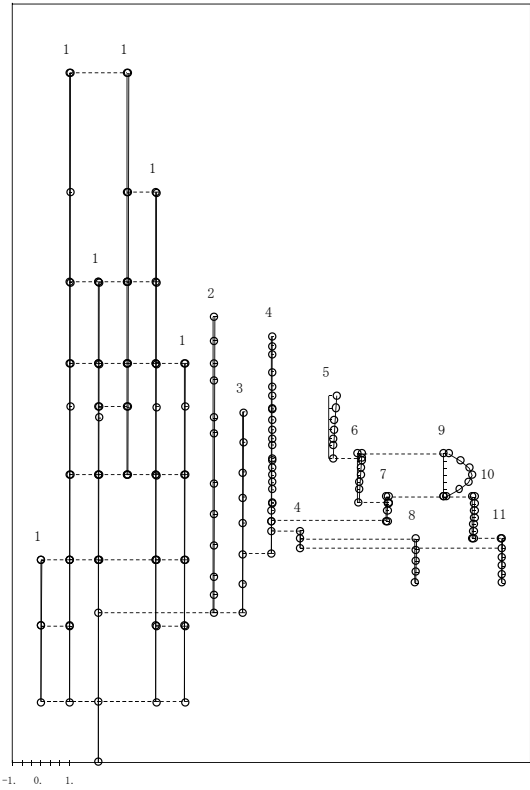


3次元FEM-質点系連成モデル : 0.109

図4-1 (4/4) 振動モード (NS方向) (原子炉圧力容器 1次)

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペDESTAL
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器, スタンドパイプ,  
シュラウドヘッド及び炉心シュラウド上部胴

- 6 炉心シュラウド中間胴
- 7 炉心シュラウド下部胴
- 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
- 9 燃料集合体
- 10 制御棒案内管
- 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)



今回工認モデル : 0.204s

3次元FEM-質点系連成モデル\* : 0.202s  
(原子炉圧力容器等部分)

注記\* : 今回工認モデルとは逆位相  
で出力されている。

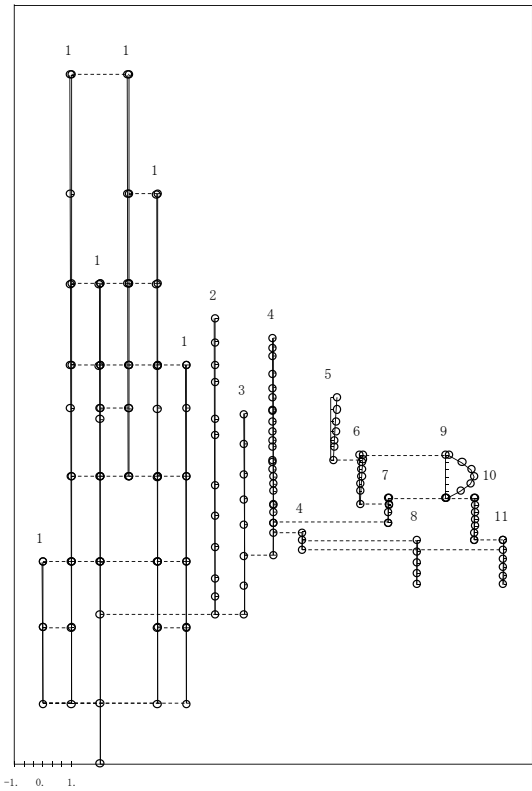


3次元FEM-質点系連成モデル\* : 0.202s      注記\* : 今回工認モデルとは逆位相  
で出力されている。

図4-2 (1/4) 振動モード (EW方向) (燃料集合体 1次)

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペDESTAL
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器, スタンドパイプ,  
シュラウドヘッド及び炉心シュラウド上部胴

- 6 炉心シュラウド中間胴
- 7 炉心シュラウド下部胴
- 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
- 9 燃料集合体
- 10 制御棒案内管
- 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)



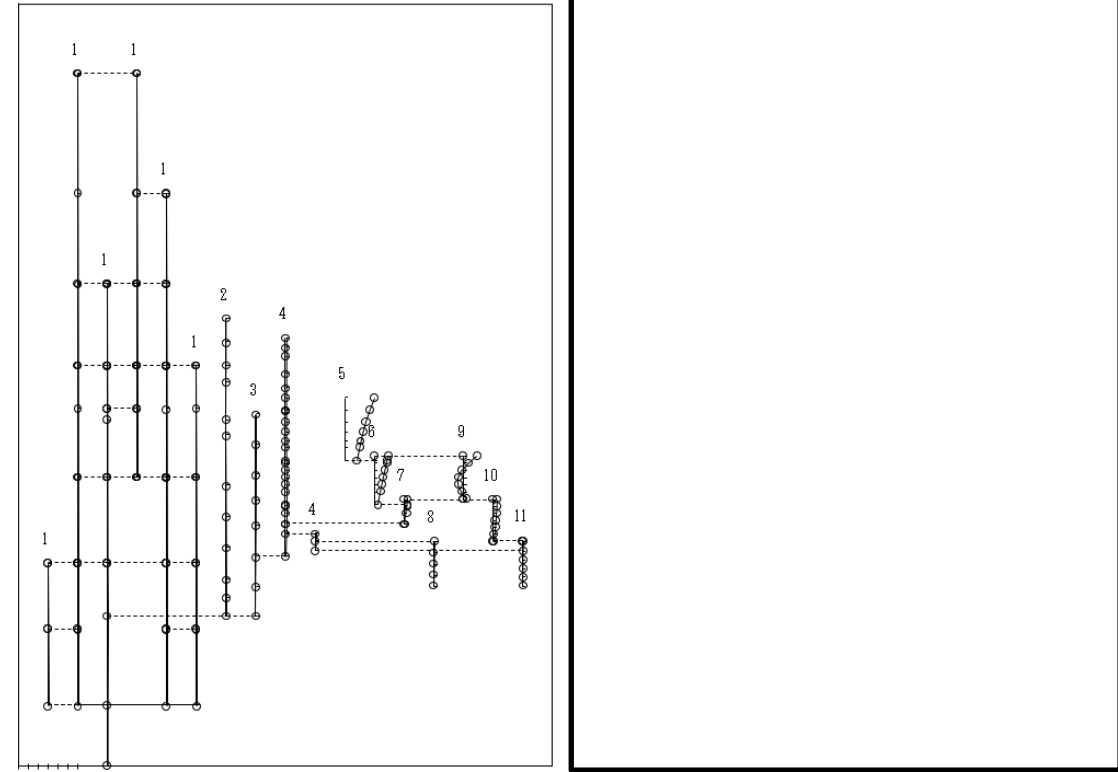
今回工認モデル : 0.200s

3次元FEM-質点系連成モデル : 0.212s

図4-2 (2/4) 振動モード (EW方向) (原子炉建物 1次)



- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペDESTAL
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器, スタンドパイプ,  
シュラウドヘッド及び炉心シュラウド上部胴
- 6 炉心シュラウド中間胴
- 7 炉心シュラウド下部胴
- 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
- 9 燃料集合体
- 10 制御棒案内管
- 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)



今回工認モデル : 0.135s

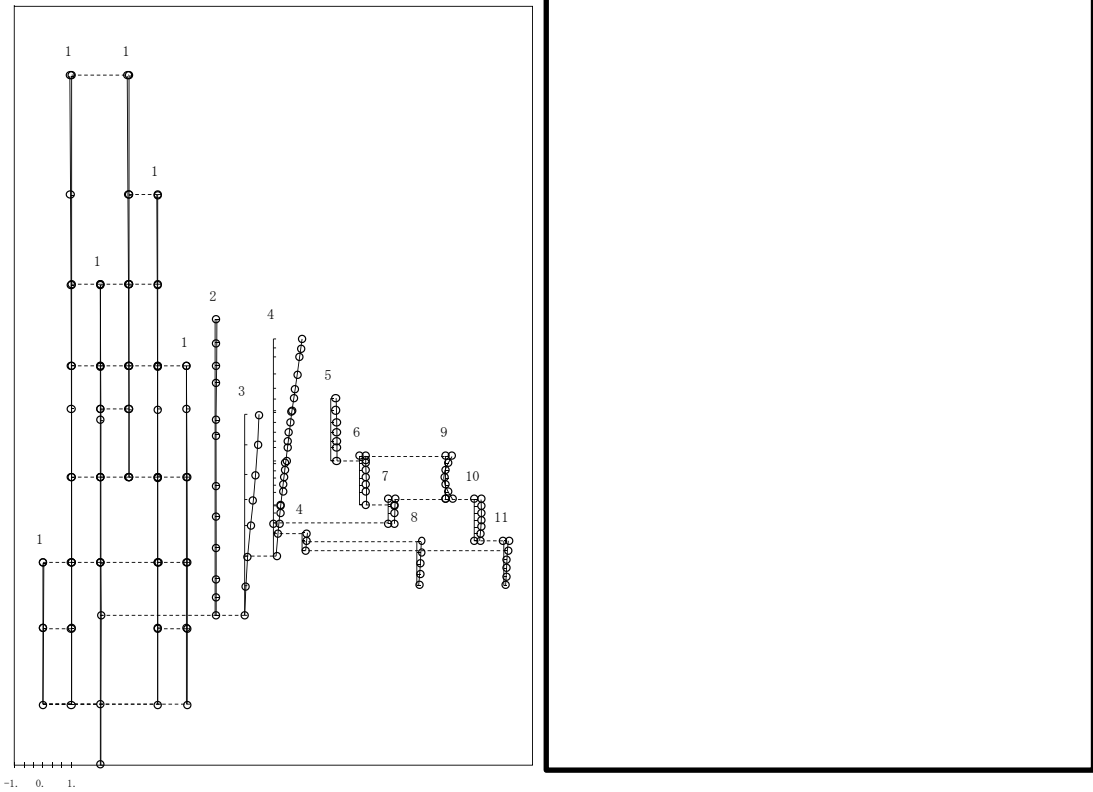
3次元FEM-質点系連成モデル : 0.135s  
(炉心シュラウド)



3次元FEM-質点系連成モデル\* : 0.135 注記\* : 今回工認モデルとは逆位相  
で出力されている。

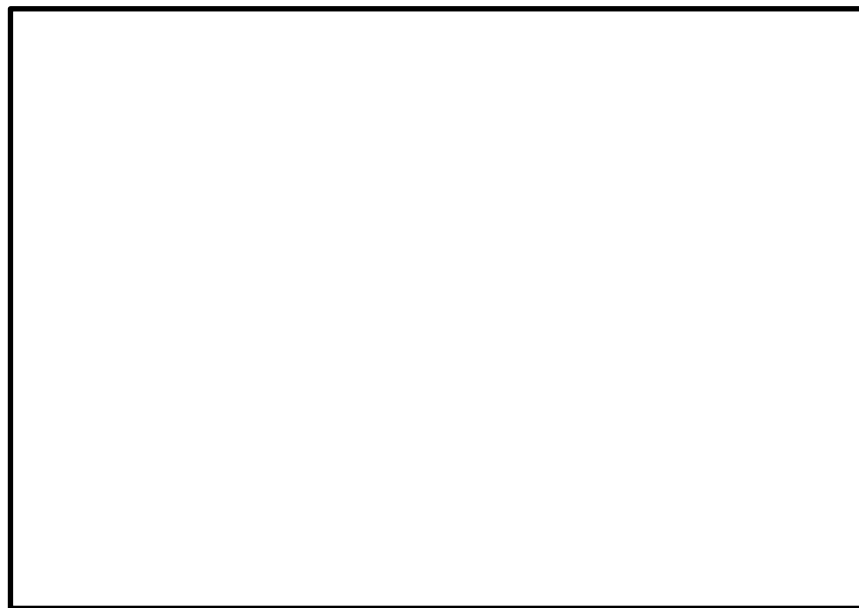
図4-2 (3/4) 振動モード (EW方向) (炉心シュラウド 1次)

- 1 原子炉建物
- 2 原子炉格納容器
- 3 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペDESTAL
- 4 原子炉圧力容器
- 5 気水分離器, スタンドパイプ,  
シュラウドヘッド及び炉心シュラウド上部胴
- 6 炉心シュラウド中間胴
- 7 炉心シュラウド下部胴
- 8 制御棒駆動機構ハウジング(外側)
- 9 燃料集合体
- 10 制御棒案内管
- 11 制御棒駆動機構ハウジング(内側)



今回工認モデル : 0.109s

3次元FEM-質点系連成モデル : 0.109s  
(原子炉圧力容器等部分)

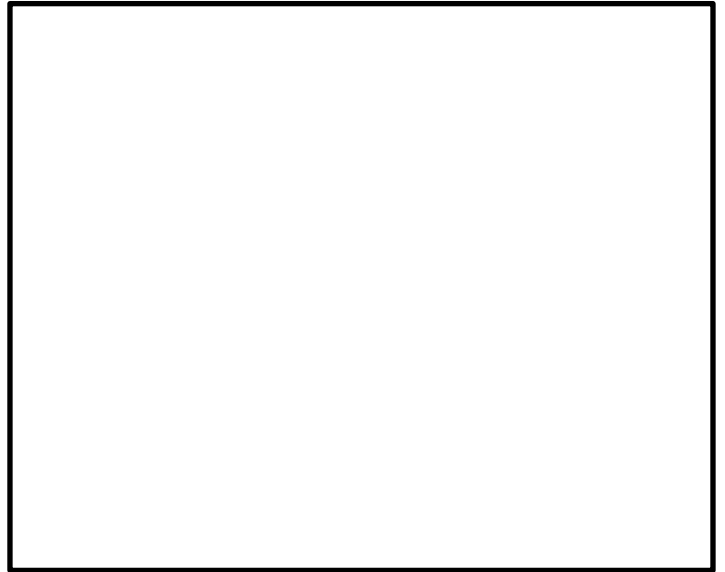
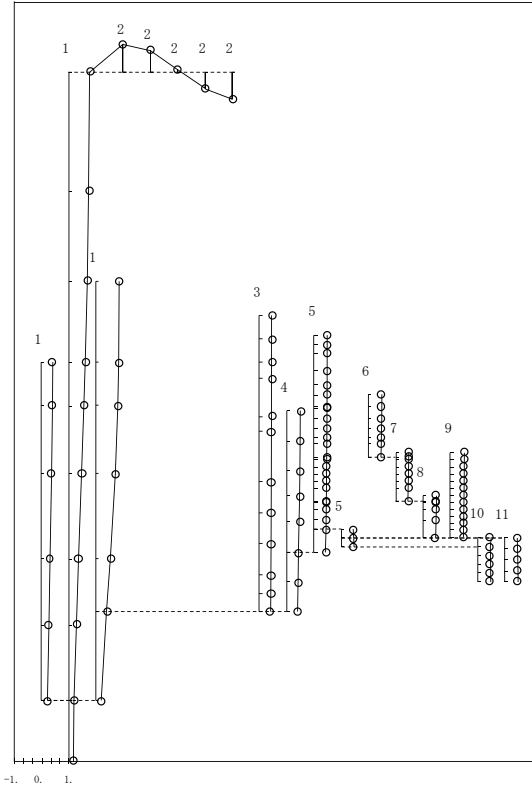


3次元FEM-質点系連成モデル : 0.109s

図4-2 (4/4) 振動モード (EW方向) (原子炉圧力容器 1次)

- 1 原子炉建物
- 2 屋根トラス
- 3 原子炉格納容器
- 4 ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ベデスタル
- 5 原子炉圧力容器
- 6 気水分離器，スタンドパイプ，  
シュラウドヘッド及び炉心シュラウド上部胴

- 7 炉心シュラウド中間胴
- 8 炉心シュラウド下部胴
- 9 燃料集合体及び制御棒案内管
- 10 制御棒駆動機構ハウジング(内側)
- 11 制御棒駆動機構ハウジング(外側)



今回工認モデル : 0.106s

3次元FEM-質点系連成モデル : 0.110s

図4-3 振動モード (鉛直方向) (原子炉建物 1次)

#### 4.2 3次元FEM連成解析モデルと今回工認モデルの応答比率

弾性設計用地震動Sd-Dによる、3次元FEM-質点系連成モデルと今回工認モデルの応答比率を示す。なお、床応答スペクトルの減衰定数は、耐震裕度の比較的小さい配管系の主要な減衰定数である2.0%を代表とする。3次元FEM-質点系連成モデルと今回工認モデルの応答比較結果の全体的な傾向について、以下に示す。

水平方向：

原子炉圧力容器等の地震応答として、今回工認モデルがおおむね3次元FEM-質点系連成モデルの応答を包絡することが確認された。上記の理由としては、原子炉圧力容器等の地震動の入力点である原子炉建物と原子炉圧力容器等の接続点付近（原子炉建物EL 34.8m, 30.5m, 23.8m, 8.8mの接続部付近の節点）において、質点系モデルの応答がおおむね3次元FEMモデルの応答を包絡していることが要因として考えられる。接続点付近の節点における3次元FEMモデル（建物模擬モデル）と原子炉建物単体の質点系モデルの床応答スペクトルの比較を図4-4に示す。図4-4に示すとおり、EL 34.8m, 30.5m, 23.8mの水平方向（NS, EW）の一部の周期帯（約0.10s～0.20s付近）で3次元FEMモデルの応答が質点系モデルの応答を上回る箇所があるものの、その他の標高、周期帯では、質点系モデルの応答がおおむね3次元FEMモデルの応答を包絡している。質点系モデルの応答がおおむね3次元FEMモデルの応答を包絡する理由としては、原子炉建物の卓越振動モードにおいて、質点系モデルの有効質量比が3次元FEMモデルの有効質量比よりも大きいことが要因として考えられる。3次元FEMモデルにおいては、質点系モデルでは現れない複数の振動モードが現れる。そのため、有効質量が分散し、原子炉建物の卓越振動モードにおける有効質量比が3次元FEMモデルでより小さくなる傾向があると考えられる。

なお、一部3次元FEM-質点系連成モデルの方が今回工認モデルよりも応答が大きくなる箇所がある。上記の理由としては、接続点付近において、一部の周期帯（約0.10s～0.20s付近）で3次元FEMモデルの応答が質点系モデルの応答を上回ることが要因として考えられる。特に炉心シュラウドについては、表4-1に示すとおり、1次の卓越周期が約0.13sであり、当該周期帯に位置するため、3次元FEM-質点系連成モデルの方が今回工認モデルよりも応答が大きくなっていると考えられる。

鉛直方向：

原子炉圧力容器等の地震応答として、今回工認モデルがおおむね3次元FEM-質点系連成モデルの応答を包絡することが確認された。上記の理由としては、原子炉圧力容器等の地震動の入力点である原子炉建物と原子炉圧力容器等の接続点（原子炉建物EL 8.8mの接続部付近の節点）において、質点系モデルの応答がおおむね原子炉建物の3次元FEMモデルの応答を包絡していることが要因として考えられる。原子炉建物と原子炉圧力容器等の接続点における床応答スペクトルの比較を図4-5に示す。

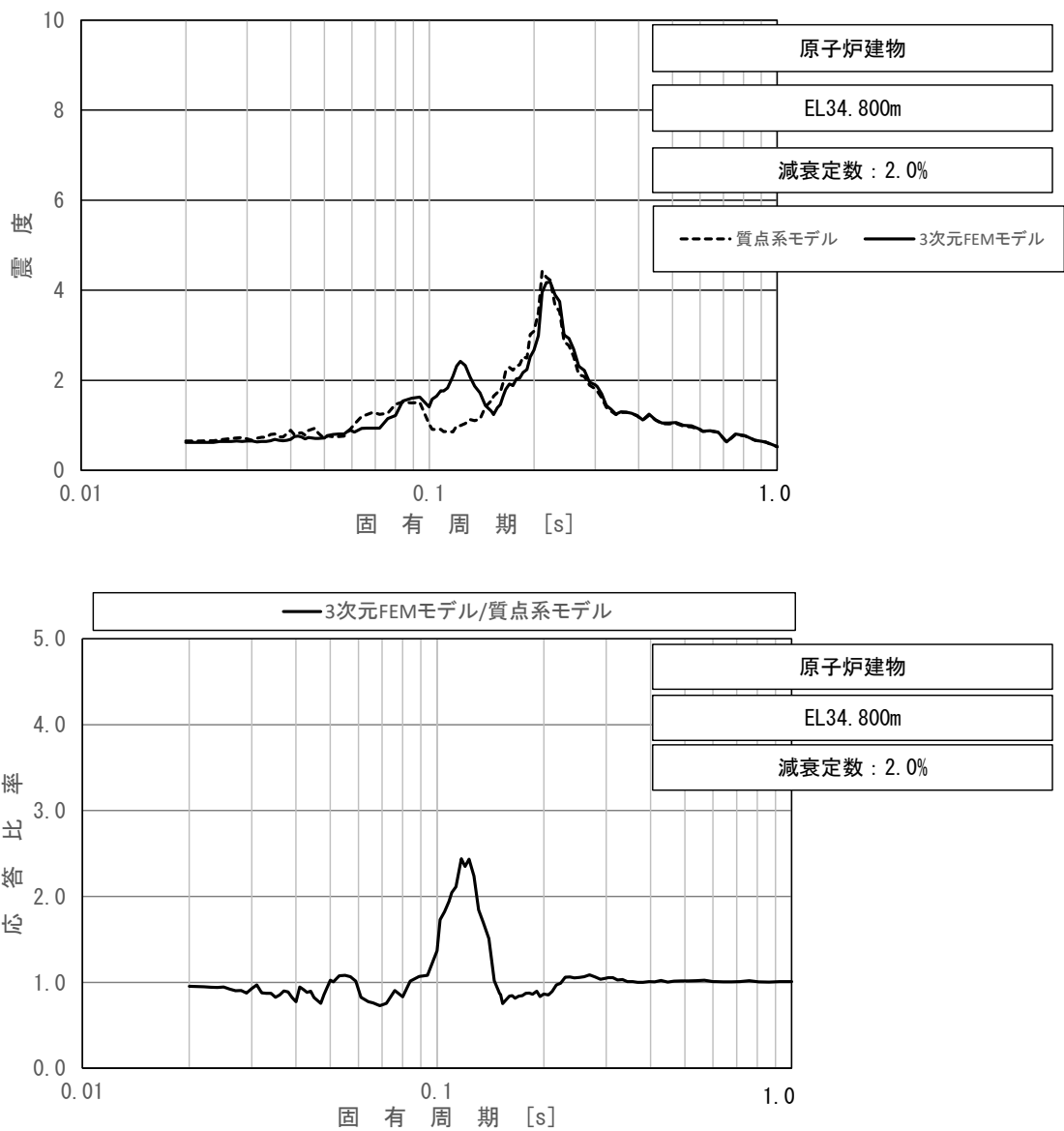


図 4-4 (1/8) 今回工認モデルと 3 次元 F E M モデルの床応答スペクトル比較及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS),  
 EL34.8m (原子炉建物と原子炉圧力容器等の接続点付近の節点 (建物模擬モデル)))

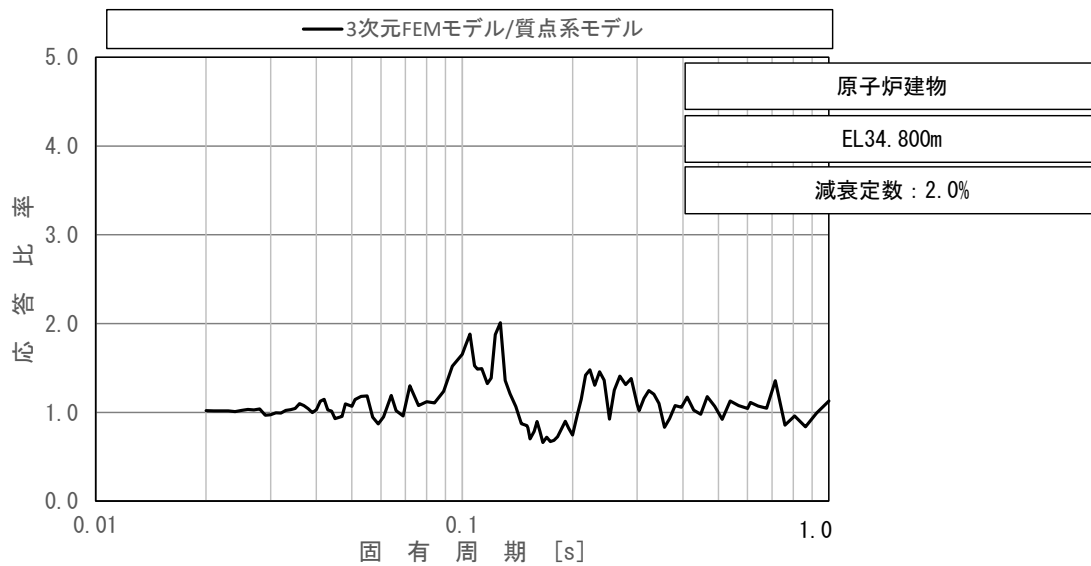
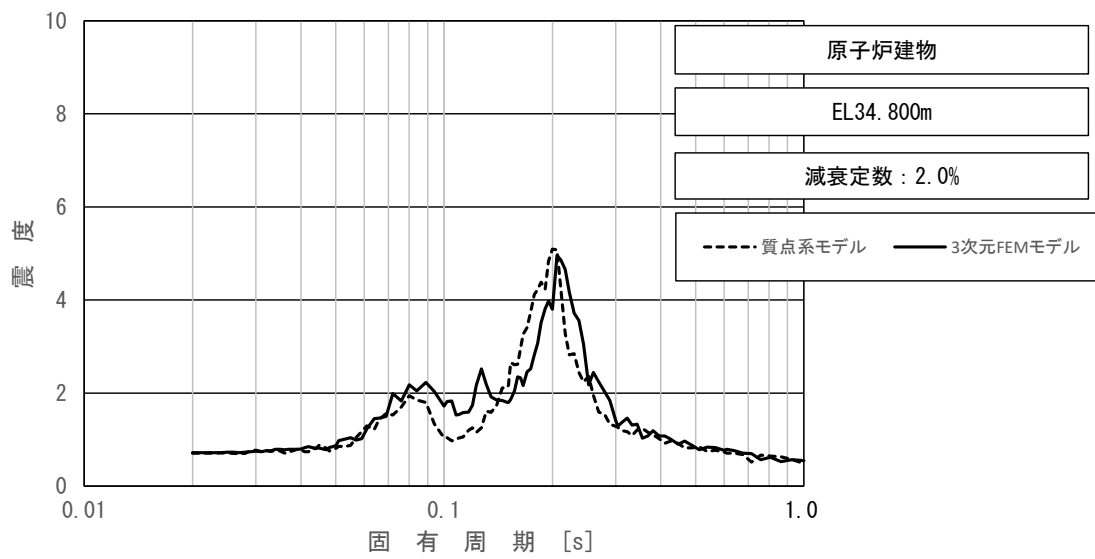


図 4-4 (2/8) 今回工認モデルと 3次元 FEMモデルの床応答スペクトル比較及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW),  
 EL34.8m (原子炉建物と原子炉圧力容器等の接続点付近の節点 (建物模擬モデル)))

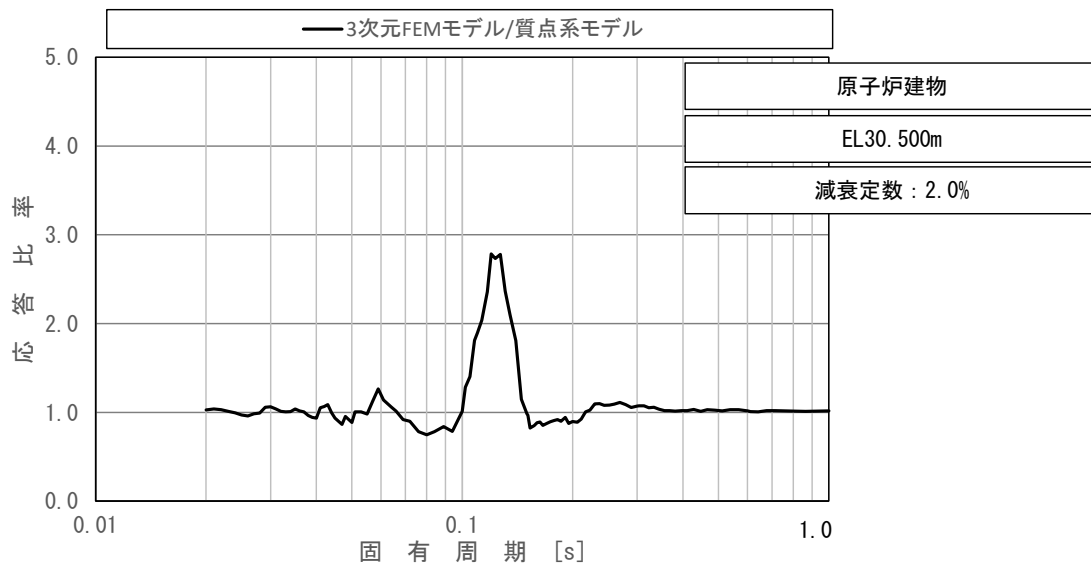
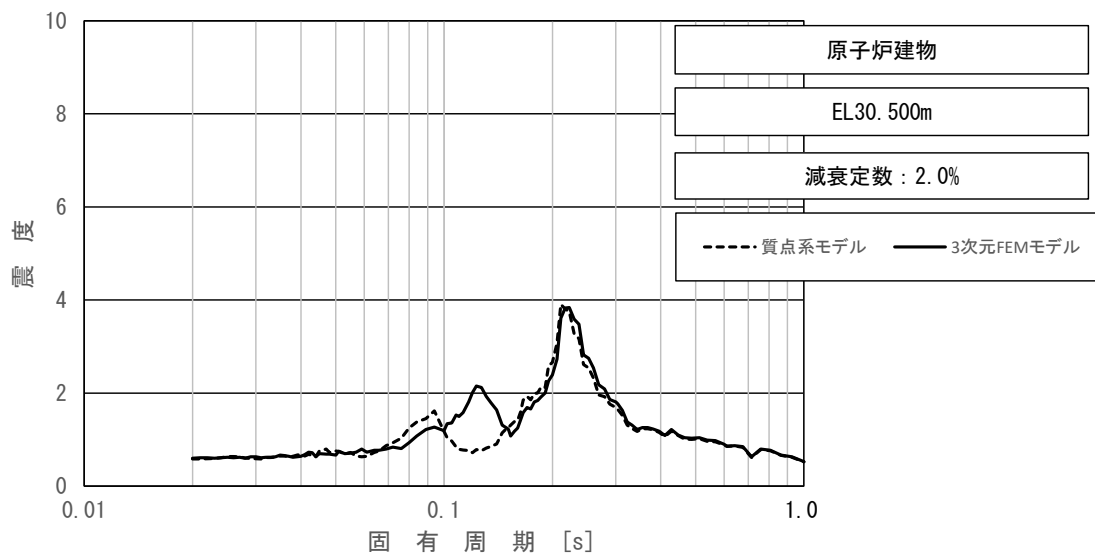


図 4-4 (3/8) 今回工認モデルと 3 次元 F E M モデルの床応答スペクトル比較及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS),  
 EL30.5m (原子炉建物と原子炉圧力容器等の接続点付近の節点 (建物模擬モデル)))

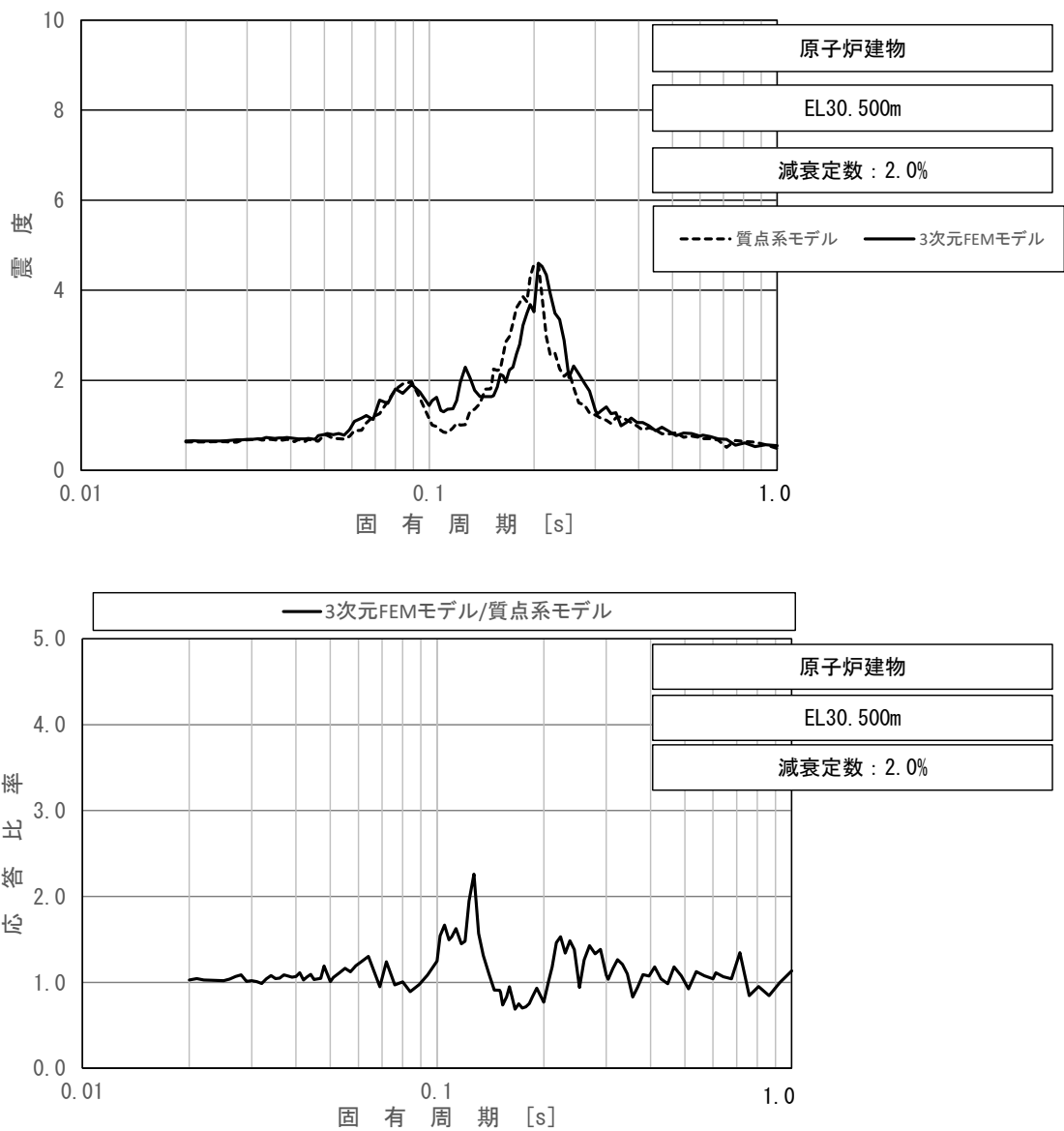


図 4-4 (4/8) 今回工認モデルと 3次元FEMモデルの床応答スペクトル比較及び応答比率  
 (弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-D, 水平方向 (EW),  
 EL30.5m (原子炉建物と原子炉圧力容器等の接続点付近の節点 (建物模擬モデル)))



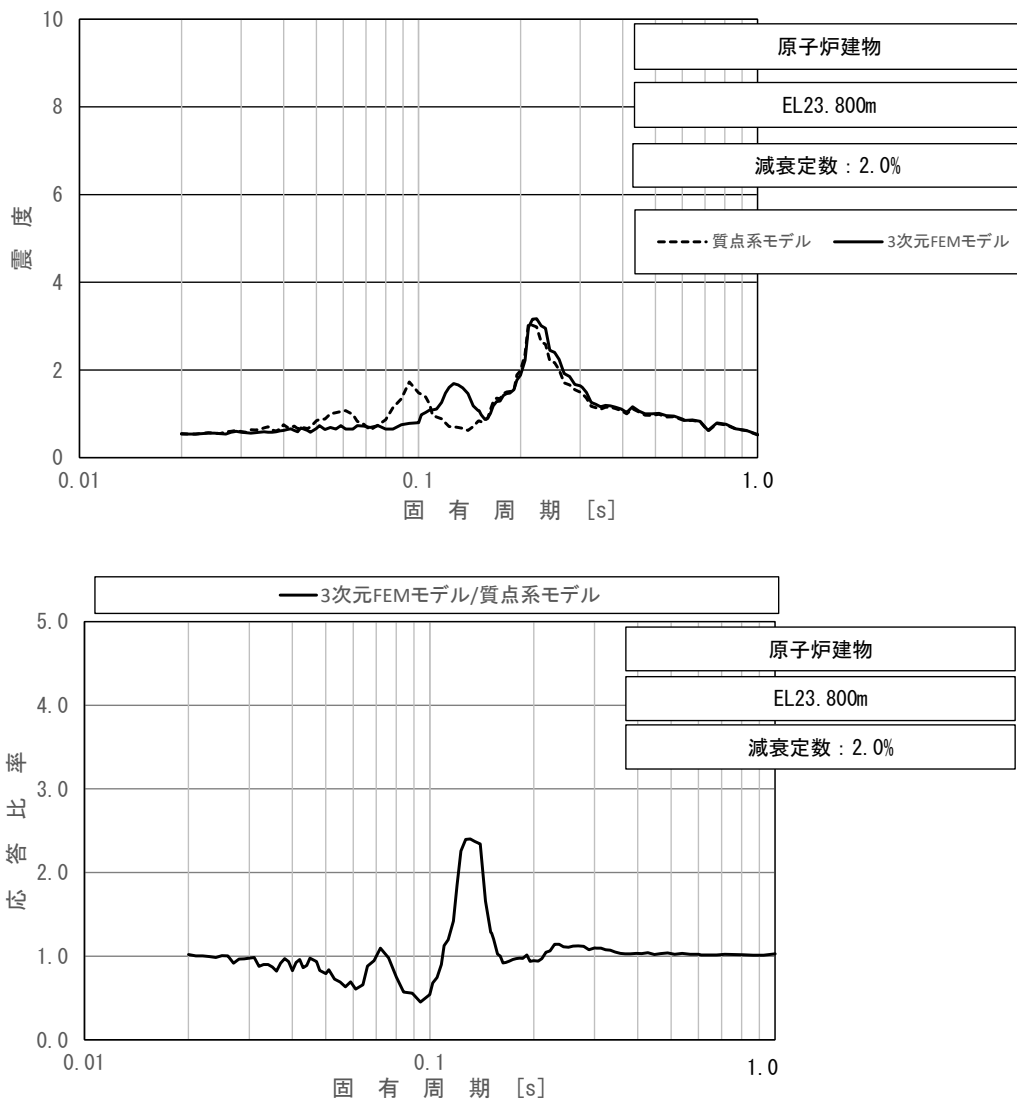


図 4-4 (5/8) 今回工認モデルと 3次元FEMモデルの床応答スペクトル比較及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS),  
 EL23.8m (原子炉建物と原子炉压力容器等の接続点付近の節点 (建物模擬モデル)))

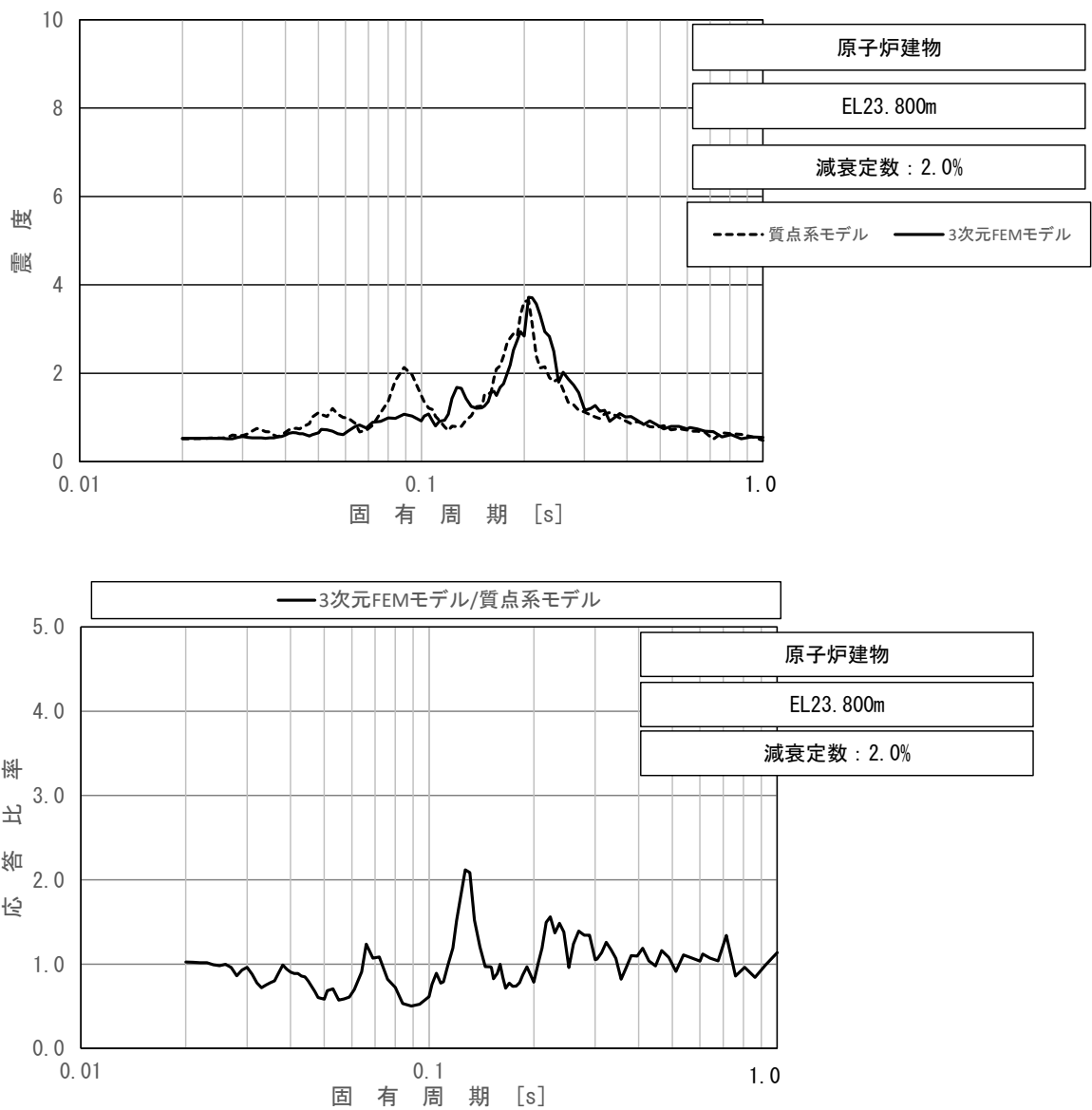


図 4-4 (6/8) 今回工認モデルと 3 次元 F E M モデルの床応答スペクトル比較及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW),  
 EL23.8m (原子炉建物と原子炉压力容器等の接続点付近の節点 (建物模擬モデル)))

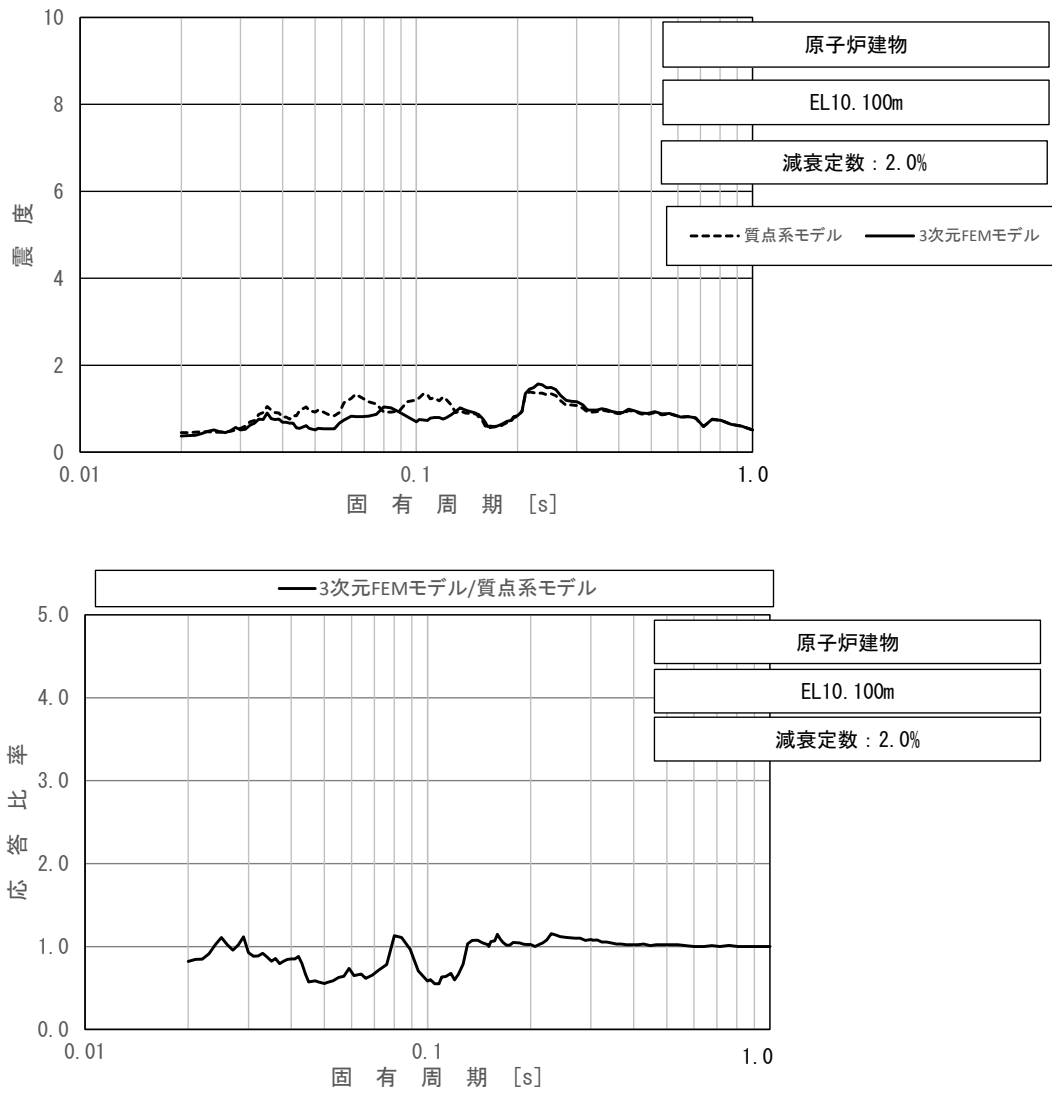


図 4-4 (7/8) 今回工認モデルと 3 次元 F E M モデルの床応答スペクトル比較及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS),  
 EL10.1m (原子炉建物と原子炉圧力容器等の接続点付近の節点 (建物模擬モデル)))

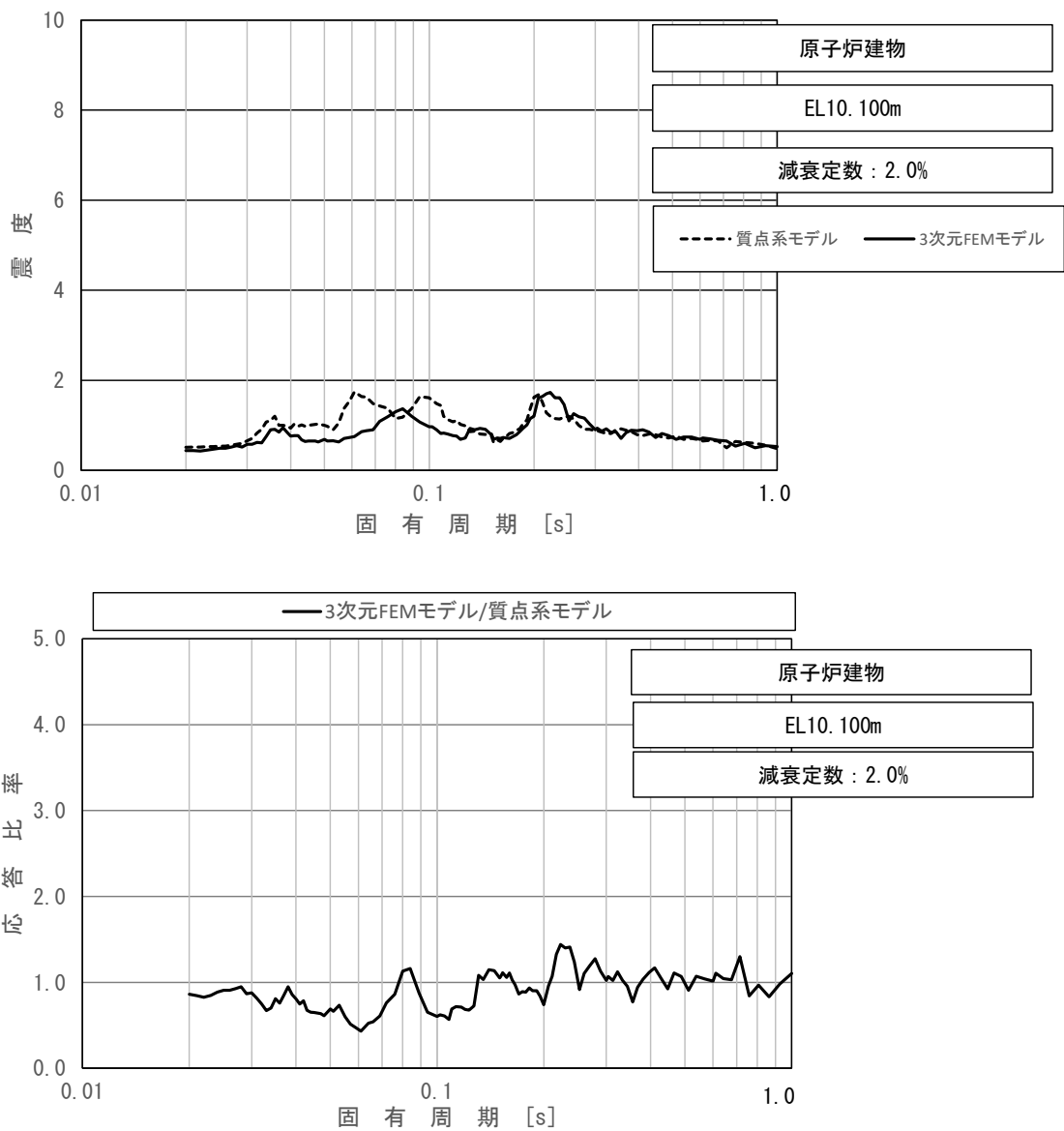


図 4-4 (8/8) 今回工認モデルと 3次元FEMモデルの床応答スペクトル比較及び応答比率  
 (弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-D, 水平方向 (EW),  
 EL10.1m (原子炉建物と原子炉圧力容器等の接続点付近の節点 (建物模擬モデル)))

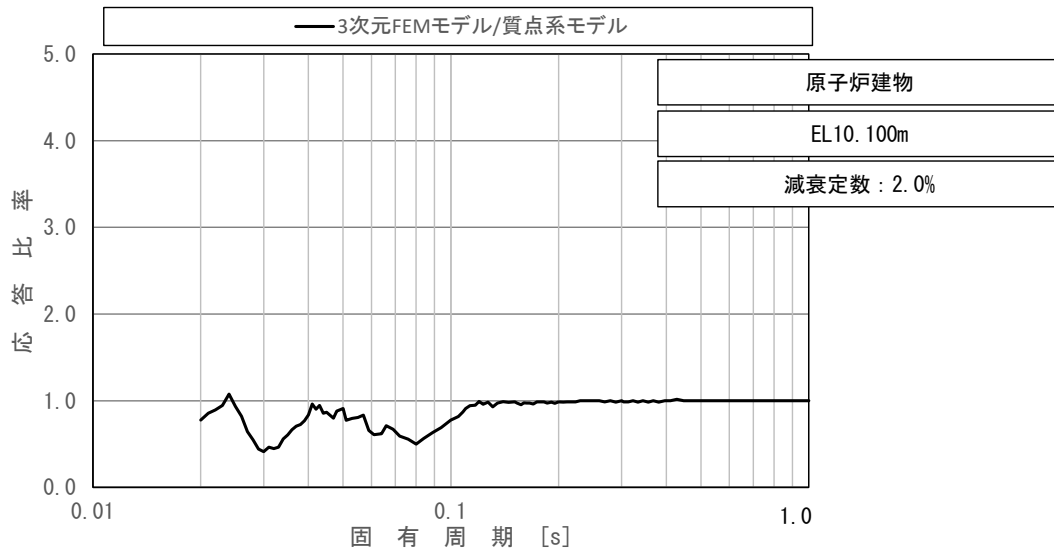
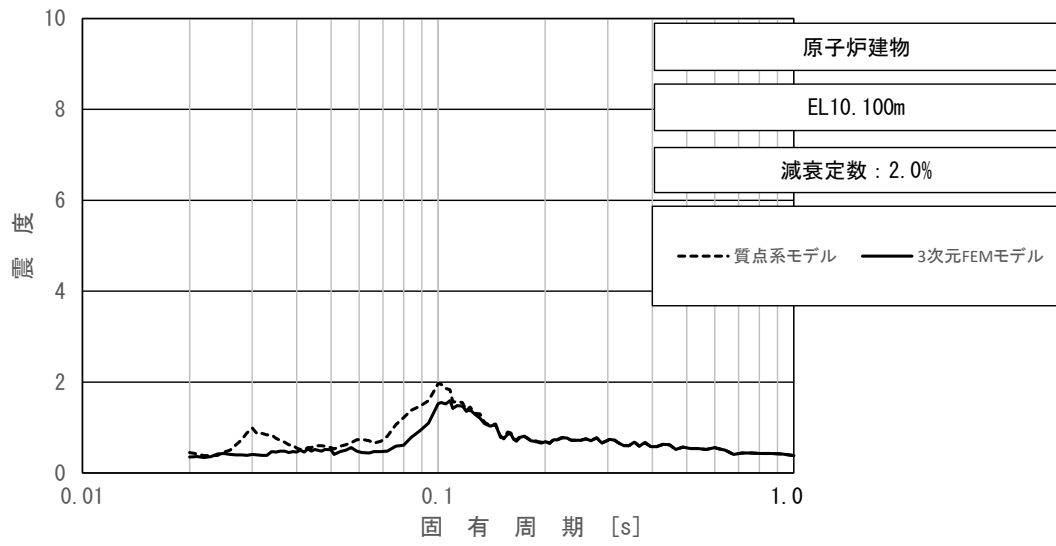


図 4-5 今回工認モデルと 3 次元 F E M モデルの床応答スペクトル比較及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向,  
 EL10.1m (原子炉建物と原子炉圧力容器等の接続点付近の節点 (建物模擬モデル)))

(1) 震度の応答比率

震度の応答比率を表4-2～表4-12に、震度（1.2ZPA）の比較図を図4-6～図4-12に示す。

表 4-2 (1/3) 震度（原子炉格納容器）  
弾性設計用地震動 S d - D, 1.0ZPA, 水平方向（NS）

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.0		②/① 応答比率
	NS 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉 格納容器	41	39.400	0.71	0.68	0.96
	42	37.060	0.68	0.66	0.98
	43	34.758	0.64	0.63	0.99
	44	33.141	0.61	0.62	1.02
	45	29.392	0.57	0.58	1.02
	46	27.907	0.55	0.58	1.06
	47	22.932	0.47	0.54	1.15
	48	19.878	0.45	0.51	1.14
	49	16.825	0.43	0.47	1.10
	50	13.700	0.43	0.42	0.98
	51	11.900	0.43	0.39	0.91

表 4-2 (2/3) 震度 (原子炉格納容器)  
 弾性設計用地震動 S d - D, 1.0ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0		②/① 応答比率
	EW 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉 格納容器	42	39.400	0.77	0.68	0.89
	43	37.060	0.73	0.65	0.90
	44	34.758	0.69	0.61	0.89
	45	33.141	0.66	0.58	0.88
	46	29.392	0.60	0.53	0.89
	47	27.907	0.56	0.52	0.93
	48	22.932	0.45	0.49	1.09
	49	19.878	0.42	0.46	1.10
	50	16.825	0.40	0.42	1.05
	51	13.700	0.39	0.37	0.95
	52	11.900	0.42	0.35	0.84

表 4-2 (3/3) 震度 (原子炉格納容器)  
 弾性設計用地震動 S d - D, 1.0ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.0		②/① 応答比率
	鉛直方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉 格納容器	29	39.400	0.43	0.38	0.89
	30	37.060	0.43	0.38	0.89
	31	34.758	0.42	0.37	0.89
	32	33.141	0.42	0.37	0.89
	33	29.392	0.40	0.36	0.90
	34	27.907	0.40	0.36	0.90
	35	22.932	0.38	0.34	0.90
	36	19.878	0.37	0.33	0.90
	37	16.825	0.36	0.31	0.87
	38	13.700	0.36	0.31	0.87
	39	11.900	0.35	0.31	0.89



表 4-3 (1/3) 震度 (原子炉格納容器)  
 弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2		②/① 応答比率
	NS 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉 格納容器	41	39.400	0.85	0.82	0.97
	42	37.060	0.81	0.79	0.98
	43	34.758	0.77	0.76	0.99
	44	33.141	0.73	0.74	1.02
	45	29.392	0.68	0.70	1.03
	46	27.907	0.66	0.69	1.05
	47	22.932	0.57	0.65	1.15
	48	19.878	0.53	0.61	1.16
	49	16.825	0.51	0.56	1.10
	50	13.700	0.51	0.50	0.99
	51	11.900	0.51	0.46	0.91

表 4-3 (2/3) 震度 (原子炉格納容器)  
 弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.2		②/① 応答比率
	EW 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉 格納容器	42	39.400	0.92	0.82	0.90
	43	37.060	0.87	0.78	0.90
	44	34.758	0.83	0.74	0.90
	45	33.141	0.79	0.70	0.89
	46	29.392	0.72	0.64	0.89
	47	27.907	0.67	0.62	0.93
	48	22.932	0.54	0.58	1.08
	49	19.878	0.50	0.55	1.10
	50	16.825	0.47	0.51	1.09
	51	13.700	0.47	0.45	0.96
	52	11.900	0.50	0.42	0.84

表 4-3 (3/3) 震度 (原子炉格納容器)  
 弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.2		②/① 応答比率
	鉛直方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉 格納容器	29	39.400	0.51	0.45	0.89
	30	37.060	0.51	0.45	0.89
	31	34.758	0.51	0.45	0.89
	32	33.141	0.50	0.44	0.88
	33	29.392	0.48	0.43	0.90
	34	27.907	0.48	0.43	0.90
	35	22.932	0.46	0.41	0.90
	36	19.878	0.45	0.39	0.87
	37	16.825	0.43	0.37	0.87
	38	13.700	0.43	0.37	0.87
	39	11.900	0.42	0.37	0.89

表 4-4 (1/3) 震度 (ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペDESTAL)  
弾性設計用地震動 S d - D, 1.0ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0		②/① 応答比率
	NS 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
ガンマ線遮蔽壁	53	29.962	0.98	0.85	0.87
	54	26.981	0.91	0.70	0.77
	55	24.000	0.75	0.64	0.86
	56	21.500	0.66	0.58	0.88
	57	19.000	0.56	0.50	0.90
原子炉圧力容器 ペDESTAL	58	15.944	0.50	0.42	0.84
	59	13.022	0.47	0.38	0.81

表 4-4 (2/3) 震度 (ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペDESTAL)  
 弾性設計用地震動 S d - D, 1.0ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0		②/① 応答比率
	EW 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
ガンマ線遮蔽壁	54	29.962	1.02	0.79	0.78
	55	26.981	0.95	0.67	0.71
	56	24.000	0.80	0.62	0.78
	57	21.500	0.69	0.57	0.83
	58	19.000	0.61	0.49	0.81
原子炉圧力容器 ペDESTAL	59	15.944	0.55	0.43	0.79
	60	13.022	0.51	0.37	0.73

表 4-4 (3/3) 震度 (ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペDESTAL)

弾性設計用地震動 S d - D, 1.0ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0		②/① 応答比率
	鉛直方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
ガンマ線遮蔽壁	41	29.962	0.57	0.50	0.88
	42	26.981	0.55	0.48	0.88
	43	24.000	0.52	0.45	0.87
	44	21.500	0.48	0.42	0.88
	45	19.000	0.41	0.36	0.88
原子炉圧力容器 ペDESTAL	46	15.944	0.37	0.32	0.87
	47	13.022	0.36	0.31	0.87

表 4-5 (1/3) 震度 (ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペDESTAL)  
 弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2		②/① 応答比率
	NS 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
ガンマ線遮蔽壁	53	29.962	1.18	1.01	0.86
	54	26.981	1.09	0.84	0.78
	55	24.000	0.90	0.77	0.86
	56	21.500	0.79	0.70	0.89
	57	19.000	0.67	0.60	0.90
原子炉圧力容器 ペDESTAL	58	15.944	0.60	0.51	0.85
	59	13.022	0.56	0.46	0.83

表 4-5 (2/3) 震度 (ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペDESTAL)  
 弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2		②/① 応答比率
	EW 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
ガンマ線遮蔽壁	54	29.962	1.23	0.94	0.77
	55	26.981	1.14	0.80	0.71
	56	24.000	0.96	0.75	0.79
	57	21.500	0.83	0.68	0.82
	58	19.000	0.73	0.59	0.81
原子炉圧力容器 ペDESTAL	59	15.944	0.66	0.52	0.79
	60	13.022	0.61	0.45	0.74



表 4-5 (3/3) 震度 (ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペDESTAL)

弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2		②/① 応答比率
	鉛直方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
ガンマ線遮蔽壁	41	29.962	0.69	0.60	0.87
	42	26.981	0.66	0.58	0.88
	43	24.000	0.62	0.54	0.88
	44	21.500	0.57	0.50	0.88
	45	19.000	0.50	0.43	0.86
原子炉圧力容器 ペDESTAL	46	15.944	0.44	0.38	0.87
	47	13.022	0.43	0.37	0.87

表 4-6 (1/3) 震度 (原子炉压力容器)  
 弾性設計用地震動 S d-D, 1.0ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.0		②/① 応答比率
	NS 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉 压力容器	61	37.494	1.84	1.66	0.91
	62	36.586	1.75	1.58	0.91
	63	35.678	1.66	1.51	0.91
	64	33.993	1.52	1.37	0.91
	65	32.567	1.41	1.24	0.88
	66	31.557	1.32	1.15	0.88
	67	30.369	1.21	1.04	0.86
	68	30.218	1.20	1.03	0.86
	69	29.181	1.14	0.96	0.85
	70	28.249	1.07	0.90	0.85
	71	27.317	1.01	0.86	0.86
	72	26.687	0.97	0.83	0.86
	73	25.414	0.88	0.78	0.89
	74	25.131	0.86	0.77	0.90
	75	24.419	0.80	0.74	0.93
	76	23.707	0.75	0.70	0.94
	77	22.995	0.70	0.67	0.96
	78	22.283	0.67	0.63	0.95
	79	21.064	0.65	0.57	0.88
	80	20.892	0.65	0.56	0.87
81	20.214	0.63	0.54	0.86	
82	19.196	0.61	0.51	0.84	
83	18.250	0.59	0.48	0.82	

表 4-6 (2/3) 震度 (原子炉压力容器)  
 弾性設計用地震動 S d-D, 1.0ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.0		②/① 応答比率
	EW 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉 压力容器	62	37.494	2.30	1.41	0.62
	63	36.586	2.19	1.35	0.62
	64	35.678	2.07	1.28	0.62
	65	33.993	1.86	1.16	0.63
	66	32.567	1.68	1.06	0.64
	67	31.557	1.55	0.98	0.64
	68	30.369	1.39	0.89	0.65
	69	30.218	1.38	0.88	0.64
	70	29.181	1.28	0.81	0.64
	71	28.249	1.20	0.75	0.63
	72	27.317	1.11	0.71	0.64
	73	26.687	1.06	0.68	0.65
	74	25.414	0.95	0.66	0.70
	75	25.131	0.93	0.66	0.71
	76	24.419	0.87	0.65	0.75
	77	23.707	0.81	0.63	0.78
	78	22.995	0.75	0.62	0.83
	79	22.283	0.69	0.60	0.87
	80	21.064	0.61	0.58	0.96
	81	20.892	0.61	0.57	0.94
82	20.214	0.60	0.56	0.94	
83	19.196	0.60	0.53	0.89	
84	18.250	0.60	0.51	0.85	

表 4-6 (3/3) 震度 (原子炉压力容器)  
 弾性設計用地震動 S d - D, 1.0ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.0		②/① 応答比率
	鉛直方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉 压力容器	49	37.494	0.49	0.41	0.84
	50	36.586	0.49	0.41	0.84
	51	35.678	0.49	0.41	0.84
	52	33.993	0.49	0.41	0.84
	53	32.567	0.49	0.40	0.82
	54	31.557	0.48	0.40	0.84
	55	30.369	0.48	0.40	0.84
	56	30.218	0.48	0.39	0.82
	57	29.181	0.47	0.39	0.83
	58	28.249	0.47	0.39	0.83
	59	27.317	0.46	0.38	0.83
	60	26.687	0.46	0.38	0.83
	61	25.414	0.45	0.37	0.83
	62	25.131	0.45	0.37	0.83
	63	24.419	0.44	0.37	0.85
	64	23.707	0.44	0.37	0.85
	65	22.995	0.43	0.36	0.84
	66	22.283	0.43	0.36	0.84
	67	21.064	0.42	0.35	0.84
	68	20.892	0.42	0.35	0.84
	69	20.214	0.41	0.35	0.86
70	19.196	0.41	0.34	0.83	
71	18.250	0.40	0.34	0.85	

表 4-7 (1/3) 震度 (原子炉压力容器)  
 弾性設計用地震動 S d-D, 1.2ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.2		②/① 応答比率
	NS 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉 压力容器	61	37.494	2.21	1.99	0.91
	62	36.586	2.10	1.90	0.91
	63	35.678	1.99	1.81	0.91
	64	33.993	1.83	1.64	0.90
	65	32.567	1.69	1.49	0.89
	66	31.557	1.58	1.38	0.88
	67	30.369	1.46	1.25	0.86
	68	30.218	1.44	1.24	0.87
	69	29.181	1.36	1.15	0.85
	70	28.249	1.29	1.08	0.84
	71	27.317	1.21	1.03	0.86
	72	26.687	1.16	1.00	0.87
	73	25.414	1.05	0.94	0.90
	74	25.131	1.03	0.92	0.90
	75	24.419	0.96	0.88	0.92
	76	23.707	0.90	0.84	0.94
	77	22.995	0.84	0.80	0.96
	78	22.283	0.80	0.76	0.95
	79	21.064	0.78	0.68	0.88
	80	20.892	0.77	0.68	0.89
81	20.214	0.76	0.65	0.86	
82	19.196	0.73	0.61	0.84	
83	18.250	0.70	0.57	0.82	

表 4-7 (2/3) 震度 (原子炉压力容器)  
 弾性設計用地震動 S d-D, 1.2ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.2		②/① 応答比率
	EW 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉 压力容器	62	37.494	2.76	1.69	0.62
	63	36.586	2.62	1.61	0.62
	64	35.678	2.49	1.54	0.62
	65	33.993	2.23	1.39	0.63
	66	32.567	2.02	1.27	0.63
	67	31.557	1.86	1.18	0.64
	68	30.369	1.67	1.07	0.65
	69	30.218	1.65	1.06	0.65
	70	29.181	1.53	0.97	0.64
	71	28.249	1.43	0.90	0.63
	72	27.317	1.33	0.85	0.64
	73	26.687	1.27	0.82	0.65
	74	25.414	1.14	0.80	0.71
	75	25.131	1.11	0.79	0.72
	76	24.419	1.04	0.77	0.75
	77	23.707	0.97	0.76	0.79
	78	22.995	0.89	0.74	0.84
	79	22.283	0.82	0.72	0.88
	80	21.064	0.73	0.69	0.95
	81	20.892	0.73	0.69	0.95
82	20.214	0.72	0.67	0.94	
83	19.196	0.72	0.64	0.89	
84	18.250	0.72	0.61	0.85	

表 4-7 (3/3) 震度 (原子炉压力容器)  
 弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.2		②/① 応答比率
	鉛直方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉 压力容器	49	37.494	0.59	0.49	0.84
	50	36.586	0.59	0.49	0.84
	51	35.678	0.59	0.49	0.84
	52	33.993	0.59	0.49	0.84
	53	32.567	0.58	0.48	0.83
	54	31.557	0.58	0.48	0.83
	55	30.369	0.57	0.47	0.83
	56	30.218	0.57	0.47	0.83
	57	29.181	0.56	0.47	0.84
	58	28.249	0.56	0.46	0.83
	59	27.317	0.55	0.46	0.84
	60	26.687	0.55	0.46	0.84
	61	25.414	0.54	0.45	0.84
	62	25.131	0.54	0.45	0.84
	63	24.419	0.53	0.44	0.84
	64	23.707	0.52	0.44	0.85
	65	22.995	0.52	0.43	0.83
	66	22.283	0.51	0.43	0.85
	67	21.064	0.50	0.42	0.84
	68	20.892	0.50	0.42	0.84
	69	20.214	0.50	0.42	0.84
70	19.196	0.49	0.41	0.84	
71	18.250	0.48	0.41	0.86	

表 4-8 (1/3) 震度 (炉心シュラウド)  
 弾性設計用地震動 S d-D, 1.2ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.2		②/① 応答比率
	NS 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
炉心シュラウド	88	31.557	1.33	1.99	1.50
	89	30.369	1.10	1.73	1.58
	90	29.181	0.97	1.53	1.58
	91	28.249	0.91	1.38	1.52
	92	27.317	0.85	1.27	1.50
	93	26.687	0.83	1.21	1.46
	94	25.414	0.81	1.09	1.35
	95	25.843	0.82	1.13	1.38
	96	25.414	0.81	1.09	1.35
	97	25.131	0.81	1.06	1.31
	98	24.419	0.80	0.98	1.23
	99	23.707	0.80	0.91	1.14
	100	22.995	0.79	0.85	1.08
	101	22.283	0.79	0.80	1.02
	102	21.064	0.77	0.73	0.95
	103	21.571	0.78	0.76	0.98
	104	21.064	0.77	0.73	0.95
	105	20.892	0.77	0.72	0.94
106	20.214	0.76	0.67	0.89	
107	19.196	0.73	0.61	0.84	



表 4-8 (2/3) 震度 (炉心シュラウド)

弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2		②/① 応答比率
	EW 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
炉心シュラウド	89	31.557	1.32	1.61	1.22
	90	30.369	1.08	1.40	1.30
	91	29.181	0.94	1.26	1.35
	92	28.249	0.89	1.17	1.32
	93	27.317	0.86	1.08	1.26
	94	26.687	0.83	1.03	1.25
	95	25.414	0.81	0.92	1.14
	96	25.843	0.82	0.96	1.18
	97	25.414	0.81	0.92	1.14
	98	25.131	0.81	0.89	1.10
	99	24.419	0.80	0.83	1.04
	100	23.707	0.78	0.77	0.99
	101	22.995	0.77	0.71	0.93
	102	22.283	0.76	0.69	0.91
	103	21.064	0.73	0.68	0.94
	104	21.571	0.75	0.69	0.92
	105	21.064	0.73	0.68	0.94
	106	20.892	0.73	0.67	0.92
	107	20.214	0.71	0.66	0.93
108	19.196	0.72	0.64	0.89	

表 4-8 (3/3) 震度 (炉心シュラウド)  
 弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.2		②/① 応答比率
	鉛直方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
炉心シュラウド	73	31.557	0.65	0.48	0.74
	74	30.369	0.65	0.48	0.74
	75	29.181	0.64	0.48	0.75
	76	28.249	0.64	0.48	0.75
	77	27.317	0.63	0.48	0.77
	78	26.687	0.63	0.48	0.77
	79	25.414	0.62	0.47	0.76
	80	25.843	0.62	0.47	0.76
	81	25.414	0.62	0.47	0.76
	82	25.131	0.62	0.47	0.76
	83	24.419	0.61	0.47	0.78
	84	23.707	0.59	0.46	0.78
	85	22.995	0.58	0.45	0.78
	86	22.283	0.57	0.45	0.79
	87	21.064	0.55	0.44	0.80
	88	21.571	0.55	0.44	0.80
	89	21.064	0.55	0.44	0.80
	90	20.892	0.55	0.44	0.80
	91	20.214	0.53	0.43	0.82
	92	19.196	0.51	0.43	0.85

表 4-9 (1/3) 震度 (燃料集合体 (燃料被覆管評価用))  
 弾性設計用地震動 S d - D, 1.0ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0		②/① 応答比率
	NS 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
燃料集合体	113	25.843	0.68	0.94	1.39
	114	25.131	1.04	1.16	1.12
	115	24.419	1.32	1.29	0.98
	116	23.707	1.38	1.41	1.03
	117	22.995	1.21	1.24	1.03
	118	22.283	0.85	0.96	1.13
	119	21.571	0.65	0.63	0.97

表 4-9 (2/3) 震度 (燃料集合体 (燃料被覆管評価用))  
 弾性設計用地震動 S d - D, 1.0ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0		②/① 応答比率
	EW 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
燃料集合体	114	25.843	0.69	0.80	1.16
	115	25.131	1.25	1.24	1.00
	116	24.419	1.72	1.77	1.03
	117	23.707	1.86	1.96	1.06
	118	22.995	1.57	1.70	1.09
	119	22.283	1.01	1.13	1.12
	120	21.571	0.62	0.58	0.94

表 4-9 (3/3) 震度 (燃料集合体 (燃料被覆管評価用))

弾性設計用地震動 S d - D, 1.0ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0		②/① 応答比率
	鉛直方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
燃料集合体	94	25.843	0.58	0.51	0.88
	95	25.131	0.58	0.51	0.88
	96	24.419	0.58	0.51	0.88
	97	23.707	0.57	0.50	0.88
	98	22.995	0.57	0.50	0.88
	99	22.283	0.56	0.49	0.88
	100	21.571	0.55	0.48	0.88

表 4-10 (1/3) 震度 (制御棒駆動機構ハウジング)  
 弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2		②/① 応答比率
	NS 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	127	17.499	0.65	0.61	0.94
	128	16.508	0.67	0.52	0.78
	129	15.644	0.72	0.54	0.75
	130	14.781	0.79	0.60	0.76
	131	13.917	0.81	0.60	0.75
	132	13.054	0.83	0.60	0.73
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	108	17.442	0.69	0.55	0.80
	109	16.345	0.90	0.65	0.73
	110	15.248	1.43	0.83	0.59
	111	14.151	1.37	0.81	0.60
	112	13.054	0.82	0.60	0.74

表 4-10 (2/3) 震度 (制御棒駆動機構ハウジング)  
 基準地震動  $S_s - D$ , 1.2ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2		②/① 応答比率
	EW 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	128	17.499	0.66	0.59	0.90
	129	16.508	0.73	0.57	0.79
	130	15.644	0.78	0.59	0.76
	131	14.781	0.86	0.61	0.71
	132	13.917	1.03	0.61	0.60
	133	13.054	1.11	0.60	0.55
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	109	17.442	0.72	0.59	0.82
	110	16.345	1.24	0.70	0.57
	111	15.248	2.22	0.88	0.40
	112	14.151	2.08	0.83	0.40
	113	13.054	1.09	0.60	0.56

表 4-10 (3/3) 震度 (制御棒駆動機構ハウジング)

弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.2		②/① 応答比率
	鉛直方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	107	17.499	0.49	0.42	0.86
	108	16.508	0.49	0.41	0.84
	109	15.644	0.49	0.42	0.86
	110	14.781	0.49	0.42	0.86
	111	13.917	0.49	0.42	0.86
	112	13.054	0.49	0.42	0.86
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	93	17.419	0.49	0.41	0.84
	113	16.345	0.49	0.41	0.84
	114	15.248	0.49	0.42	0.86
	115	14.151	0.49	0.42	0.86
	116	13.054	0.49	0.42	0.86

表 4-11 (1/3) 震度 (原子炉压力容器下鏡)  
 弾性設計用地震動 S d - D, 1.0ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0		②/① 応答比率
	NS 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉压力容器下鏡	85	18.250	0.59	0.48	0.82
	86	17.442	0.58	0.46	0.80
	87	16.508	0.56	0.44	0.79

表 4-11 (2/3) 震度 (原子炉压力容器下鏡)  
 弾性設計用地震動 S d - D, 1.0ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0		②/① 応答比率
	EW 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉压力容器下鏡	86	18.250	0.60	0.51	0.85
	87	17.442	0.60	0.49	0.82
	88	16.508	0.61	0.48	0.79



表 4-11 (3/3) 震度 (原子炉压力容器下鏡)  
 弾性設計用地震動 S d - D, 1.0ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.0		②/① 応答比率
	鉛直方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉压力容器下鏡	71	18.250	0.40	0.34	0.85
	93	17.419	0.40	0.34	0.85
	108	16.508	0.41	0.35	0.86

表 4-12 (1/3) 震度 (原子炉压力容器下鏡)  
 弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2		②/① 応答比率
	NS 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉压力容器下鏡	85	18.250	0.70	0.57	0.82
	86	17.442	0.69	0.55	0.80
	87	16.508	0.67	0.52	0.78

表 4-12 (2/3) 震度 (原子炉压力容器下鏡)  
 弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2		②/① 応答比率
	EW 方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉压力容器下鏡	86	18.250	0.72	0.61	0.85
	87	17.442	0.72	0.59	0.82
	88	16.508	0.73	0.57	0.79

表 4-12 (3/3) 震度 (原子炉压力容器下鏡)  
 弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2		②/① 応答比率
	鉛直方向		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉压力容器下鏡	71	18.250	0.48	0.41	0.86
	93	17.419	0.49	0.41	0.84
	108	16.508	0.49	0.41	0.84

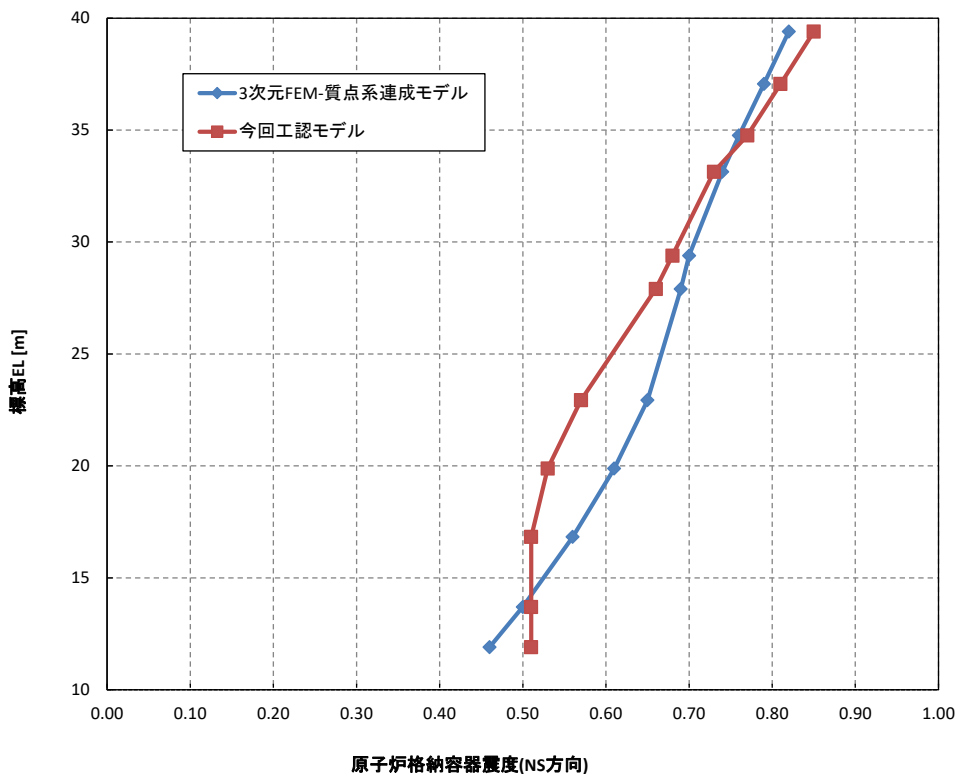


図 4-6 (1/3) 震度  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器)

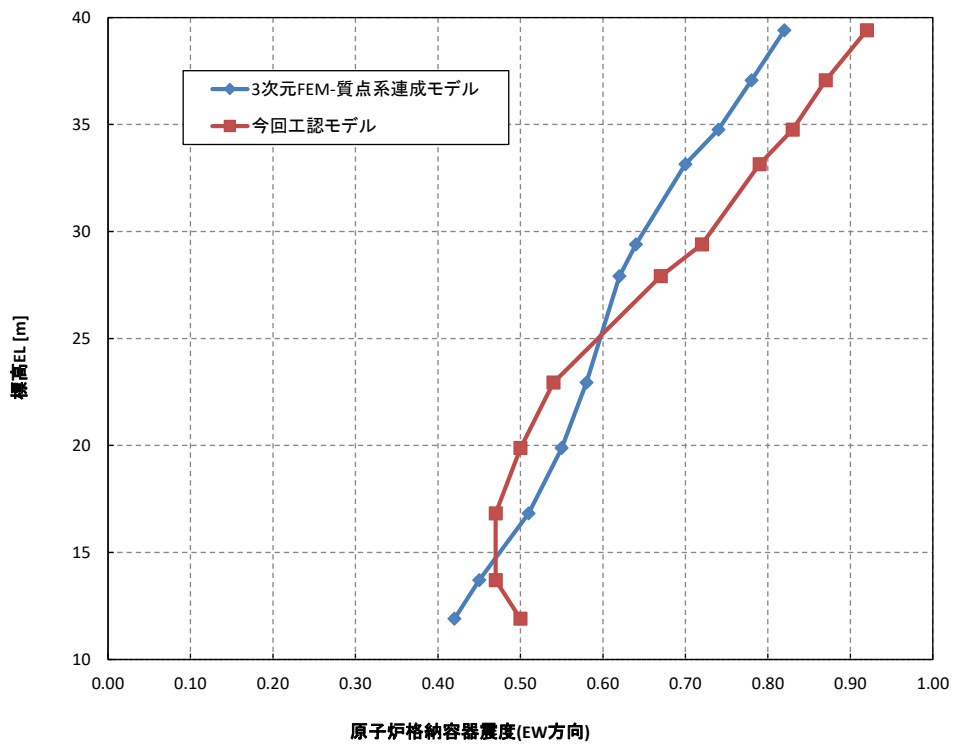


図 4-6 (2/3) 震度

(弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器)

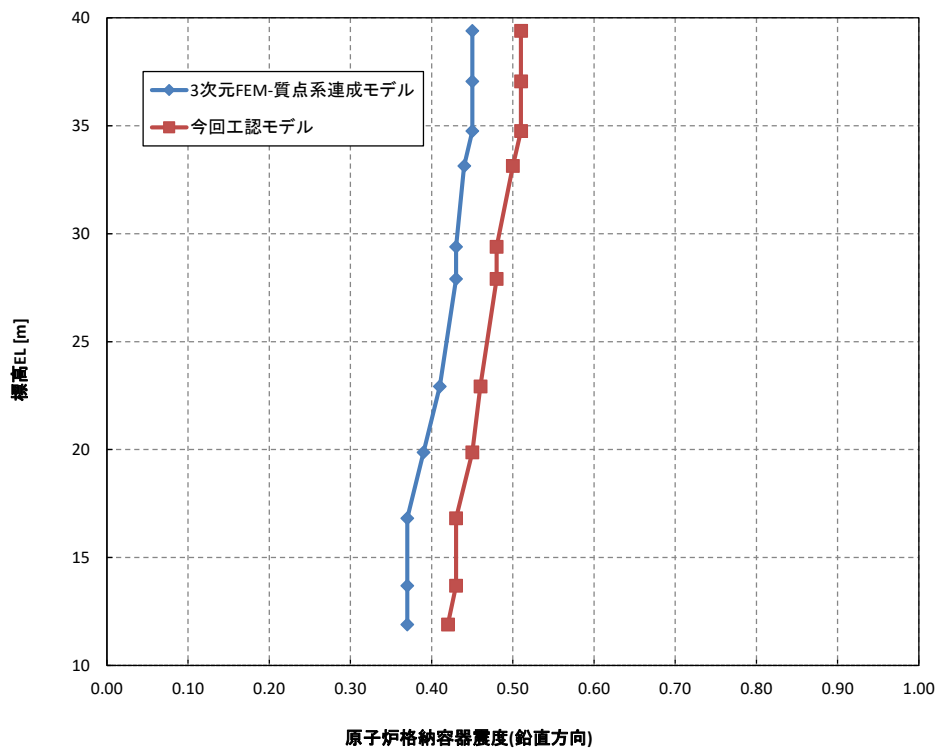


図 4-6 (3/3) 震度

(弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 鉛直方向 : 原子炉格納容器)

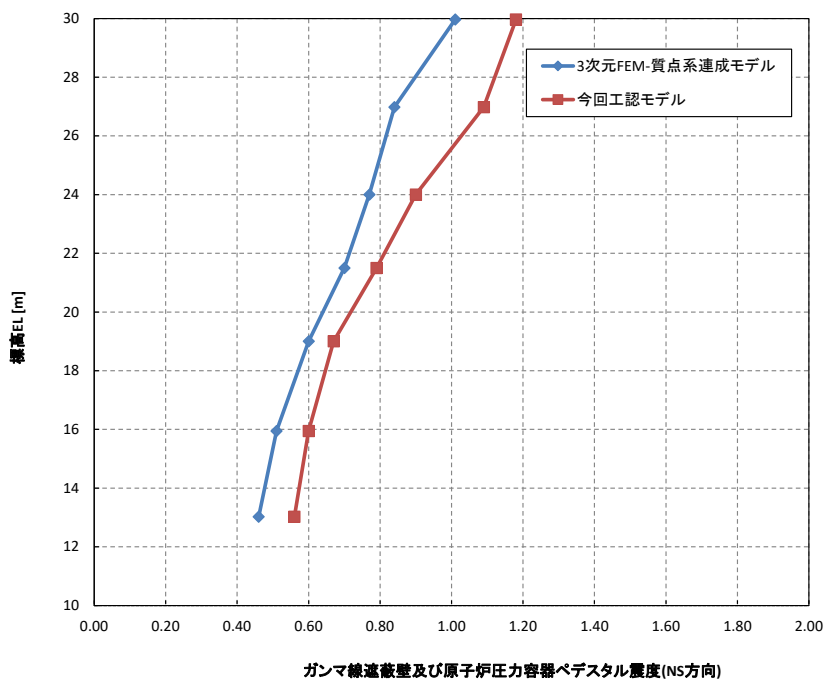


図 4-7 (1/3) 震度

(弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (NS) : ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペDESTAL)

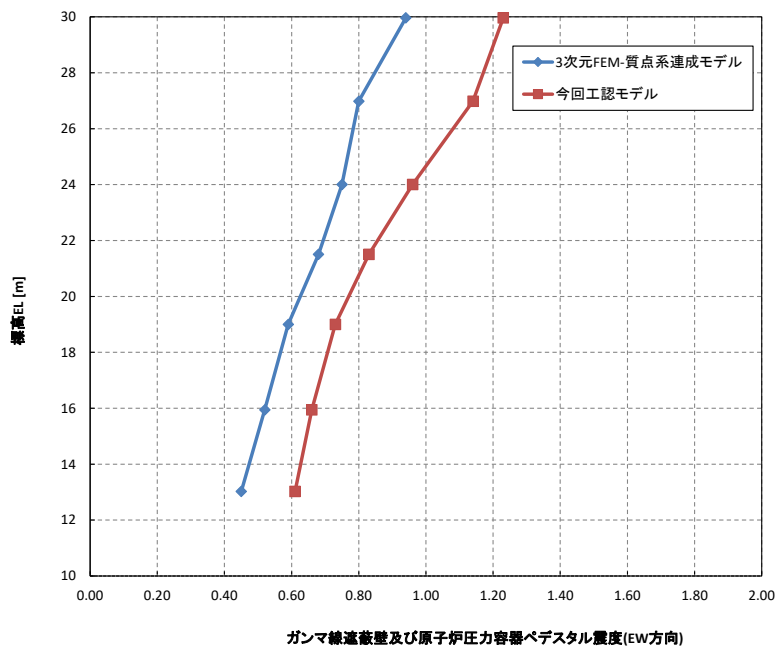


図 4-7 (2/3) 震度

(弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (EW) : ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペDESTAL)

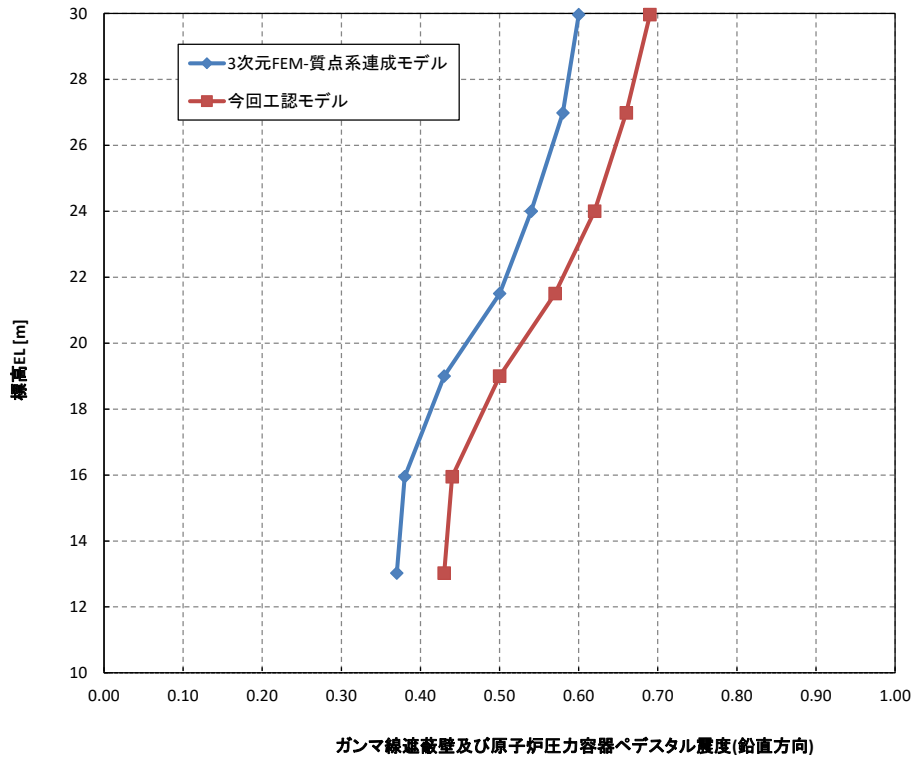


図 4-7 (3/3) 震度

(弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 鉛直方向：ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペDESTAL)

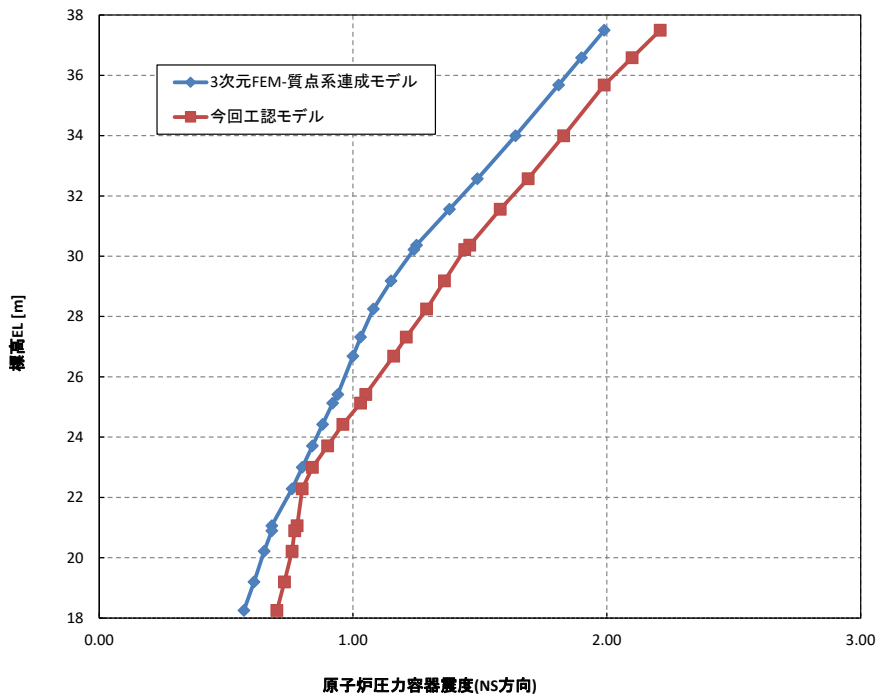


図 4-8 (1/3) 震度

(弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (NS)：原子炉圧力容器)

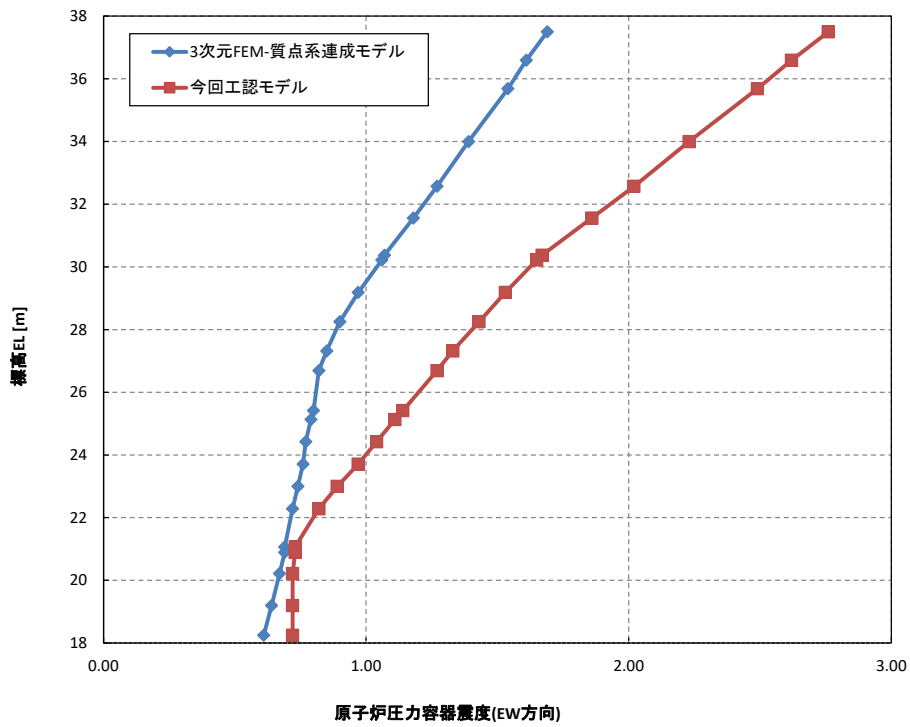


図 4-8 (2/3) 震度

(弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器)

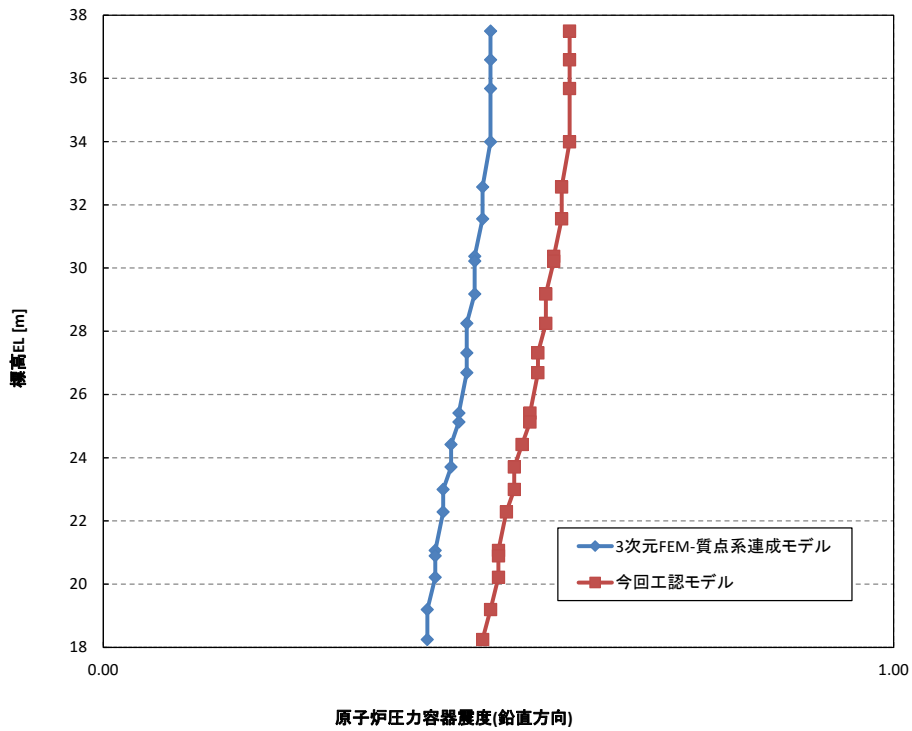


図 4-8 (3/3) 震度

(弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 鉛直方向 : 原子炉压力容器)

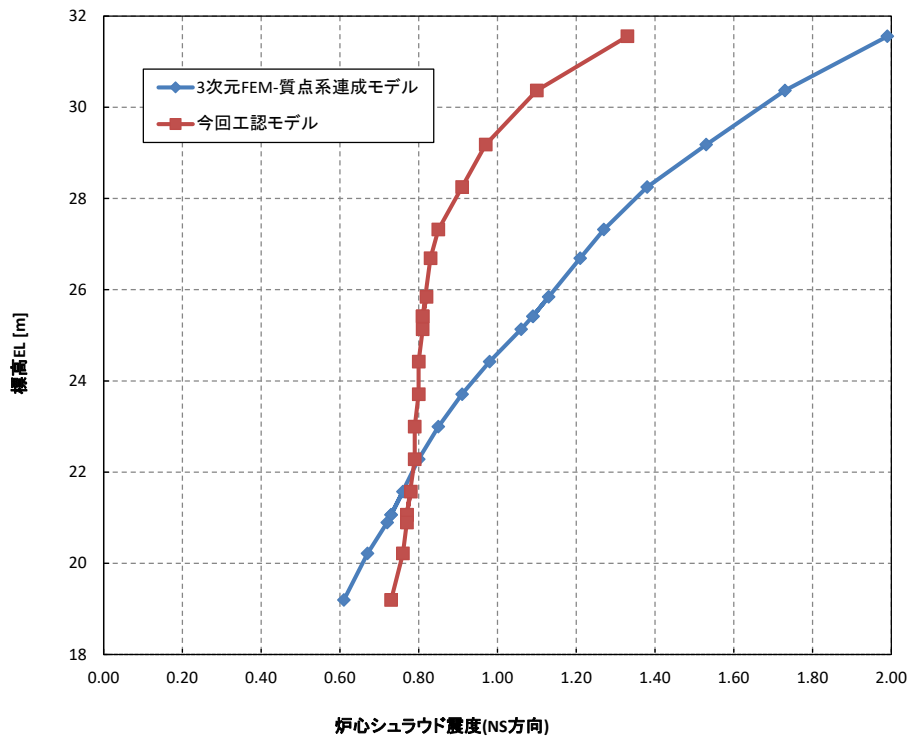


図 4-9 (1/3) 震度

(弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (NS) : 炉心シュラウド)

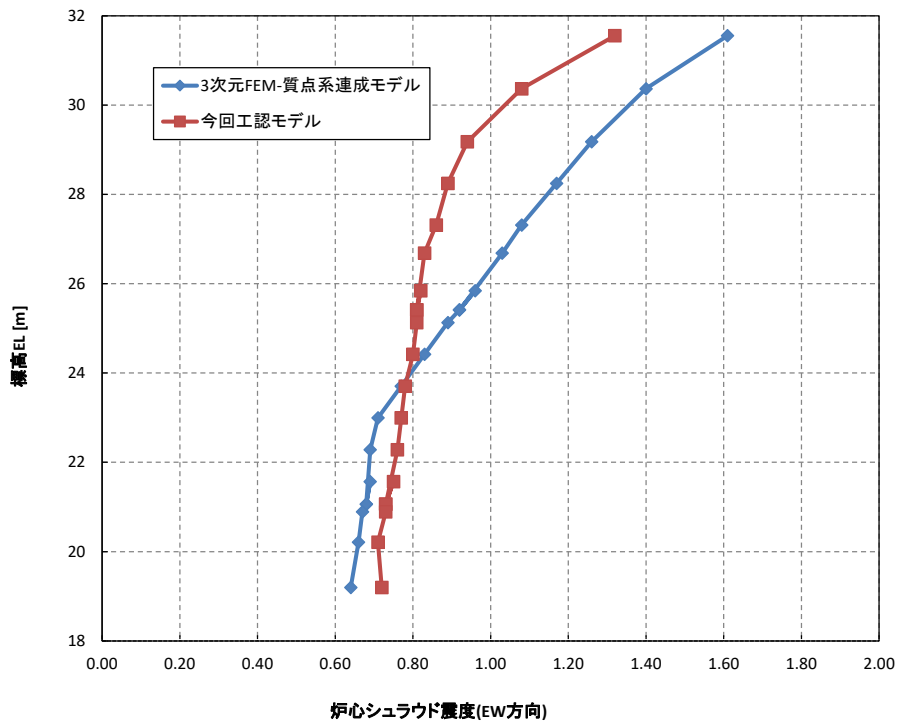


図 4-9 (2/3) 震度

(弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (EW) : 炉心シュラウド)



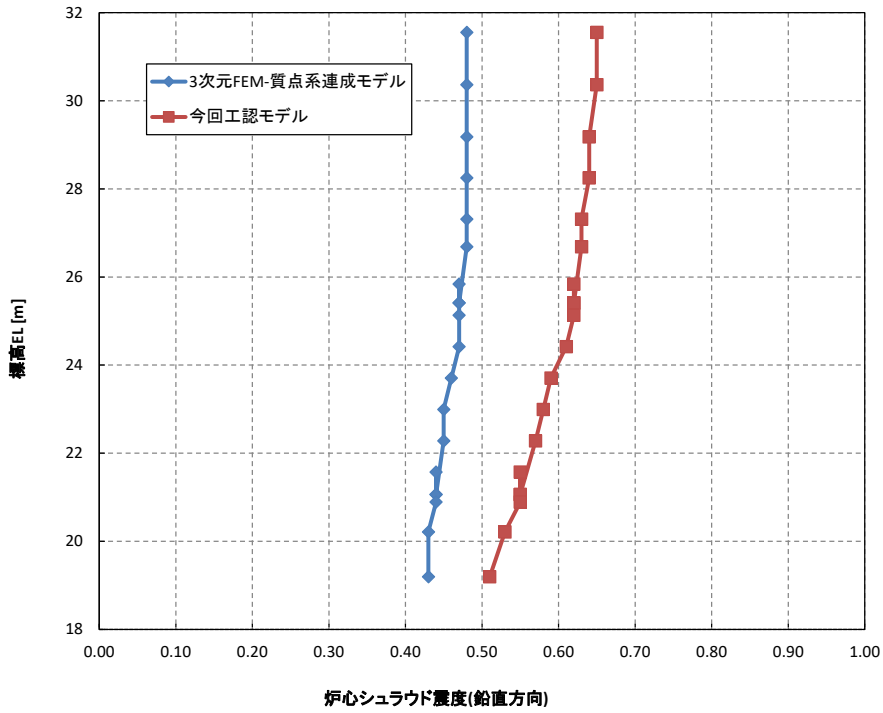


図 4-9 (3/3) 震度  
(弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 鉛直方向 : 炉心シュラウド)

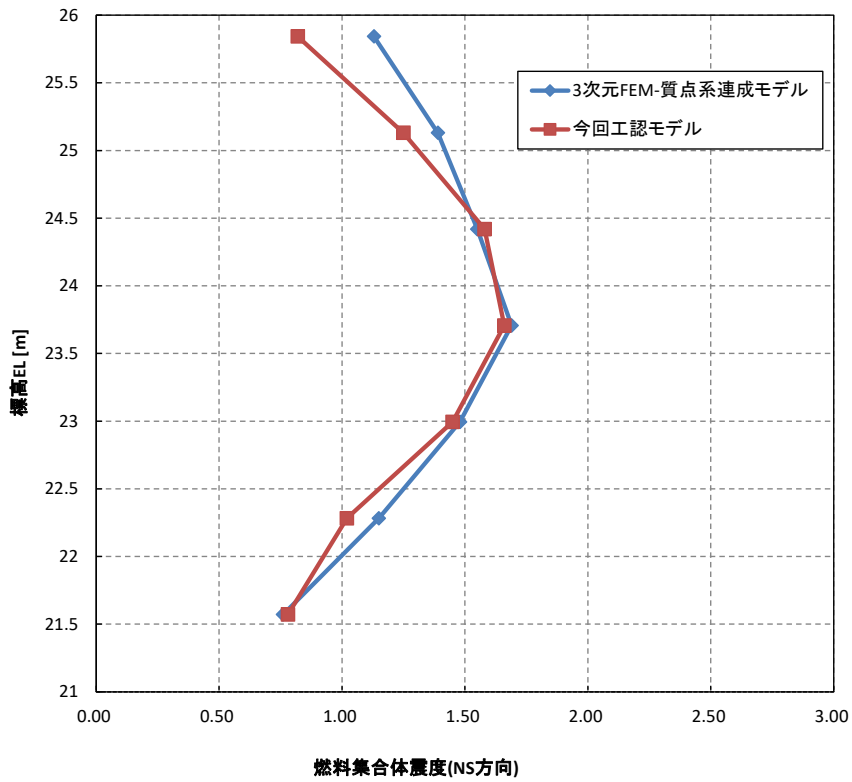


図 4-10 (1/3) 震度  
(弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (NS) : 燃料集合体)

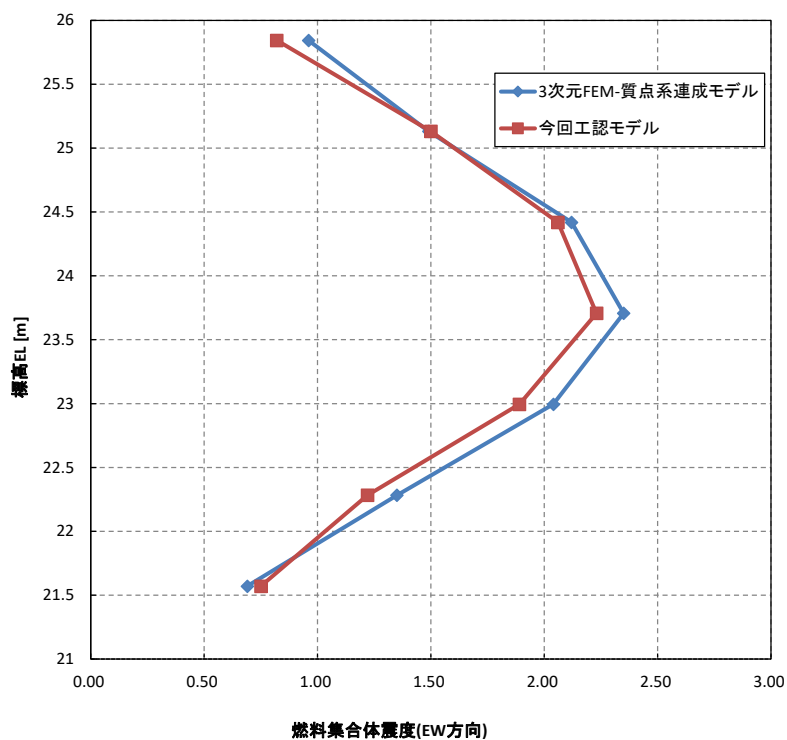


図 4-10 (2/3) 震度

(弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (EW) : 燃料集合体)

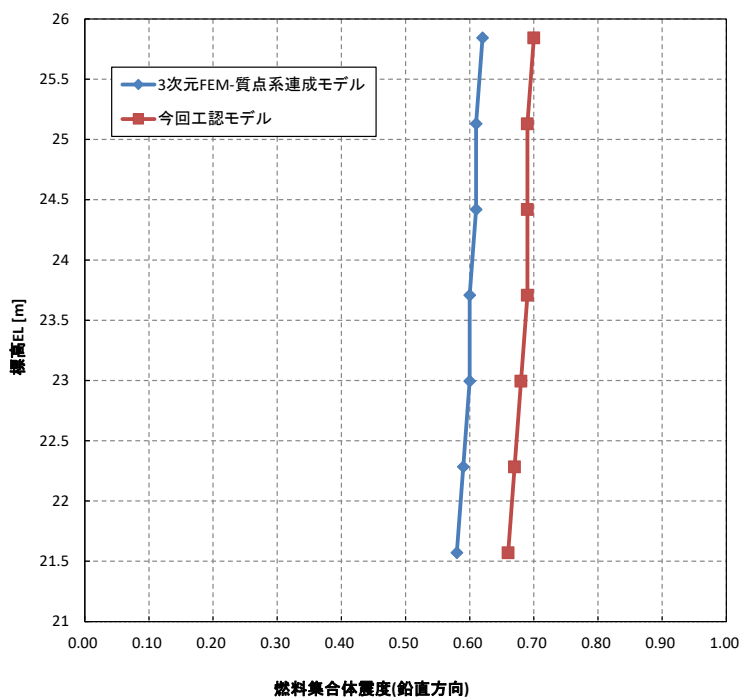


図 4-10 (3/3) 震度

(弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 鉛直方向 : 燃料集合体)

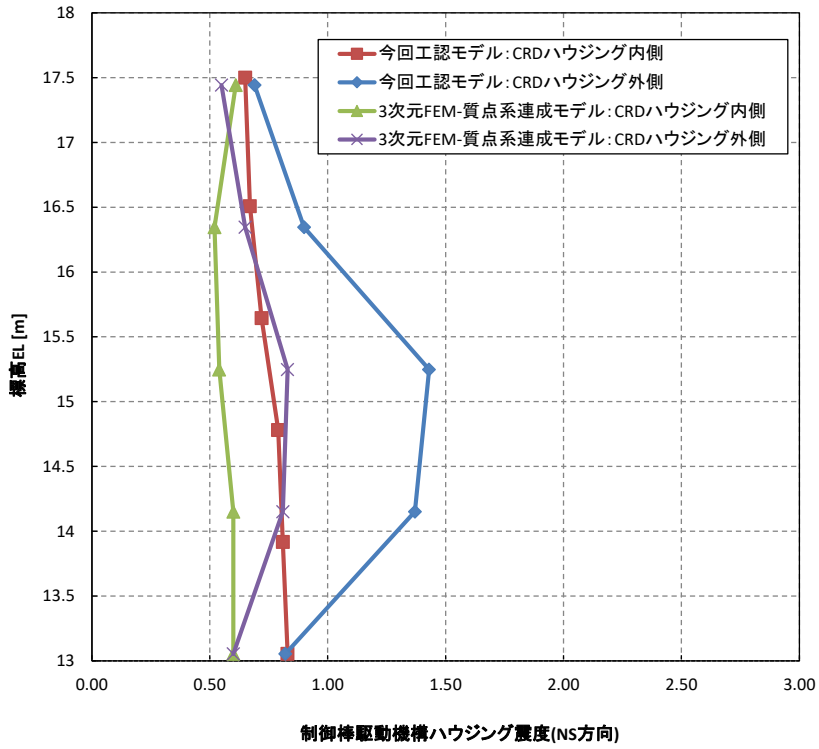


図 4-11 (1/3) 震度

(弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (NS) : 制御棒駆動機構ハウジング)

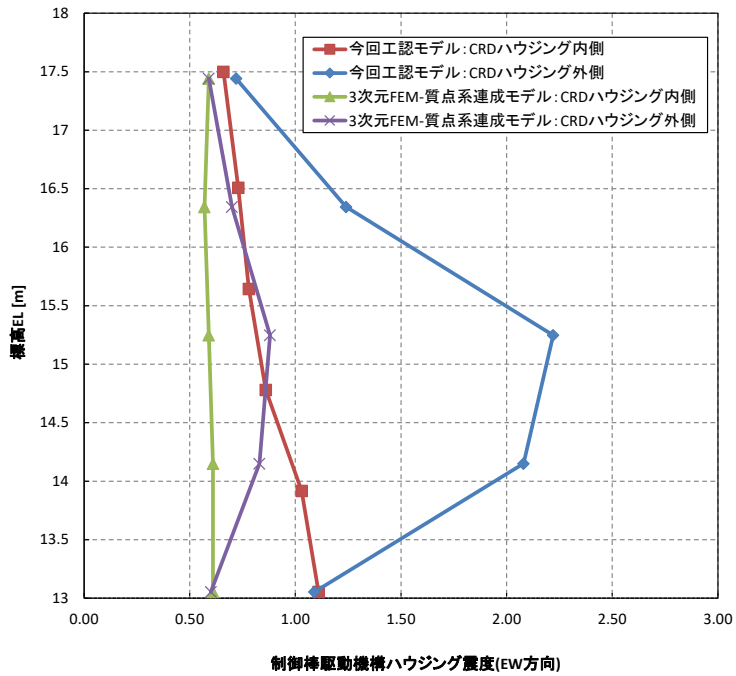


図 4-11 (2/3) 震度

(弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (EW) : 制御棒駆動機構ハウジング)

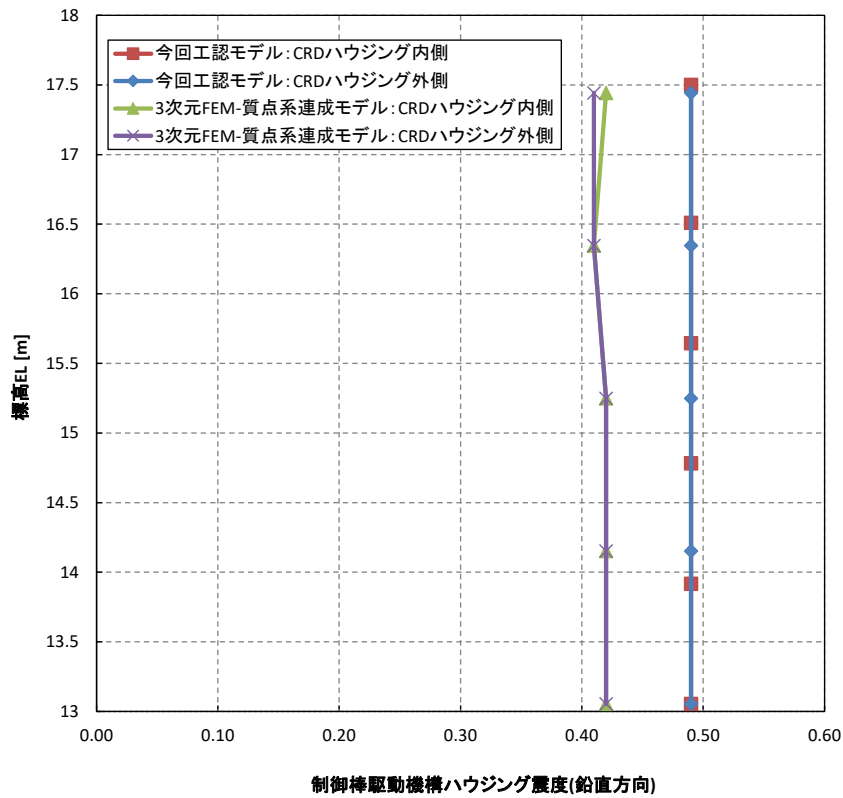


図 4-11 (3/3) 震度

(弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 鉛直方向 : 制御棒駆動機構ハウジング)

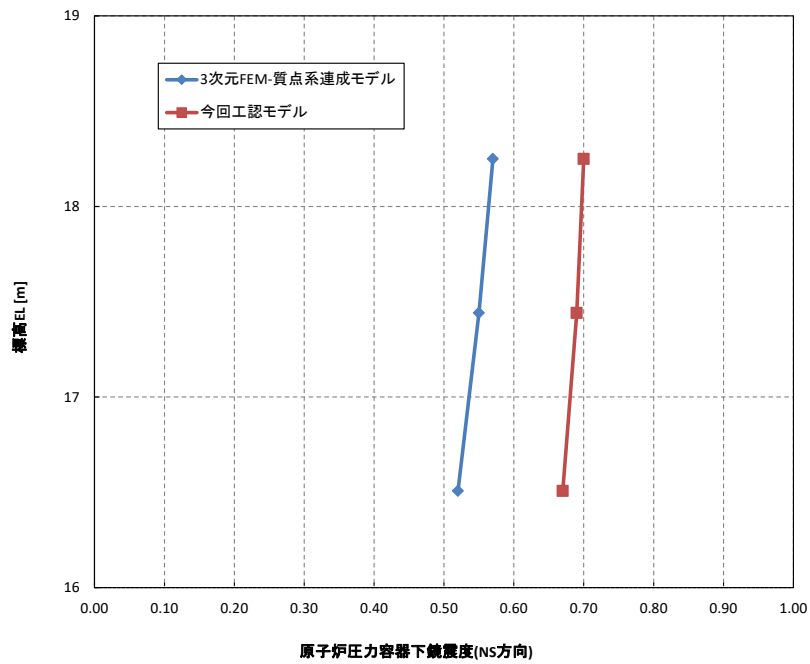


図 4-12 (1/3) 震度

(弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (NS) : 原子炉圧力容器下鏡)

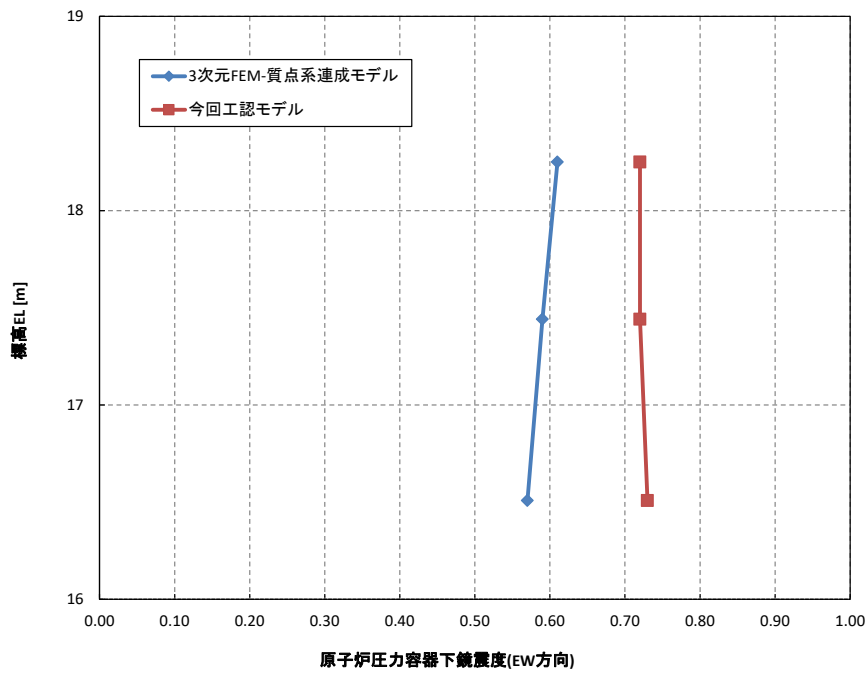


図 4-12 (2/3) 震度

(弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器下鏡)

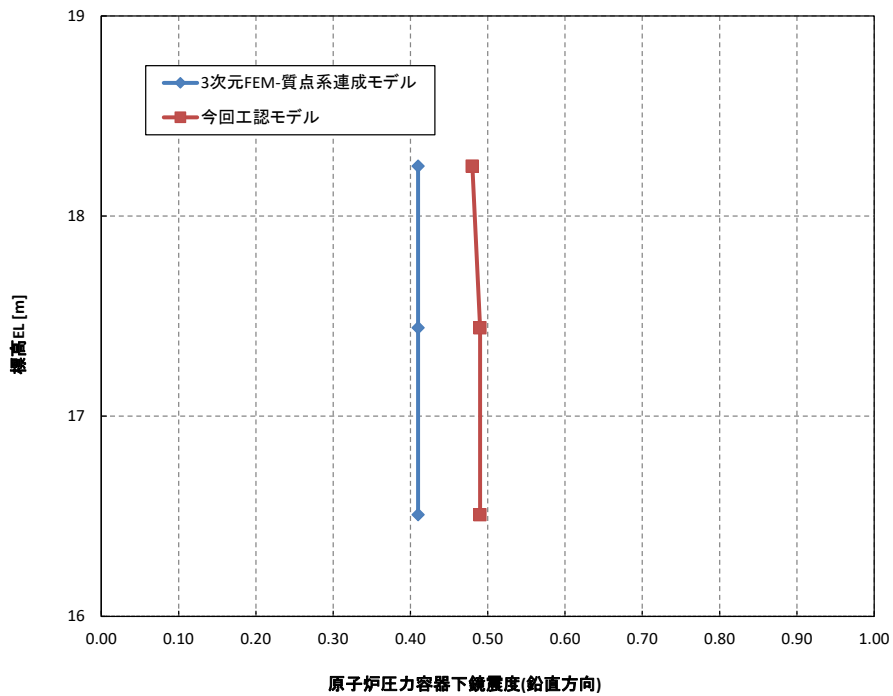
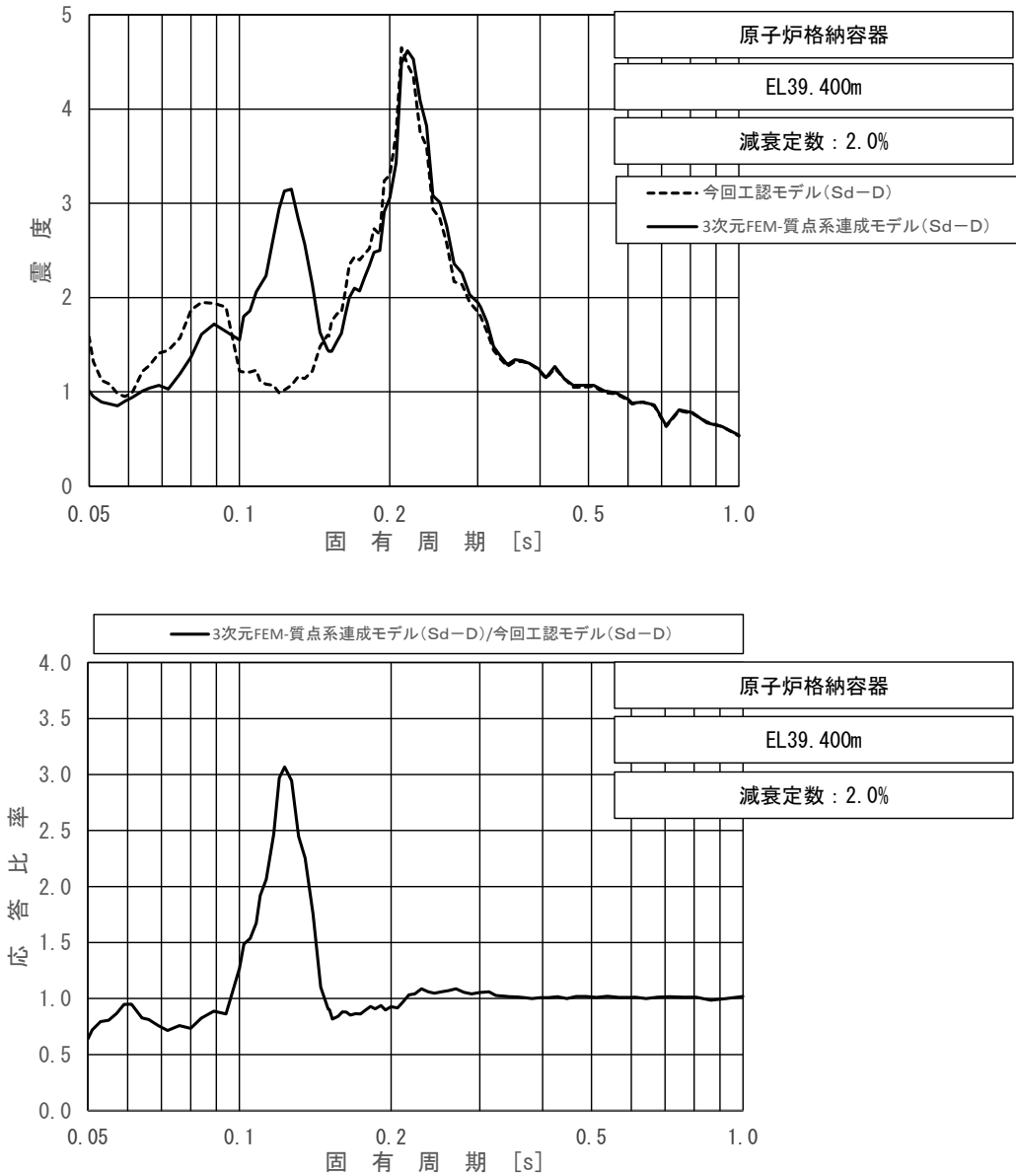


図 4-12 (3/3) 震度

(弾性設計用地震動 S d - D, 1.2ZPA, 鉛直方向 : 原子炉压力容器下鏡)

(2) 床応答スペクトルの応答比率

床応答スペクトルの応答比率を図4-13～図4-33に示す。

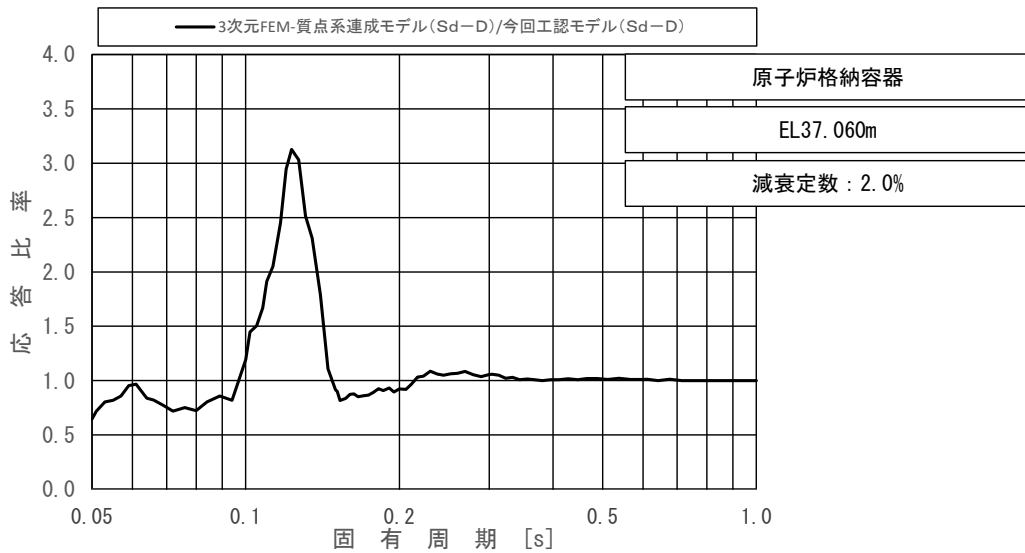
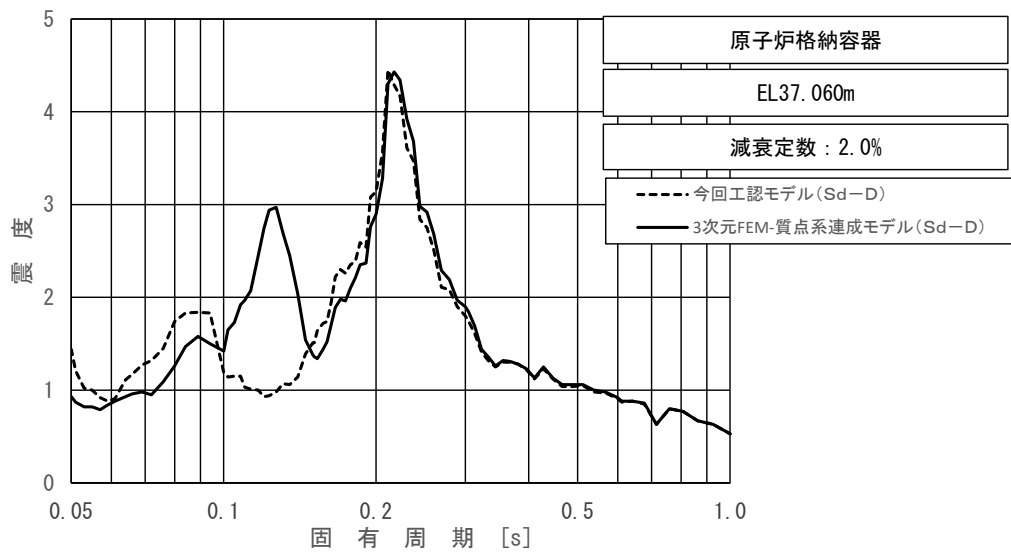


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

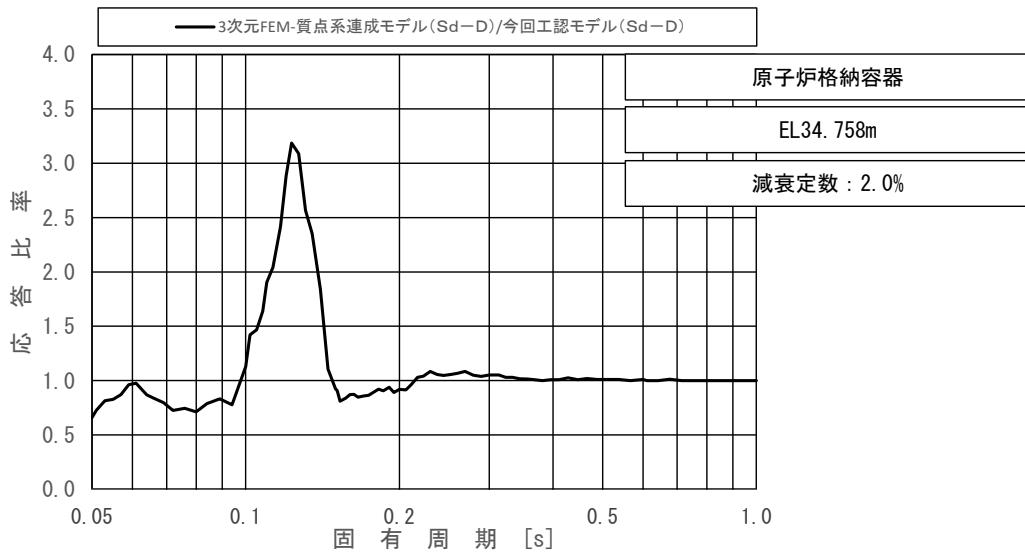
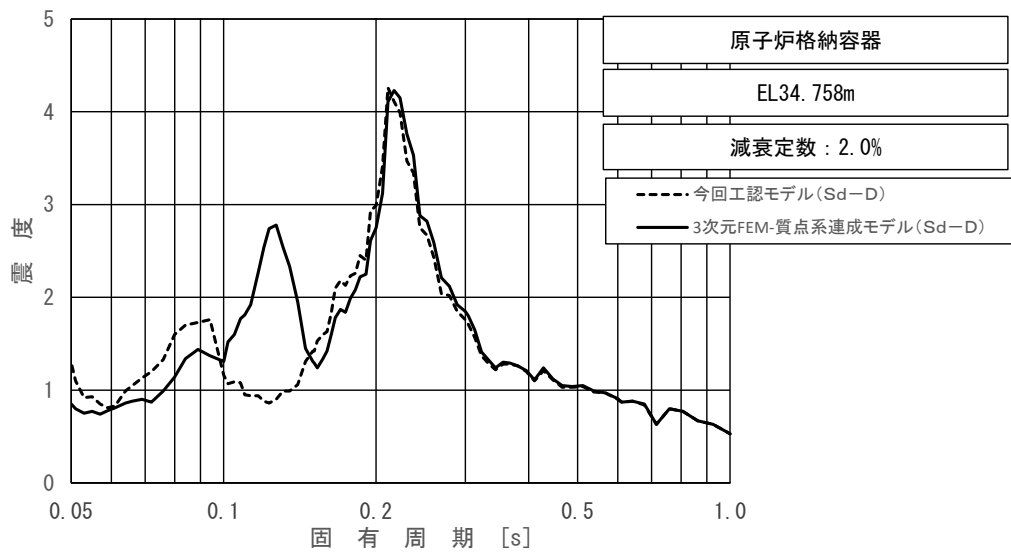
図4-13 (1/11) 今回工認モデルと3次元FEM-質点系連成モデルの床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動Sd-D, 水平方向(NS): 原子炉格納容器 EL39.400m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

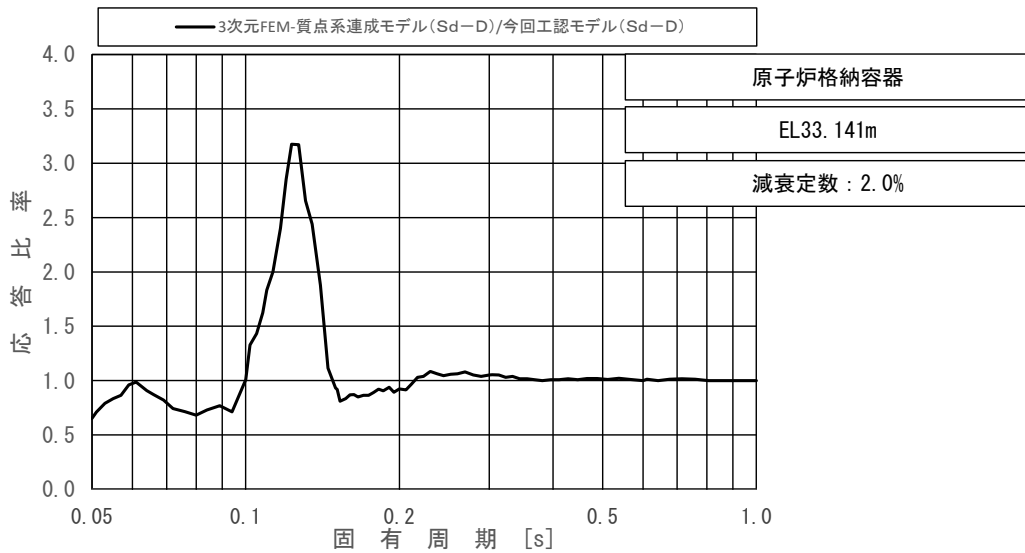
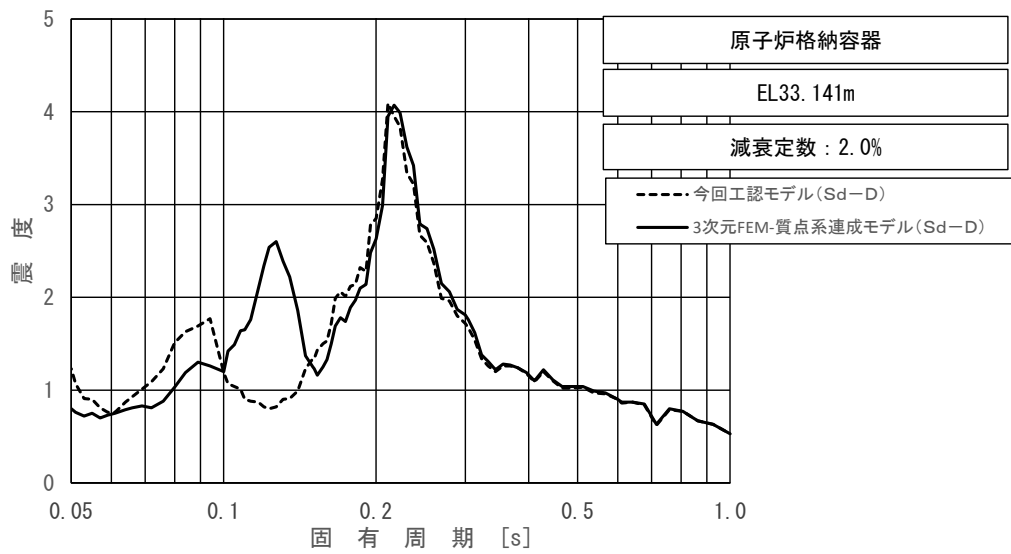
図 4-13 (2/11) 今回工認モデルと 3 次元 F E M-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器 EL37.060m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

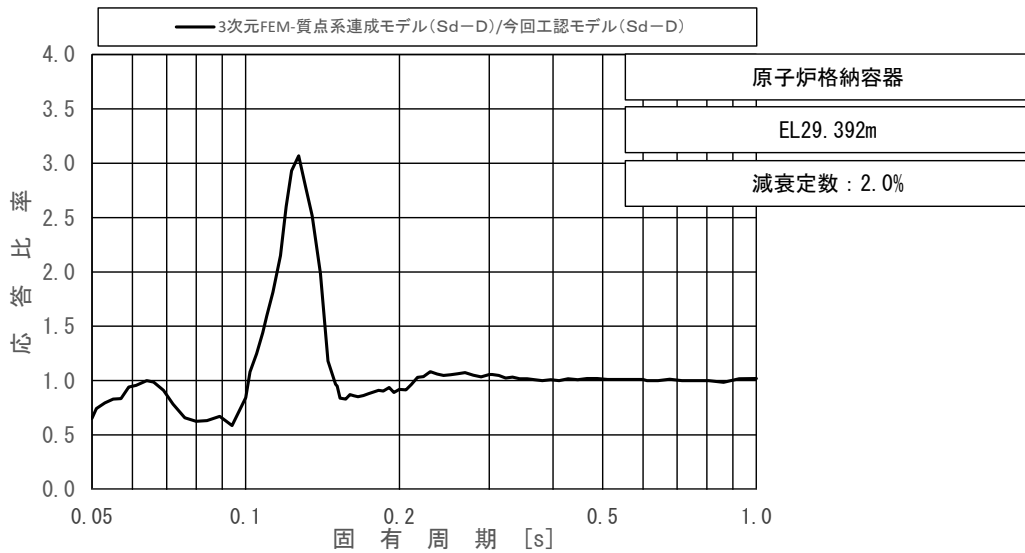
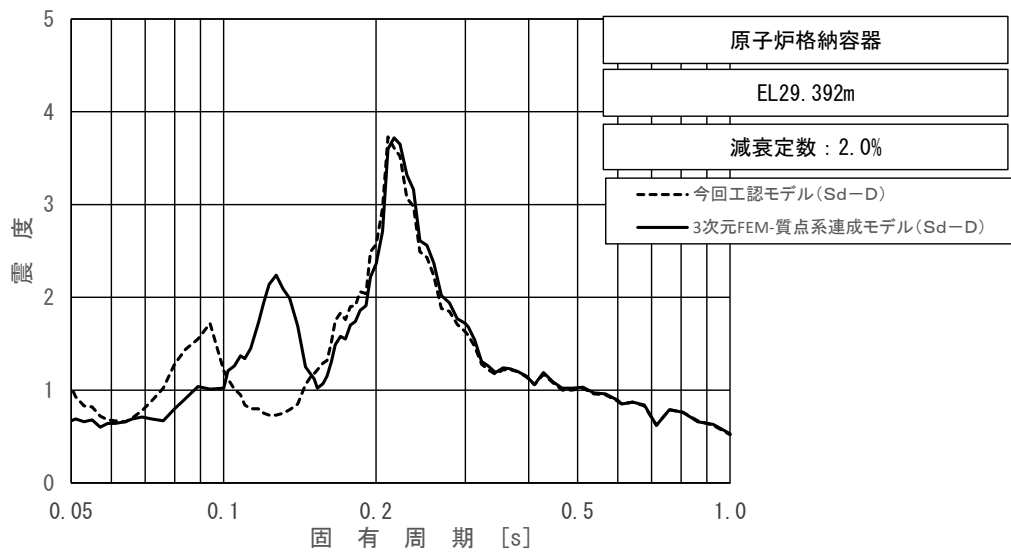
図 4-13 (3/11) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器 EL34.758m)





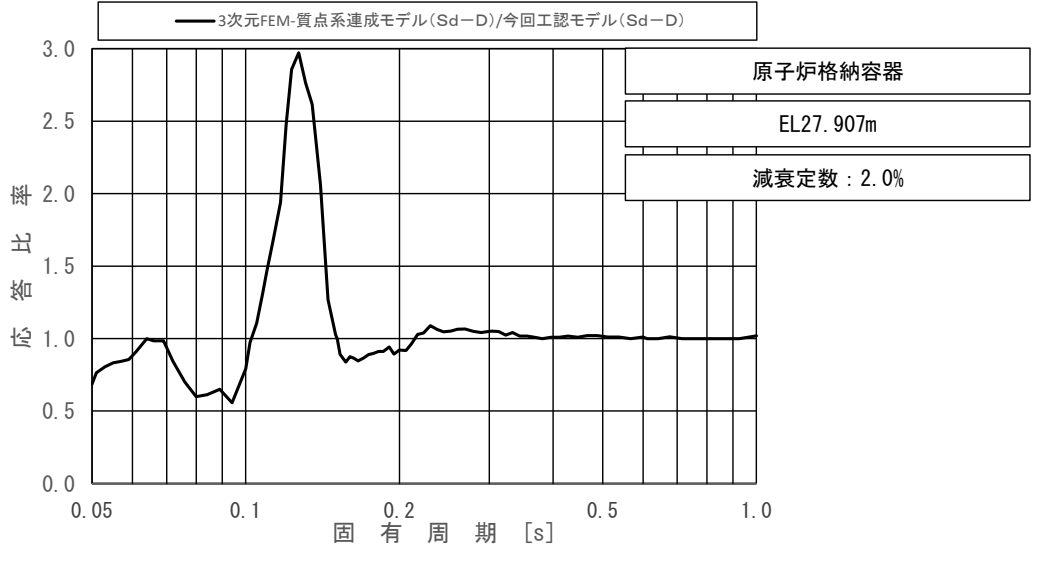
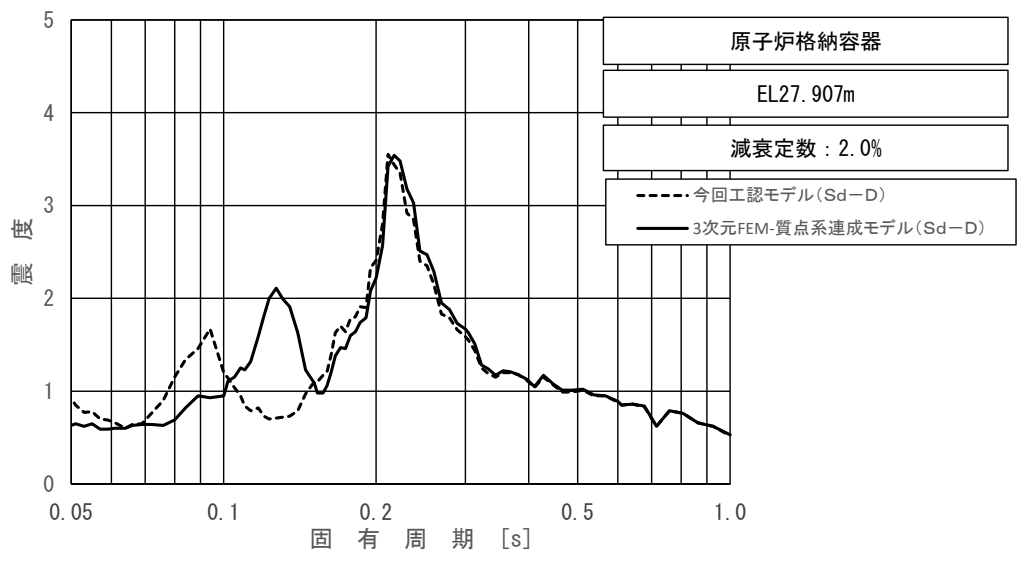
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-13 (4/11) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器 EL33.141m)



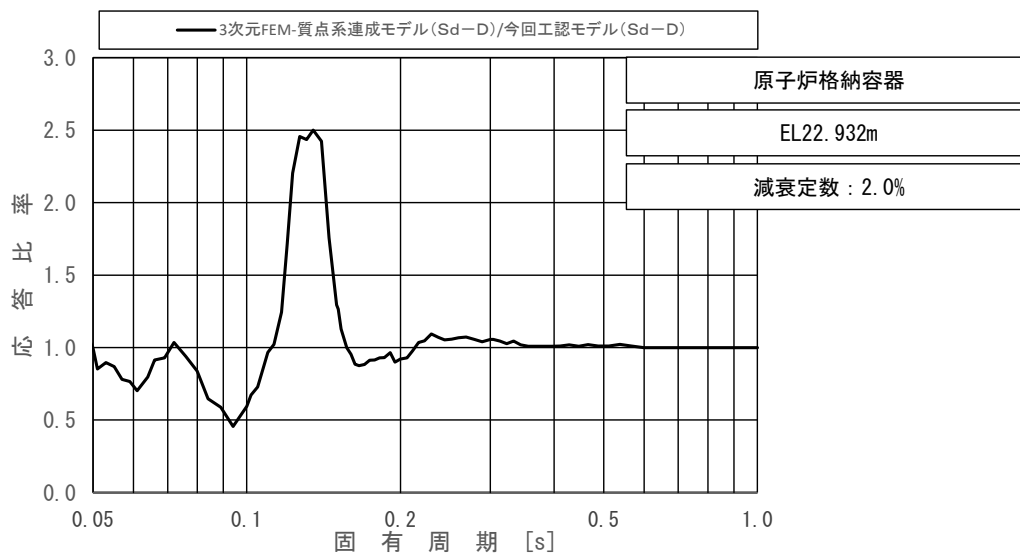
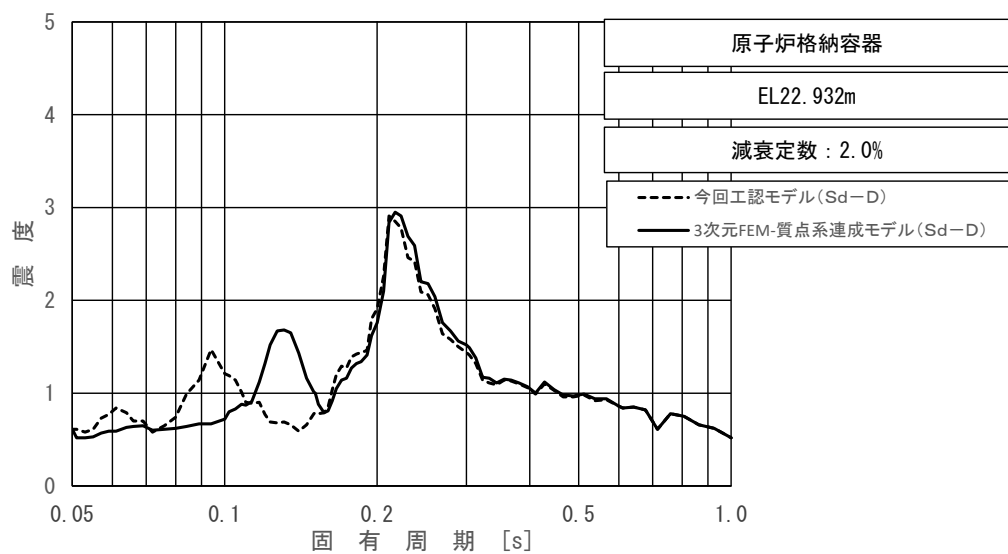
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-13 (5/11) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器 EL29.392m)



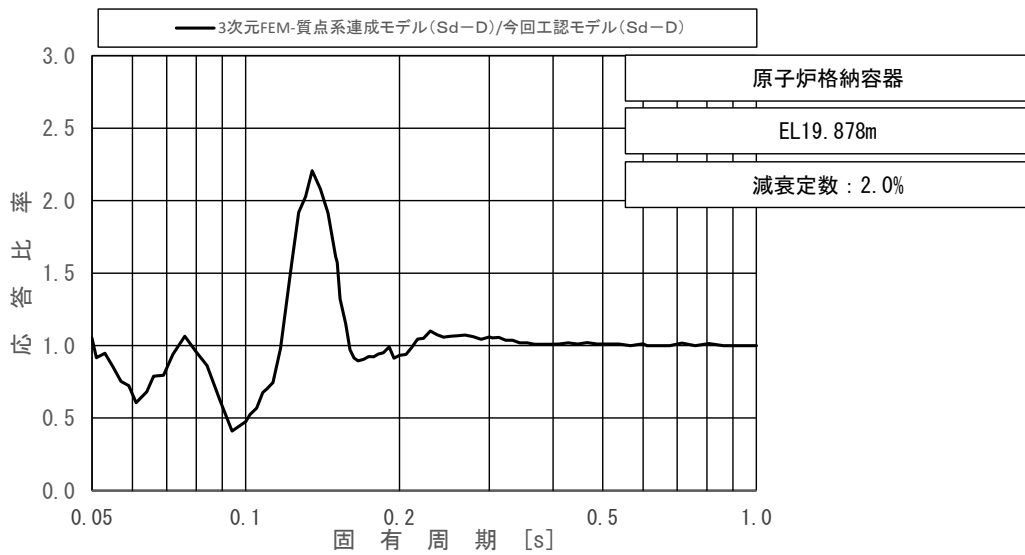
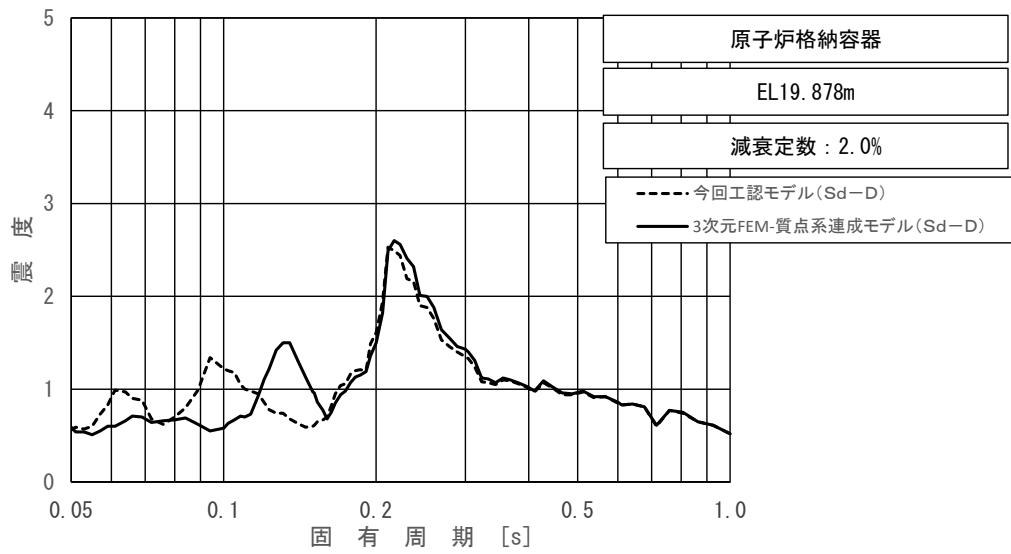
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-13 (6/11) 今回工認モデルと 3次元 F E M-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器 EL27.907m)



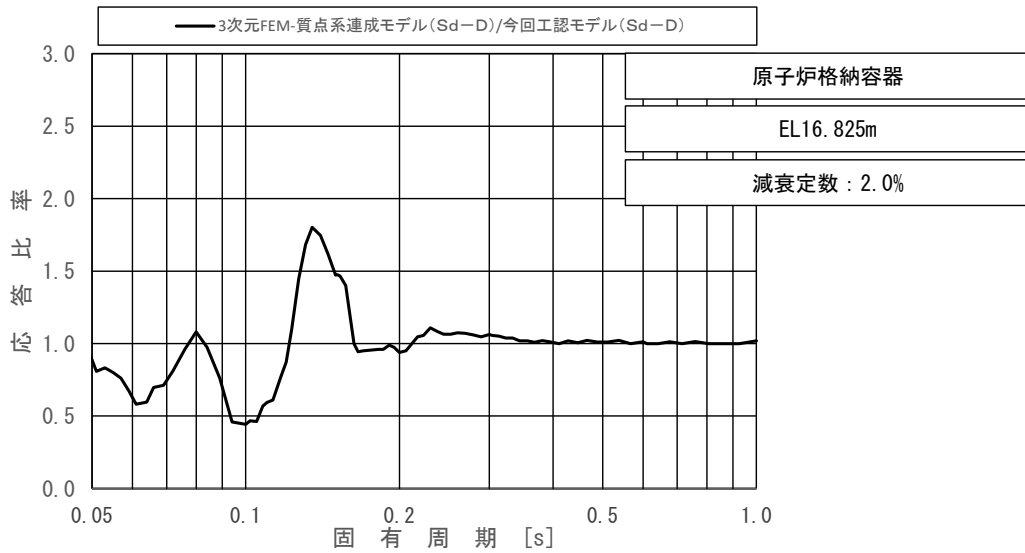
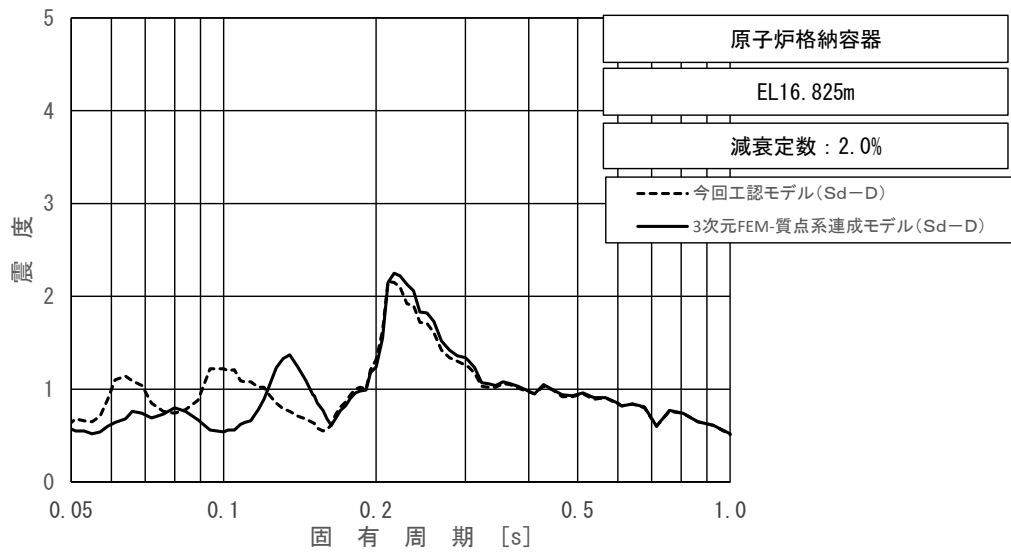
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-13 (7/11) 今回工認モデルと 3次元 F E M-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器 EL22.932m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-13 (8/11) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 Sd-D, 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器 EL19.878m)

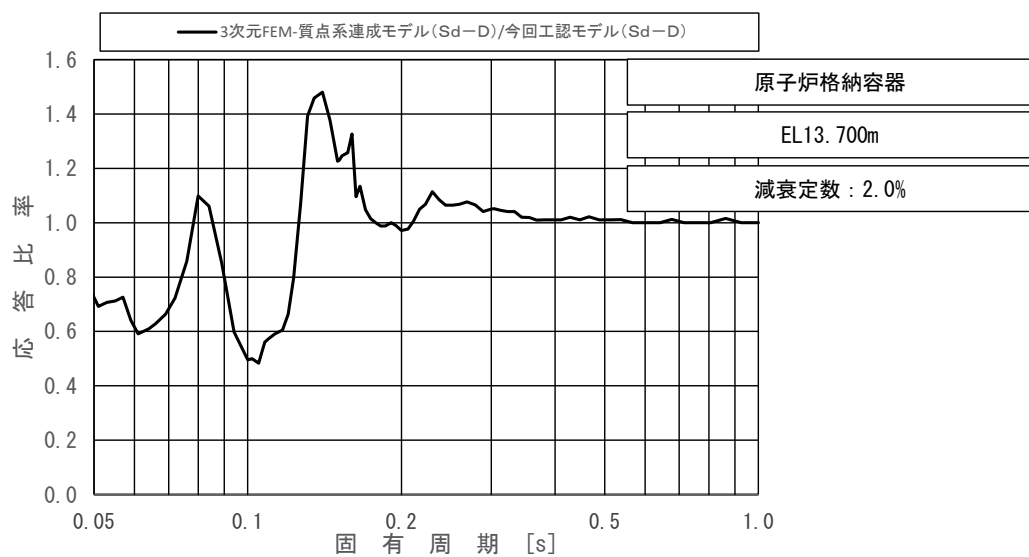
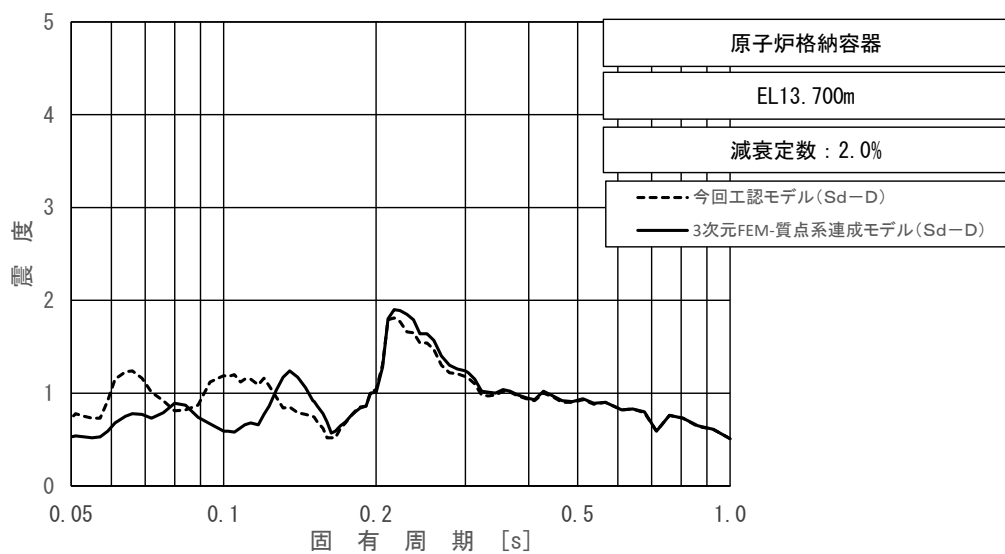


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-13 (9/11) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器 EL16.825m)

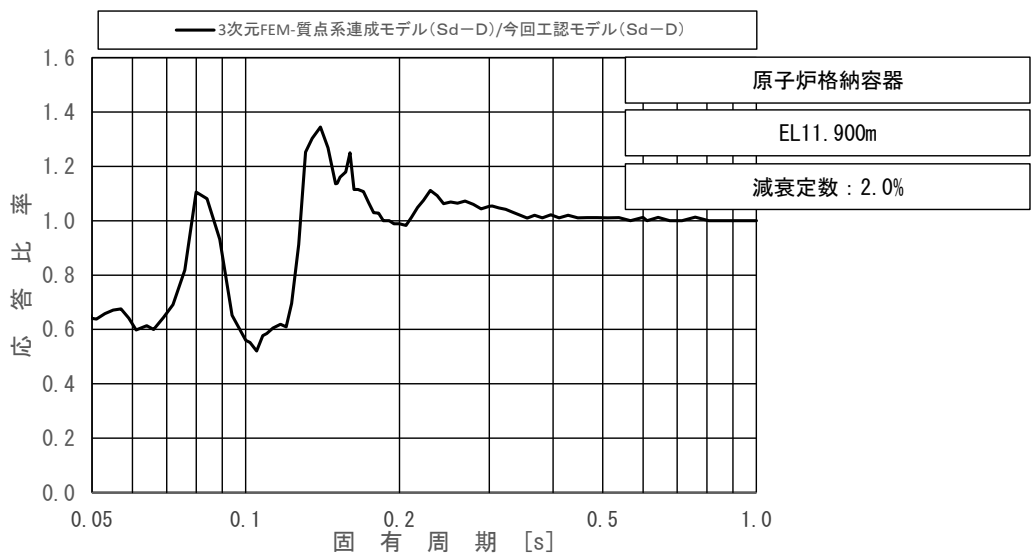
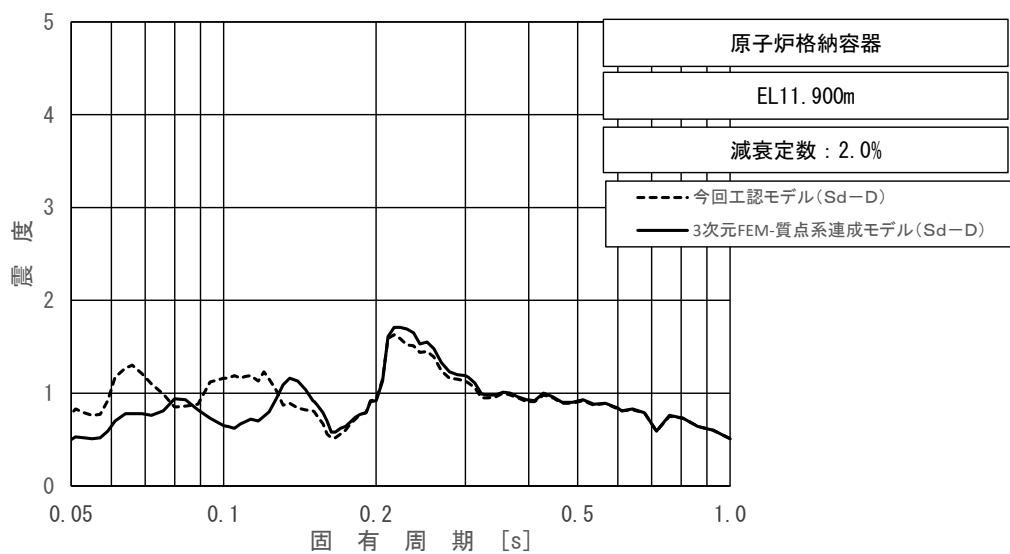


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-13 (10/11) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

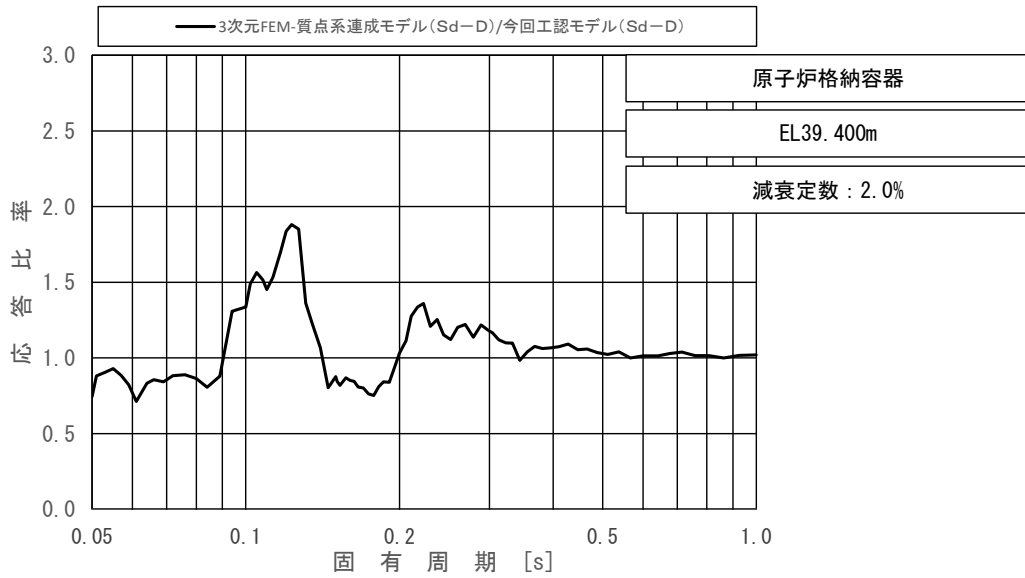
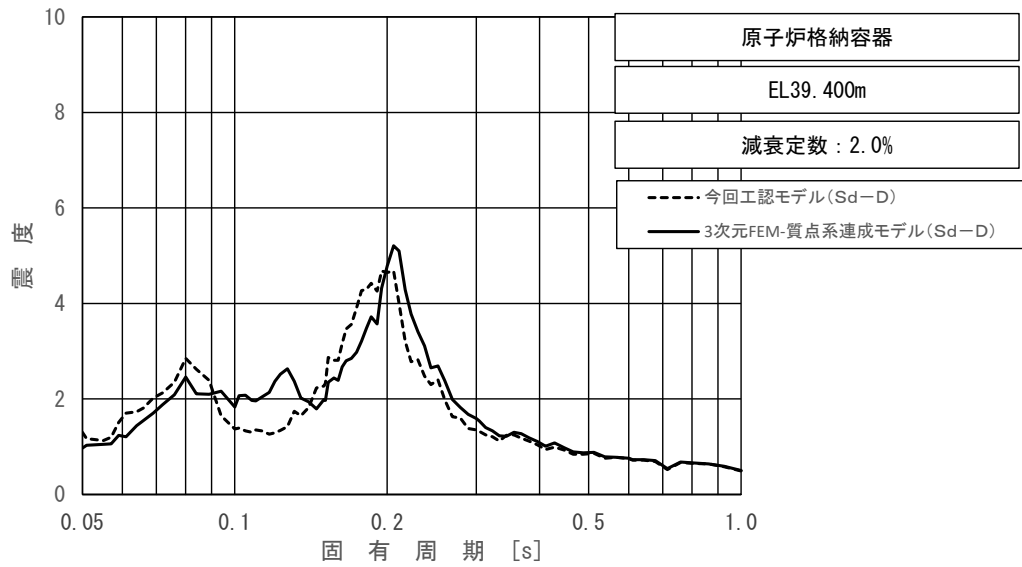
(弾性設計用地震動 Sd-D, 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器 EL13.700m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-13 (11/11) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 Sd-D, 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器 EL11.900m)

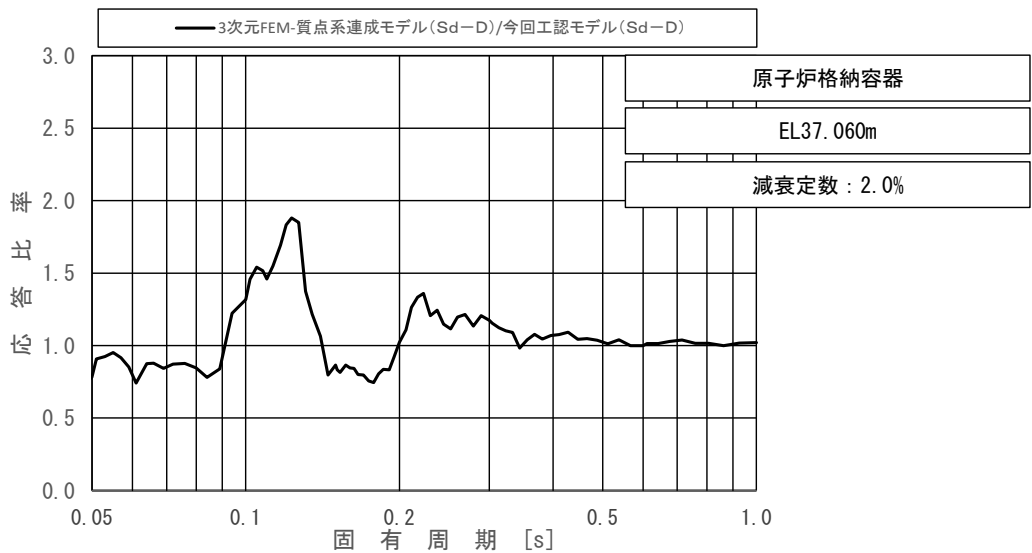
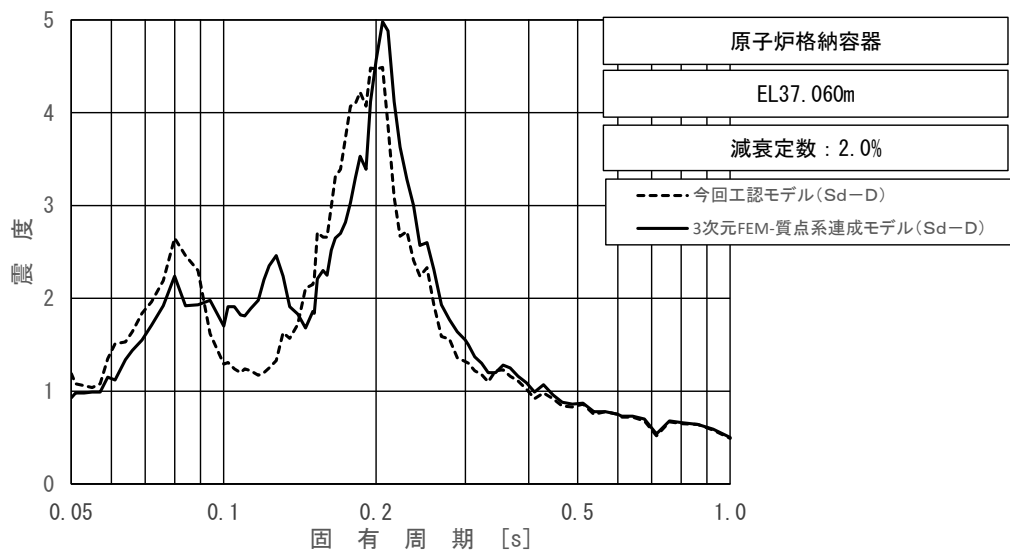




上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-14 (1/11) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率  
(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL39.400m)

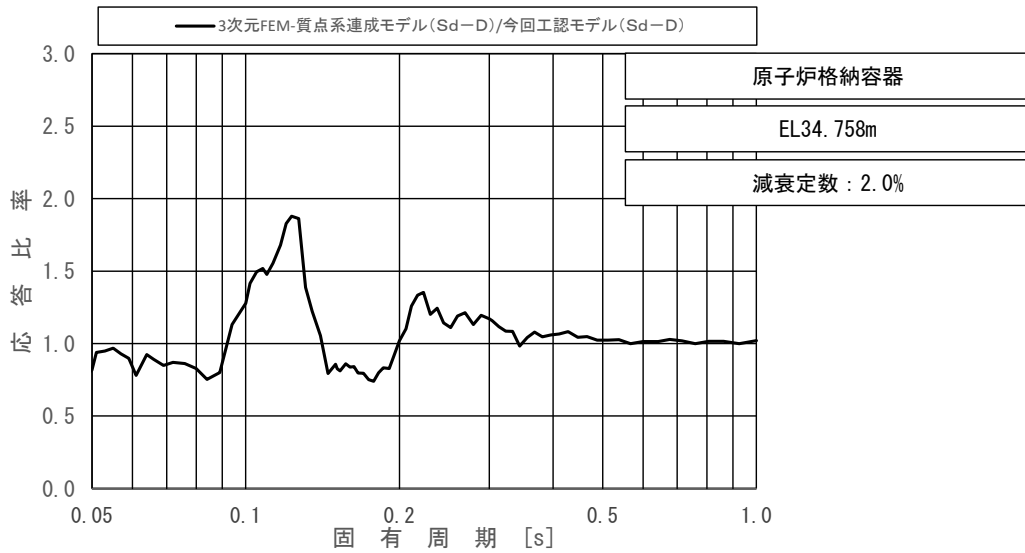
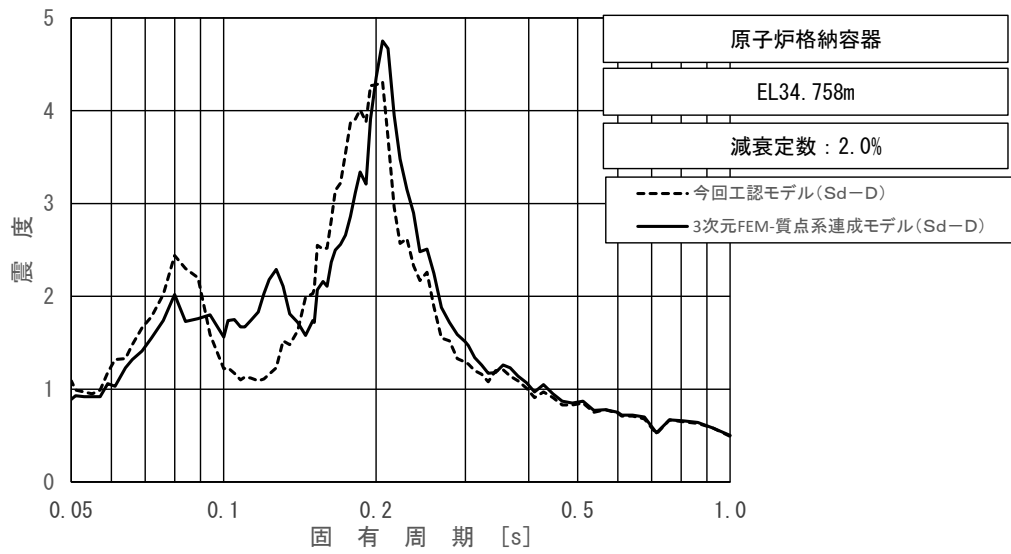


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

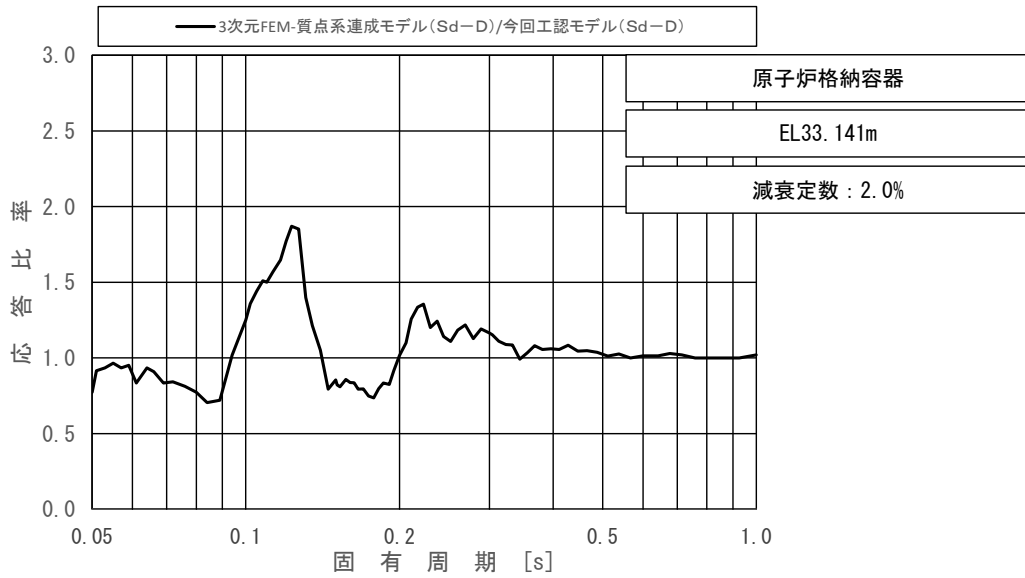
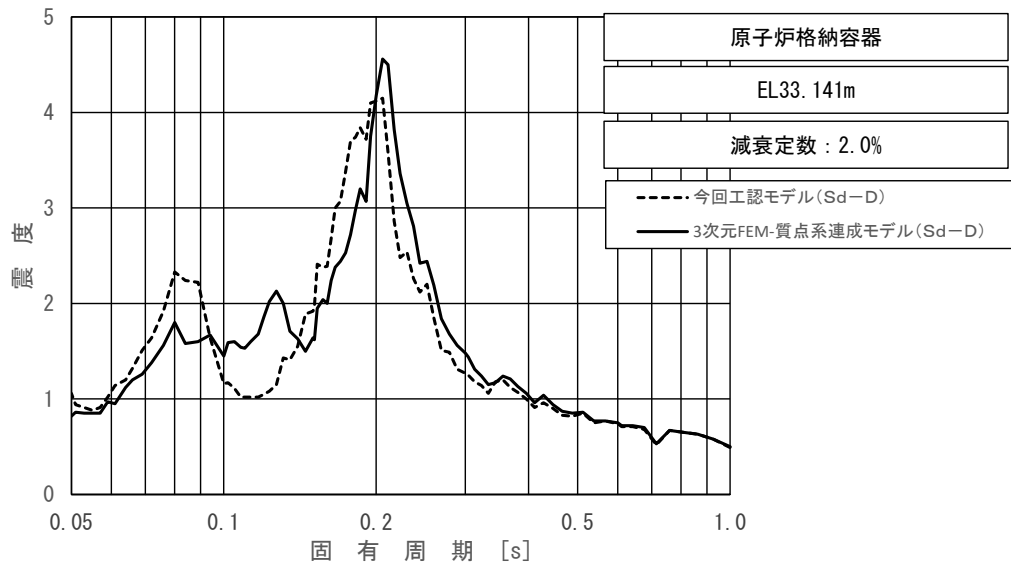
図 4-14 (2/11) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL37.060m)



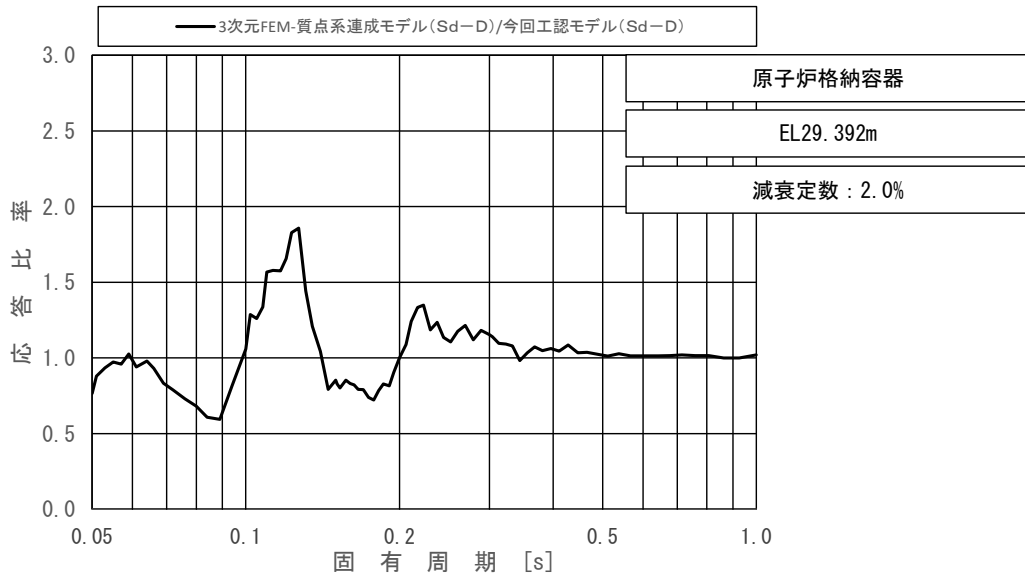
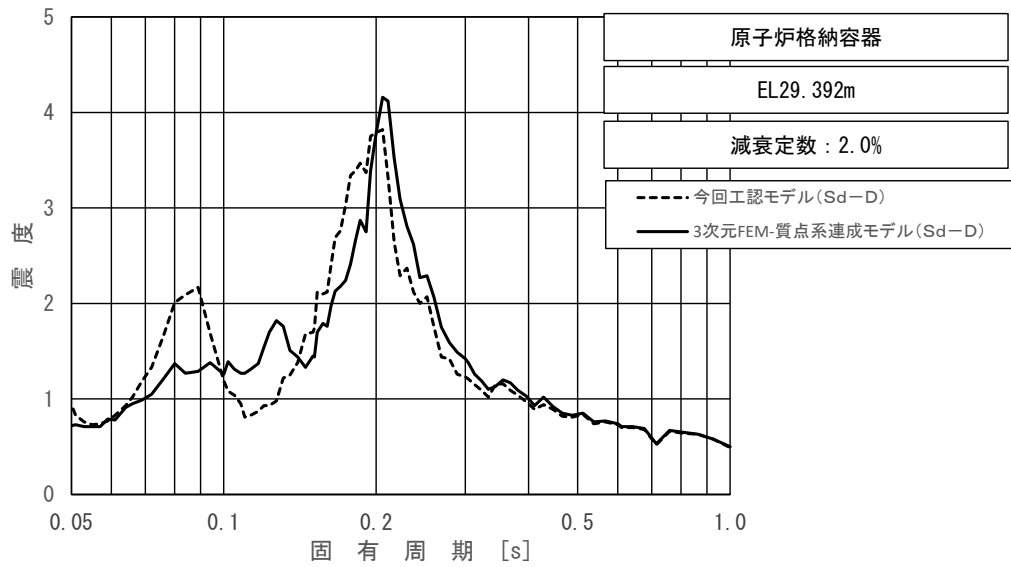
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-14 (3/11) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL34.758m)



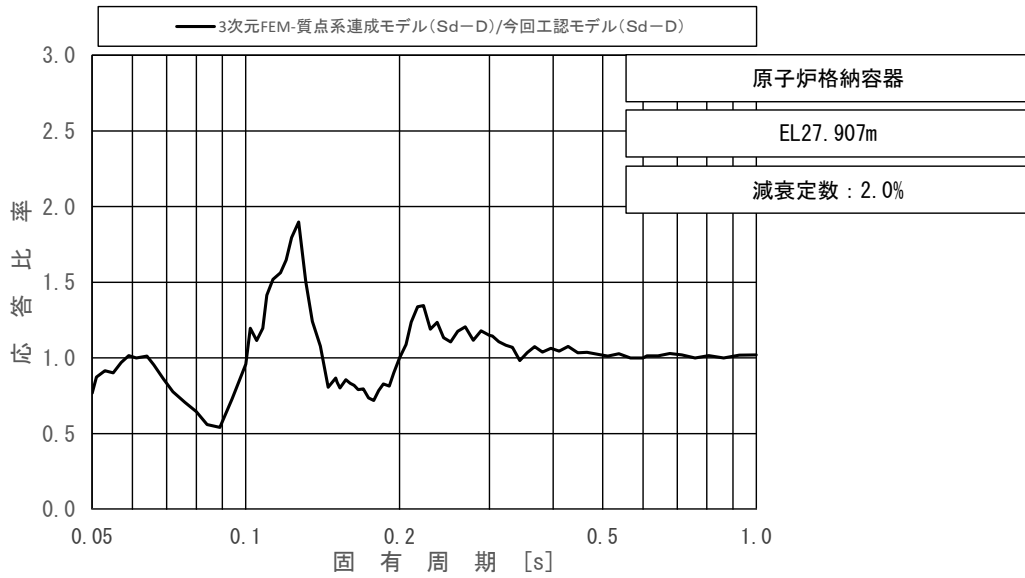
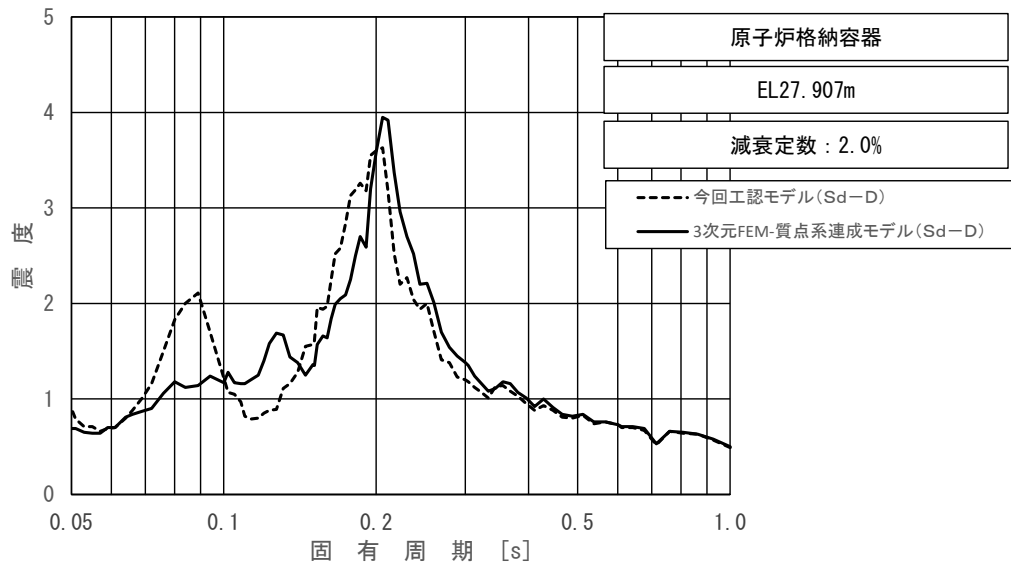
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-14 (4/11) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL33.141m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

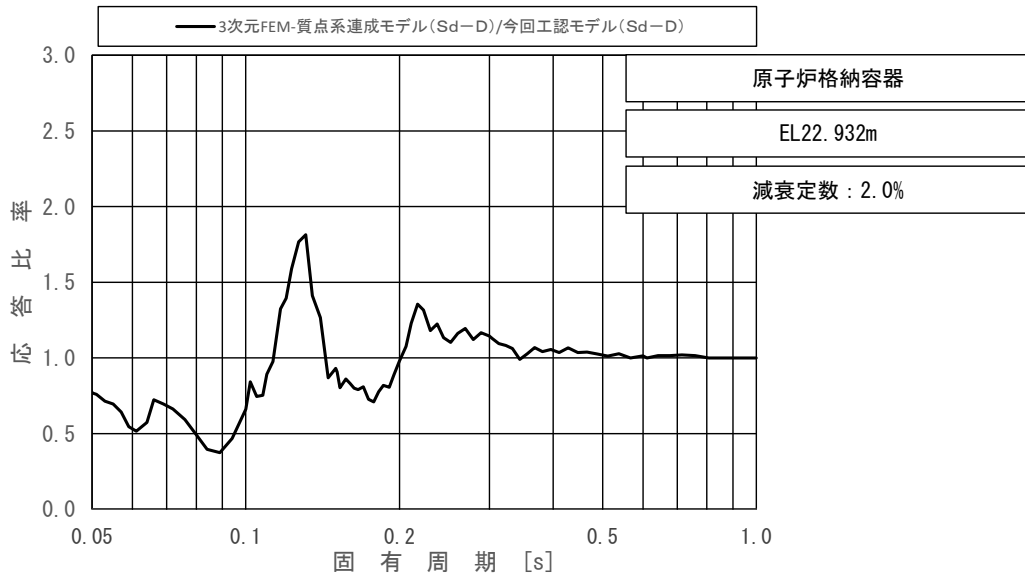
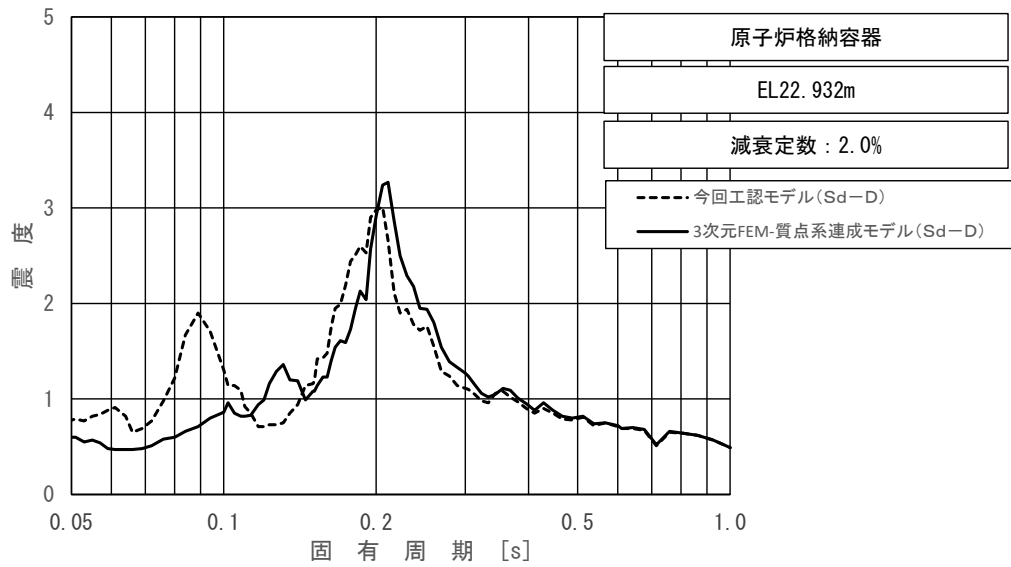
図 4-14 (5/11) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL29.392m)



上段：床応答スペクトル

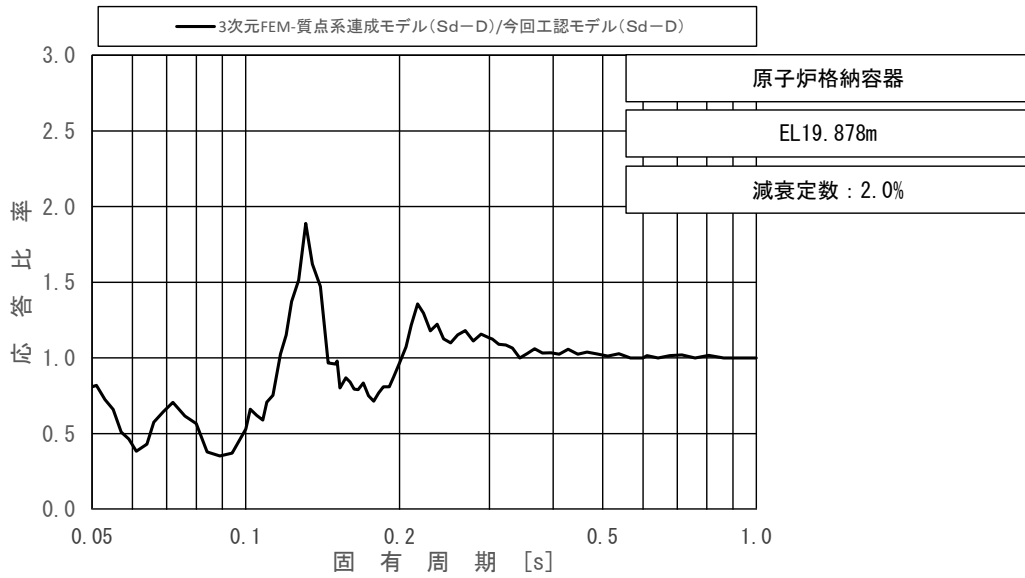
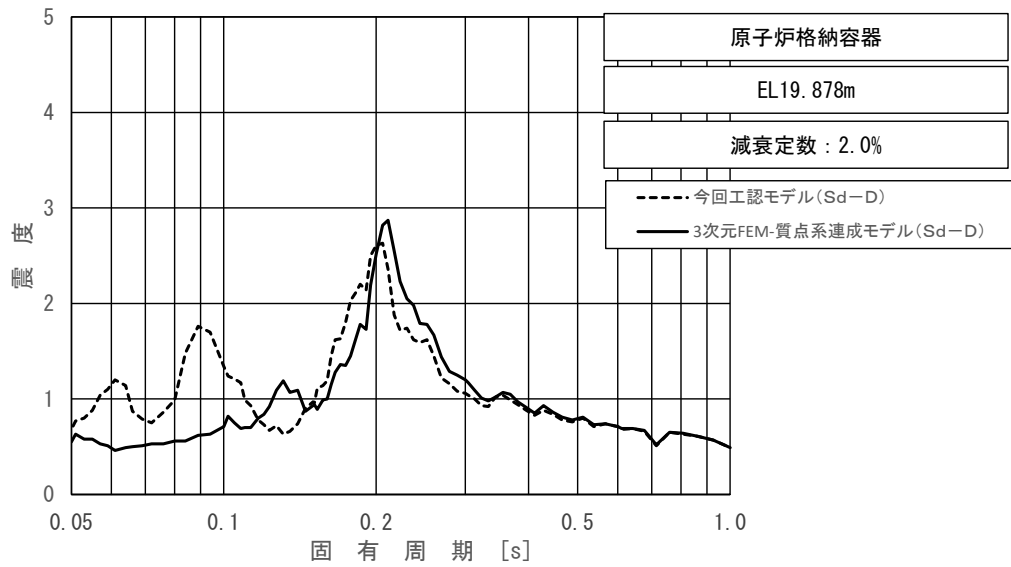
下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-14 (6/11) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率  
(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL27.907m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

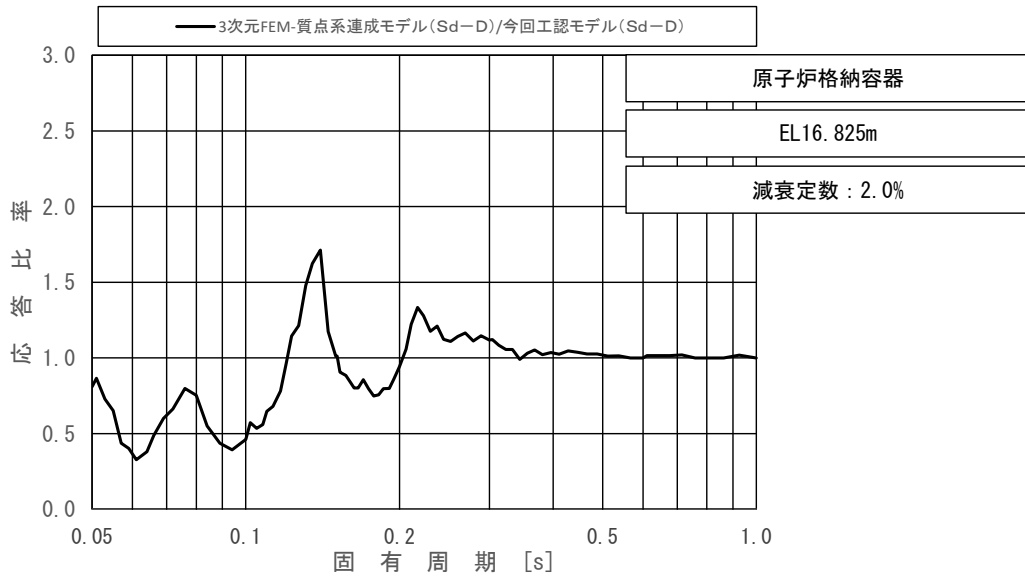
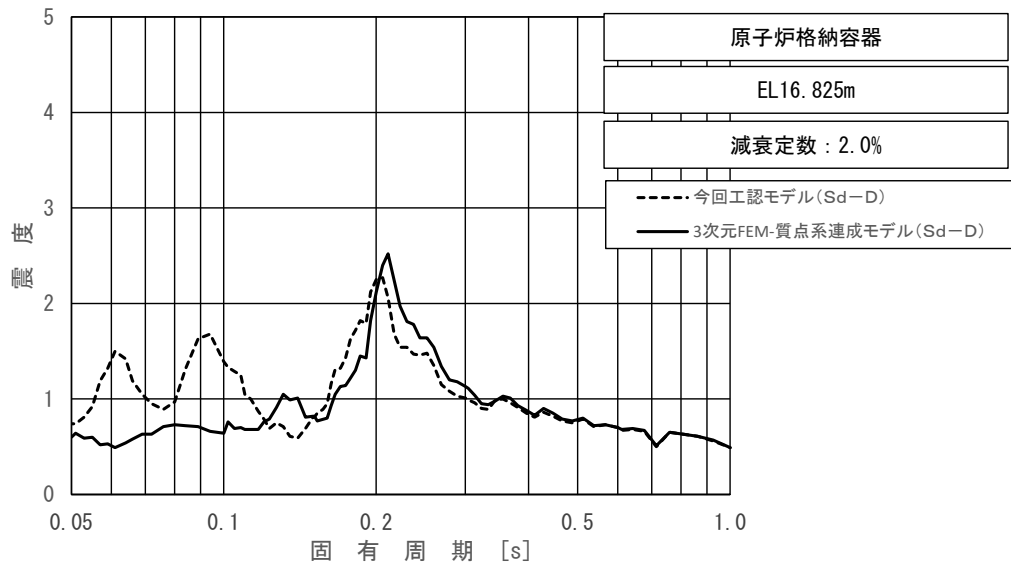
図 4-14 (7/11) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL22.932m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-14 (8/11) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL19.878m)

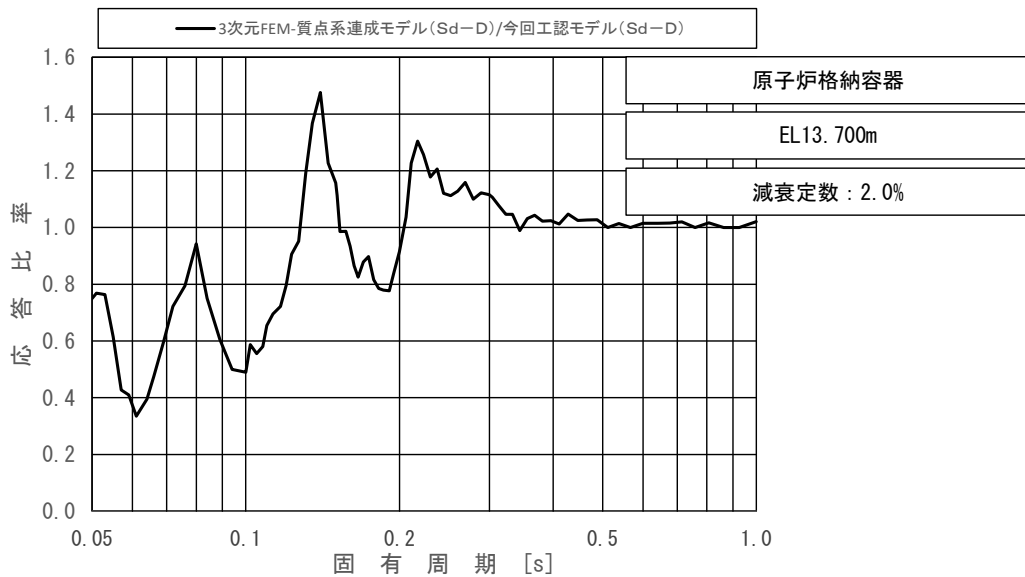
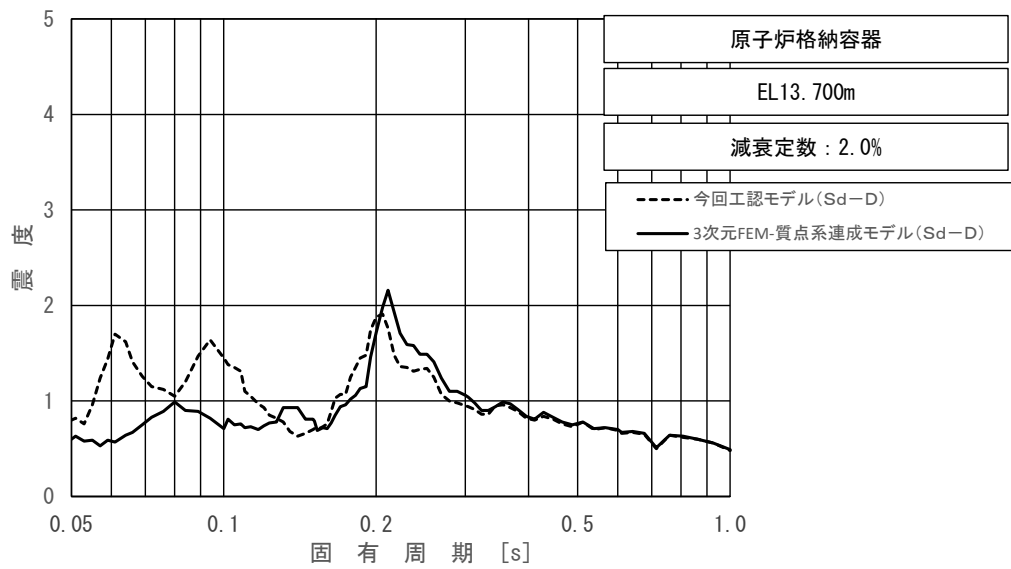




上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

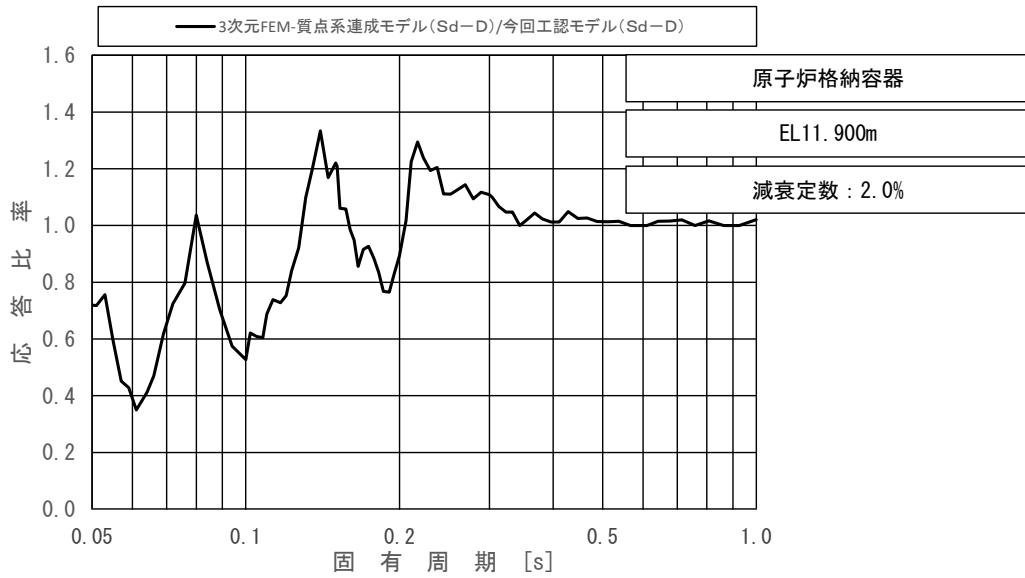
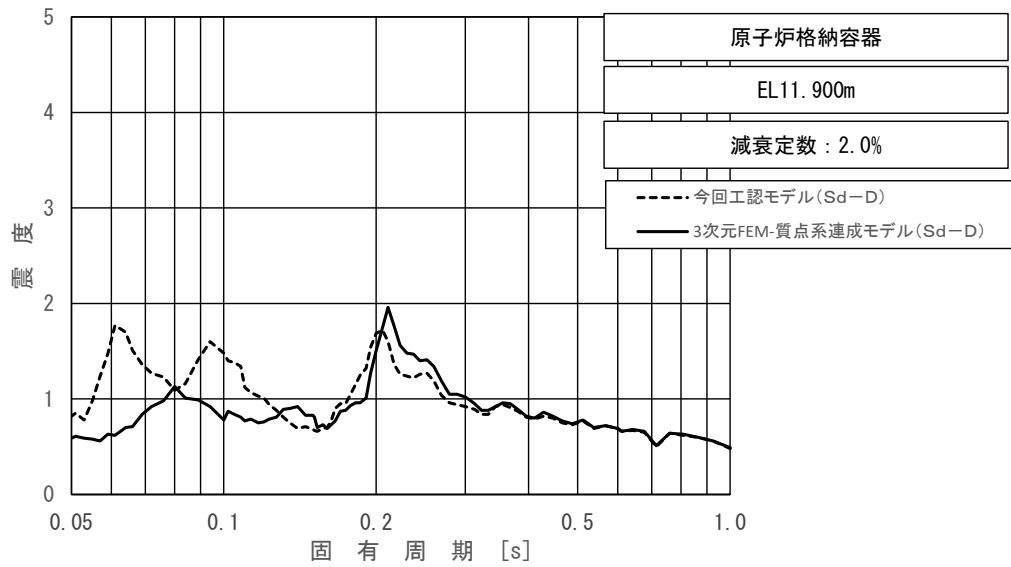
図 4-14 (9/11) 今回工認モデルと 3次元 F E M-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率  
(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL16.825m)



上段：床応答スペクトル

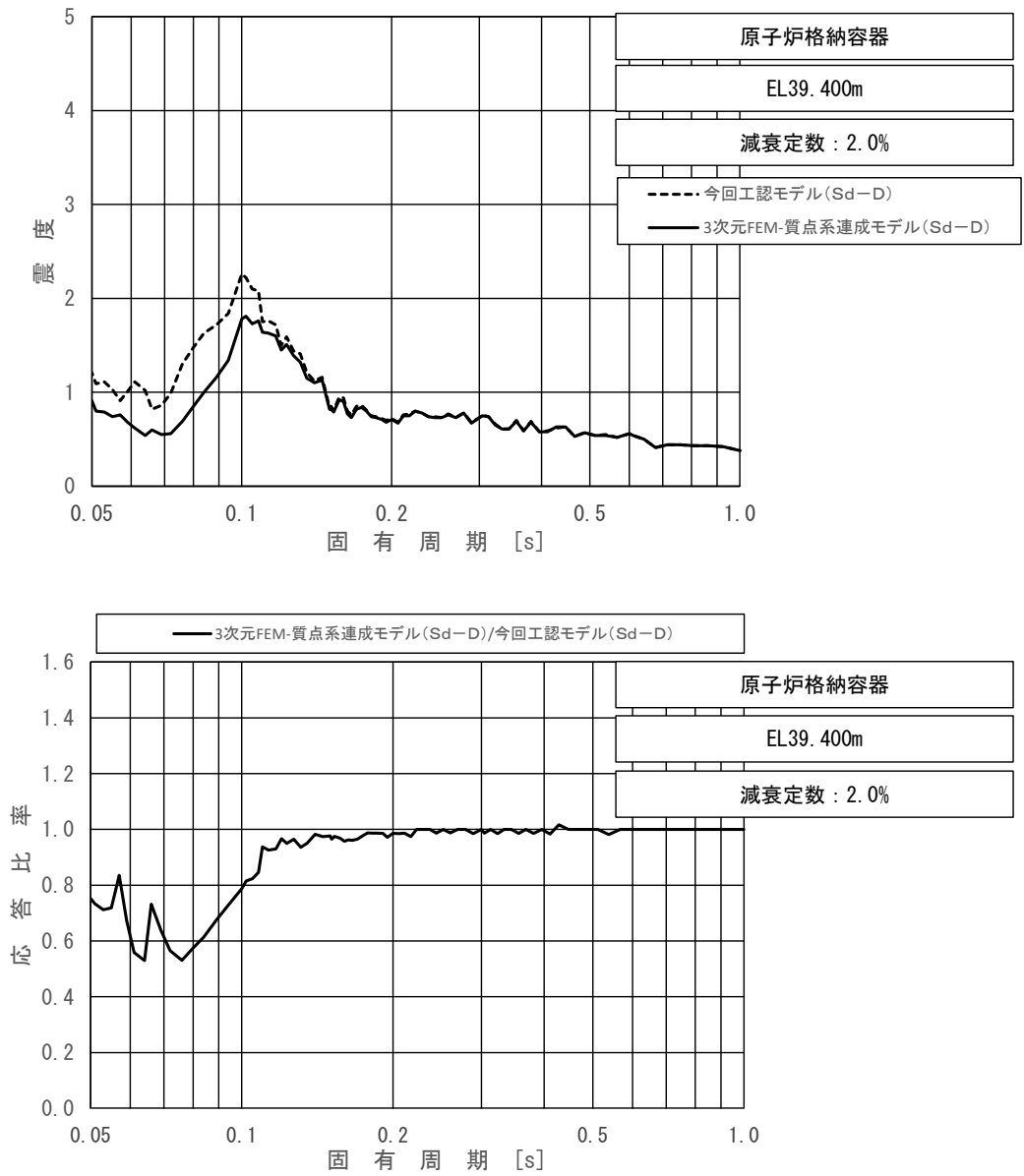
下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-14 (10/11) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率  
(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL13.700m)



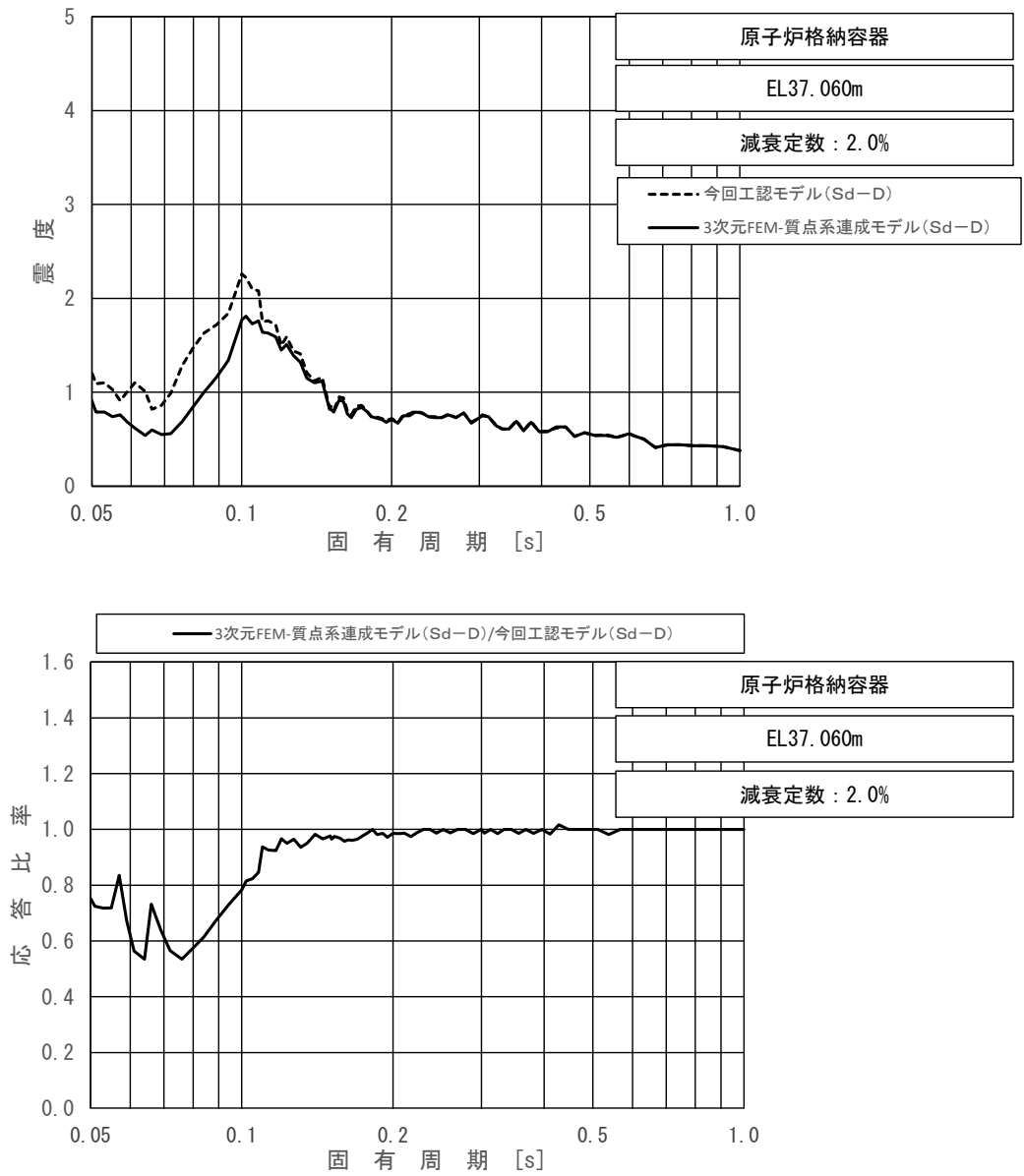
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-14 (11/11) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL11.900m)



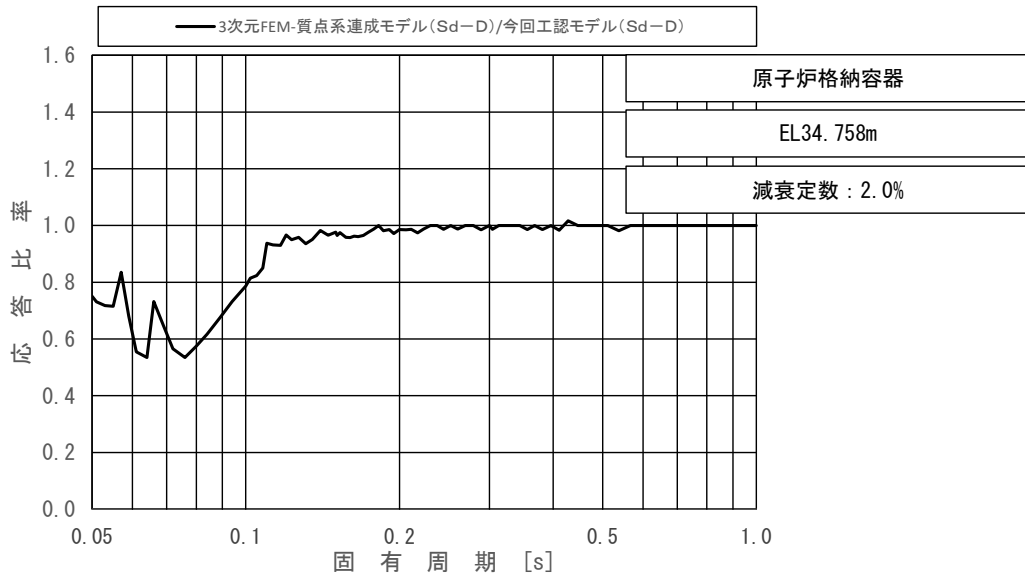
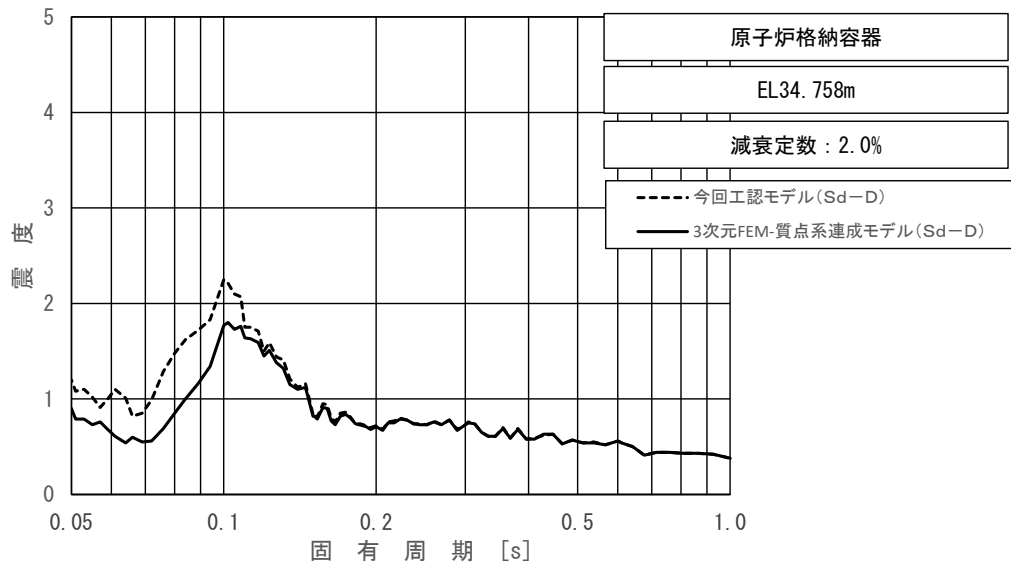
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-15 (1/11) 今回工認モデルと3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動Sd-D, 鉛直方向：原子炉格納容器 EL39.400m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-15 (2/11) 今回工認モデルと3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動Sd-D, 鉛直方向: 原子炉格納容器 EL37.060m)

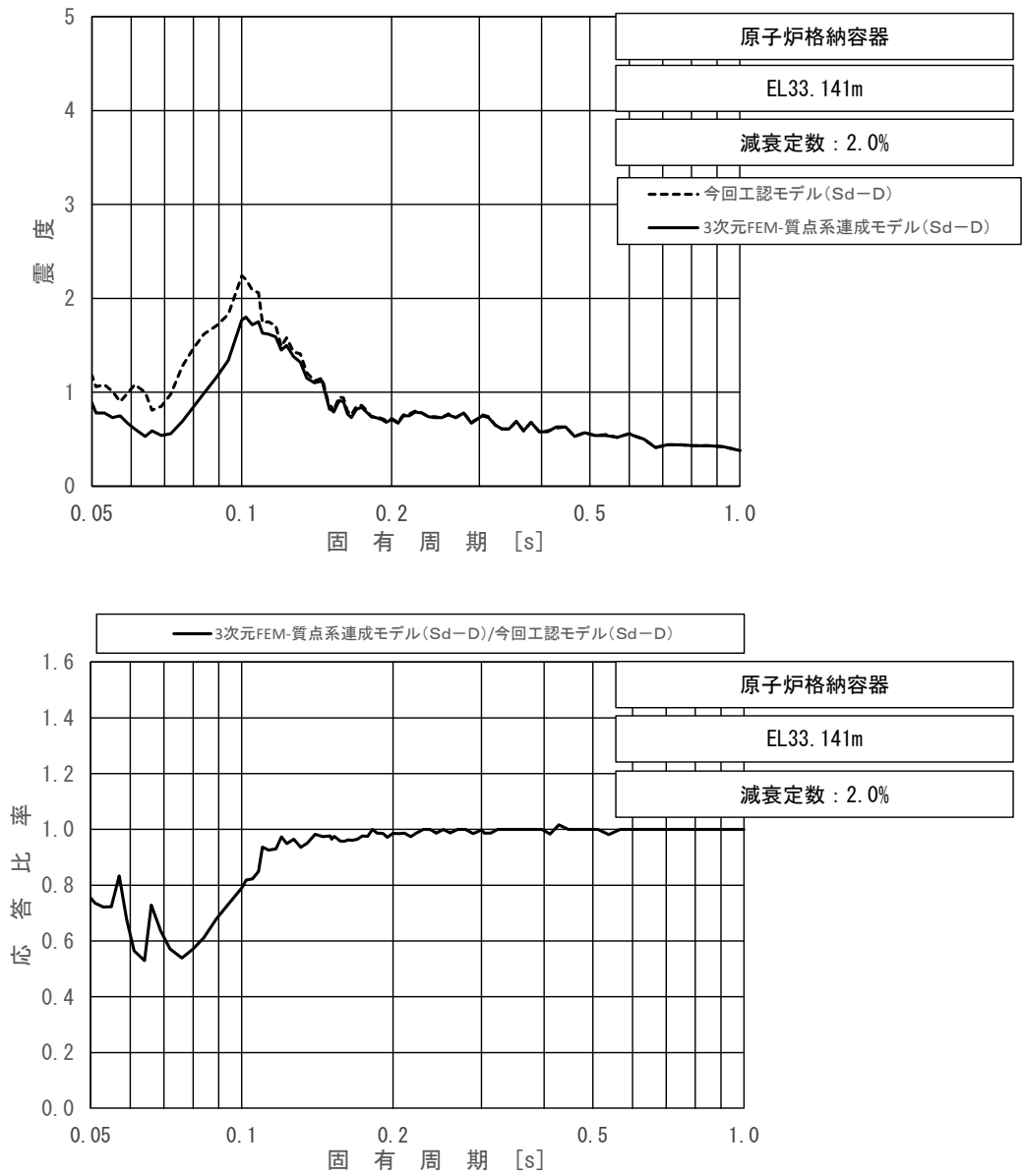


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

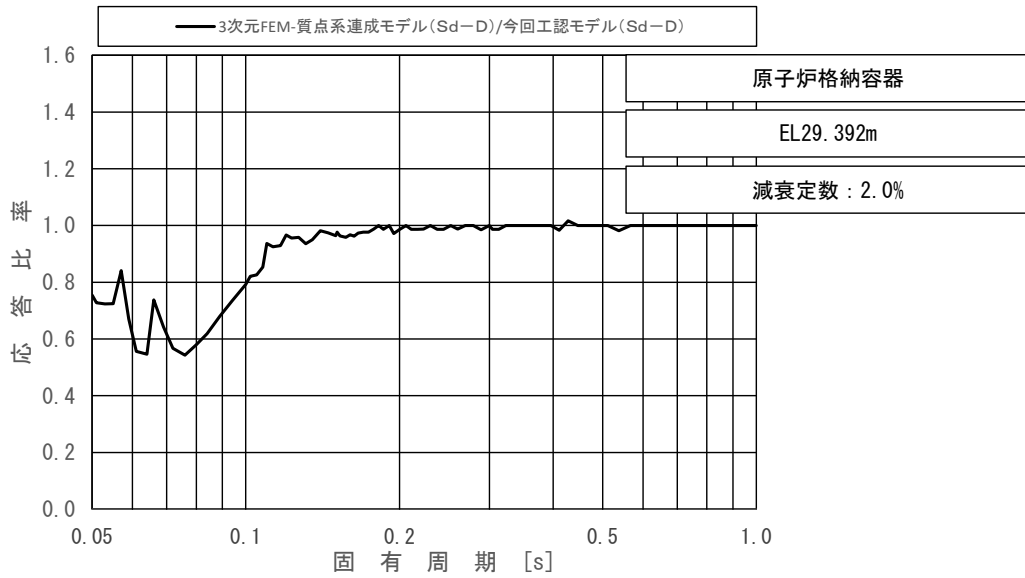
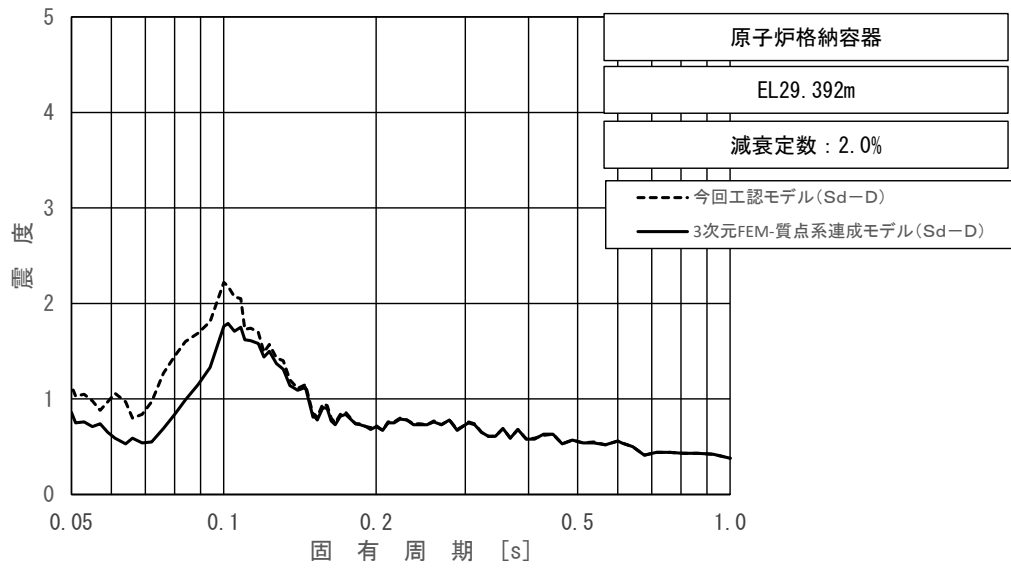
図 4-15 (3/11) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉格納容器 EL34.758m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-15 (4/11) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉格納容器 EL33.141m)



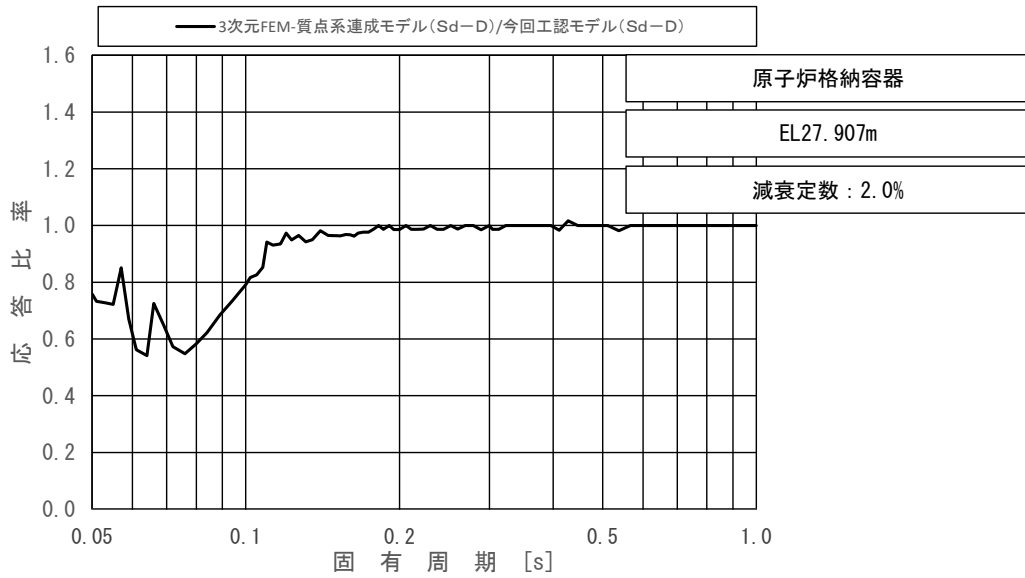
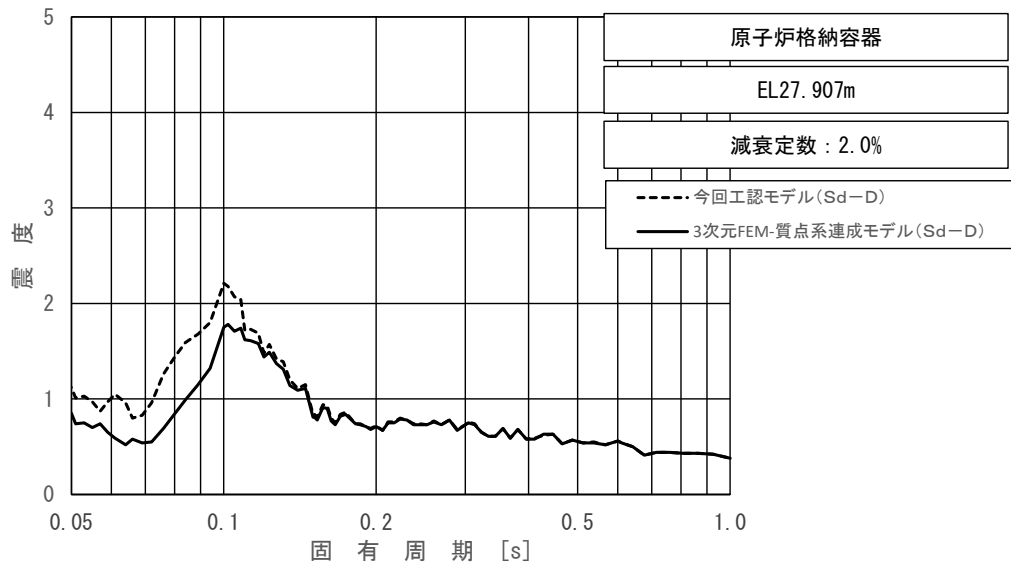
上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-15 (5/11) 今回工認モデルと 3次元 F E M-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

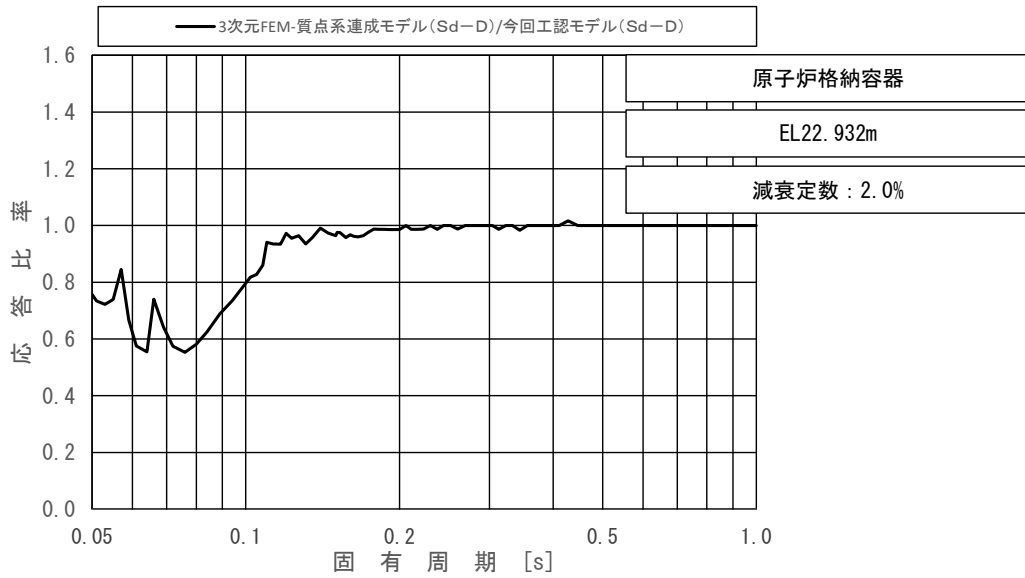
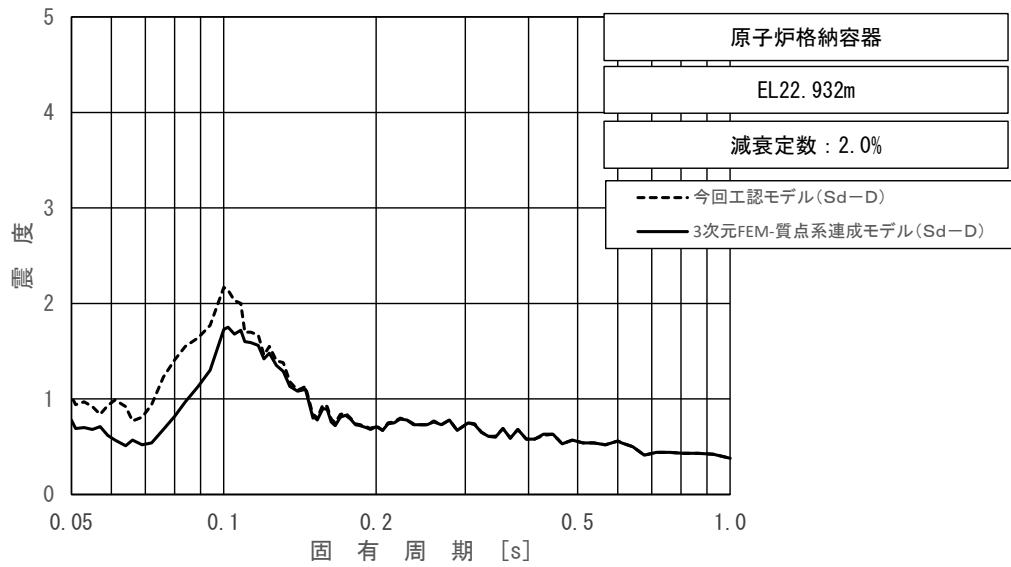
(弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉格納容器 EL29.392m)





上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-15 (6/11) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉格納容器 EL27.907m)

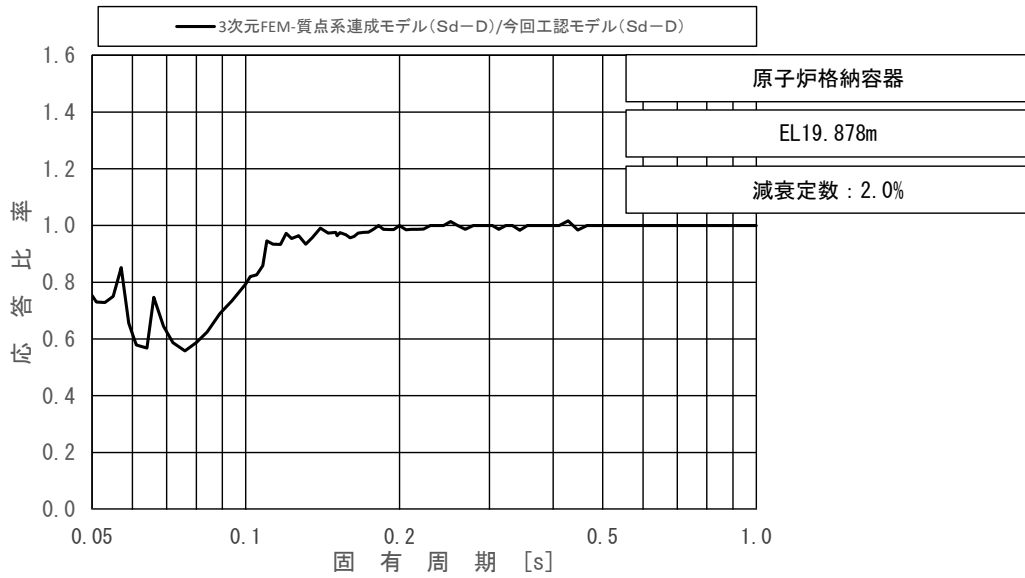
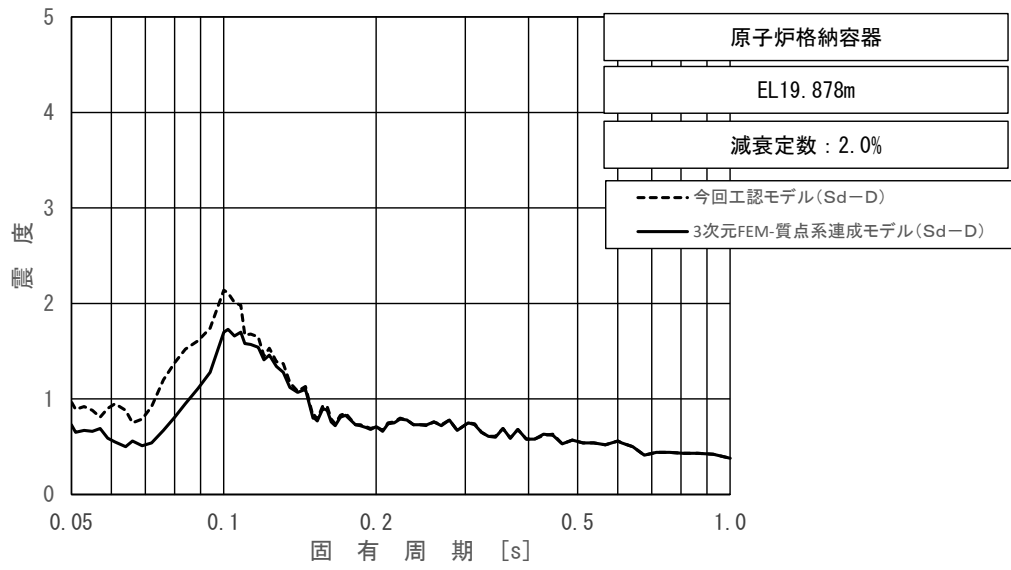


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-15 (7/11) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉格納容器 EL22.932m)

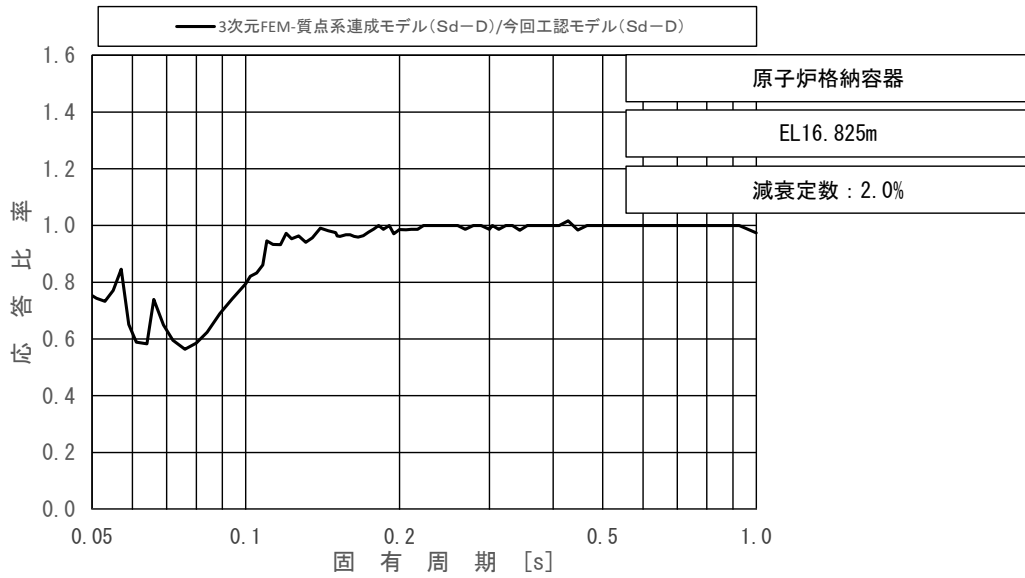
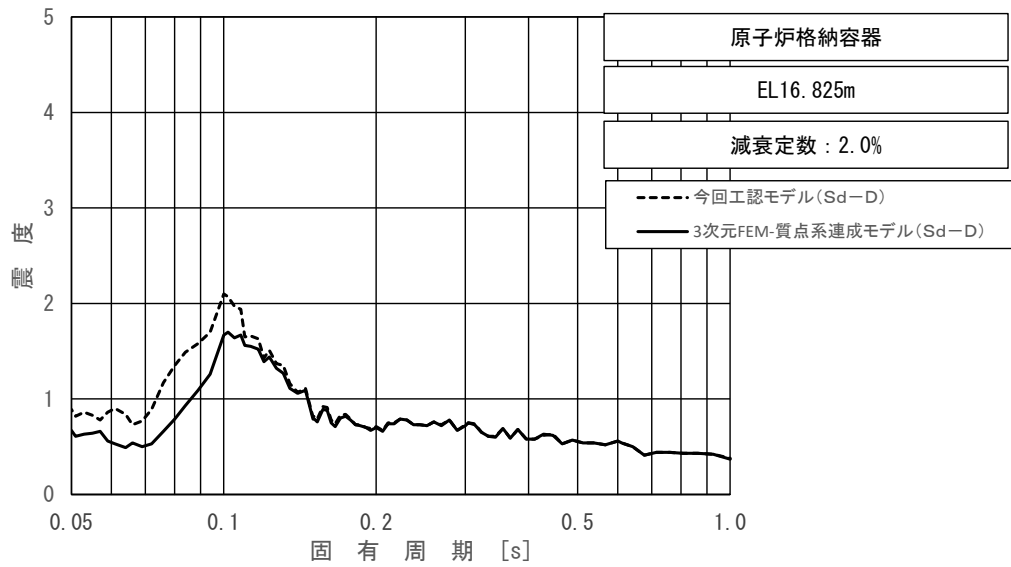


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

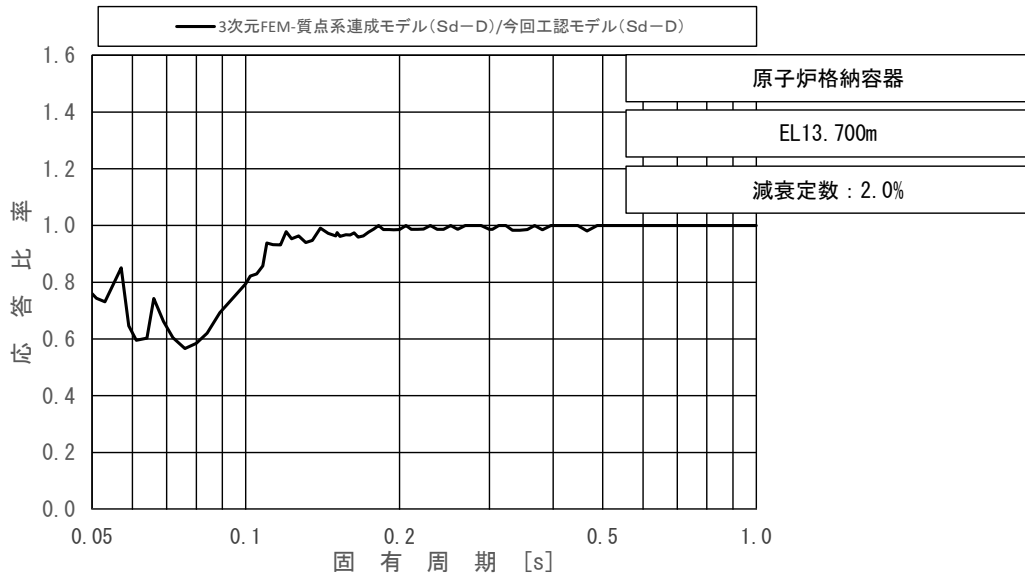
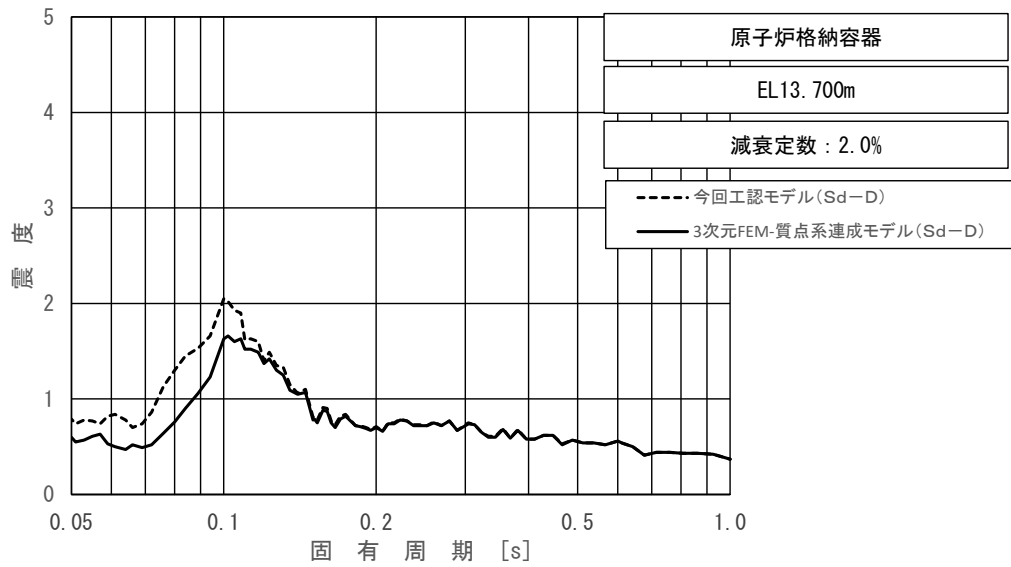
図 4-15 (8/11) 今回工認モデルと 3次元 F E M-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉格納容器 EL19.878m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-15 (9/11) 今回工認モデルと 3次元 F E M-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉格納容器 EL16.825m)

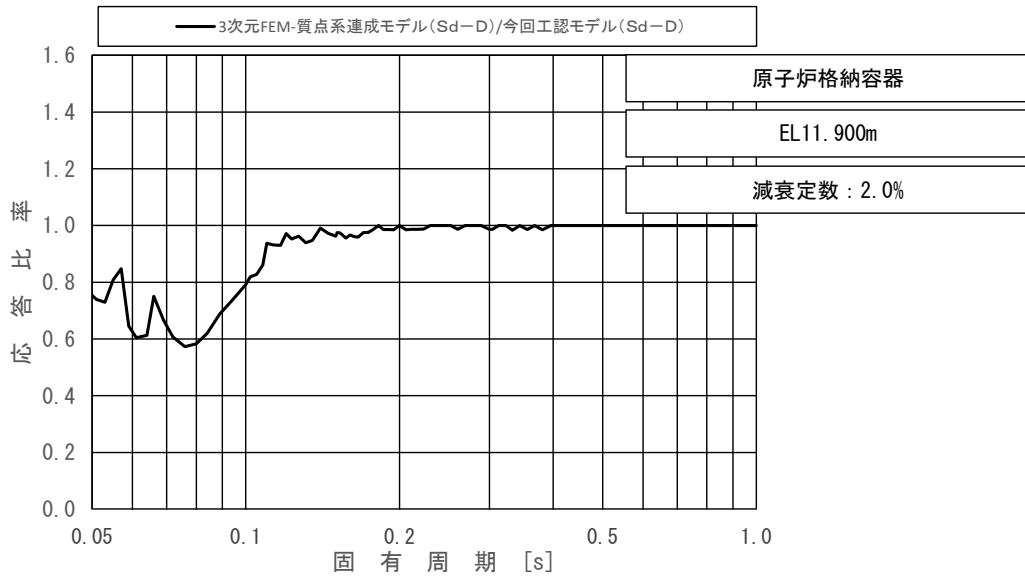
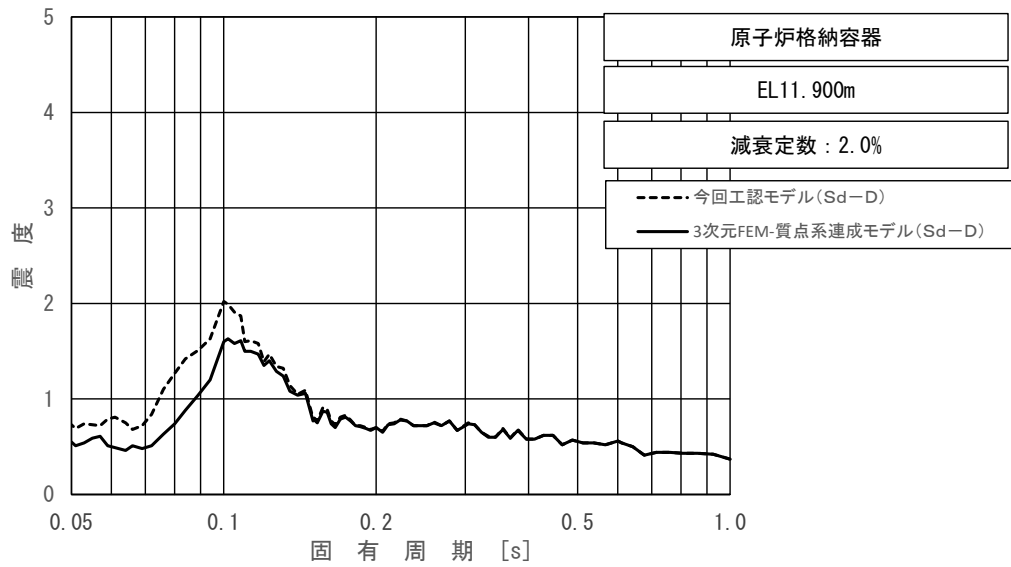


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-15 (10/11) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉格納容器 EL13.700m)

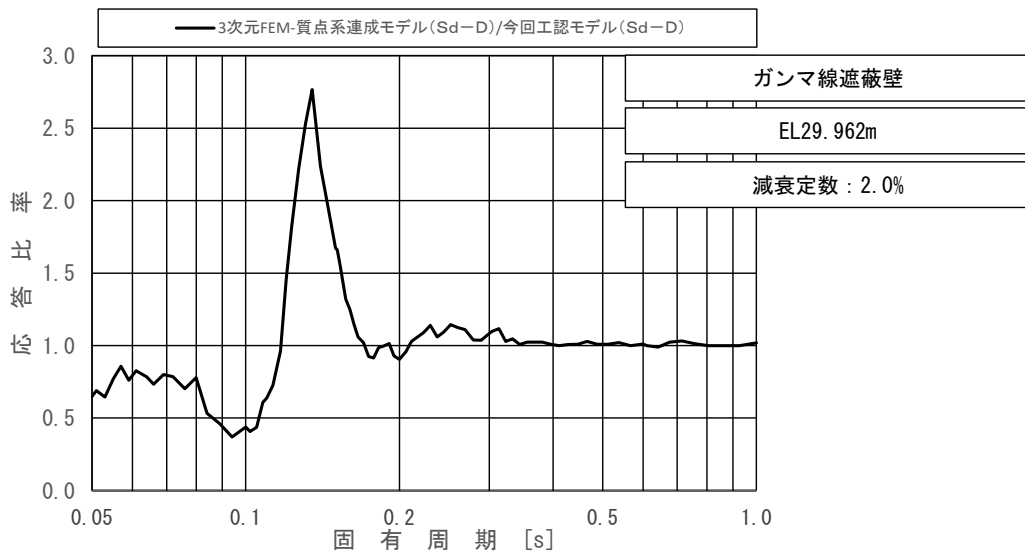
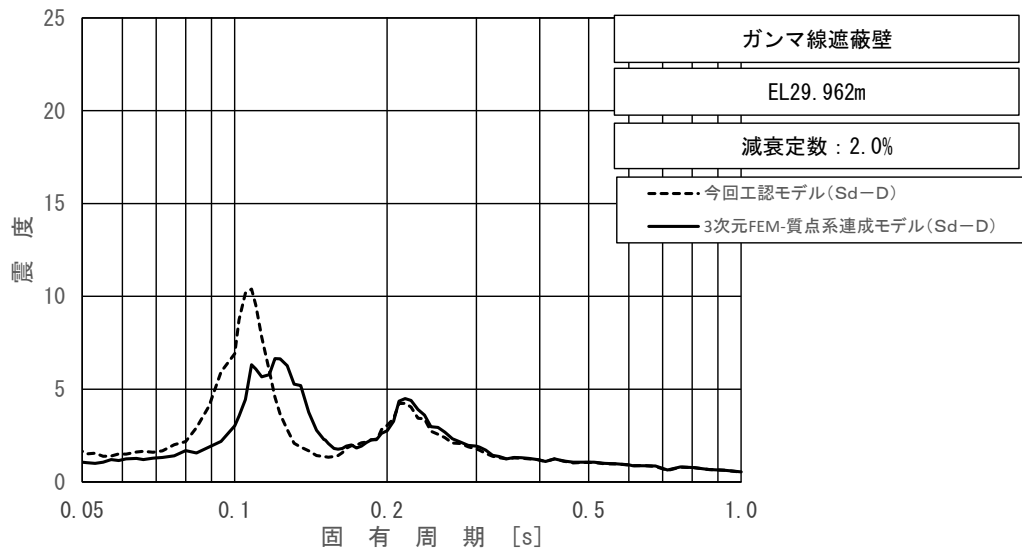


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

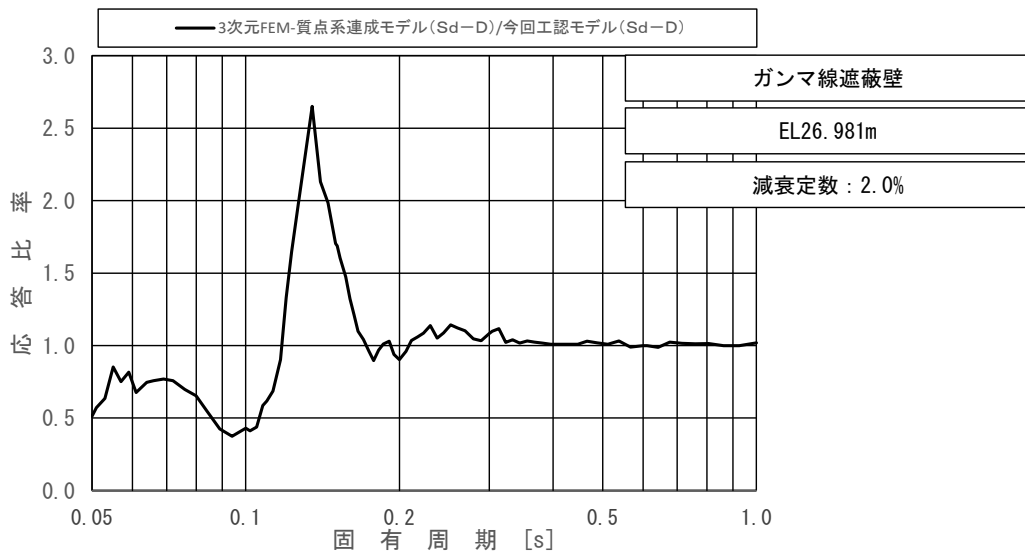
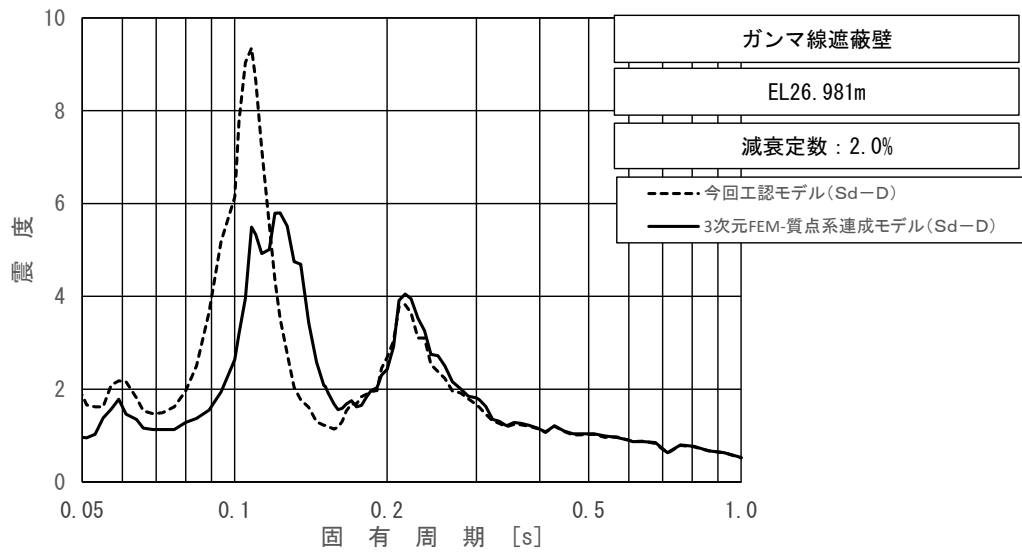
図 4-15 (11/11) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 Sd-D, 鉛直方向：原子炉格納容器 EL11.900m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図4-16 (1/5) 今回工認モデルと3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動Sd-D, 水平方向(NS):ガンマ線遮蔽壁 EL29.962m)



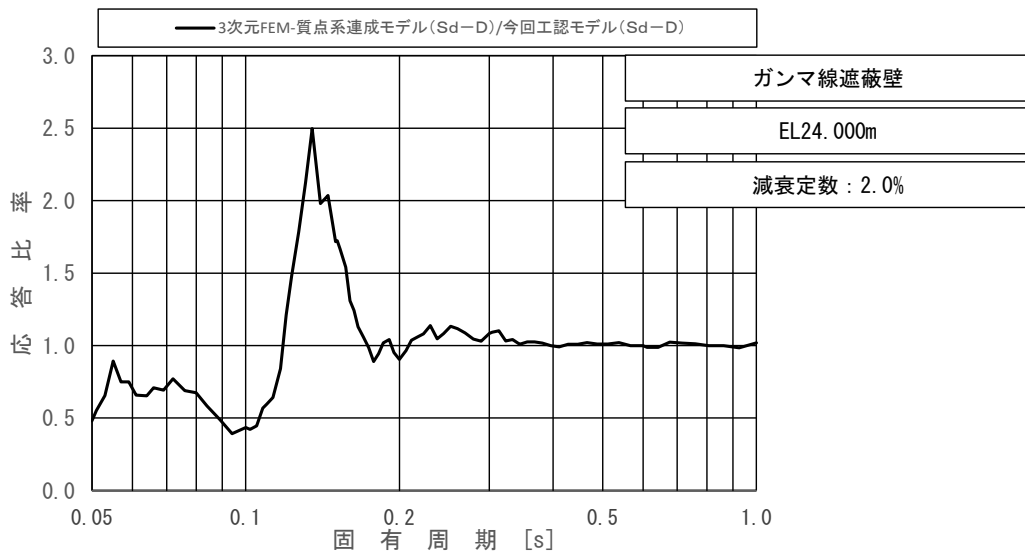
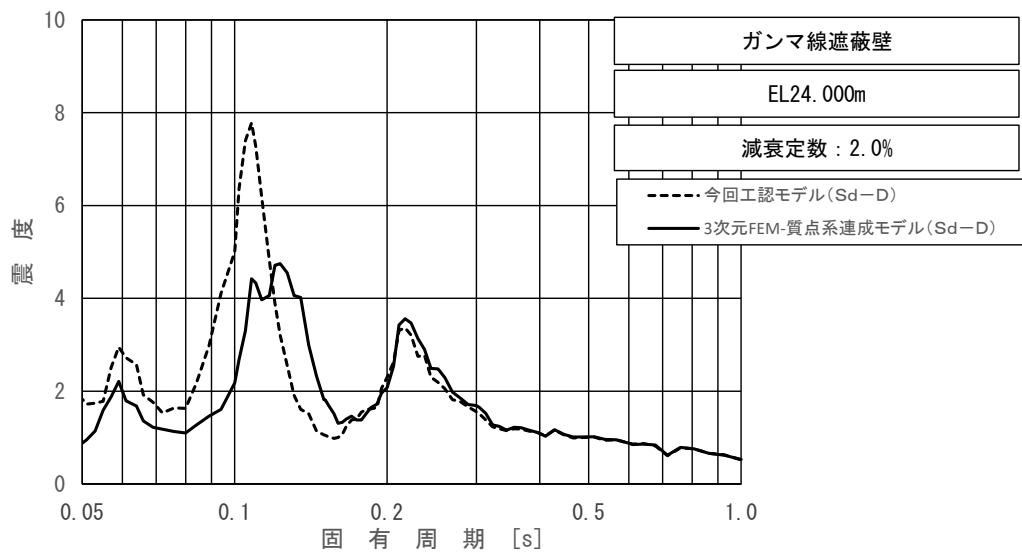
上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-16 (2/5) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

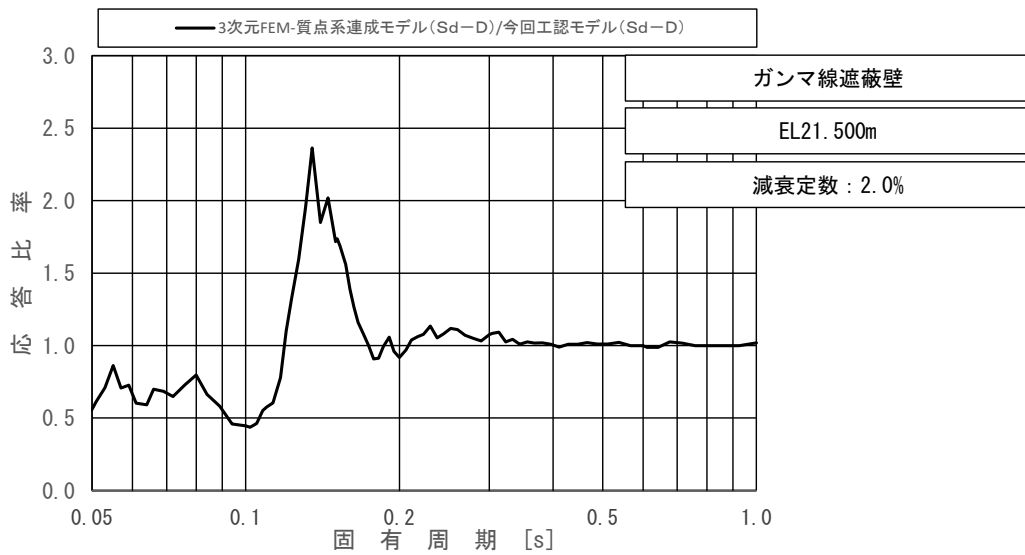
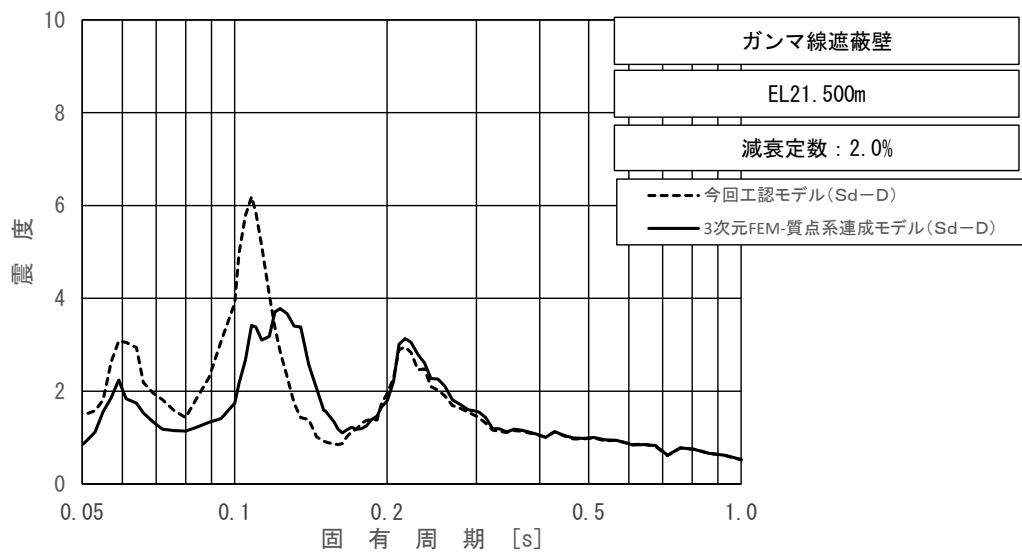
(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : ガンマ線遮蔽壁 EL26.981m)





上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-16 (3/5) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : ガンマ線遮蔽壁 EL24.000m)

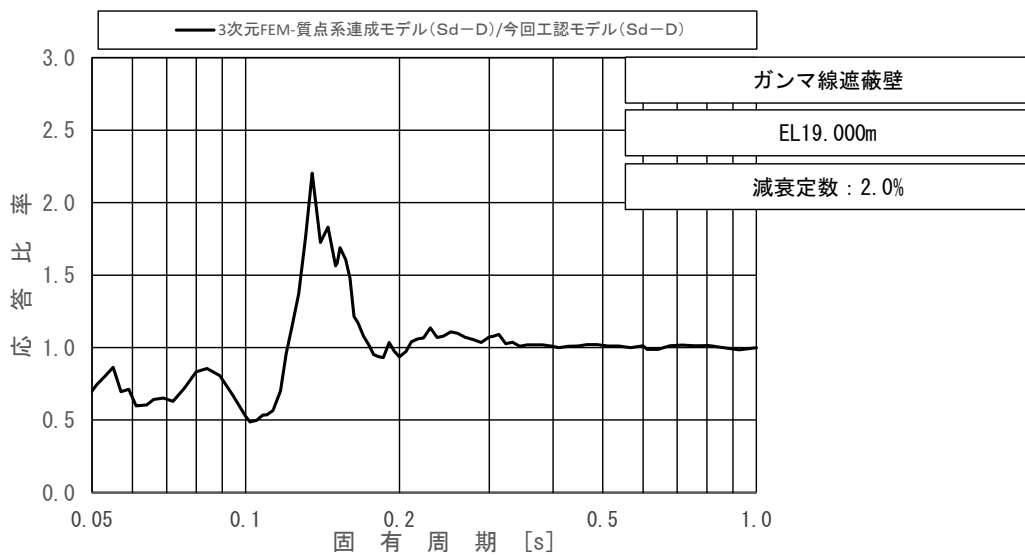
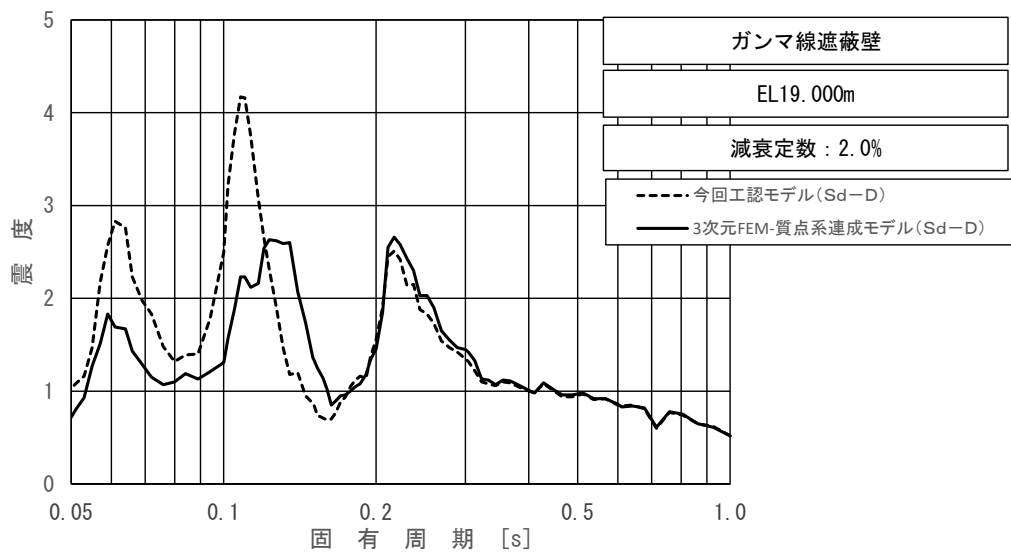


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

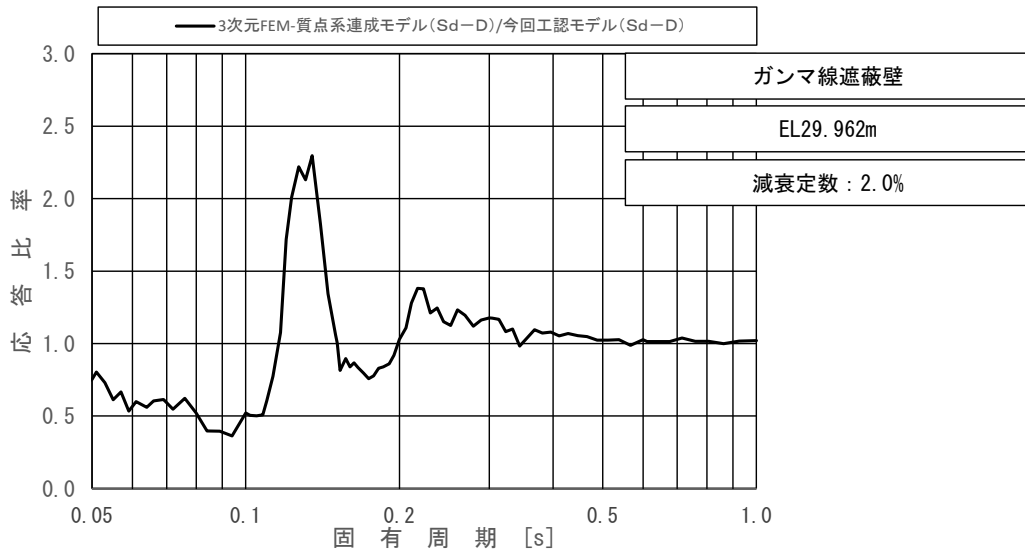
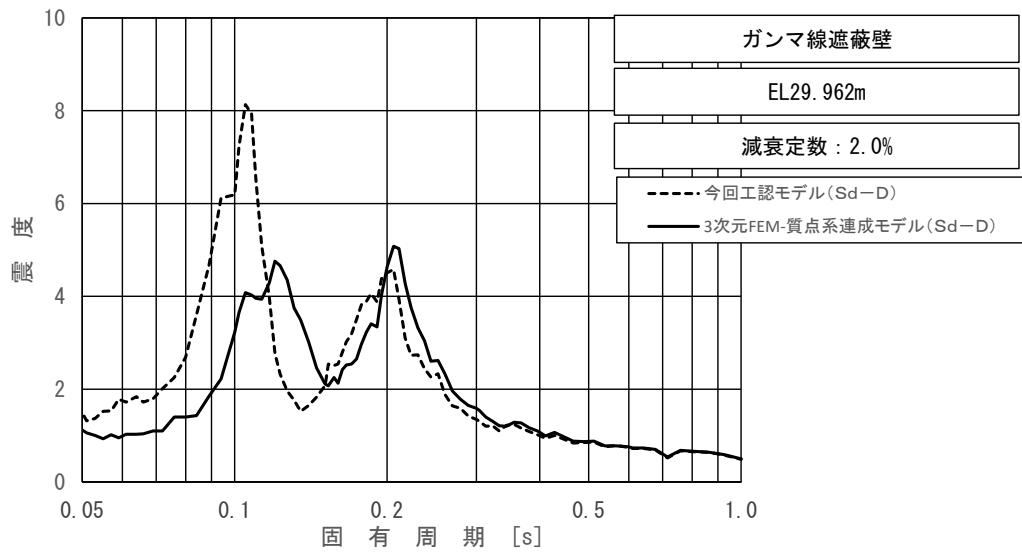
図 4-16 (4/5) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : ガンマ線遮蔽 EL21.500m)



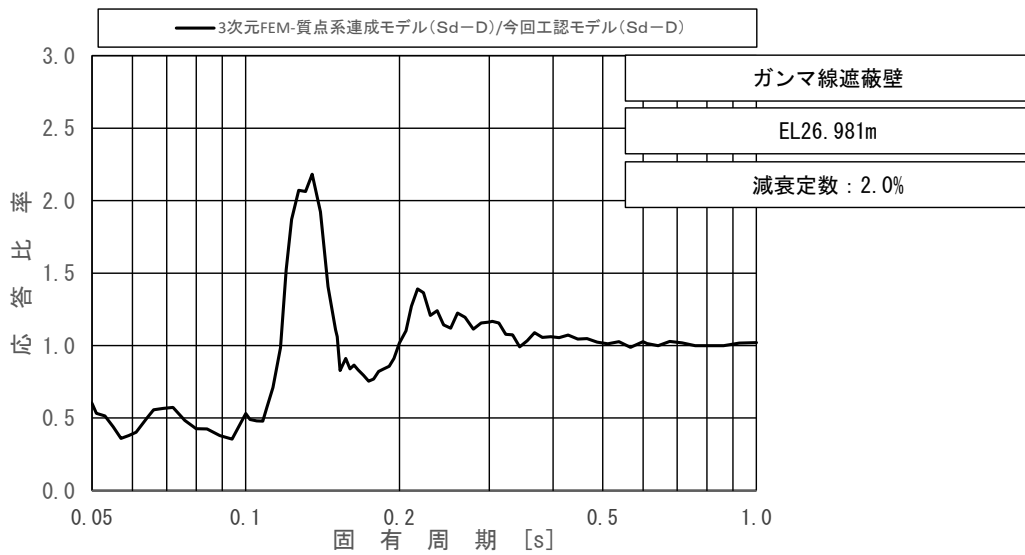
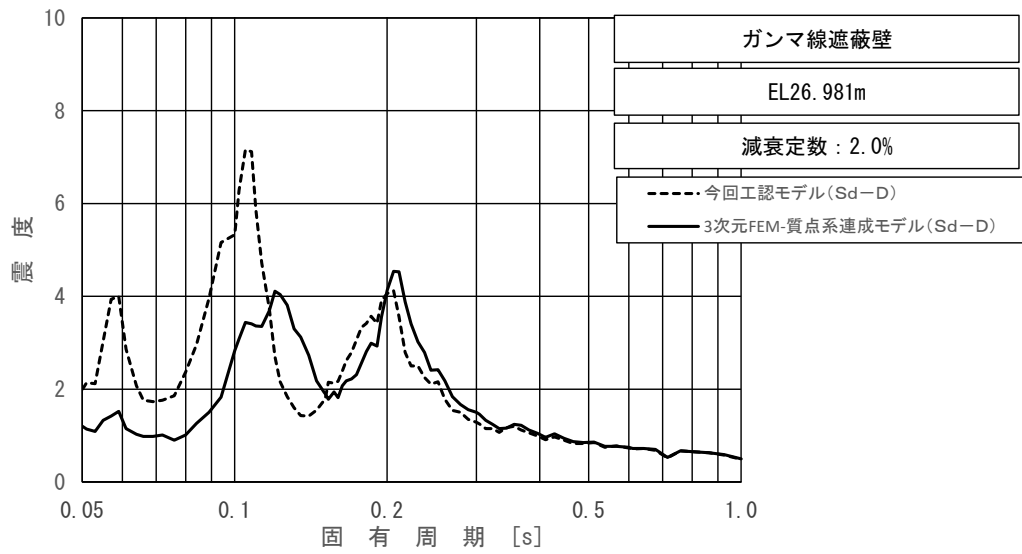
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-16 (5/5) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : ガンマ線遮蔽壁 EL19.000m)



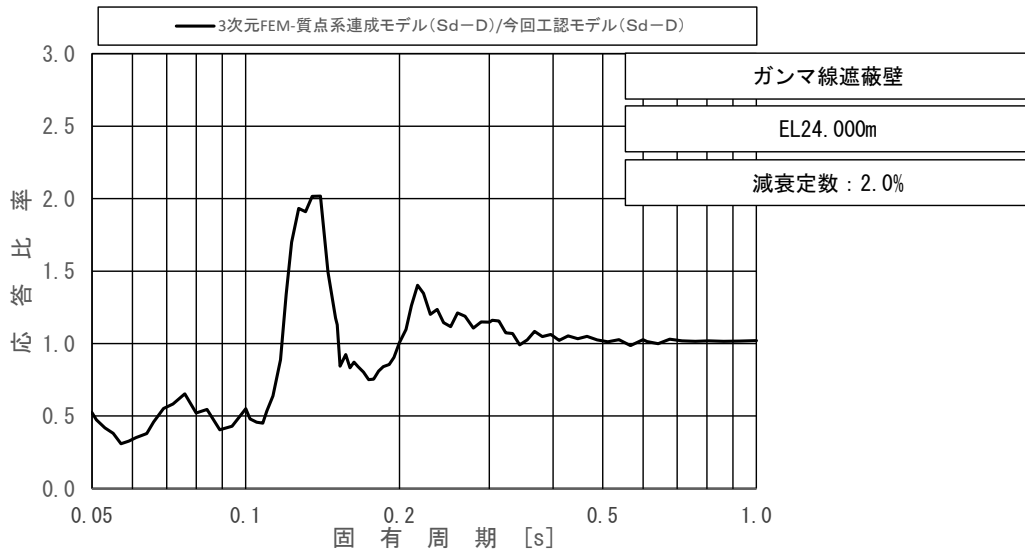
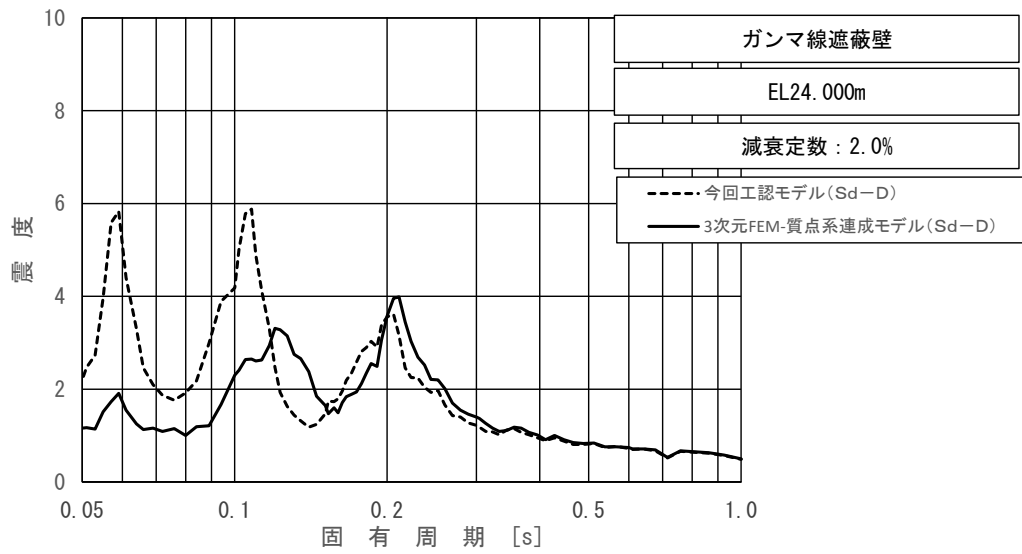
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図4-17 (1/5) 今回工認モデルと3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動Sd-D, 水平方向(EW): ガンマ線遮蔽壁 EL29.962m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-17 (2/5) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : ガンマ線遮蔽壁 EL26.981m)

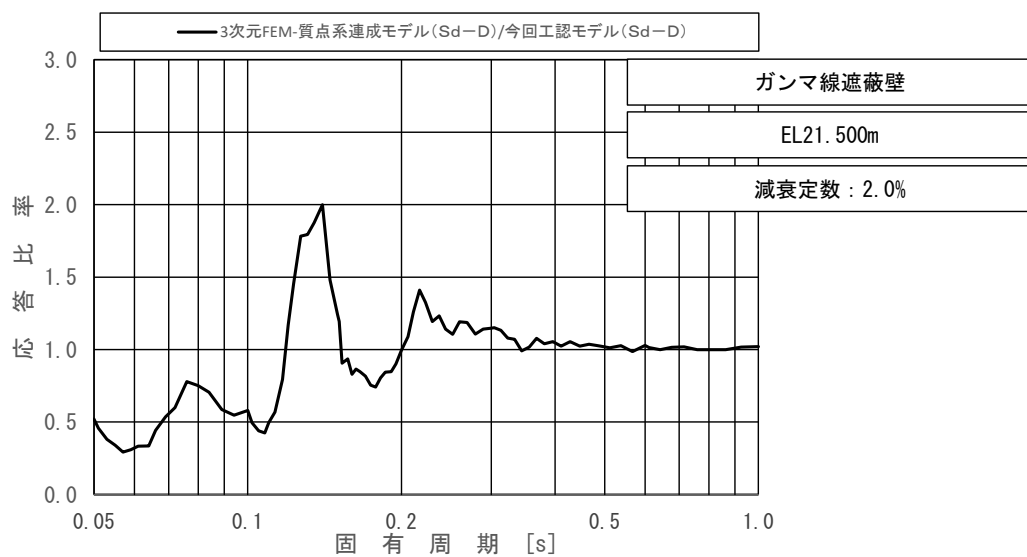
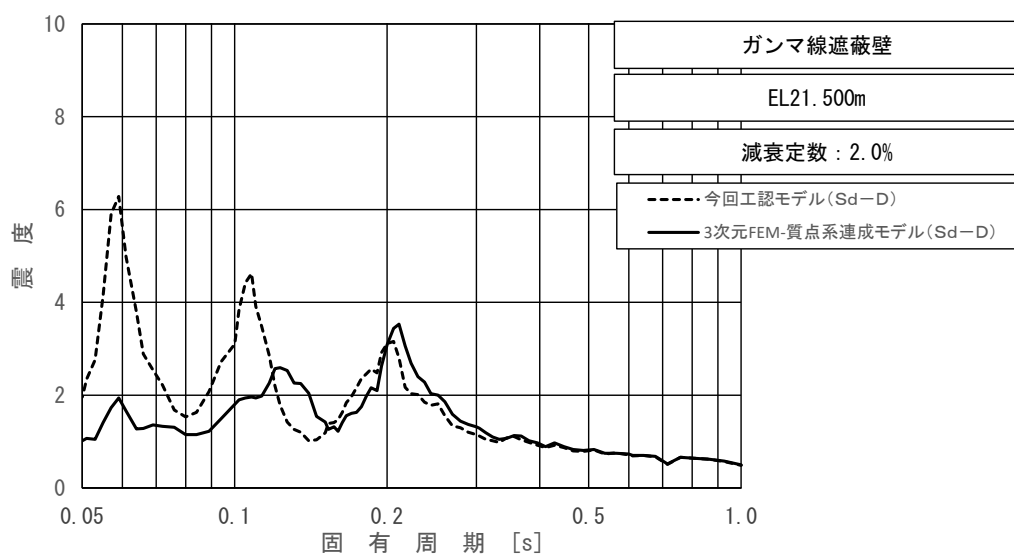


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-17 (3/5) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : ガンマ線遮蔽壁 EL24.000m)

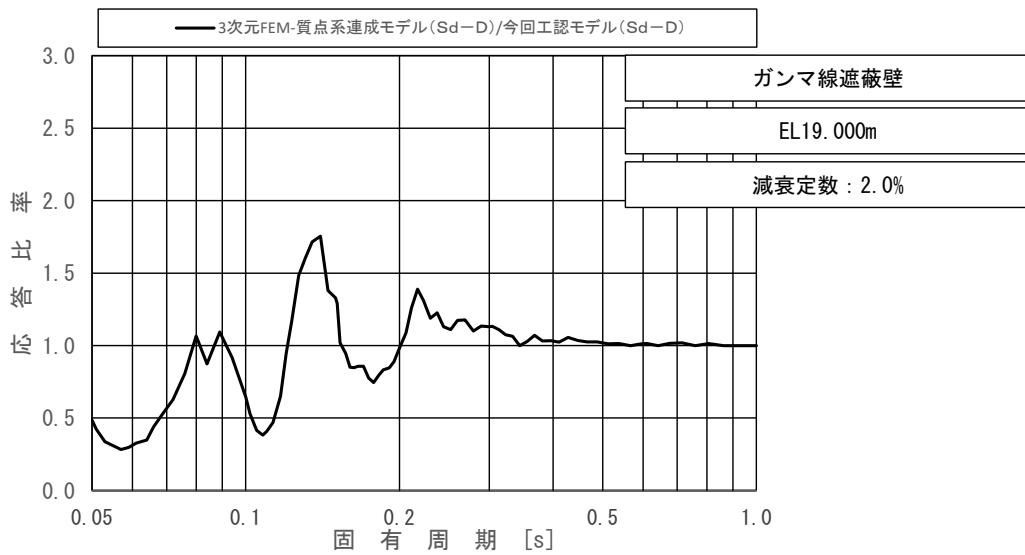
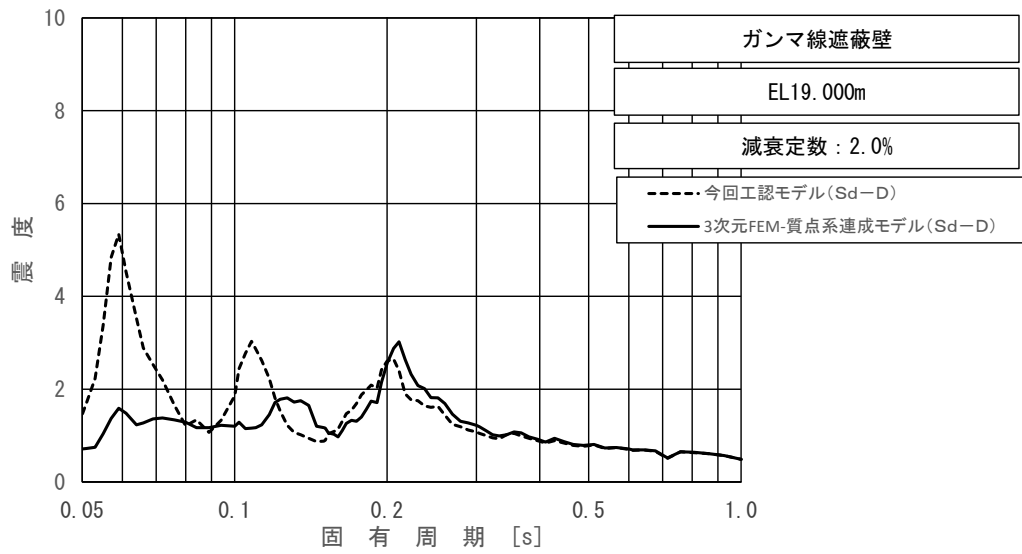


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-17 (4/5) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : ガンマ線遮蔽壁 EL21.500m)



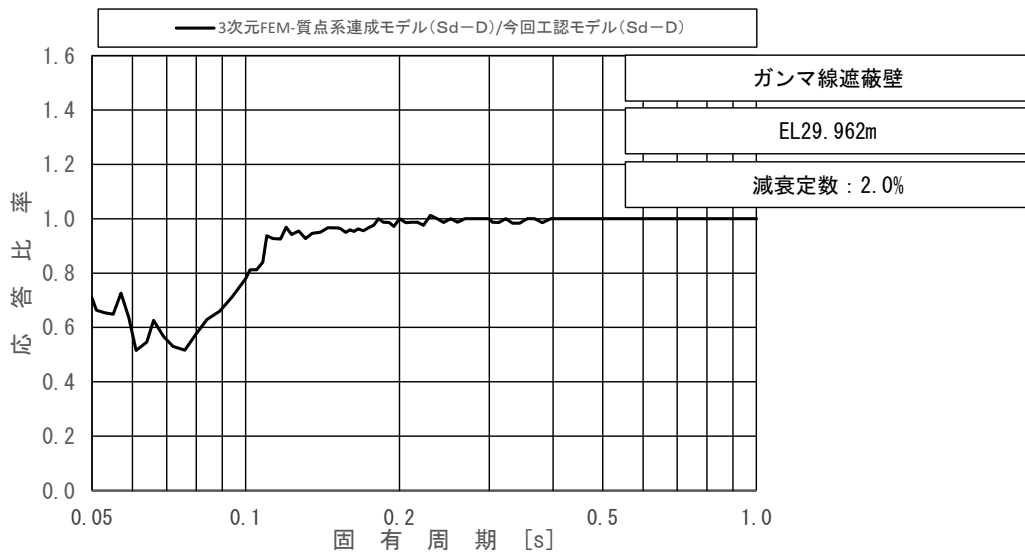
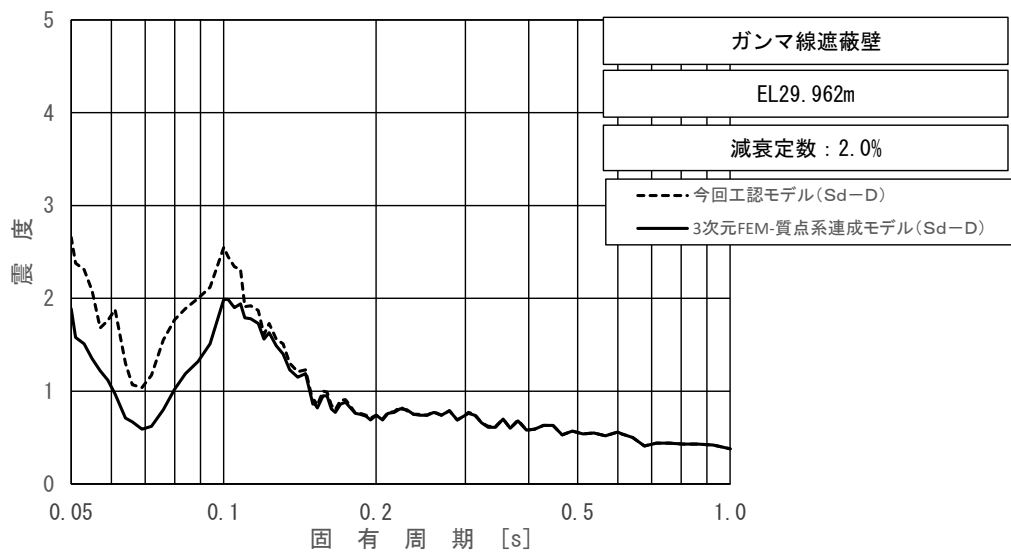
上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-17 (5/5) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

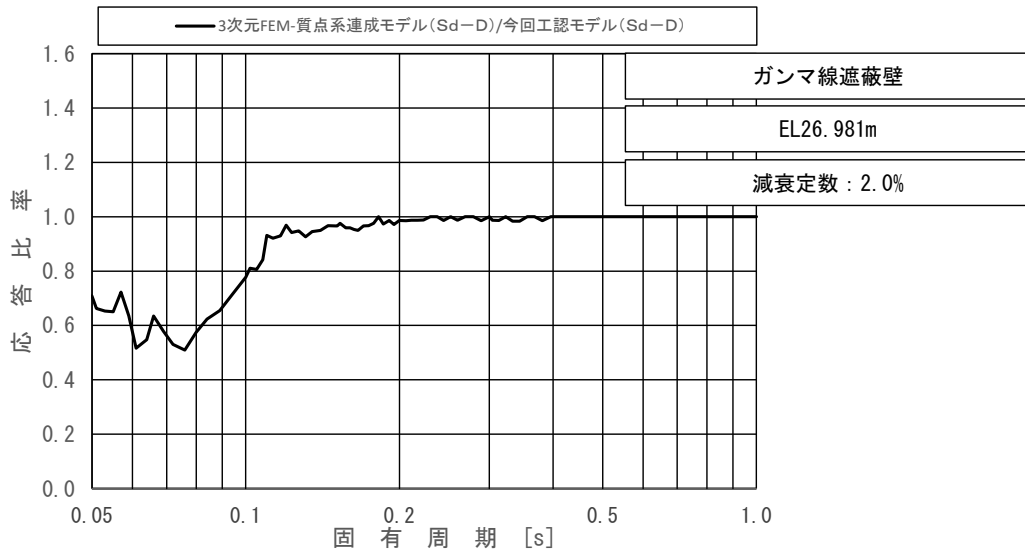
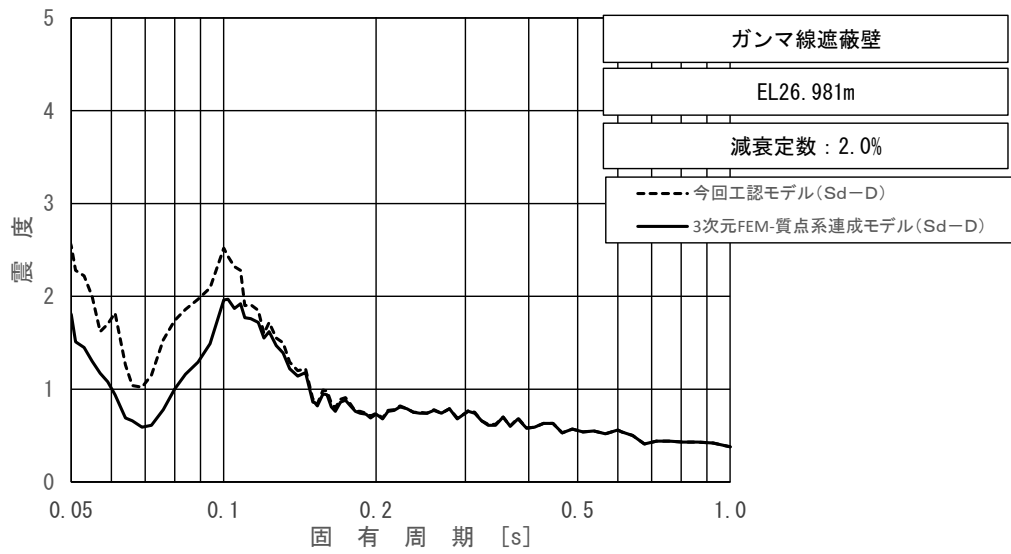
(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : ガンマ線遮蔽 EL19.000m)





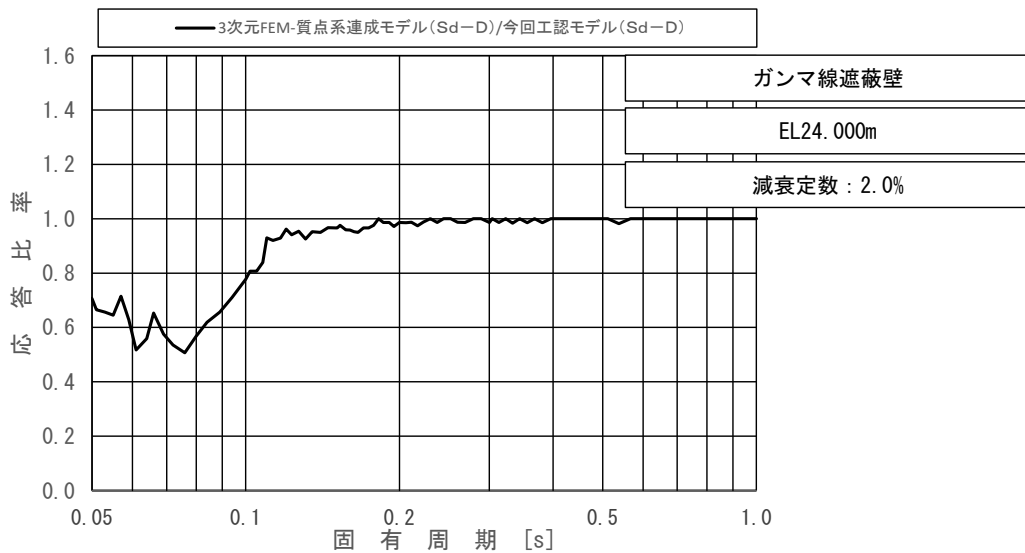
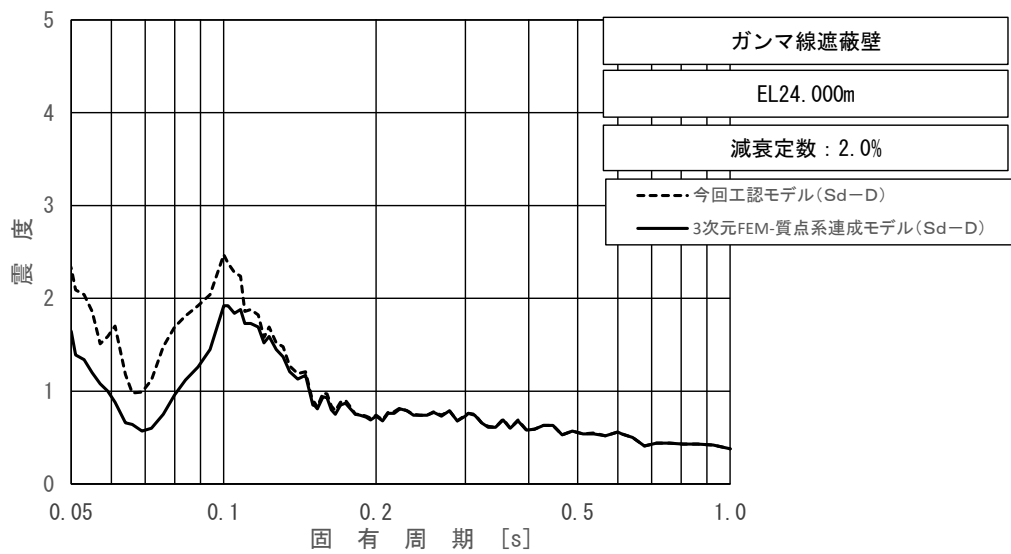
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-18 (1/5) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向: ガンマ線遮蔽壁 EL29.962m)



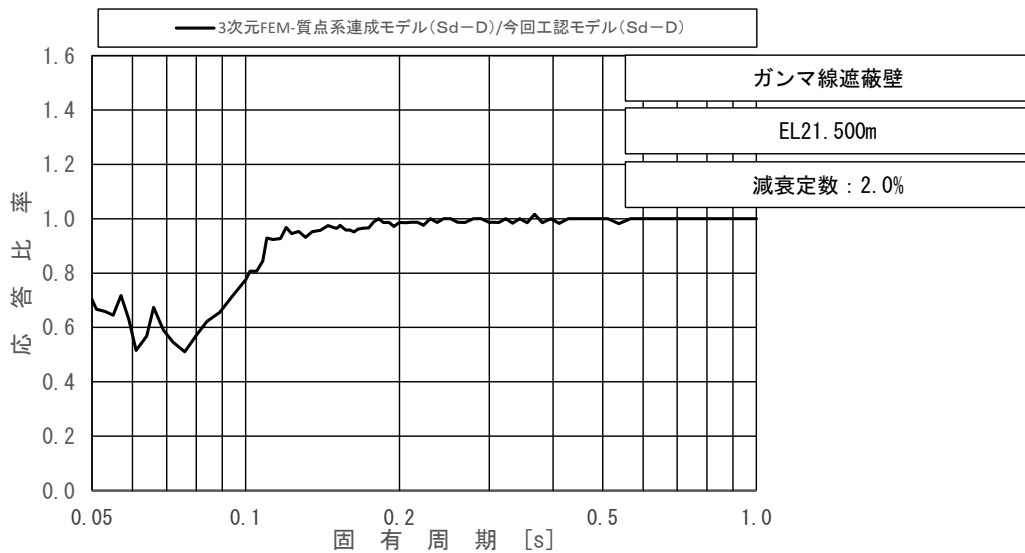
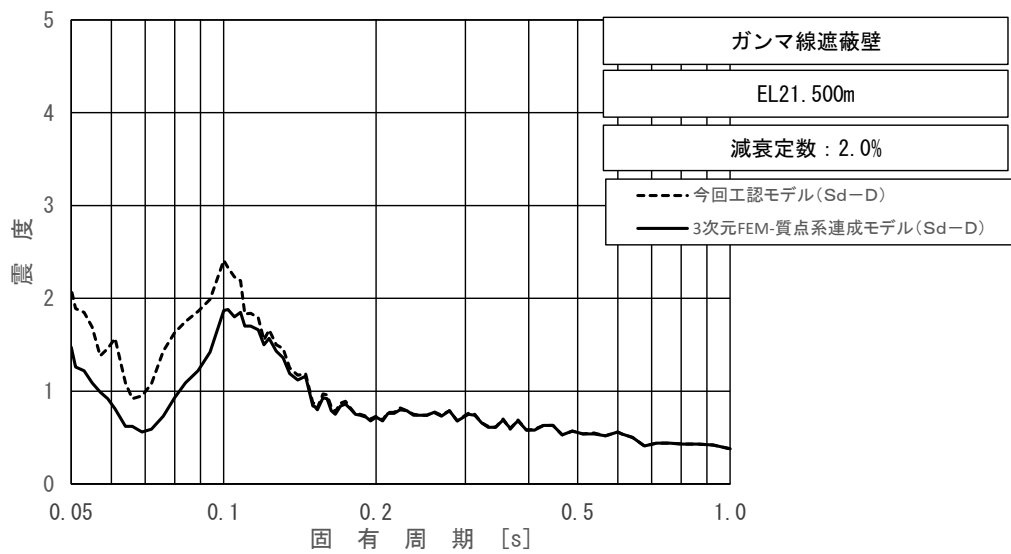
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-18 (2/5) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向: ガンマ線遮蔽壁 EL26.981m)



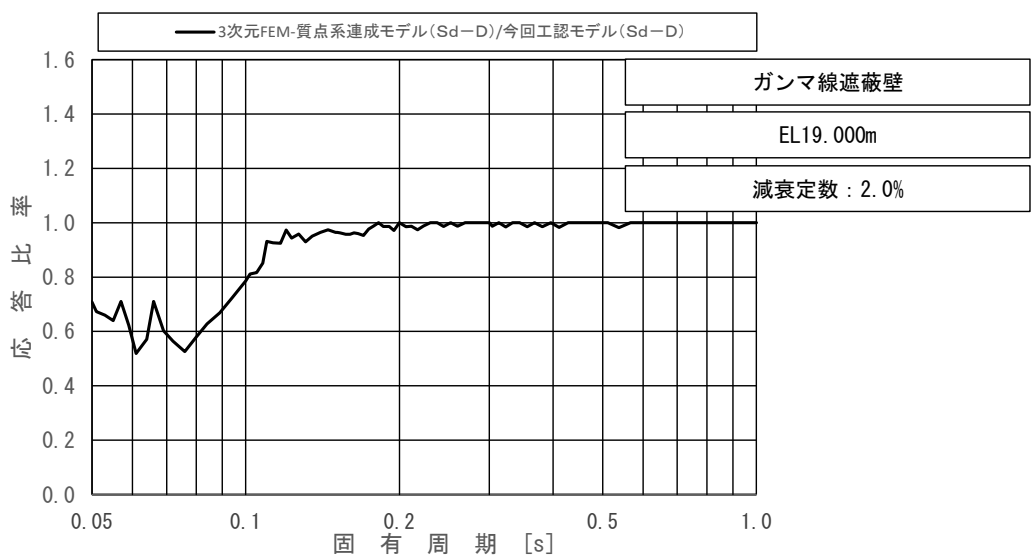
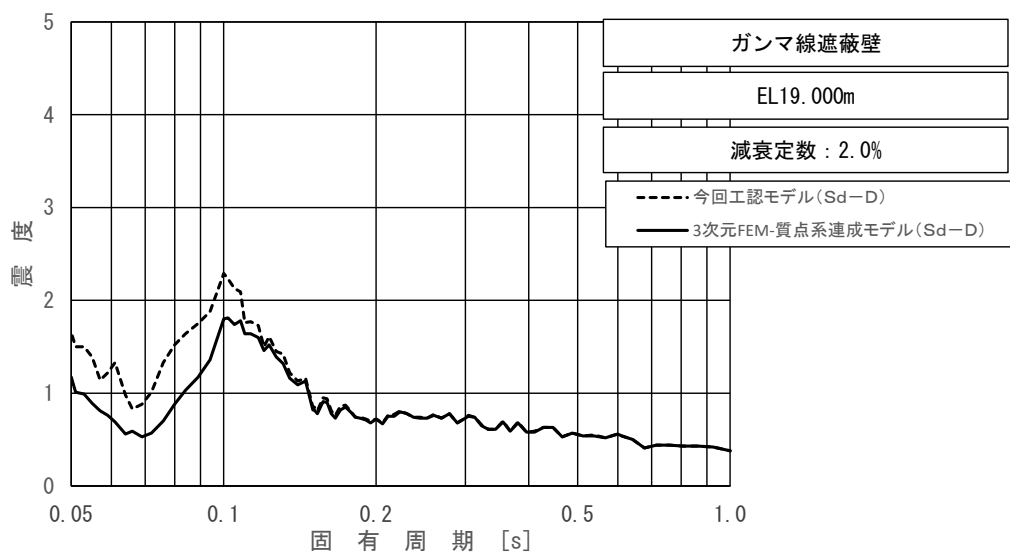
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-18 (3/5) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向: ガンマ線遮蔽壁 EL24.000m)



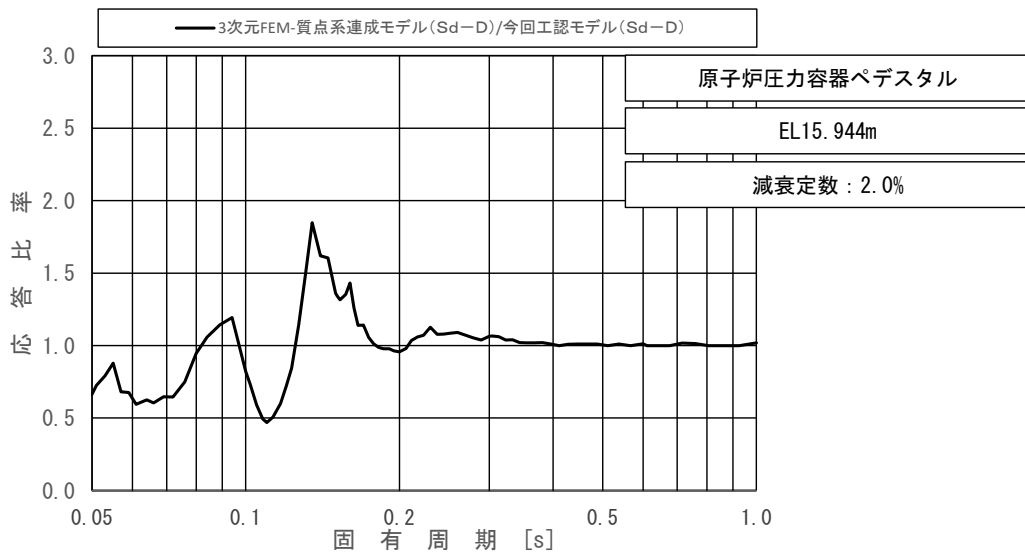
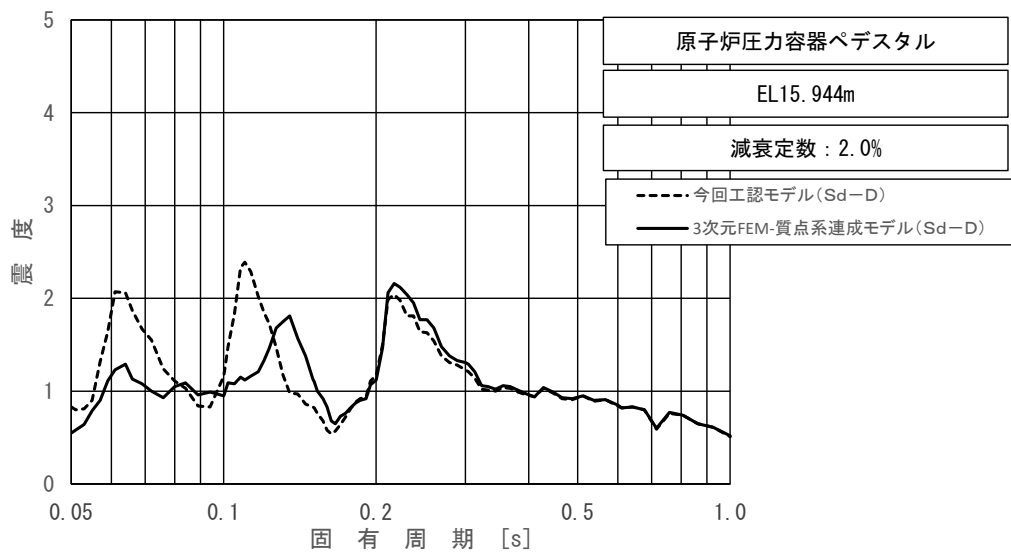
上段 : 床応答スペクトル  
 下段 : 床応答スペクトル応答比率

図4-18 (4/5) 今回工認モデルと3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動Sd-D, 鉛直方向:ガンマ線遮蔽壁 EL21.500m)



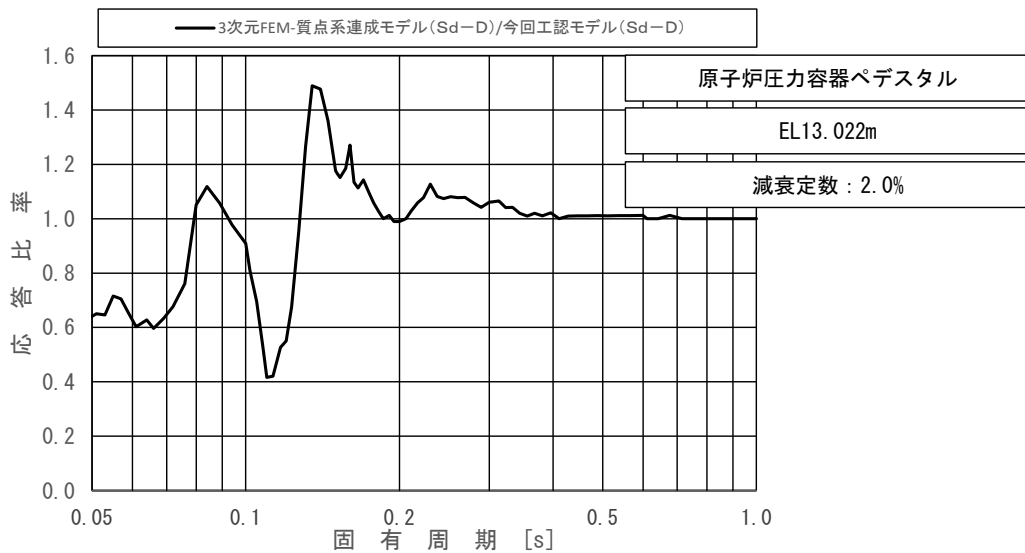
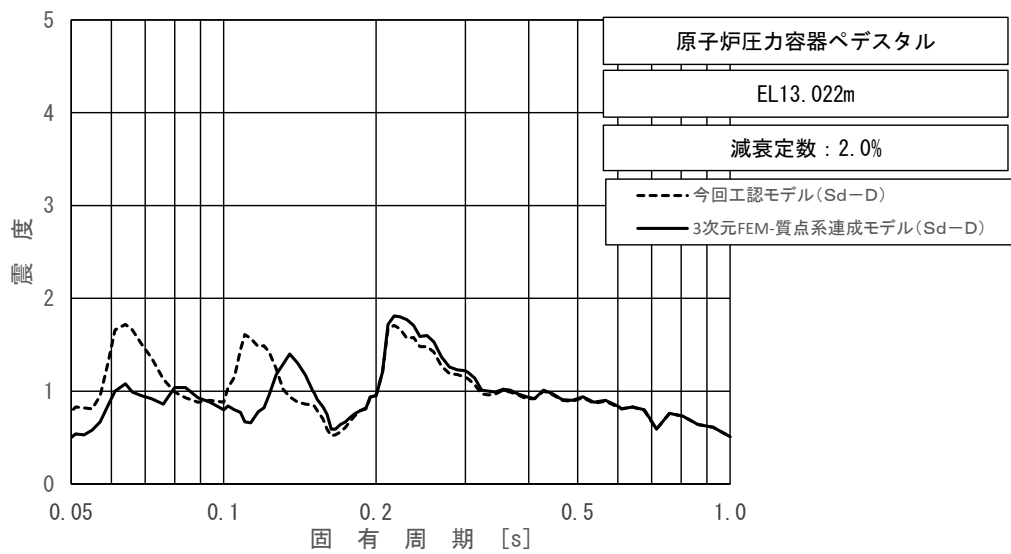
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-18 (5/5) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向: ガンマ線遮蔽壁 EL19.000m)



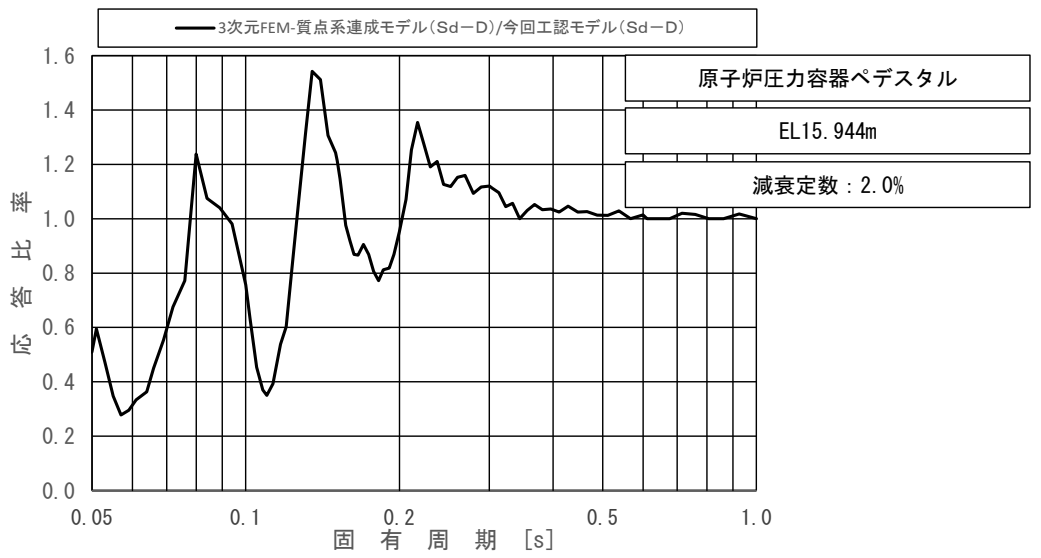
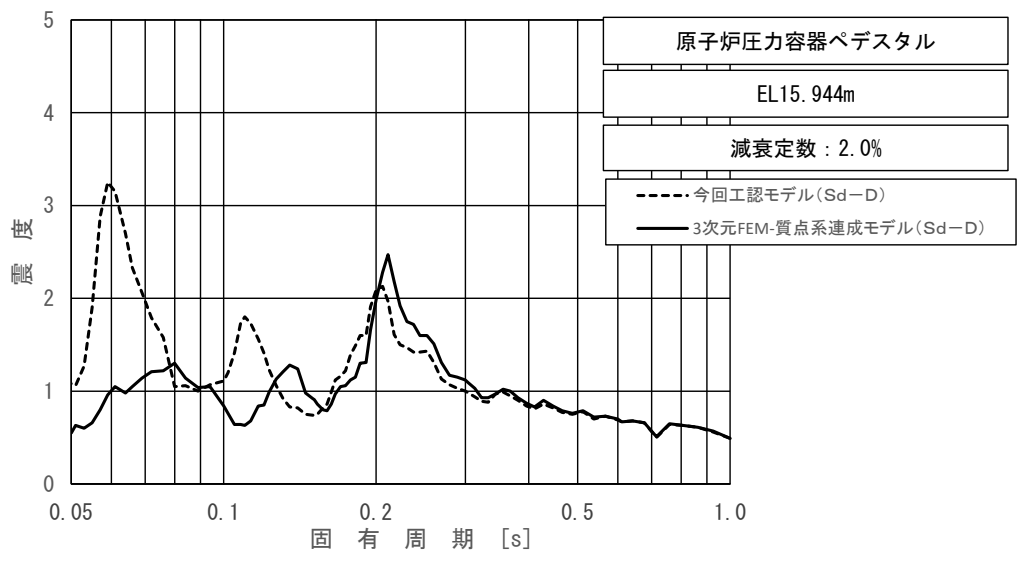
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図4-19 (1/2) 今回工認モデルと3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動Sd-D, 水平方向(NS): 原子炉圧力容器ペDESTAL EL15.944m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

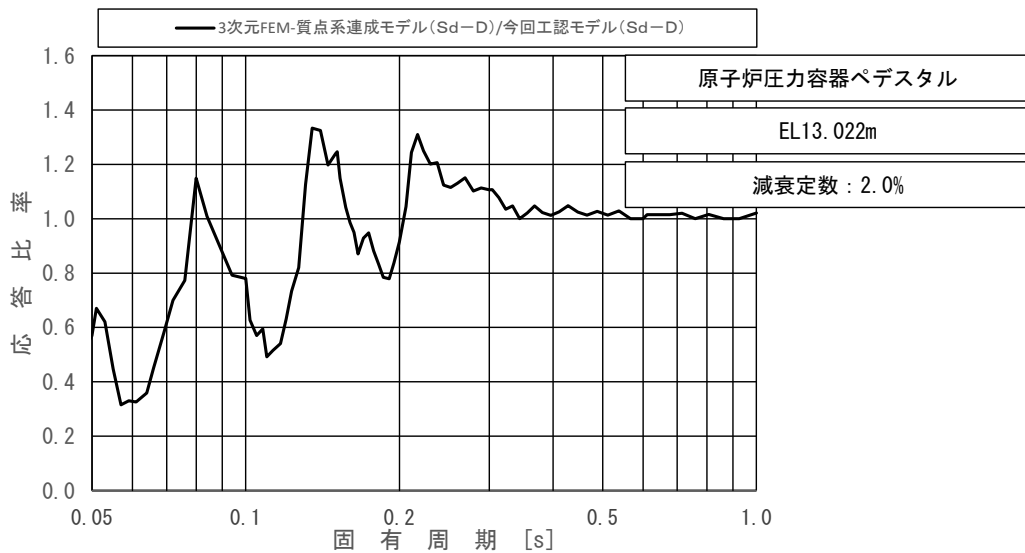
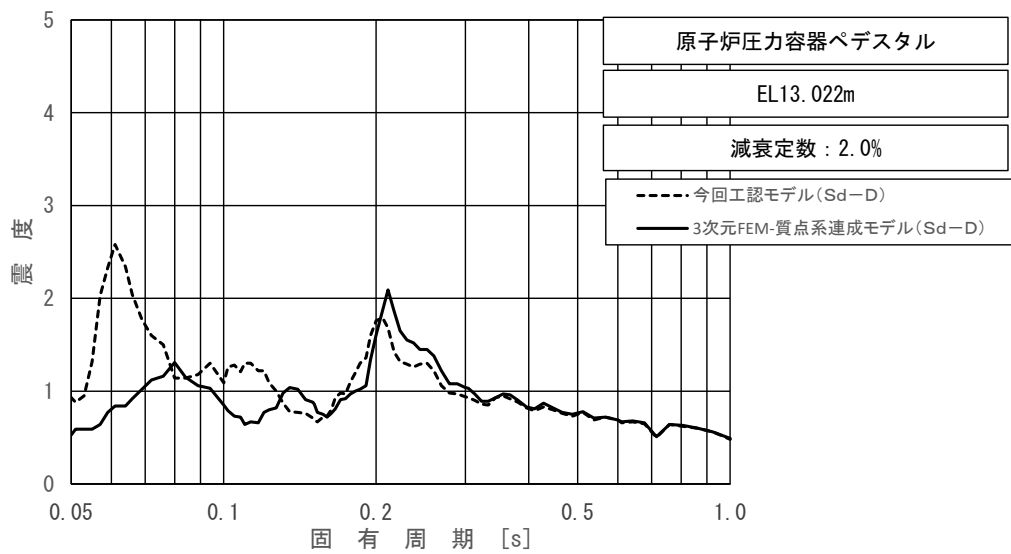
図 4-19 (2/2) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉圧力容器ペDESTAL EL13.022m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

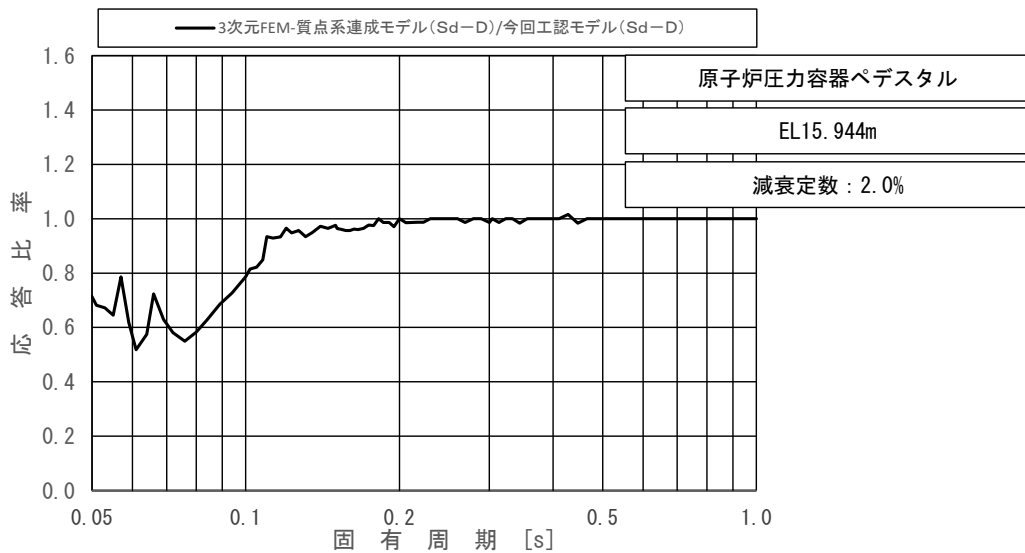
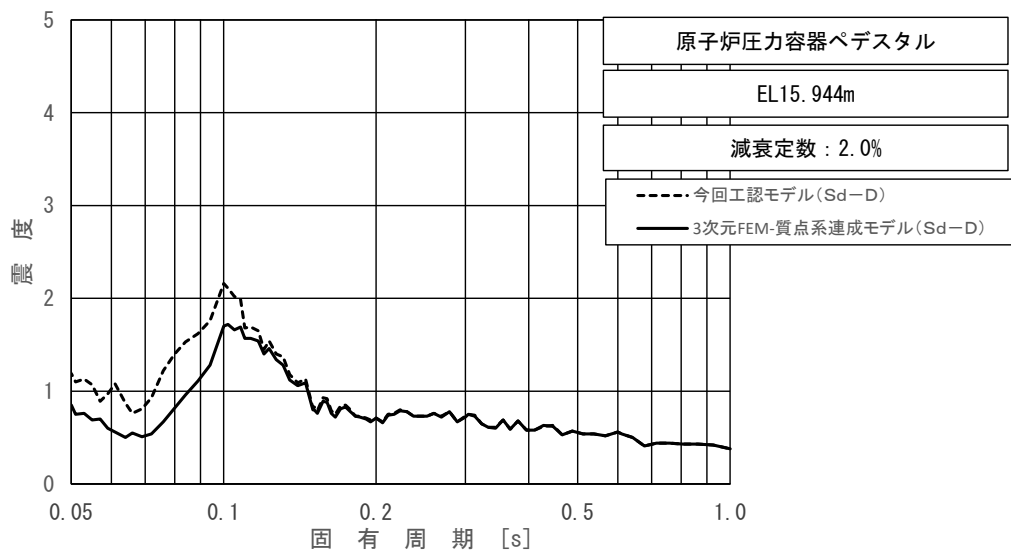
図4-20 (1/2) 今回工認モデルと3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動Sd-D, 水平方向(EW): 原子炉圧力容器ペDESTAL EL15.944m)





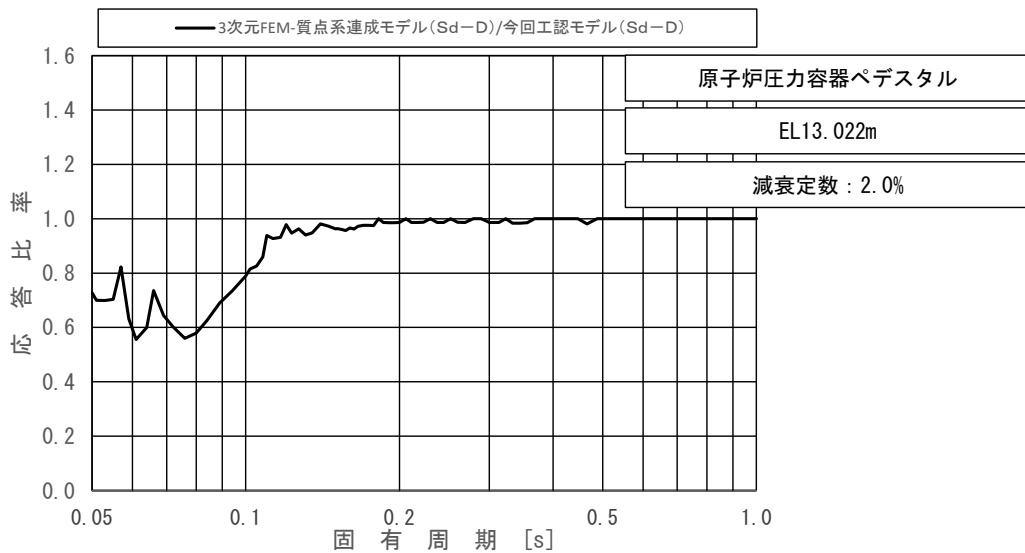
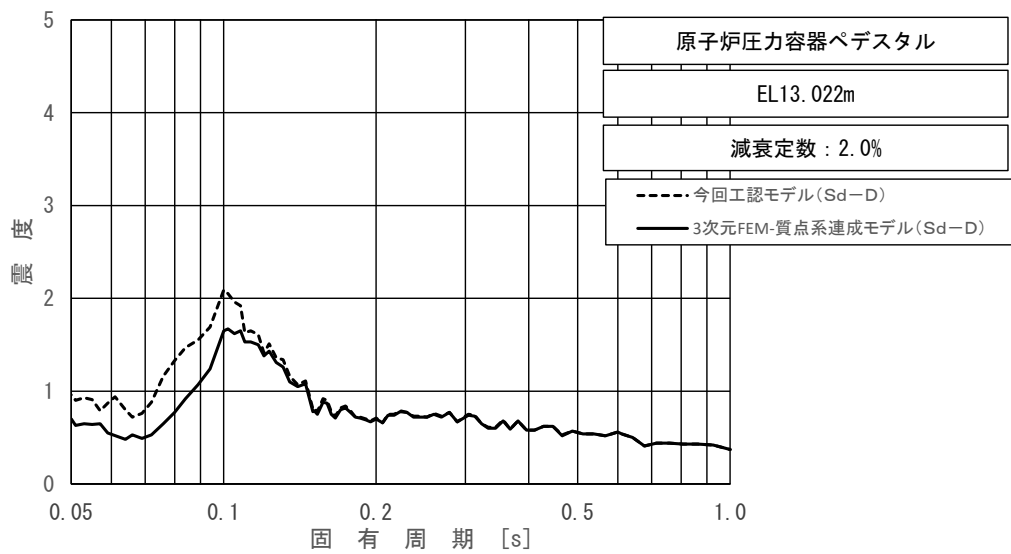
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図4-20 (2/2) 今回工認モデルと3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動Sd-D, 水平方向(EW): 原子炉圧力容器ペDESTAL EL13.022m)



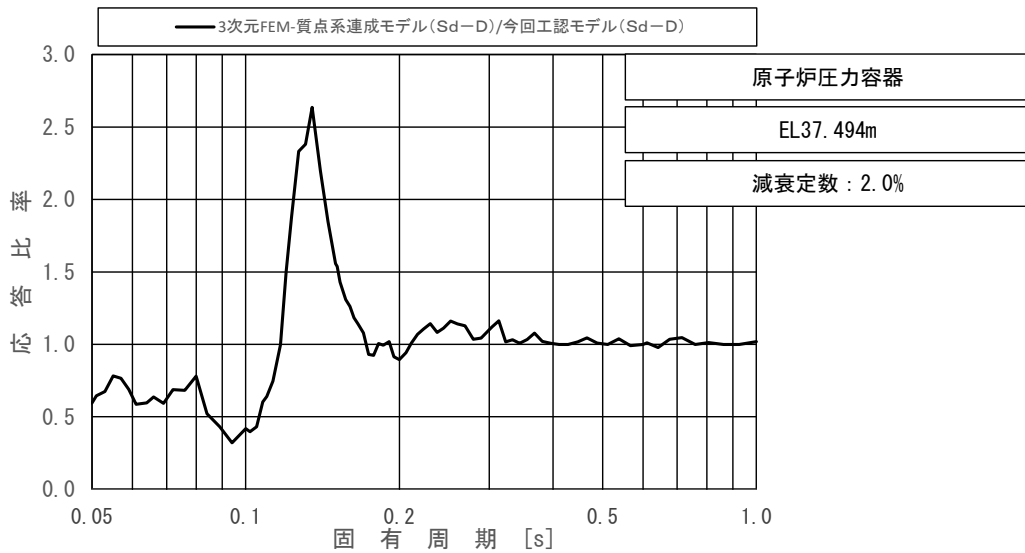
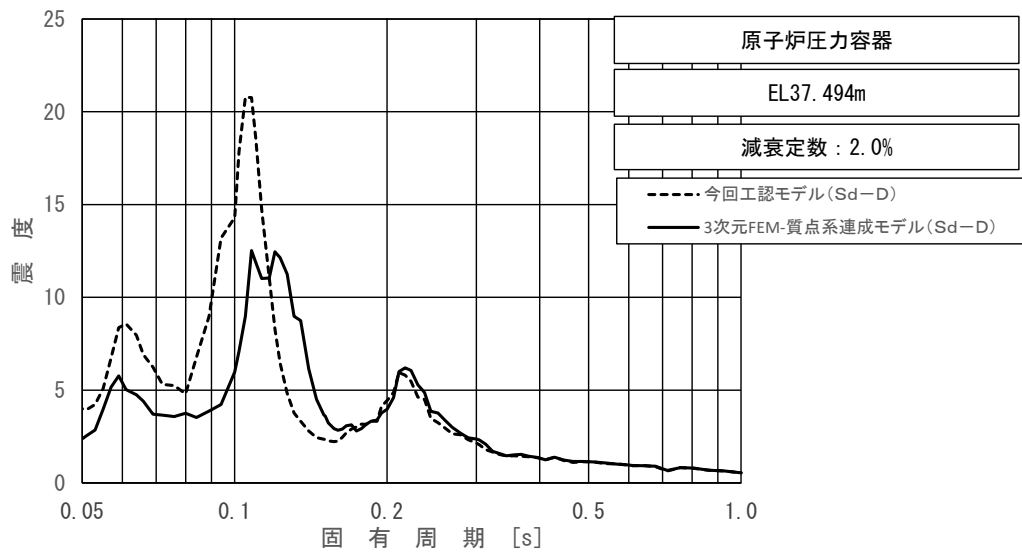
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-21 (1/2) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向: 原子炉圧力容器ペDESTAL EL15.944m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

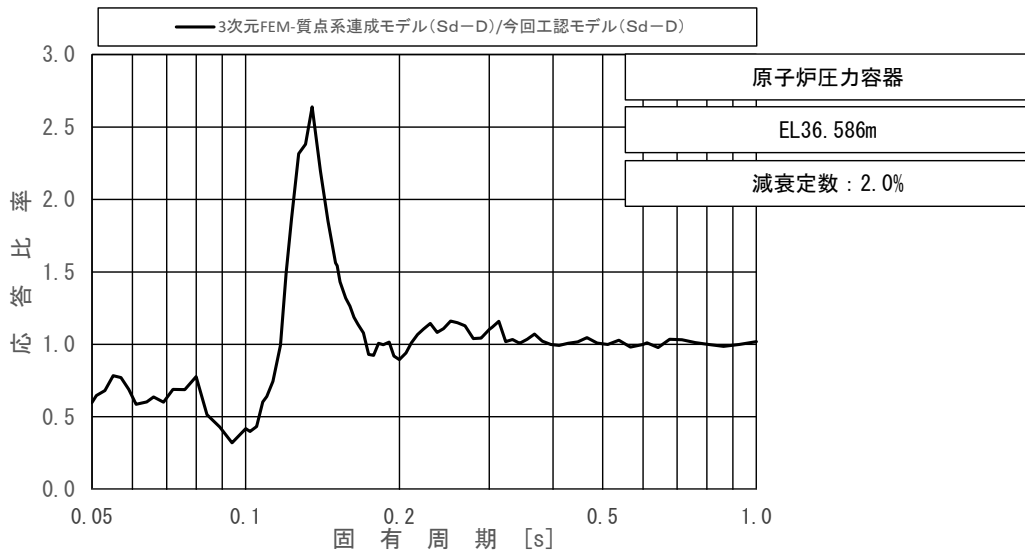
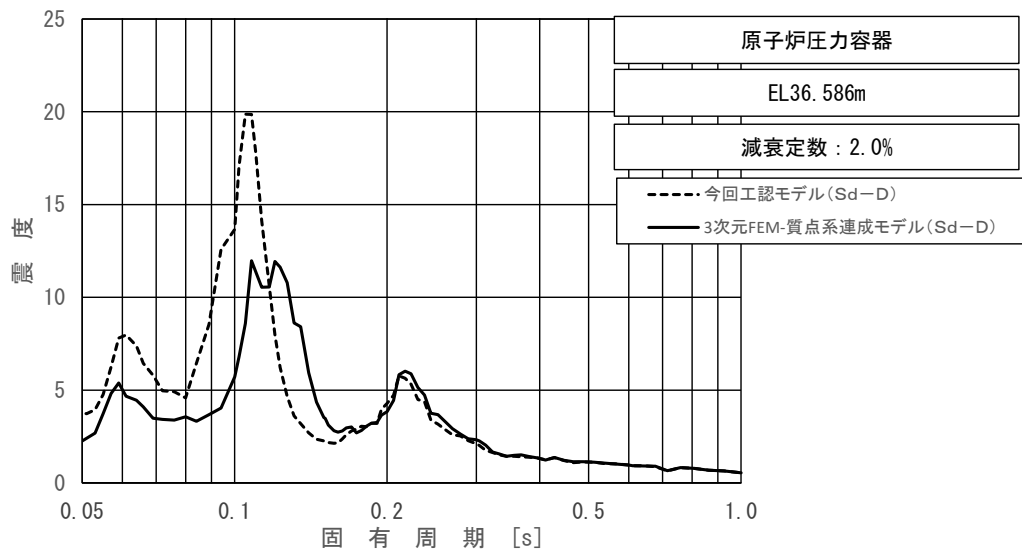
図 4-21 (2/2) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉圧力容器ペDESTAL EL13.022m)



上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

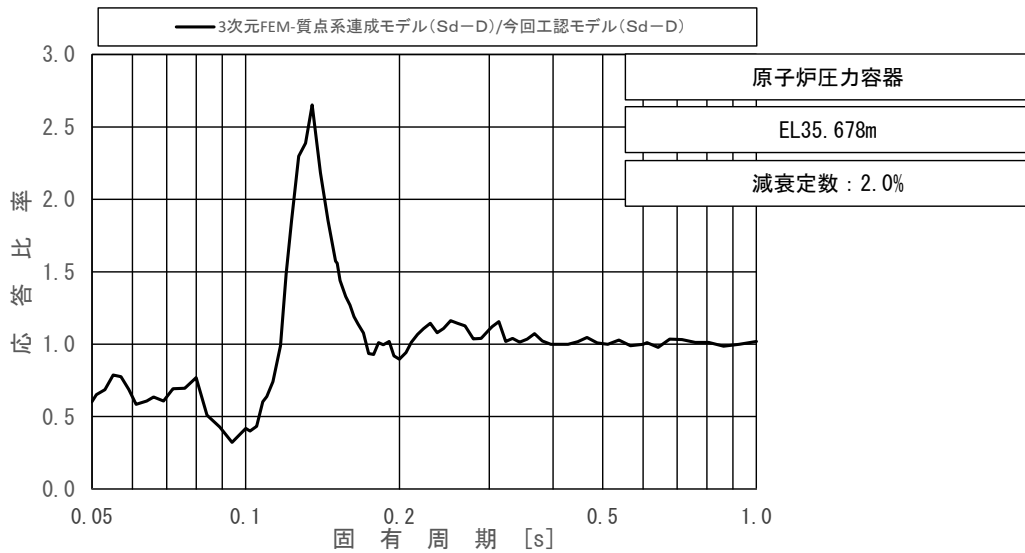
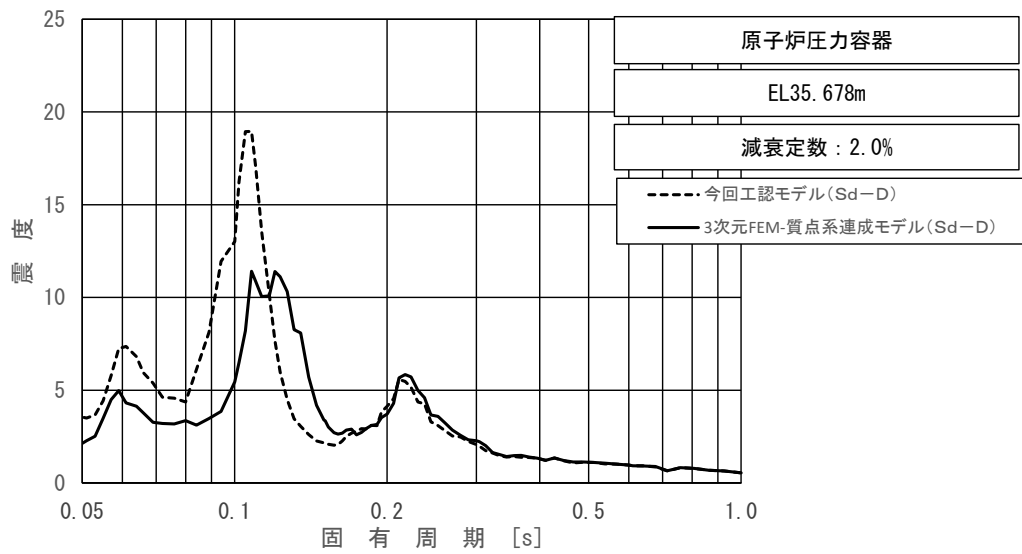
図 4-22 (1/23) 今回工認モデルと 3 次元 F E M-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率  
(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL37.494m)



上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

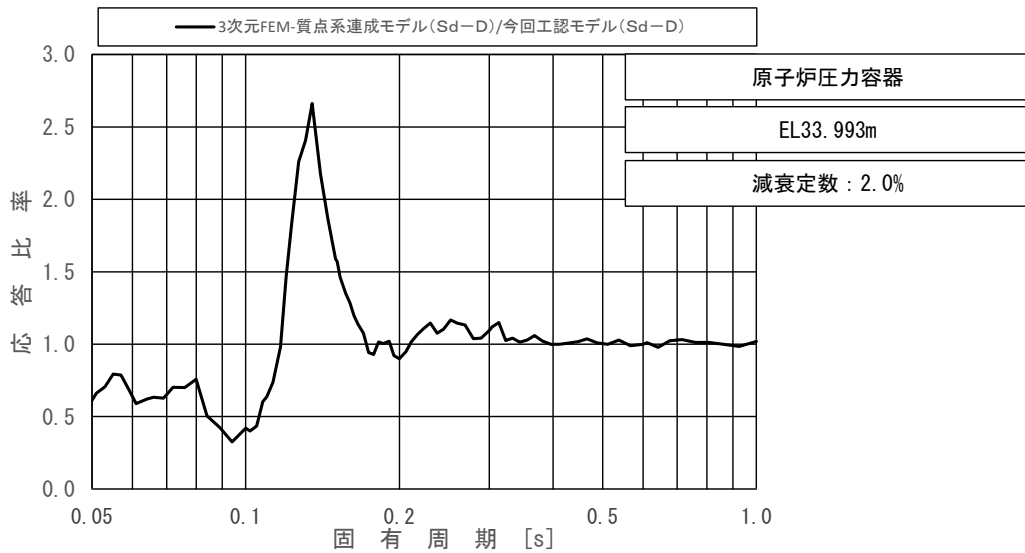
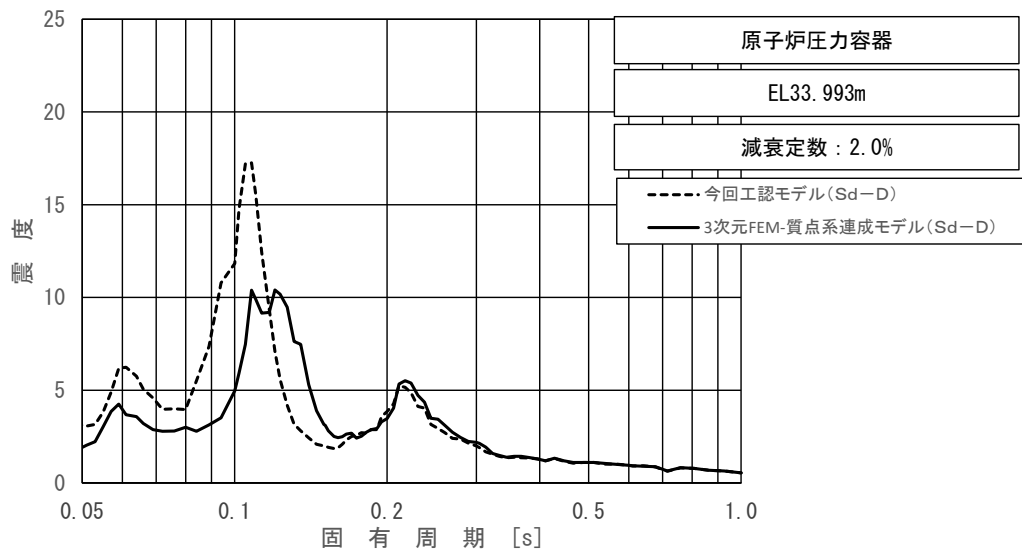
図 4-22 (2/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率  
(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL36.586m)



上段：床応答スペクトル

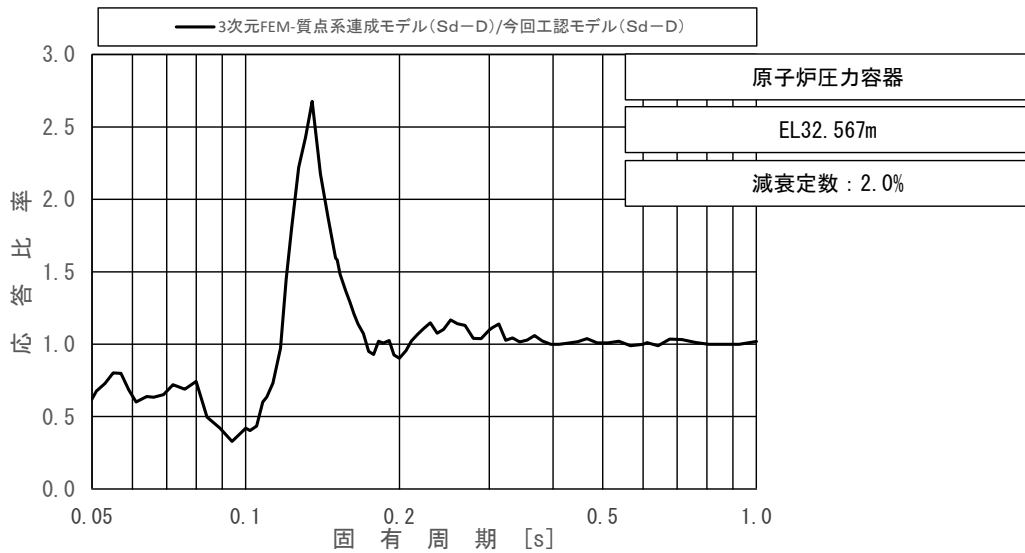
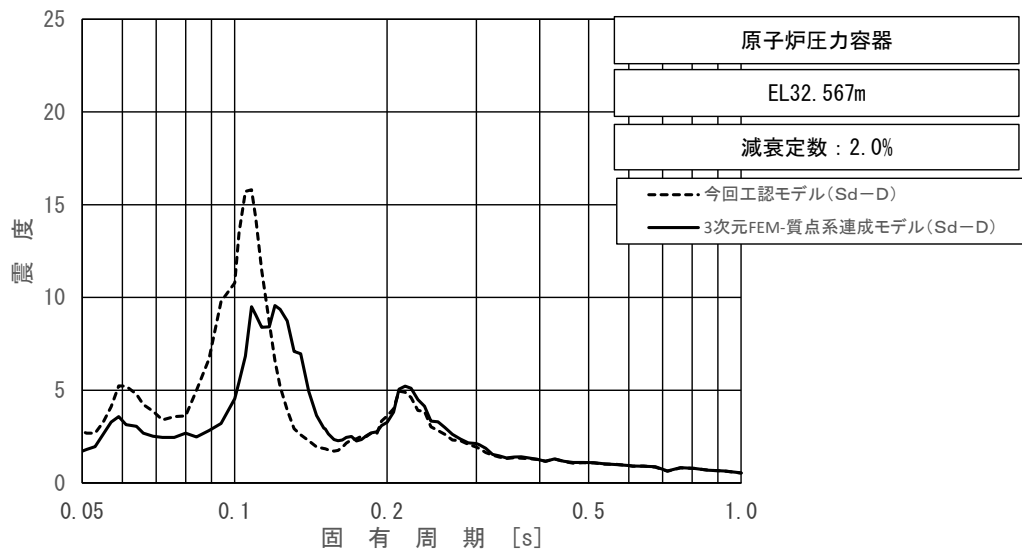
下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-22 (3/23) 今回工認モデルと 3 次元 F E M-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率  
(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉圧力容器 EL35.678m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

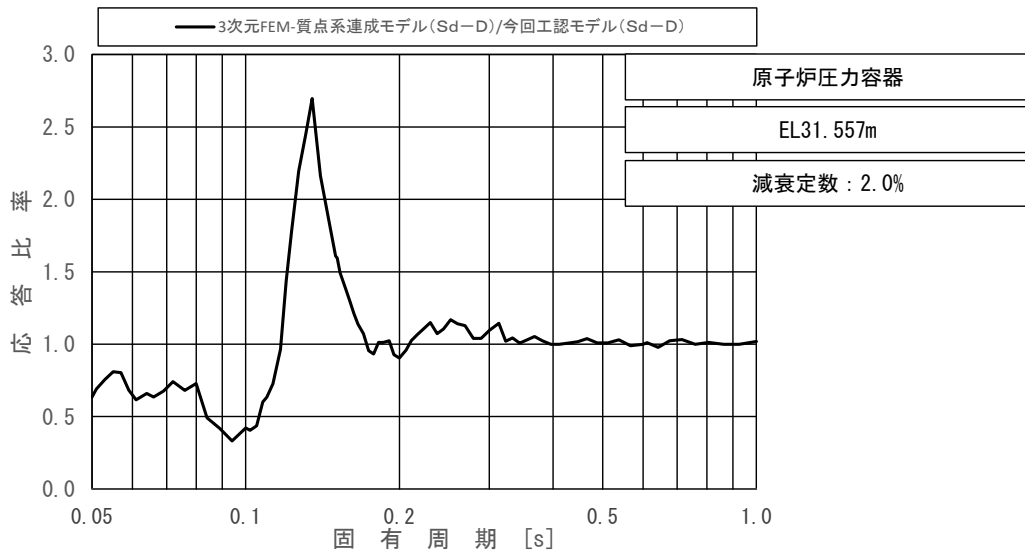
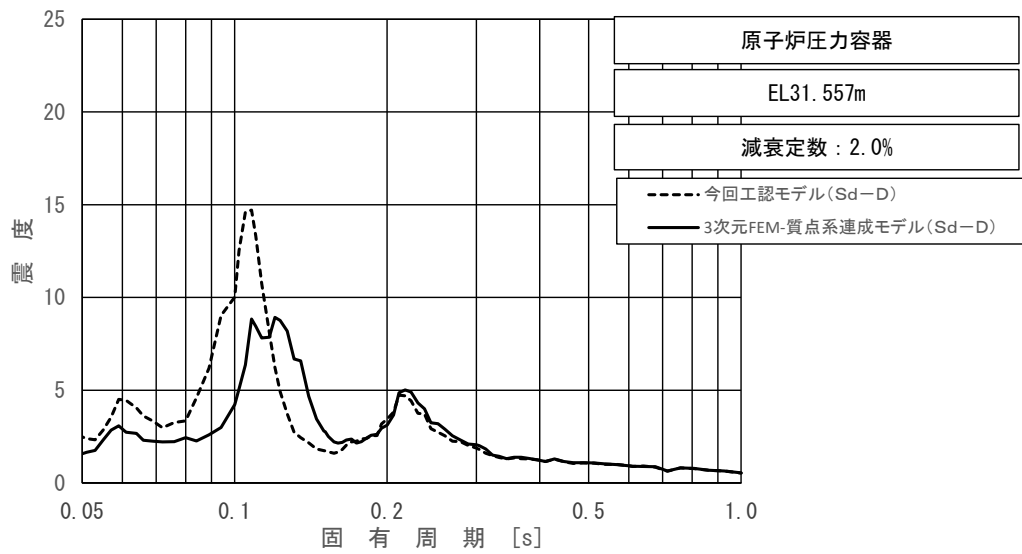
図 4-22 (4/23) 今回工認モデルと 3 次元 F E M-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉圧力容器 EL33.993m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

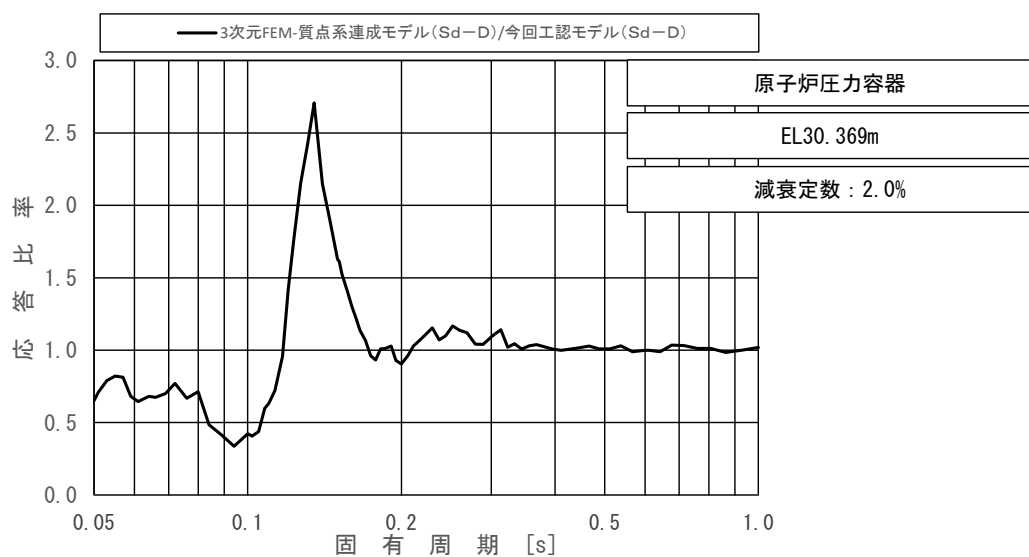
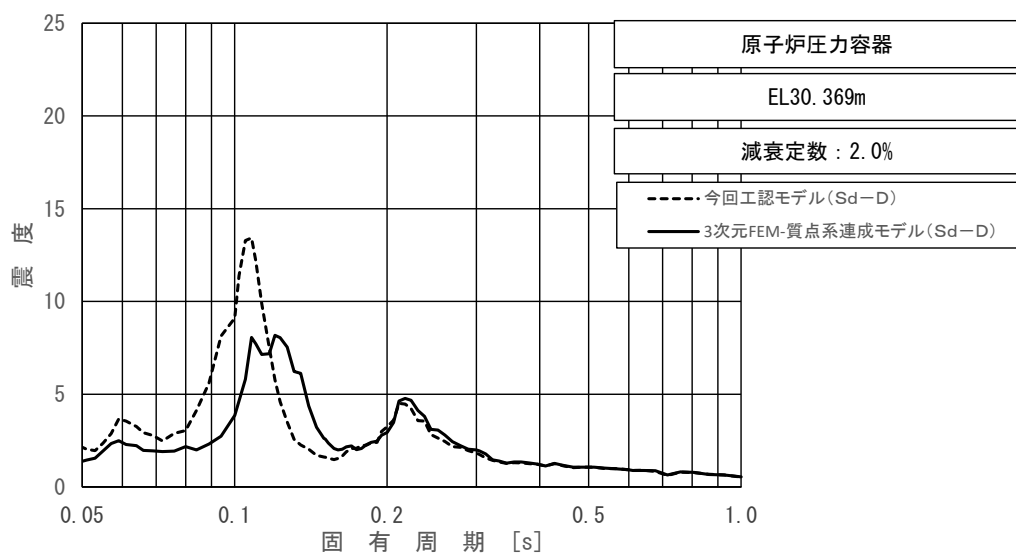
図 4-22 (5/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL32.567m)





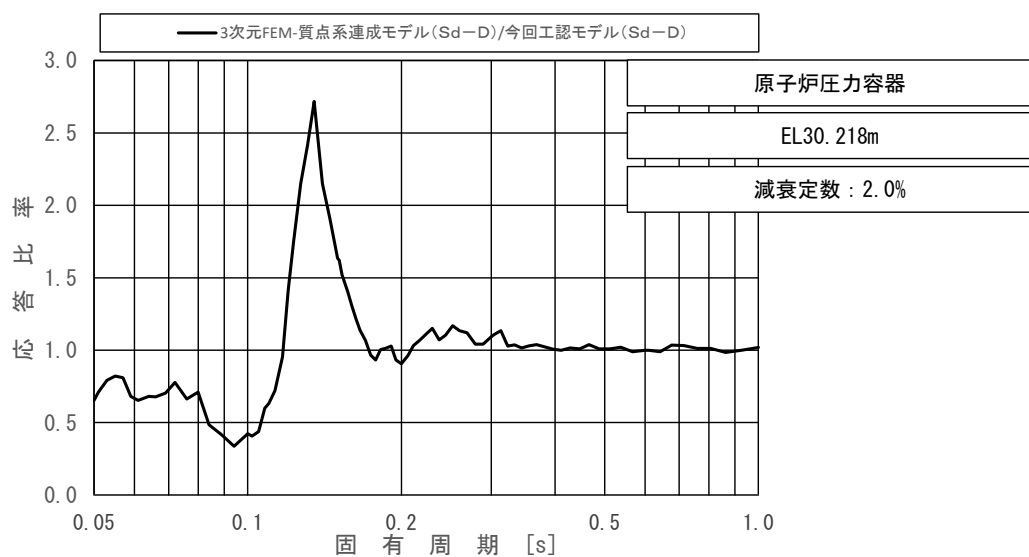
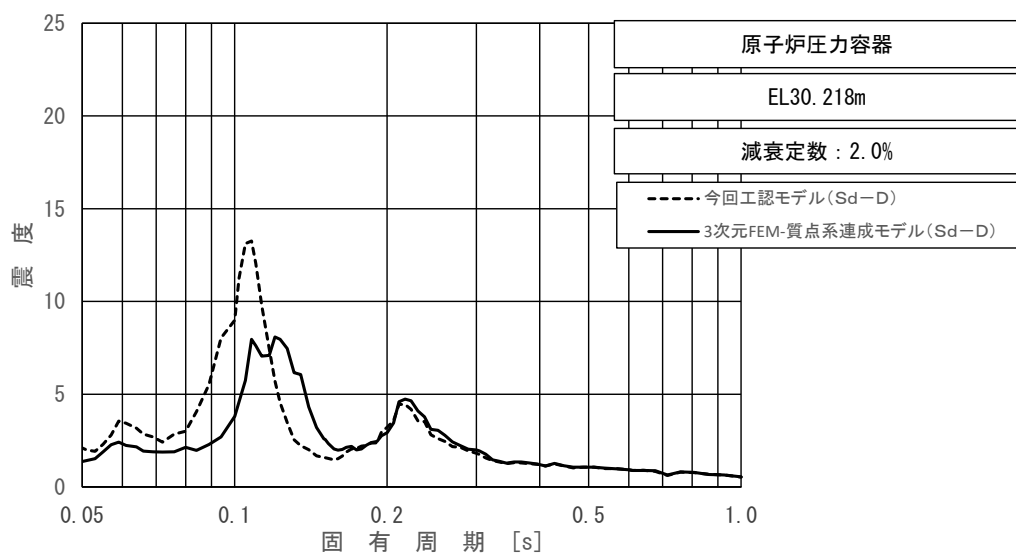
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-22 (6/23) 今回工認モデルと 3 次元 F E M-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL31.557m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-22 (7/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉圧力容器 EL30.369m)

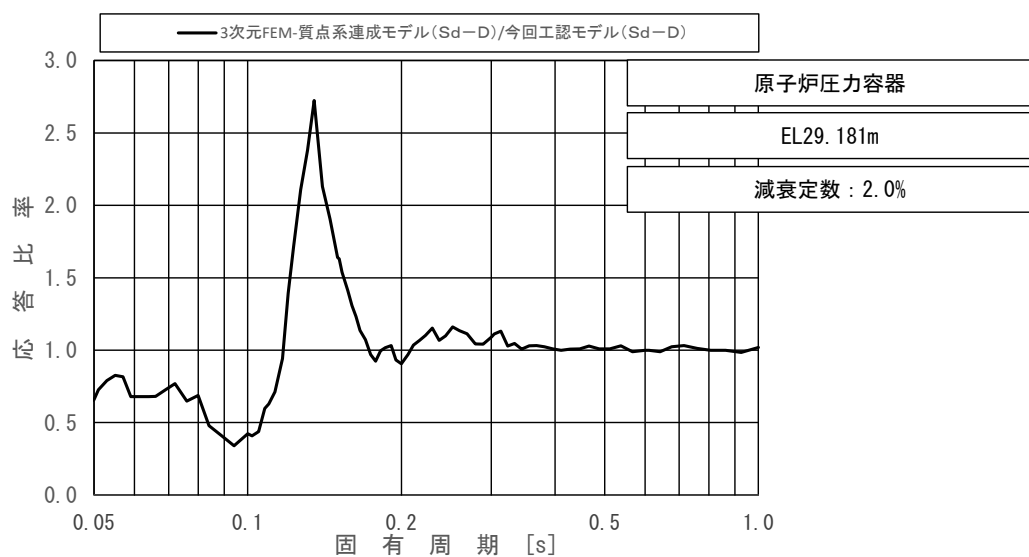
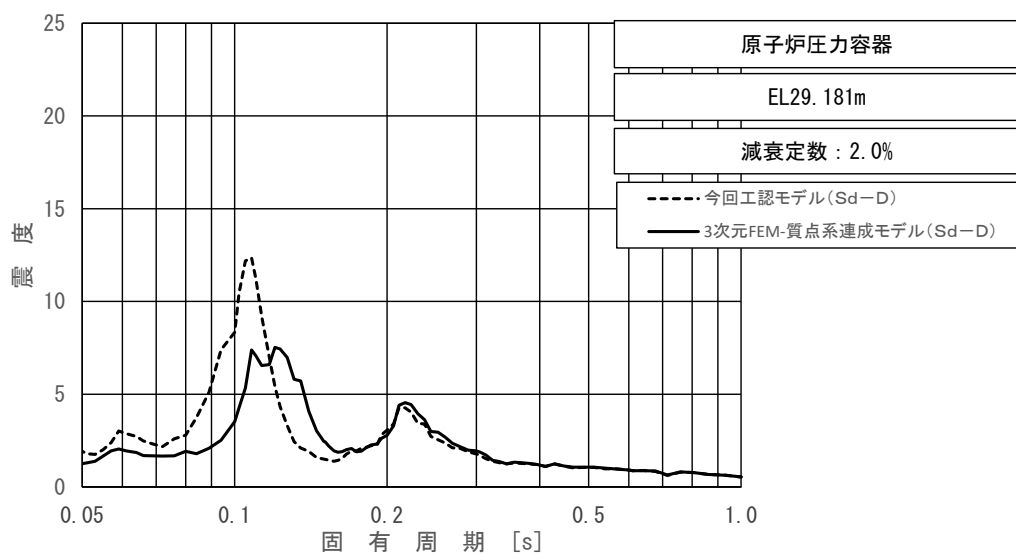


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

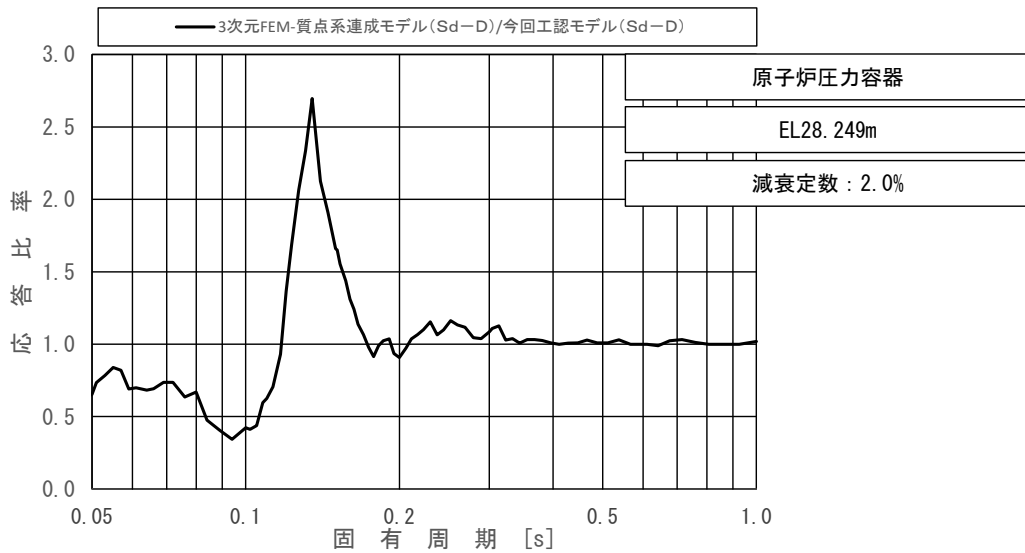
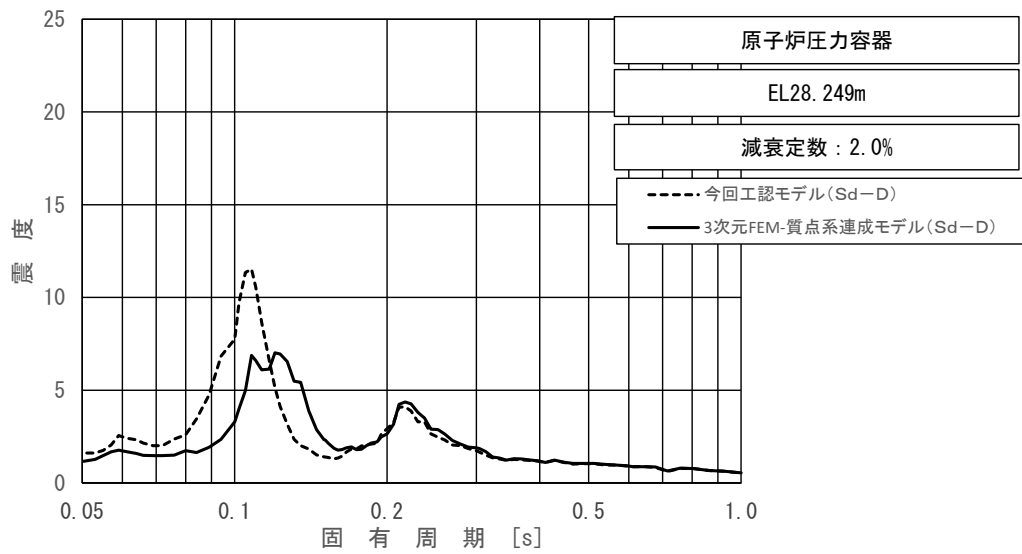
図 4-22 (8/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉圧力容器 EL30.218m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-22 (9/23) 今回工認モデルと 3 次元 F E M-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉圧力容器 EL29.181m)

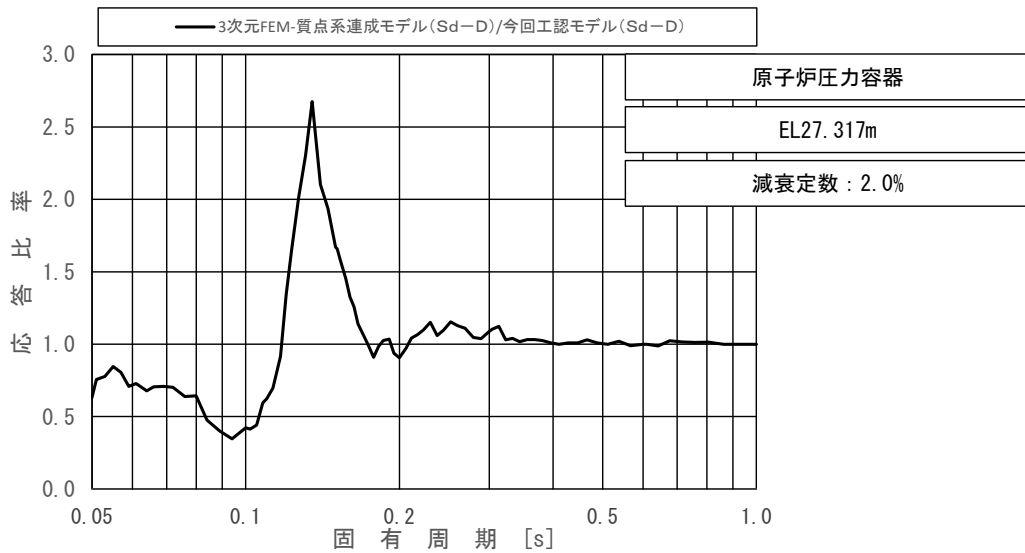
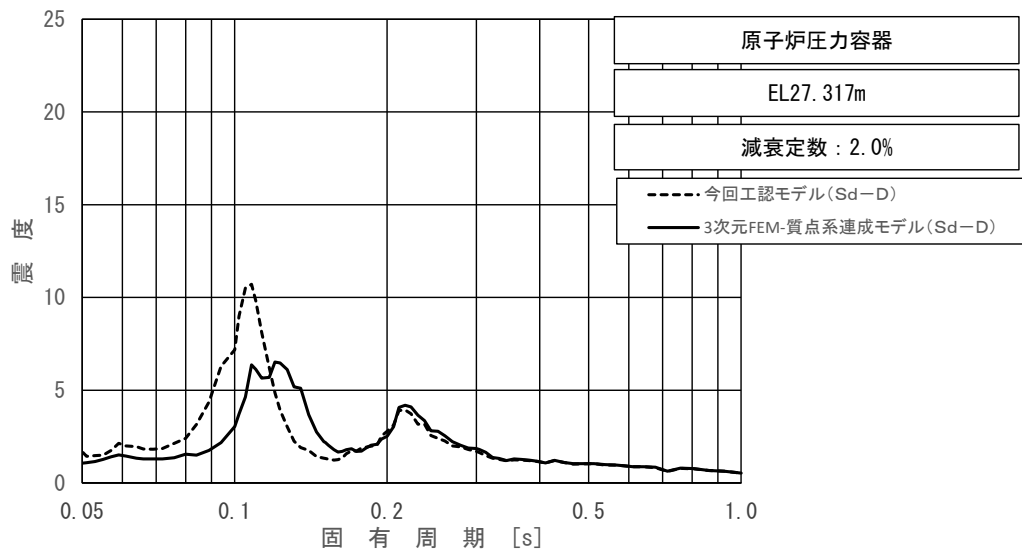


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-22 (10/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉圧力容器 EL28.249m)

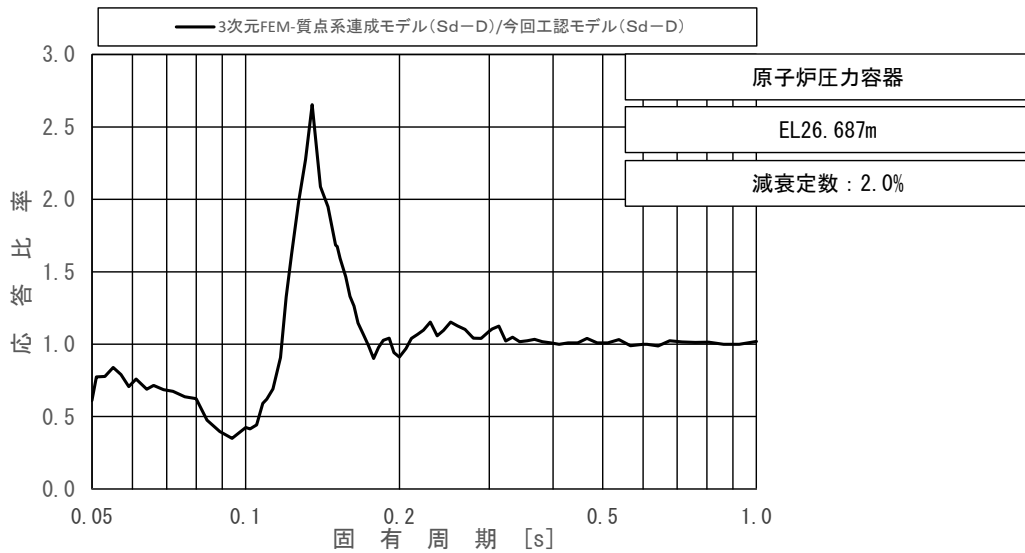
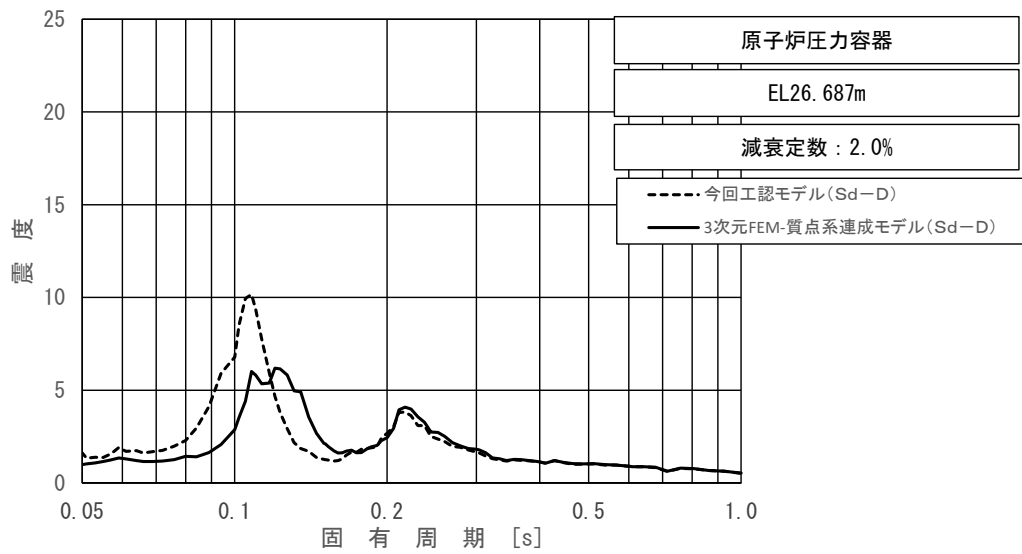


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-22 (11/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

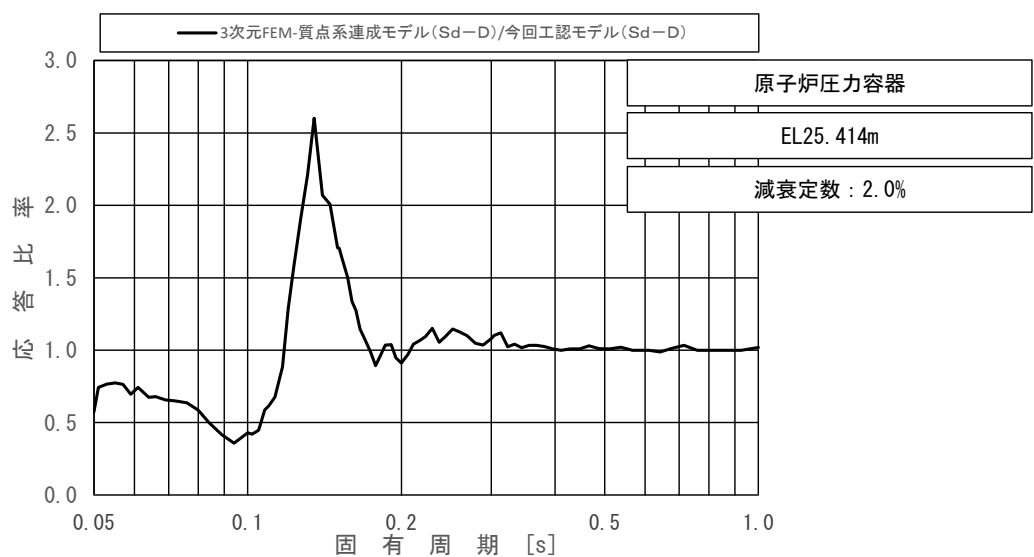
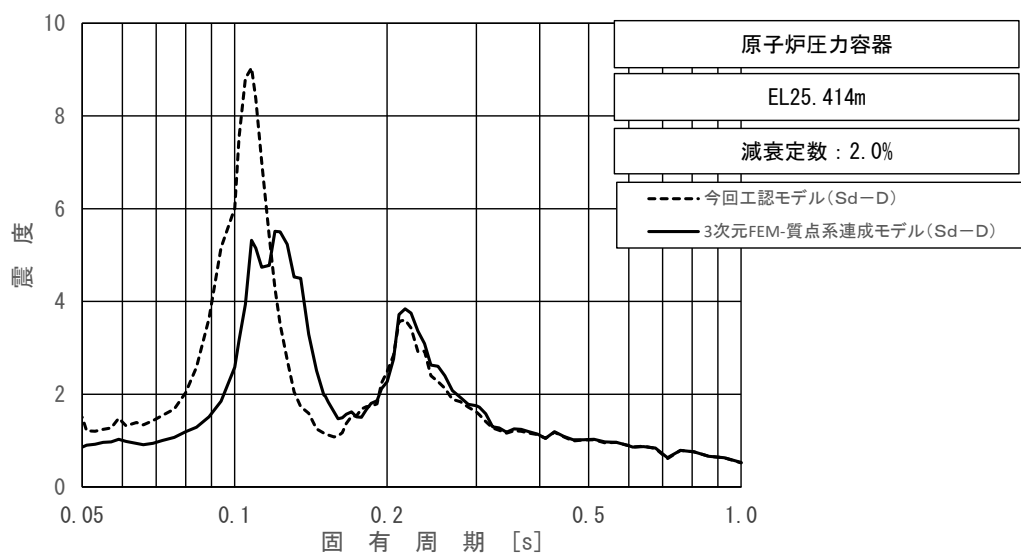
(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL27.317m)



上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-22 (12/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率  
(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉圧力容器 EL26.687m)



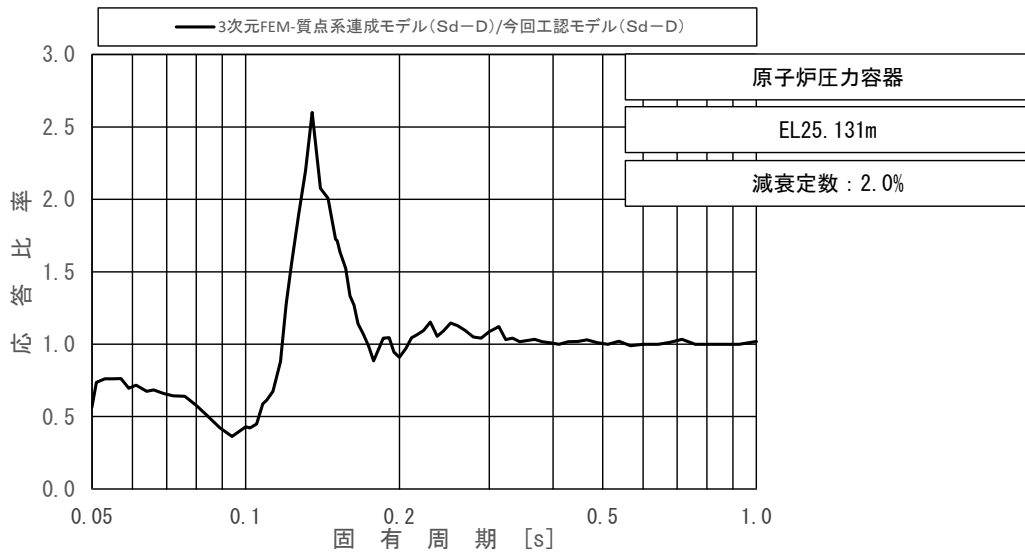
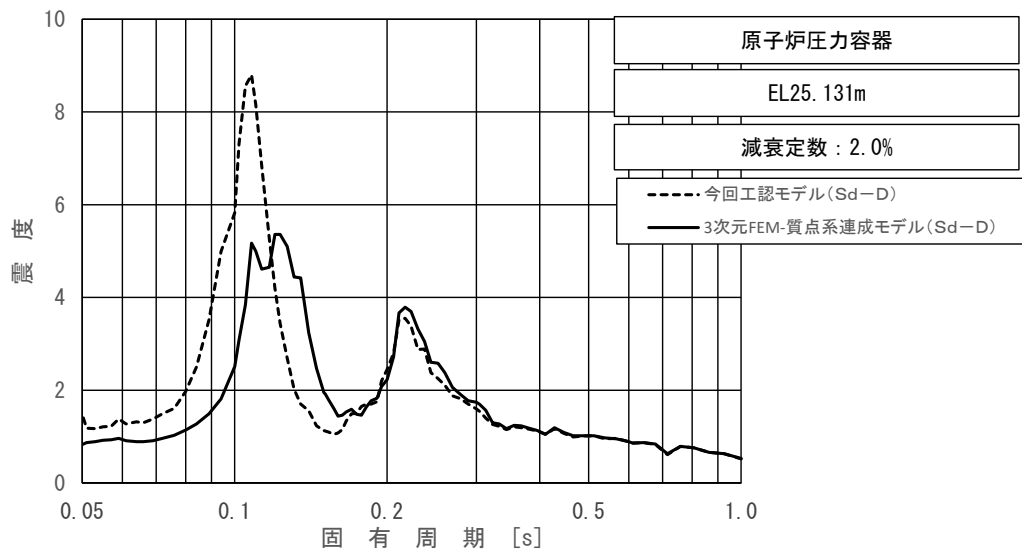
上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-22 (13/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

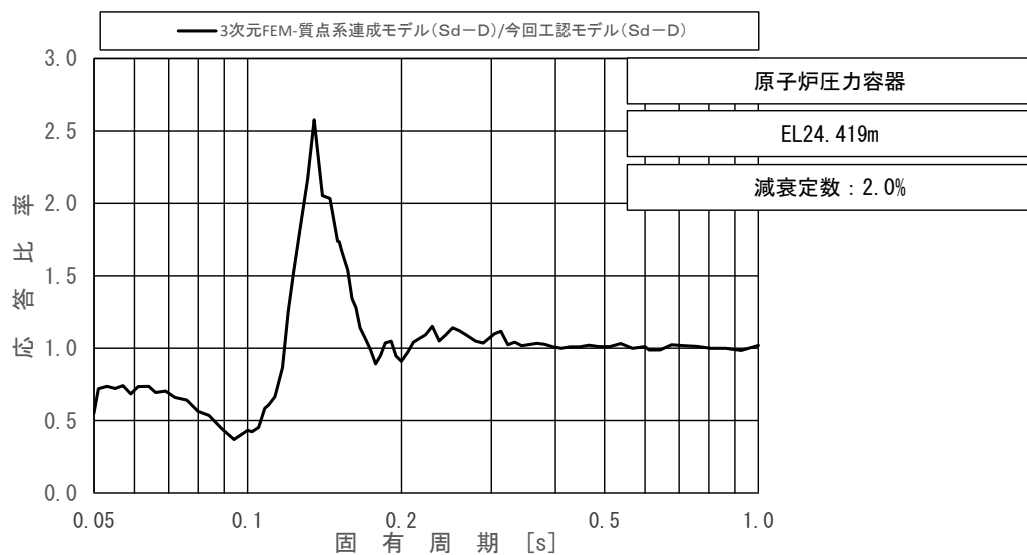
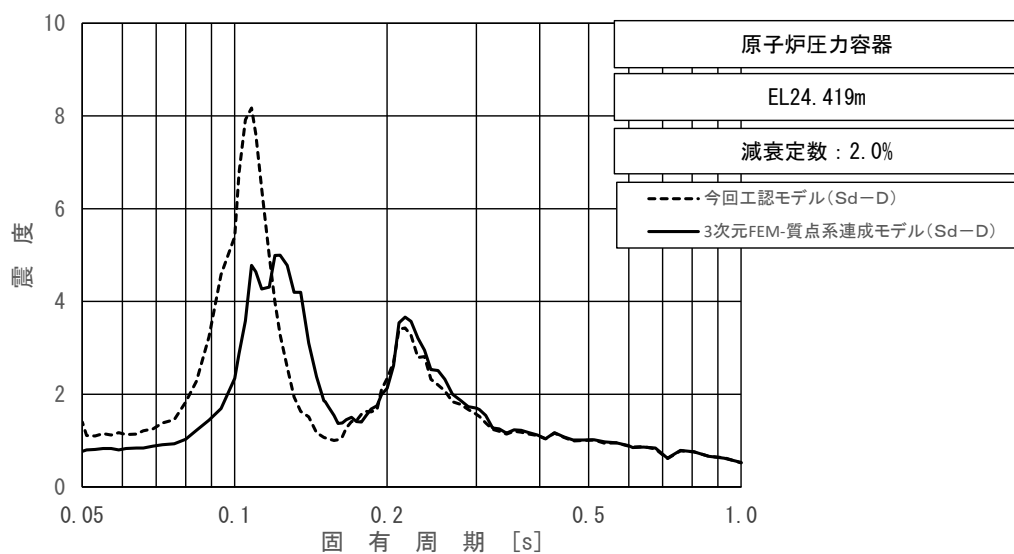
(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL25.414m)





上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-22 (14/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL25.131m)

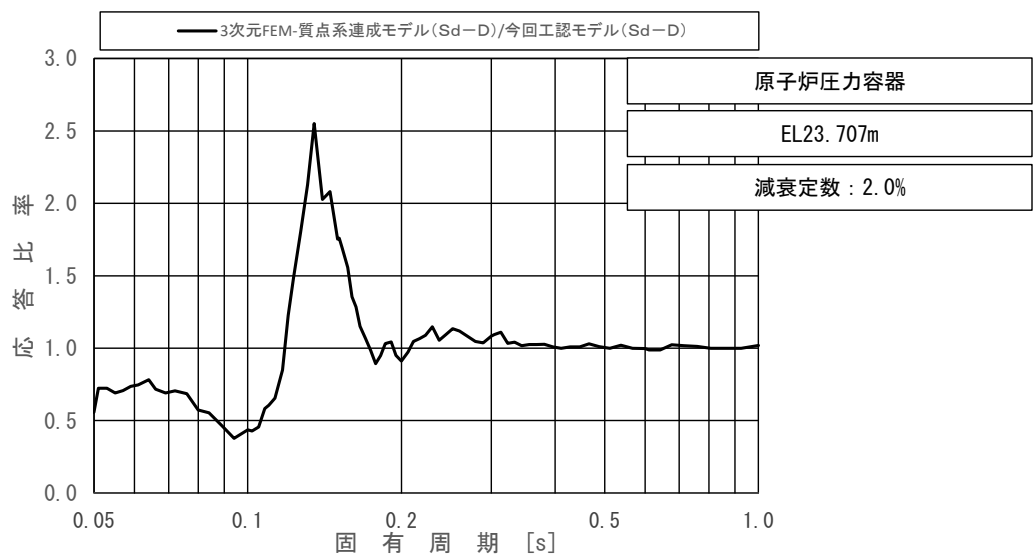
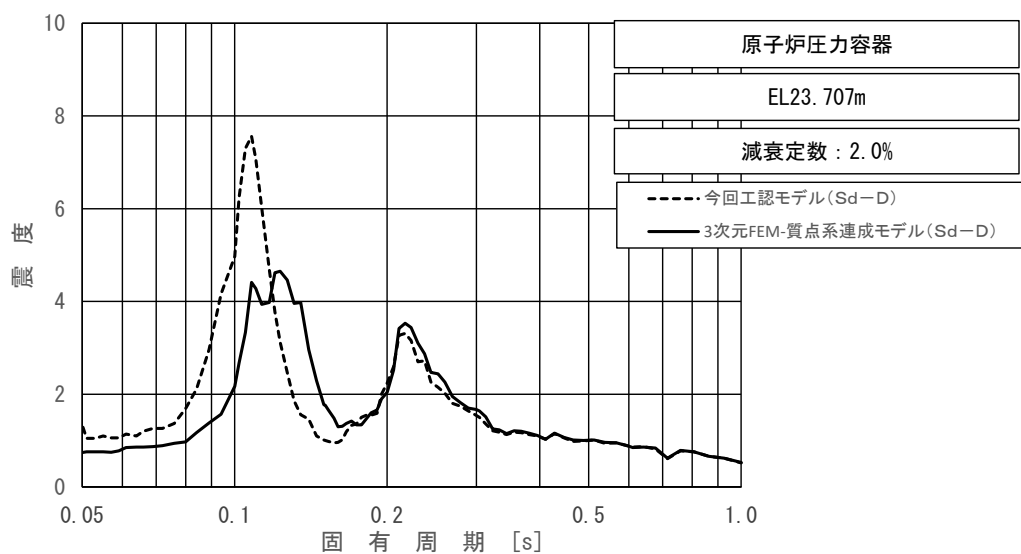


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-22 (15/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉圧力容器 EL24.419m)

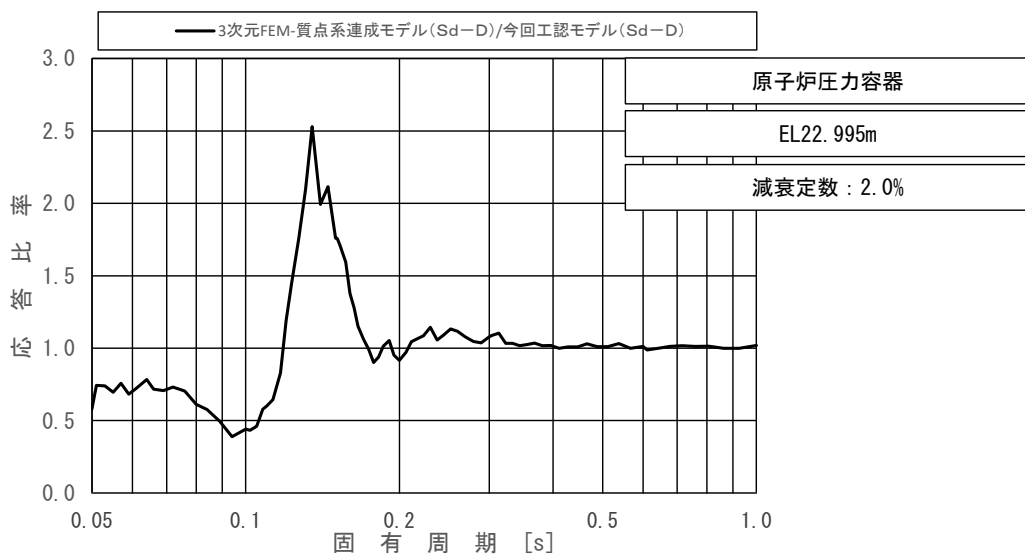
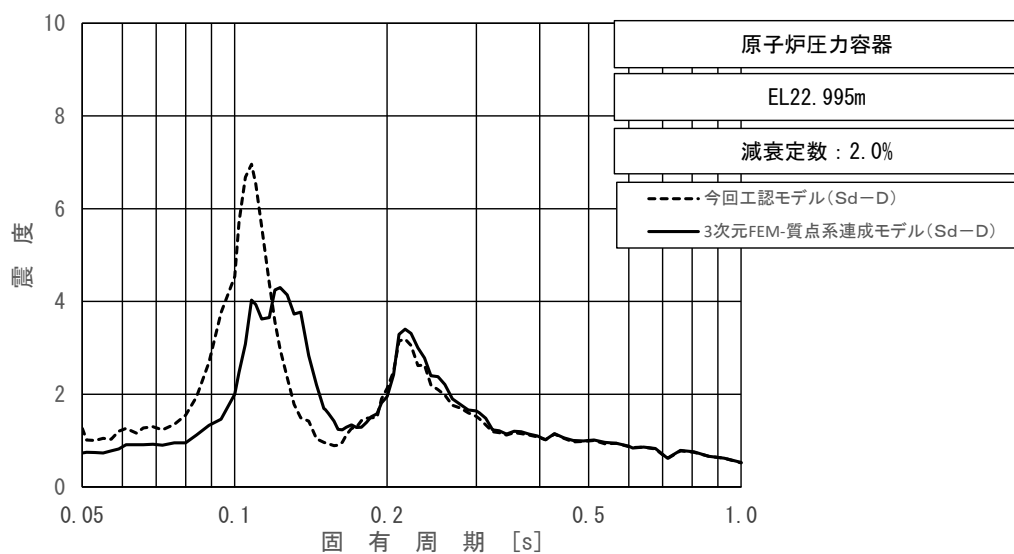


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

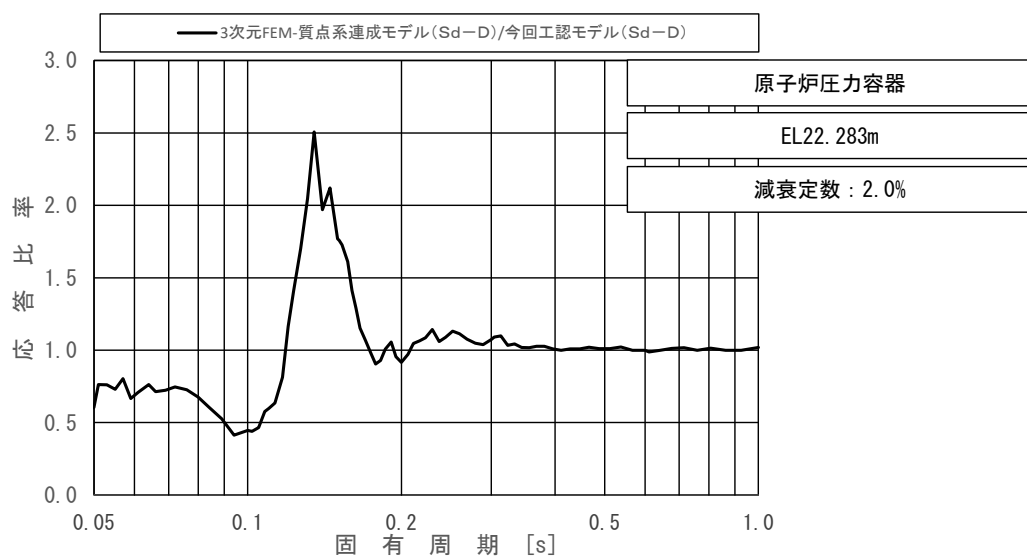
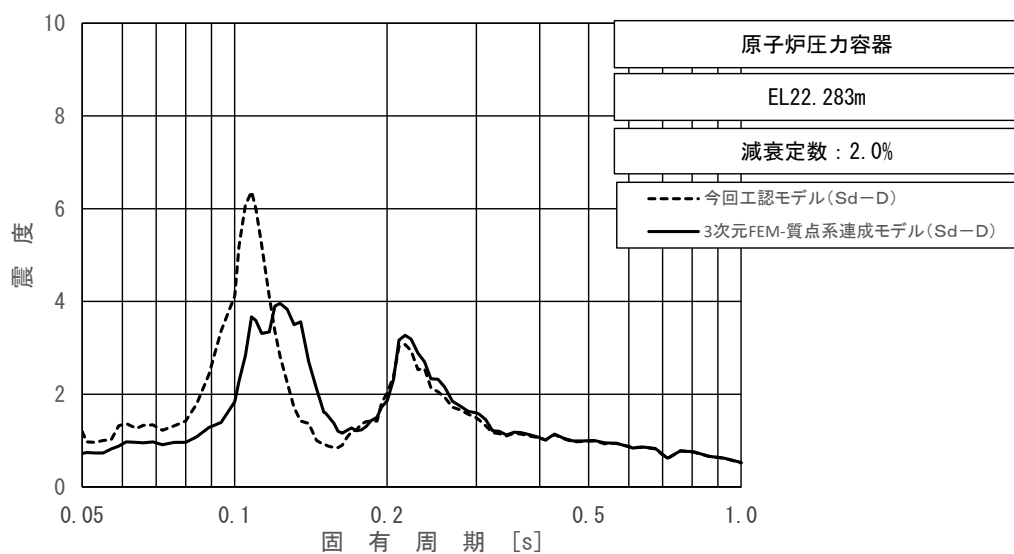
図 4-22 (16/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉圧力容器 EL23.707m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-22 (17/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL22.995m)

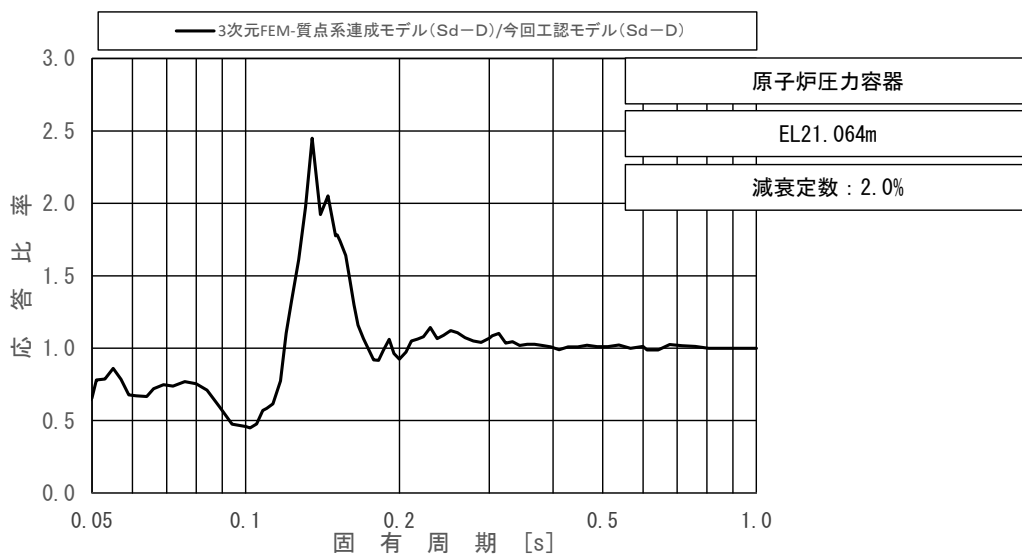
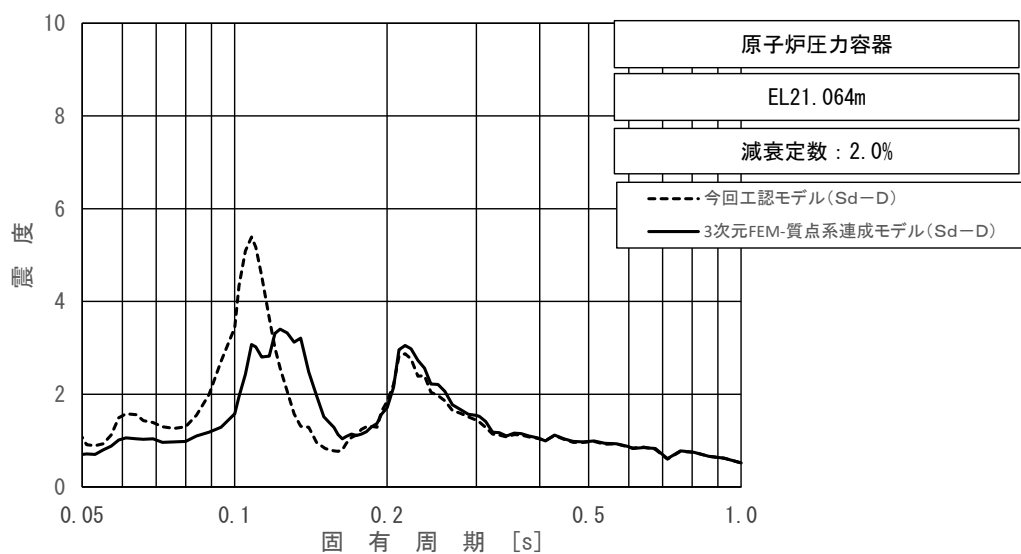


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-22 (18/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL22. 283m)

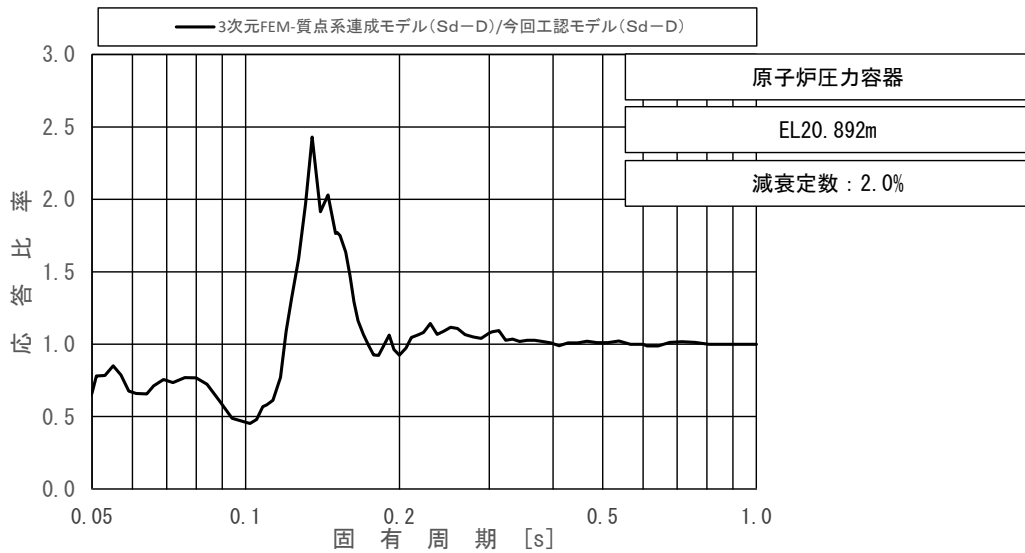
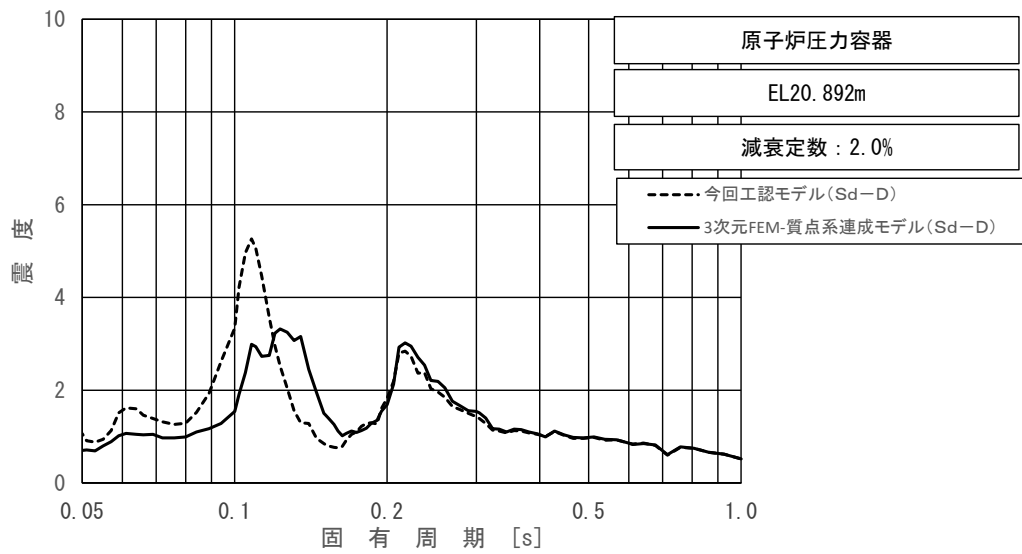


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-22 (19/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL21.064m)

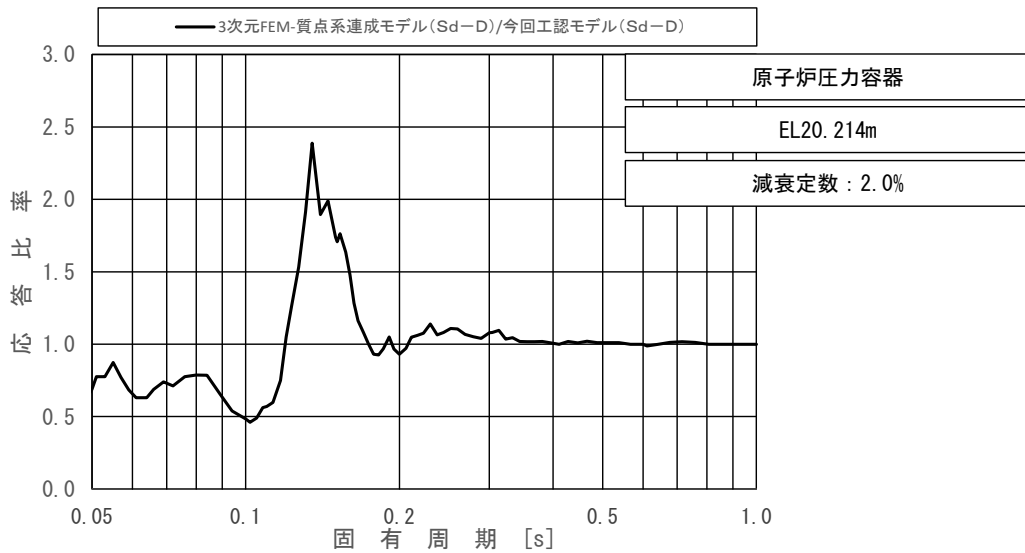
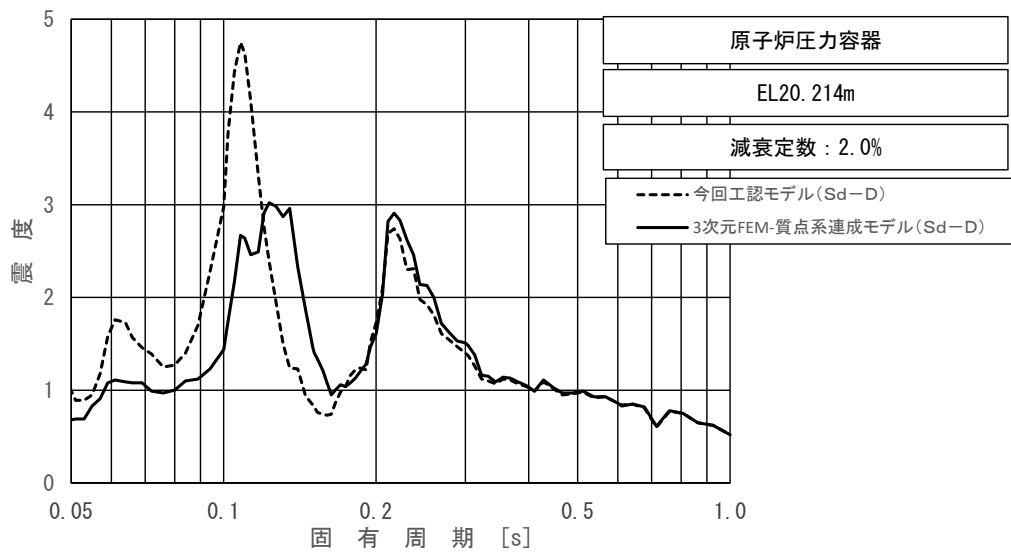


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-22 (20/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

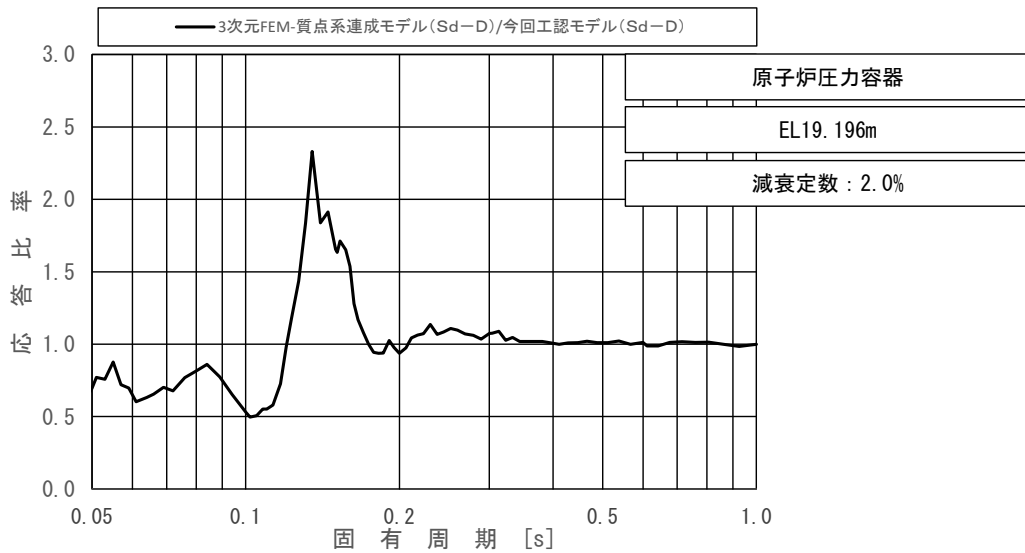
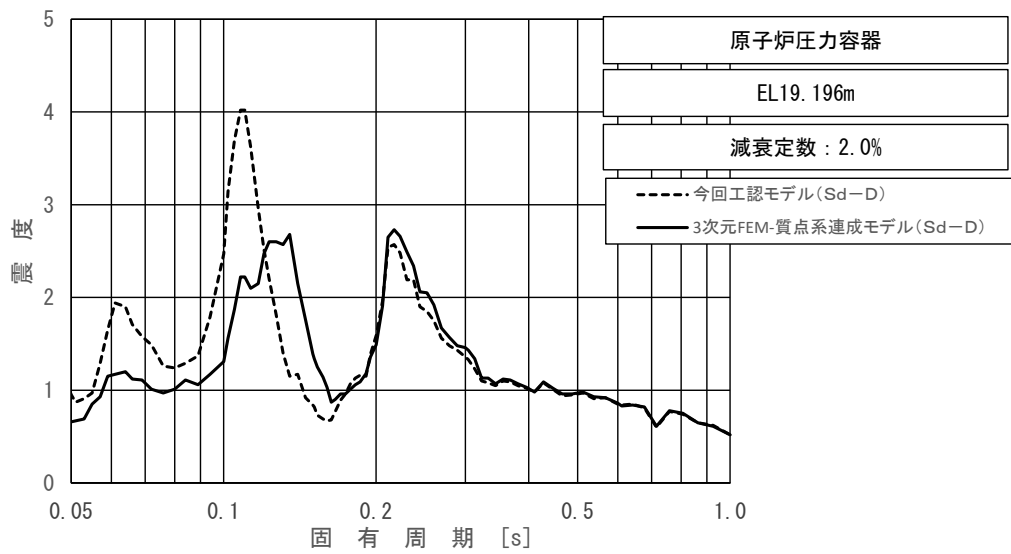
(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉圧力容器 EL20.892m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-22 (21/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL20.214m)



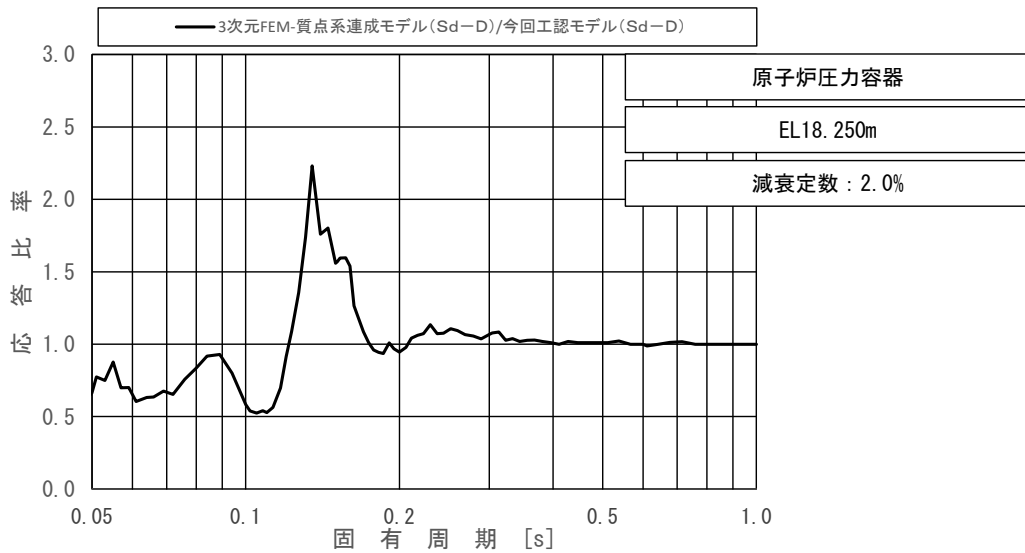
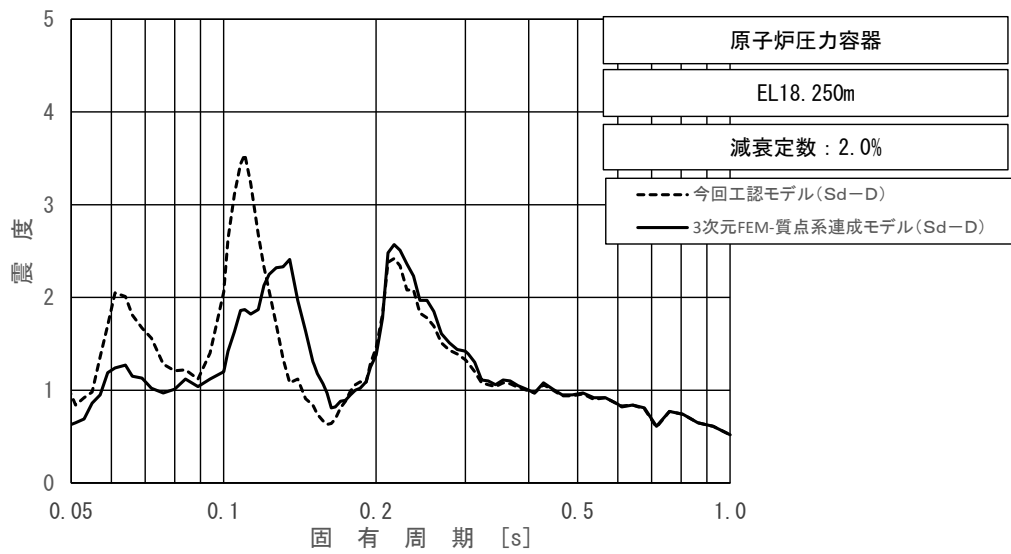


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-22 (22/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL19.196m)

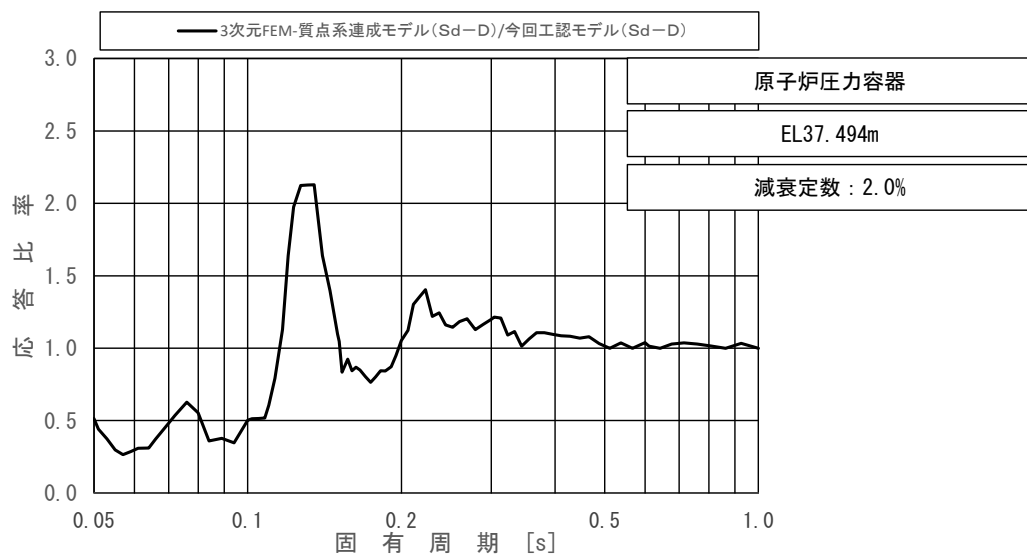
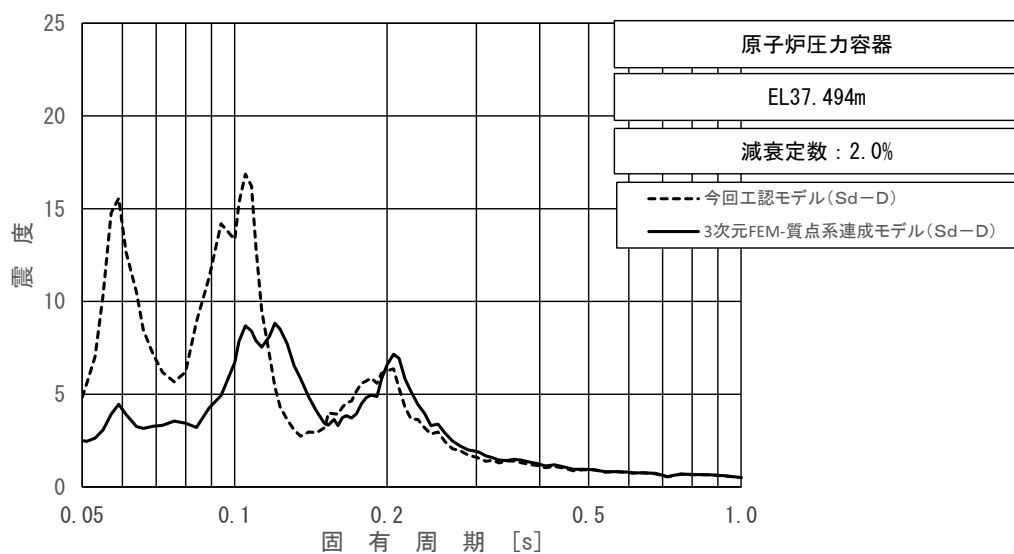


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

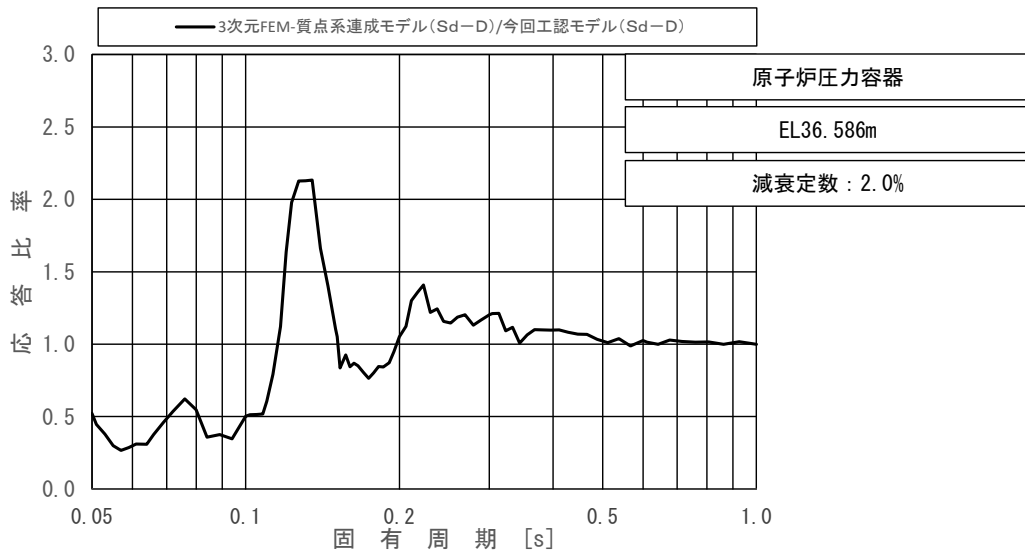
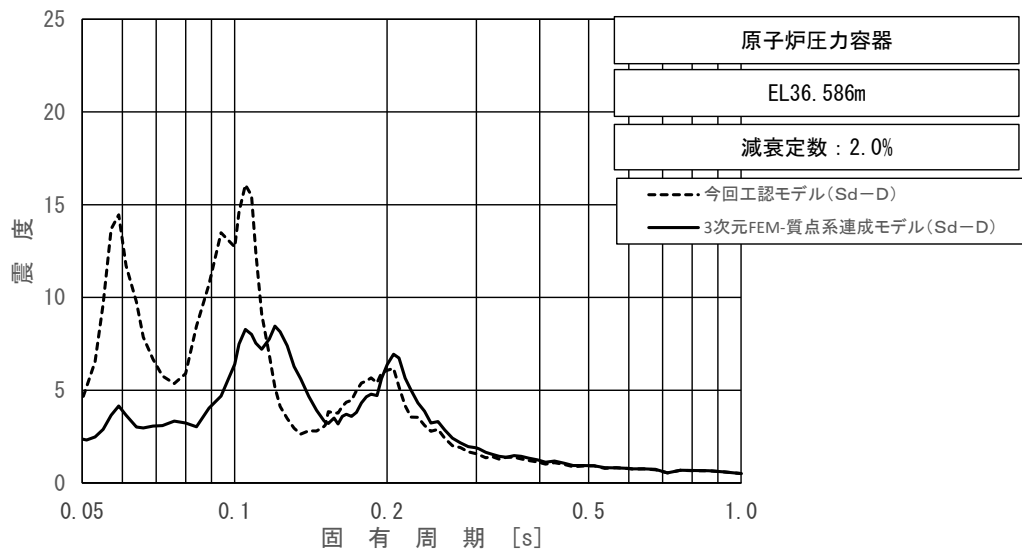
図 4-22 (23/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉圧力容器 EL18.250m)



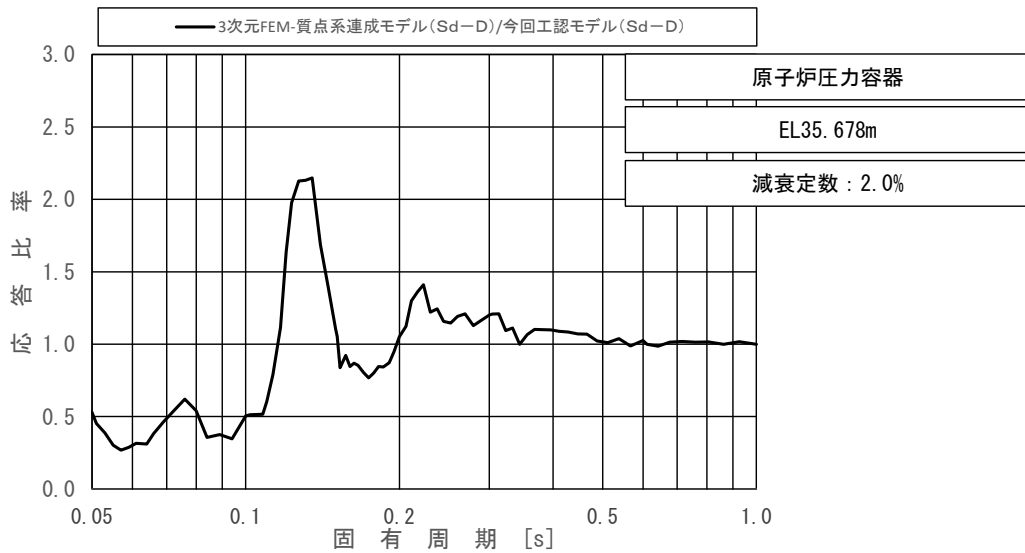
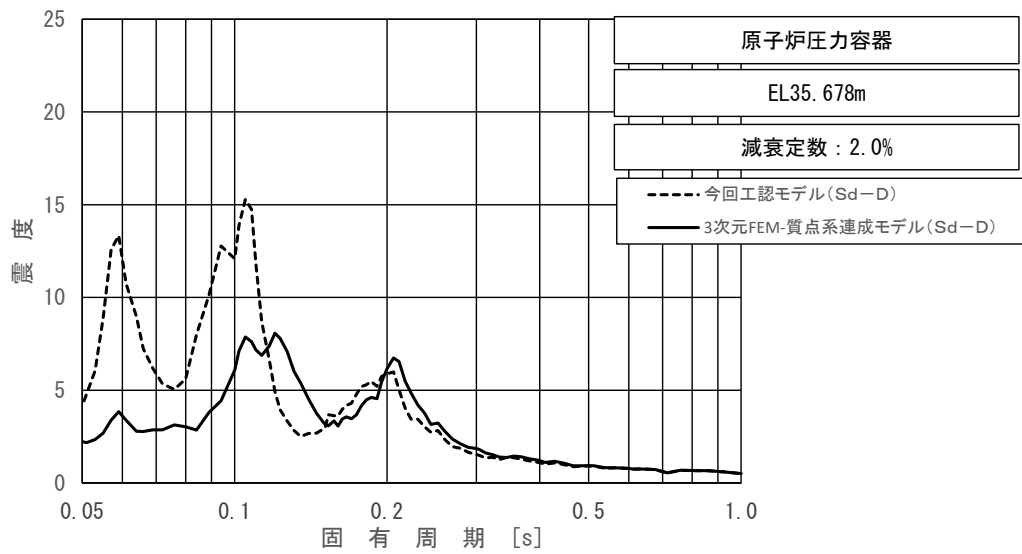
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-23 (1/23) 今回工認モデルと 3 次元 F E M-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉圧力容器 EL37.494m)



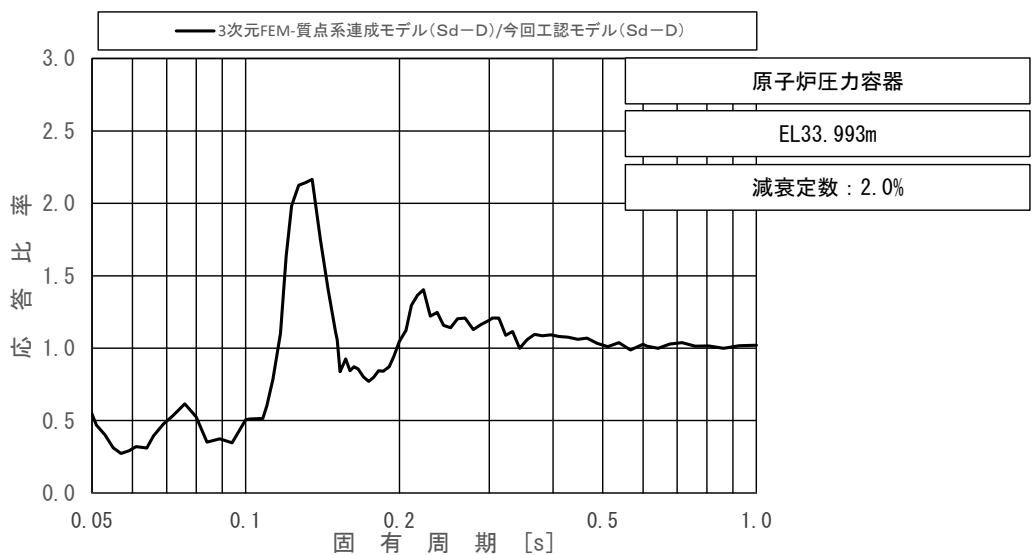
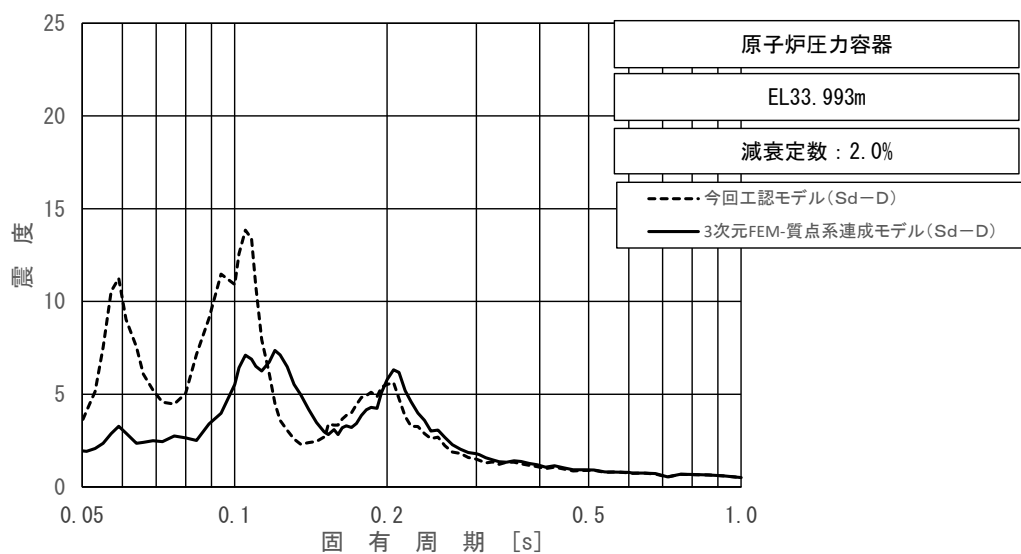
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-23 (2/23) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉圧力容器 EL36.586m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

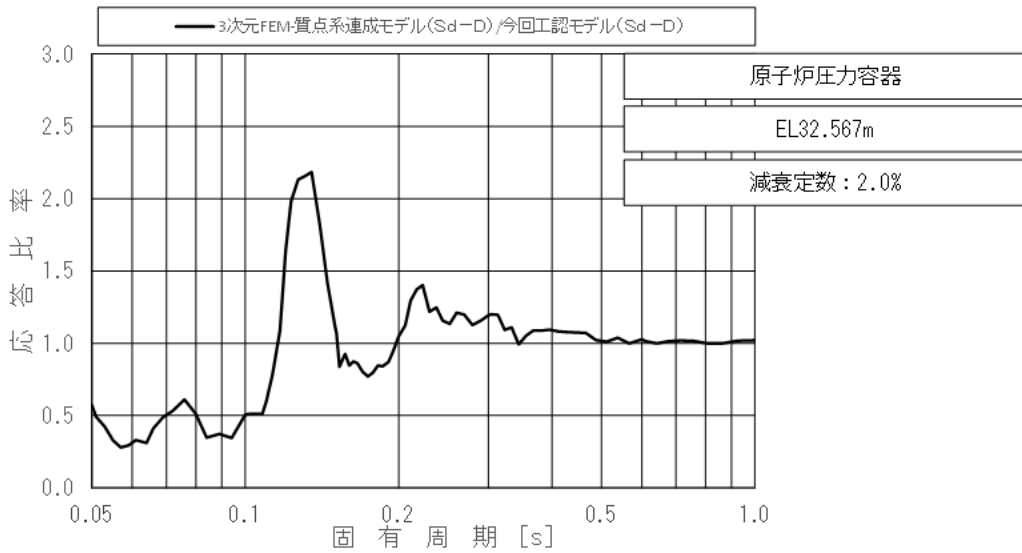
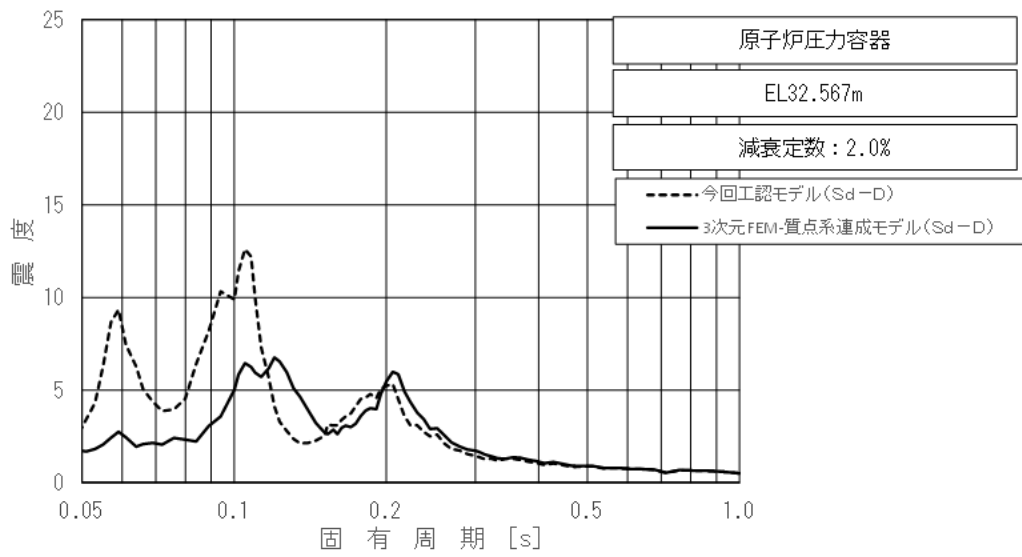
図 4-23 (3/23) 今回工認モデルと 3 次元 F E M-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉圧力容器 EL35.678m)



上段：床応答スペクトル

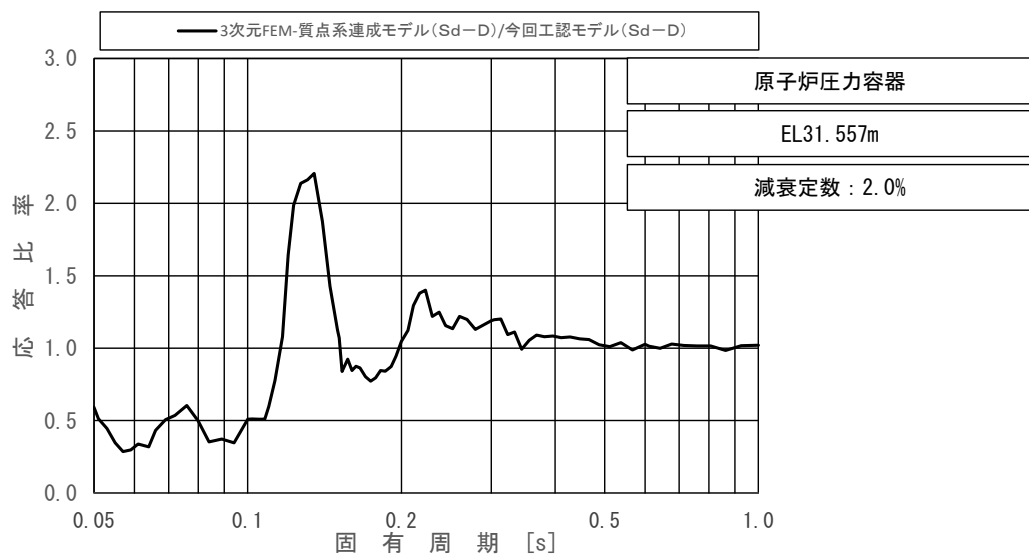
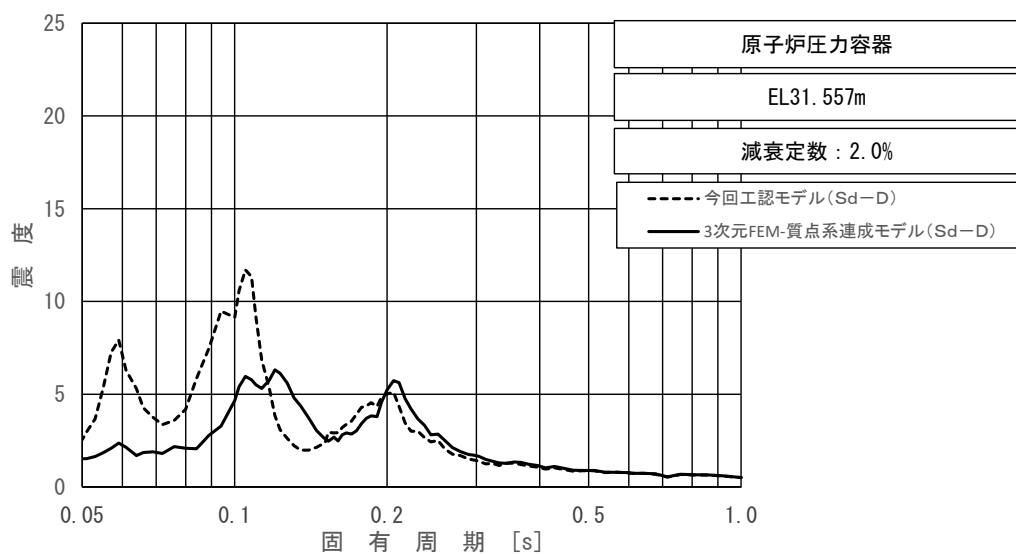
下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-23 (4/23) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率  
(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉圧力容器 EL33.993m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-23 (5/23) 今回工認モデルと 3 次元 F E M-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL32.567m)



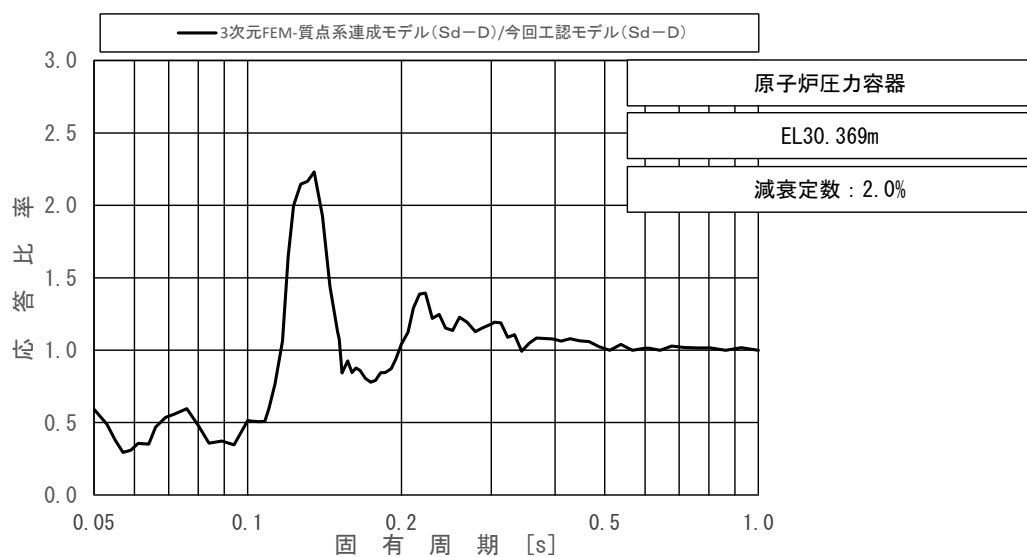
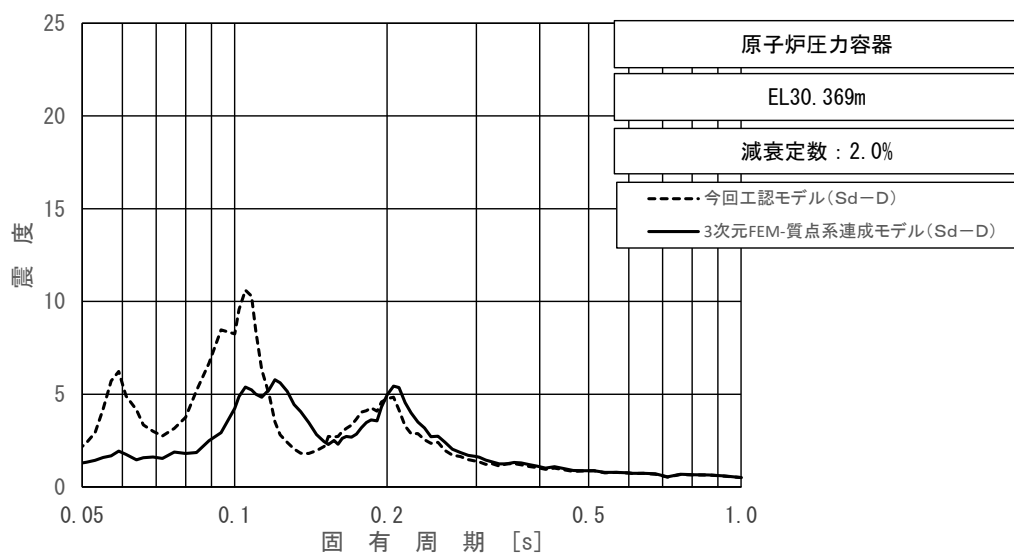
上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-23 (6/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

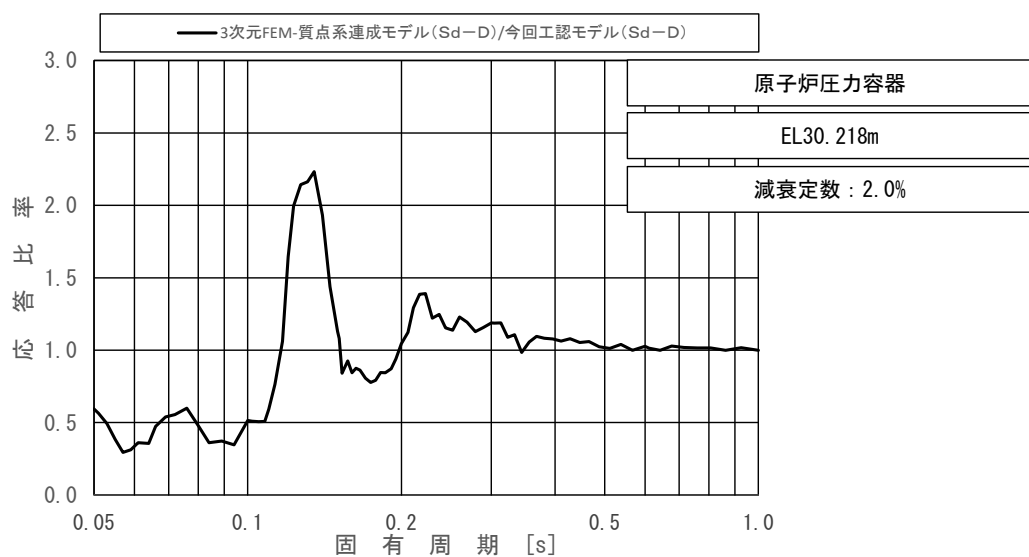
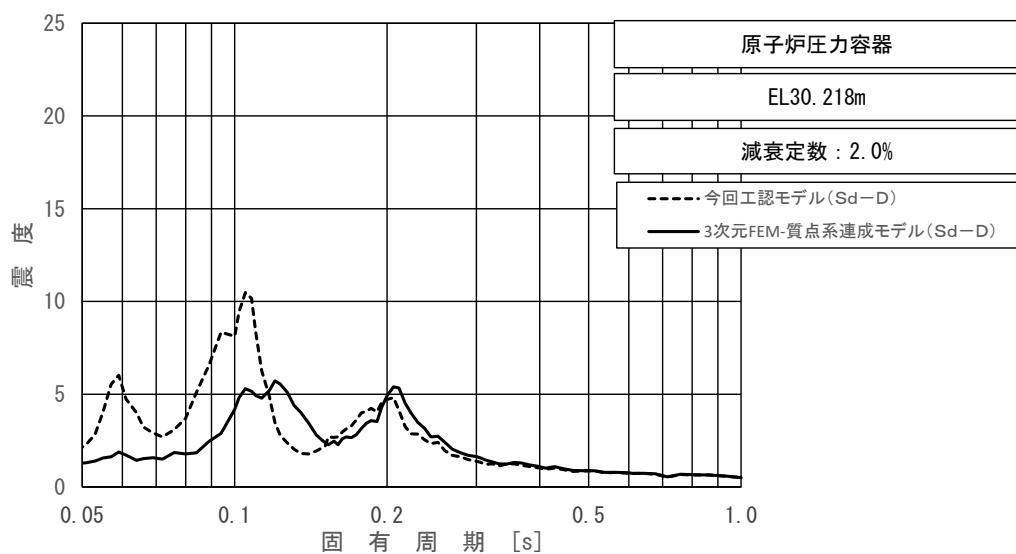
(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉圧力容器 EL31.557m)





上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

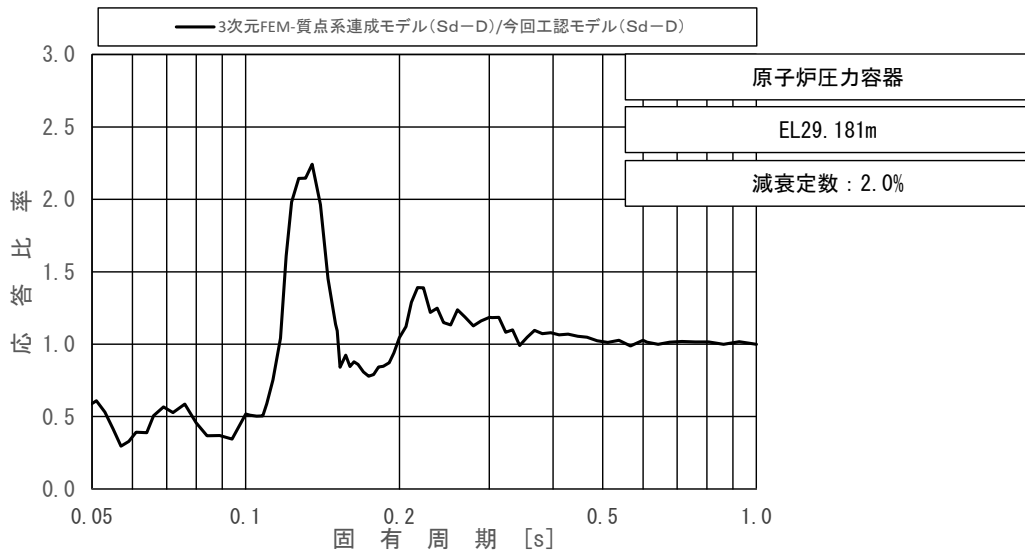
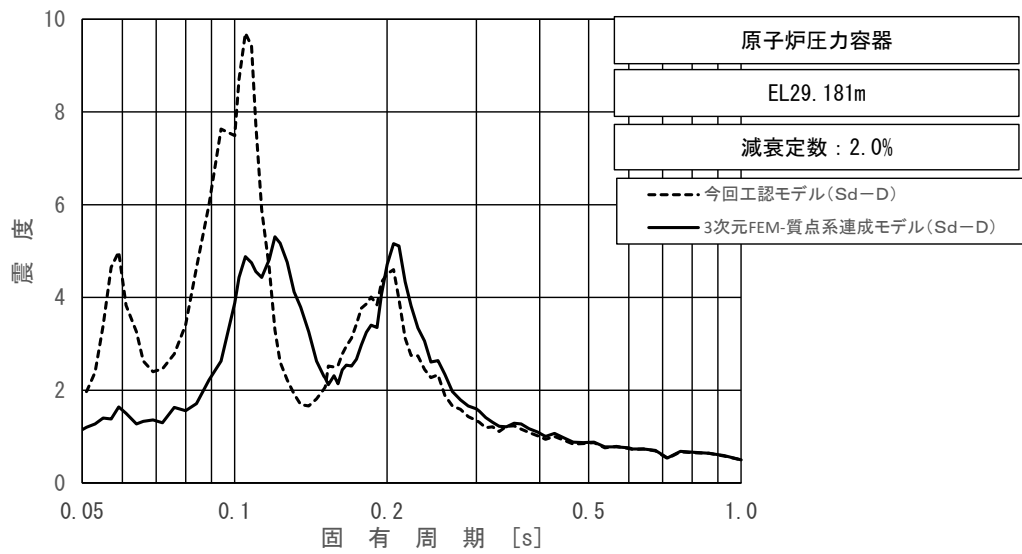
図 4-23 (7/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 Sd-D, 水平方向 (EW) : 原子炉圧力容器 EL30.369m)



上段：床応答スペクトル

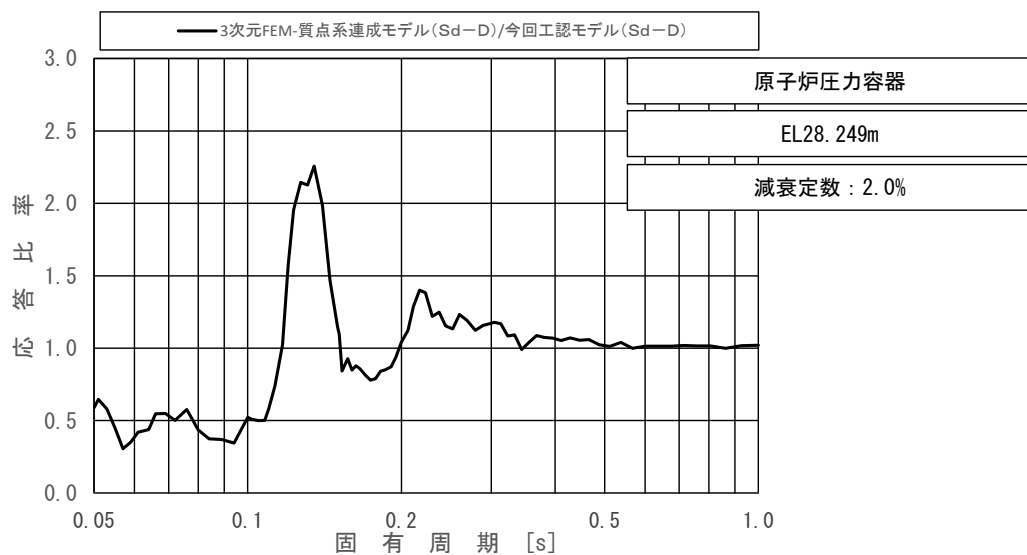
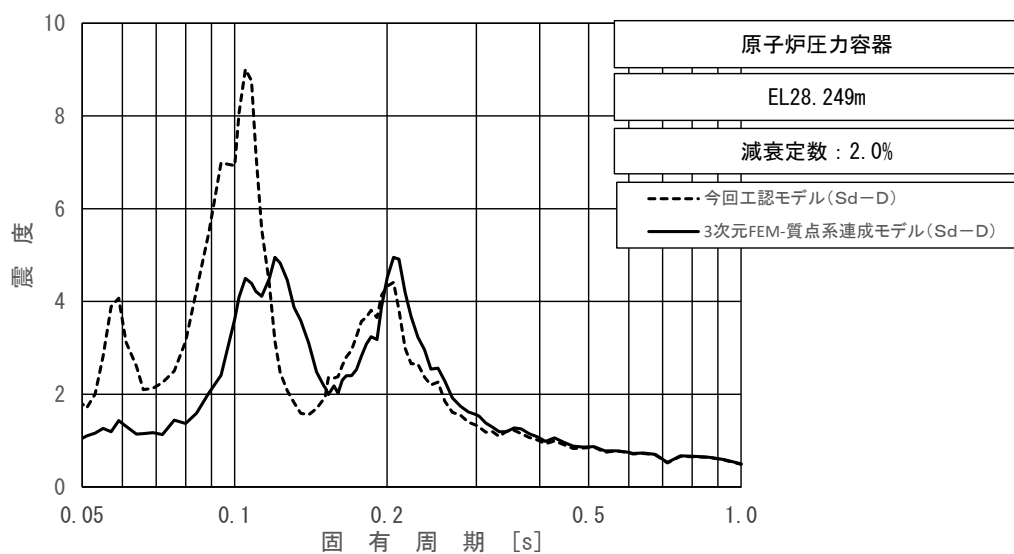
下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-23 (8/23) 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率  
(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉圧力容器 EL30.218m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-23 (9/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉圧力容器 EL29.181m)

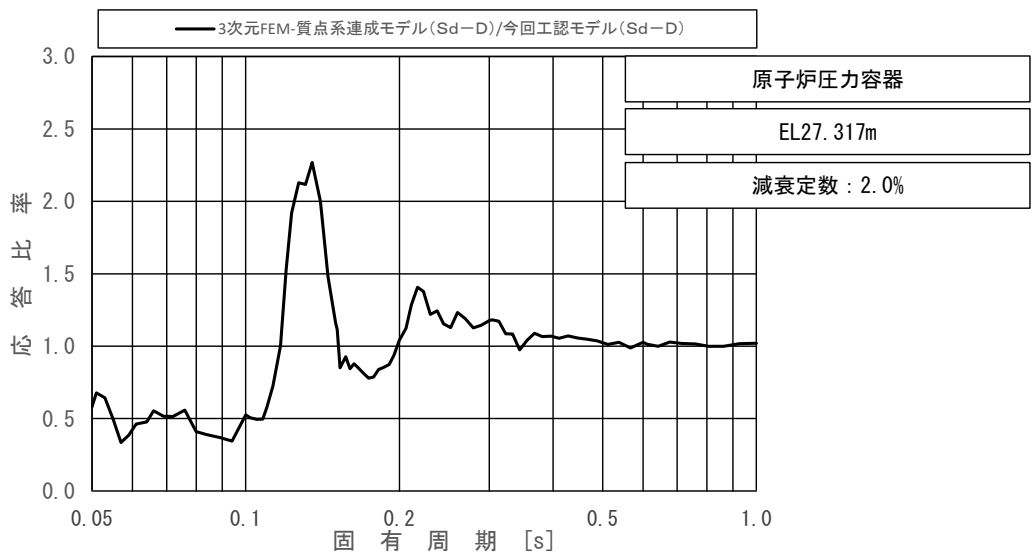
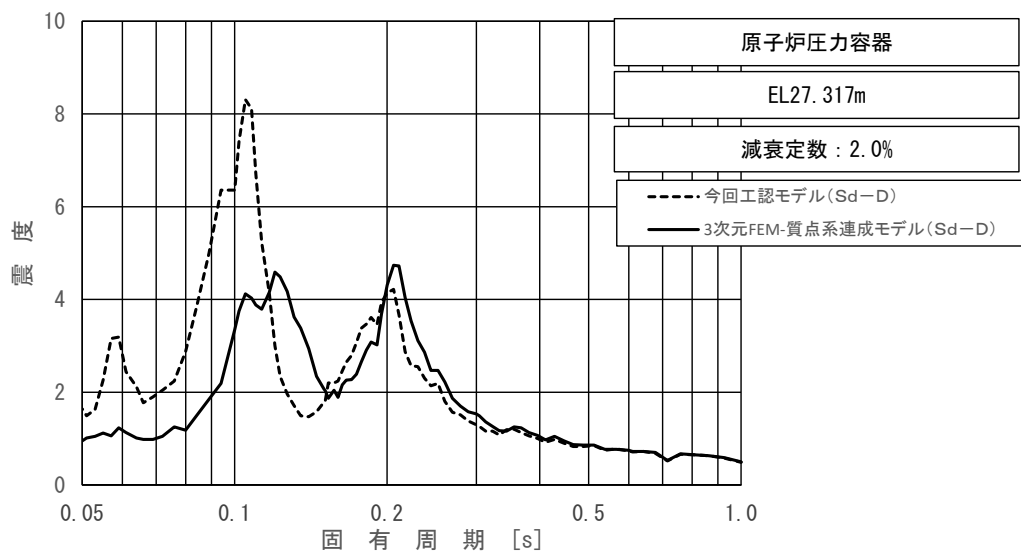


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

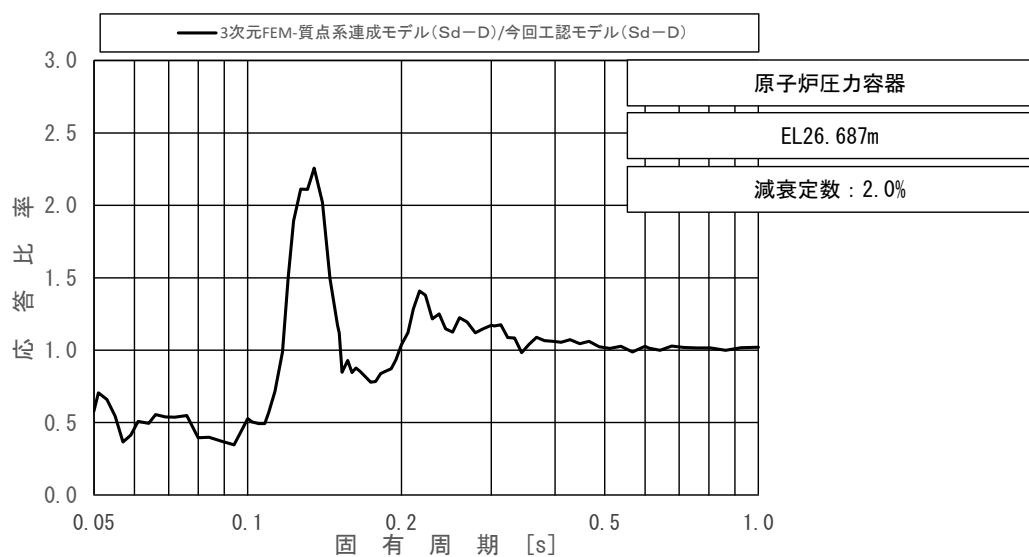
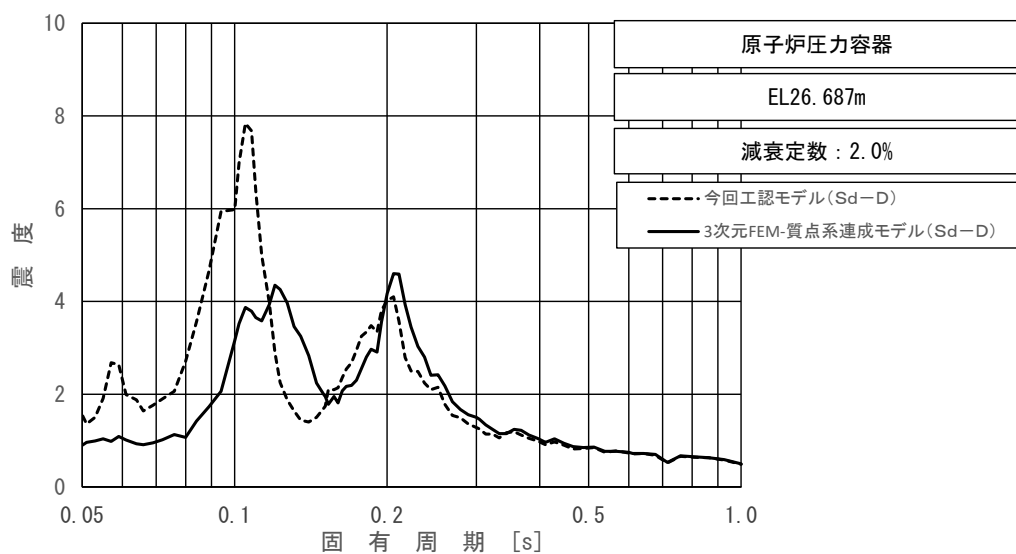
図 4-23 (10/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉圧力容器 EL28.249m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-23 (11/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL27.317m)

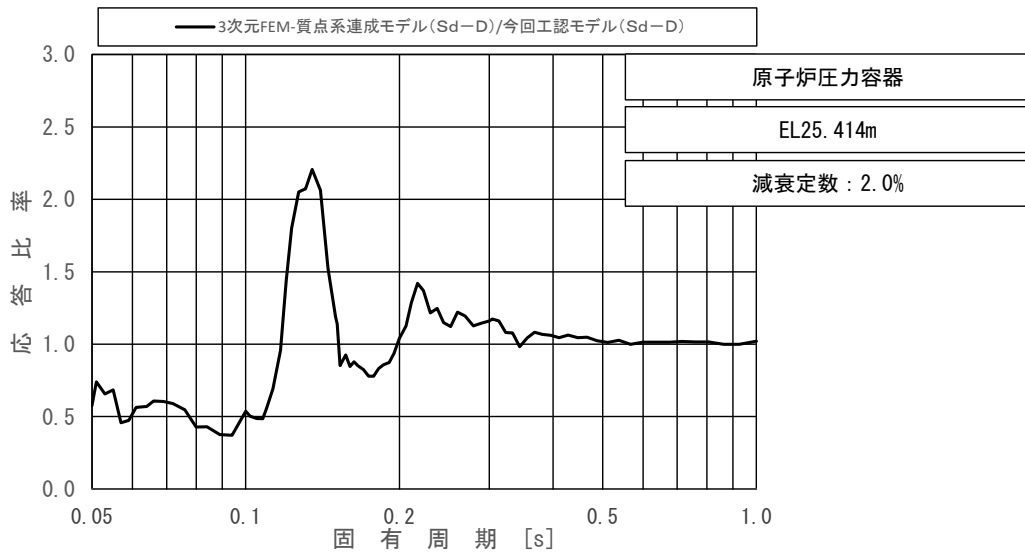
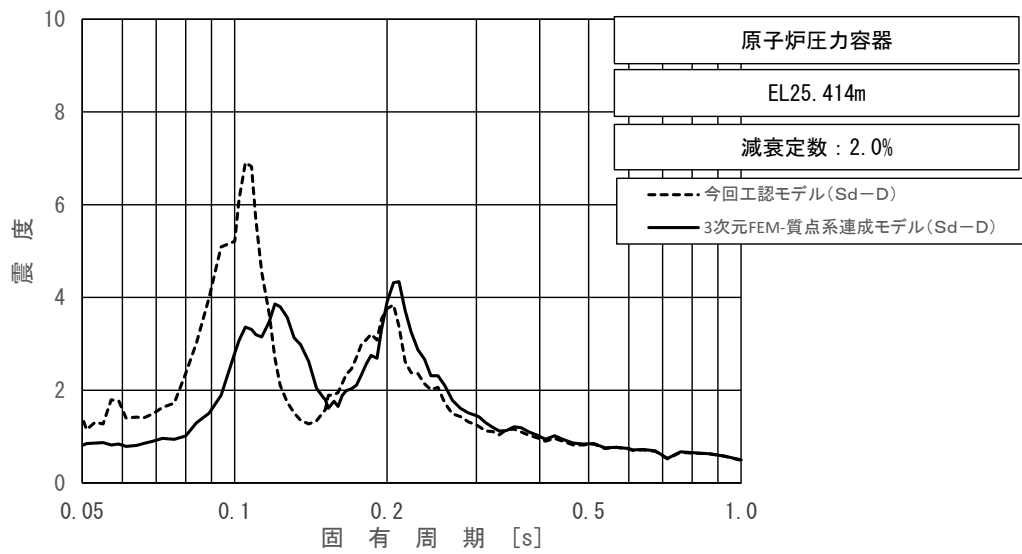


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

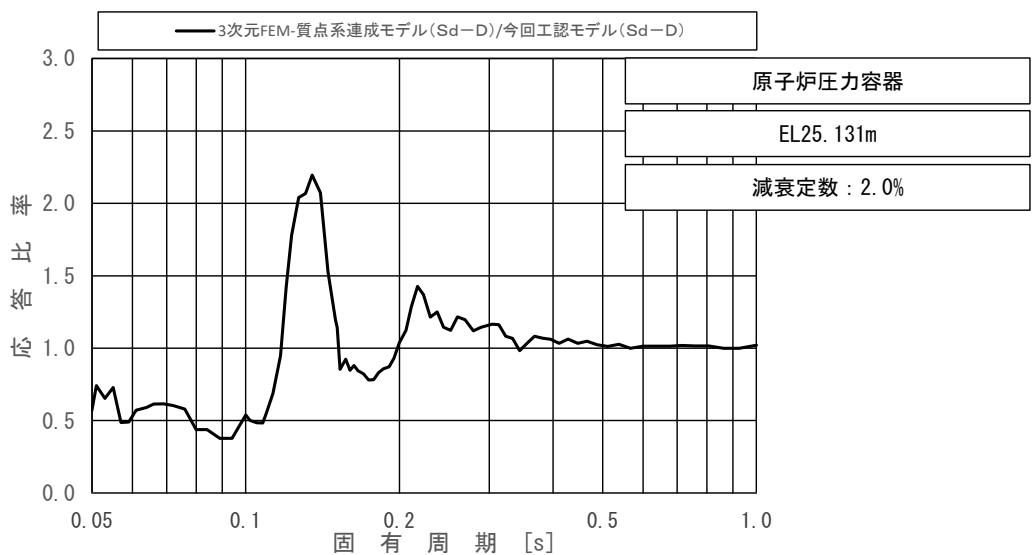
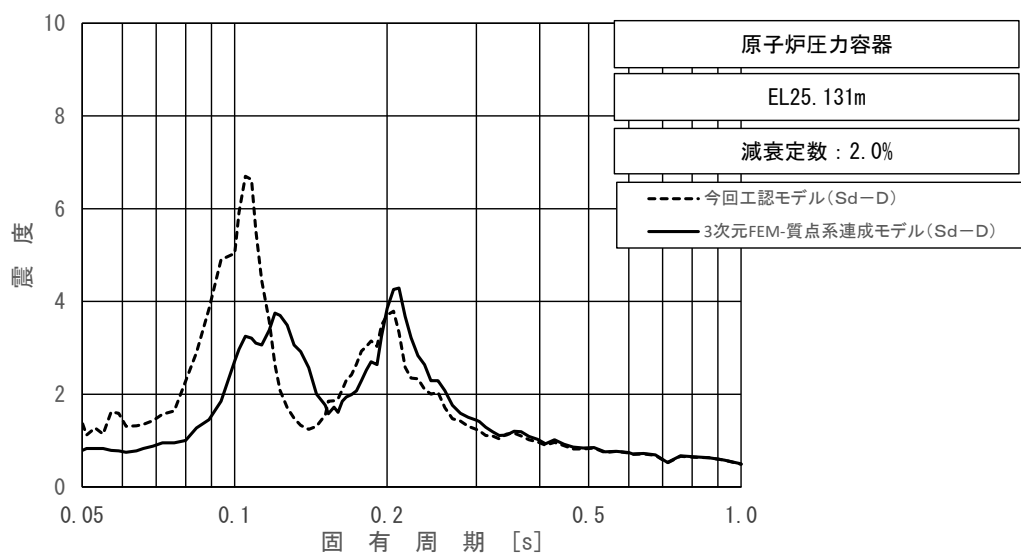
図 4-23 (12/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉圧力容器 EL26.687m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-23 (13/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉圧力容器 EL25.414m)



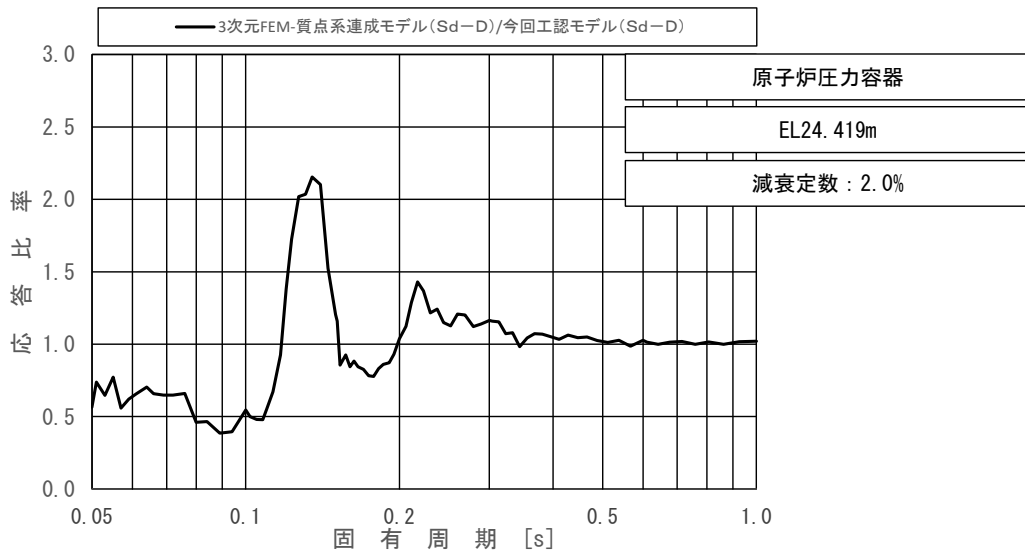
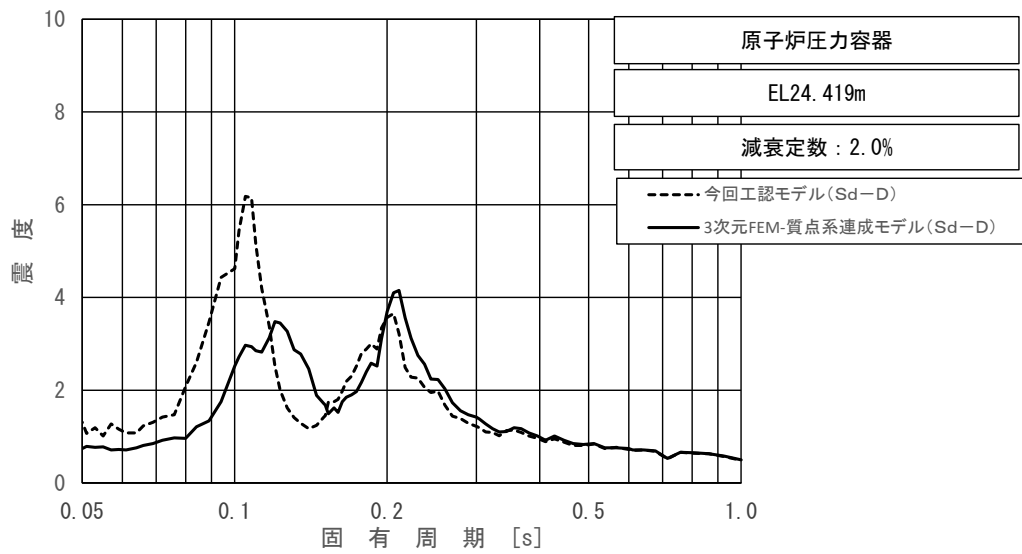
上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-23 (14/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

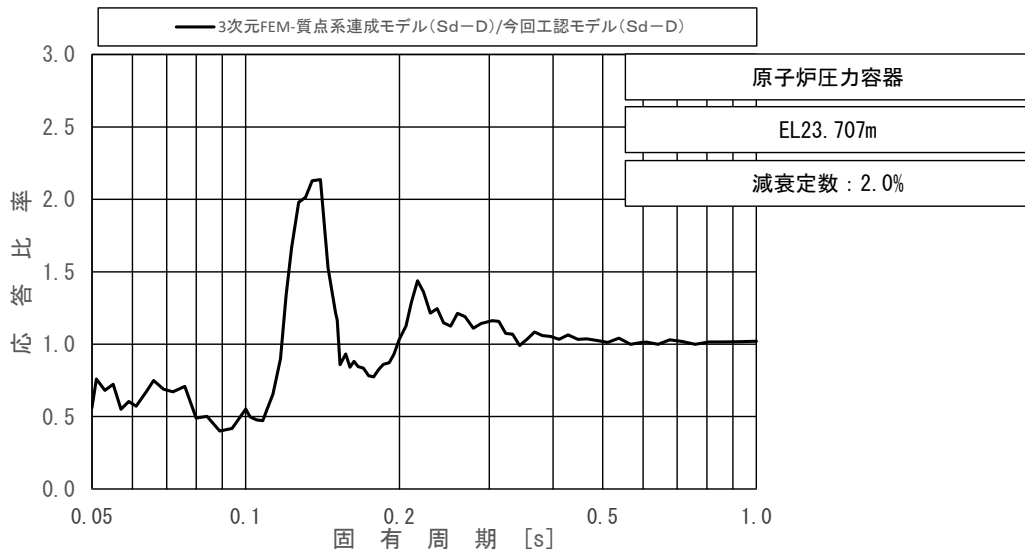
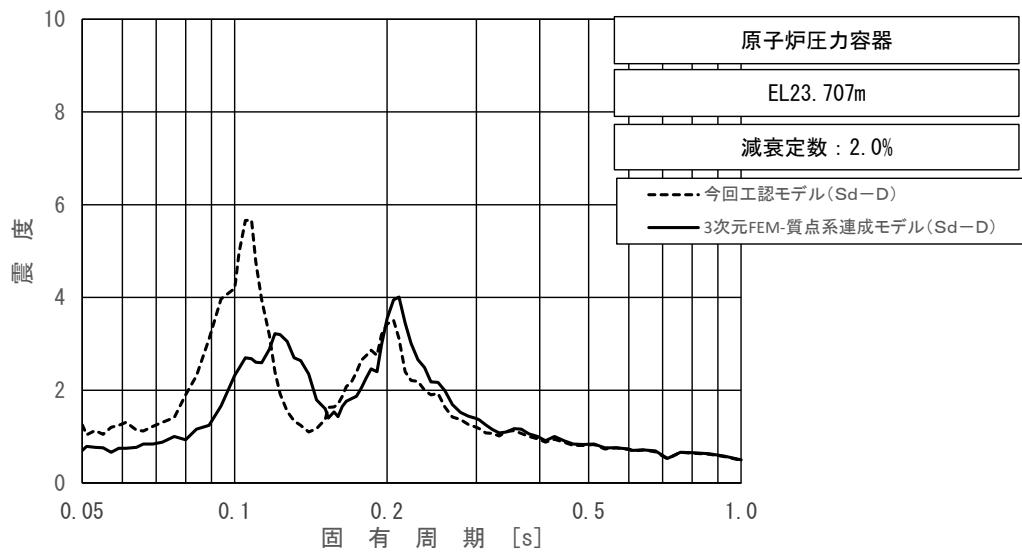
(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉圧力容器 EL25.131m)





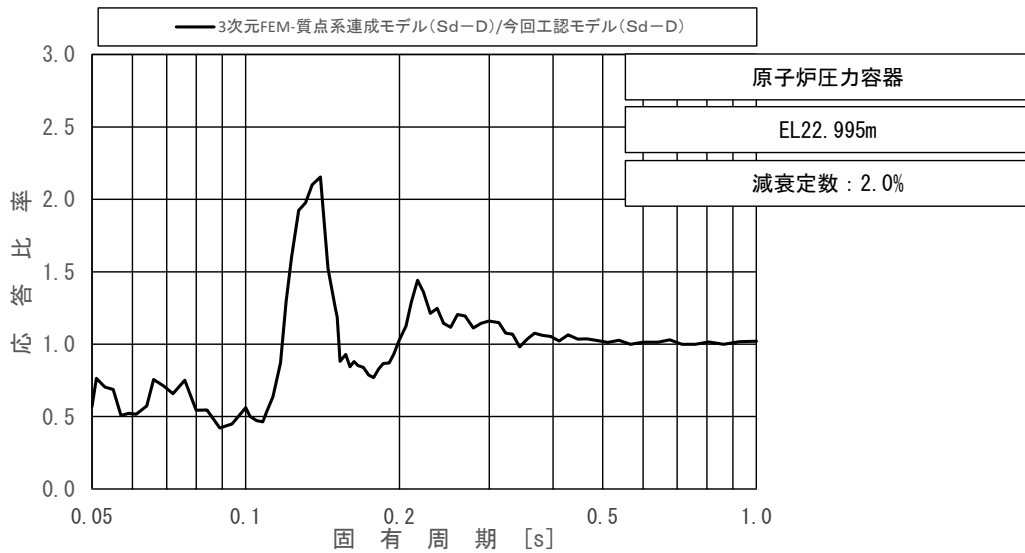
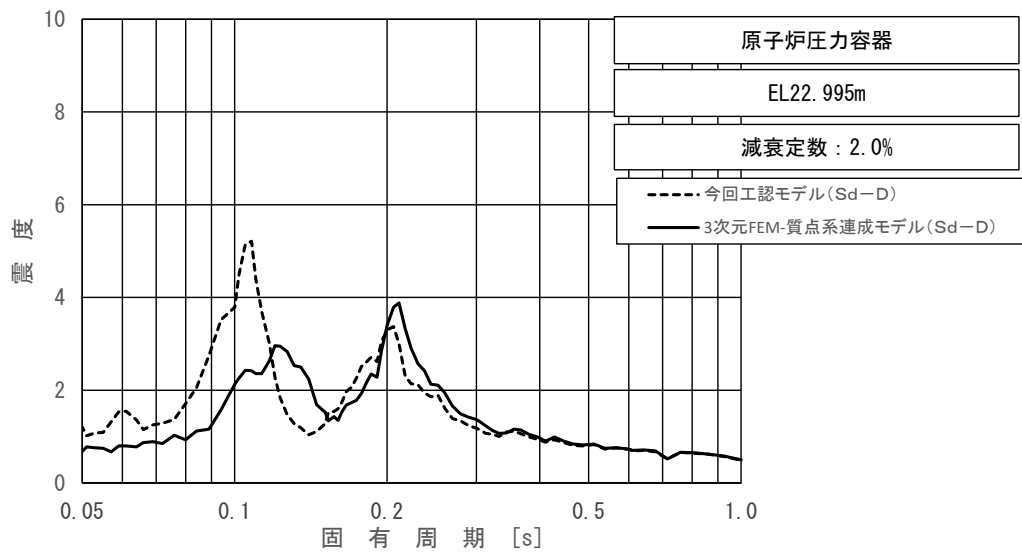
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-23 (15/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉圧力容器 EL24.419m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-23 (16/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉圧力容器 EL23.707m)

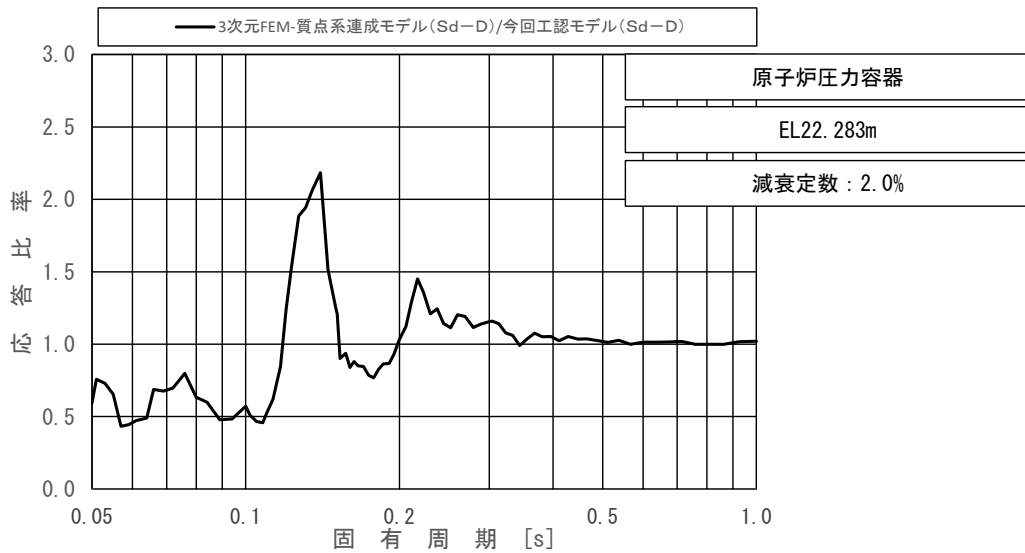
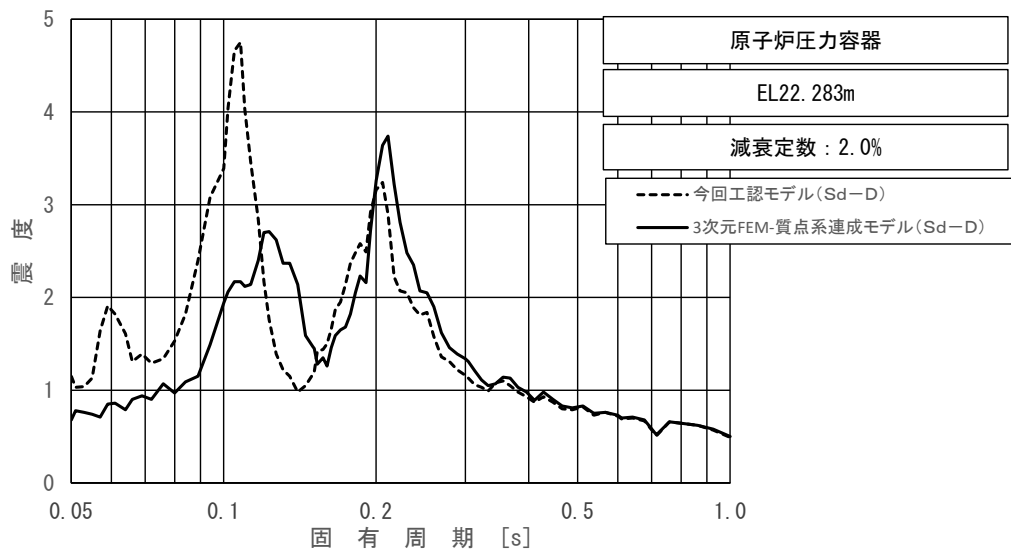


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

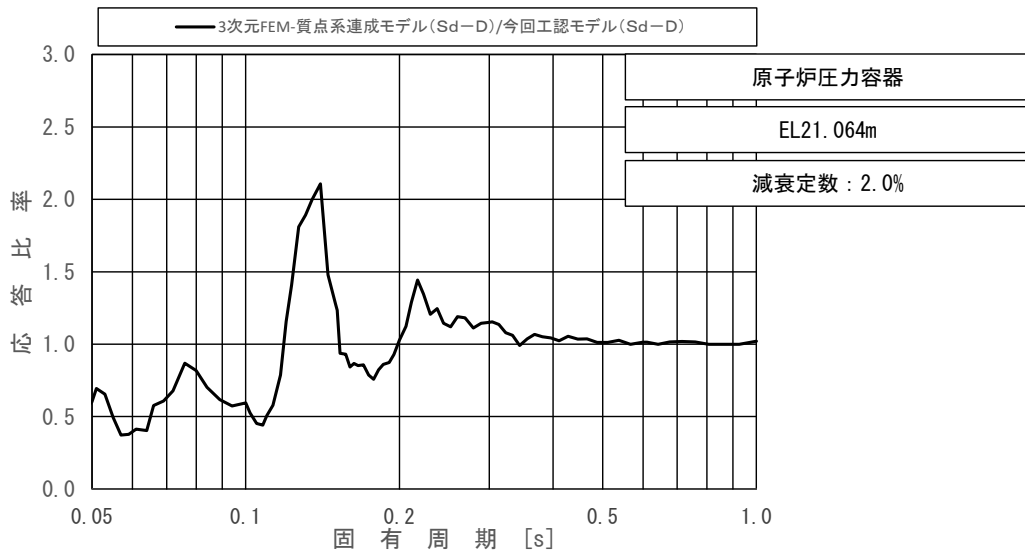
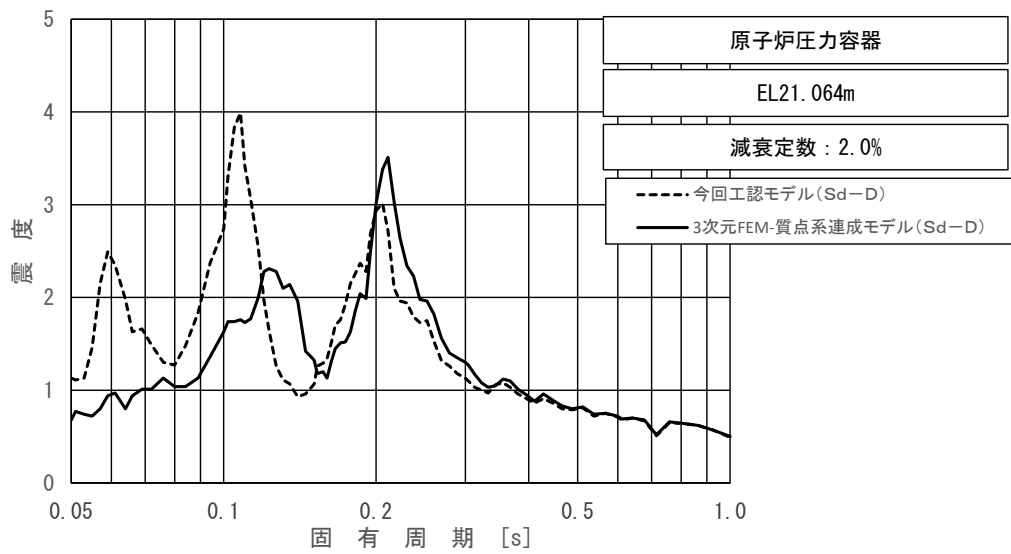
図 4-23 (17/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉圧力容器 EL22.995m)



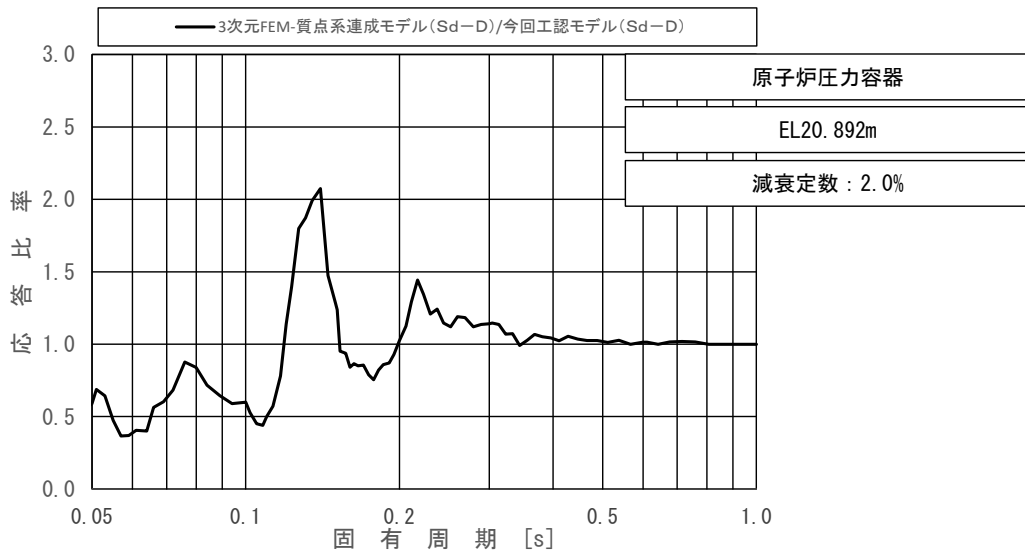
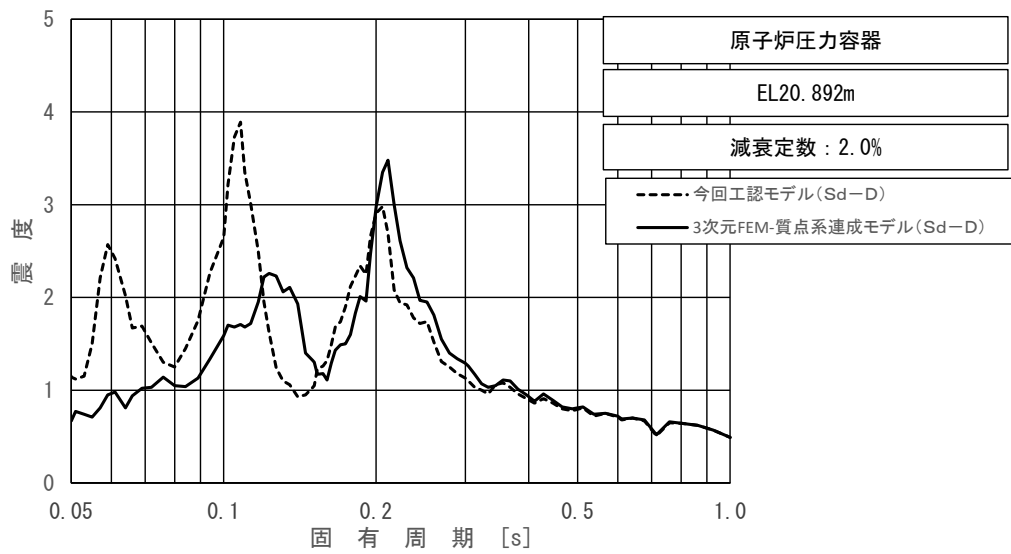
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-23 (18/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉圧力容器 EL22. 283m)



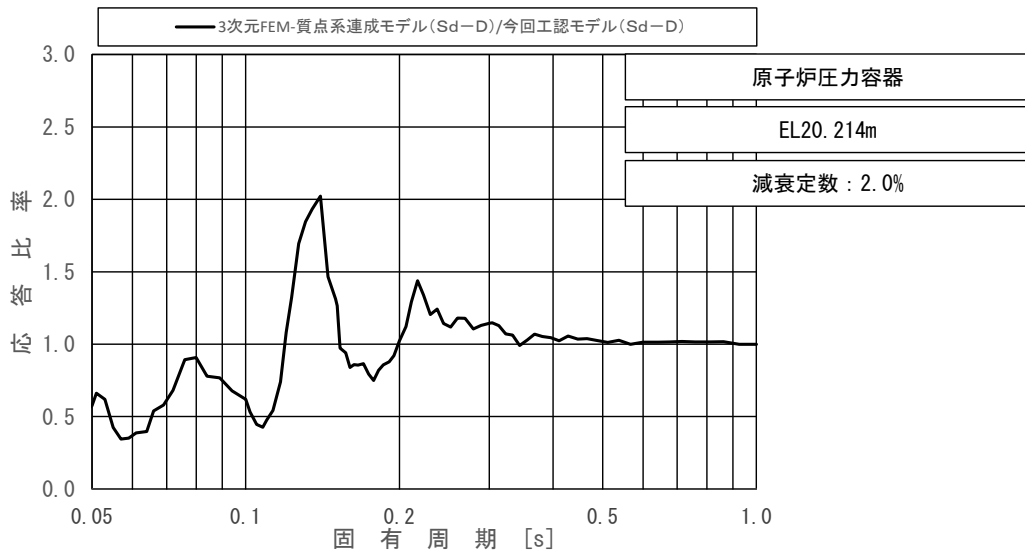
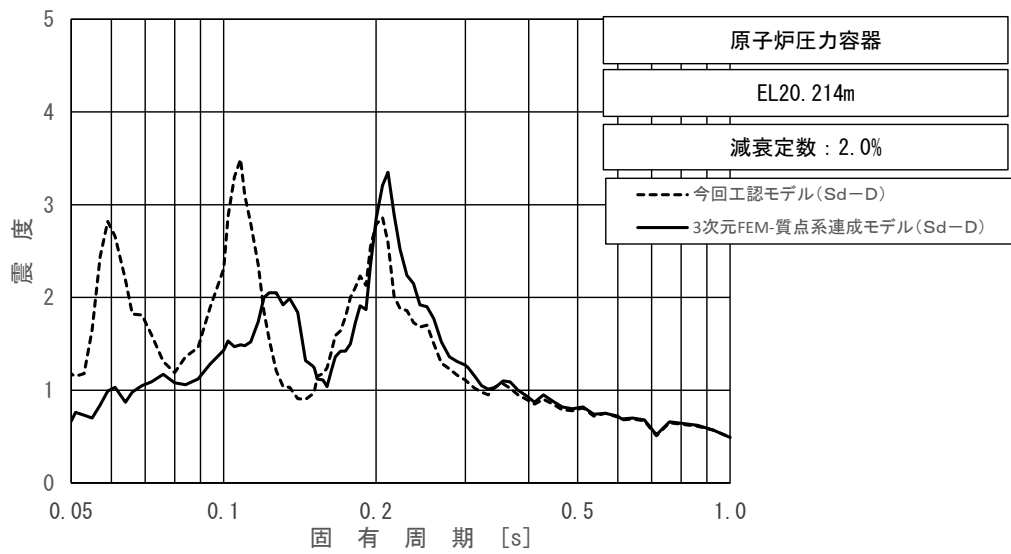
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-23 (19/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉圧力容器 EL21.064m)



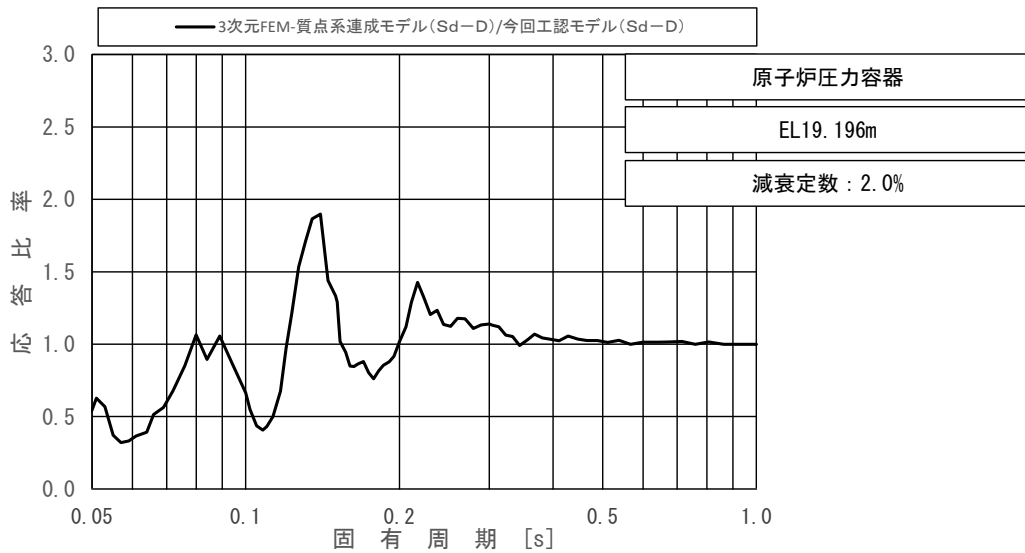
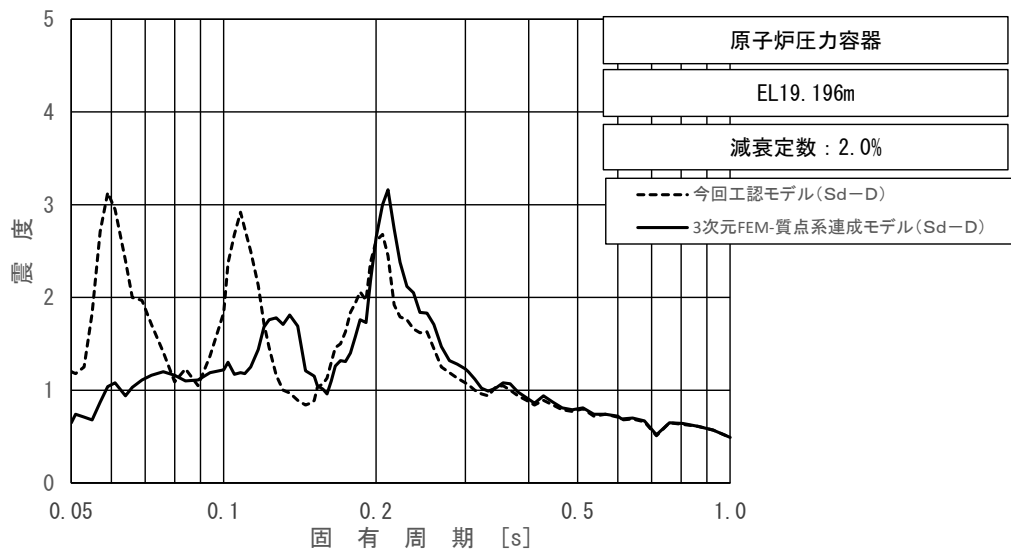
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-23 (20/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉圧力容器 EL20.892m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

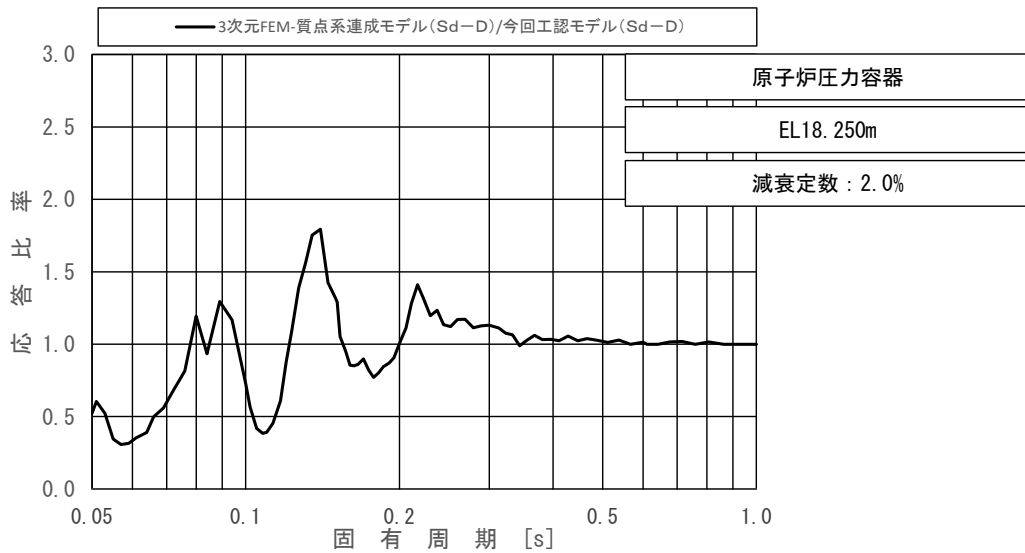
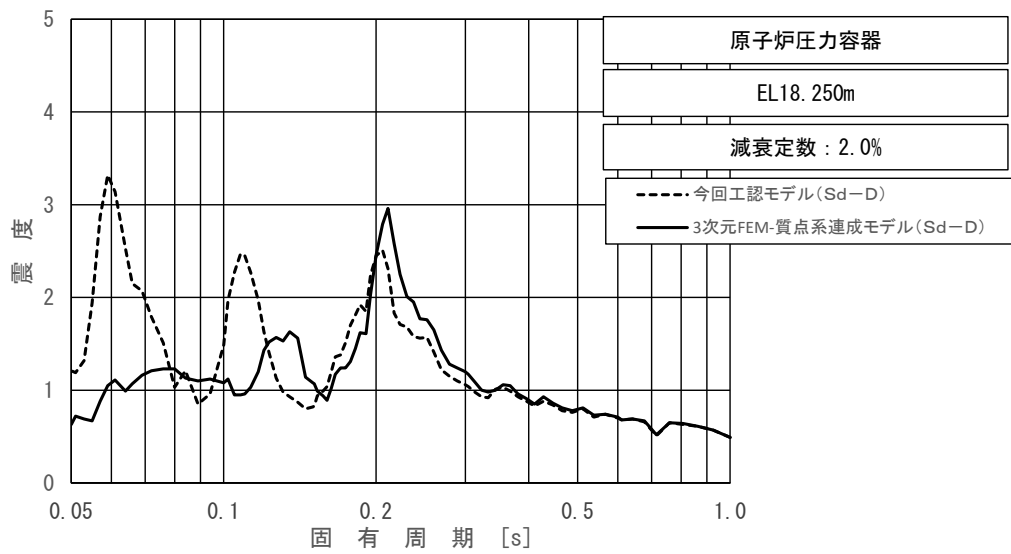
図 4-23 (21/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉圧力容器 EL20.214m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

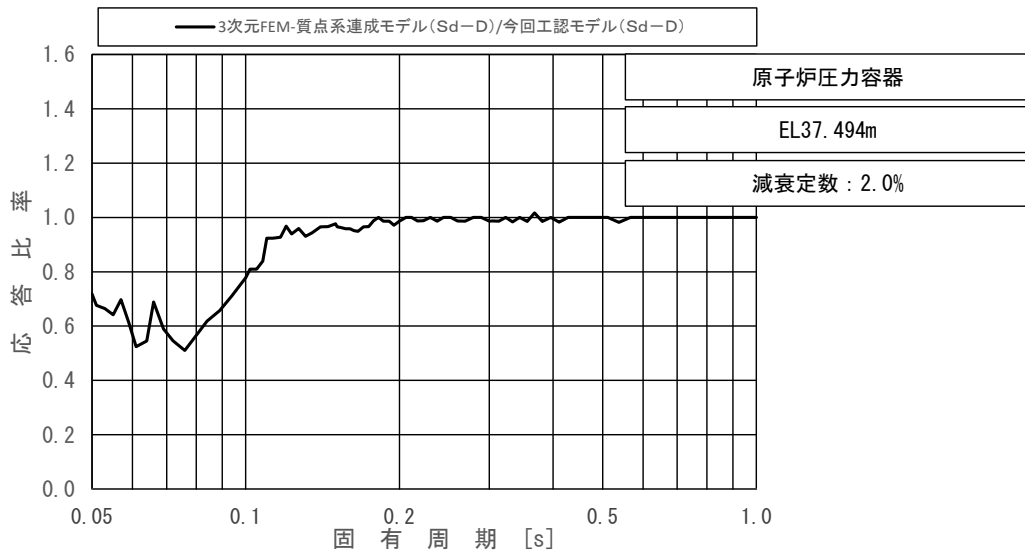
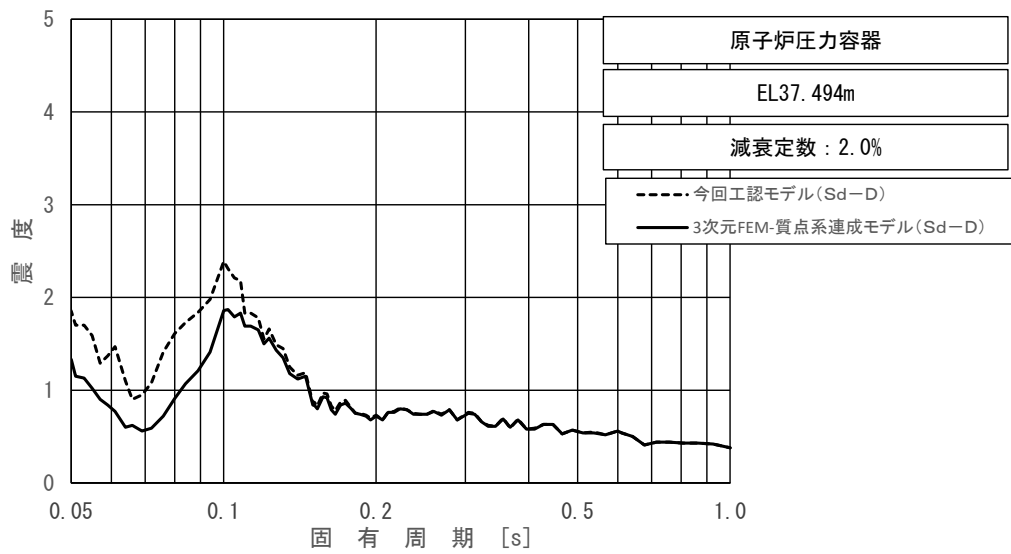
図 4-23 (22/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉圧力容器 EL19.196m)





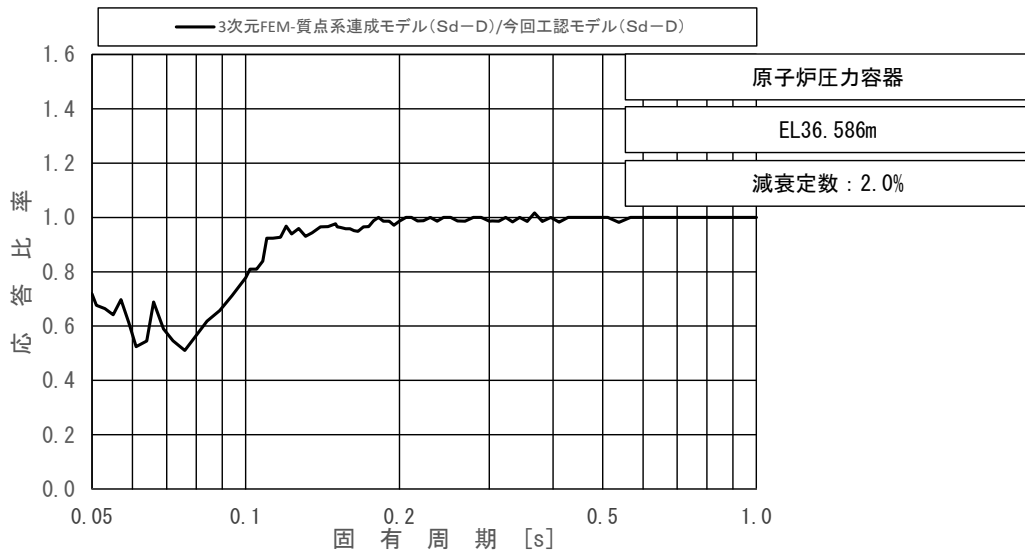
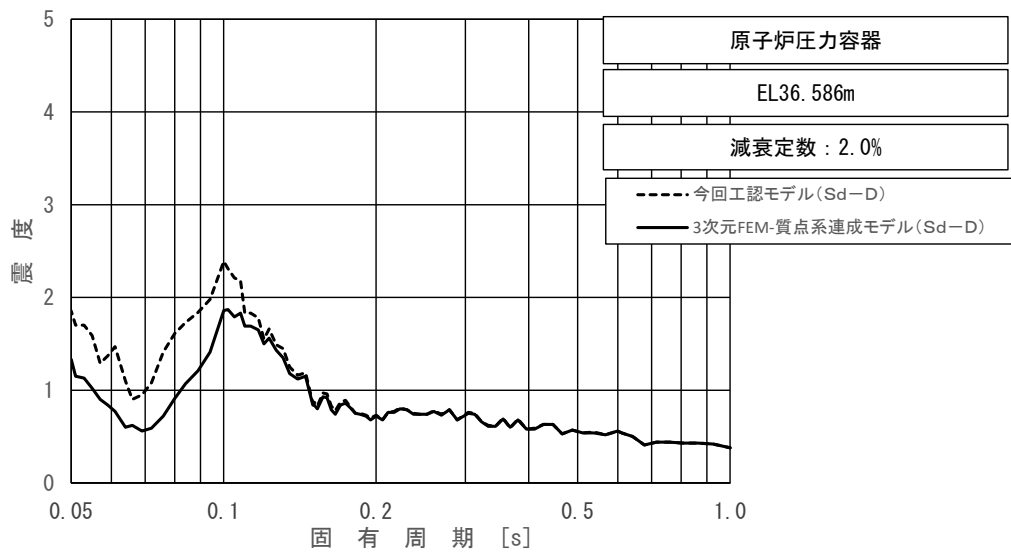
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-23 (23/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉圧力容器 EL18.250m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-24 (1/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向: 原子炉压力容器 EL37.494m)

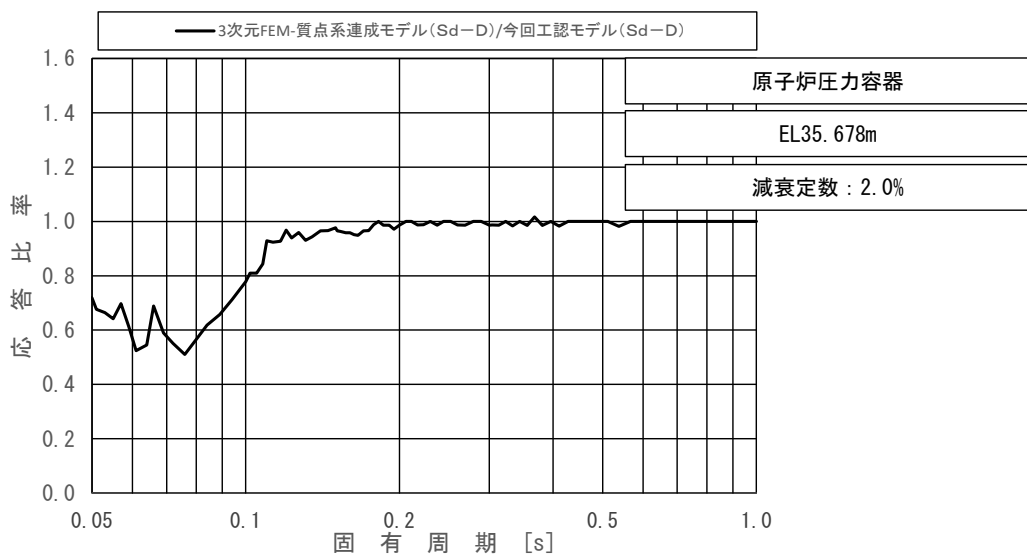
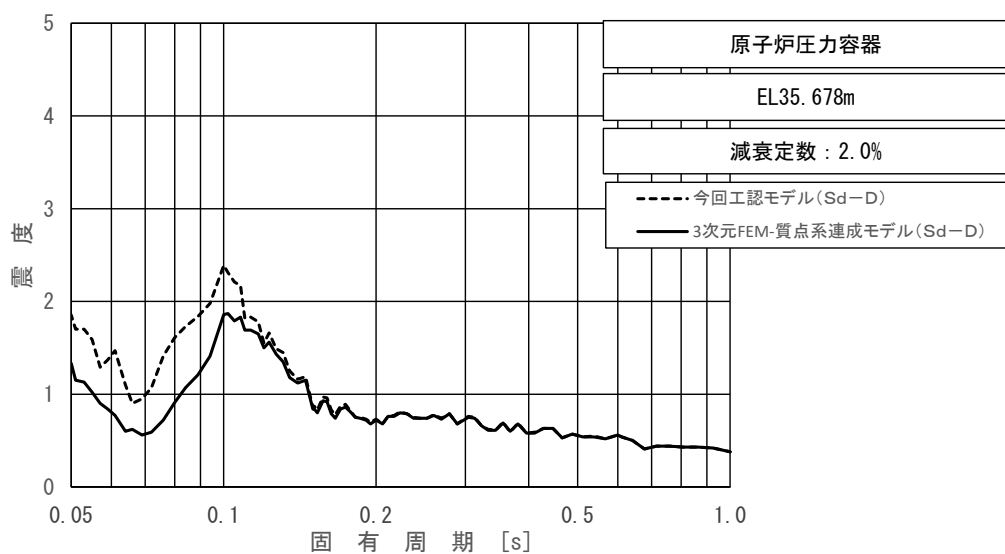


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

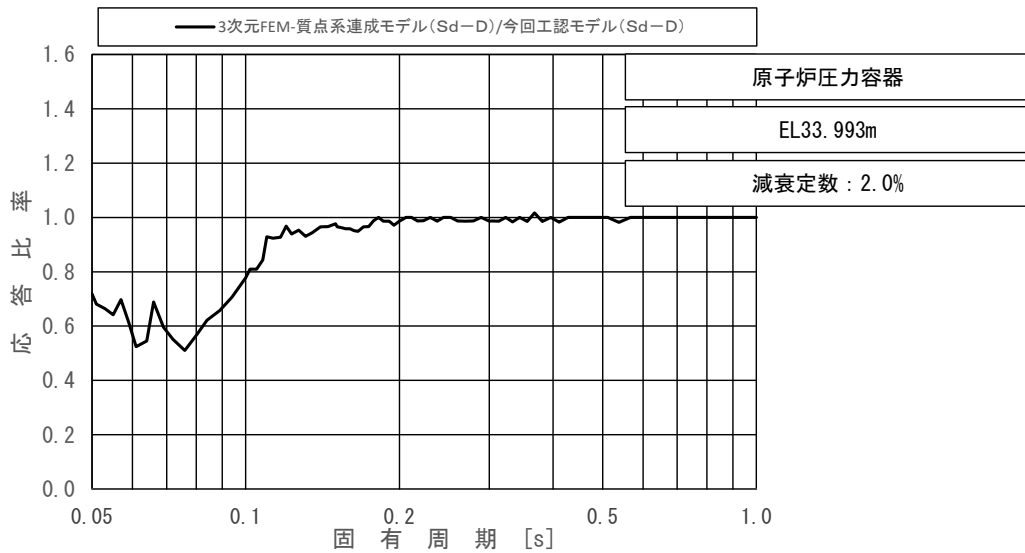
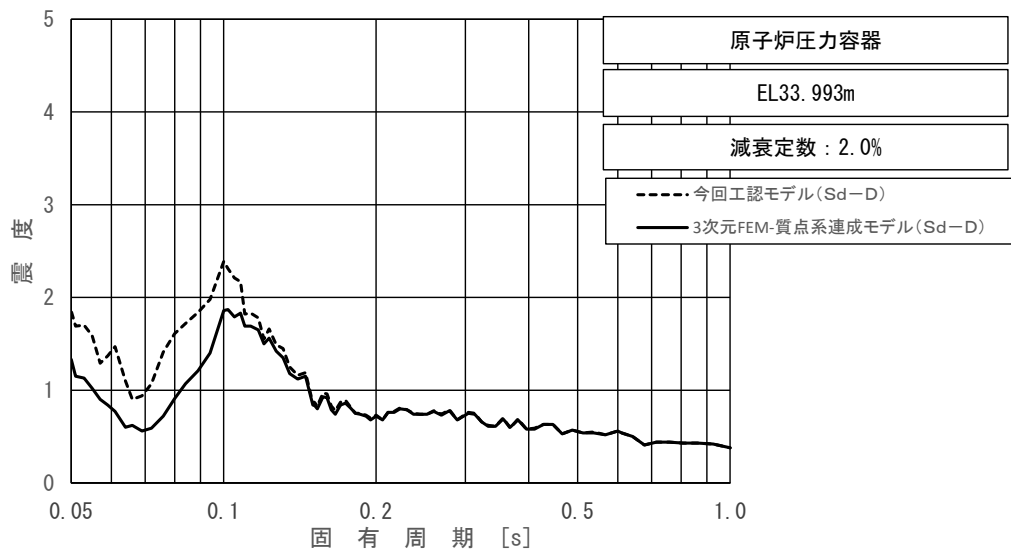
図 4-24 (2/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉压力容器 EL36.586m)



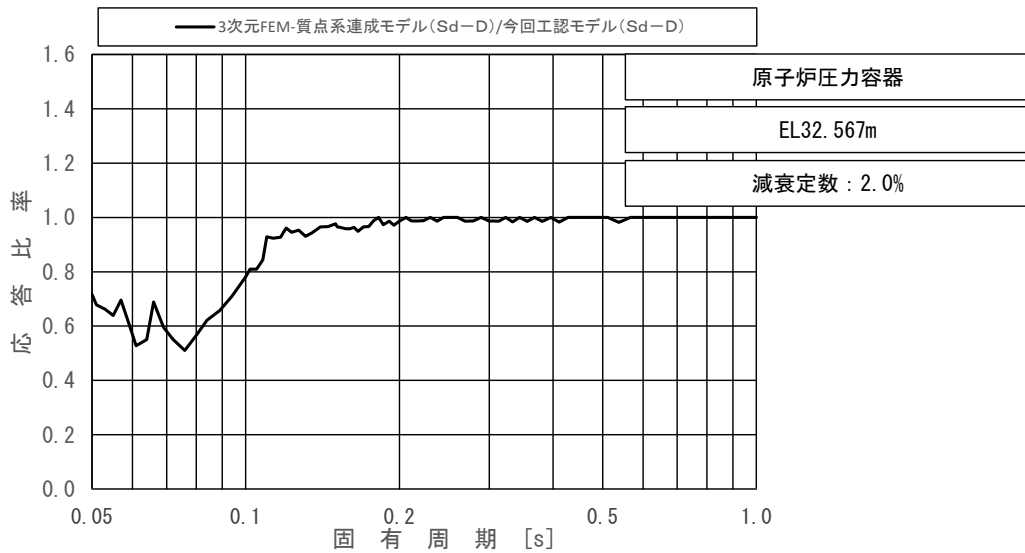
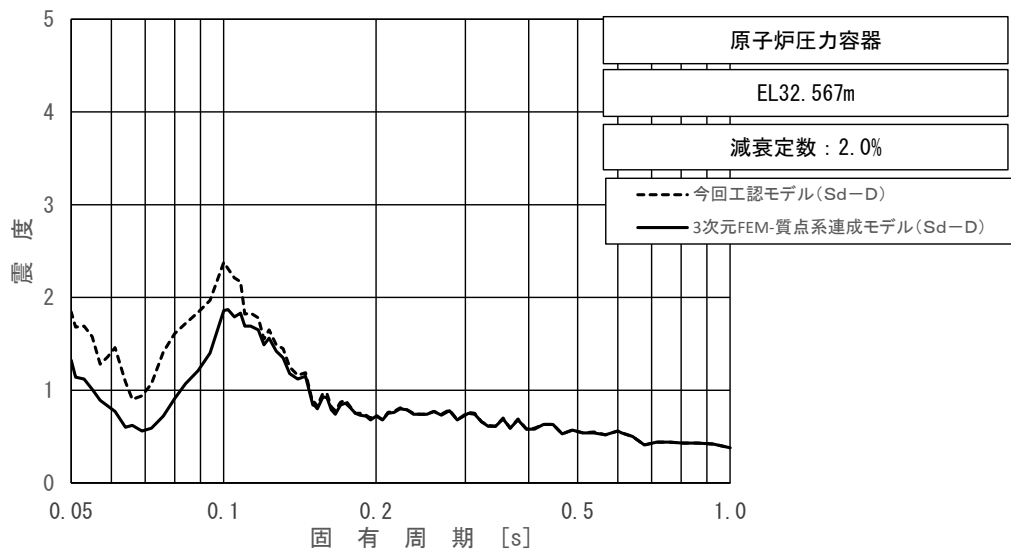
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-24 (3/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向: 原子炉压力容器 EL35.678m)



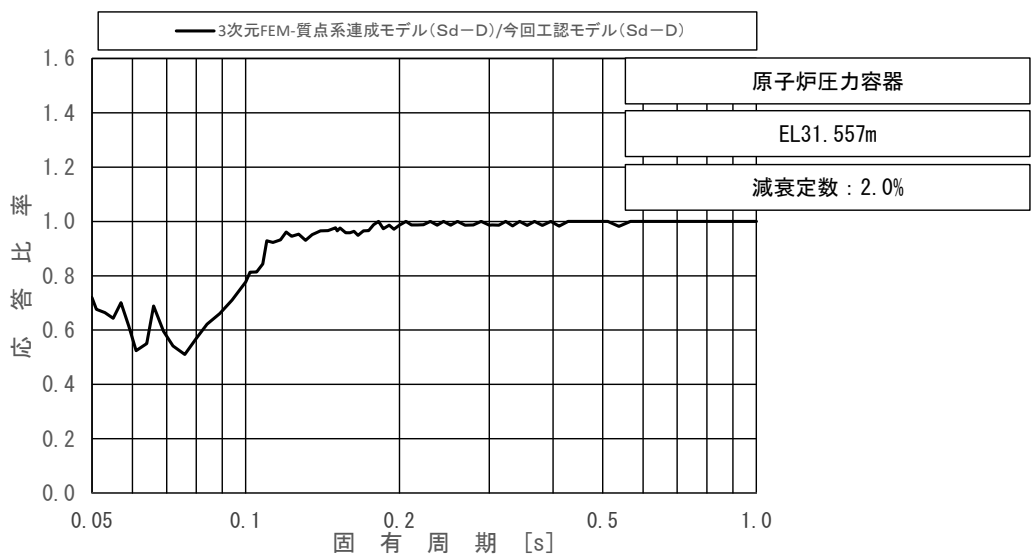
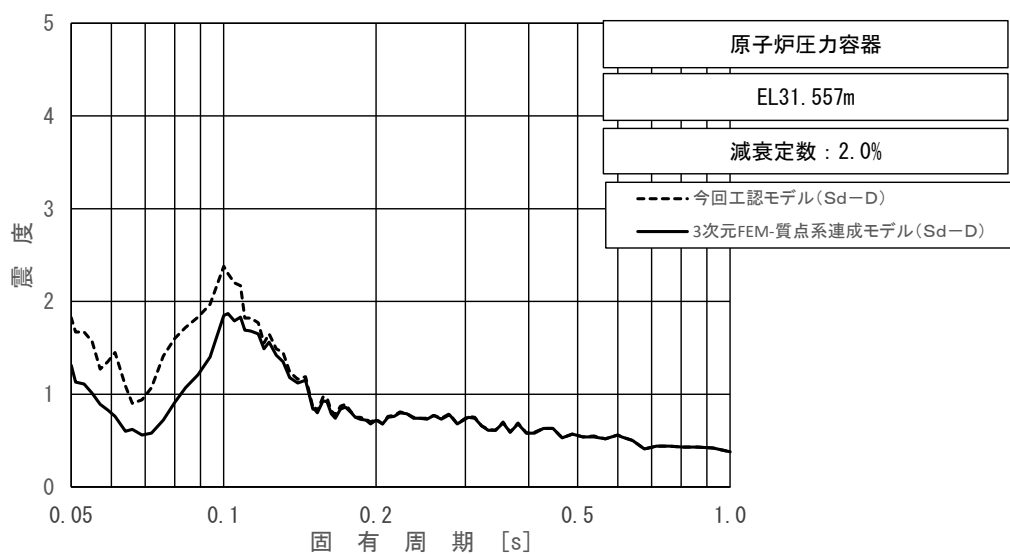
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-24 (4/23) 今回工認モデルと 3 次元 F E M-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉压力容器 EL33.993m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-24 (5/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉压力容器 EL32.567m)

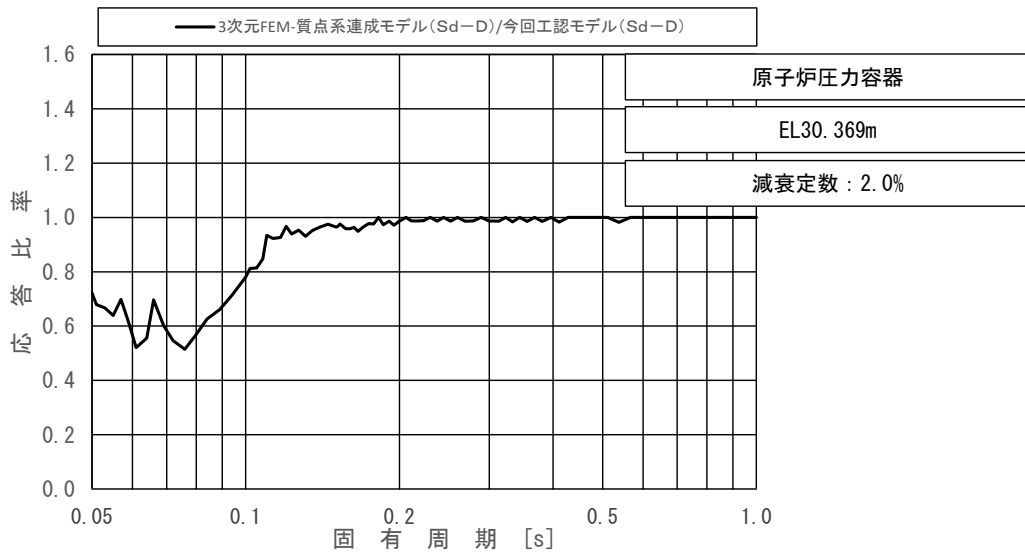
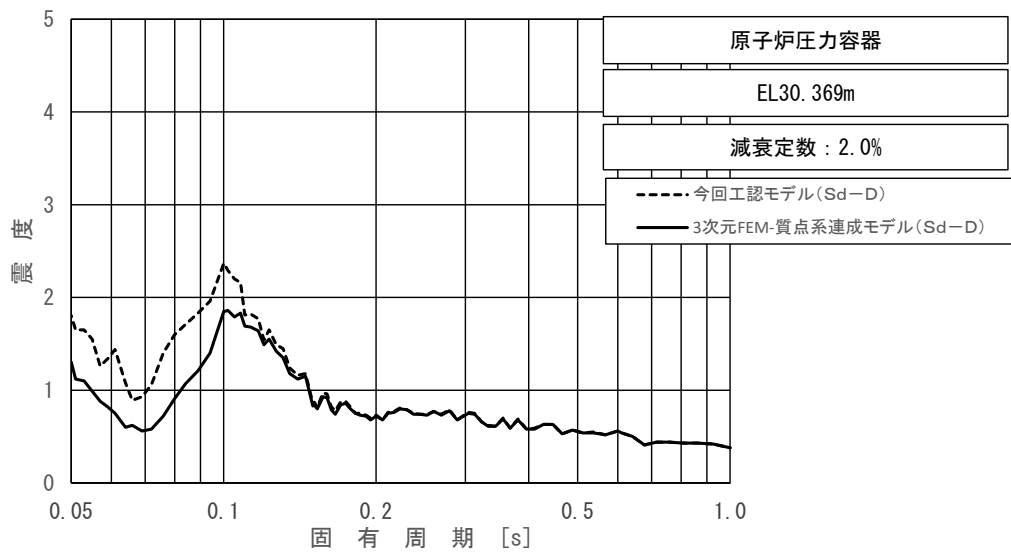


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-24 (6/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

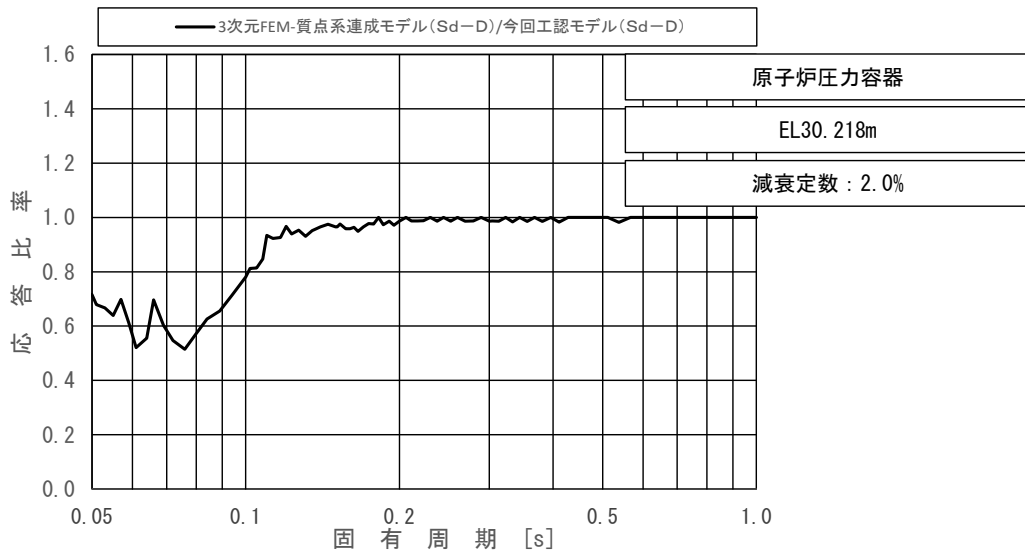
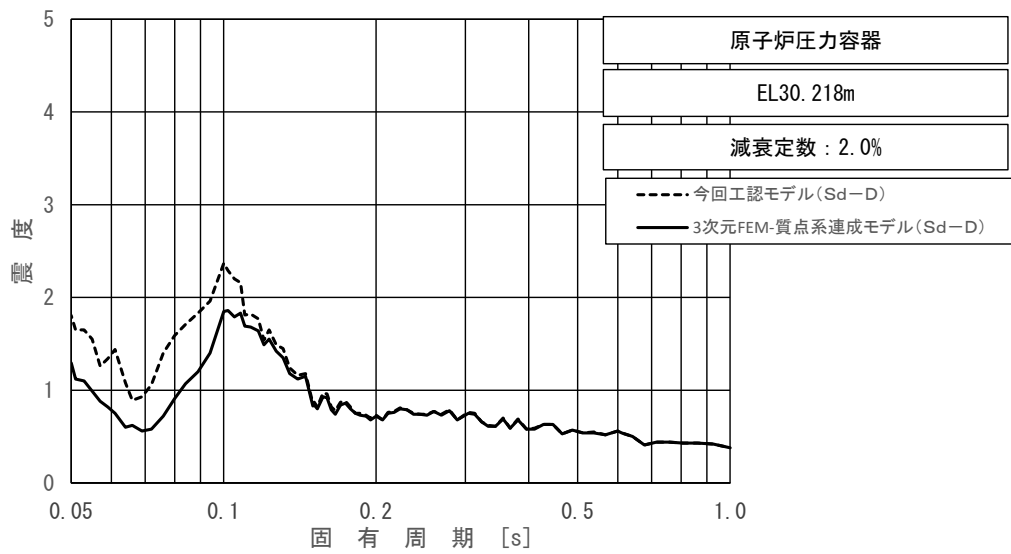
(弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉压力容器 EL31.557m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

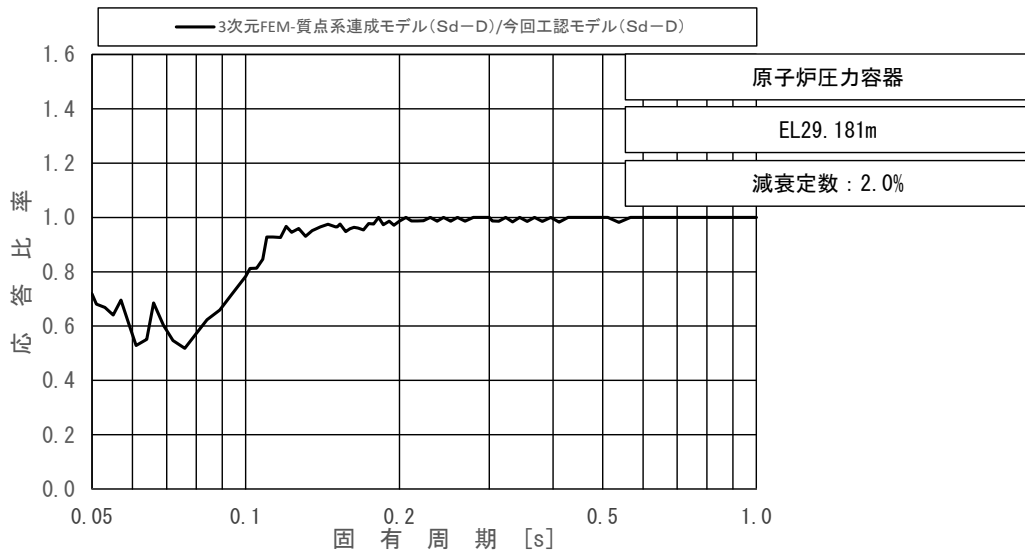
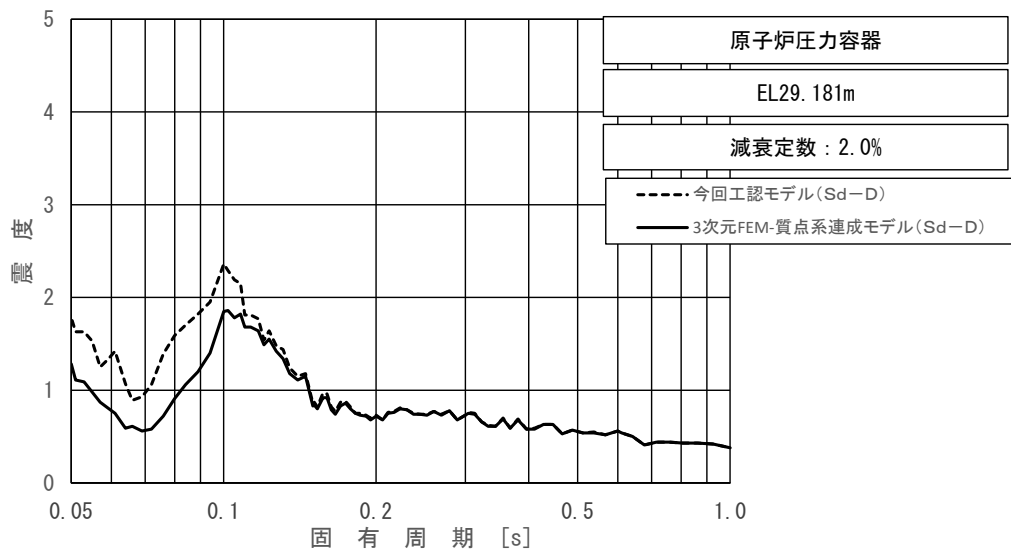
図 4-24 (7/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉压力容器 EL30.369m)





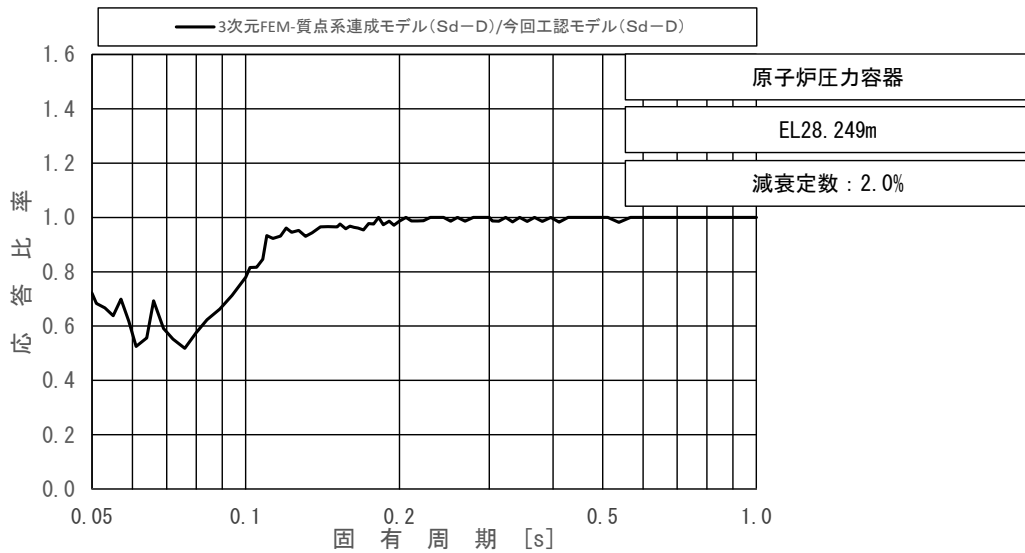
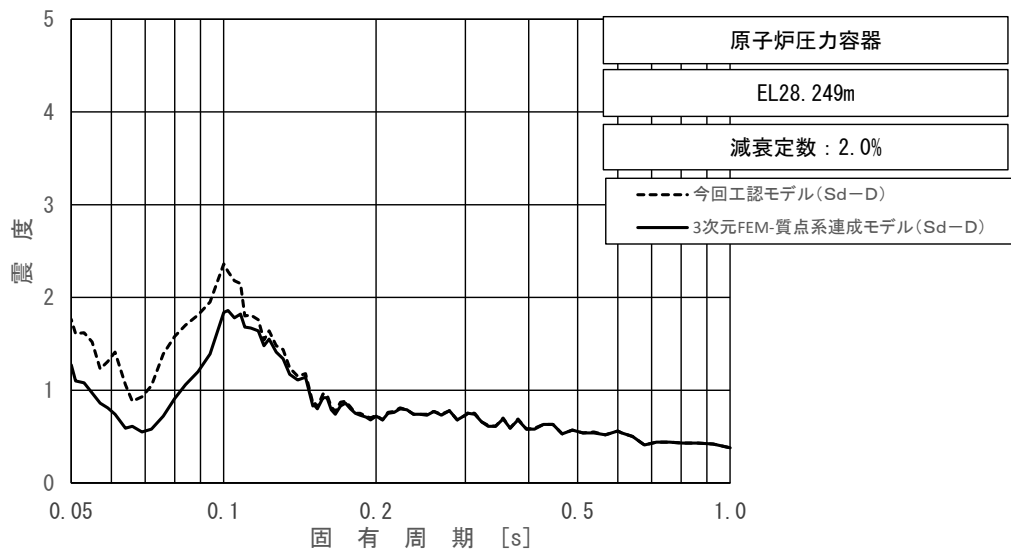
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-24 (8/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向: 原子炉压力容器 EL30.218m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-24 (9/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向: 原子炉压力容器 EL29.181m)

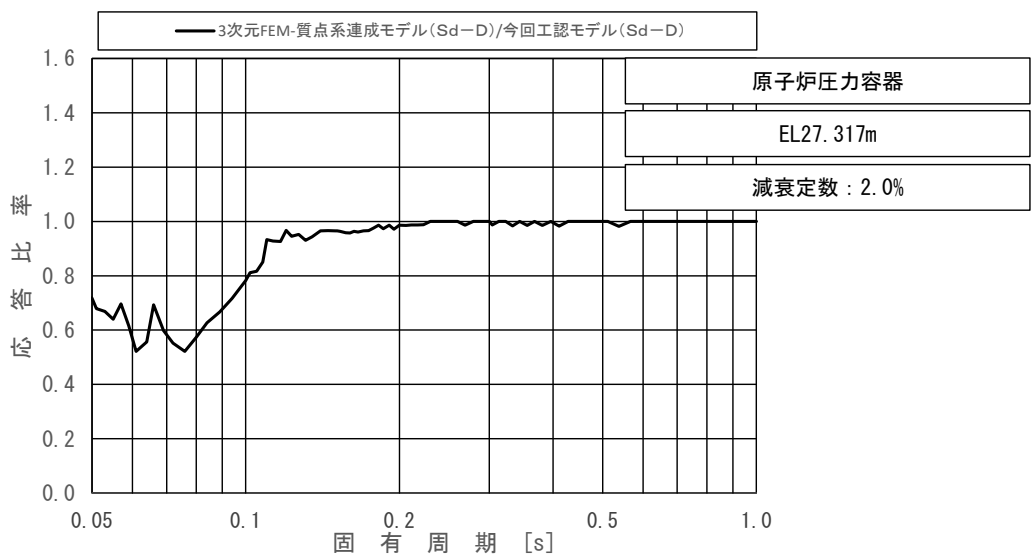
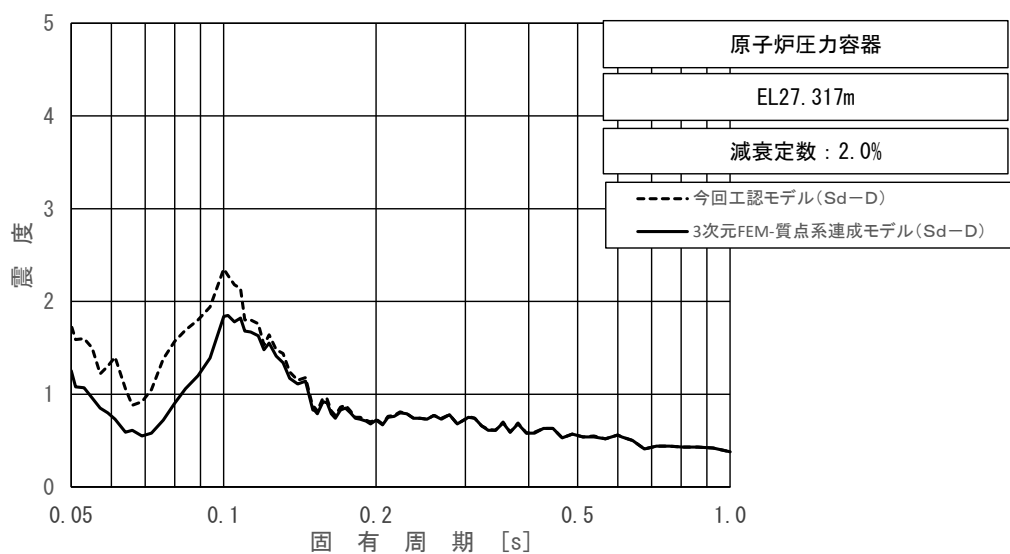


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

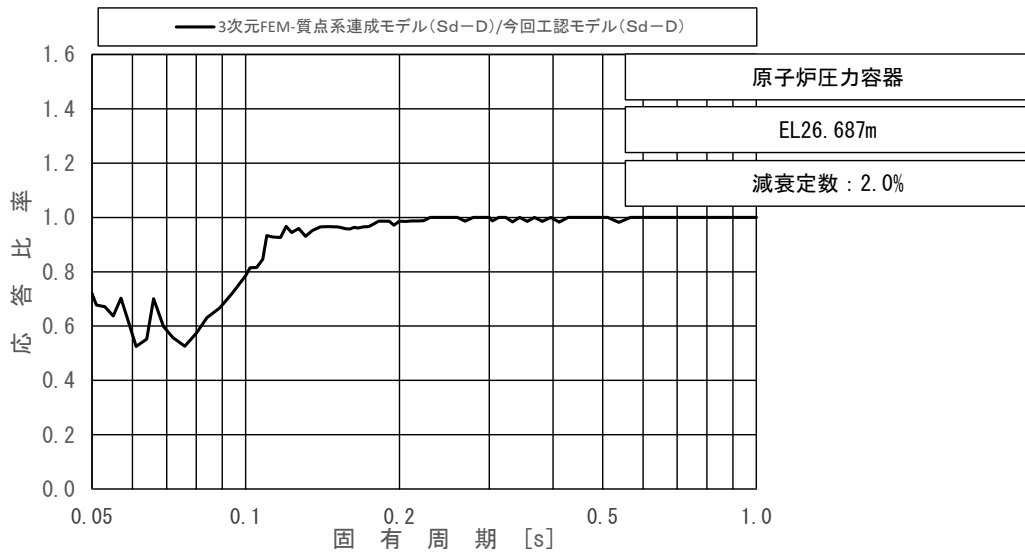
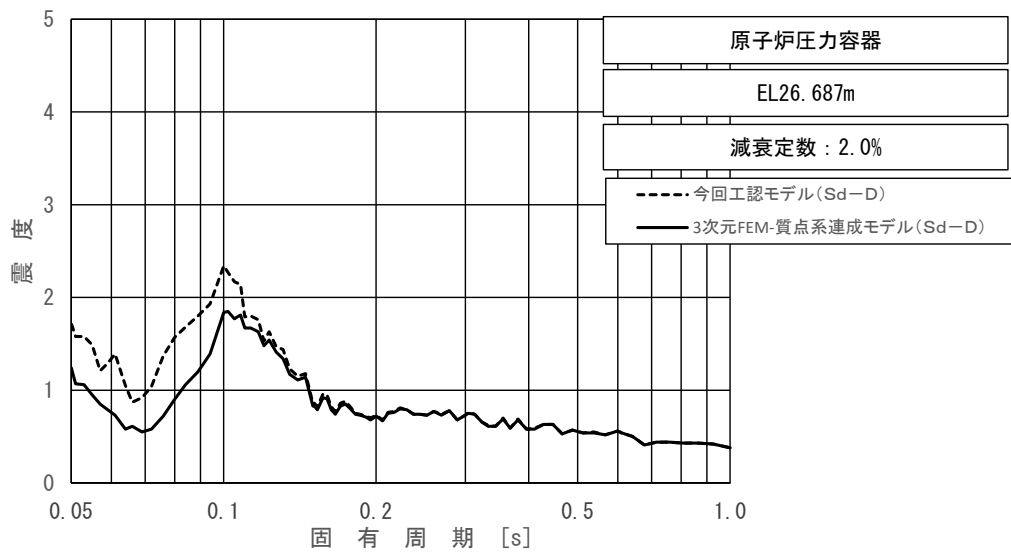
図 4-24 (10/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉压力容器 EL28.249m)



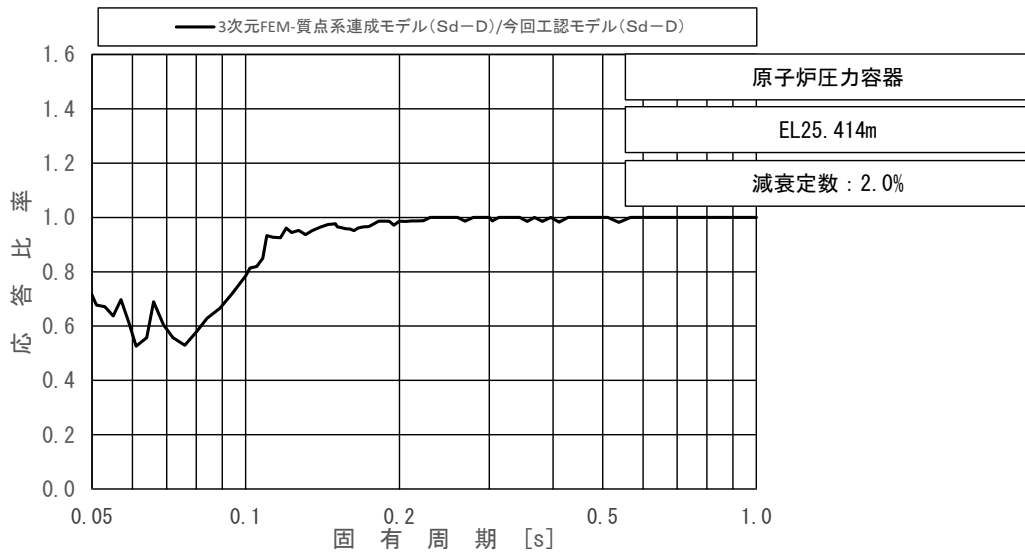
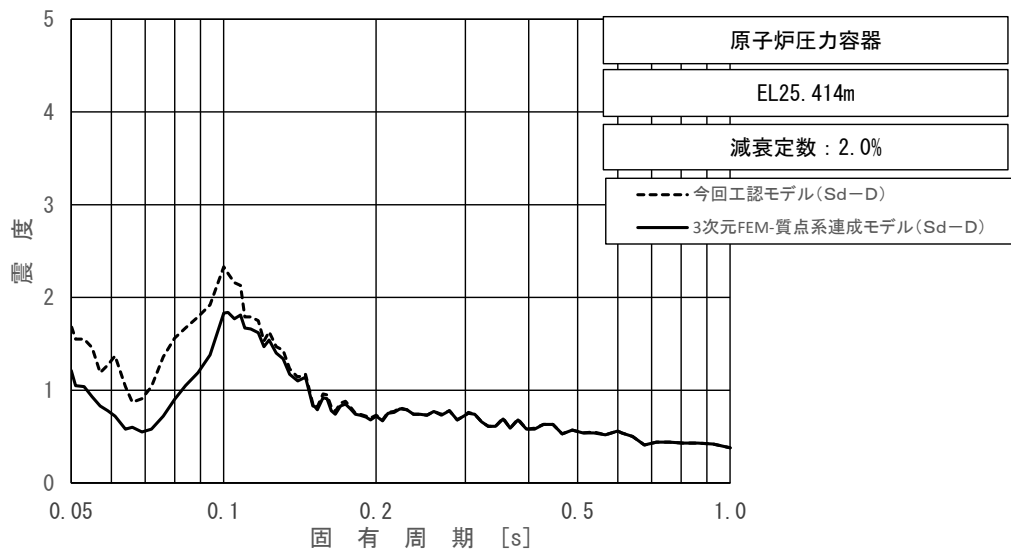
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-24 (11/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉压力容器 EL27.317m)



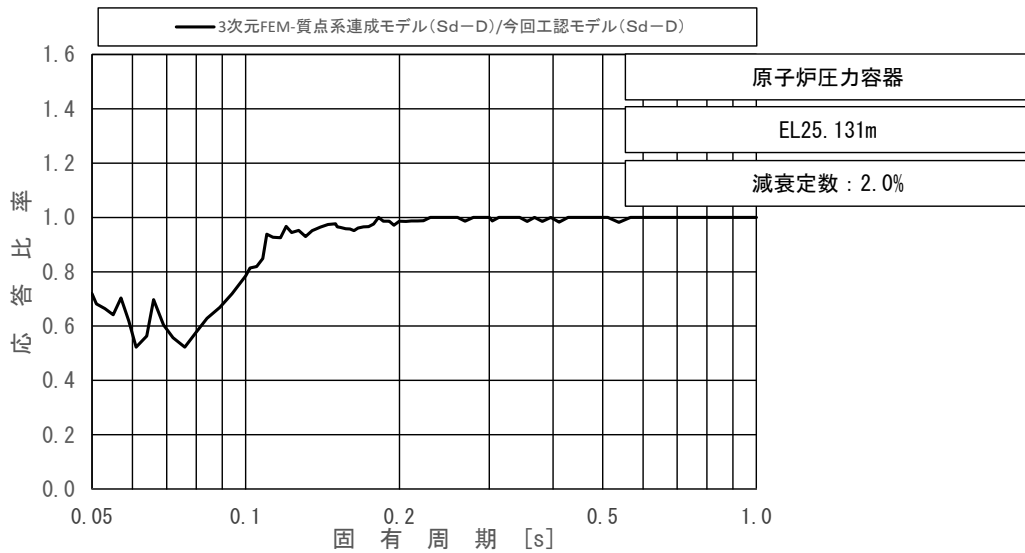
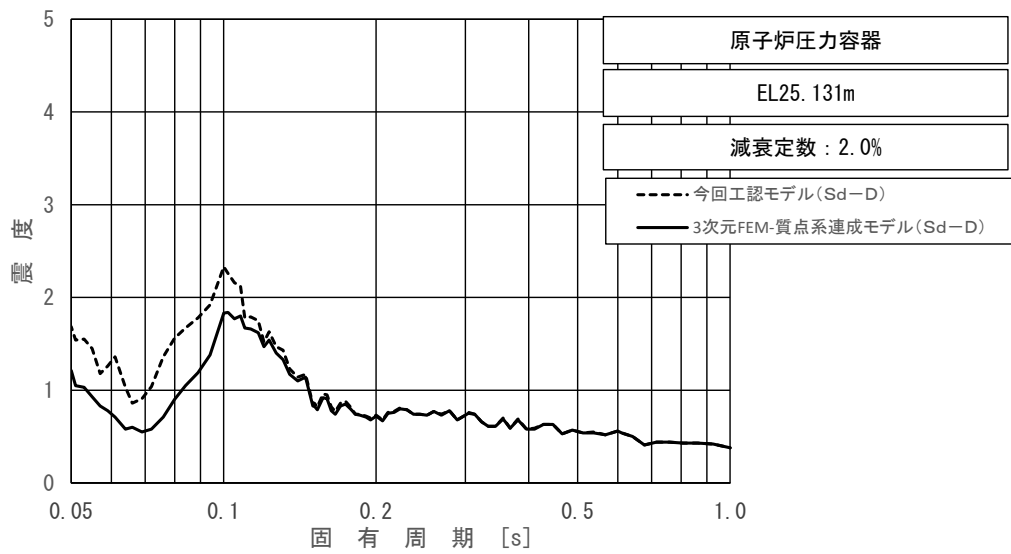
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-24 (12/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉压力容器 EL26.687m)



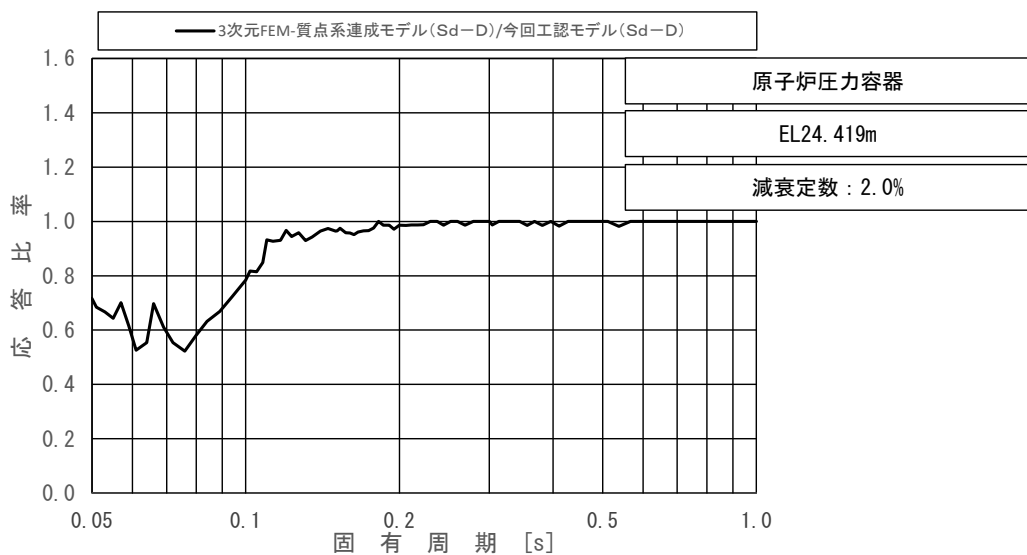
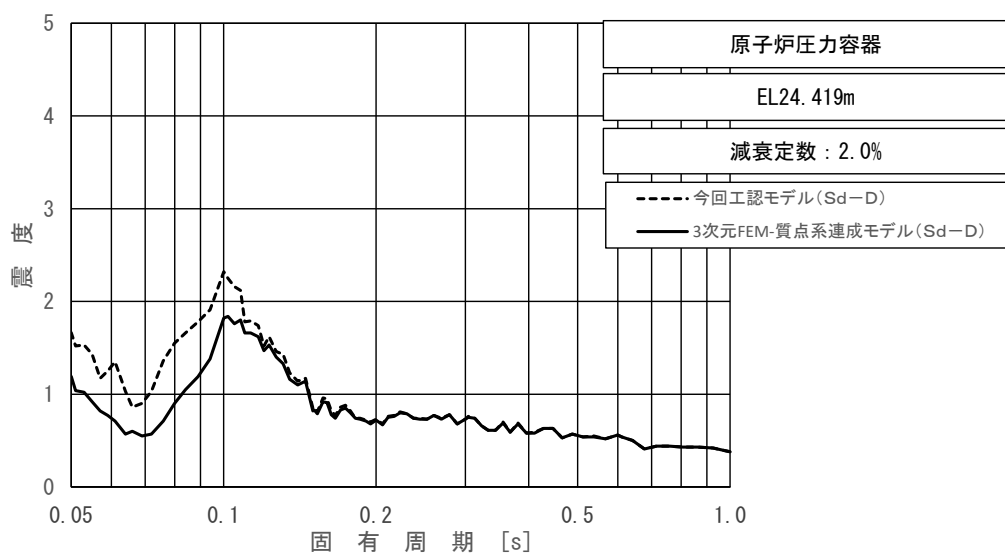
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-24 (13/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉压力容器 EL25.414m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

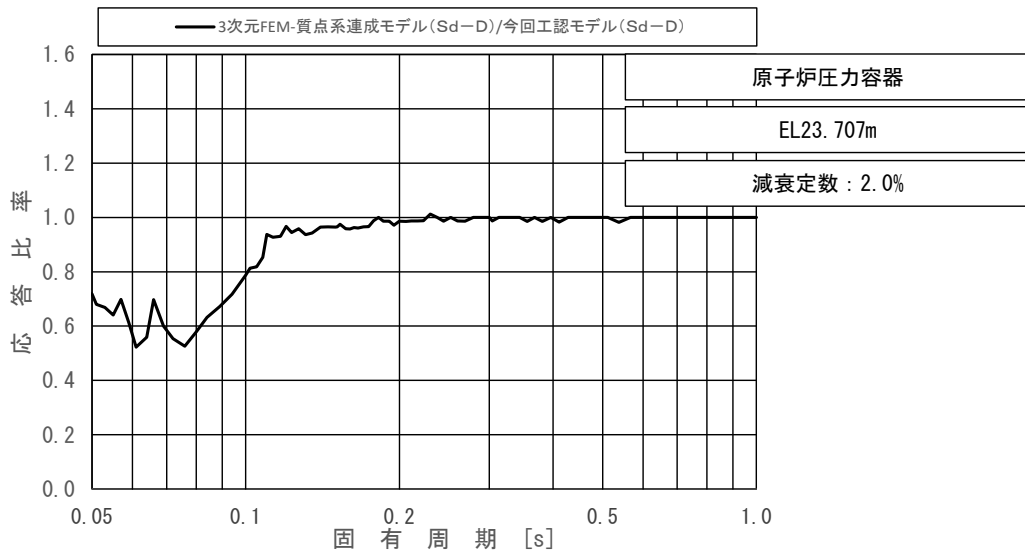
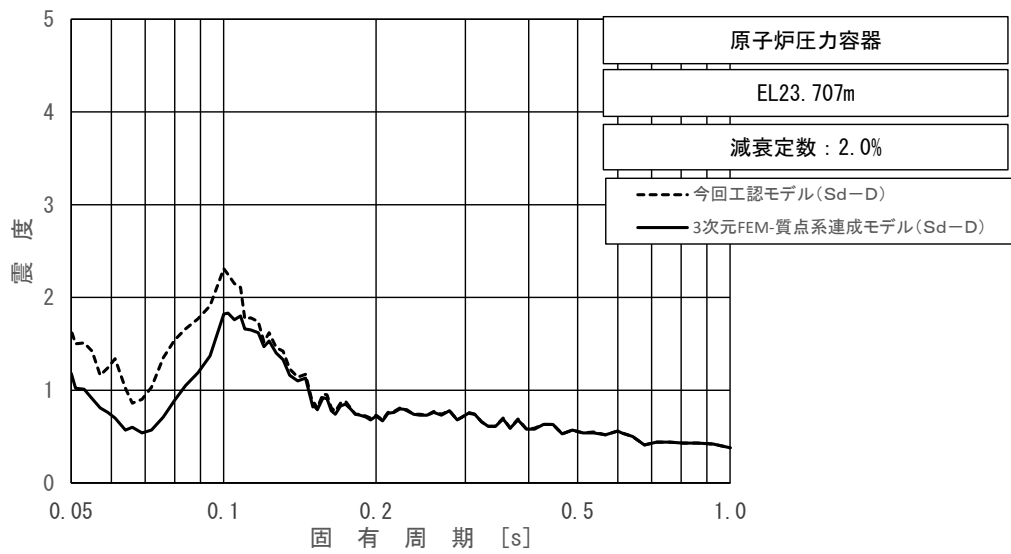
図 4-24 (14/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉压力容器 EL25.131m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

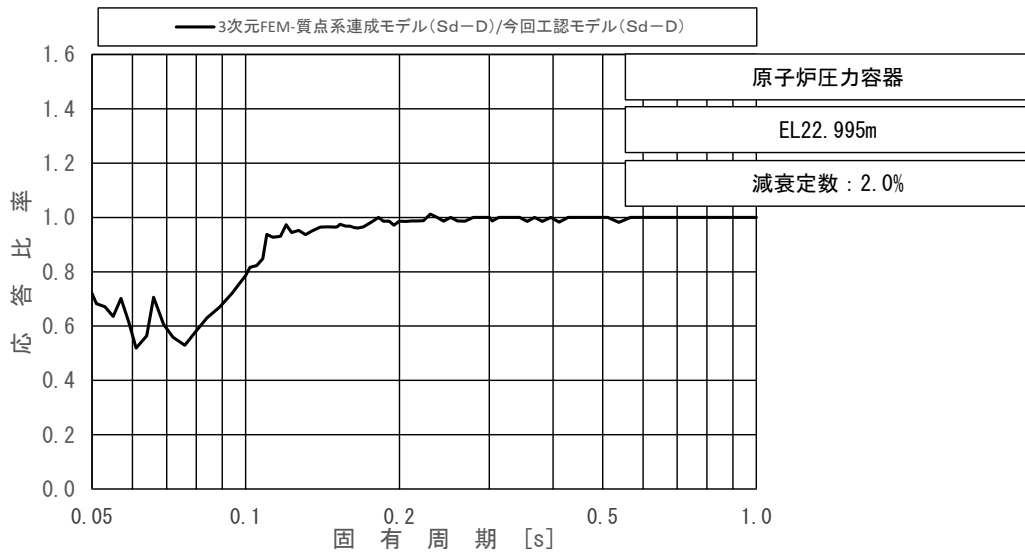
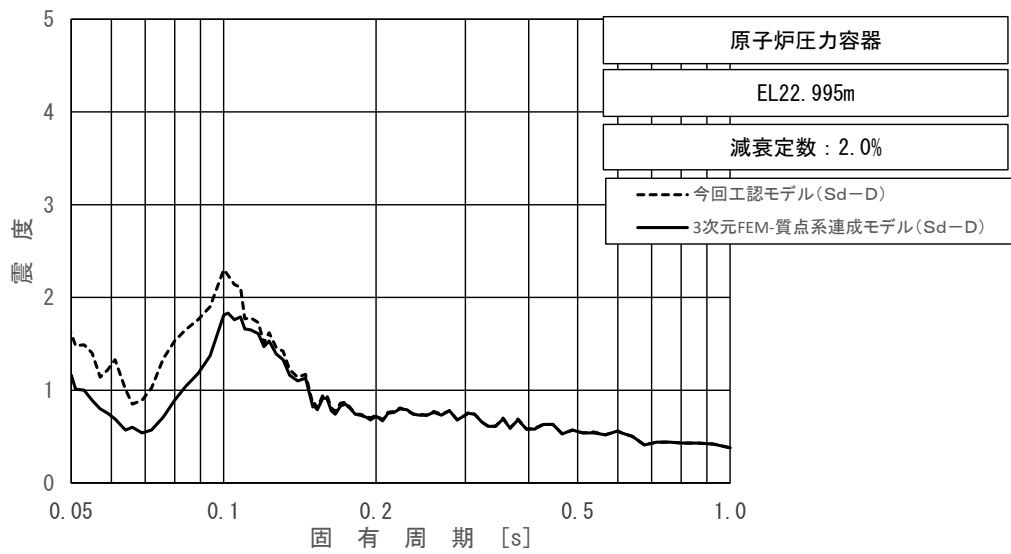
図 4-24 (15/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉压力容器 EL24.419m)





上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-24 (16/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向: 原子炉压力容器 EL23.707m)

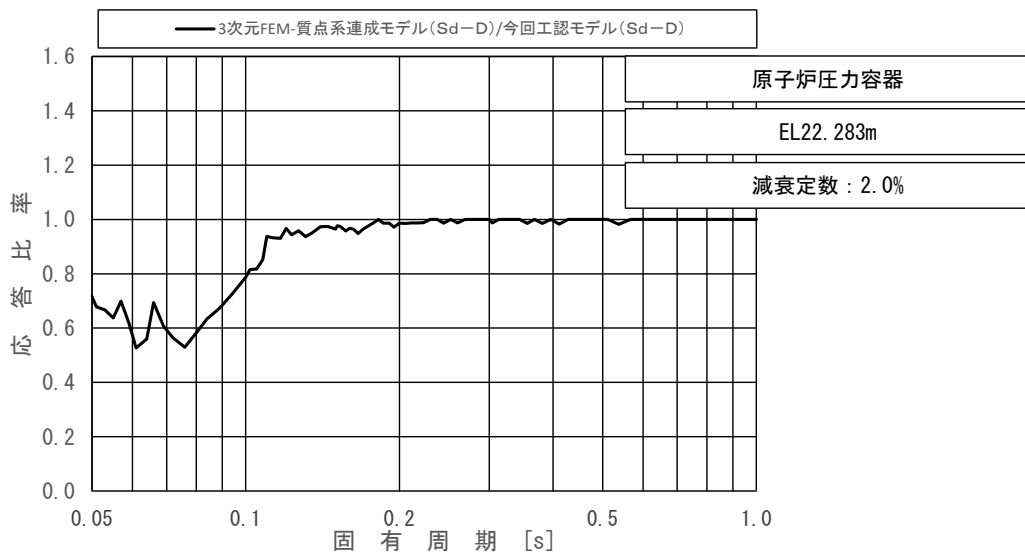
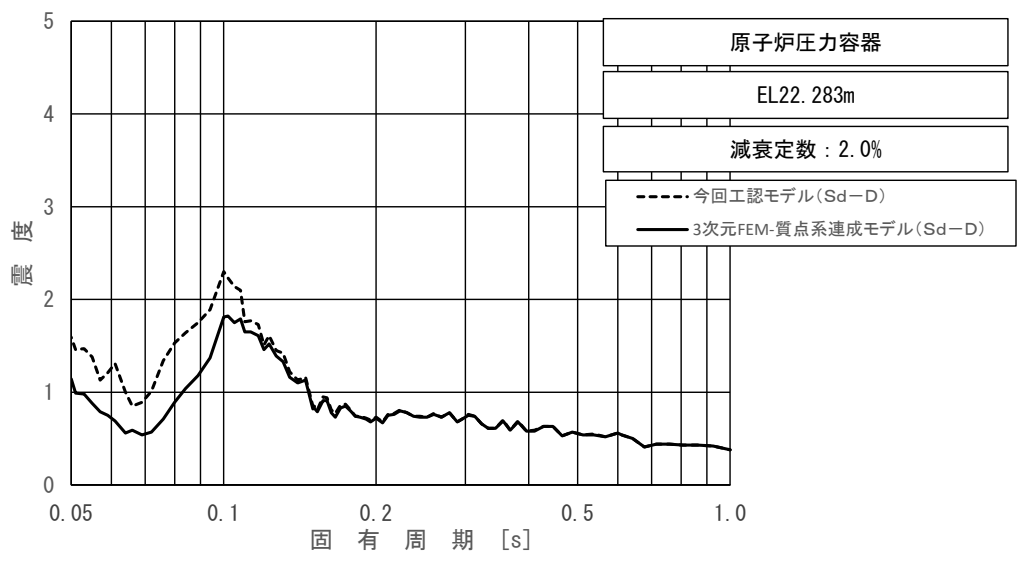


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

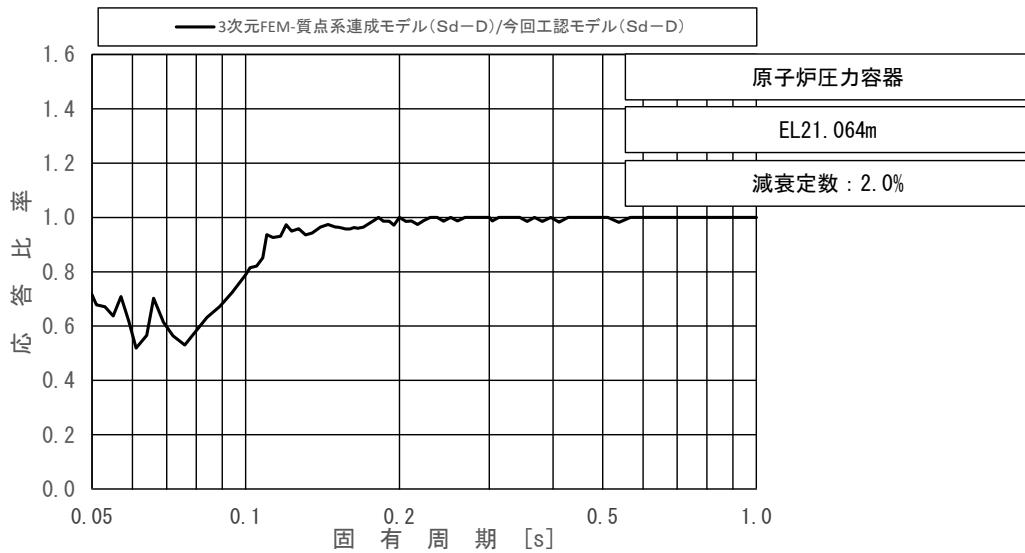
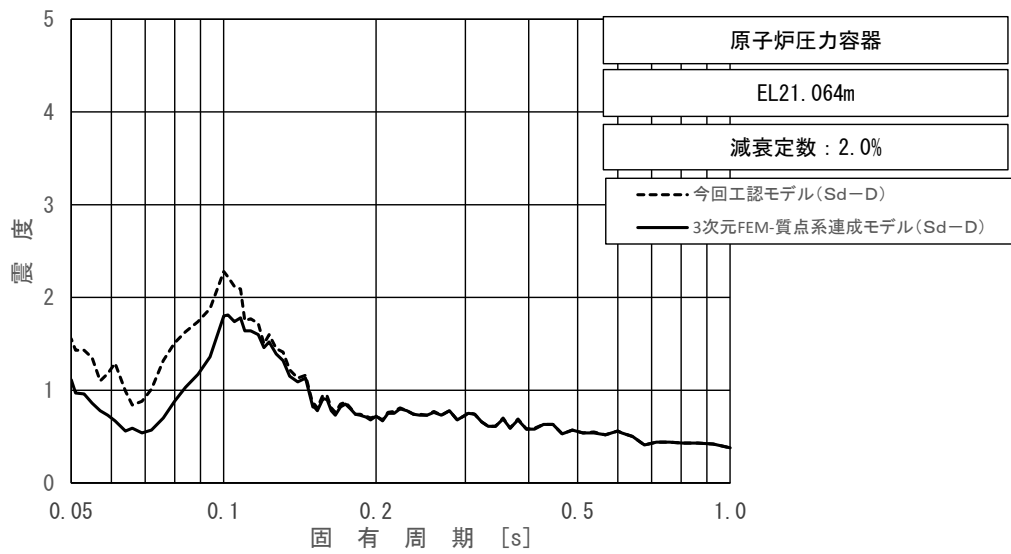
図 4-24 (17/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

(弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉压力容器 EL22.995m)



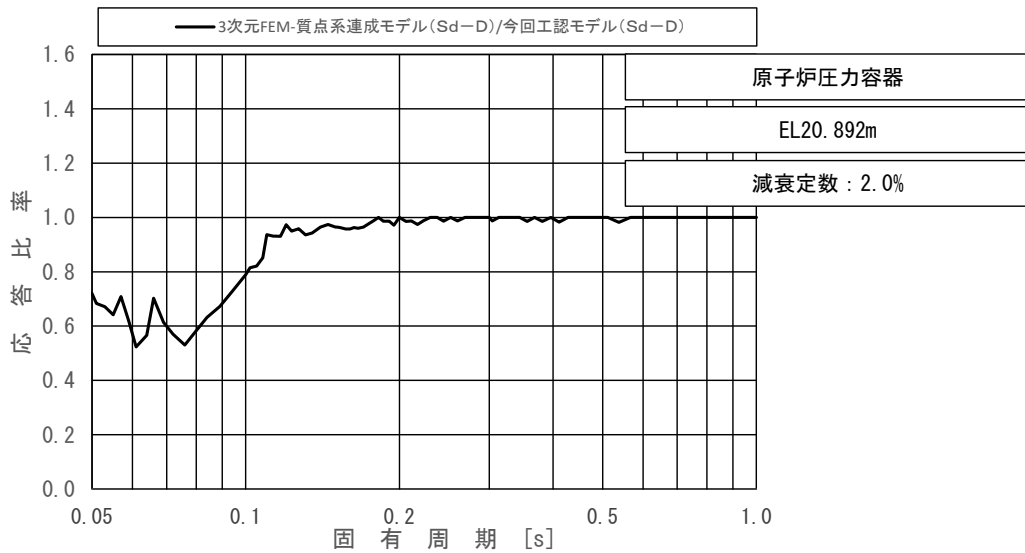
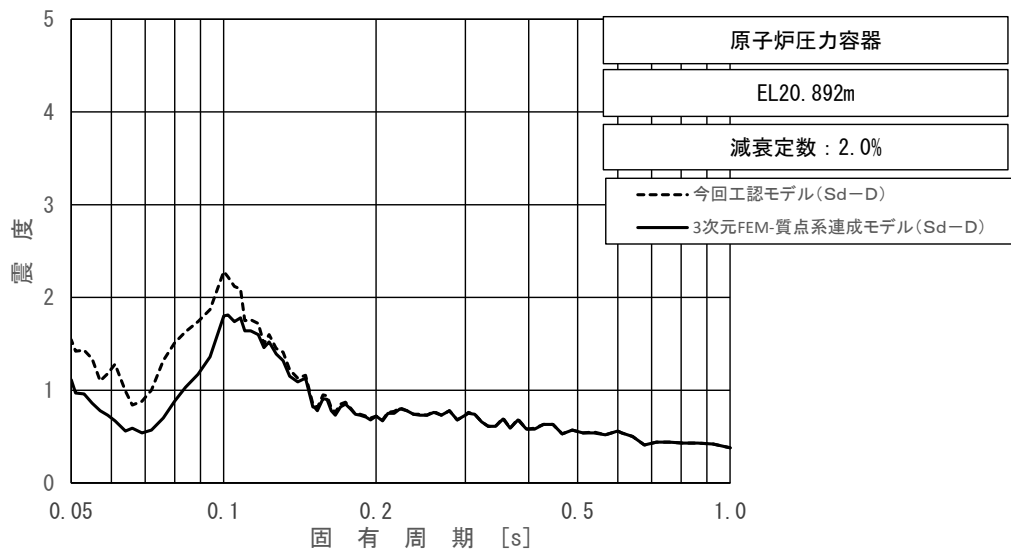
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-24 (18/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉压力容器 EL22. 283m)



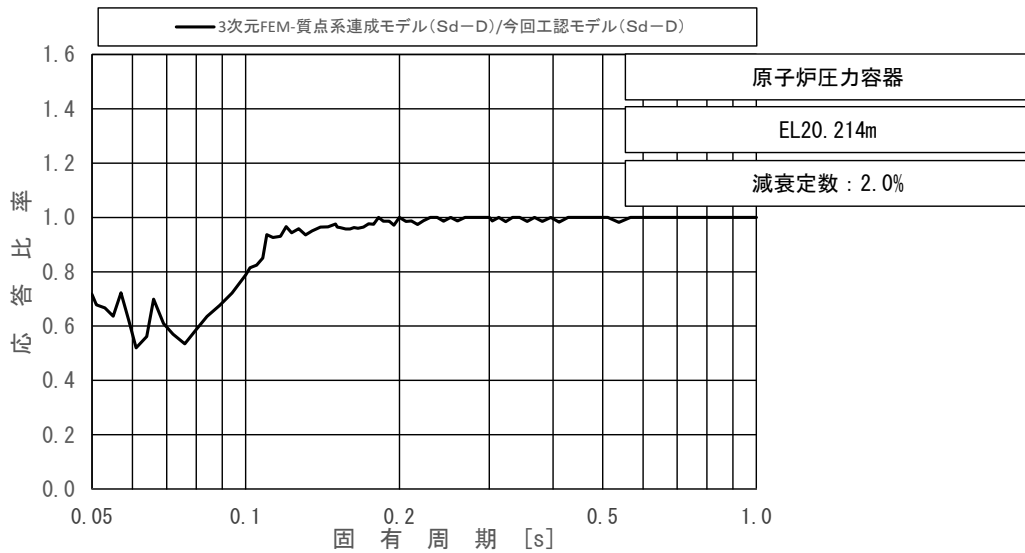
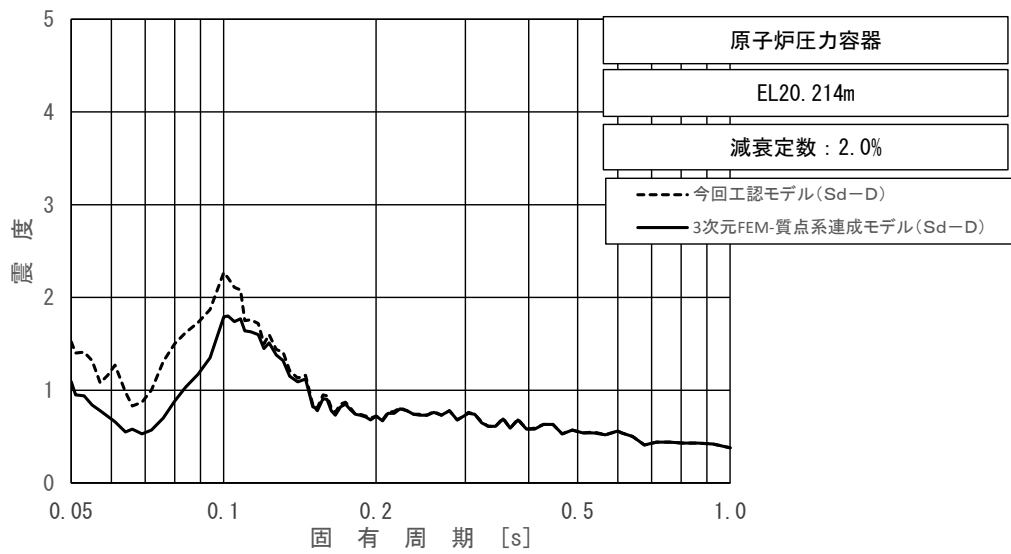
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-24 (19/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向: 原子炉压力容器 EL21.064m)



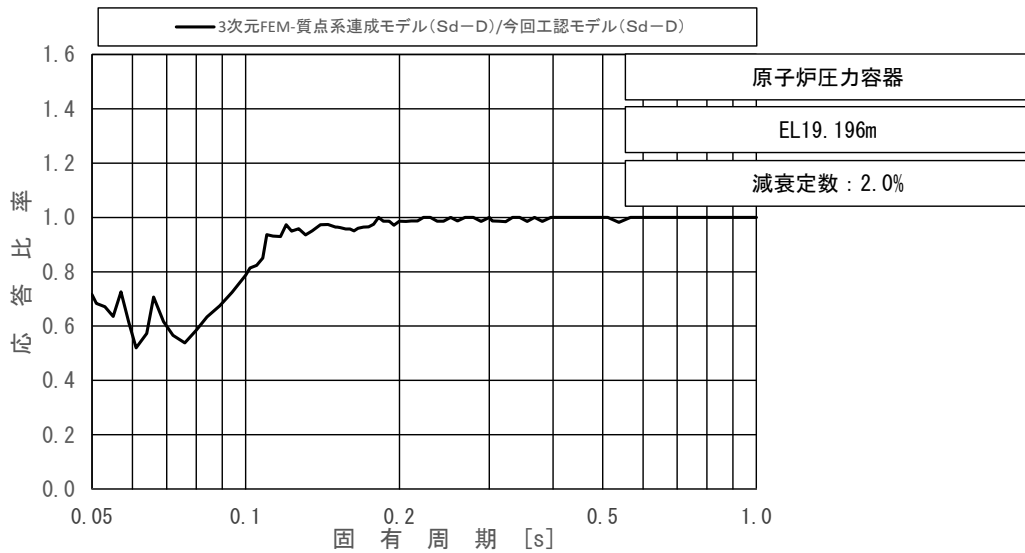
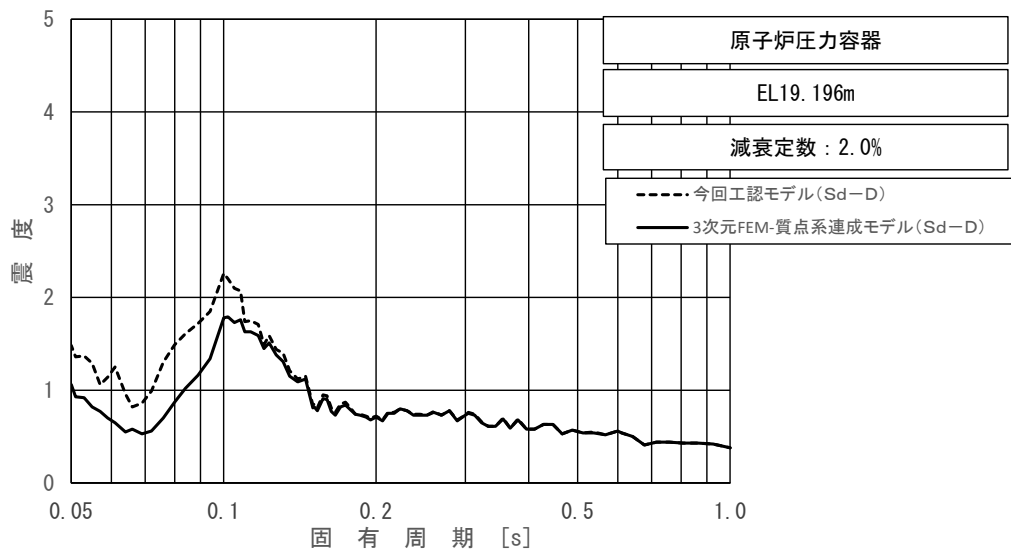
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-24 (20/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉压力容器 EL20.892m)



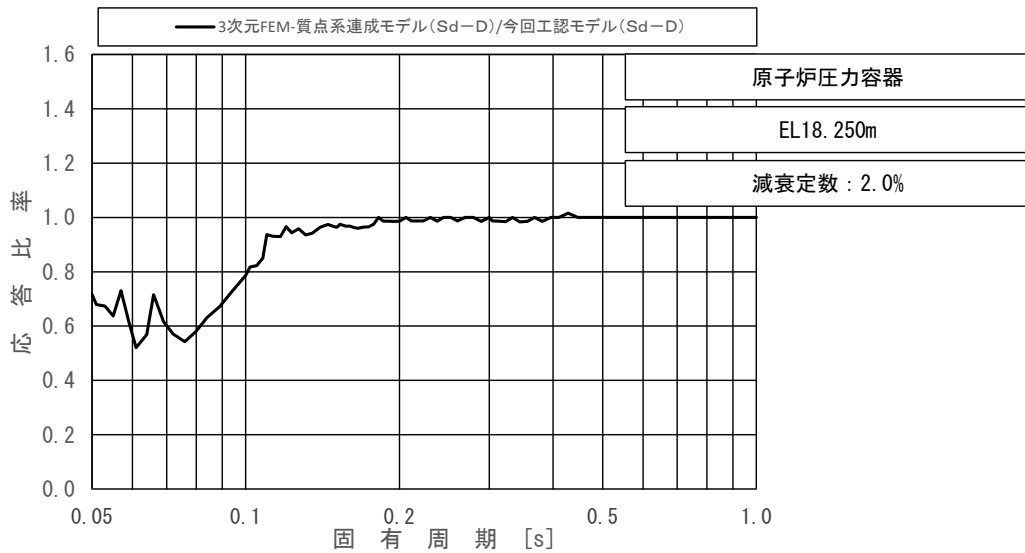
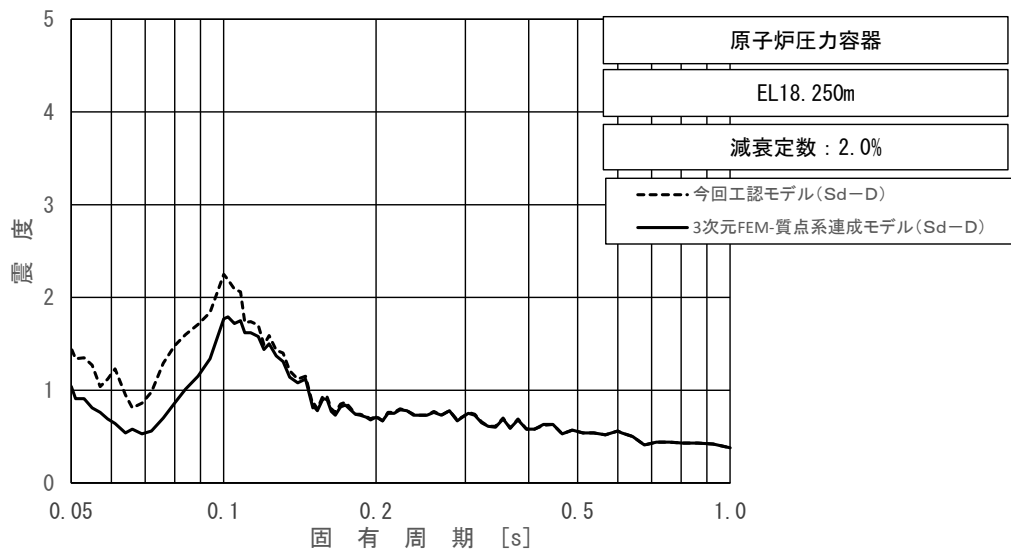
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-24 (21/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉压力容器 EL20.214m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

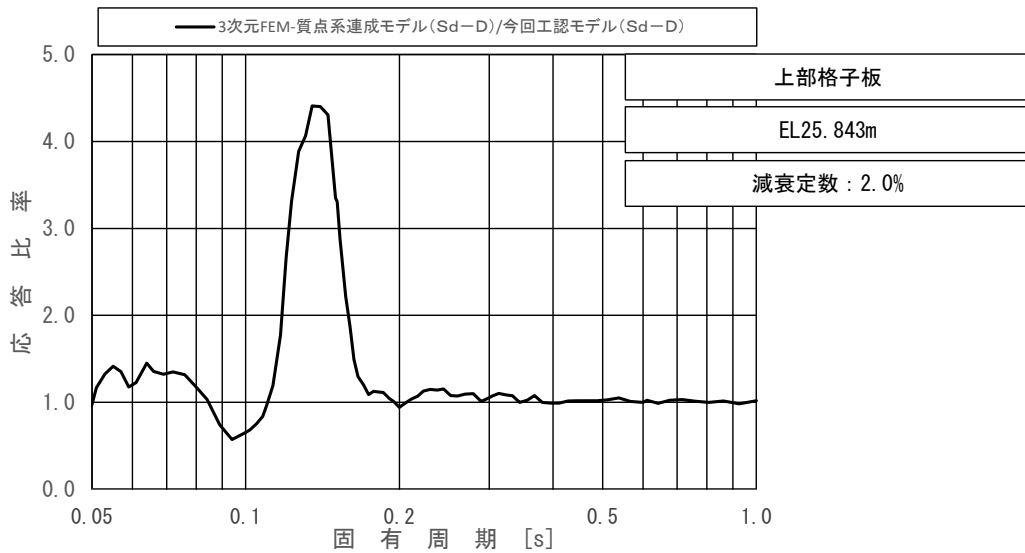
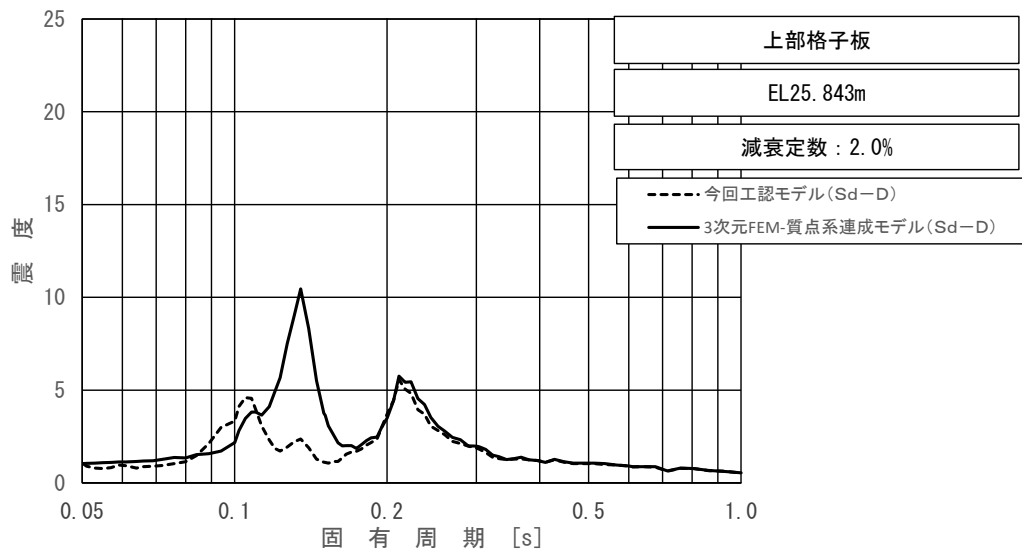
図 4-24 (22/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向: 原子炉压力容器 EL19.196m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-24 (23/23) 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 鉛直方向：原子炉压力容器 EL18.250m)

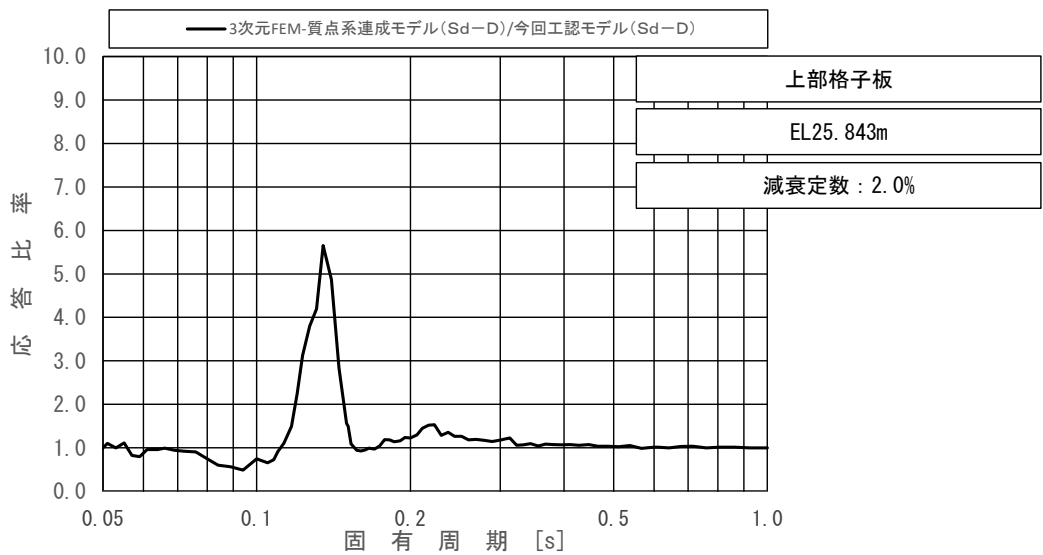
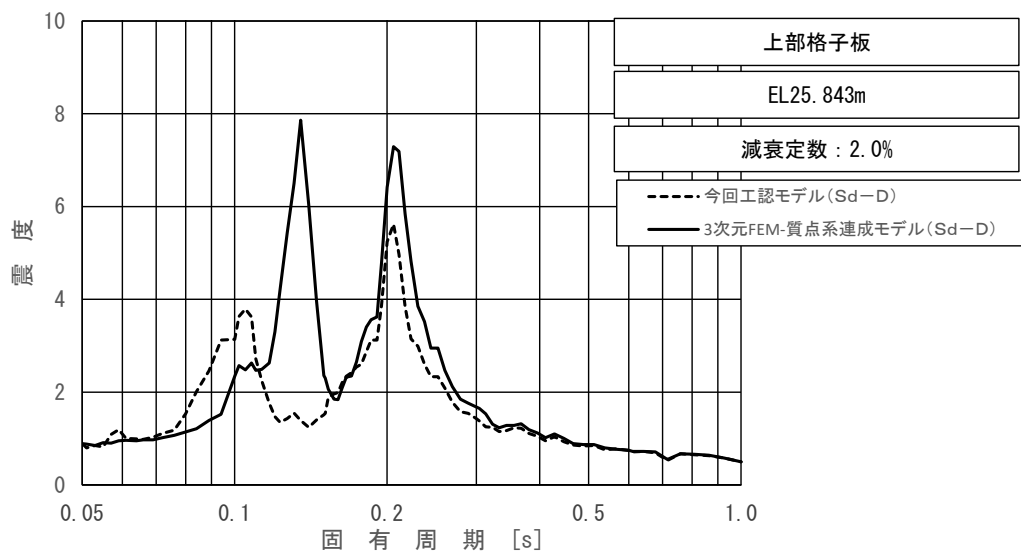




上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

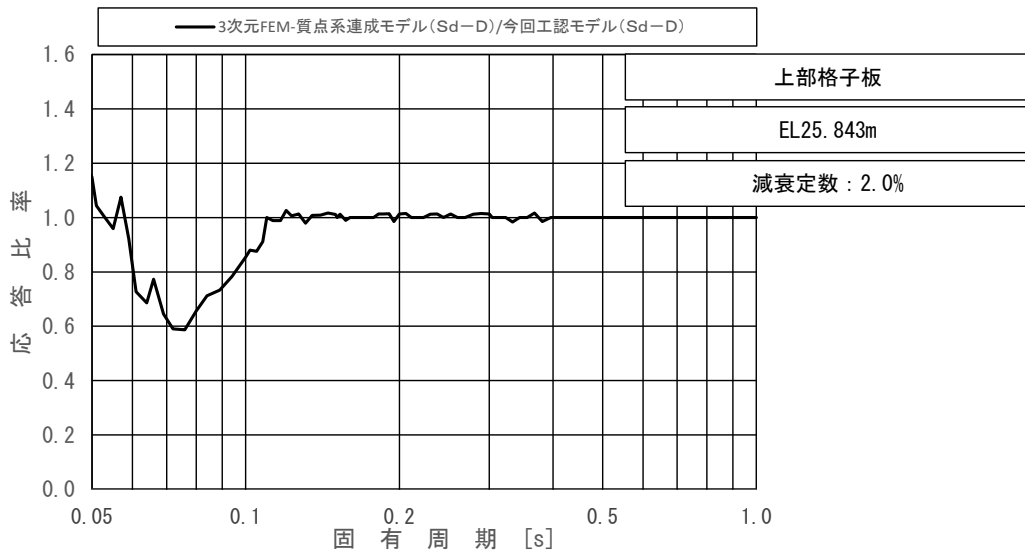
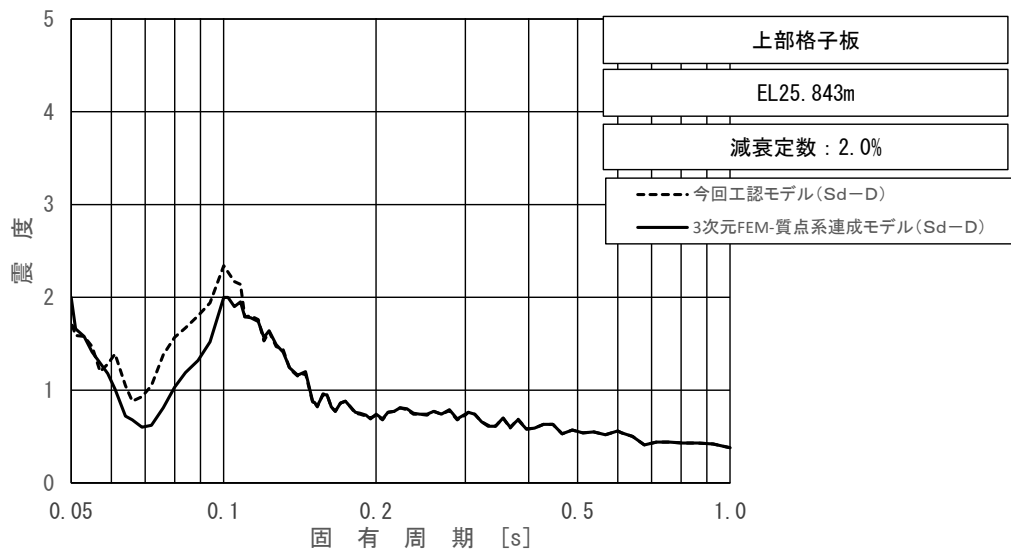
図 4-25 今回工認モデルと 3 次元 F E M-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率  
(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 上部格子板 EL25.843m)



上段：床応答スペクトル

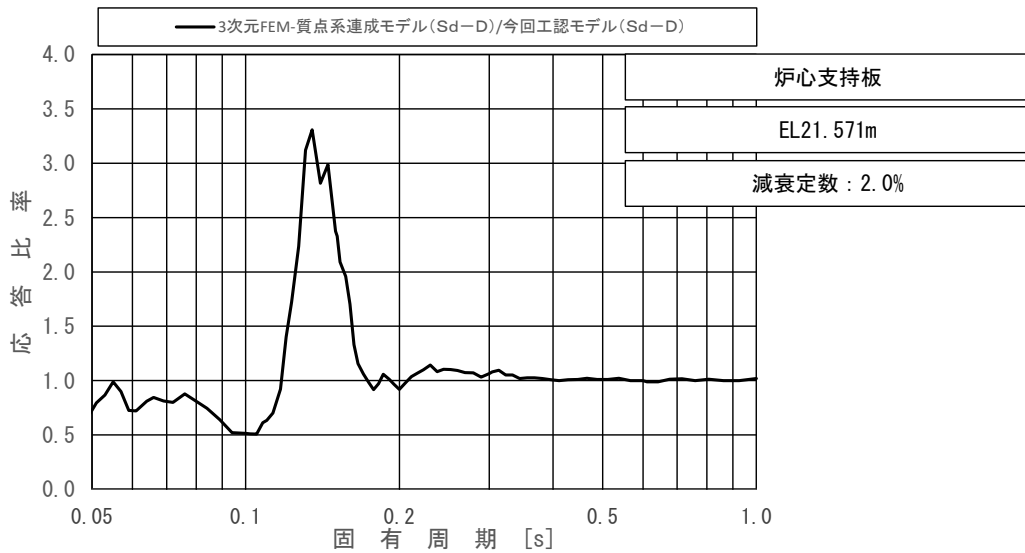
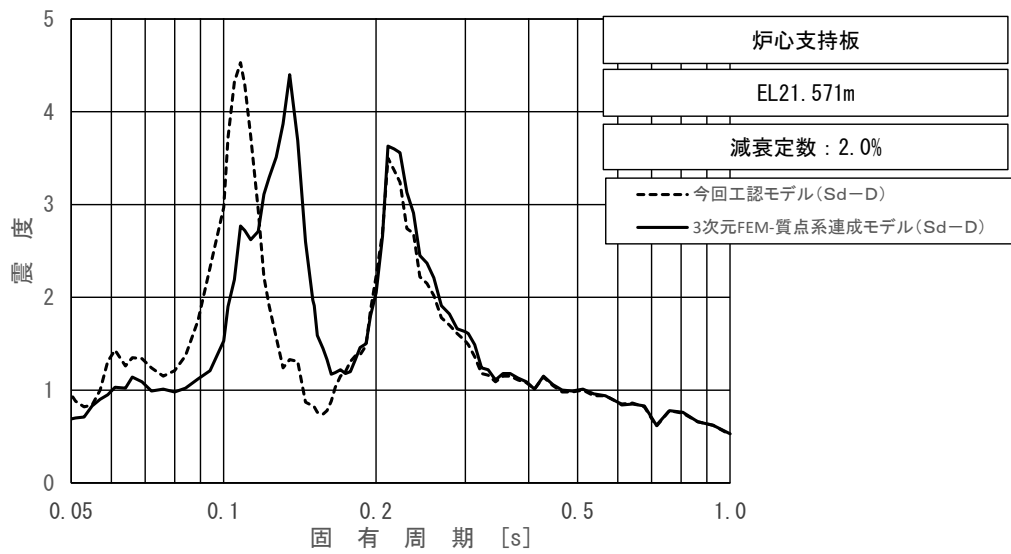
下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-26 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率  
(弾性設計用地震動Sd-D, 水平方向(EW): 上部格子板 EL25.843m)



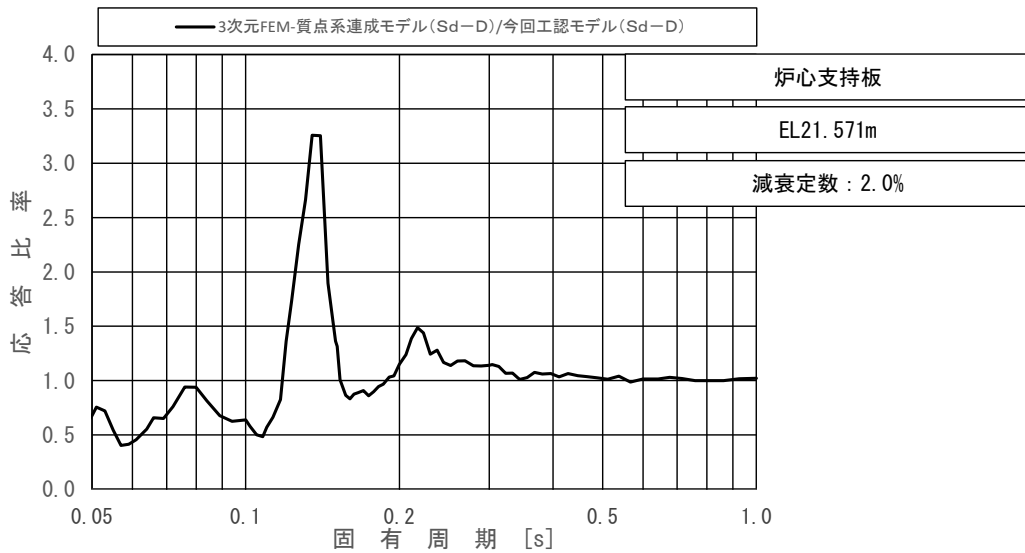
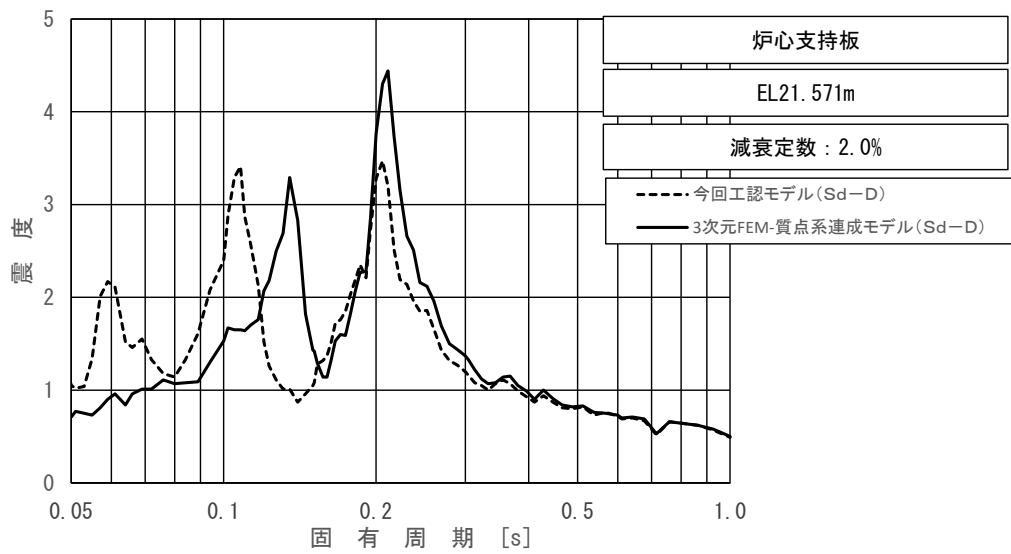
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-27 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動S d-D, 鉛直方向：上部格子板 EL25.843m)



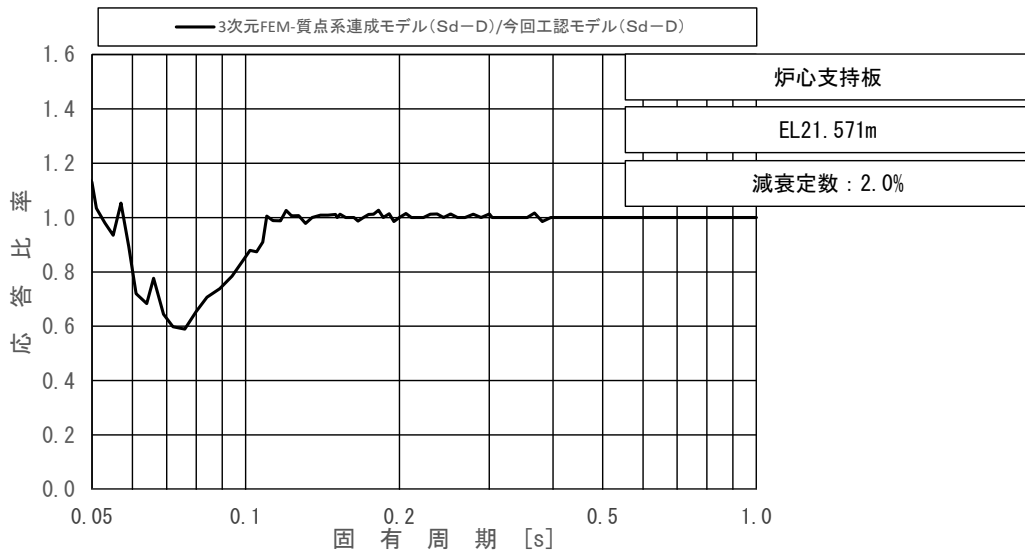
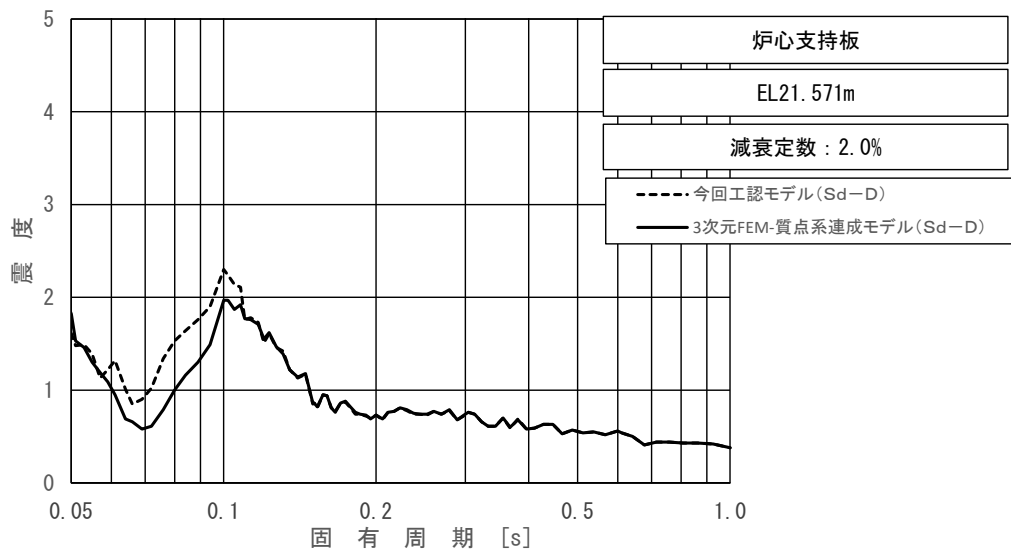
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-28 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 炉心支持板 EL21.571m)



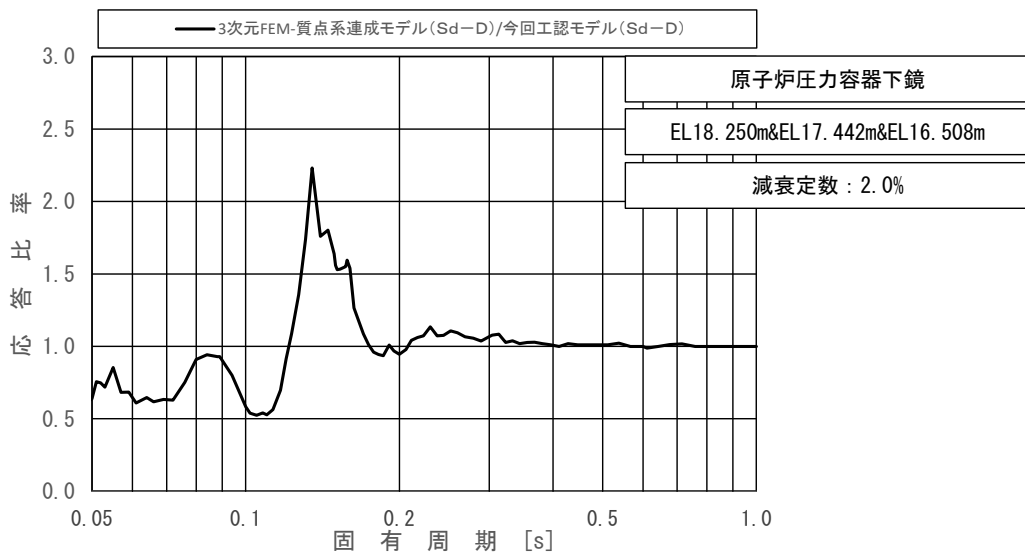
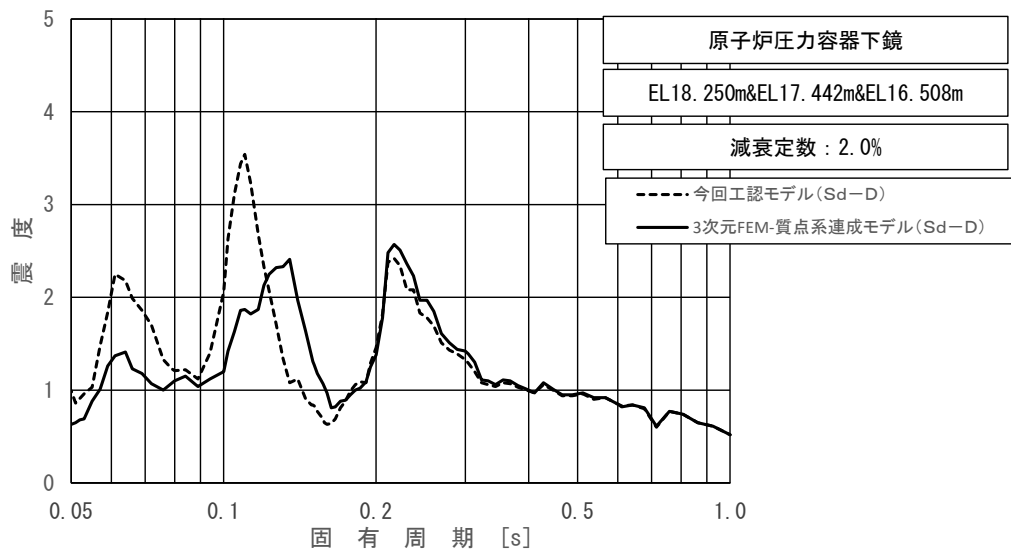
上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-29 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 炉心支持板 EL21.571m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-30 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動S d-D, 鉛直方向: 炉心支持板 EL21.571m)

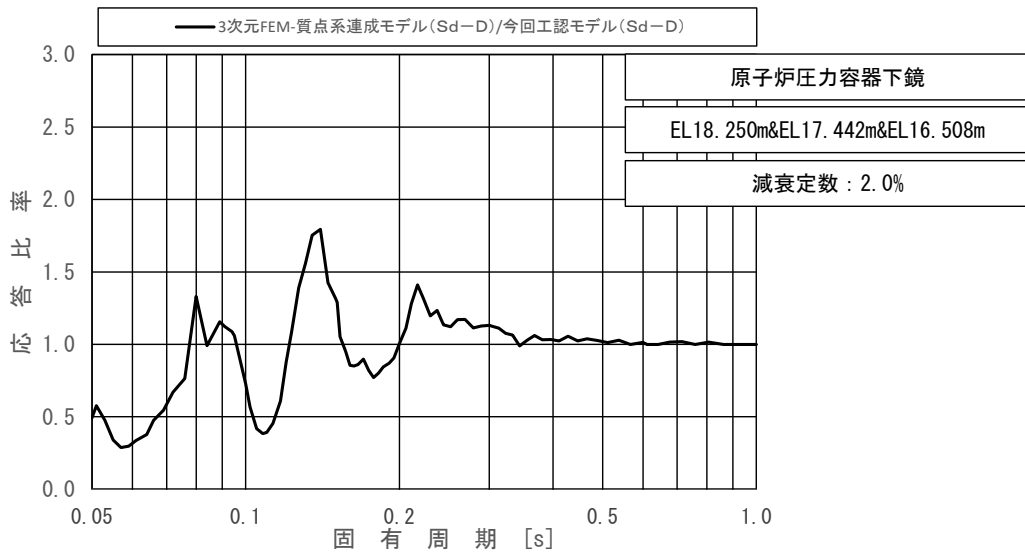
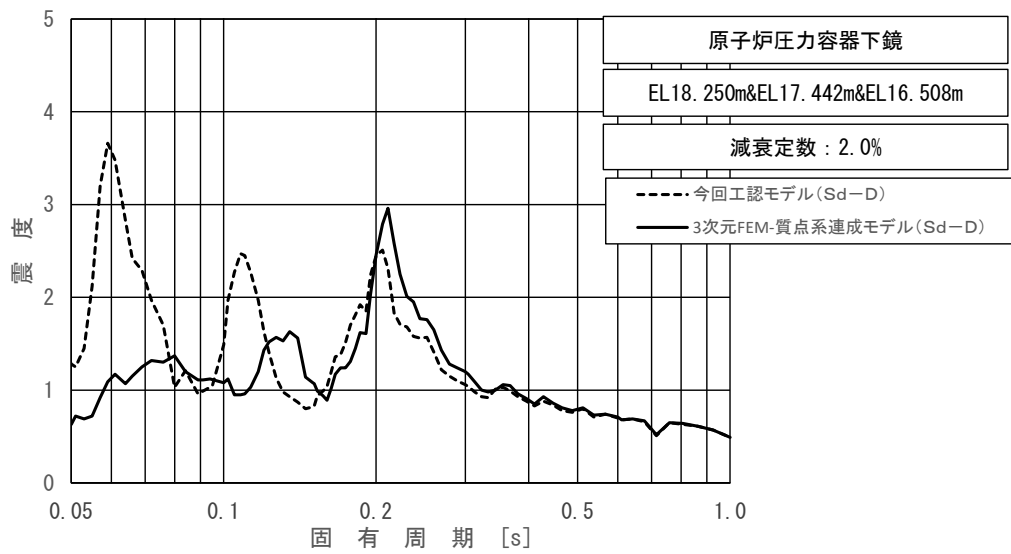


上段：床応答スペクトル

下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-31 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
床応答スペクトル及び応答比率

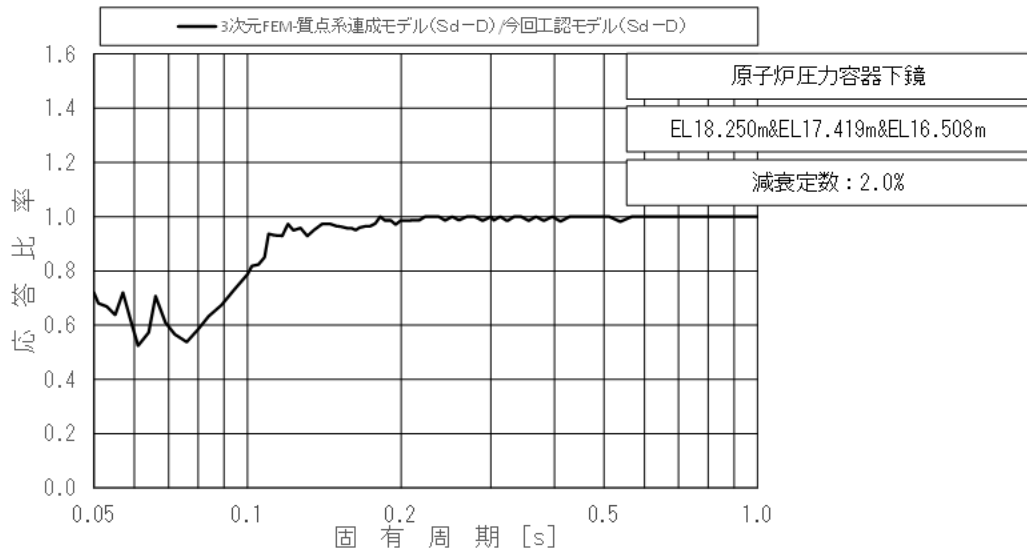
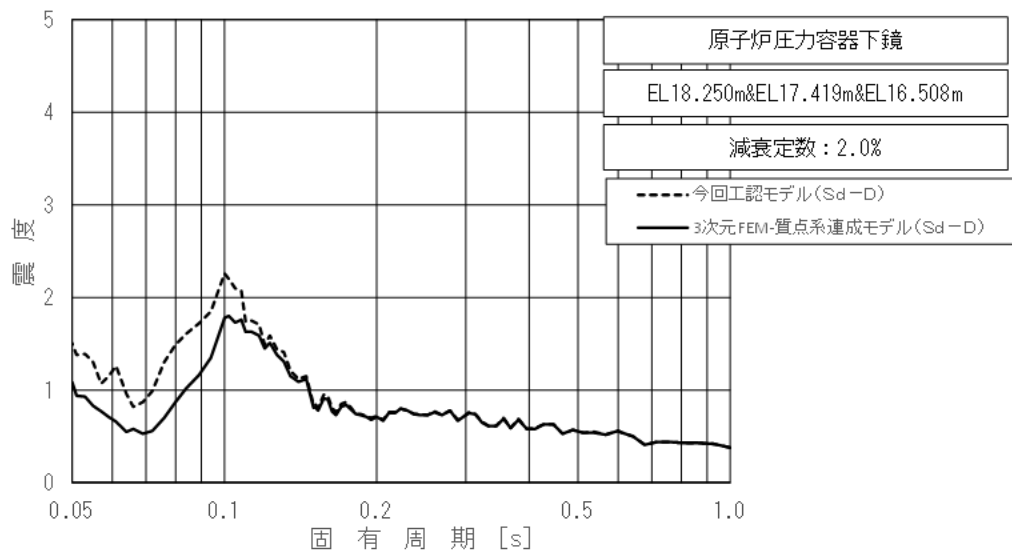
(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器下鏡  
EL18.250m, EL17.442m及びEL16.508m)



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-32 今回工認モデルと 3次元 FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器下鏡  
 EL18.250m, EL17.442m及びEL16.508m)





上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル応答比率

図 4-33 今回工認モデルと 3次元FEM-質点系連成モデルの  
 床応答スペクトル及び応答比率  
 (弾性設計用地震動Sd-D, 鉛直方向: 原子炉压力容器下鏡  
 EL18.250m, EL17.419m及びEL16.508m)

(3) 荷重の応答比率

荷重の応答比率を表4-13～表4-18に示す。なお、せん断力、モーメント、軸力及び相対変位の比較図を図4-34～図4-37示す。

表 4-13 (1/4) 荷重 (せん断力, 弾性設計用地震動 S d - D)

名称	標高 EL (m)	せん断力 (kN)		②/① 応答比率
		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成モデル	
原子炉格納容器	39.400	134	121	0.91
	37.060			
	34.758	271	246	0.91
	33.141	1670	1460	0.88
	29.392	2050	1840	0.90
	27.907	7660	6200	0.81
	22.932	8170	6660	0.82
	19.878	8800	7380	0.84
	16.825	9170	7900	0.87
	13.700	9940	8850	0.90
	11.900	10200	9160	0.90
	10.100	11000	10000	0.91
ガンマ線遮蔽壁	29.962	2700	1570	0.59
	26.981			
	24.000	3090	2430	0.79
	21.500	5170	4310	0.84
	19.000	7210	6310	0.88
		9150	8560	0.94
原子炉圧力容器 ペダスタル	15.944	17000	16900	1.00
	13.022			
	10.100	19600	19000	0.97

表 4-13 (2/4) 荷重 (せん断力, 弾性設計用地震動 S d - D)

名称	標高 EL(m)	せん断力(kN)		②/① 応答比率
		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成モデル	
原子炉压力容器	37.494	249	184	0.74
	36.586	523	388	0.75
	35.678	1600	1190	0.75
	33.993	1890	1260	0.67
	32.567	3660	2650	0.73
	31.557	4530	3310	0.74
	30.369	4780	3480	0.73
	30.218	1180	754	0.64
	29.181	1060	737	0.70
	28.249	1190	972	0.82
	27.317	1390	1170	0.85
	26.687	1660	1510	0.91
	25.414	2160	1890	0.88
	25.131	2410	2050	0.86
	24.419	2720	2250	0.83
	23.707	3040	2450	0.81
	22.995	3290	2610	0.80
	22.283	3600	2800	0.78
	21.064	3770	2910	0.78
	20.892	4000	3090	0.78
20.214	4260	3310	0.78	
19.196	5040	5750	1.15	
18.250	5820	6370	1.10	
15.944				

表 4-13 (3/4) 荷重 (せん断力, 弾性設計用地震動 S d - D)

名称	標高 EL (m)	せん断力 (kN)		②/① 応答比率
		① 今回工認 モデル	② 3次元 FEM- 質点系連成モデル	
気水分離器, スタンドパイプ, シュラウドヘッド 及び炉心シュラウ ド上部胴	31.557	39.6	58.3	1.48
	30.369			
	29.181	265	450	1.70
	28.249	387	699	1.81
	27.317	423	772	1.83
	26.687	468	852	1.83
	25.414	645	1210	1.88
炉心シュラウド 中間胴	25.843	1520	1510	1.00
	25.414			
	25.131	2030	2450	1.21
	24.419	2030	2500	1.24
	23.707	1990	2490	1.26
	22.995	1900	2460	1.30
	22.283	1820	2570	1.42
	21.064	1830	2700	1.48
炉心シュラウド 下部胴	21.571	1630	1520	0.94
	21.064			
	20.892	3150	3690	1.18
	20.214	3140	3710	1.19
	19.196	3080	3730	1.22

表 4-13 (4/4) 荷重 (せん断力, 弾性設計用地震動 S d - D)

名称	標高 EL (m)	せん断力 (kN)		②/① 応答比率
		① 今回工認 モデル	② 3次元 FEM- 質点系連成モデル	
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	17.442			
	17.419	127	36.6	0.29
	16.345	127	59.4	0.47
	15.248	81.7	34.0	0.42
	14.151	5.24	3.13	0.60
	13.054	77.2	29.5	0.39
燃料集合体	25.843			
	25.131	1440	1420	0.99
	24.419	1010	1030	1.02
	23.707	364	374	1.03
	22.995	394	377	0.96
	22.283	1020	1030	1.01
	21.571	1390	1420	1.03
		—	—	—
制御棒案内管	21.571			
	20.892	320	133	0.42
	20.214	241	89.0	0.37
	19.535	95.2	30.7	0.33
	18.856	80.2	35.0	0.44
	18.178	235	88.4	0.38
	17.499	341	129	0.38
		—	—	—
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	17.499			
	16.508	369	155	0.43
	15.644	49.5	36.9	0.75
	14.781	29.5	19.4	0.66
	13.917	7.54	3.15	0.42
	13.054	25.2	16.2	0.65

表 4-14 (1/4) 荷重 (モーメント, 弾性設計用地震動 S d - D)

名称	標高 EL (m)	モーメント (kN・m)		②/① 応答比率
		① 今回工認 モデル	② 3次元 FEM- 質点系連成モデル	
原子炉格納容器	39.400	—	—	—
	37.060	313	282	0.91
	34.758	935	847	0.91
	33.141	3450	3120	0.91
	29.392	11200	10100	0.91
	27.907	22200	18700	0.85
	22.932	62200	51200	0.83
	19.878	89000	73600	0.83
	16.825	117000	97700	0.84
	13.700	148000	126000	0.86
	11.900	166000	142000	0.86
	10.100	186000	160000	0.87
ガンマ線遮蔽壁	29.962	—	—	—
	26.981	8030	4080	0.51
	24.000	13800	11300	0.82
	21.500	23800	21200	0.90
	19.000	38400	35200	0.92
原子炉圧力容器 ペDESTAL	15.944	66000	61000	0.93
		115000	118000	1.03
	13.022	159000	167000	1.06
	10.100	209000	222000	1.07

表 4-14 (2/4) 荷重 (モーメント, 弾性設計用地震動 S d - D)

名称	標高 EL (m)	モーメント (kN・m)		②/① 応答比率
		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成モデル	
原子炉压力容器	37.494	—	—	—
	36.586	226	167	0.74
	35.678	700	519	0.75
	33.993	3400	2530	0.75
	32.567	6010	3740	0.63
	31.557	9700	6420	0.67
	30.369	15100	10400	0.69
	30.218	15800	11900	0.76
	29.181	15300	11800	0.78
	28.249	15700	12000	0.77
	27.317	16600	12800	0.78
	26.687	17300	13400	0.78
	25.414	19200	14900	0.78
	25.131	19800	15300	0.78
	24.419	21200	16500	0.78
	23.707	22900	17700	0.78
	22.995	25000	19400	0.78
	22.283	27300	21300	0.79
	21.064	31500	24600	0.79
	20.892	32200	25100	0.78
20.214	34800	27200	0.79	
19.196	39000	38300	0.99	
18.250	42200	43200	1.03	
15.944	52800	57300	1.09	

表 4-14 (3/4) 荷重 (モーメント, 弾性設計用地震動 S d - D)

名称	標高 EL (m)	モーメント (kN・m)		②/① 応答比率
		① 今回工認 モデル	② 3次元 FEM- 質点系連成モデル	
気水分離器, スタンドパイプ, シュラウドヘッド 及び 炉心シュラウド 上部胴	31.557	—	—	—
	30.369	47.0	69.3	1.48
	29.181	361	599	1.66
	28.249	721	1250	1.74
	27.317	1120	1970	1.76
	26.687	1410	2510	1.79
	25.414	2180	4040	1.86
炉心シュラウド 中間胴	25.843	—	—	—
	25.414	649	644	1.00
		2670	4220	1.59
	25.131	3200	4790	1.50
	24.419	4550	6310	1.39
	23.707	5890	7950	1.35
	22.995	7190	9700	1.35
	22.283	8450	11600	1.38
21.064	10700	14800	1.39	
炉心シュラウド 下部胴	21.571	—	—	—
	21.064	825	768	0.94
		11200	15100	1.35
	20.892	11800	15600	1.33
	20.214	13800	17900	1.30
19.196	16800	21700	1.30	



表 4-14 (4/4) 荷重 (モーメント, 弾性設計用地震動 S d - D)

名称	標高 EL (m)	モーメント (kN・m)		②/① 応答比率
		① 今回工認 モデル	② 3次元 FEM- 質点系連成モデル	
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	17.442	144	66.5	0.47
	17.419	144	66.5	0.47
	16.345	10.2	4.83	0.48
	15.248	85.2	34.6	0.41
	14.151	84.7	36.6	0.44
	13.054	—	—	—
燃料集合体	25.843	—	—	—
	25.131	1030	1010	0.99
	24.419	1740	1740	1.00
	23.707	1990	2010	1.02
	22.995	1710	1740	1.02
	22.283	988	1010	1.03
	21.571	—	—	—
制御棒案内管	21.571	—	—	—
	20.892	217	90.2	0.42
	20.214	381	151	0.40
	19.535	445	171	0.39
	18.856	391	148	0.38
	18.178	232	87.6	0.38
	17.499	—	—	—
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	17.499	—	—	—
	16.508	365	154	0.43
		48.0	35.8	0.75
	15.644	12.5	5.67	0.46
	14.781	19.9	12.8	0.65
	13.917	21.8	14.0	0.65
	13.054	—	—	—

表 4-15 (1/4) 荷重 (軸力, 弾性設計用地震動 S d - D)

名称	標高 EL (m)	軸力 (kN)		②/① 応答比率
		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成モデル	
原子炉格納容器	39.400	75.9	54.7	0.73
	37.060			
	34.758	156	113	0.73
	33.141	526	381	0.73
	29.392	837	624	0.75
	27.907	1360	1080	0.80
	22.932	1730	1410	0.82
	19.878	2290	1980	0.87
	16.825	2650	2380	0.90
	13.700	3340	3160	0.95
	11.900	3600	3410	0.95
	10.100	4390	4120	0.94
	ガンマ線遮蔽壁	29.962	1650	1640
26.981				
24.000		3540	3190	0.91
21.500		5350	4630	0.87
19.000		7010	5960	0.86
		8830	7650	0.87
原子炉圧力容器 ペDESTAL	15.944	16500	14800	0.90
	13.022			
	10.100	18200	16600	0.92

表 4-15 (2/4) 荷重 (軸力, 弾性設計用地震動 S d - D)

名称	標高 EL (m)	軸力 (kN)		②/① 応答比率
		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成モデル	
原子炉压力容器	37.494	53.9	39.6	0.74
	36.586	117	85.7	0.74
	35.678	376	277	0.74
	33.993	669	495	0.74
	32.567	1210	901	0.75
	31.557	1490	1120	0.76
	30.369	1560	1170	0.75
	30.218	1640	1240	0.76
	29.181	1790	1360	0.76
	28.249	2040	1570	0.77
	27.317	2160	1670	0.78
	26.687	2280	1770	0.78
	25.414	2450	1920	0.79
	25.131	2500	1970	0.79
	24.419	2590	2040	0.79
	23.707	2690	2140	0.80
	22.995	2770	2210	0.80
	22.283	2880	2320	0.81
	21.064	2950	2400	0.82
	20.892	3100	2540	0.82
20.214	3260	2710	0.84	
19.196	3360	2800	0.84	
18.250	5840	5200	0.90	
15.944				

表 4-15 (3/4) 荷重 (軸力, 弾性設計用地震動 S d - D)

名称	標高 EL (m)	軸力 (kN)		②/① 応答比率
		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成モデル	
気水分離器, スタンドパイプ, シュラウドヘッド 及び 炉心シュラウド 上部胴	31.557	18.5	11.9	0.65
	30.369	133	85.7	0.65
	29.181	211	137	0.65
	28.249	241	157	0.66
	27.317	280	183	0.66
	26.687	350	232	0.67
	25.414			
炉心シュラウド 中間胴	25.843	38.3	27.5	0.72
	25.414	426	287	0.68
	25.131	445	300	0.68
	24.419	472	320	0.68
	23.707	498	341	0.69
	22.995	523	362	0.70
	22.283	557	391	0.71
	21.064			
炉心シュラウド 下部胴	21.571	79.7	88.5	1.12
	21.064	671	495	0.74
	20.892	688	510	0.75
	20.214	721	541	0.76
	19.196	837	658	0.79
	17.419			

表 4-15 (4/4) 荷重 (軸力, 弾性設計用地震動 S d - D)

名称	標高 EL (m)	軸力 (kN)		②/① 応答比率
		① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成モデル	
燃料集合体	25.843	219	183	0.84
	25.131			
	24.419	367	306	0.84
	23.707	513	430	0.84
	22.995	659	554	0.85
	22.283	802	677	0.85
	21.571	943	801	0.85
制御棒案内管	21.571	—	—	—
	20.892	1050	891	0.85
	20.214	1090	929	0.86
	19.535	1130	966	0.86
	18.856	1170	1010	0.87
	18.178	1210	1040	0.86
	17.499	1250	1080	0.87
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	17.499	—	—	—
	16.508	1290	1110	0.87
	15.644	95.5	165	1.73
	14.781	83.4	146	1.76
	13.917	71.2	125	1.76
	13.054	58.9	104	1.77
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	17.419	98.6	175	1.78
	16.345			
	15.248	83.7	151	1.81
	14.151	68.6	125	1.83
	13.054	53.4	97.5	1.83

表 4-16 荷重 (ばね反力, 弾性設計用地震動 S d - D)

名称	ばね反力 (kN)		②/① 応答比率
	① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成モデル	
原子炉格納容器 スタビライザ	8680	6470	0.75
原子炉圧力容器 スタビライザ	5670	3840	0.68
シヤラグ	9380	6710	0.72
制御棒駆動機構ハウジング レストレントビーム	242	131	0.55

表 4-17 荷重 (相対変位, 弾性設計用地震動 S d - D)

名称	相対変位 (mm)		②/① 応答比率
	① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成モデル	
燃料集合体	17.2	17.4	1.02

表 4-18 荷重 (グリッド反力, 弾性設計用地震動 S d - D)

名称	グリッド反力 (kN)		②/① 応答比率
	① 今回工認 モデル	② 3次元FEM- 質点系連成モデル	
上部格子板	1550	1550	1.00
炉心支持板	1880	1690	0.90

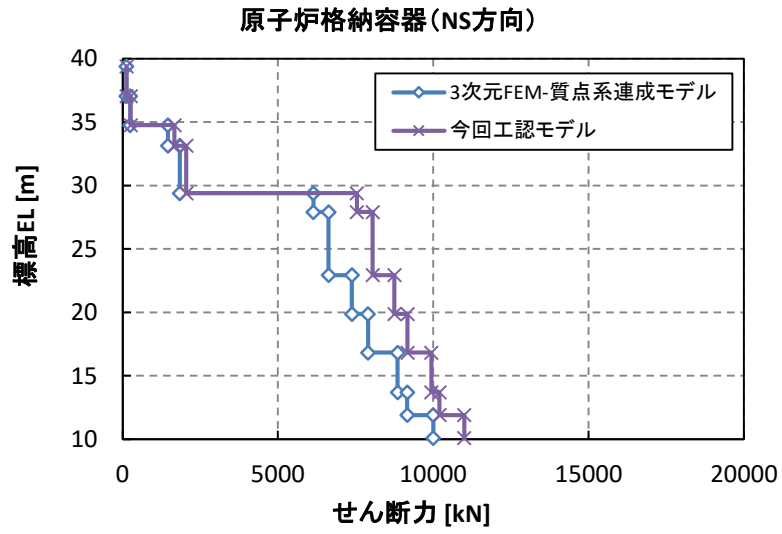


図 4-34 (1/20) 荷重 (せん断力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器)

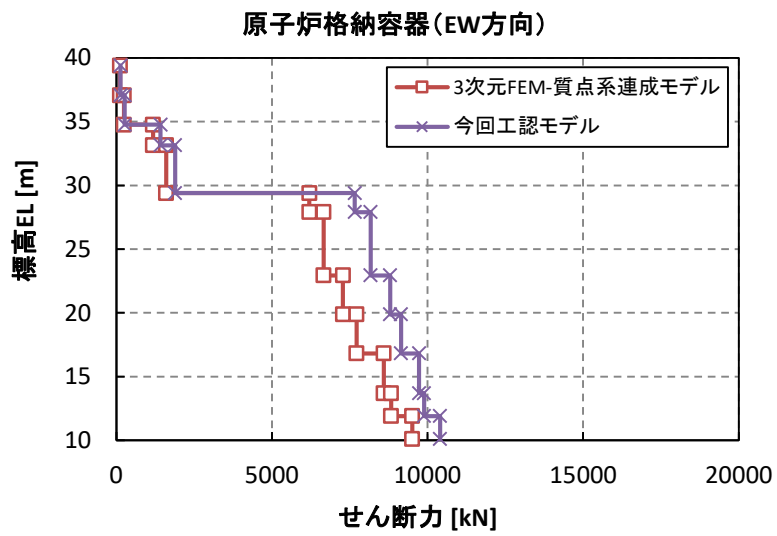


図 4-34 (2/20) 荷重 (せん断力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器)

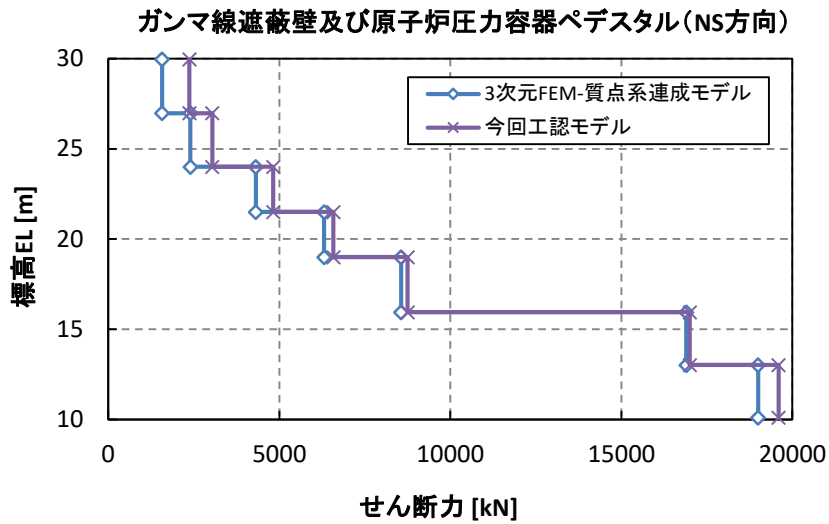


図 4-34 (3/20) 荷重 (せん断力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器  
 ペDESTAL)

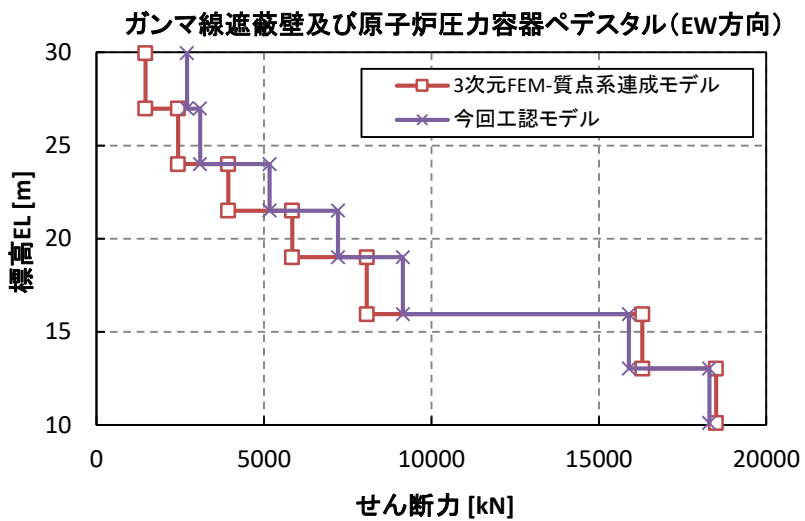


図 4-34 (4/20) 荷重 (せん断力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器  
 ペDESTAL)



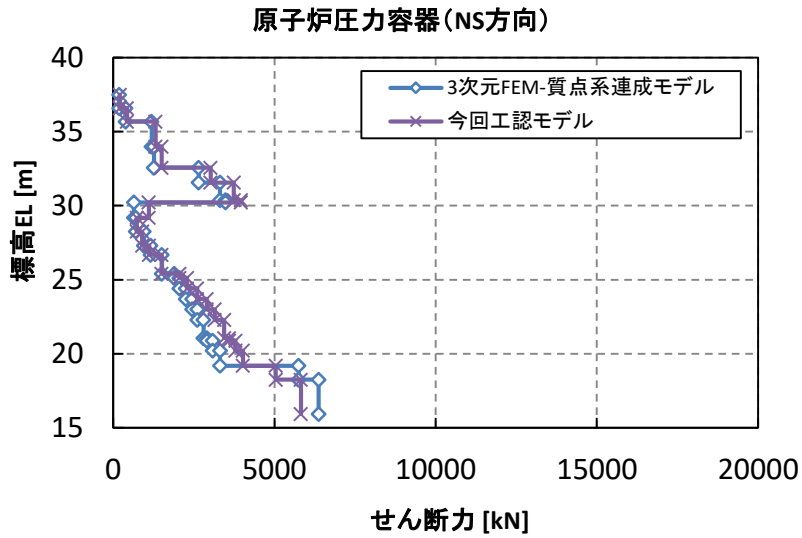


図 4-34 (5/20) 荷重 (せん断力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器)

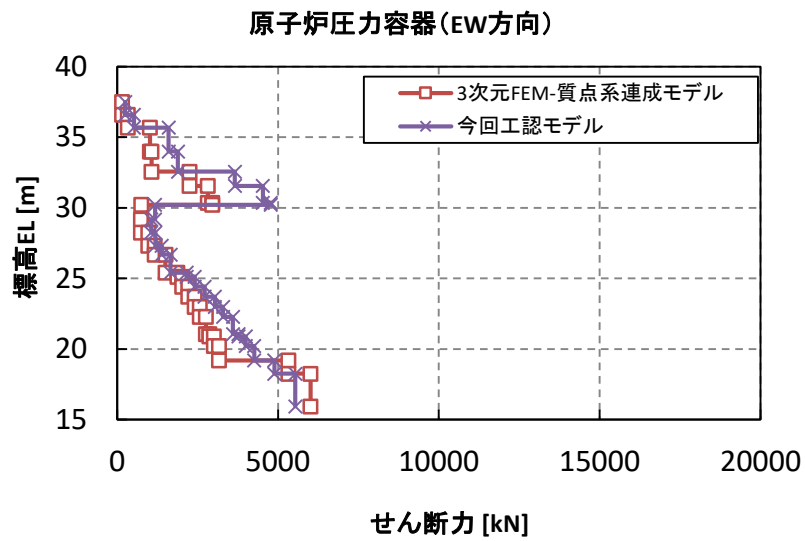


図 4-34 (6/20) 荷重 (せん断力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器)

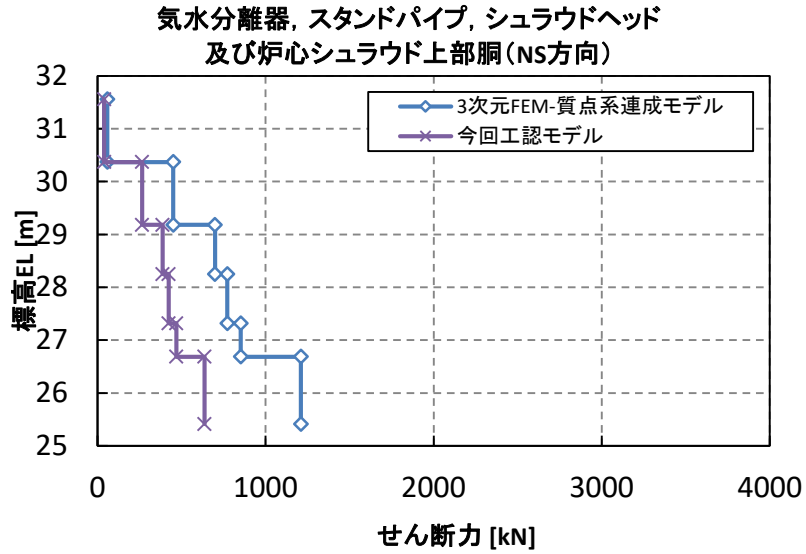


図 4-34 (7/20) 荷重 (せん断力)

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 気水分離器, スタンドパイプ,  
シュラウドヘッド及び炉心シュラウド上部胴)

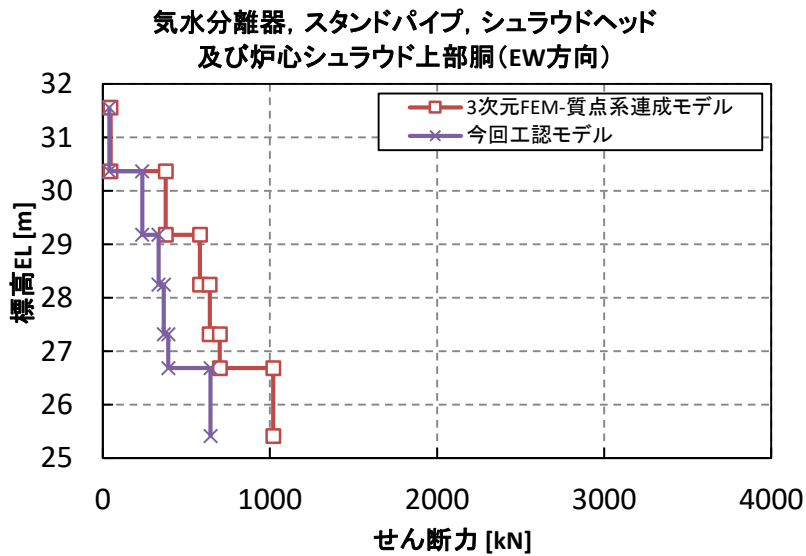


図 4-34 (8/20) 荷重 (せん断力)

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 気水分離器, スタンドパイプ,  
シュラウドヘッド及び炉心シュラウド上部胴)

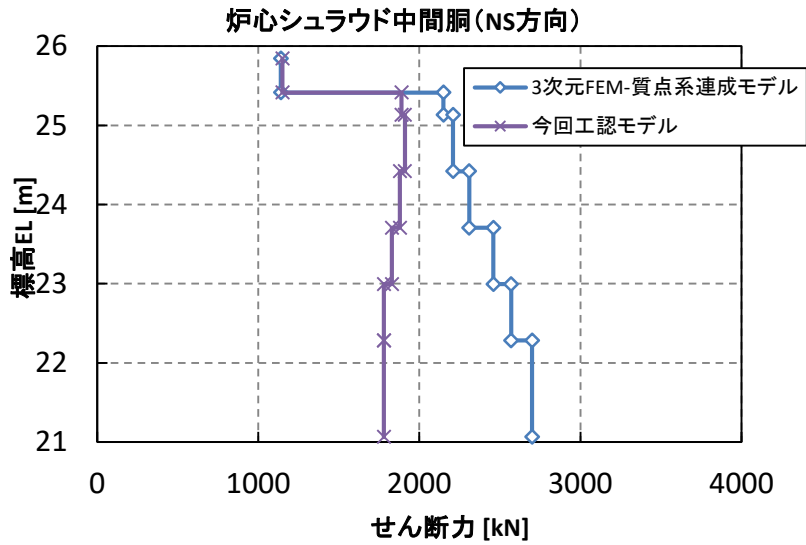


図 4-34 (9/20) 荷重 (せん断力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 炉心シュラウド中間胴)

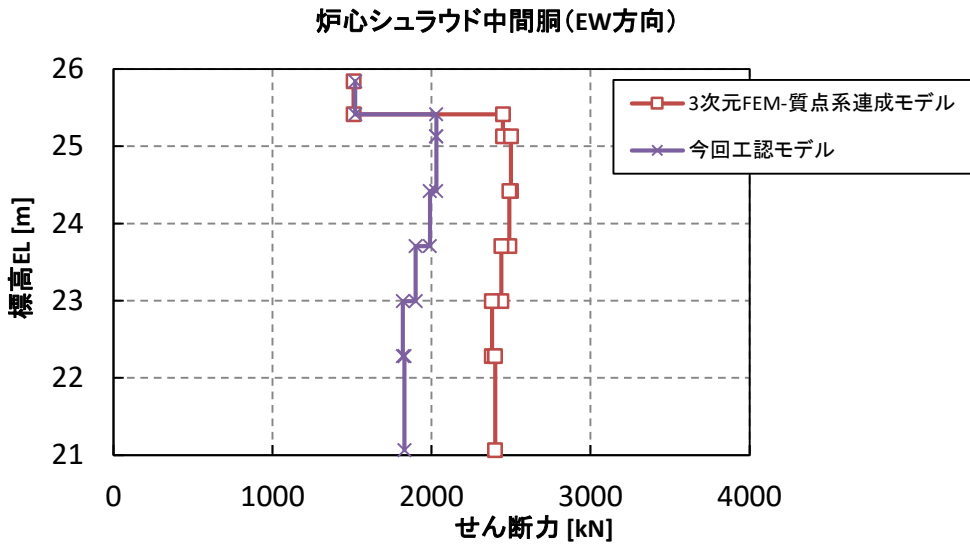


図 4-34 (10/20) 荷重 (せん断力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 炉心シュラウド中間胴)

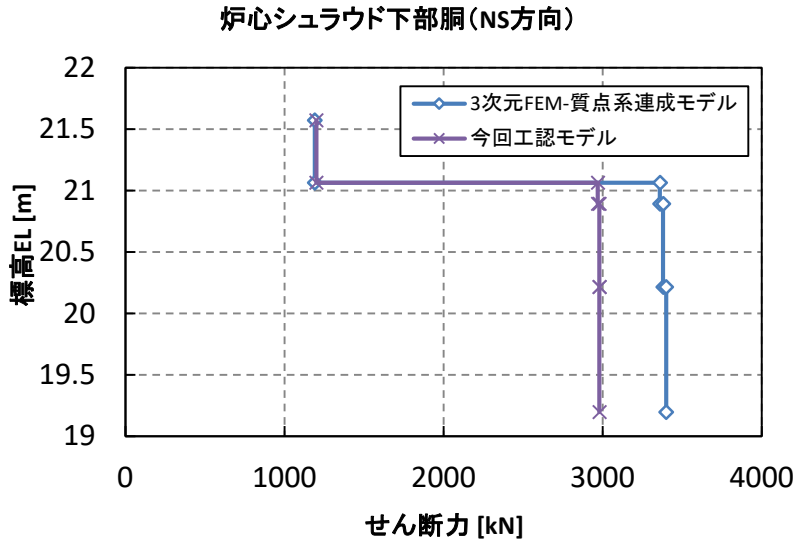


図 4-34 (11/20) 荷重 (せん断力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 炉心シュラウド下部胴)

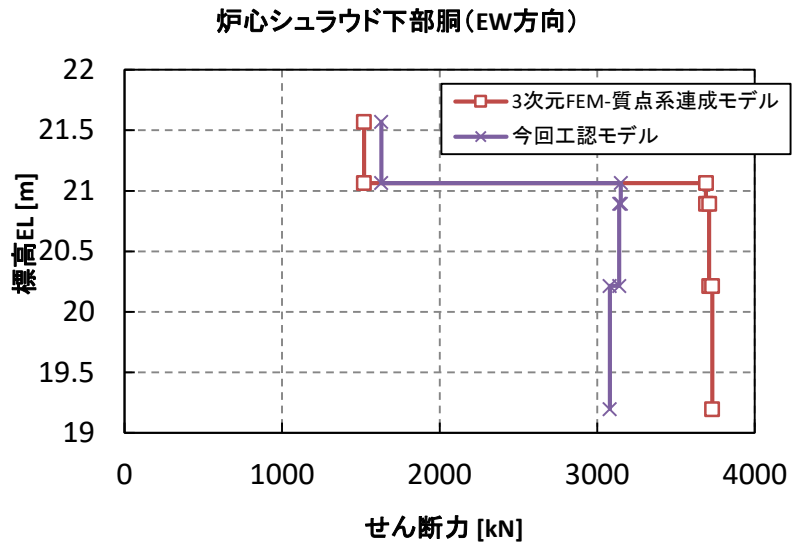


図 4-34 (12/20) 荷重 (せん断力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 炉心シュラウド下部胴)

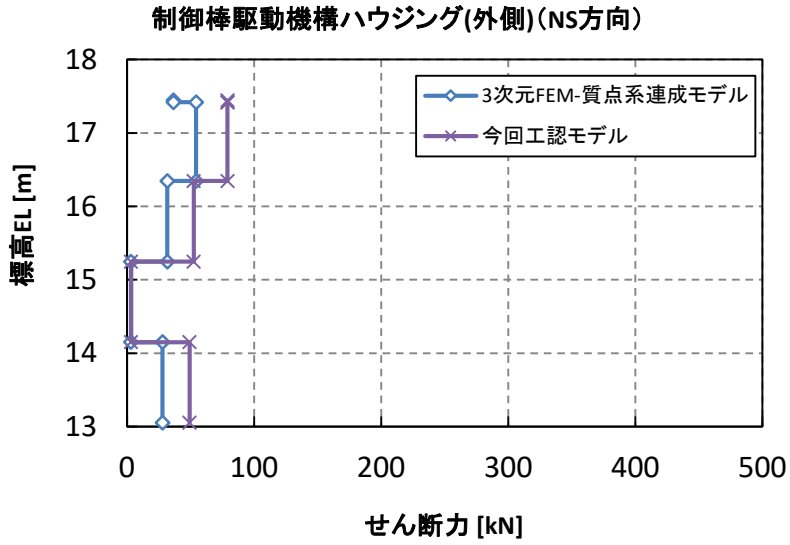


図 4-34 (13/20) 荷重 (せん断力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 制御棒駆動機構ハウジング (外側))

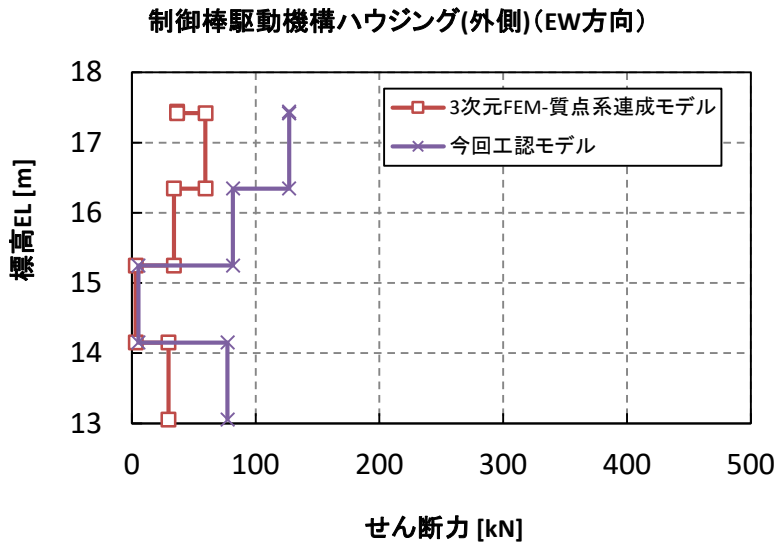


図 4-34 (14/20) 荷重 (せん断力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 制御棒駆動機構ハウジング (外側))

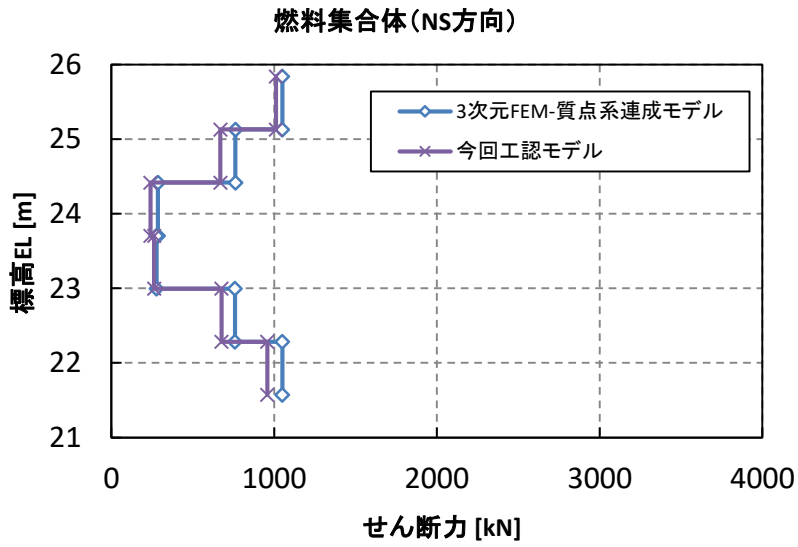


図 4-34 (15/20) 荷重 (せん断力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 燃料集合体)

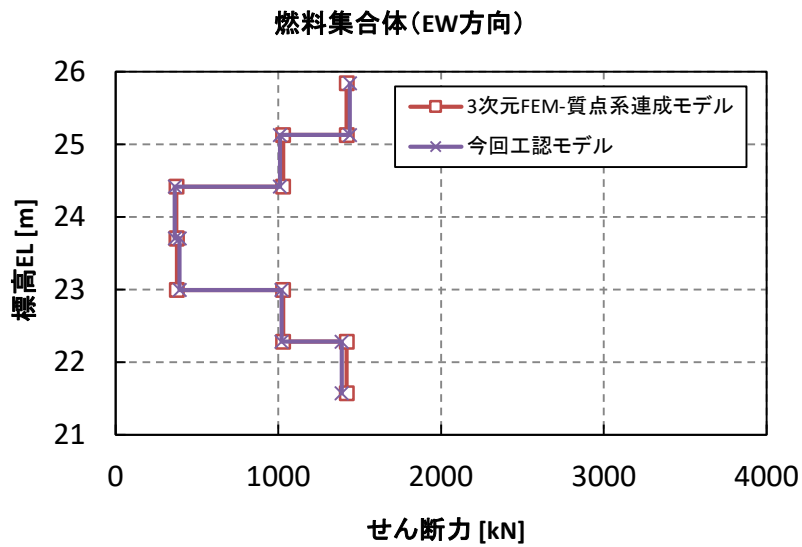


図 4-34 (16/20) 荷重 (せん断力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 燃料集合体)

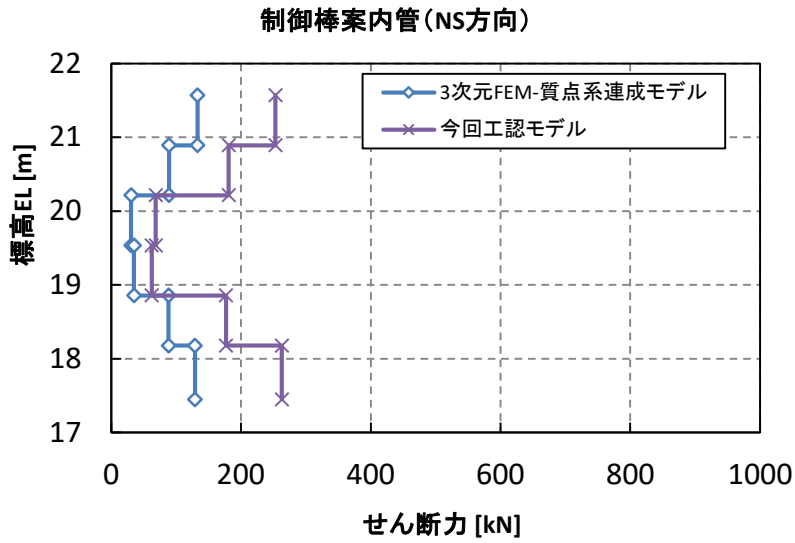


図 4-34 (17/20) 荷重 (せん断力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 制御棒案内管)

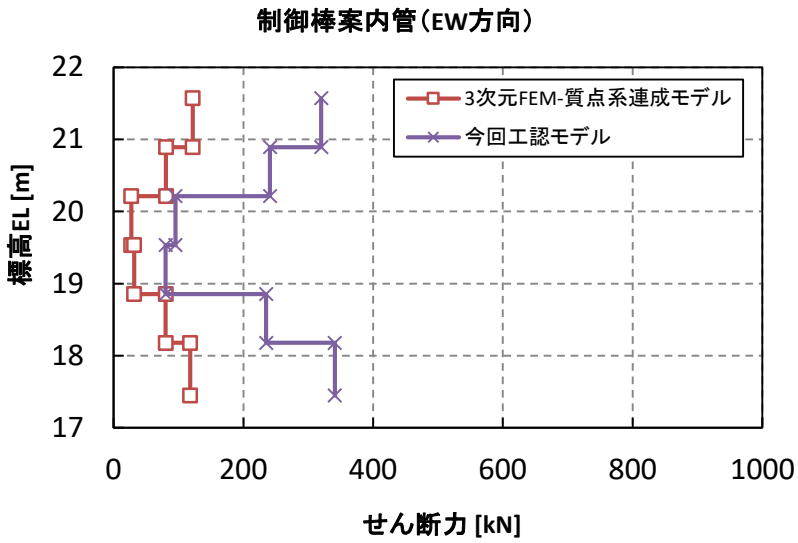


図 4-34 (18/20) 荷重 (せん断力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 制御棒案内管)

制御棒駆動機構ハウジング(内側)(NS方向)

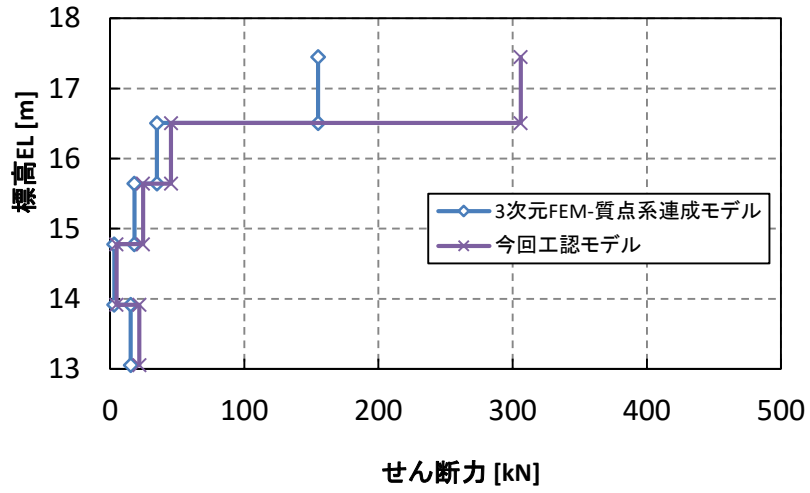


図 4-34 (19/20) 荷重 (せん断力)

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 制御棒駆動機構ハウジング (内側))

制御棒駆動機構ハウジング(内側)(EW方向)

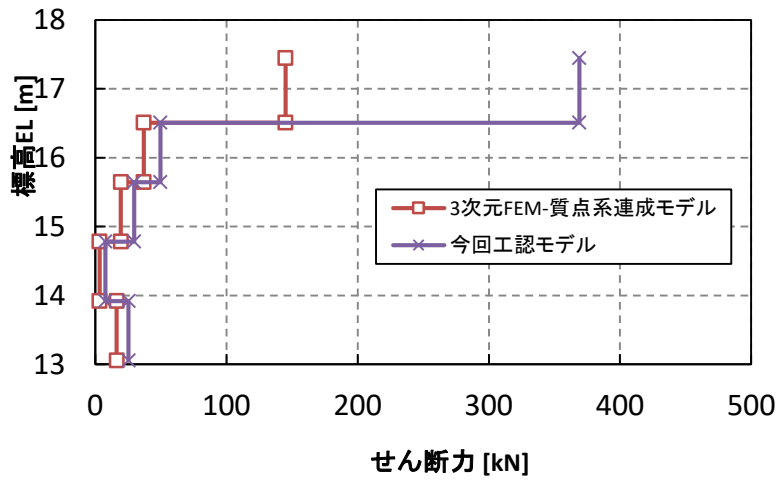


図 4-34 (20/20) 荷重 (せん断力)

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 制御棒駆動機構ハウジング (内側))



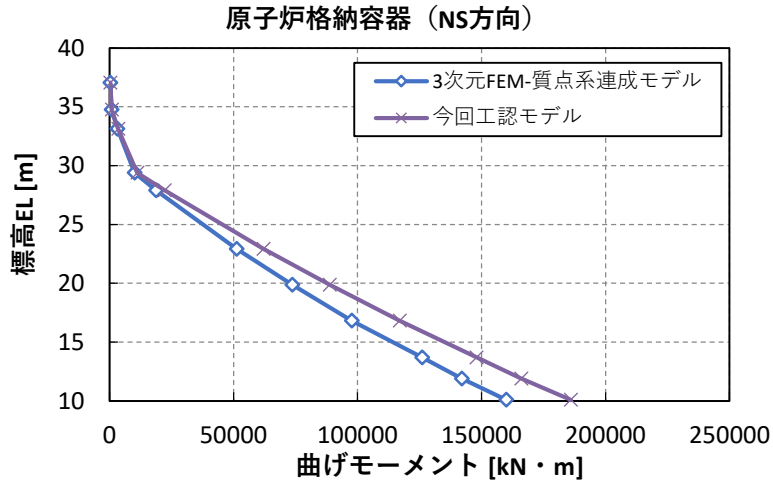


図 4-35 (1/20) 荷重 (モーメント)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器)

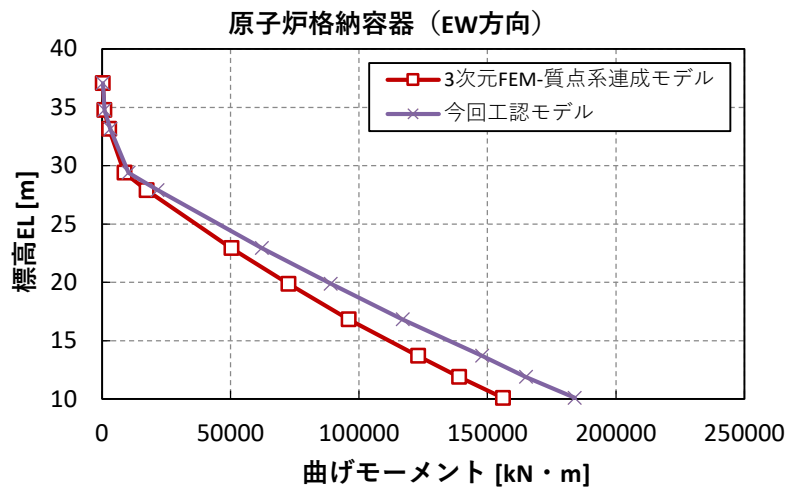


図 4-35 (2/20) 荷重 (モーメント)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器)

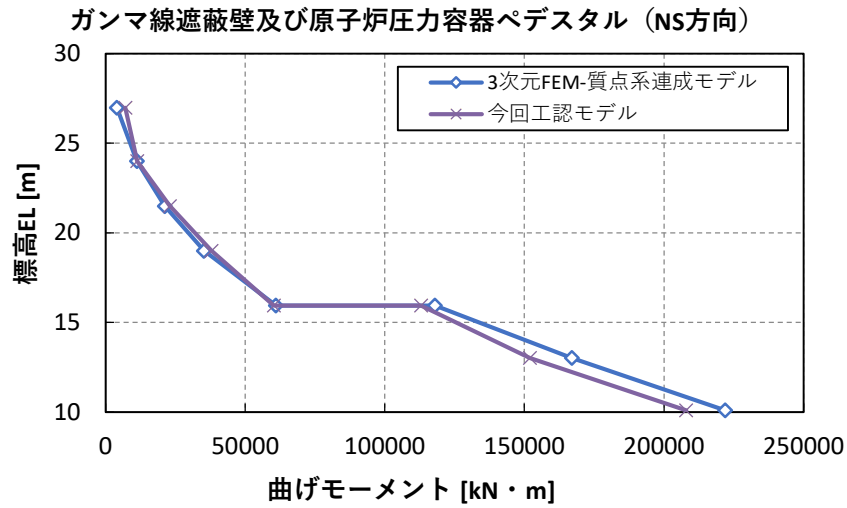


図 4-35 (3/20) 荷重 (モーメント)

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : ガンマ線遮蔽壁及び原子炉压力容器ペDESTAL)

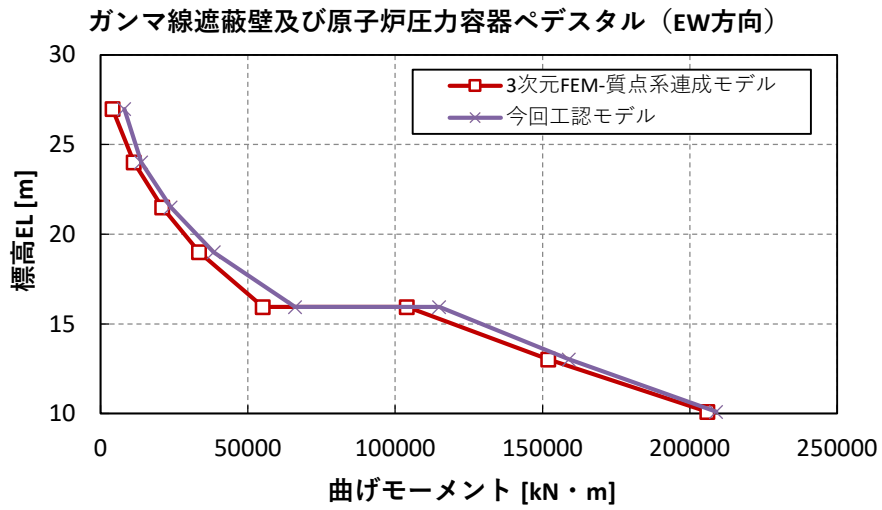


図 4-35 (4/20) 荷重 (モーメント)

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : ガンマ線遮蔽壁及び原子炉压力容器ペDESTAL)

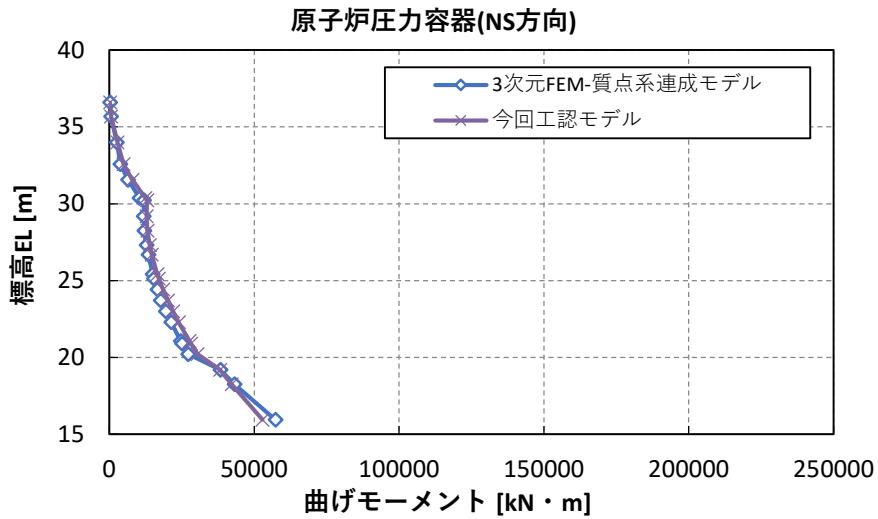


図 4-35 (5/20) 荷重 (モーメント)  
 (弾性設計用地震動S d - D, 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器)

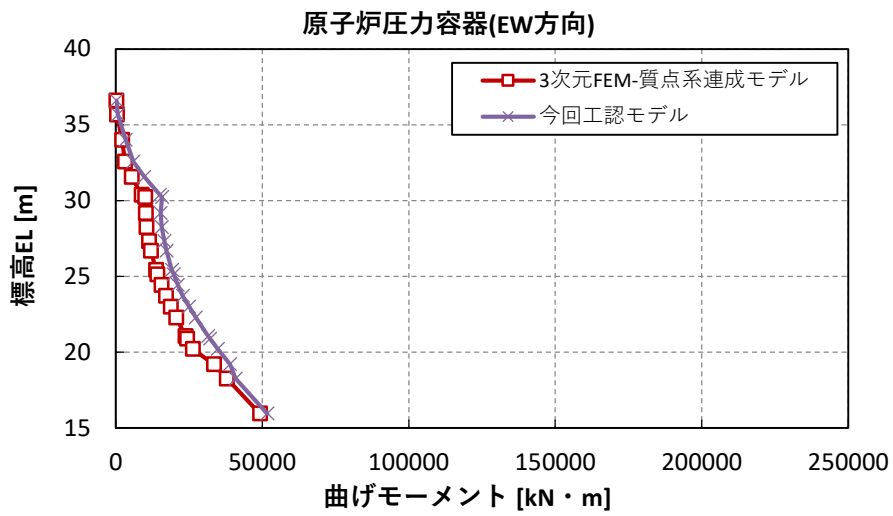


図 4-35 (6/20) 荷重 (モーメント)  
 (弾性設計用地震動S d - D, 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器)

気水分離器，スタンドパイプ，シュラウドヘッド  
及び炉心シュラウド上部胴 (NS方向)

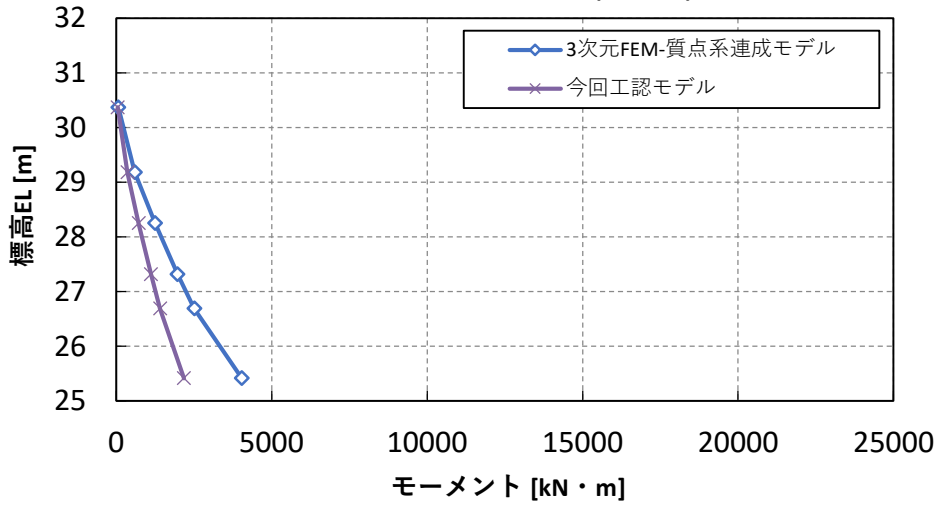


図 4-35 (7/20) 荷重 (モーメント)

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 気水分離器, スタンドパイプ, シュラウドヘッド及び炉心シュラウド上部胴)

気水分離器，スタンドパイプ，シュラウドヘッド  
及び炉心シュラウド上部胴 (EW方向)

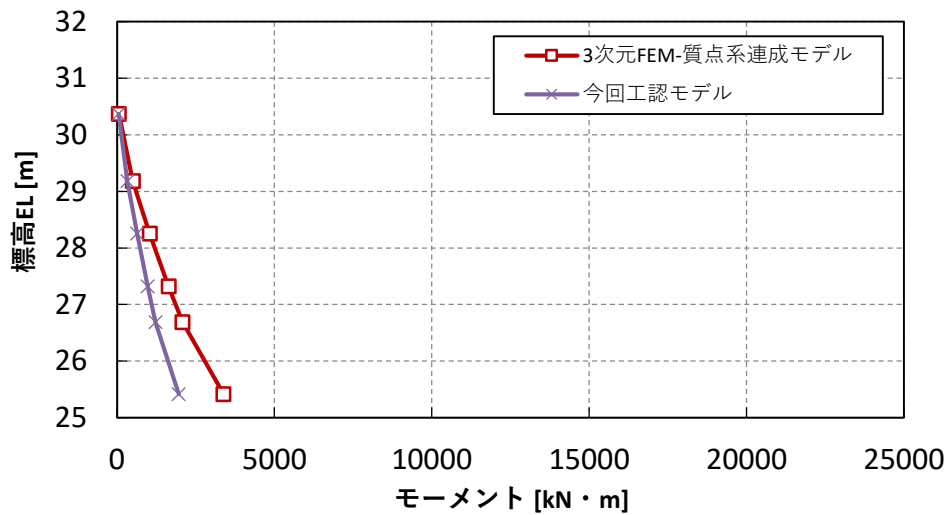


図 4-35 (8/20) 荷重 (モーメント)

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 気水分離器, スタンドパイプ, シュラウドヘッド及び炉心シュラウド上部胴)

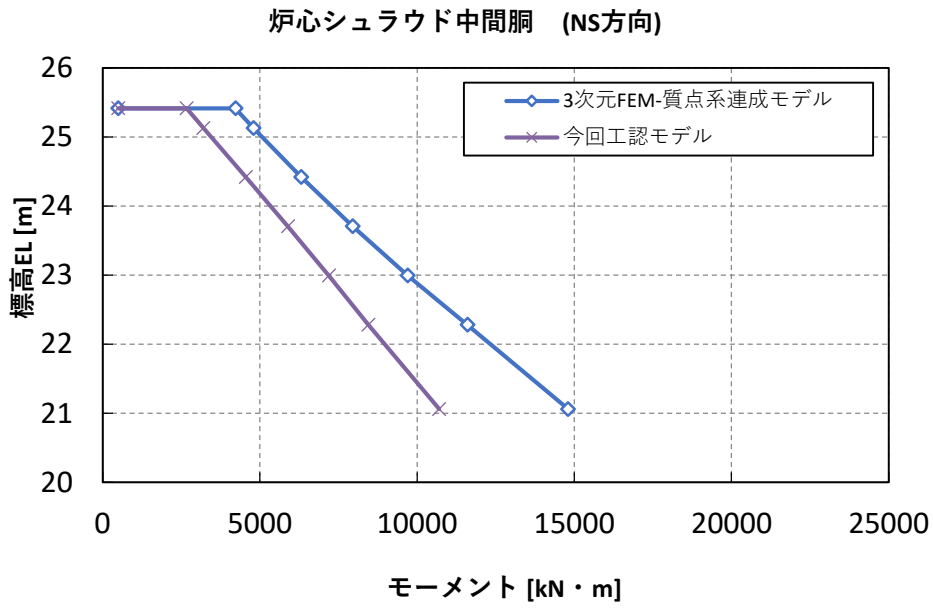


図 4-35 (9/20) 荷重 (モーメント)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 炉心シュラウド中間胴)

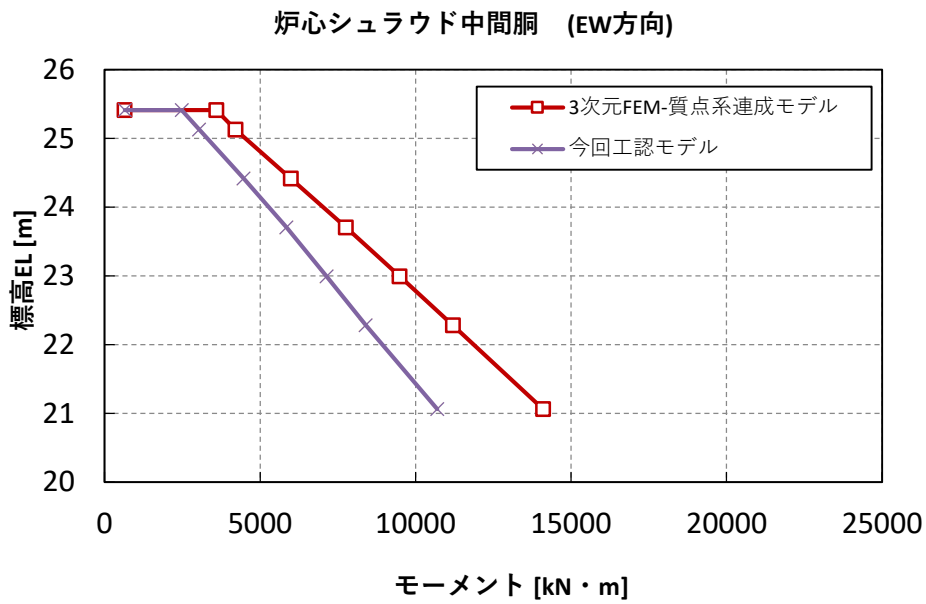


図 4-35 (10/20) 荷重 (モーメント)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 炉心シュラウド中間胴)

炉心シュラウド下部胴 (NS方向)

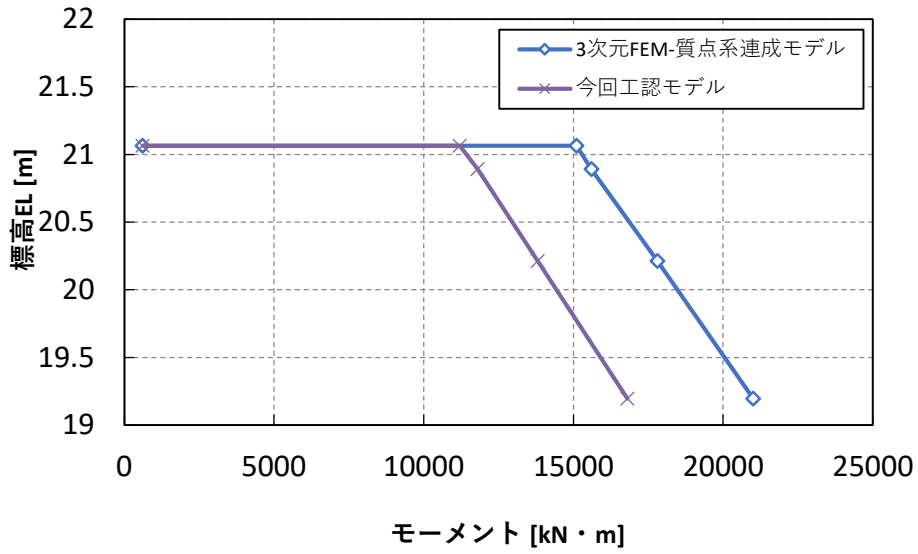


図 4-35 (11/20) 荷重 (モーメント)

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 炉心シュラウド下部胴)

炉心シュラウド下部胴 (EW方向)

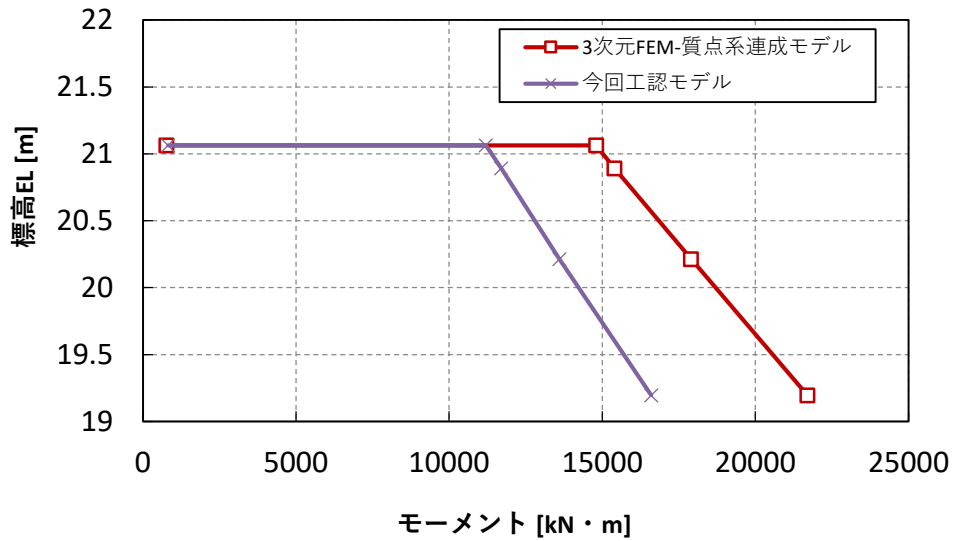


図 4-35 (12/20) 荷重 (モーメント)

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 炉心シュラウド下部胴)

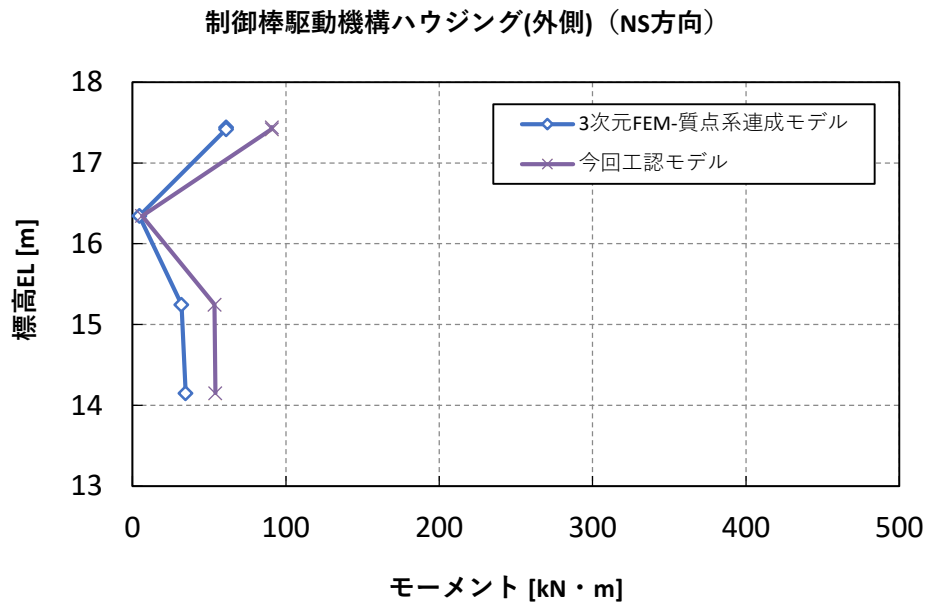


図 4-35 (13/20) 荷重 (モーメント)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 制御棒駆動機構ハウジング (外側))

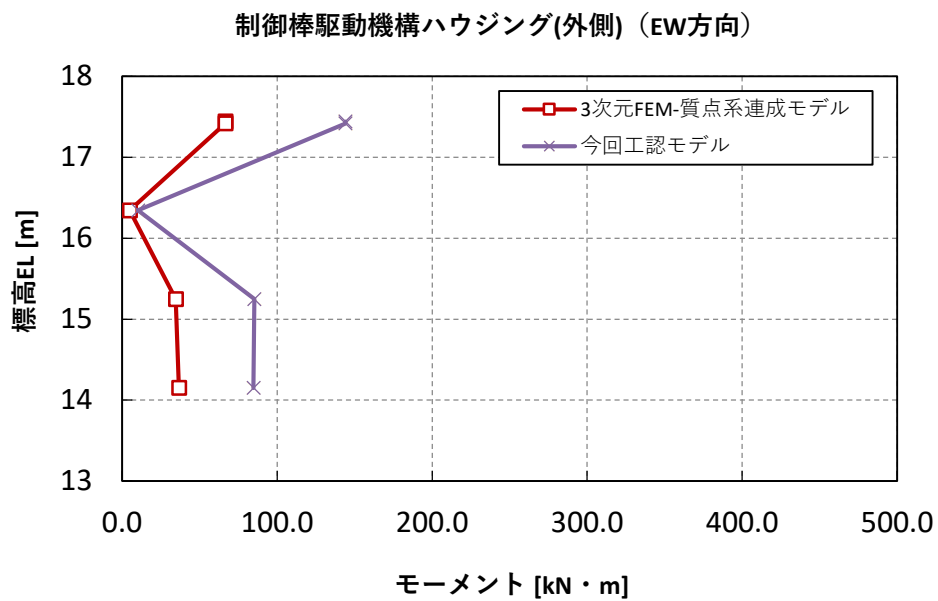


図 4-35 (14/20) 荷重 (モーメント)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 制御棒駆動機構ハウジング (外側))

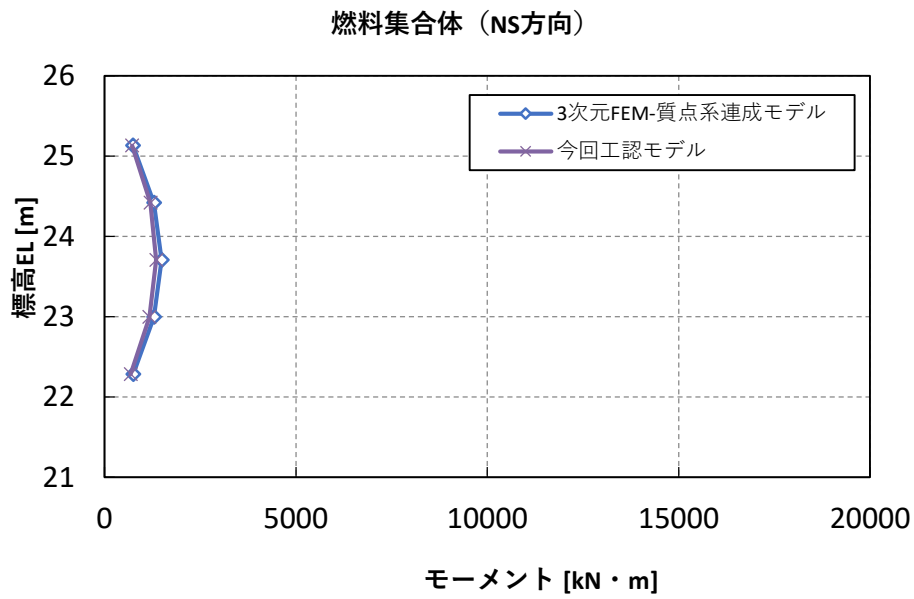


図 4-35 (15/20) 荷重 (モーメント)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 燃料集合体)

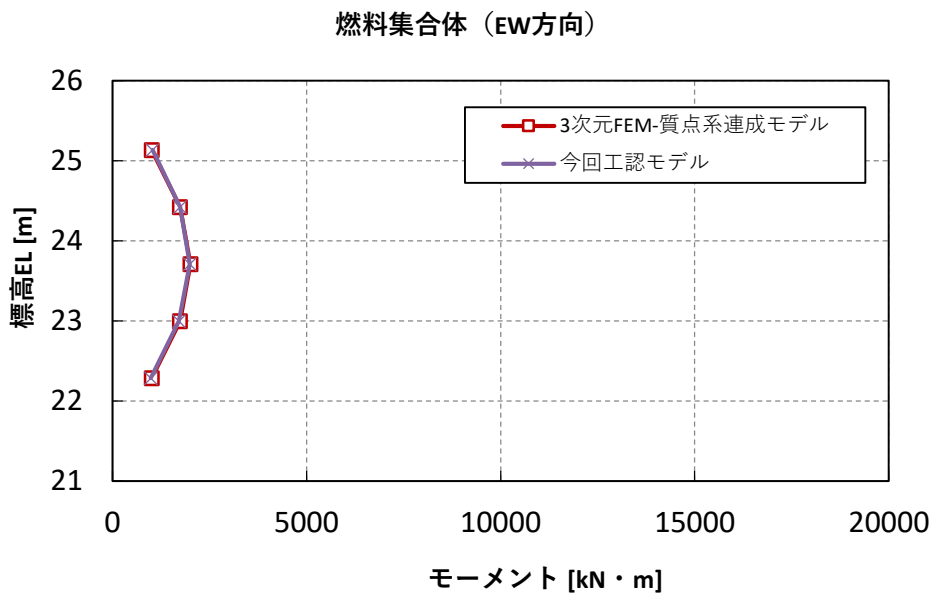


図 4-35 (16/20) 荷重 (モーメント)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 燃料集合体)



制御棒案内管 (NS方向)

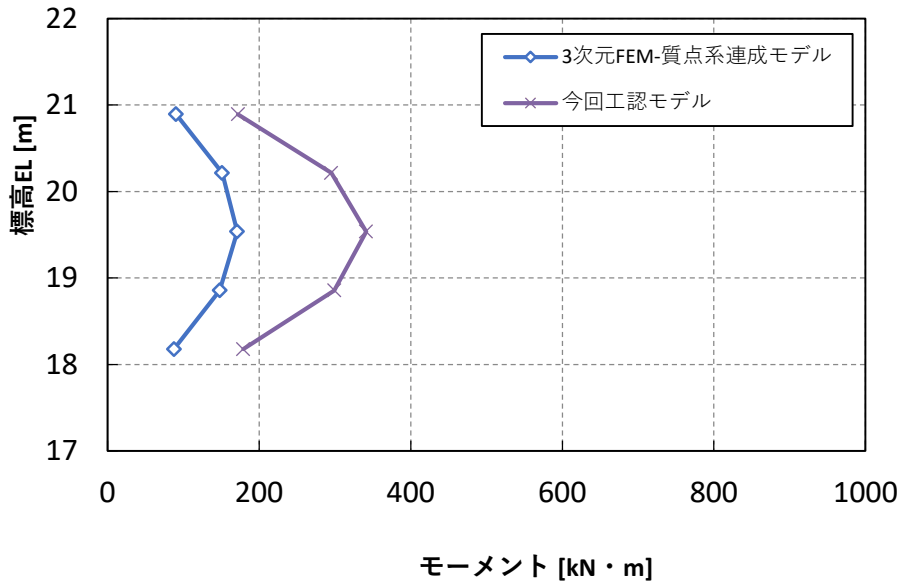


図 4-35 (17/20) 荷重 (モーメント)  
(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 制御棒案内管)

制御棒案内管 (EW方向)

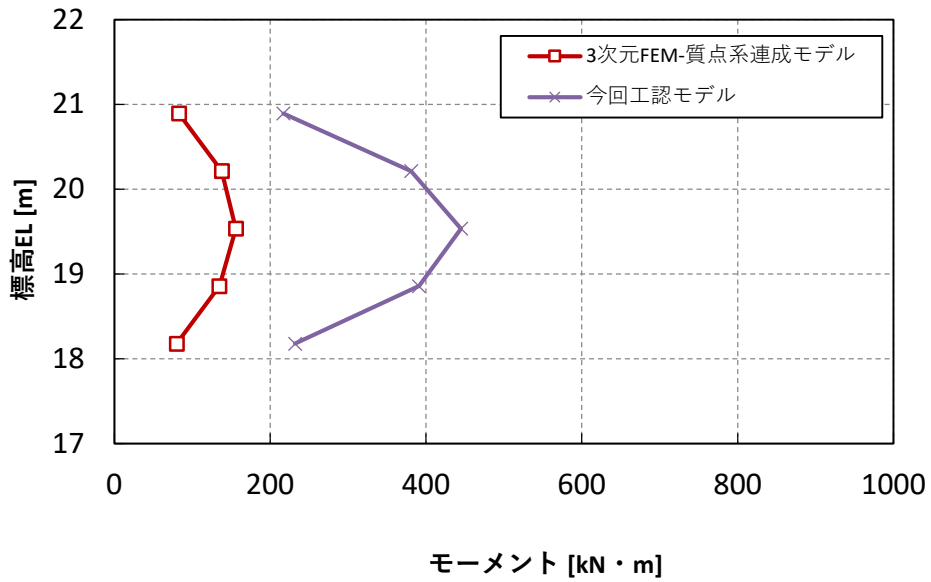


図 4-35 (18/20) 荷重 (モーメント)  
(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 制御棒案内管)

制御棒駆動機構ハウジング(内側) (NS方向)

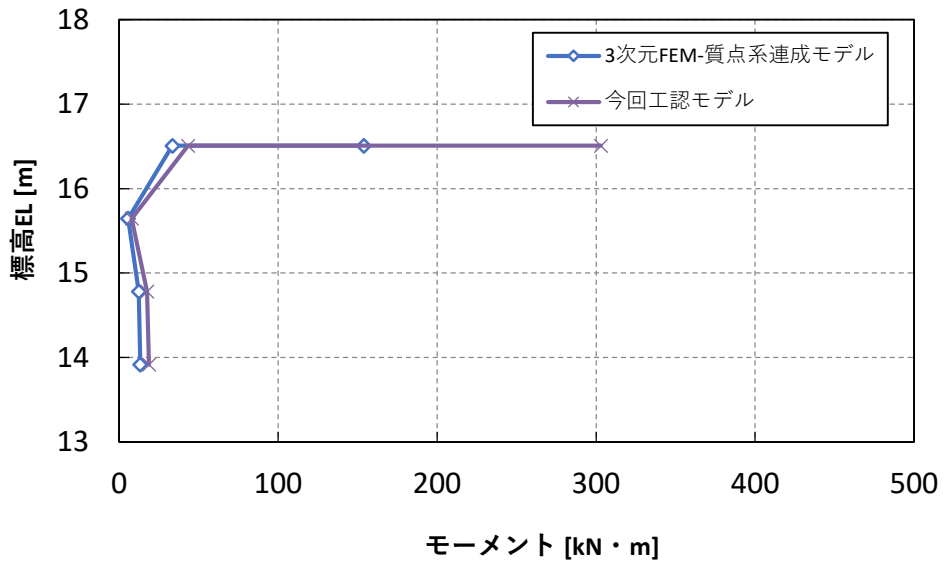


図 4-35 (19/20) 荷重 (モーメント)

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 制御棒駆動機構ハウジング)

制御棒駆動機構ハウジング(内側) (EW方向)

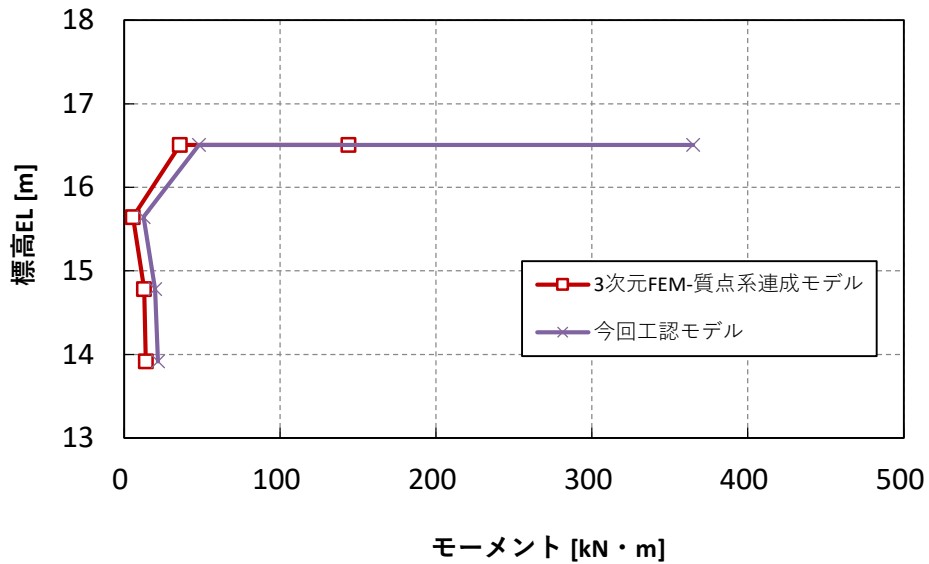


図 4-35 (20/20) 荷重 (モーメント)

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 制御棒駆動機構ハウジング)

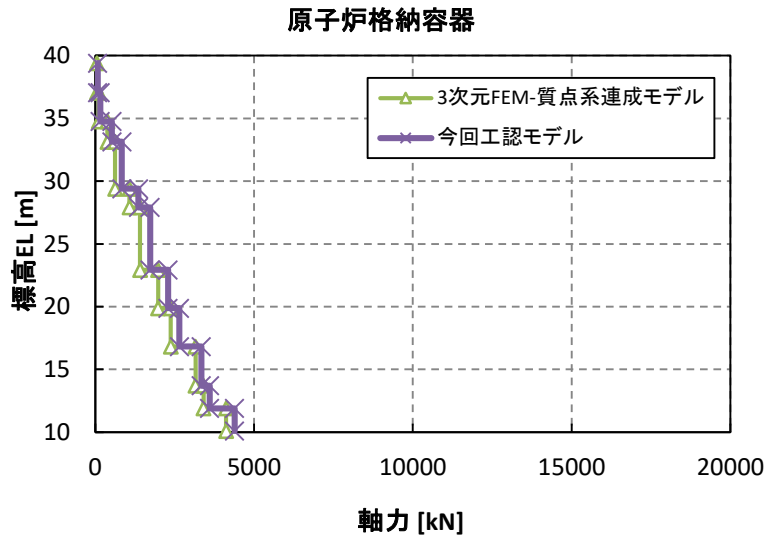


図 4-36 (1/10) 荷重 (軸力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 原子炉格納容器)

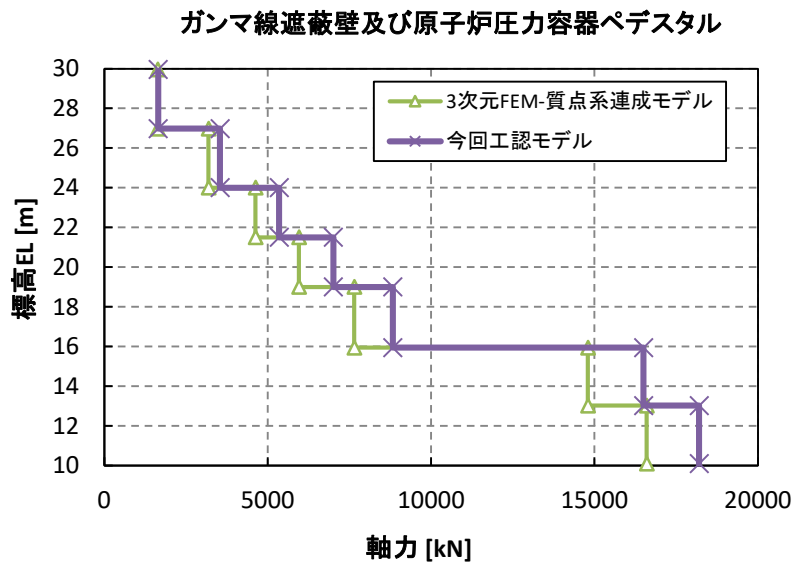


図 4-36 (2/10) 荷重 (軸力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペDESTAL)

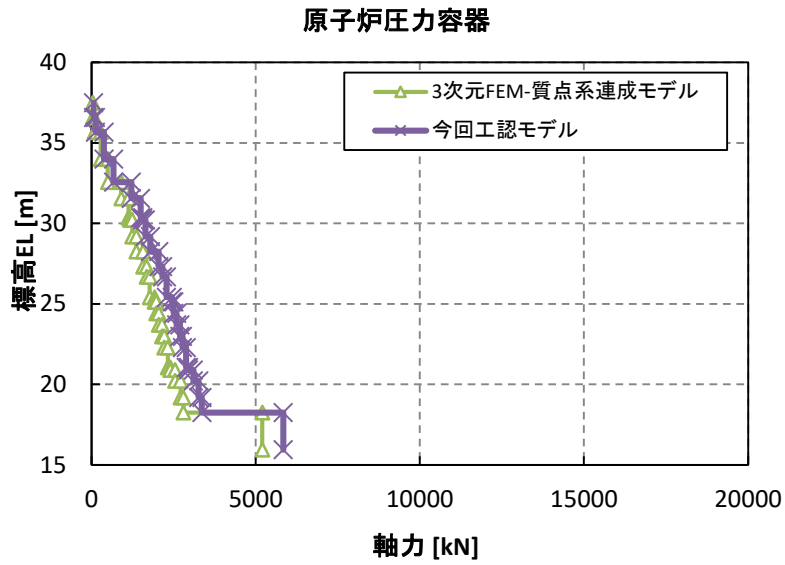


図 4-36 (3/10) 荷重 (軸力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 原子炉压力容器)

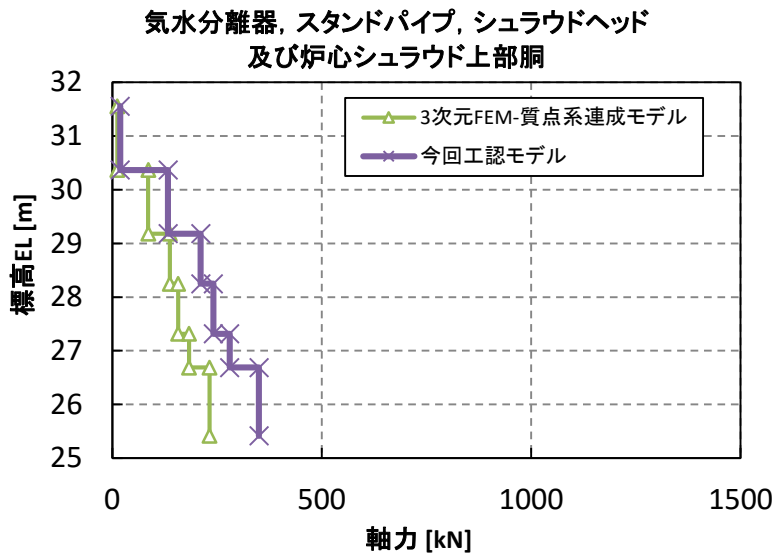


図 4-36 (4/10) 荷重 (軸力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 気水分離器, スタンドパイプ, シュラウドヘッド  
 及び炉心シュラウド上部胴)

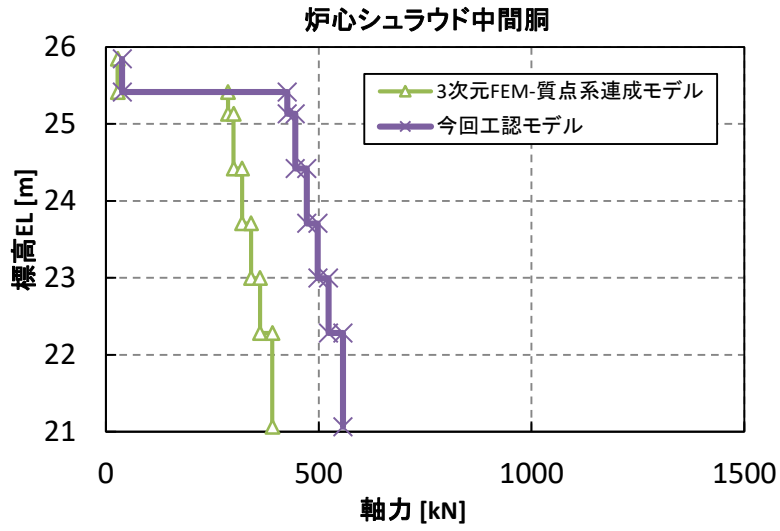


図 4-36 (5/10) 荷重 (軸力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 炉心シュラウド中間胴)

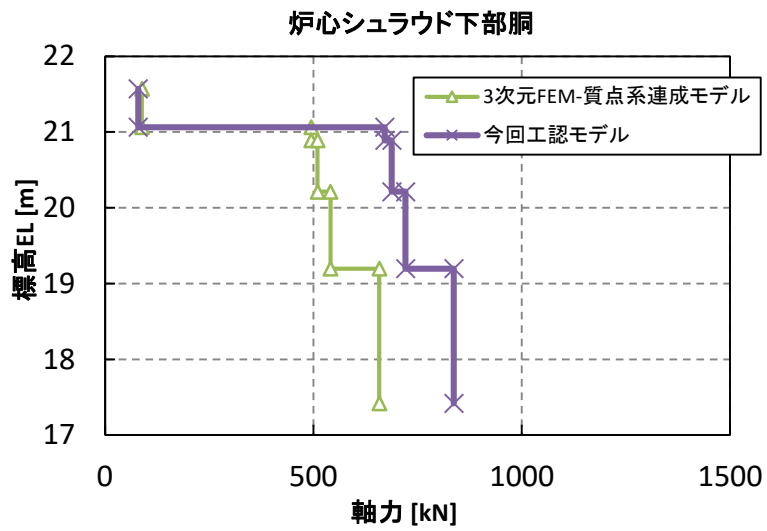


図 4-36 (6/10) 荷重 (軸力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 炉心シュラウド下部胴)

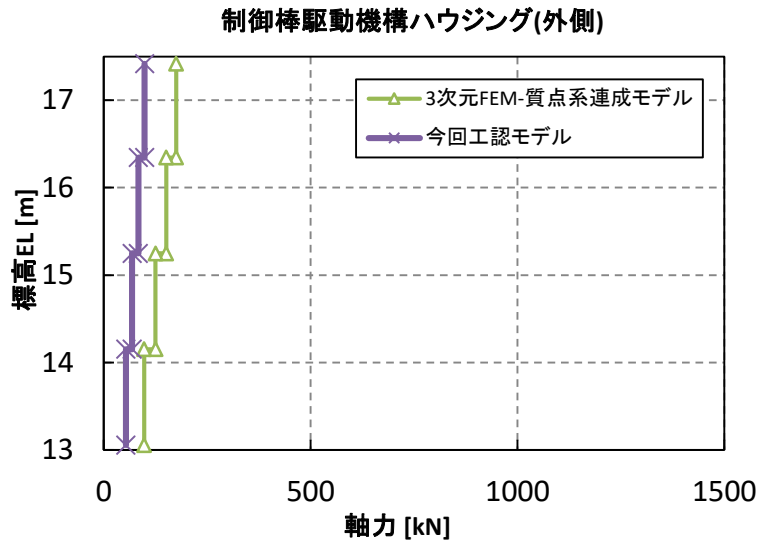


図 4-36 (7/10) 荷重 (軸力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 制御棒駆動機構ハウジング (外側))

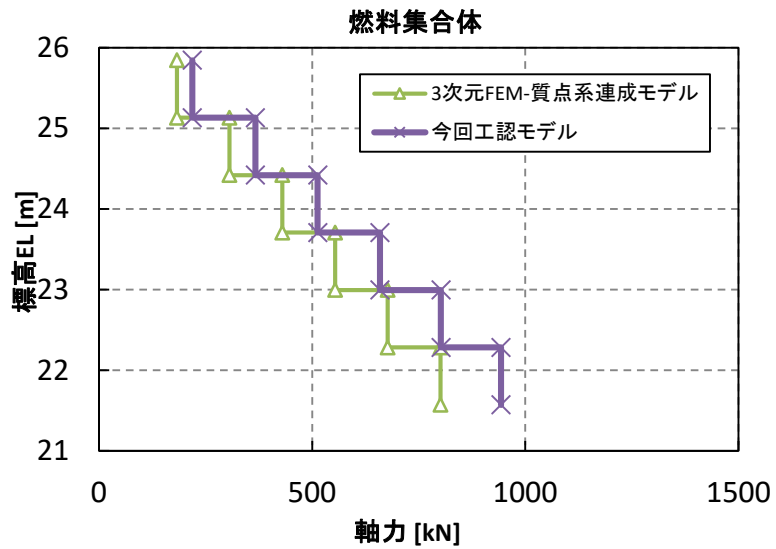


図 4-36 (8/10) 荷重 (軸力)  
 (弾性設計用地震動 S d - D, 燃料集合体)

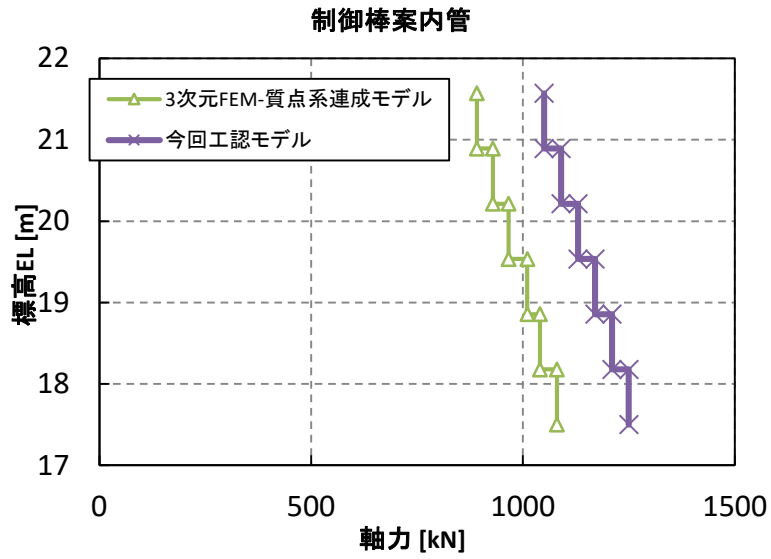


図 4-36 (9/10) 荷重 (軸力)  
(弾性設計用地震動 S d - D, 制御棒案内管)

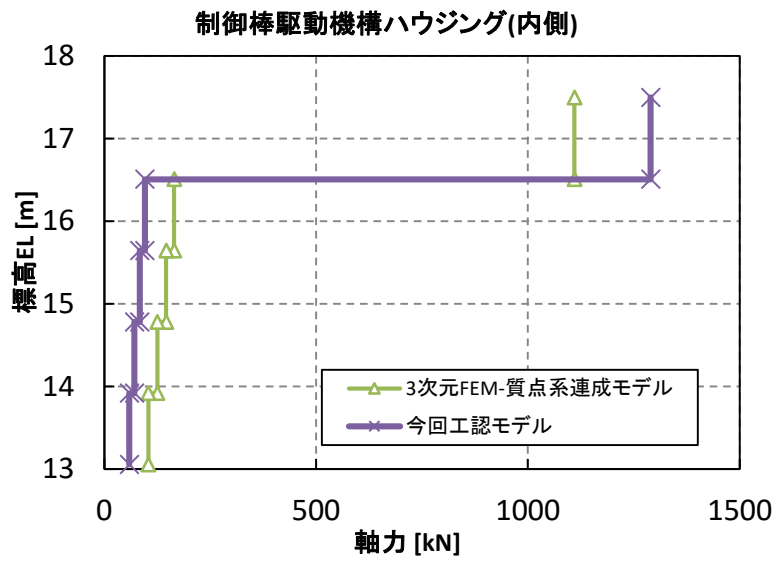


図 4-36 (10/10) 荷重 (軸力)  
(弾性設計用地震動 S d - D, 制御棒駆動機構ハウジング (内側))

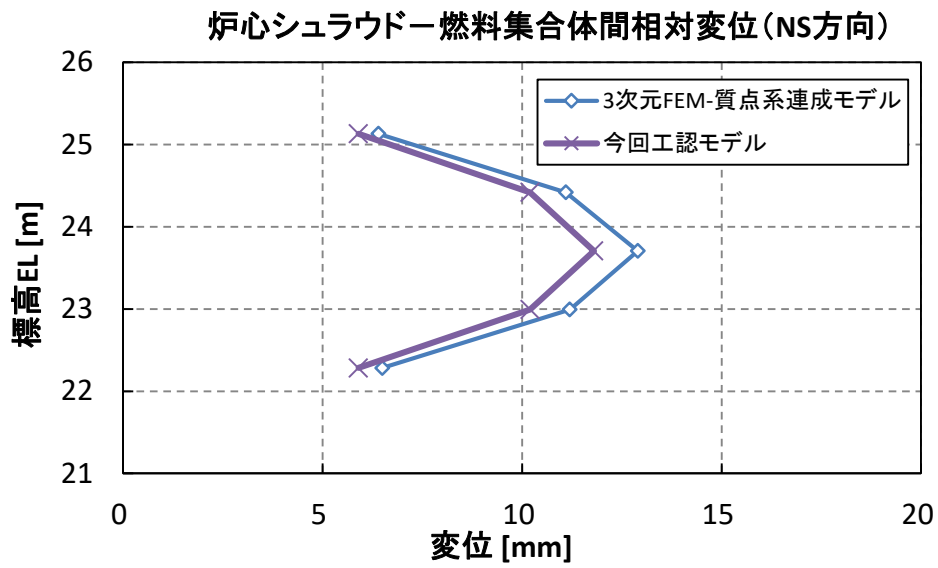


図 4-37 (1/2) 荷重 (相対変位)

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (NS) : 炉心シュラウドー燃料集合体間)

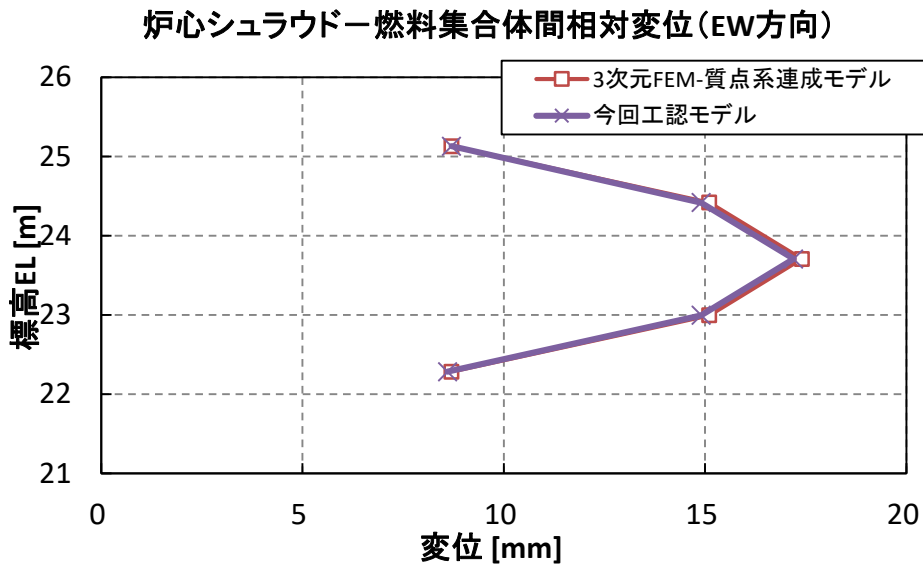


図 4-37 (2/2) 荷重 (相対変位)

(弾性設計用地震動 S d - D, 水平方向 (EW) : 炉心シュラウドー燃料集合体間)



#### 4.3 3次元FEM連成解析モデル耐震条件の作成

3次元FEM連成解析モデル耐震条件の震度を表4-19～表4-29、床応答スペクトルを図4-38～図4-58並びに荷重を表4-30～表4-35に示す。なお、床応答スペクトルの減衰定数は、耐震裕度の比較的小さい配管系の主要な減衰定数である2.0%を代表とする。

また、同図表にはVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示される設計用震度及び設計用床応答スペクトル並びにVI-2-2-1「炉心、原子炉压力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に示される設計用荷重を併記して示す。

表4-19 (1/3) 震度 (原子炉格納容器)  
基準地震動  $S_s$ , 1.0ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.0			条件比率	
	NS方向		① 設計用I	② 設計用II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
原子炉 格納容器	41	39.400	1.43	1.98	1.27	0.89	0.65
	42	37.060	1.32	1.82	1.19	0.91	0.66
	43	34.758	1.22	1.71	1.13	0.93	0.67
	44	33.141	1.15	1.68	1.15	1.00	0.69
	45	29.392	1.07	1.53	1.04	0.98	0.68
	46	27.907	1.01	1.52	1.07	1.06	0.71
	47	22.932	1.09	1.58	1.21	1.12	0.77
	48	19.878	1.07	1.50	1.14	1.07	0.76
	49	16.825	0.99	1.44	1.06	1.08	0.74
	50	13.700	0.95	1.34	0.88	0.93	0.66
	51	11.900	0.92	1.29	0.79	0.86	0.62

表 4-19 (2/3) 震度 (原子炉格納容器)

基準地震動  $S_s$ , 1.0ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0			条件比率	
	EW 方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
原子炉 格納容器	42	39.400	2.05	2.30	1.37	0.67	0.60
	43	37.060	1.77	2.16	1.30	0.74	0.61
	44	34.758	1.63	2.03	1.21	0.75	0.60
	45	33.141	1.56	1.94	1.14	0.74	0.59
	46	29.392	1.82	1.70	1.01	0.56	0.60
	47	27.907	1.98	1.65	1.03	0.53	0.63
	48	22.932	1.13	1.44	1.05	0.93	0.73
	49	19.878	1.13	1.35	0.99	0.88	0.74
	50	16.825	0.98	1.32	0.93	0.95	0.71
	51	13.700	0.88	1.17	0.75	0.86	0.65
	52	11.900	0.83	1.25	0.70	0.85	0.56

表 4-19 (3/3) 震度 (原子炉格納容器)

基準地震動  $S_s$ , 1.0ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.0			条件比率	
	鉛直方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
原子炉 格納容器	29	39.400	0.89	1.29	0.77	0.87	0.60
	30	37.060	0.89	1.29	0.77	0.87	0.60
	31	34.758	0.88	1.28	0.76	0.87	0.60
	32	33.141	0.87	1.26	0.75	0.87	0.60
	33	29.392	0.86	1.25	0.75	0.88	0.60
	34	27.907	0.85	1.23	0.74	0.88	0.61
	35	22.932	0.81	1.19	0.72	0.89	0.61
	36	19.878	0.79	1.14	0.69	0.88	0.61
	37	16.825	0.76	1.11	0.65	0.86	0.59
	38	13.700	0.73	1.10	0.64	0.88	0.59
	39	11.900	0.72	1.08	0.64	0.89	0.60

表 4-20 (1/3) 震度 (原子炉格納容器)  
 基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.2			条件比率	
	NS 方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
原子炉 格納容器	41	39.400	1.71	2.37	1.54	0.91	0.65
	42	37.060	1.59	2.18	1.43	0.90	0.66
	43	34.758	1.46	2.06	1.36	0.94	0.67
	44	33.141	1.38	2.01	1.37	1.00	0.69
	45	29.392	1.29	1.85	1.27	0.99	0.69
	46	27.907	1.22	1.83	1.29	1.06	0.71
	47	22.932	1.31	1.89	1.45	1.11	0.77
	48	19.878	1.28	1.80	1.40	1.10	0.78
	49	16.825	1.18	1.73	1.27	1.08	0.74
	50	13.700	1.14	1.61	1.06	0.93	0.66
	51	11.900	1.10	1.55	0.94	0.86	0.61

表 4-20 (2/3) 震度 (原子炉格納容器)  
 基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.2			条件比率	
	EW 方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
原子炉 格納容器	42	39.400	2.46	2.76	1.66	0.68	0.61
	43	37.060	2.12	2.60	1.56	0.74	0.60
	44	34.758	1.95	2.43	1.46	0.75	0.61
	45	33.141	1.87	2.33	1.38	0.74	0.60
	46	29.392	2.19	2.04	1.21	0.56	0.60
	47	27.907	2.38	1.97	1.22	0.52	0.62
	48	22.932	1.36	1.74	1.26	0.93	0.73
	49	19.878	1.36	1.61	1.18	0.87	0.74
	50	16.825	1.18	1.58	1.15	0.98	0.73
	51	13.700	1.06	1.41	0.91	0.86	0.65
	52	11.900	1.00	1.50	0.84	0.84	0.56

表 4-20 (3/3) 震度 (原子炉格納容器)

基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.2			条件比率	
	鉛直方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
原子炉 格納容器	29	39.400	1.07	1.55	0.92	0.86	0.60
	30	37.060	1.07	1.55	0.92	0.86	0.60
	31	34.758	1.06	1.53	0.91	0.86	0.60
	32	33.141	1.05	1.52	0.89	0.85	0.59
	33	29.392	1.03	1.49	0.90	0.88	0.61
	34	27.907	1.01	1.47	0.89	0.89	0.61
	35	22.932	0.97	1.43	0.86	0.89	0.61
	36	19.878	0.94	1.38	0.80	0.86	0.58
	37	16.825	0.92	1.34	0.78	0.85	0.59
	38	13.700	0.88	1.31	0.76	0.87	0.59
	39	11.900	0.86	1.29	0.77	0.90	0.60

表 4-21 (1/3) 震度 (ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペDESTAL)

基準地震動  $S_s$ , 1.0ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0			条件比率	
	NS 方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
ガンマ線遮蔽壁	53	29.962	2.50	3.14	1.82	0.73	0.58
	54	26.981	2.19	2.72	1.40	0.64	0.52
	55	24.000	1.80	2.31	1.33	0.74	0.58
	56	21.500	1.51	1.94	1.14	0.76	0.59
	57	19.000	1.16	1.64	0.99	0.86	0.61
原子炉圧力容器 ペDESTAL	58	15.944	1.00	1.47	0.83	0.83	0.57
	59	13.022	0.94	1.35	0.73	0.78	0.55

表 4-21 (2/3) 震度 (ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペデスタル)

基準地震動  $S_s$ , 1.0ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0			条件比率	
	EW 方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
ガンマ線遮蔽壁	54	29.962	2.25	3.15	1.64	0.73	0.53
	55	26.981	2.17	2.94	1.40	0.65	0.48
	56	24.000	1.95	2.58	1.35	0.70	0.53
	57	21.500	1.65	2.30	1.27	0.77	0.56
	58	19.000	1.39	1.85	1.00	0.72	0.55
原子炉圧力容器 ペデスタル	59	15.944	1.14	1.65	0.87	0.77	0.53
	60	13.022	1.03	1.52	0.74	0.72	0.49



表 4-21 (3/3) 震度 (ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペデスタル)  
 基準地震動  $S_s$ , 1.0ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0			条件比率	
	鉛直方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
ガンマ線遮蔽壁	41	29.962	1.34	1.89	1.11	0.83	0.59
	42	26.981	1.29	1.83	1.08	0.84	0.60
	43	24.000	1.20	1.71	1.00	0.84	0.59
	44	21.500	1.11	1.58	0.93	0.84	0.59
	45	19.000	0.95	1.32	0.78	0.83	0.60
原子炉圧力容器 ペデスタル	46	15.944	0.82	1.14	0.67	0.82	0.59
	47	13.022	0.77	1.11	0.65	0.85	0.59

表 4-22 (1/3) 震度 (ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペDESTAL)

基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2			条件比率	
	NS 方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
ガンマ線遮蔽壁	53	29.962	3.00	3.77	2.16	0.72	0.58
	54	26.981	2.62	3.26	1.70	0.65	0.53
	55	24.000	2.16	2.78	1.60	0.75	0.58
	56	21.500	1.81	2.33	1.38	0.77	0.60
	57	19.000	1.40	1.97	1.18	0.85	0.60
原子炉圧力容器 ペDESTAL	58	15.944	1.20	1.77	1.01	0.85	0.58
	59	13.022	1.13	1.62	0.90	0.80	0.56

表 4-22 (2/3) 震度 (ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペデスタル)

基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2			条件比率	
	EW 方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
ガンマ線遮蔽壁	54	29.962	2.70	3.78	1.94	0.72	0.52
	55	26.981	2.60	3.53	1.67	0.65	0.48
	56	24.000	2.33	3.09	1.63	0.70	0.53
	57	21.500	1.98	2.75	1.50	0.76	0.55
	58	19.000	1.67	2.22	1.20	0.72	0.55
原子炉圧力容器 ペデスタル	59	15.944	1.37	1.98	1.05	0.77	0.54
	60	13.022	1.24	1.82	0.90	0.73	0.50

表 4-22 (3/3) 震度 (ガンマ線遮蔽壁及び原子炉圧力容器ペデスタル)  
 基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2			条件比率	
	鉛直方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
ガンマ線遮蔽壁	41	29.962	1.61	2.27	1.32	0.82	0.59
	42	26.981	1.55	2.19	1.29	0.84	0.59
	43	24.000	1.44	2.04	1.20	0.84	0.59
	44	21.500	1.33	1.88	1.10	0.83	0.59
	45	19.000	1.14	1.59	0.92	0.81	0.58
原子炉圧力容器 ペデスタル	46	15.944	0.98	1.37	0.80	0.82	0.59
	47	13.022	0.92	1.32	0.77	0.84	0.59

表 4-23 (1/3) 震度 (原子炉压力容器)  
 基準地震動  $S_s$ , 1.0ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0			条件比率	
	NS 方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
原子炉 压力容器	61	37.494	5.24	6.57	3.99	0.77	0.61
	62	36.586	4.99	6.24	3.79	0.76	0.61
	63	35.678	4.73	5.91	3.59	0.76	0.61
	64	33.993	4.25	5.30	3.22	0.76	0.61
	65	32.567	3.83	4.76	2.79	0.73	0.59
	66	31.557	3.55	4.43	2.60	0.74	0.59
	67	30.369	3.23	4.11	2.36	0.74	0.58
	68	30.218	3.19	4.07	2.33	0.74	0.58
	69	29.181	2.98	3.86	2.19	0.74	0.57
	70	28.249	2.79	3.66	2.08	0.75	0.57
	71	27.317	2.61	3.47	1.99	0.77	0.58
	72	26.687	2.48	3.32	1.90	0.77	0.58
	73	25.414	2.26	3.02	1.79	0.80	0.60
	74	25.131	2.21	2.96	1.78	0.81	0.61
	75	24.419	2.09	2.78	1.72	0.83	0.62
	76	23.707	1.97	2.60	1.63	0.83	0.63
	77	22.995	1.85	2.46	1.58	0.86	0.65
	78	22.283	1.73	2.33	1.48	0.86	0.64
	79	21.064	1.53	2.10	1.24	0.82	0.60
	80	20.892	1.50	2.06	1.20	0.80	0.59
81	20.214	1.39	1.94	1.11	0.80	0.58	
82	19.196	1.33	1.82	1.02	0.77	0.57	
83	18.250	1.25	1.73	0.95	0.76	0.55	

表 4-23 (2/3) 震度 (原子炉压力容器)  
 基準地震動  $S_s$ , 1.0ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.0			条件比率	
	EW 方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
原子炉 压力容器	62	37.494	5.36	7.01	2.90	0.55	0.42
	63	36.586	5.07	6.62	2.74	0.55	0.42
	64	35.678	4.78	6.21	2.57	0.54	0.42
	65	33.993	4.24	5.48	2.30	0.55	0.42
	66	32.567	3.76	4.82	2.06	0.55	0.43
	67	31.557	3.41	4.34	1.85	0.55	0.43
	68	30.369	3.00	3.87	1.68	0.56	0.44
	69	30.218	2.94	3.84	1.64	0.56	0.43
	70	29.181	2.66	3.62	1.55	0.59	0.43
	71	28.249	2.42	3.42	1.44	0.60	0.43
	72	27.317	2.22	3.21	1.37	0.62	0.43
	73	26.687	2.11	3.06	1.33	0.64	0.44
	74	25.414	1.93	2.85	1.33	0.69	0.47
	75	25.131	1.89	2.81	1.33	0.71	0.48
	76	24.419	1.81	2.69	1.35	0.75	0.51
	77	23.707	1.73	2.55	1.33	0.77	0.53
	78	22.995	1.65	2.42	1.34	0.82	0.56
	79	22.283	1.56	2.28	1.33	0.86	0.59
	80	21.064	1.41	2.04	1.31	0.93	0.65
	81	20.892	1.39	2.01	1.26	0.91	0.63
82	20.214	1.31	1.91	1.20	0.92	0.63	
83	19.196	1.27	1.80	1.07	0.85	0.60	
84	18.250	1.26	1.79	1.02	0.81	0.57	

表 4-23 (3/3) 震度 (原子炉压力容器)

基準地震動  $S_s$ , 1.0ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.0			条件比率	
	鉛直方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
原子炉 压力容器	49	37.494	1.13	1.58	0.89	0.79	0.57
	50	36.586	1.13	1.56	0.88	0.78	0.57
	51	35.678	1.13	1.56	0.88	0.78	0.57
	52	33.993	1.13	1.56	0.88	0.78	0.57
	53	32.567	1.12	1.56	0.86	0.77	0.56
	54	31.557	1.11	1.55	0.87	0.79	0.57
	55	30.369	1.10	1.53	0.86	0.79	0.57
	56	30.218	1.10	1.52	0.83	0.76	0.55
	57	29.181	1.09	1.50	0.83	0.77	0.56
	58	28.249	1.07	1.49	0.83	0.78	0.56
	59	27.317	1.06	1.47	0.82	0.78	0.56
	60	26.687	1.05	1.46	0.81	0.78	0.56
	61	25.414	1.03	1.44	0.80	0.78	0.56
	62	25.131	1.03	1.43	0.79	0.77	0.56
	63	24.419	1.02	1.41	0.80	0.79	0.57
	64	23.707	1.00	1.40	0.79	0.79	0.57
	65	22.995	0.99	1.38	0.78	0.79	0.57
	66	22.283	0.98	1.37	0.77	0.79	0.57
	67	21.064	0.95	1.32	0.74	0.78	0.57
	68	20.892	0.95	1.32	0.74	0.78	0.57
	69	20.214	0.94	1.31	0.75	0.80	0.58
70	19.196	0.91	1.28	0.71	0.79	0.56	
71	18.250	0.90	1.25	0.71	0.79	0.57	

表 4-24 (1/3) 震度 (原子炉压力容器)

基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.2			条件比率	
	NS 方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
原子炉 压力容器	61	37.494	6.29	7.88	4.78	0.76	0.61
	62	36.586	5.99	7.49	4.54	0.76	0.61
	63	35.678	5.68	7.08	4.30	0.76	0.61
	64	33.993	5.10	6.36	3.82	0.75	0.61
	65	32.567	4.60	5.70	3.39	0.74	0.60
	66	31.557	4.26	5.31	3.12	0.74	0.59
	67	30.369	3.88	4.94	2.83	0.73	0.58
	68	30.218	3.83	4.89	2.84	0.75	0.59
	69	29.181	3.57	4.64	2.63	0.74	0.57
	70	28.249	3.35	4.40	2.47	0.74	0.57
	71	27.317	3.13	4.16	2.39	0.77	0.58
	72	26.687	2.98	3.98	2.31	0.78	0.59
	73	25.414	2.71	3.63	2.18	0.81	0.61
	74	25.131	2.65	3.54	2.13	0.81	0.61
	75	24.419	2.51	3.33	2.05	0.82	0.62
	76	23.707	2.36	3.12	1.96	0.84	0.63
	77	22.995	2.22	2.96	1.90	0.86	0.65
	78	22.283	2.08	2.79	1.77	0.86	0.64
	79	21.064	1.83	2.52	1.48	0.81	0.59
	80	20.892	1.80	2.48	1.47	0.82	0.60
81	20.214	1.67	2.33	1.34	0.81	0.58	
82	19.196	1.60	2.18	1.22	0.77	0.56	
83	18.250	1.50	2.07	1.14	0.76	0.56	



表 4-24 (2/3) 震度 (原子炉压力容器)  
 基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.2			条件比率	
	EW 方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元 FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
原子炉 压力容器	62	37.494	6.43	8.40	3.48	0.55	0.42
	63	36.586	6.08	7.94	3.28	0.54	0.42
	64	35.678	5.73	7.46	3.09	0.54	0.42
	65	33.993	5.09	6.57	2.76	0.55	0.43
	66	32.567	4.52	5.78	2.43	0.54	0.43
	67	31.557	4.09	5.19	2.22	0.55	0.43
	68	30.369	3.59	4.65	2.02	0.57	0.44
	69	30.218	3.53	4.61	2.00	0.57	0.44
	70	29.181	3.19	4.34	1.85	0.58	0.43
	71	28.249	2.91	4.10	1.72	0.60	0.42
	72	27.317	2.66	3.84	1.64	0.62	0.43
	73	26.687	2.53	3.68	1.60	0.64	0.44
	74	25.414	2.31	3.42	1.62	0.71	0.48
	75	25.131	2.27	3.38	1.62	0.72	0.48
	76	24.419	2.18	3.23	1.62	0.75	0.51
	77	23.707	2.08	3.06	1.62	0.78	0.53
	78	22.995	1.98	2.91	1.63	0.83	0.57
	79	22.283	1.87	2.75	1.61	0.87	0.59
	80	21.064	1.70	2.45	1.55	0.92	0.64
	81	20.892	1.67	2.42	1.53	0.92	0.64
82	20.214	1.57	2.28	1.43	0.92	0.63	
83	19.196	1.52	2.16	1.29	0.85	0.60	
84	18.250	1.51	2.15	1.22	0.81	0.57	

表 4-24 (3/3) 震度 (原子炉压力容器)

基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.2			条件比率	
	鉛直方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
原子炉 压力容器	49	37.494	1.36	1.88	1.05	0.78	0.56
	50	36.586	1.36	1.88	1.05	0.78	0.56
	51	35.678	1.36	1.88	1.05	0.78	0.56
	52	33.993	1.35	1.88	1.05	0.78	0.56
	53	32.567	1.35	1.86	1.03	0.77	0.56
	54	31.557	1.33	1.85	1.02	0.77	0.56
	55	30.369	1.32	1.83	1.02	0.78	0.56
	56	30.218	1.32	1.83	1.02	0.78	0.56
	57	29.181	1.30	1.80	1.01	0.78	0.57
	58	28.249	1.29	1.79	0.99	0.77	0.56
	59	27.317	1.27	1.77	1.00	0.79	0.57
	60	26.687	1.26	1.76	0.99	0.79	0.57
	61	25.414	1.24	1.73	0.97	0.79	0.57
	62	25.131	1.23	1.71	0.96	0.79	0.57
	63	24.419	1.22	1.70	0.95	0.78	0.56
	64	23.707	1.20	1.68	0.96	0.80	0.58
	65	22.995	1.19	1.65	0.92	0.78	0.56
	66	22.283	1.17	1.64	0.93	0.80	0.57
	67	21.064	1.14	1.59	0.89	0.79	0.56
	68	20.892	1.14	1.59	0.89	0.79	0.56
	69	20.214	1.12	1.56	0.88	0.79	0.57
70	19.196	1.10	1.53	0.86	0.79	0.57	
71	18.250	1.08	1.50	0.86	0.80	0.58	

表 4-25 (1/3) 震度 (炉心シュラウド)  
 基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2			条件比率	
	NS 方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元 FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
炉心シュラウド	88	31.557	3.04	4.28	4.28	1.41	1.00
	89	30.369	2.64	3.57	3.76	1.43	1.06
	90	29.181	2.35	3.12	3.29	1.40	1.06
	91	28.249	2.23	2.96	3.00	1.35	1.02
	92	27.317	2.11	2.82	2.82	1.34	1.00
	93	26.687	2.03	2.73	2.66	1.32	0.98
	94	25.414	1.89	2.55	2.30	1.22	0.91
	95	25.843	1.95	2.61	2.41	1.24	0.93
	96	25.414	1.89	2.55	2.30	1.22	0.91
	97	25.131	1.86	2.51	2.19	1.18	0.88
	98	24.419	1.79	2.42	1.98	1.11	0.82
	99	23.707	1.73	2.34	1.78	1.03	0.77
	100	22.995	1.72	2.34	1.69	0.99	0.73
	101	22.283	1.70	2.34	1.60	0.95	0.69
	102	21.064	1.70	2.30	1.46	0.86	0.64
	103	21.571	1.72	2.34	1.53	0.89	0.66
	104	21.064	1.70	2.30	1.46	0.86	0.64
105	20.892	1.71	2.30	1.44	0.85	0.63	
106	20.214	1.64	2.25	1.34	0.82	0.60	
107	19.196	1.60	2.18	1.22	0.77	0.56	

表 4-25 (2/3) 震度 (炉心シュラウド)  
 基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2			条件比率	
	EW 方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元 FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
炉心シュラウド	89	31.557	2.95	4.37	3.55	1.21	0.82
	90	30.369	2.61	3.60	3.12	1.20	0.87
	91	29.181	2.39	3.09	2.79	1.17	0.91
	92	28.249	2.21	2.85	2.51	1.14	0.89
	93	27.317	2.03	2.61	2.20	1.09	0.85
	94	26.687	1.92	2.46	2.05	1.07	0.84
	95	25.414	1.82	2.31	1.76	0.97	0.77
	96	25.843	1.86	2.34	1.84	0.99	0.79
	97	25.414	1.82	2.31	1.76	0.97	0.77
	98	25.131	1.80	2.30	1.69	0.94	0.74
	99	24.419	1.75	2.30	1.60	0.92	0.70
	100	23.707	1.70	2.31	1.53	0.90	0.67
	101	22.995	1.65	2.33	1.45	0.88	0.63
	102	22.283	1.60	2.31	1.41	0.89	0.62
	103	21.064	1.52	2.28	1.43	0.95	0.63
	104	21.571	1.57	2.34	1.44	0.92	0.62
	105	21.064	1.52	2.28	1.43	0.95	0.63
	106	20.892	1.51	2.27	1.39	0.93	0.62
107	20.214	1.51	2.22	1.38	0.92	0.63	
108	19.196	1.52	2.16	1.29	0.85	0.60	

表 4-25 (3/3) 震度 (炉心シュラウド)

基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL(m)	震度×1.2			条件比率	
	鉛直方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
炉心シュラウド	73	31.557	1.40	1.89	0.94	0.68	0.50
	74	30.369	1.40	1.89	0.94	0.68	0.50
	75	29.181	1.39	1.88	0.94	0.68	0.50
	76	28.249	1.38	1.86	0.93	0.68	0.50
	77	27.317	1.37	1.85	0.95	0.70	0.52
	78	26.687	1.37	1.83	0.94	0.69	0.52
	79	25.414	1.35	1.80	0.92	0.69	0.52
	80	25.843	1.35	1.82	0.92	0.69	0.51
	81	25.414	1.35	1.80	0.92	0.69	0.52
	82	25.131	1.34	1.80	0.92	0.69	0.52
	83	24.419	1.32	1.77	0.92	0.70	0.52
	84	23.707	1.30	1.74	0.91	0.70	0.53
	85	22.995	1.28	1.71	0.89	0.70	0.53
	86	22.283	1.26	1.67	0.88	0.70	0.53
	87	21.064	1.22	1.62	0.87	0.72	0.54
	88	21.571	1.22	1.62	0.87	0.72	0.54
	89	21.064	1.22	1.62	0.87	0.72	0.54
	90	20.892	1.21	1.62	0.87	0.72	0.54
	91	20.214	1.19	1.59	0.87	0.74	0.55
	92	19.196	1.15	1.56	0.89	0.78	0.58

表 4-26 (1/3) 震度 (燃料集合体 (燃料被覆管評価用))

基準地震動  $S_s$ , 1.0ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0			条件比率	
	NS 方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
燃料集合体	113	25.843	1.62	2.18	2.02	1.25	0.93
	114	25.131	1.91	2.82	2.11	1.11	0.75
	115	24.419	2.48	3.69	2.41	0.98	0.66
	116	23.707	2.61	3.89	2.67	1.03	0.69
	117	22.995	2.32	3.44	2.36	1.02	0.69
	118	22.283	1.73	2.49	1.88	1.09	0.76
	119	21.571	1.43	1.95	1.27	0.89	0.66

表 4-26 (2/3) 震度 (燃料集合体 (燃料被覆管評価用))

基準地震動  $S_s$ , 1.0ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0			条件比率	
	EW 方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
燃料集合体	114	25.843	1.55	1.95	1.51	0.98	0.78
	115	25.131	2.78	2.88	1.92	0.70	0.67
	116	24.419	3.83	3.98	2.73	0.72	0.69
	117	23.707	4.10	4.43	3.13	0.77	0.71
	118	22.995	3.45	3.89	2.83	0.83	0.73
	119	22.283	2.21	2.61	1.95	0.89	0.75
	120	21.571	1.31	1.95	1.23	0.94	0.64

表 4-26 (3/3) 震度 (燃料集合体 (燃料被覆管評価用))  
 基準地震動  $S_s$ , 1.0ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0			条件比率	
	鉛直方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
燃料集合体	94	25.843	1.35	1.92	1.13	0.84	0.59
	95	25.131	1.34	1.91	1.12	0.84	0.59
	96	24.419	1.33	1.89	1.11	0.84	0.59
	97	23.707	1.32	1.88	1.10	0.84	0.59
	98	22.995	1.30	1.86	1.10	0.85	0.60
	99	22.283	1.29	1.83	1.08	0.84	0.60
	100	21.571	1.27	1.80	1.06	0.84	0.59

表 4-27 (1/3) 震度 (制御棒駆動機構ハウジング)

基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2			条件比率	
	NS 方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元 FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	127	17.499	1.45	2.09	1.31	0.91	0.63
	128	16.508	1.41	2.01	1.05	0.75	0.53
	129	15.644	1.57	2.27	1.14	0.73	0.51
	130	14.781	1.78	2.55	1.30	0.74	0.51
	131	13.917	1.81	2.66	1.33	0.74	0.50
	132	13.054	1.95	2.63	1.28	0.66	0.49
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	108	17.442	1.45	2.04	1.09	0.76	0.54
	109	16.345	2.01	2.79	1.36	0.68	0.49
	110	15.248	3.49	4.82	1.90	0.55	0.40
	111	14.151	3.41	4.58	1.83	0.54	0.40
	112	13.054	1.92	2.60	1.28	0.67	0.50



表 4-27 (2/3) 震度 (制御棒駆動機構ハウジング)

基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2			条件比率	
	EW 方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元 FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	128	17.499	2.04	2.06	1.24	0.61	0.61
	129	16.508	1.54	2.18	1.15	0.75	0.53
	130	15.644	1.75	2.34	1.19	0.68	0.51
	131	14.781	2.36	3.14	1.49	0.64	0.48
	132	13.917	2.67	3.60	1.44	0.54	0.40
	133	13.054	2.67	3.68	1.35	0.51	0.37
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	109	17.442	1.52	2.16	1.18	0.78	0.55
	110	16.345	2.88	3.86	1.47	0.52	0.39
	111	15.248	5.65	7.70	2.06	0.37	0.27
	112	14.151	5.44	7.44	1.99	0.37	0.27
	113	13.054	2.64	3.63	1.36	0.52	0.38

表 4-27 (3/3) 震度 (制御棒駆動機構ハウジング)

基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2			条件比率	
	鉛直方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	107	17.499	1.12	1.56	0.90	0.81	0.58
	108	16.508	1.10	1.53	0.86	0.79	0.57
	109	15.644	1.10	1.53	0.88	0.80	0.58
	110	14.781	1.11	1.53	0.88	0.80	0.58
	111	13.917	1.11	1.55	0.89	0.81	0.58
	112	13.054	1.11	1.55	0.89	0.81	0.58
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	93	17.419	1.09	1.52	0.85	0.78	0.56
	113	16.345	1.10	1.52	0.85	0.78	0.56
	114	15.248	1.10	1.53	0.88	0.80	0.58
	115	14.151	1.11	1.53	0.88	0.80	0.58
	116	13.054	1.11	1.53	0.88	0.80	0.58

表 4-28 (1/3) 震度 (原子炉压力容器下鏡)

基準地震動  $S_s$ , 1.0ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0			条件比率	
	NS 方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元 FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
原子炉压力容器 下鏡	85	18.250	1.25	1.73	0.95	0.76	0.55
	86	17.442	1.21	1.70	0.91	0.76	0.54
	87	16.508	1.17	1.68	0.89	0.77	0.53

表 4-28 (2/3) 震度 (原子炉压力容器下鏡)

基準地震動  $S_s$ , 1.0ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.0			条件比率	
	EW 方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元 FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
原子炉压力容器 下鏡	86	18.250	1.26	1.79	1.02	0.81	0.57
	87	17.442	1.27	1.80	0.99	0.78	0.55
	88	16.508	1.28	1.82	0.96	0.75	0.53

表 4-28 (3/3) 震度 (原子炉压力容器下鏡)

基準地震動  $S_s$ , 1.0ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度 $\times 1.0$			条件比率	
	鉛直方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元 FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
原子炉压力容器 下鏡	71	18.250	0.90	1.25	0.71	0.79	0.57
	93	17.419	0.91	1.26	0.72	0.80	0.58
	108	16.508	0.92	1.28	0.74	0.81	0.58

表 4-29 (1/3) 震度 (原子炉压力容器下鏡)

基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (NS)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2			条件比率	
	NS 方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元 FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
原子炉压力容器 下鏡	85	18.250	1.50	2.07	1.14	0.76	0.56
	86	17.442	1.45	2.04	1.09	0.76	0.54
	87	16.508	1.41	2.01	1.05	0.75	0.53

表 4-29 (2/3) 震度 (原子炉压力容器下鏡)

基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (EW)

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2			条件比率	
	EW 方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元 FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
原子炉压力容器 下鏡	86	18.250	1.51	2.15	1.22	0.81	0.57
	87	17.442	1.52	2.16	1.18	0.78	0.55
	88	16.508	1.54	2.18	1.15	0.75	0.53

表 4-29 (3/3) 震度 (原子炉压力容器下鏡)

基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 鉛直方向

構造物名	質点番号	標高 EL (m)	震度×1.2			条件比率	
	鉛直方向		① 設計用 I	② 設計用 II	③ 3次元 FEM- 質点系連成 モデル 耐震条件	③/①	③/②
原子炉压力容器 下鏡	71	18.250	1.08	1.50	0.86	0.80	0.58
	93	17.419	1.09	1.52	0.85	0.78	0.56
	108	16.508	1.10	1.53	0.86	0.79	0.57

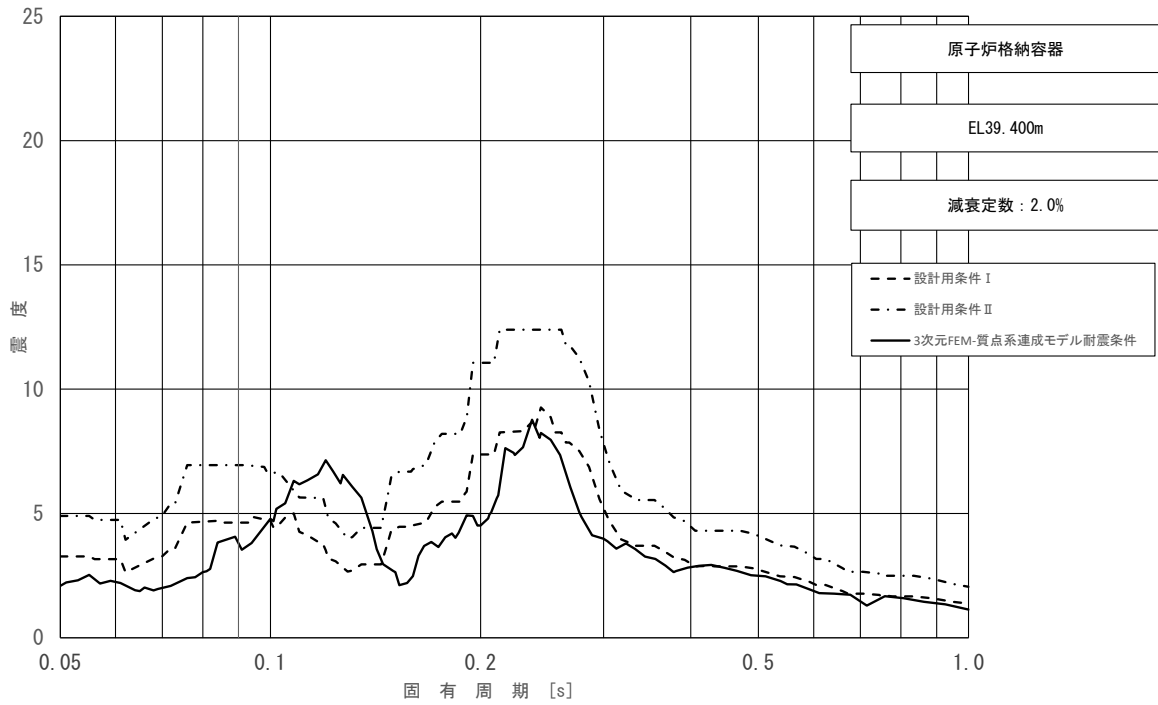


図 4-38 (1/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器 EL39.400m)

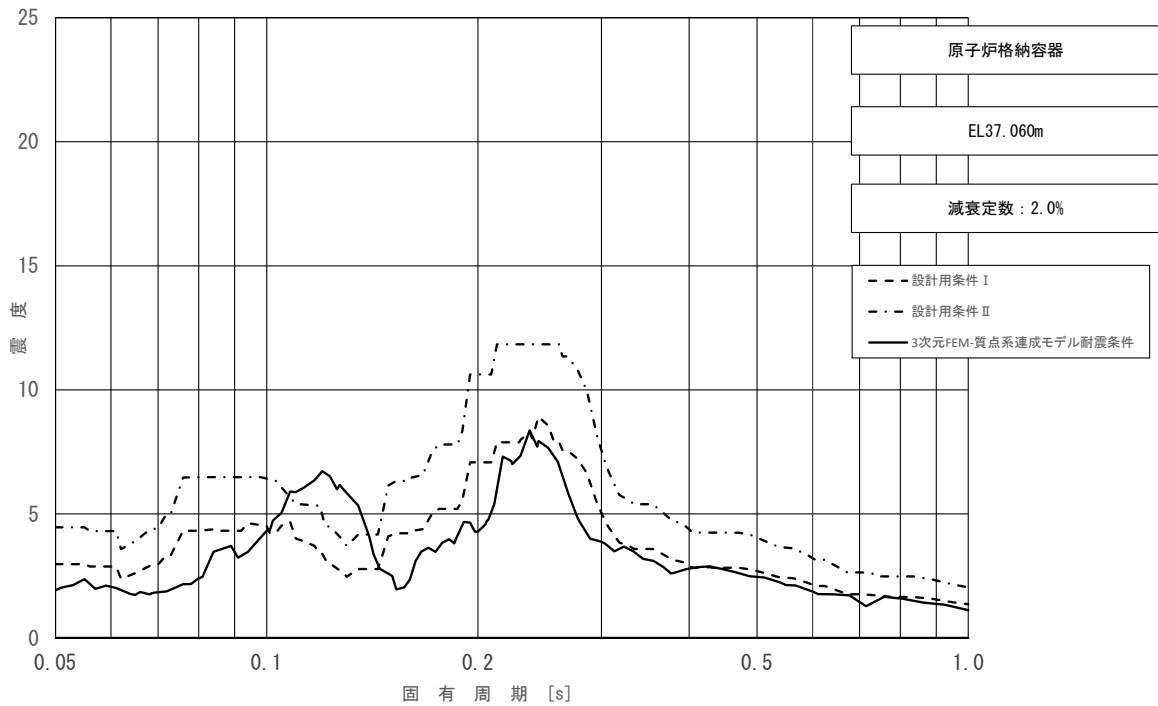


図 4-38 (2/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器 EL37.060m)

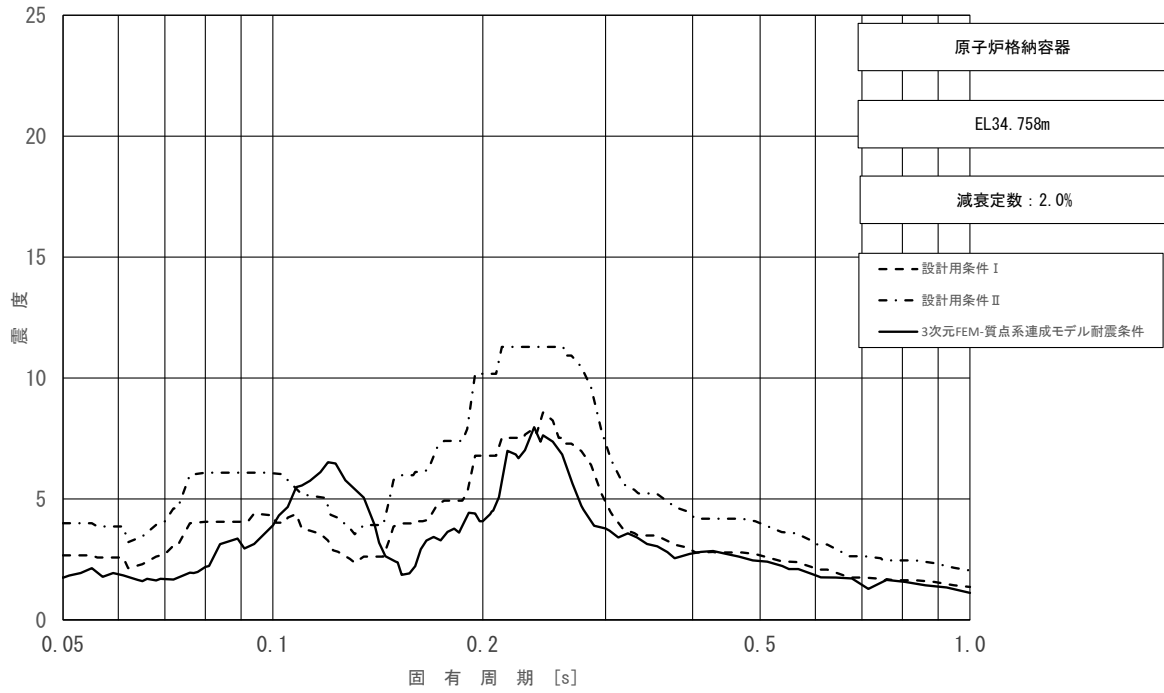


図 4-38 (3/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器 EL34.758m)

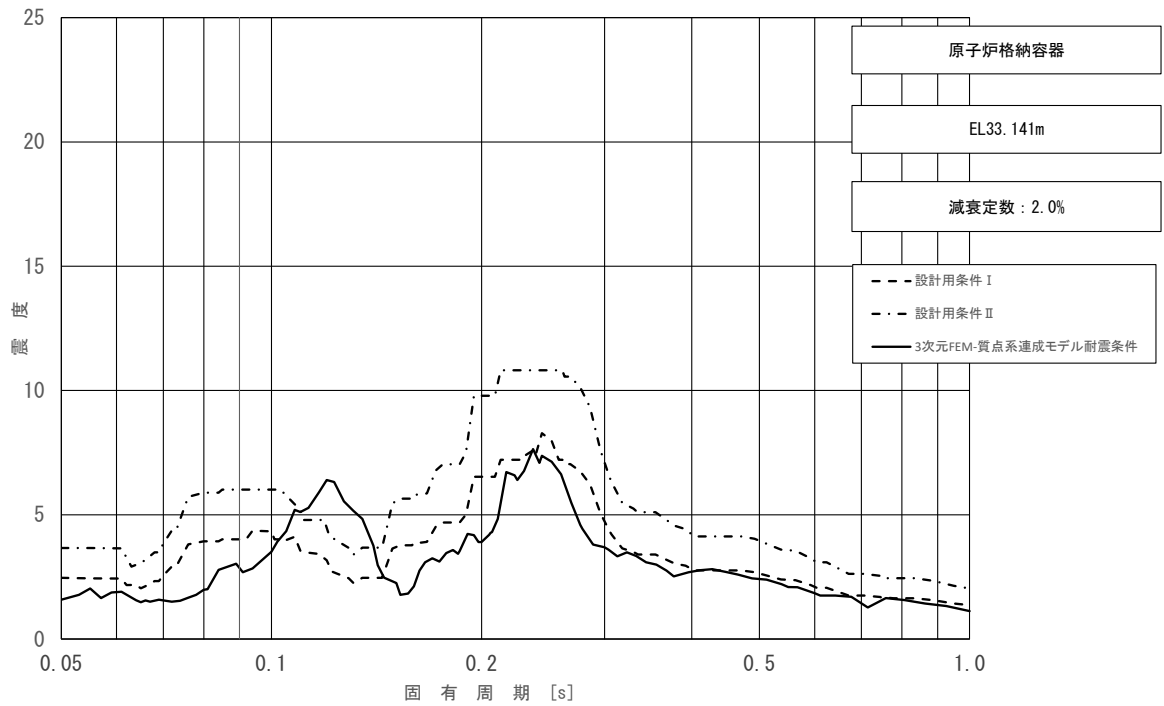


図 4-38 (4/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器 EL33.141m)



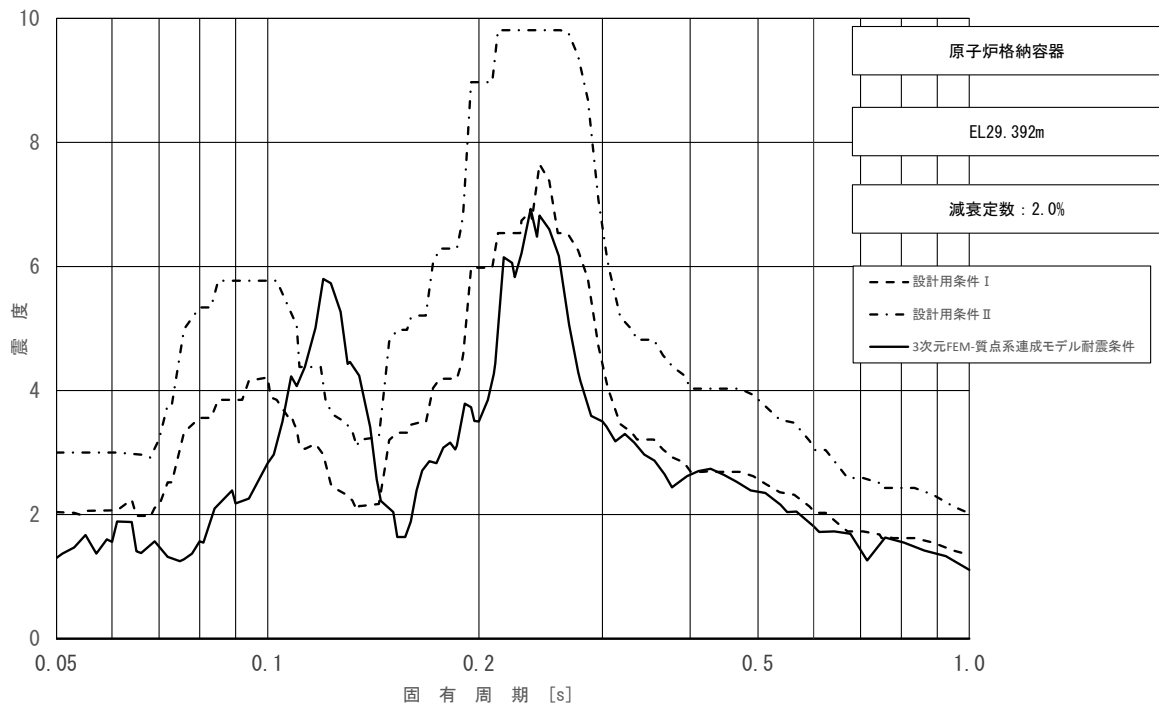


図 4-38 (5/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器 EL29.392m)

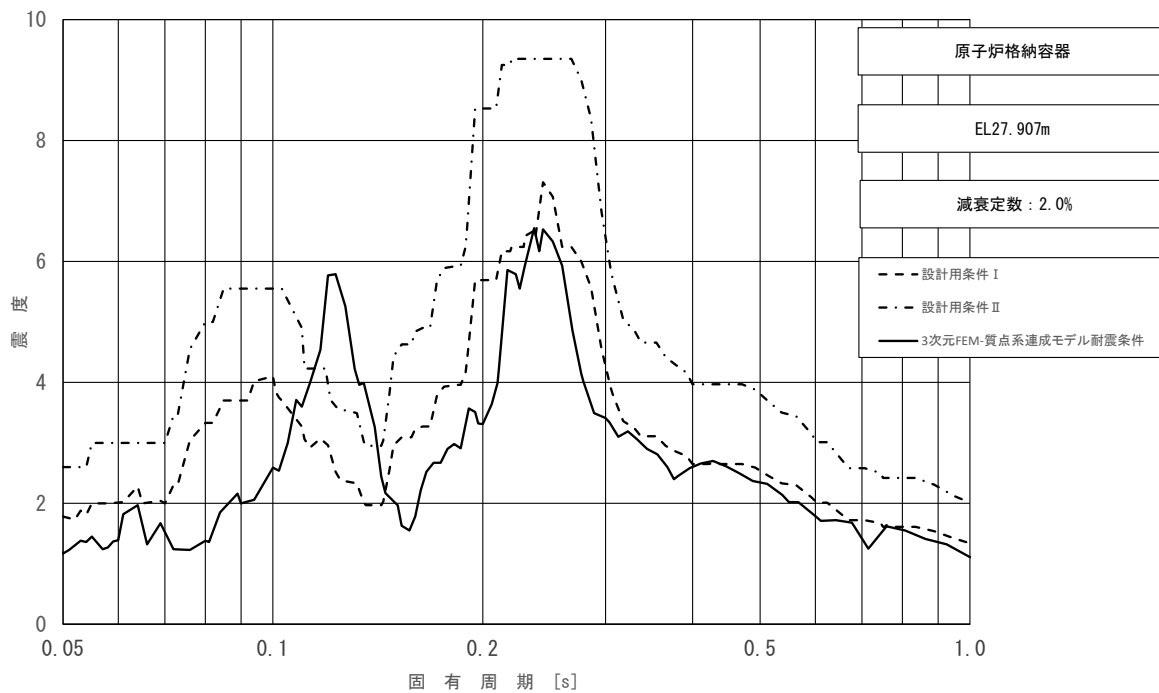


図 4-38 (6/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器 EL27.907m)

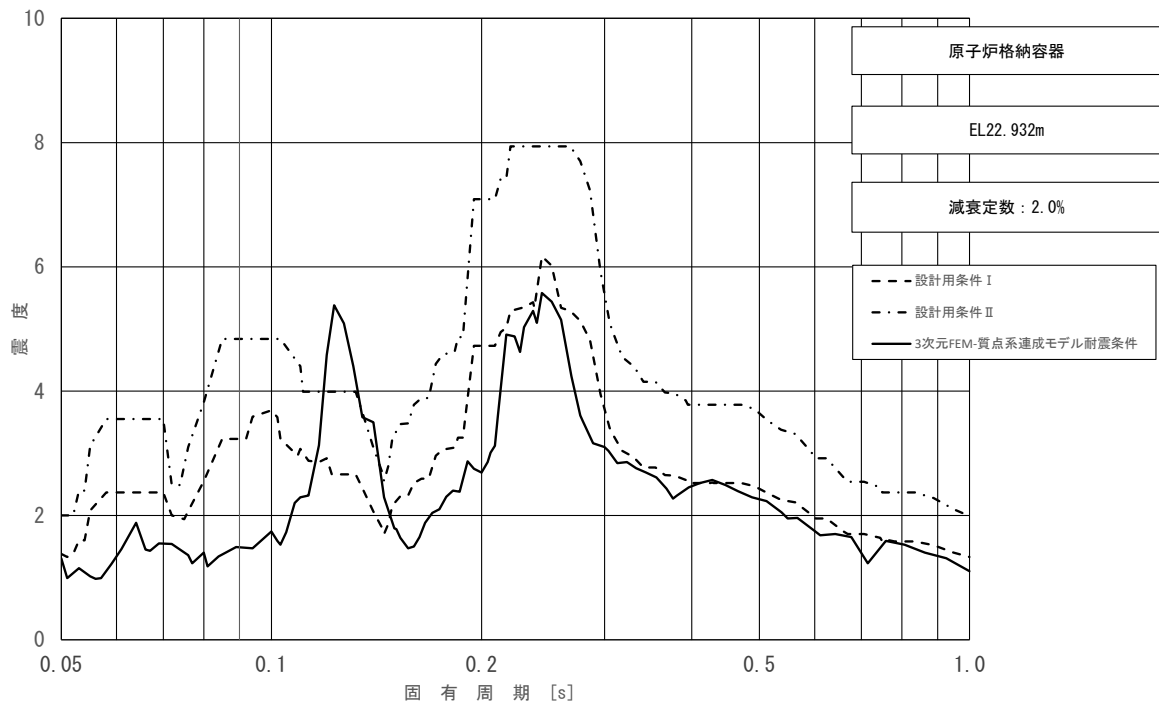


図 4-38 (7/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器 EL22.932m)

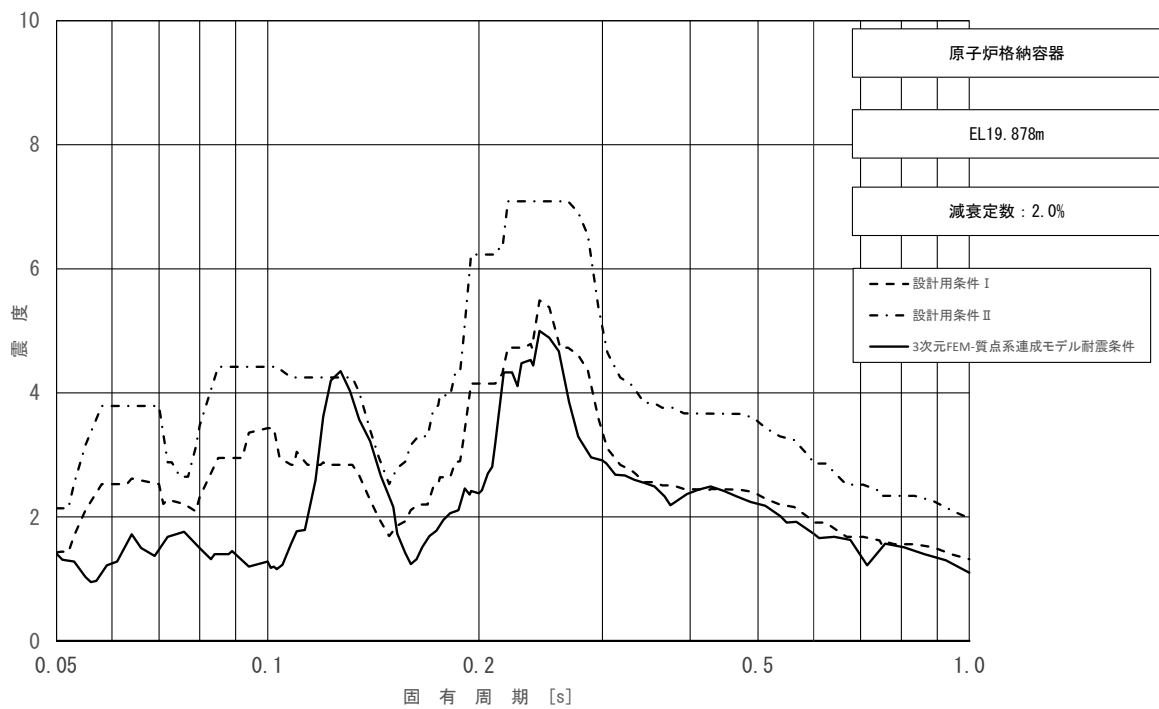


図 4-38 (8/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器 EL19.878m)

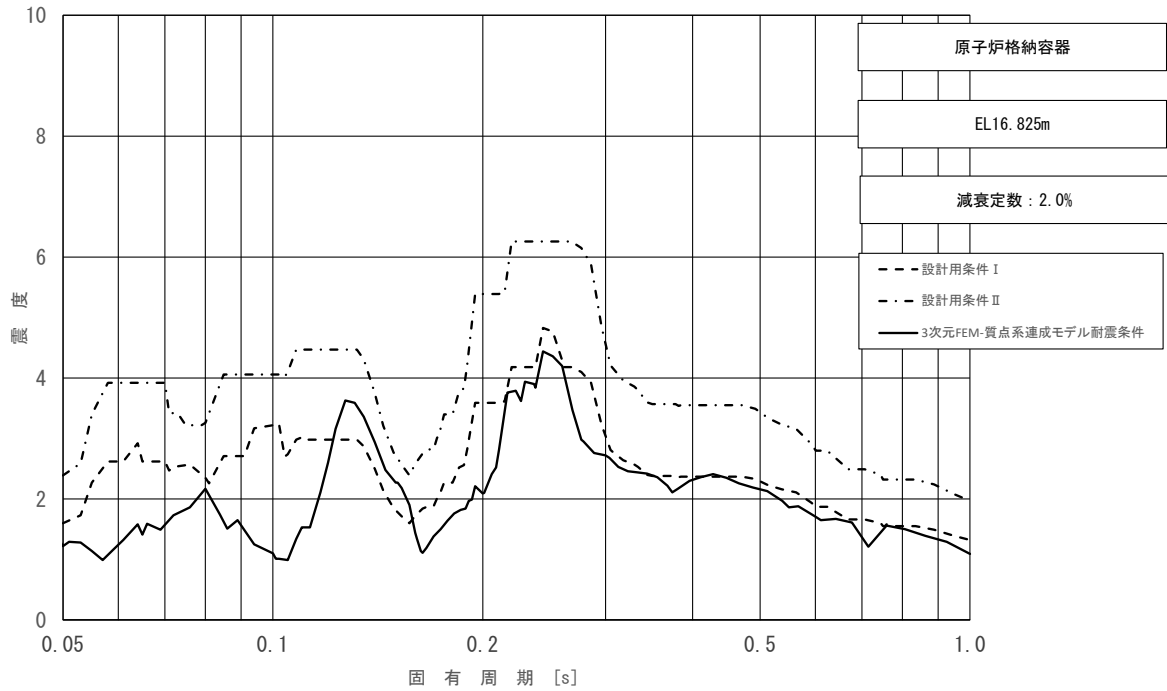


図 4-38 (9/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器 EL16.825m)

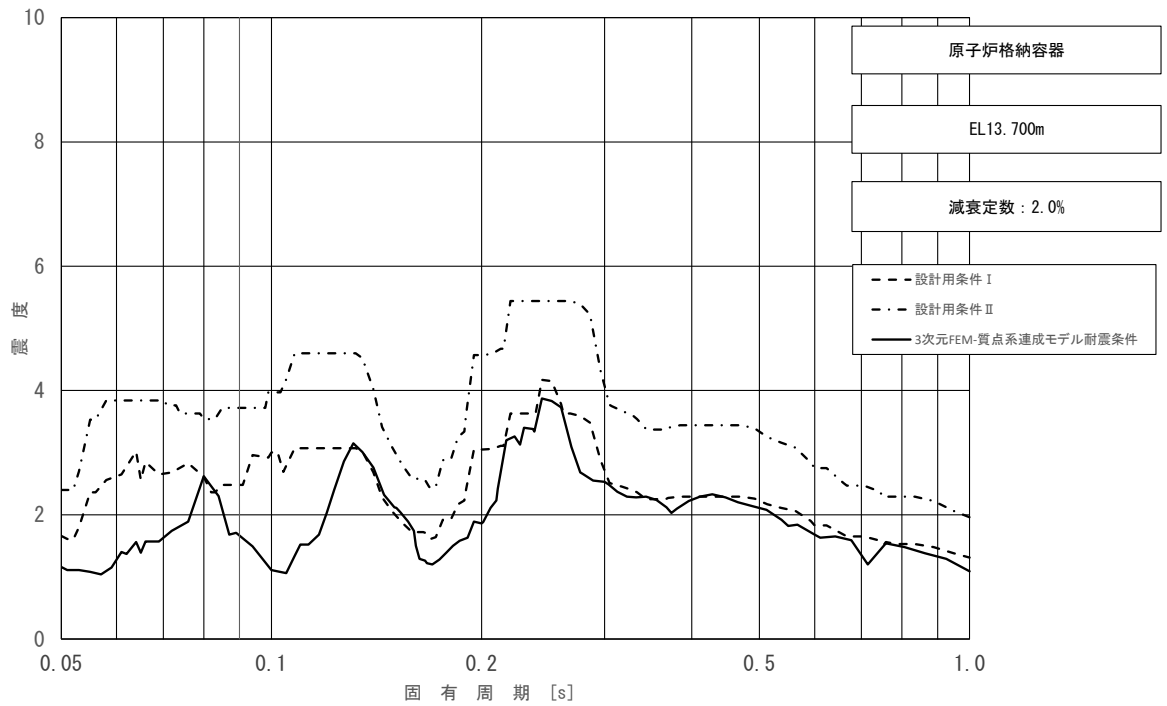


図 4-38 (10/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器 EL13.700m)

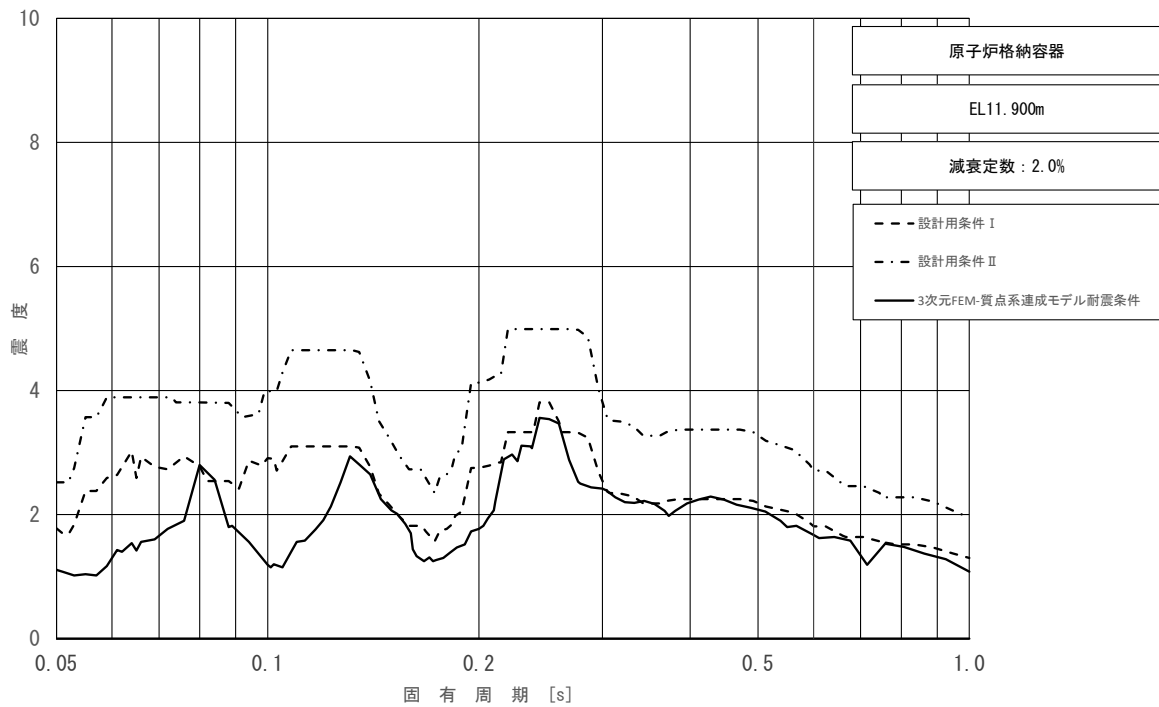


図 4-38 (11/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉格納容器 EL11.900m)

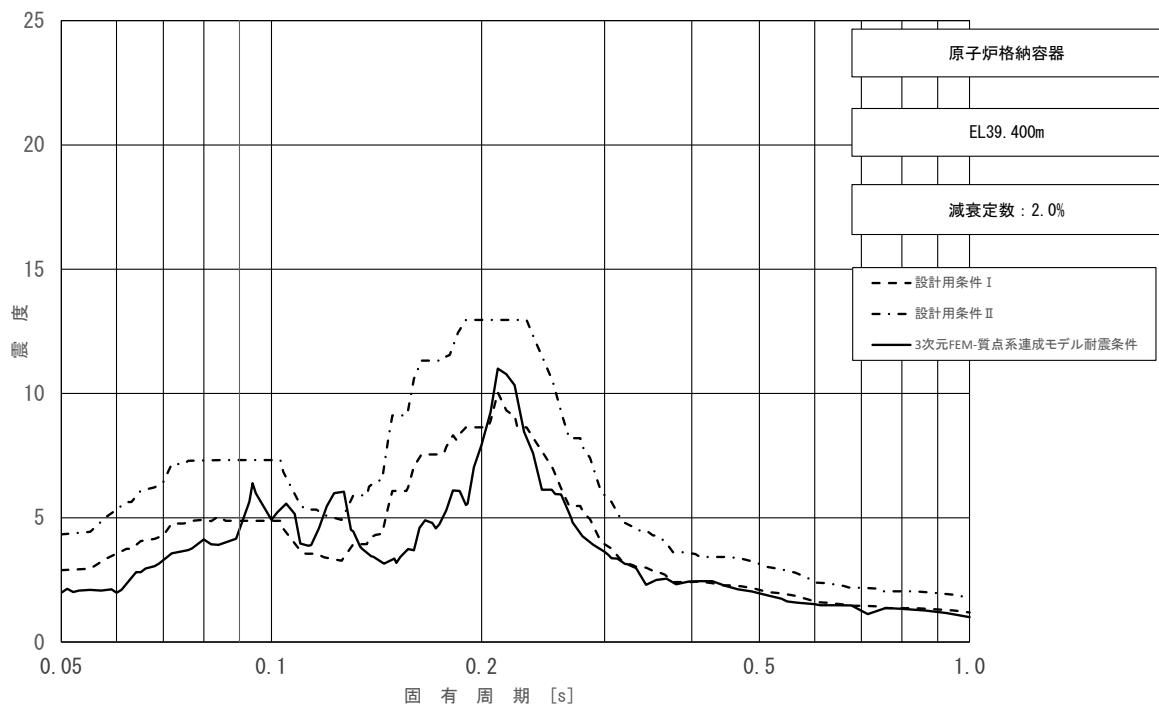


図 4-39 (1/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL39.400m)

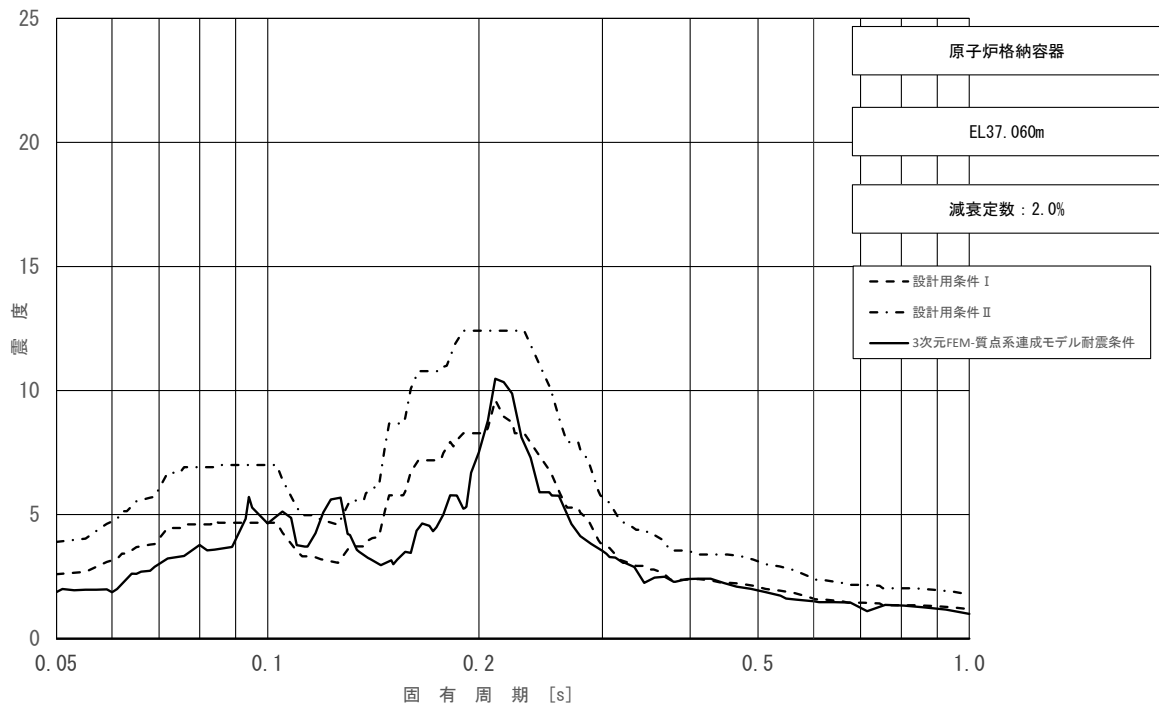


図 4-39 (2/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL37.060m)

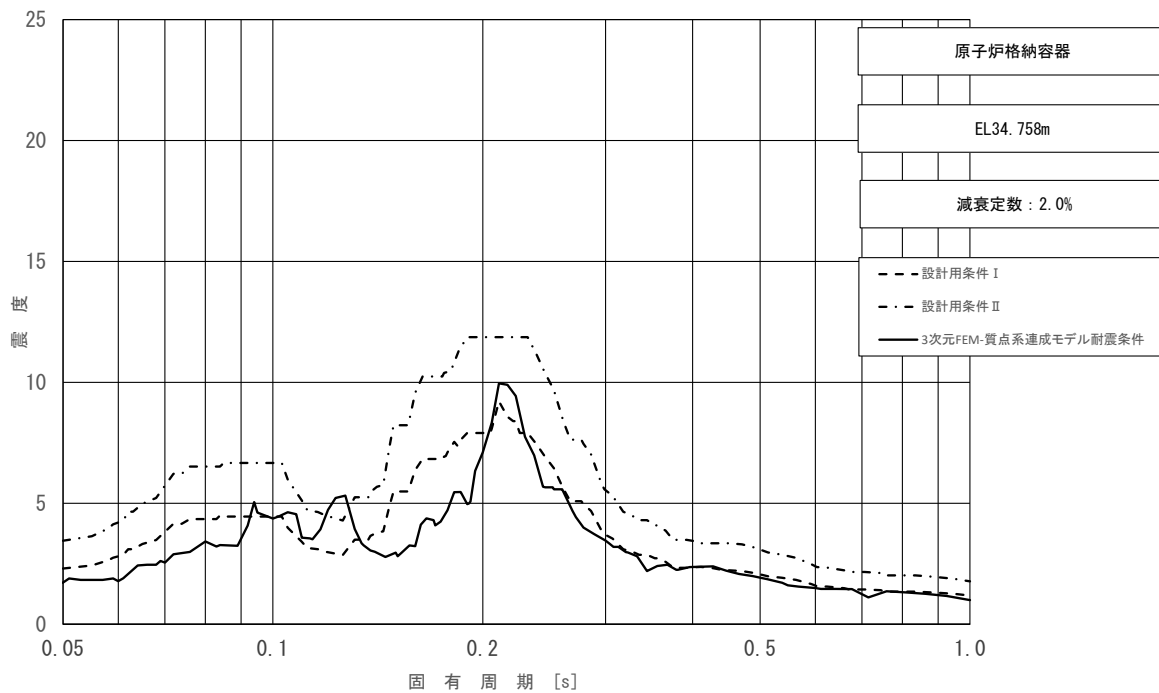


図 4-39 (3/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL34.758m)

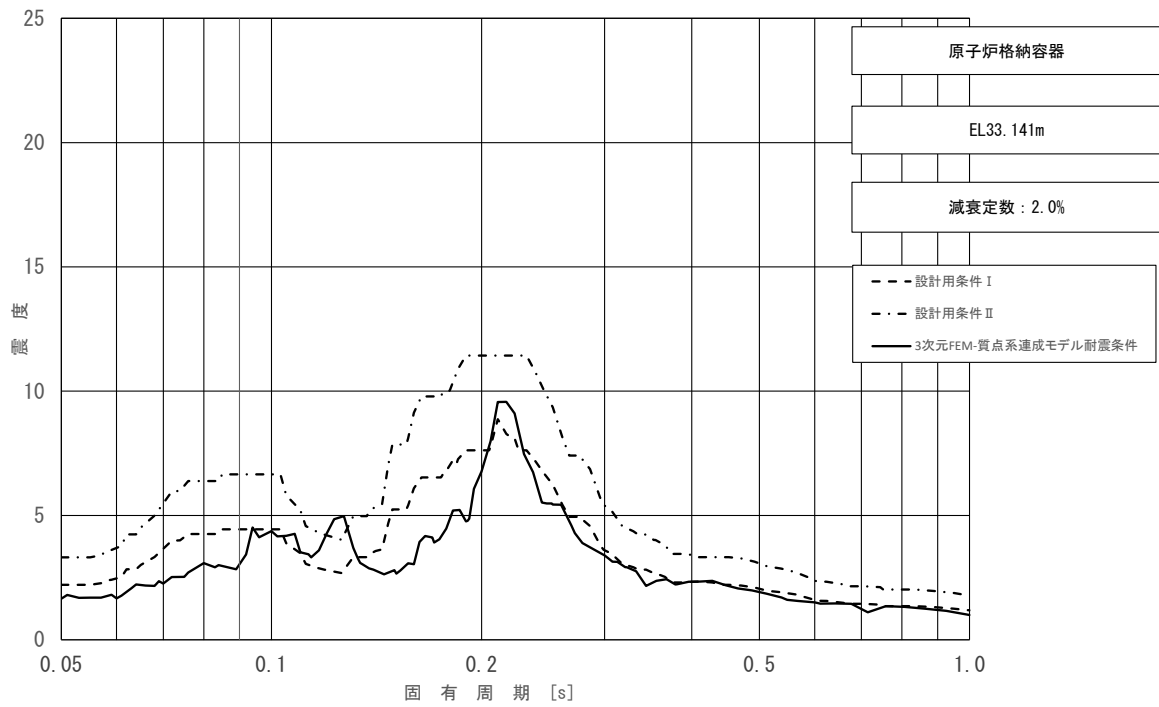


図 4-39 (4/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL33.141m)

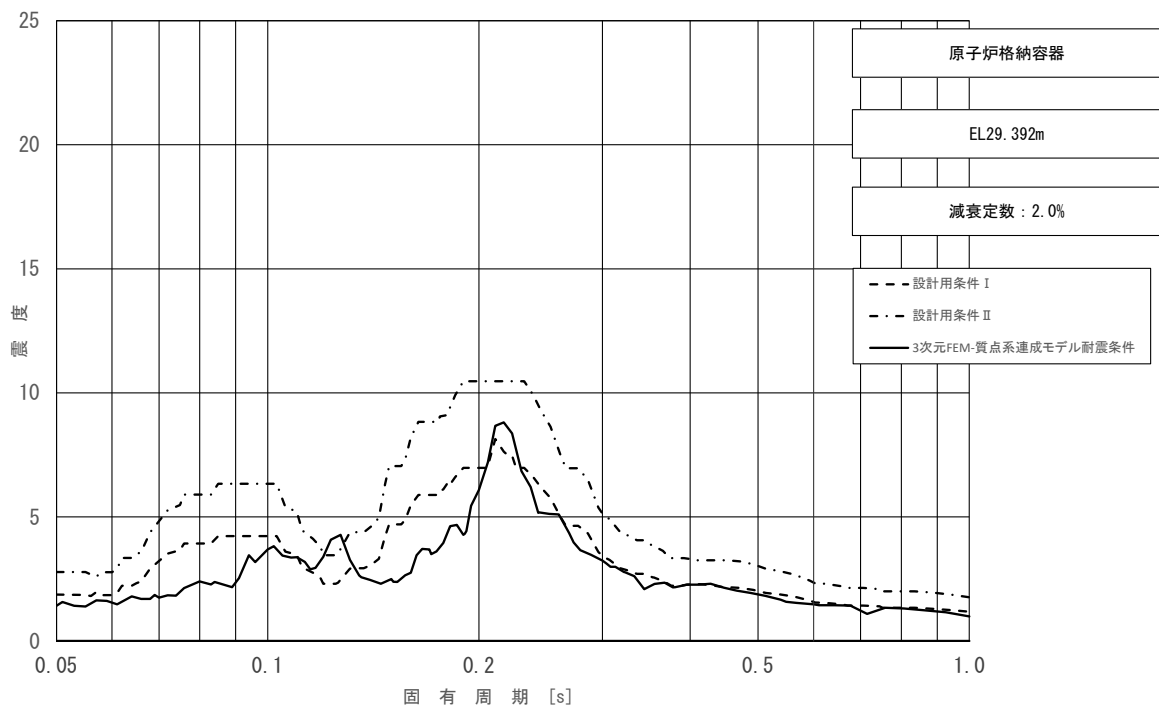


図 4-39 (5/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL29.392m)

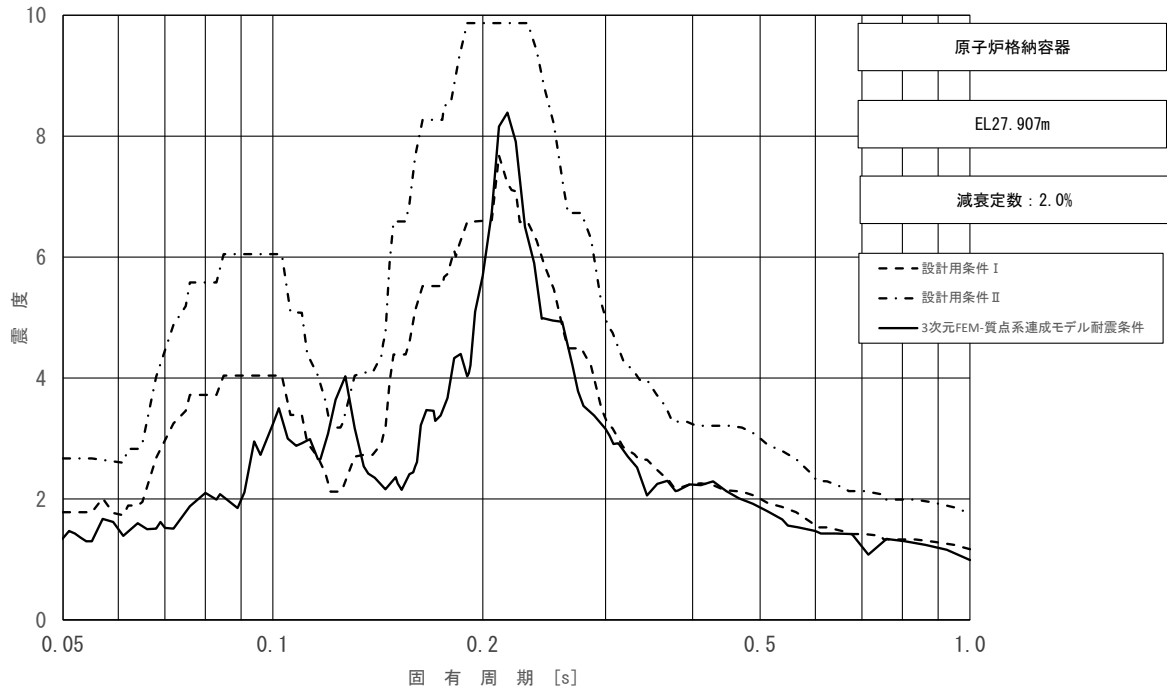


図 4-39 (6/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL27.907m)

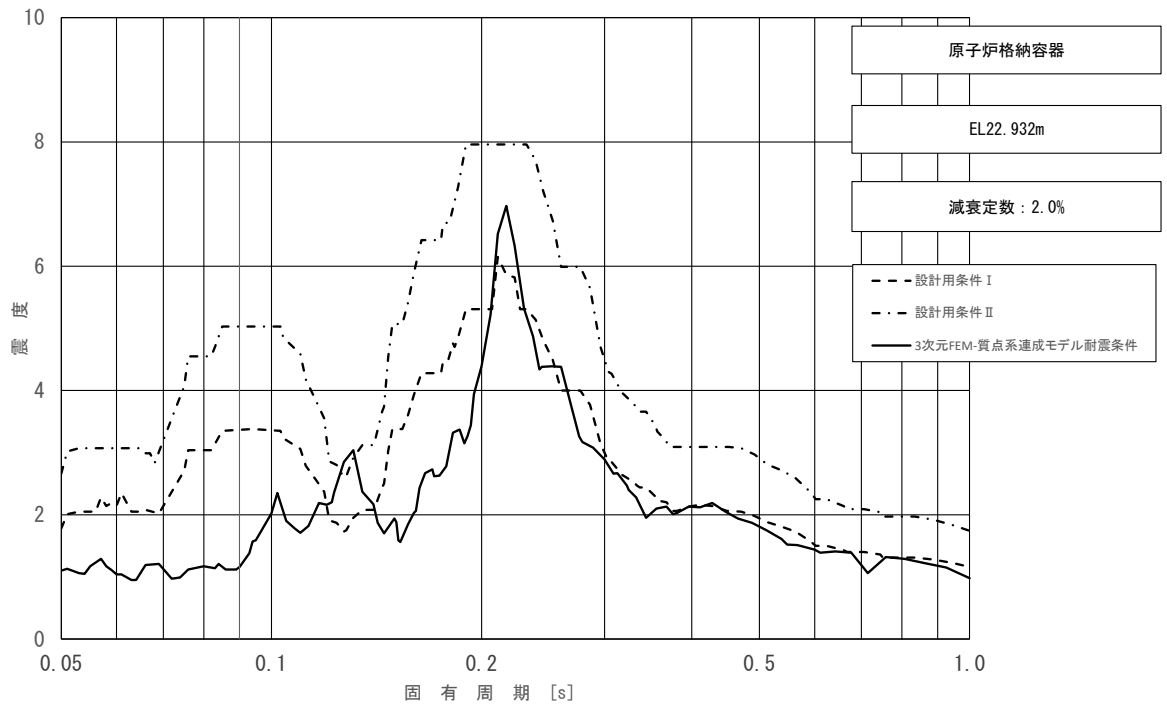


図 4-39 (7/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL22.932m)

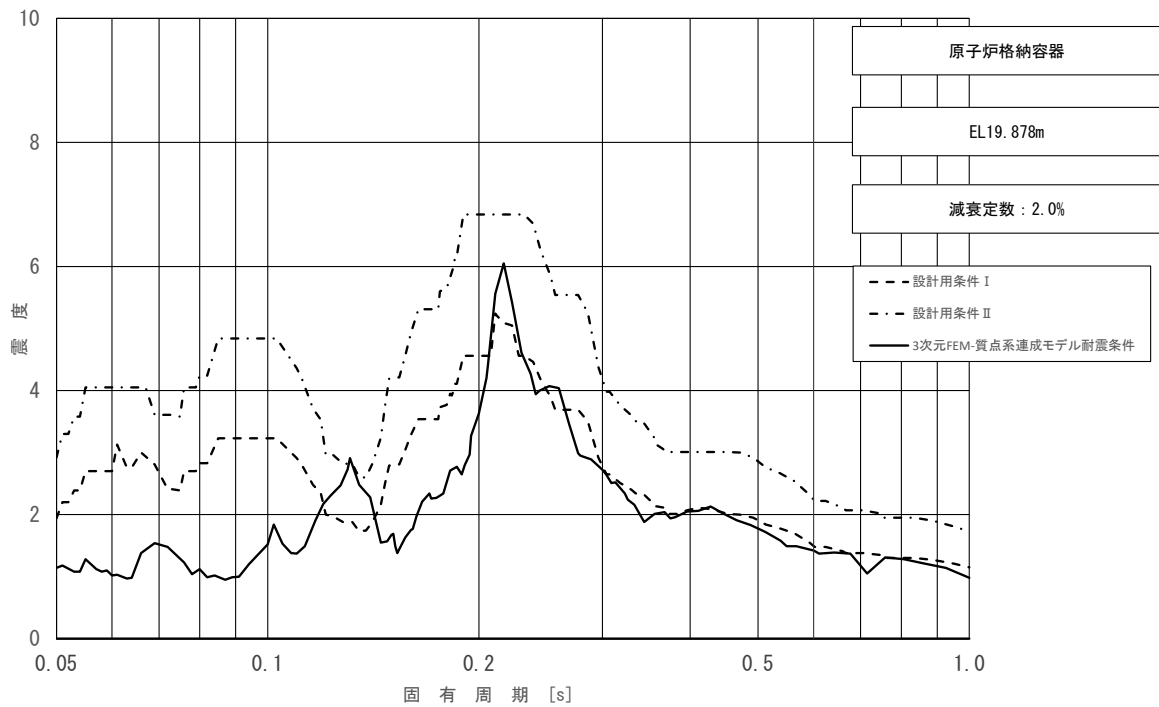


図 4-39 (8/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL19.878m)

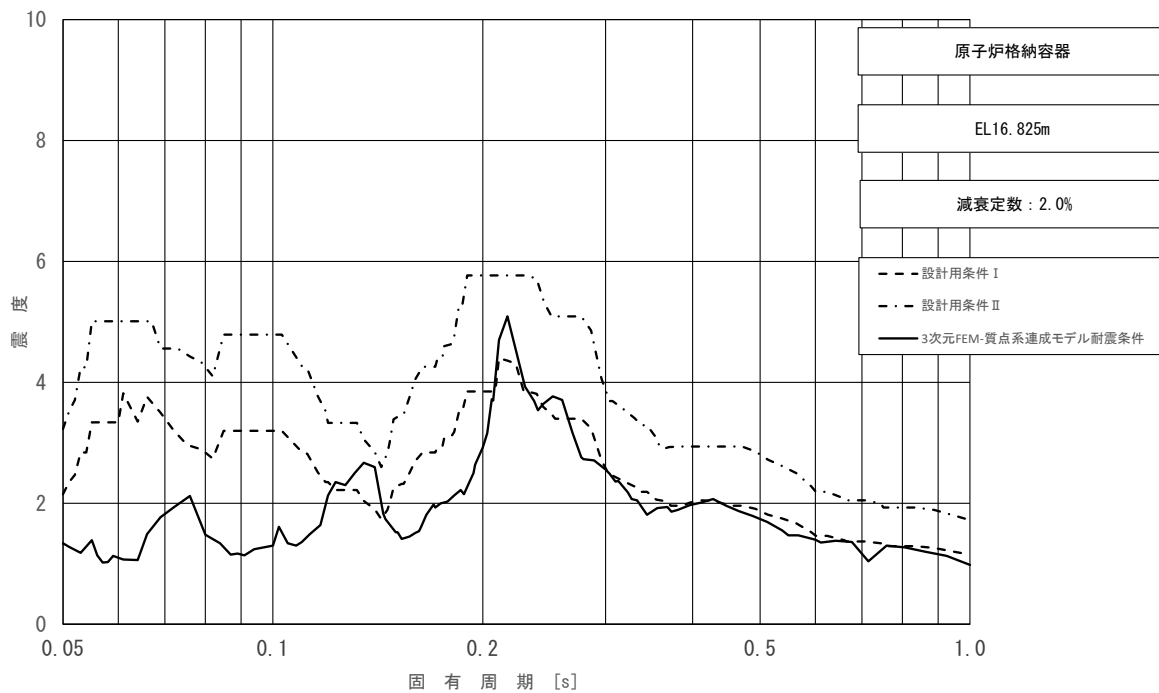


図 4-39 (9/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL16.825m)



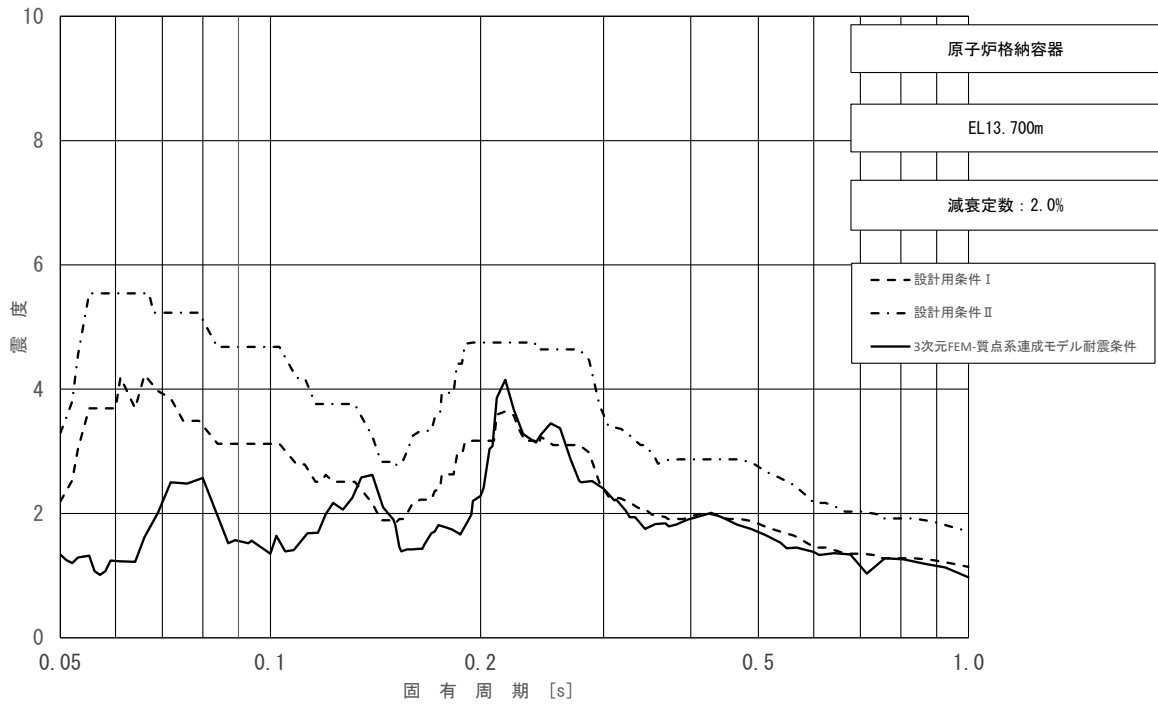


図 4-39 (10/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL13.700m)

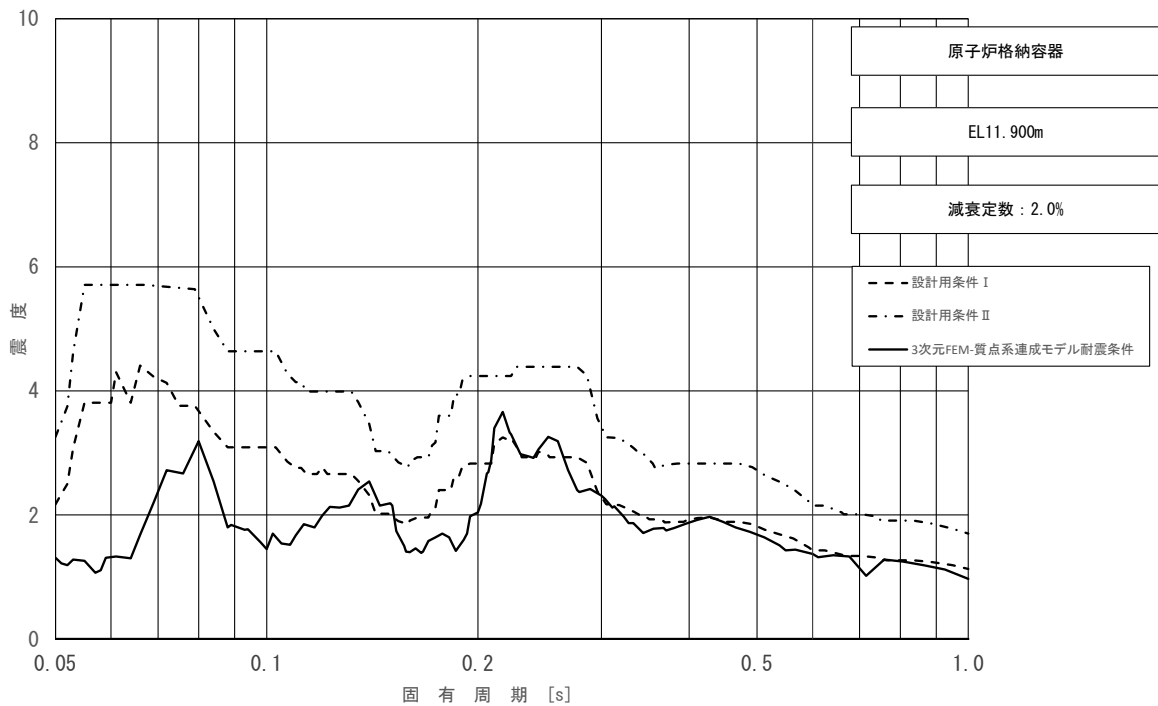


図 4-39 (11/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉格納容器 EL11.900m)

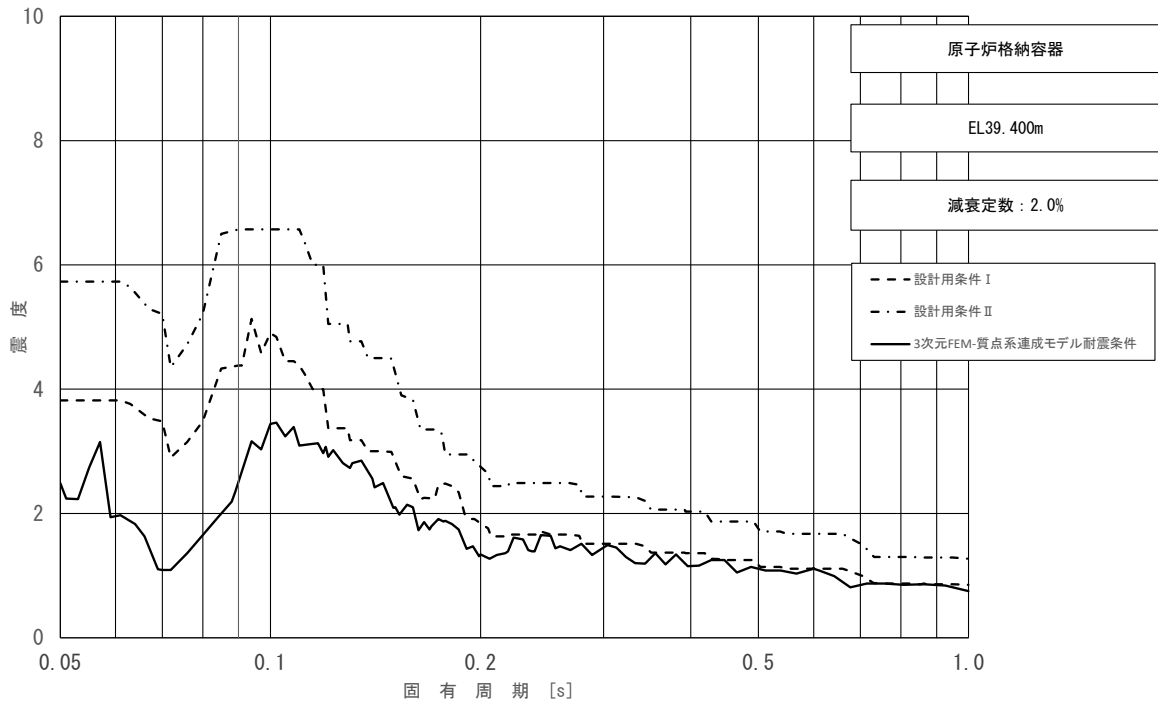


図 4-40 (1/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉格納容器 EL39.400m)

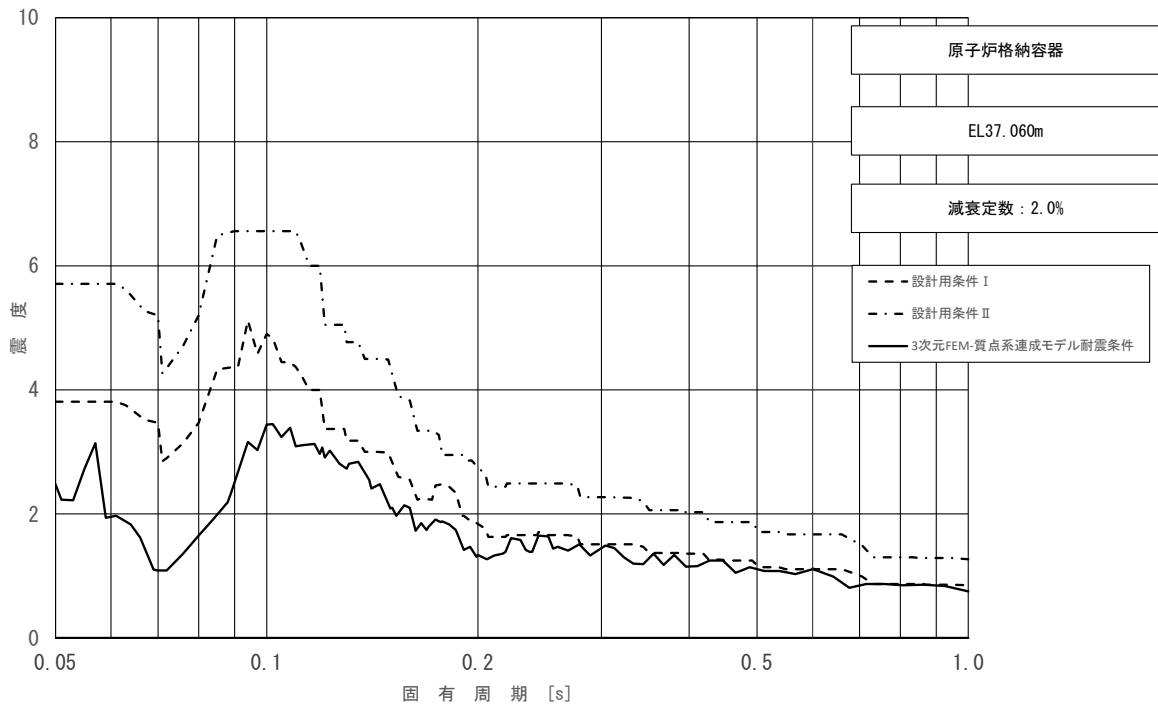


図 4-40 (2/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉格納容器 EL37.060m)

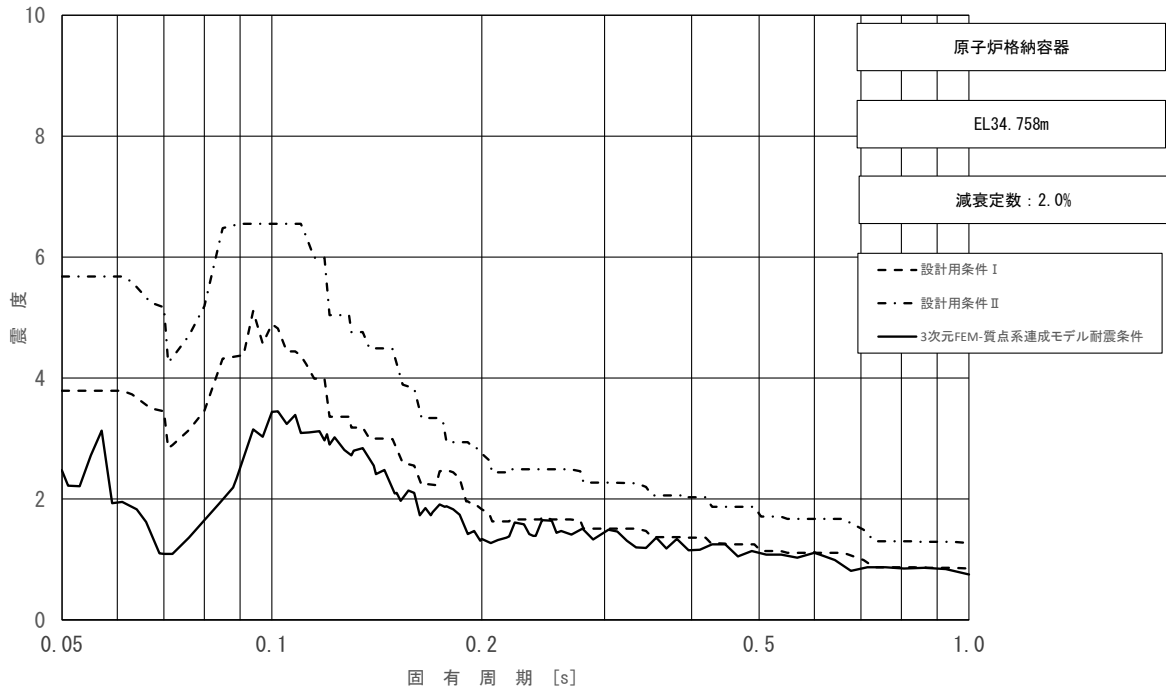


図 4-40 (3/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉格納容器 EL34.758m)

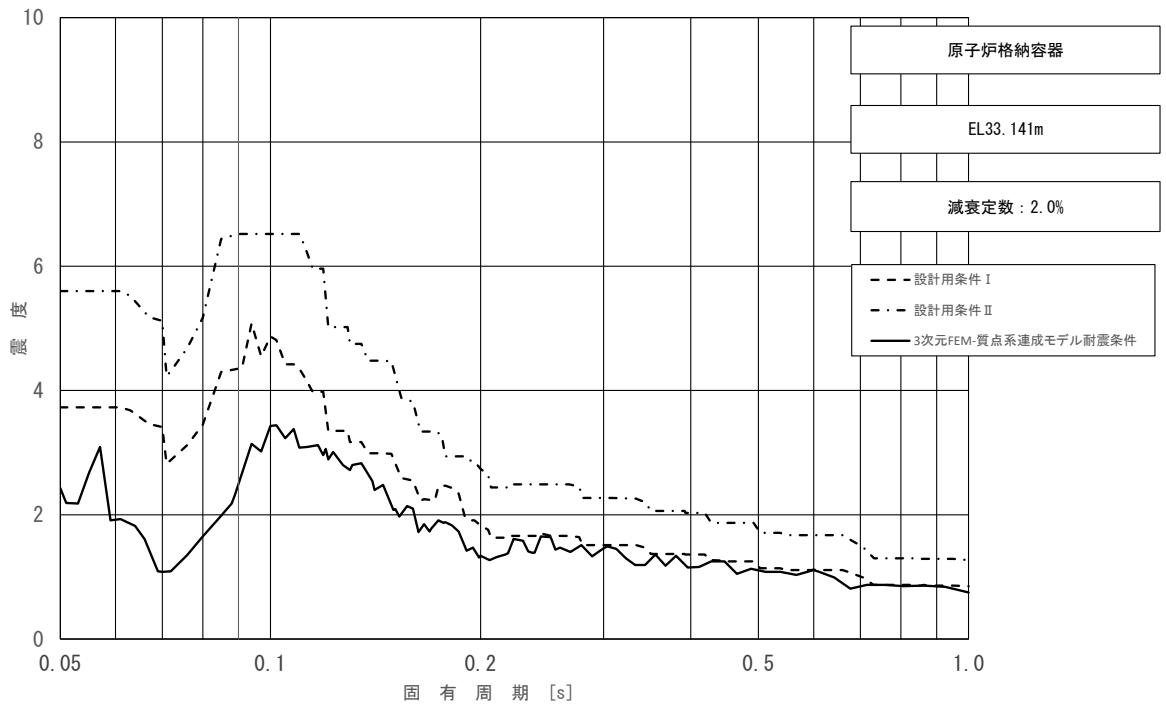


図 4-40 (4/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉格納容器 EL33.141m)

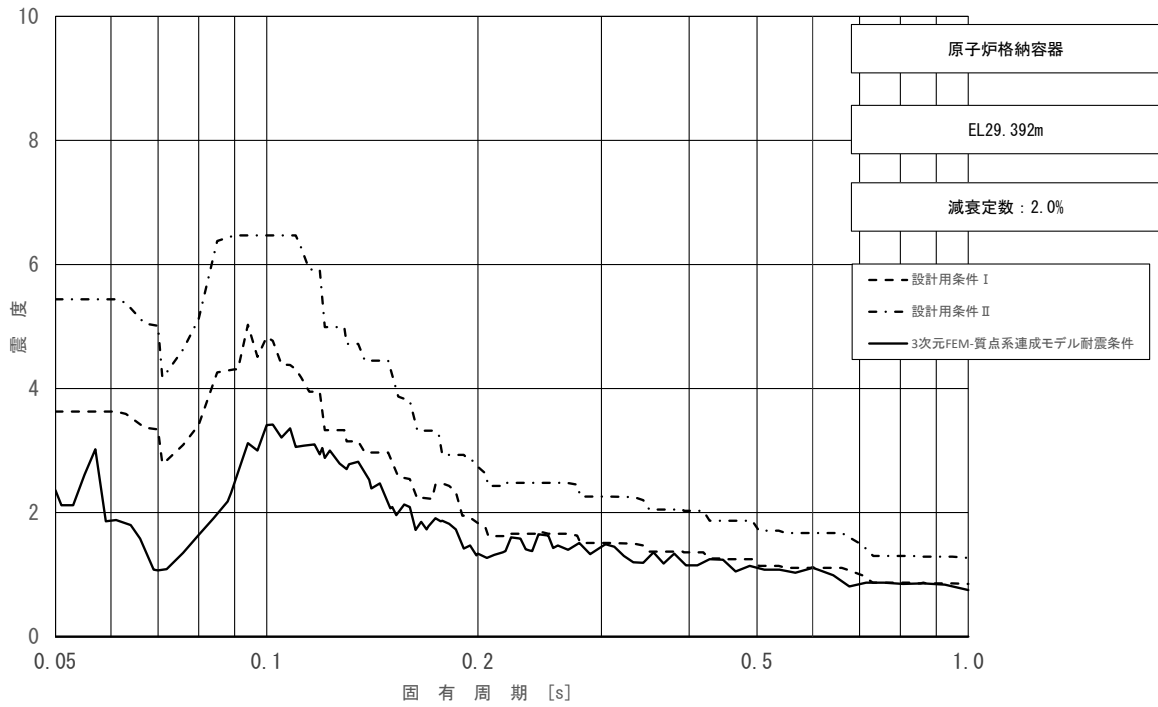


図 4-40 (5/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: 原子炉格納容器 EL29.392m)

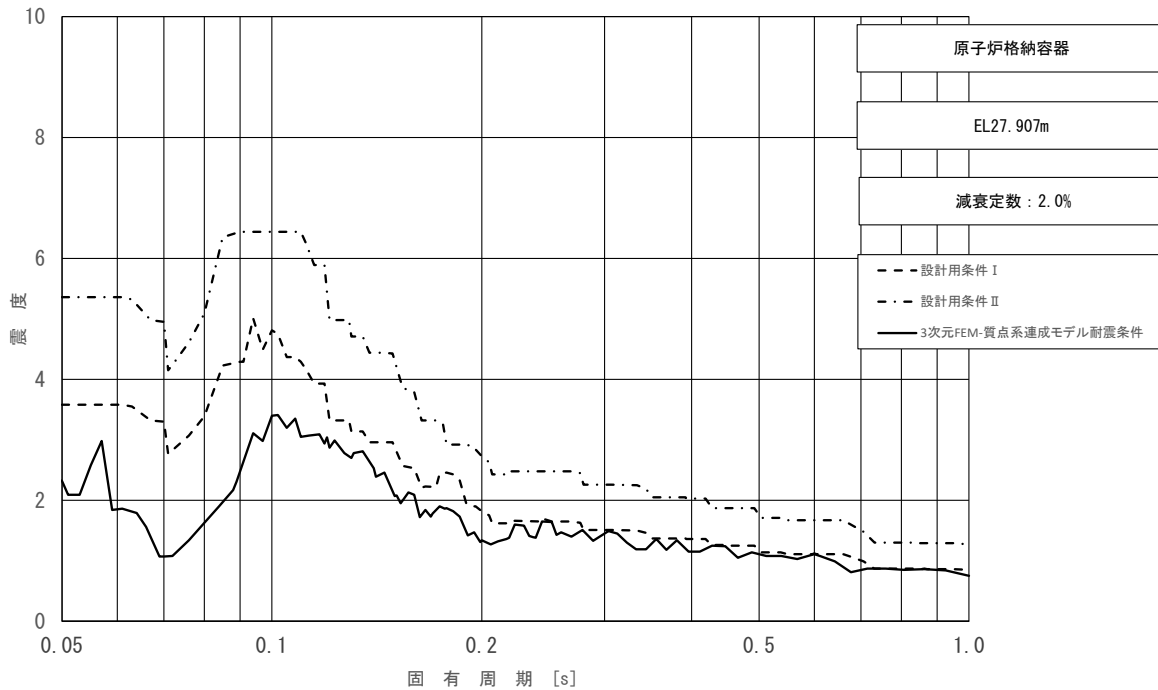


図 4-40 (6/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: 原子炉格納容器 EL27.907m)

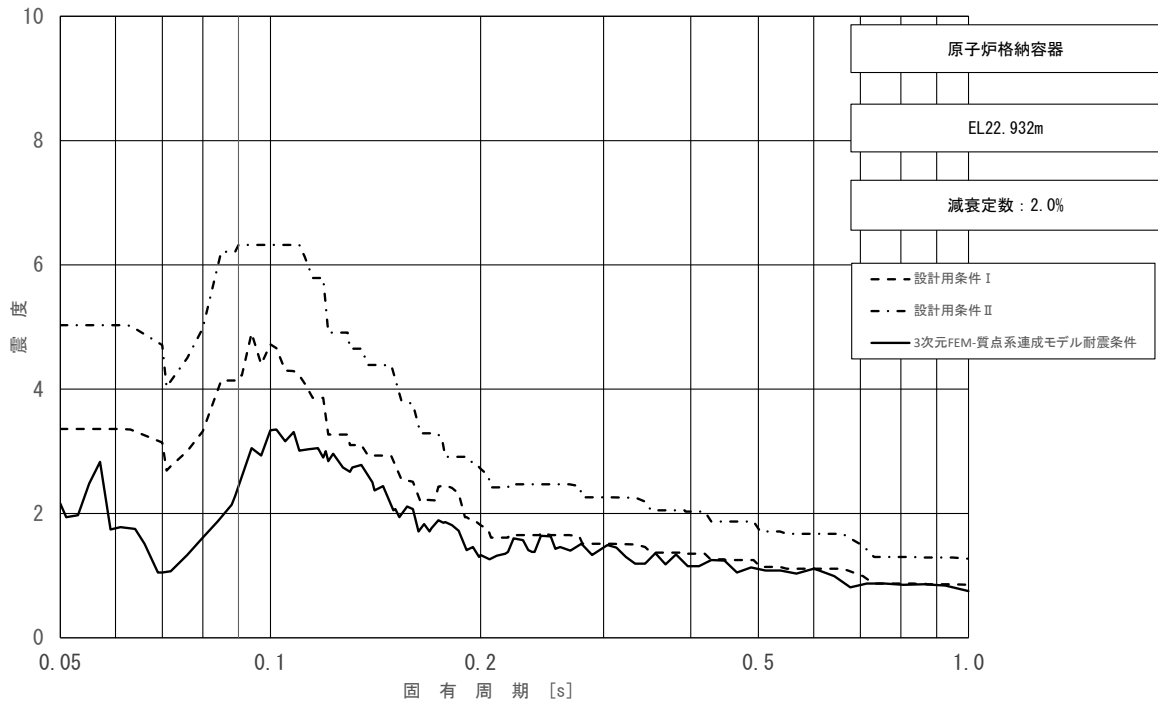


図 4-40 (7/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉格納容器 EL22.932m)

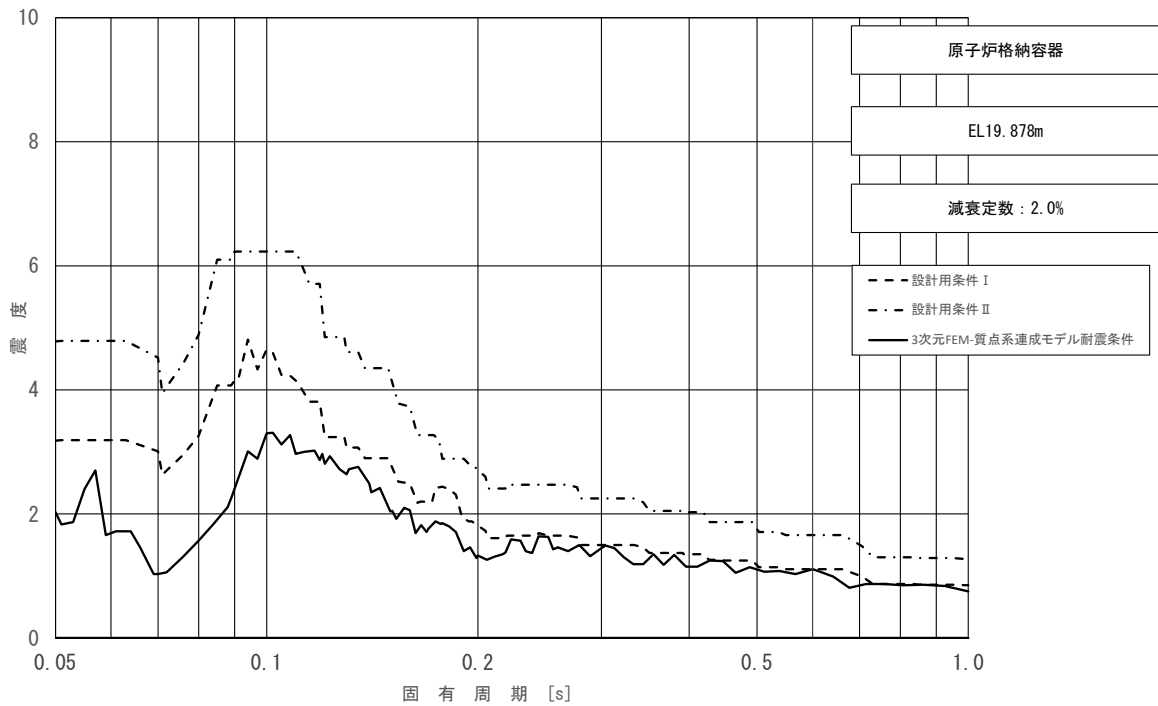


図 4-40 (8/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉格納容器 EL19.878m)

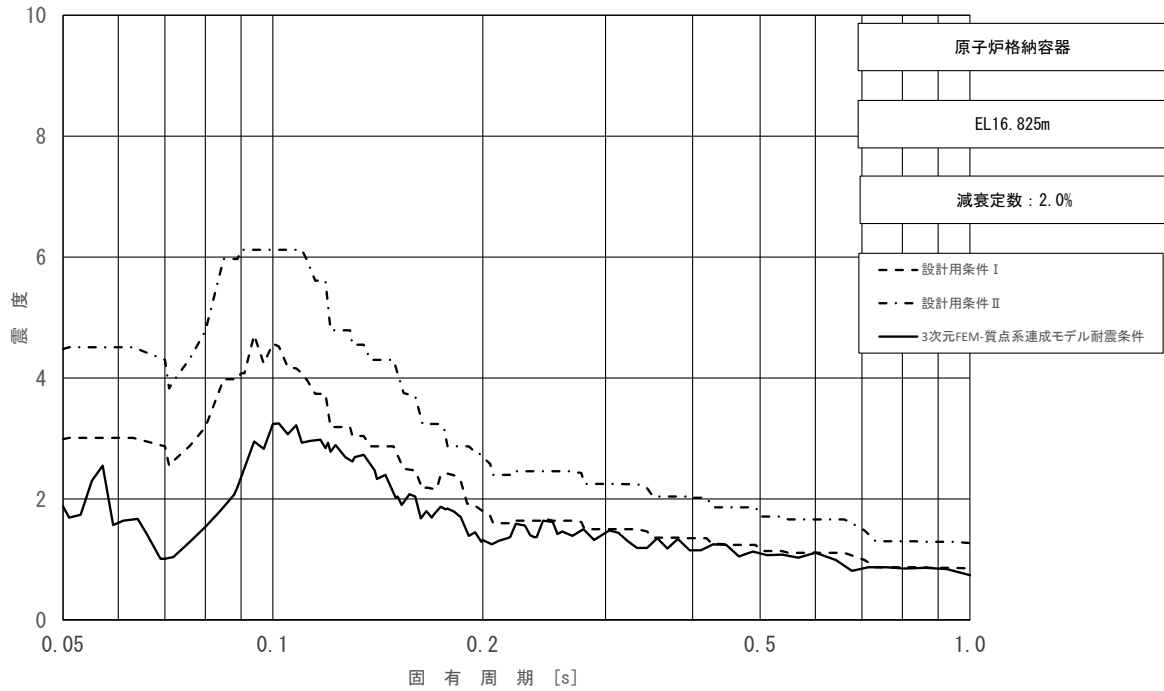


図 4-40 (9/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: 原子炉格納容器 EL16.825m)

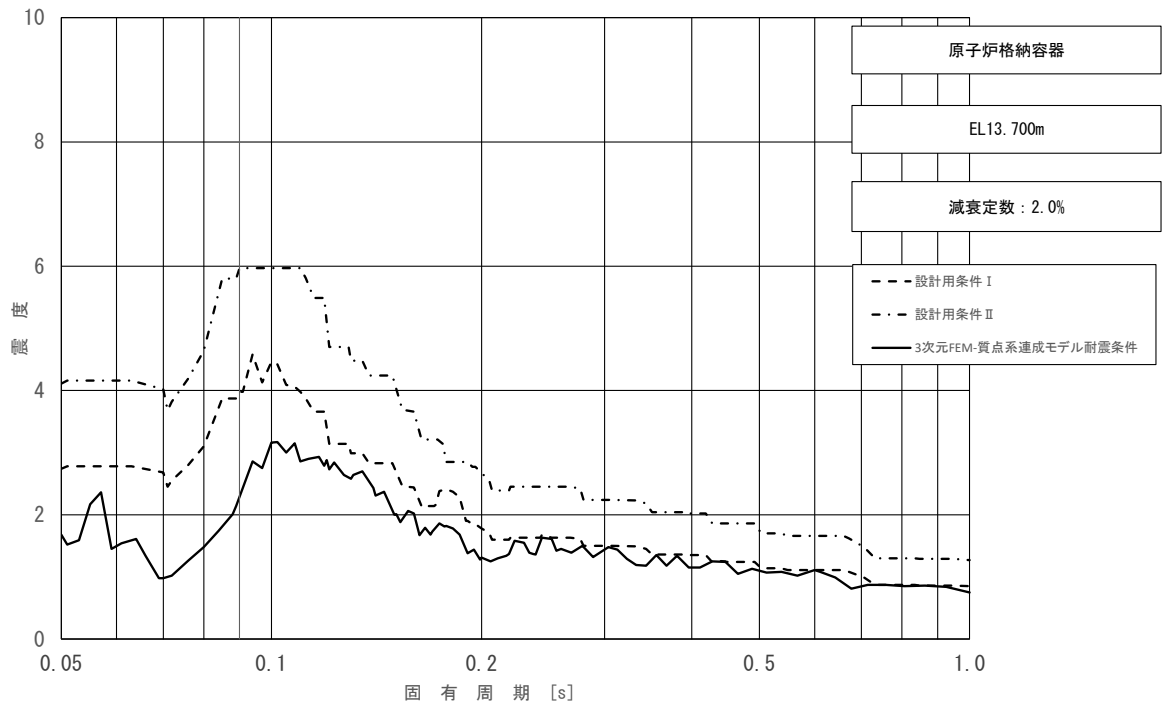


図 4-40 (10/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: 原子炉格納容器 EL13.700m)

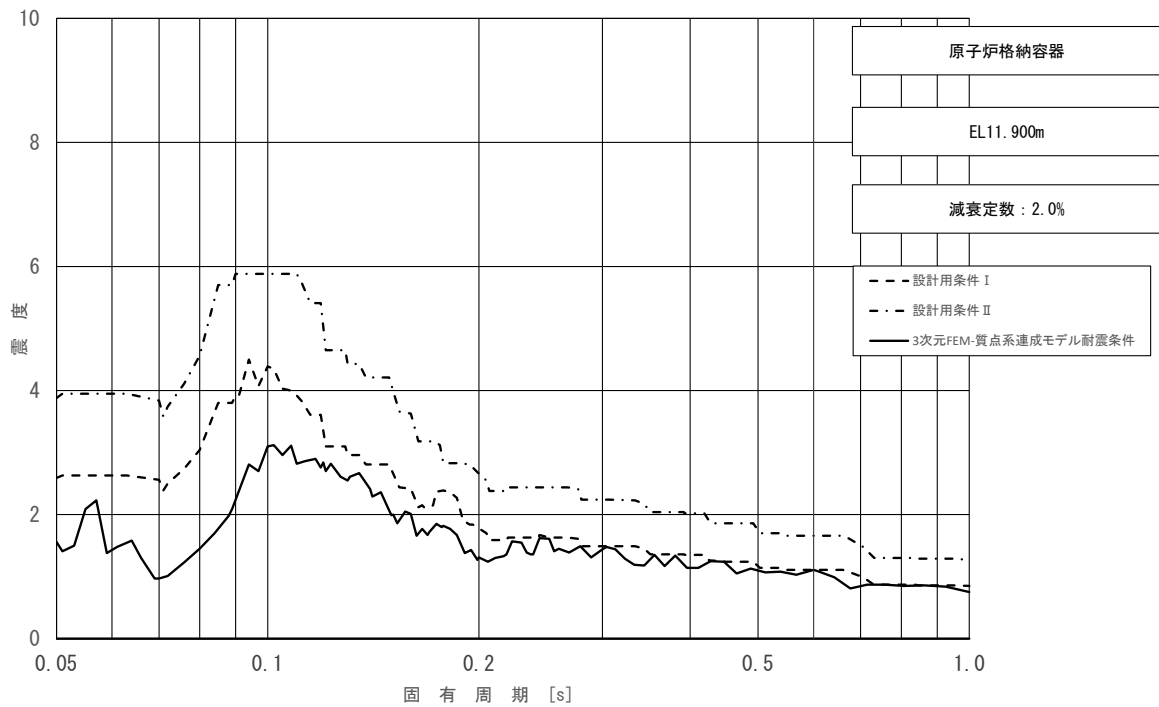


図 4-40 (11/11) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉格納容器 EL11.900m)

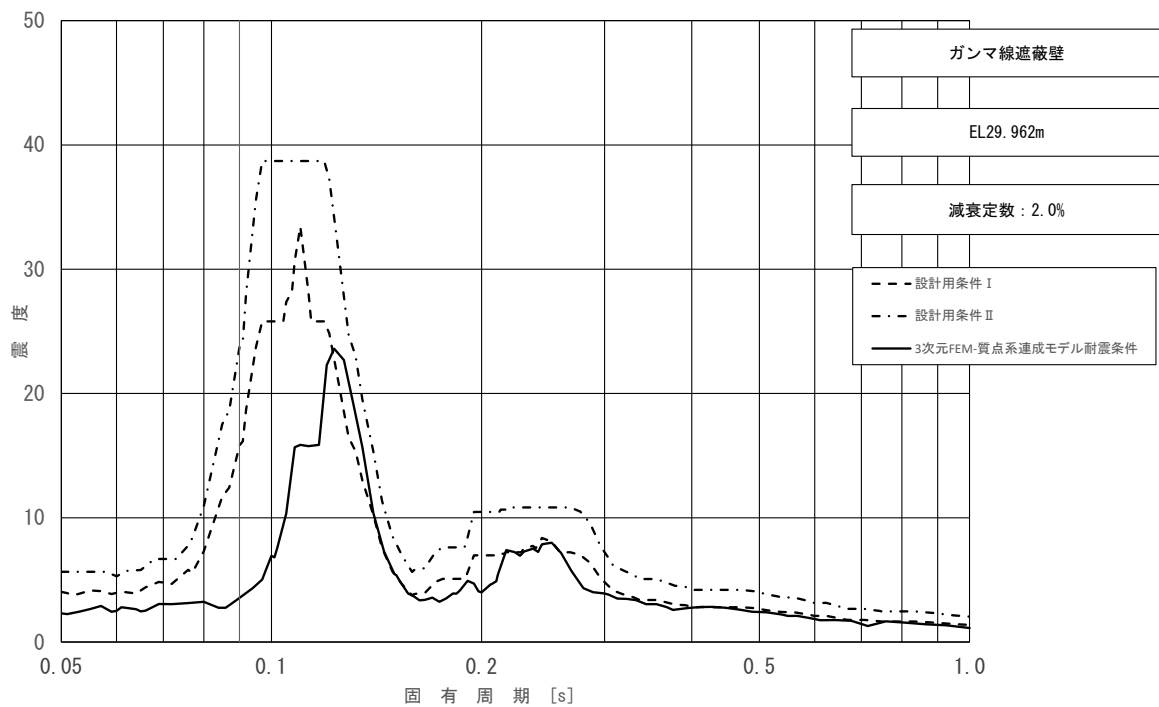


図 4-41 (1/5) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS): ガンマ線遮蔽壁 EL29.962m)

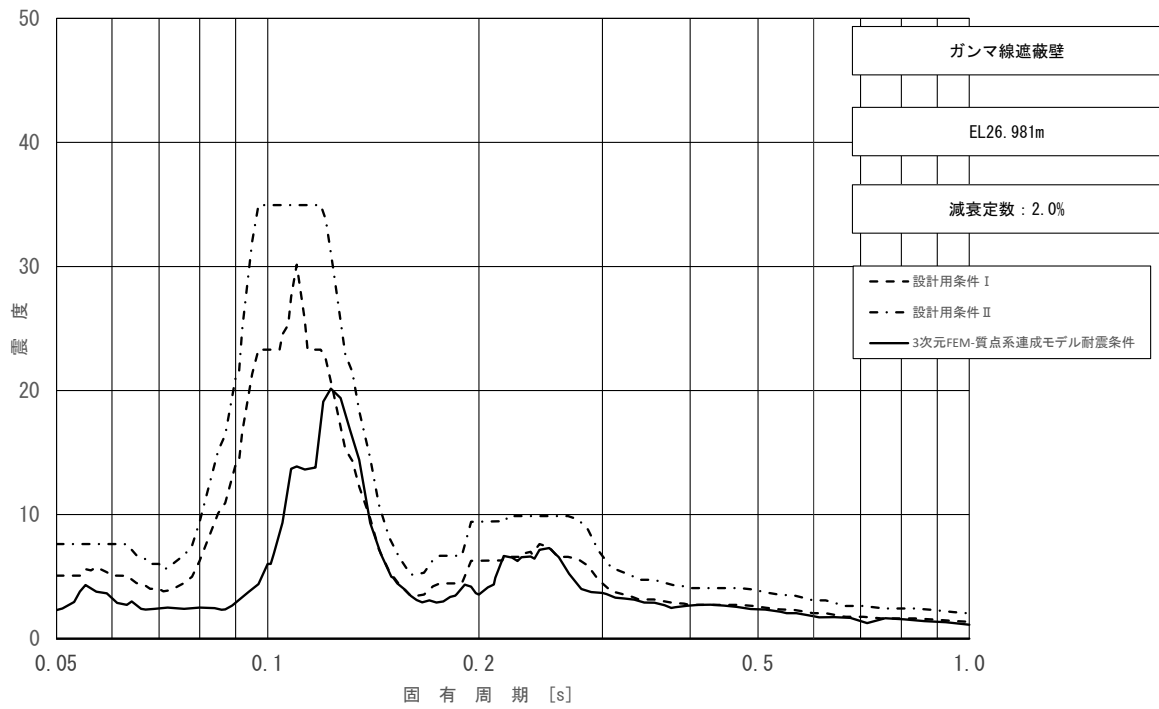


図 4-41 (2/5) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : ガンマ線遮蔽壁 EL26.981m)

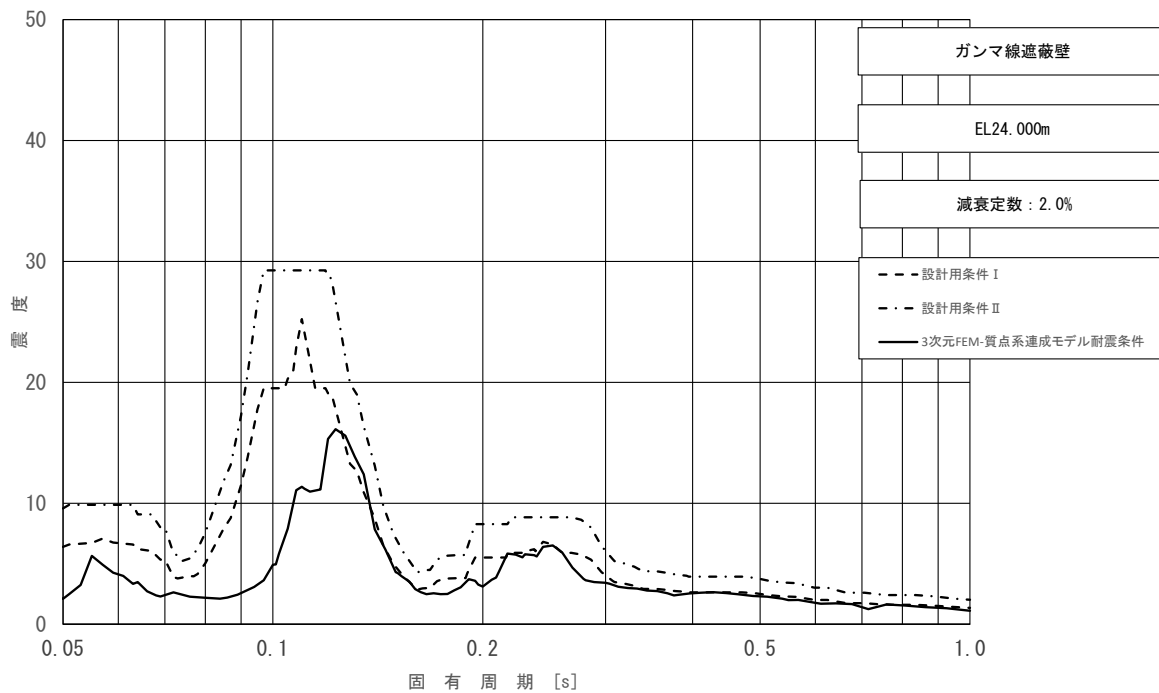


図 4-41 (3/5) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : ガンマ線遮蔽壁 EL24.000m)



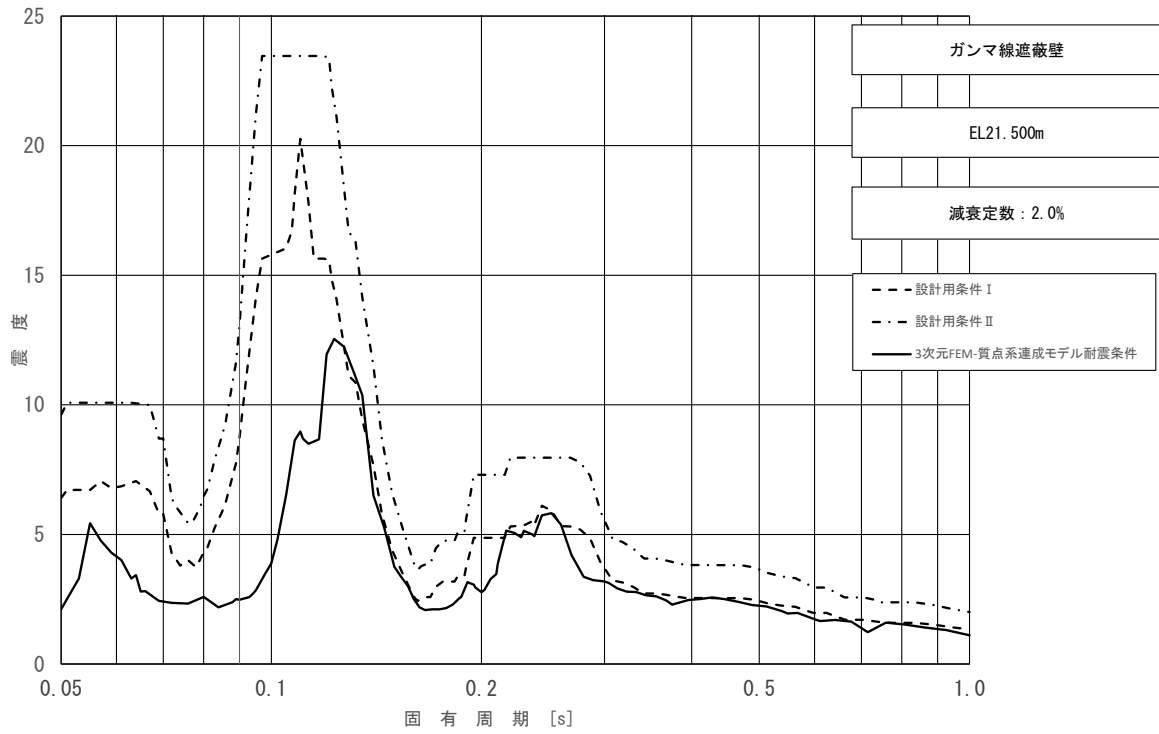


図 4-41 (4/5) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : ガンマ線遮蔽壁 EL21.500m)

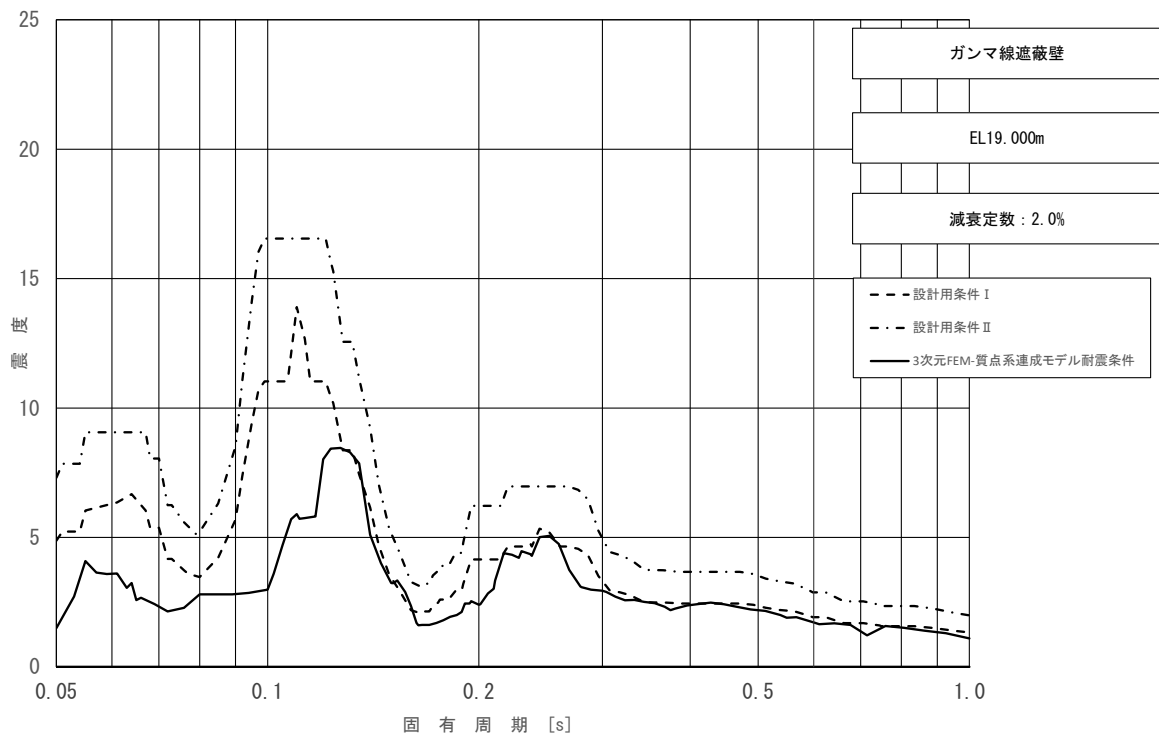


図 4-41 (5/5) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : ガンマ線遮蔽壁 EL19.000m)

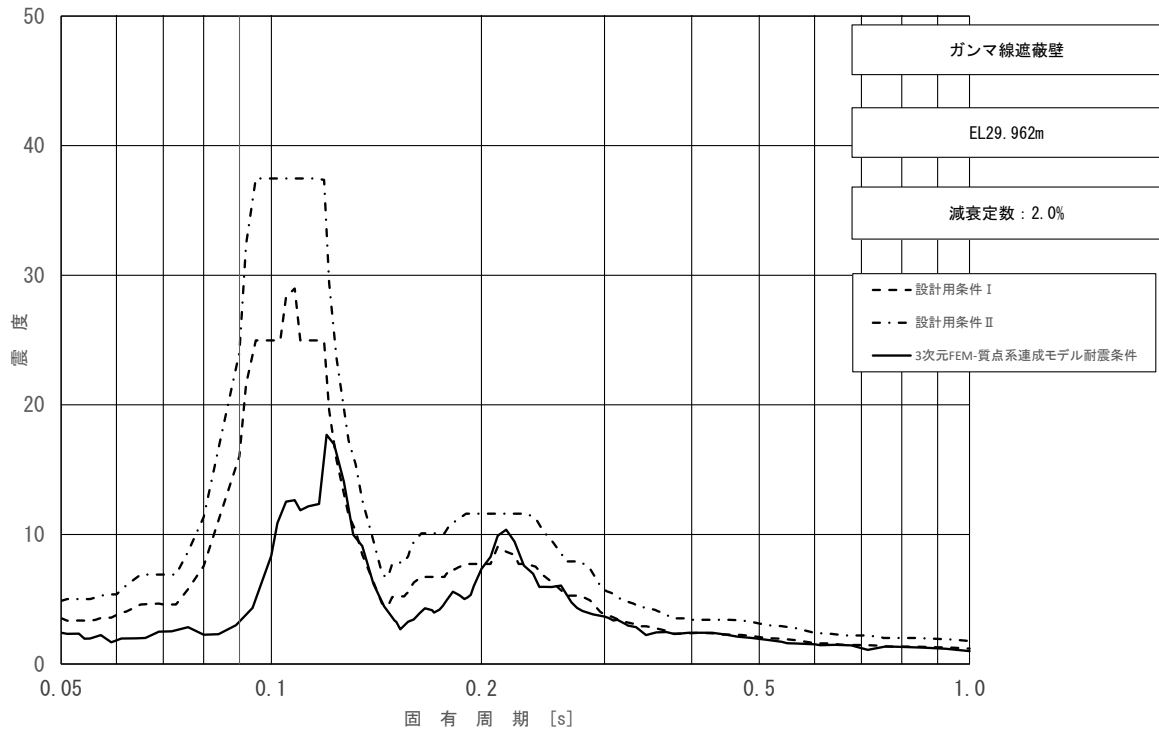


図 4-42 (1/5) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : ガンマ線遮蔽壁 EL29.962m)

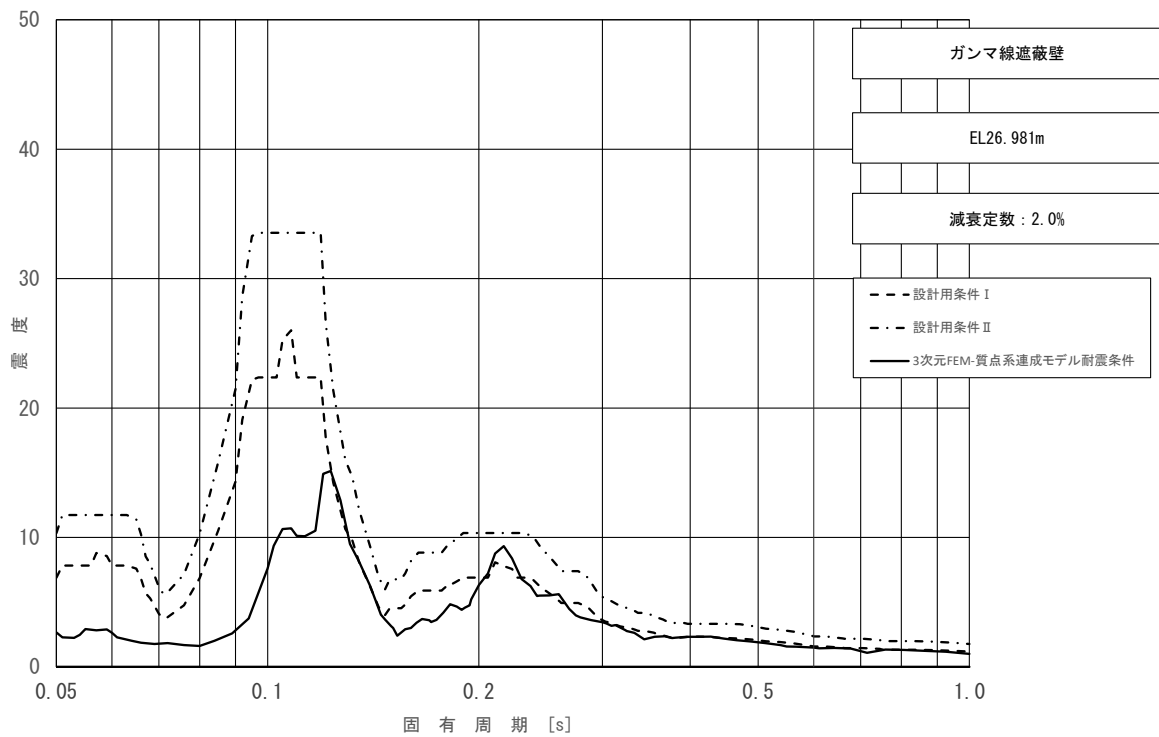


図 4-42 (2/5) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : ガンマ線遮蔽壁 EL26.981m)

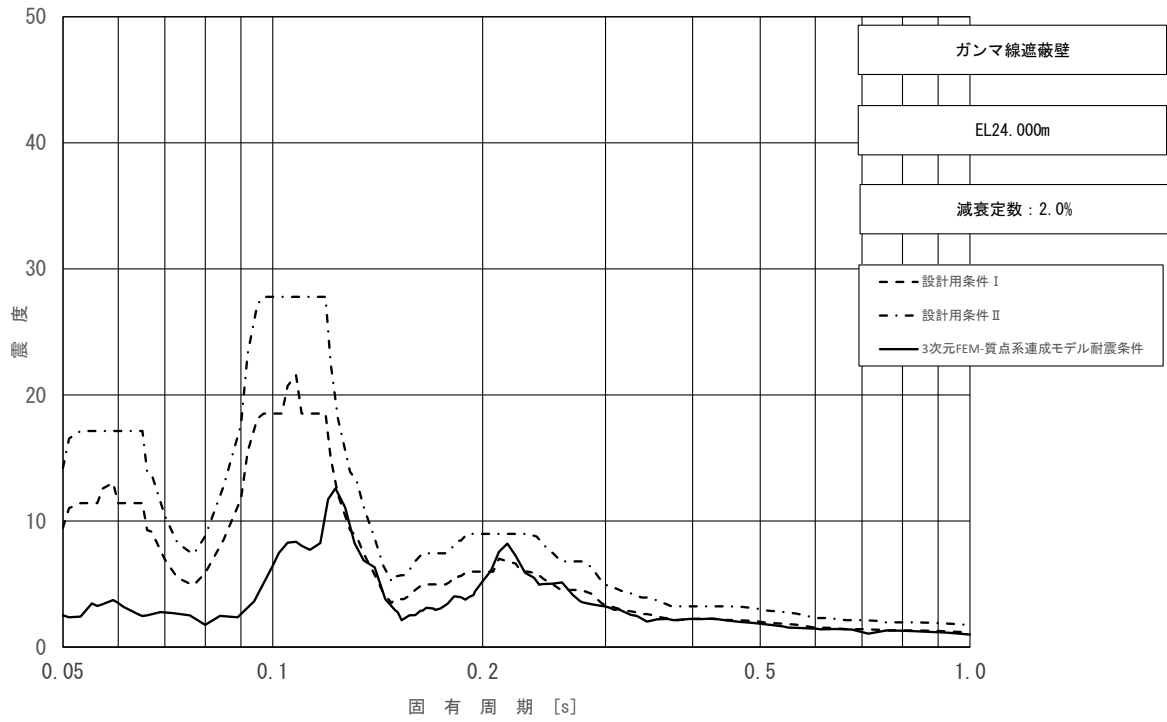


図 4-42 (3/5) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : ガンマ線遮蔽壁 EL24.000m)

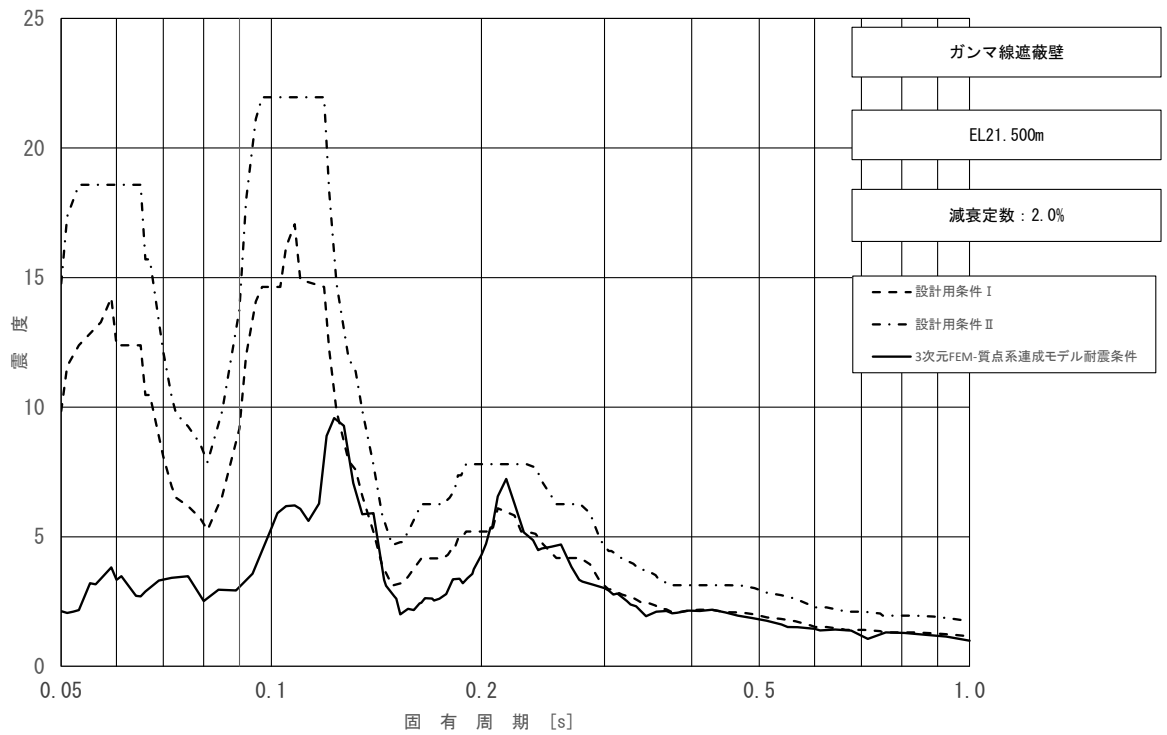


図 4-42 (4/5) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : ガンマ線遮蔽壁 EL21.500m)

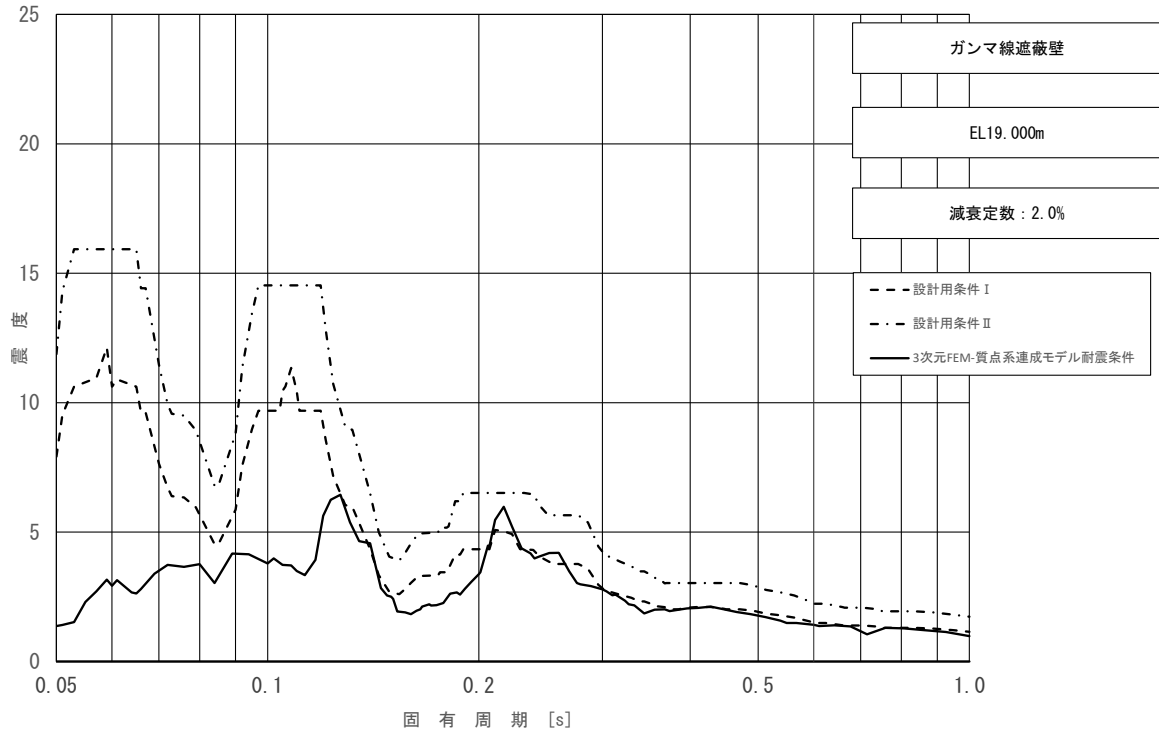


図 4-42 (5/5) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : ガンマ線遮蔽壁 EL19.000m)

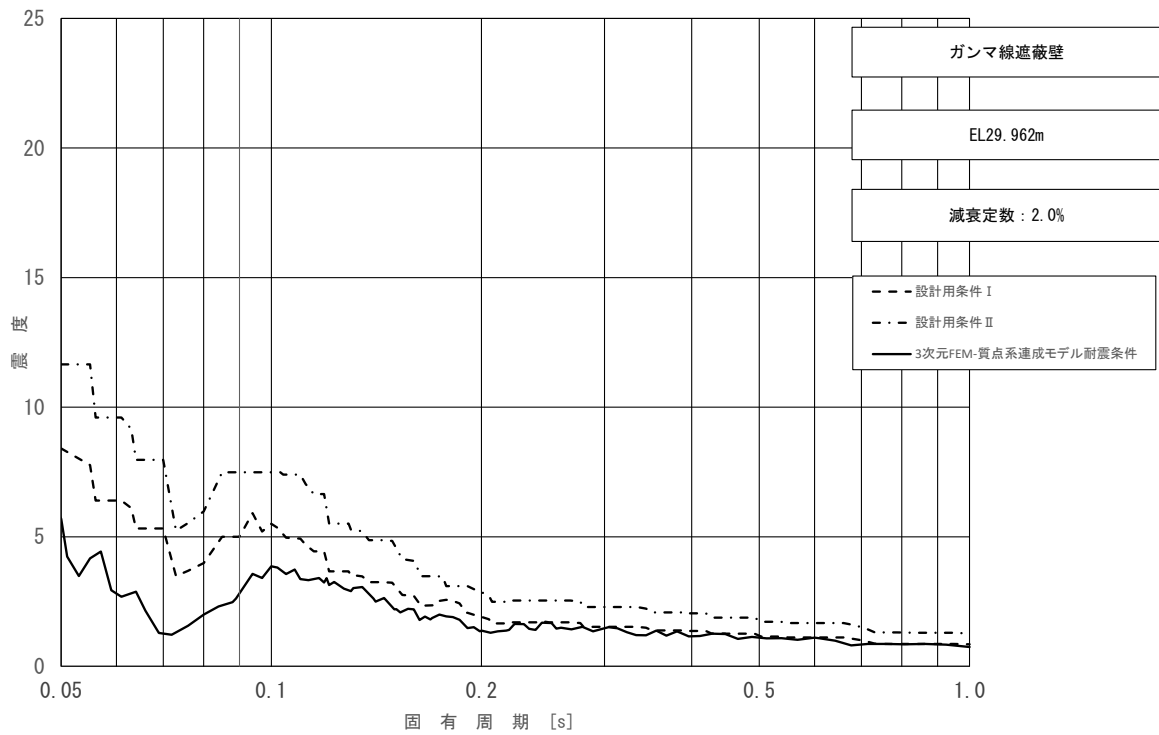


図 4-43 (1/5) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向 : ガンマ線遮蔽壁 EL29.962m)

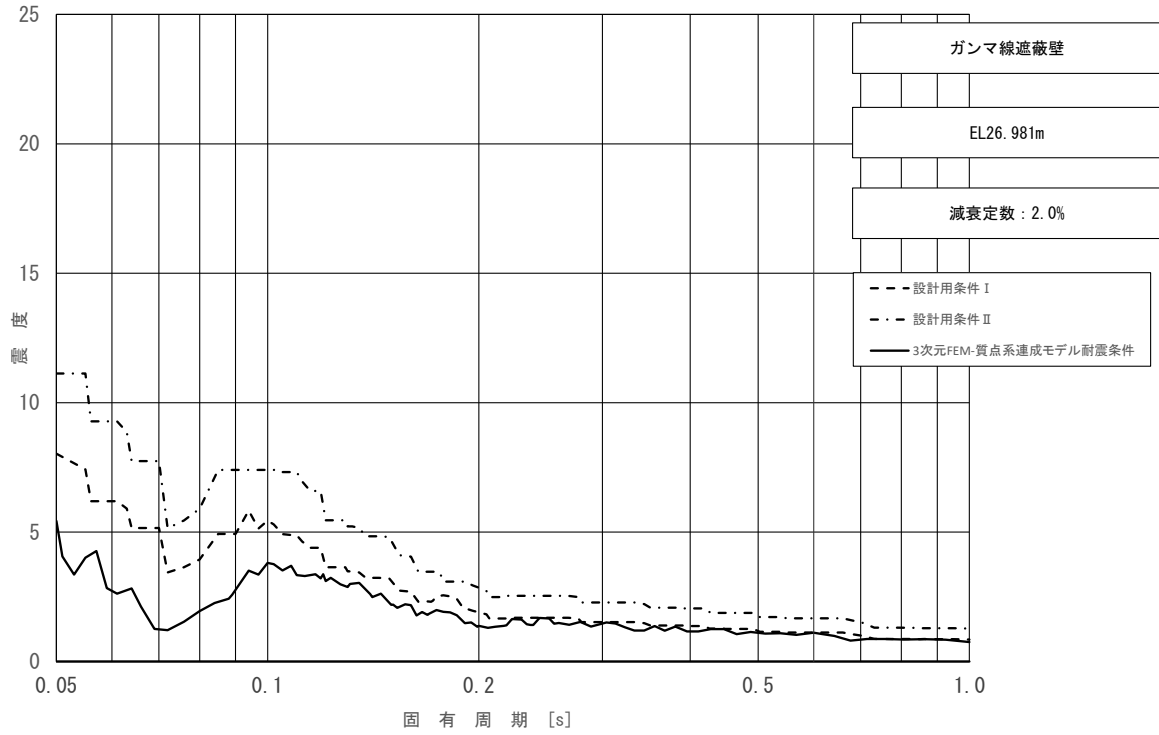


図 4-43 (2/5) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: ガンマ線遮蔽壁 EL26.981m)

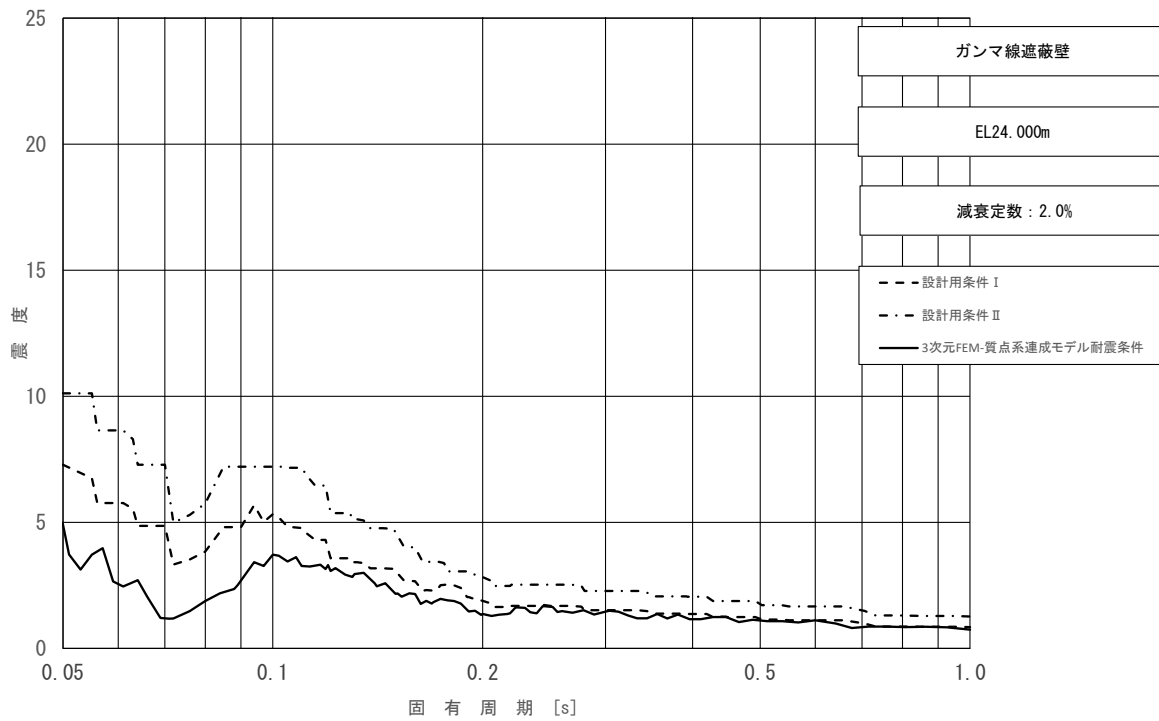


図 4-43 (3/5) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: ガンマ線遮蔽壁 EL24.000m)

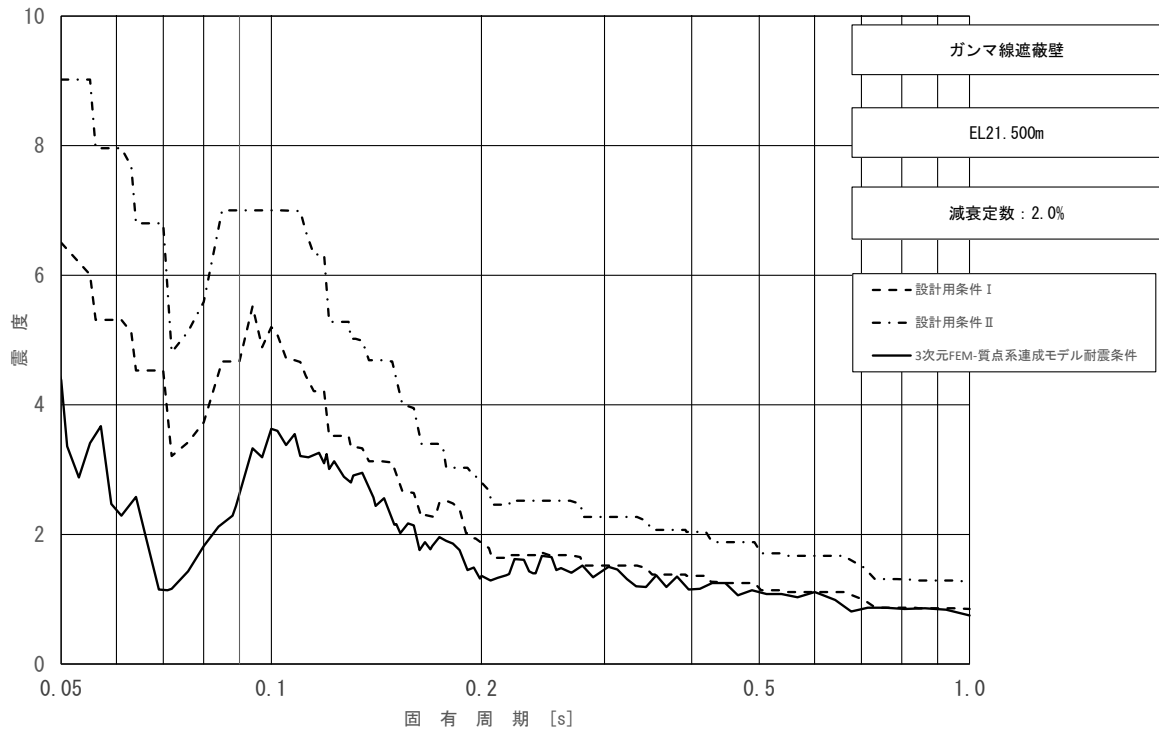


図 4-43 (4/5) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: ガンマ線遮蔽壁 EL21.500m)

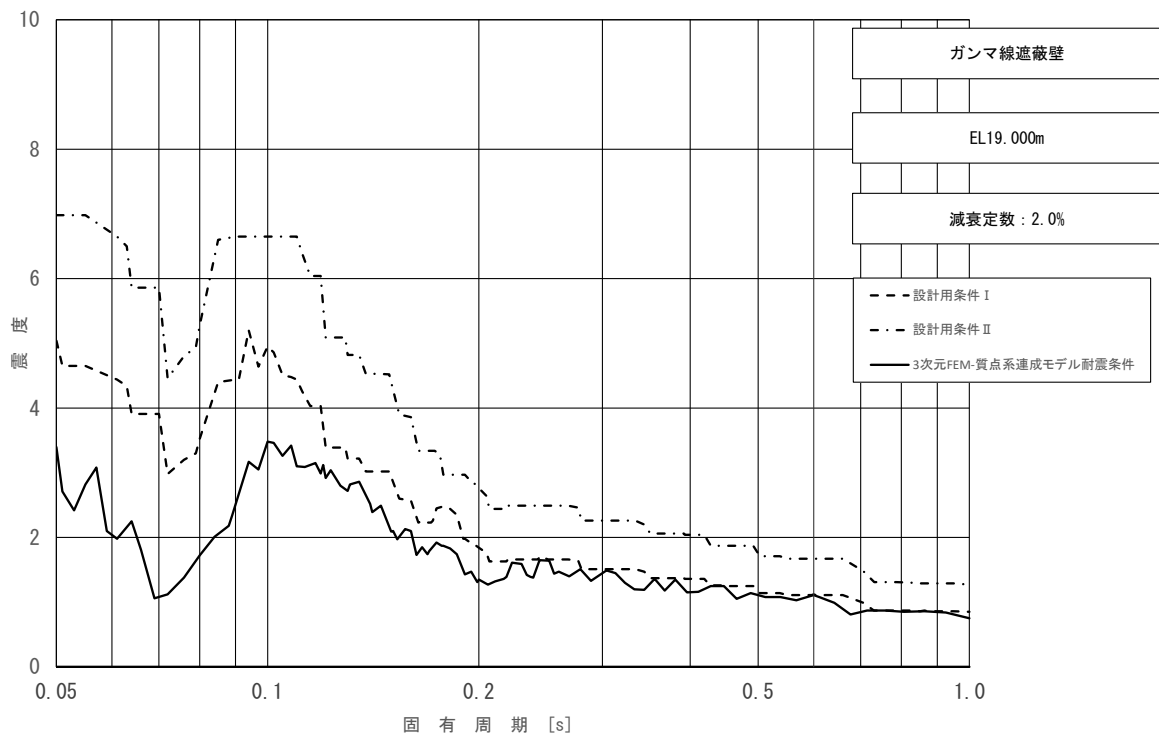


図 4-43 (5/5) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: ガンマ線遮蔽壁 EL19.000m)

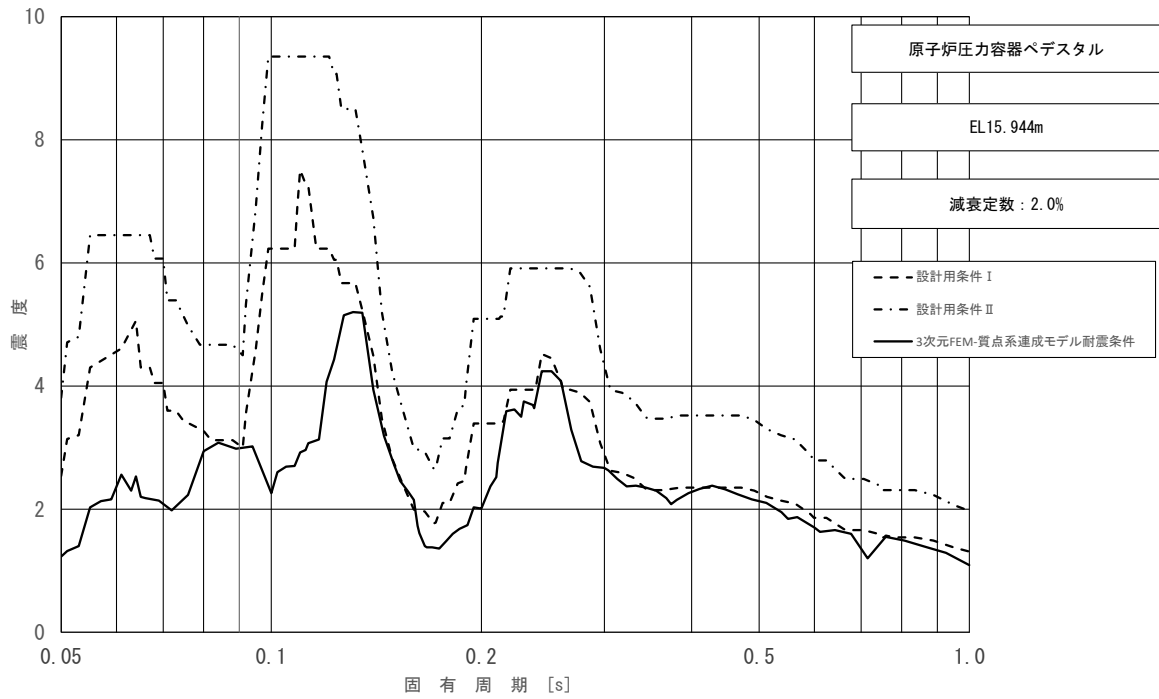


図 4-44 (1/2) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器ペDESTAL EL15.944m)

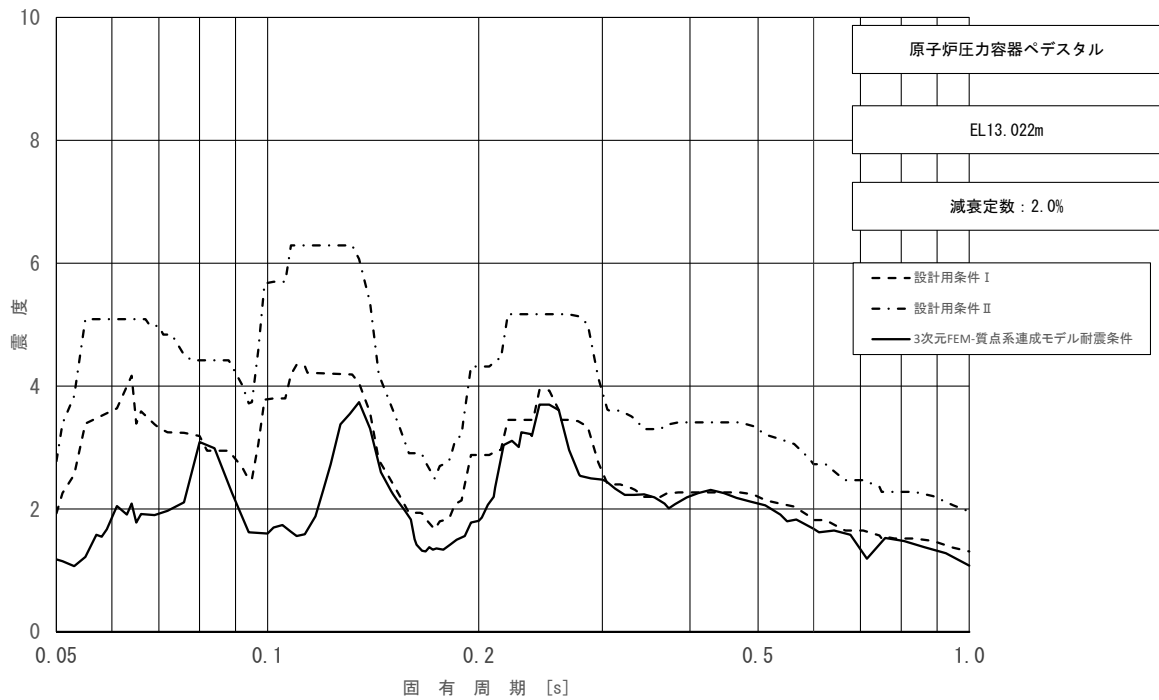


図 4-44 (2/2) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器ペDESTAL EL13.022m)

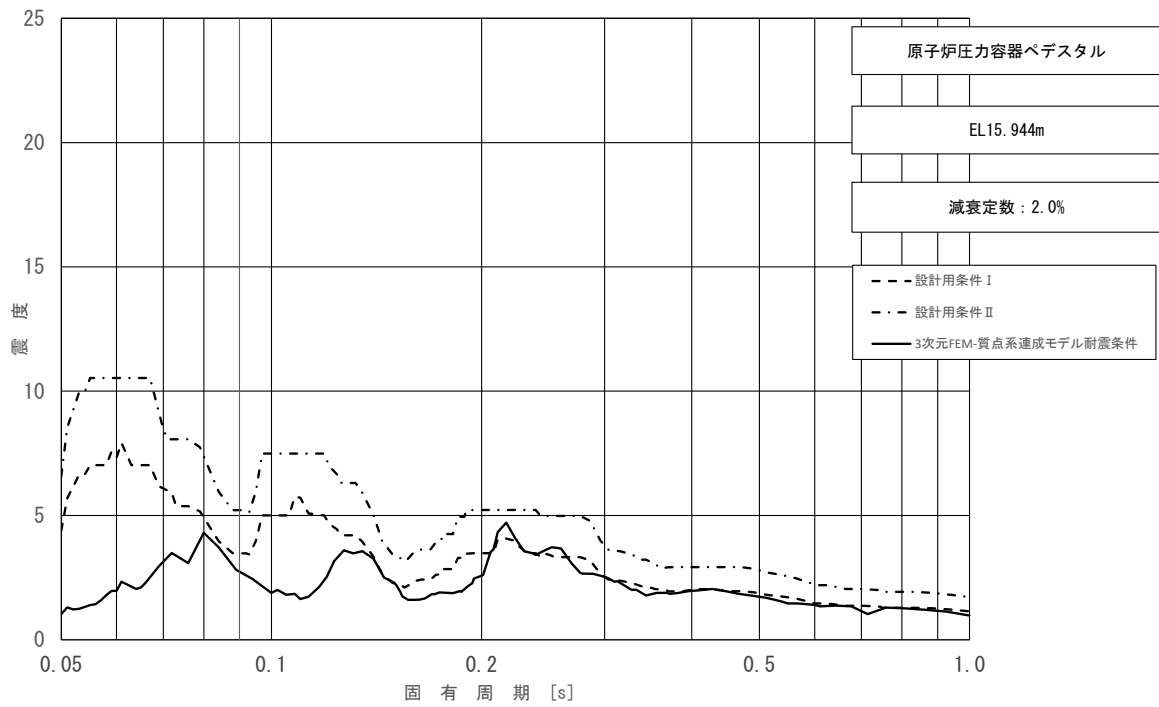


図 4-45 (1/2) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW): 原子炉压力容器ペDESTAL EL15.944m)

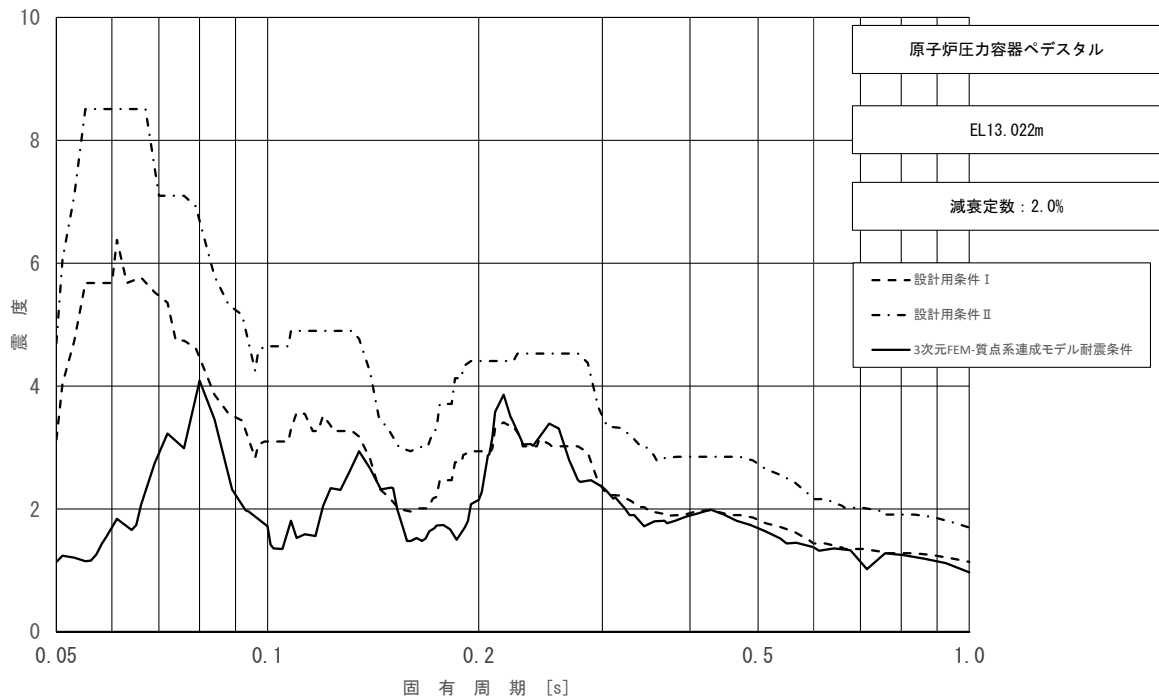


図 4-45 (2/2) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW): 原子炉压力容器ペDESTAL EL13.022m)



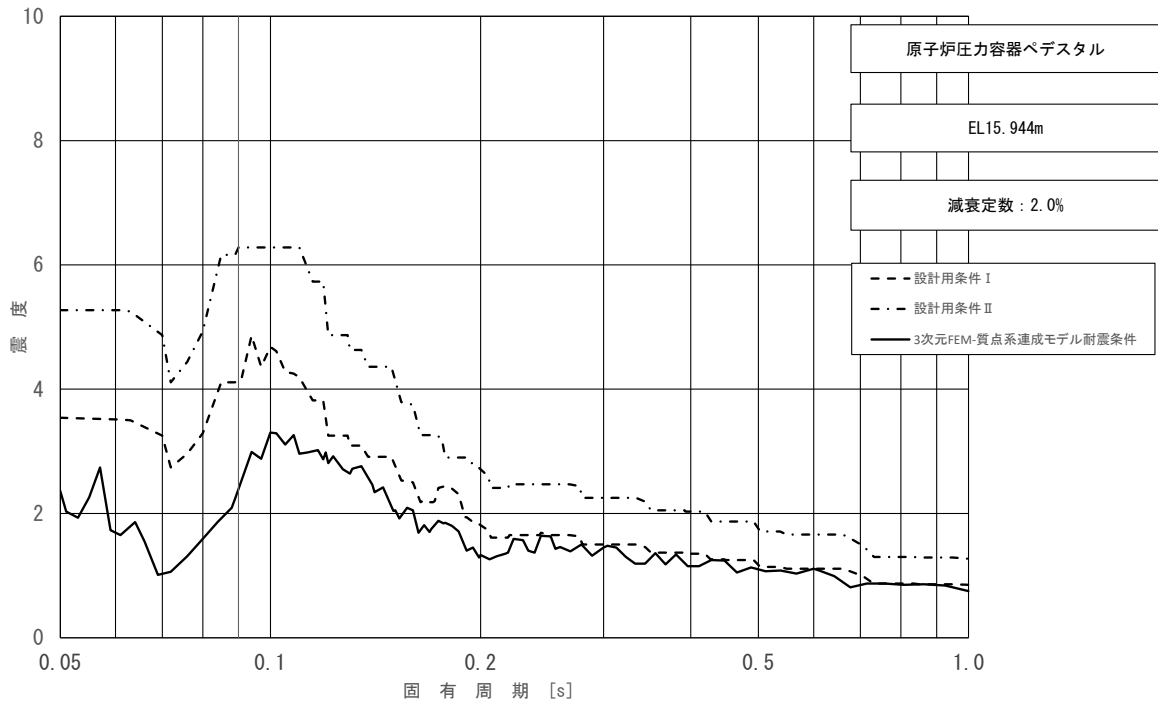


図 4-46 (1/2) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉压力容器ペDESTAL EL15.944m)

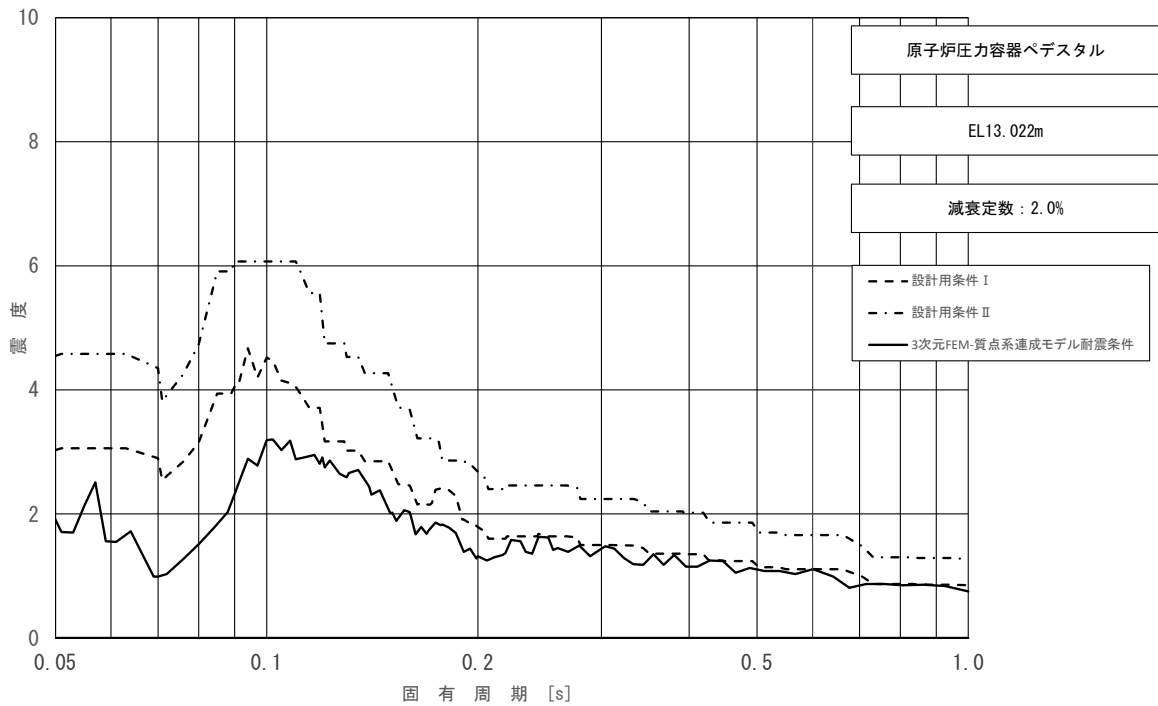


図 4-46 (2/2) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉压力容器ペDESTAL EL13.022m)

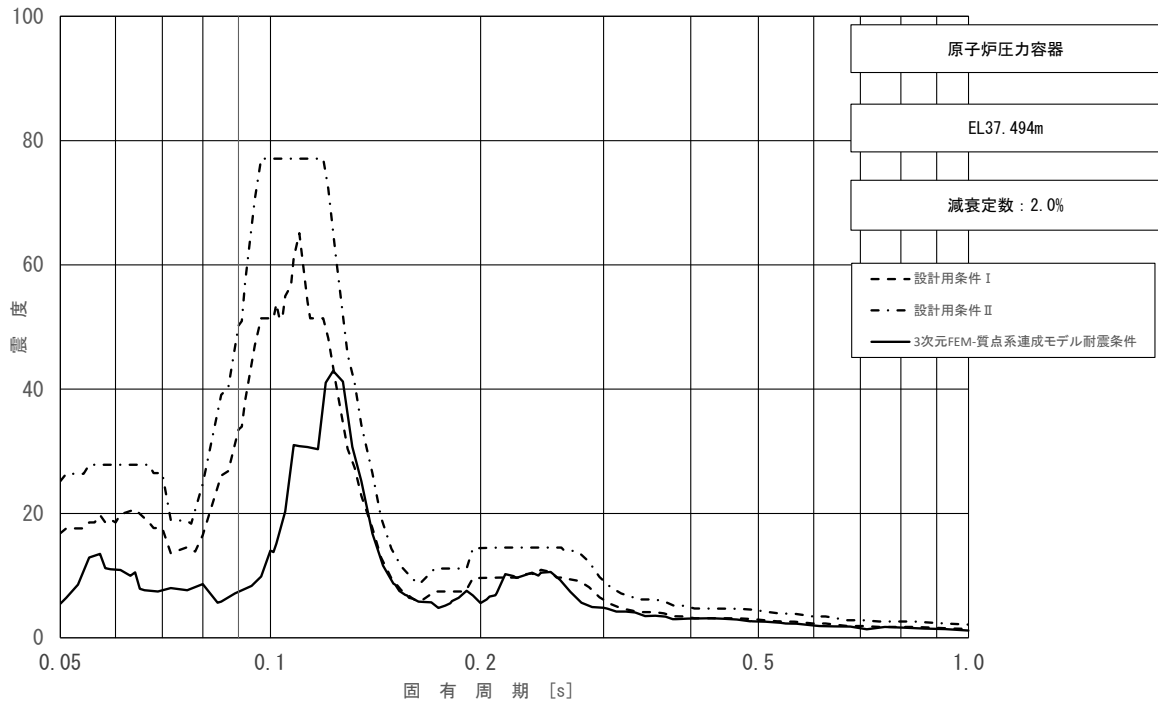


図 4-47 (1/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL37.494m)

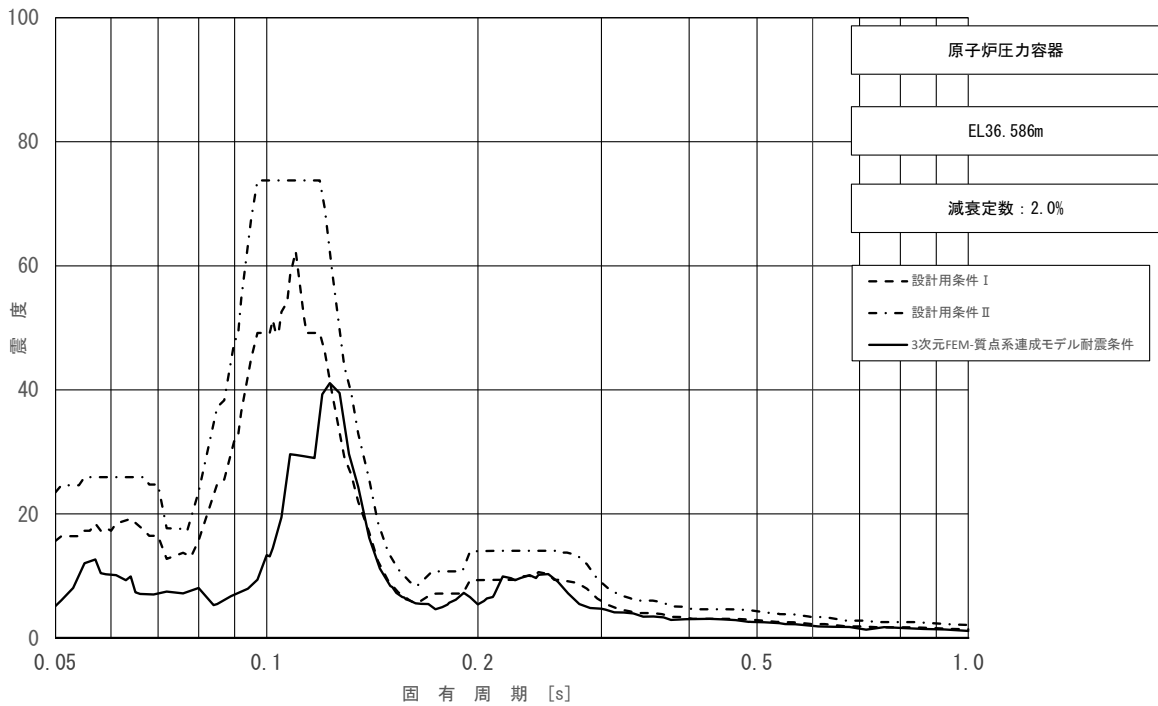


図 4-47 (2/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL36.586m)

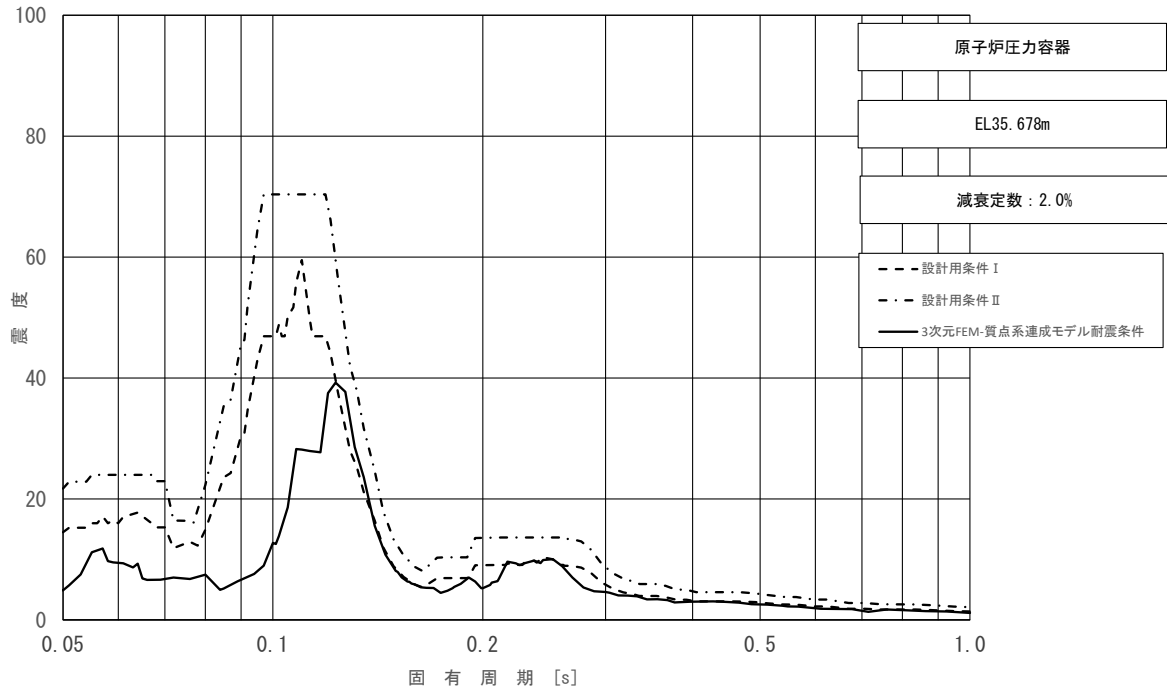


図 4-47 (3/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL35.678m)

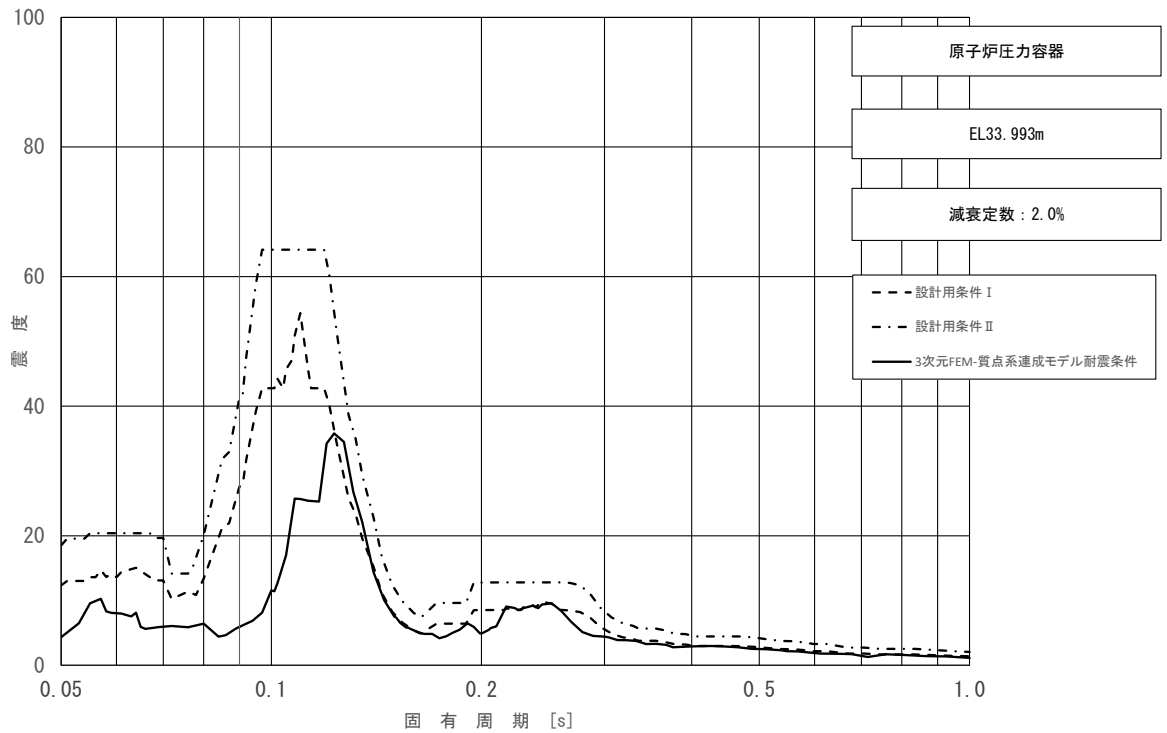


図 4-47 (4/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL33.993m)

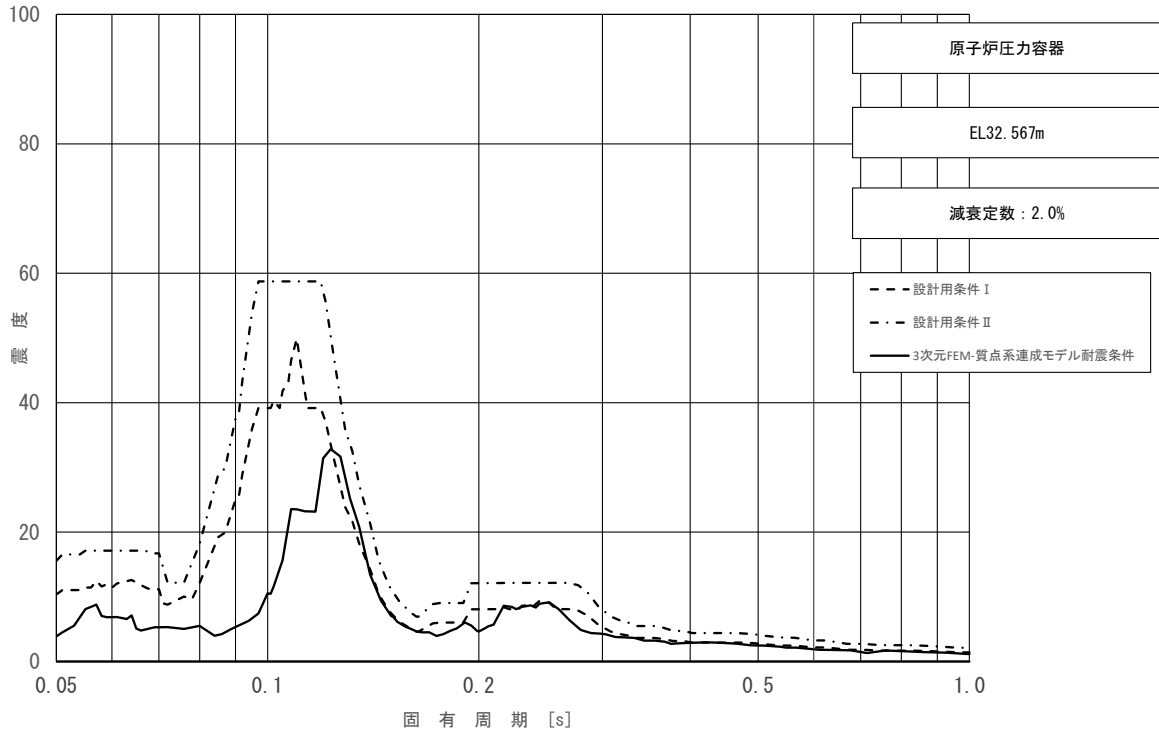


図 4-47 (5/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL32.567m)

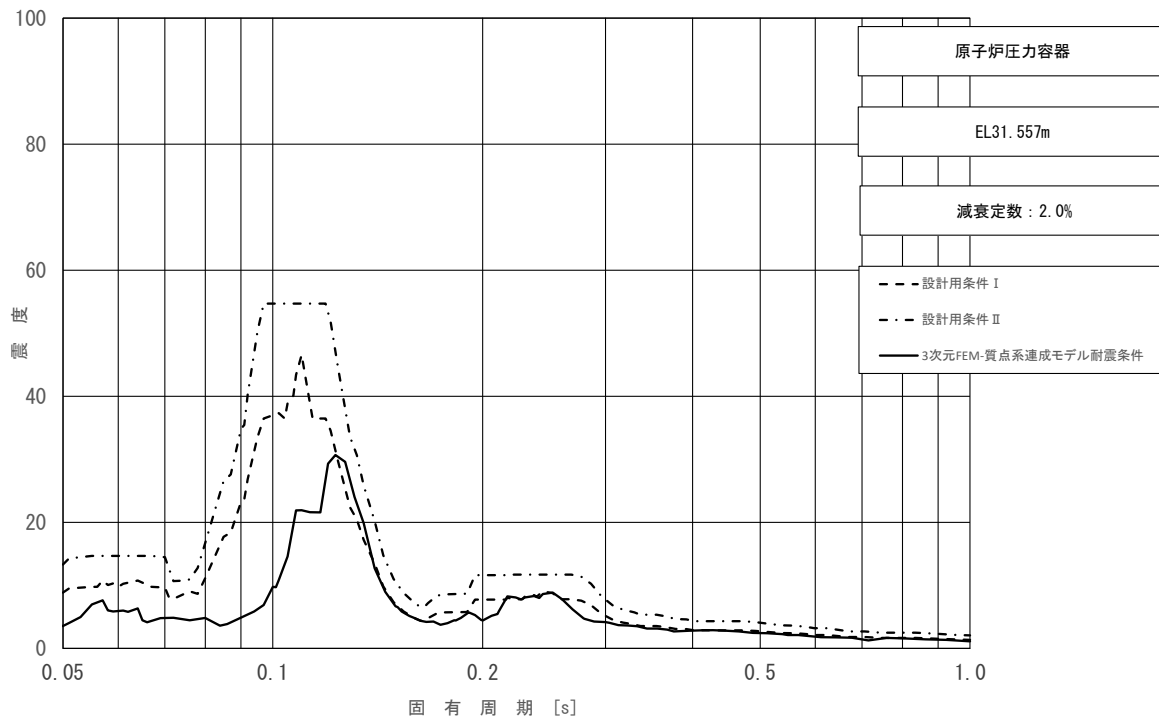


図 4-47 (6/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL31.557m)

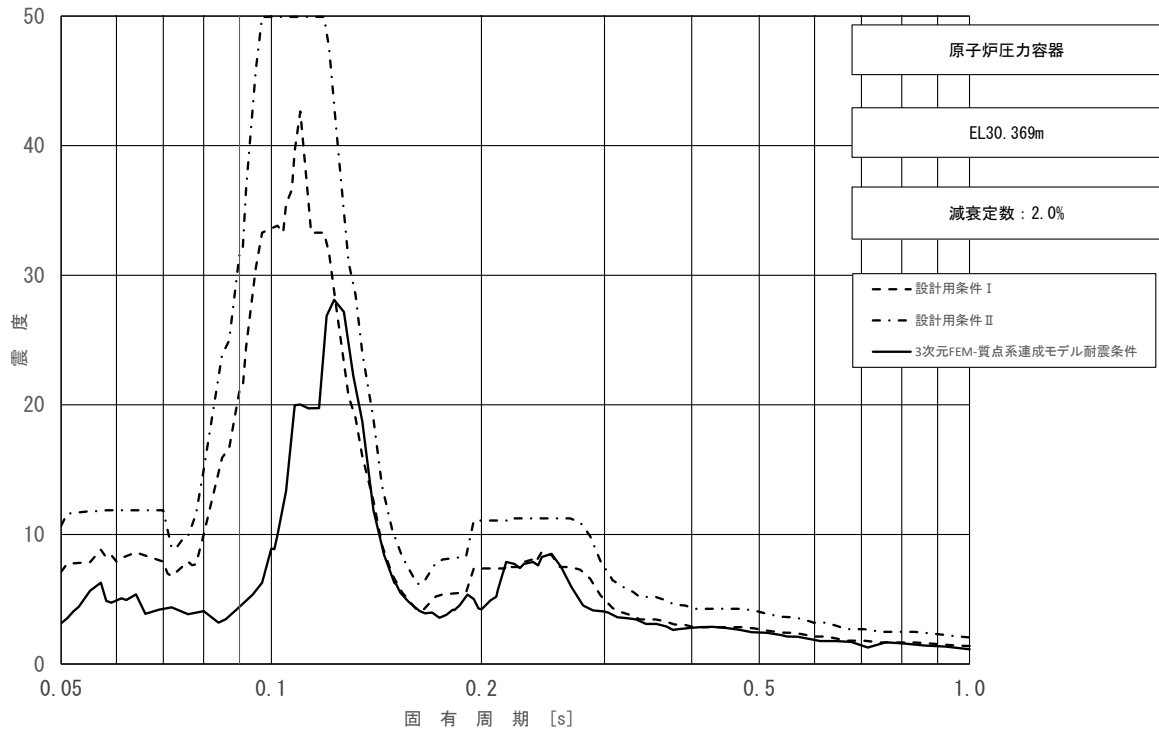


図 4-47 (7/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL30.369m)

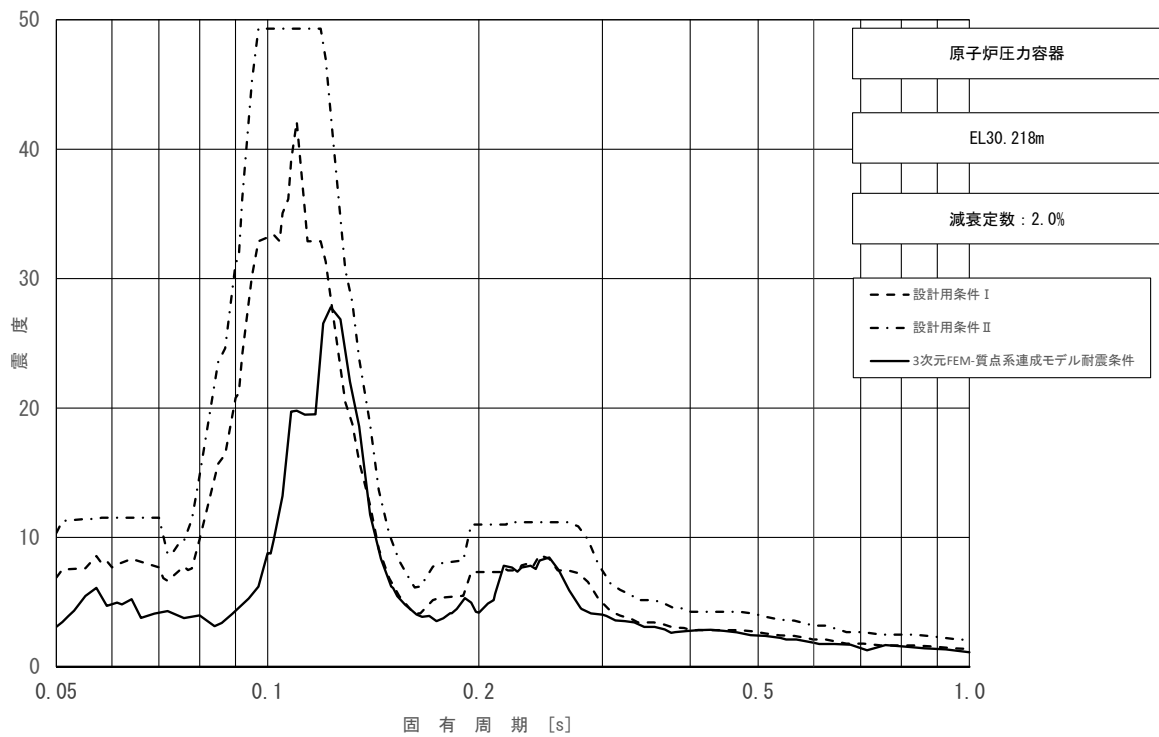


図 4-47 (8/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL30.218m)

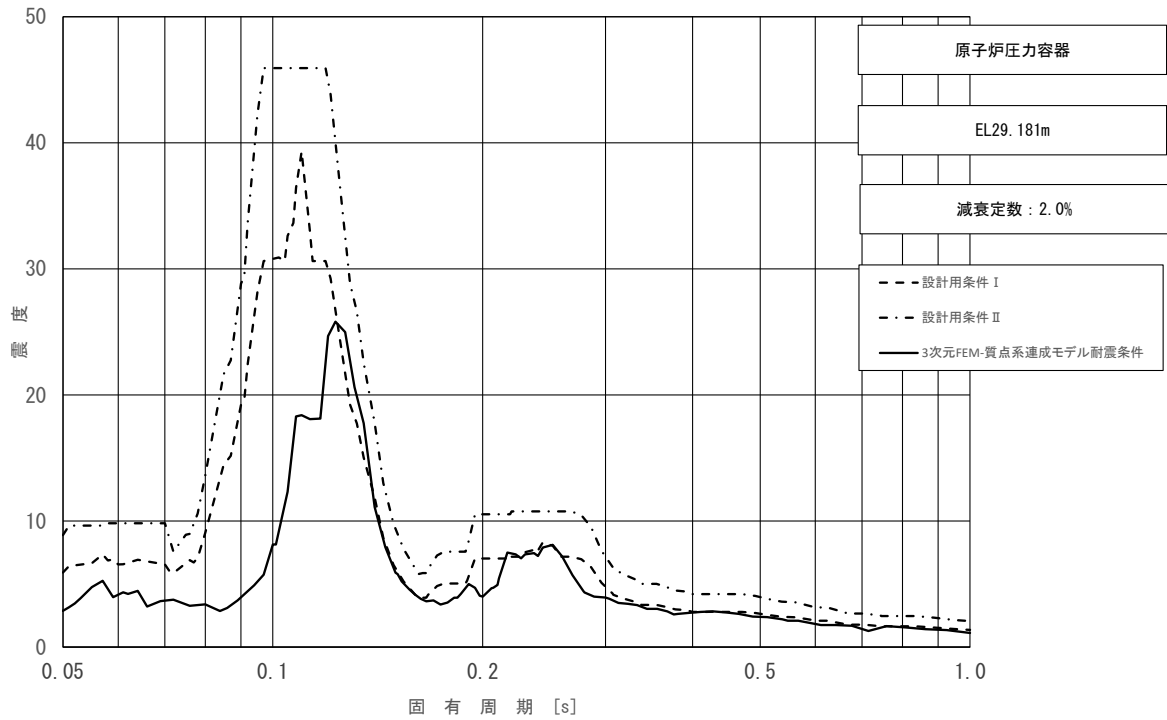


図 4-47 (9/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL29.181m)

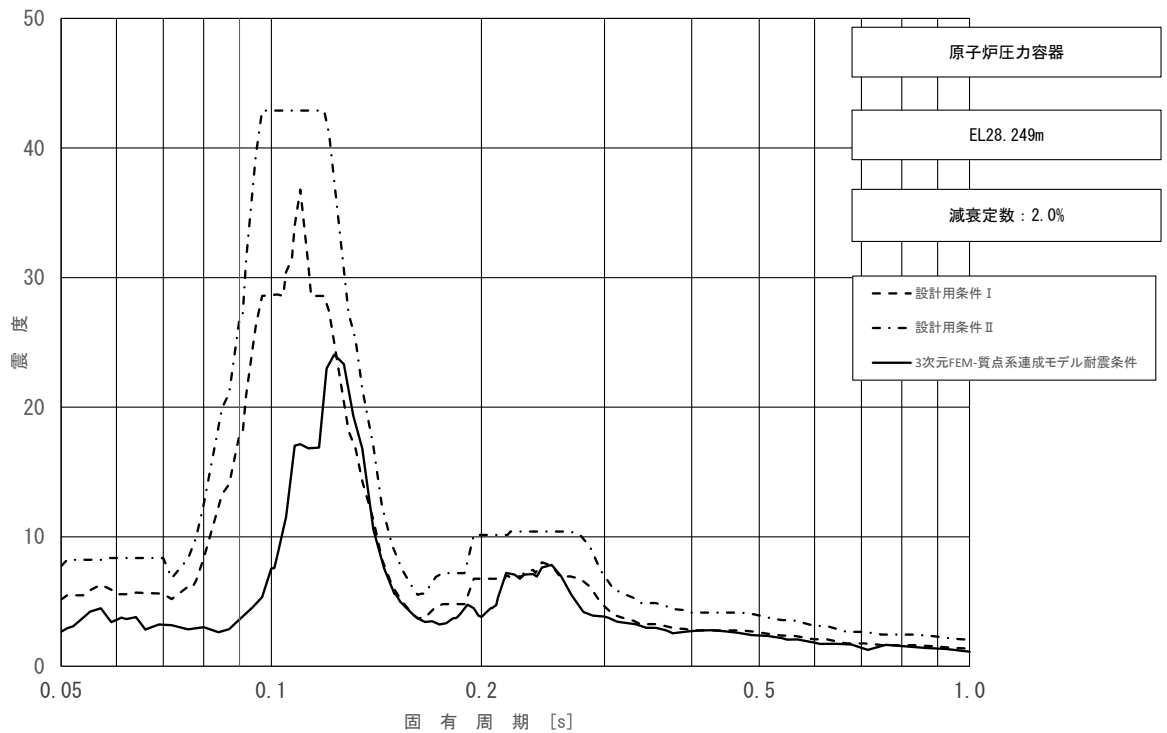


図 4-47 (10/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL28.249m)

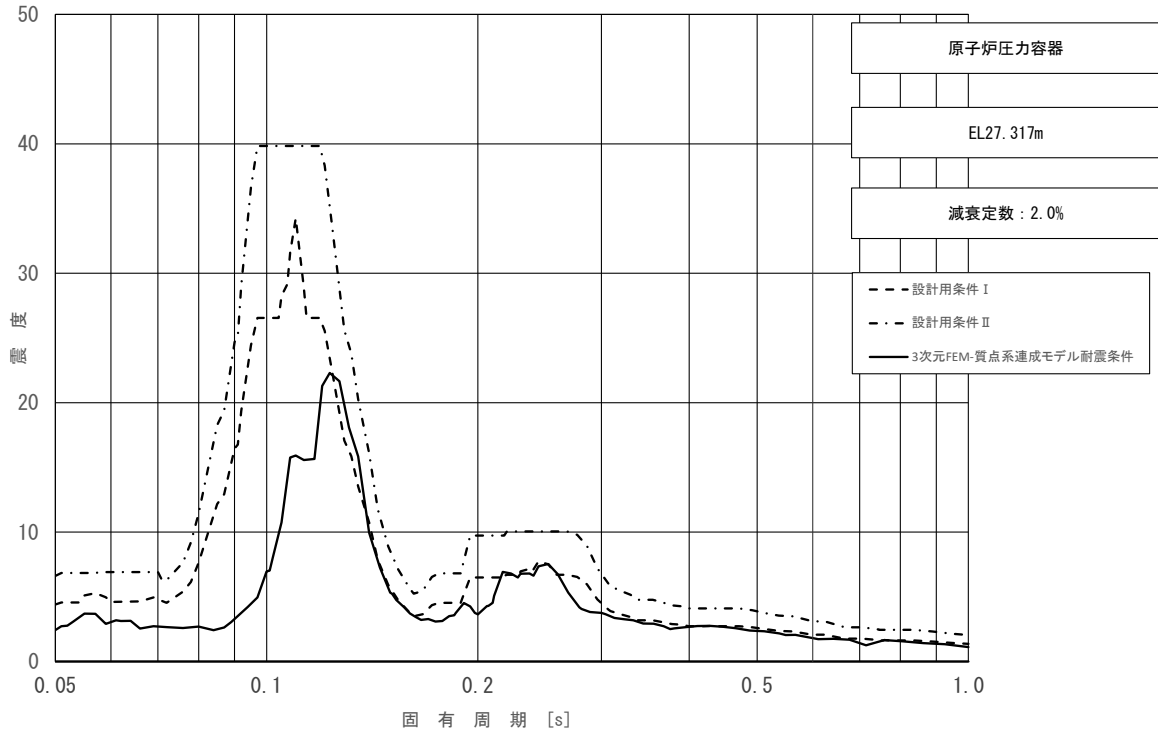


図 4-47 (11/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL27.317m)

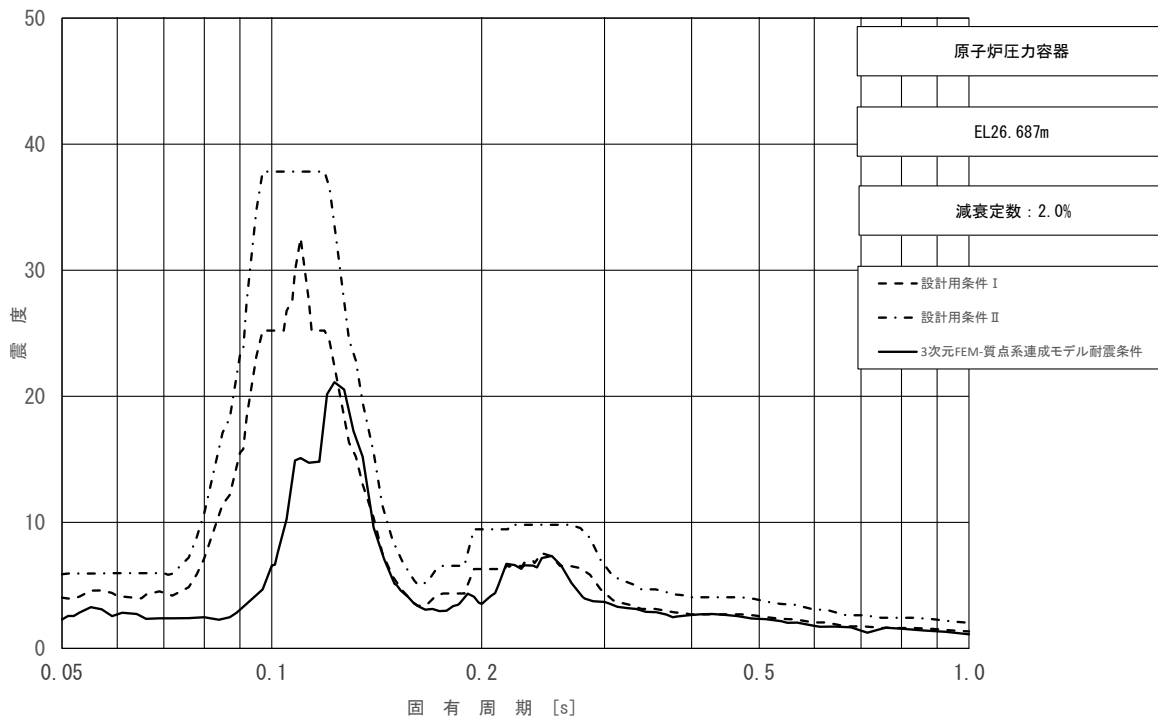


図 4-47 (12/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL26.687m)

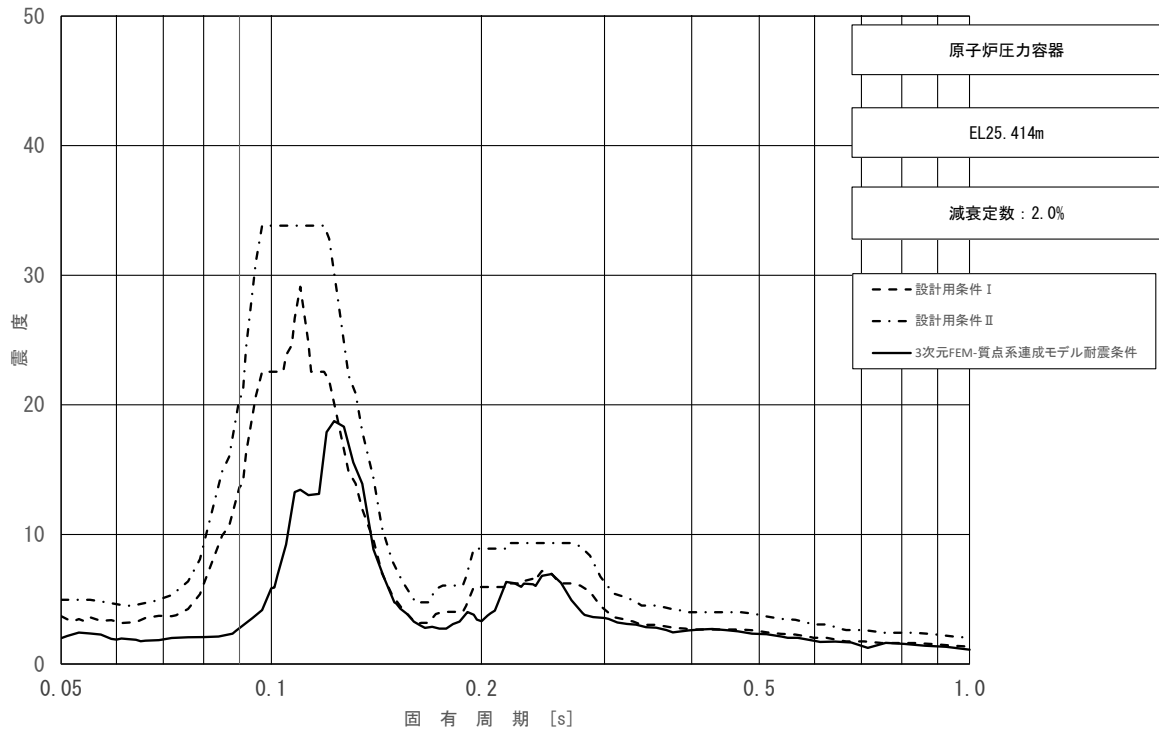


図 4-47 (13/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL25.414m)

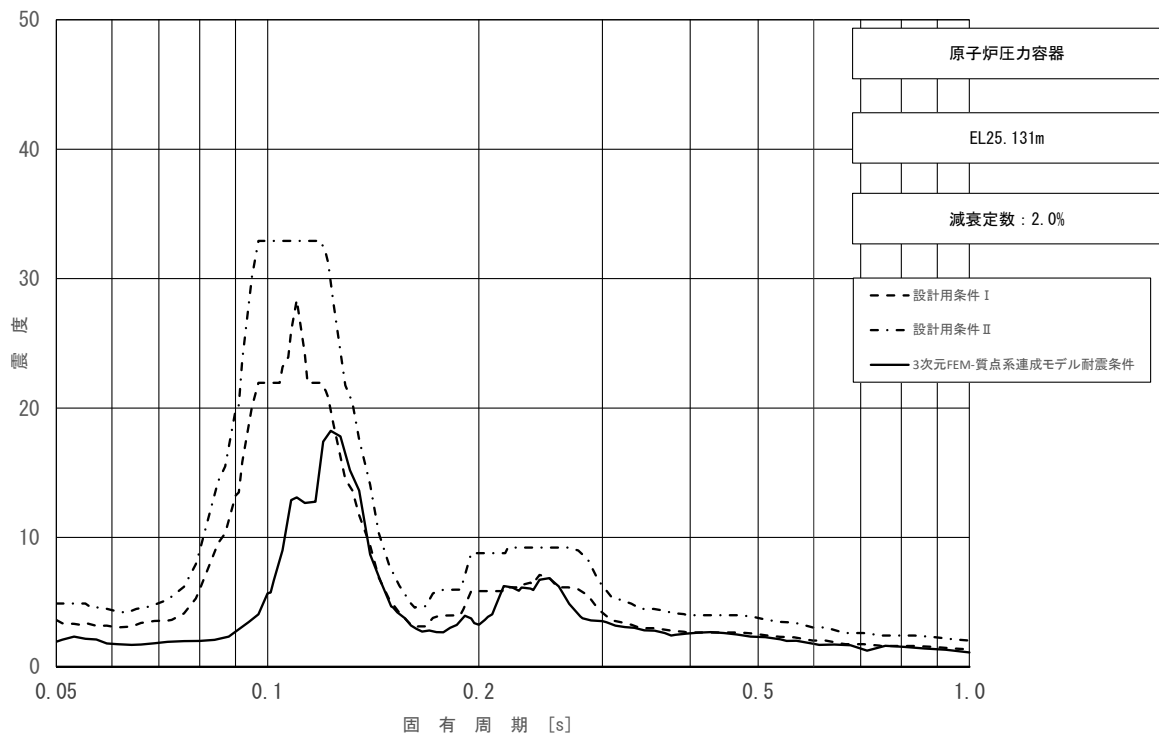


図 4-47 (14/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL25.131m)



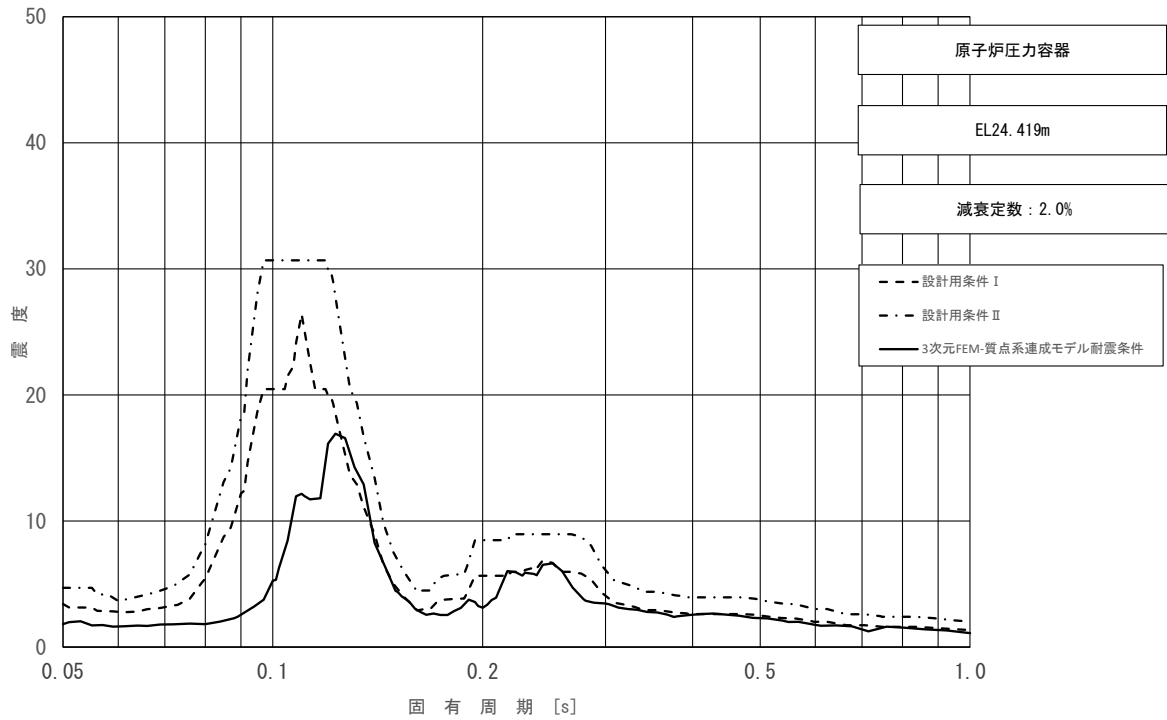


図 4-47 (15/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL24.419m)

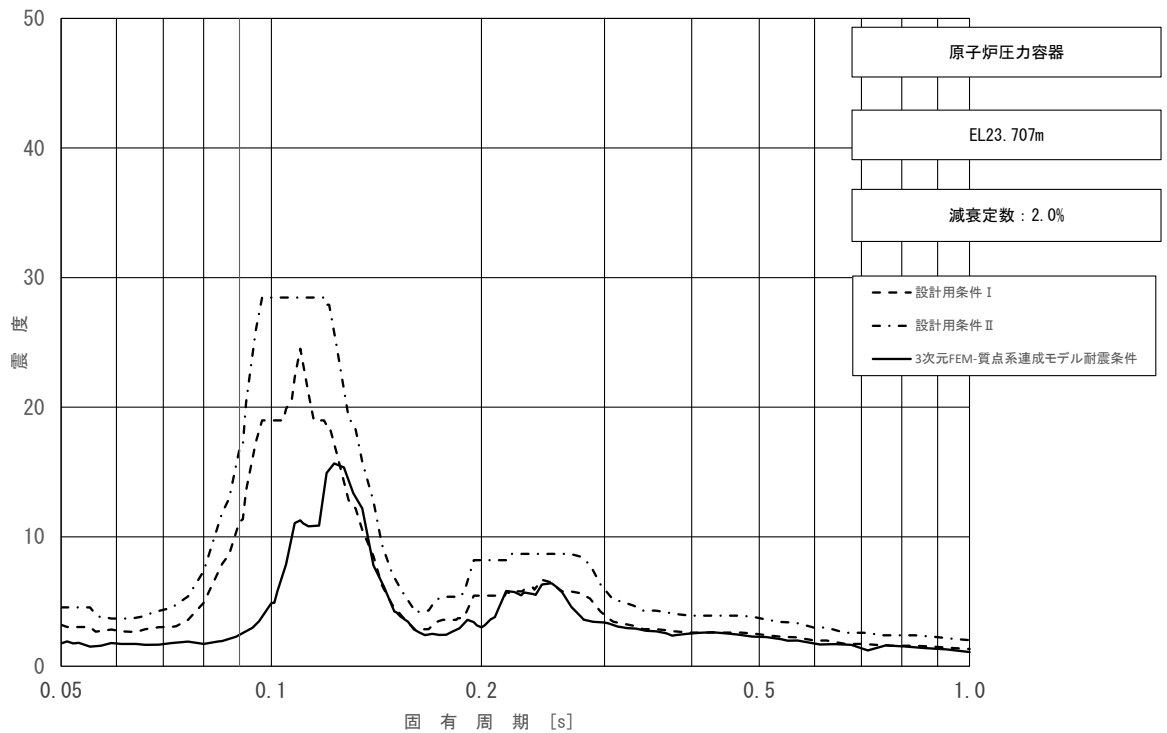


図 4-47 (16/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL23.707m)

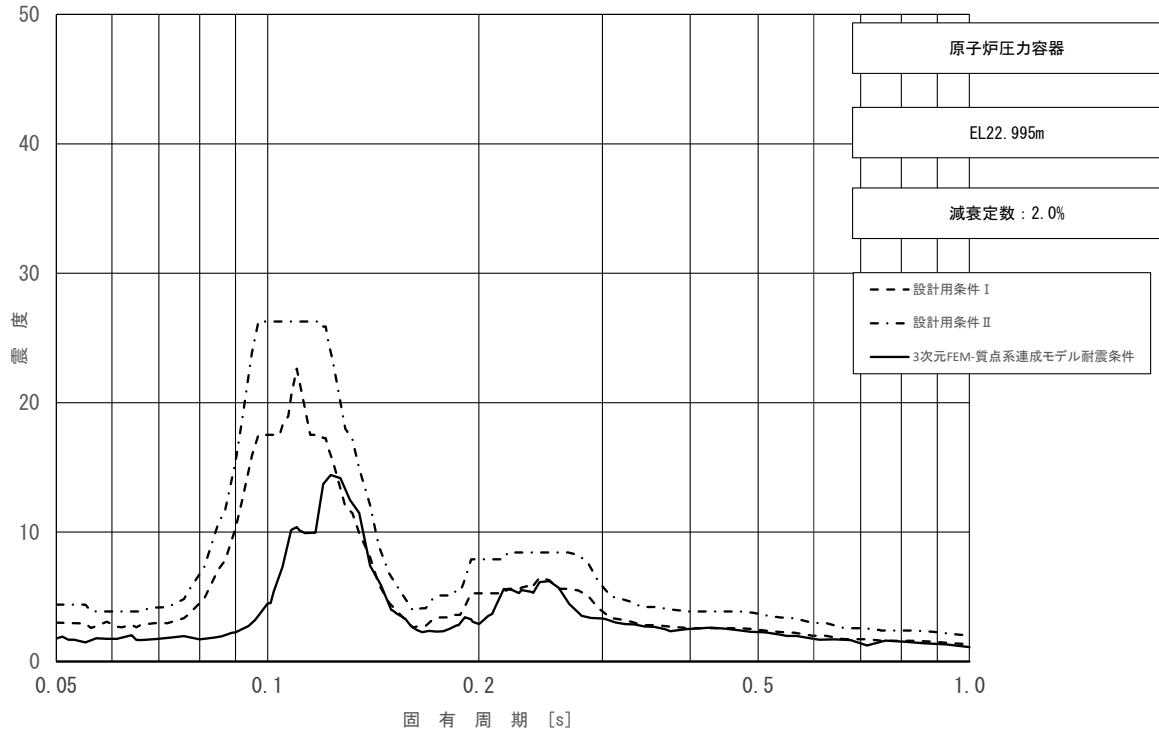


図 4-47 (17/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL22.995m)

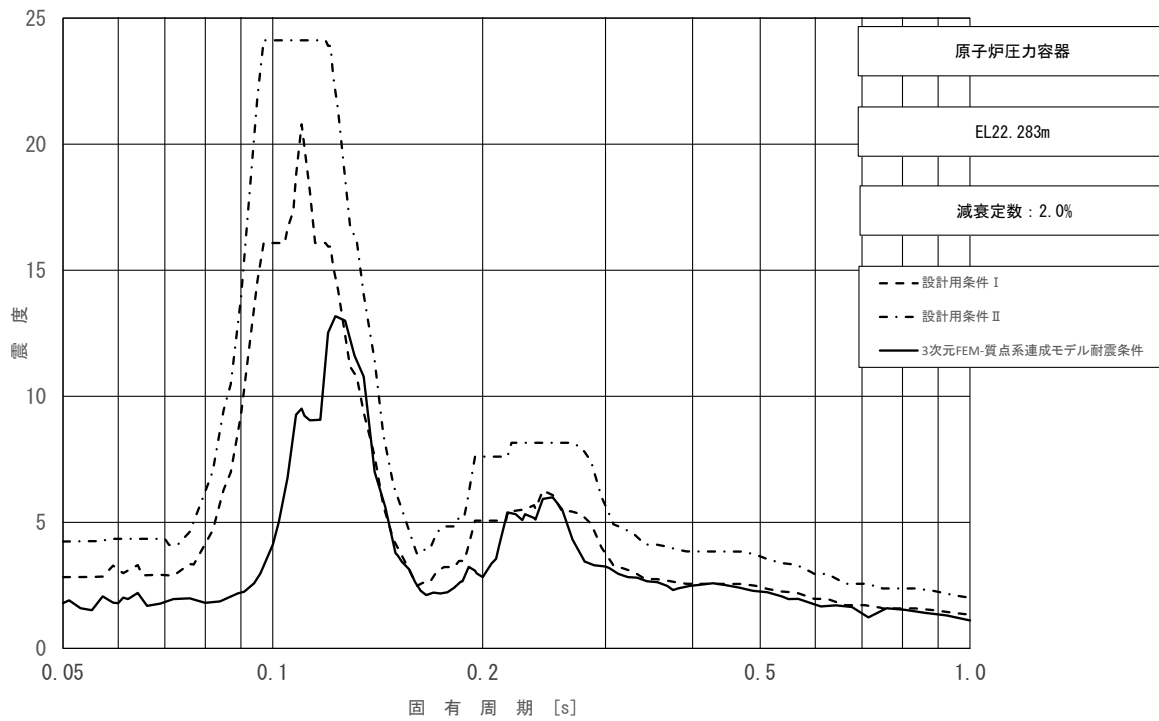


図 4-47 (18/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL22.283m)

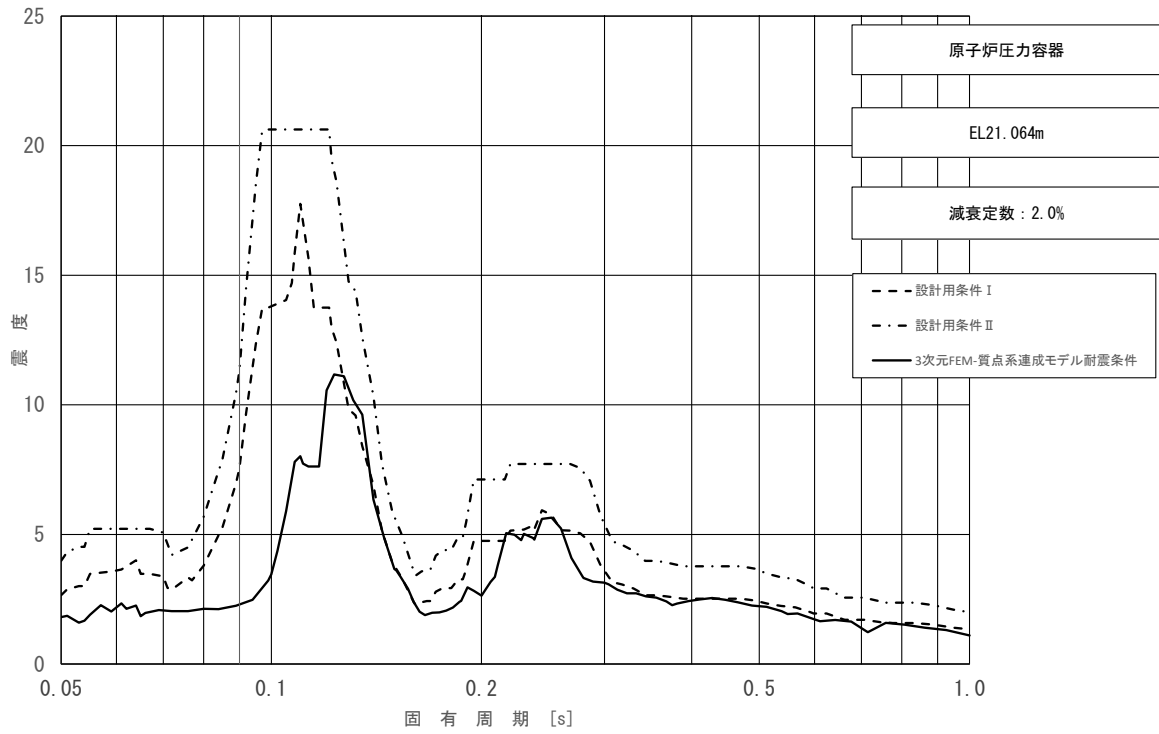


図 4-47 (19/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL21.064m)

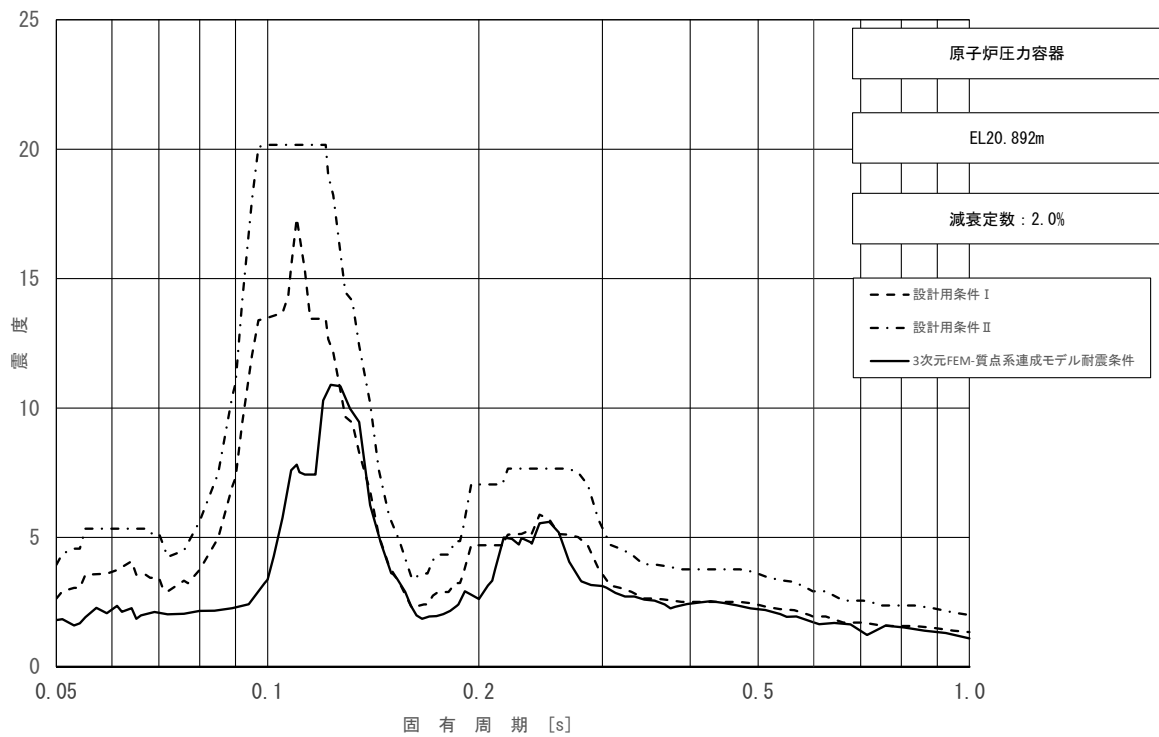


図 4-47 (20/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL20.892m)

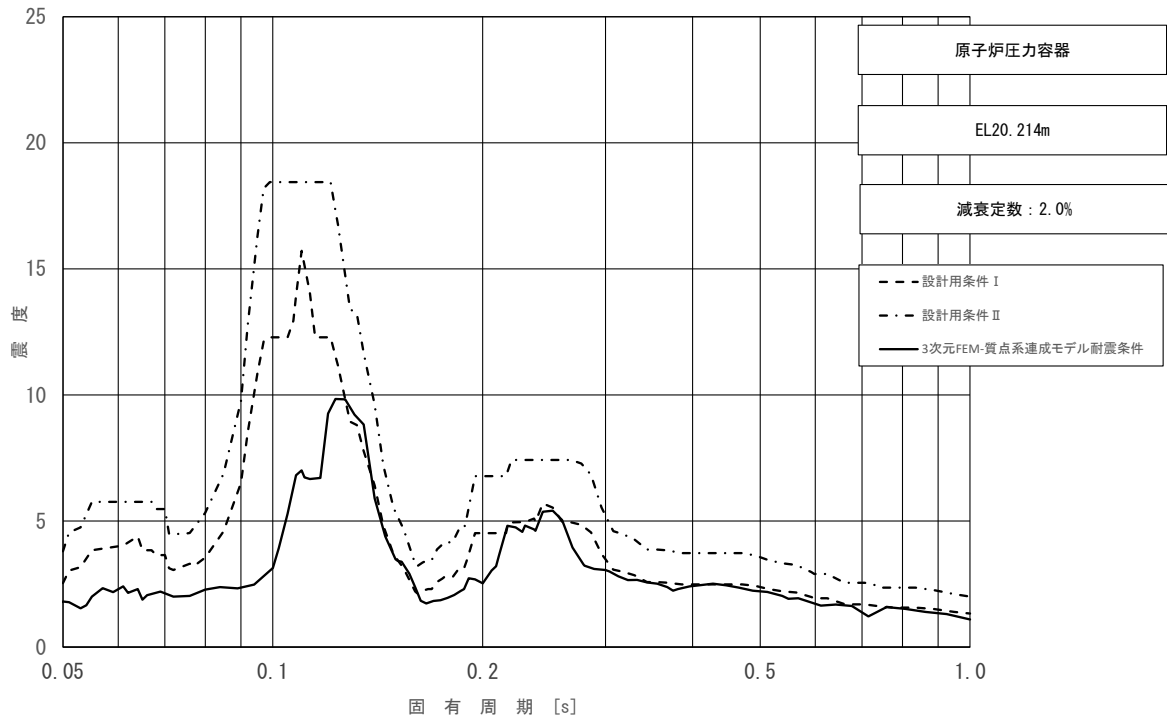


図 4-47 (21/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL20.214m)

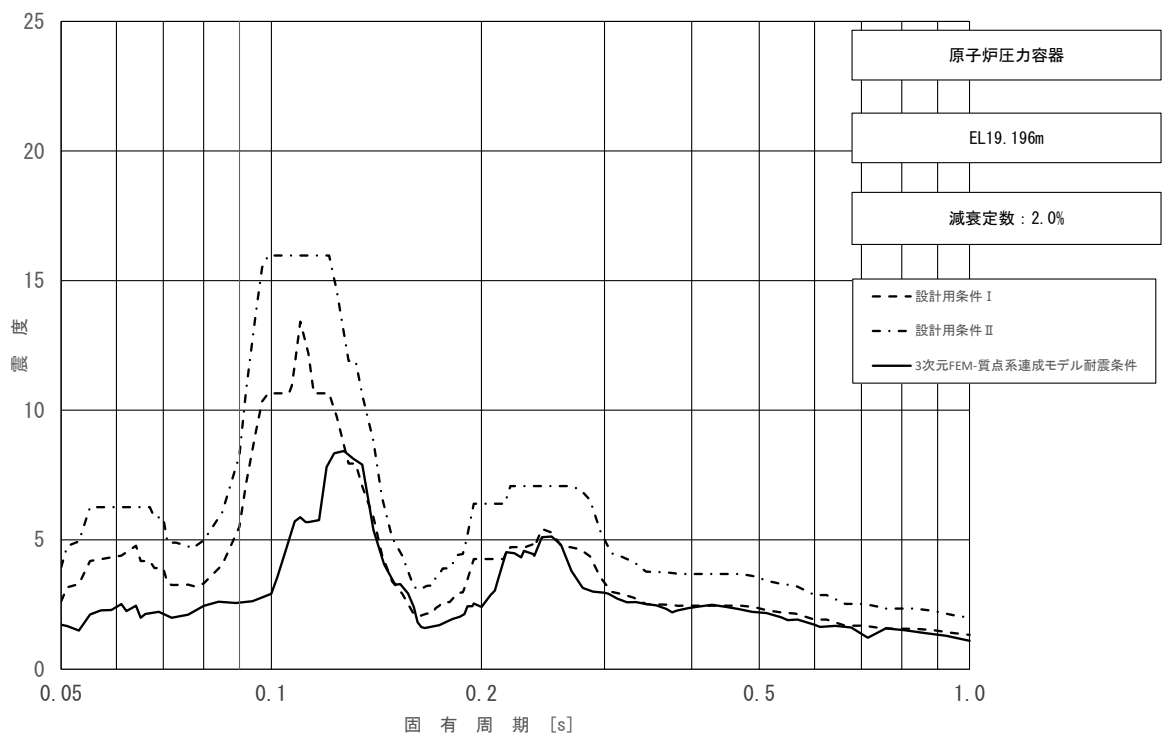


図 4-47 (22/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL19.196m)

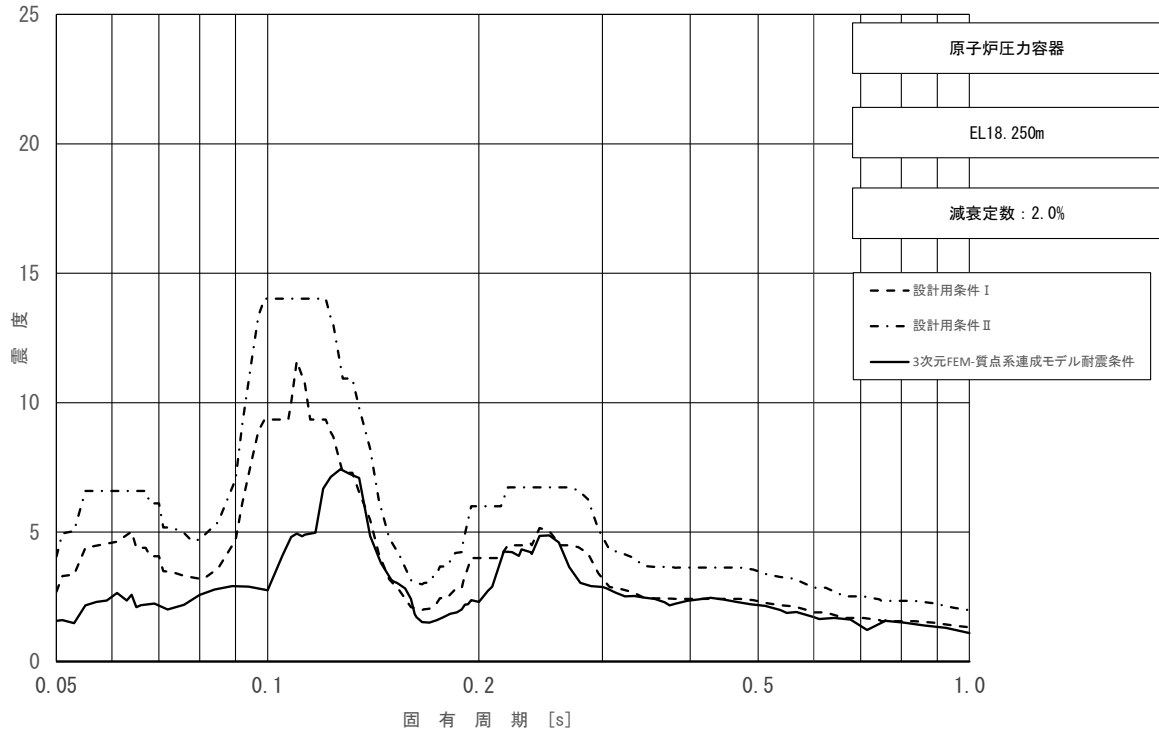


図 4-47 (23/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 原子炉压力容器 EL18.250m)

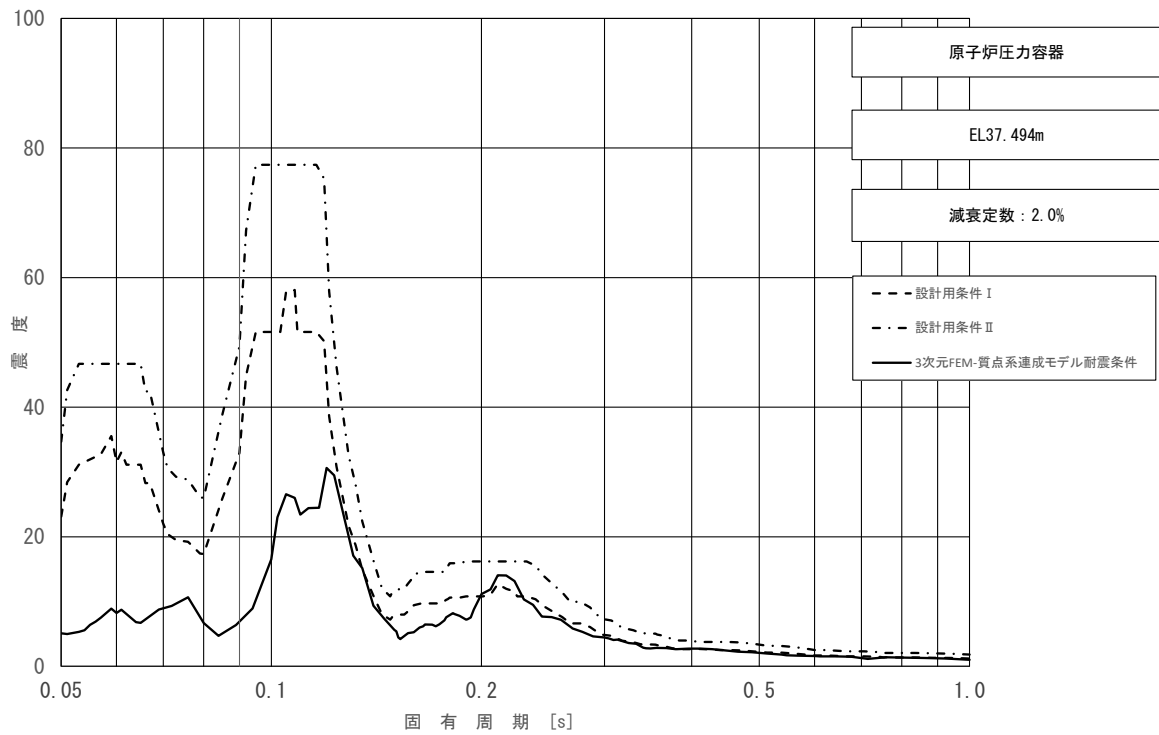


図 4-48 (1/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL37.494m)

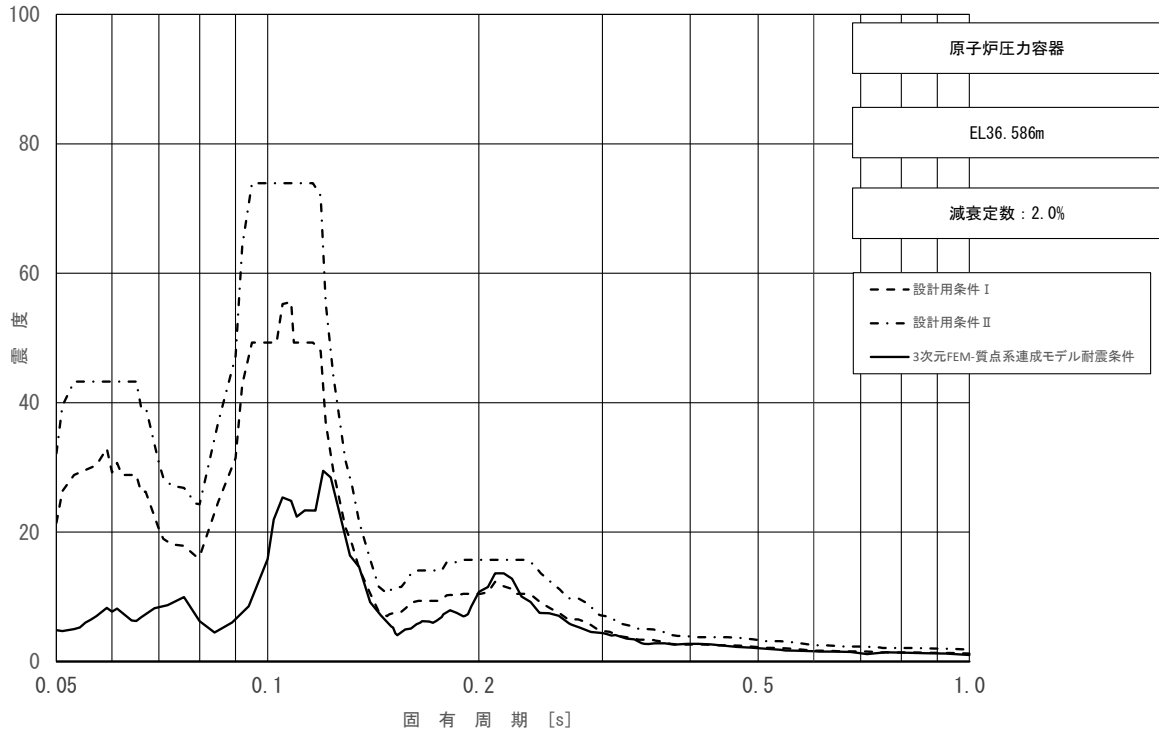


図 4-48 (2/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL36.586m)

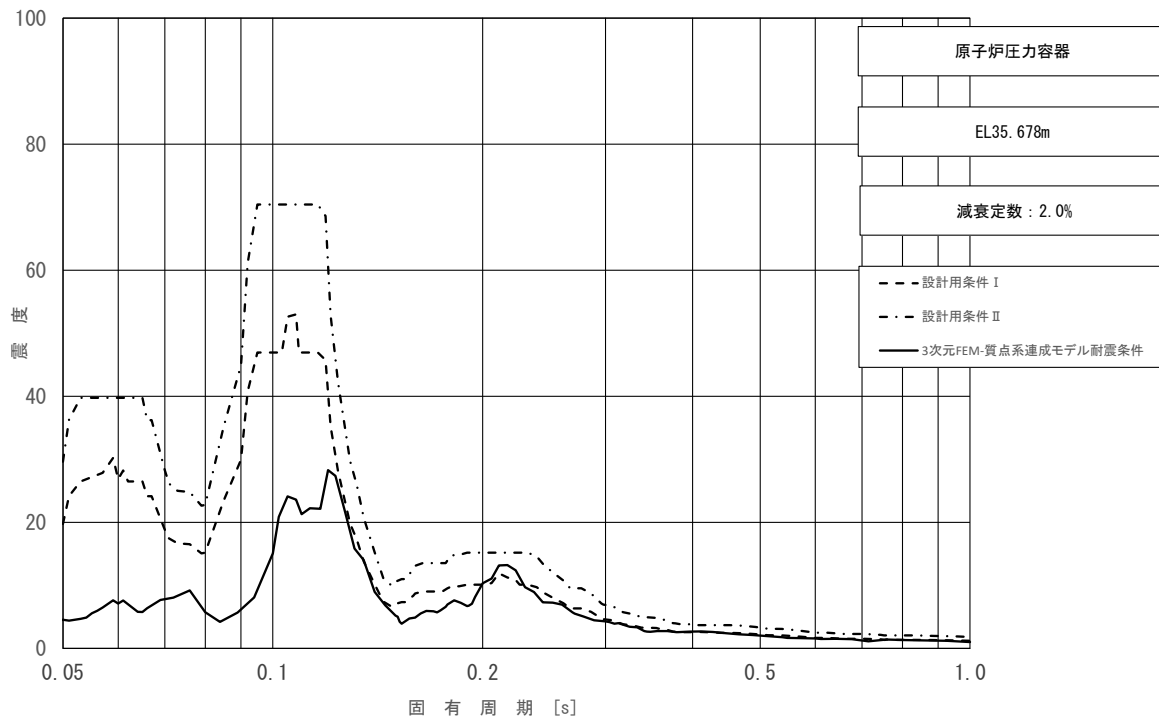


図 4-48 (3/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL35.678m)

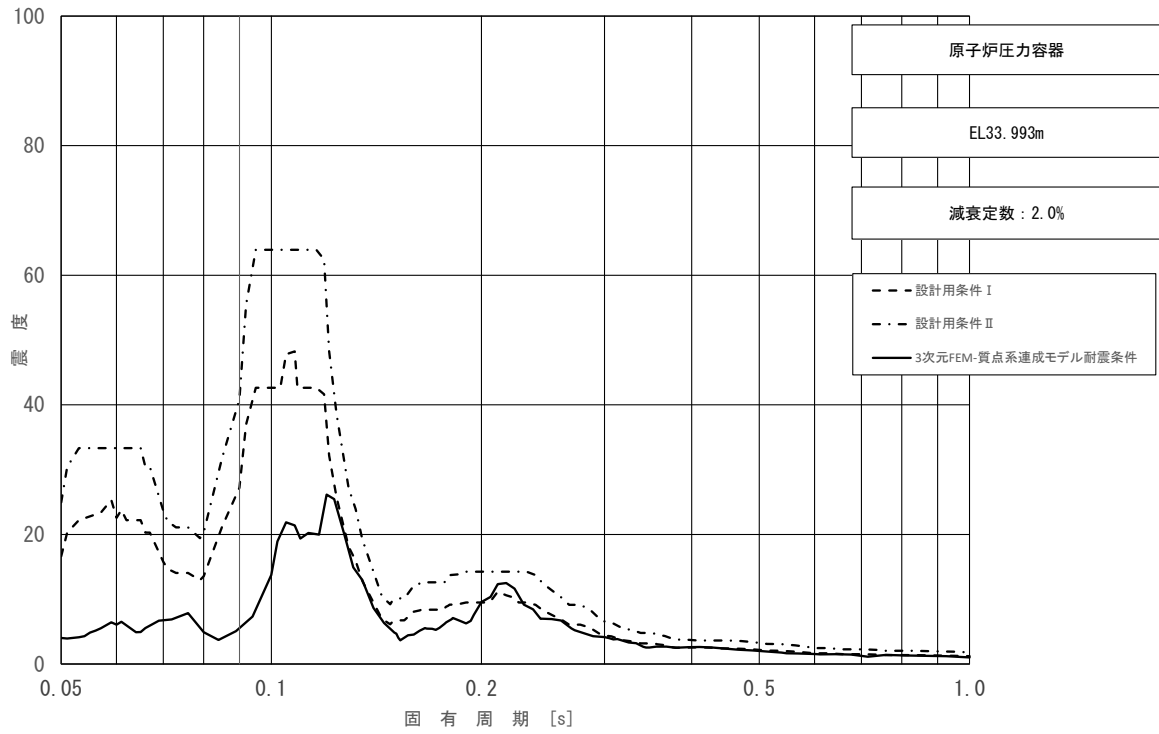


図 4-48 (4/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL33.993m)

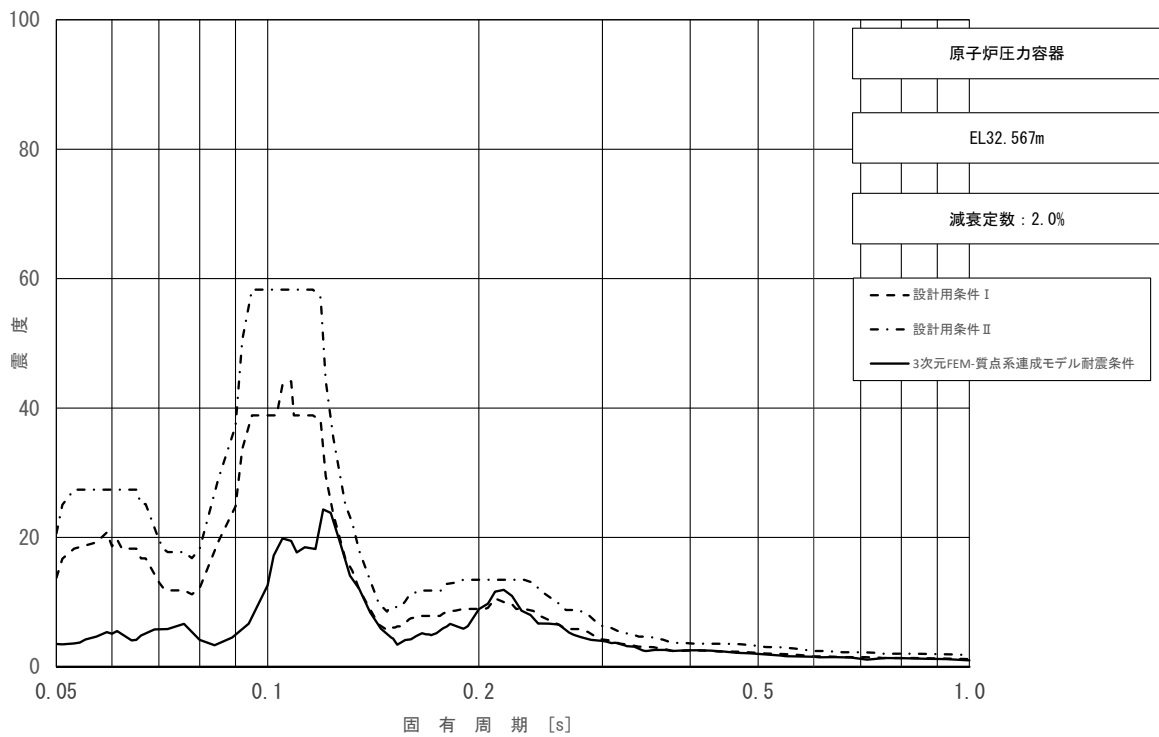


図 4-48 (5/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL32.567m)

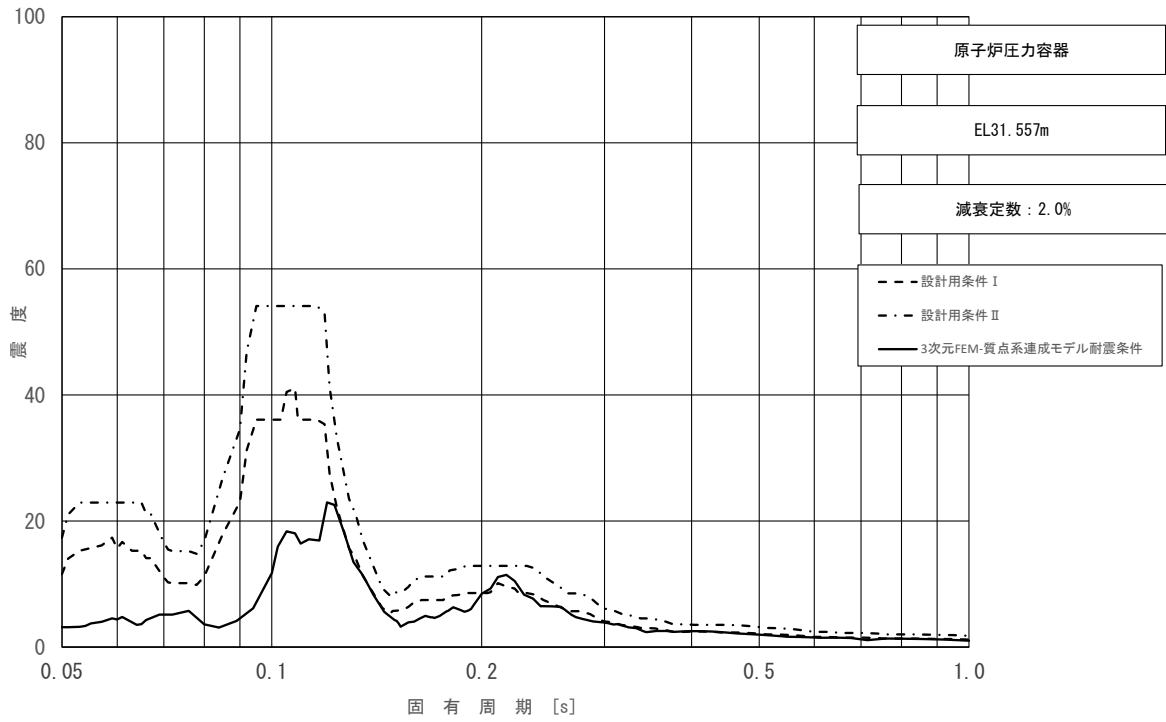


図 4-48 (6/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL31.557m)

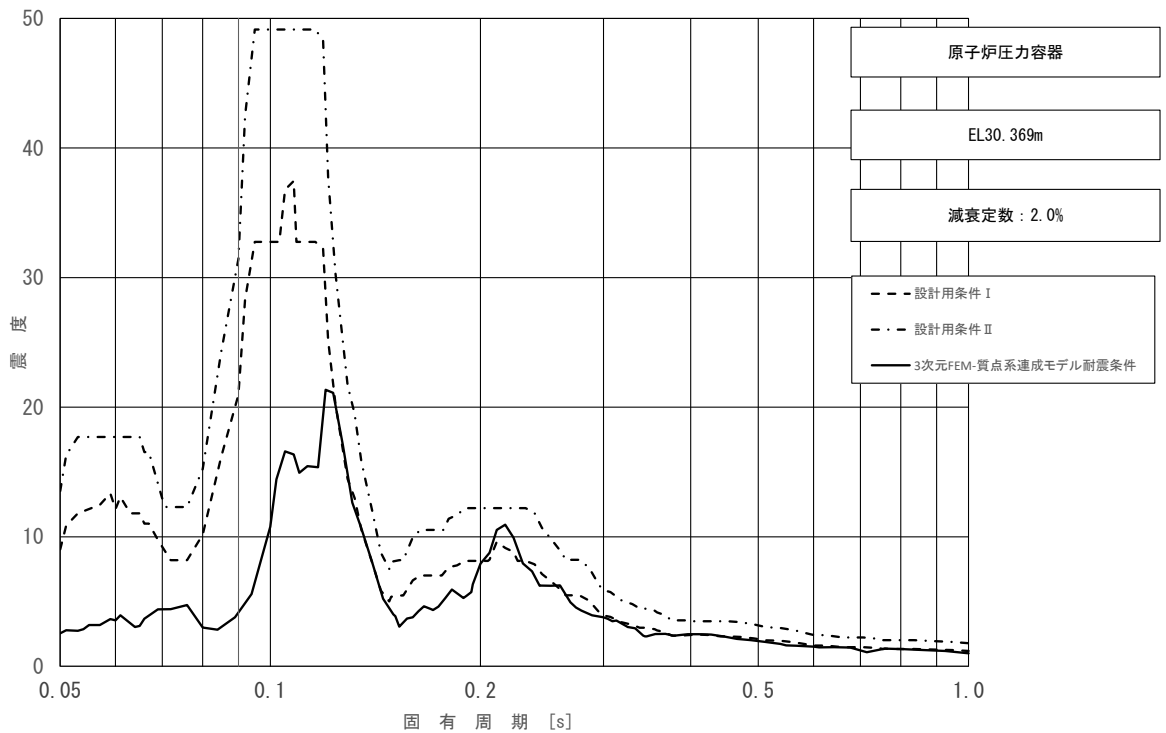


図 4-48 (7/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL30.369m)



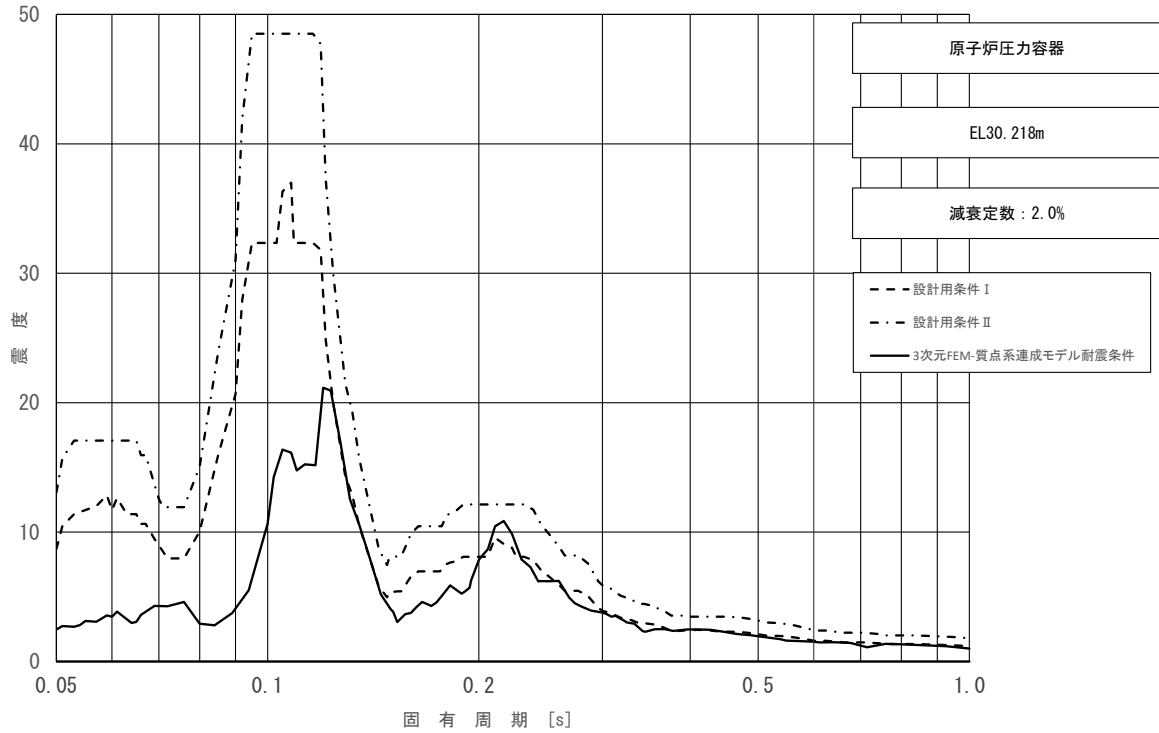


図 4-48 (8/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL30.218m)

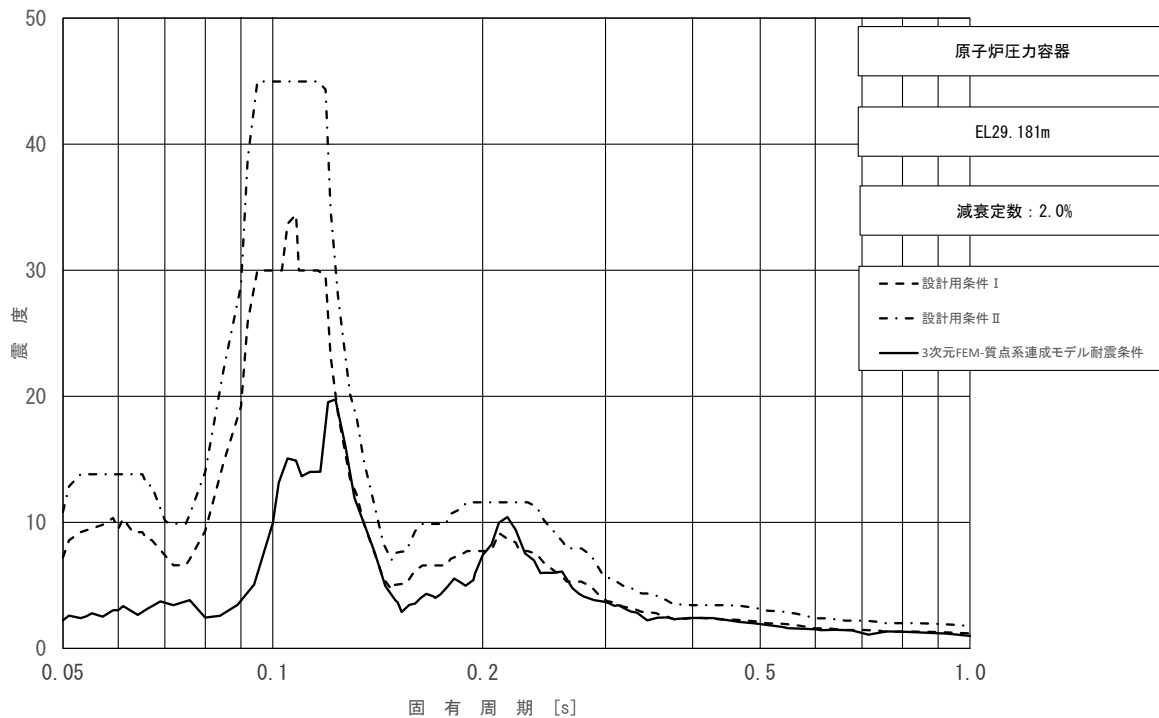


図 4-48 (9/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL29.181m)

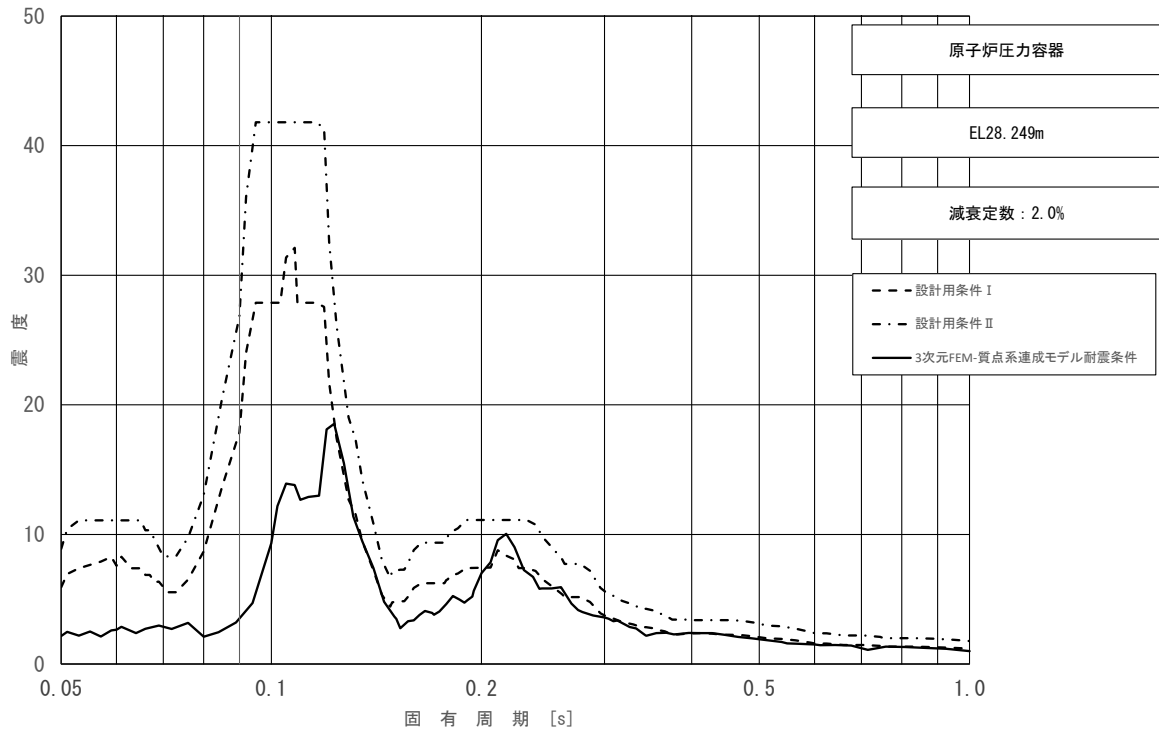


図 4-48 (10/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL28.249m)

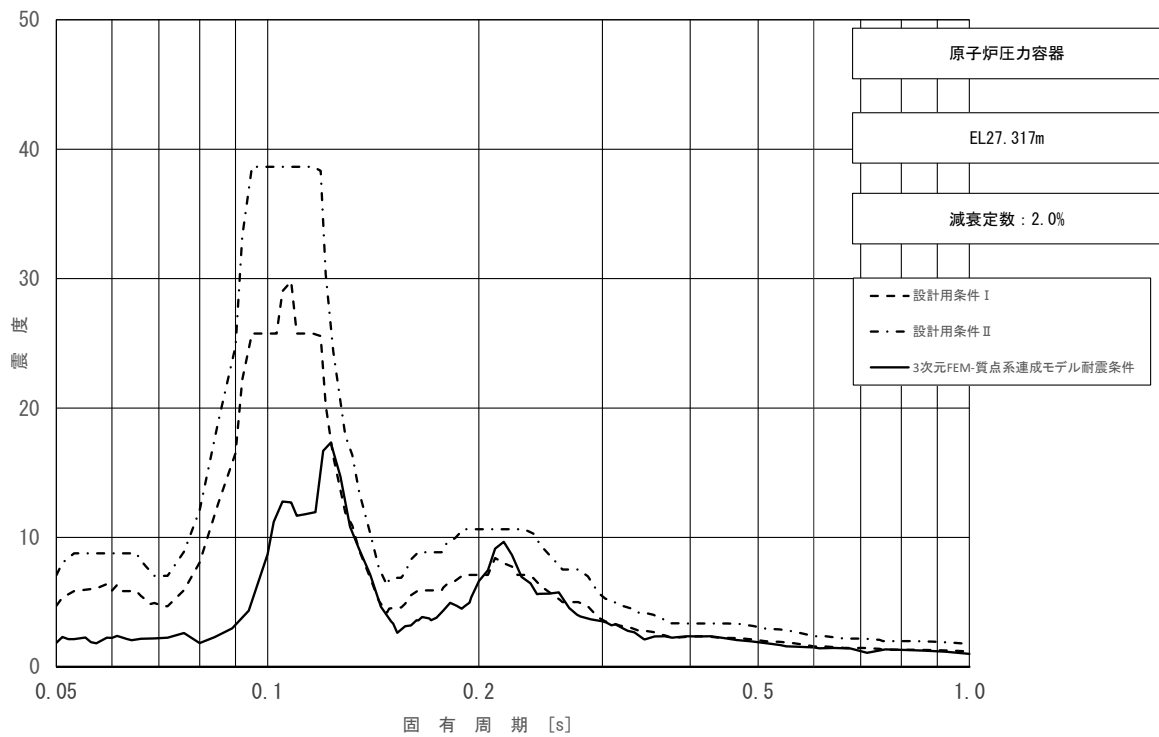


図 4-48 (11/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL27.317m)

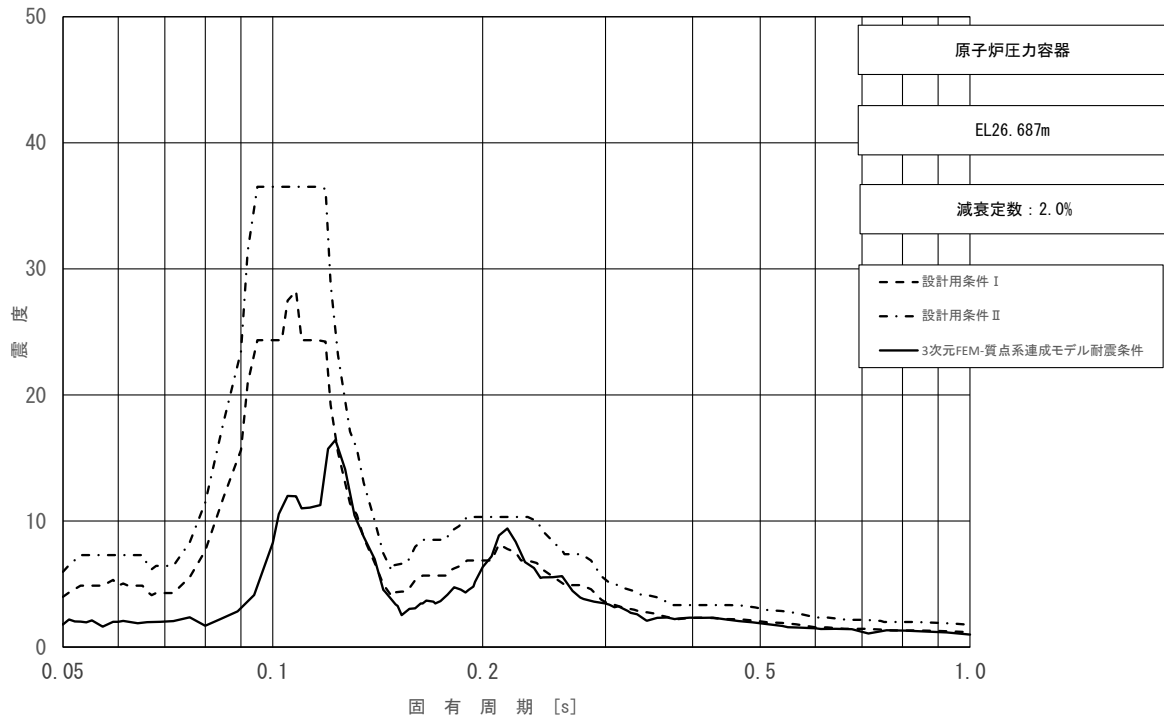


図 4-48 (12/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL26.687m)

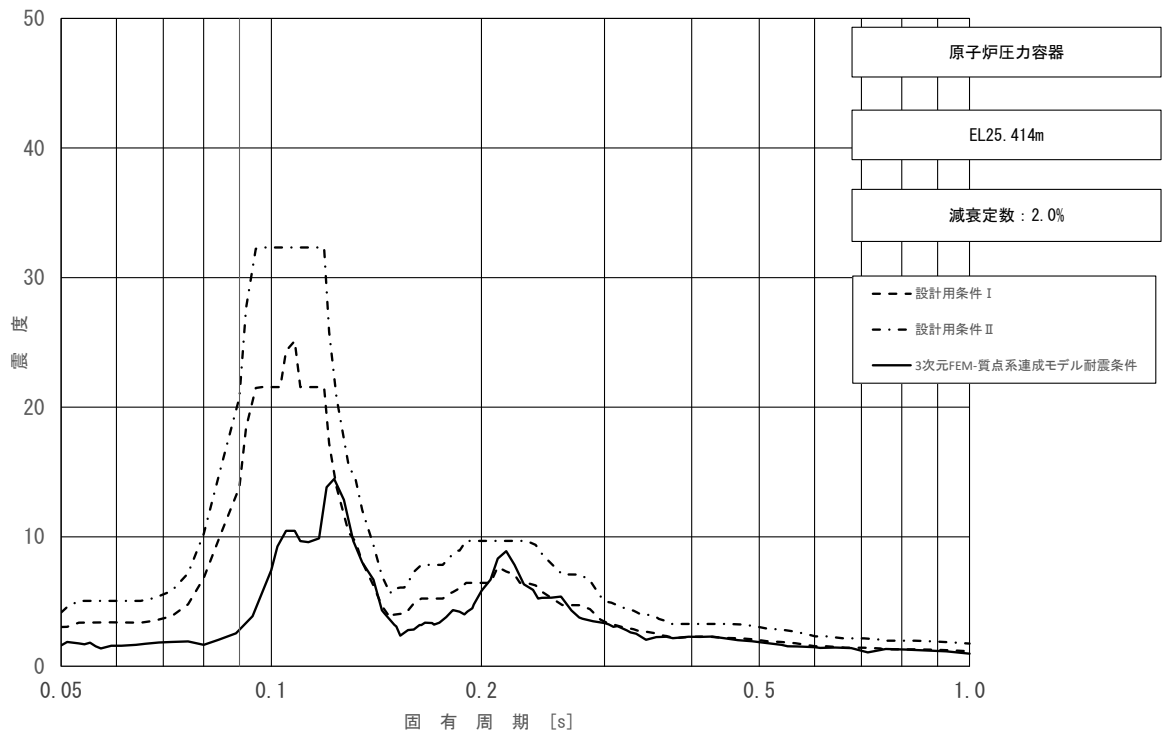


図 4-48 (13/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL25.414m)

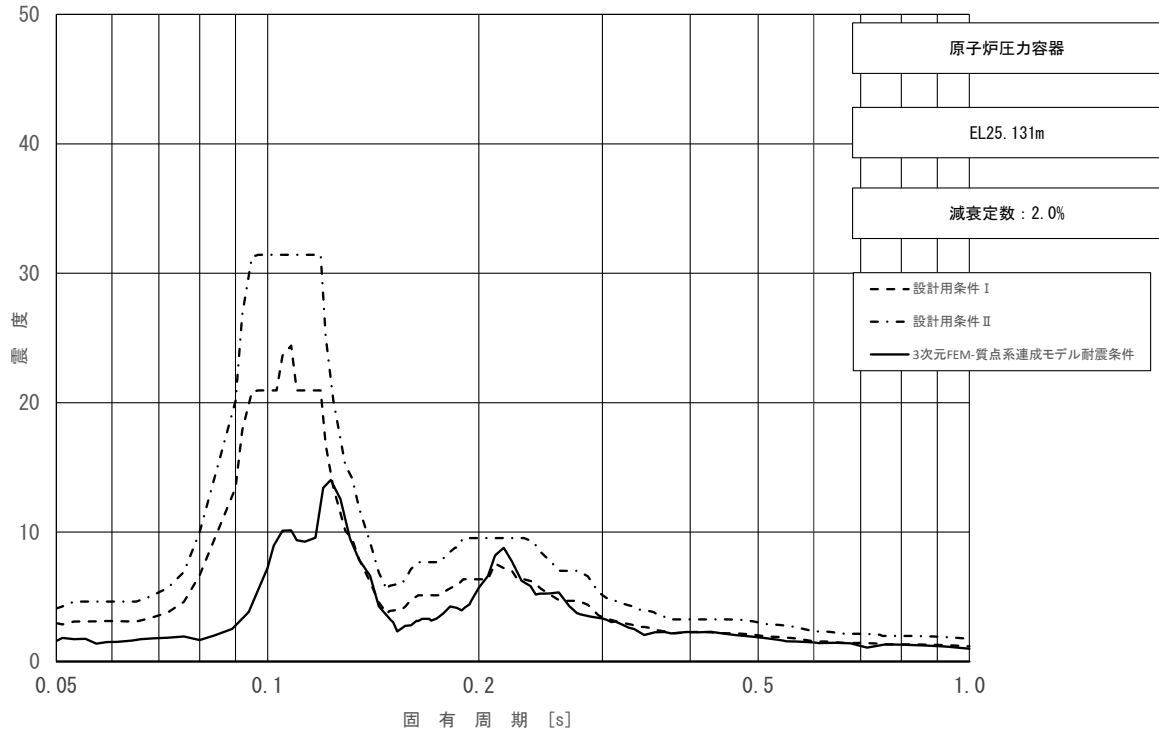


図 4-48 (14/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL25.131m)

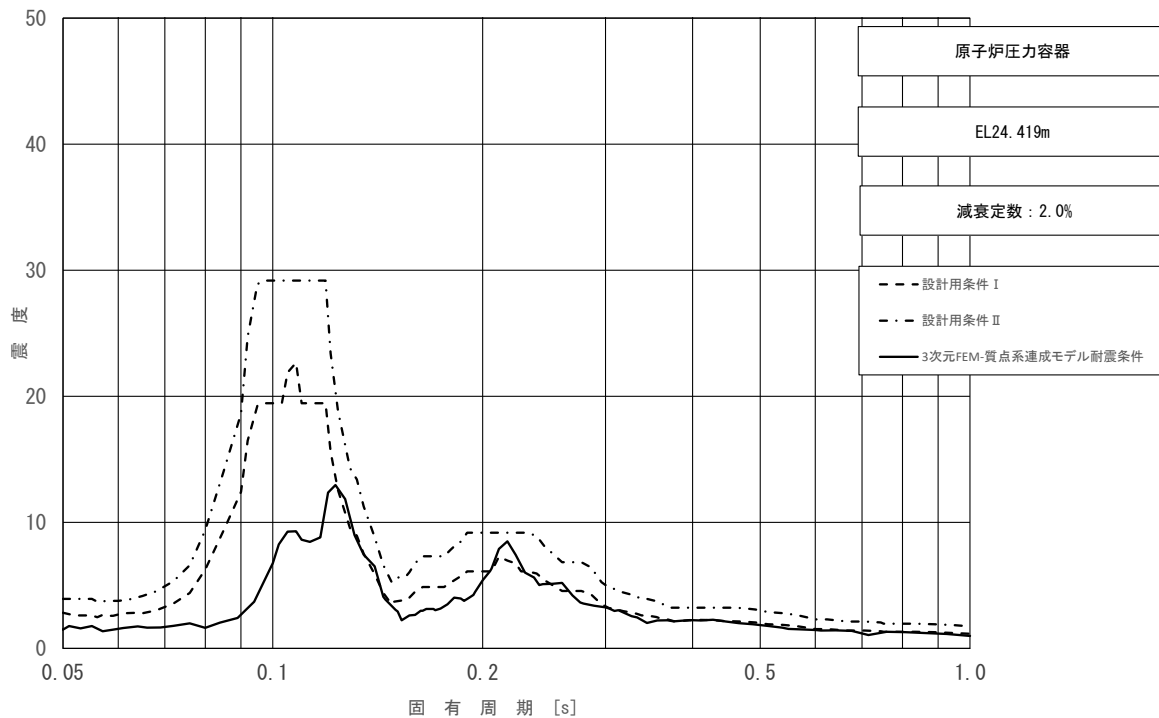


図 4-48 (15/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL24.419m)

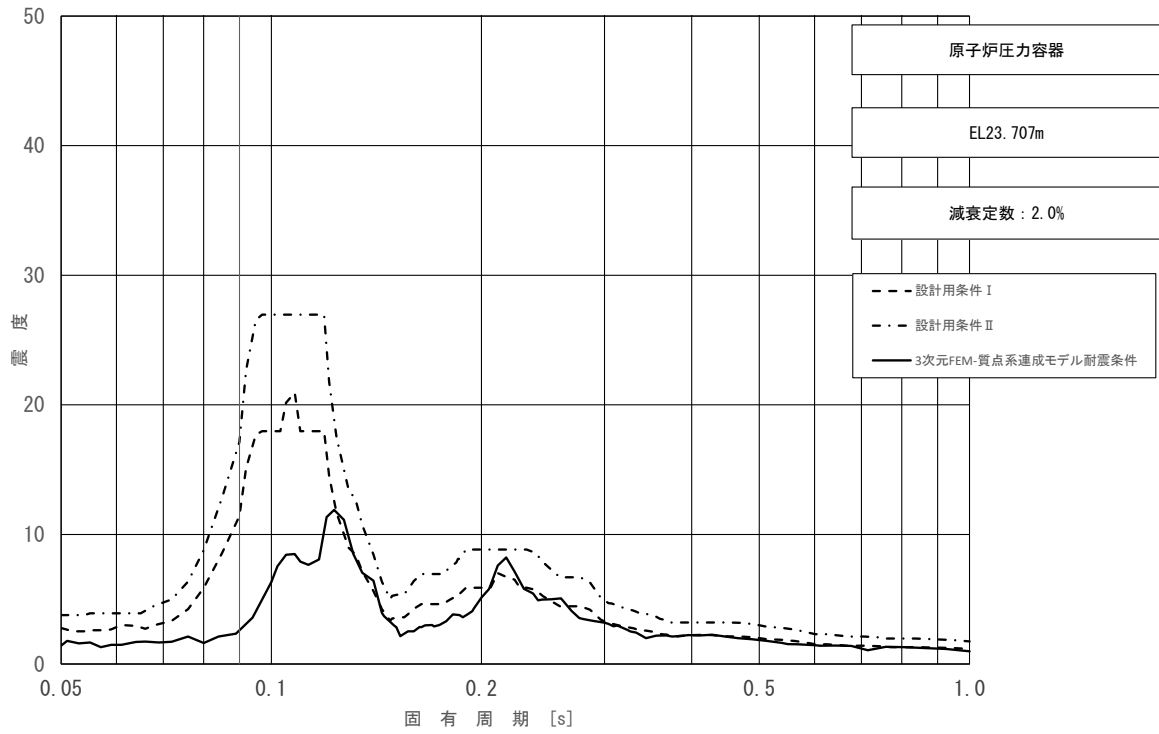


図 4-48 (16/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL23.707m)

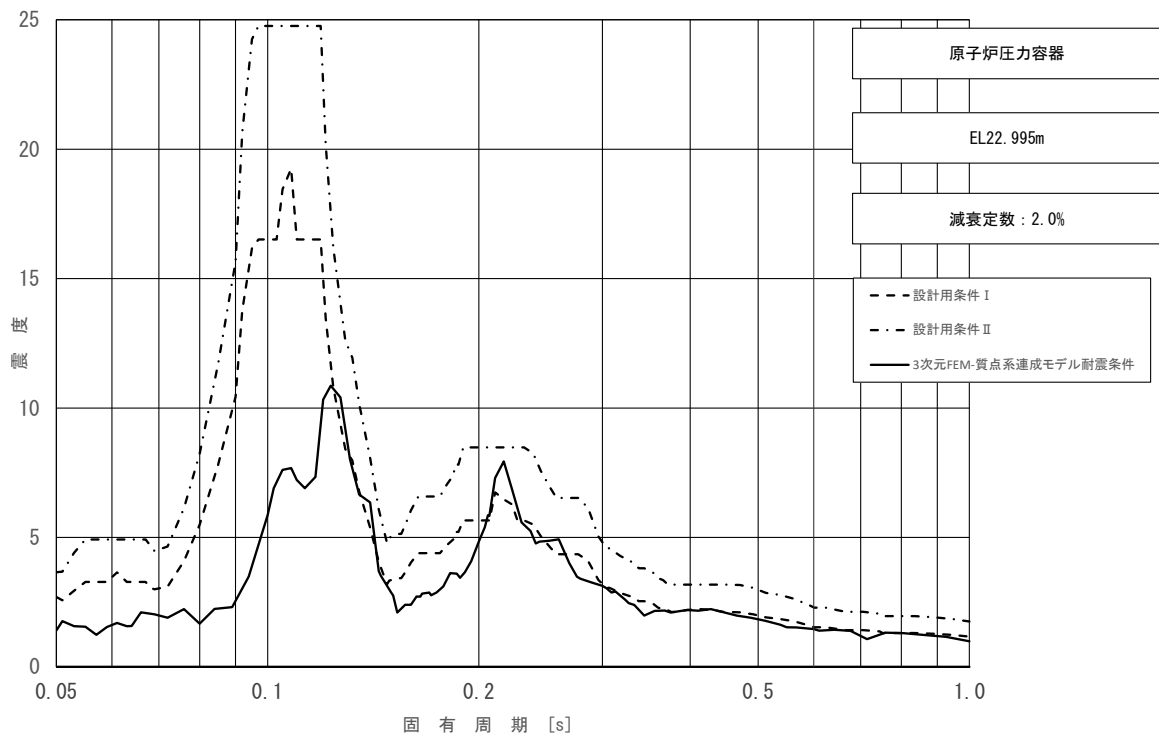


図 4-48 (17/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL22.995m)

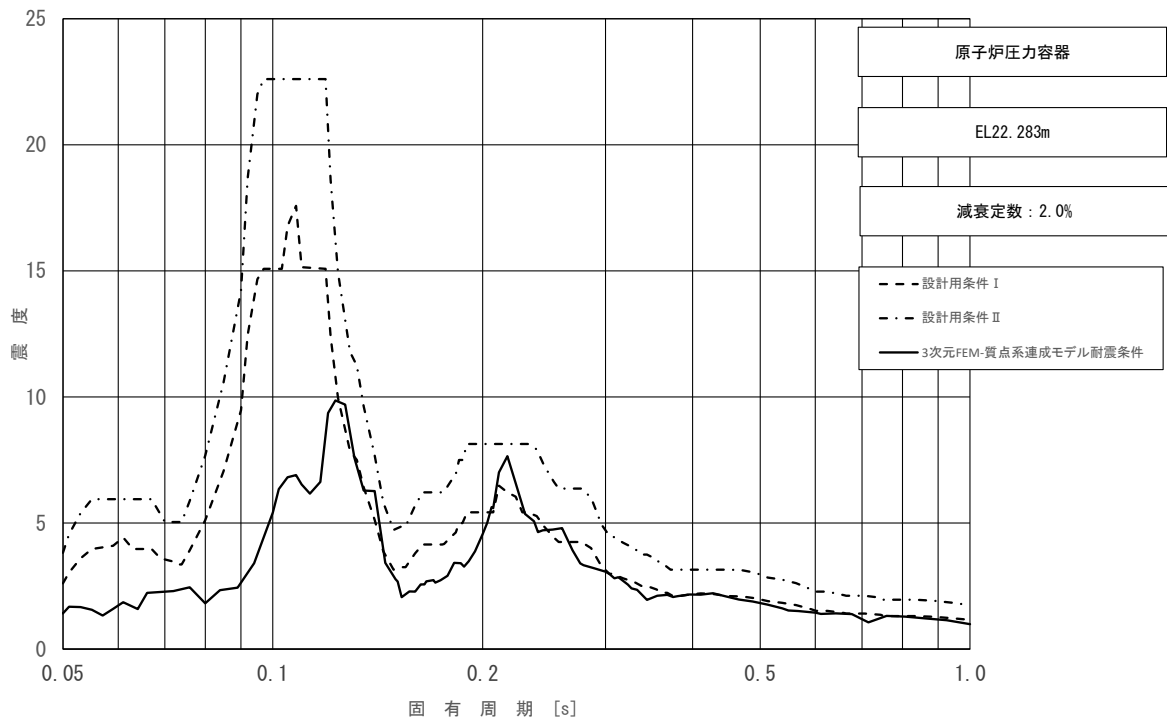


図 4-48 (18/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL22.283m)

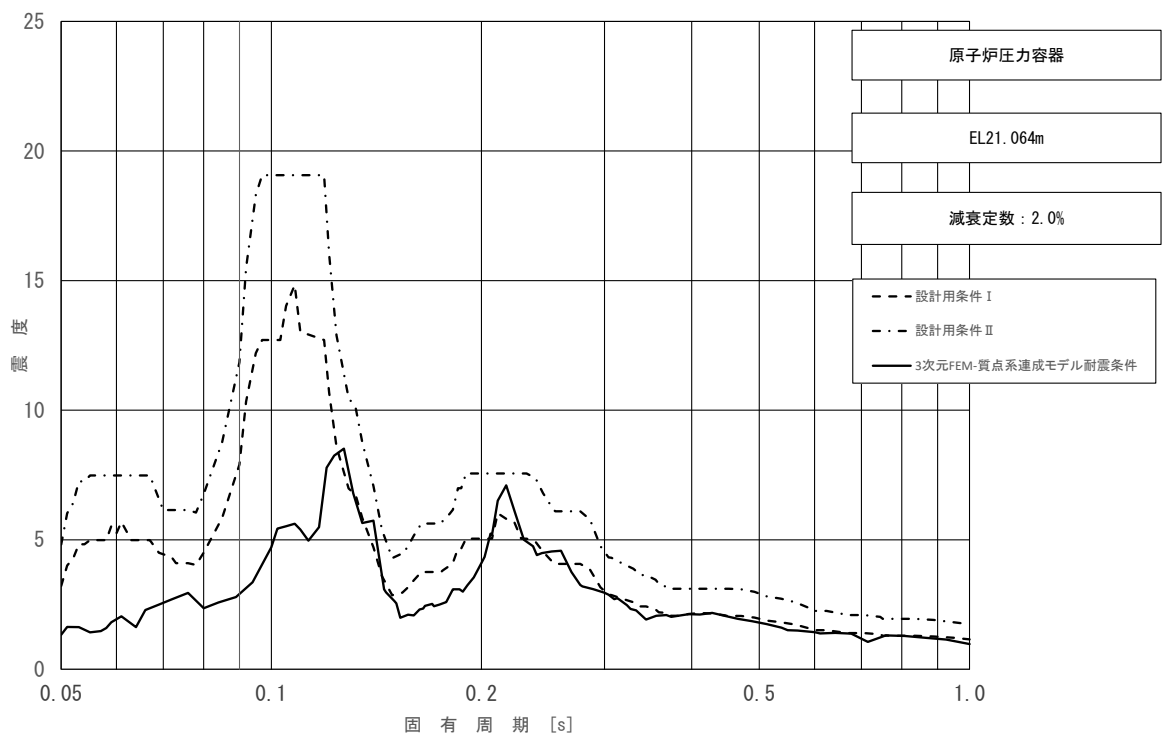


図 4-48 (19/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL21.064m)

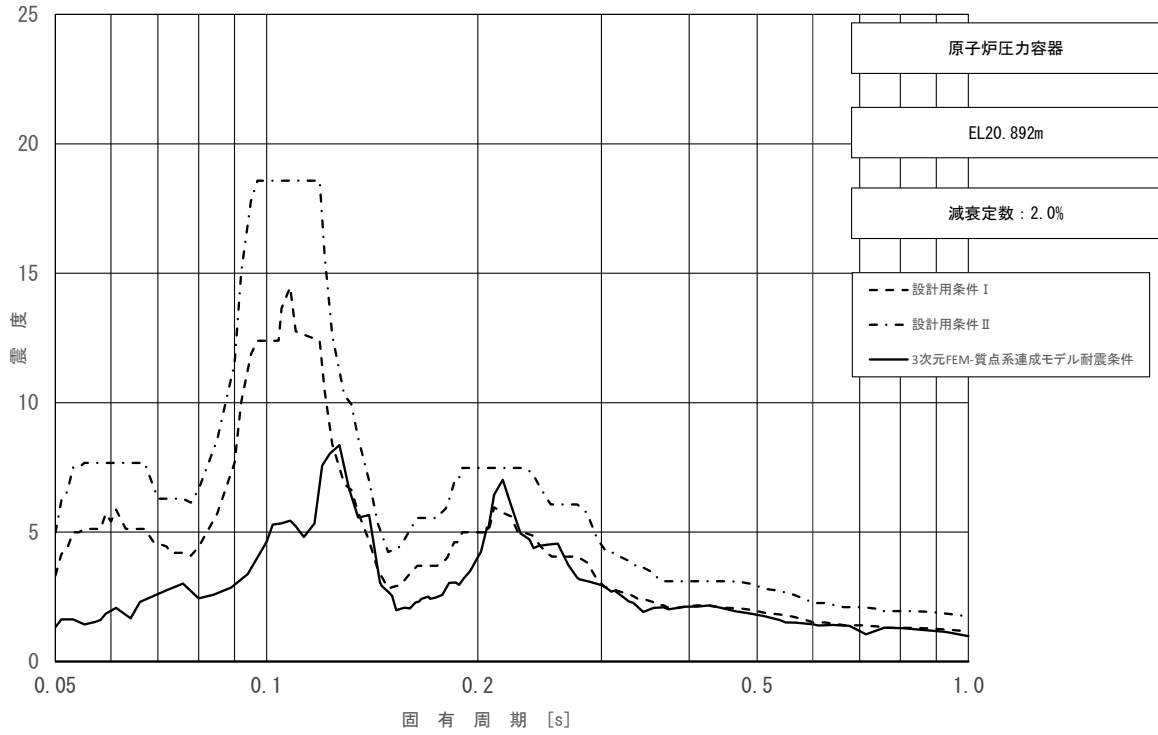


図 4-48 (20/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL20.892m)

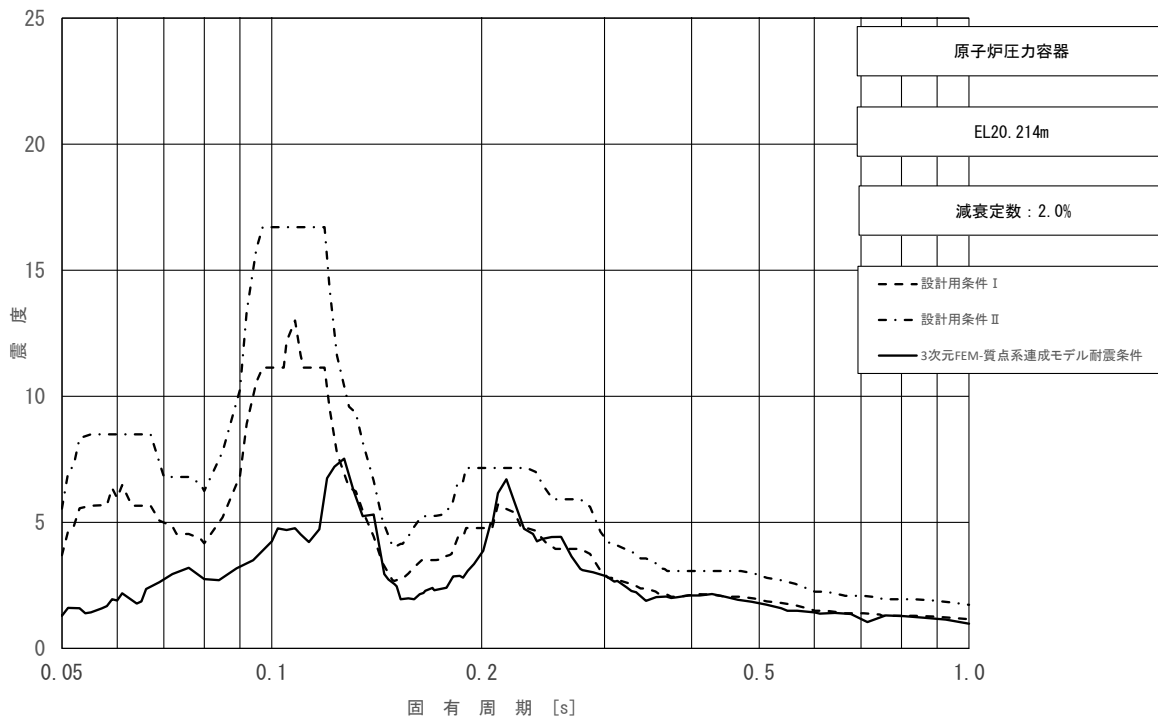


図 4-48 (21/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL20.214m)

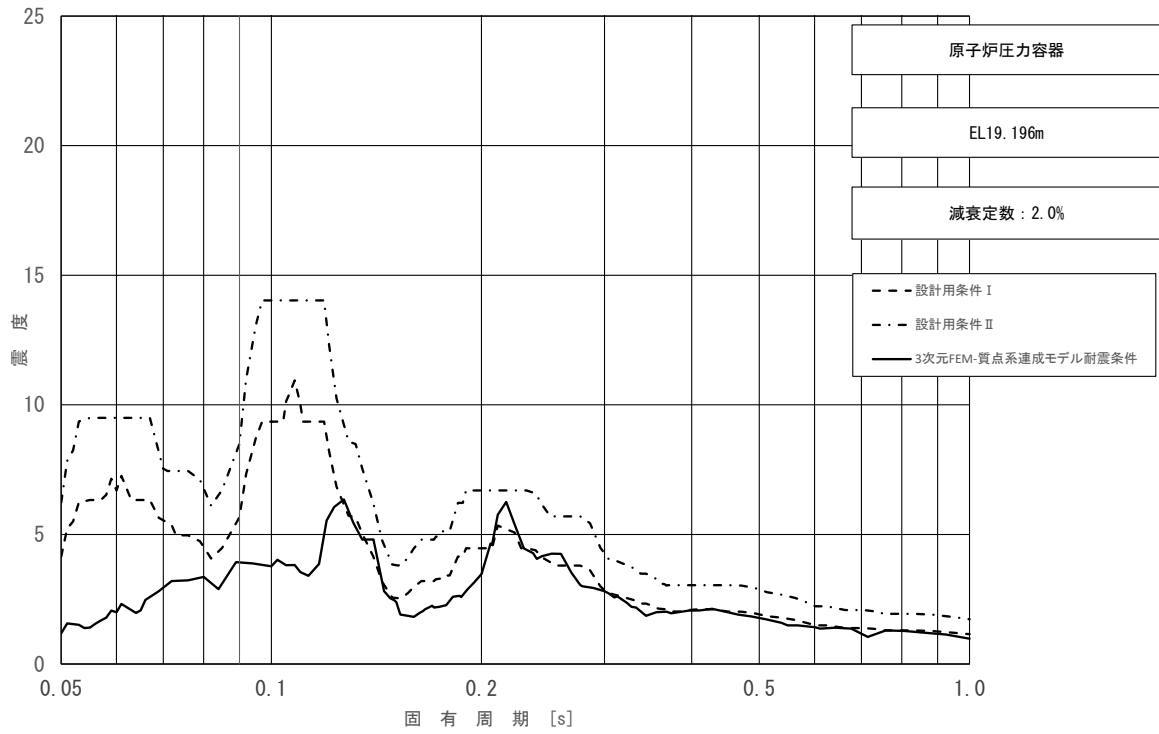


図 4-48 (22/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL19.196m)

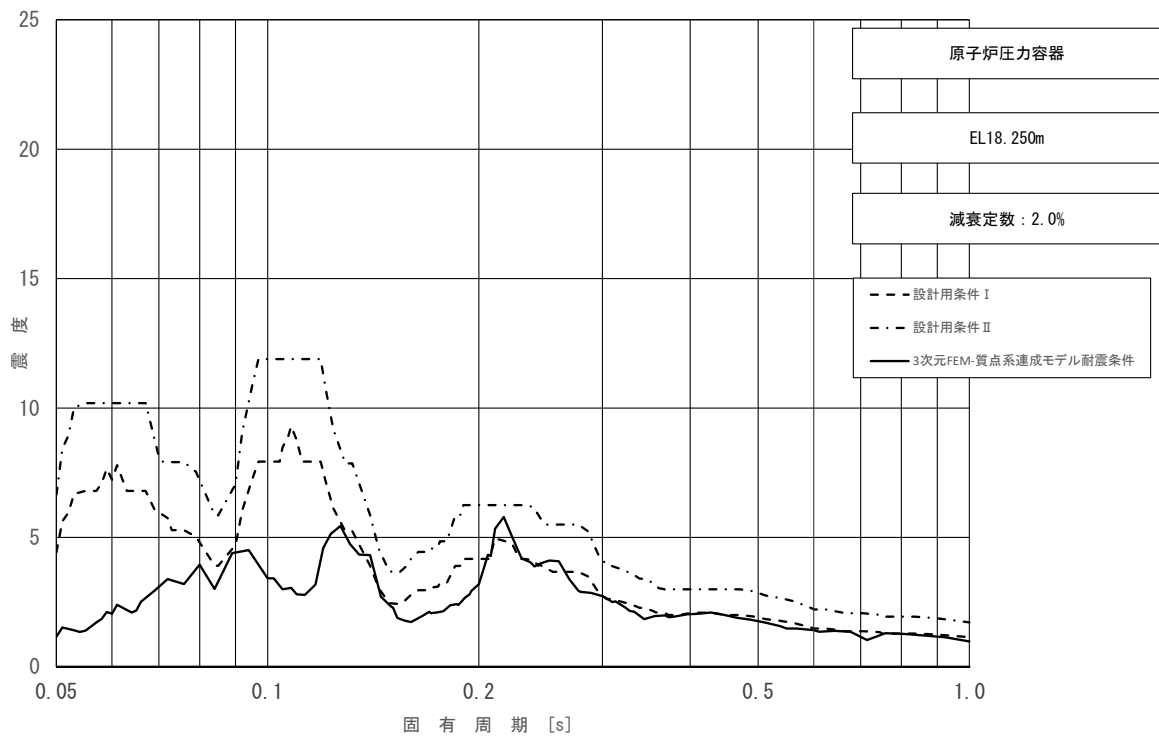


図 4-48 (23/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器 EL18.250m)



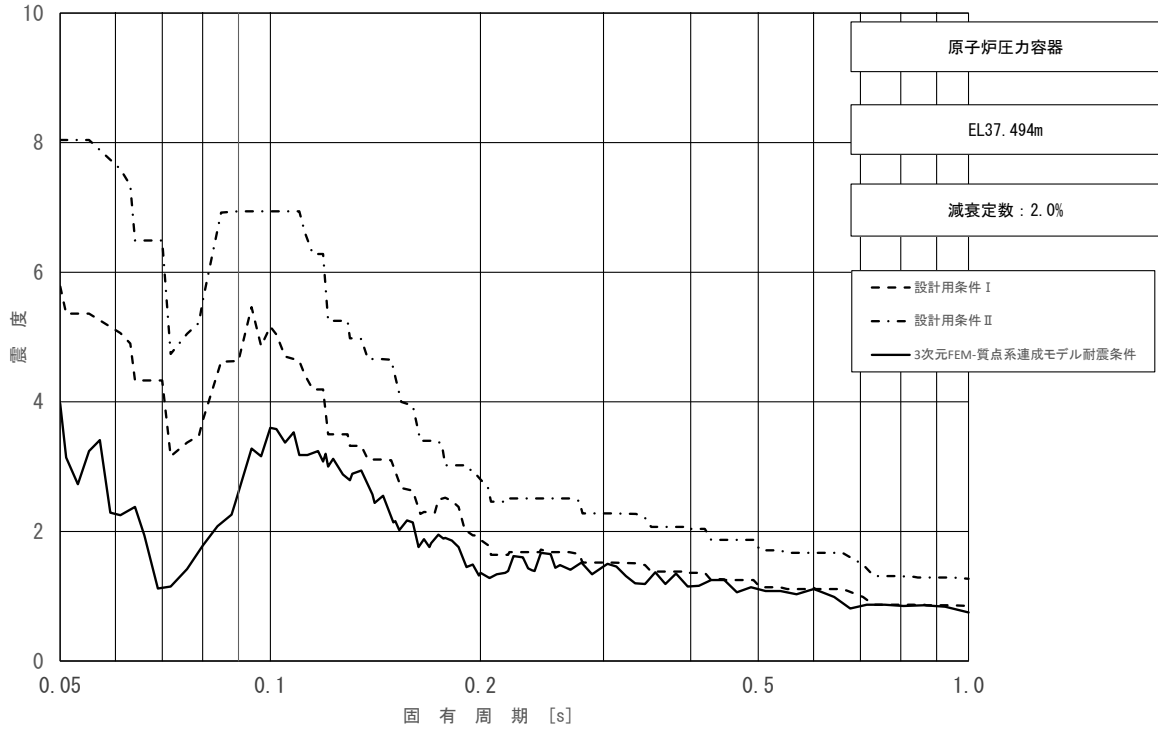


図 4-49 (1/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: 原子炉压力容器 EL37.494m)

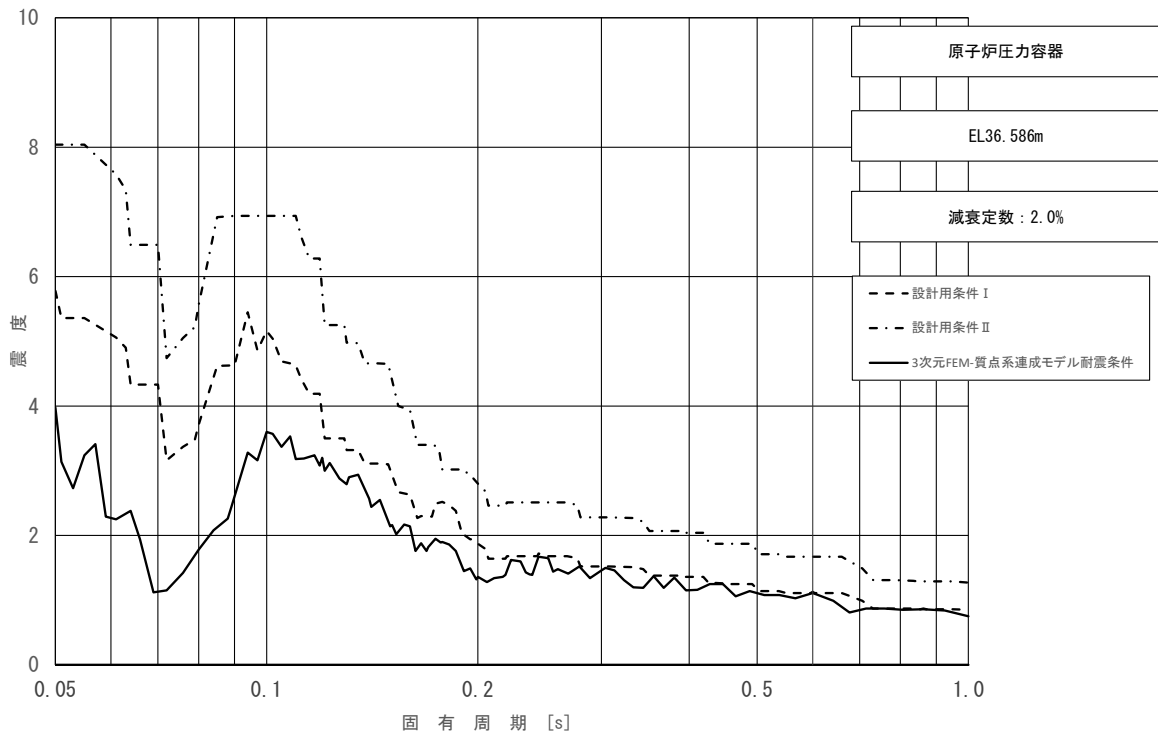


図 4-49 (2/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: 原子炉压力容器 EL36.586m)

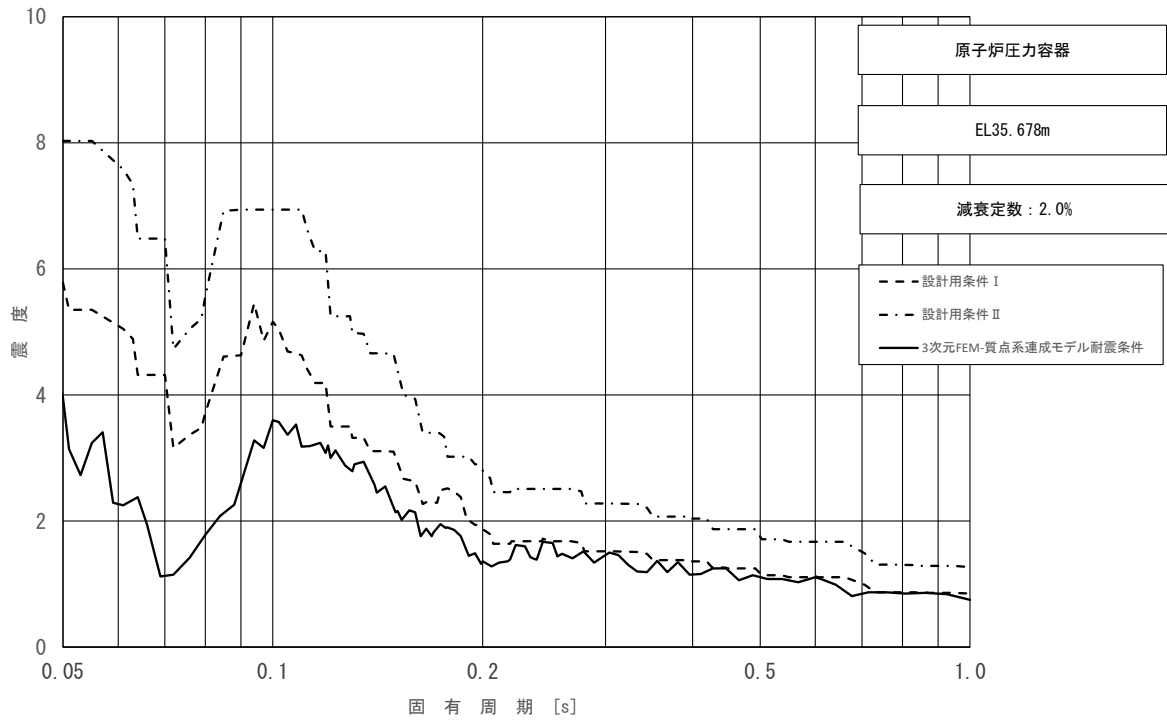


図 4-49 (3/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: 原子炉压力容器 EL35.678m)

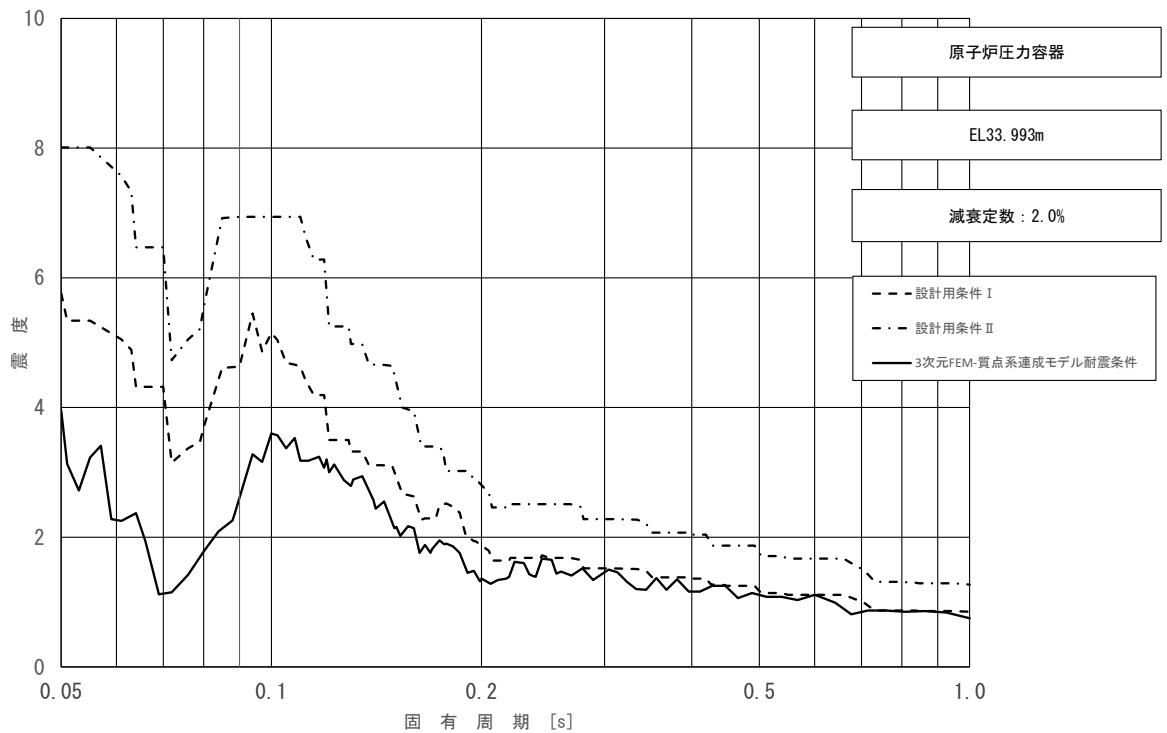


図 4-49 (4/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: 原子炉压力容器 EL33.993m)

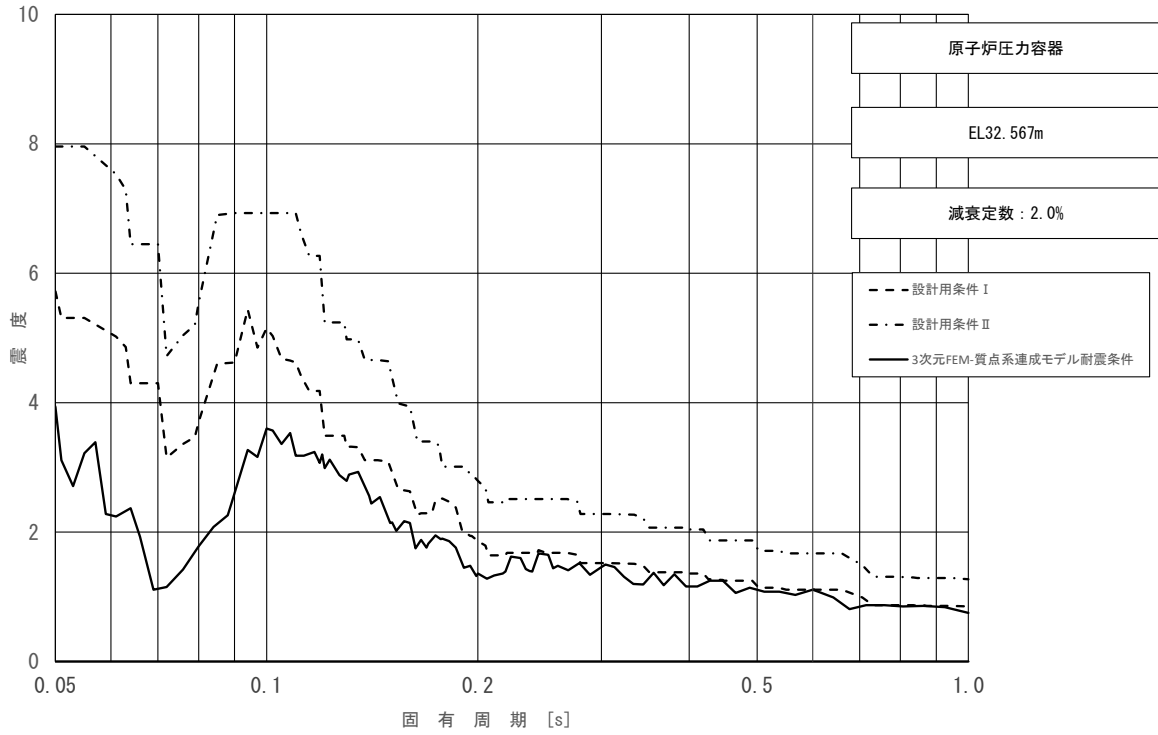


図 4-49 (5/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉圧力容器 EL32.567m)

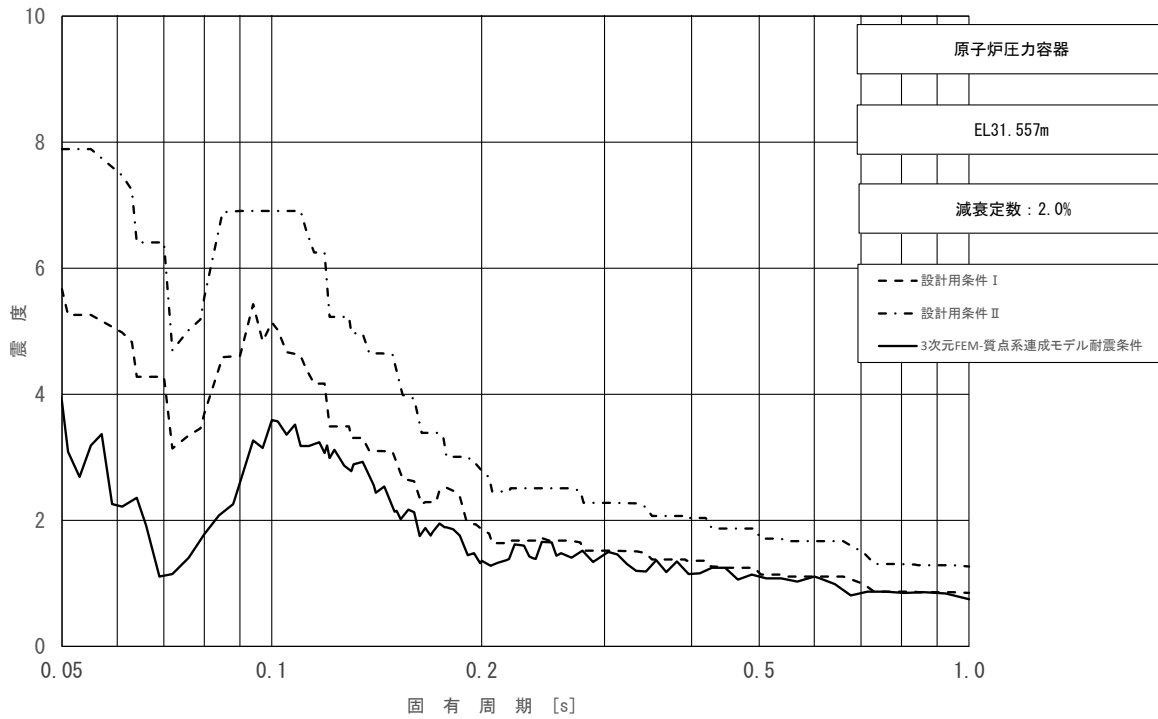


図 4-49 (6/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉圧力容器 EL31.557m)

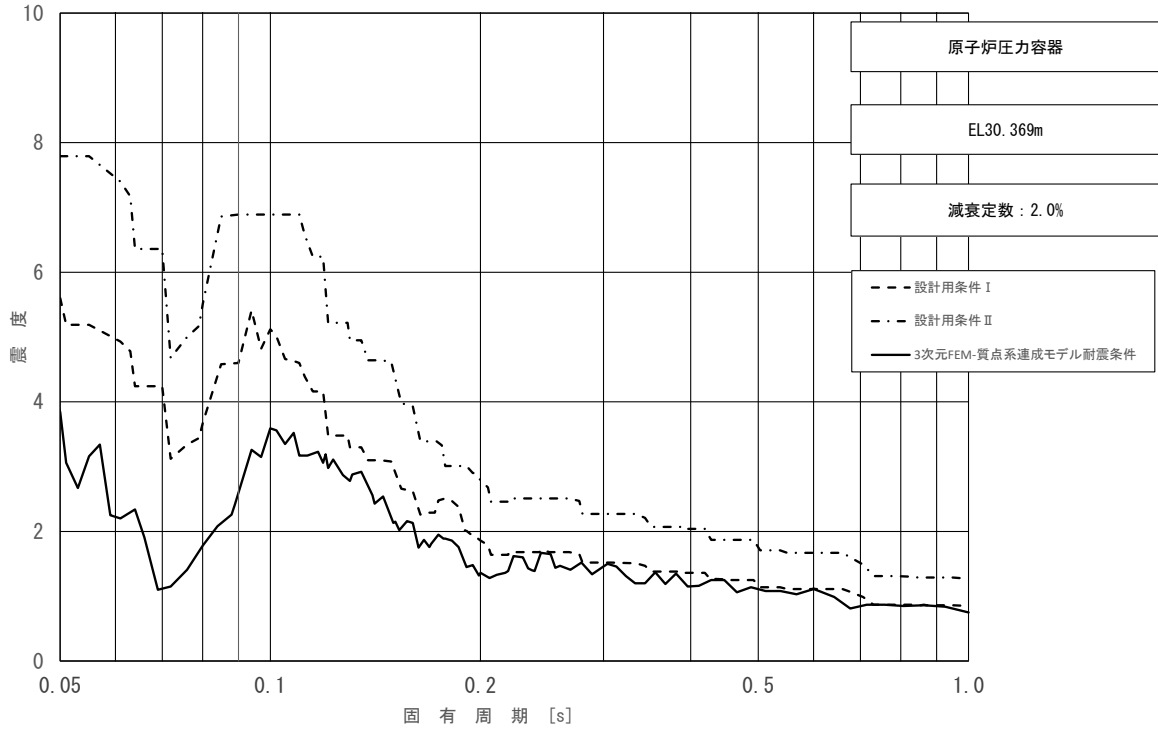


図 4-49 (7/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: 原子炉压力容器 EL30.369m)

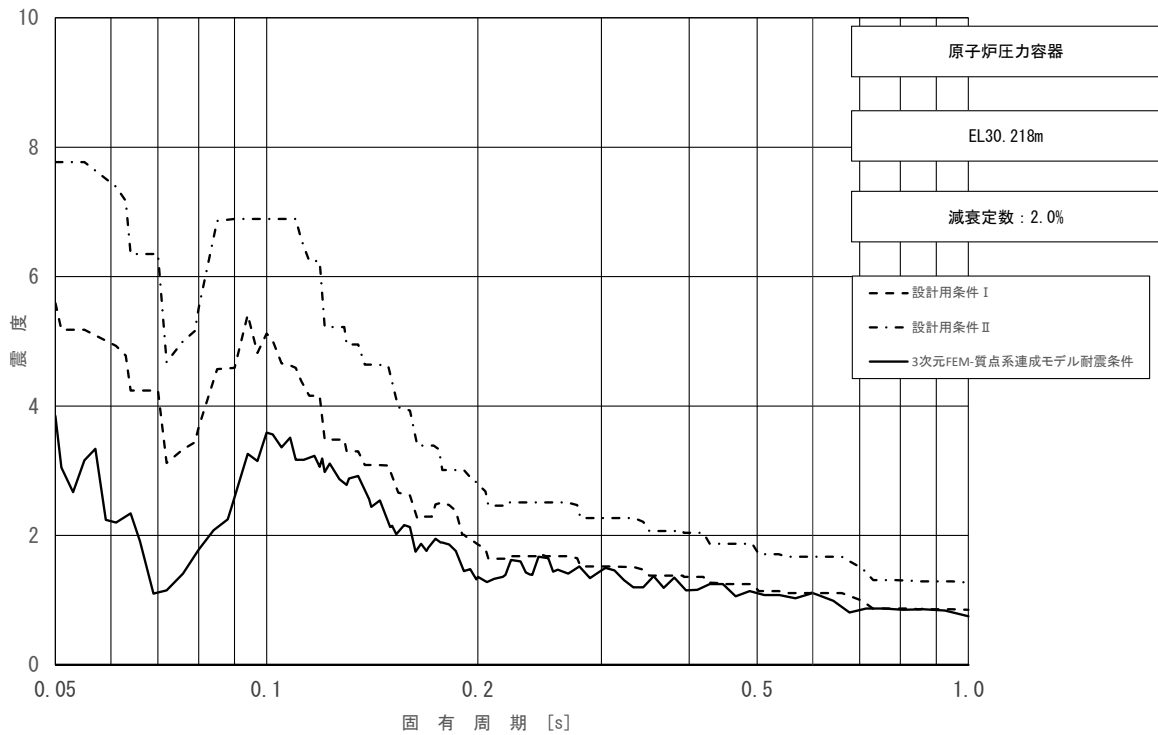


図 4-49 (8/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: 原子炉压力容器 EL30.218m)

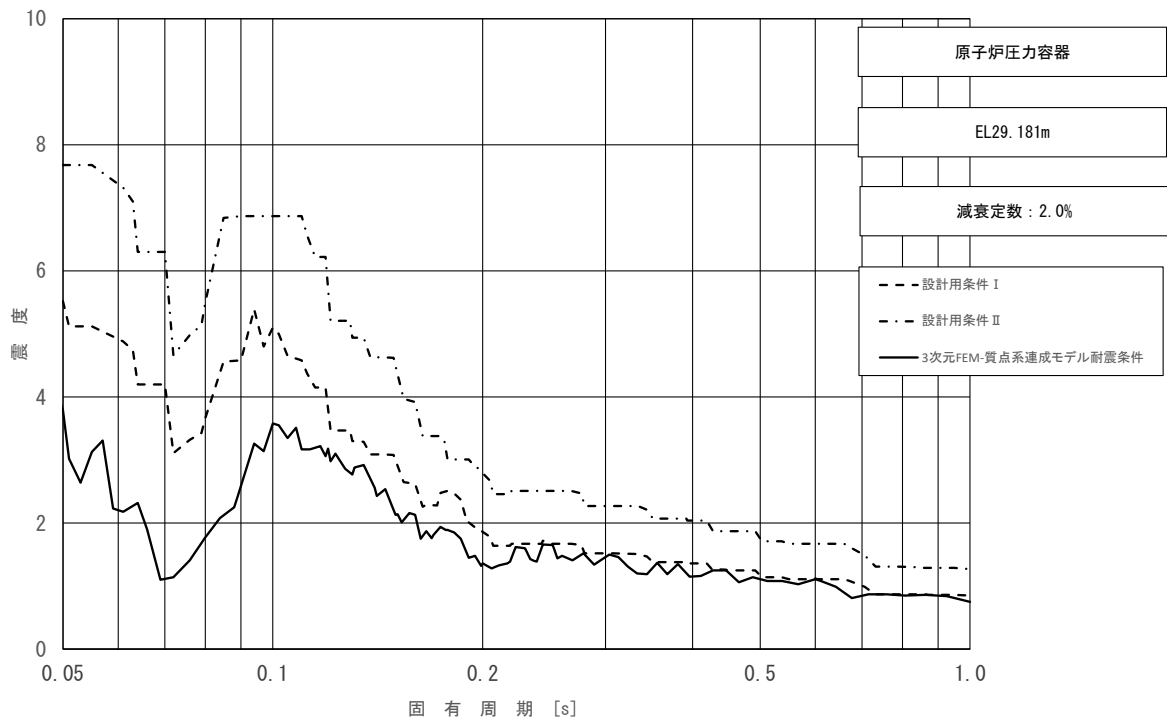


図 4-49 (9/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: 原子炉压力容器 EL29.181m)

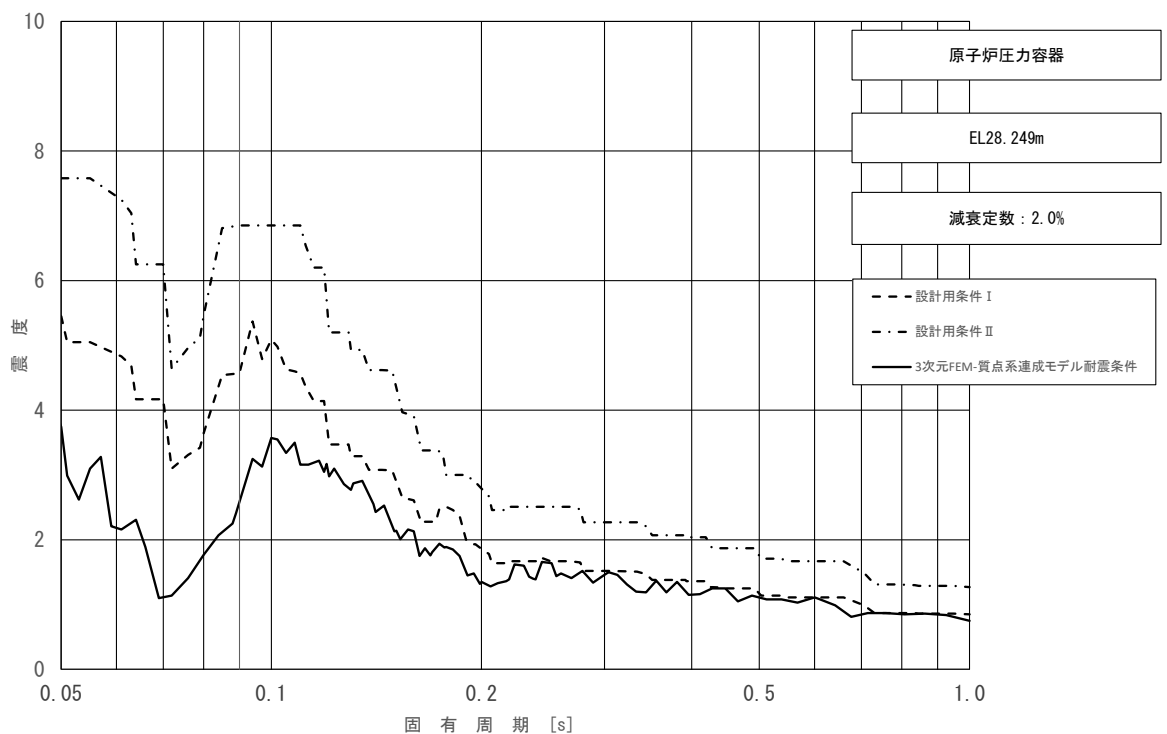


図 4-49 (10/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: 原子炉压力容器 EL28.249m)

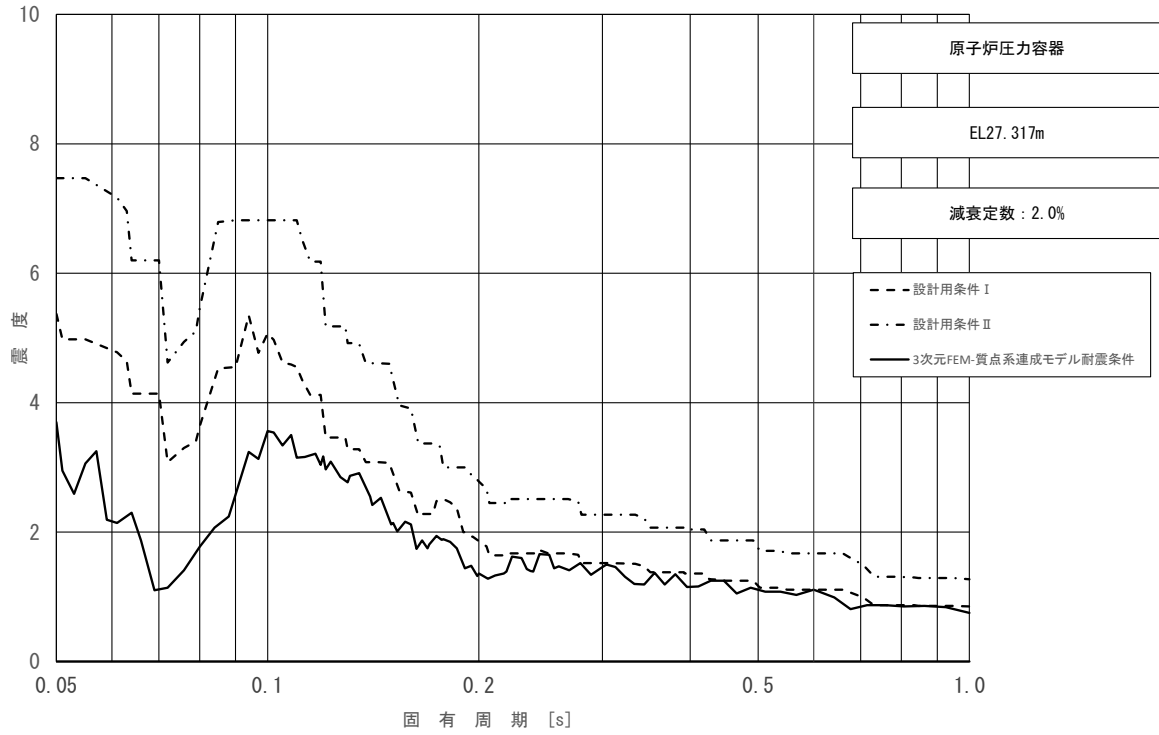


図 4-49 (11/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉圧力容器 EL27.317m)

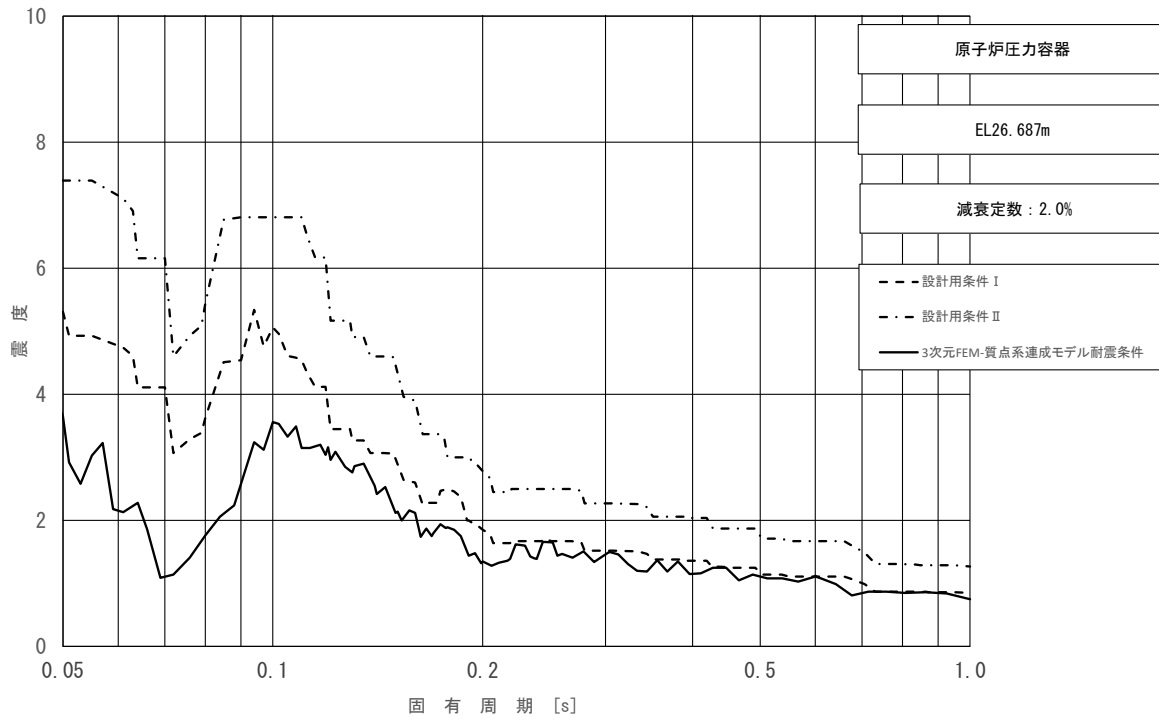


図 4-49 (12/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉圧力容器 EL26.687m)

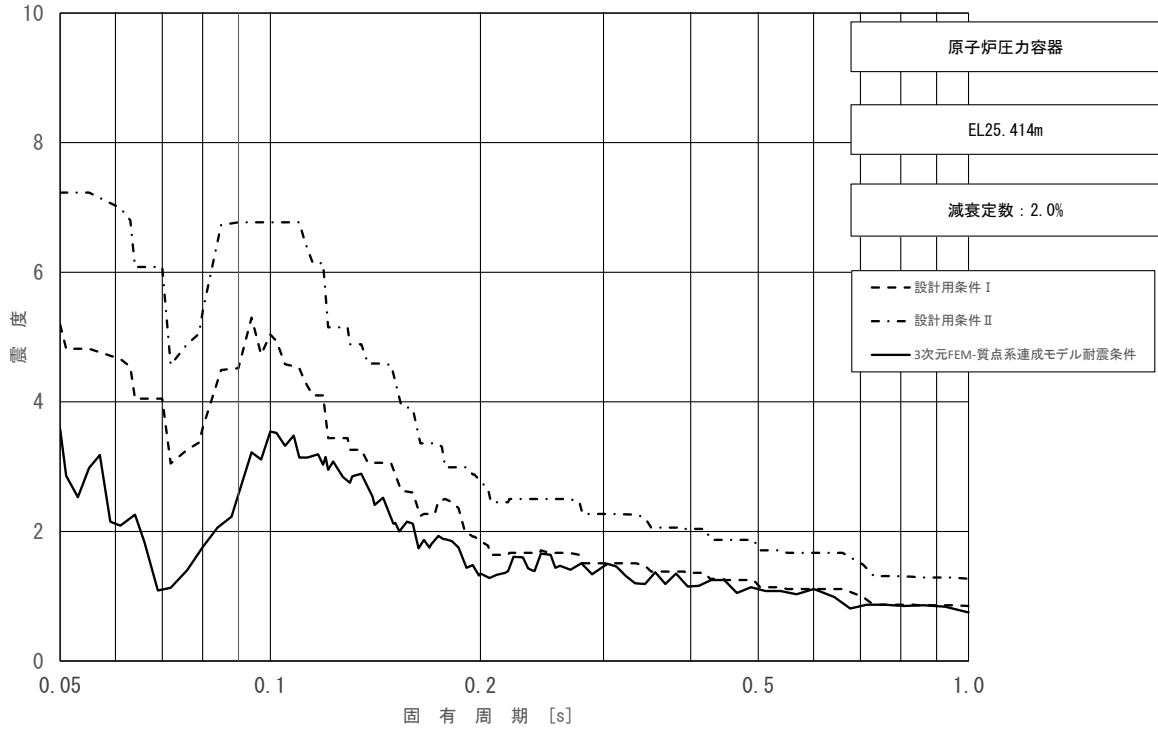


図 4-49 (13/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: 原子炉压力容器 EL25.414m)

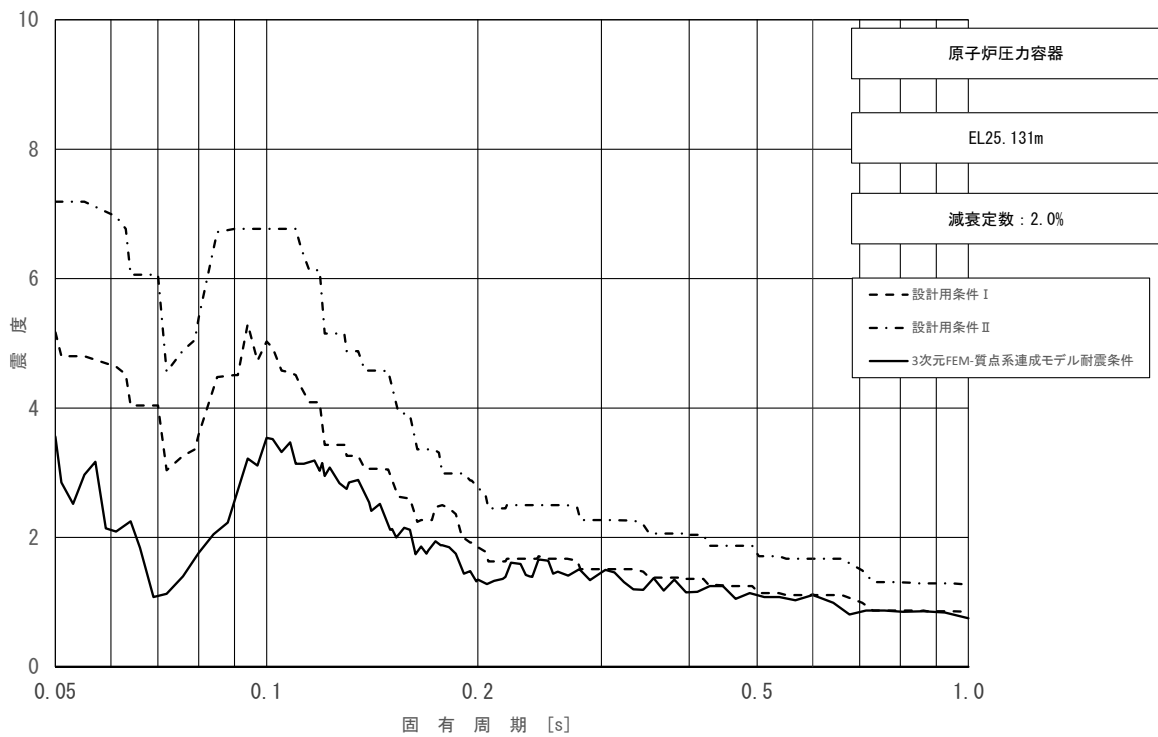


図 4-49 (14/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: 原子炉压力容器 EL25.131m)

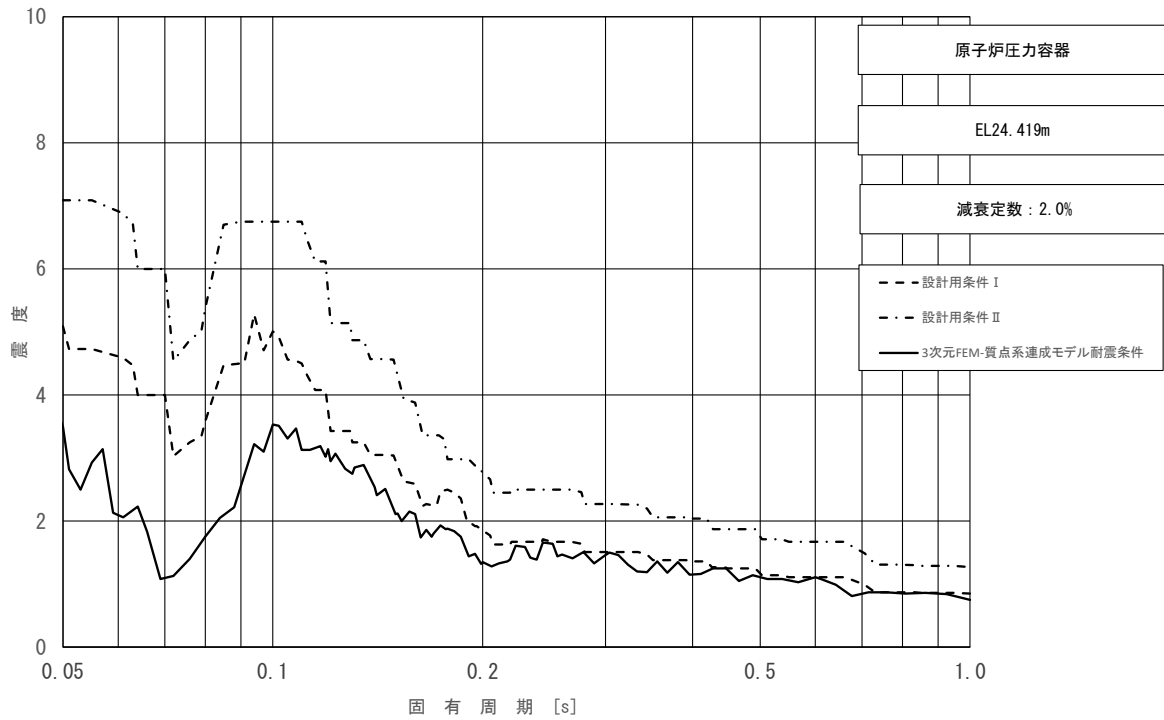


図 4-49 (15/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: 原子炉圧力容器 EL24.419m)

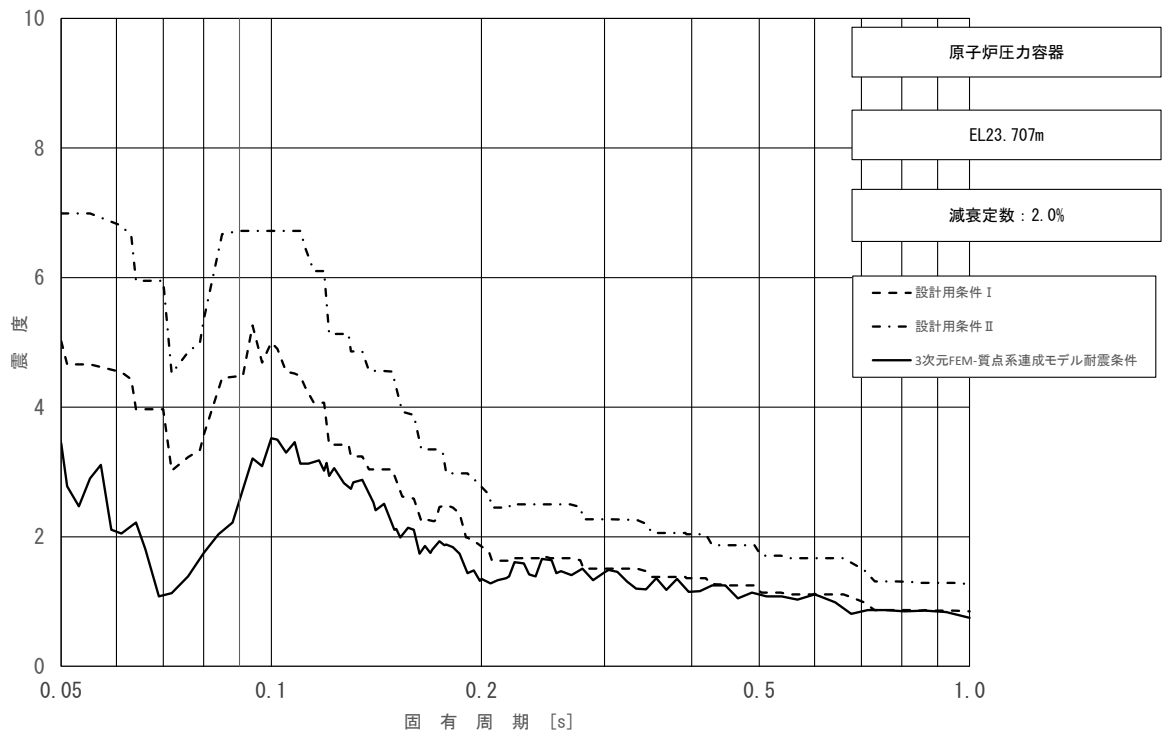


図 4-49 (16/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動 S s, 鉛直方向: 原子炉圧力容器 EL23.707m)



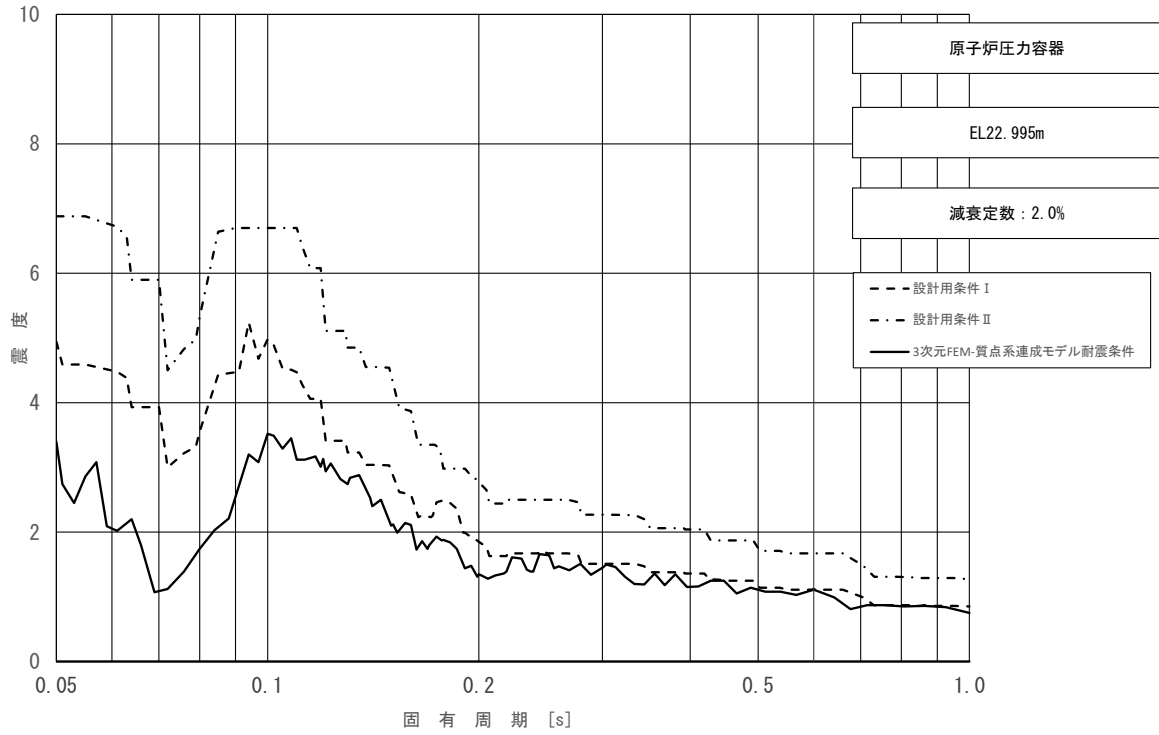


図 4-49 (17/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉圧力容器 EL22.995m)

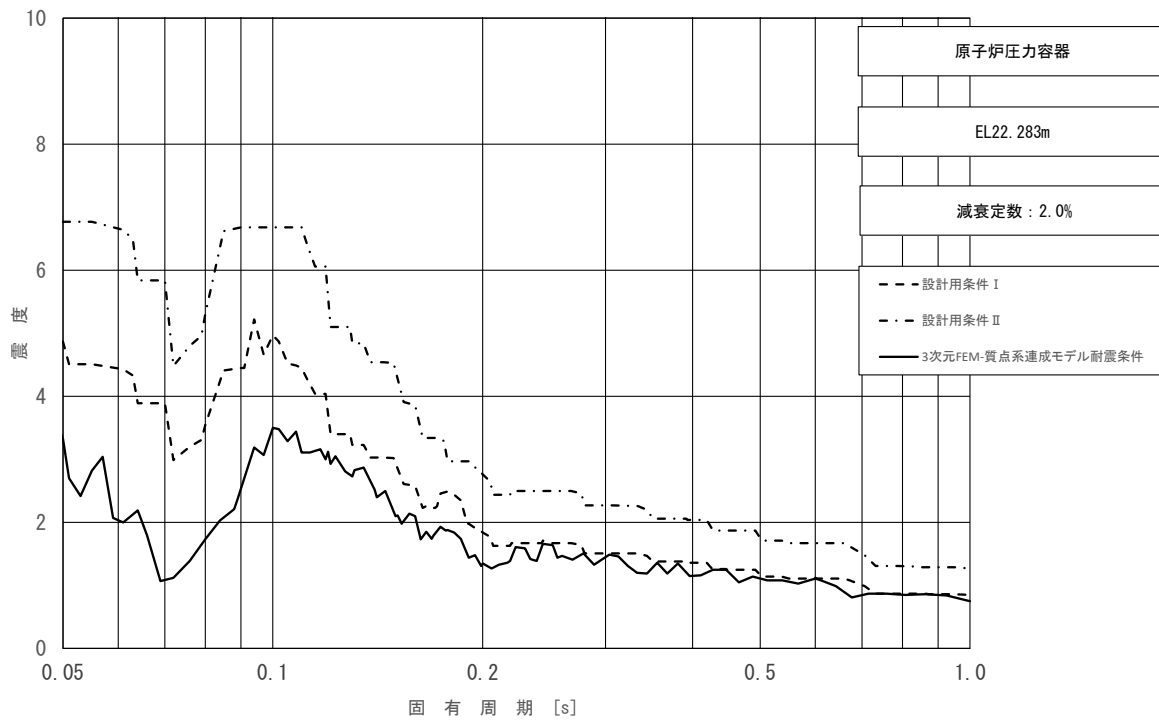


図 4-49 (18/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉圧力容器 EL22.283m)

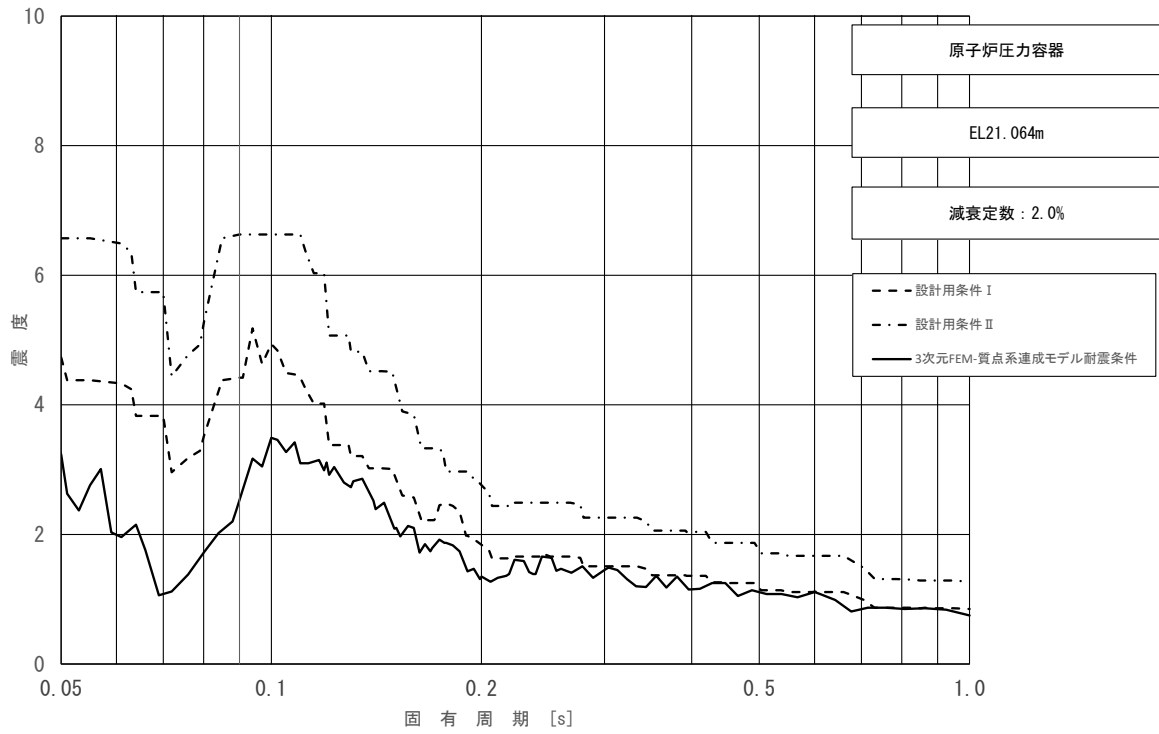


図 4-49 (19/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉压力容器 EL21.064m)

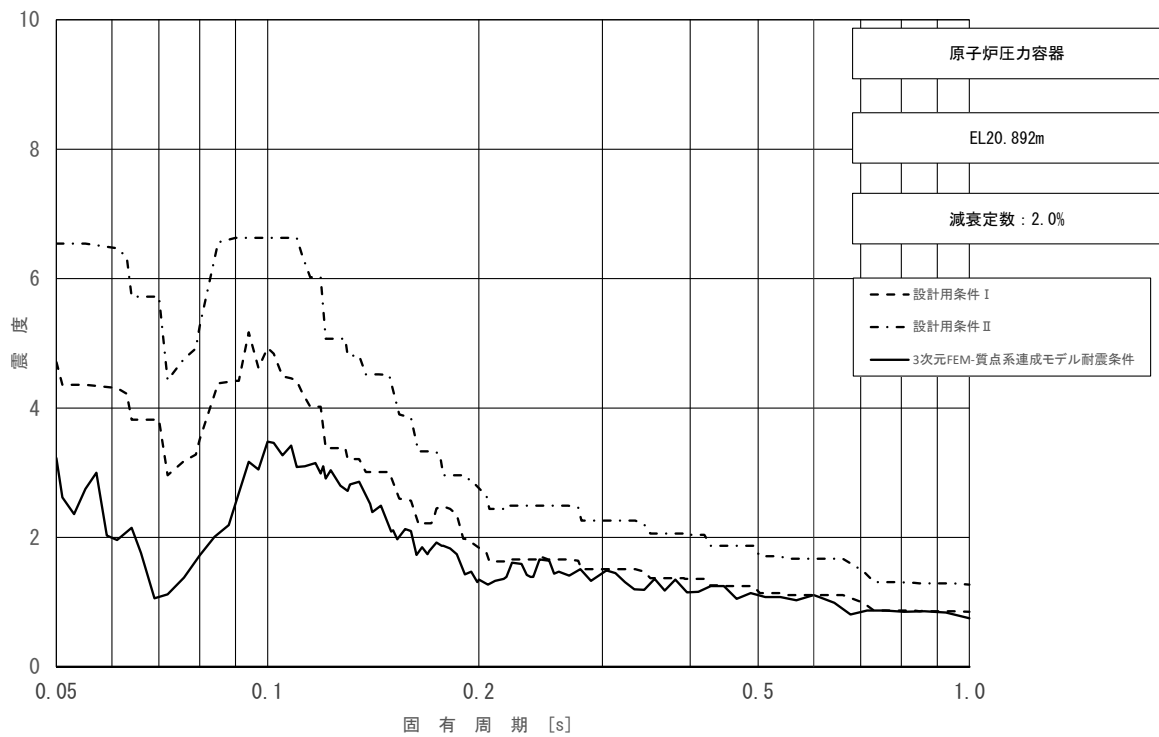


図 4-49 (20/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉压力容器 EL20.892m)

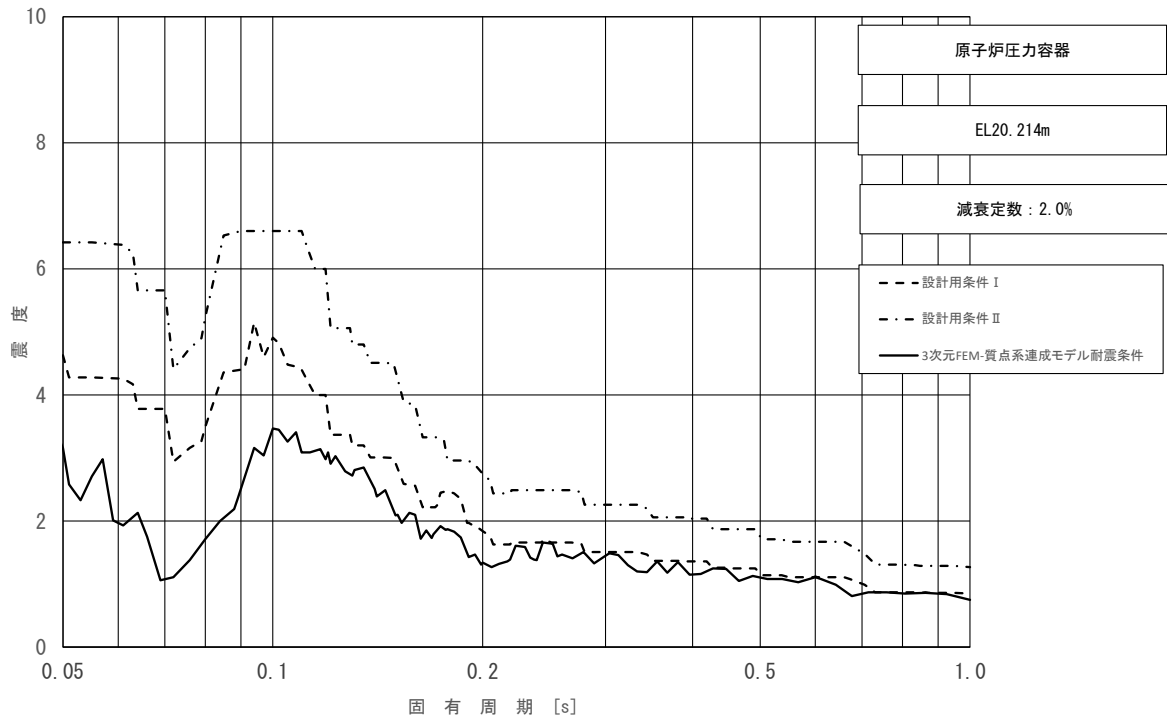


図 4-49 (21/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉圧力容器 EL20.214m)

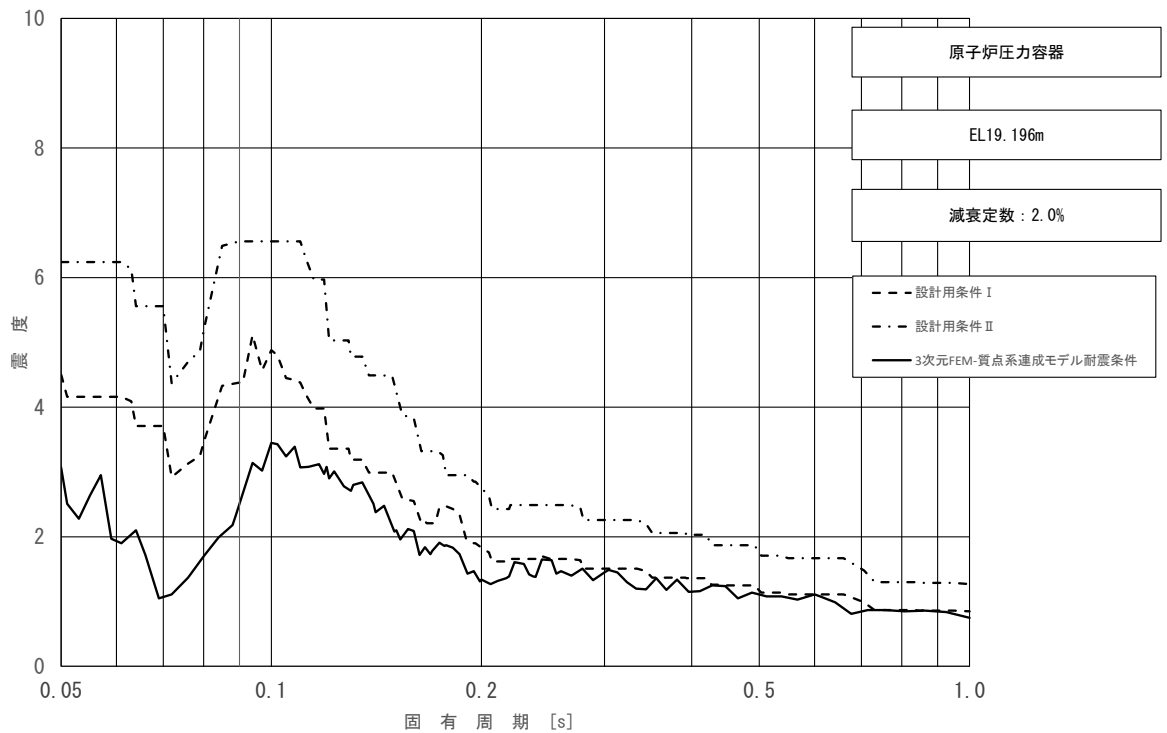


図 4-49 (22/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 原子炉圧力容器 EL19.196m)

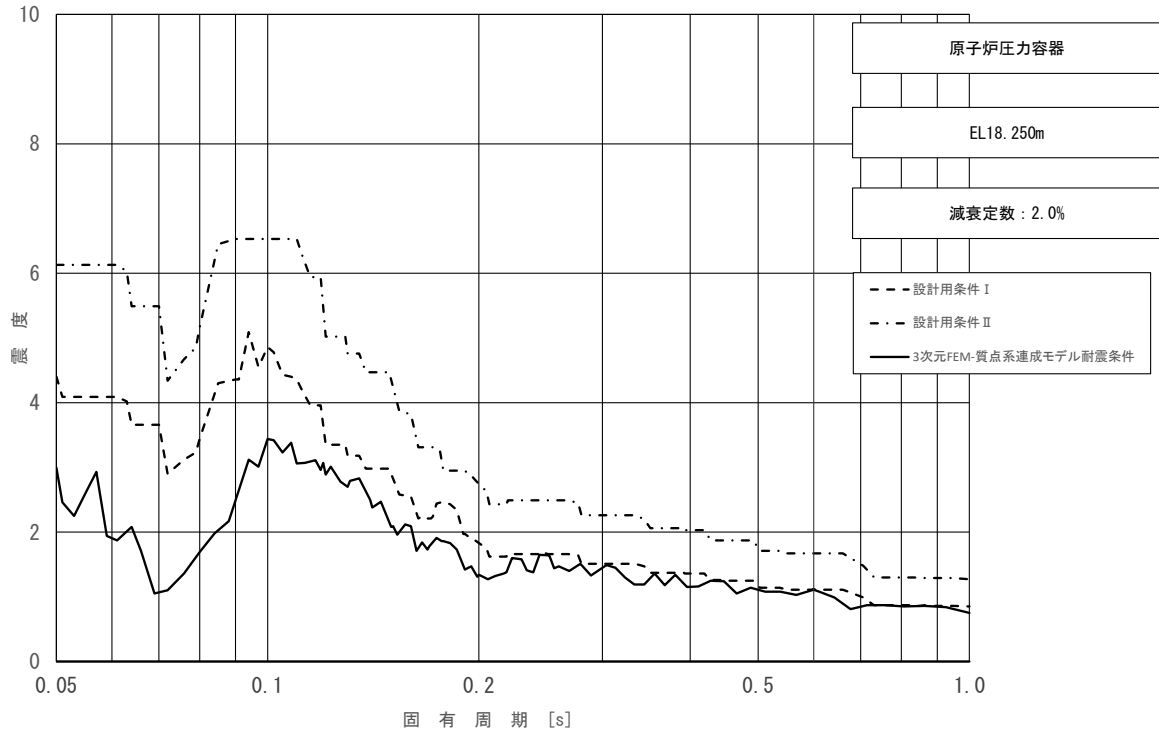


図 4-49 (23/23) 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向 : 原子炉圧力容器 EL18.250m)

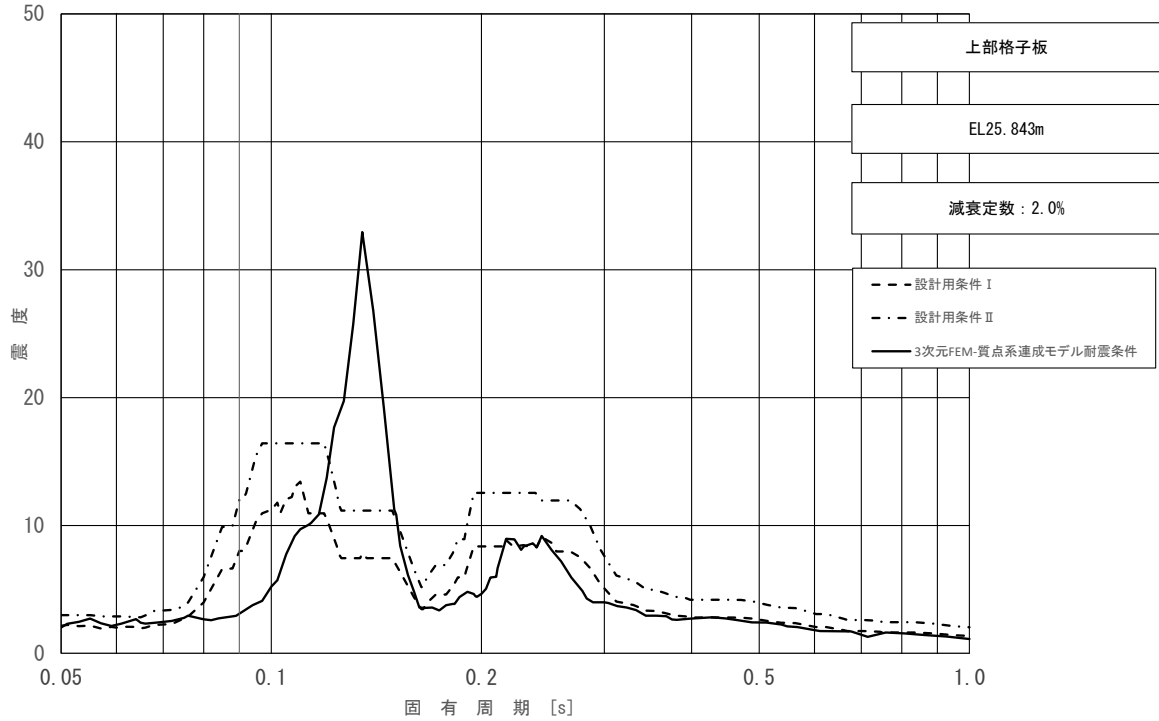


図 4-50 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS) : 上部格子板 EL25.843m)

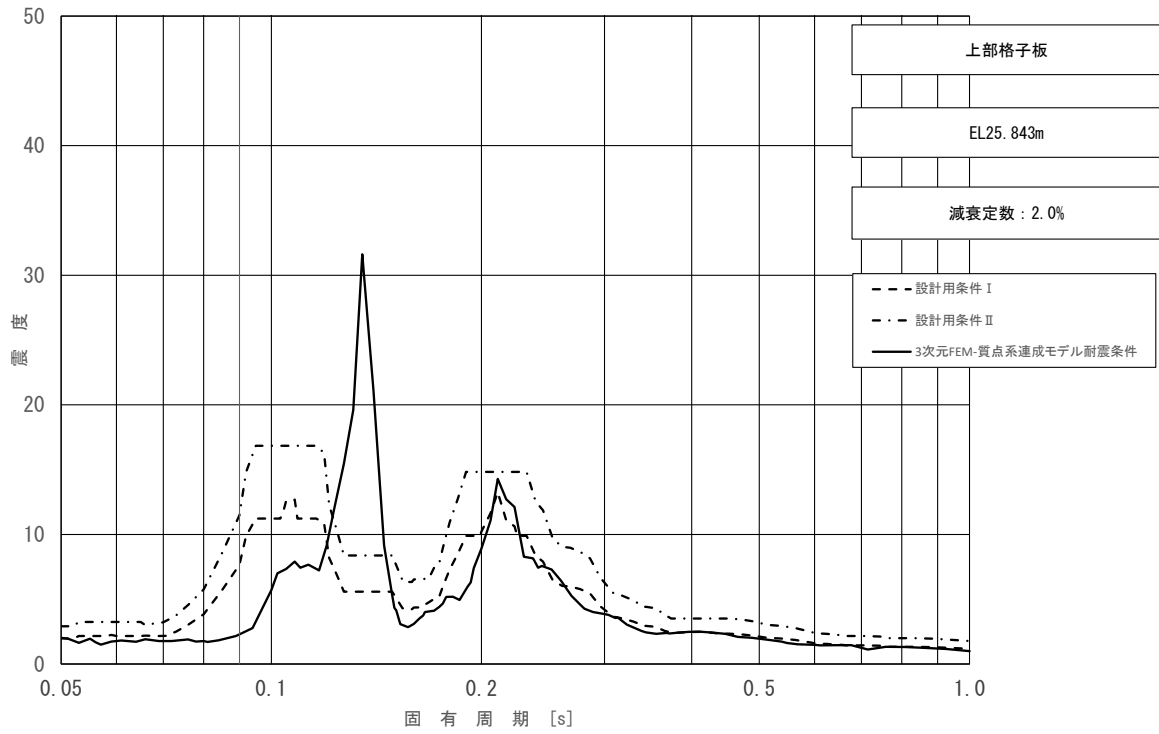


図 4-51 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 上部格子板 EL25.843m)

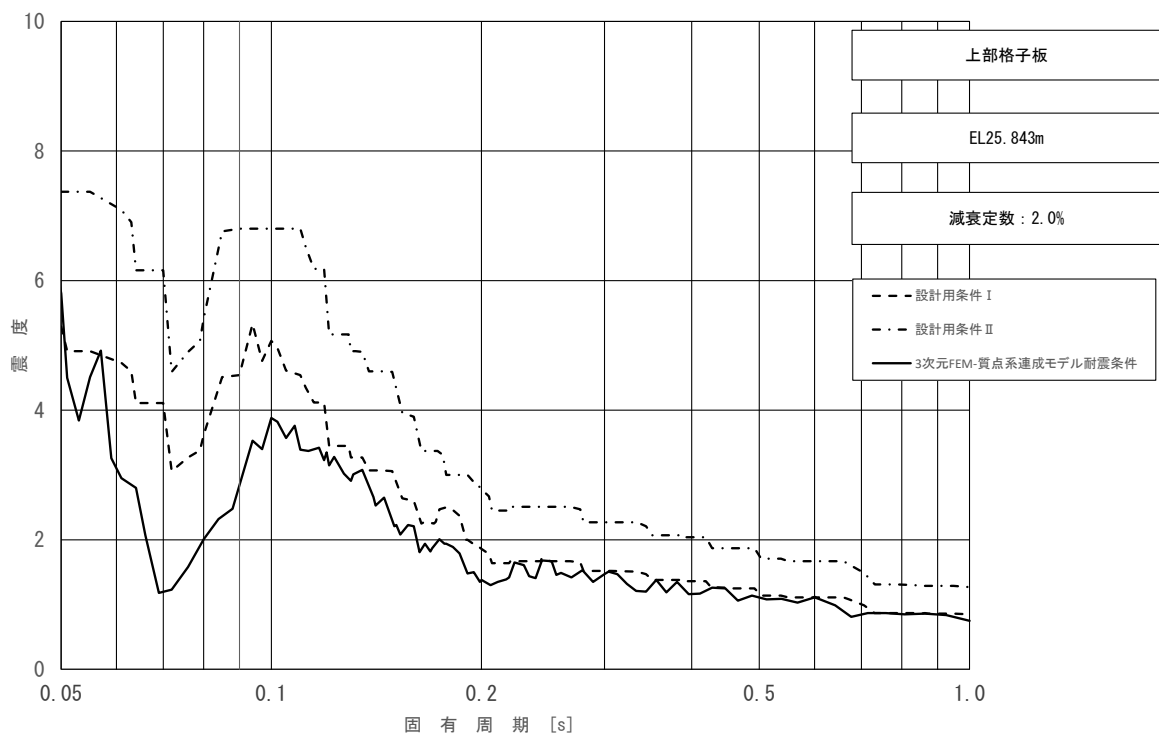


図 4-52 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向 : 上部格子板 EL25.843m)

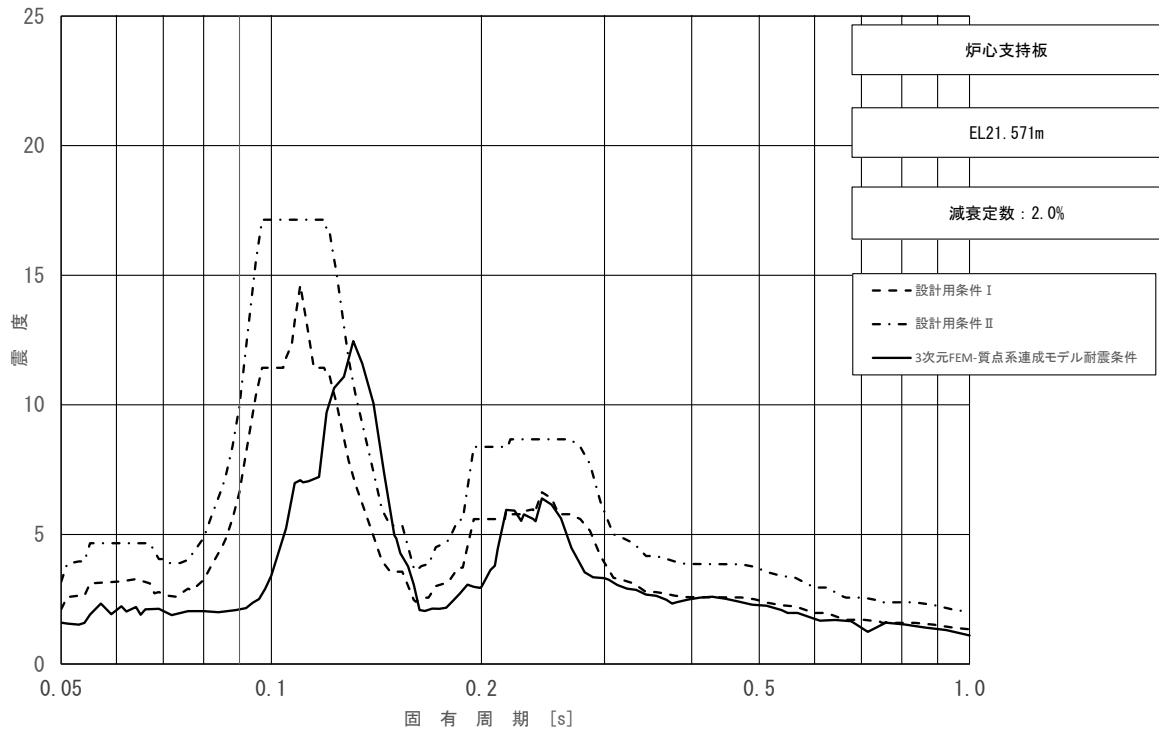


図 4-53 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS): 炉心支持板 EL21.571m)

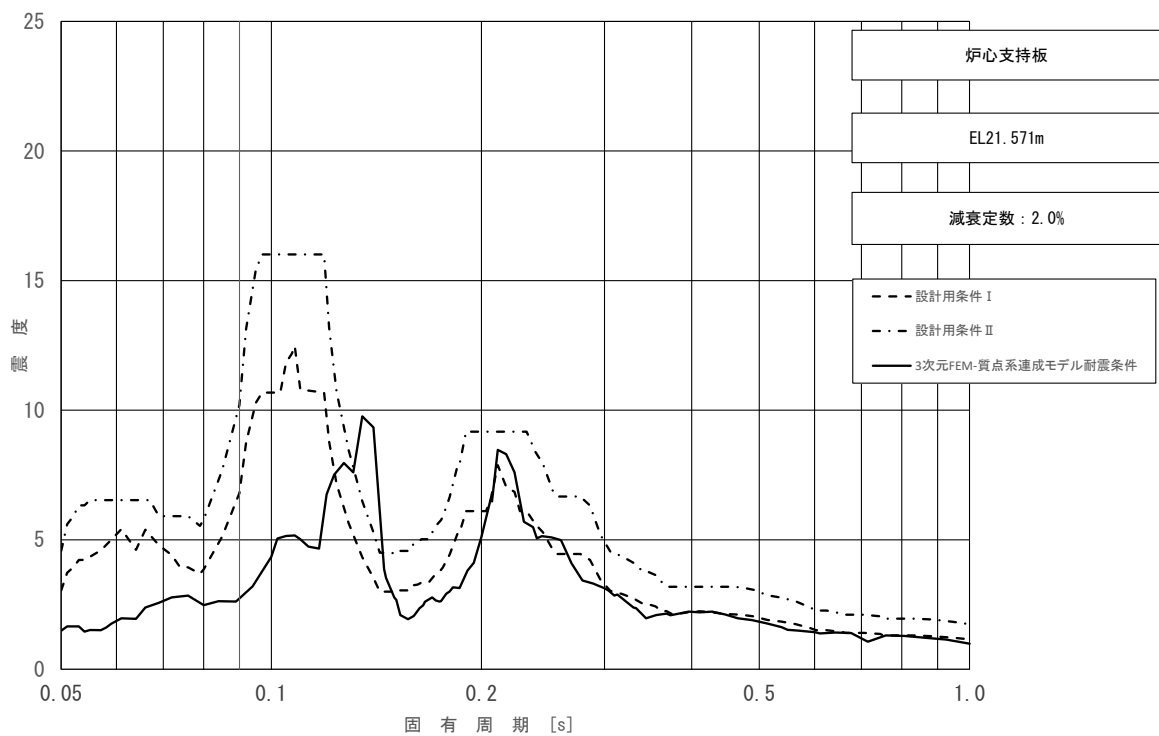


図 4-54 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW): 炉心支持板 EL21.571m)

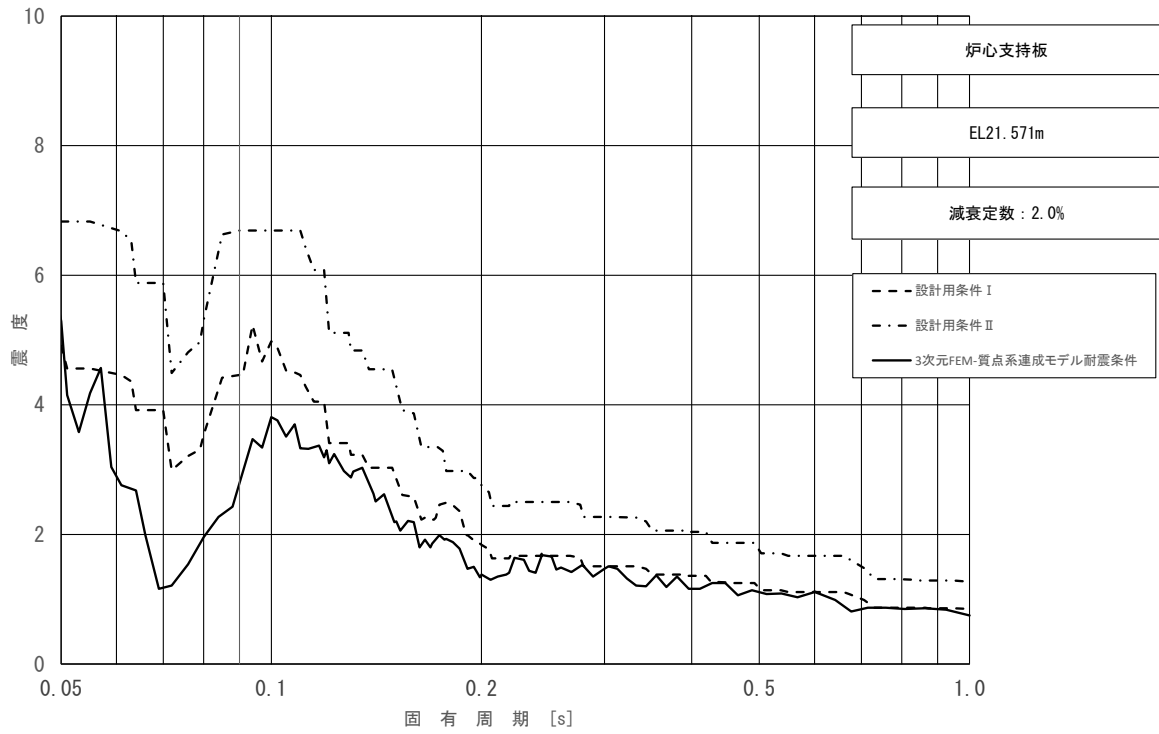


図 4-55 床応答スペクトル  
(基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: 炉心支持板 EL21.571m)

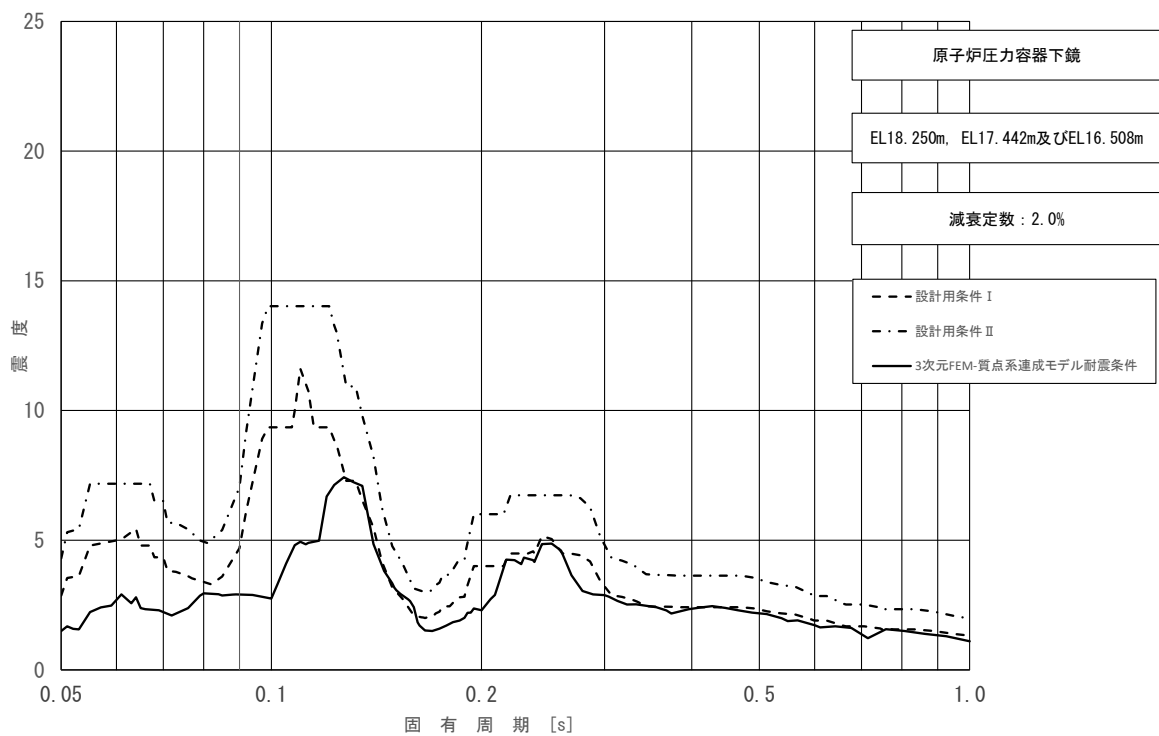


図 4-56 床応答スペクトル  
(基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS): 原子炉压力容器下鏡  
EL18.250m, EL17.442m 及び EL16.508m)

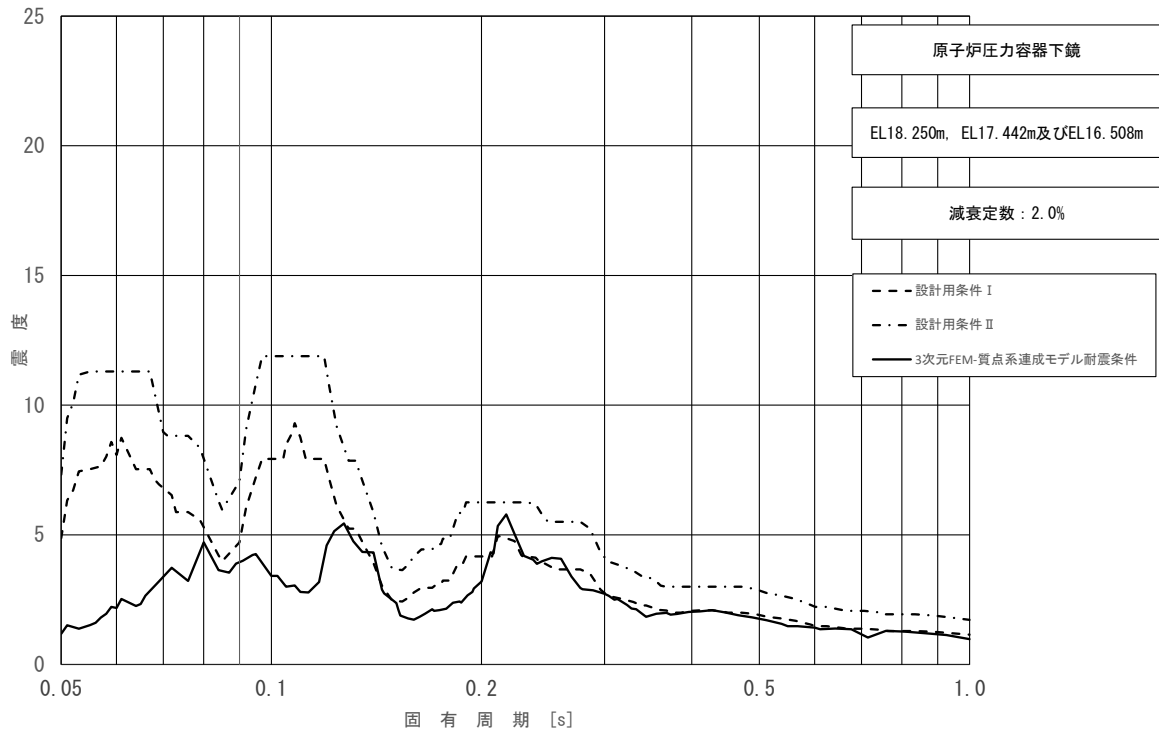


図 4-57 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW) : 原子炉压力容器下鏡  
 EL18.250m, EL17.442m 及び EL16.508m)

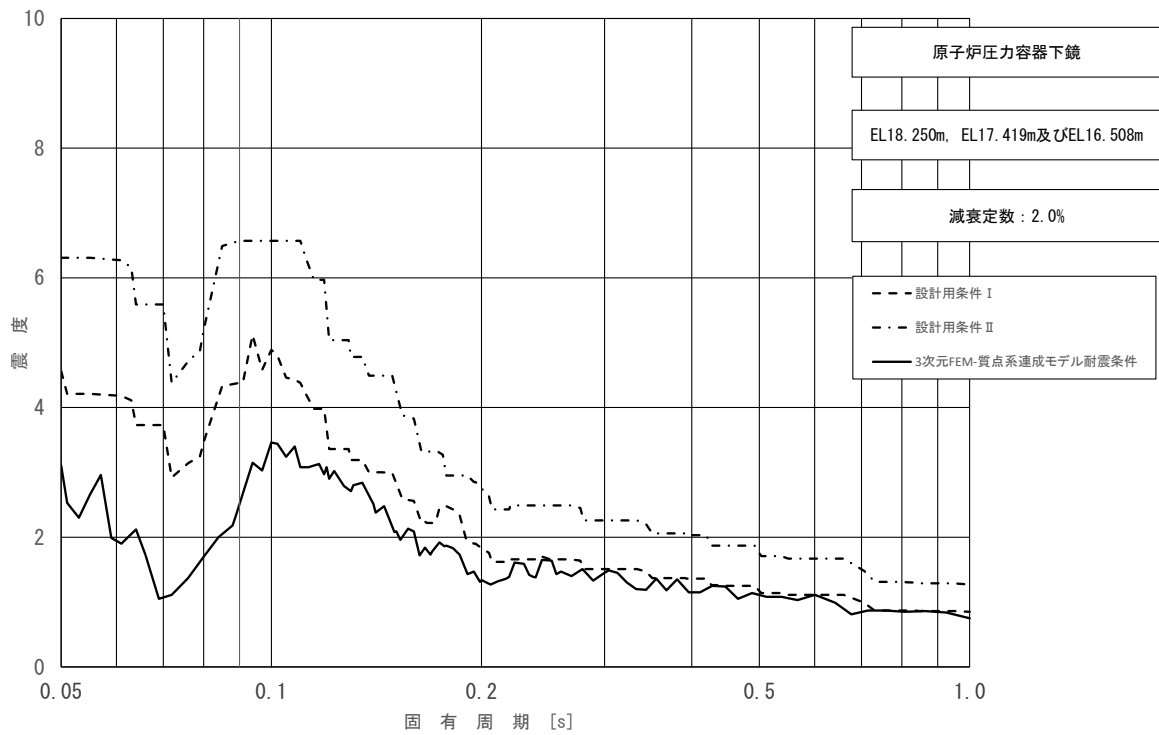


図 4-58 床応答スペクトル  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向 : 原子炉压力容器下鏡  
 EL18.250m, EL17.419m 及び EL16.508m)



表 4-30 (1/4) 荷重 (せん断力, 基準地震動 S s)

名称	標高 EL (m)	せん断力 (kN)		②/① 条件比率
		① 設計用 I	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉格納容器	39.400	363	245	0.68
	37.060	679	493	0.73
	34.758	4680	3440	0.74
	33.141	5370	4030	0.76
	29.392	23400	15800	0.68
	27.907	24400	16700	0.69
	22.932	25600	17900	0.70
	19.878	26400	19200	0.73
	16.825	28500	21500	0.76
	13.700	29200	22000	0.76
	11.900	31300	23800	0.77
	10.100			
	ガンマ線遮蔽壁	29.962	6980	3440
26.981		7480	4930	0.66
24.000		12600	8820	0.70
21.500		17400	12800	0.74
19.000		22800	17900	0.79
15.944		40400	33600	0.84
原子炉圧力容器 ペDESTAL	13.022	46400	37600	0.82
	10.100			

表 4-30 (2/4) 荷重 (せん断力, 基準地震動 S s)

名称	標高 EL (m)	せん断力 (kN)		②/① 条件比率
		① 設計用 I	② 3次元 FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉压力容器	37.494	615	379	0.62
	36.586	1290	810	0.63
	35.678	3910	2450	0.63
	33.993	4420	2480	0.57
	32.567	8700	5300	0.61
	31.557	10700	6580	0.62
	30.369	11300	6840	0.61
	30.218	3460	1850	0.54
	29.181	2950	1730	0.59
	28.249	2990	2050	0.69
	27.317	3320	2350	0.71
	26.687	4050	3080	0.77
	25.414	5730	4210	0.74
	25.131	6490	4660	0.72
	24.419	7480	5170	0.70
	23.707	8450	5710	0.68
	22.995	9220	6150	0.67
	22.283	10200	6600	0.65
	21.064	10700	6910	0.65
	20.892	11300	7300	0.65
20.214	12000	7750	0.65	
19.196	12300	11900	0.97	
18.250	13800	12700	0.93	
15.944				

表 4-30 (3/4) 荷重 (せん断力, 基準地震動 S s)

名称	標高 EL(m)	せん断力(kN)		②/① 条件比率
		① 設計用 I	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
気水分離器, スタンドパイプ, シュラウドヘッド 及び炉心シュラウ ド上部胴	31.557	105	129	1.23
	30.369	737	1050	1.43
	29.181	1140	1720	1.51
	28.249	1250	1910	1.53
	27.317	1350	2070	1.54
	26.687	2150	3390	1.58
	25.414			
炉心シュラウド 中間胴	25.843	3210	2370	0.74
	25.414	4610	4610	1.00
	25.131	4630	4790	1.04
	24.419	4580	4820	1.06
	23.707	4480	4850	1.09
	22.995	4630	5490	1.19
	22.283	4900	6040	1.24
	21.064			
炉心シュラウド 下部胴	21.571	3160	2370	0.75
	21.064	6970	6860	0.99
	20.892	6980	6930	1.00
	20.214	6940	7060	1.02
	19.196			

表 4-30 (4/4) 荷重 (せん断力, 基準地震動 S s)

名称	標高 EL (m)	せん断力 (kN)		②/① 応答比率
		① 設計用 I	② 3次元 FEM- 質点系連成 モデル	
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	17.442	343	83.0	0.25
	17.419			
	16.345	343	135	0.40
	15.248	231	80.7	0.35
	14.151	10.4	5.19	0.50
	13.054	215	69.9	0.33
燃料集合体	25.843	2960	2200	0.75
	25.131			
	24.419	2040	1630	0.80
	23.707	712	611	0.86
	22.995	809	588	0.73
	22.283	2060	1610	0.79
	21.571	2820	2280	0.81
制御棒案内管	21.571	—	—	—
	20.892	954	318	0.34
	20.214	705	205	0.30
	19.535	277	70.3	0.26
	18.856	234	83.6	0.36
	18.178	686	206	0.31
	17.499	1020	302	0.30
	17.499	—	—	—
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	17.499	1140	378	0.34
	16.508	139	87.0	0.63
	15.644	85.0	46.8	0.56
	14.781	19.4	6.81	0.36
	13.917	74.0	40.1	0.55
	13.054	—	—	—

表 4-31 (1/4) 荷重 (モーメント, 基準地震動 S s)

名称	標高 EL (m)	モーメント (kN・m)		②/① 条件比率
		① 設計用 I	② 3次元 FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉格納容器	39.400	—	—	—
	37.060	848	572	0.68
	34.758	2400	1710	0.72
	33.141	9280	7050	0.76
	29.392	29400	22300	0.76
	27.907	56600	40200	0.72
	22.932	178000	123000	0.70
	19.878	255000	176000	0.70
	16.825	333000	234000	0.71
	13.700	417000	300000	0.72
	11.900	468000	336000	0.72
10.100	523000	380000	0.73	
ガンマ線遮蔽壁	29.962	—	—	—
	26.981	20800	8880	0.43
	24.000	39900	27300	0.69
	21.500	57500	43200	0.76
	19.000	94400	72400	0.77
原子炉圧力容器 ペDESTAL	15.944	161000	126000	0.79
		289000	249000	0.87
	13.022	399000	352000	0.89
	10.100	528000	471000	0.90

表 4-31 (2/4) 荷重 (モーメント, 基準地震動 S s)

名称	標高 EL (m)	モーメント (kN・m)		②/① 条件比率
		① 設計用 I	② 3次元 FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉圧力容器	37.494	—	—	—
	36.586	558	345	0.62
	35.678	1730	1080	0.63
	33.993	8320	5200	0.63
	32.567	14700	7690	0.53
	31.557	23400	13100	0.56
	30.369	36100	20800	0.58
	30.218	37800	24000	0.64
	29.181	36900	24100	0.66
	28.249	37200	23900	0.65
	27.317	38800	25200	0.65
	26.687	40200	26200	0.66
	25.414	44700	29100	0.66
	25.131	46100	30000	0.66
	24.419	49800	32400	0.66
	23.707	54200	35300	0.66
	22.995	59600	38800	0.66
	22.283	65400	43100	0.66
	21.064	76100	50200	0.66
	20.892	77700	50600	0.66
20.214	84200	55500	0.66	
19.196	94400	77900	0.83	
18.250	105000	89900	0.86	
15.944	135000	122000	0.91	

表 4-31 (3/4) 荷重 (モーメント, 基準地震動 S s)

名称	標高 EL (m)	モーメント (kN・m)		②/① 条件比率
		① 設計用 I	② 3次元 FEM- 質点系連成 モデル	
気水分離器, スタンドパイプ, シュラウドヘッド 及び 炉心シュラウド 上部胴	31.557	—	—	—
	30.369	125	154	1.24
	29.181	972	1350	1.39
	28.249	2030	2960	1.46
	27.317	3200	4690	1.47
	26.687	4040	6040	1.50
	25.414	6640	10300	1.56
炉心シュラウド 中間胴	25.843	—	—	—
	25.414	1380	1020	0.74
		7080	9390	1.33
	25.131	8120	10200	1.26
	24.419	11400	13200	1.16
	23.707	14600	16500	1.14
	22.995	17800	20200	1.14
	22.283	20900	24100	1.16
21.064	26300	30500	1.16	
炉心シュラウド 下部胴	21.571	—	—	—
	21.064	1600	1210	0.76
		27500	31000	1.13
	20.892	28700	31800	1.11
	20.214	33400	36300	1.09
19.196	40500	43900	1.09	

表 4-31 (4/4) 荷重 (モーメント, 基準地震動 S s)

名称	標高 EL(m)	モーメント (kN・m)		②/① 条件比率
		① 設計用 I	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	17.442	397	156	0.40
	17.419	397	156	0.40
	16.345	24.7	9.89	0.41
	15.248	232	79.2	0.35
	14.151	236	86.7	0.37
	13.054	—	—	—
燃料集合体	25.843	—	—	—
	25.131	2110	1570	0.75
	24.419	3560	2700	0.76
	23.707	4040	3180	0.79
	22.995	3470	2760	0.80
	22.283	2010	1630	0.82
	21.571	—	—	—
制御棒案内管	21.571	—	—	—
	20.892	648	216	0.34
	20.214	1130	356	0.32
	19.535	1320	406	0.31
	18.856	1160	344	0.30
	18.178	690	205	0.30
	17.499	—	—	—
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	17.499	—	—	—
	16.508	1130	375	0.34
		139	87.0	0.63
	15.644	34.1	13.2	0.39
	14.781	54.2	29.4	0.55
	13.917	63.9	34.7	0.55
	13.054	—	—	—



表 4-32 (1/4) 荷重 (軸力, 基準地震動 S s)

名称	標高 EL (m)	軸力 (kN)		②/① 条件比率
		① 設計用 I	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉格納容器	39.400	181	111	0.62
	37.060	371	226	0.61
	34.758	1260	767	0.61
	33.141	2010	1260	0.63
	29.392	3270	2180	0.67
	27.907	4170	2860	0.69
	22.932	5550	4030	0.73
	19.878	6450	4850	0.76
	16.825	8190	6490	0.80
	13.700	8820	6990	0.80
	11.900	10800	8430	0.79
	10.100			
ガンマ線遮蔽壁	29.962	4350	3630	0.84
	26.981	9330	7070	0.76
	24.000	14100	10300	0.74
	21.500	18500	13400	0.73
	19.000	23400	17000	0.73
	15.944	43200	32400	0.75
原子炉圧力容器 ペDESTAL	13.022	47500	36500	0.77
	10.100			

表 4-32 (2/4) 荷重 (軸力, 基準地震動 S s)

名称	標高 EL (m)	軸力 (kN)		②/① 応答比率
		① 設計用 I	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉压力容器	37.494	139	85.9	0.62
	36.586	301	186	0.62
	35.678	968	598	0.62
	33.993	1730	1070	0.62
	32.567	3120	1950	0.63
	31.557	3820	2430	0.64
	30.369	4010	2510	0.63
	30.218	4230	2690	0.64
	29.181	4610	2920	0.64
	28.249	5250	3370	0.65
	27.317	5560	3620	0.66
	26.687	5870	3820	0.66
	25.414	6290	4140	0.66
	25.131	6440	4240	0.66
	24.419	6650	4380	0.66
	23.707	6900	4600	0.67
	22.995	7110	4740	0.67
	22.283	7390	4990	0.68
	21.064	7580	5190	0.69
	20.892	7950	5430	0.69
20.214	8370	5870	0.71	
19.196	8600	6030	0.71	
18.250	15300	11500	0.76	
15.944				

表 4-32 (3/4) 荷重 (軸力, 基準地震動 S s)

名称	標高 EL (m)	軸力 (kN)		②/① 条件比率
		① 設計用 I	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
気水分離器, スタンドパイプ, シュラウドヘッド 及び 炉心シュラウド 上部胴	31.557	43.4	23.5	0.55
	30.369			
	29.181	312	169	0.55
	28.249	495	269	0.55
	27.317	568	313	0.56
	26.687	658	362	0.56
	25.414	823	460	0.56
炉心シュラウド 中間胴	25.843	90.4	54.3	0.61
	25.414			
	25.131	1010	570	0.57
	24.419	1050	595	0.57
	23.707	1110	630	0.57
	22.995	1180	675	0.58
	22.283	1240	721	0.59
	21.064	1320	781	0.60
炉心シュラウド 下部胴	21.571	193	181	0.94
	21.064			
	20.892	1590	985	0.62
	20.214	1630	1020	0.63
	19.196	1710	1080	0.64
	17.419	1990	1320	0.67

表 4-32 (4/4) 荷重 (軸力, 基準地震動 S s)

名称	標高 EL (m)	軸力 (kN)		②/① 条件比率
		① 設計用 I	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
燃料集合体	25.843	576	404	0.71
	25.131			
	24.419	965	676	0.71
	23.707	1350	950	0.71
	22.995	1740	1240	0.72
	22.283	2110	1500	0.72
	21.571	2480	1760	0.71
制御棒案内管	20.892	2750	1950	0.71
	20.214	2860	2050	0.72
		2970	2130	0.72
	19.535	3070	2230	0.73
	18.856	3180	2280	0.72
	18.178	3280	2380	0.73
	17.499	—	—	—
制御棒駆動機構 ハウジング (内側)	17.499	3370	2450	0.73
	16.508	241	348	1.45
	15.644	210	308	1.47
	14.781	179	264	1.48
	13.917	149	220	1.48
	13.054			
制御棒駆動機構 ハウジング (外側)	17.419	248	369	1.49
	16.345	211	319	1.52
	15.248	173	264	1.53
	14.151	134	205	1.53
	13.054			

表 4-33 荷重 (ばね反力, 基準地震動 S s)

名称	ばね反力 (kN)		②/① 条件比率
	① 設計用 I	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
原子炉格納容器 スタビライザ	22600	13700	0.61
原子炉压力容器 スタビライザ	13200	7420	0.57
シヤラグ	34200	20600	0.61
制御棒駆動機構ハウジング レストレントビーム	681	313	0.46

表 4-34 荷重 (相対変位, 基準地震動 S s)

名称	相対変位 (mm)		②/① 条件比率
	① 設計用 I	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
燃料集合体	35.0	27.5	0.79

表 4-35 荷重 (グリッド反力, 基準地震動 S s)

名称	グリッド反力 (kN)		②/① 条件比率
	① 設計用 I	② 3次元FEM- 質点系連成 モデル	
上部格子板	3150	2430	0.78
炉心支持板	3940	2970	0.76

## 5. 検討結果

### (1) 簡易評価結果

簡易評価の結果，一部の設備（1設備）を除き，条件比率が設備の裕度以下となることを確認した。表5-1に条件比率が設備の裕度を上回った1設備の簡易評価結果を示す。

表5-1 条件比率が設備の裕度を上回った設備の簡易評価結果

設備名称	評価部位	応力分類	詳細評価結果			条件比率	刺激係数を考慮した条件比率	評価結果
			発生値*1 (MPa)	許容値 (MPa)	裕度			
主蒸気系配管 (MS-PD-3)	配管本体	一次+二次応力	726	375	0.51	1.06 (図5-1)	1.05	×
		疲労*2	0.5354*3	1	—			

注記\*1：一次+二次応力の発生値が許容値を上回った場合は，疲労評価を実施する。

\*2：単位は無次元

\*3：疲労評価には一律に設定する等価繰返し回数150回（基準地震動S<sub>s</sub>）を適用する。

### (2) 詳細評価結果

簡易評価において条件比率が設備の裕度を上回った1設備に対して詳細評価を行った結果，発生値が許容値以下であることを確認した。図5-1に詳細評価に用いた3次元FEM-質点系連成モデル床応答スペクトルと設計用床応答スペクトルを示す。表5-2に条件比率が設備の裕度を上回った1設備の詳細評価結果を示す。

また，補足説明資料「補足-023-13 地震応答に影響を及ぼす不確かさ要因の整理」に基づき，詳細評価による発生値と耐震計算書に記載の発生値を比較し，対象設備の詳細評価による発生値が耐震計算書に記載の発生値以下であることを確認した。

表5-2 条件比率が設備の裕度を上回った設備の詳細評価結果

設備名称	評価部位	応力分類	詳細評価結果							耐震計算書との比較	
			条件種別	構造物名	EL (m)	減衰定数 (%)	発生値*1 (MPa)	許容値 (MPa)	評価結果*4	発生値 (MPa)	比較結果*2
主蒸気系配管 (MS-PD-3)	配管本体	一次+二次応力	FRS	ガンマ線遮蔽壁		360	375*6	○	726*6	○	
		疲労*3				0.0381*5	1		0.5354		

注記\*1：一次+二次応力の発生値が許容値を上回った場合は，疲労評価を実施する。

\*2：詳細評価による発生値が耐震計算書に記載の発生値を上回らない場合は「○」

詳細評価による発生値が耐震計算書に記載の発生値を上回る場合は「×」を記載

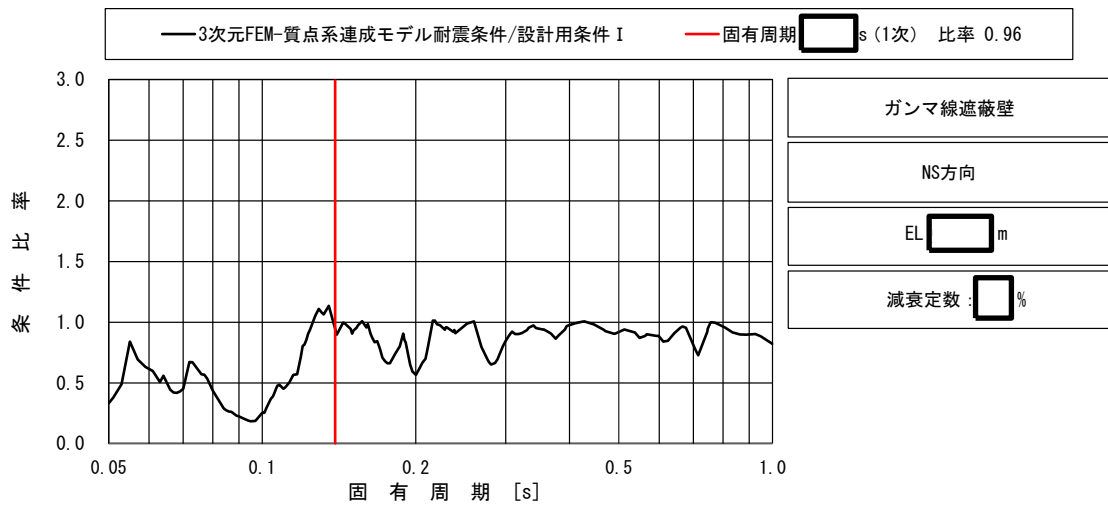
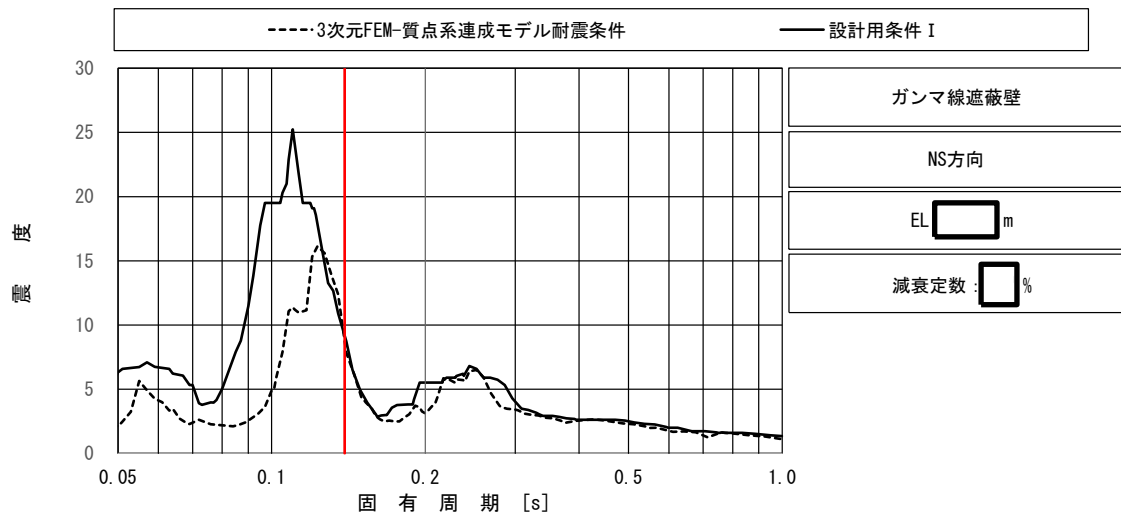
\*3：単位は無次元

\*4：詳細評価による発生値が許容値を上回らない場合は「○」

詳細評価による発生値が許容値を上回る場合は「×」を記載

\*5：疲労評価には一律に設定する等価繰返し回数150回（基準地震動S<sub>s</sub>）を適用する。

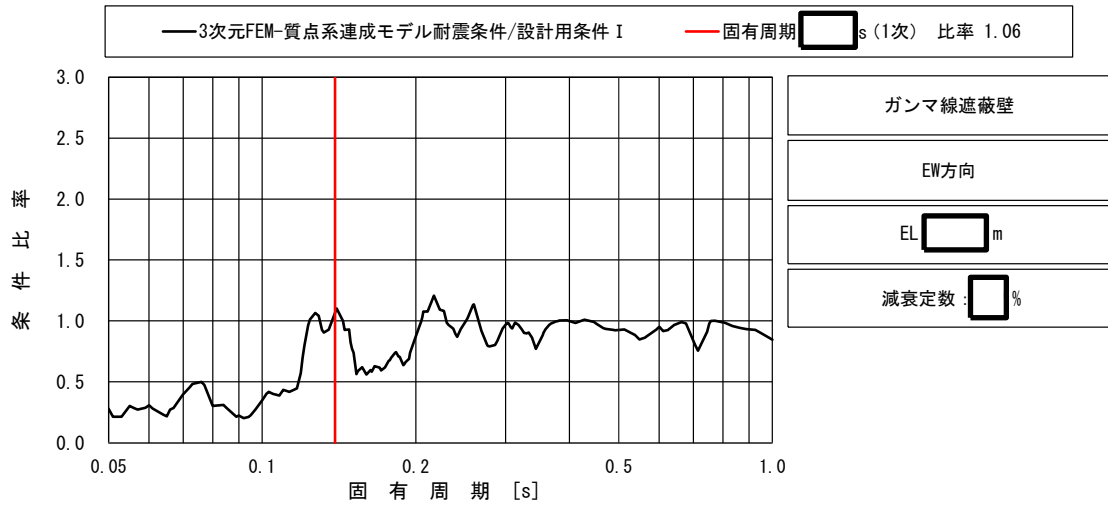
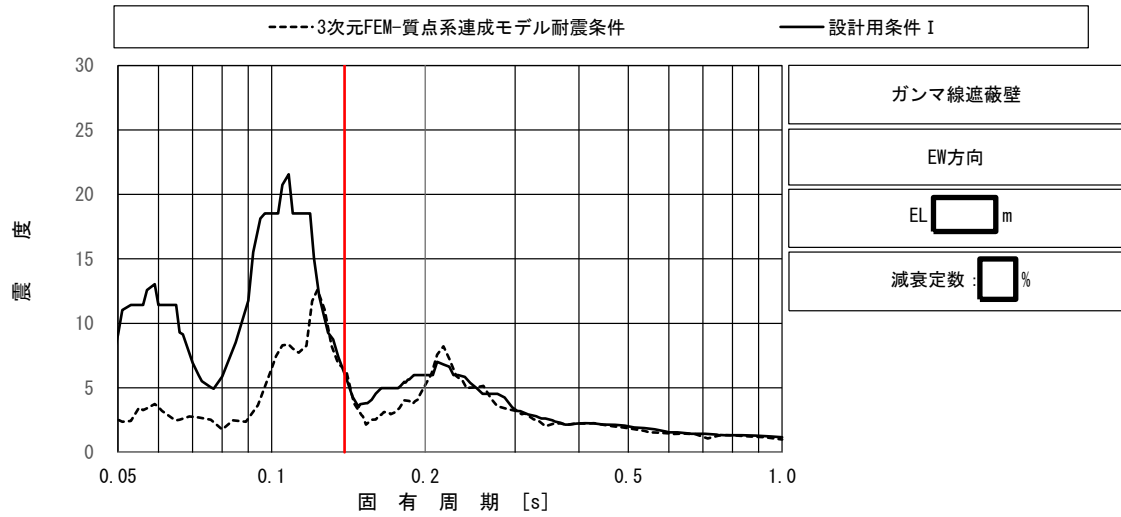
\*6：主要な振動モードにおいて3次元FEM-質点系連成モデル耐震条件が耐震計算に用いる設計条件を下回ることから詳細評価による発生値が耐震計算書に記載の発生値を下回った。



上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル条件比率

図 5-1 (1/3) 主蒸気系配管 (MS-PD-3) の条件比率

(基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (NS): ガンマ線遮蔽壁 EL [ ] m)

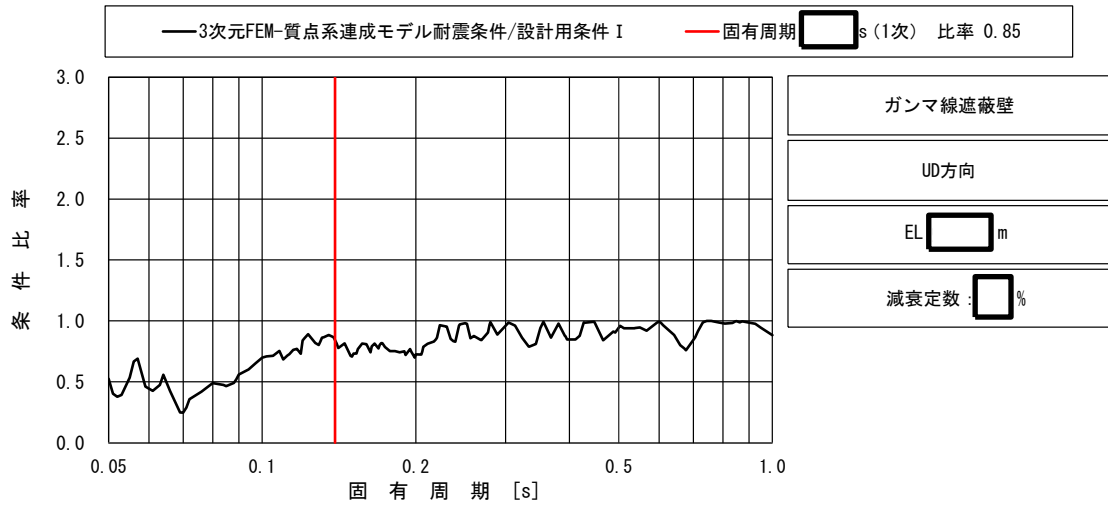
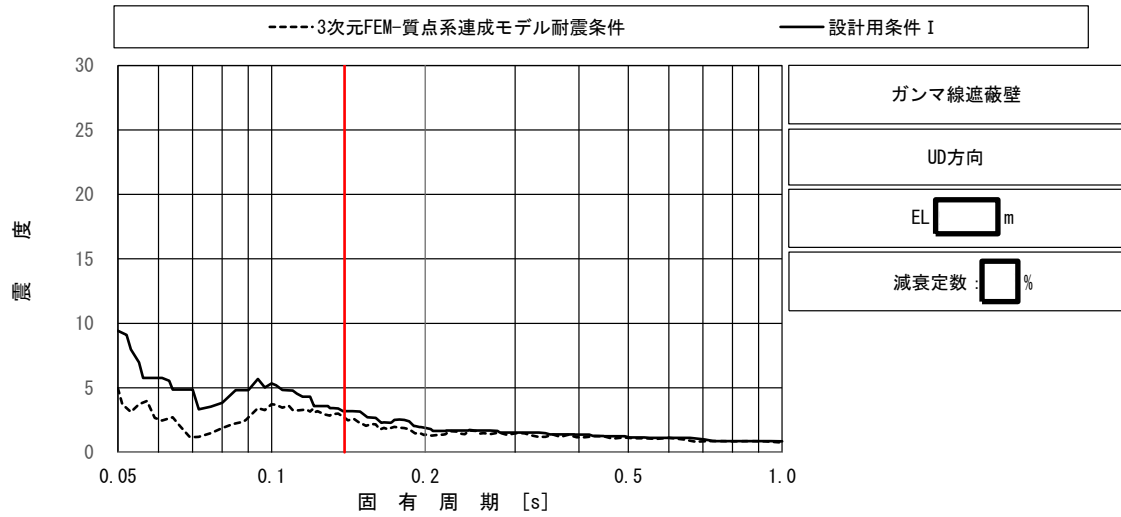


上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル条件比率

図 5-1 (2/3) 主蒸気系配管 (MS-PD-3) の条件比率

(基準地震動  $S_s$ , 水平方向 (EW): ガンマ線遮蔽壁 EL [ ] m)





上段：床応答スペクトル  
 下段：床応答スペクトル条件比率

図 5-1 (3/3) 主蒸気系配管 (MS-PD-3) の条件比率  
 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向: ガンマ線遮蔽壁 EL [ ] m)

## 6. まとめ

「別紙3 原子炉建物 3次元FEMモデルによる地震応答解析」の「3.4 床応答への影響検討」より、3次元FEMモデルの応答が質点系モデルの応答を上回る箇所があることを踏まえて機器・配管系への影響検討を実施した。その結果、3次元FEMモデルによる影響を考慮しても、機器・配管系の耐震性に影響がないことを確認した。

## 別紙 4.8-2 計算機プログラム（解析コード）の概要

## 目 次

1. 波形処理プログラム k-WAVE for Windows ..... 別紙 4.8-2-1
2. 補正条件作成プログラム ..... 別紙 4.8-2-11

## 1. 波形処理プログラム k-WAVE for Windows

### 1.1 はじめに

本資料は、別紙 4.7「原子炉建物 3 次元 F E Mモデルの面外応答に係る機器・配管系への影響検討」、別紙 4.8「原子炉建物 3 次元 F E Mモデルの応答解析結果に係る機器・配管系への影響検討」において使用した計算機プログラム(解析コード)波形処理プログラム k-WAVE for Windows について説明するものである。

解析コードの概要を以降に記載する。

## 1.2 解析コードの概要

項目	コード名 波形処理プログラム k-WAVE for Windows
使用目的	設計用床応答スペクトルの作成
開発機関	株式会社構造計画研究所
開発時期	1998年
使用したバージョン	Ver. 6.2.0
コードの概要	<p>波形処理プログラム k-WAVE for Windows (以下「本解析コード」という。)は、加速度時刻歴から床応答スペクトルを作成するプログラムであり、建物・構築物床応答時刻歴から設計用床応答スペクトルを作成することを目的とする。</p> <p>一定の固有周期及び減衰定数を有する1質点系の、与えられた加速度時刻歴に対する最大応答加速度を計算し、周期と減衰定数が同一の系で計算された複数の床応答スペクトルの包絡値を求め、また床応答スペクトルの拡幅を行う。</p>
検証(Verification)及び 妥当性確認(Validation)	<p><b>【検証(Verification)】</b> 本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・別解析コード「Seismic Analysis System (S A S)」により作成した設計用床応答スペクトルと本解析コードで作成した設計用床応答スペクトルとを比較し、概ね一致していることを確認している。</li> <li>・本解析コードの運用環境について、動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b> 本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本工事計画で使用する機能は床応答スペクトルの作成機能であり、同一の入力条件に対する1自由度系の最大応答加速度を固有周期毎に算定し、別解析コードS A Sと本解析コードの結果を比較することで、妥当性を確認している。</li> <li>・設計用床応答スペクトルを作成する際、入力とする時刻歴データの時間刻み幅、データの形式は、妥当性を確認している範囲内での使用であることを確認している。</li> <li>・10%拡幅、時刻歴波の時間刻み、固有周期計算間隔はJ E A G 4 6 0 1-1987に従っており、妥当性は確認されている。</li> <li>・本工事計画における使用用途及び使用方法に関して、上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。</li> </ul>

### 1.3 解析手法

#### 1.3.1 一般事項

本書は、建物・構築物の地震応答解析から算出される加速度時刻歴から床応答スペクトルを作成する解析コードである波形処理プログラム k-WAVE for Windows Ver. 6.2.0 (以下「本解析コード」という。)の説明書である。

本解析コードは、一定の固有周期及び減衰定数を有する1質点系の、与えられた加速度時刻歴に対する最大応答加速度を計算する。また、周期と減衰定数が同一の系で計算された複数の床応答スペクトルの包絡値を求め、拡幅した床応答スペクトルの作成を行う。

#### 1.3.2 解析コードの特徴

本解析コードにおける1自由度系を用いた床応答スペクトルの作成は、ニガム法を用いることにより行う。主な特徴を下記に示す。

- ・加速度時刻歴から周期及び減衰定数に応じた床応答スペクトルを作成する。
- ・複数の床応答スペクトルを包絡させた床応答スペクトルに対して拡幅した設計用床応答スペクトルを作成する。

#### 1.3.3 解析手法

各床面での加速度時刻歴を入力とする1自由度系における応答について、減衰定数をパラメータとして以下ニガム法より算出する。

各質点における相対変位を  $x$  , 固有円振動数を  $\omega$  , 減衰定数を  $h$  , 地動の加速度時刻歴を  $\ddot{y}(t)$  としたとき、系の運動方程式は、

$$\ddot{x} + 2h\omega\dot{x} + \omega^2x = -\ddot{y}(t) \quad (1)式$$

と表される。 $t$  は一定時間間隔  $\Delta t$  毎に与えられて、 $\dot{y}_i$  と  $\dot{y}_{i+1}$  の間を直線によって補間し、 $t_i$  を原点とするこの区間  $t_i \sim t_{i+1}$  内の局所的な時間を  $\tau$  ,  $\Delta\dot{y} = \dot{y}_{i+1} - \dot{y}_i$  とすれば、

$$\dot{y}(t) = \frac{\Delta\dot{y}}{\Delta t}\tau + \dot{y}_i \quad 0 \leq \tau \leq \Delta t$$

と表される。(1)式は区間的に

$$\ddot{x}(\tau) + 2h\omega\dot{x}(\tau) + \omega^2x(\tau) = -\frac{\Delta\dot{y}}{\Delta t}\tau - \dot{y}_i \quad 0 \leq \tau \leq \Delta t$$

となる。この非同次微分方程式を解いて、区間のはじめ時刻  $t_i$  における初期条件

$$\tau = 0 : x = x_i, \quad \dot{x} = \dot{x}_i$$

を与えれば、区間の終わり  $\tau = \Delta t$  (時刻  $t_{i+1} = t_i + \Delta t$ ) における相対変位応答及び相対速度応答は、次のような形で求まる。

$$\left. \begin{aligned} x_{i+1} &= A_{11}x_i + A_{12}\dot{x}_i + B_{11}\ddot{y}_i + B_{12}\ddot{y}_{i+1} \\ \dot{x}_{i+1} &= A_{21}x_i + A_{22}\dot{x}_i + B_{21}\ddot{y}_i + B_{22}\ddot{y}_{i+1} \end{aligned} \right\} \quad (2)\text{式}$$

ここで、 $A$ 、 $B$  は、 $\omega$ 、 $h$ 、 $\Delta t$  が定まれば一意に定まる係数である。 $x_{i+1}$ 、 $\dot{x}_{i+1}$  が定まれば、絶対加速度応答は(1)式より

$$(\ddot{x} + \ddot{y})_{i+1} = -(2h\omega\dot{x}_{i+1} + \omega^2 x_{i+1}) \quad (3)\text{式}$$

によって求められる。したがって、 $t=0$  における応答の初期値

$$\begin{aligned} x_1 &= 0 \\ \dot{x}_1 &= -\dot{y}_1 \Delta t \\ (\ddot{x} + \ddot{y})_1 &= 2h\omega\dot{y}_1 \Delta t \end{aligned}$$

を与えれば、後は(2)式と(3)式によって、応答値が算出される。



### 1.3.4 解析フローチャート

本解析コードを用いて行う解析フローチャートを図1-1に示す。

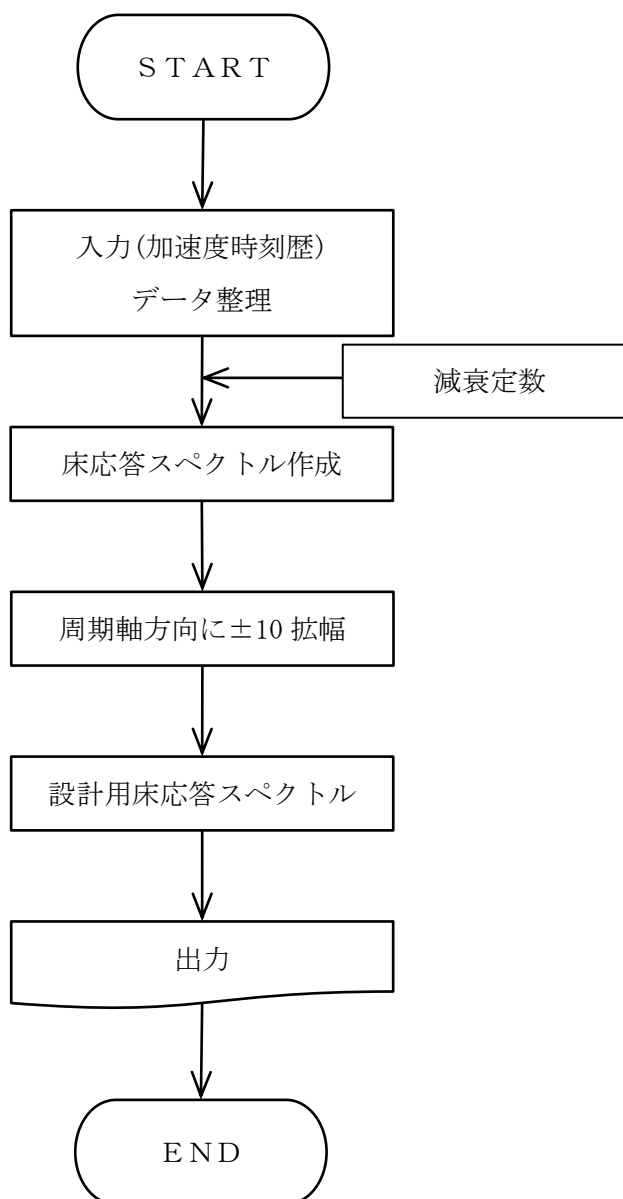


図1-1 解析フローチャート

### 1.3.5 検証 (Verification) 及び妥当性確認 (Validation)

#### 1.3.5.1 検証

別解析コード「Seismic Analysis System (S A S)」にて作成した床応答スペクトルを包絡、拡張した設計用床応答スペクトル (検証用データ) と本解析コードで同様に作成した設計用床応答スペクトル (k-WAVEデータ) の加速度 (震度) を比較することで、本解析コードの検証を行った。

拡張した設計用床応答スペクトルは3種類のテストデータ (加速度時刻歴) に対して4種類 (0.5%, 1.0%, 2.0%, 5%) の減衰を用いて作成している。検証用データと k-WAVEデータとを比較した結果を図1-2～図1-4に示す。両者は一致しており、本解析コードを用いて得られた計算結果の妥当性を確認した。

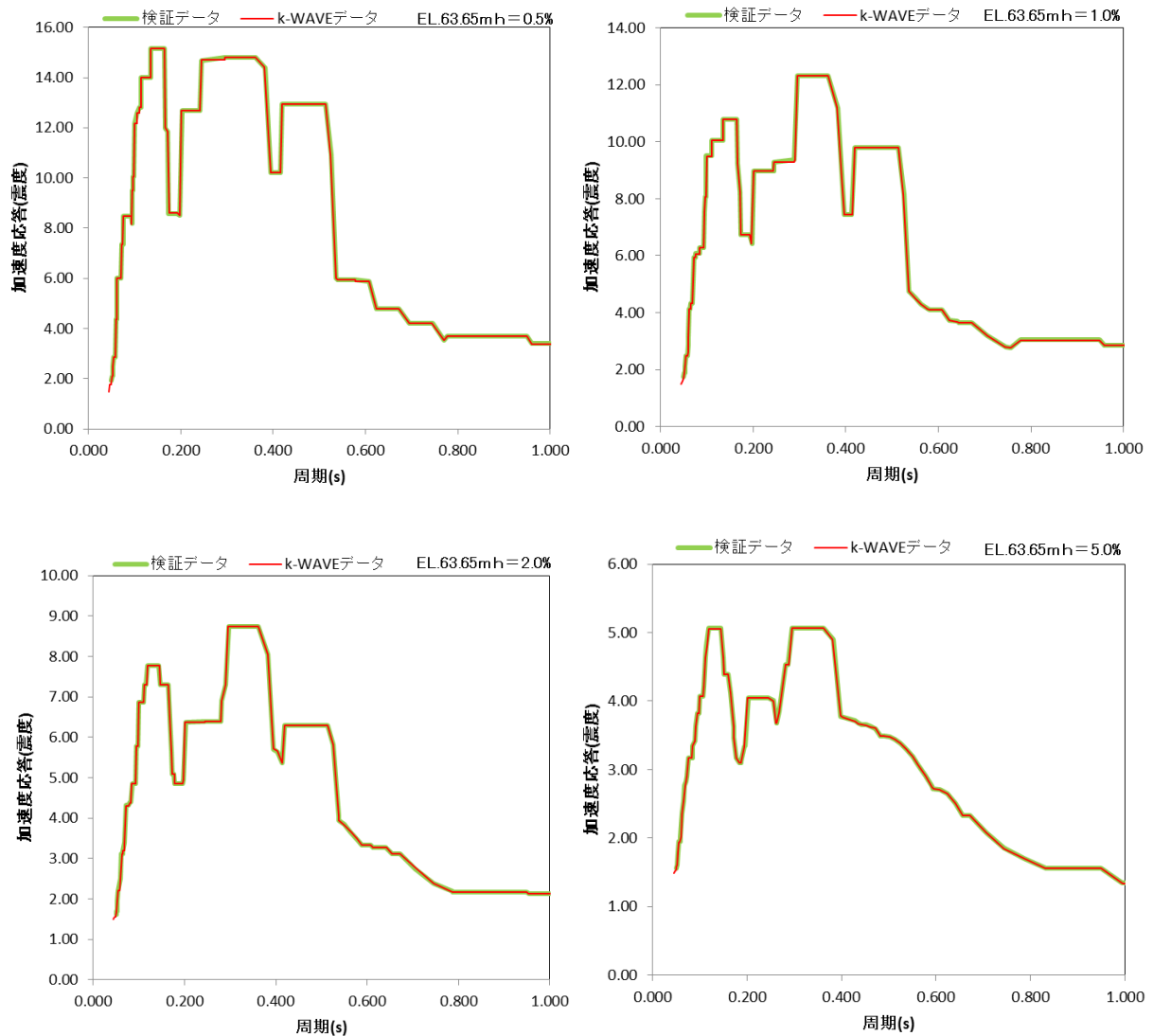


図1-2 検証用データとk-WAVEデータとを比較した結果 (テストデータ1)

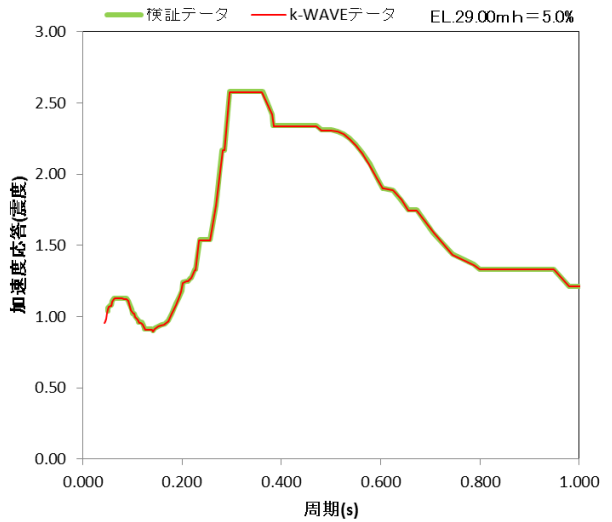
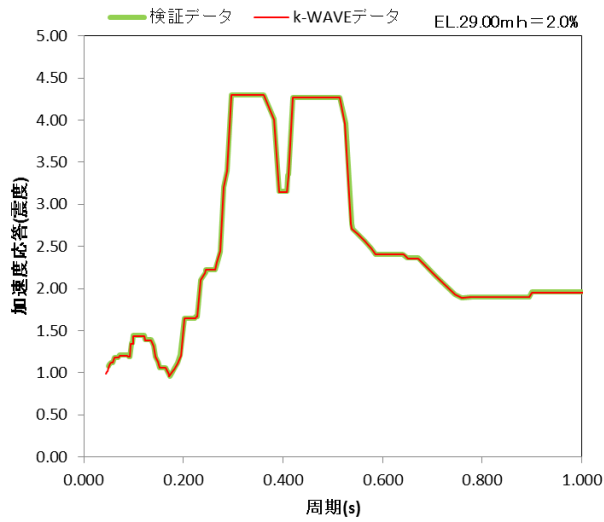
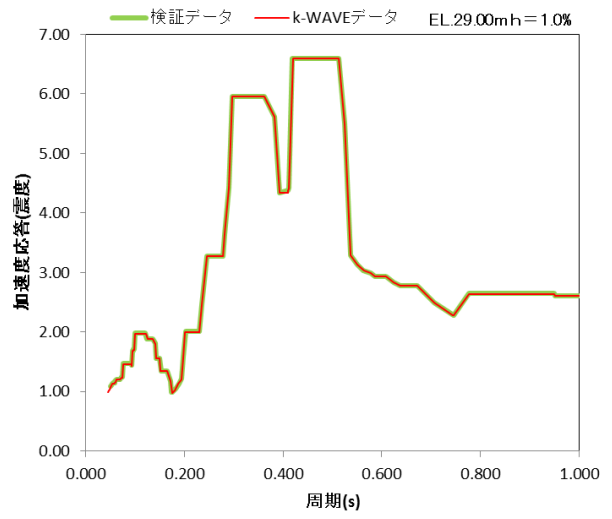
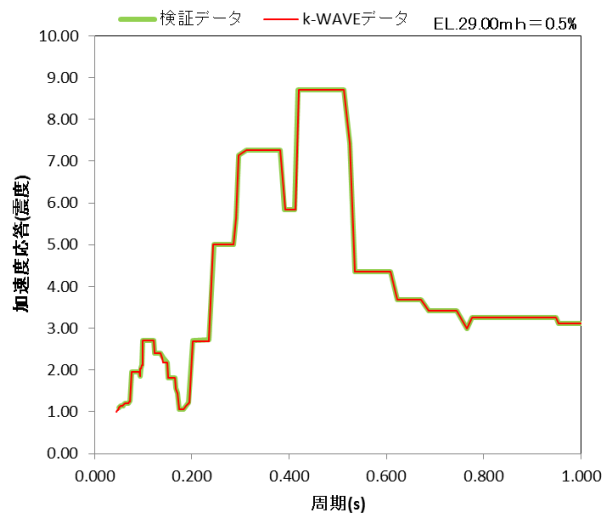


図1-3 検証用データとk-WAVEデータとを比較した結果 (テストデータ2)

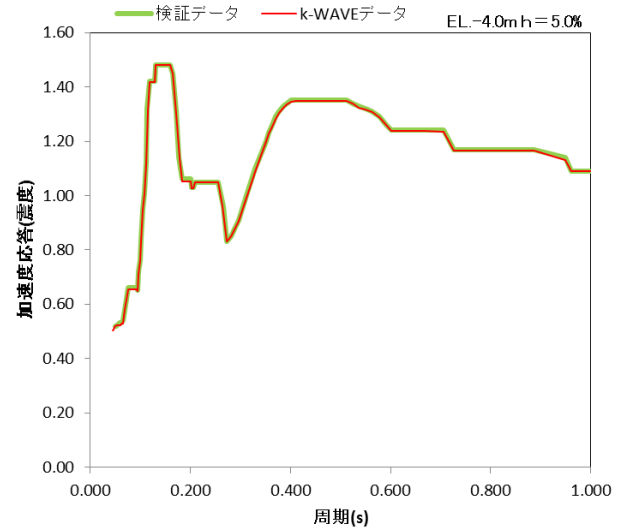
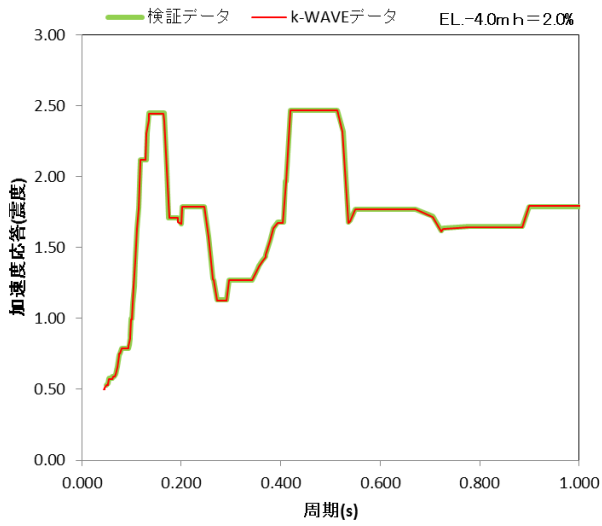
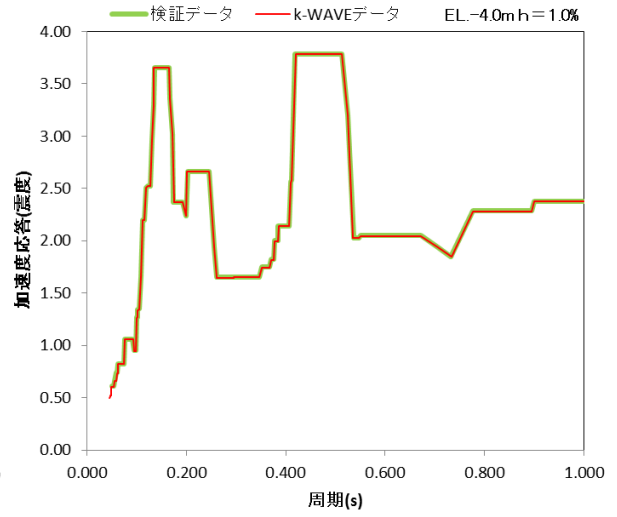
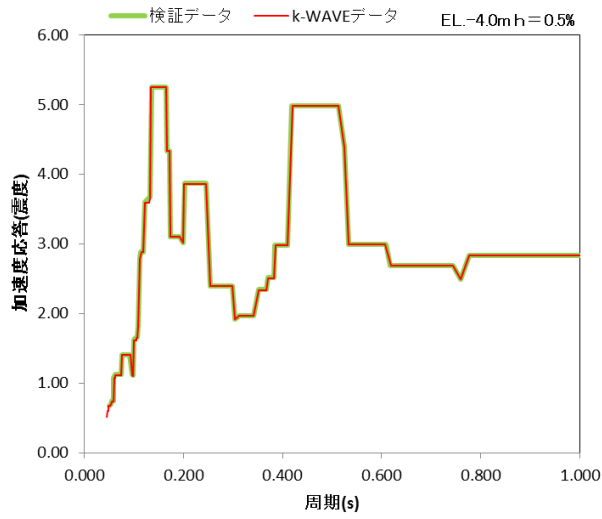


図1-4 検証用データとk-WAVEデータとを比較した結果（テストデータ3）

#### 1.3.5.2 妥当性確認

本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。

- 今回の工事計画で使用する機能は床応答スペクトルの作成機能であるため、同一の入力条件に対する1自由度系の最大応答加速度を固有周期毎に算定し、別解析コードS A Sと本解析コードの結果を比較することで、妥当性を確認している。
- 設計用床応答スペクトルを作成する際、入力とする時刻歴データの時間刻み幅、データの形式は、上述の妥当性を確認している範囲内での使用である。
- 10%拡幅、時刻歴波の時間刻み、固有周期計算間隔はJ E A G 4 6 0 1 -1987に従っており、妥当性に問題はない。
- 今回の工事計画認可申請における床応答スペクトル、加速度応答時刻歴に対し、使用用途及び方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

#### 1.3.5.3 評価結果

1.3.5.1及び1.3.5.2より、本解析コードを使用目的に示す床応答スペクトルの作成に用いることは妥当である。

## 2. 補正条件作成プログラム

### 2.1 はじめに

本資料は、別紙 4.7「原子炉建物 3 次元 F E Mモデルの面外応答に係る機器・配管系への影響検討」、別紙 4.8「原子炉建物 3 次元 F E Mモデルの応答解析結果に係る機器・配管系への影響検討」において使用した計算機プログラム（解析コード）補正条件作成プログラムについて説明するものである。

解析コードの概要を以降に記載する。

## 2.2 解析コードの概要

コード名	補正条件作成プログラム
項目	
使用目的	補正条件を考慮したFRS, ZPAの評価
開発機関	株式会社構造計画研究所
開発時期	2021年
使用したバージョン	Ver. 1.0
コードの概要	<p>補正条件作成プログラム（以下「本解析コード」という。）は波形処理プログラム k-WAVE for Windows のソルバーを呼び出して、次の①～⑥が一气通貫で流れる仕様となっている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①時刻歴波形や計算条件を読み込む機能</li> <li>②FRS・ZPA を作成する機能</li> <li>③FRS・ZPA を包絡する機能</li> <li>④複数の包絡 FRS・包絡 ZPA を基に、 補正係数を計算する機能</li> <li>⑤FRS を拡幅する機能</li> <li>⑥作成したFRS・ZPAを出力する機能</li> </ul>
検証(Verification) 及び 妥当性確認(Validation)	<p><b>【検証(Verification)】</b>            本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・別解析コード「波形処理プログラム k-WAVE for Windows」と汎用表計算ソフトで作成した検証用データと比較し、概ね一致していることを確認している。</li> <li>・本解析コードの運用環境について、動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b>            本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本工事計画で使用する機能は床応答スペクトルの作成機能であり、同一の入力条件に対する 1 自由度系の最大応答加速度を固有周期毎に算定し、別解析コード「波形処理プログラム k-WAVE for Windows」と汎用表計算ソフトで作成した検証用データと比較することで、妥当性を確認している。</li> <li>・設計用床応答スペクトルを作成する際、入力とする時刻歴データの時間刻み幅、データの形式は、妥当性を確認している範囲内での使用であることを確認している。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>・10%拡幅，時刻歴波の時間刻み，固有周期計算間隔は J E A G 4 6 0 1 -1987 に従っており，妥当性は確認されている。</li><li>・本工事計画における使用用途及び使用方法に関して，上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。</li></ul>
--	---



## 2.3 解析手法

### 2.3.1 一般事項

本書は、建物・構築物の地震応答解析から算出される加速度時刻歴から床応答スペクトルを作成する解析コードである波形処理プログラム k-WAVE for Windowsのソルバーを用いて補正条件を考慮したZPA・FRSを作成する補正条件作成プログラム（以下「本解析コード」という。）の説明書である。

### 2.3.2 解析コードの特徴

本解析コードは、次の①～⑥が一通貫で流れる仕様となっている。

- ①時刻歴波形や計算条件を読み込む機能
- ②FRS・ZPAを作成する機能
- ③FRS・ZPAを包絡する機能
- ④複数の包絡FRS・包絡ZPAを基に、補正係数を計算する機能
- ⑤FRSを拡幅する機能
- ⑥作成したFRS・ZPAを出力する機能

### 2.3.3 解析手法・フローチャート

本解析コードを用いて行う解析フローチャートを図2-1に示す。

加速度時刻歴データを3つのグループに分けて設定し、各グループで包絡を実施する。次にグループ1、2の包絡結果で算出した補正係数を、グループ3の包絡結果に乗じることで補正条件を考慮したFRSを計算する。FRSの拡幅は最後に実行している。なお、包絡手法については「波形処理プログラム k-WAVE for Windows」では計算周期点以外で交点があった場合には交点を考慮した包絡スペクトルを算出するのに対し、本解析コードでは計算周期点のみで包絡スペクトルを算出する方法を採用している。(図2-2)

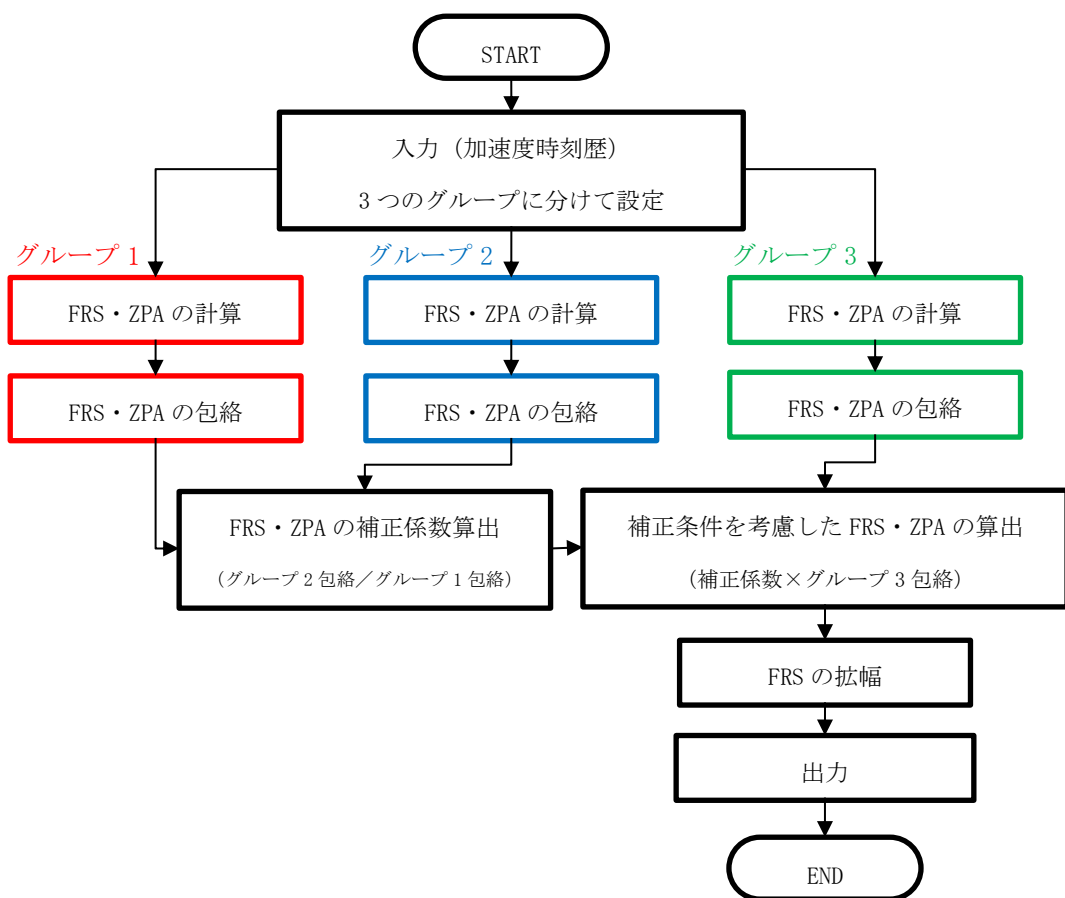


図2-1 解析フローチャート

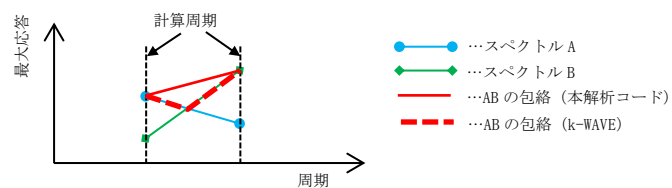


図2-2 包絡手法

## 2.3.4 検証 (Verification) 及び妥当性確認 (Validation)

### 2.3.4.1 検証

本解析コードで算出した各波形のFRS, 包絡FRS, 補正係数, 拡幅FRS, ZPAを別解析コード「波形処理プログラム k-WAVE for Windows」と汎用表計算ソフトで作成した検証用データと比較することで, 本解析コードの検証を行った。

各波形のFRSの比較を図2-3, 包絡FRSの比較を図2-4, 補正係数の比較を図2-5, 拡幅FRSの比較を図2-6, ZPAの比較を表2-1に示す。本解析コードの算出結果と検証用データは一致しており, 本解析コードを用いて得られた計算結果の妥当性を確認した。

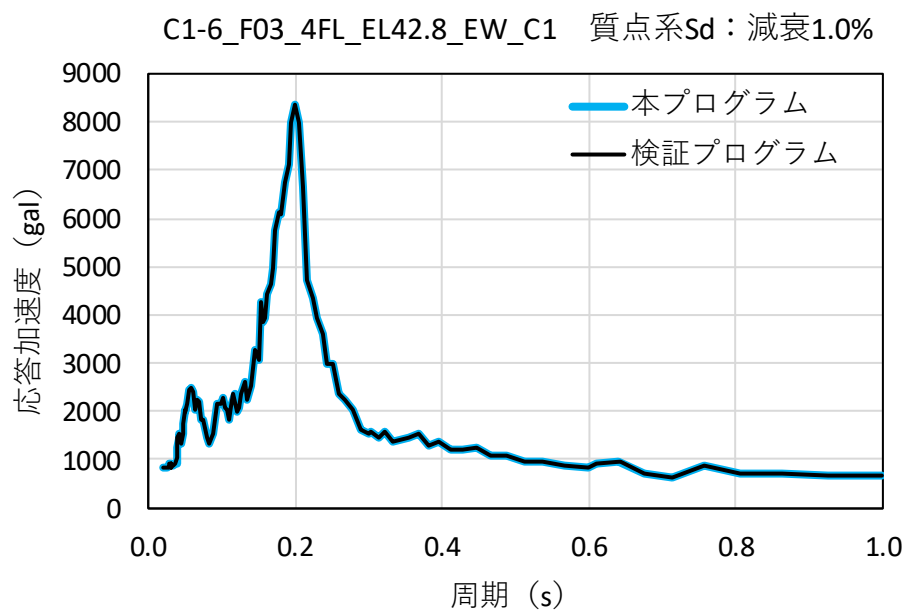


図2-3 各波形のFRSの比較

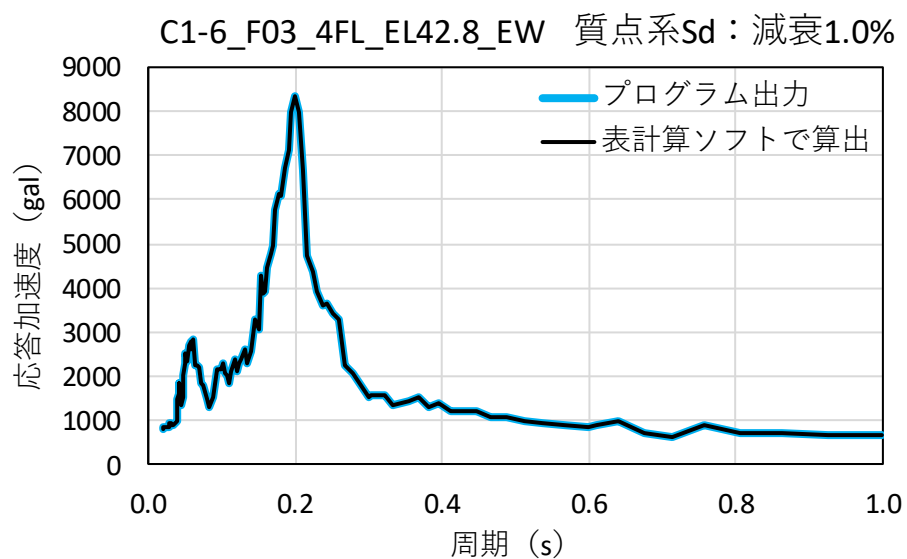


図2-4 包絡FRSの比較

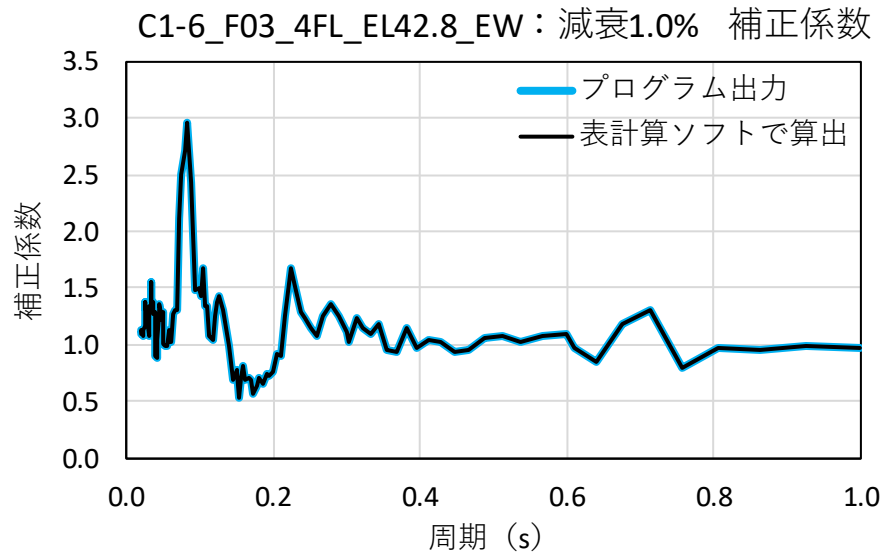


図2-5 補正係数の比較

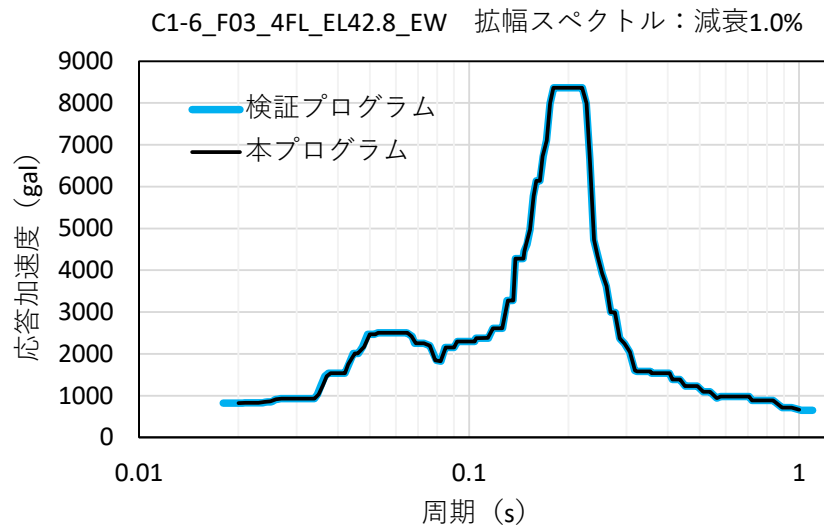


図2-6 拡幅FRSの比較

表2-1 ZPAの比較

プログラム	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		補正係数 ([2] / [1])	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> ) [3]	[3] × 補正係数	水平震度*	
	[1]	[2]				ZPA	ZPA×1.2
本解析 コード	812.719	903.129	1.111	1373.202	1525.963	1.56	1.87
汎用表計算 ソフト	812.719	903.129	1.111	1373.202	1525.963	1.56	1.87

注記\*：水平震度は、重力加速度を 980.665cm/s<sup>2</sup>とし、小数点第3位を切り上げて算出

#### 2.3.4.2 妥当性確認

本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。

- 今回の工事計画で使用する機能は床応答スペクトルの作成機能であるため、同一の入力条件に対する1自由度系の最大応答加速度を固有周期毎に算定し、別解析コード「波形処理プログラム k-WAVE for Windows」と汎用表計算ソフトの結果と本解析コードの結果を比較することで、妥当性を確認している。
- 設計用床応答スペクトルを作成する際、入力とする時刻歴データの時間刻み幅、データの形式は、上述の妥当性を確認している範囲内での使用である。
- 10%拡幅、時刻歴波の時間刻み、固有周期計算間隔はJ E A G 4 6 0 1 -1987に従っており、妥当性に問題はない。
- 今回の工事計画認可申請における床応答スペクトル、加速度応答時刻歴に対し、使用用途及び方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

#### 2.3.4.3 評価結果

2.3.4.1及び2.3.4.2より、本解析コードを使用目的に示す床応答スペクトルの作成に用いることは妥当である。

別紙 5 方向性を考慮しない水平地震動における  
位相の異なる模擬地震波の作成

## 目 次

1. はじめに..... 別紙 5-1
2. 模擬地震波の作成方針..... 別紙 5-1
3. 位相特性の異なる模擬地震波の作成例..... 別紙 5-5

## 1. はじめに

「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」のうち、応答スペクトルに基づく地震動として策定された基準地震動  $S_s - D$  及び「震源を特定せず策定する地震動」として策定された基準地震動  $S_s - N1$  については、水平方向の地震動に方向性がないことから、水平2方向及び鉛直方向地震力の同時入力による影響検討を行う場合、水平2方向のうち1方向について模擬地震波を作成し入力する等の方法が考えられる。本資料では、水平2方向及び鉛直方向地震力の同時入力による影響検討に用いる模擬地震波の作成について示す。

## 2. 模擬地震波の作成方針

応答スペクトルに基づく地震動として策定された基準地震動  $S_s - D$  及び「震源を特定せず策定する地震動」として策定された基準地震動  $S_s - N1$  の水平方向の模擬地震波の作成方針を下記に示す。

### (1) 応答スペクトルに基づく地震動として策定された基準地震動に対する模擬地震波

基準地震動  $S_s - D$  の模擬地震波について、全く同じ地震動が同時に水平2方向に入力されることは現実的に考えにくいことから、基準地震動を作成した方法と同一の方法で、位相角を一様乱数とした正弦波を重ね合わせ、目標とする応答スペクトルに適合する位相の異なる模擬地震波を作成する。応答スペクトルのコントロールポイントを表 2-1 に、振幅包絡線の経時的变化を表 2-2 に示す。

なお、念のために 2000 年鳥取県西部地震の 2 号地盤の鉛直アレイ観測点 (T. P. -5. 0m) における観測記録から、当該サイトにおいて、水平2方向の地震波で位相差が生じる傾向を確認した。確認の方法として、基準地震動  $S_s - D$  を同時に水平2方向に入力した場合のオービット (図 2-1) と、観測記録の水平2方向のオービット (図 2-2) との比較を行った。

図 2-1 から、全く同じ地震動を同時に水平2方向に入力した場合、オービットは現実的に考えにくい  $45^\circ$  方向に直線的な軌跡を示す。一方、図 2-2 より観測記録ではオービットは位相差によって生じるランダムな軌跡を示すことを確認した。

### (2) 「震源を特定せず策定する地震動」として策定された基準地震動に対する模擬地震波

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

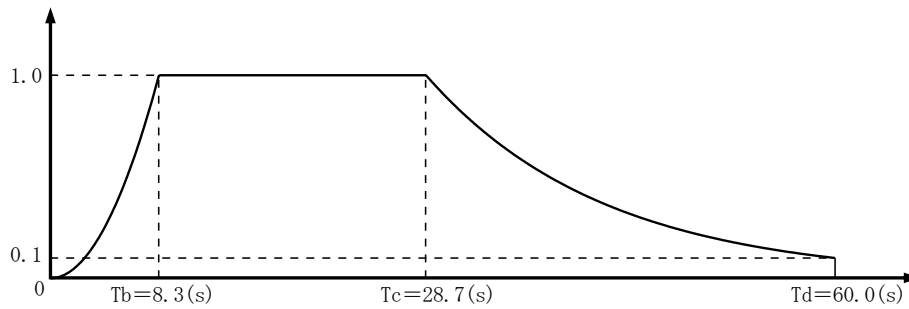


表 2-1 応答スペクトルのコントロールポイント

S s - D コントロール ポイント	周期 (s)	A 0.020	B 0.050	C 0.087	D 0.14	E 0.20	F 0.29	G 0.60	H 1.75	I 5.00
	速度 (cm/s)	2.611	10.35	25.62	41.22	45.63	61.16	108.5	170.0	170.0

表 2-2 振幅包絡線の経時的変化

模擬 地震波	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	マグニチュード M	等価震源距離 Xeq (km)	振幅包絡線の経時的変化 (s)		
				T <sub>b</sub>	T <sub>c</sub>	T <sub>d</sub> (継続時間)
S s - D	820	7.7	17.3	8.3	28.7	60.0

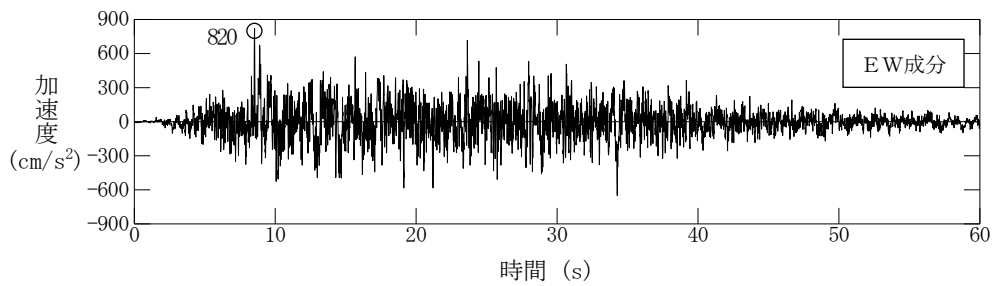
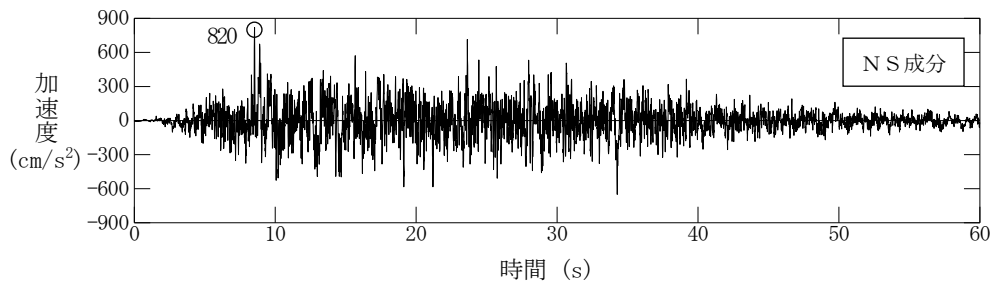


$$T_b = 10^{0.5M-2.93}$$

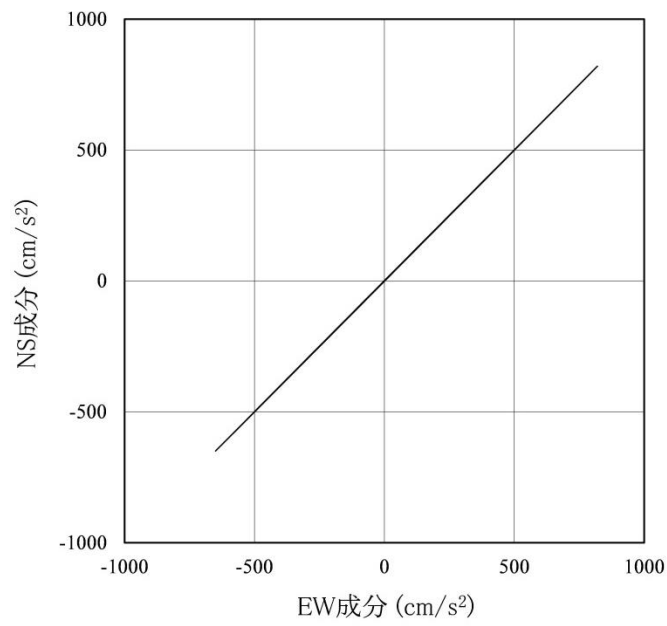
$$T_c - T_b = 10^{0.3M-1.0}$$

$$T_d - T_c = 10^{0.17M+0.541\log X_{eq}-0.6}$$

$$\text{振幅包絡線} : E(T) = \begin{cases} (T/T_b)^2 & 0 \leq T \leq T_b \\ 1.0 & T_b \leq T \leq T_c \\ e^{\frac{\ln(0.1)}{T_d-T_c}(T-T_c)} & T_c \leq T \leq T_d \end{cases}$$

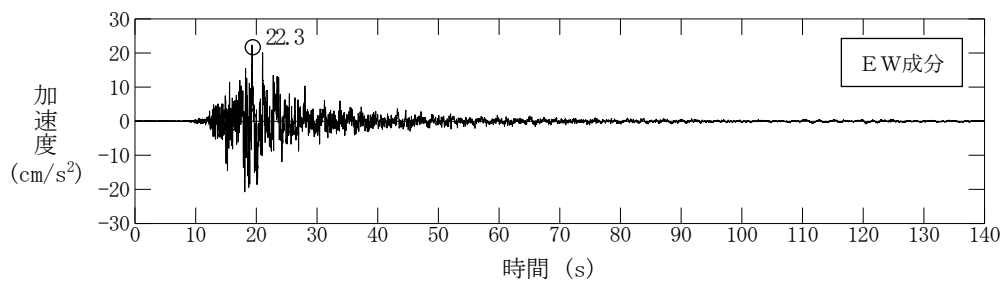
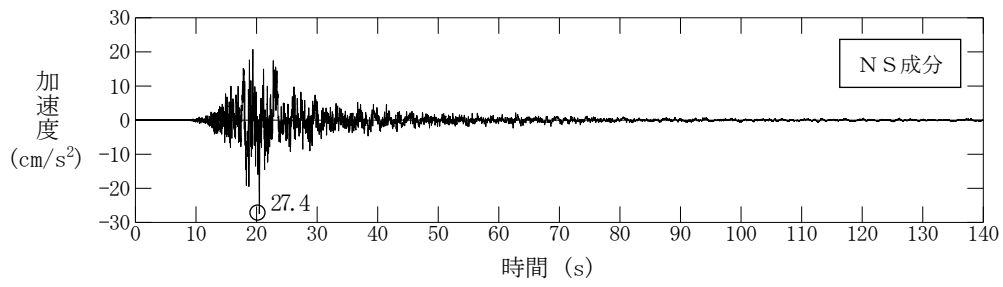


(a) 加速度時刻歴波形

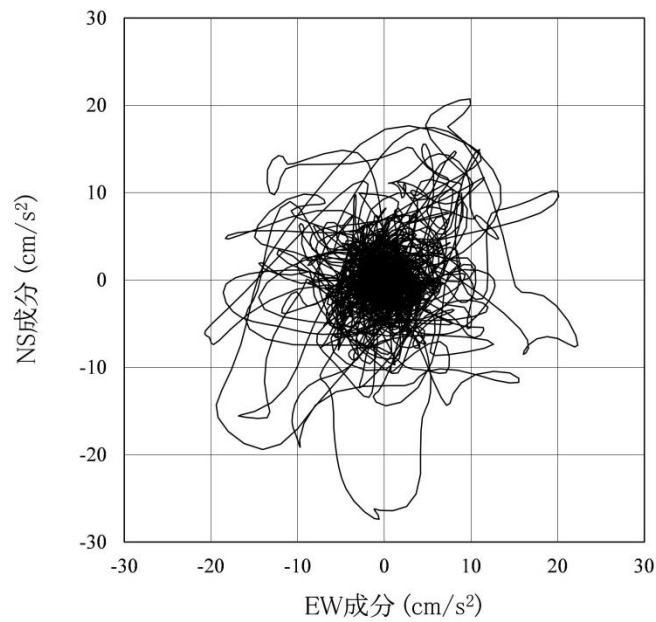


(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

図 2-1 基準地震動 S s - D



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

図2-2 2000年鳥取県西部地震観測記録  
(2号地盤の鉛直アレイ観測点 T.P. -5.0m)

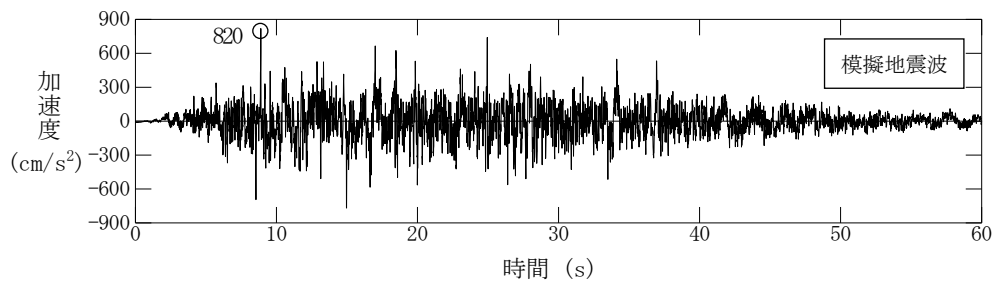
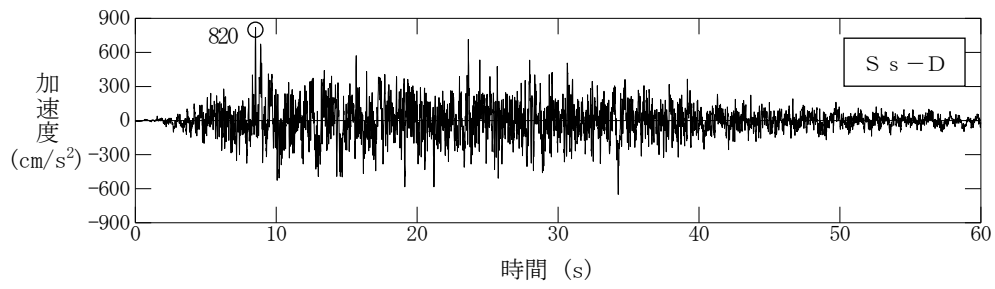
### 3. 位相特性の異なる模擬地震波の作成例

基準地震動  $S_s - D$  及び基準地震動  $S_s - D$  と位相特性の異なる模擬地震波の加速度時刻歴波形と、それぞれの地震波を 2 方向入力した場合のオービットを図 3-1 に示す。

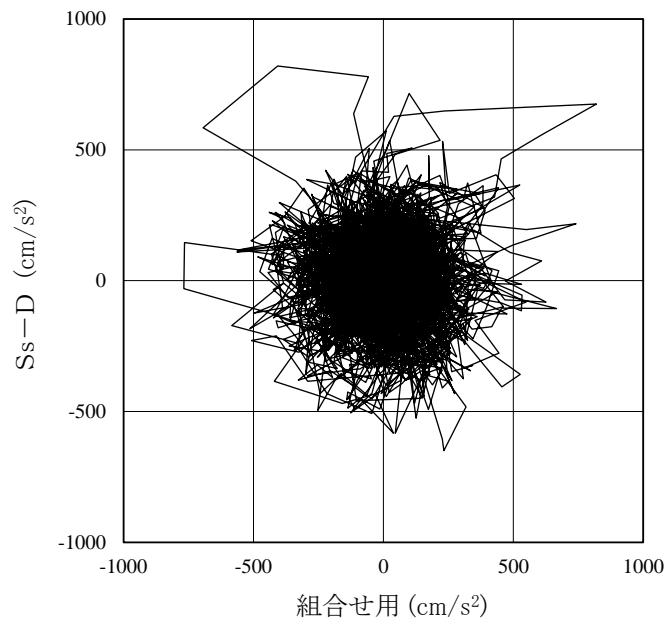
図 3-1 に示すように、基準地震動  $S_s - D$  と新たに作成した基準地震動  $S_s - D$  と位相特性の異なる模擬地震波のオービットはランダムな軌跡を示している。

また、基準地震動  $S_s - D$  及び基準地震動  $S_s - D$  と位相特性の異なる模擬地震波の応答スペクトルを図 3-2 に示す。なお、目標とする応答スペクトル値に対する、基準地震動  $S_s - D$  と位相特性の異なる模擬地震波の  $S/I$  比は 1.0 以上、応答スペクトル比は 0.85 以上である。応答スペクトル比を図 3-3 に示す。

図 3-3 に示すように、基準地震動  $S_s - D$  と新たに作成した基準地震動  $S_s - D$  と位相特性の異なる模擬地震波の応答スペクトルは、ほぼ同じである。

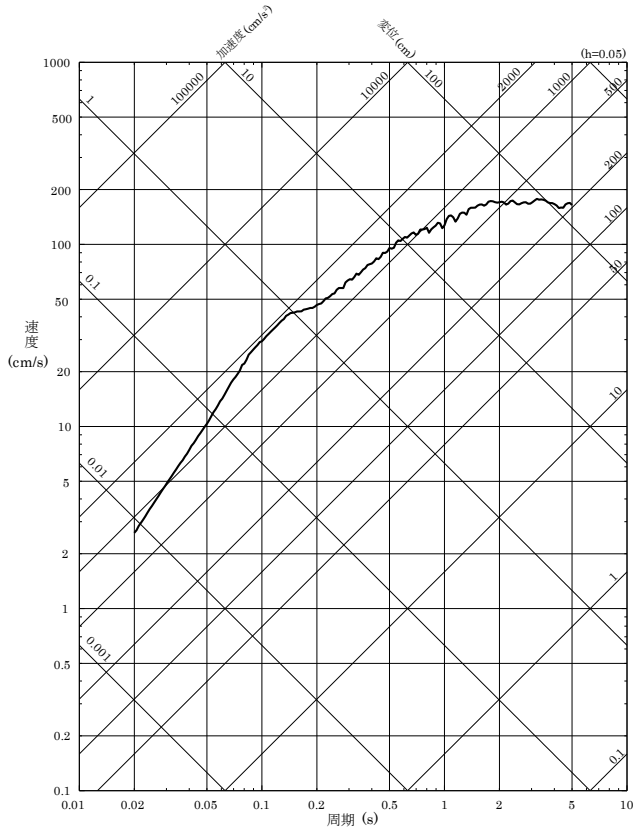


(a) 加速度時刻歴波形

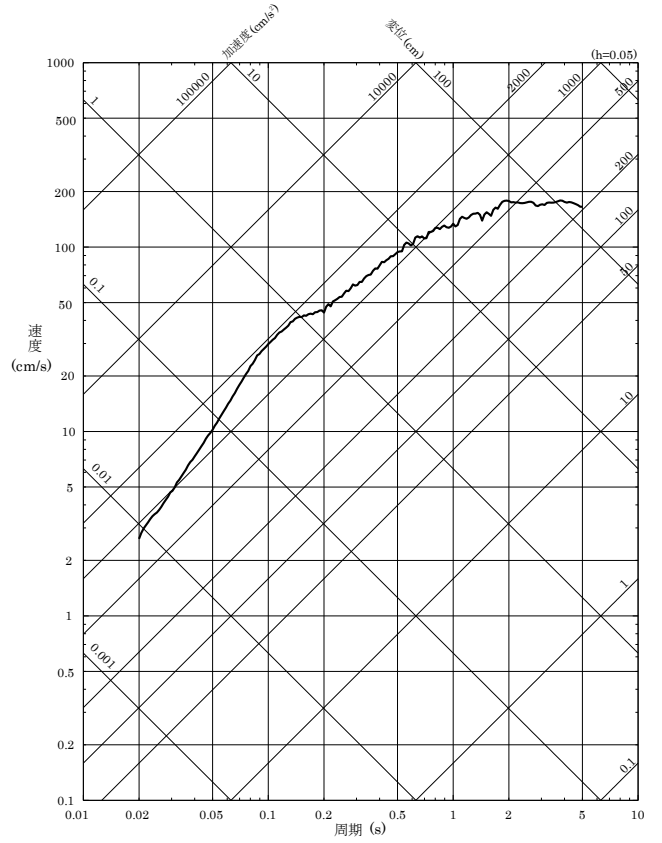


(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

図 3-1 基準地震動  $S_s - D$  及び位相特性の異なる模擬地震波



(a) 基準地震動 S s - D



(b) 基準地震動 S s - D と位相特性の異なる模擬地震波

図 3-2 応答スペクトル

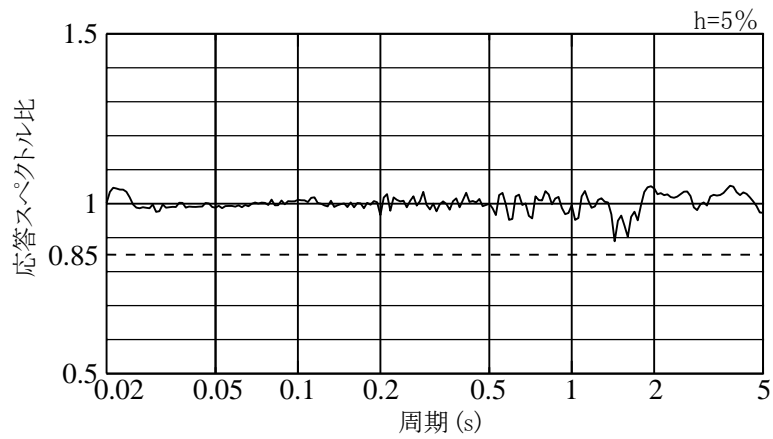


図 3-3 基準地震動 S s - D と位相特性の異なる模擬地震波の応答スペクトル比