

本資料のうち、枠囲みの内容は、営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-400-3 改2
提出年月日	平成30年6月22日

建物・構築物の地震応答解析についての補足説明資料  
補足-400-3 【地震応答解析における材料物性のばらつきに  
関する検討】

平成30年6月  
日本原子力発電株式会社

## 目 次

1. 概要
    - 1.1 検討概要
    - 1.2 検討方針
  2. 材料物性のばらつきの分析
    - 2.1 建物・構築物の剛性のばらつき
    - 2.2 地盤物性のばらつき
    - 2.3 その他の材料特性のばらつき
  3. 材料物性のばらつきを考慮した設計用地震力の設定
    - 3.1 設計用地震力の設定方法
    - 3.2 地盤物性のばらつきの設定
    - 3.3 その他の材料物性のばらつきの設定
  4. 地震応答解析による材料物性のばらつきの影響検討
    - 4.1 検討概要
    - 4.2 建物・構築物の剛性及び地盤物性のばらつきの設定
    - 4.3 ばらつきの影響検討
    - 4.4 まとめ
  5. 機器・配管系評価への影響
- 
- 別紙 1 建物・構築物の剛性のばらつきによる建物・構築物の応答への影響に関する考察
  - 別紙 2 材料物性のばらつきを考慮した検討に用いる地震動の選定について
  - 別紙 3 材料物性のばらつきを考慮した地震応答解析結果
  - 別紙 4 使用済燃料乾式貯蔵建屋等の地盤物性のばらつきについて

下線：本日まで提出資料

## 5. 機器・配管系評価への影響

### 5.1 目的

機器・配管系の評価に用いる設計用床応答曲線は、それぞれコンクリート強度を設計基準強度、地盤剛性を標準地盤としたモデル、補助壁を非考慮としたモデルの建屋応答解析による加速度応答時刻歴から求めた床応答スペクトルを建屋固有周期のシフトを考慮し、周期方向に±10%の拡幅を行っている。ここでは、第2項で示した検討ケースの影響を確認する観点から、第2項で示した検討ケースについて床応答スペクトルを作成し、±10%拡幅した設計用床応答曲線の加速度を1.5倍したもの（以下「設備評価用床応答曲線」という。）とばらつきを考慮した検討ケース（以下「ばらつきケース」という。）の床応答スペクトルとの比較を行い、機器・配管系の評価への影響について、検討するものである。

### 5.2 検討内容

#### 5.2.1 原子炉建屋床応答への影響

##### (1) 原子炉建屋床応答

原子炉建屋について、ばらつきケースの解析結果と設備評価用最大加速度と比較した結果を表 5.2.1 に、設備評価用床応答曲線と比較した結果を図 5.2.1 に示す。比較する床応答曲線については、機器・配管系として溶接構造物、配管系等の耐震計算に一般的に適用する減衰定数 1.0%を用いる。

表 5.2.1 に示すように設備評価用最大加速度は、ばらつきケースの最大加速度を包絡していることを確認した。

また、図 5.2.1 に示すとおり設備評価用床応答曲線との比較では、一部標高において、ばらつきケースの床応答スペクトルがスパイク上のピークにより設備評価用床応答曲線を僅かに上回る応答が認められるが、当該周期帯に固有周期を有する設備がないことを確認した。

##### (2) 原子炉格納容器，原子炉压力容器，原子炉压力容器内構造物等の応答

原子炉格納容器，原子炉压力容器，原子炉压力容器内構造物等の大型機器の地震荷重については、材料物性のばらつきを考慮した建屋－機器連成解析を実施し、その結果を踏まえて 1.5 倍した設備評価用の地震荷重を設定していることから、材料物性のばらつきに対する影響はない。

また、建屋－機器連成解析結果により作成した設備評価用床応答曲線とばらつきケースの床応答スペクトルと比較した結果を図 5.2.2 に示す。図 5.2.2 に示すとおり一部標高において、ばらつきケースの床応答スペクトルが設備評価用床応答曲線を僅かに上回る応答が認められるが、当該周期帯に固有周期を有する設備がないことを確認した。

### (3) 原子炉建屋内施設相対変位への影響

相対変位を考慮しているSクラス配管のうち系統ごとに一次+二次応力評価が最も厳しいものを抽出し、そのうち原子炉建屋間の相対変位の比が最も厳しいものについて、不確かさを考慮したケースについて検討した。

各ケースで算出した原子炉建屋間の相対変位のうち最大値と今回工認で機器評価に用いているモデルから算出した相対変位を比較したものを表 5.2.1 (追而) に示す。

## 5.3 考察

原子炉建屋の材料物性のばらつき等を考慮した検討ケースでは、周期方向に10%の拡幅した設備評価用床応答曲線に概ねカバーされていること確認した。一部の周期帯において設備評価用床応答曲線を超えるスパイク状のピークが認められるが、応答増幅が狭い周期範囲に限られることから、耐震設計において考慮が必要な応答ではないと判断される。また、ばらつきケースの床応答スペクトルが設備評価用床応答曲線を超える周期帯に、各設備の固有周期が有しないことを確認した。

## 5.4 まとめ

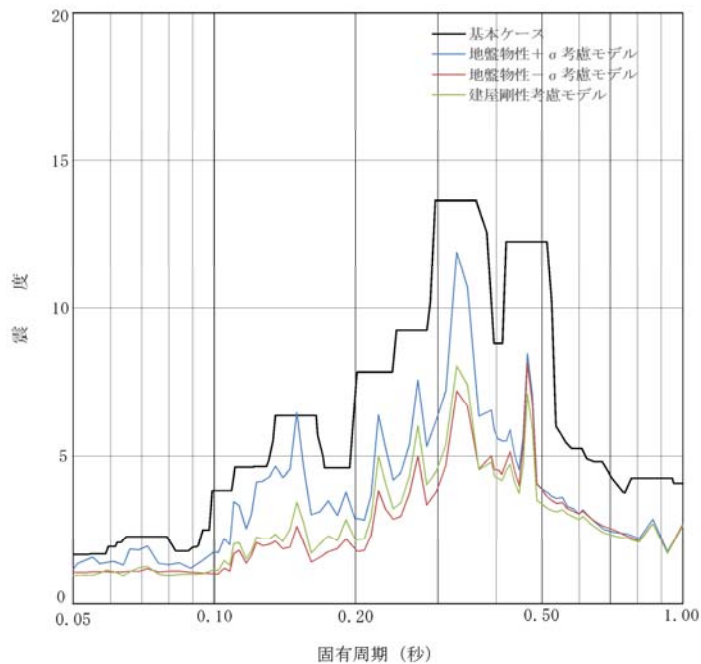
機器・配管系の評価への影響については、周期方向に±10%の拡幅した設計用床応答曲線におおむねカバーされていることを確認した。一部の周期帯においてはスパイク状のピークが認められたが、この応答増幅が狭い周期範囲に限られること、加速度増加も僅かであることから有意な影響でないと判断される。また、相対変位については、設備の耐震安全性に有意な影響を与えない。

表 5.2.1 基準地震動  $S_s$  における基本ケース×1.5倍とばらつきケースとの比較 (水平)

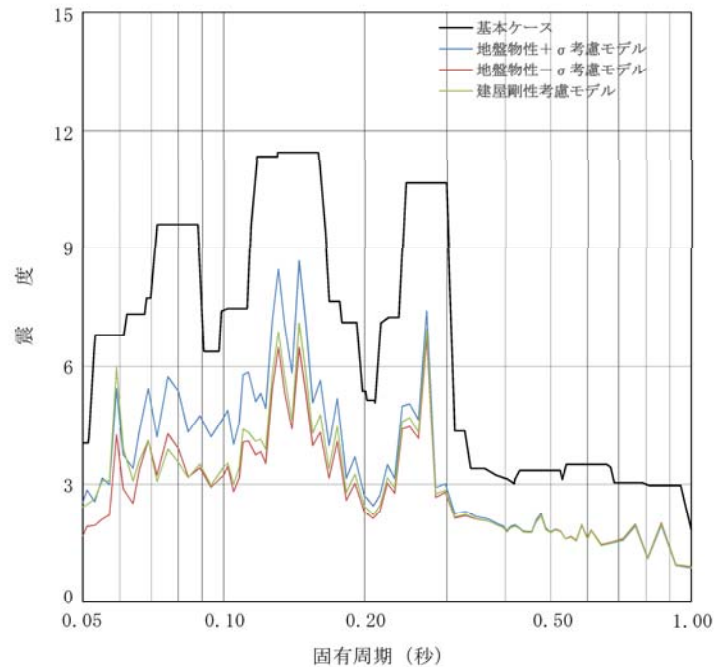
EL. (m)	基本ケース ZPA×1.5	ばらつきケース		
		地盤物性+ $\sigma$ 考慮モデル	地盤物性- $\sigma$ 考慮モデル	建屋剛性 考慮モデル
46.50	1.46	1.05	0.97	0.93
38.80	1.40	0.99	0.93	0.85
34.70	1.37	0.98	0.91	0.81
29.00	1.29	0.91	0.85	0.75
20.30	1.11	0.81	0.73	0.67
14.00	0.95	0.69	0.61	0.62
8.20	0.92	0.61	0.55	0.57
2.00	0.80	0.58	0.51	0.52
-4.00	0.72	0.52	0.42	0.47

表 5.2.1 基準地震動  $S_s$  における基本ケース×1.5倍とばらつきケースとの比較 (鉛直)

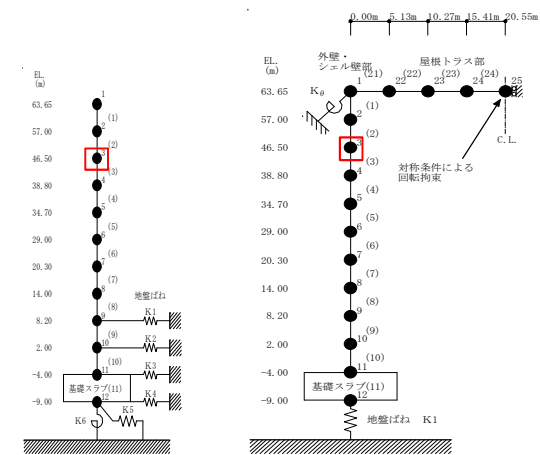
EL. (m)	基本ケース ZPA×1.5	ばらつきケース		
		地盤物性+ $\sigma$ 考慮モデル	地盤物性- $\sigma$ 考慮モデル	建屋剛性 考慮モデル
46.50	1.26	0.94	0.75	0.80
38.80	1.20	0.89	0.71	0.76
34.70	1.11	0.82	0.66	0.70
29.00	0.98	0.71	0.57	0.62
20.30	0.84	0.62	0.52	0.56
14.00	0.83	0.59	0.49	0.56
8.20	0.80	0.58	0.47	0.54
2.00	0.77	0.55	0.46	0.50
-4.00	0.75	0.54	0.44	0.48



床応答スペクトル (水平方向 h=1.0%)



床応答スペクトル (鉛直方向 h=1.0%)



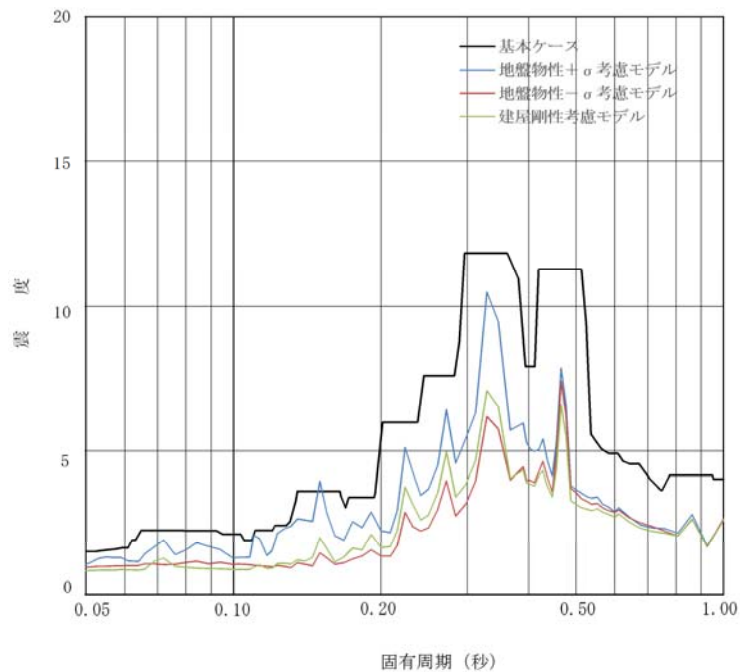
水平方向モデル図

鉛直方向モデル図

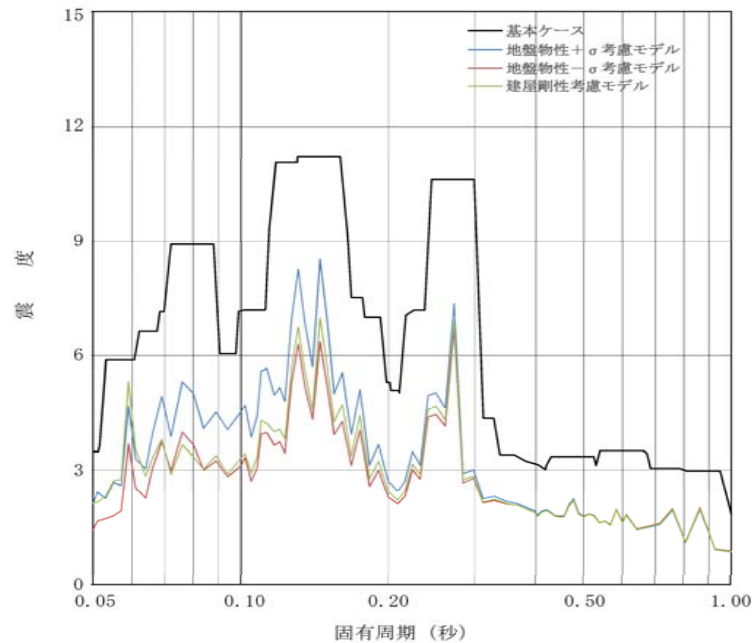
【EL. 46.5 m 応答スペクトルの説明】

	固有周期 (秒)	説明
水平	0.149~0.151	ばらつきケースの応答が超過している周期帯に固有周期がある設備はない。
鉛直	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。

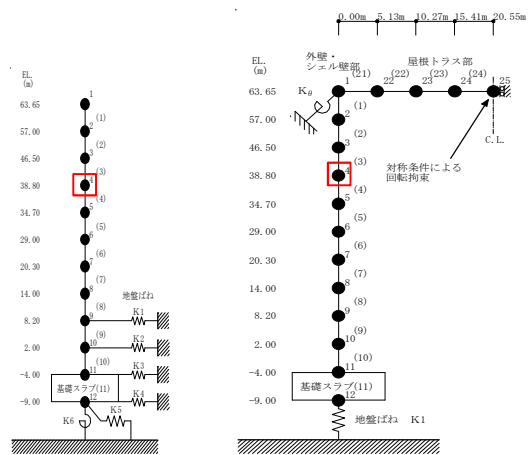
図5-2-1 (1) 建屋床応答への影響 (EL. 46.5 m)



床応答スペクトル (水平方向 h=1.0%)



床応答スペクトル (鉛直方向 h=1.0%)



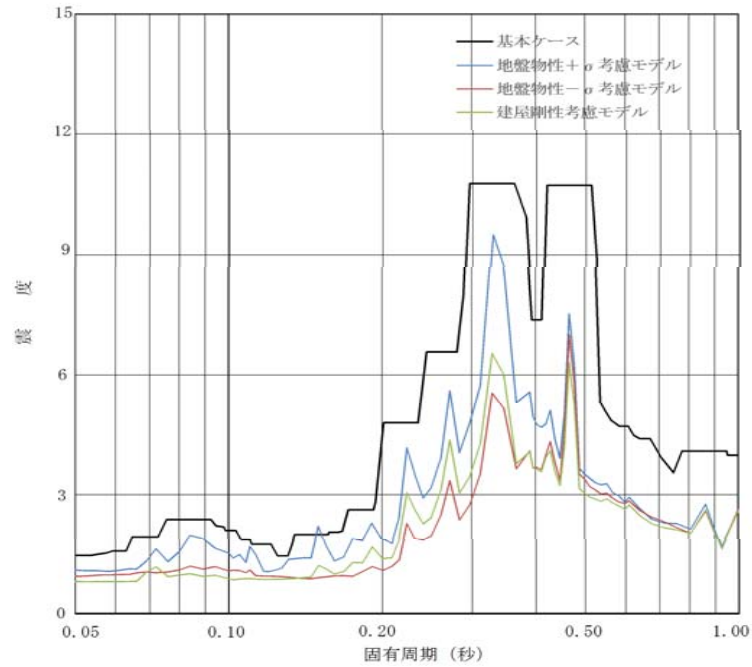
水平方向モデル図

鉛直方向モデル図

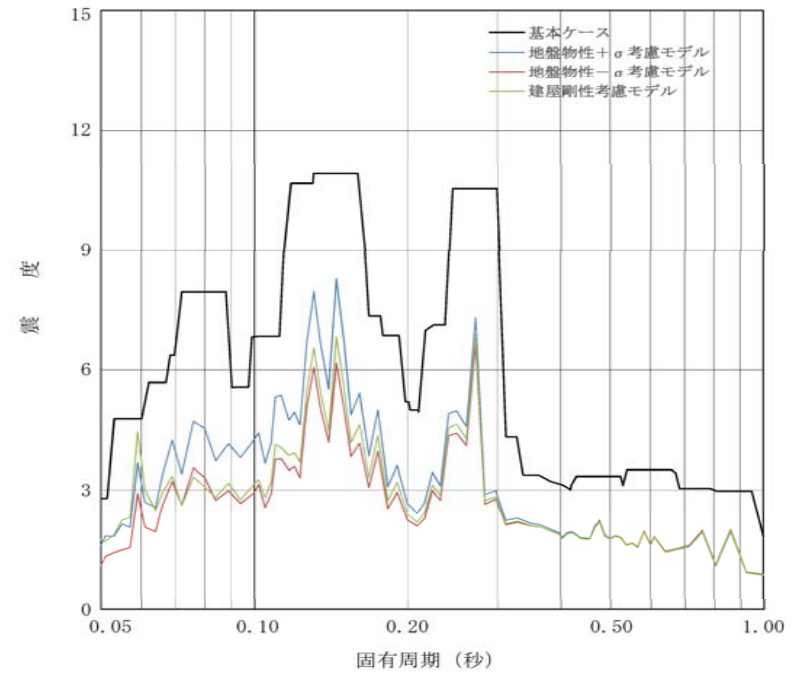
【EL. 38.8 m 応答スペクトルの説明】

	固有周期 (秒)	説明
水平	0.148~0.152	ばらつきケースの応答が超過している周期帯に固有周期がある設備はない。
鉛直	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。

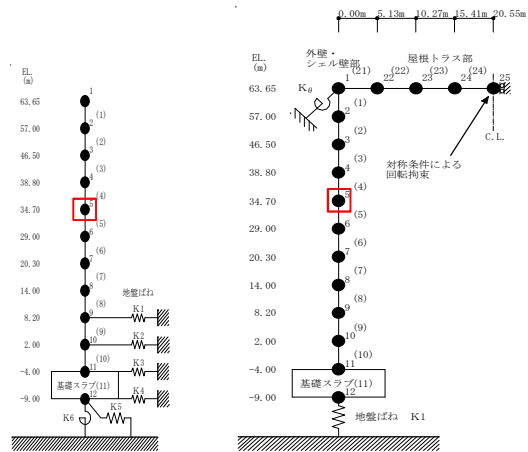
図5-2-1 (2) 建屋床応答への影響 (EL. 38.8 m)



床応答スペクトル (水平方向 h=1.0%)



床応答スペクトル (鉛直方向 h=1.0%)



水平方向モデル図

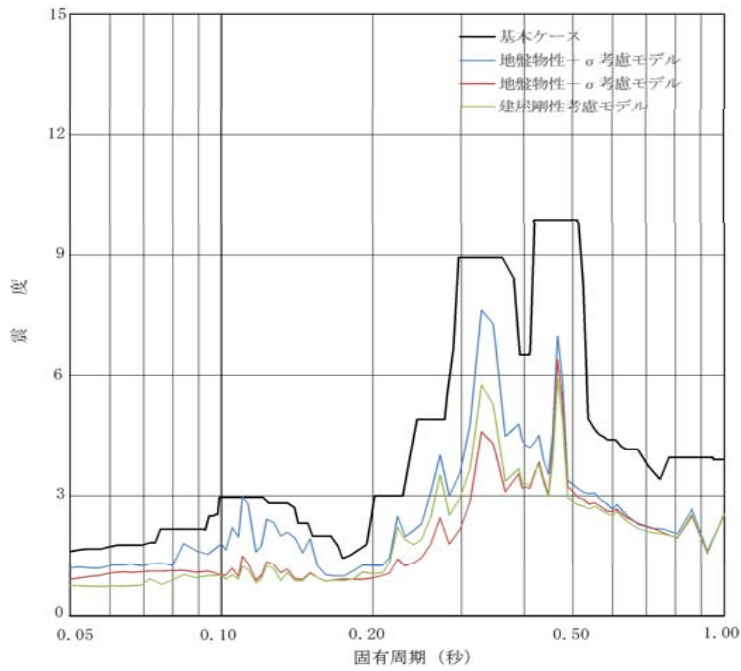
鉛直方向モデル図

【EL. 34.7 m 応答スペクトルの説明】

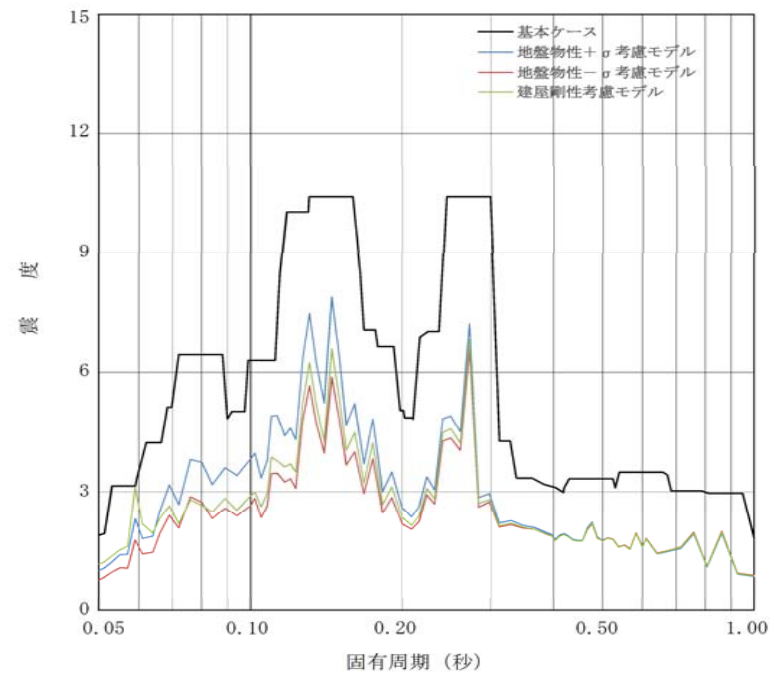
	固有周期 (秒)	説明
水平	0.148~0.153	ばらつきケースの応答が超過している周期帯に固有周期がある設備はない。
鉛直	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。

図5-2-1 (3) 建屋床応答への影響 (EL. 34.7 m)

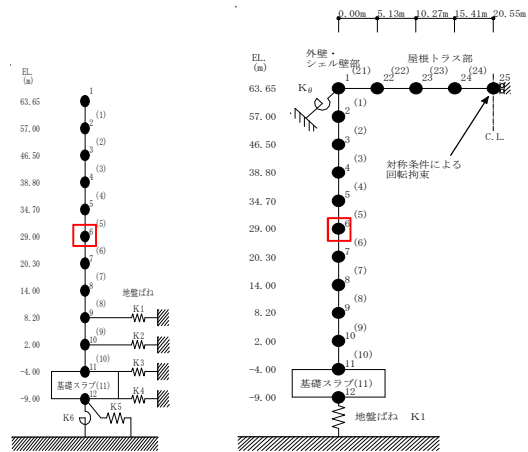




床応答スペクトル (水平方向 h=1.0%)



床応答スペクトル (鉛直方向 h=1.0%)



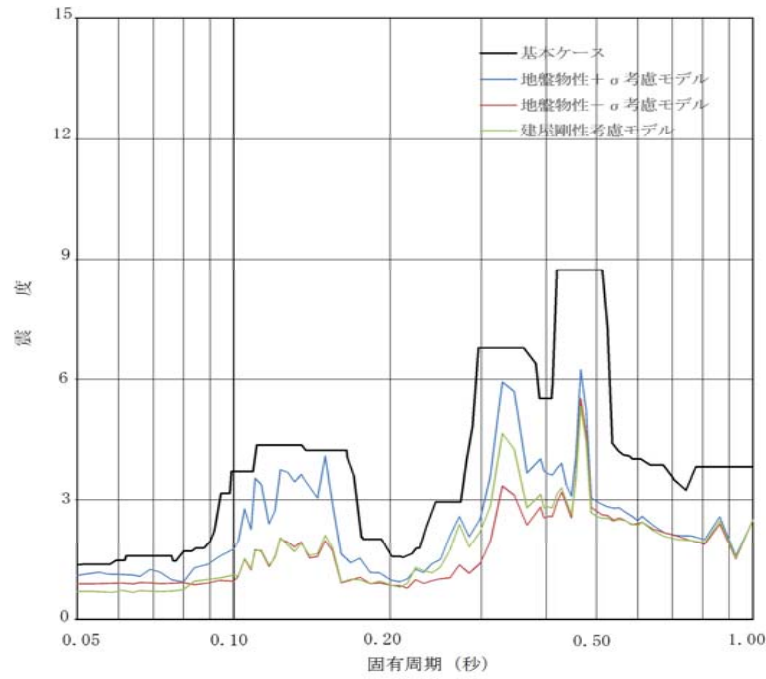
水平方向モデル図

鉛直方向モデル図

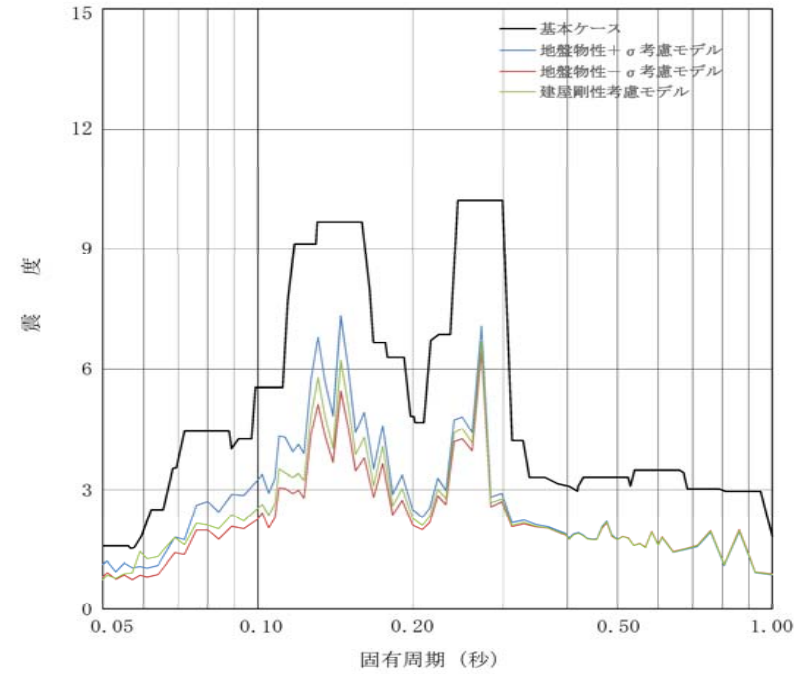
【EL. 29.0 m 応答スペクトルの説明】

	固有周期 (秒)	説明
水平	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。
鉛直	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。

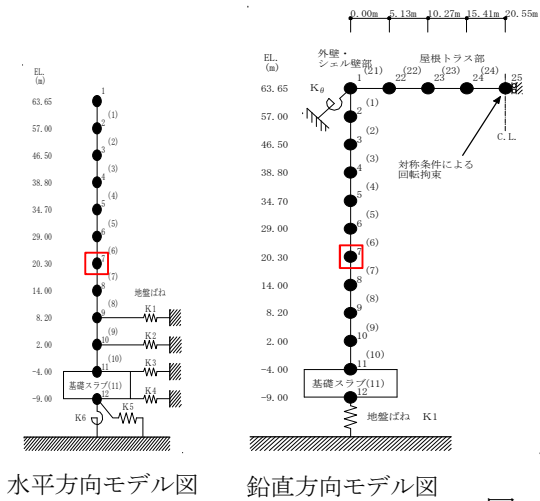
図5-2-1 (4) 建屋床応答への影響 (EL. 29.0 m)



床応答スペクトル (水平方向 h=1.0%)



床応答スペクトル (鉛直方向 h=1.0%)



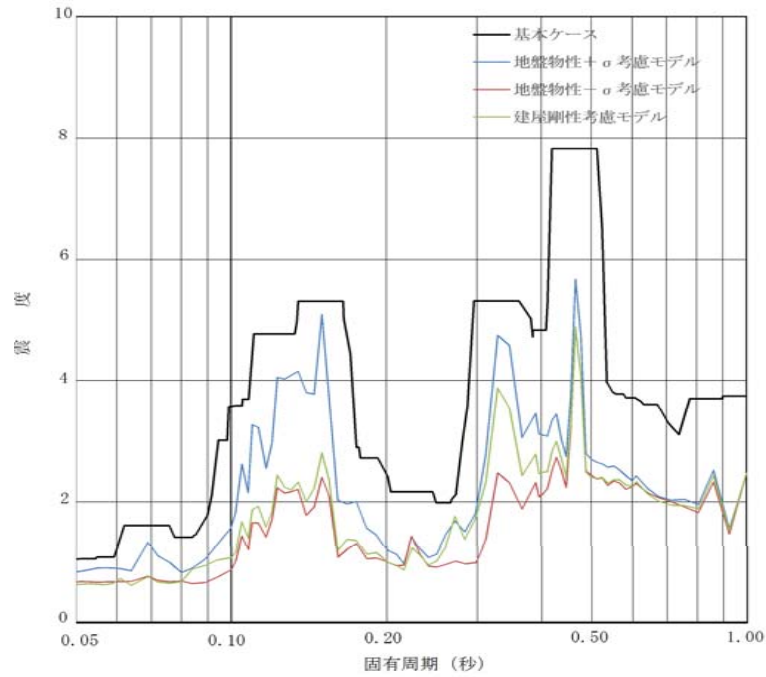
水平方向モデル図

鉛直方向モデル図

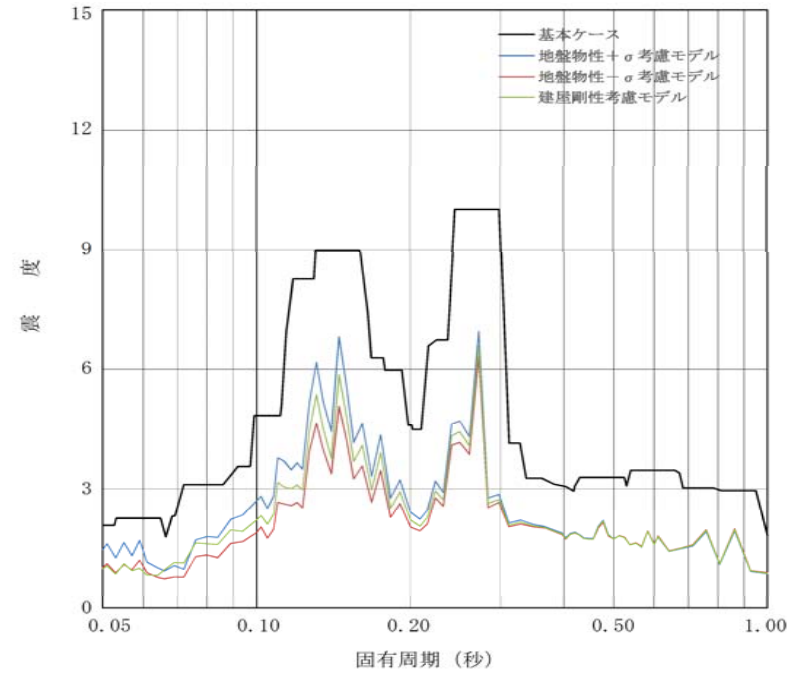
【EL. 20.3 m 応答スペクトルの説明】

	固有周期 (秒)	説明
水平	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。
鉛直	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。

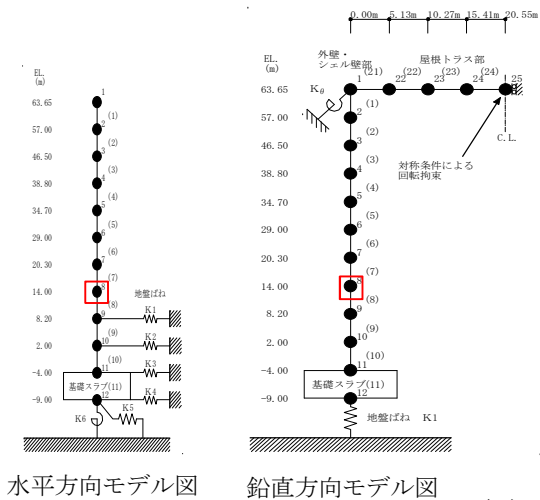
図5-2-1 (5) 建屋床応答への影響 (EL. 20.3 m)



床応答スペクトル (水平方向 h=1.0%)



床応答スペクトル (鉛直方向 h=1.0%)



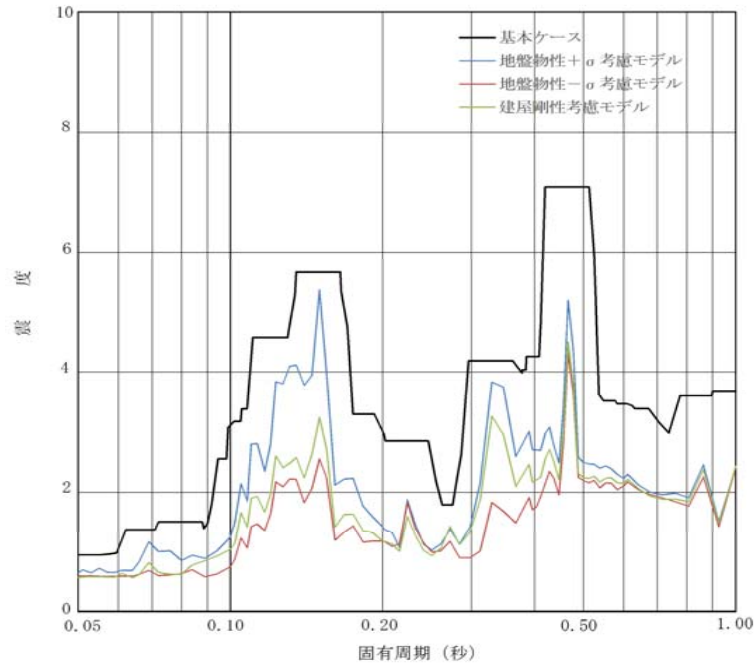
水平方向モデル図

鉛直方向モデル図

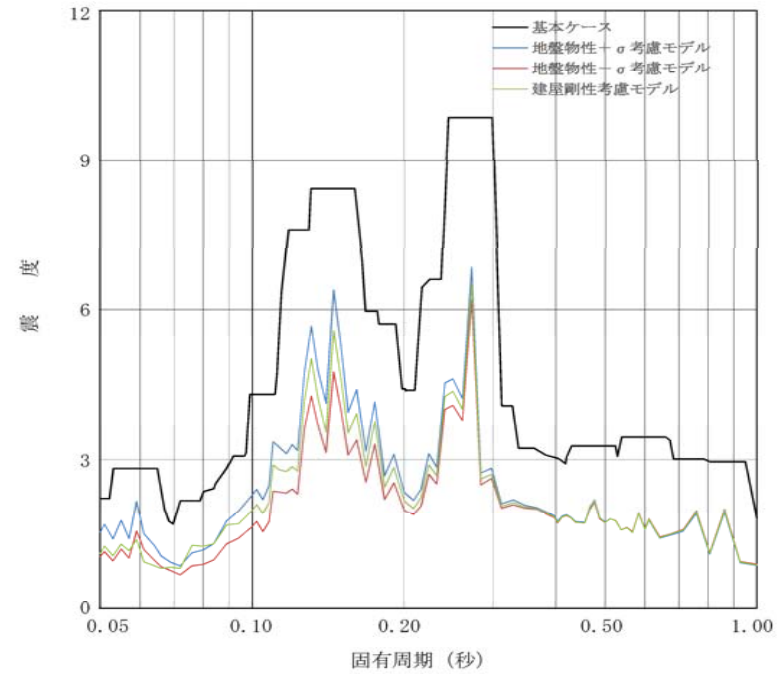
【EL. 14.0 m 応答スペクトルの説明】

	固有周期 (秒)	説明
水平	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。
鉛直	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。

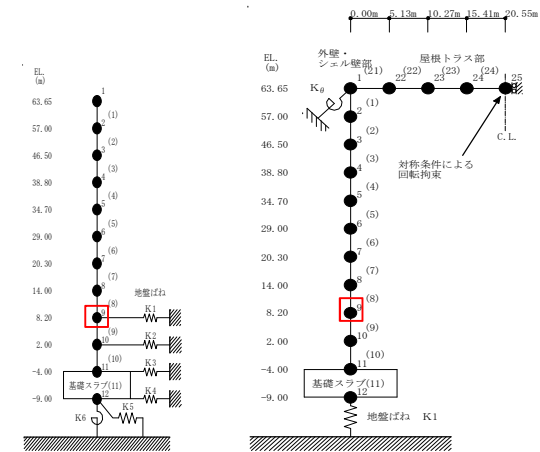
図5-2-1 (6) 建屋床応答への影響 (EL. 14.0 m)



床応答スペクトル (水平方向 h=1.0%)



床応答スペクトル (鉛直方向 h=1.0%)



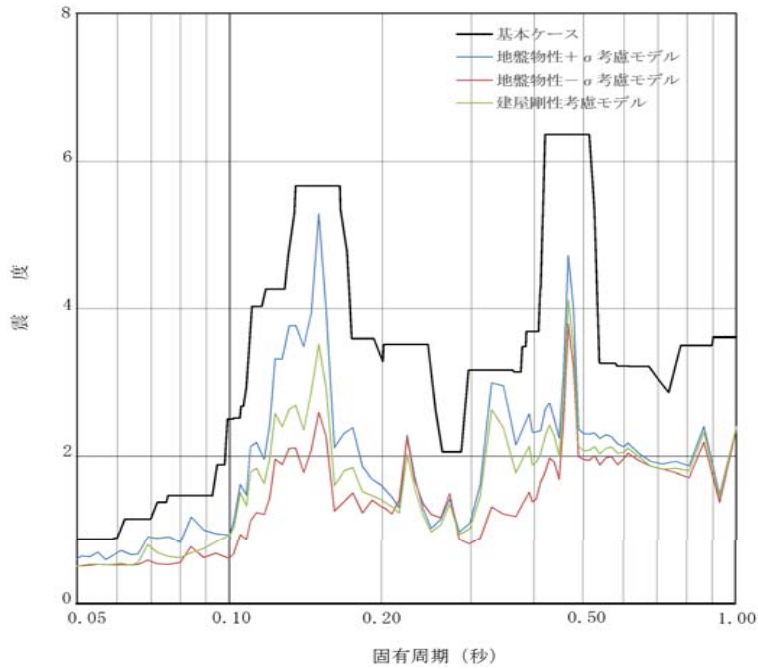
水平方向モデル図

鉛直方向モデル図

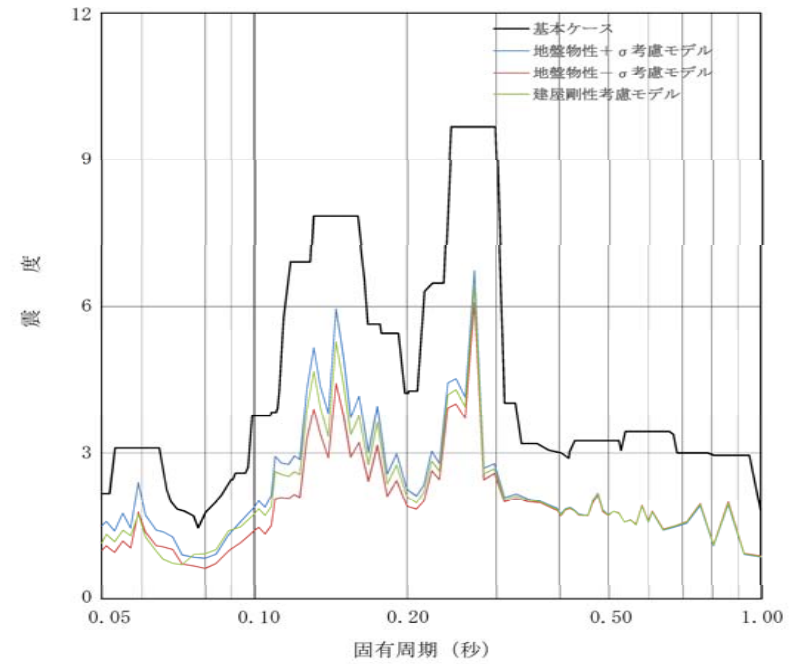
【EL. 8.2 m 応答スペクトルの説明】

	固有周期 (秒)	説明
水平	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。
鉛直	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。

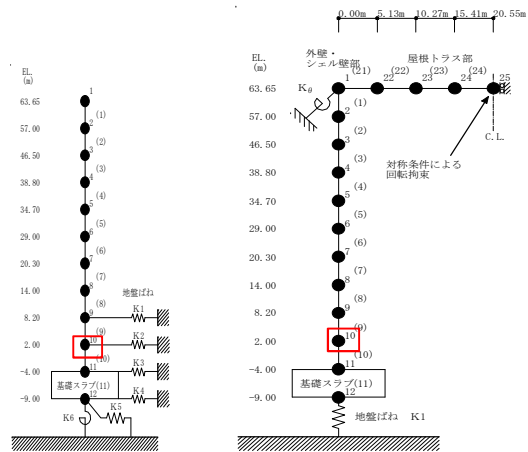
図5-2-1 (7) 建屋床応答への影響 (EL. 8.2 m)



床応答スペクトル (水平方向 h=1.0%)



床応答スペクトル (鉛直方向 h=1.0%)



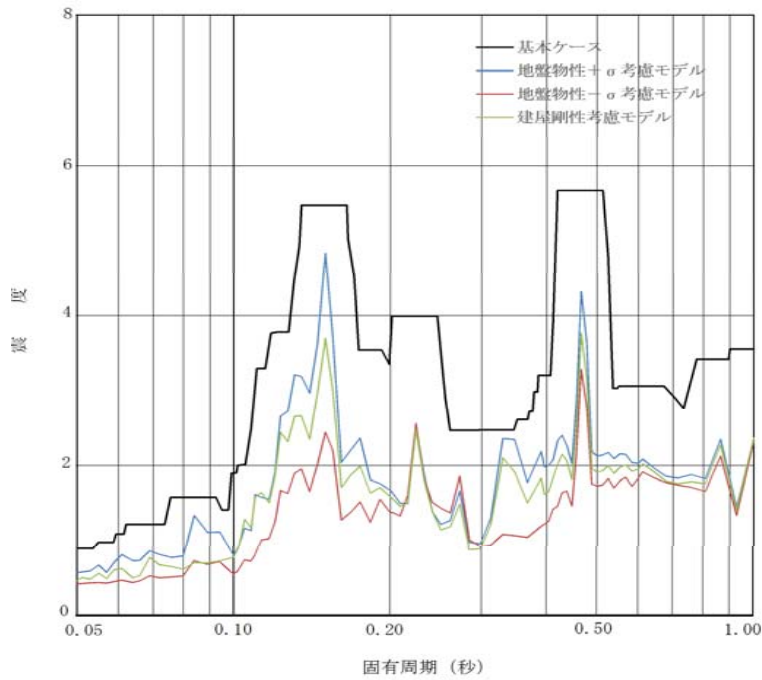
水平方向モデル図

鉛直方向モデル図

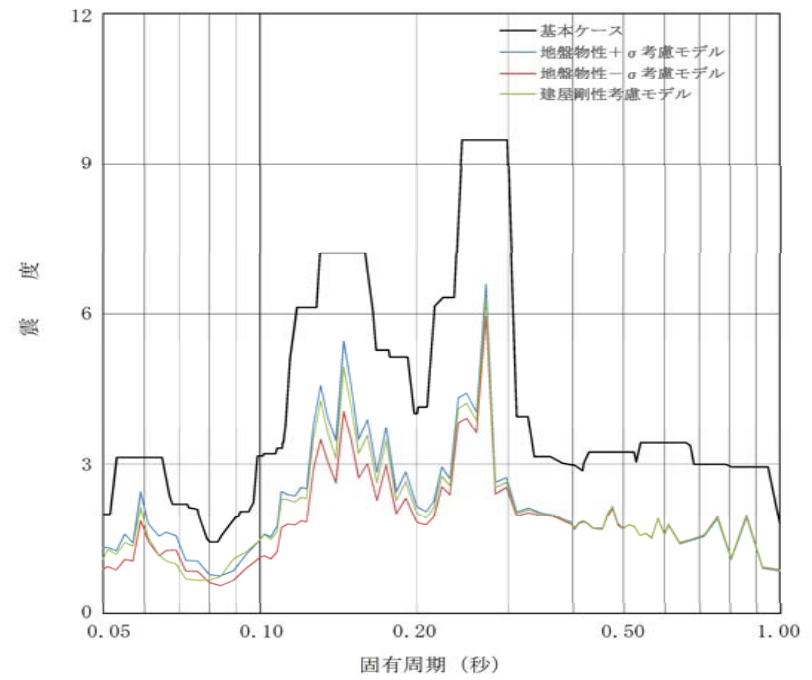
【EL. 2.0 m 応答スペクトルの説明】

	固有周期 (秒)	説明
水平	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。
鉛直	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。

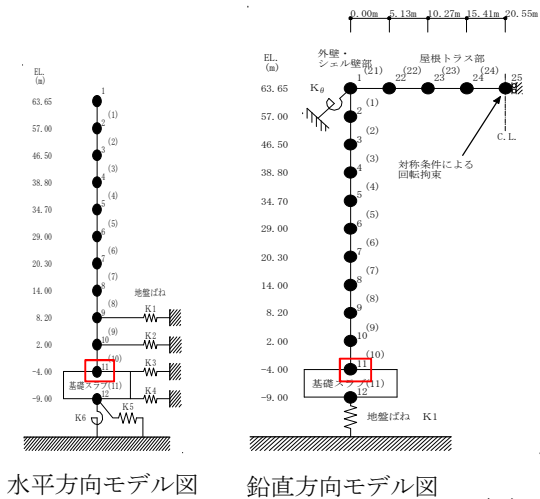
図5-2-1 (8) 建屋床応答への影響 (EL. 2.0 m)



床応答スペクトル (水平方向 h=1.0%)



床応答スペクトル (鉛直方向 h=1.0%)



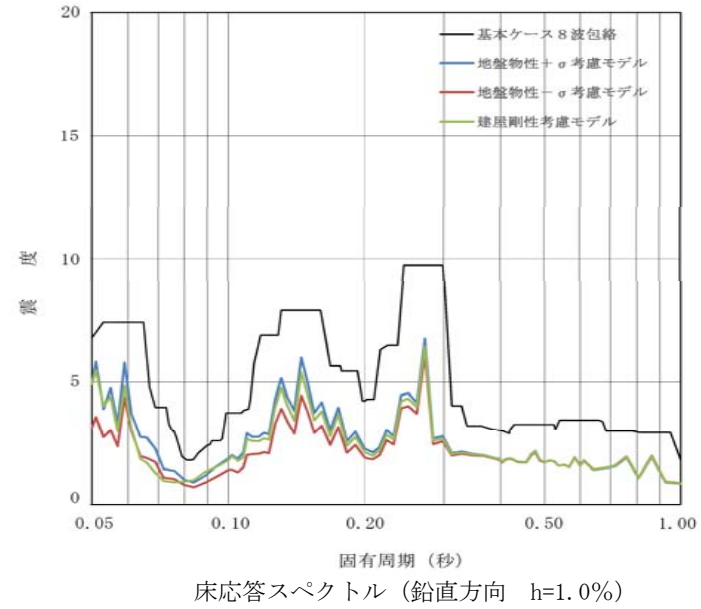
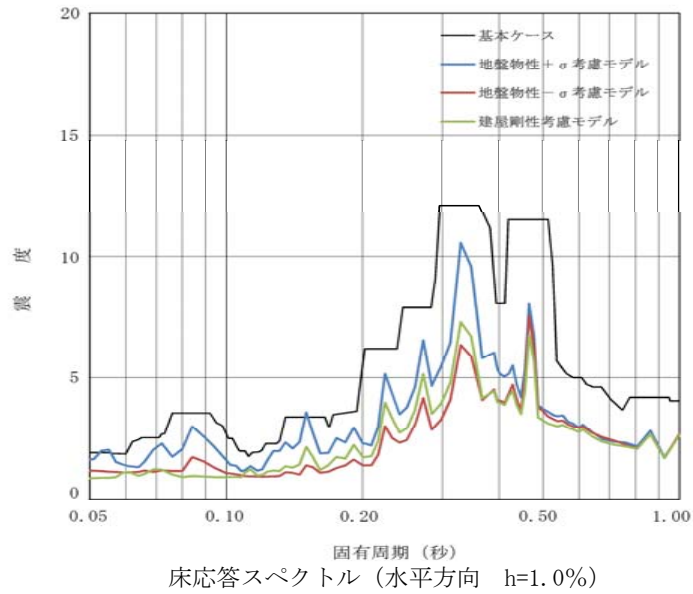
水平方向モデル図

鉛直方向モデル図

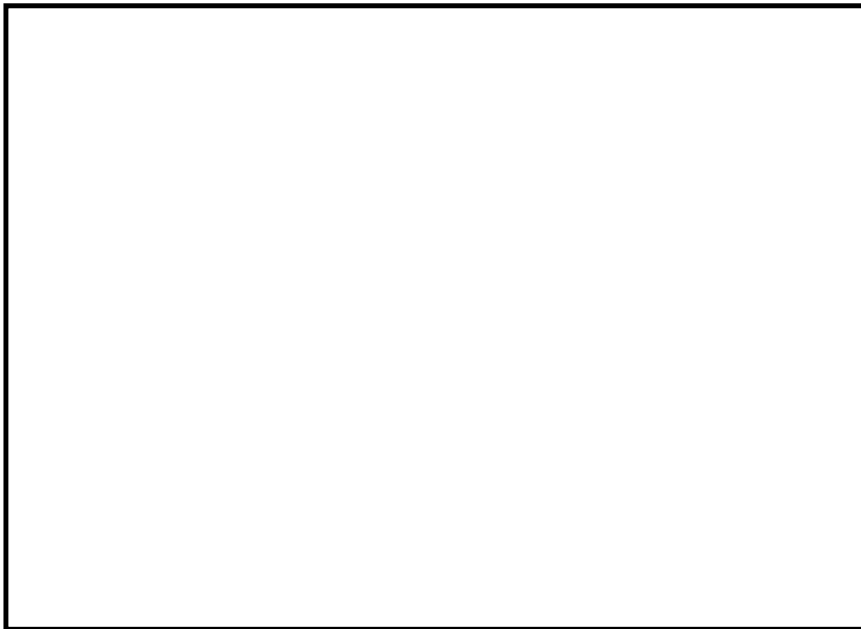
【EL. -4.0 m 応答スペクトルの説明】

	固有周期 (秒)	説明
水平	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。
鉛直	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。

図5-2-1 (9) 建屋床応答への影響 (EL. -4.0 m)



76



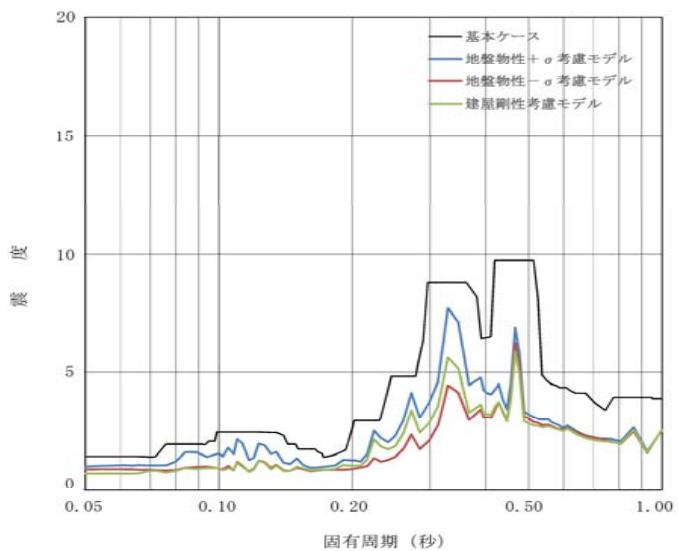
水平方向モデル図

鉛直方向モデル図

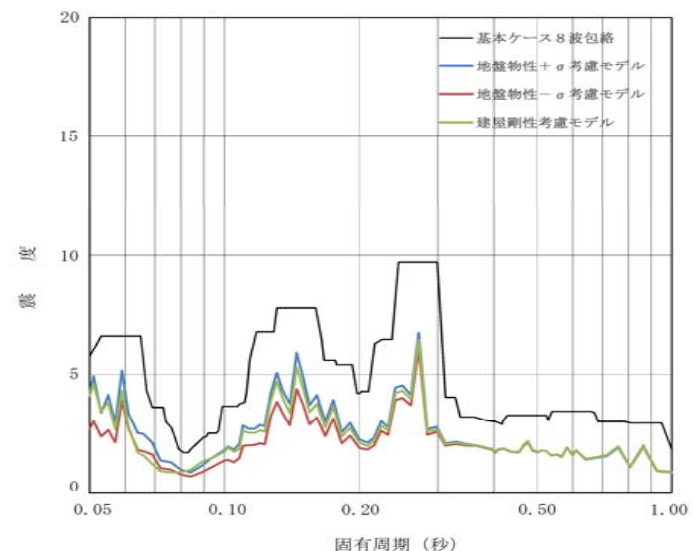
【EL. 39.431 m 応答スペクトルの説明】

	固有周期 (秒)	説明
水平	0.052~0.056 0.149~0.152	ばらつきケースの応答が超過している周期帯に固有周期がある設備はない。
鉛直	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。

図5-2-2 (1) 原子炉格納容器内床応答への影響 (EL. 39.431 m)

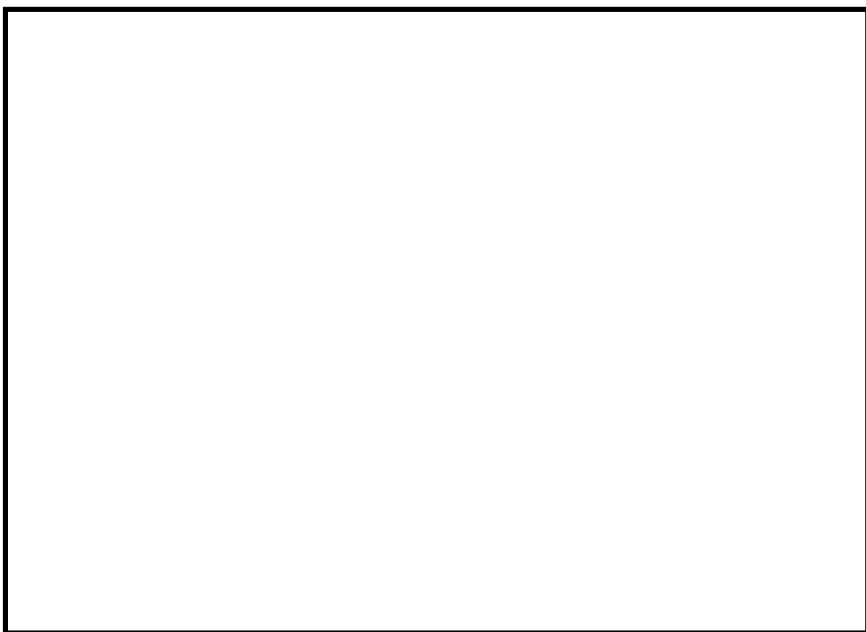


床応答スペクトル (水平方向 h=1.0%)



床応答スペクトル (鉛直方向 h=1.0%)

77



水平方向モデル図

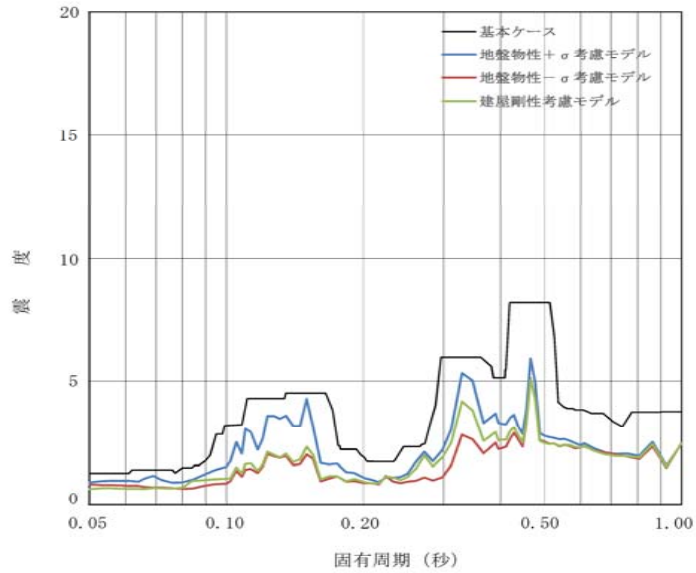
鉛直方向モデル図

【EL. 27.432 m 応答スペクトルの説明】

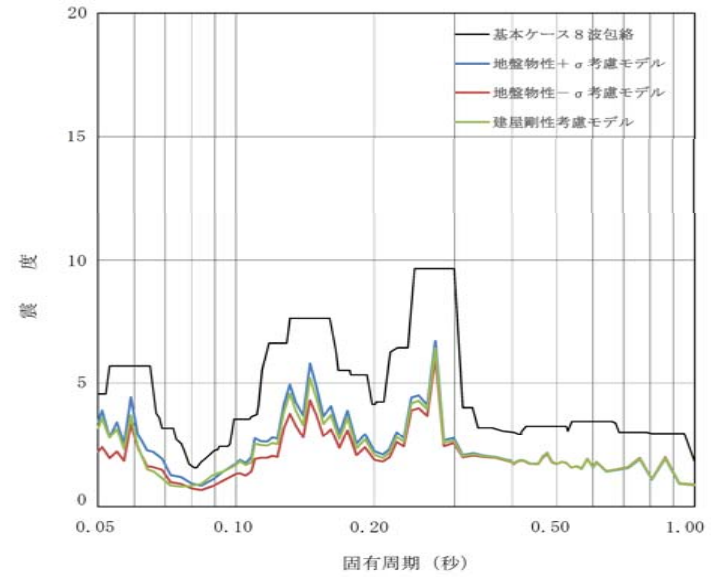
	固有周期 (秒)	説明
水平	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。
鉛直	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。

図5-2-2 (2) 原子炉格納容器内応答への影響 (EL. 27.432 m)

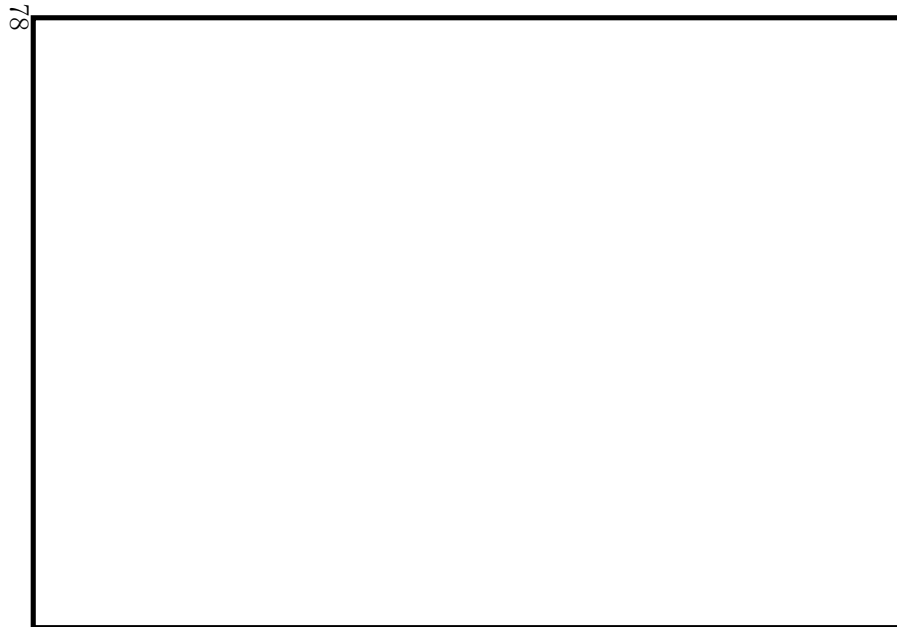




床応答スペクトル（水平方向 h=1.0%）



床応答スペクトル（鉛直方向 h=1.0%）



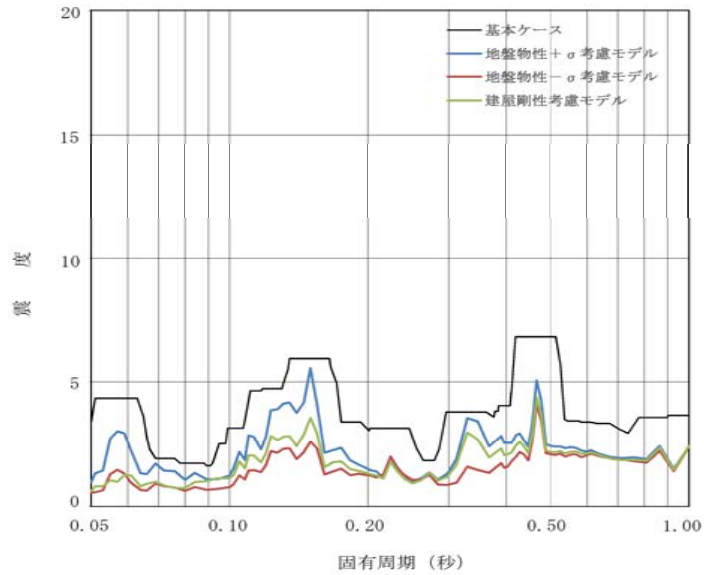
水平方向モデル図

鉛直方向モデル図

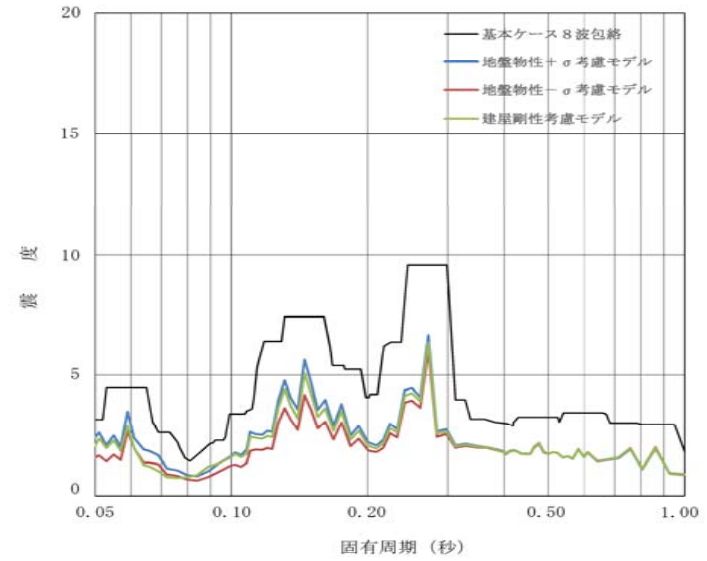
【EL. 16. 319 m 応答スペクトルの説明】

	固有周期 (秒)	説明
水平	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。
鉛直	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。

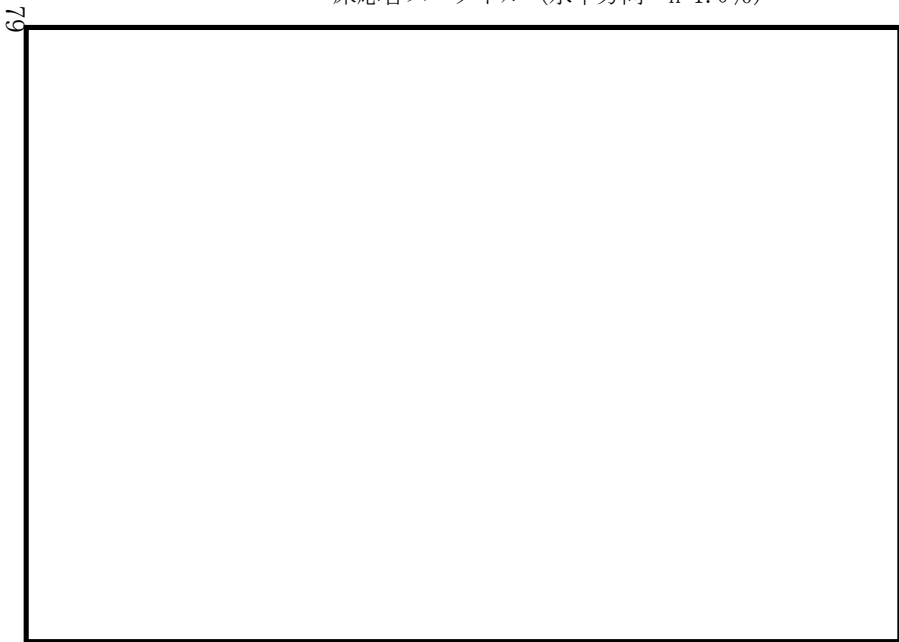
図5-2-2 (3) 原子炉格納容器内床応答への影響 (EL. 16. 319 m)



床応答スペクトル (水平方向 h=1.0%)



床応答スペクトル (鉛直方向 h=1.0%)



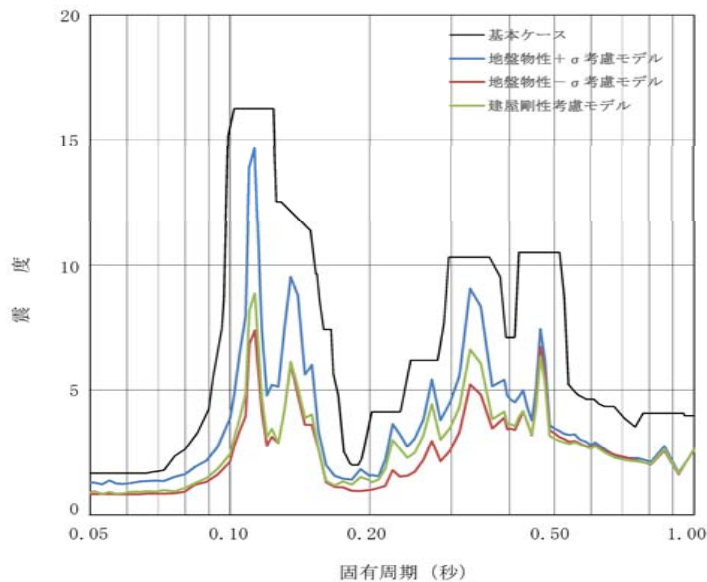
水平方向モデル図

鉛直方向モデル図

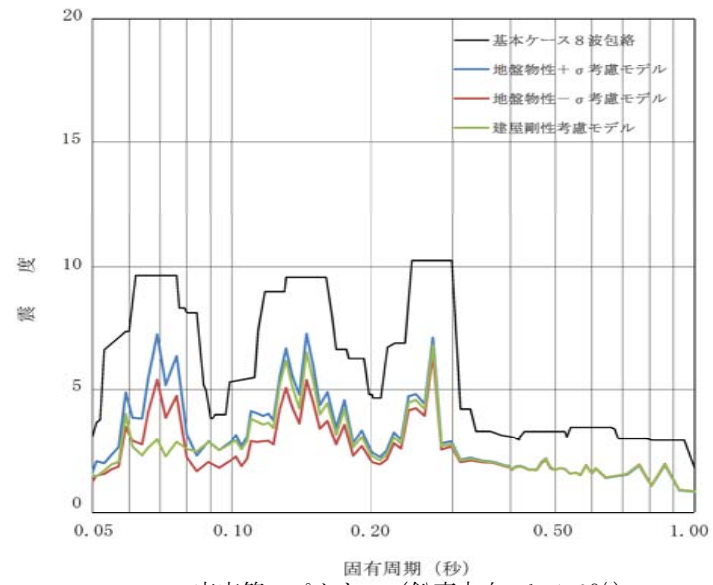
【EL. 5.141 m 応答スペクトルの説明】

	固有周期 (秒)	説明
水平	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。
鉛直	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。

図5-2-2 (4) 原子炉格納容器内床応答への影響 (EL. 5.141 m)



床応答スペクトル (水平方向 h=1.0%)



床応答スペクトル (鉛直方向 h=1.0%)

8



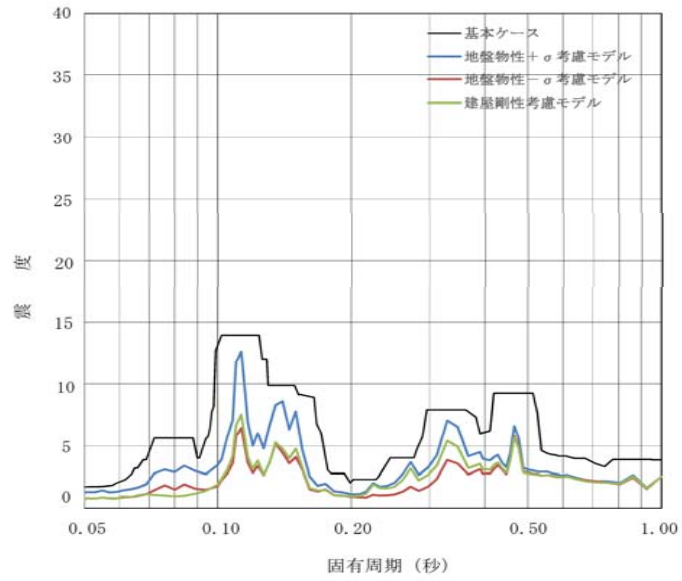
水平方向モデル図

鉛直方向モデル図

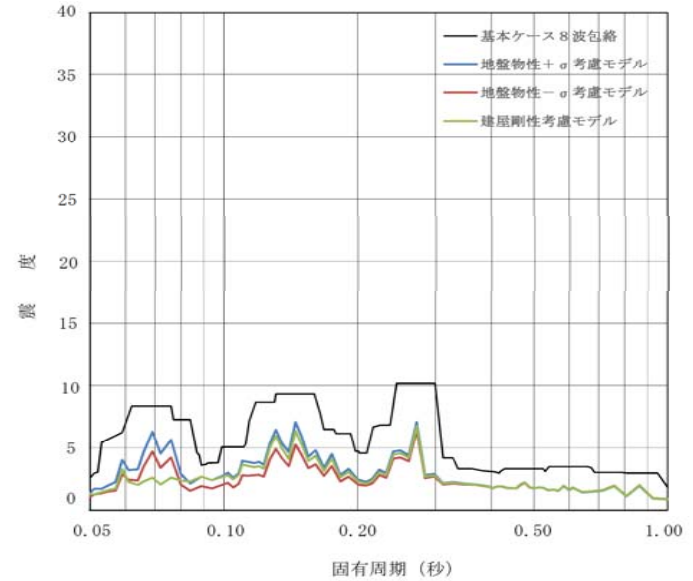
【EL. 28.308 m 応答スペクトルの説明】

	固有周期 (秒)	説明
水平	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。
鉛直	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。

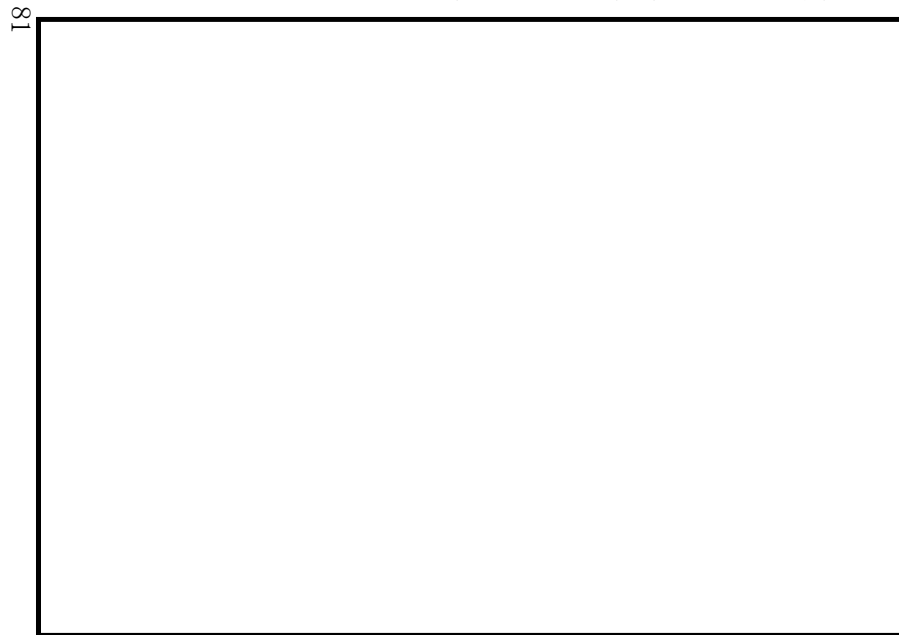
図5-2-2 (5) 原子炉格納容器内床応答への影響 (EL. 28.308 m)



床応答スペクトル (水平方向 h=1.0%)



床応答スペクトル (鉛直方向 h=1.0%)



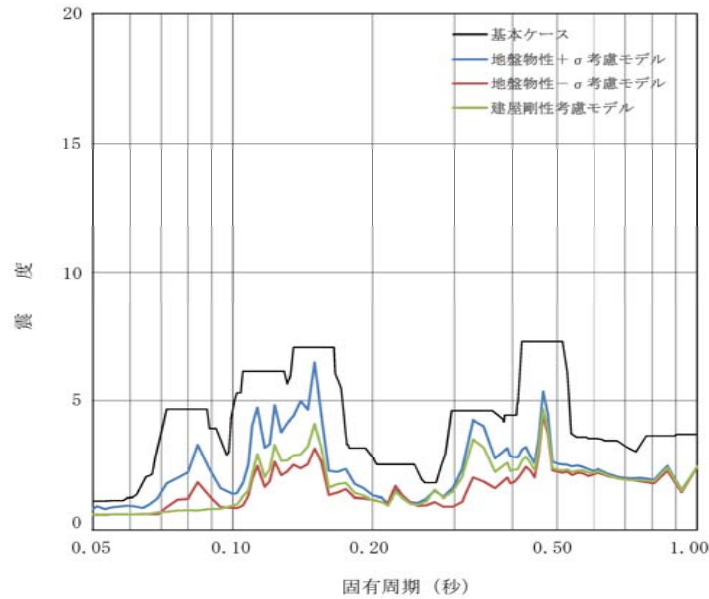
水平方向モデル図

鉛直方向モデル図

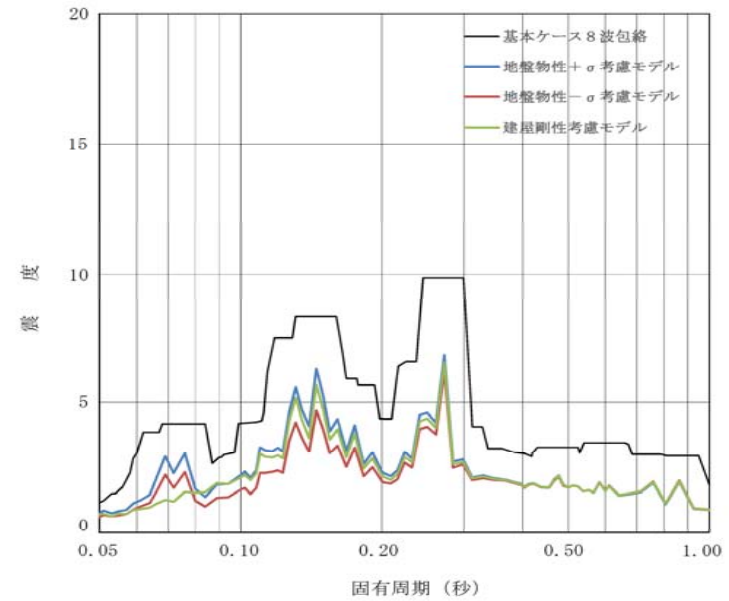
【EL. 19.856 m 応答スペクトルの説明】

	固有周期 (秒)	説明
水平	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。
鉛直	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。

図5-2-2 (6) 原子炉格納容器内床応答への影響 (EL. 19.856 m)

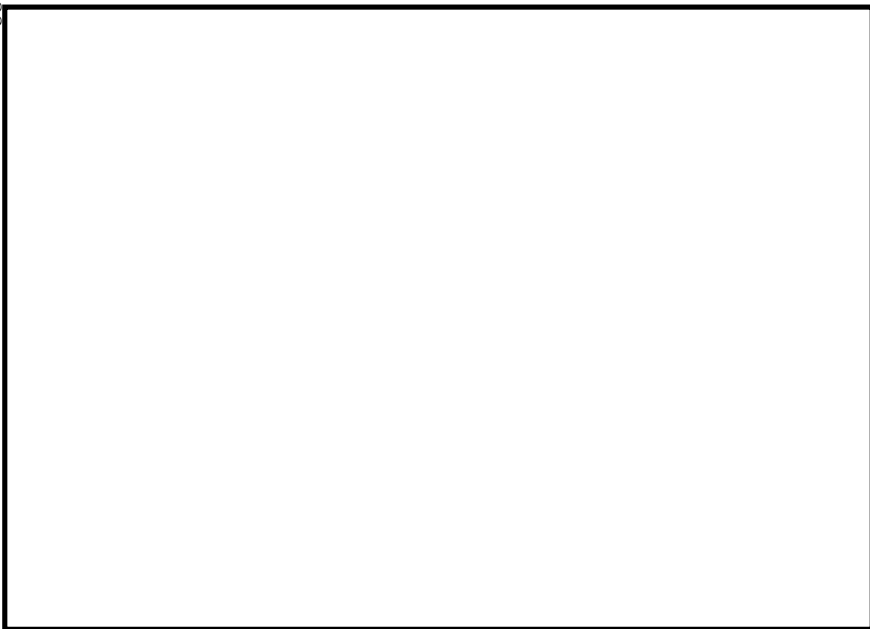


床応答スペクトル (水平方向 h=1.0%)



床応答スペクトル (鉛直方向 h=1.0%)

82



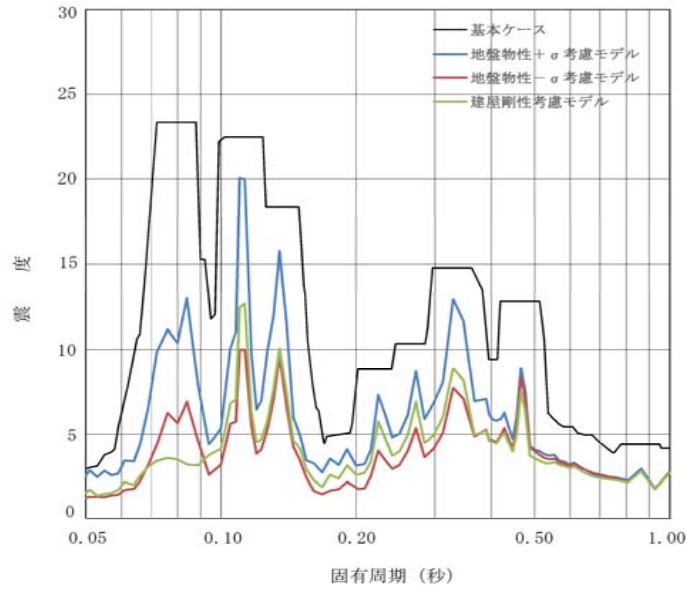
水平方向モデル図

鉛直方向モデル図

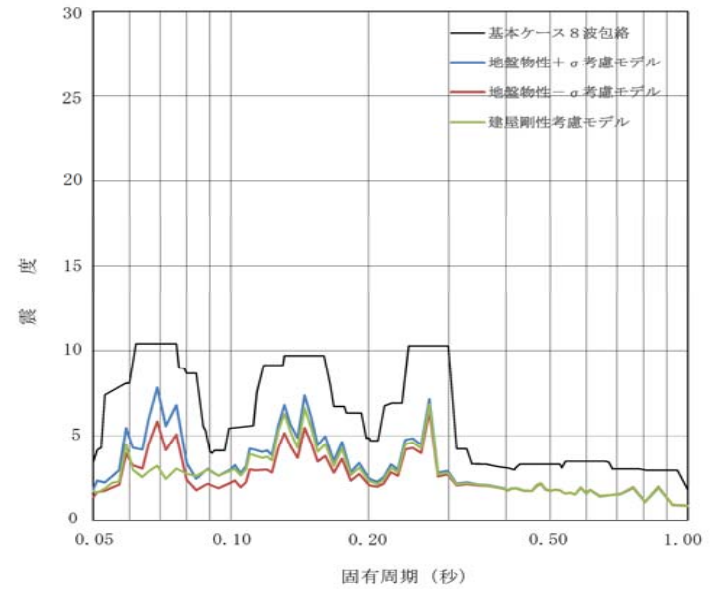
【EL. 8.395 m 応答スペクトルの説明】

	固有周期 (秒)	説明
水平	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。
鉛直	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。

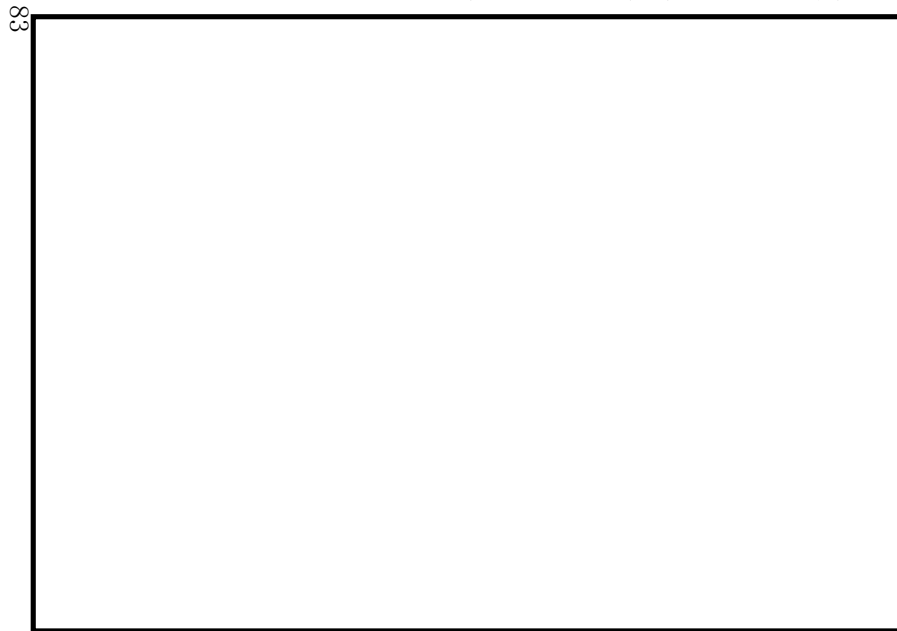
図5-2-2 (7) 原子炉格納容器内床応答への影響 (EL. 8.395 m)



床応答スペクトル (水平方向 h=1.0%)



床応答スペクトル (鉛直方向 h=1.0%)



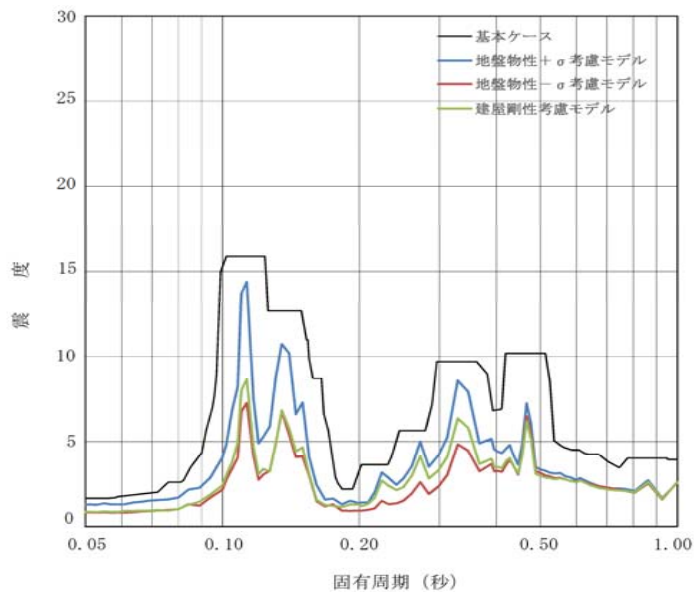
水平方向モデル図

鉛直方向モデル図

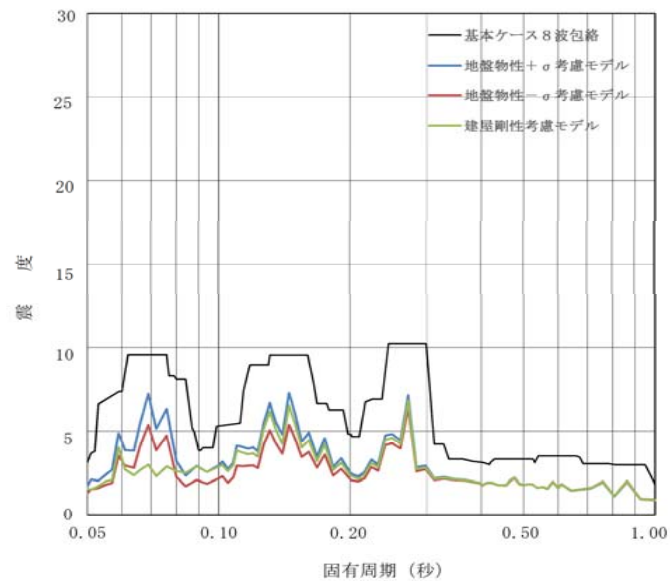
【EL. 42.628 m 応答スペクトルの説明】

	固有周期 (秒)	説明
水平	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。
鉛直	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。

図5-2-2 (8) 原子炉格納容器内床応答への影響 (EL. 42.628 m)

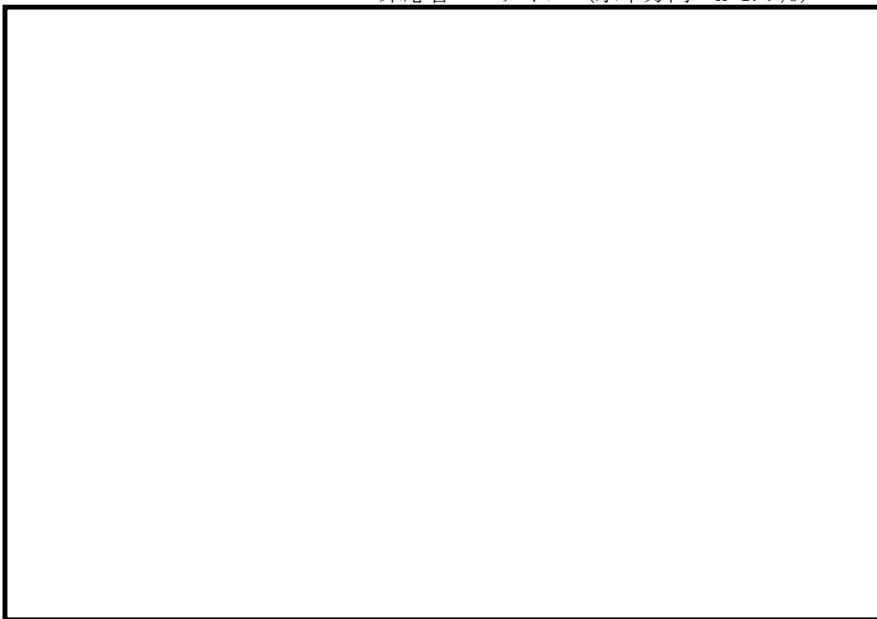


床応答スペクトル (水平方向 h=1.0%)



床応答スペクトル (鉛直方向 h=1.0%)

84



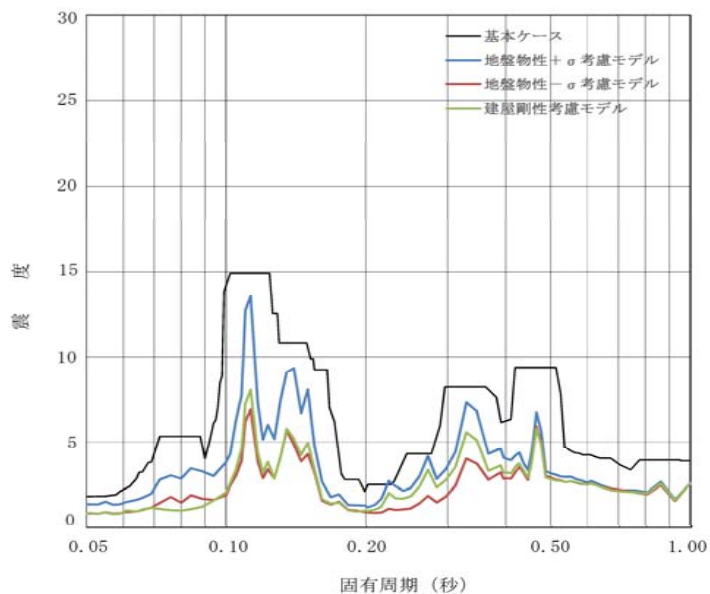
水平方向モデル図

【EL. 25.147 m 応答スペクトルの説明】

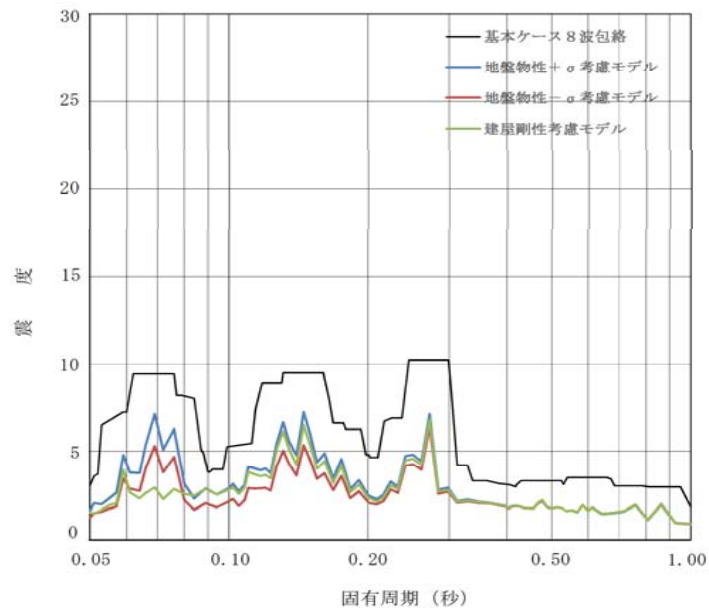
	固有周期 (秒)	説明
水平	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。
鉛直	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。

鉛直方向モデル図

図5-2-2 (9) 原子炉格納容器内床応答への影響 (EL. 25.147 m)

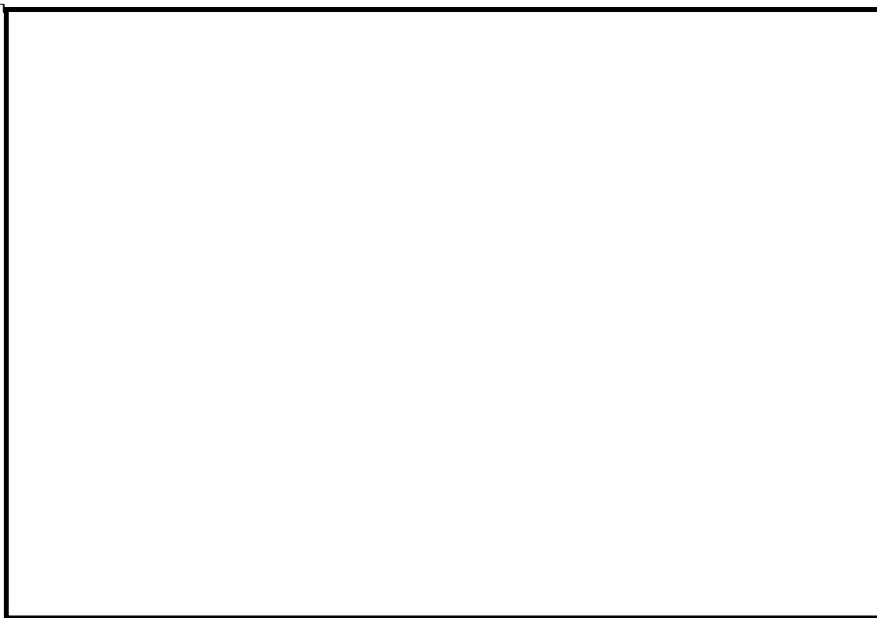


床応答スペクトル (水平方向 h=1.0%)



床応答スペクトル (鉛直方向 h=1.0%)

88



水平方向モデル図

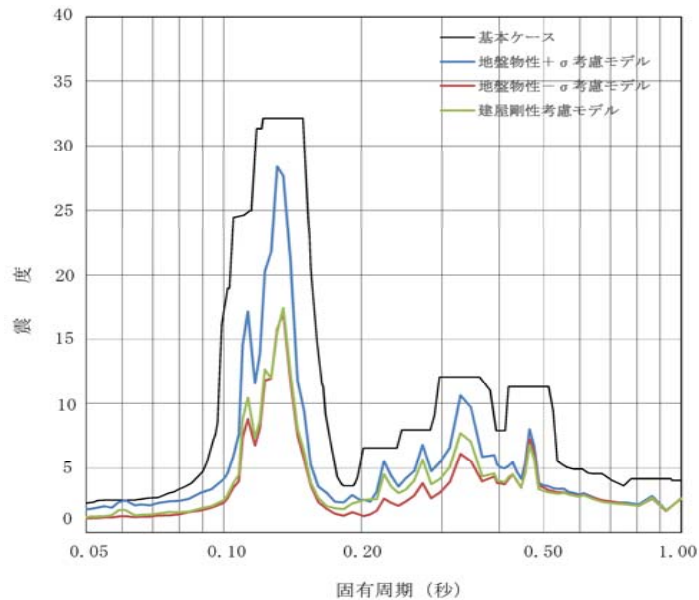
鉛直方向モデル図

【EL. 20.292 m 応答スペクトルの説明】

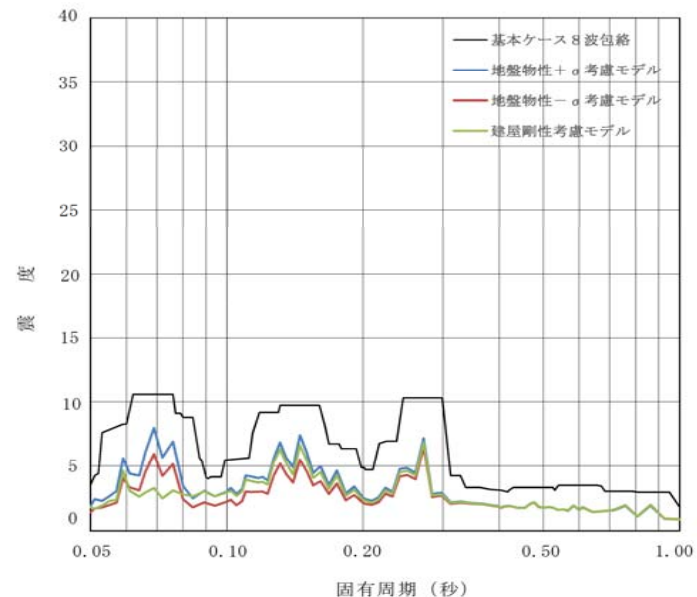
	固有周期 (秒)	説明
水平	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。
鉛直	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。

図5-2-2 (10) 原子炉格納容器内床応答への影響 (EL. 20.292 m)





床応答スペクトル (水平方向 h=1.0%)



床応答スペクトル (鉛直方向 h=1.0%)

88



水平方向モデル図

鉛直方向モデル図

【EL. 29.503 m 応答スペクトルの説明】

	固有周期 (秒)	説明
水平	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。
鉛直	—	全周期帯において基本ケースが包絡している。

図5-2-2 (11) 原子炉格納容器内床応答への影響 (EL. 29.503 m)