

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-340-13 改5
提出年月日	平成30年4月13日

工事計画に係る補足説明資料

耐震性に関する説明書のうち

補足-340-13【機電分耐震計算書の補足について】

平成30年4月

日本原子力発電株式会社

1. 炉内構造物への極限解析による評価の適用について
2. 設計用床応答曲線の作成方法及び適用方法
3. 建屋－機器連成解析モデルの時刻歴応答解析における振幅マージンの考慮
について
4. 機電設備の耐震計算書の作成について
5. 弁の動的機能維持評価の検討方針
6. 動的機能維持の詳細評価について（新たな検討又は詳細検討が必要な設備
の機能維持評価について）
7. 原子炉格納容器の耐震安全性評価について

下線：ご提出資料

2. 設計用床応答曲線の作成方法及び適用方法

目 次

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

参考 床応答スペクトル固有周期計算間隔について

添付 1 機器・配管系の耐震設計における剛柔判定を行う固有周期について

1. はじめに

本資料は、東海第二発電所で適用している設計用床応答曲線の作成方法及びその適用方法について纏めたものである。

2. 設計用床応答曲線の作成方法

床応答曲線の作成に係る方針については、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に記載しており、そこで設計用床応答曲線の作成手順、解析方法、解析モデル等について説明している。この設計用床応答曲線は、J E A G 4601-1987 に従い、周期 0.05 秒未満の領域は応答増幅を考慮しない剛な領域として扱い、周期 0.05 秒以上の領域について応答を求めている。固有周期の計算間隔は、表 2-1 に示す計算間隔を用いている。

表 2-1 円振動数の計算間隔

固有周期 (s)	計算間隔 ($\Delta \omega$: rad/s)
0.05 ~ 0.1	4.0
0.1 ~ 0.2	1.5
0.2 ~ 0.39	1.0
0.39 ~ 0.6	0.3
0.6 ~ 1.0	0.5

3. 設計用床応答曲線の適用方法

3.1 設計用床応答曲線の適用について

2. で作成した設計用床応答曲線は、評価する機器・配管系の固有周期における加速度を読み取ることを用いるが、解析モデルや固有周期により複数のケースがあることから、最大応答加速度（以下「ZPA (Zero Period Acceleration)」という。）を適用ケースも含めて表 3-1 にて整理する。

表 3-1 設計用床応答曲線の適用方法

モデル	1次固有周期	適用方法 (解法)	適用例
1質点系モデル	0.05秒 ^{超え}	設計用床応答曲線 (静解析)	—
	0.05秒 ^{以下}	1.2ZPA (静解析)	アキュムレータ
多質点系モデル ^{*1}	0.05秒 ^{超え}	設計用床応答曲線 (スペクトルモーダル解析)	配管系
	0.05秒 ^{以下}	1.2ZPA (静解析)	制御ユニット
有限要素モデル	0.05秒 ^{超え}	設計用床応答曲線 (スペクトルモーダル解析)	使用済燃料貯蔵ラック
	0.05秒 ^{以下}	1.2ZPA (静解析)	使用済燃料乾式貯蔵容器

*1 時刻歴応答解析法を適用する設備もある。その場合は設計用床応答曲線を用いず時刻歴波形を応答解析に用いるとともに、**材料物性のばらつき等**を適切に考慮している。

表 3-1 の整理において、1.2ZPA による静解析を実施する旨を整理しているが、これは設置変更許可申請書の添付書類八において、「剛性の高い機器は、その機器の設置床面の最大応答加速度の 1.2 倍を震度として作用させて地震力を算定する。」との方針としていることから、1 次固有振動数が 20Hz 以上の機器に対して、設置床面の最大応答加速度 (ZPA) の 1.2 倍を震度として作用させた地震力にて評価を行う。

また、各解析手法として静解析及びスペクトルモーダル解析にて適用する加速度値を図 2-1 に示す。静解析は、建物・構築物等の地震応答解析結果から得られる最大応答加速度 (ZPA) を 1.2 倍した加速度値を適用する。スペクトルモーダル解析については、0.05 秒 (20Hz) までの加速度値を考慮し解析を実施する。高次モードの影響を確認するために実施する配管に設置された弁の動的機能維持評価に対するスペクトルモーダル解析は、0.02 秒 (50Hz) までを考慮する。

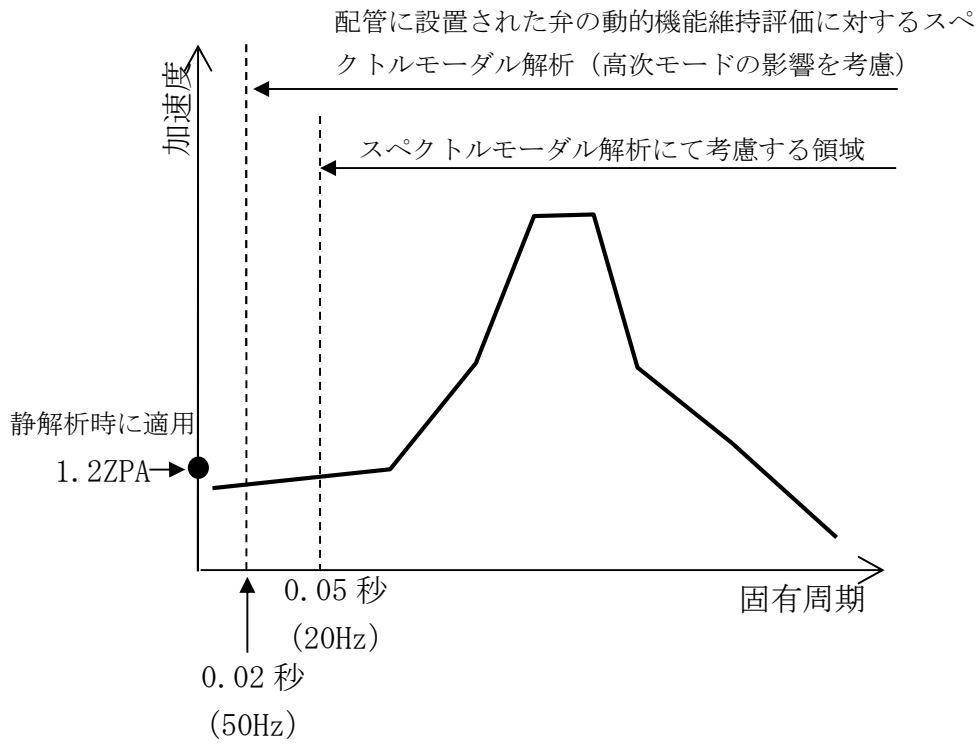


図 2-1 静解析及びスペクトルモーダル解析にて適用する加速度値

3.2 耐震計算に用いる耐震評価条件の設計上の考慮について

今回工認の機器・配管系の耐震計算書の作成において「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す設計用床応答曲線等の耐震評価条件に設計上の配慮を考慮して設定したものを採用する。以下では、各建物・構築物、土木構造物における設定方法を説明する。

3.2.1 原子炉建屋

原子炉建屋の設計用床応答曲線は、「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」による地震応答解析結果を用いて、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設計用床応答曲線の作成を行っている。

原子炉建屋床面に設置された機器・配管系については、設計上の配慮を考慮した床応答曲線を適用した耐震計算を行い、その結果として耐震計算書を作成している。床応答曲線の適用に際しては、以下2つの方法の何れかにて実施している。

(1) 設計用床応答曲線に設計上の配慮を考慮して設定

「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す設計用床応答曲線から得られる震度に設計上の配慮として加速度方向に一律1.5倍を考慮する(図3-1)。また、1.2ZPAを採用する場合も同様に1.2ZPAに一律1.5倍を考慮する。

(2) 材料物性のばらつき等を踏まえた考慮

「V-2-1-2 耐震設計の基本方針」において、材料物性のばらつき等を適切に考慮する方針としており、その対応としては、床応答曲線を周期軸方向に±10%拡幅することにより考慮している。

材料物性のばらつき等の影響を確認するための検討ケースについて、床応答曲線を作成し「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す設計用床応答曲線に加える(図3-2)。

3.2.2 使用済燃料乾式貯蔵建屋

使用済燃料乾式貯蔵建屋の設計用床応答曲線は、「V-2-2-4 使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答計算書」による地震応答解析結果を用いて、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設計用床応答曲線の作成を行っている。

使用済燃料乾式貯蔵建屋床面に設置された機器・配管系については、設計上の配慮を考慮した床応答曲線を適用した耐震計算を行い、その結果として耐震計算書を作成している。床応答曲線の適用に際しては、以下2つの方法の何れかにて実施している。

(1) 設計用床応答曲線に設計上の配慮を考慮して設定

「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す設計用床応答曲線から得られる震度に設計上の配慮として加速度方向に一律1.5倍を考慮する。また、1.2ZPAを採用する場合も同様に1.2ZPAに一律1.5倍を考慮する。

(2) 材料物性のばらつき等を踏まえた考慮

「V-2-1-2 耐震設計の基本方針」において、材料物性のばらつき等を適切に考慮する方針としており、その対応としては、床応答曲線を周期軸方向に±10%拡幅することにより考慮している。

材料物性のばらつき等の影響を確認するための検討ケースについて、床応答曲線を作成し「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す設計用床応答曲線に加える。

構造物名 : 原子炉建屋
 方向 : 水平方向
 波形名 : Ss-D1、Ss-11、Ss-12、Ss-13、Ss-14、Ss-21、Ss-22及びSs-31
 標高 : EL-4.000m
 減衰 : 1.0 (%)

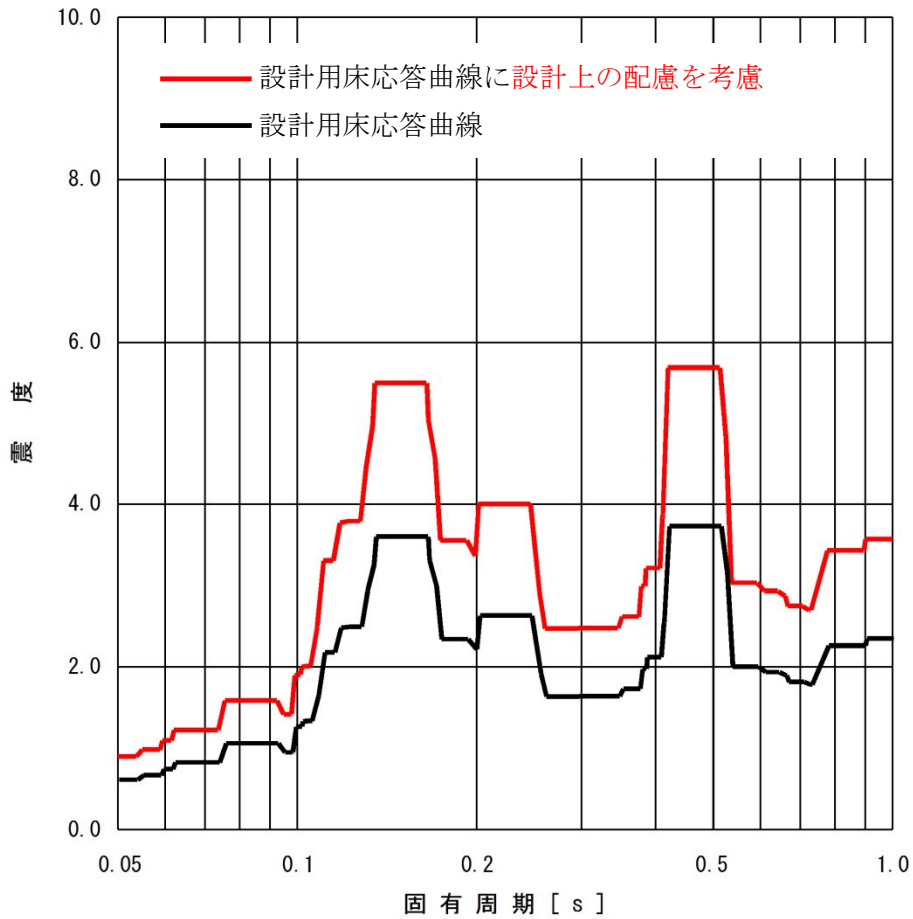


図 3-1 設計用床応答曲線に一律 1.5 倍を考慮 (例)

構造物名 : 原子炉建屋
 方向 : 水平方向
 波形名 : Ss-D1、Ss-11、Ss-12、Ss-13、Ss-14、Ss-21、Ss-22及びSs-31
 標高 : EL-4.000m
 減衰 : 1.0 (%)

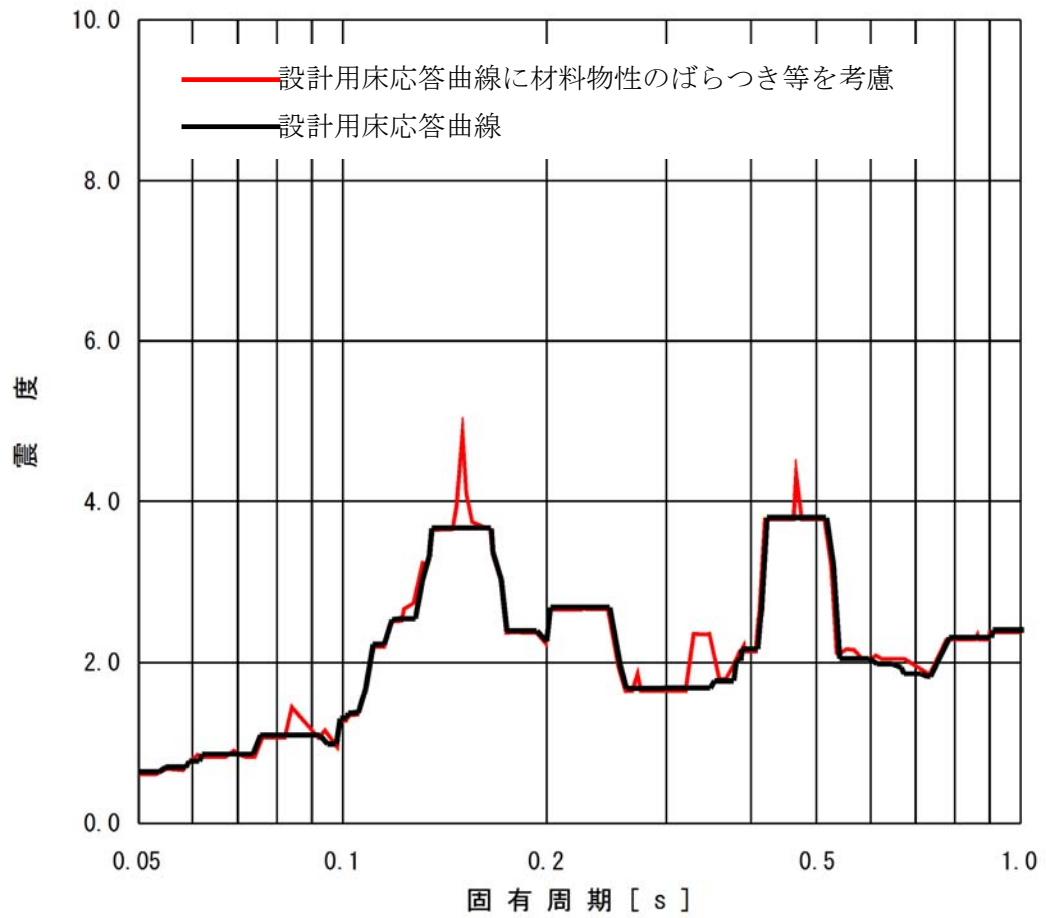


図 3-2 地盤物性等のばらつきを踏まえた考慮 (例)

床応答スペクトル固有周期計算間隔について

固有周期計算間隔の設定手順は①、②のとおりである。また、設定手順のイメージを図-1に示す。

① 固有周期 T の計算間隔は、0.05～1.0秒の間を固有周期で分けし、各区分の間を円振動数の計算間隔 $\Delta\omega$ =一定の間隔で刻むこととしている。ここで $\Delta\omega$ =一定で刻むのは $T=2\pi/\omega$ の関係から同一の $\Delta\omega$ に対して短周期になるほど計算間隔が密になるためである。これは、床応答スペクトルは一般的に短周期（建屋の高次モード）において加速度の変化が大きいこと、また、床応答スペクトルを用いて耐震解析を行う機器・配管系の固有周期は短周期側にあるため、短周期でより精度よく応答スペクトルを計算する必要があることになる。

② 床応答スペクトルを作成する周期範囲0.05～1.0秒において、短周期側の区分が狭くなるように領域分けを行い、建屋の卓越周期にあたる区間の計算間隔が比較的細くなるように $\Delta\omega$ を設定する。なお、東海第二原子力発電所のSs8波に対する原子炉建屋1次固有周期は0.42～0.39秒である。図-2に床応答スペクトル固有周期計算間隔の設定手順を示す。

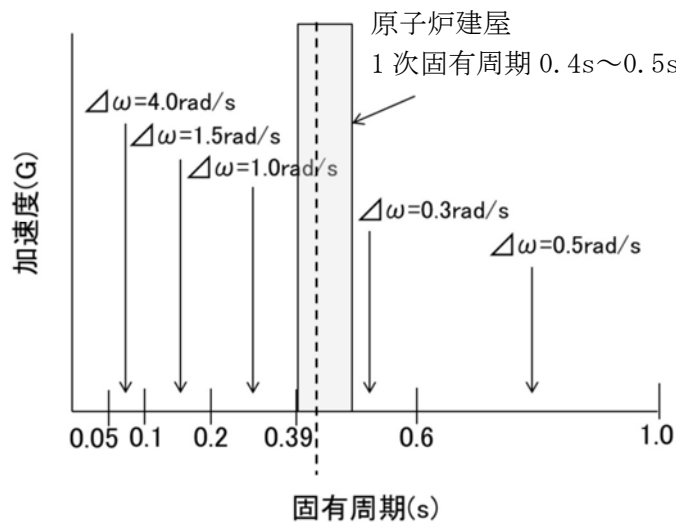


図-1 床応答スペクトル固有周期の計算間隔

表-2 床応答曲線作成に用いる固有周期計算間隔の設定手順

表 2-1 で定義した固有周期と計算間隔

固有周期 T (s)	計算間隔 $\Delta \omega$ (rad/s)	円振動数 ω (rad/s)	床応答曲線作成 に用いる 固有周期 T(= $2\pi / \omega$) (s)	
1.000	—	6.283185	1.000	
	0.500	0.500	6.783185	0.926
		0.500	7.283185	0.863
	0.500	7.783185	0.807	
	0.500	8.283185	0.759	
	0.500	8.783185	0.715	
	0.500	9.283185	0.677	
	0.500	9.783185	0.642	
	0.500	10.283185	0.611	
	0.600	0.300	10.471976	0.600
0.300		10.771976	0.583	
0.300		11.071976	0.567	
•		•	•	
•		•	•	

6

機器・配管系の耐震設計における剛柔判定を行う固有周期について

1. 剛柔判定を行う固有周期の考え方

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

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

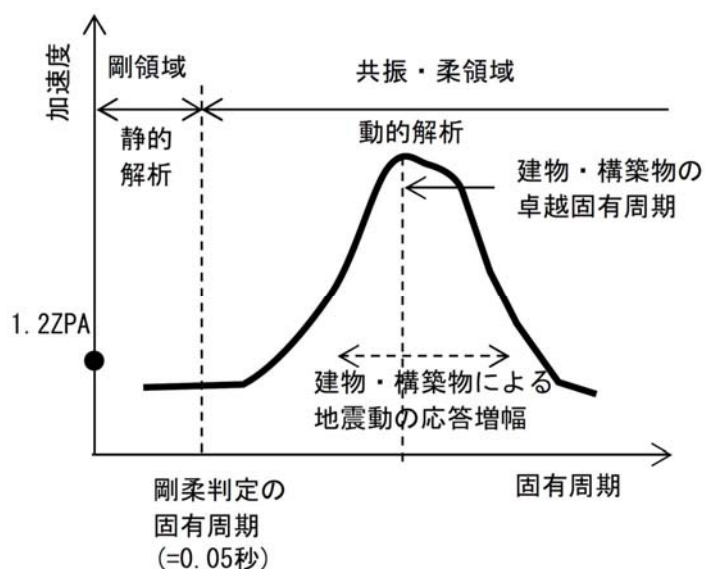


図 1 剛柔判定の固有周期と動的解析の適用範囲 (概要図)

2. 剛柔判定を行う固有周期と地震力の算定法

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

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

6.4.3 動的地震力の概要

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

(1) As 及び A クラス機器

A クラス機器に関しては、基準地震動 S₁ 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 S₂ に対し動的解析によって得られる水平地震力をも適用する。ただし、その機器が剛構造と判断される場合（例えば機器の 1 次固有振動数が 20Hz 以上、あるいは、設計用床応答スペクトルの卓越する領域より高い固有振動数を有する場合）

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

図 2 J E A G 4601-1987（抜粋）

3. 実機に対する適用性

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

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

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

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

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

図 3 J E A G 4601-1970（抜粋）

表1 原子炉建屋地震応答解析モデルの固有値解析結果（水平方向）

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

表2 原子炉建屋地震応答解析モデルの固有値解析結果（鉛直方向）

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)
1 次	0.274	3.65

屋根トラス部が卓越するモード除く

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

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

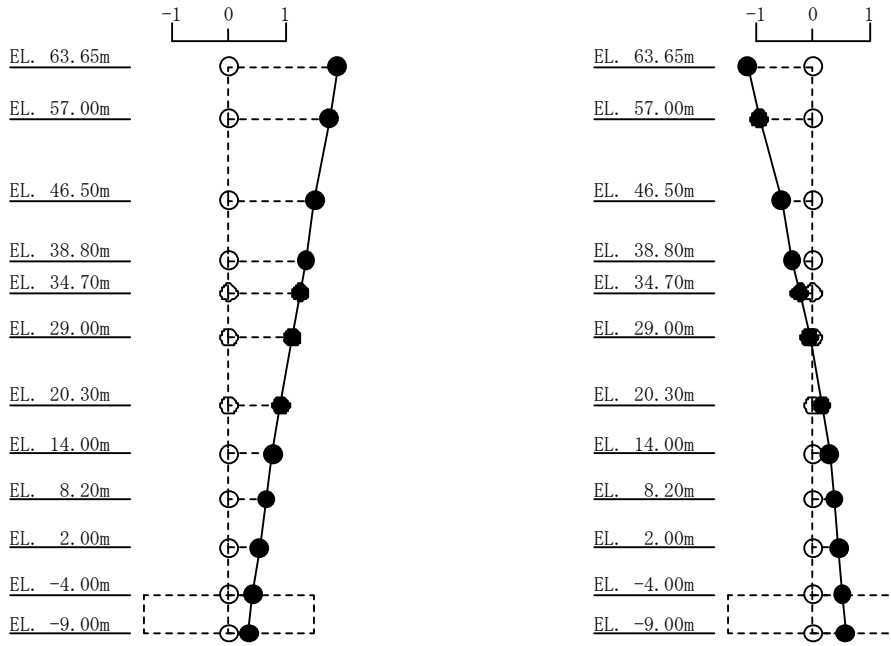


図4 刺激関数図 (S_s-D1, NS 方向)

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

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

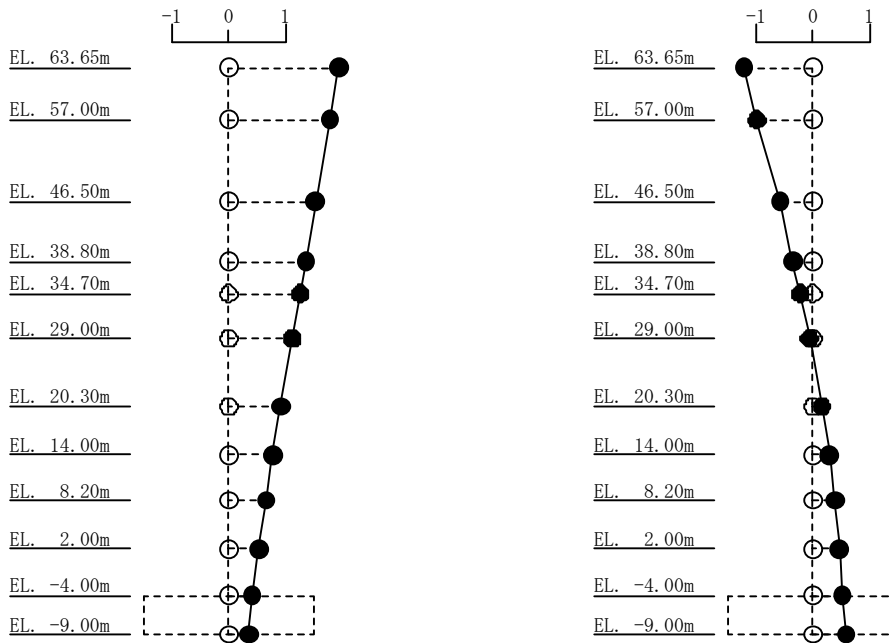


図5 刺激関数図 (S_s-D1, EW 方向)

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

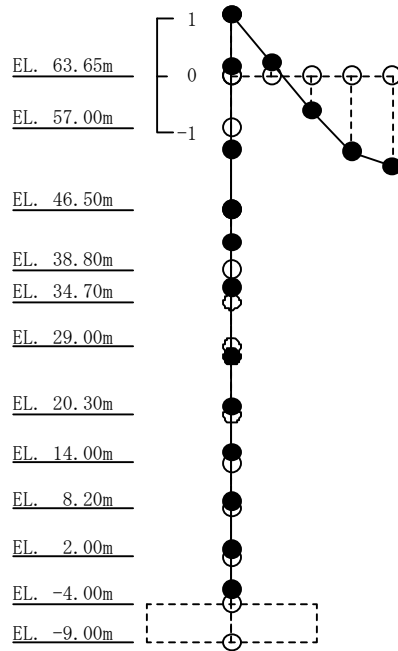


図6 刺激関数図 (S_s-D 1, UD 方向)

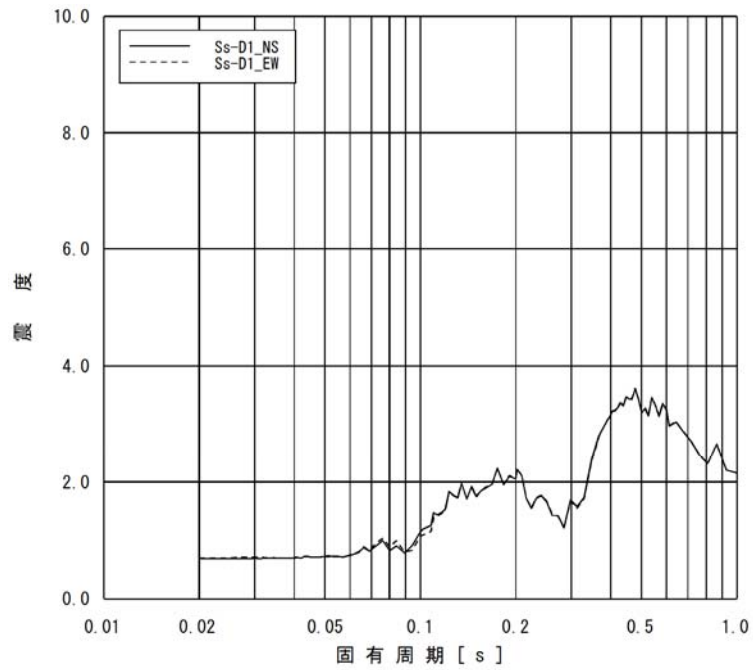


図 7-1 原子炉建屋 (EL. 8.2m) の加速度応答スペクトル (水平方向, 減衰定数 1.0%)

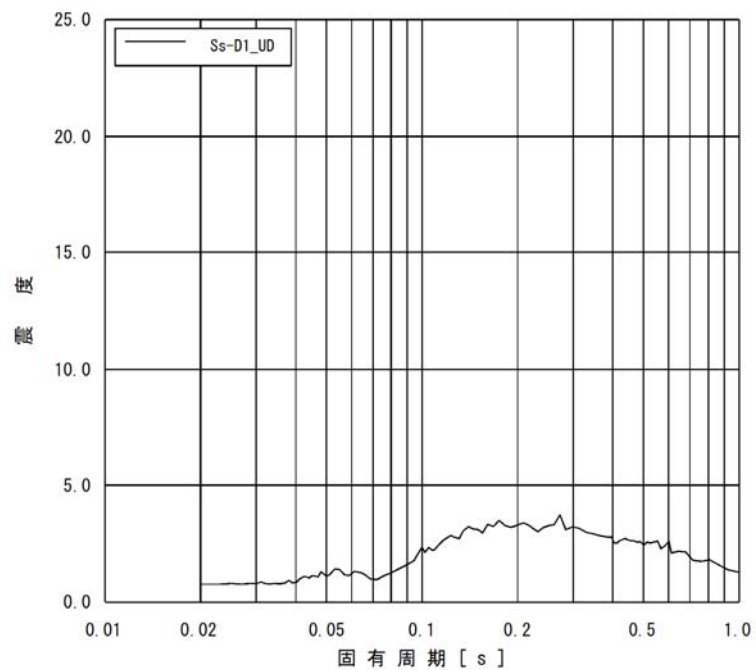


図 7-2 原子炉建屋 (EL. 8.2m) の加速度応答スペクトル (鉛直方向, 減衰定数 1.0%)

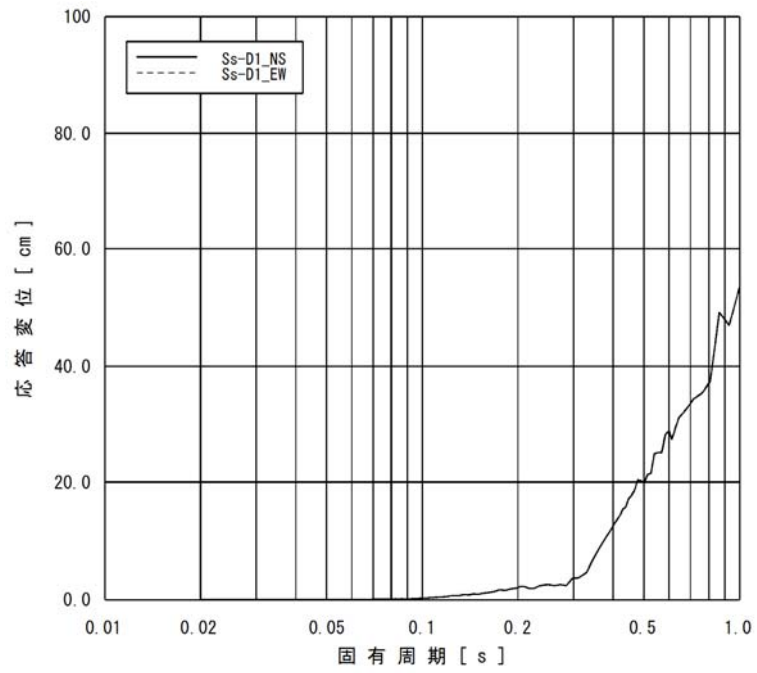


図 8-1 原子炉建屋 (EL. 8.2m) の変位応答スペクトル (水平方向, 減衰定数 1.0%)

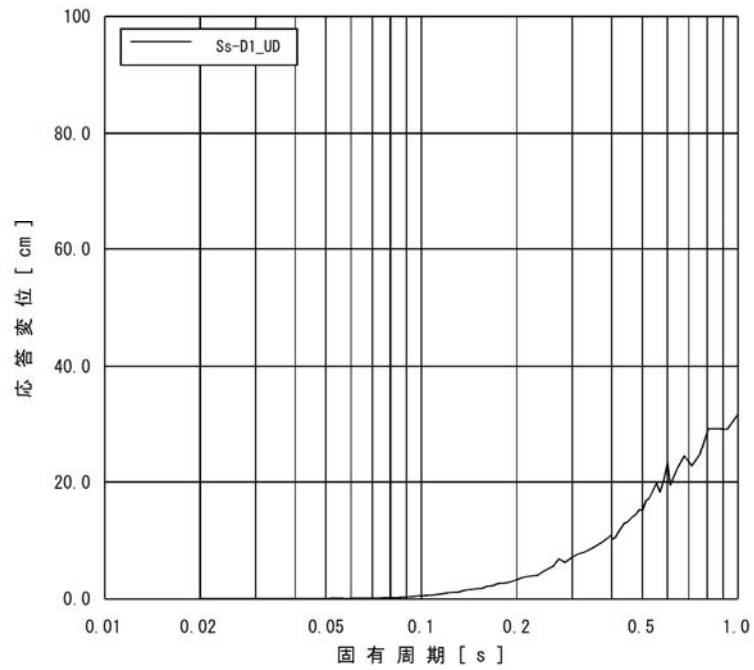


図 8-2 原子炉建屋 (EL. 8.2m) の変位応答スペクトル (鉛直方向, 減衰定数 1.0%)

4. 剛柔判断及び打切り振動数に係る検討

(1) 剛柔判断の閾値を 0.05 秒とすることに関連する知見

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

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

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

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

女川原子力発電所（2005 年宮城県沖地震）

米国 Perry 原子力発電所（1986 年 Leroy 地震）※

米国 Summer 原子力発電所（1978 年小規模地震多数）※

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

- b. 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。

- c. 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。

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

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

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

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

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

(2) 変位応答スペクトルを踏まえた剛柔判定の検討

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

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

* 1 機器・配管系の動的解析に適用されるスペクトルモーダル解析（JEAG4601-1987 P565, 567）では、加速度応答スペクトルから各モードに対応する応答変位を求め、この応答変位に剛性を乗じて部材力（曲げモーメント、せん断力等）を算出している。

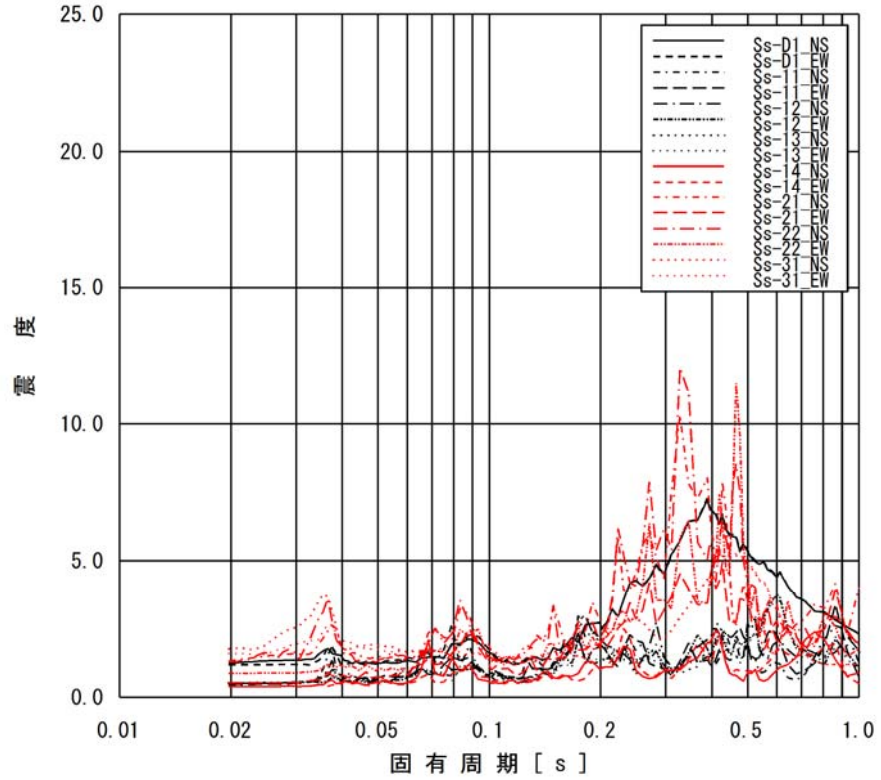


図 9-1 原子炉格納容器 (EL. 39.431m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)

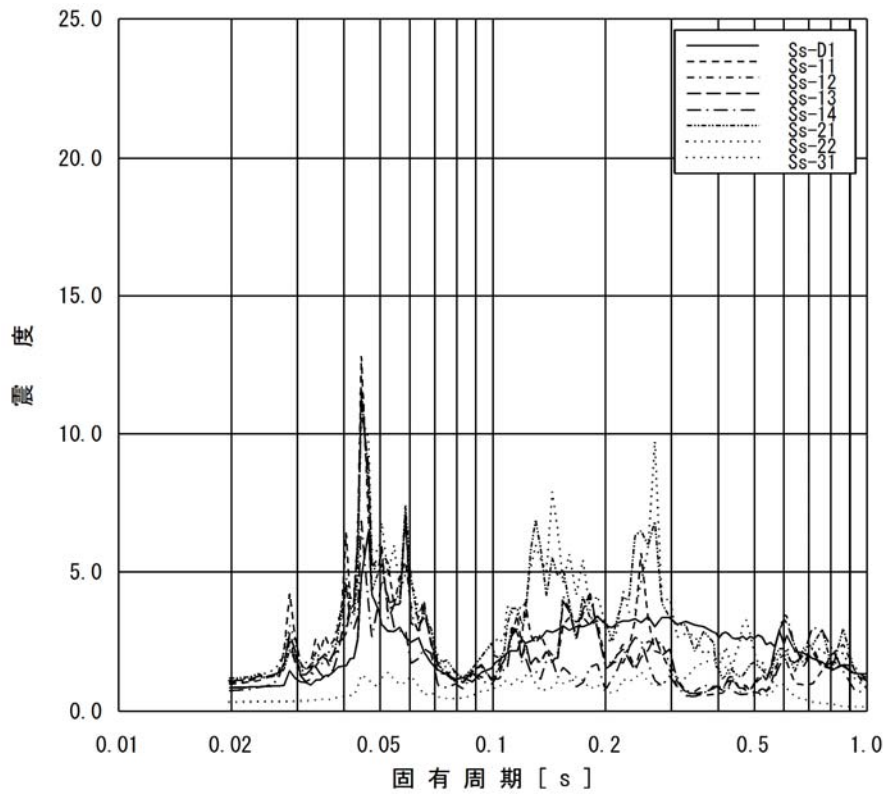


図 9-2 原子炉格納容器 (EL. 39.431m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)

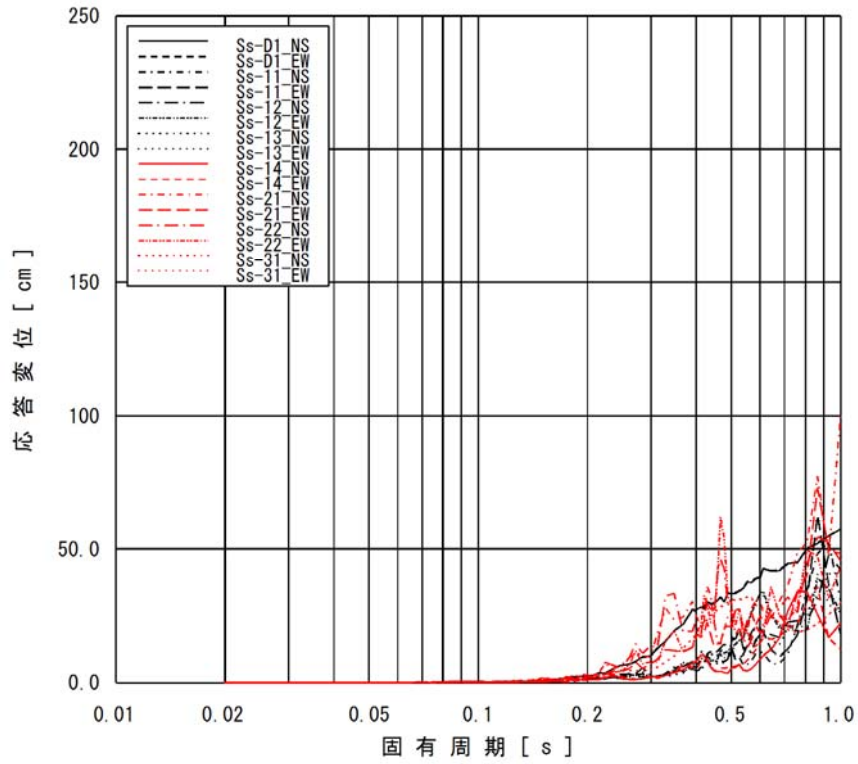


図 10-1 原子炉格納容器 (EL. 39.431m) の変位応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)

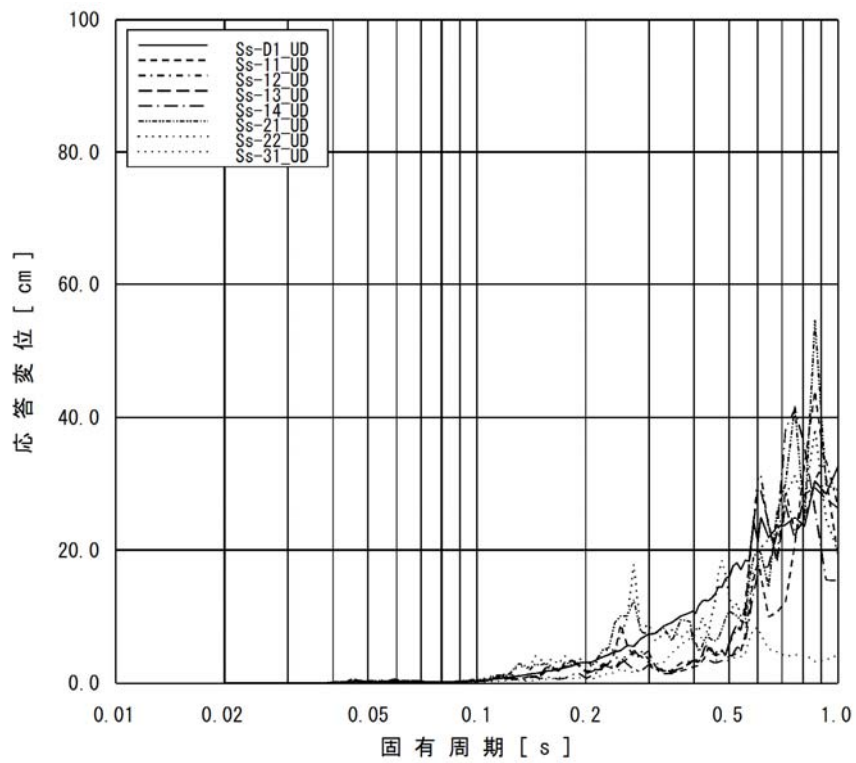


図 10-2 原子炉格納容器 (EL. 39.431m) の変位応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)

(3) 動的解析法の妥当性確認

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

検討対象設備を選定するに当たって代表構築物の設計用床応答曲線の傾向を確認する。

- ・ 原子炉建屋

水平及び鉛直ともに剛領域になるに従って加速度値が低下傾向にあり 20Hz 近傍に卓越するピークはない。(添付図 1 及び添付図 2 参照)

- ・ 原子炉格納容器

水平方向では下層階にて 20Hz 近傍に卓越する応答を有する。鉛直方向では全階層で 20Hz に卓越する応答を有する。(添付図 3 及び添付図 4 参照)

- ・ 原子炉遮蔽及び原子炉本体の基礎

水平及び鉛直ともに剛領域になるに従って加速度値が低下傾向にあり 20Hz 近傍に卓越するピークはない。(添付図 5 及び添付図 6 参照)

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

a. 検討対象設備

- ・ 原子炉格納容器の設計用床応答曲線を適用し評価する設備に対して、20Hz より剛側の加速度に対しての検討を行う。原子炉格納容器の設計用床応答曲線を適用し耐震評価を実施する設備を表 3 に示す。

動的解析法の妥当性確認のための検討対象については、設計用床応答曲線の加速度値が最も大きい原子炉格納容器上層階 EL. 39. 431m の設計用床応答曲線を適用する原子炉隔離時冷却系配管について行う。

表3 原子炉格納容器の設計用床応答曲線を適用する設備

設備名称	評価に適用する設計用床応答曲線
原子炉隔離時冷却系配管	原子炉格納容器 EL. 39.431m
機器搬入用ハッチ	原子炉格納容器 EL. 13.523m EL. 16.319m
所員用エアロック	原子炉格納容器 EL. 13.523m EL. 16.319m
サプレッション・チェンバアクセスハッチ	原子炉格納容器 EL. 5.141m EL. 3.787m
ベント管	原子炉格納容器 EL. 13.523m (水平のみ)
残留熱除去系ストレーナ (高圧炉心スプレイ系ストレーナ 及び低圧炉心スプレイ系ストレーナを含む)	原子炉格納容器 EL. -0.013m
格納容器スプレイヘッダ	原子炉格納容器 EL. 11.191m EL. 13.523m

b. 検討用床応答曲線

20Hz よりも剛領域の設備応答の影響を確認する観点から、検討用床応答曲線は現在設計に適用している 20Hz から 50Hz まで作成したものを用いる。なお設計用床応答曲線と同様に周期軸方向に 10% 拡幅する。検討用床応答曲線を図 9 に示す。

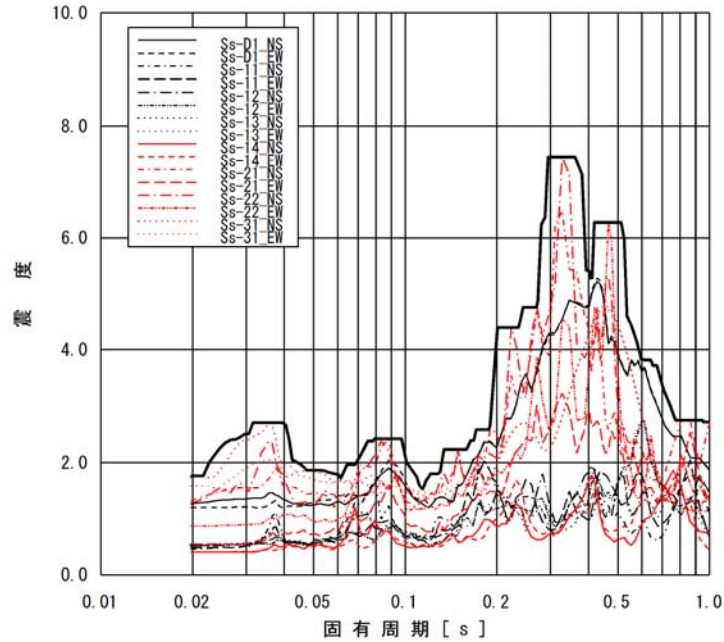


図 8-2 検討用床応答曲線

(原子炉格納容器 EL. 39.431m 水平方向, 減衰定数 1.0%)

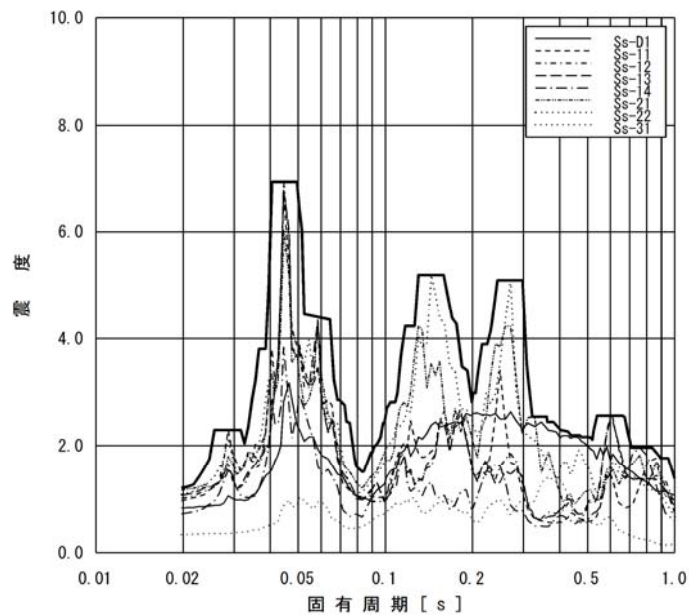
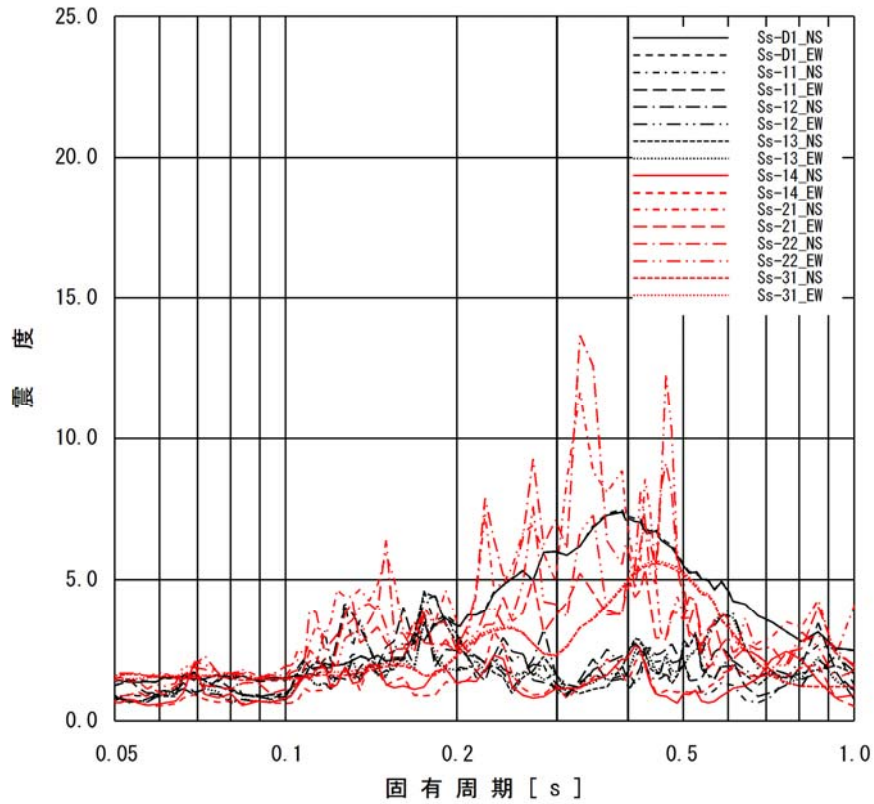


図 8-2 検討用床応答曲線

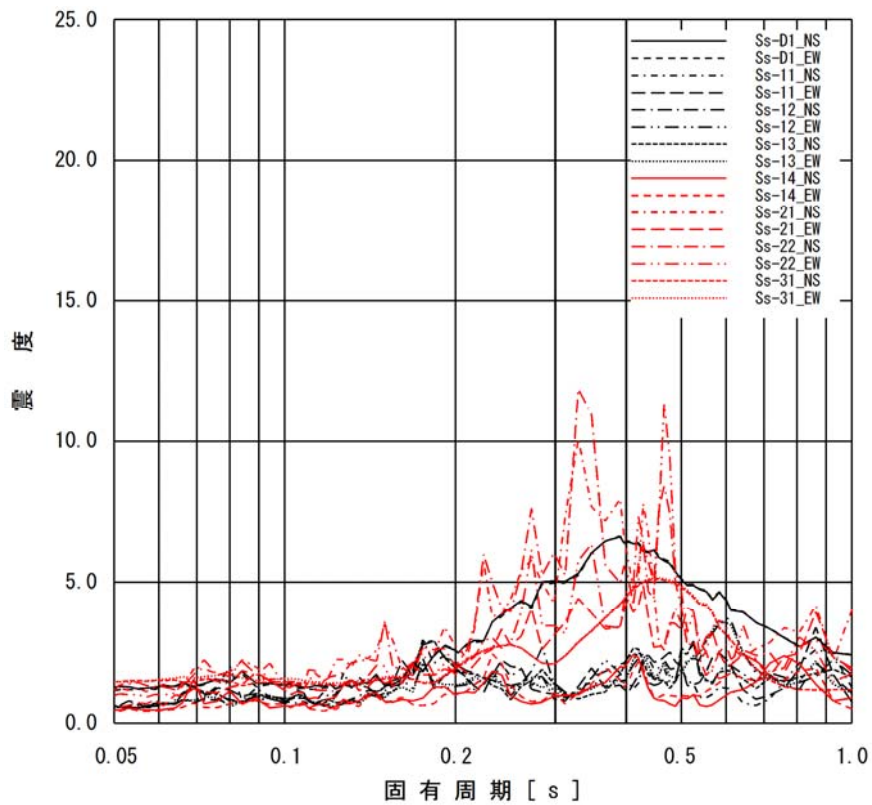
(原子炉格納容器 EL. 39.431m 鉛直方向, 減衰定数 1.0%)

c. 検討結果

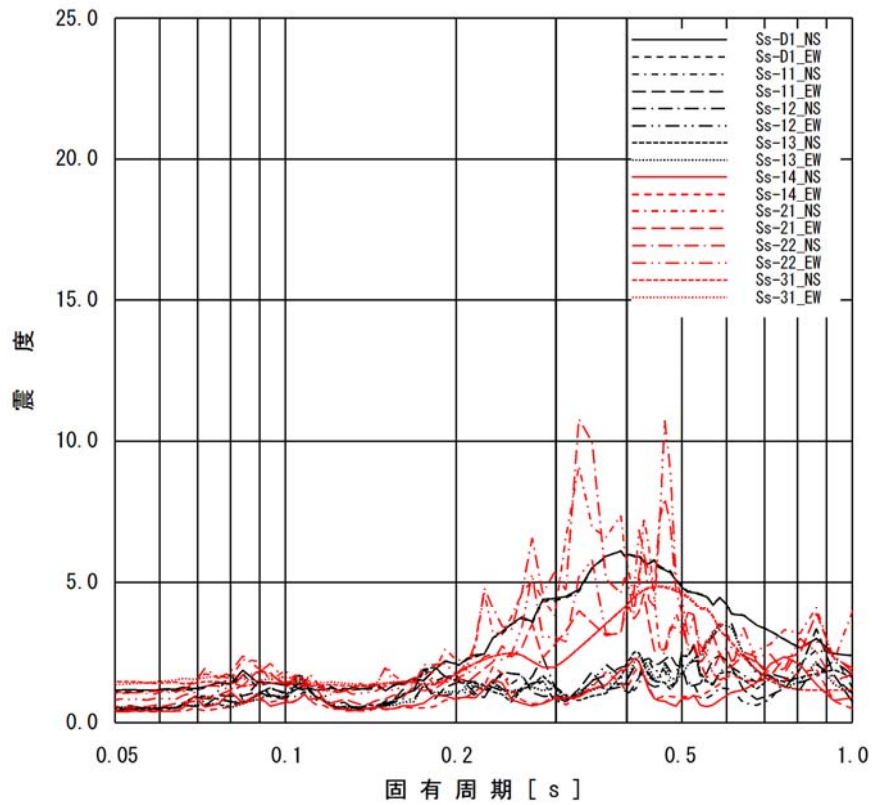
設計用床応答曲線を用いた地震応答解析結果と検討用床応答曲線を用いた地震応答解析結果を示す。(追而)



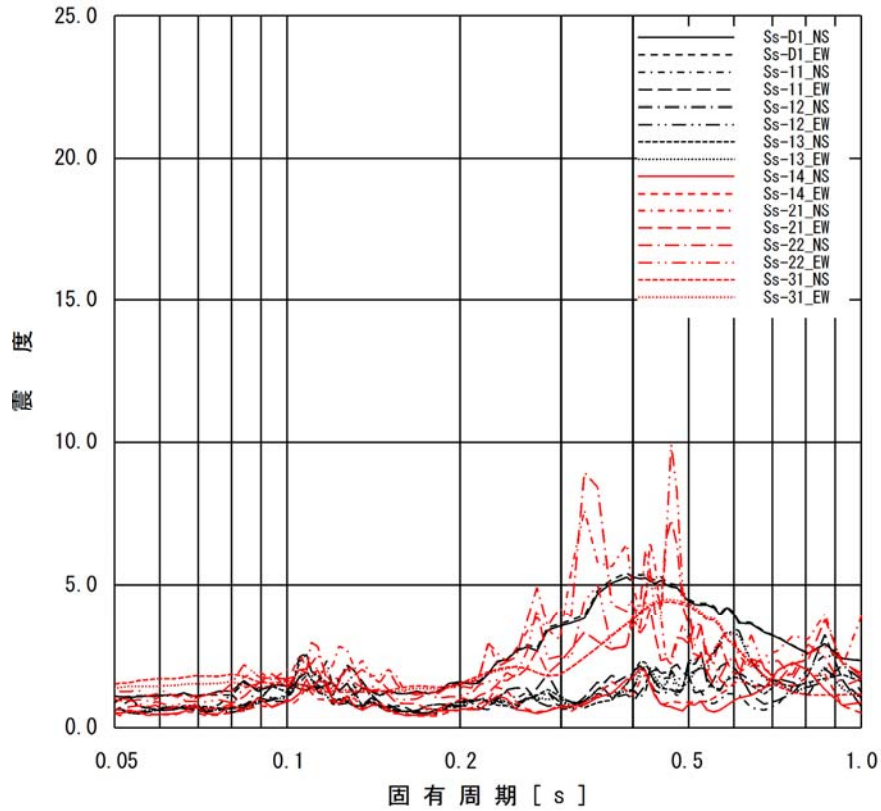
添付図 1-1 原子炉建屋 (EL. 46.5m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



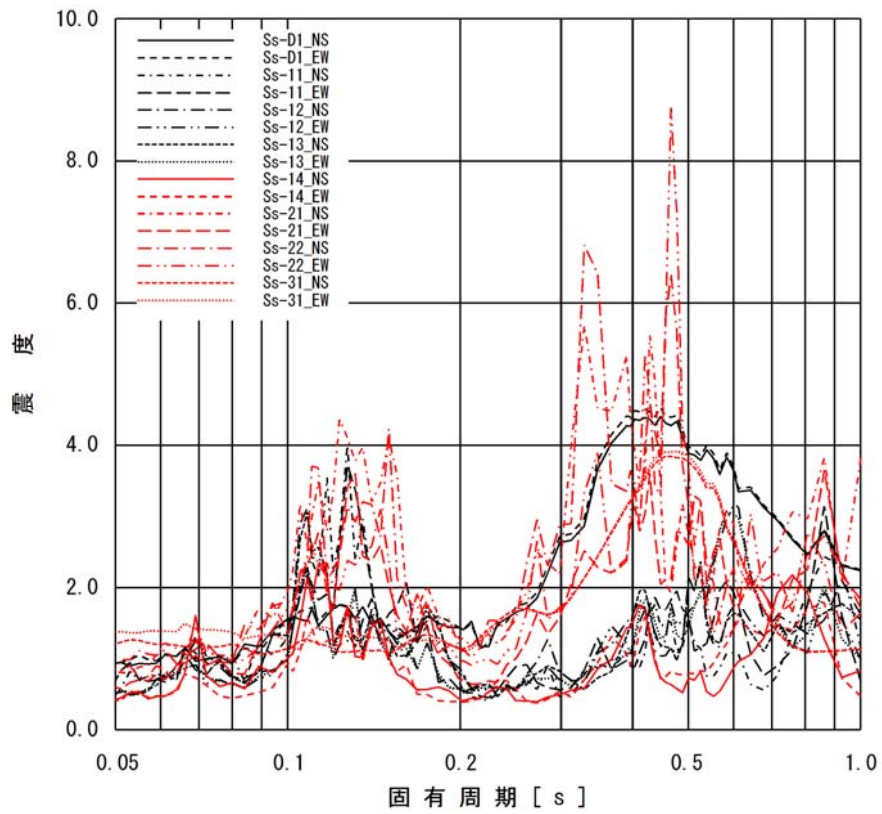
添付図 1-2 原子炉建屋 (EL. 38.8m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



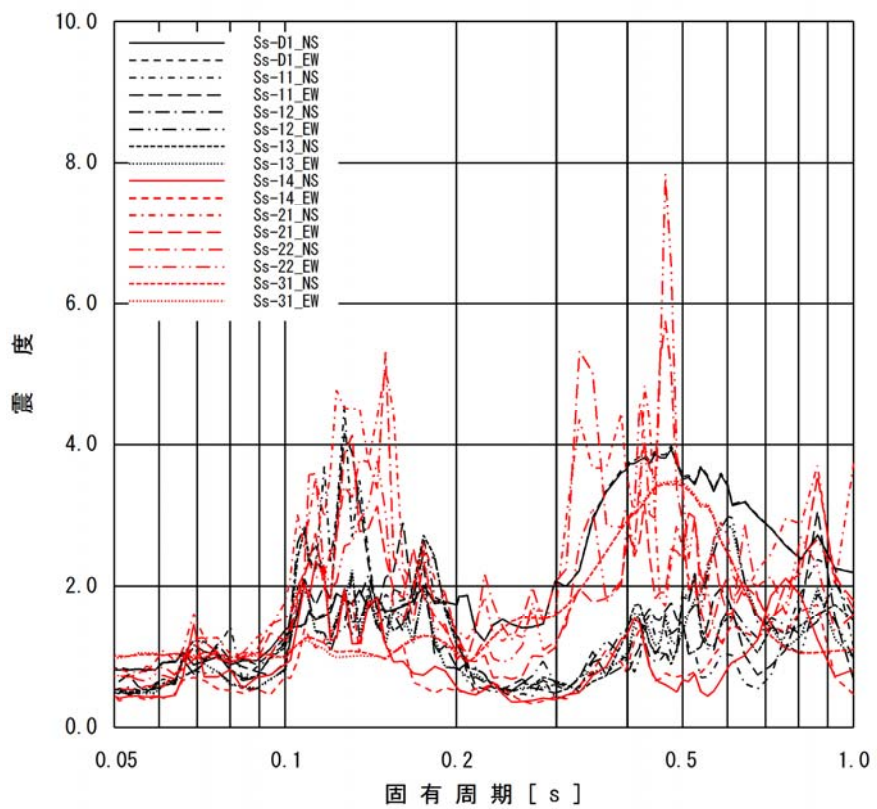
添付図 1-3 原子炉建屋 (EL. 34.7m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



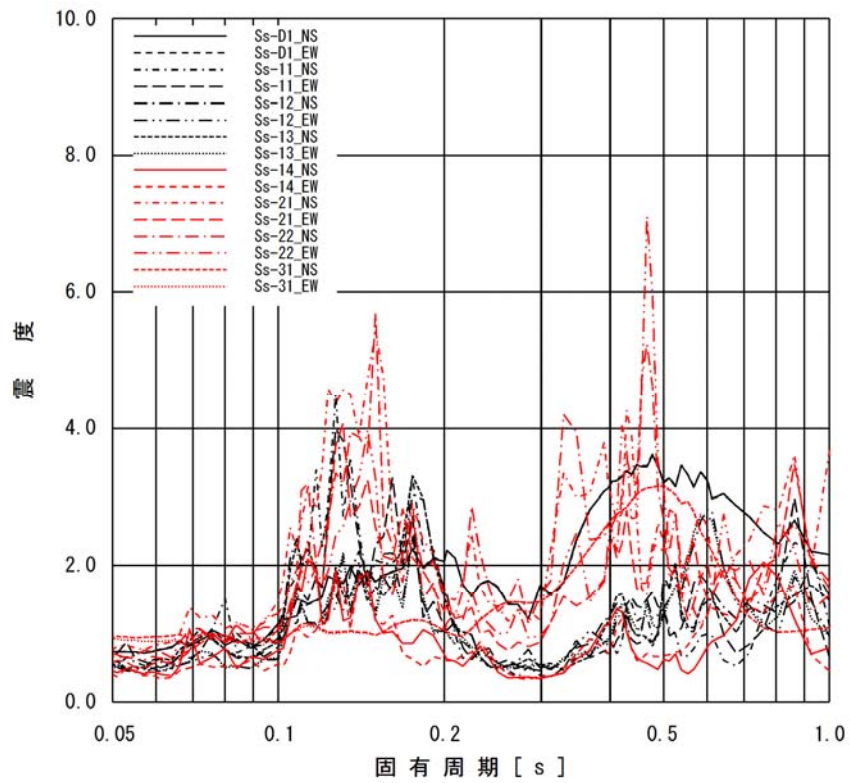
添付図 1-4 原子炉建屋 (EL. 29.0m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



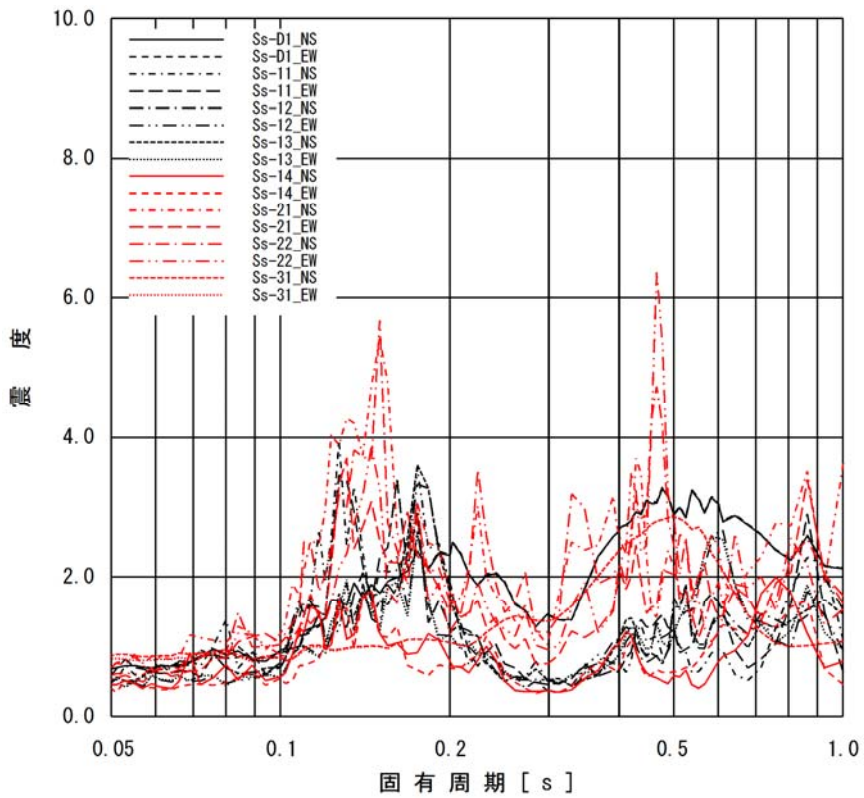
添付図 1-5 原子炉建屋 (EL. 20.3m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



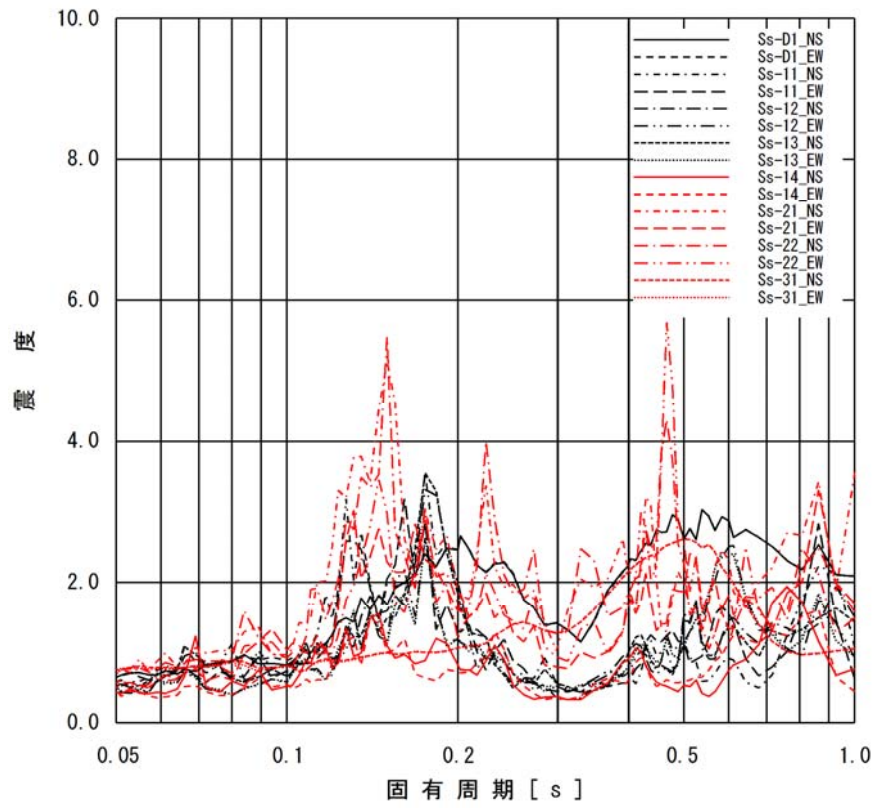
添付図 1-6 原子炉建屋 (EL. 14.0m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



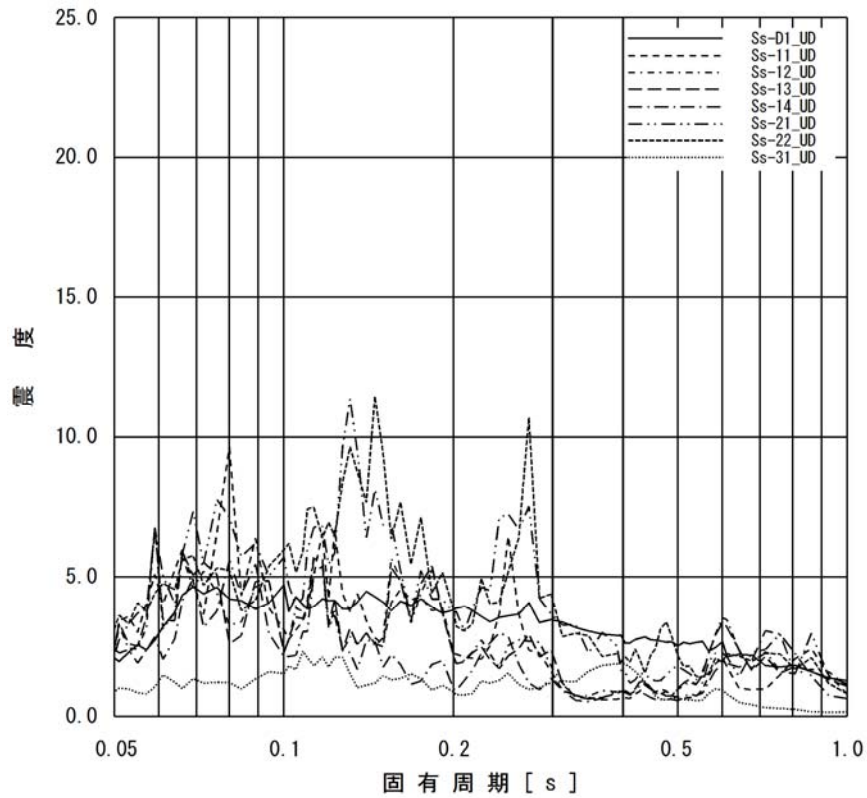
添付図 1-7 原子炉建屋 (EL. 8.2m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



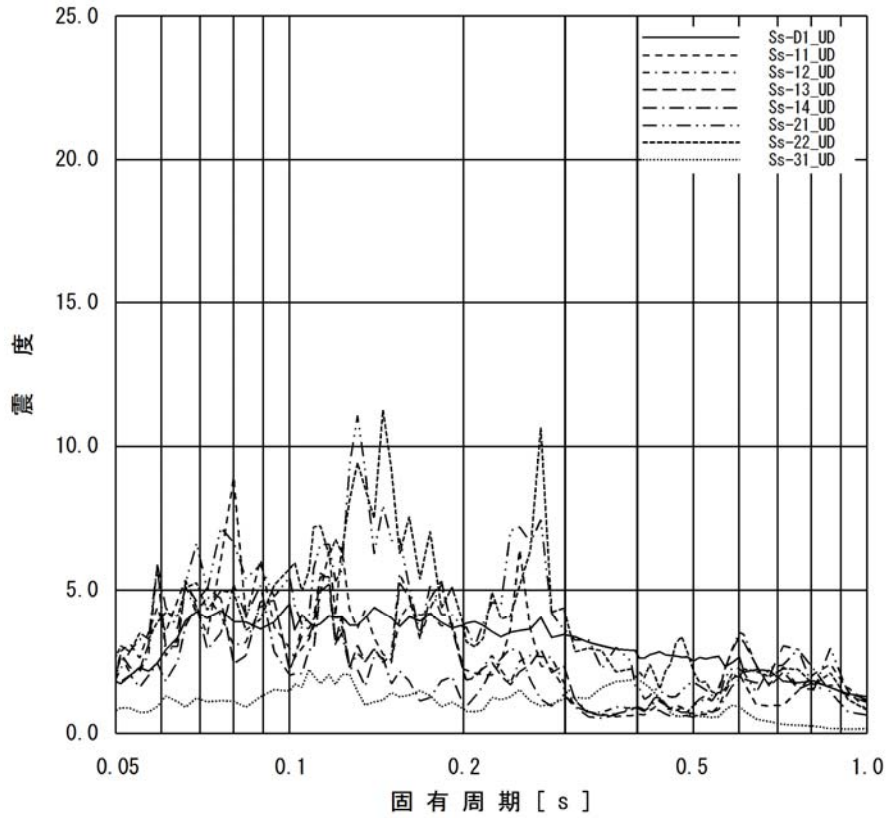
添付図 1-8 原子炉建屋 (EL. 2.0m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



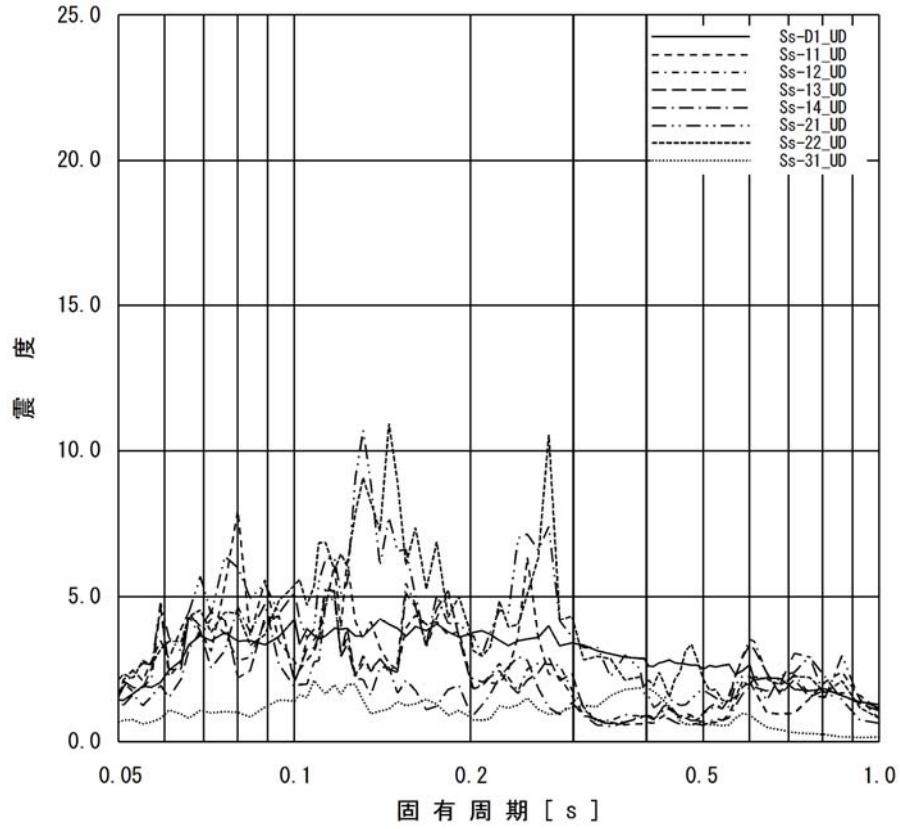
添付図 1-9 原子炉建屋 (EL. -4.0m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



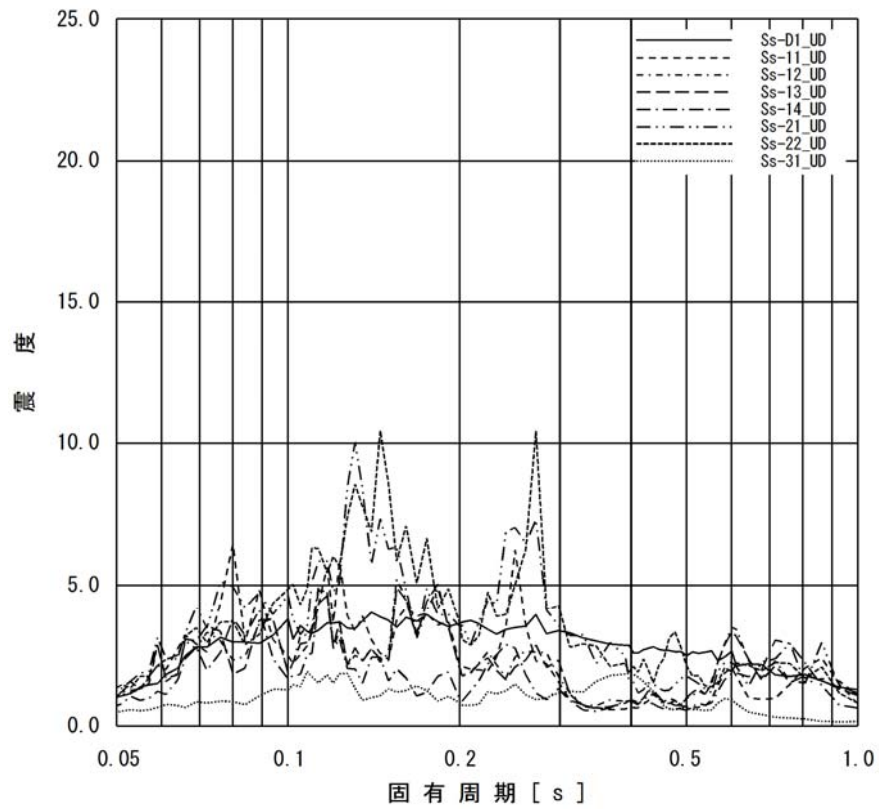
添付図 2-1 原子炉建屋 (EL. 46.5m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



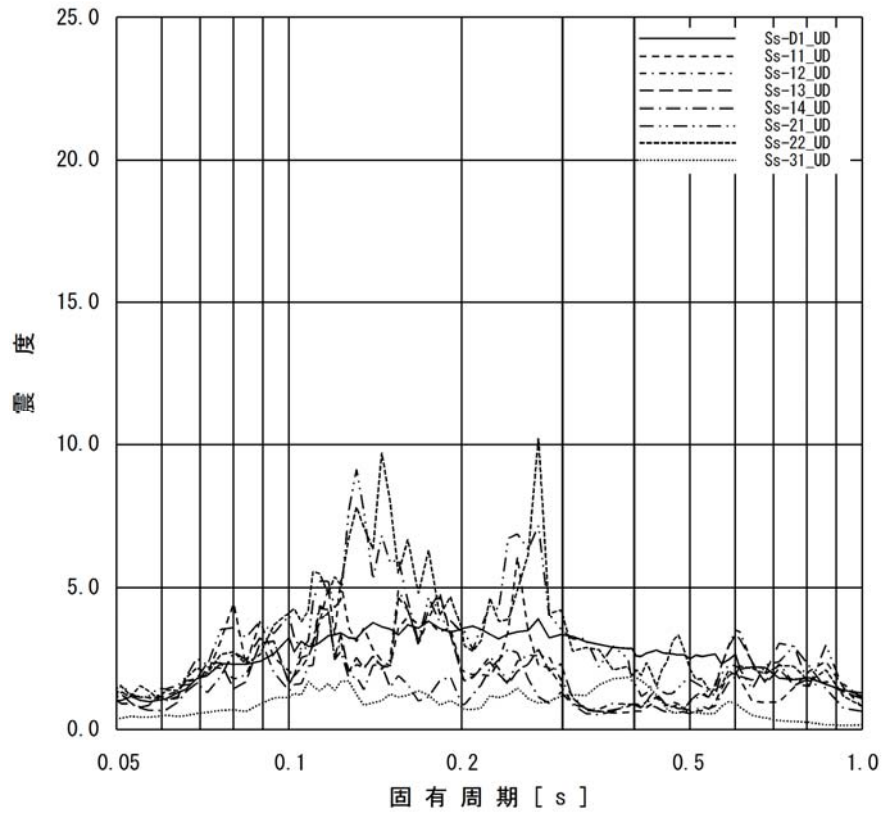
添付図 2-2 原子炉建屋 (EL. 38.8m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



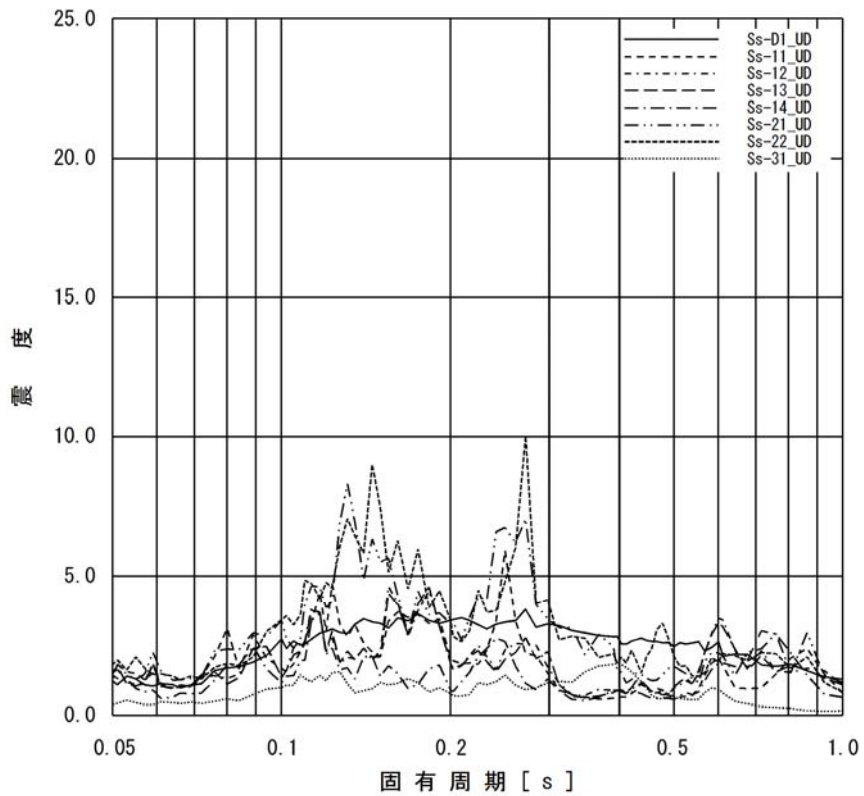
添付図 2-3 原子炉建屋 (EL. 34.7m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



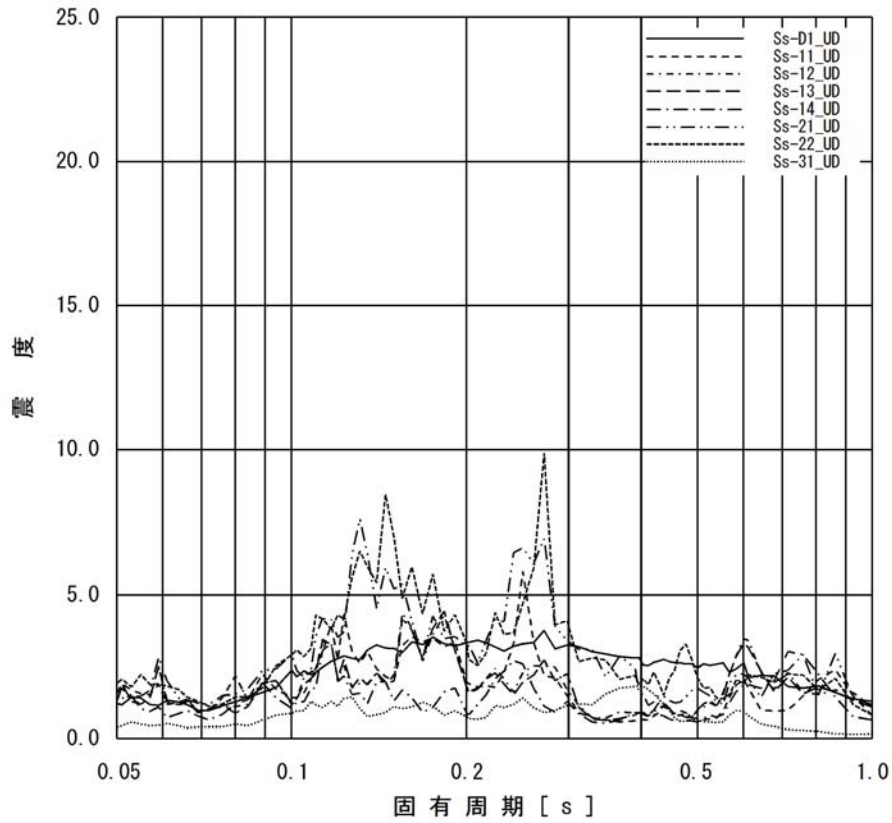
添付図 2-4 原子炉建屋 (EL. 29.0m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



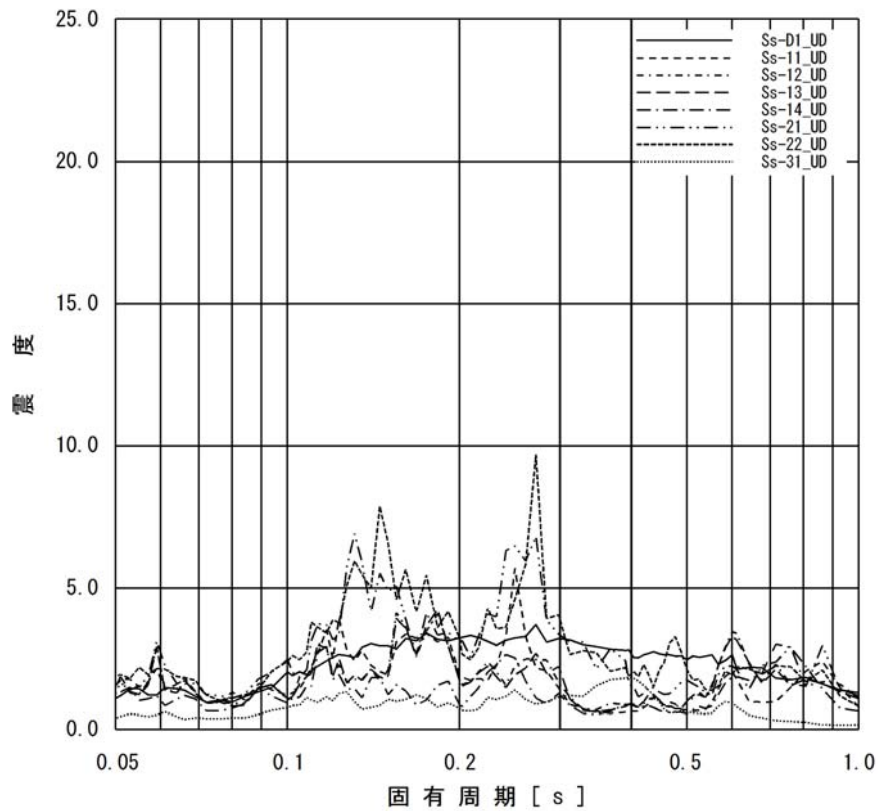
添付図 2-5 原子炉建屋 (EL. 20.3m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



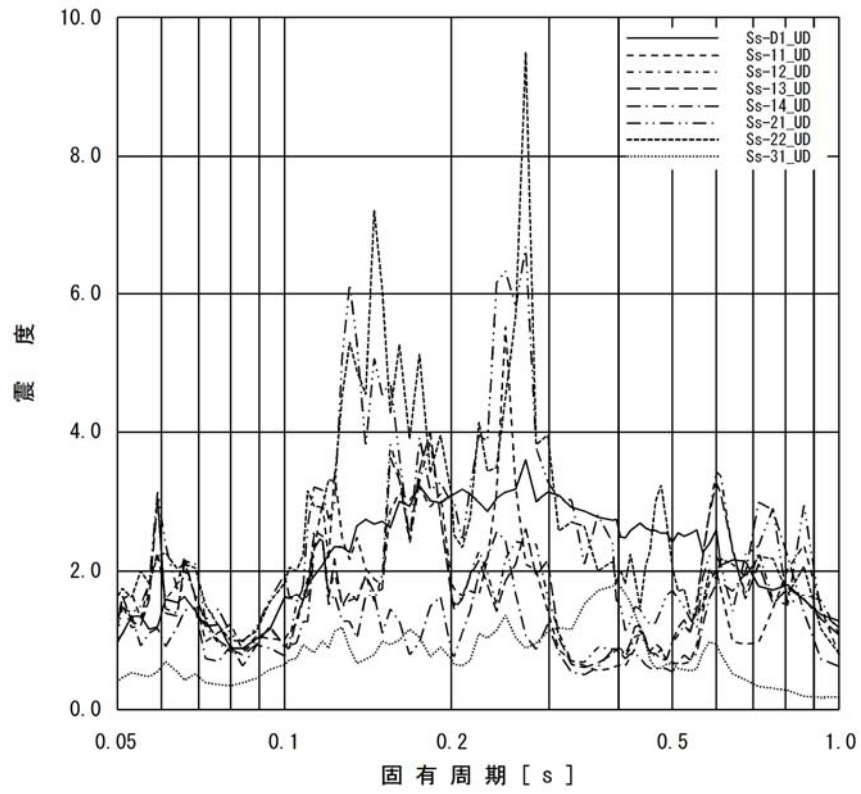
添付図 2-6 原子炉建屋 (EL. 14.0m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



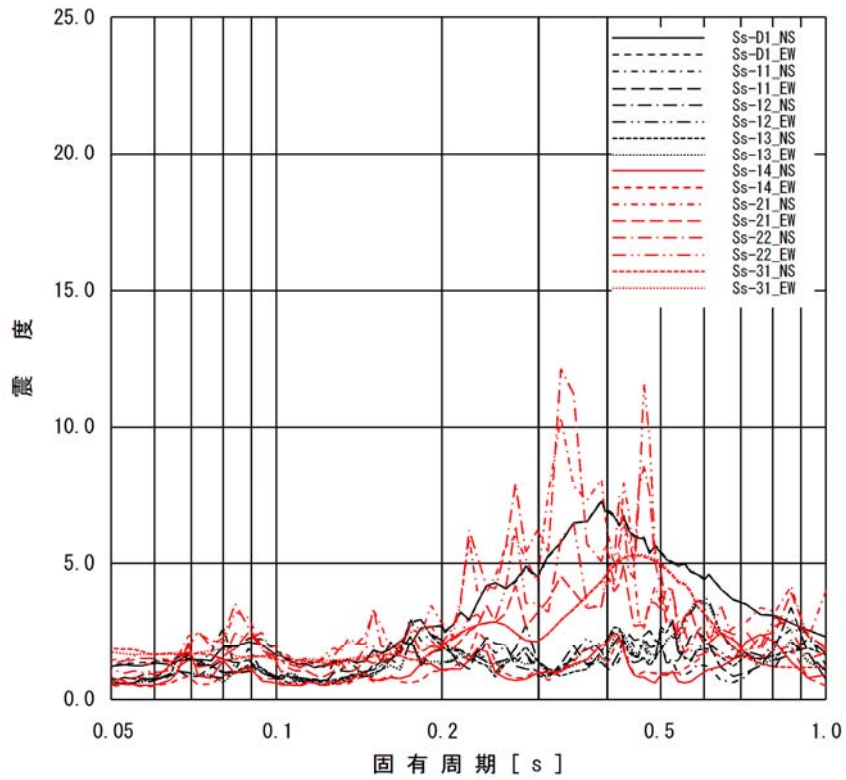
添付図 2-7 原子炉建屋 (EL. 8.2m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



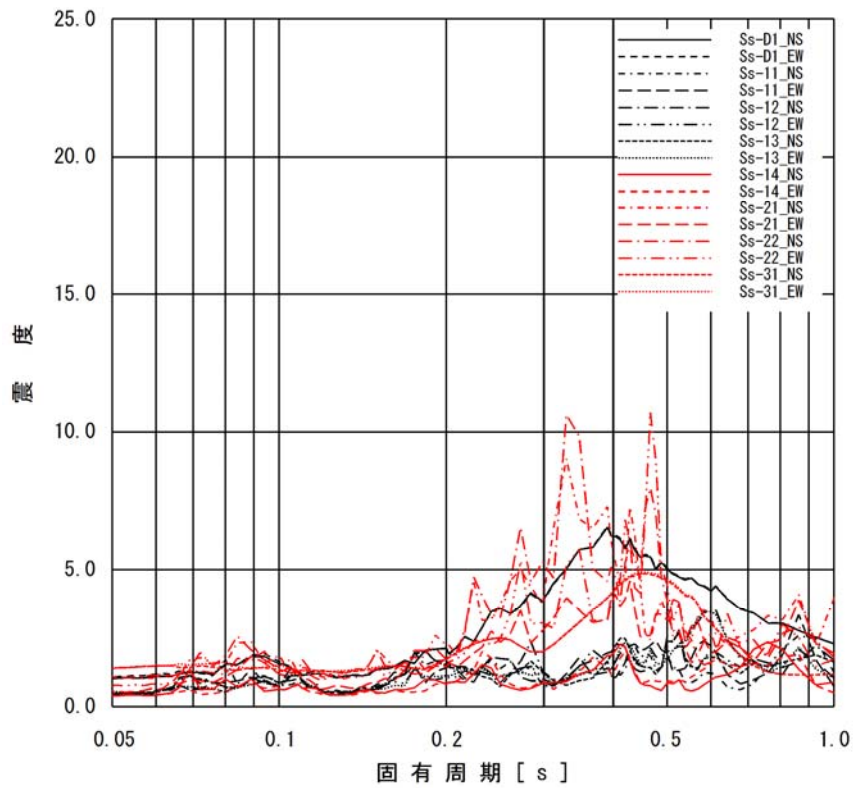
添付図 2-8 原子炉建屋 (EL. 2.0m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



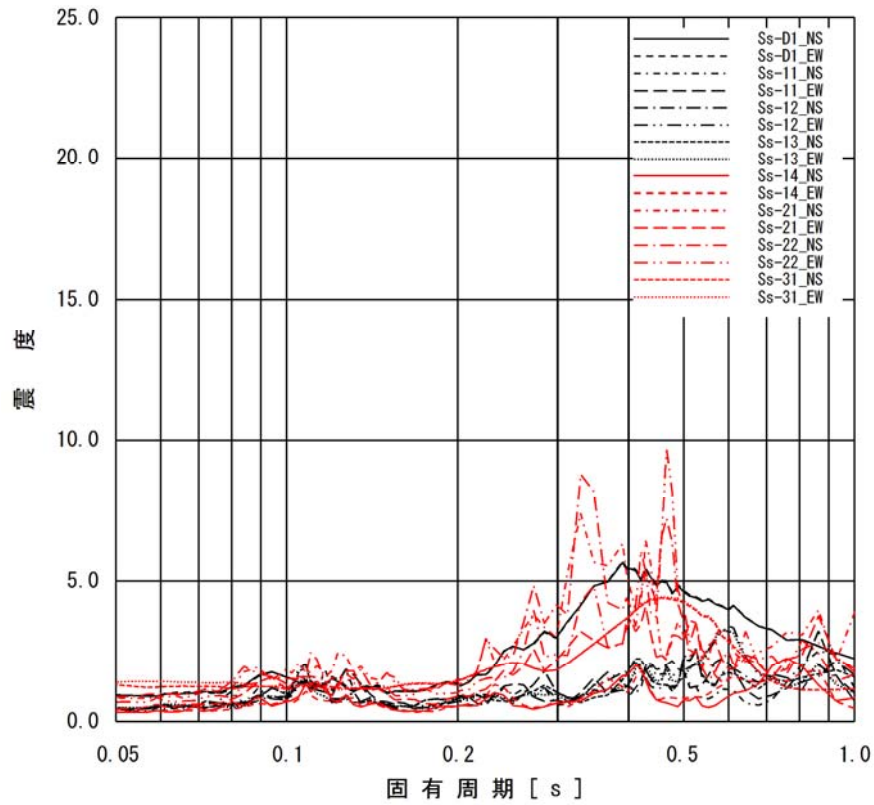
添付図 2-9 原子炉建屋 (EL. -4.0m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



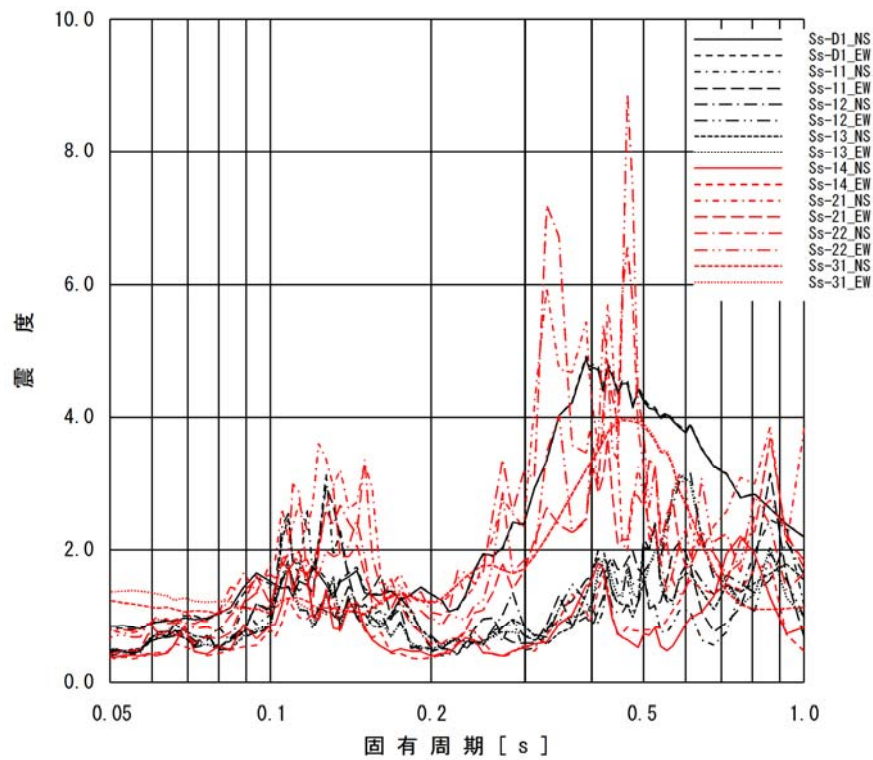
添付図 3-1 原子炉格納容器 (EL. 39.431m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



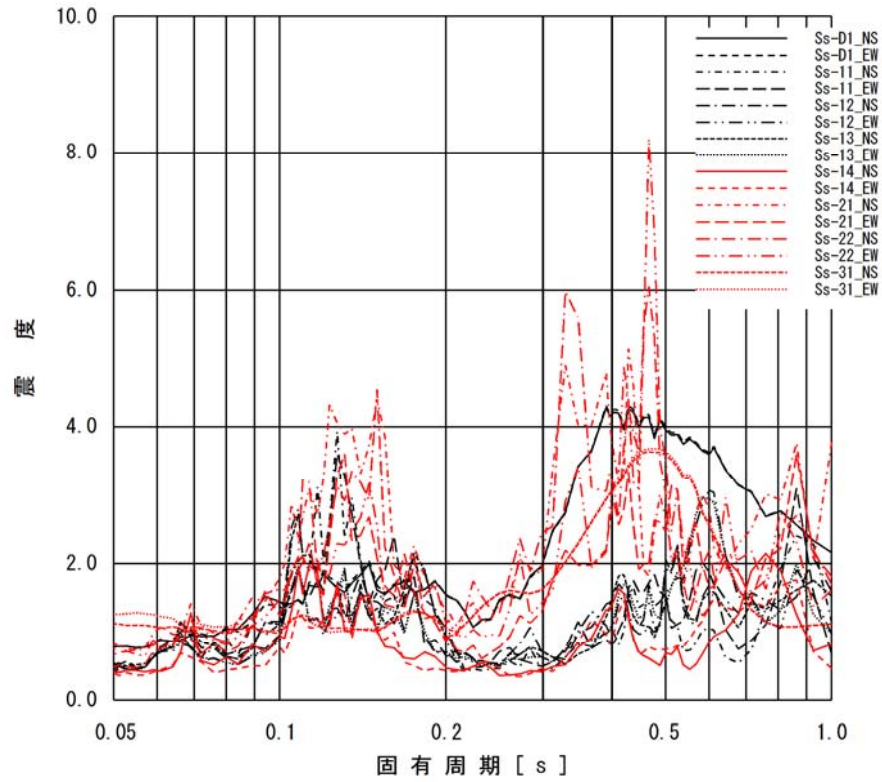
添付図 3-2 原子炉格納容器 (EL. 33.431m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



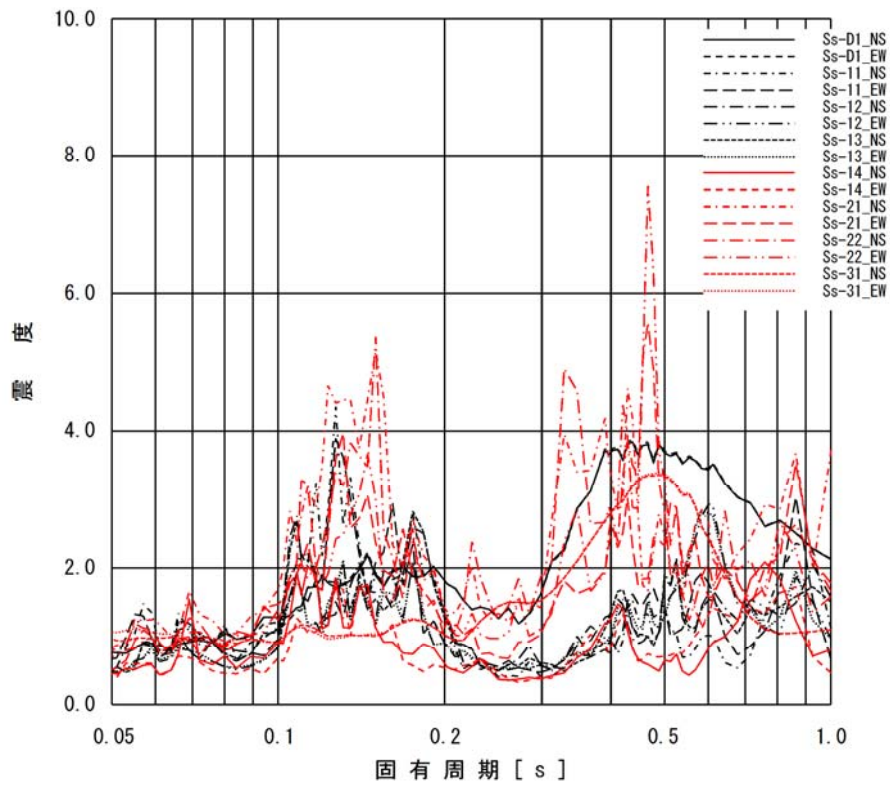
添付図 3-3 原子炉格納容器 (EL. 27.432m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



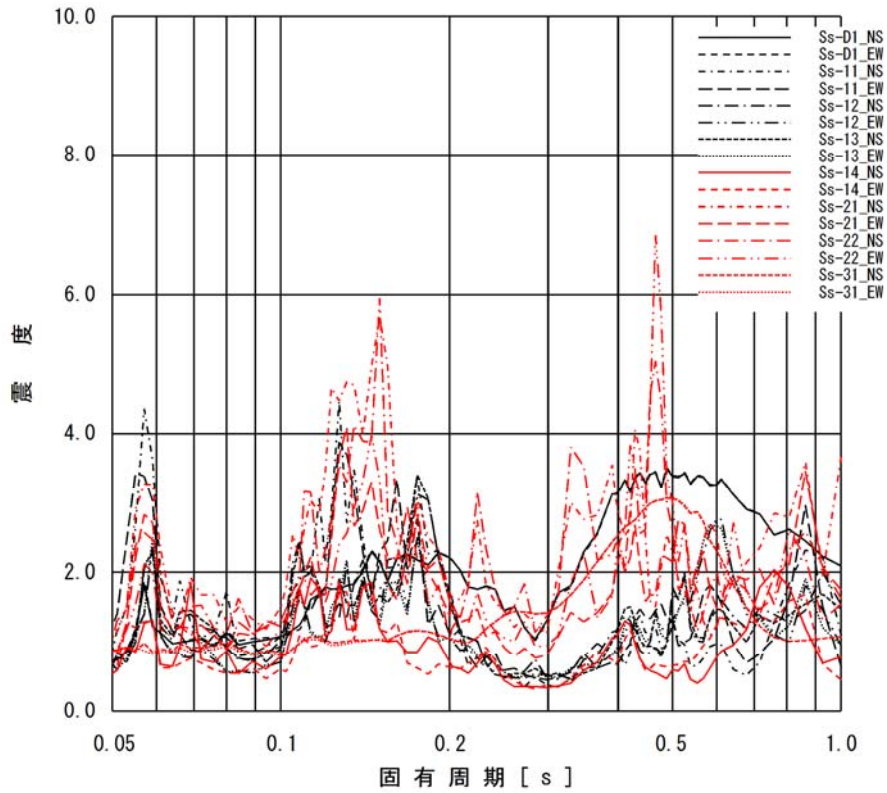
添付図 3-4 原子炉格納容器 (EL. 21.420m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



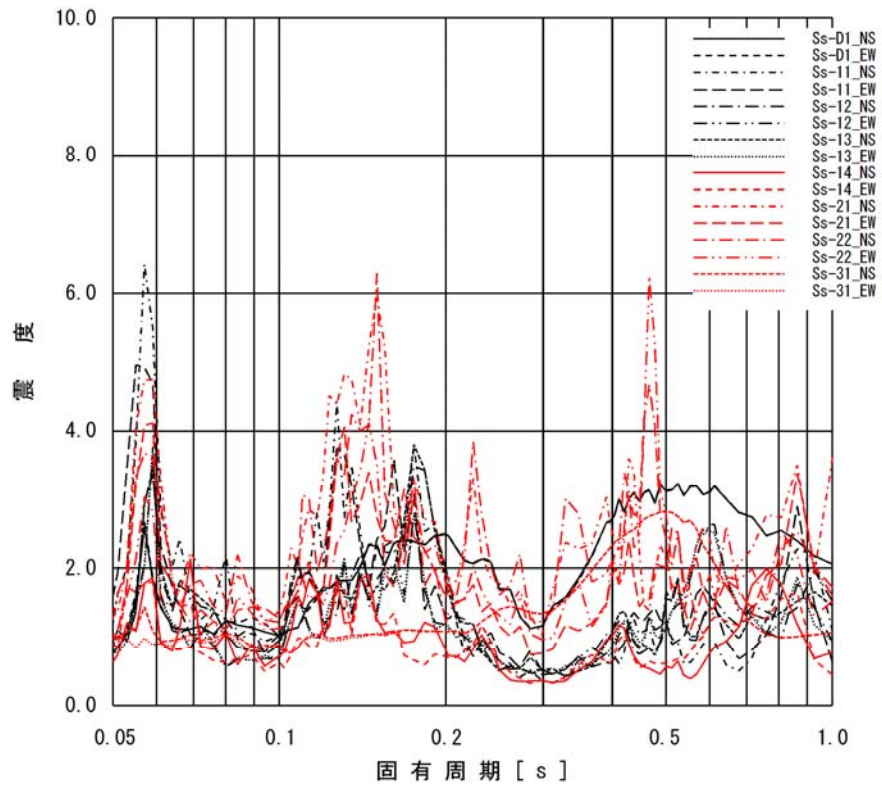
添付図 3-5 原子炉格納容器 (EL. 16.319m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



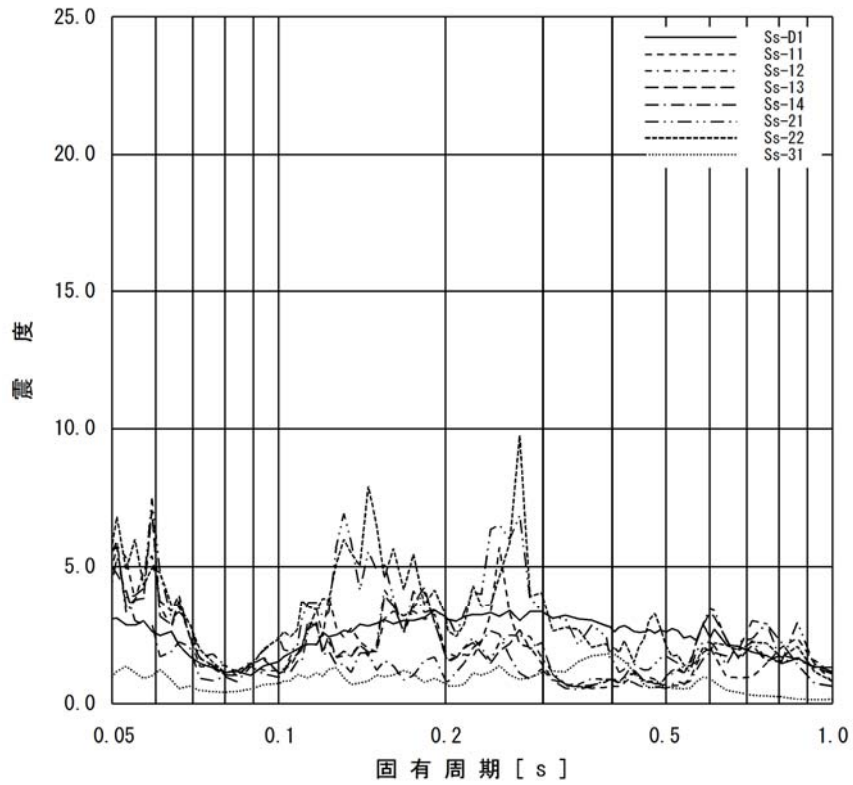
添付図 3-6 原子炉格納容器 (EL. 11.191m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



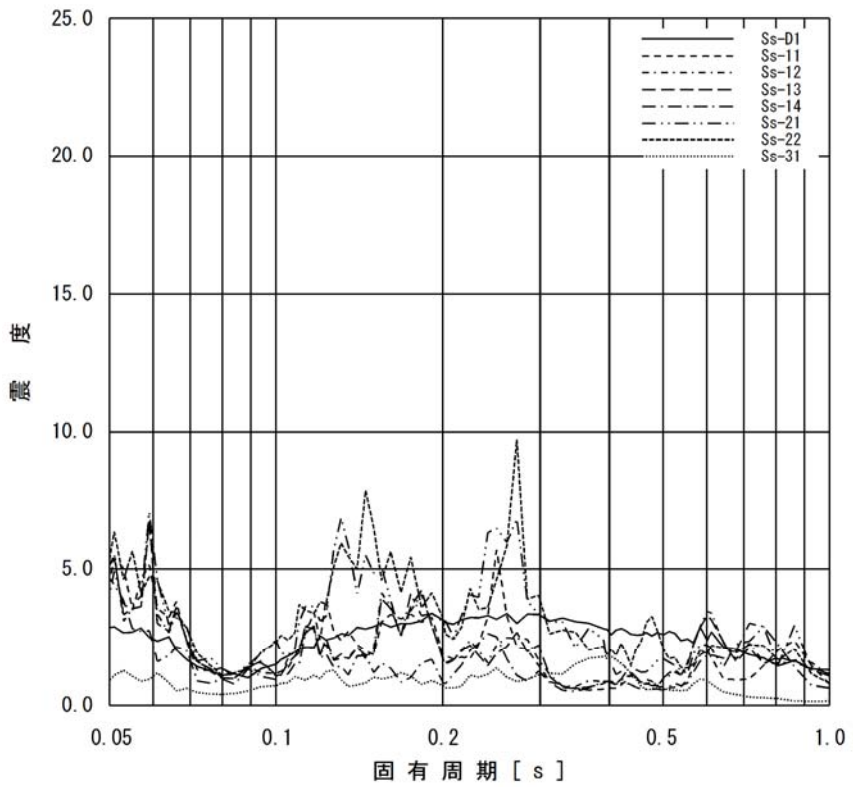
添付図 3-7 原子炉格納容器 (EL. 5.141m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



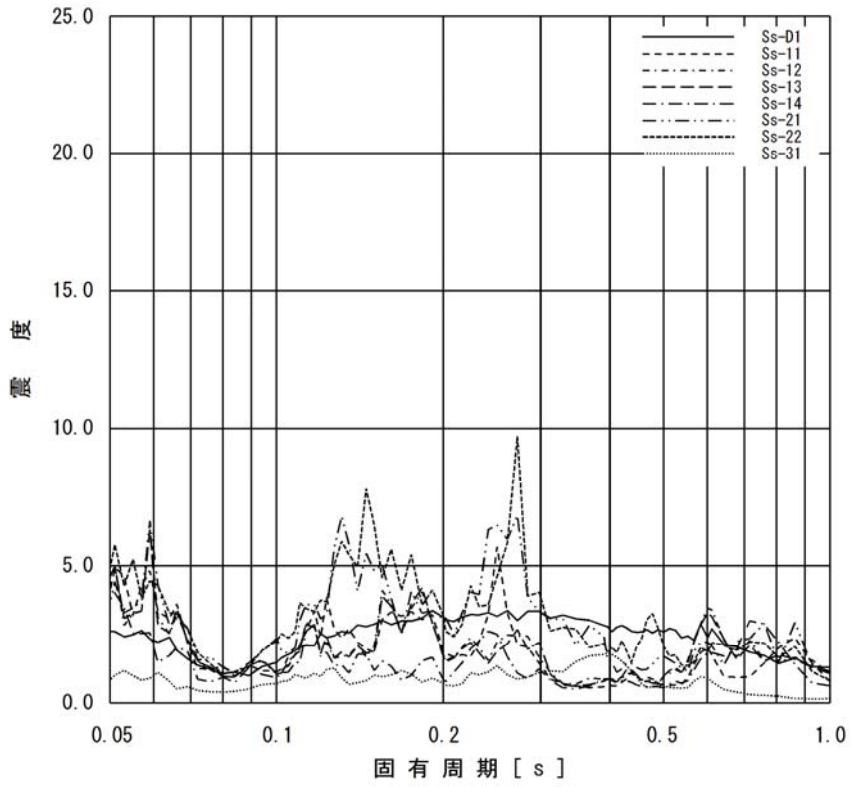
添付図 3-8 原子炉格納容器 (EL. -0.013m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



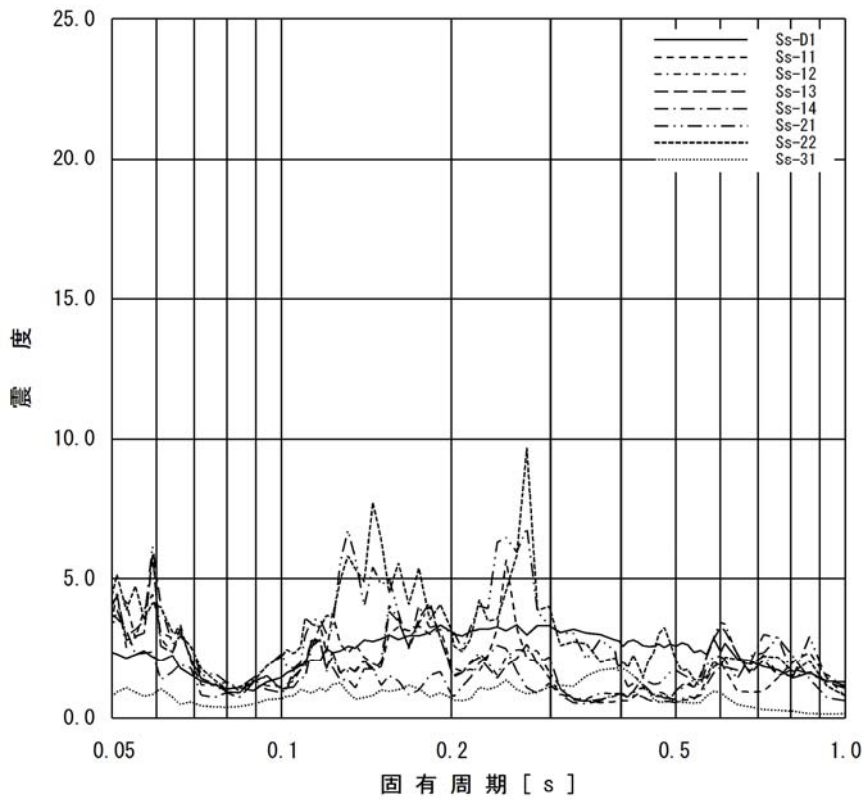
添付図 4-1 原子炉格納容器 (EL. 39.431m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



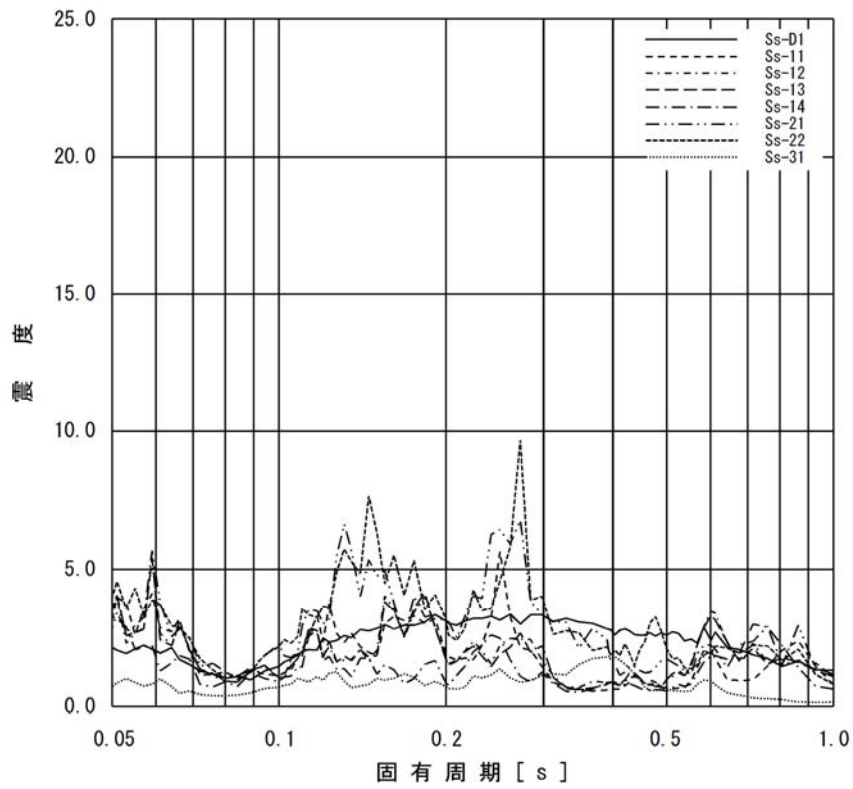
添付図 4-2 原子炉格納容器 (EL. 33.431m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



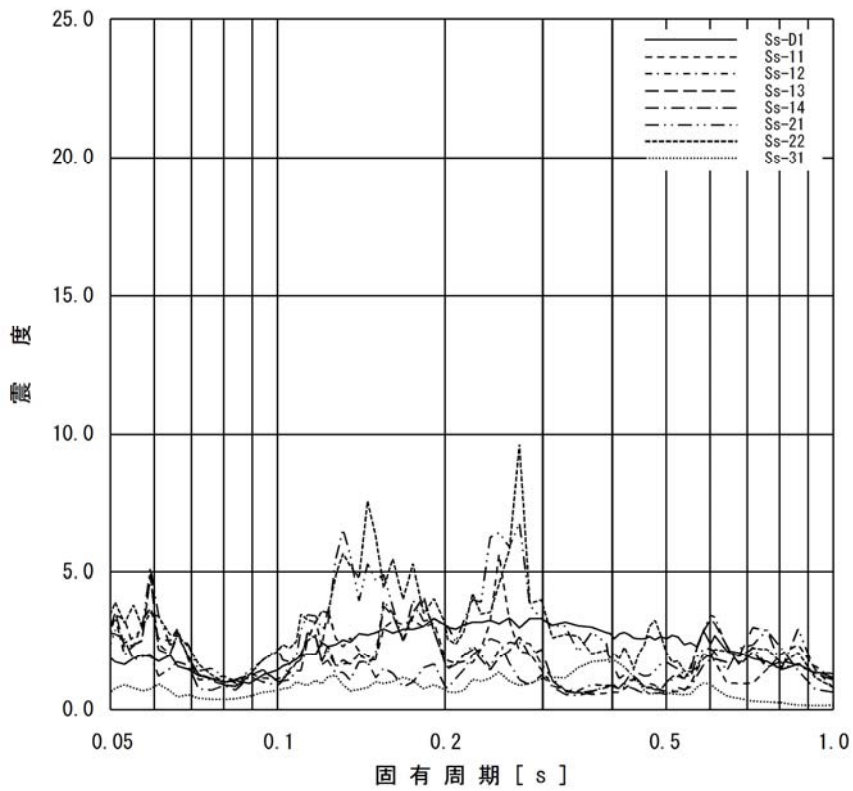
添付図 4-3 原子炉格納容器 (EL. 27.432m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



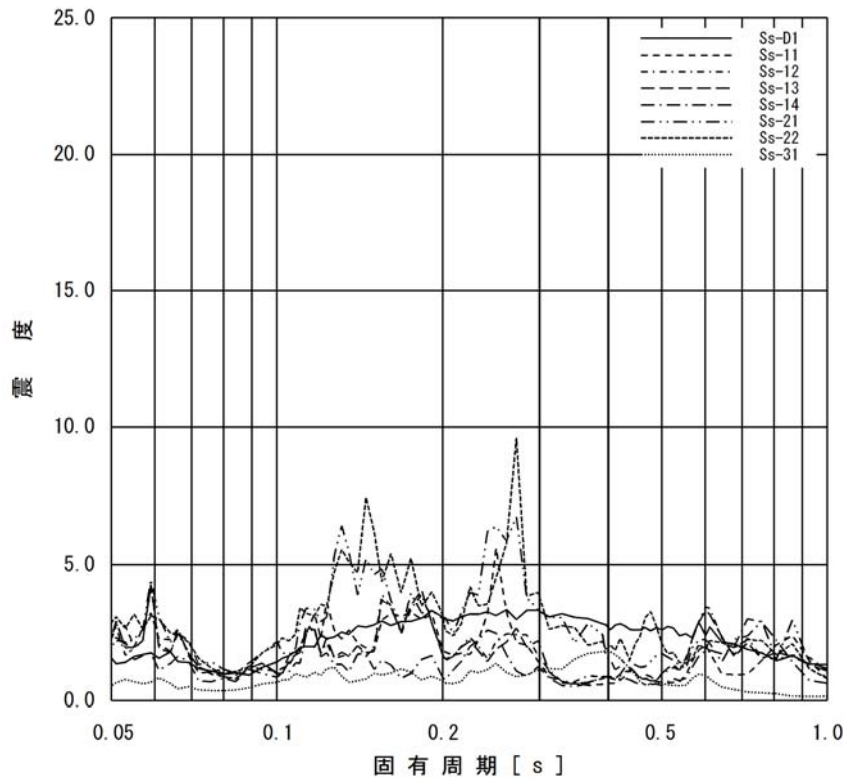
添付図 4-4 原子炉格納容器 (EL. 21.420m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



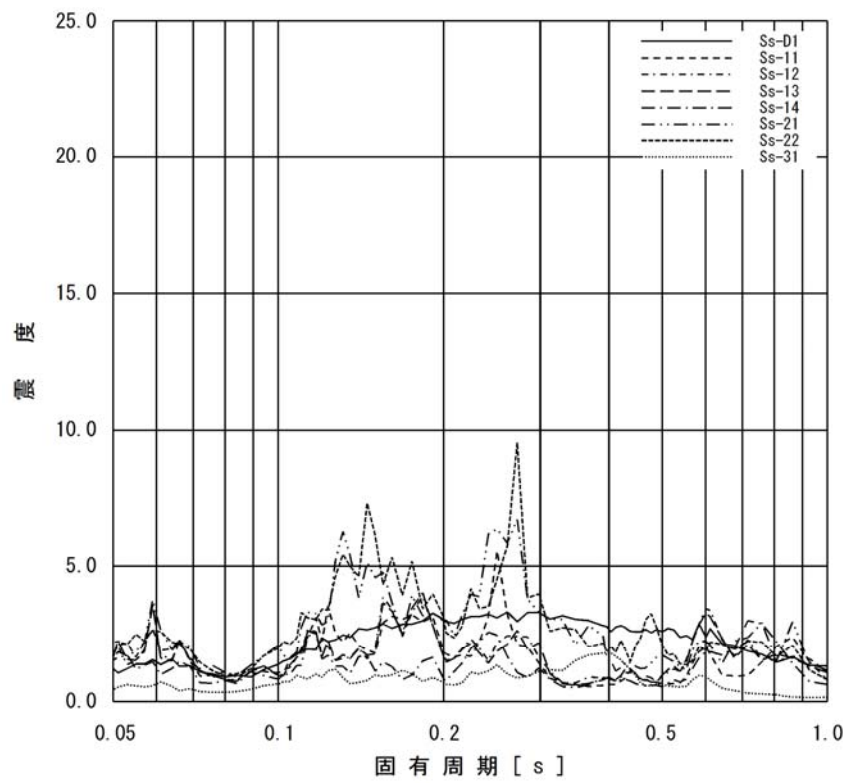
添付図 4-5 原子炉格納容器 (EL. 16.319m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



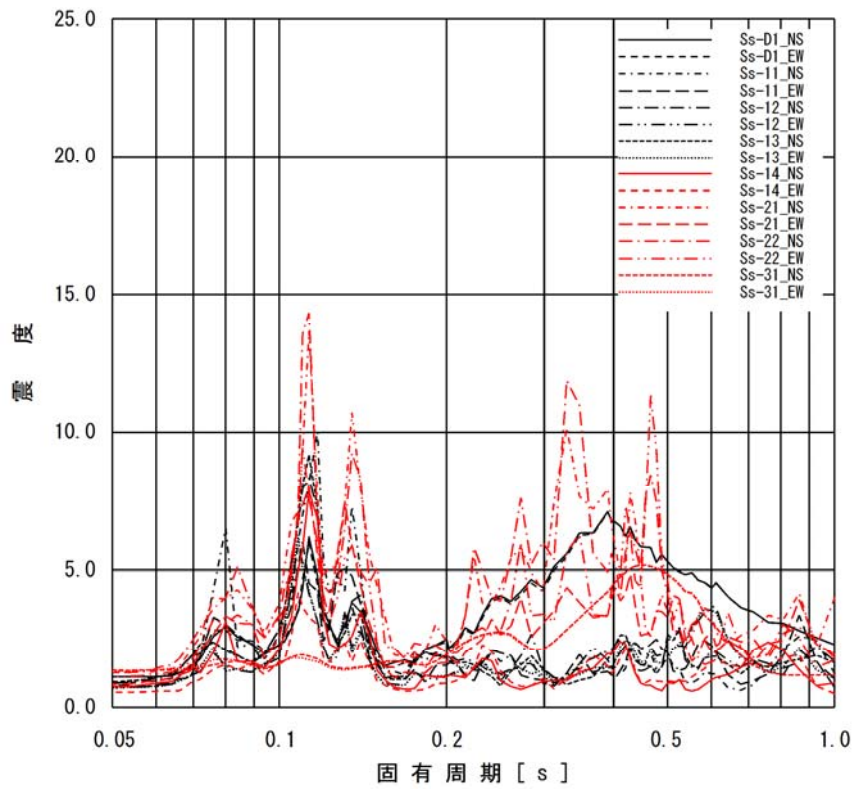
添付図 4-6 原子炉格納容器 (EL. 11.191m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



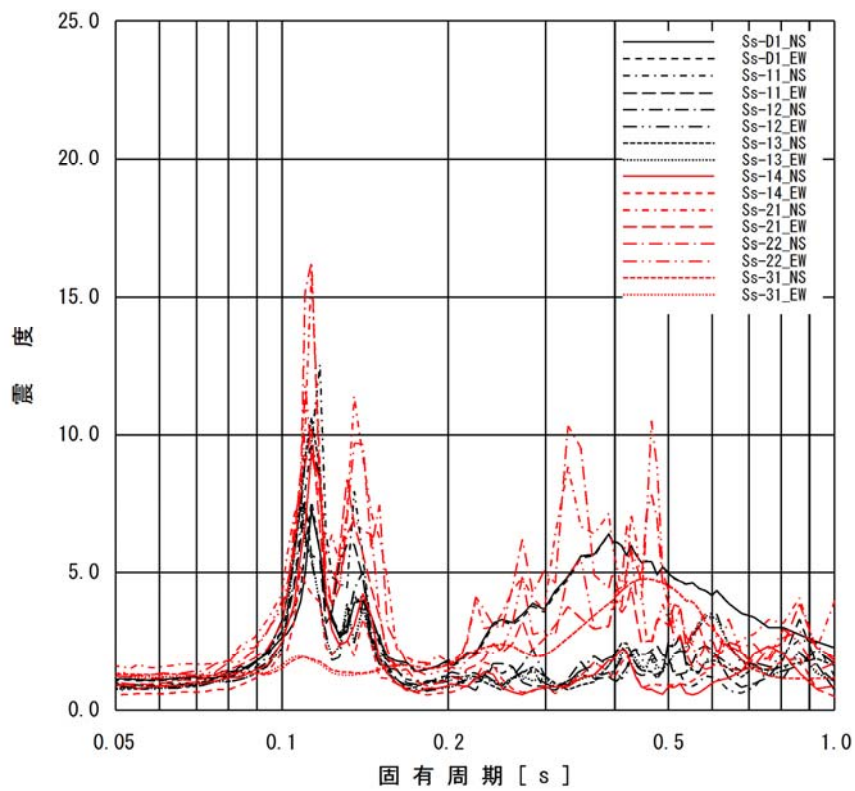
添付図 4-7 原子炉格納容器 (EL. 5.141m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



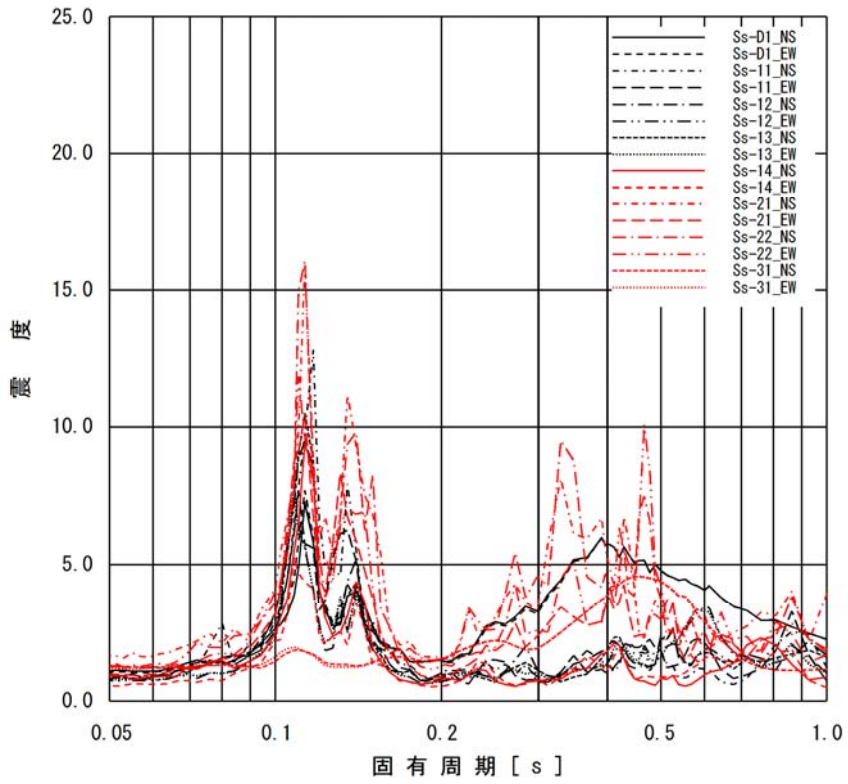
添付図 4-8 原子炉格納容器 (EL. -0.013m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



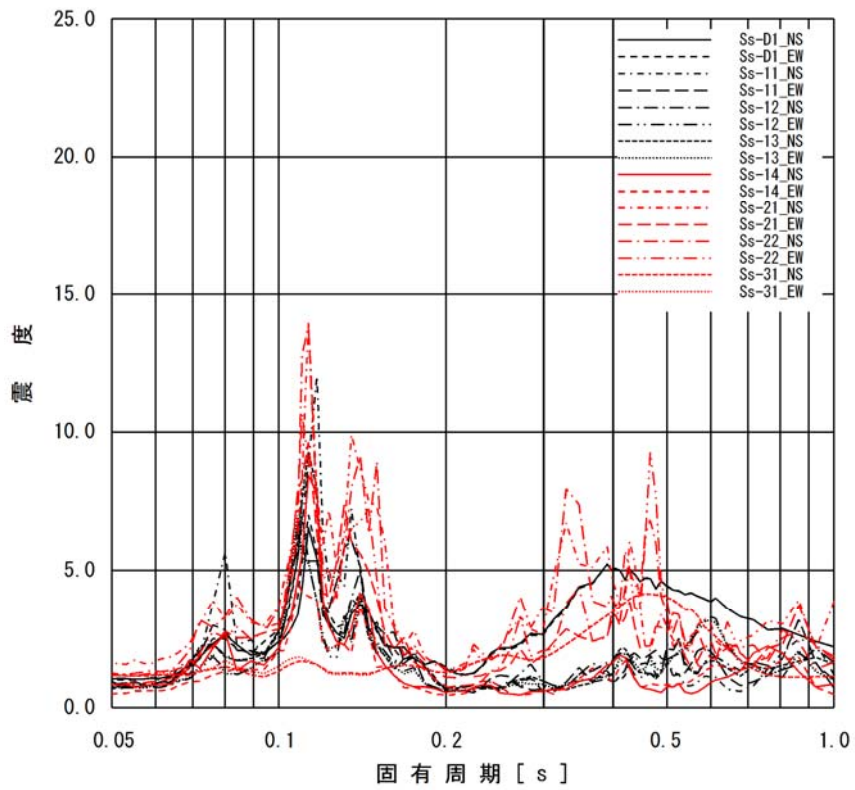
添付図 5-1 原子炉遮蔽 (EL. 34.643m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



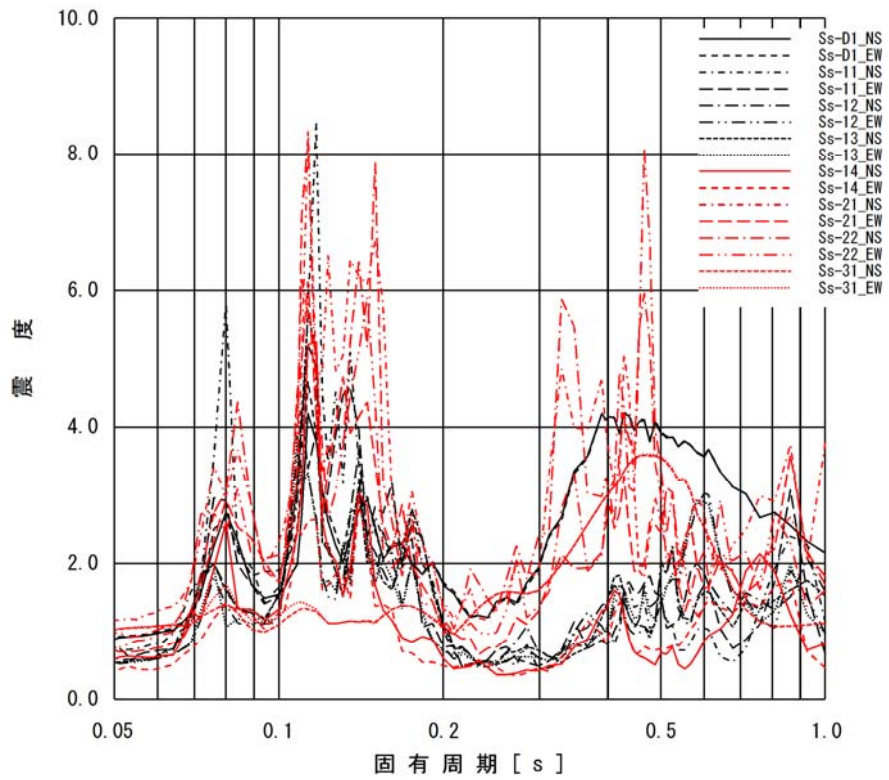
添付図 5-2 原子炉遮蔽 (EL. 28.308m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



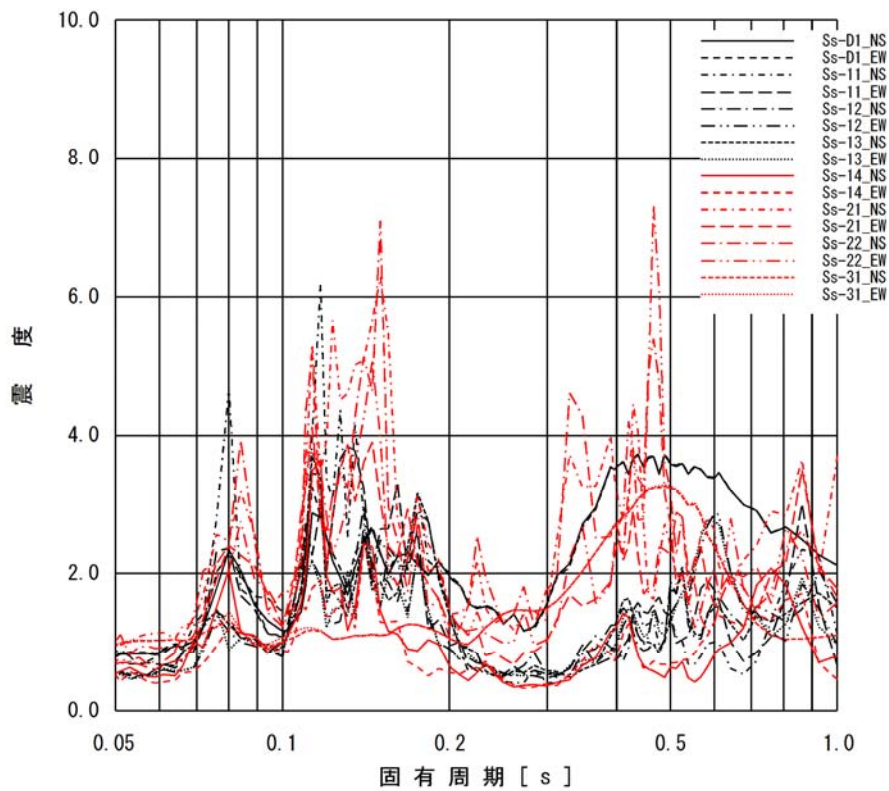
添付図 5-3 原子炉遮蔽 (EL. 25.212m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



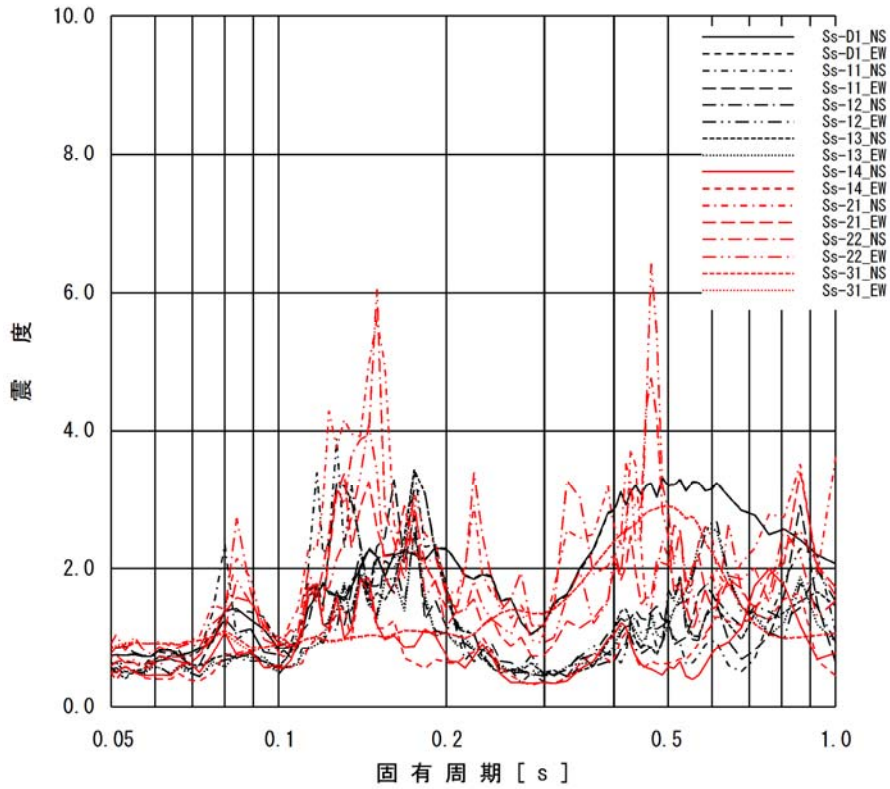
添付図 5-4 原子炉本体の基礎 (EL. 19.856m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



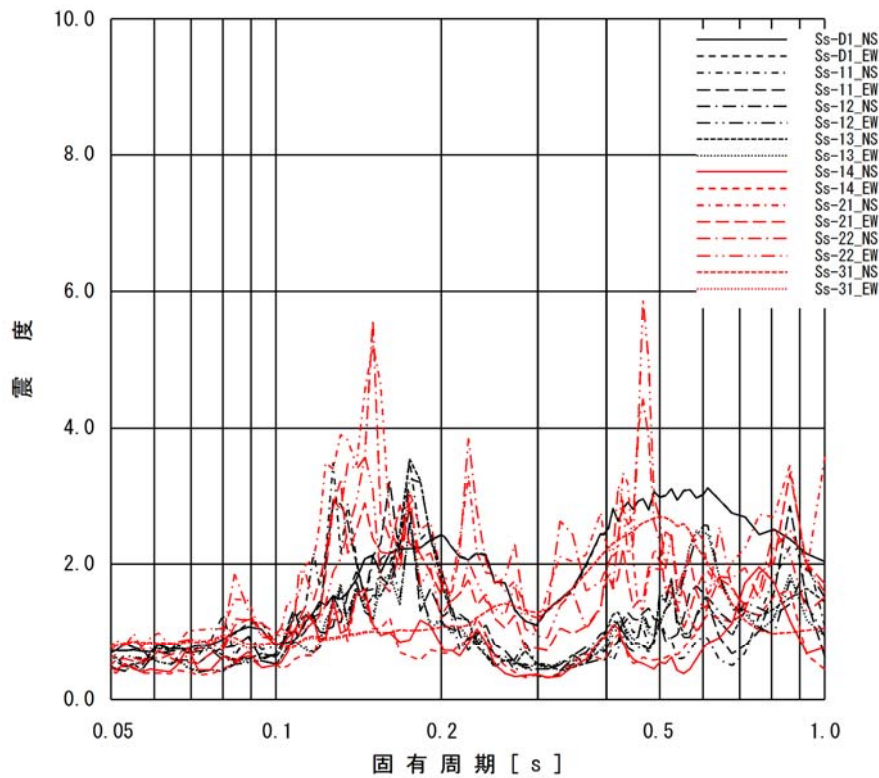
添付図 5-5 原子炉本体の基礎 (EL. 13.198m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



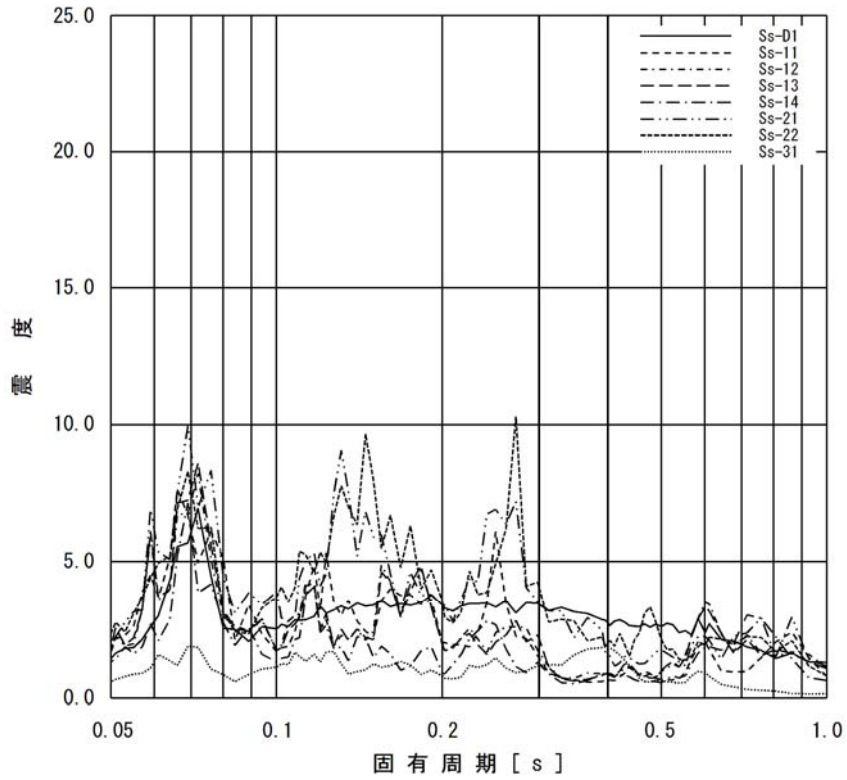
添付図 5-6 原子炉本体の基礎 (EL. 8.395m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



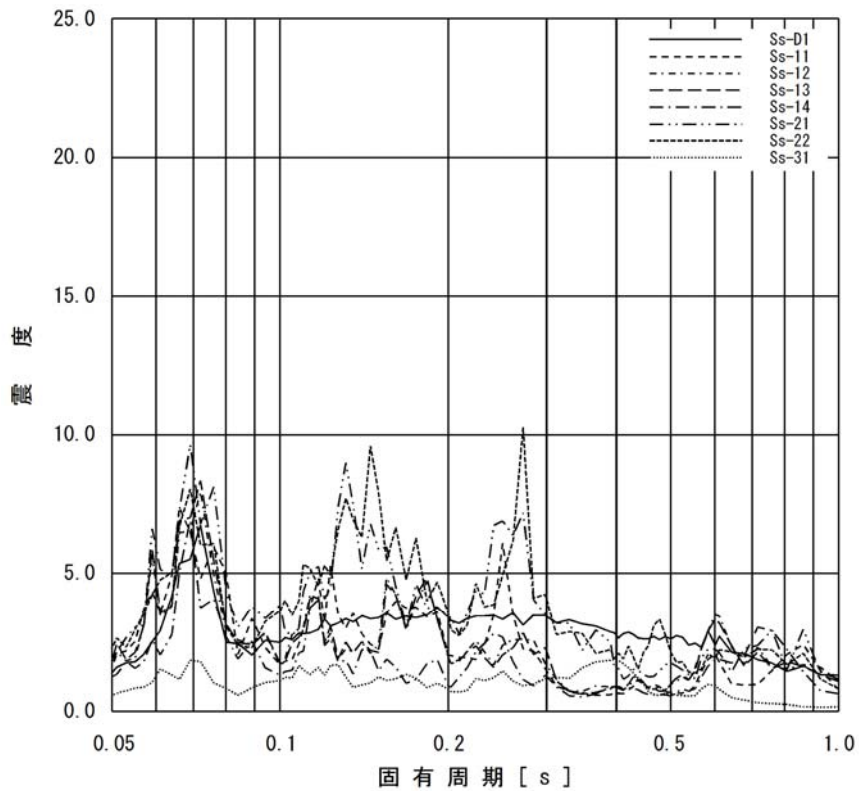
添付図 5-7 原子炉本体の基礎 (EL. 2.189m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



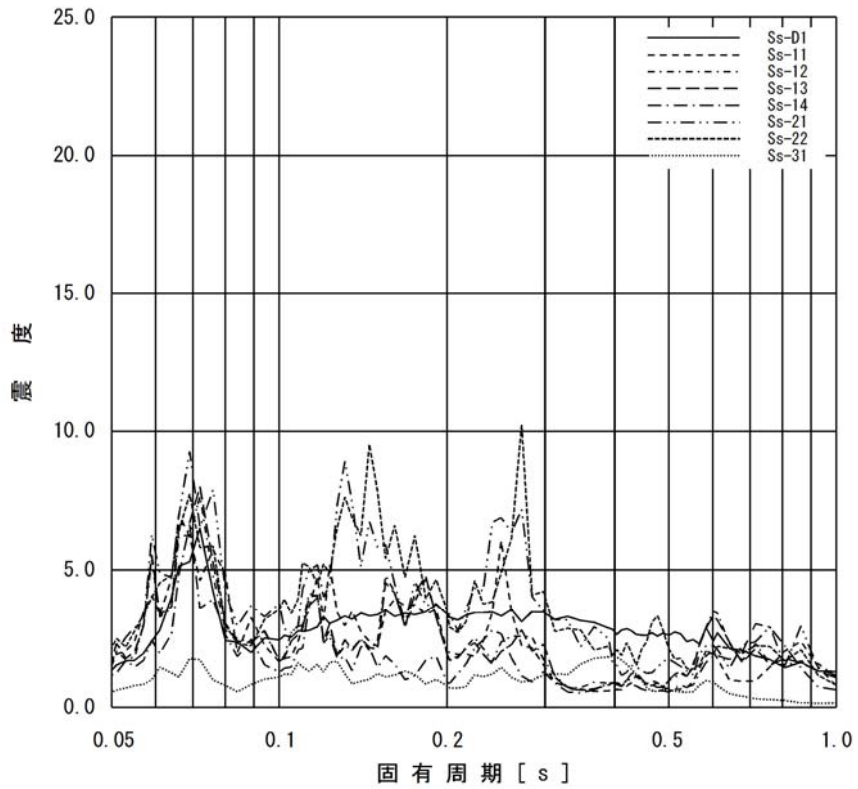
添付図 5-8 原子炉本体の基礎 (EL. -2.167m) の加速度応答スペクトル
(水平方向, 減衰定数 1.0%)



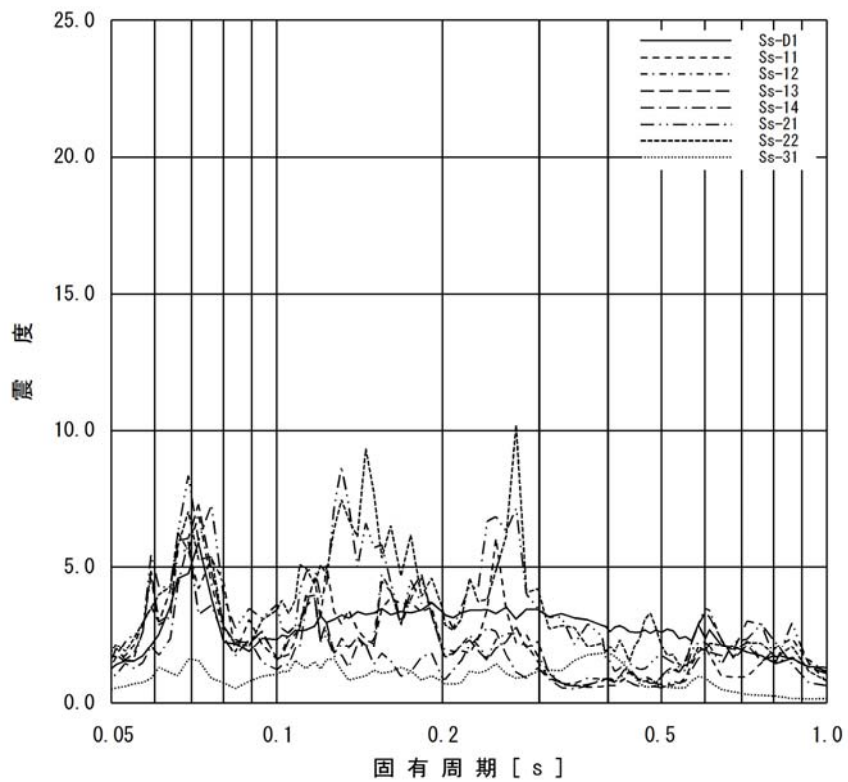
添付図 6-1 原子炉遮蔽 (EL. 34.643m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



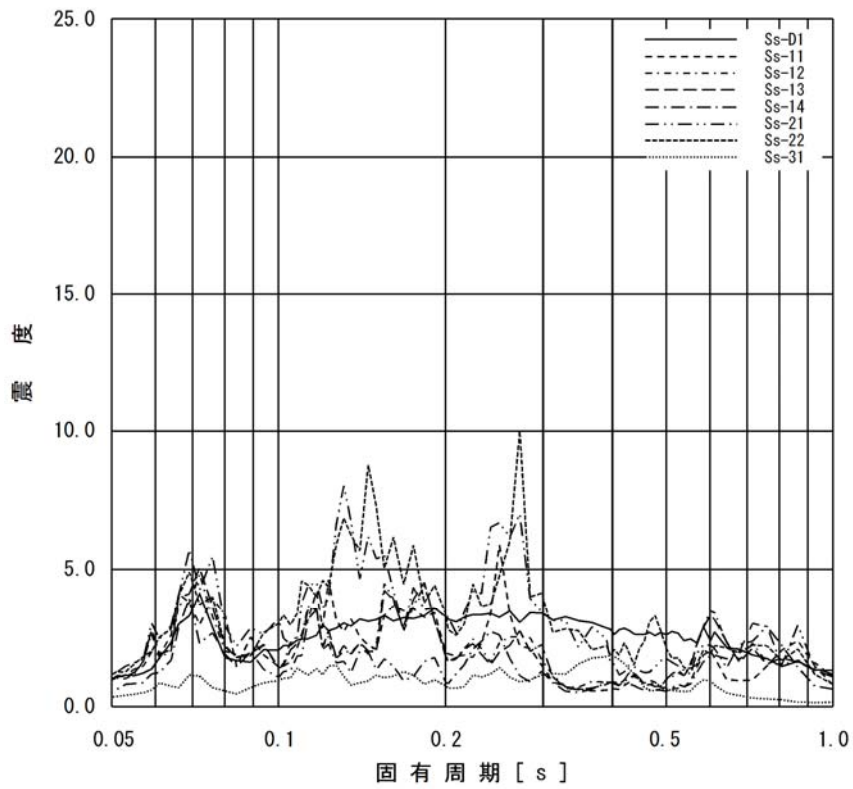
添付図 6-2 原子炉遮蔽 (EL. 28.308m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



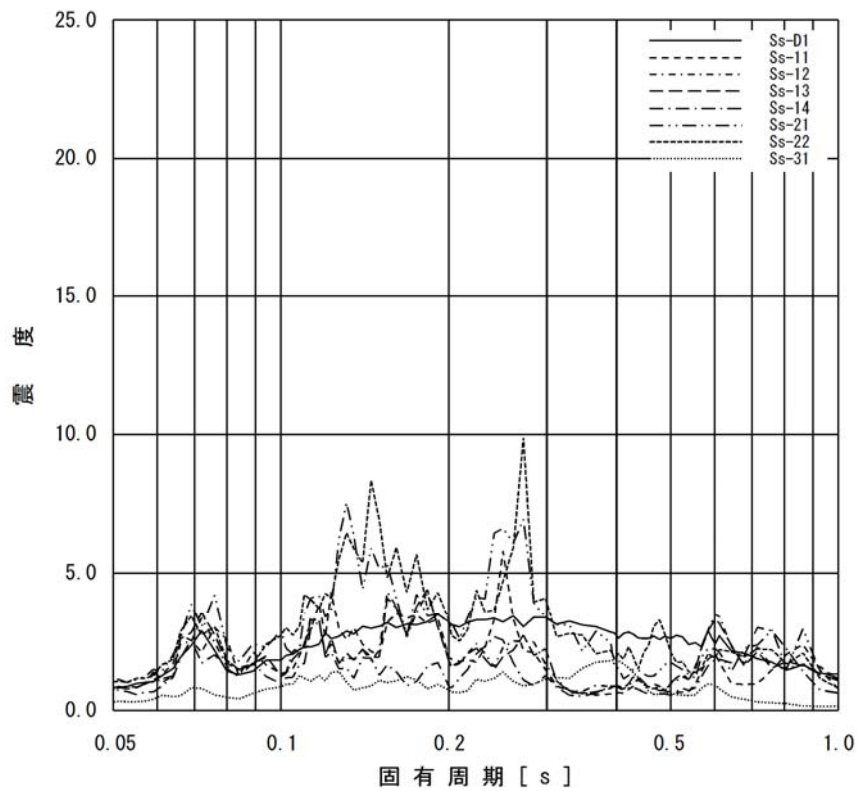
添付図 6-3 原子炉遮蔽 (EL. 25.212m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



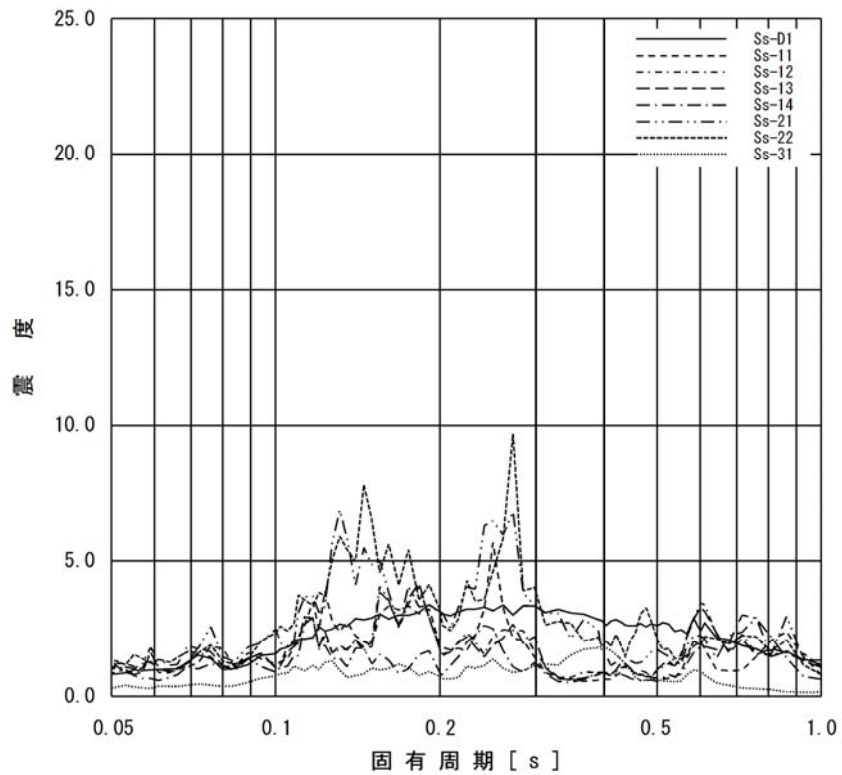
添付図 6-4 原子炉本体の基礎 (EL. 19.856m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



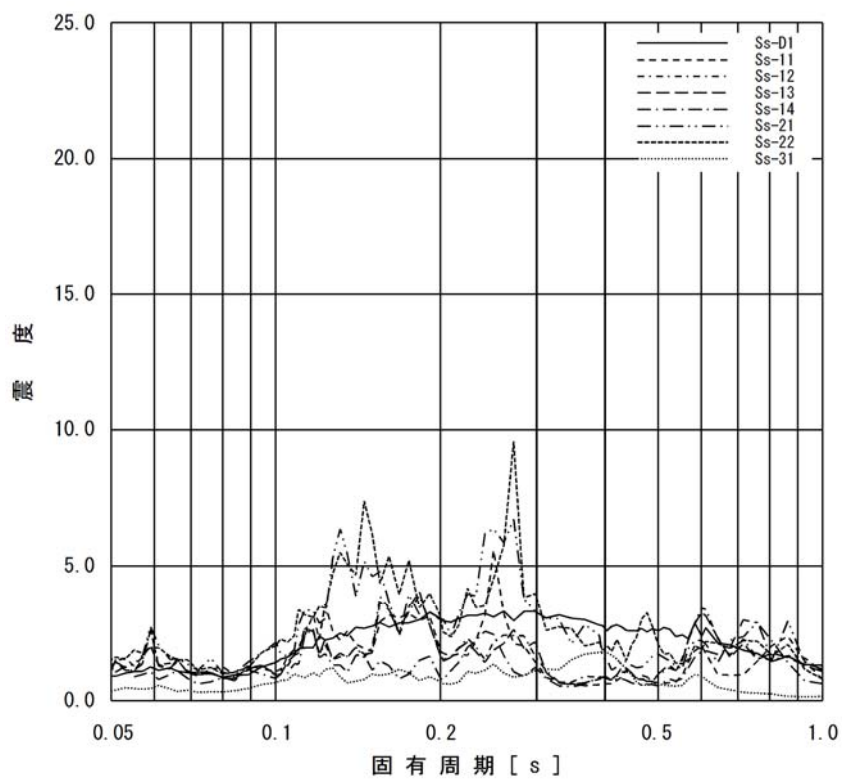
添付図 6-5 原子炉本体の基礎 (EL. 13.198m) の加速度応答スペクトル
(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)



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



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



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