

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-01 改01
提出年月日	2022年4月14日

設計用床応答スペクトルの作成方針に関する補足説明資料

2022年4月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

1. 設計用床応答スペクトルの作成方法及び適用方法について
2. 機器・配管系の耐震設計における剛柔判定を行う固有周期について

1. 設計用床応答スペクトルの作成方法
及び適用方法について

目 次

1. 概要	1
2. 設計用床応答スペクトルⅠの作成方法	4
2.1 基本方針	4
2.2 地震応答解析の実施	4
2.3 応答スペクトルの作成	6
2.4 機器の固有周期のずれ等の影響の考慮	6
2.5 材料物性の不確かさ（地盤物性の不確かさ）の影響の考慮	6
2.6 誘発上下動の考慮	7
3. 設計用床応答スペクトルⅡの作成方法	8
4. 設計用床応答スペクトルの作成における高振動数領域の考慮	9
5. 設計用床応答スペクトルの適用方法	10

別紙1 積雪ケースの設計用床応答スペクトルに対する影響について

別紙2 減衰係数上限・下限ケースの設計用床応答スペクトルに対する影響について

別紙3 各設備の耐震計算書に適用する設計用地震力

1. 概要

機器・配管系の評価においては、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示すとおり、設計用床応答スペクトルとして、設計用床応答スペクトルⅠ、設計用床応答スペクトルⅡ、すべての固有周期における震度が設計用床応答スペクトルⅠを上回る床応答スペクトル、すべての固有周期における震度が設計用床応答スペクトルⅡを上回る床応答スペクトルのいずれかを用いる。

ここで、設計用床応答スペクトルⅠは、その作成過程において、応答スペクトルの振幅や複数の応答スペクトルの包絡等の処理を行うことで、材料物性の不確かさ（地盤物性の不確かさ）等が機器・配管系の評価に及ぼす影響を予め織り込めるように配慮して作成する条件である。

設計用床応答スペクトルⅡは、保守的な条件で評価を行うことを目的として標準物性の解析ケース（以下「基本ケース」という。）における応答スペクトルの震度に1.5以上の一律の係数を乗じて作成するものであり、設計用床応答スペクトルⅠに対して余裕のある条件である。

すべての固有周期における震度が設計用床応答スペクトルⅠ（又はⅡ）を上回る床応答スペクトルは、評価作業の合理化や保守的な条件で評価を行うことを目的として、過去の評価の際に用いた設計用床応答スペクトルを活用して個別に設定した条件であり、すべての固有周期における震度が設計用床応答スペクトルⅠ（又はⅡ）を上回ることを確認している。

本資料は、これらの設計用床応答スペクトルの作成方法及び適用方法について説明するものである。

ここで、設計用床応答スペクトルを作成する建物・構築物等を表1に整理する。また、各設計用床応答スペクトルの設定方法及び適用範囲を表2に整理する。

表1 設計用床応答スペクトルを作成する建物・構築物等

分類	施設名称
建物・構築物	原子炉建物 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉本体の基礎 制御室建物 タービン建物 廃棄物処理建物 緊急時対策所 排気筒 ガスタービン発電機建物
屋外重要土木 構築物	取水槽 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒） B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽 屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物） 屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽） 第1ベントフィルタ格納槽 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機） 防波壁（波返重力擁壁）

表2 設計用床応答スペクトルの設定方法及び適用範囲

設計用床応答スペクトルの種類	設定方法	作成目的	適用範囲
設計用床応答スペクトルⅠ	基本ケース 10%振幅＋不確かさケース (2. 参照) 以下のとおり高振動数領域を考慮 (4. 参照) 1～22. 2Hz：計算して作成 22. 2～30Hz：直線補間 30～50Hz：1. 0ZPA	材料物性の不確かさ（地盤物性の不確かさ）を考慮した耐震評価用条件として作成	柔構造設備の耐震評価に適用
設計用床応答スペクトルⅡ	基本ケース 10%振幅× (1. 5 以上の係数) 設計用床応答スペクトルⅡ > 設計用床応答スペクトルⅠとなるよう係数を設定 (3. 参照) 高振動数領域の考慮方法は同上	設計用床応答スペクトルⅠよりも保守的な条件で評価を行うために作成	
設計用床応答スペクトルⅠ (又はⅡ) を上回る床応答スペクトル	過去の評価に用いた床応答スペクトルを活用して個別に設定	評価作業の合理化及び設計用床応答スペクトルⅠ (又はⅡ) よりも保守的な条件で評価を行うために作成	
(参考) 50Hz まで計算して作成した床応答スペクトル	基本ケース 10%振幅＋不確かさケース 1～50Hz の範囲について計算して作成 (補足-027-05 「弁の動的機能維持評価について」参照)	弁の動的機能維持評価において高振動数領域を適切に考慮するために作成	弁の動的機能維持評価に適用

2. 設計用床応答スペクトル I の作成方法

2.1 基本方針

設計用床応答スペクトル I の作成方法の全体像は図 1 に示すとおりである。以降、2.2 項から 2.5 項で各項目の詳細な説明を行う。ここで、本資料では、材料物性の不確かさ等を考慮したケースを「不確かさケース」として扱う。

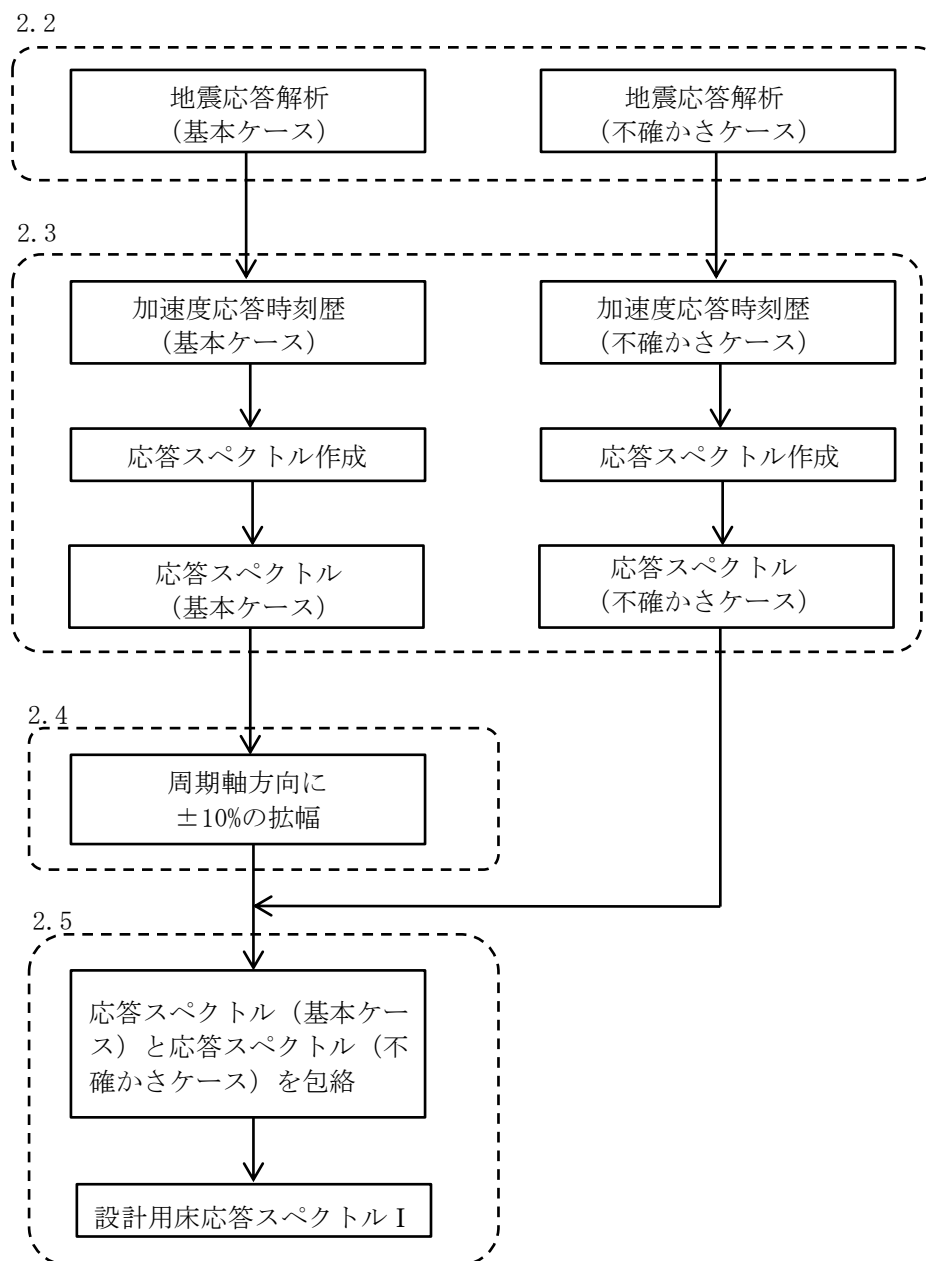


図 1 設計用床応答スペクトル I の作成方法

2.2 地震応答解析の実施

(1) 建物・構築物

建物・構築物の地震応答解析は、表 3 の解析ケースで実施する。なお、表 3 は、各施設の地震応答計算書に記載される解析ケースを整理したものである。

表 3 地震応答解析を実施する解析ケースの整理(建物・構築物)

施設 名称	基本ケース		不確かさケース					
	ケース1 工認モデル	ケース2 地盤物性+ σ	ケース3 地盤物性- σ	ケース4 積雪*1	ケース5 減衰係数上限*2	ケース6 減衰係数下限*2		
原子炉建物	○	○	○	○	—	—		
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	○	○	○	—	—	—		
制御室建物	○	○	○	○	—	—		
タービン建物	○	○	○	○	—	—		
廃棄物処理建物	○	○	○	○	—	—		
緊急時対策所	○	○	○	○	—	—		
排気筒	○	○	○	—	○	○		
ガスタービン発電機建物	○	○	○	○	—	—		

注記*1：地震荷重と組み合わせる積雪荷重は、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮して算出する(VI-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうち、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4. 組合せ」参照)。

*2：排気筒には制震装置を設置していることから、不確かさケースとして、減衰係数のばらつきを考慮する。

(2)屋外重要土木構造物 (追而)

2.3 応答スペクトルの作成

2.2 項で示した地震応答解析(基本ケース及び不確かさケース)から得られる加速度応答時刻歴を入力波として、応答スペクトルを作成する。

なお、応答スペクトル作成において、表 3 に示す不確かさケースのうち、ケース 4 (積雪)、ケース 5 (減衰係数上限)、ケース 6 (減衰係数下限)については、影響が小さいことから考慮しない(別紙 1, 別紙 2 参照)。

以降、本資料では、基本ケースの地震応答解析に基づく応答スペクトルを「応答スペクトル(基本ケース)」、不確かさケースの地震応答解析に基づく応答スペクトルを「応答スペクトル(不確かさケース)」という。

2.4 機器の固有周期のずれ等の影響の考慮

2.3 項で作成した応答スペクトル(基本ケース)に対して、J E A G 4 6 0 1-1987 を参照し、機器の固有周期のずれや地盤物性、建物剛性、地盤ばね定数、減衰定数、模擬地震波の位相特性等といった因子の変動に伴う応答スペクトルの変動の影響をカバーすることを目的として、周期軸方向に±10%拡幅することとする(図 2 参照)。

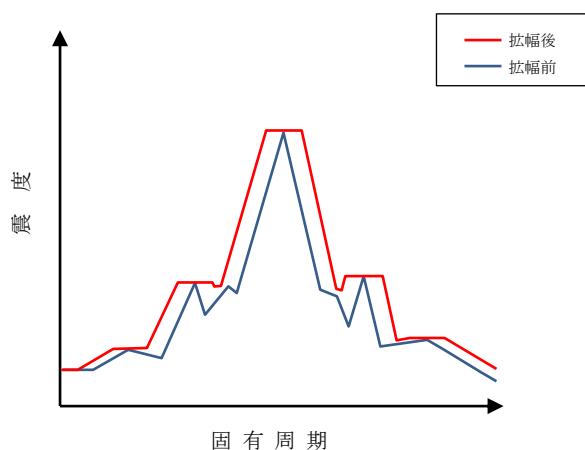


図 2 機器の固有周期のずれ等の影響を考慮した応答スペクトル

2.5 材料物性の不確かさ (地盤物性の不確かさ) の影響の考慮

2.4 項で作成したものと、2.3 項で作成した応答スペクトル(不確かさケース)を包絡させることにより、材料物性の不確かさ (地盤物性の不確かさ) の影響について配慮を行い、これを設計用床応答スペクトル I とする(図 3 参照)。

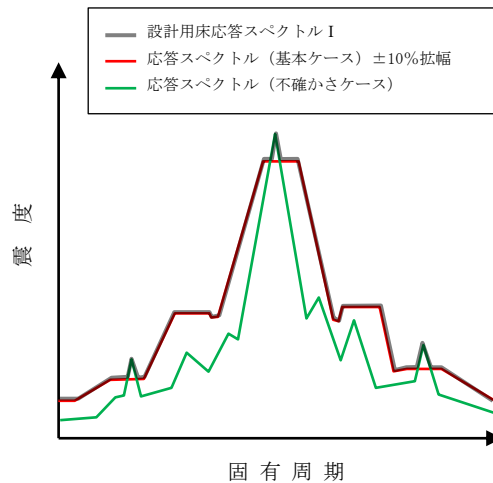


図3 材料物性の不確かさ（地盤物性の不確かさ）の影響を考慮した応答スペクトル

2.6 誘発上下動の考慮

VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、廃棄物処理建物以外については、すべての解析ケースにおいて接地率が65%を上回るため、誘発上下動は考慮しない。

なお、廃棄物処理建物については、基準地震動 S_s に対して、接地率が65%を上回っているものの、誘発上下動を考慮可能な地震応答解析モデルを採用していることを踏まえて、すべての解析ケースで誘発上下動を考慮する。

また、弾性設計用地震動 S_d による地震応答解析においては、すべての解析ケースにおいて接地率が65%を上回るため、誘発上下動は考慮しない。

誘発上下動を考慮する場合、誘発上下動を考慮しない応答加速度時刻歴に加えて、誘発上下動を考慮した応答加速度時刻歴を以下の方法で作成し、誘発上下動考慮・非考慮の全ケースにおける最大応答加速度及び床応答スペクトルを算出し、包絡したものを設計に使用する。

【誘発上下動を考慮した応答加速度時刻歴の作成方法】

鉛直方向地震力に対する鉛直方向の応答時刻歴に、誘発上下動の応答時刻歴を時々刻々加算及び減算をする。

- ・ $V + V_{NS}$
- ・ $V - V_{NS}$
- ・ $V + V_{EW}$
- ・ $V - V_{EW}$

ここで、

- V ：鉛直方向地震力に対する鉛直方向の応答時刻歴
- V_{NS} ：NS方向地震力に対する誘発上下動の応答時刻歴
- V_{EW} ：EW方向地震力に対する誘発上下動の応答時刻歴

3. 設計用床応答スペクトルⅡの作成方法

設計用床応答スペクトルⅡは、設計用床応答スペクトルⅠに対して余裕のある条件により機器・配管系の耐震設計を行うことを目的として作成した床応答スペクトルであり、2.4項で作成した応答スペクトルの震度に対して全固有周期にわたって一律に1.5以上の係数を乗じて作成したものである（図4参照）。

なお、応答スペクトルに乗じる係数は基本的に1.5とするが、係数1.5を乗じて作成した床応答スペクトルが設計用床応答スペクトルⅠを包絡しない場合には、設計用床応答スペクトルⅡが設計用床応答スペクトルⅠを包絡するように1.5を上回る係数(1.6, 1.7等)を設定する。

ここで、設計用床応答スペクトルⅠは、「2.」に示した方法で材料物性の不確かさ（地盤物性の不確かさ）の影響を考慮しているため、設計用床応答スペクトルⅡもその影響を考慮したものとなる。

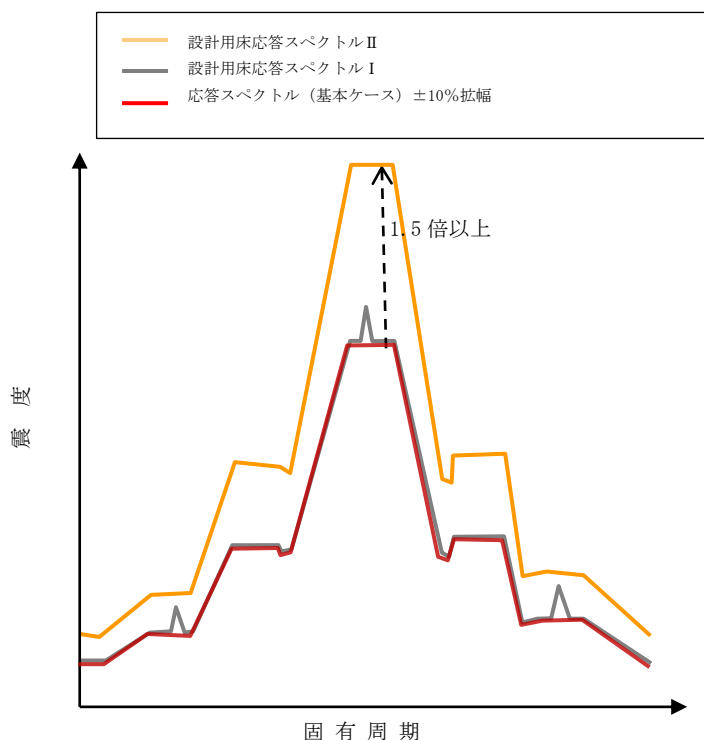


図4 設計用床応答スペクトルⅡの設定方法

4. 設計用床応答スペクトルの作成における高振動数領域の考慮

柔構造の機器・配管の耐震評価において、より保守的な評価を行うため、20Hz 超の領域を以下の方法にて考慮する。なお、弁の動的機能維持評価においては以下の方法で作成した床応答スペクトルを適用せず、1～50Hz の周期範囲において計算して作成した床応答スペクトルを適用して評価する（補足-027-05「弁の動的機能維持評価について」参照）。

J E A G 4 6 0 1-1987 に従い周期 0.05 秒以上(20Hz 以下)の領域について 2. 及び 3. で示した方法にて設計用床応答スペクトルを作成し、さらに、周期 0.05 秒未満(20Hz 超)の領域について、応答増幅を考慮しない剛な領域として扱う。ただし、床応答スペクトルの連続性に配慮して 0.033 秒 (30Hz) と 0.045 秒 (22.2Hz) の間の領域については直線補間する（図 5 参照）。

これは、J E A G 4 6 0 1-1987 の「その機器が剛構造と判断される場合（例えば機器の 1 次固有振動数が 20Hz 以上、あるいは、設計用床応答スペクトルの卓越する領域より高い固有振動数を有する場合）には、その機器の据付位置における建物の応答加速度を基に定まる震度により地震力を算出する。」のとおり、20Hz 超の領域についてはスペクトルを定める必要はないが、工学的判断で一定の保守性を考慮したものである。

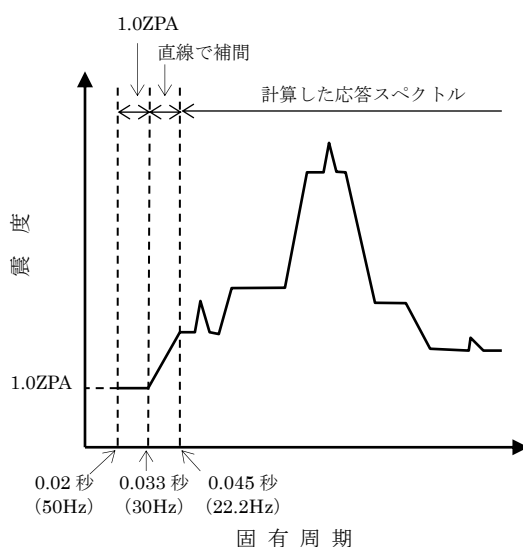


図 5 設計用床応答スペクトルの作成における高振動数領域考慮方法

5. 設計用床応答スペクトルの適用方法

機器・配管系の耐震評価においては、設計用床応答スペクトルⅠ，設計用床応答スペクトルⅡ，すべての固有周期における震度が設計用床応答スペクトルⅠを上回る床応答スペクトル，すべての固有周期における震度が設計用床応答スペクトルⅡを上回る床応答スペクトルのいずれかを用いる。

機器・配管系の評価に用いる設計用床応答スペクトルの一例を図6に示す。

ここで、設計用床応答スペクトルⅠ，設計用床応答スペクトルⅡは、それぞれ「2.」，「3.」に示した方法で、材料物性の不確かさ（地盤物性の不確かさ）の影響を予め織り込んでいるため、機器・配管系の評価において、いずれの条件を用いた場合でも、その結果は、材料物性の不確かさ（地盤物性の不確かさ）の影響を考慮したものとなる。また、各設備の耐震計算書に適用する設計用床応答スペクトル，設計用震度，地震荷重（せん断力，モーメント，配管反力等）を別紙3に示す。

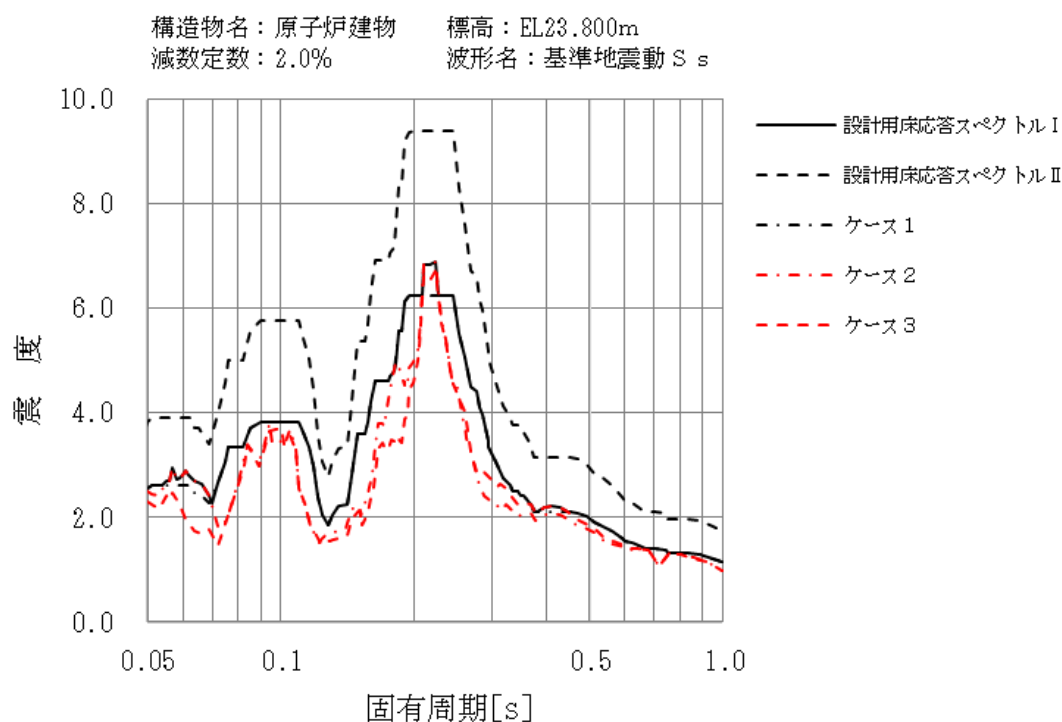


図6 設計用床応答スペクトルの例

積雪ケースの設計用床応答スペクトルに対する影響について

1. はじめに

本文表 2-1 に示すとおり、原子炉建物等の地震応答解析においては、不確かさケースの 1 つとして積雪荷重との組合せを考慮した地震応答解析（以下、「積雪ケース」という。）を実施しているが、VI-2-2-1「炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」における大型機器連成解析モデルによる地震応答解析及び原子炉建物等の機器・配管系の設計用床応答スペクトル作成においては、**応答への影響度が小さいことを踏まえて積雪ケースを考慮していない。**

本資料は、機器・配管系の設計用床応答スペクトルに対する積雪ケースの影響について確認し、積雪ケースを考慮しないことの妥当性を説明するものである。

2. 確認方針

基準地震動 S_s 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_s-D **を代表として、** 積雪ケースの地震応答解析結果から原子炉建物代表フロア（EL42.8m, 15.3m, 1.3m）における床応答スペクトル及び最大応答加速度を作成し、 S_s-D の基本ケースにおける床応答スペクトル及び最大応答加速度との比較を実施する。

3. 確認結果

S_s-D の基本ケースと積雪ケースの床応答スペクトルの比較を図 1~3, 最大応答加速度の比較を表 1 に示す。比較の結果、積雪ケースと基本ケースの床応答スペクトル及び最大応答加速度は同等であり、積雪荷重との組合せの影響は軽微である。

なお、設計用床応答スペクトル作成においては基本ケースの床応答スペクトルを周期方向に $\pm 10\%$ 拡幅して使用することから、積雪ケースの床応答スペクトルは設計用床応答スペクトルにほぼ包絡される。

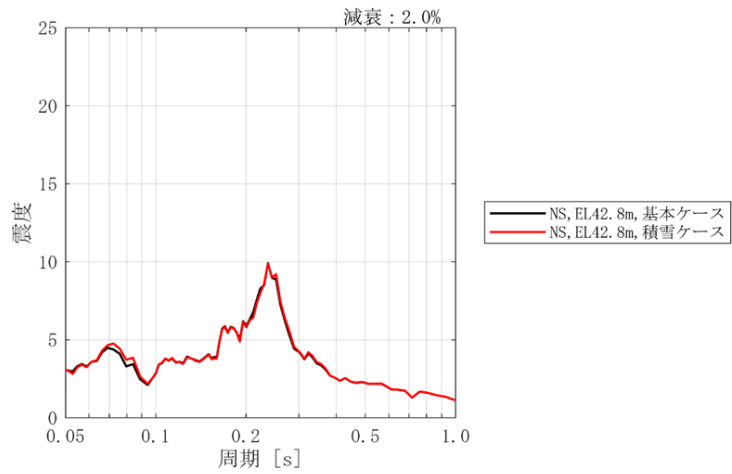


図 1-1 基本ケースと積雪ケースの床応答スペクトル【S s -D, EL42.8m, NS 方向】

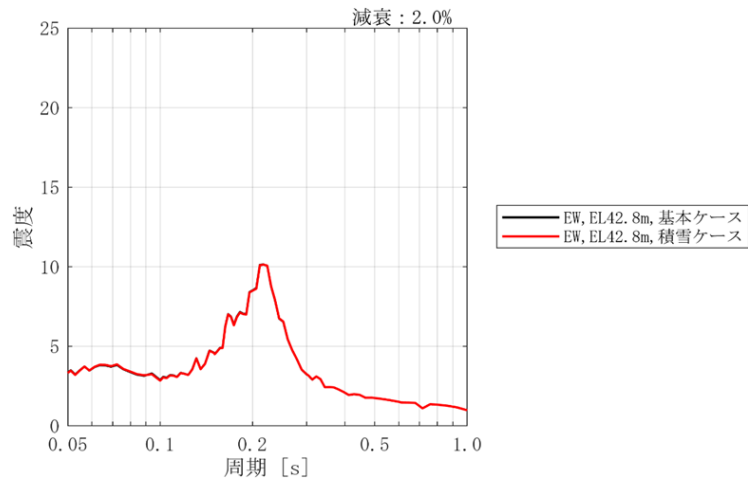


図 1-2 基本ケースと積雪ケースの床応答スペクトル【S s -D, EL42.8m, EW 方向】

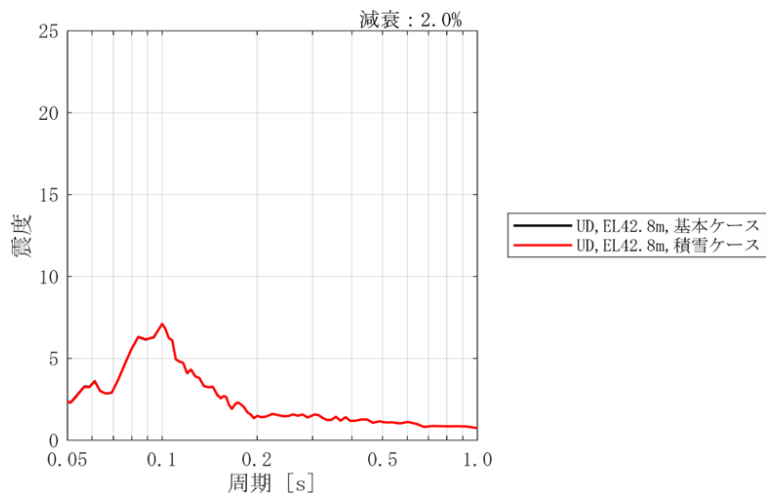


図 1-3 基本ケースと積雪ケースの床応答スペクトル【S s -D, EL42.8m, 鉛直方向】

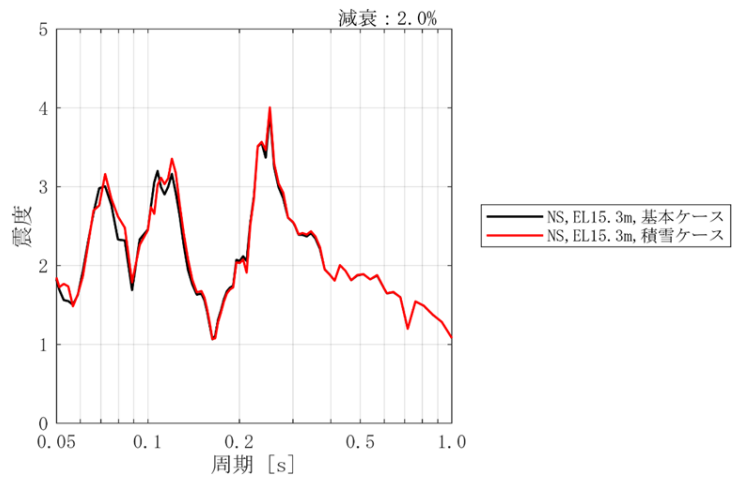


図 2-1 基本ケースと積雪ケースの床応答スペクトル【S s -D, EL15.3m, NS 方向】

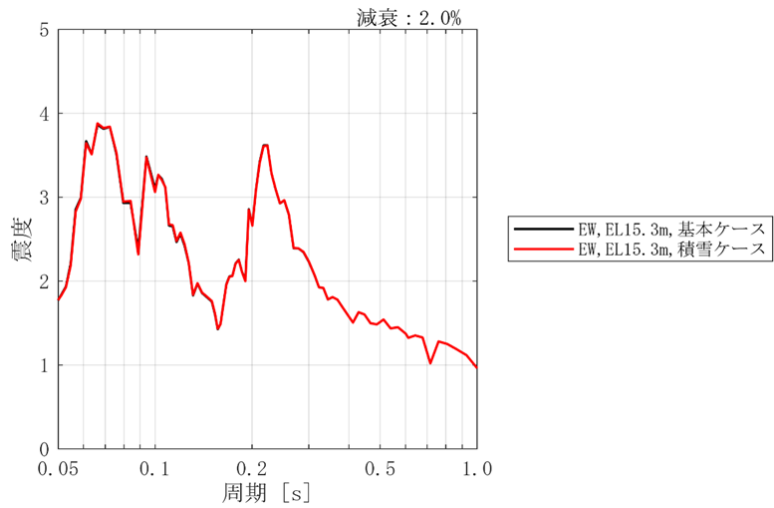


図 2-2 基本ケースと積雪ケースの床応答スペクトル【S s -D, EL15.3m, EW 方向】

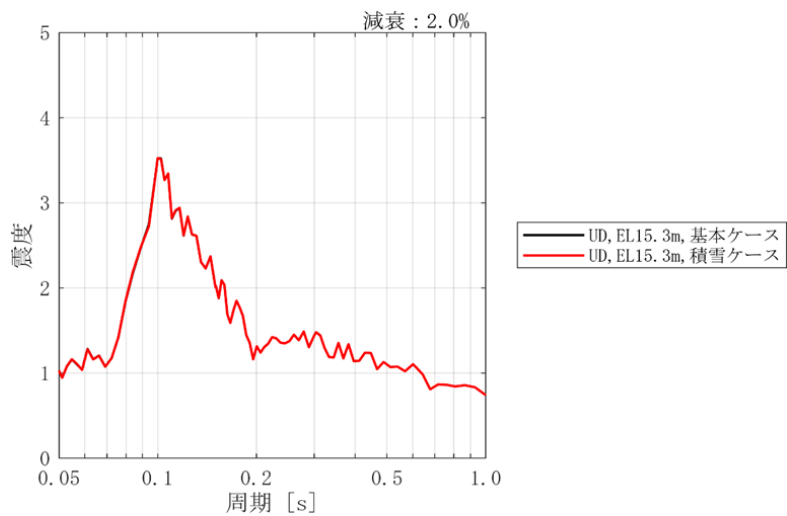


図 2-3 基本ケースと積雪ケースの床応答スペクトル【S s -D, EL15.3m, 鉛直方向】

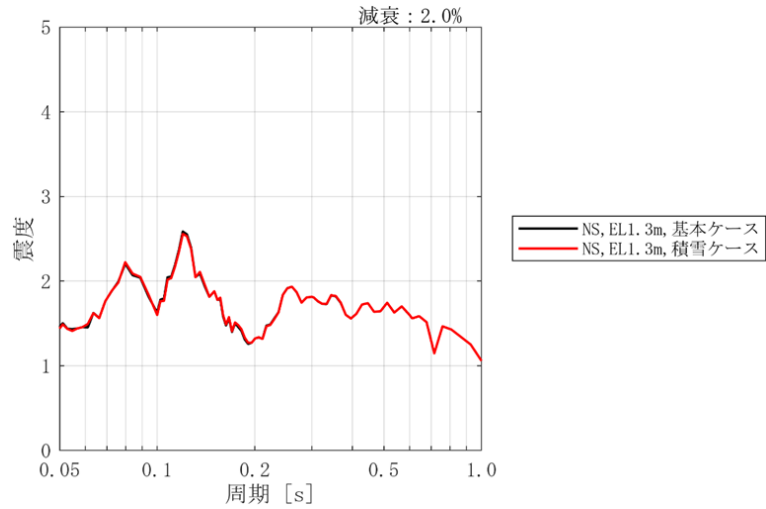


図 3-1 基本ケースと積雪ケースの床応答スペクトル【S s -D, EL1.3m, NS 方向】

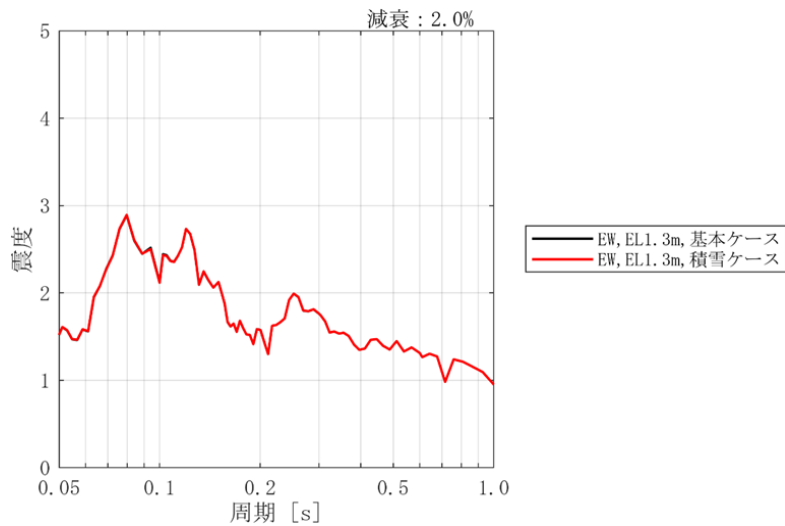


図 3-2 基本ケースと積雪ケースの床応答スペクトル【S s -D, EL1.3m, EW 方向】

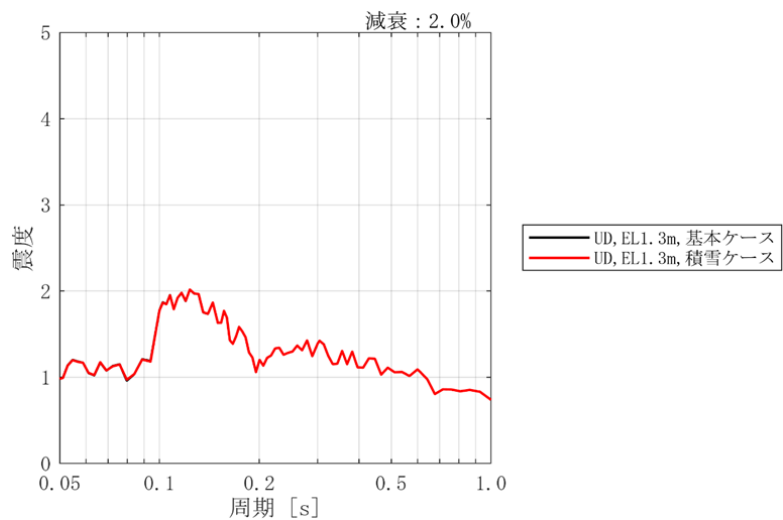


図 3-3 基本ケースと積雪ケースの床応答スペクトル【S s -D, EL1.3m, 鉛直方向】

表1 基本ケースと積雪ケースの最大応答加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$) (S s - D)

EL(m)	方向	基本ケース	積雪ケース
42.8	NS	1.28	1.27
	EW	1.41	1.41
	鉛直	1.19	1.18
15.3	NS	0.88	0.89
	EW	0.86	0.87
	鉛直	0.71	0.71
1.3	NS	0.71	0.71
	EW	0.78	0.79
	鉛直	0.58	0.58

4. まとめ

機器・配管系の設計用床応答スペクトルに対する積雪ケースの影響は小さく、大型機器連成解析モデルによる地震応答解析及び設計用床応答スペクトル作成において積雪ケースを考慮しないことは妥当である。

減衰係数上限・下限ケースの設計用床応答スペクトルに対する影響について

1. はじめに

本文表 2-1 に示すとおり，排気筒の地震応答解析においては，不確かさケースとして排気筒に設置する 8 台の制震装置（粘性ダンパ）の減衰係数が上限（標準値の 1.3 倍）のケース（以下「減衰係数上限ケース」という。）及び減衰係数が下限（制震装置 7 台かつ標準値の 0.7 倍）のケース（以下「減衰係数下限ケース」という。）における地震応答解析を実施しているが，機器・配管系の設計用床応答スペクトル作成においては応答への影響度が小さいことを踏まえて減衰係数上限ケース及び減衰係数下限ケースを考慮していない。

本資料は，機器・配管系の設計用床応答スペクトルに対する減衰係数上限ケース及び減衰係数下限ケースの影響について確認し，減衰係数上限ケース及び減衰係数下限ケースを考慮しないことの妥当性を説明するものである。

2. 確認方針

基準地震動 S_s 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_s-D を代表として，減衰係数上限・下限ケースの地震応答解析結果から排気筒における床応答スペクトル及び最大応答加速度を作成し， S_s-D の基本ケースにおける床応答スペクトル及び最大応答加速度との比較を実施する。

3. 確認結果

S_s-D の基本ケース，減衰係数上限ケース，減衰係数下限ケースの床応答スペクトルの比較を図 1~2，最大応答加速度の比較を表 1 に示す。比較の結果，減衰係数上限・下限ケースと基本ケースの床応答スペクトル及び最大応答加速度は同等であり，減衰係数上限・下限ケースの影響は軽微である。

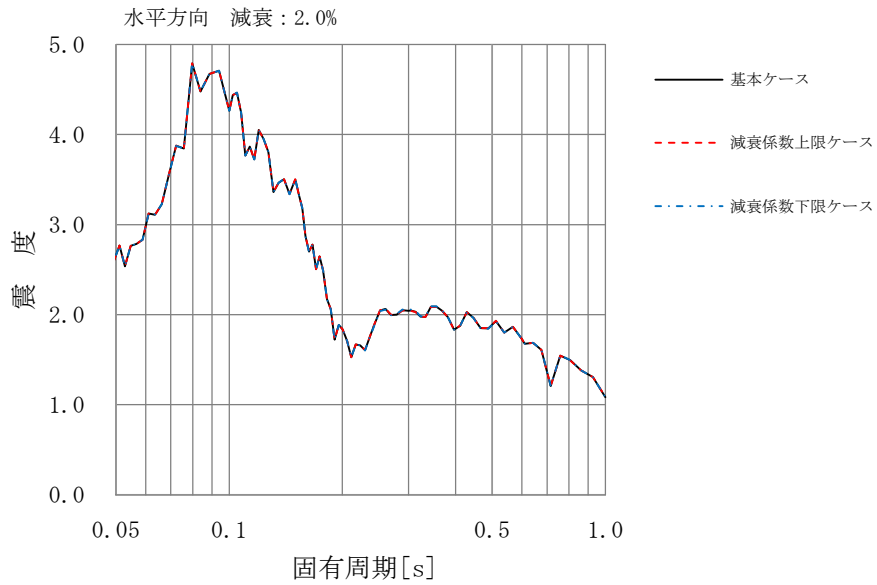


図 1-1 基本ケースと減衰係数上限・下限ケースの床応答スペクトル
【 $S_s - D$, EL8.8~8.5m, 水平方向】

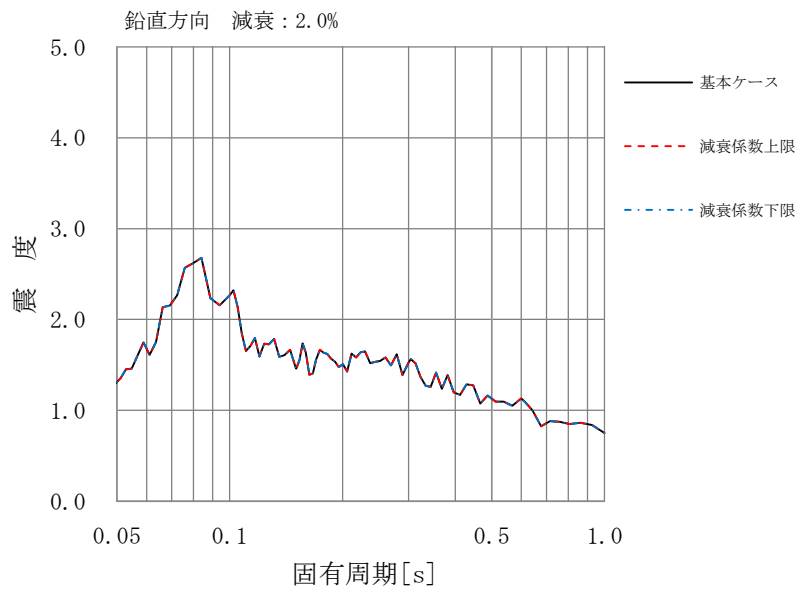


図 1-2 基本ケースと減衰係数上限・下限ケースの床応答スペクトル
【 $S_s - D$, EL8.8~8.5m, 鉛直方向】

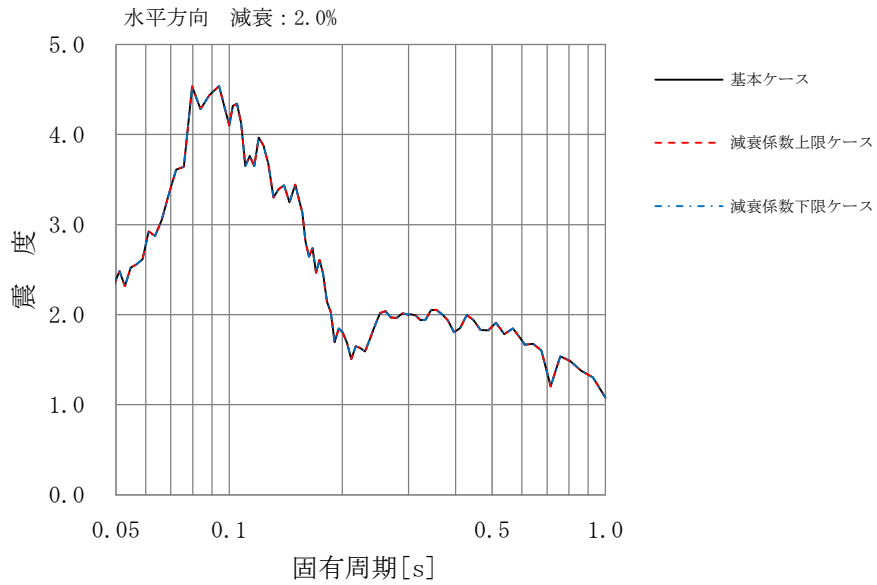


図 2-1 基本ケースと減衰係数上限・下限ケースの床応答スペクトル
【S s - D, EL3.5m, 水平方向】

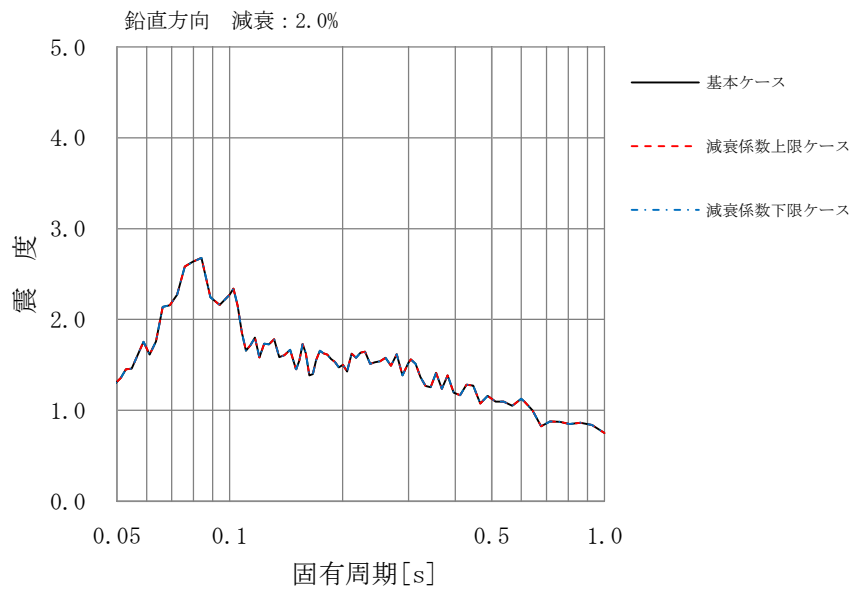


図 2-2 基本ケースと減衰係数上限・下限ケースの床応答スペクトル
【S s - D, EL3.5m, 鉛直方向】

表1 基本ケースと減衰係数上限・下限ケースの最大応答加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$) (S s - D)

EL (m)	方向	基本ケース	減衰係数 上限ケース	減衰係数 下限ケース
69.5*	水平	0.77	0.77	0.78
	鉛直	0.92	0.92	0.93
62.2*	水平	0.88	0.88	0.87
	鉛直	0.92	0.93	0.92
8.8~8.5	水平	1.07	1.07	1.07
	鉛直	0.67	0.67	0.67
3.5	水平	1.06	1.06	1.06
	鉛直	0.67	0.67	0.67

注記* : 排気筒 EL69.5m~62.2m 間に津波監視カメラ (剛構造設備) を設置予定

4. まとめ

機器・配管系の設計用床応答スペクトルに対する減衰係数上限ケース及び減衰係数下限ケースの影響は小さく, 設計用床応答スペクトル作成において減衰係数上限ケース及び減衰係数下限ケースを考慮しないことは妥当である。

各設備の耐震計算書に適用する設計用地震力

各設備の耐震計算書に適用する設計用床応答スペクトル、設計用震度、設計用荷重(せん断力、モーメント、配管反力等)(以下本資料では総称して「設計用地震力」という。)を表2に整理する。

表2では、設計用地震力を以下の4種類に区別する。

- ・設計用Ⅰ
- ・設計用Ⅱ
- ・設計用Ⅰを上回る
- ・設計用Ⅱを上回る

ここで、「設計用Ⅰ」及び「設計用Ⅱ」は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す設計用床応答スペクトル及び設計用震度、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」に示す設計用荷重である。ただし、設計用荷重については対象となる機器が限定されているため、機器毎に設計用荷重Ⅰに対する余裕度を必要に応じて設定して評価を行うことから、「設計用Ⅱ」は設定しない。

また、「設計用Ⅰを上回る」「設計用Ⅱを上回る」は、評価作業の合理化や保守的な条件で評価を行うことを目的として、下記の方法で個別に設定した設計用地震力であり、それぞれ設計用Ⅰ、設計用Ⅱによる値を上回ることを確認している。ただし、設計用荷重については上述の理由から「設計用Ⅱを上回る」は設定しない。

- ・過去の評価(建設時工認での評価、耐震設計審査指針改定時の耐震安全性評価等)の際に用いた設計用最大応答加速度又は地震荷重を活用するもの
- ・配管反力の算出に先立ち工学的判断により定めた地震荷重を用いて評価を行うもの

表2においては「設計用Ⅰ」、「設計用Ⅱ」、「設計用Ⅰを上回る」「設計用Ⅱを上回る」を用いている場合に、それぞれ「Ⅰ」、「Ⅱ」、「Ⅰを上回る」「Ⅱを上回る」と表記し、同一の耐震計算書で複数の耐震条件を使用する場合は「分類等」欄に表1の分類を記載している。

表1 複数の耐震条件を使用する場合の分類

分類		内容	設備例
a	機器別	同一の耐震計算書に複数の機器が存在し、機器毎（管についてはモデル毎）に条件を使い分けしているもの	・ドレン移送系配管
b	S _s /S _d 別	S _s を用いた評価とS _d を用いた評価で条件を使い分けしているもの	・原子炉補機冷却系熱交換器
c	弁動的	構造強度評価と弁動的機能維持評価で条件を使い分けしているもの	・低圧炉心スプレイ系配管
d	機器動的	構造強度評価と動的・電氣的機能維持評価で条件を使い分けしているもの	・残留熱除去ポンプ
e	条件種類別	評価に適用する条件の種類（設計用床応答スペクトル・設計用震度・設計用荷重）によって条件を使い分けしているもの	・機器搬入口

表2 各設備の耐震計算書に適用する設計用地震力 (1/6)

工図図書番号	図説名称	設備を設置する施設名称	設計用非応答ベクトル又は設計用震度		設計用荷重 (せん断力、モーメント、配管反力等)	分類等
			構造強度評価	動的・電気的機能維持評価		
VF-1	説明書	—	—	—	—	—
VF-1-2	原子炉本体の説明書	—	—	—	—	—
VF-1-2-1	原子炉本体の基礎に関する説明書	大型機器系	—	—	Iを上回る	—
VF-2	耐震性に関する説明書	—	—	—	—	—
VF-2-1	耐震設計の基本方針	—	—	—	—	—
VF-2-2	耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震性に関する説明書	—	—	—	—	—
VF-2-3	原子炉本体の耐震性に関する説明書	—	—	—	—	—
VF-2-2-1	炉心の耐震性についての計算書	—	I	—	—	—
VF-2-2-2-1	燃料集合体の耐震性についての計算書	大型機器系	—	—	I	—
VF-2-2-2-2	炉心支持構造物の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VF-2-2-2-2-1	炉心支持構造物の応力解析の方針	大型機器系	—	—	Iを上回る	—
VF-2-2-2-2-2	炉心シヤワ下の耐震性についての計算書	大型機器系	—	—	Iを上回る	—
VF-2-2-2-2-3	シュワウドポートの耐震性についての計算書	大型機器系	—	—	Iを上回る	—
VF-2-2-2-2-4	上部格子板の耐震性についての計算書	大型機器系	—	—	Iを上回る	—
VF-2-2-2-2-5	炉心支持板の耐震性についての計算書	大型機器系	—	—	Iを上回る	—
VF-2-2-2-2-6	燃料支持金具の耐震性についての計算書	大型機器系	—	—	Iを上回る	—
VF-2-2-2-2-7	側胴殻内管の耐震性についての計算書	大型機器系	—	—	Iを上回る	—
VF-2-3	原子炉圧力容器の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VF-2-3-1	原子炉圧力容器本体の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VF-2-3-1-1	原子炉圧力容器の応力解析の方針	—	—	—	—	—
VF-2-3-1-2	原子炉圧力容器の耐震性についての計算書	大型機器系	Iを上回る	—	Iを上回る	—
VF-2-3-2	原子炉圧力容器付属構造物の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VF-2-3-2-1	原子炉圧力容器スタビライザの耐震性についての計算書	大型機器系	—	—	Iを上回る	—
VF-2-3-2-2	原子炉格納容器スタビライザの耐震性についての計算書	大型機器系	Iを上回る	—	Iを上回る	—
VF-2-3-2-3	制御駆動機構ハウジング支持金具の耐震性についての計算書	大型機器系	Iを上回る	—	Iを上回る	—
VF-2-3-2-4	ジェットポンプ制御配管直通部シールの耐震性についての計算書	大型機器系	—	—	Iを上回る	—
VF-2-3-2-5	差圧検出・ほう酸水注入系配管(サイよりV11/ズルまでの外管)の耐震性についての計算書	大型機器系	Iを上回る	—	—	—
VF-2-3-3	原子炉圧力容器内部構造物の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VF-2-3-3-1	原子炉圧力容器内部構造物の応力解析の方針	—	—	—	—	—
VF-2-3-3-2	蒸気発生機の耐震性についての計算書	大型機器系	Iを上回る	—	—	—
VF-2-3-3-3	気水分離器及びスタントヘッドの耐震性についての計算書	大型機器系	—	—	Iを上回る	—
VF-2-3-3-4	シュワウドヘッドの耐震性についての計算書	大型機器系	—	—	Iを上回る	—
VF-2-3-3-5	ジェットポンプの耐震性についての計算書	大型機器系	Iを上回る	—	—	—
VF-2-3-3-6	給水スハベジヤの耐震性についての計算書	大型機器系	Iを上回る	—	—	—
VF-2-3-3-7	高圧及び低圧炉心スプレイスバージャの耐震性についての計算書	大型機器系	Iを上回る	—	—	—
VF-2-3-3-8	低圧炉心スプレイスバージャの耐震性についての計算書	大型機器系	Iを上回る	—	—	—
VF-2-3-3-9	高圧及び低圧炉心スプレイスバージャ配管(原子炉圧力容器内部)の耐震性についての計算書	大型機器系	Iを上回る	—	—	—
VF-2-3-3-10	差圧検出・ほう酸水注入系配管(原子炉圧力容器内部)の耐震性についての計算書	大型機器系	Iを上回る	—	—	—
VF-2-3-3-11	原子炉中性子井筒案内管の耐震性についての計算書	大型機器系	I, II	—	—	b, (S s / S d 別)
VF-2-4	核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の耐震性に関する説明書	—	—	—	—	—
VF-2-4-2	使用済燃料貯蔵設備の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VF-2-4-2-2	使用済燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算書	原子炉建助	I, I	Iを上回る	—	b, (S s / S d 別)
VF-2-4-2-3	制御棒・燃料燃焼炉貯蔵ラックの耐震性についての計算書	原子炉建助	I, I	Iを上回る	—	b, (S s / S d 別)
VF-2-4-3	使用済燃料貯蔵容器冷却設備の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VF-2-4-3-1	燃料プール冷却系の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VF-2-4-3-1-1	燃料プール冷却系熱交換器の耐震性についての計算書	原子炉建助	II	—	—	—
VF-2-4-3-1-3	管の耐震性についての計算書(燃料プール冷却系)	原子炉建助	I, II	—	—	a, (機器別)
VF-2-4-3-2	燃料プールスプレイスバージャの耐震性についての計算書	原子炉建助	I, II	—	—	a, (機器別)
VF-2-4-3-2-1	管の耐震性についての計算書(燃料プールスプレイスバージャ)	原子炉建助	I, II	—	—	a, (機器別)
VF-2-5	原子炉冷却系配管の耐震性に関する説明書	取水槽	—	—	—	—
VF-2-5-2	原子炉冷却系配管の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VF-2-5-2-1	原子炉再循環系の耐震性についての計算書	大型機器系	I	—	—	—
VF-2-5-3	管の耐震性についての計算書(原子炉再循環系)	—	—	—	—	—
VF-2-5-3-1	主蒸気系の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VF-2-5-3-1-1	アキュムレータの耐震性についての計算書	大型機器系	II	—	—	—
VF-2-5-4	残留蒸気除去設備の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VF-2-5-4-1	残留蒸気除去系の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—

表2 各設備の耐震計算書に適用する設計用地震力 (2/6)

工区図書番号	図説名称	設備を設置する施設名称	設計用非応答ベクトル又は設計用震度		設計用荷重 (せん断力、モーメント、配管反力等)	分類等
			構造強度評価	動的・電気的機能維持評価		
VI-2-4-1-2	異種原形炉ボンプの耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る	II	—	d. (機器動的)
VI-2-5-5	非常用心冷却設備その他原子炉注水設備の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-5-5-1	高圧炉心スプレイ系の耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る	II	—	d. (機器動的)
VI-2-5-5-1-1	高圧炉心スプレイボンプの耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る	II	—	d. (機器動的)
VI-2-5-5-2	低圧炉心スプレイ系の耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る	II	—	d. (機器動的)
VI-2-5-5-2-1	低圧炉心スプレイボンプの耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る	I	—	e. (挙動的)
VI-2-5-5-2-3	低圧炉心スプレイボンプの耐震性についての計算書 (低圧炉心スプレイ系)	原子炉建物	I	—	—	—
VI-2-5-5-3	高圧炉心スプレイボンプの耐震性についての計算書	原子炉建物	II	—	—	—
VI-2-5-5-3-1	高圧炉心スプレイボンプの耐震性についての計算書	原子炉建物	II	—	—	—
VI-2-5-5-4	原子炉隔離時冷却系の耐震性についての計算書	原子炉建物	IIを上回る	—	—	—
VI-2-5-5-4-1	原子炉隔離時冷却系ストレートレーナの耐震性についての計算書	原子炉建物	IIを上回る	—	—	—
VI-2-5-6-1	原子炉隔離時冷却系の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-5-6-1-1	原子炉隔離時冷却ボンプの耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る	II	—	d. (機器動的)
VI-2-5-6-1-2	原子炉隔離時冷却ボンプ駆動用蒸気タービンの耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る	II	—	d. (機器動的)
VI-2-5-6-1-4	ストレートレーナ部タービンの耐震性についての計算書 (原子炉隔離時冷却系)	原子炉建物	IIを上回る	—	—	—
VI-2-5-7	原子炉隔離時冷却設備の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-5-7-1	原子炉隔離時冷却系及び原子炉補機海水系の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-5-7-1-1	原子炉補機冷却系及び原子炉補機海水系の耐震性についての計算書	原子炉建物	II, IIを上回る	—	—	h. (S ₁ /S _d 別)
VI-2-5-7-1-2	原子炉補機冷却ボンプの耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る	I	—	d. (機器動的)
VI-2-5-7-2-1	高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器の耐震性についての計算書	原子炉建物	IIを上回る	—	—	—
VI-2-5-7-2-2	高圧炉心スプレイ補機冷却ボンプの耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る, IIを上回る	II	—	l. (S ₁ /S _d 別) d. (機器動的)
VI-2-5-8	原子炉冷却材浄化設備の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-5-8-1	原子炉浄化系の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-5-8-1-1	原子炉浄化系の耐震性についての計算書 (原子炉浄化系)	大型機器系 原子炉建物	I, II	I	—	a. (機器別) c. (挙動的)
VI-2-6	計測制御系統施設の耐震性に関する説明書	—	—	—	—	—
VI-2-6-2	制御系の耐震性についての計算書	大型機器系	I	I	I	—
VI-2-6-2-1	制御系の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-6-2-1-1	制御系駆動装置の耐震性についての計算書	大型機器系	Iを上回る	—	Iを上回る	—
VI-2-6-2-1-2	制御系駆動装置の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-6-2-2	制御系駆動装置の耐震性についての計算書	大型機器系 原子炉建物	Iを上回る	—	—	—
VI-2-6-2-2-1	制御系駆動装置の耐震性についての計算書	大型機器系 原子炉建物	Iを上回る	—	—	—
VI-2-6-2-2-1-1	制御系駆動装置の耐震性についての計算書	大型機器系 原子炉建物	Iを上回る	—	—	—
VI-2-6-2-2-1-2	制御系駆動装置の耐震性についての計算書 (制御系駆動装置)	大型機器系 原子炉建物	I	—	—	—
VI-2-6-4	ほう酸水注入設備の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-6-4-1	ほう酸水注入系の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-6-4-1-1	ほう酸水注入系の耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る	—	—	—
VI-2-6-4-1-3	ほう酸水注入系の耐震性についての計算書 (ほう酸水注入系)	大型機器系 原子炉建物	I, II	—	—	a. (機器別)
VI-2-6-5	計測制御系の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-6-5-1	中性子検出器計測/中間地計測の耐震性についての計算書	大型機器系	I, II	—	—	l. (S ₁ /S _d 別)
VI-2-6-5-1-1	中性子検出器計測の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-6-5-1-2	中性子検出器計測の耐震性についての計算書	大型機器系 原子炉建物	Iを上回る	II	—	d. (機器動的)
VI-2-6-5-1-3	中性子検出器計測の耐震性についての計算書	大型機器系 原子炉建物	II	—	—	—
VI-2-6-5-1-4	中性子検出器計測の耐震性についての計算書	大型機器系 原子炉建物	II	—	—	—
VI-2-6-5-1-5	中性子検出器計測の耐震性についての計算書	大型機器系 原子炉建物	II	—	—	—
VI-2-6-5-1-7	中性子検出器計測の耐震性についての計算書	大型機器系 原子炉建物	II	—	—	—
VI-2-6-5-21	中性子検出器計測の耐震性についての計算書	大型機器系 原子炉建物	Iを上回る	II	—	d. (機器動的)
VI-2-6-5-25	中性子検出器計測の耐震性についての計算書	大型機器系 原子炉建物	Iを上回る	II	—	d. (機器動的)
VI-2-6-5-33	格納容器熱源度 (SA) の耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る	II	—	d. (機器動的)
VI-2-6-5-35	格納容器熱源度 (SA) の耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る	II	—	d. (機器動的)
VI-2-6-5-37	格納容器熱源度 (SA) の耐震性についての計算書	原子炉建物	II	—	—	—
VI-2-6-5-38	ベデスタル代管注水流量 (格納容器) の耐震性についての計算書	原子炉建物	II	—	—	—
VI-2-6-5-39	ベデスタル代管注水流量 (格納容器) の耐震性についての計算書	原子炉建物	II	—	—	—
VI-2-6-5-40	ベデスタル代管注水流量 (格納容器) の耐震性についての計算書	原子炉建物	II	—	—	—
VI-2-6-5-54	原子炉圧力の耐震性についての計算書	原子炉建物	II	—	—	—
VI-2-6-7	その他計測制御系統施設の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—

表2 各設備の耐震計算書に適用する設計用地震力(3/6)

工区図書番号	図説名称	設備を設置する施設名称	設計用非応答ベクトル又は設計用震度		設計用荷重 (せん断力、モーメント、配管反力等)	分類等
			構造的強度評価	動的・電氣的機能維持評価		
VI-2-47-1	その他の計測装置の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-47-1-1	原子炉圧力容器温度(SA)の耐震性についての計算書	大型機器系	—	II	—	—
VI-2-47-1-9	残留熱代償除去ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書	原子炉建物	II	—	—	—
VI-2-47-1-11	熱的熱電式水素処理装置出口温度の耐震性についての計算書	原子炉建物	—	II	—	—
VI-2-47-2	計測装置の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-47-2-10	A-RIR・LPS継電器の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	II	—	—	—
VI-2-47-2-11	B-C-RIR継電器の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-12	HPS継電器の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-13	HPSトリップ設定装置の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-14	A-格納容器隔離継電器の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-15	B-格納容器隔離継電器の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-16	A-原子炉保護継電器の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-17	B-原子炉保護継電器の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-18	AI原子炉保護トリップ設定装置の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-19	BI原子炉保護トリップ設定装置の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-20	CI原子炉保護トリップ設定装置の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-21	AI原子炉保護トリップ設定装置の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-22	BI原子炉保護トリップ設定装置の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-23	CI原子炉保護トリップ設定装置の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-24	A-原子炉プロセス計測装置の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-25	B-原子炉プロセス計測装置の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-27	A-自動減圧継電器の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-28	B-自動減圧継電器の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-29	A-SGT・FCS・MSIC継電器の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-30	B-SGT・FCS・MSIC継電器の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-36	工学的安全施設トリップ設定装置の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-39	重大事故変換器の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-42	原子炉建物水蒸気変換器の耐震性についての計算書	原子炉建物	—	II	—	—
VI-2-47-2-50	格納容器水蒸気発生計測装置の耐震性についての計算書	原子炉建物	—	II	—	—
VI-2-47-3	通信連絡設備の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-47-3-1	衛星電話設備(固定型)の耐震性についての計算書	取水槽	—	II	—	—
VI-2-47-3-1-4	衛星電話設備(固定型)(緊急時対策)の耐震性についての計算書	取水槽	—	II	—	—
VI-2-47-3-2	無線通信設備(固定型)の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-47-3-2-4	無線通信設備(固定型)(緊急時対策)の耐震性についての計算書	取水槽	—	II	—	—
VI-2-47-3-3	総合原子炉防炎ネットワークに接続する通信連絡設備の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-47-3-3-1	総合原子炉防炎ネットワークに接続する通信連絡設備の耐震性についての計算書	緊急時対策所	II	—	—	—
VI-2-47-3-3-3	総合原子炉防炎ネットワークに接続する通信連絡設備(1P・FAX)の耐震性についての計算書	緊急時対策所	—	II	—	—
VI-2-47-3-4	緊急原子炉防炎情報伝送システム(SPPDS)の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-47-3-4-1	SPPDS伝送線の耐震性についての計算書	緊急時対策所	IIを上回る	—	—	—
VI-2-47-3-4-2	1・2号SPPDS伝送用アンテナケーブル、アンテナ取巻線の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	II	—	—	—
VI-2-47-3-4-3	2号SPPDS伝送用アンテナケーブルの耐震性についての計算書	原薬物処理建物	—	II	—	—
VI-2-47-3-5	SPPDSデータ表示装置の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-47-3-5-1	SPPDSデータ表示装置(緊急時対策)の耐震性についての計算書	取水槽	—	II	—	—
VI-2-7	放射性廃棄物の廃棄施設に関する説明書	—	—	—	—	—
VI-2-7-2	液体廃棄物処理系の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-7-2-1	ドレン移送系の耐震性についての計算書(ドレン移送系)	—	—	—	—	—
VI-2-7-2-1-1	管の耐震性についての計算書	大型機器系 原子炉建物	I, II	—	—	a. (機器別)
VI-2-7-3	固体廃棄物処理系の耐震性に関する説明書	—	—	—	—	—
VI-2-7-3-1	サイトベンカ設備の耐震性に関する説明書	—	—	—	—	—
VI-2-7-3-1-1	管の耐震性に関する説明書(サイトベンカ設備)	サイトベンカ建物	—	—	—	静的震度を適用して評価
VI-2-7-4	排気線の耐震性についての計算書	—	—	—	—	建物・構築物又は土木構造物の地震応答計算結果を直接適用するものである場合は除外
VI-2-8	放射線管理施設系の耐震性に関する説明書	—	—	—	—	—
VI-2-8-2	放射線管理用計測装置の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-8-2-1	主蒸気管放射線モニタの耐震性についての計算書	原子炉建物	II	—	—	—
VI-2-8-2-2	格納容器雰囲気放射線モニタ(ドライウェル)の耐震性についての計算書	原子炉建物	—	II	—	—
VI-2-8-3	換気設備の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-8-3-1	中央制御室空調換気系の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-8-3-1-2	中央制御室空調換気系の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	Iを上回る	—	—	d. (機器動的)
VI-2-8-3-1-3	中央制御室非常用排煙送風機の耐震性についての計算書	原薬物処理建物	Iを上回る	—	—	d. (機器動的)

表2 各設備の耐震計算書に適用する設計用地震力(4/6)

工図図書番号	図説名称	設備を設置する施設名称	設計用非応答スペクトル又は設計用震度		設計用荷重 (せん断力、モーメント、配管反力等)	分類等
			構造強度評価	動的・電気的機能維持評価		
VI-2-9-3-1-4	中央制御室非常用電源処理装置プログラムの耐震性についての計算書	設備を設置する施設名称	Iを上回る	—	—	—
VI-2-9-3-2	中央制御室空気供給系の耐震性についての計算書	廃棄物処理建物	II	—	—	—
VI-2-9-3-2-1	管の耐震性についての計算書 (中央制御室空気供給系)	廃棄物処理建物	II	—	—	—
VI-2-9-3-3	緊急時処理装置空気調達の耐震性についての計算書	緊急時処理装置	II	—	—	—
VI-2-9-3-3-1	管の耐震性についての計算書 (緊急時処理装置空気調達系)	緊急時処理装置	II	—	—	—
VI-2-9-4	生体組織装置の耐震性についての計算書	中央制御室付組織装置	—	—	—	—
VI-2-9-4-1	中央制御室付組織装置の耐震性についての計算書	中央制御室建物	—	—	—	—
VI-2-9-2	原子炉格納容器の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-9-2-1	原子炉格納容器の耐震性についての計算書	大型機器系	Iを上回る	—	—	—
VI-2-9-2-2	ドライウェルの耐震性についての計算書	大型機器系	I	—	—	—
VI-2-9-2-5	シヤタラの耐震性についての計算書	大型機器系	Iを上回る	—	—	—
VI-2-9-2-6	機器出入口の耐震性についての計算書	大型機器系	Iを上回る	—	—	—
VI-2-9-2-7	送風機安全弁出口ハッチの耐震性についての計算書	大型機器系	Iを上回る	—	—	—
VI-2-9-2-8	制御室動力機軸線出ハッチの耐震性についての計算書	大型機器系	I	—	—	—
VI-2-9-2-10	所自用エアロックの耐震性についての計算書	大型機器系	I	—	—	—
VI-2-9-2-12	電気配線通廊部の耐震性についての計算書	大型機器系	I	—	—	—
VI-2-9-3	原子炉建物の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-9-3-1-1	原子炉建物燃料取扱設備ブローアウトパネルの耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-9-3-1-2	原子炉建物主気管トンネルブローアウトパネルの耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-9-3-2	原子炉建物機器格納出入口の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-9-3-3	原子炉建物エアロックの耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-9-4	圧力伝達設備その他安全設備の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-9-4-1	原子炉格納容器安全設備の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-9-4-4	残留熱ハッチ除去システムの耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る	—	—	—
VI-2-9-4-4-1	燃料性物質蒸発抑制装置の耐震性についての計算書	原子炉建物	I	—	—	—
VI-2-9-4-5	燃料性物質蒸発抑制装置の耐震性についての計算書	原子炉建物	I	—	—	—
VI-2-9-4-5-1	非常用ガス処理系の耐震性についての計算書	原子炉建物	II	—	—	—
VI-2-9-4-5-1-3	非常用ガス処理系前部ガス処理装置及び後部ガス処理装置の耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る	—	—	—
VI-2-9-4-5-3	原子炉建物水蒸気凝縮抑制装置の耐震性についての計算書	原子炉建物	I	—	—	—
VI-2-9-4-5-3-1	静的地盤水蒸気処理装置の耐震性についての計算書	原子炉建物	I	—	—	—
VI-2-10	その他発電用原子炉の附属施設に関する説明書	—	—	—	—	—
VI-2-10-1	非常用ディーゼル発電設備の耐震性に関する説明書	—	—	—	—	—
VI-2-10-1-2	非常用ディーゼル発電設備の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-10-1-2-1	非常用ディーゼル発電設備の耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る	—	—	—
VI-2-10-1-2-1-3	非常用ディーゼル発電設備空気だめの耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る	—	—	—
VI-2-10-1-2-2	高圧炉心スプレイト系ディーゼル発電設備の耐震性についての計算書	原子炉建物	I	—	—	—
VI-2-10-1-2-2-1	高圧炉心スプレイト系ディーゼル発電設備ディーゼル機関及び発電機の耐震性についての計算書	原子炉建物	I	—	—	—
VI-2-10-1-2-2-3	高圧炉心スプレイト系ディーゼル発電設備空気だめの耐震性についての計算書	原子炉建物	I	—	—	—
VI-2-10-1-2-3	ガスタービン発電機の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-10-1-2-3-1	ガスタービン発電機ガスタービン機関及び発電機の耐震性についての計算書	ガスタービン発電機建物	I	—	—	—
VI-2-10-1-2-3-2	ガスタービン発電機制御装置及び励磁機装置の耐震性についての計算書	ガスタービン発電機建物	II	—	—	—
VI-2-10-1-2-3-5	ガスタービン発電機用サービスタングの耐震性についての計算書	ガスタービン発電機建物	I	—	—	—
VI-2-10-1-3	その他の電源装置の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-10-1-3-1	計表用無停電電源装置の耐震性についての計算書	廃棄物処理建物	II	—	—	—
VI-2-10-1-3-2	200系発電機 (常用) の耐震性についての計算書	廃棄物処理建物	II	—	—	—
VI-2-10-1-3-3	B1-115V系発電機 (SA) の耐震性についての計算書	廃棄物処理建物	II	—	—	—
VI-2-10-1-3-4	SA用115V系発電機の耐震性についての計算書	廃棄物処理建物	II	—	—	—
VI-2-10-1-3-5	200系蓄電池 (B1C) の耐震性についての計算書	廃棄物処理建物	Iを上回る	—	—	—
VI-2-10-1-3-6	A-110系蓄電池の耐震性についての計算書	廃棄物処理建物	Iを上回る, IIを上回る	—	—	—
VI-2-10-1-3-7	B-110系蓄電池の耐震性についての計算書	廃棄物処理建物	Iを上回る, IIを上回る	—	—	—
VI-2-10-1-3-8	B-115V系蓄電池 (SA) の耐震性についての計算書	廃棄物処理建物	II, IIを上回る	—	—	—
VI-2-10-1-3-9	SA用115V系蓄電池の耐震性についての計算書	廃棄物処理建物	II, IIを上回る	—	—	—

表2 各設備の耐震計算書に適用する設計用地震力 (5/6)

工区図書番号	図説名称	設備を設置する施設名称	設計用応答スペクトル又は設計用震度		設計用荷重 (せん断力, モーメント, 配管反力等)	分類等
			構造強度評価	動的・電氣的機能維持評価		
VI-2-10-1-2-10	高圧中心スプレッド系電池の耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る	—	—	—
VI-2-10-1-2-11	原子炉中性子炉用蓄電池の耐震性についての計算書	廃棄物処理建物	Iを上回る, IIを上回る	—	—	h. (S s / S d 別)
VI-2-10-1-4	その他の他の電圧電流用原子炉の附属施設の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-10-1-4-1	230V系充電器 (RC) の耐震性についての計算書	廃棄物処理建物	Iを上回る, IIを上回る	II	—	h. (S s / S d 別)
VI-2-10-1-4-2	4-110系充電器の耐震性についての計算書	廃棄物処理建物	IIを上回る	II	—	d. (機器動的)
VI-2-10-1-4-3	B-110系充電器の耐震性についての計算書	廃棄物処理建物	Iを上回る	II	—	d. (機器動的)
VI-2-10-1-4-4	原子炉中性子炉用蓄電池の耐震性についての計算書	廃棄物処理建物	Iを上回る, IIを上回る	—	—	h. (S s / S d 別)
VI-2-10-1-4-5	原子炉中性子炉用蓄電池の耐震性についての計算書	原子炉建物	I, II	II	—	h. (S s / S d 別)
VI-2-10-1-4-6	メタルクラフト用排気機の耐震性についての計算書	原子炉建物	I, II	II	—	h. (S s / S d 別)
VI-2-10-1-4-7	ロードセンタの耐震性についての計算書	原子炉建物	II	II	—	—
VI-2-10-1-4-10	緊急用メタラの耐震性についての計算書	ガスタービン発電機建物	II	—	—	—
VI-2-10-1-4-14	メタラ切替機の耐震性についての計算書	原子炉建物	II	—	—	—
VI-2-10-1-4-21	緊急時対策所 低圧分電盤1の耐震性についての計算書	緊急時対策所	II	—	—	—
VI-2-10-1-4-25	緊急時対策所 低圧分電盤2の耐震性についての計算書	緊急時対策所	II	—	—	—
VI-2-10-1-4-28	4-110系直流機の耐震性についての計算書	廃棄物処理建物	II	—	—	—
VI-2-10-1-4-29	B-110系直流機の耐震性についての計算書	廃棄物処理建物	II	—	—	—
VI-2-10-1-4-32	B-110系直流機 (SA) の耐震性についての計算書	廃棄物処理建物	II	—	—	—
VI-2-10-1-4-33	緊急時対策所 無停電電源装置の耐震性についての計算書	緊急時対策所	IIを上回る	II	—	d. (機器動的)
VI-2-10-1-4-34	緊急時対策所 無停電電源装置の耐震性についての計算書	緊急時対策所	IIを上回る	II	—	d. (機器動的)
VI-2-10-1-4-35	緊急時対策所 直流110V充電器の耐震性についての計算書	緊急時対策所	IIを上回る	II	—	d. (機器動的)
VI-2-10-2	浸水切替機施設の耐震性に関する説明書	—	—	—	—	—
VI-2-10-2-1	浸水切替機施設の耐震性に関する説明書	取水槽	Iを上回る	—	—	—
VI-2-10-2-10	床下トンネル止扉の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-11	波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震性に関する説明書	—	—	—	—	—
VI-2-11-1	波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の評価方針	—	—	—	—	—
VI-2-11-2	波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-11-2-1	建物の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-11-2-1-1	1号機原子炉建物の耐震性についての計算書	—	—	—	—	建物・構築物又は土木構造物の地震 応答計算結果を直接使用するもので あるため対象外
VI-2-11-2-1-2	1号機タービン建物の耐震性についての計算書	—	—	—	—	建物・構築物又は土木構造物の地震 応答計算結果を直接使用するもので あるため対象外
VI-2-11-2-1-3	1号機廃棄物処理建物の耐震性についての計算書	—	—	—	—	建物・構築物又は土木構造物の地震 応答計算結果を直接使用するもので あるため対象外
VI-2-11-2-1-4	サイトハンカ建物の耐震性についての計算書	—	—	—	—	建物・構築物又は土木構造物の地震 応答計算結果を直接使用するもので あるため対象外
VI-2-11-2-1-5	サイトハンカ建物 (構築部) の耐震性についての計算書	—	—	—	—	建物・構築物又は土木構造物の地震 応答計算結果を直接使用するもので あるため対象外
VI-2-11-2-1-6	排気筒モニタ車の耐震性についての計算書	—	—	—	—	建物・構築物又は土木構造物の地震 応答計算結果を直接使用するもので あるため対象外
VI-2-11-2-2	1号機排気筒の耐震性についての計算書	—	—	—	—	建物・構築物又は土木構造物の地震 応答計算結果を直接使用するもので あるため対象外
VI-2-11-2-6	電巻防護対策設備の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-11-2-4-1	燃料移送ポンプユリア電巻防護対策設備の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-11-2-4-2	燃料開口部電巻防護対策設備の耐震性についての計算書	原子炉建物 廃棄物処理建物	II, IIを上回る	—	—	—
VI-2-11-2-4-2	燃料開口部電巻防護対策設備の耐震性についての計算書	原子炉建物 廃棄物処理建物	II, IIを上回る	—	—	—
VI-2-11-2-7	機器の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
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	原子炉建物	I	—	—	—
VI-2-11-2-7-2	燃料取扱機の耐震性についての計算書	原子炉建物	II	—	—	—
VI-2-11-2-7-3	チェンネル着脱装置の耐震性についての計算書	原子炉建物	II	—	—	—
VI-2-11-2-7-6	燃料プール冷却ポンプ駆動機の耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る	—	—	—
VI-2-11-2-7-9	格納容器空置換排気機の耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る	—	—	—
VI-2-11-2-7-10	中央制御室天井照明の耐震性についての計算書	制御室建物	Iを上回る	—	—	—
VI-2-11-2-7-12	高圧配電盤の耐震性についての計算書	排気筒	I, Iを上回る	—	—	e. (条件種類別)
VI-2-11-2-7-13	主排気ダクトの耐震性についての計算書	排気筒	I	—	—	—
VI-2-11-2-9	原子炉ウェルホールドドラッグの耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-11-2-11	ガンマ線遮蔽壁の耐震性についての計算書	大型機器室	—	—	—	—
VI-2-11-2-11	浸水切替機施設の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—

表2 各設備の耐震計算書に適用する設計用地震力 (6/6)

工区図書番号	図書名称	設備を設置する施設名称	設計用非応答スベクトル又は設計用震度		設計用荷重 (せん断力、モーメント、配管反力等)	分類等
			構造強度評価	動的・電気的機能維持評価		
VI-2-別添2-1	浚本町圃に係る備置の耐震計算の資料	—	—	—	—	—
VI-2-別添2-7	桜水防護カバンの耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る	—	—	—
VI-2-別添3	可搬型重大事故等対処設備の耐震性に関する説明書	—	—	—	—	—
VI-2-別添3-2	可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動	—	—	—	—	—
VI-2-別添3-3	可搬型重大事故等対処設備のうち車庫型設備の耐震性についての計算書	—	—	—	—	建物・構築物又は土木構造物の地震応答計算結果を直接使用するものであるため対象外
VI-2-別添3-4	可搬型重大事故等対処設備のうちポンプ設備の耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る	—	—	—
VI-2-別添3-4-1	透かし安全弁用重業ガスポンプラックの耐震性についての計算書	原子炉建物	Iを上回る	—	—	—
VI-2-別添3-4-2	中央制御室待機室正圧化装置 空気がポンプラックの耐震性についての計算書	廃棄物処理建物	Iを上回る	—	—	—
VI-2-別添3-5	可搬型重大事故等対処設備のうち可搬型空気浄化設備の耐震性についての計算書	—	—	—	—	—
VI-2-別添3-6	可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備の耐震性についての計算書	廃棄物処理建物 緊急時対策所	Iを上回る	Iを上回る	—	—
VI-2-別添3-7	可搬型重大事故等対処設備の水平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	—	—	—	—	—

2. 機器・配管系の耐震設計における
剛柔判定を行う固有周期について

目 次

1. はじめに	1
2. 剛柔判定を行う固有周期の考え方	1
3. 剛柔判定を行う固有周期と地震力の算定法	1
4. 実機に対する適用性	2
5. 剛柔判定に係る閾値の検討	8

1. はじめに

島根原子力発電所第2号機における機器・配管系の耐震設計においては、当該設備が柔構造と判断される場合には、動的解析により地震力を算定し、剛構造と判断される場合には、機器・配管系の設置床面の最大応答加速度の1.2倍の加速度を震度(1.2ZPA)とした静的解析により地震力を算定するが、この剛柔判定を行う閾値として固有周期0.05秒(20Hz)を適用している。

本検討においては、0.05秒以下の領域も考慮した地震応答解析を行い、剛柔判定を行う閾値として固有周期0.05秒を適用していることの妥当性を検討する。

なお、本資料が関連する工認図書は以下のとおり。

- ・VI-2 「耐震性に関する説明書」

2. 剛柔判定を行う固有周期の考え方

剛柔判定の固有周期と動的解析の適用範囲の概要を図1に示す。剛柔判定の固有周期は、地震動による応答増幅が大きくなる建物・構築物の卓越周期から十分離隔した位置に設定し、動的解析の適用要否の決定に用いている。なお、この考え方は、J E A G 4 6 0 1-1970に示されている。

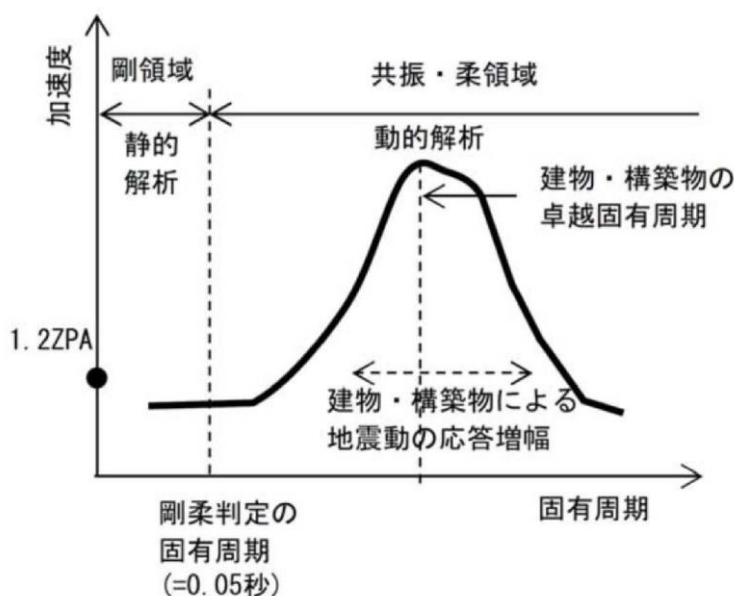


図1 床応答スペクトルにおける剛柔判定の固有周期と動的解析の適用範囲の概要

3. 剛柔判定を行う固有周期と地震力の算定法

J E A G 4 6 0 1-1987の抜粋を図2に示す。機器・配管系の剛柔判定については、J E A G 4 6 0 1-1987に例示されているとおり、機器・配管系の1次固有周期が0.05秒以下の場合には剛構造、0.05秒を超える場合は柔構造とする。この方針は、既工認と同じである。

機器・配管系の耐震設計では、剛柔判定の固有周期0.05秒を超える場合は、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に対して動的解析により水平及び鉛直方向の動的地震力を定め

る。固定周期が 0.05 秒以下の場合、機器・配管系の設置床面の最大応答加速度の 1.2 倍の加速度を震度（1.2ZPA）とした静的解析により地震力を算出する。

6.4.3 動的地震力の概要

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

(1) As 及び A クラス機器

A クラス機器に関しては、基準地震動 S_1 に対し動的解析（地盤－建屋－機器連成の解析あるいは据付位置における設計用床応答スペクトルを用いた解析等）により算定される水平地震力を適用する。A クラス機器の中で特に重要な As クラス機器に関しては、さらに基準地震動 S_2 に対し動的解析によって得られる水平地震力をも適用する。ただし、その機器が剛構造と判断される場合（例えば機器の 1 次固有振動数が 20Hz 以上、あるいは、設計用床応答スペクトルの卓越する領域より高い固有振動数を有する場合）には、その機器の据付位置における建物の応答加速度を基に定まる震度により地震力を算定する。なお、As、A クラスの機器については鉛直地震力をも考慮し、基準地震動の最大加速度を 1/2 とした鉛直震度（高さ方向については一定とする）より求まる鉛直地震力を水平地震力と同時に不利な方向で組合せる。

図 2 J E A G 4 6 0 1-1987（抜粋）

4. 実機に対する適用性

J E A G 4 6 0 1-1987 の記載は、水平方向の動的解析への適用として剛柔判定の固有周期 0.05 秒の考え方を示したものである。新規制基準においては、鉛直方向についても水平方向と同様に動的な扱いとするため、鉛直方向も含め剛柔判定の固有周期 0.05 秒が地震力算定に適用可能であることを検討した。本検討に際して参照した J E A G 4 6 0 1-1970 の抜粋を図 3 に示す。J E A G 4 6 0 1-1970 には建物・構築物の卓越固有周期の 1/2 を剛柔判定の固有周期とするとの考え方が示されており、原子力発電所の建物・構築物の卓越周期は一般に、0.1～0.5 秒（2～10Hz）であることを考慮して、0.05 秒を剛柔判定の固有周期とすれば十分であると記載されている。

島根原子力発電所第 2 号機の原子炉建物地震応答解析モデルに基づく、水平方向及び鉛直方向における固有周期を表 1 及び表 2 並びに図 4～図 6 に示す。建物の卓越固有周期は水平及び鉛直方向とも概ね 0.1 秒以上であり、剛柔判定の固有周期 0.05 秒は、原子炉建物の卓越固有周期に対して十分な離隔（卓越固有周期の 1/2 程度）をもって設定されている。

また加速度応答スペクトルを図 7 に、変位応答スペクトルを図 8 に示す。加速度応答スペクトルでは 0.05 秒未満で一定の加速度値を有するが、変位応答スペクトルにおいては固有周期 0.05 秒で概ね収斂している。

上記の検討結果より、既工認と同じ剛柔判定の固有周期 0.05 秒は、建物の卓越固有周期に対して十分な離隔をもっており、島根原子力発電所第 2 号機の水平及び鉛直方向の地震力算定に適用可能であることを確認した。

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

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

図3 J E A G 4 6 0 1 -1970 (抜粋)

表1 原子炉建物地震応答解析モデルの固有値解析結果 (水平方向)

次数	NS 方向		EW 方向	
	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)
1次	0.220	4.55	0.203	4.94
2次	0.099	10.10	0.093	10.72

表2 原子炉建物地震応答解析モデルの固有値解析結果 (鉛直方向)

次数*	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)
2次	0.105	9.48

注記* : 1次モードは主要な機器を設置していない
屋根トラス部が卓越するため除く

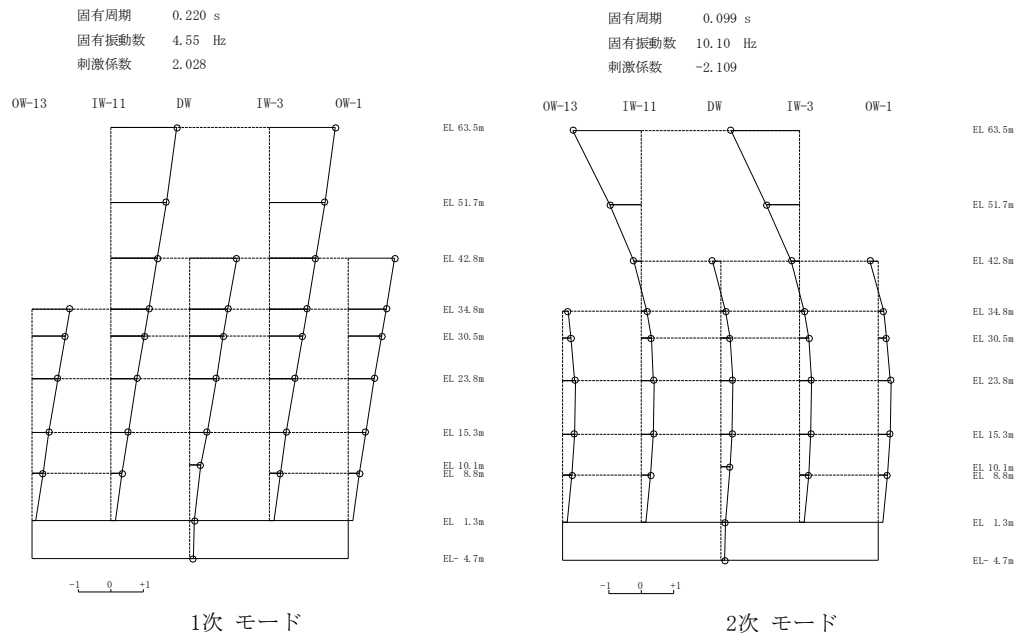


図4 刺激関数図 (NS方向)

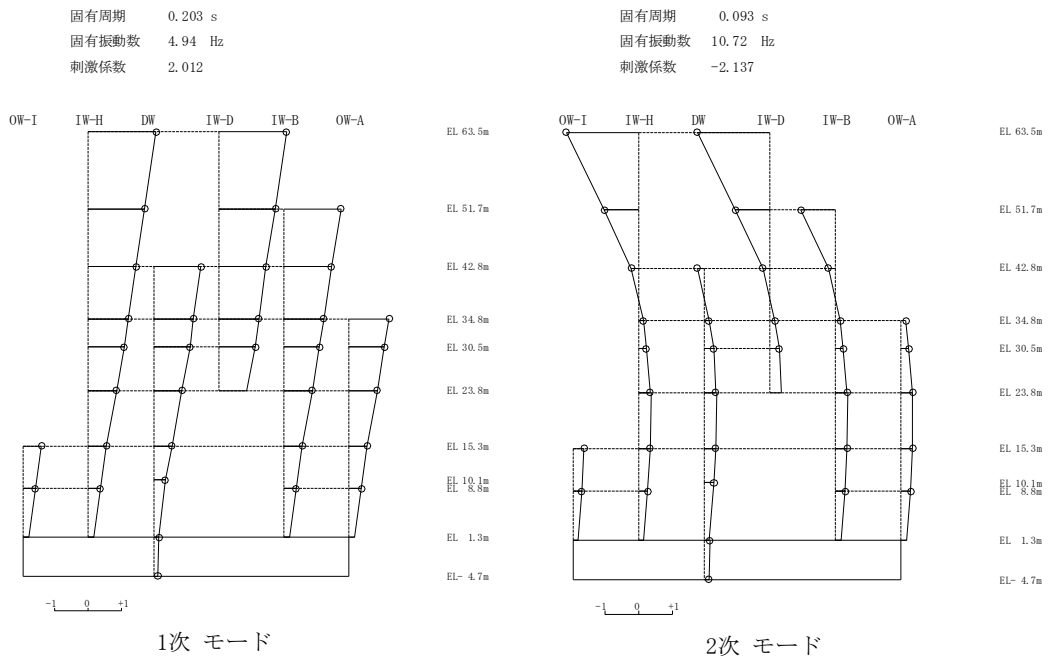


図5 刺激関数図 (EW方向)

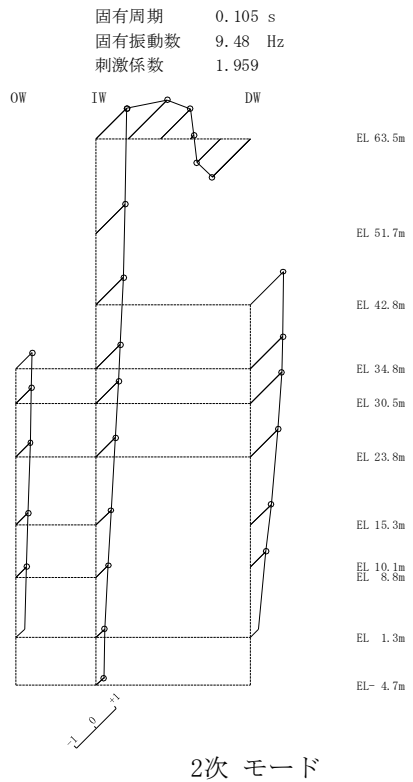


図6 刺激関数図（鉛直方向）

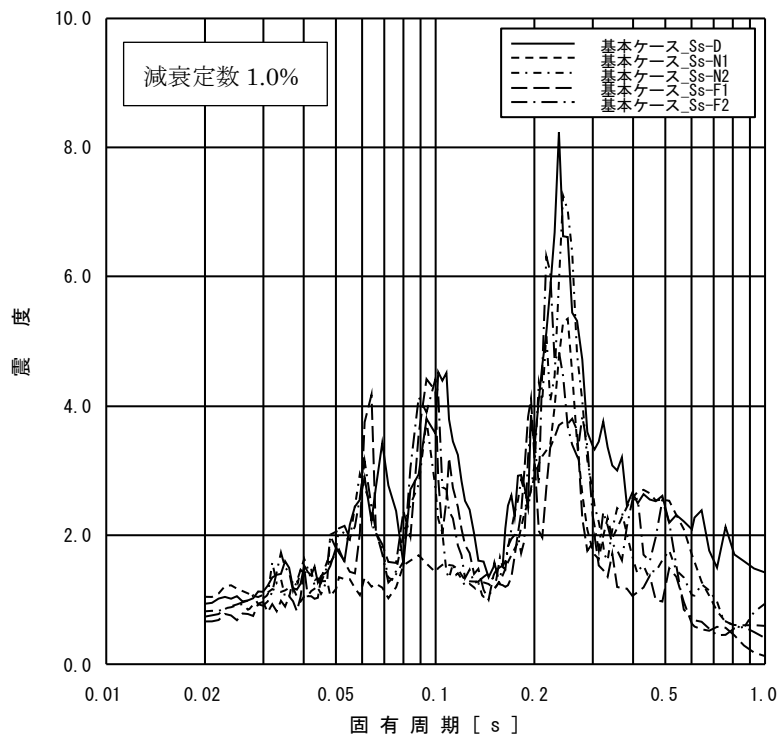


図7(1) 原子炉建物 (EL23.800m) の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 基準地震動 Ss, 減衰定数 1.0%)

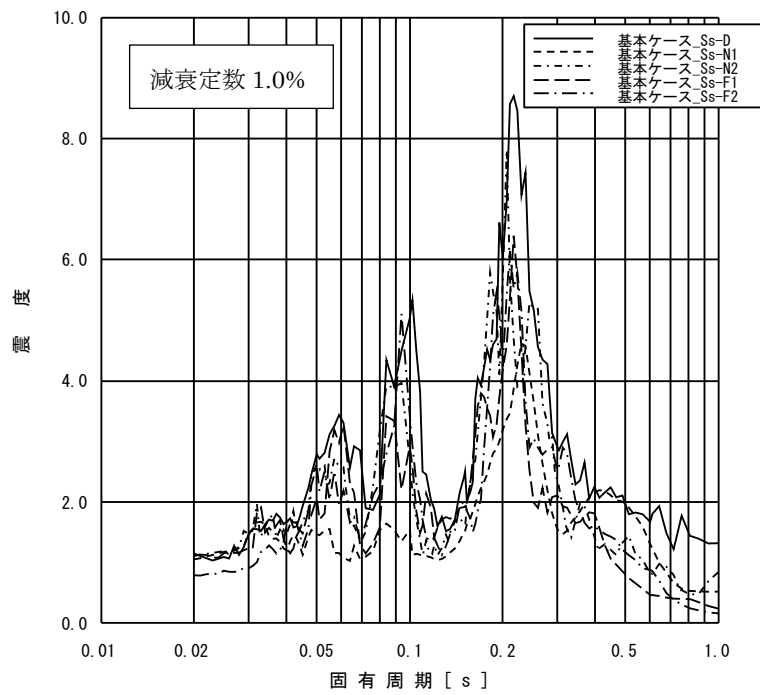


図 7(2) 原子炉建物 (EL23.800m) の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 基準地震動 S_s , 減衰定数 1.0%)

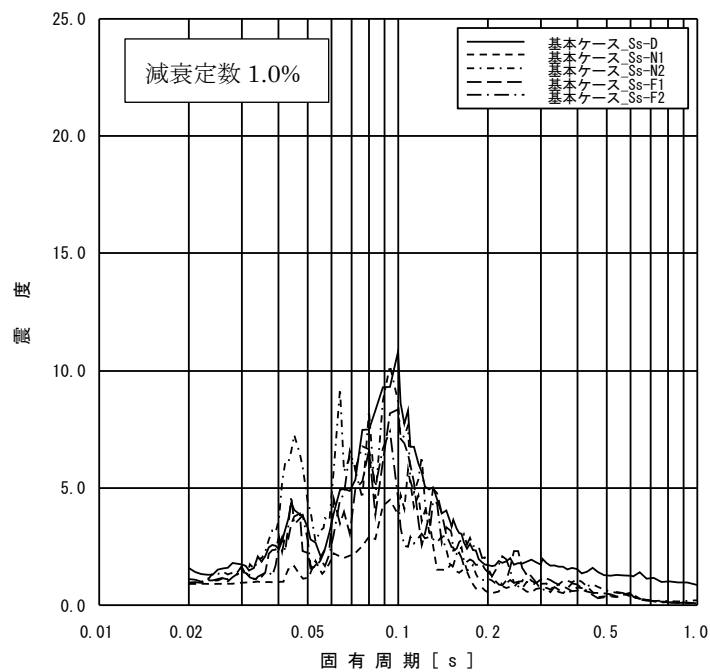


図 7(3) 原子炉建物 (EL23.800m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 基準地震動 S_s , 減衰定数 1.0%)

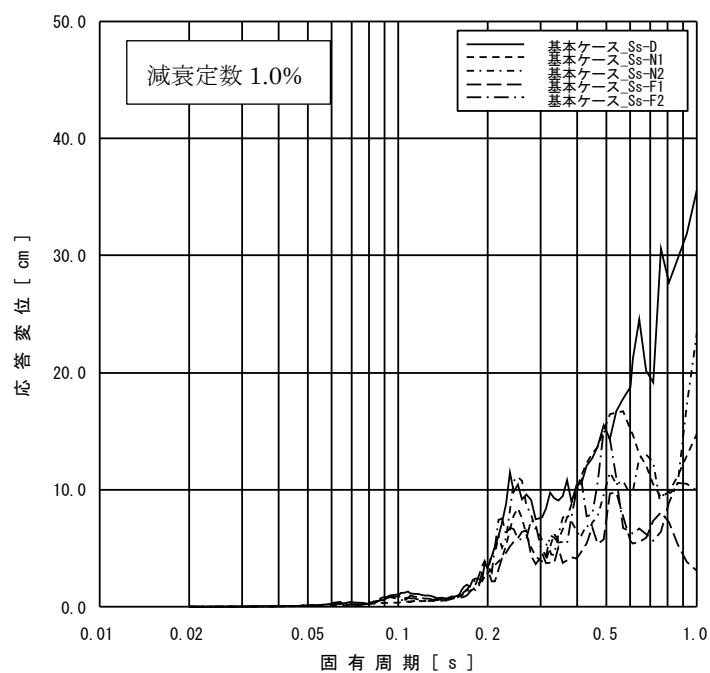


図 8(1) 原子炉建物 (EL23. 800m) の変位応答スペクトル
(NS 方向, 基準地震動 Ss, 減衰定数 1.0%)

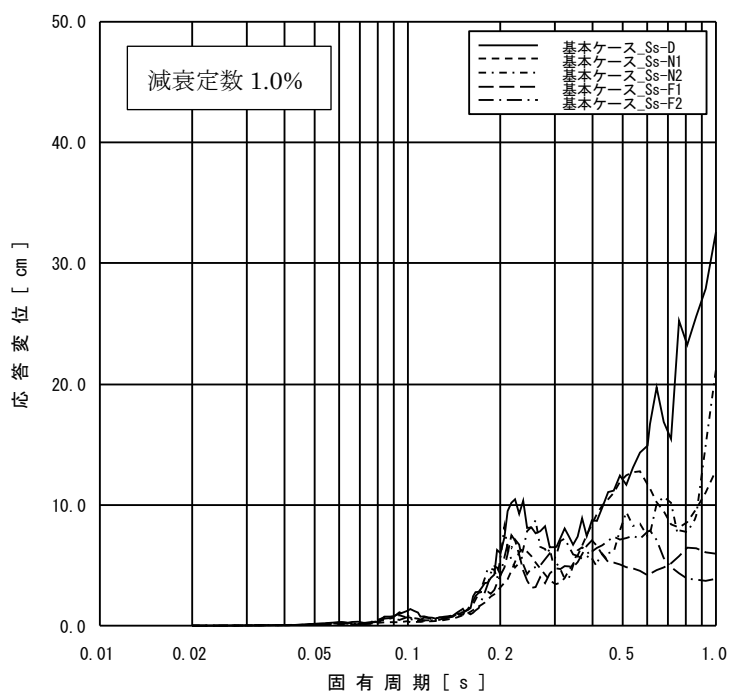


図 8(2) 原子炉建物 (EL23. 800m) の変位応答スペクトル
(EW 方向, 基準地震動 Ss, 減衰定数 1.0%)

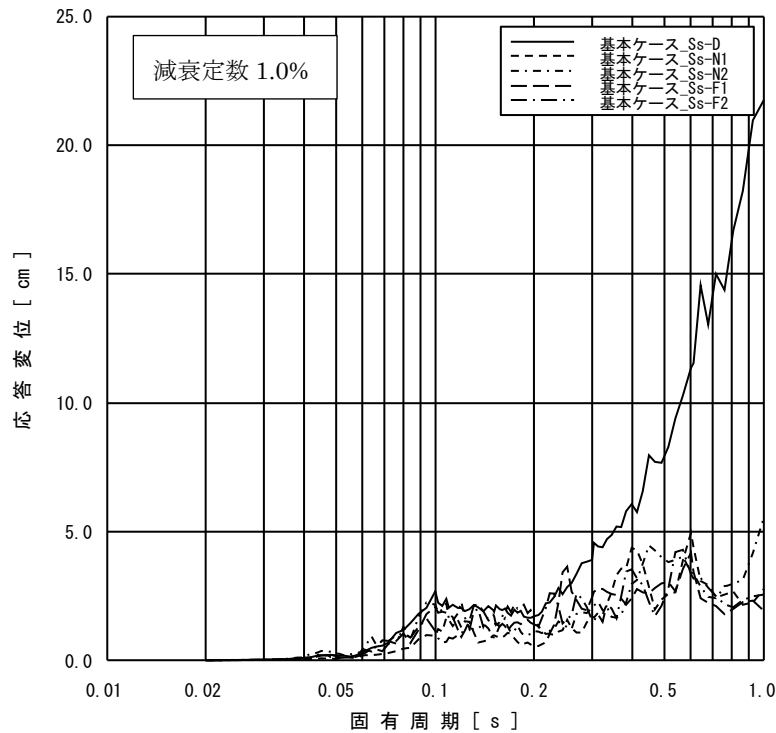


図 8(3) 原子炉建物 (EL23.800m) の変位応答スペクトル
(鉛直方向, 基準地震動 Ss, 減衰定数 1.0%)

5. 剛柔判定に係る閾値の検討

(1) 剛柔判定の閾値を 0.05 秒とすることに関する知見

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

島根 2 号機の耐震評価において剛柔判定の閾値を 0.05 秒と設定することを踏まえ、地震動の 0.1 秒以下の高振動数領域が設備の損傷に与える影響は小さいと検討されている既往知見を以下に記載する。

- a. J E A G 4 6 0 1-1987 で機器が剛構造と判断される場合の例示として、1 次固有振動数が 20Hz 以上、あるいは、設計用床応答スペクトルの卓越する領域より高い振動数を有する場合を掲示している。また、J E A G 4 6 0 1-1970 では、一般的なものとして、2~10Hz が取付け点の卓越振動数域と考えられ、共振領域としては 1~20Hz を考えれば十分であろうとしている。(当該部分の抜粋は図 2, 3 に示す。)

J E A G 4 6 0 1-1987 における剛柔判定の固有振動数 20Hz 以上の考え方は、水平方向の動的解析への適用として示したものであるが、鉛直方向においても J E A G 4 6 0 1-1970 の考え方にに基づき、原子炉建物の卓越固有周期が剛柔判定の固有周期 0.05 秒に対して、十分な離隔を有することを確認している。また、構造強度の評価に直接か

かわる変位応答スペクトルにおいては、水平方向では0.1秒で概ね収斂している。鉛直方向では、0.1秒でも一定の応答変位がみられるが、0.1秒以下では概ね単調減少して0.05秒では収斂していることを確認している。

- b. 過去に、観測された地震動が0.1秒以下の周期領域のみで設計時の想定を超えた原子力発電所では耐震設計上重要な施設に対して被害の発生が無い。

【周期0.1秒以下で設計時の想定を超える地震動が観測された原子力発電所】

女川原子力発電所（2005年宮城県沖地震）

米国 Perry 原子力発電所（1986年 Leroy 地震）*

米国 Summer 原子力発電所（1978年小規模地震多数）*

注記*：(出典) EPRI 1988.7 A Criterion for Determining Exceedance of the Operating Basis Earthquake

- c. 気象庁の震度階：近地地震などでは短周期成分が多く含まれており、日本では経験的に地震動と破壊の状態との関係を震度で示している。気象庁震度階の元となっている計測震度では、周期0.1秒よりも短周期側の地震動成分をフィルタでカットしている。計測震度の算出方法について、図9に気象庁ホームページに公開されている内容の抜粋を示す。

計測震度の算出方法

1 経緯

震度観測のあり方について検討するため、昭和60年3月、気象庁に発足した震度観測検討委員会は、昭和63年2月にとりまとめられた検討結果報告において、震度観測を計測化する場合の算出式を提案している。それは、河角による震度と最大加速度の関係式

$$I = 2 \cdot \log a_m + 0.7 \quad (1)$$

に、体感による震度とより一致するよう周期の影響を考慮した項を加えた式

$$I = 2 \cdot \log a_m + 0.7 + \log(k \cdot t) \quad (2)$$

で、更に継続時間的要素についても考慮するとしている。ここで、

I : 震度(四捨五入にして整数値とする、また、この式を用いるのは震度6までで、震度7の判定は被害状況の調査による)

a_m : 最大加速度 (gal=c m/sec²)

t : 周期(sec) (0.1 ≤ t ≤ 1.0の範囲に限る)

k : 係数

である。

図9 計測震度の算出方法 (抜粋)

(<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/study-panel/shindo-kentokai/hensen.pdf>)
より転載

- d. 米国の規格：地震後の対応に関する米国の規格：Nuclear Plant Response to an Earthquake (ANSI/ANS-2.23-2002) では、観測された地震が設計用の地震動を超えたか

否かの判定 (OBE Exceedance Criteria) で、応答スペクトルで 0.1 秒以下の周期帯について考慮外としている。本規格では、CAV (Cumulative Absolute Velocity) という指標を導入して観測された地震動の有効性 (構造物の破壊に対する影響度) を判定している。

原波形と 0.1 秒のフィルタを掛けた波形について各々 CAV を算出し、その比を地震による影響の程度を示す震度 (米国では修正メルカリ震度を使用している) に対してプロットすると、破損が生じるといわれる修正メルカリ震度 VII 程度以上で安定し、0.1 秒のフィルタを掛けた波形が破損との関係をより良く表している。

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

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

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

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

(2) 変位応答スペクトルを踏まえた剛柔判定の検討

島根原子力発電所第 2 号機のガンマ線遮蔽壁 EL29.962m における基準地震動 S_s による加速度応答スペクトルを図 10 に示す。また、同様に変位応答スペクトルを図 11 に示す。

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

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

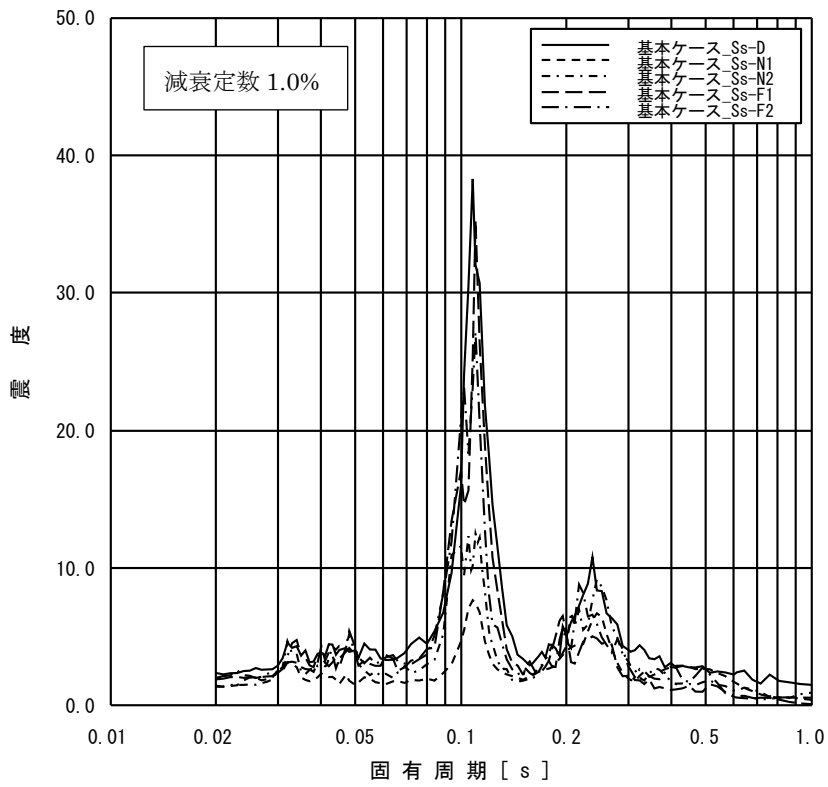


図 10(1) ガンマ線遮蔽壁 EL29.962m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%)

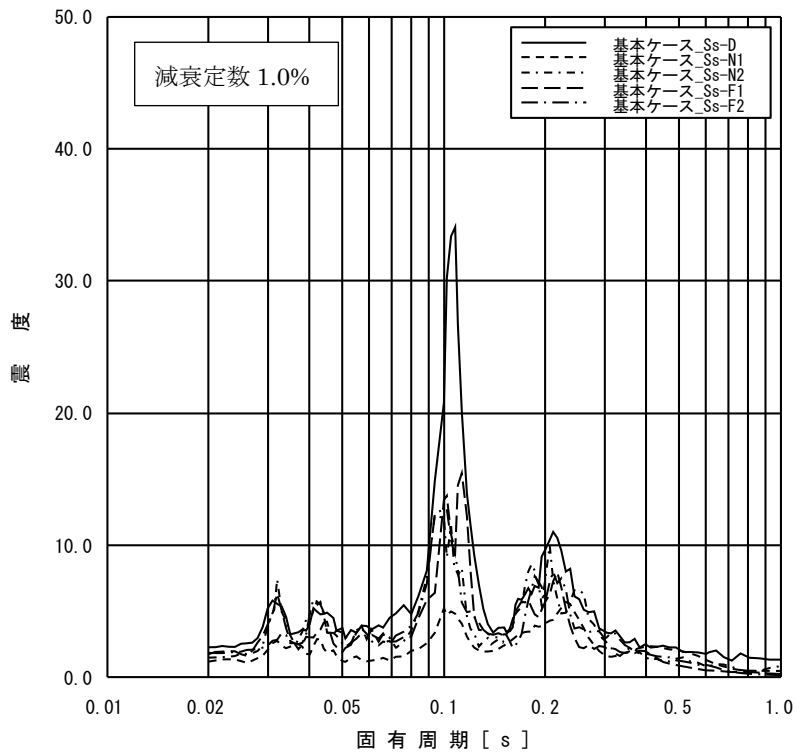


図 10(2) ガンマ線遮蔽壁 EL29.962m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%)

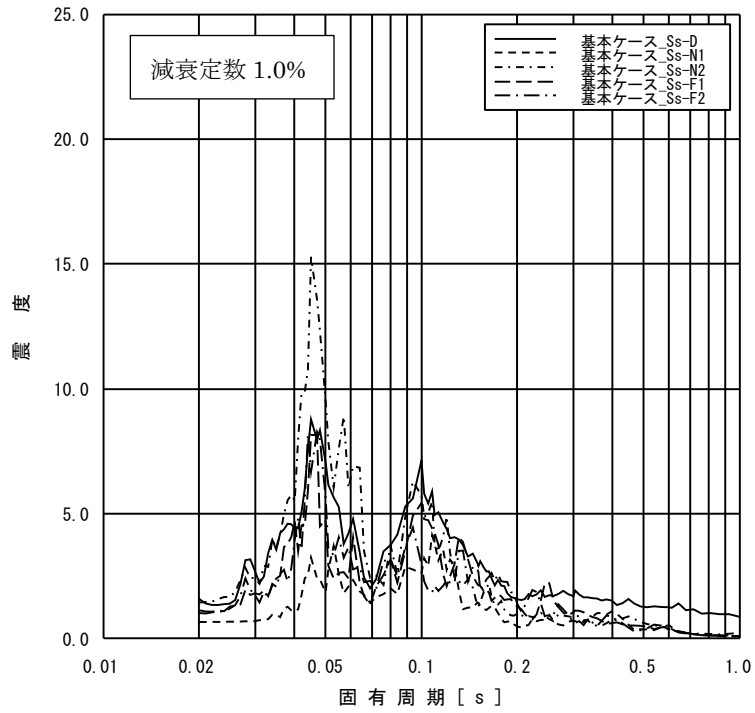


図 10(3) ガンマ線遮蔽壁 EL29.962m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)

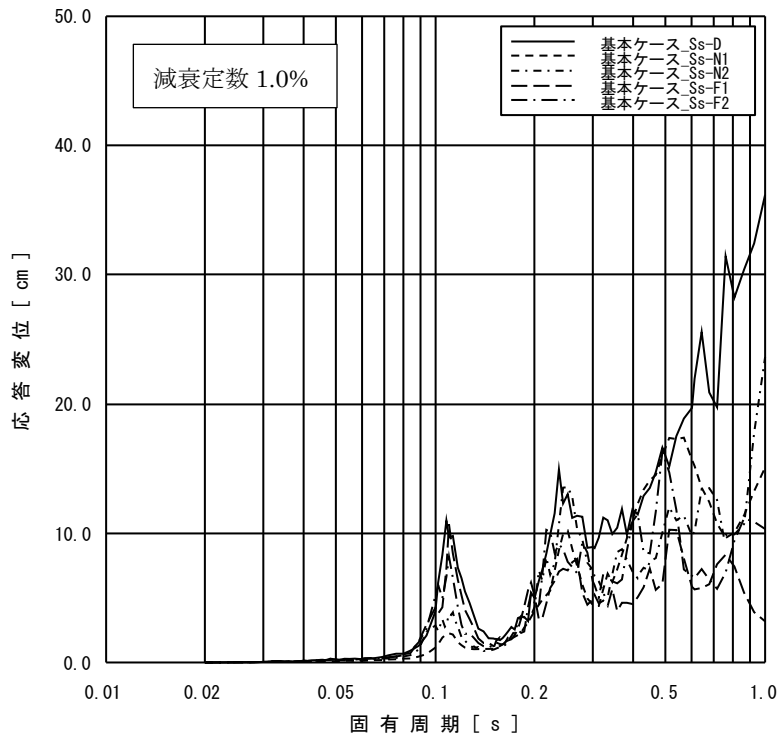


図 11(1) ガンマ線遮蔽壁 EL29.962m の変位応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%)

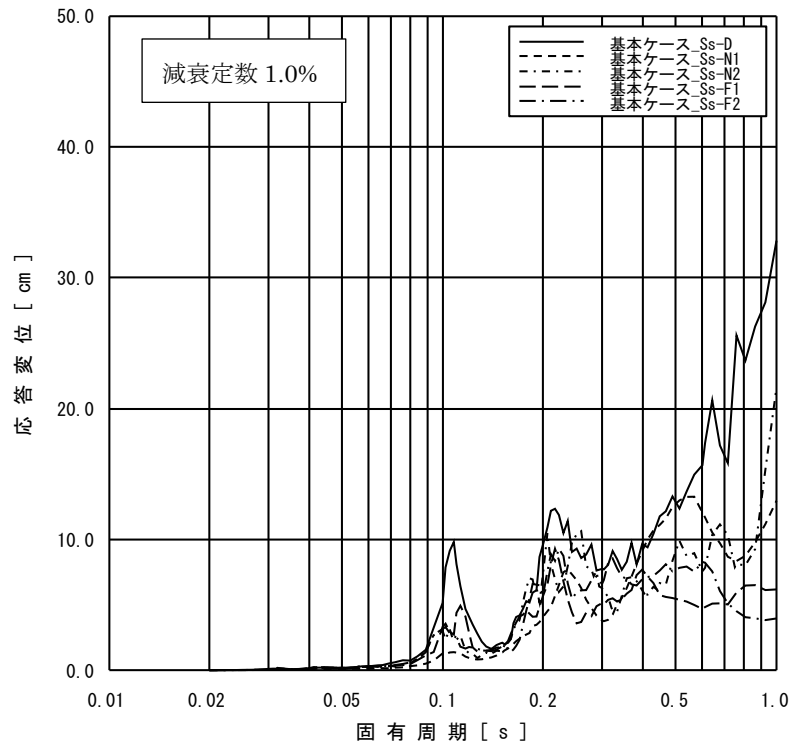


図 11(2) ガンマ線遮蔽壁 EL29.962m の変位応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%)

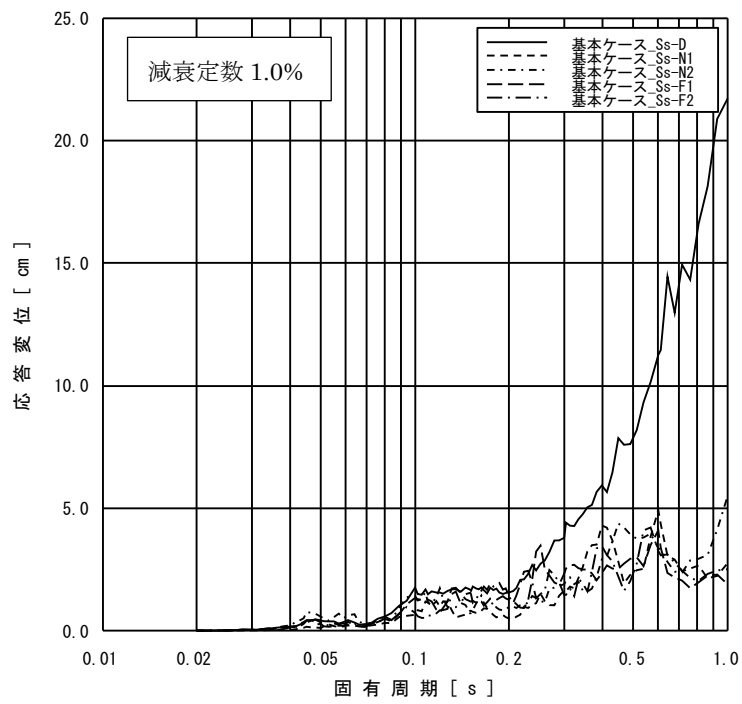


図 11(3) ガンマ線遮蔽壁 EL29.962m の変位応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)

(3) 動的解析法の妥当性確認

本項では現行の動的解析において応答増幅を考慮する固有振動数の範囲は0.05秒を超える(20Hz未満)範囲としていることについて、構造強度設計を行う上で妥当であること、すなわち、変位応答スペクトルをベースに設定した剛柔判定の固有周期が耐震設計を行う上で妥当性を有していることを確認する。なお、弁の動的機能維持評価に適用する加速度値の算定方法については、補足-027-5「弁の動的機能維持評価について」に示す。

a. 検討対象設備

検討対象設備は、20Hz近傍に卓越する応答に対する検討を行う観点から20Hz近傍に卓越する応答を有する構築物の設計用床応答スペクトルを適用する設備を選定する。また、設計用床応答スペクトル作成において20Hz以降の高振動数領域を剛な領域としていることを踏まえて、1次固有振動数が20Hz近傍に有する設備を選定する。

(a) 20Hz近傍に卓越する応答を有する設計用床応答スペクトルを適用する設備

耐震評価対象設備が最も多い原子炉建物及び原子炉圧力容器等の大型機器類を代表として、以下の地震応答について確認した。加速度応答スペクトルを添付図1～6に示す。

- ・原子炉建物
- ・原子炉格納容器
- ・ガンマ線遮蔽壁
- ・原子炉圧力容器ペDESTAL
- ・原子炉圧力容器

添付図1～6より、水平及び鉛直方向ともに高振動数領域(50Hz)へ向かうにつれて加速度値は低下傾向にあるものの、20Hz近傍で応答が卓越している質点が複数あることが分かる。

そこで、各加速度応答スペクトルの結果から、20Hz近傍で最も加速度値が大きい原子炉建物EL51.700m(水平方向)とガンマ線遮蔽壁EL29.962m(鉛直方向)の設計用床応答スペクトルを適用するもののうち、一次応力の裕度が小さい燃料プールの配管(モデルNo. SFPS-R-3)及び残留熱除去系配管(モデルNo. RHR-PD-8)を対象として検討する。

なお、原子炉建物(水平方向)とガンマ線遮蔽壁(鉛直方向)の設計用床応答スペクトルを適用し耐震評価を実施する設備を表3に示す。

表3 原子炉建物（水平方向）とガンマ線遮蔽壁（鉛直方向）の
設計用床応答スペクトルを適用する設備(1/3)

設備名称 (モデル No)	評価に適用する設計用 床応答スペクトルの作成位置	1次固有周期 (秒)
燃料プール冷却系配管 (FPC-R-1)	原子炉建物 EL 42.800m	
燃料プール冷却系配管 (FPC-R-2)	原子炉建物 EL 42.800m	
燃料プール冷却系配管 (FPC-R-3)	原子炉建物 EL 42.800m	
燃料プール冷却系配管 (FPC-R-4)	原子炉建物 EL 42.800m	
燃料プール冷却系配管 (FPC-R-5)	原子炉建物 EL 42.800m	
燃料プール冷却系配管 (FPC-R-10)	原子炉建物 EL 34.800m	
燃料プール冷却系配管 (FPC-R-11)	原子炉建物 EL 42.800m	
燃料プール冷却系配管 (FPC-R-12)	原子炉建物 EL 42.800m	
燃料プールのプレイ系配管 (SFPS-R-1)	原子炉建物 EL 23.800m	
燃料プールのプレイ系配管 (SFPS-R-2)	原子炉建物 EL 42.800m	
燃料プールのプレイ系配管 (SFPS-R-3)	原子炉建物 EL 51.700m	
燃料プールのプレイ系配管 (SFPS-R-4)	原子炉建物 EL 51.700m	
燃料プールのプレイ系配管 (SFPS-R-5)	原子炉建物 EL 23.800m	
燃料プールのプレイ系配管 (SFPS-R-6)	原子炉建物 EL 34.800m	
燃料プールのプレイ系配管 (SFPS-R-7)	原子炉建物 EL 51.700m	
燃料プールのプレイ系配管 (SFPS-R-8)	原子炉建物 EL 51.700m	

表3 原子炉建物（水平方向）とガンマ線遮蔽壁（鉛直方向）の
設計用床応答スペクトルを適用する設備（2/3）

設備名称 (モデル No)	評価に適用する設計用 床応答スペクトルの作成位置	1次固有周期 (秒)
残留熱除去系配管 (RHR-PD-8)	ガンマ線遮蔽壁 EL 29.962m	
低圧炉心スプレイ系配管 (LPCS-PD-1)	ガンマ線遮蔽壁 EL 26.981m	
低圧炉心スプレイ系配管 (LPCS-R-1)	原子炉建物 EL 8.800m	
低圧炉心スプレイ系配管 (LPCS-R-2)	原子炉建物 EL 15.300m	
原子炉浄化系配管 (CUW-R-1)	原子炉建物 EL 15.300m	
制御棒駆動水圧系配管 (CRD-PD-1)	ガンマ線遮蔽壁 EL 19.000m	
制御棒駆動水圧系配管 (CRD-PD-2)	ガンマ線遮蔽壁 EL 19.000m	
制御棒駆動水圧系配管 (CRD-PD-3)	ガンマ線遮蔽壁 EL 19.000m	
制御棒駆動水圧系配管 (CRD-PD-4)	ガンマ線遮蔽壁 EL 19.000m	
制御棒駆動水圧系配管 (CRD-PD-5)	ガンマ線遮蔽壁 EL 19.000m	
制御棒駆動水圧系配管 (CRD-PD-6)	ガンマ線遮蔽壁 EL 19.000m	
制御棒駆動水圧系配管 (CRD-R-1)	原子炉建物 EL 30.500m	
制御棒駆動水圧系配管 (CRD-R-2)	原子炉建物 EL 30.500m	
制御棒駆動水圧系配管 (CRD-R-3)	原子炉建物 EL 30.500m	
制御棒駆動水圧系配管 (CRD-R-4)	原子炉建物 EL 30.500m	
制御棒駆動水圧系配管 (CRD-R-5)	原子炉建物 EL 30.500m	
制御棒駆動水圧系配管 (CRD-R-6)	原子炉建物 EL 30.500m	

表3 原子炉建物（水平方向）とガンマ線遮蔽壁（鉛直方向）の
設計用床応答スペクトルを適用する設備（3/3）

設備名称 (モデル No)	評価に適用する設計用 床応答スペクトルの作成位置	1次固有周期 (秒)
ほう酸水注入系配管 (SLC-R-1)	原子炉建物 EL 23.800m	
ほう酸水注入系配管 (SLC-R-2)	原子炉建物 EL 42.800m	
ほう酸水注入系配管 (SLC-R-3)	原子炉建物 EL 42.800m	
ドレン移送系配管 (RWL-R-1)	原子炉建物 EL 15.300m	
ドレン移送系配管 (RWL-R-2)	原子炉建物 EL 15.300m	

(b) 1次固有振動数が20Hz近傍に有する設備

原子炉建物に設置される配管系において、20Hz近傍に1次固有振動数を有する設備を選定する。20Hz近傍に1次固有振動数を有する配管系として、1次として , 2次として の振動モードを有する燃料プールスプレイ系配管（モデル No. SFPS-R-2）を選定する。

b. 確認方法

図12に検討における地震応答解析で考慮する固有振動数領域を示す。本検討は、50Hzの領域まで作成した検討用床応答スペクトル①を適用した地震応答解析結果を用いて行う。

上記の結果を、20Hzの領域まで作成した検討用床応答スペクトル②を用いた地震応答解析結果と比較する。また、参考として、設計用床応答スペクトルⅠ又はⅡを用いた地震応答解析結果を示す。検討対象設備ごとに適用する設計用床応答スペクトルを表4に示す。

なお、本検討における地震応答解析においては、水平2方向及び鉛直1方向を考慮した解析を実施する。

表4 検討対象設備に適用する設計用床応答スペクトル

検討対象設備	適用する設計用床応答スペクトル
SFPS-R-3	設計用床応答スペクトルⅡ
RHR-PD-8	設計用床応答スペクトルⅠ
SFPS-R-2	設計用床応答スペクトルⅡ

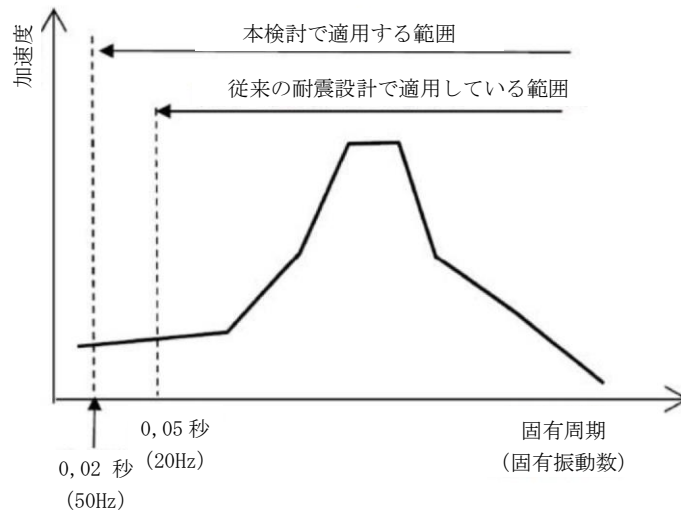


図 12 地震応答解析で考慮する固有振動数領域

c. 検討用床応答スペクトル①及び②並びに設計用床応答スペクトル

地震応答解析に適用する検討用床応答スペクトル①及び②並びに設計用床応答スペクトルを図 13～図 15 に示す。検討用床応答スペクトル①は、剛領域の設備応答の影響を確認する観点から、固有周期 0.02 秒 (50Hz) まで作成するとともに、設計用床応答スペクトルと同様に基本ケースについては周期軸方向に 10% 拡幅する。検討用床応答スペクトル②は、固有周期 0.05 秒 (20Hz) まで作成し、基本ケースについては周期軸方向に 10% 拡幅する。設計用床応答スペクトルについては、「1. 設計用床応答スペクトルの作成方法及び適用方法について」に従い、各検討対象設備に応じた設計用床応答スペクトル I 又は II を適用する。なお、検討用床応答スペクトル①及び②は、適用する設計用床応答スペクトルと 20Hz までの領域については同じ形状とする。また、検討用床応答スペクトル①及び②並びに設計用床応答スペクトルの固有周期の計算間隔は、表 5 に示す計算間隔を用いる。

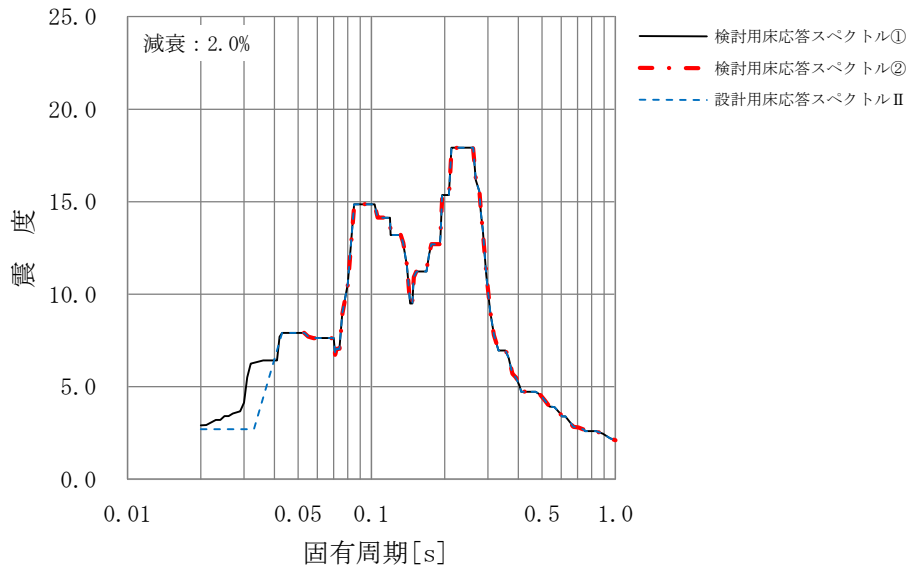


図 13(1) 検討用床応答スペクトル (燃料プールのスプレイ系配管 (モデル No. SFPS-R-3))
(NS 方向)

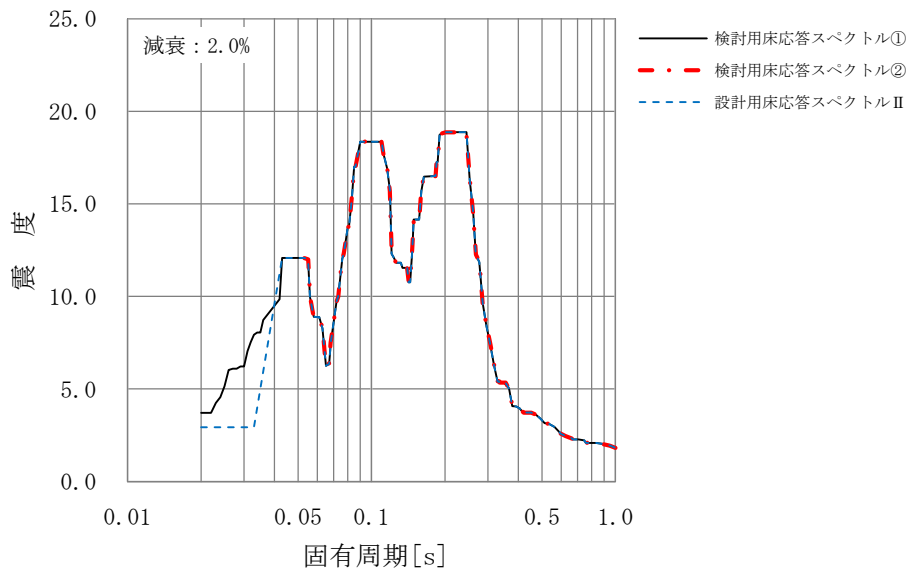


図 13(2) 検討用床応答スペクトル (燃料プールのスプレイ系配管 (モデル No. SFPS-R-3))
(EW 方向)

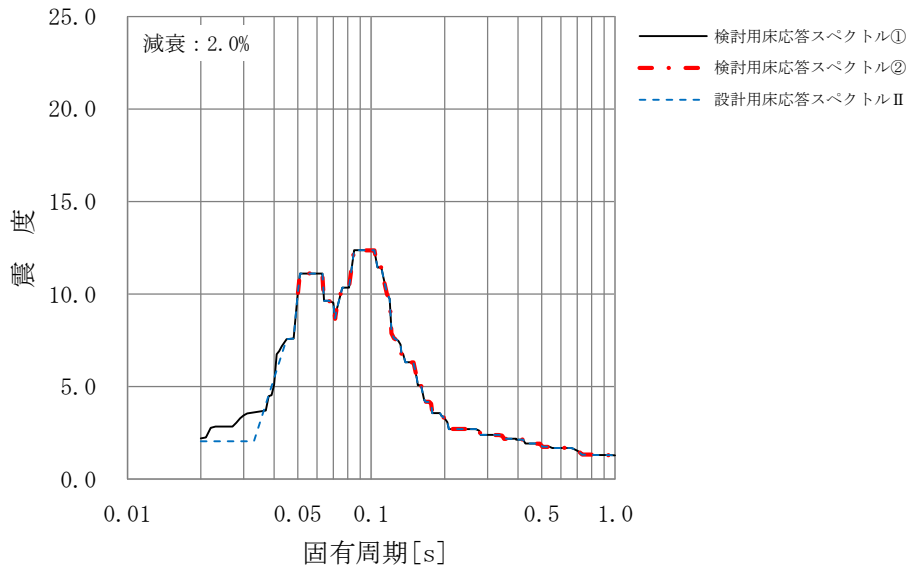


図 13(3) 検討用床応答スペクトル (燃料プールのスプレイ系配管 (モデル No. SFPS-R-3))
(鉛直方向)

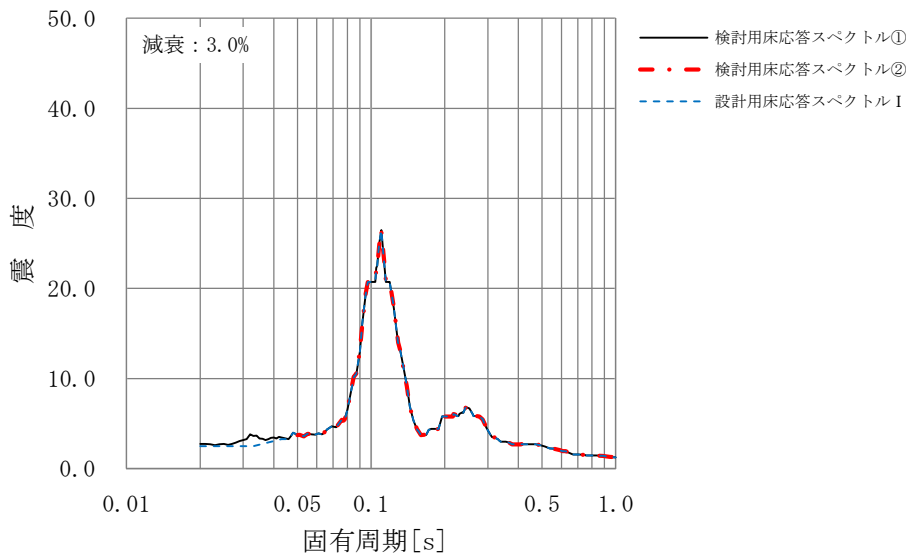


図 14(1) 検討用床応答スペクトル (残留熱除去系配管 (モデル No. RHR-PD-8)) (NS 方向)

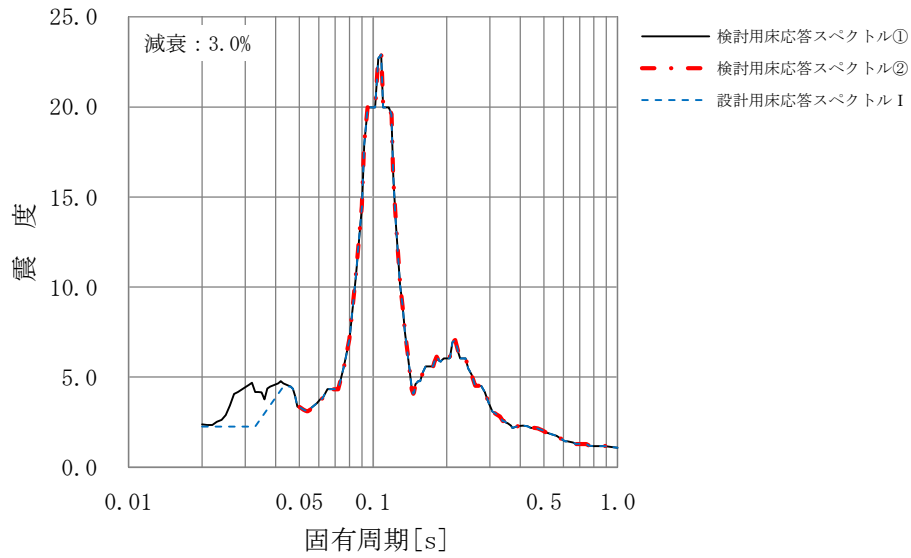


図 14(2) 検討用床応答スペクトル (残留熱除去系配管 (モデル No. RHR-PD-8)) (EW 方向)

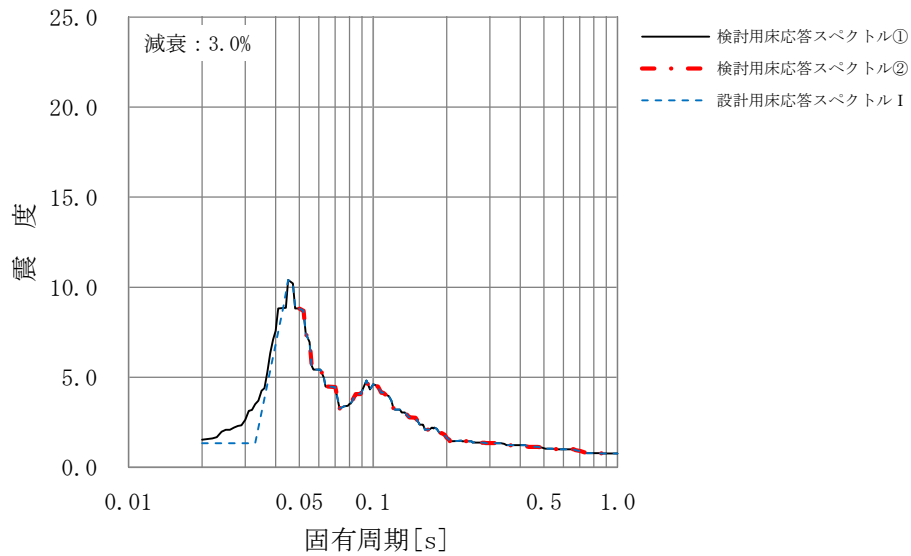


図 14(3) 検討用床応答スペクトル (残留熱除去系配管 (モデル No. RHR-PD-8)) (鉛直方向)

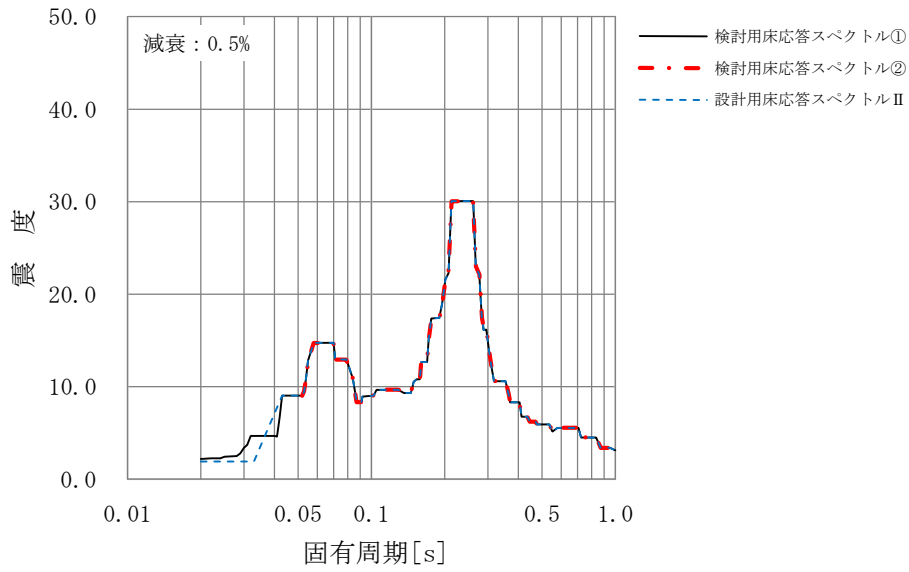


図 15(1) 検討用床応答スペクトル (燃料プールのスプレイ系配管 (モデル No. SFPS-R-2))
(NS 方向)

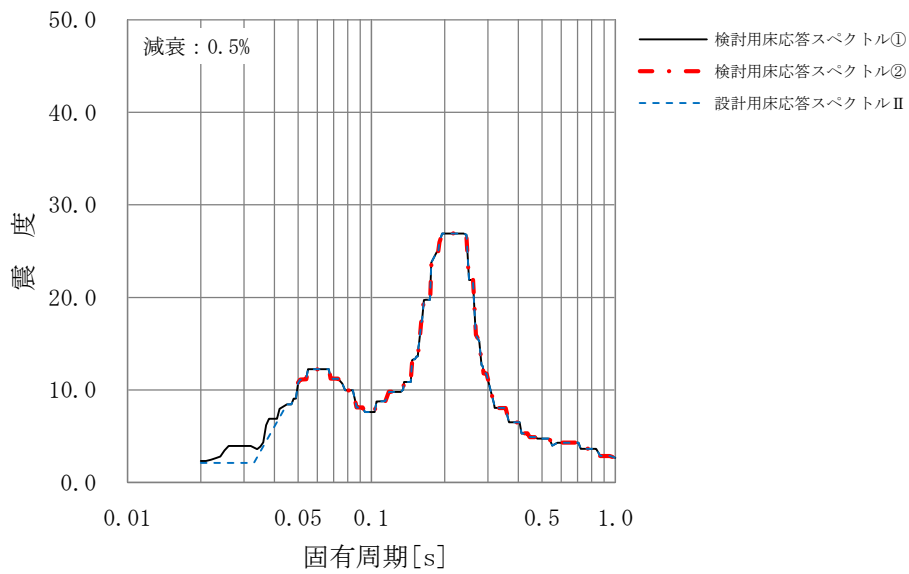


図 15(2) 検討用床応答スペクトル (燃料プールのスプレイ系配管 (モデル No. SFPS-R-2))
(EW 方向)

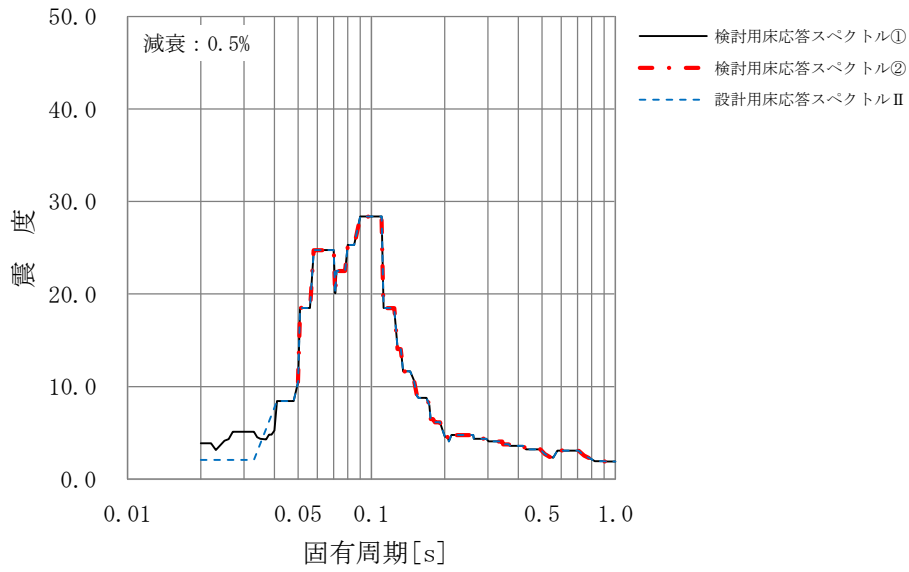


図 15(3) 検討用床応答スペクトル (燃料プールのスプレイ系配管 (モデル No. SFPS-R-2))
(鉛直方向)

表 5 固有周期の計算間隔

固有周期 (s)	計算間隔 ($\Delta\omega$: rad/s)
0.02 ~ 0.1	4.0
0.1 ~ 0.15	1.5
0.15 ~ 0.3	0.8
0.3 ~ 0.6	0.6
0.6 ~ 1.0	0.5

d. 検討対象設備の主要諸元，解析モデル

検討対象設備として燃料プールスプレイ系配管及び残留熱除去系配管の主要仕様，解析モデル図，固有振動数及び刺激係数，主要次数のモード図を示す。

(a) 燃料プールスプレイ系配管（モデル No. SFPS-R-3）

燃料プールスプレイ系配管（モデル No. SFPS-R-3）の主要仕様を表 6 に，解析モデル図を図 16 に，固有振動数及び刺激係数を表 7 に，主要次数のモード図を図 17 に示す。

表 6 燃料プールスプレイ系配管（モデル No. SFPS-R-3）の主要仕様

項目	主要仕様
最高使用圧力 (MPa)	2.45
最高使用温度 (°C)	66
外径 (mm)	114.3
厚さ (mm)	6.0
材料	SUS304TP

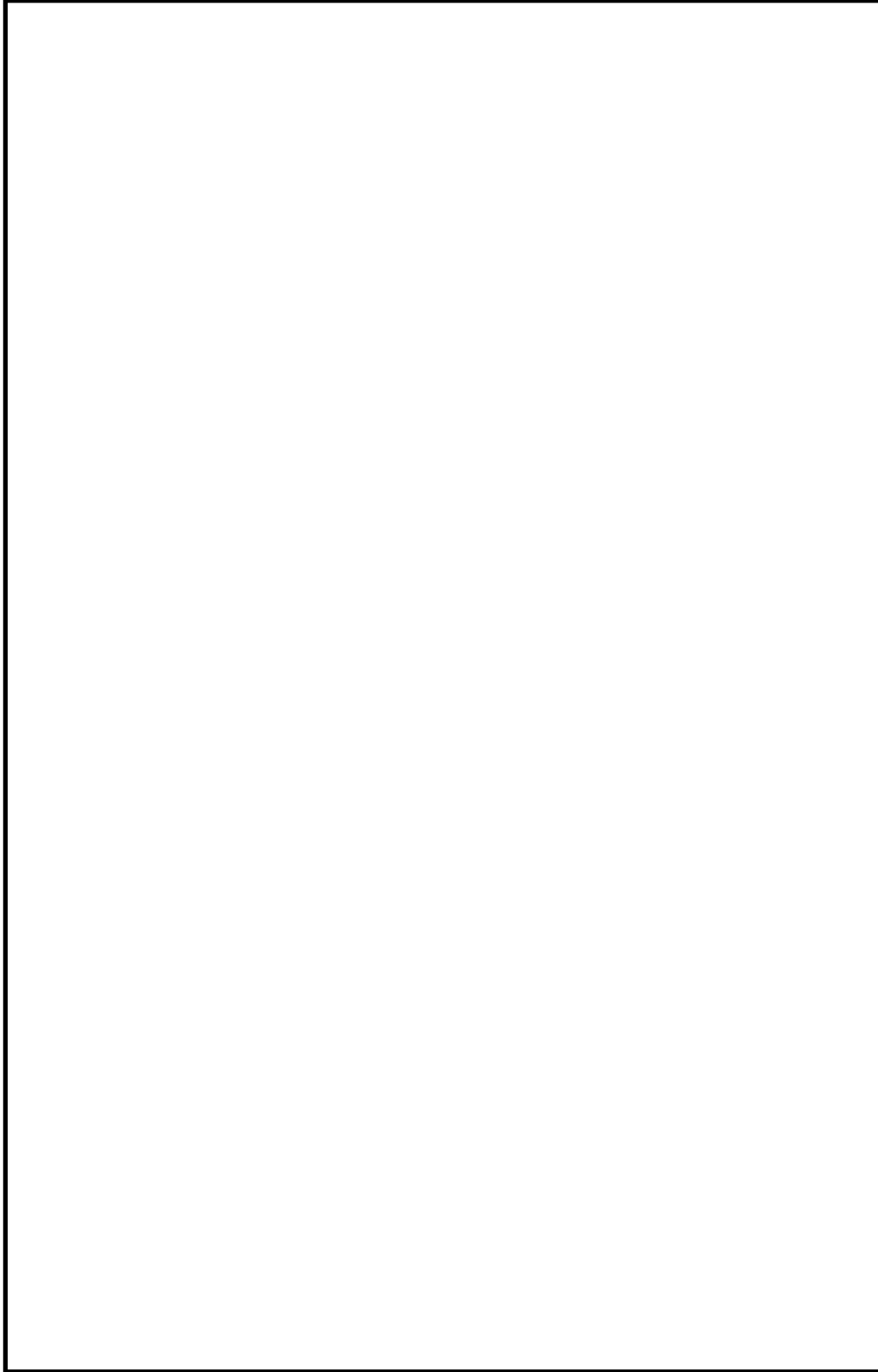


図 16 燃料プールの系配管（モデル No. SFPS-R-3）の解析モデル図

表 7 燃料プールスプレイ系配管（モデル No. SFPS-R-3）の固有振動数及び刺激係数(1/2)

モード	固有 振動数 (Hz)	固有 周期 (s)	刺激係数*		
			X 方向	Y 方向	Z 方向

表 7 燃料プールスプレイ系配管（モデル No. SFPS-R-3）の固有振動数及び刺激係数(2/2)

モード	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)	刺激係数*		
			X 方向	Y 方向	Z 方向

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

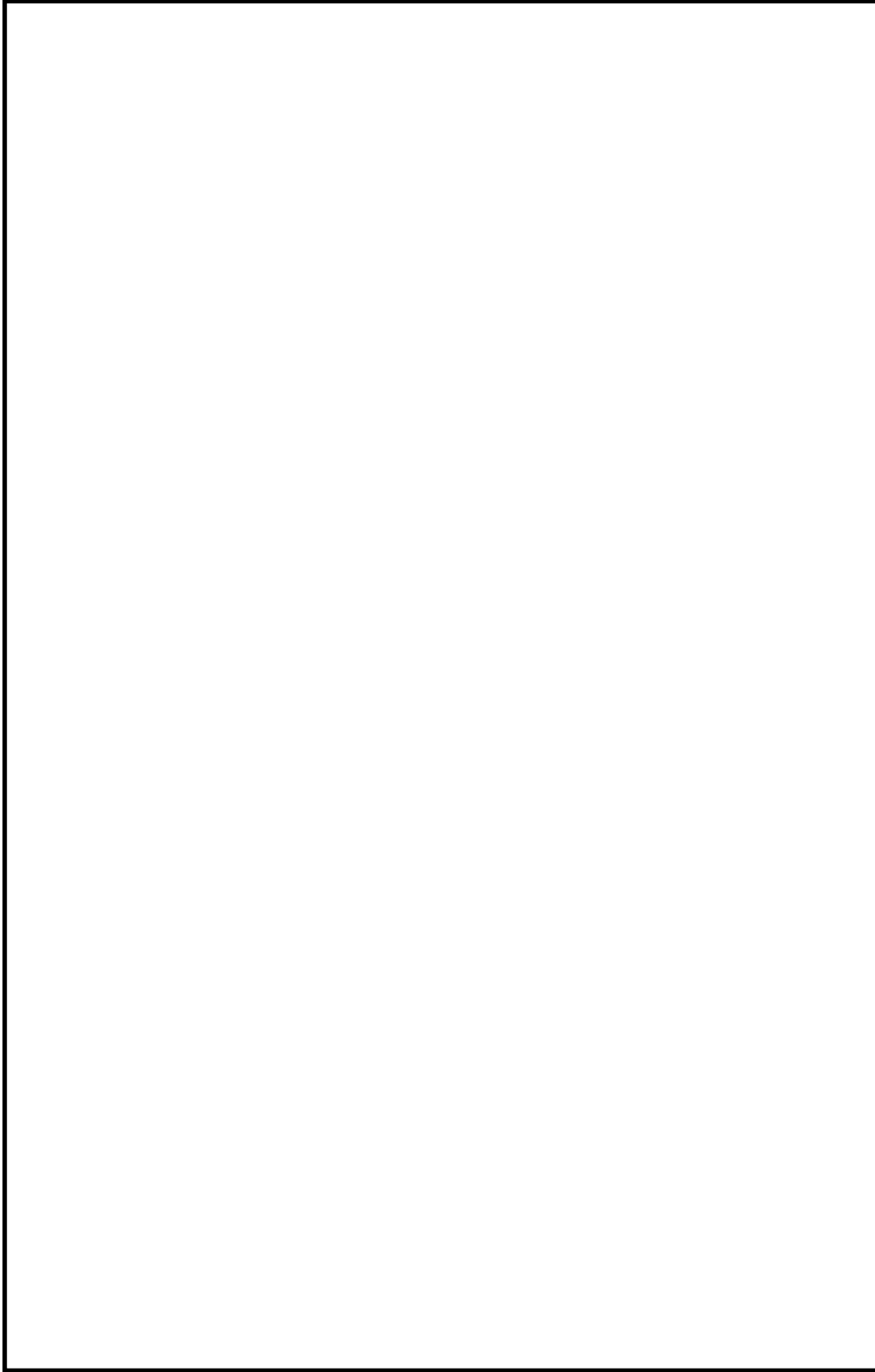


図 17(1) 燃料プールスプレイ系配管 (モデル No. SFPS-R-3) のモード図 (1 次)

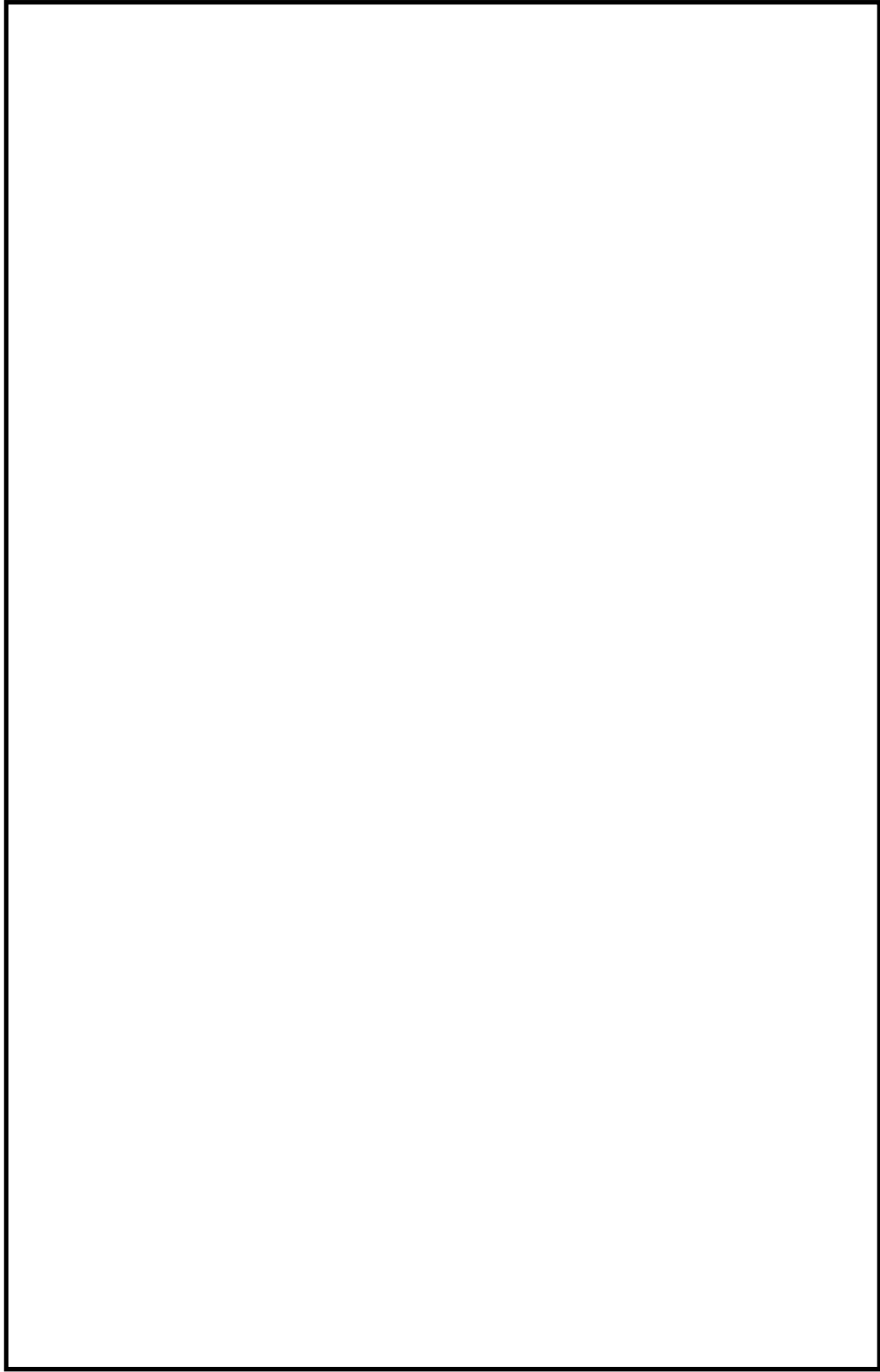


図 17(2) 燃料プールの系配管 (モデル No. SFPS-R-3) のモード図 (2 次)

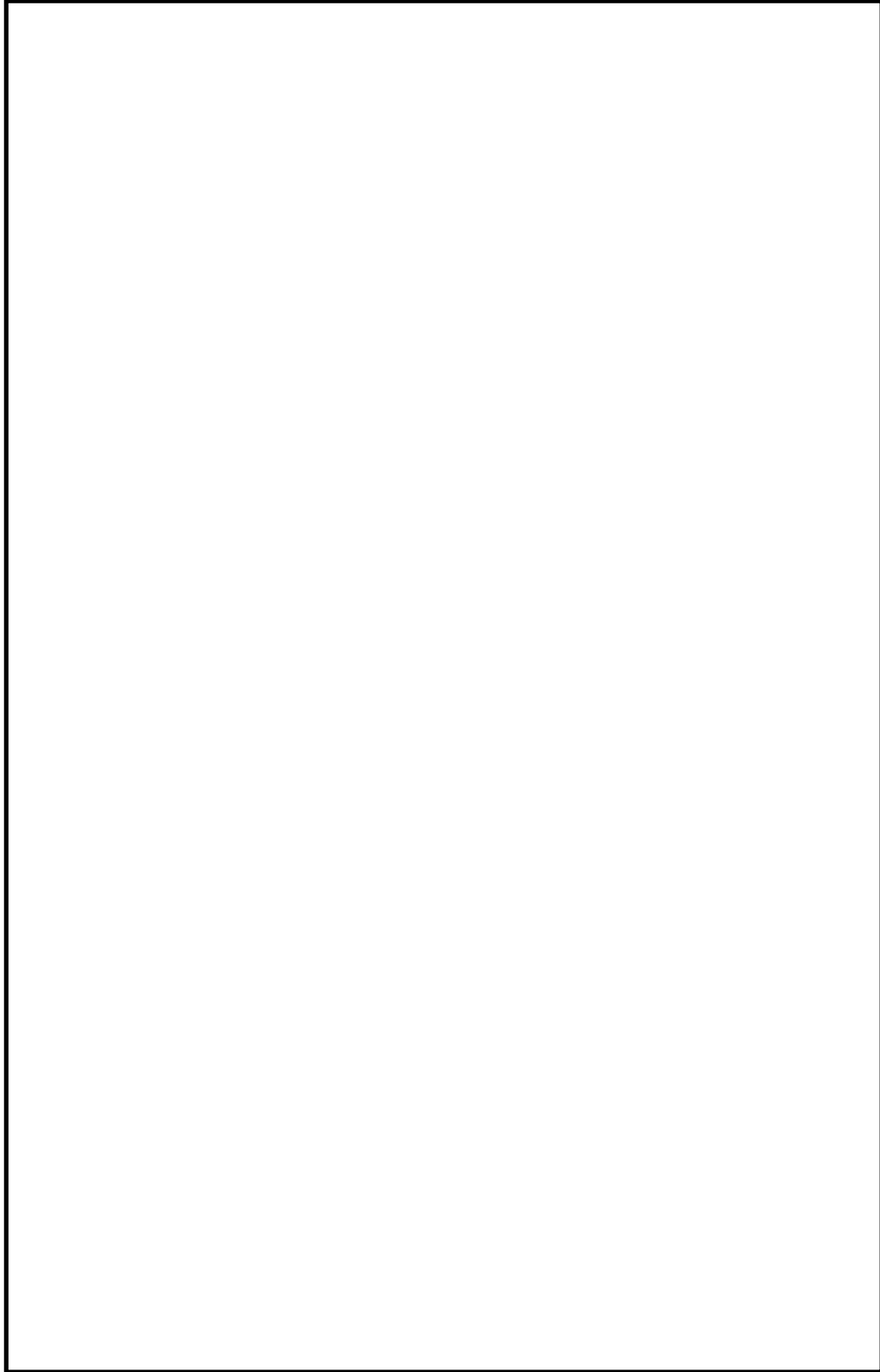


図 17(3) 燃料プアールスブレイ系配管 (モデル No. SFPS-R-3) のモード図 (3 次)

(b) 残留熱除去系配管（モデル No. RHR-PD-8）

残留熱除去系配管（モデル No. RHR-PD-8）の主要仕様を表 8 に、解析モデル図を図 18 に、固有振動数及び刺激係数を表 9 に、主要次数のモード図を図 19 に示す。

表 8 残留熱除去系配管（モデル No. RHR-PD-8）の主要仕様

項目	主要仕様
最高使用圧力 (MPa)	8.62
最高使用温度 (°C)	302
外径 (mm)	114.3
厚さ (mm)	11.1
材料	STS42



図 18 残留熱除去系配管（モデル No. RHR-PD-8）の解析モデル図

表 9 残留熱除去系配管（モデル No. RHR-PD-8）の固有振動数及び刺激係数

モード	固有 振動数 (Hz)	固有 周期 (s)	刺激係数*		
			X 方向	Y 方向	Z 方向

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

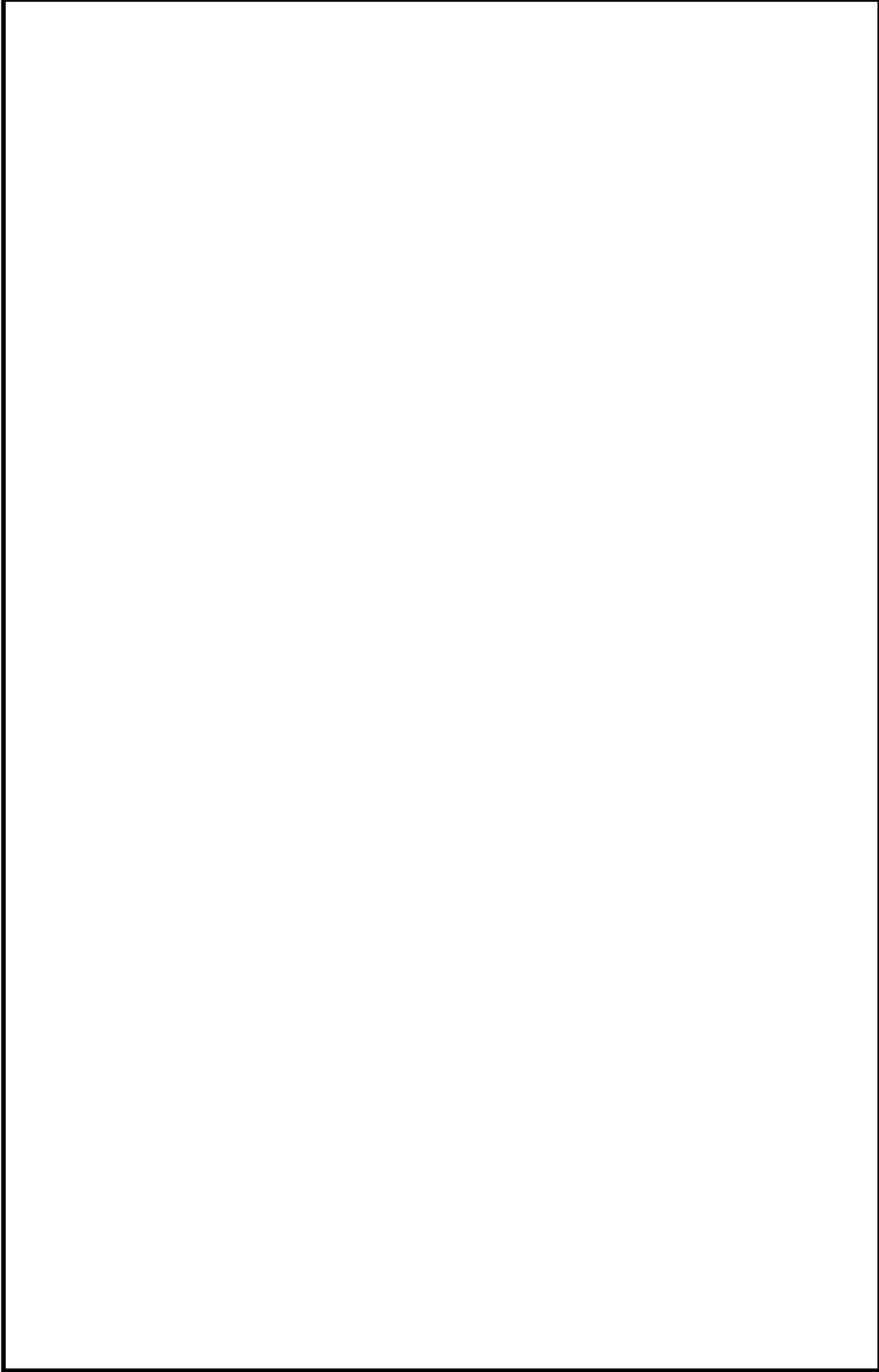


図 19(1) 残留熱除去系配管 (モデル No. RHR-PD-8) のモード図 (1次)

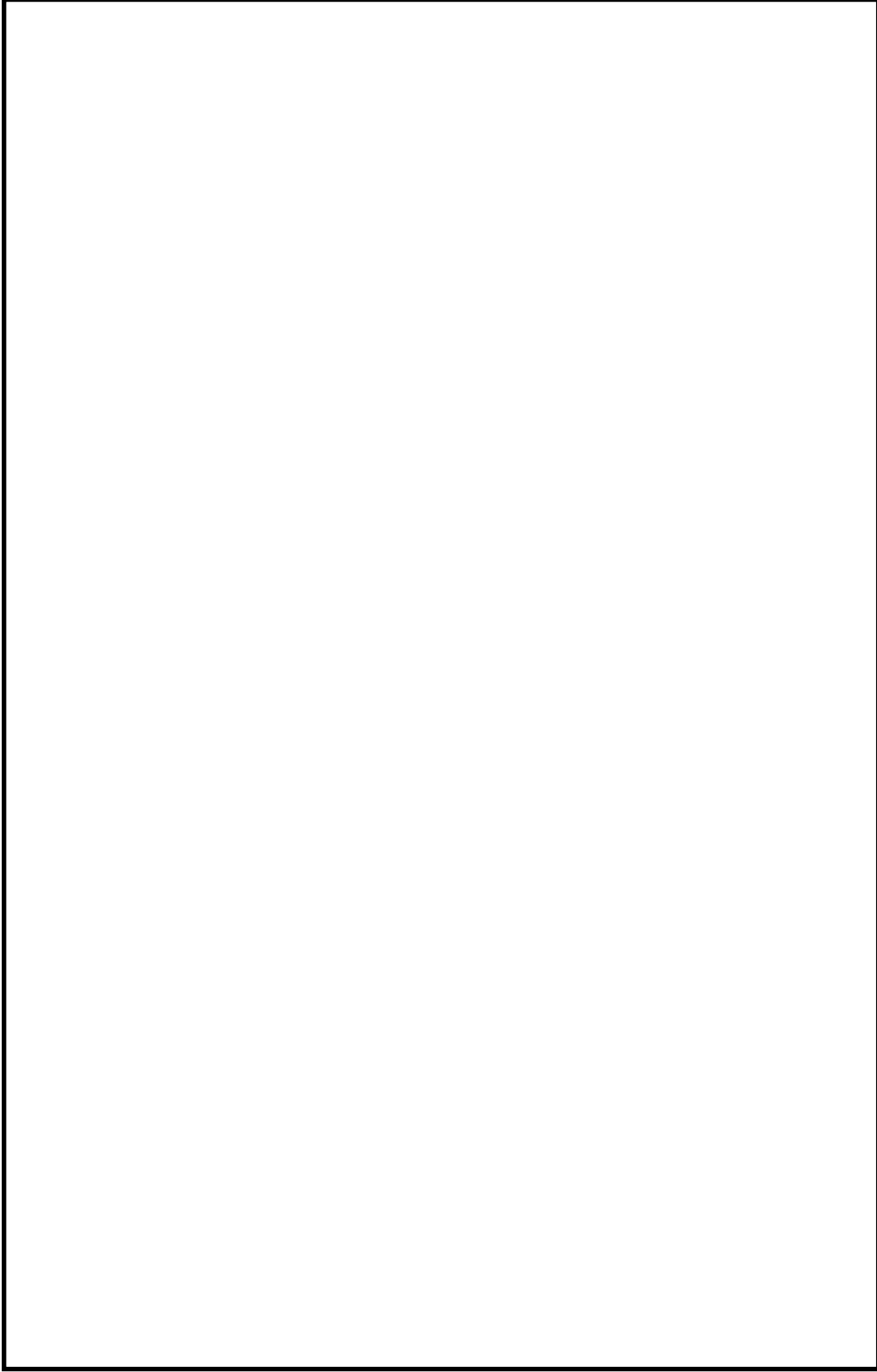


図 19(2) 残留熱除去系配管 (モデル No. RHR-PD-8) のモード図 (2次)

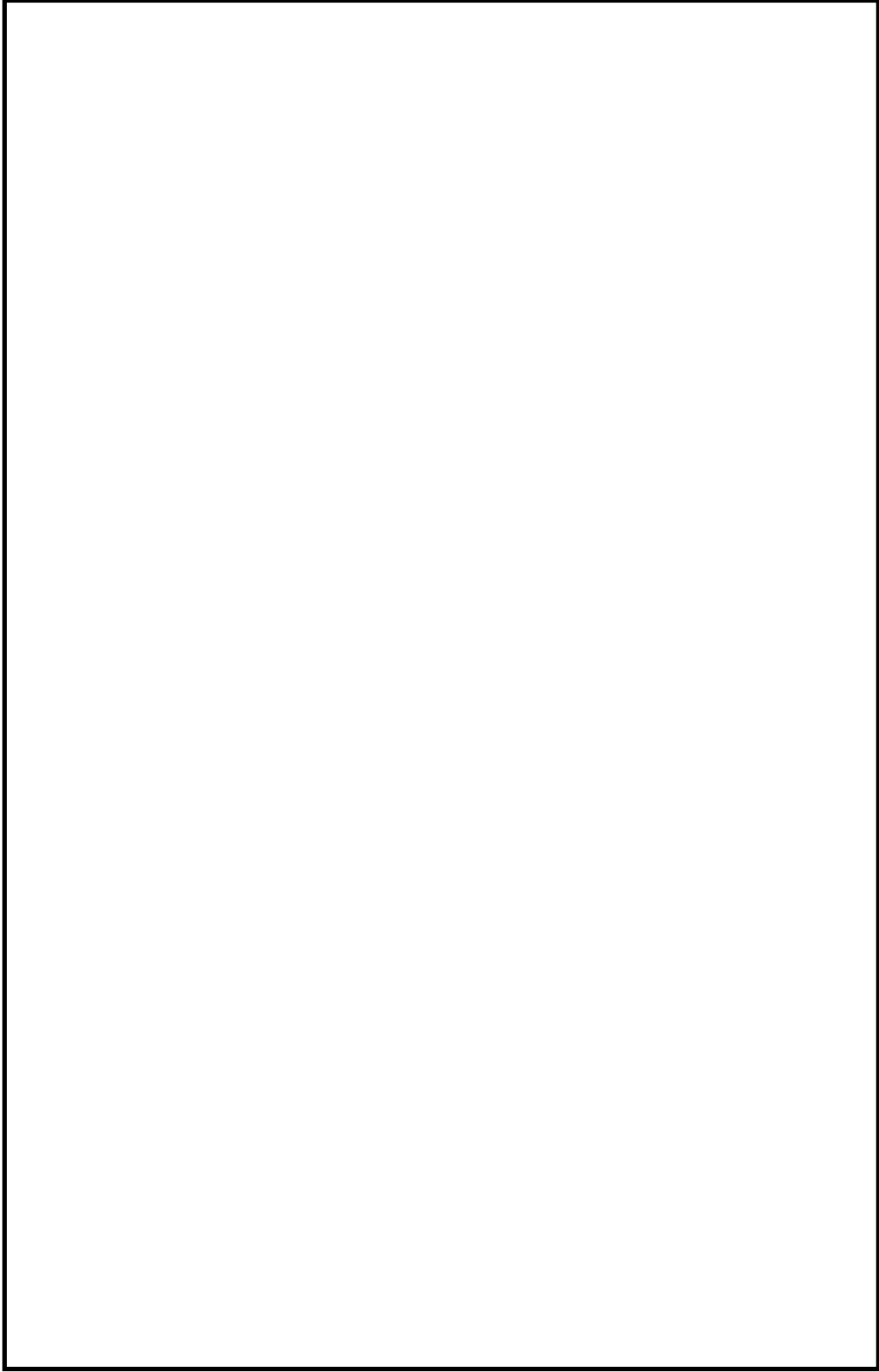


図 19(3) 残留熱除去系配管 (モデル No. RHR-PD-8) のモード図 (3 次)

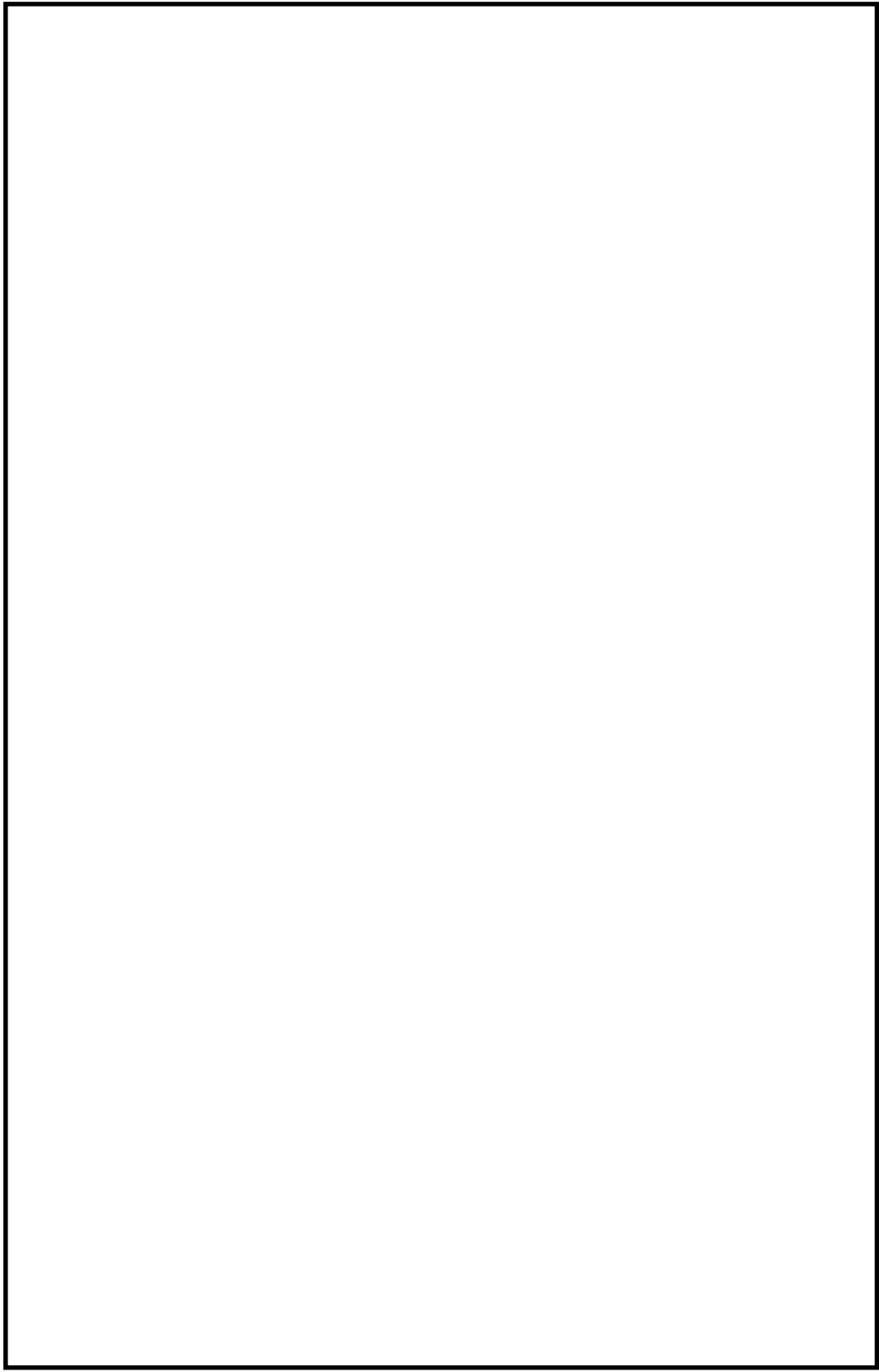


図 19(4) 残留熱除去系配管 (モデル No. RHR-PD-8) のモード図 (4 次)

(c) 燃料プールスプレイ系配管（モデル No. SFPS-R-2）

燃料プールスプレイ系配管（モデル No. SFPS-R-2）の主要仕様を表 10 に、解析モデル図を図 20 に、固有振動数及び刺激係数を表 11 に、主要次数のモード図を図 21 に示す。

表 10 燃料プールスプレイ系配管（モデル No. SFPS-R-2）の主要仕様

項目	主要仕様
最高使用圧力 (MPa)	2.45
最高使用温度 (°C)	66
外径 (mm)	114.3
厚さ (mm)	6.0
材料	SUS304TP

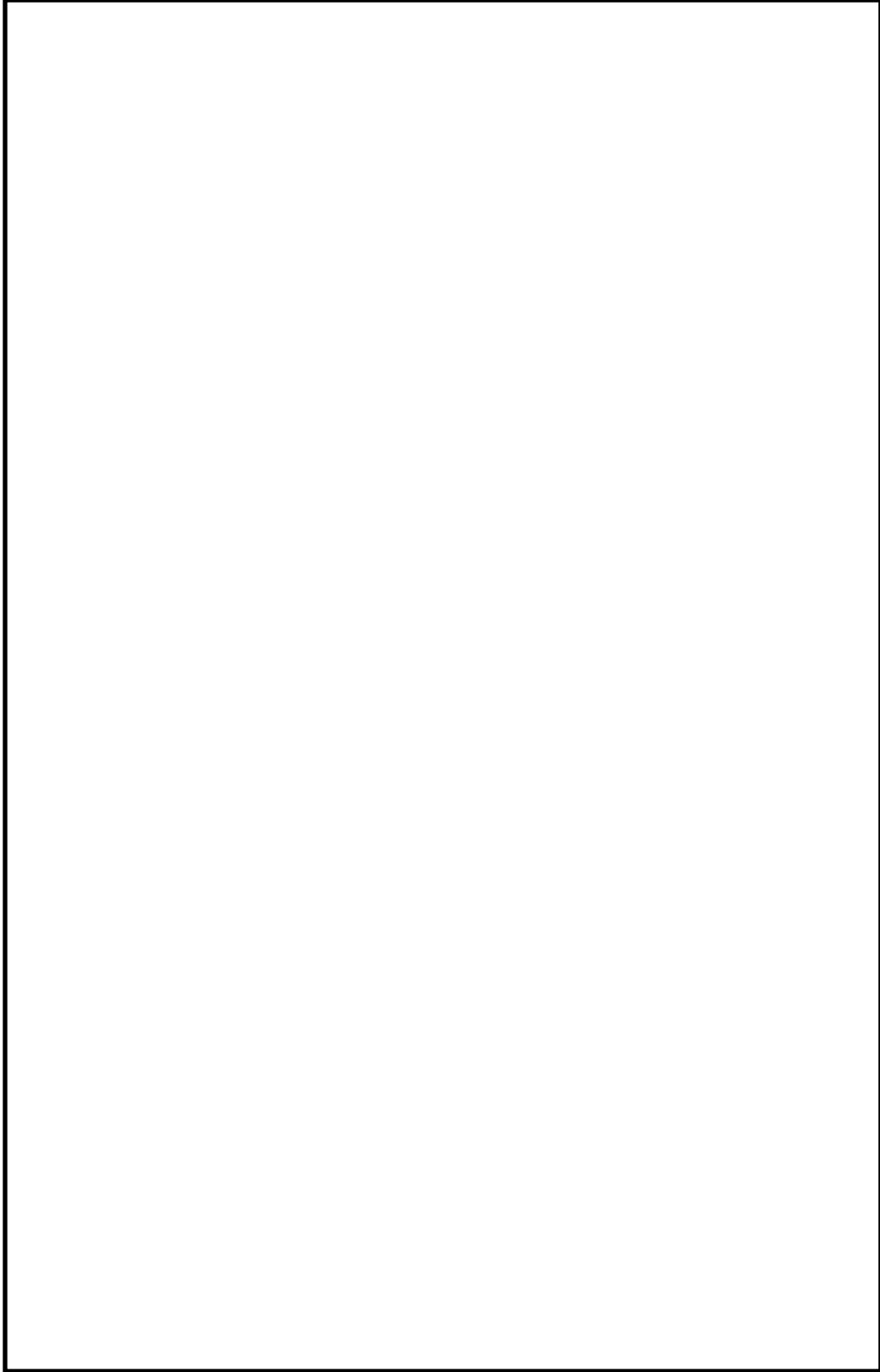


図 20 燃料プールの系配管（モデル No. SFPS-R-2）の解析モデル図

表 11 燃料プールのスプレイ系配管（モデル No. SFPS-R-2）の固有振動数及び刺激係数

モード	固有 振動数 (Hz)	固有 周期 (s)	刺激係数*		
			X 方向	Y 方向	Z 方向

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

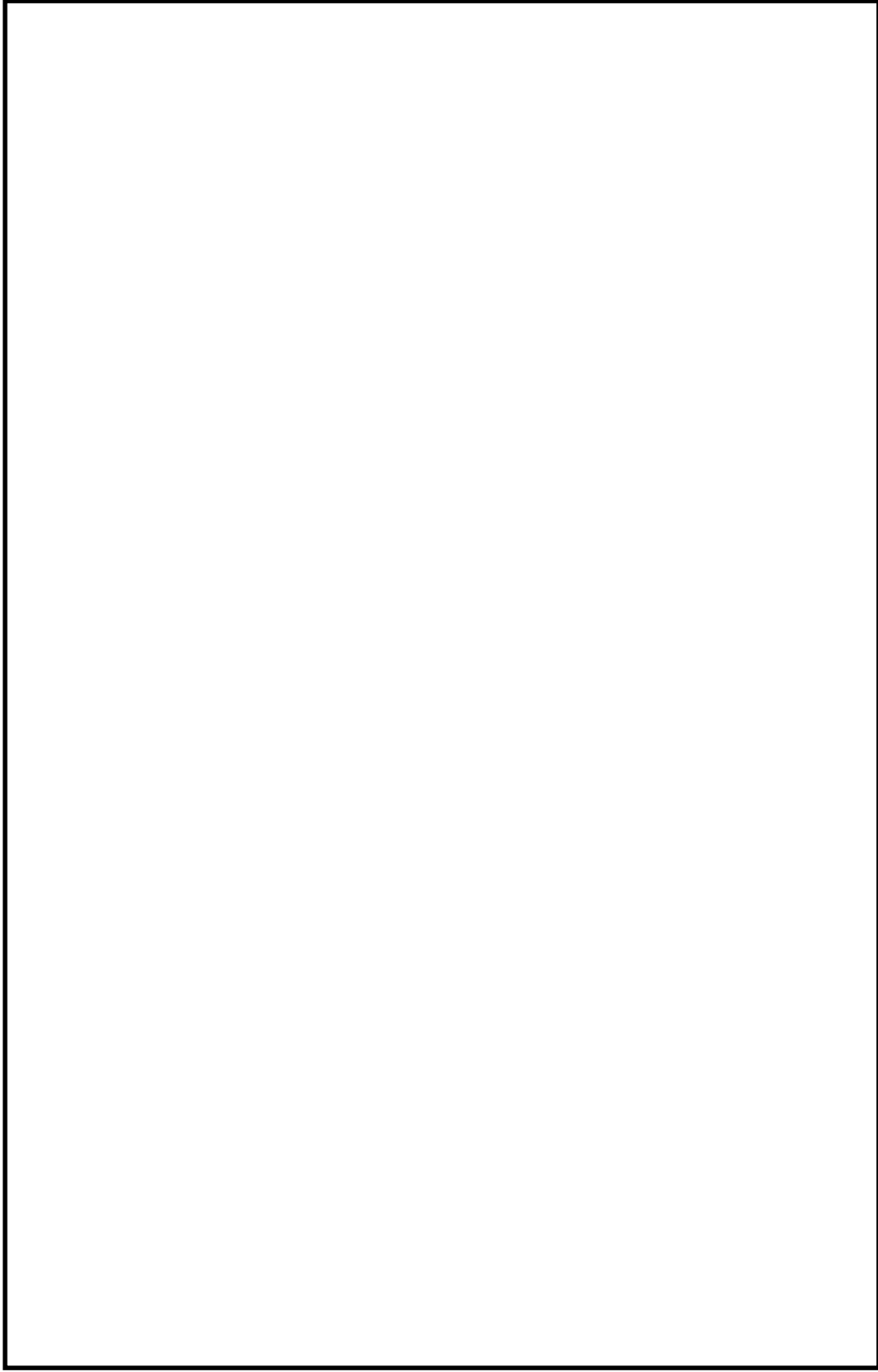


図 21(1) 燃料プールスブレイ系配管 (モデル No. SFPS-R-2) のモード図 (1 次)

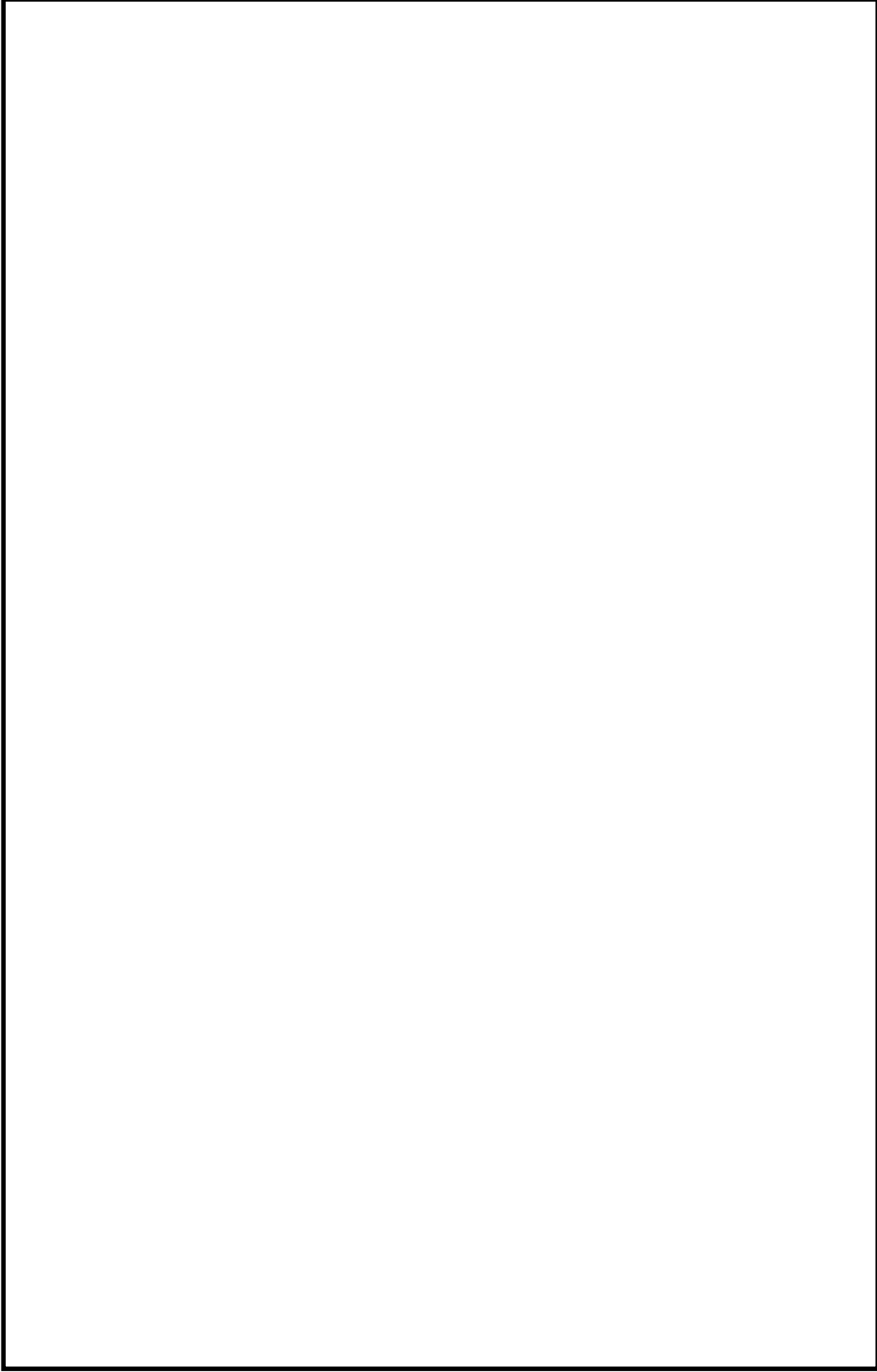


図 21(2) 燃料プールスプレイ系配管 (モデル No. SFPS-R-2) のモード図 (2次)

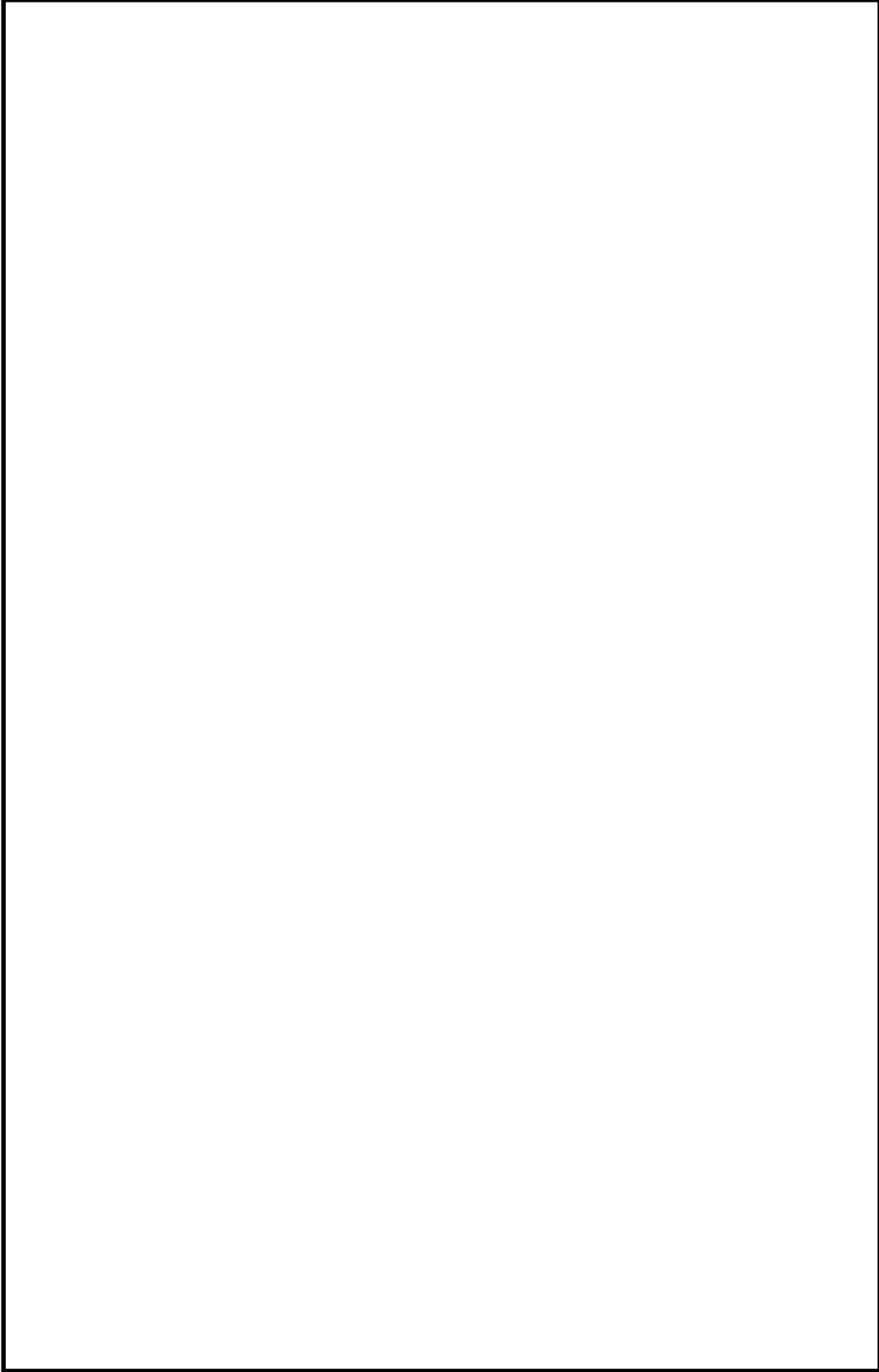


図 21(3) 燃料プールスプレイ系配管 (モデル No. SFPS-R-2) のモード図 (3 次)

e. 解析結果

検討用床応答スペクトル②を用いた地震応答解析結果及び静的解析結果，検討用床応答スペクトル①を用いた地震応答解析結果を示す。また，参考として，設計用床応答スペクトルを用いた地震応答解析結果も示す。

(a) 燃料プールスプレイ系配管（モデル No. SFPS-R-3）

評価結果を表 12 に示すとともに，最大応力発生部位を図 22 に示す。燃料プールスプレイ系配管（モデル No. SFPS-R-3）について，検討用床応答スペクトル②を用いた地震応答解析結果 192MPa に対して，検討用床応答スペクトル①を用いた地震応答解析結果は 192MPa であり，同等であることが確認された。なお，設計用床応答スペクトルを用いた地震応答解析結果は 192MPa であり，検討用床応答スペクトル①を用いた地震応答解析結果と同等である。

表 12 燃料プールスプレイ系配管（モデル No. SFPS-R-3）の評価結果

(質点 98)		一次応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
20Hz までの領域を 考慮した手法	検討用床応答スペクトル② (設計用床応答スペクトル)	192 (192)	431
	静的解析 (1. 2ZPA)	74	
	包絡値	192	
妥当性検討用	検討用床応答スペクトル①	192	431

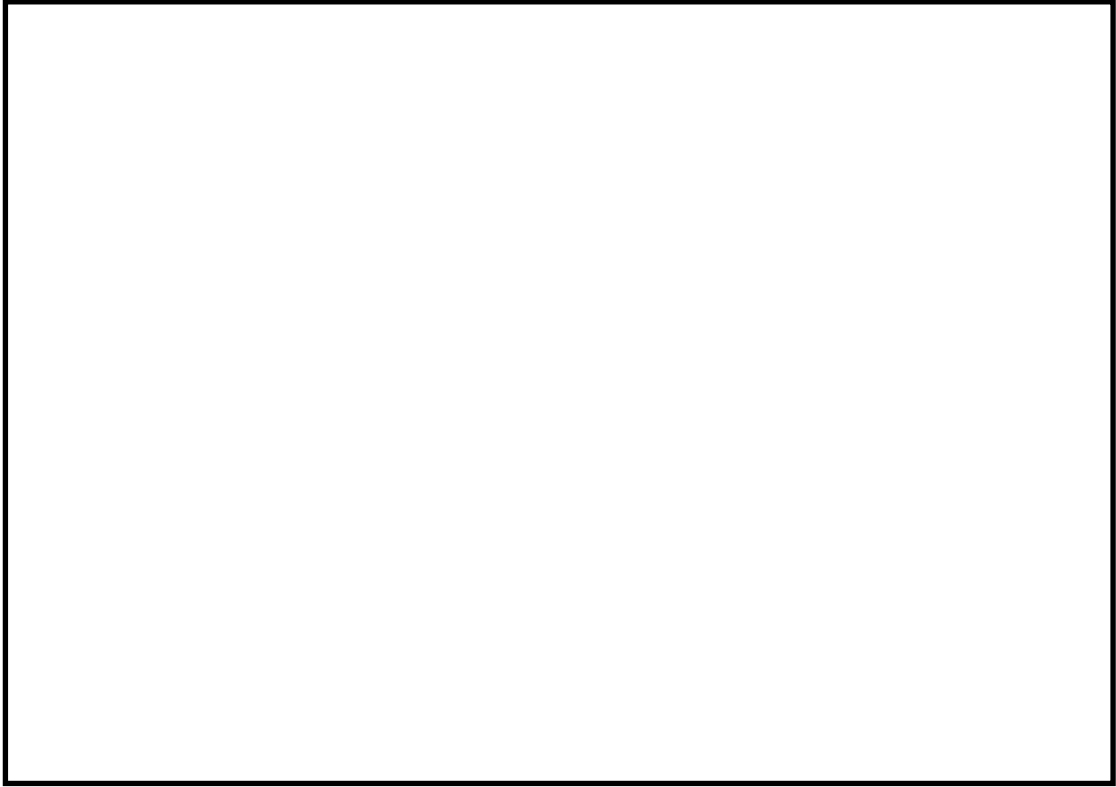


図 22 燃料プールスプレイ系配管（モデル No. SFPS-R-3）の最大応力発生部位

(b) 残留熱除去系配管（モデル No. RHR-PD-8）

評価結果を表 13 に示すとともに、最大応力発生部位を図 23 に示す。残留熱除去系配管（モデル No. RHR-PD-8）について、検討用床応答スペクトル②を用いた地震応答解析結果 36MPa に対して、検討用床応答スペクトル①を用いた地震応答解析結果は 65MPa であり、発生応力は増加したが、静的解析（1.2ZPA）結果は 74MPa であり、検討用床応答スペクトル①を用いた地震応答解析結果を上回ることが確認された。なお、設計用床応答スペクトルを用いた地震応答解析結果は 63MPa に対して、検討用床応答スペクトル①を用いた地震応答解析結果の発生応力は増加したものの、その増分は僅かである。

表 13 残留熱除去系配管（モデル No. RHR-PD-8）の評価結果

(質点 17)		一次応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
20Hz までの領域を 考慮した手法	検討用床応答スペクトル② (設計用床応答スペクトル)	36 (63)	364
	静的解析 (1.2ZPA)	74	
	包絡値	74	
妥当性検討用	検討用床応答スペクトル①	65	364



図 23 残留熱除去系配管（モデル No. RHR-PD-8）の最大応力発生部位

(c) 燃料プールスプレイ系配管 (モデル No. SFPS-R-2)

評価結果を表 14 に示すとともに、最大応力発生部位を図 24 に示す。燃料プールスプレイ系配管 (モデル No. SFPS-R-2) について、検討用床応答スペクトル②を用いた地震応答解析結果 143MPa に対して、検討用床応答スペクトル①を用いた地震応答解析結果は 143MPa であり、同等であることが確認された。なお、設計用床応答スペクトルを用いた地震応答解析結果は 143MPa であり、検討用床応答スペクトル①を用いた地震応答解析結果と同等である。

表 14 燃料プールスプレイ系配管 (モデル No. SFPS-R-2) の評価結果

(質点 37)		一次応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
20Hz までの領域を 考慮した手法	検討用床応答スペクトル② (設計用床応答スペクトル)	143 (143)	431
	静的解析 (1.2ZPA)	47	
	包絡値	143	
妥当性検討用	検討用床応答スペクトル①	143	431



図 24 燃料プールスプレイ系配管 (モデル No. SFPS-R-2) の最大応力発生部位

以上のとおり、検討用床応答スペクトル②を用いた地震応答解析結果に対して、検討用床応答スペクトル①を用いた地震応答解析結果による発生応力の増加は同等、若しくは静的解析結果により包絡できることが確認できた。

(4) まとめ

剛柔判定の固有周期を 0.05 秒 (20Hz) とし、20Hz までの領域を考慮した手法で解析を実施することの妥当性検討として、表 15 に示す配管を対象に地震応答解析を実施した。

表 15 妥当性検討に用いた対象設備

対象設備	選定理由
燃料プールのプレイ系配管 (モデル No. SFPS-R-3)	水平方向で 20Hz 近傍の加速度が最も大きい原子炉建物 EL51.700m の設計用床応答スペクトルを適用し評価する設備のうち、一次応力の裕度が小さい設備として選定した。
残留熱除去系配管 (モデル No. RHR-PD-8)	鉛直方向で 20Hz 近傍の加速度が最も大きいガンマ線遮蔽壁 EL29.962m の設計用床応答スペクトルを適用し評価する設備のうち、一次応力の裕度が小さい設備として選定した。
燃料プールのプレイ系配管 (モデル No. SFPS-R-2)	20Hz 近傍に 1 次固有振動数を有し、2 次固有振動数が 20Hz 以上となる設備として選定した。

解析結果のまとめを表 16 に示す。

燃料プールのプレイ系配管 (モデル No. SFPS-R-3) は、最大応力となる評価点 98 の発生応力については、1 次モード () の応答が支配的な影響を有しており、検討用床応答スペクトル②と検討用床応答スペクトル①の差異が生じる剛領域の影響をほとんど受けないことから、検討用床応答スペクトル②での評価結果と検討用床応答スペクトル①での評価結果が同等となると考えられる。

残留熱除去系配管 (モデル No. RHR-PD-8) は、最大応力となる評価点 17 の発生応力については 4 次モード () の応答が比較的大きな影響を有しており、これらの振動モードは、検討用床応答スペクトル②と検討用床応答スペクトル①の差異が生じる剛領域の影響を受けることから、動的解析による発生応力の差はあるが、静的解析の結果に包絡される。

燃料プールのプレイ系配管 (モデル No. SFPS-R-2) は、最大応力となる評価点 37 の発生応力については、1 次モード () の応答が支配的な影響を有しており、検討用床応答スペクトル②と検討用床応答スペクトル①の差異が生じる剛領域の影響をほとんど受けないことから、検討用床応答スペクトル②での評価結果と検討用床応答スペクトル①での評価結果が同等となると考えられる。

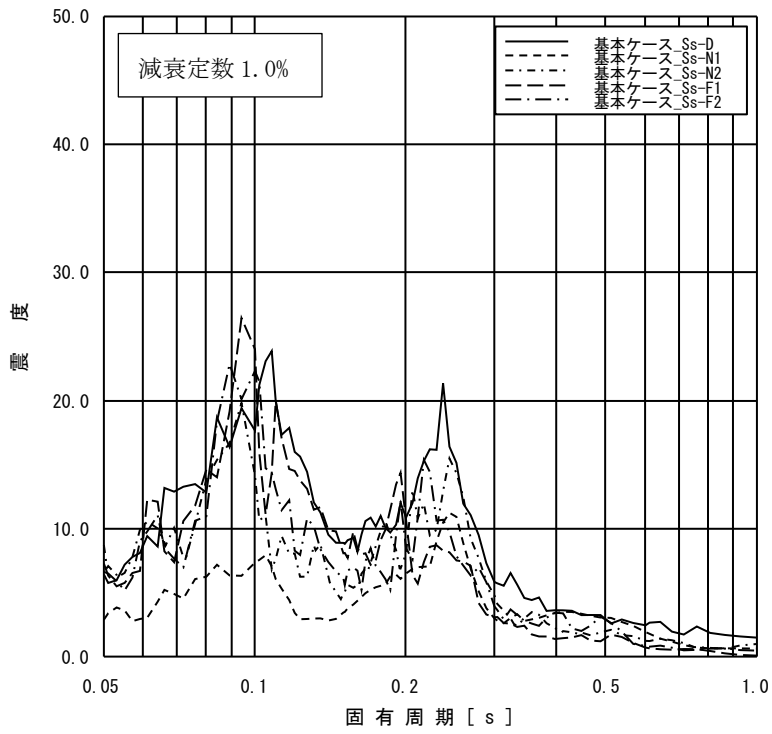
以上の結果から、剛柔判定の固有周期を 0.05 秒 (20Hz) とすることは、耐震設計を行う上で妥当である。

なお、弁の動的機能維持評価については、補足-027-5「弁の動的機能維持評価について」に

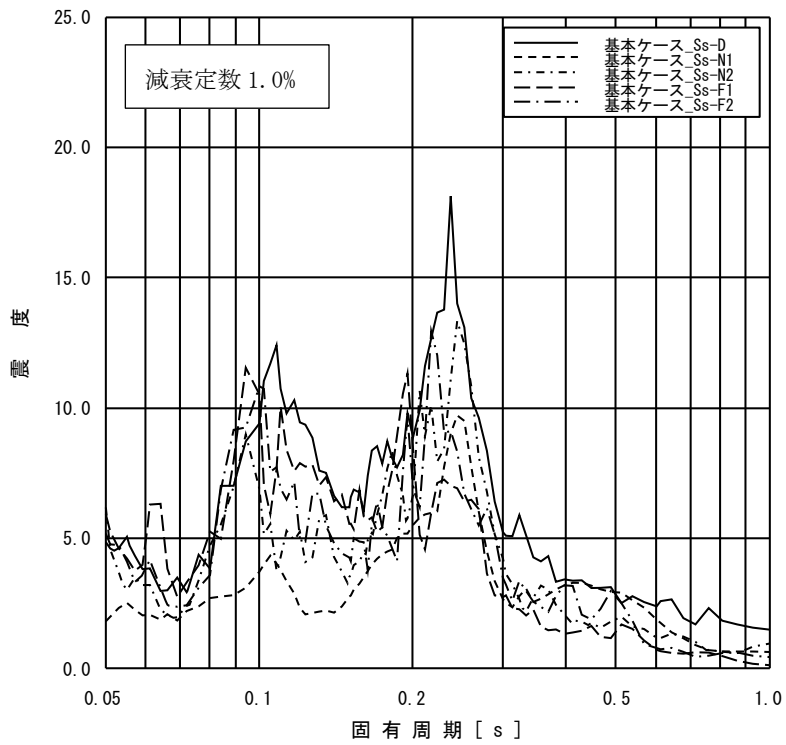
示すとおり, 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈等における動的機能維持に関する評価に係る一部改正及びそれに伴い改正された耐震設計に係る工認審査ガイドの記載を踏まえて, 20Hz を超える高振動数領域を考慮した地震応答解析により弁の応答加速度を算定し耐震評価を実施する。

表 16 20Hz までの領域を考慮した手法等の評価結果まとめ

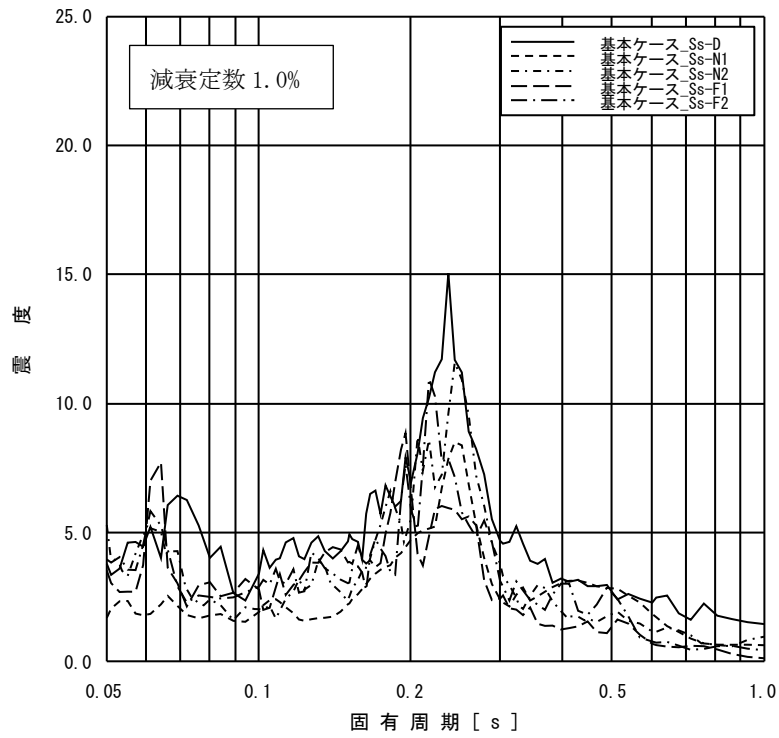
モデル名	最大応力 評価点	発生応力 (MPa)			許容応力 (MPa)
		20Hz までの領域を 考慮した手法	(設計用床応答 スペクトル)	検討用床応答 スペクトル①	
SFPS-R-3	98	192 動的解析 : 192 静的解析 : 74	(192)	192	431
RHR-PD-8	17	74 動的解析 : 36 静的解析 : 74	(63)	65	364
SFPS-R-2	37	143 動的解析 : 143 静的解析 : 47	(143)	143	431



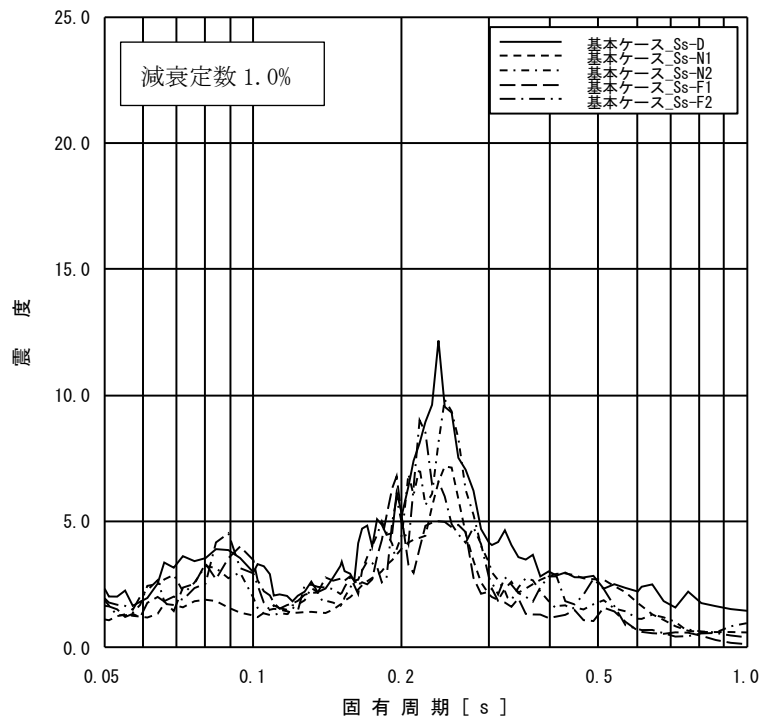
添付図 1(1) 原子炉建物 EL63.500m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



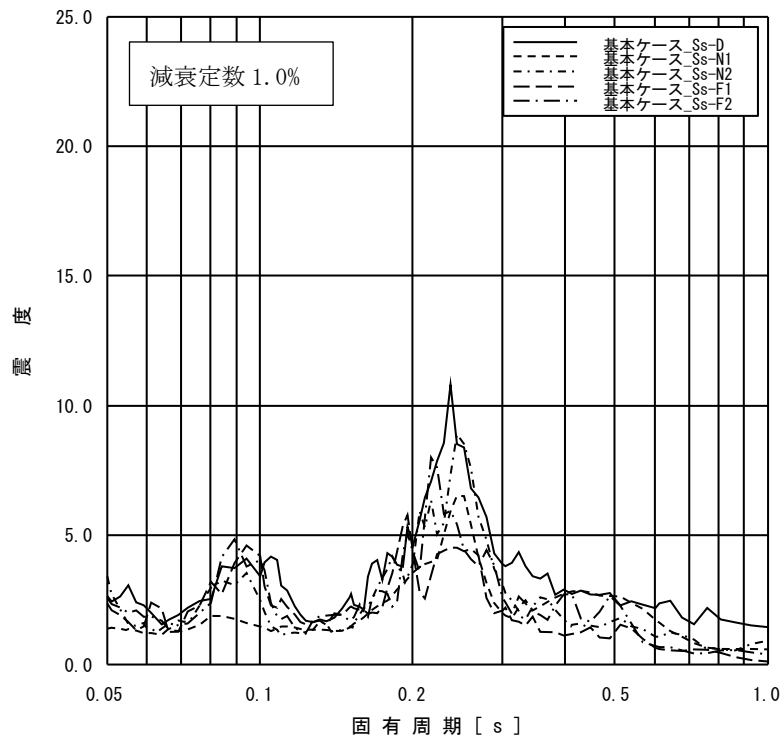
添付図 1(2) 原子炉建物 EL51.700m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



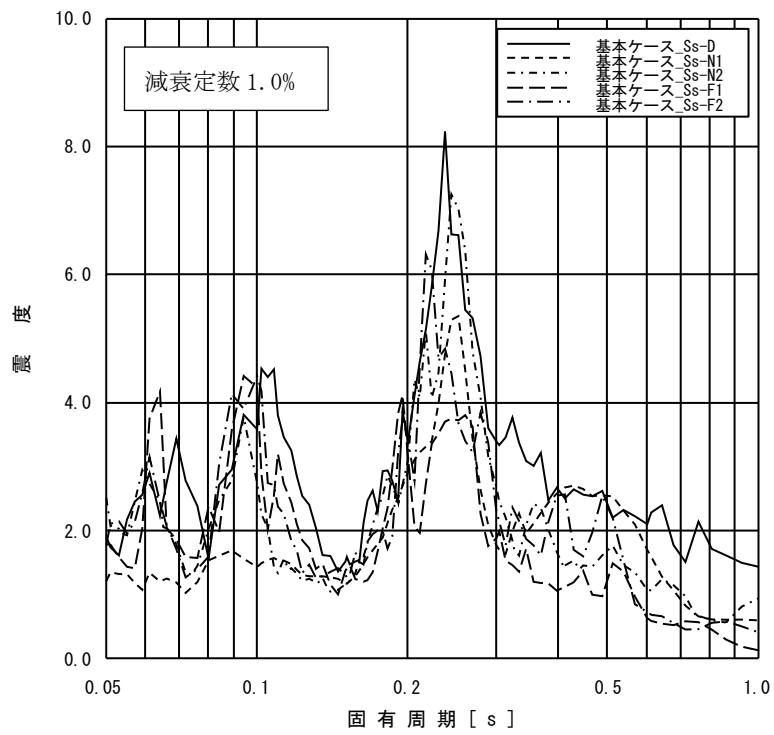
添付図 1(3) 原子炉建物 EL42.800m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



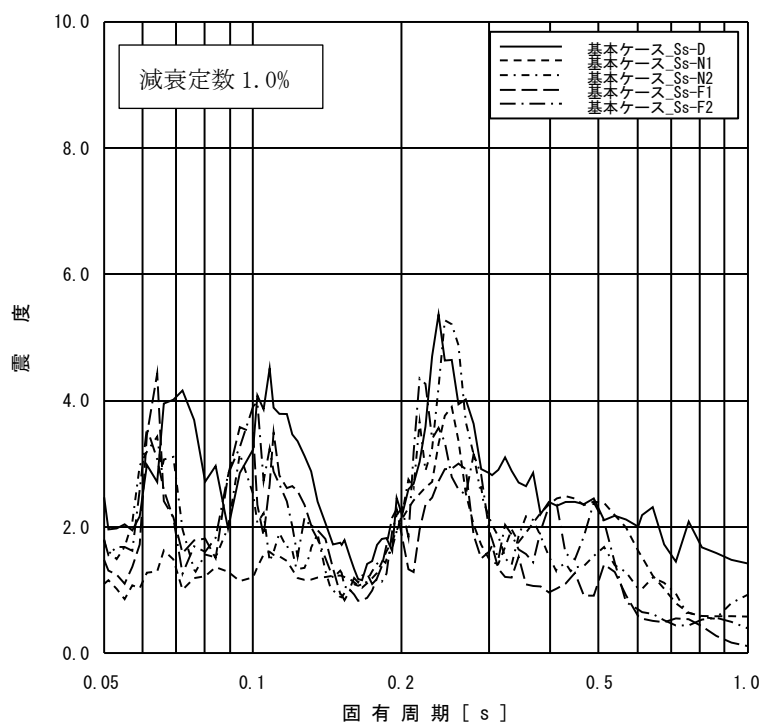
添付図 1(4) 原子炉建物 EL34.800m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



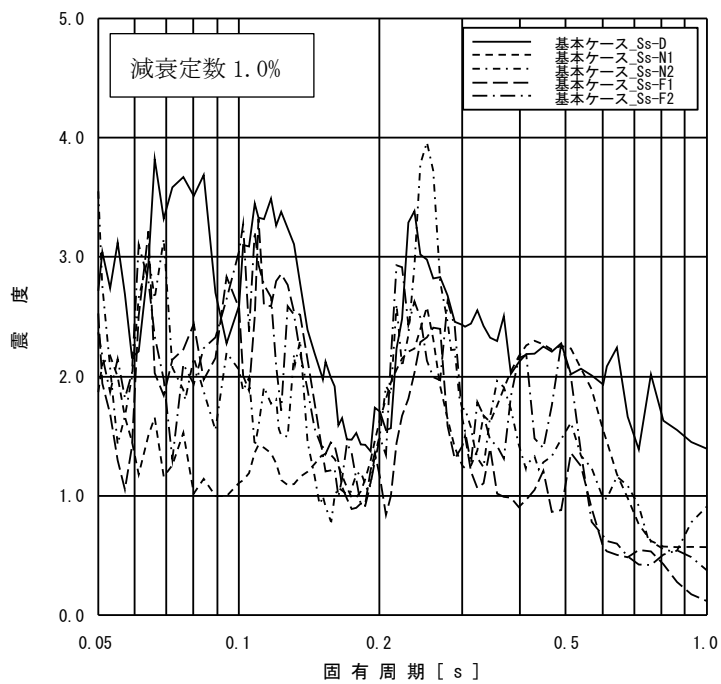
添付図 1(5) 原子炉建物 EL30.500m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



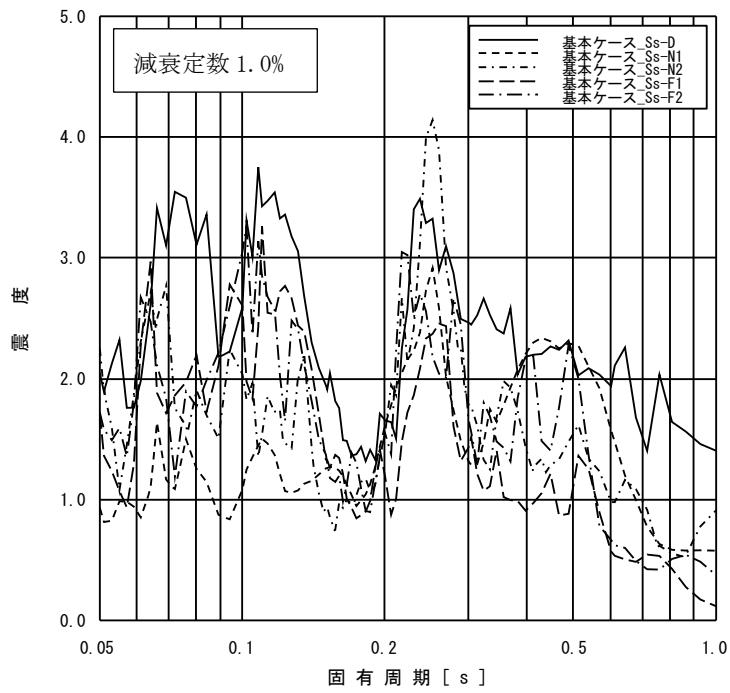
添付図 1(6) 原子炉建物 EL23.800m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



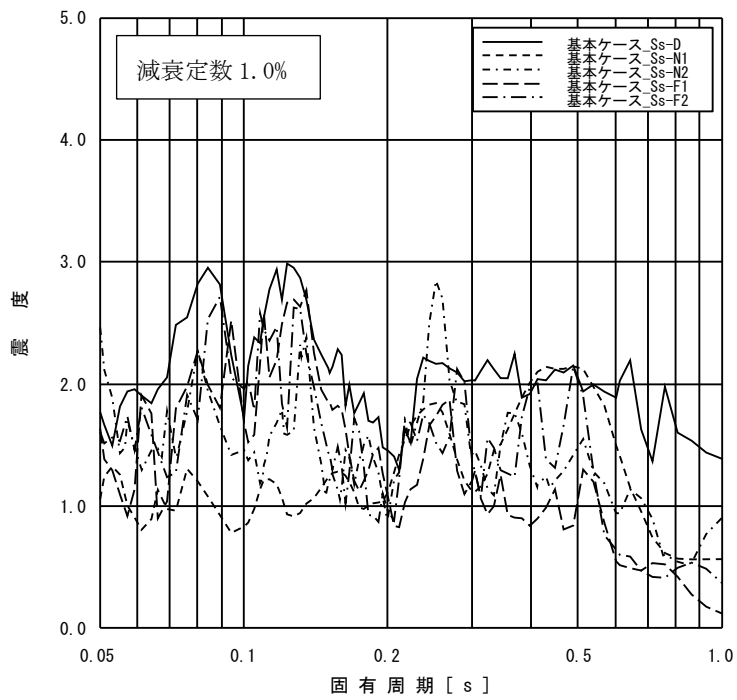
添付図 1(7) 原子炉建物 EL15.300m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



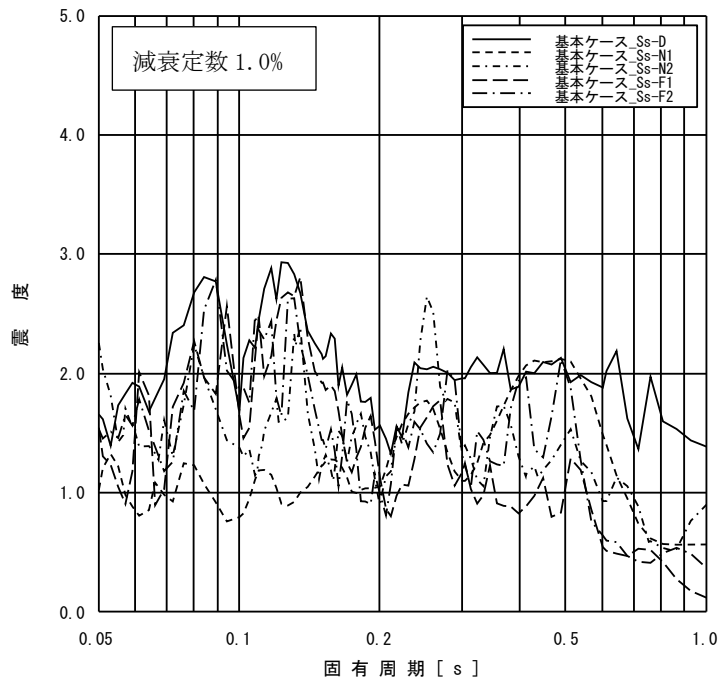
添付図 1(8) 原子炉建物 EL10.100m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



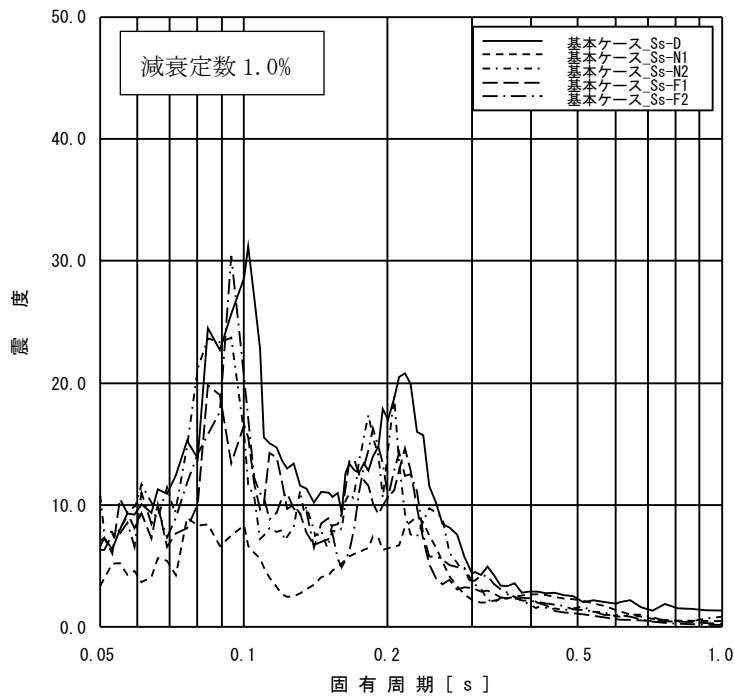
添付図 1(9) 原子炉建物 EL8.800m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



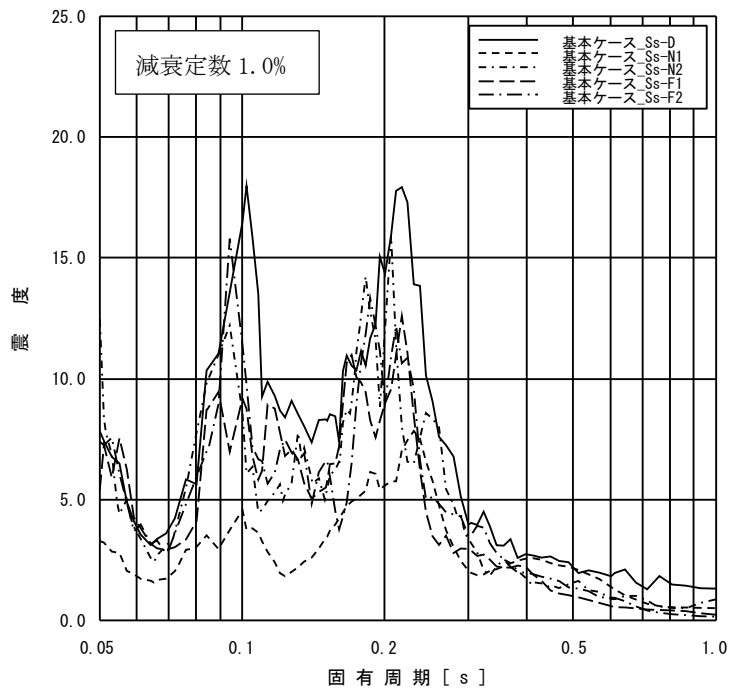
添付図 1(10) 原子炉建物 EL1.300m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



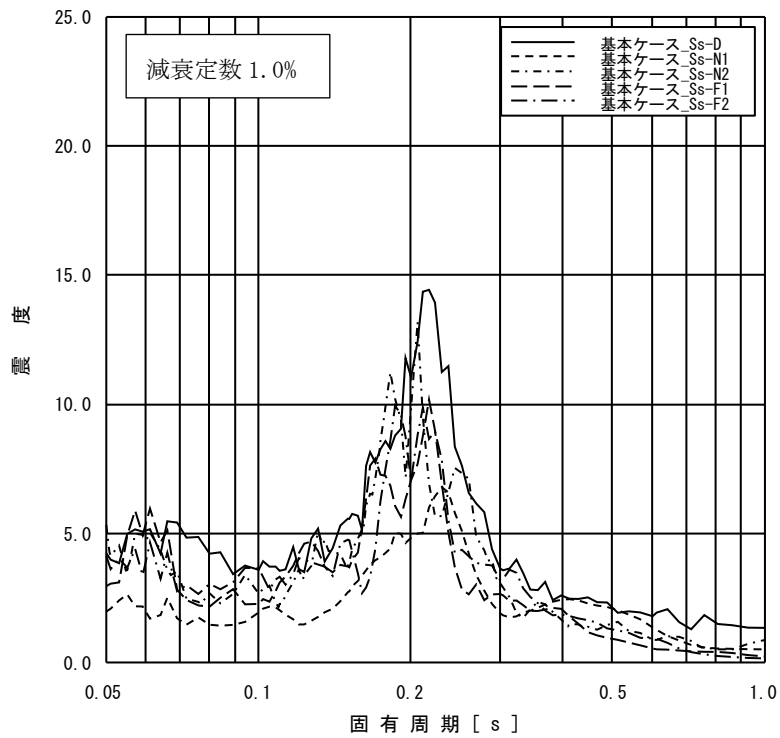
添付図 1(11) 原子炉建物 EL-4.700m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



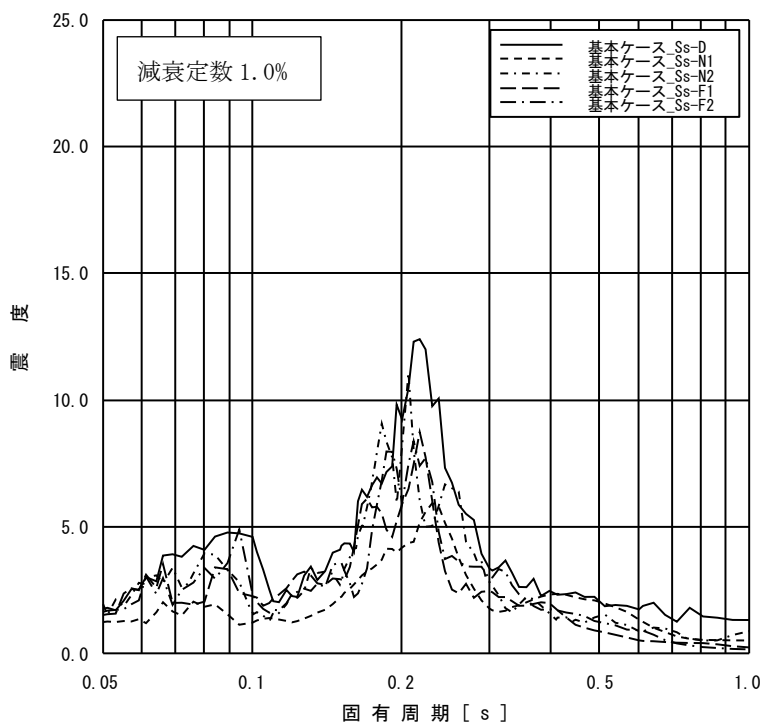
添付図 2(1) 原子炉建物 EL63.500m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



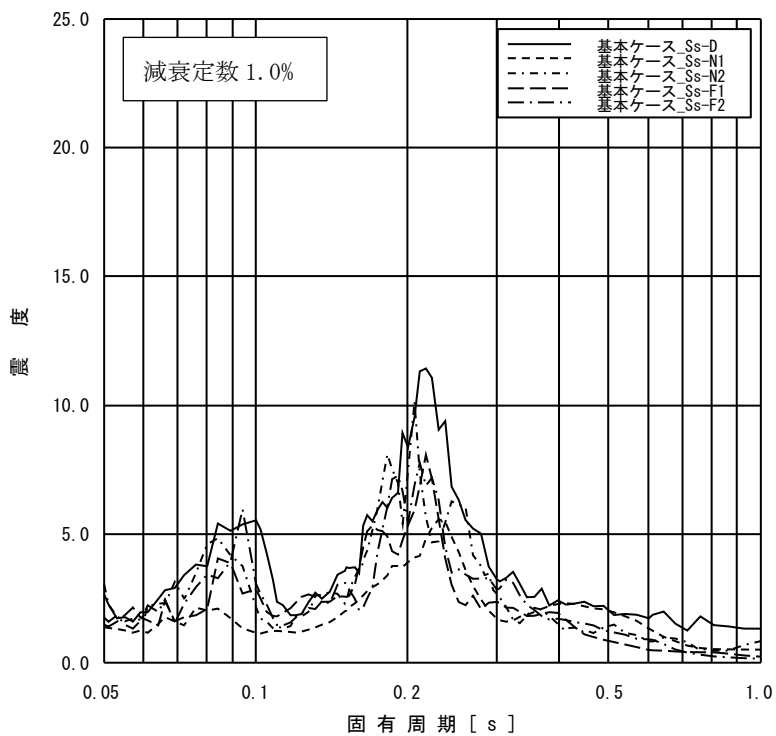
添付図 2(2) 原子炉建物 EL51.700m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



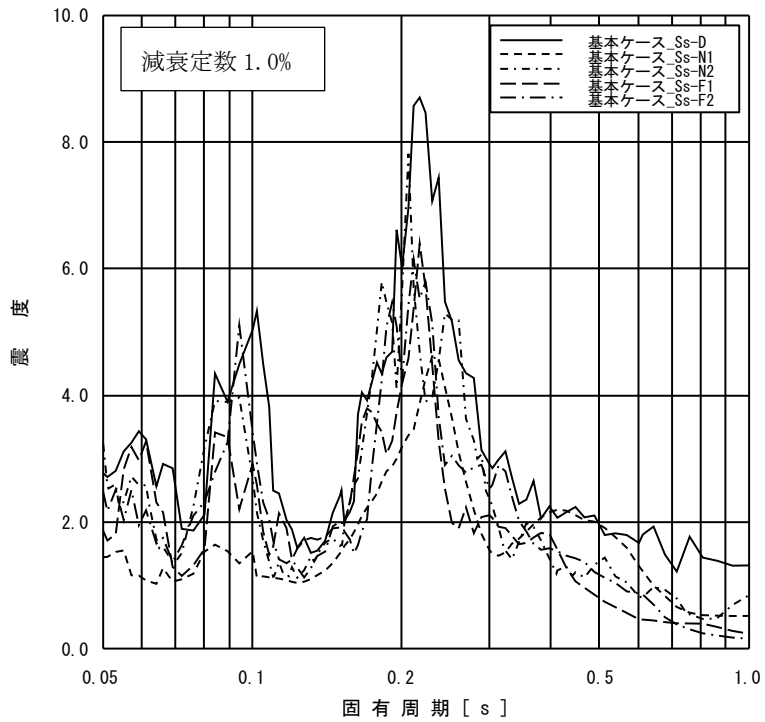
添付図 2(3) 原子炉建物 EL42.800m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



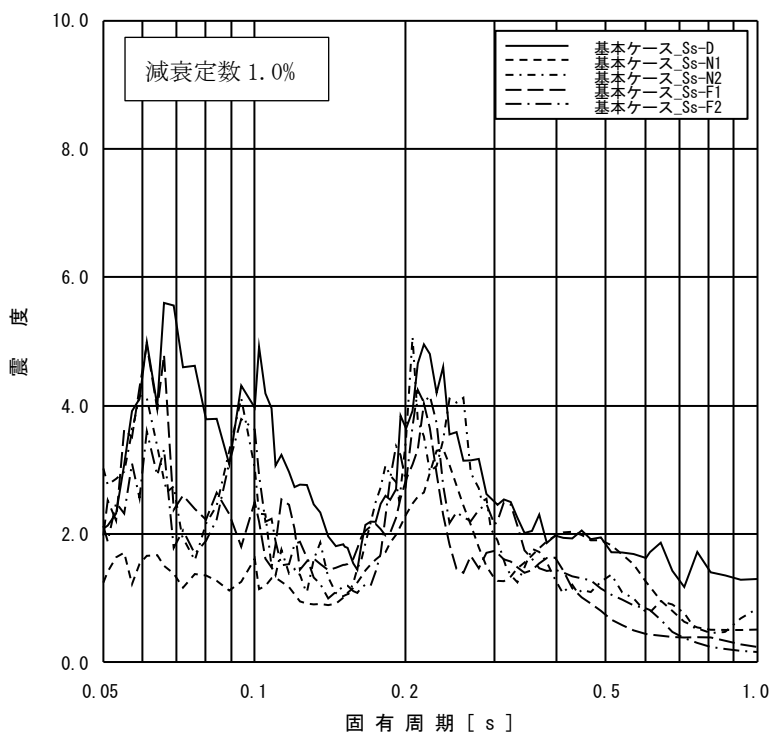
添付図 2(4) 原子炉建物 EL34.800m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



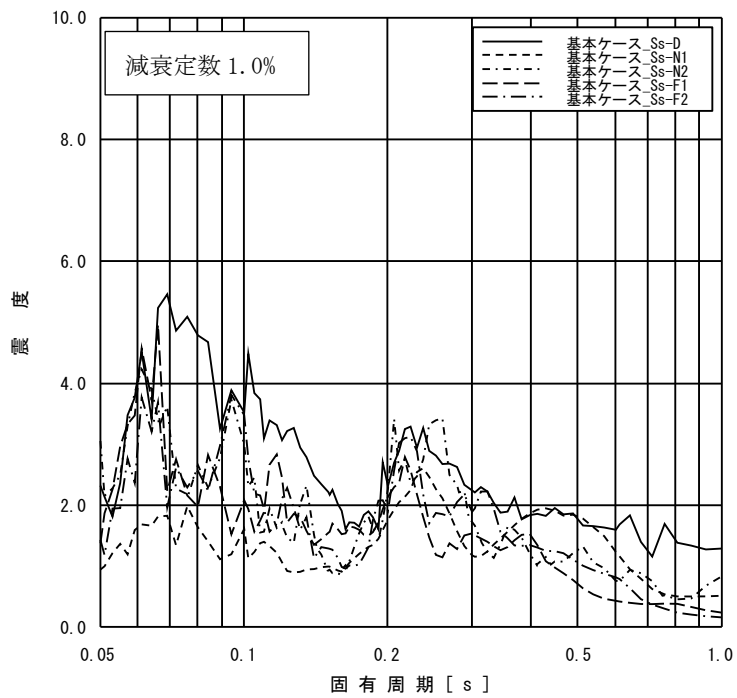
添付図 2(5) 原子炉建物 EL30.500m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



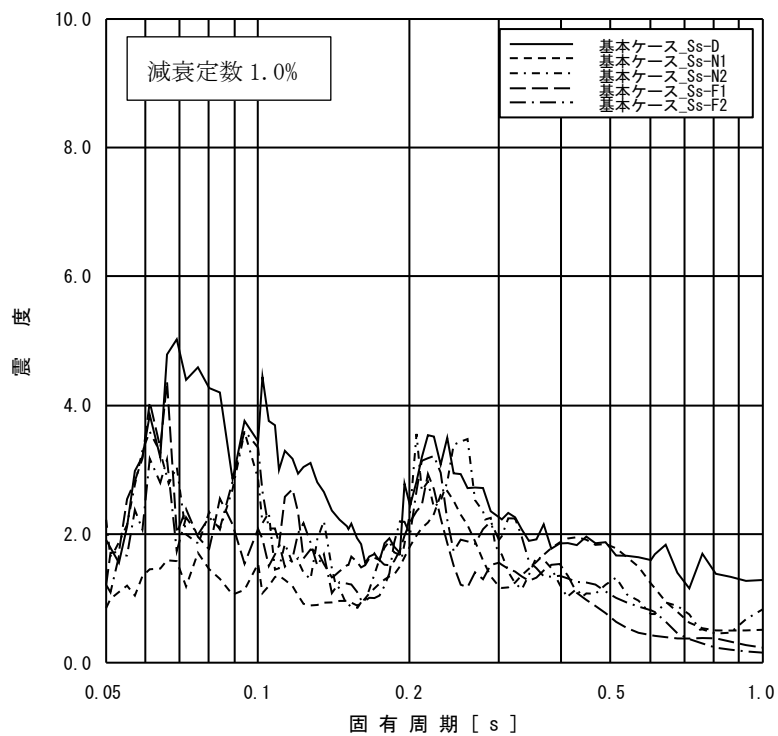
添付図 2(6) 原子炉建物 EL23.800m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



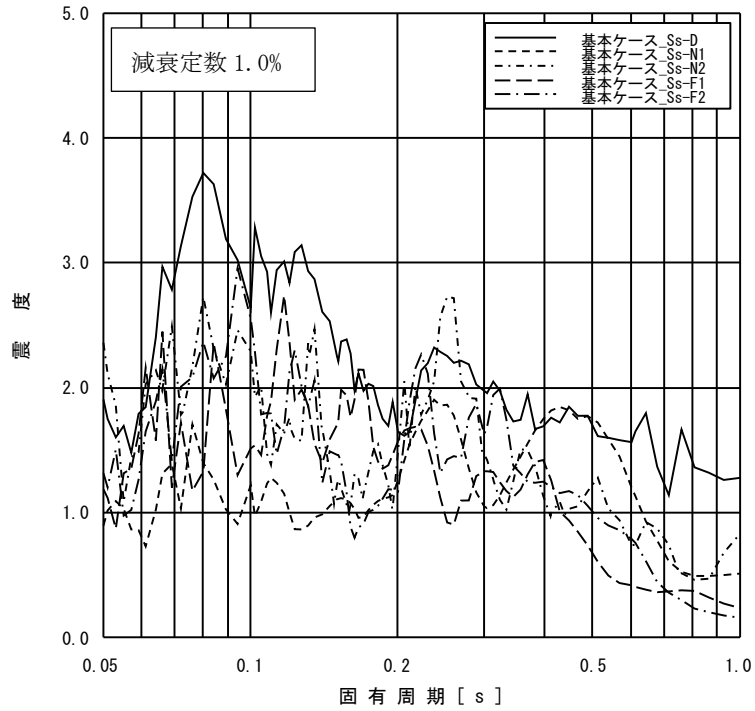
添付図 2(7) 原子炉建物 EL15.300m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



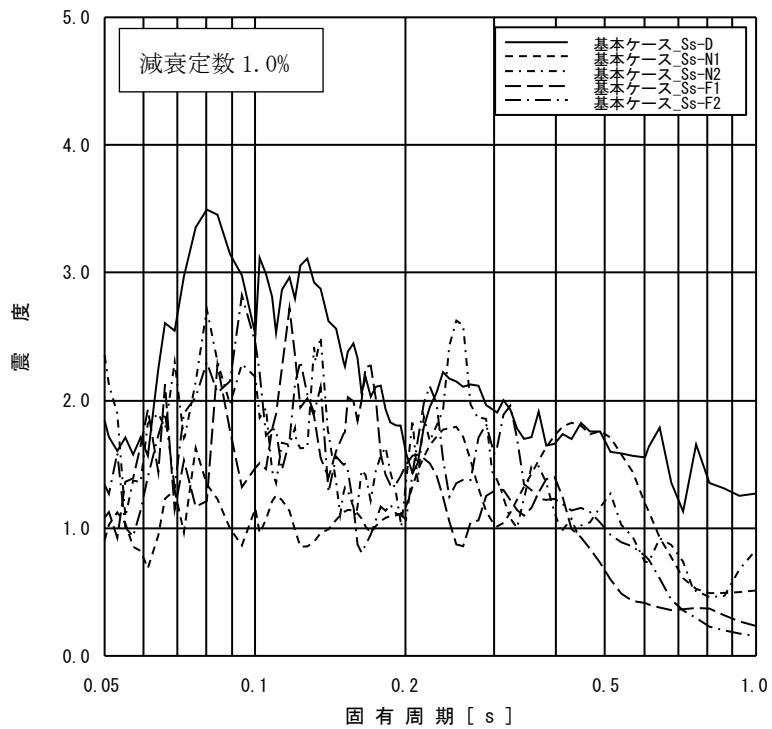
添付図 2(8) 原子炉建物 EL10.100m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



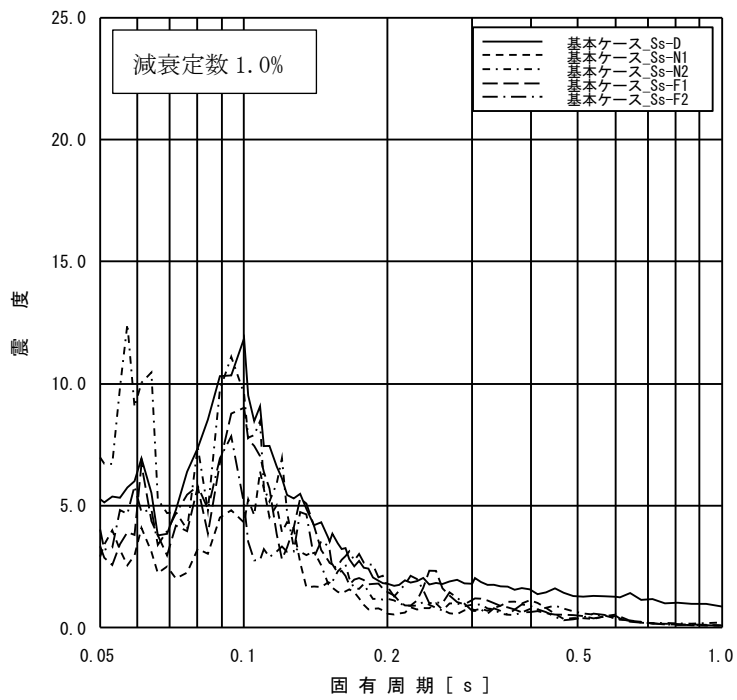
添付図 2(9) 原子炉建物 EL8.800m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



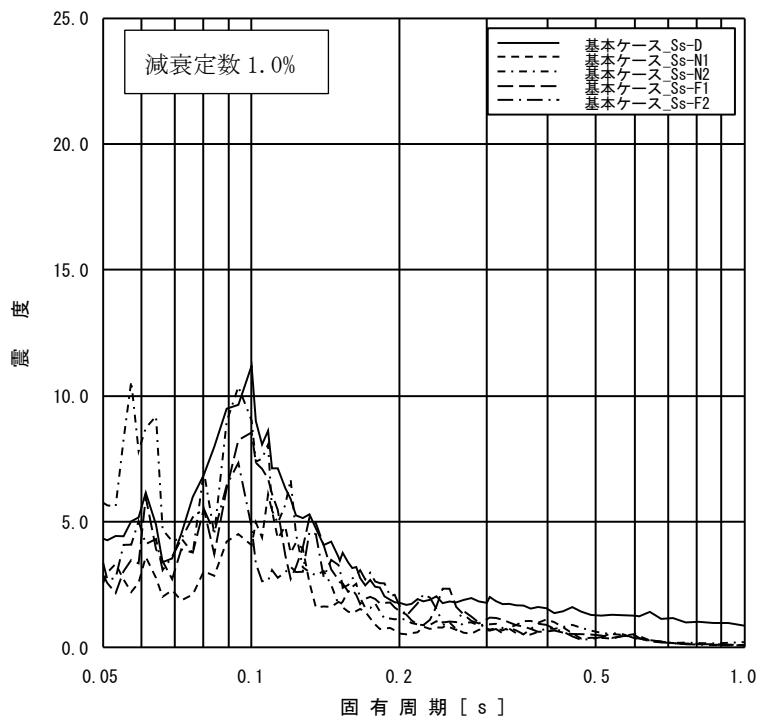
添付図 2(10) 原子炉建物 EL1.300m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



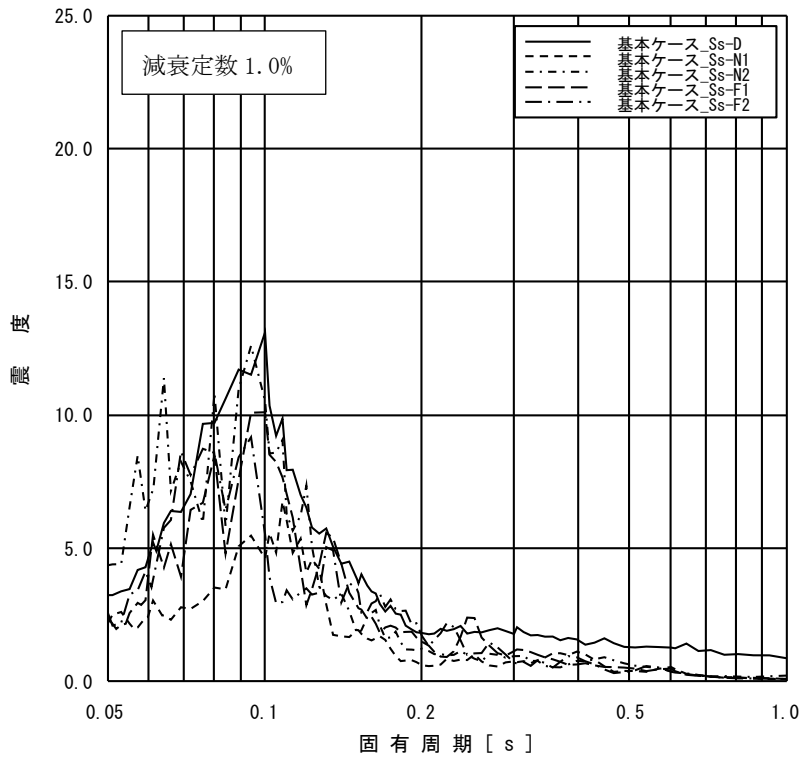
添付図 2(11) 原子炉建物 EL-4.700m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



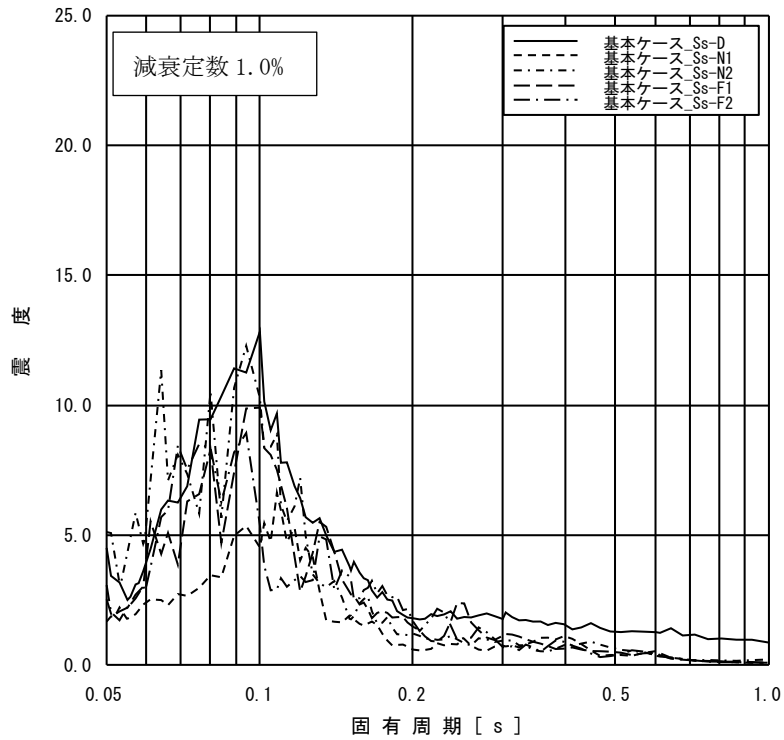
添付図 3(1) 原子炉建物 EL63.500m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



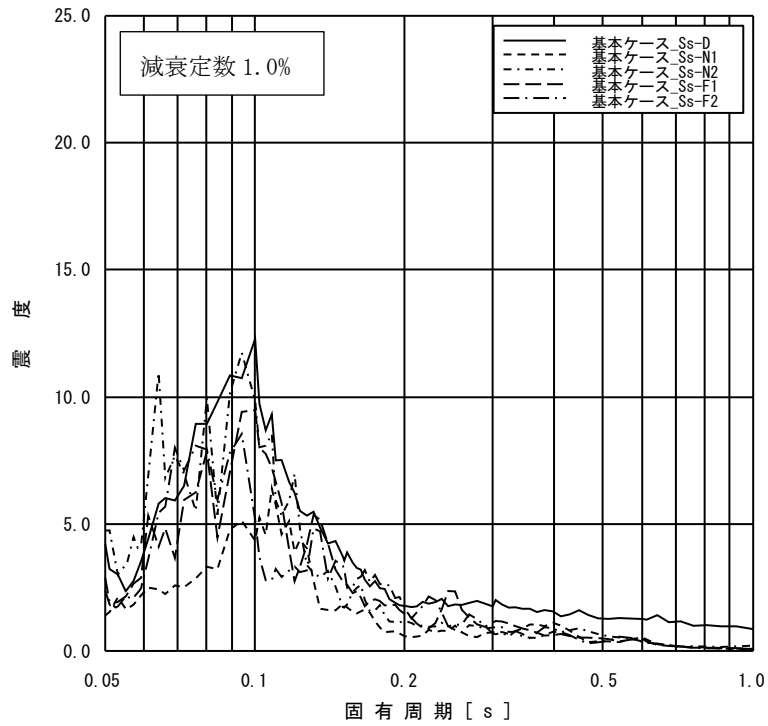
添付図 3(2) 原子炉建物 EL51.700m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



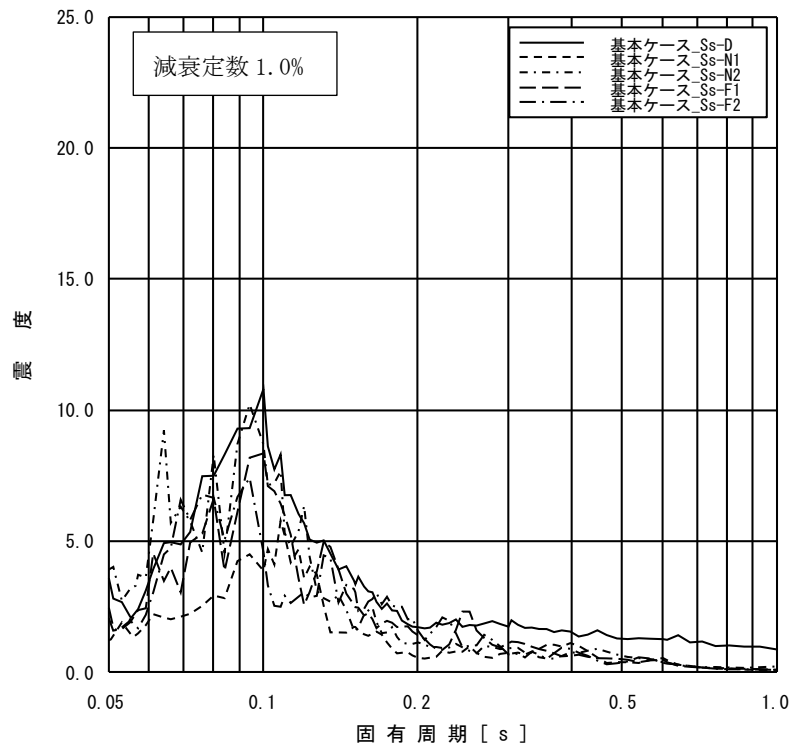
添付図 3(3) 原子炉建物 EL42.800m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



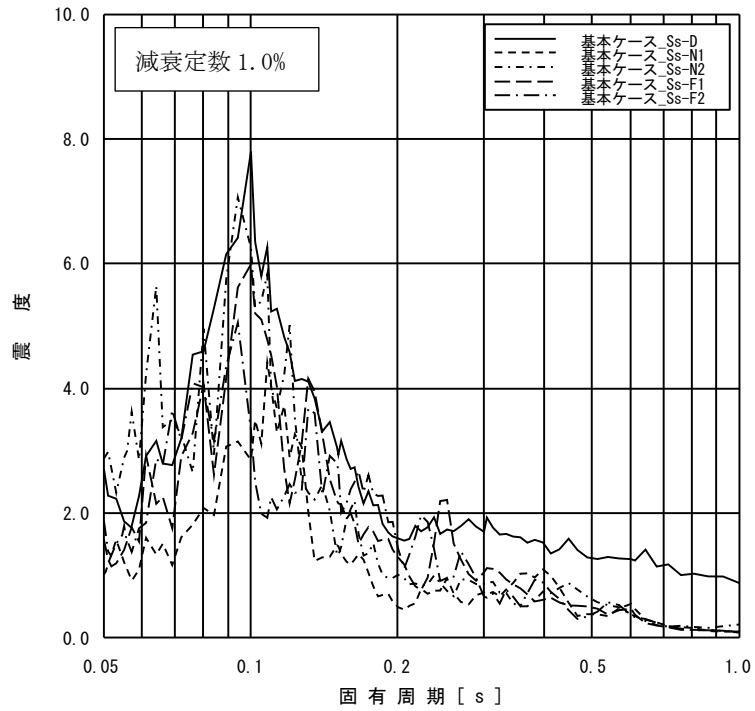
添付図 3(4) 原子炉建物 EL34.800m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



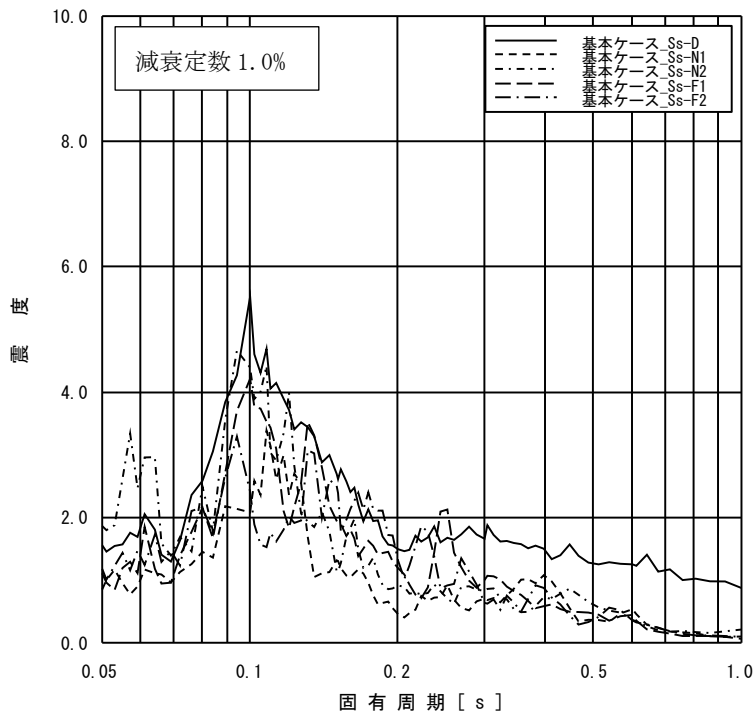
添付図 3(5) 原子炉建物 EL30.500m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



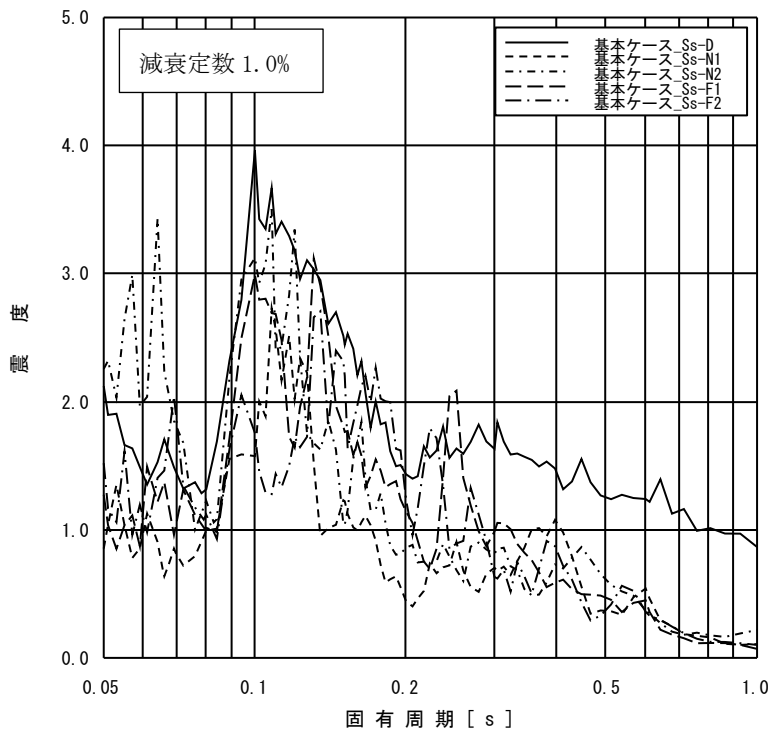
添付図 3(6) 原子炉建物 EL23.800m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



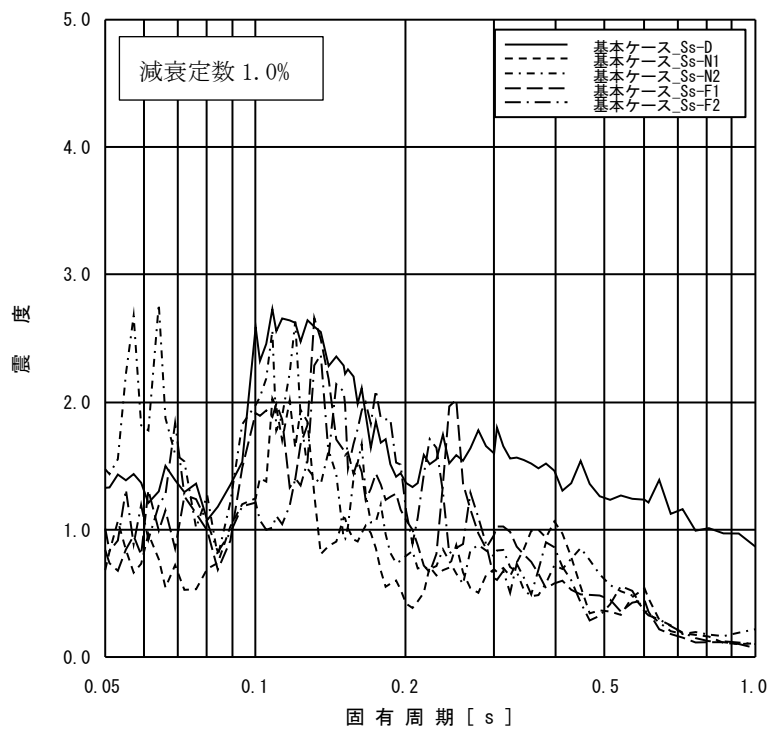
添付図 3(7) 原子炉建物 EL15.300m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



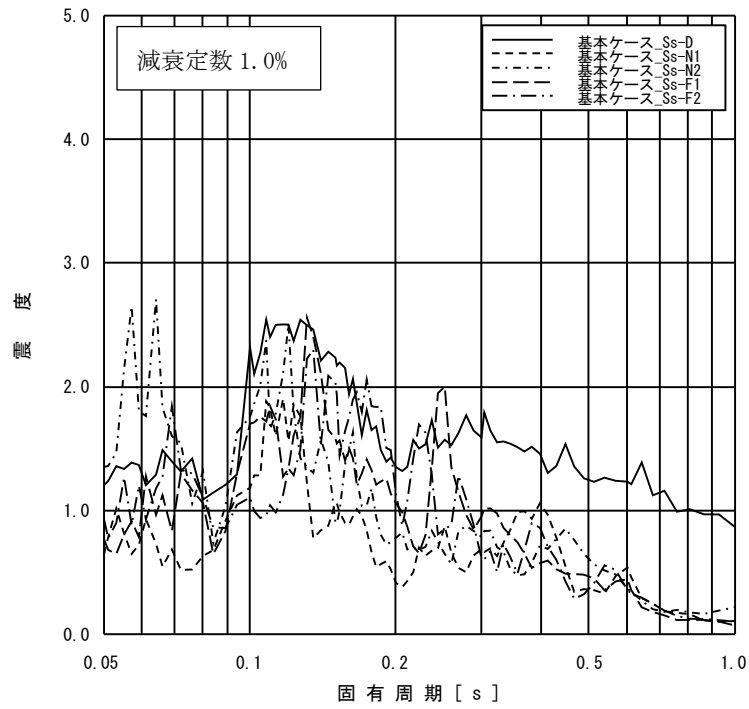
添付図 3(8) 原子炉建物 EL10.100m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



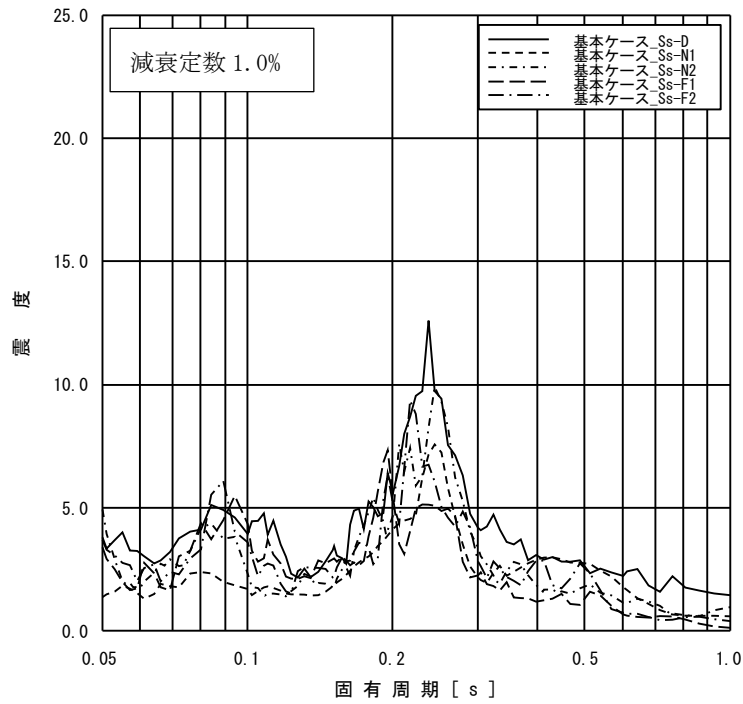
添付図 3(9) 原子炉建物 EL8.800m の加速度応答スペクトル
 (鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



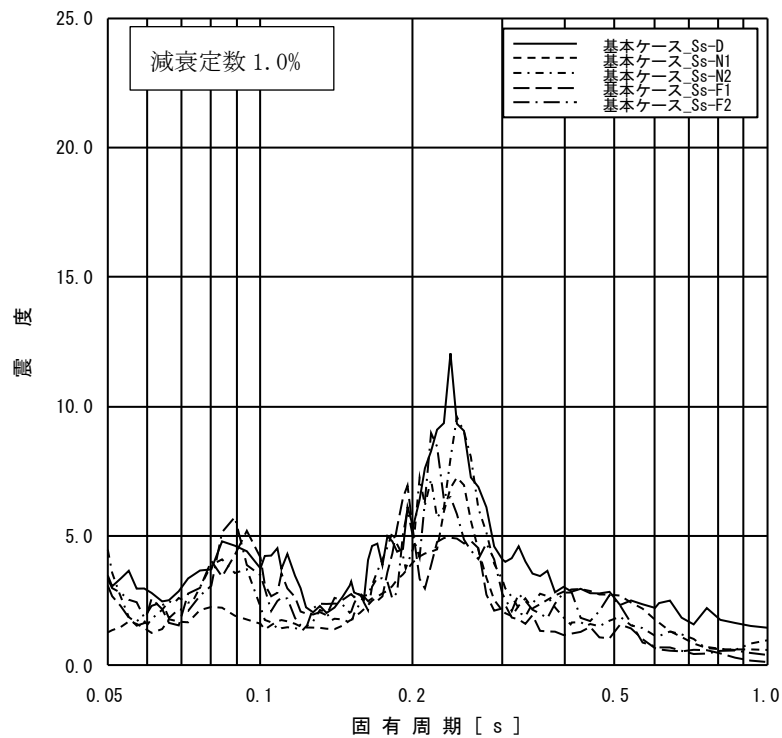
添付図 3(10) 原子炉建物 EL1.300m の加速度応答スペクトル
 (鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



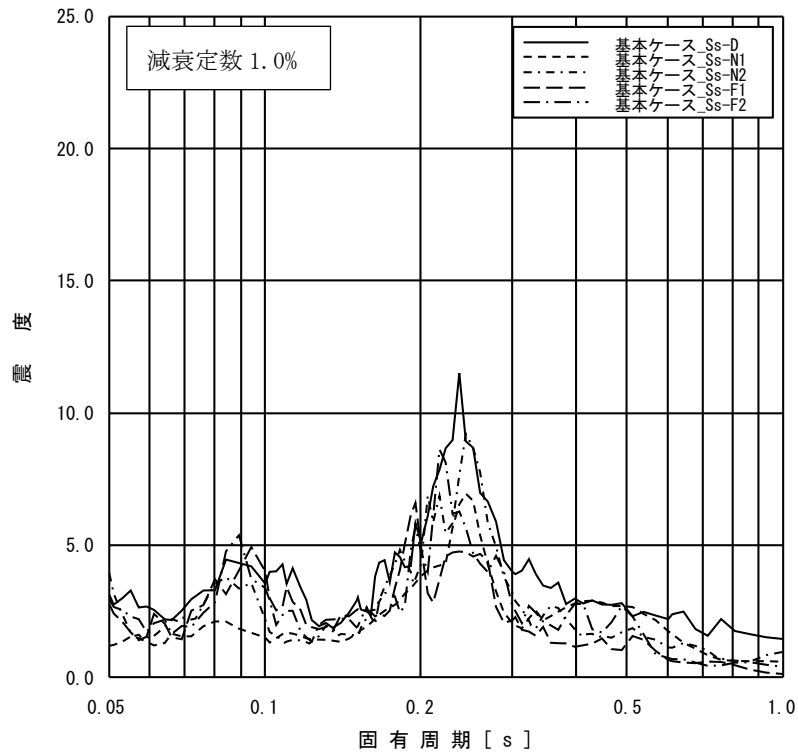
添付図 3(11) 原子炉建物 EL-4.700m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



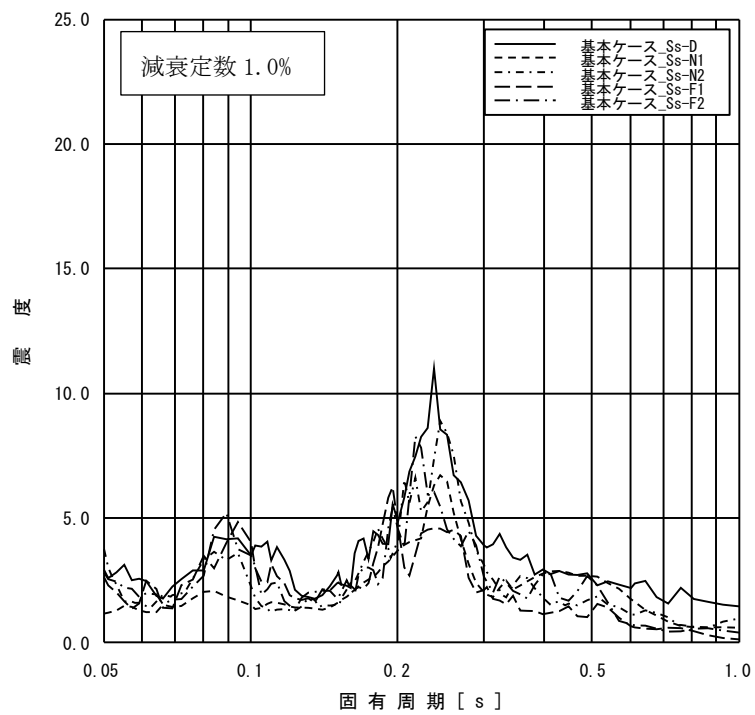
添付図 4(1) 原子炉格納容器 EL39.400m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



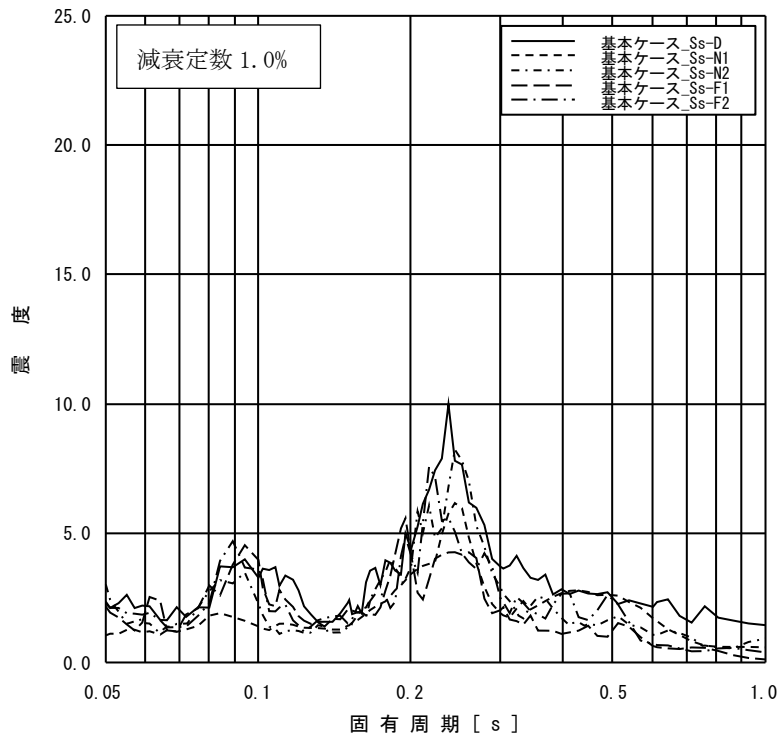
添付図 4(2) 原子炉格納容器 EL37.060m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



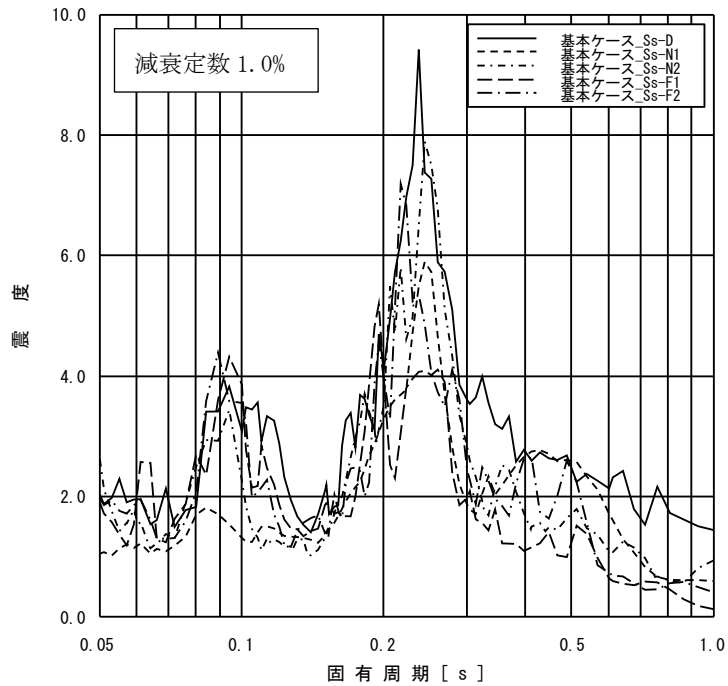
添付図 4(3) 原子炉格納容器 EL34.758m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



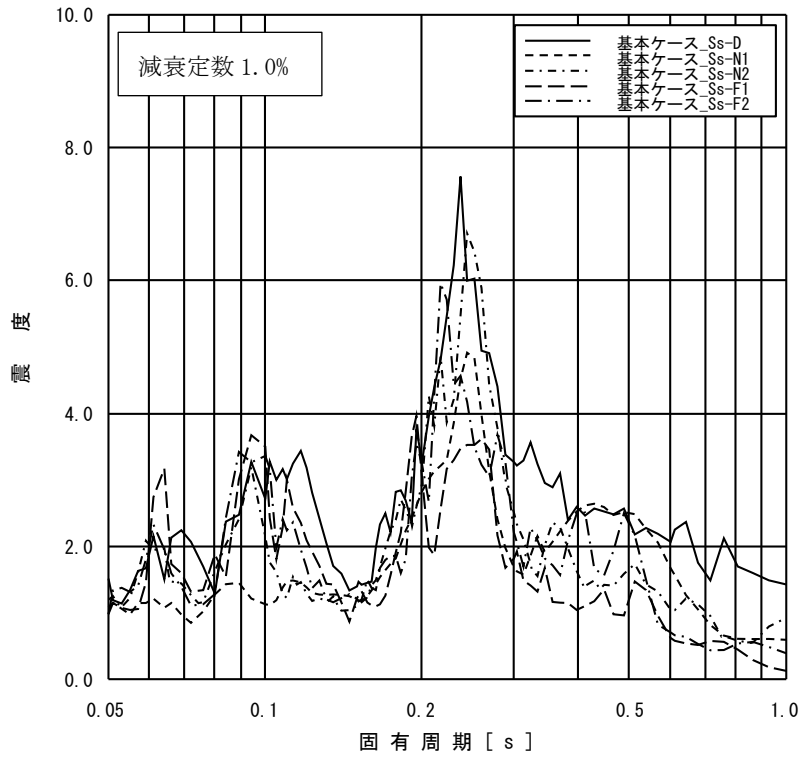
添付図 4(4) 原子炉格納容器 EL33.141m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



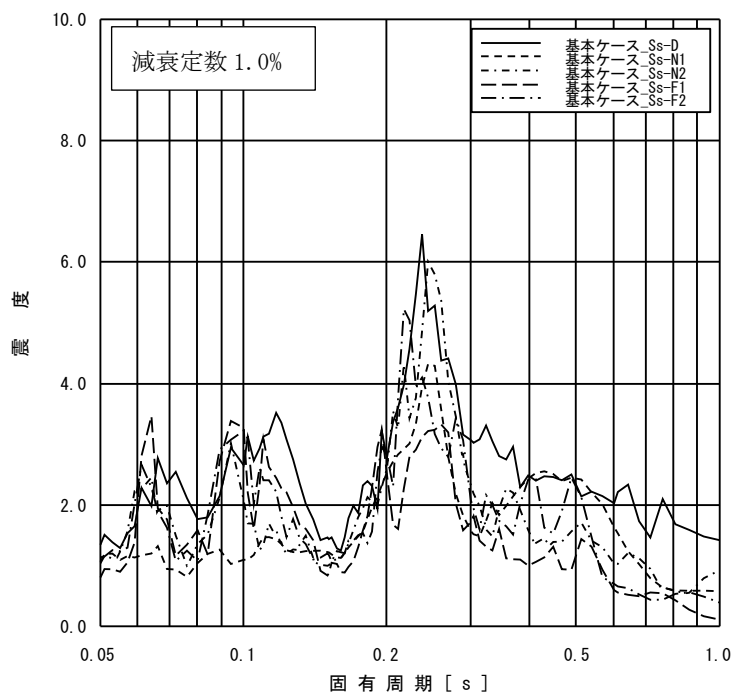
添付図 4(5) 原子炉格納容器 EL29.392m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



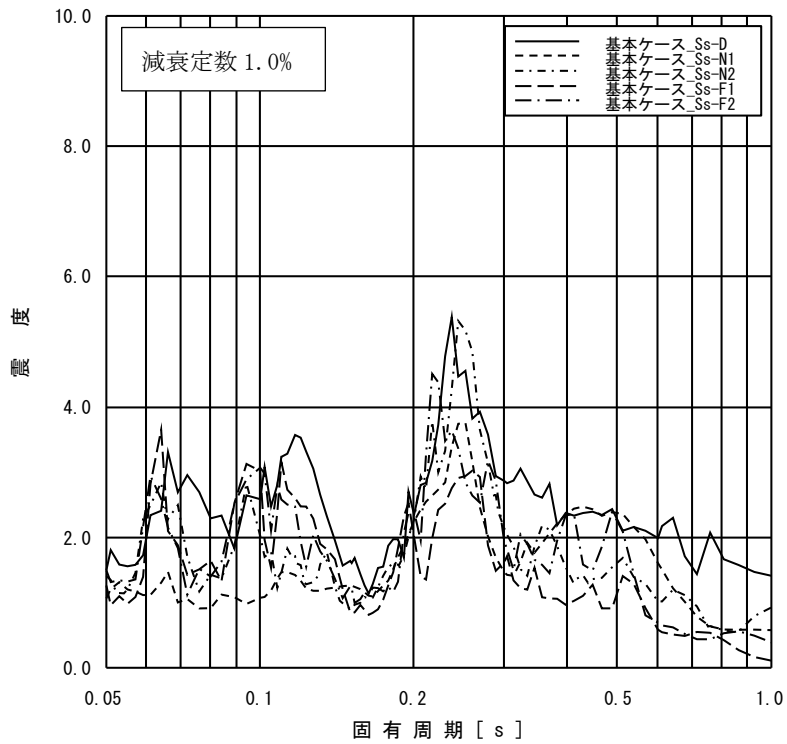
添付図 4(6) 原子炉格納容器 EL27.907m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



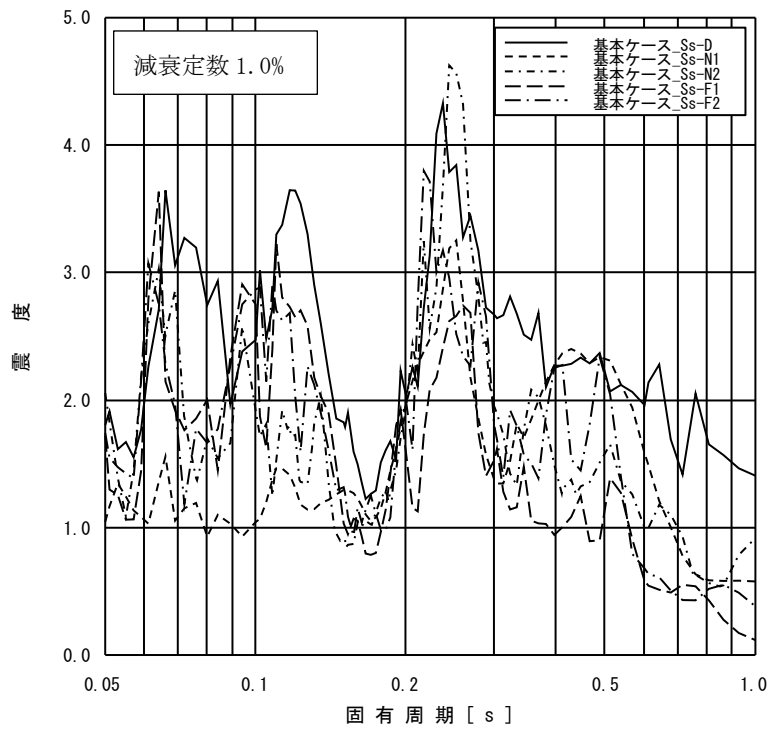
添付図 4(7) 原子炉格納容器 EL22.932m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



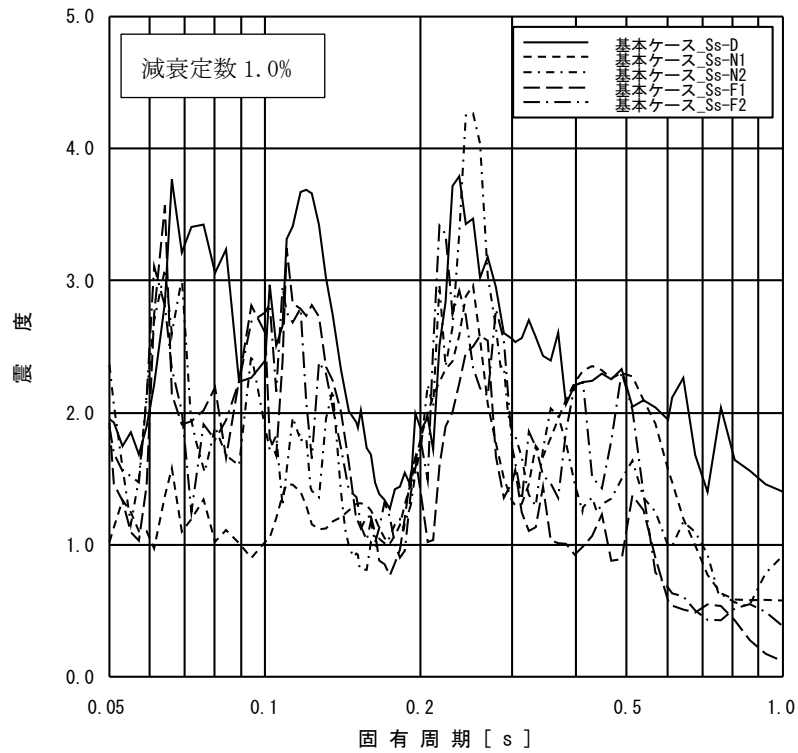
添付図 4(8) 原子炉格納容器 EL19.878m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



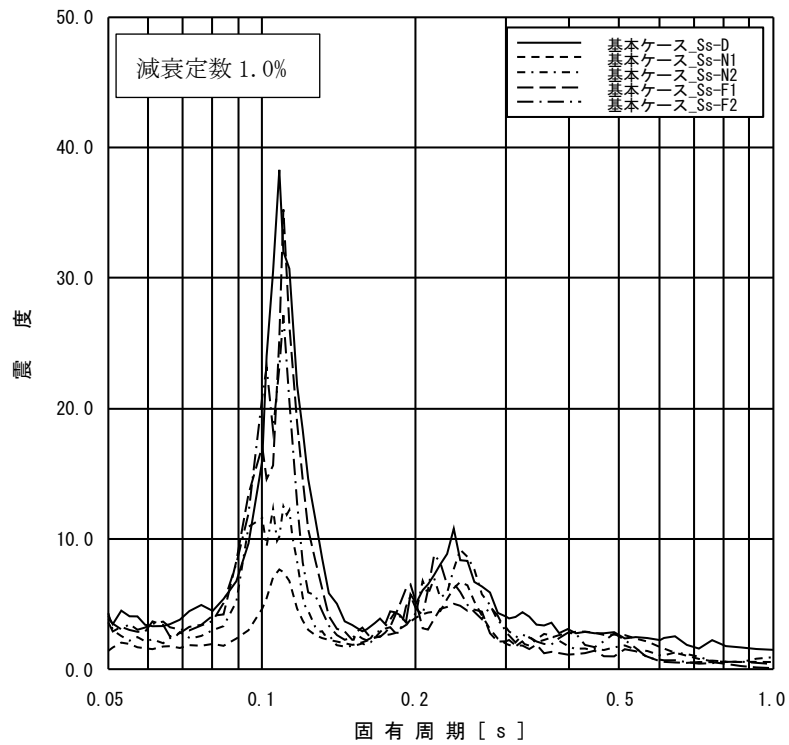
添付図 4(9) 原子炉格納容器 EL16.825m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



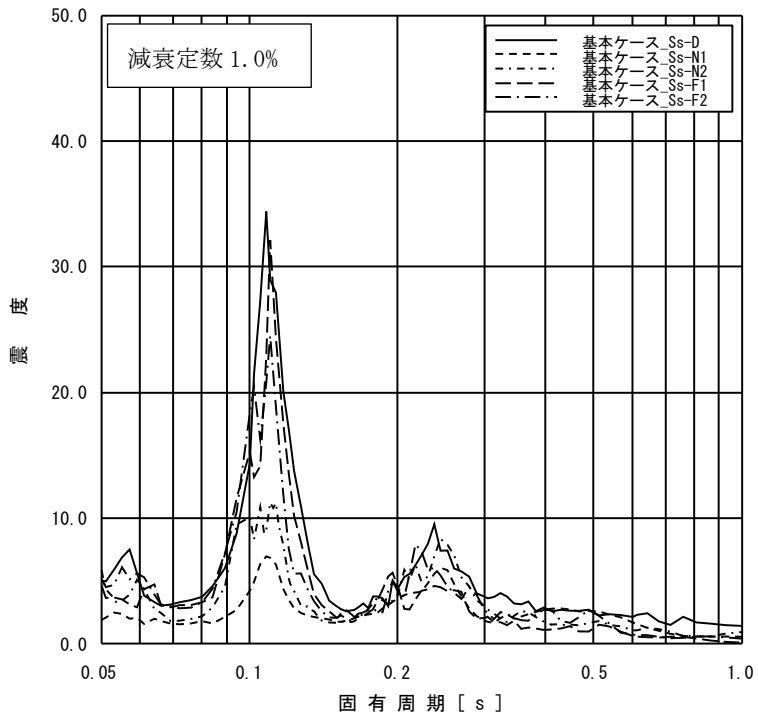
添付図 4(10) 原子炉格納容器 EL13.700m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



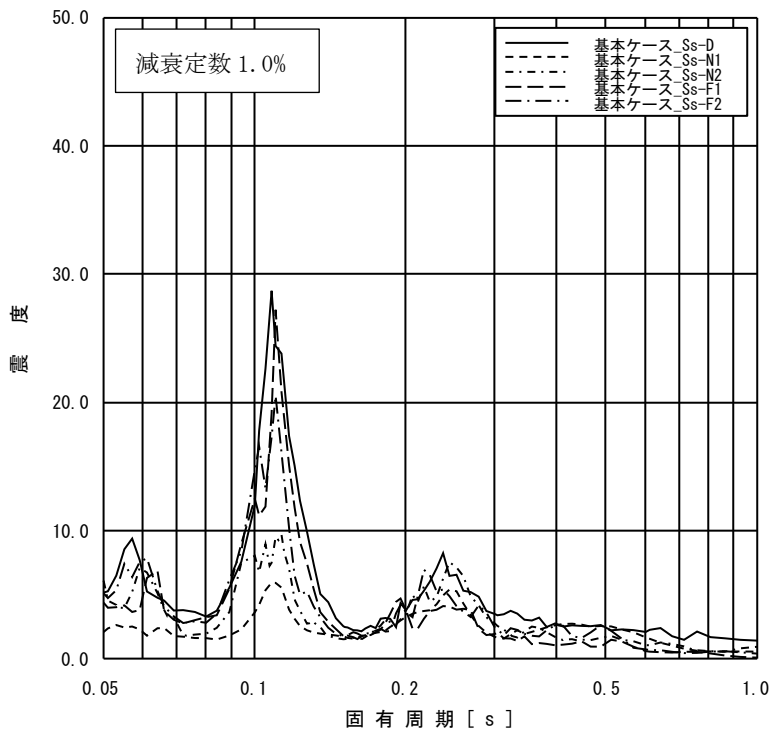
添付図 4(11) 原子炉格納容器 EL11.900m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



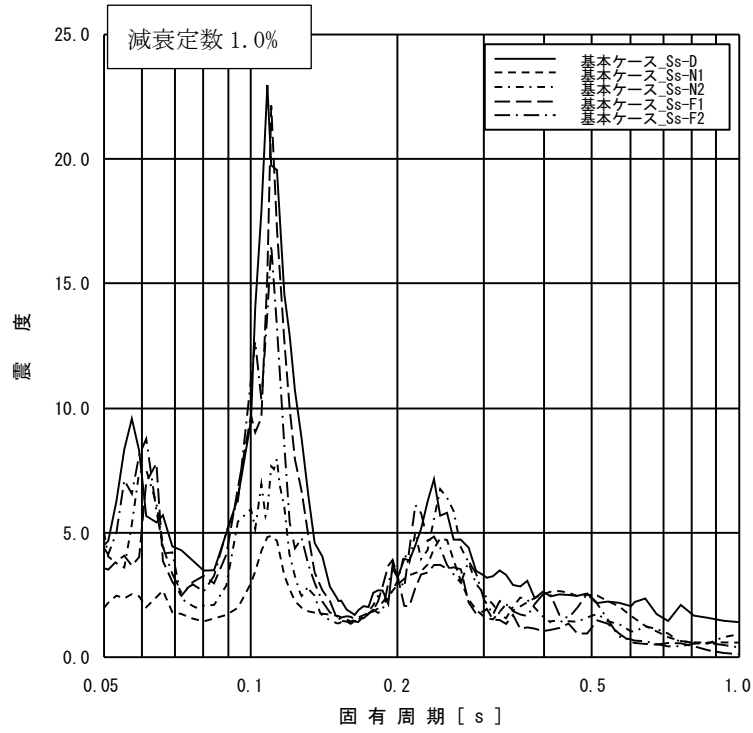
添付図 4(12) ガンマ線遮蔽壁 EL29.962m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



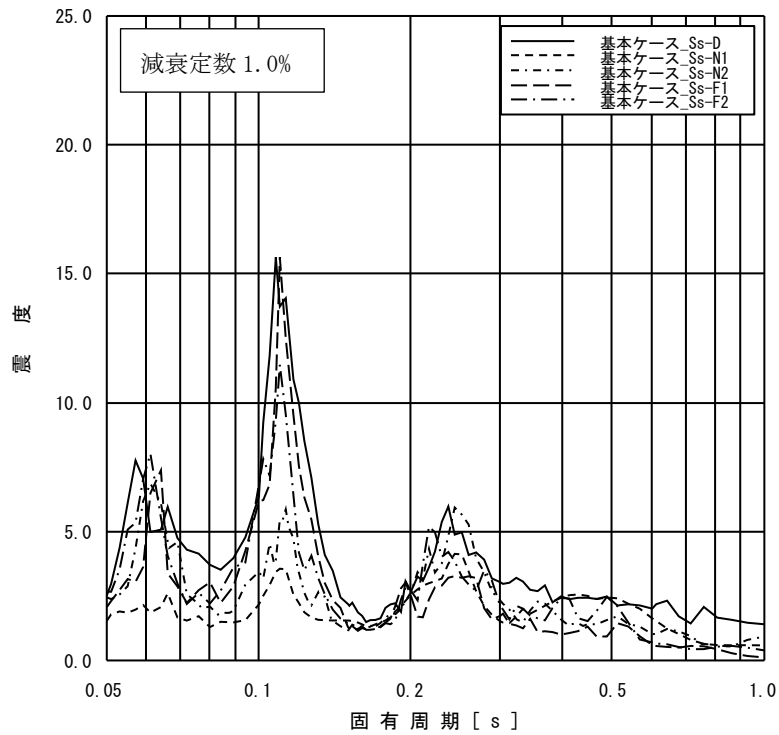
添付図 4(13) ガンマ線遮蔽壁 EL26.981m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



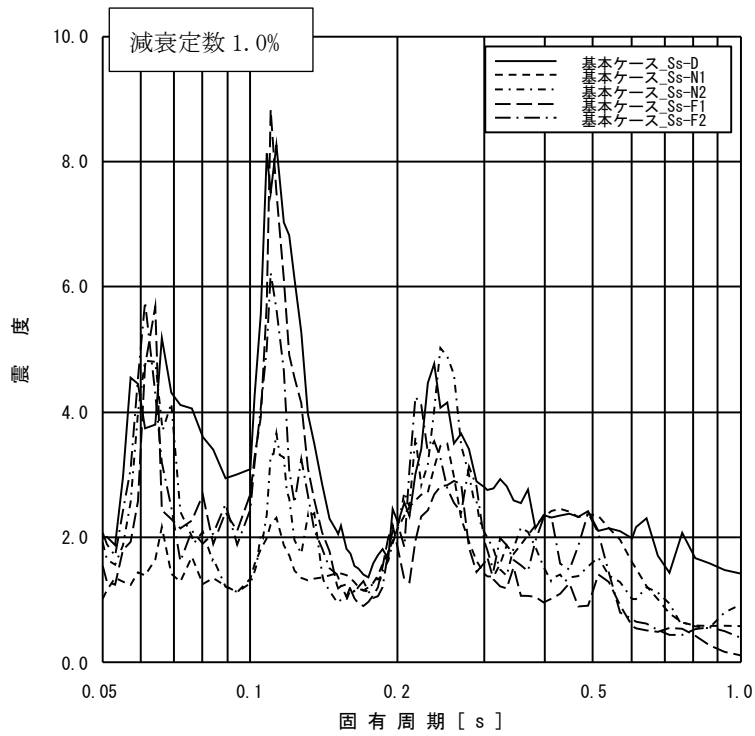
添付図 4(14) ガンマ線遮蔽壁 EL24.000m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



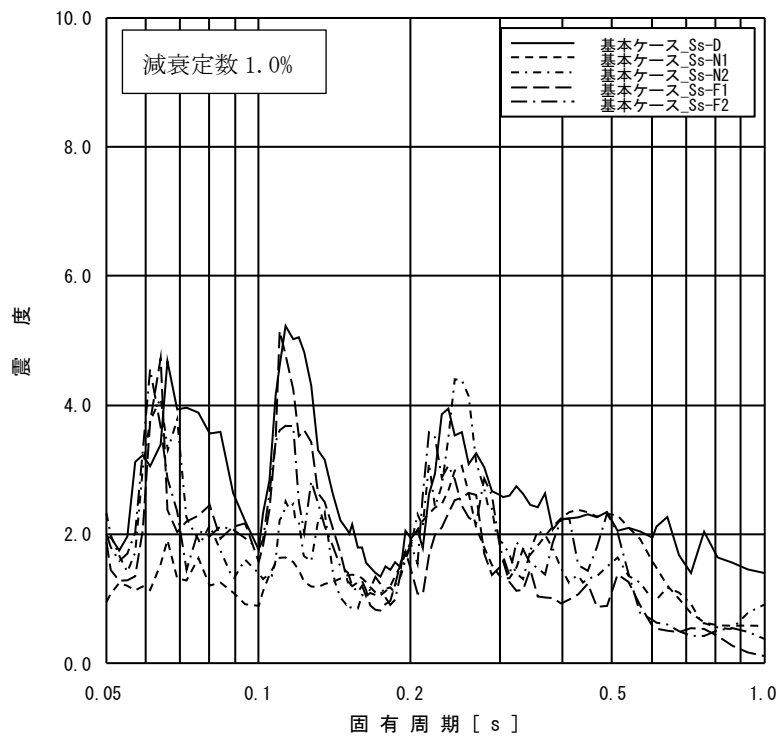
添付図 4(15) ガンマ線遮蔽壁 EL21.500m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



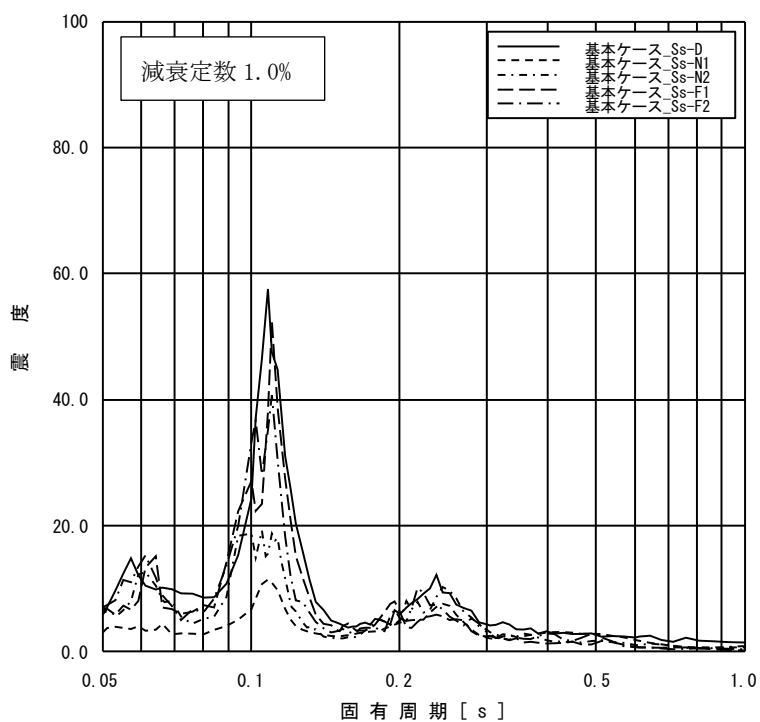
添付図 4(16) ガンマ線遮蔽壁 EL19.000m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



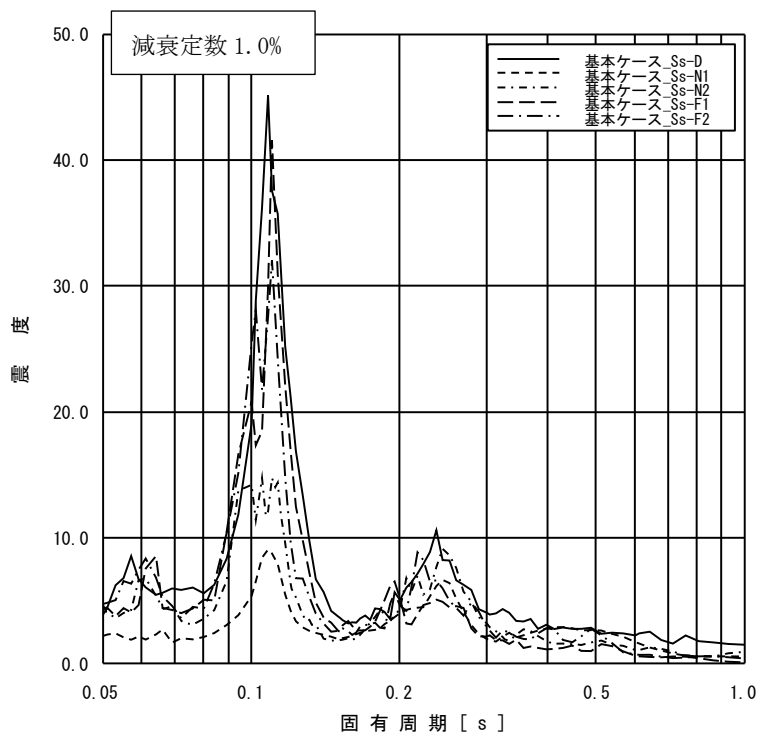
添付図 4(17) 原子炉压力容器ペダスタル EL15.944m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



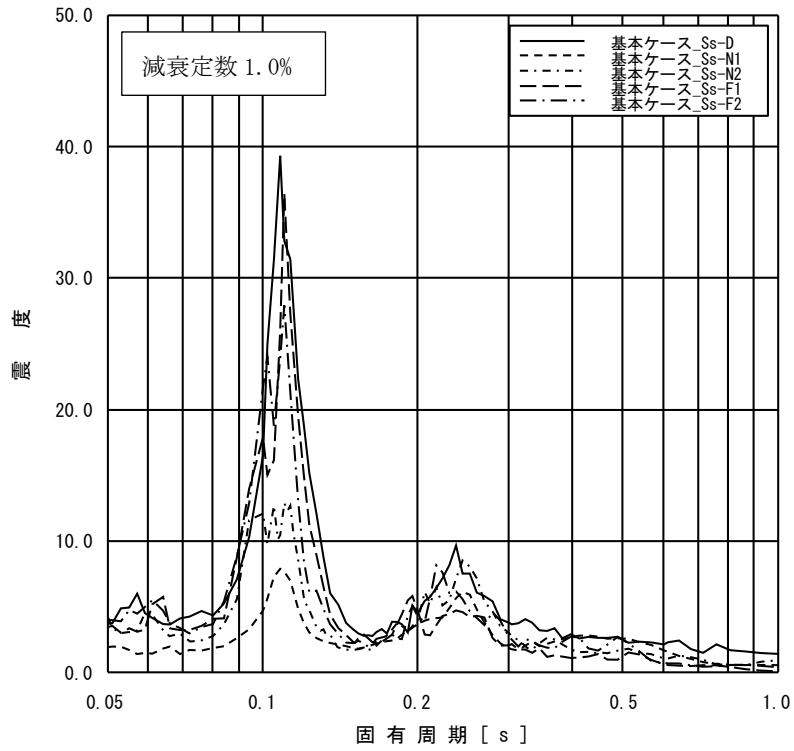
添付図 4(18) 原子炉压力容器ペダスタル EL13.022m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



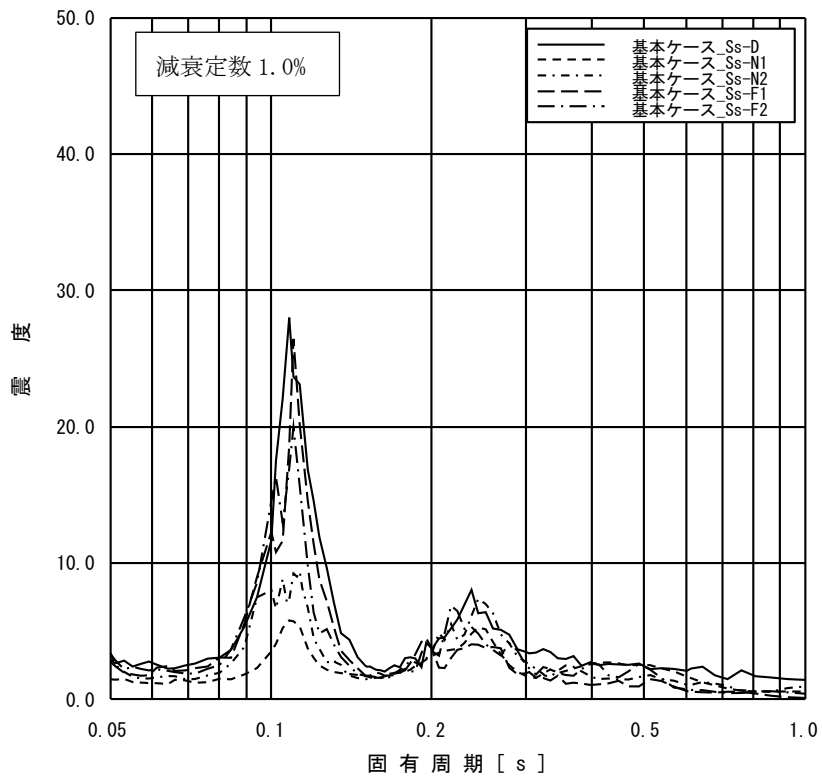
添付図 4(19) 原子炉压力容器 EL32.567m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



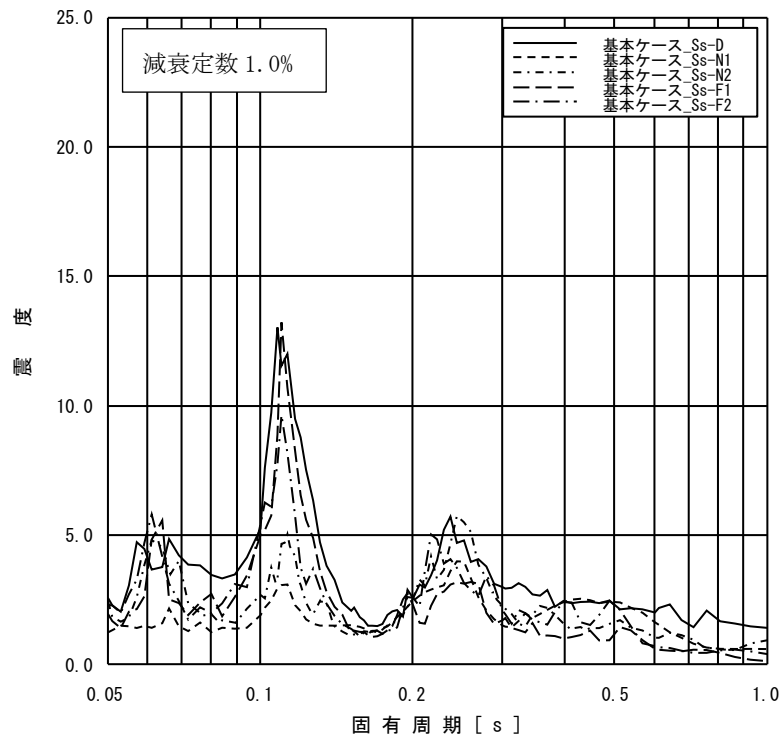
添付図 4(20) 原子炉压力容器 EL29.181m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



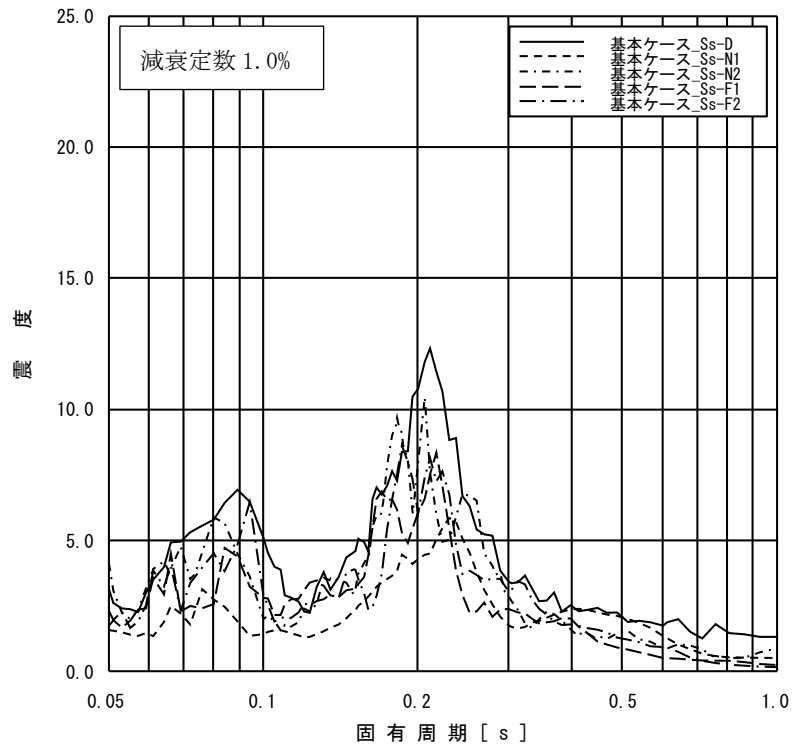
添付図 4(21) 原子炉压力容器 EL27.317m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



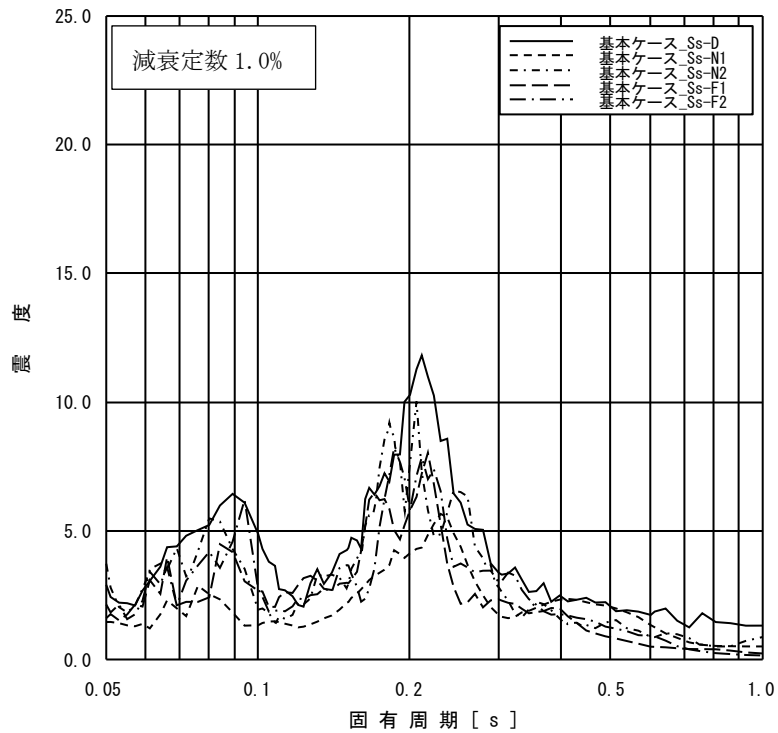
添付図 4(22) 原子炉压力容器 EL23.707m の加速度応答スペクトル
(NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



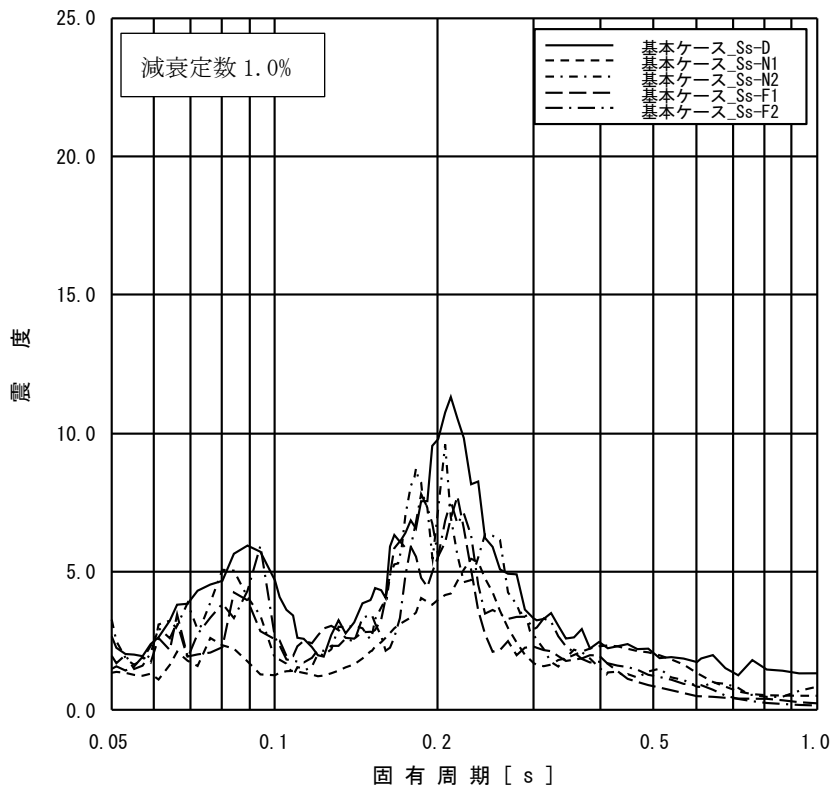
添付図 4(23) 原子炉压力容器 EL18. 250m の加速度応答スペクトル
 (NS 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



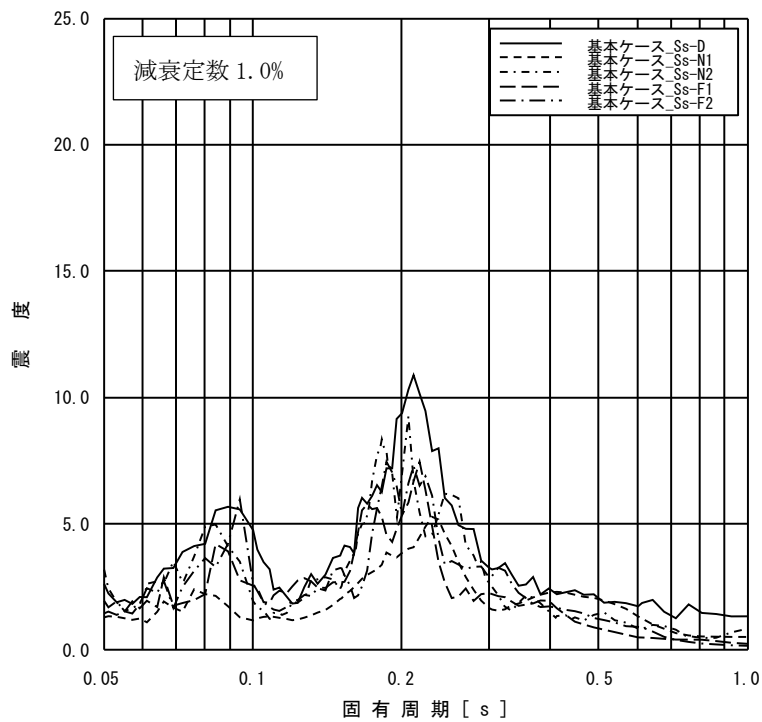
添付図 5(1) 原子炉格納容器 EL39.400m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



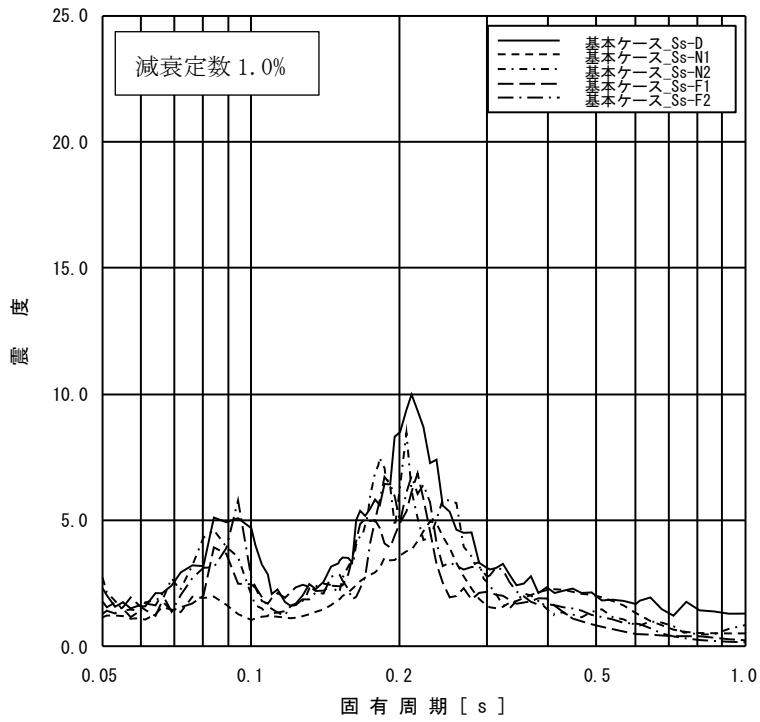
添付図 5(2) 原子炉格納容器 EL37.060m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



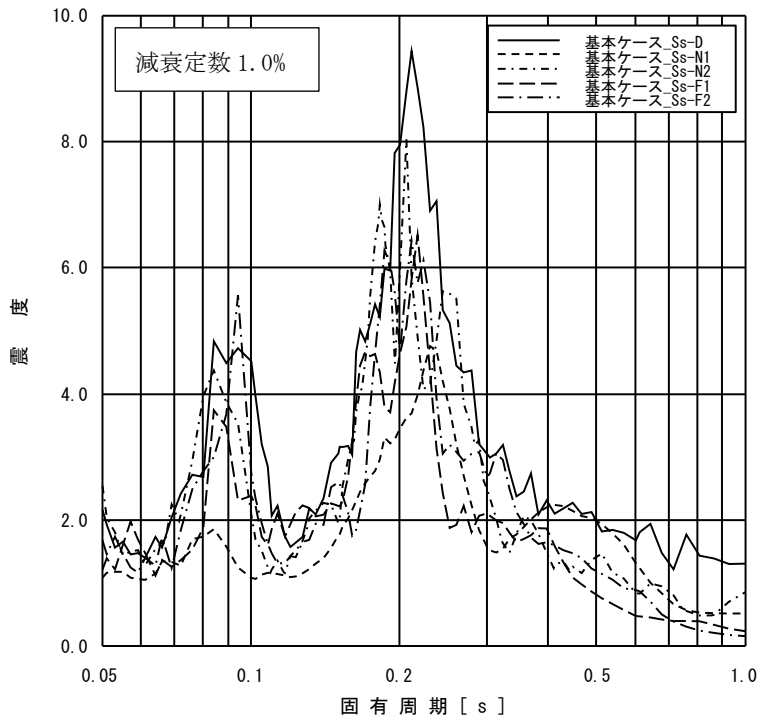
添付図 5(3) 原子炉格納容器 EL34.758m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



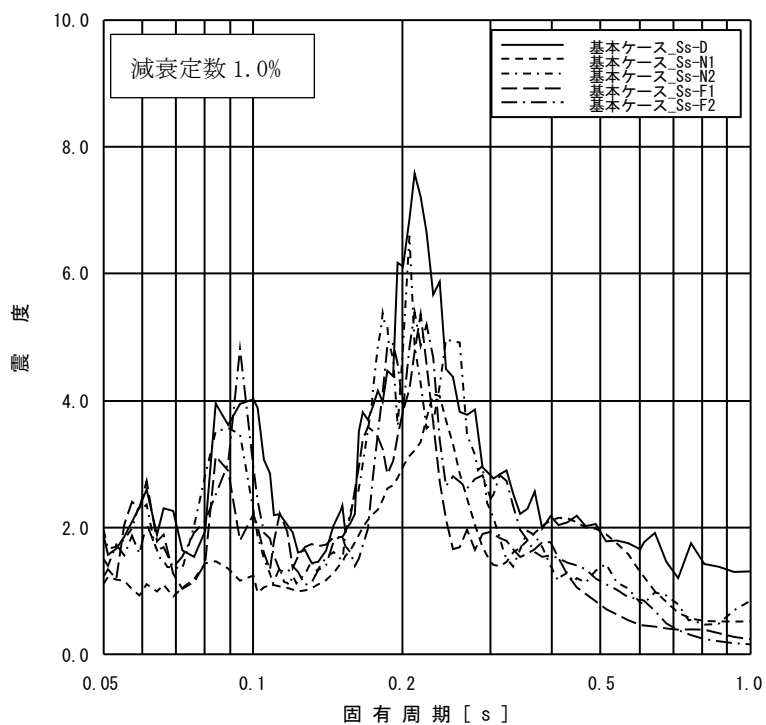
添付図 5(4) 原子炉格納容器 EL33.141m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



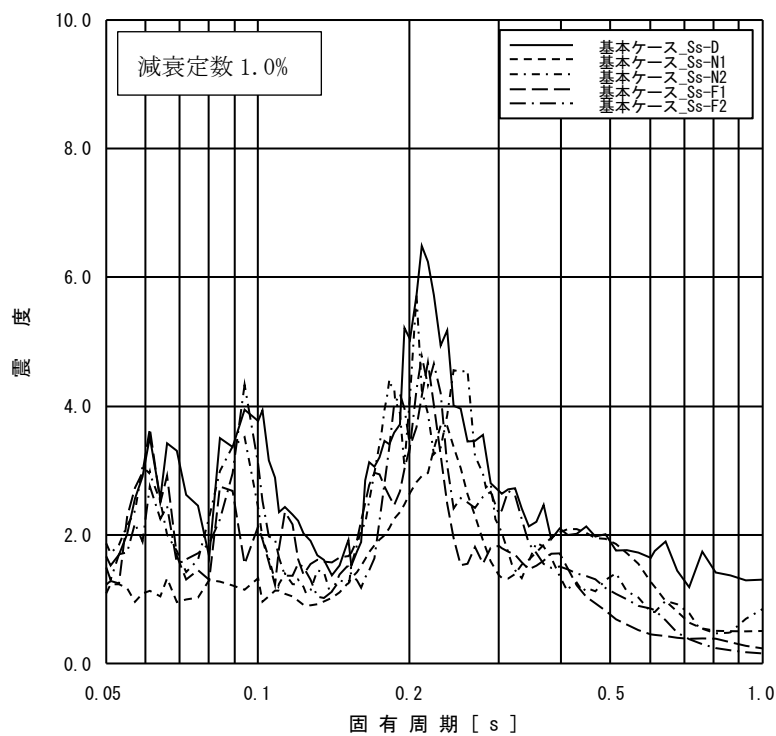
添付図 5(5) 原子炉格納容器 EL29.392m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



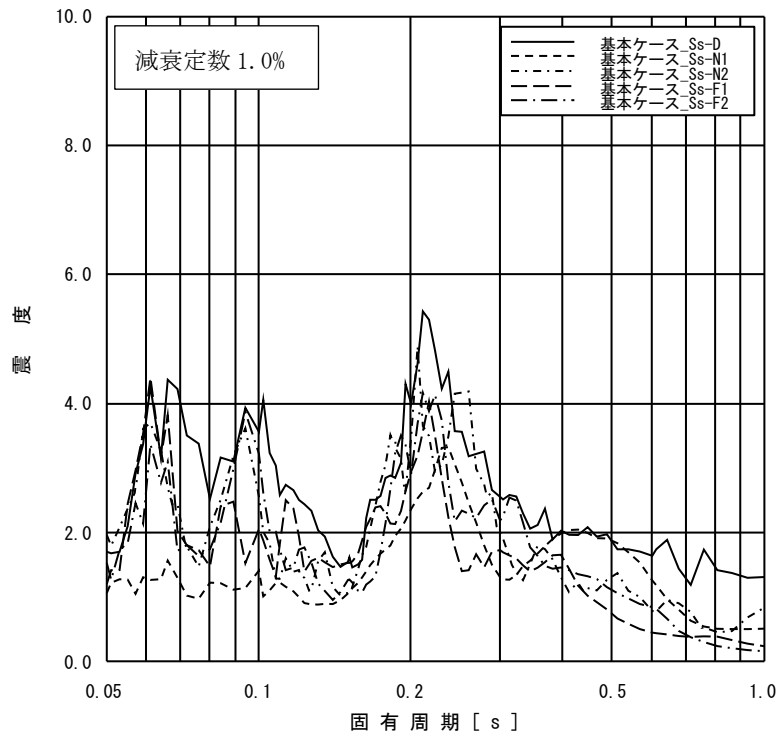
添付図 5(6) 原子炉格納容器 EL27.907m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



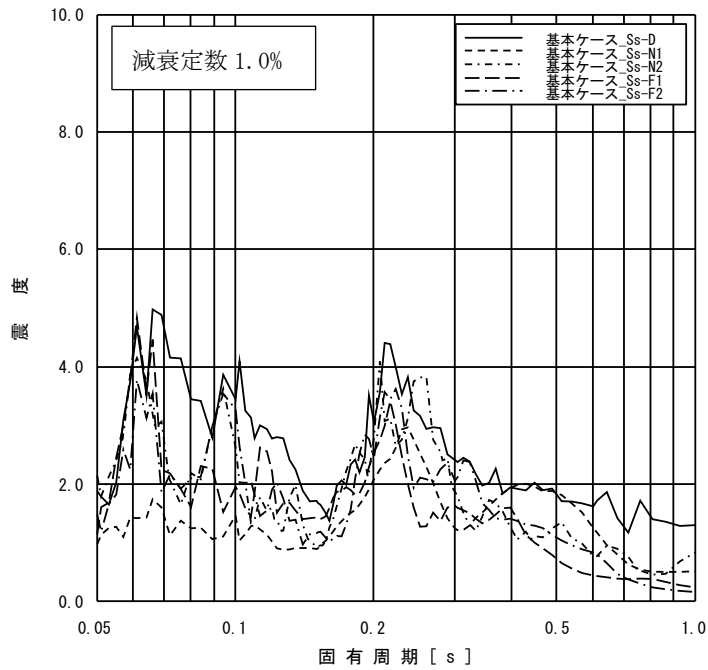
添付図 5(7) 原子炉格納容器 EL22.932m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



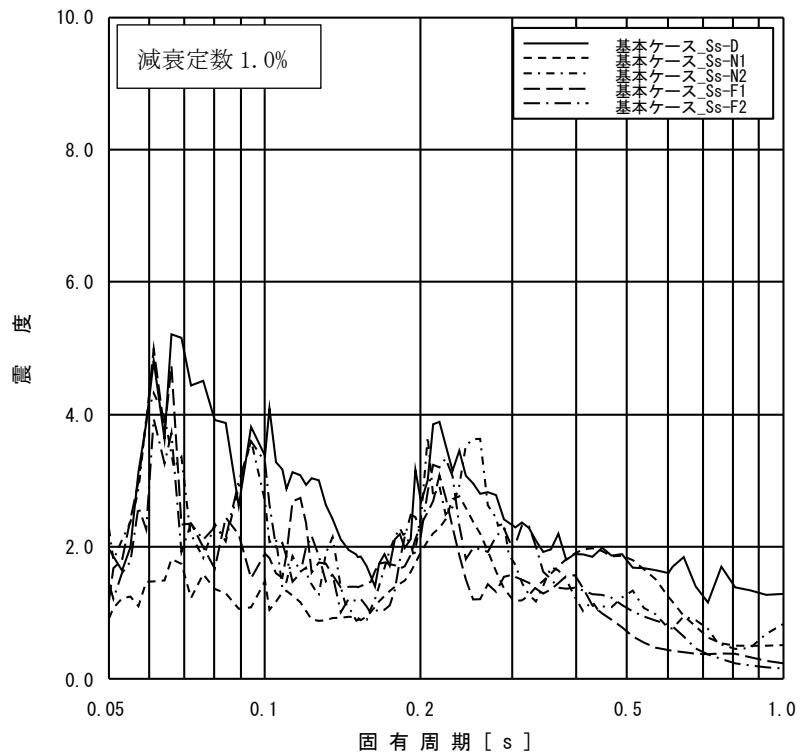
添付図 5(8) 原子炉格納容器 EL19.878m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



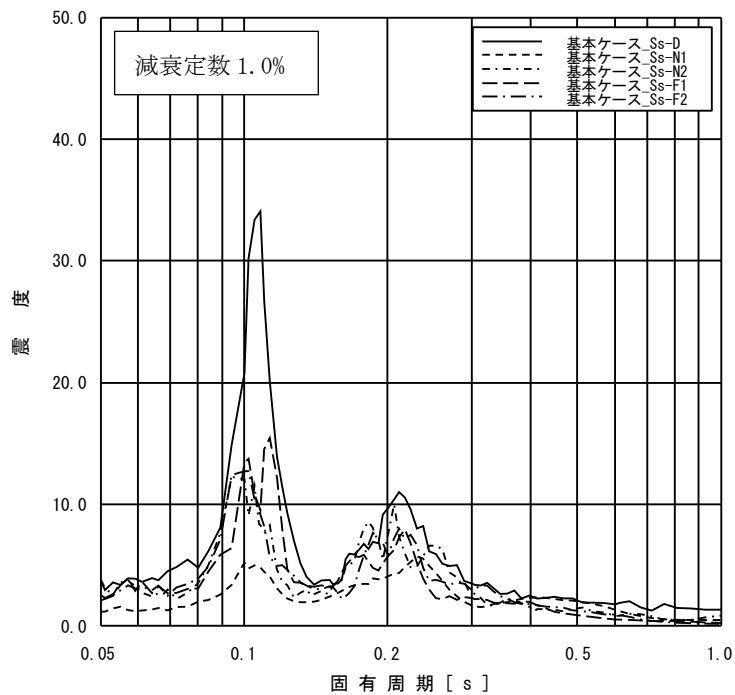
添付図 5(9) 原子炉格納容器 EL16.825m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



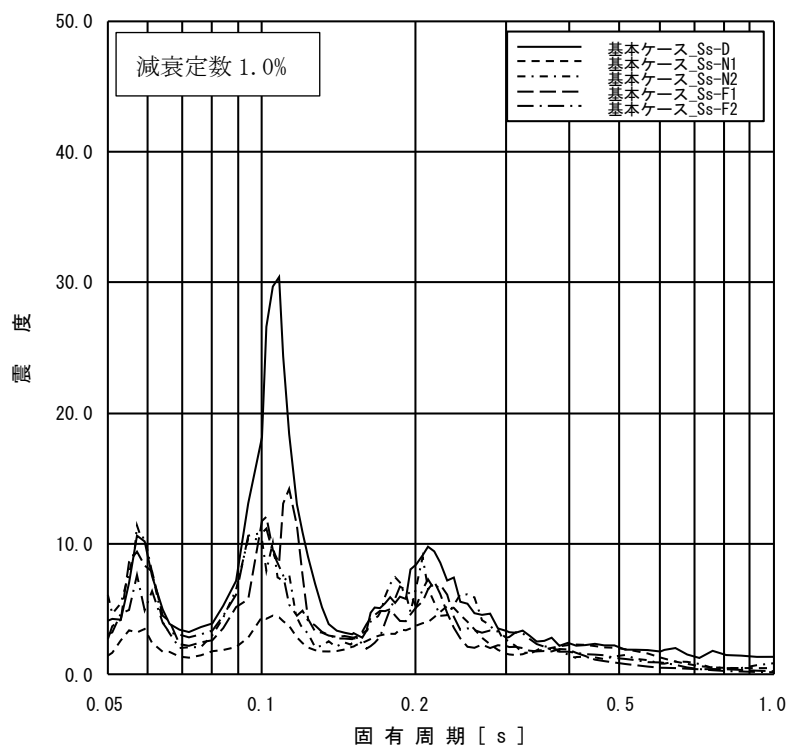
添付図 5(10) 原子炉格納容器 EL13.700m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



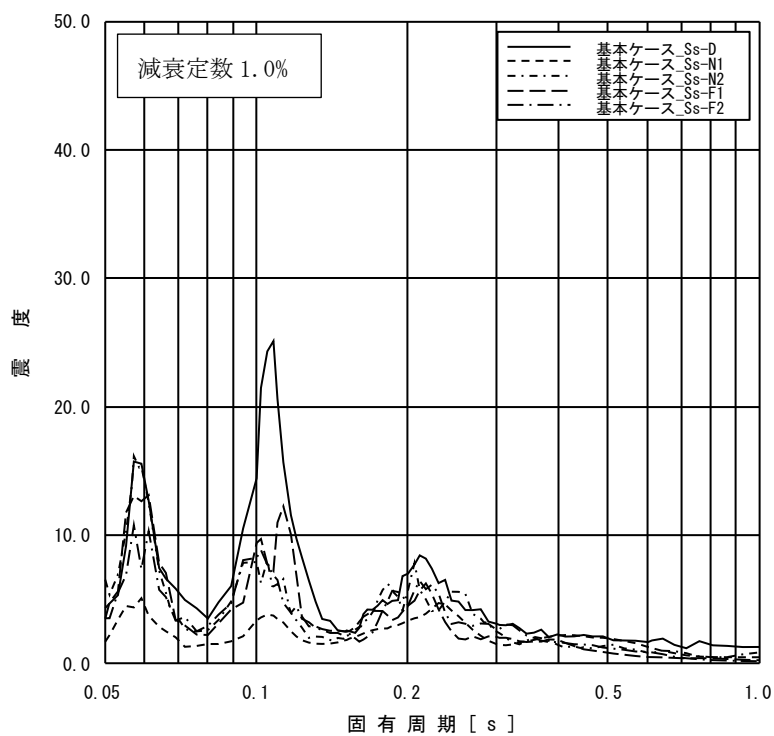
添付図 5(11) 原子炉格納容器 EL11.900m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



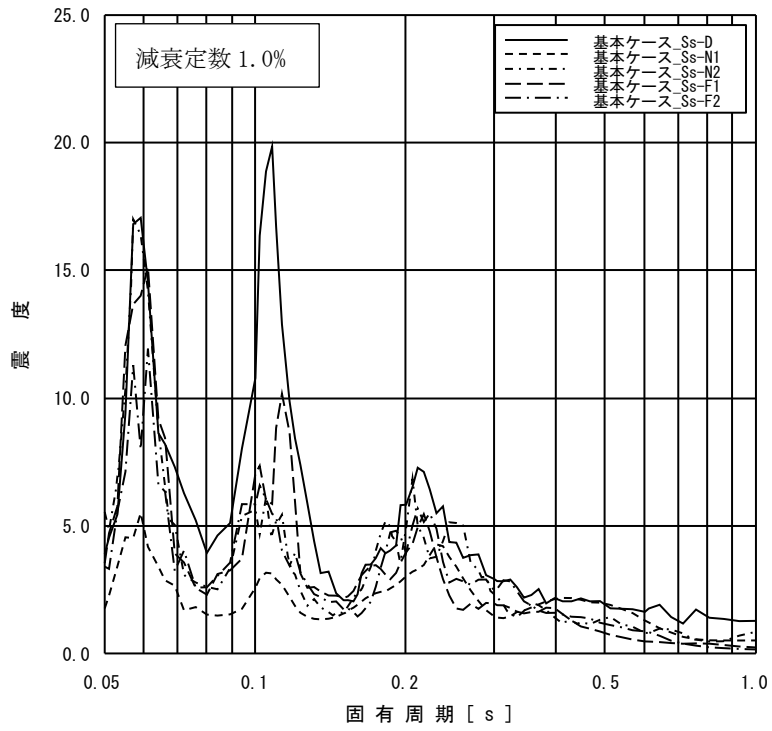
添付図 5(12) ガンマ線遮蔽壁 EL29.962m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



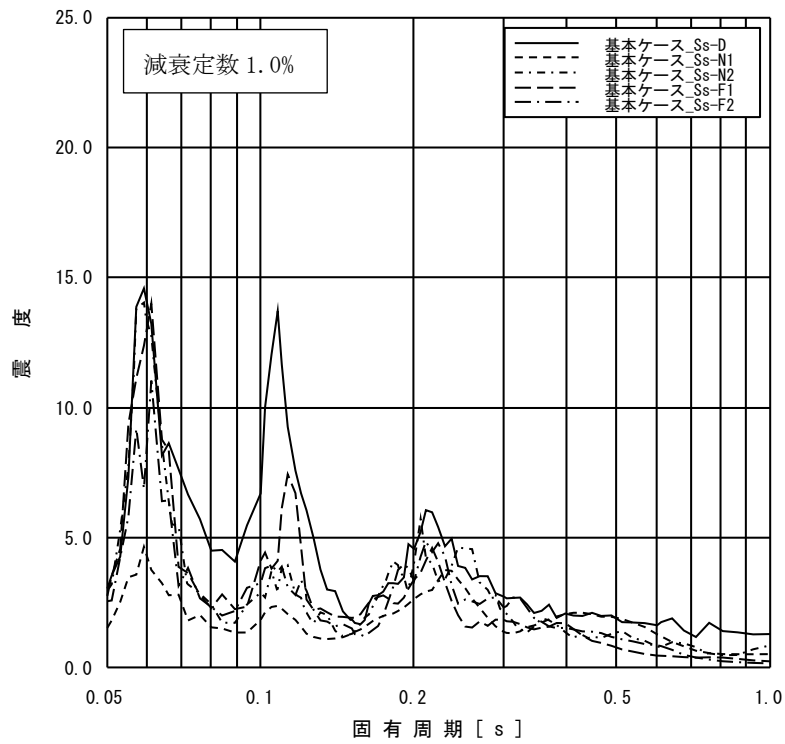
添付図 5(13) ガンマ線遮蔽壁 EL26.981m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



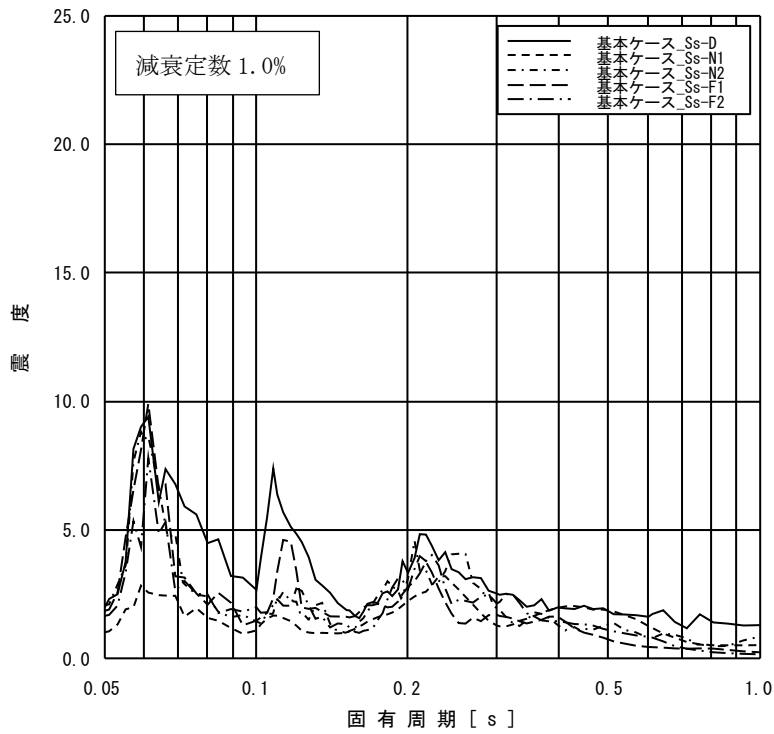
添付図 5(14) ガンマ線遮蔽壁 EL24.000m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



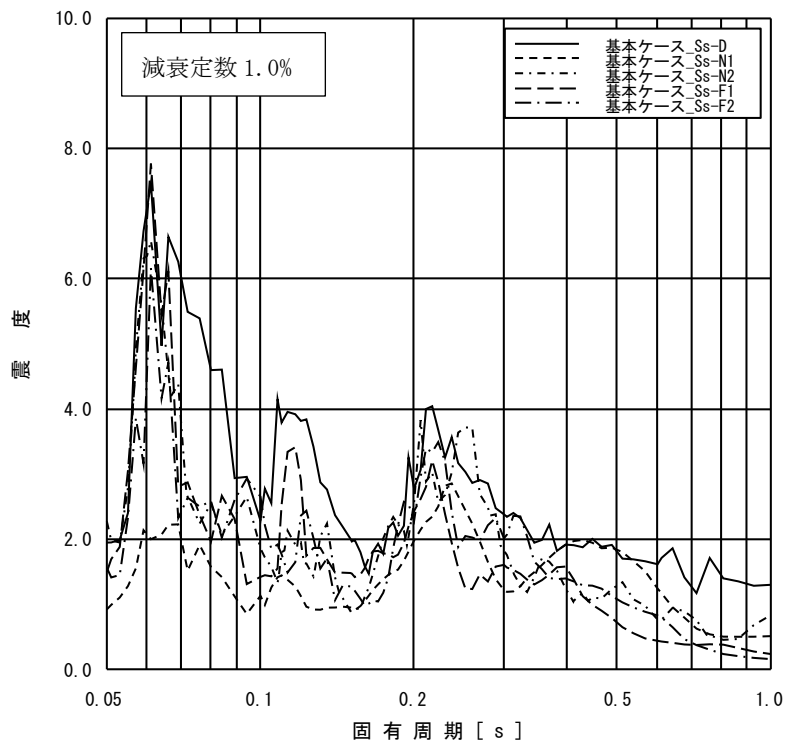
添付図 5(15) ガンマ線遮蔽壁 EL21.500m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



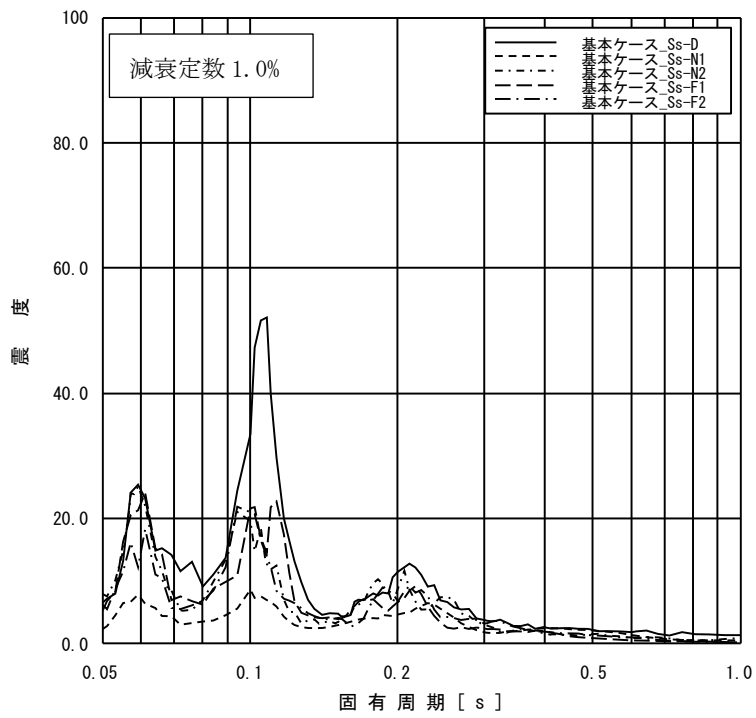
添付図 5(16) ガンマ線遮蔽壁 EL19.000m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



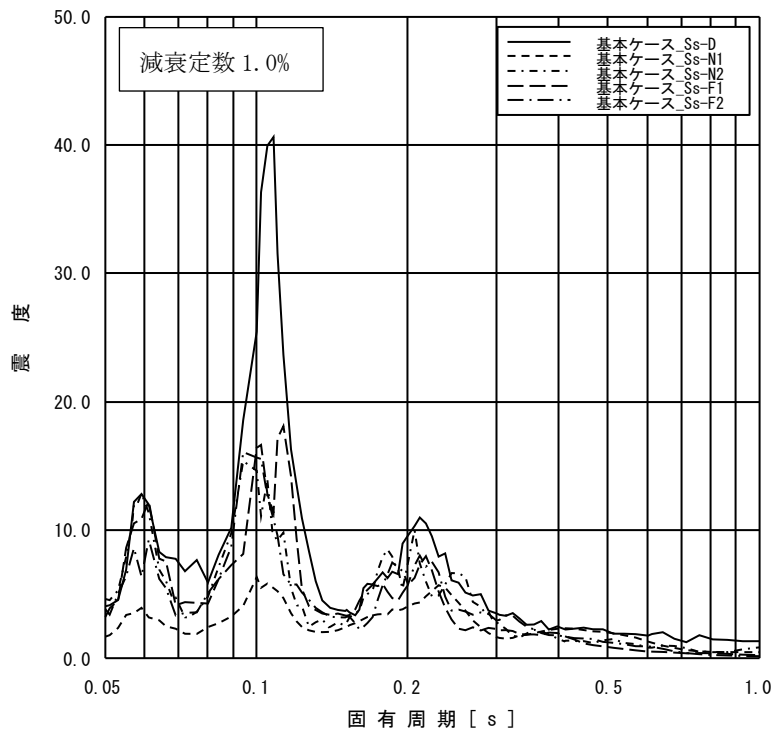
添付図 5(17) 原子炉圧力容器ペダスタル EL15.944m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



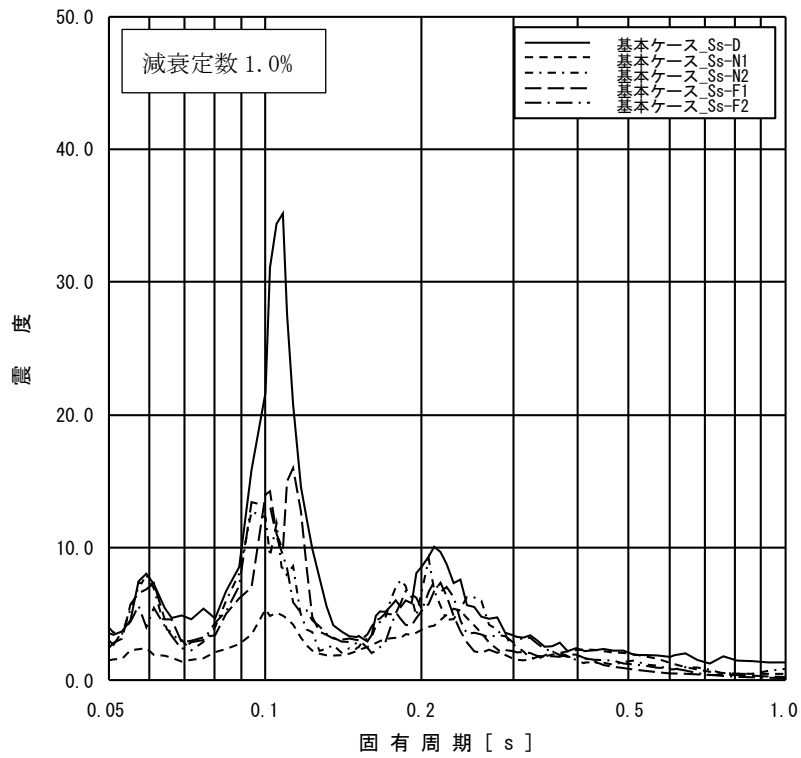
添付図 5(18) 原子炉圧力容器ペダスタル EL13.022m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



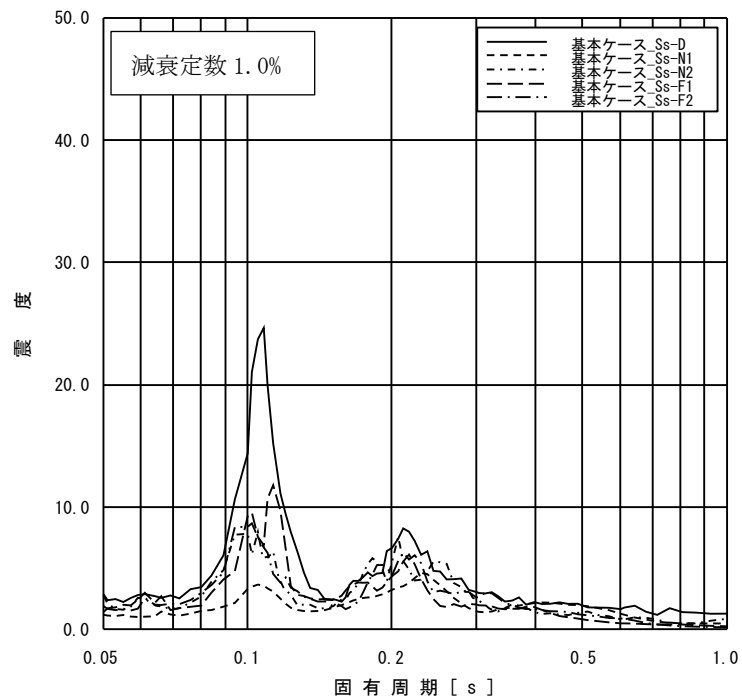
添付図 5(19) 原子炉圧力容器 EL32.567m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



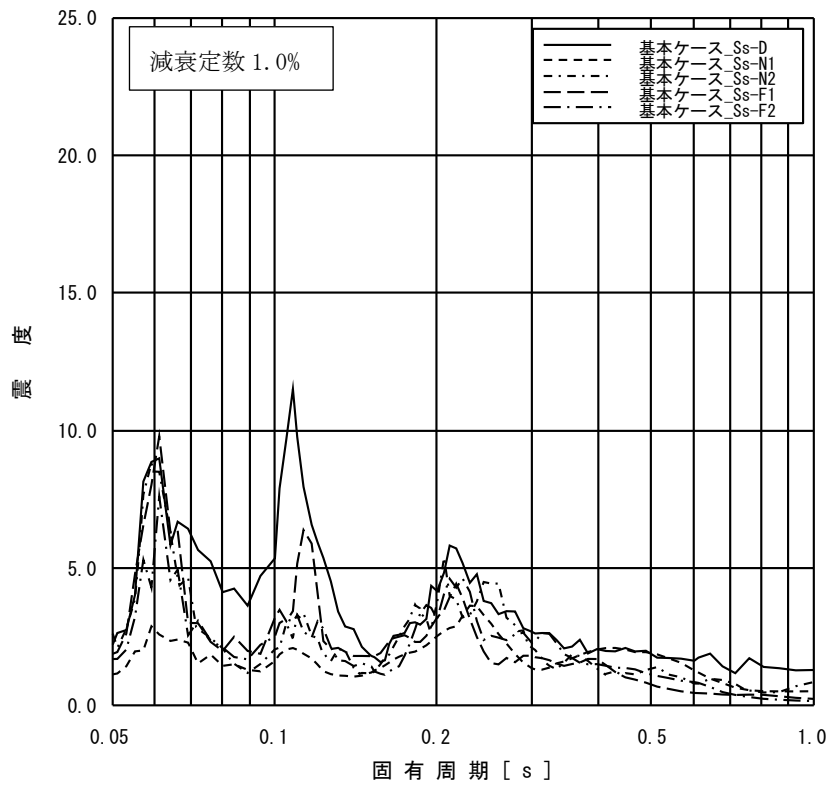
添付図 5(20) 原子炉圧力容器 EL29.181m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



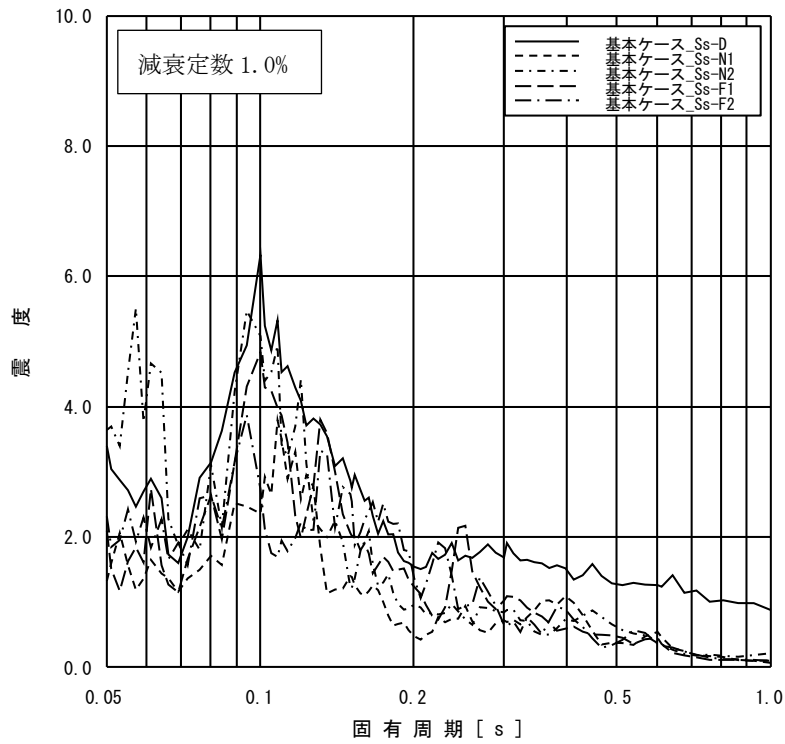
添付図 5(21) 原子炉压力容器 EL27.317m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



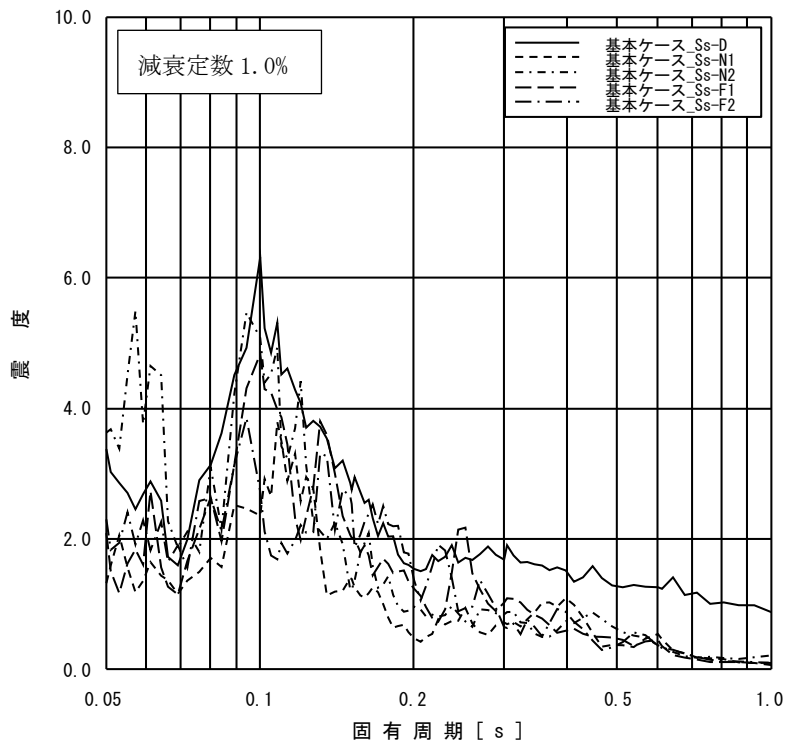
添付図 5(22) 原子炉压力容器 EL23.707m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



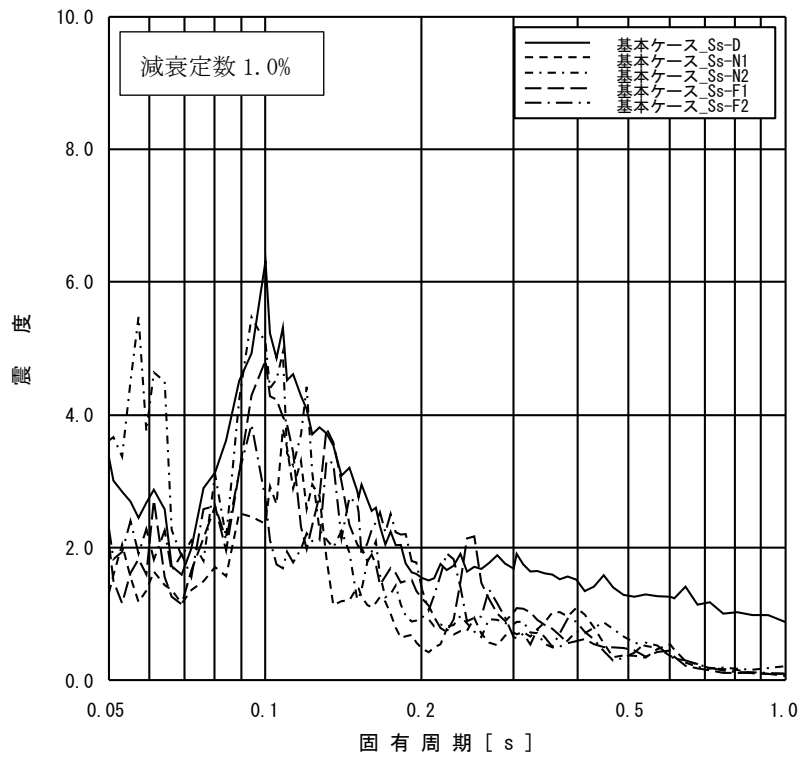
添付図 5(23) 原子炉压力容器 EL18. 250m の加速度応答スペクトル
(EW 方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



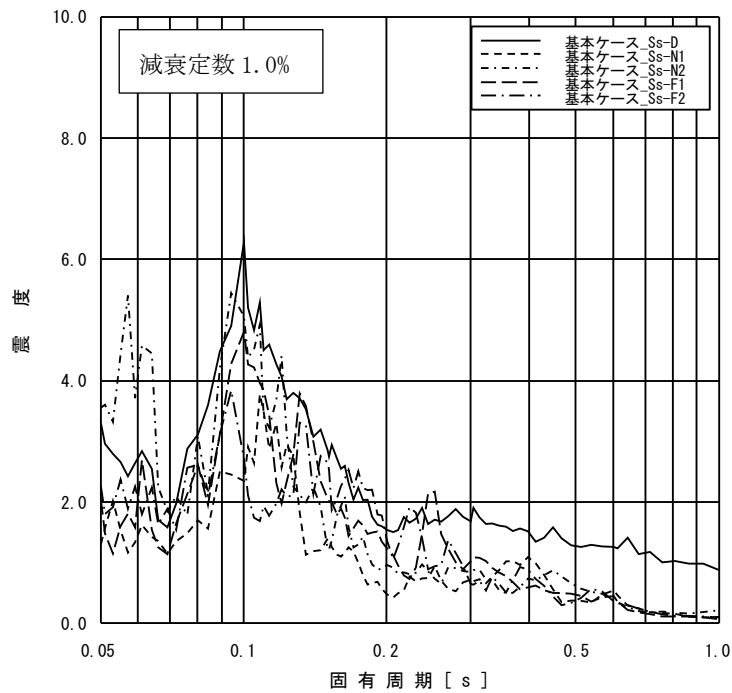
添付図 6(1) 原子炉格納容器 EL39.400m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



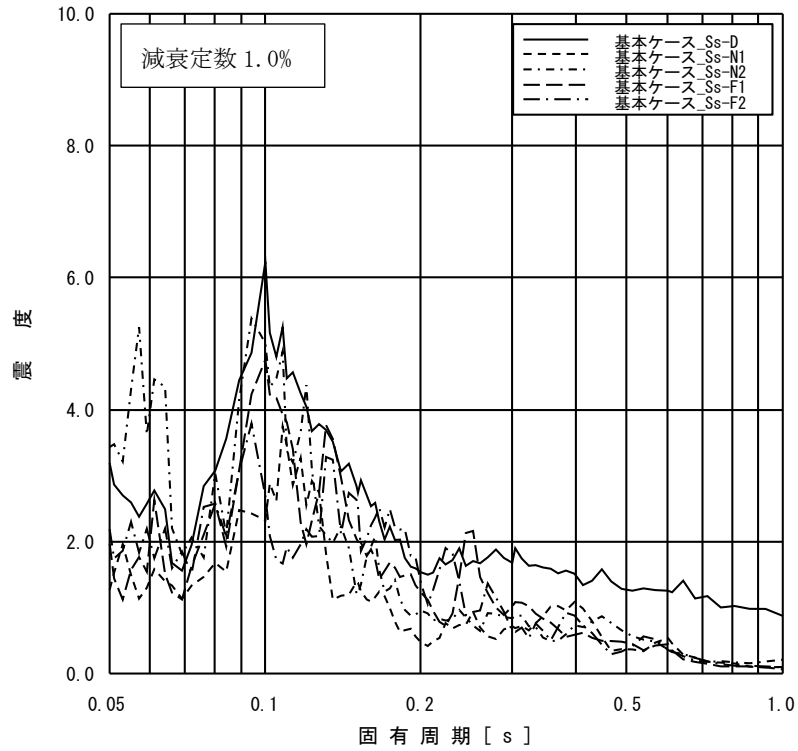
添付図 6(2) 原子炉格納容器 EL37.060m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



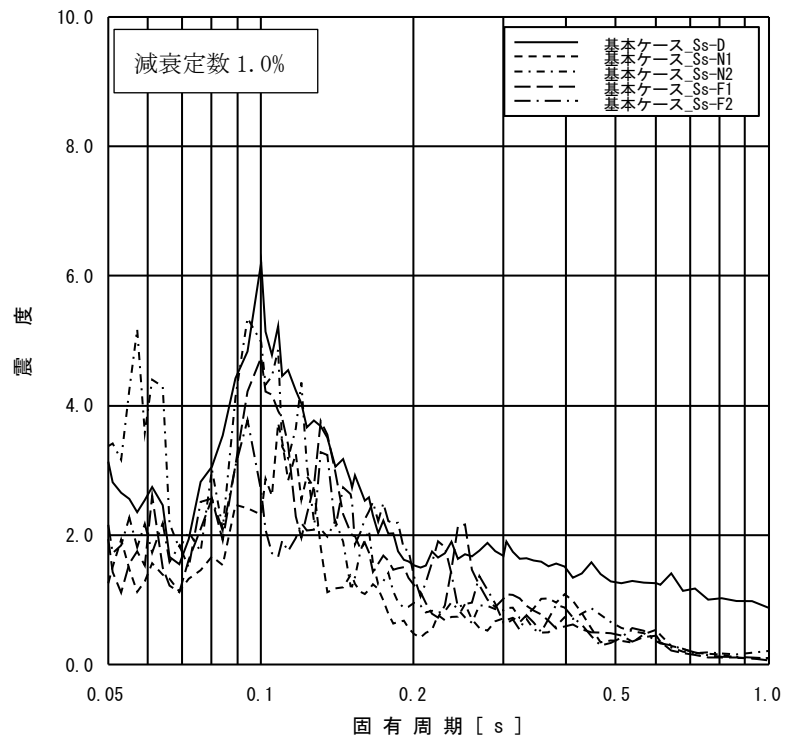
添付図 6(3) 原子炉格納容器 EL34.758m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



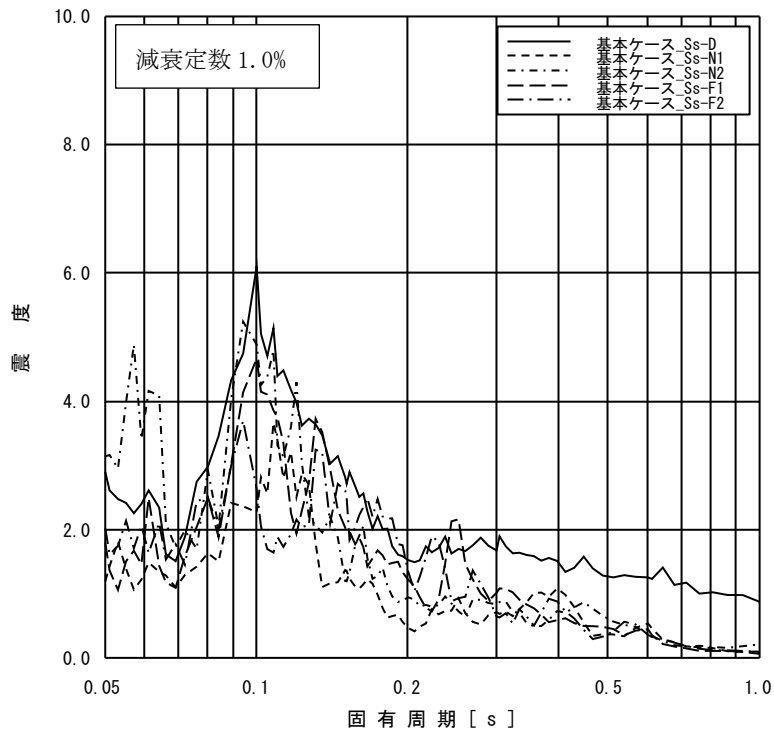
添付図 6(4) 原子炉格納容器 EL33.141m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



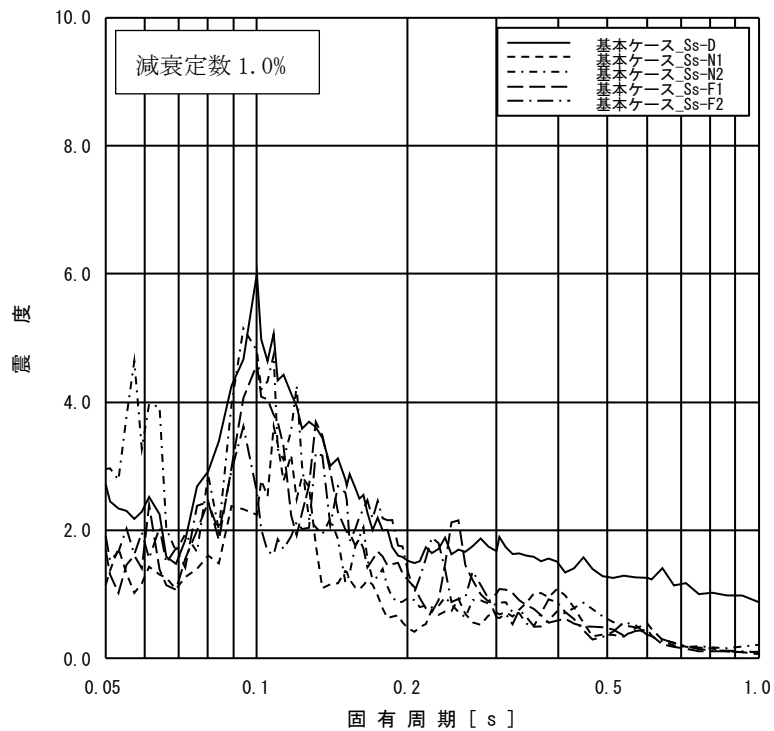
添付図 6(5) 原子炉格納容器 EL29.392m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



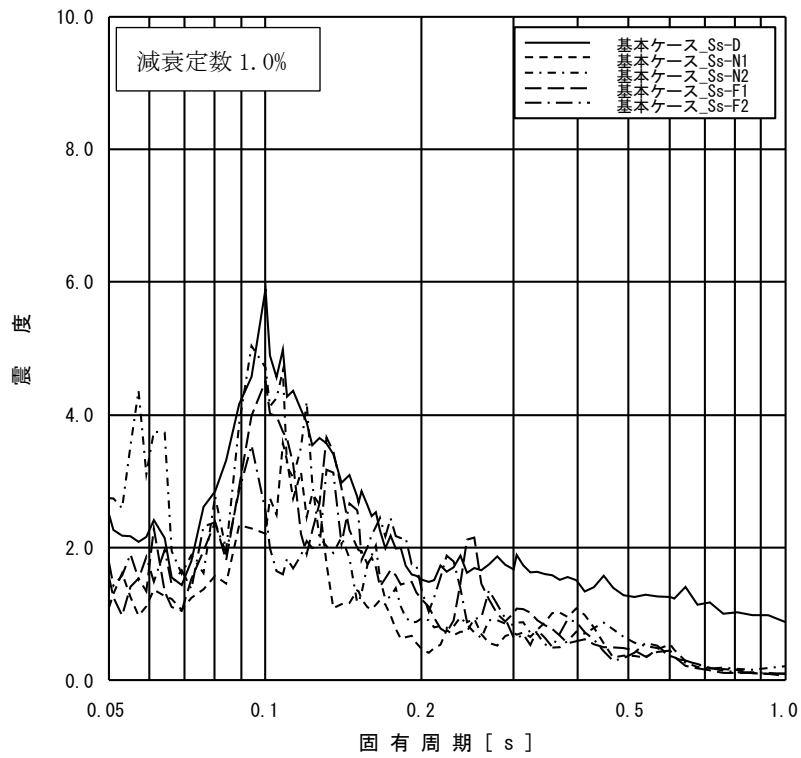
添付図 6(6) 原子炉格納容器 EL27.907m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



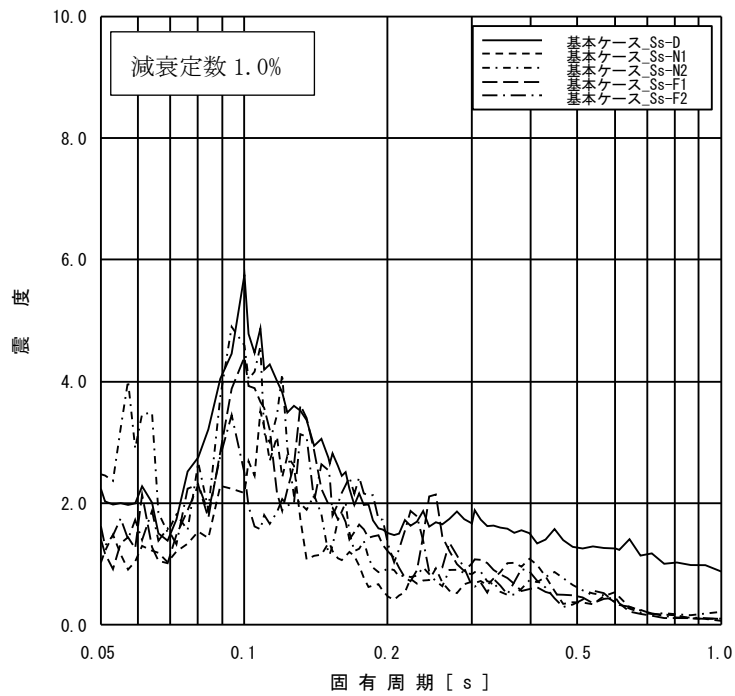
添付図 6(7) 原子炉格納容器 EL22.932m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



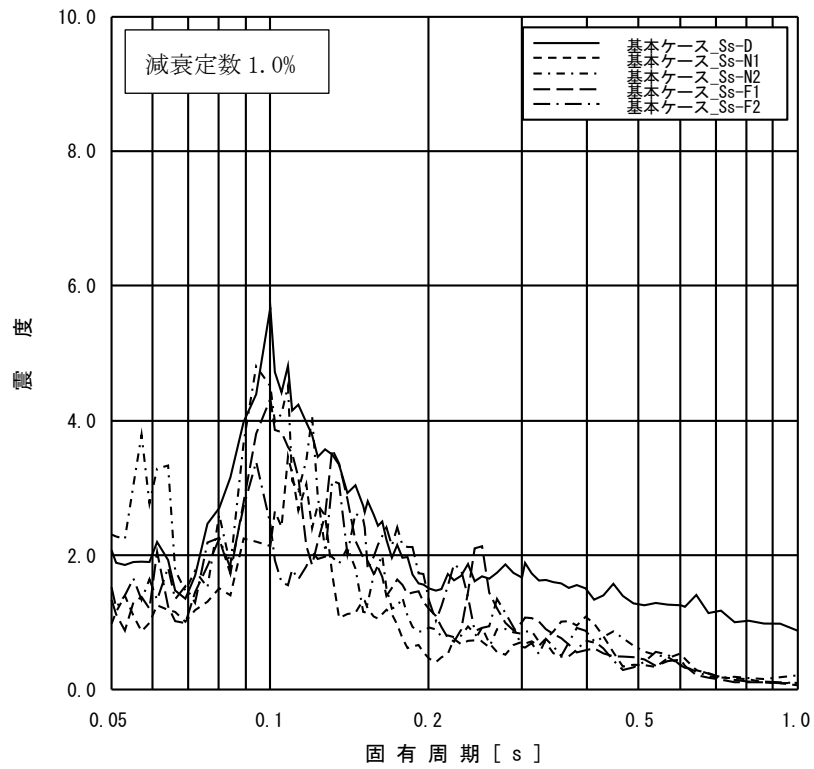
添付図 6(8) 原子炉格納容器 EL19.878m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



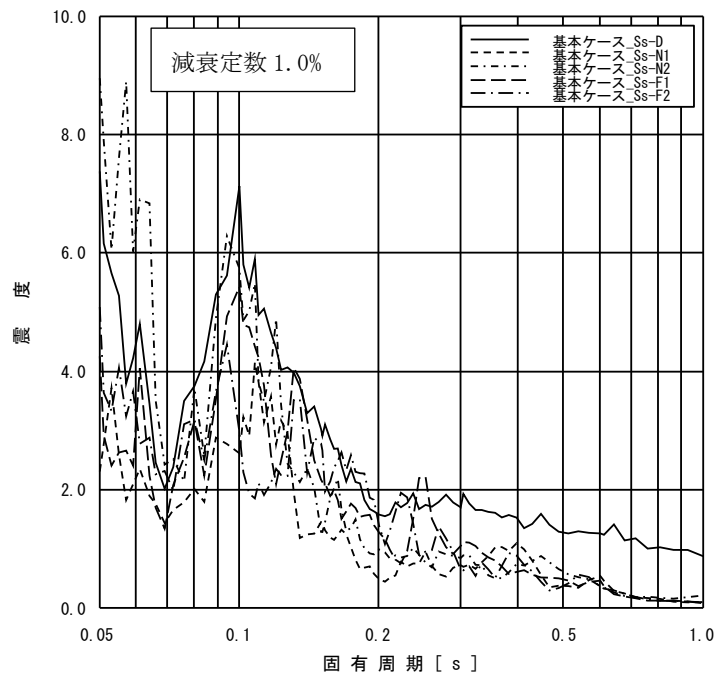
添付図 6(9) 原子炉格納容器 EL16.825m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



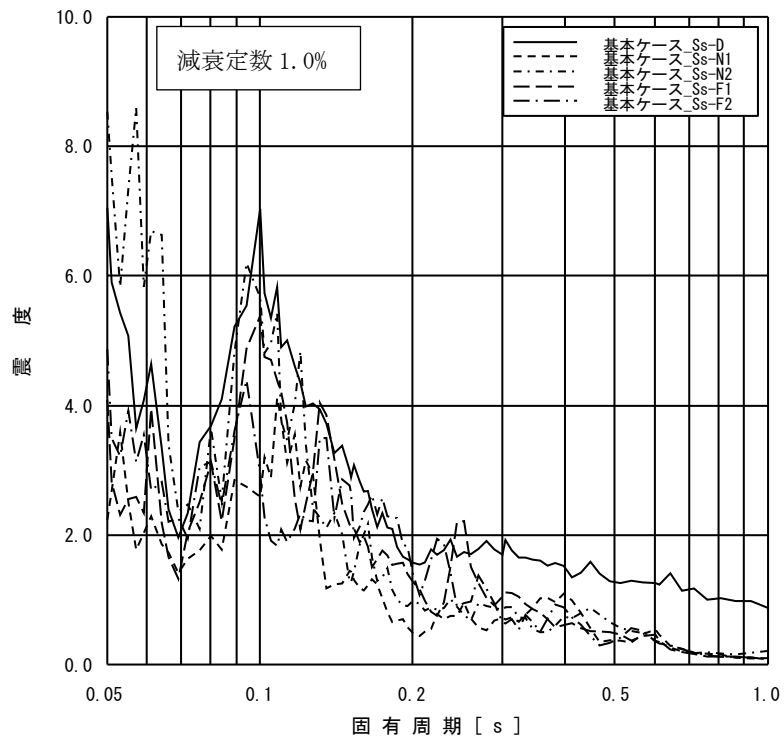
添付図 6(10) 原子炉格納容器 EL13.700m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



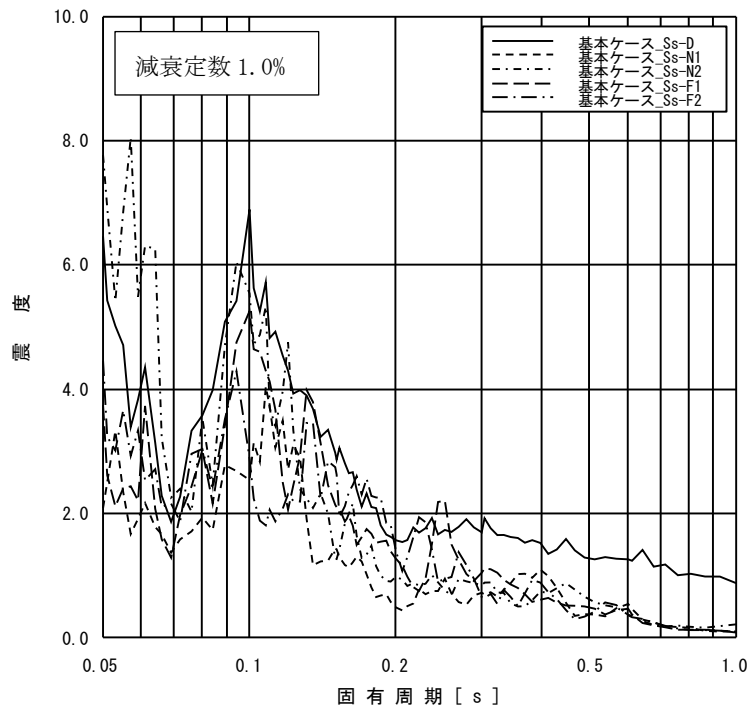
添付図 6(11) 原子炉格納容器 EL11.900m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



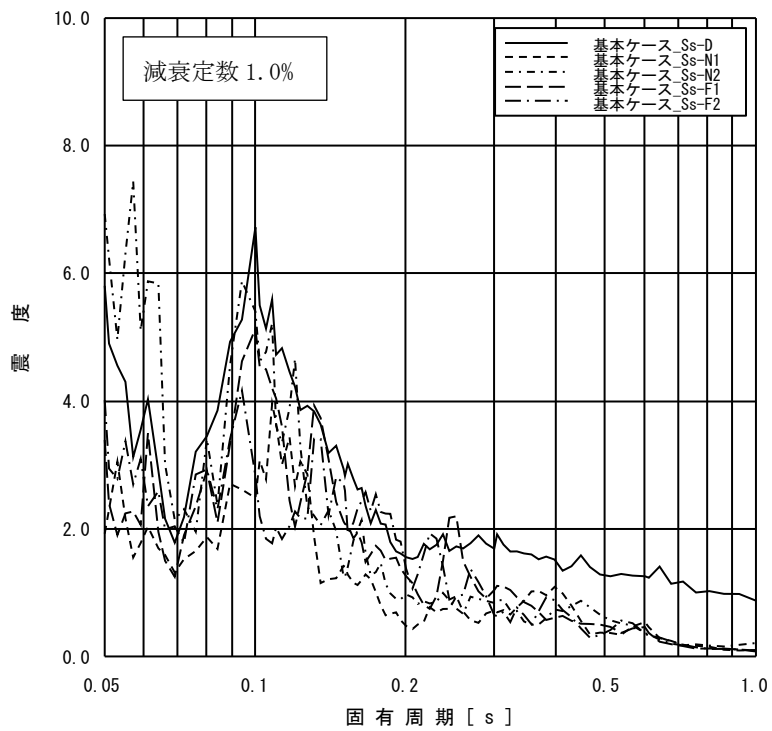
添付図 6(12) ガンマ線遮蔽壁 EL29.962m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



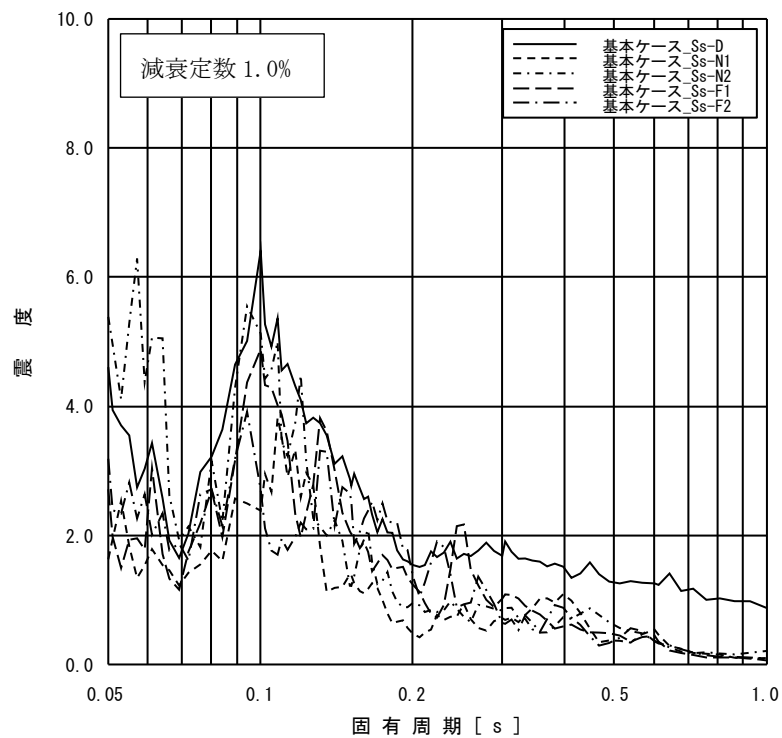
添付図 6(13) ガンマ線遮蔽壁 EL26.981m の加速度応答スペクトル
 (鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



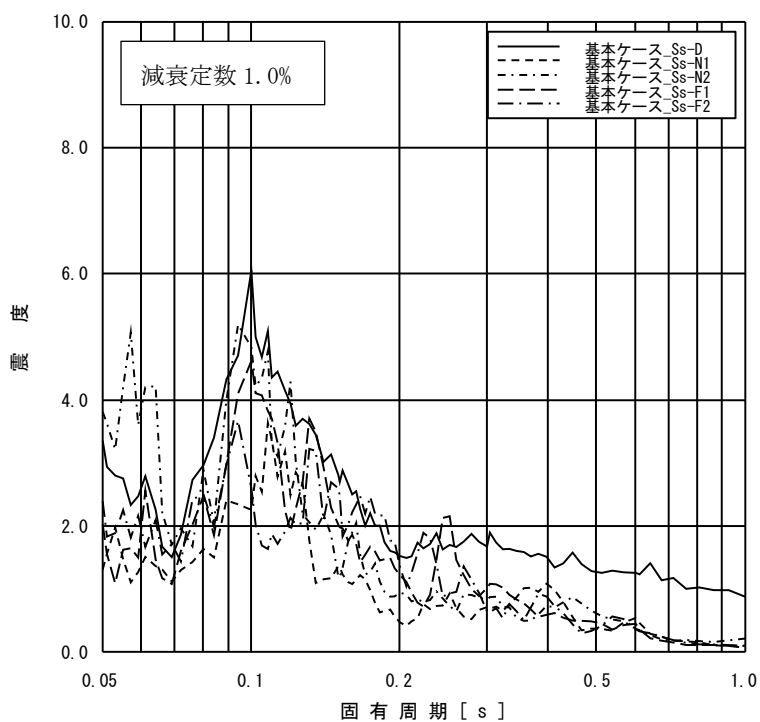
添付図 6(14) ガンマ線遮蔽壁 EL24.000m の加速度応答スペクトル
 (鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



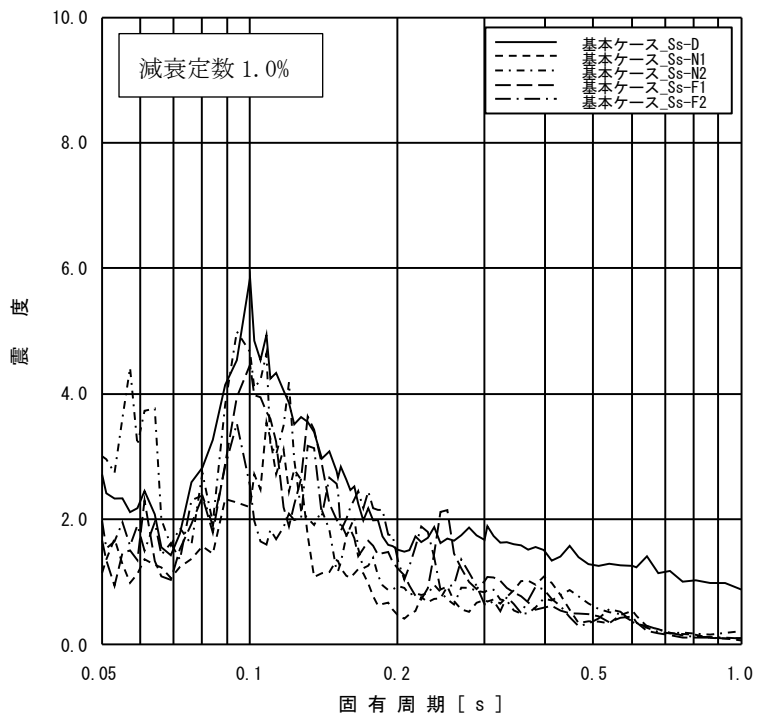
添付図 6(15) ガンマ線遮蔽壁 EL21.500m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



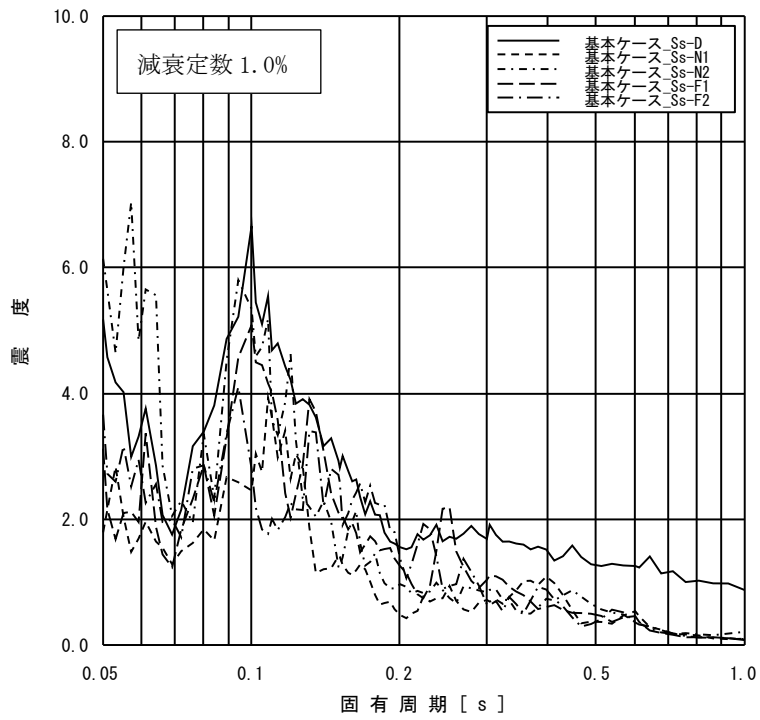
添付図 6(16) ガンマ線遮蔽壁 EL19.000m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



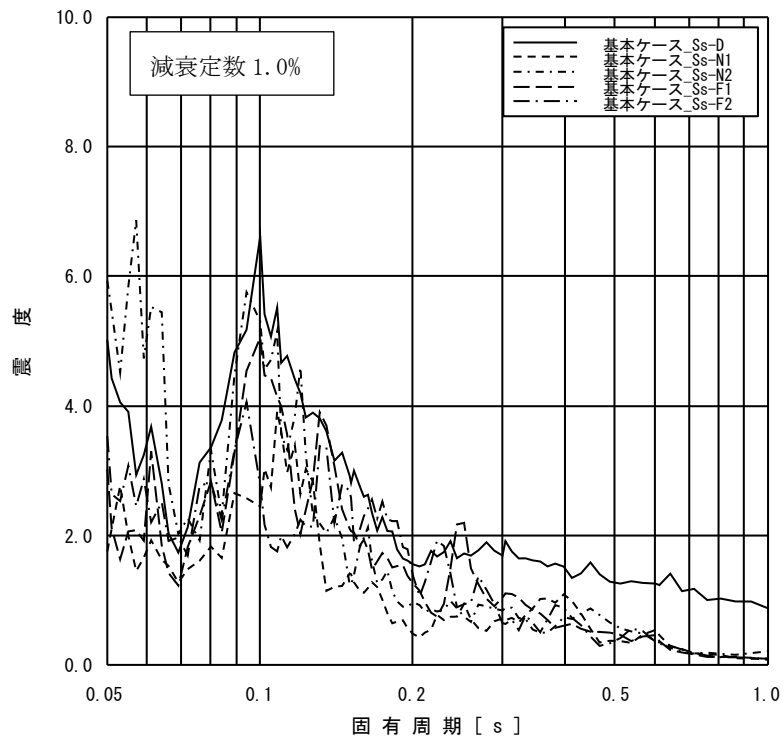
添付図 6(17) 原子炉压力容器ペDESTAL EL15.944m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



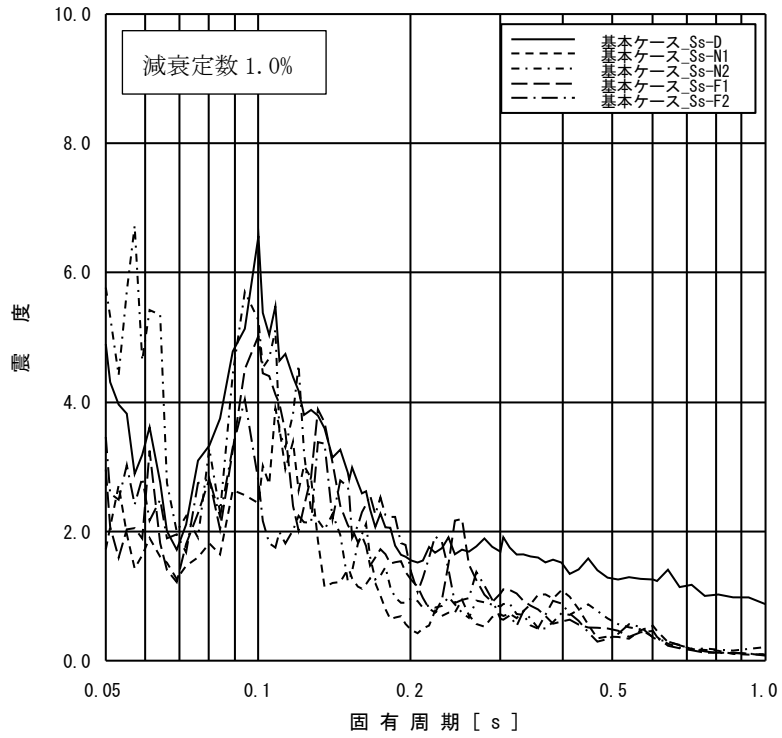
添付図 6(18) 原子炉压力容器ペDESTAL EL13.022m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



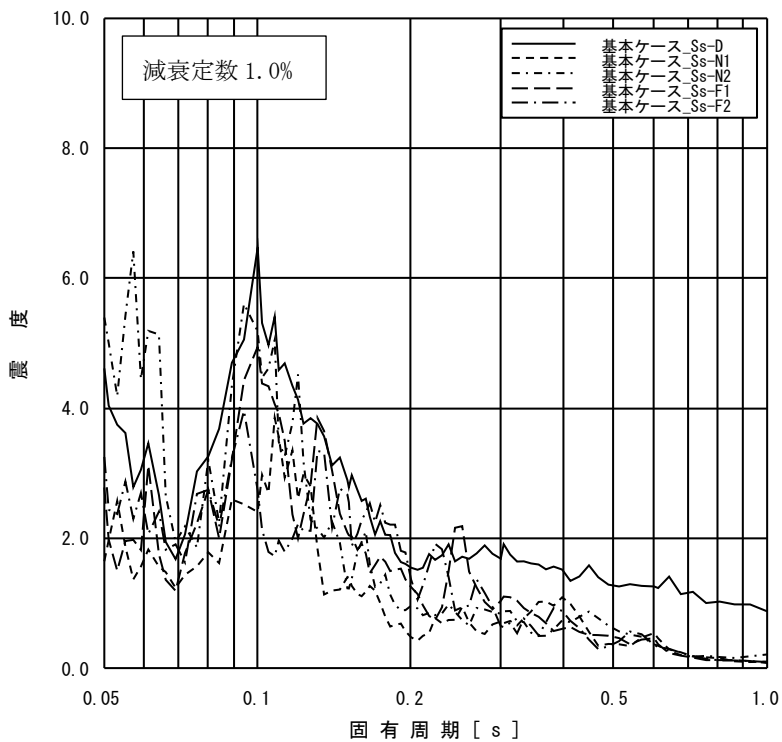
添付図 6(19) 原子炉压力容器 EL32.567m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



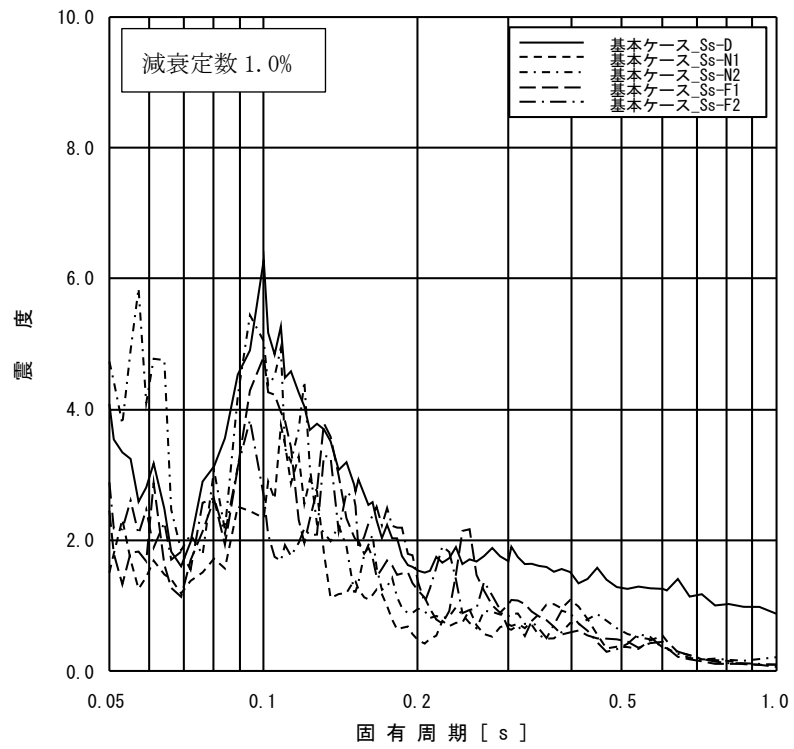
添付図 6(20) 原子炉压力容器 EL29.181m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



添付図 6(21) 原子炉压力容器 EL27.317m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



添付図 6(22) 原子炉压力容器 EL23.707m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)



添付図 6(23) 原子炉圧力容器 EL18. 250m の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%, 基本ケース)