

VI-2-別添 5 代替淡水源を監視するための設備の
耐震性に関する説明書

VI-2-別添 5-1 代替淡水源を監視するための設備の耐震計算の方針

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	2
2.1 評価方針	2
2.2 評価対象設備	2
2.3 適用規格・基準等	5
2.4 記号の説明	6
2.5 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	8
4. 固有周期	8
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.3 設計用地震力	11
5.4 計算方法	11
6. 機能維持評価	14

1. 概要

本資料は、「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」（以下「技術基準規則」という。）第 54 条及び第 71 条並びにその「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」に適合する設計とするため、「11. 原子炉冷却系統施設（蒸気タービンを除く。）の基本設計方針，適用基準及び適用規格」にて耐震性を有する設計とした構内監視カメラ（ガスタービン発電機建物屋上）（以下「構内監視カメラ」という。）が，基準地震動 S_s による地震力に対して耐震性を有することを確認するための耐震計算方針について説明するものである。

なお，構内監視カメラへの基準地震動 S_s による地震力に対する耐震性の要求は，技術基準規則の第 5 条及び第 50 条の対象ではない。

代替淡水源を監視するための設備の計算結果は，VI-2-別添 5-2「代替淡水源を監視するための設備の耐震性についての計算書」に示すとともに，動的地震力の水平 2 方向及び鉛直方向の組合せに対する影響評価結果を VI-2-別添 5-3「代替淡水源を監視するための設備の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価」に示す。

2. 一般事項

2.1 評価方針

応力評価は、「5.2 荷重の組合せ及び許容応力」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容応力に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、機能維持評価は、地震時の応答加速度が機能確認済加速度以下であることを「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

耐震評価フローを図2-1 に示す。

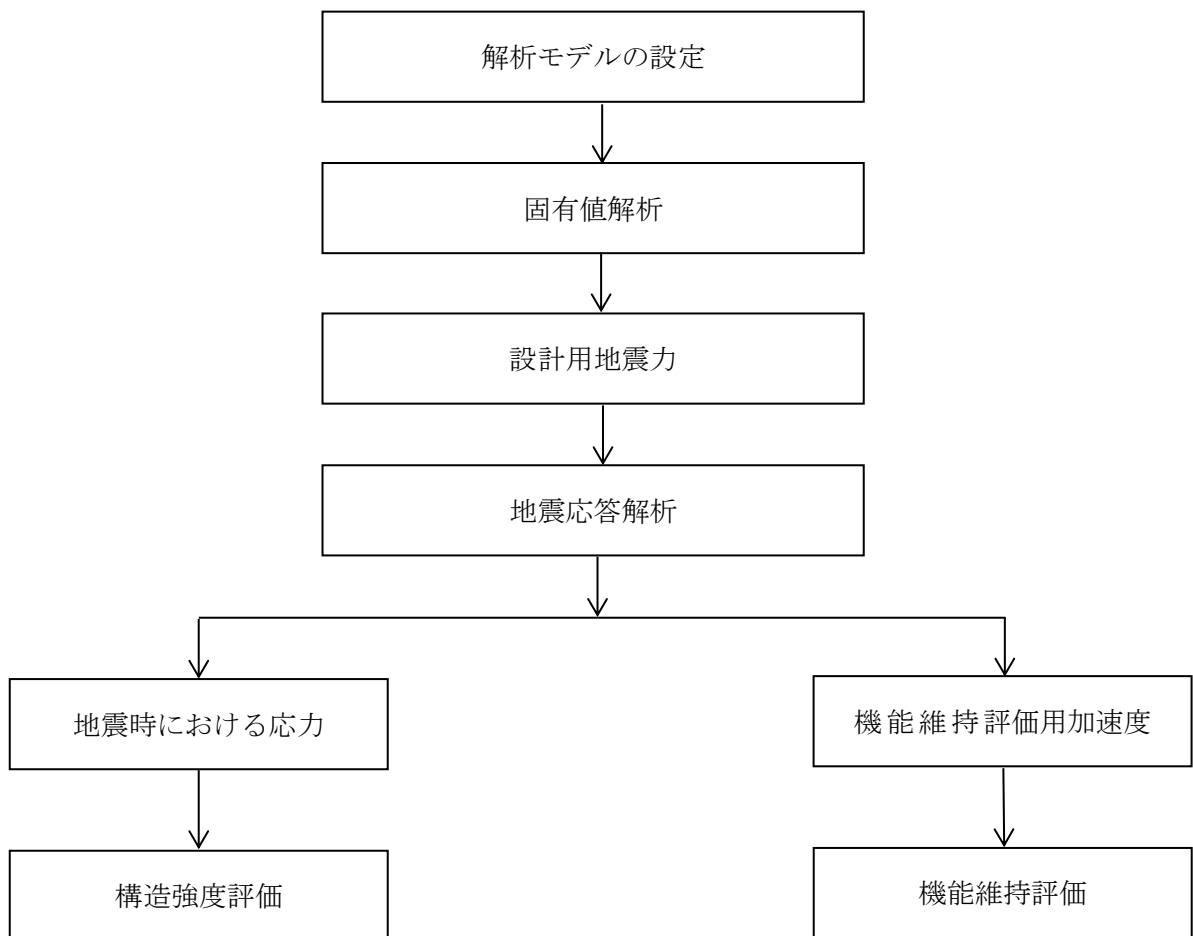


図 2-1 耐震評価フロー

2.2 評価対象設備

評価対象設備は、構内監視カメラを対象とする。

構内監視カメラの構造計画を表2-1に、配置図を図2-3に示す。

表 2-1 構内監視カメラの構造計画

機器名称	計画の概要		説明図
	基礎・支持構造	主体構造	
構内監視カメラ	監視カメラは、取付ボルトにて監視カメラ架台に固定する。 監視カメラ架台は、基礎ボルトにて基礎に設置する。	監視カメラ	図 2-2

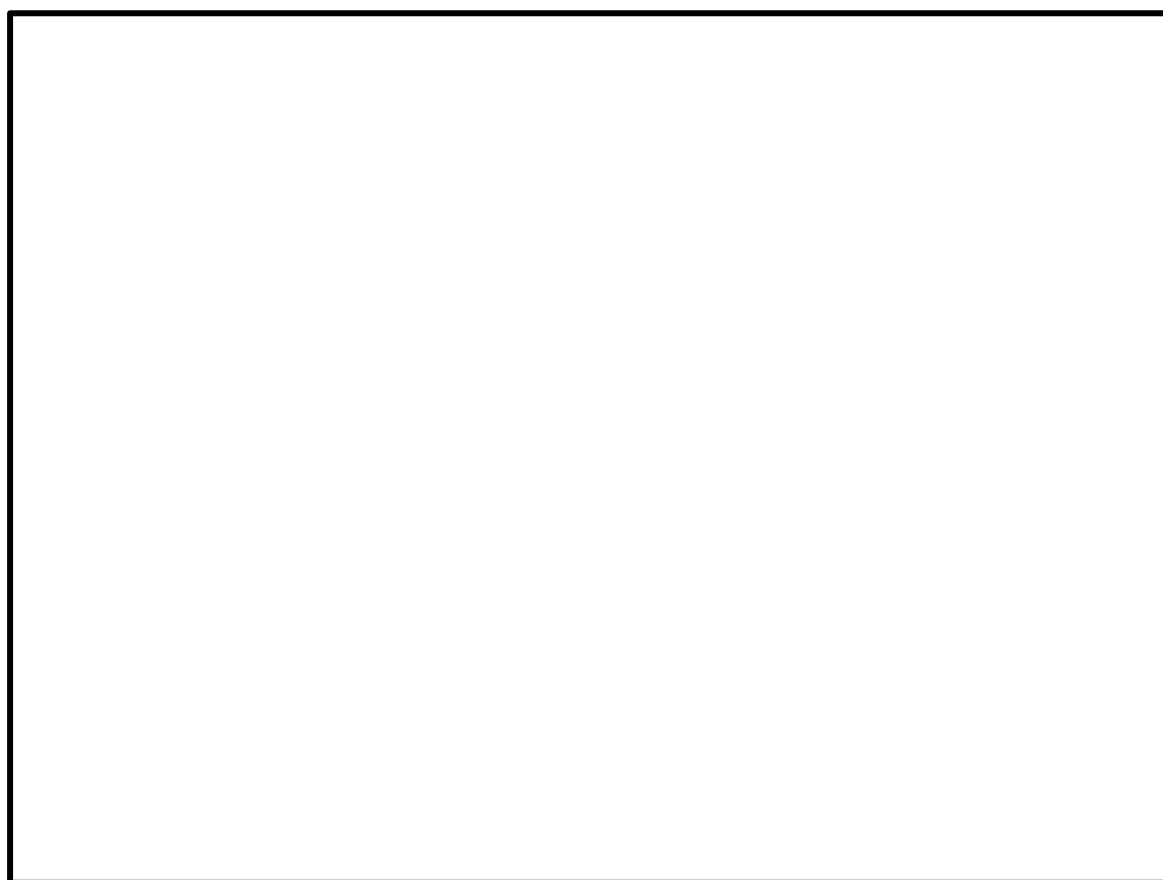


図 2-2 構内監視カメラの概要図

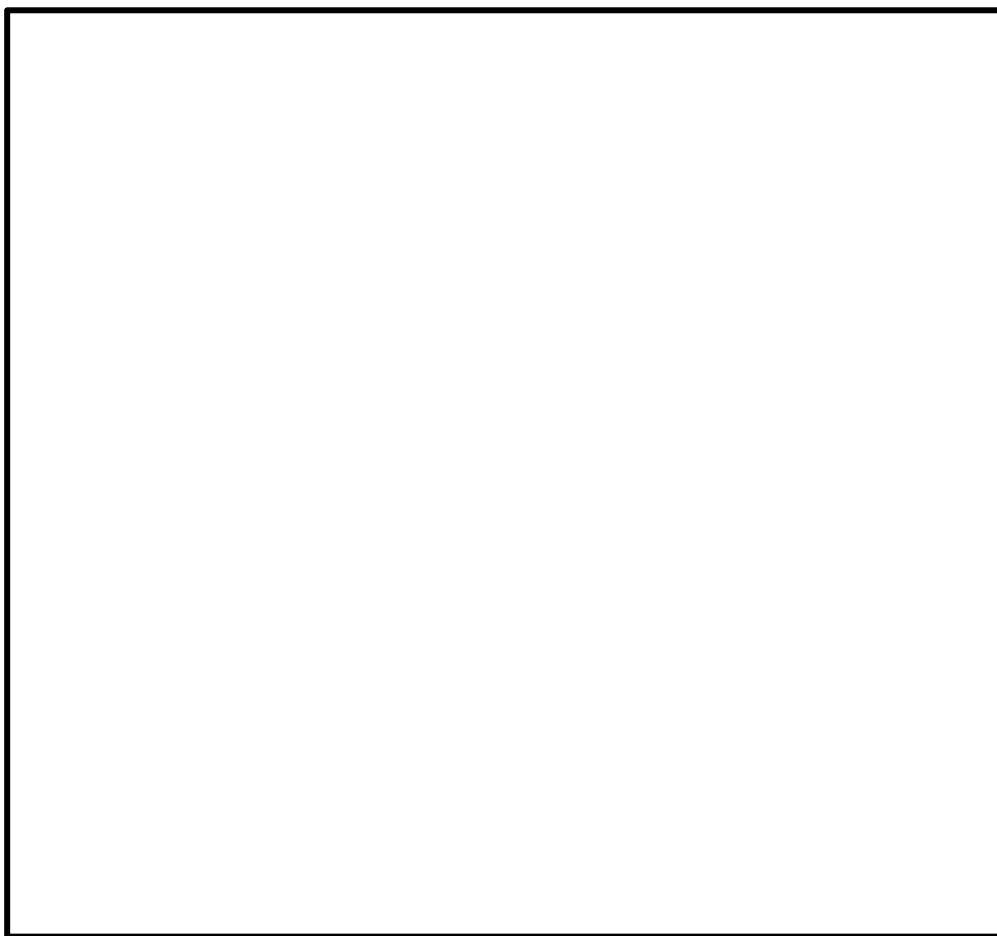


図 2-3 構内監視カメラの配置図

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）
- ・建築基準法・同施工令

2.4 記号の説明

表 2-2 構内監視カメラの応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1 本あたり) * ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力) * ¹	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ²	mm
l_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
l_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
m_i	質量* ²	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* ¹	—
P_{Ki}	風荷重* ¹	N
P_{Si}	積雪荷重* ¹	N
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* ¹	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃における値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

注記*1: A_{bi} , d_i , F_i , F_i^* , F_{bi} , f_{sbi} , f_{toi} , f_{tsi} , l_{1i} , l_{2i} , n_i , n_{fi} , P_{Ki} , P_{Si} , Q_{bi} , S_{ui} , S_{yi} , $S_{yi}(RT)$, σ_{bi} 及び τ_{bi} の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: 取付ボルト

*2 : h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: 取付面

*3 : $l_{1i} \leq l_{2i}$

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-3に示すとおりである。

表2-3 構内監視カメラの表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位* ¹
速度圧	N/m ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* ²
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* ²
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* ²
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力* ³	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記*1 : 設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2 : 絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*3 : 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

代替淡水源を監視するための設備の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、以下について評価を実施する。

(1) 構内監視カメラ

a. 基礎ボルト及び取付ボルト

構内監視カメラは、耐震性を有するガスタービン発電機建物にボルトで固定する。

構内監視カメラは、基準地震動 S_s による地震力に対し、主要な構造部位が、代替淡水源を監視する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、構内監視カメラを固定する基礎ボルト及び取付ボルトの許容限界は、基準地震動 S_s による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としている。これを踏まえ、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に準じて許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

4. 固有周期

構内監視カメラの固有周期は、3次元FEMモデルによる解析により求める。

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

5.1.1 構内監視カメラ

(1) 構内監視カメラの質量は重心に集中しているものとする。

(2) 地震力は構内監視カメラに対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。

また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、絶対値和を適用する。

(3) 構内監視カメラは監視カメラ架台に取付ボルトで固定されており、固定端とする。

また、監視カメラ架台は基礎に基礎ボルトで設置されており、固定端とする。

(4) 転倒方向*は、左右方向及び前後方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

(5) 構内監視カメラの重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。

(6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

注記*：構内監視カメラを正面より見て左右に転倒する場合を「左右方向転倒」、前方又は後方に転倒する場合を「前後方向転倒」という。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の種類

荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示す荷重を用いる。

5.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に示す、機器・配管系の荷重の組合せを用いる。地震と組み合わせるべき荷重としては、積雪荷重及び風荷重が挙げられる。地震と組み合わせる荷重の設定に当たっては、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の図3-1 耐震計算における風荷重及び積雪荷重の設定フローに基づき設定する。

構内監視カメラの荷重の組合せ及び許容応力状態を表5-1に示す。

5.2.3 許容応力

許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

構内監視カメラの許容限界を表5-2に示す。

5.2.4 ボルト許容応力

ボルトの許容組合せ応力 f_{tsi} を次式に示す。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \dots\dots\dots (5.2.4.1)$$

また、許容引張応力 f_{toi} 及び許容せん断応力 f_{sbi} は下表による。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{toi}	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

表 5-1 構内監視カメラの荷重の組合せ及び許容応力状態

施設分類	機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
SA	構内監視カメラ	常設/その他	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_K + P_S$ *3	IVAS
				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K + P_S$	VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)

注記*1: 「常設/その他」は常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備を示す。

*2: その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3: 「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K + P_S$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 5-2 構内監視カメラの許容限界

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	$1.5 \cdot f_t$ *	$1.5 \cdot f_s$ *
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)		

注記*1: 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2: 当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

5.3 設計用地震力

地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づく地震力を設定する。

5.4 計算方法

5.4.1 構内監視カメラの計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの構造強度評価

基礎ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。計算モデルを図5-1及び図5-2に示す。



図 5-1 計算モデル（前後方向転倒）



図 5-2 計算モデル（左右方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b1} = \frac{(m_1 \cdot g + 0.35 \cdot P_{S1}) \cdot \{C_H \cdot h_1 + (C_V - 1) \cdot \ell_{21}\} + P_{K1} \cdot h_1}{n_{f1} \cdot (\ell_{11} + \ell_{21})} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = (m_1 \cdot g + 0.35 \cdot P_{S1}) \cdot C_H + P_{K1} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

5.4.1.2 取付ボルトの構造強度評価

取付ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。計算モデルを図5-3及び図5-4に示す。



図5-3 計算モデル（前後方向転倒）

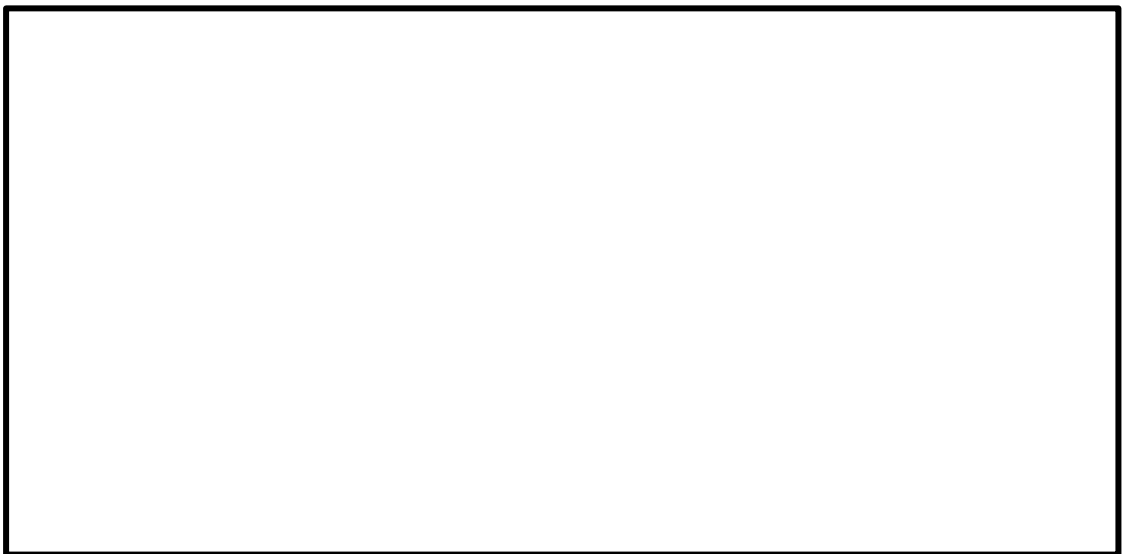


図5-4 計算モデル（左右方向転倒）

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、図5-3及び図5-4でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b2} = \frac{(m_2 \cdot g + 0.35 \cdot P_{S2}) \cdot \{C_H \cdot h_2 + (C_V - 1) \cdot \ell_{22}\} + P_{K2} \cdot h_2}{n_{f2} \cdot (\ell_{12} + \ell_{22})} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = (m_2 \cdot g + 0.35 \cdot P_{S2}) \cdot C_H + P_{K2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

6. 機能維持評価

構内監視カメラは、機能維持評価用加速度と機能確認済加速度との比較により、地震後の電氣的機能を評価する。

機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度を設定する。

機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき加振試験により確認した加速度を用いることとし、個別計算書にその旨を記載する。

VI-2-別添 5-2 代替淡水源を監視するための設備の耐震性についての
計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
4.1 固有値解析方法	7
4.2 解析モデル及び諸元	7
4.3 固有値解析結果	8
5. 構造強度評価	10
5.1 構造強度評価方法	10
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
5.3 設計用地震力	14
5.4 計算方法	15
5.5 計算条件	19
5.6 応力の評価	20
6. 機能維持評価	21
6.1 電氣的機能維持評価方法	21
7. 評価結果	22
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	22

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 5-1「代替淡水源を監視するための設備の耐震計算の方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、構内監視カメラ（ガスタービン発電機建物屋上）（以下「構内監視カメラ」という。）が、基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

構内監視カメラは、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

構内監視カメラの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
監視カメラは、取付ボルトにて監視カメラ架台に固定する。 監視カメラ架台は、基礎ボルトにて基礎に設置する。	監視カメラ	

2.2 評価方針

構内監視カメラの応力評価は、VI-2-別添 5-1「代替淡水源を監視するための設備の耐震計算の方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す構内監視カメラの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、構内監視カメラの機能維持評価は、VI-2-別添 5-1「代替淡水源を監視するための設備の耐震計算の方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

構内監視カメラの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

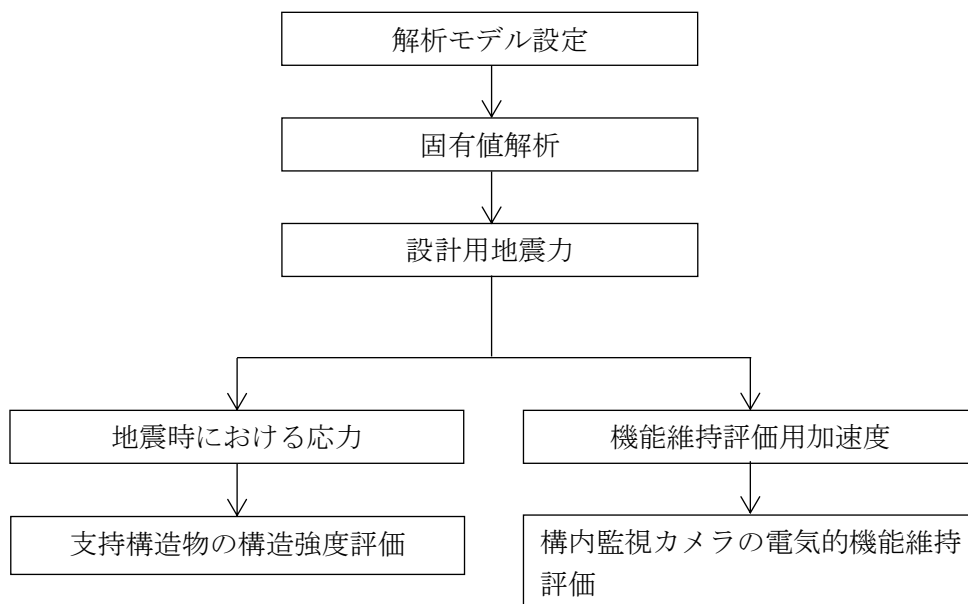


図 2-1 構内監視カメラの耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984
((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)
- ・建築基準法・同施行令

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1 本あたり) * ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力) * ¹	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ²	mm
l_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離* ^{1, *3}	mm
l_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離* ^{1, *3}	mm
m_i	質量* ²	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* ¹	—
P_{Ki}	風荷重* ¹	N
P_{Si}	積雪荷重* ¹	N
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* ¹	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃における値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

注記*1: A_{bi} , d_i , F_i , F_i^* , F_{bi} , f_{sbi} , f_{toi} , f_{tsi} , l_{1i} , l_{2i} , n_i , n_{fi} , P_{Ki} , P_{Si} , Q_{bi} , S_{ui} , S_{yi} , $S_{yi}(RT)$, σ_{bi} 及び τ_{bi} の添字*i*の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: 取付ボルト

*2: h_i 及び m_i の添字*i*の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: 取付面

*3: $l_{1i} \leq l_{2i}$

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
速度圧	N/m ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

構内監視カメラの耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。

構内監視カメラの耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有値解析方法

構内監視カメラの固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 構内監視カメラは、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す 3 次元 FEM モデルとする。

4.2 解析モデル及び諸元

構内監視カメラの解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【構内監視カメラの耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 構内監視カメラははり要素でモデル化し、リブはシェル要素でモデル化する。
- (2) 構内監視カメラのカメラ本体，機器収納箱，取付板及びベースプレートの質量は，それぞれの重心位置に集中質量として付加する。
- (3) 構内監視カメラの取付板及び L 鋼の積雪荷重は，積雪面積を算出して集中質量として付加する。機器収納箱部の積雪荷重は，機器収納箱と C 鋼の投影面積を合わせた部分を機器収納箱にかかる積雪面積とし，集中質量として付加する。カメラ本体は，頂部が球状となっているため，雪は積もらないものとし除外する。
- (4)
- (5)
- (6) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。
- (7) 解析コードは，「MSC NASTRAN」を使用し，固有値を求める。

なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

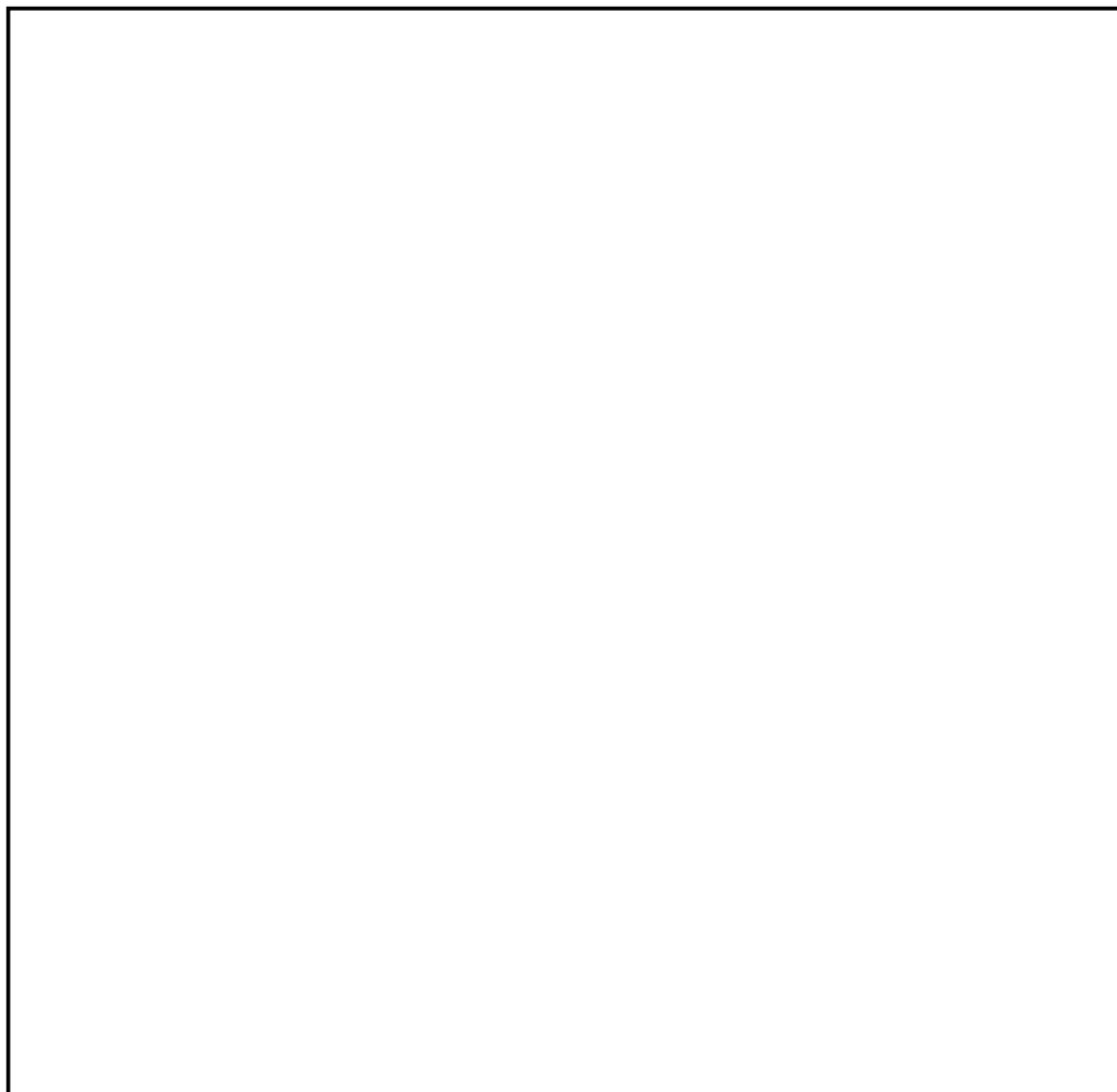


図4-1 解析モデル

4.3 固有値解析結果

固有値解析の結果を表4-1，振動モード図を図4-2に示す。固有周期は，0.05秒以下であり，剛構造であることを確認した。

表4-1 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期(s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
			X方向	Z方向	
1次	水平	<input type="text"/>	—	—	—

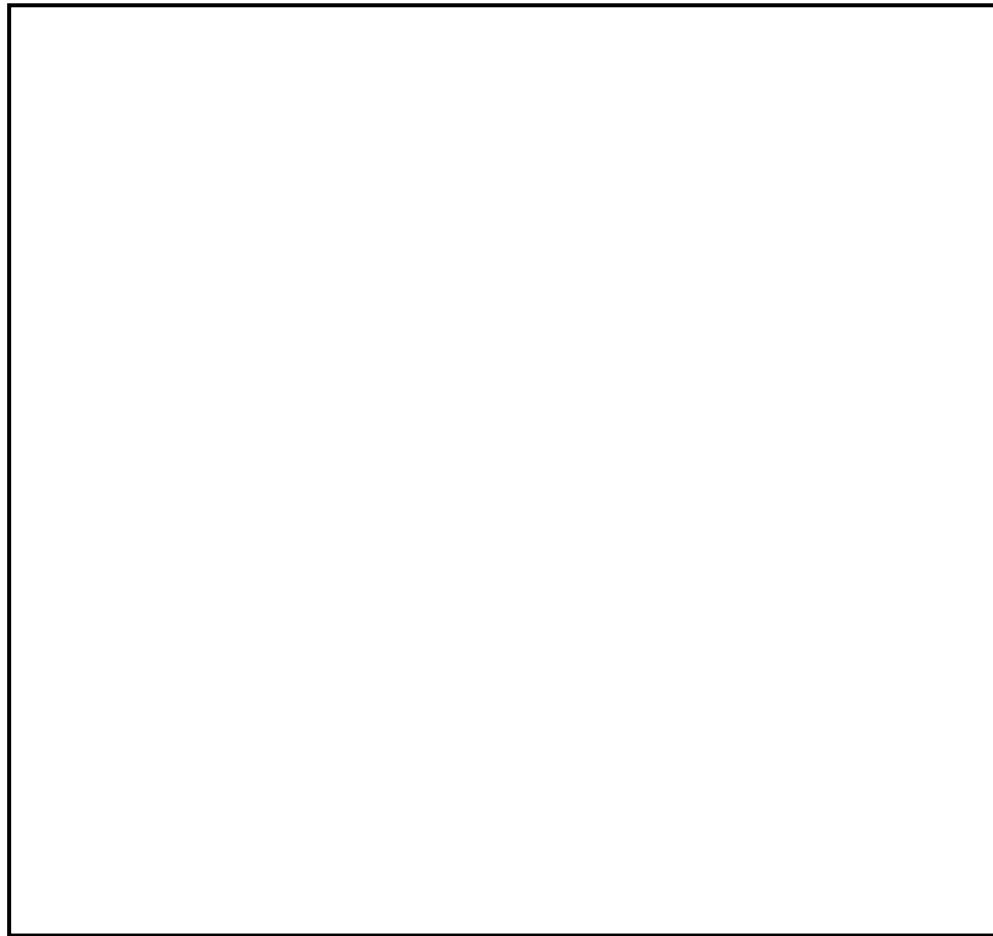


図 4-2 振動モード (1 次モード 水平方向 s)

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 構内監視カメラの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は構内監視カメラに対して、水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。
また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、絶対値和を適用する。
- (3) 構内監視カメラは監視カメラ架台に取付ボルトで固定されており、固定端とする。
また、監視カメラ架台は基礎に基礎ボルトで設置されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向*は、正面より見て左右方向及び前後方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 構内監視カメラの重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

注記*：構内監視カメラの正面を正面より見て左右に転倒する場合を「左右方向転倒」、前方又は後方に転倒する場合を「前後方向転倒」という。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

構内監視カメラの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

構内監視カメラの許容応力は、VI-2-別添 5-1「代替淡水源を監視するための設備の耐震計算の方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

構内監視カメラの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

5.2.4 風荷重

風荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、風速 30m/s を使用し、構内監視カメラの形状、風向きを踏まえ、作用する風圧力を算出する。風圧力の算出の基準となる基準速度圧を表 5-4 に示す。

5.2.5 積雪荷重

積雪荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、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、構内監視カメラの形状を踏まえ、算出する。算出した積雪荷重を表 5-5 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系 統施設	非常用炉心 冷却設備そ の他原子炉 注水設備	構内監視カメラ	常設/その他	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_K + P_s^{*3}$	IVAS
	$D + P_{sAD} + M_{sAD} + S_s + P_K + P_s$				VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)	

注記*1：「常設/その他」は常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：「 $D + P_{sAD} + M_{sAD} + S_s + P_K + P_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2} (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV _A S	1.5・f _t [*]	1.5・f _s [*]
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
取付ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

表 5-4 基準速度圧

(単位 : N/m²)

作用する部位	基準速度圧
構内監視カメラ	<input type="text"/>

表 5-5 積雪荷重

(単位 : N)

作用する部位	積雪荷重
構内監視カメラ	<input type="text"/>

5.3 設計用地震力

構内監視カメラの設計用地震力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-6 に示す。

「基準地震動 S_s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-6 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
ガスタービン 発電機建物 EL <input type="text"/> * ¹	<input type="text"/>	0.05 以下	—	—	C _H = <input type="text"/> * ²	C _V = <input type="text"/> * ²

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II（基準地震動 S_s）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。



図5-1 計算モデル（前後方向転倒）



図5-2 計算モデル（左右方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b1} = \frac{(m_1 \cdot g + 0.35 \cdot P_{S1}) \cdot \{C_H \cdot h_1 + (C_V - 1) \cdot l_{21}\} + P_{K1} \cdot h_1}{n_{f1} \cdot (l_{11} + l_{21})} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = (m_1 \cdot g + 0.35 \cdot P_{S1}) \cdot C_H + P_{K1} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

5.4.1.2 取付ボルトの計算方法

取付ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。



図5-3 計算モデル（前後方向転倒）

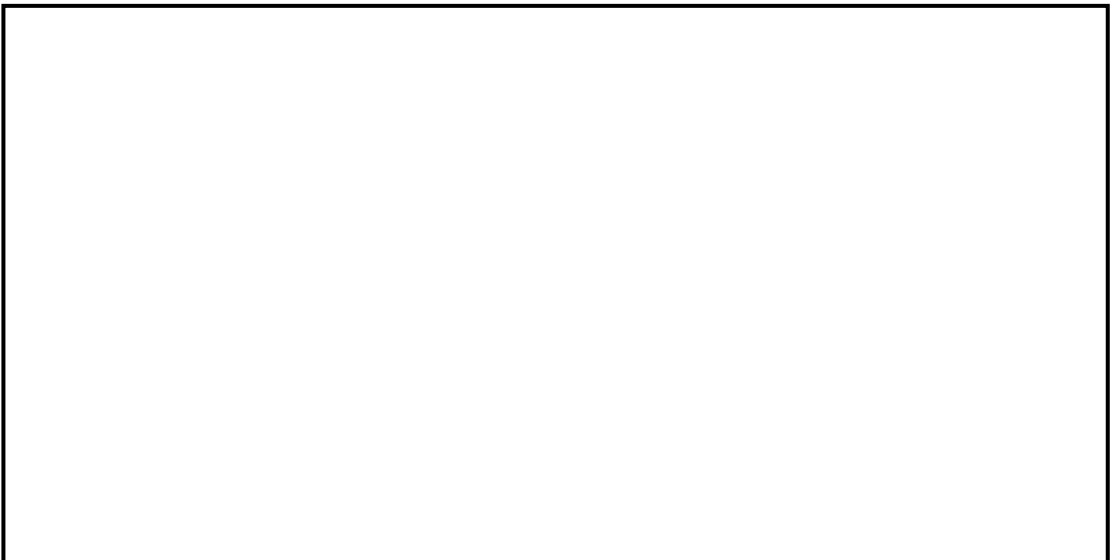


図5-4 計算モデル（左右方向転倒）

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、図5-3及び図5-4でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b2} = \frac{(m_2 \cdot g + 0.35 \cdot P_{S2}) \cdot \{C_H \cdot h_2 + (C_V - 1) \cdot l_{22}\} + P_{K2} \cdot h_2}{n_{f2} \cdot (l_{12} + l_{22})} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = (m_2 \cdot g + 0.35 \cdot P_{S2}) \cdot C_H + P_{K2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【構内監視カメラの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.5.2 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【構内監視カメラの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容組合せ応力 f_{tsi} 以下であること。ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} は下表による。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{toi}	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

構内監視カメラの電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

構内監視カメラの機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の監視カメラのサインビート波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した加振台の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

機器名称	方向	機能確認済加速度
構内監視カメラ	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

構内監視カメラの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【構内監視カメラの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
構内監視カメラ	常設/その他	ガスタービン発電機建物 EL <input type="text"/> *1	<input type="text"/>	0.05 以下	—	—	C _H = <input type="text"/> *2	C _V = <input type="text"/> *2	<input type="text"/>

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/> *1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/> *1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

部材	ℓ _{1 i} *2 (mm)	ℓ _{2 i} *2 (mm)	n _{f i} *2	P _{K i} (N)	P _{S i} (N)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/> *1	<input type="text"/> *1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	前後方向
	<input type="text"/> *1	<input type="text"/> *1	<input type="text"/>						
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/> *1	<input type="text"/> *1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	<input type="text"/>	—	前後方向
	<input type="text"/> *1	<input type="text"/> *1	<input type="text"/>						

注記*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

*2：各ボルトの機器要目における上段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{bi}		Q _{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	引張	—	—	$\sigma_{b1} = $ <input type="text"/>	$f_{ts1} = $ <input type="text"/> *
		せん断	—	—	$\tau_{b1} = $ <input type="text"/>	$f_{sb1} = $ <input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	引張	—	—	$\sigma_{b2} = $ <input type="text"/>	$f_{ts2} = $ <input type="text"/> *
		せん断	—	—	$\tau_{b2} = $ <input type="text"/>	$f_{sb2} = $ <input type="text"/>

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
構内監視カメラ	水平方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	鉛直方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 機器諸元

項目		記号	単位	入力値
材質 (SUS304)	縦弾性係数	E	MPa	<input type="text"/>
	ポアソン比	ν	—	<input type="text"/>
温度条件 (周囲環境温度)		T	°C	<input type="text"/>
質量		m	kg	<input type="text"/>
要素数		—	個	<input type="text"/>
節点数		—	個	<input type="text"/>

(2) 部材の機器要目

対象部材	支持柱		リブ	鋼材	
	鋼管 (250A)	鋼管 (300A)	鋼板	L 鋼	C 鋼
材料					
断面積 A (mm ²)			—*		
断面形状 (mm)	 (a×b)	 (a×b)	 (a)	 (a×b×c)	 (a×b×c×d)

注記* : シェル要素

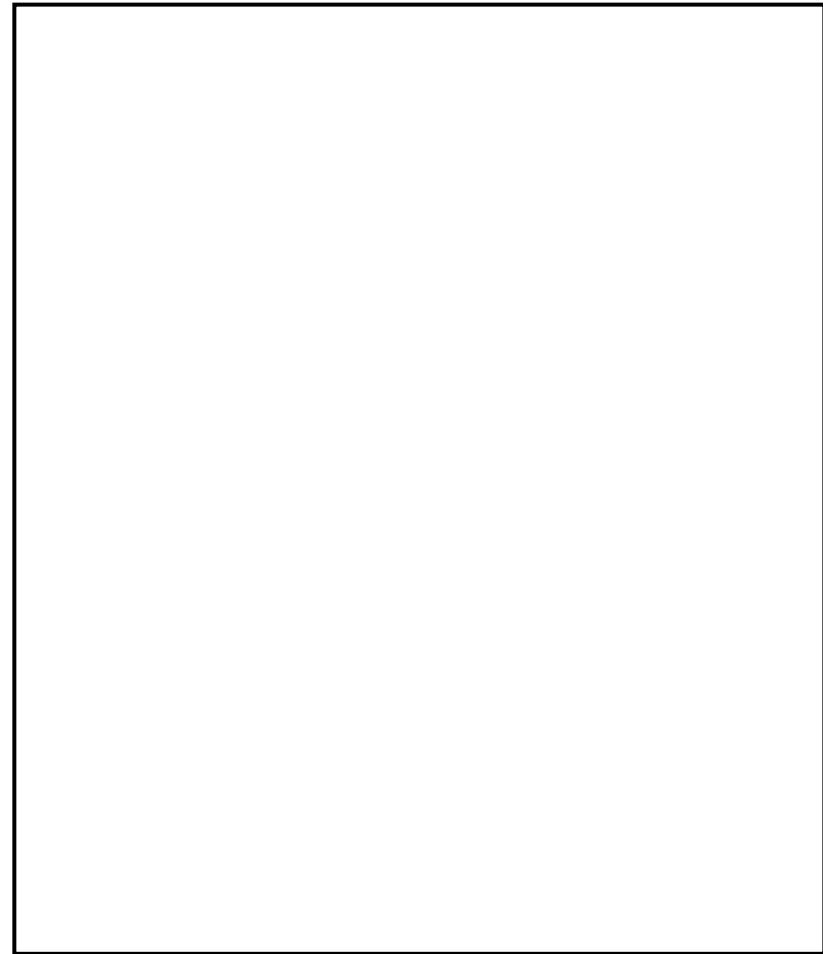
側面
(前後方向)

正面
(左右方向)



側面
(前後方向)

正面
(左右方向)



VI-2-別添 5-3 代替淡水源を監視するための設備の水平 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

目 次

1. 概要	1
2. 影響評価	1
2.1 基本方針	1
2.2 評価条件及び評価方法	1
3. 評価結果	4
3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出	4
3.2 建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討による機器・配管系への影響の 検討結果	4
3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価	4
3.4 まとめ	5

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 5-1「代替淡水源を監視するための設備の耐震計算の方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、代替淡水源を監視するための設備が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認するため、動的地震力の水平 2 方向及び鉛直方向の組合せに関する影響評価について説明するものである。

2. 影響評価

2.1 基本方針

代替淡水源を監視するための設備に関する、水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、VI-2-1-8「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方針」の「4.2 機器・配管系」の評価方針及び評価方法を踏まえて、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

2.2 評価条件及び評価方法

VI-2-1-8「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方針」の「4. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価方針」を踏まえて、基準地震動 S_s による地震力に対して耐震評価を実施する設備のうち、従来の設計手法における水平 1 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた耐震計算（以下「従来の計算」という。）に対して、設備の構造特性から水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のあるものを抽出し、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。影響評価フローを図 2-1 に示す。

(1) 評価対象となる設備の整理

代替淡水源を監視するための設備のうち、基準地震動 S_s による地震力に対してその機能が維持できることを確認する設備を評価対象とする。（図 2-1①）

(2) 構造上の特徴による抽出

構造上の特徴から水平 2 方向の地震力が重畳する観点、若しくは応答軸方向以外の振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点にて検討を行い、水平 2 方向の地震力による影響の可能性のある設備を抽出する。（図 2-1②）

(3) 発生値の増分による抽出

水平 2 方向の地震力による影響の可能性のある設備に対して、水平 2 方向の地震力が各方向 1:1 で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した発生値の増分を用いて影響を検討し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

また、建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討により、機器・配管系への影響の可

能性がある部位が抽出された場合は、機器・配管系への影響を評価し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

影響の検討は、機種ごとの分類に対して地震力の寄与度に配慮し耐震裕度が小さい設備（部位）を対象とする。（図2-1③）

(4) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

(3)の検討において算出された荷重や応力を用いて、設備が有する耐震性への影響を検討する。（図2-1④）

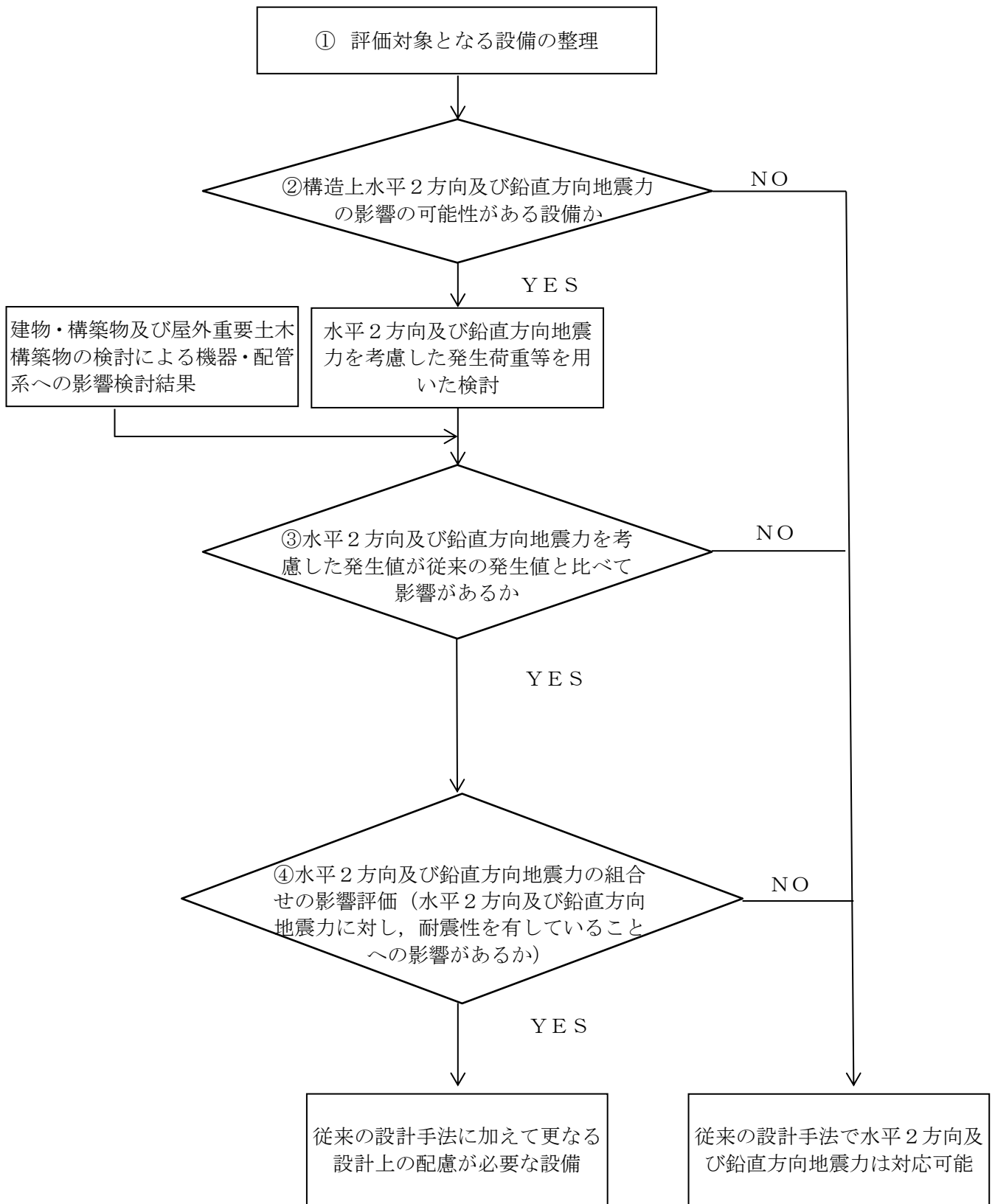


図 2-1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した影響評価フロー

3. 評価結果

3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

水平2方向及び鉛直方向地震力の評価対象設備を表3-1に示す。VI-2-1-8「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方針」の「4.2 機器・配管系」の評価設備（部位）の抽出方法を踏まえ、評価対象設備の各評価部位、応力分類に対し構造上の特徴から、水平2方向の地震力による影響を以下の項目により検討し影響の可能性のある設備を抽出した。

(1) 水平2方向の地震力が重畳する観点

評価対象設備は、水平1方向の地震に加えて、さらに水平直交方向に地震力が重畳した場合、水平2方向の地震力による影響を検討し、影響が軽微な設備以外の影響検討が必要となる可能性があるものとして抽出した。なお、ここでの影響が軽微な設備とは、構造上の観点から発生応力への影響に着目し、その増分が1割程度以下となる設備を分類しているが、水平1方向地震力による裕度（許容応力／発生応力）が1.1未満の設備については、個別に検討を行うこととする。

(2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点

水平方向とその直交方向が相関する振動モードが生じることで有意な影響が生じる可能性がある設備を抽出した。

(3) 水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点

(1)及び(2)にて影響の可能性のある設備について、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の計算による発生値と比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。

3.2 建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討による機器・配管系への影響の検討結果

建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討において、代替淡水源を監視するための設備への影響を検討した結果、耐震性への影響が懸念されるものは抽出されなかった。

3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

表3-2にて抽出された設備について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価に該当する設備はなかった。

3.4 まとめ

代替淡水源を監視するための設備について、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した場合でも代替淡水源を監視するための設備が有する耐震性への影響がないことを確認したため、従来の計算に加えて更なる設計上の配慮が必要な設備はない。

表 3-1 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価対象設備

設備名称	評価部位
構内監視カメラ (ガスタービン発電機建物屋上)	基礎ボルト 取付ボルト

表 3-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (1/2)

(1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	3.1(1) 水平 2 方向の地震力が重畳する観点 (以下「重畳の観点」という。) ○ : 影響あり △ : 影響軽微	3.1(2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード (ねじれ振動等) が生じる観点 (以下「ねじれ振動等の観点」という。) × : 発生しない ○ : 発生する	3.1(3) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力の増分の観点 (以下「増分の観点」という。) ○ : 影響あり — : 該当なし	抽出結果
構内監視カメラ (ガスタービン発電機建物屋上)	△ (取付ボルト) 一次応力 (引張) *	×	—	ボルトは矩形配置であり, 水平 2 方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果, 水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより, 影響は軽微である。

注記*: 評価上厳しい応力を記載する。

表 3-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果 (2/2)

(2) 機能維持評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	3.1(1) 重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	3.1(2) ねじれ振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	3.1(3) 増分の観点 ○：影響あり —：該当なし	検討結果
構内監視カメラ (ガスタービン 発電機建物屋 上)	△	×	—	掃引試験結果において、X、Y各成分に共振点はなく、出力変動を生じないことを確認していることから、X、Y 2 方向成分にも共振点はないものと考えられる。よって、X、Y 2 方向入力に対しても応答増加は生じないものと考えられることから、水平 2 方向入力の影響は軽微である。

VI-2-別添 6 漂流防止装置の耐震性に関する説明書

VI-2-別添 6-1 漂流防止装置の耐震計算の方針

目 次

1. 概要	1
2. 耐震評価の基本方針	2
2.1 評価対象施設	2
3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	6
3.1 荷重及び荷重の組合せ	6
3.1.1 荷重の種類	6
3.1.2 荷重の組合せ	6
3.2 許容限界	6
4. 耐震評価方法	8
4.1 地震応答解析	8
4.1.1 入力地震動	9
4.1.2 解析方法及び解析モデル	9
4.2 耐震評価	9
4.2.1 耐震評価方法	9
4.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮	9
5. 適用規格・基準等	10

1. 概要

本資料は、漂流防止装置が「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」第6条及び第51条並びに「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解釈」に適合する設計とするため、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」のうちVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」にて設定している漂流防止装置が基準地震動 S_s による地震力に対して耐震性を有することを確認するための耐震計算の方針について説明するものである。

なお、漂流防止装置は、技術基準規則の第5条及び第50条の対象ではないが、地震後の繰返しの来襲を想定した津波に対し、燃料輸送船及びLLW輸送船を係留できることが要求され、地震後もその機能を保持するため、漂流防止装置が基準地震動 S_s による地震力に対して耐震性を有することを確認する。

漂流防止装置の耐震計算結果は、VI-2-別添 6-2「漂流防止装置の耐震性についての計算書」に示すとともに、動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せに対する各設備の影響評価結果はVI-2-別添 6-3「漂流防止装置の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価」に示す。

2. 耐震評価の基本方針

耐震評価は、「2.1 評価対象施設」に示す評価対象施設を対象として、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」で示す基準地震動 S_s による地震力と組み合わせるべき他の荷重による組合せ荷重により生じる応力、断面力又は変形量が、「3.2 許容限界」で示す許容限界以下であることを「4. 耐震評価方法」に示す評価方法を使用し、「5. 適用規格・基準等」に示す適用規格・基準等を用いて確認する。

漂流防止装置は、基準地震動 S_s による地震力に対して、その機能を維持できる設計とすることを踏まえ、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を適切に組み合わせ評価を実施する。影響評価方法は「4.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮」に示す。

2.1 評価対象施設

評価対象施設は、漂流防止装置を構成する漂流防止装置（係船柱）及び漂流防止装置基礎（荷揚護岸，多重鋼管杭）を対象とする。漂流防止装置（係船柱）及び漂流防止装置基礎（荷揚護岸，多重鋼管杭）の構造概要を表 2-1 に示す。

表 2-1(1) 構造計画 (漂流防止装置 (係船柱))

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
漂流防止装置 (係船柱) は, アンカーボルトにより漂流防止装置基礎 (荷揚護岸, 多重鋼管杭) に据え付ける構造とする。	漂流防止装置 (係船柱) は, 係船柱, アンカーボルト及びアンカー板から構成する。	<p>(平面図)</p> <p>(アンカー図)</p> <p>(正面図)</p> <p>(単位 : mm)</p>

表 2-1(2) 構造計画 (漂流防止装置基礎 (荷揚護岸))

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
漂流防止装置基礎 (荷揚護岸) は岩盤に支持される。	漂流防止装置基礎 (荷揚護岸) は、基礎コンクリート、セルラーブロック (コンクリート詰) 及び上部工 (無筋・有筋) から構成する。上部工 (有筋) 上部に漂流防止装置 (係船柱) を設置する。	<p>概略構造図</p> <p>▽EL 6.0m</p> <p>埋戻土</p> <p>岩盤</p> <p>基礎コンクリート</p> <p>セルラーブロック (コンクリート詰)</p> <p>上部工 (有筋)</p> <p>上部工 (無筋)</p> <p>漂流防止装置 (係船柱)</p>

表 2-1(3) 構造計画 (漂流防止装置基礎 (多重鋼管杭))

計画の概要		概略構造図	
基礎・支持構造	主体構造		
漂流防止装置基礎 (多重鋼管杭) は、岩盤に支持される。	漂流防止装置基礎 (多重鋼管杭) は、鋼管を多重化し、鋼管内をコンクリート又はモルタルで充填した多重鋼管構造とする。 上部に漂流防止装置 (係船柱) を設置する。	<p>漂流防止装置 (係船柱) ▽ (天端高さ) EL 7000 ▽ (地盤高さ) EL 6000 外管: φ2200×t50 内管: φ2000×t50 埋戻土 ▽ (岩盤高さ) EL 2000 中詰コンクリート モルタル 岩盤 ▽ (杭下端高さ) EL-11000 Φ2200 (根入れ長さ) 13000 4000 1000</p>	<p>漂流防止装置 (係船柱) ▽ (天端高さ) EL 7000 ▽ (地盤高さ) EL 6000 外管: φ2200×t50 内管: φ2000×t50 埋戻土 ▽ (岩盤高さ) EL-5500 中詰コンクリート モルタル 岩盤 ▽ (杭下端高さ) EL-18500 Φ2200 (根入れ長さ) 13000 11500 1000</p>

(単位: mm)

3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

漂流防止装置の耐震評価に用いる荷重及び荷重の組合せを「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「3.2 許容限界」に示す。

3.1 荷重及び荷重の組合せ

3.1.1 荷重の種類

耐震評価において考慮する荷重は以下のとおり。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重は、持続的に生じる荷重であり、当該設備の自重とする。

(2) 地震荷重 (S_s)

地震荷重は、基準地震動 S_s により定まる地震力とする。

(3) 積雪荷重 (P_s)

漂流防止装置基礎 (荷揚護岸, 多重鋼管杭) は 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」に従い、積雪荷重を考慮する。

3.1.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは、VI-2-1-9 「機能維持の基本方針」に示す荷重の組合せを踏まえて設定する。

3.2 許容限界

許容限界は、漂流防止装置を構成する施設ごとに設定する。

漂流防止装置を構成する漂流防止装置 (係船柱) 及び漂流防止装置基礎 (荷揚護岸, 多重鋼管杭) の荷重の組合せ及び許容限界を表 3-1 に示す。

表 3-1 漂流防止装置（係船柱）及び漂流防止装置基礎（荷揚護岸，多重鋼管杭）の荷重の組合せ及び許容限界

施設名称	荷重の組合せ	評価部位	要求機能	機能維持のための考え方	許容限界
漂流防止装置 （係船柱）	G + S _s	係船柱	漂流防止機能	<ul style="list-style-type: none"> 発生する応力（曲げ応力及びコンクリートの支圧応力）が許容限界以下であることを確認 許容限界には短期許容応力度を採用 	短期許容応力度
		アンカーボルト	支持機能	<ul style="list-style-type: none"> 発生する応力（引張応力，せん断応力）が許容限界以下であることを確認 許容限界には短期許容応力度を採用 	短期許容応力度
		アンカー板		<ul style="list-style-type: none"> 発生する応力（曲げ応力，コンクリートの支圧応力及びせん断応力）が許容限界以下であることを確認 許容限界には短期許容応力度を採用 	短期許容応力度
漂流防止装置基礎 （荷揚護岸，多重鋼管杭）	G + S _s + P _s	漂流防止装置基礎（荷揚護岸）	支持機能	<ul style="list-style-type: none"> 地震後においても構造を保持し，漂流防止装置（係船柱）を支持する必要があることから，変形性を確認 変形性の確認として，残留変形量が許容限界以下であることを確認 許容限界には許容残留変形量を採用 	許容残留変形量
		鋼管杭		<ul style="list-style-type: none"> 地震後においても構造を保持し，漂流防止装置（係船柱）を支持する必要があることから，変形性を確認 変形性の確認として，発生する断面力（曲げ・軸力）及び応力（せん断応力）が許容限界以下であることを確認 許容限界には降伏モーメント及び短期許容応力度を採用 	降伏モーメント及び短期許容応力度

4. 耐震評価方法

漂流防止装置の耐震評価は、「4.1 地震応答解析」,「4.2 耐震評価」に従って実施する。

4.1 地震応答解析

漂流防止装置の地震応答解析は「4.1.1 入力地震動」に示す入力地震動及び「4.1.2 解析方法及び解析モデル」に示す解析方法に従い実施する。漂流防止装置の耐震評価に用いる地震応答解析フローを図4-1に示す。

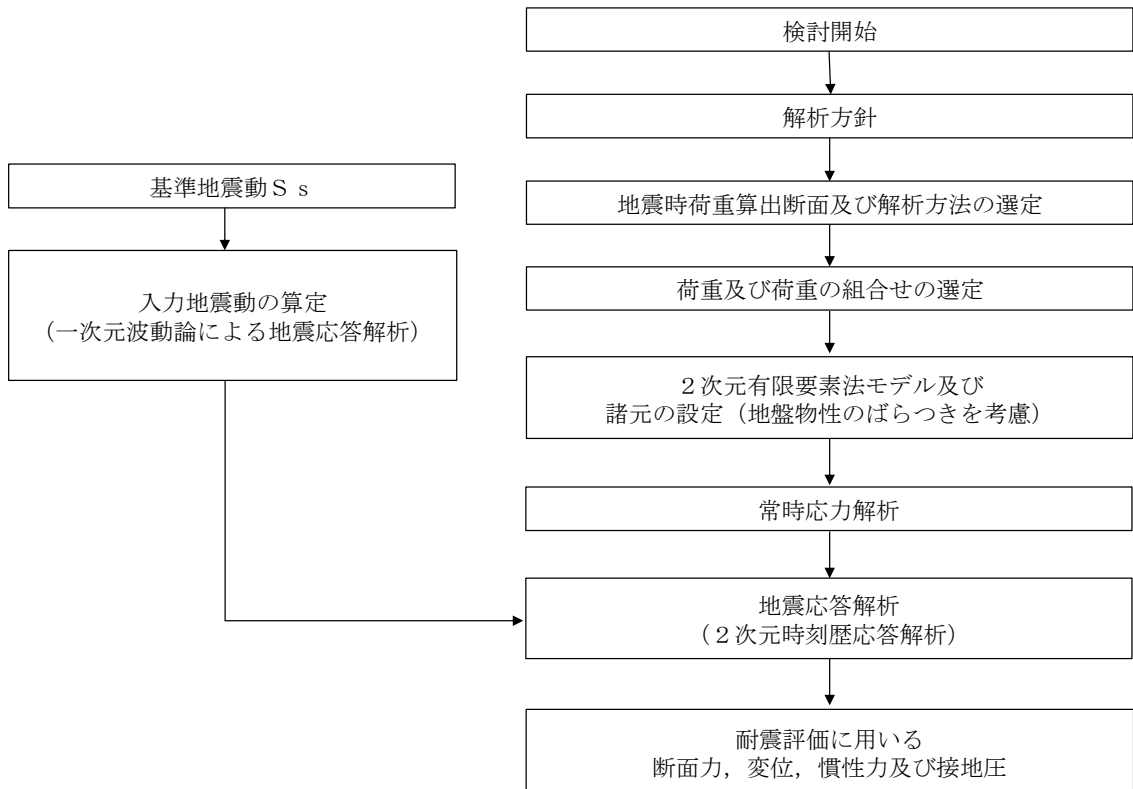


図4-1 漂流防止装置の地震応答解析フロー

4.1.1 入力地震動

漂流防止装置の地震応答解析における入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s をもとに、対象構造物の地盤条件を適切に評価したうえで、必要に応じて2次元有限要素法又は一次元波動論により、地震応答解析モデルの入力位置で評価した地震動を設定する。

4.1.2 解析方法及び解析モデル

漂流防止装置の解析方法については、構造物と地盤の相互作用を考慮できる連成系の地震応答解析手法とし、地盤及び構造物の地震時における非線形挙動の有無や程度に応じて、線形、等価線形、非線形解析のいずれかにて行う。

評価手法は、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987((社) 日本電気協会) 」に基づき実施することを基本とする。

4.2 耐震評価

漂流防止装置は、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示す荷重の組合せに対して、「4.1 地震応答解析」で示した地震応答解析により変形量等を算出し、「3.2 許容限界」にて設定している許容限界以下であることを確認する。

4.2.1 耐震評価方法

漂流防止装置(係船柱)及び漂流防止装置基礎(荷揚護岸, 多重鋼管杭)の耐震評価方法について示す。

(1) 漂流防止装置(係船柱)

漂流防止装置(係船柱)については、「港湾技研資料 No.102 けい船柱の標準設計(案)(運輸省港湾技術研究所, 1970年)」に準拠した評価方法により評価を行う。

評価については、漂流防止装置基礎(荷揚護岸, 多重鋼管杭)の地震応答解析より漂流防止装置(係船柱)設置位置の加速度に基づき、設計用地震力を設定し、構造強度評価を行う。

(2) 漂流防止装置基礎(荷揚護岸)

漂流防止装置基礎(荷揚護岸)については、地震応答解析により、変形性評価として、残留変形量に対して評価を行う。

(3) 漂流防止装置基礎(多重鋼管杭)

漂流防止装置基礎(多重鋼管杭)については、地震応答解析により、変形性評価として、構造強度評価を行う。

4.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮

漂流防止装置に関する水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、VI-2-1-8「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方針」の評価方針及び評価方法に基づき行う。

5. 適用規格・基準等

適用する規格としては、既工事計画で適用実績がある規格のほか、最新の規格基準についても技術的妥当性及び適用性を示したうえで適用可能とする。適用する規格、基準、指針等を以下に示す。

- ・港湾技研資料 No.102 けい船柱の標準設計（案）（運輸省港湾技術研究所，1970年）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・日本産業規格（J I S）
- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）
- ・道路橋示方書（I 共通編・IV下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）
- ・鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005年改定）
- ・各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010年）
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説（国土交通省港湾局，2007年版）
- ・機械工学便覧 改訂第6版（（社）日本機械学会編，1977年）

VI-2-別添 6-2 漂流防止装置の耐震性についての計算書

漂流防止装置の耐震性についての計算書

1. 漂流防止装置（係船柱）の耐震性についての計算書
2. 漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の耐震性についての計算書
3. 漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の耐震性についての計算書

1. 漂流防止装置（係船柱）の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	5
2.4 適用規格・基準等	8
2.5 記号の説明	9
3. 耐震評価	11
3.1 評価対象部位	11
3.2 荷重及び荷重の組合せ	12
3.2.1 荷重	12
3.2.2 荷重の組合せ	12
3.3 許容限界	13
3.3.1 使用材料	13
3.3.2 許容限界	13
3.4 設計用地震力	15
3.5 評価方法	17
3.5.1 係船柱	17
3.5.2 アンカーボルト	20
3.5.3 アンカー板	22
4. 評価条件	25
5. 評価結果	26

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 6-1「漂流防止装置の耐震計算の方針」に設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、漂流防止装置（係船柱）が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

漂流防止装置（係船柱）に要求される機能の維持を確認するにあたっては、応力評価に基づく、施設の健全性評価を行う。

2. 基本方針

2.1 位置

漂流防止装置（係船柱）の位置図を図 2-1 に示す。

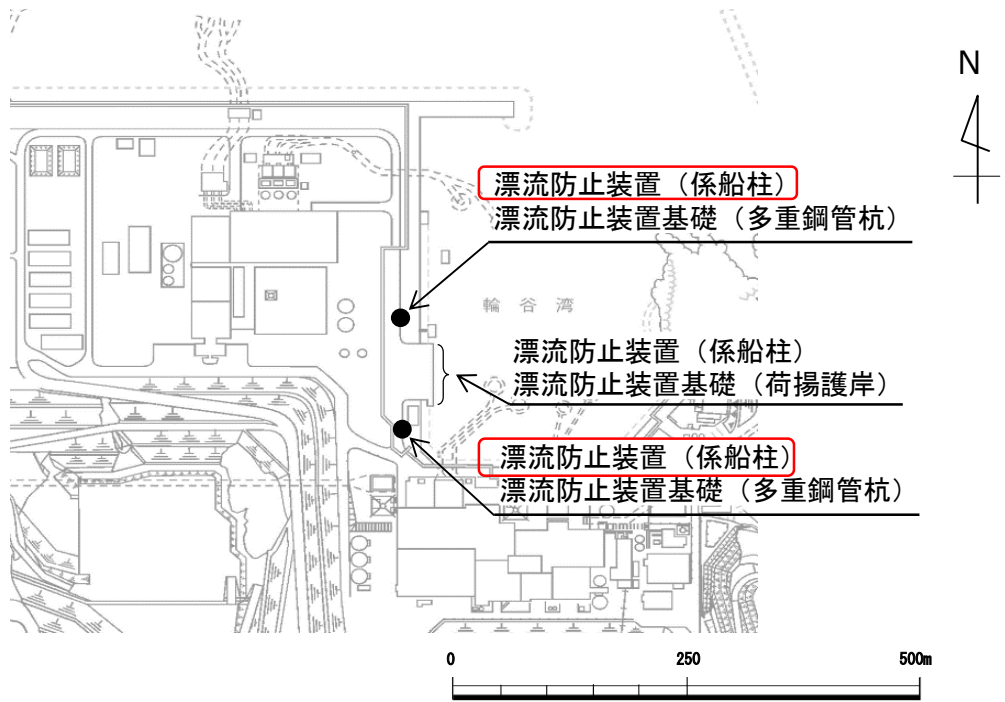


図 2-1 漂流防止装置（係船柱）の位置図

2.2 構造概要

漂流防止装置（係船柱）は、漂流防止装置基礎（荷揚護岸，多重鋼管杭）に、係船柱をアンカーボルト及びアンカー板により固定する構造である。

よって、漂流防止装置（係船柱）は係船柱，アンカーボルト及びアンカー板から構成され，係船柱は燃料輸送船及びLLW輸送船（以下「燃料等輸送船」という。）の係留索と接続する。

漂流防止装置（係船柱）の概要図を図 2-2 に，構造図を図 2-3 に示す。

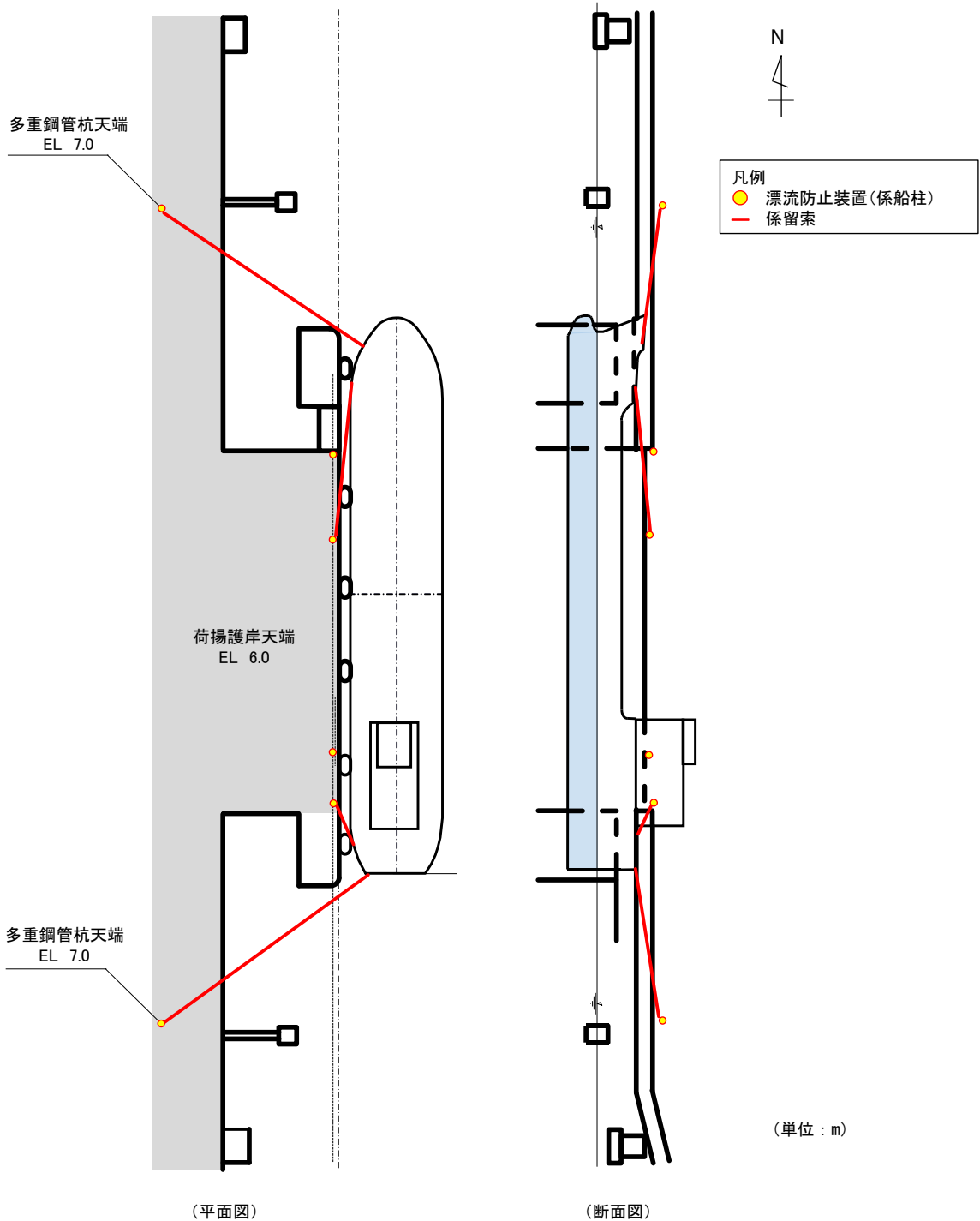


図 2-2 漂流防止装置（係船柱）の概要図

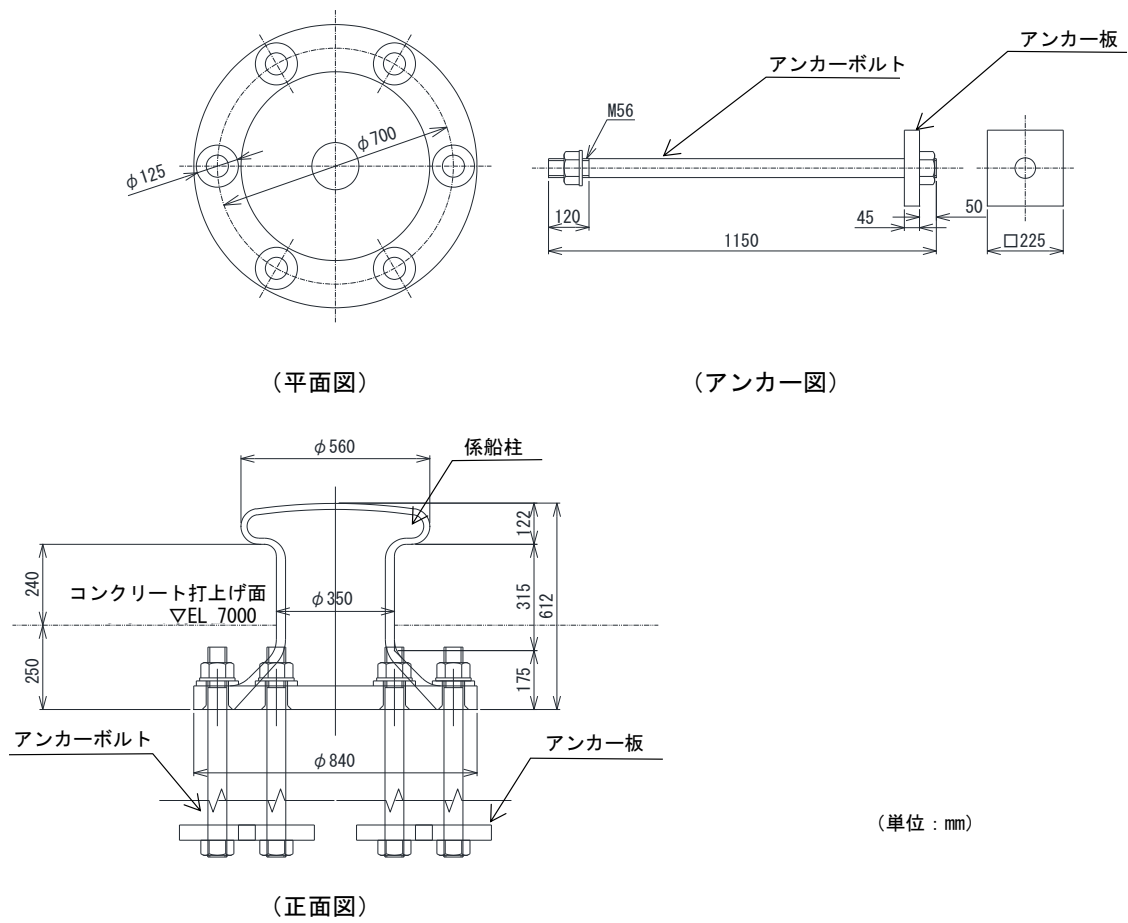


図 2-3 漂流防止装置 (係船柱) の構造図

2.3 評価方針

漂流防止装置（係船柱）の各部位の役割及び性能目標を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

漂流防止装置（係船柱）の耐震評価は，表 2-3 の漂流防止装置（係船柱）の評価項目に示すとおり，施設の健全性評価を行い，構造強度を有することを確認する。

漂流防止装置（係船柱）の耐震評価フローを図 2-4 に示す。

表 2-1 漂流防止装置（係船柱）の各部位の役割

部位の名称	地震時の役割	津波時の役割
係船柱	—	・燃料等輸送船を係留する。
アンカーボルト	・係船柱を支持する。	・係船柱を支持する。
アンカー板	・係船柱を支持する。	・係船柱を支持する。

表 2-2 漂流防止装置（係船柱）の各部位の性能目標

部位の名称	性能目標	
	耐震性	耐津波性
係船柱	構造部材の健全性を保持するために、係船柱がおおむね弾性状態にとどまること。	燃料等輸送船を係留するために、係船柱がおおむね弾性状態にとどまること。
アンカーボルト	構造部材の健全性を保持するために、アンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまること。	構造部材の健全性を保持するために、アンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまること。
アンカー板	構造部材の健全性を保持するために、アンカー板がおおむね弾性状態にとどまること。	構造部材の健全性を保持するために、アンカー板がおおむね弾性状態にとどまること。

表 2-3 漂流防止装置（係船柱）の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	施設の健全性	係船柱	発生する応力（曲げ応力及びコンクリートの支圧応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		アンカーボルト	発生する応力（引張応力及びせん断応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		アンカー板	発生する応力（曲げ応力、コンクリートの支圧応力及びせん断応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度

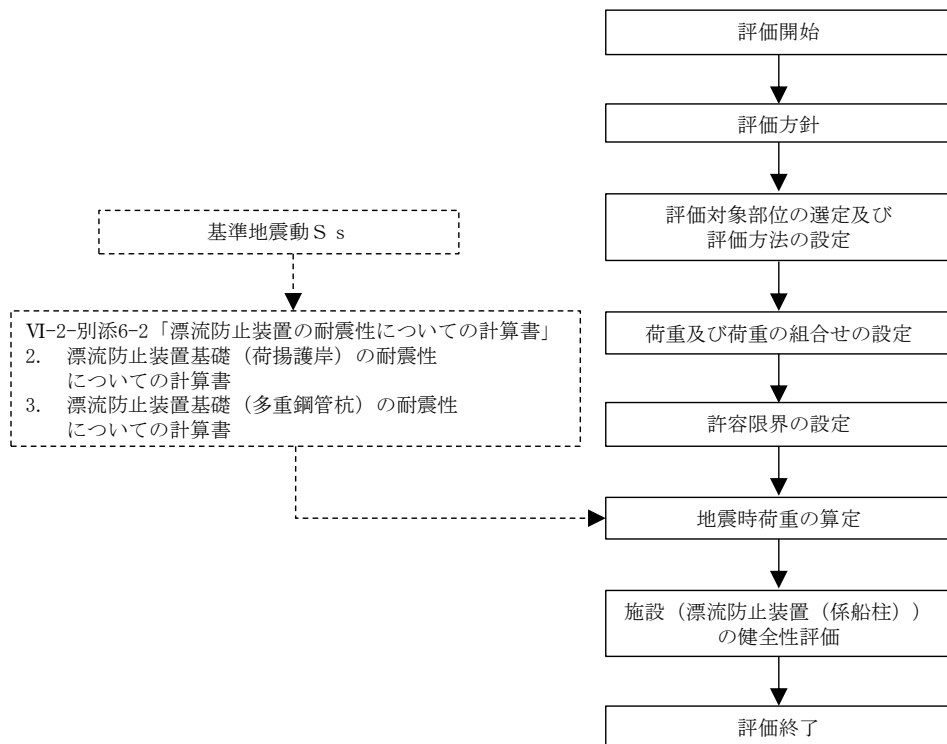


図 2-4 漂流防止装置（係船柱）の耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・港湾技研資料 No. 102 けい船柱の標準設計（案）（運輸省港湾技術研究所，1970年）
- ・鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005年改定）
- ・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）
- ・日本産業規格（J I S）
- ・機械工学便覧 改訂第6版（（社）日本機械学会編，1977年）
- ・各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010年改定）

2.5 記号の説明

漂流防止装置（係船柱）の耐震評価に用いる記号を表 2-4 に示す。

表 2-4 漂流防止装置（係船柱）の耐震評価に用いる記号（1/2）

記号	単位	定義
σ_s	N/mm ²	係船柱の直胴部縁応力度
M_{sa}	N・mm	係船柱の直胴部転倒モーメント
P_H	N	基準地震動 S_s による慣性力の水平成分
D	mm	係船柱の直胴部径
Z_{sa}	mm ³	係船柱の断面係数
P_v	N	基準地震動 S_s による慣性力の鉛直成分
A_{sa}	mm ²	係船柱の断面積
σ_{c1}	N/mm ²	コンクリート（係船柱底板）の支圧応力度
R_1	mm	中心軸から係船柱底板端までの距離
y	mm	中心軸と中立軸の距離
n	—	アンカーボルトとコンクリートの弾性係数比
G_s	mm ³	アンカーボルトの中立軸のまわりの断面 1 次モーメント
G_c	mm ³	コンクリートの中立軸のまわりの断面 1 次モーメント
σ_{c2}	N/mm ²	コンクリート（係船柱前面）の支圧応力度
μ	—	係船柱とコンクリートの摩擦係数
P_{vc}	N	コンクリートの支圧力（ $\approx 0.7 \times P_H$ ）
H_1	mm	係船柱底板厚さ
σ_{s2}	N/mm ²	アンカーボルトに生じる引張応力度
R_1'	mm	中心軸からアンカーボルト位置までの距離
τ_s	N/mm ²	アンカーボルトに生じるせん断応力度
N	本	アンカーボルトの本数
ϕ_b	mm	アンカーボルトの谷径
p	N/mm ²	等分布荷重
ϕ_a	mm	アンカーボルトの呼び径

表 2-4 漂流防止装置（係船柱）の耐震評価に用いる記号（2/2）

記号	単位	定義
σ_{st}	N/mm ²	アンカー板に生じる曲げ応力度
b	mm	ナット二面幅
a	mm	アンカー板幅
t	mm	アンカー板厚
σ_c	N/mm ²	コンクリート（アンカー板上面）の支圧応力度
τ_c	N/mm ²	コンクリート（アンカーボルト側面）のせん断応力度
L	mm	アンカーボルトの埋込み長さ

3. 耐震評価

3.1 評価対象部位

漂流防止装置（係船柱）の評価対象部位は「2.2 構造概要」に示す構造上の特徴を踏まえ選定する。

漂流防止装置（係船柱）に作用する基準地震動 S_s による荷重は、係船柱、アンカーボルト及びアンカー板を介して周囲のコンクリートに伝達されることから、評価対象部位を、係船柱、アンカーボルト及びアンカー板とする。評価対象部位を図 3-1 に示す。

また、漂流防止装置（係船柱）の周囲のコンクリートに対する評価も実施する。

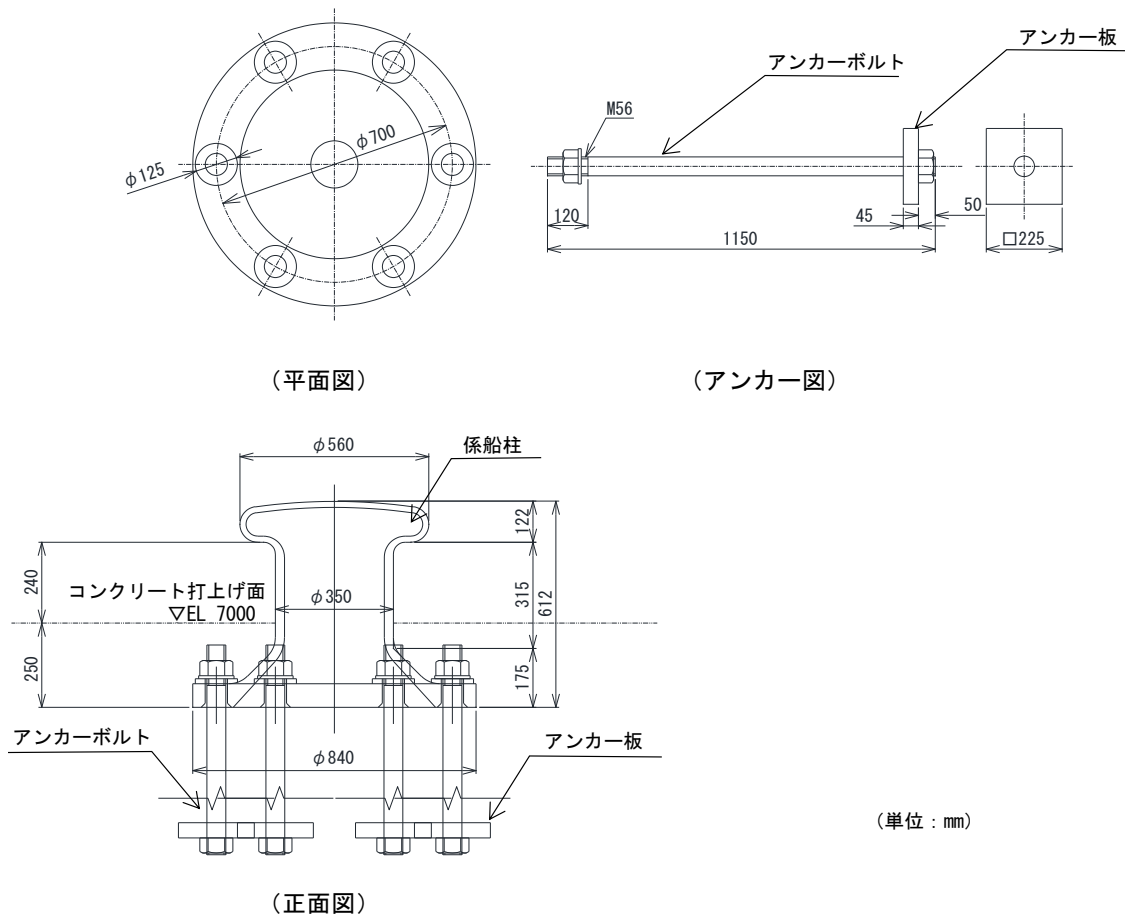


図 3-1 評価対象部位

3.2 荷重及び荷重の組合せ

3.2.1 荷重

耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、漂流防止装置（係船柱）の自重を考慮する。

(2) 地震荷重 (S_s)

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。「3.4 設計用地震力」で設定する設計震度を用いて次式により算出する。

$$S_s = G \cdot k$$

ここで、

S_s : 地震荷重 (kN)

G : 固定荷重 (kN)

k : 設計震度

3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-1 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S _s)	G + S _s

G : 固定荷重

S_s : 地震荷重 (基準地震動 S_s)

3.3 許容限界

漂流防止装置（係船柱）の許容限界は、「3.1 評価対象部位」にて設定した部位に対し、VI-2-別添 6-1「漂流防止装置の耐震計算の方針」にて設定している許容限界に基づき設定する。

3.3.1 使用材料

漂流防止措置（係船柱）を構成する各部材の使用材料を表 3-2 に示す。

表 3-2 使用材料

材料	諸元
係船柱	SC450, ϕ 350
アンカーボルト	SS400, M56 \times 1150
アンカー板	SS400, 225 \times t45
コンクリート	設計基準強度 24N/mm ²

3.3.2 許容限界

許容限界は、VI-2-別添 6-1「漂流防止装置の耐震計算の方針」に基づき設定する。

(1) 係船柱

係船柱の許容限界は、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005年改定）」及び「J I S G 5 1 0 1 炭素鋼鋳鋼品」を踏まえて表 3-3 のとおり設定する。

表 3-3 係船柱の許容限界

材質	短期許容応力度 (N/mm ²)	
	曲げ	せん断
SC450	205	—

(2) アンカーボルト及びアンカー板

アンカーボルト及びアンカー板の許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010年改定）」及び「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005年改定）」に基づき，表3-4のとおり設定する。

表3-4 アンカーボルト及びアンカー板の許容限界

材質		短期許容応力度 (N/mm ²)	
		曲げ	せん断
SS400	40 < t ≤ 100	215	124

(3) コンクリート

コンクリートの許容限界は、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）」に基づき，表3-5に示すとおり設定する。

表3-5 コンクリートの許容限界

材質		短期許容応力度 (N/mm ²)	
		支圧	せん断
コンクリート (設計基準強度 24N/mm ²)		17.5	0.67

3.4 設計用地震力

漂流防止装置（係船柱）の耐震計算に用いる設計震度は、VI-2-別添 6-2「漂流防止装置の耐震性についての計算書」の「2. 漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の耐震性についての計算書」及び「3. 漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の耐震性についての計算書」に示す地震応答解析を用いて、漂流防止装置（係船柱）設置位置の最大応答加速度に基づき設定する。漂流防止装置（係船柱）の耐震評価に用いる設計用地震力を表 3-6 に、漂流防止装置基礎（荷揚護岸、多重鋼管杭）の評価対象断面位置図及び地震応答解析モデルを図 3-2 及び図 3-3 に示す。

表 3-6 漂流防止装置（係船柱）の耐震評価に用いる設計用地震力

名称	設計震度	
	水平方向： k_H	鉛直方向： k_{UD}
漂流防止装置（係船柱）	2.3	1.8

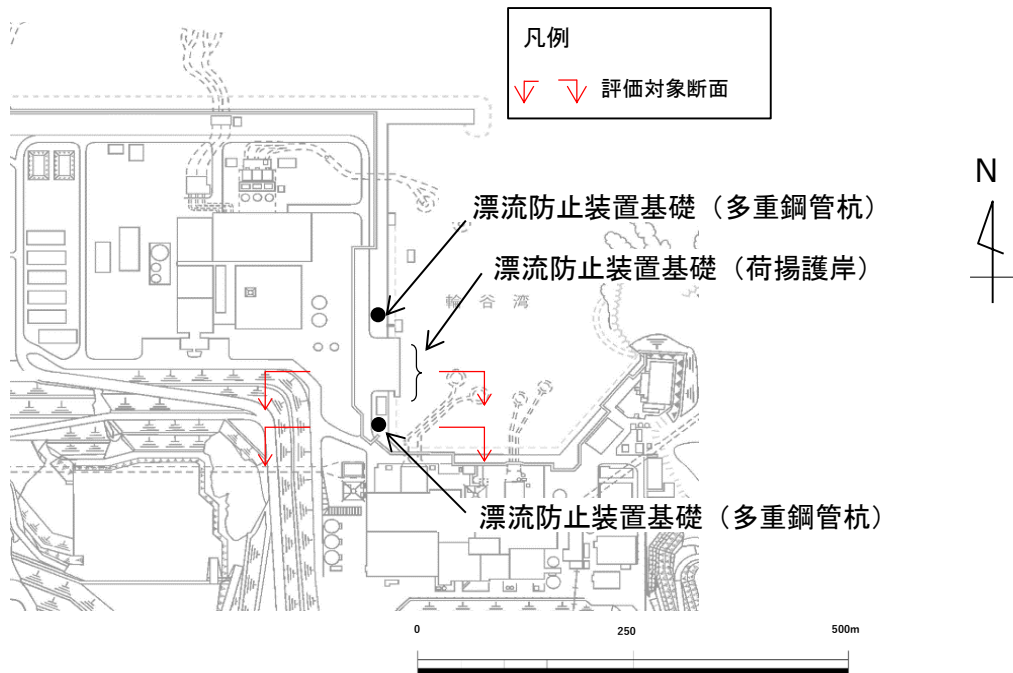


図 3-2 漂流防止装置基礎（荷揚護岸、多重鋼管杭）の評価対象断面位置図

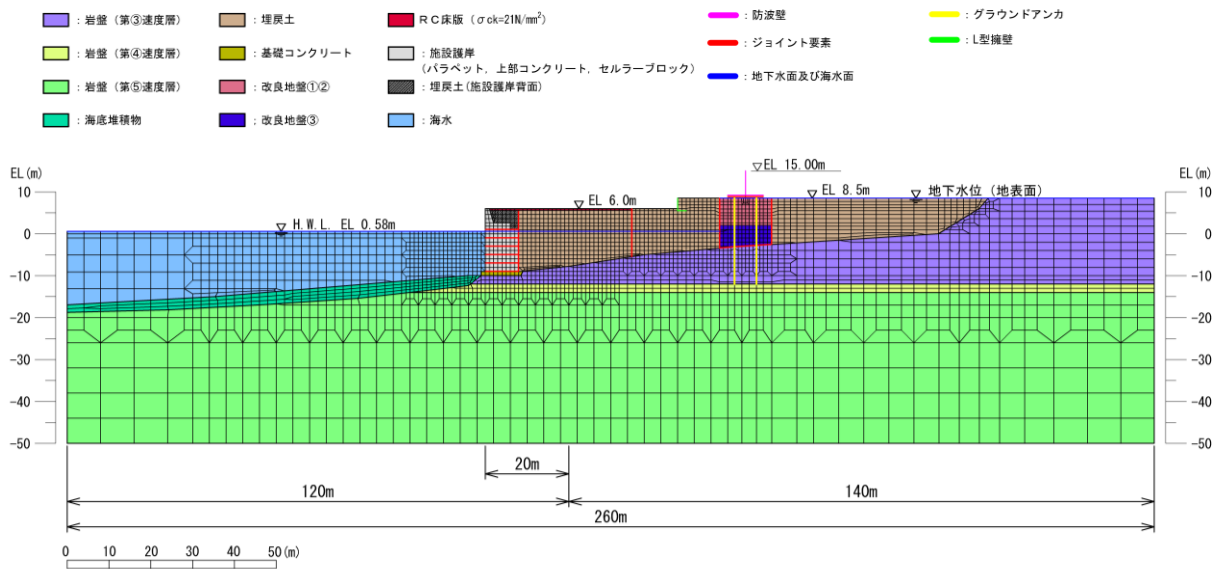


図 3-3(1) 地震応答解析モデル (漂流防止装置基礎 (荷揚護岸))

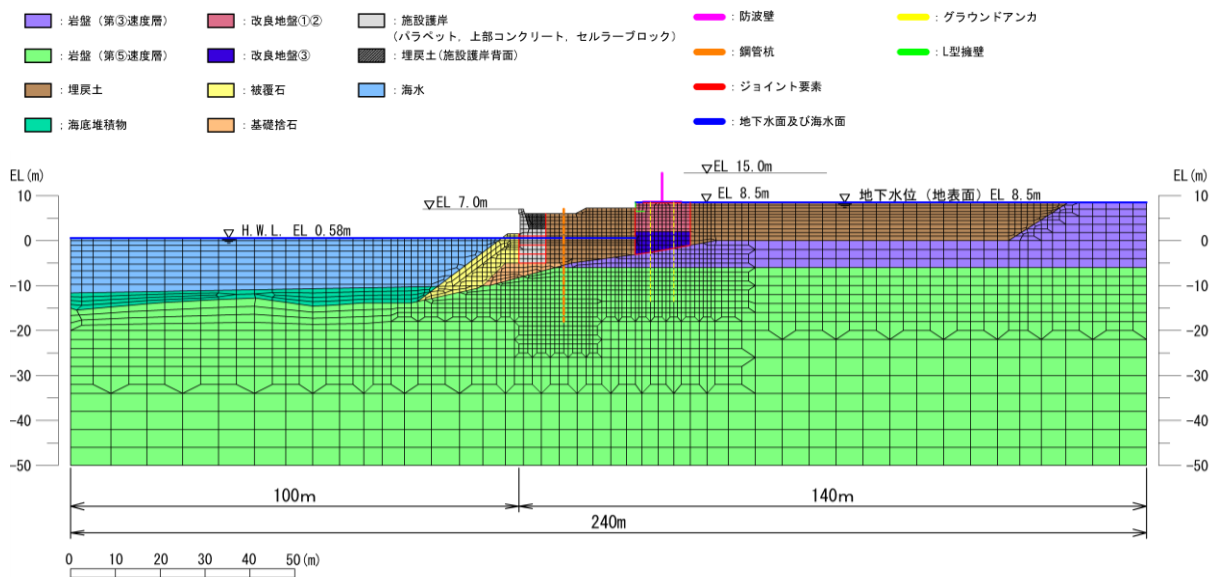


図 3-3(2) 地震応答解析モデル (漂流防止装置基礎 (多重鋼管杭))

3.5 評価方法

漂流防止装置（係船柱）を構成する各部材に生じる応力度が、許容限界以下であることを確認する。

3.5.1 係船柱

(1) 係船柱の曲げ応力度

係船柱に生じる曲げ応力度は、係船柱を片持ちはりとして次式により算出し、係船柱の許容限界以下であることを確認する。なお、慣性力の作用点は係船柱の直胴部の上端とする。

係船柱のモデル図を図 3-4 に示す。

$$\sigma_s = M_{s a} / Z_{s a} + P_v / A_{s a}$$

ここで、

σ_s : 係船柱の直胴部縁応力度 (N/mm²)

$M_{s a}$: 係船柱の直胴部転倒モーメント (N・mm)

$$(M_{s a} = P_H \cdot 0.9D)$$

P_H : 基準地震動 S_s による慣性力の水平成分 (N)

D : 係船柱の直胴部径 (mm)

$Z_{s a}$: 係船柱の断面係数 (mm³)

P_v : 基準地震動 S_s による慣性力の鉛直成分 (N)

$A_{s a}$: 係船柱の断面積 (mm²)

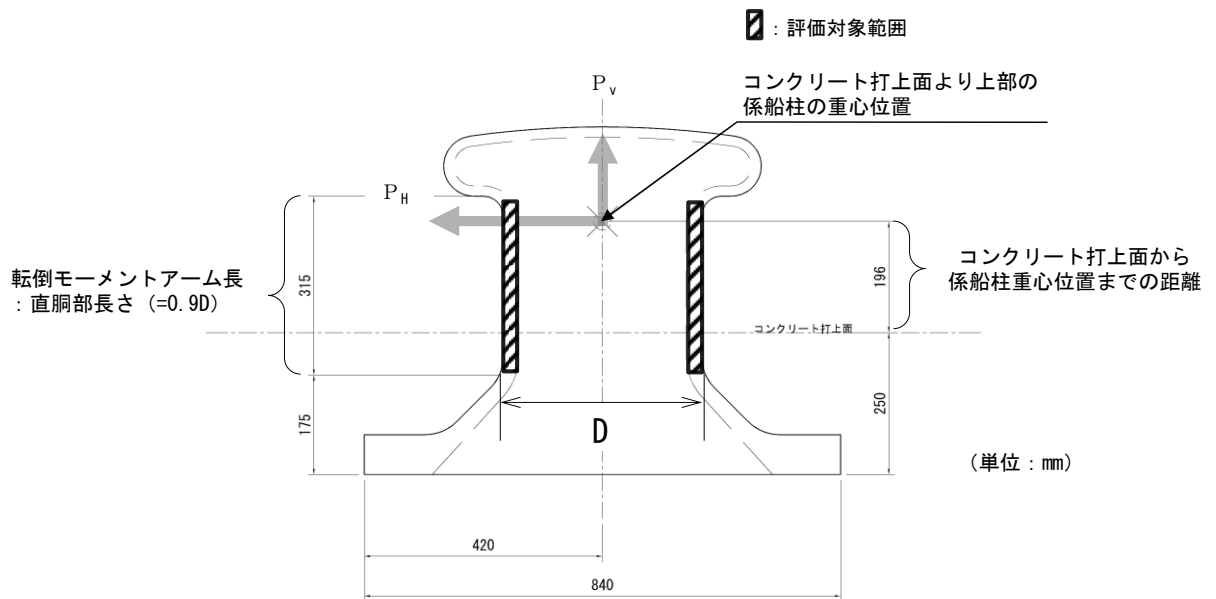


図 3-4 係船柱のモデル図

(2) コンクリート（係船柱底板）の支圧応力度

コンクリート（係船柱底板）に生じる支圧応力度は、「港湾技研資料 No. 102 けい船柱の標準設計（案）（運輸省港湾技術研究所，1970年）」に基づき，コンクリートの偏心荷重を心外に受ける円形梁として次式により算出し，コンクリートの許容限界以下であることを確認する。

コンクリート（係船柱底板）のモデル図を図 3-5 に示す。

$$\sigma_{c1} = P_v \cdot (R_1 - y) / (n \cdot G_s - G_c)$$

ここで，

σ_{c1} : コンクリート（係船柱底板）の支圧応力度 (N/mm²)

P_v : 基準地震動 S_s による慣性力の鉛直成分 (N)

R_1 : 中心軸から係船柱底板端までの距離 (mm)

y : 中心軸と中立軸の距離 (mm)

n : アンカーボルトとコンクリートの弾性係数比

G_s : アンカーボルトの中立軸のまわりの断面 1 次モーメント (mm³)

G_c : コンクリートの中立軸のまわりの断面 1 次モーメント (mm³)

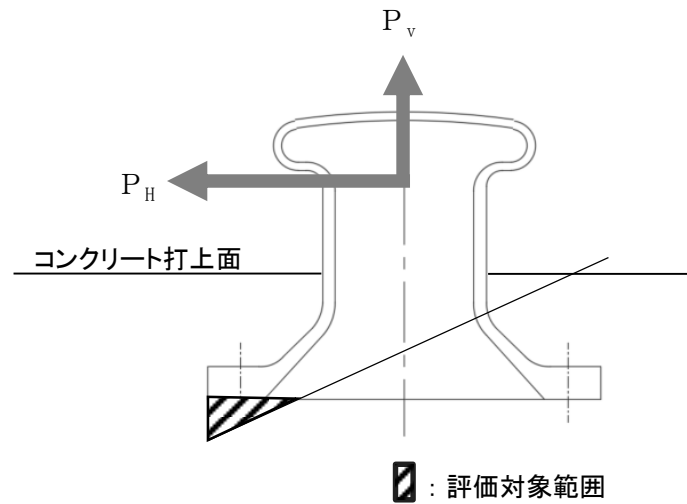


図 3-5 コンクリート（係船柱底板）のモデル図

(3) コンクリート（係船柱前面）の支圧応力度

コンクリート（係船柱前面）に生じる支圧応力度は、次式より算出し、コンクリートの許容限界以下であることを確認する。

コンクリート（係船柱前面）のモデル図を図 3-6 に示す。

$$\sigma_{c2} = (P_H - \mu \cdot P_{vc}) / (H_1 \cdot 2 R_1)$$

ここで、

σ_{c2} : コンクリート（係船柱前面）の支圧応力度 (N/mm²)

P_H : 基準地震動 S_s による慣性力の水平成分 (N)

μ : 係船柱とコンクリートの摩擦係数

P_{vc} : コンクリートの支圧力 ($\approx 0.7 \times P_H$) (N)

H_1 : 係船柱底板厚さ (mm)

R_1 : 中心軸から係船柱底板端までの距離 (mm)

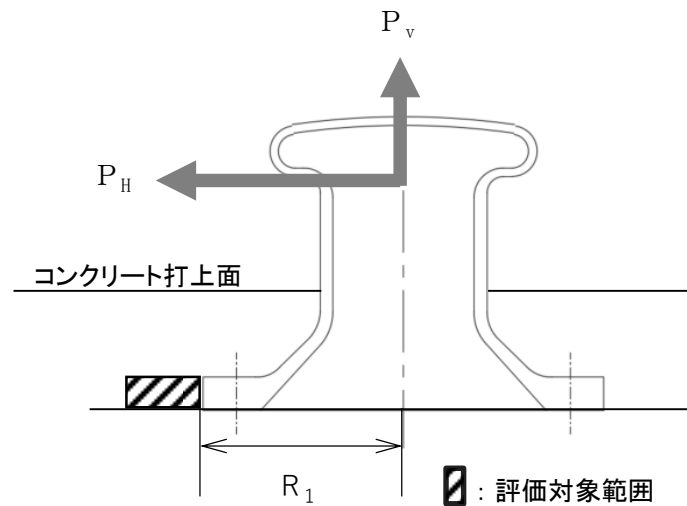


図 3-6 コンクリート（係船柱前面）のモデル図

3.5.2 アンカーボルト

(1) アンカーボルトの引張応力度

アンカーボルトに生じる引張応力度は、「港湾技研資料 No. 102 けい船柱の標準設計（案）（運輸省港湾技術研究所，1970年）」に基づき，コンクリートの偏心荷重を心外に受ける円形梁として次式により算出し，アンカーボルトの許容限界以下であることを確認する。

アンカーボルトのモデル図を図 3-7 に示す。

$$\sigma_{s2} = P_v \cdot (R_1' + y) / (G_s - G_c / n)$$

ここで，

σ_{s2} : アンカーボルトに生じる引張応力度 (N/mm²)

P_v : 基準地震動 S_s による慣性力の鉛直成分 (N)

R_1' : 中心軸からアンカーボルト位置までの距離 (mm)

y : 中心軸と中立軸の距離 (mm)

G_s : アンカーボルトの中立軸のまわりの断面 1 次モーメント (mm³)

G_c : コンクリートの中立軸のまわりの断面 1 次モーメント (mm³)

n : アンカーボルトとコンクリートの弾性係数比

(2) アンカーボルトのせん断応力度

アンカーボルトに生じるせん断応力度は，次式より算出し，アンカーボルトの許容限界以下であることを確認する。

$$\tau_s = (P_H / N) / (\pi / 4 \cdot \phi_b^2)$$

ここで，

τ_s : アンカーボルトに生じるせん断応力度 (N/mm²)

P_H : 基準地震動 S_s による慣性力の水平成分 (N)

N : アンカーボルトの本数 (本)

ϕ_b : アンカーボルトの谷径 (mm)

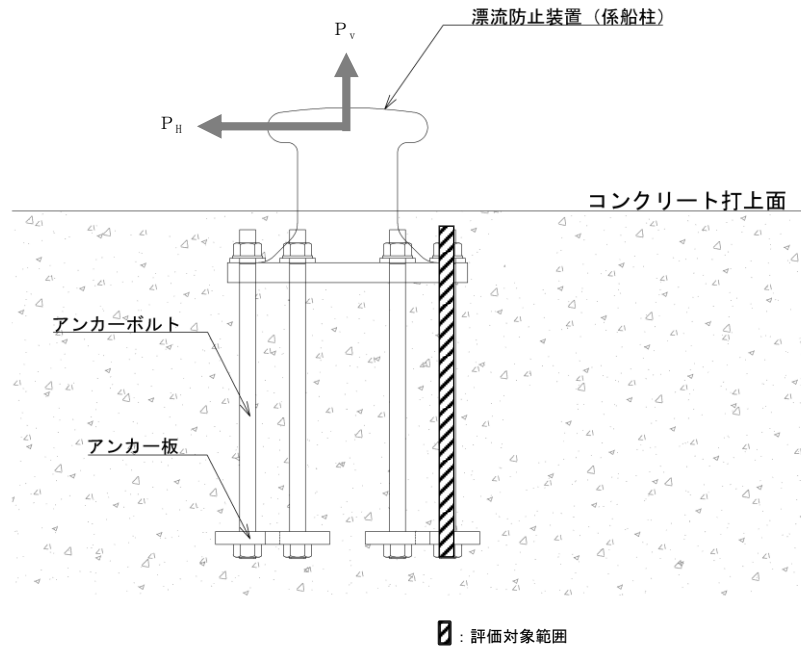


図 3-7 アンカーボルトのモデル図

3.5.3 アンカー板

(1) アンカー板の曲げ応力度

アンカー板に生じる曲げ応力度は、「港湾技研資料 No. 102 けい船柱の標準設計（案）（運輸省港湾技術研究所，1970年）」及び「機械工学便覧 改訂第6版（（社）日本機械学会編，1977年）」に基づき、アンカー板に等分布荷重が作用するとして次式により算出し、アンカー板の許容限界以下であることを確認する。

アンカー板のモデル図を図3-8に示す。

$$p = P_v / \{ \pi / 4 \cdot (4 \cdot \phi_a)^2 - (\pi / 4 \times \phi_a^2) \}$$

$$\sigma_{s t} = \beta \cdot p \cdot (a / 2)^2 / t^2$$

ここで、

p : 等分布荷重 (N/mm²)

P_v : 基準地震動 S_s による慣性力の鉛直成分 (N)

ϕ_a : アンカーボルトの呼び径 (mm)

$\sigma_{s t}$: アンカー板に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

β : 最大応力係数 (= b / a)

b : ナット二面幅 (mm)

a : アンカー板幅 (mm)

t : アンカー板厚 (mm)

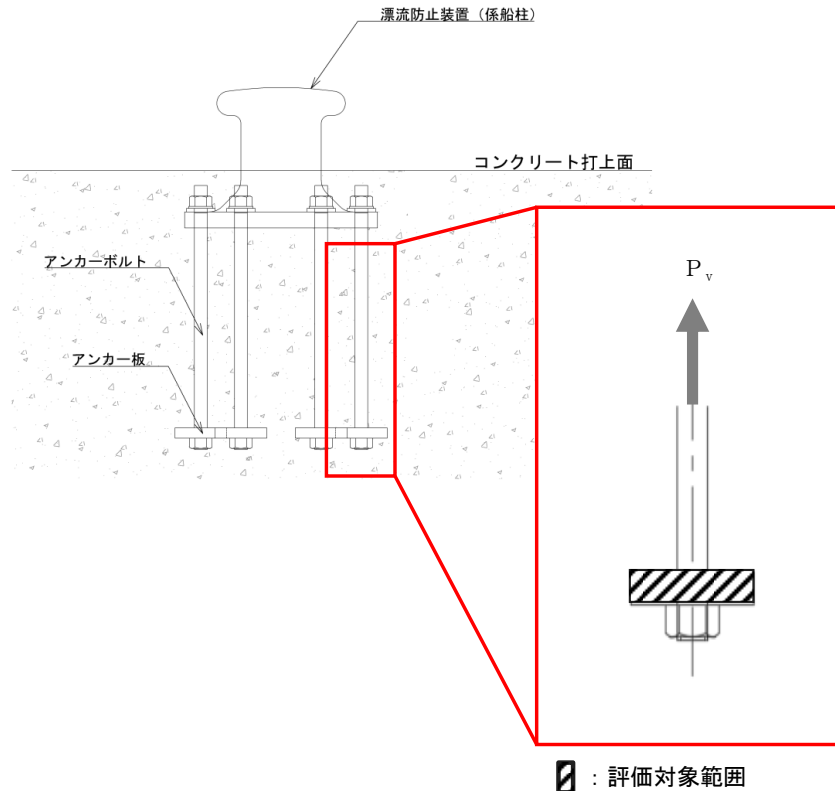


図3-8 アンカー板のモデル図

(2) コンクリート（アンカー板上面）の支圧応力度

コンクリート（アンカー板上面）に生じる支圧応力度は、「港湾技研資料 No. 102 けい船柱の標準設計（案）（運輸省港湾技術研究所，1970年）」に基づき次式により算出し，コンクリートの許容限界以下であることを確認する。

コンクリート（アンカー板上面）のモデル図を図 3-9 に示す。

$$\sigma_c = P_v / \{ (\pi / 4) \cdot a^2 \}$$

ここで，

σ_c : コンクリート（アンカー板上面）の支圧応力度（N/mm²）

P_v : 基準地震動 S_s による慣性力の鉛直成分（N）

a : アンカー板幅（mm）

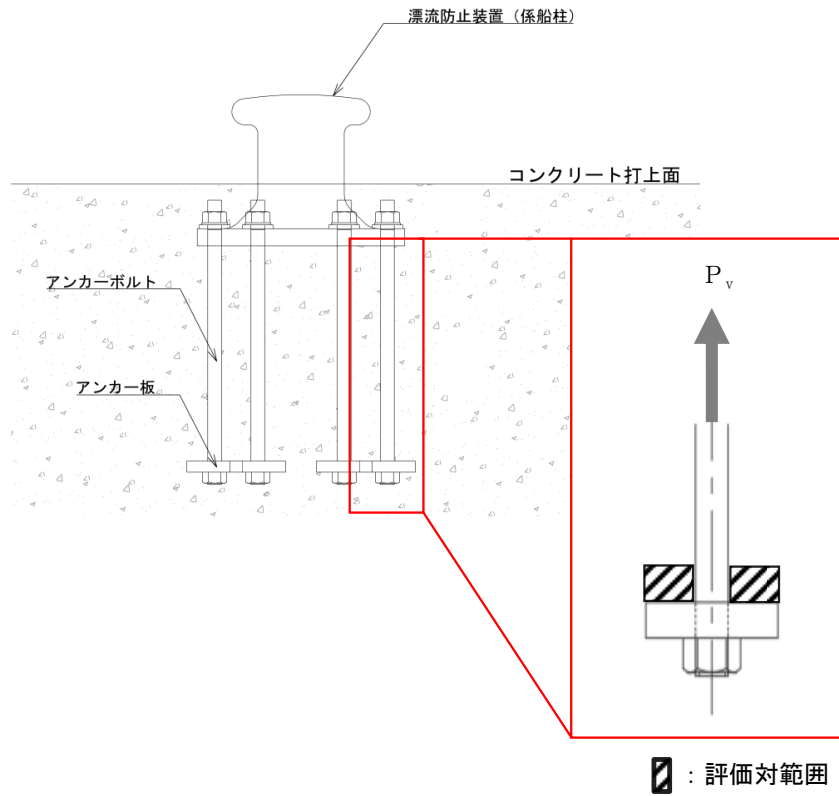


図 3-9 コンクリート（アンカー板上面）のモデル図

- (3) コンクリート（アンカーボルト側面）のせん断応力度
 コンクリート（アンカーボルト側面）のせん断応力度は次式により算出し，コンクリートの許容限界以下であることを確認する。
 コンクリート（アンカーボルト側面）のモデル図を図 3-10 に示す。

$$\tau_c = P_v / (L \cdot \pi \cdot a)$$

ここで，

τ_c : コンクリート（アンカーボルト側面）のせん断応力度 (N/mm²)

P_v : 基準地震動 S_s による慣性力の鉛直成分 (N)

L : アンカーボルトの埋込み長さ (mm)

a : アンカー板幅 (mm)

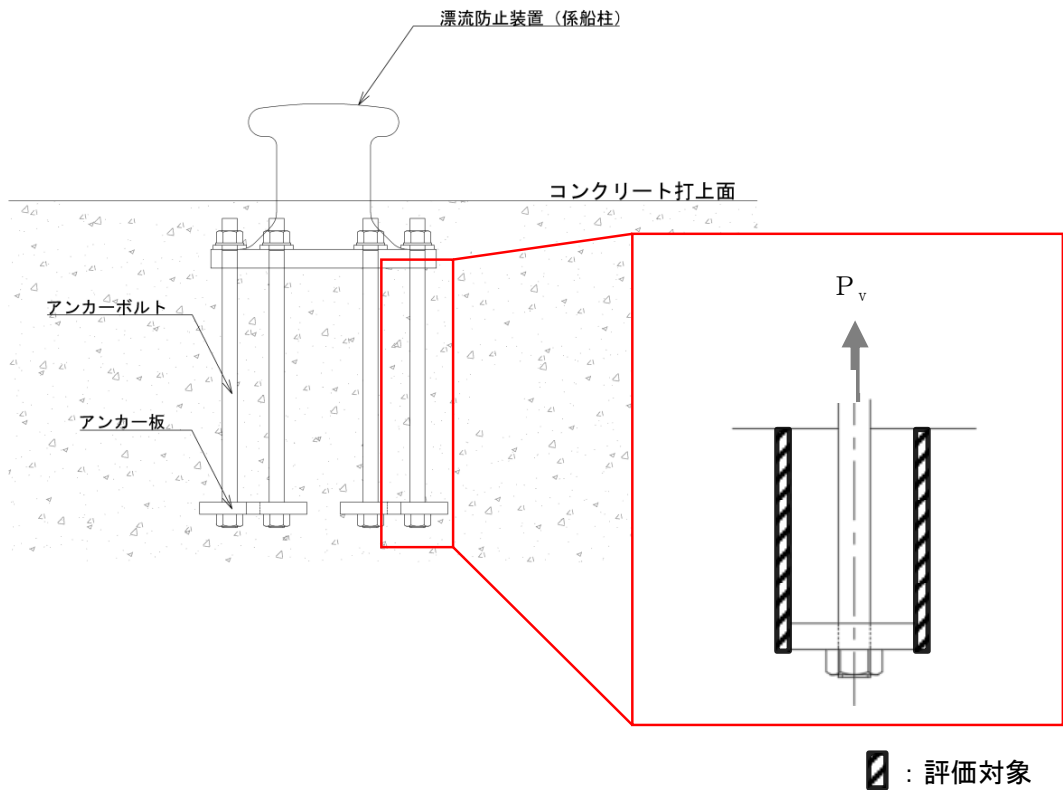


図 3-10 コンクリート（アンカーボルト側面）のモデル図

4. 評価条件

「3. 耐震評価」に用いる入力値を表 4-1 に示す。

表 4-1 耐震評価に用いる入力値

対象部位	記号	単位	定義	入力値
係船柱	$M_{s a}$	N・mm	係船柱の直胴部転倒モーメント	2524410
	P_v	N	基準地震動 S_s による慣性力の鉛直成分	6250
	D	mm	係船柱の直胴部径	350
	$Z_{s a}$	mm ³	係船柱の断面係数	2055972.3
	$A_{s a}$	mm ²	係船柱の断面積	27397.8
	y	mm	中心軸と中立軸の距離	115.9
	R_1	mm	中心軸から係船柱底板端までの距離	420.0
	n	—	アンカーボルトとコンクリートの弾性係数比	15
	G_c	mm ³	コンクリートの中立軸のまわりの断面 1 次モーメント	17289182
	G_s	mm ³	アンカーボルトの中立軸のまわりの断面 1 次モーメント	2108688
	P_H	N	基準地震動 S_s による慣性力の水平成分	8014
	μ	—	係船柱とコンクリートの摩擦係数	0.3
	H_1	mm	係船柱底板厚さ	70
アンカーボルト	R_1'	mm	中心軸からアンカーボルト位置までの距離	350.0
	N	本	アンカーボルトの本数	6
	ϕ_b	mm	アンカーボルトの谷径	50.0
アンカー板	ϕ_a	mm	アンカーボルトの呼び径	56.0
	β	—	最大応力係数	3
	b	mm	ナット二面幅	85.0
	t	mm	アンカー板厚	45.0
	p	N/mm ²	等分布荷重	0.17
	a	mm	アンカー板幅	225.0
	L	mm	アンカーボルトの埋込み長さ	850

5. 評価結果

漂流防止装置（係船柱）の耐震評価結果を表 5-1 に示す。漂流防止装置（係船柱）の各部材の発生応力度は許容限界以下であることを確認した。

表 5-1 漂流防止装置（係船柱）の耐震評価結果

評価対象部位		発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値
係船柱	曲げ応力度	1.46	205	0.01
	コンクリート（係船柱底板） 支圧応力度	0.13	17.5	0.01
	コンクリート（係船柱前面） 支圧応力度	0.11	17.5	0.01
アンカー ボルト	引張応力度	3.05	215	0.02
	せん断応力度	0.68	124	0.01
アンカ ー板	曲げ応力度	3.17	215	0.02
	コンクリート（アンカー板上面） 支圧応力度	0.16	17.5	0.01
	コンクリート（アンカーボルト側面） せん断応力度	0.01	0.67	0.02

2. 漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	4
2.4 適用規格・基準等	6
3. 耐震評価	7
3.1 評価対象断面	7
3.2 解析方法	8
3.2.1 施設	8
3.2.2 地盤物性のばらつき	9
3.2.3 減衰定数	9
3.2.4 解析ケース	10
3.3 荷重及び荷重の組合せ	11
3.3.1 耐震評価上考慮する状態	11
3.3.2 荷重	11
3.3.3 荷重の組合せ	12
3.4 入力地震動	13
3.5 解析モデル及び諸元	26
3.5.1 解析モデル	26
3.5.2 使用材料及び材料の物性値	27
3.5.3 地盤の物性値	29
3.5.4 地下水位	29
3.6 評価対象部位	30
3.6.1 施設の変形性評価	30
3.7 許容限界	30
3.8 評価方法	30
4. 耐震評価結果	31

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 6-1「漂流防止装置の耐震計算の方針」に設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、漂流防止装置（係船柱）を設置する漂流防止装置基礎（荷揚護岸）が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

漂流防止装置基礎（荷揚護岸）に要求される機能の維持を確認するにあたっては、地震応答解析に基づく施設の変形性評価を行う。

2. 基本方針

2.1 位置

漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の位置図を図 2-1 に示す。

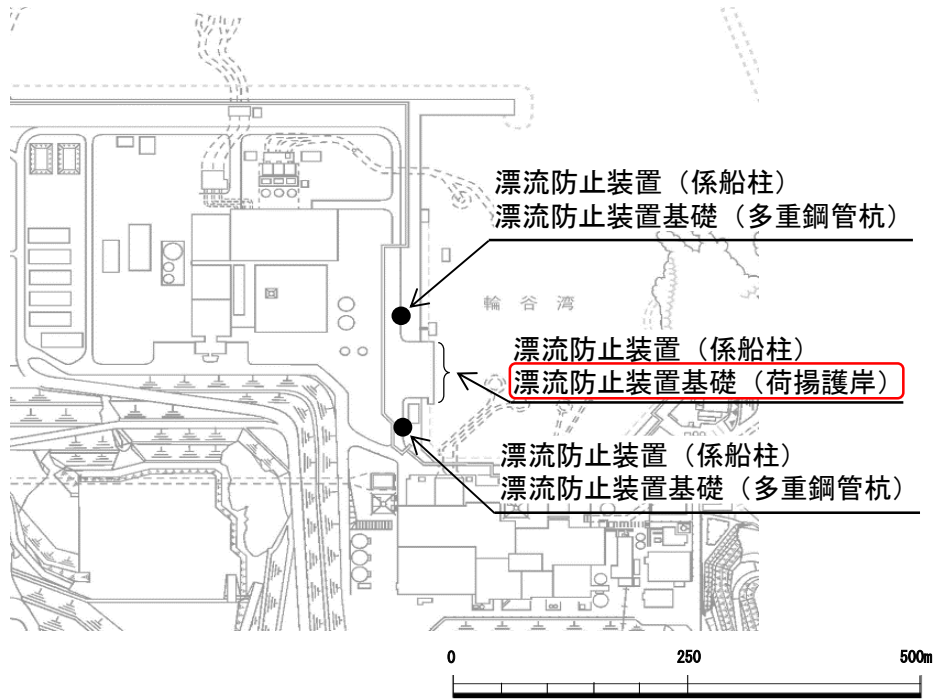


図 2-1 漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の位置図

2.2 構造概要

漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の概要図を図 2-2 に示す。

漂流防止装置基礎（荷揚護岸）は岩盤上に支持され、基礎コンクリート、セルラーブロック（コンクリート詰）及び上部工（無筋）から構成する。

漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の上部に漂流防止装置（係船柱）を設置する。

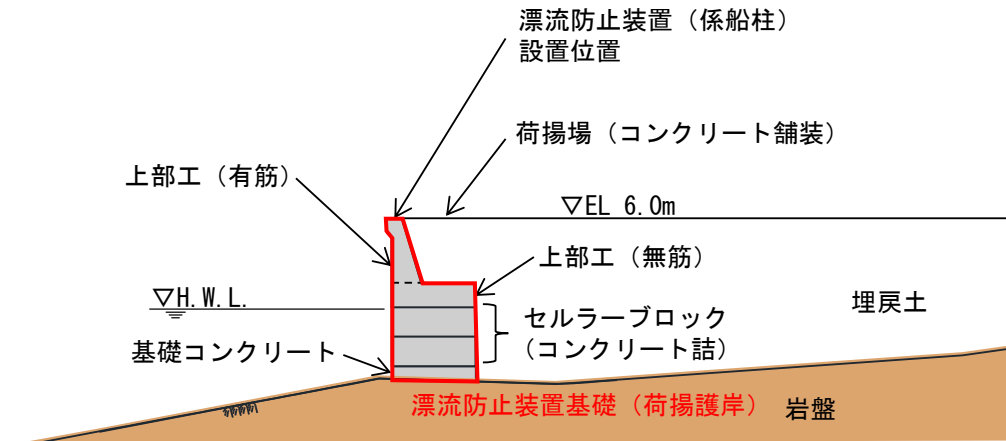


図 2-2 漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の概要図

2.3 評価方針

漂流防止装置基礎（荷揚護岸）は、漂流防止装置（係船柱）を支持する。

漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の各部位の役割及び性能目標を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の耐震評価は、地震応答解析の結果に基づき、表 2-3 の漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の評価項目に示すとおり、施設の変形性評価により、構造強度を有することを確認する。

漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の耐震評価フローを図 2-3 に示す。

表 2-1 漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の各部位の役割

部位の名称	地震時の役割	津波時の役割
漂流防止装置基礎 （荷揚護岸）	漂流防止装置（係船柱）を支持する。	漂流防止装置（係船柱）を支持する。

表 2-2 漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の各部位の性能目標

部位の名称	性能目標	
	耐震性	耐津波性
漂流防止装置基礎 （荷揚護岸）	漂流防止装置（係船柱）の漂流防止機能を保持すること。	—

表 2-3 漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	施設の変形性	漂流防止装置基礎 （荷揚護岸）	発生する残留変形量が許容限界以下であることを確認	許容残留変形量

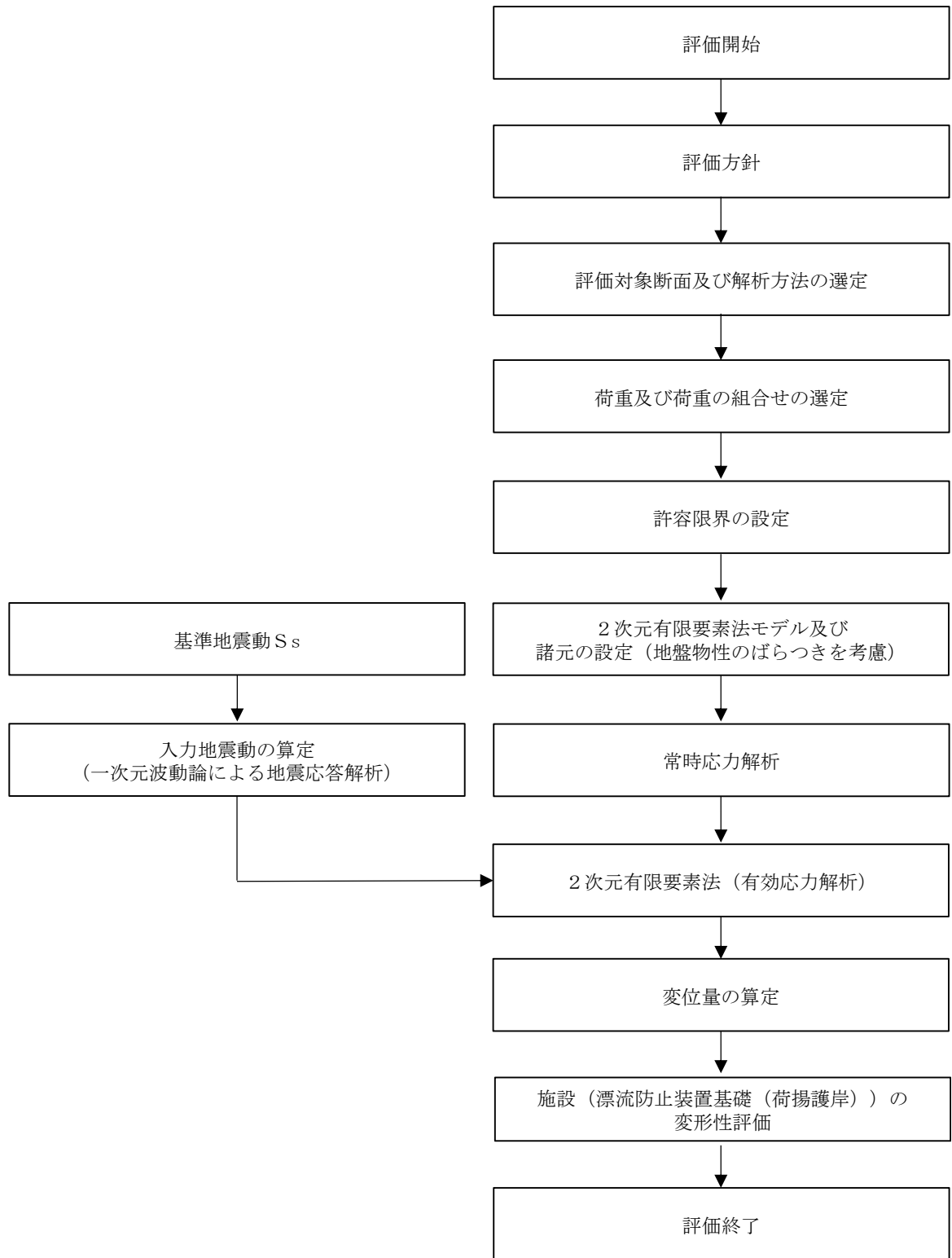


図 2-3 漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説（国土交通省港湾局，2007年版）
- ・港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター，平成19年3月）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の評価対象断面は、漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて設定する。図 3-1 に漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の評価対象断面位置図を、図 3-2 に漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の横断面図（⑥-⑥断面）を示す。

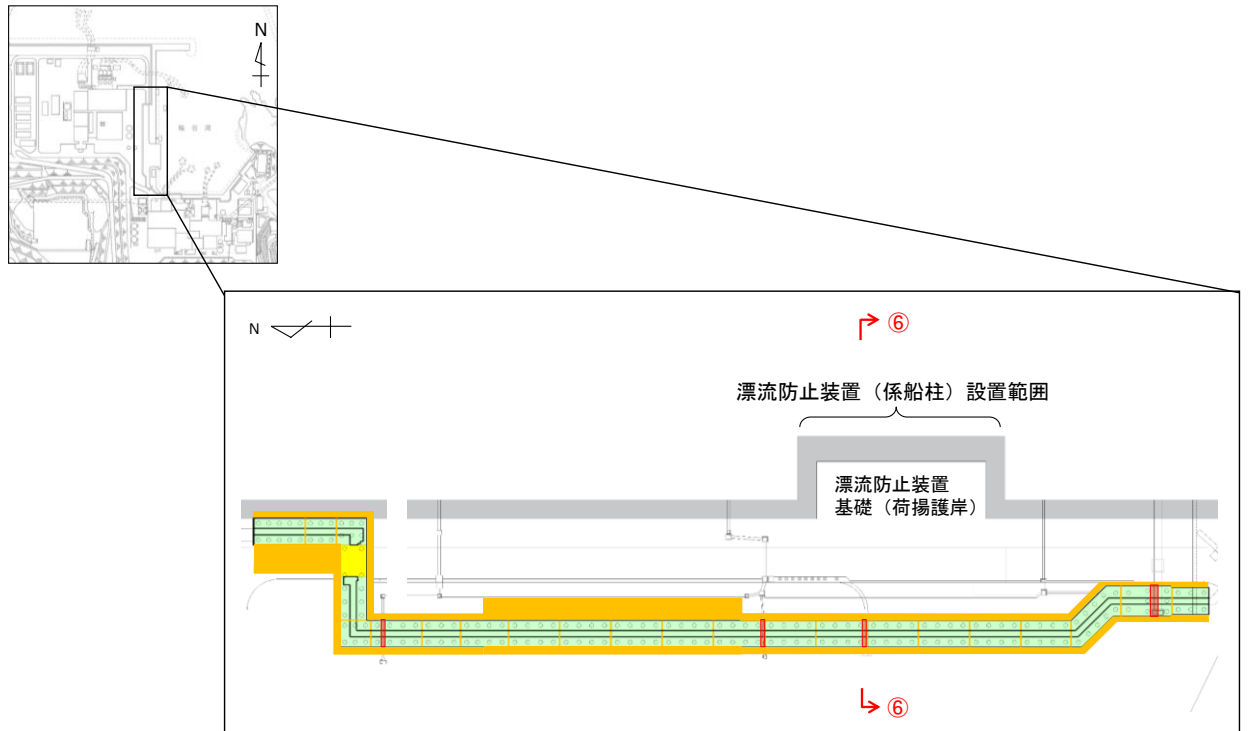


図 3-1 漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の評価対象断面位置図

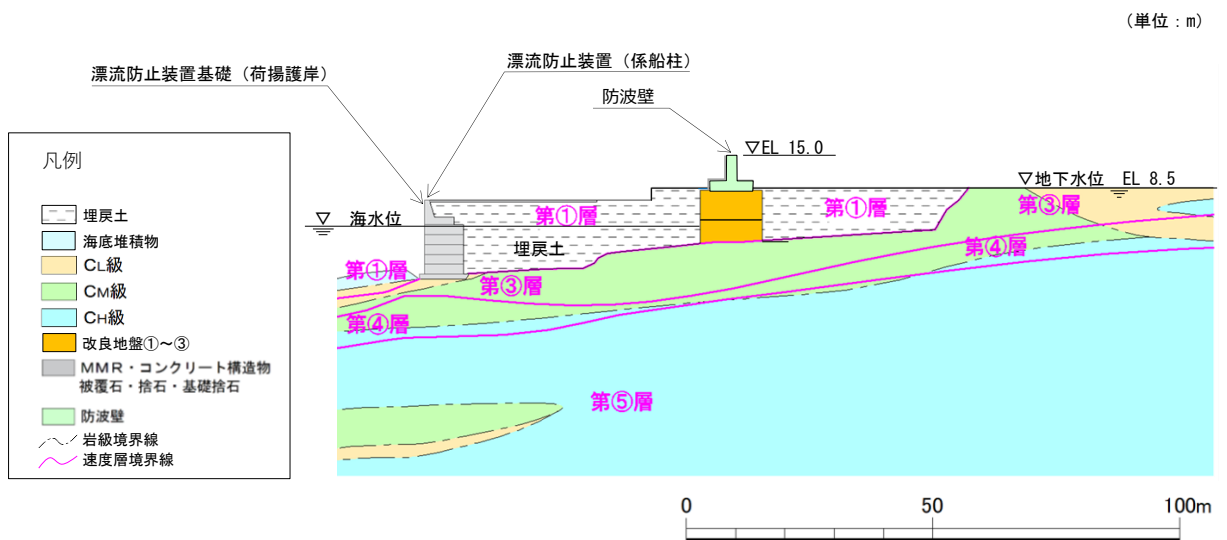


図 3-2 漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の横断面図（⑥-⑥断面）

3.2 解析方法

漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の地震応答解析は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動 S_s に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行うこととする。地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮するため、解析方法は有効応力解析とする。

構造部材については、線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、地盤については地盤のひずみ依存性を適切に考慮できるようモデル化する。

地震応答解析については、解析コード「FLIP」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2.1 施設

漂流防止装置基礎（荷揚護岸）は、線形の平面ひずみ要素としてモデル化する。

3.2.2 地盤物性のばらつき

漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の地震時の応答は、周辺地盤との相互作用によることから、地盤物性のばらつきの影響を考慮する。地盤物性のばらつきについては、表 3-1 に示す解析ケースにおいて考慮する。

図 3-2 に示すとおり、動的変形特性にひずみ依存性がある地盤が分布しており、これらの地盤のせん断変形が地震時に漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の応答に与える影響が大きいと考えられる。このうち、広範囲に分布しており、応答に与える影響が大きいと考えられる埋戻土の物性（初期せん断弾性係数）のばらつきについて影響を確認する。

詳細な解析ケースの考え方は、「3.2.4 解析ケース」に示す。

表 3-1 解析ケース

解析ケース	地盤物性	
	埋戻土 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	平均値	平均値
ケース②	平均値 + 1 σ	平均値
ケース③	平均値 - 1 σ	平均値

3.2.3 減衰定数

Rayleigh 減衰を考慮することとし、剛性比例型減衰 ($\alpha=0$, $\beta=0.002$) を設定する。

3.2.4 解析ケース

耐震評価においては、すべての基準地震動 S_s に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。すべての基準地震動 S_s に対して実施したケース①（基本ケース）の解析において、各照査値が最も厳しい地震動を用いて、解析ケース②及び③を実施する。

耐震評価における解析ケースを表 3-2 に示す。

表 3-2 耐震評価における解析ケース

解析ケース		ケース①	ケース②	ケース③
		基本ケース	地盤物性のばらつき (+1 σ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1 σ) を考慮した解析ケース
地盤物性		平均値	平均値+1 σ	平均値-1 σ
地震動 (位相)	$S_s - D$	(++)*	○	基準地震動 S_s (6波) に位相反転を考慮した地震動 (6波) を加えた全 12 波に対し、ケース① (基本ケース) を実施し、残留変形量の照査値が 0.5 を超える照査項目に対して、最も厳しい(許容限界に対する裕度が最も小さい)地震動を用いてケース②及び③を実施する。 残留変形量の照査値が 0.5 以下の場合、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②及び③を実施する。
		(-+)*	○	
		(+-)*	○	
		(--)*	○	
	$S_s - F 1$	(++)*	○	
	$S_s - F 2$	(++)*	○	
	$S_s - N 1$	(++)*	○	
		(-+)*	○	
	$S_s - N 2$	(++)*	○	
	(NS)	(-+)*	○	
$S_s - N 2$ (EW)	(++)*	○		
	(-+)*	○		

注記* : 地震動の位相について、(++) の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、VI-2-別添 6-1「漂流防止装置の耐震計算の方針」に基づき設定する。

3.3.1 耐震評価上考慮する状態

漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の地震応答解析において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪荷重を考慮する。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2 荷重

漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重（G）

固定荷重として、漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の自重を考慮する。

(2) 積雪荷重（P_s）

積雪荷重として、発電所最寄りの気象官署である松江地方気象台（松江市）での観測記録（1941～2018年）より、観測史上1位の月最深積雪100cm（1971年2月4日）に平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮した35.0cmとする。積雪荷重については、「松江市建築基準法施行細則（平成17年3月31日松江市規則第234号）」により、積雪量1cmごとに20N/m²の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(3) 地震荷重（S_s）

基準地震動S_sによる荷重を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-3 に示す。

表 3-3 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S _s)	G + S _s + P _s

G : 固定荷重

S_s : 地震荷重 (基準地震動 S_s)

P_s : 積雪荷重

3.4 入力地震動

入力地震動は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図3-3に入力地震動算定の概念図を、図3-4～図3-15に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

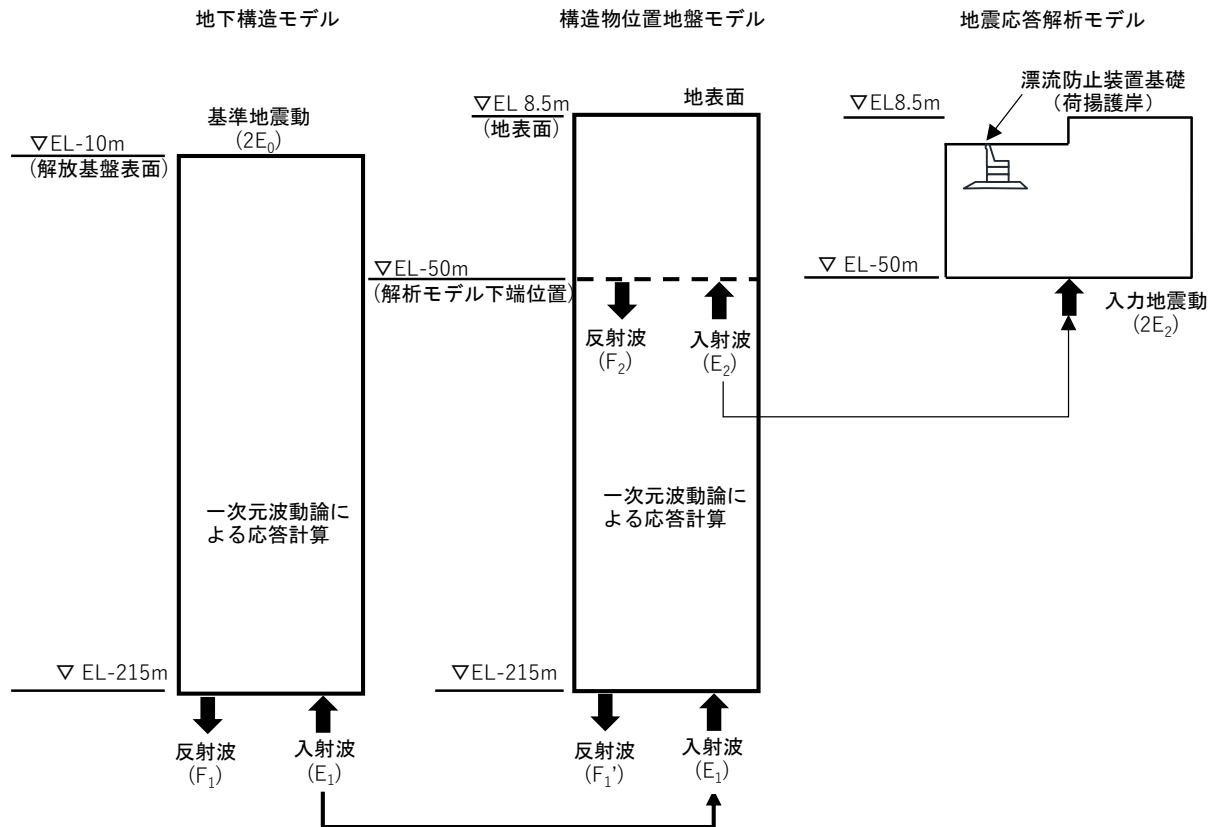
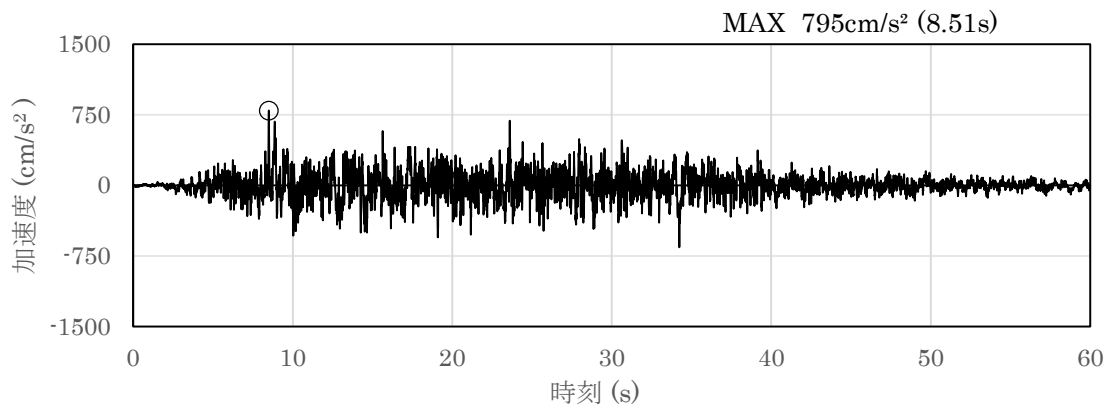
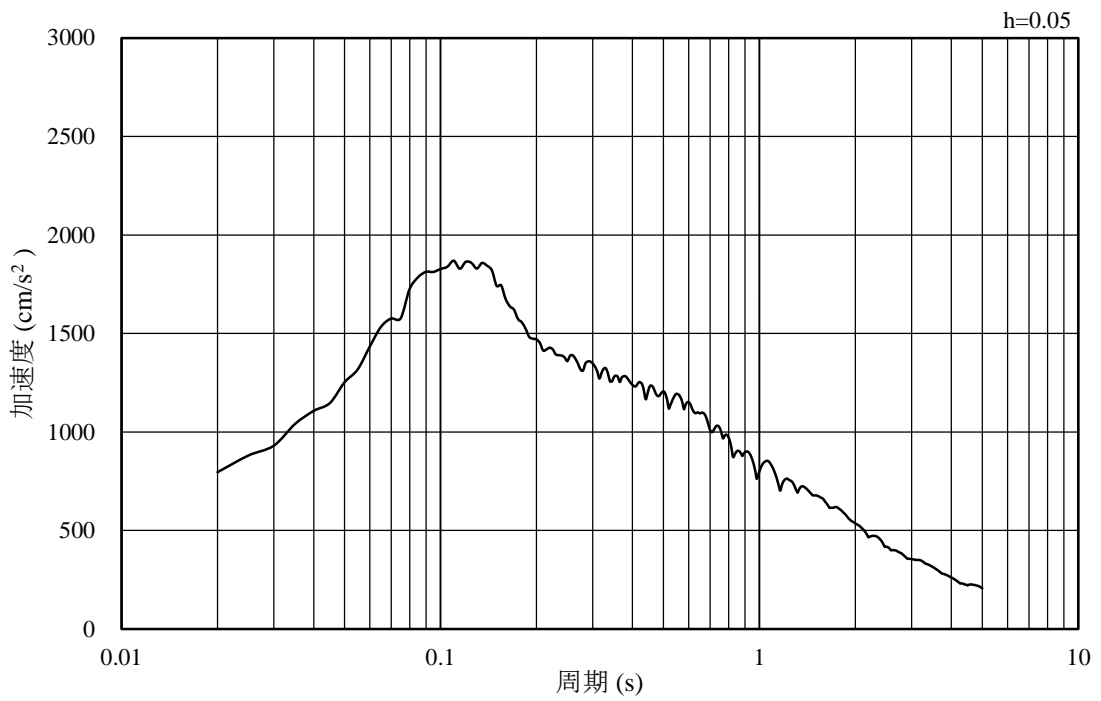


図3-3 入力地震動算定の概念図

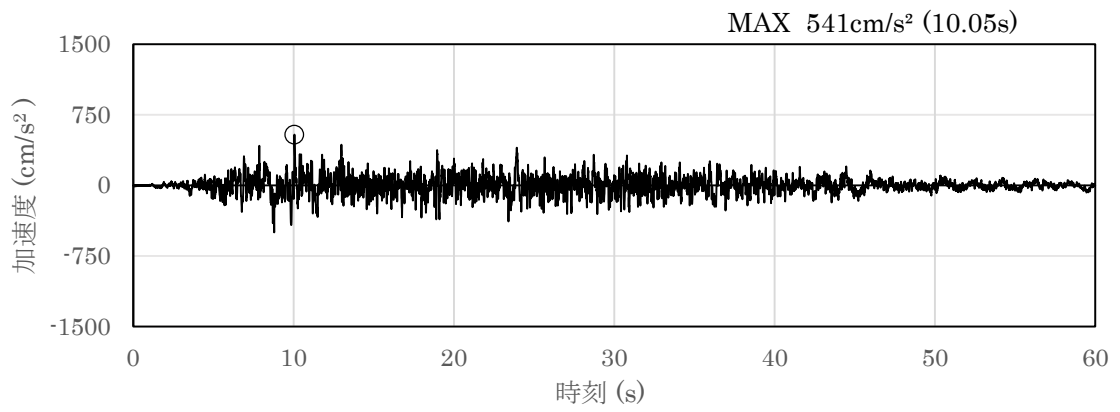


(a) 加速度時刻歴波形

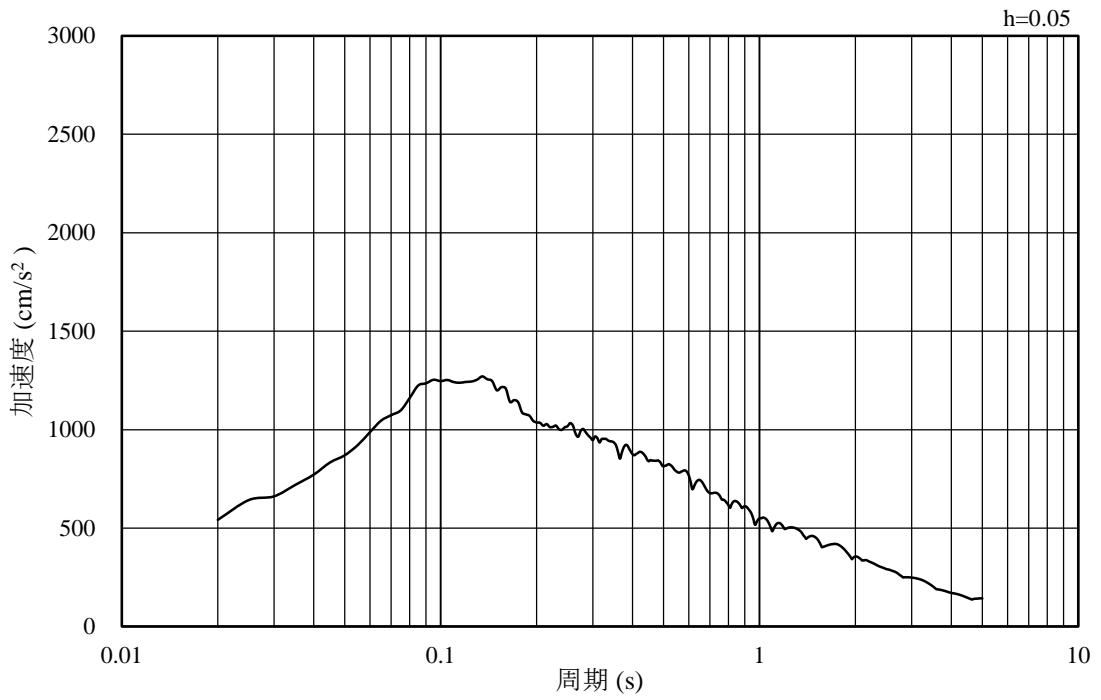


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - D)

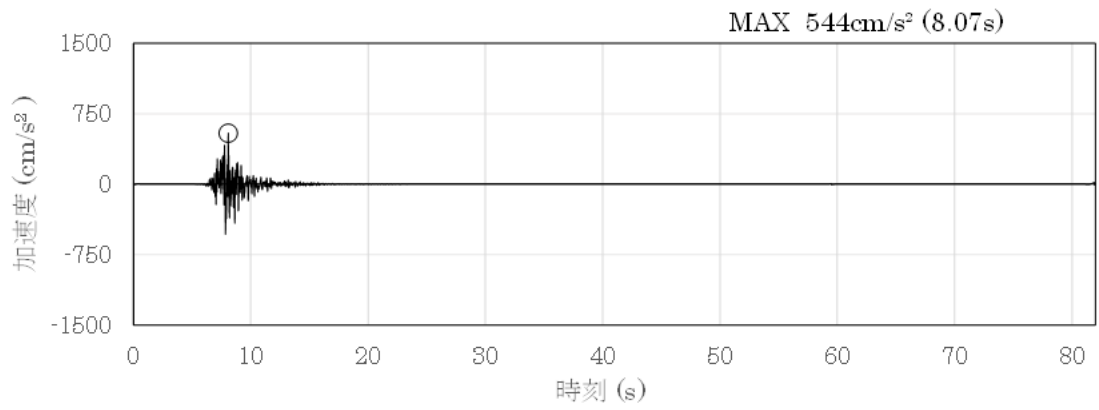


(a) 加速度時刻歴波形

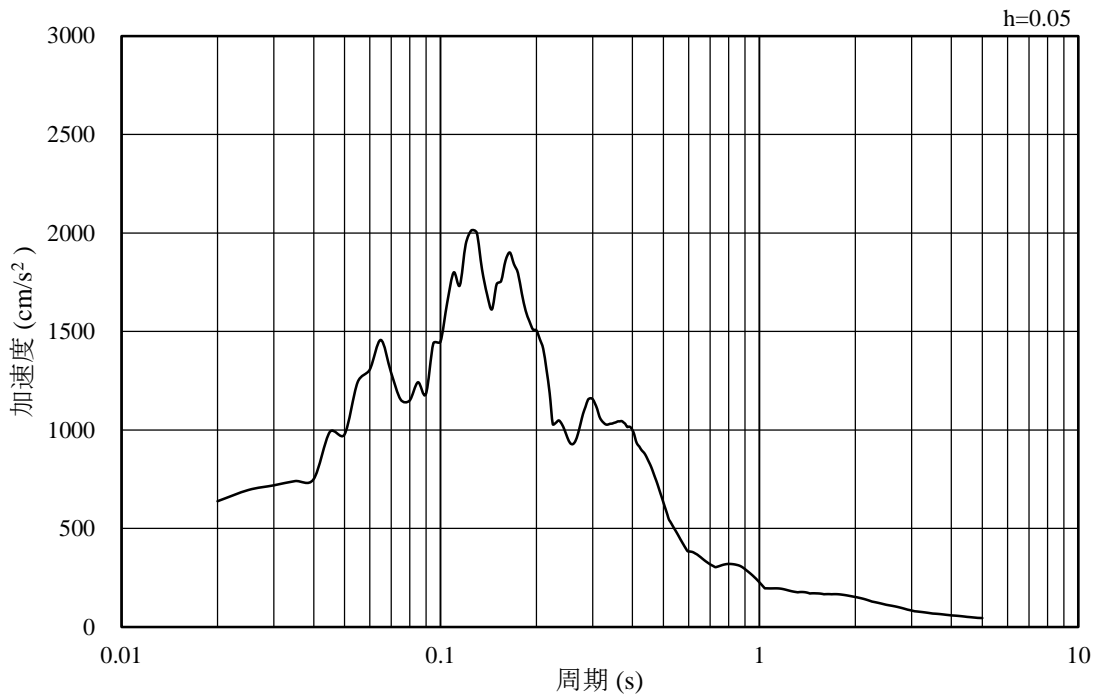


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - D)

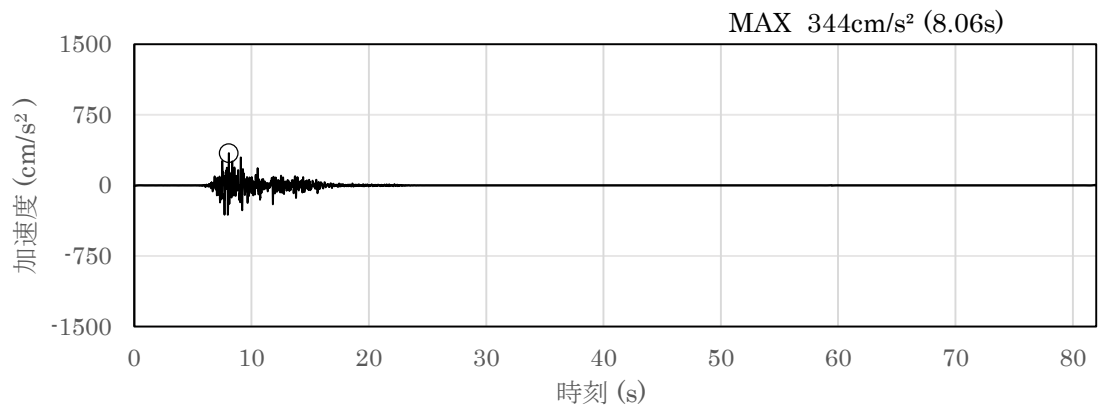


(a) 加速度時刻歴波形

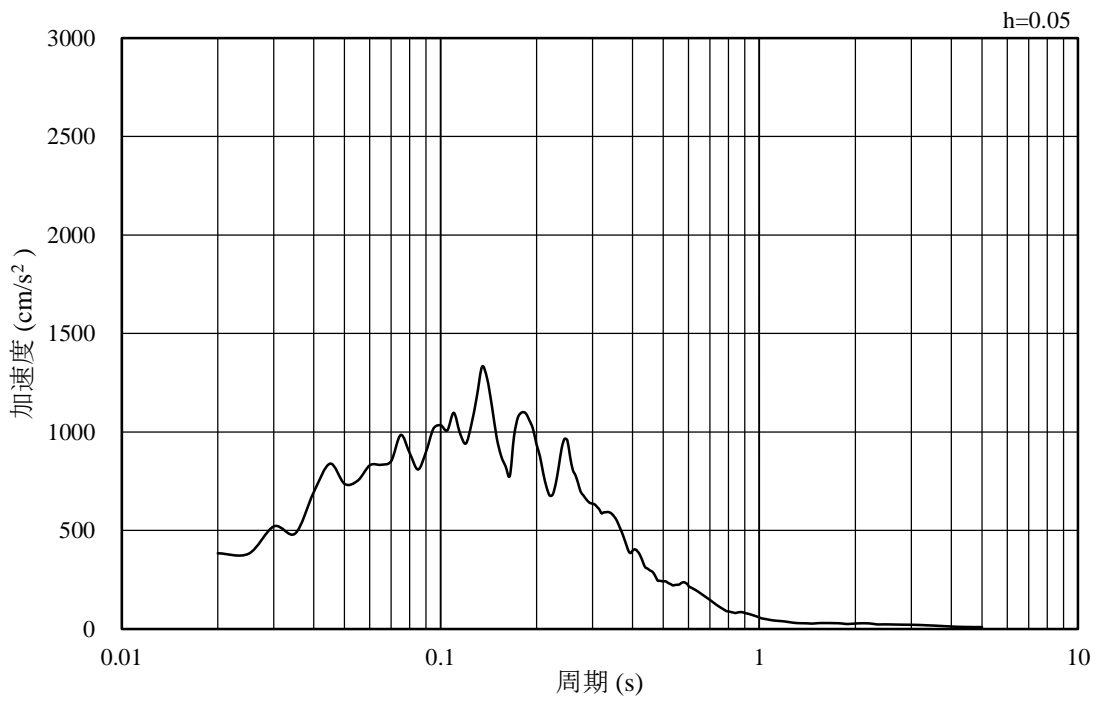


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分 : S s - F 1)

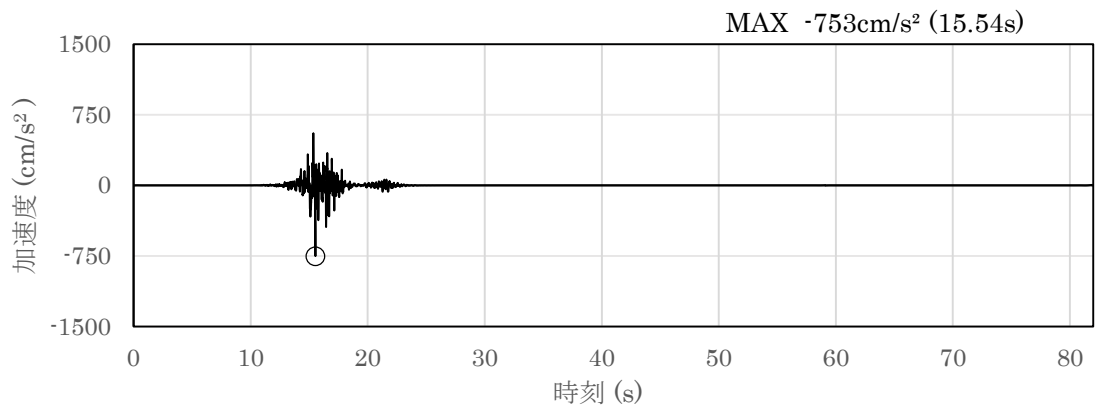


(a) 加速度時刻歴波形

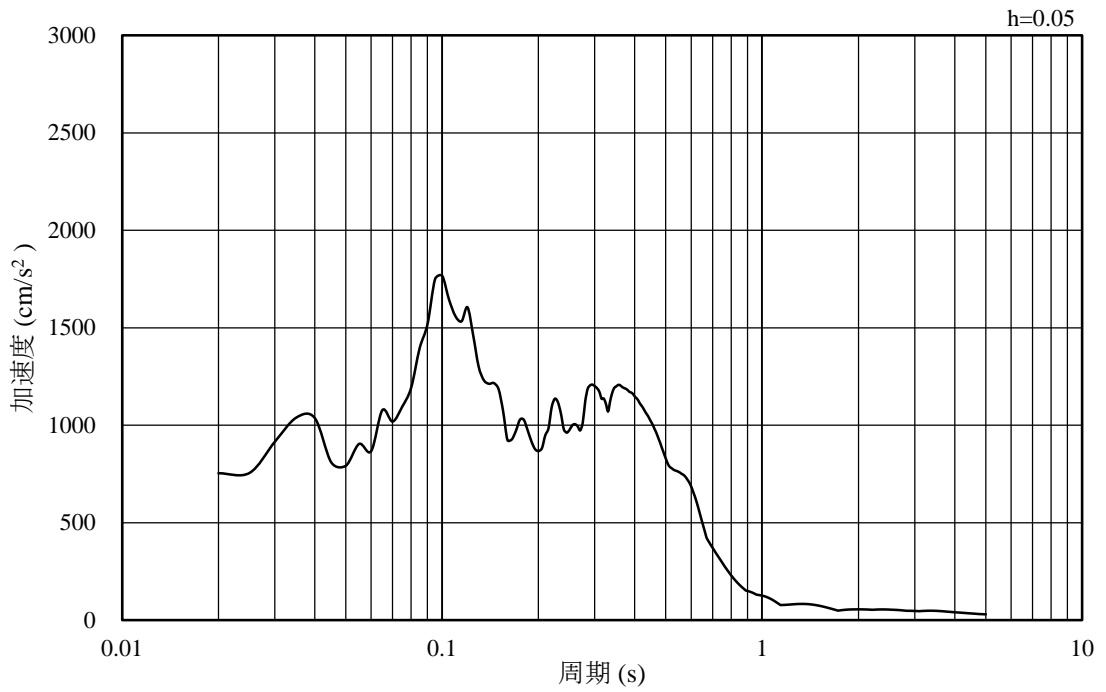


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-7 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - F 1)

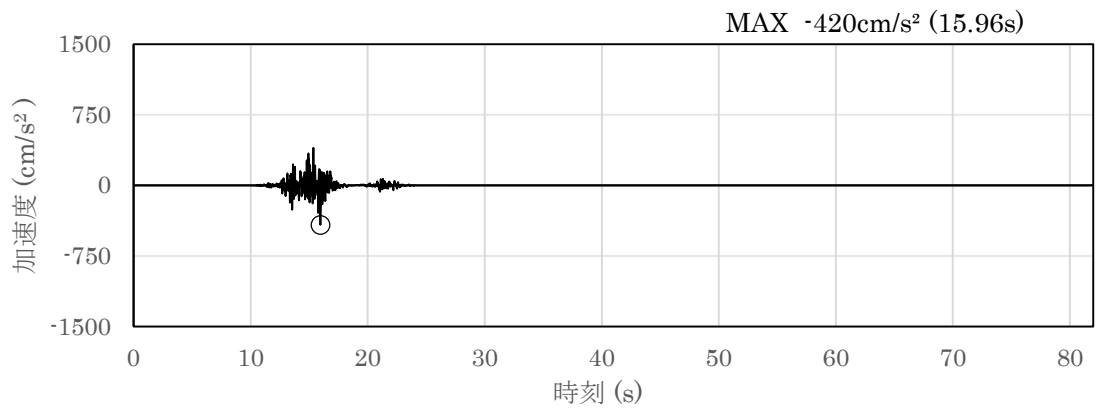


(a) 加速度時刻歴波形

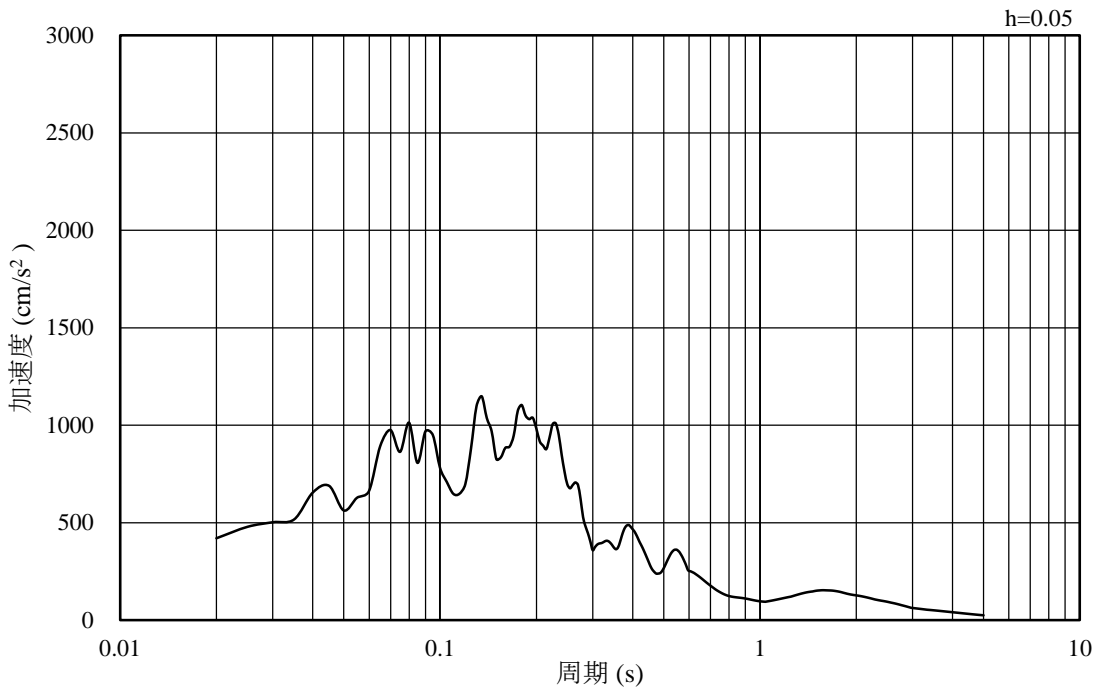


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-8 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分 : S s - F 2)

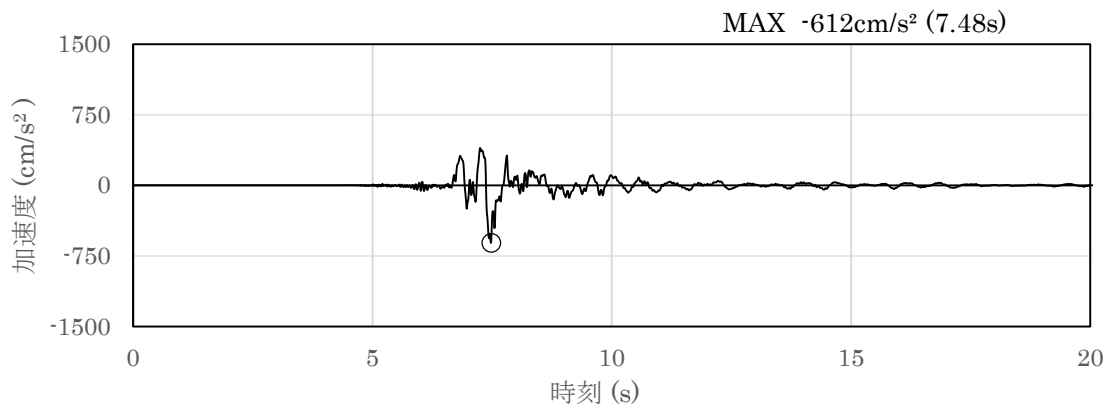


(a) 加速度時刻歴波形

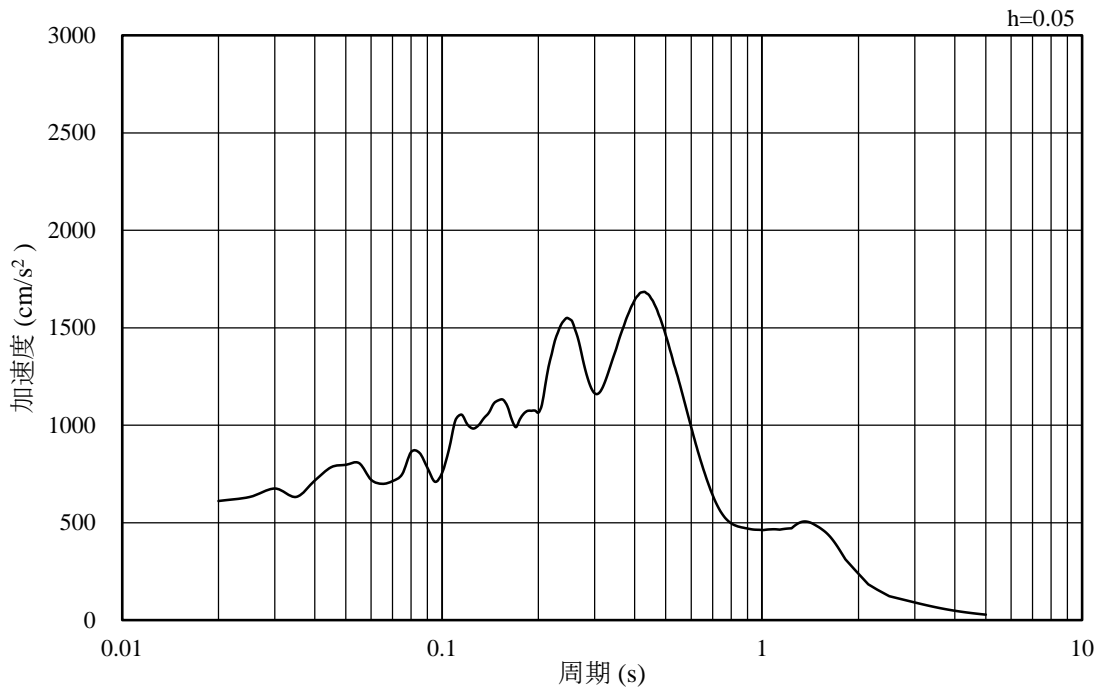


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-9 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - F 2)

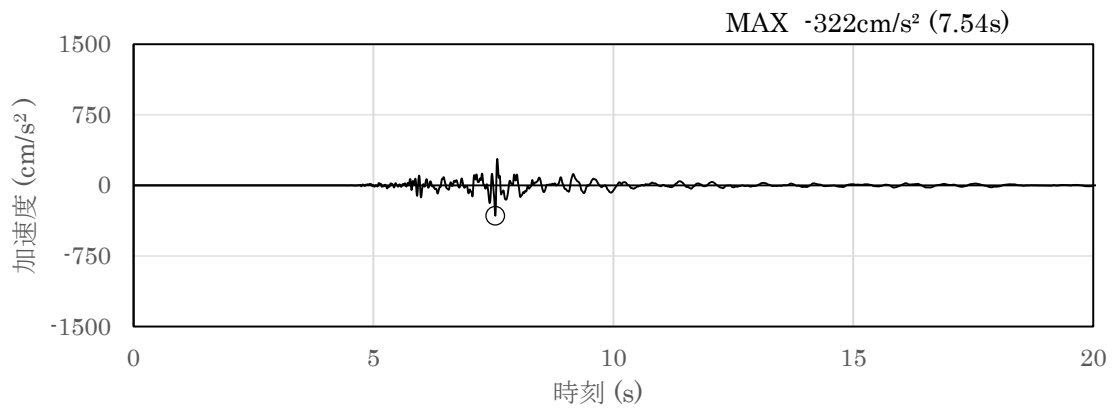


(a) 加速度時刻歴波形

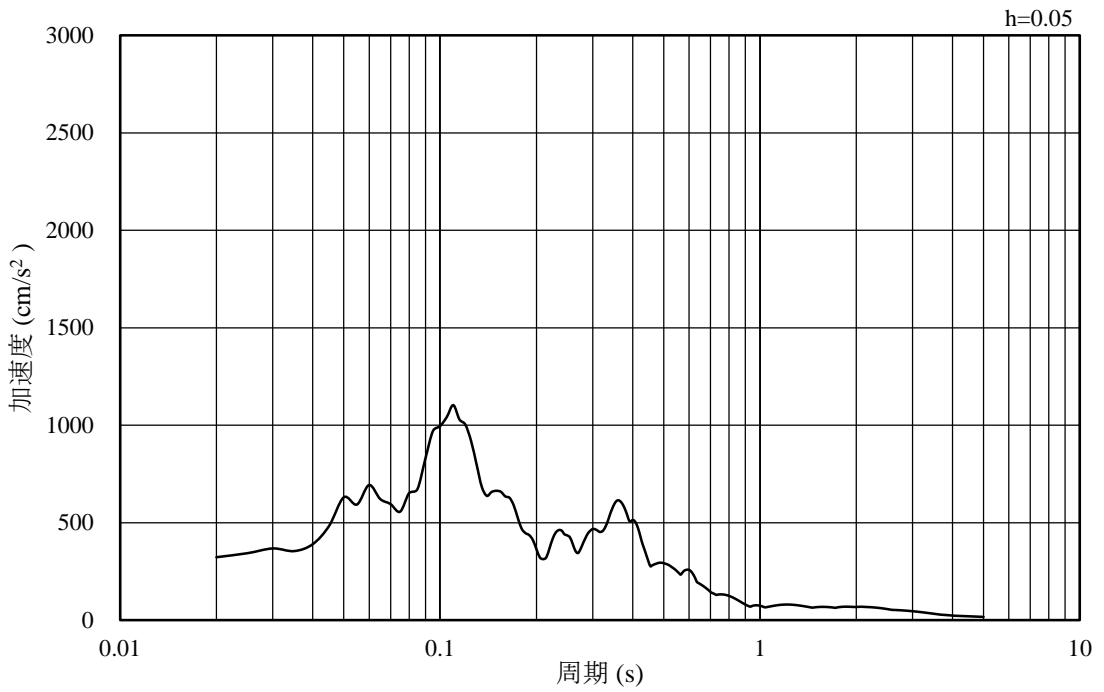


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-10 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 1)

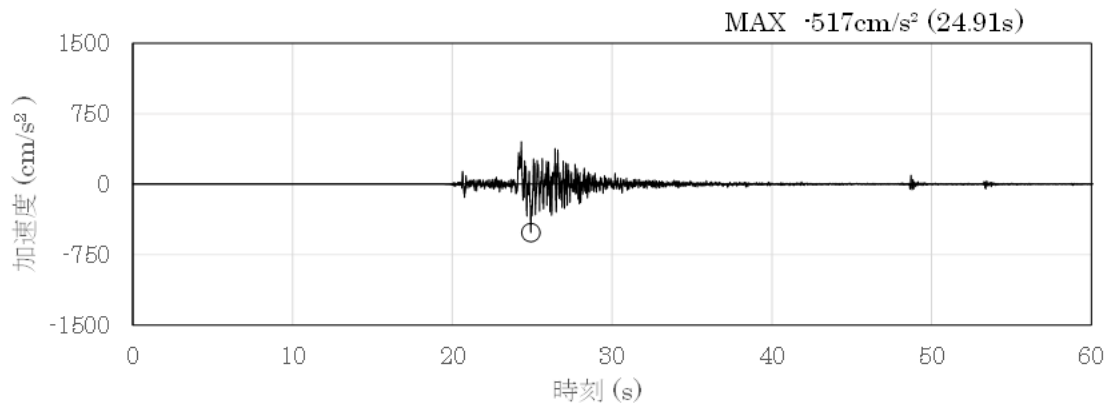


(a) 加速度時刻歴波形

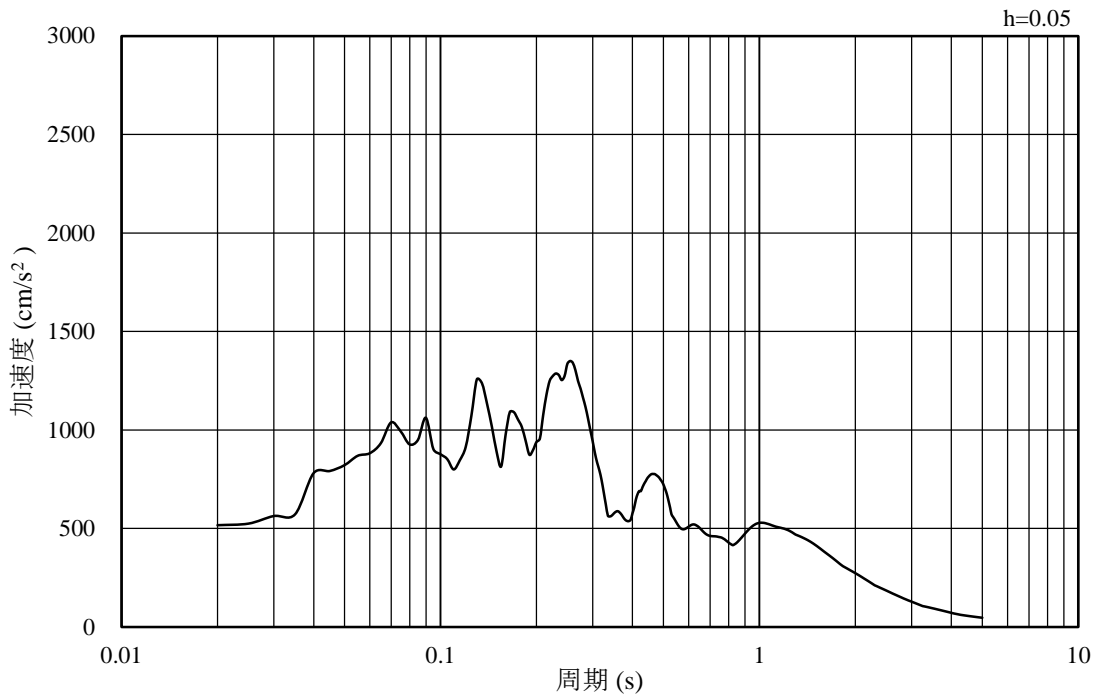


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-11 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 1)

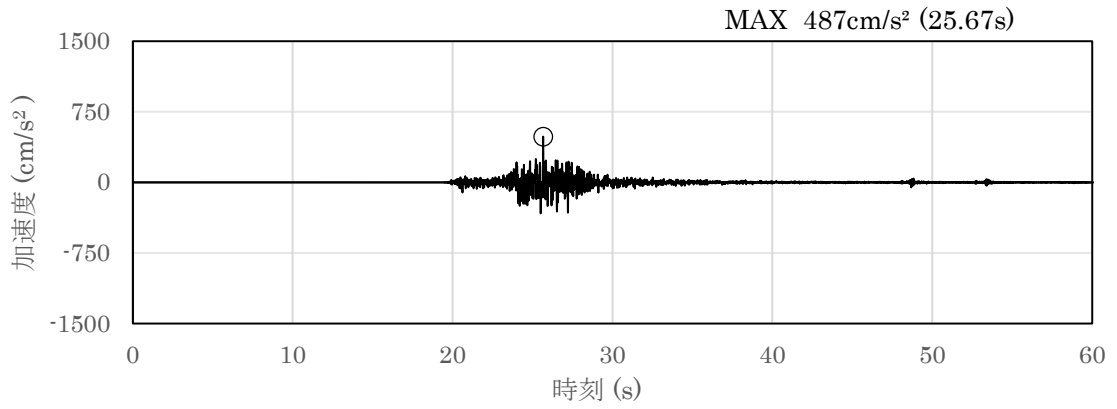


(a) 加速度時刻歴波形

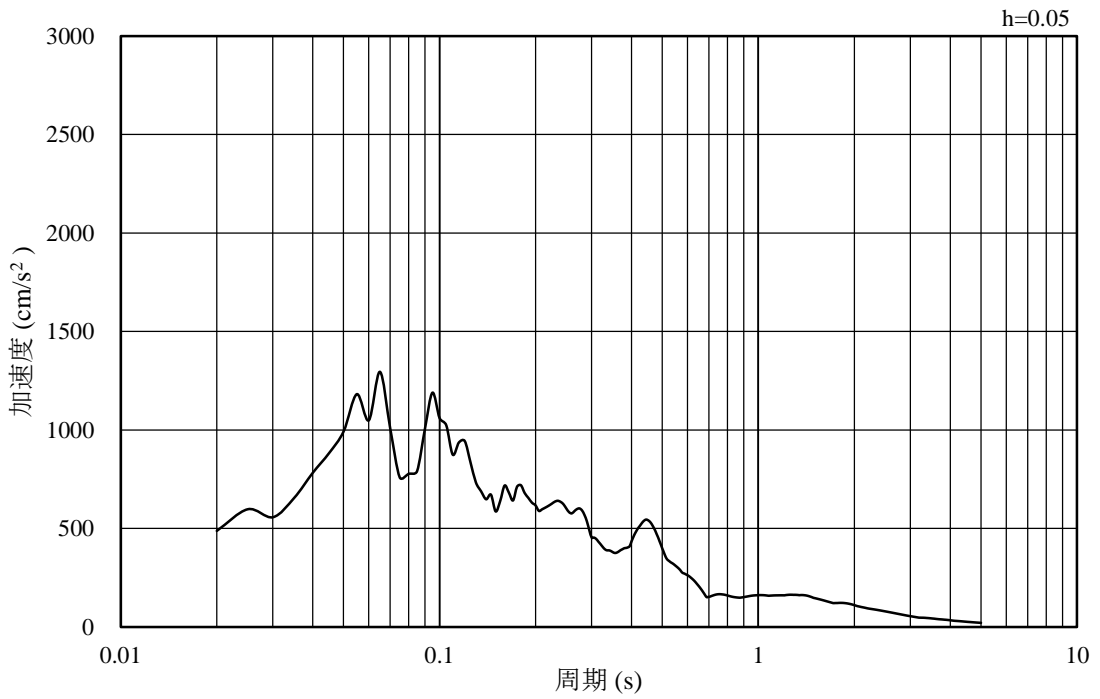


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-12 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分 : S s - N 2 (N S))

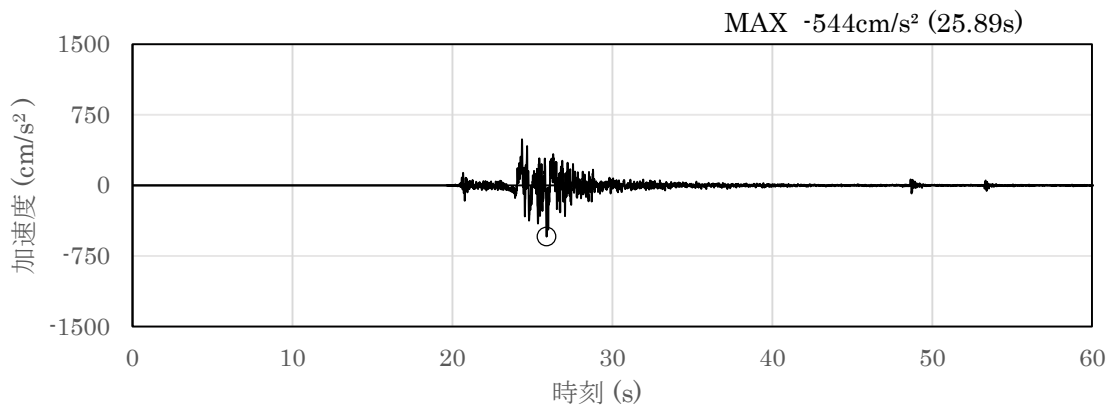


(a) 加速度時刻歴波形

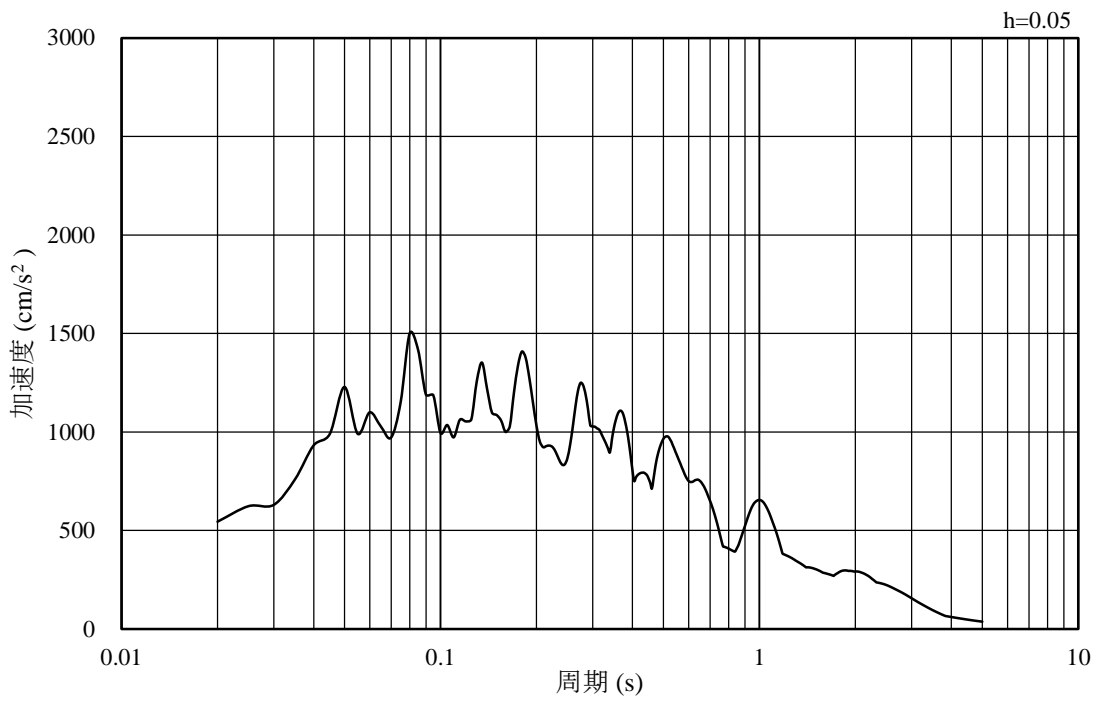


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-13 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 2 (N S))

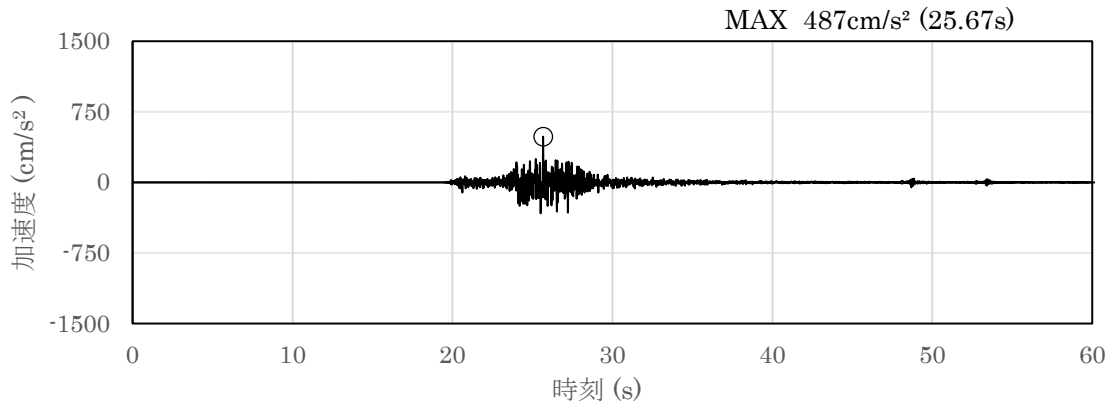


(a) 加速度時刻歴波形

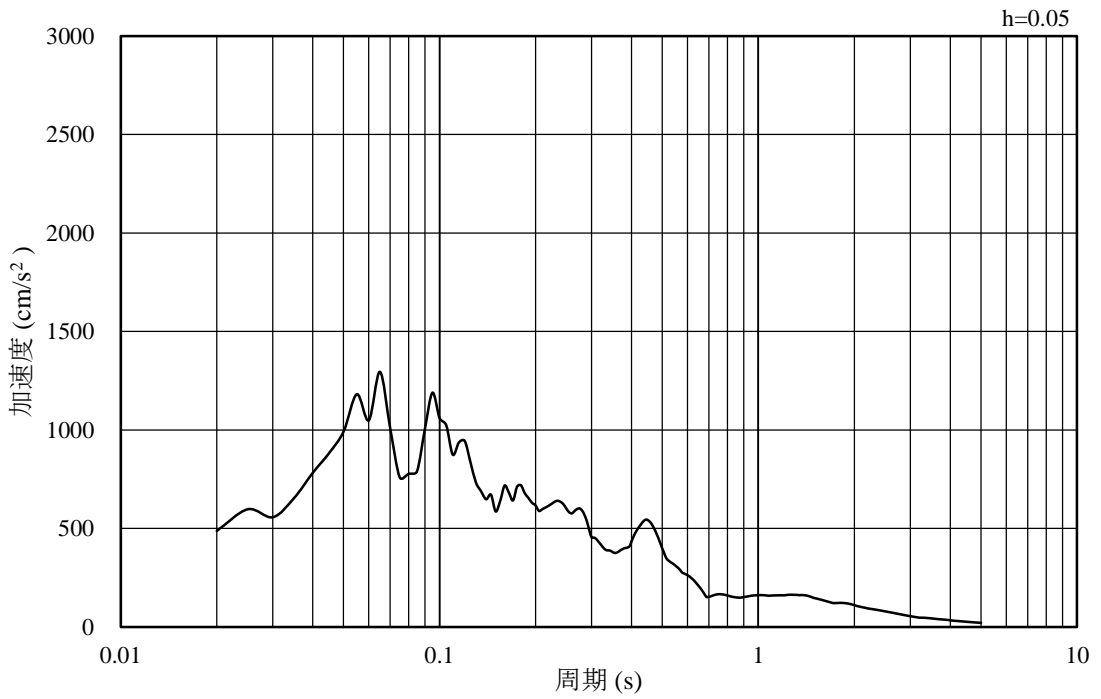


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分 : S s - N 2 (E W))



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 2 (E W))

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の地震応答解析モデルを図 3-16 に示す。

(1) 解析領域

地震応答解析モデルは、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987（（社）日本電気協会）」を参考に、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。

(2) 境界条件

常時応力解析時の境界条件は底面固定とし、側方は自重等による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラーとする。

また、地震応答解析時の境界条件は、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

漂流防止装置基礎（荷揚護岸）は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。漂流防止装置（係船柱）は、漂流防止装置基礎（荷揚護岸）と比較して十分に重量が小さいことからモデル化しない。

(4) 地盤のモデル化

岩盤は、線形の平面ひずみ要素でモデル化する。地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

(5) ジョイント要素の設定

地震時の施設及び地盤の接合面における剥離及びすべりを考慮するため、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（国土交通省港湾局，2007年版）」及び「港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター，平成19年3月）」に準拠して、これらの接合面にジョイント要素を設定する。

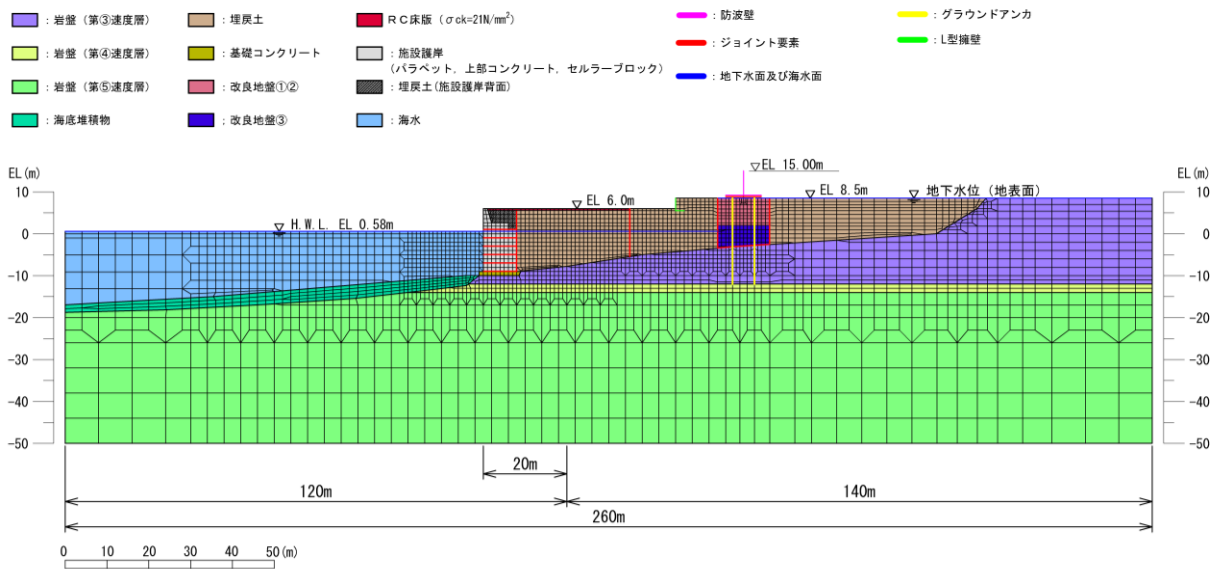


図 3-16 地震応答解析モデル (⑥-⑥断面)

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

耐震評価に用いる材料定数は、適用基準類を基に設定する。使用材料を表 3-4 に、材料の物性値を表 3-5 に示す。

表 3-4 使用材料

材料	部位	諸元
コンクリート	上部工 (有筋)	設計基準強度 : 20.6N/mm ²
	上部工 (無筋)	設計基準強度 : 14.7N/mm ²
	セルラーブロック (コンクリート詰)	設計基準強度 : 20.6N/mm ²
	基礎コンクリート	設計基準強度 : 14.7N/mm ²

表 3-5 材料の物性値

材料	部位	単位体積重量 (kN/m ³)		ヤング係数 (kN/mm ²)	ポアソン 比
		飽和, 湿潤	水中		
コンクリート	上部工 (有筋)	24.0 ^{*1}	-	23.3 ^{*1}	0.2 ^{*1}
	上部工 (無筋)	22.6 ^{*2}	-	20.4 ^{*1}	0.2 ^{*1}
	セルラーブロック ^{*3} (コンクリート詰)	23.0 ^{*2}	12.9	23.3 ^{*1}	0.2 ^{*1}
	基礎コンクリート	22.6 ^{*2}	12.5	20.4 ^{*1}	0.2 ^{*1}

注記*1: コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)

*2: 港湾の施設の技術上の基準・同解説 (国土交通省港湾局, 2007 年版)

*3: セルラーブロック及び中詰材の単位体積重量は, 「港湾の施設の技術上の基準・同解説 (国土交通省港湾局, 2007 年版)」より設定する。また, 剛性は中詰材がセルラーブロックと一体の挙動を示すことから, セルラーブロック材料と同様の物性とする。

3.5.3 地盤の物性値

地盤の物性値は，VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

3.5.4 地下水位

設計地下水位は，VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に従い設定する。設計地下水位を表3-6に示す。

表3-6 設計地下水位

施設名称	設計地下水位
漂流防止装置基礎 (荷揚護岸)	防波壁より陸側：EL 8.5m* 防波壁より海側：EL 0.58m

注記*：地表面がEL 8.5mよりも低い地点については，地下水位を地表面とする。

3.6 評価対象部位

評価対象部位は、漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の構造上の特徴を踏まえ設定する。

3.6.1 施設の変形性評価

施設の変形性評価に係る評価対象部位は、漂流防止装置基礎（荷揚護岸）とする。

3.7 許容限界

許容限界は、VI-2-別添 6-1「漂流防止装置の耐震計算の方針」に基づき設定する。

漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の許容限界は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（国土交通省港湾局，2007年版）」に基づき、表 3-7 のとおり設定する。

表 3-7 漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の許容限界

評価項目	許容限界 (m)
残留変形量	0.3

3.8 評価方法

漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の変形性評価では、地震応答解析に基づいて算定した残留変形量が「3.7 許容限界」で設定した許容限界を満足することを確認する。

4. 耐震評価結果

漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の残留変形量に対する照査における最大照査値を表 4-1 に示す。

この結果から、漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の残留変形量が許容限界以下であることを確認した。

表 4-1 漂流防止装置基礎（荷揚護岸）の残留変形量に対する照査における最大照査値

地震動	解析 ケース	残留変形量 δ (m)	許容 残留変形量 δ_a (m)	照査値 δ / δ_a
S s - D (--)	③	0.04	0.3	0.14

3. 漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の耐震性についての計算書

目 次

1.	概要	1
2.	基本方針	2
2.1	位置	2
2.2	構造概要	3
2.3	評価方針	5
2.4	適用規格・基準等	8
3.	耐震評価	9
3.1	評価対象断面	9
3.2	解析方法	11
3.2.1	施設	11
3.2.2	地盤物性のばらつき	12
3.2.3	減衰定数	12
3.2.4	解析ケース	13
3.3	荷重及び荷重の組合せ	14
3.3.1	耐震評価上考慮する状態	14
3.3.2	荷重	14
3.3.3	荷重の組合せ	15
3.4	入力地震動	16
3.5	解析モデル及び諸元	29
3.5.1	解析モデル	29
3.5.2	使用材料及び材料の物性値	31
3.5.3	地盤の物性値	31
3.5.4	地下水位	31
3.6	評価対象部位	32
3.6.1	施設の変形性評価	32
3.6.2	基礎地盤の支持性能評価	32
3.7	許容限界	33
3.7.1	鋼管杭	33
3.7.2	基礎地盤	34
3.8	評価方法	35
3.8.1	鋼管杭	35
3.8.2	基礎地盤	35

4. 耐震評価結果	36
4.1 鋼管杭	36
4.1.1 曲げ照査	36
4.1.2 せん断照査	37
4.2 基礎地盤	38

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 6-1「漂流防止装置の耐震計算の方針」に設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、漂流防止装置（係船柱）を設置する漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）に要求される機能の維持を確認するにあたっては、地震応答解析に基づく施設の変形性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

2. 基本方針

2.1 位置

漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の位置図を図 2-1 に示す。

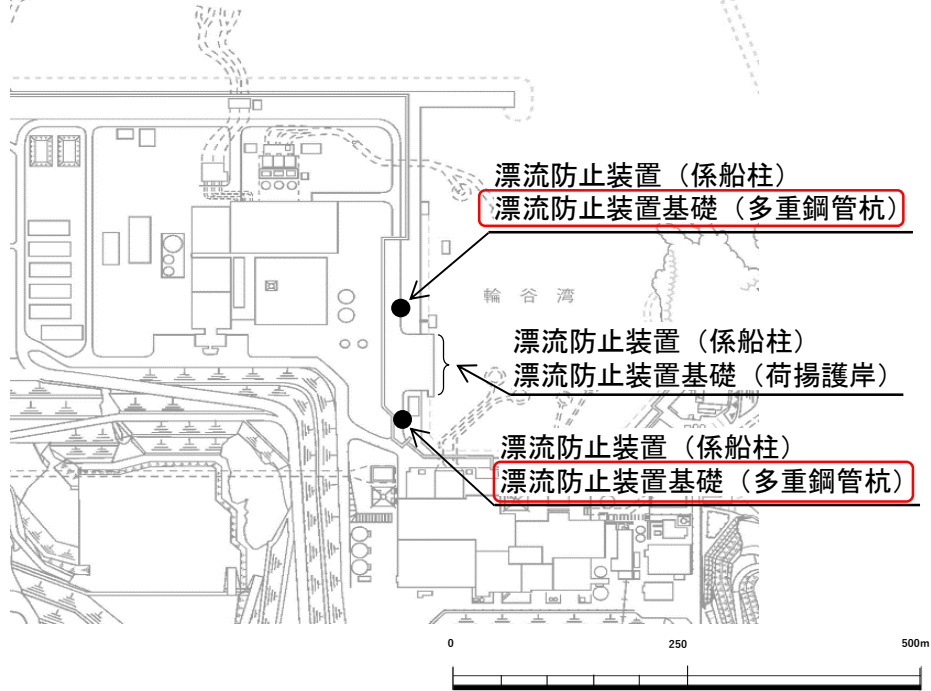


図 2-1 漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の位置図

2.2 構造概要

漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の構造図を図 2-2 及び図 2-3 に、漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）への漂流防止装置（係船柱）設置図を図 2-4 に示す。

漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）は、鋼管を多重化して鋼管内をコンクリート又はモルタルで充填した多重鋼管構造とする。鋼管杭は岩盤に支持させる構造（根入れ深さ：13000mm）とし、上部に漂流防止装置（係船柱）を設置する。

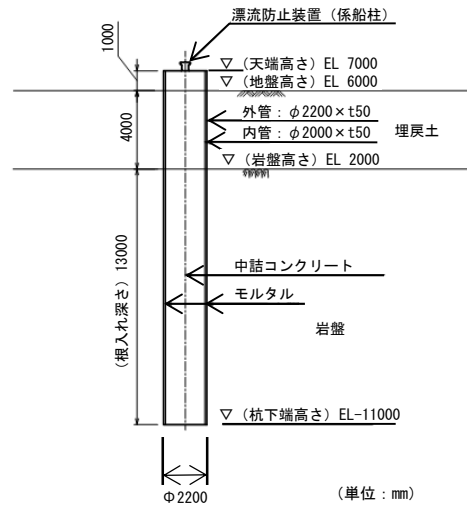


図 2-2 漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の構造図（南側）

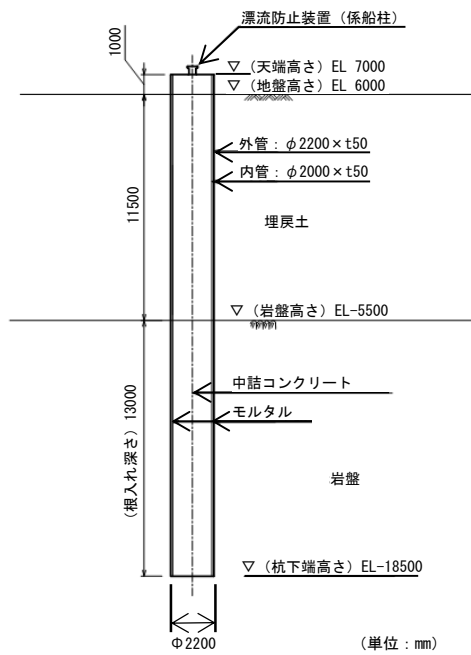
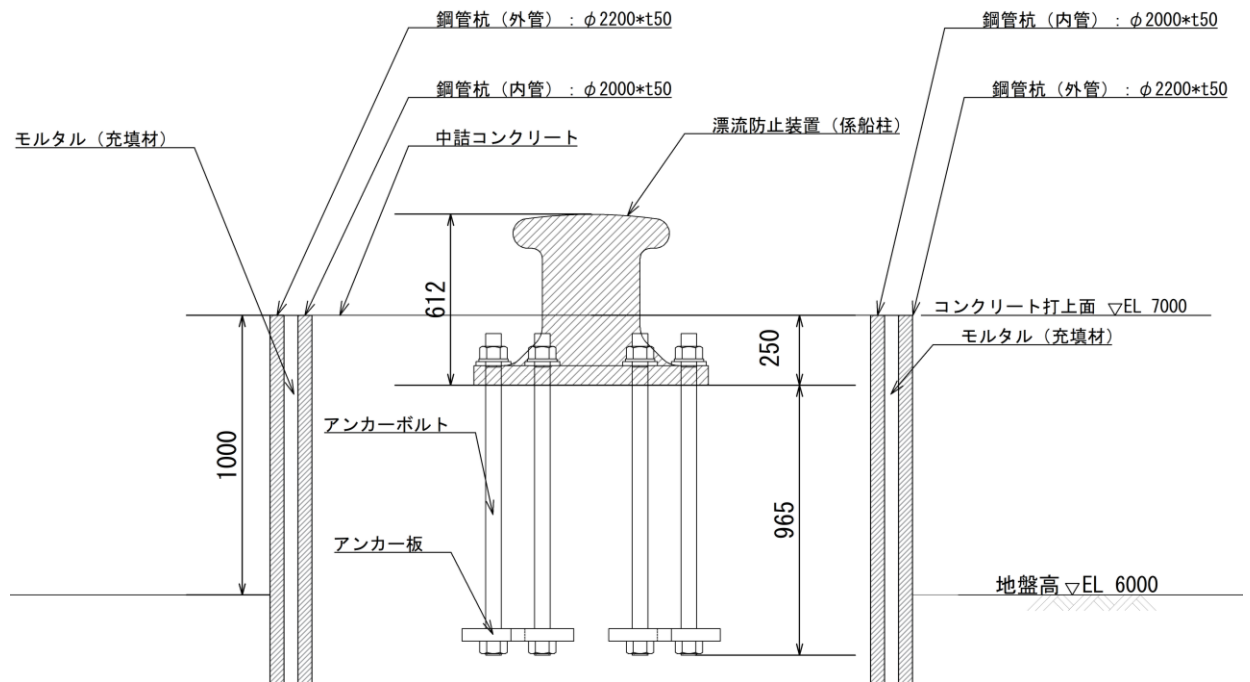


図 2-3 漂流防止装置基礎 (多重鋼管杭) の構造図 (北側)



(単位 : mm)

図 2-4 漂流防止装置基礎 (多重鋼管杭) への漂流防止装置 (係船柱) 設置図

2.3 評価方針

漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）は，漂流防止装置（係船柱）を支持する。

漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の各部位の役割及び性能目標を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の耐震評価は，地震応答解析の結果に基づき，表 2-3 の漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の評価項目に示すとおり，施設の変形性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行い，構造強度を有することを確認する。なお，施設の変形性評価にあたっては，保守的に施設がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の耐震評価フローを図 2-5 に示す。

表 2-1 漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の各部位の役割

部位の名称	地震時の役割	津波時の役割
鋼管杭	漂流防止装置（係船柱）を支持する。	漂流防止装置（係船柱）を支持する。
岩盤	鋼管杭を鉛直支持する。 鋼管杭の変形を抑制する。	鋼管杭を鉛直支持する。 鋼管杭の変形を抑制する。

表 2-2 漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の各部位の性能目標

部位の名称	性能目標		
	鉛直支持	耐震性	耐津波性
鋼管杭	—	漂流防止装置（係船柱）の漂流防止機能の保持のために、鋼管杭がおおむね弾性状態にとどまること。	—
岩盤	鋼管杭を鉛直支持するため、十分な支持力を保持すること。	—	—

表 2-3 漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	施設の 変形性	鋼管杭	発生する断面力（曲げ・軸力）及び応力（せん断応力）が許容限界以下であることを確認	降伏モーメント 短期許容応力度
	基礎地盤の 支持性能	岩盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力度*

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

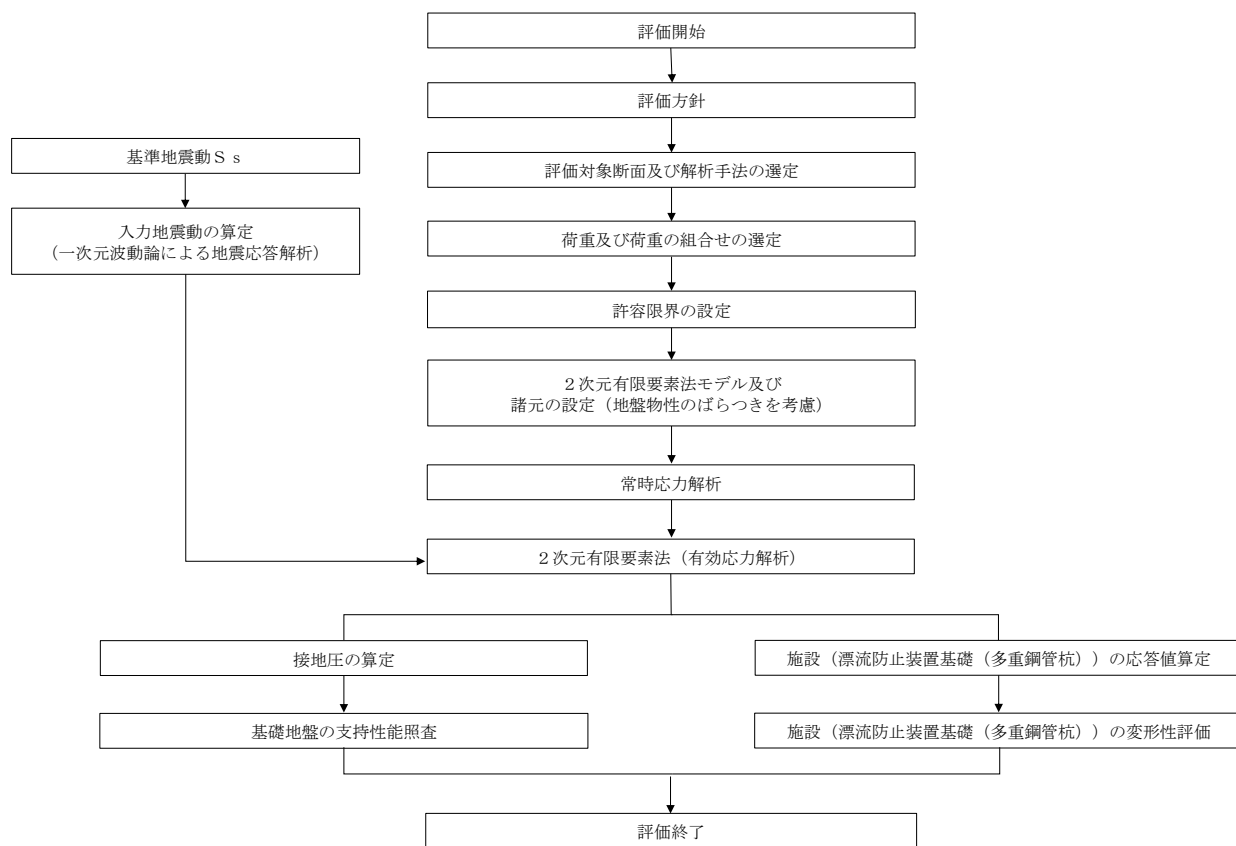


図 2-5 漂流防止装置基礎 (多重鋼管杭) の耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987((社) 日本電気協会)
- ・道路橋示方書 (I 共通編・IV下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説 (国土交通省港湾局, 2007 年版)
- ・港湾構造物設計事例集 (沿岸技術研究センター, 平成 19 年 3 月)
- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の評価対象断面は、漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて設定する。漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の評価対象断面位置図を図 3-1 に、断面図を図 3-2 及び図 3-3 に示す。以下の理由から、①-①断面を評価対象断面として選定する。

- ・ ①-①断面，②-②断面の漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）において、岩盤の根入れ深さに差異はない。
- ・ ①-①断面は②-②断面と比べ岩盤上面深さが深いため、漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）に作用する土圧が大きくなると考えられる。

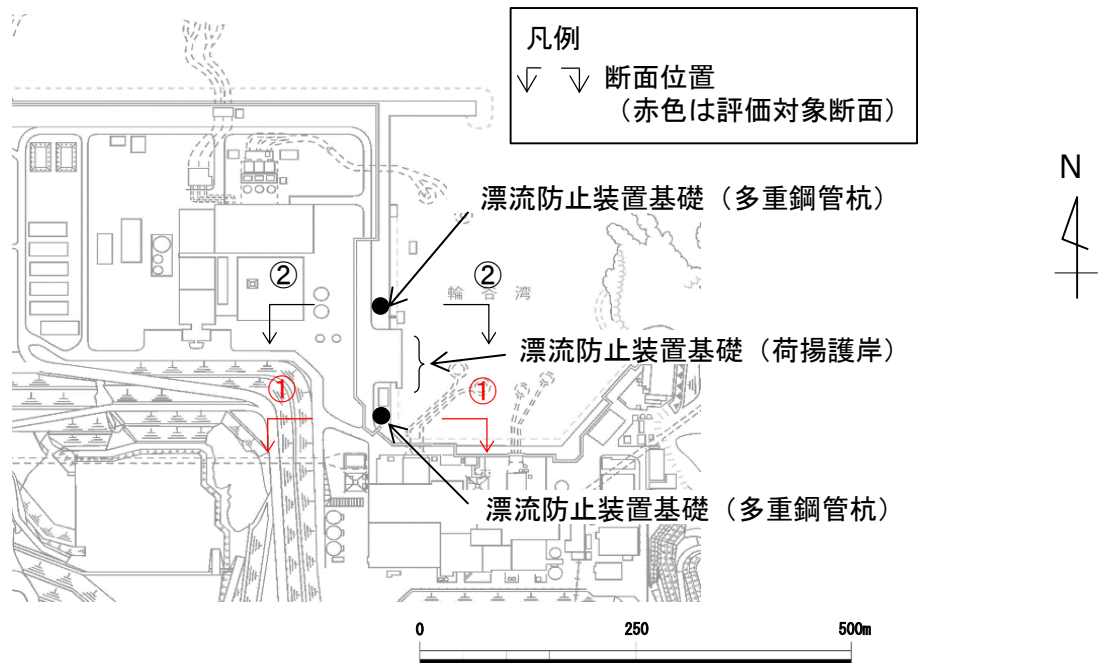


図 3-1 漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の評価対象断面位置図

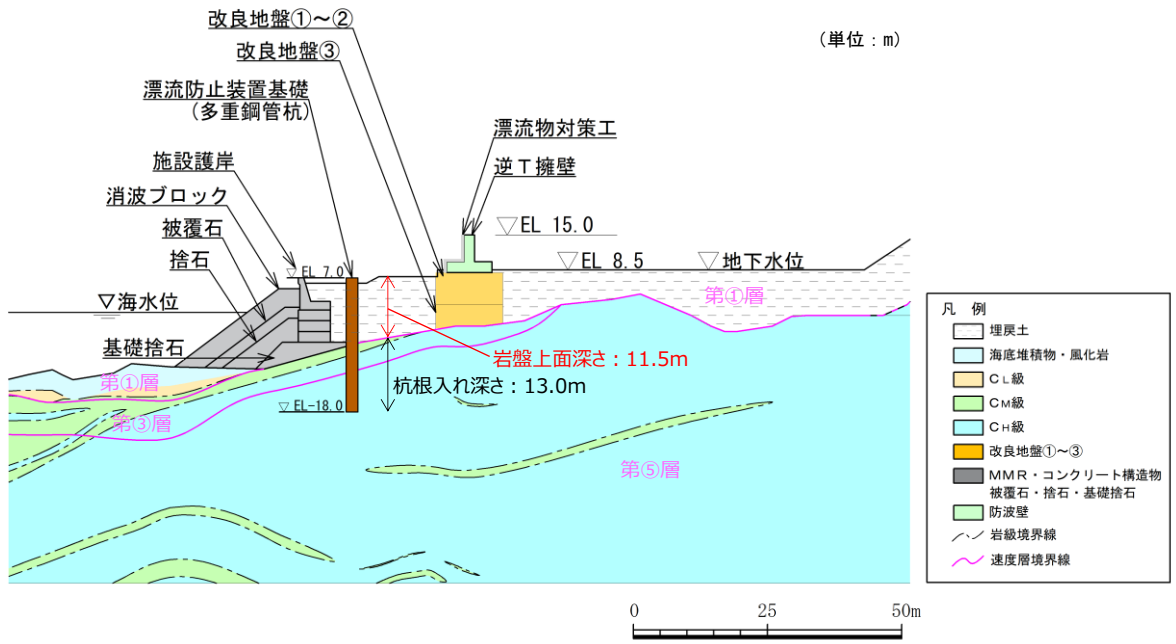


図 3-2 漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の横断面図（①-①断面）

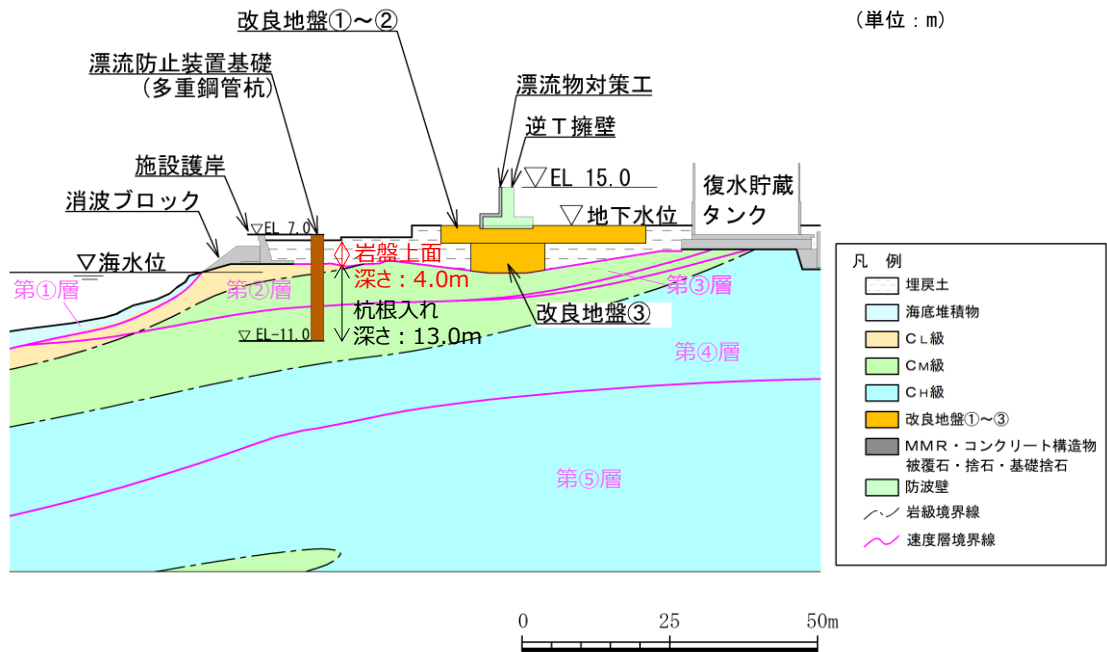


図 3-3 漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の横断面図（②-②断面）

3.2 解析方法

漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の地震応答解析は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動 S_s に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行うこととする。地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮するため、解析方法は有効応力解析とする。

構造部材については、線形はり要素（ビーム要素）でモデル化する。また、地盤については地盤のひずみ依存性を適切に考慮できるようモデル化する。

地震応答解析については、解析コード「FLIP」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2.1 施設

漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）は、線形はり要素（ビーム要素）としてモデル化する。

3.2.2 地盤物性のばらつき

漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の地震時の応答は周辺地盤との相互作用によることから、地盤物性のばらつきの影響を考慮する。地盤物性のばらつきについては、表 3-1 に示す解析ケースにおいて考慮する。

図 3-2 に示すとおり、動的変形特性にひずみ依存性がある地盤が分布しており、これらの地盤のせん断変形が、地震時に漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の応答に与える影響が大きいと考えられる。このうち、広範囲に分布しており、応答に与える影響が大きいと考えられる埋戻土の物性（初期せん断弾性係数）のばらつきについて影響を確認する。

詳細な解析ケースの考え方は、「3.2.4 解析ケース」に示す。

表 3-1 解析ケース

解析ケース	地盤物性	
	埋戻土 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	平均値	平均値
ケース②	平均値 + 1 σ	平均値
ケース③	平均値 - 1 σ	平均値

3.2.3 減衰定数

Rayleigh 減衰を考慮することとし、剛性比例型減衰 ($\alpha=0$, $\beta=0.002$) を設定する。

3.2.4 解析ケース

耐震評価においては、すべての基準地震動 S_s に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。すべての基準地震動 S_s に対して実施したケース①（基本ケース）の解析において、各照査値が最も厳しい地震動を用いて、解析ケース②及び③を実施する。

耐震評価における解析ケースを表 3-2 に示す。

表 3-2 耐震評価における解析ケース

解析ケース		ケース①	ケース②	ケース③
		基本ケース	地盤物性のばらつき (+1 σ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1 σ) を考慮した解析ケース
地盤物性		平均値	平均値 + 1 σ	平均値 - 1 σ
地震動 (位相)	$S_s - D$	(++)*	○	基準地震動 S_s (6波) に位相反転を考慮した地震動 (6波) を加えた全 12 波に対し、ケース① (基本ケース) を実施し、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査の各照査項目ごとに照査値が 0.5 を超える照査項目に対して、最も厳しい (許容限界に対する裕度が最も小さい) 地震動を用いてケース②及び③を実施する。すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5 以下の場合、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②及び③を実施する。
		(-+)*	○	
		(+-)*	○	
		(--)*	○	
	$S_s - F 1$	(++)*	○	
	$S_s - F 2$	(++)*	○	
	$S_s - N 1$	(++)*	○	
		(-+)*	○	
	$S_s - N 2$ (NS)	(++)*	○	
		(-+)*	○	
$S_s - N 2$ (EW)	(++)*	○		
	(-+)*	○		

注記* : 地震動の位相について、(++) の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、VI-2-別添 6-1「漂流防止装置の耐震計算の方針」に基づき設定する。

3.3.1 耐震評価上考慮する状態

漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の地震応答解析において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪荷重を考慮する。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2 荷重

漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重（G）

固定荷重として、漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の自重を考慮する。

(2) 積雪荷重（P_s）

積雪荷重として、発電所最寄りの気象官署である松江地方気象台（松江市）での観測記録（1941～2018年）より、観測史上1位の月最深積雪100cm（1971年2月4日）に平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮した35.0cmとする。積雪荷重については、「松江市建築基準法施行細則（平成17年3月31日松江市規則第234号）」により、積雪量1cmごとに20N/m²の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(3) 地震荷重（S_s）

基準地震動S_sによる荷重を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-3 に示す。

表 3-3 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S _s)	G + S _s + P _s

G : 固定荷重

S_s : 地震荷重 (基準地震動 S_s)

P_s : 積雪荷重

3.4 入力地震動

入力地震動は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を、一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図 3-4 に入力地震動算定の概念図を、図 3-5～図 3-16 に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

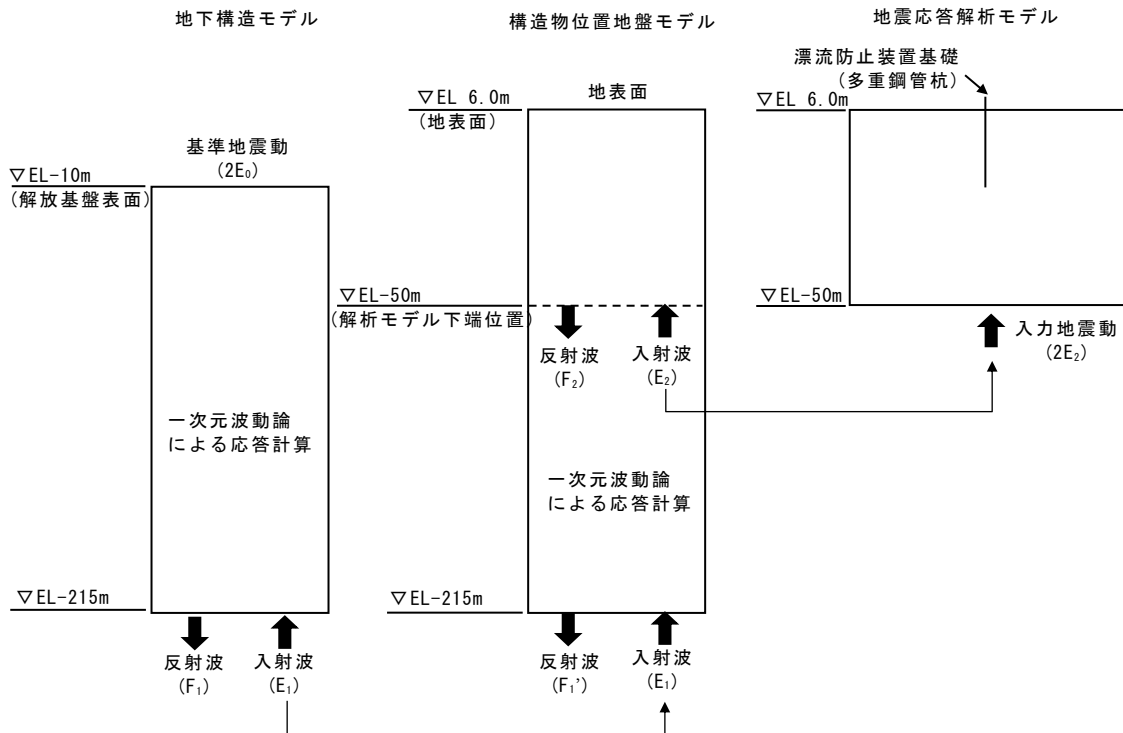
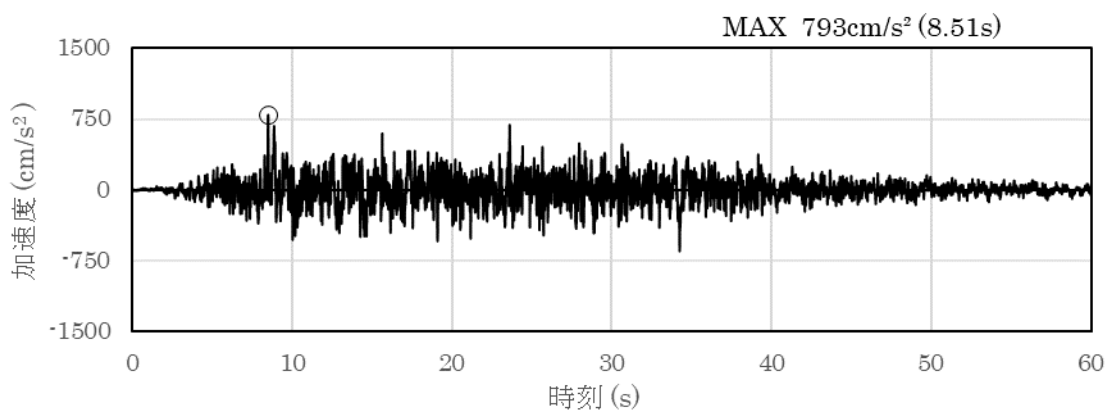
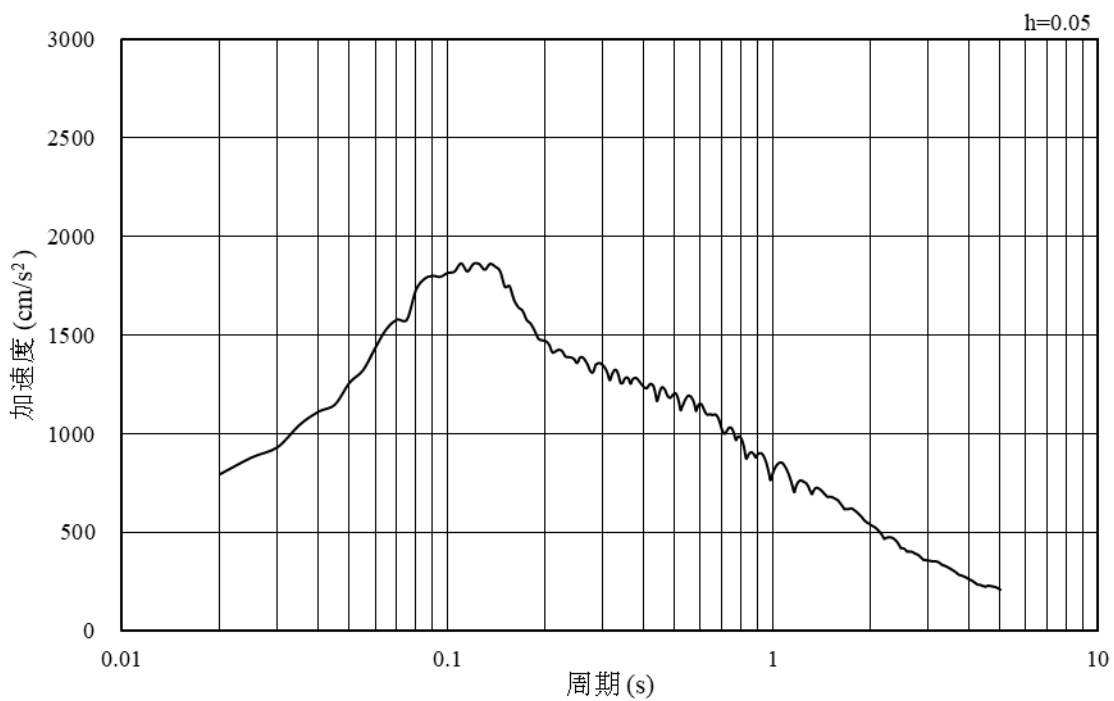


図 3-4 入力地震動算定の概念図

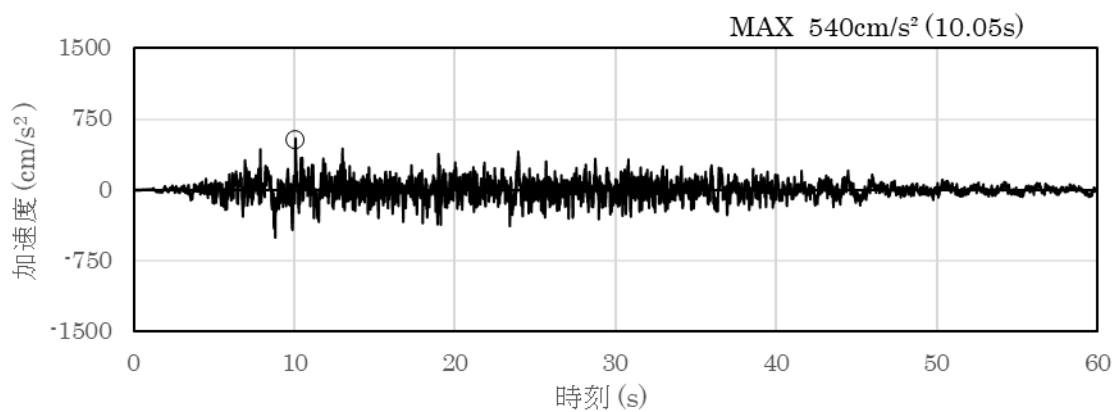


(a) 加速度時刻歴波形

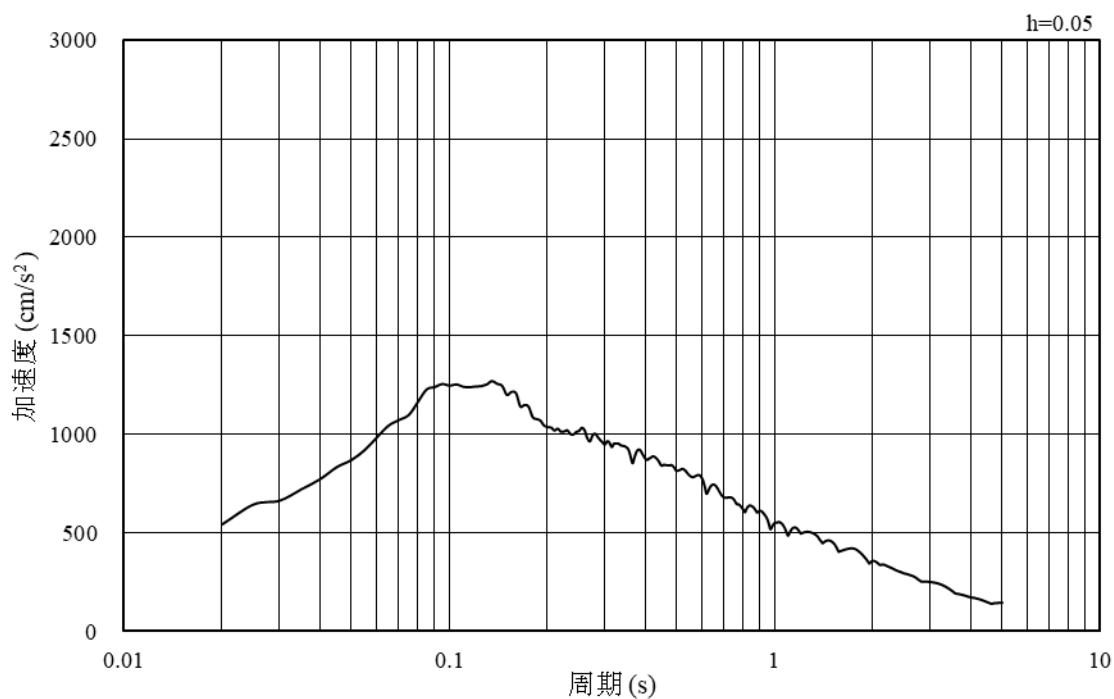


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分 : S s - D)

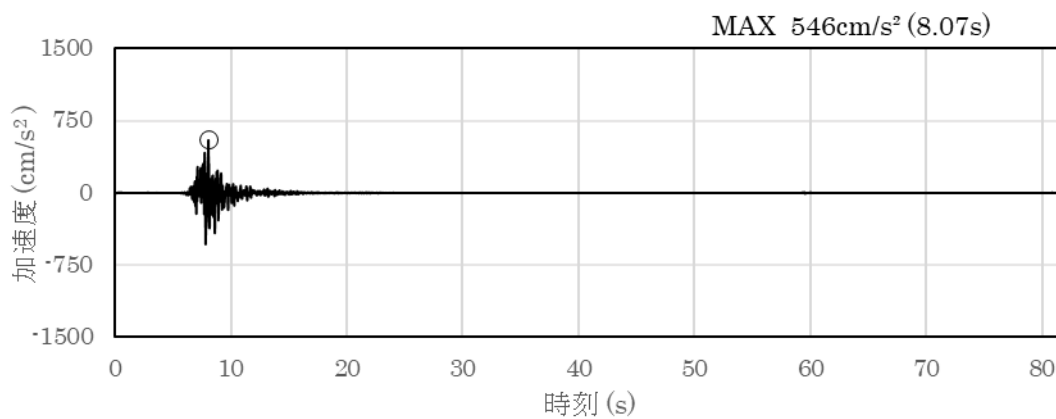


(a) 加速度時刻歴波形

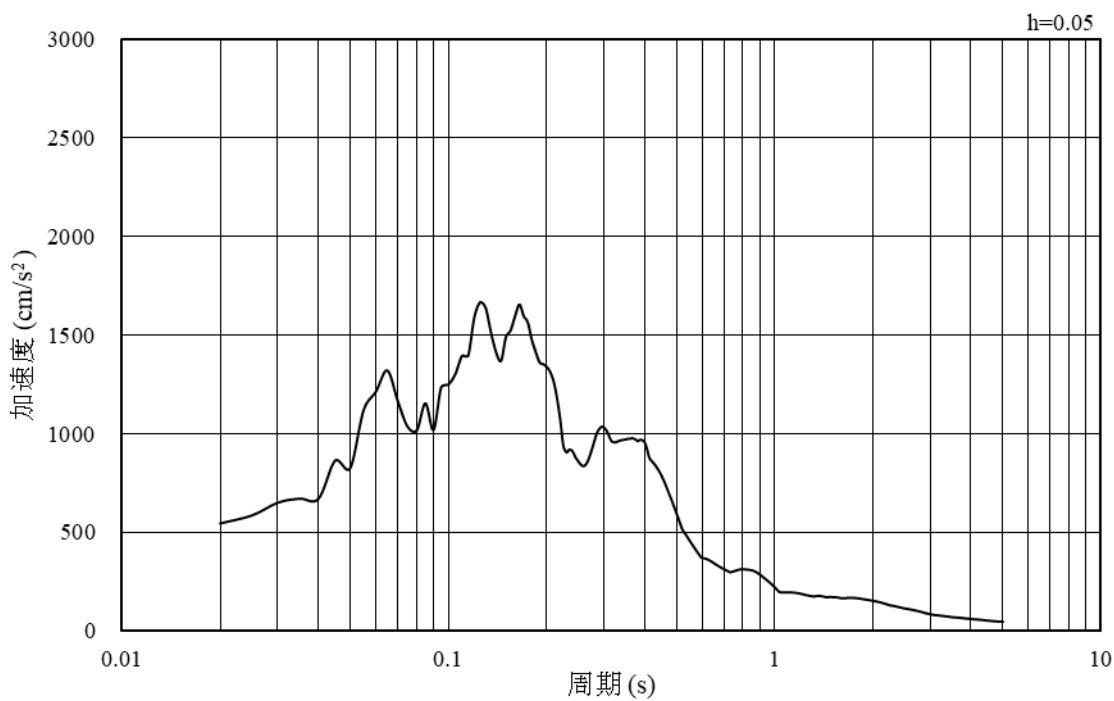


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - D)

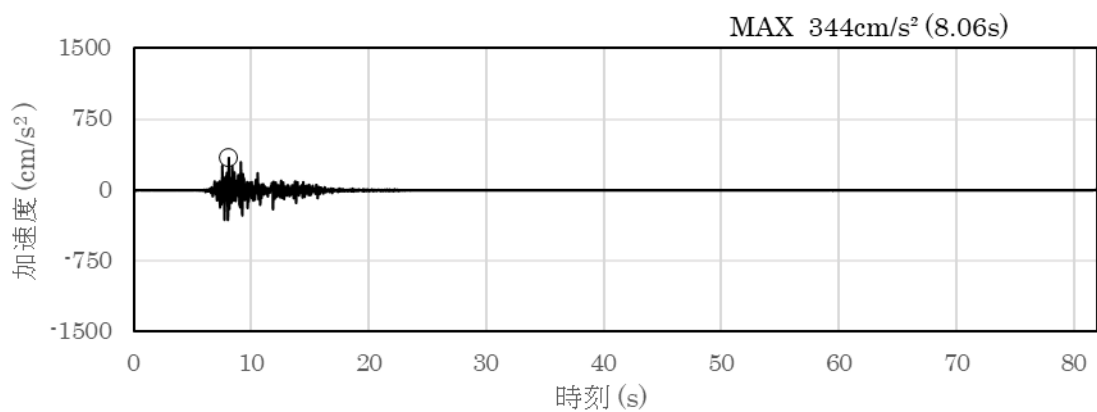


(a) 加速度時刻歴波形

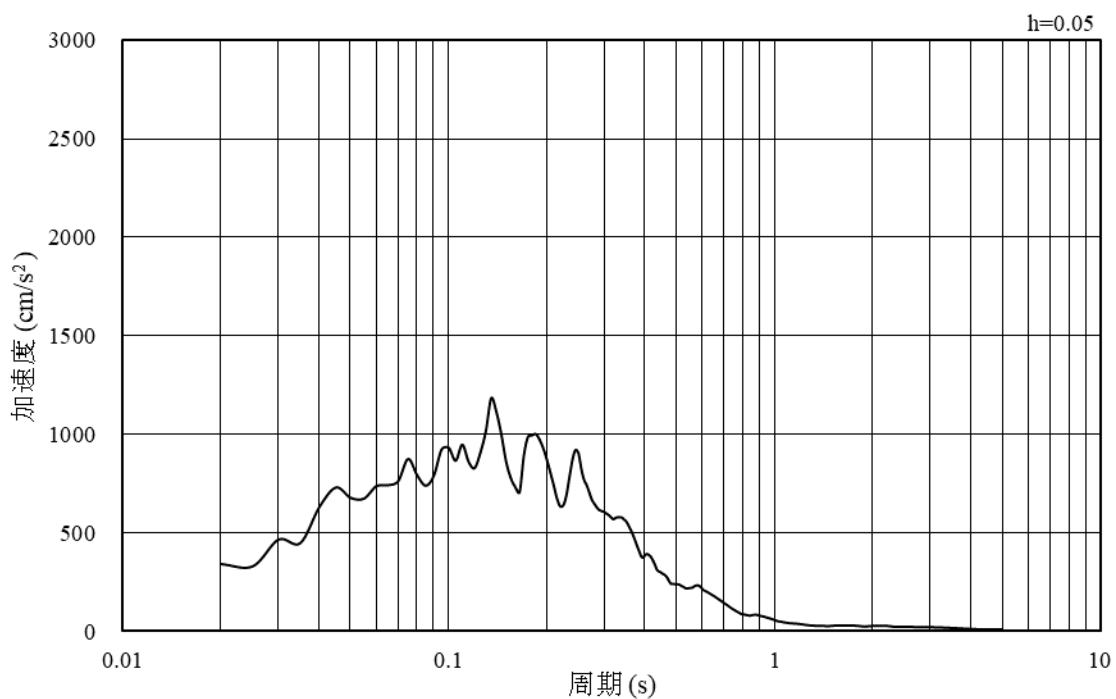


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-7 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - F 1)

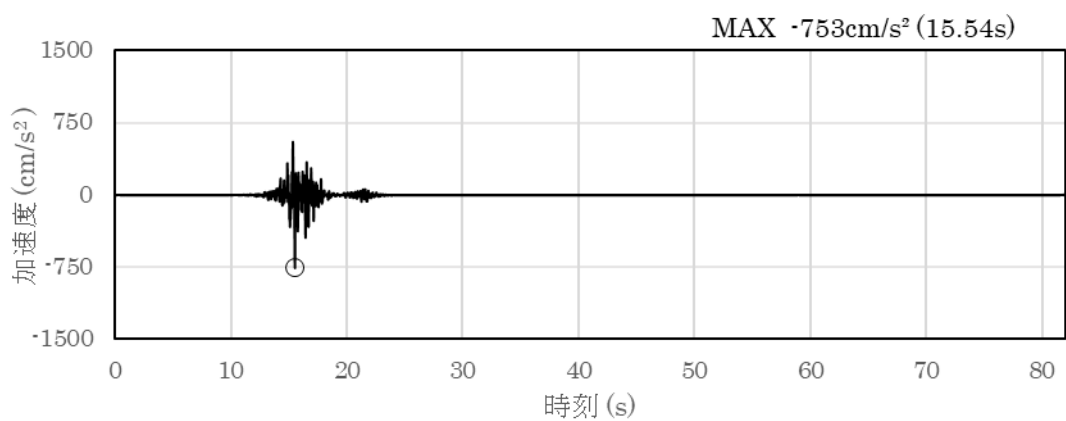


(a) 加速度時刻歴波形

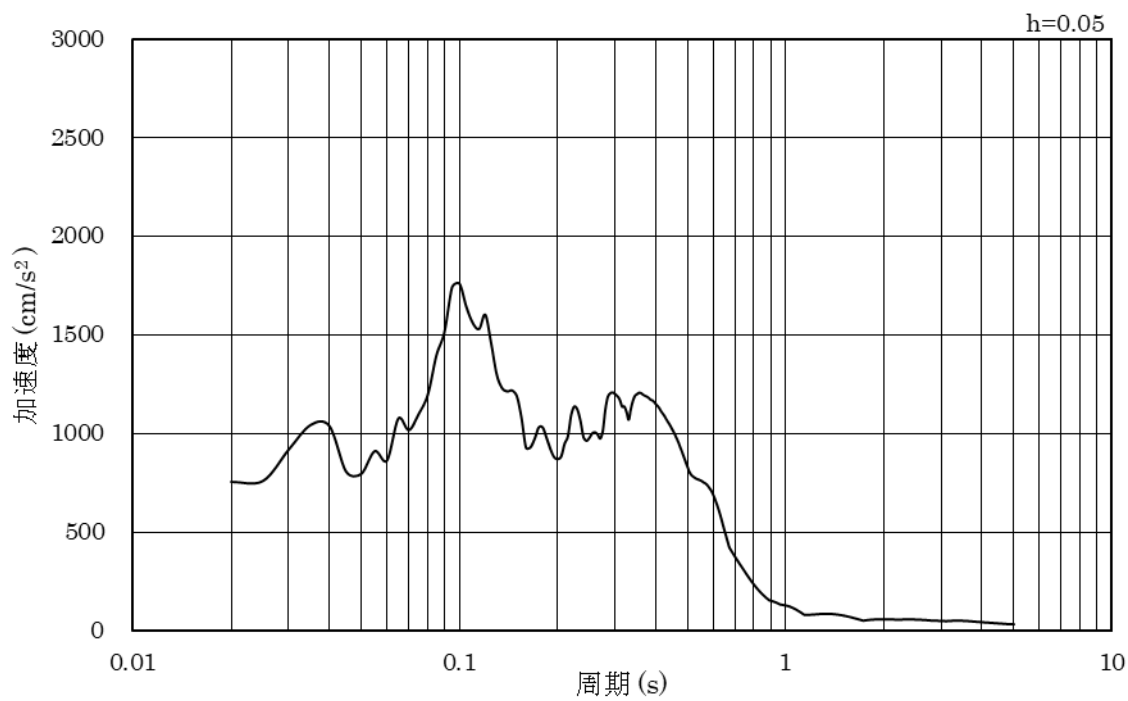


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-8 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - F 1)

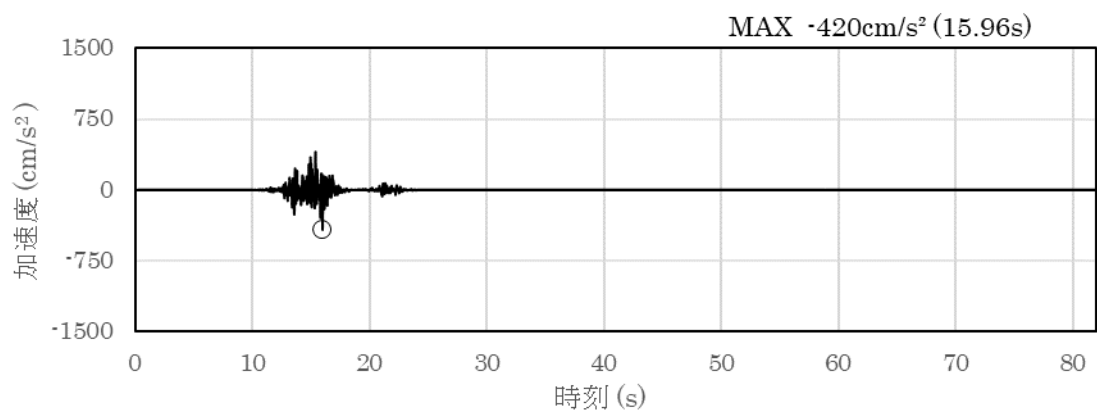


(a) 加速度時刻歴波形

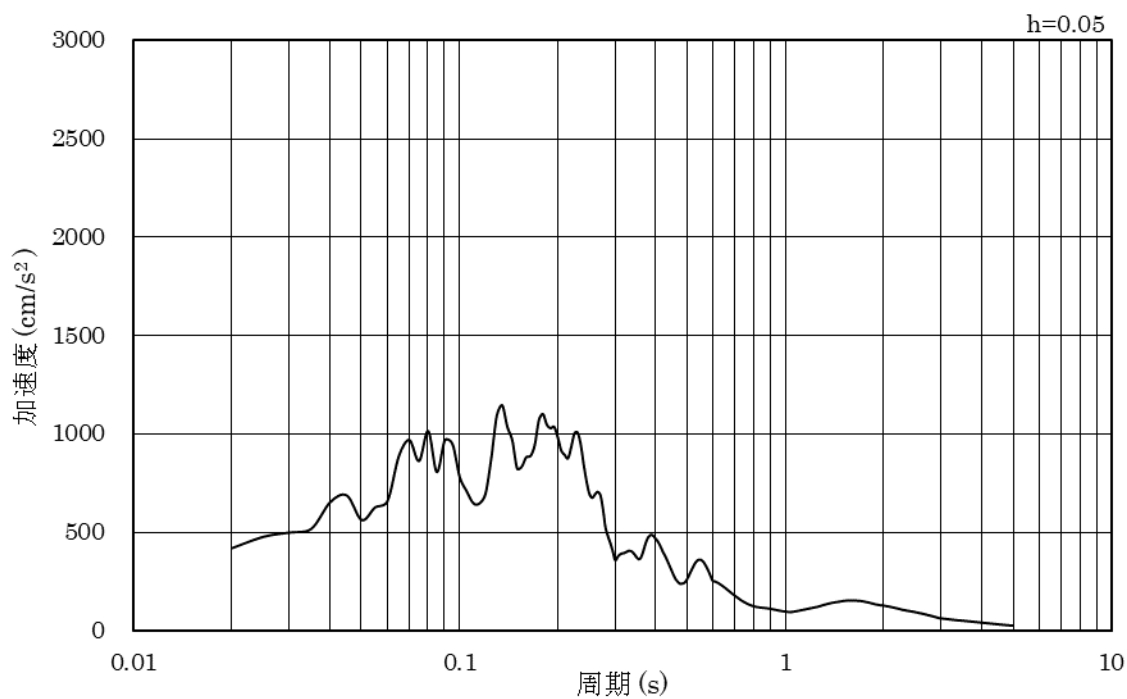


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-9 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分 : S s - F 2)

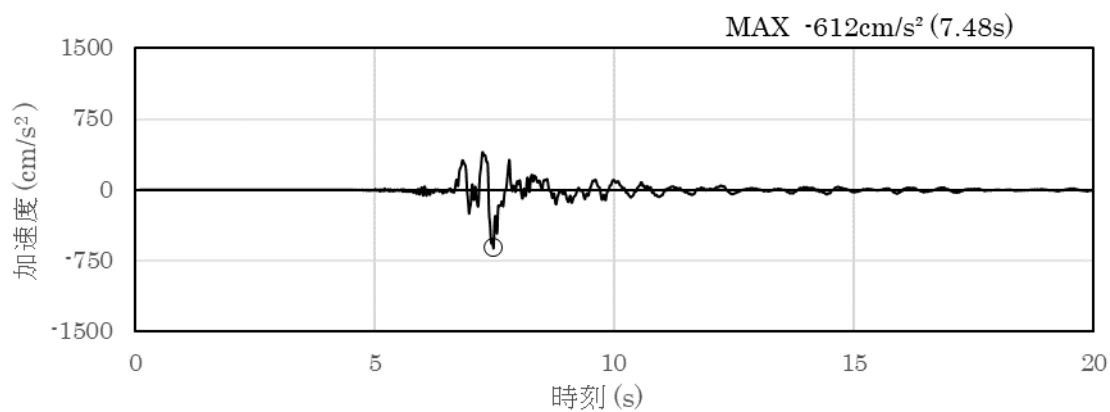


(a) 加速度時刻歴波形

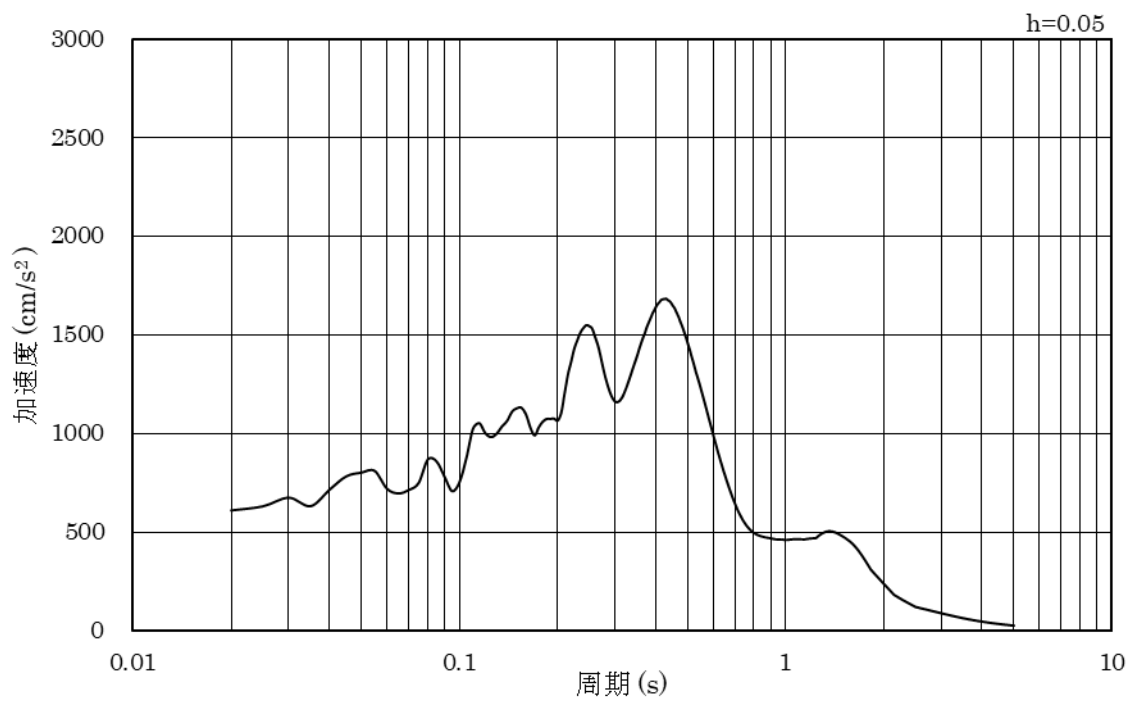


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-10 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - F 2)

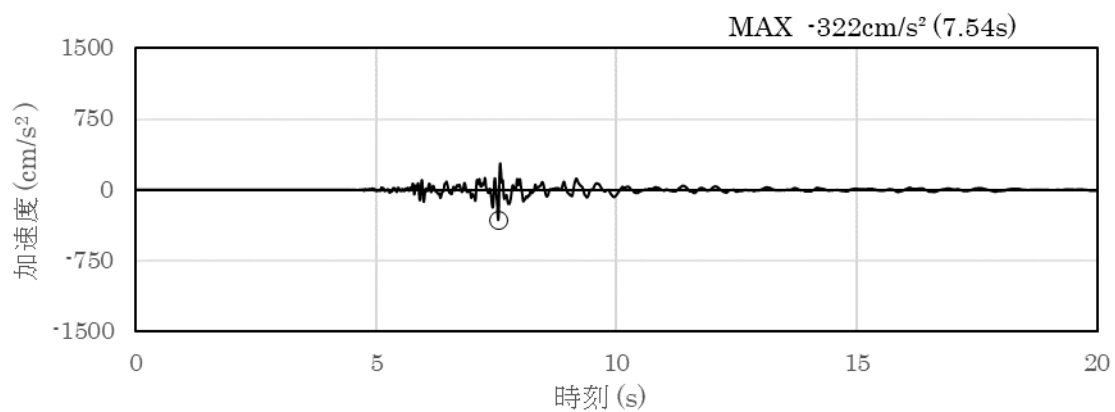


(a) 加速度時刻歴波形

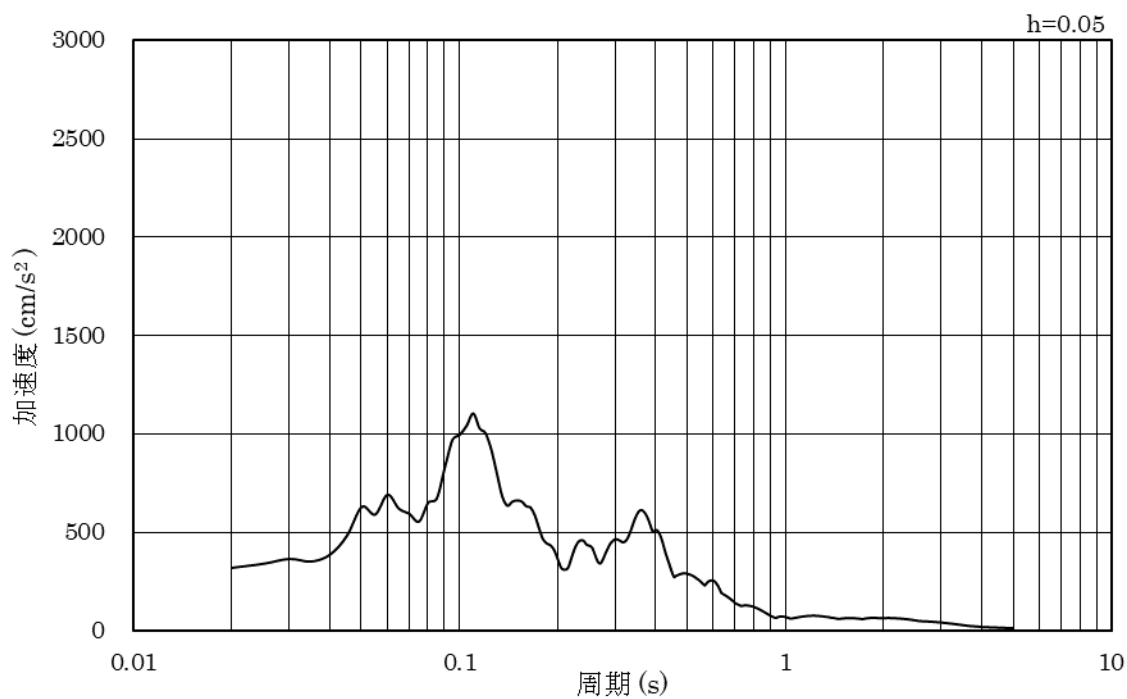


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-11 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 1)

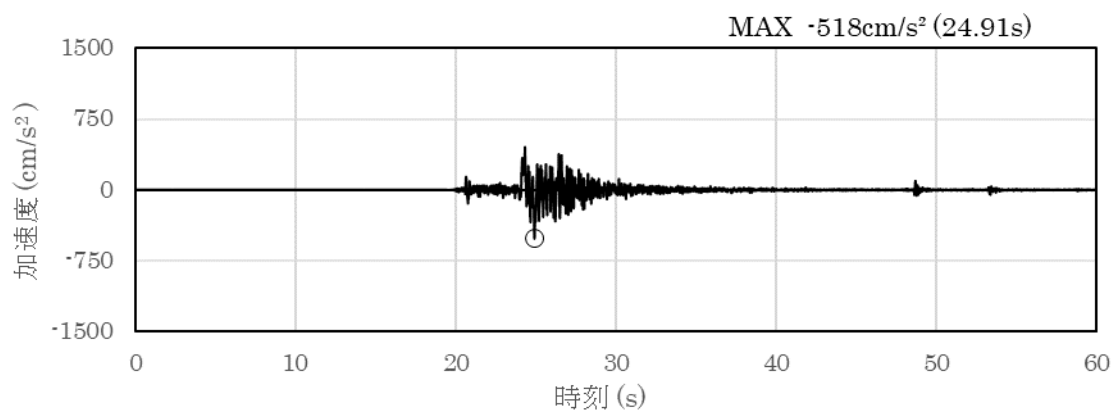


(a) 加速度時刻歴波形

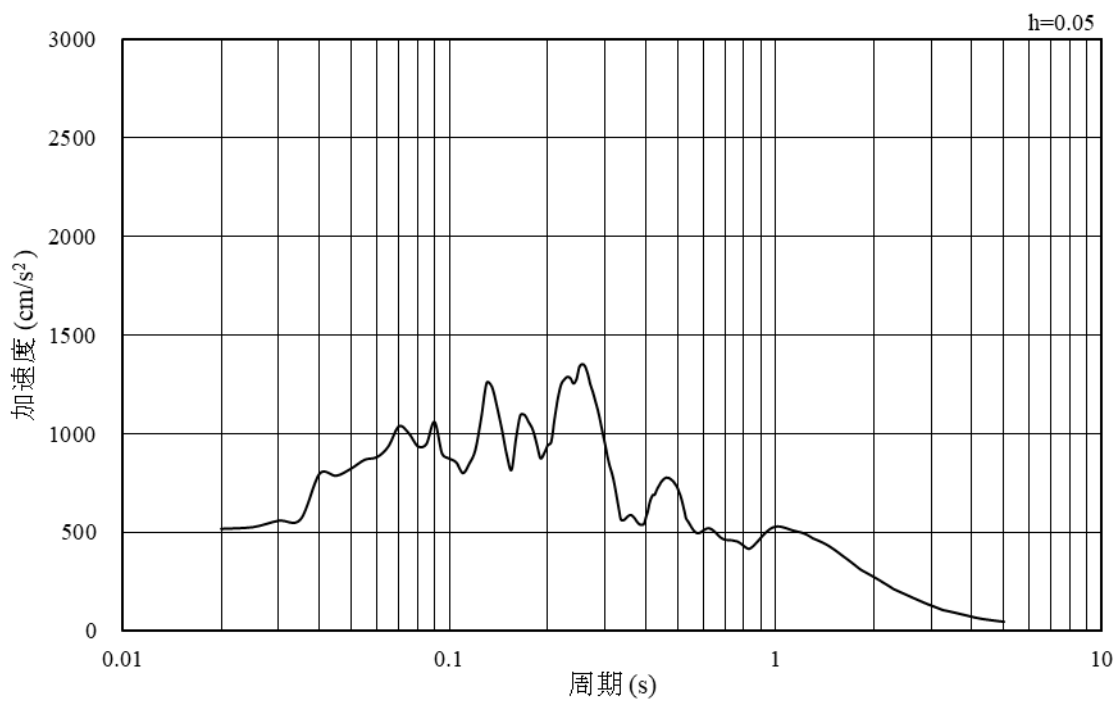


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-12 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 1)

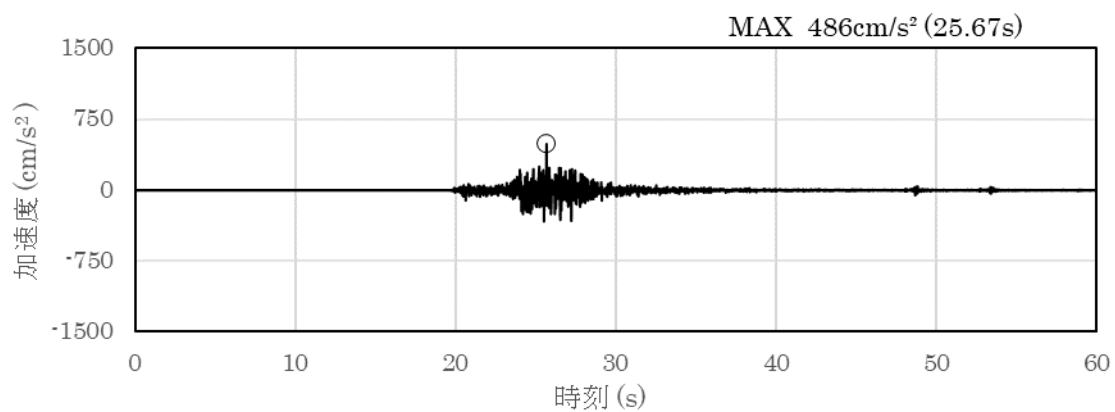


(a) 加速度時刻歴波形

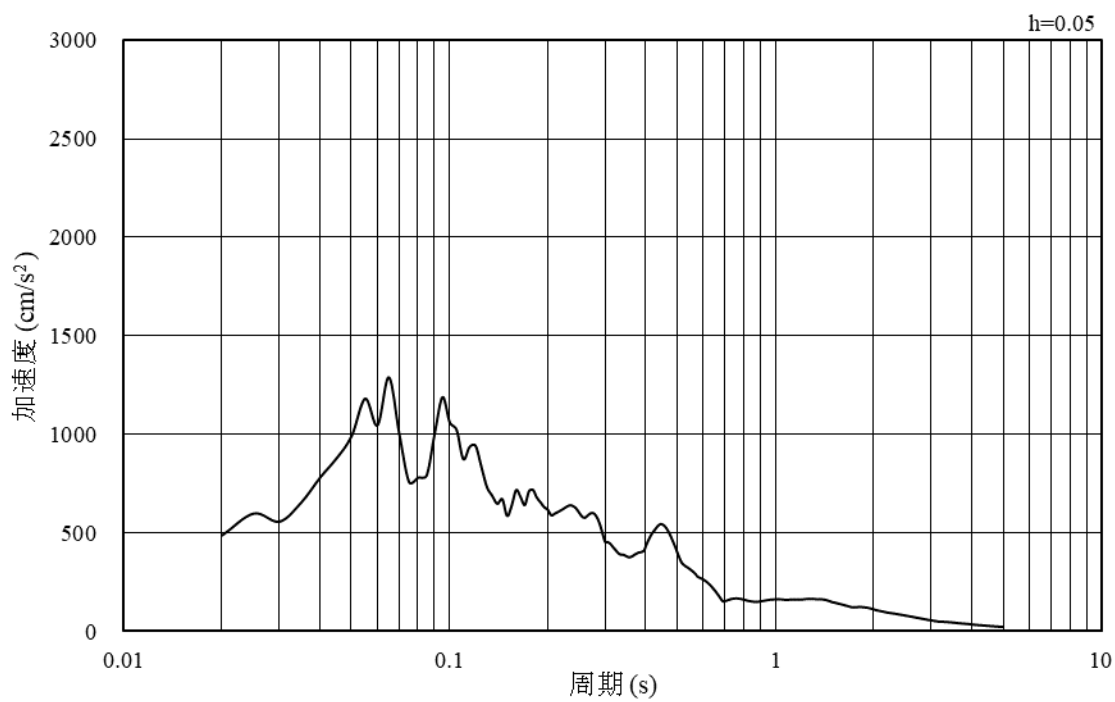


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-13 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分 : S s - N 2 (N S))

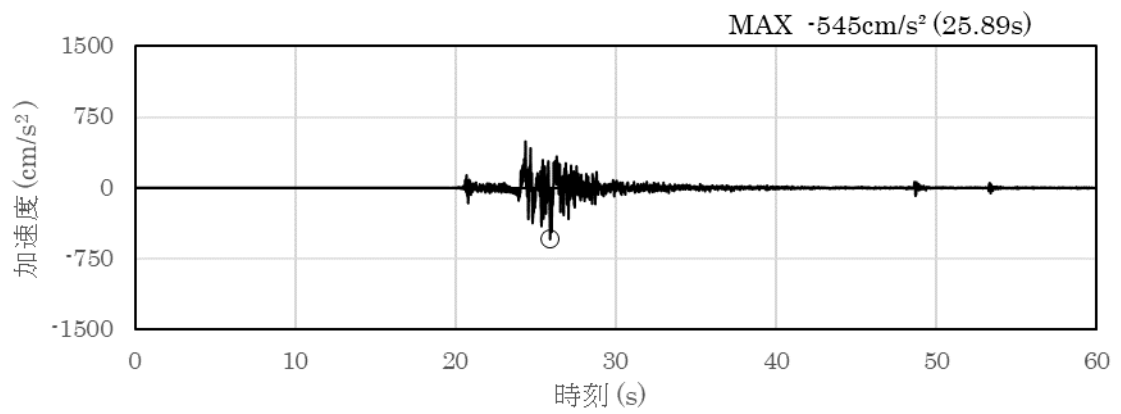


(a) 加速度時刻歴波形

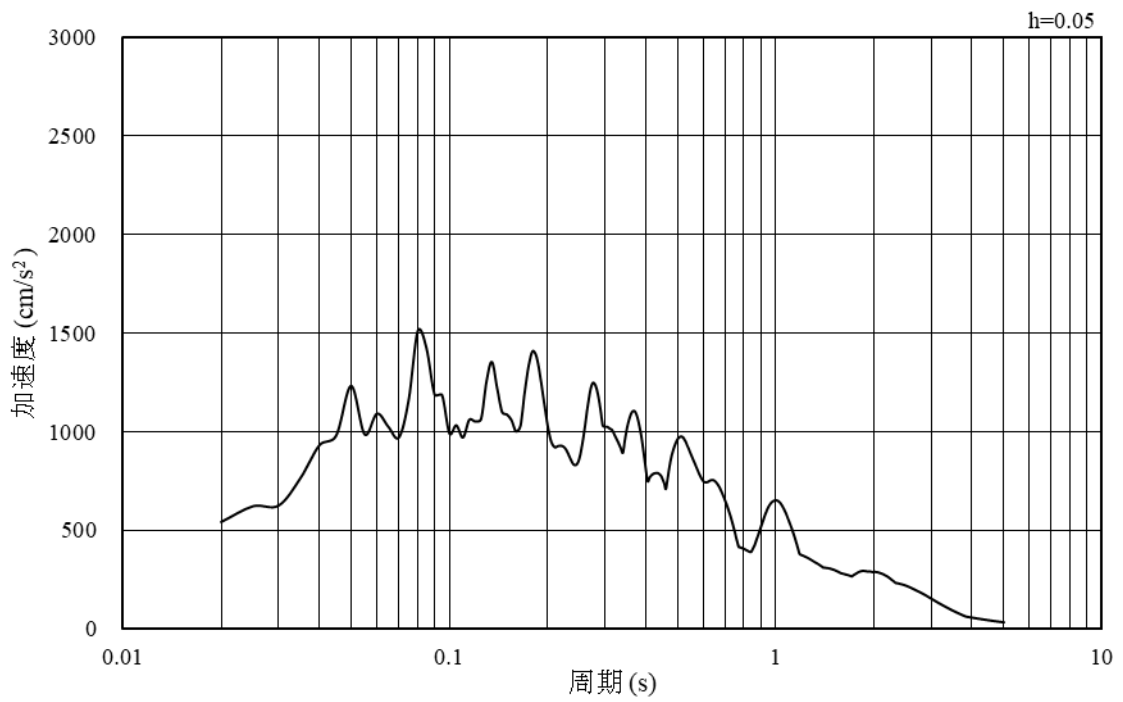


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S_s-N2(N S))

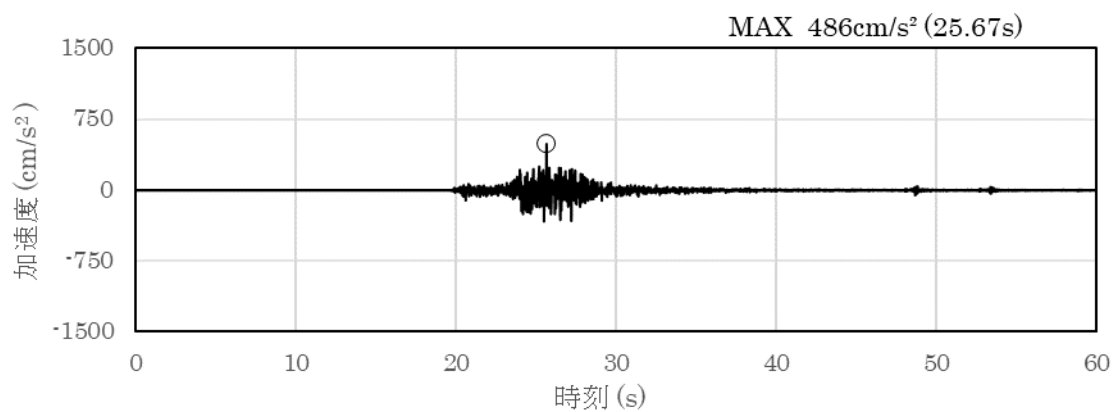


(a) 加速度時刻歴波形

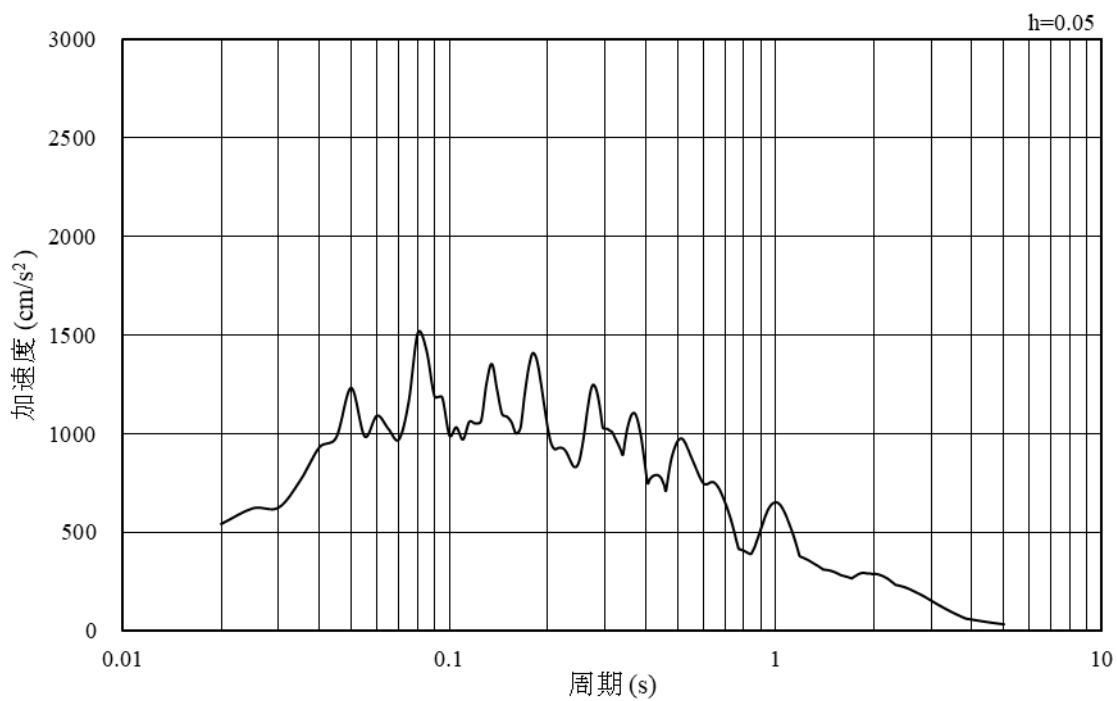


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分 : S s - N 2 (E W))



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-16 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 2 (E W))

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の地震応答解析モデルを図 3-17 に示す。

(1) 解析領域

地震応答解析モデルは、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987（（社）日本電気協会）」を参考に、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。

(2) 境界条件

常時応力解析時の境界条件は底面固定とし、側方は自重等による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラーとする。

また、地震応答解析時の境界条件は、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）は、線形はり要素（ビーム要素）でモデル化する。漂流防止装置（係船柱）は、付加重量として考慮する。

(4) 地盤のモデル化

岩盤は、線形の平面ひずみ要素でモデル化する。地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

(5) ジョイント要素の設定

地震時の施設及び地盤の接合面における剥離及びすべりを考慮するため、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（国土交通省港湾局，2007年版）」及び「港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター，平成19年3月）」に準拠して、これらの接合面にジョイント要素を設定する。

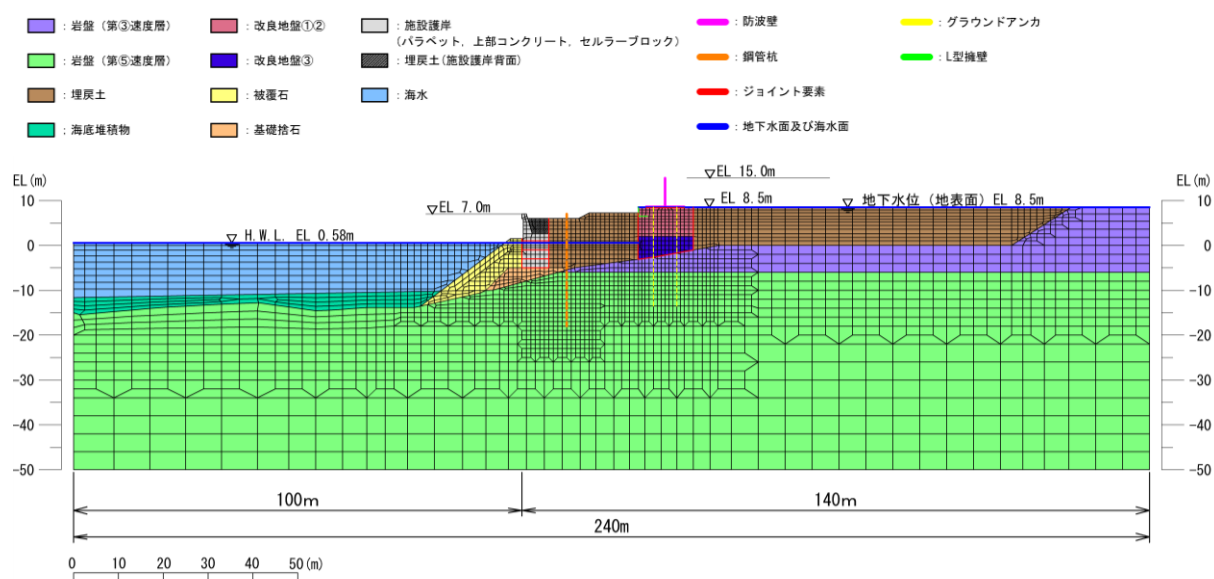


図 3-17 地震応答解析モデル (①-①断面)

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

耐震評価に用いる材料定数は、適用基準類を基に設定する。使用材料を表 3-4 に、材料の物性値を表 3-5 に示す。

表 3-4 使用材料

材料	諸元
鋼管杭	φ 2200mm (SM570) t=50mm*
	φ 2000mm (SM570) t=50mm

注記* : 「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)」に基づき, 腐食代 1mm を考慮する。

表 3-5 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
鋼管杭	77.0*	2.0×10 ⁵ *	0.3*

注記* : コンクリート標準示方書[構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)

3.5.3 地盤の物性値

地盤の物性値は, VI-2-1-3 「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

3.5.4 地下水位

設計地下水位は, VI-2-1-3 「地盤の支持性能に係る基本方針」に従い設定する。設計地下水位を表 3-6 に示す。

表 3-6 設計地下水位

施設名称	設計地下水位
漂流防止装置基礎 (多重鋼管杭)	防波壁より陸側 : EL 8.5m* 防波壁より海側 : EL 0.58m

注記* : 地表面が EL 8.5m よりも低い地点については, 地下水位を地表面とする。

3.6 評価対象部位

評価対象部位は、漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の構造上の特徴を踏まえ設定する。

3.6.1 施設の変形性評価

施設の変形性評価に係る評価対象部位は、鋼管杭とする。

3.6.2 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価に係る評価対象部位は、漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）を支持する基礎地盤（岩盤）とする。

3.7 許容限界

許容限界は、VI-2-別添 6-1「漂流防止装置の耐震計算の方針」に基づき設定する。

3.7.1 鋼管杭

鋼管杭の許容限界は、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）」を基に算定した降伏モーメント及び短期許容せん断応力度とする。表 3-7 に鋼管杭の許容限界を示す。

降伏モーメントは次式により算定する。

$$M_y = \sum (f_{yi} - \frac{|N_i|}{A_i}) Z_{ei}$$

ここで、

M_y : 多重鋼管杭の降伏モーメント (kN・m)

f_{yi} : 多重鋼管杭を構成する各鋼管の降伏基準点 (N/mm²)

Z_{ei} : 多重鋼管杭を構成する各鋼管の断面係数 (mm³)

N_i : 多重鋼管杭を構成する各鋼管に発生する軸力 (kN)

A_i : 多重鋼管杭を構成する各鋼管の断面積 (mm²)

表 3-7 鋼管杭の許容限界

断面	杭種	杭位置	杭径	杭板厚	鋼種	降伏モーメント*2 (kN・m)	短期許容せん断応力度 (N/mm ²)
①-①断面	地下部 (2重管)	外管	φ 2.2m	50mm*1	SM570	134667	210
		内管	φ 2.0m	50mm	SM570		

注記*1：「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）」に基づき，腐食代 1mm を考慮する。

*2：降伏モーメントは，鋼管杭に発生する軸力を考慮する。

3.7.2 基礎地盤

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定する。基礎地盤の許容限界を表3-8に示す。

表3-8 基礎地盤の許容限界

評価項目	基礎地盤		許容限界 (N/mm ²)
極限支持力度	岩盤	C _H 級	9.8
		C _M 級	

3.8 評価方法

漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の耐震評価は，地震応答解析に基づいて算定した発生断面力又は発生応力度が「3.7 許容限界」で設定した許容限界を満足することを確認する。

3.8.1 鋼管杭

(1) 曲げ照査

鋼管杭の発生曲げモーメントが許容限界以下であることを確認する。

(2) せん断照査

鋼管杭の発生せん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

3.8.2 基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価においては，鋼管杭下端部の軸力を用いて次式により算定される軸応力度が，基礎地盤の許容限界以下であることを確認する。

$$R_d = \frac{N}{A'}$$

ここで，

R_d : 鋼管杭下端の軸力より算定される軸応力度 (N/mm²)

N : 鋼管杭下端に発生する軸力 (N)

A' : 鋼管杭下端の断面積 (mm²)

4. 耐震評価結果

4.1 鋼管杭

4.1.1 曲げ照査

鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図 4-1 に、鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果を表 4-1 に示す。

この結果から、鋼管杭の発生断面力が許容限界以下であることを確認した。

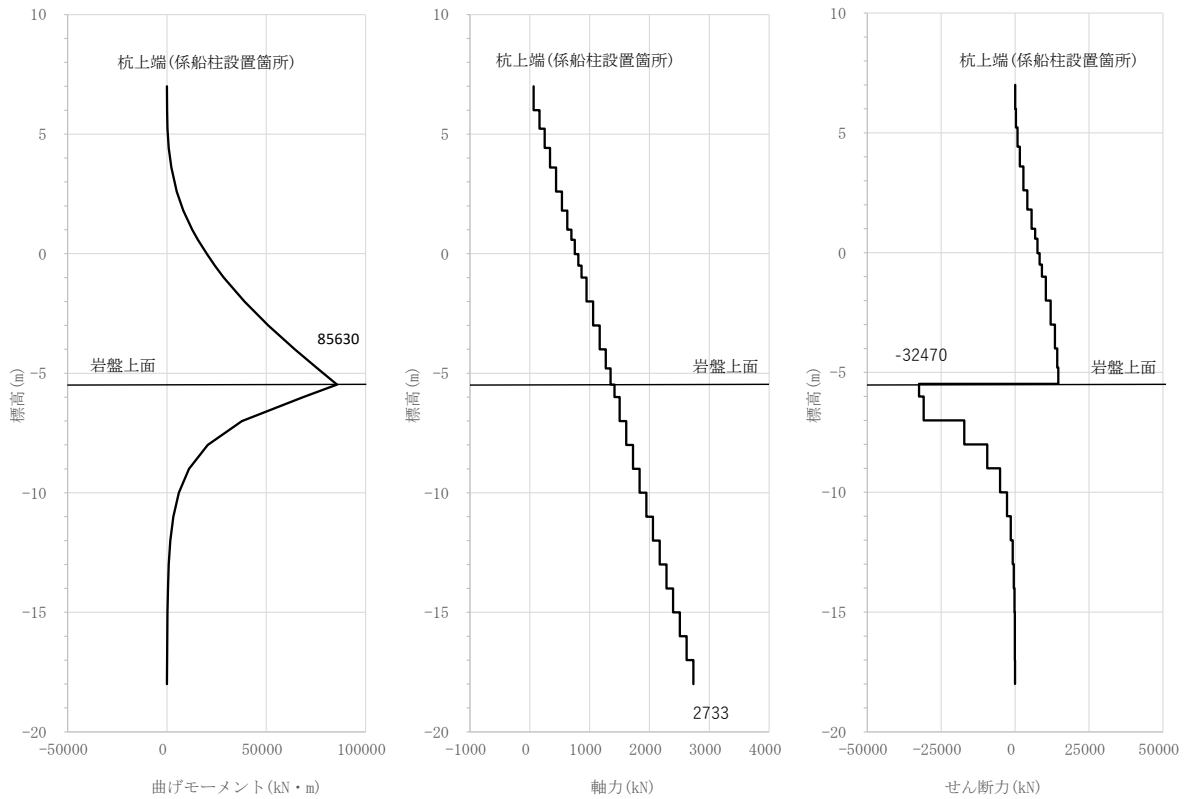


図 4-1 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における

最大照査値の評価時刻での断面力図

(①-①断面, $S_s - N_1 (-+)$, $t=7.68s$)

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1σ)

表 4-1 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値 (①-①断面)

地震動	解析 ケース	発生断面力		降伏 モーメント M_y (kN・m)	照査値 M/M_y
		曲げ モーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)		
$S_s - N_1 (-+)$	②	85630	2733	134667	0.64

4.1.2 せん断照査

鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図4-2に、鋼管杭のせん断破壊に対する照査結果を表4-2に示す。

この結果から、鋼管杭の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

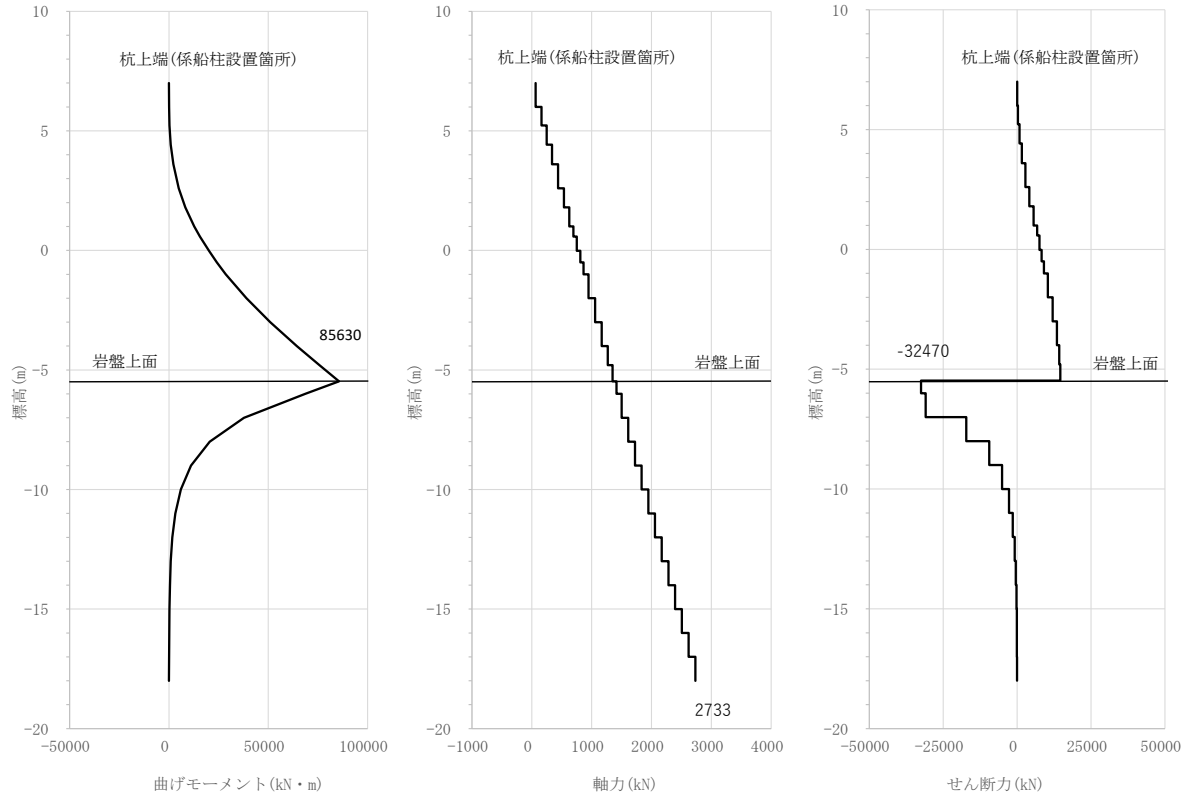


図4-2 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力
 (①-①断面, S_s-N1 (-+), t=7.68s)

解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース (平均値 + 1σ)

表4-2 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値 (①-①断面)

地震動	解析 ケース	発生断面力		せん断 応力度 τ (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_a (N/mm ²)	照査値 τ / τ_a
		せん断力 Q (kN)				
S _s -N1 (-+)	②	32470		51	210	0.25

4.2 基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価結果を表 4-3 に示す。

この結果から、漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の杭下端部に生じる軸応力度が、許容限界以下であることを確認した。

表 4-3 基礎地盤の支持性能評価結果（①-①断面）

地震動	解析 ケース	発生断面力	軸応力度 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
		軸力 N (kN)			
S _s -D (++)	①	4425	1.2	9.8	0.12

VI-2-別添 6-3 漂流防止装置の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の
組合せに関する影響評価

目 次

1. 概要	1
2. 機器・配管系の影響評価	1
2.1 基本方針	1
2.2 評価条件及び評価方法	1
2.3 評価結果	4
2.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出	4
2.3.2 土木構造物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出	4
2.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価	5
2.3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果	5
2.3.5 まとめ	5
3. 土木構造物の影響評価	8
3.1 基本方針	8
3.2 評価条件及び評価方法	8
3.3 評価結果	8
3.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出	8
3.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果	8
3.3.3 まとめ	8

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 6-1「漂流防止装置の耐震計算の方針」の「4.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮」に基づき、漂流防止装置について、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、漂流防止装置が有する耐震性に及ぼす影響について評価した結果を説明するものである。

漂流防止装置を構成する設備のうち、機器・配管系として漂流防止装置（係船柱）を、土木構造物として漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）を評価対象設備として抽出し、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、漂流防止装置が有する耐震性に及ぼす影響について評価を実施した。

2. 機器・配管系の影響評価

2.1 基本方針

漂流防止装置に関する、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、VI-2-1-8「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方針」の「4.2 機器・配管系」の評価方針及び評価方法を踏まえて、漂流防止装置が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

2.2 評価条件及び評価方法

VI-2-1-8「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方針」の「4. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価方針」を踏まえて、基準地震動 S_s による地震力に対して耐震評価を実施する設備のうち、従来の設計手法における水平 1 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた耐震計算（以下「従来の計算」という。）に対して、設備の構造特性から水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のあるものを抽出し、漂流防止装置が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。影響評価のフローを図 2-1 に示す。

(1) 評価対象となる設備の整理

基準地震動 S_s による地震力に対して構造強度又は機能維持を確認する設備を評価対象とする。（図 2-1①）

(2) 構造上の特徴による抽出

構造上の特徴から水平 2 方向の地震力が重畳する観点、若しくは応答軸方向以外の振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点にて検討を行い、水平 2 方向の地震力による影響の可能性のある設備を抽出する。（図 2-1②）

(3) 発生値の増分による抽出

水平2方向の地震力による影響の可能性がある設備に対して、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部位に作用する荷重や応力を求め、従来の計算に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した発生値の増分を用いて影響を検討し、漂流防止装置が有する耐震性に及ぼす影響が懸念される設備を抽出する。

また、土木建造物の検討において、機器・配管系への影響の可能性がある設備が抽出された場合は、機器・配管系への影響を評価し、漂流防止装置が有する耐震性に及ぼす影響が懸念される設備を抽出する。(図2-1③)

(4) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

「(3) 発生値の増分による抽出」の検討において算出された荷重や応力を用いて、漂流防止装置が有する耐震性に及ぼす影響を検討する。(図2-1④)

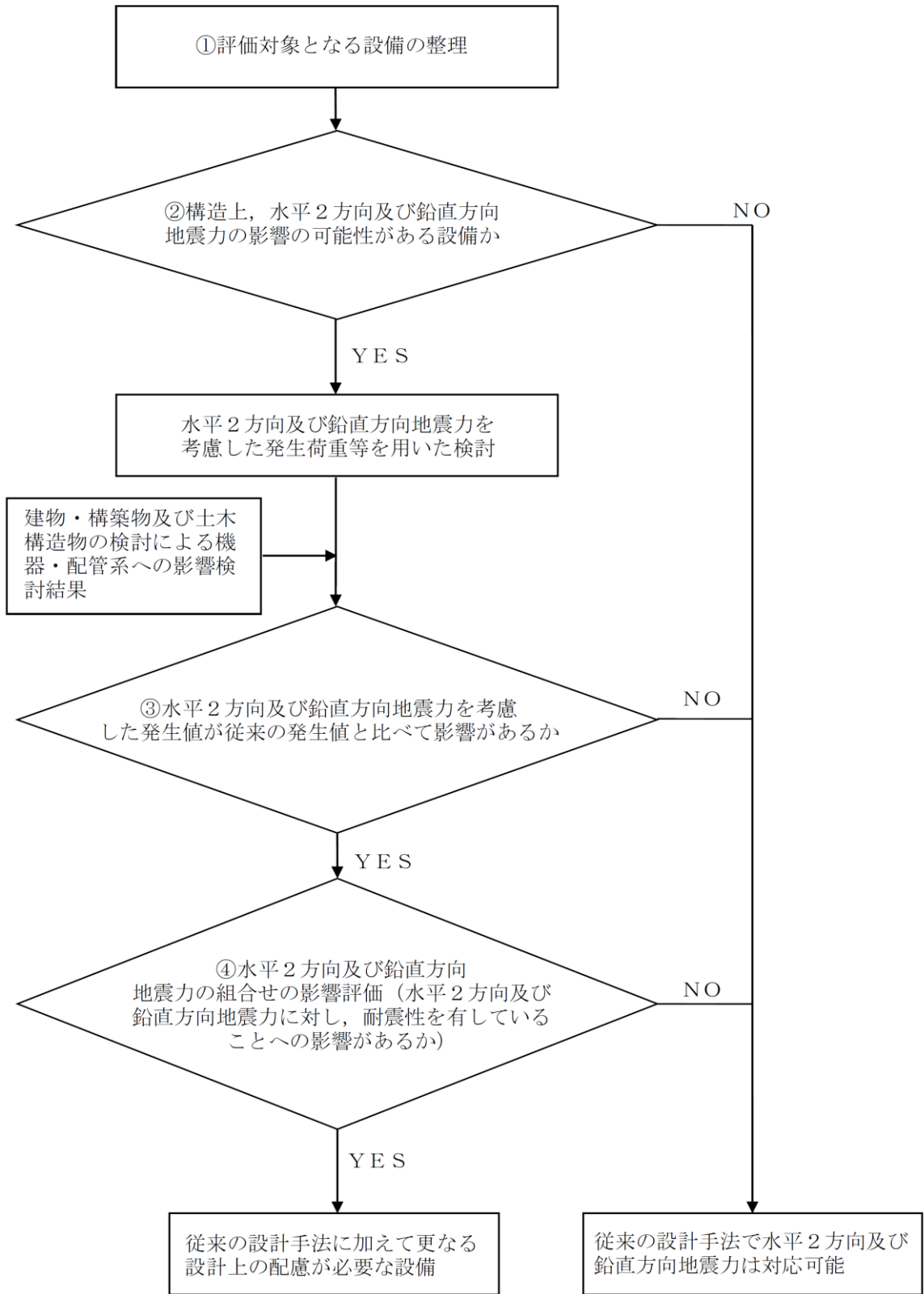


図 2-1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した影響評価フロー

2.3 評価結果

2.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

水平2方向の地震力による影響評価対象設備を表2-1に示す。VI-2-1-8「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方針」の「4. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価設備（部位）抽出方法を踏まえ、水平2方向の地震力による影響評価対象設備の各評価部位、応力分類に対し構造上の特徴から、水平2方向の地震力による影響を以下の項目により検討し、影響の可能性のある部位を抽出した。抽出結果を表2-2に示す。

(1) 水平2方向の地震力が重畳する観点

評価対象設備は、水平1方向の地震に加えて、更に水平直交方向に地震力が重畳した場合、水平2方向の地震力による影響検討が必要となる可能性があるものとして抽出した。なお、ここでの影響が軽微な設備とは、構造上の観点から発生応力への影響に着目し、その増分が1割程度以下となる設備を分類しているが、水平1方向地震力による裕度（許容応力／発生応力）が1.1未満の設備については、個別に検討を行うこととする。

(2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点

水平方向とその直交方向が相関する振動モードが生じることで漂流防止装置が有する耐震性に及ぼす影響が懸念される設備を抽出した。

(3) 水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる増分の観点

(1)及び(2)にて水平2方向の地震力による影響の可能性のある設備について、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の計算による発生値と比較し、その増分により水平2方向の地震力による影響の程度を確認し、漂流防止装置が有する耐震性に及ぼす影響が懸念される設備を抽出した。

2.3.2 土木構造物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出

「3.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果」における土木構造物の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価において機器・配管系への影響を検討した結果、漂流防止装置が有する耐震性に及ぼす影響が懸念される設備は抽出されなかった。

2.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合による影響評価

表2-2にて抽出された設備について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを想定した場合の基準値を、VI-2-1-8「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方針」の「4.2 機器・配管系」の方法にて算出した。

2.3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合による影響評価結果

「2.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価」の影響評価条件にて算出した基準値に対して、漂流防止装置が有する耐震性に及ぼす影響を評価した。影響評価結果を表2-3に示す。

2.3.5 まとめ

機器・配管系の評価対象設備として抽出した漂流防止装置（係船柱）について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを想定した場合でも、漂流防止装置が有する耐震性に及ぼす影響がないことを確認したため、従来の計算に加えて更なる設計上の配慮が必要な設備はない。

表2-1 水平2方向の地震力による影響評価対象設備

設備名称	評価対象部位
漂流防止装置（係船柱）	係船柱，アンカーボルト，アンカー板

表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価部位の抽出結果

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性			
	2.3.1(1) 重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
漂流防止装置 (係船柱)	○ (係船柱, アンカーボ ルト, アンカー板)	×	－	水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせを考慮済みである。 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響について, 評価結果は表 2-3 参照

表 2-3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果

評価対象部位		発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値*
係船柱	曲げ応力度	1.46	205	0.01 < 0.70
	コンクリート（係船柱底板） 支圧応力度	0.13	17.5	0.01 < 0.70
	コンクリート（係船柱前面） 支圧応力度	0.11	17.5	0.01 < 0.70
アンカー ボルト	引張応力度	3.05	215	0.02 < 0.70
	せん断応力度	0.68	124	0.01 < 0.70
アンカー板	曲げ応力度	3.17	215	0.02 < 0.70
	コンクリート（アンカー板上面） 支圧応力度	0.16	17.5	0.01 < 0.70
	コンクリート（アンカーボルト側面） せん断応力度	0.01	0.67	0.02 < 0.70

注記*：従来の計算に対する照査値を記載している。従来の計算に対する照査値が、基準値 $1/\sqrt{2}(=0.70)$ 以下であることを確認する。

3. 土木構造物の影響評価

3.1 基本方針

漂流防止装置に関する、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、VI-2-1-8「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方針」の「4.3 屋外重要土木構造物等」の評価方針及び評価方法を踏まえて、漂流防止装置が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

3.2 評価条件及び評価方法

基準地震動 S_s による地震力に対して耐震評価を実施する設備のうち、従来の計算に対して、設備の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のあるものを抽出し、漂流防止装置が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

3.3 評価結果

3.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある設備を抽出する。抽出した設備を表3-1に示す。

3.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果

「3.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出」にて抽出した、漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）について、漂流防止装置が有する耐震性に及ぼす影響を評価した。影響評価結果を表3-2に示す。

3.3.3 まとめ

土木構造物の評価対象設備として抽出した漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）について、水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せ想定した場合でも、漂流防止装置が有する耐震性に及ぼす影響がないことを確認したため、従来の計算に加えて更なる設計上の配慮が必要な設備はない。

表 3-1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある設備

設備	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の 組合せによる影響	影響評価の 必要性
漂流防止装置基礎 (多重鋼管杭)	漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）については，土木構造物である多重鋼管杭の上部に漂流防止装置（係船柱）を設置することから，直交する水平 2 方向の地震力により，応力が集中作用することにより水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける。	要

表 3-2(1) 漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果
(曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値)

地震動	解析 ケース	発生断面力		降伏 モーメント M_y (kN・m)	照査値* M/M_y
		曲げ モーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)		
S s - N 1 (-+)	②	85630	2733	134667	0.64 < 0.70

注記*：従来の計算に対する照査値を記載している。従来の計算に対する照査値が，基準値 $1/\sqrt{2}$ (=0.70) 以下であることを確認する。

表 3-2(2) 漂流防止装置基礎（多重鋼管杭）の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果
(せん断破壊に対する照査における最大照査値)

地震動	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 τ (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_a (N/mm ²)	照査値* τ / τ_a
		せん断力 Q (kN)			
S s - N 1 (-+)	②	32470	51	210	0.25 < 0.70

注記*：従来の計算に対する照査値を記載している。従来の計算に対する照査値が，基準値 $1/\sqrt{2}$ (=0.70) 以下であることを確認する。

VI-2-別添 7 安全対策工事に伴う掘削前の状態における
耐震性に関する説明書

VI-2-別添7-1 安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針

目 次

1. 概要	1
2. 安全対策工事に伴う掘削の状態	1
3. 耐震計算の基本方針	3

1. 概要

設工認の耐震計算書（VI-2-別添 7 以外の別添を含む）では、安全対策工事に伴う掘削後の状態とした耐震結果を示している。ただし、原子炉設置変更許可時（2021.9.15 許可）の地盤条件は、掘削前の状態としていること、安全対策工事の進捗により、地盤の状態は変化する可能性があることを踏まえ、掘削前の状態における耐震計算についてVI-2-別添 7「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震性に関する説明書」に示す。

本資料では、安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算方針について説明する。掘削前の状態における耐震計算結果は、VI-2-別添 7-2「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震性に関する計算書」に示す。

2. 安全対策工事に伴う掘削の状態

安全対策工事に伴う掘削範囲を図 2-1 に示す。

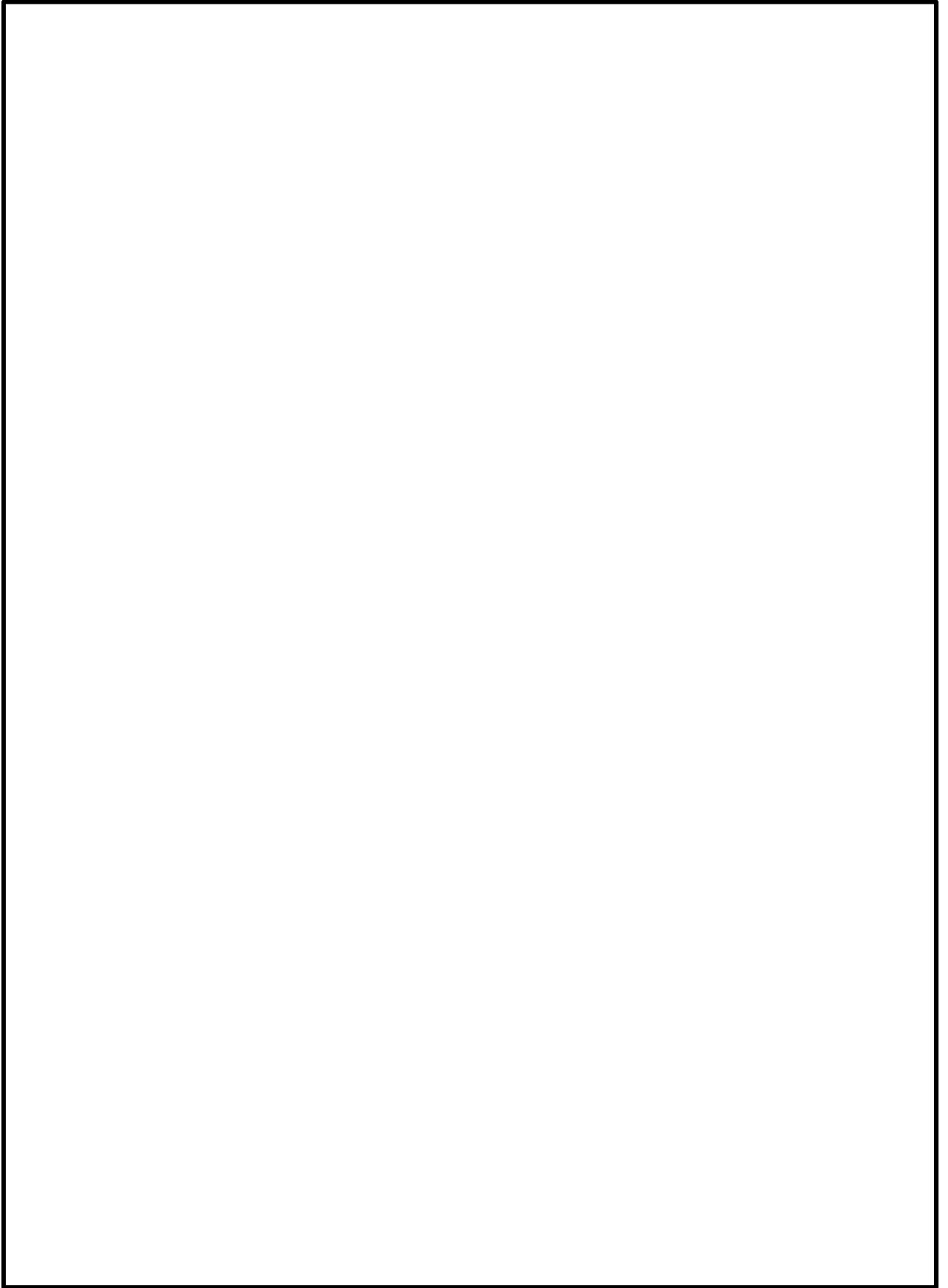


図 2-1 安全対策工事に伴う掘削範囲

3. 耐震計算の基本方針

安全対策工事による掘削の影響がある耐震計算書を表 3-1 に示す。

VI-2-別添 7-2 の各耐震計算書においては、図 3-1 に示すフローのとおり結果を掲載する。

機器・配管系については、VI-2「耐震性に関する説明書」において適用している耐震条件（以下「耐震計算書（添付書類）の耐震条件」という。）と掘削前の耐震条件の比較を行い、耐震計算書（添付書類）の耐震条件が掘削前の耐震条件よりも厳しくなる場合には、VI-2-別添 7-2 の各耐震計算書に条件比較結果を記載し、そうでない場合には、条件比較結果に加え、掘削前の耐震条件による耐震計算結果を示す。なお、耐震計算書（添付書類）の耐震条件は、設計用条件Ⅱ等の設計用条件Ⅰを上回る保守的な条件を設定している場合もあり、この場合には、保守的な条件と掘削前の耐震条件の比較を行う。

表 3-1 掘削の影響がある耐震計算書(1/2)

図書番号	図書名称
VI-2-1-7	設計用床応答スペクトルの作成方針
VI-2-2-30	第1 ベントフィルタ格納槽の地震応答計算書
VI-2-2-31	第1 ベントフィルタ格納槽の耐震性についての計算書
VI-2-2-32	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答計算書
VI-2-2-33	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の耐震性についての計算書
VI-2-5-5-5-1	低圧原子炉代替注水ポンプの耐震性についての計算書
VI-2-5-5-5-2	管の耐震性についての計算書（低圧原子炉代替注水系）
VI-2-6-5-12	代替注水流量（常設）の耐震性についての計算書
VI-2-6-5-36	低圧原子炉代替注水槽水位の耐震性についての計算書
VI-2-6-7-1-2	スクラバ容器水位の耐震性についての計算書
VI-2-6-7-1-3	スクラバ容器圧力の耐震性についての計算書
VI-2-6-7-1-4	スクラバ容器温度の耐震性についての計算書
VI-2-6-7-1-6	低圧原子炉代替注水ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書
VI-2-8-2-7	第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）の耐震性についての計算書
VI-2-8-2-8	第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）の耐震性についての計算書
VI-2-9-4-7-1-1	管の耐震性についての計算書（格納容器フィルタベント系）
VI-2-9-4-7-1-2	第1 ベントフィルタ スクラバ容器の耐震性についての計算書
VI-2-9-4-7-1-3	第1 ベントフィルタ 銀ゼオライト容器の耐震性についての計算書
VI-2-10-1-4-12	SA ロードセンタの耐震性についての計算書
VI-2-10-1-4-13	SA コントロールセンタの耐震性についての計算書

表 3-1 掘削の影響がある耐震計算書 (2/2)

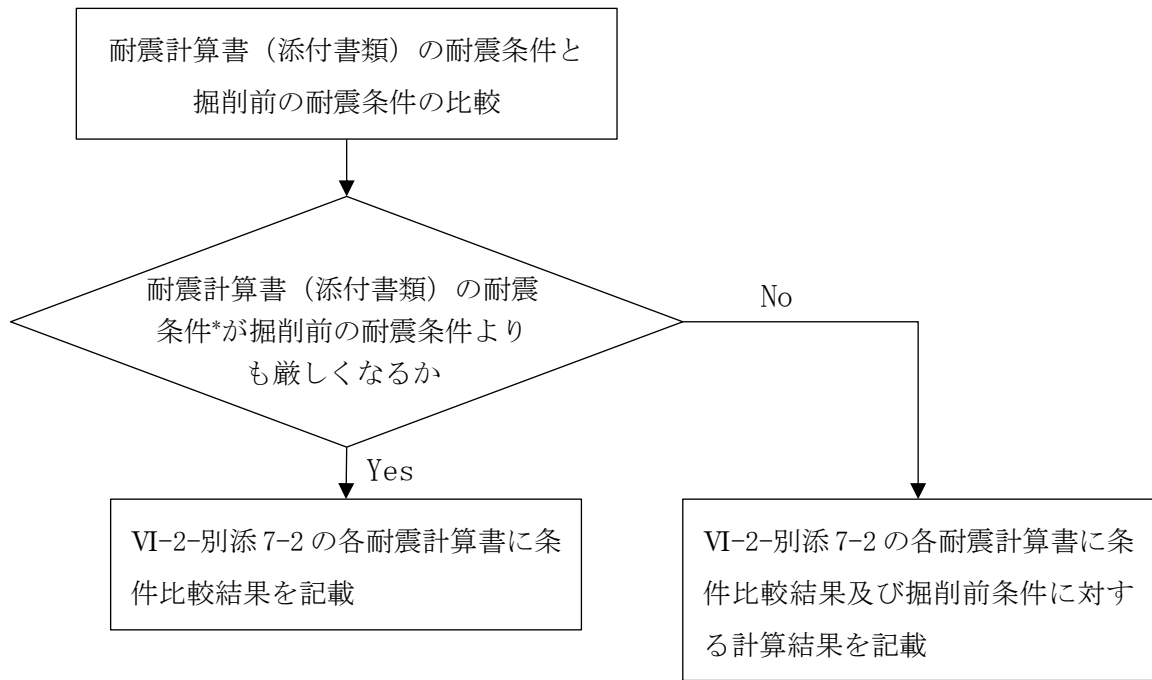
図書番号	図書名称
VI-2-11-2-12	復水貯蔵タンク遮蔽壁の耐震性についての計算書
VI-2-11-2-13	仮設耐震構台の耐震性についての計算書*
VI-2-11-2-14	土留め工（親杭）の耐震性についての計算書*
VI-2-別添 1-2-1	火災感知器の耐震性についての計算書
VI-2-別添 1-3-3	制御盤の耐震性についての計算書
VI-2-別添 1-3-4	管の耐震性についての計算書（消火設備）
VI-2-別添 4-2	地下水位低下設備の地震応答計算書
VI-2-別添 4-3-1	揚水ポンプの耐震性についての計算書
VI-2-別添 4-3-2	管の耐震性についての計算書（地下水位低下設備）
VI-2-別添 4-3-3	地下水位低下設備水位計の耐震性についての計算書
VI-2-別添 4-3-5	揚水井戸の耐震性についての計算書

注記*：仮設耐震構台及び土留め工（親杭）については、安全対策工事に伴う掘削に併せて設置された構造物であり、掘削前の耐震計算結果はないため、VI-2-別添 7-2 には示さない。

なお、建物・構築物（原子炉建物等）の耐震評価では、建物側方地盤による拘束効果を考慮していないこと、及び原子炉建物の入力地震動の評価において表層地盤の地盤物性値の変動が入力地震動に与える影響は小さいことを確認していることから、入力地震動評価に用いる 2 次元 FEM 地盤モデルには掘削による影響を考慮しない。さらに、入力地震動評価に用いている 2 次元 FEM 地盤モデルを用いた観測記録によるシミュレーション解析により今回工認で用いている地盤モデルに十分な保守性を有していることを確認していることから、建物側方地盤の一部を掘削した場合の耐震評価は不要と整理する。

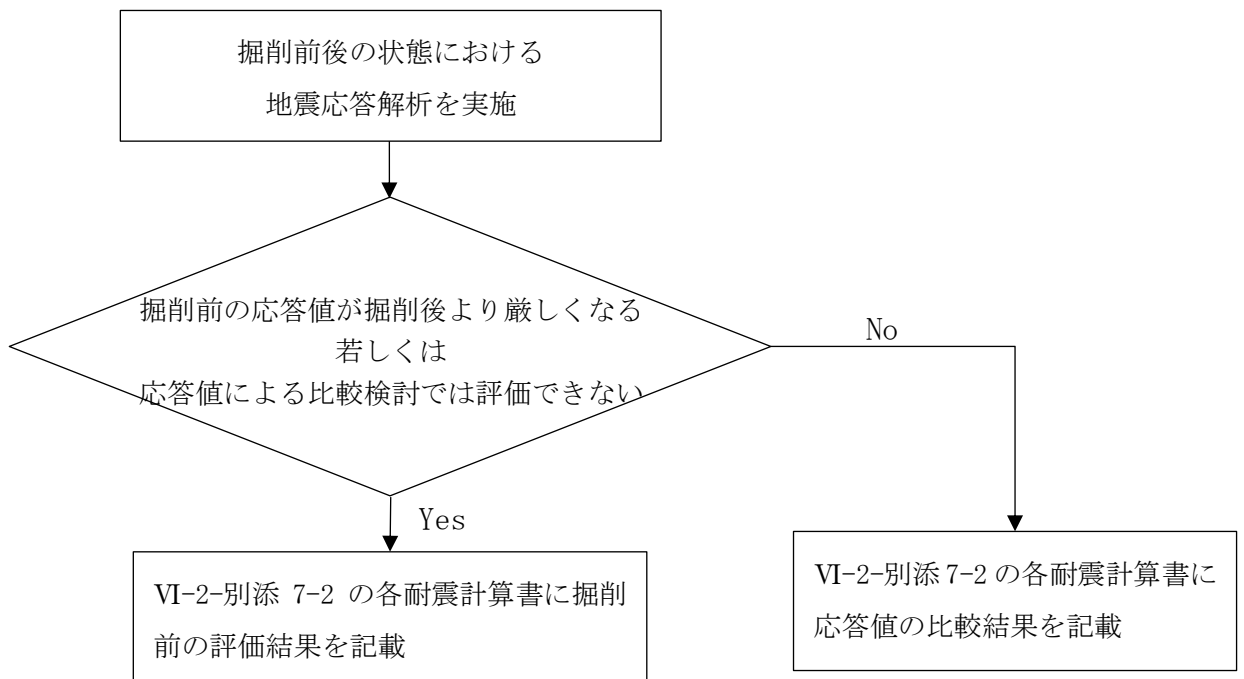
また、土木構造物については、構造物と地盤の動的相互作用を考慮できる連成系の地震応答解析手法を用いていることから、掘削範囲が構造物と接している、若しくは近接している場合は構造物に対して掘削による影響が考えられるため掘削後の状態を前提とした耐震評価を行う。一方、掘削範囲と構造物の間に離隔があり、掘削範囲と構造物の間に岩盤や埋戻コンクリートが位置している構造物（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽、屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）及びドレーン）は、掘削が構造物に与える影響は軽微であることから、掘削後の耐震評価は不要と整理する。

耐震重要施設等の基礎地盤及び周辺斜面については、掘削後の形状により安定性が確保されていることを確認している。耐震重要施設等の基礎地盤及び周辺斜面の掘削前の形状による安定性評価結果は、原子炉設置変更申請書に示している。



注記*：耐震計算書の耐震条件は、設計用条件Ⅱ等の設計用条件Ⅰを上回る保守的な条件を設定している場合もある。

(a) 機器・配管系



(b) 土木構造物

図 3-1 別添 7-2 における耐震計算書作成フロー

VI-2-別添 7-2 安全対策工事に伴う掘削前の状態における
耐震性に関する計算書

VI-2-別添 7-2-1 設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）

目 次

1. 概要	1
2. 設計用床応答スペクトル及び設計用震度作成に係る基本方針及び作成方法	1
3. 地震応答解析モデル	1
4. 設計用床応答スペクトル及び設計用震度	14
4.1 基準地震動 S_s	14

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に基づき、安全対策工事に伴う掘削前の状態における機器・配管系の動的解析に用いる設計用床応答スペクトルの作成方針及びその方針に基づき作成した設計用床応答スペクトルに関して説明するものである。

また、機器・配管系の静的解析に用いる設計用震度についても併せて説明する。

なお、本資料では掘削前の状態においてVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」と地震応答解析モデルが異なる構造物（第1ベントフィルタ格納槽及び低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽）の設計用床応答スペクトルを示す。

2. 設計用床応答スペクトル及び設計用震度作成に係る基本方針及び作成方法

VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」と同様。

3. 地震応答解析モデル

(1) 第1ベントフィルタ格納槽

第1ベントフィルタ格納槽の地震応答解析モデルにはVI-2-別添 7-2-2「第1ベントフィルタ格納槽の地震応答計算書(掘削前)」に示す解析モデルを用いる。NS断面（銀ゼオライト容器エリア）の地震応答解析モデルを図3-1(1)に、加速度応答算出位置を図3-1(2)に示し、NS断面（スクラバ容器エリア）の地震応答解析モデルを図3-1(3)に、加速度応答算出位置を図3-1(4)に示す。また、EW断面の地震応答解析モデルを図3-1(5)に、加速度応答算出位置を図3-1(6)に示す。

(2) 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答解析モデルにはVI-2-別添 7-2-4「低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答計算書(掘削前)」に示す解析モデルを用いる。NS断面（水室）の地震応答解析モデルを図3-2(1)に、加速度応答算出位置を図3-2(2)に示し、NS断面（ポンプ室）の地震応答解析モデルを図3-2(3)に、加速度応答算出位置を図3-2(4)に示す。また、EW断面の地震応答解析モデルを図3-2(5)に、加速度応答算出位置を図3-2(6)に示す。

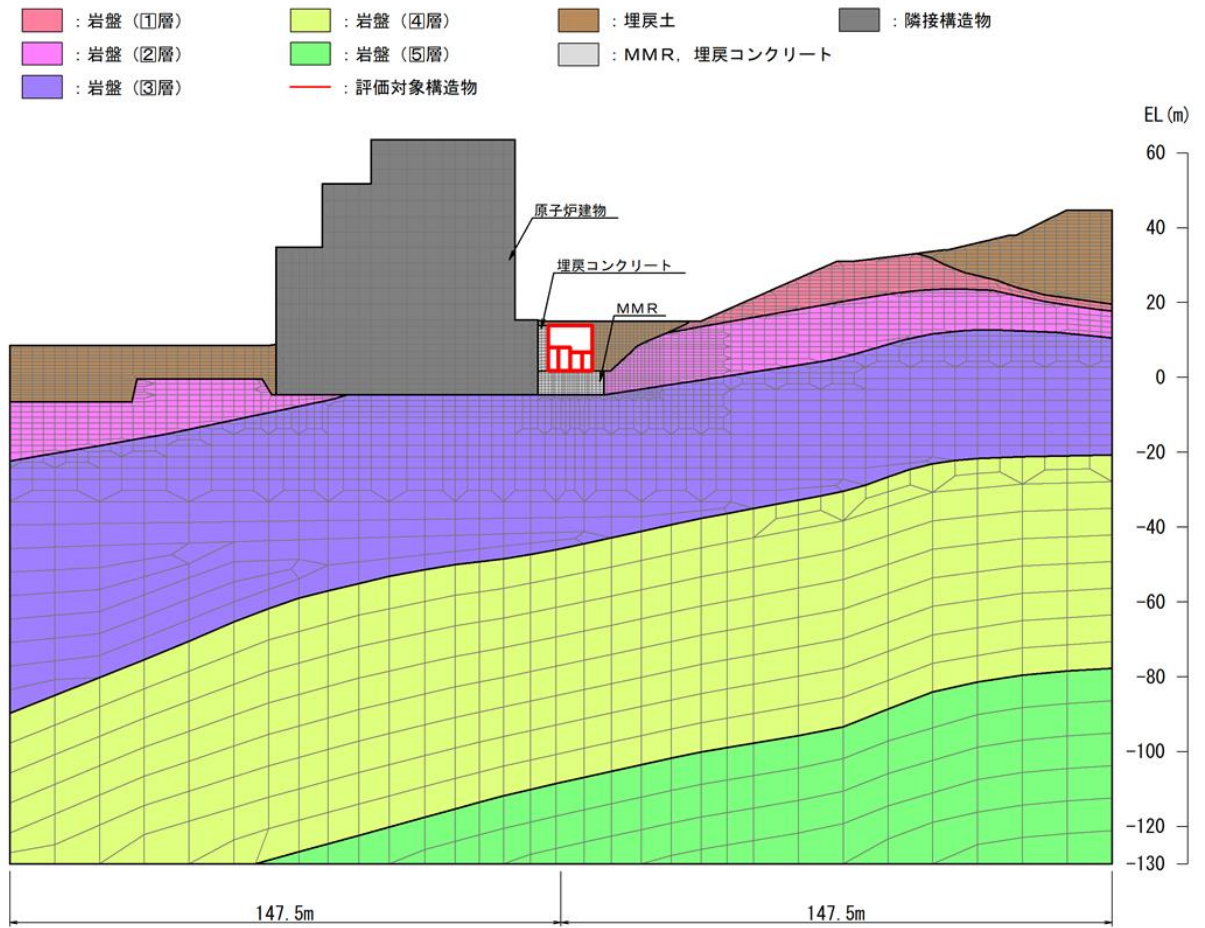


図 3-1(1) 第 1 ベントフィルタ格納槽地震応答解析モデル
(NS 断面 (銀ゼオライト容器エリア) (B-B 断面*))

注記* : 建物・構築物等の地震応答計算書に示す断面名称

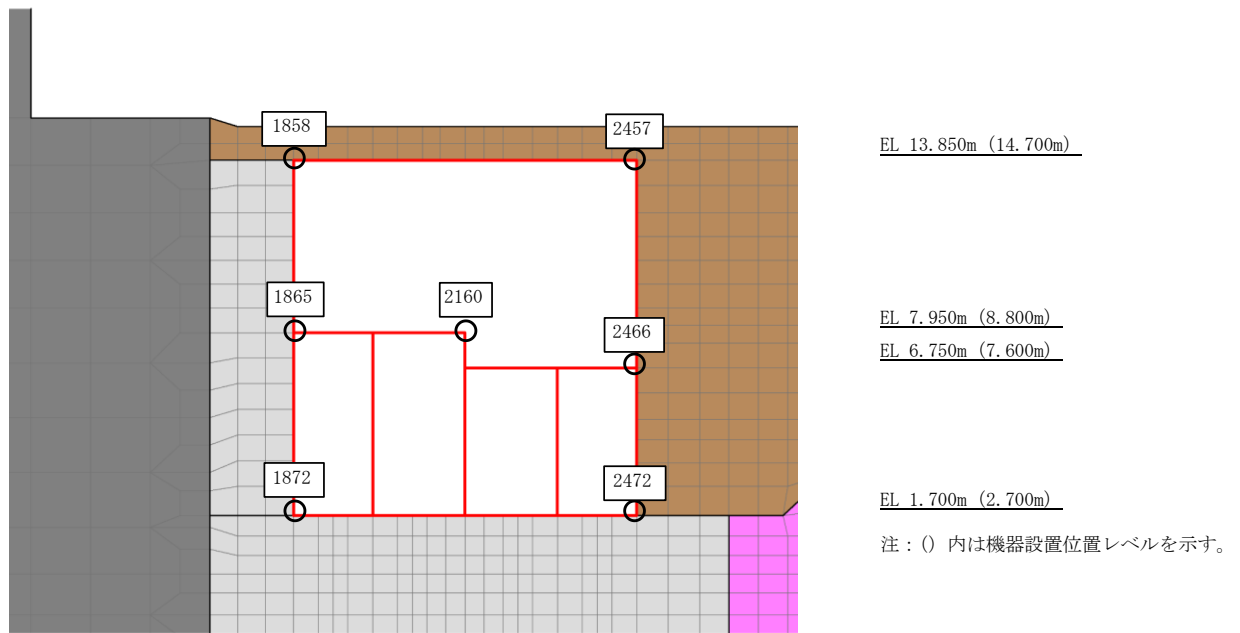


図 3-1(2) 第 1 ベントフィルタ格納槽の加速度応答算出位置
(地震応答解析モデル (NS 断面 (銀ゼオライト容器エリア) (B-B 断面)) の拡大図)

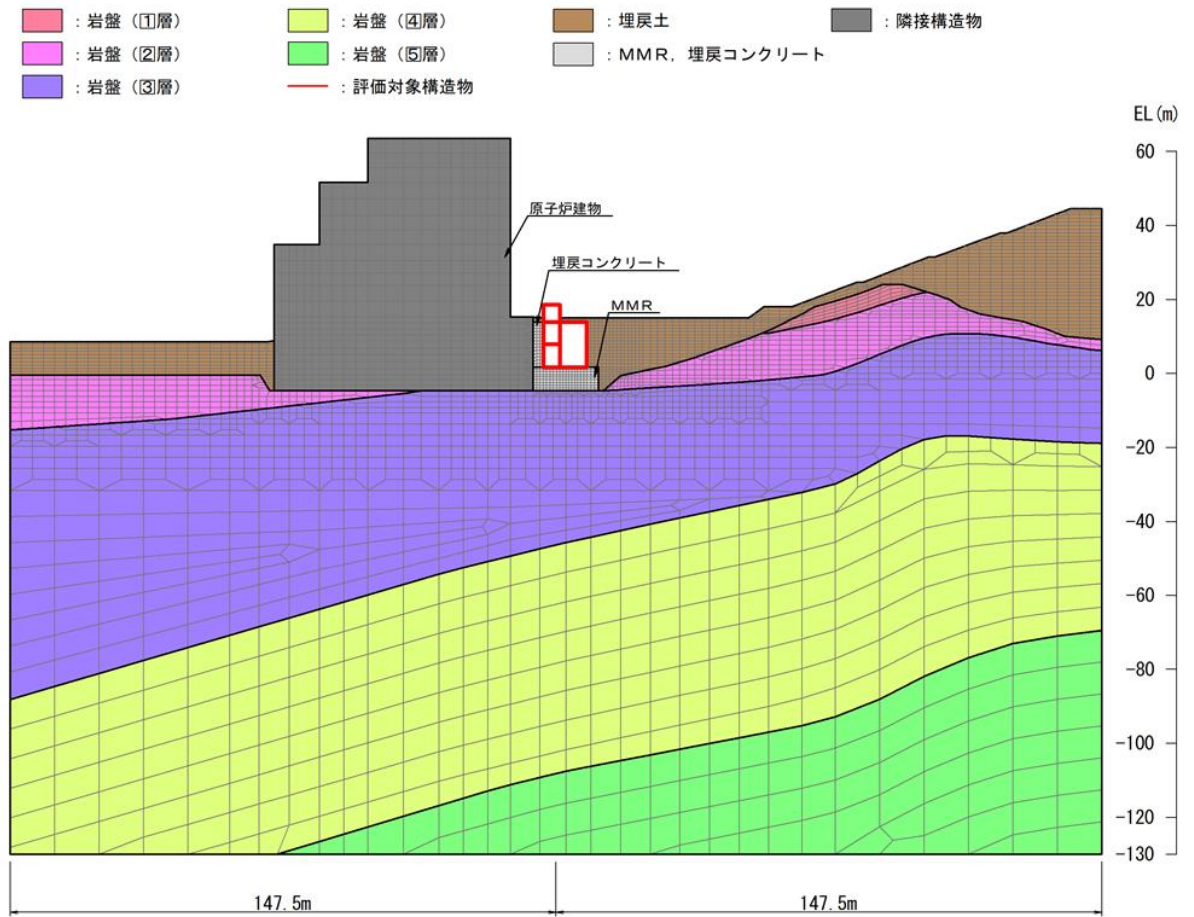


図 3-1(3) 第 1 ベントフィルタ格納槽地震応答解析モデル
(NS 断面 (スクラバ容器エリア) (A-A 断面*))

注記* : 建物・構築物等の地震応答計算書に示す断面名称

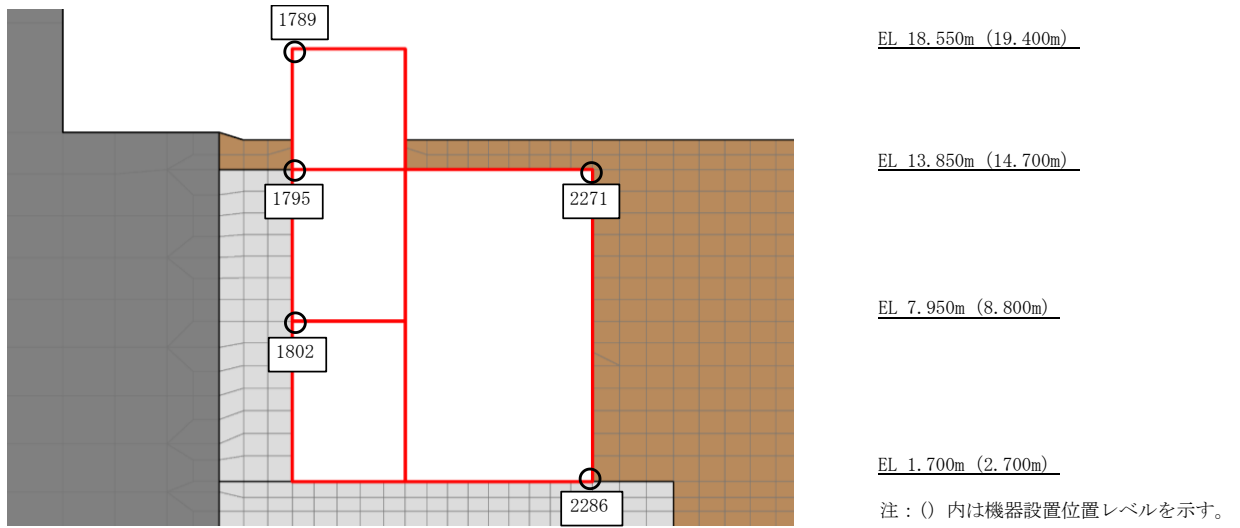


図 3-1(4) 第 1 ベントフィルタ格納槽の加速度応答算出位置
(地震応答解析モデル (NS 断面 (スクラバ容器エリア) (A-A 断面)) の拡大図)

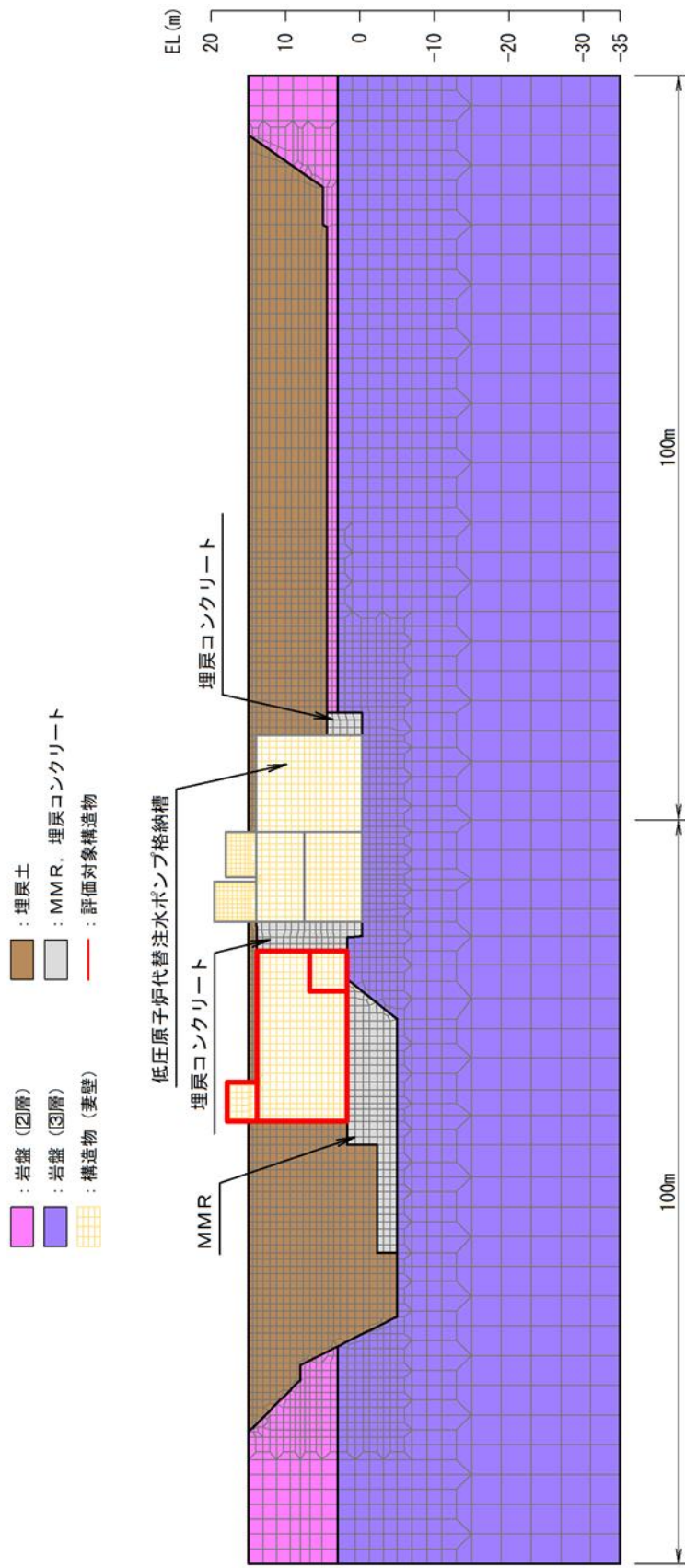


図 3-1(5) 第 1 ベントファイルタ格納槽地震応答解析モデル (E-W断面 (E-W断面) (C-C断面*))

注記* : 建物・構築物等の地震応答計算書に示す断面名称

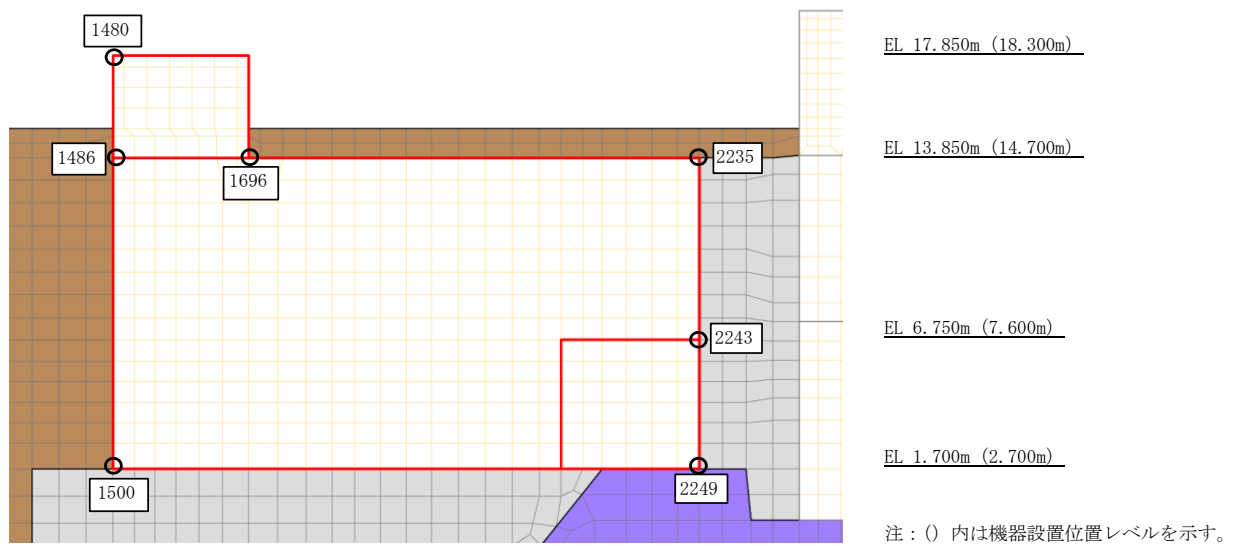


図 3-1(6) 第 1 ベントフィルタ格納槽の加速度応答算出位置
(地震応答解析モデル (E W断面 (C-C断面)) の拡大図)

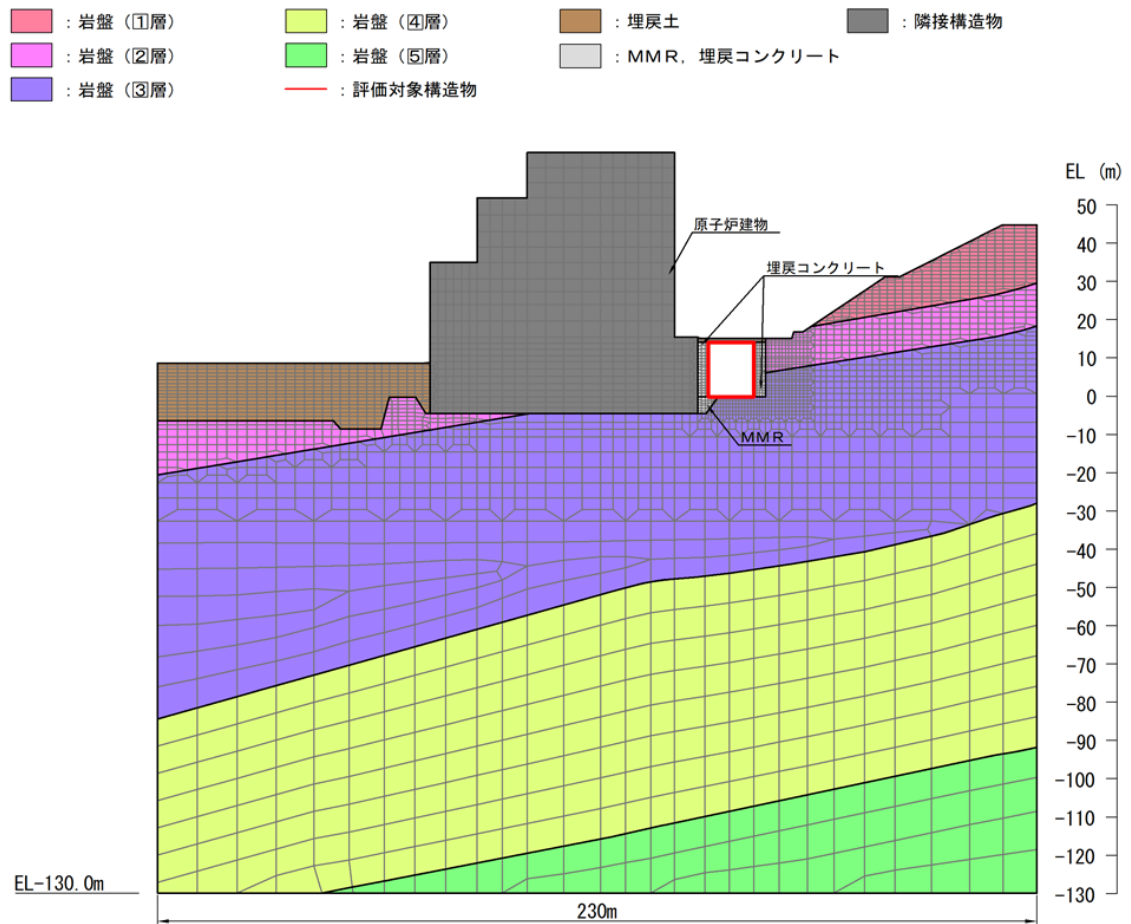


図 3-2(1) 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽地震応答解析モデル
(NS断面(水室)(B-B断面*))

注記* : 建物・構築物等の地震応答計算書に示す断面名称

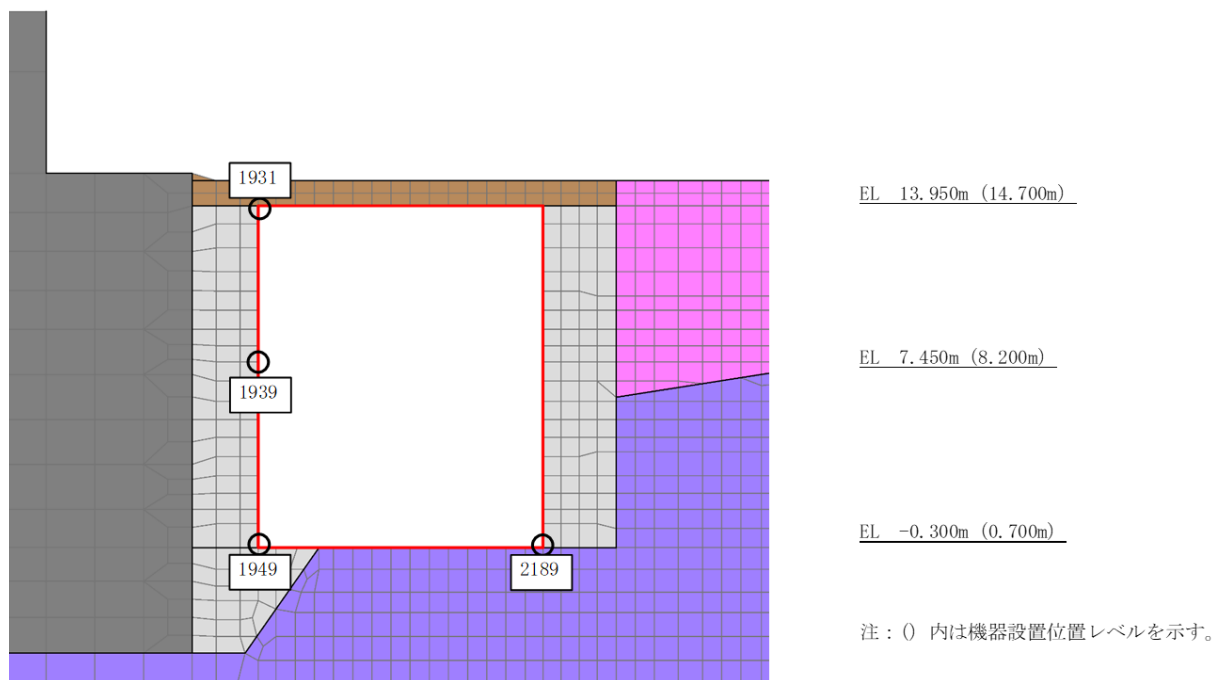


図 3-2(2) 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の加速度応答算出位置
(地震応答解析モデル (NS 断面 (水室) (B-B 断面)) の拡大図)

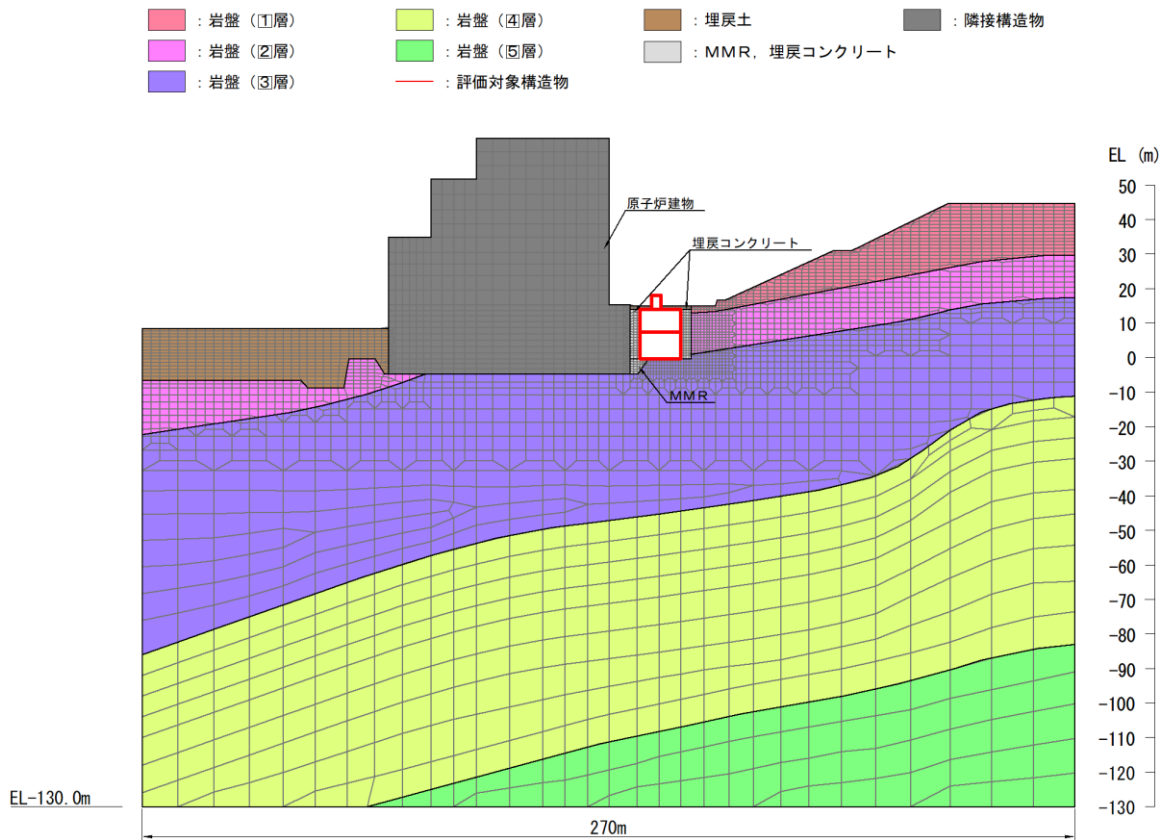


図 3-2(3) 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽地震応答解析モデル
(NS断面 (ポンプ室) (A-A断面*))

注記* : 建物・構築物等の地震応答計算書に示す断面名称

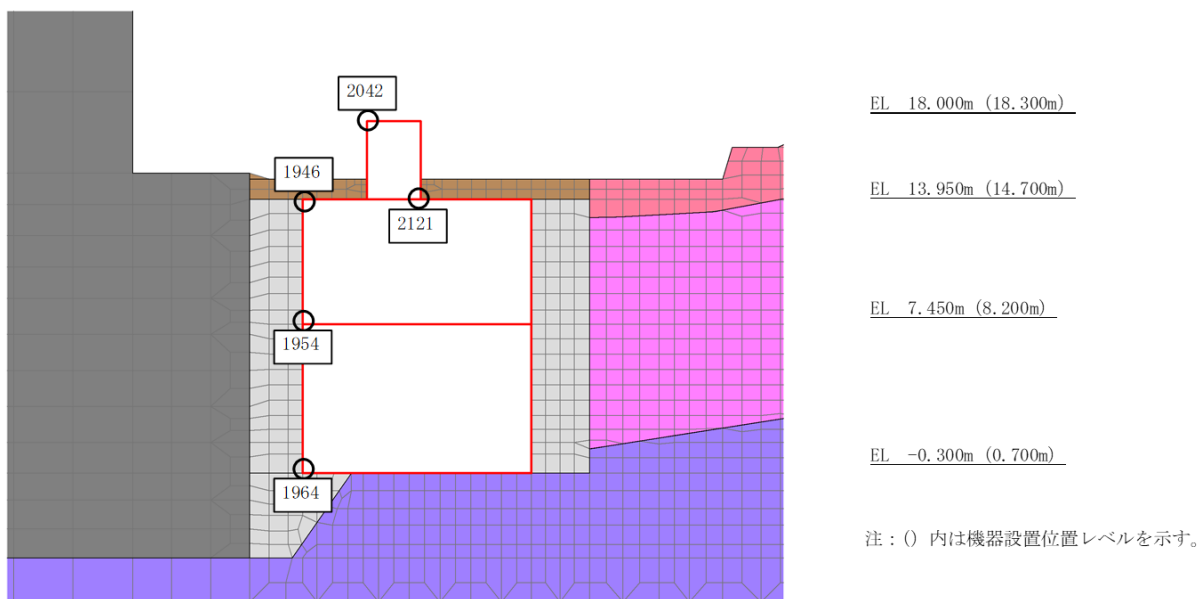


図 3-2(4) 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の加速度応答算出位置
 (地震応答解析モデル (NS 断面 (ポンプ室) (A-A 断面)) の拡大図)

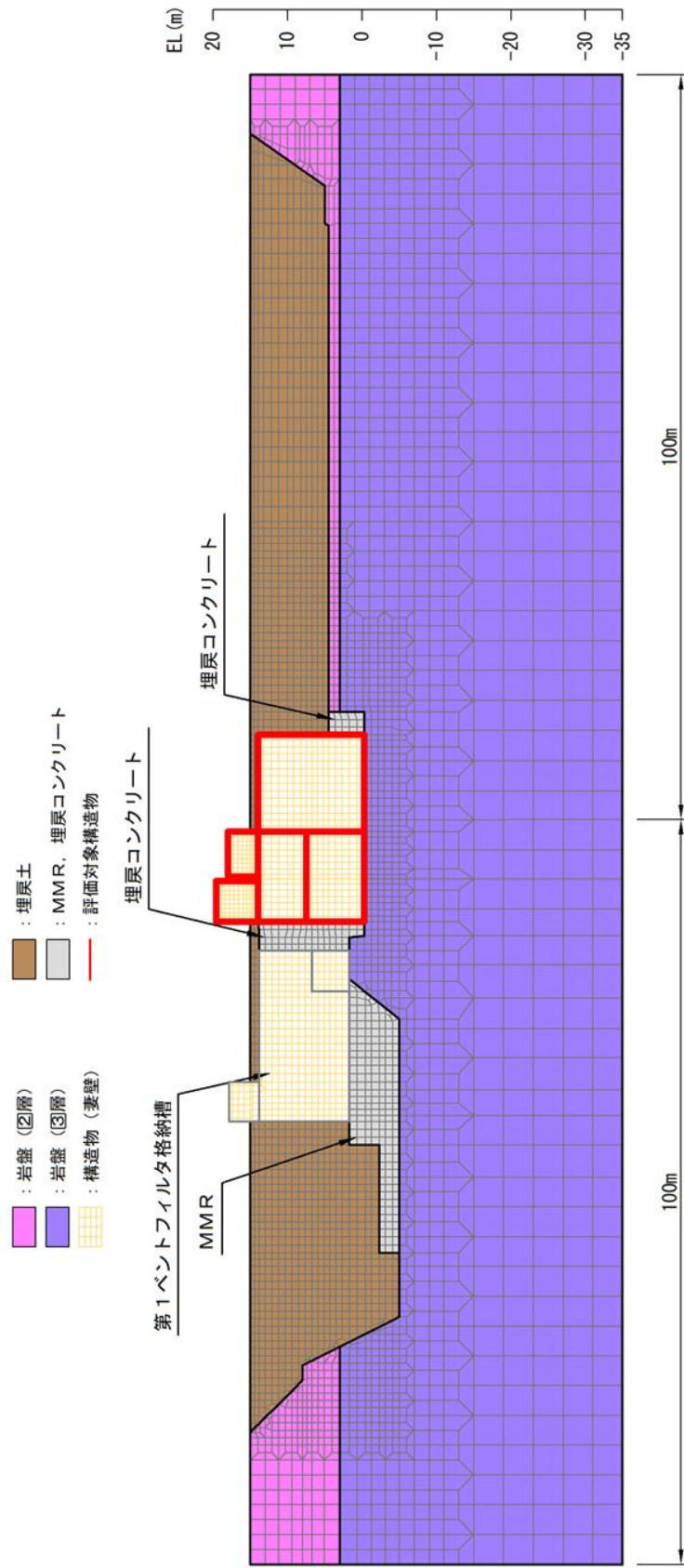


図 3-2(5) 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽地震応答解析モデル (E-W断面 (E-W断面) (C-C断面*))

注記* : 建物・構築物等の地震応答計算書に示す断面名称

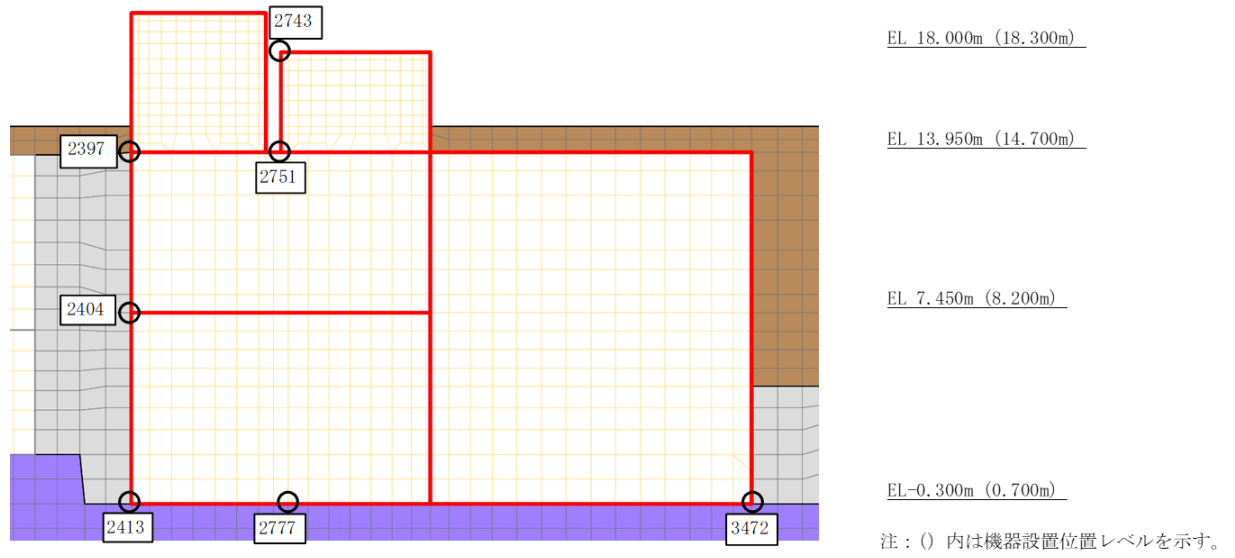


図 3-2(6) 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の加速度応答算出位置
 (地震応答解析モデル (E W断面 (C-C断面)) の拡大図)

4. 設計用床応答スペクトル及び設計用震度

本章では、施設ごとの各床面の設計用震度及び設計用床応答スペクトルを示す。ただし、設計用震度Ⅰ（又はⅡ）を上回る震度及び設計用床応答スペクトルⅠ（又はⅡ）を上回る設計用床応答スペクトルについては、設備ごとに適用する条件が異なるため、各設備の耐震計算書にそれぞれ示す。

4.1 基準地震動 S_s

設計用震度及び設計用床応答スペクトル（ S_s ）を示す。

(1) 設計用震度一覧表

建物・構築物等の各床面の設計用震度を表 4.1-1 及び表 4.1-2 に示す。また、建物・構築物等と表番号との関連を表 4.1 に示す。

表 4.1 建物・構築物等と表番号との関連（基準地震動 S_s ）

No.	建物・構築物等	設計用震度
1	第1ベントフィルタ格納槽	表 4.1-1
2	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	表 4.1-2

(2) 設計用床応答スペクトルの図番

各床面の減衰定数に応じた設計用床応答スペクトルの図番を表 4.2-1 及び表 4.2-2 に示す。また、建物・構築物等と表番号との関連を表 4.2 に示す。

表 4.2 建物・構築物等と表番号との関連（基準地震動 S_s ）

No.	建物・構築物等	設計用床応答スペクトル
1	第1ベントフィルタ格納槽	表 4.2-1
2	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	表 4.2-2

表 4.1-1 設計用震度 (S s) (第 1 ベントフイルタ格納槽) (1/2)

構造物名	節点番号								標高* EL (m)	震度×1.0					
	NS方向				鉛直方向					設計用震度 I					
	NS方向		EW方向		NS断面 (スクラバ 容器エリア)		EW断面 (銀ゼオライト 容器エリア)			S s					
	NS断面 (銀ゼオライト 容器エリア)	NS断面 (スクラバ 容器エリア)	EW断面	EW断面	NS断面 (スクラバ 容器エリア)	EW断面	NS断面	EW断面		NS方向	EW方向	鉛直方向			
第1ベント フイルタ格納槽	1858 2457	1789 1795 2271	1480 1486 1696 2235	1858 2457	1789 1795 2271	1480 1486 1696 2235	1858 2457	1789 1795 2271	19.400~ 14.700	2.33	1.56	1.73	3.50	2.34	2.60
	1865 2160 2466	1802	2243	1865 2160 2466	1802	2243	1865 2160 2466	1802	8.800~ 7.600	1.08	0.78	1.46	1.62	1.17	2.19
	1872 2472	2286	1500 2249	1872 2472	2286	1500 2249	1872 2472	2286	2.700	1.33	0.91	2.21	2.00	1.37	3.32

注記*: 機器設置位置レベルを示す。

表 4.1-1 設計用震度 (S s) (第 1 ベントフィルタ格納槽) (2/2)

構造物名	節点番号								標高* EL(m)	震度×1.2					
	NS方向				鉛直方向					設計用震度 I			設計用震度 II		
	NS方向		EW方向		NS断面 (スクラバ 容器エリア)		EW断面			S s			S s		
	NS断面 (銀ゼオライト 容器エリア)	NS断面 (スクラバ 容器エリア)	EW断面	EW断面	NS断面 (銀ゼオライト 容器エリア)	NS断面 (スクラバ 容器エリア)	EW断面	EW断面		NS方向	EW方向	鉛直方向	NS方向	EW方向	鉛直方向
第1ベント フィルタ格納槽	1858	1789	1480	1480	1858	1789	1480	1480	19.400~ 14.700	2.80	1.87	2.08	2.81	3.12	
	2457	1795	1486	1486	2457	1795	1486	1486							
		2271	1696	1696		2271	1696	1696							
			2235	2235			2235	2235							
	1865	1802	2243	2243	1865	1802	2243	2243	8.800~ 7.600	1.29	0.94	1.75	1.41	2.63	
	2160			2160											
	2466			2466											
	1872	2286	1500	1500	1872	2286	1500	1500	2.700	1.60	1.09	2.65	1.64	3.98	
	2472		2249	2472			2249	2249							

注記*: 機器設置位置レベルを示す。

表 4.1-2 設計用震度 (S s) (低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽) (1/2)

構造物名	節点番号								標高* EL (m)	震度×1.0						
	NS方向				EW方向					設計用震度 I			設計用震度 II			
	NS断面 (水室)		NS断面 (ポンプ室)		EW断面		NS断面 (水室)			NS断面 (ポンプ室)		S s				
	NS方向	鉛直方向	NS断面 (水室)	NS断面 (ポンプ室)	EW断面	EW断面	NS断面 (水室)	NS断面 (ポンプ室)		EW方向	鉛直方向	NS方向	EW方向	鉛直方向		
低圧原子炉代替注水 ポンプ格納槽	-	2042	2743	-	2042	2743	2743	2743	2743	2743	1.08	1.08	0.77	1.62	1.62	1.16
	1931	1946 2121	2397 2751	1931	1946 2121	2397 2751	1931	1946 2121	2397 2751	2751	0.94	0.98	0.92	1.41	1.47	1.38
	1939	1954	2404	1939	1954	2404	1939	1954	2404	2404	0.81	0.83	0.68	1.22	1.25	1.02
	1949 2189	1964	2413 2777 3472	1949 2189	1964	2413 2777 3472	1949 2189	1964	2413 2777 3472	3472	0.66	1.19	1.48	0.99	1.79	2.22

注記*: 機器設置位置レベルを示す。

表 4.1-2 設計用震度 (S s) (低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽) (2/2)

構造物名	節点番号								標高* EL (m)	震度×1.2					
	NS方向		EW方向		鉛直方向					設計用震度 I			設計用震度 II		
	NS方向		EW方向		NS断面 (水室)		NS断面 (ポンプ室)			NS方向		EW方向		鉛直方向	
	NS断面 (水室)	NS断面 (ポンプ室)	EW断面	EW断面	NS断面 (水室)	NS断面 (ポンプ室)	NS断面 (水室)	NS断面 (ポンプ室)		NS方向	EW方向	鉛直方向	NS方向	EW方向	鉛直方向
低圧原子炉代替注水 ポンプ格納槽	-	2042	2743	2743	-	2042	2743	2743	18.300	1.30	1.29	0.92	1.95	1.94	1.38
	1931	1946 2121	2397 2751	2397 2751	1931	1946 2121	2397 2751	2397 2751	14.700	1.12	1.18	1.10	1.68	1.77	1.65
	1939	1954	2404	2404	1939	1954	2404	2404	8.200	0.97	1.00	0.82	1.46	1.50	1.23
	1949 2189	1964	2413 2777 3472	2413 2777 3472	1949 2189	1964	2413 2777 3472	2413 2777 3472	0.700	0.79	1.42	1.78	1.19	2.13	2.67

注記*: 機器設置位置レベルを示す。

表 4.2-1 設計用床応答スペクトル (S s) 一覧表 (第1ベントフィルタ格納槽) (1/3)

地震波	建物機器	方向	節点番号	標高 EL(m)	減衰定数(%)	図番
S s	第1ベント フィルタ格納 槽	NS 方向	1858, 2457 (銀ゼオライト容器エリア), 1789, 1795, 2271 (スクラバ容器エリア)	19.400~ 14.700	0.5	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 1
					1.0	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 2
					1.5	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 3
					2.0	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 4
					2.5	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 5
					3.0	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 6
					4.0	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 7
					5.0	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 8
			1865, 2160, 2466 (銀ゼオライト容器エリア), 1802 (スクラバ容器エリア)	8.800~ 7.600	0.5	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 9
					1.0	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 10
					1.5	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 11
					2.0	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 12
					2.5	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 13
					3.0	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 14
					4.0	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 15
					5.0	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 16
			1872, 2472 (銀ゼオライト容器エリア), 2286 (スクラバ容器エリア)	2.700	0.5	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 17
					1.0	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 18
					1.5	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 19
					2.0	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 20
					2.5	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 21
					3.0	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 22
					4.0	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 23
					5.0	NS2 - 1FV - SsNS - 1FV 24

表 4.2-1 設計用床応答スペクトル (S s) 一覧表 (第1ベントフィルタ格納槽) (2/3)

地震波	建物機器	方向	節点番号	標高 EL(m)	減衰定数(%)	図番
S s	第1ベント フィルタ格納 槽	EW 方向	1480, 1486, 1696, 2235	18.300~ 14.700	0.5	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 1
					1.0	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 2
					1.5	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 3
					2.0	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 4
					2.5	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 5
					3.0	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 6
					4.0	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 7
					5.0	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 8
			2243	7.600	0.5	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 9
					1.0	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 10
					1.5	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 11
					2.0	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 12
					2.5	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 13
					3.0	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 14
					4.0	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 15
					5.0	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 16
			1500, 2249	2.700	0.5	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 17
					1.0	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 18
					1.5	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 19
					2.0	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 20
					2.5	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 21
					3.0	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 22
					4.0	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 23
					5.0	NS2 - 1FV - SsEW - 1FV 24

表 4.2-1 設計用床応答スペクトル (S s) 一覧表 (第1ベントフィルタ格納槽) (3/3)

地震波	建物機器	方向	節点番号	標高 EL(m)	減衰定数(%)	図番
S s	第1ベント フィルタ格納 槽	鉛直 方向	1858, 2457 (銀ゼオライト容器エリア), 1789, 1795, 2271 (スクラバ容器エリア), 1480, 1486, 1696, 2235 (EW断面)	19.400~ 14.700	0.5	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 1
					1.0	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 2
					1.5	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 3
					2.0	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 4
					2.5	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 5
					3.0	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 6
					4.0	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 7
					5.0	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 8
			1865, 2160, 2466 (銀ゼオライト容器エリア), 1802 (スクラバ容器エリア), 2243 (EW断面)	8.800~ 7.600	0.5	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 9
					1.0	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 10
					1.5	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 11
					2.0	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 12
					2.5	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 13
					3.0	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 14
					4.0	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 15
					5.0	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 16
			1872, 2472 (銀ゼオライト容器エリア), 2286 (スクラバ容器エリア), 1500, 2249 (EW断面)	2.700	0.5	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 17
					1.0	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 18
					1.5	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 19
					2.0	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 20
					2.5	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 21
					3.0	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 22
					4.0	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 23
					5.0	NS2 - 1FV - SsV - 1FV 24

【NS2-1FV-SsNS-1FV1】

構造物名：第1ベントフィルタ格納槽

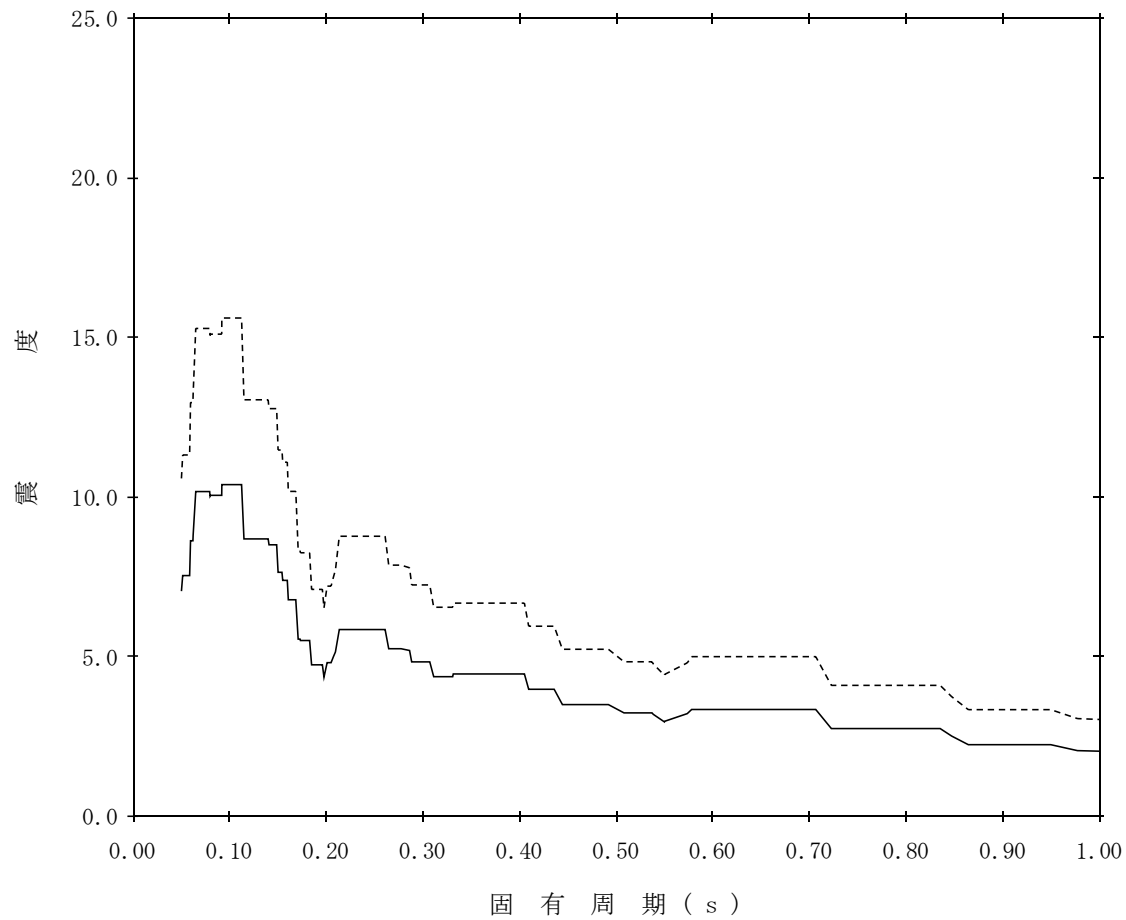
標高：EL19.400m～EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-1FV-SsNS-1FV2】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

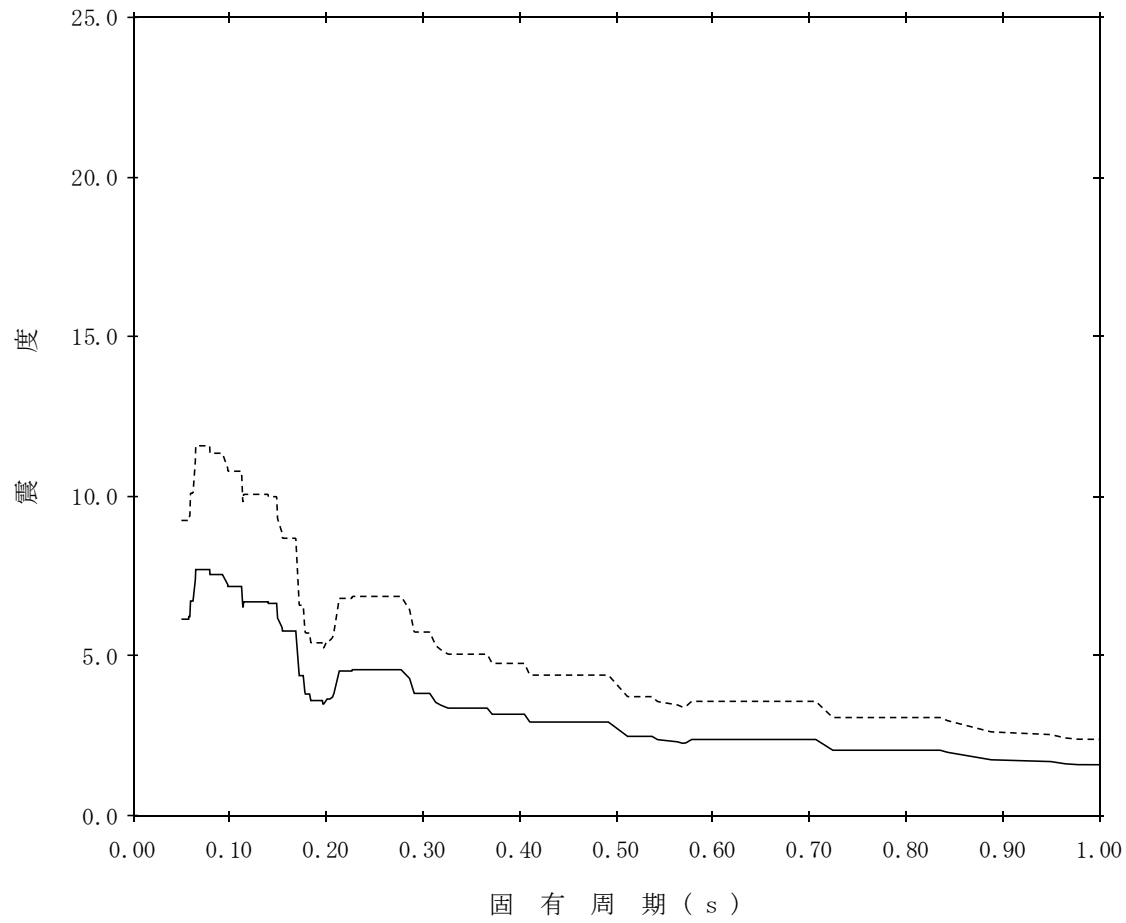
標高：EL19.400m～EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：1.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV3】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

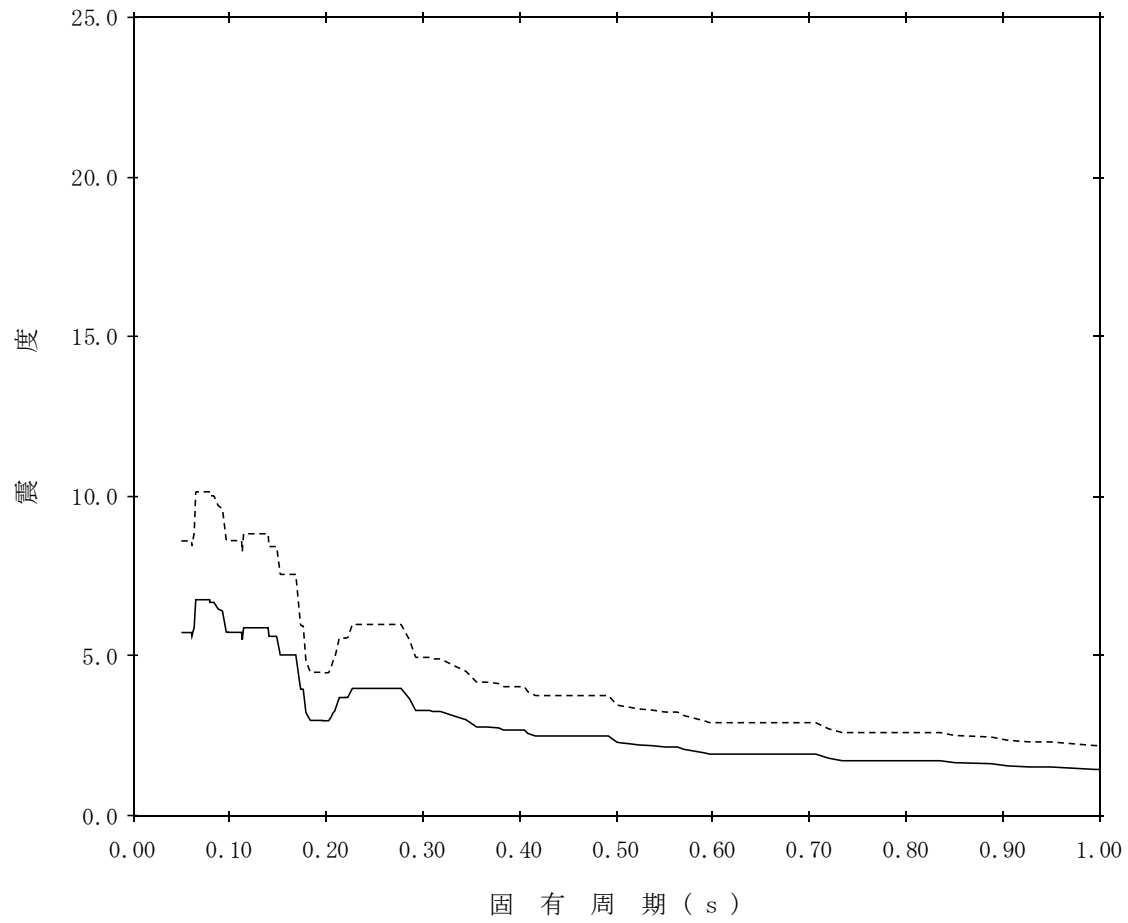
標高：EL19.400m～EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：1.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV4】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

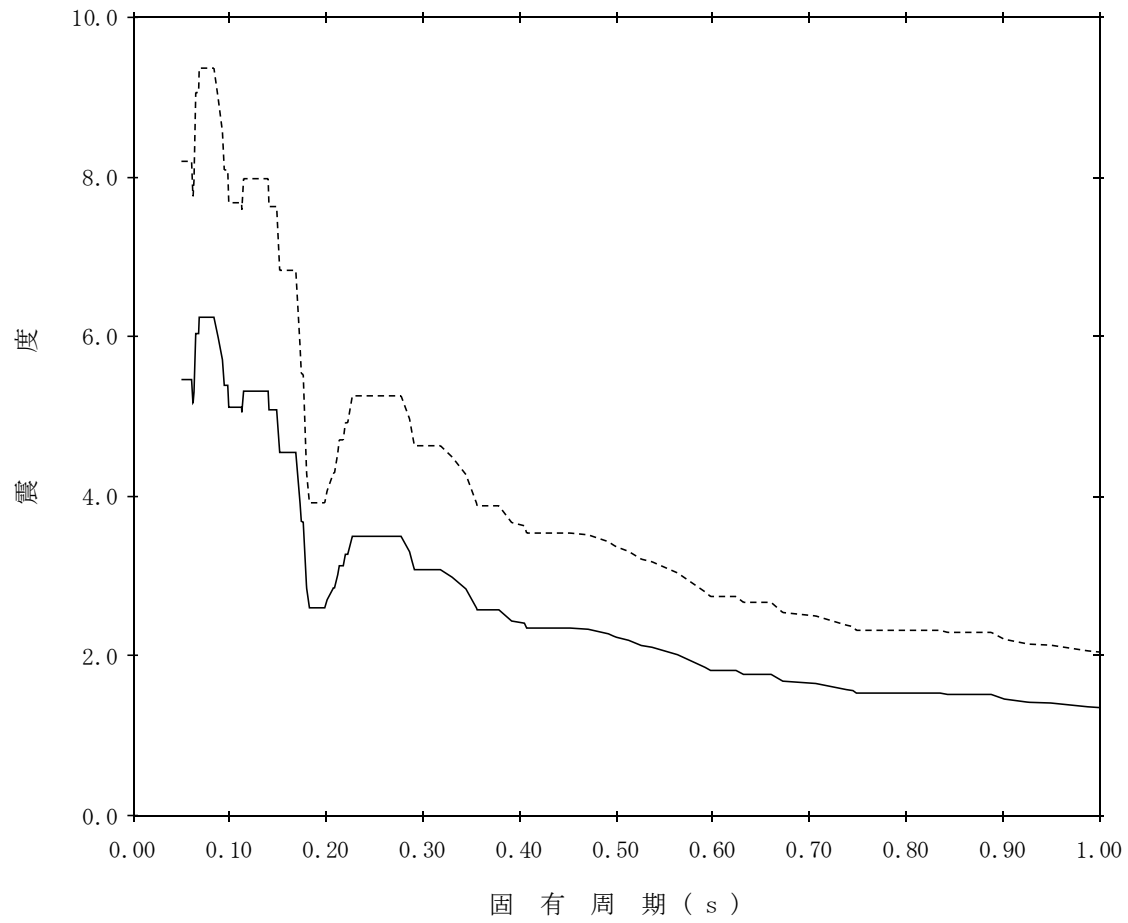
標高：EL19.400m～EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV5】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

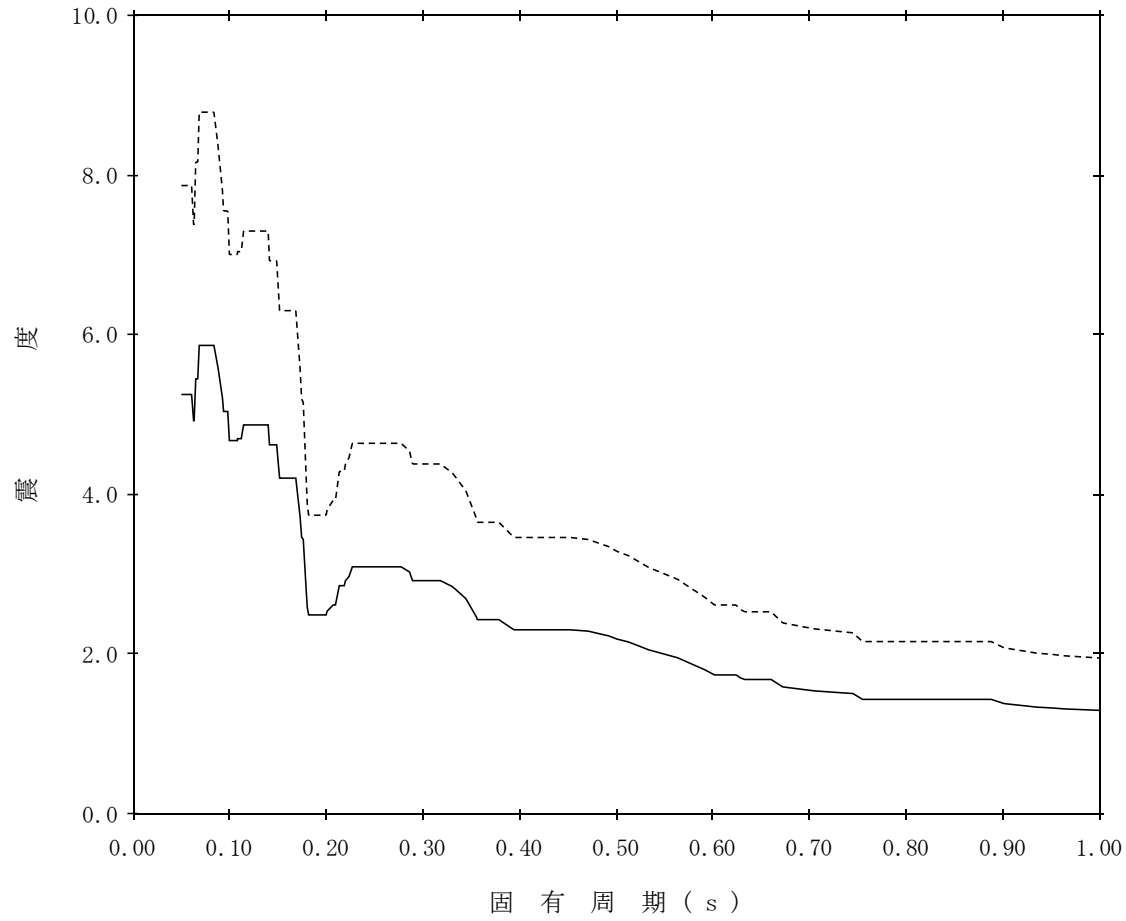
標高：EL19.400m～EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：2.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV6】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

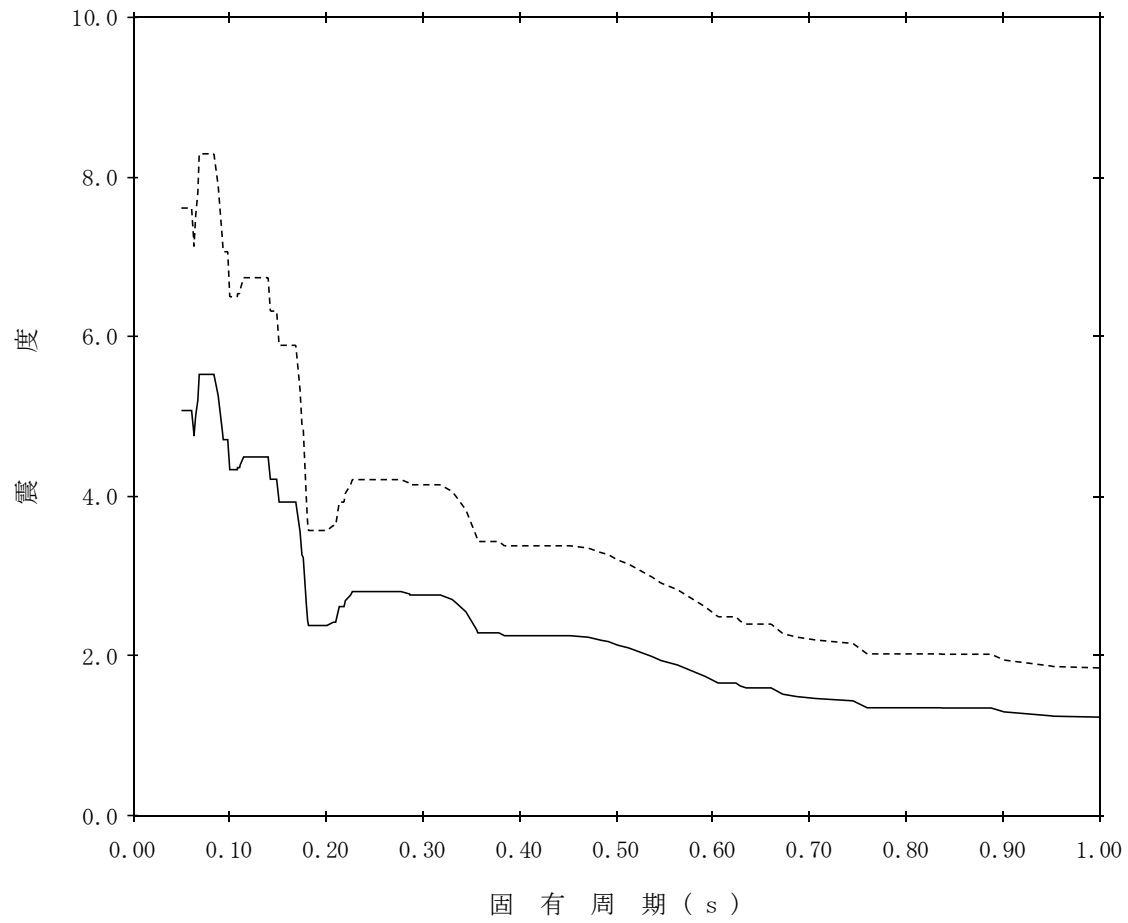
標高：EL19.400m～EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：3.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV7】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

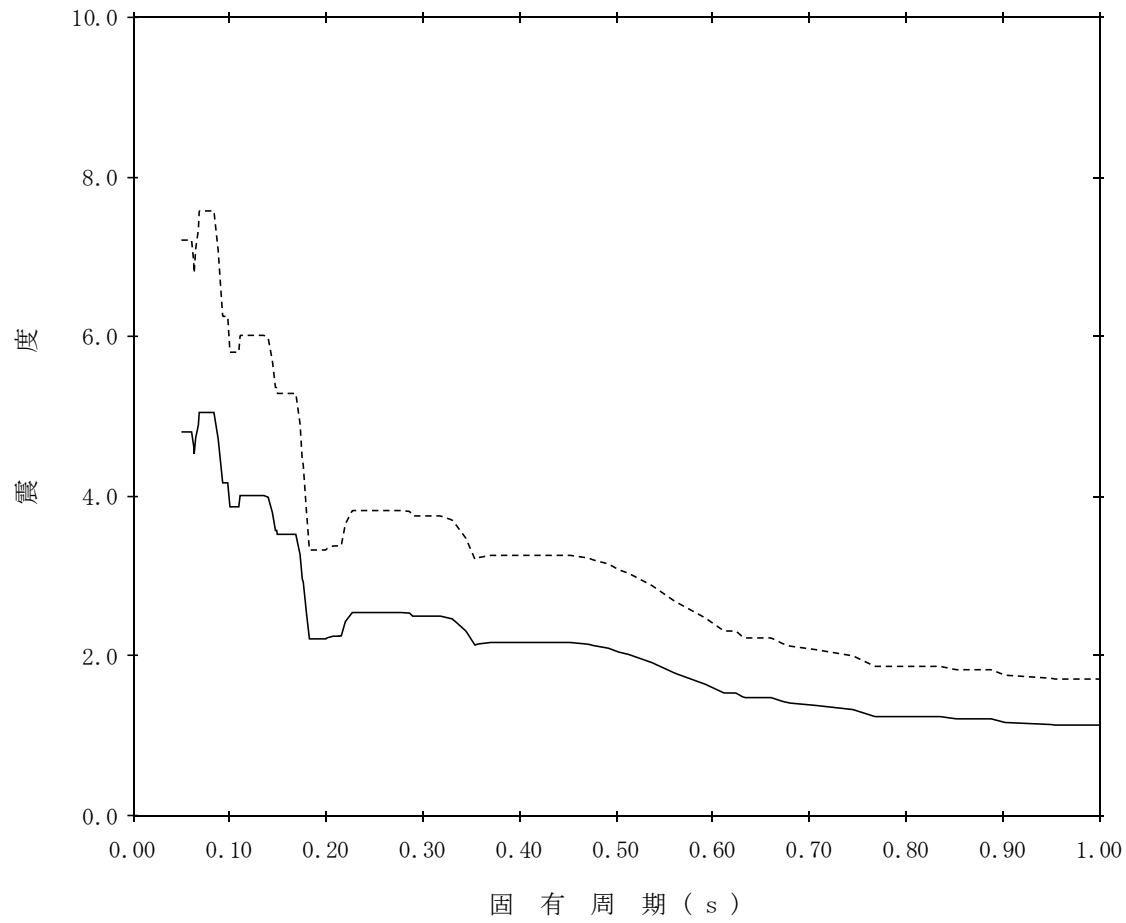
標高：EL19.400m～EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：4.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV8】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

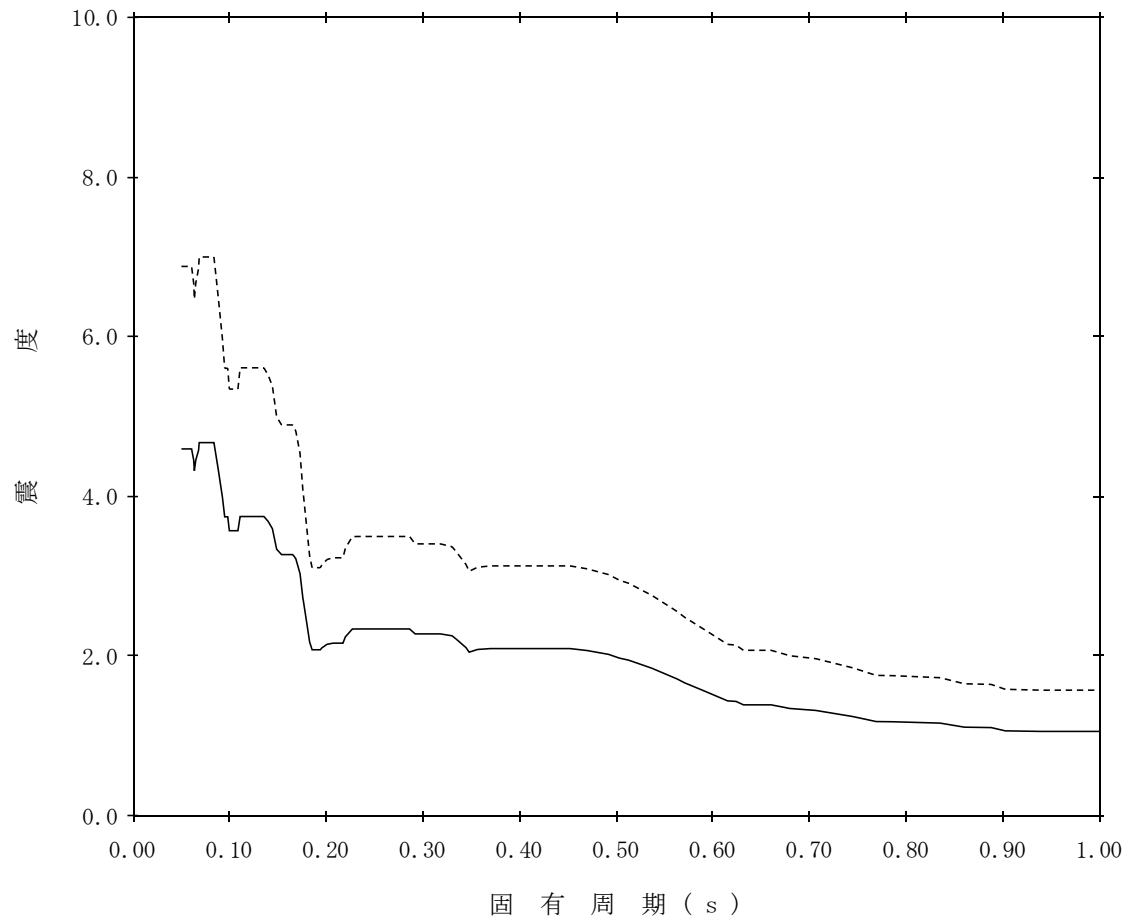
標高：EL19.400m～EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：5.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV9】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

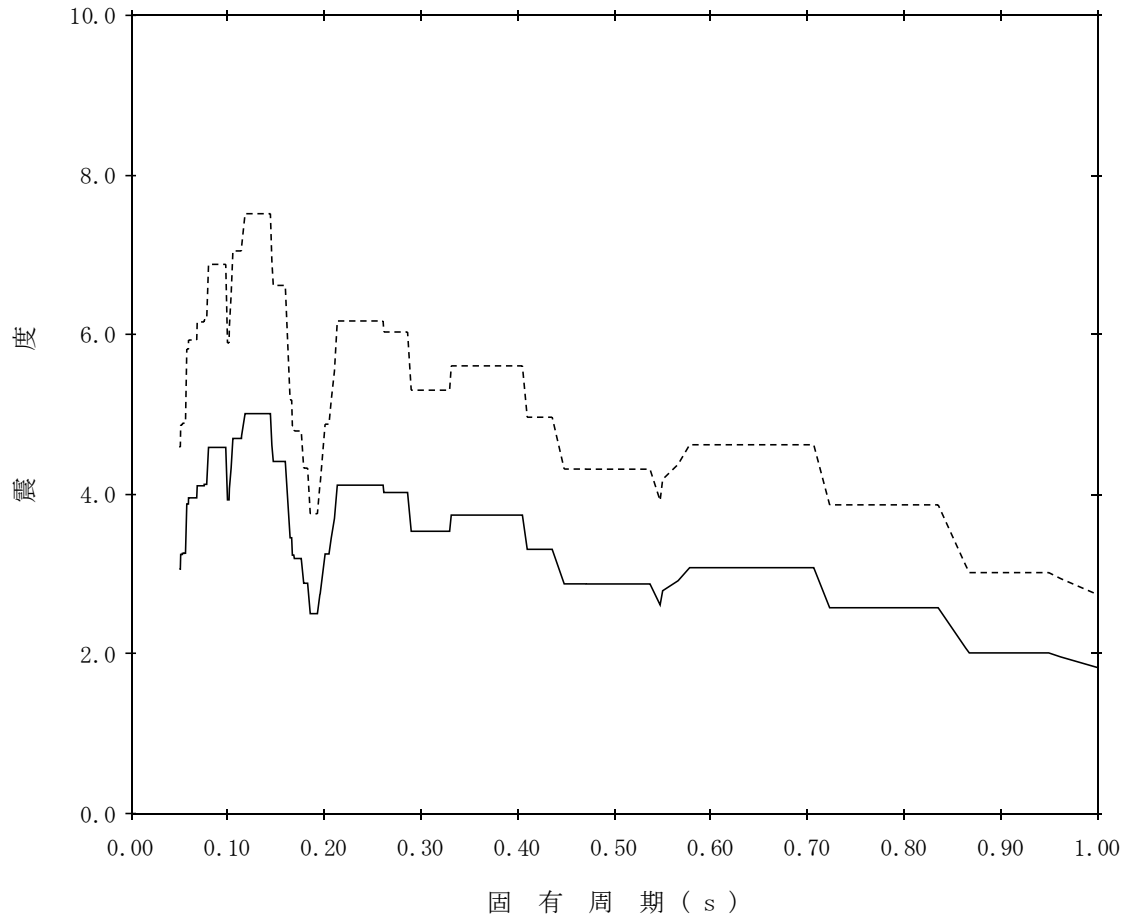
標高：EL8.800m~EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV10】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

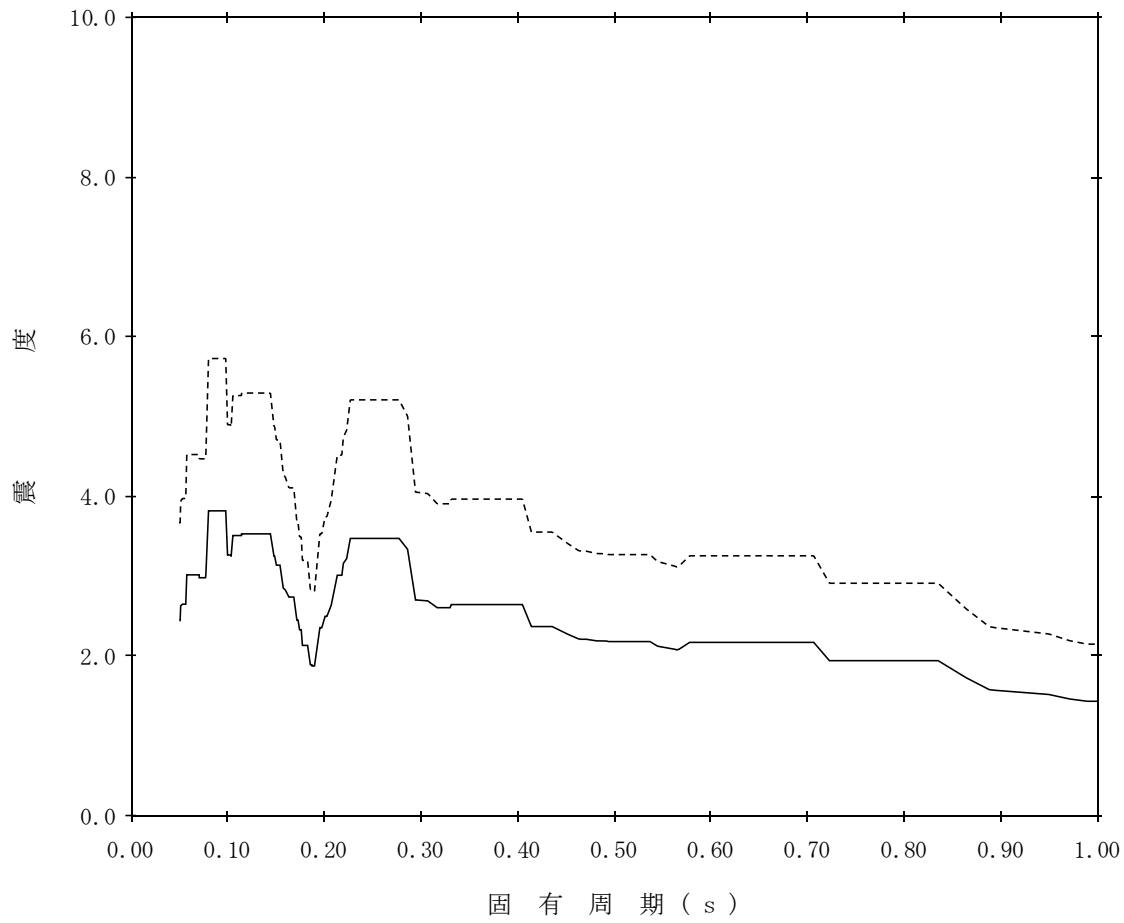
標高：EL8.800m～EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：1.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV11】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

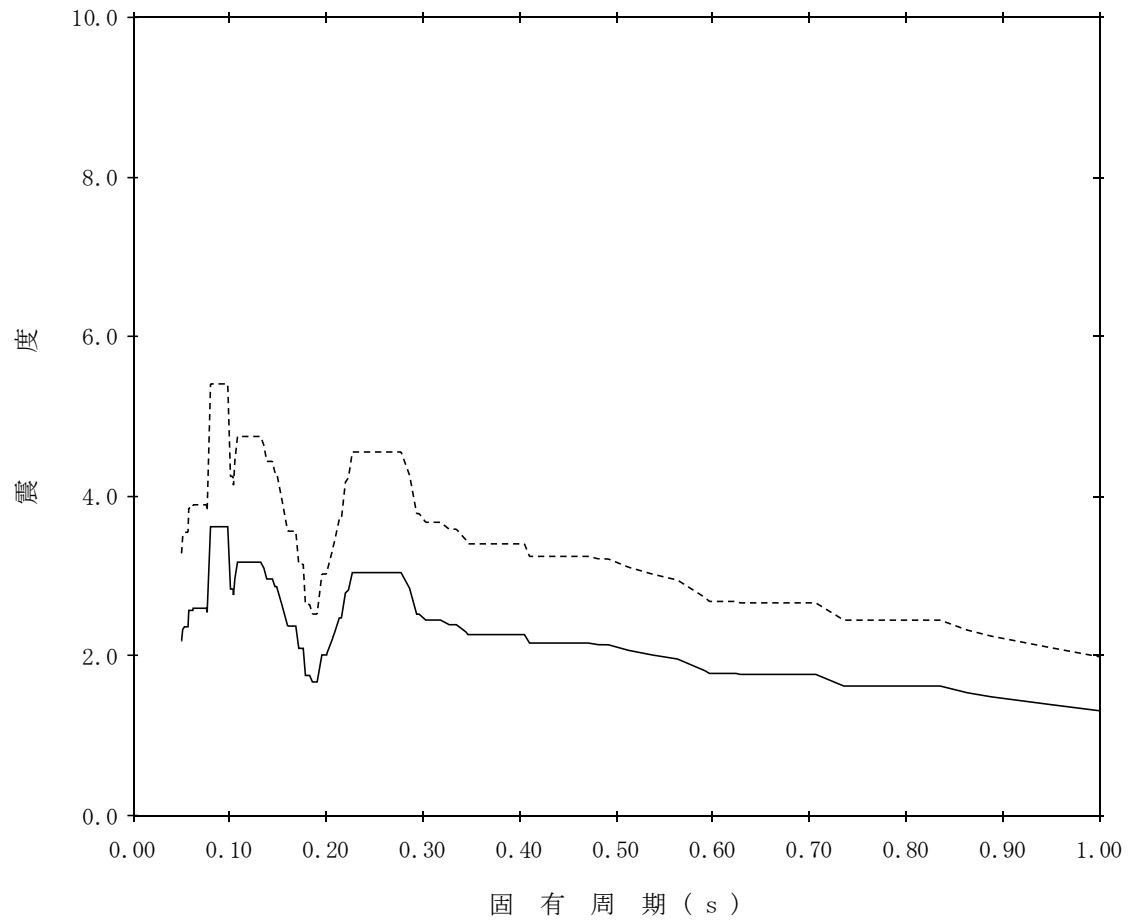
標高：EL8.800m～EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：1.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV12】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

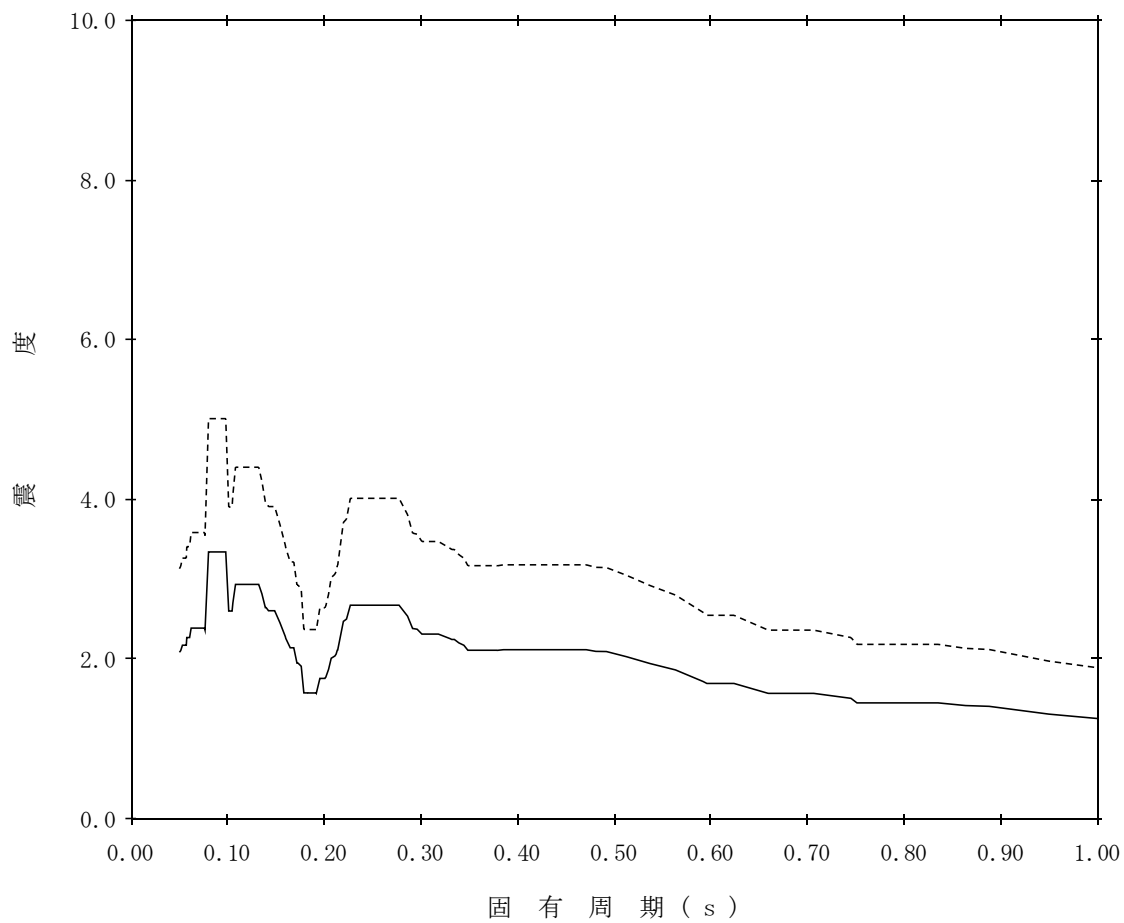
標高：EL8.800m～EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV13】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

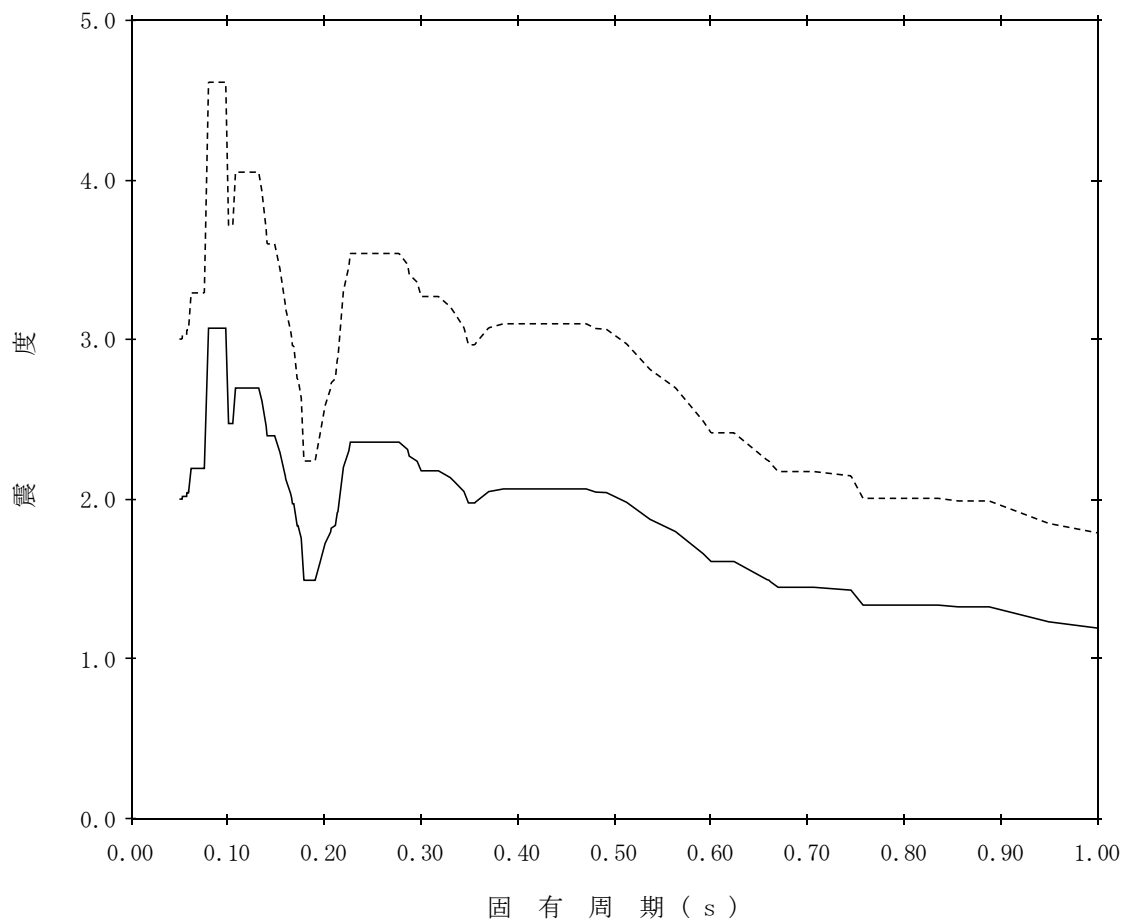
標高：EL8.800m～EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：2.5%

波形名：基準地震動 S_s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV14】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

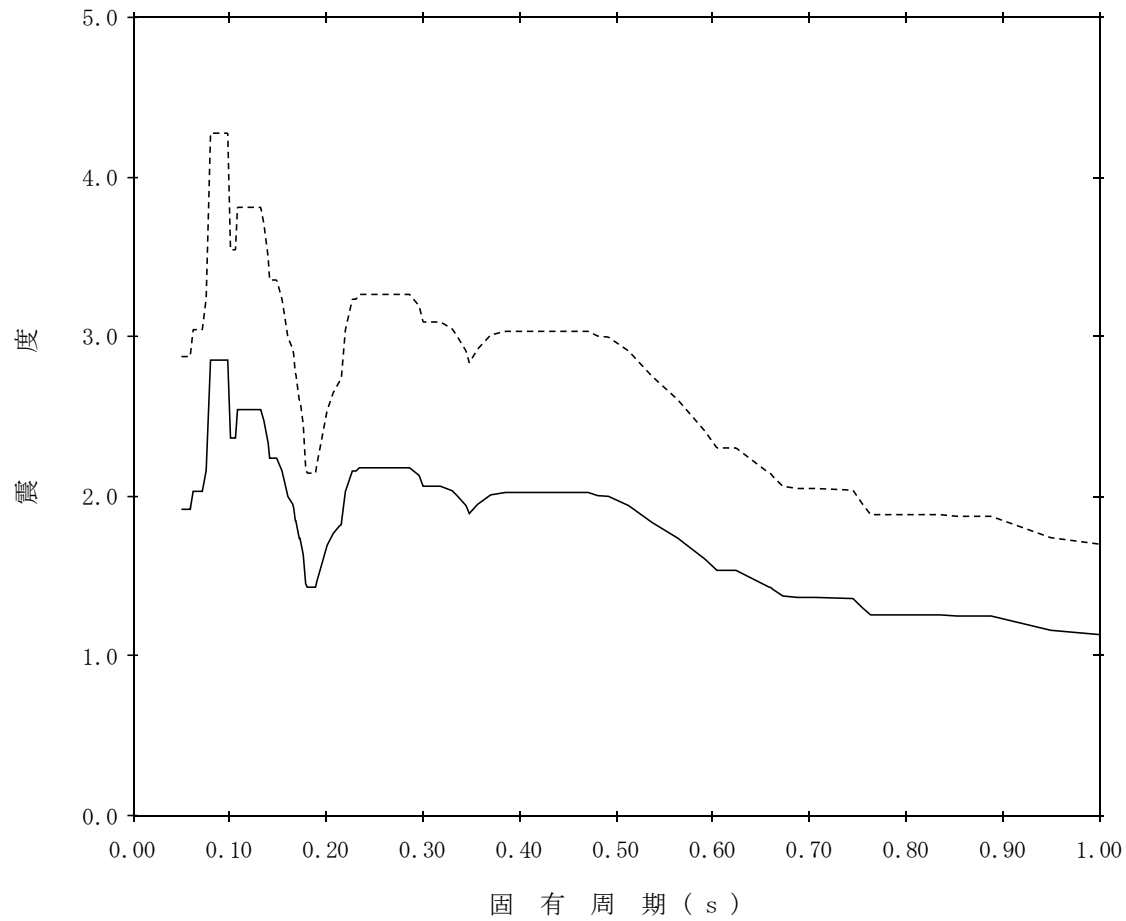
標高：EL8.800m～EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：3.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV15】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

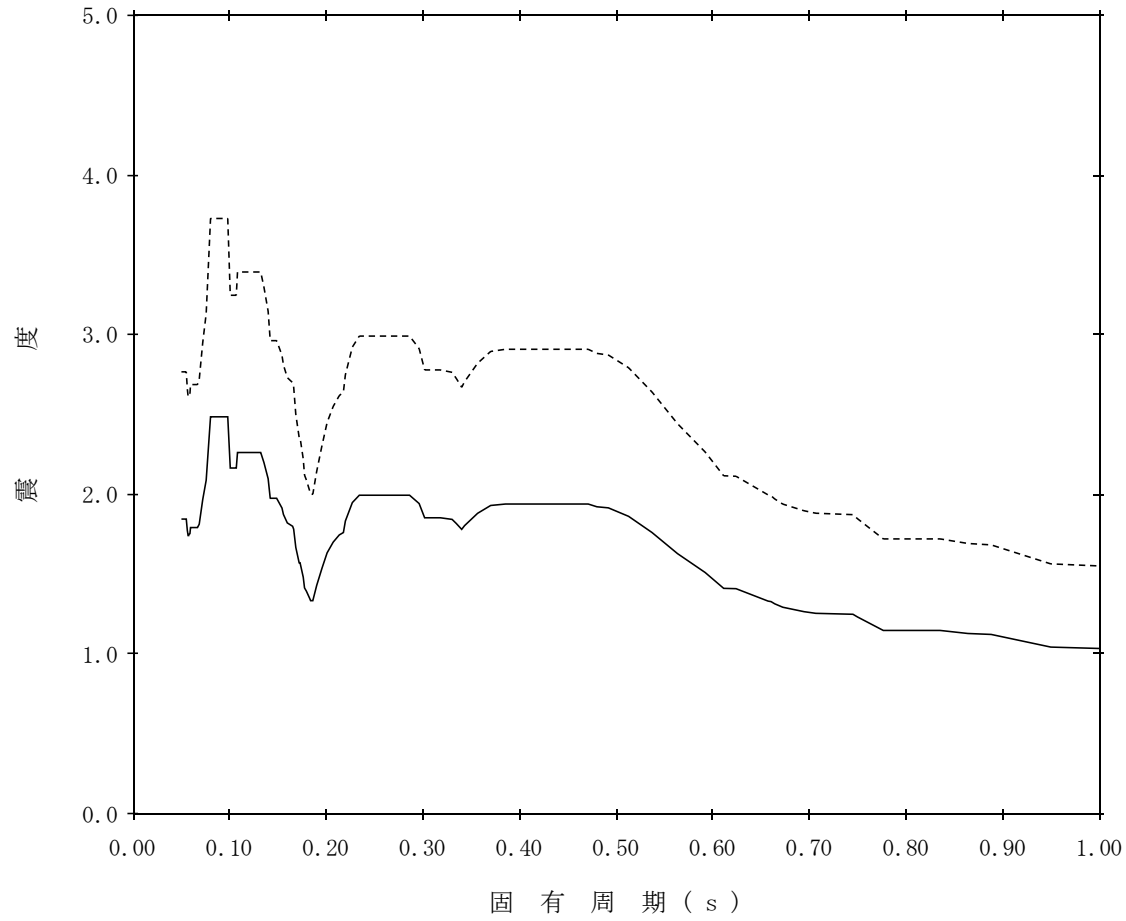
標高：EL8.800m~EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：4.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV16】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

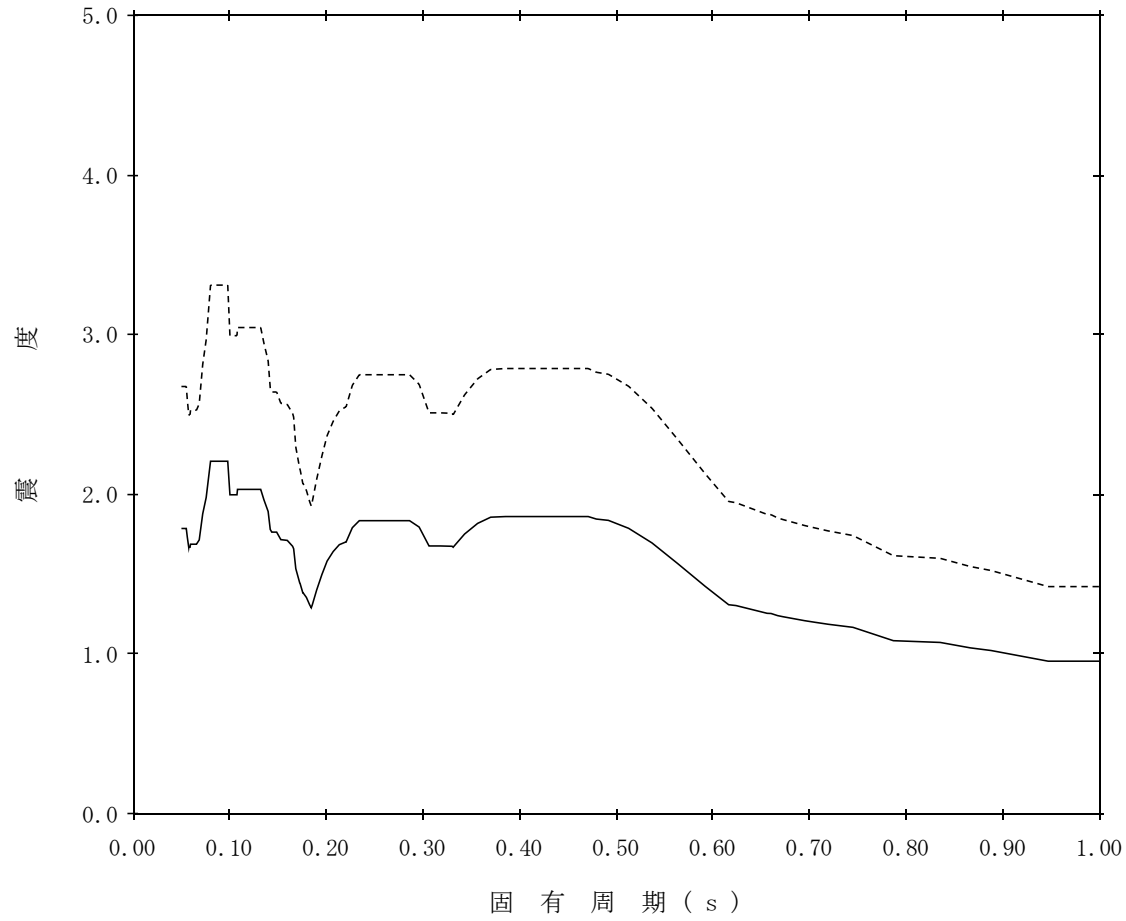
標高：EL8.800m～EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：5.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV17】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

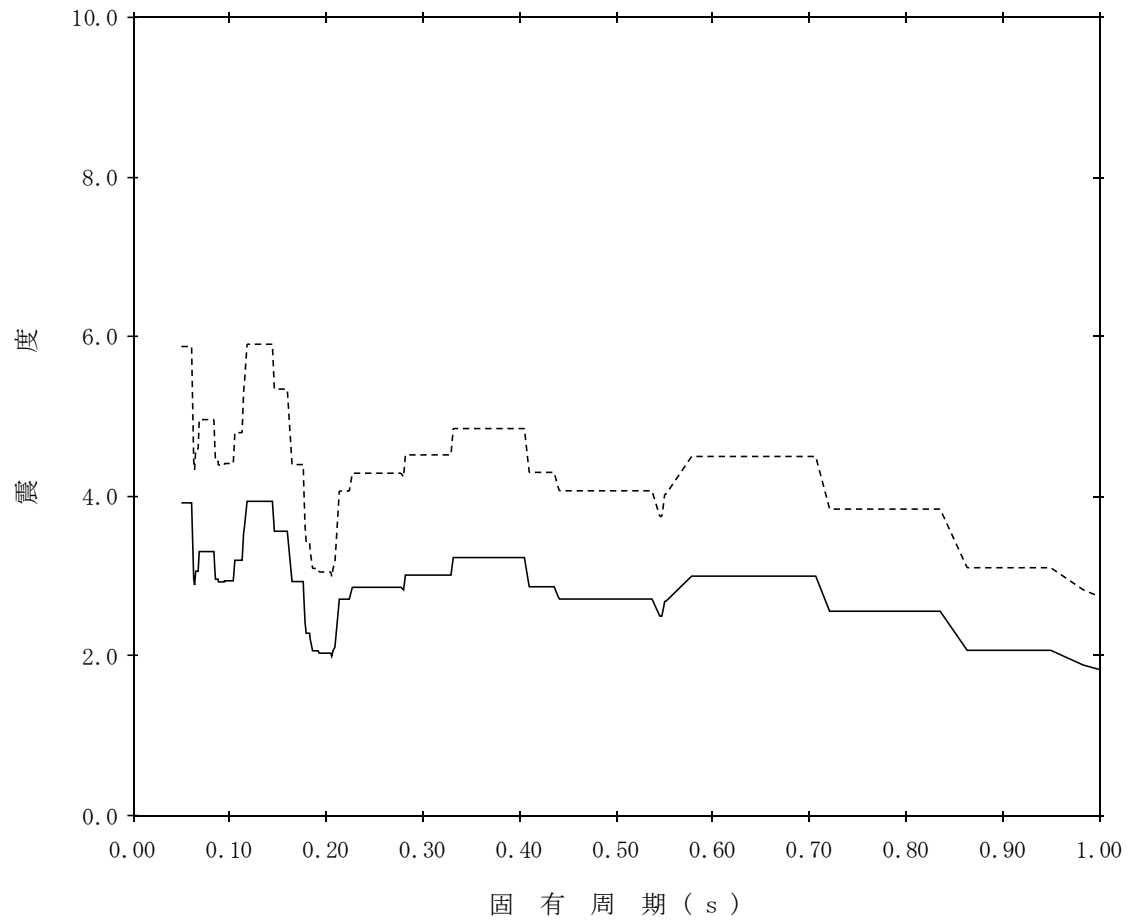
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV18】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

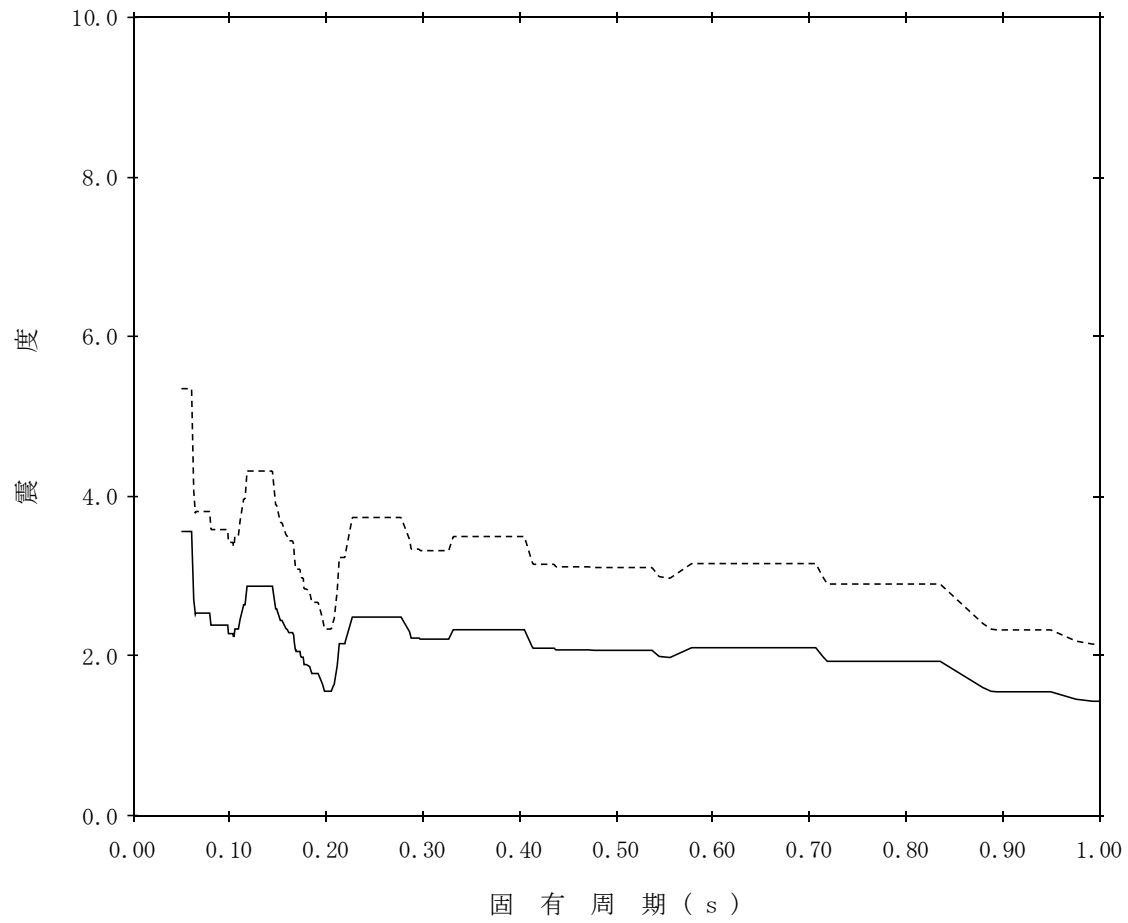
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：1.0%

波形名：基準地震動 S_s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV19】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

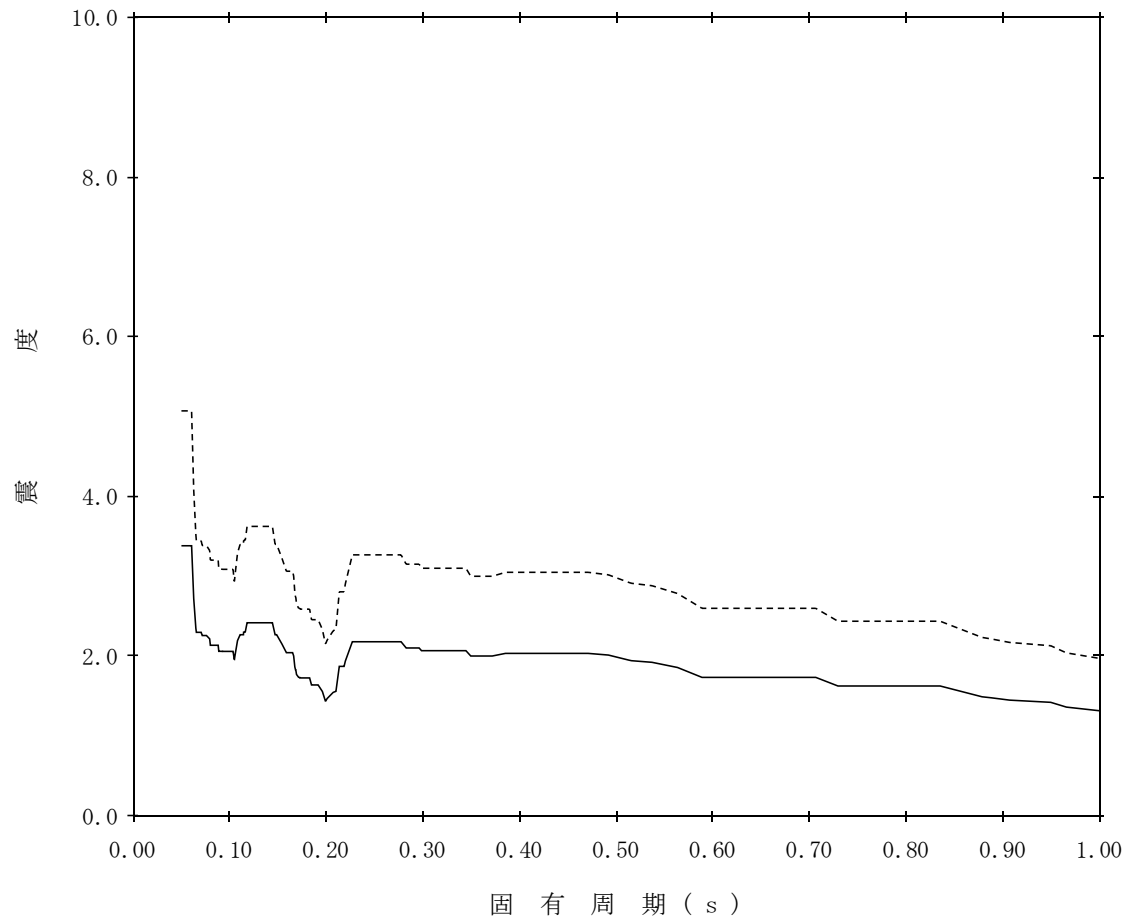
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：1.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV20】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

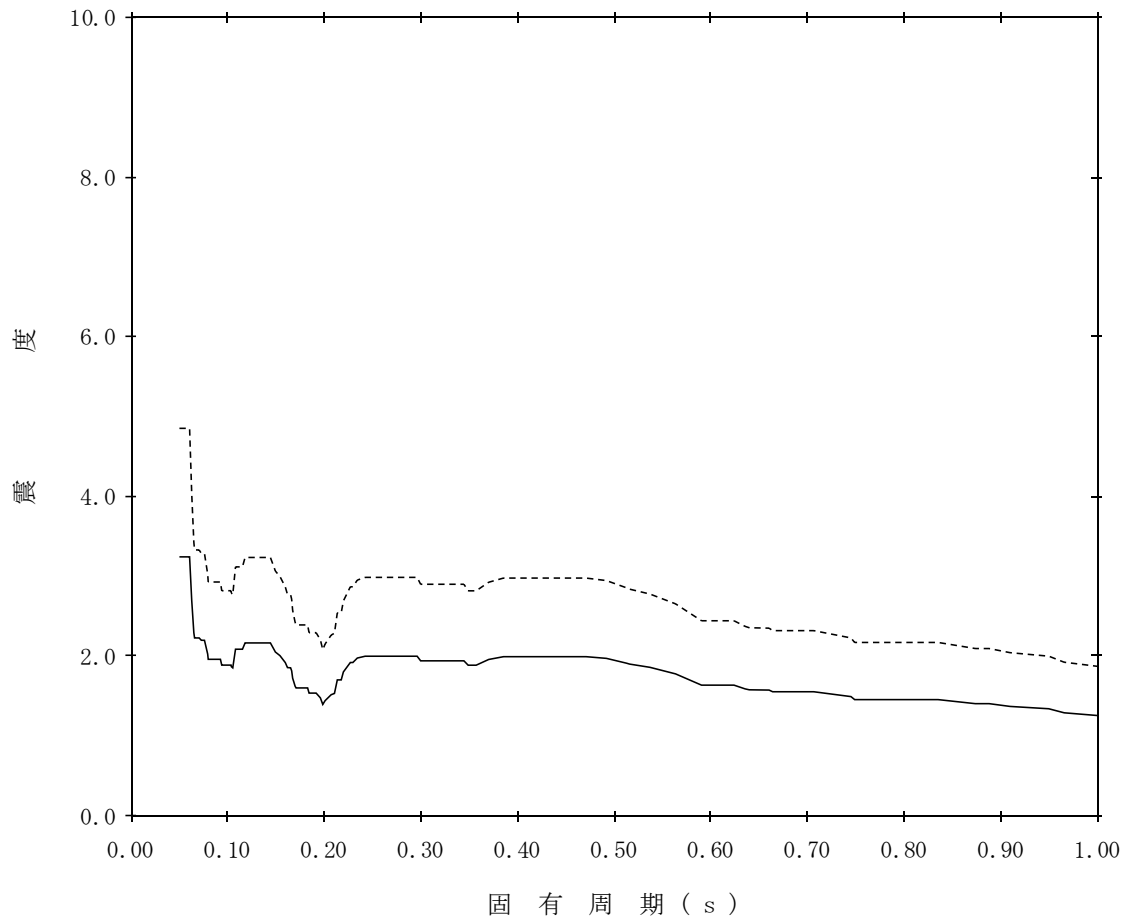
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV21】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

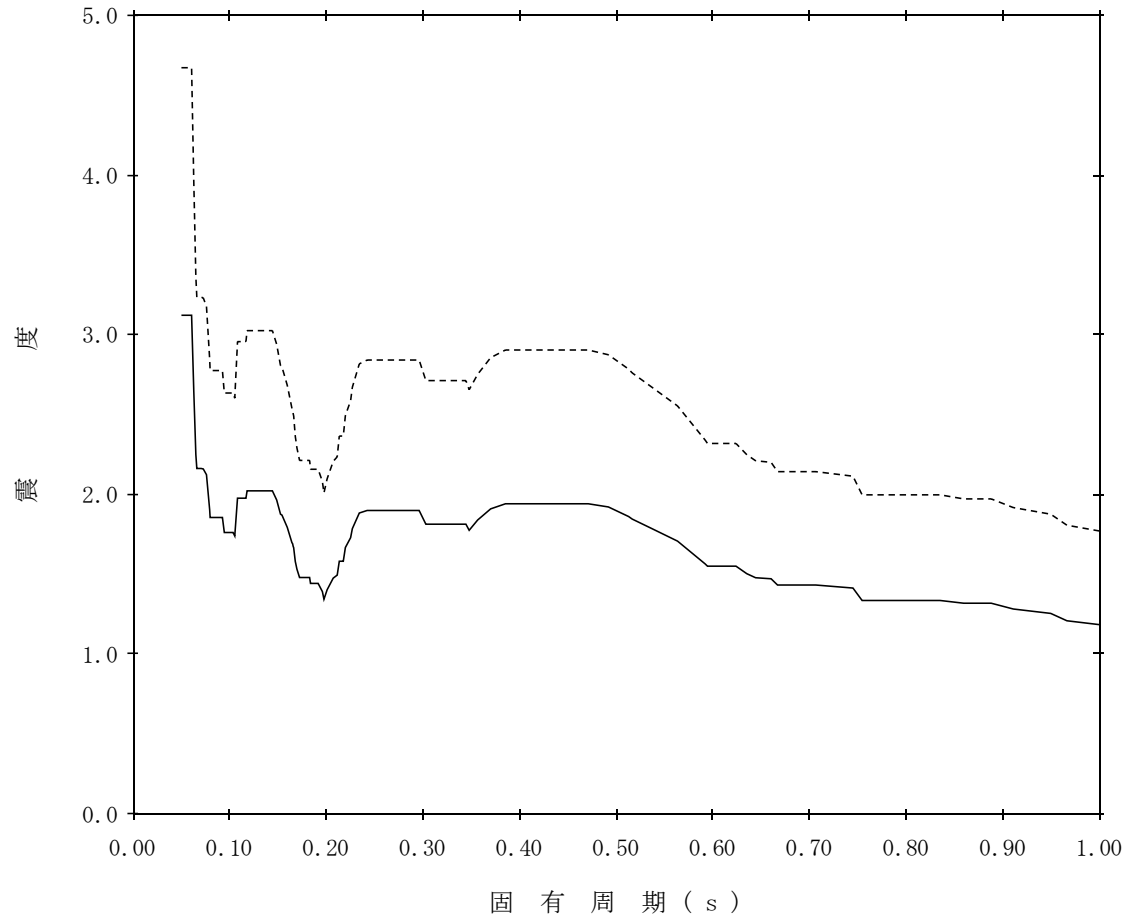
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：2.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV22】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

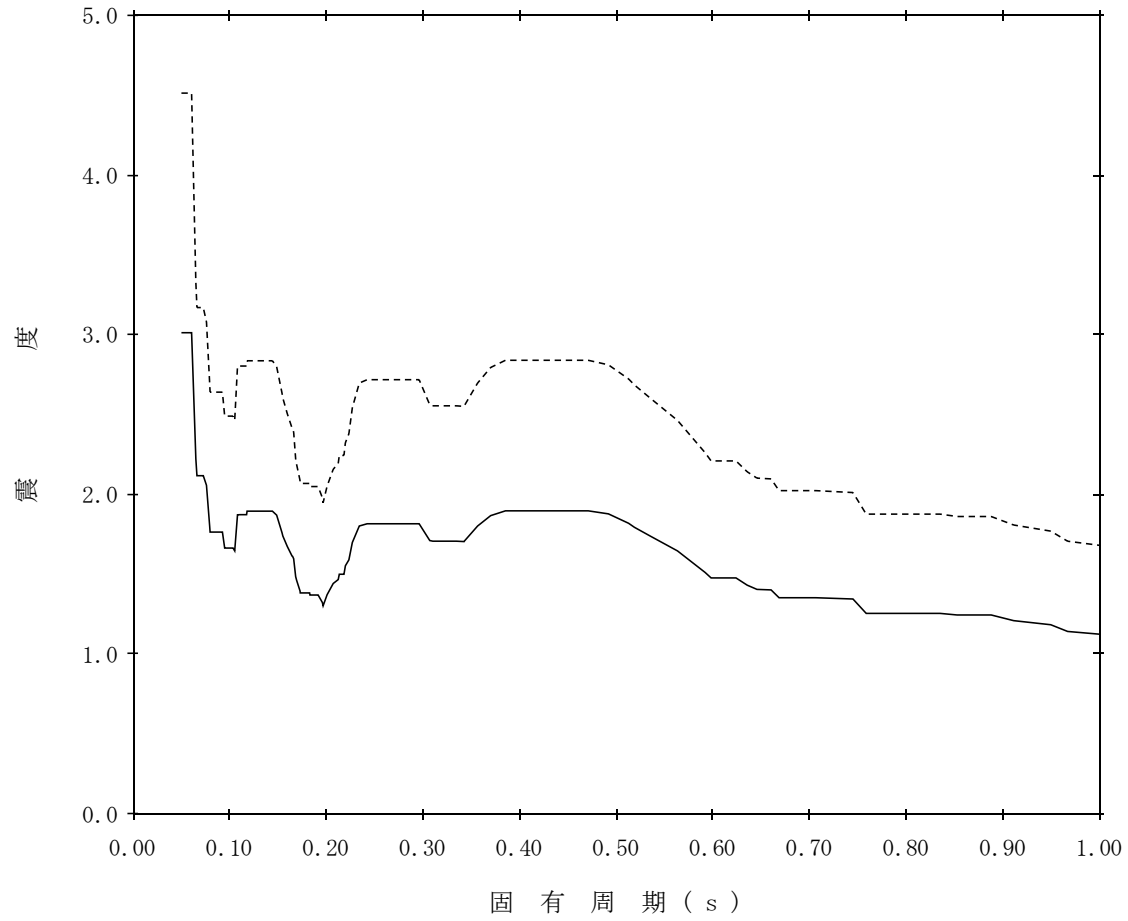
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：3.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV23】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

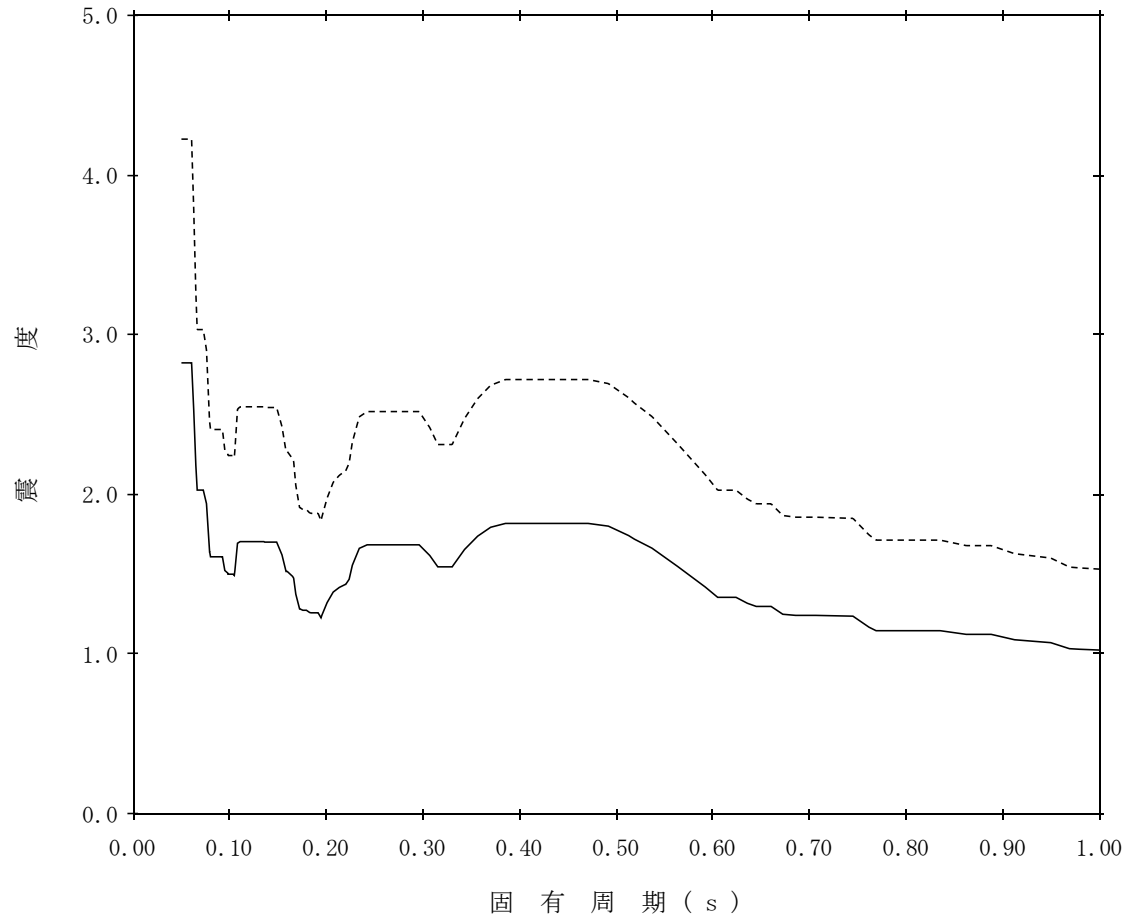
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：4.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsNS-1FV24】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

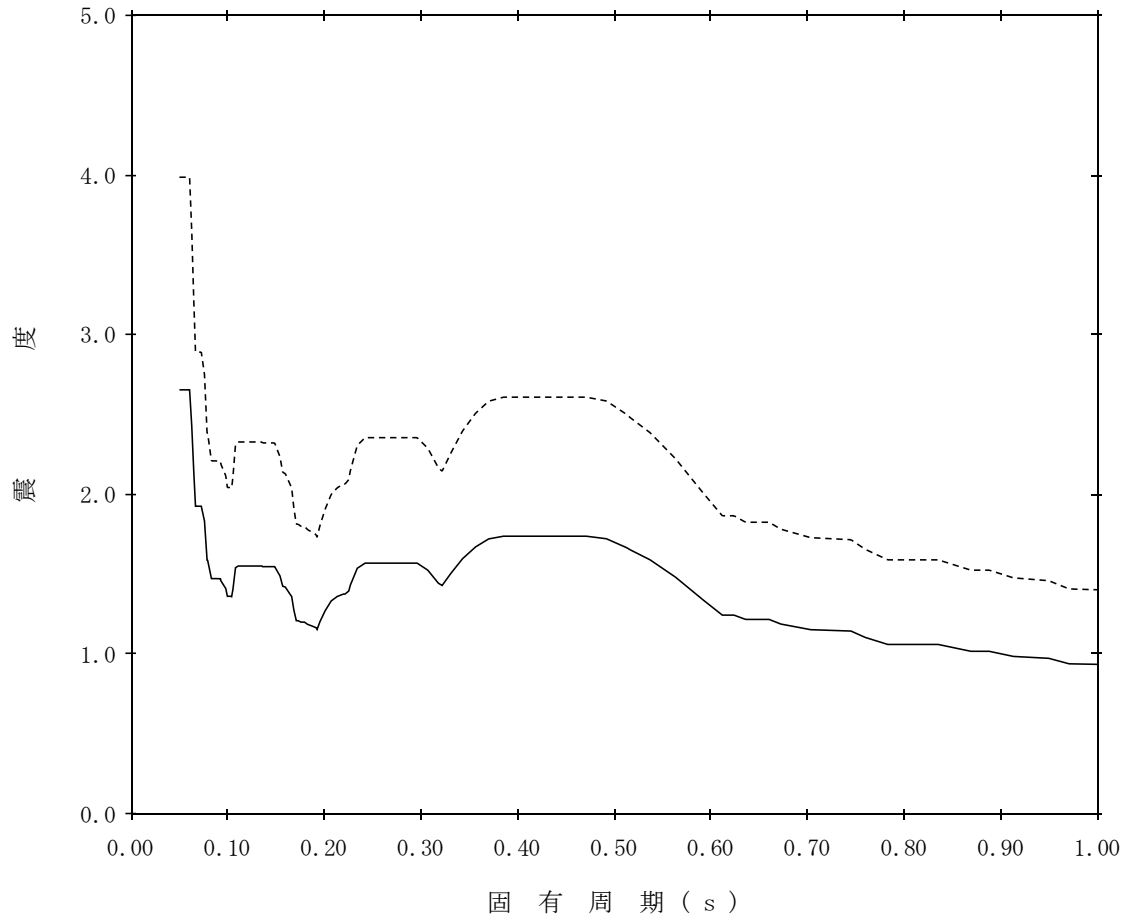
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (NS方向)

減衰定数：5.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (NS方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV1】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

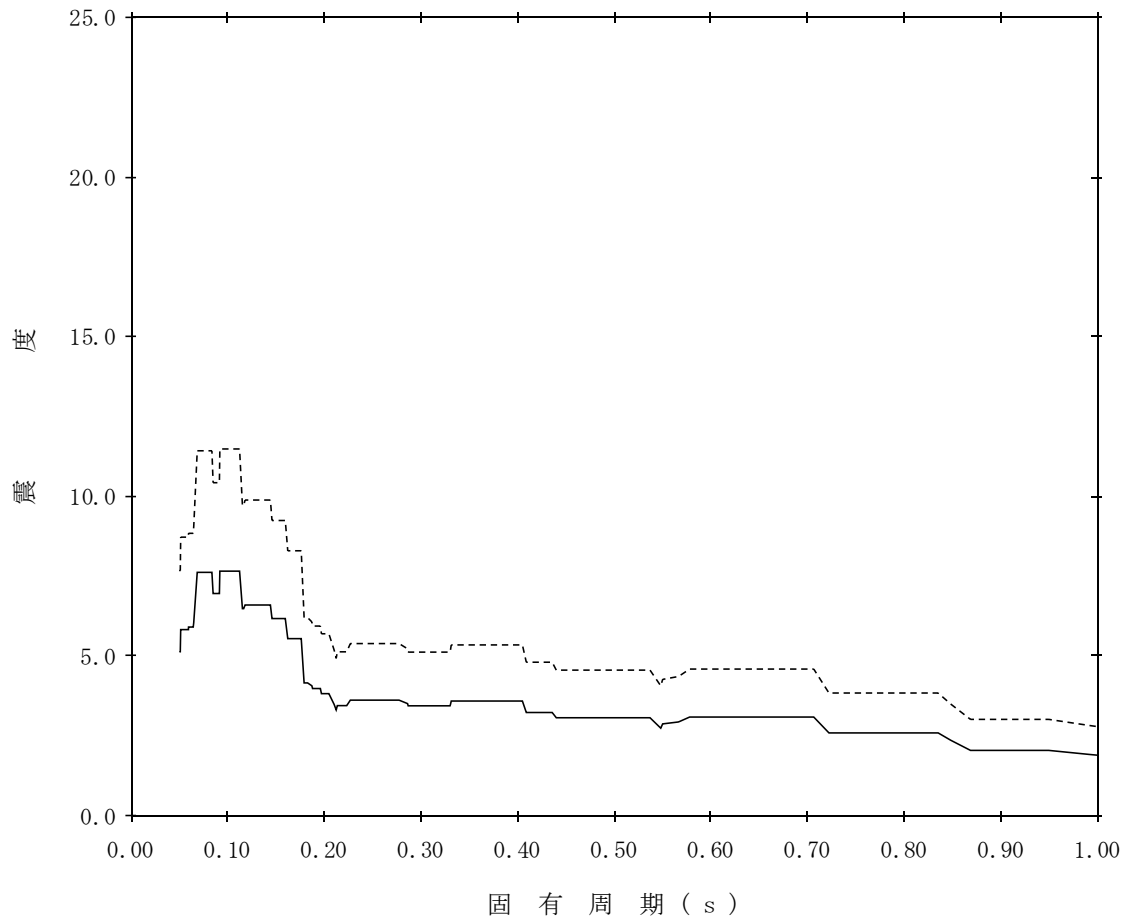
標高：EL18.300m～EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (EW方向)

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV2】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

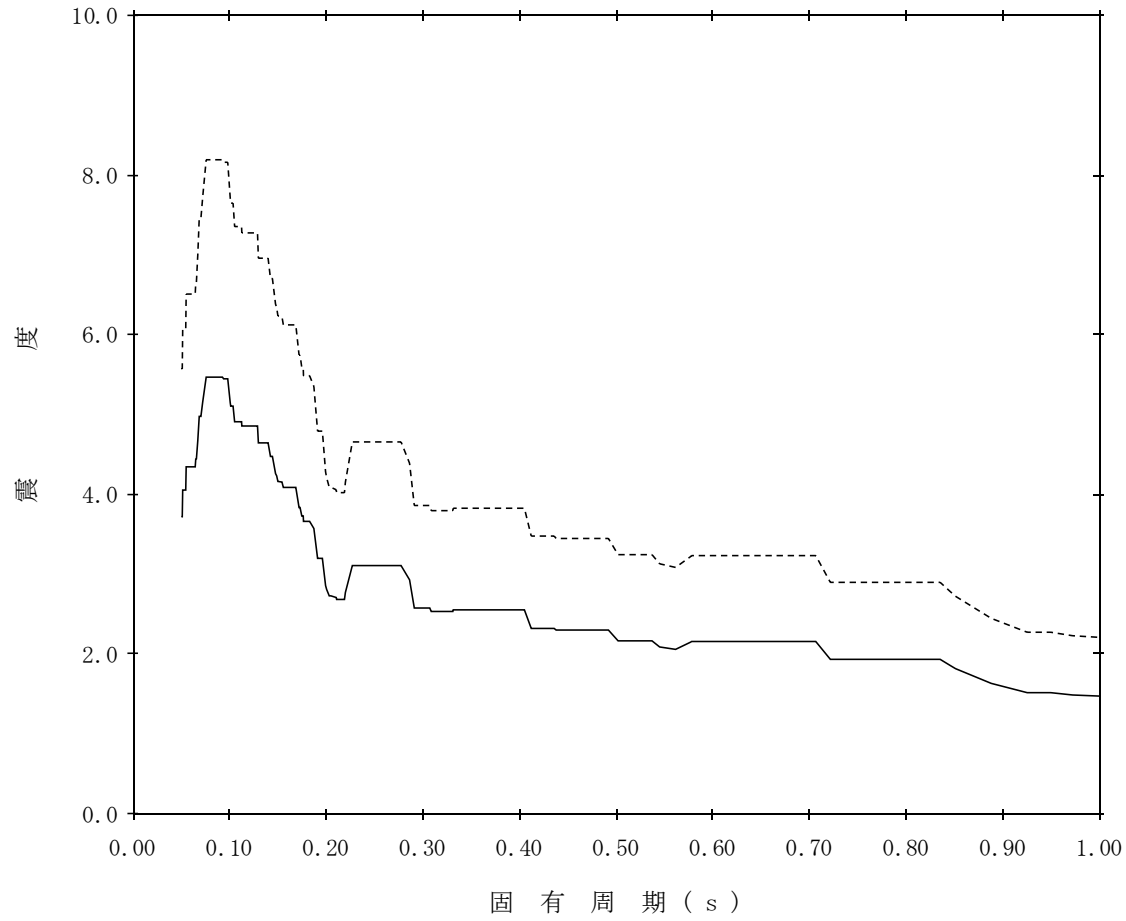
標高：EL18.300m～EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (EW方向)

減衰定数：1.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV3】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

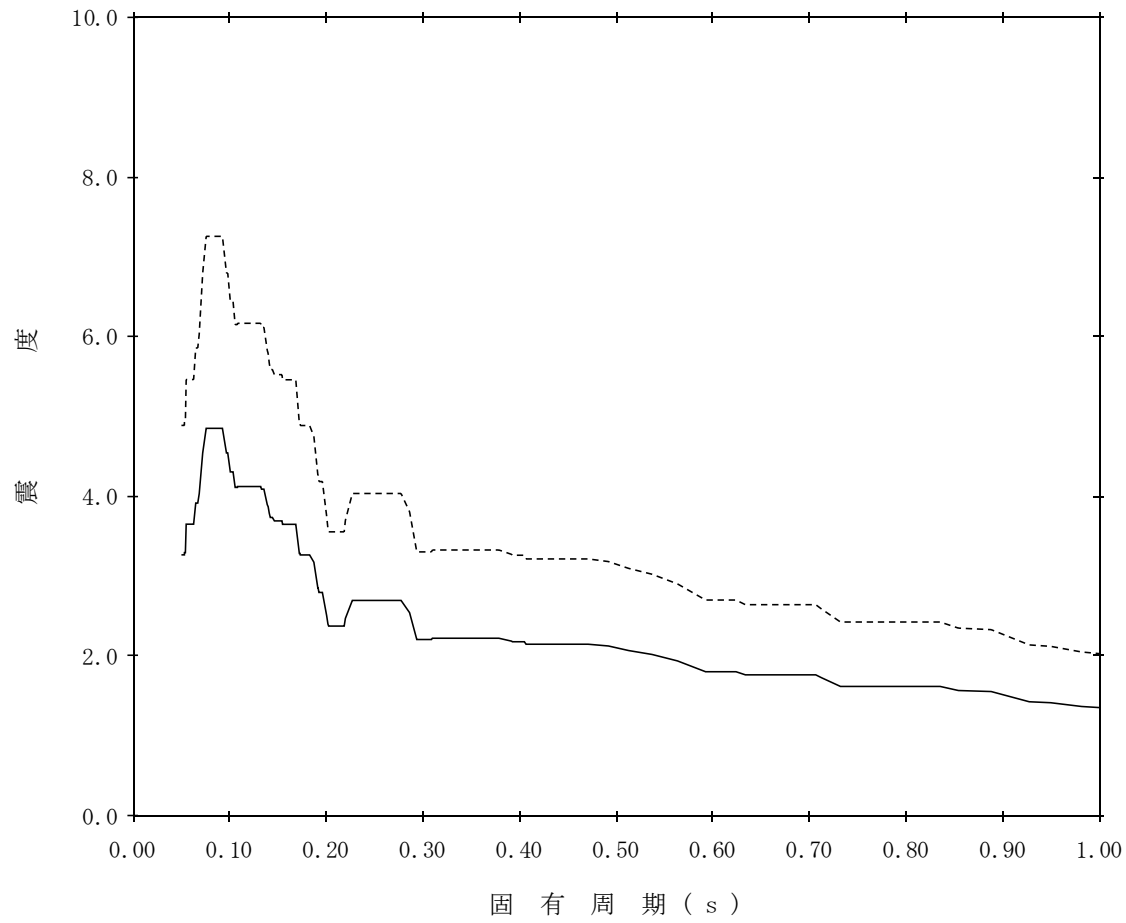
標高：EL18.300m～EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (EW方向)

減衰定数：1.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV4】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

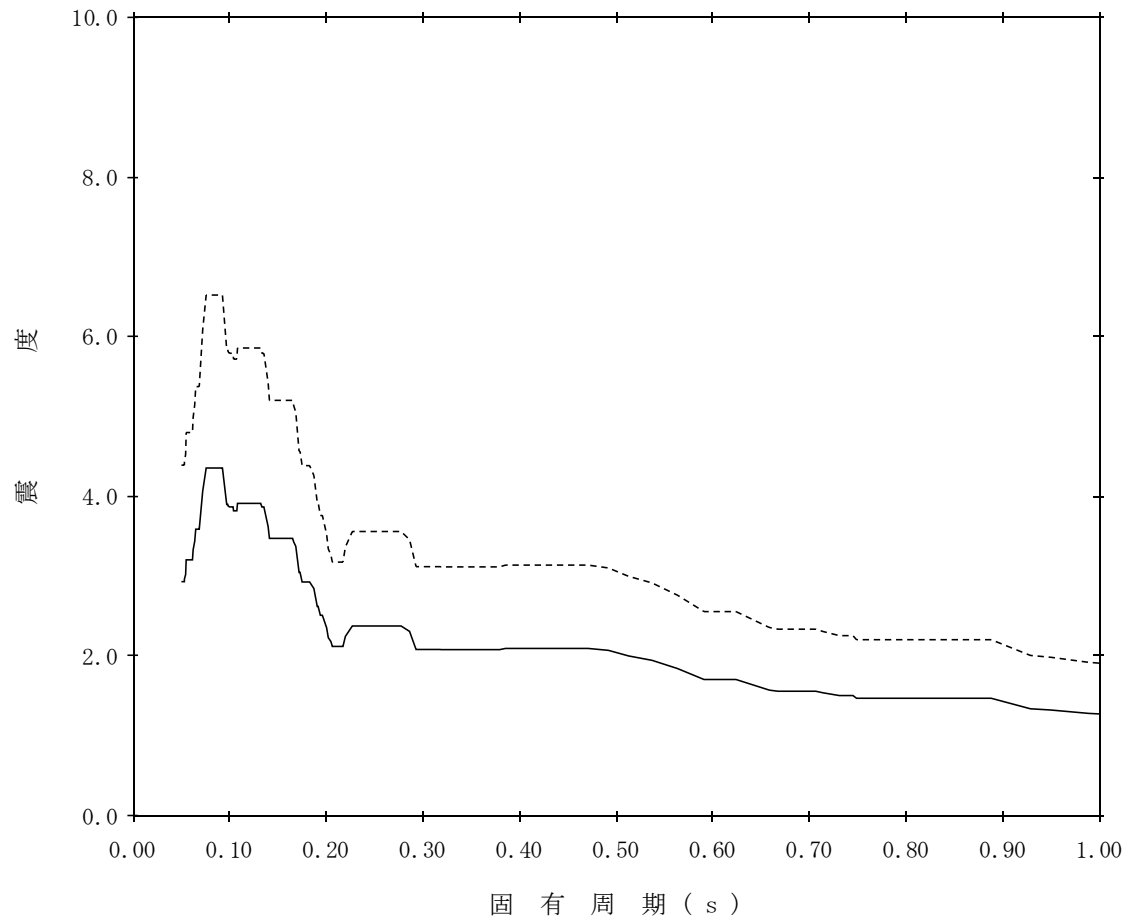
標高：EL18.300m～EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (EW方向)

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV5】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

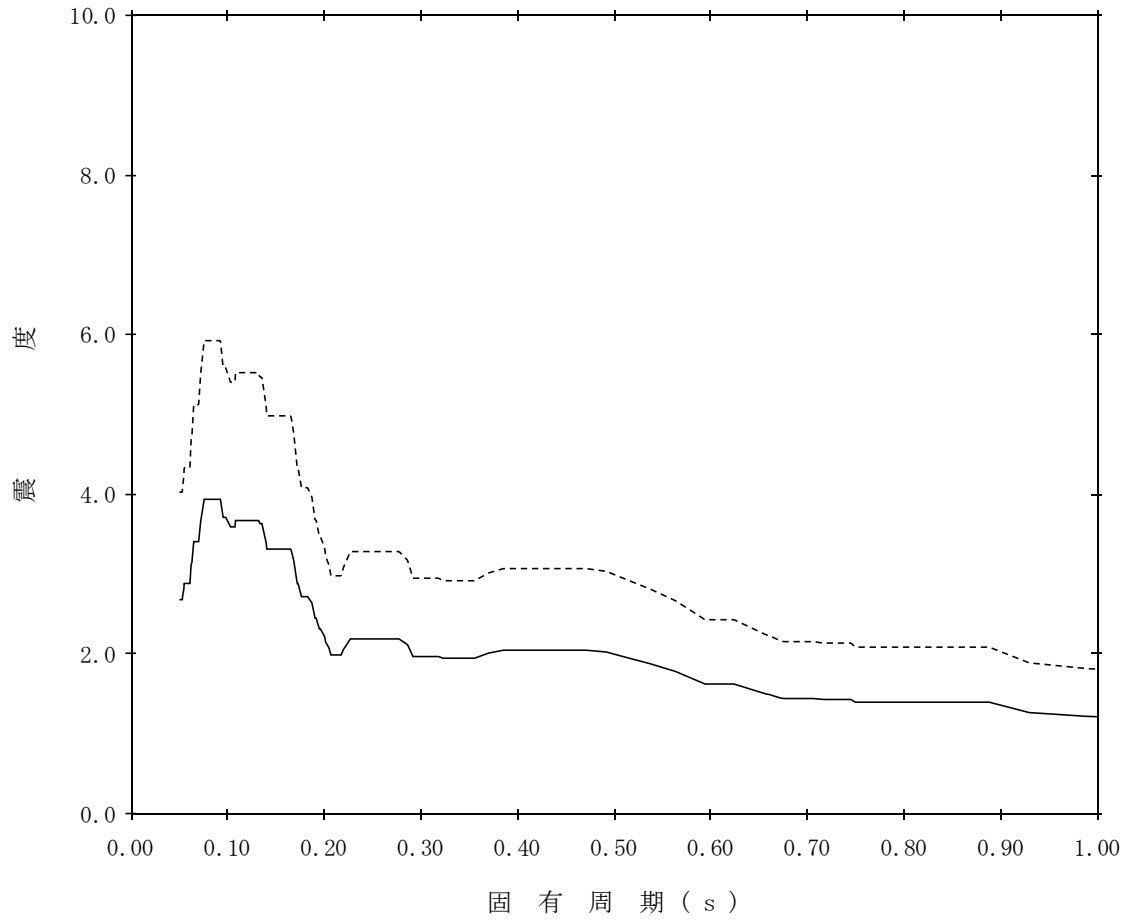
標高：EL18.300m～EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (EW方向)

減衰定数：2.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV6】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

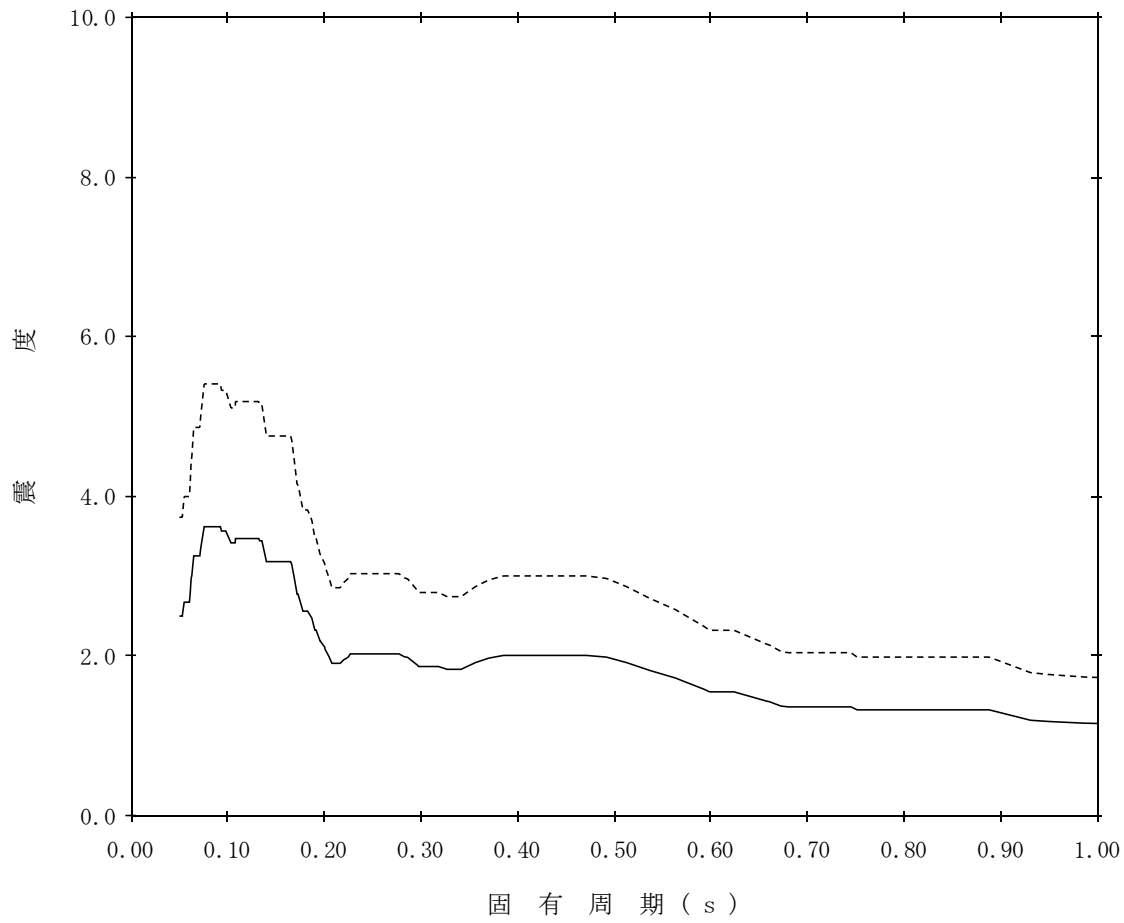
標高：EL18.300m～EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (EW方向)

減衰定数：3.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV7】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

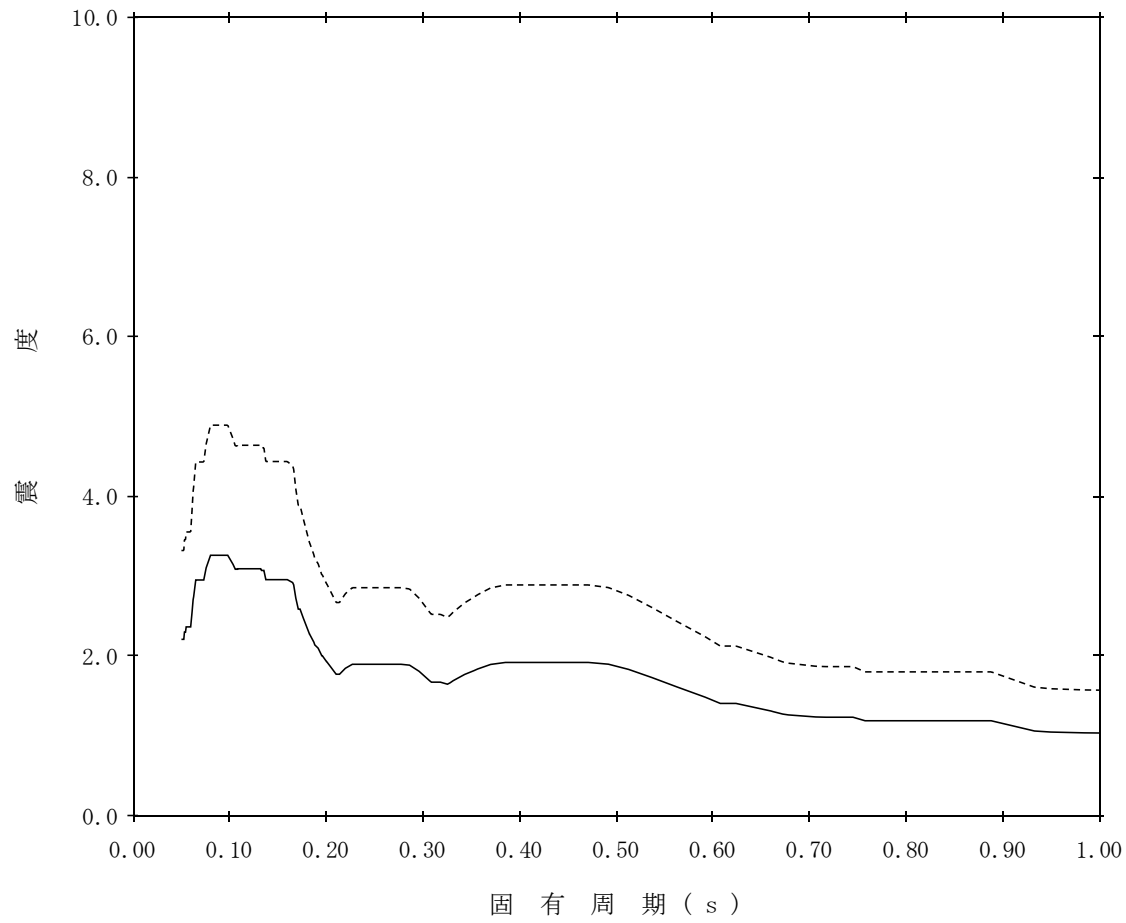
標高：EL18.300m～EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (EW方向)

減衰定数：4.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV8】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

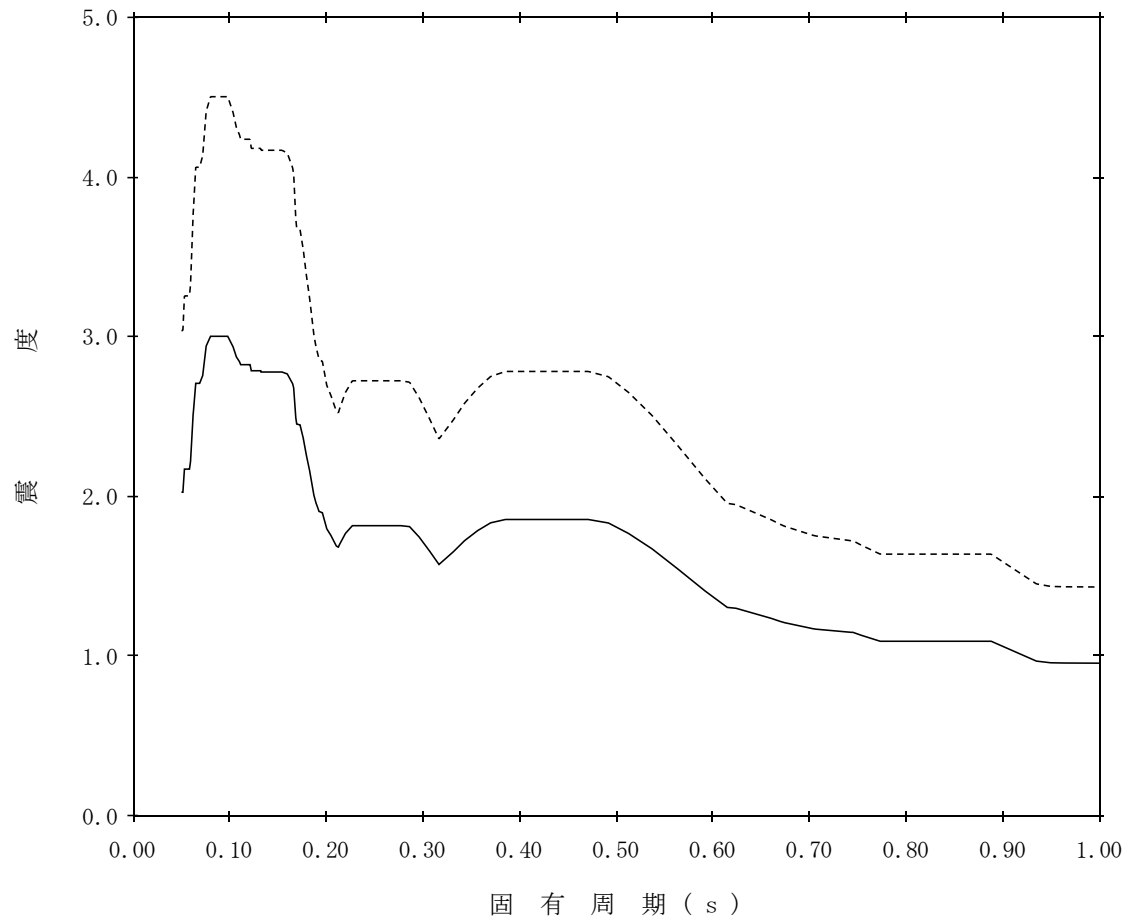
標高：EL18.300m～EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (EW方向)

減衰定数：5.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV9】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

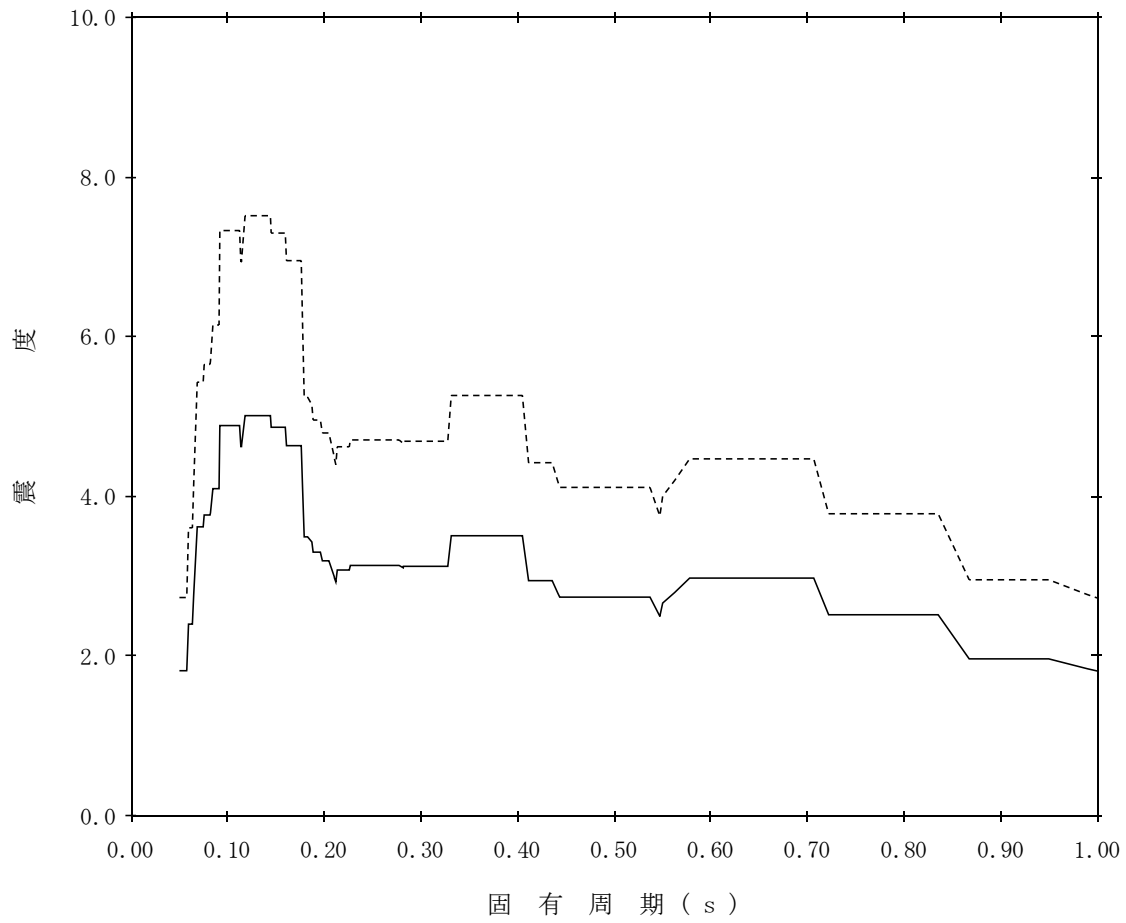
標高：EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (EW方向)

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV10】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

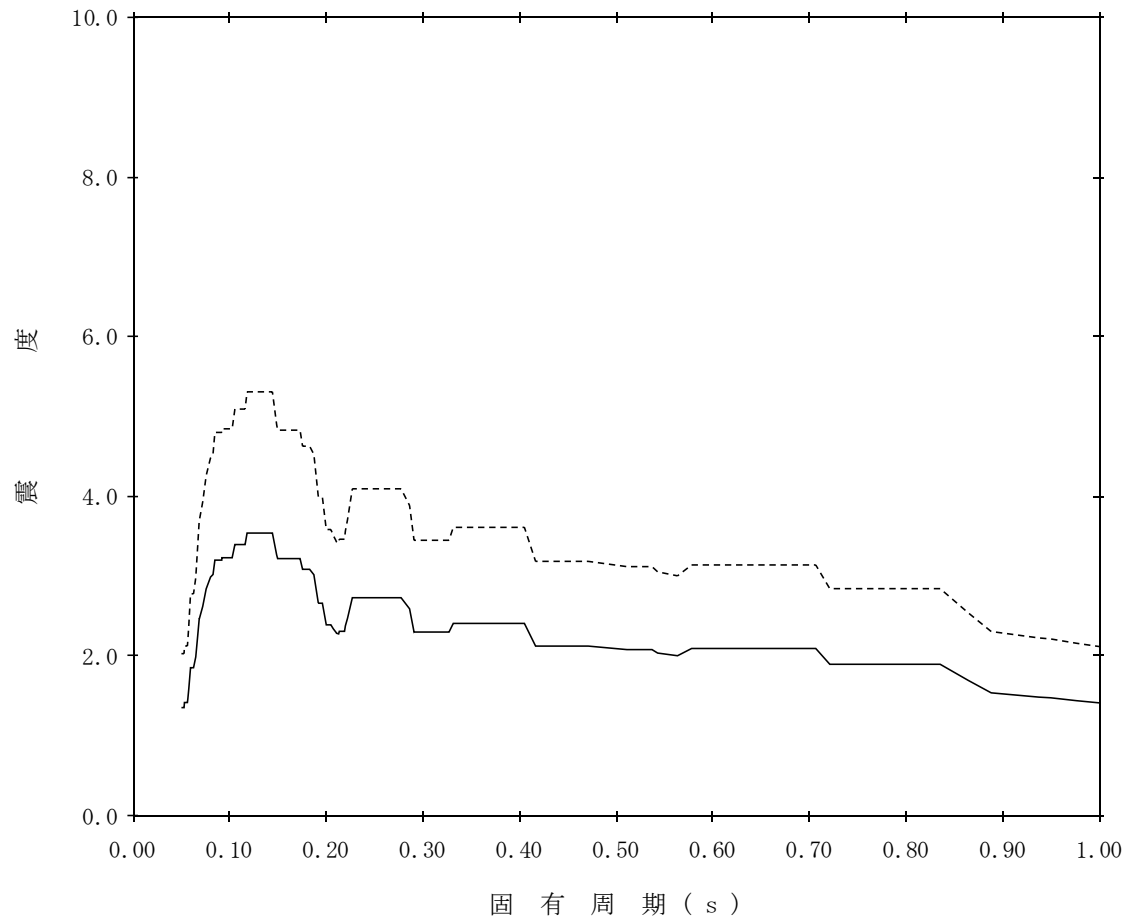
標高：EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (EW方向)

減衰定数：1.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV11】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

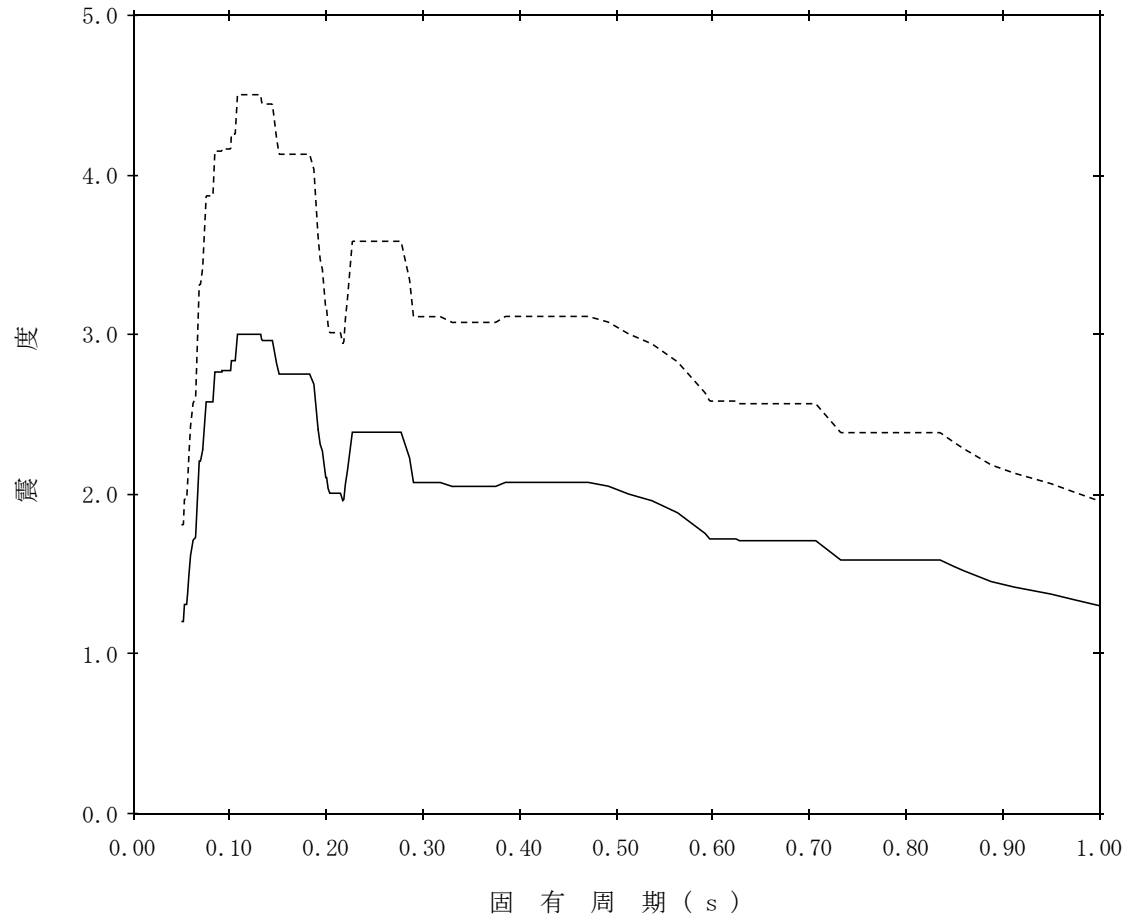
標高：EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (EW方向)

減衰定数：1.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV12】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

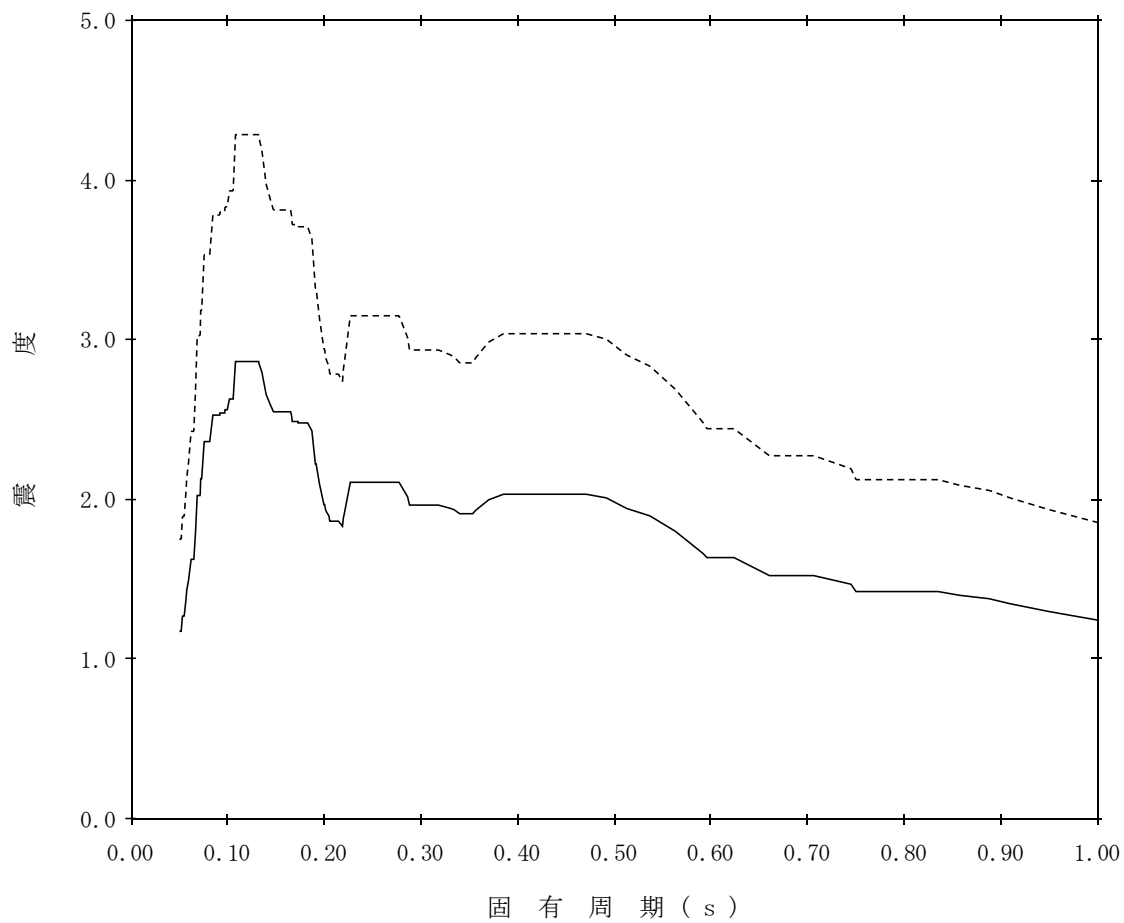
標高：EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトル I (EW方向)

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトル II (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV13】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

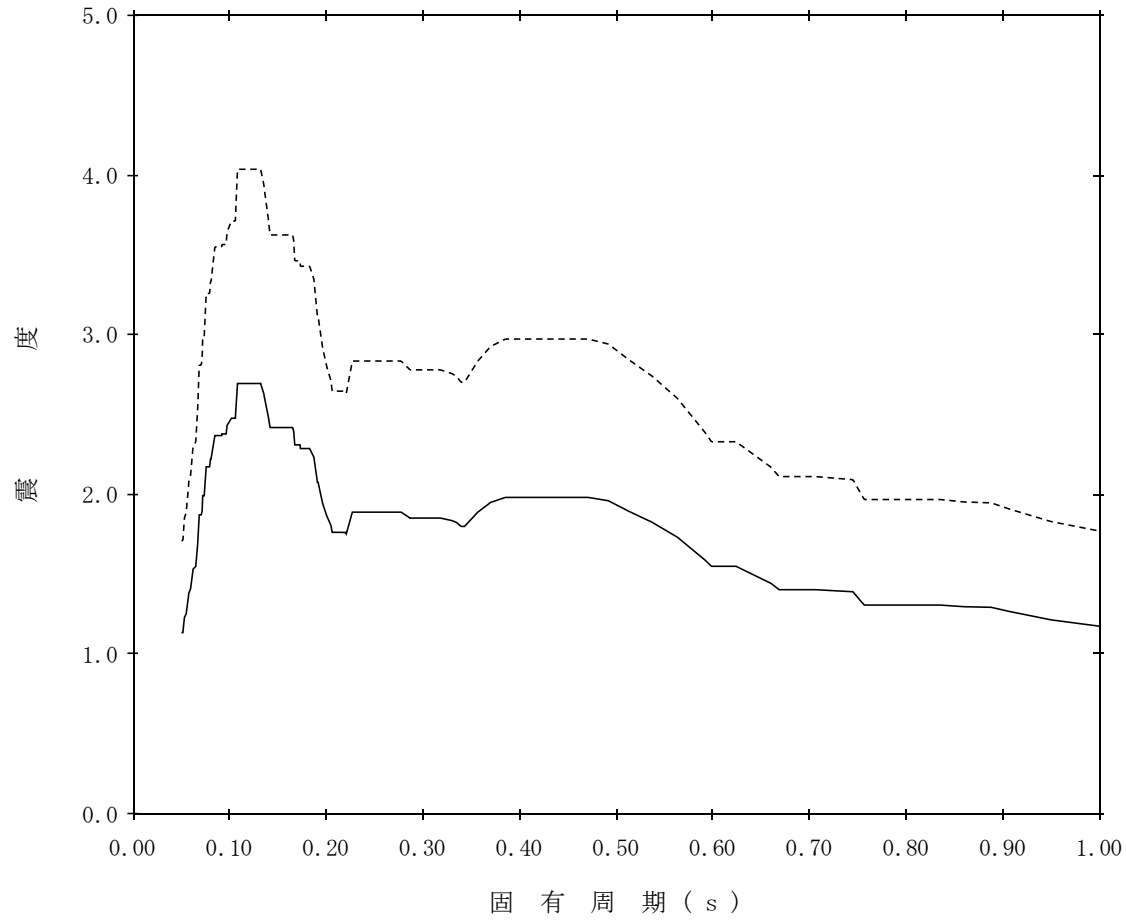
標高：EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (EW方向)

減衰定数：2.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV14】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

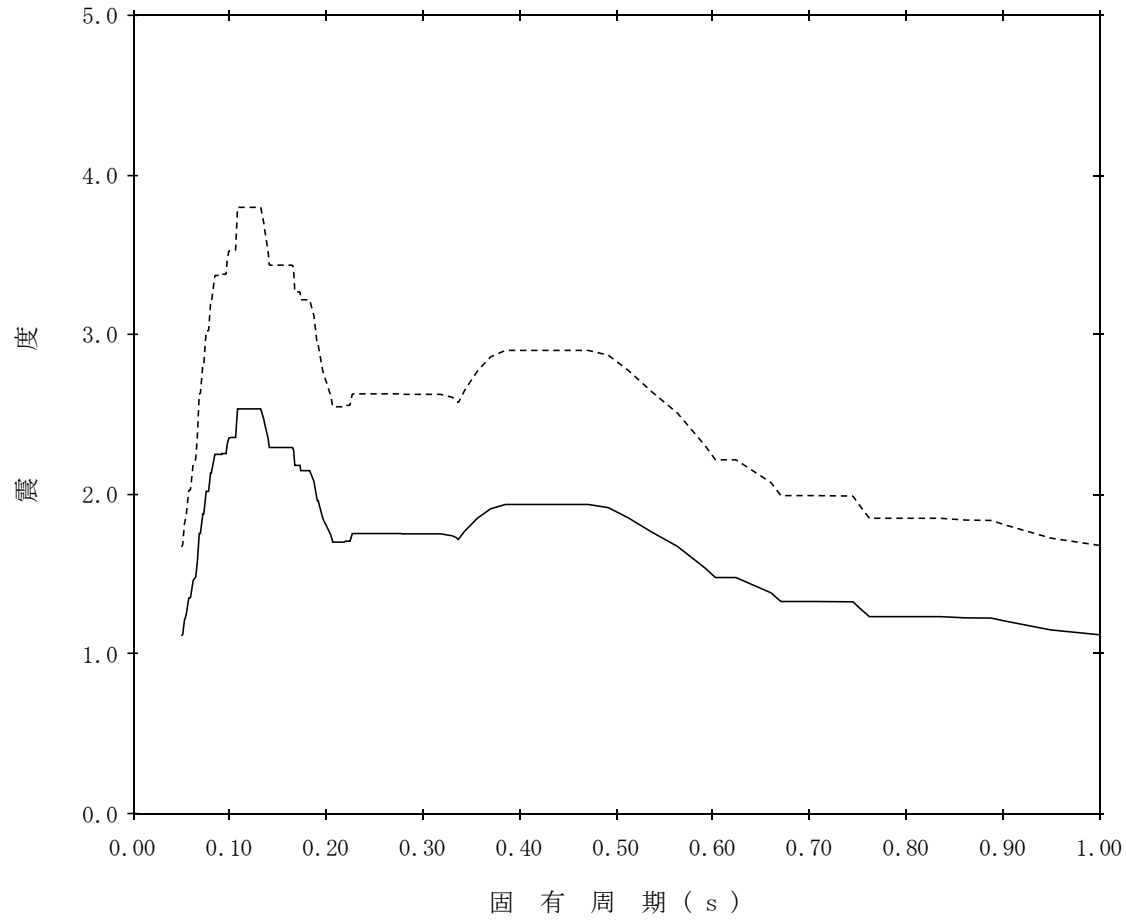
標高：EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (EW方向)

減衰定数：3.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV15】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

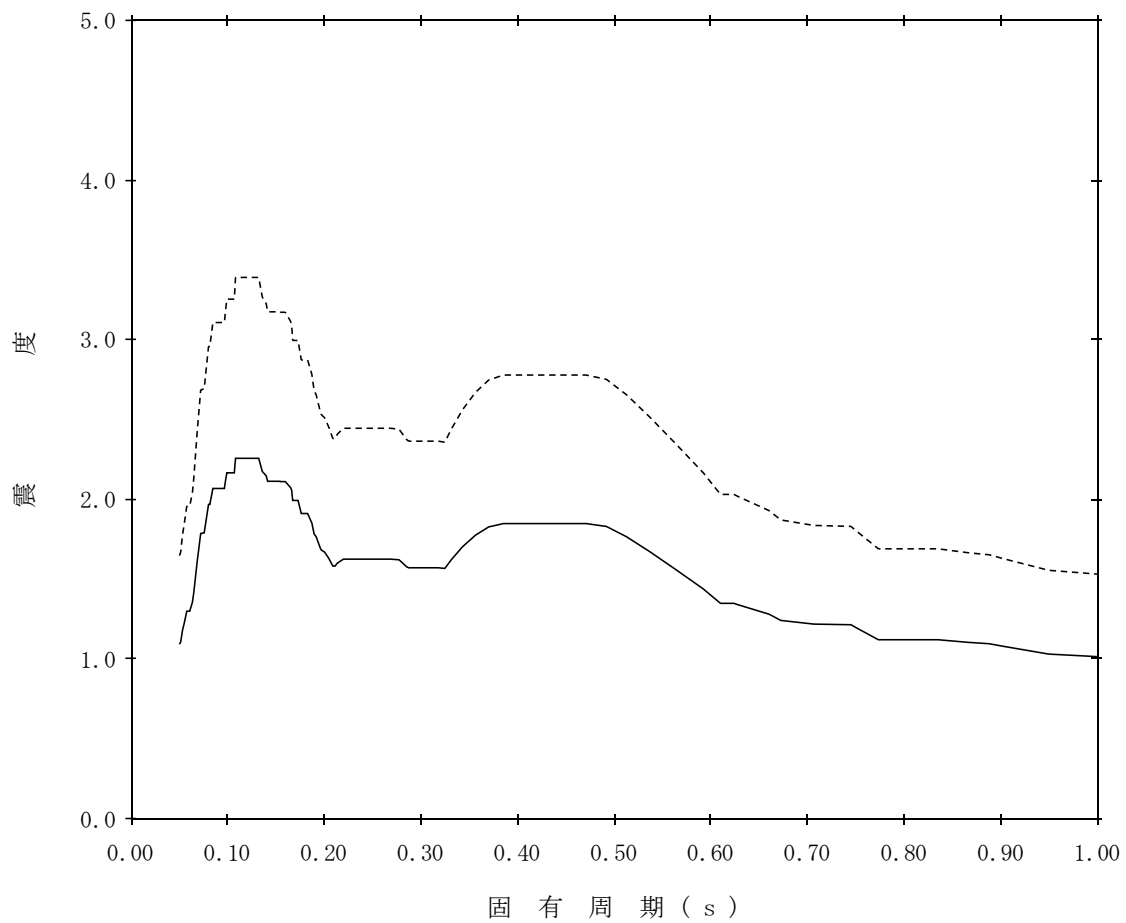
標高：EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (EW方向)

減衰定数：4.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV16】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

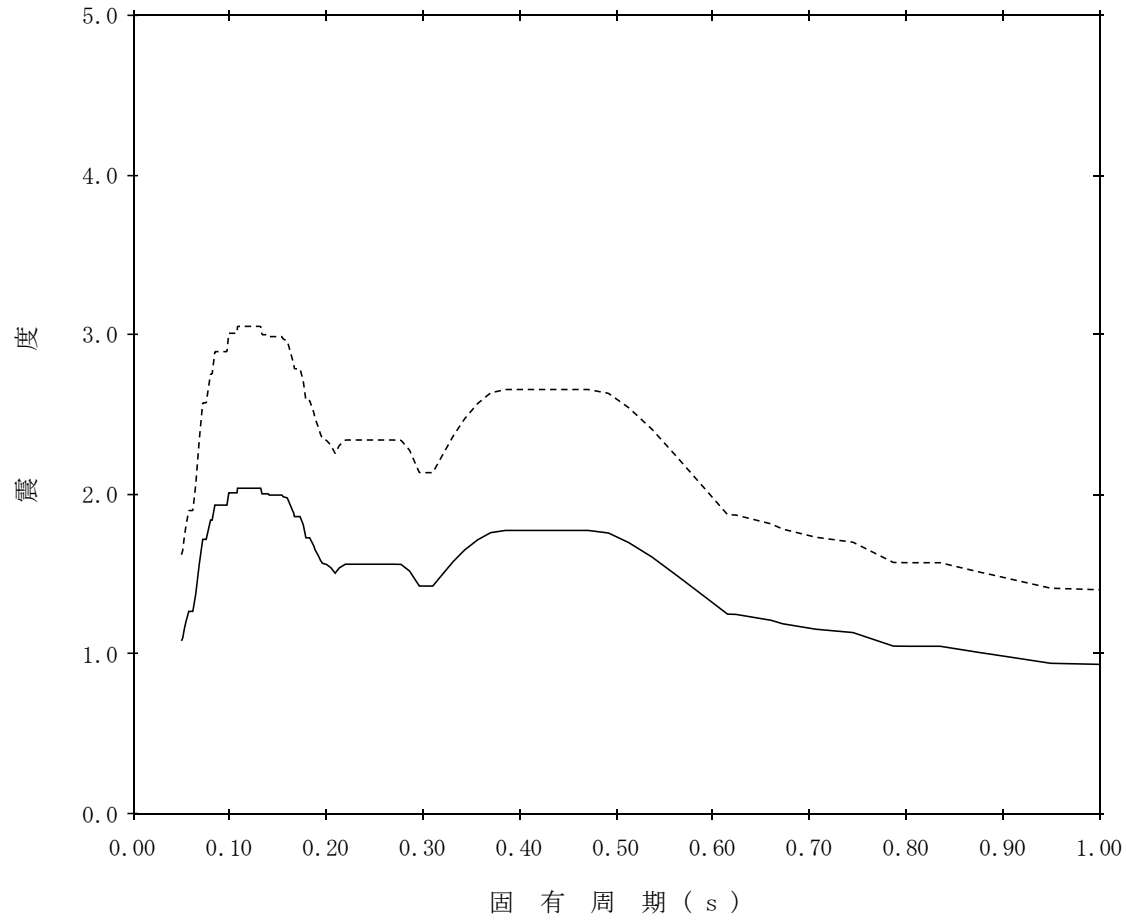
標高：EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (EW方向)

減衰定数：5.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV17】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

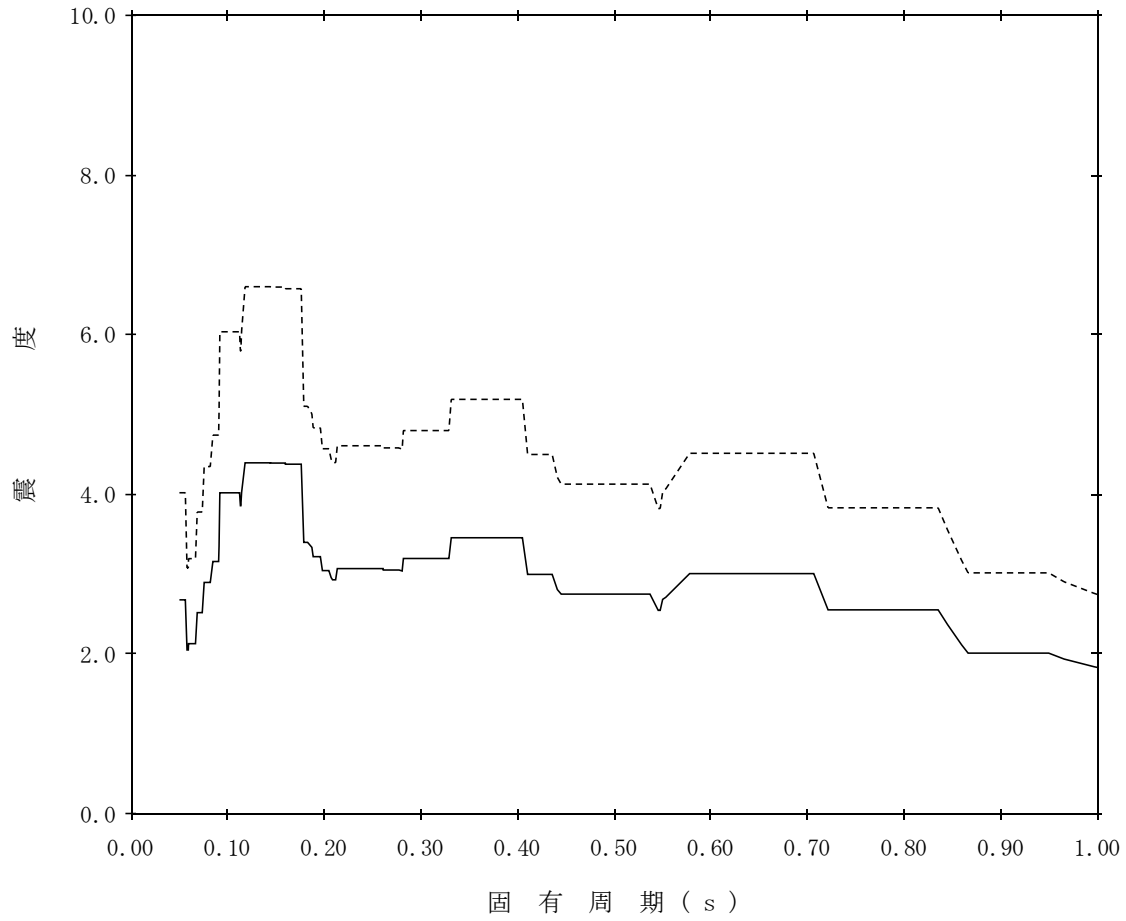
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (EW方向)

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV18】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

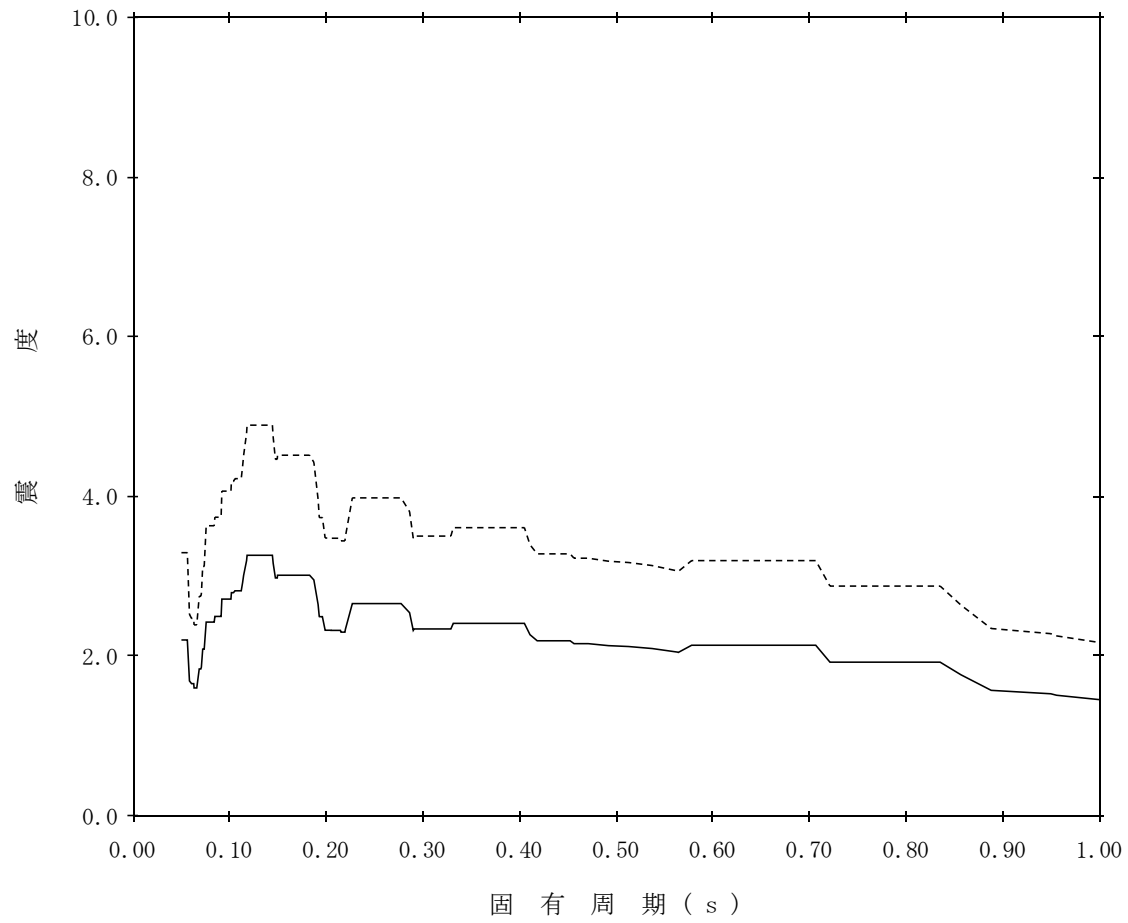
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (EW方向)

減衰定数：1.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV19】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

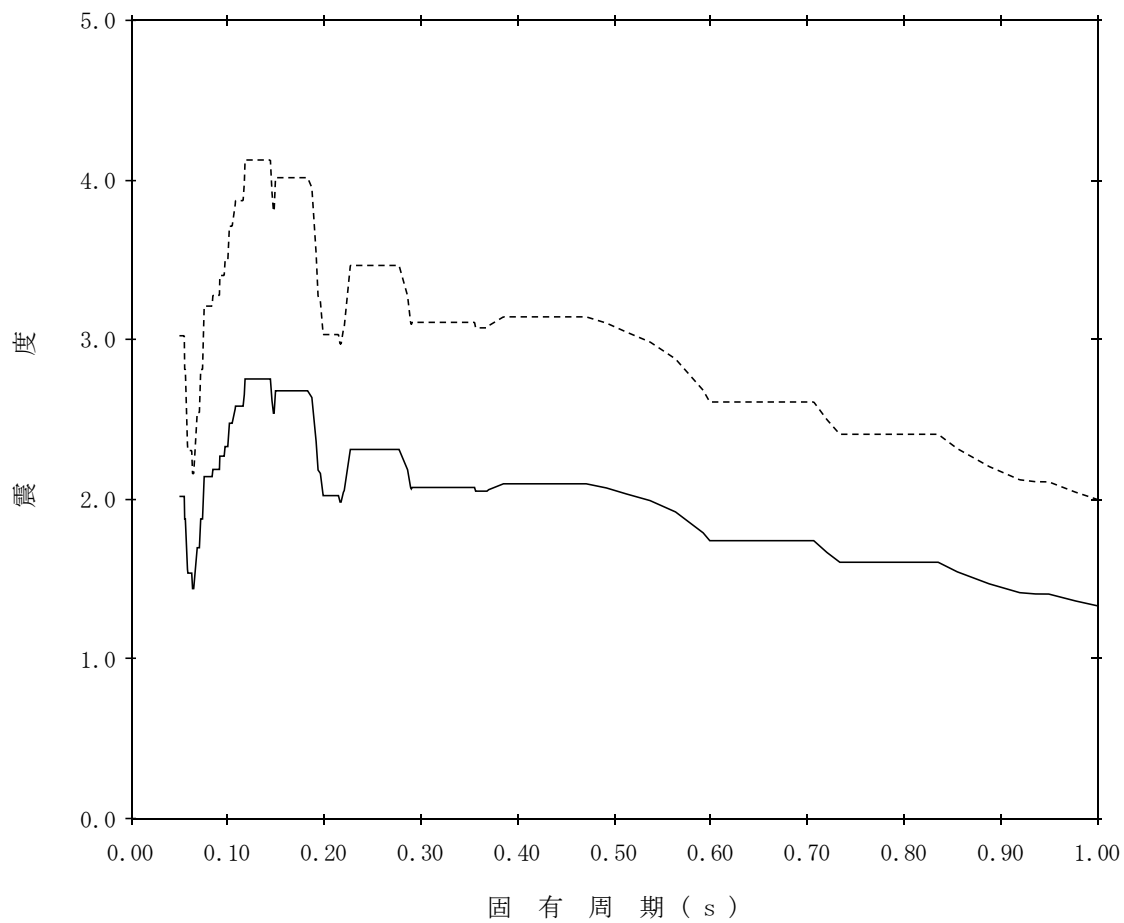
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトル I (EW方向)

減衰定数：1.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトル II (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV20】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

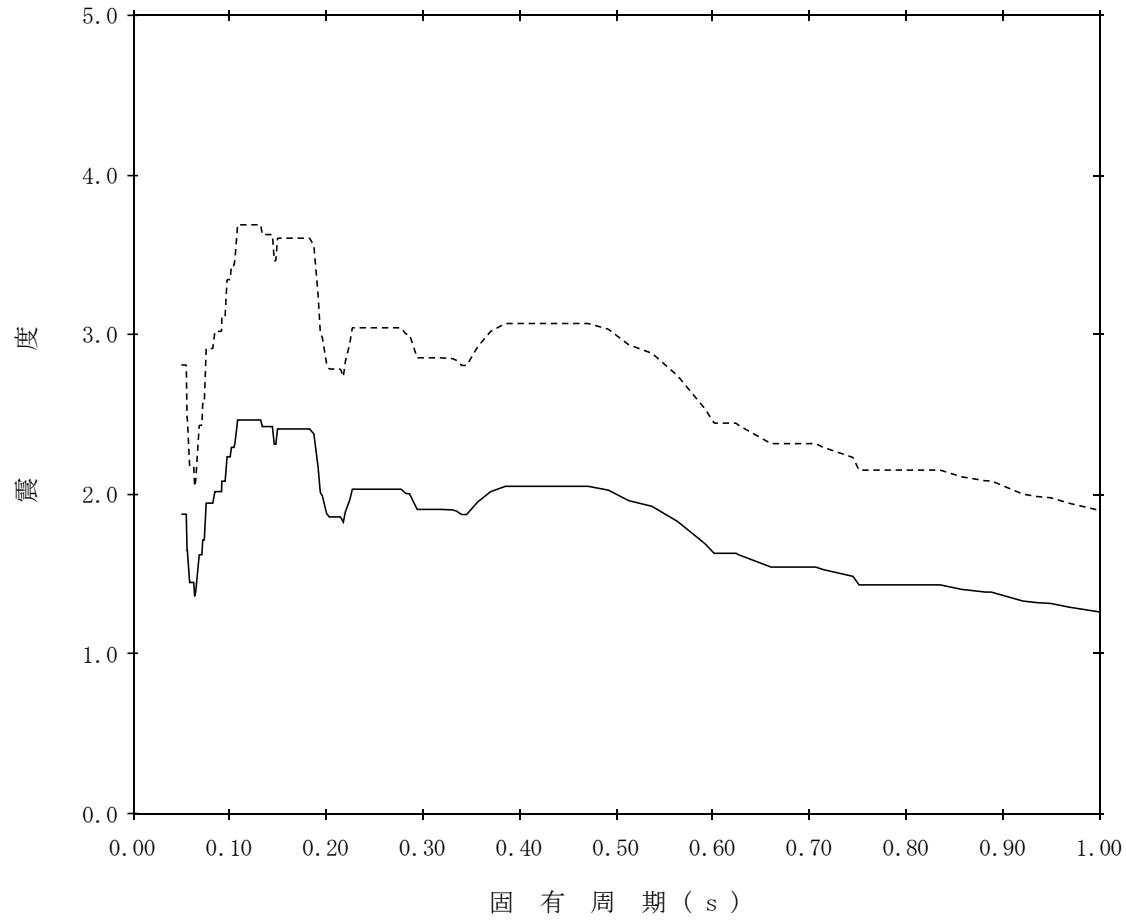
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-1FV-SsEW-1FV21】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

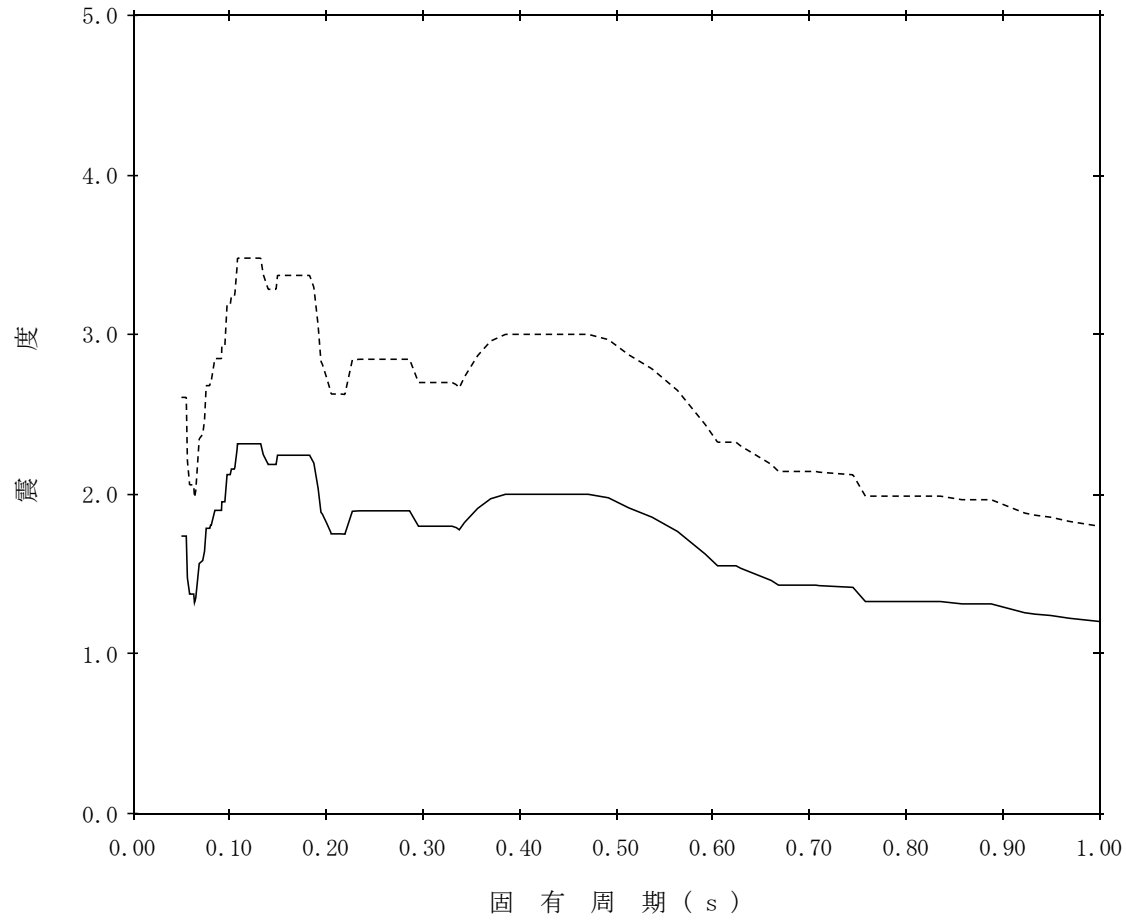
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトル I (EW方向)

減衰定数：2.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトル II (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV22】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

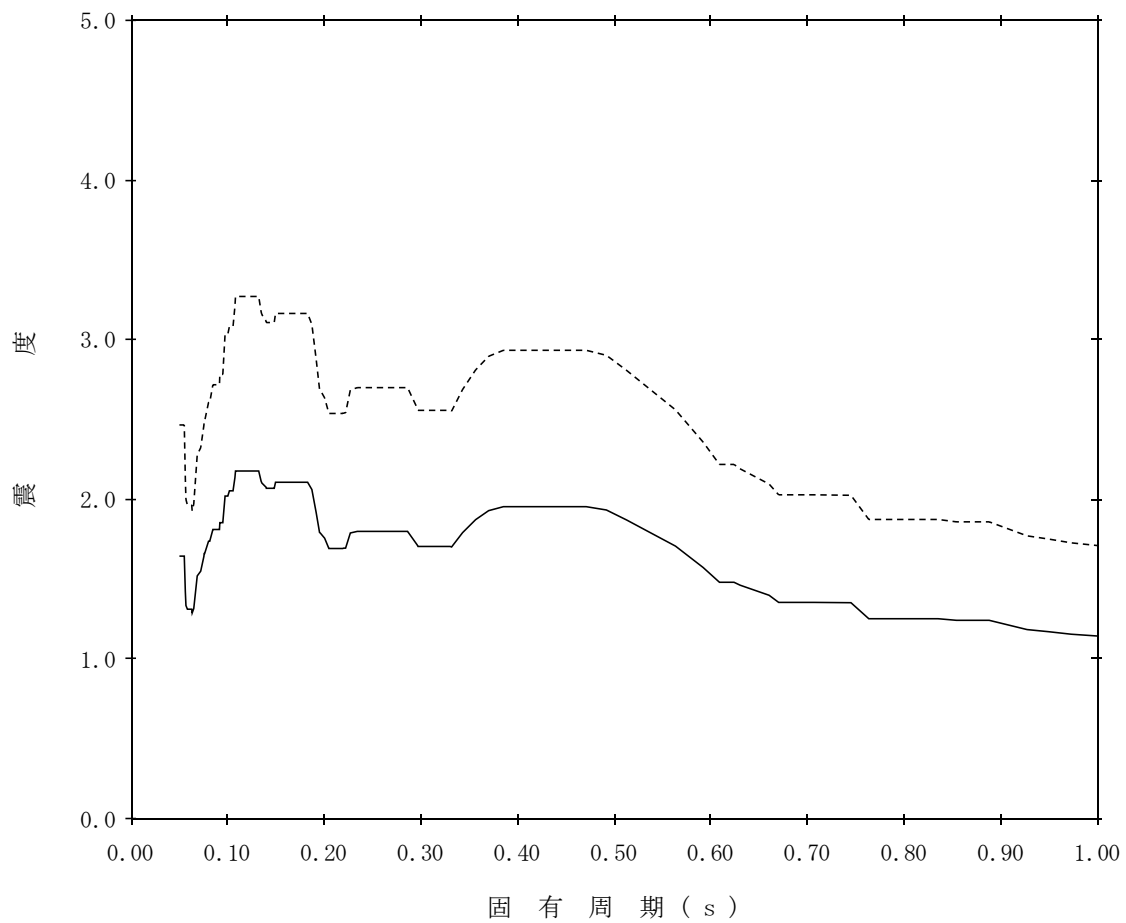
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (EW方向)

減衰定数：3.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV23】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

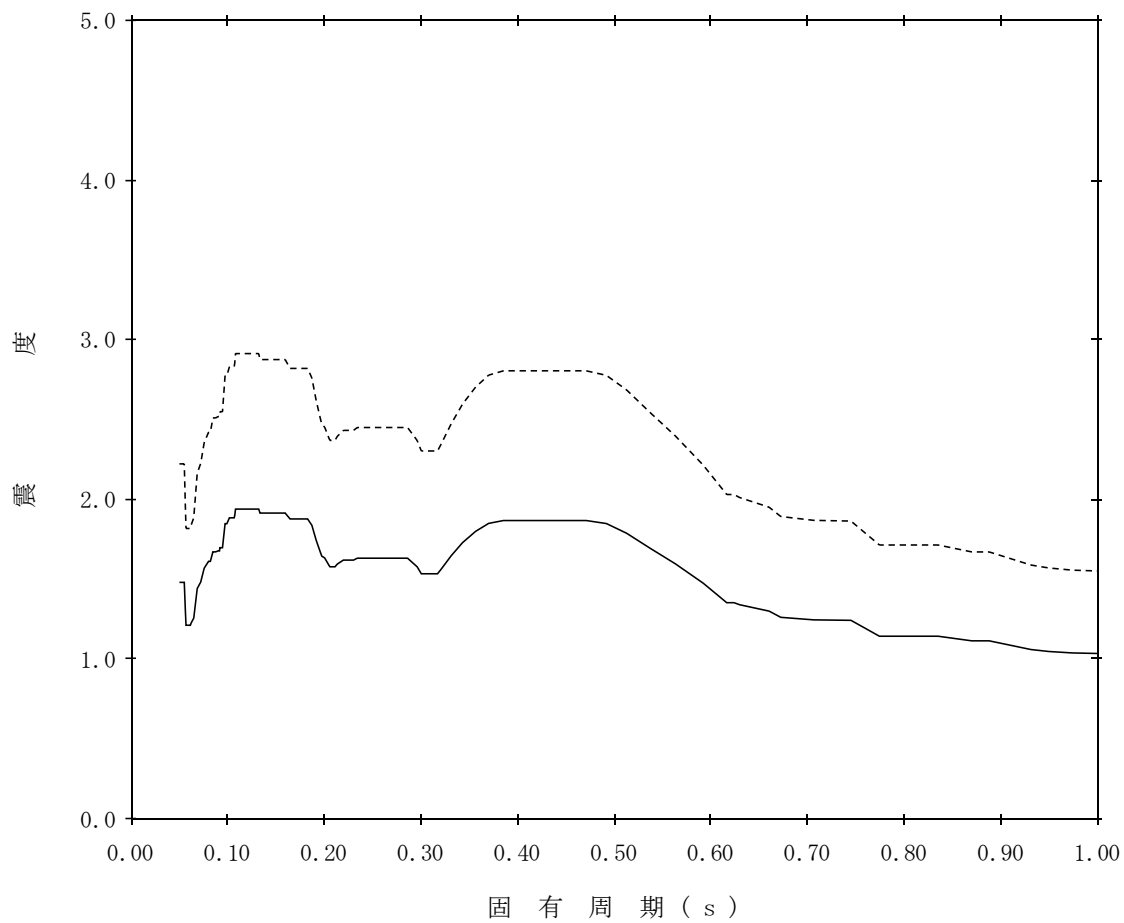
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (EW方向)

減衰定数：4.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ (EW方向)



【NS2-1FV-SsEW-1FV24】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

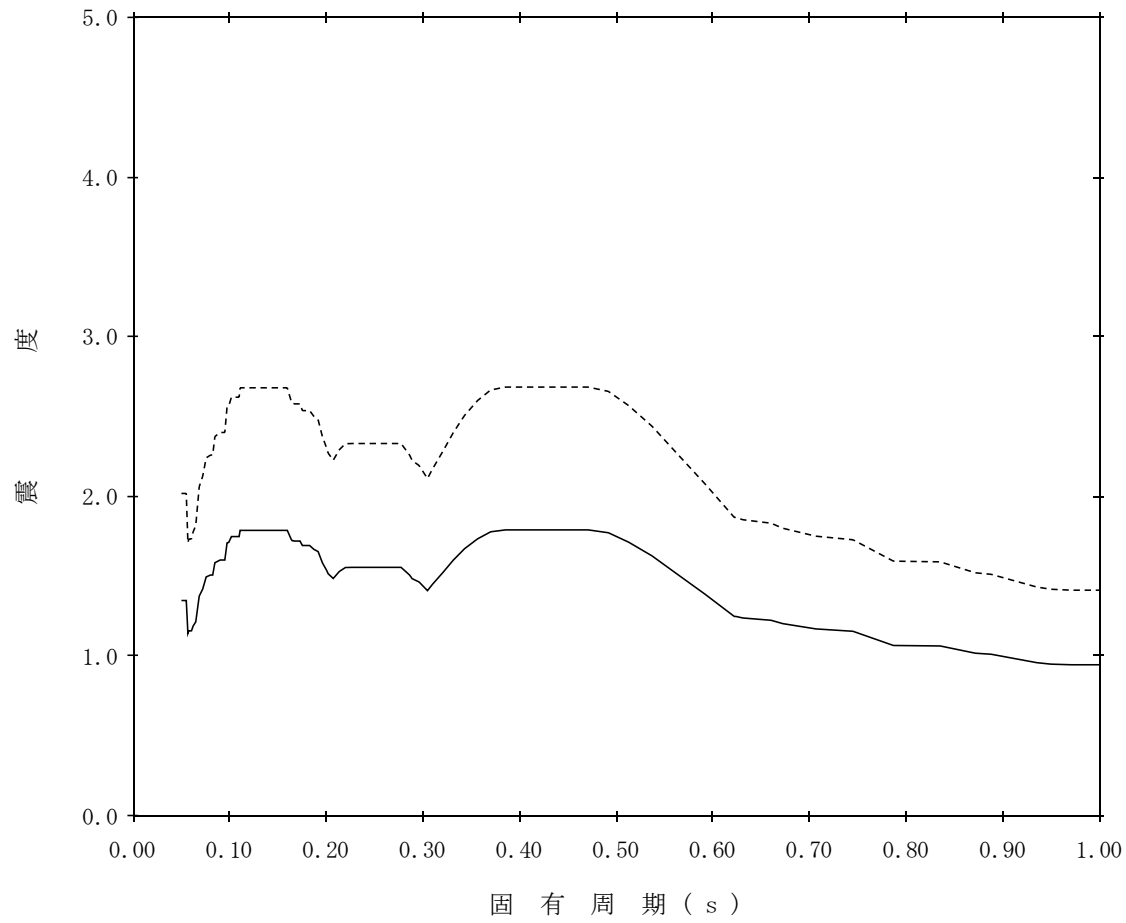
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ (EW方向)

減衰定数：5.0%

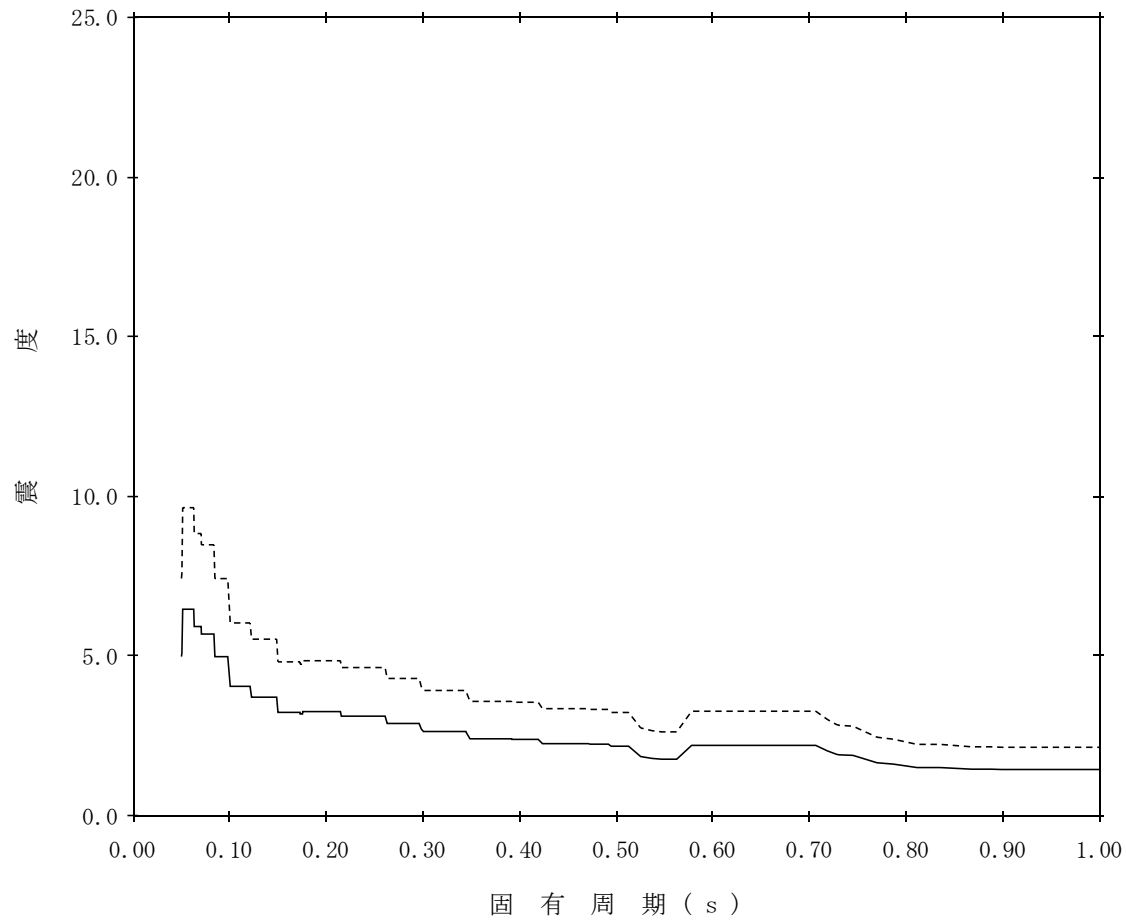
波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ (EW方向)



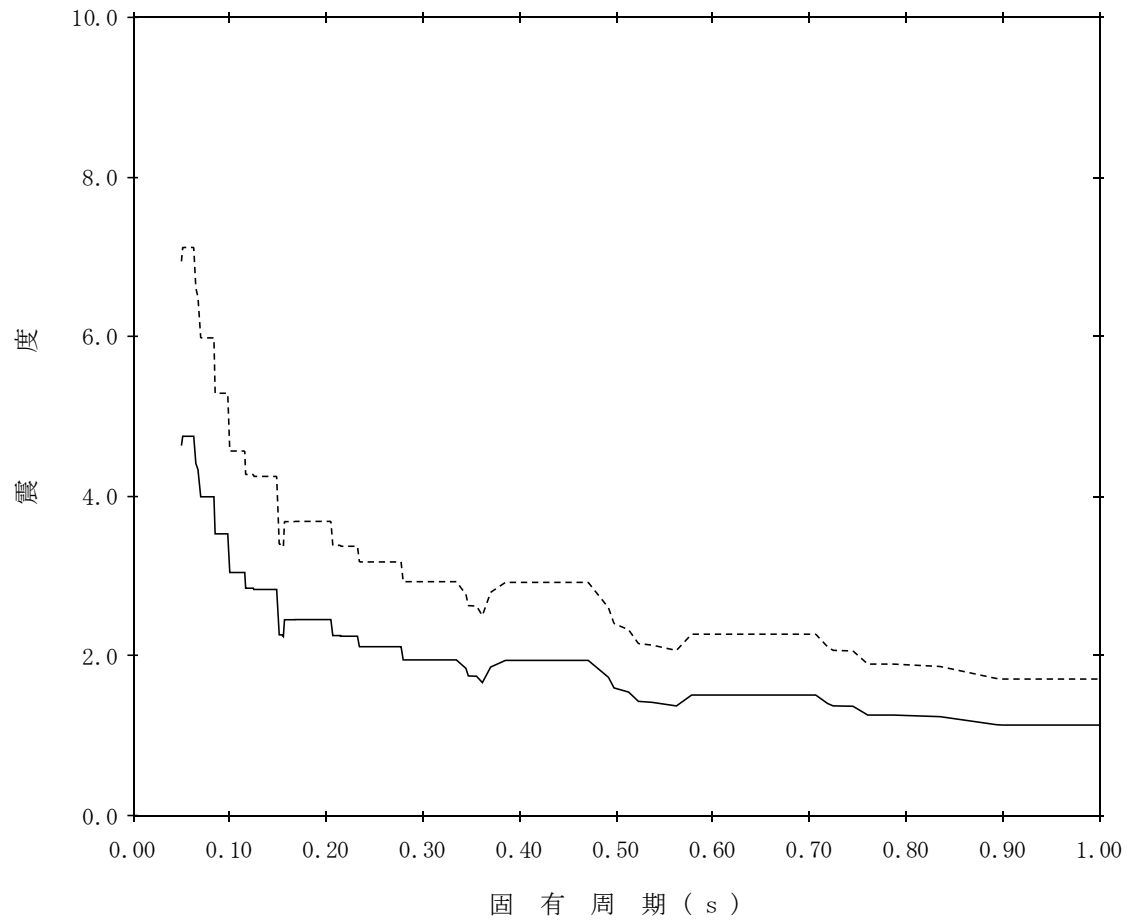
【NS2-1FV-SsV-1FV1】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽 標高：EL19.400m～EL14.700m ——— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）
減衰定数：0.5% 波形名：基準地震動 S s - - - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



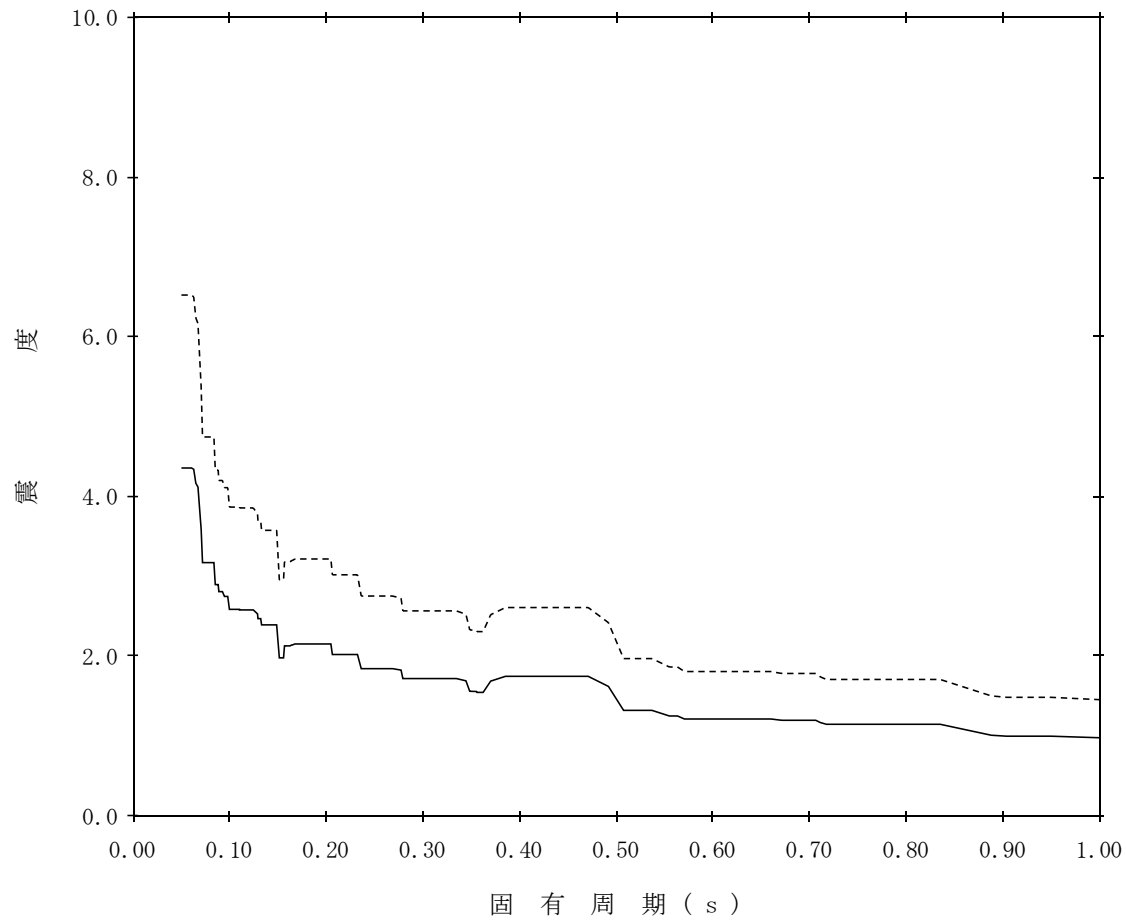
【NS2-1FV-SsV-1FV2】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽 標高：EL19.400m～EL14.700m ——— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）
減衰定数：1.0% 波形名：基準地震動 S s - - - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV3】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽 標高：EL19.400m～EL14.700m ——— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）
減衰定数：1.5% 波形名：基準地震動 S s - - - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV4】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

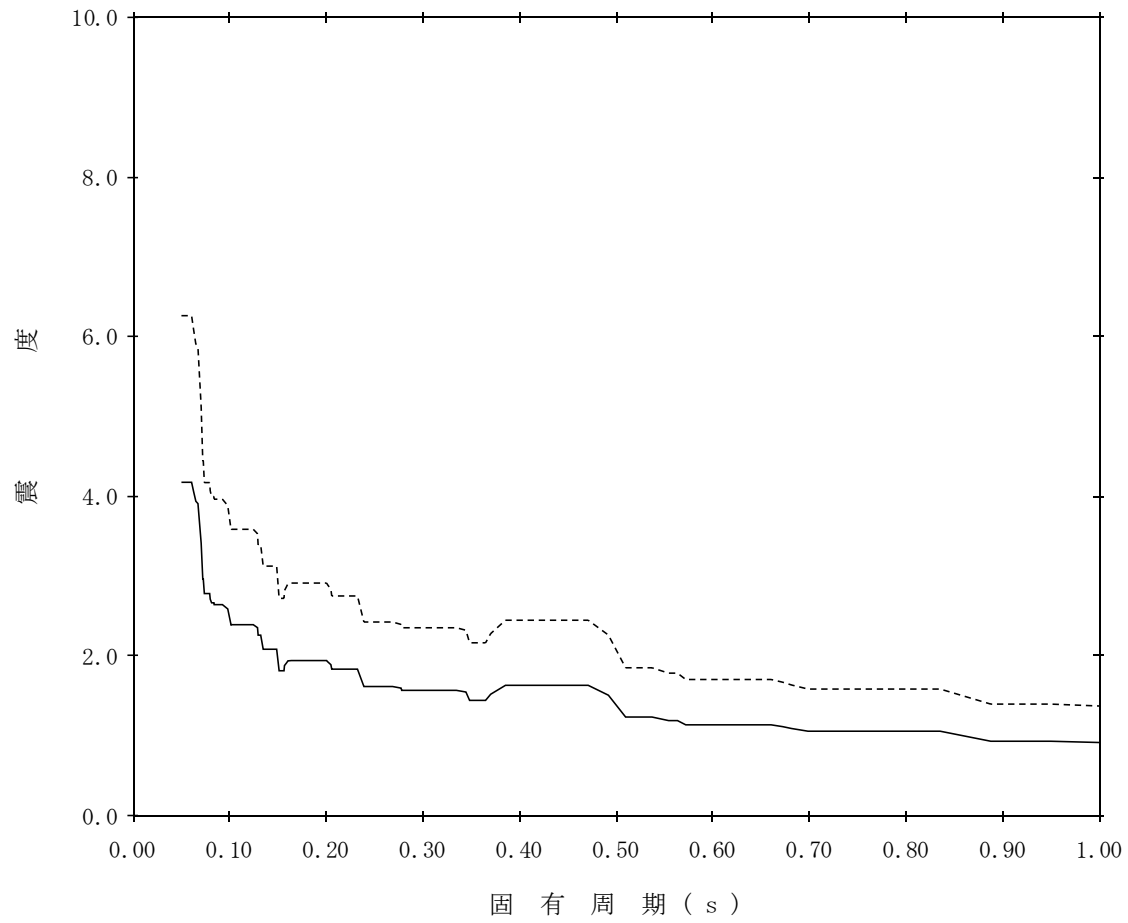
標高：EL19.400m～EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV5】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

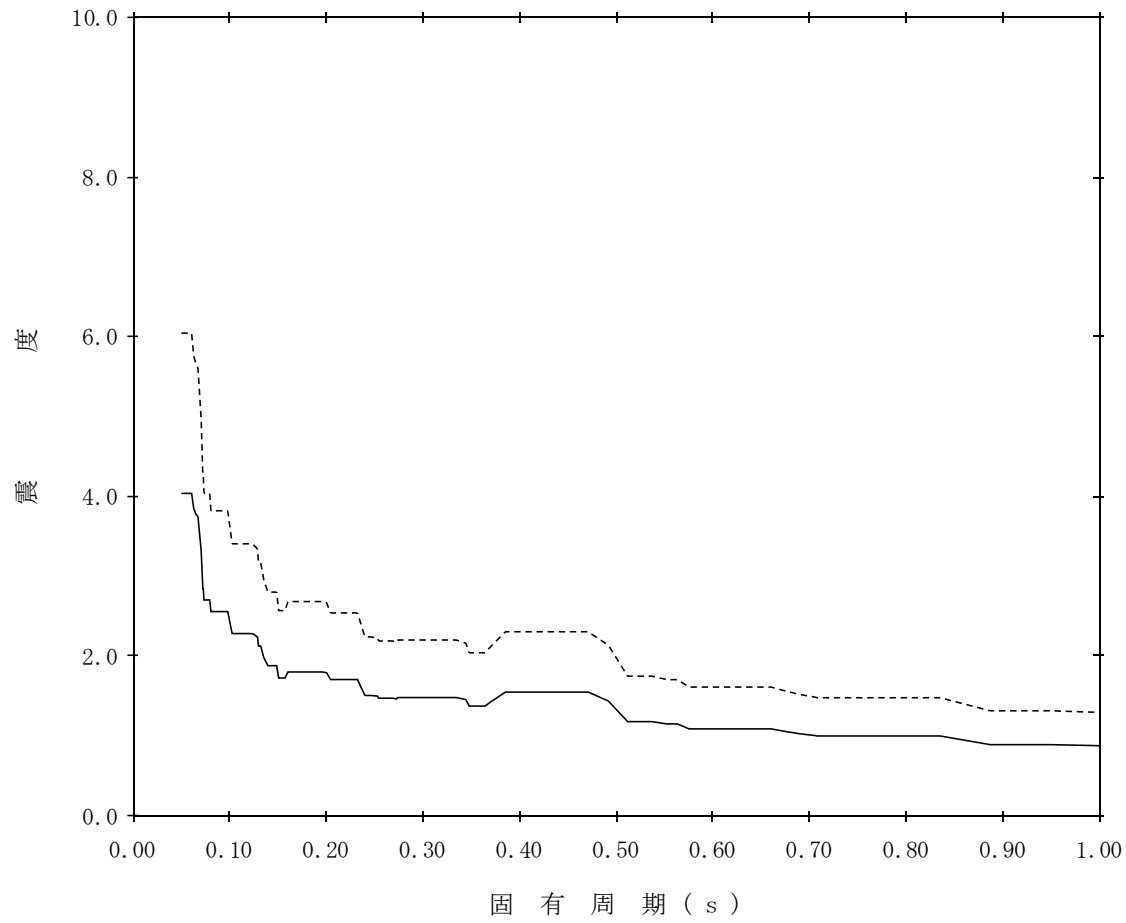
標高：EL19.400m～EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：2.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV6】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

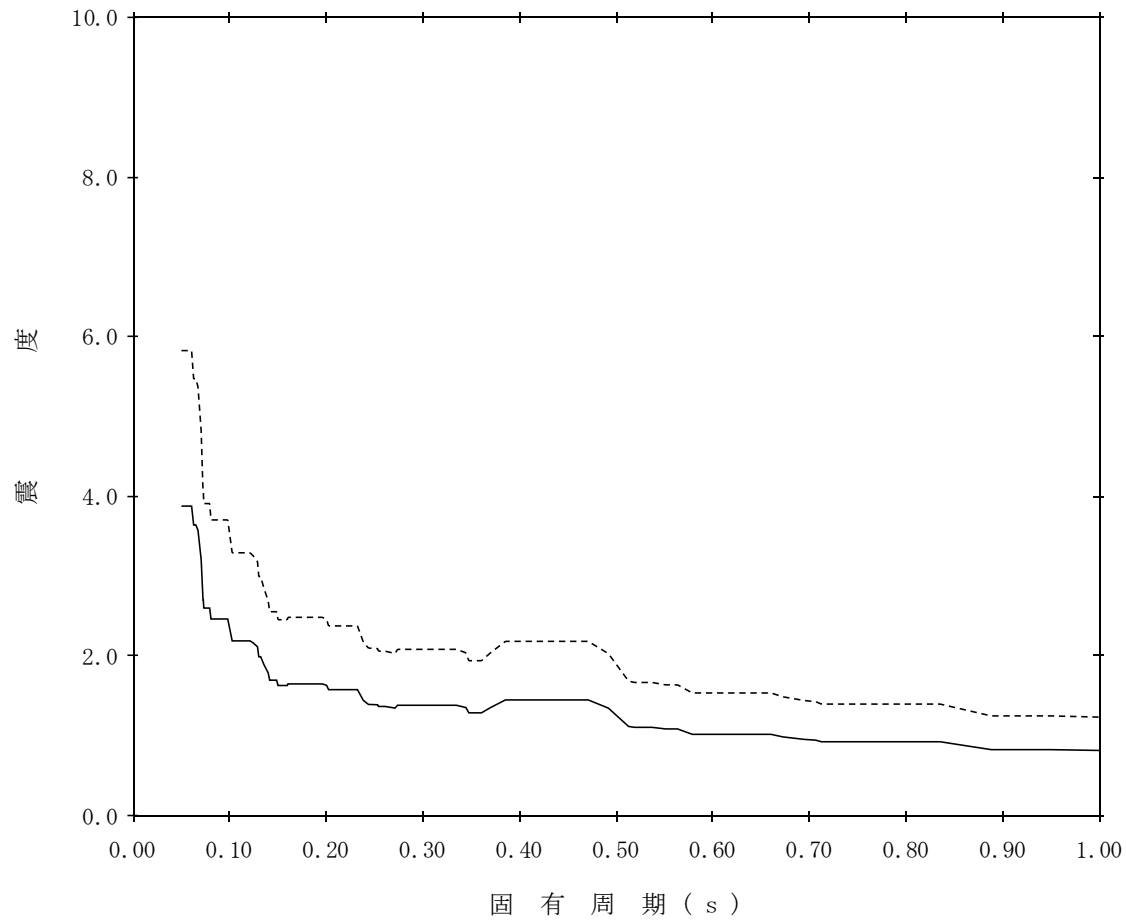
標高：EL19.400m～EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：3.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV7】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

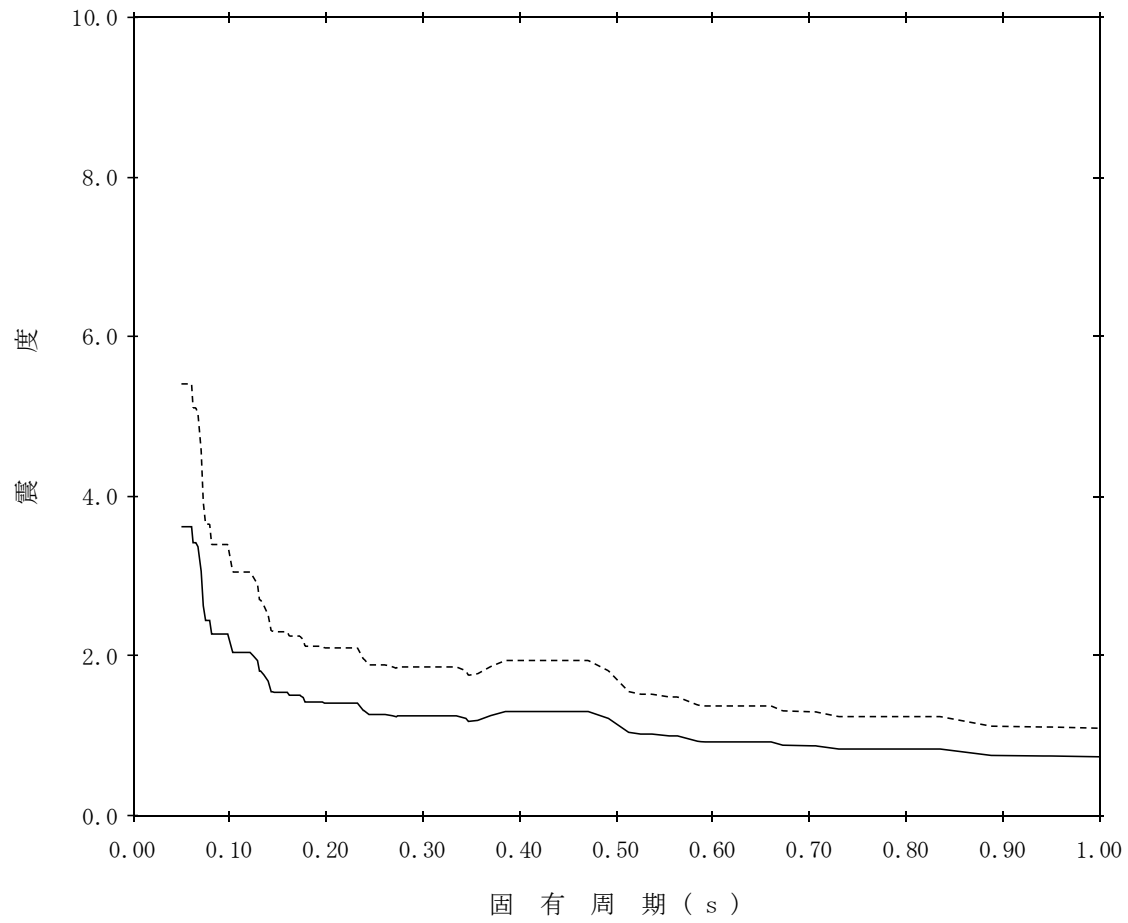
標高：EL19.400m～EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：4.0%

波形名：基準地震動 S s

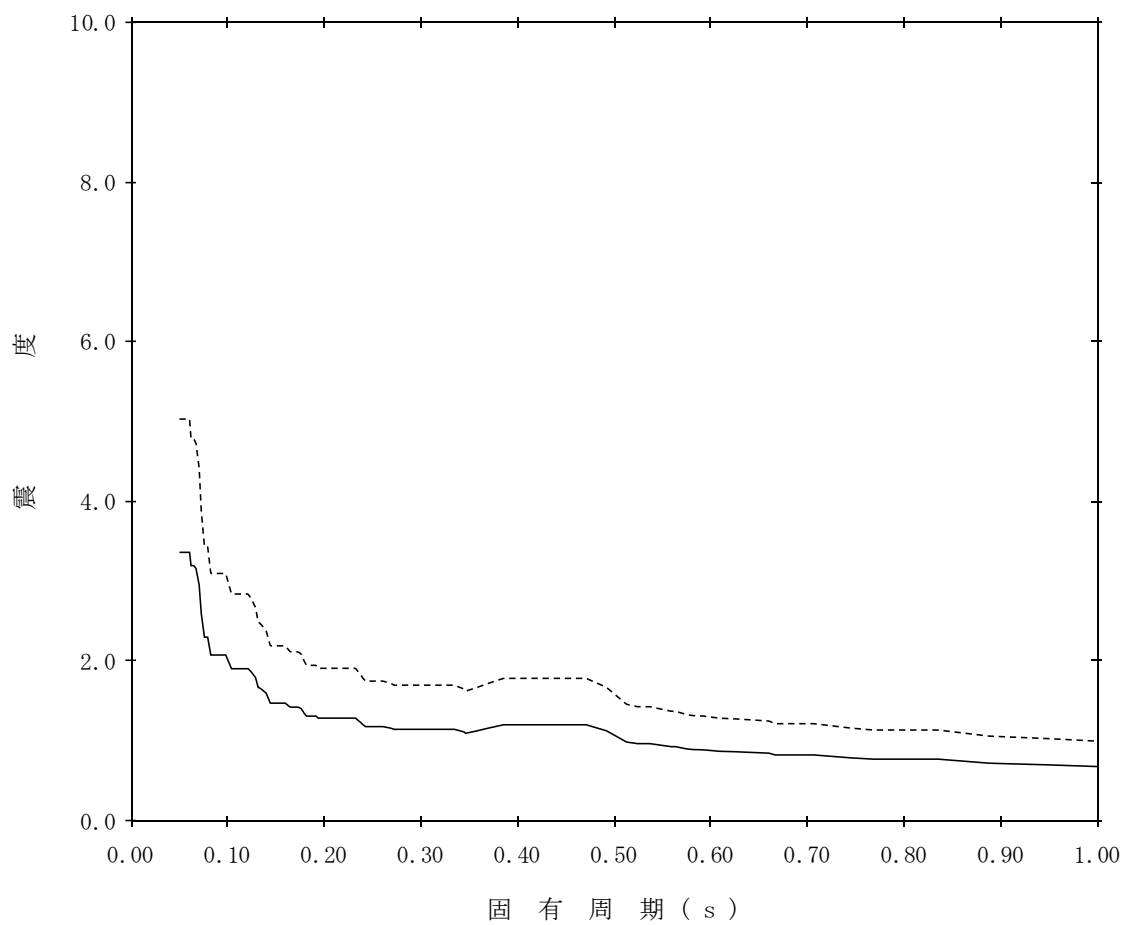
----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV8】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽 標高：EL19.400m～EL14.700m 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：5.0% 波形名：基準地震動 S s 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV9】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

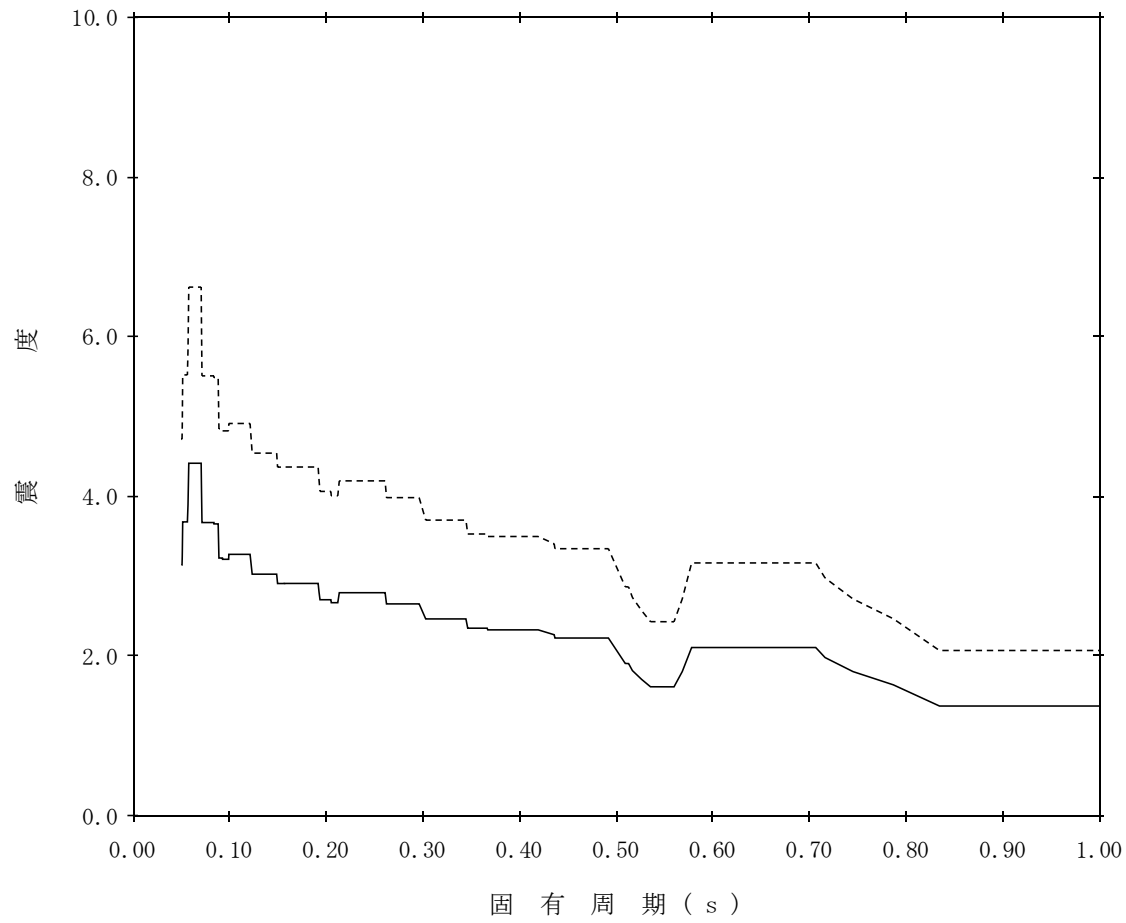
標高：EL8.800m~EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV10】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

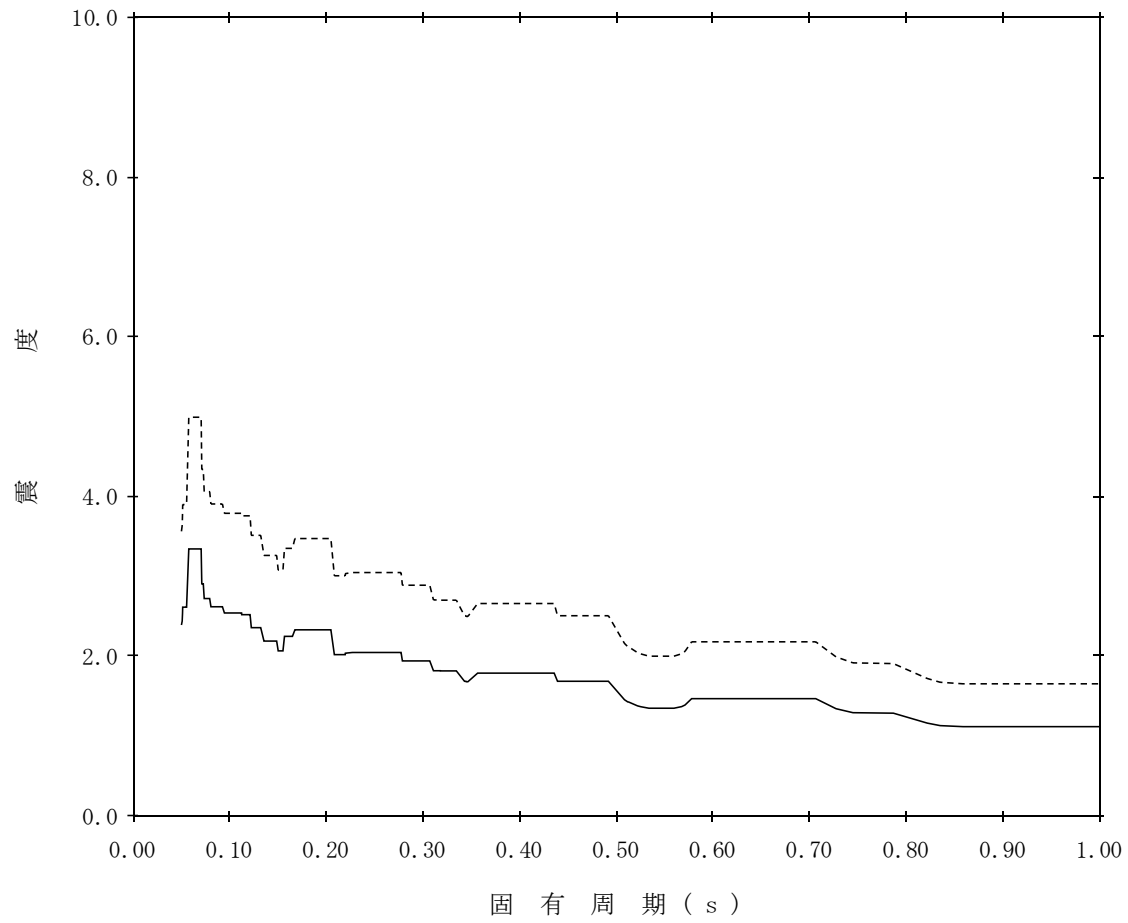
標高：EL8.800m～EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：1.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV11】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

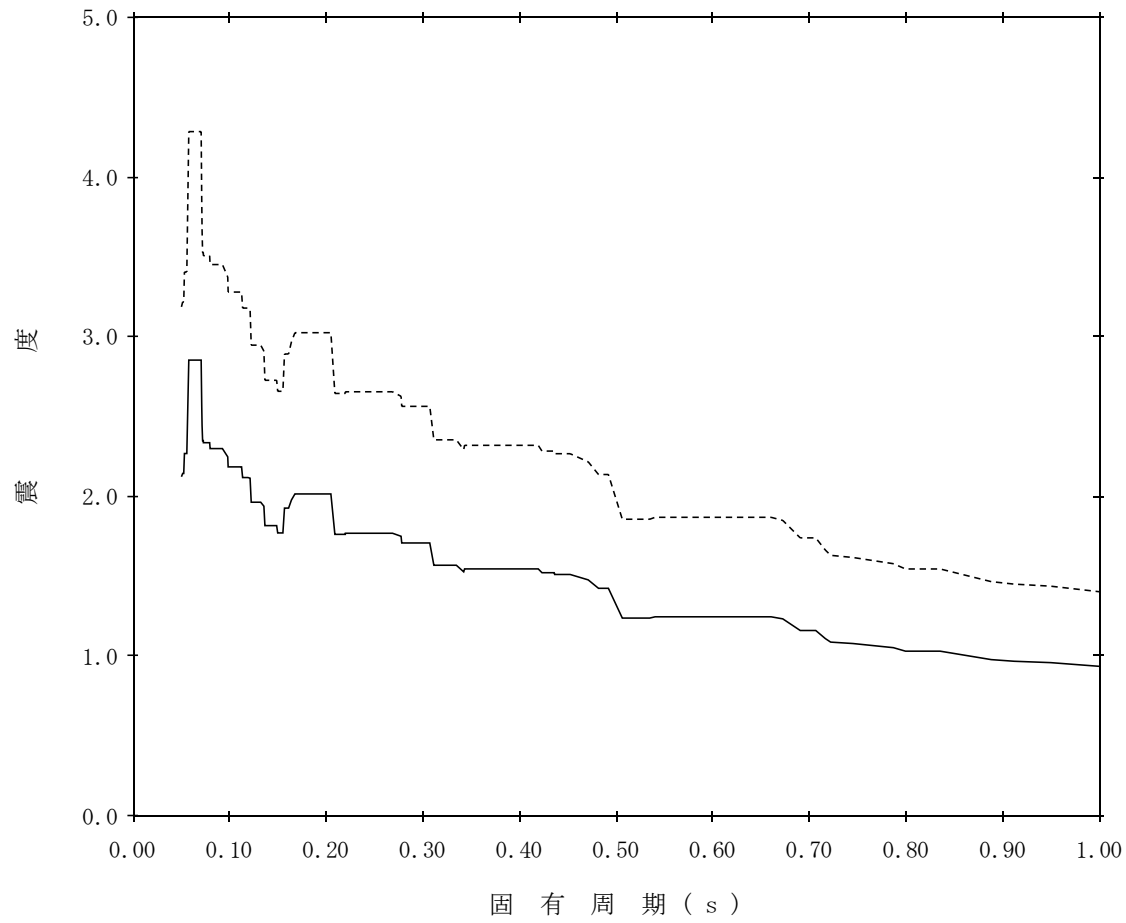
標高：EL8.800m～EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：1.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV12】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

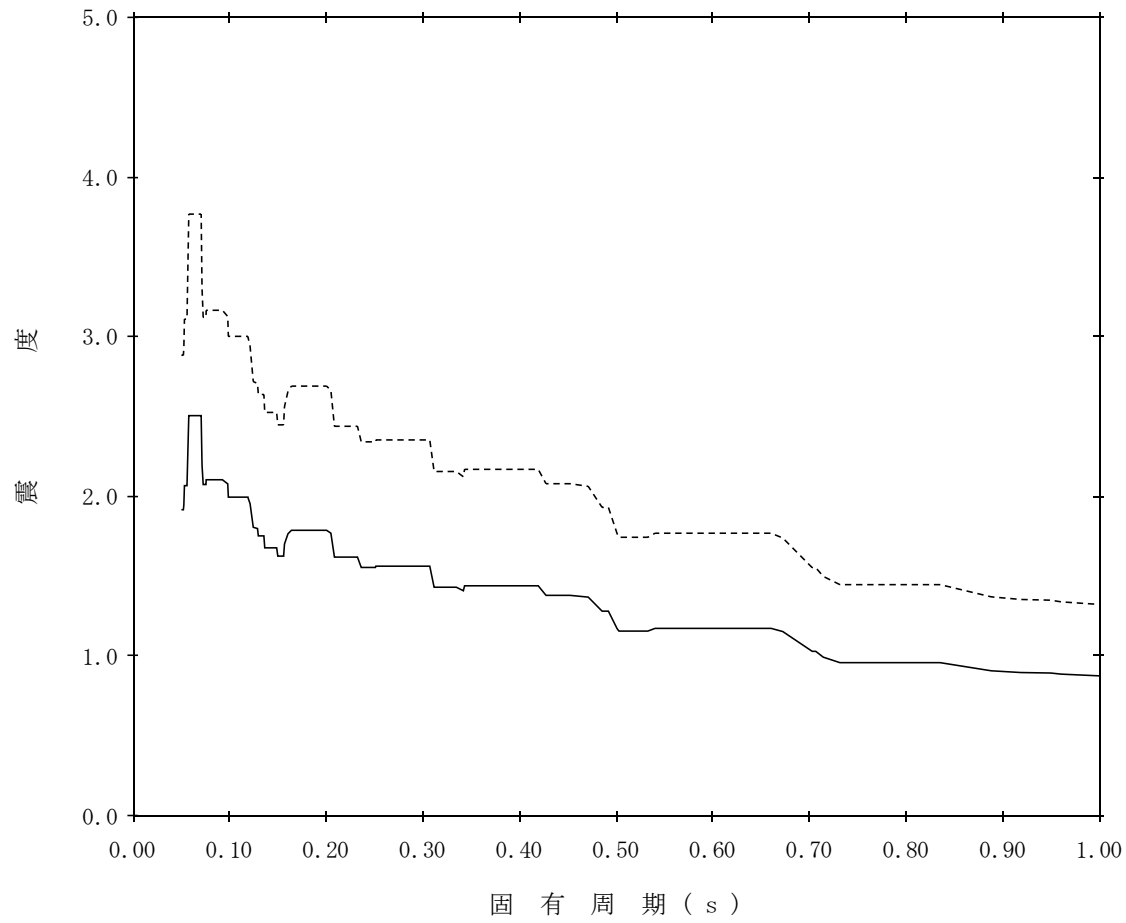
標高：EL8.800m～EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV13】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

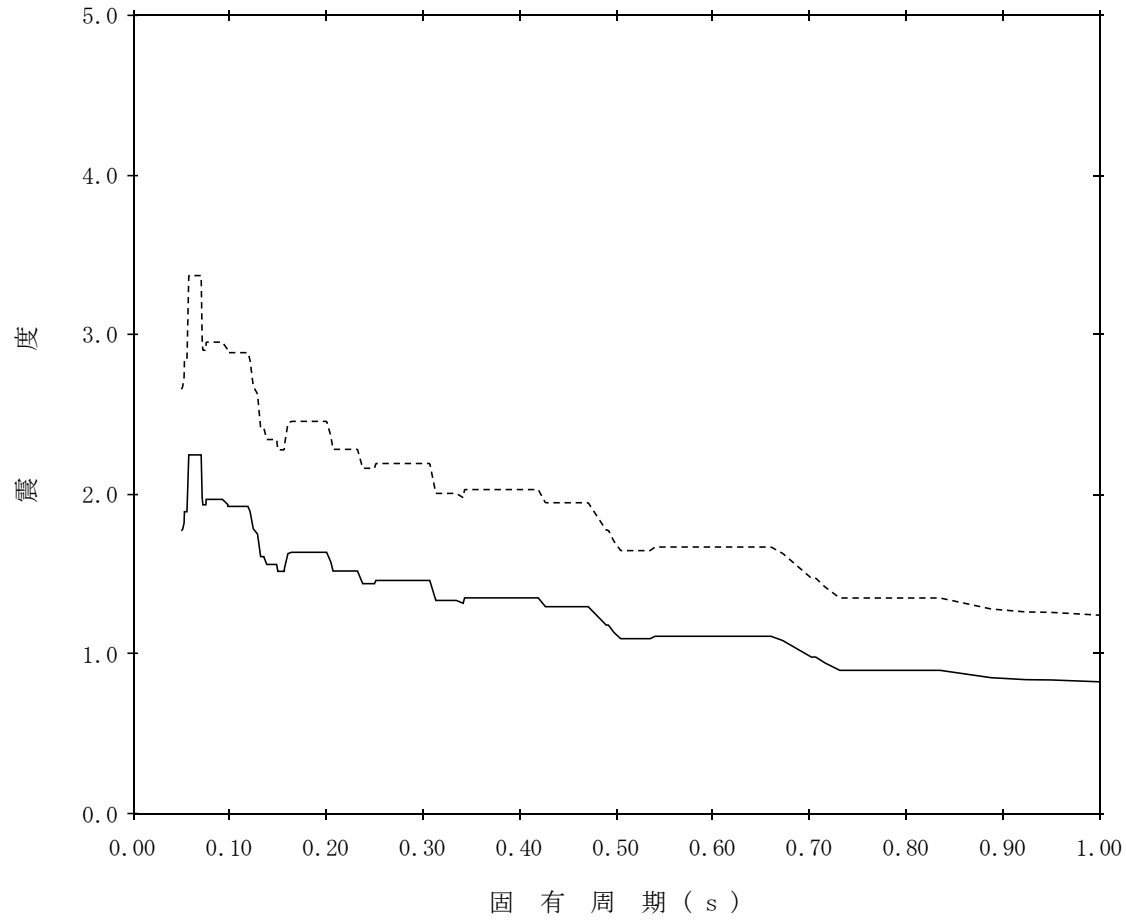
標高：EL8.800m～EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：2.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV14】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

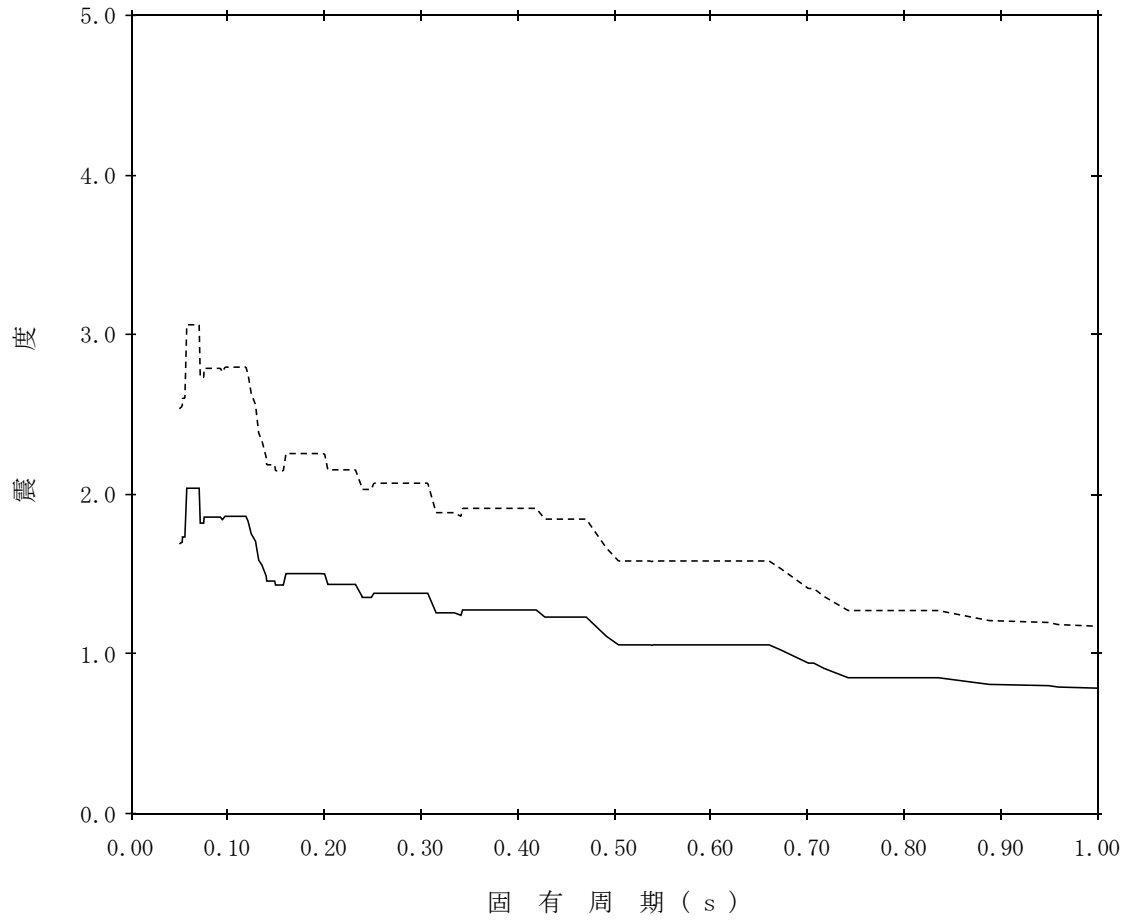
標高：EL8.800m～EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：3.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV15】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

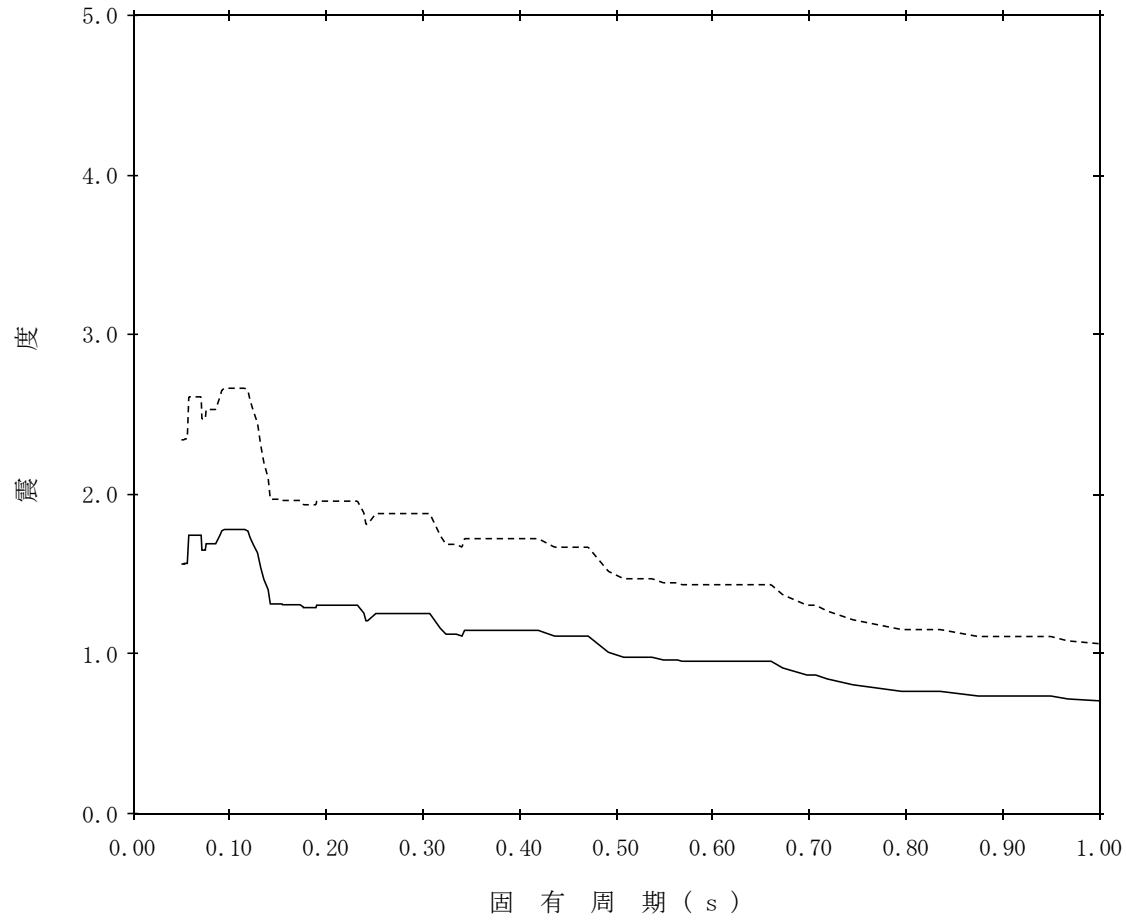
標高：EL8.800m~EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：4.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV16】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

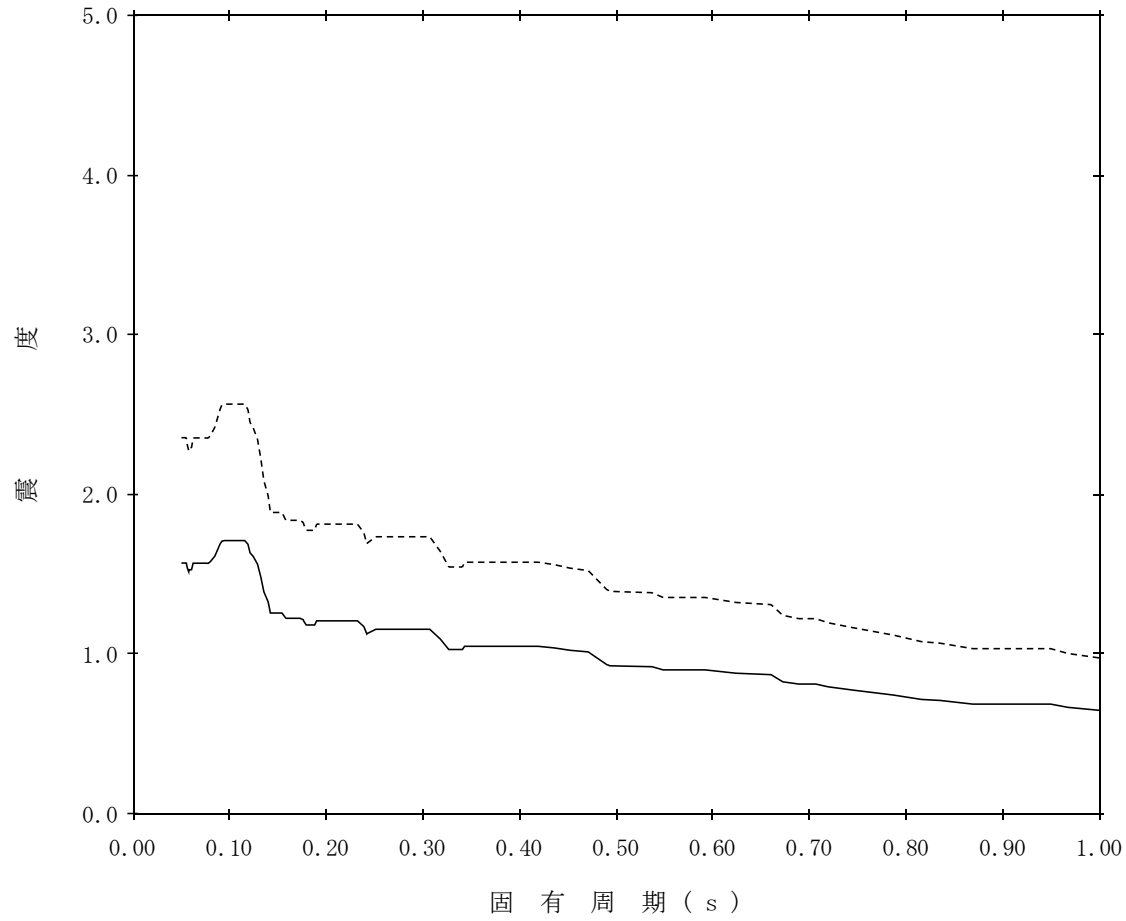
標高：EL8.800m～EL7.600m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：5.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV17】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

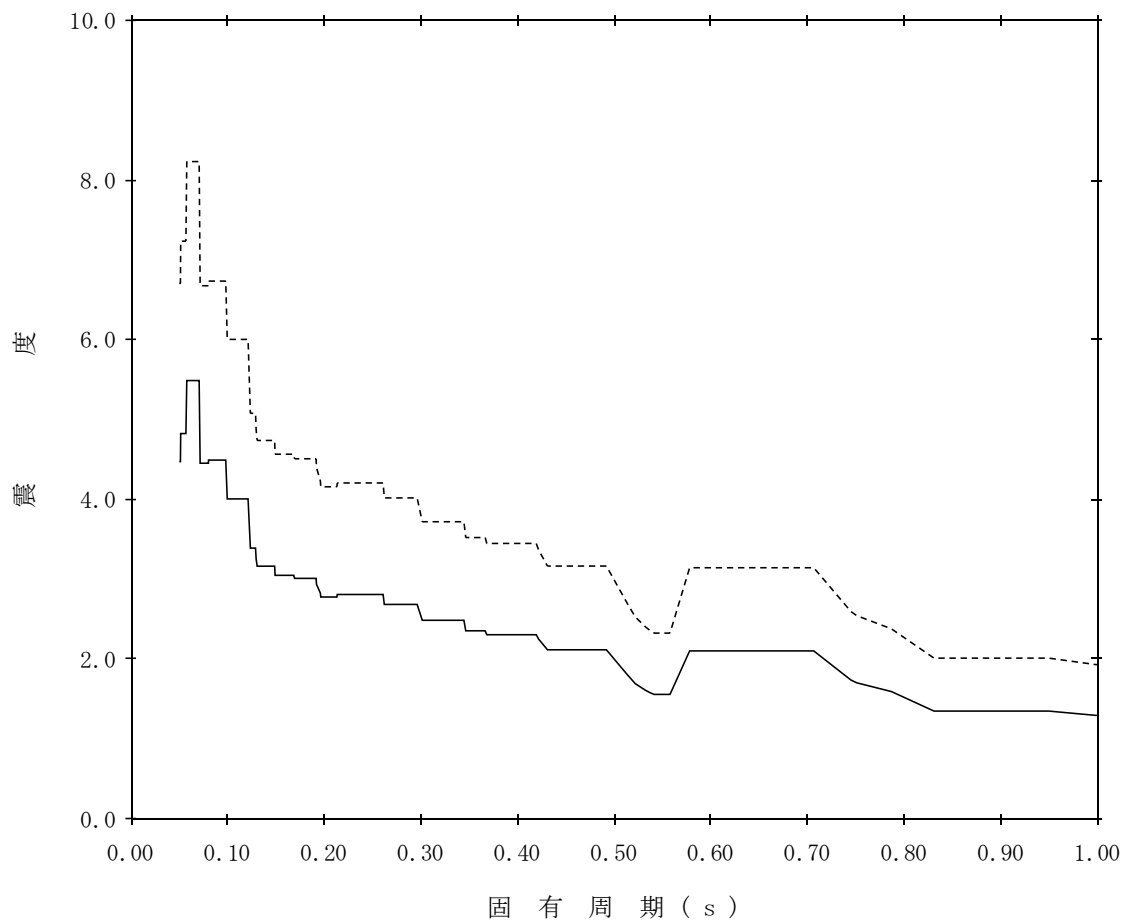
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV18】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

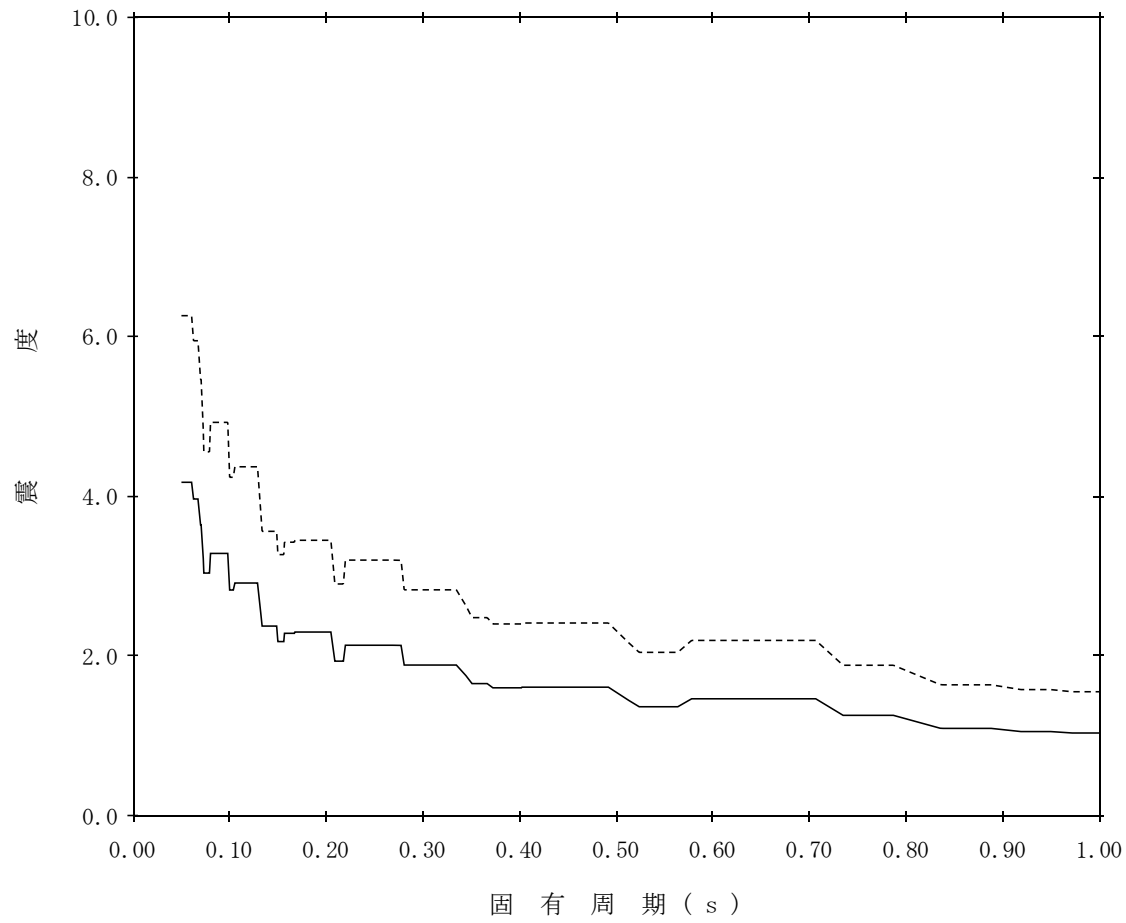
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：1.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV19】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

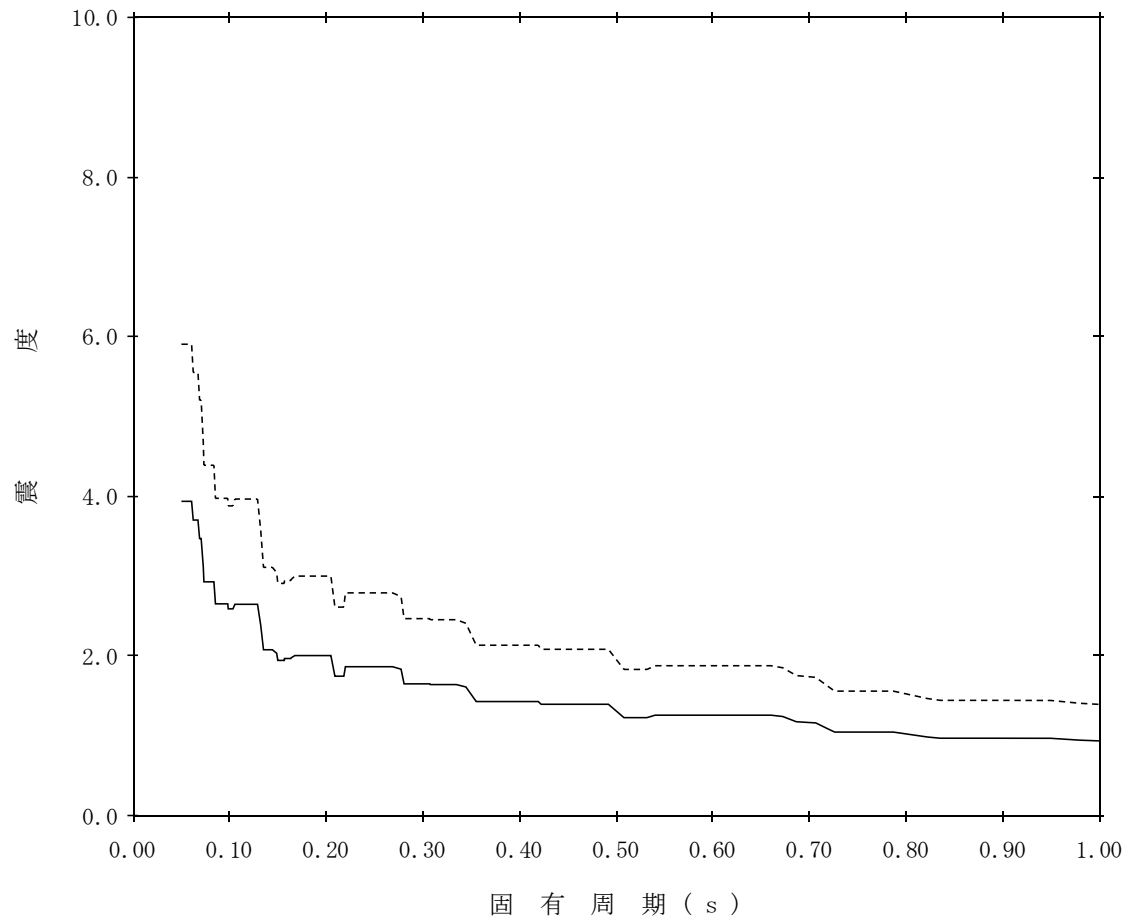
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：1.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV20】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

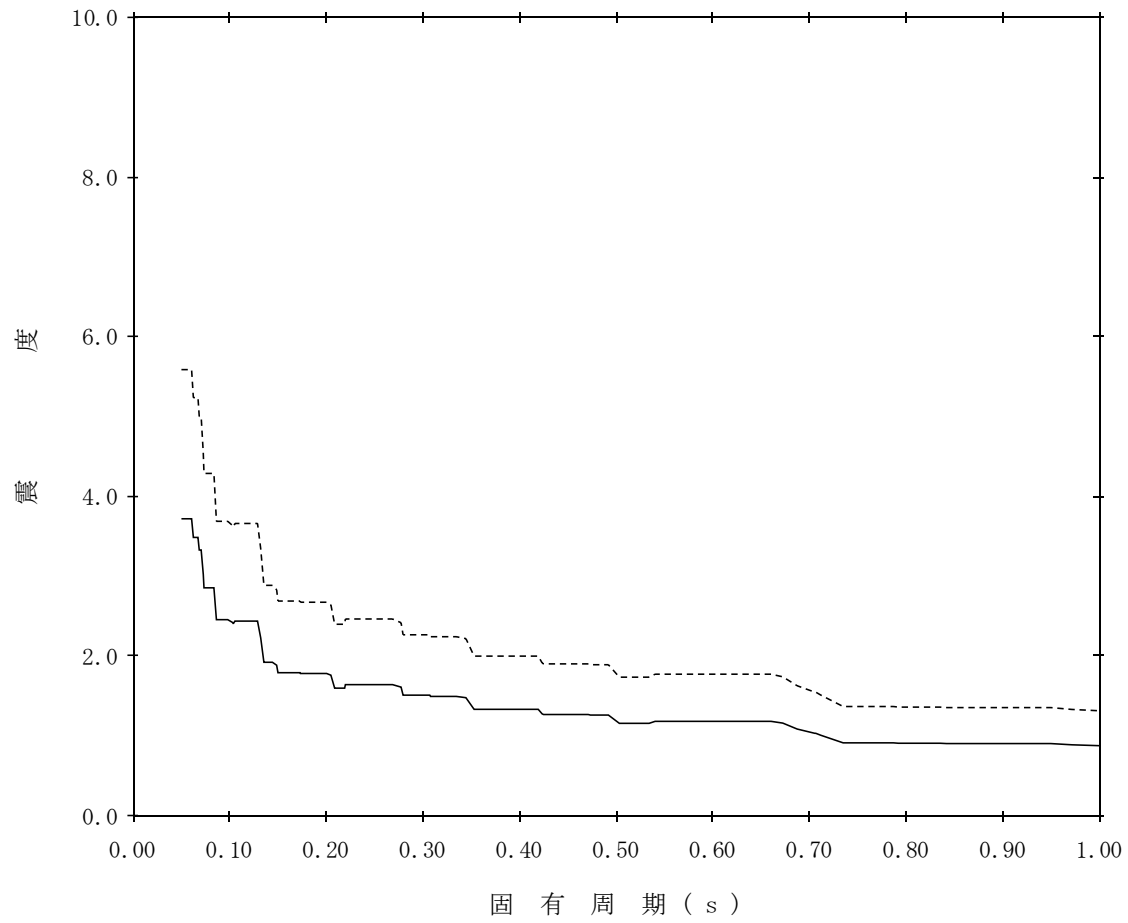
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV21】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

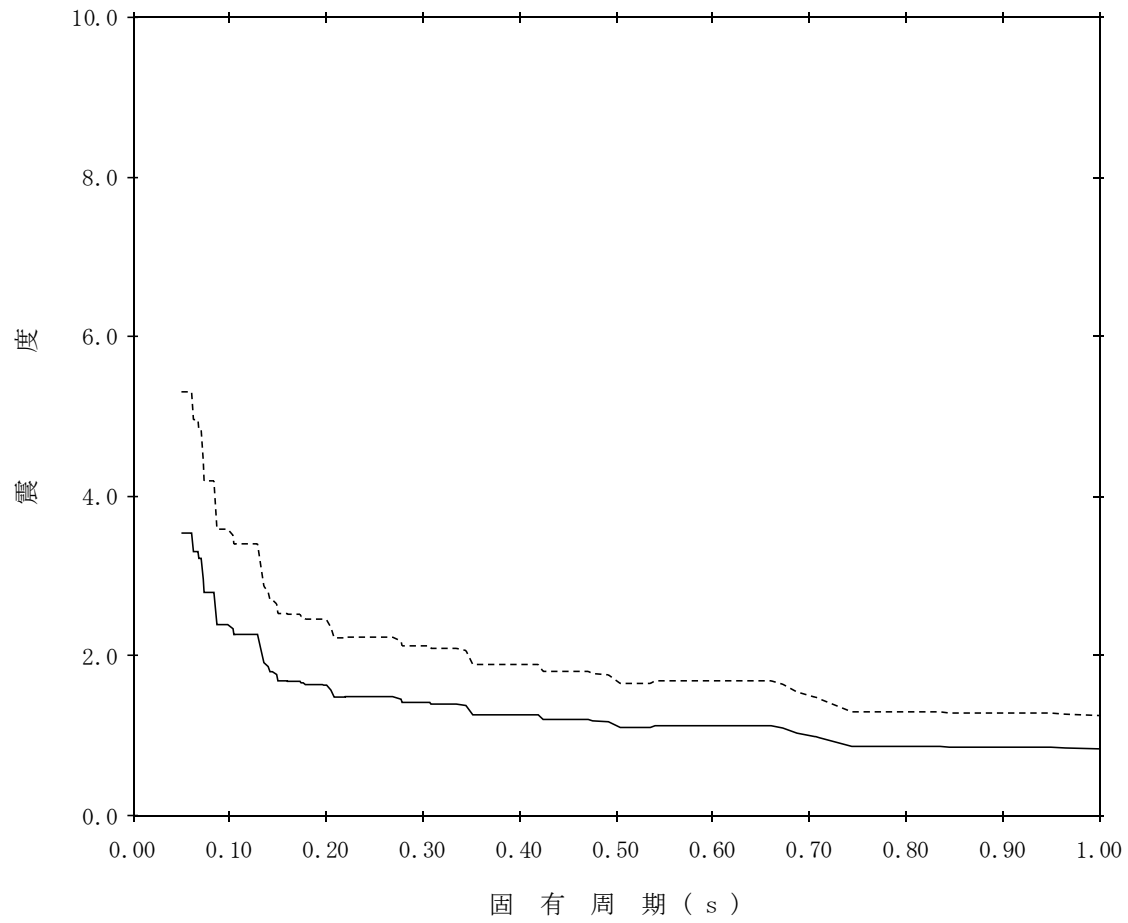
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：2.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV22】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

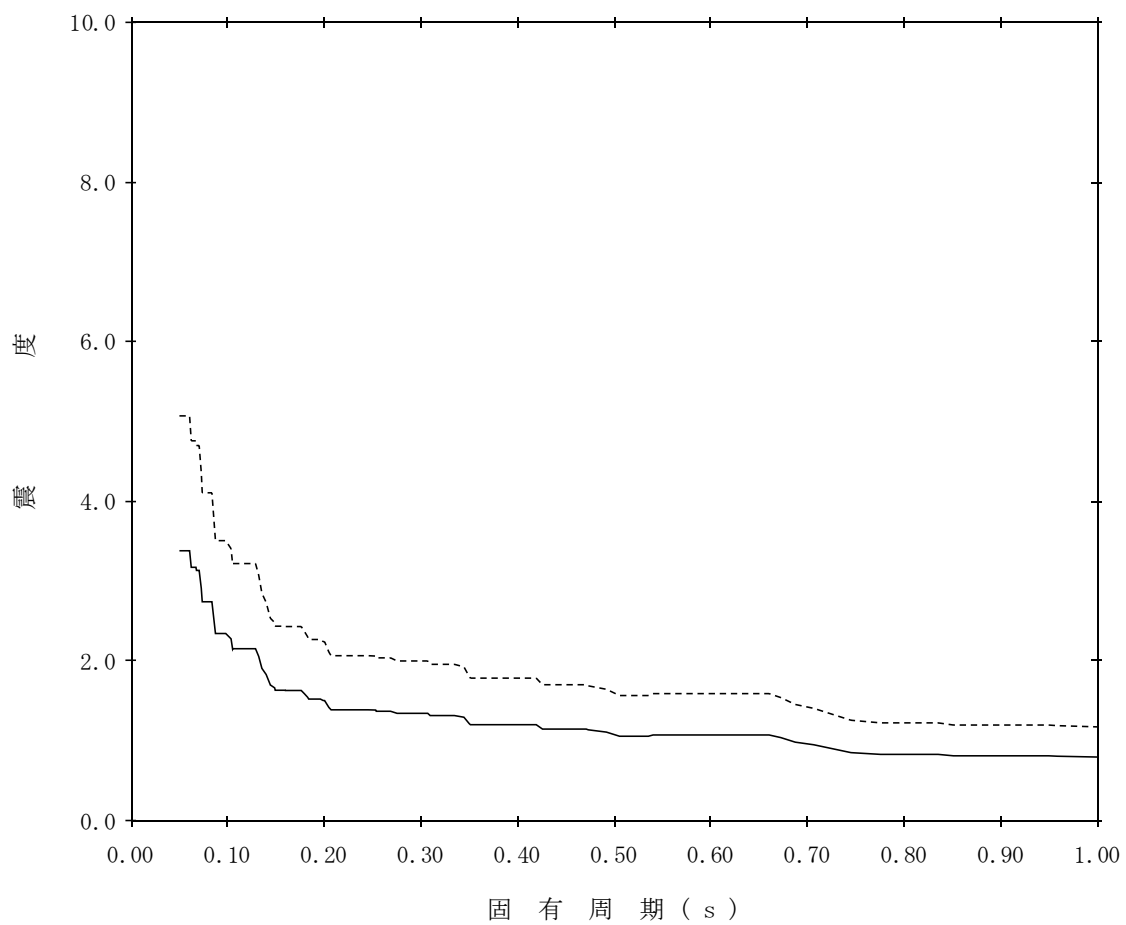
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：3.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV23】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

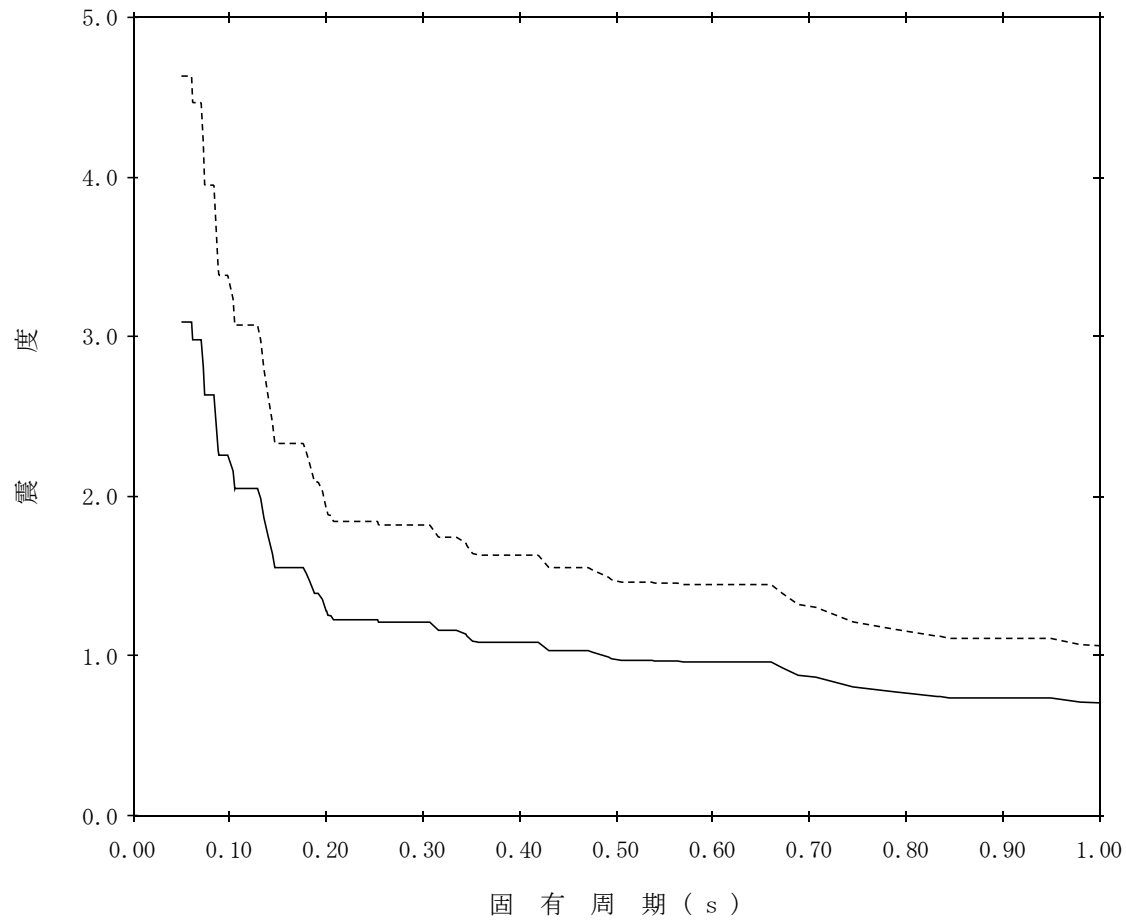
標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：4.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-1FV-SsV-1FV24】

構造物名：第1 ベントフィルタ格納槽

標高：EL2.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：5.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）

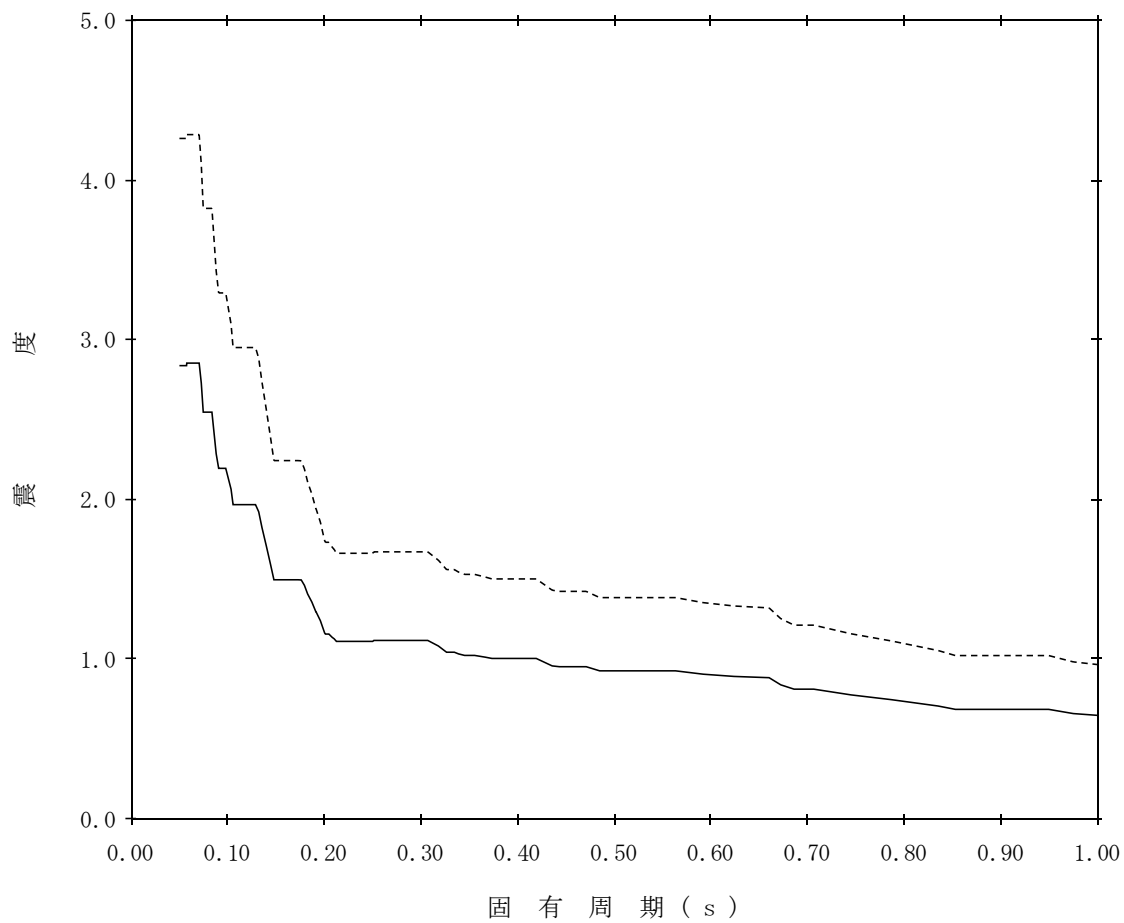


表 4.2-2 設計用床応答スペクトル (S_s) 一覧表
(低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽) (1/3)

地震波	建物機器	方向	節点番号	標高 EL (m)	減衰定数 (%)	図番
S _s	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	NS方向	2042	18.300	0.5	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 1
					1.0	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 2
					1.5	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 3
					2.0	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 4
					2.5	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 5
					3.0	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 6
					4.0	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 7
					5.0	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 8
			1931(水室), 1946, 2121(ポンプ室)	14.700	0.5	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 9
					1.0	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 10
					1.5	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 11
					2.0	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 12
					2.5	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 13
					3.0	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 14
					4.0	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 15
					5.0	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 16
			1939(水室), 1954(ポンプ室)	8.200	0.5	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 17
					1.0	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 18
					1.5	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 19
					2.0	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 20
					2.5	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 21
					3.0	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 22
					4.0	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 23
					5.0	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 24
			1949, 2189(水室), 1964(ポンプ室)	0.700	0.5	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 25
					1.0	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 26
					1.5	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 27
					2.0	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 28
					2.5	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 29
					3.0	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 30
					4.0	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 31
					5.0	NS2 - FLSR - S _s NS - FLSR 32

表 4.2-2 設計用床応答スペクトル (S s) 一覧表
(低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽) (2/3)

地震波	建物機器	方向	節点番号	標高 EL(m)	減衰定数(%)	図番
S s	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	EW方向	2743	18.300	0.5	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 1
					1.0	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 2
					1.5	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 3
					2.0	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 4
					2.5	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 5
					3.0	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 6
					4.0	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 7
					5.0	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 8
			2397, 2751	14.700	0.5	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 9
					1.0	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 10
					1.5	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 11
					2.0	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 12
					2.5	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 13
					3.0	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 14
					4.0	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 15
					5.0	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 16
			2404	8.200	0.5	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 17
					1.0	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 18
					1.5	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 19
					2.0	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 20
					2.5	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 21
					3.0	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 22
					4.0	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 23
					5.0	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 24
			2413, 2777, 3472	0.700	0.5	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 25
					1.0	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 26
					1.5	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 27
					2.0	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 28
					2.5	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 29
					3.0	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 30
					4.0	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 31
					5.0	NS2 - FLSR - SsEW - FLSR 32

表 4.2-2 設計用床応答スペクトル (S_s) 一覧表
(低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽) (3/3)

地震波	建物機器	方向	節点番号	標高 EL(m)	減衰定数(%)	図番
S _s	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	鉛直方向	2042(ポンプ室), 2743(EW断面)	18.300	0.5	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 1
					1.0	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 2
					1.5	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 3
					2.0	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 4
					2.5	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 5
					3.0	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 6
					4.0	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 7
					5.0	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 8
			1931(水室), 1946, 2121(ポンプ室), 2397, 2751(EW断面)	14.700	0.5	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 9
					1.0	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 10
					1.5	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 11
					2.0	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 12
					2.5	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 13
					3.0	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 14
					4.0	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 15
					5.0	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 16
			1939(水室), 1954(ポンプ室), 2404(EW断面)	8.200	0.5	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 17
					1.0	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 18
					1.5	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 19
					2.0	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 20
					2.5	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 21
					3.0	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 22
					4.0	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 23
					5.0	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 24
			1949, 2189(水室), 1964(ポンプ室), 2413, 2777, 3472(EW断面)	0.700	0.5	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 25
					1.0	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 26
					1.5	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 27
					2.0	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 28
					2.5	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 29
					3.0	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 30
					4.0	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 31
					5.0	NS2 - FLSR - S _s V - FLSR 32

【NS2-FLSR-SsNS-FLSR1】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

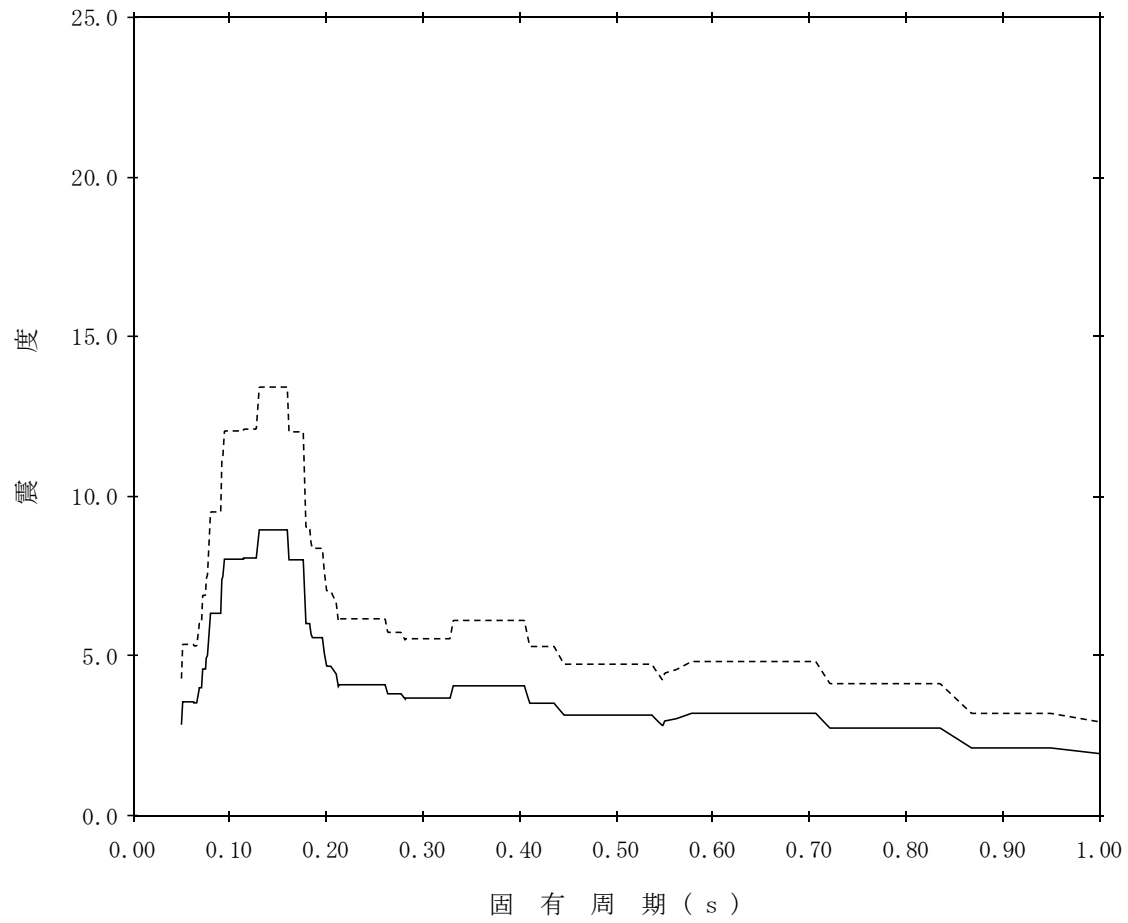
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR2】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

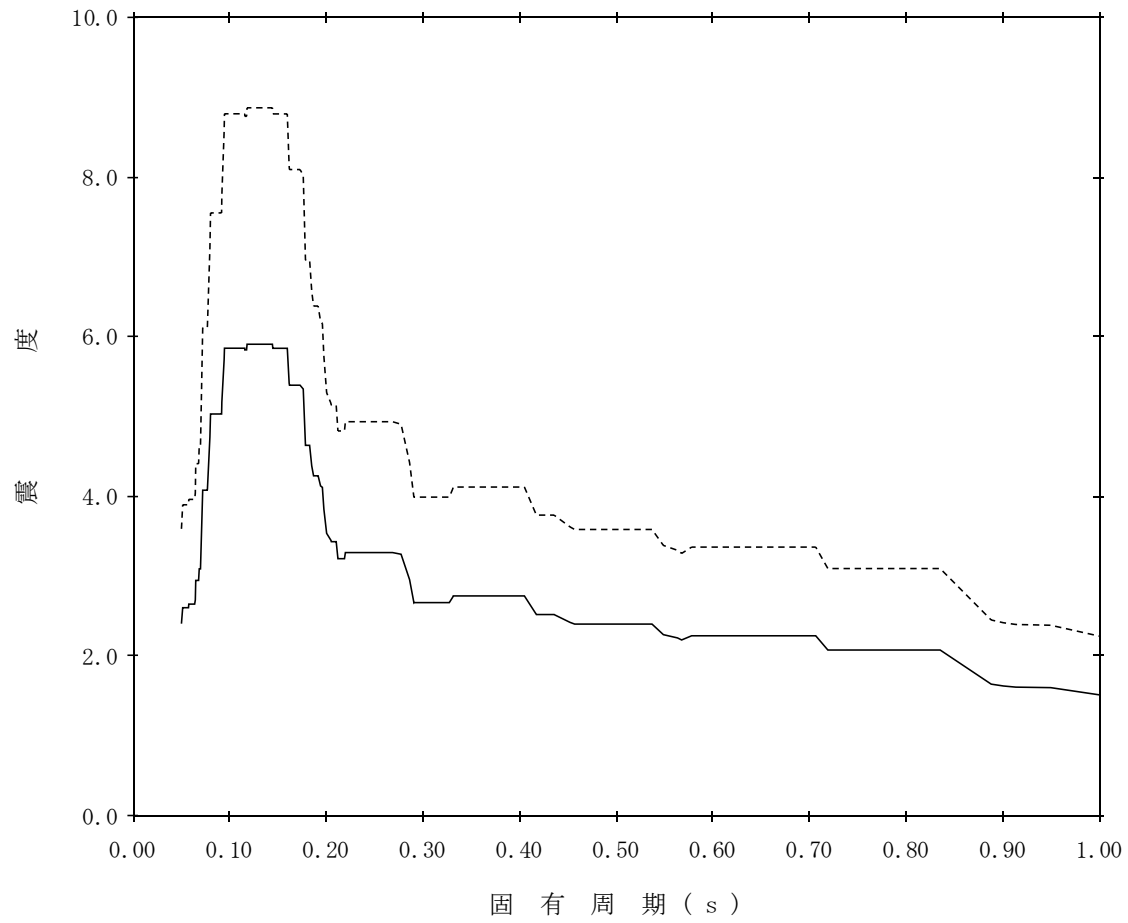
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：1.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR3】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

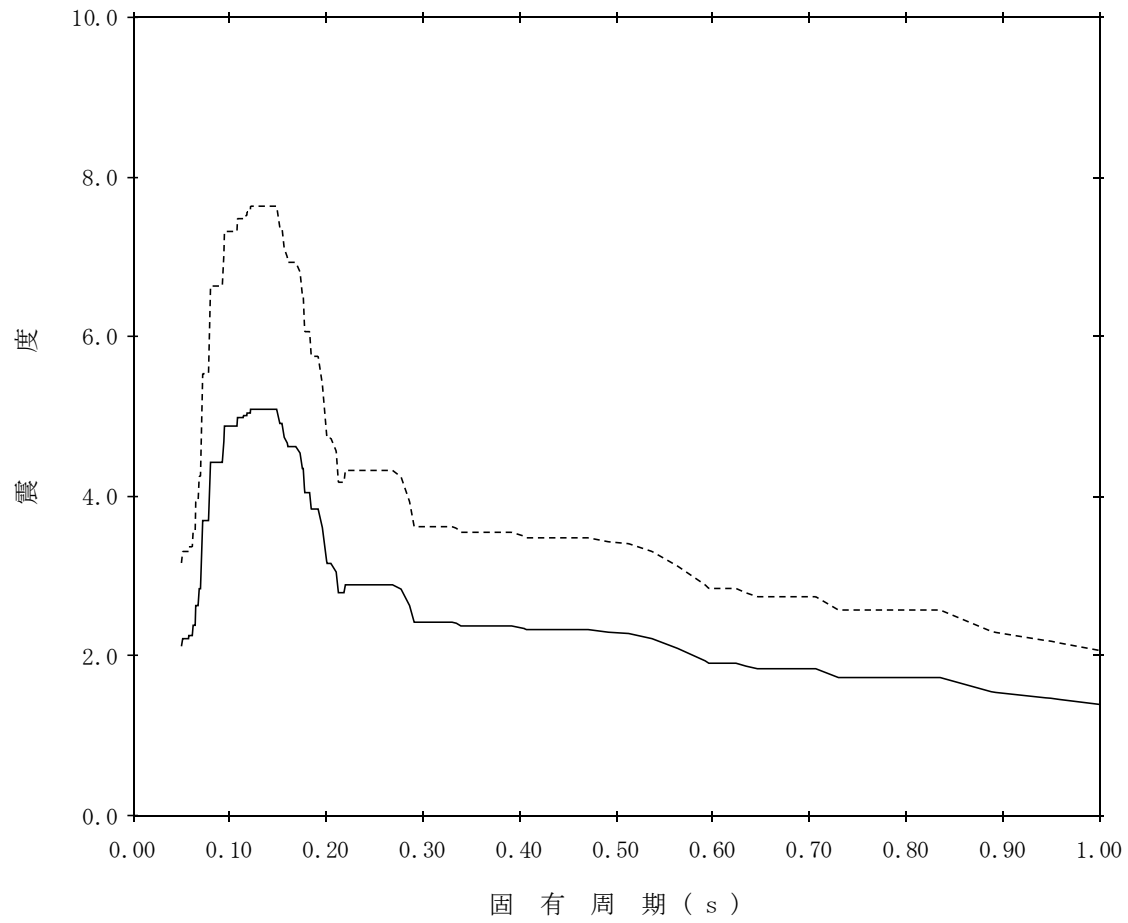
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：1.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR4】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

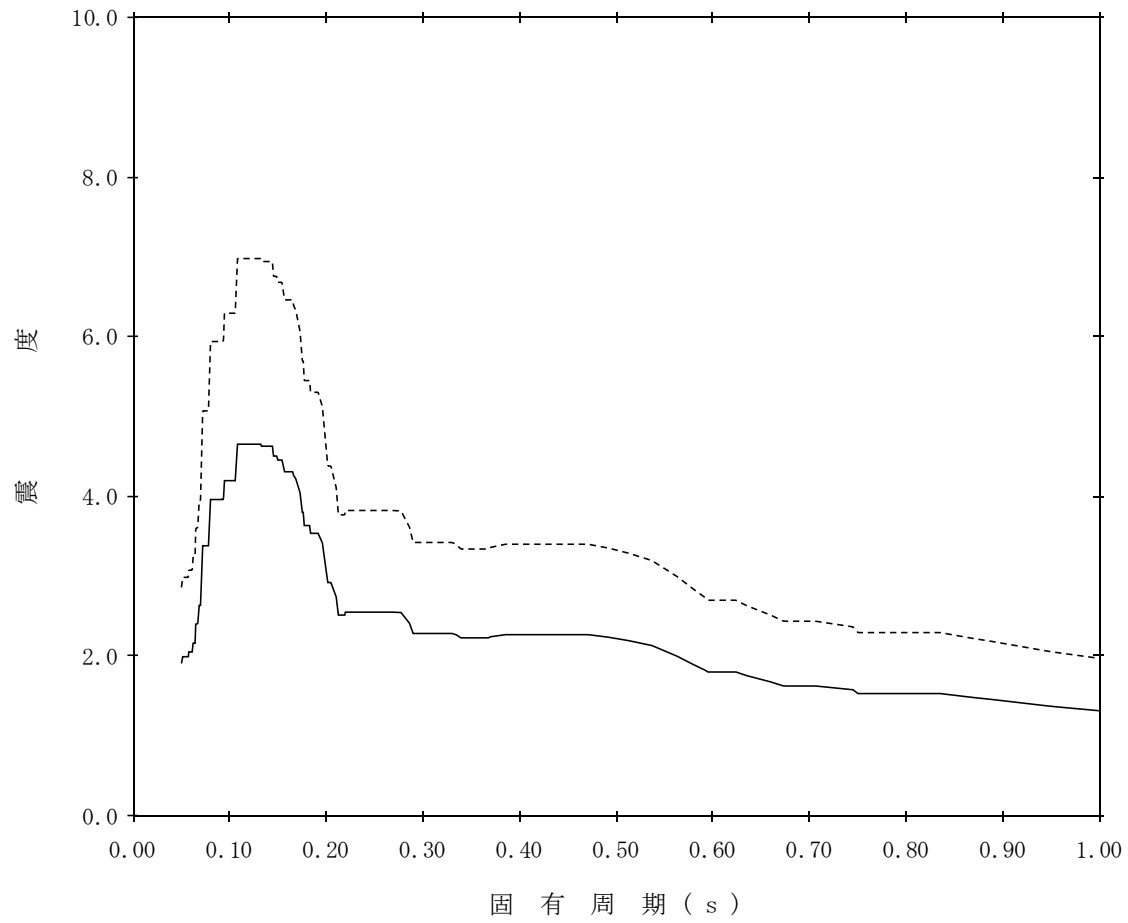
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR5】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

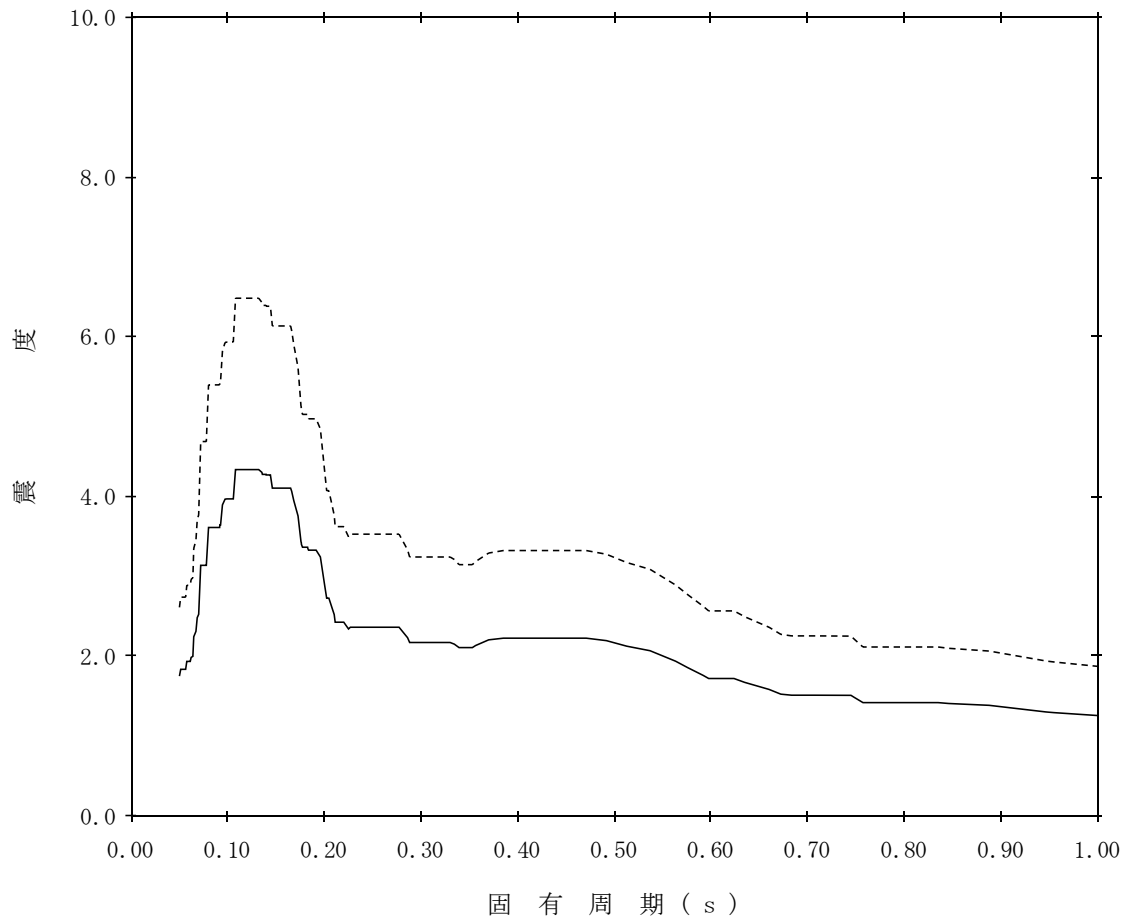
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：2.5%

波形名：基準地震動 S_s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR6】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

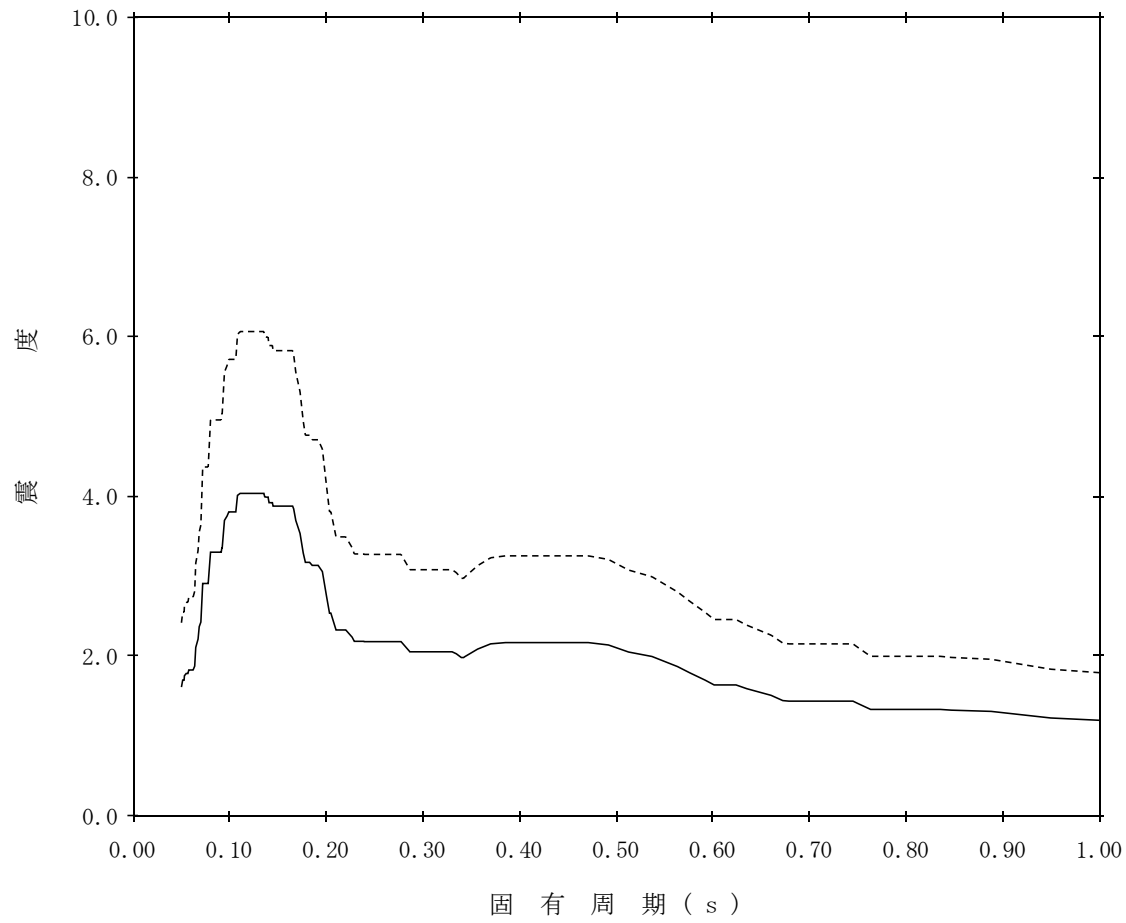
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：3.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR7】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

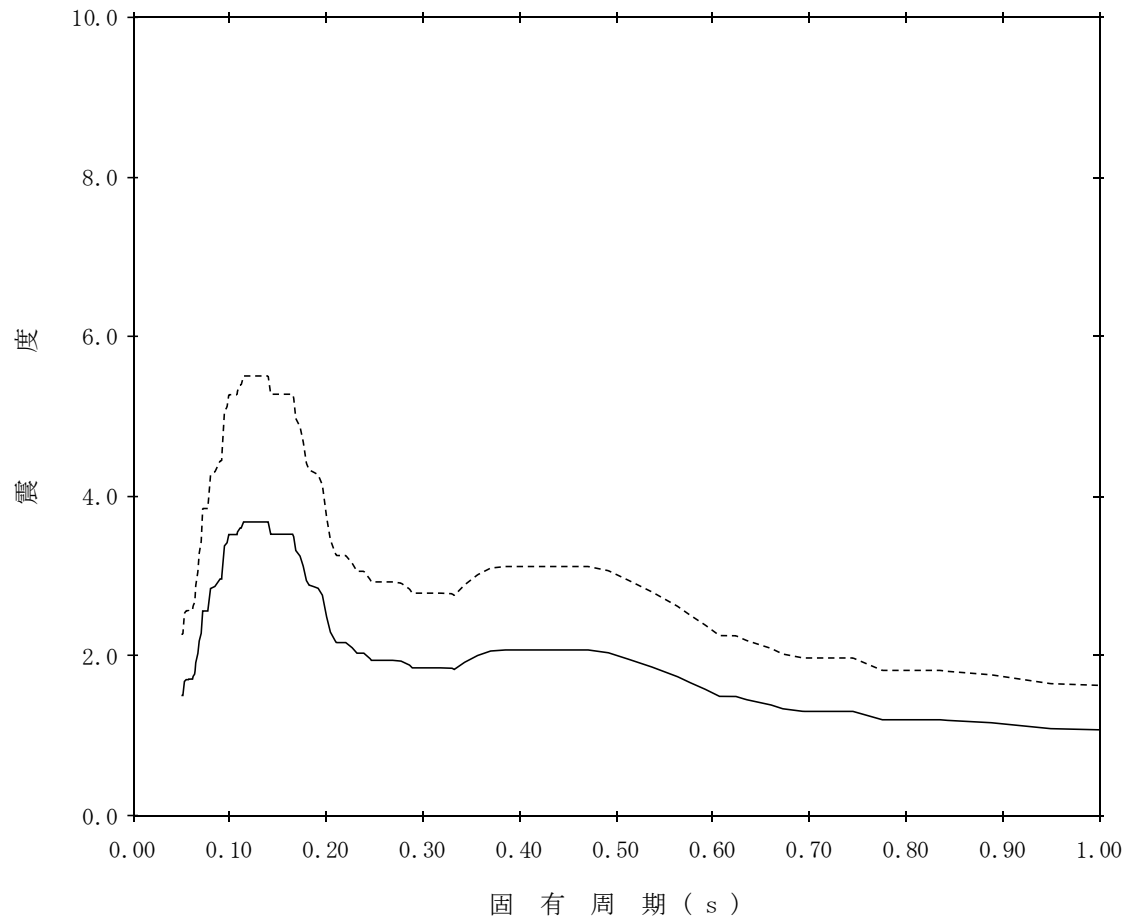
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：4.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR8】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

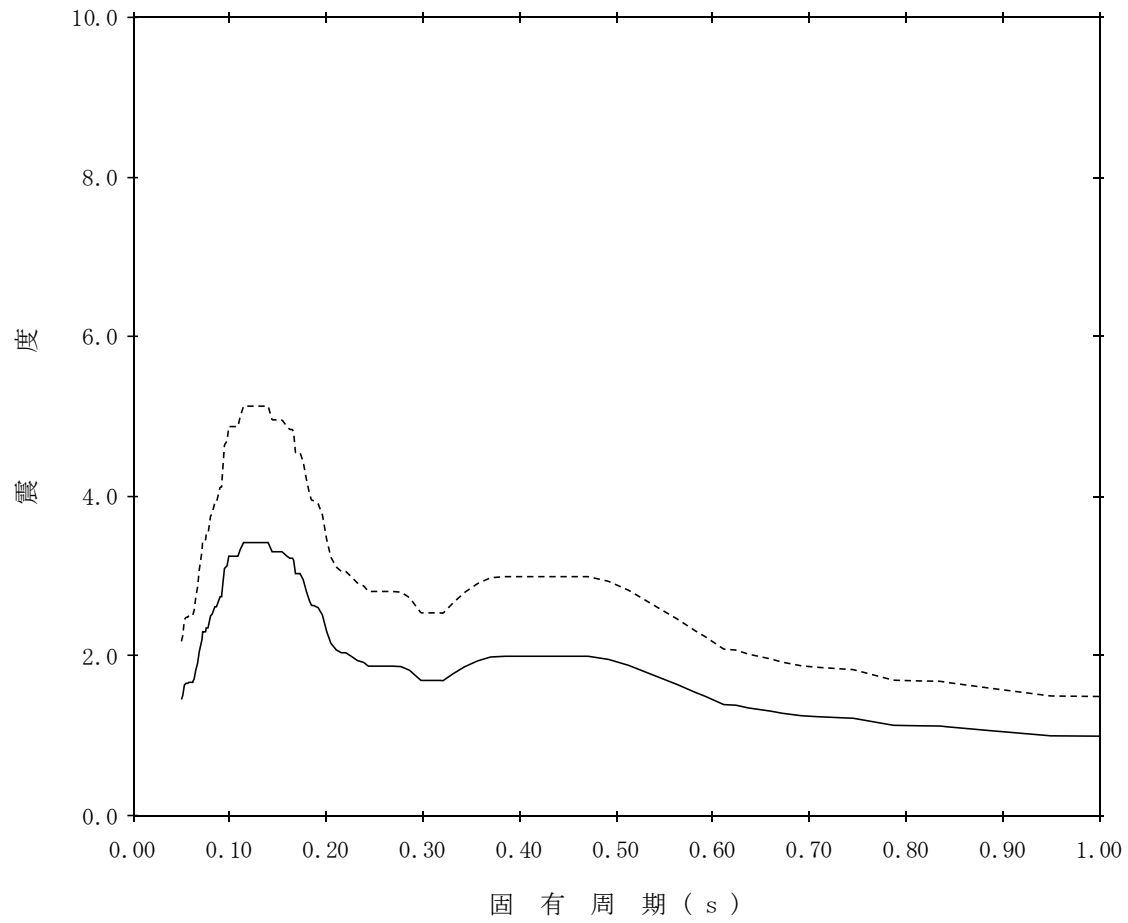
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：5.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR9】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

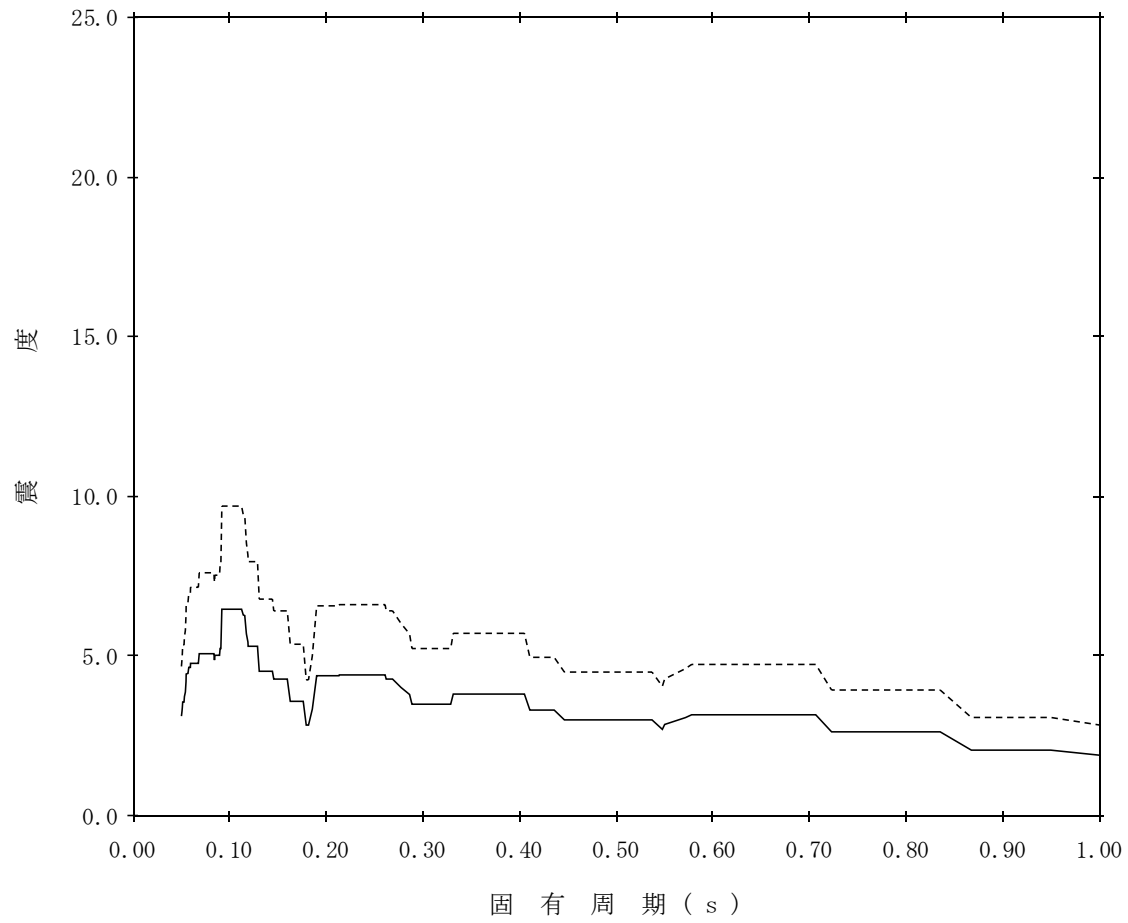
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR10】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

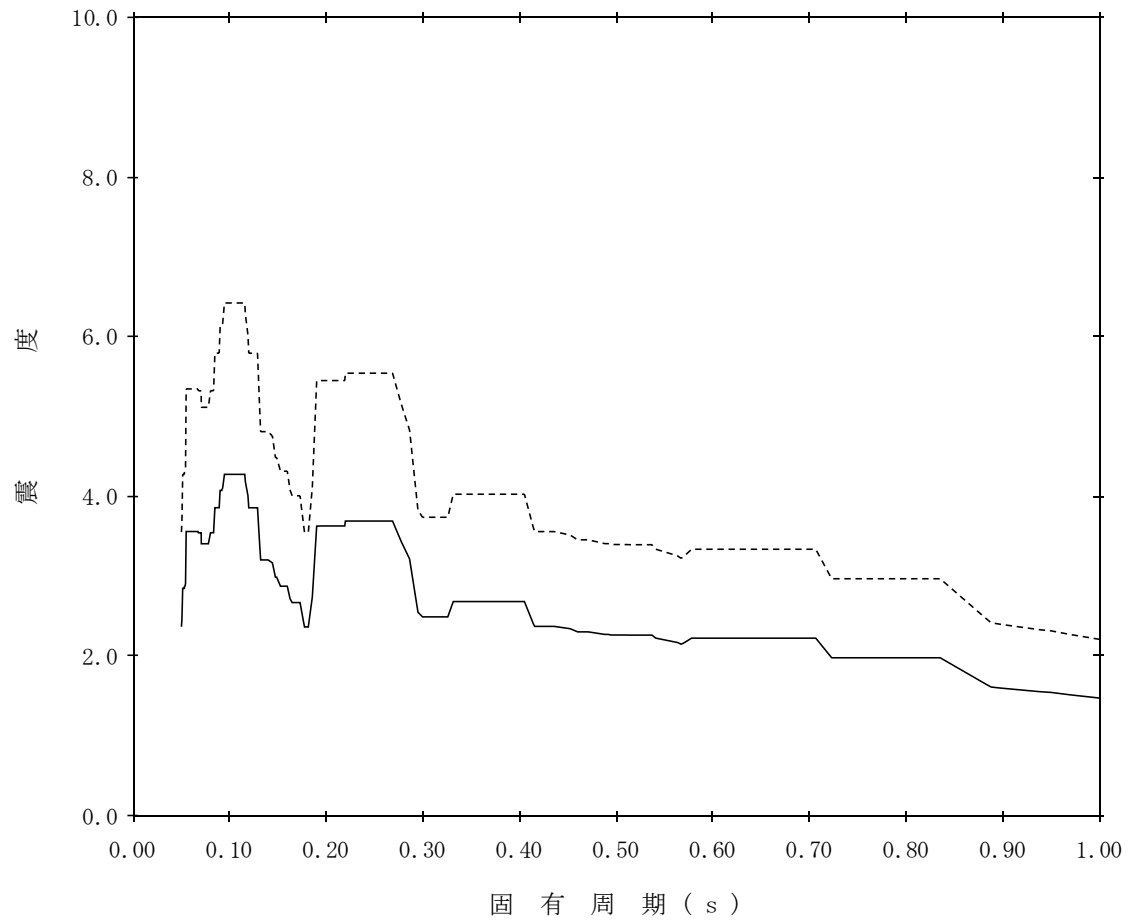
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：1.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR11】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

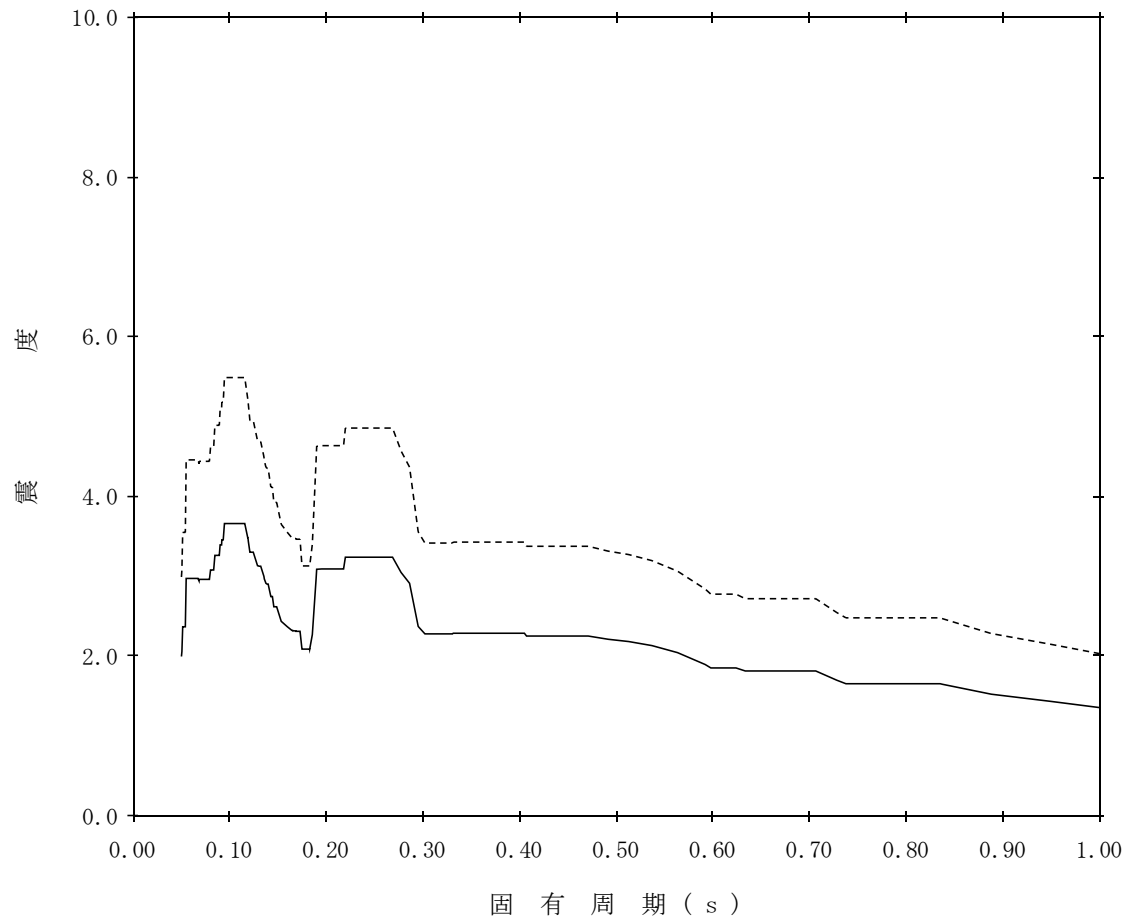
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：1.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR12】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

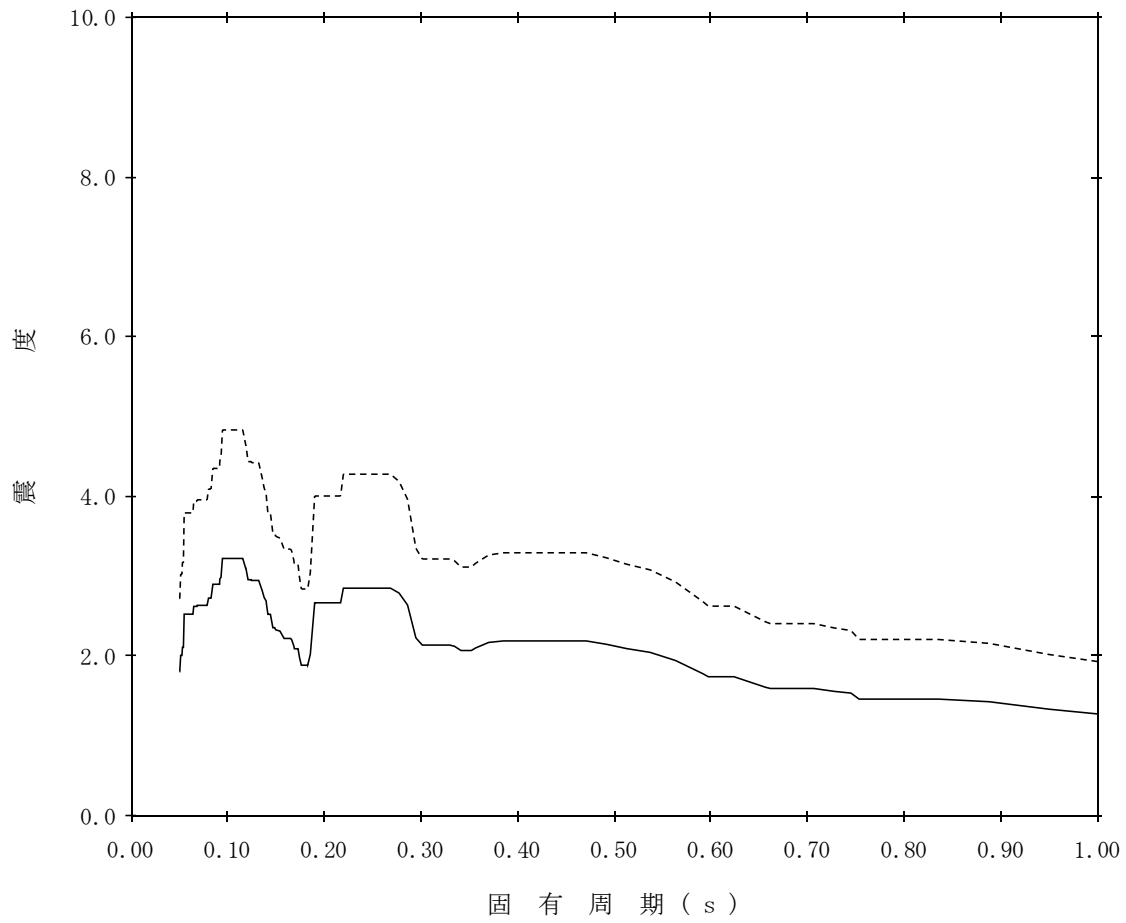
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S_s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR13】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

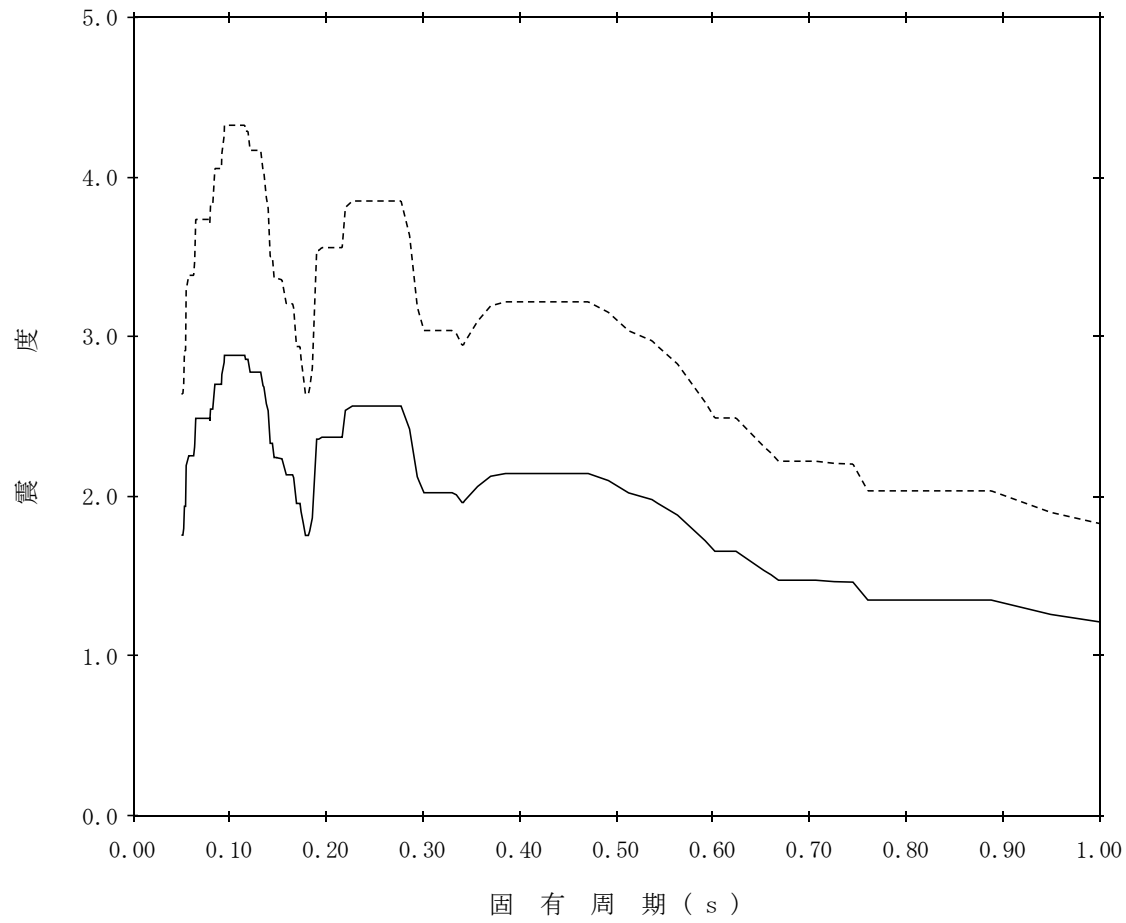
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：2.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR14】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

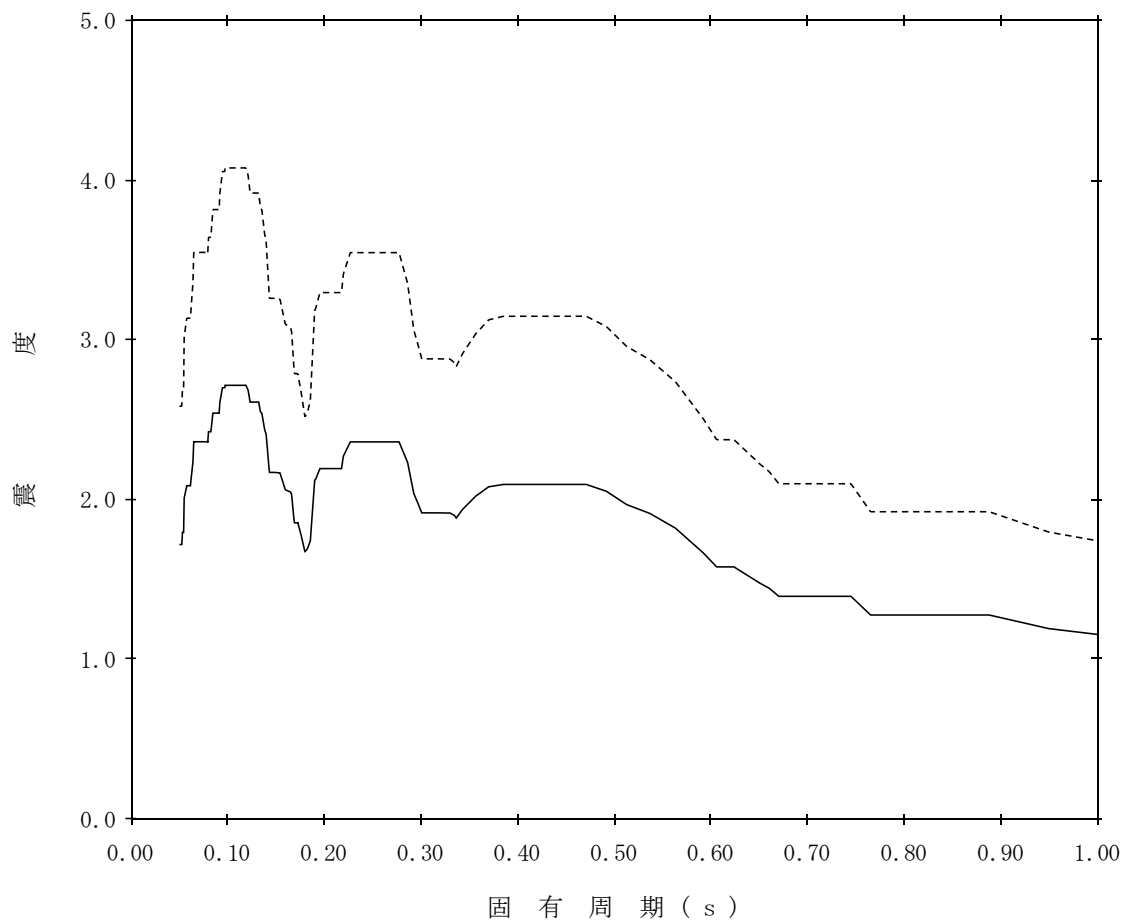
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：3.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR15】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

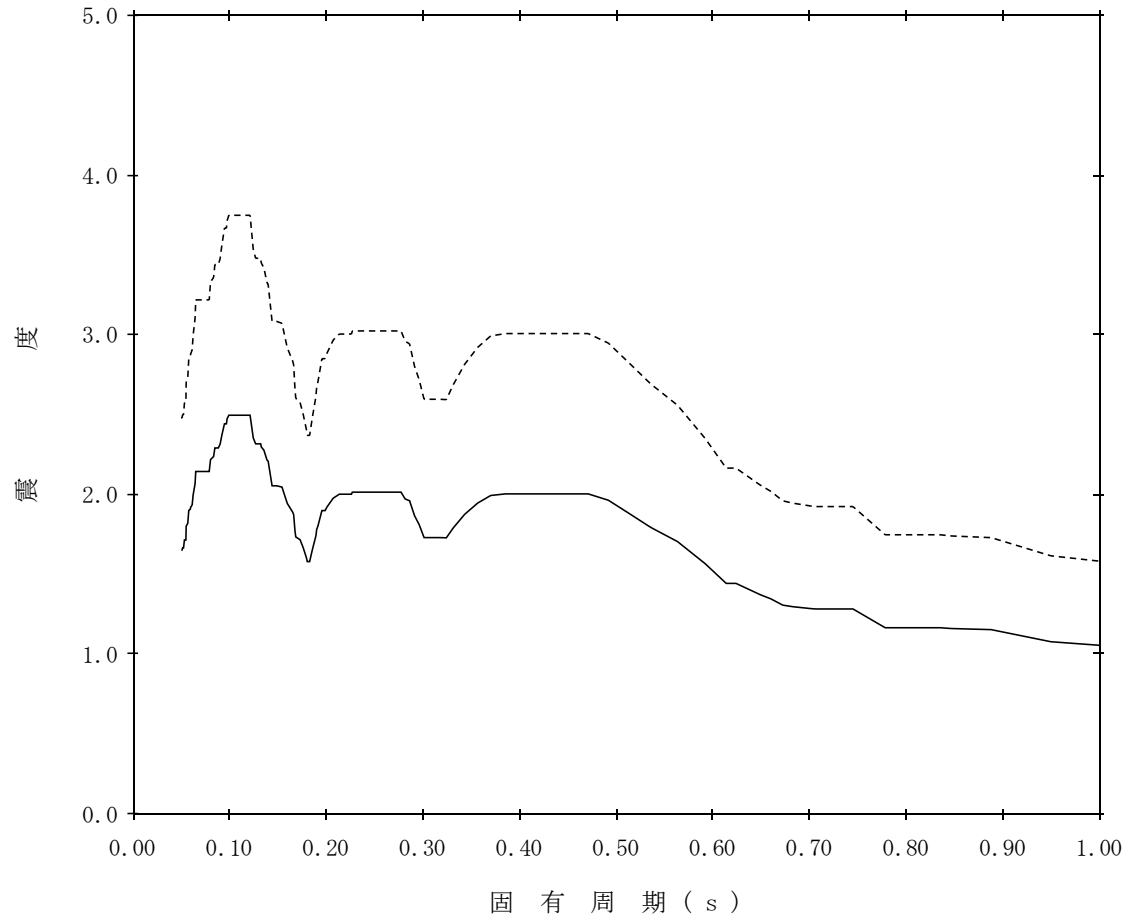
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：4.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR16】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

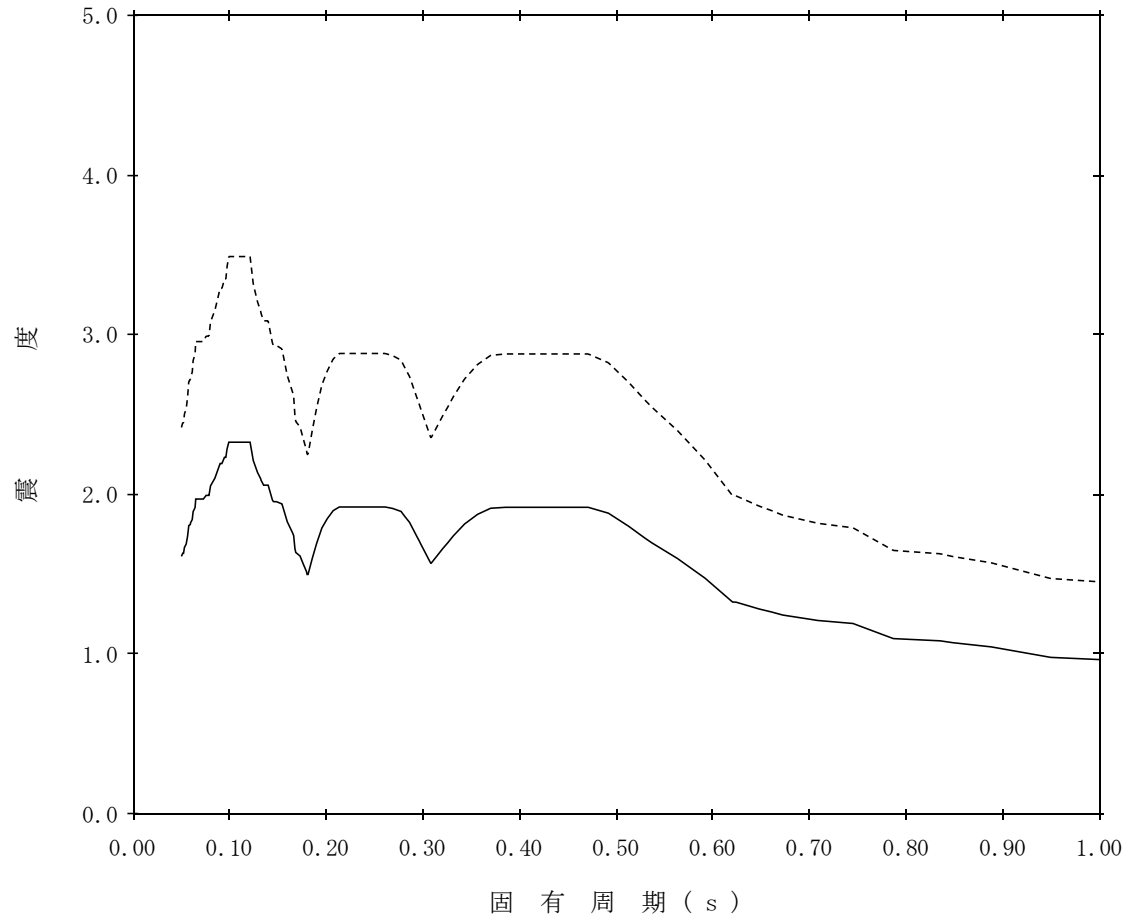
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：5.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR17】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

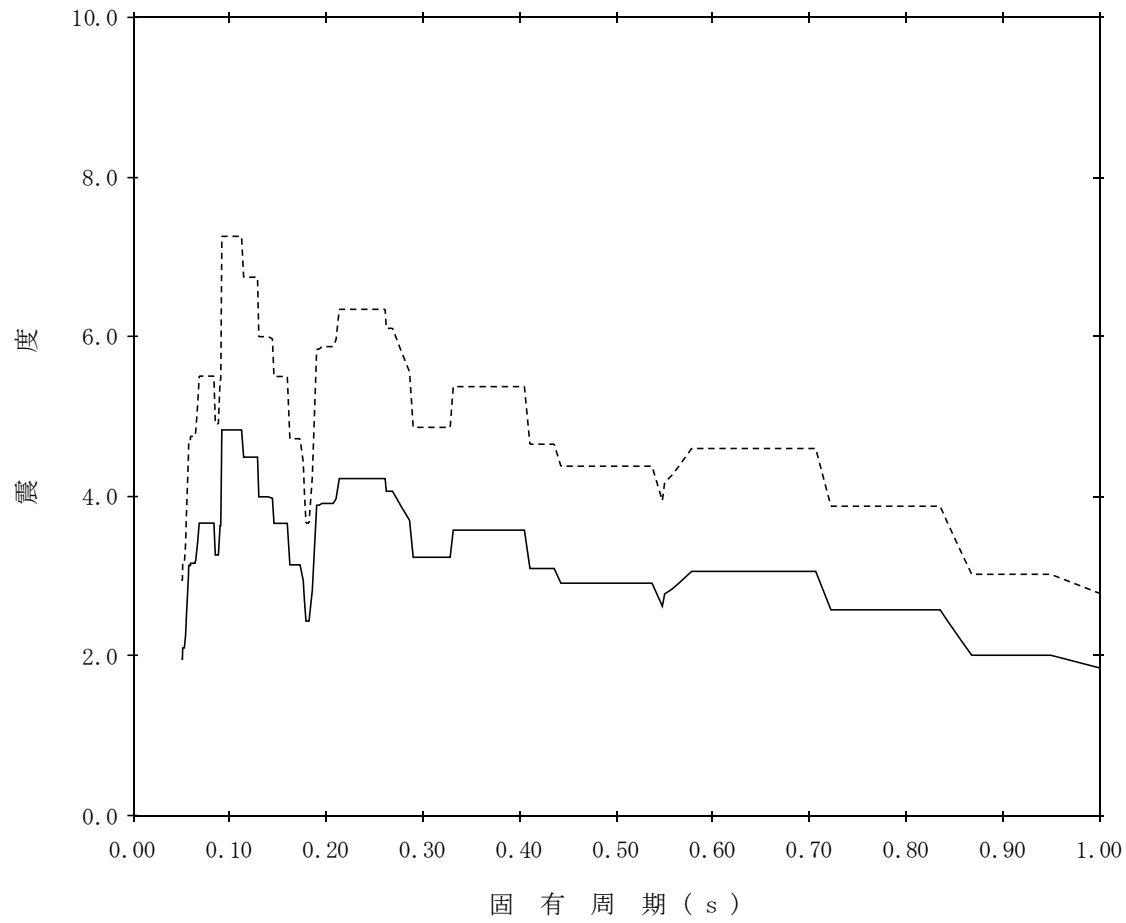
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR18】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

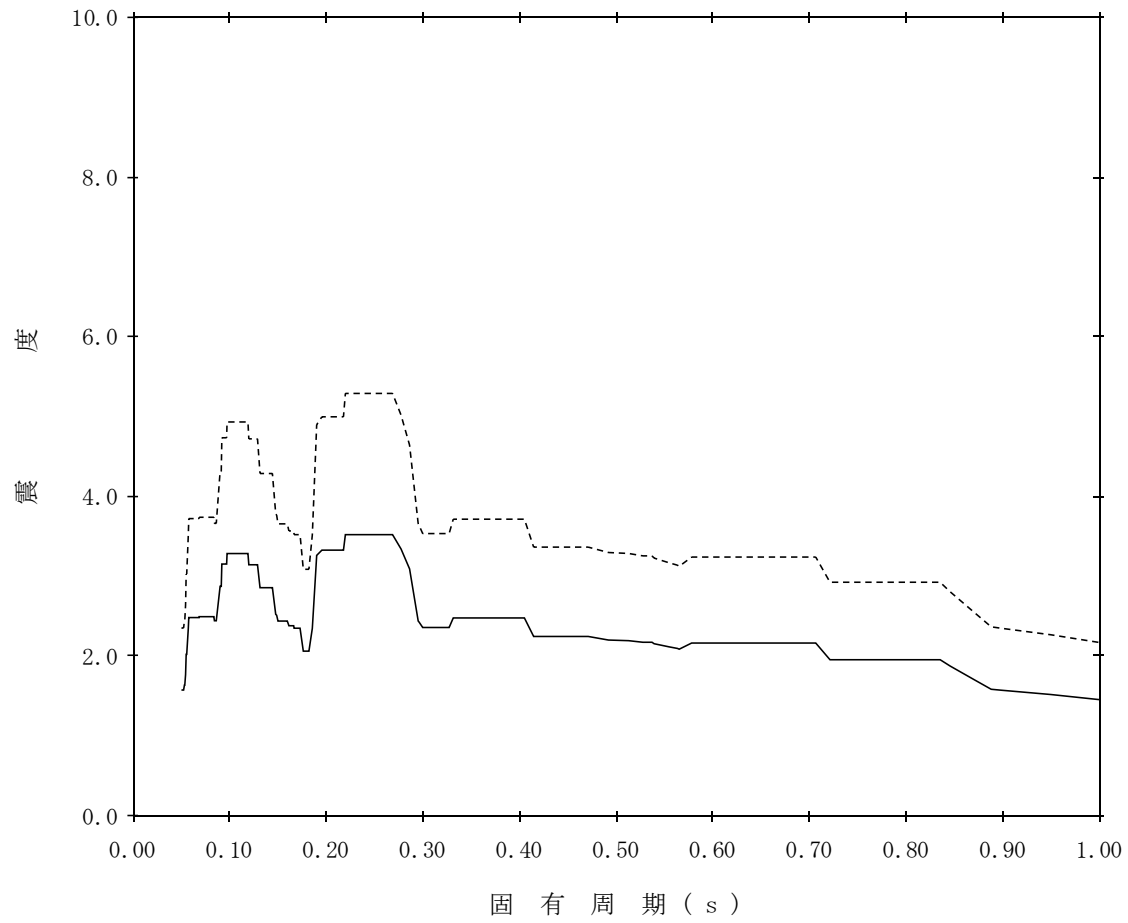
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：1.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR19】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

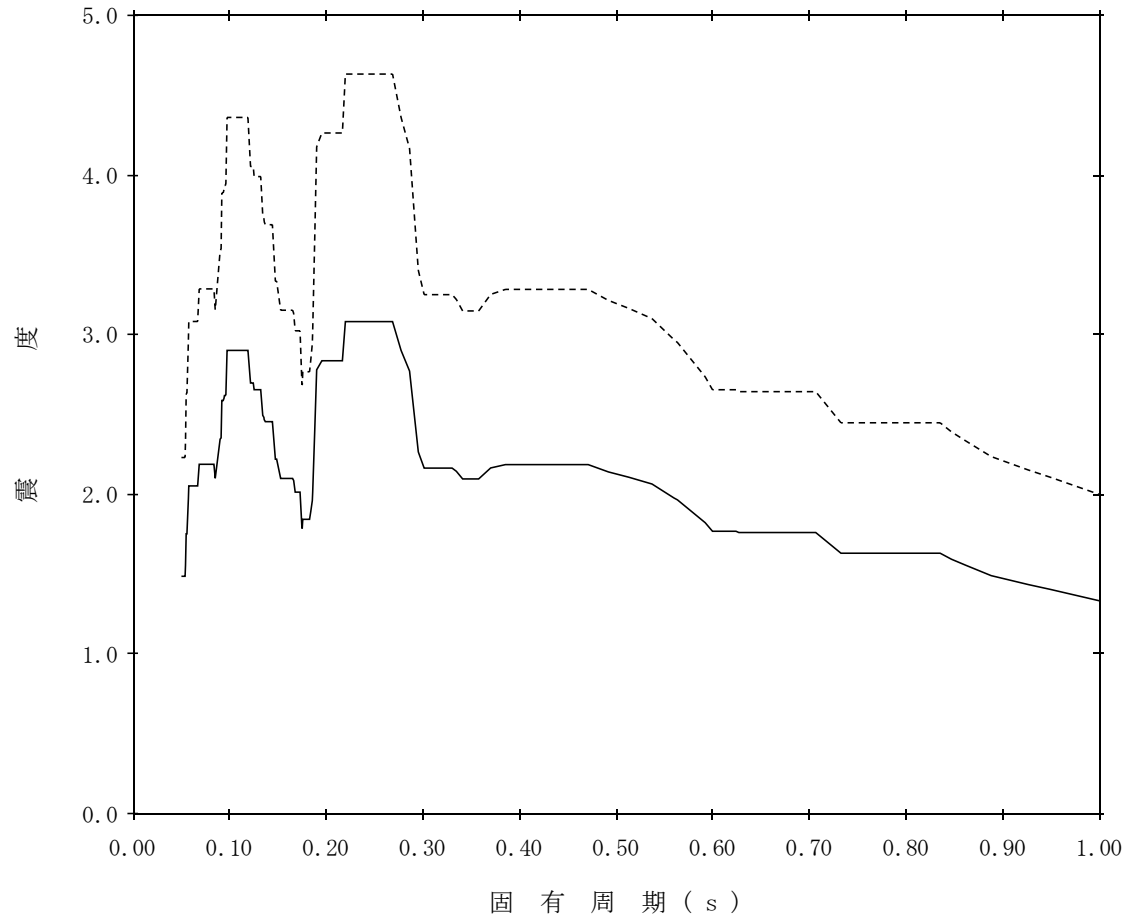
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：1.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR20】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

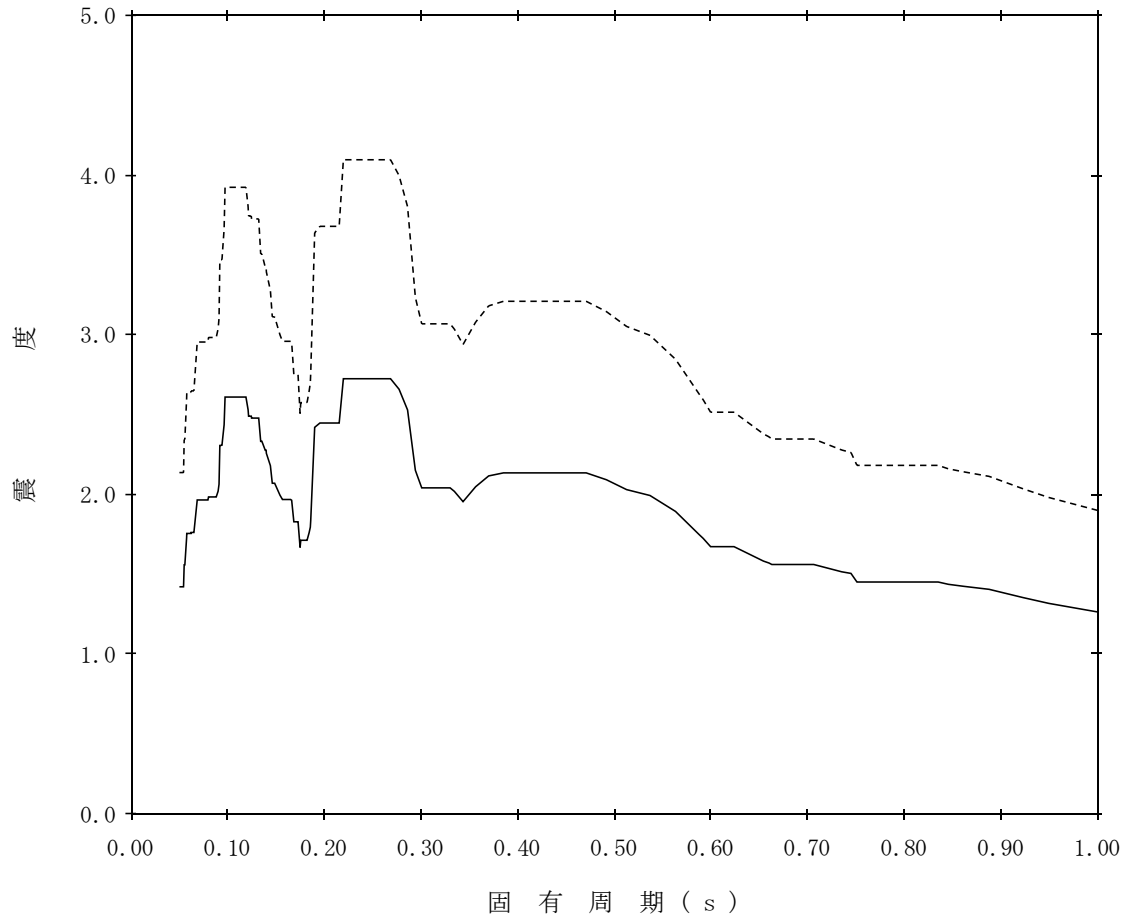
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR21】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

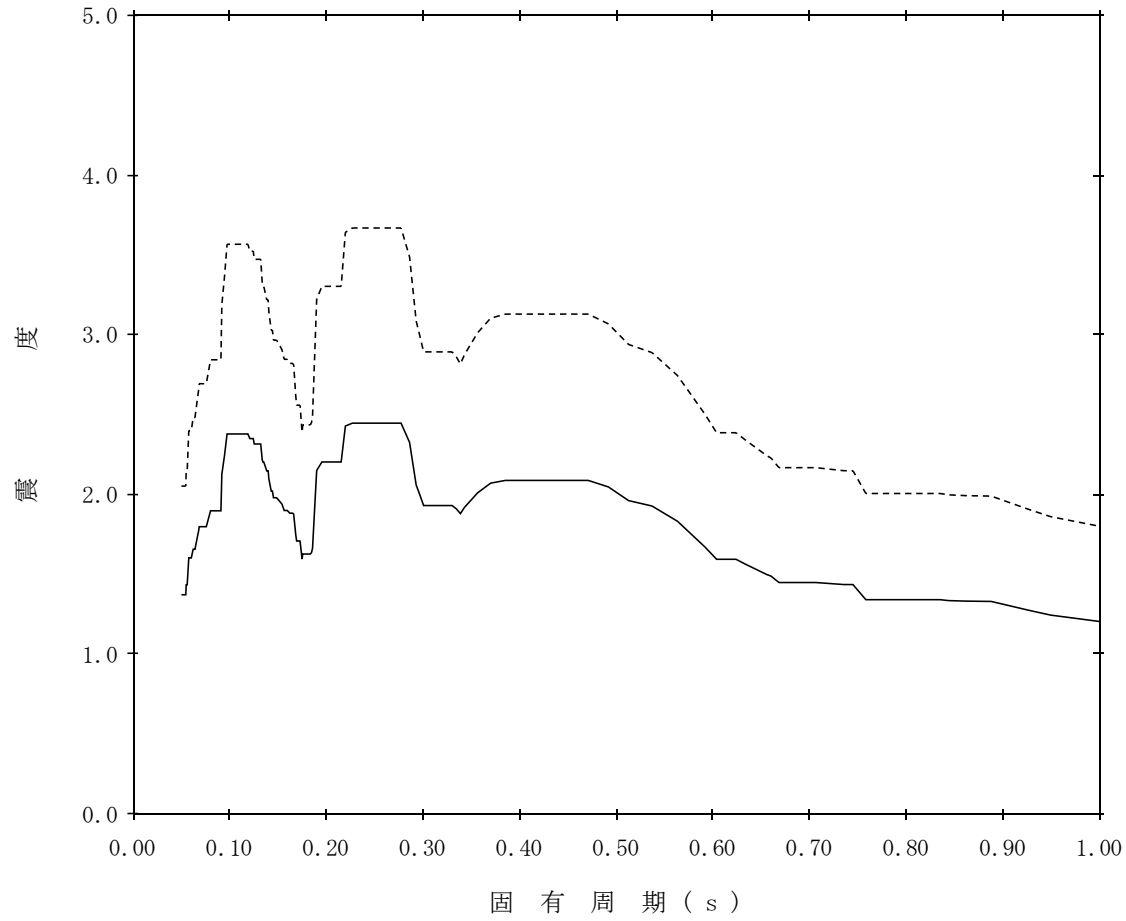
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：2.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR22】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

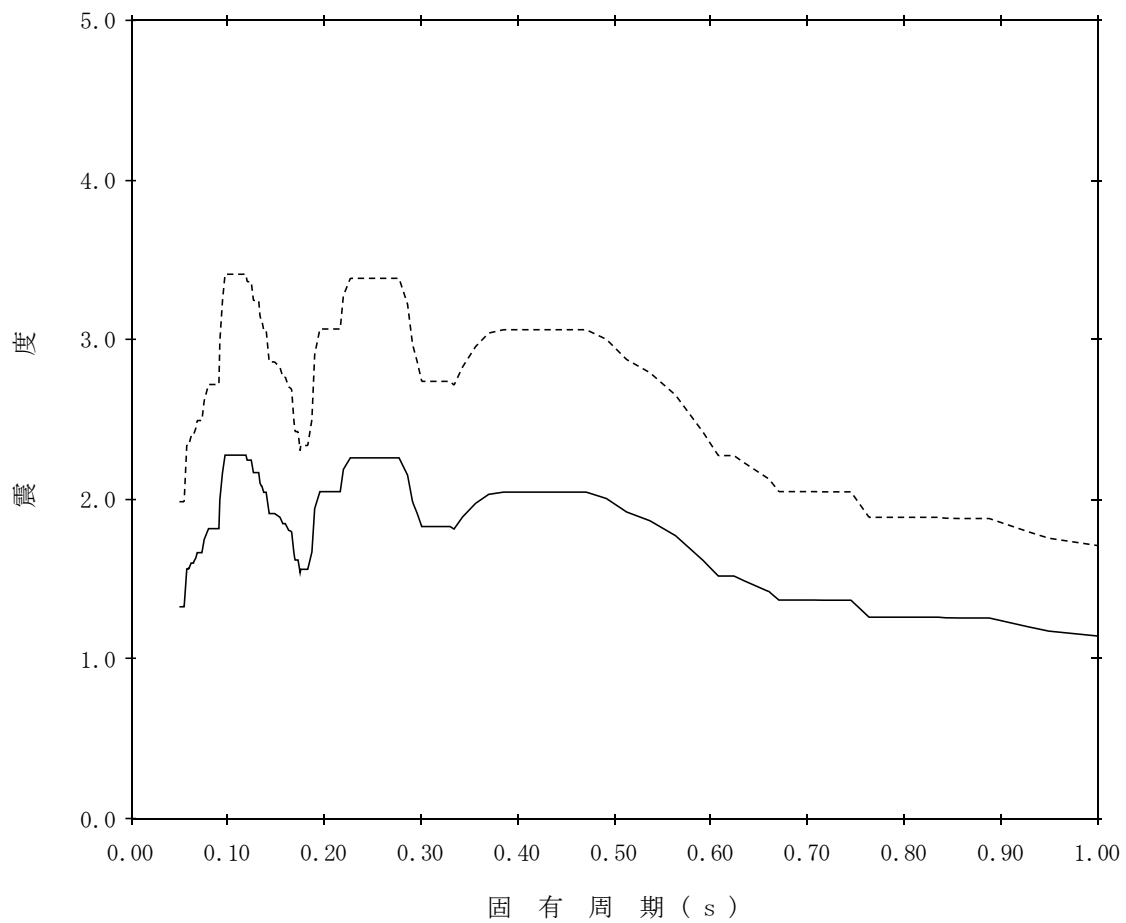
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：3.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR23】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

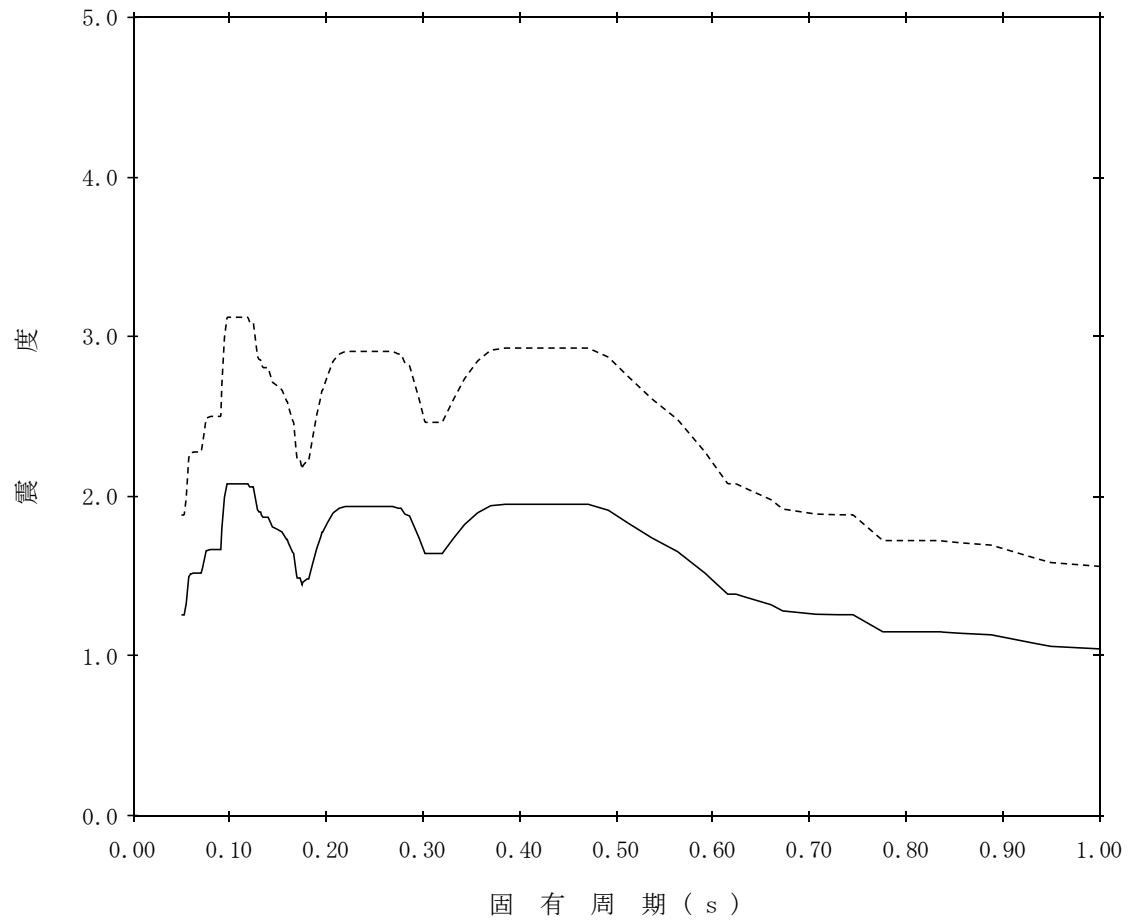
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：4.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR24】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

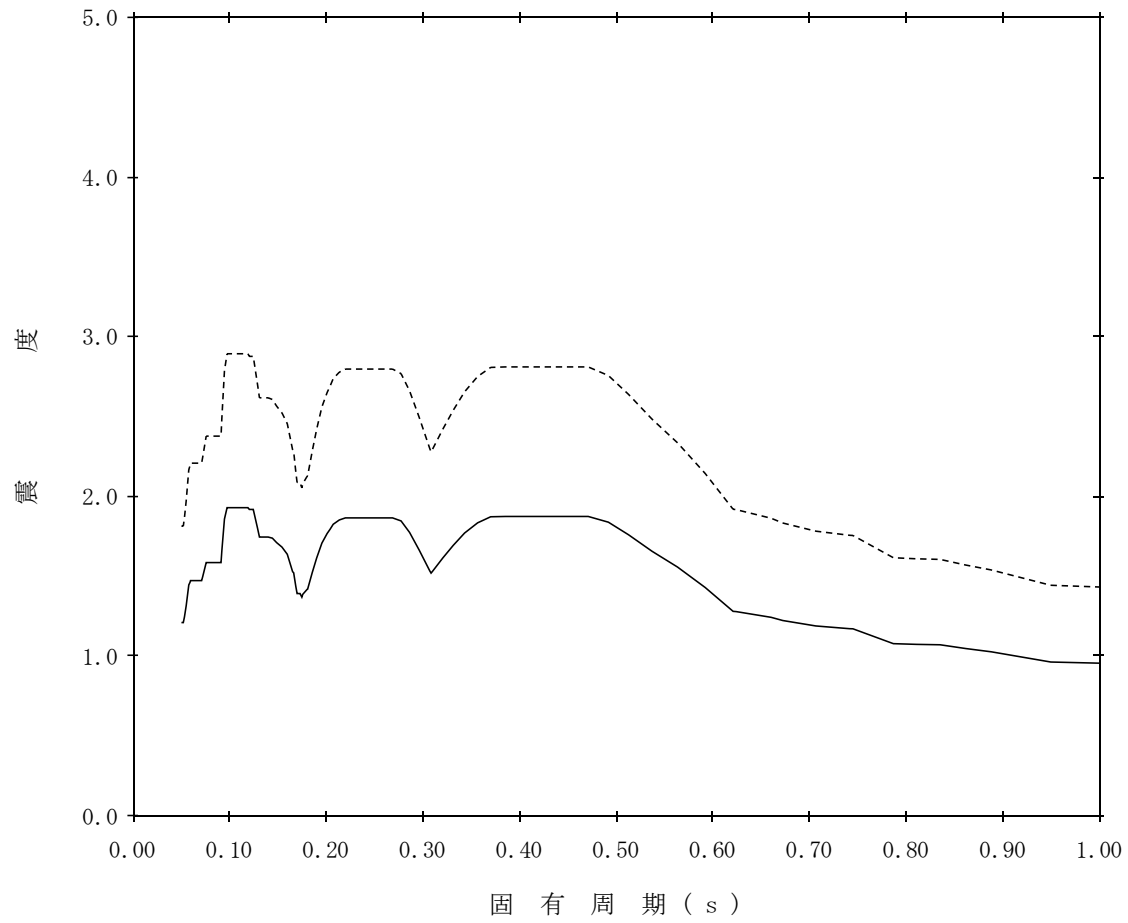
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：5.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



S2 補 VI-2-別添 7-2-1 R0

【NS2-FLSR-SsNS-FLSR25】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

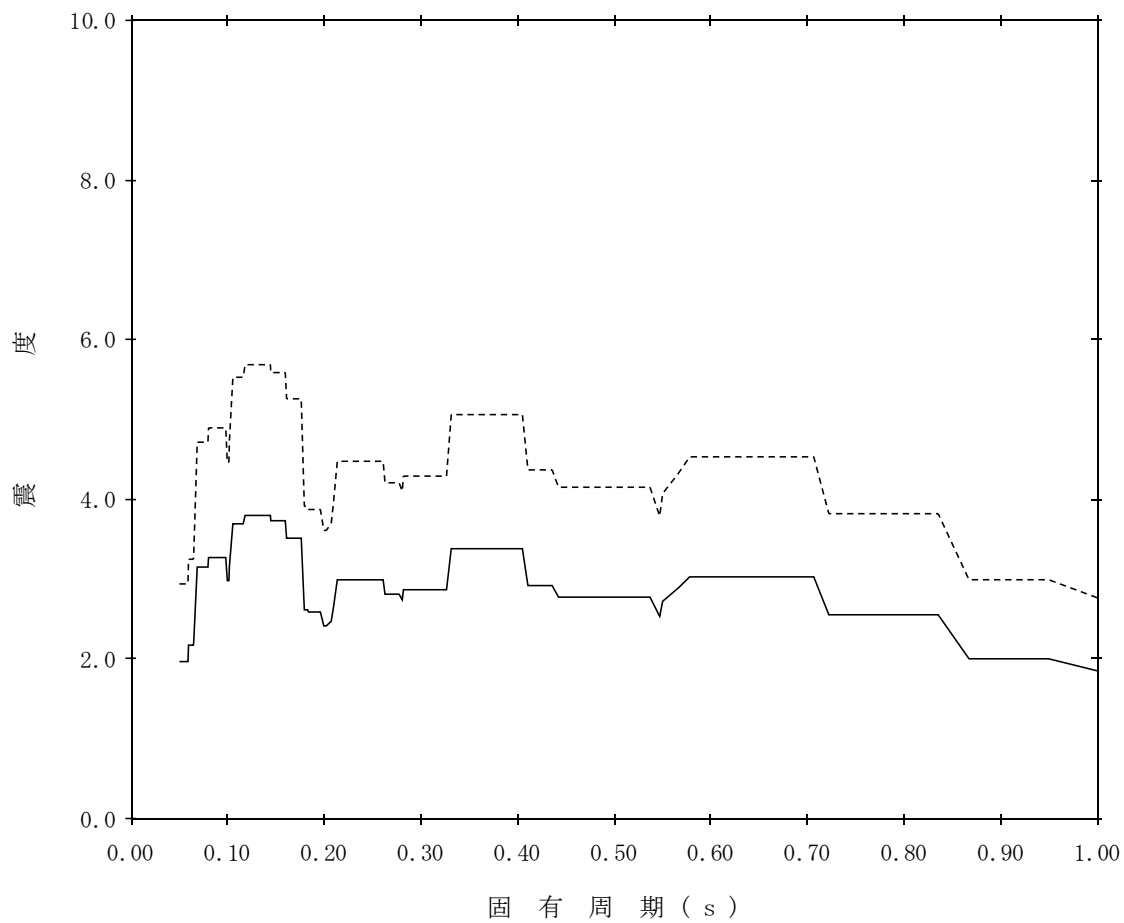
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



S2 補 VI-2-別添 7-2-1 R0

【NS2-FLSR-SsNS-FLSR26】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

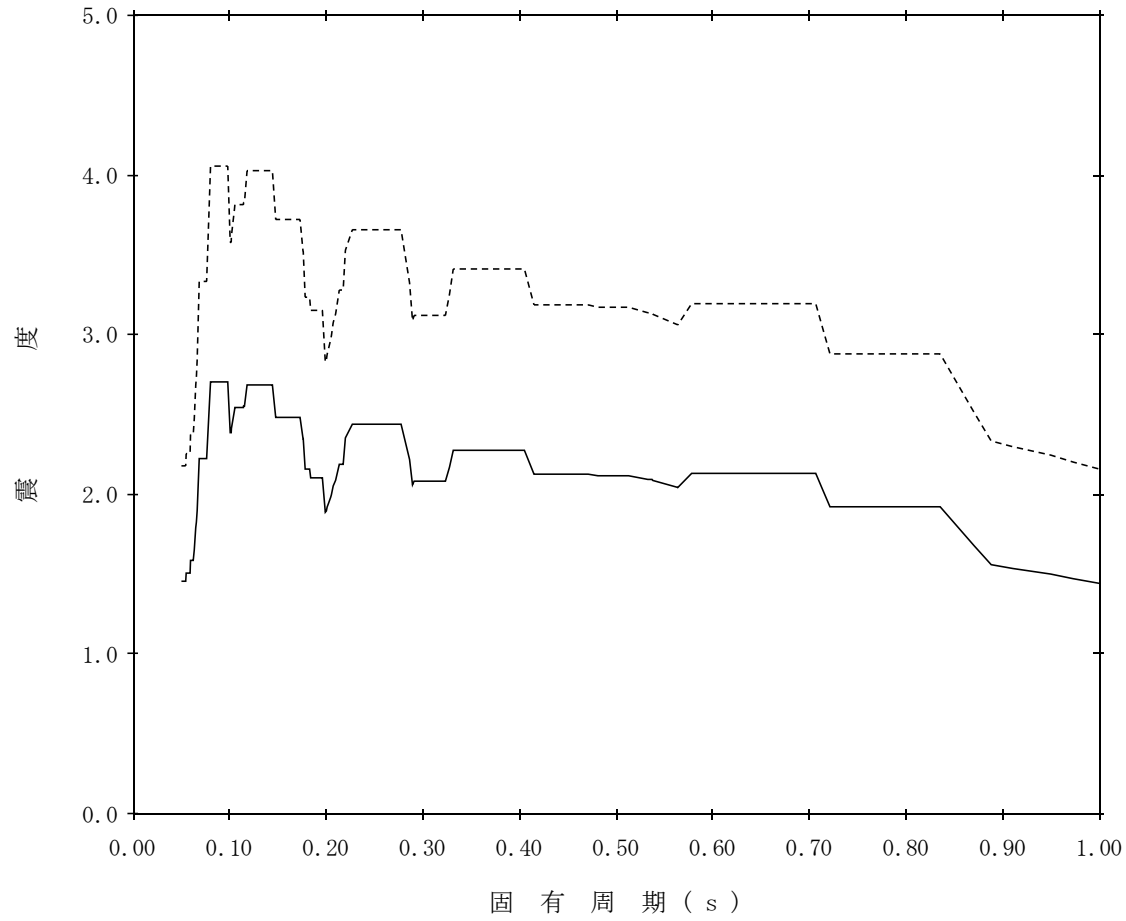
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：1.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR27】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

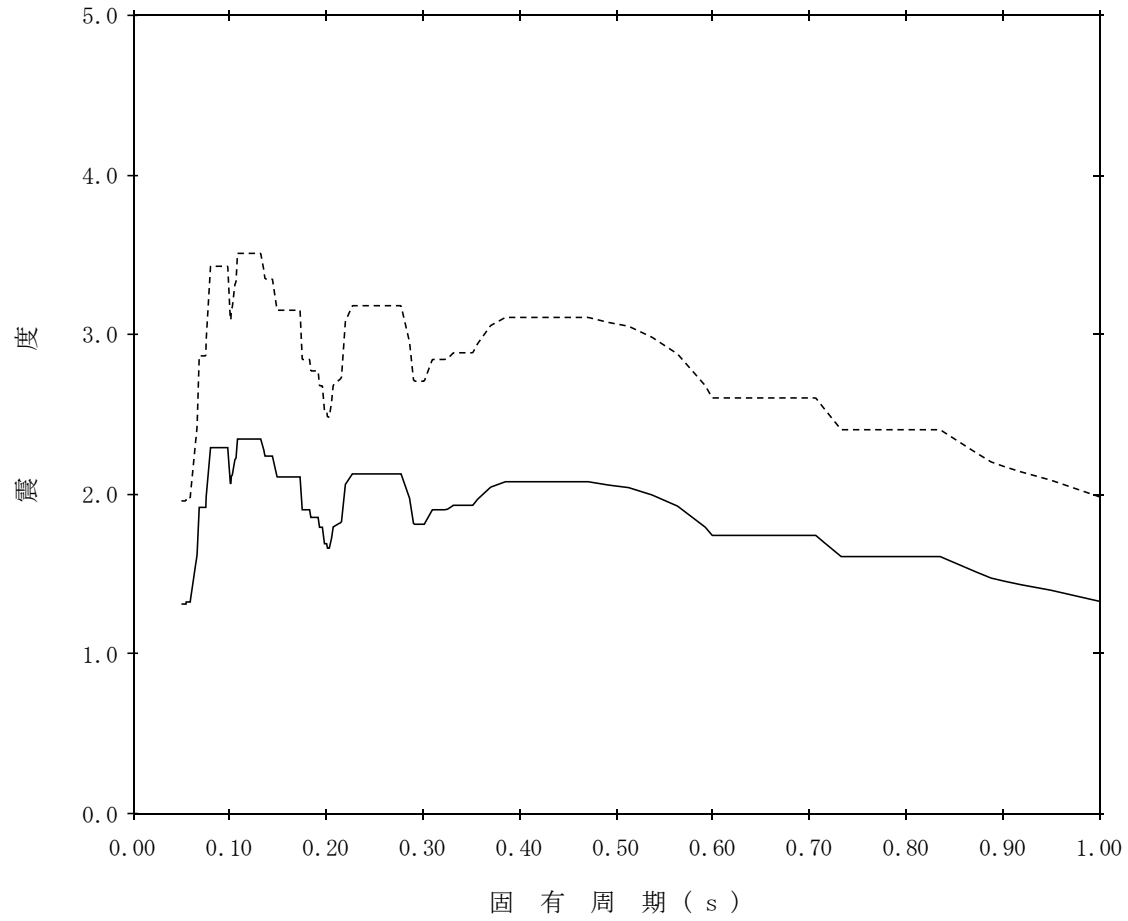
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：1.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR28】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

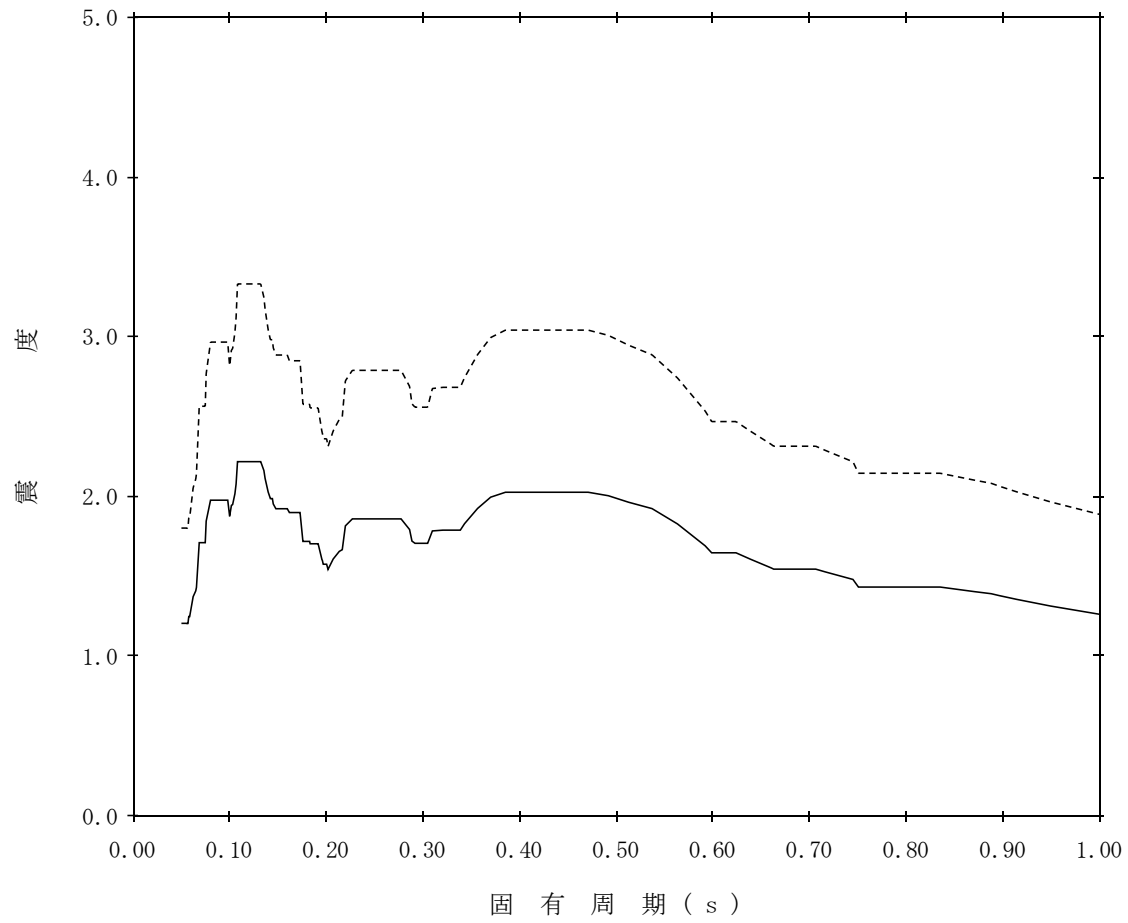
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR29】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

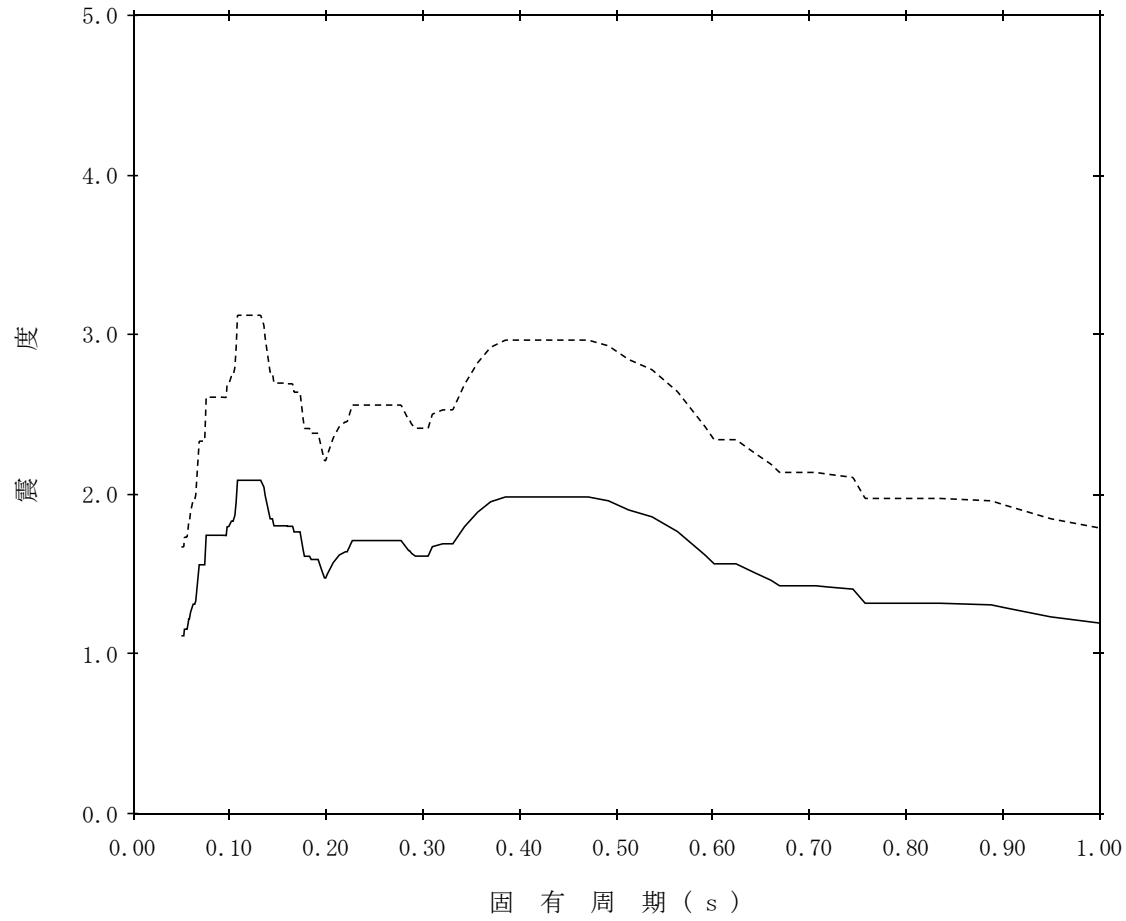
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：2.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR30】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

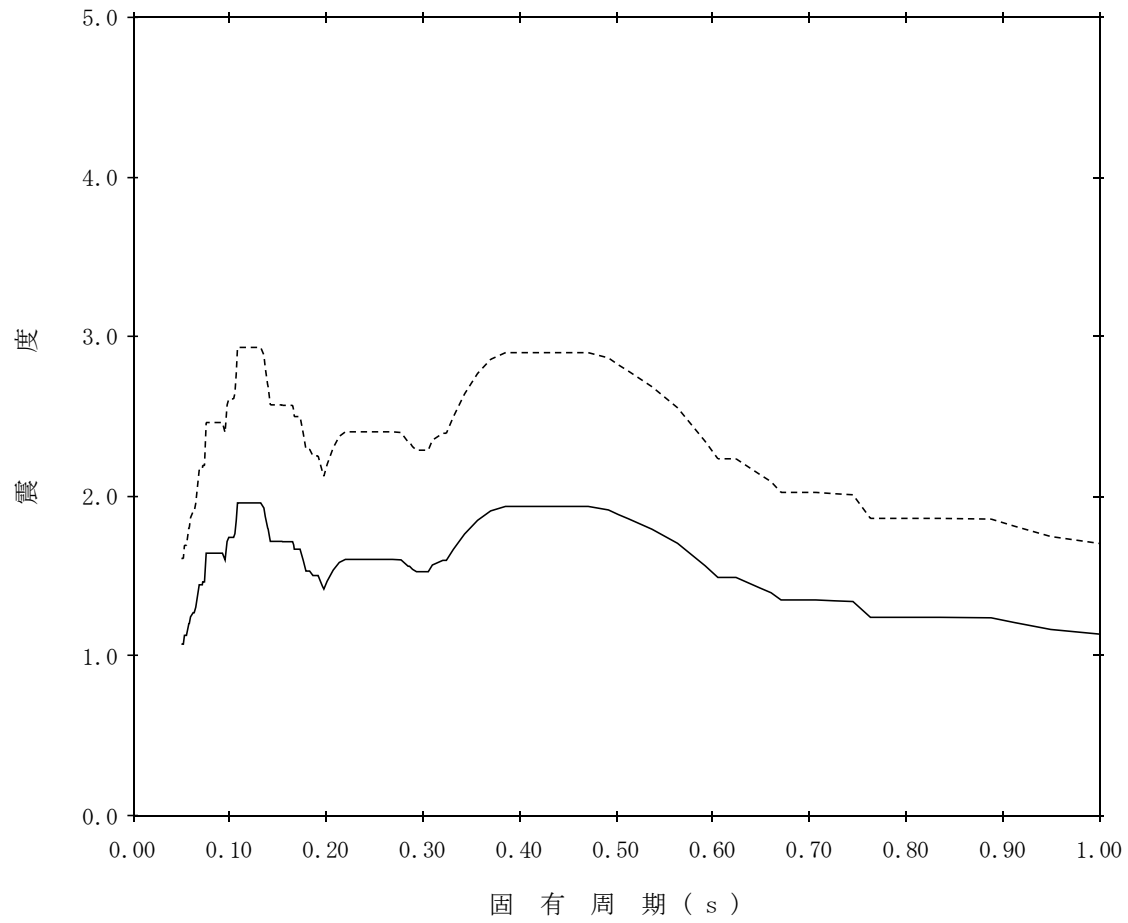
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：3.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR31】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

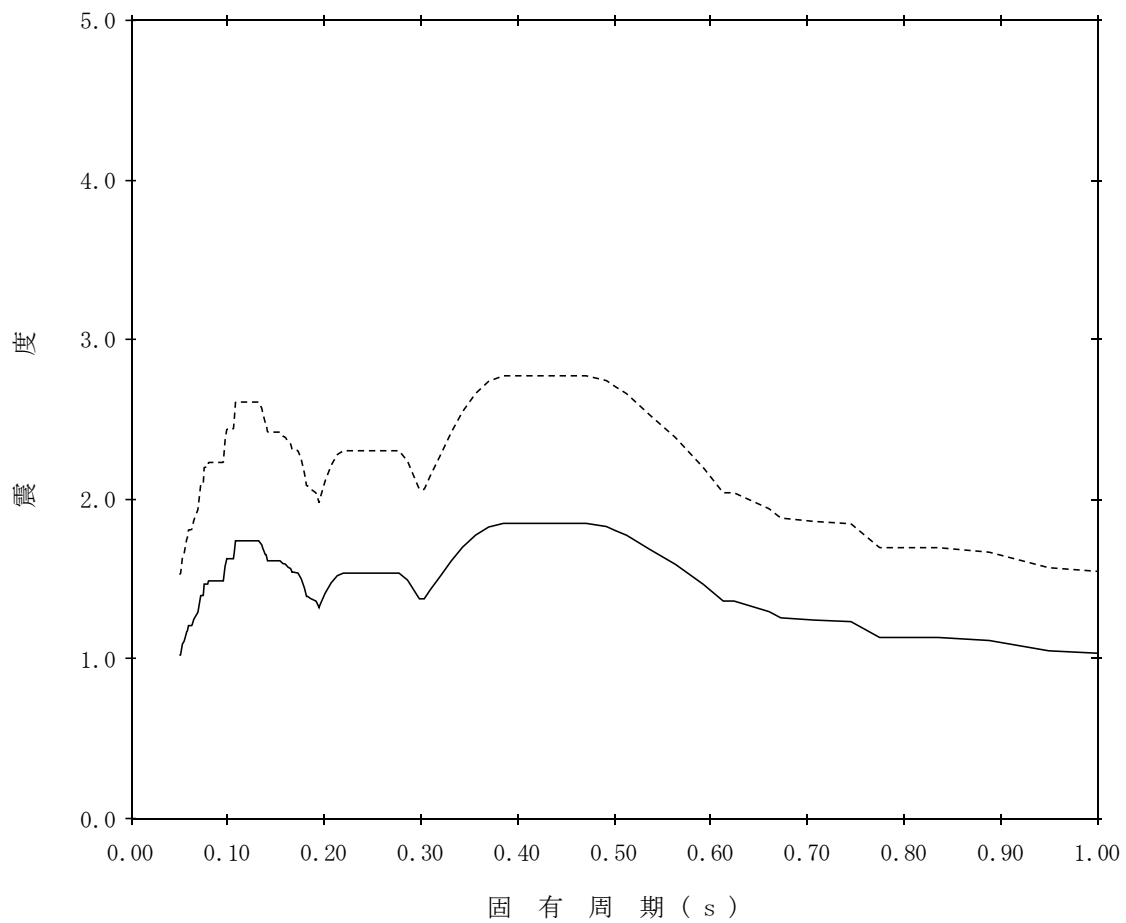
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：4.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsNS-FLSR32】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

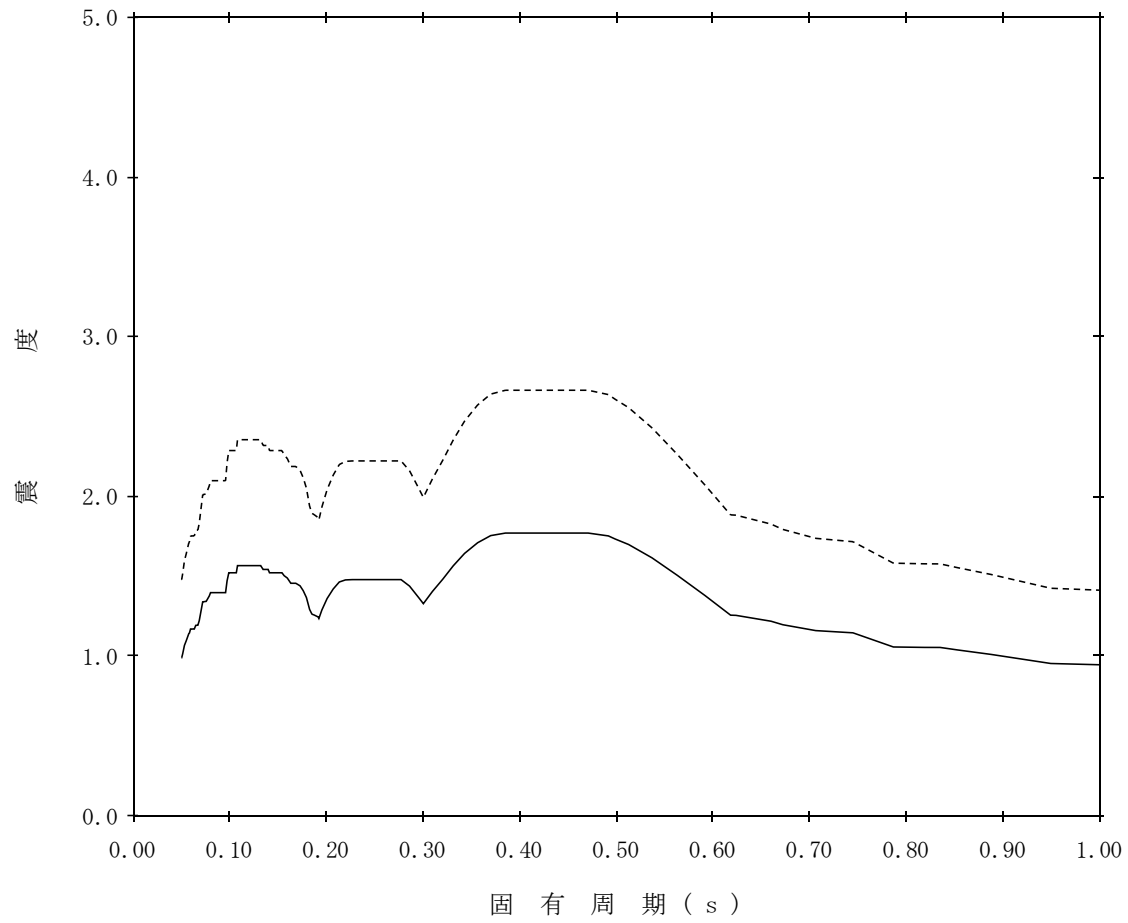
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（NS方向）

減衰定数：5.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（NS方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR1】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

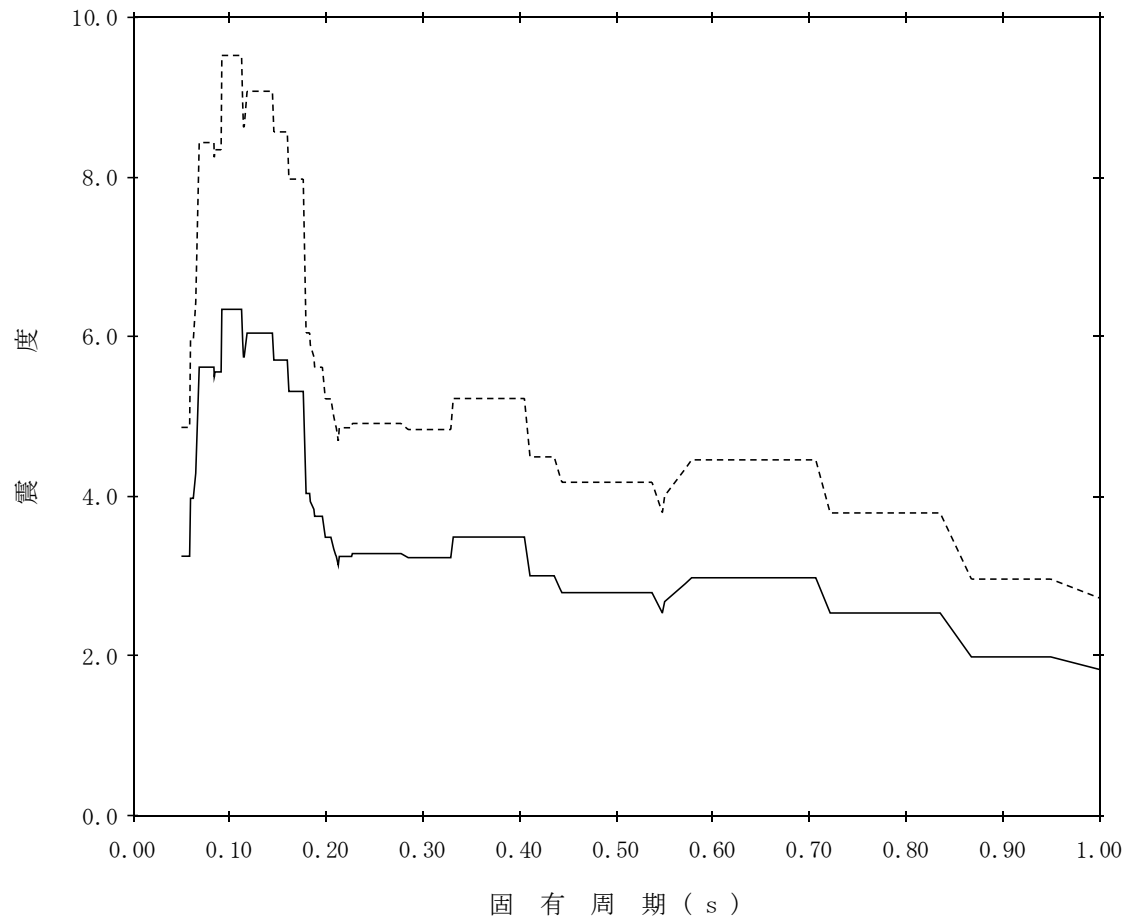
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR2】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

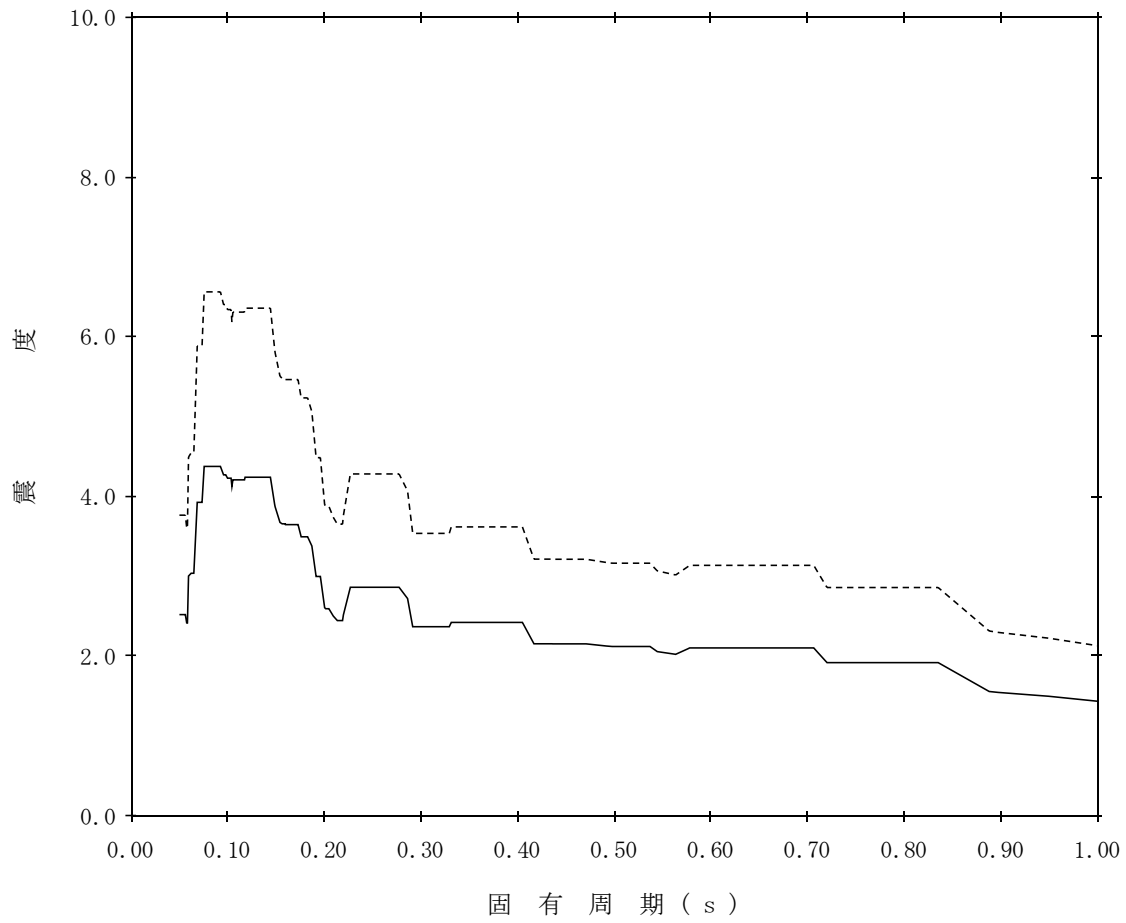
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：1.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR3】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

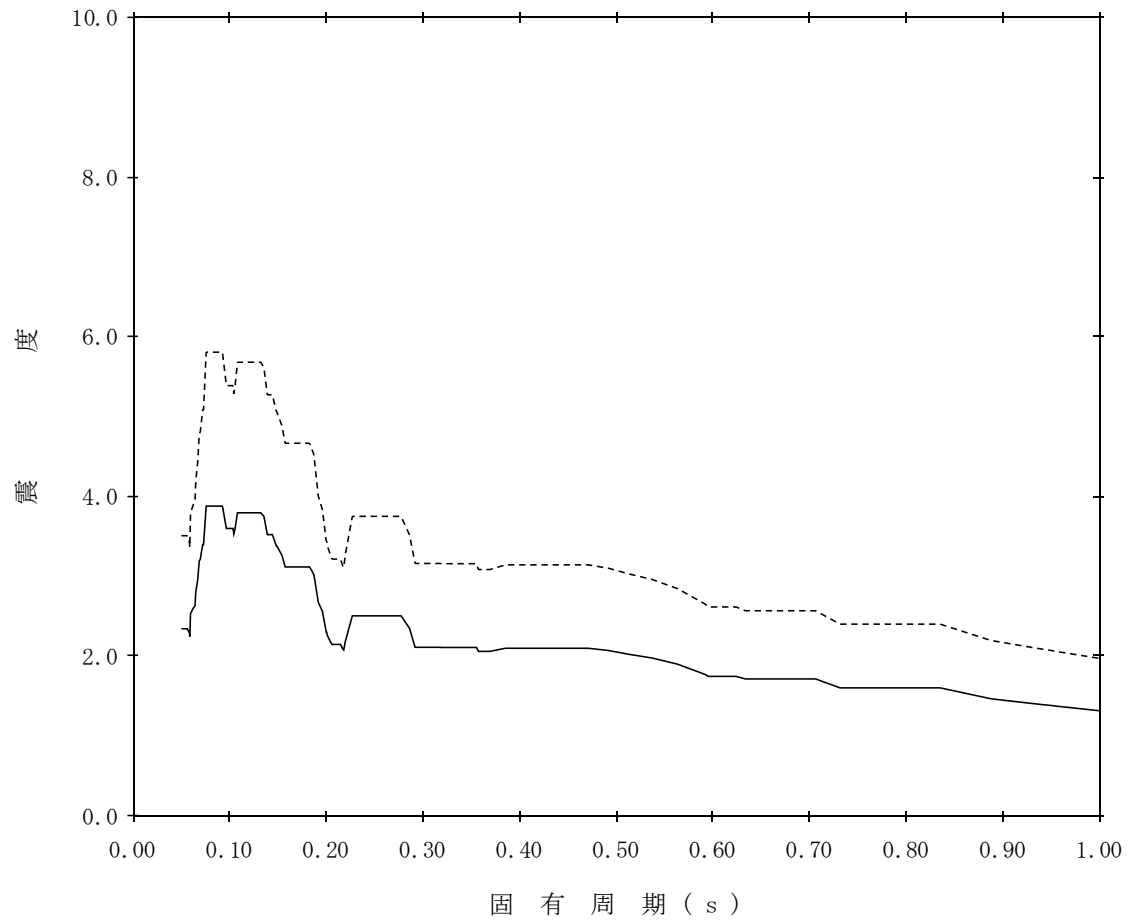
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：1.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR4】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

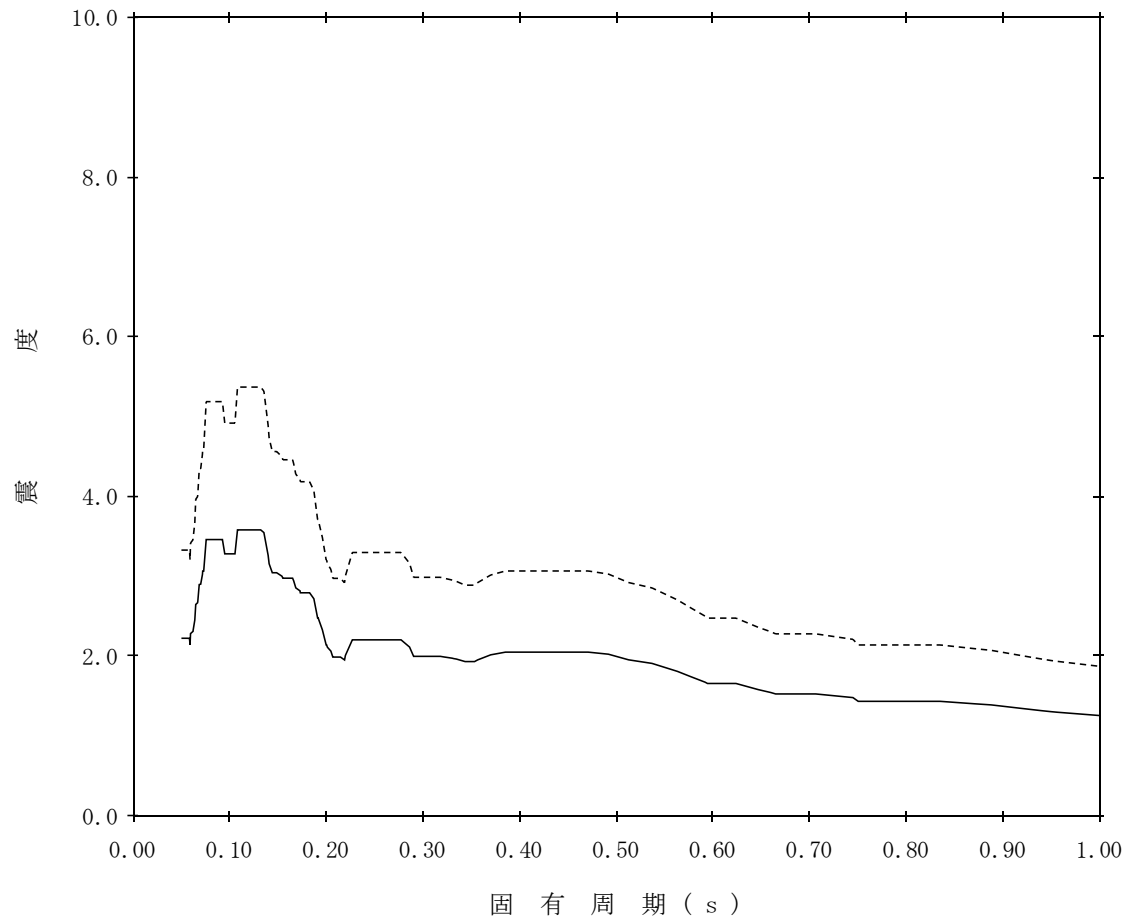
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR5】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

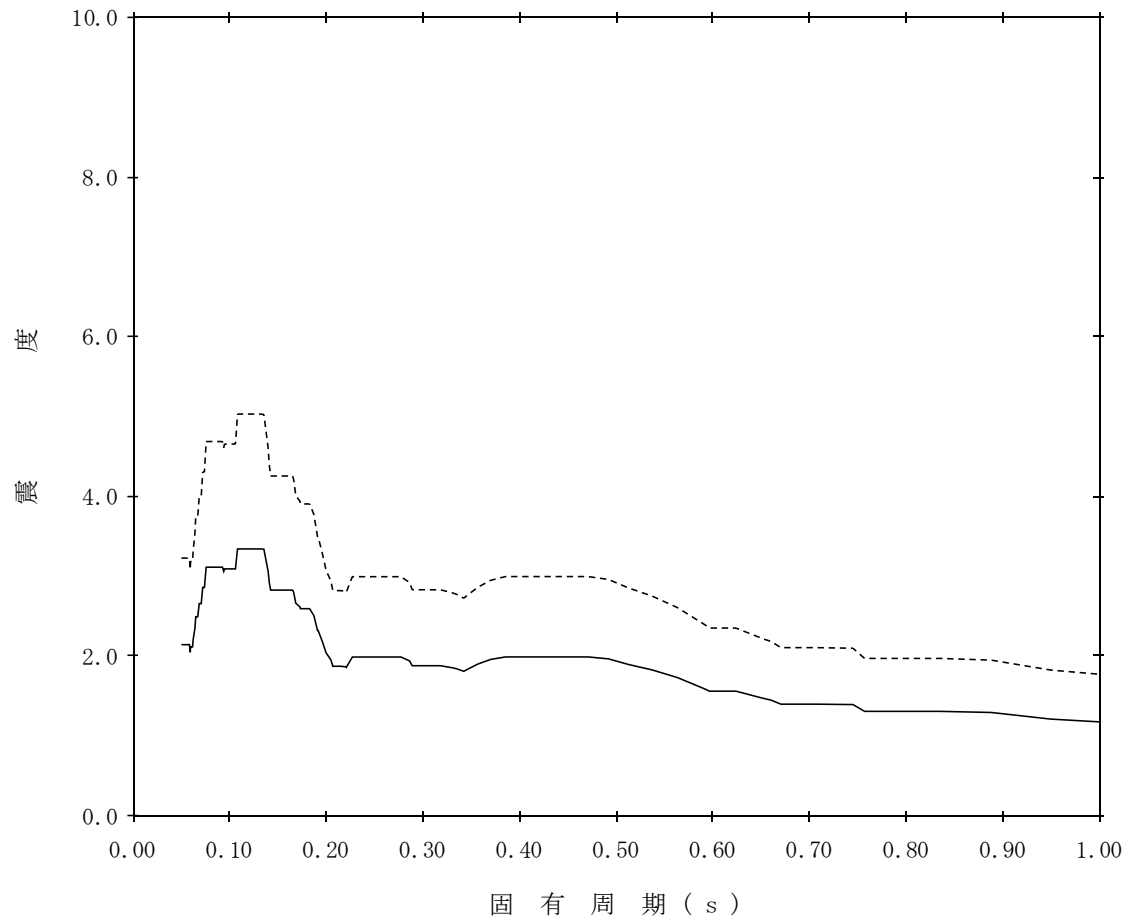
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：2.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR6】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

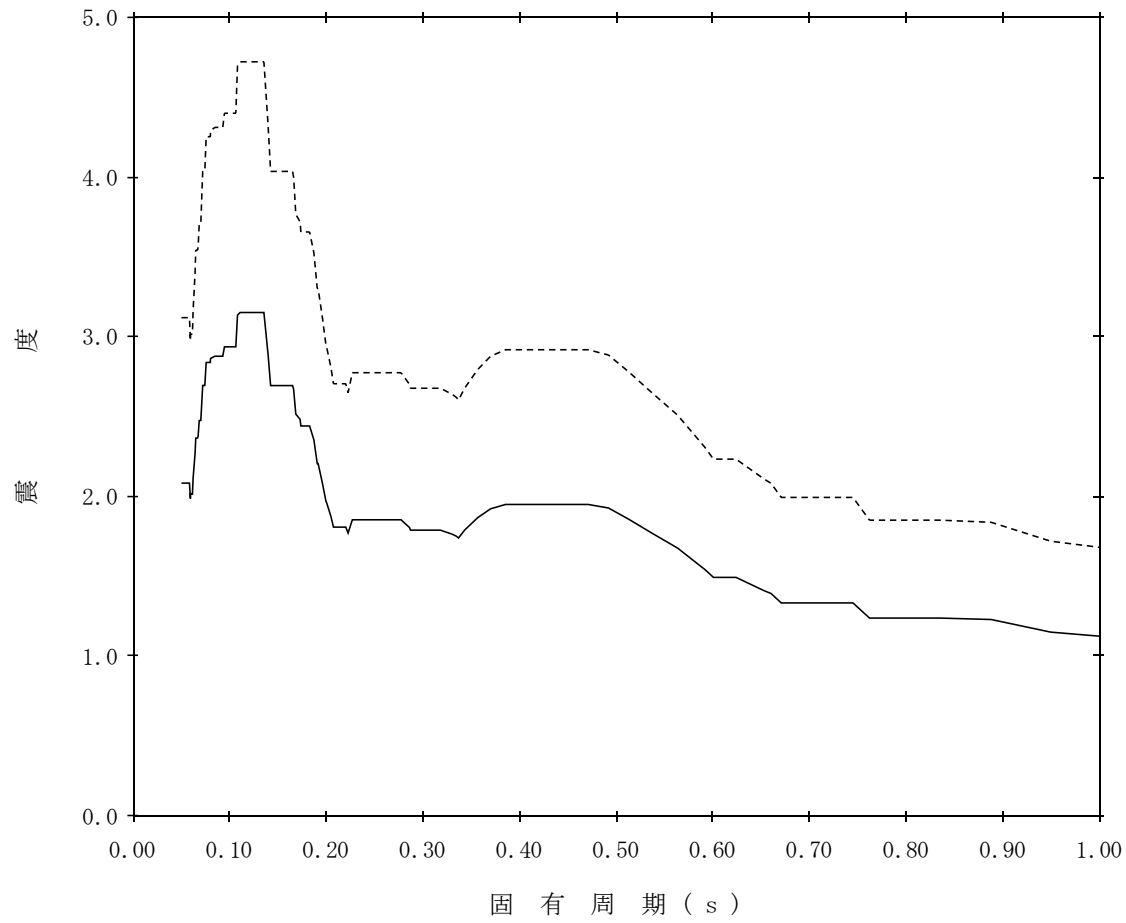
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：3.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR7】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

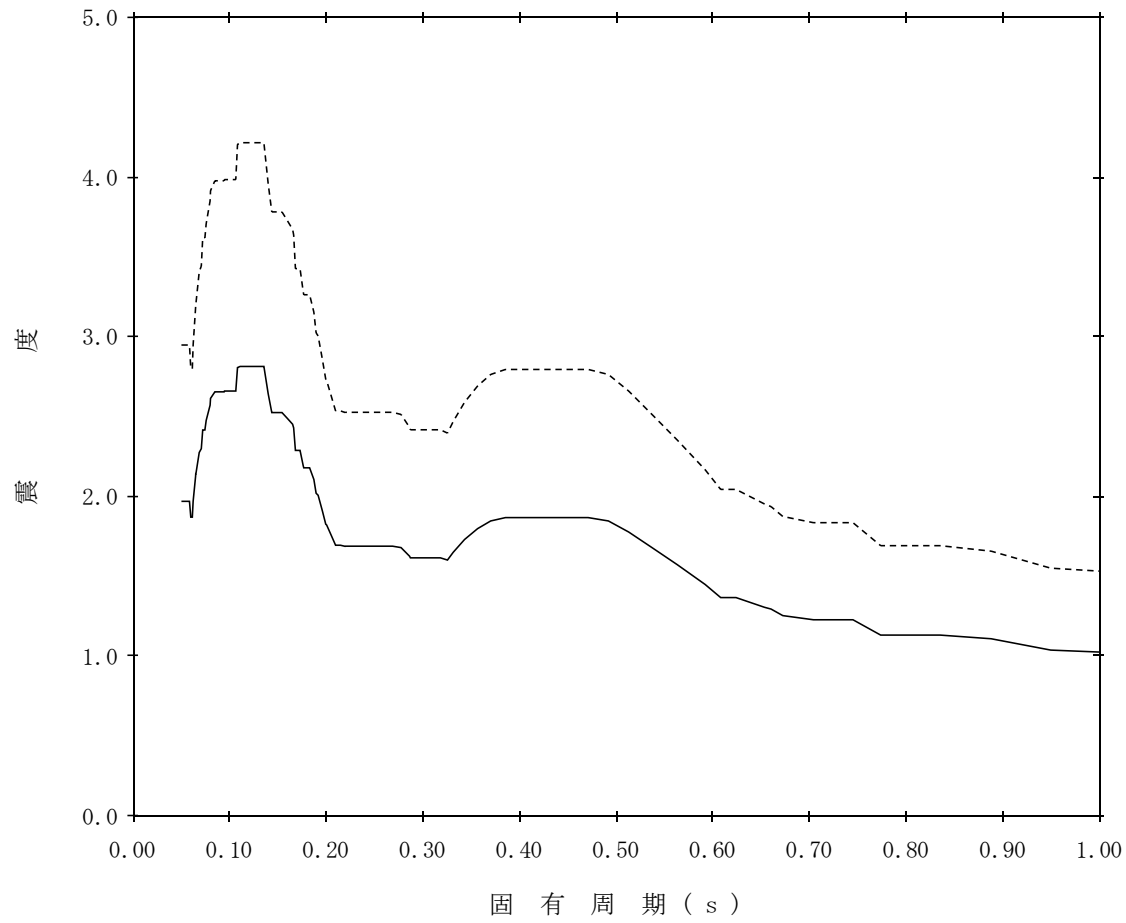
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：4.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR8】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

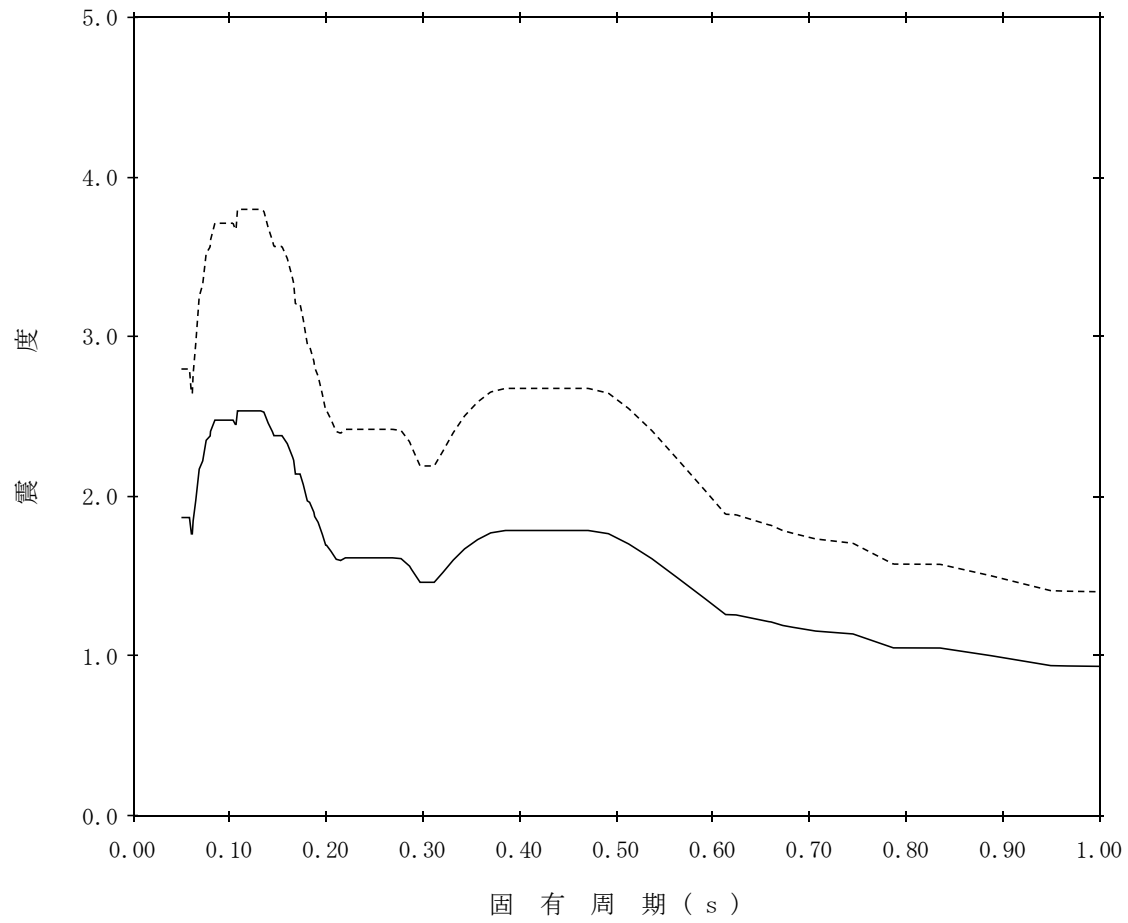
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：5.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR9】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

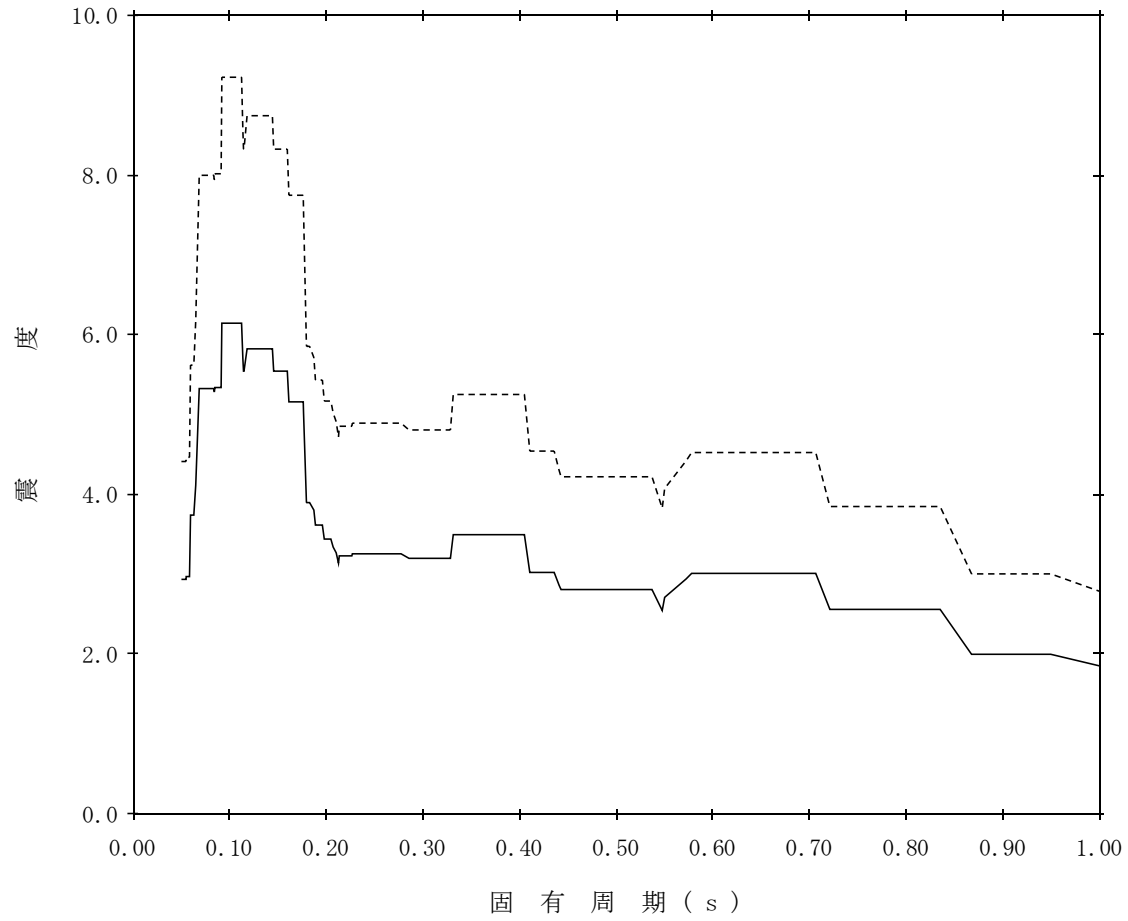
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR10】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

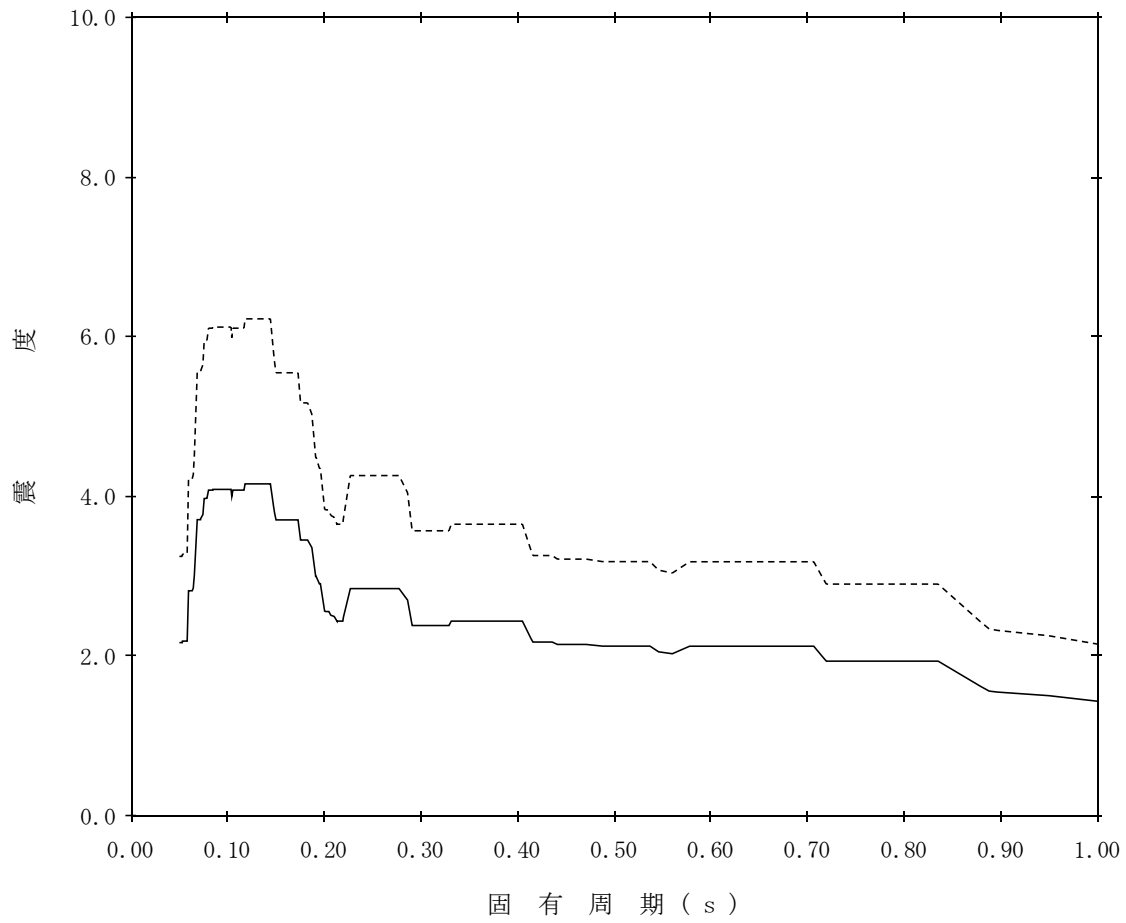
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：1.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR11】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

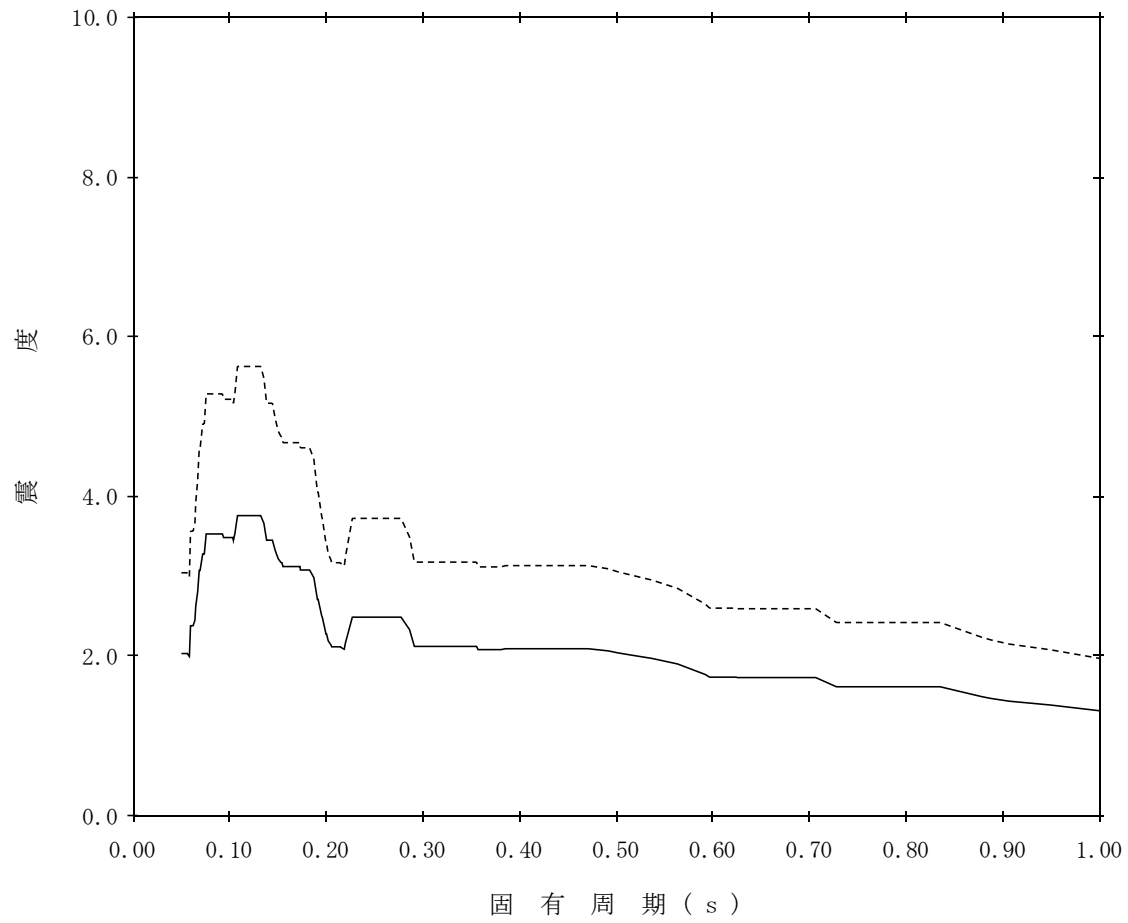
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：1.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR12】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

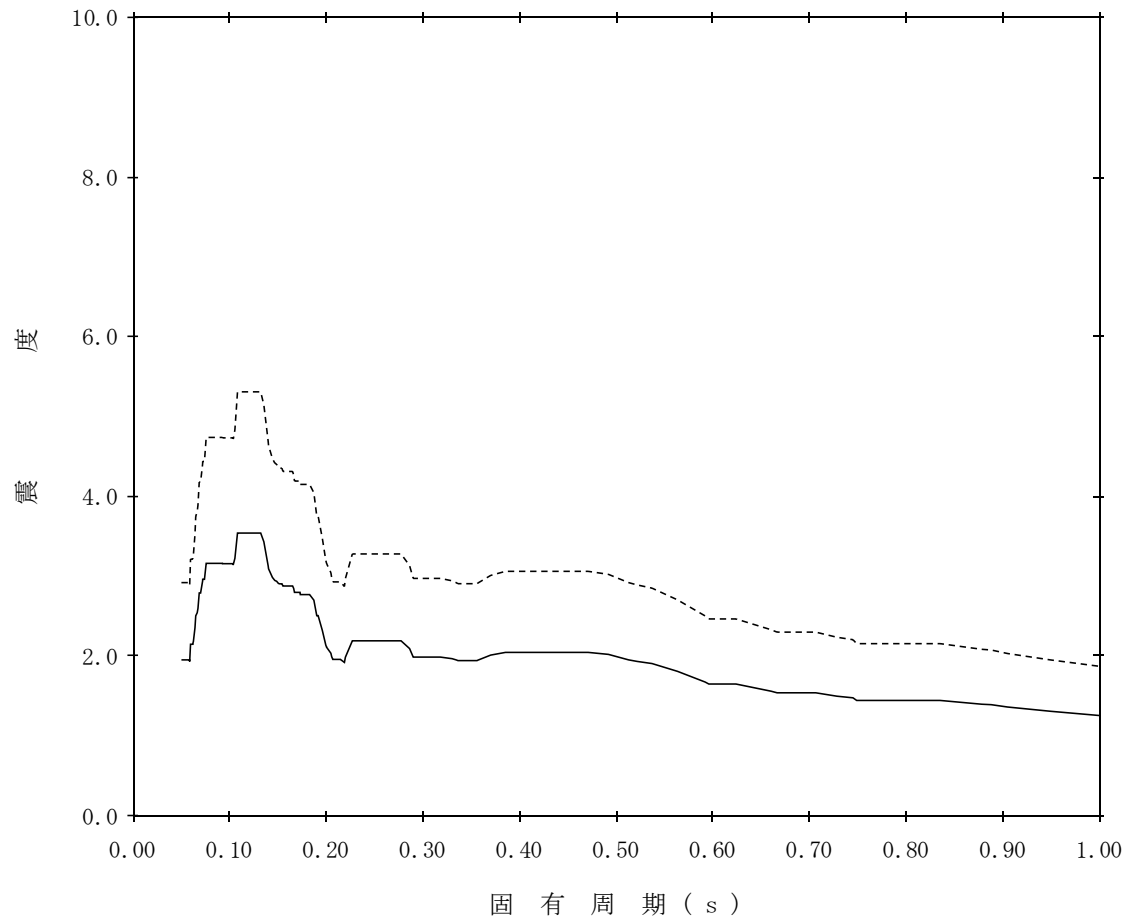
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S_s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR13】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

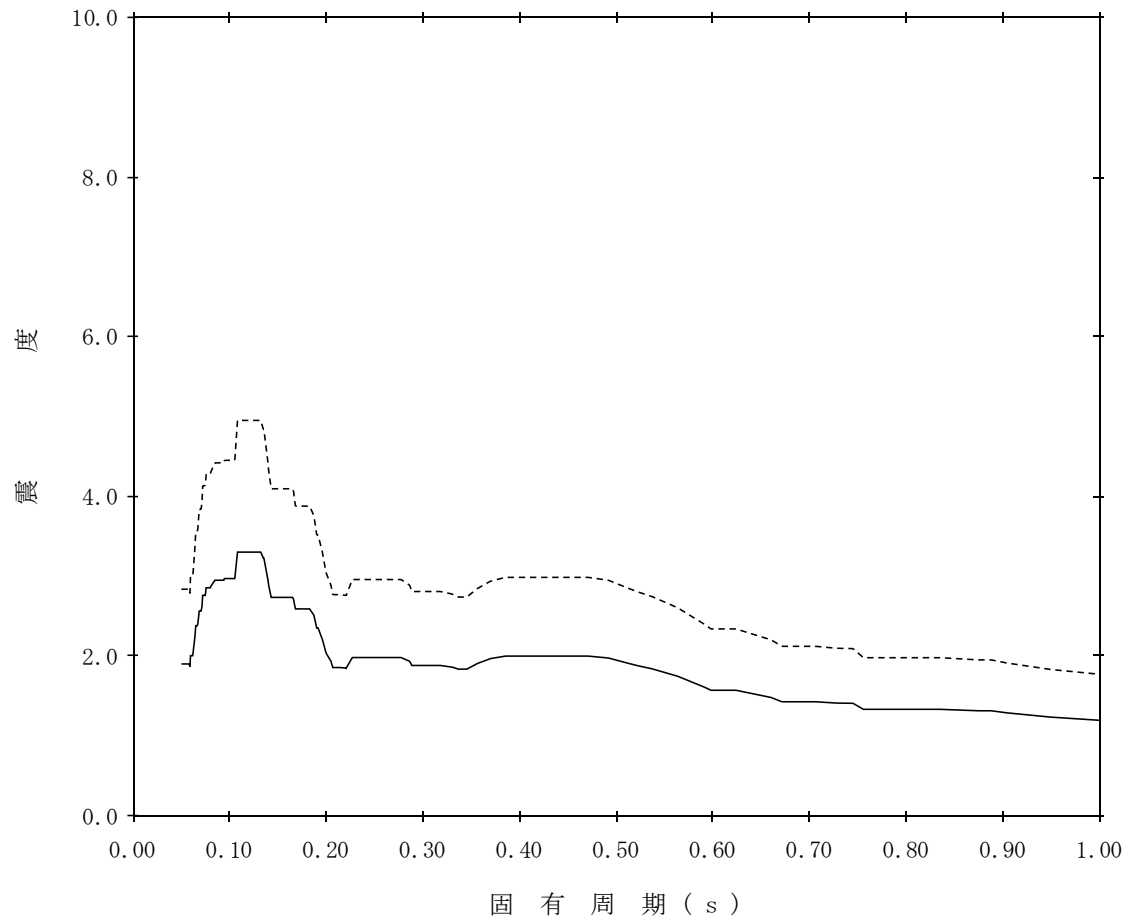
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：2.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR14】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

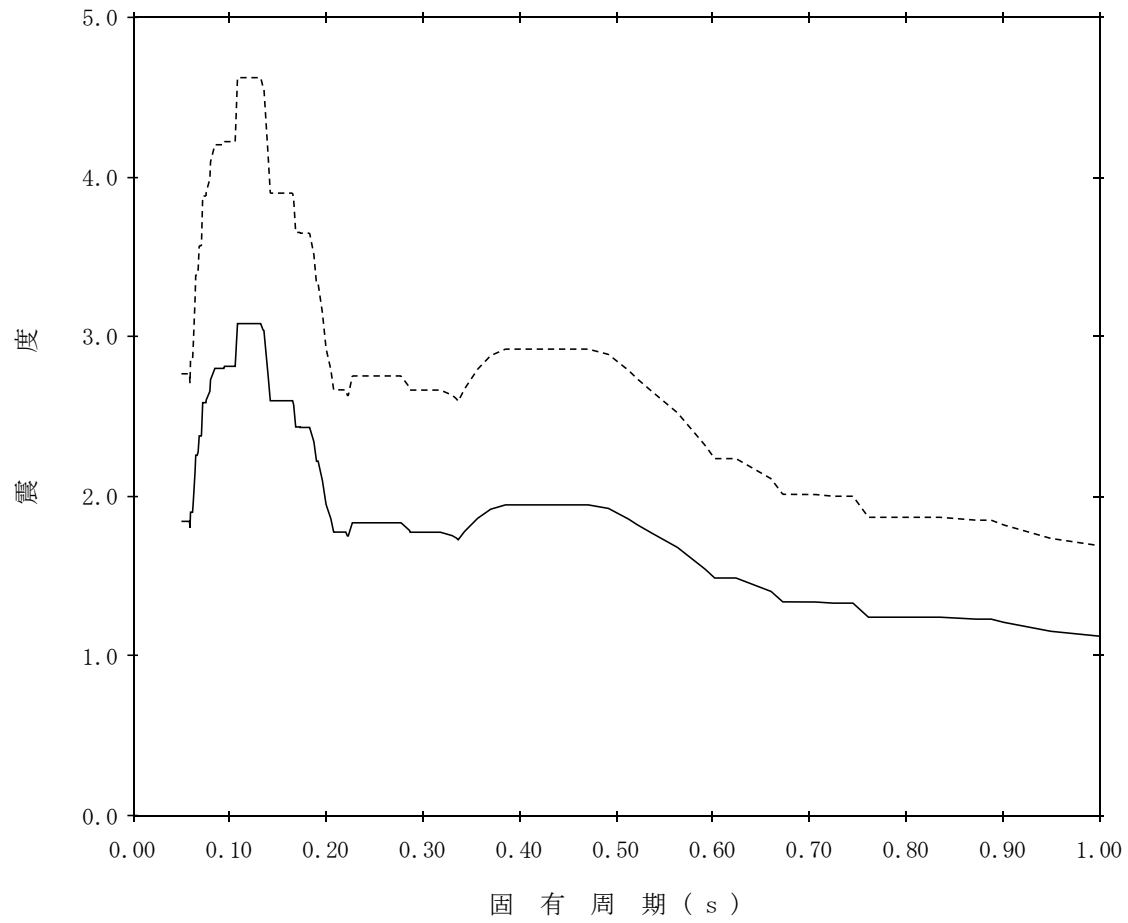
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：3.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR15】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

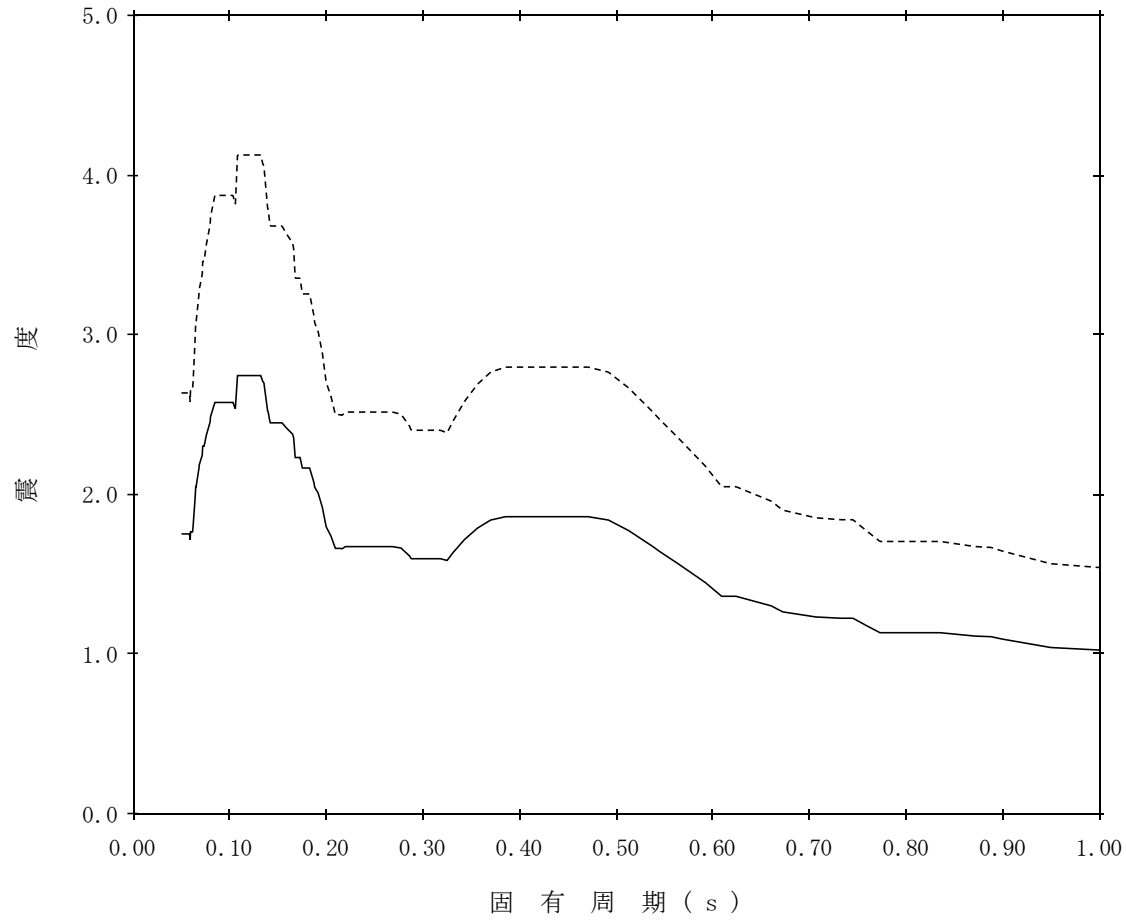
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：4.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR16】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

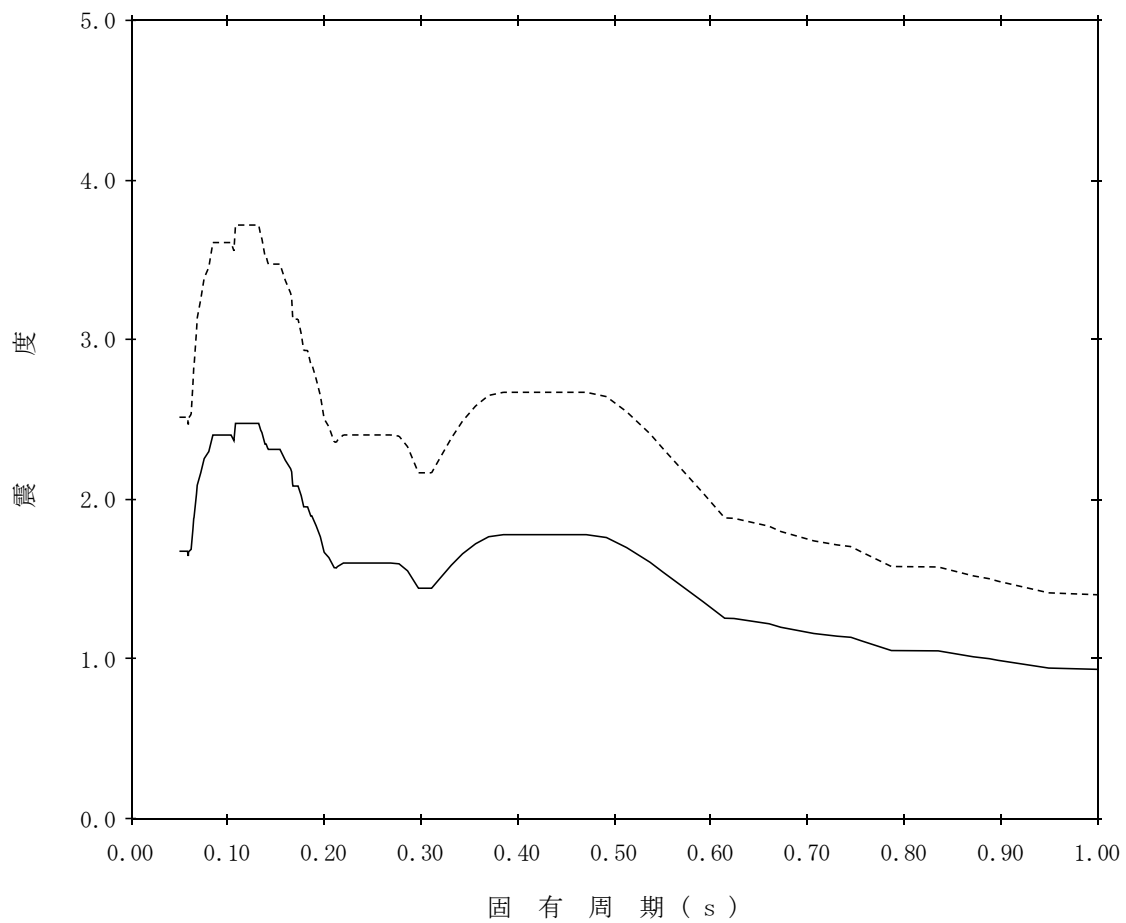
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：5.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR17】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

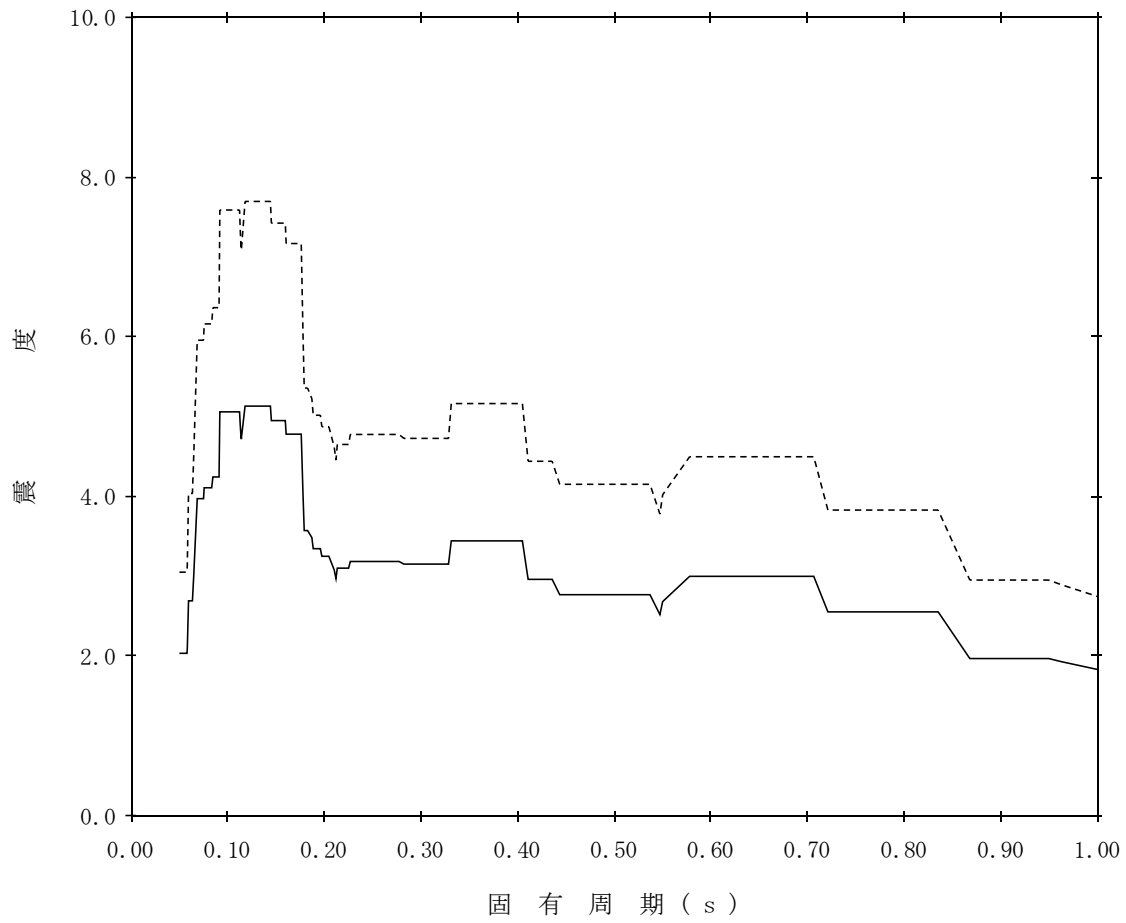
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR18】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

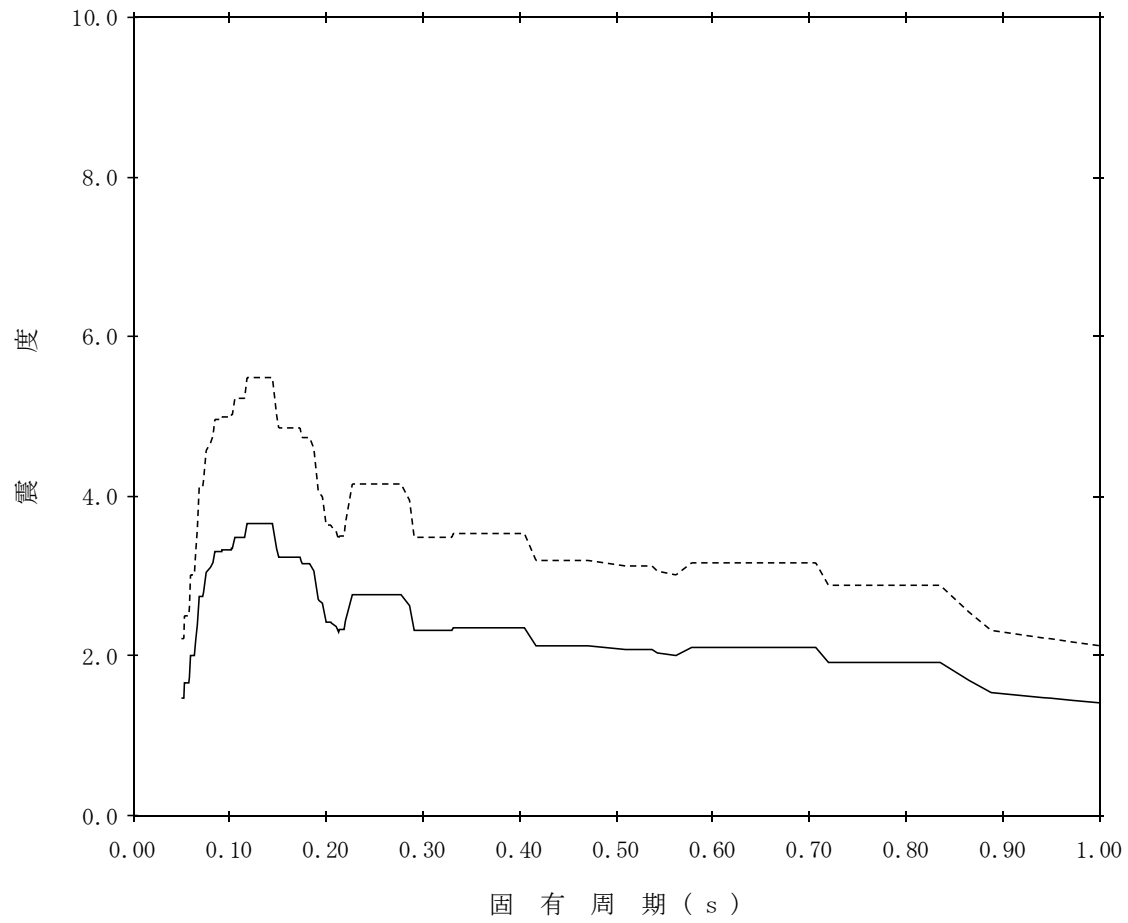
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：1.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR19】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

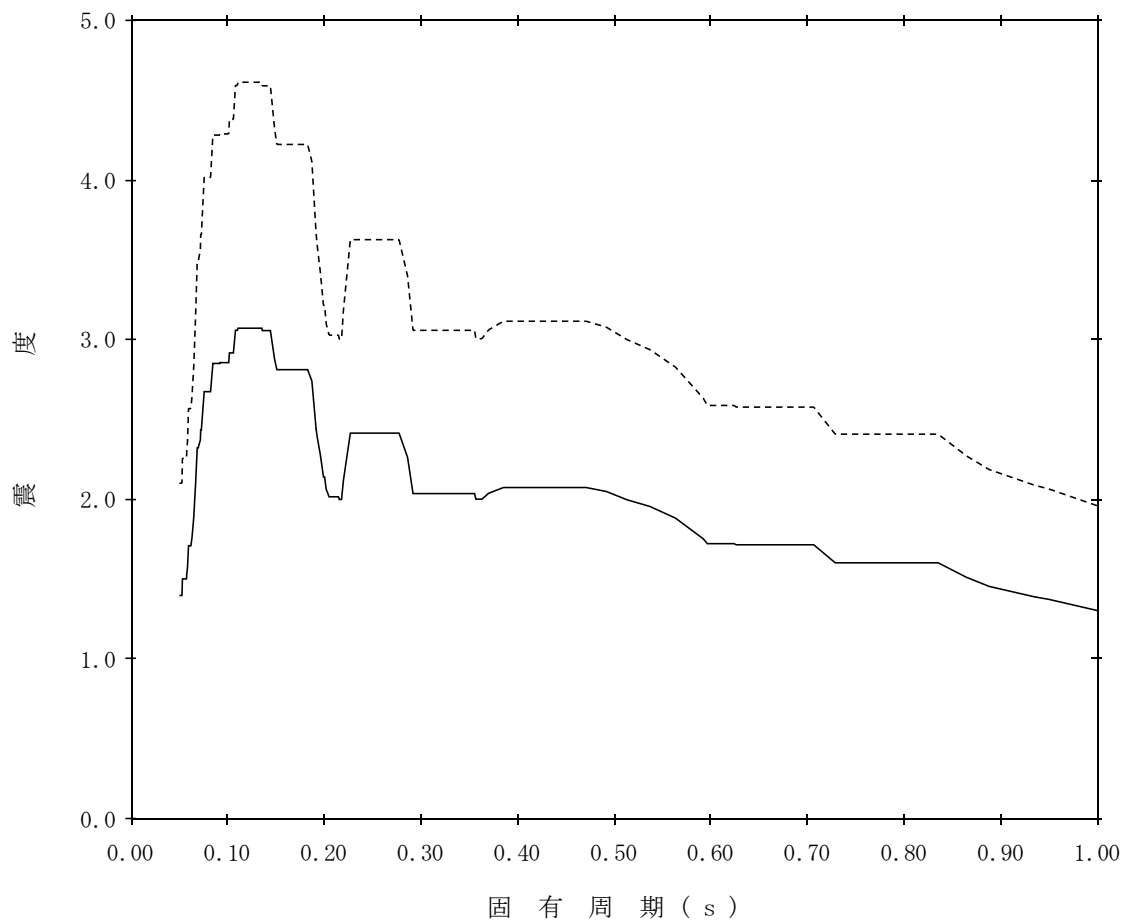
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：1.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR20】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

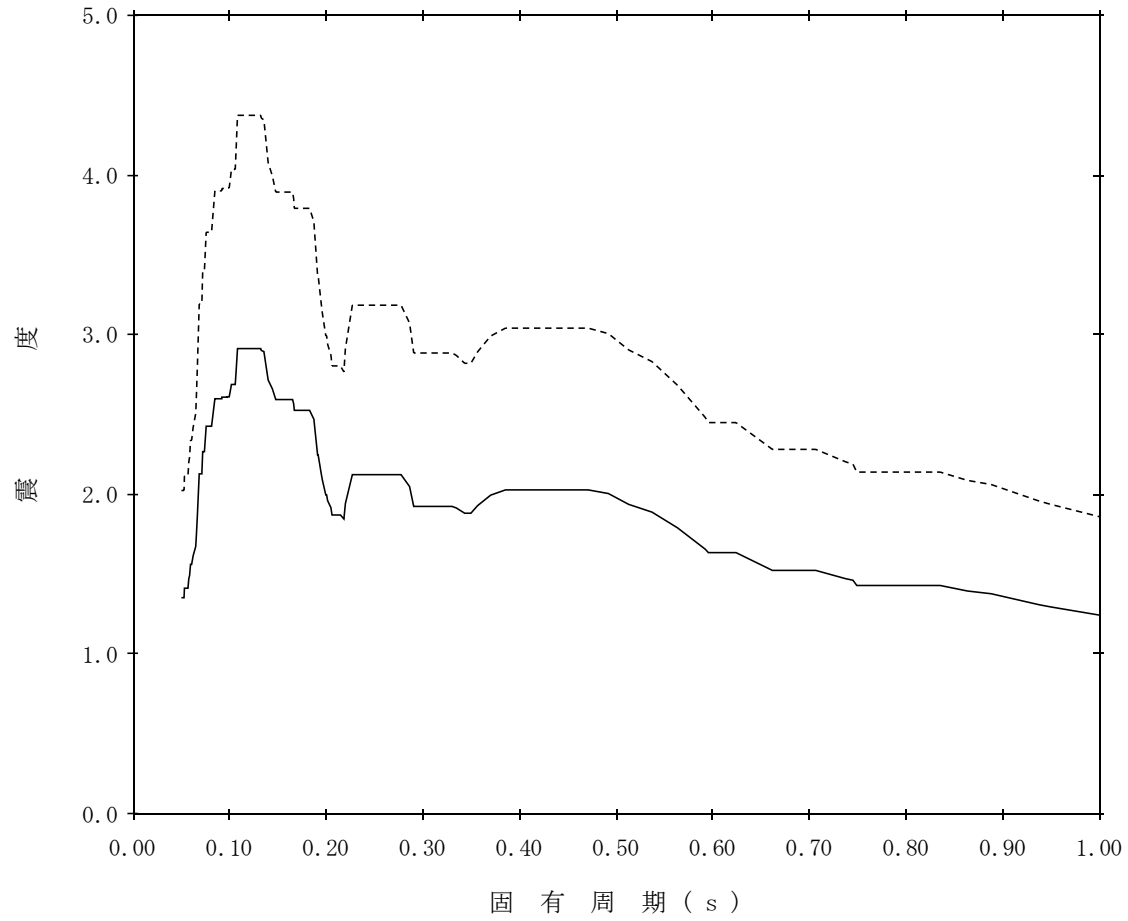
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR21】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

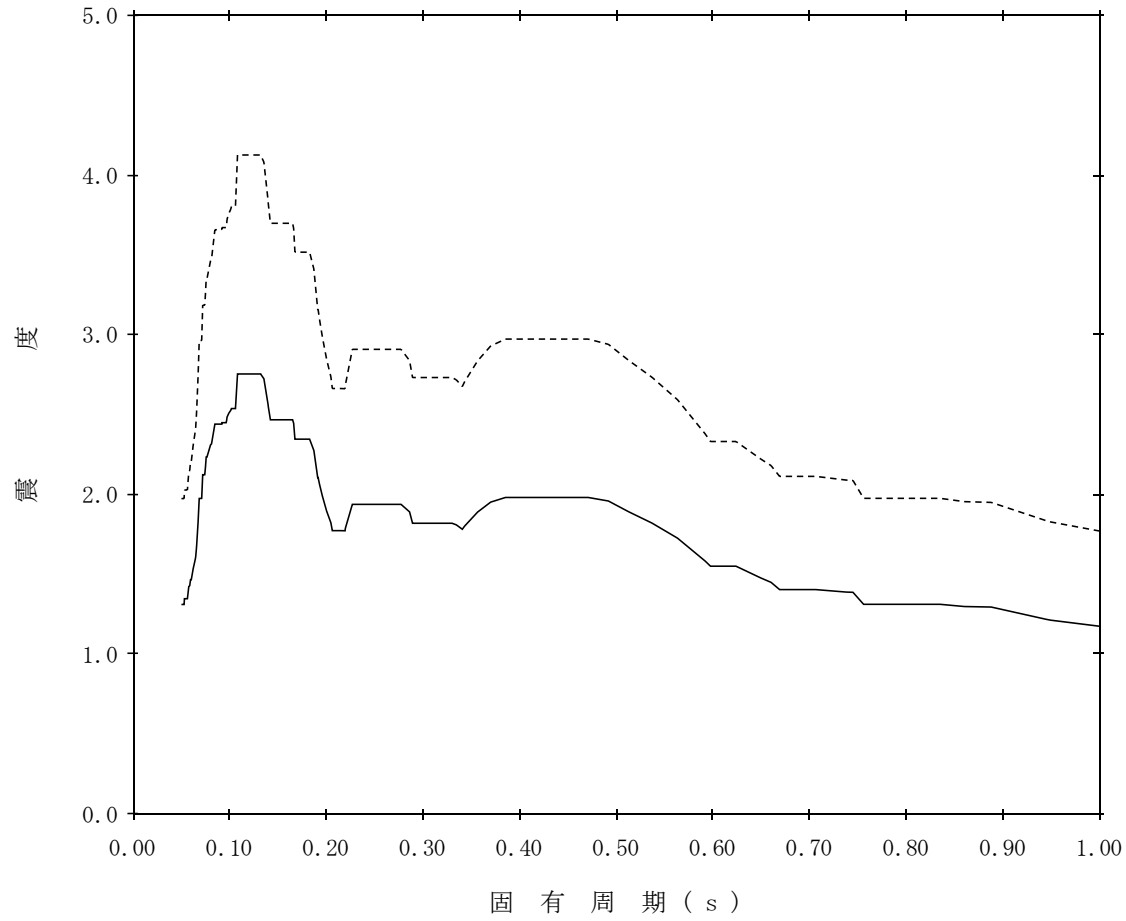
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：2.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR22】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

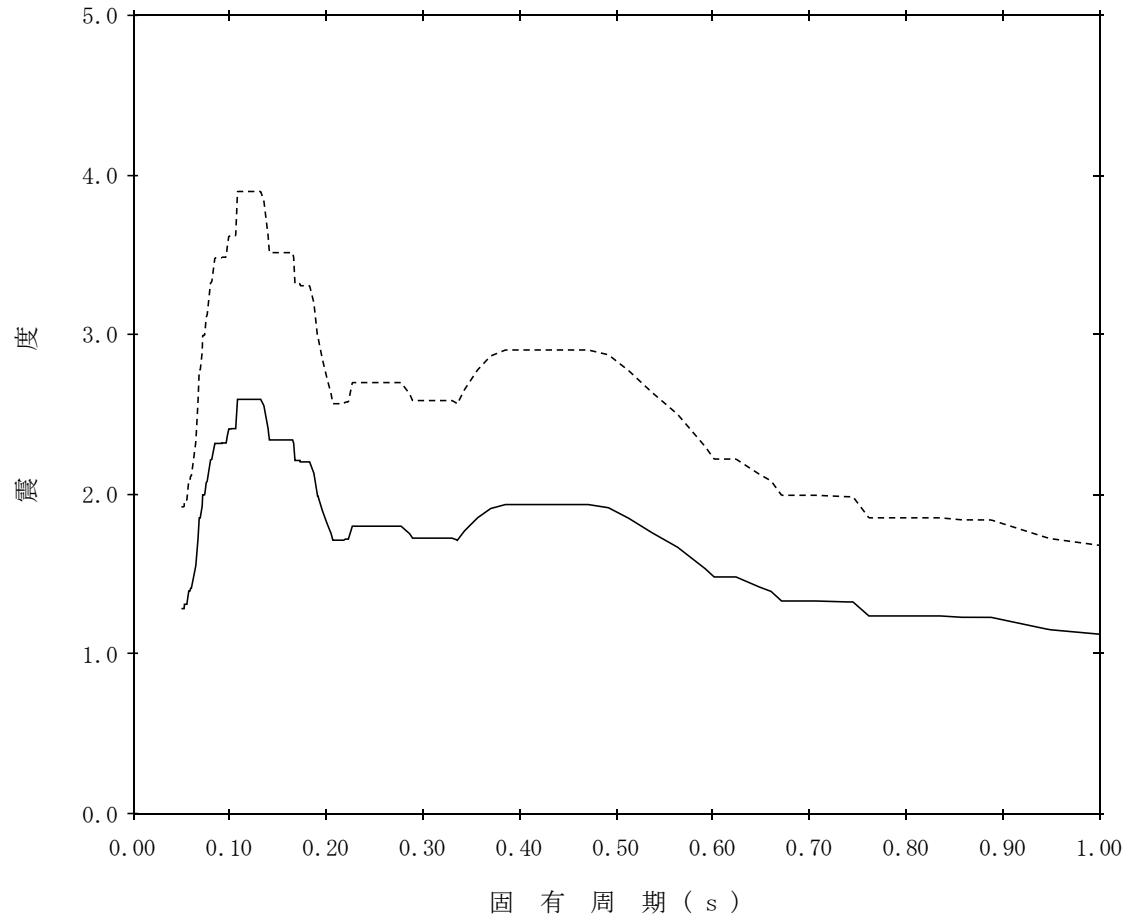
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：3.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR23】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

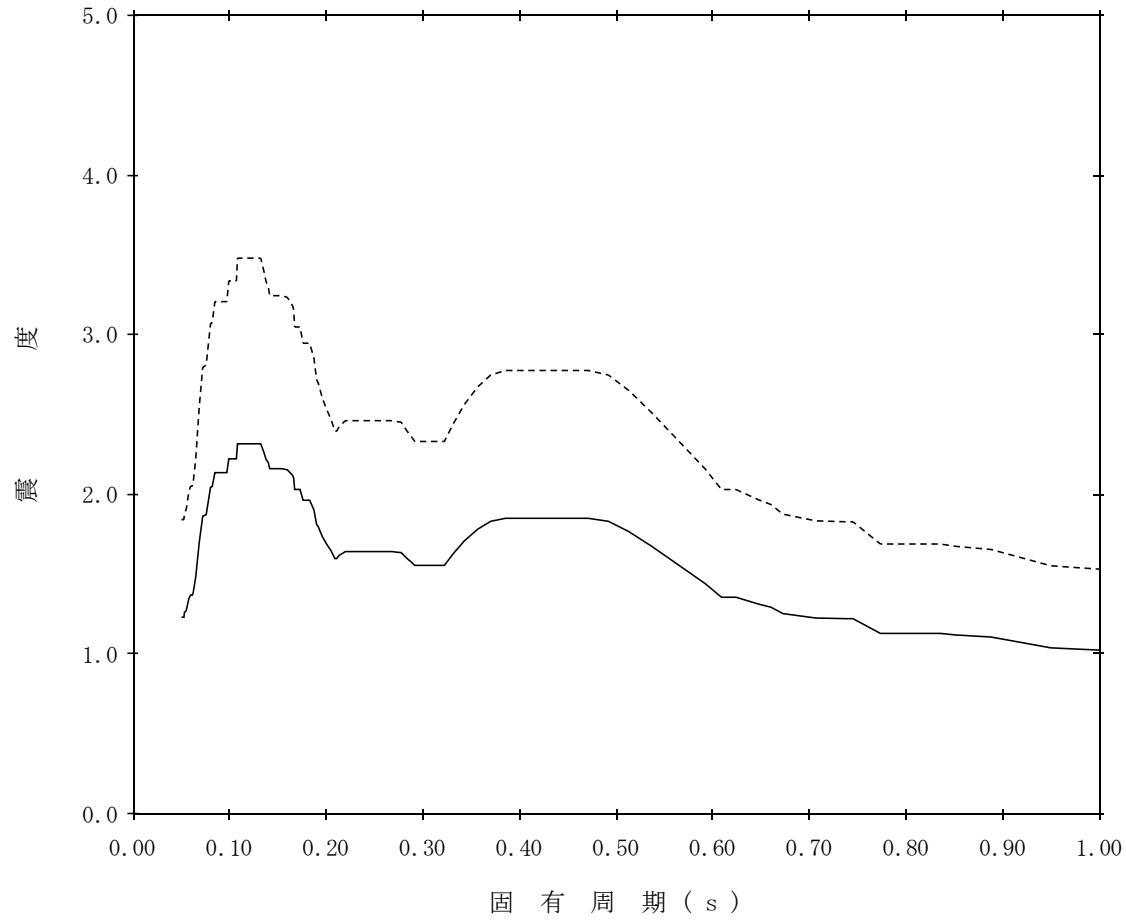
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：4.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR24】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

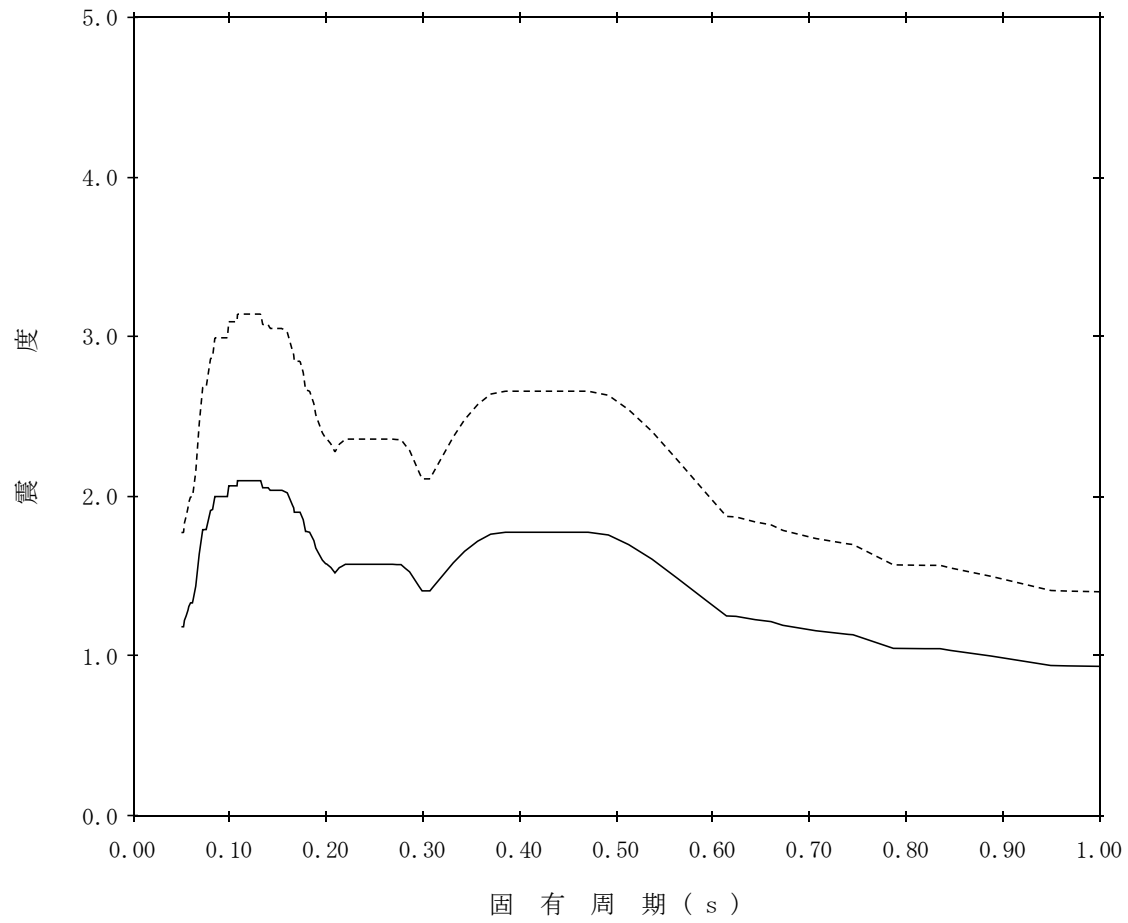
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：5.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



S2 補 VI-2-別添 7-2-1 R0

【NS2-FLSR-SsEW-FLSR25】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

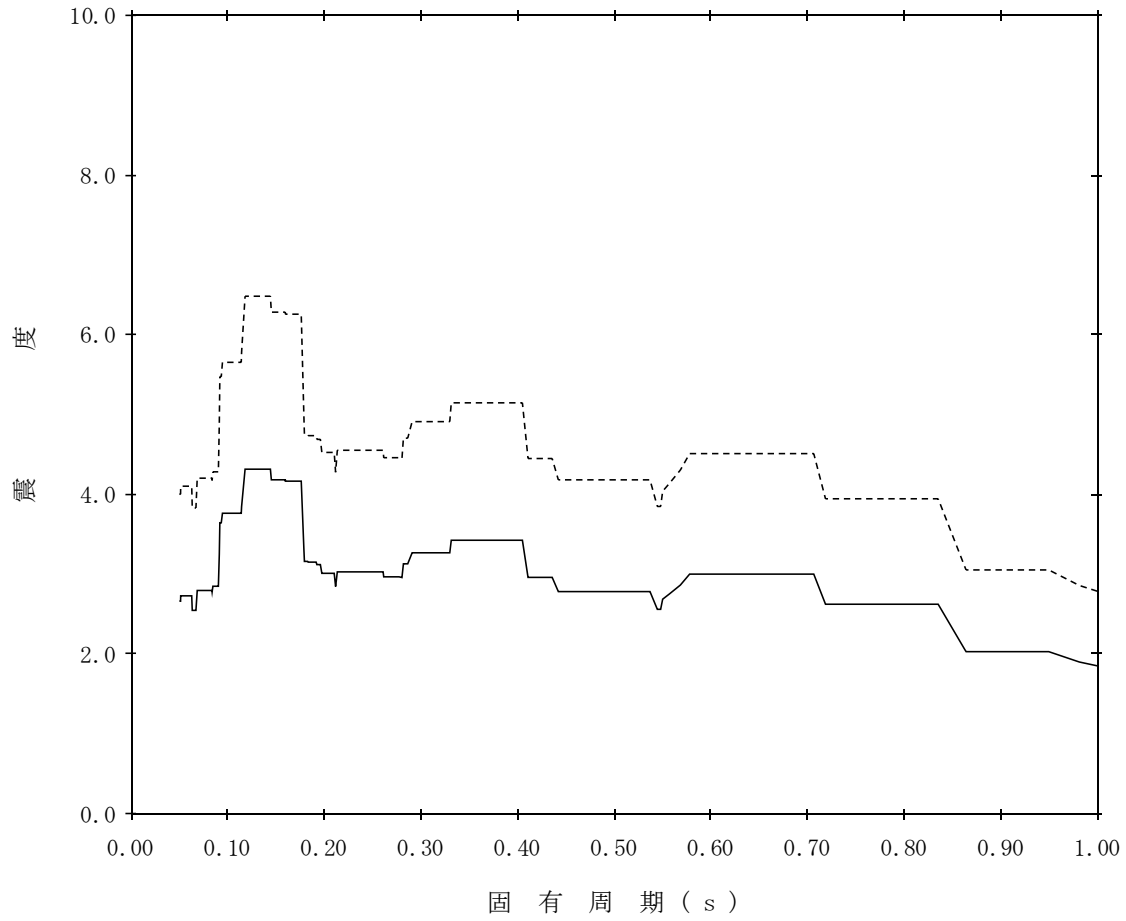
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR26】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

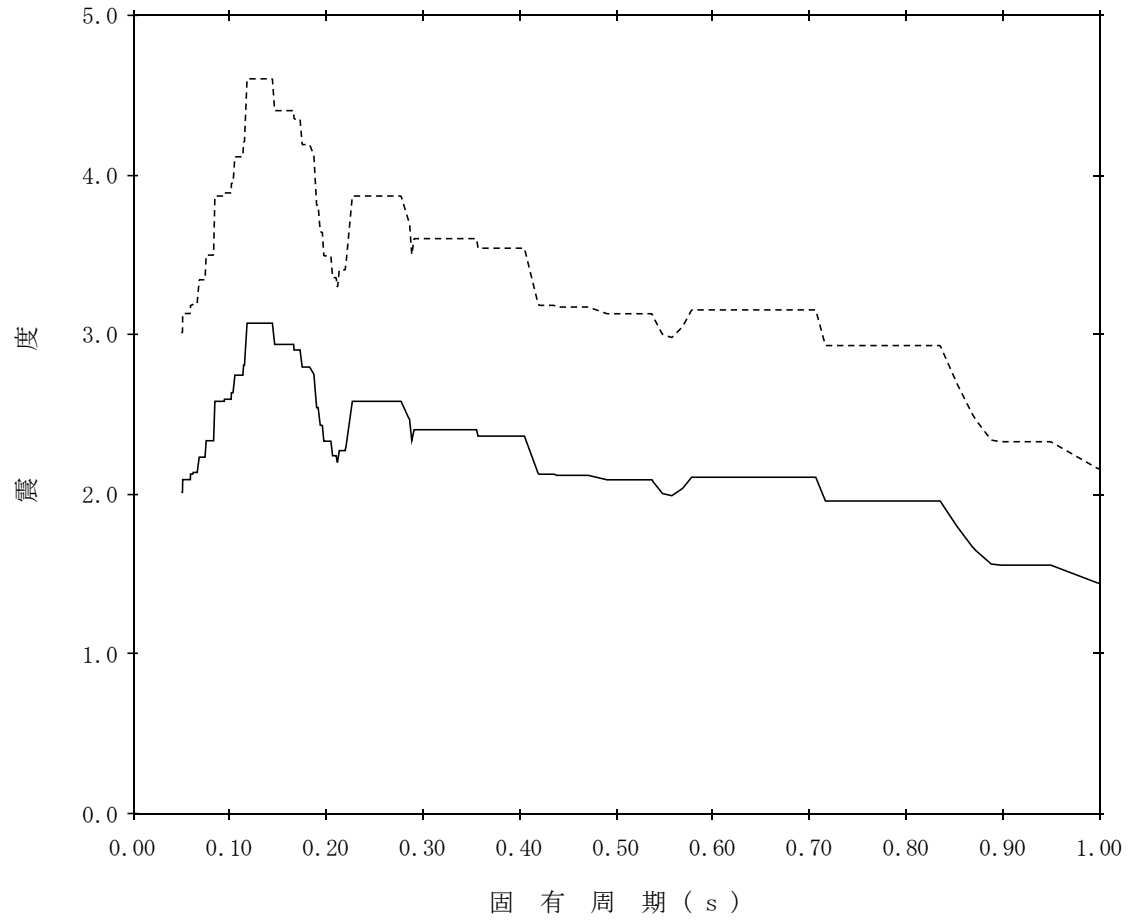
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：1.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR27】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

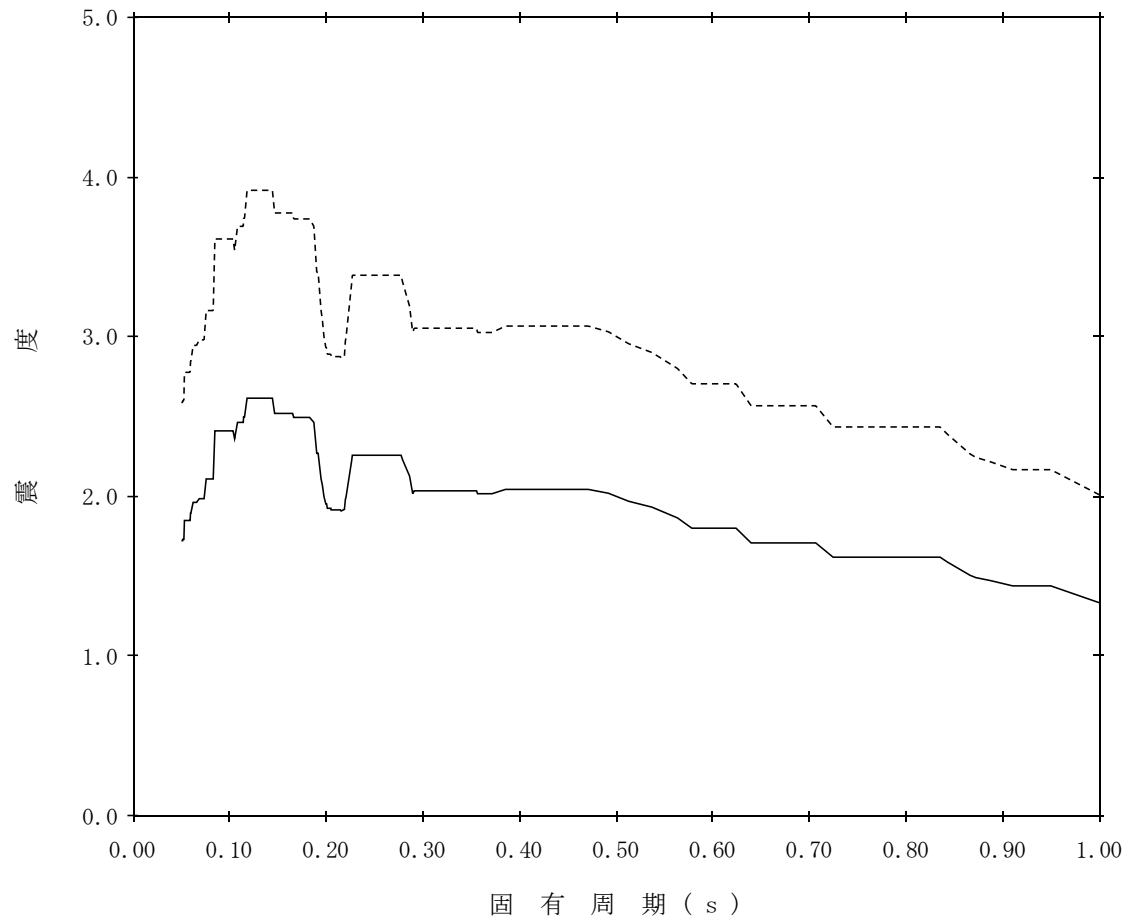
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：1.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR28】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

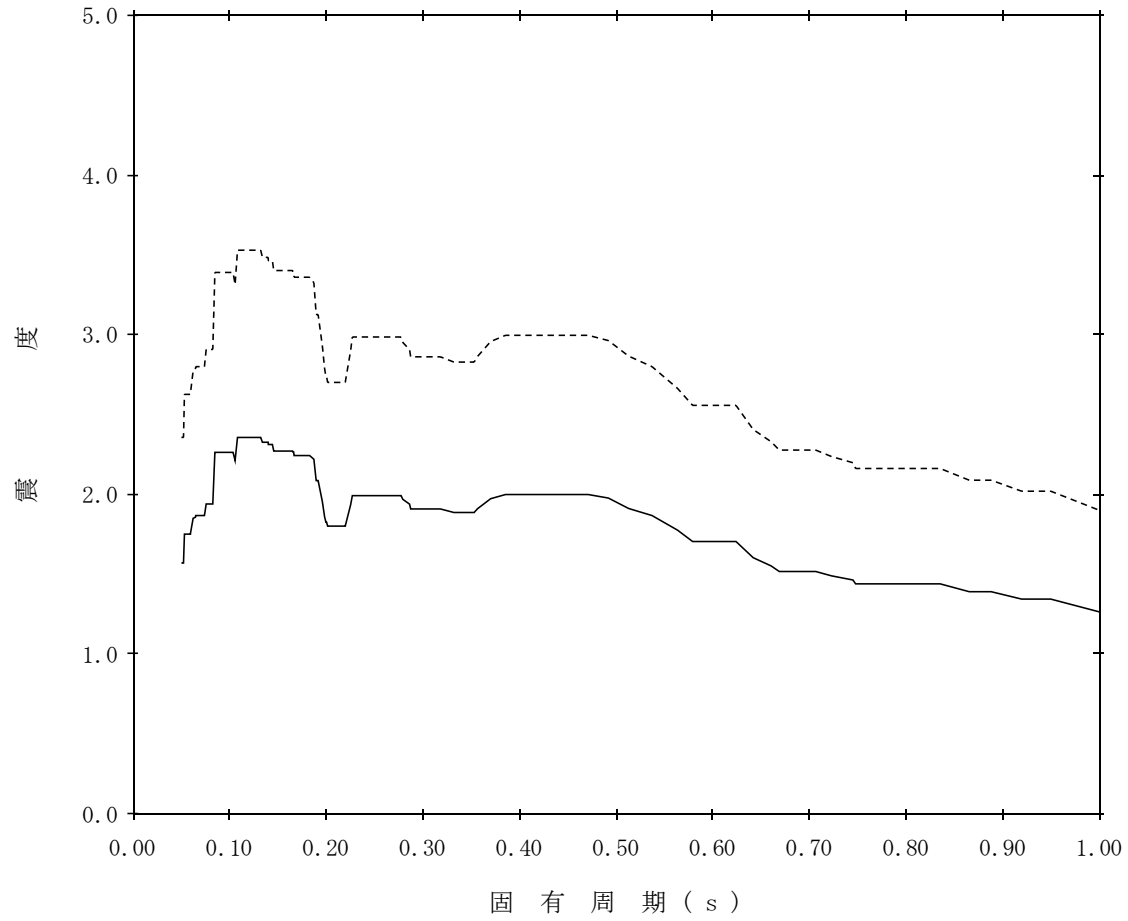
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR29】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

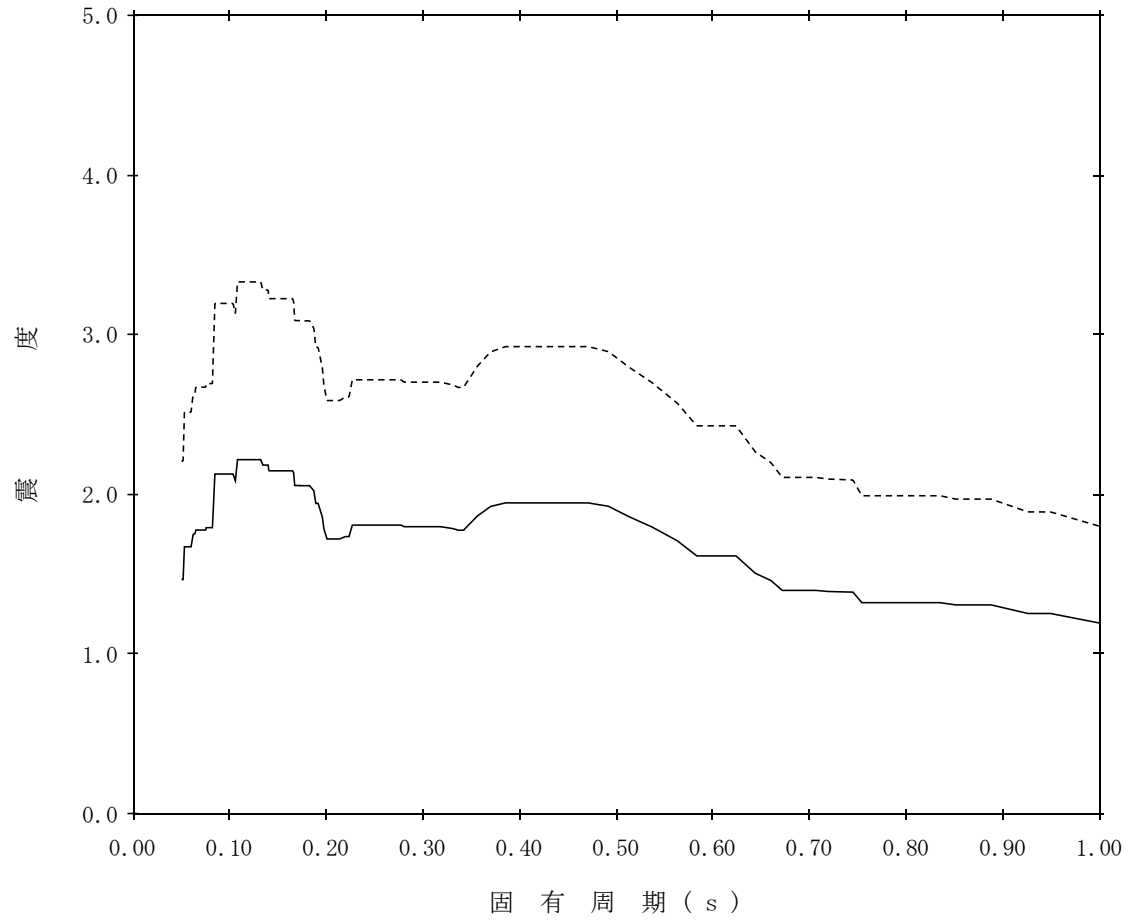
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：2.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR30】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

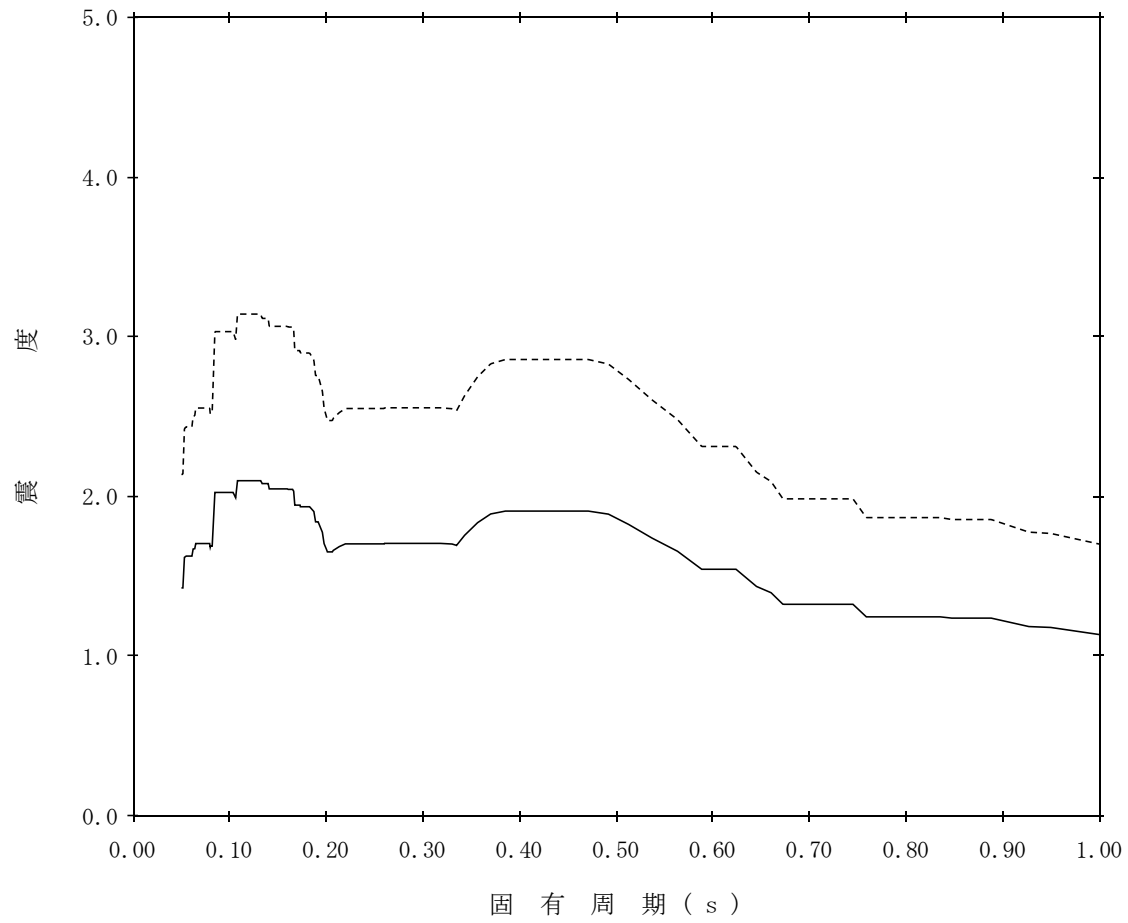
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：3.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR31】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

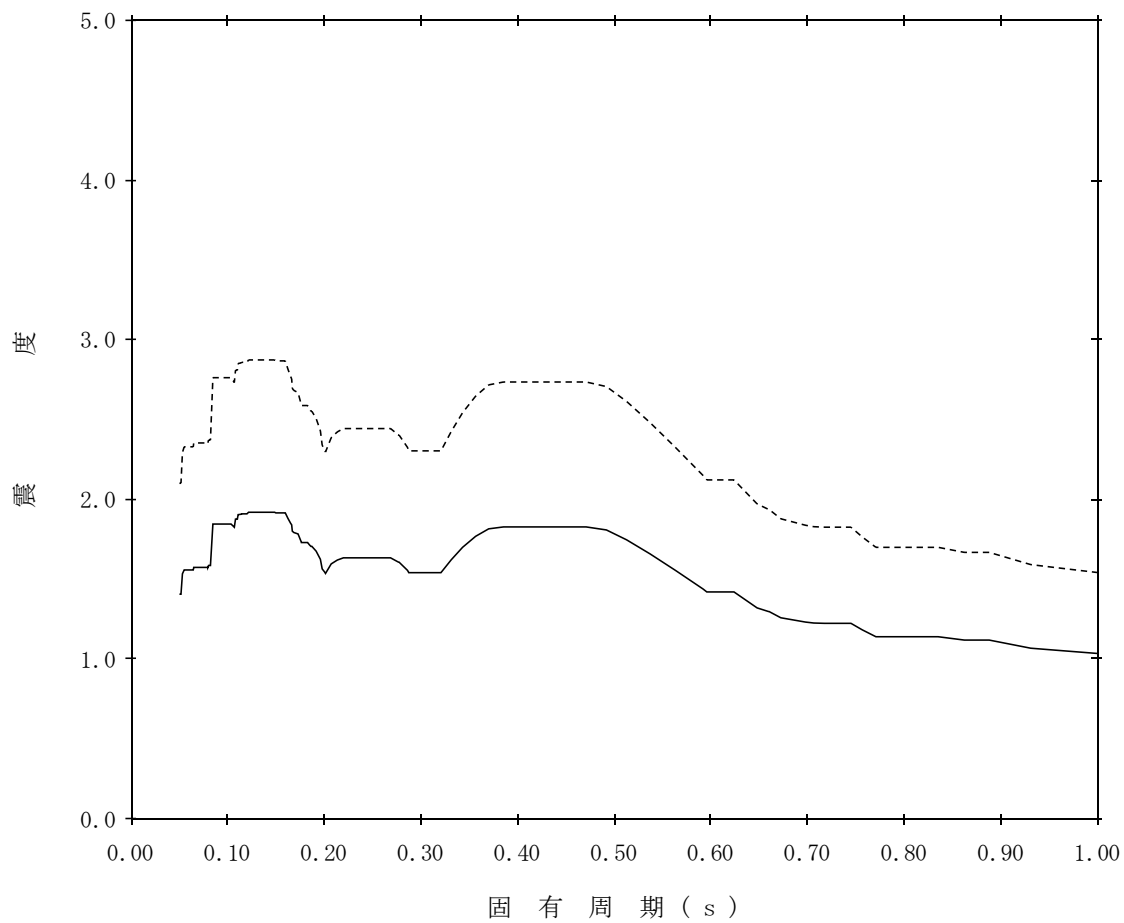
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：4.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsEW-FLSR32】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

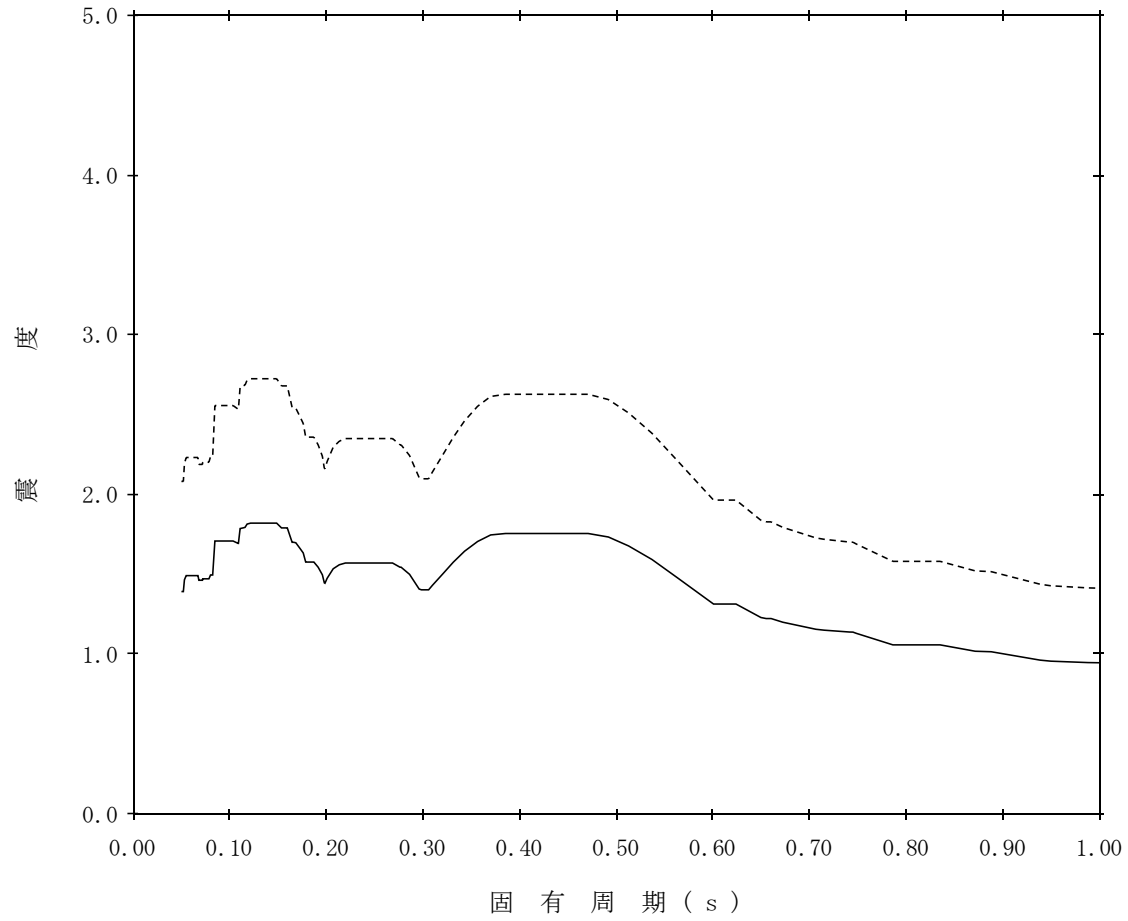
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（EW方向）

減衰定数：5.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（EW方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR1】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

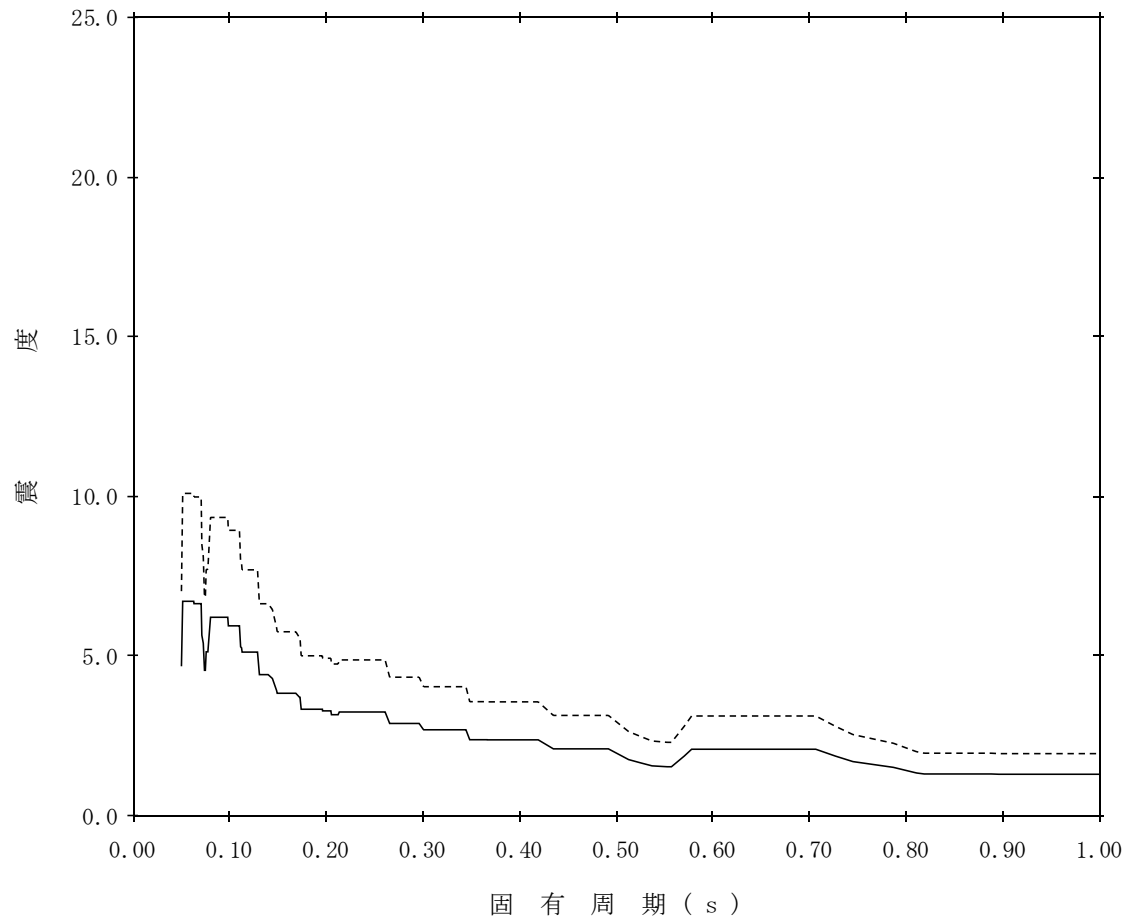
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR2】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

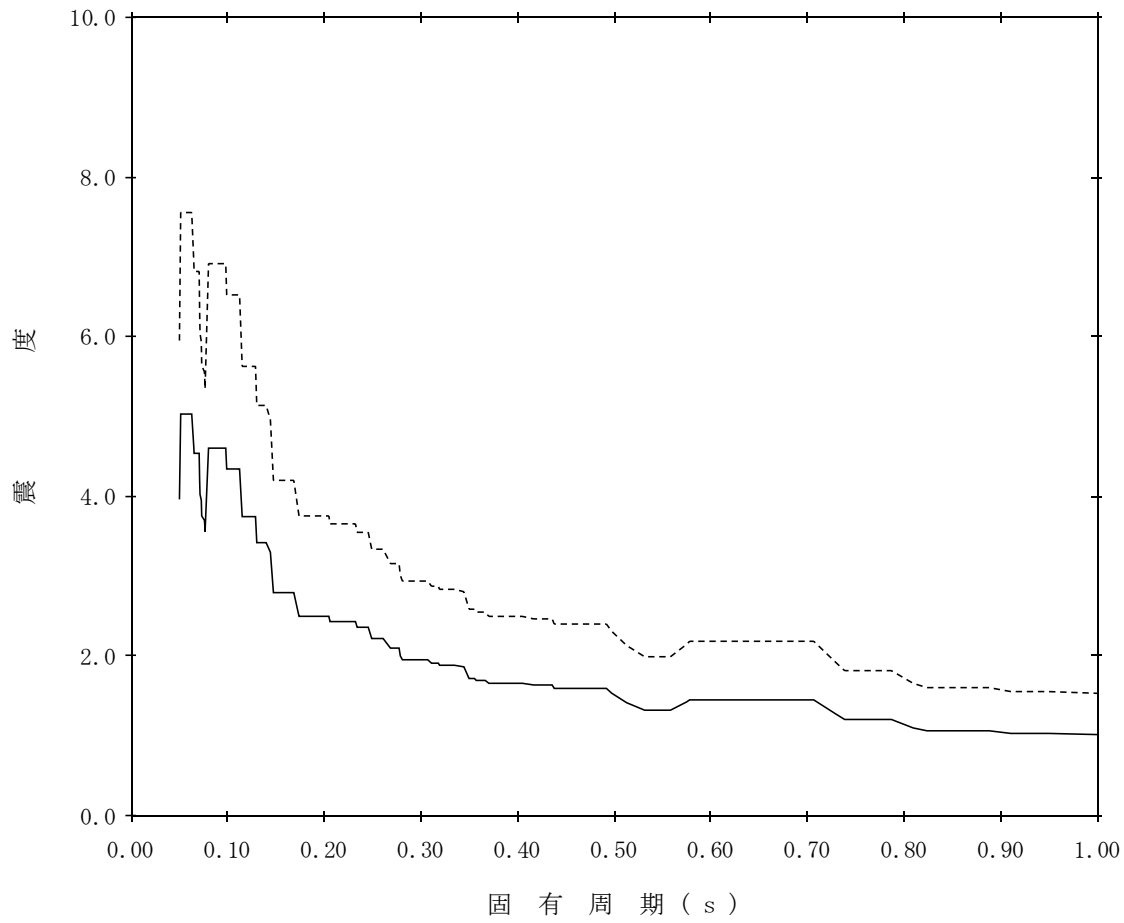
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：1.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR3】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

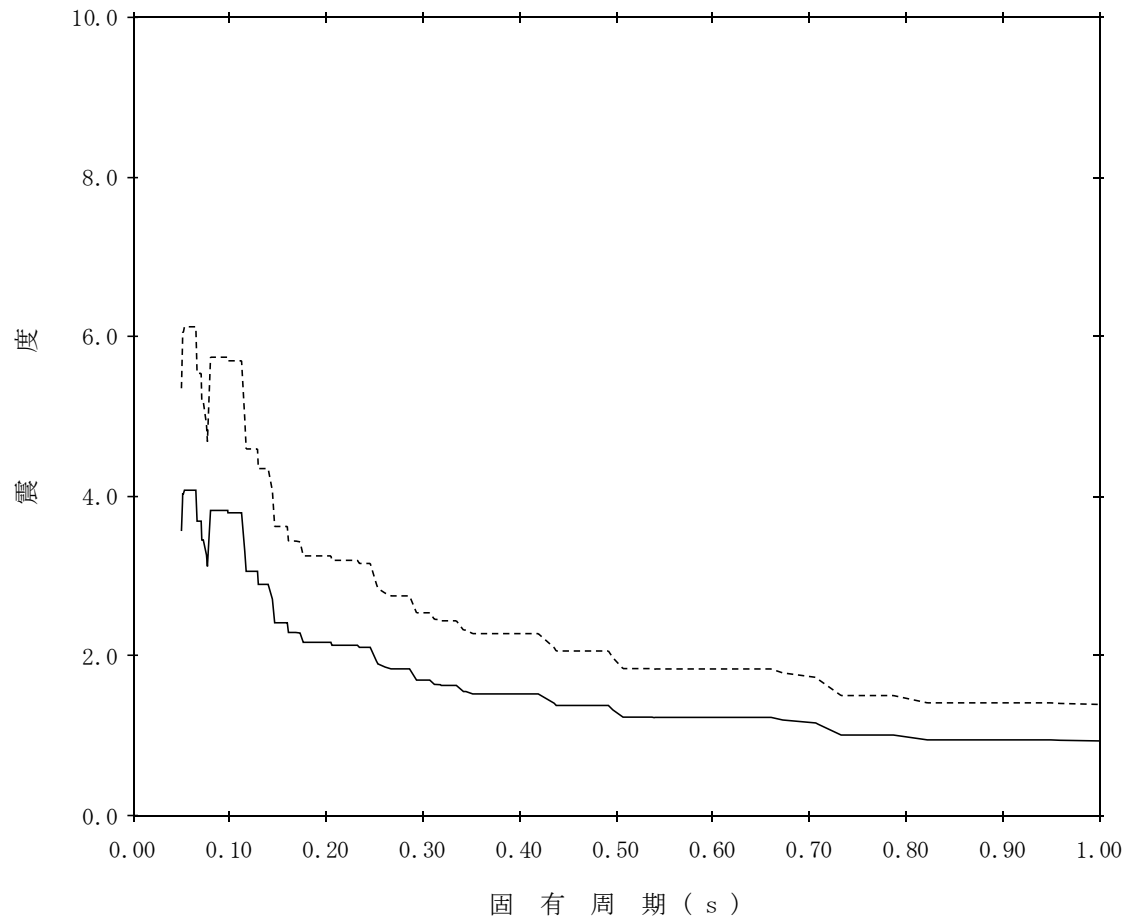
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：1.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR4】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

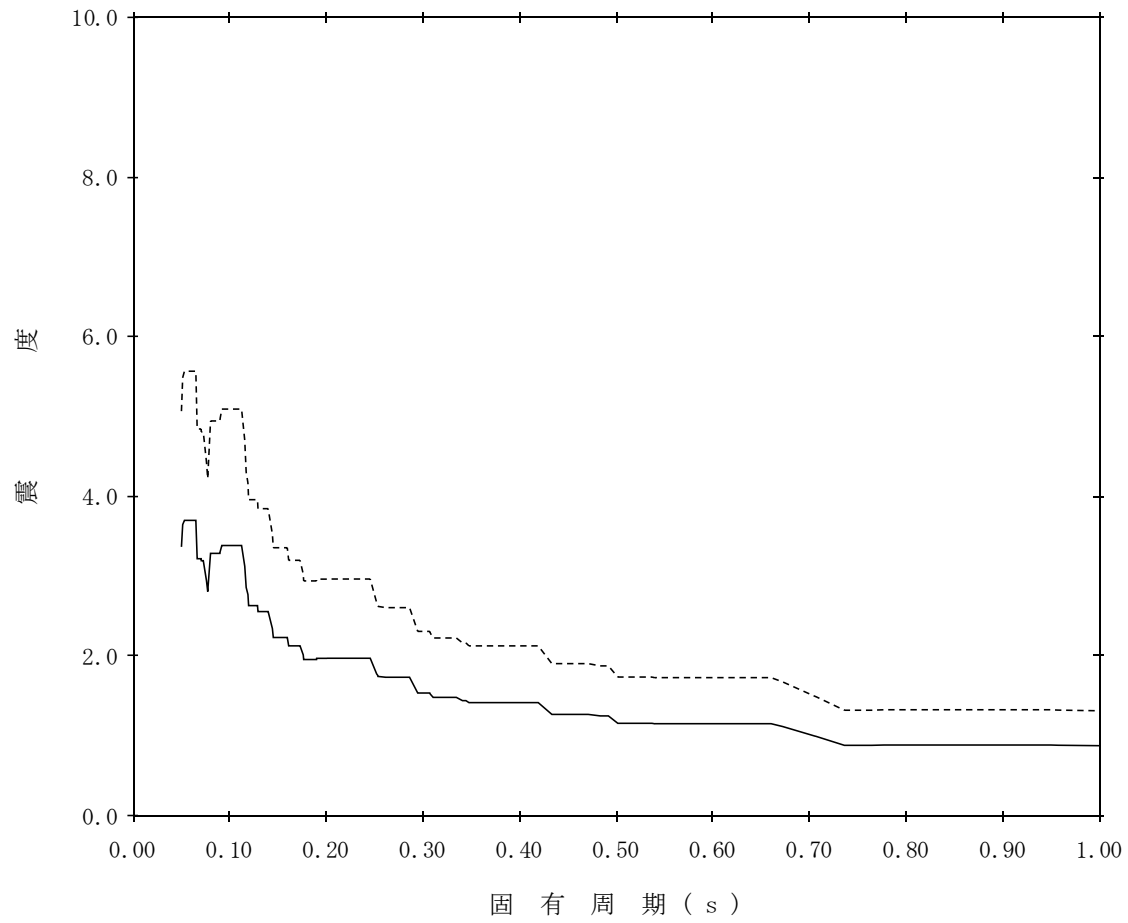
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR5】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

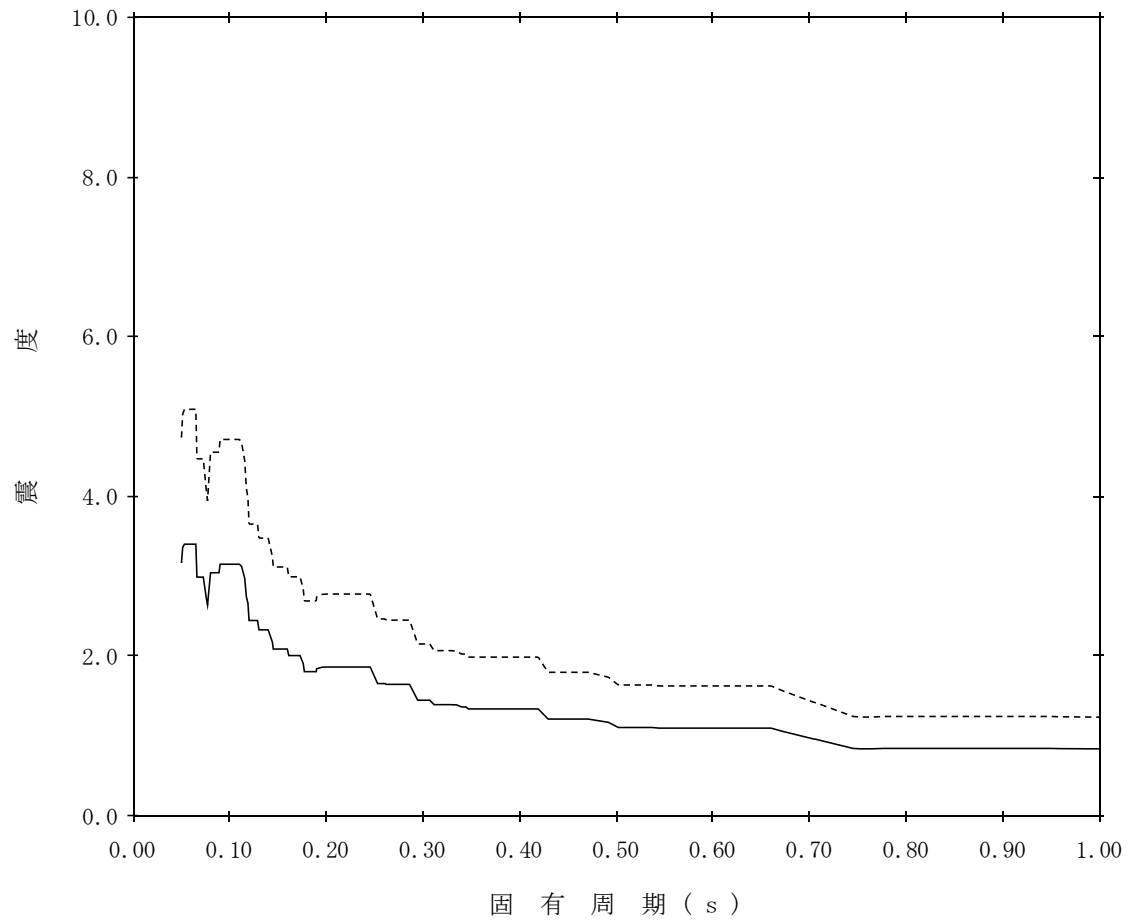
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：2.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR6】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

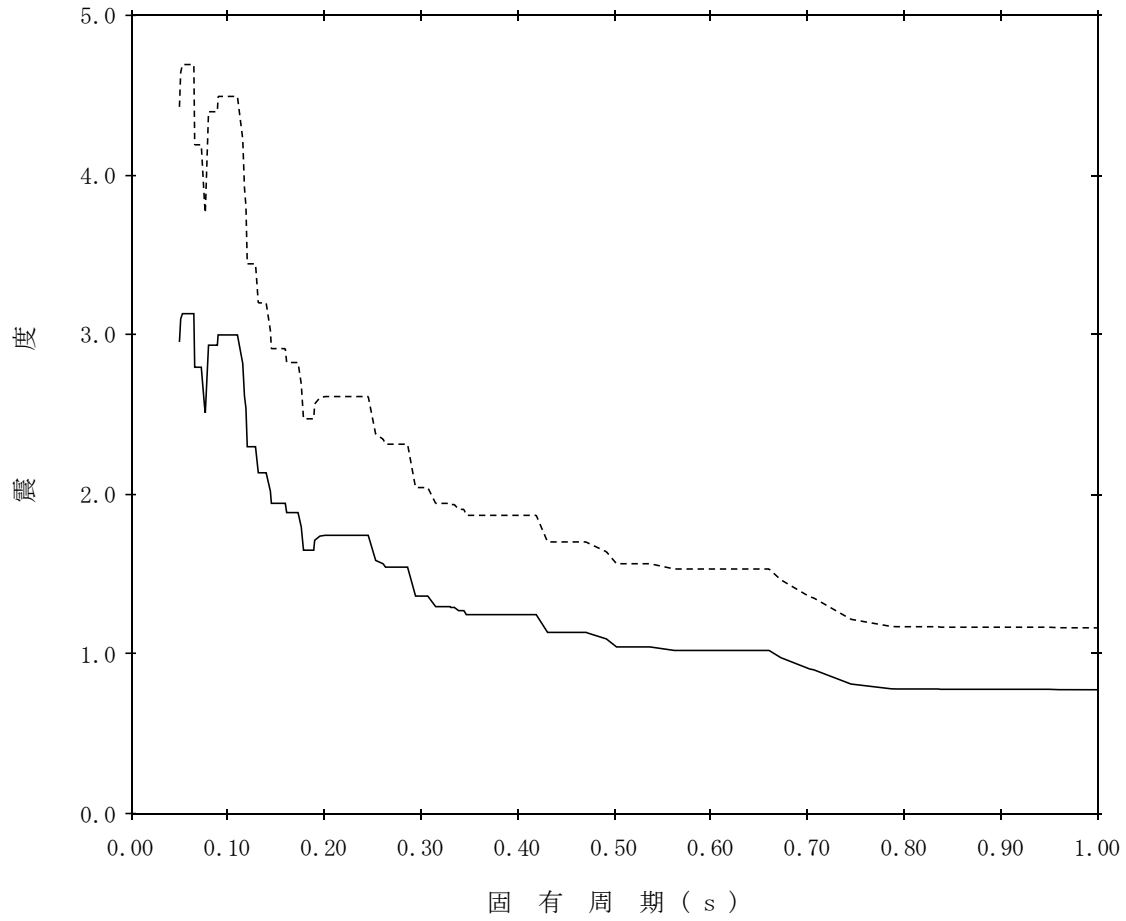
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：3.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR7】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

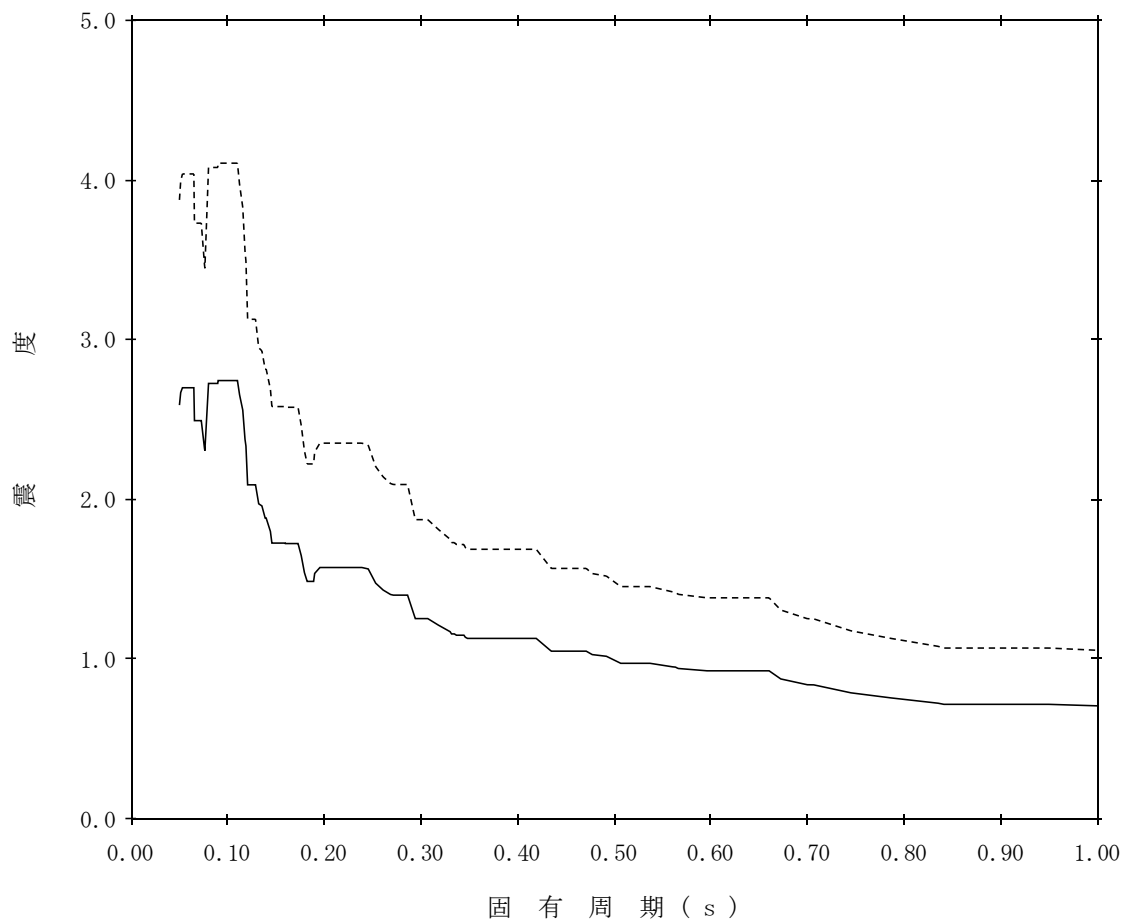
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：4.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR8】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

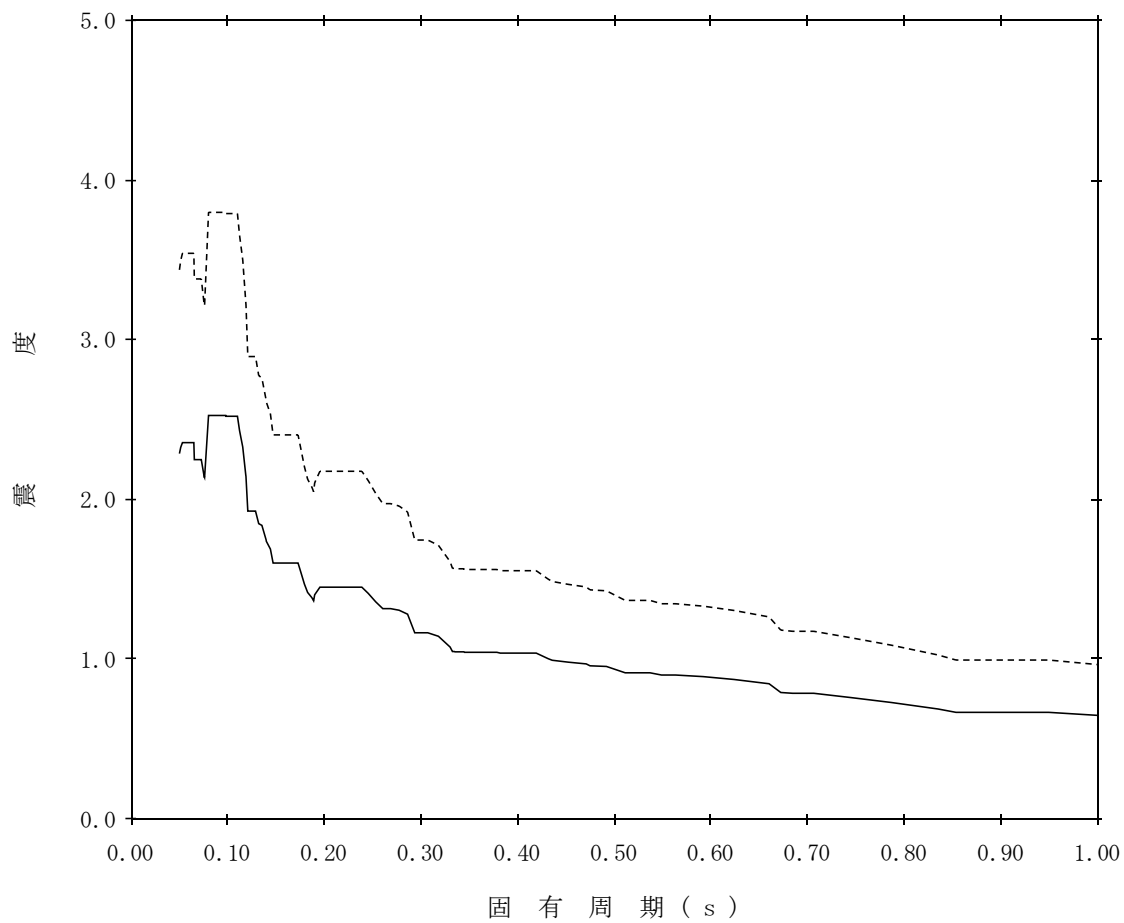
標高：EL18.300m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：5.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR9】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

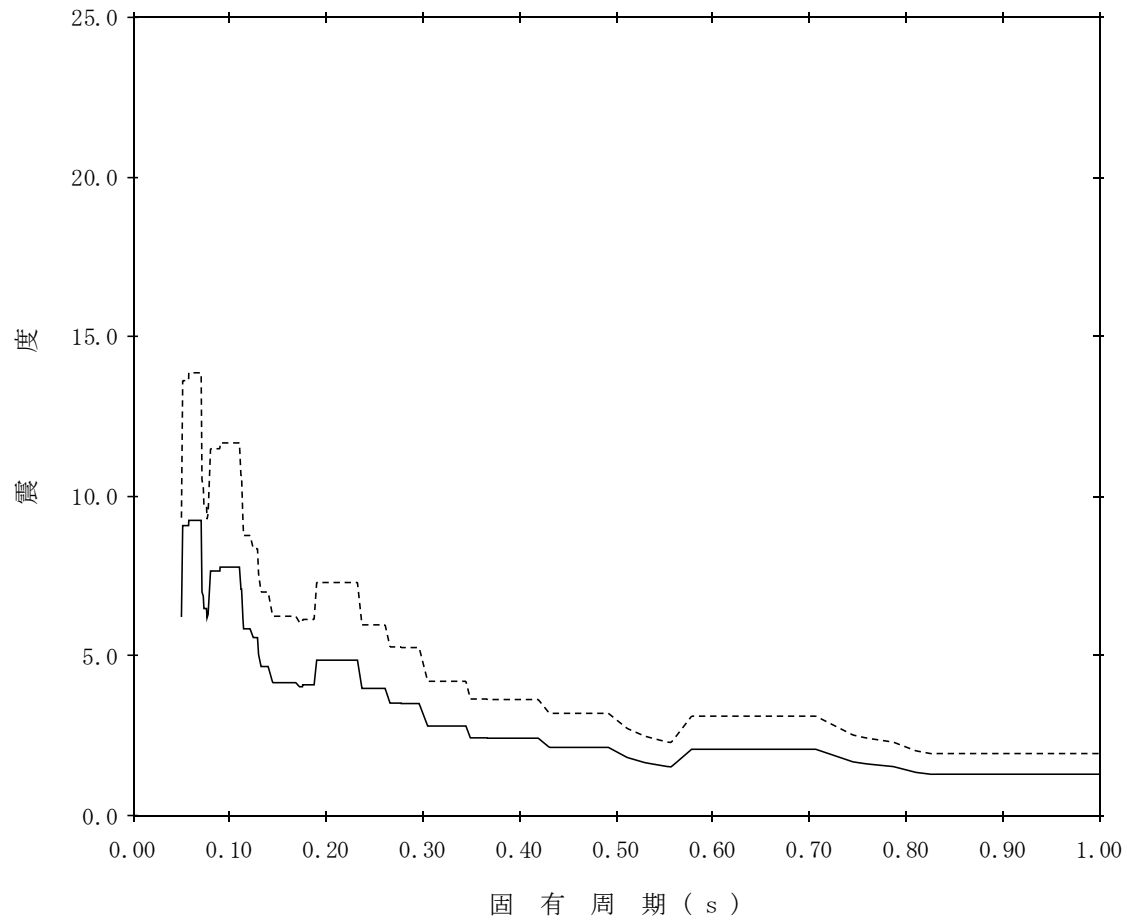
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR10】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

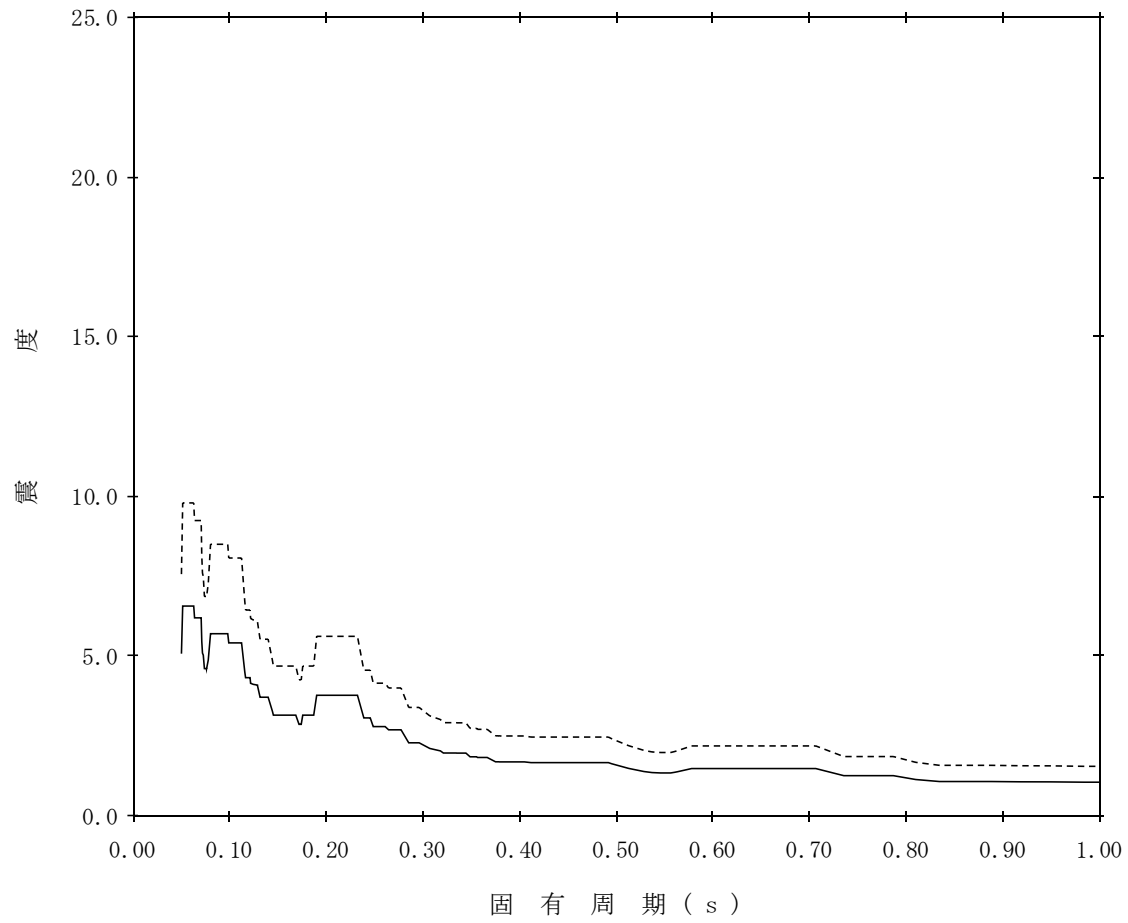
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：1.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR11】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

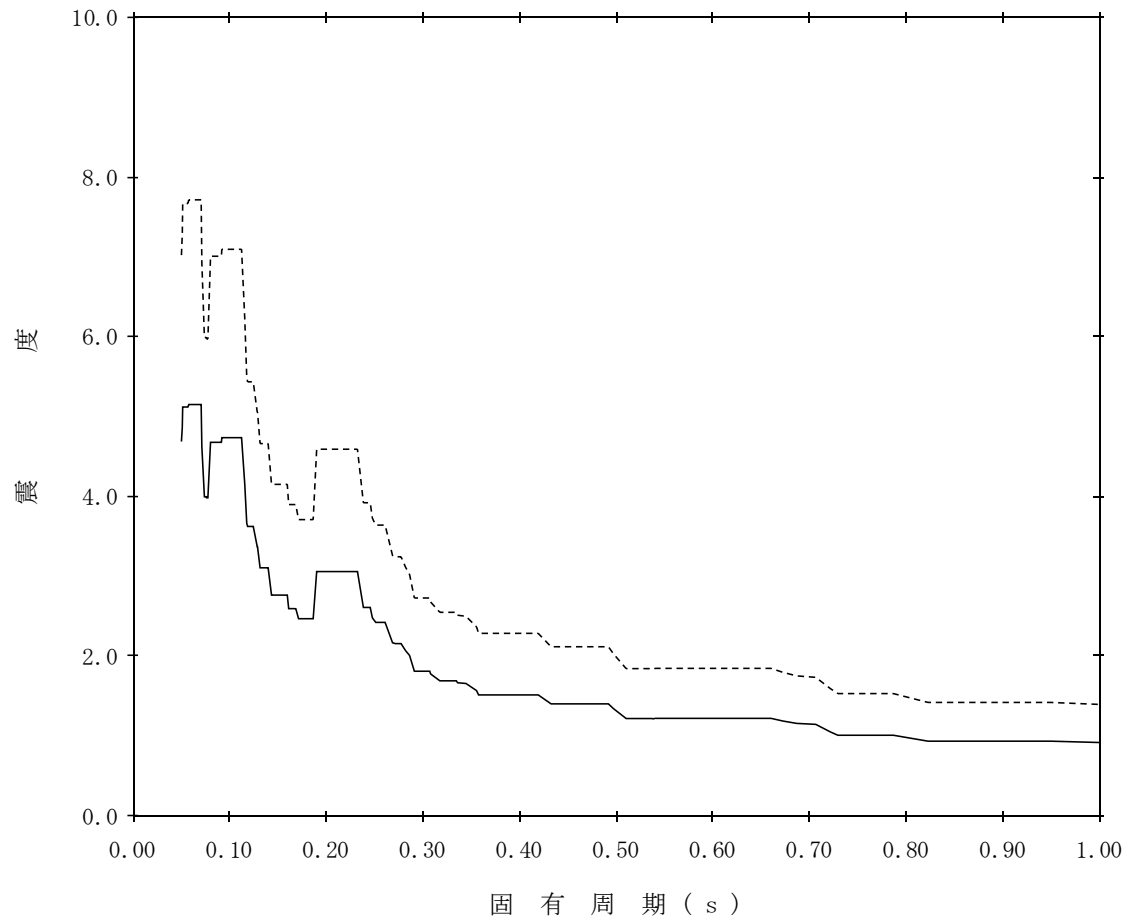
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：1.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR12】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

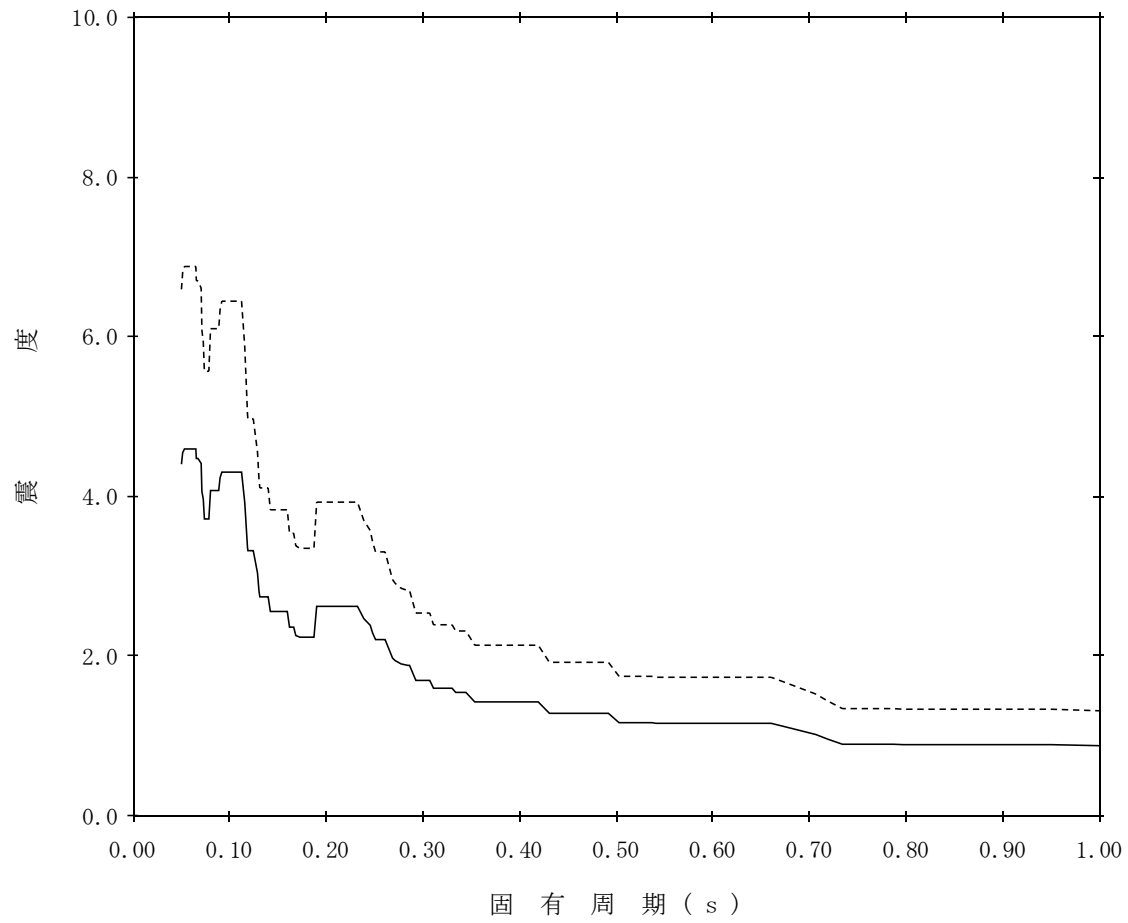
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR13】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

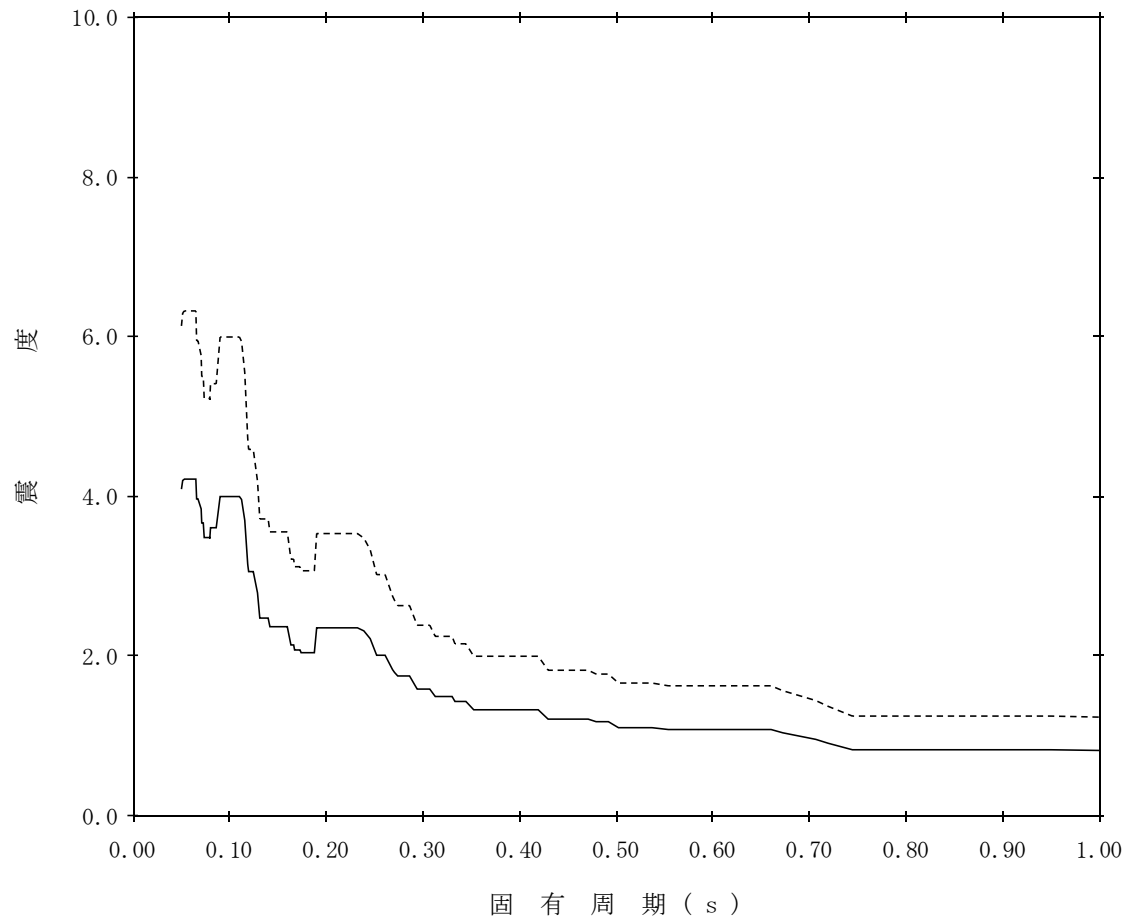
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：2.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR14】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

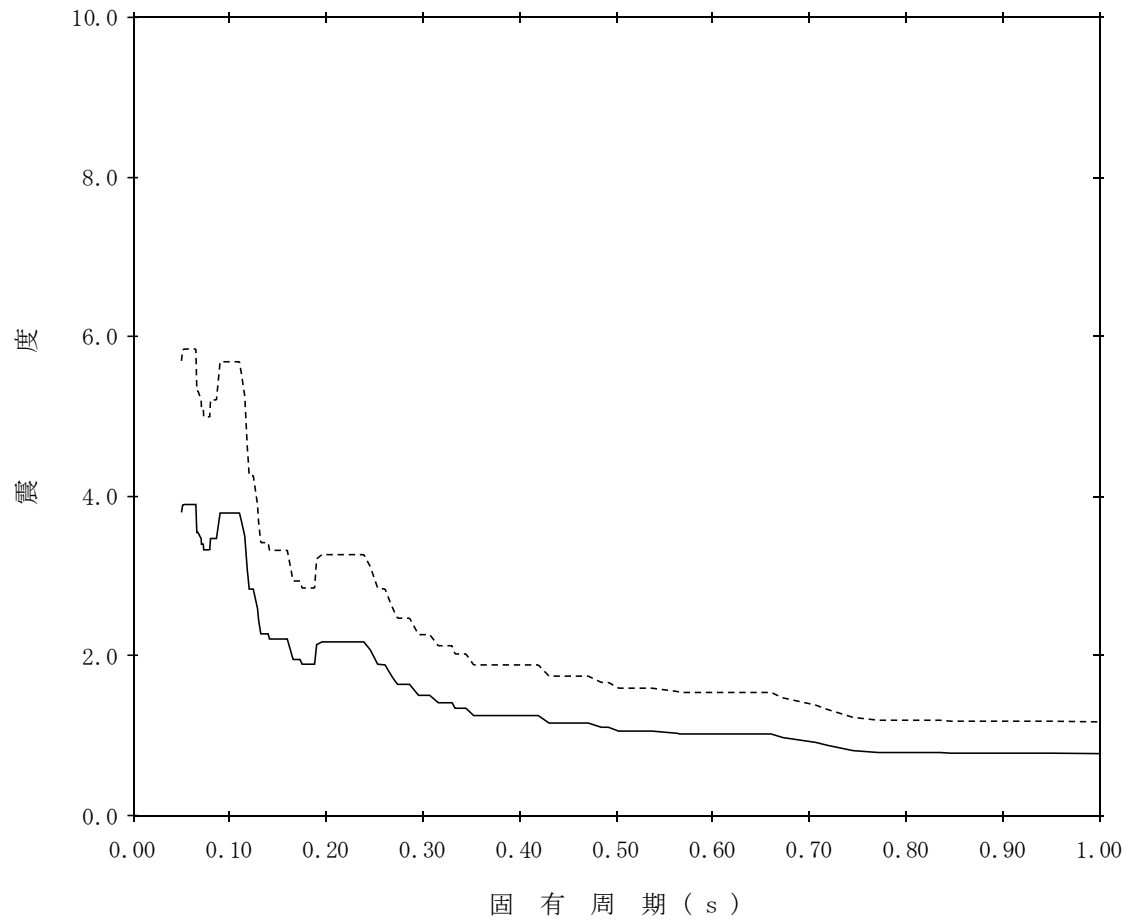
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：3.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR15】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

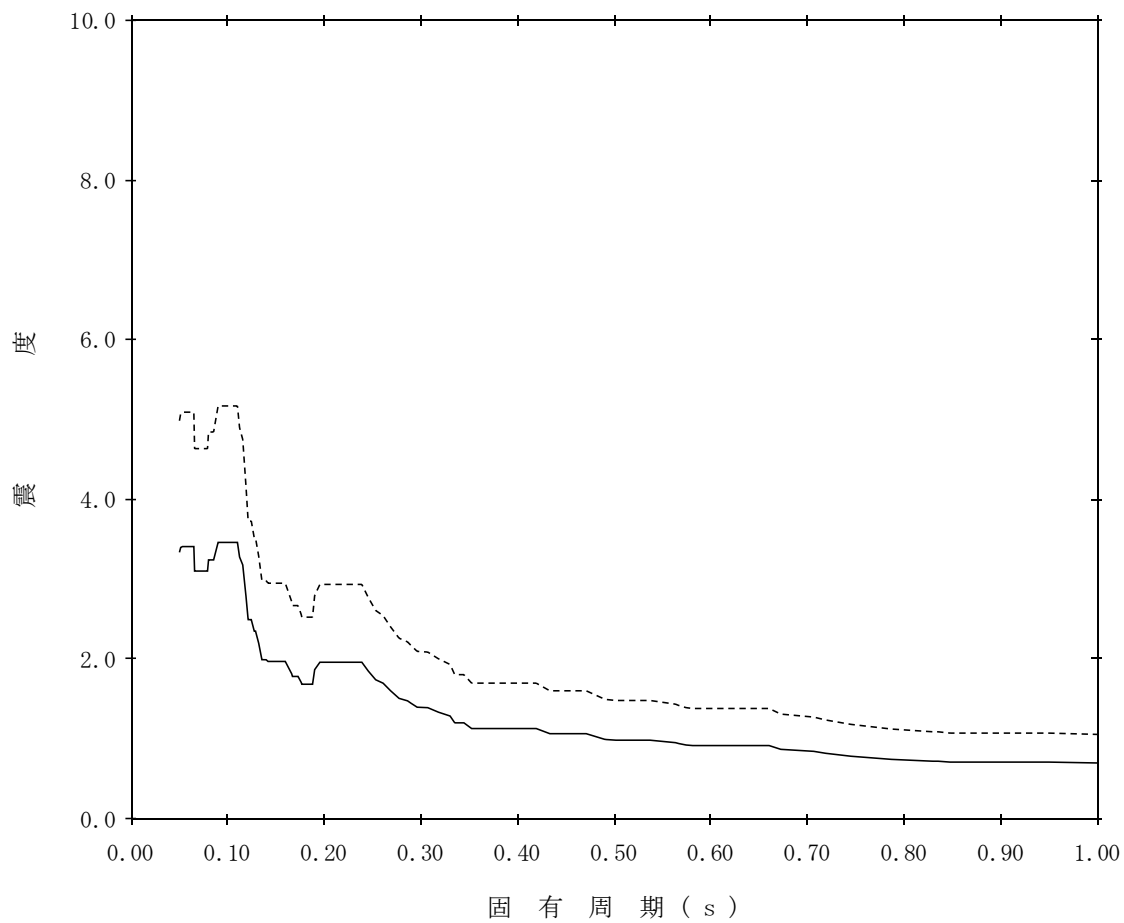
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：4.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR16】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

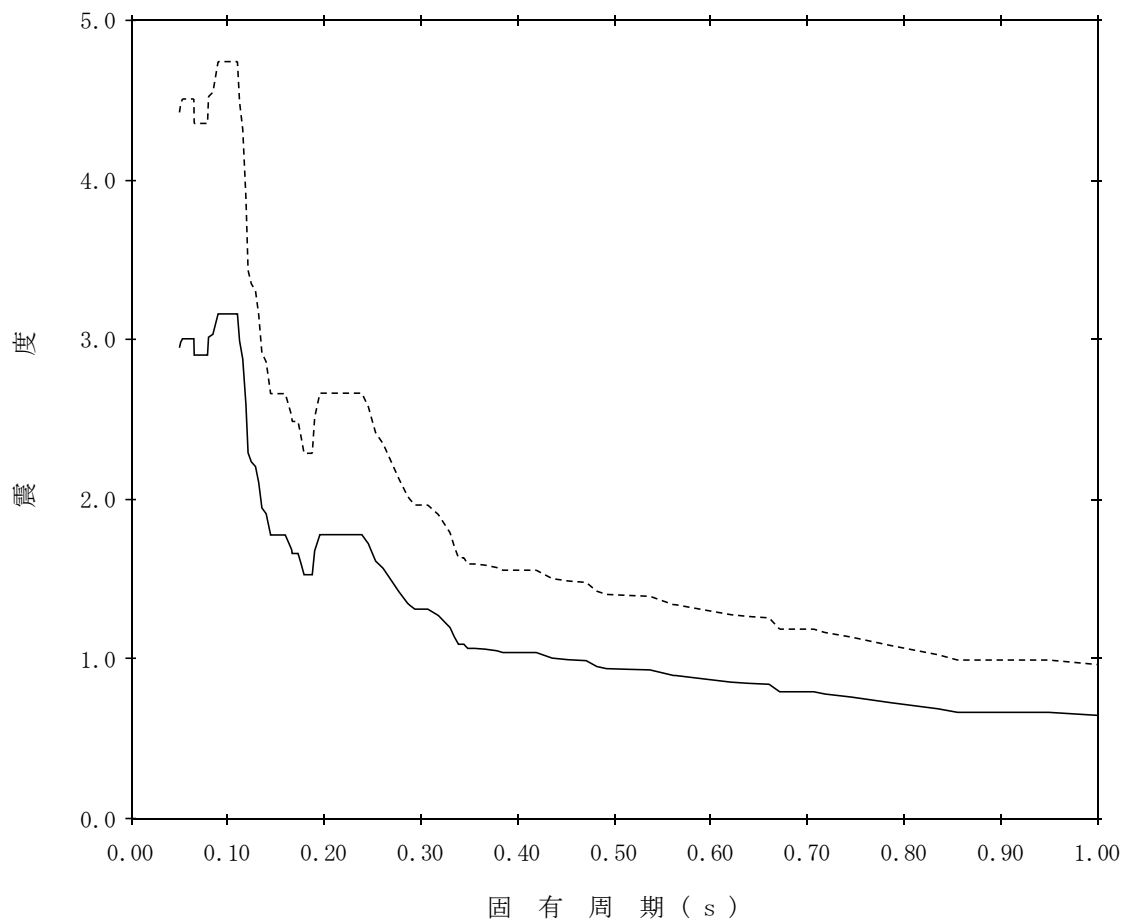
標高：EL14.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：5.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR17】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

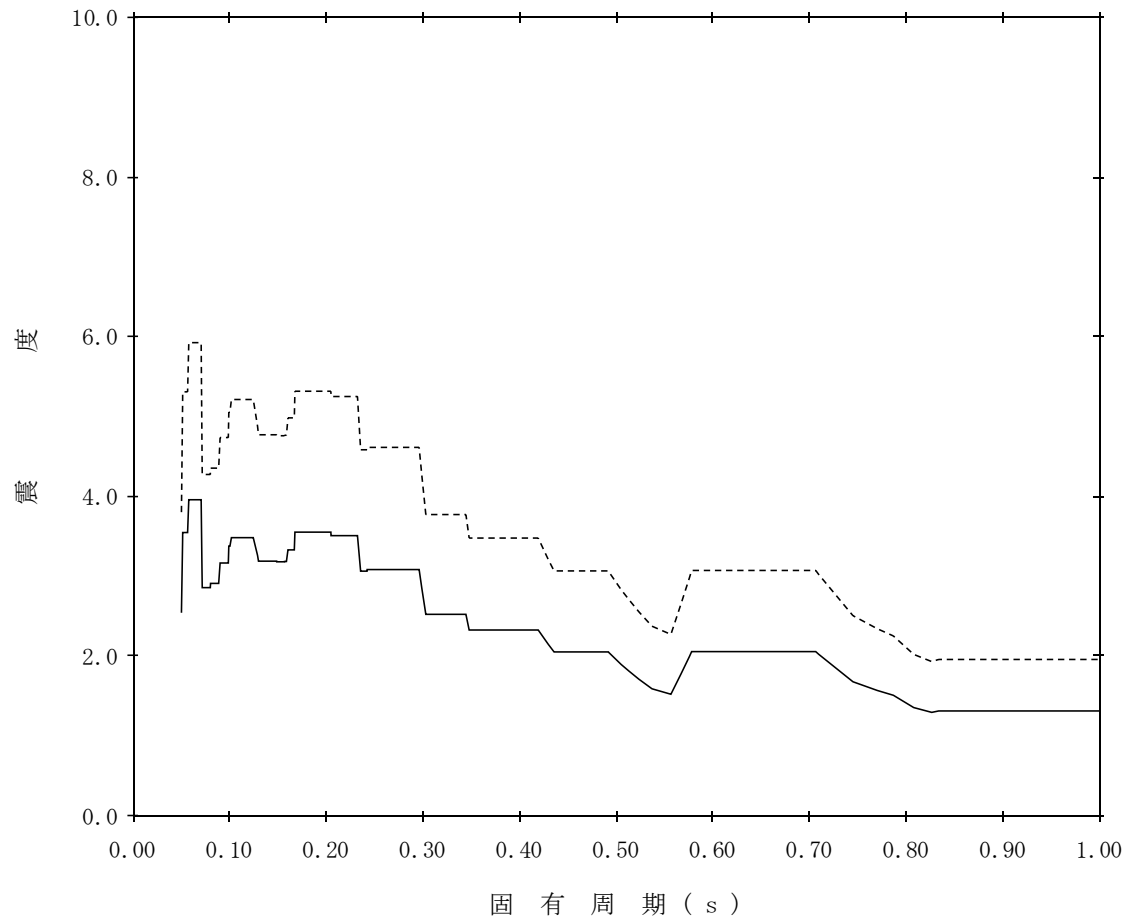
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S_s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR18】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

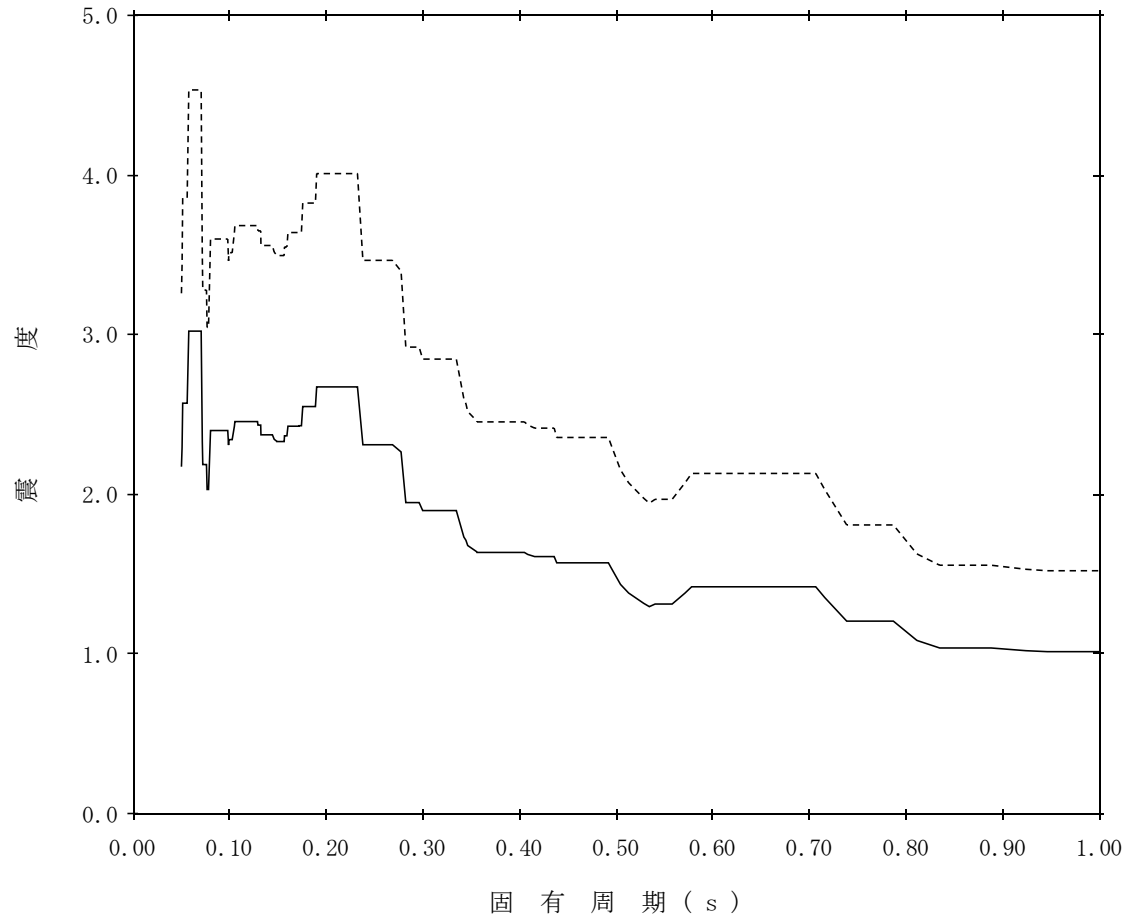
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：1.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR19】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

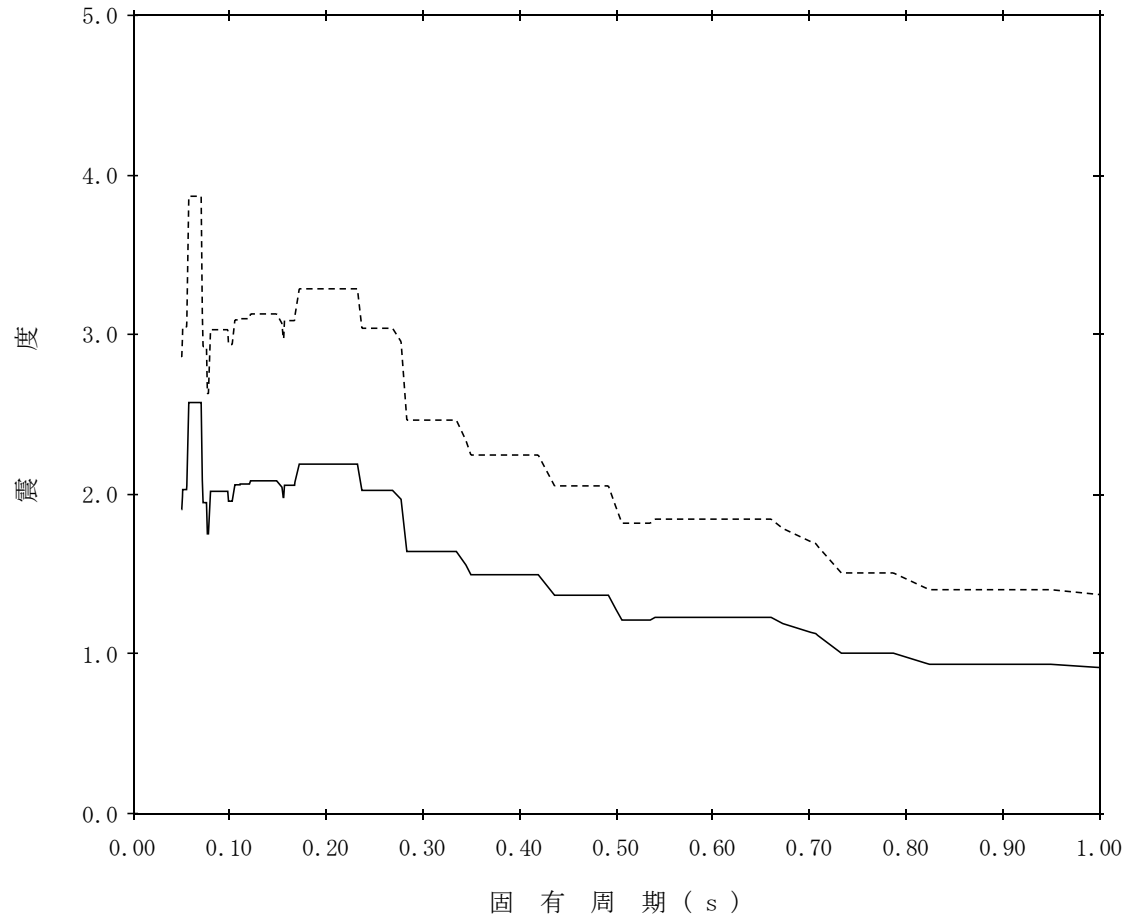
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：1.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR20】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

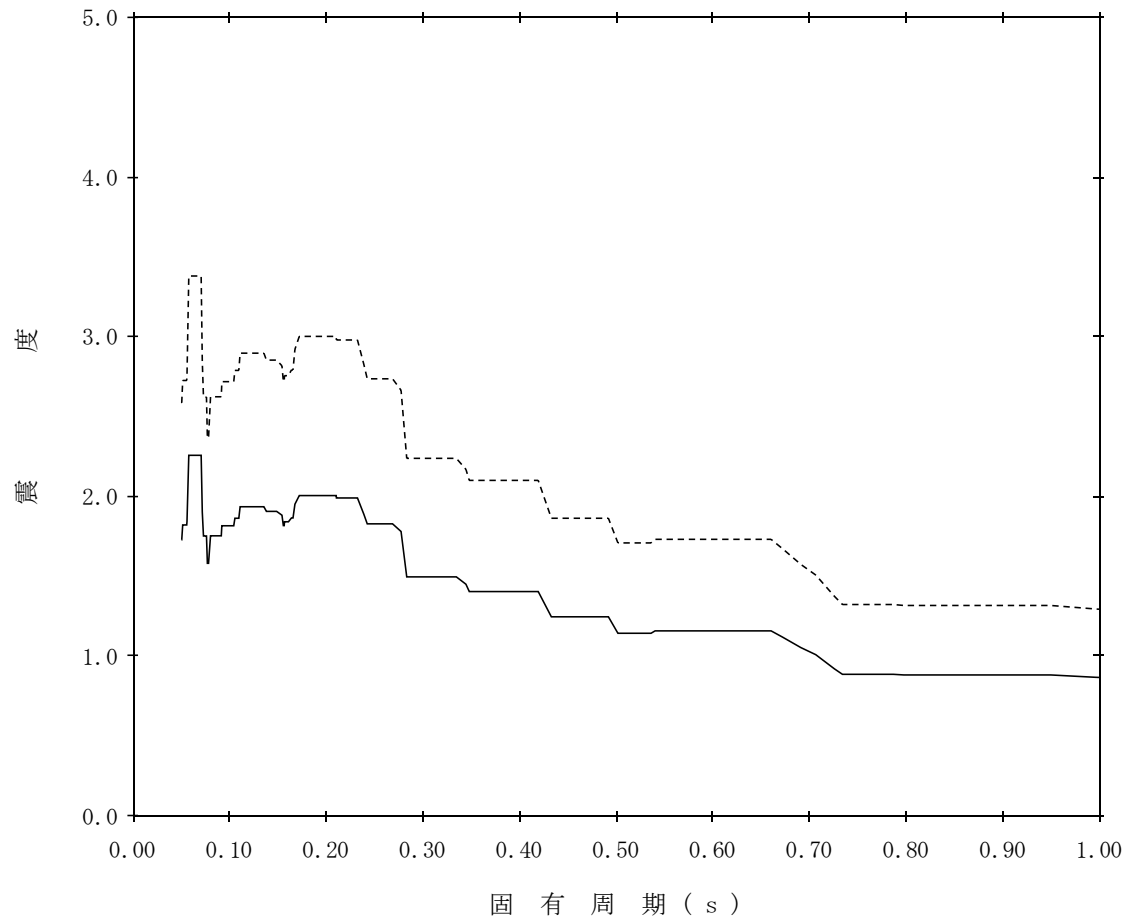
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR21】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

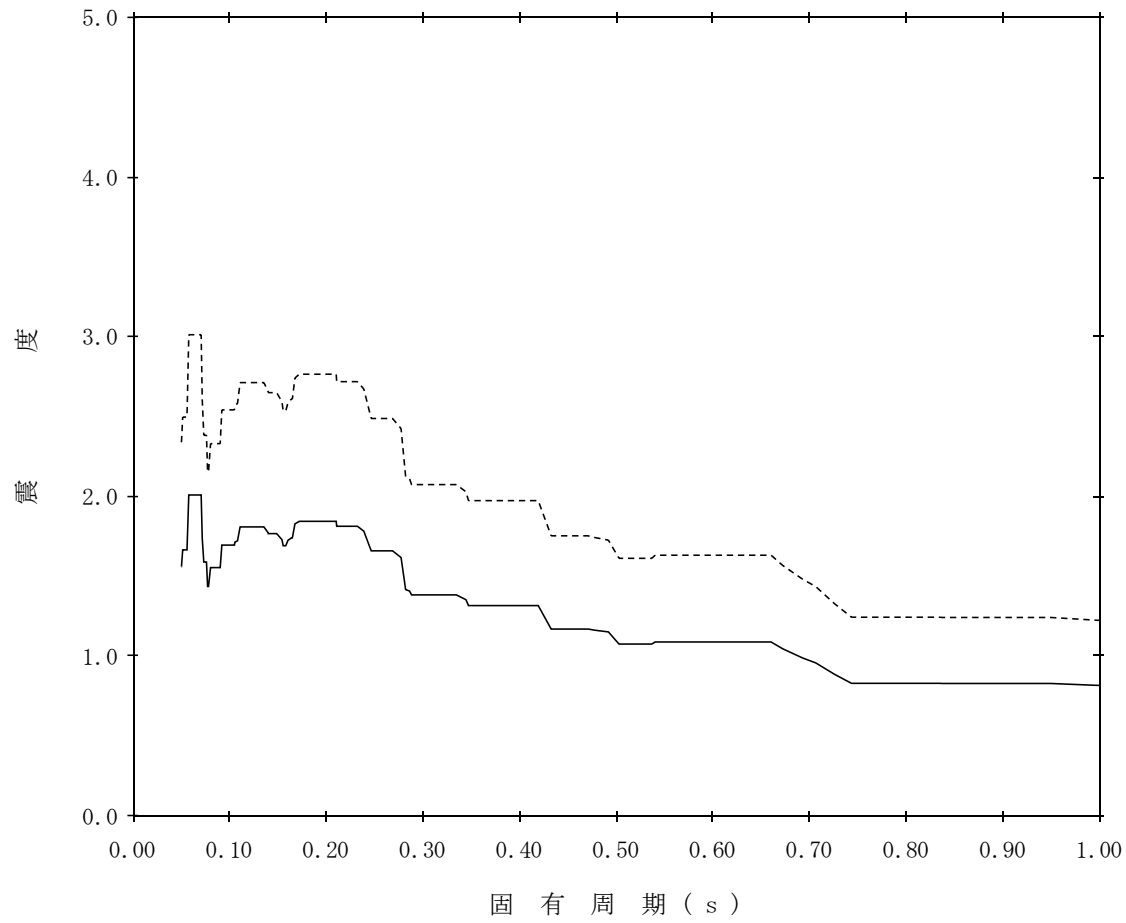
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：2.5%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR22】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

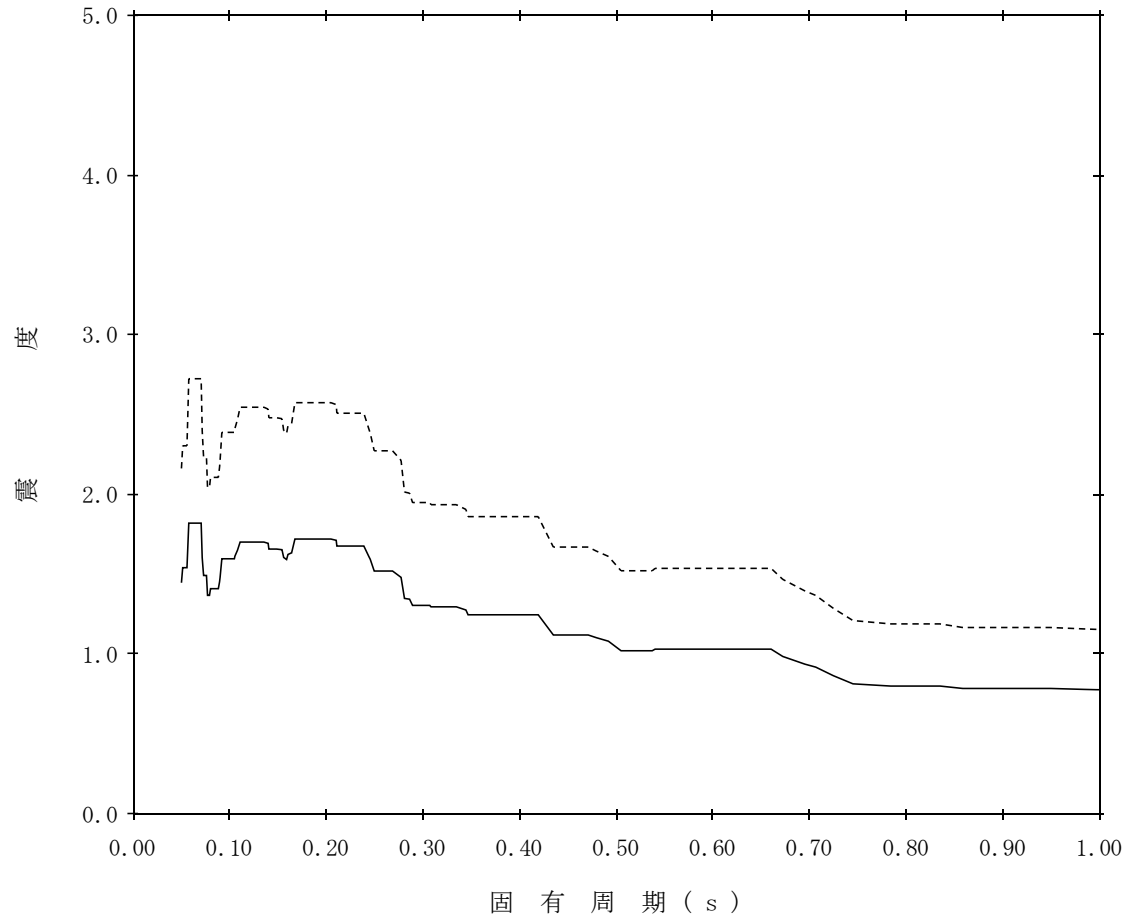
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：3.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR23】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

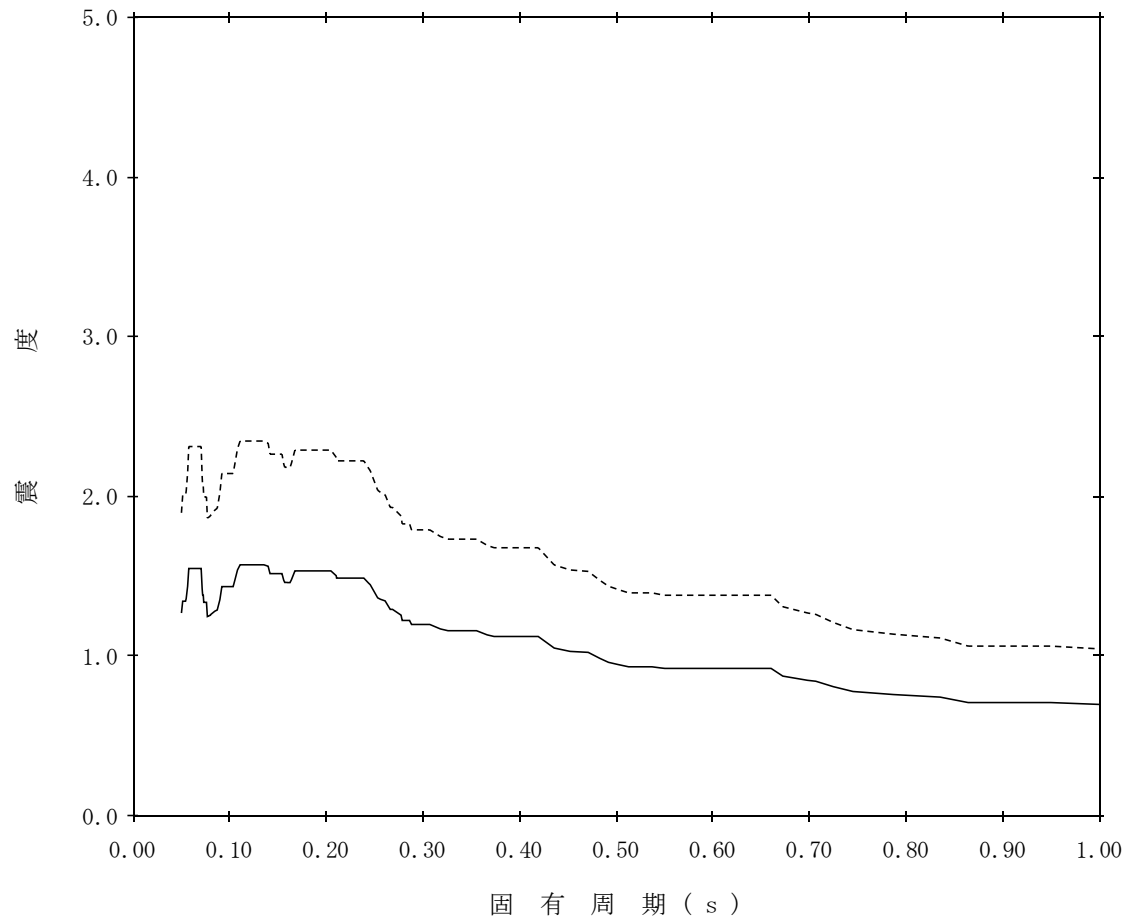
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：4.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR24】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

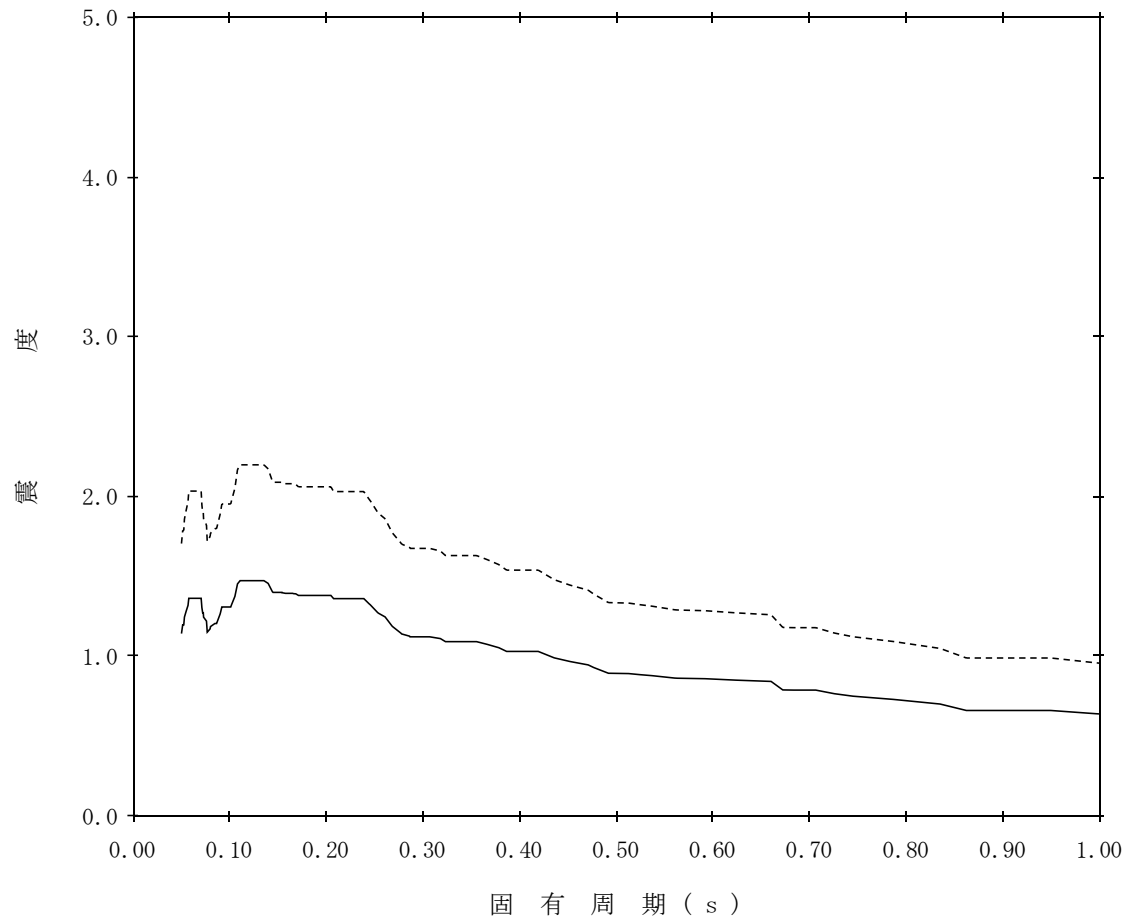
標高：EL8.200m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：5.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR25】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

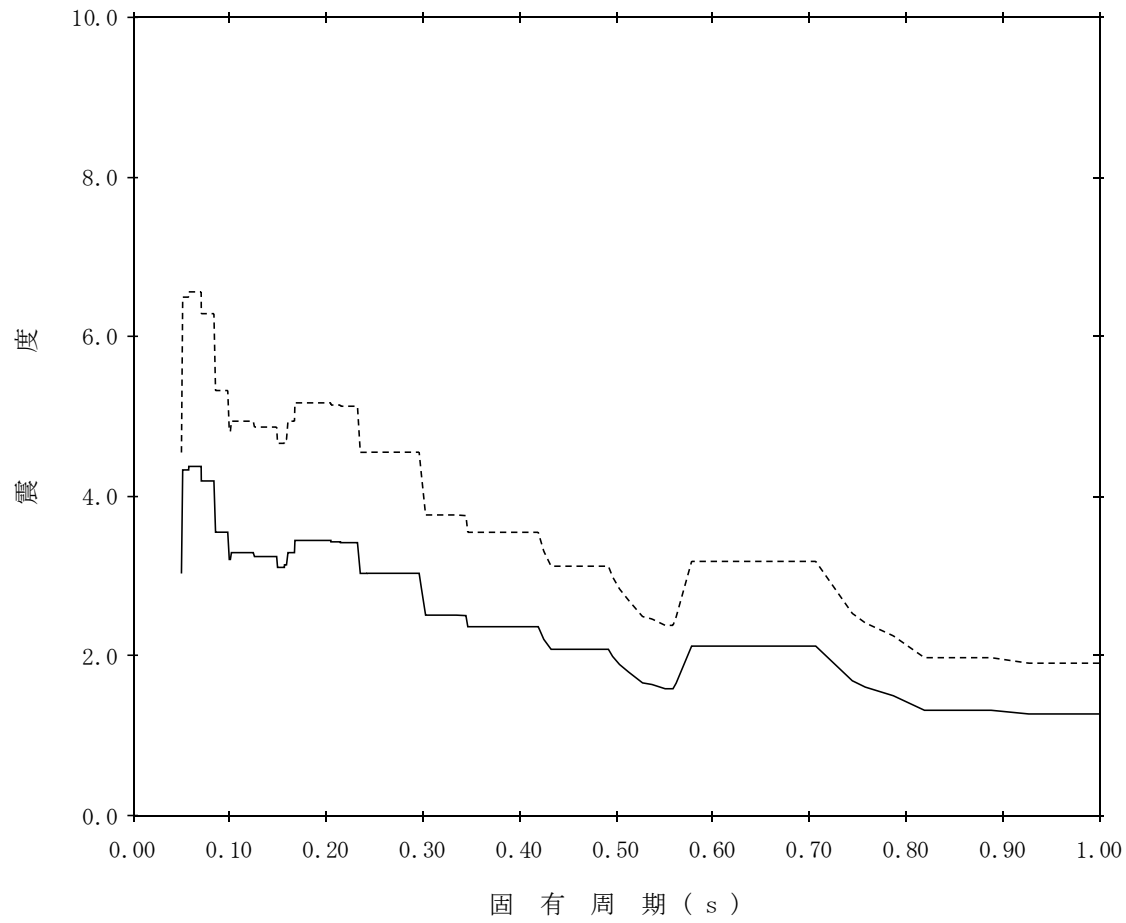
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：0.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR26】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

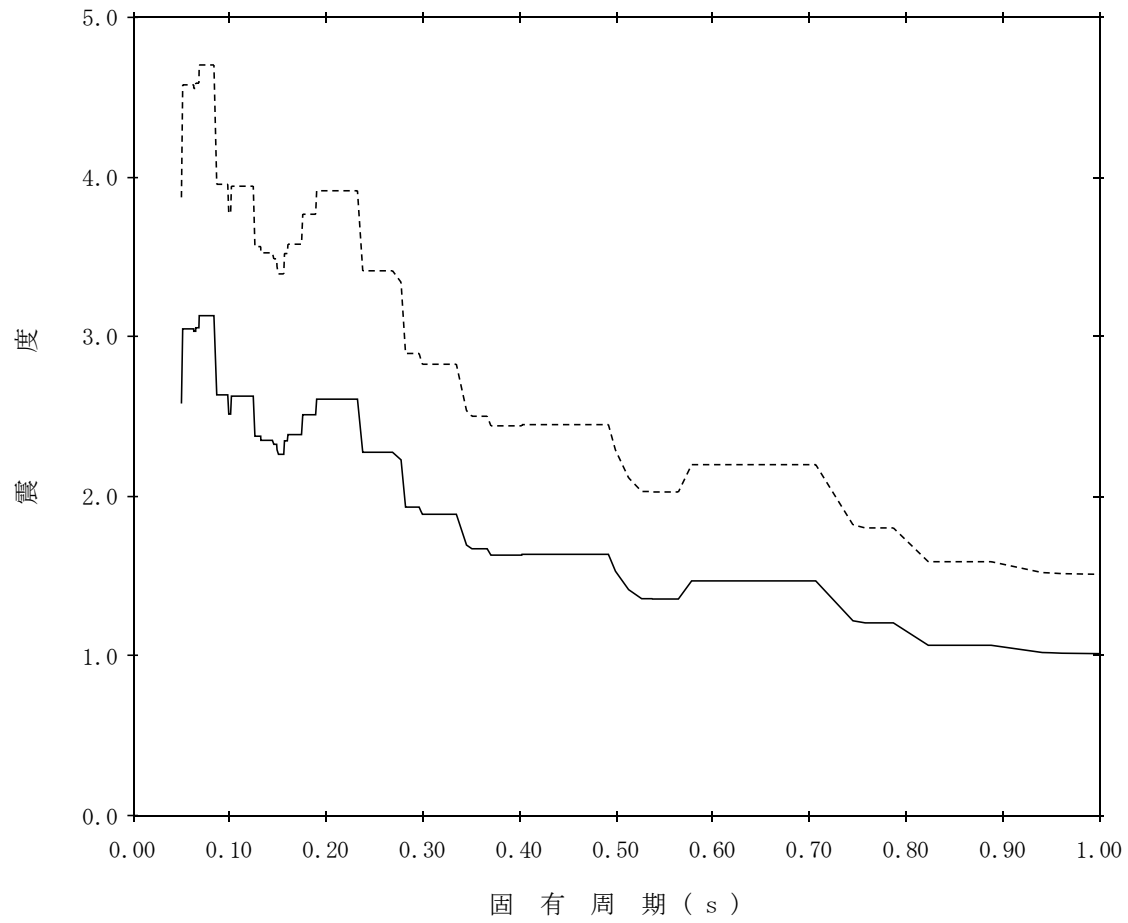
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：1.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR27】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

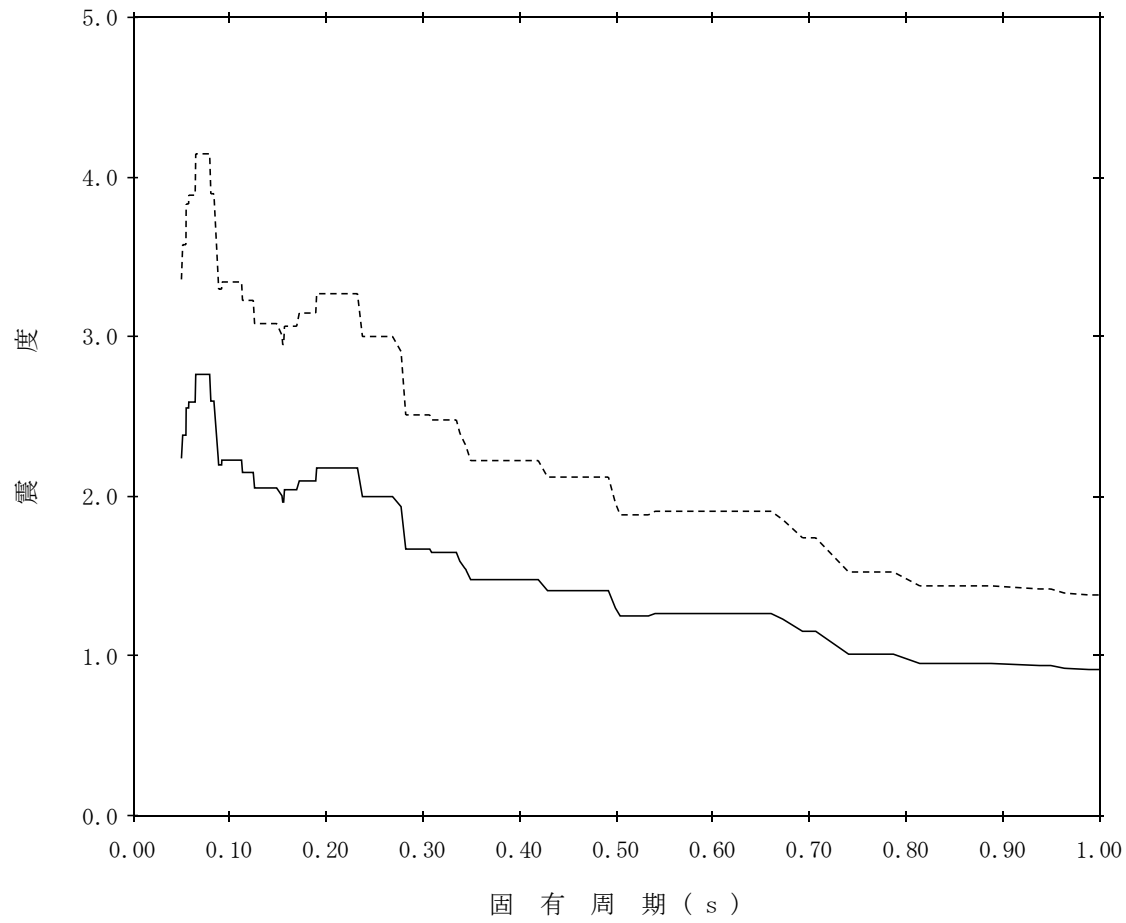
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：1.5%

波形名：基準地震動 S_s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR28】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

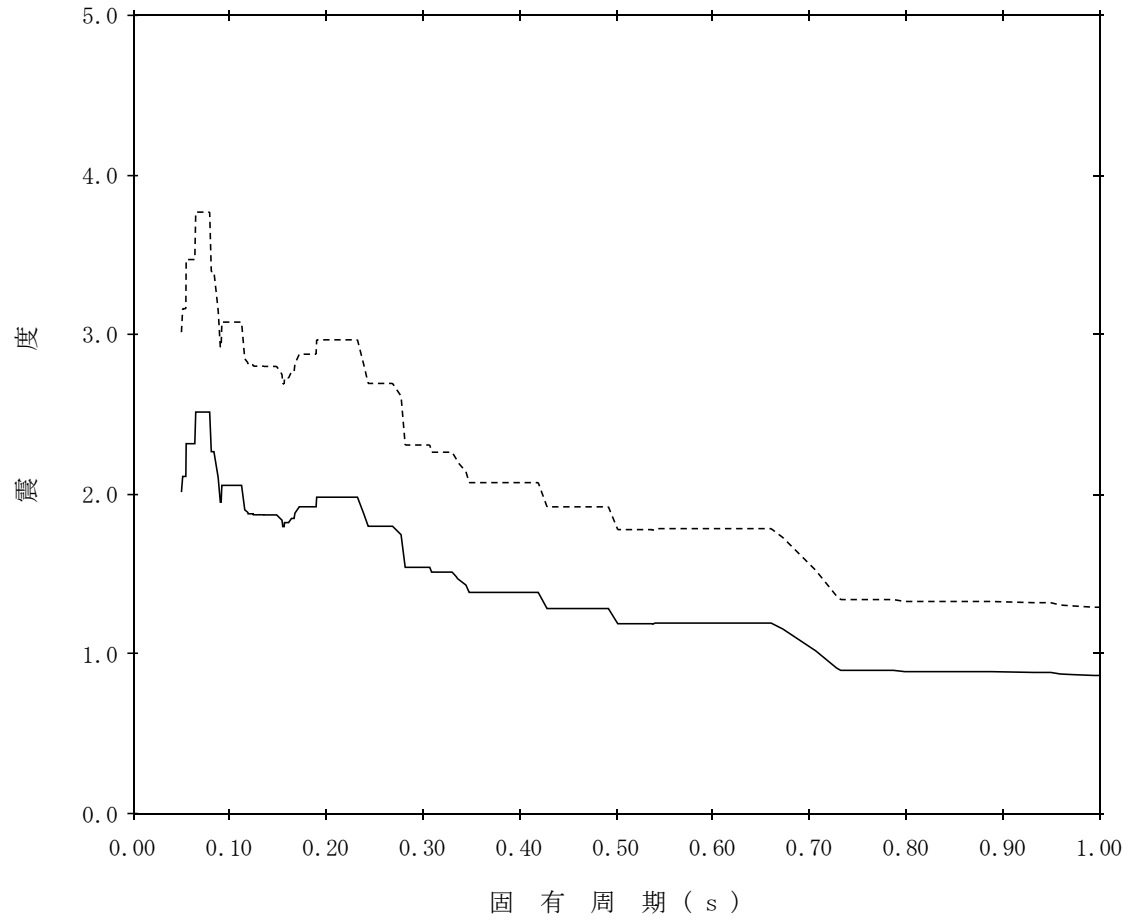
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S_s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR29】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

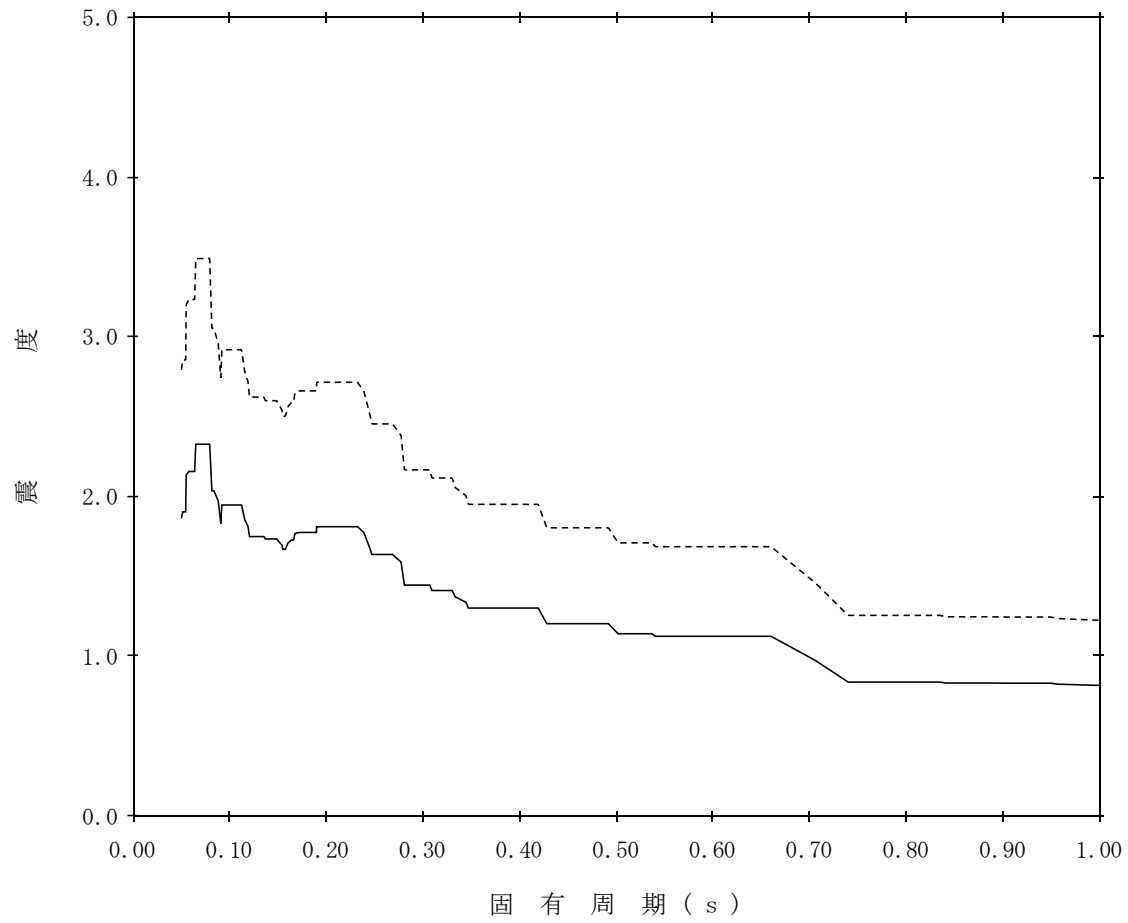
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：2.5%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR30】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

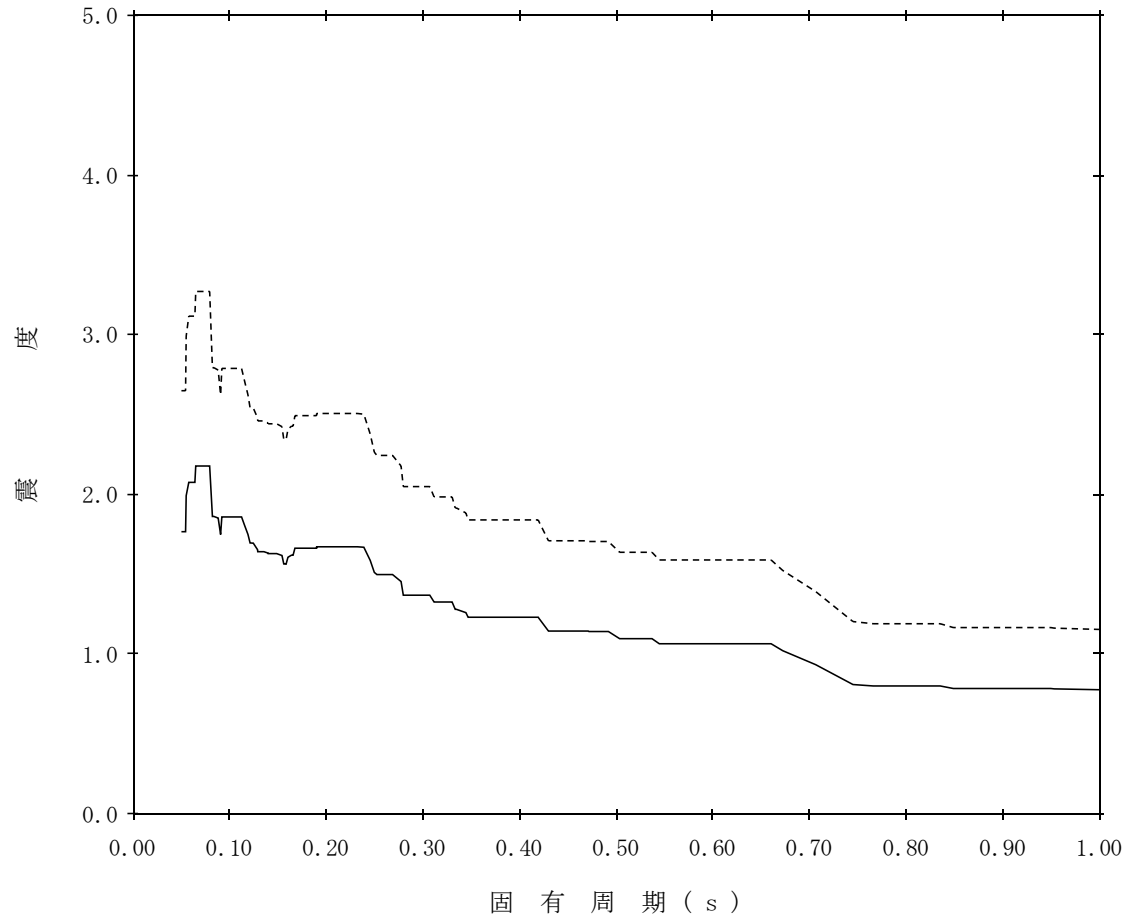
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：3.0%

波形名：基準地震動 S s

- - - - 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR31】

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

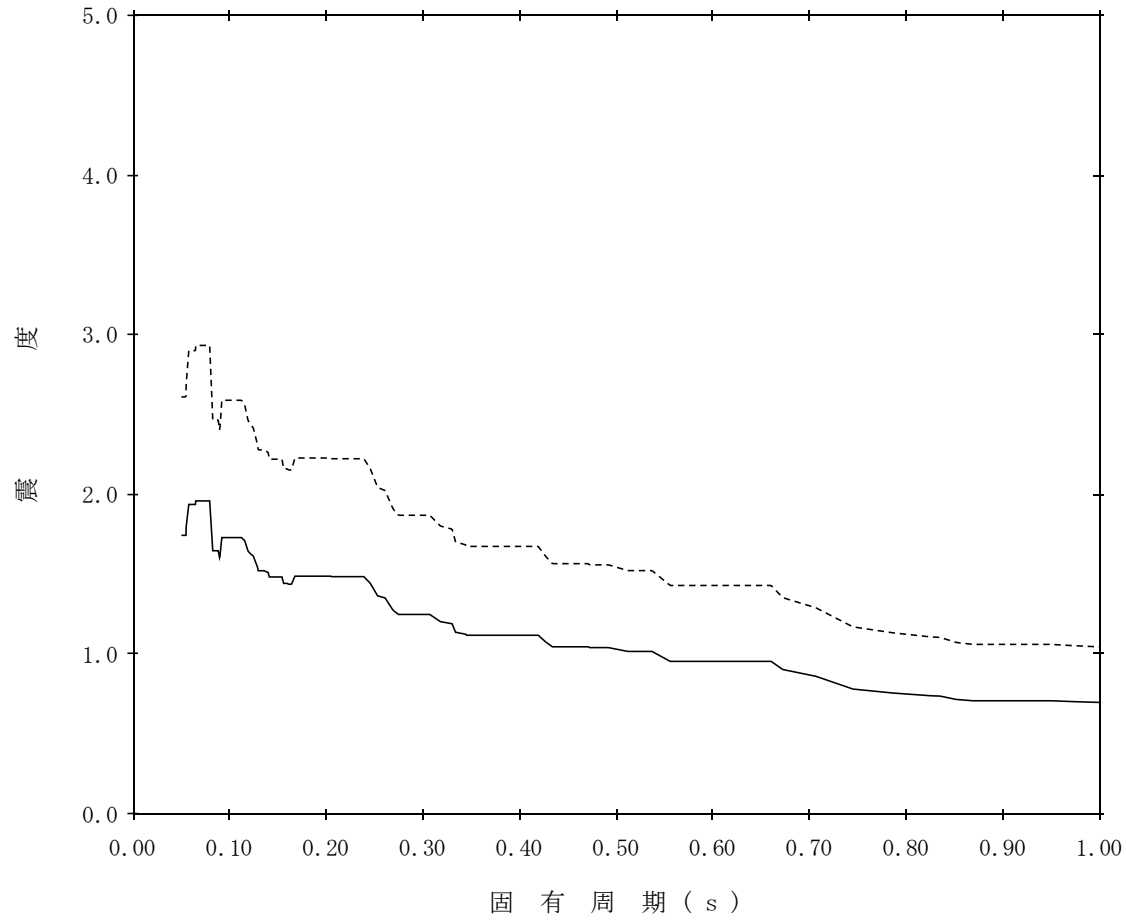
標高：EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトルⅠ（鉛直方向）

減衰定数：4.0%

波形名：基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトルⅡ（鉛直方向）



【NS2-FLSR-SsV-FLSR32】

構造物名： 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

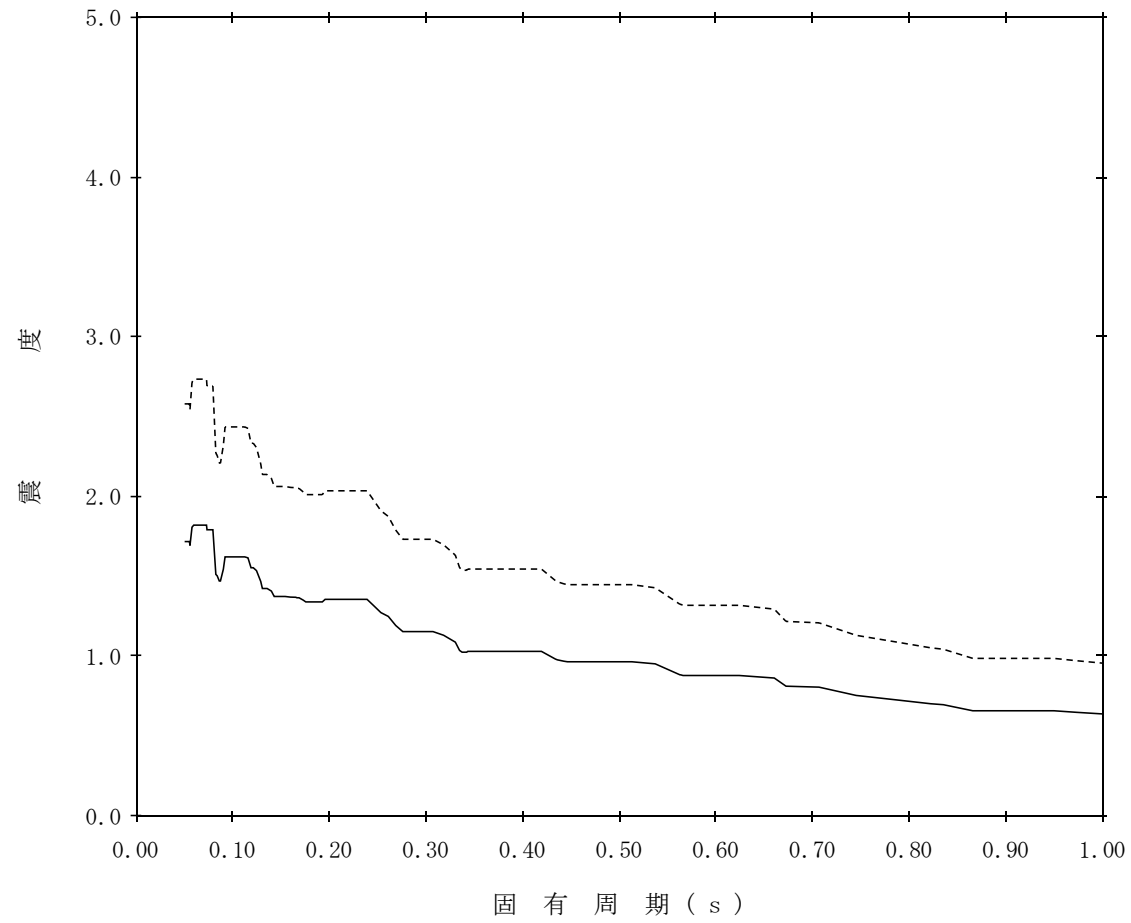
標高： EL0.700m

—— 設計用床応答スペクトル I (鉛直方向)

減衰定数： 5.0%

波形名： 基準地震動 S s

----- 設計用床応答スペクトル II (鉛直方向)



VI-2-別添 7-2-2 第1 ベントフィルタ格納槽の地震応答計算書
(掘削前)

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 解析方針	6
2.4 適用規格・基準等	8
3. 解析方法	9
3.1 評価対象断面	9
3.2 解析方法	12
3.2.1 構造部材	12
3.2.2 地盤	14
3.2.3 減衰定数	14
3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定	15
3.3 荷重及び荷重の組合せ	17
3.3.1 耐震評価上考慮する状態	17
3.3.2 荷重	17
3.3.3 荷重の組合せ	18
3.4 入力地震動	19
3.4.1 A－A断面及びB－B断面の入力地震動	20
3.4.2 C－C断面の入力地震動	32
3.5 解析モデル及び諸元	44
3.5.1 解析モデル	44
3.5.2 使用材料及び材料の物性値	48
3.5.3 地盤の物性値	48
3.5.4 地下水位	48
4. 解析結果	49
4.1 A－A断面の解析結果	49
4.2 B－B断面の解析結果	62
4.3 C－C断面の解析結果	75

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」の耐震計算書作成フローに基づき作成した。耐震計算書作成フローを図 1-1 に示す。

地震応答解析についてはVI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施した解析結果を説明するものである。

本地震応答解析は、第1ベントフィルタ格納槽が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。その際、耐震評価に用いる応答値は、この地震応答解析により構造物に発生する変形、断面力及び基礎地盤に発生する接地圧とする。また、機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値の抽出を行う。

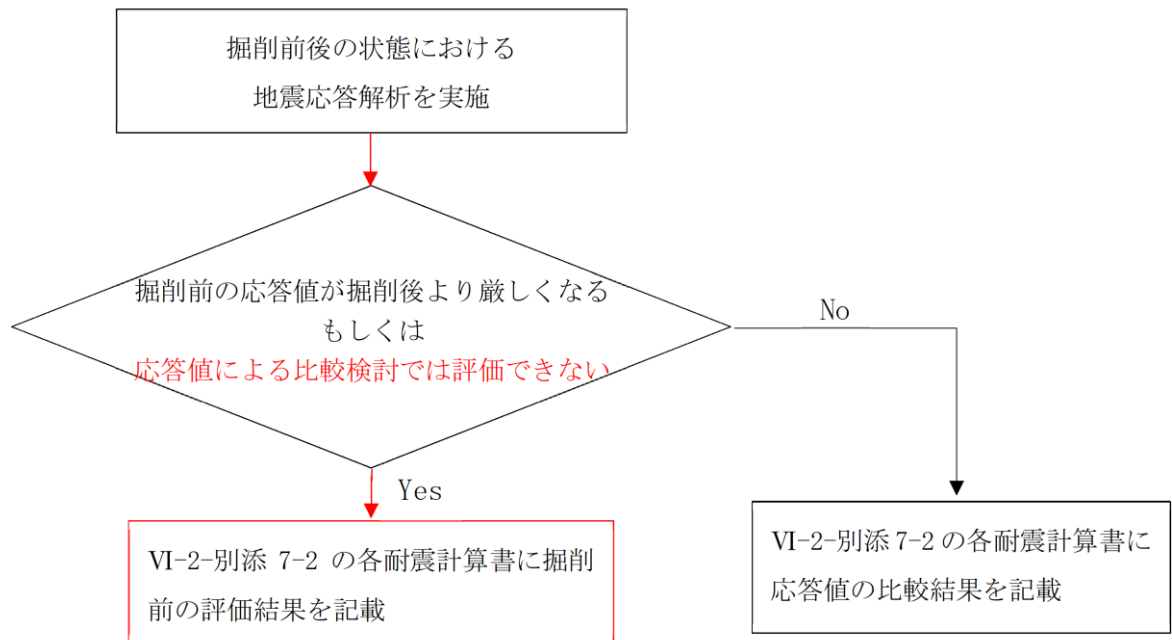


図 1-1 別添 7-2 における耐震計算書作成フロー

2. 基本方針

2.1 位置

第1ベントフィルタ格納槽の位置図を図2-1に示す。

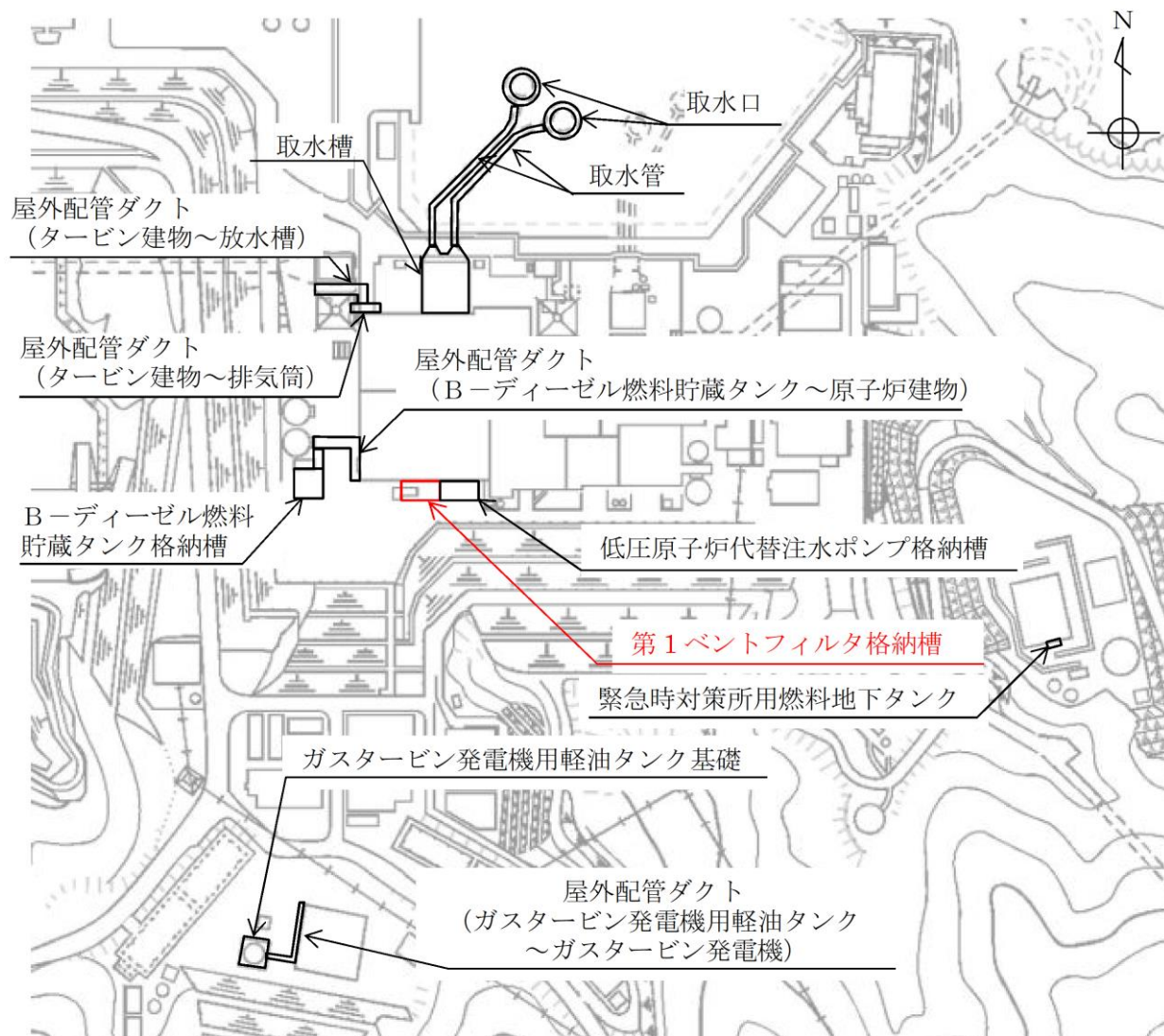


図2-1 第1ベントフィルタ格納槽 位置図

2.2 構造概要

第1ベントフィルタ格納槽の平面図を図2-2、断面図を図2-3～図2-5に示す。

第1ベントフィルタ格納槽は、第1ベントフィルタスクラバ容器等を間接支持する幅24.6m（EW方向）×13.4m（NS方向）、高さ約18.7mの鉄筋コンクリート造の地中（一部地上部を含む）構造物であり、マンメイドロック（以下「MMR」という。）を介して十分な支持性能を有するC_M級又はC_H級岩盤に支持される。

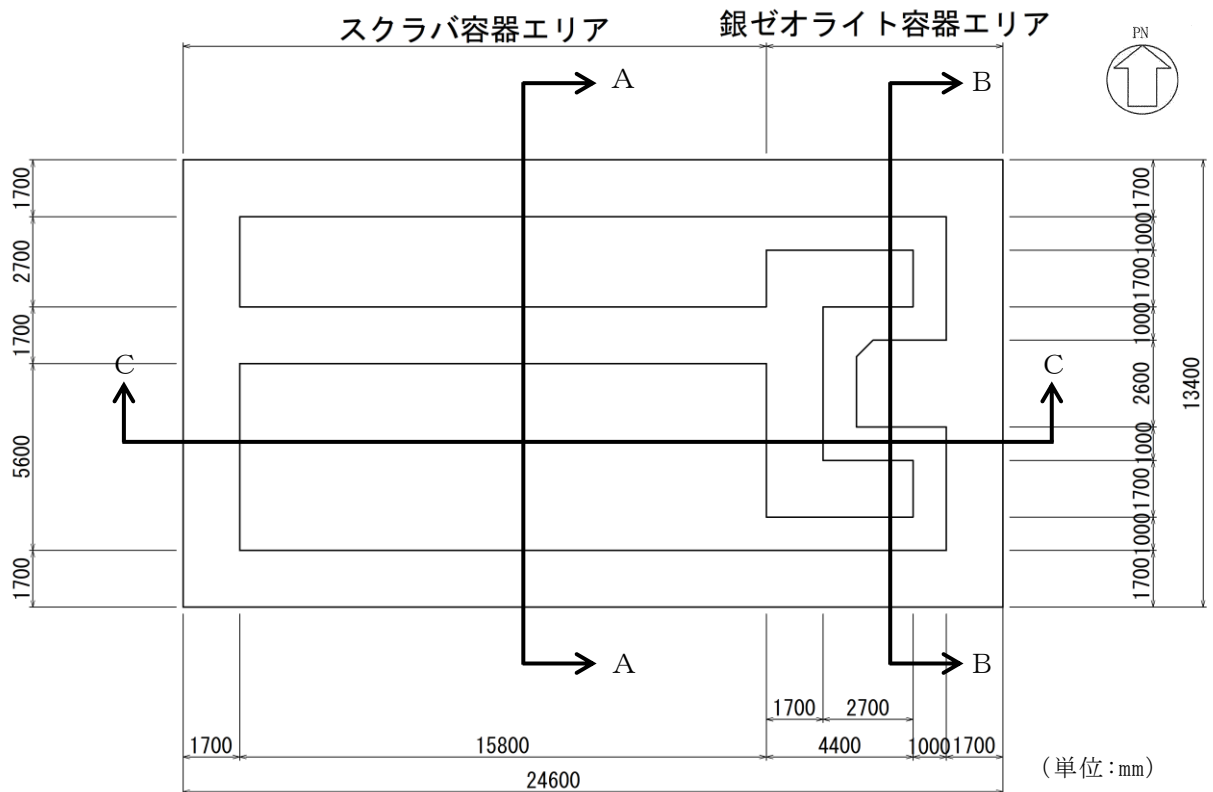


図2-2 第1ベントフィルタ格納槽 平面図

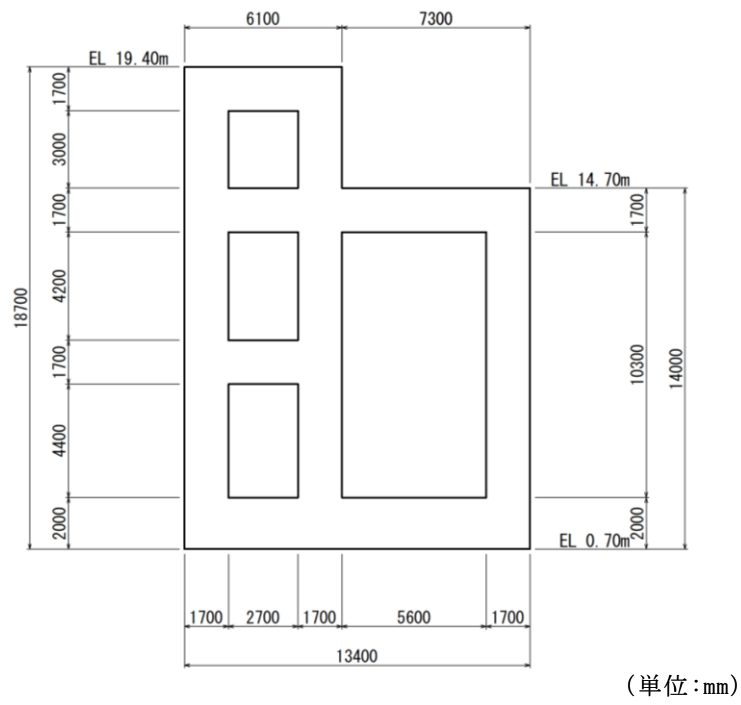


図 2-3 第 1 ベントフィルタ格納槽 断面図 (A-A 断面)

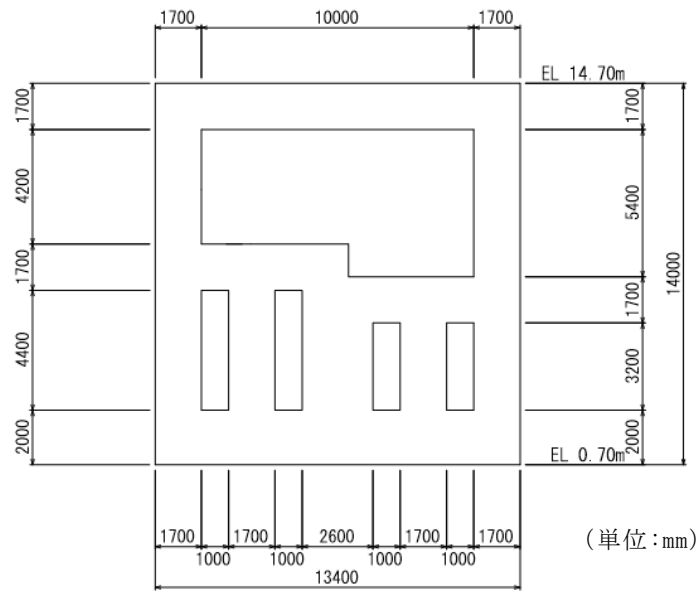


図 2-4 第 1 ベントフィルタ格納槽 断面図 (B-B 断面)

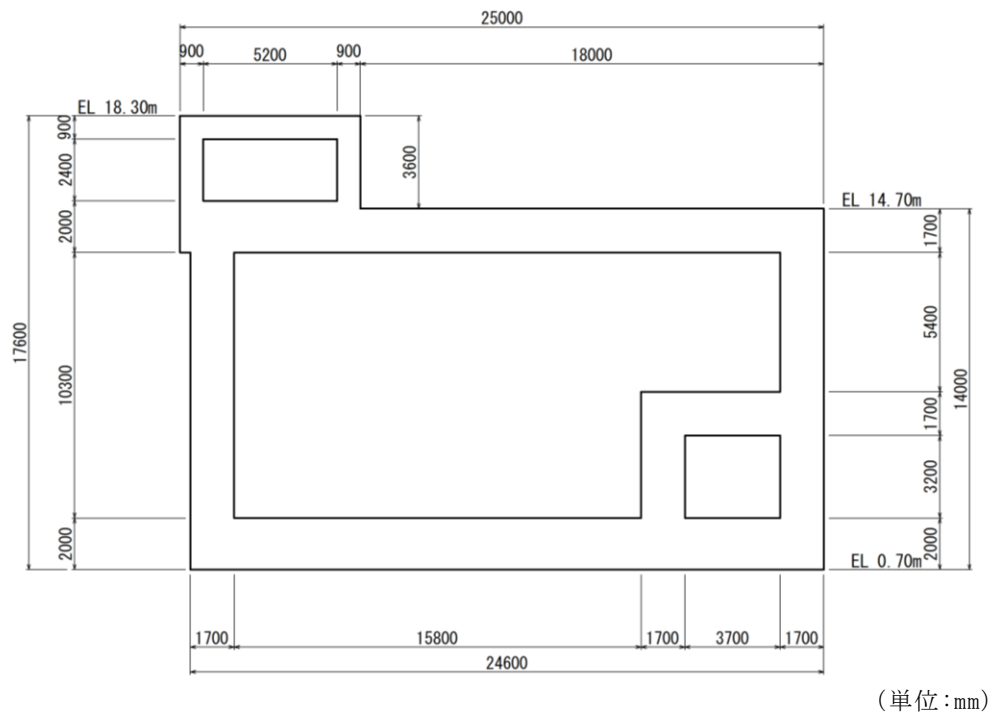


図 2-5 第 1 ベントフィルタ格納槽 断面図 (C-C 断面)

2.3 解析方針

第1ベントフィルタ格納槽は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 S_s に対して地震応答解析を実施する。

図2-6に第1ベントフィルタ格納槽の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「2. 基本方針」に基づき、「3.1 評価対象断面」に示す断面において、「3.2 解析方法」に示す水平地震動と鉛直地震動の同時加振による時刻歴応答解析により行うこととする。

時刻歴応答解析は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.5 解析モデル及び諸元」に示す条件を基に、「3.4 入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施する。

地震応答解析による応答加速度は、機器・配管系の設計用床応答スペクトルの作成に用いる。また、変形、断面力及び基礎地盤の接地圧は、第1ベントフィルタ格納槽の耐震評価に用いる。

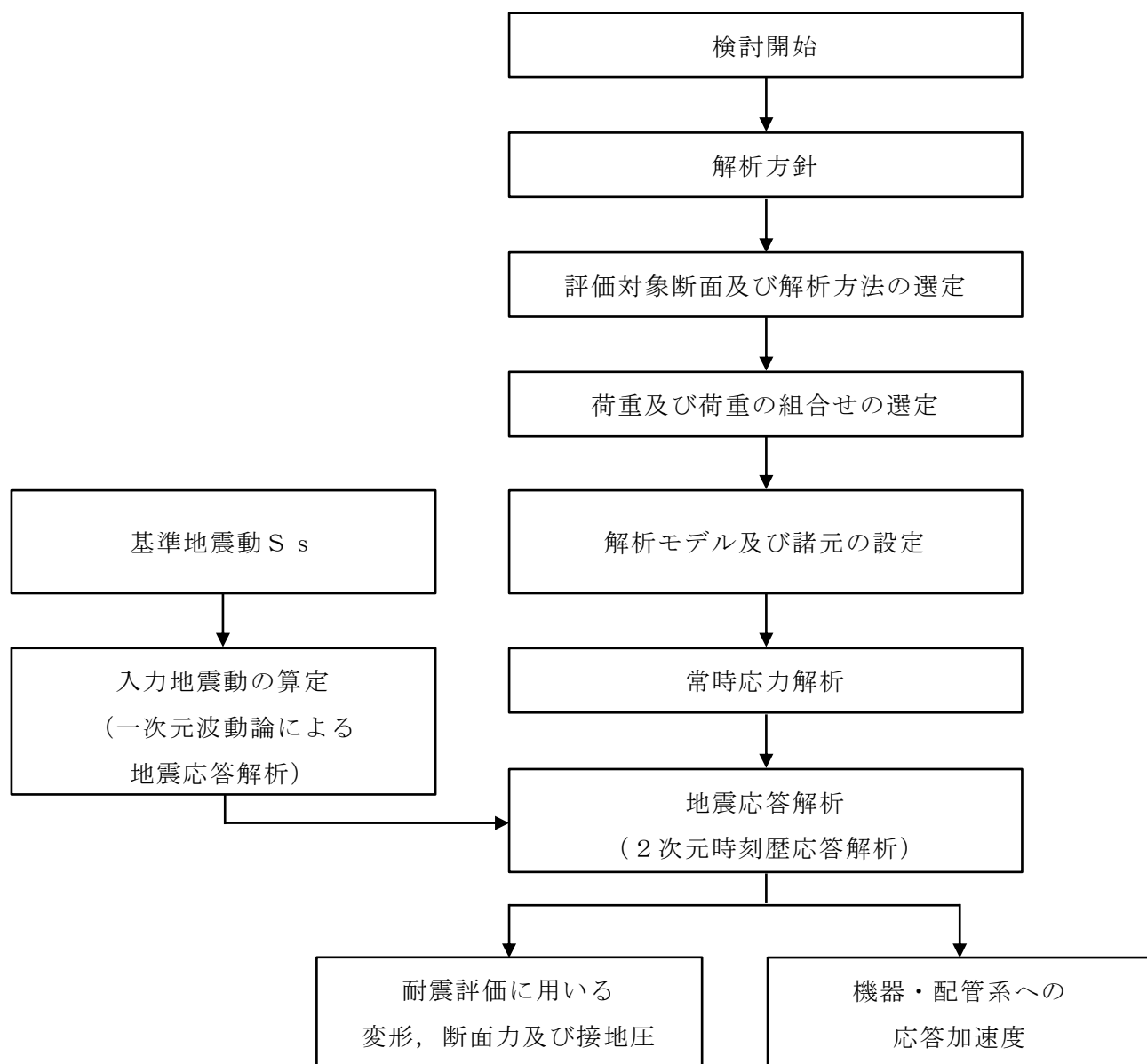


図 2-6 第 1 ベントフィルタ格納槽 地震応答解析フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）
- ・コンクリート標準示方書[設計編]（（社）土木学会，2017年制定）
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会，2005年）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）
- ・道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）

3. 解析方法

3.1 評価対象断面

第1ベントフィルタ格納槽の評価対象断面位置図を図3-1に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面及び機器・配管系に対する床応答算定断面は、図3-1のA-A断面、B-B断面及びC-C断面とする。

評価対象断面図を図3-2～図3-4に示す。

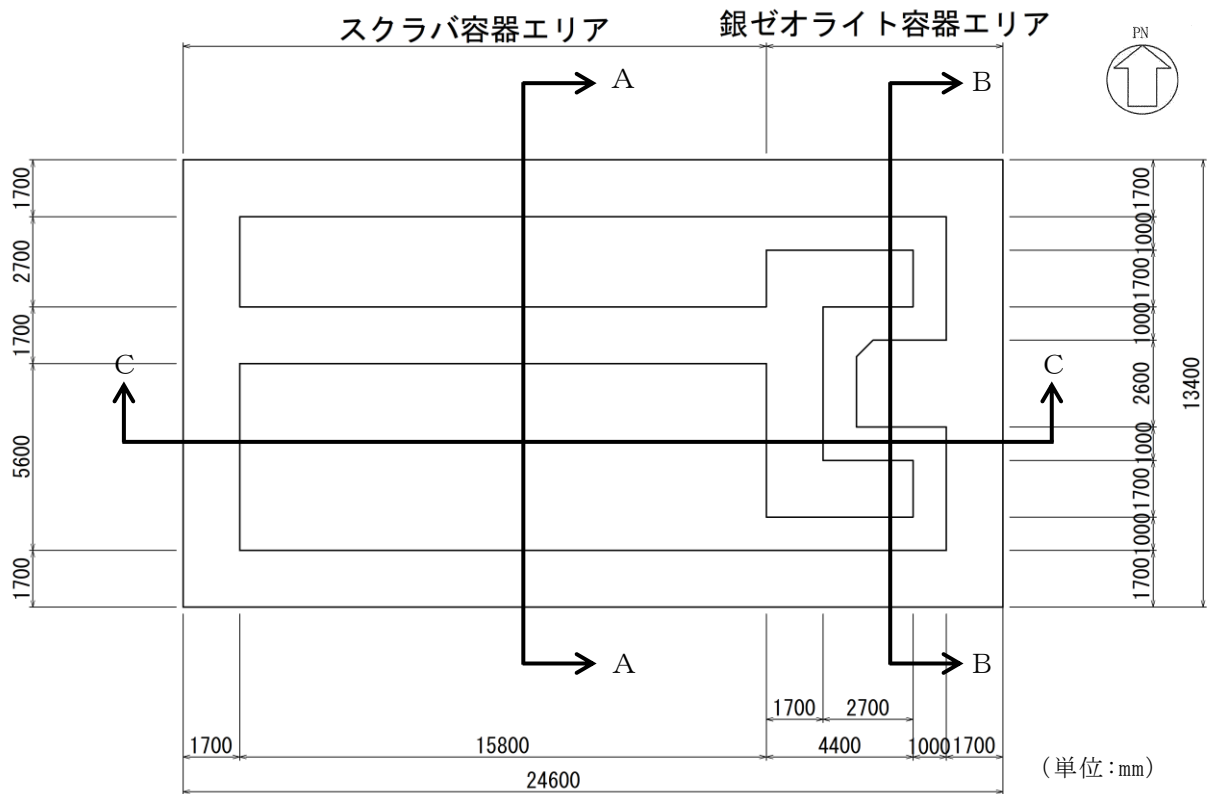


図3-1 第1ベントフィルタ格納槽 評価対象断面位置図

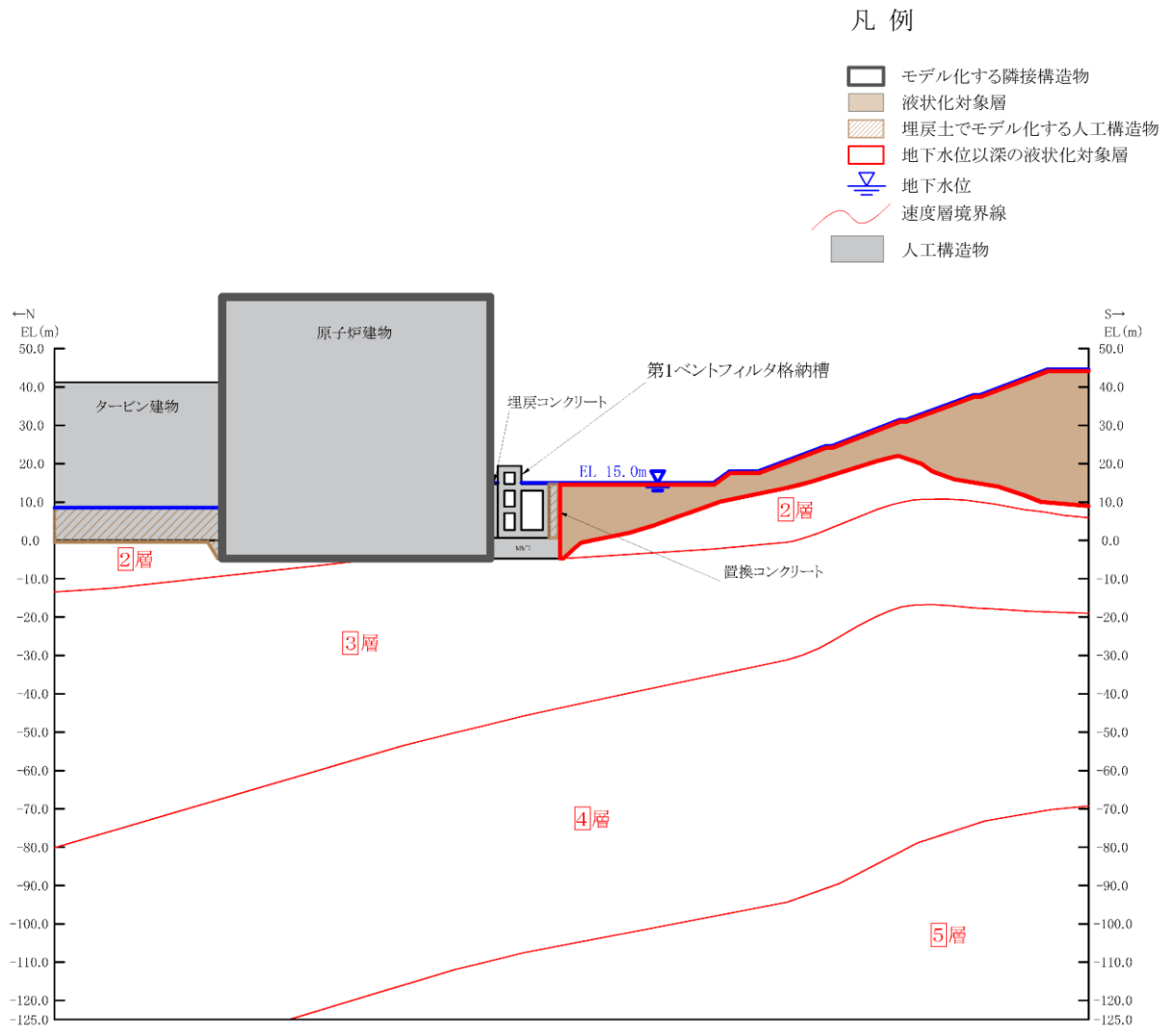


図 3-2 第 1 ベントフィルタ格納槽 評価対象断面図 (A-A 断面位置)

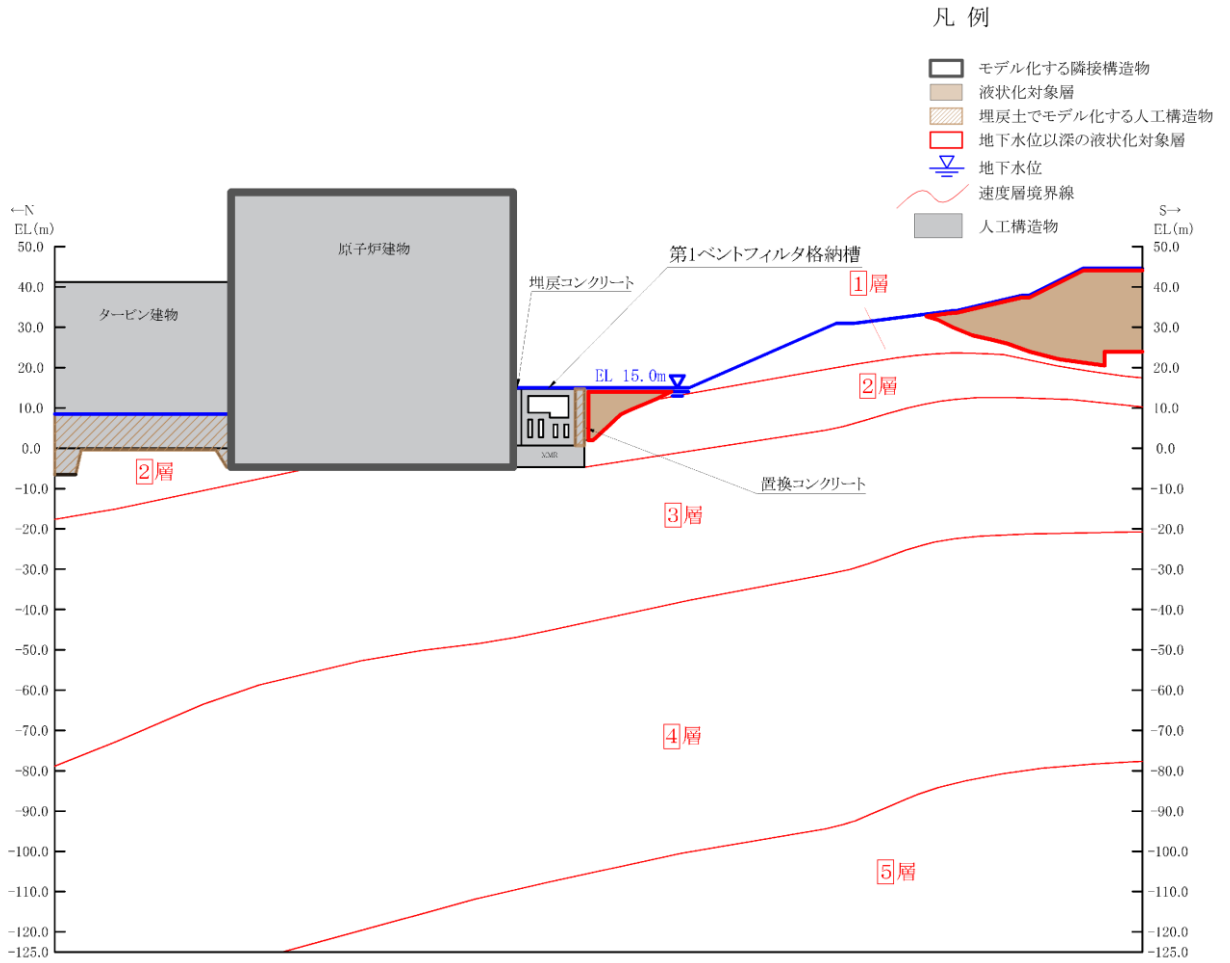


図 3-3 第 1 ベントフィルタ格納槽 評価対象断面図 (B-B 断面位置)

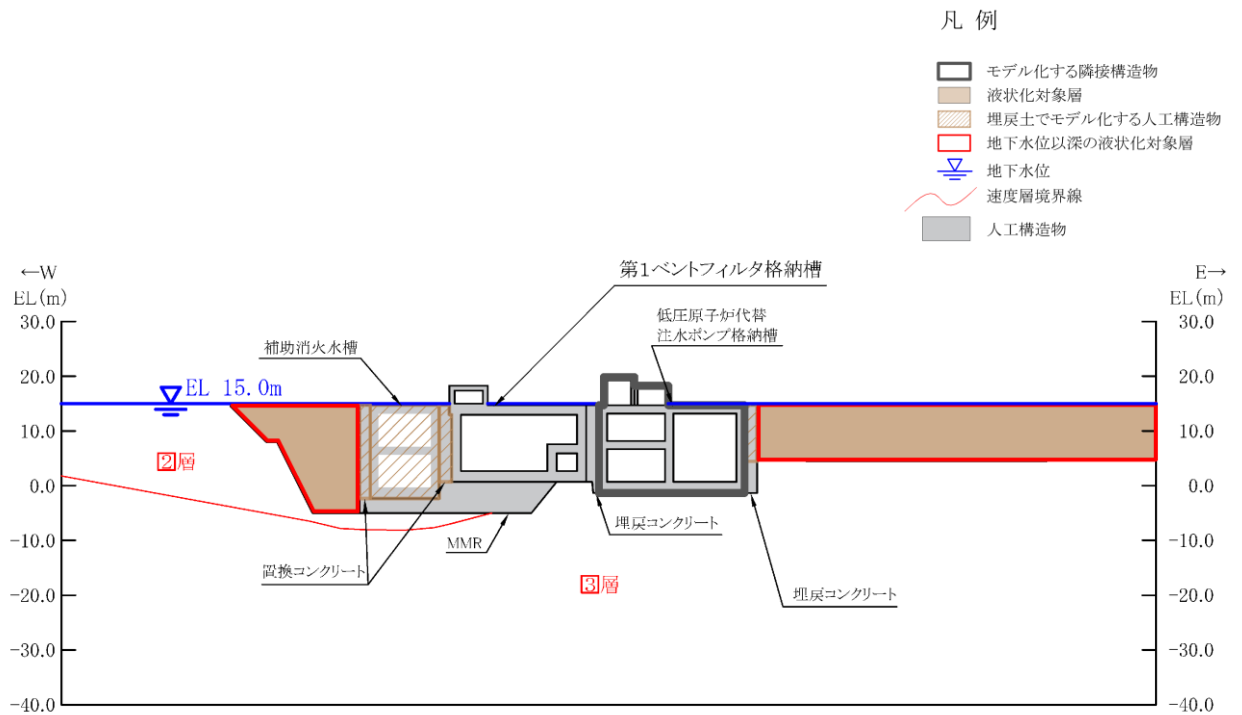


図 3-4 第 1 ベントフィルタ格納槽 評価対象断面図 (C-C 断面位置)

3.2 解析方法

第1ベントフィルタ格納槽の地震応答解析は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

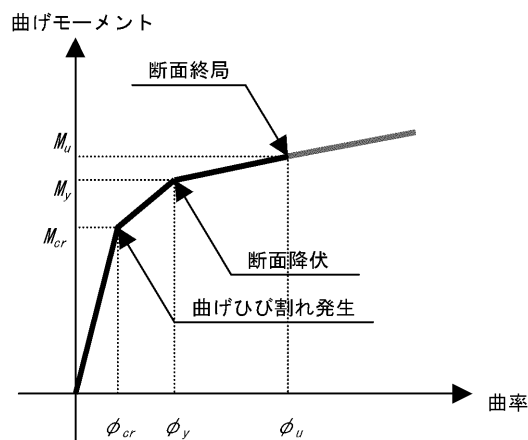
地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動 S_s に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行う。A-A断面～C-C断面は、置換コンクリートを介して地下水位以深の液状化対象層が施設と接していることから、解析手法のフローに基づき、基本ケースに有効応力解析を選定する。

構造部材については、鉄筋コンクリートの $M-\phi$ 関係を適切にモデル化する。また、地盤については、平面ひずみ要素でモデル化することとし、岩盤は線形でモデル化する。埋戻土については、地盤のひずみ依存性を適切に考慮できるようにマルチスプリングモデルを用いることとし、ばね特性は双曲線モデル(H-Dモデル)を用いて非線形性を考慮する。

地震応答解析の解析コードについては、「FLIP」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

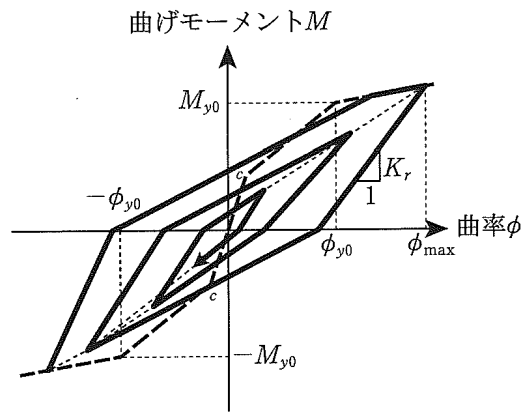
3.2.1 構造部材

有効応力解析における鉄筋コンクリート部材は、非線形はり要素でモデル化することとし、図3-5に示す $M-\phi$ 関係のトリリニアモデルとする。履歴特性は、図3-6に示すとおり修正武田モデルを適用し、図3-7に示すコンクリートの応力-ひずみ関係を考慮する。また、図3-8に鉄筋の応力-ひずみ関係を示す。



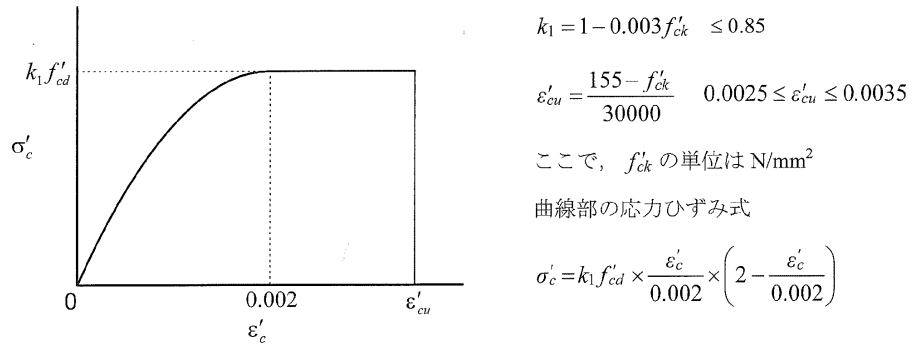
(「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル(社)土木学会, 2005年」より引用)

図3-5 鉄筋コンクリート部材の $M-\phi$ 関係



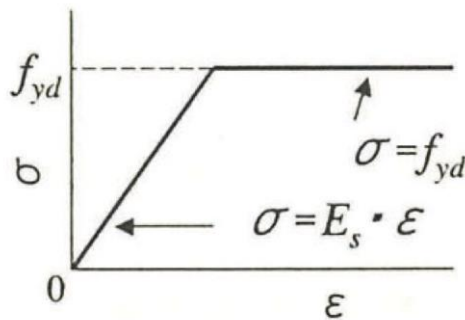
(「道路橋示方書 (V耐震設計編) ・同解説 (社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)」より引用)

図 3-6 鉄筋コンクリート部材の履歴特性 (修正武田モデル)



(「コンクリート標準示方書[構造性能照査編] (社) 土木学会, 2002 年制定)」より引用)

図 3-7 構造部材の非線形特性 (コンクリートの応力-ひずみ関係)



(「コンクリート標準示方書[構造性能照査編] (社) 土木学会, 2002 年制定)」より引用)

図 3-8 構造部材の非線形特性 (鉄筋の応力-ひずみ関係)

3.2.2 地盤

埋戻土及び岩盤の平均物性を用いて，表 3-1 に示す解析ケースを設定する。

表 3-1 解析ケース

解析ケース	地盤物性	
	埋戻土 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	平均値	平均値

3.2.3 減衰定数

構造部材の減衰定数は，粘性減衰及び履歴減衰で考慮する。

有効応力解析では，剛性比例型減衰 ($\alpha = 0$, $\beta = 0.002$) とする。

3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定

(1) 耐震評価における解析ケース

耐震評価においては、基準地震動 S_s 全波（6波）及びこれらに位相反転を考慮した地震動（6波）を加えた全12波に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。耐震評価における解析ケースを表3-2に示す。

表3-2 耐震評価における解析ケース

解析ケース		ケース①	
		基本ケース	
地盤物性		平均値	
地震動 (位相)	$S_s - D$	++*	○
		-+*	○
		+ - *	○
		--*	○
	$S_s - F 1$	++*	○
	$S_s - F 2$	++*	○
	$S_s - N 1$	++*	○
		-+*	○
	$S_s - N 2$ (NS)	++*	○
		-+*	○
	$S_s - N 2$ (EW)	++*	○
		-+*	○

注記*：地震動の位相について、++の左側は水平動，右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

(2) 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース

機器・配管系に対する応答加速度抽出においても、基準地震動 S_s 全波（6波）及びこれらに位相反転を考慮した地震動（6波）を加えた全12波に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケースを表3-3に示す。

表3-3 機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケース

解析ケース		ケース①	
		基本ケース	
地盤物性		平均値	
地震動 (位相)	$S_s - D$	++*	○
		-+*	○
		+ - *	○
		--*	○
	$S_s - F 1$	++*	○
	$S_s - F 2$	++*	○
	$S_s - N 1$	++*	○
		-+*	○
	$S_s - N 2$ (NS)	++*	○
		-+*	○
	$S_s - N 2$ (EW)	++*	○
		-+*	○

注記*：地震動の位相について、++の左側は水平動，右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1 耐震評価上考慮する状態

第1ベントフィルタ格納槽の地震応答解析において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪を考慮する。風の影響は地震力と比較して小さいため考慮しない。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2 荷重

第1ベントフィルタ格納槽の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重及び機器・配管荷重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、水圧、土圧及び積雪荷重 (P_s) を考慮する。

(3) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として、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35.0cmとする。積雪荷重については、「松江市建築基準法施行細則(平成17年3月31日、松江市規則第234号)」により、積雪量1cmごとに20N/m²の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(4) 地震荷重 (S_s)

基準地震動S_sによる荷重を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-4 に示す。

表 3-4 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S _s)	G + P + S _s

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S_s : 地震荷重 (基準地震動 S_s)

3.4 入力地震動

入力地震動は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図3-9に入力地震動算定の概念図を示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE」及び「microSHAKE/3D」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

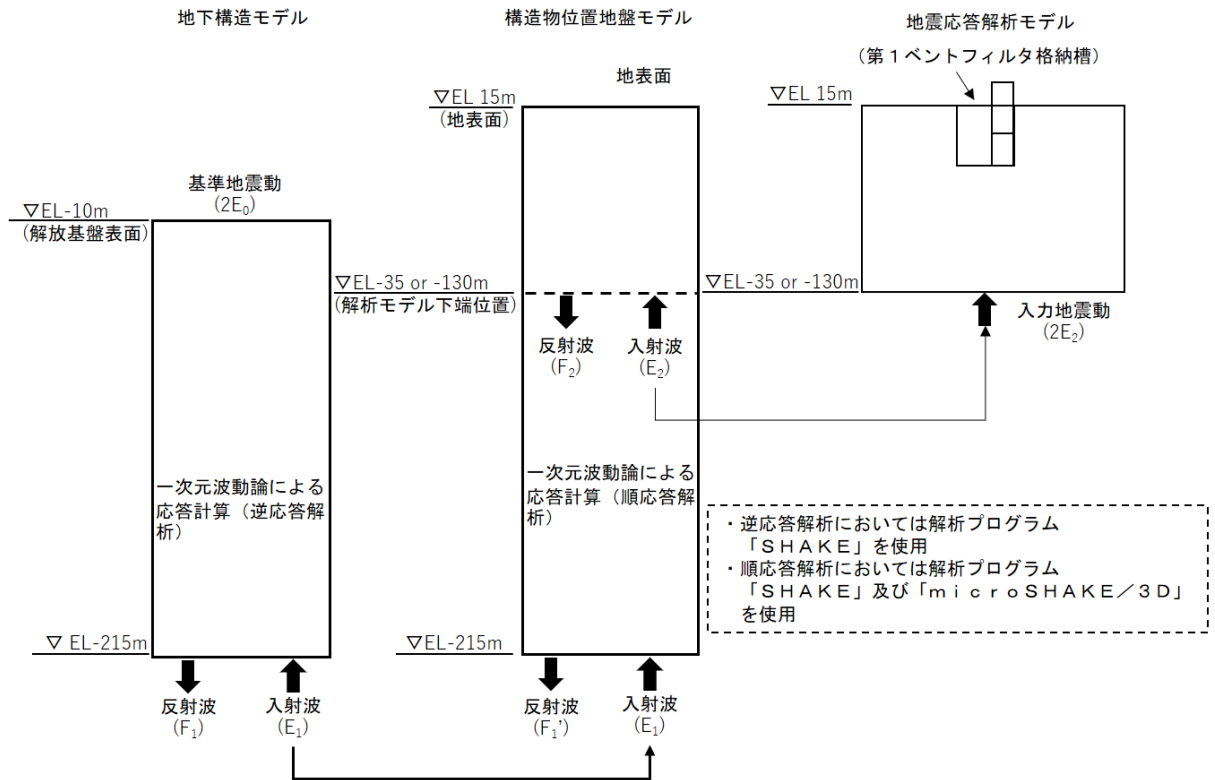
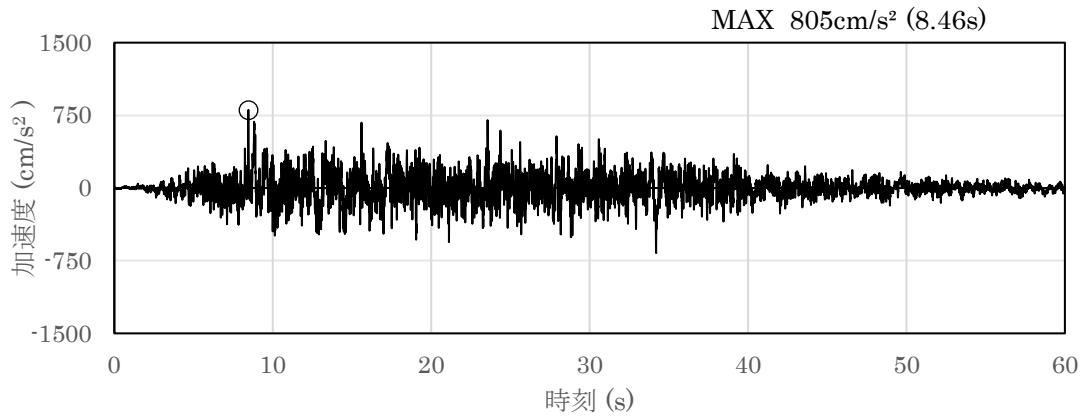


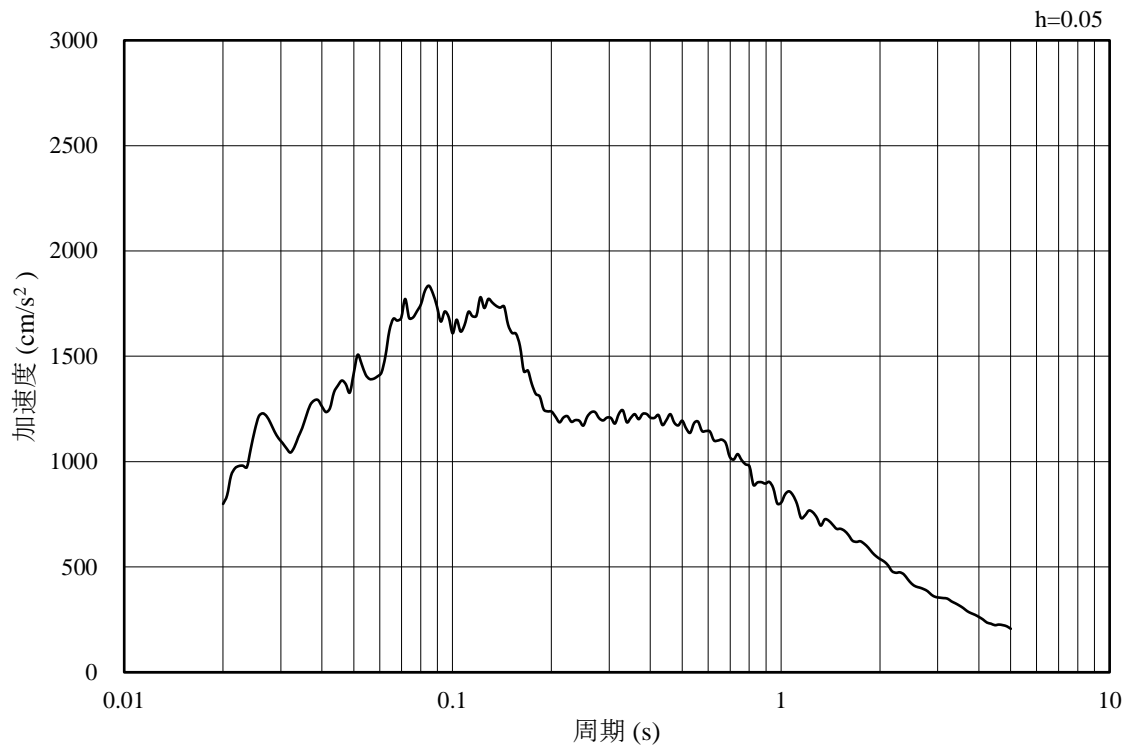
図3-9 入力地震動算定の概念図

3.4.1 A-A断面及びB-B断面の入力地震動

図3-10～図3-21にA-A断面及びB-B断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。

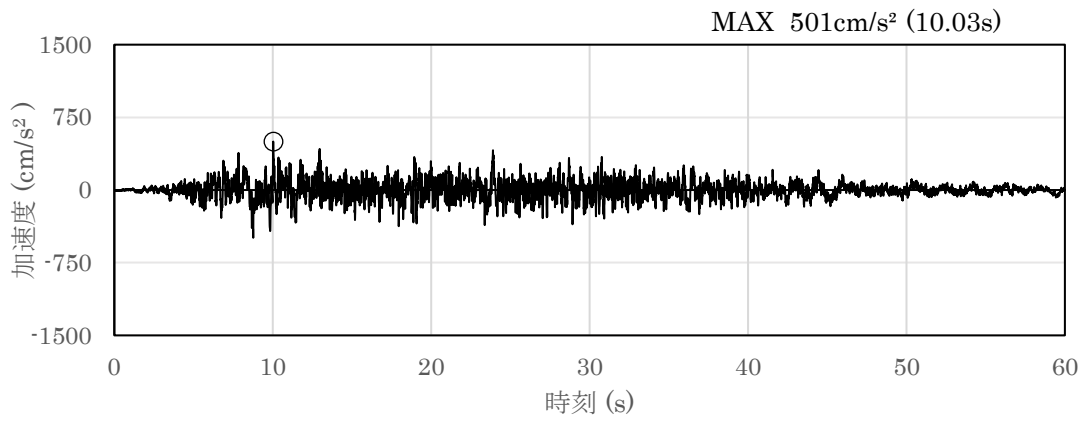


(a) 加速度時刻歴波形

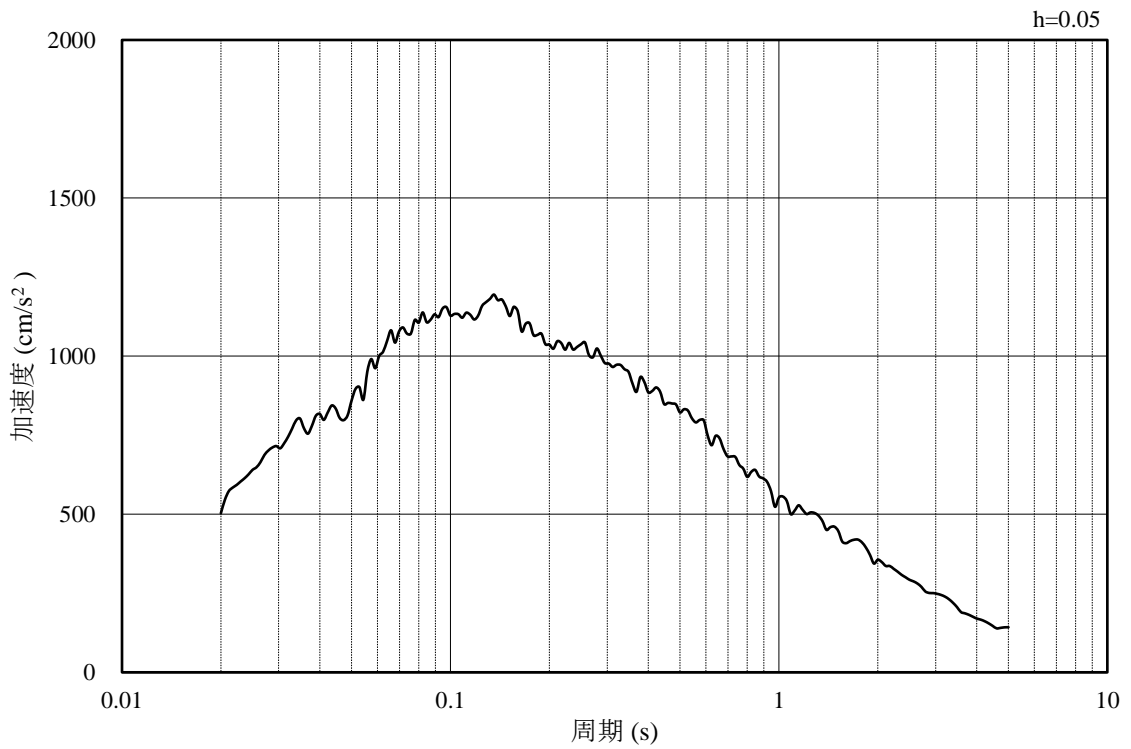


(b) 加速度応答スペクトル

図3-10 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - D, EL-130m)

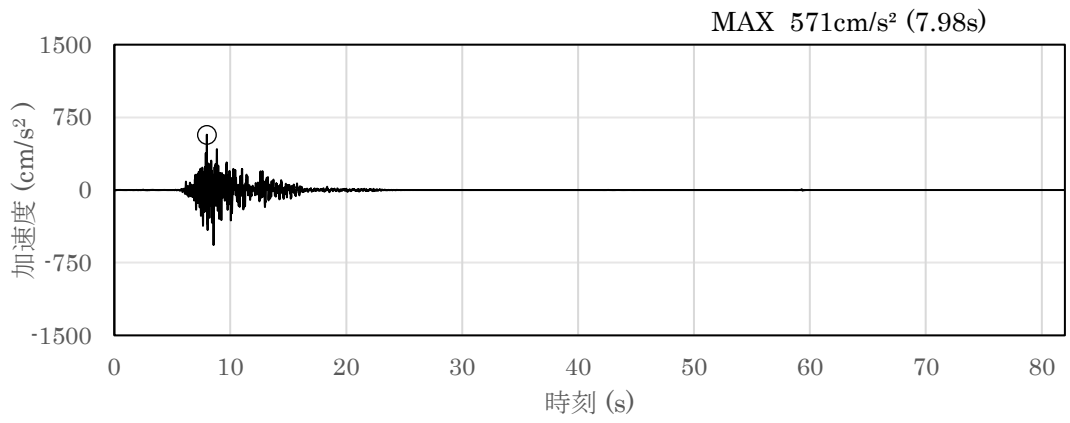


(a) 加速度時刻歴波形

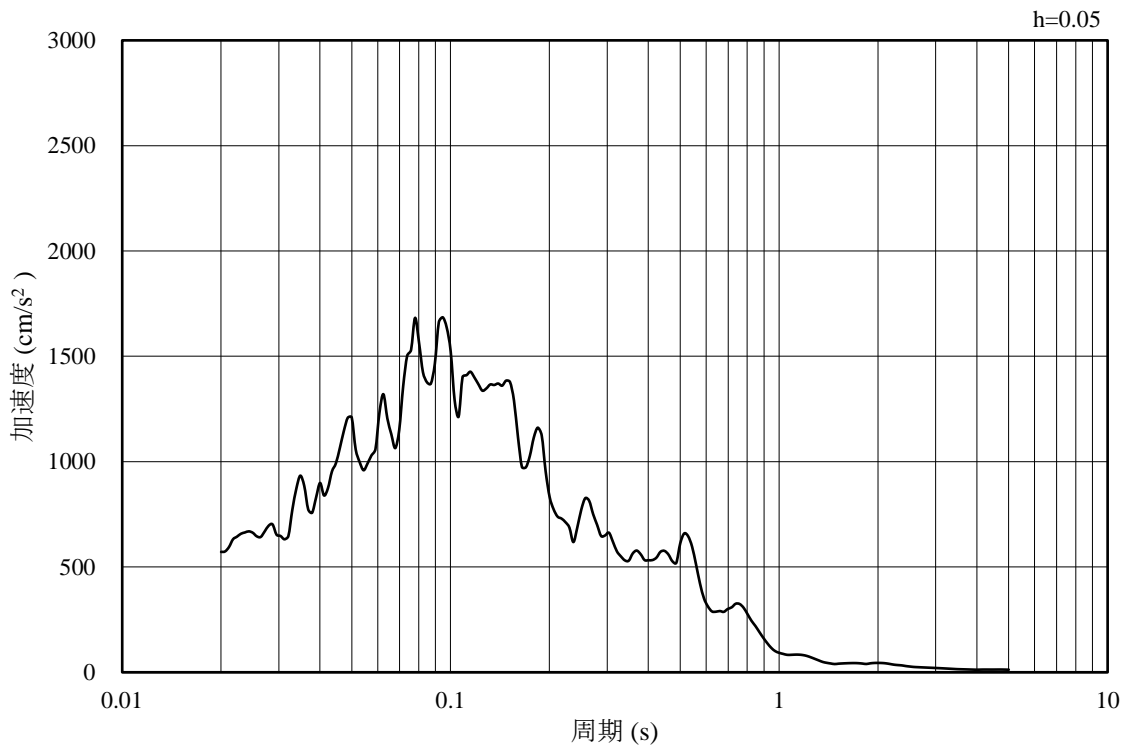


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-11 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - D, EL-130m)

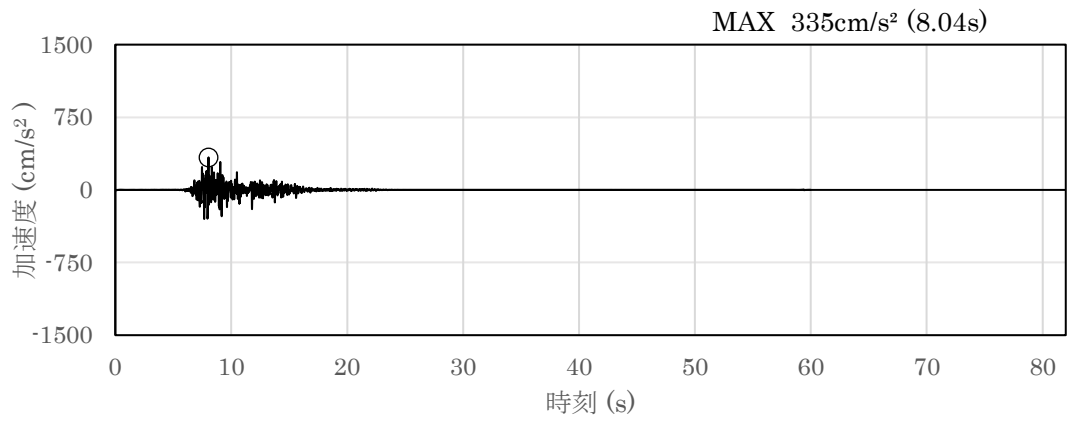


(a) 加速度時刻歴波形

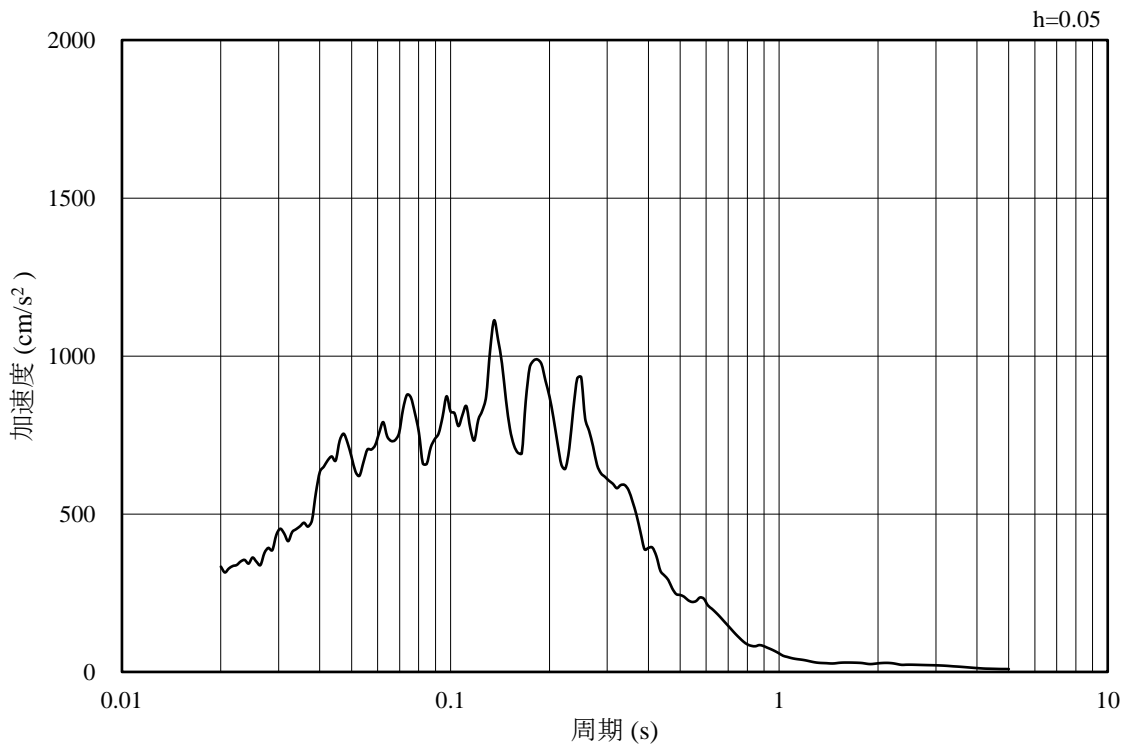


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-12 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分 : S s - F 1 , EL-130m)

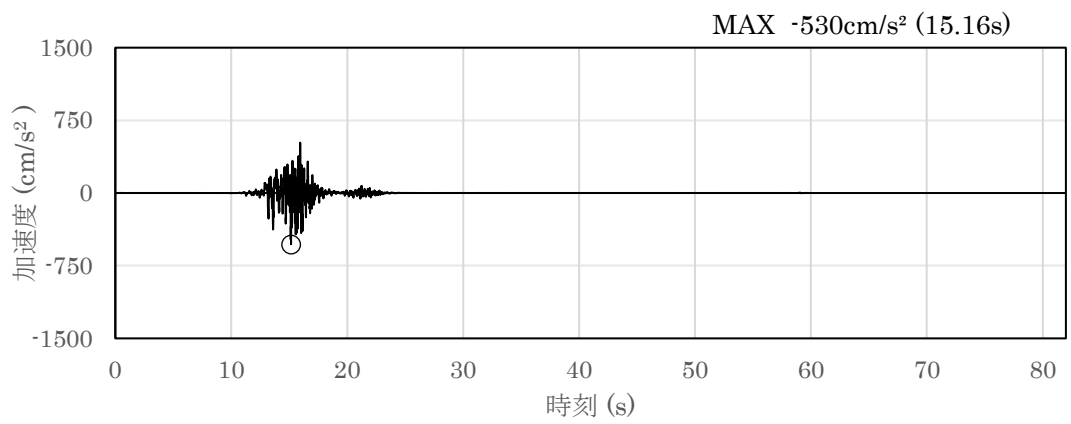


(a) 加速度時刻歴波形

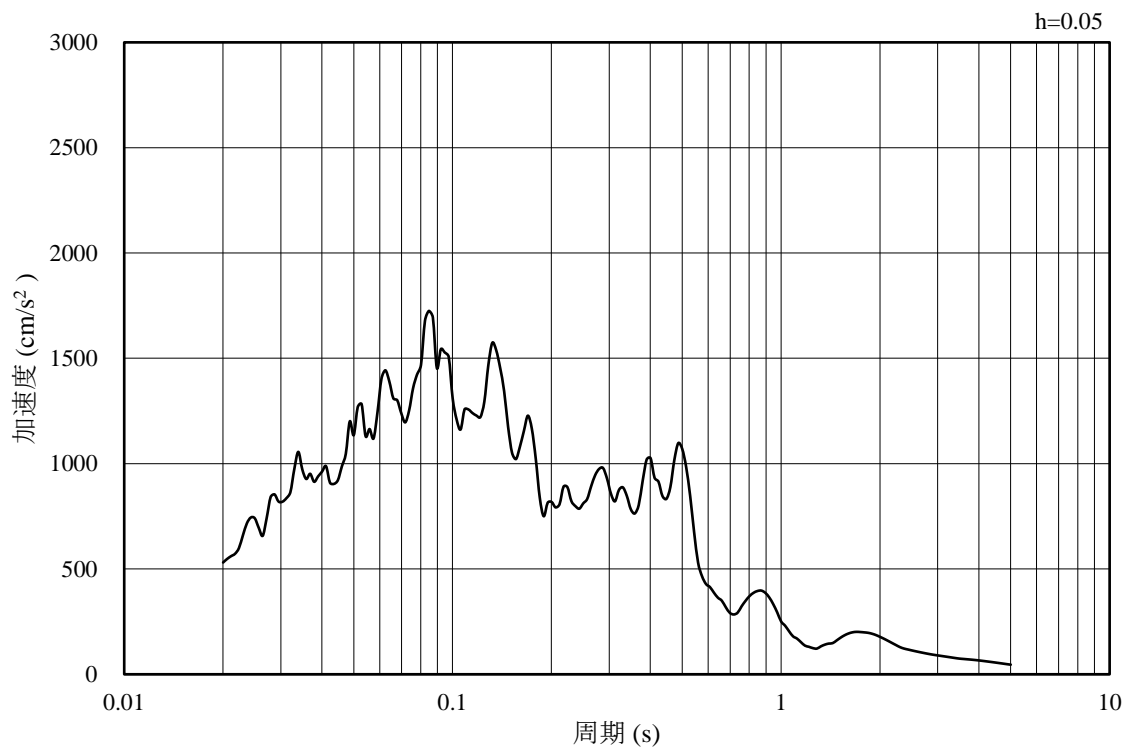


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-13 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - F 1, EL-130m)

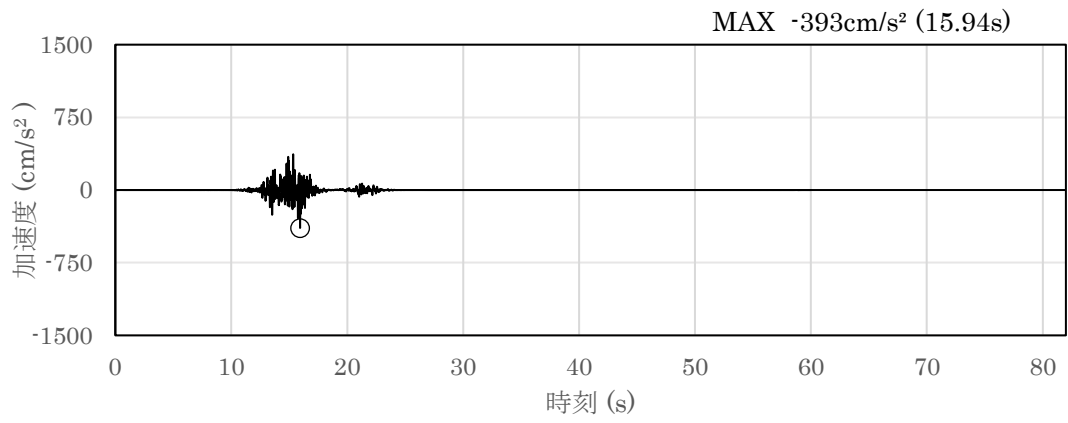


(a) 加速度時刻歴波形

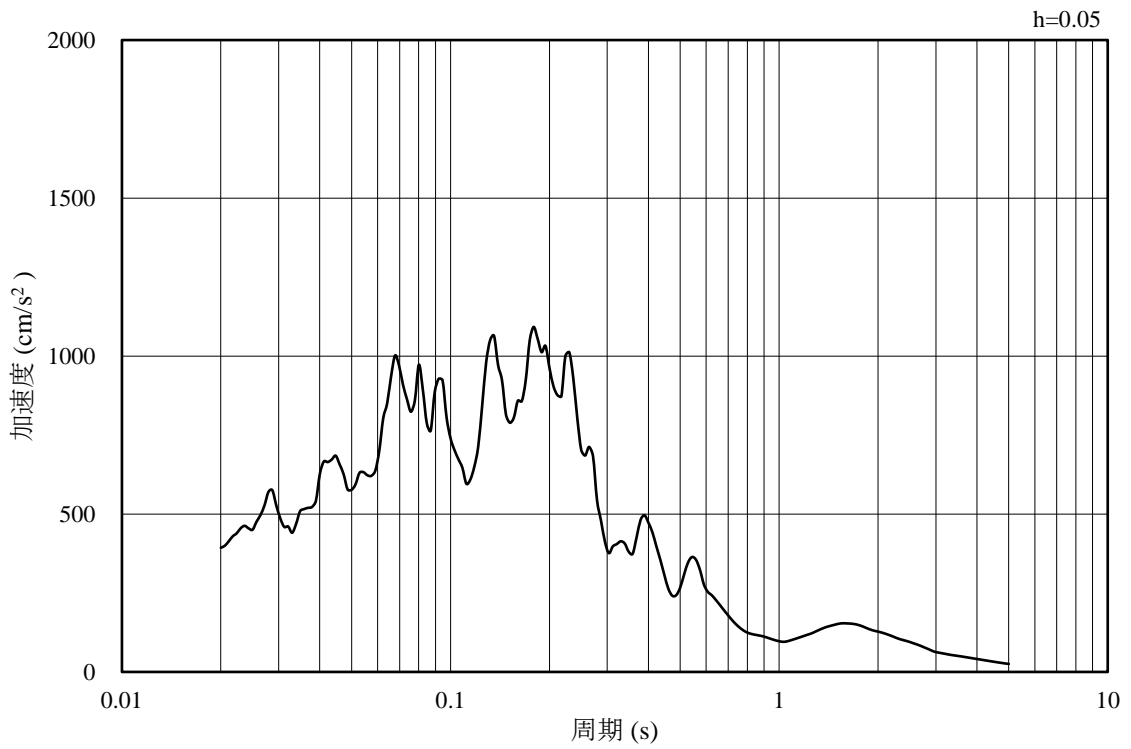


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分 : S s - F 2 , EL-130m)

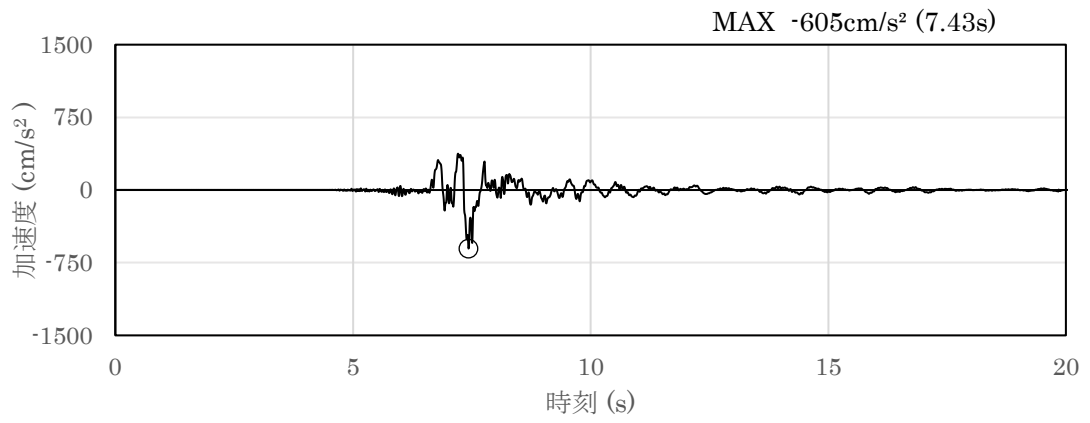


(a) 加速度時刻歴波形

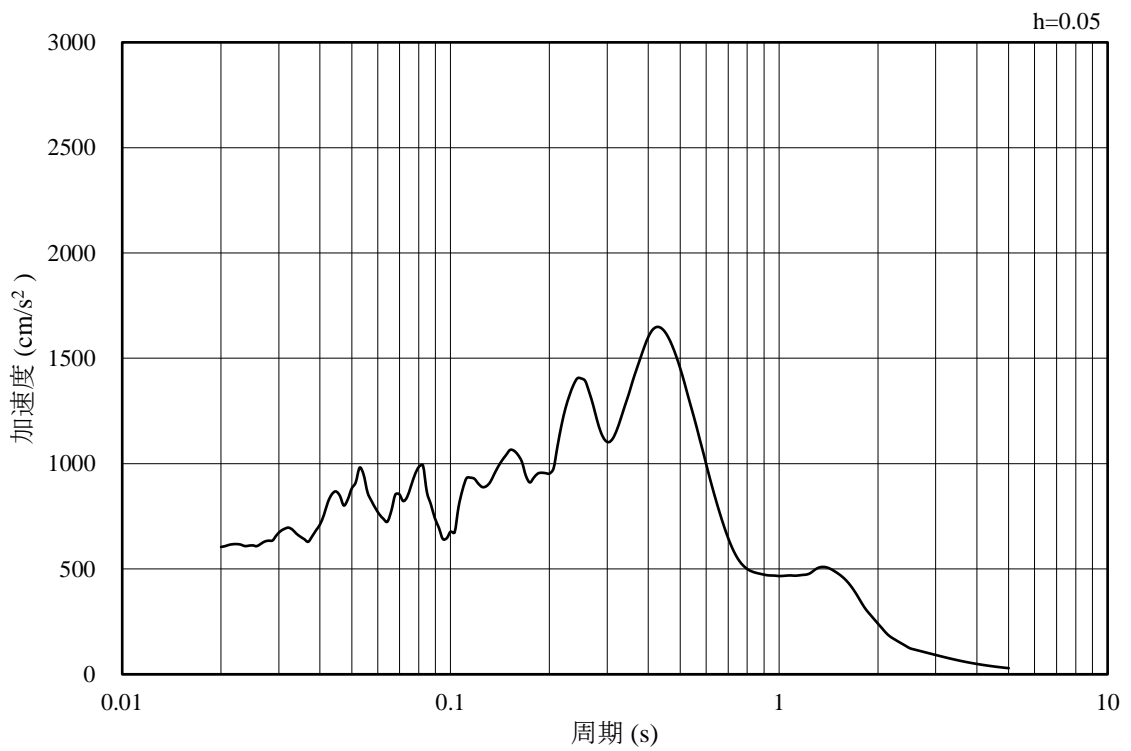


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - F 2, EL-130m)

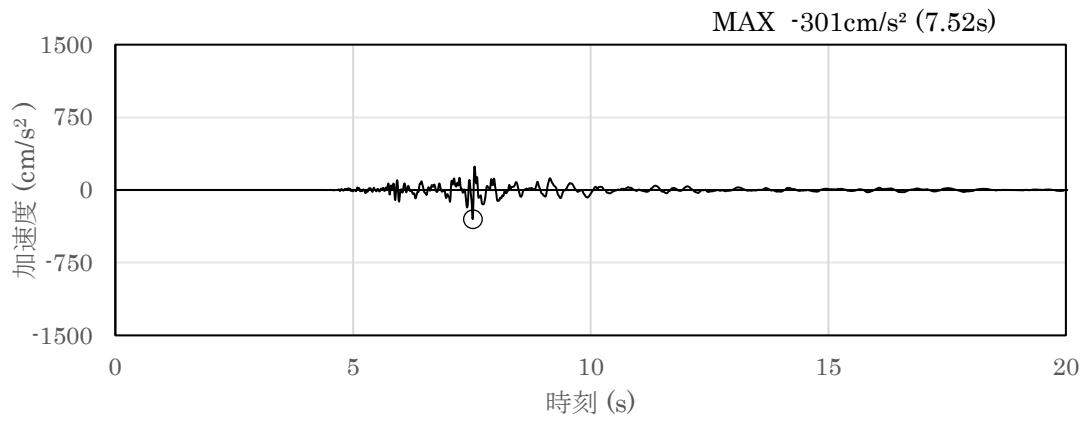


(a) 加速度時刻歴波形

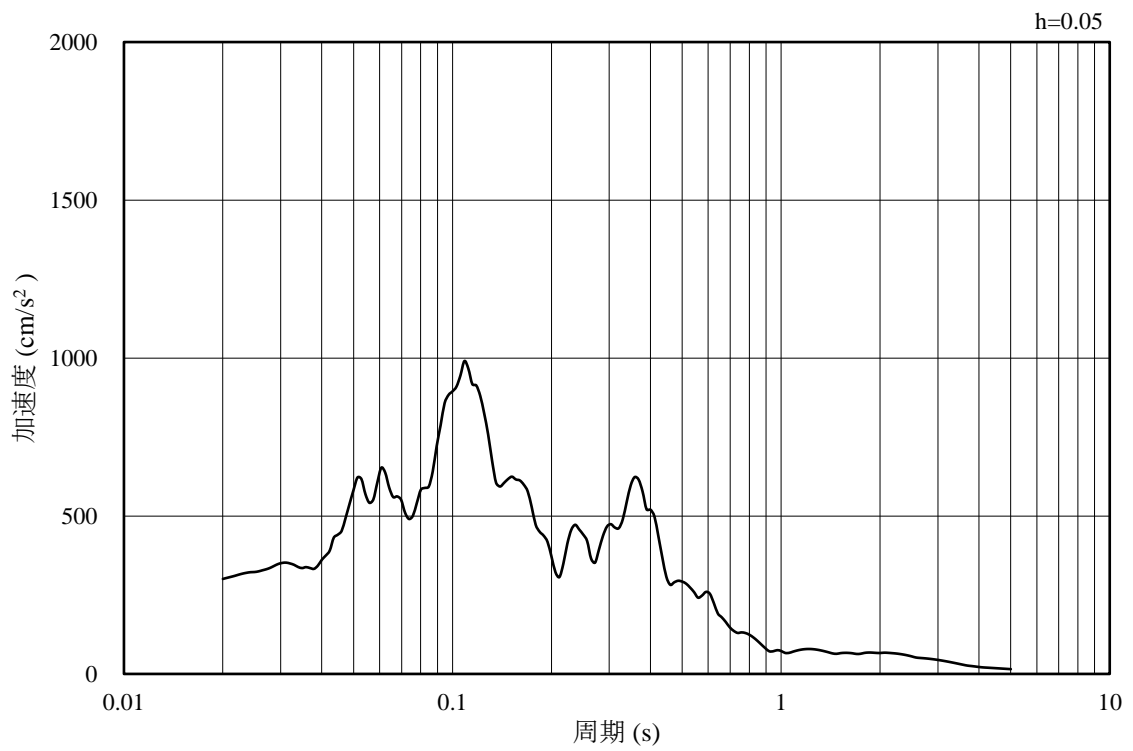


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-16 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分 : S s - N 1 , EL-130m)

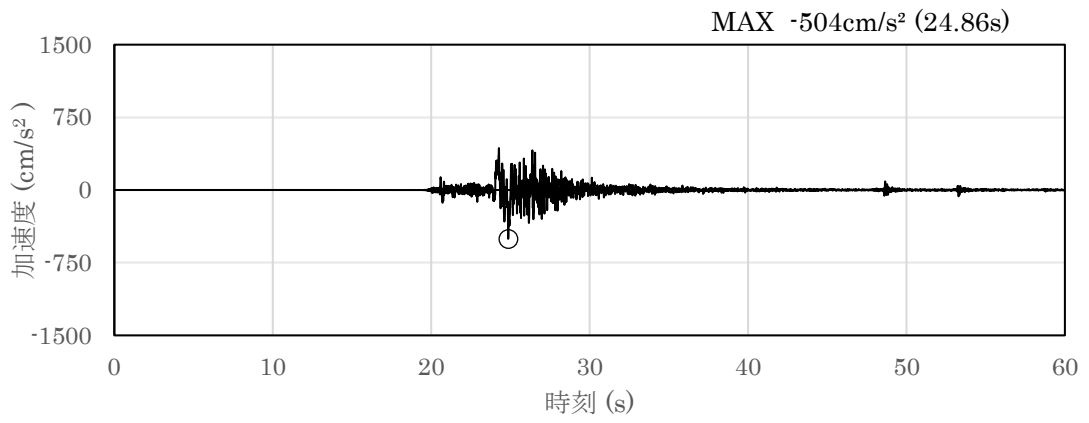


(a) 加速度時刻歴波形

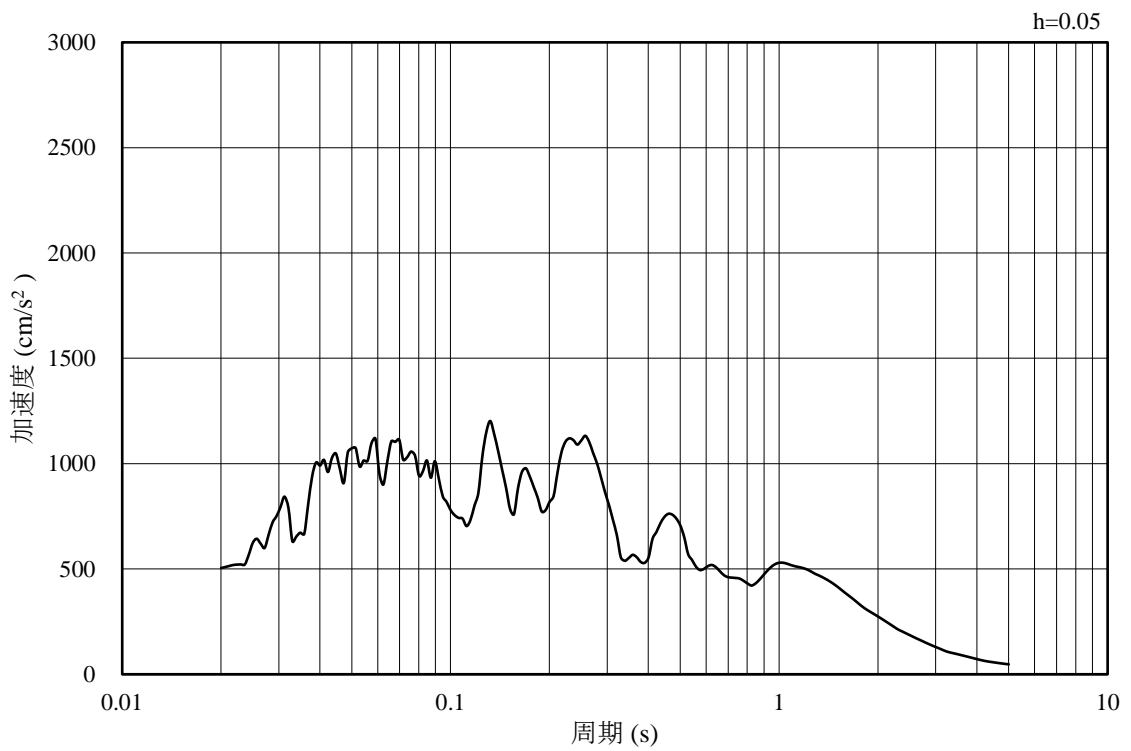


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 1, EL-130m)

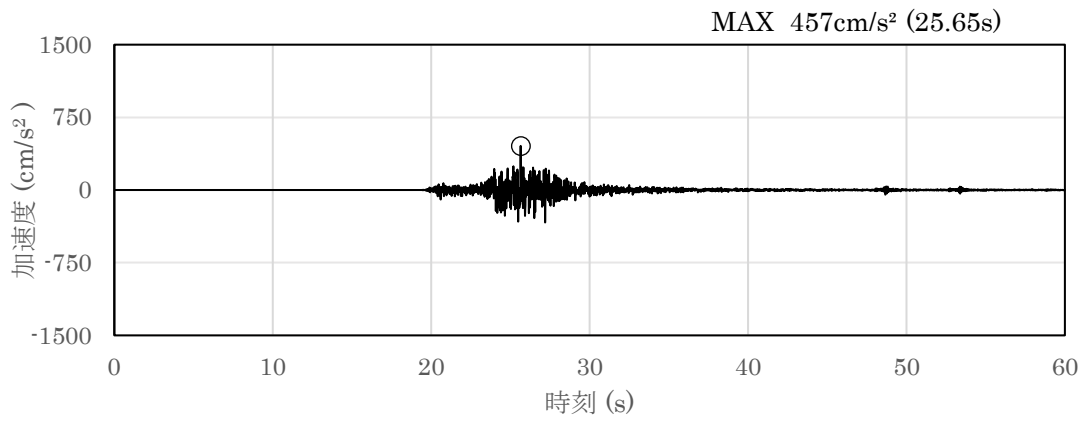


(a) 加速度時刻歴波形

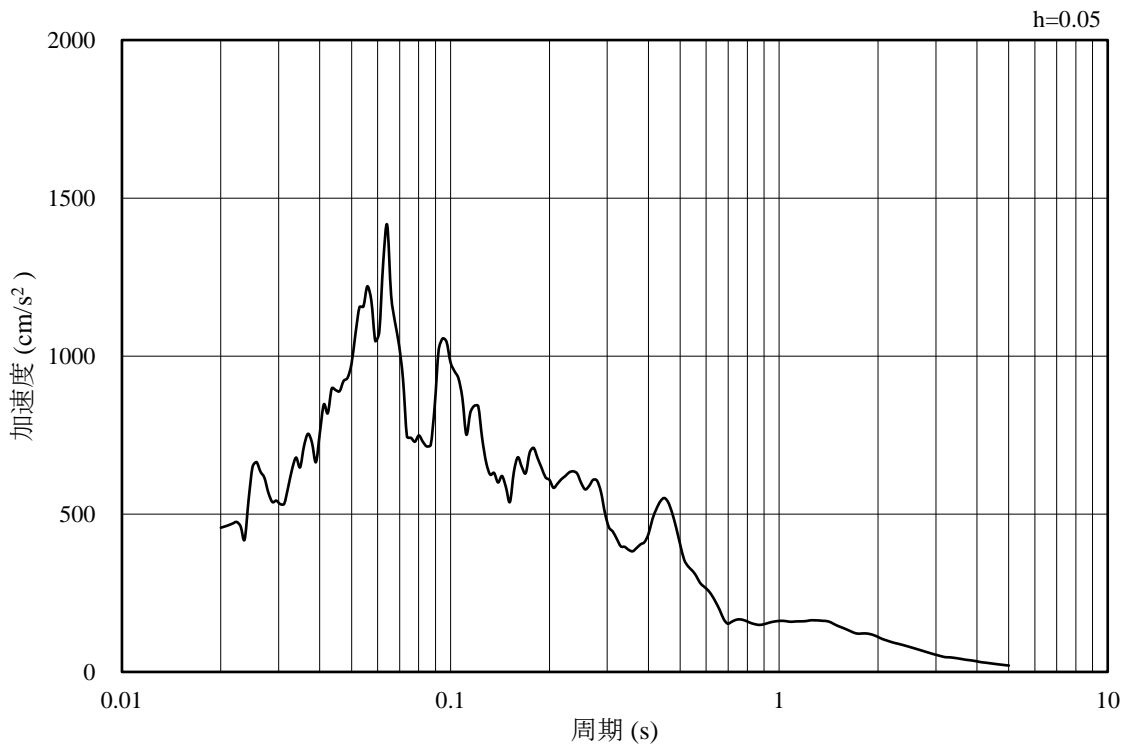


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-18 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分 : S s - N 2 (N S), EL-130m)

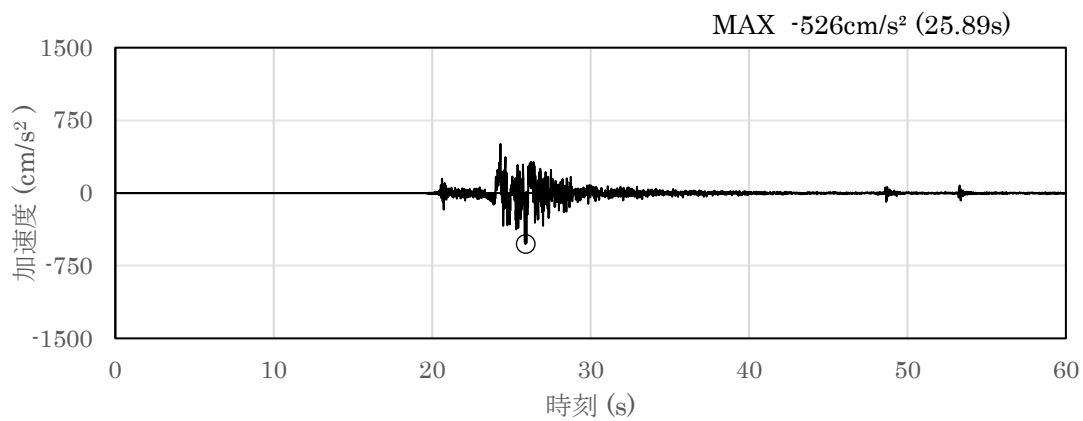


(a) 加速度時刻歴波形

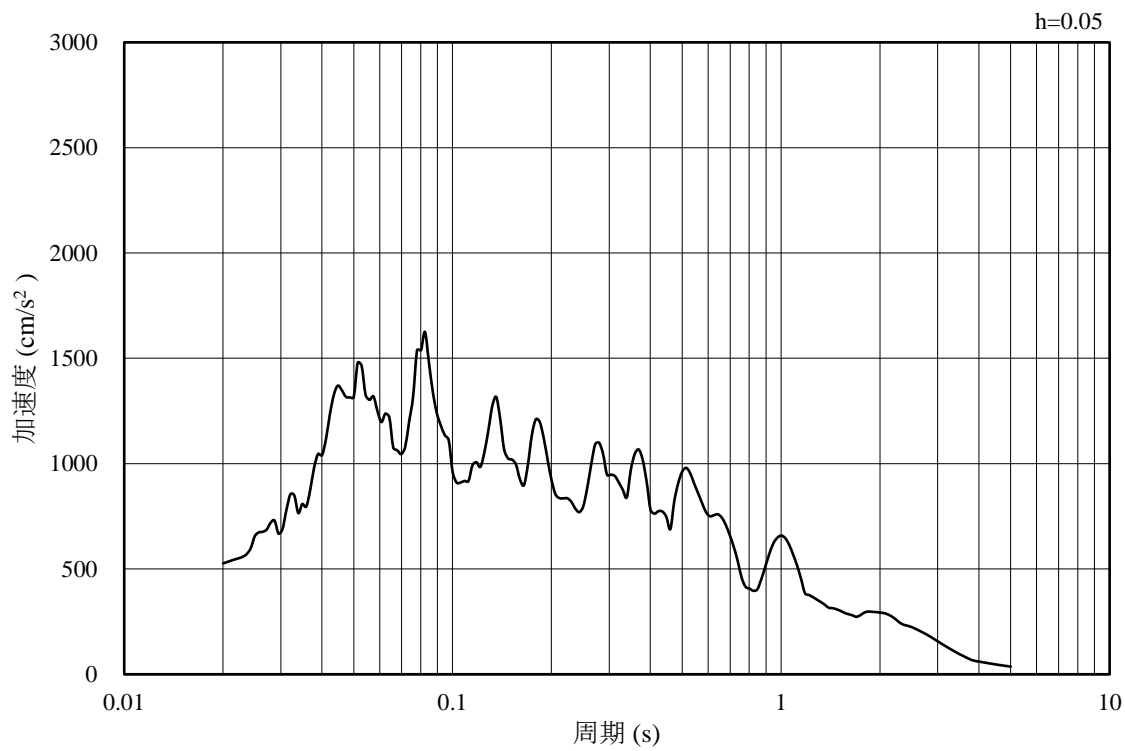


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-19 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分 : S s - N 2 (N S), EL-130m)

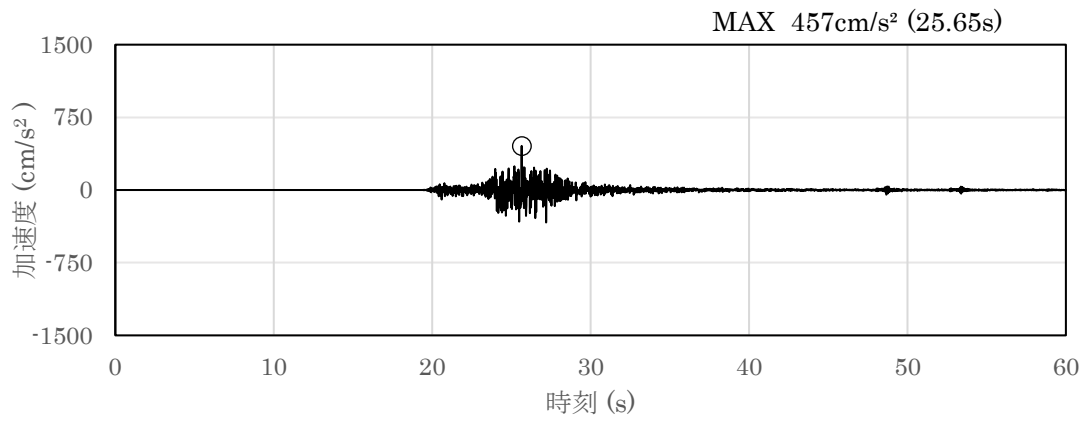


(a) 加速度時刻歴波形

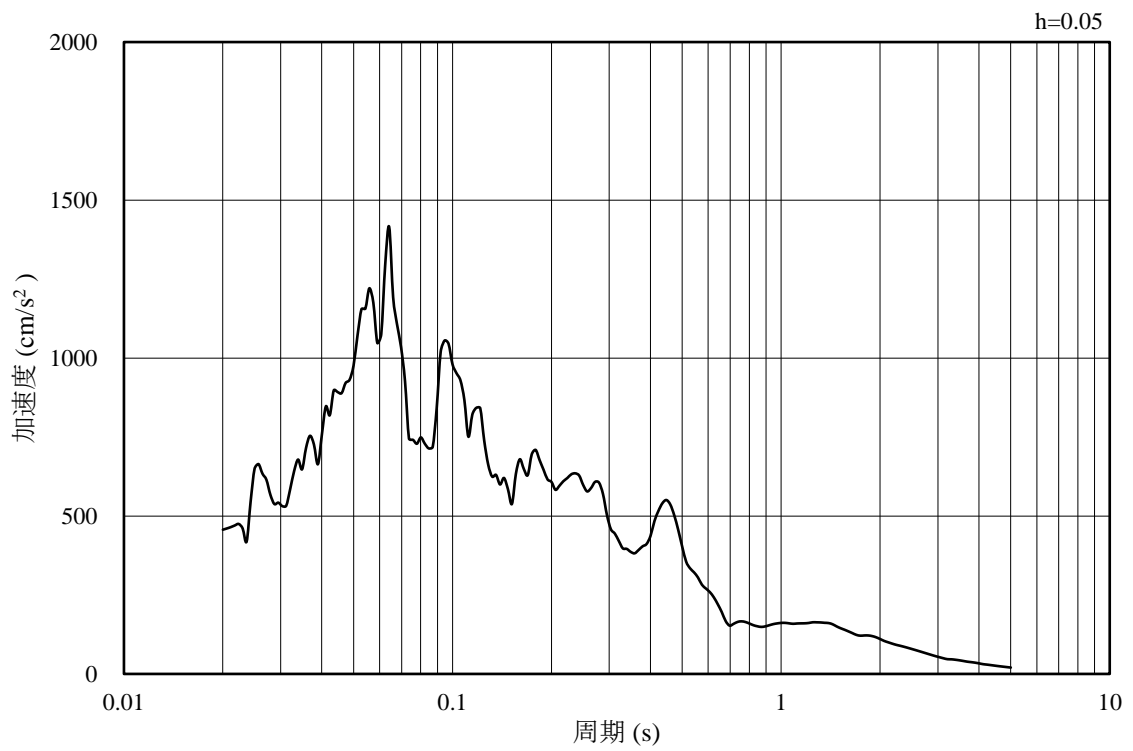


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-20 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分 : S s - N 2 (E W), EL-130m)



(a) 加速度時刻歴波形

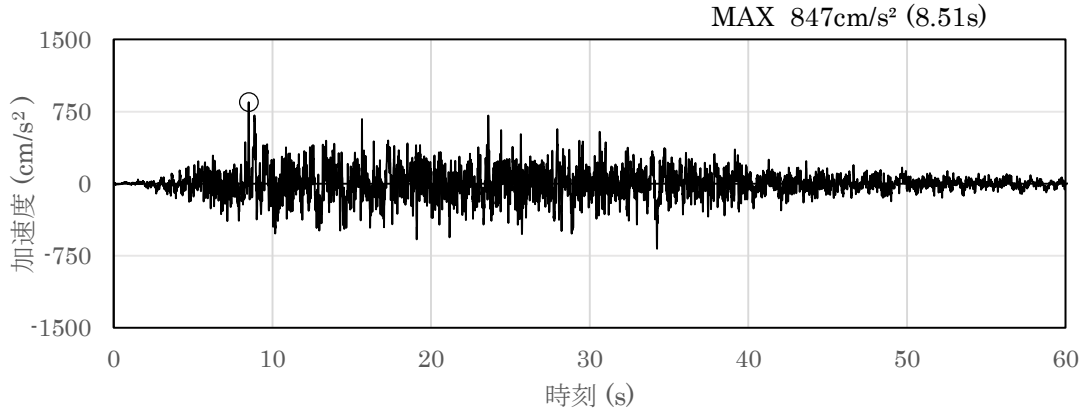


(b) 加速度応答スペクトル

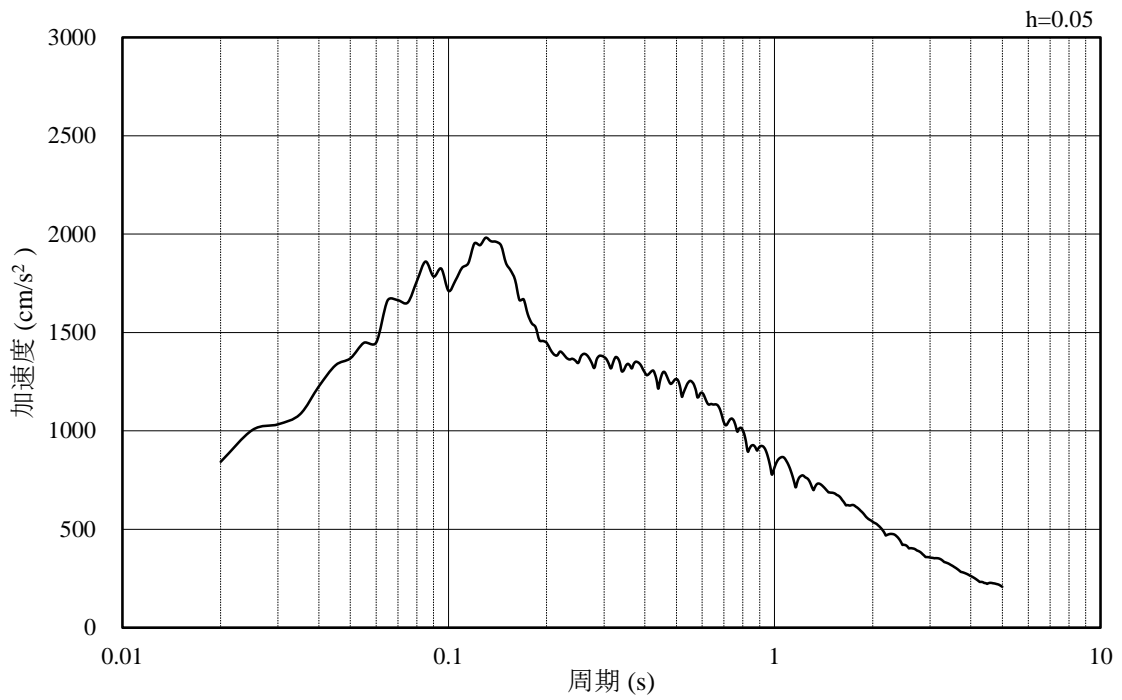
図 3-21 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 2 (E W), EL-130m)

3.4.2 C-C断面の入力地震動

図3-22～図3-33にC-C断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。

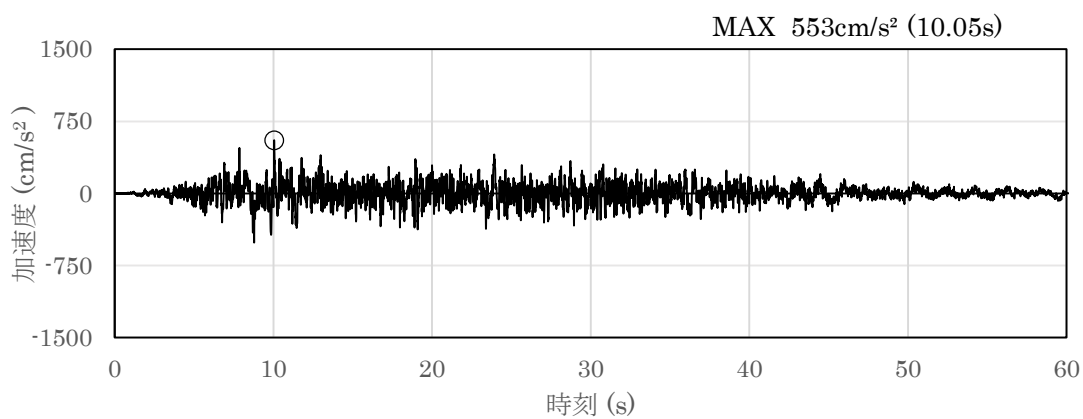


(a) 加速度時刻歴波形

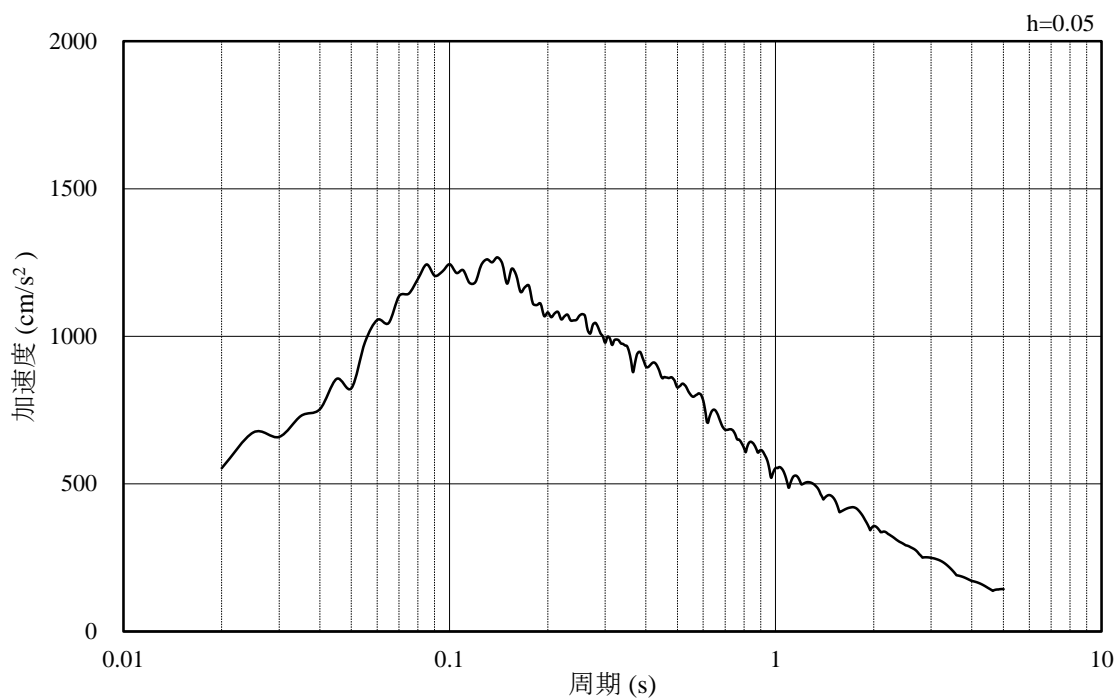


(b) 加速度応答スペクトル

図3-22 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - D, EL-35m)

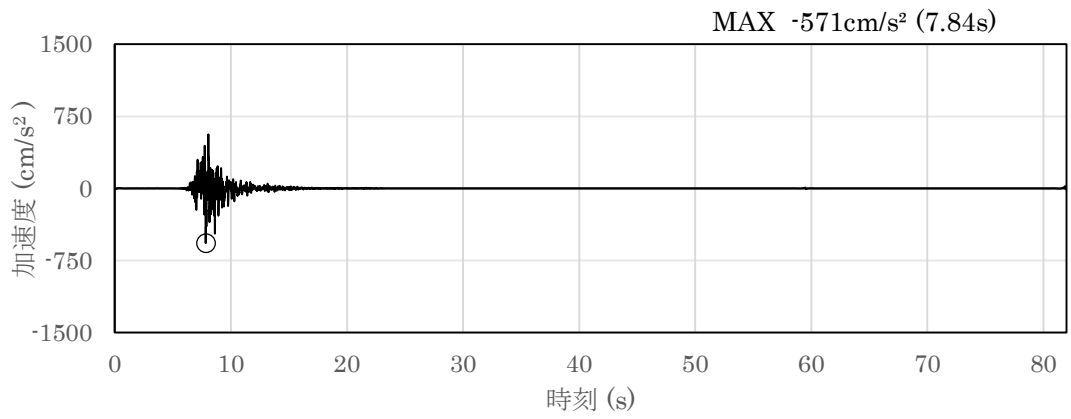


(a) 加速度時刻歴波形

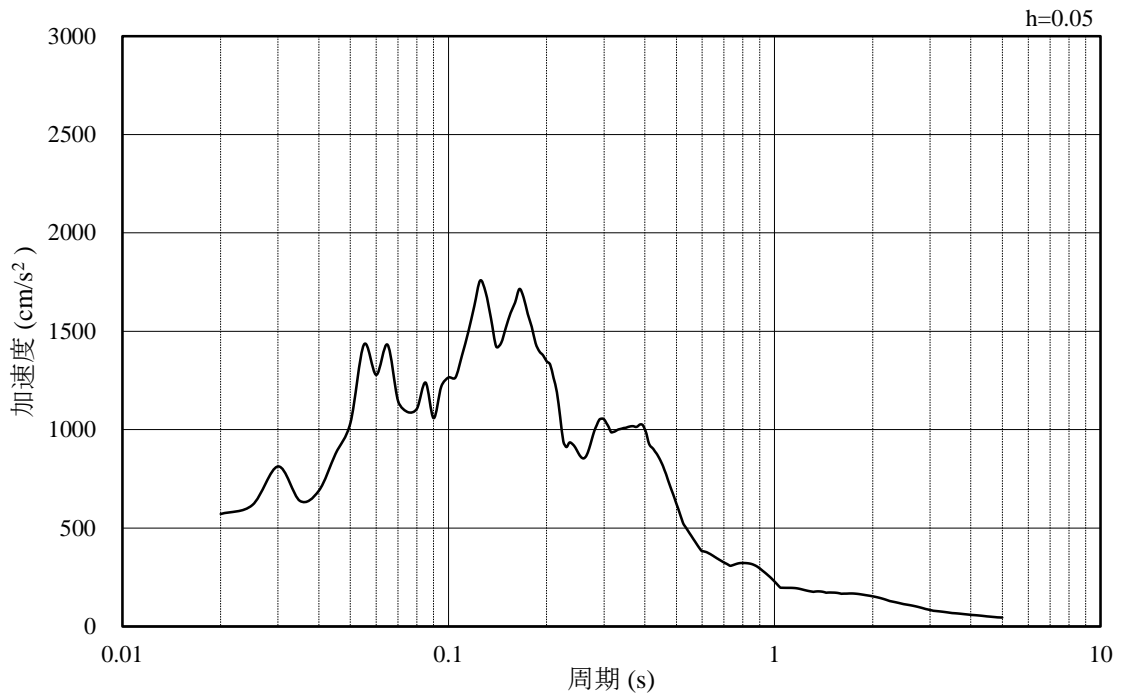


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-23 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - D, EL-35m)

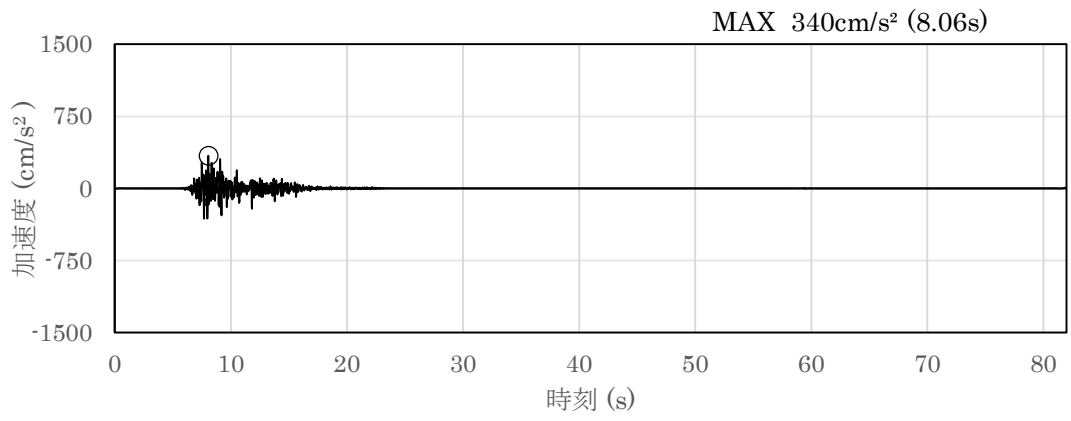


(a) 加速度時刻歴波形

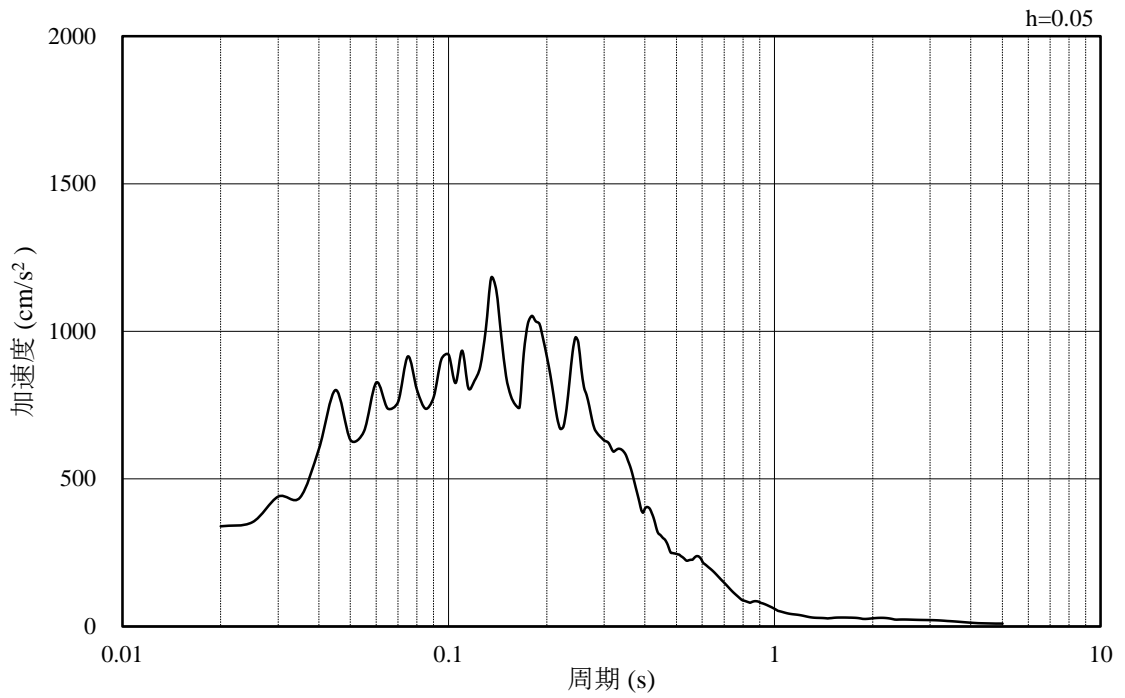


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-24 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分 : S s - F 1 , EL-35m)

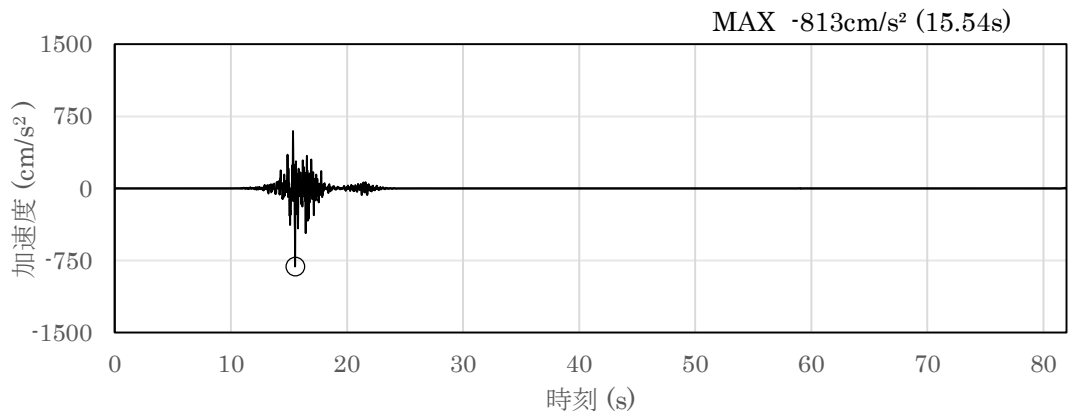


(a) 加速度時刻歴波形

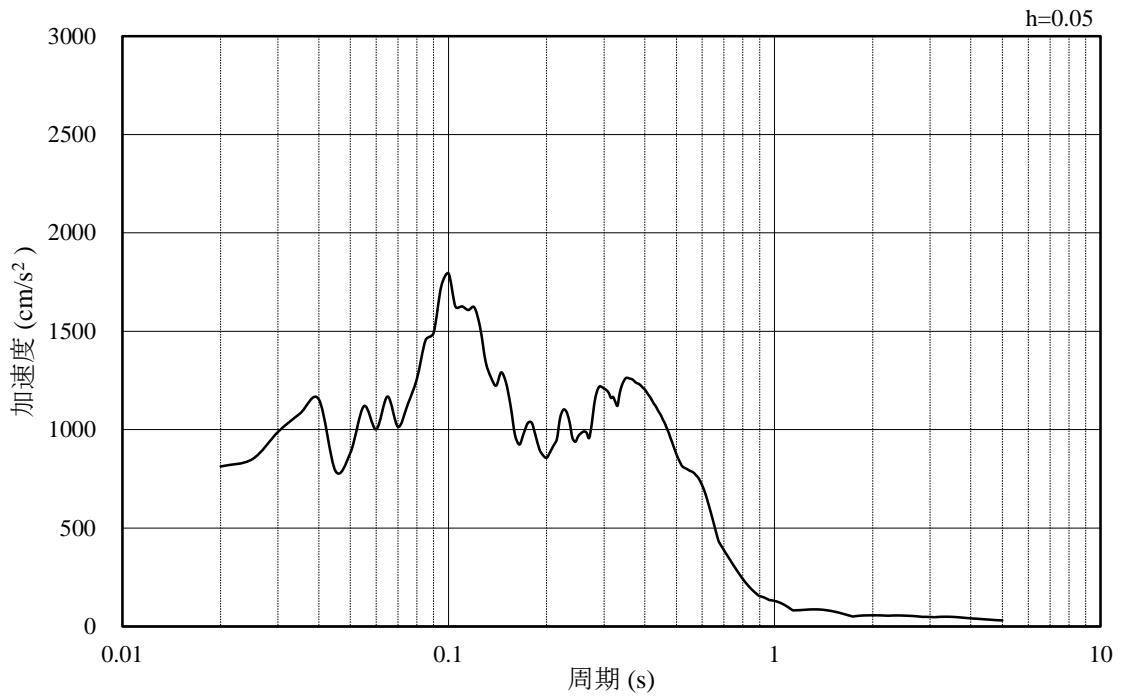


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-25 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - F 1, EL-35m)

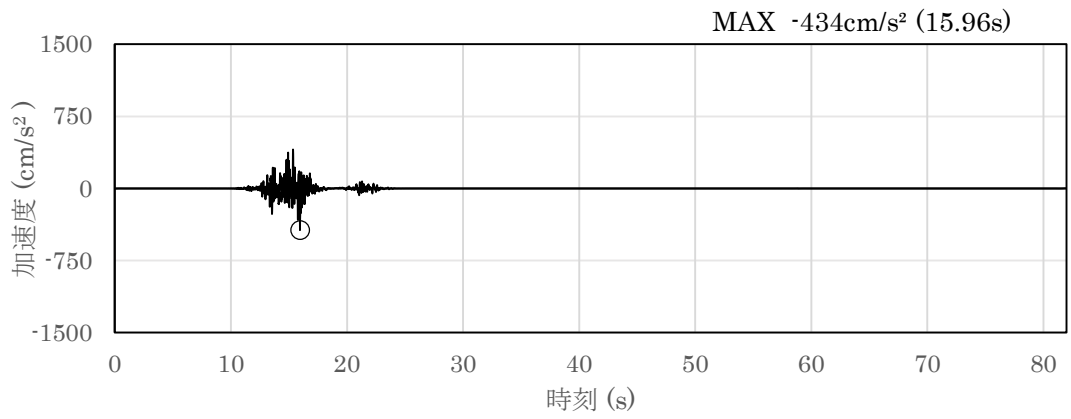


(a) 加速度時刻歴波形

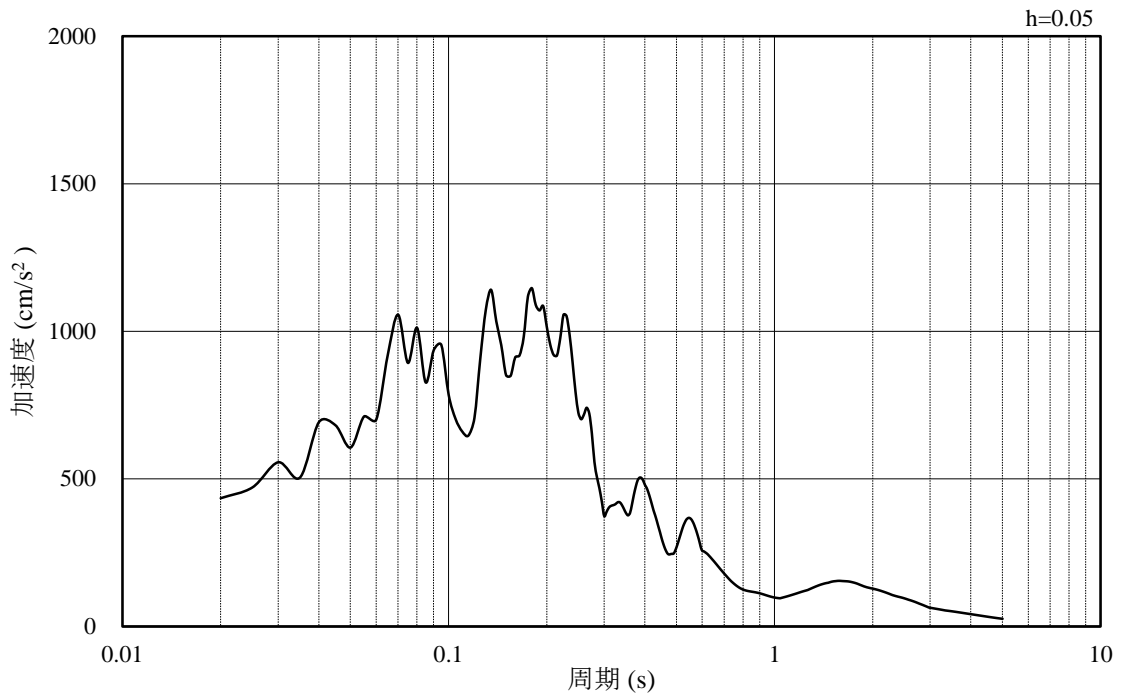


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-26 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - F 2, EL-35m)

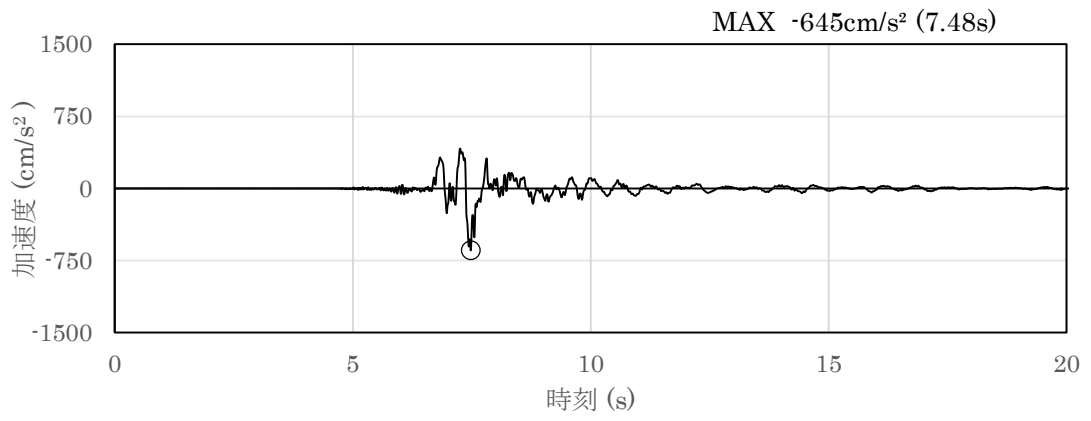


(a) 加速度時刻歴波形

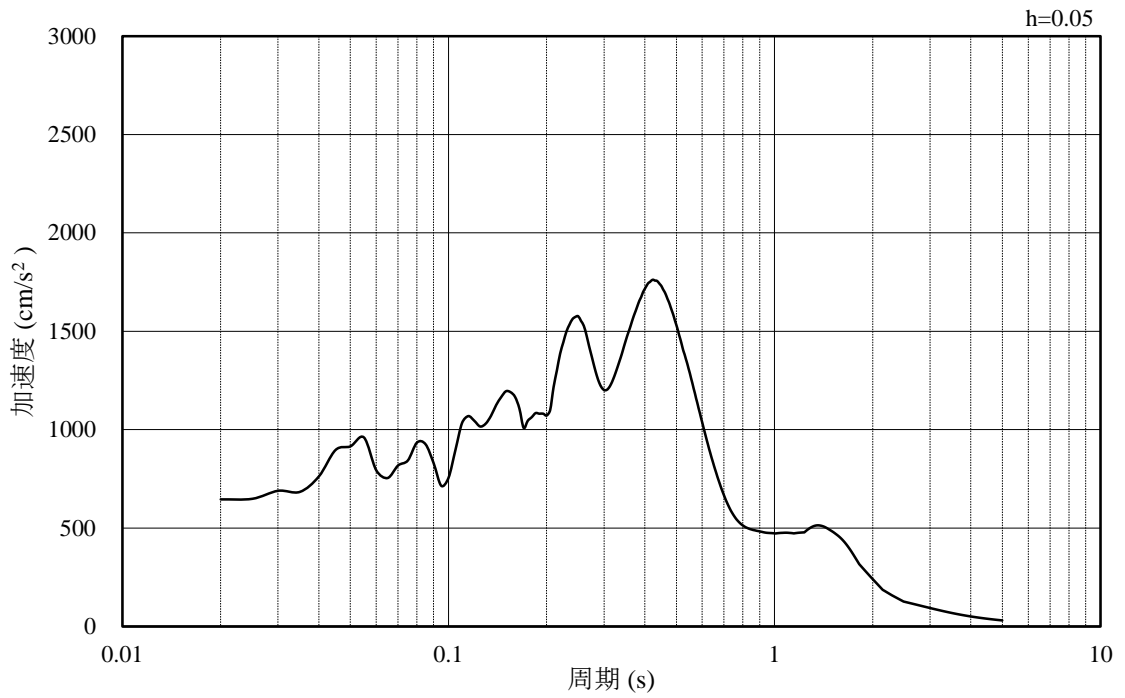


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-27 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - F 2, EL-35m)

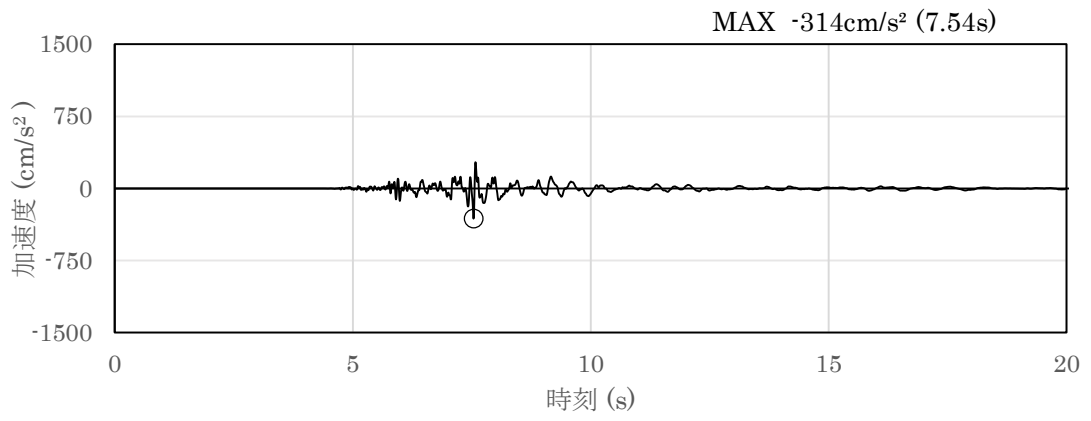


(a) 加速度時刻歴波形

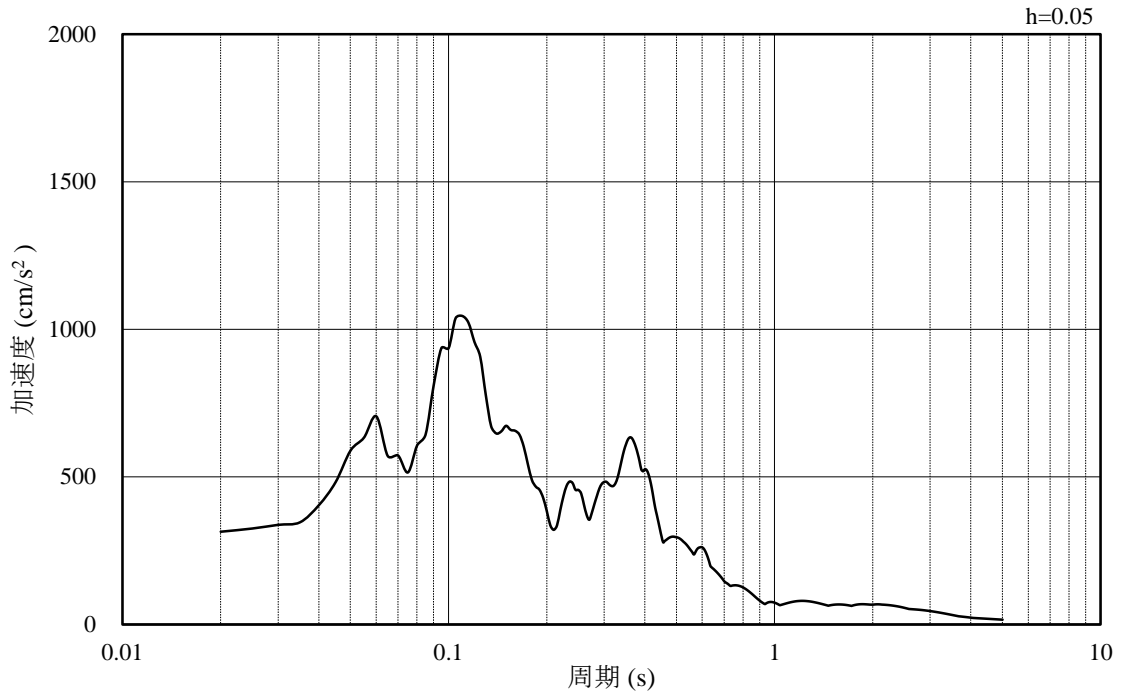


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-28 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 1, EL-35m)

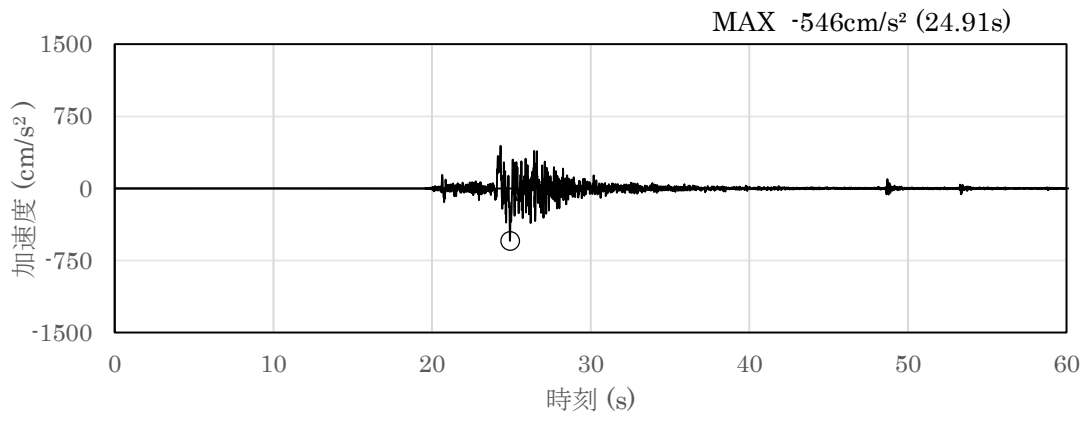


(a) 加速度時刻歴波形

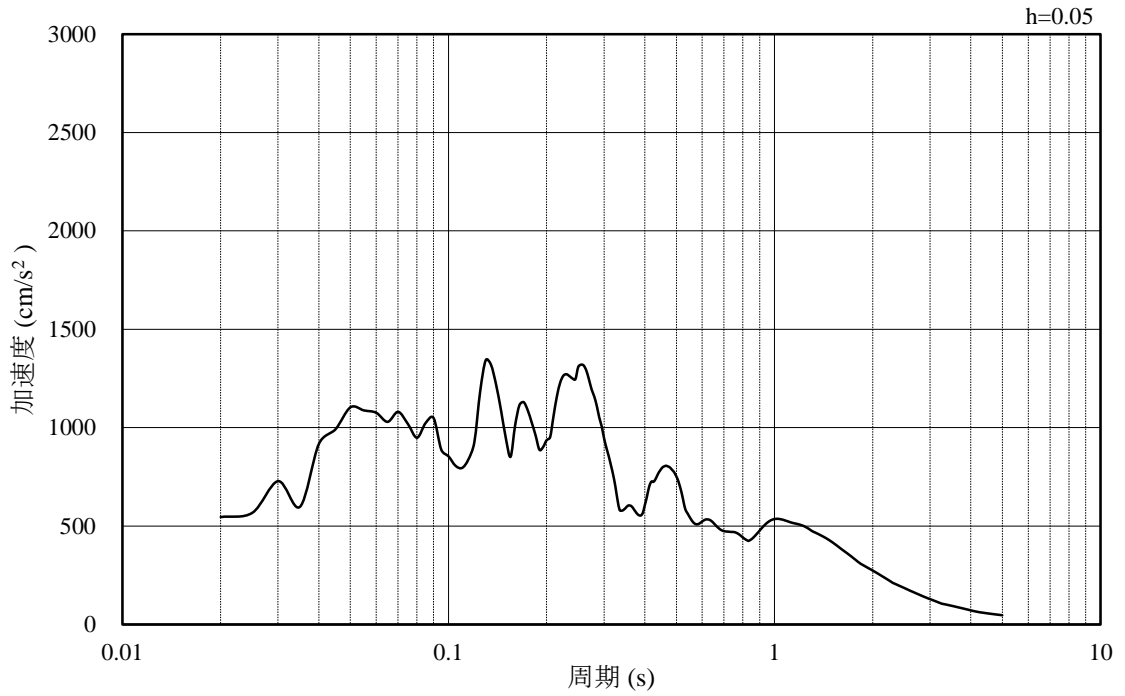


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-29 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 1, EL-35m)

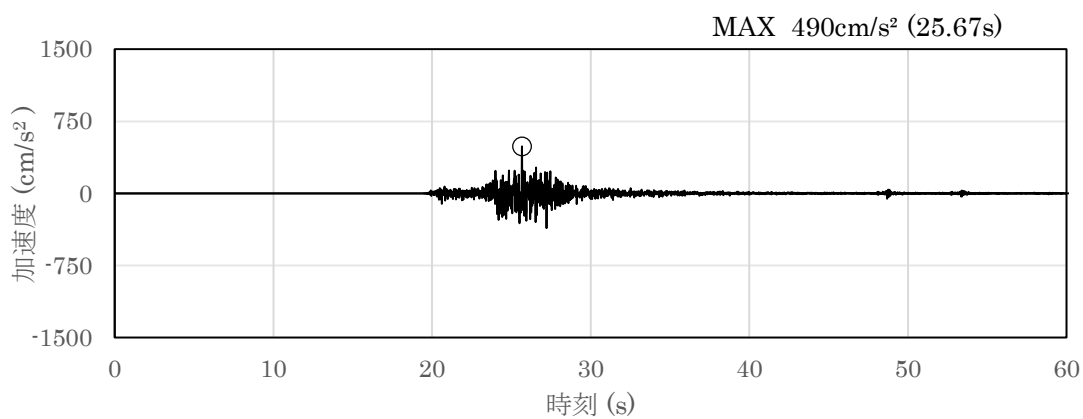


(a) 加速度時刻歴波形

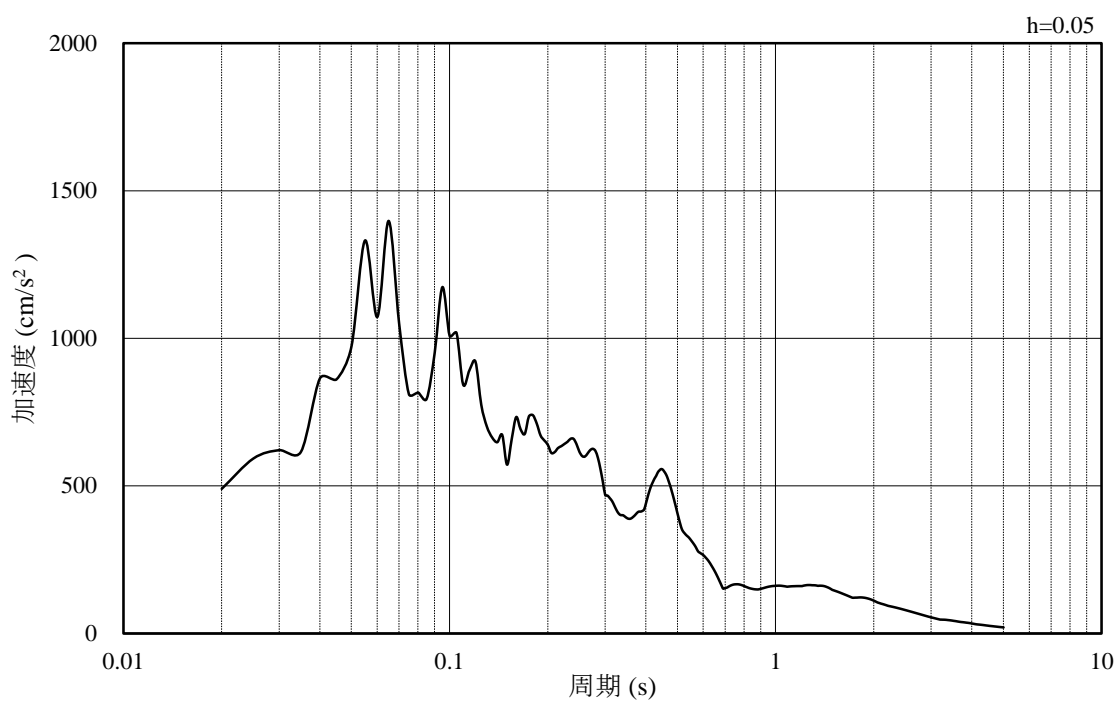


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-30 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分 : S s - N 2 (N S), EL-35m)

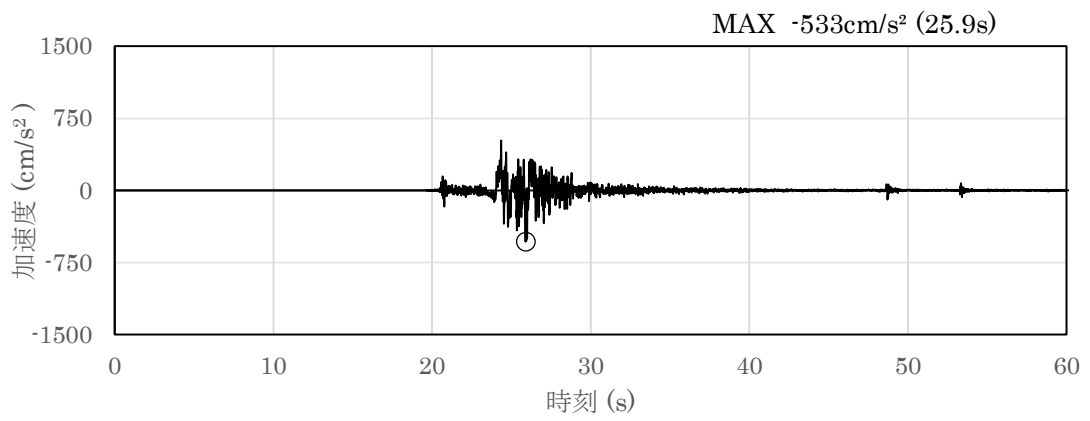


(a) 加速度時刻歴波形

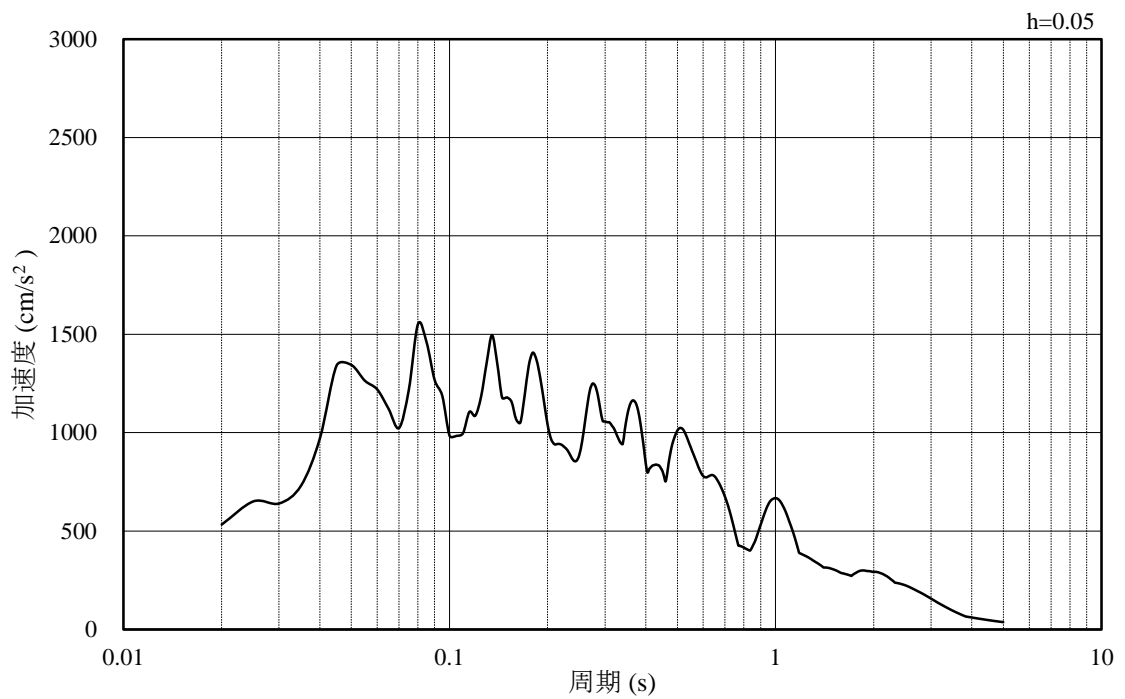


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-31 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S_s-N2 (NS), EL-35m)

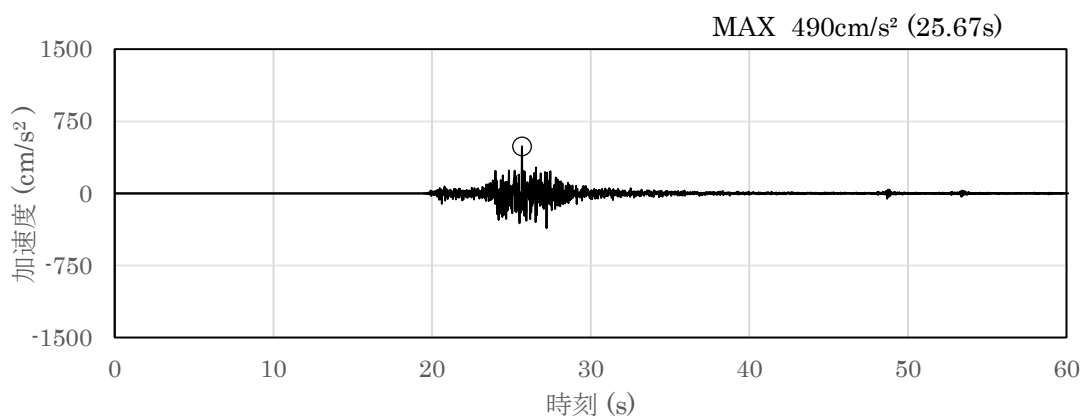


(a) 加速度時刻歴波形

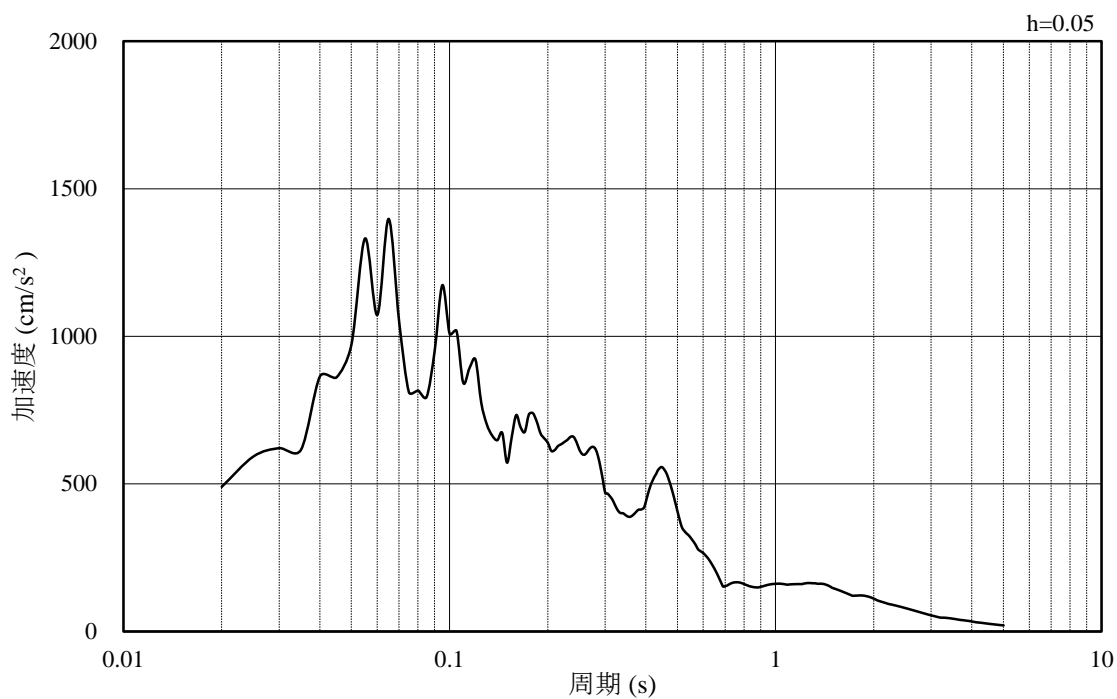


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-32 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分 : S s - N 2 (E W), EL-35m)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-33 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 2 (E W), EL-35m)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

第1ベントフィルタ格納槽の地震応答解析モデルを図3-34～図3-36に示す。

(1) 解析領域

解析領域は、側方境界及び底面境界が構造物の応答に影響しないよう、構造物と側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。

(2) 境界条件

解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

鉄筋コンクリート部材は非線形はり要素及び平面応力要素でモデル化する。
機器・配管荷重は解析モデルに付加質量として与えることで考慮する。

(4) 地盤のモデル化

岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、埋戻土は、地盤の非線形性をマルチスプリング要素で考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。

(5) 隣接構造物のモデル化

A-A断面及びB-B断面の解析モデル範囲において隣接構造物となる原子炉建物は、等価剛性として線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

C-C断面の解析モデル範囲において隣接構造物となる低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽については、耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出する必要があることから、非線形はり要素及び平面応力要素でモデル化する。また、補助消火水槽は、保守的に埋戻土でモデル化する。埋戻土は、地盤の非線形性をマルチスプリング要素で考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。

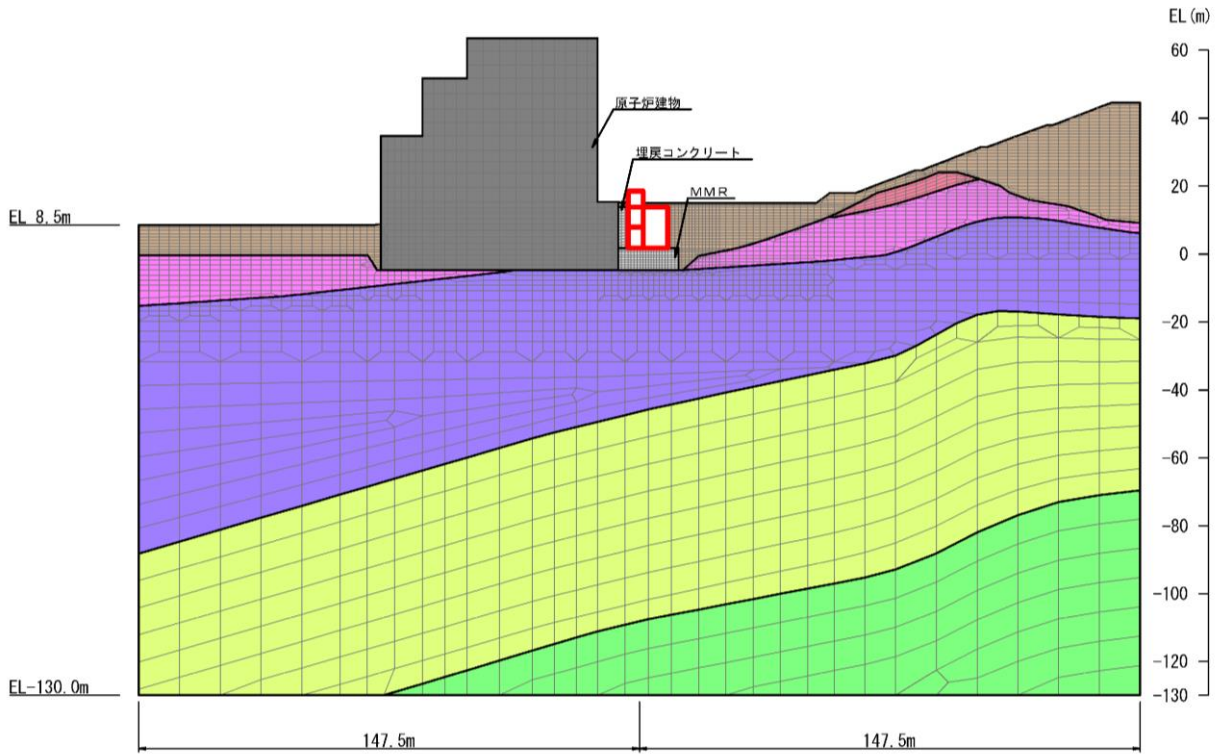
(6) MMR及び埋戻コンクリートのモデル化

MMR及び埋戻コンクリートは無筋コンクリートとして線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

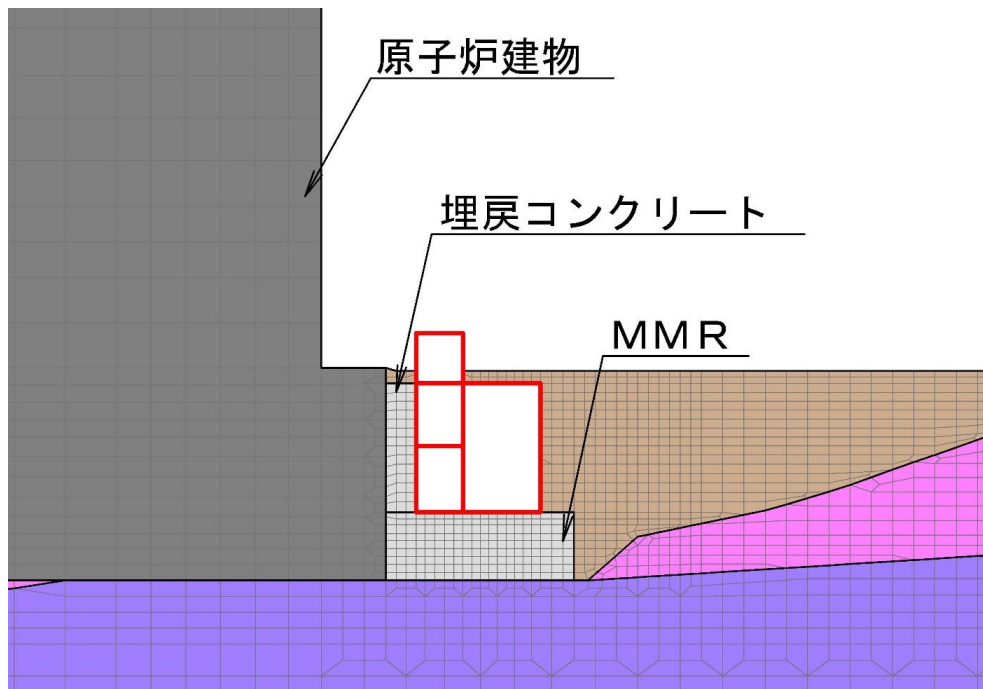
(7) ジョイント要素の設定

地震時の「構造物と無筋コンクリート」、「構造物と埋戻土」、「構造物と岩盤」、「無筋コンクリートと無筋コンクリート」、「無筋コンクリートと埋戻土」及び「無筋コンクリートと岩盤」の接合面における接触、剥離及びすべりを考慮するため、これらの接合面にジョイント要素を設定する。

- | | | | |
|-------------|-------------|-------------------|-----------|
| ■ : 岩盤 (1層) | ■ : 岩盤 (4層) | ■ : 埋戻土 | ■ : 隣接構造物 |
| ■ : 岩盤 (2層) | ■ : 岩盤 (5層) | ■ : MMR, 埋戻コンクリート | |
| ■ : 岩盤 (3層) | — : 評価対象構造物 | | |






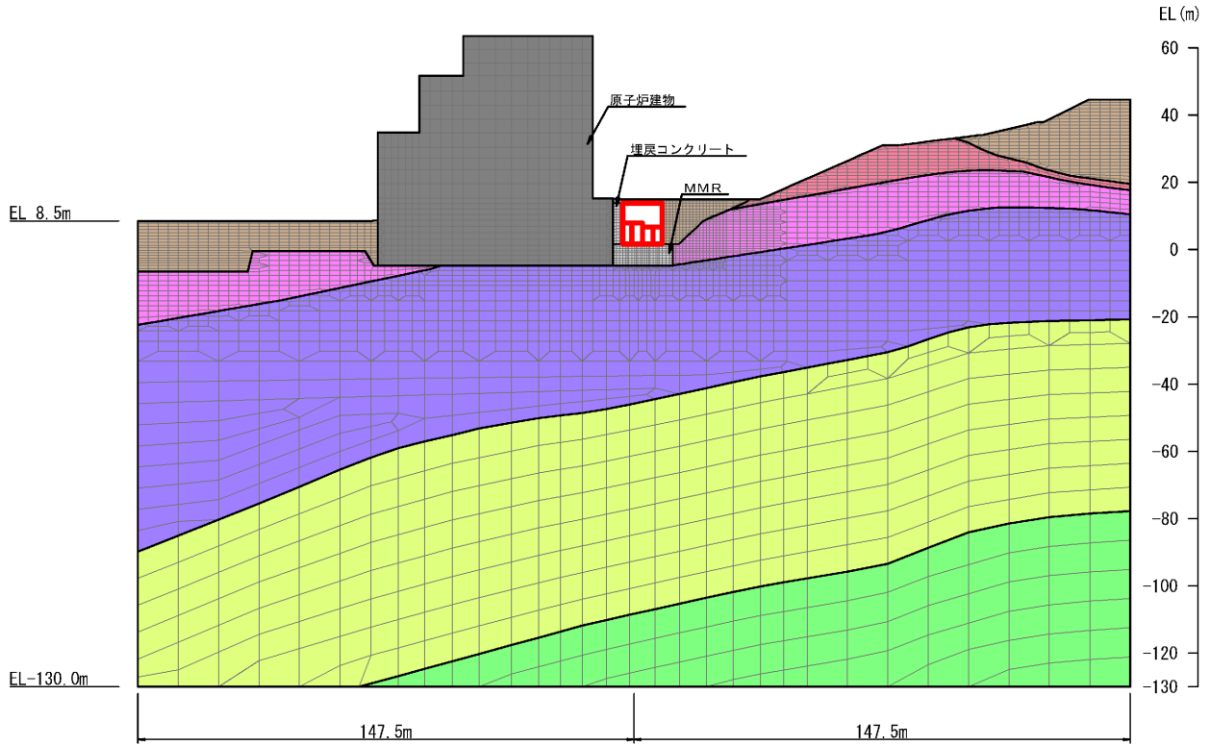
(全体図)



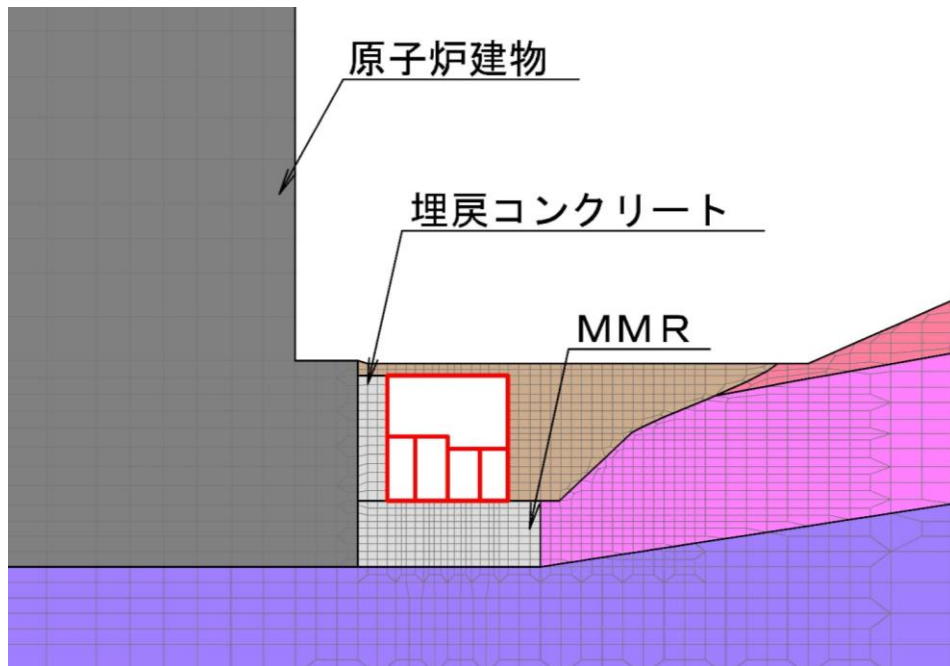
(拡大図)

図 3-34 地震応答解析モデル図 (A-A断面)

- | | | | |
|---|---|---|---|
|  : 岩盤 (1層) |  : 岩盤 (4層) |  : 埋戻土 |  : 隣接構造物 |
|  : 岩盤 (2層) |  : 岩盤 (5層) |  : MMR, 埋戻コンクリート | |
|  : 岩盤 (3層) |  : 評価対象構造物 | | |

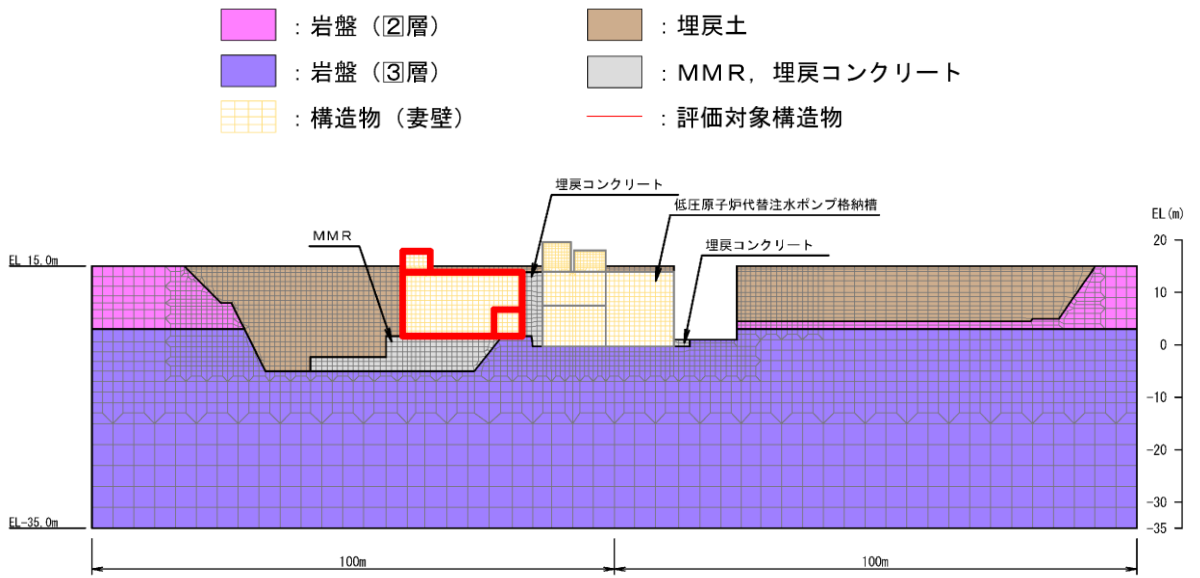


(全体図)

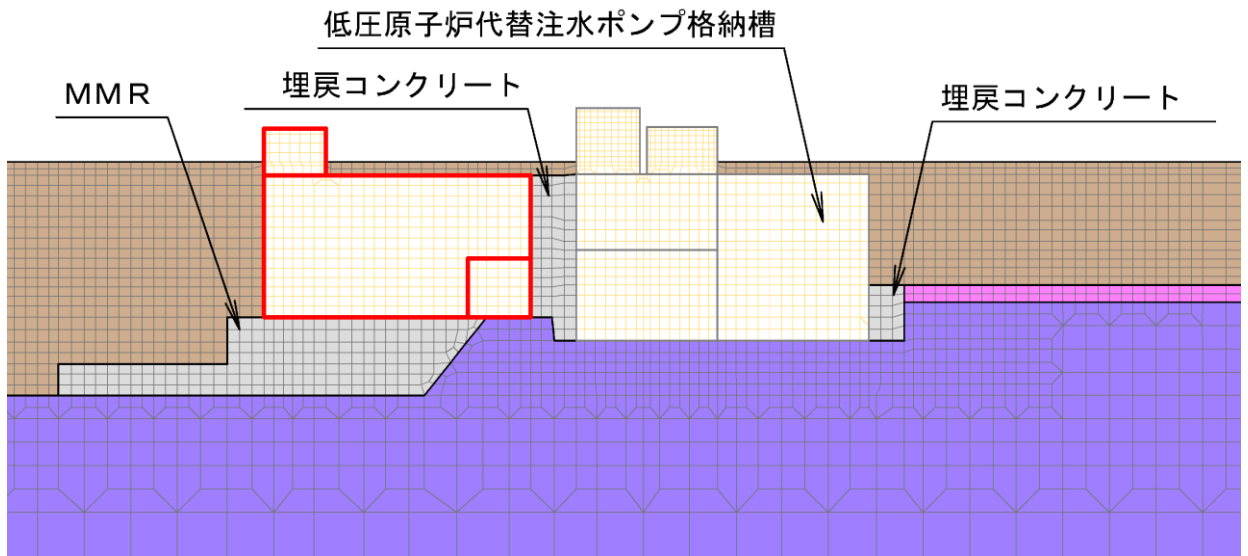


(拡大図)

図 3-35 地震応答解析モデル図 (B-B断面)



(全体図)



(拡大図)

図 3-36 地震応答解析モデル図 (C-C断面)

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-5 に、材料の物性値を表 3-6 に示す。

表 3-5 使用材料

材料		仕様
構造物 (鉄筋コンクリート)	コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²
	鉄筋	SD345
埋戻コンクリート		設計基準強度 18.0N/mm ²
MMR		

表 3-6 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物 (鉄筋コンクリート)	2.50×10 ⁴	24.0* ¹	0.2
埋戻コンクリート	2.20×10 ⁴	22.6* ²	
MMR			

注記*1：鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

*2：無筋コンクリートの単位体積重量を示す。

3.5.3 地盤の物性値

地盤については、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

3.5.4 地下水位

設計地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定する。設計地下水位の一覧を表 3-7 に示す。

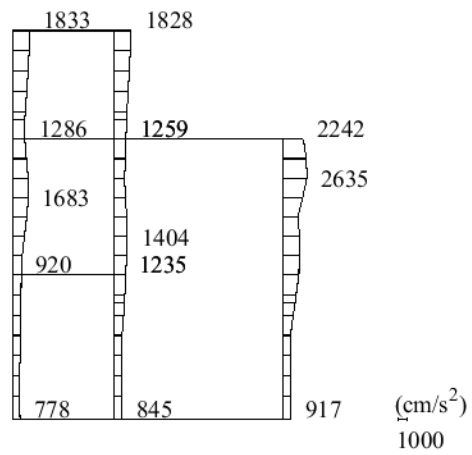
表 3-7 設計地下水位の一覧

施設名称	解析断面	設計地下水位 (EL m)
第 1 ベントフィルタ 格納槽	A-A 断面	15.0
	B-B 断面	
	C-C 断面	

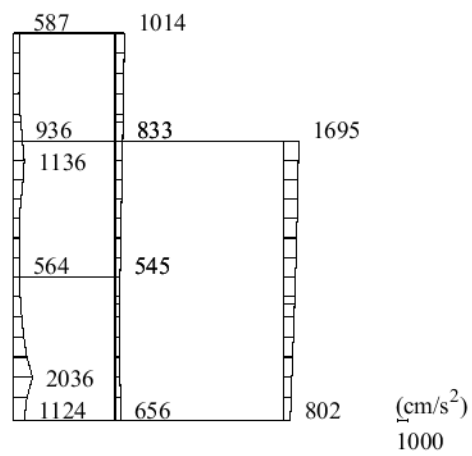
4. 解析結果

4.1 A-A断面の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として、解析ケース①について、すべての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図を図 4-1～図 4-12 に示す。

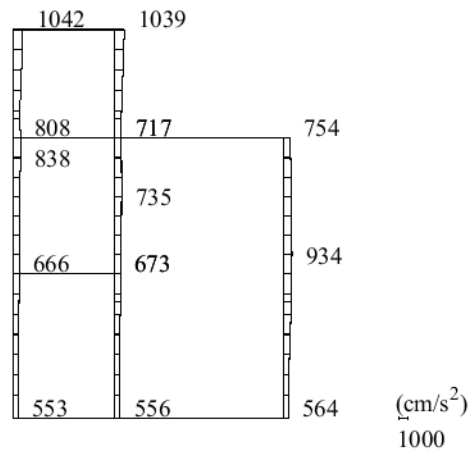


(a) S s - D (++) 水平

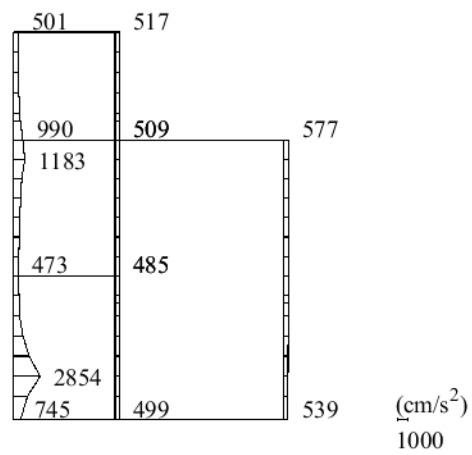


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-1 最大応答加速度分布図 (1/12) (解析ケース①)

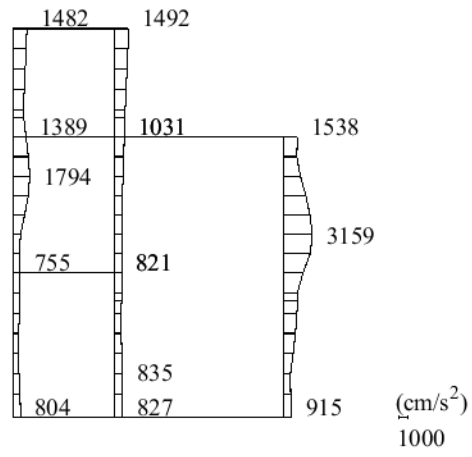


(a) S s - D (-+) 水平

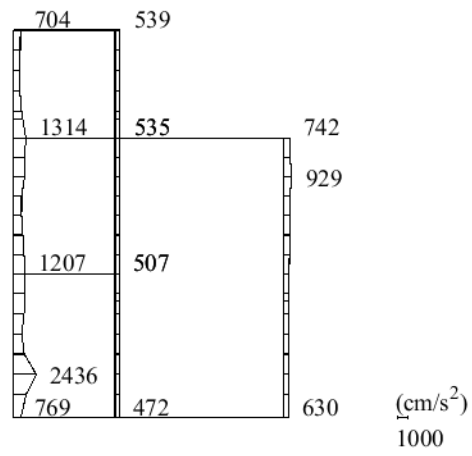


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-2 最大応答加速度分布図 (2/12) (解析ケース①)

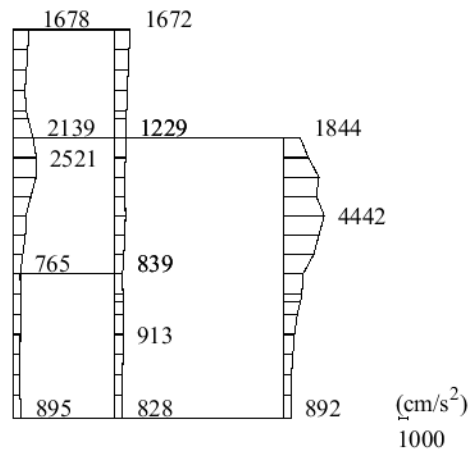


(a) S s - D (+ -) 水平

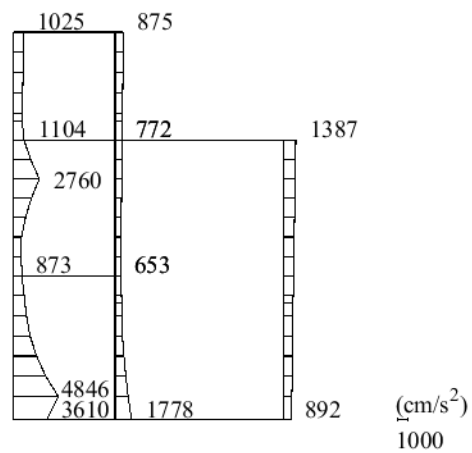


(b) S s - D (+ -) 鉛直

図 4-3 最大応答加速度分布図 (3/12) (解析ケース①)

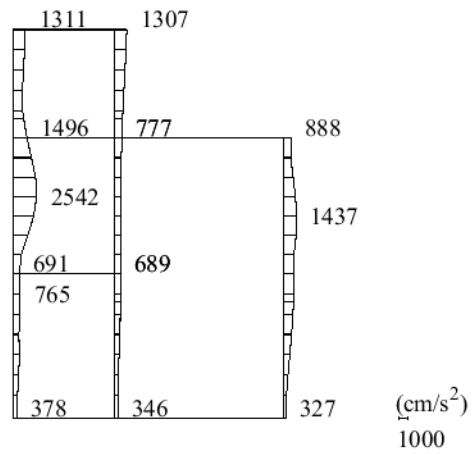


(a) S s - D (--) 水平

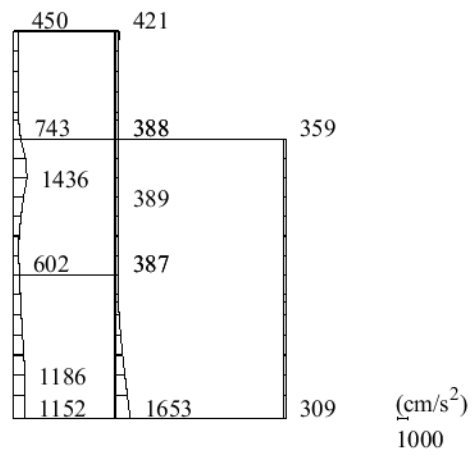


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-4 最大応答加速度分布図 (4/12) (解析ケース①)

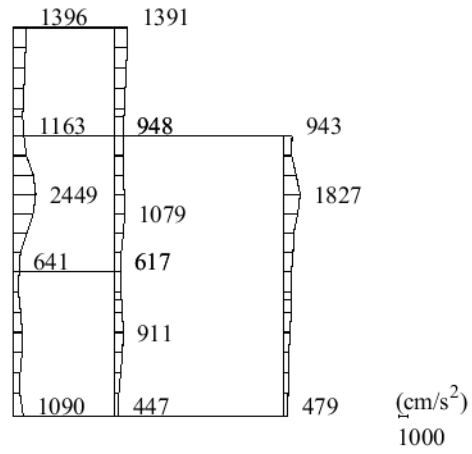


(a) S s - F 1 (++) 水平

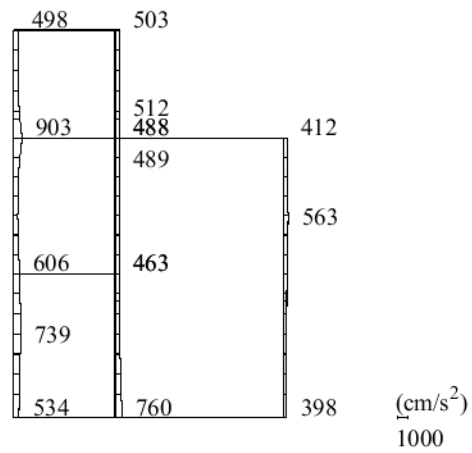


(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-5 最大応答加速度分布図 (5/12) (解析ケース①)

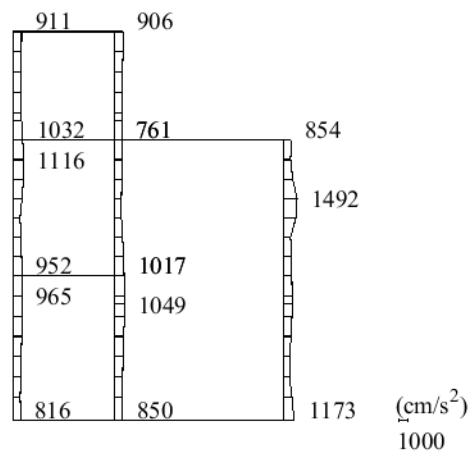


(a) S s - F 2 (++) 水平

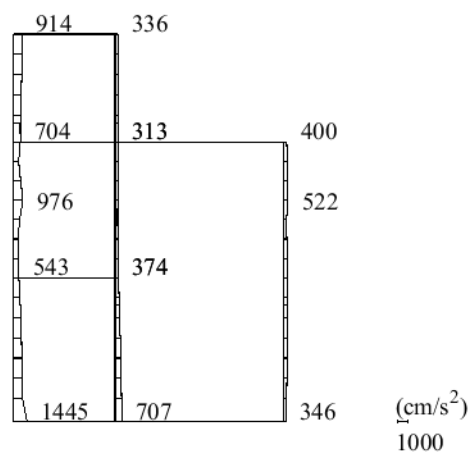


(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-6 最大応答加速度分布図 (6/12) (解析ケース①)

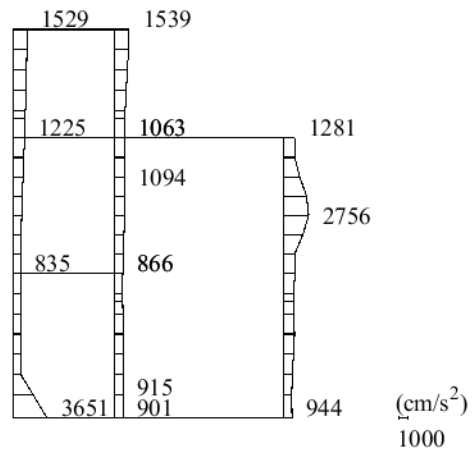


(a) S s - N 1 (++) 水平

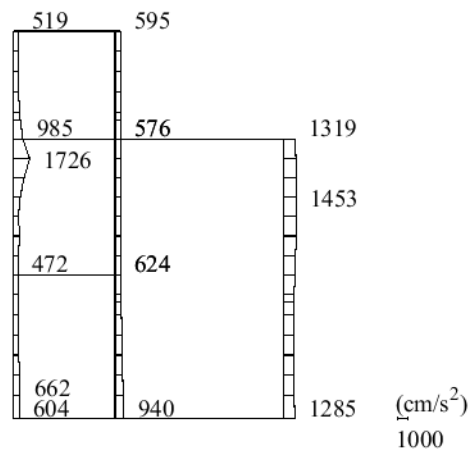


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-7 最大応答加速度分布図 (7/12) (解析ケース①)

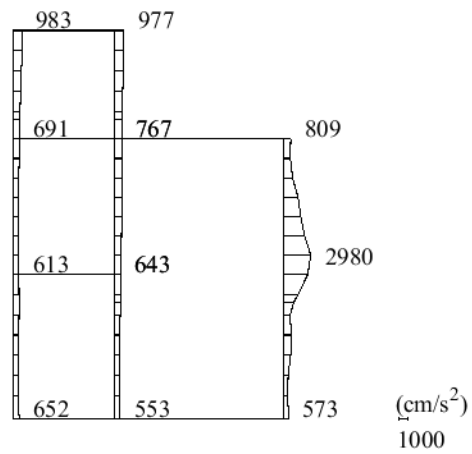


(a) $S_s - N 1$ (- +) 水平

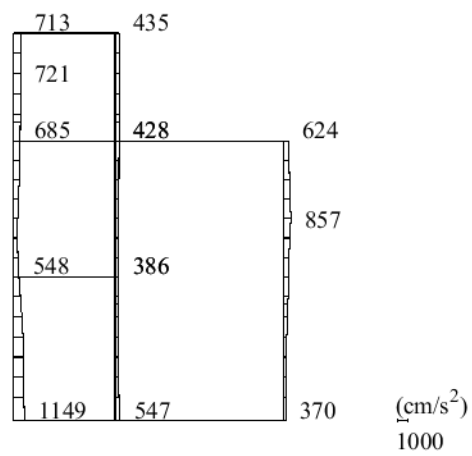


(b) $S_s - N 1$ (- +) 鉛直

図 4-8 最大応答加速度分布図 (8/12) (解析ケース①)

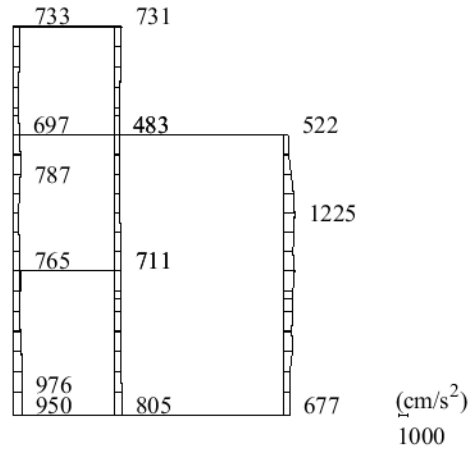


(a) $S_s - N2 (NS)$ (++) 水平

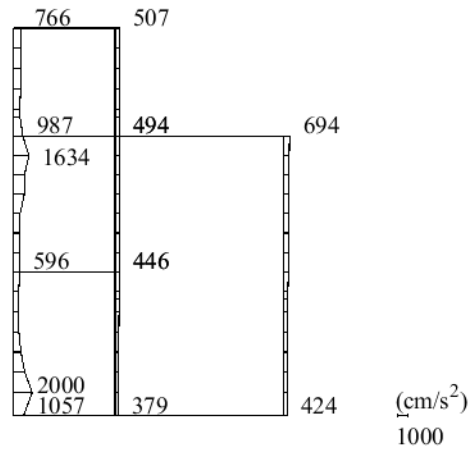


(b) $S_s - N2 (NS)$ (++) 鉛直

図 4-9 最大応答加速度分布図 (9/12) (解析ケース①)

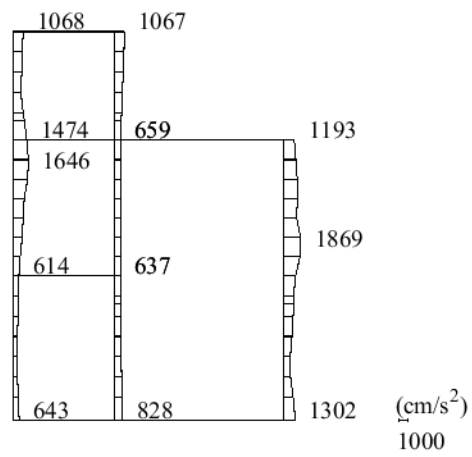


(a) $S_s - N2 (NS)$ (- +) 水平

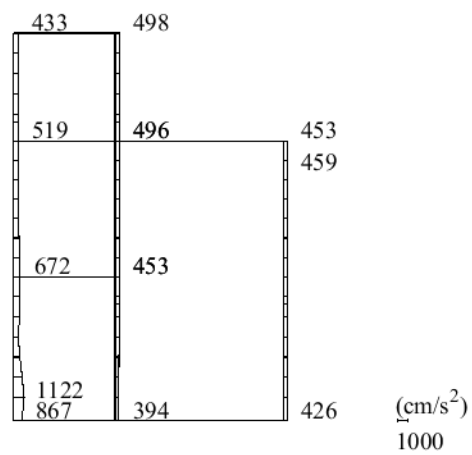


(b) $S_s - N2 (NS)$ (- +) 鉛直

図 4-10 最大応答加速度分布図 (10/12) (解析ケース①)

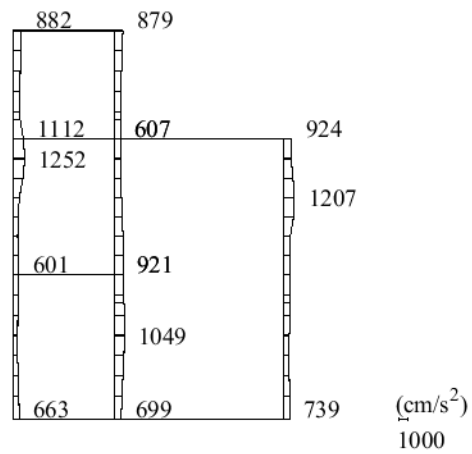


(a) S_s - N 2 (E W) (++) 水平

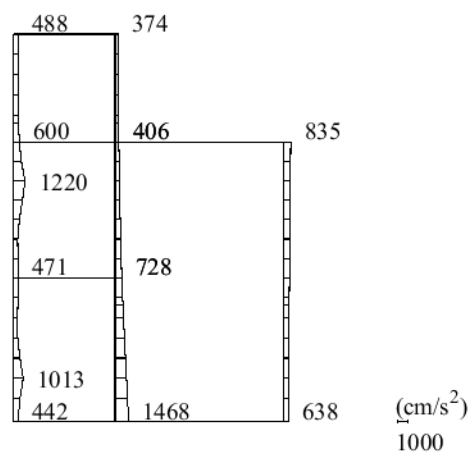


(b) S_s - N 2 (E W) (++) 鉛直

図 4-11 最大応答加速度分布図 (11/12) (解析ケース①)



(a) S_s - N 2 (E W) (-+) 水平

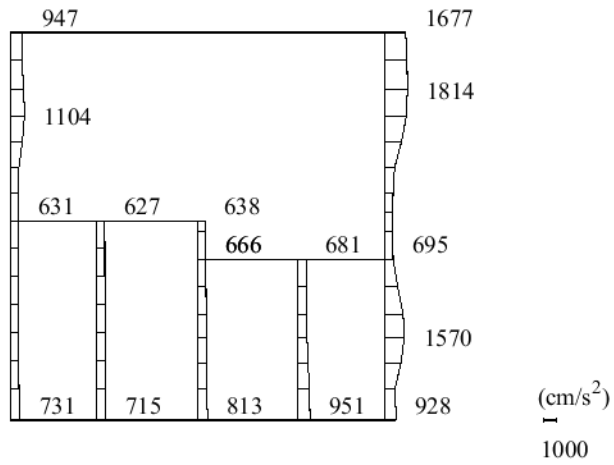


(b) S_s - N 2 (E W) (-+) 鉛直

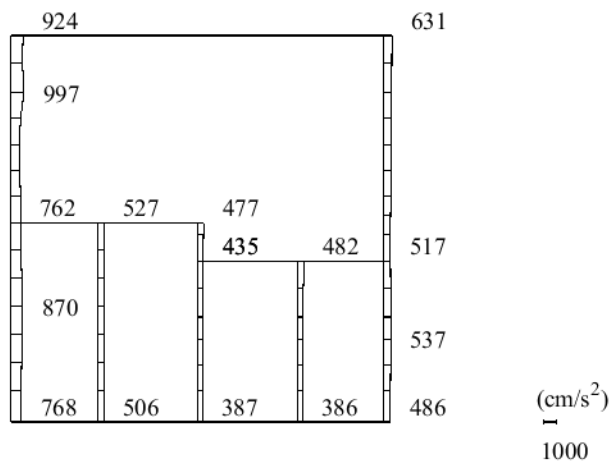
図 4-12 最大応答加速度分布図 (12/12) (解析ケース①)

4.2 B－B断面の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として，解析ケース①について，すべての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図を図 4-13～図 4-24 に示す。

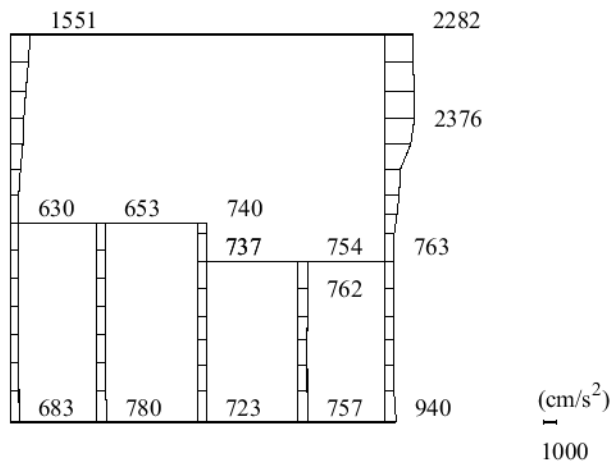


(a) S s - D (++) 水平

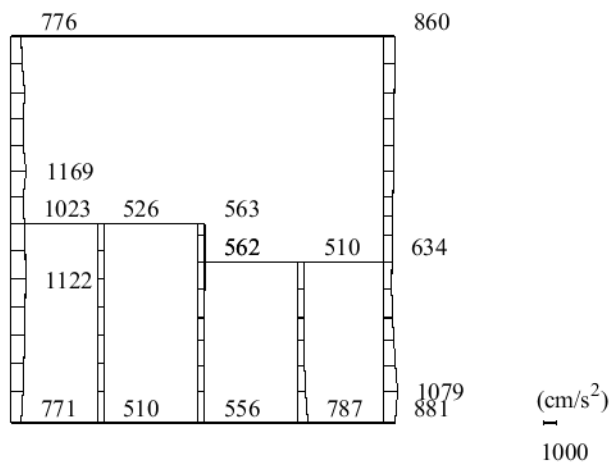


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-13 最大応答加速度分布図 (1/12) (解析ケース①)

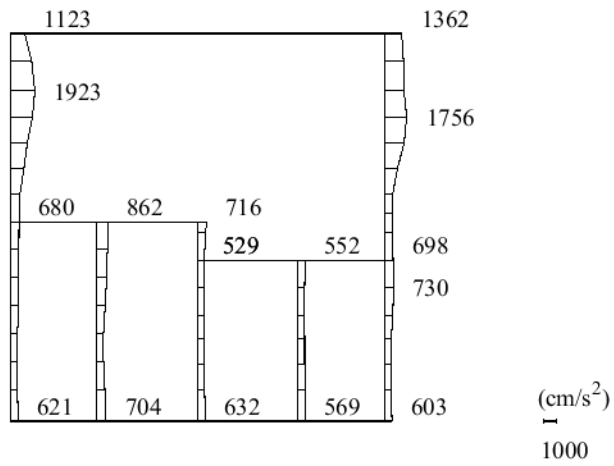


(a) S s - D (-+) 水平

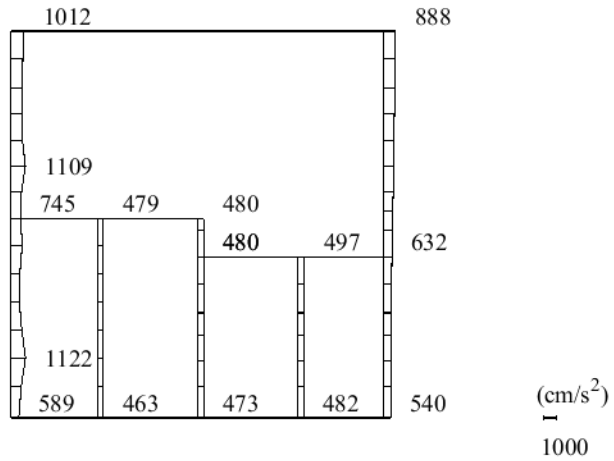


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-14 最大応答加速度分布図 (2/12) (解析ケース①)

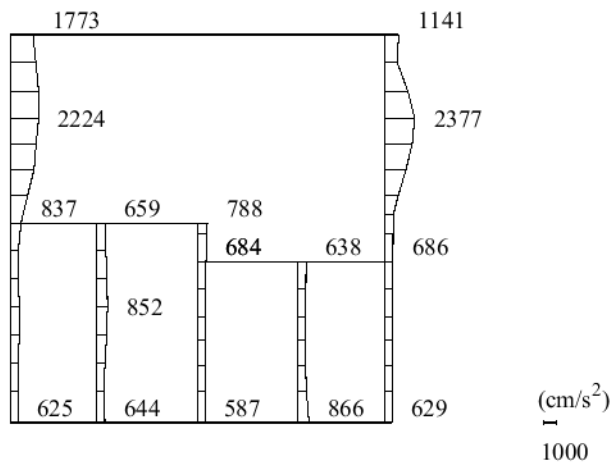


(a) S s - D (+ -) 水平

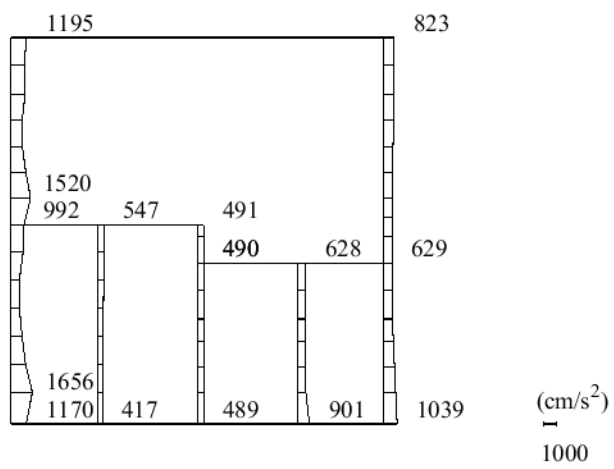


(b) S s - D (+ -) 鉛直

図 4-15 最大応答加速度分布図 (3/12) (解析ケース①)

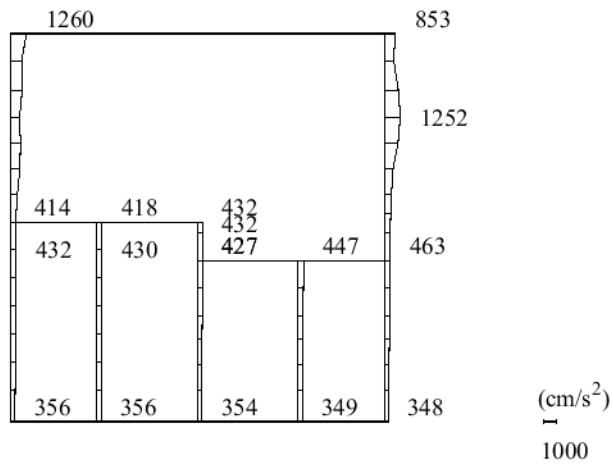


(a) S s - D (---) 水平

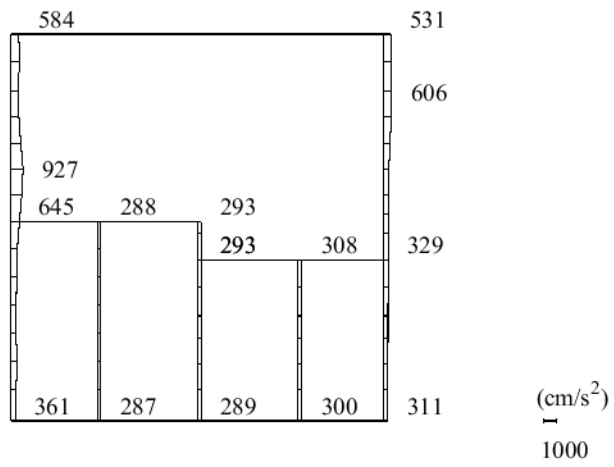


(b) S s - D (---) 鉛直

図 4-16 最大応答加速度分布図 (4/12) (解析ケース①)

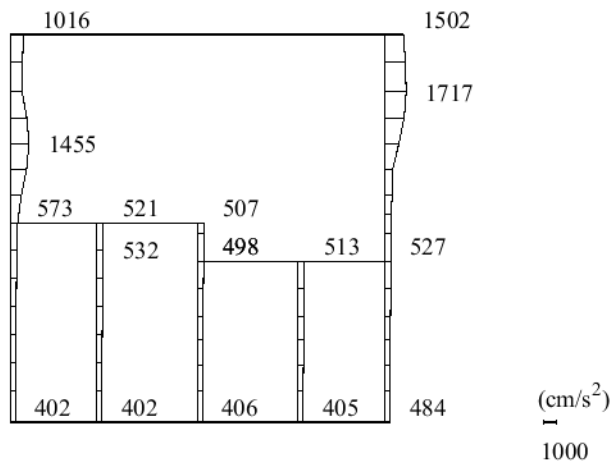


(a) S_s - F 1 (++) 水平

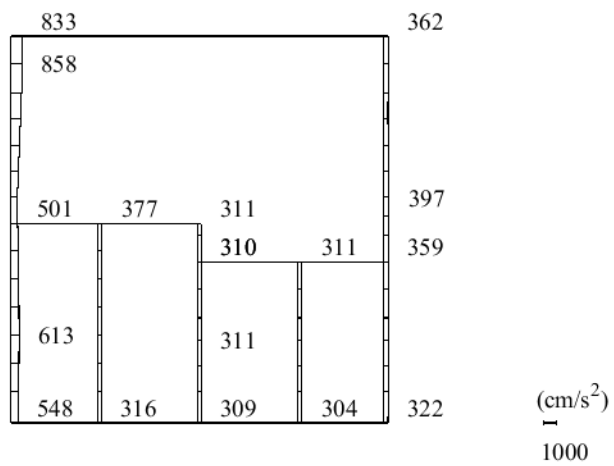


(b) S_s - F 1 (++) 鉛直

図 4-17 最大応答加速度分布図 (5/12) (解析ケース①)

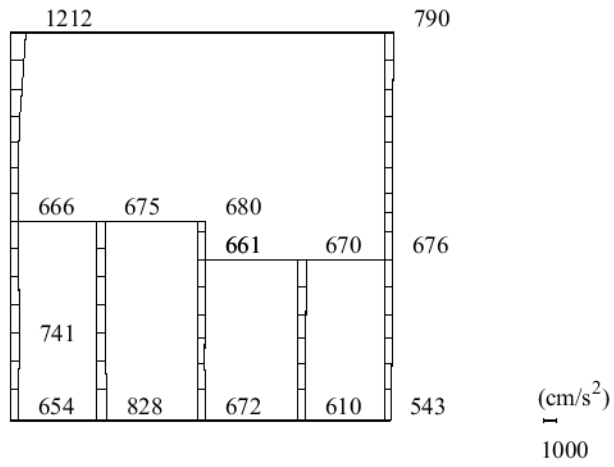


(a) S_s - F 2 (++) 水平

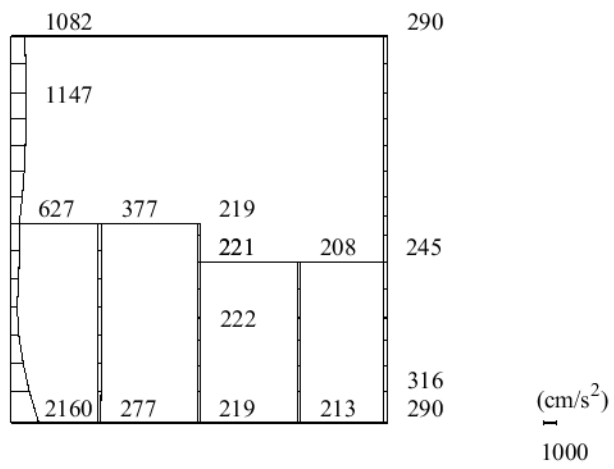


(b) S_s - F 2 (++) 鉛直

図 4-18 最大応答加速度分布図 (6/12) (解析ケース①)

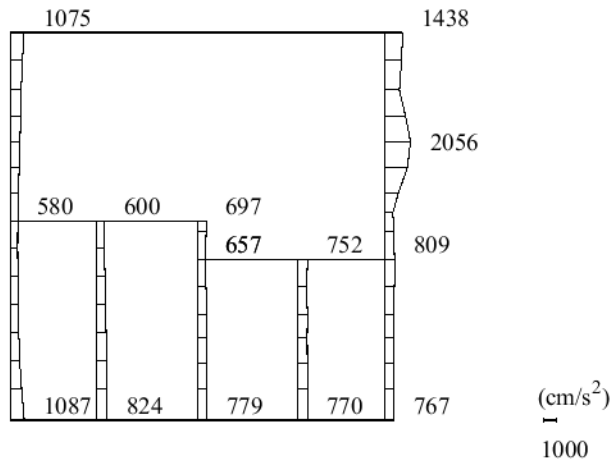


(a) S s - N 1 (++) 水平

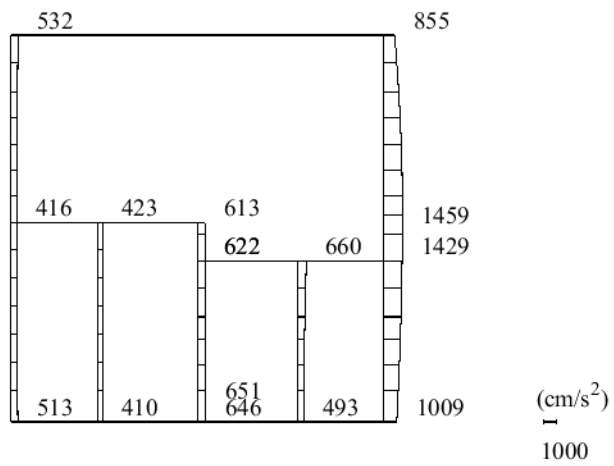


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-19 最大応答加速度分布図 (7/12) (解析ケース①)

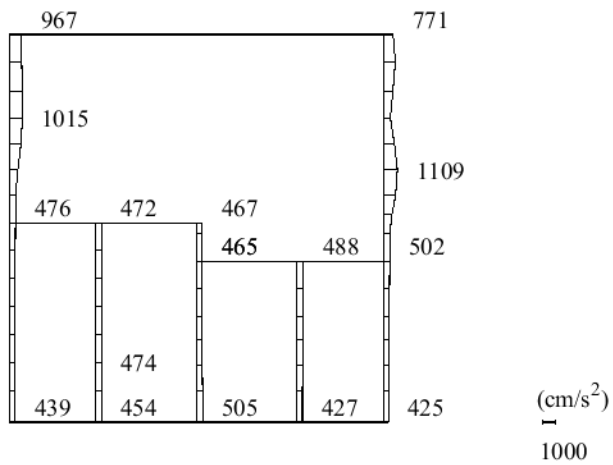


(a) S s - N 1 (- +) 水平

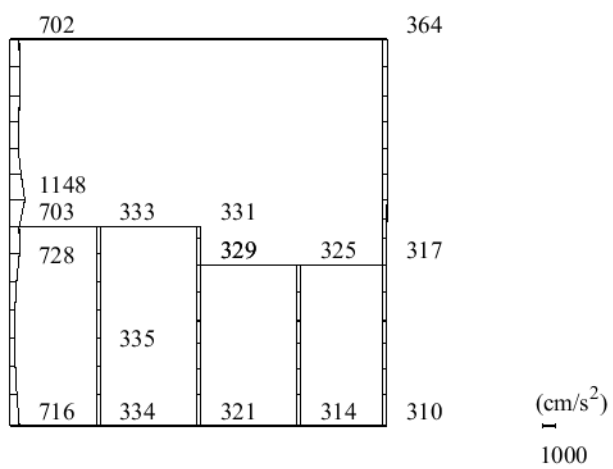


(b) S s - N 1 (- +) 鉛直

図 4-20 最大応答加速度分布図 (8/12) (解析ケース①)

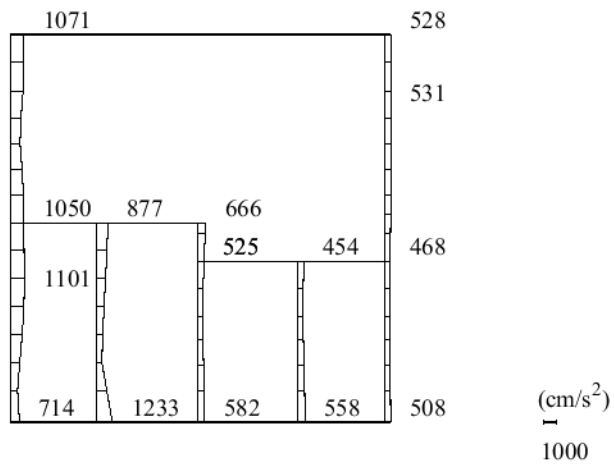


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 水平

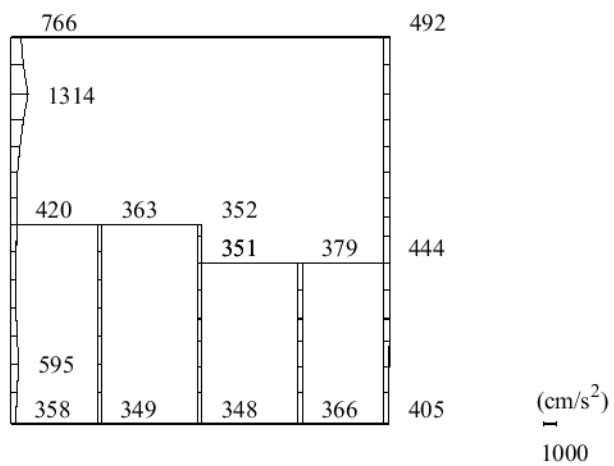


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 鉛直

図 4-21 最大応答加速度分布図 (9/12) (解析ケース①)

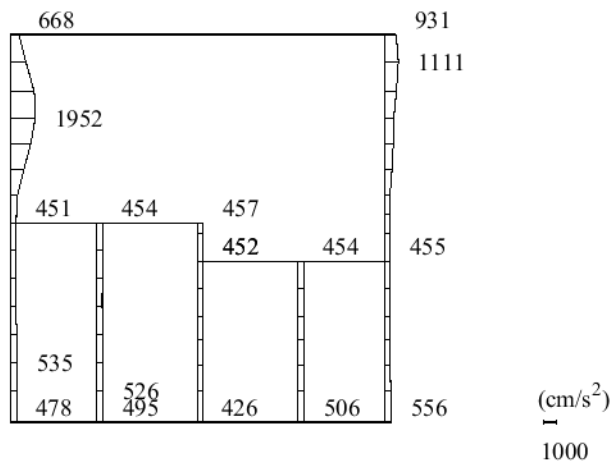


(a) S_s - N 2 (N S) (-+) 水平

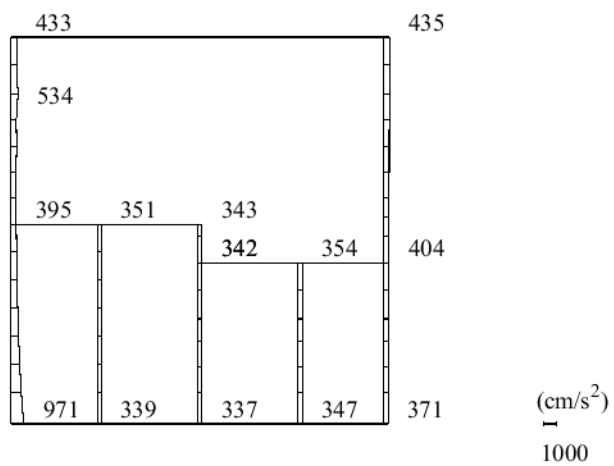


(b) S_s - N 2 (N S) (-+) 鉛直

図 4-22 最大応答加速度分布図 (10/12) (解析ケース①)

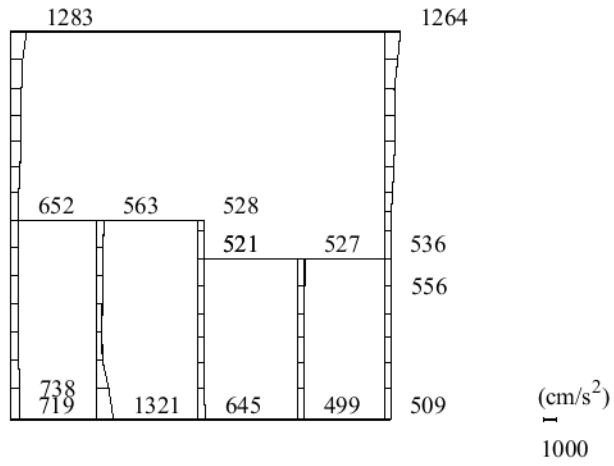


(a) S_s-N2 (EW) (++) 水平

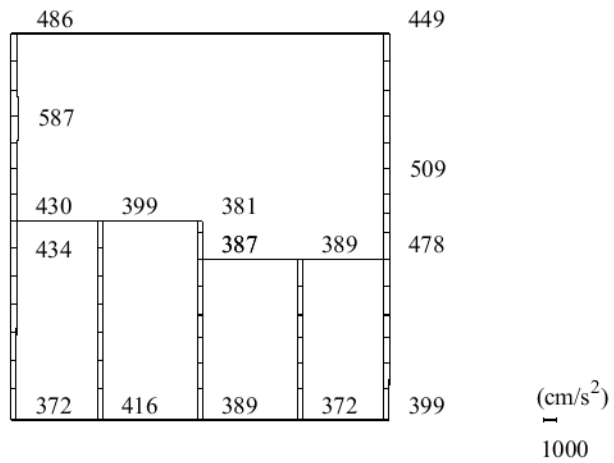


(b) S_s-N2 (EW) (++) 鉛直

図 4-23 最大応答加速度分布図 (11/12) (解析ケース①)



(a) $S_s - N_2 (EW)$ (- +) 水平

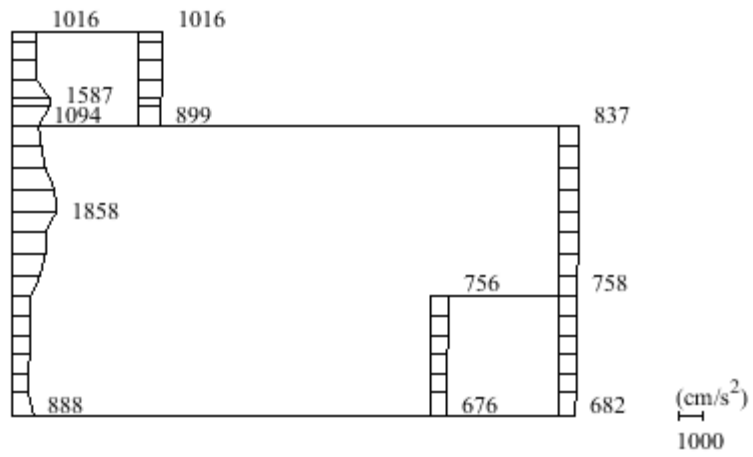


(b) $S_s - N_2 (EW)$ (- +) 鉛直

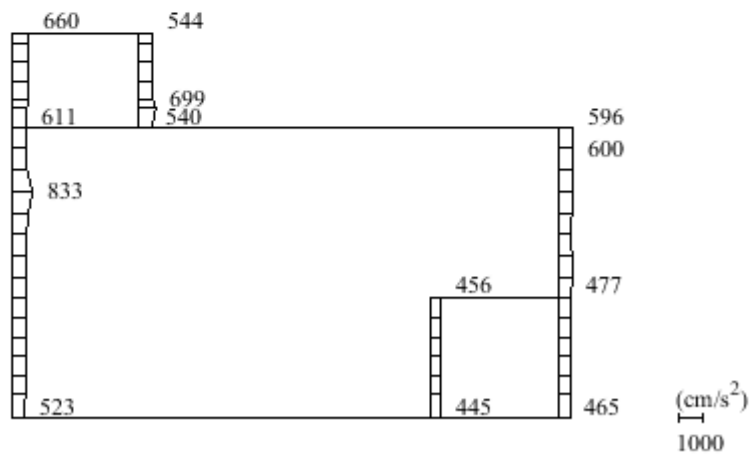
図 4-24 最大応答加速度分布図 (12/12) (解析ケース①)

4.3 C-C断面の解析結果

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価のために用いる応答加速度として、解析ケース①について、すべての基準地震動S_sに対する最大加速度分布図を図4-25～図4-36に示す。

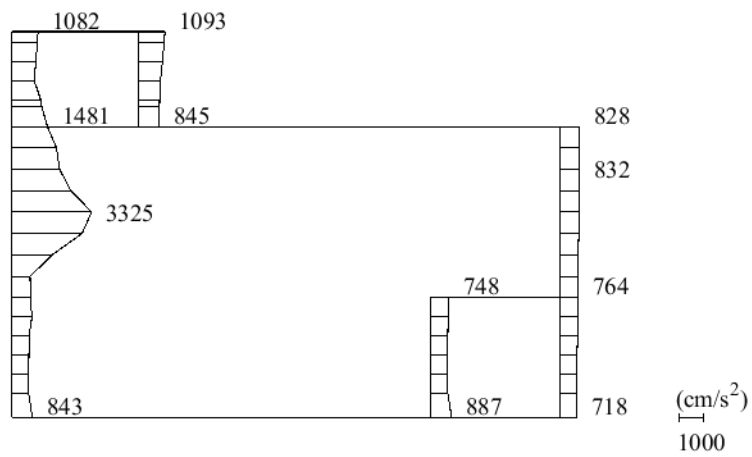


(a) $S_s - D$ (++) 水平

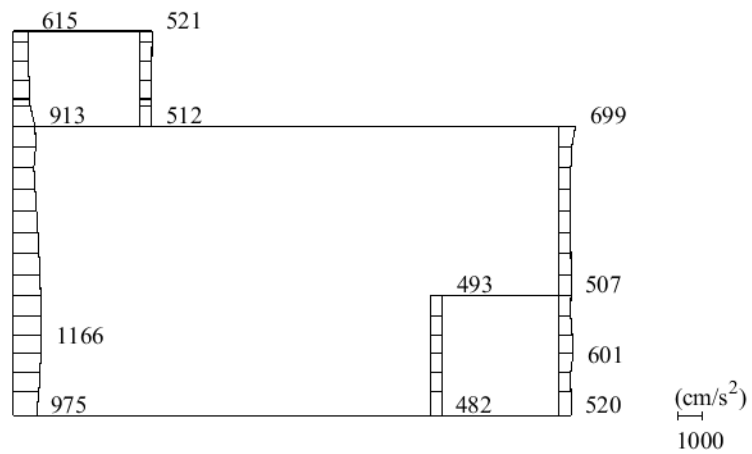


(b) $S_s - D$ (++) 鉛直

図 4-25 最大応答加速度分布図 (1/12) (解析ケース①)

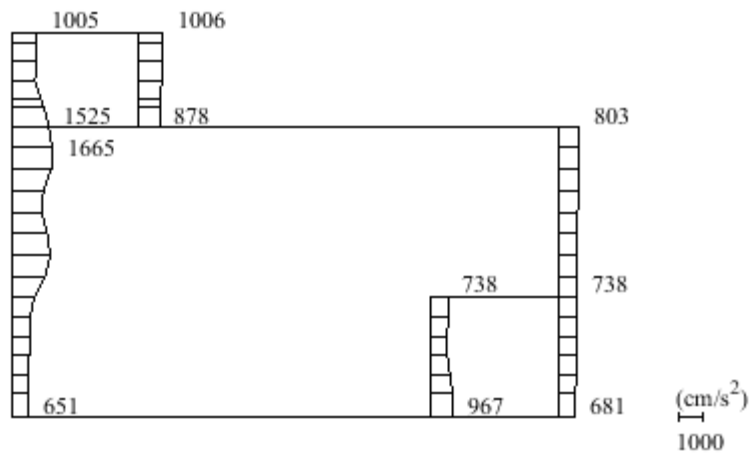


(a) S s - D (-+) 水平

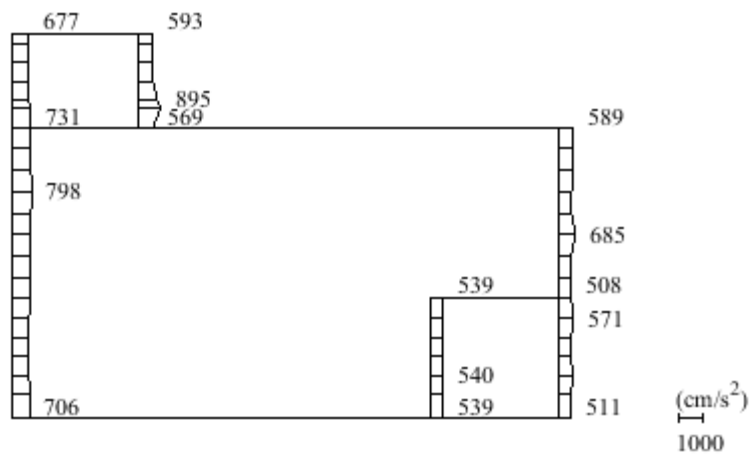


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-26 最大応答加速度分布図 (2/12) (解析ケース①)

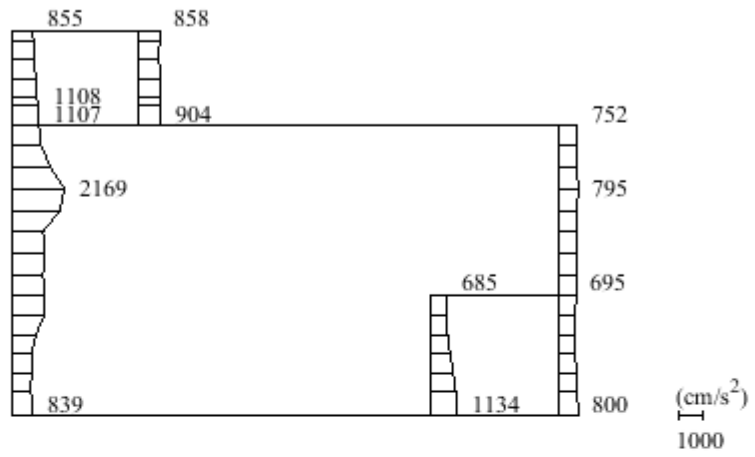


(a) $S_s - D$ (+-) 水平

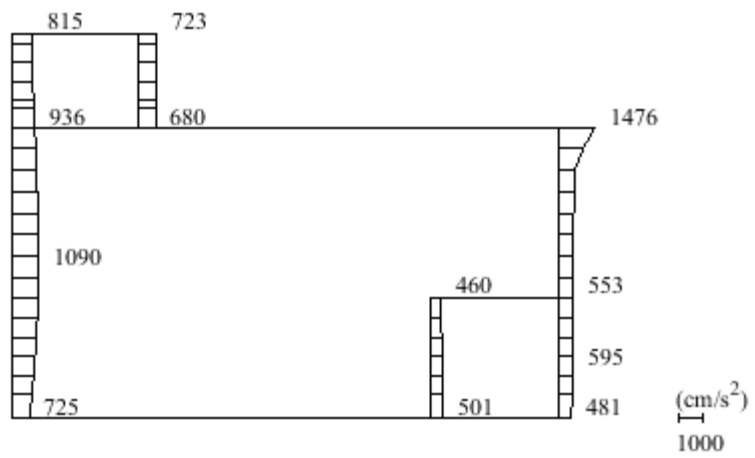


(b) $S_s - D$ (+-) 鉛直

図 4-27 最大応答加速度分布図 (3/12) (解析ケース①)

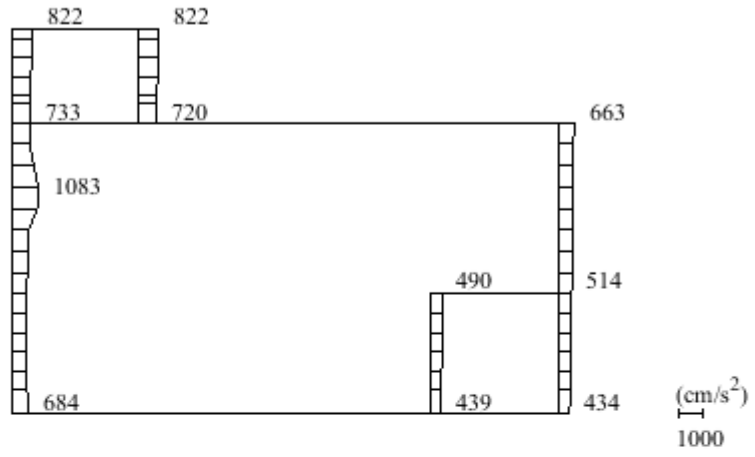


(a) $S_s - D$ (--) 水平

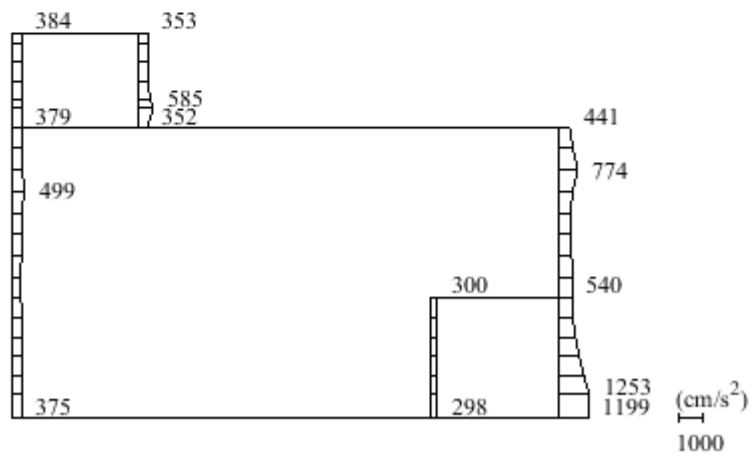


(b) $S_s - D$ (--) 鉛直

図 4-28 最大応答加速度分布図 (4/12) (解析ケース①)



(a) S s - F 1 (++) 水平



(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-29 最大応答加速度分布図 (5/12) (解析ケース①)

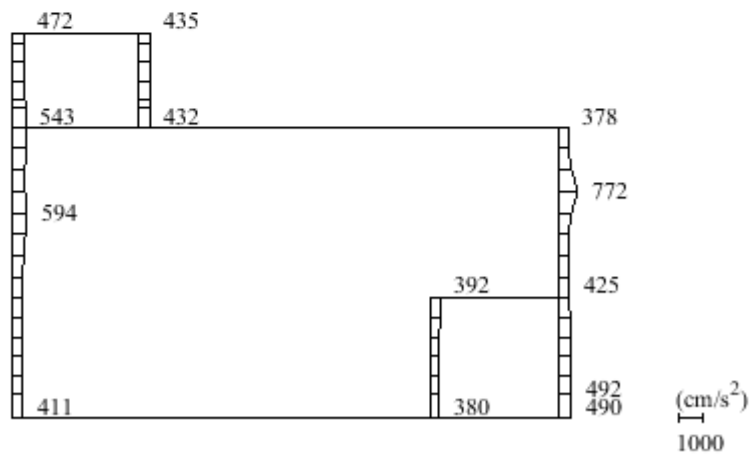
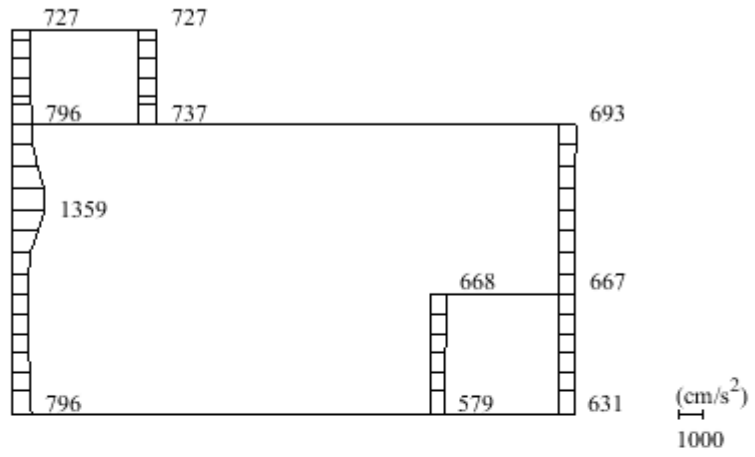
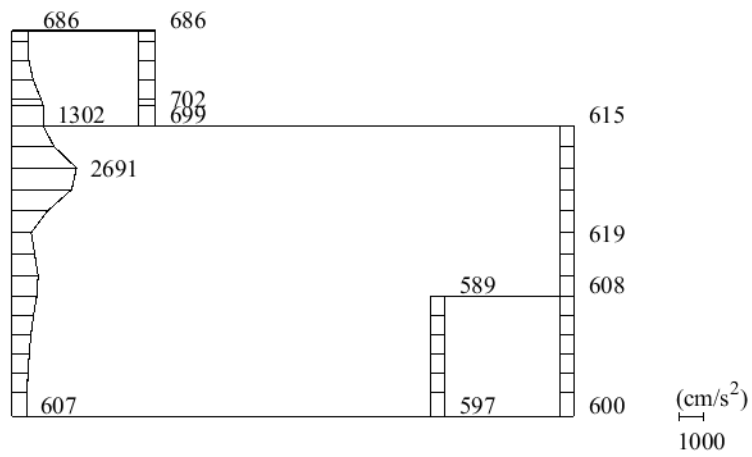
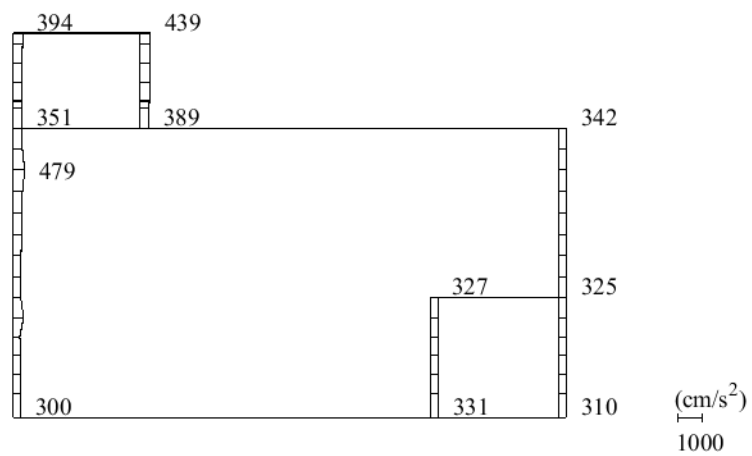


図 4-30 最大応答加速度分布図 (6/12) (解析ケース①)

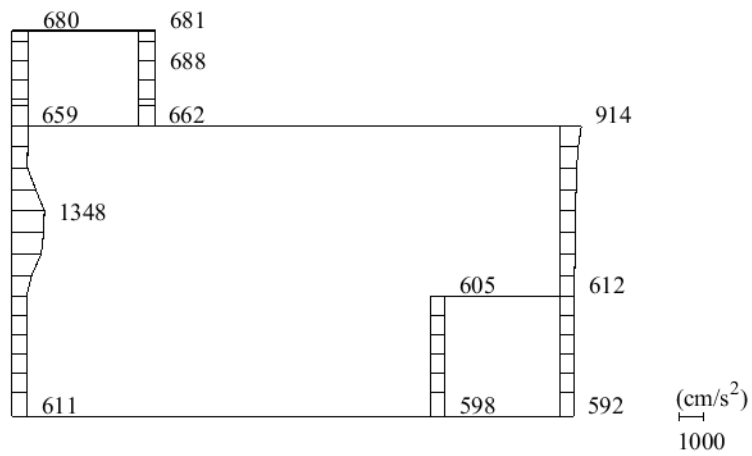


(a) $S_s - N1$ (++) 水平

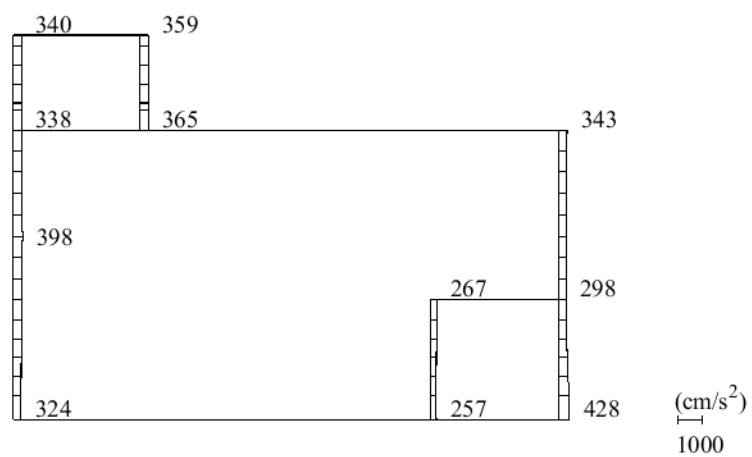


(b) $S_s - N1$ (++) 鉛直

図 4-31 最大応答加速度分布図 (7/12) (解析ケース①)

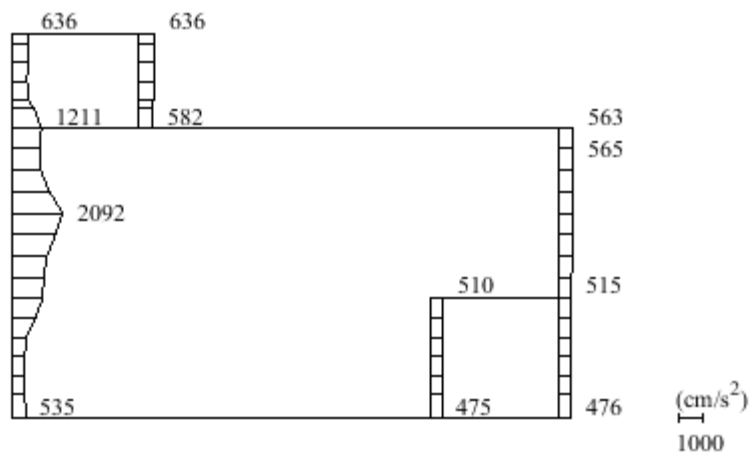


(a) S s - N 1 (-+) 水平

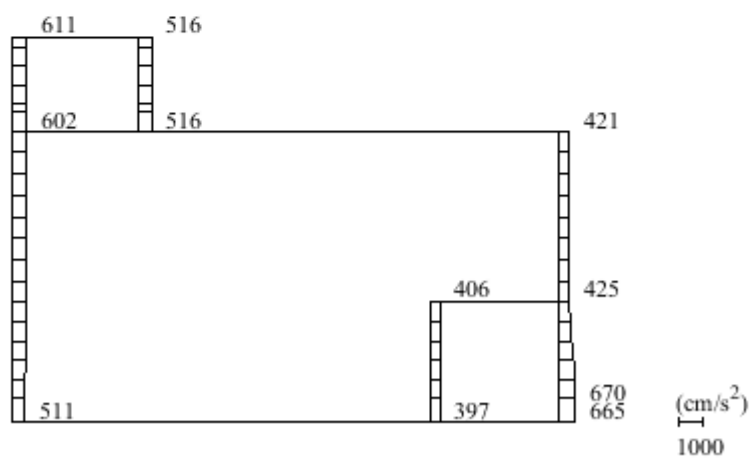


(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

図 4-32 最大応答加速度分布図 (8/12) (解析ケース①)

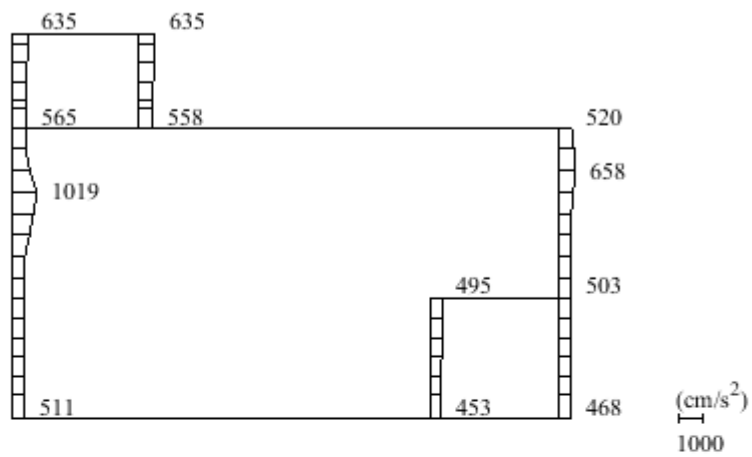


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 水平

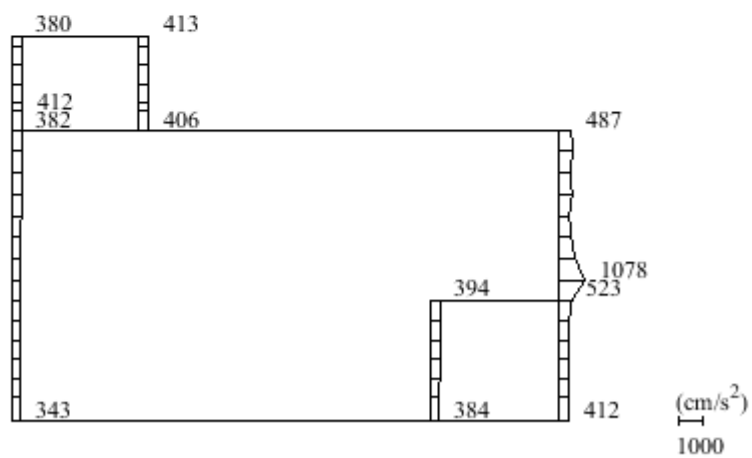


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 鉛直

図 4-33 最大応答加速度分布図 (9/12) (解析ケース①)

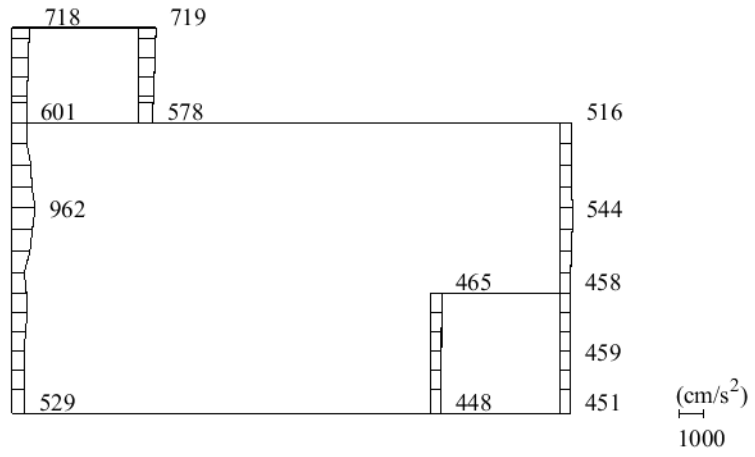


(a) $S_s - N2 (NS)$ (- +) 水平

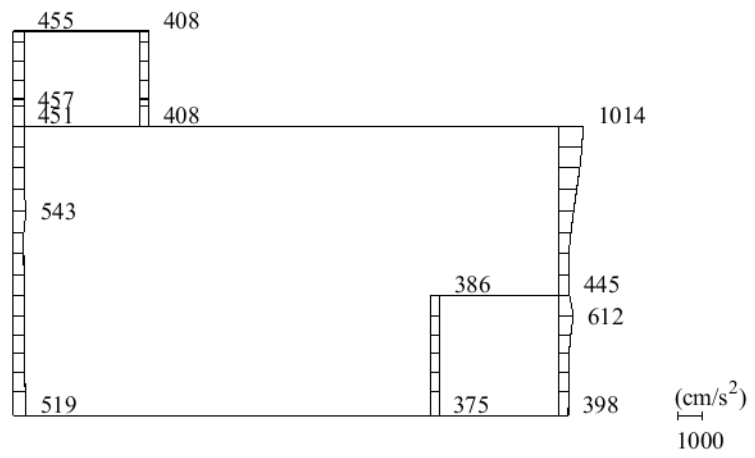


(b) $S_s - N2 (NS)$ (- +) 鉛直

図 4-34 最大応答加速度分布図 (10/12) (解析ケース①)

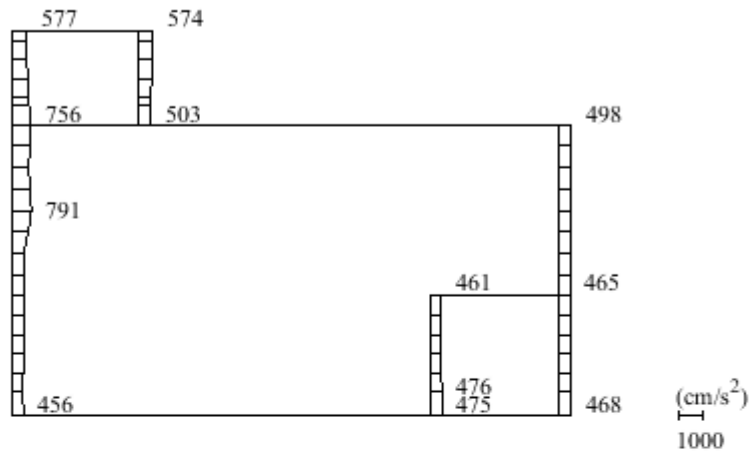


(a) $S_s - N_2$ (EW) (++) 水平

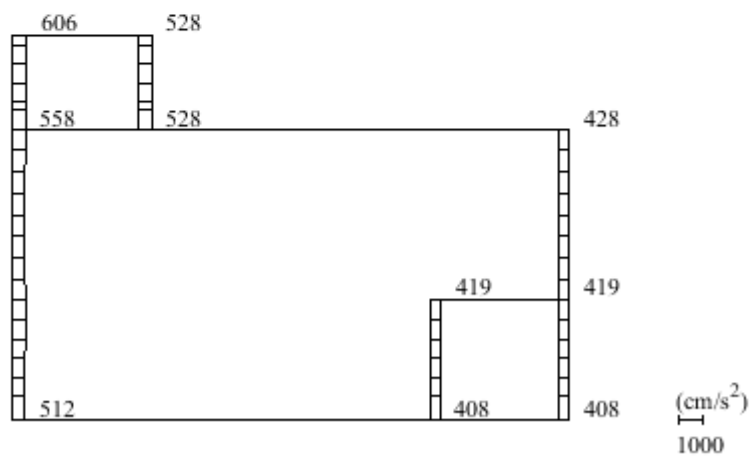


(b) $S_s - N_2$ (EW) (++) 鉛直

図 4-35 最大応答加速度分布図 (11/12) (解析ケース①)



(a) $S_s - N2 (EW)$ (- +) 水平



(b) $S_s - N2 (EW)$ (- +) 鉛直

図 4-36 最大応答加速度分布図 (12/12) (解析ケース①)

VI-2-別添 7-2-3 第1 ベントフィルタ格納槽の耐震性についての
計算書（掘削前）

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	8
2.4 適用規格・基準等	11
3. 耐震評価	12
3.1 評価対象断面	12
3.2 使用材料及び材料の物性値	14
3.3 許容限界	15
3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界	15
3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界	16
3.4 評価方法	17
3.4.1 構造部材の健全性評価	17
3.4.2 基礎地盤の支持性能評価	20
4. 耐震評価結果	21
4.1 構造部材の健全性に対する評価結果	21
4.2 遮蔽機能に対する評価結果	24
4.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果	26

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」の耐震計算書作成フローに基づき作成した。耐震計算書作成フローを図 1-1 に示す。

耐震評価については、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、第 1 ベントフィルタ格納槽が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

第 1 ベントフィルタ格納槽に要求される機能維持の確認は、地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価により行う。

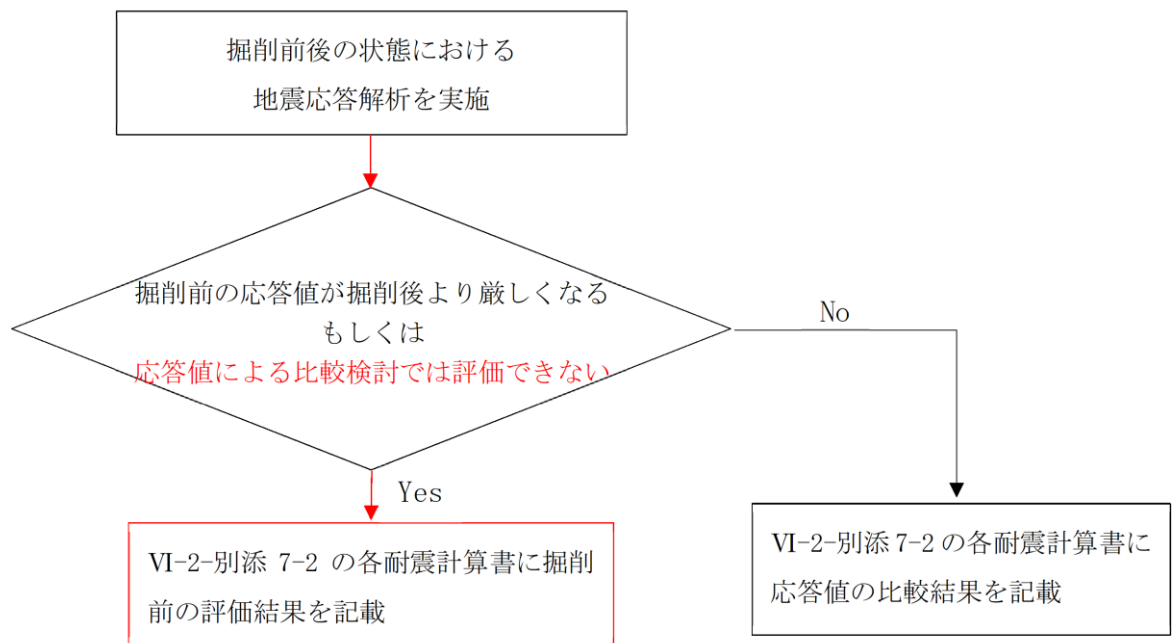


図 1-1 別添 7-2 における耐震計算書作成フロー

2. 基本方針

2.1 位置

第1ベントフィルタ格納槽の位置図を図2-1に示す。

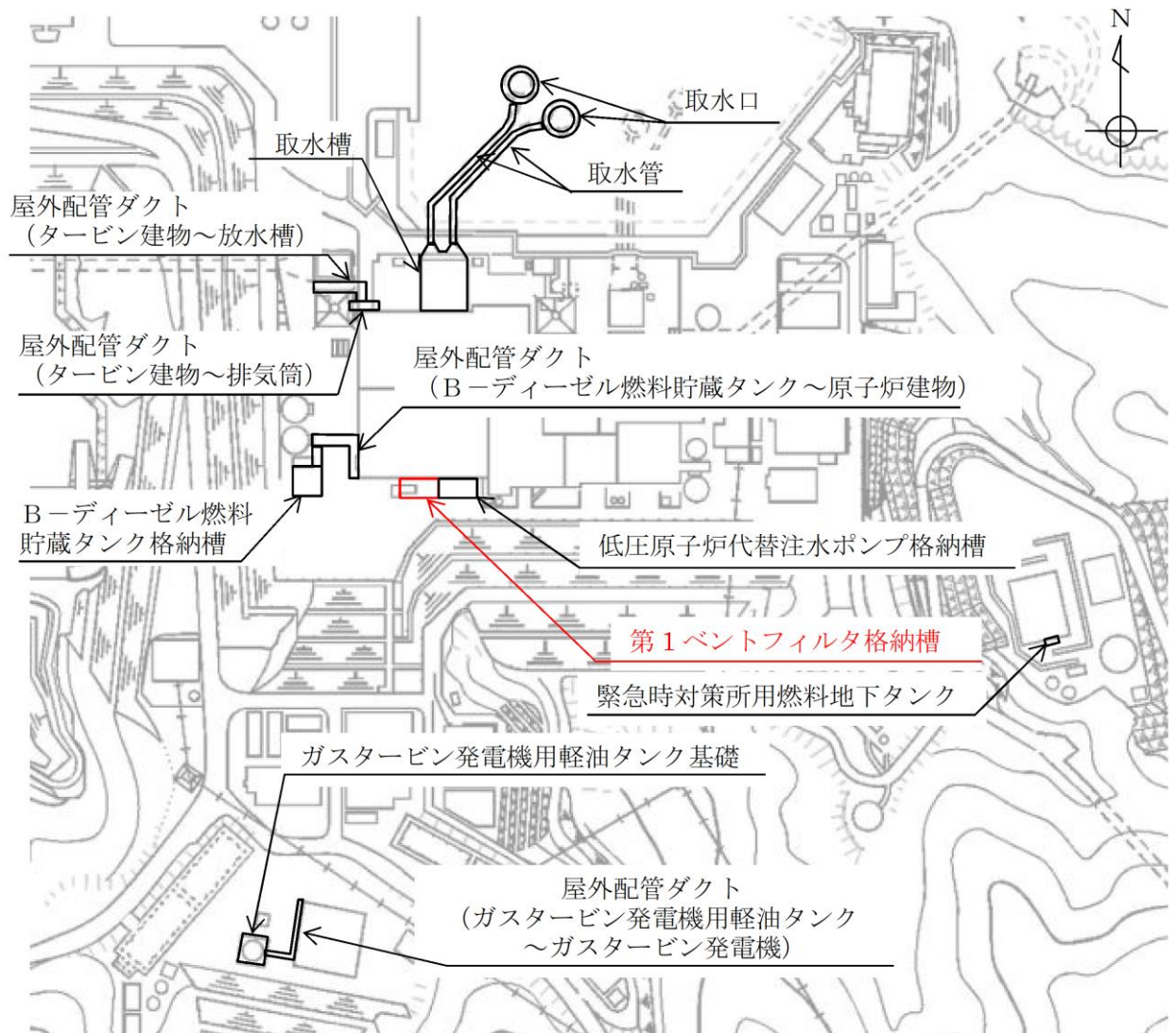


図2-1 第1ベントフィルタ格納槽 位置図

2.2 構造概要

第1ベントフィルタ格納槽の平面図を図2-2に、断面図を図2-3～図2-5に、概略配筋図を図2-6～図2-8示す。

第1ベントフィルタ格納槽は、第1ベントフィルタスクラバ容器等を間接支持する幅24.6m（EW方向）×13.4m（NS方向）、高さ約18.7mの鉄筋コンクリート造の地中（一部地上部を含む）構造物であり、マンメイドロック（以下「MMR」という。）を介して十分な支持性能を有するC_M級又はC_H級岩盤に支持される。

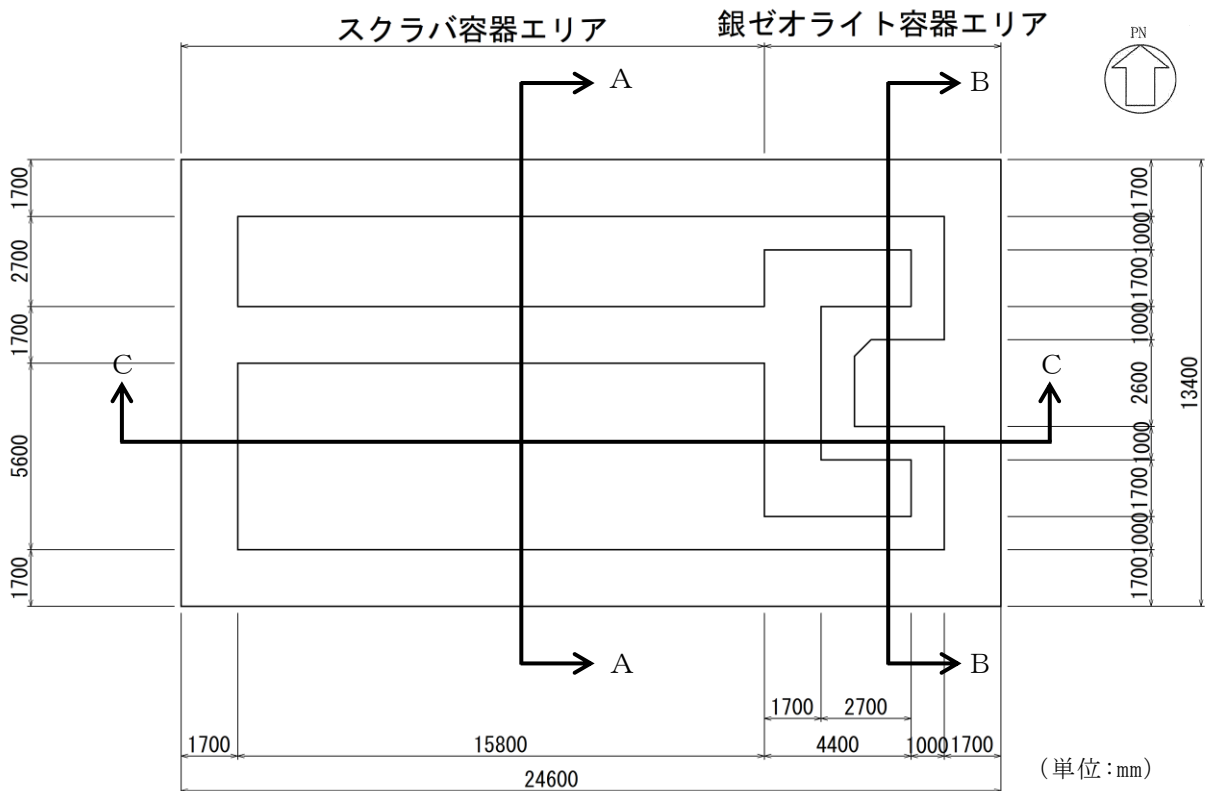
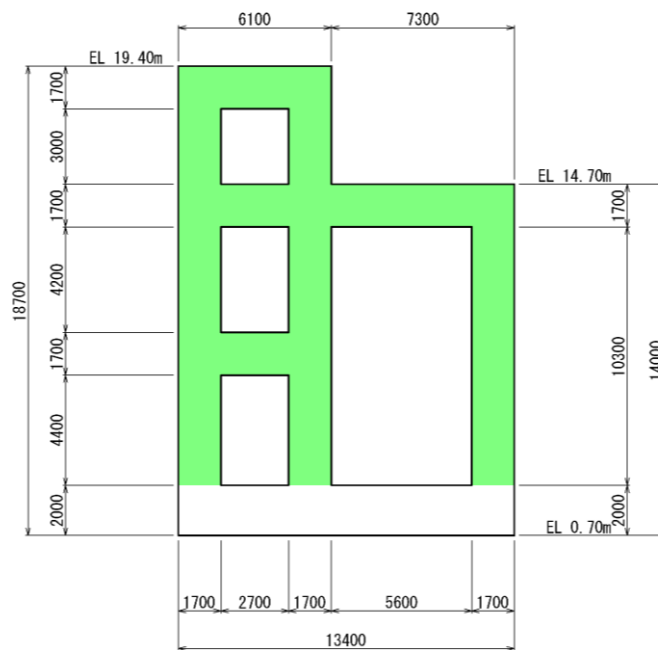


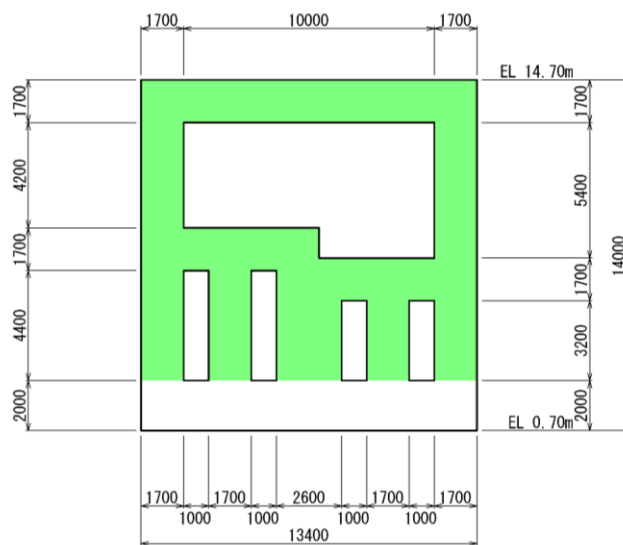
図2-2 第1ベントフィルタ格納槽 平面図



(単位:mm)

: 遮蔽壁又は遮蔽床

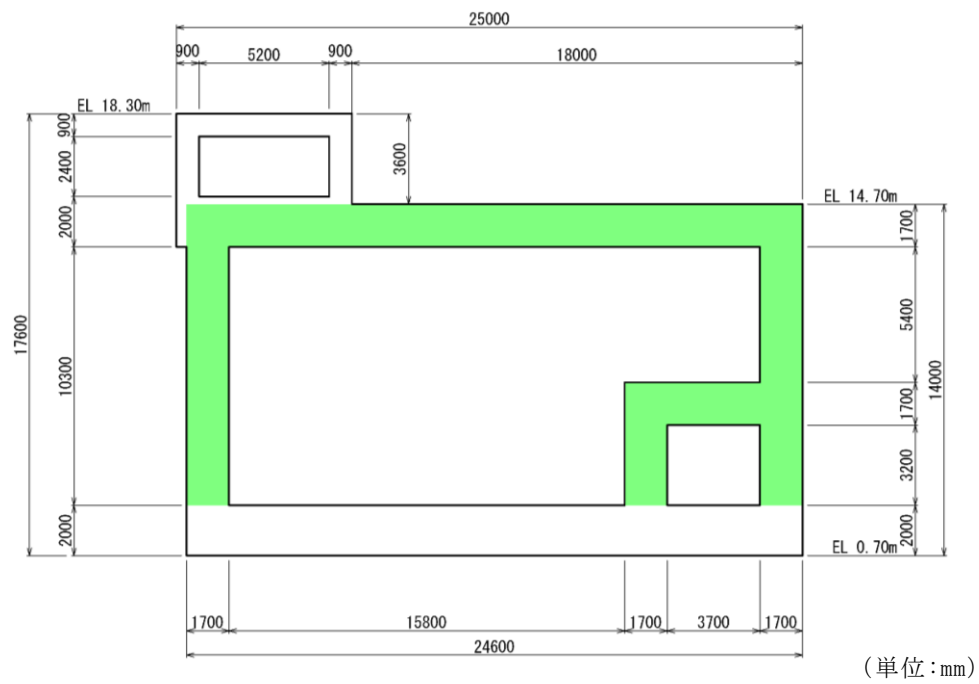
図 2-3 第 1 ベントフィルタ格納槽 断面図 (A-A 断面)



(単位:mm)

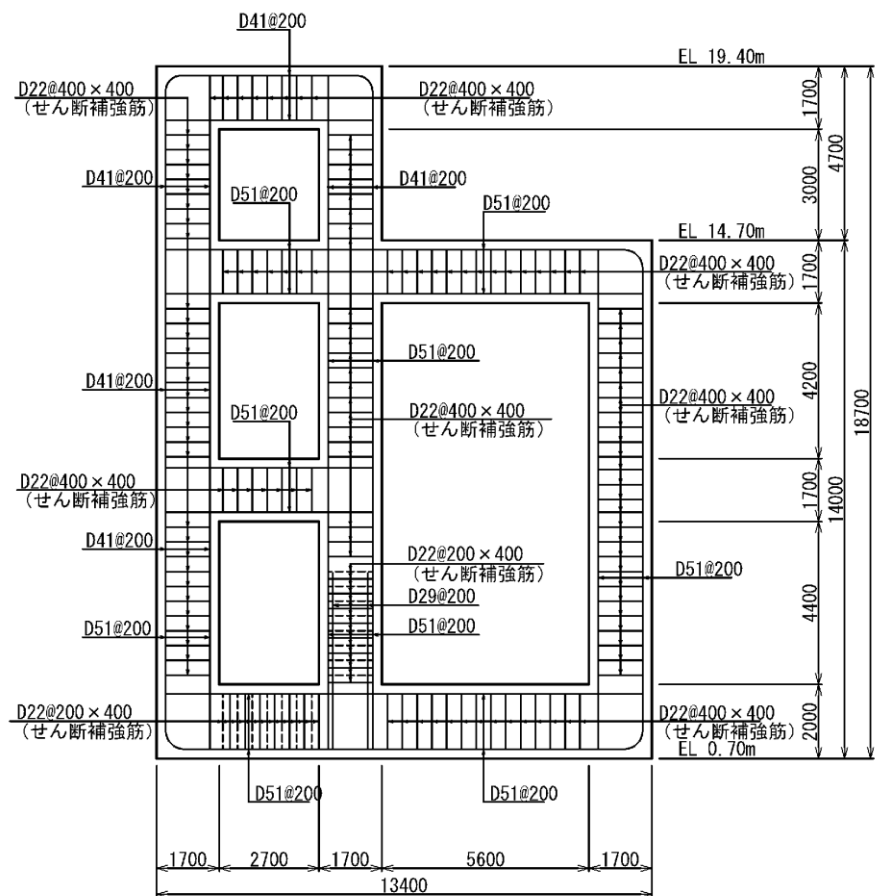
: 遮蔽壁又は遮蔽床

図 2-4 第 1 ベントフィルタ格納槽 断面図 (B-B 断面)



■ : 遮蔽壁又は遮蔽床

図 2-5 第 1 ベントフィルタ格納槽 断面図 (C-C 断面)



(単位:mm)

図 2-6 第 1 ベントフィルタ格納槽概略配筋図 (A-A 断面)

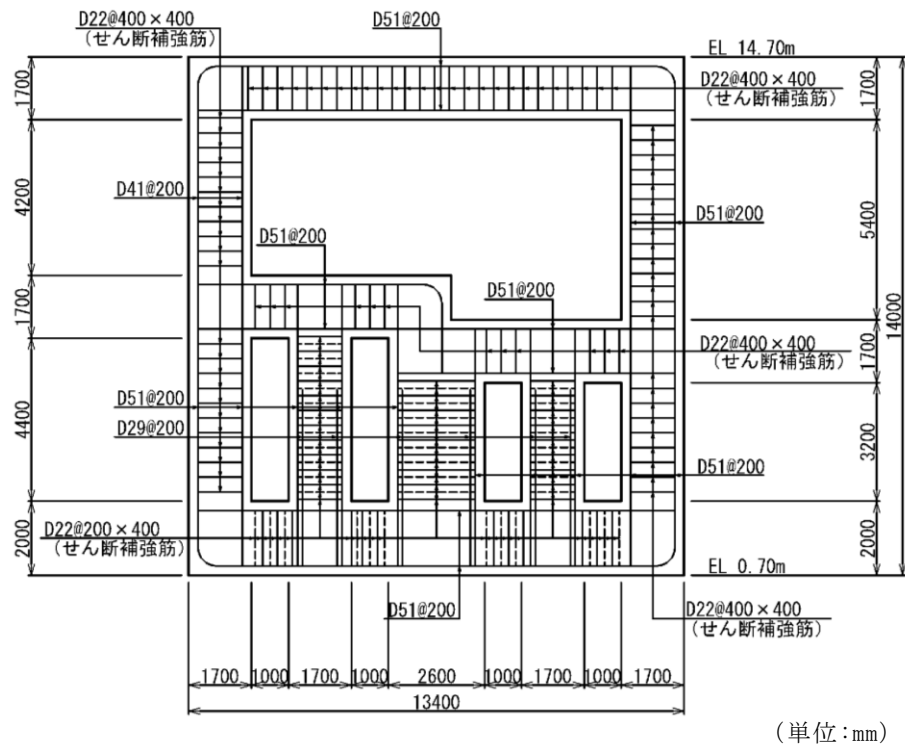


図 2-7 第 1 ベントフィルタ格納槽概略配筋図 (B-B 断面)

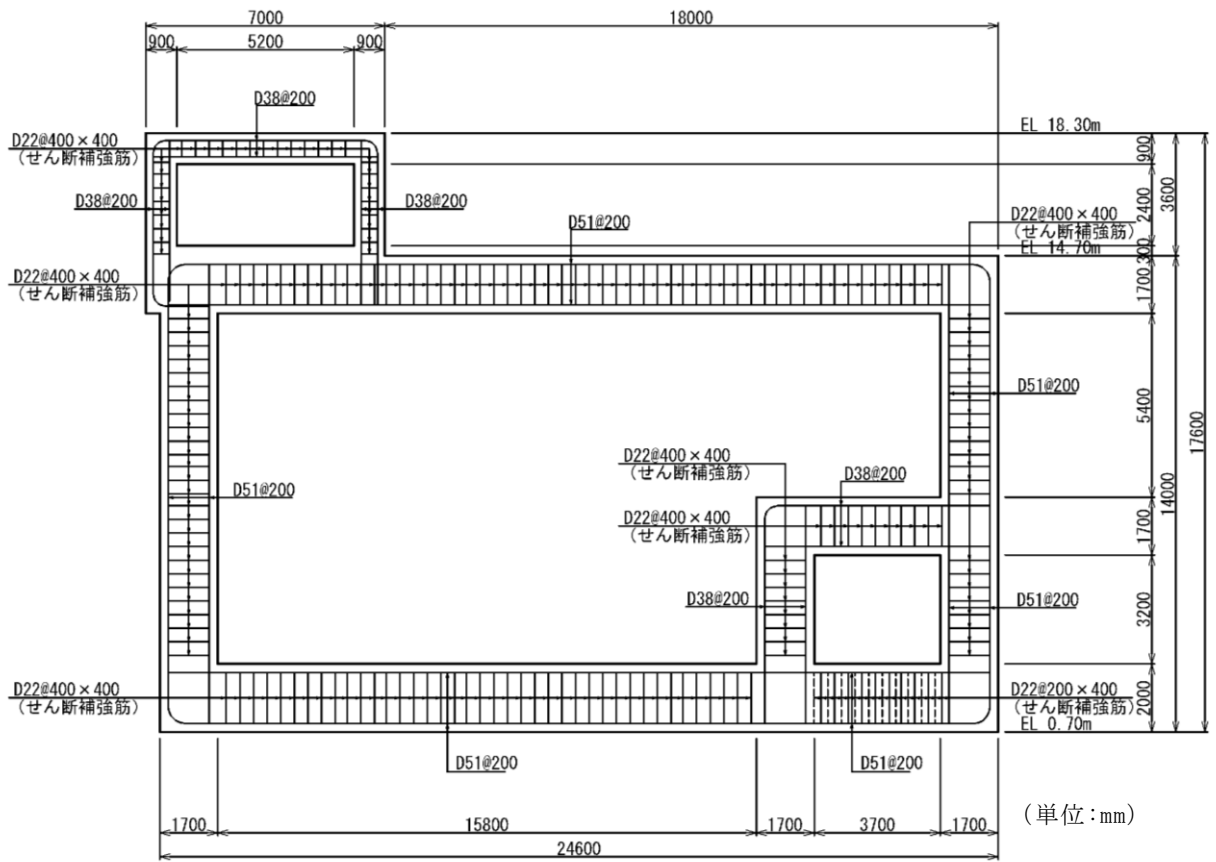


図 2-8 第 1 ベントフィルタ格納槽概略配筋図 (C-C 断面)

2.3 評価方針

第1ベントフィルタ格納槽は、常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設に分類される。

第1ベントフィルタ格納槽の耐震評価フローを図2-9に示す。

第1ベントフィルタ格納槽は、VI-2-別添7-2-2「第1ベントフィルタ格納槽の地震応答計算書(掘削前)」より得られた地震応答解析の結果に基づき、重大事故等対処施設の評価として、表2-1に示すとおり、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有することを確認し、これにより常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備を支持する機能を維持することができる。

構造部材の健全性評価については、VI-2-別添7-2-2「第1ベントフィルタ格納槽の地震応答計算書(掘削前)」より得られた地震応答解析の結果に基づき、曲げ・軸力系の破壊に対しては構造部材の照査用ひずみ又は照査用層間変形角が許容限界を下回ることを確認する。せん断破壊に対しては照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については、VI-2-別添7-2-2「第1ベントフィルタ格納槽の地震応答計算書(掘削前)」より得られた地震応答解析の結果に基づき、基礎地盤に発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認する。

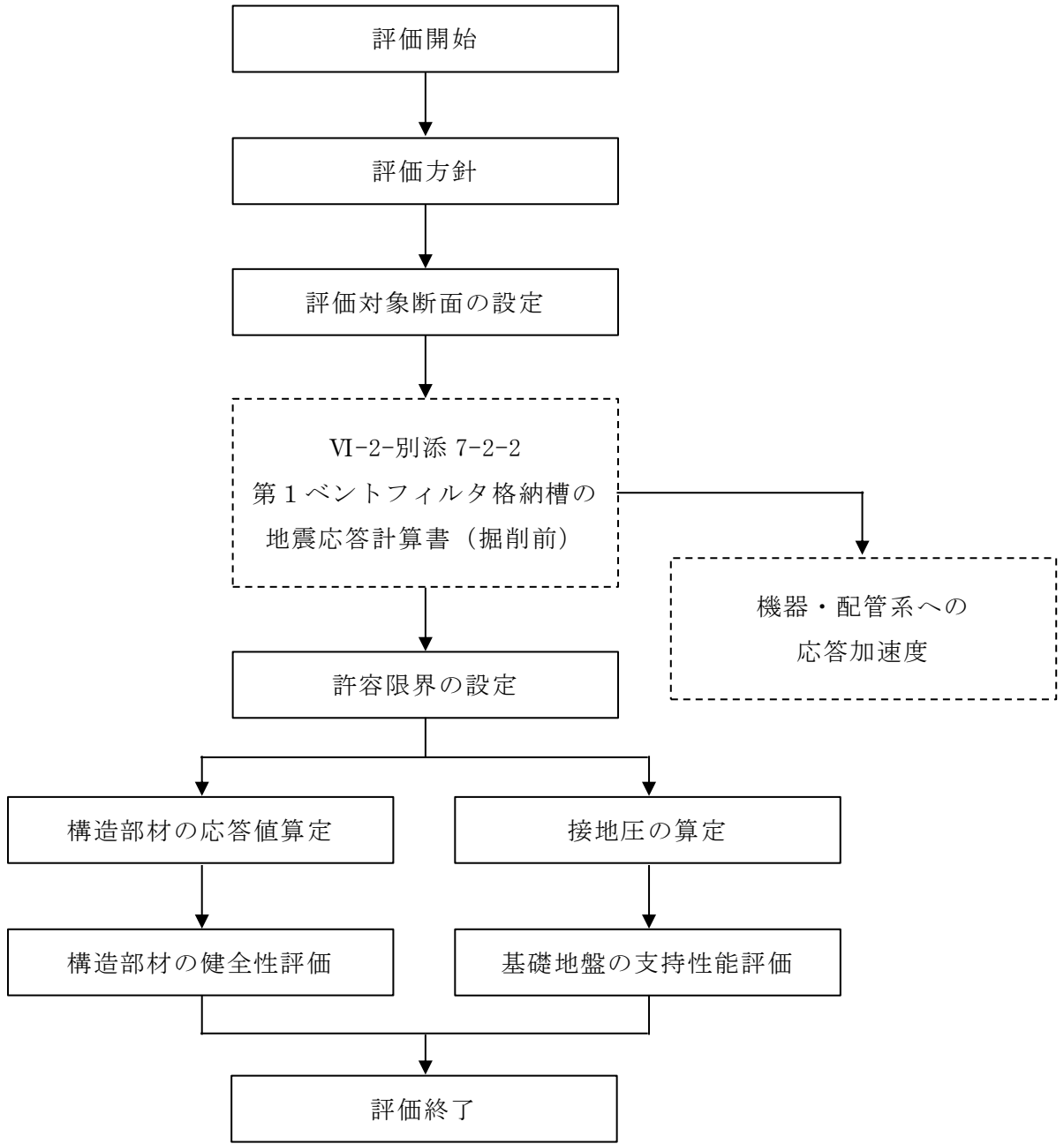


図 2-9 第 1 ベントフィルタ格納槽 耐震評価フロー

表 2-1 第 1 ベントフィルタ格納槽 評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界	
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート部材	照査用層間変形角及び照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認	曲げ・軸力	限界層間変形角*
				せん断力	せん断耐力*
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認	極限支持力度*	
		MMR		MMRの支圧強度	
遮蔽機能を維持すること	遮蔽機能	鉄筋コンクリート部材	発生曲げモーメントが許容限界を下回ることを確認	曲げ・軸力	終局曲げモーメント*
			照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認	せん断力	せん断耐力*

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会，2005年）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）
- ・道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

第1ベントフィルタ格納槽の評価対象断面位置図を図3-1に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面は、図3-1のA-A断面、B-B断面とする。C-C断面については、機器・配管系に対する応答加速度抽出断面として選定するが、耐震評価は安全対策工事着工前後で周辺状況がおおむね同等であることから、安全対策工事に伴う掘削後の評価で代表させる。評価対象断面図を図3-2及び図3-3に示す。

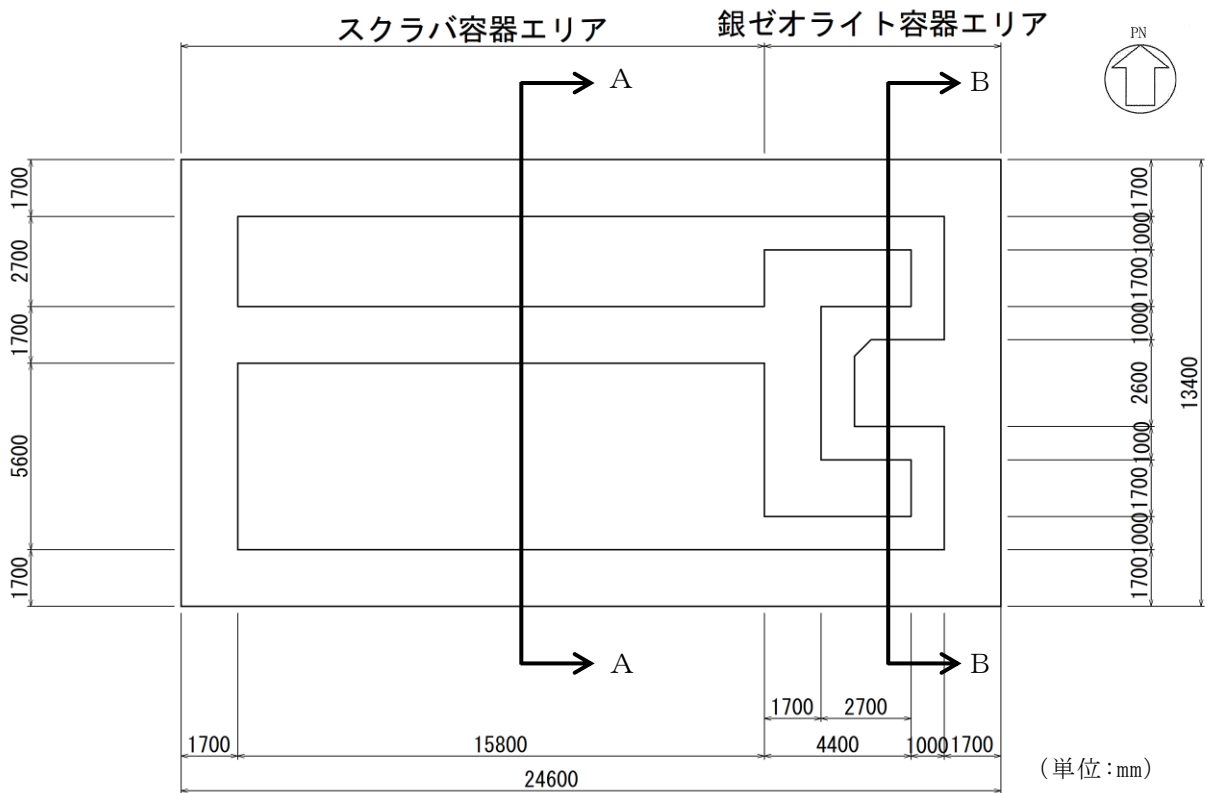


図3-1 第1ベントフィルタ格納槽 評価対象断面位置図

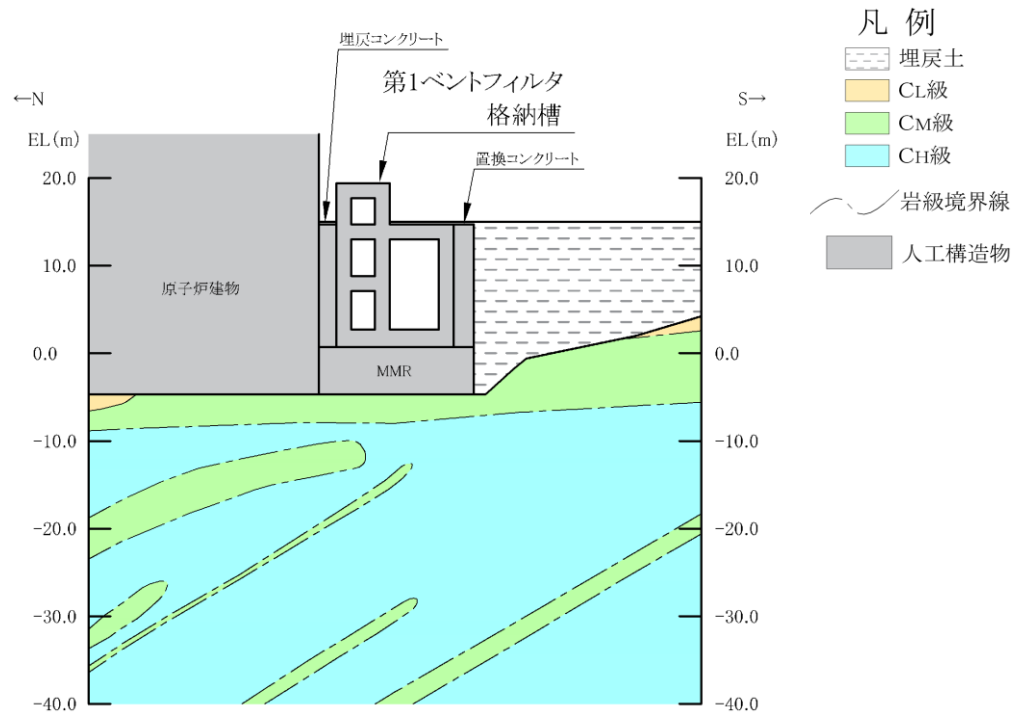


図 3-2 第 1 ベントフィルタ格納槽 評価対象断面図 (A-A断面位置)

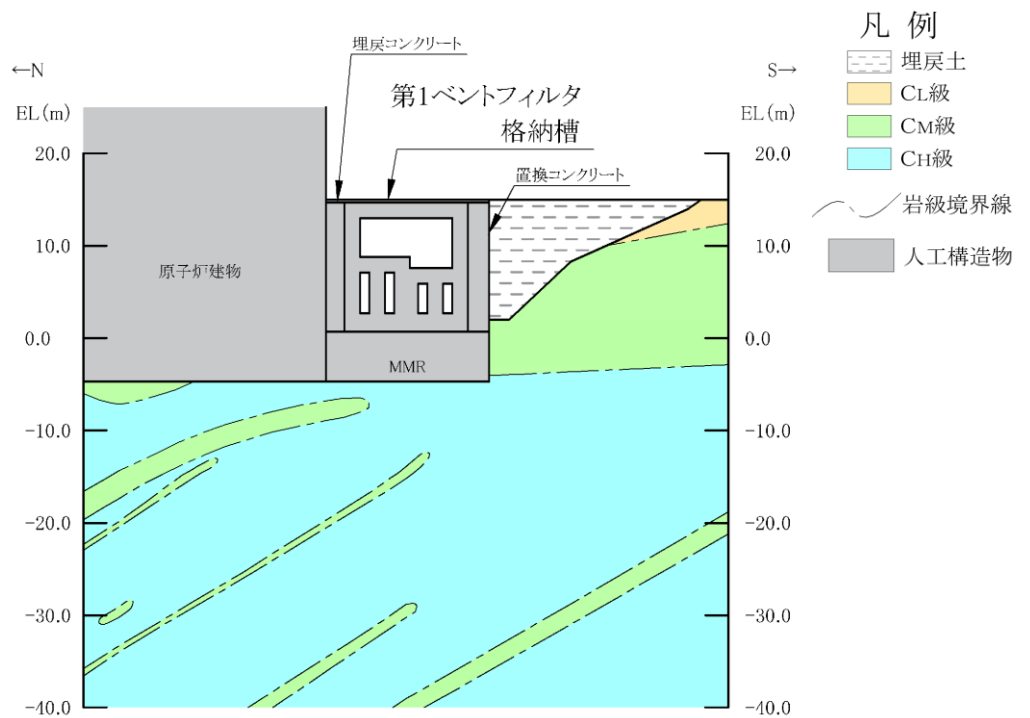


図 3-3 第 1 ベントフィルタ格納槽 評価対象断面図 (B-B断面位置)

3.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-1, 材料物性値を表 3-2 に示す。

表 3-1 使用材料

材料		仕様
構造物 (鉄筋コンクリート)	コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²
	鉄筋	SD345
埋戻コンクリート		設計基準強度 18.0N/mm ²
置換コンクリート		
MMR		

表 3-2 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物 (鉄筋コンクリート)	2.50×10 ⁴	24.0* ¹	0.2
埋戻コンクリート	2.20×10 ⁴	22.6* ²	
置換コンクリート			
MMR			

注記*1: 鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

*2: 無筋コンクリートの単位体積重量を示す。

3.3 許容限界

許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界

(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会，2005年）」（以下「土木学会マニュアル2005」という。）に基づき、限界層間変形角（1/100）とする。

土木学会マニュアル2005では、曲げ・軸力系の破壊に対する限界状態は、コンクリートの圧縮縁のかぶりが剥落しないこととされており、圧縮縁コンクリートひずみ1.0%及び層間変形角1/100の状態は、かぶりコンクリートが剥落する前の状態であることが、屋外重要土木構造物を模したラーメン構造の破壊実験及び数値シミュレーション等の結果より確認されている。この状態を限界値とすることで構造全体としての安定性が確保できるとして設定されたものである。

また、遮蔽機能を損なわないことの確認においては、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）」に基づき、コンクリートの圧縮ひずみについて、終局曲げモーメントとする。

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界を表3-3に示す。

表3-3 第1ベントフィルタ格納槽の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

確認項目	許容限界	
構造強度を有すること	限界層間変形角	1/100
遮蔽機能を損なわないこと	曲げモーメント	終局曲げモーメント

(2) せん断破壊に対する許容限界

構造部材のせん断破壊に対する許容限界は、土木学会マニュアル2005に基づき、棒部材式で求まるせん断耐力とする。

また、せん断耐力式による照査において照査用せん断力が上記のせん断耐力を上回る場合、より詳細に材料非線形解析を用いて部材のせん断耐力を求め許容限界とする。

3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、岩盤の極限支持力度とする。

基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表3-4に示す。

表3-4 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm ²)
極限支持力度	C _M 級又はC _H 級岩盤	9.8

3.4 評価方法

第1ベントフィルタ格納槽の耐震評価は，地震応答解析により算定した照査用応答値が，「3.3 許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

3.4.1 構造部材の健全性評価

構造部材の曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査に対して，地震応答解析により算定した照査用層間変形角及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確認する。

曲げ・軸力系の破壊に対して照査値が最大となる地震動での層間変形角の時刻歴波形を図3-4及び図3-5に，せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図を図3-6及び図3-7に示す。

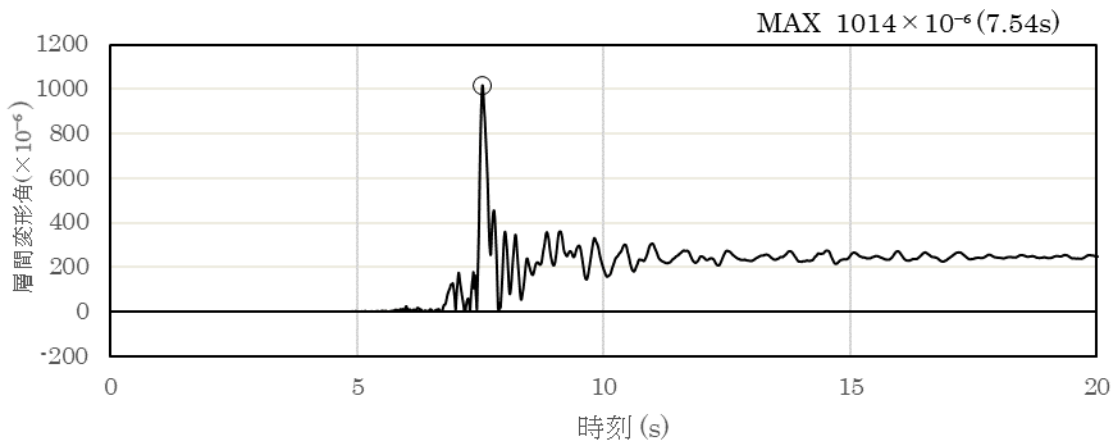


図3-4 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における層間変形角の時刻歴波形
(A-A断面，解析ケース①， $S_s - N1$ (++))

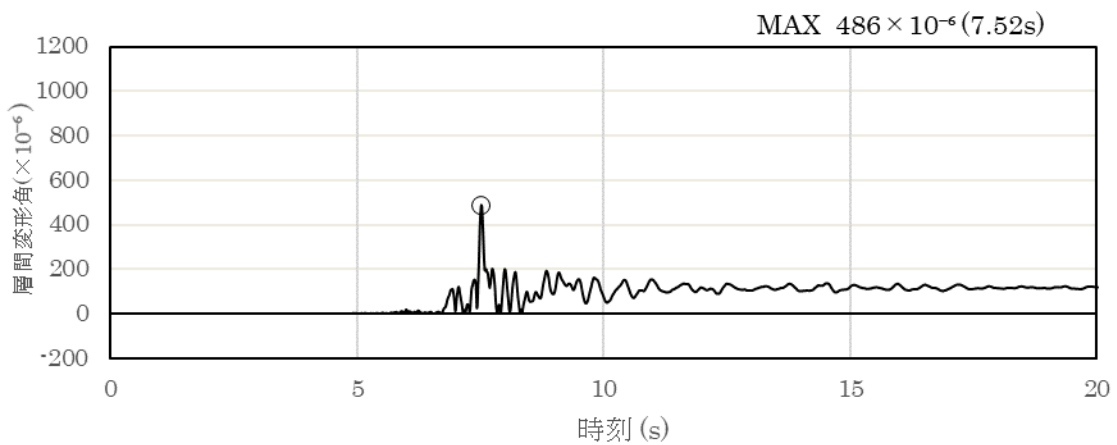
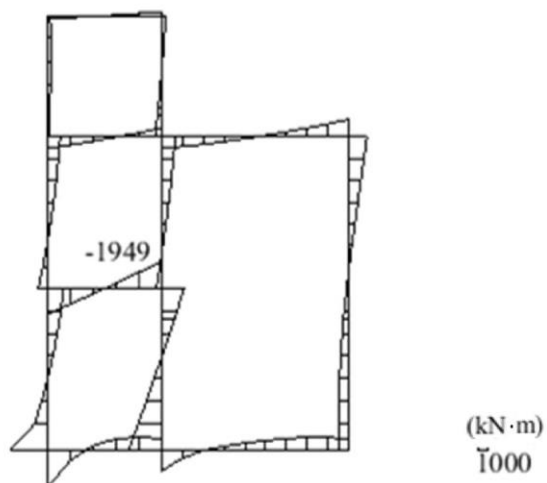
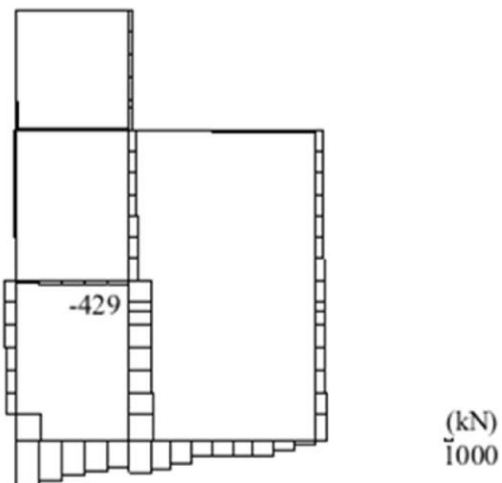


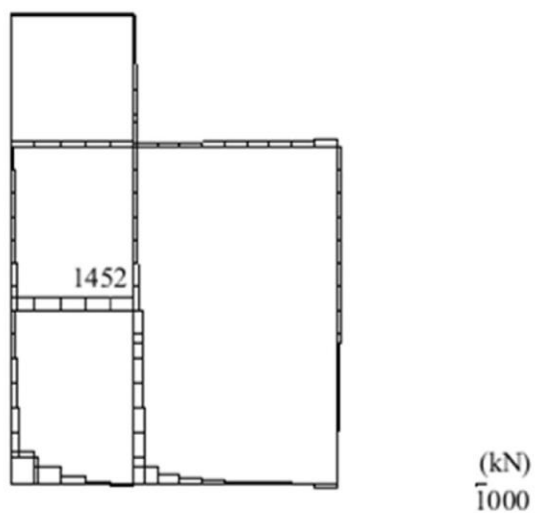
図3-5 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における層間変形角の時刻歴波形
(B-B断面，解析ケース①， $S_s - N1$ (++))



数值：評価位置における断面力
(a) 曲げモーメント (kN・m)

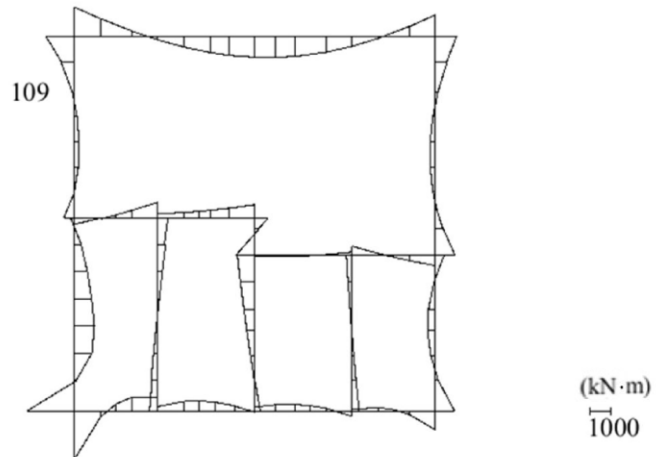


数值：評価位置における断面力
(b) 軸力 (kN) (+ : 引張, - : 圧縮)

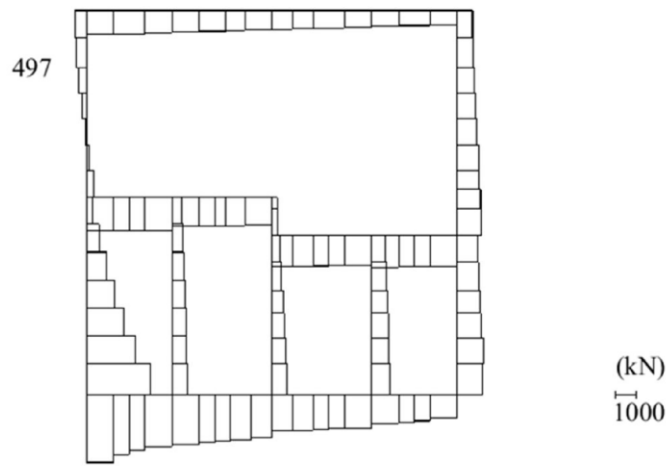


数值：評価位置における断面力
(c) せん断力 (kN)

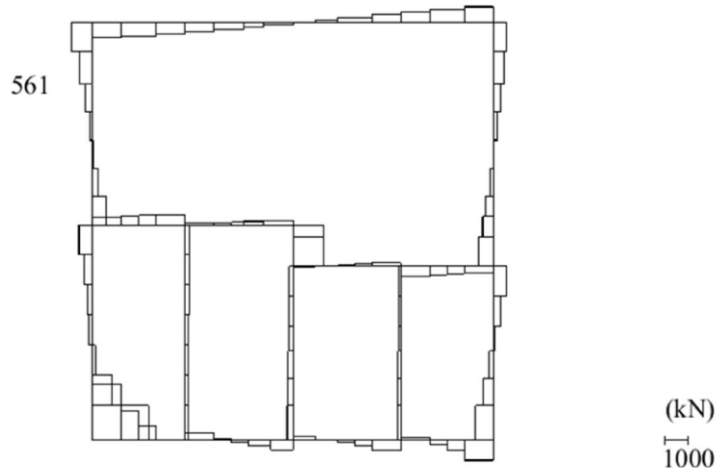
図 3-6 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図
(A-A断面, 解析ケース①, $S_s - N_1$ (++) , $t = 7.54s$)



数値：評価位置における断面力
(a) 曲げモーメント (kN・m)



数値：評価位置における断面力
(b) 軸力 (kN) (+ : 引張, - : 圧縮)



数値：評価位置における断面力
(c) せん断力 (kN)

図 3-7 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図
(B-B断面, 解析ケース①, S_s-N1 (-+), t=7.61s)

3.4.2 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては基礎地盤に発生する接地圧が許容限界以下であることを確認する。

4. 耐震評価結果

4.1 構造部材の健全性に対する評価結果

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 4-1 及び表 4-2 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 4-3 及び表 4-4 に示す。

第 1 ベントフィルタ格納槽の照査用層間変形角及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 4-1 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (A-A断面)

解析 ケース	地震動	照査用層間変形角* R_d	限界層間変形角 R_u	照査値 R_d/R_u
①	S s - N 1 (++)	1.22×10^{-3}	1.00×10^{-2}	0.12

注記* : 照査用層間変形角 R_d = 最大層間変形角 R × 構造解析係数 γ_a (=1.2)

表 4-2 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (B-B断面)

解析 ケース	地震動	照査用層間変形角* R_d	限界層間変形角 R_u	照査値 R_d/R_u
①	S s - N 1 (++)	5.83×10^{-4}	1.00×10^{-2}	0.06

注記* : 照査用層間変形角 R_d = 最大層間変形角 R × 構造解析係数 γ_a (=1.2)

表 4-3 せん断破壊に対する最大照査値 (A-A断面)

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*2 V_d (kN)	せん断耐力 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{y d}$
頂版	3	①	S s - N 1 (- +)	752	1529	0.50
側壁	13	①	S s - D (- -)	1863	3818*3	0.49
床版	4	①	S s - N 1 (+ +)	1524	3590*3	0.43
隔壁	12	①	S s - D (+ -)	902	1576	0.58
底版	6	①	S s - D (- -)	1716	1842	0.94

注記*1：評価位置は図 4-1 に示す。

*2：照査用せん断力 $V_d =$ 発生せん断力 $V \times$ 構造解析係数 $\gamma_a (=1.05)$

*3：材料非線形解析によるせん断耐力

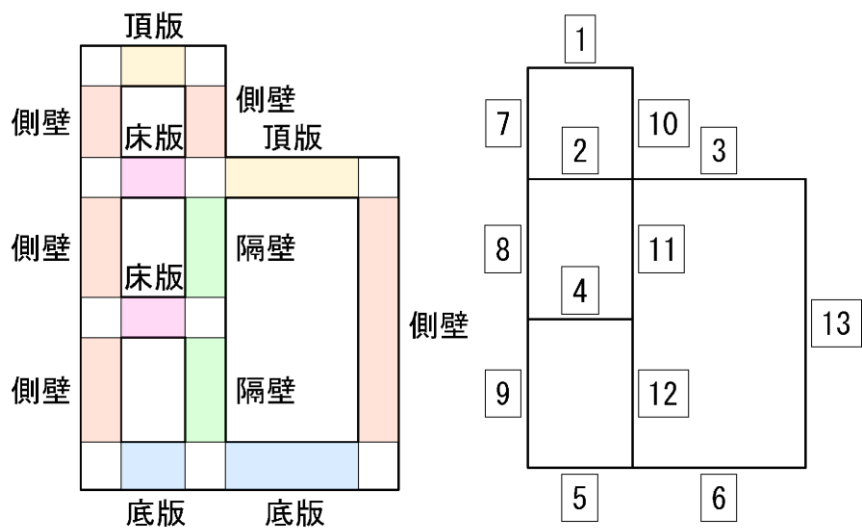
表 4-4 せん断破壊に対する最大照査値 (B-B断面)

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*2 V_d (kN)	せん断耐力 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{y d}$
頂版	1	①	S s - D (- -)	604	1455	0.42
側壁	10	①	S s - N 1 (- +)	589	646	0.92
床版	2	①	S s - N 1 (+ +)	1720	6541*3	0.27
隔壁	15	①	S s - N 1 (+ +)	992	2557	0.39
底版	6	①	S s - D (- +)	2044	3096	0.67

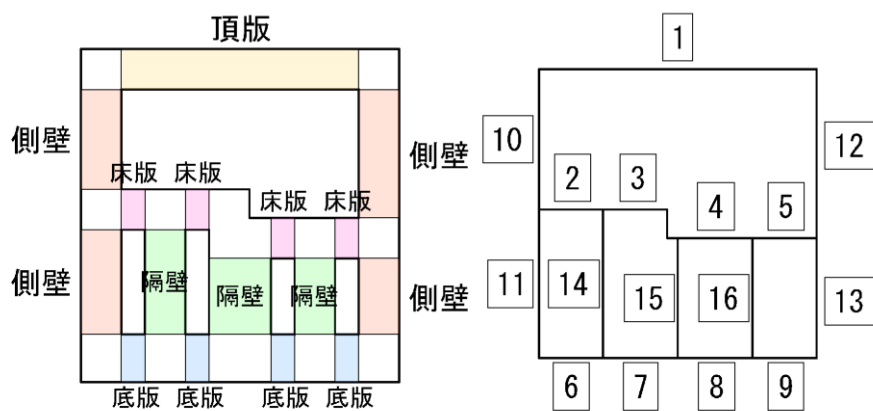
注記*1：評価位置は図 4-1 に示す。

*2：照査用せん断力 $V_d =$ 発生せん断力 $V \times$ 構造解析係数 $\gamma_a (=1.05)$

*3：材料非線形解析によるせん断耐力



A-A断面



B-B断面

図 4-1 評価位置

4.2 遮蔽機能に対する評価結果

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 4-5 及び表 4-6 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 4-7 及び表 4-8 に示す。

同表のとおり、コンクリートの発生曲げモーメントが全ケースにおいて、終局曲げモーメントを下回ることを確認した。

表 4-5 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (A-A断面)

解析 ケース	地震動	発生曲げ モーメント M_d^{*1}	終局曲げ モーメント M_{ud}^{*2}	照査値 M_d/M_{ud}
①	S s - D (--)	2660	3111	0.86

注記*1：発生曲げモーメント M_d = 発生曲げモーメント M × 構造解析係数 γ_a (=1.0)

*2：終局曲げモーメントは簡易的に純曲げモーメント ($N'_d=0$) とする。

表 4-6 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (B-B断面)

解析 ケース	地震動	発生曲げ モーメント M_d^{*1}	終局曲げ モーメント M_{ud}^{*2}	照査値 M_d/M_{ud}
①	S s - D (- +)	753	1154	0.66

注記*1：発生曲げモーメント M_d = 発生曲げモーメント M × 構造解析係数 γ_a (=1.0)

*2：終局曲げモーメントは簡易的に純曲げモーメント ($N'_d=0$) とする。

表 4-7 せん断破壊に対する最大照査値 (A-A断面)

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*2 V_d (kN)	せん断耐力 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{y d}$
頂版	3	①	S _s -N1 (-+)	752	1529	0.50
側壁	13	①	S _s -D (--)	1863	3818*3	0.49
床版	4	①	S _s -N1 (++)	1524	3590*3	0.43
隔壁	12	①	S _s -D (+-)	902	1576	0.58
底版	6	①	S _s -D (--)	1716	1842	0.94

注記*1：評価位置は図 4-1 に示す。

*2：照査用せん断力 V_d =発生せん断力 V ×構造解析係数 γ_a (=1.05)

*3：材料非線形解析によるせん断耐力

表 4-8 せん断破壊に対する最大照査値 (B-B断面)

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*2 V_d (kN)	せん断耐力 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{y d}$
頂版	1	①	S _s -D (--)	604	1455	0.42
側壁	10	①	S _s -N1 (-+)	589	646	0.92
床版	2	①	S _s -N1 (++)	1720	6541*3	0.27
隔壁	15	①	S _s -N1 (++)	992	2557	0.39
底版	6	①	S _s -D (-+)	2044	3096	0.67

注記*1：評価位置は図 4-1 に示す。

*2：照査用せん断力 V_d =発生せん断力 V ×構造解析係数 γ_a (=1.05)

*3：材料非線形解析によるせん断耐力

4.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 4-9 及び表 4-10 に示す。また、最大接地圧分布図を図 4-2 及び図 4-3 に示す。

第 1 ベントフィルタ格納槽の基礎地盤に発生する最大接地圧が、極限支持力度を下回ることを確認した。

表 4-9 基礎地盤の支持性能に対する照査結果 (A-A 断面)

解析 ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
①	S _s -D (-+)	0.94	9.8	0.10

表 4-10 基礎地盤の支持性能に対する照査結果 (B-B 断面)

解析 ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
①	S _s -D (--)	0.81	9.8	0.09

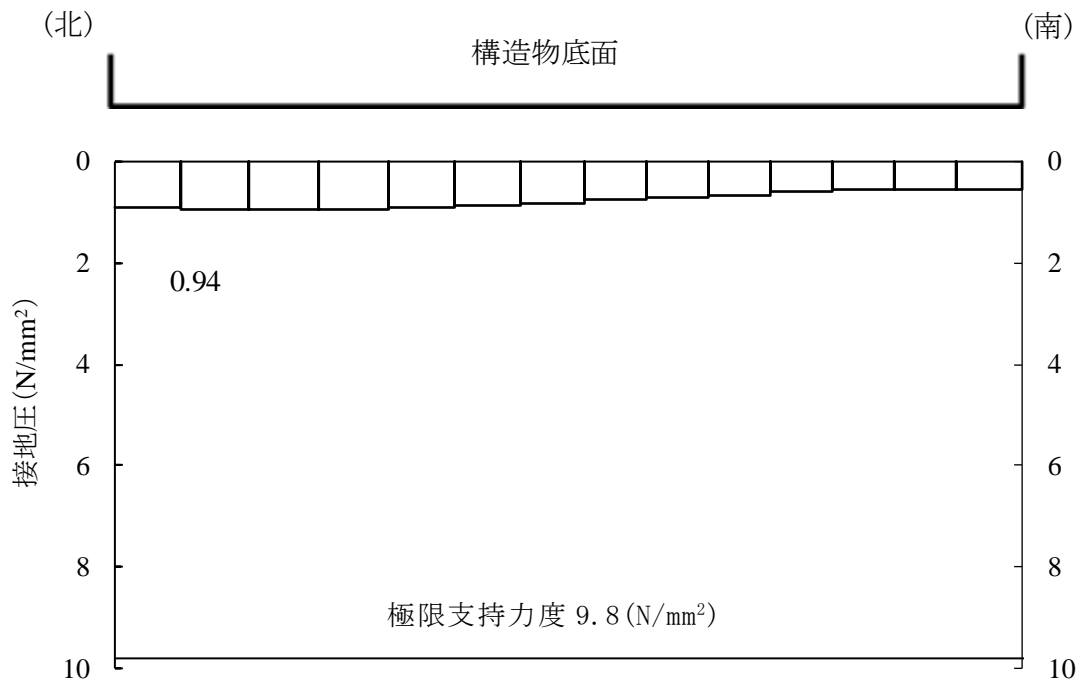


図 4-2 基礎地盤の最大接地圧分布図
 (A-A断面, 解析ケース①, S s-D (-+))

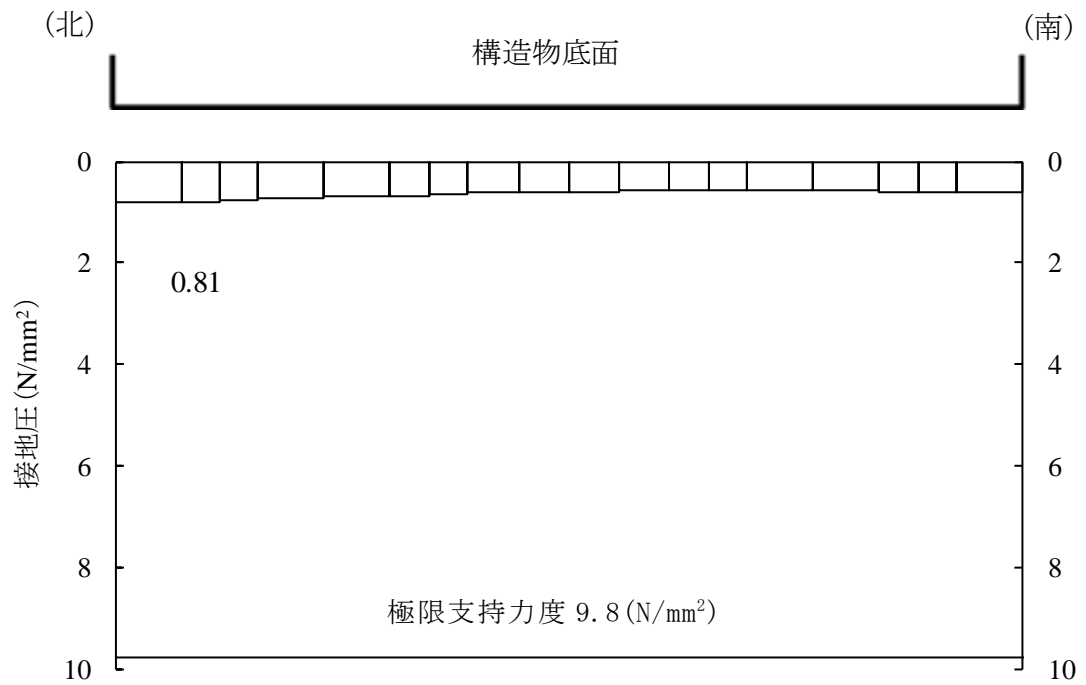


図 4-3 基礎地盤の最大接地圧分布図
 (B-B断面, 解析ケース①, S s-D (--))

VI-2-別添 7-2-4 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の
地震応答計算書（掘削前）

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 解析方針	6
2.4 適用規格・基準等	8
3. 解析方法	9
3.1 評価対象断面	9
3.2 解析方法	12
3.2.1 構造部材	12
3.2.2 地盤	15
3.2.3 減衰定数	16
3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定	17
3.3 荷重及び荷重の組合せ	19
3.3.1 耐震評価上考慮する状態	19
3.3.2 荷重	19
3.3.3 荷重の組合せ	20
3.4 入力地震動	21
3.4.1 A－A断面及びB－B断面の入力地震動	22
3.4.2 C－C断面の入力地震動	34
3.5 解析モデル及び諸元	46
3.5.1 解析モデル	46
3.5.2 使用材料及び材料の物性値	50
3.5.3 地盤の物性値	50
3.5.4 地下水位	50
4. 解析結果	51
4.1 A－A断面の解析結果	51
4.2 B－B断面の解析結果	64
4.3 C－C断面の解析結果	77

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」の耐震計算書作成フローに基づき作成した。耐震計算書作成フローを図 1-1 に示す。

地震応答解析についてはVI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施した解析結果を説明するものである。

本地震応答解析は、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。その際、耐震評価に用いる応答値は、この地震応答解析により構造物に発生する変形、断面力及び基礎地盤に発生する接地圧とする。また、機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値の抽出を行う。

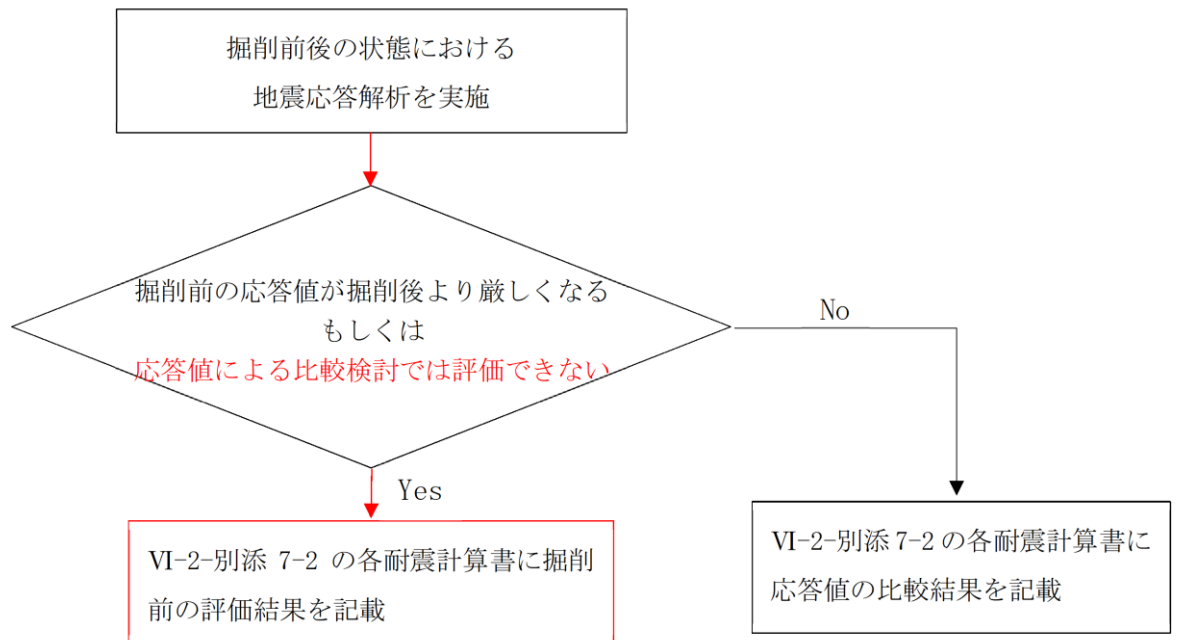


図 1-1 別添 7-2 における耐震計算書作成フロー

2. 基本方針

2.1 位置

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の位置図を図 2-1 に示す。

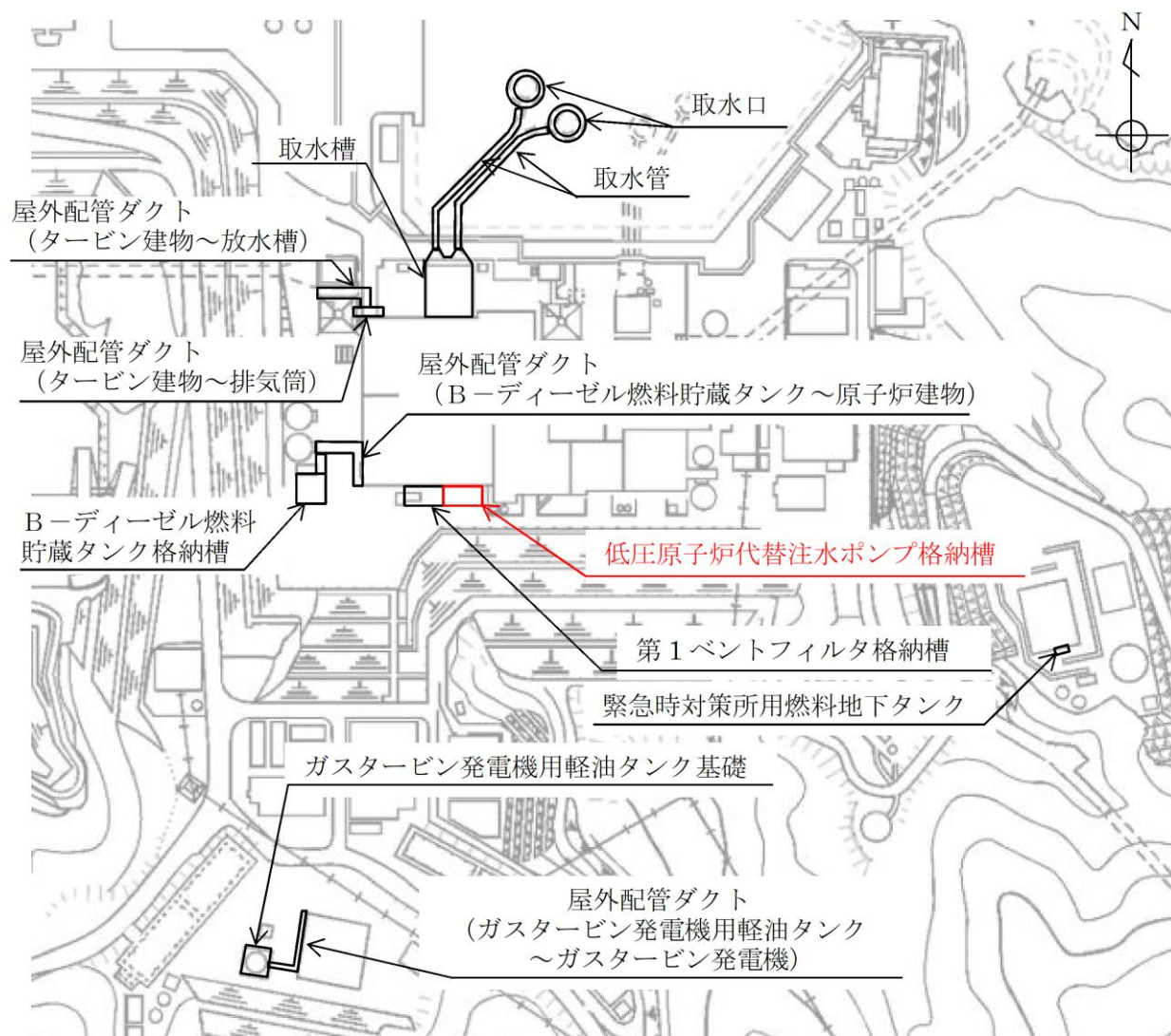


図 2-1 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 位置図

2.2 構造概要

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の平面図を図 2-2、断面図を図 2-3～図 2-5 に示す。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は、低圧原子炉代替注水槽を有し、低圧原子炉代替注水ポンプ等を間接支持する幅 26.6m (EW方向) ×13.4m (NS方向)、高さ約 21.2m の鉄筋コンクリート造の地中 (一部地上部を含む) 構造物であり、直接又はマンメイドロック (以下「MMR」という。) を介して十分な支持性能を有する C_M 級及び C_H 級岩盤に支持される。

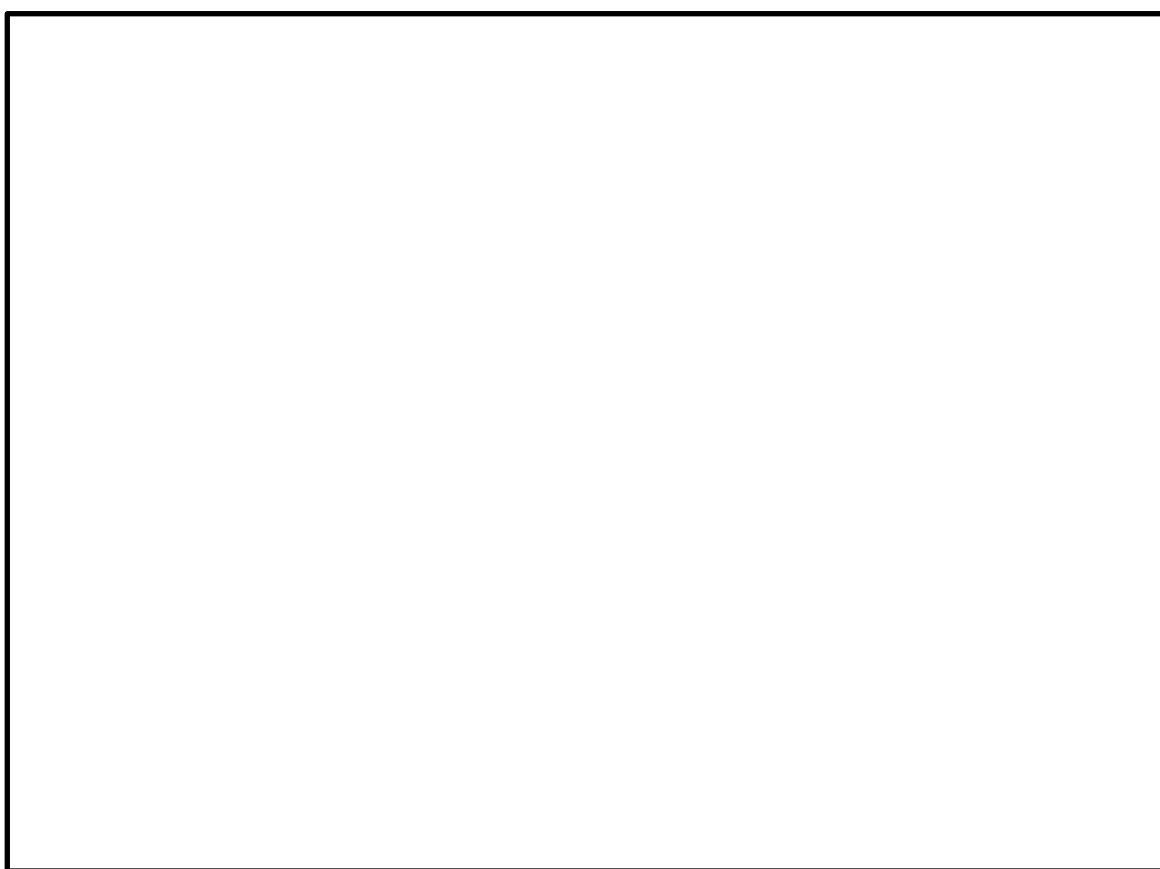
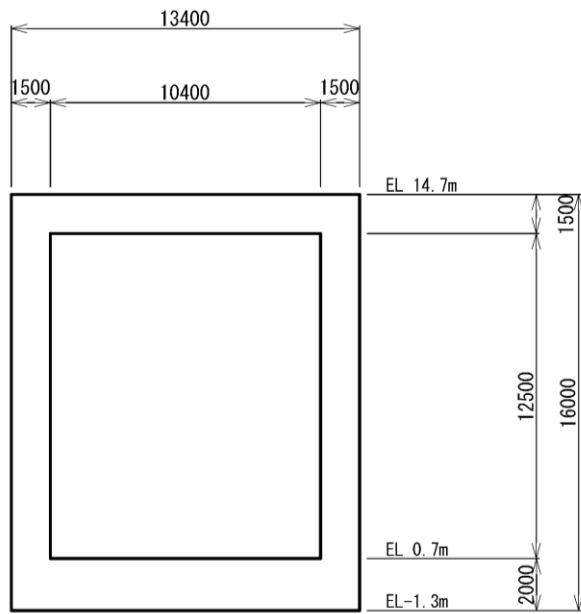


図 2-2 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 平面図



図 2-3 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (A-A 断面)



(単位:mm)

図 2-4 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (B-B 断面)

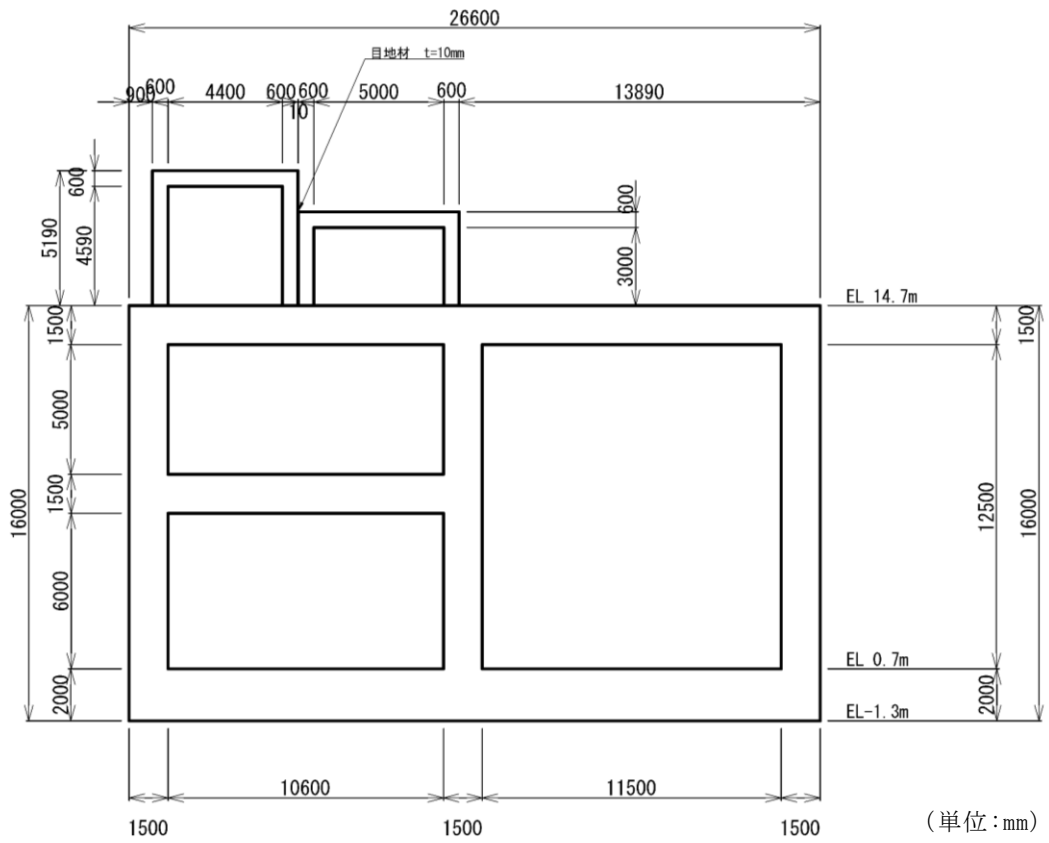


図 2-5 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (C-C 断面)

2.3 解析方針

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 S_s に対して地震応答解析を実施する。

図 2-6 に低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「2. 基本方針」に基づき、「3.1 評価対象断面」に示す断面において、「3.2 解析方法」に示す水平地震動と鉛直地震動の同時加振による時刻歴非線形解析により行うこととする。

時刻歴応答解析は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.5 解析モデル及び諸元」に示す条件を基に、「3.4 入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施する。

地震応答解析による応答加速度は、機器・配管系の設計用床応答スペクトルの作成に用いる。また、変形、断面力及び基礎地盤の接地圧は、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の耐震評価に用いる。

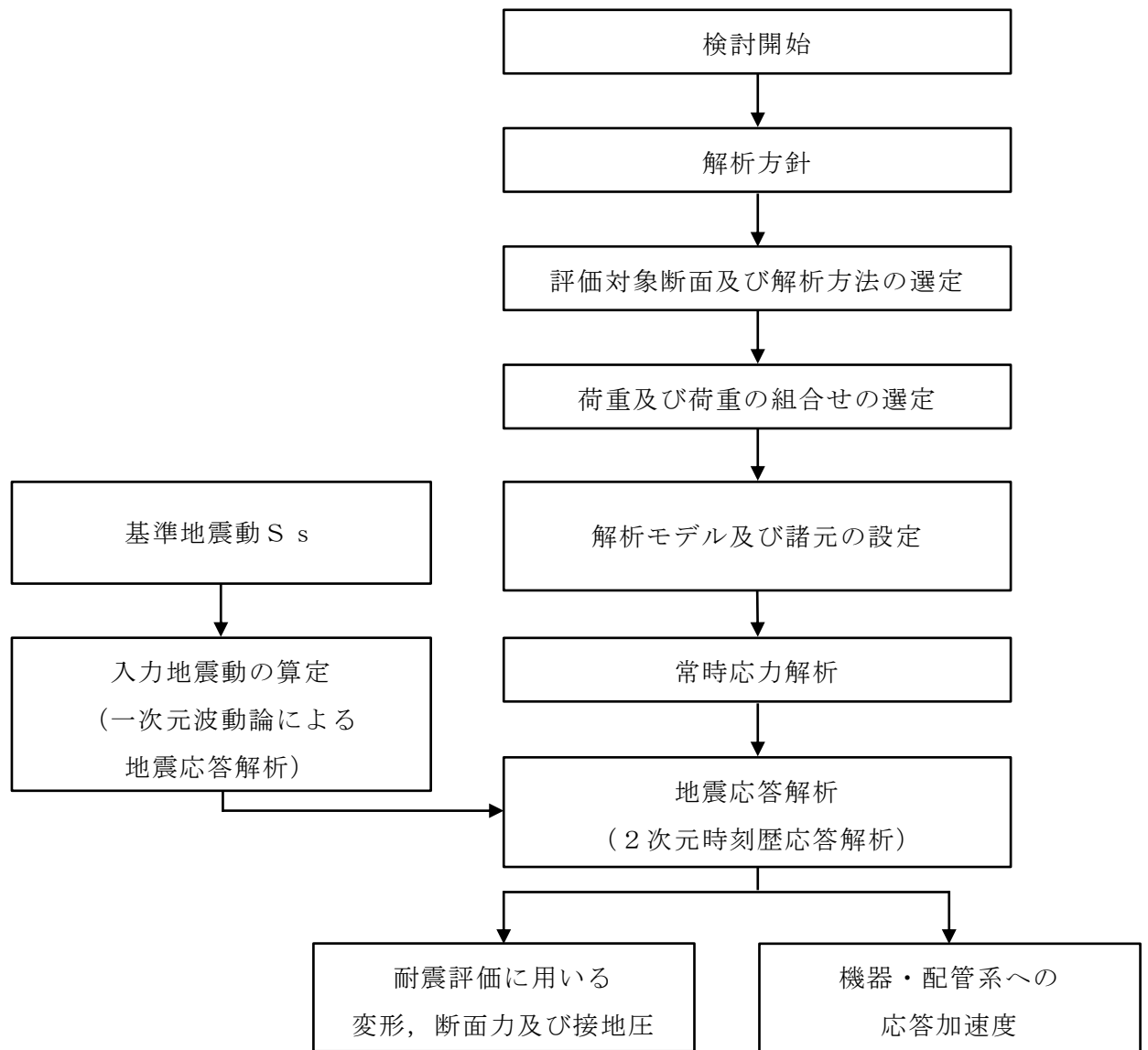


図 2-6 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 地震応答解析フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）
- ・コンクリート標準示方書[設計編]（（社）土木学会，2017年制定）
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会，2005年）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）

3. 解析方法

3.1 評価対象断面

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の評価対象断面位置図を図 3-1 に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面及び機器・配管系に対する床応答算定断面は、構造的特徴や周辺状況等を踏まえ、A-A断面～C-C断面とする。

評価対象断面を図 3-2～図 3-4 に示す。

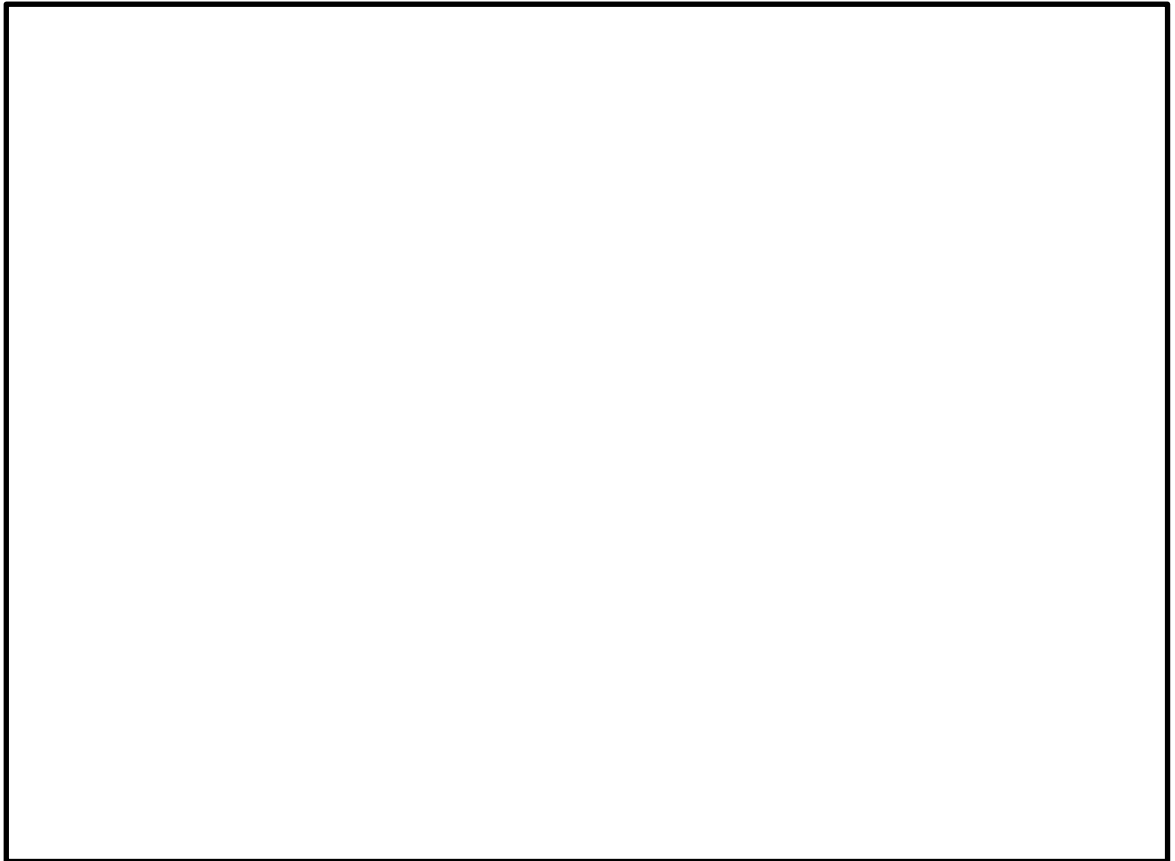


図 3-1 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面位置図

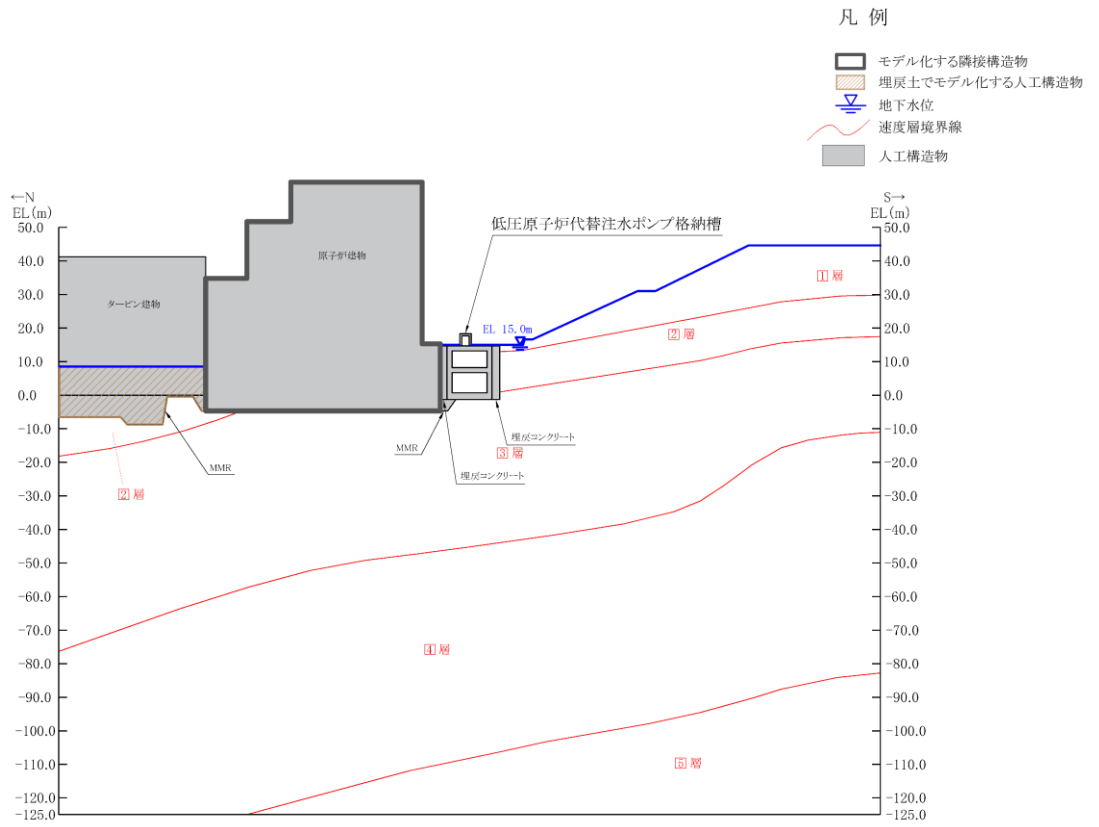


図 3-2 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面図 (A-A 断面位置)

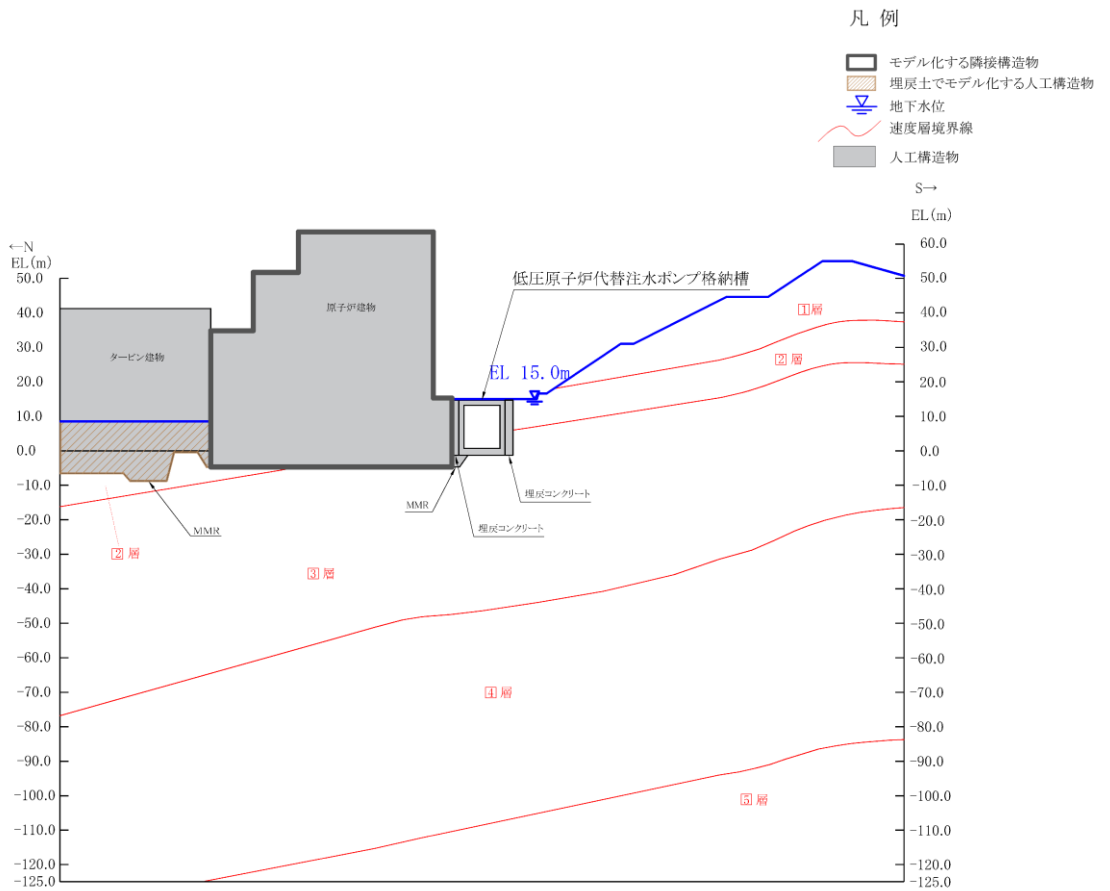
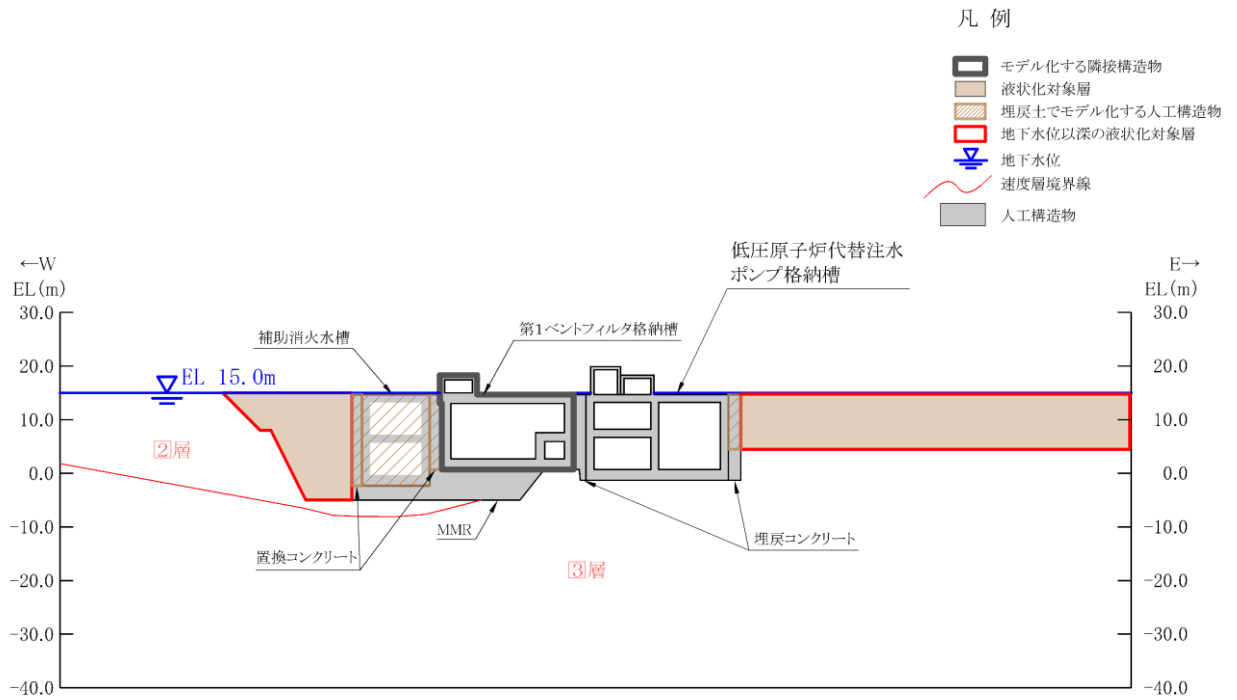


図 3-3 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面図 (B-B 断面位置)



3.2 解析方法

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答解析は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元有限要素法解析を用いて、基準地震動 S_s に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行う。A-A断面及びB-B断面は、施設周辺の設計地下水位が底版より高いが、施設周辺に地下水位以深の液状化対象層が存在しないため、解析手法の選定フローに基づき全応力解析を選定する。

C-C断面は、西側に埋戻コンクリートを介して常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設である第1ベントフィルタ格納槽と接しているが、東側は置換コンクリートを介して地下水位以深の液状化対象層が施設と接するため、解析手法のフローに基づき有効応力解析を選定する。

構造部材については、全応力解析においてはファイバーモデルで考慮し、有効応力解析においては鉄筋コンクリートの $M-\phi$ 関係を適切にモデル化する。また、地盤については、平面ひずみ要素でモデル化することとし、岩盤は線形でモデル化する。埋戻土については、地盤のひずみ依存性を適切に考慮できるようマルチスプリングモデルを用いることとし、ばね特性は双曲線モデル（全応力解析では修正GHEモデル、有効応力解析ではH-Dモデル）を用いて非線形性を考慮する。

地震応答解析の解析コードについては、全応力解析では「TDAPⅢ」、有効応力解析では「FLIP」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2.1 構造部材

全応力解析における鉄筋コンクリート部材は、ファイバーモデルによる非線形はり要素でモデル化する。ファイバーモデルは図3-5に示すとおり、はり要素の断面を層状に分割し各層に材料の非線形特性を考慮する材料非線形モデルであり、図3-6に示すコンクリートの応力-ひずみ関係を考慮する。

有効応力解析における鉄筋コンクリート部材は、非線形はり要素でモデル化することとし、図3-7に示す $M-\phi$ 関係のトリリニアモデルとする。履歴特性は、図3-8に示すとおり修正武田モデルを適用し、図3-9に示すコンクリートの応力-ひずみ関係を考慮する。

また、図3-10に鉄筋の応力-ひずみ関係を示す。

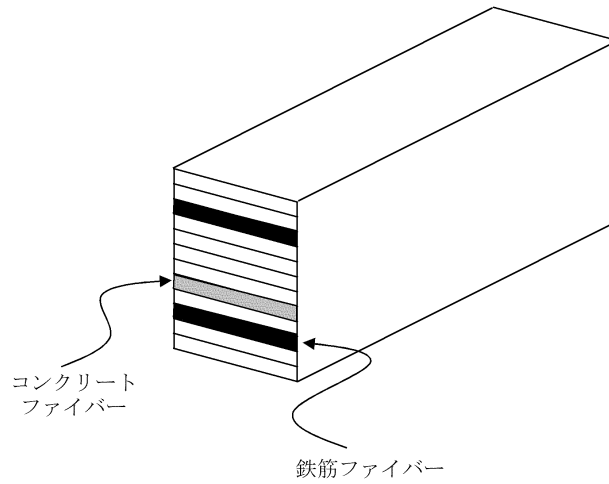
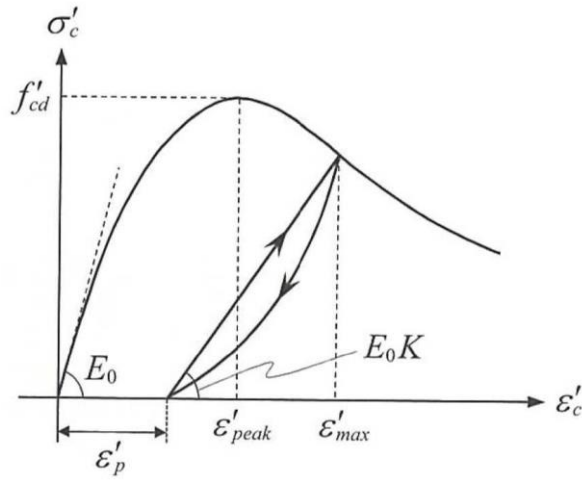
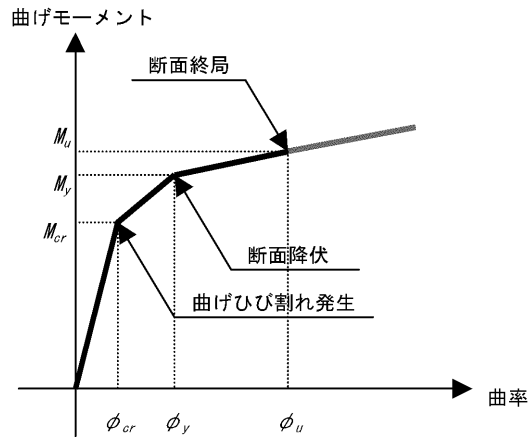


図 3-5 ファイバーモデルの概念図



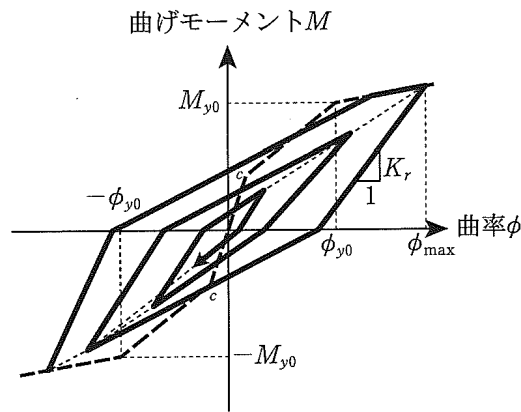
(「コンクリート標準示方書[設計編] ((社) 土木学会, 2017 年制定) 」より引用)

図 3-6 構造部材の非線形特性 (コンクリートの応力-ひずみ関係)



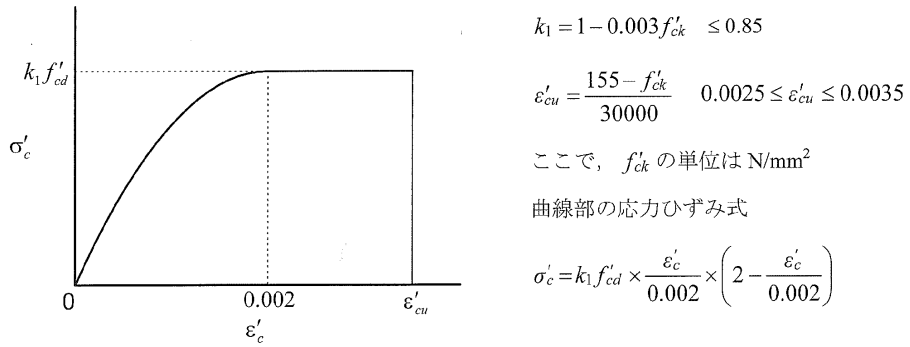
(「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル ((社) 土木学会, 2005 年) 」より引用)

図 3-7 鉄筋コンクリート部材の M- ϕ 関係



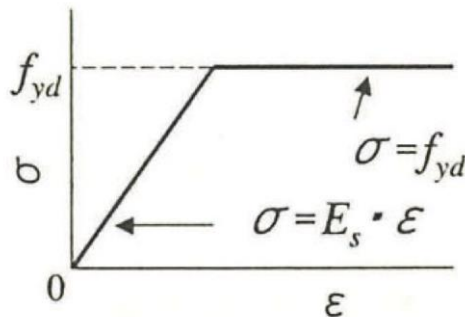
(「道路橋示方書 (V耐震設計編) ・同解説 (社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)」より引用)

図 3-8 鉄筋コンクリート部材の履歴特性 (修正武田モデル)



(「コンクリート標準示方書[構造性能照査編] (社) 土木学会, 2002 年制定)」より引用)

図 3-9 構造部材の非線形特性 (コンクリートの応力-ひずみ関係)



(「コンクリート標準示方書[構造性能照査編] (社) 土木学会, 2002 年制定)」より引用)

図 3-10 構造部材の非線形特性 (鉄筋の応力-ひずみ関係)

3.2.2 地盤

埋戻土及び岩盤の平均物性を用いて，表 3-1 に示す解析ケースを設定する。

表 3-1 解析ケース

解析ケース	地盤物性	
	埋戻土 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	平均値	平均値

3.2.3 減衰定数

構造部材の減衰定数は、粘性減衰及び履歴減衰で考慮する。

粘性減衰は、固有値解析にて求められる固有周期と各材料の減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰を解析モデル全体に与える。

固有値解析結果に基づき設定した α , β を表 3-2 に示す。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

[C] : 減衰係数マトリックス

[M] : 質量マトリックス

[K] : 剛性マトリックス

α , β : 係数

表 3-2 Rayleigh 減衰における係数 α , β の設定結果

評価対象断面	α	β
A - A 断面	6.503×10^{-1}	1.106×10^{-3}
B - B 断面	6.448×10^{-1}	1.109×10^{-3}
C - C 断面	0.000	2.000×10^{-3}

3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定

(1) 耐震評価における解析ケース

本資料は安全対策工事着工前の周辺地盤における補足検討のため、耐震評価においては、基準地震動 S_s 全波（6波）及びこれらに位相反転を考慮した地震動（6波）を加えた全12波に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。耐震評価における解析ケースを表3-3に示す。

表 3-3 耐震評価における解析ケース

解析ケース		ケース①	
		基本ケース	
地盤物性		平均値	
地震動 (位相)	$S_s - D$	++*	○
		-+*	○
		+ -*	○
		--*	○
	$S_s - F 1$	++*	○
	$S_s - F 2$	++*	○
	$S_s - N 1$	++*	○
		-+*	○
	$S_s - N 2$ (NS)	++*	○
		-+*	○
	$S_s - N 2$ (EW)	++*	○
		-+*	○

注記*：地震動の位相について，++の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「-」は位相を反転させたケースを示す。

(2) 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース

本資料は安全対策工事着工前の周辺地盤における補足検討のため、機器・配管系に対する応答加速度抽出においても、基準地震動 S_s 全波（6波）及びこれらに位相反転を考慮した地震動（6波）を加えた全12波に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケースを表3-4に示す。

表 3-4 機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケース

解析ケース		ケース①	
		基本ケース	
地盤物性		平均値	
地震動 (位相)	$S_s - D$	++*	○
		-+*	○
		+ -*	○
		--*	○
	$S_s - F 1$	++*	○
	$S_s - F 2$	++*	○
	$S_s - N 1$	++*	○
		-+*	○
	$S_s - N 2$ (NS)	++*	○
		-+*	○
	$S_s - N 2$ (EW)	++*	○
		-+*	○

注記*：地震動の位相について，++の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「-」は位相を反転させたケースを示す。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1 耐震評価上考慮する状態

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答解析において，地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり，通常の条件下におかれている状態。ただし，運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪を考慮する。風の影響は地震力と比較して小さいため考慮しない。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2 荷重

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答解析において，考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として，躯体自重及び機器・配管荷重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として，土圧，水压及び積雪荷重 (P_s) を考慮する。

(3) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として，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35.0cmとする。積雪荷重については，「松江市建築基準法施行細則（平成17年3月31日，松江市規則第234号）」により，積雪量1cmごとに20N/m²の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(4) 地震荷重 (S_s)

基準地震動S_sによる荷重を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-5 に示す。

表 3-5 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S _s)	G + P + S _s

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S_s : 地震荷重 (基準地震動 S_s)

3.4 入力地震動

入力地震動は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図3-11に入力地震動算定の概念図を示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE」及び「microSHAKE/3D」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

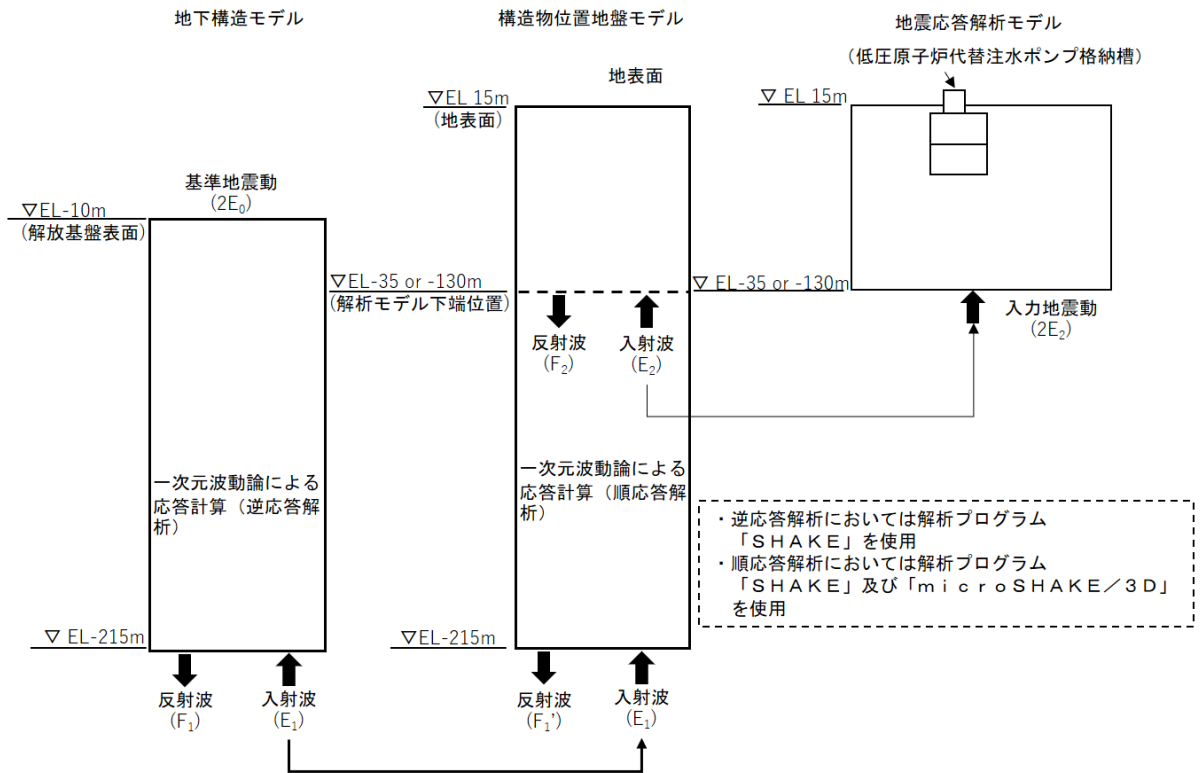
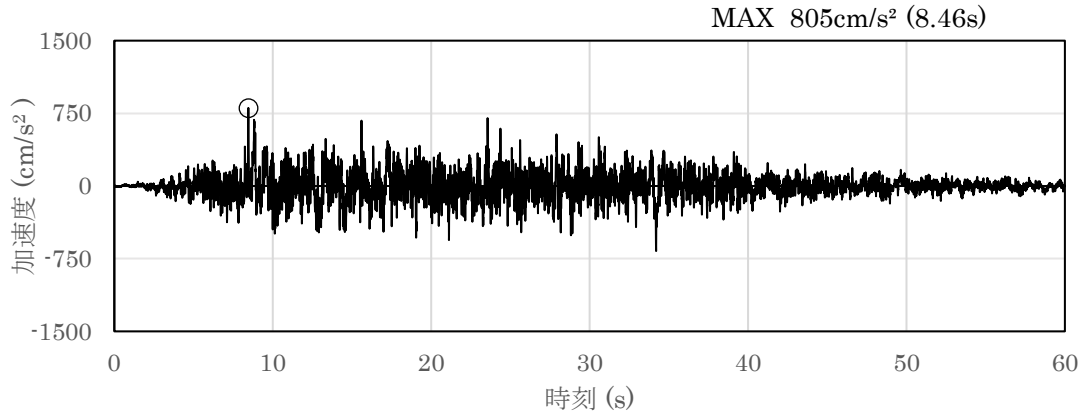


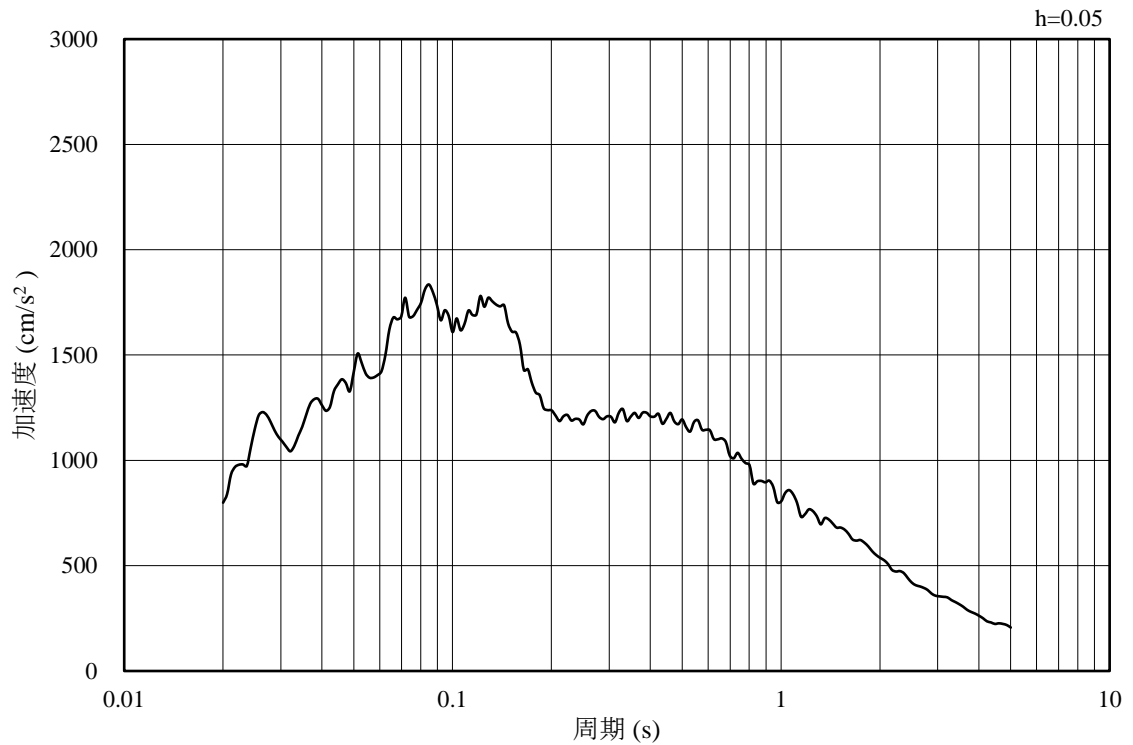
図3-11 入力地震動算定の概念図

3.4.1 A-A断面及びB-B断面の入力地震動

図3-12～図3-23にA-A断面及びB-B断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。

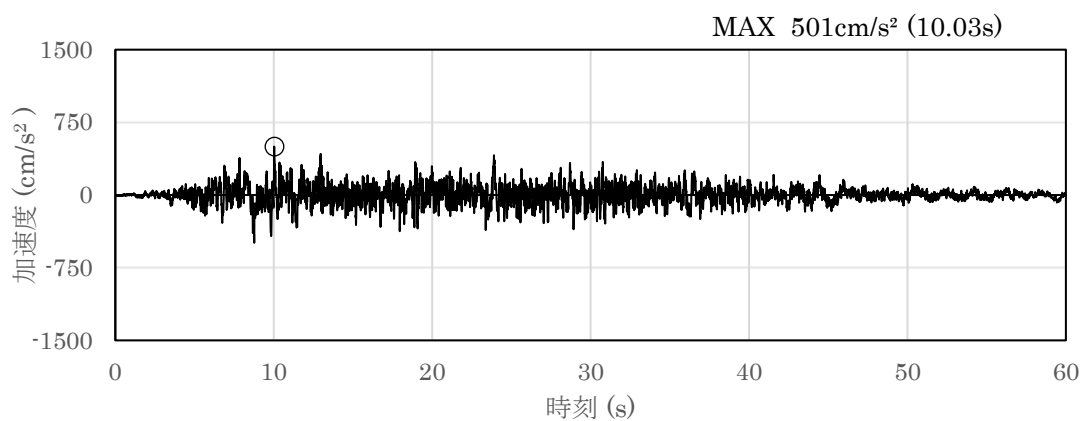


(a) 加速度時刻歴波形

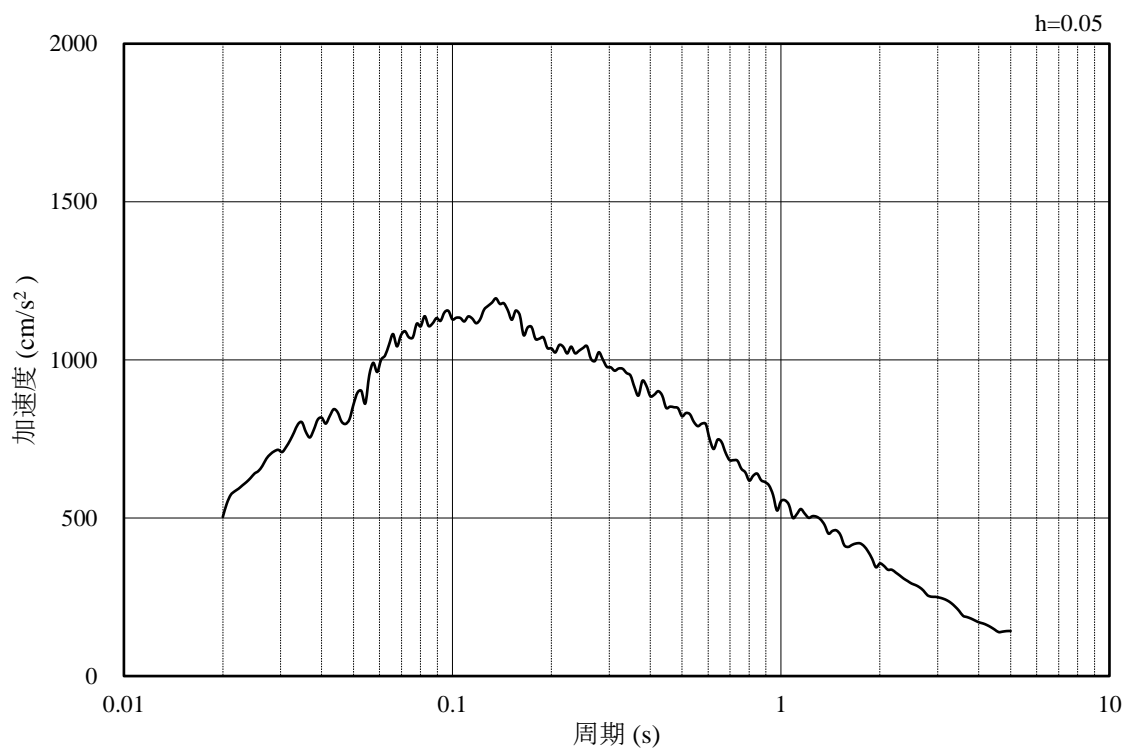


(b) 加速度応答スペクトル

図3-12 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - D, EL-130m)

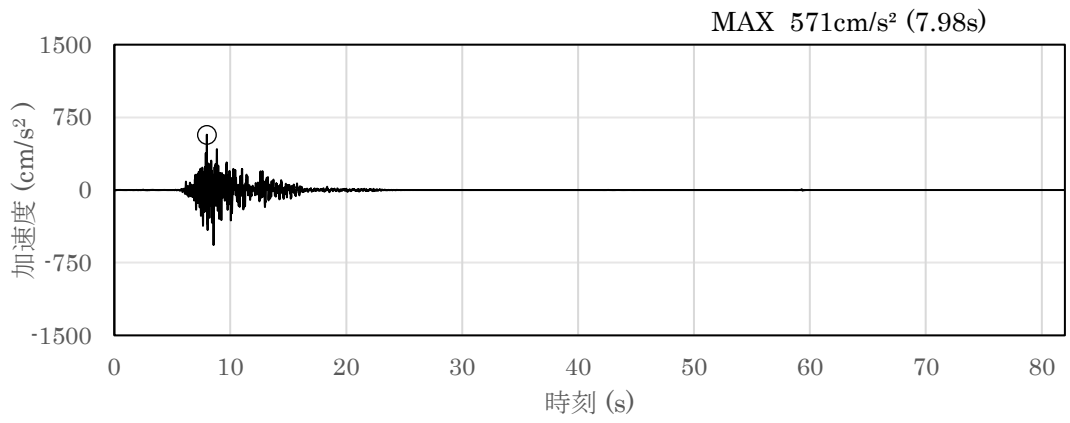


(a) 加速度時刻歴波形

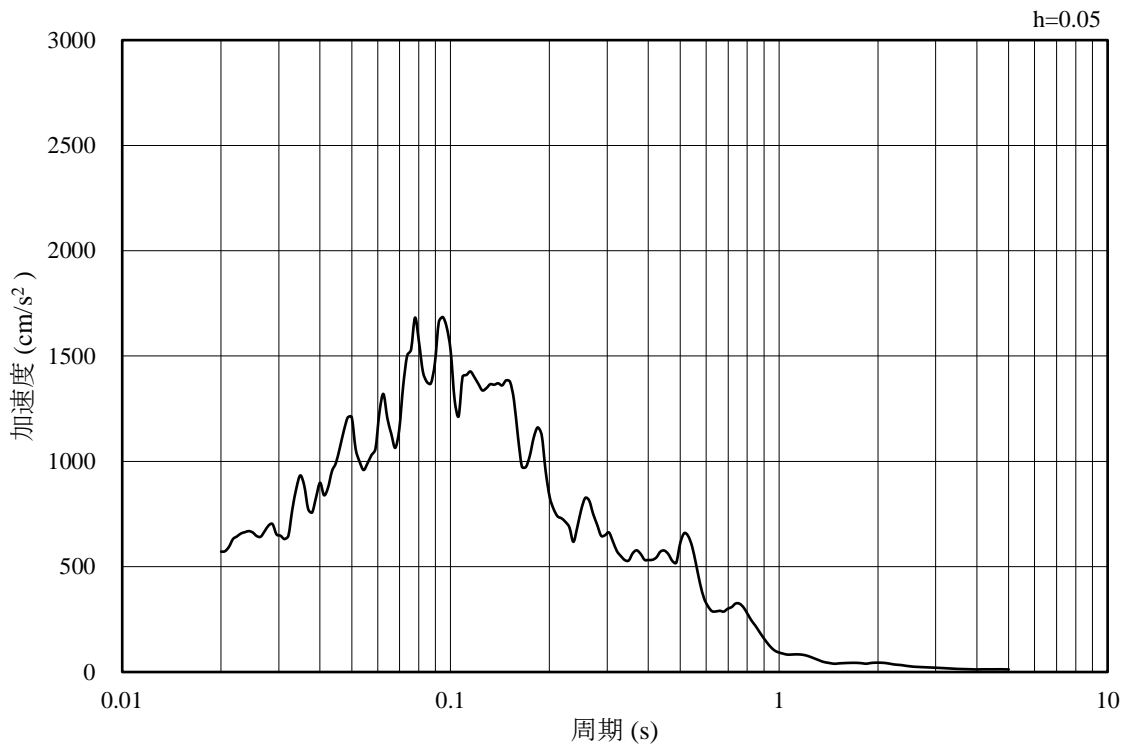


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-13 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - D, EL-130m)

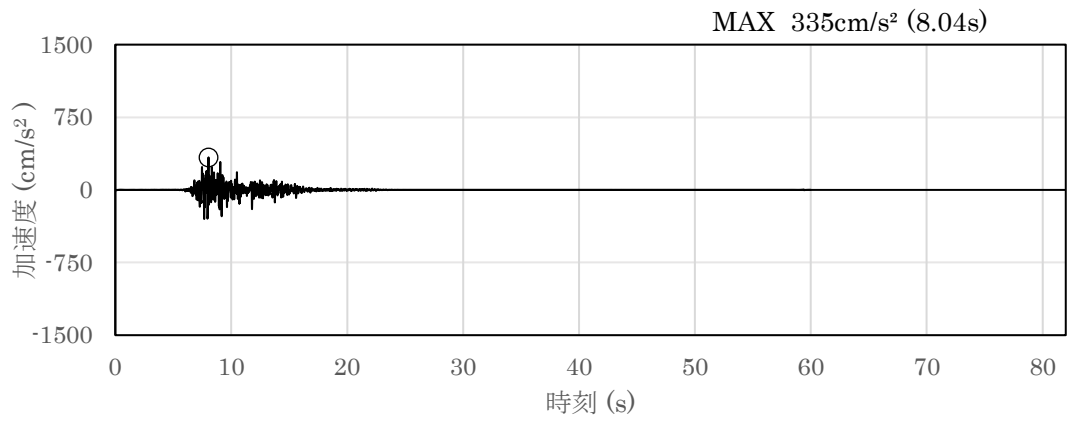


(a) 加速度時刻歴波形

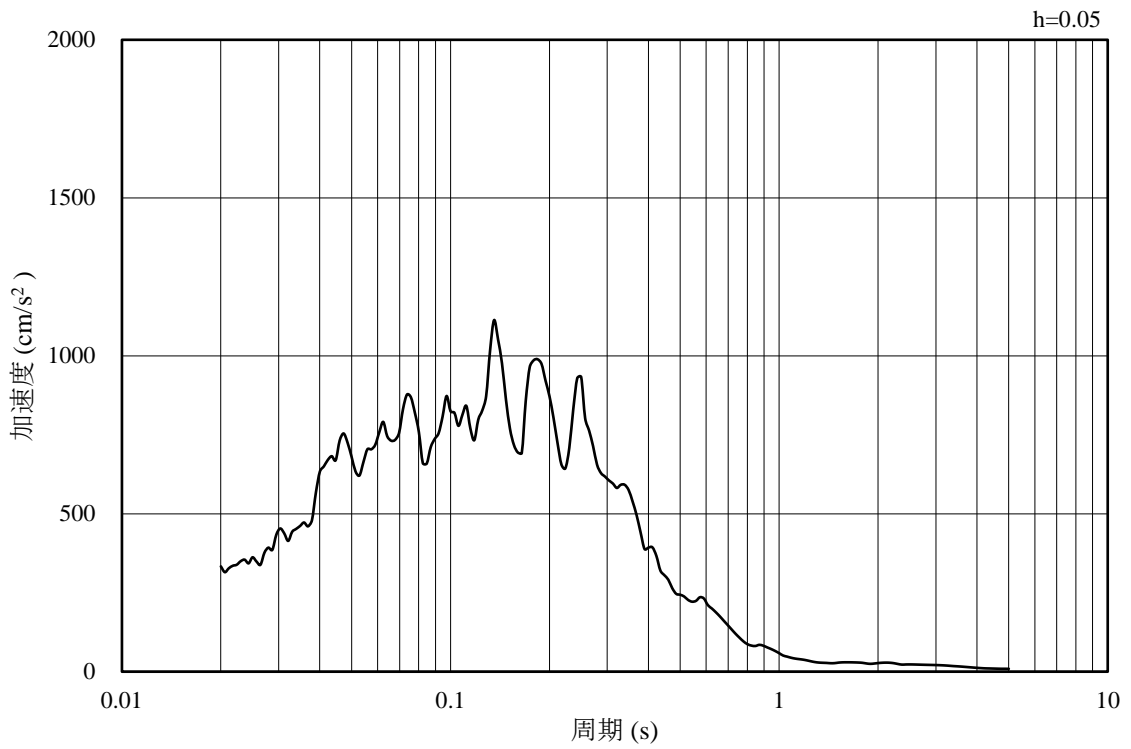


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - F 1, EL-130m)

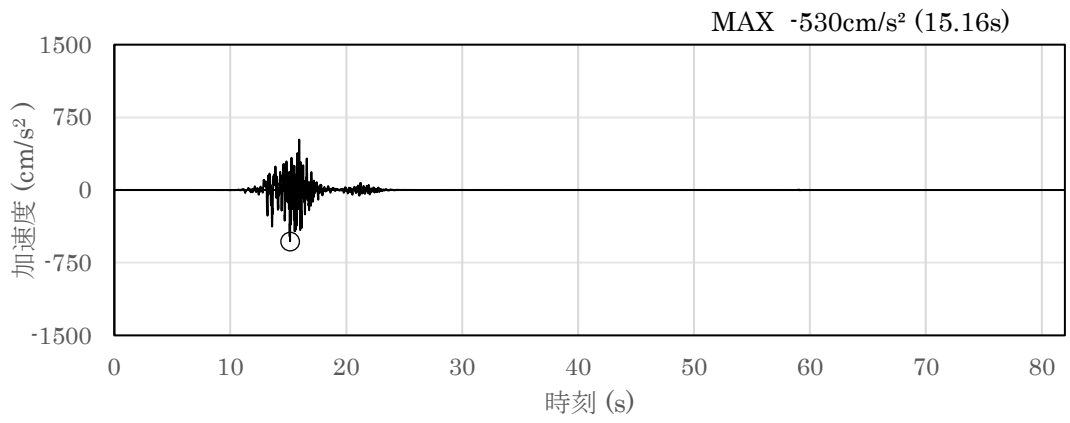


(a) 加速度時刻歴波形

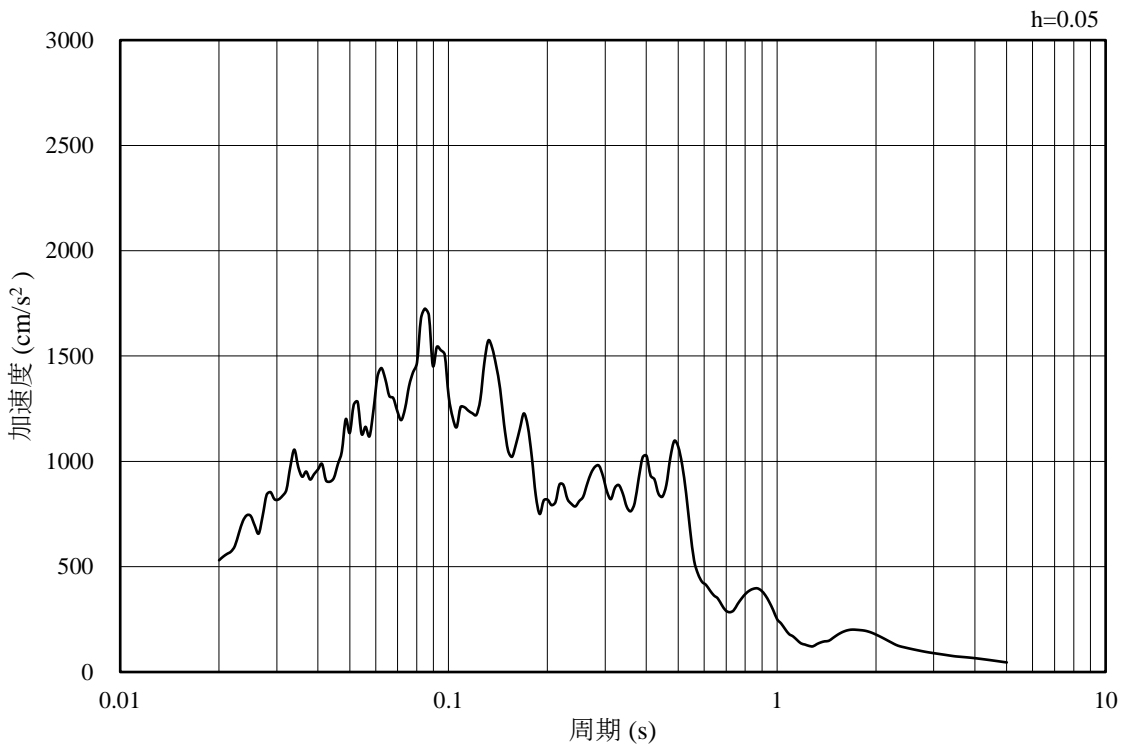


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - F 1, EL-130m)

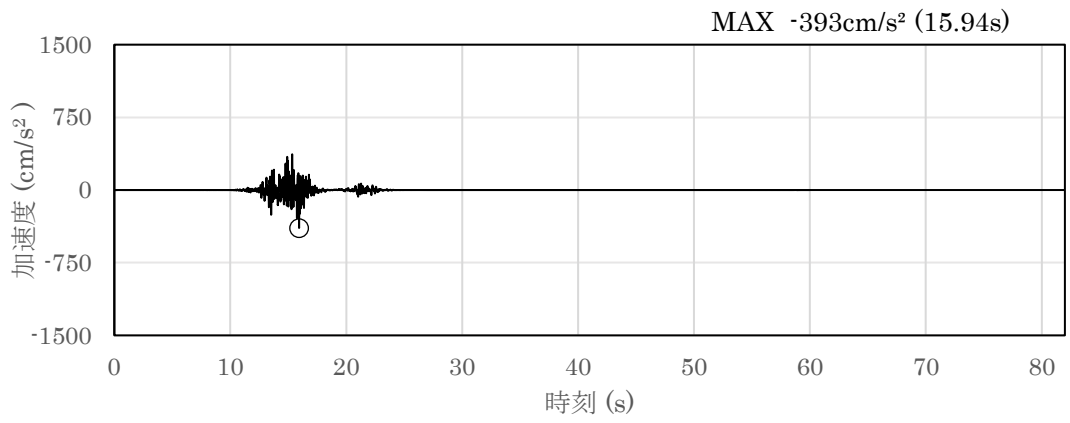


(a) 加速度時刻歴波形

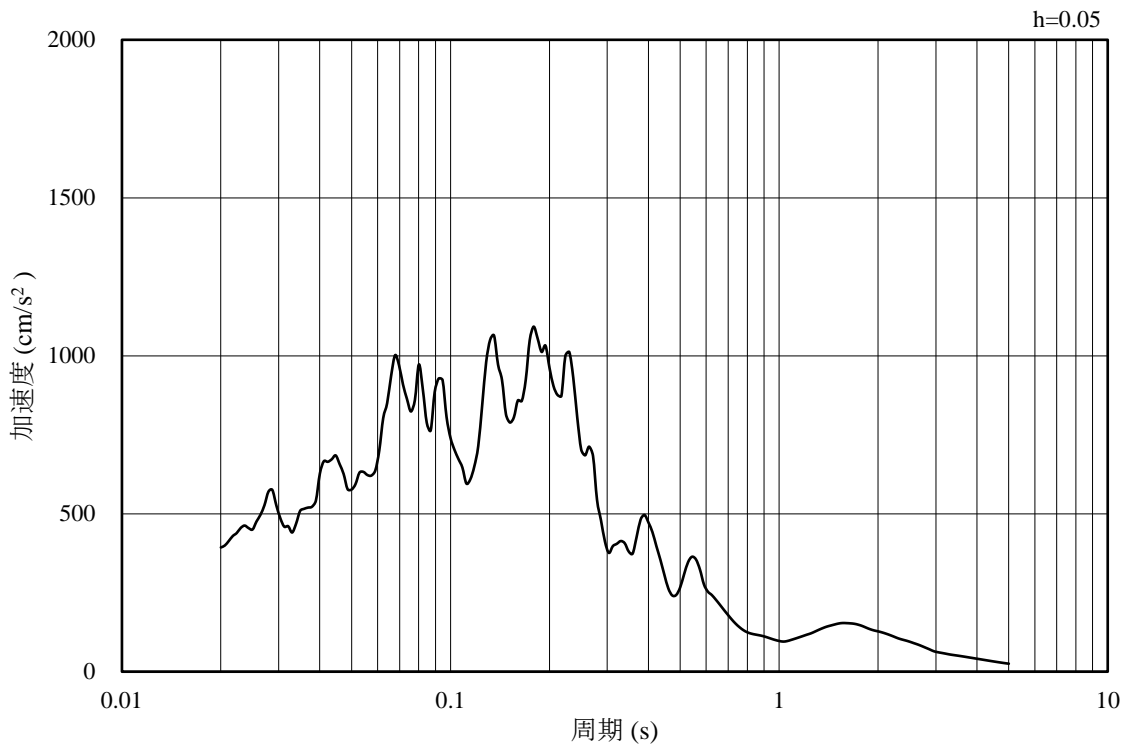


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-16 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - F 2, EL-130m)

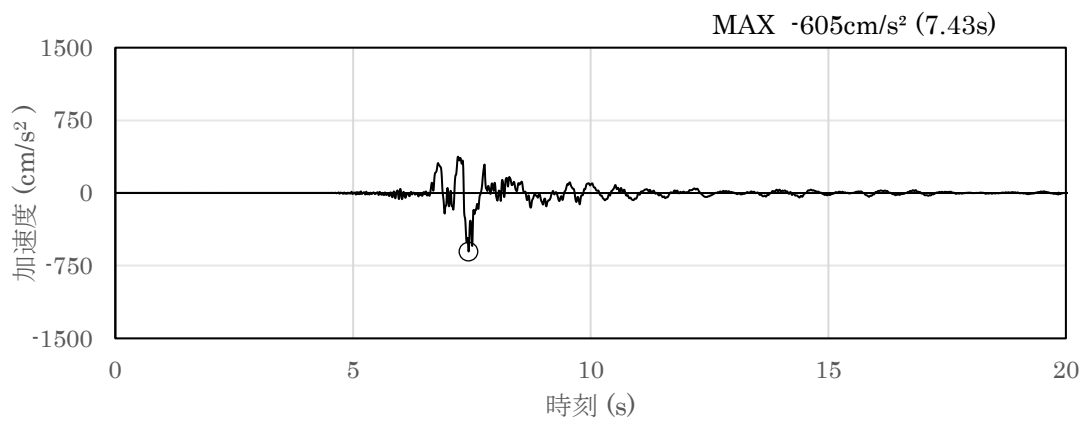


(a) 加速度時刻歴波形

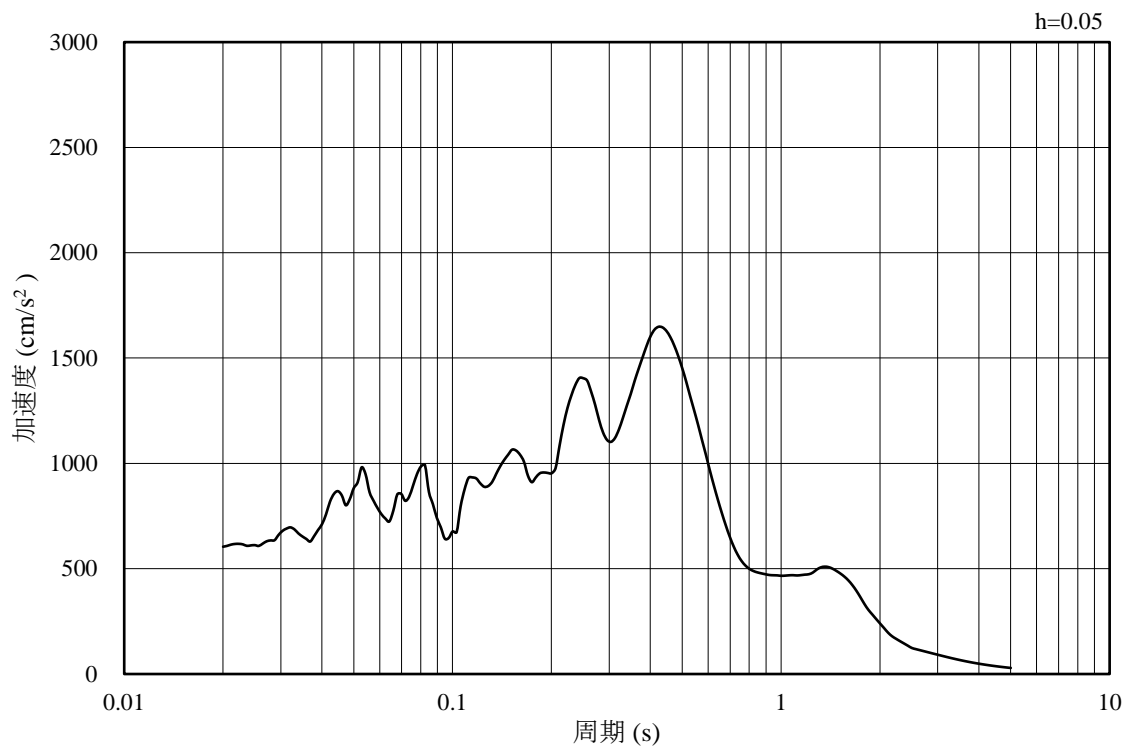


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - F 2, EL-130m)

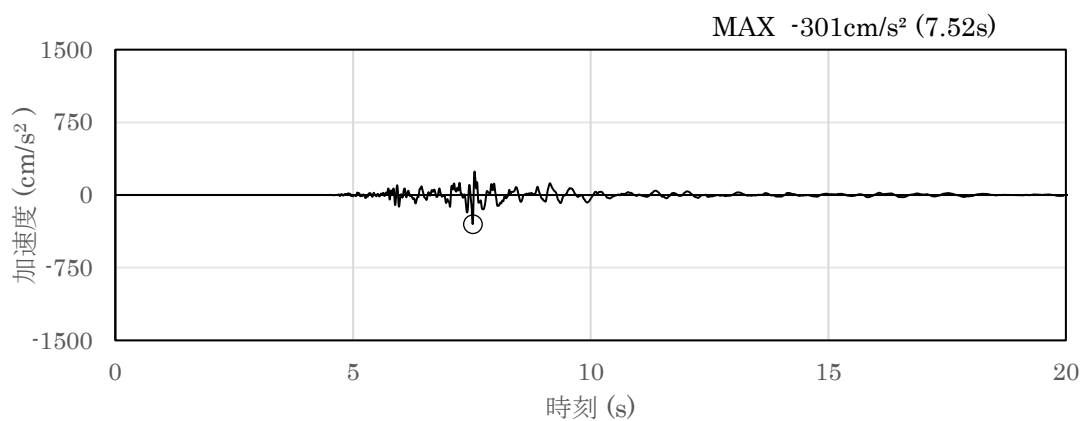


(a) 加速度時刻歴波形

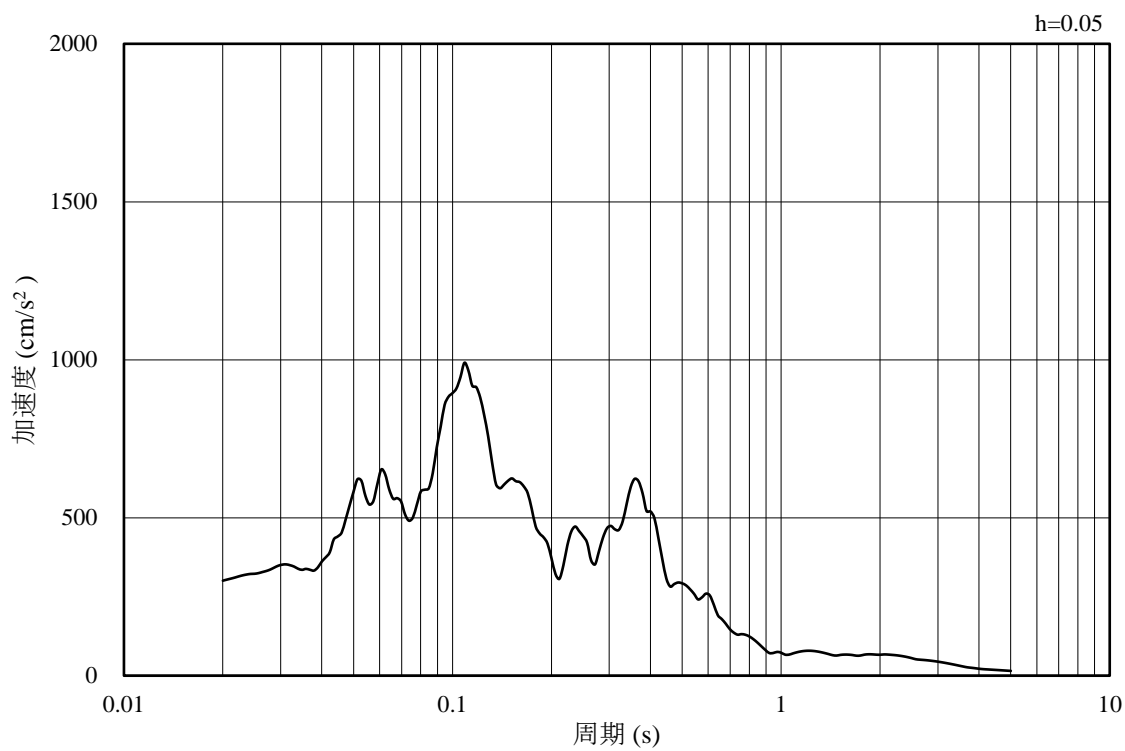


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-18 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 1, EL-130m)

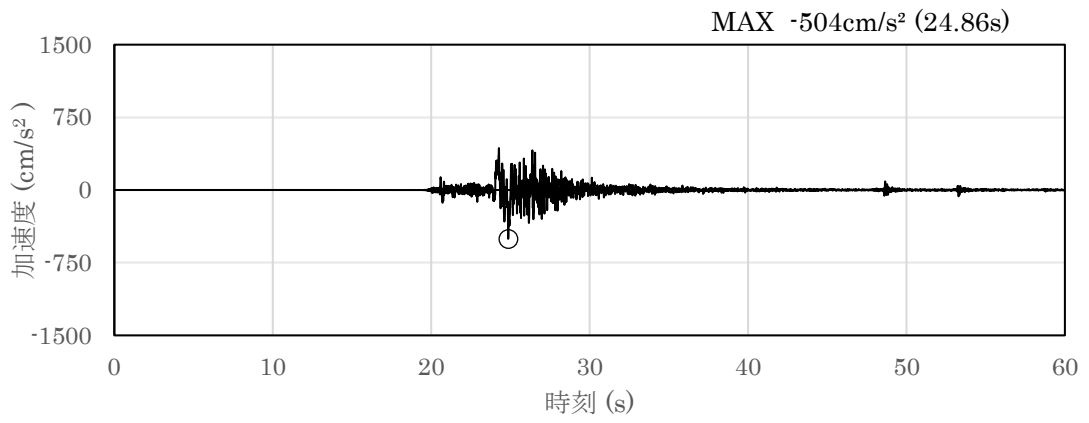


(a) 加速度時刻歴波形

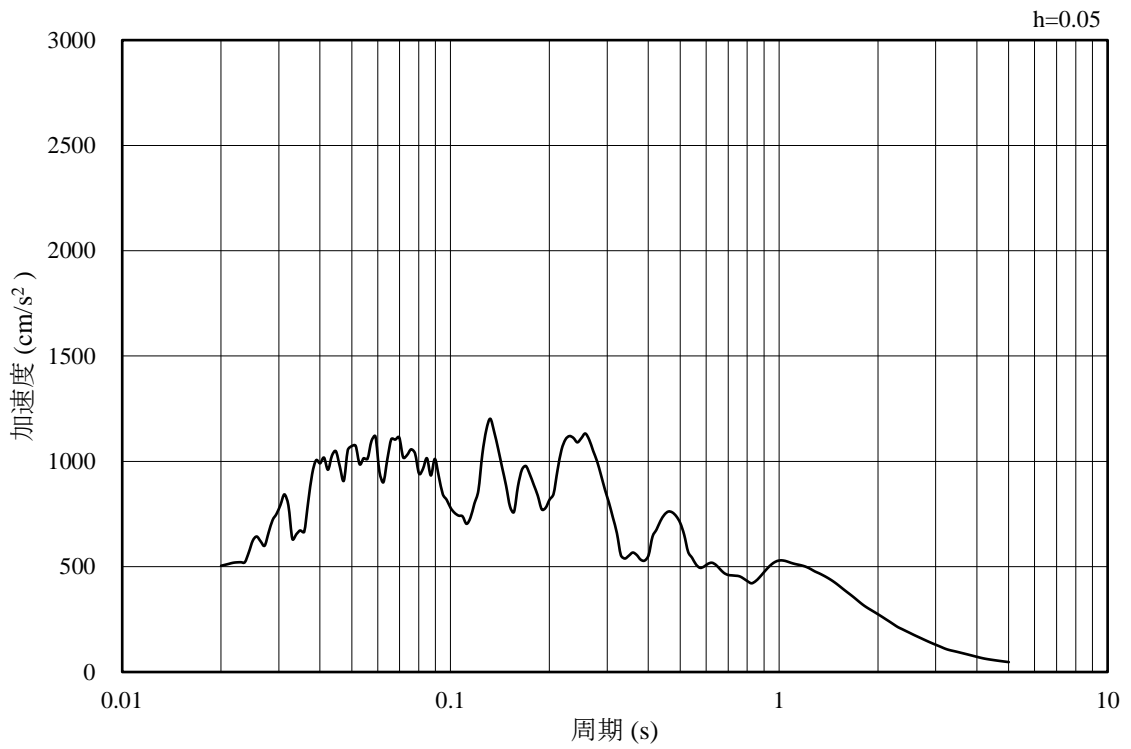


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-19 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 1, EL-130m)

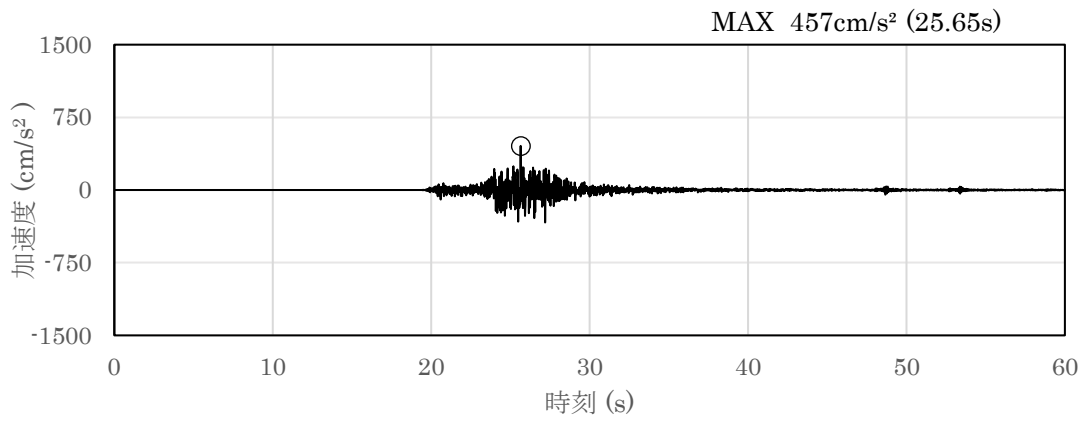


(a) 加速度時刻歴波形

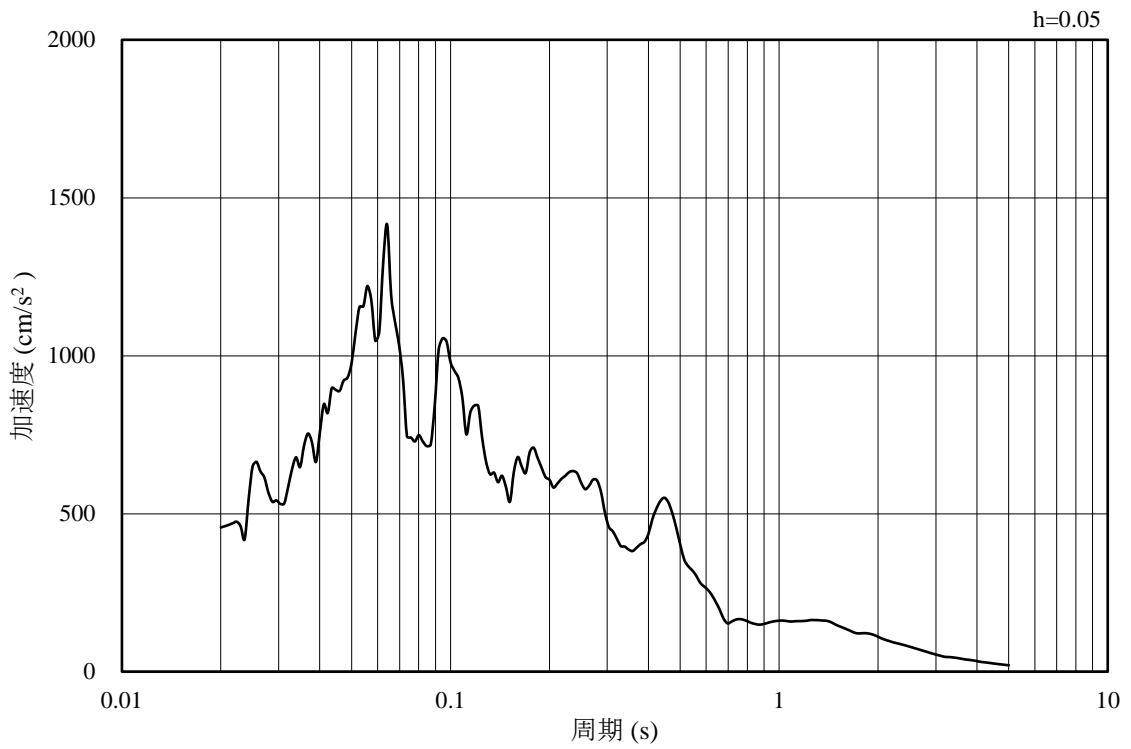


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-20 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分 : S s - N 2 (N S), EL-130m)

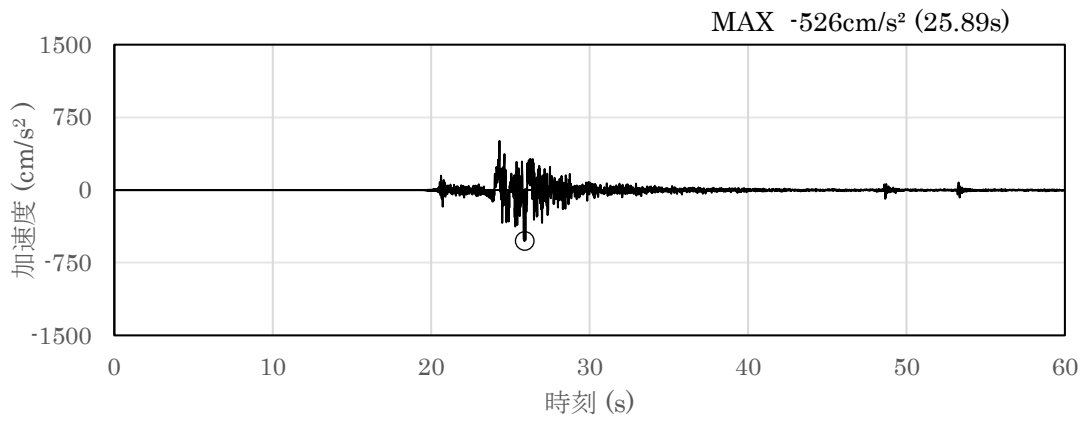


(a) 加速度時刻歴波形

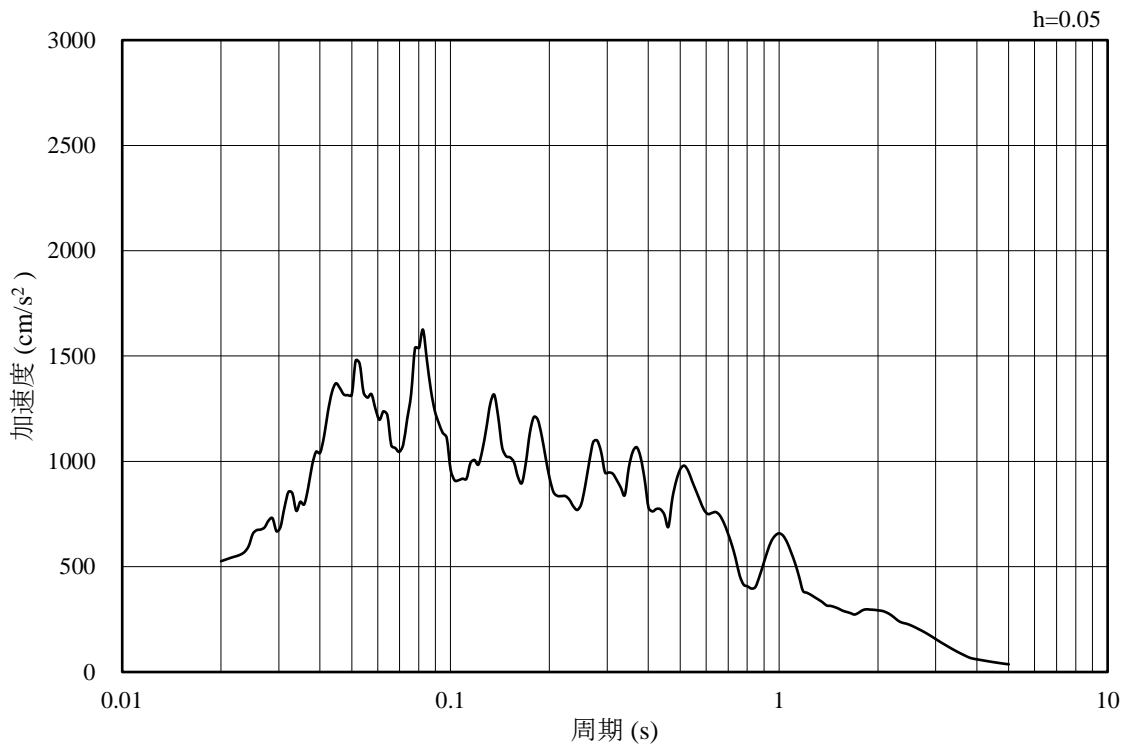


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-21 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 2 (N S), EL-130m)

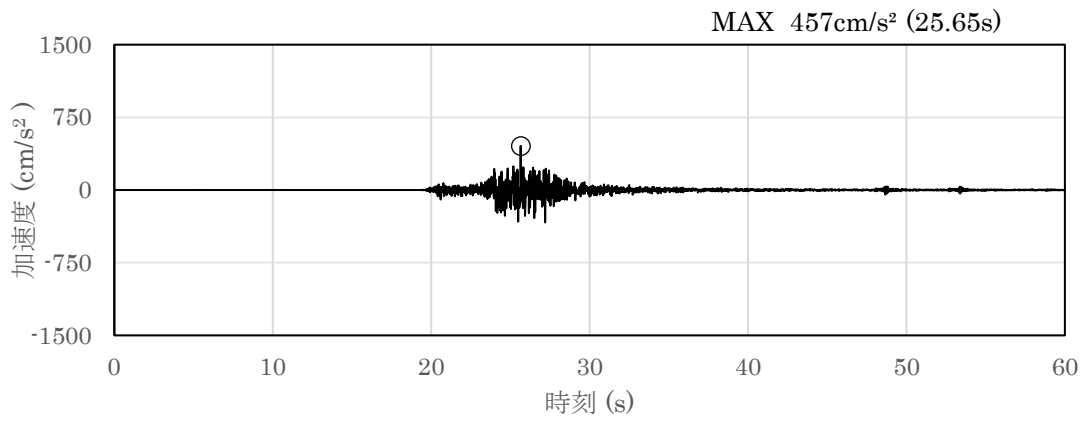


(a) 加速度時刻歴波形

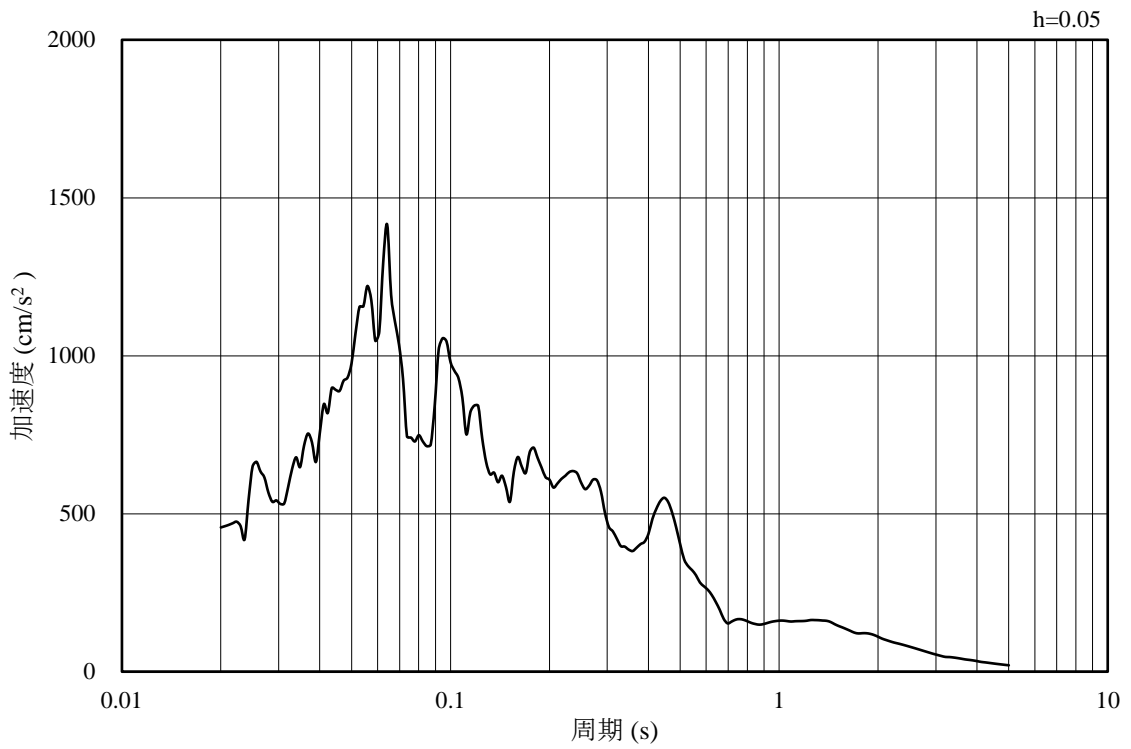


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-22 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 2 (E W), EL-130m)



(a) 加速度時刻歴波形

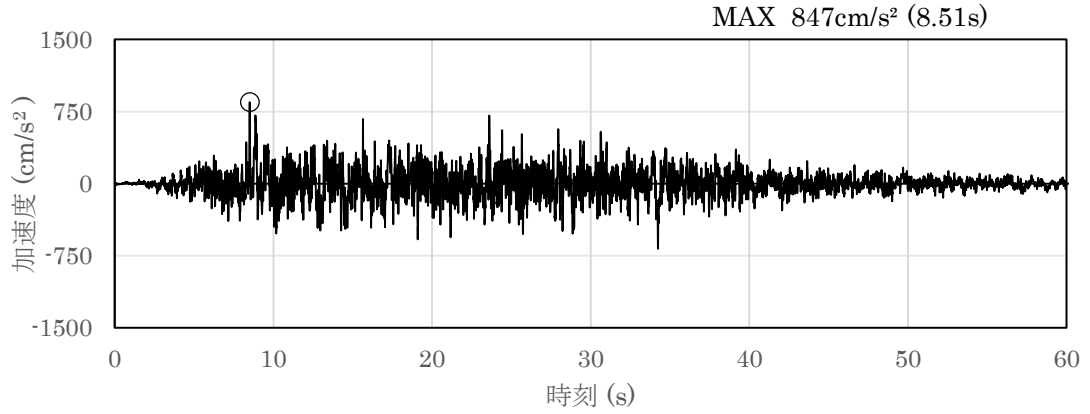


(b) 加速度応答スペクトル

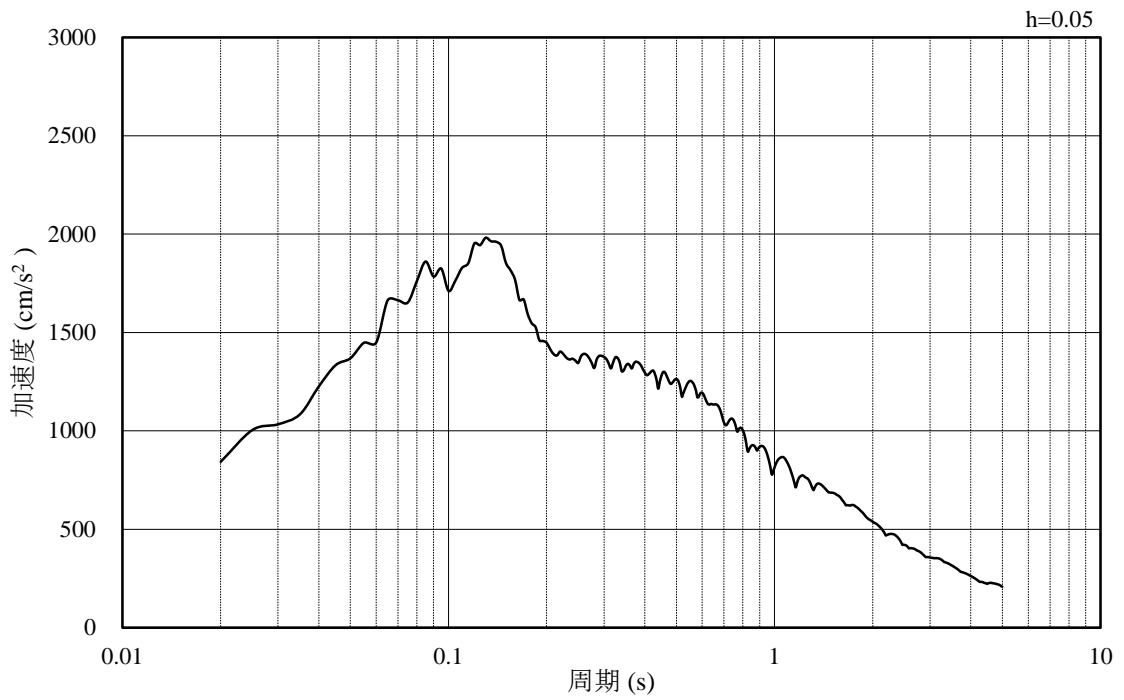
図 3-23 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 2 (E W), EL-130m)

3.4.2 C-C断面の入力地震動

図 3-24～図 3-35 に C-C 断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。

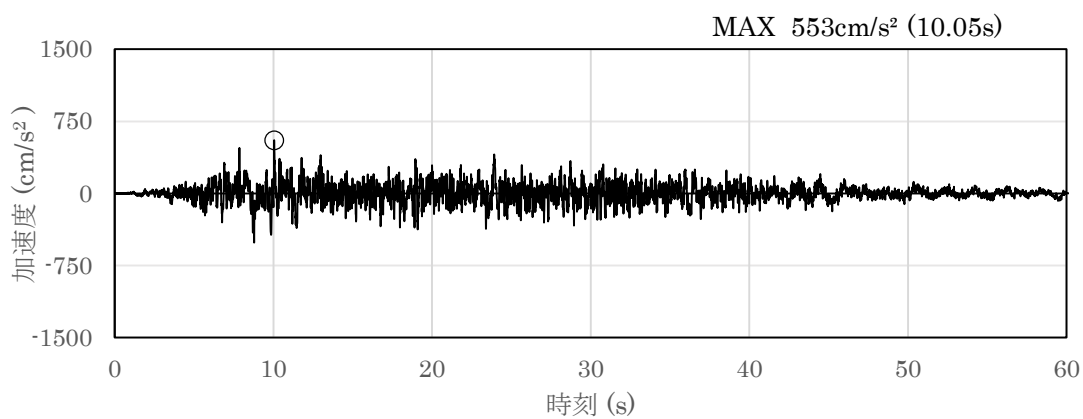


(a) 加速度時刻歴波形

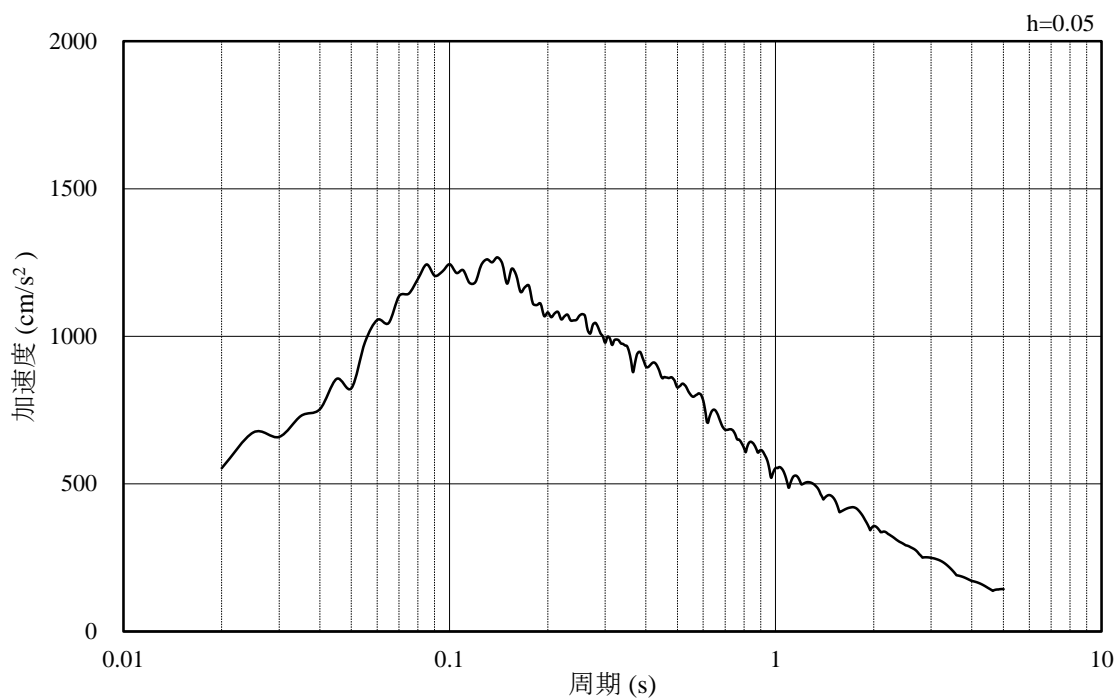


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-24 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - D, EL-35m)

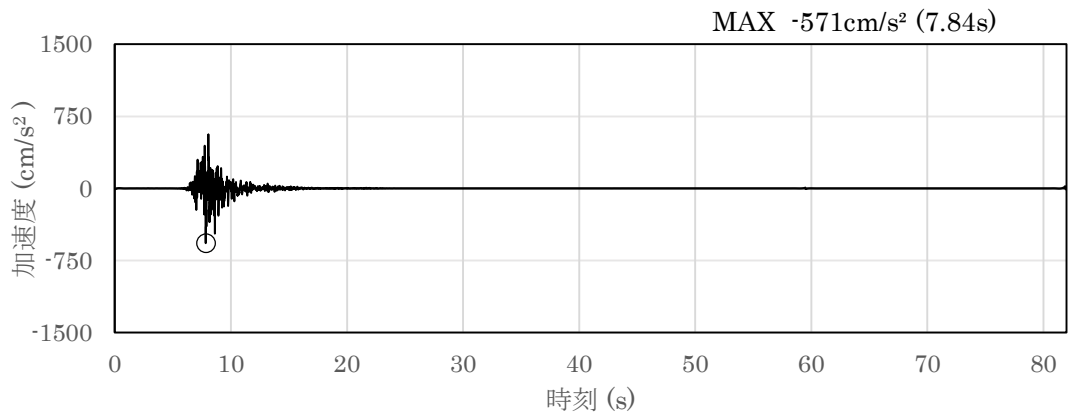


(a) 加速度時刻歴波形

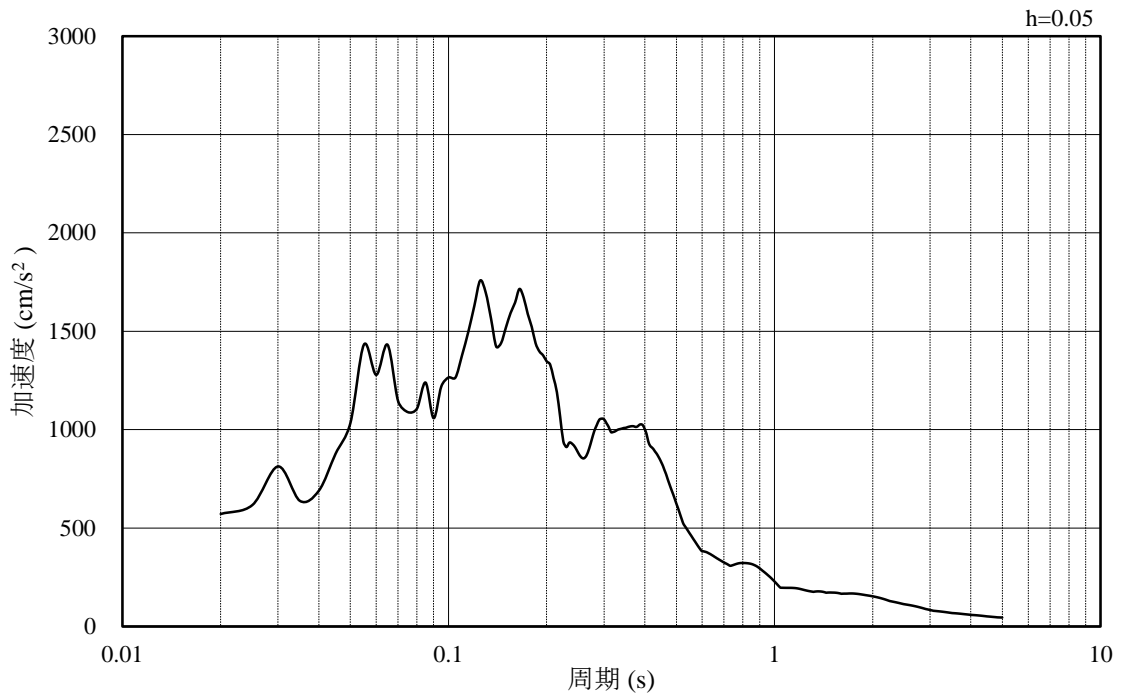


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-25 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - D, EL-35m)

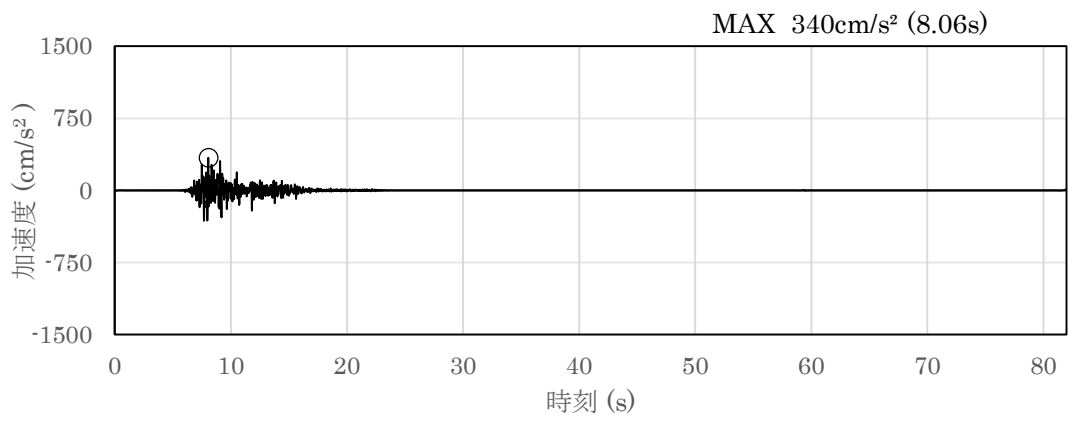


(a) 加速度時刻歴波形

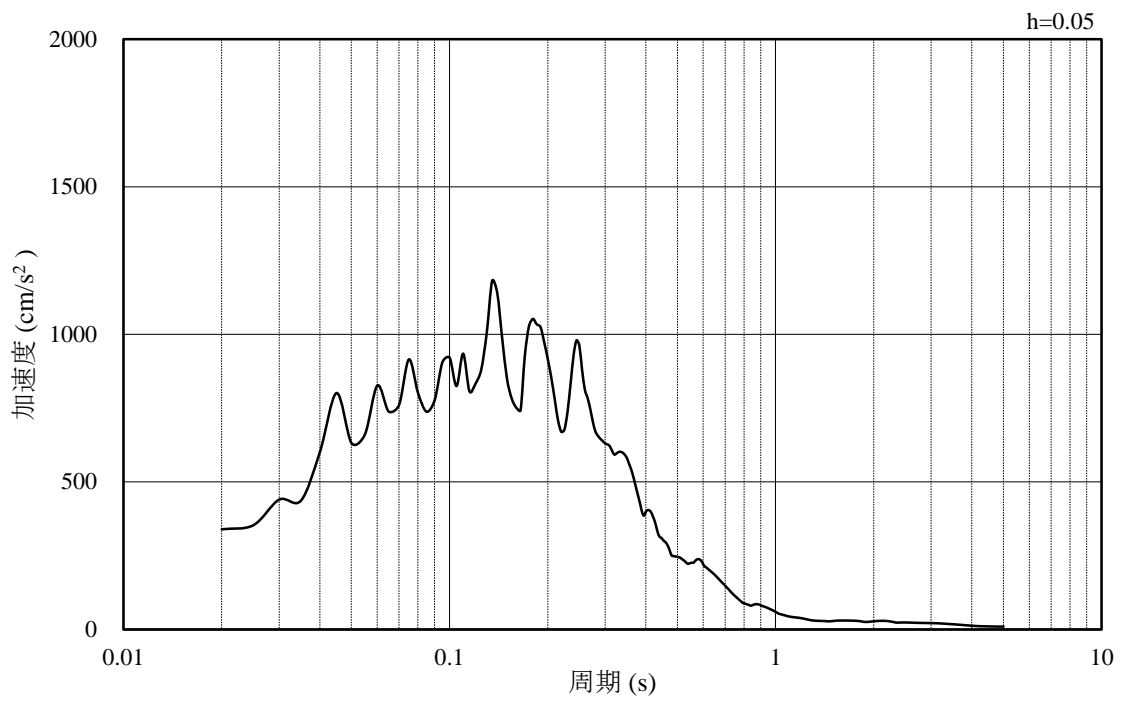


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-26 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分 : S s - F 1 , EL-35m)

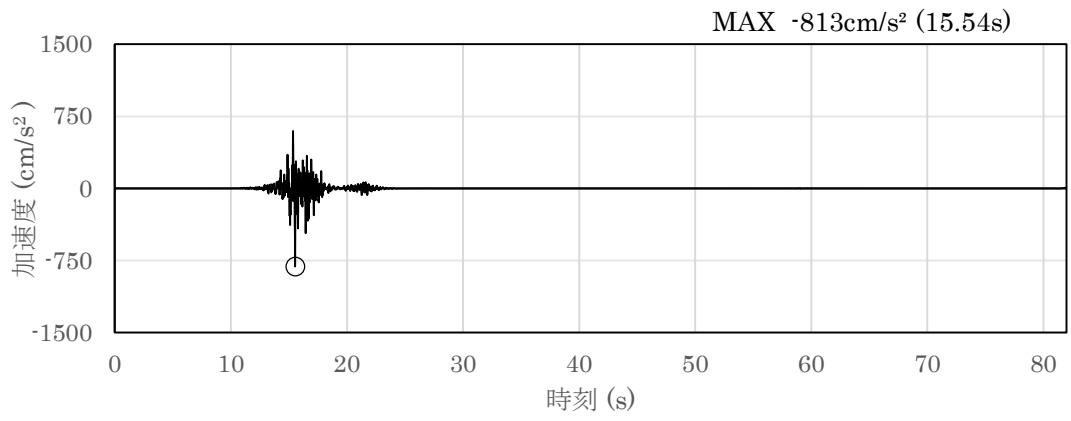


(a) 加速度時刻歴波形

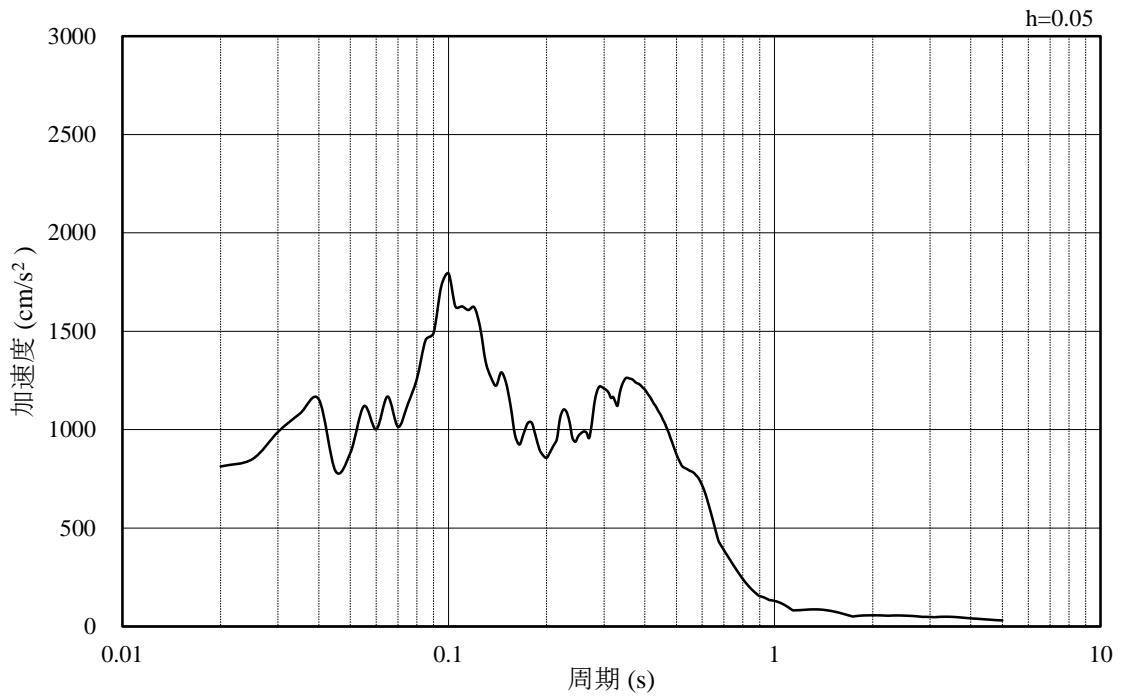


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-27 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - F 1, EL-35m)

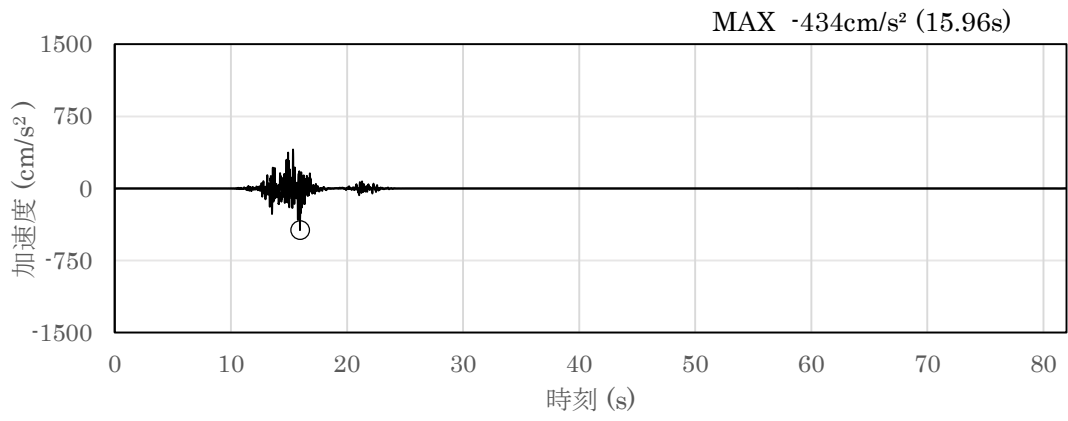


(a) 加速度時刻歴波形

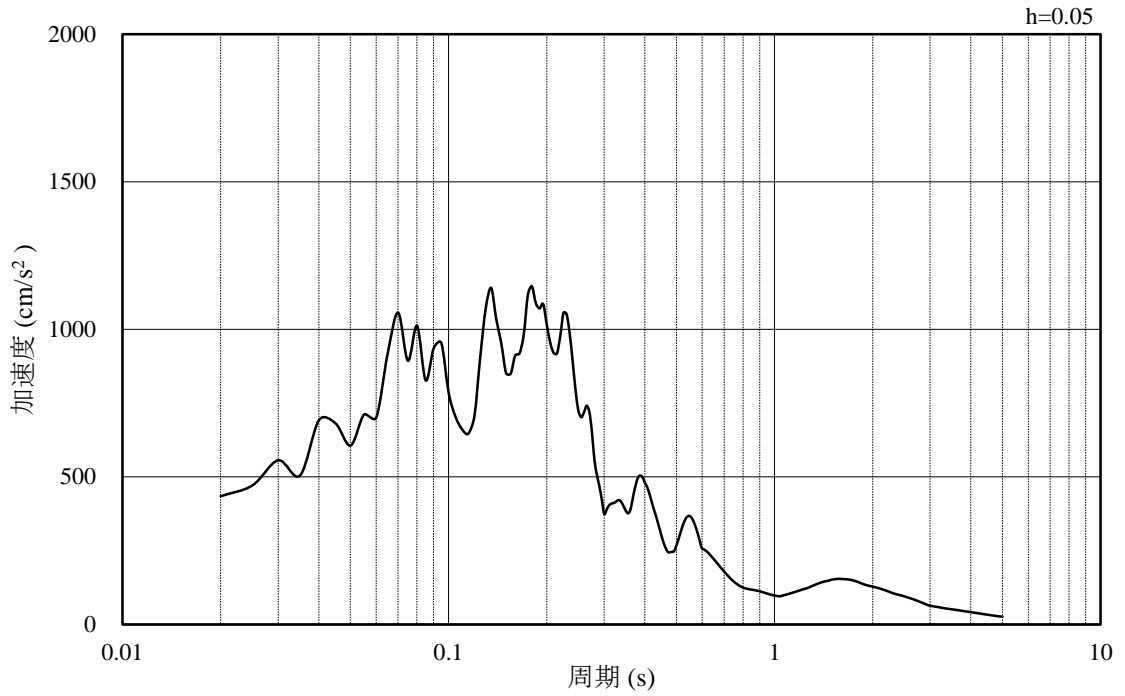


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-28 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分 : S s - F 2 , EL-35m)

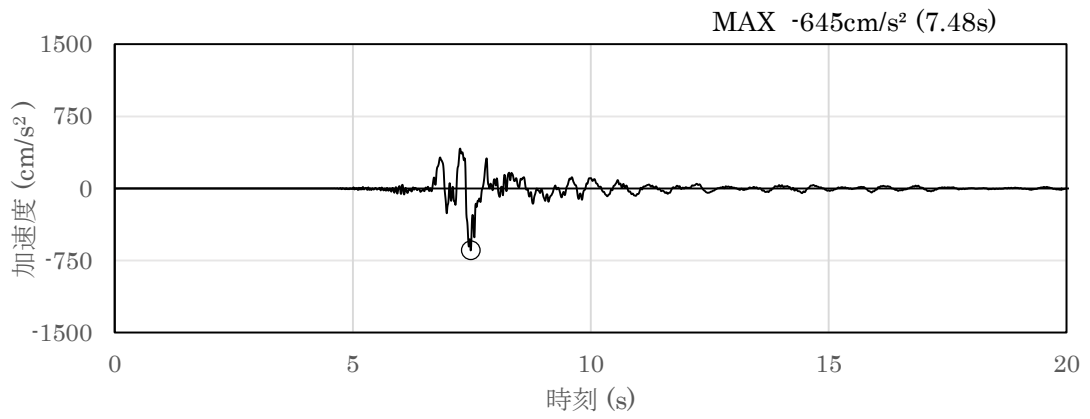


(a) 加速度時刻歴波形

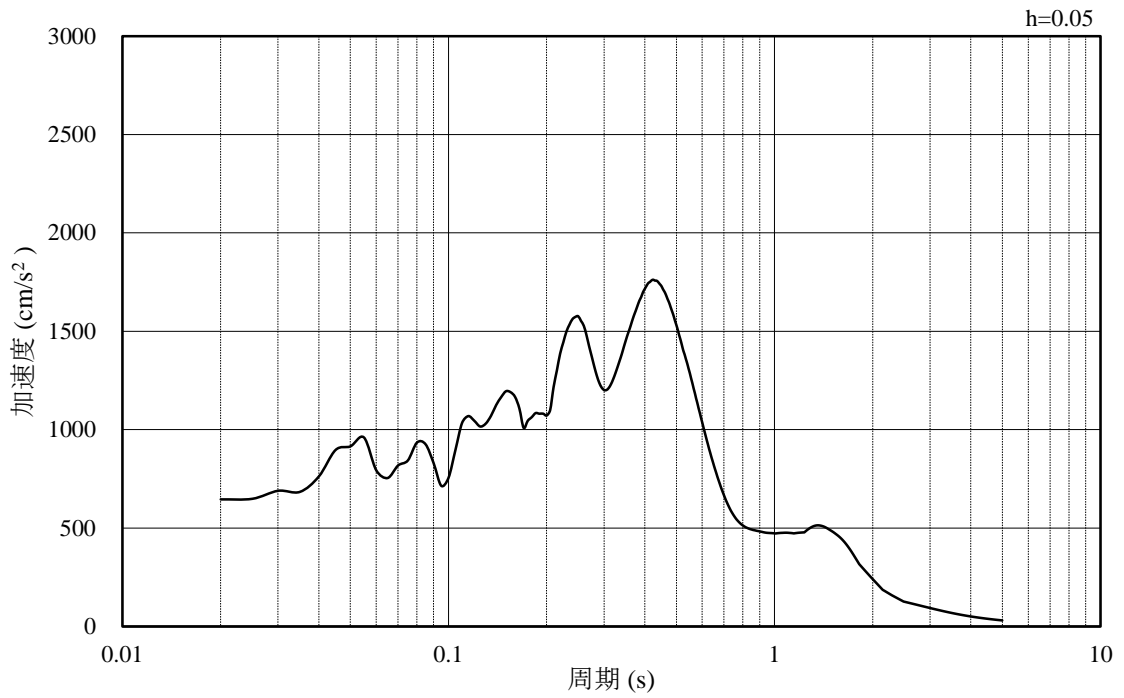


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-29 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - F 2, EL-35m)

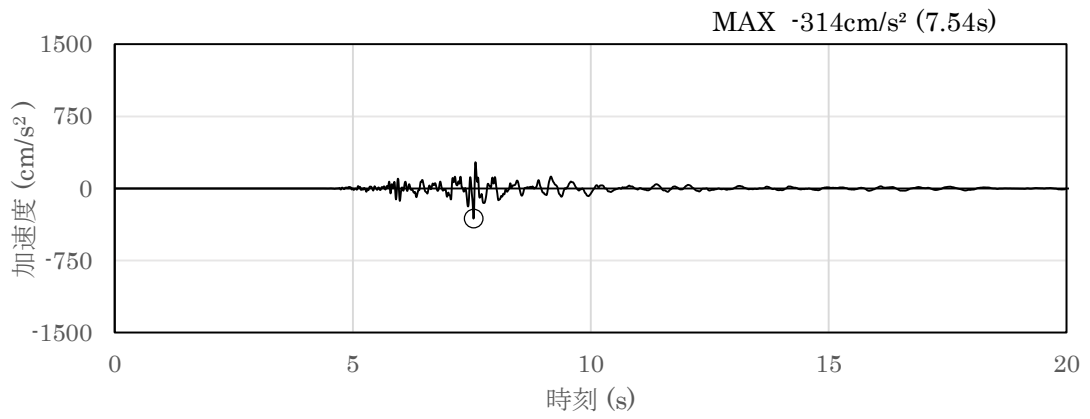


(a) 加速度時刻歴波形

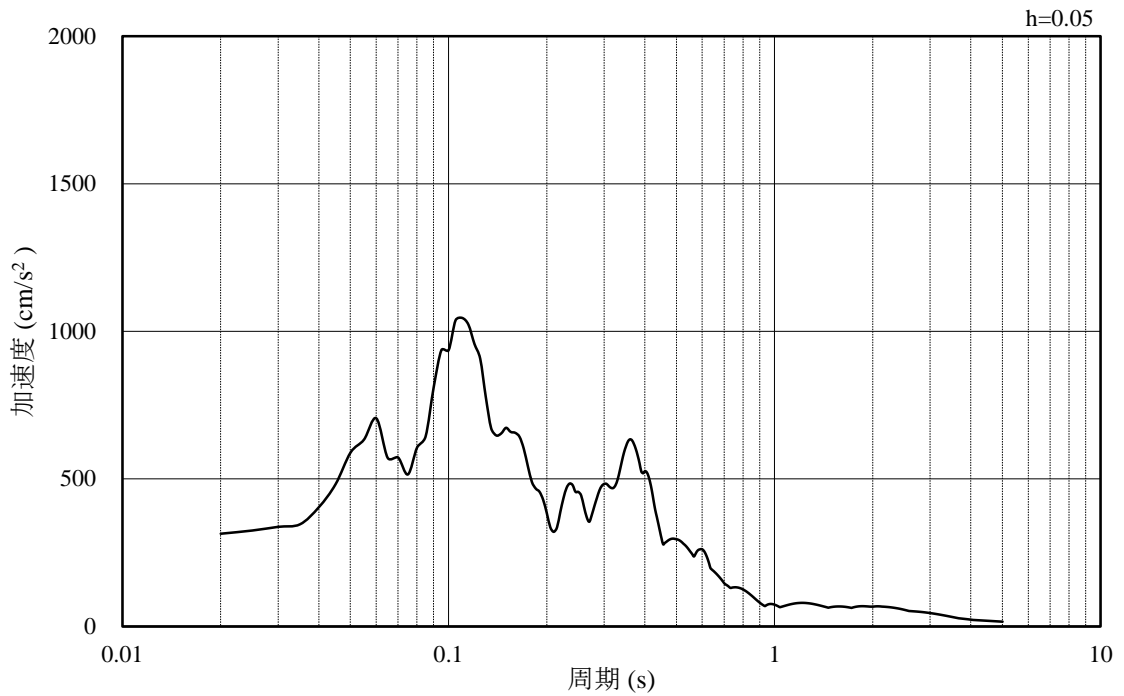


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-30 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 1, EL-35m)

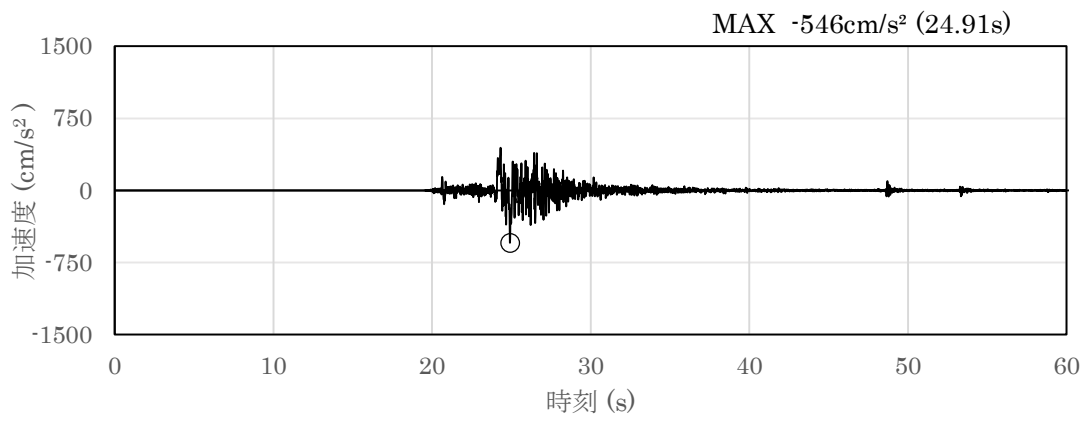


(a) 加速度時刻歴波形

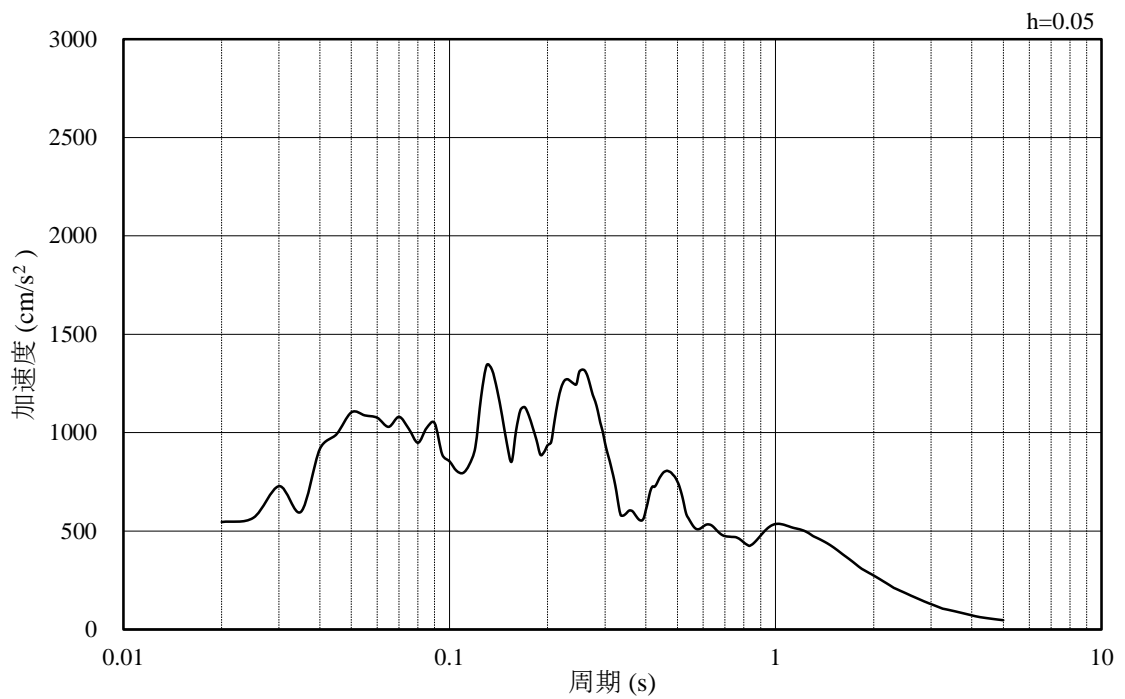


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-31 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 1, EL-35m)

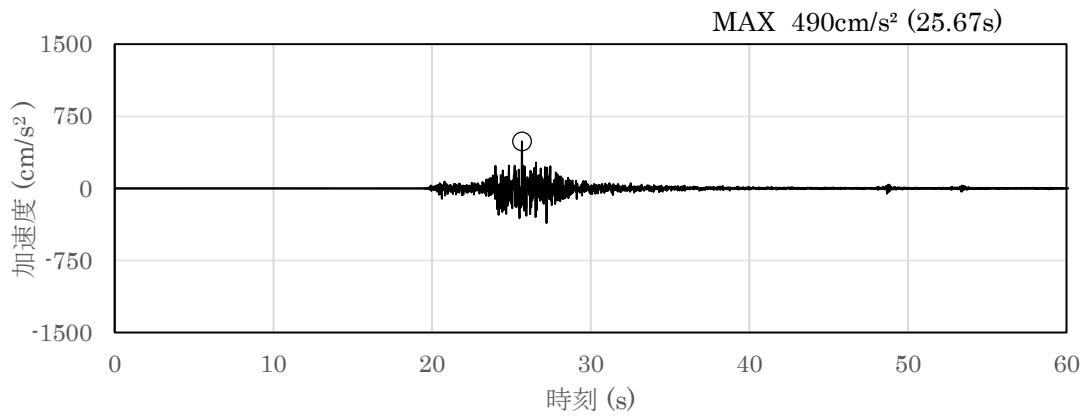


(a) 加速度時刻歴波形

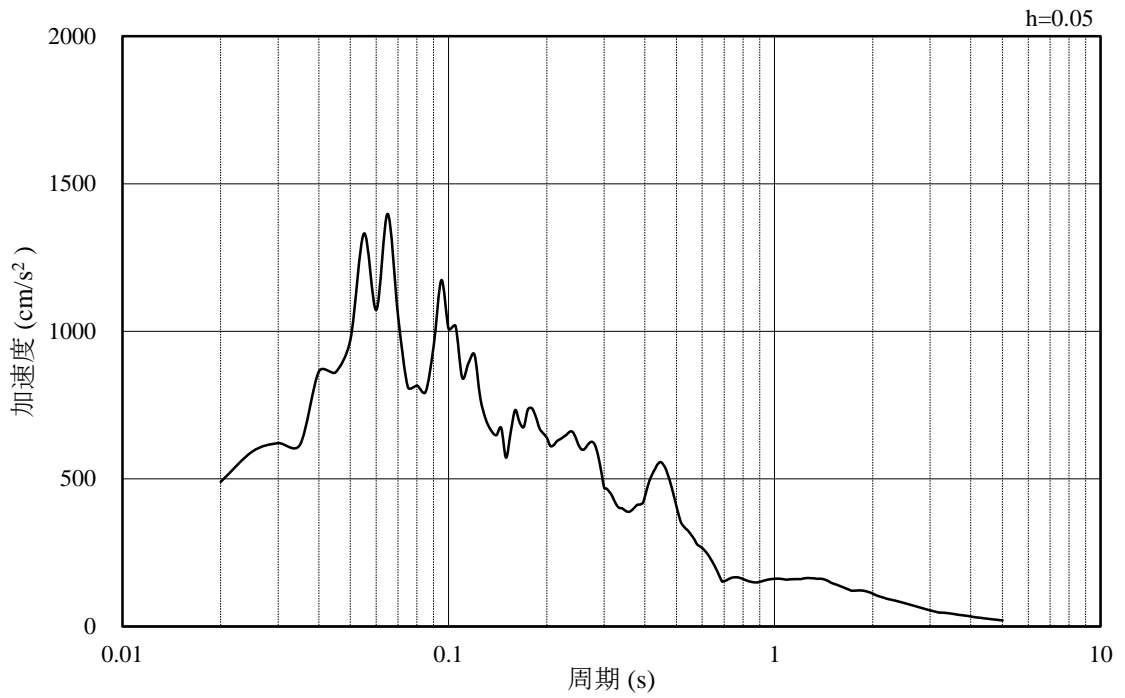


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-32 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 2 (N S), EL-35m)

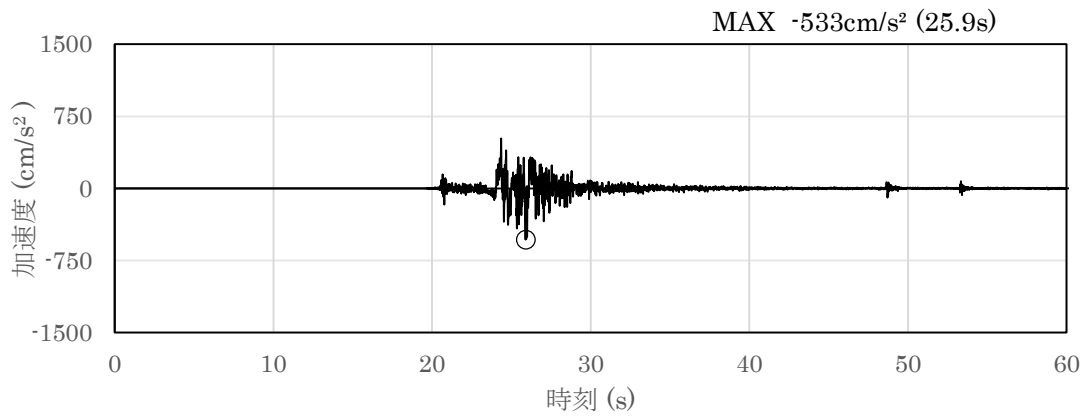


(a) 加速度時刻歴波形

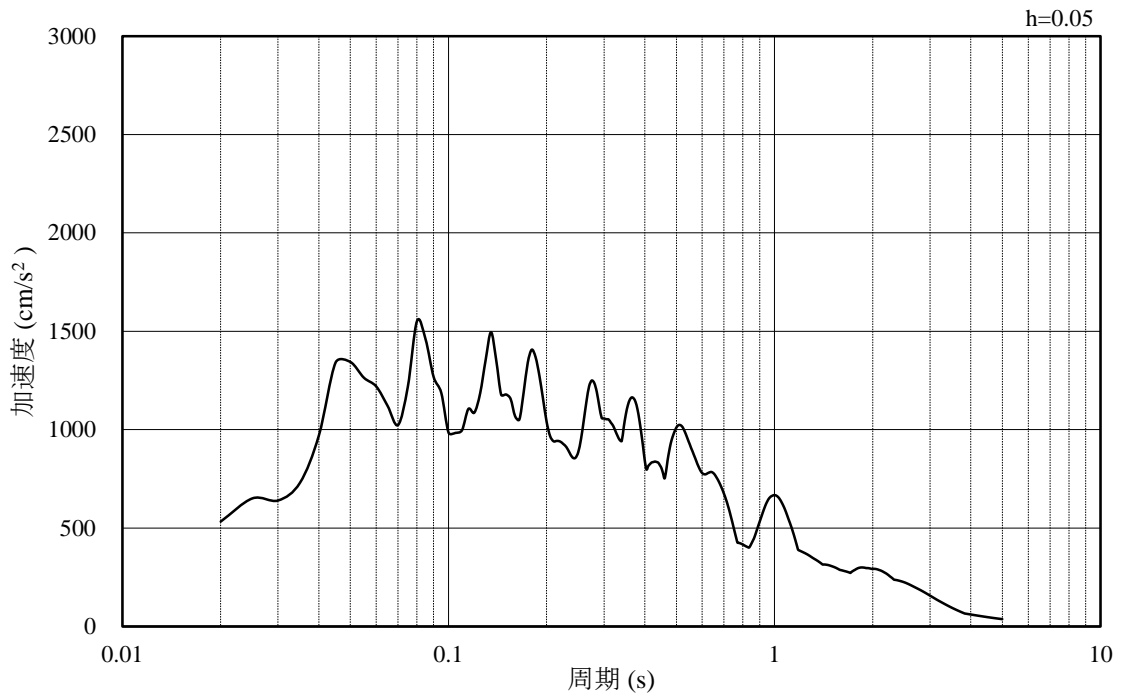


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-33 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 2 (N S), EL-35m)

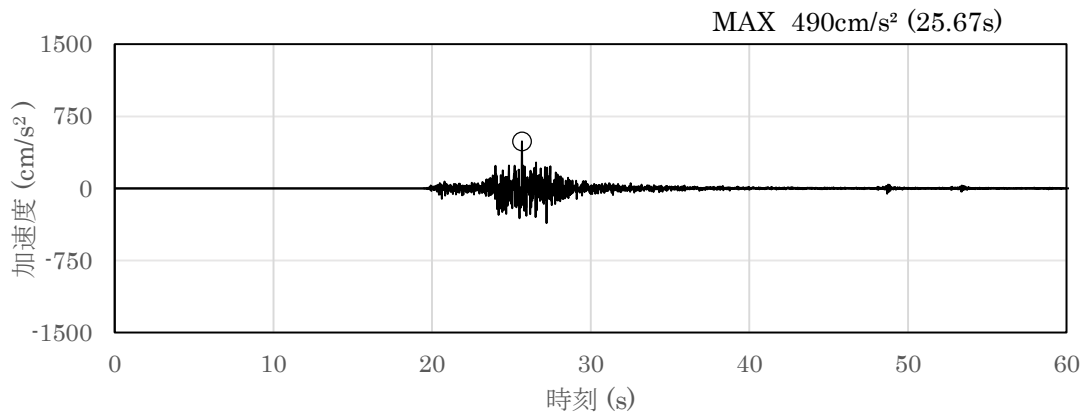


(a) 加速度時刻歴波形

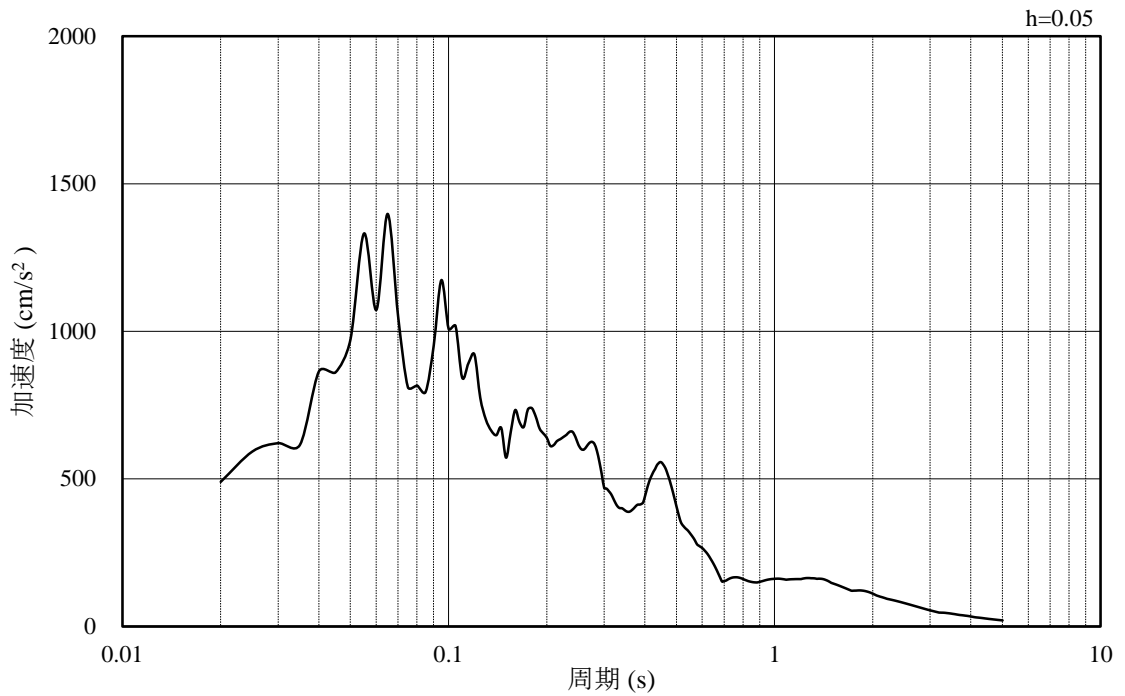


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-34 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 2 (E W), EL-35m)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-35 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 2 (E W), EL-35m)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答解析モデル図を図 3-36～図 3-38 に示す。

(1) 解析領域

解析領域は、側方境界及び底面境界が構造物の応答に影響しないよう、構造物と側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。

(2) 境界条件

解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

鉄筋コンクリート部材は非線形はり要素及び平面応力要素でモデル化する。機器・配管荷重は解析モデルに付加質量として与えることで考慮する。

(4) 地盤のモデル化

岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、埋戻土は、地盤の非線形性をマルチスプリング要素で考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。

(5) 隣接構造物のモデル化

A-A断面及びB-B断面の解析モデル範囲において隣接構造物となる原子炉建物は、等価剛性として線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

C-C断面の解析モデル範囲において隣接構造物となる第1ベントフィルタ格納槽については、耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出する必要があることから、非線形はり要素及び平面応力要素でモデル化する。また、補助消火水槽は、保守的に埋戻土でモデル化する。埋戻土は、地盤の非線形性をマルチスプリング要素で考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。

(6) MMR及び埋戻コンクリートのモデル化

MMR及び埋戻コンクリートは無筋コンクリートとして線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

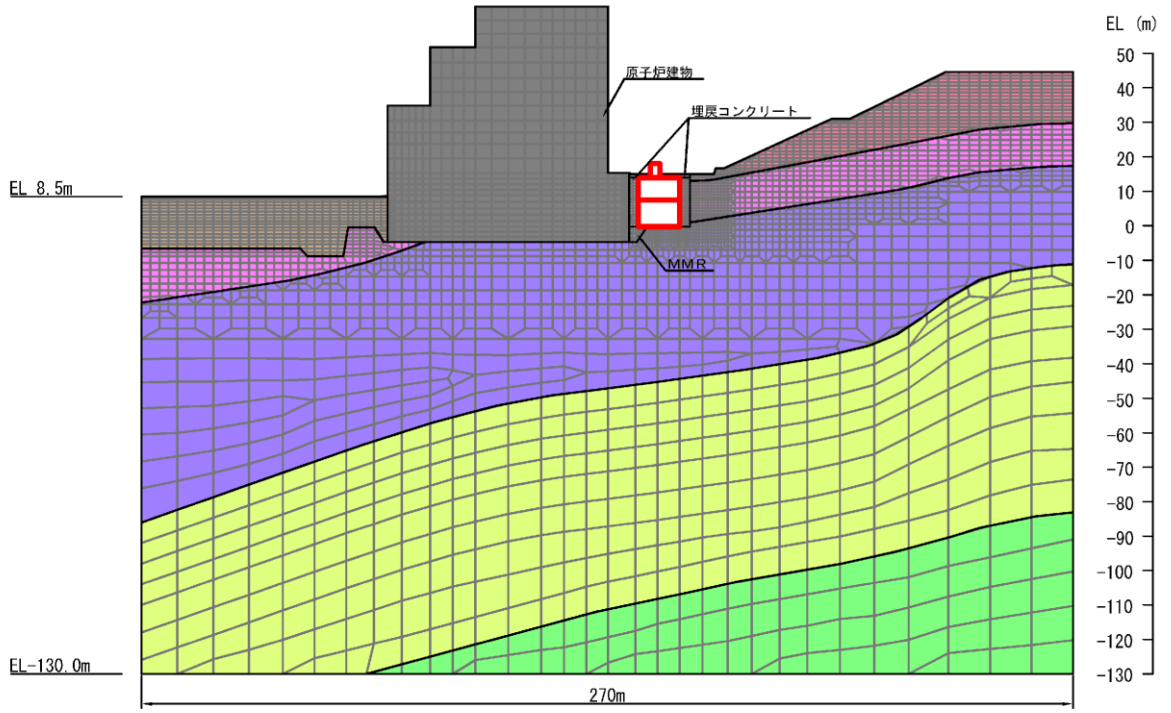
(7) ジョイント要素の設定

地震時の「構造物と埋戻コンクリート」、「構造物と埋戻土」、「構造物と岩盤」、「無筋コンクリートと埋戻土」及び「無筋コンクリートと岩盤」の接合面における接触、剥離及びすべりを考慮するため、これらの接合面にジョイント要素を設定する。

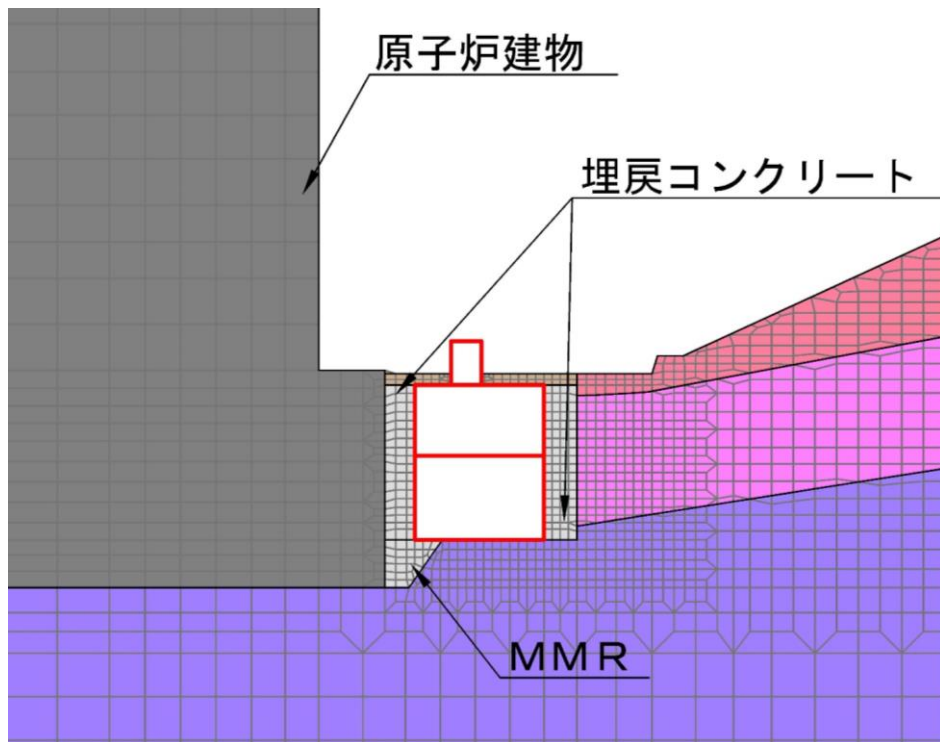
(8) 水位条件

低圧原子炉代替注水槽の内水位は、EL 11.2mとする。

- | | | | |
|---|---|---|---|
|  : 岩盤 (1層) |  : 岩盤 (4層) |  : 埋戻土 |  : 隣接構造物 |
|  : 岩盤 (2層) |  : 岩盤 (5層) |  : MMR, 埋戻コンクリート | |
|  : 岩盤 (3層) |  : 評価対象構造物 | | |



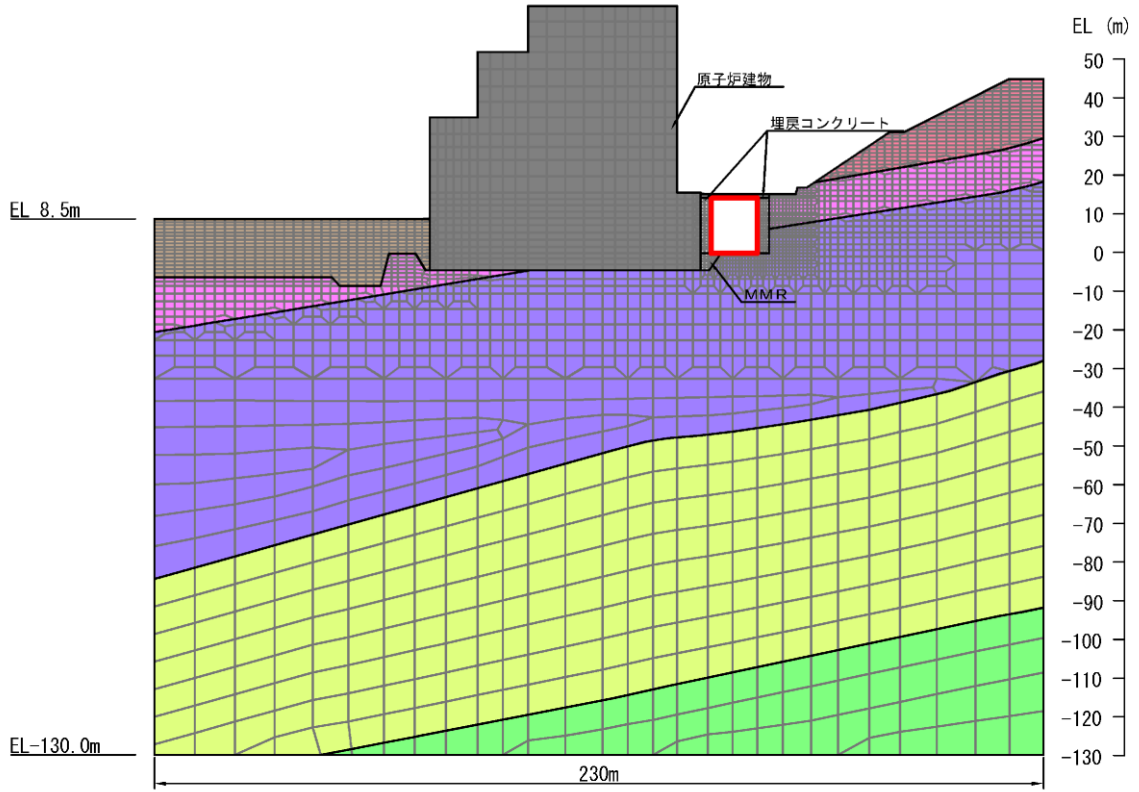
(全体図)



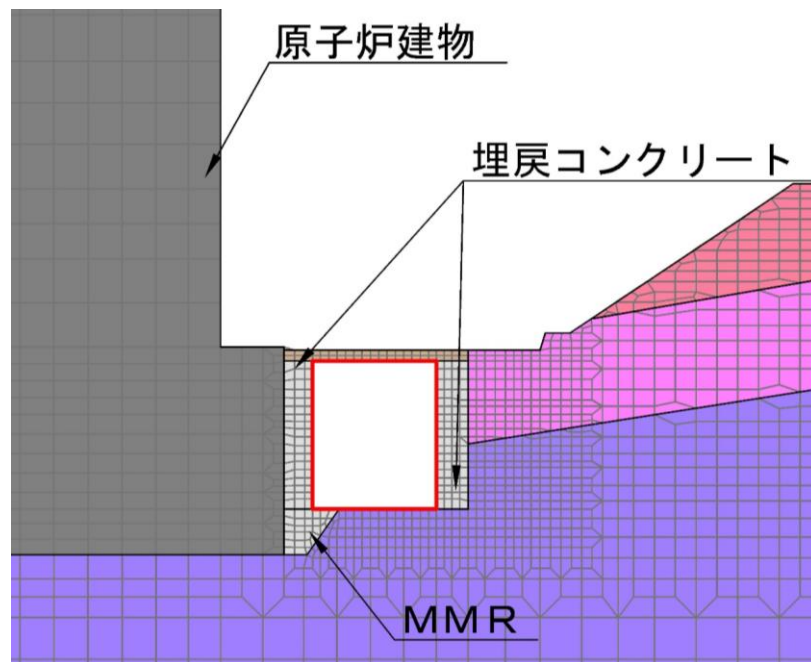
(拡大図)

図 3-36 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 地震応答解析モデル図 (A-A断面)

- | | | | |
|--|--|--|--|
| : 岩盤 (1層) | : 岩盤 (4層) | : 埋戻土 | : 隣接構造物 |
| : 岩盤 (2層) | : 岩盤 (5層) | : MMR, 埋戻コンクリート | |
| : 岩盤 (3層) | : 評価対象構造物 | | |

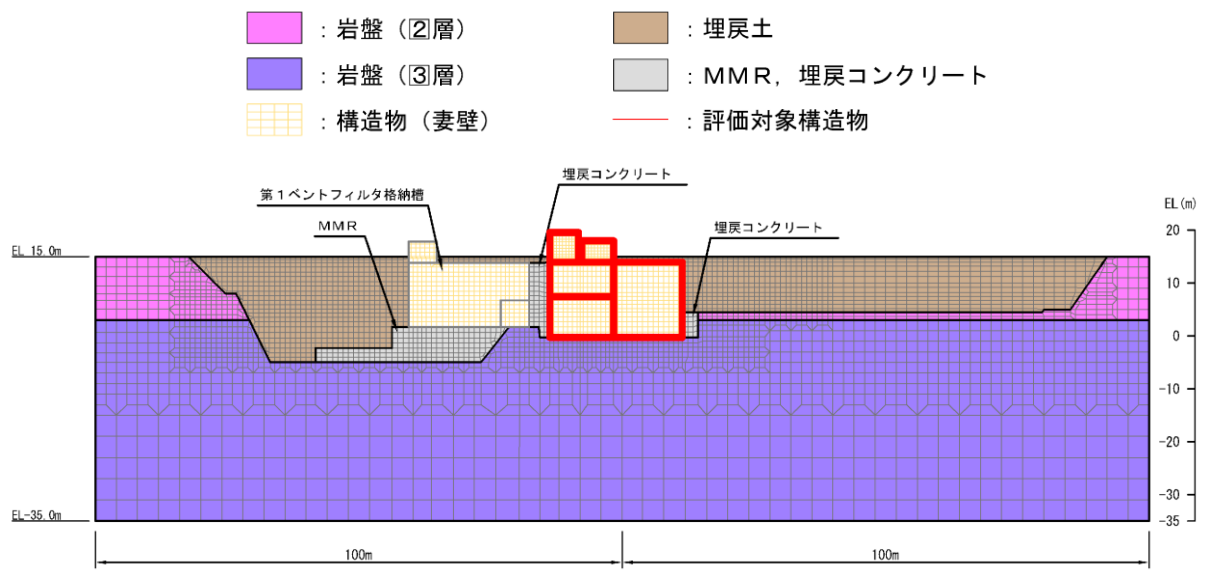


(全体図)

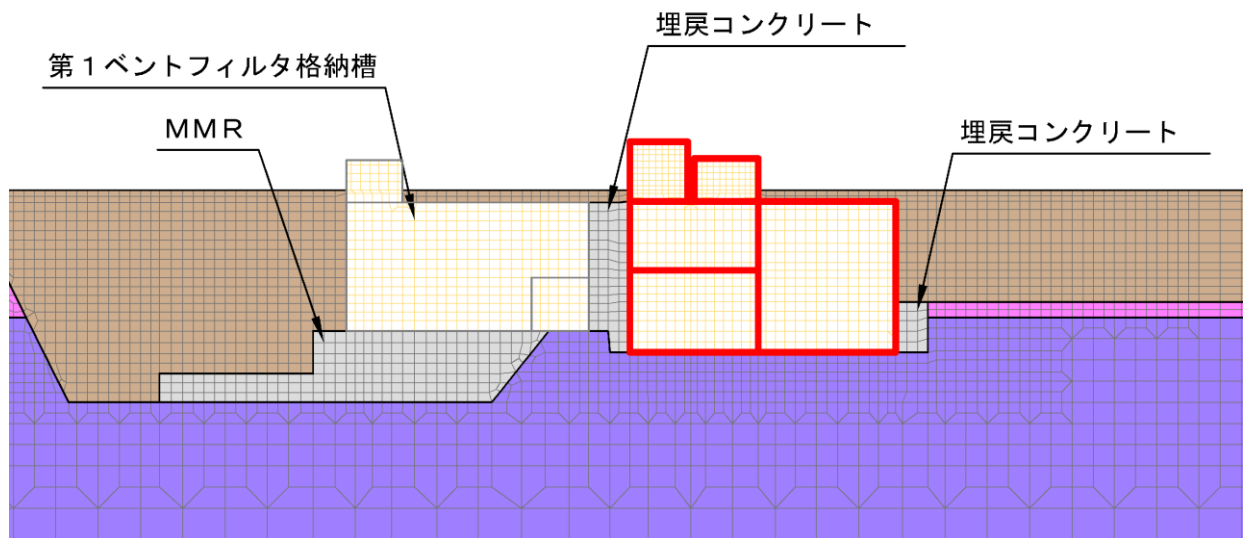


(拡大図)

図 3-37 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 地震応答解析モデル図 (B-B断面)



(全体図)



(拡大図)

図 3-38 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 地震応答解析モデル図 (C-C断面)

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-6 に、材料の物性値を表 3-7 に示す。

表 3-6 使用材料

材料		仕様
構造物 (鉄筋コンクリート)	コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²
	鉄筋	SD345
埋戻コンクリート		設計基準強度 18.0N/mm ²
MMR		

表 3-7 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物 (鉄筋コンクリート)	2.50×10 ⁴	24.0* ¹	0.2
埋戻コンクリート	2.20×10 ⁴	22.6* ²	
MMR			

注記*1：鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

*2：無筋コンクリートの単位体積重量を示す。

3.5.3 地盤の物性値

地盤については、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

3.5.4 地下水位

設計地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に従い設定する。設計地下水位の一覧を表 3-8 に示す。

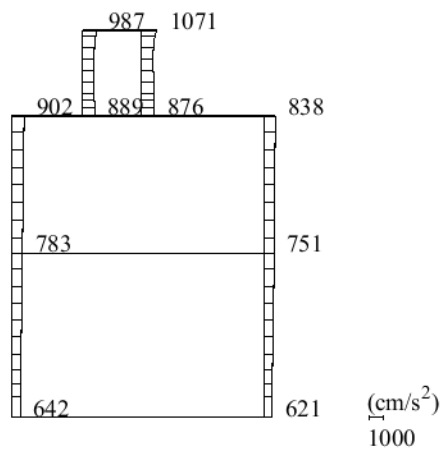
表 3-8 設計地下水位の一覧

施設名称	解析断面	設計地下水位 (EL m)
低圧原子炉代替注水 ポンプ格納槽	A-A断面	15.0
	B-B断面	
	C-C断面	

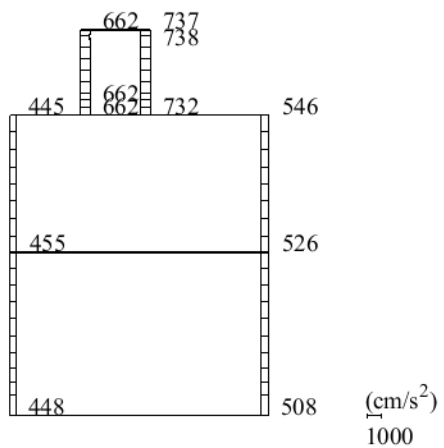
4. 解析結果

4.1 A-A断面の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として，解析ケース①について，すべての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図を図 4-1～図 4-12 に示す。

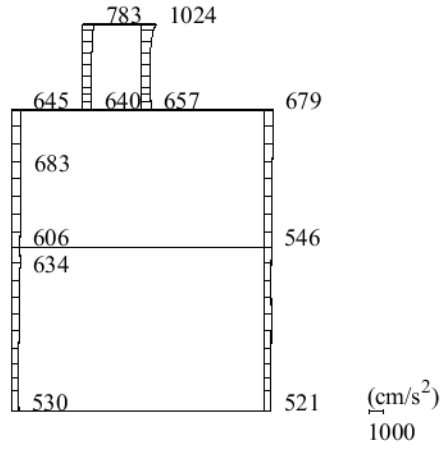


(a) S s - D (++) 水平

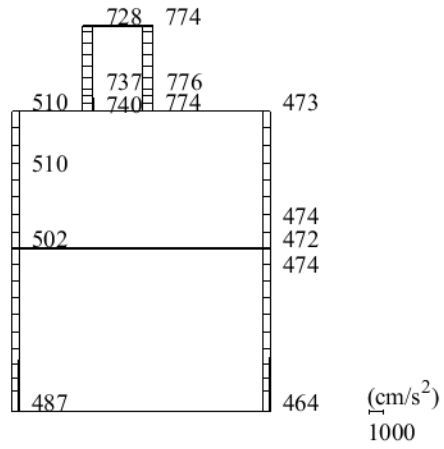


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-1 最大応答加速度分布図 (1/12) (解析ケース①)

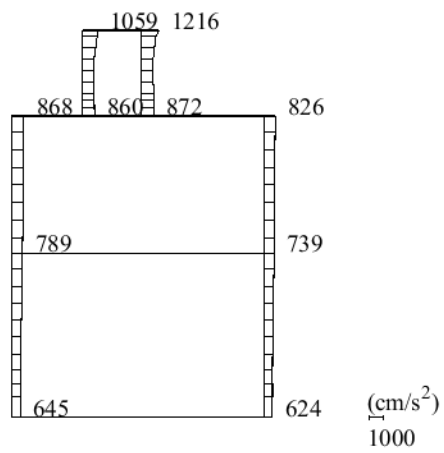


(a) $S_s - D$ (- +) 水平

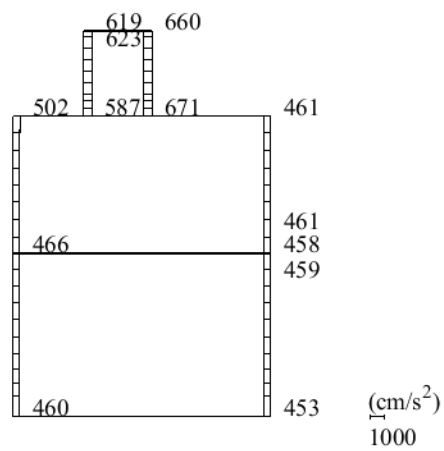


(b) $S_s - D$ (- +) 鉛直

図 4-2 最大応答加速度分布図 (2/12) (解析ケース①)

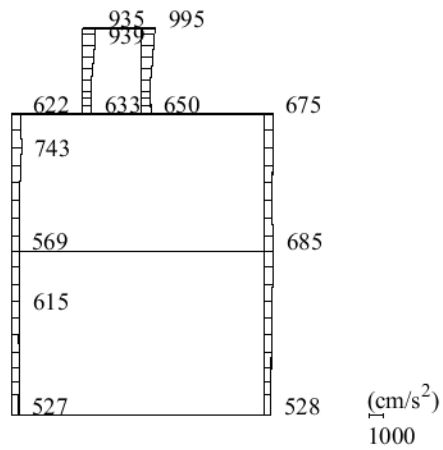


(a) S s - D (+ -) 水平

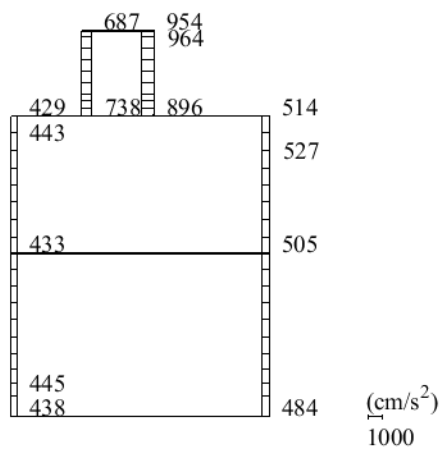


(b) S s - D (+ -) 鉛直

図 4-3 最大応答加速度分布図 (3/12) (解析ケース①)

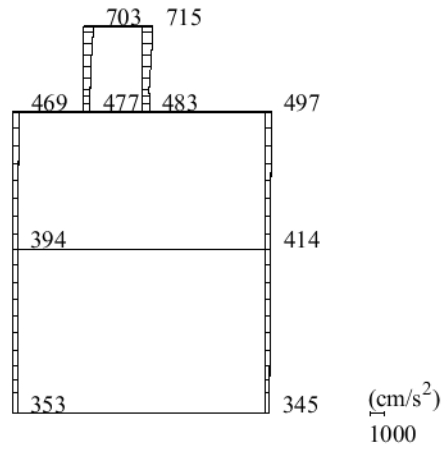


(a) S s - D (--) 水平

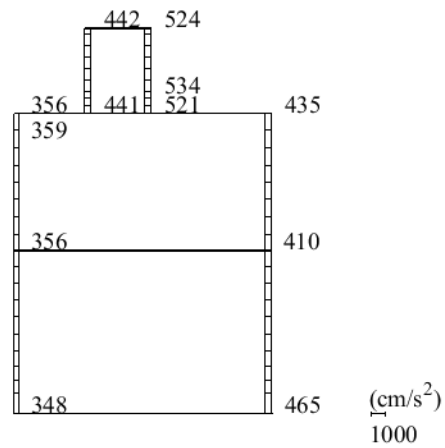


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-4 最大応答加速度分布図 (4/12) (解析ケース①)

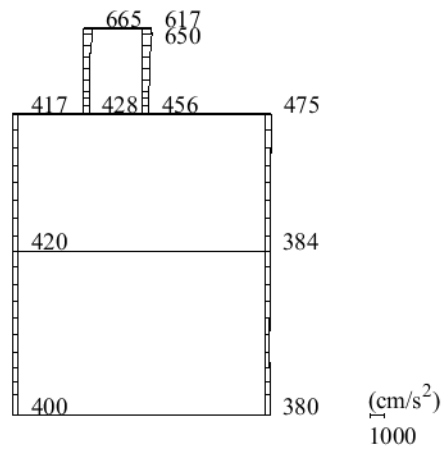


(a) $S_s - F 1$ (++) 水平

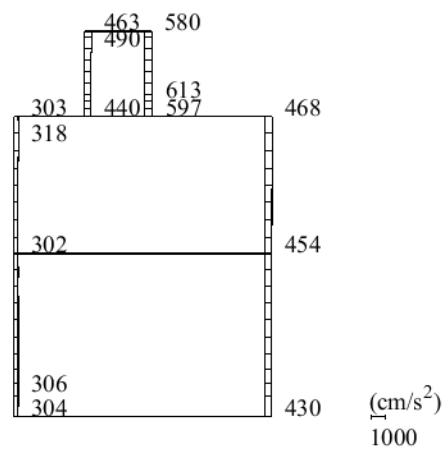


(b) $S_s - F 1$ (++) 鉛直

図 4-5 最大応答加速度分布図 (5/12) (解析ケース①)

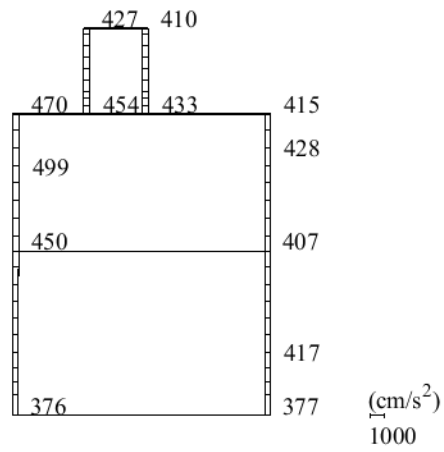


(a) $S_s - F_2$ (++) 水平

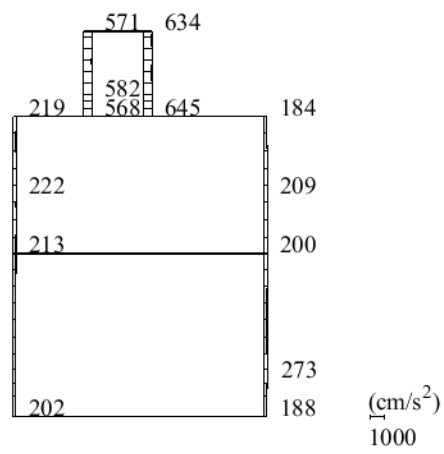


(b) $S_s - F_2$ (++) 鉛直

図 4-6 最大応答加速度分布図 (6/12) (解析ケース①)

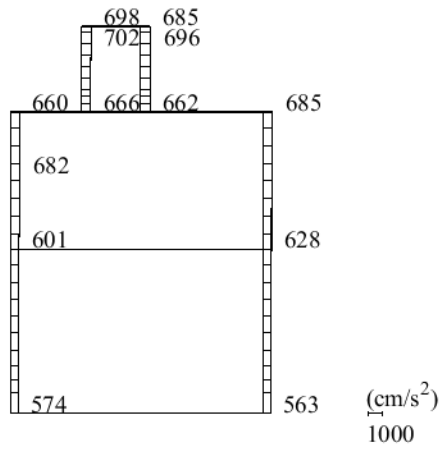


(a) S s - N 1 (++) 水平

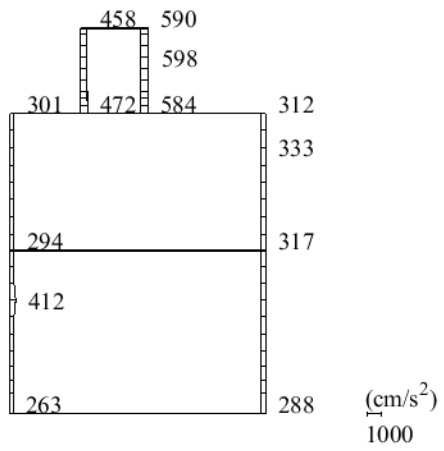


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-7 最大応答加速度分布図 (7/12) (解析ケース①)

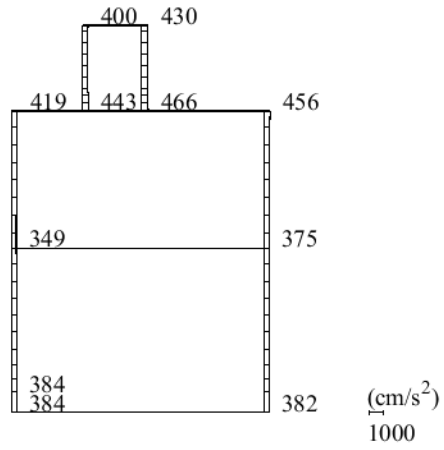


(a) S_s - N 1 (- +) 水平

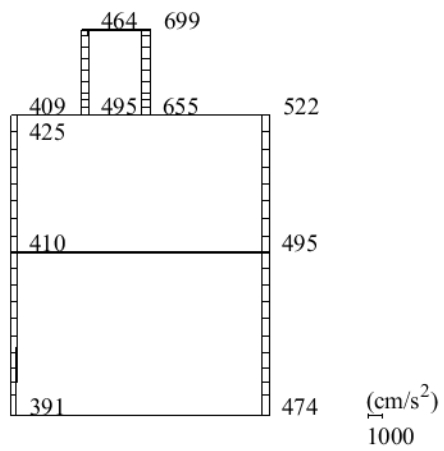


(b) S_s - N 1 (- +) 鉛直

図 4-8 最大応答加速度分布図 (8/12) (解析ケース①)

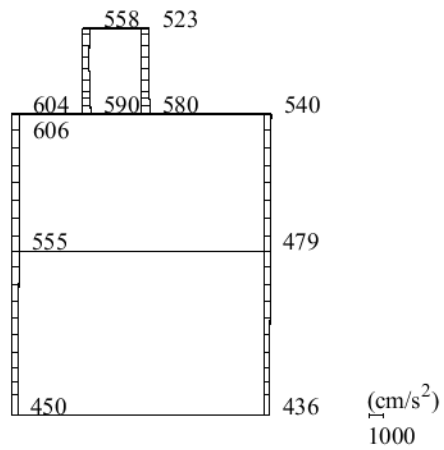


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 水平

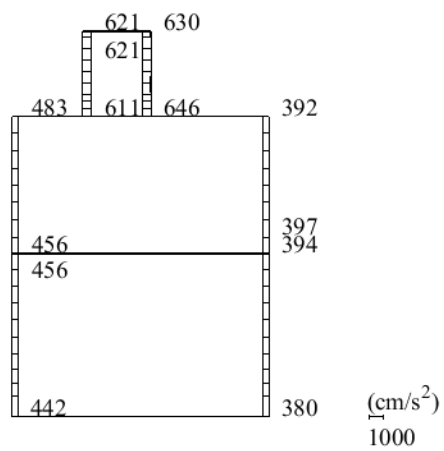


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 鉛直

図 4-9 最大応答加速度分布図 (9/12) (解析ケース①)

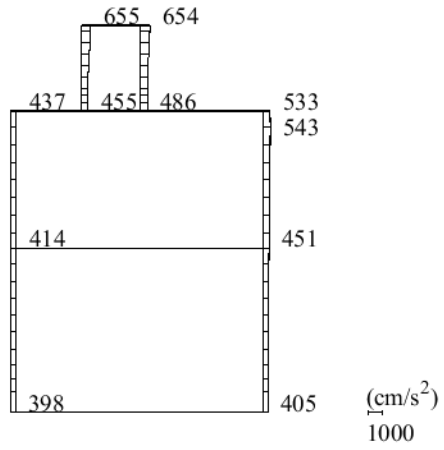


(a) S_s - N 2 (N S) (-+) 水平

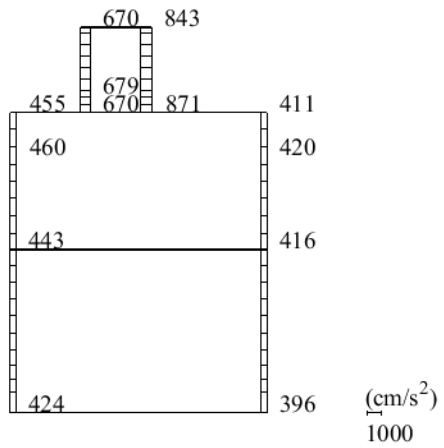


(b) S_s - N 2 (N S) (-+) 鉛直

図 4-10 最大応答加速度分布図 (10/12) (解析ケース①)

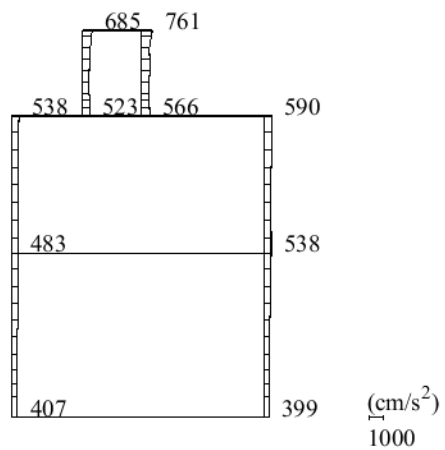


(a) $S_s - N 2 (EW) \quad (++) \quad \text{水平}$

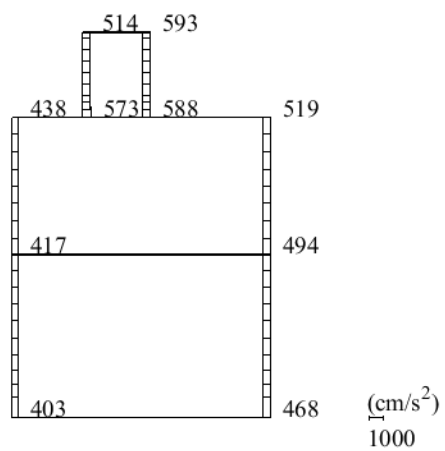


(b) $S_s - N 2 (EW) \quad (++) \quad \text{鉛直}$

図 4-11 最大応答加速度分布図 (11/12) (解析ケース①)



(a) $S_s - N2 (EW)$ (- +) 水平

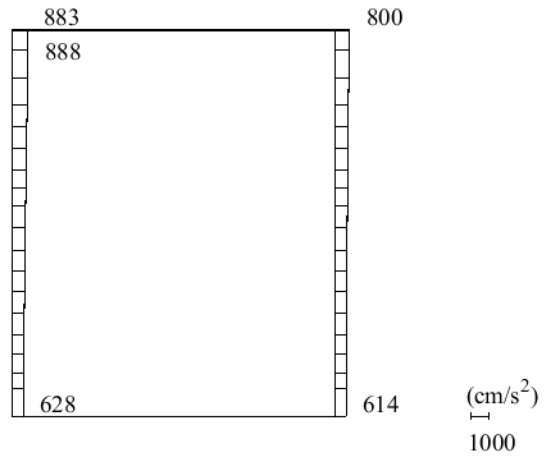


(b) $S_s - N2 (EW)$ (- +) 鉛直

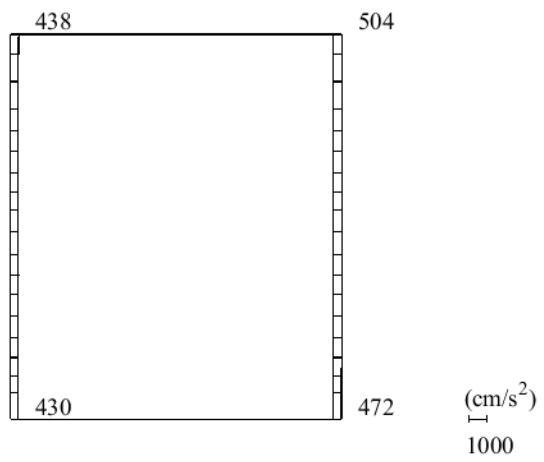
図 4-12 最大応答加速度分布図 (12/12) (解析ケース①)

4.2 B－B断面の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として、解析ケース①について、すべての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図を図 4-13～図 4-24 に示す。

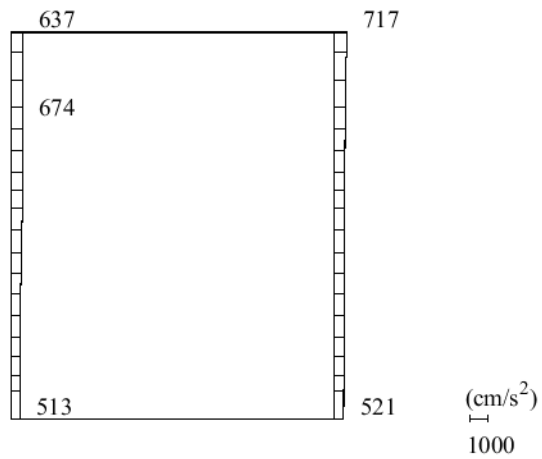


(a) S s - D (++) 水平

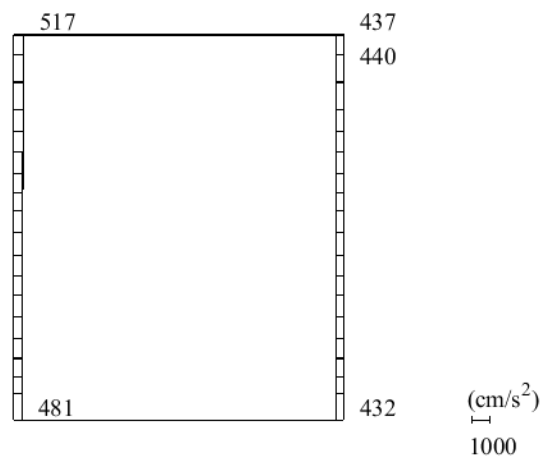


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-13 最大応答加速度分布図 (1/12) (解析ケース①)

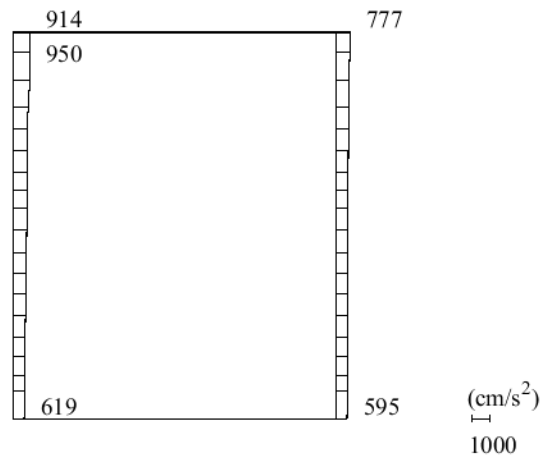


(a) S s - D (-+) 水平

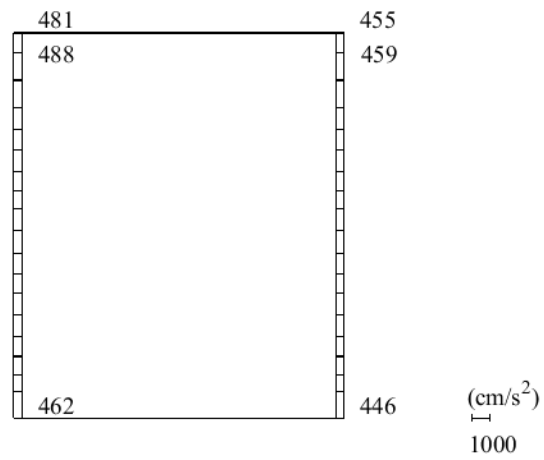


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-14 最大応答加速度分布図 (2/12) (解析ケース①)

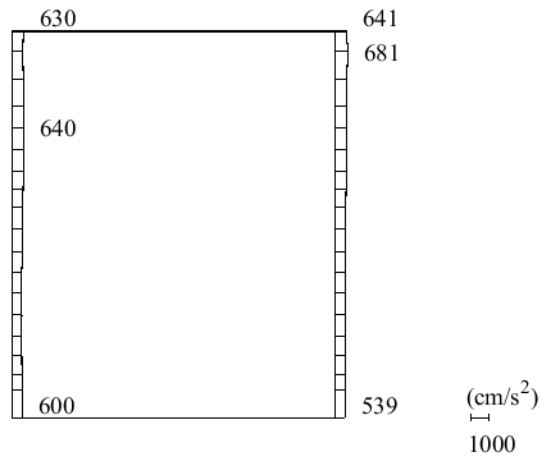


(a) S s - D (+ -) 水平

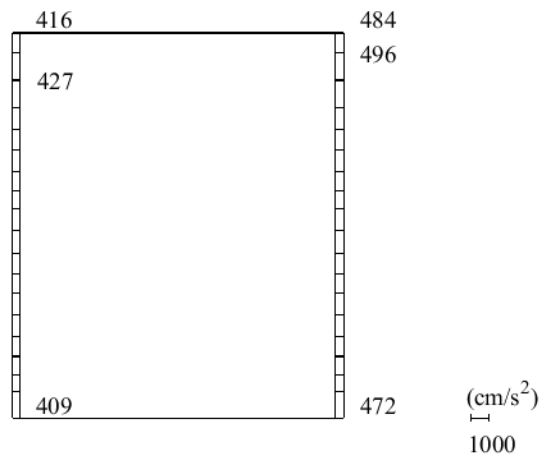


(b) S s - D (+ -) 鉛直

図 4-15 最大応答加速度分布図 (3/12) (解析ケース①)

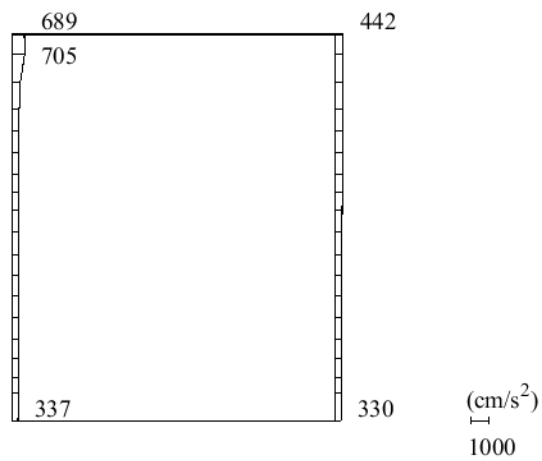


(a) S s - D (--) 水平

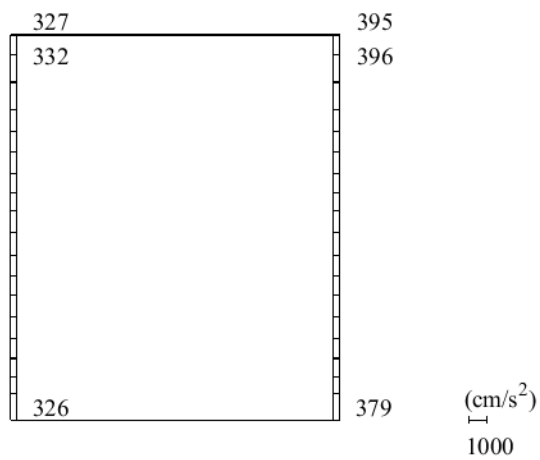


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-16 最大応答加速度分布図 (4/12) (解析ケース①)

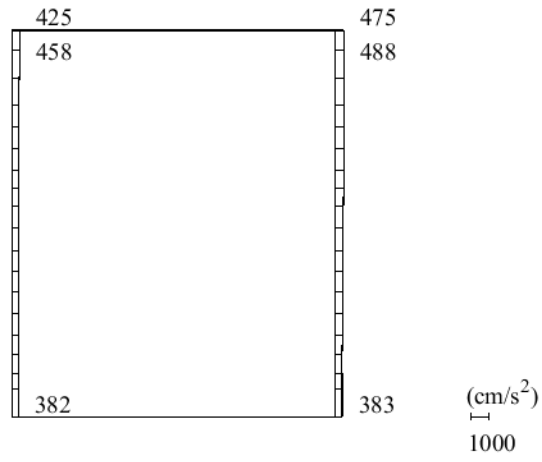


(a) S s - F 1 (++) 水平

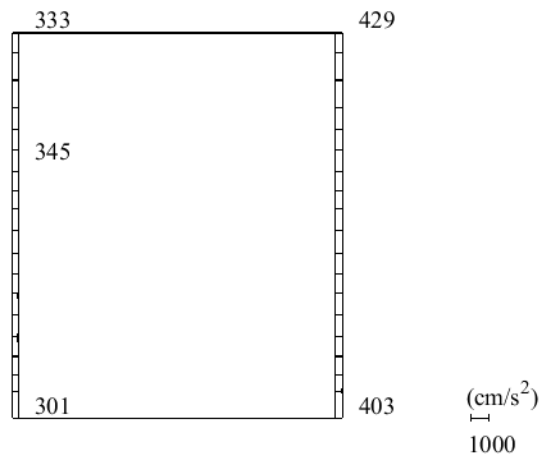


(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-17 最大応答加速度分布図 (5/12) (解析ケース①)

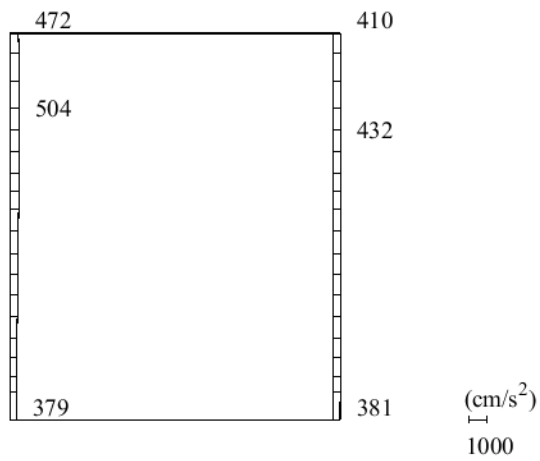


(a) $S_s - F_2$ (++) 水平

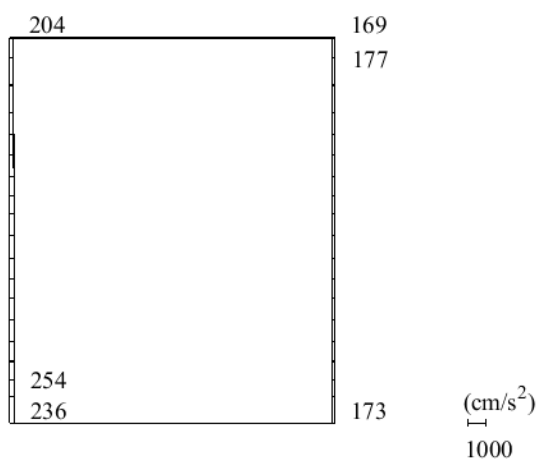


(b) $S_s - F_2$ (++) 鉛直

図 4-18 最大応答加速度分布図 (6/12) (解析ケース①)

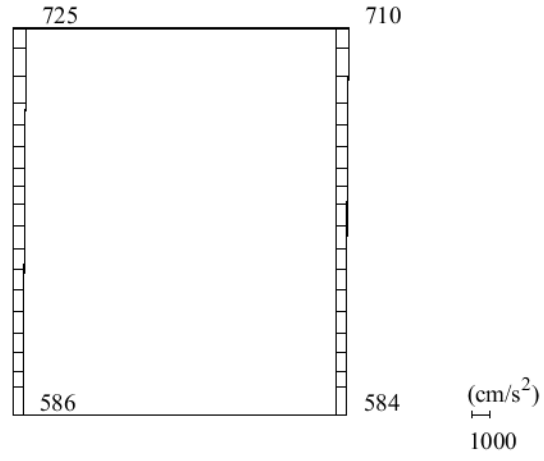


(a) S_s - N 1 (++) 水平

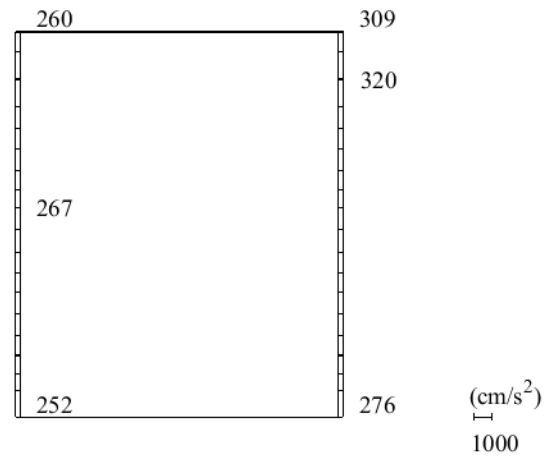


(b) S_s - N 1 (++) 鉛直

図 4-19 最大応答加速度分布図 (7/12) (解析ケース①)

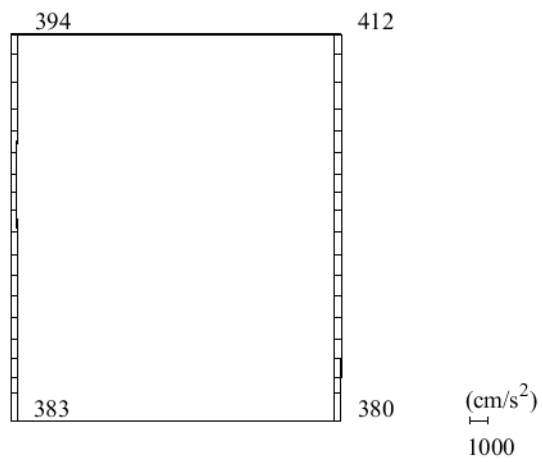


(a) $S_s - N1$ (−+) 水平

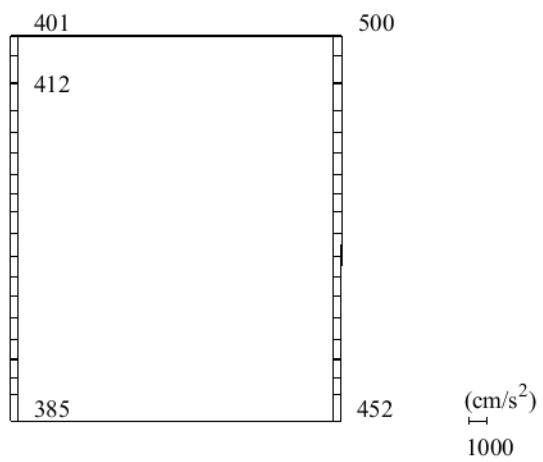


(b) $S_s - N1$ (−+) 鉛直

図 4-20 最大応答加速度分布図 (8/12) (解析ケース①)

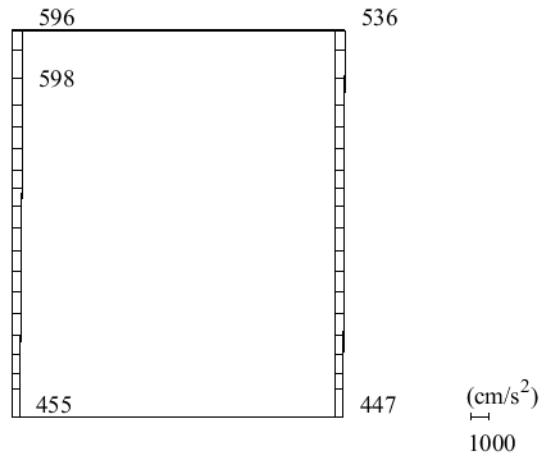


(a) $S_s - N2 (NS) \quad (++)$ 水平

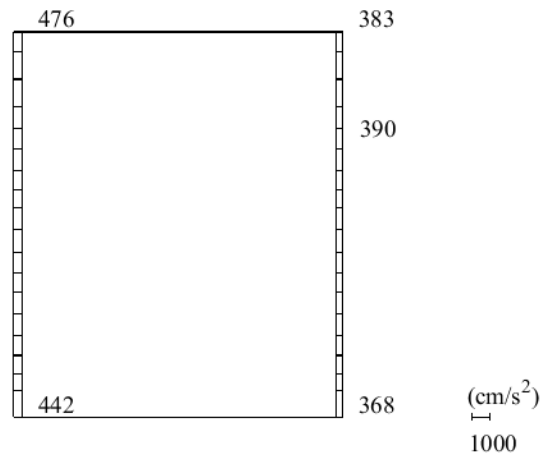


(b) $S_s - N2 (NS) \quad (++)$ 鉛直

図 4-21 最大応答加速度分布図 (9/12) (解析ケース①)

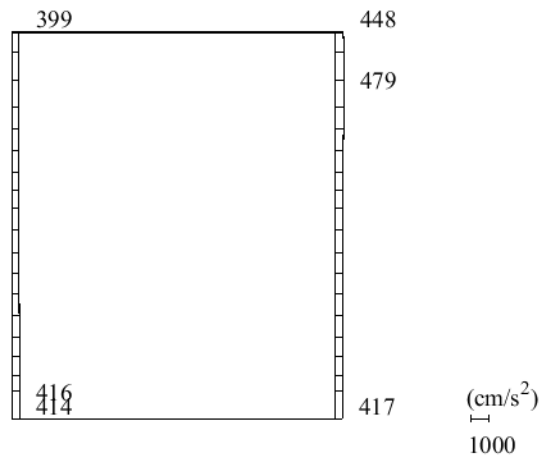


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (−+) 水平

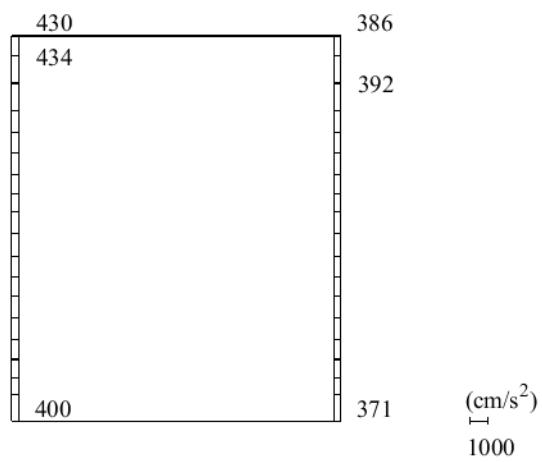


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (−+) 鉛直

図 4-22 最大応答加速度分布図 (10/12) (解析ケース①)

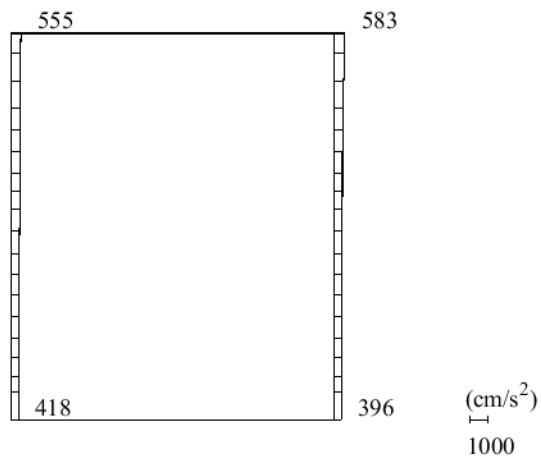


(a) $S_s - N_2$ (EW) (++) 水平

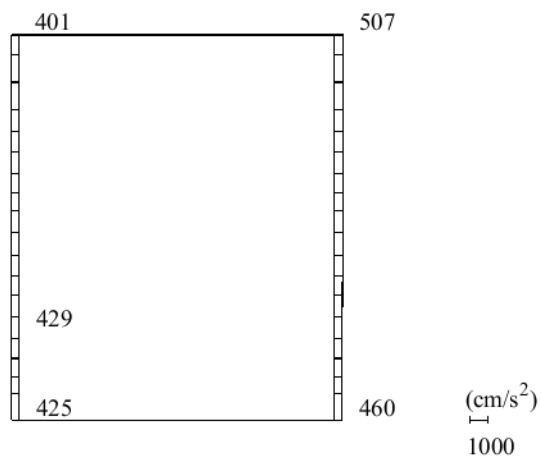


(b) $S_s - N_2$ (EW) (++) 鉛直

図 4-23 最大応答加速度分布図 (11/12) (解析ケース①)



(a) $S_s - N_2$ (EW) (-+) 水平

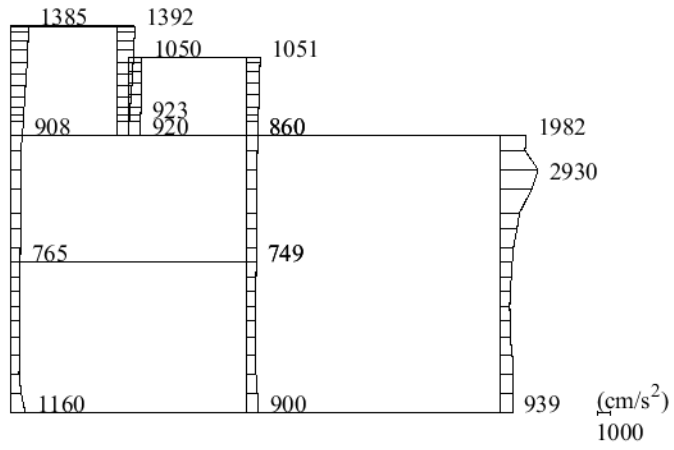


(b) $S_s - N_2$ (EW) (-+) 鉛直

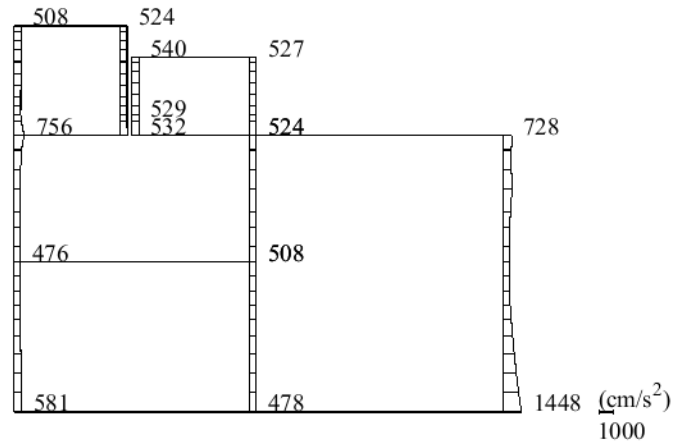
図 4-24 最大応答加速度分布図 (12/12) (解析ケース①)

4.3 C-C断面の解析結果

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価のために用いる応答加速度として、解析ケース①について、すべての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図を図4-25～図4-36に示す。

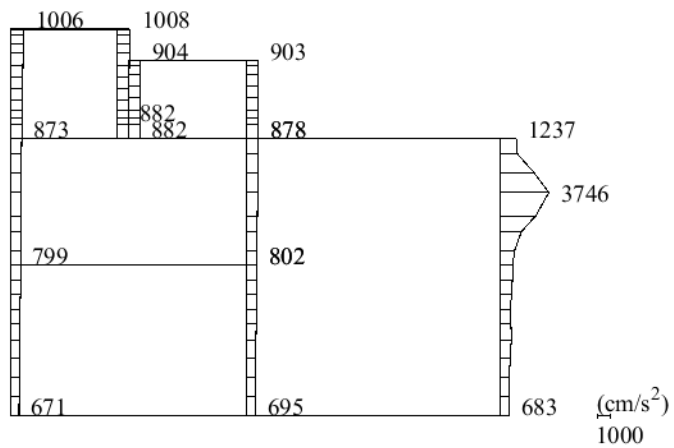


(a) S s - D (++) 水平

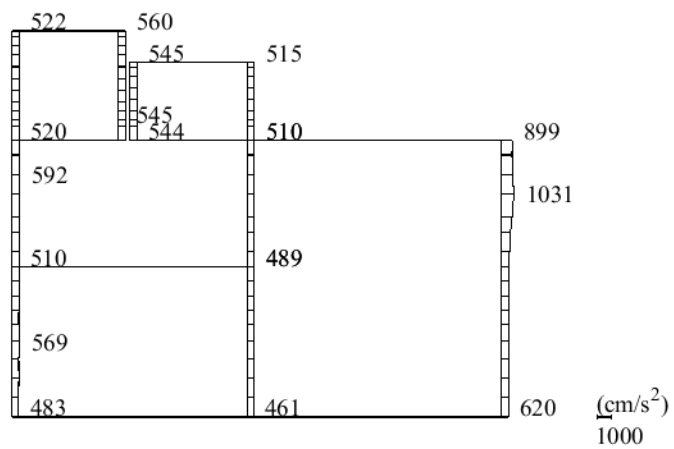


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-25 最大応答加速度分布図 (1/12) (解析ケース①)

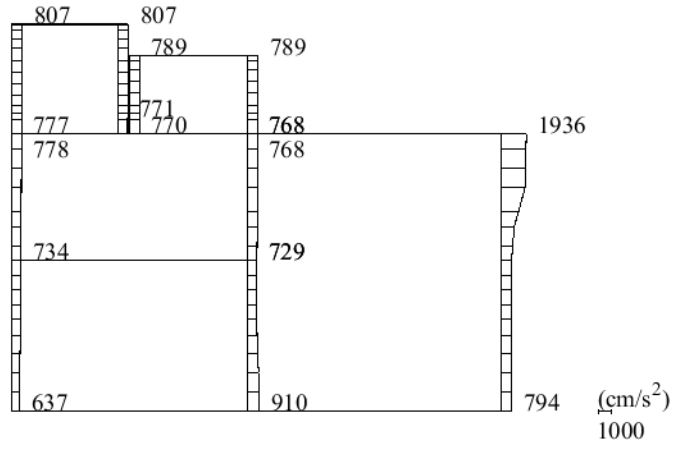


(a) S s - D (-+) 水平

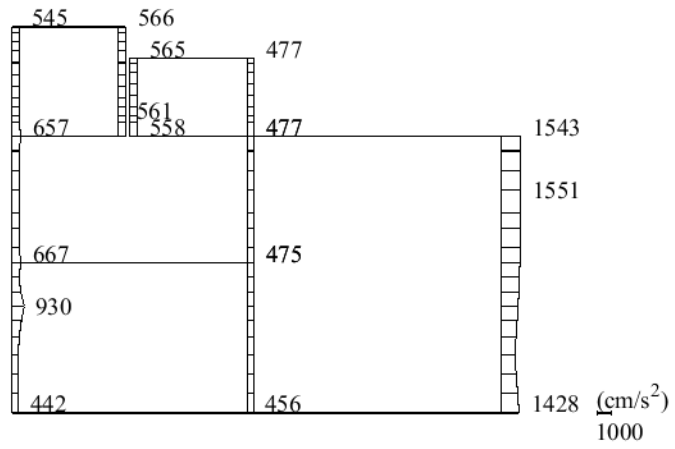


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-26 最大応答加速度分布図 (2/12) (解析ケース①)

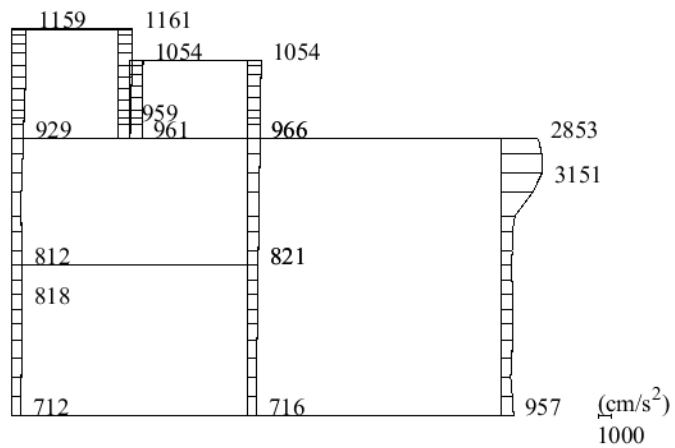


(a) $S_s - D$ (+-) 水平

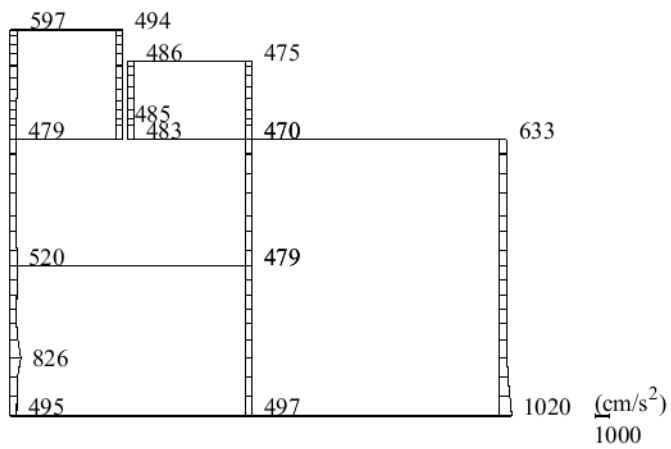


(b) $S_s - D$ (+-) 鉛直

図 4-27 最大応答加速度分布図 (3/12) (解析ケース①)

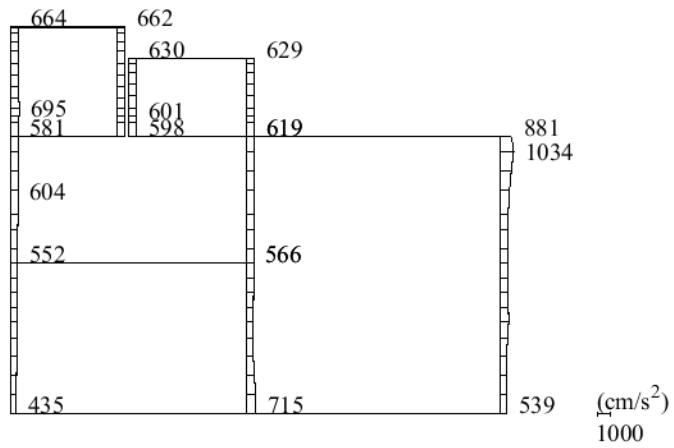


(a) S s - D (---) 水平

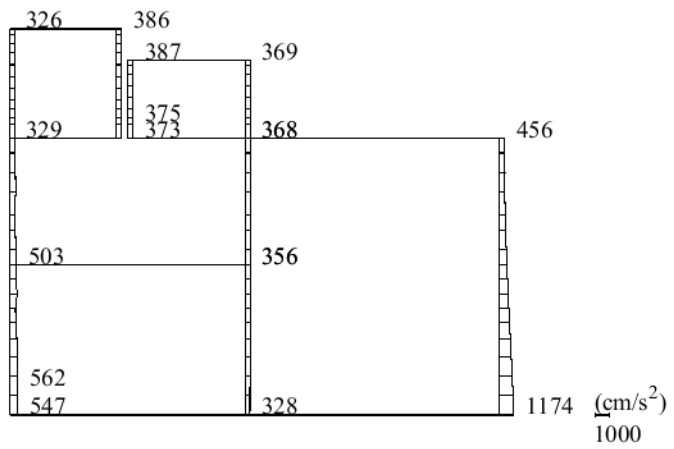


(b) S s - D (---) 鉛直

図 4-28 最大応答加速度分布図 (4/12) (解析ケース①)

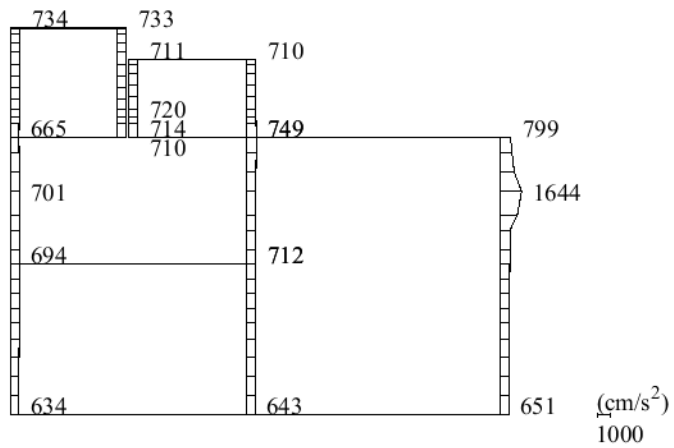


(a) S s - F 1 (++) 水平

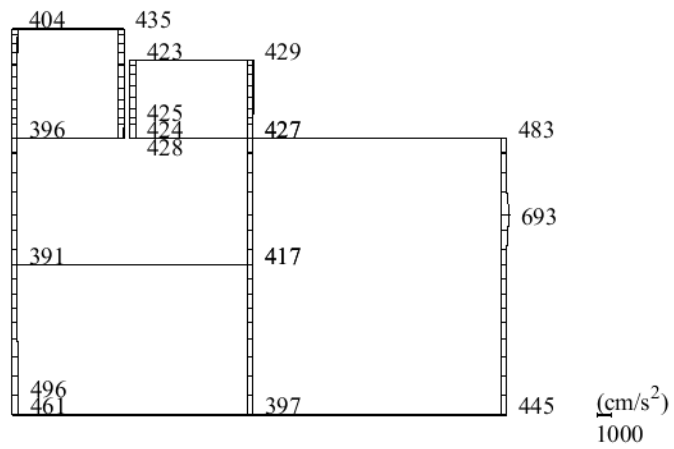


(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-29 最大応答加速度分布図 (5/12) (解析ケース①)

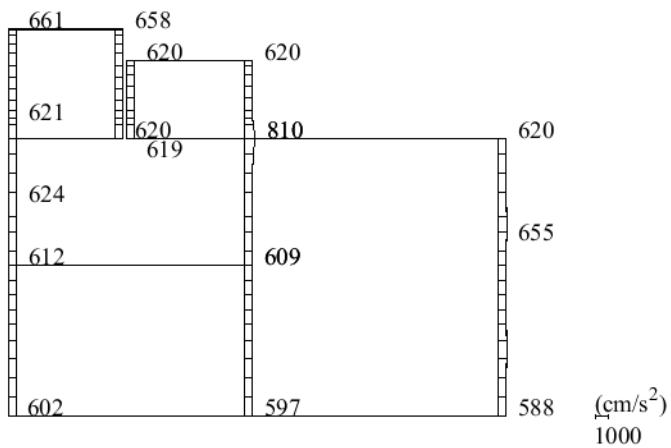


(a) S_s - F 2 (++) 水平

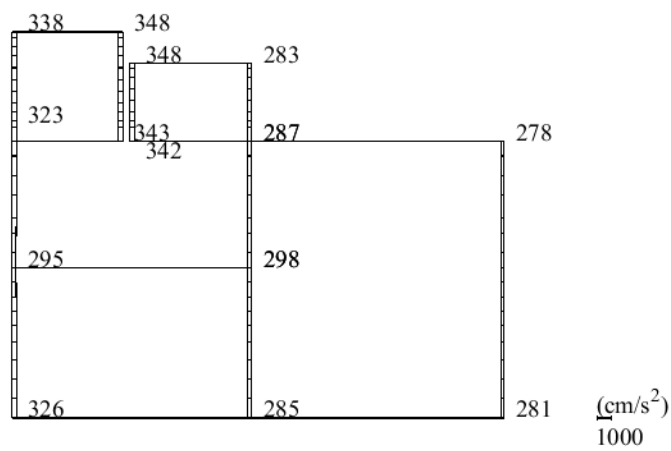


(b) S_s - F 2 (++) 鉛直

図 4-30 最大応答加速度分布図 (6/12) (解析ケース①)

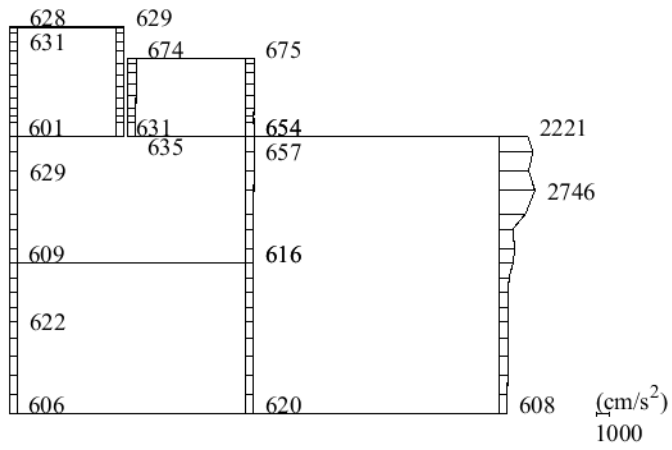


(a) $S_s - N1$ (++) 水平

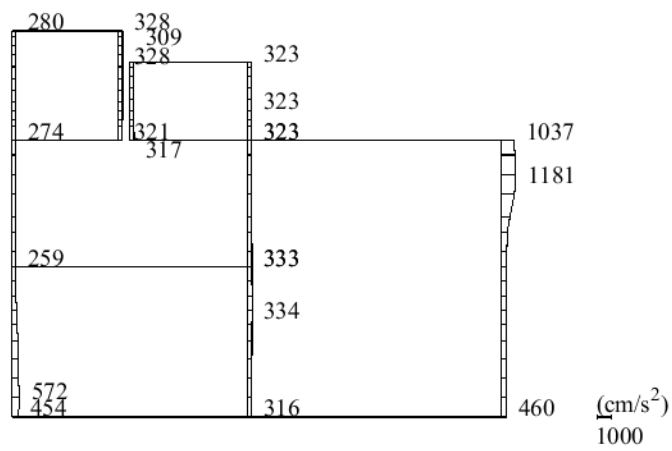


(b) $S_s - N1$ (++) 鉛直

図 4-31 最大応答加速度分布図 (7/12) (解析ケース①)

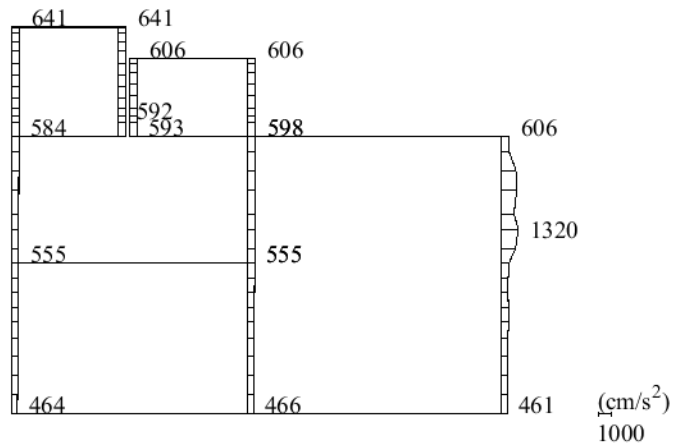


(a) S s - N 1 (-+) 水平

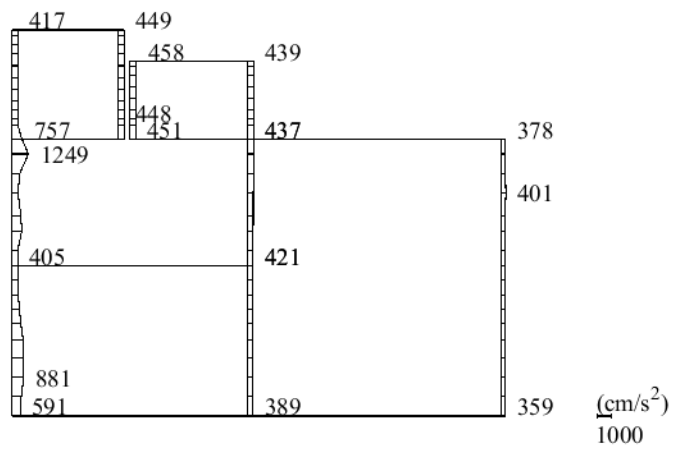


(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

図 4-32 最大応答加速度分布図 (8/12) (解析ケース①)

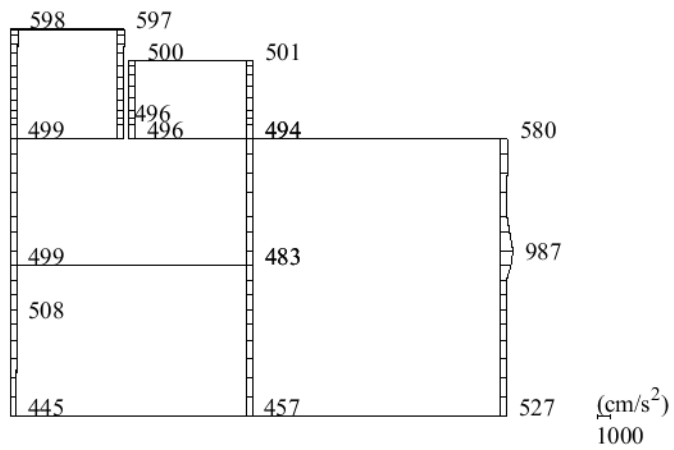


(a) $S_s - N2 (NS) \quad (++)$ 水平

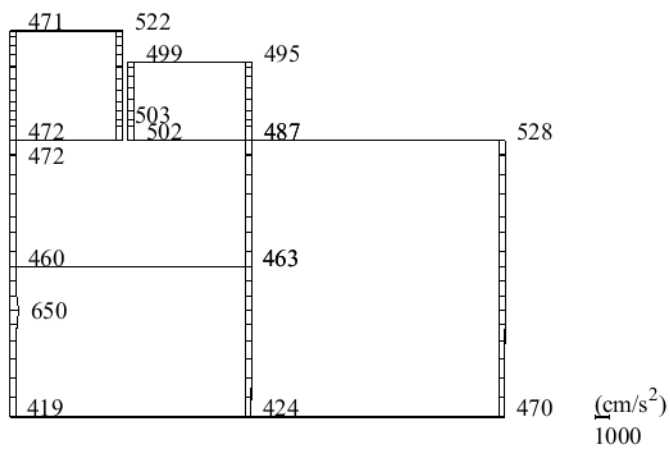


(b) $S_s - N2 (NS) \quad (++)$ 鉛直

図 4-33 最大応答加速度分布図 (9/12) (解析ケース①)

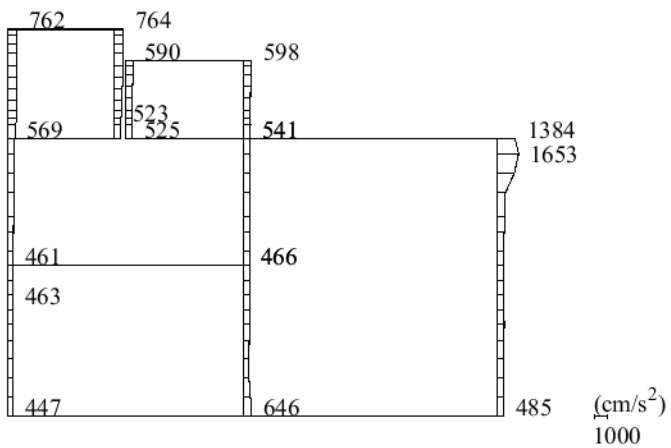


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (-+) 水平

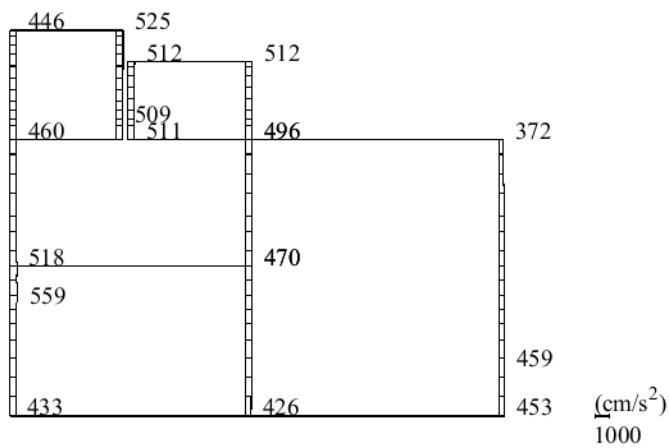


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (-+) 鉛直

図 4-34 最大応答加速度分布図 (10/12) (解析ケース①)

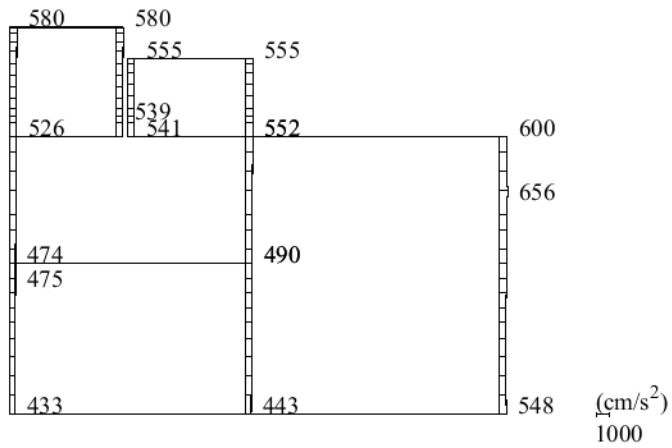


(a) $S_s - N2 (EW) \quad (++) \quad \text{水平}$

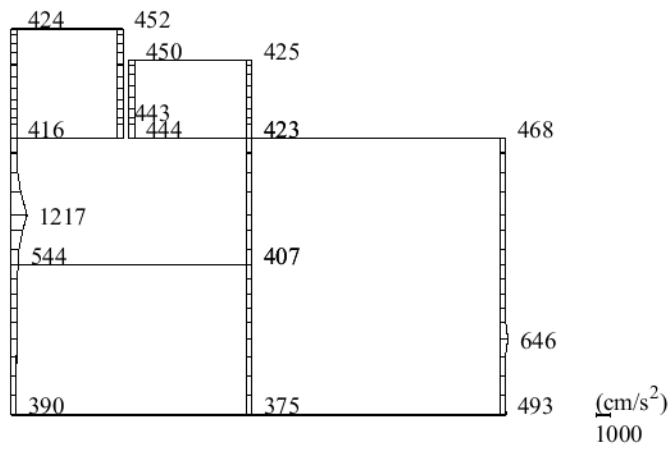


(b) $S_s - N2 (EW) \quad (++) \quad \text{鉛直}$

図 4-35 最大応答加速度分布図 (11/12) (解析ケース①)



(a) $S_s - N2$ (EW) (-+) 水平



(b) $S_s - N2$ (EW) (-+) 鉛直

図 4-36 最大応答加速度分布図 (12/12) (解析ケース①)

VI-2-別添 7-2-5 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の耐震性について
の計算書（掘削前）

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	8
2.4 適用規格・基準等	11
3. 耐震評価	12
3.1 評価対象断面	12
3.2 使用材料及び材料の物性値	14
3.3 許容限界	15
3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界	15
3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界	16
3.4 評価方法	17
3.4.1 構造部材の健全性評価	17
3.4.2 基礎地盤の支持性能評価	22
4. 耐震評価結果	23
4.1 構造部材の健全性に対する評価結果	23
4.2 貯水機能に対する評価結果	26
4.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果	27

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」の耐震計算書作成フローに基づき作成した。耐震計算書作成フローを図 1-1 に示す。

耐震評価については、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽に要求される機能維持の確認は、地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価により行う。また、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の一部である低圧原子炉代替注水槽については、貯水機能に対する評価を行う。

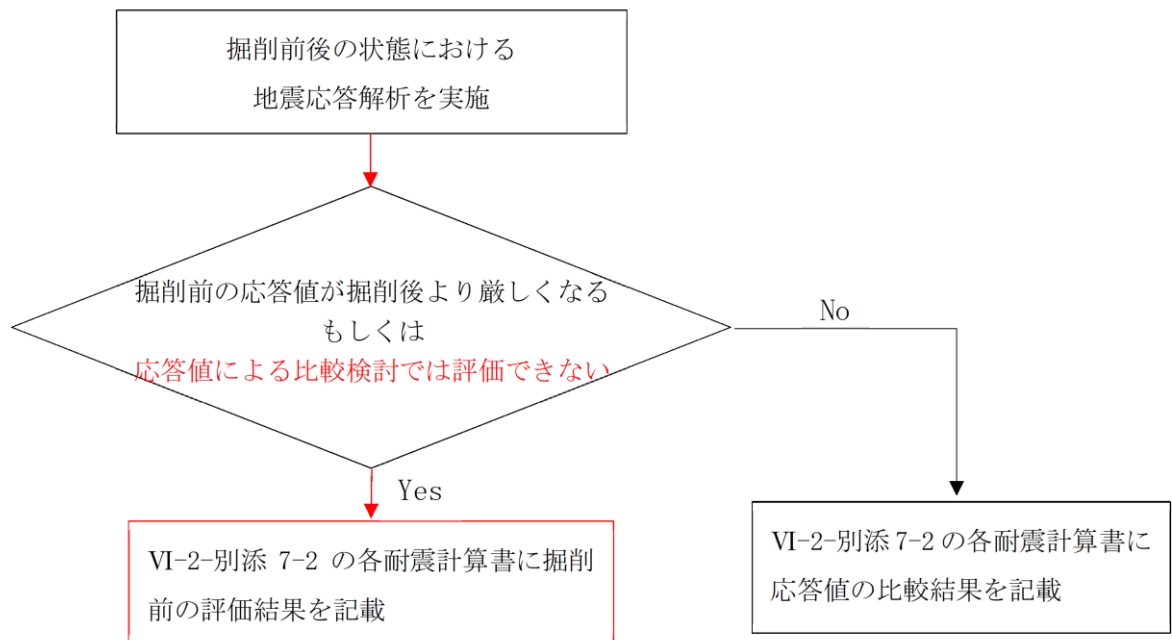


図 1-1 別添 7-2 における耐震計算書作成フロー

2. 基本方針

2.1 位置

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の位置図を図 2-1 に示す。

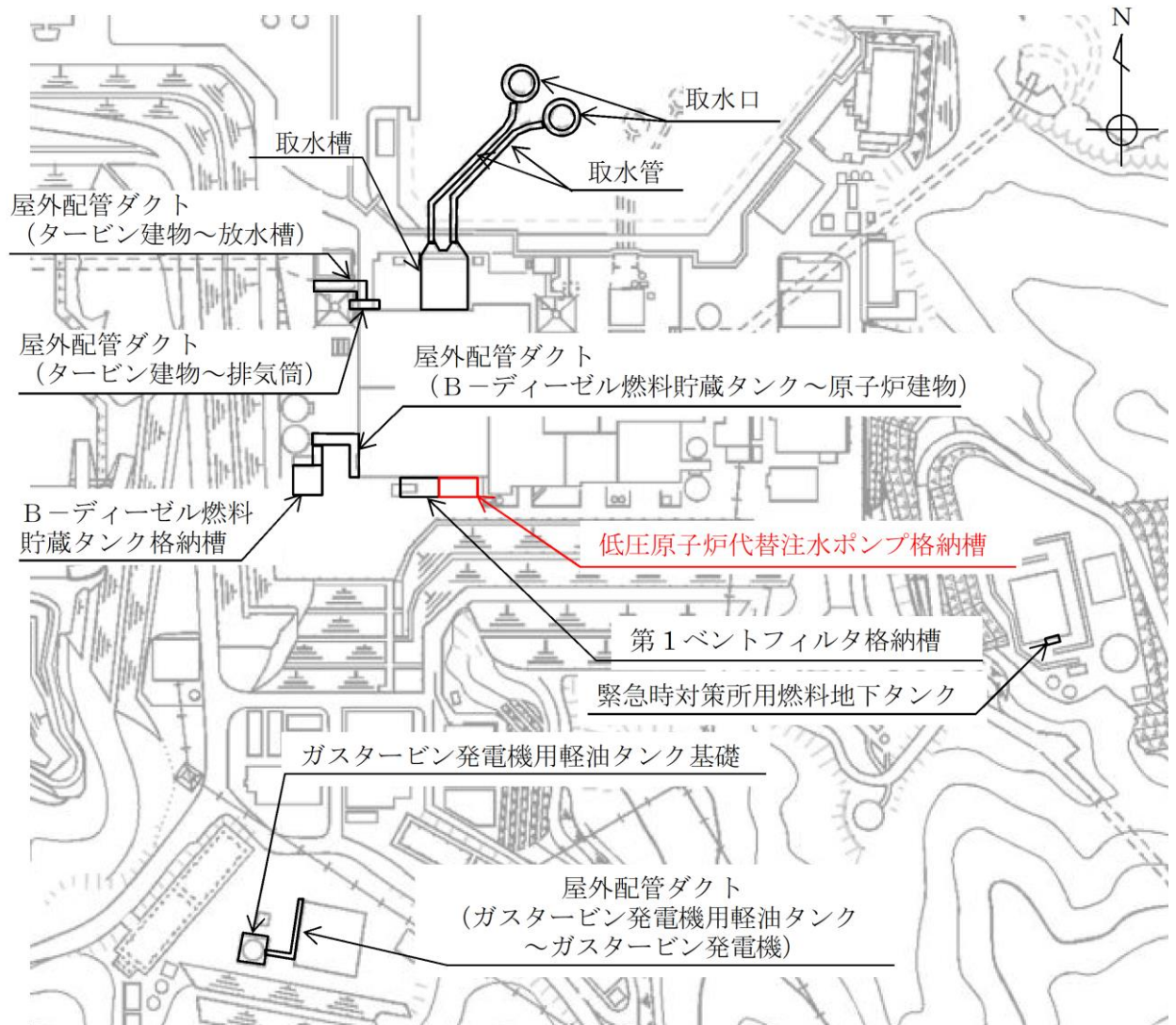


図 2-1 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 位置図

2.2 構造概要

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の平面図を図 2-2 に、断面図を図 2-3～図 2-5 に、概略配筋図を図 2-6～図 2-8 に示す。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は、低圧原子炉代替注水槽を有し、低圧原子炉代替注水ポンプ等を間接支持する幅 26.6m (EW方向) × 13.4m (NS方向)、高さ約 21.2m の鉄筋コンクリート造の地中 (一部地上部を含む) 構造物であり、直接又はマンメイドロック (以下「MMR」という。) を介して十分な支持性能を有する C_M級及び C_H級岩盤に支持される。

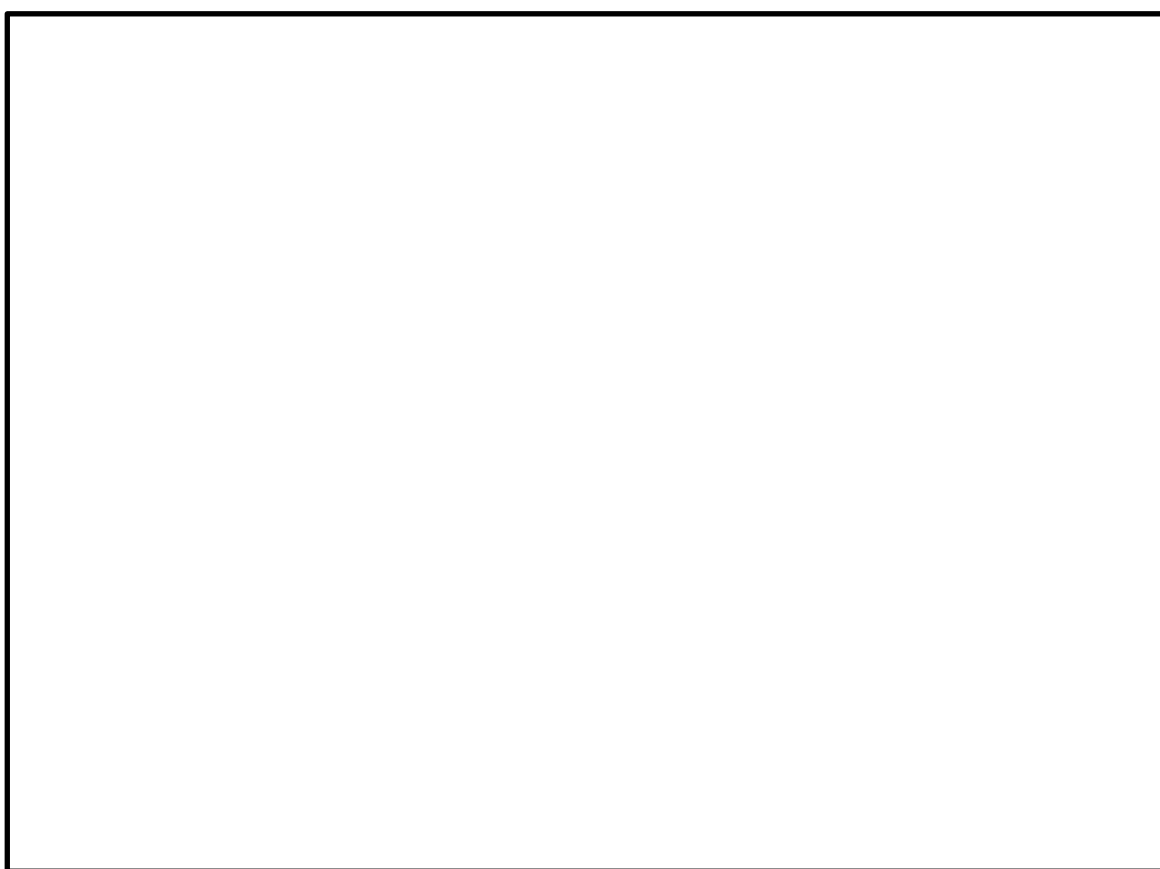


図 2-2 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 平面図

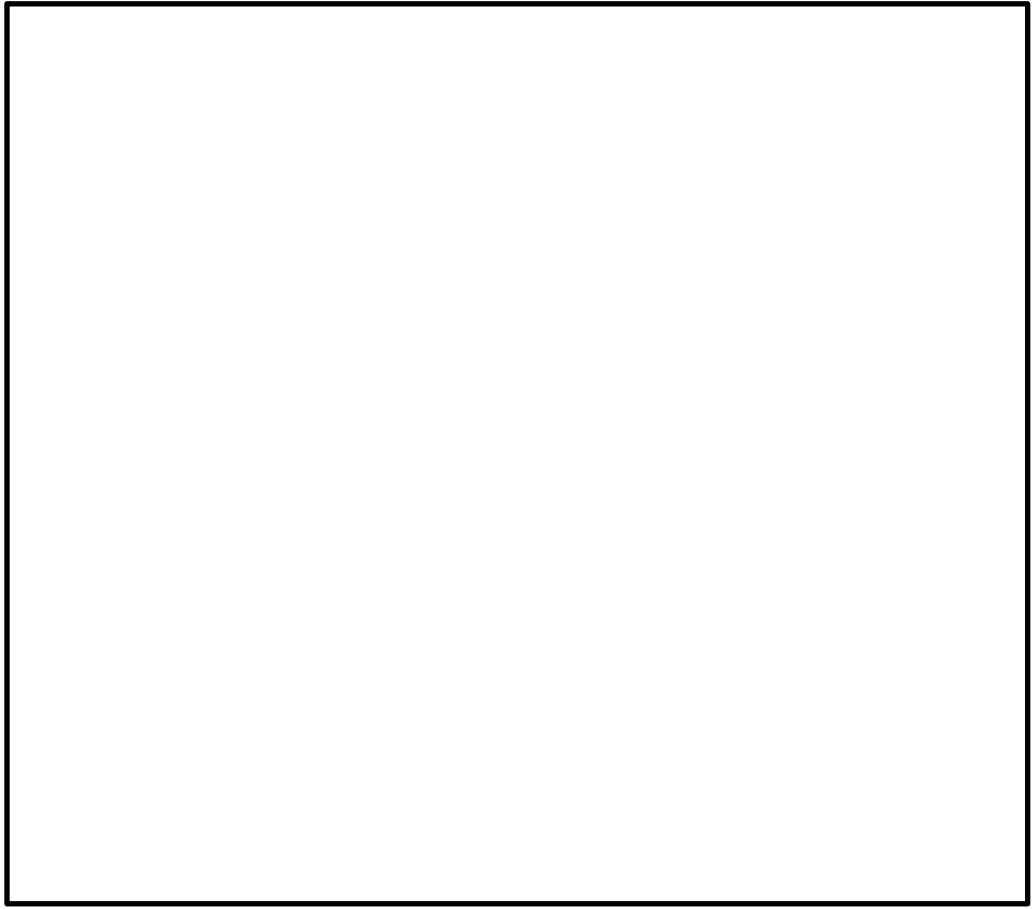
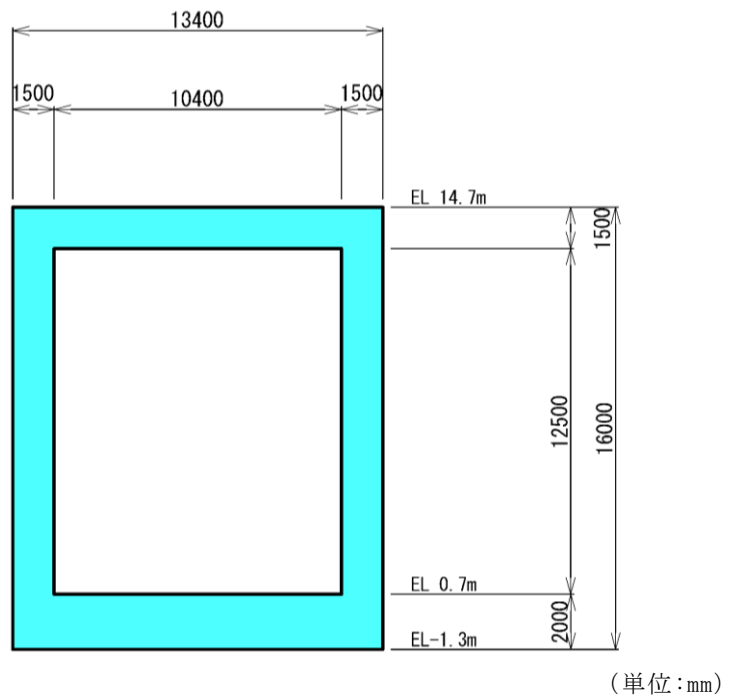
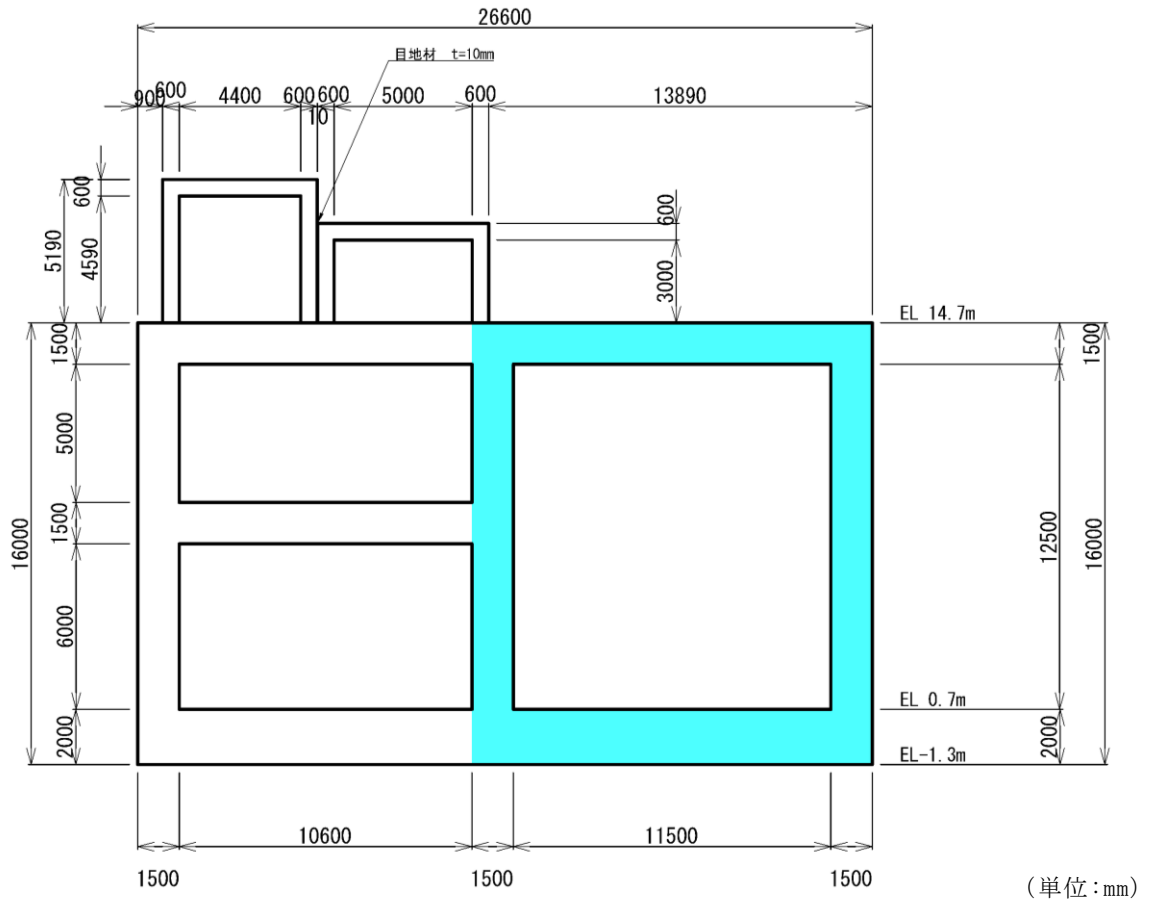


図 2-3 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (A-A 断面)



: 貯水機能を有する部材

図 2-4 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (B-B 断面)



■ : 貯水機能を有する部材

図 2-5 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (C-C 断面)

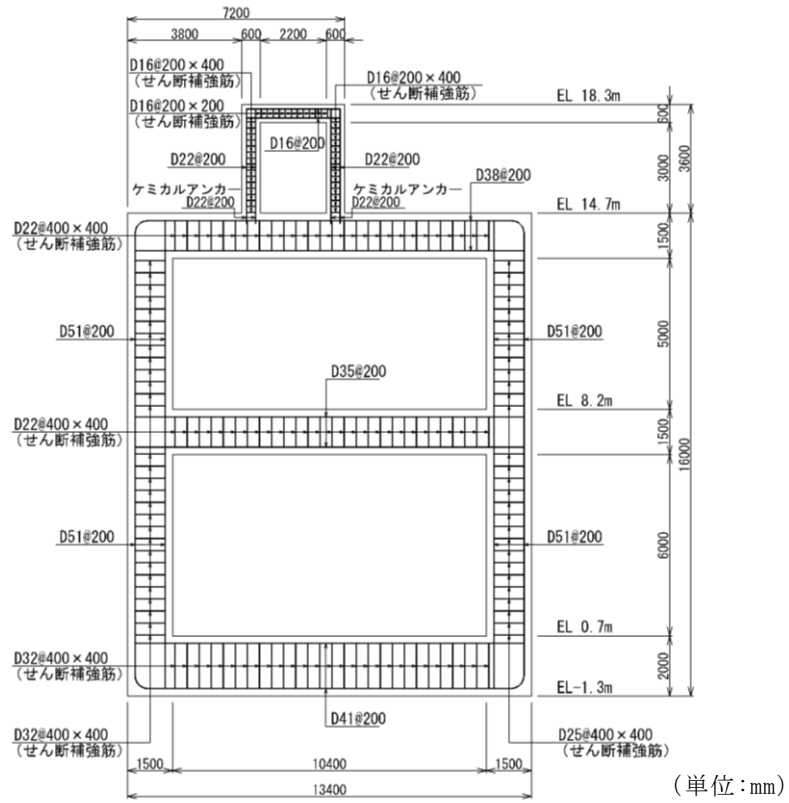


図 2-6 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 概略配筋図 (A-A 断面)

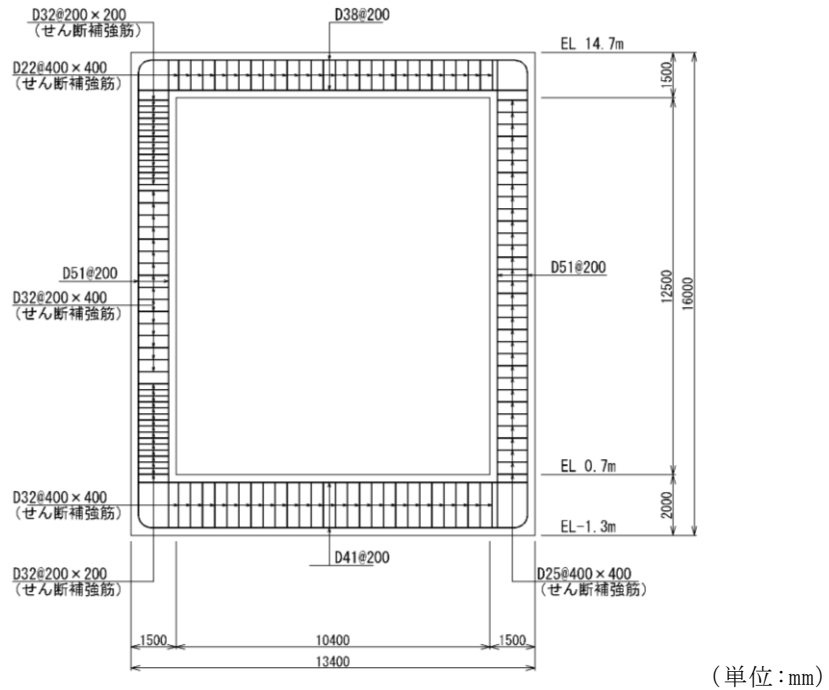


図 2-7 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 概略配筋図 (B-B 断面)

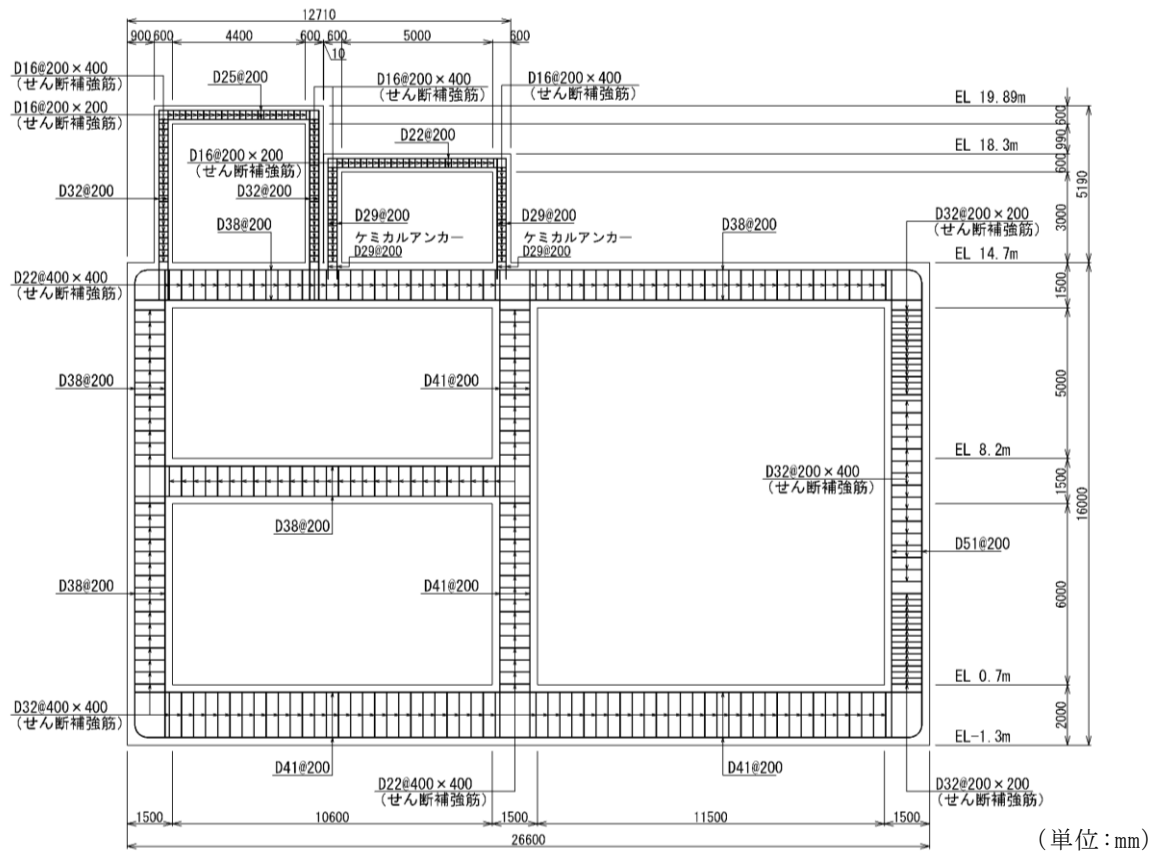


図 2-8 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 概略配筋図 (C-C 断面)

2.3 評価方針

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は、常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設に分類され、一部に低圧原子炉代替注水槽を有している。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の耐震評価フローを図 2-9 に示す。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は、VI-2-別添 7-2-4「低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答計算書（掘削前）」より得られた地震応答解析の結果に基づき、重大事故等対処施設の評価として、表 2-1 に示すとおり、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有することを確認し、これにより常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備を支持する機能を維持することができる。

構造部材の健全性評価については、VI-2-別添 7-2-4「低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答計算書（掘削前）」より得られた地震応答解析の結果に基づき、曲げ・軸力系の破壊に対しては構造部材の照査用ひずみが許容限界を下回ること及び曲げ応力度が許容限界以下であることを確認する。せん断破壊に対しては照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については、VI-2-別添 7-2-4「低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答計算書（掘削前）」より得られた地震応答解析の結果に基づき、基礎地盤に発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認する。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の一部である低圧原子炉代替注水槽は、常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備であり、貯水機能を損なわないことが要求されるため、構造部材の貯水機能に対する評価を併せて実施する。

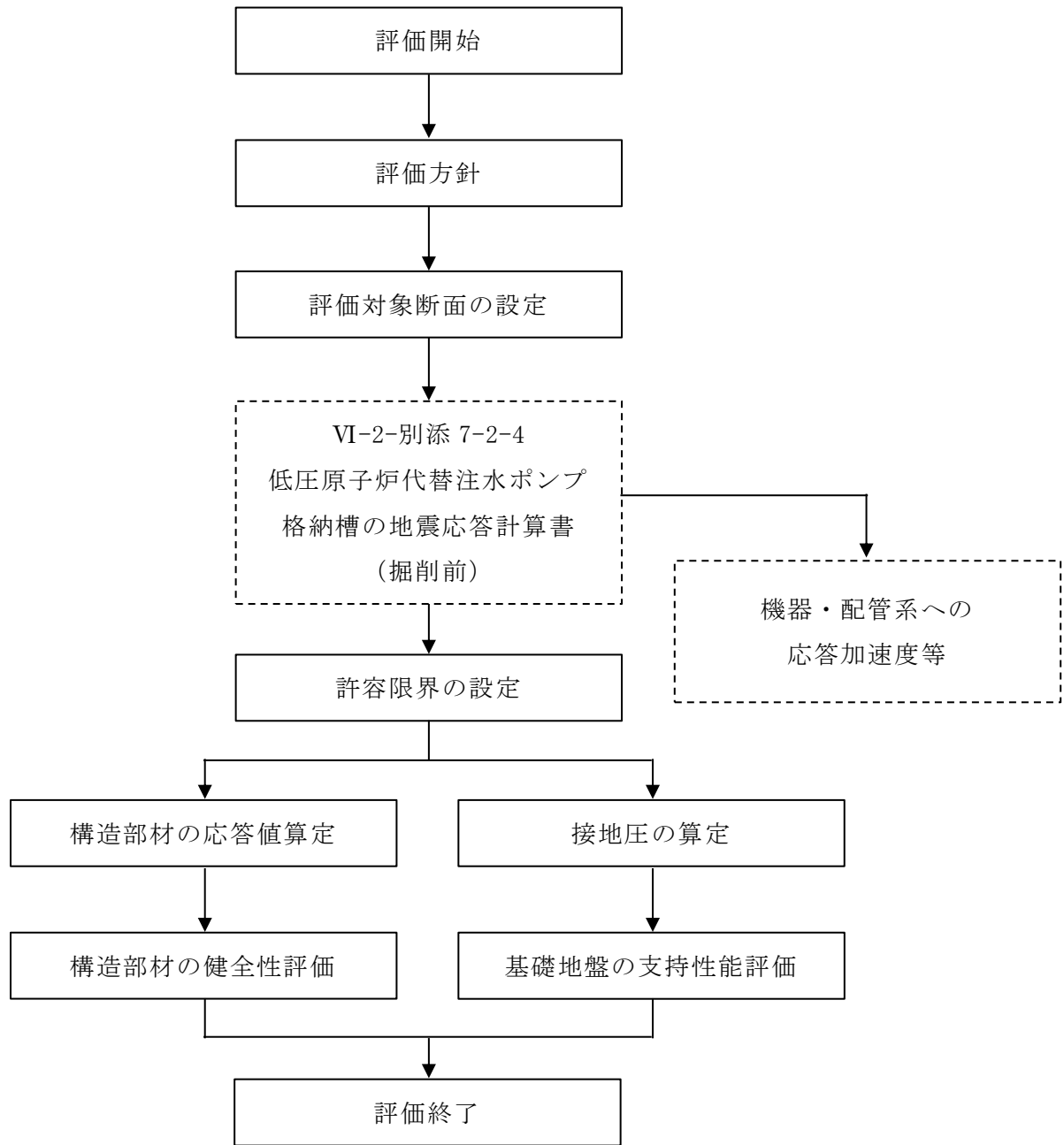


図 2-9 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 耐震評価フロー

表 2-1 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界	
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート部材	照査用ひずみ及び照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認	曲げ・軸力	限界ひずみ*
				せん断力	せん断耐力*
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認	極限支持力度*	
貯水機能を損なわないこと	貯水機能	鉄筋コンクリート部材	照査用ひずみ及び照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認	曲げ・軸力	限界ひずみ*
				せん断力	せん断耐力*

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会，2005年）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987（（社）日本電気協会）
- ・道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の評価対象断面位置を図 3-1 に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面は A-A 断面， B-B 断面とする。 C-C 断面については， 機器・配管系に対する応答加速度抽出断面として選定するが， 耐震評価は安全対策工事に伴う掘削後の評価で代表させる。

評価対象断面図を図 3-2 及び図 3-3 に示す。

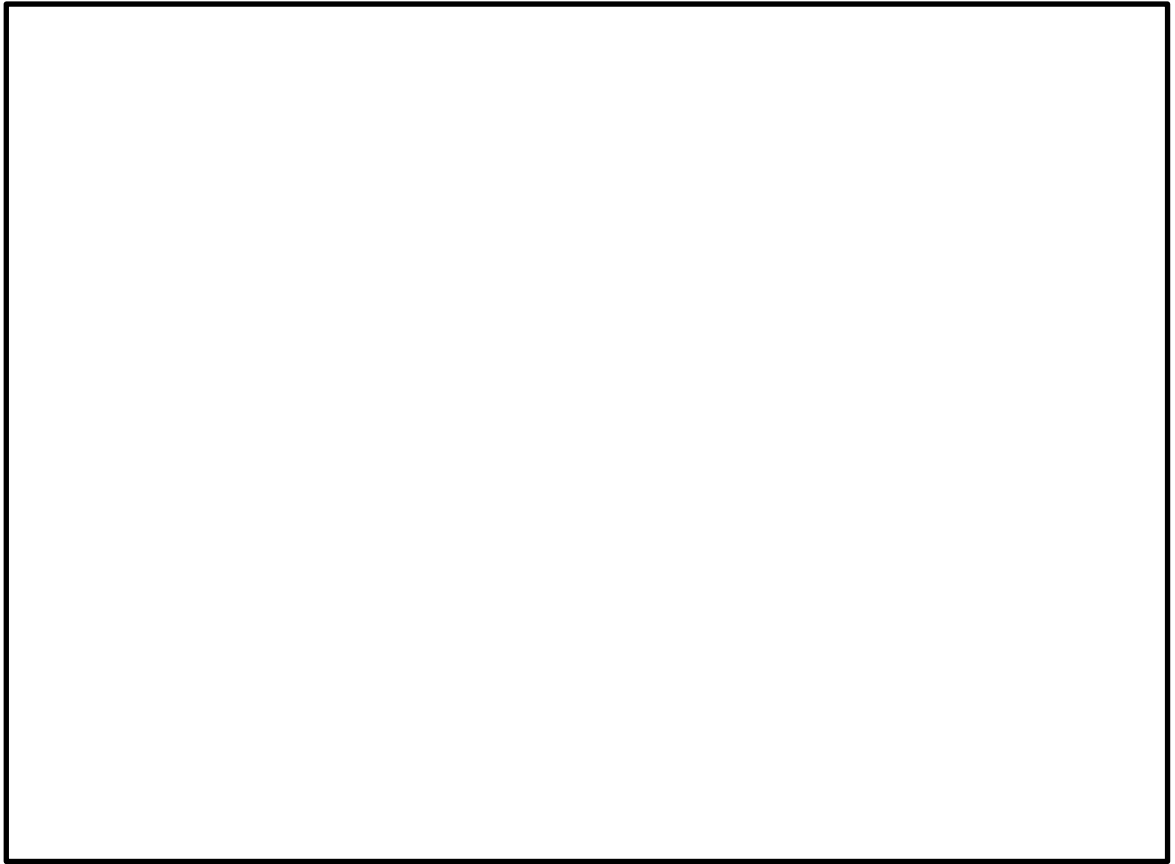


図 3-1 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面位置図

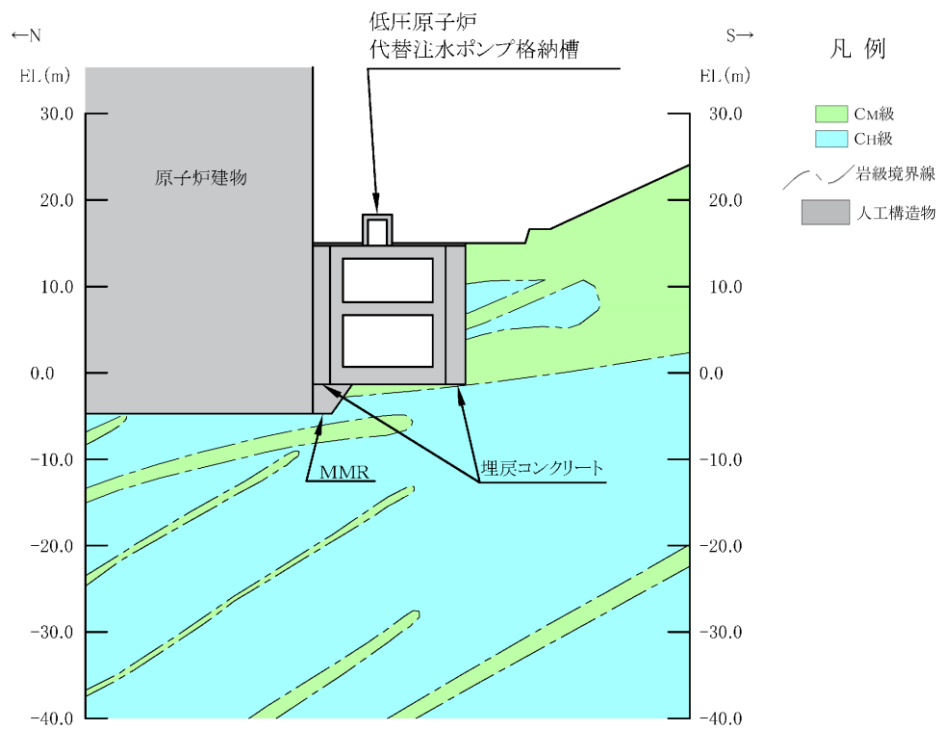


図 3-2 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面図 (A-A 断面位置)

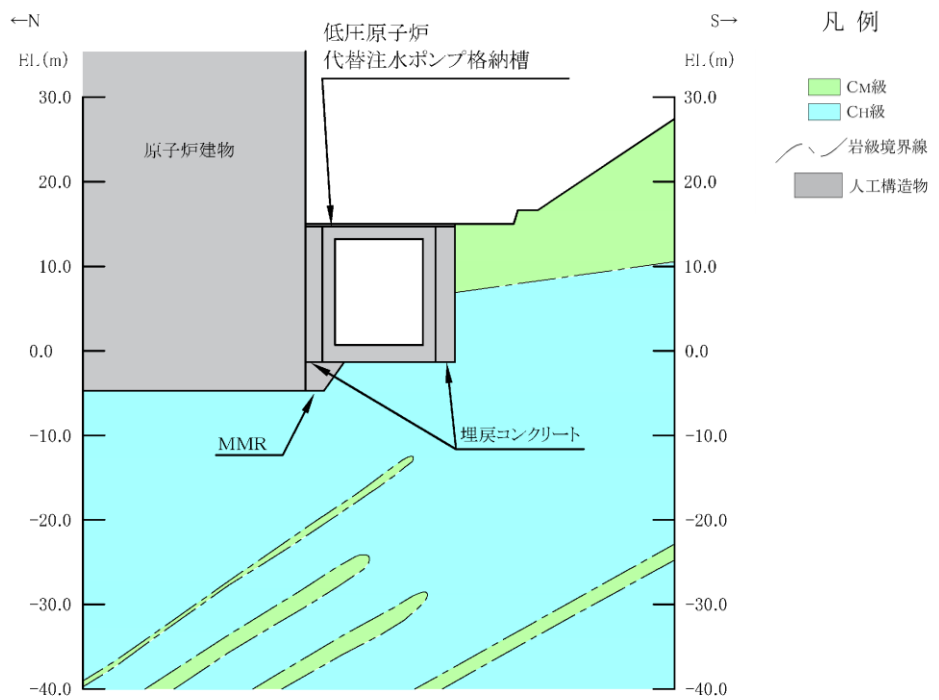


図 3-3 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面図 (B-B 断面位置)

3.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-1, 材料物性値を表 3-2 に示す。

表 3-1 使用材料

材料		仕様
構造物 (鉄筋コンクリート)	コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²
	鉄筋	SD345
埋戻コンクリート		設計基準強度 18.0N/mm ²
MMR		

表 3-2 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物 (鉄筋コンクリート)	2.50×10 ⁴	24.0* ¹	0.2
埋戻コンクリート	2.20×10 ⁴	22.6* ²	
MMR			

注記*1: 鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

*2: 無筋コンクリートの単位体積重量を示す。

3.3 許容限界

許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界

(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会，2005年）」（以下「土木学会マニュアル2005」という。）に基づき、限界ひずみ（圧縮縁コンクリートひずみ1.0%）とする。

土木学会マニュアル2005では、曲げ・軸力系の破壊に対する限界状態は、コンクリートの圧縮縁のかぶりが剥落しないこととされており、圧縮縁コンクリートひずみが1.0%の状態は、かぶりコンクリートが剥落する前の状態であることが、屋外重要土木構造物を模したラーメン構造の破壊実験及び数値シミュレーション等の結果より確認されている。この状態を限界値とすることで構造全体としての安定性が確保できるとして設定されたものである。

低圧原子炉代替注水槽における貯水機能を損なわないことの確認については、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）」（以下「コンクリート標準示方書」という。）に基づき、主筋ひずみ及びコンクリートの圧縮ひずみについて、部材降伏に相当するひずみ（主筋ひずみ 1725μ ，コンクリート圧縮ひずみ 2000μ ）とする。

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界を表3-3に示す。

表3-3 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

確認項目	許容限界	
構造強度を有すること	限界 ひずみ	圧縮縁コンクリートひずみ：1.0% (10000μ)
貯水機能を損なわないこと		主筋ひずみ (SD345)： 1725μ コンクリート圧縮ひずみ： 2000μ

(2) せん断破壊に対する許容限界

構造部材のせん断破壊に対する許容限界は、土木学会マニュアル 2005 に基づき、棒部材式で求まるせん断耐力とする。

3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、岩盤の極限支持力度とする。

基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表 3-4 に示す。

表 3-4 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm ²)
極限支持力度	C _M 級又はC _H 級岩盤	9.8

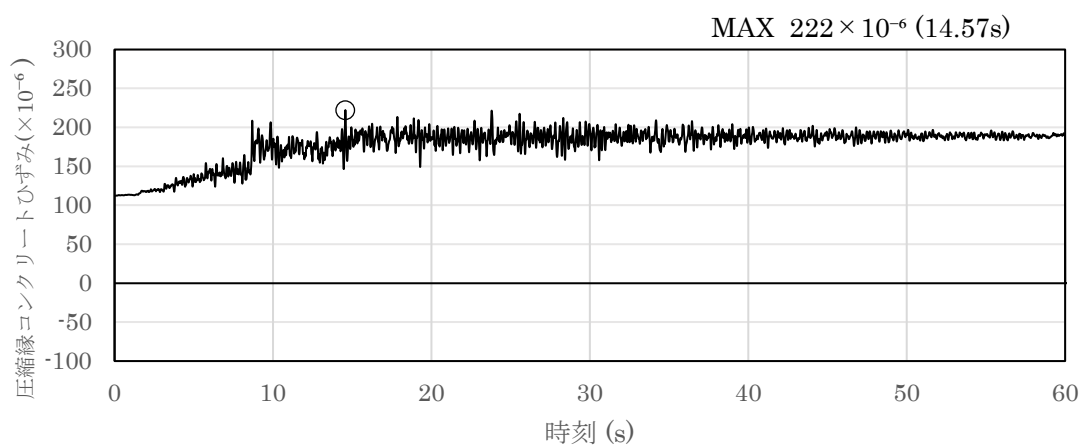
3.4 評価方法

地震応答解析により算定した照査用応答値が、「3.3 許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

3.4.1 構造部材の健全性評価

構造部材の曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査に対して、地震応答解析により算定した照査用ひずみ及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確認する。

曲げ・軸力系の破壊に対して照査値が最大となる地震動及び解析ケースでのひずみの時刻歴波形及び発生位置を図 3-4 及び図 3-5 に、せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図を図 3-6 及び図 3-7 に示す。



注：圧縮を正で示す。

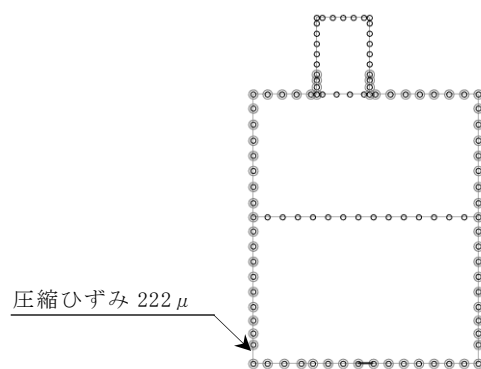
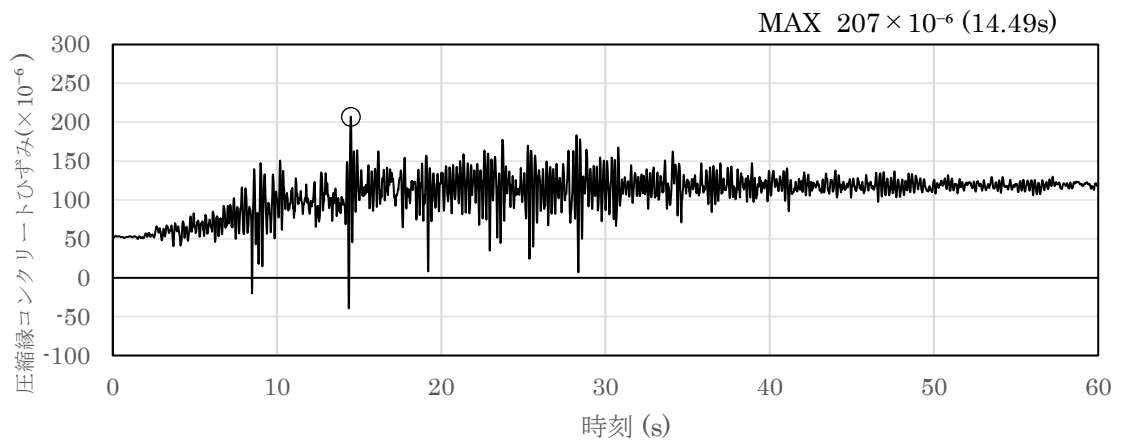


図 3-4 曲げ・軸力系の破壊に対する照査におけるひずみの時刻歴波形
(A-A断面, 解析ケース①, S s - D (-+))



注：圧縮を正で示す。

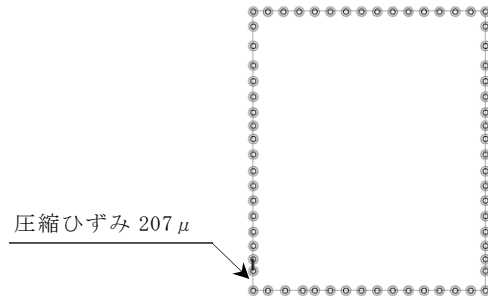
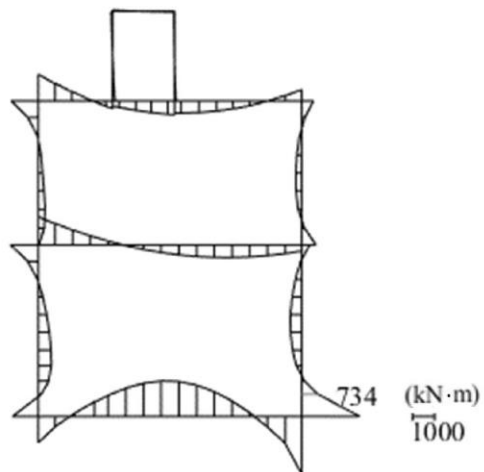
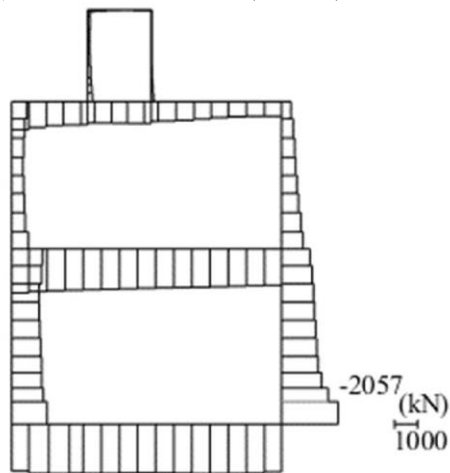


図 3-5 曲げ・軸力系の破壊に対する照査におけるひずみの時刻歴波形
(B-B断面, 解析ケース①, S s-D (+-))



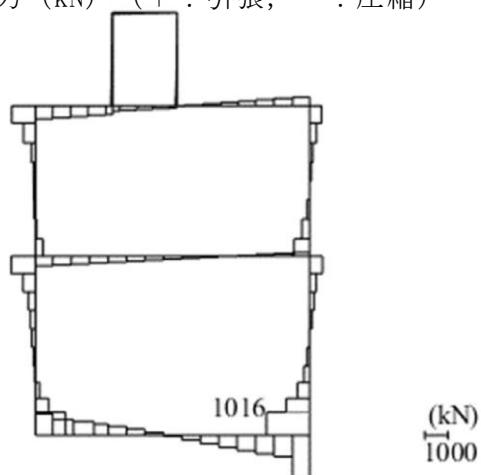
数値：評価位置における断面力

(a) 曲げモーメント (kN・m)



数値：評価位置における断面力

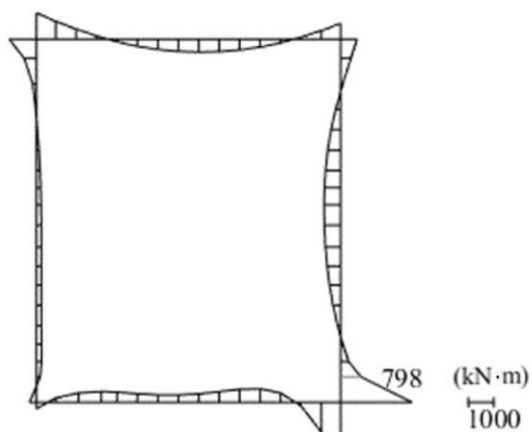
(b) 軸力 (kN) (+ : 引張, - : 圧縮)



数値：評価位置における断面力

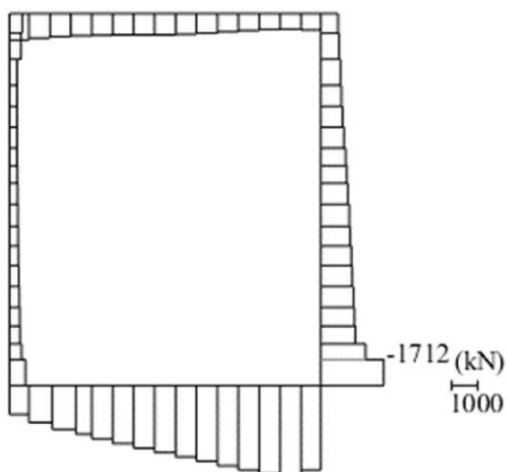
(c) せん断力 (kN)

図 3-6 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図
(A-A断面, 解析ケース①, S s - D (+ -))



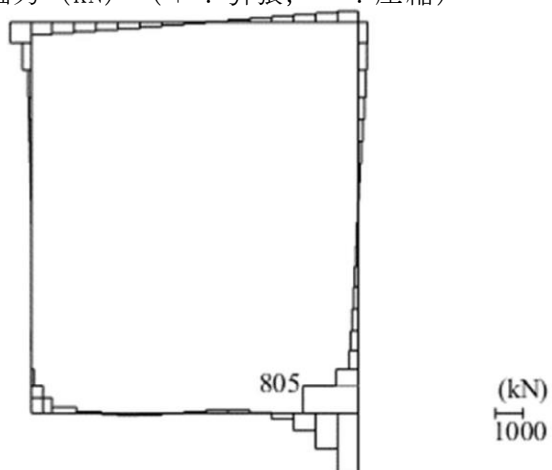
数値：評価位置における断面力

(a) 曲げモーメント (kN・m)



数値：評価位置における断面力

(b) 軸力 (kN) (+ : 引張, - : 圧縮)



数値：評価位置における断面力

(c) せん断力 (kN)

図 3-7 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図
(B-B断面, 解析ケース①, S s-D (+-))

3.4.2 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては基礎地盤に発生する接地圧が許容限界以下であることを確認する。

4. 耐震評価結果

4.1 構造部材の健全性に対する評価結果

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 4-1 及び表 4-2, せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 4-3 及び表 4-4 に示す。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の照査用ひずみ及び照査用せん断力が許容限界以下であること及び引張応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 4-1 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (A-A断面)

解析 ケース	地震動	照査用ひずみ* ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
①	S s - D (-+)	267 μ	10000 μ	0.03

注記* : 照査用ひずみ $\epsilon_d =$ 発生ひずみ $\epsilon \times$ 構造解析係数 $\gamma_a (=1.2)$

表 4-2 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (B-B断面)

解析 ケース	地震動	照査用ひずみ* ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
③	S s - D (+-)	248 μ	10000 μ	0.03

注記* : 照査用ひずみ $\epsilon_d =$ 発生ひずみ $\epsilon \times$ 構造解析係数 $\gamma_a (=1.2)$

表 4-3 せん断破壊に対する最大照査値 (A-A断面)

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*2 V_d (kN)	せん断耐力 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{y d}$
頂版	2	①	S s - D (- +)	663	1264	0.53
側壁	12	①	S s - D (+ -)	1066	1837	0.59
床版	5	①	S s - D (+ -)	490	1394	0.36
底版	6	①	S s - N 1 (- +)	1270	3100	0.41

注記*1：評価位置は図 4-1 に示す。

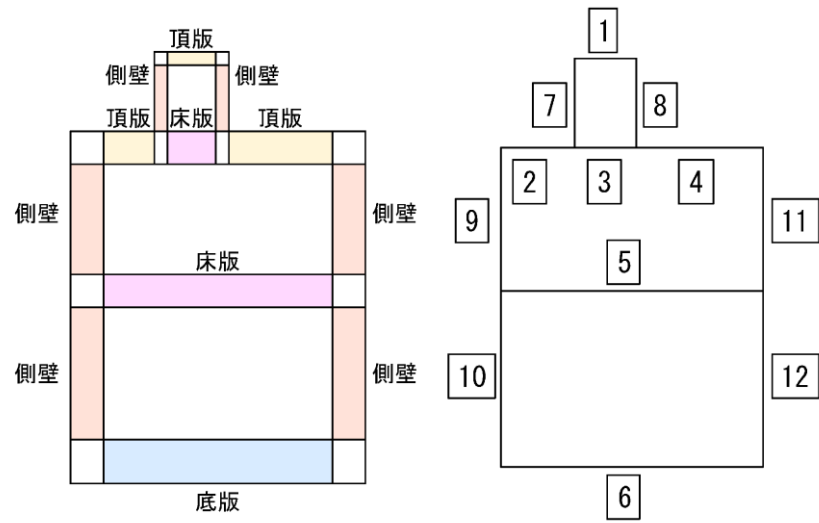
*2：照査用せん断力 $V_d =$ 発生せん断力 $V \times$ 構造解析係数 γ_a ($=1.05$)

表 4-4 せん断破壊に対する最大照査値 (B-B断面)

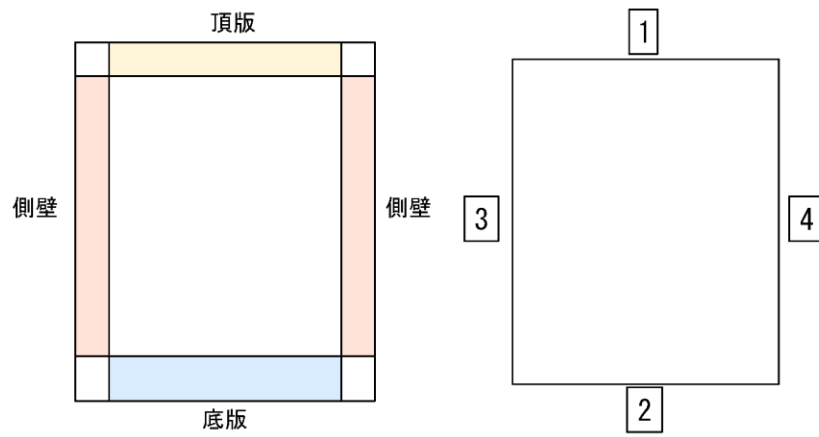
評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*2 V_d (kN)	せん断耐力 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{y d}$
頂版	1	①	S s - D (--)	353	832	0.43
側壁	4	①	S s - D (+ -)	845	1763	0.48
底版	2	①	S s - D (++)	1365	3162	0.44

注記*1：評価位置は図 4-1 に示す。

*2：照査用せん断力 $V_d =$ 発生せん断力 $V \times$ 構造解析係数 γ_a ($=1.05$)



(A-A 断面)



(B-B 断面)

図 4-1 評価位置

4.2 貯水機能に対する評価結果

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 4-5 及び表 4-6 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 4-7 に示す。

低圧原子炉代替注水槽の照査用ひずみ及び照査用せん断力が、貯水機能に対する許容限界以下であることを確認した。

表 4-5 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (B-B断面) (コンクリート)

解析 ケース	地震動	照査用ひずみ* ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
①	S s - D (+-)	248 μ	2000 μ	0.13

注記* : 照査用ひずみ $\epsilon_d =$ 発生ひずみ $\epsilon \times$ 構造解析係数 $\gamma_a (=1.2)$

表 4-6 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (B-B断面) (主筋)

解析 ケース	地震動	照査用ひずみ* ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
①	S s - F 2 (++)	610 μ	1725 μ	0.36

注記* : 照査用ひずみ $\epsilon_d =$ 発生ひずみ $\epsilon \times$ 構造解析係数 $\gamma_a (=1.2)$

表 4-7 せん断破壊に対する最大照査値 (B-B断面)

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*2 V_d (kN)	せん断耐力 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版	1	①	S s - D (--)	353	832	0.43
側壁	4	①	S s - D (+-)	845	1763	0.48
底版	2	①	S s - D (++)	1365	3162	0.44

注記*1 : 評価位置は図 4-1 に示す。

*2 : 照査用せん断力 $V_d =$ 発生せん断力 $V \times$ 構造解析係数 $\gamma_a (=1.05)$

4.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 4-8 及び表 4-9 に示す。また、最大接地圧分布図を図 4-2 及び図 4-3 に示す。なお、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の基礎地盤には一部MMRが存在するが、MMRの支圧強度は岩盤の限界支持力度より十分に大きいことから、評価を省略する。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の基礎地盤に発生する最大接地圧が、極限支持力度を下回ることを確認した。

表 4-8 基礎地盤の支持性能に対する照査結果（A-A断面）

解析 ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
①	S _s -D (+-)	3.14	9.8	0.33

表 4-9 基礎地盤の支持性能に対する照査結果（B-B断面）

解析 ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
①	S _s -D (+-)	2.65	9.8	0.28

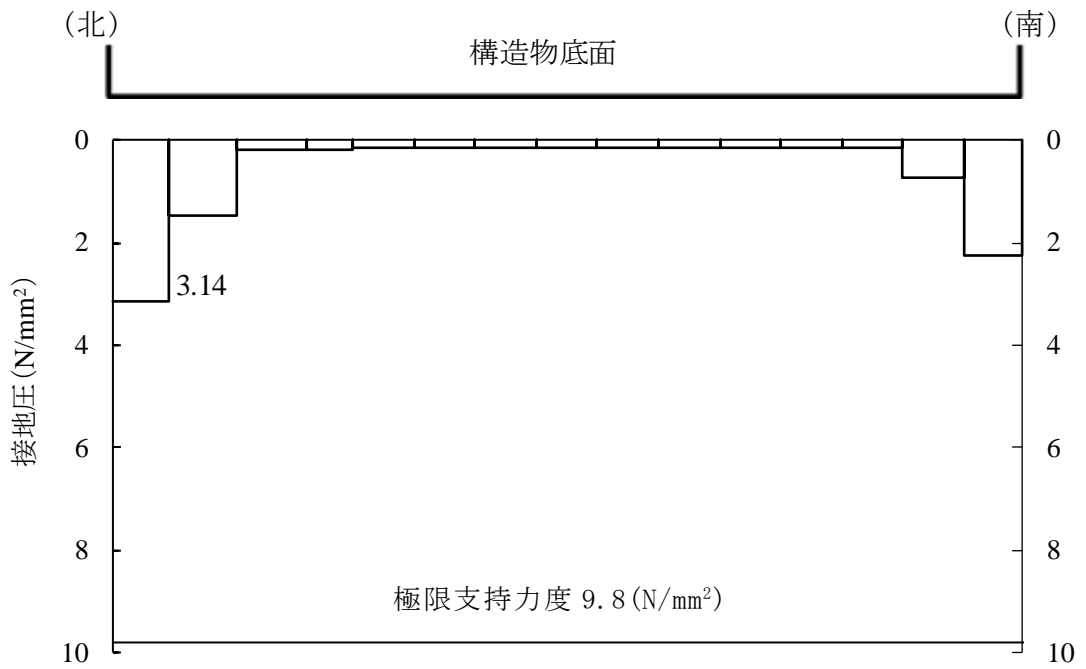


図 4-2 基礎地盤の最大接地圧分布図
(A-A断面, 解析ケース①, S_s-D (+-))

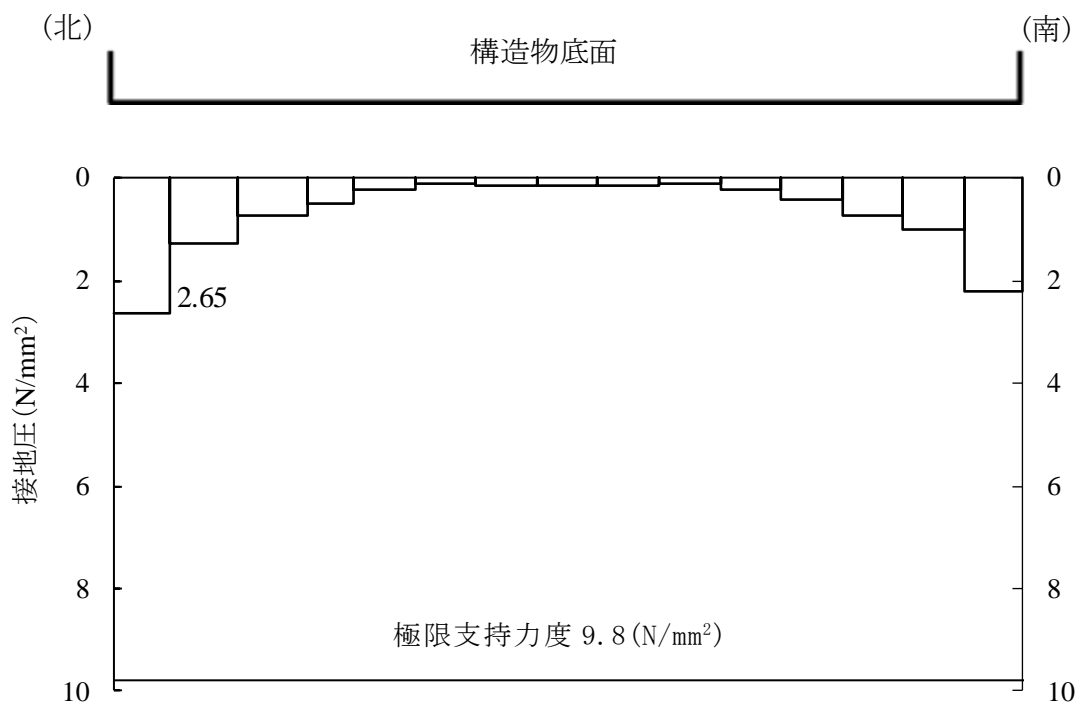


図 4-3 基礎地盤の最大接地圧分布図
(B-B断面, 解析ケース①, S_s-D (+-))

VI-2-別添7-2-6 低圧原子炉代替注水ポンプの耐震性についての
計算書（掘削前）

目 次

1. 概要 1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較 1

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、低圧原子炉代替注水ポンプが基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能を維持できることを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較

低圧原子炉代替注水ポンプについては、VI-2-5-5-5-1「低圧原子炉代替注水ポンプの耐震性についての計算書」（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添 7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に示す掘削前の耐震条件の比較を行う。比較結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 耐震条件比較結果（震度）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	耐震条件		耐震計算書（添付書類）の耐震条件* (①)	掘削前の耐震条件 (②)	比較結果 (① \geq ② : ○, ① $<$ ② : ×)
		構造強度評価	鉛直方向震度			
低圧原子炉代替注水ポンプ	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 EL 0.7	構造強度評価	水平方向震度	5.50	1.42	○
			鉛直方向震度	4.10	1.78	○
		動的機能維持評価	水平方向震度	4.60	1.19	○
			鉛直方向震度	3.50	1.48	○

注記* : VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る震度

上記のとおり、耐震計算書（添付書類）に記載の耐震条件が掘削前の耐震条件を包絡しているため、掘削前の耐震条件に対しても、十分な構造強度を有し、動的機能を維持できることを確認した。

VI-2-別添7-2-7 管の耐震性についての計算書
(低圧原子炉代替注水系) (掘削前)

目 次

1. 概要	1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較	1
3. 概略系統図及び鳥瞰図	3
4. 計算条件	3
5. 解析結果及び評価	4
5.1 固有周期及び設計震度	4
5.2 評価結果	10
5.2.1 管の応力評価結果	10
5.2.2 支持構造物評価結果	11
5.2.3 弁の動的機能維持の評価結果	12
5.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	13

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、低圧原子炉代替注水系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能を維持できることを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較

低圧原子炉代替注水系の管、支持構造物及び弁については、VI-2-5-5-5-2「管の耐震性についての計算書（低圧原子炉代替注水系）」（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添 7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に示す掘削前の耐震条件の比較を行う。耐震条件の比較は、安全対策工事に伴う掘削の影響を受ける建物・構築物等である低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽について実施する。比較結果のうち、耐震条件の比較結果を表 2-1 に、設計用床応答スペクトルの比較を図 2-1 に示す。なお、設計用床応答スペクトルは代表で減衰 2.0%のものを示す。

表 2-1 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の耐震条件比較結果

耐震条件		耐震計算書 (添付書類) の耐震条件*1 (①)	掘削前の 耐震条件 (②)	比較結果 (① \geq ② : ○, ①<② : ×)	備考
構造強度評価	動的震度 (NS)	1.00	0.97	○	
	動的震度 (EW)	1.14	1.00	○	
	動的震度 (鉛直)	1.70	0.82	○	
	設計用床応答 スペクトル (NS)	図 2-1 (1/3) 参照		×*2	
	設計用床応答 スペクトル (EW)	図 2-1 (2/3) 参照		○*2	
	設計用床応答 スペクトル (鉛直)	図 2-1 (3/3) 参照		×*2	

注記*1 : VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る震度又は設計用床応答スペクトル I（基準地震動 S_s ）を上回る設計用床応答スペクトル

*2 : 図 2-1 に示す耐震計算書（添付書類）の耐震条件（実線）と掘削前の耐震条件（点線）を比較し、全周期帯において実線が点線を上回っている場合は「○」、一部でも点線が実線を上回っていたら「×」を記載する。

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽
減衰定数：2.0%

標高：EL:8.200m
波形名：基準地震動 S s

— 耐震計算書（添付書類）の耐震条件（NS方向）
- - - 掘削前の耐震条件（NS方向）

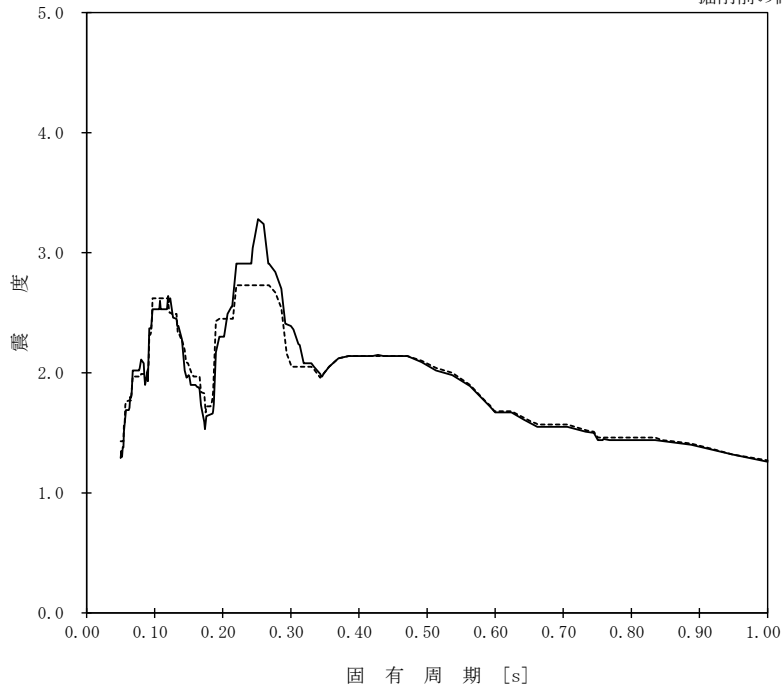


図 2-1 設計用床応答スペクトルの比較（1/3）

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽
減衰定数：2.0%

標高：EL:8.200m
波形名：基準地震動 S s

— 耐震計算書（添付書類）の耐震条件（EW方向）
- - - 掘削前の耐震条件（EW方向）

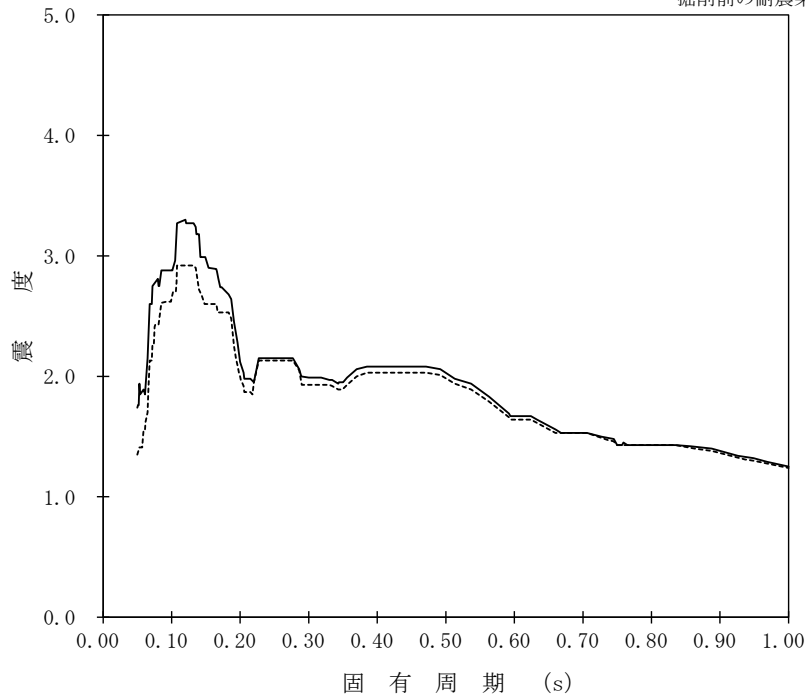


図 2-1 設計用床応答スペクトルの比較（2/3）

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽
減衰定数：2.0%

標高：EL:8.200m
波形名：基準地震動S s

— 耐震計算書（添付書類）の耐震条件（鉛直方向）
----- 掘削前の耐震条件（鉛直方向）

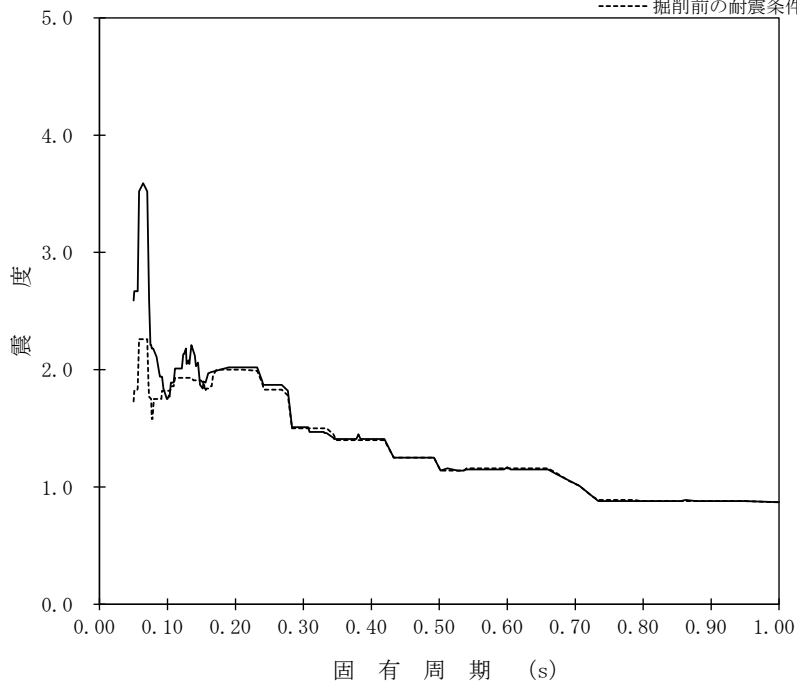


図-1 設計用床応答スペクトルの比較（3/3）

上記のとおり、耐震計算書（添付書類）の耐震条件が掘削前の耐震条件を一部下回ることを確認したため掘削前の耐震条件に対し、耐震性を有することを確認する。評価においては、掘削前の耐震条件を上回る震度及び床応答スペクトルを適用する。なお、「5.2.4 代表モデルの結果及び全モデルの評価結果」に示すとおり、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の条件を適用する配管モデルであるFLSR-F-1, 1A, 2, 2A及び3は代表モデルに選定されていない。よって、「3. 概略系統図及び鳥瞰図」以降の項目は、代表モデルに選定されたFLSR-Rについて記載する。

3. 概略系統図及び鳥瞰図

概略系統図及び鳥瞰図については、耐震計算書（添付書類）から変更がないため、記載を省略する。

4. 計算条件

計算条件については、耐震計算書（添付書類）から変更がないため、記載を省略する。

5. 解析結果及び評価

5.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 FLSR-R-1

適用する地震動等		基準地震動 S s		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直震度*2
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
動的震度*3, *4				

注記*1：固有周期が0.050 s以上のモードを示す。0.020 s以上0.050 s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

*2：設計用床応答スペクトルⅡ(基準地震動 S s)により得られる震度

*3：設計用震度Ⅱ(基準地震動 S s)

*4：最大応答加速度を1.2倍した震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 FLSR-R-1

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				

注記*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

代表的振動モード図

振動モード図は，3次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次頁以降に示す。

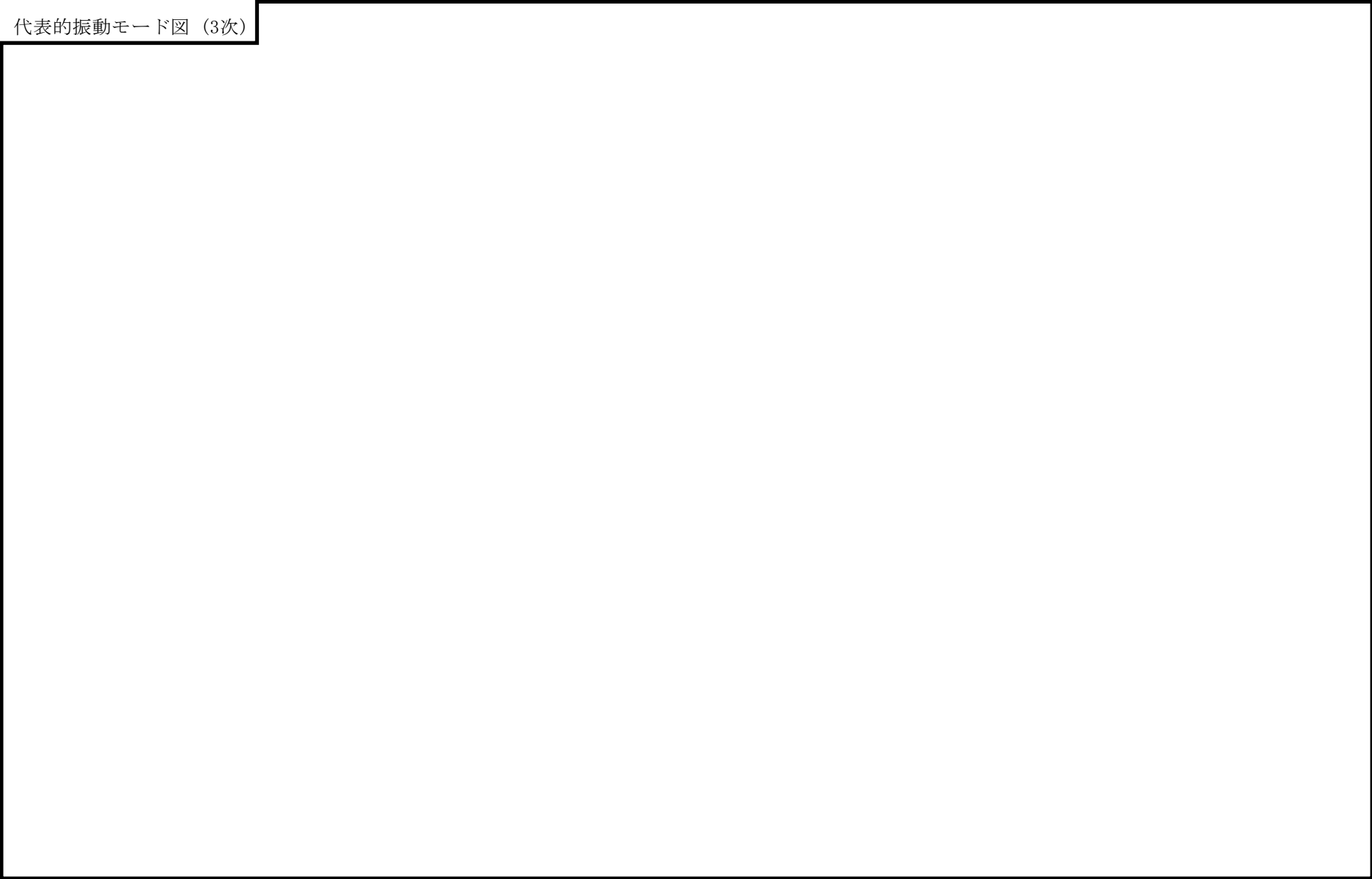
代表的振動モード図 (1次)

7

代表的振動モード図 (2次)

∞

代表的振動モード図 (3次)



6

5.2 評価結果

5.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数 U S s
IV _A S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	FLSR-R-1	243	190	431	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	FLSR-R-1	243	311	376	—
V _A S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	FLSR-R-1	243	190	431	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	FLSR-R-1	243	311	376	—

5.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材料	温度 (°C)	評価結果		
					計算荷重 (kN)	許容荷重 (kN)	
						一次評価*1	二次評価*2
—	メカニカルスナッパ	—	VI-2-1-12「配 管及び支持構造 物の耐震計算に ついて」参照	—	—	—	
—	オイルスナッパ	—		—	—	—	
RE-FLSR-70Z	ロッドレストレイント	RSA-3		19	54	—	
—	スプリングハンガ	—		—	—		
—	コンスタントハンガ	—		—	—		
—	リジットハンガ	—		—	—		

注記*1：あらかじめ設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価

*2：計算荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超過した箇所に対して、J E A G 4 6 0 1 に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお、一次評価を満足する場合は「—」と記載する。

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材料	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
RE-FLSR-73	レストレイント	パイプバンド	STK400	100	44	14	0	—	—	—	圧縮	44	129
AN-FLSR-57	アンカ	ラグ	SUS304	66	23	9	17	10	8	4	組合せ	35	142

5.2.3 弁の動的機能維持の評価結果

下表に示すとおり水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能 ^{*1}	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)			機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		詳細評価 ^{*2, *3}						
			水平	鉛直	合成 ^{*3, *4}	水平	鉛直	動作機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)				
								水平	鉛直	評価部位	応力分類	計算応力	許容応力	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。

α (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 時に動的機能が要求されるもの

β (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 後に動的機能が要求されるもの

*2：水平又は鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し，水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度の最小値以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。

*3：詳細評価を実施しない場合は「—」と記載する。

*4：水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度をベクトル和により合成した値であり，詳細評価を実施する場合に使用する。

5.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV _A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表
1	FLSR-R-1	243	190	431	2.26	○	243	311	376	1.20	—	○
2	FLSR-R-2	5	182	431	2.36	—	5	303	376	1.24	—	—
3	FLSR-R-3	27	120	431	3.59	—	27	183	376	2.05	—	—
4	RHR-R-5A	303	107	363	3.39	—	303	138	294	2.13	—	—
5	RHR-R-11	506	58	363	6.25	—	506	62	418	6.74	—	—
6	FLSR-F-1	2	26	431	16.57	—	23N	34	376	11.05	—	—
7	FLSR-F-1A	5	2	431	215.50	—	5	2	376	188.00	—	—
8	FLSR-F-2	2	26	431	16.57	—	23N	34	376	11.05	—	—
9	FLSR-F-2A	5	2	431	215.50	—	5	2	376	188.00	—	—
10	FLSR-F-3	48	86	431	5.01	—	48	100	376	3.76	—	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 V A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表
1	FLSR-R-1	243	190	431	2.26	○	243	311	376	1.20	—	○
2	FLSR-R-2	5	182	431	2.36	—	5	303	376	1.24	—	—
3	FLSR-R-3	27	120	431	3.59	—	27	183	376	2.05	—	—
4	RHR-R-5A	303	107	363	3.39	—	303	138	294	2.13	—	—
5	RHR-R-11	506	58	363	6.25	—	506	62	418	6.74	—	—
6	FLSR-F-1	2	26	431	16.57	—	23N	34	376	11.05	—	—
7	FLSR-F-1A	5	2	431	215.50	—	5	2	376	188.00	—	—
8	FLSR-F-2	2	26	431	16.57	—	23N	34	376	11.05	—	—
9	FLSR-F-2A	5	2	431	215.50	—	5	2	376	188.00	—	—
10	FLSR-F-3	48	86	431	5.01	—	48	100	376	3.76	—	—

VI-2-別添7-2-8 代替注水流量（常設）の耐震性についての計算書
（掘削前）

目 次

1. 概要 1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較 1

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において代替注水流量（常設）が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較

代替注水流量（常設）については、VI-2-6-5-12「代替注水流量（常設）の耐震性についての計算書」（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添 7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に示す掘削前の耐震条件の比較を行う。比較結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 耐震条件比較結果（震度）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	耐震条件		耐震計算書（添付書類）の耐震条件*1 (①)	掘削前の耐震条件 (②)	比較結果 (① \geq ② : ○, ①<② : ×)
		構造強度評価	電気的機能維持評価			
流量変換器 (FX2B2-1)	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 EL 8.2 (EL 14.7*2)	構造強度評価	水平方向震度	2.31	1.18	○
			鉛直方向震度	1.80	1.10	○
		電気的機能維持評価	水平方向震度	1.92	0.98	○
			鉛直方向震度	1.50	0.92	○

注記*1：VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る震度

*2：基準床レベルを示す。

上記のとおり、耐震計算書（添付書類）に記載の耐震条件が掘削前の耐震条件を包絡しているため、掘削前の耐震条件に対しても、十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを確認した。

VI-2-別添7-2-9 低圧原子炉代替注水槽水位の耐震性についての計算書
(掘削前)

目 次

1. 概要 1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較 1

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、低圧原子炉代替注水槽水位が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較

低圧原子炉代替注水槽水位については、VI-2-6-5-36「低圧原子炉代替注水槽水位の耐震性についての計算書」（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添 7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に示す掘削前の耐震条件の比較を行う。比較結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 耐震条件比較結果（震度）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	耐震条件		耐震計算書（添付書類）の耐震条件*1 (①)	掘削前の耐震条件 (②)	比較結果 (① \geq ② : ○, ① $<$ ② : ×)
		構造強度評価	鉛直方向震度	3.75	1.42	
低圧原子炉代替注水槽水位	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 EL 0.7*2	構造強度評価	鉛直方向震度	3.63	1.78	○
			電氣的機能維持評価	水平方向震度	3.02	1.19
		電氣的機能維持評価		鉛直方向震度	2.28	1.48

注記*1：VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る震度

*2：基準床レベルを示す。

上記のとおり、耐震計算書（添付書類）に記載の耐震条件が掘削前の耐震条件を包絡しているため、掘削前の耐震条件に対しても、十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

VI-2-別添7-2-10 スクラバ容器水位の耐震性についての計算書
(掘削前)

目 次

1. 概要 1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較 1

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、スクラバ容器水位が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較

スクラバ容器水位の耐震性については、VI-2-6-7-1-2「スクラバ容器水位の耐震性についての計算書」（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添 7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に示す掘削前の耐震条件の比較を行う。比較結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 耐震条件比較結果（震度）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	耐震条件		耐震計算書（添付書類）の耐震条件* ¹ (①)	掘削前の耐震条件 (②)	比較結果 (① \geq ② : ○, ①<② : ×)
スクラバ容器水位	第 1 ベントフィルタ格納槽 EL 2.7* ²	構造強度評価	水平方向震度	4.18	1.60	○
			鉛直方向震度	5.97	2.65	○
		電気的機能維持評価	水平方向震度	3.39	1.33	○
			鉛直方向震度	2.26	2.21	○

注記*¹ : VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る震度

*² : 基準床レベルを示す。

上記のとおり、耐震計算書（添付書類）に記載の耐震条件が掘削前の耐震条件を包絡しているため、掘削前の耐震条件に対しても、十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを確認した。

VI-2-別添7-2-11 スクラバ容器圧力の耐震性についての計算書
(掘削前)

目 次

1. 概要 1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較 1

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、スクラバ容器圧力が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較

スクラバ容器圧力の耐震性については、VI-2-6-7-1-3「スクラバ容器圧力の耐震性についての計算書」（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添 7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に示す掘削前の耐震条件の比較を行う。比較結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 耐震条件比較結果（震度）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	耐震条件		耐震計算書（添付書類）の耐震条件*1 (①)	掘削前の耐震条件 (②)	比較結果 (① \geq ② : ○, ① $<$ ② : ×)
		構造強度評価	鉛直方向震度			
スクラバ容器圧力	第 1 ベントフィルタ格納槽 EL 2.7*2	構造強度評価	水平方向震度	4.18	1.60	○
			鉛直方向震度	5.97	2.65	○
		電気的機能維持評価	水平方向震度	3.39	1.33	○
			鉛直方向震度	2.26	2.21	○

注記*1：VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る震度

*2：基準床レベルを示す。

上記のとおり、耐震計算書（添付書類）に記載の耐震条件が掘削前の耐震条件を包絡しているため、掘削前の耐震条件に対しても、十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを確認した。

VI-2-別添7-2-12 スクラバ容器温度の耐震性についての計算書
(掘削前)

目 次

1. 概要 1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較 1

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、スクラバ容器温度が基準地震動 S_s による地震力に対して電氣的機能を維持できることを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較

スクラバ容器温度の耐震性については、VI-2-6-7-1-4「スクラバ容器温度の耐震性についての計算書」（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添 7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に示す掘削前の耐震条件の比較を行う。比較結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 耐震条件比較結果（震度）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	耐震条件		耐震計算書（添付書類）の耐震条件*1 (①)	掘削前の耐震条件 (②)	比較結果 (① \geq ② : ○, ① $<$ ② : ×)
		電氣的機能維持評価	水平方向震度			
スクラバ容器温度	第 1 ベントフィルタ格納槽 EL 2.7*2	電氣的機能維持評価	水平方向震度	3.48	1.33	○
			鉛直方向震度	3.39	2.21	○

注記*1：VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る震度

*2：基準床レベルを示す。

上記のとおり、耐震計算書（添付書類）に記載の耐震条件が掘削前の耐震条件を包絡しているため、掘削前の耐震条件に対しても、電氣的機能を維持できることを確認した。

VI-2-別添7-2-13 低圧原子炉代替注水ポンプ出口圧力の耐震性
についての計算書（掘削前）

目 次

1. 概要 1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較 1

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、低圧原子炉代替注水ポンプ出口圧力が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較

低圧原子炉代替注水ポンプ出口圧力については、VI-2-6-7-1-6「低圧原子炉代替注水ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書」（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添 7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に示す掘削前の耐震条件の比較を行う。比較結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 耐震条件比較結果（震度）

機器名称	据付場所 及び床面 高さ (m)	耐震条件		耐震計算書 (添付書類) の耐震条件*1 (①)	掘削前の 耐震条件 (②)	比較結果 (① \geq ② : ○, ①<② : ×)
低圧原子 炉代替注 水ポンプ 出口圧力	低圧原子 炉代替注 水ポンプ 格納槽 EL 0.7*2	構造強 度評価	水平方 向震度	3.75	1.42	○
			鉛直方 向震度	3.63	1.78	○
		電氣的 機能維 持評価	水平方 向震度	3.02	1.19	○
			鉛直方 向震度	2.28	1.48	○

注記*1：VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る震度

*2：基準床レベルを示す。

上記のとおり、耐震計算書（添付書類）に記載の耐震条件が掘削前の耐震条件を包絡しているため、掘削前の耐震条件に対しても、十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

VI-2-別添7-2-14 第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）の耐震性についての計算書（掘削前）

目 次

1. 概要 1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較 1

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）については、VI-2-8-2-7「第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）の耐震性についての計算書」（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添 7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に示す掘削前の耐震条件の比較を行う。比較結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 耐震条件比較結果（震度）

機器名称	据付場所 及び床面 高さ (m)	耐震条件		耐震計算書 (添付書類) の耐震条件*1 (①)	掘削前の 耐震条件 (②)	比較結果 (① \geq ② : ○, ① $<$ ② : ×)
		構造強 度評価	電氣的 機能維 持評価			
第1ベント フィルタ 出口放射線 モニタ (低レンジ)	第1ベント フィルタ 格納槽 EL 19.4*2	構造強 度評価	水平方 向震度	6.30	2.80	○
			鉛直方 向震度	4.68	2.08	○
		電氣的 機能維 持評価	水平方 向震度	3.15	2.33	○
			鉛直方 向震度	4.04	1.73	○

注記*1：VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る震度

*2：基準床レベルを示す。

上記のとおり、耐震計算書（添付書類）に記載の耐震条件が掘削前の耐震条件を包絡しているため、掘削前の耐震条件に対しても、十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

VI-2-別添7-2-15 第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）の耐震性についての計算書（掘削前）

目 次

1. 概要 1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較 1

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）については、VI-2-8-2-8「第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）の耐震性についての計算書」（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添 7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に示す掘削前の耐震条件の比較を行う。比較結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 耐震条件比較結果（震度）

機器名称	据付場所 及び床面 高さ (m)	耐震条件		耐震計算書 (添付書類) の耐震条件*1 (①)	掘削前の 耐震条件 (②)	比較結果 (① \geq ② : ○, ① $<$ ② : ×)
第1ベント フィルタ 出口放射線 モニタ (高レンジ)	第1ベント フィルタ 格納槽 EL 14.7*2	構造強 度評価	水平方 向震度	6.30	2.80	○
			鉛直方 向震度	4.68	2.08	○
		電氣的 機能維 持評価	水平方 向震度	3.15	2.33	○
			鉛直方 向震度	4.04	1.73	○

注記*1：VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る震度

*2：基準床レベルを示す。

上記のとおり、耐震計算書（添付書類）に記載の耐震条件が掘削前の耐震条件を包絡しているため、掘削前の耐震条件に対しても、十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

VI-2-別添7-2-16 管の耐震性についての計算書
(格納容器フィルタベント系) (掘削前)

目 次

1. 概要	1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較	1
3. 概略系統図及び鳥瞰図	3
4. 計算条件	13
5. 解析結果及び評価	25
5.1 固有周期及び設計震度	25
5.2 評価結果	36
5.2.1 管の応力評価結果	36
5.2.2 支持構造物評価結果	37
5.2.3 弁の動的機能維持の評価結果	38
5.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	39

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、格納容器フィルタベント系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能を維持できることを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較

格納容器フィルタベント系の管、支持構造物及び弁については、VI-2-9-4-7-1-1「管の耐震性についての計算書（格納容器フィルタベント系）」（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に示す掘削前の耐震条件の比較を行う。耐震条件の比較は、安全対策工事に伴う掘削の影響を受ける建物・構築物である第1ベントフィルタ格納槽について実施する。比較結果のうち、耐震条件の比較結果を表2-1に、設計用床応答スペクトルの比較を図2-1に示す。なお、設計用床応答スペクトルは代表で減衰2.0%のものを示す。

表2-1 第1ベントフィルタ格納槽の耐震条件比較結果

耐震条件		耐震計算書 (添付書類) の耐震条件*1 (①)	掘削前の 耐震条件 (②)	比較結果 (① \geq ② : ○, ①<② : ×)	備考
構造強度評価	動的震度 (NS)	1.82	2.80	×	
	動的震度 (EW)	2.52	1.87	○	
	動的震度 (鉛直)	3.70	2.08	○	
	設計用床応答 スペクトル (NS)	図2-1 (1/3) 参照		×*2	
	設計用床応答 スペクトル (EW)	図2-1 (2/3) 参照		×*2	
	設計用床応答 スペクトル (鉛直)	図2-1 (3/3) 参照		×*2	

注記*1 : VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る震度又は設計用床応答スペクトル I（基準地震動 S_s ）を上回る設計用床応答スペクトル

*2 : 図2-1に示す耐震計算書（添付書類）の耐震条件（実線）と掘削前の耐震条件（点線）を比較し、全周期帯において実線が点線を上回っている場合は「○」、一部でも点線が実線を上回っていたら「×」を記載する。

構造物名：第1ベントフィルタ格納槽
減衰定数：2.0%

標高：EL19.400～14.700m
波形名：基準地震動S s

— 耐震計算書（添付書類）の耐震条件（NS方向）
- - - 掘削前の耐震条件（NS方向）

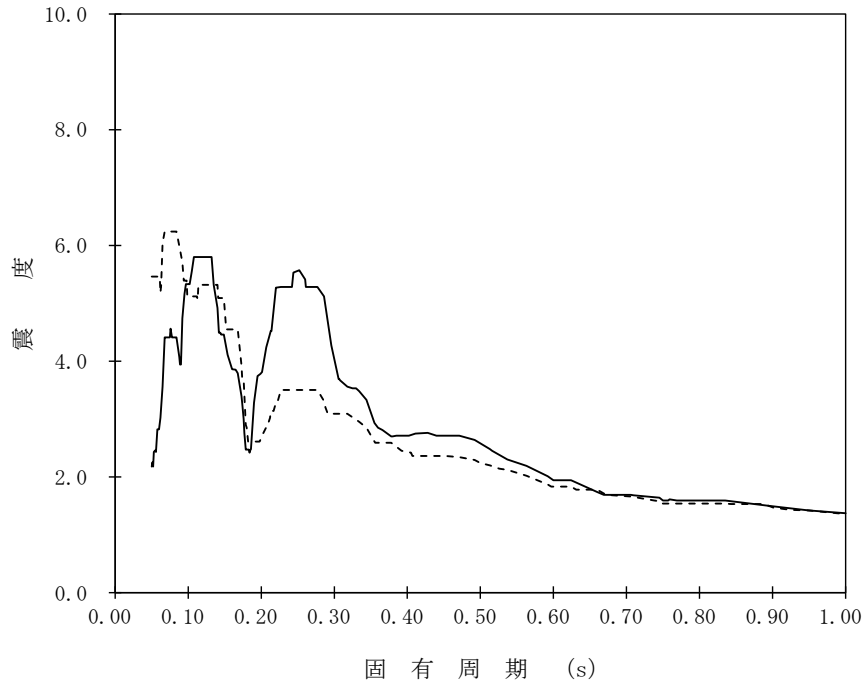


図 2-1 設計用床応答スペクトルの比較（1 / 3）

構造物名：第1ベントフィルタ格納槽
減衰定数：2.0%

標高：EL18.300～14.700m
波形名：基準地震動S s

— 耐震計算書（添付書類）の耐震条件（EW方向）
- - - 掘削前の耐震条件（EW方向）

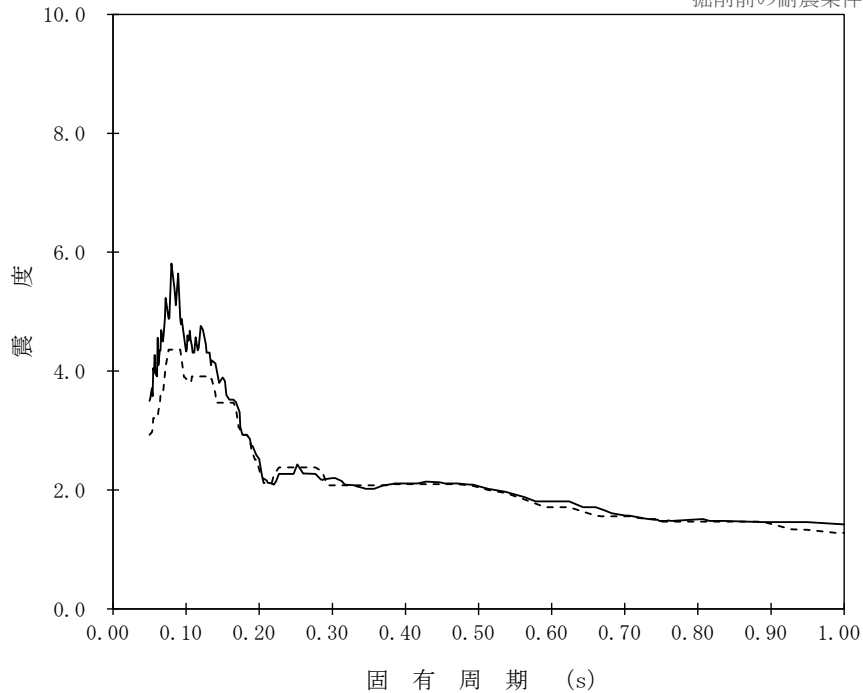


図 2-1 設計用床応答スペクトルの比較（2 / 3）

構造物名：第1ベントフィルタ格納槽 標高：EL19.400m～EL14.700m
 減衰定数：2.0% 波形名：基準地震動 S s

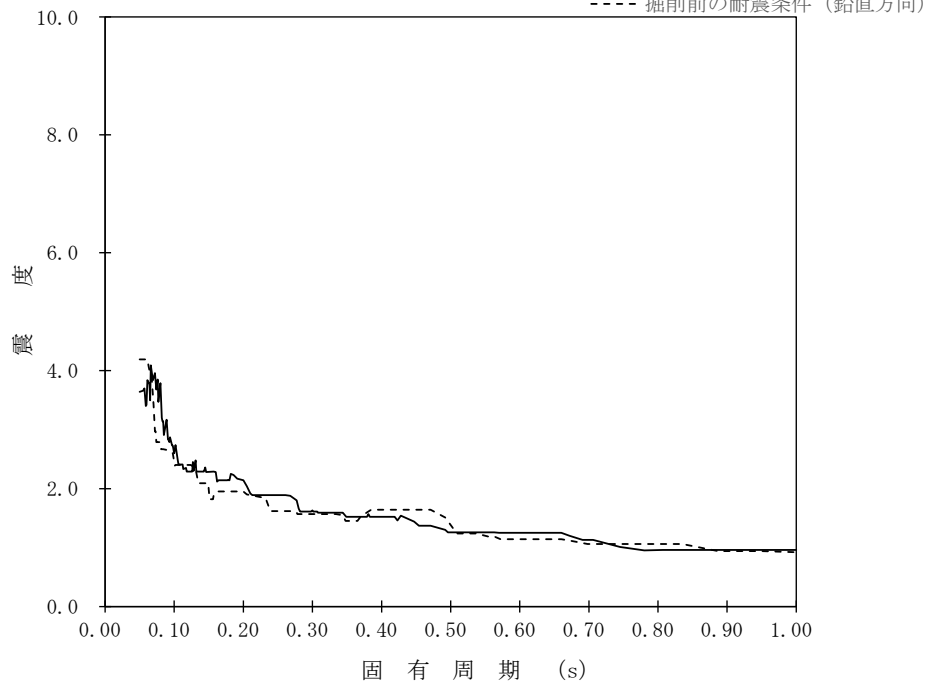
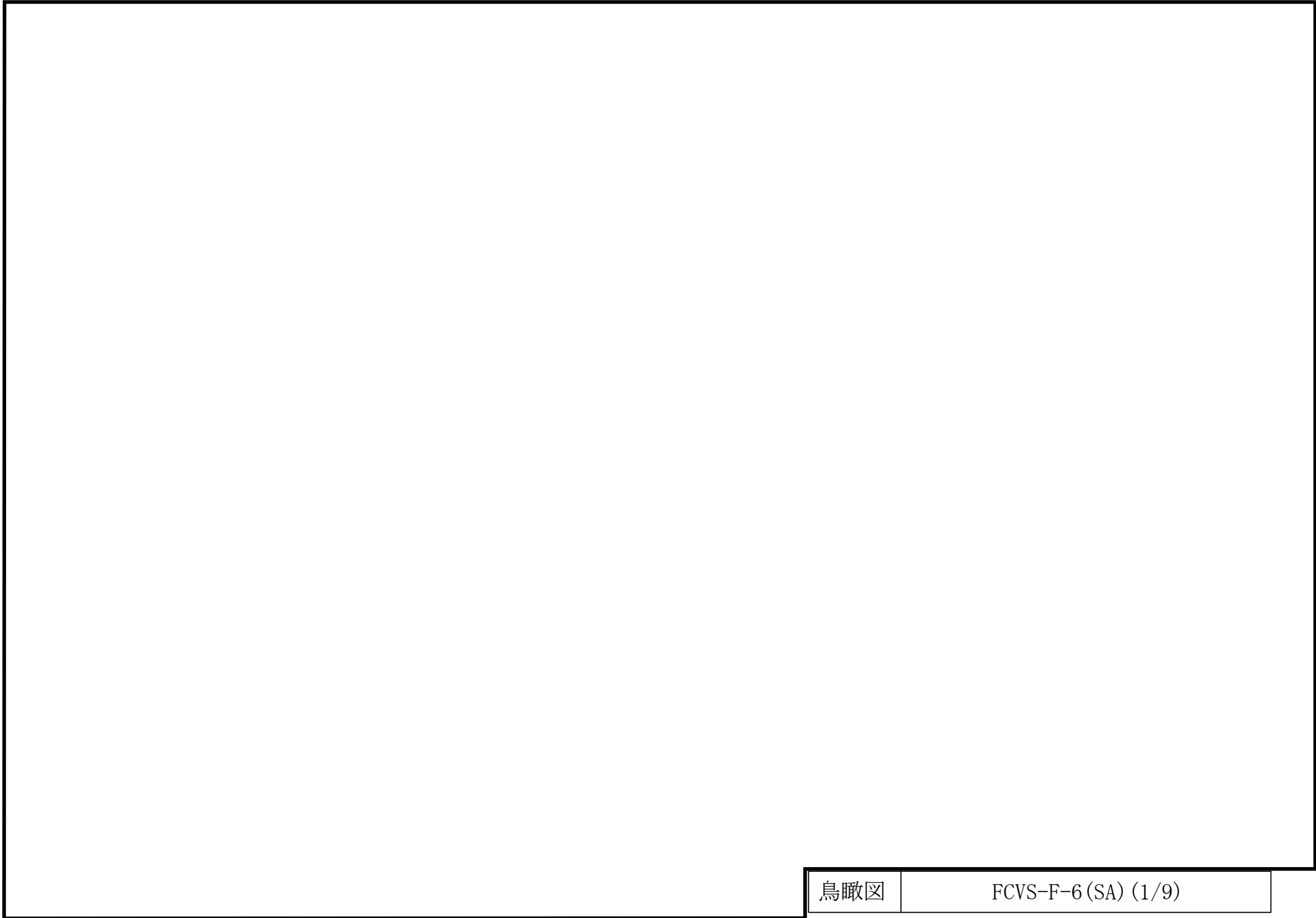


図2-1 設計用床応答スペクトルの比較（3/3）

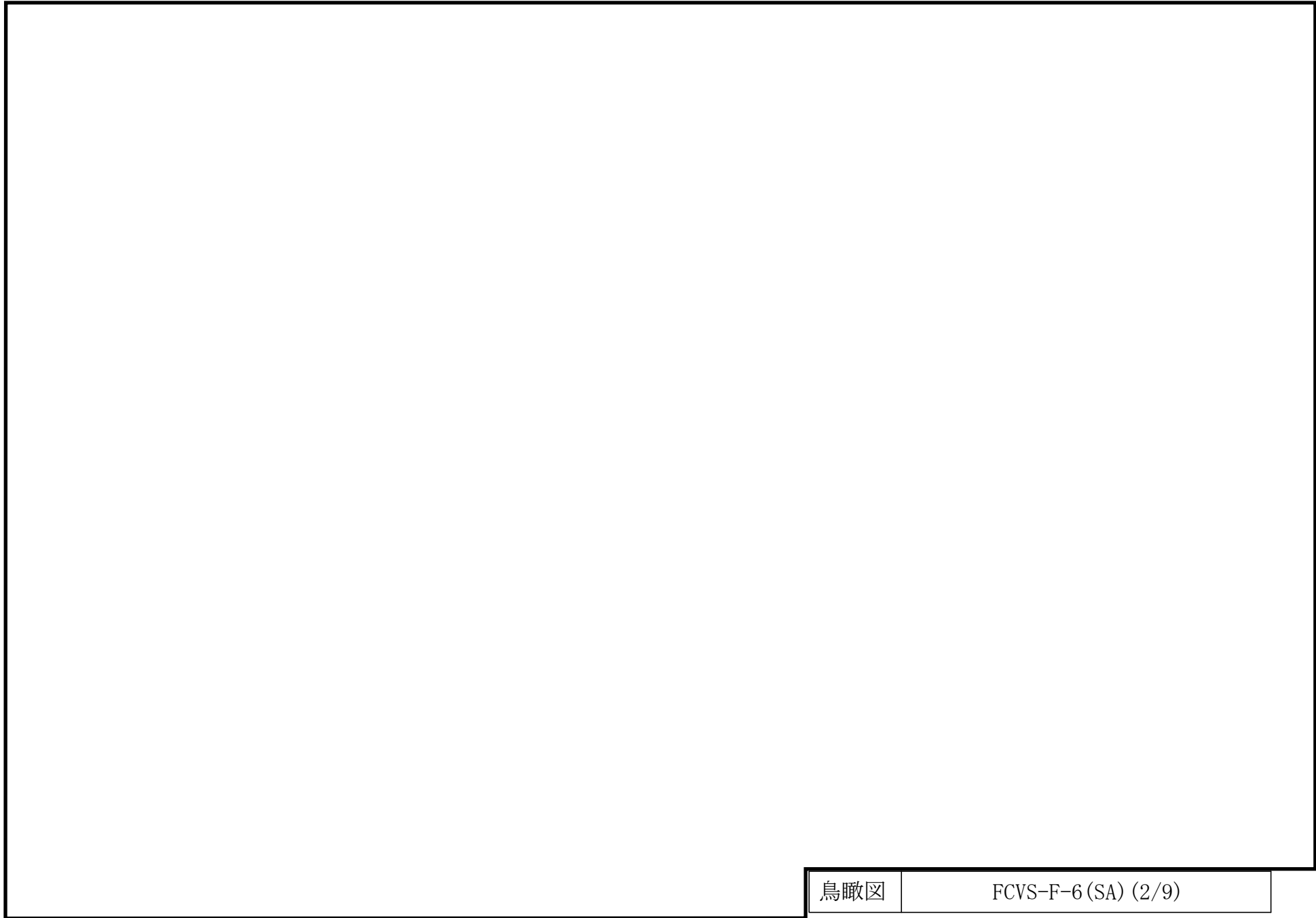
上記のとおり、耐震計算書（添付書類）の耐震条件が掘削前の耐震条件を一部下回ることを確認したため掘削前の耐震条件に対し、耐震性を有することを確認する。評価においては、掘削前の耐震条件を上回る震度及び床応答スペクトルを適用する。なお、「5.2.4 代表モデルの結果及び全モデルの評価結果」に示すとおり、第1ベントフィルタ格納槽の条件を適用する配管モデルのうち FCVS-F-1, 2, 3, 4, 5, 5SP, 6SP, 7SP, 8SP, 9SP は代表モデルと選定されておらず、FCVS-F-6 は代表モデルに選定されている。よって、「3. 概略系統図及び鳥瞰図」以降の項目は、代表モデルに選定された FCVS-R-1 及び FCVS-F-6 について記載する。

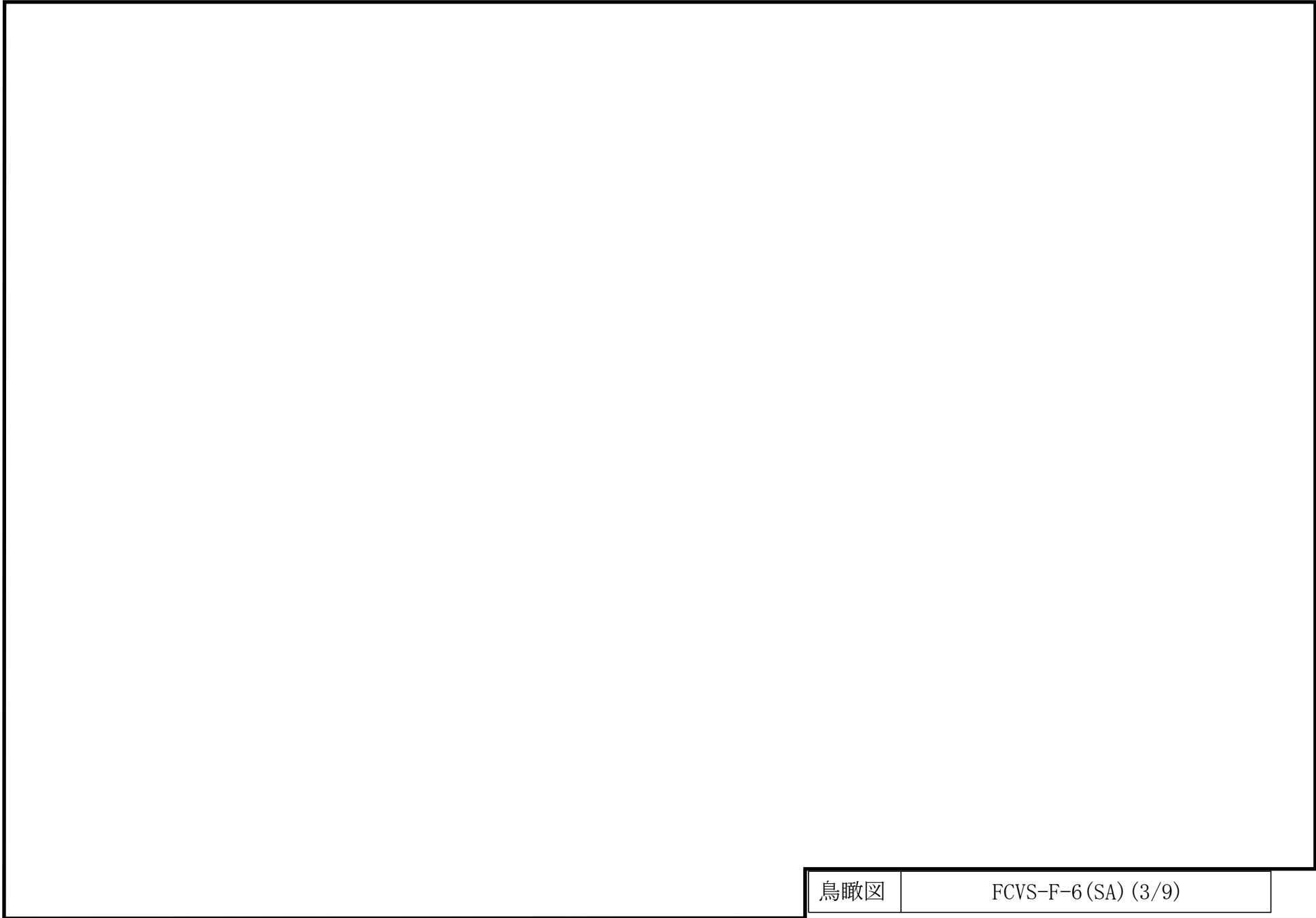
3. 概略系統図及び鳥瞰図

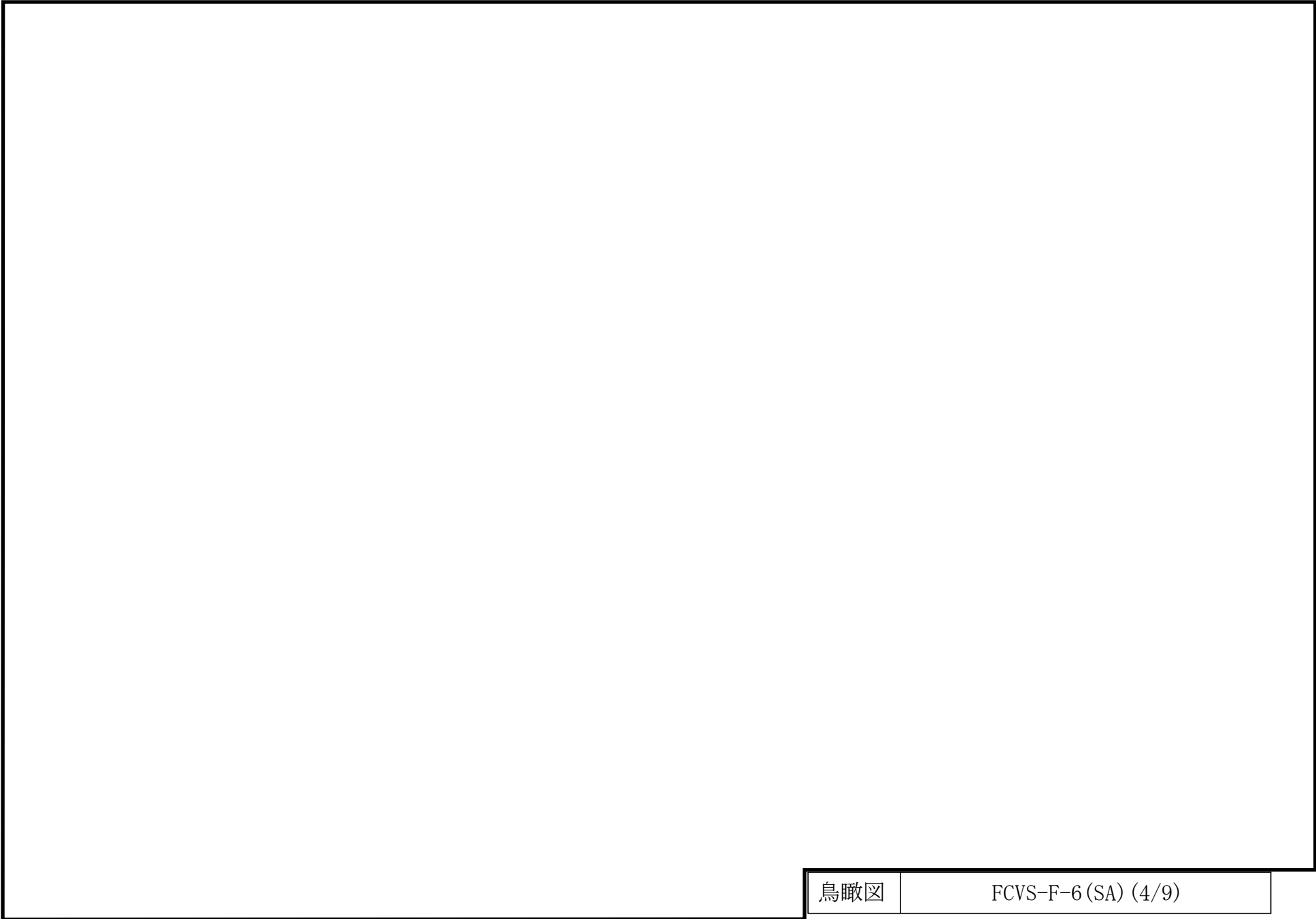
概略系統図及び代表モデルのうち FCVS-R-1 の鳥瞰図については、耐震計算書（添付書類）から変更がないため、記載を省略する。代表モデルのうち FCVS-F-6 の鳥瞰図を以下に示す。

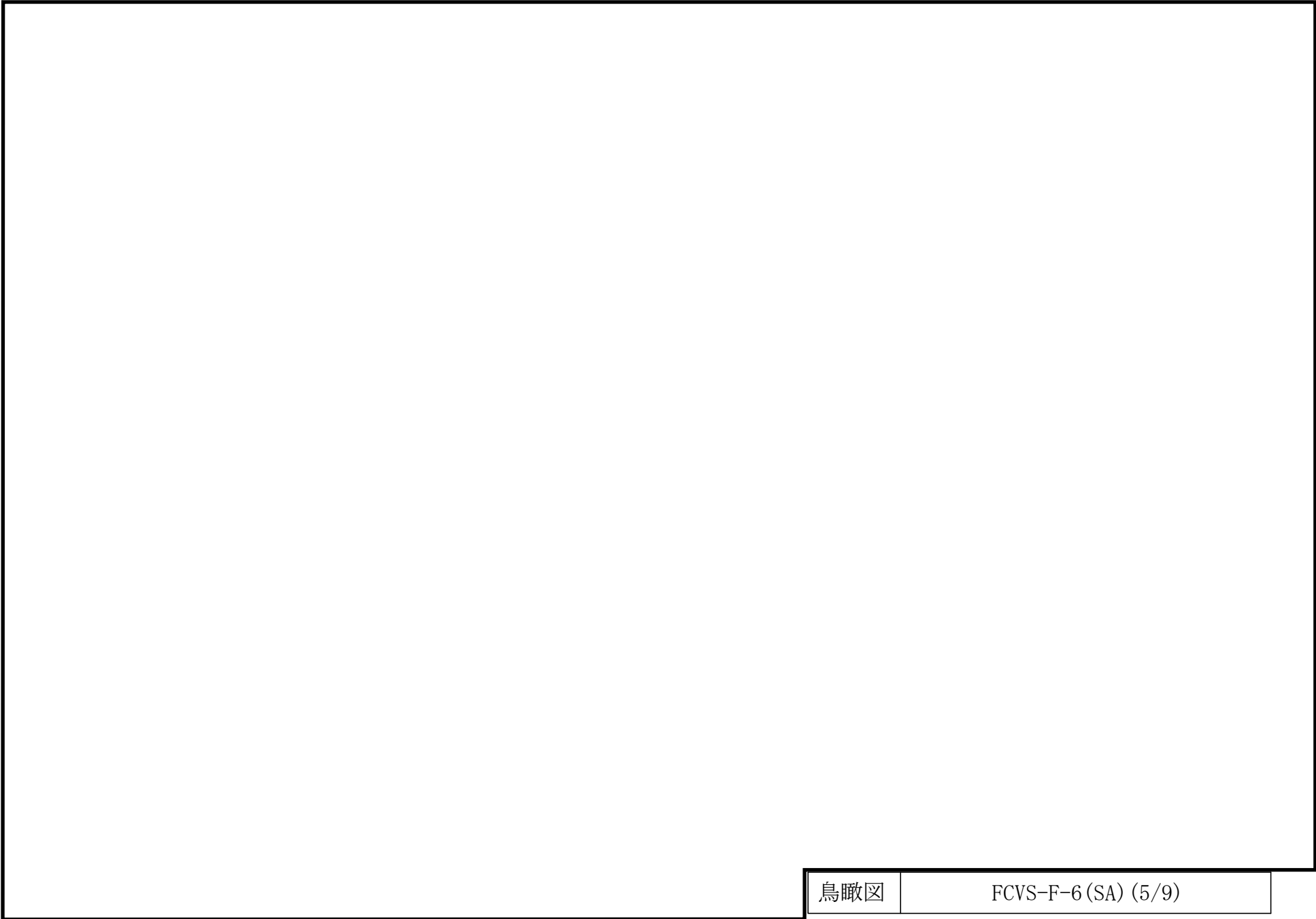


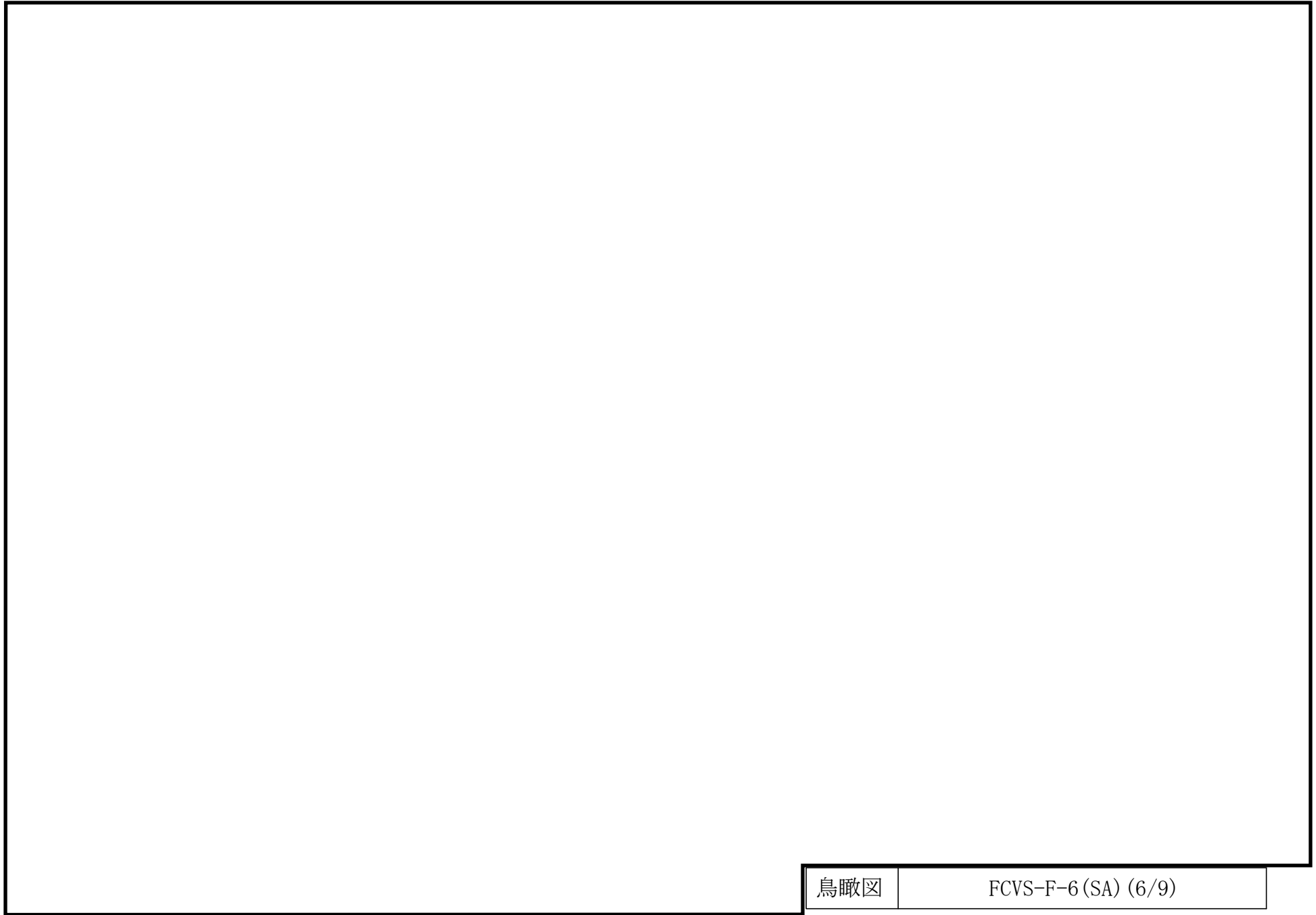
5



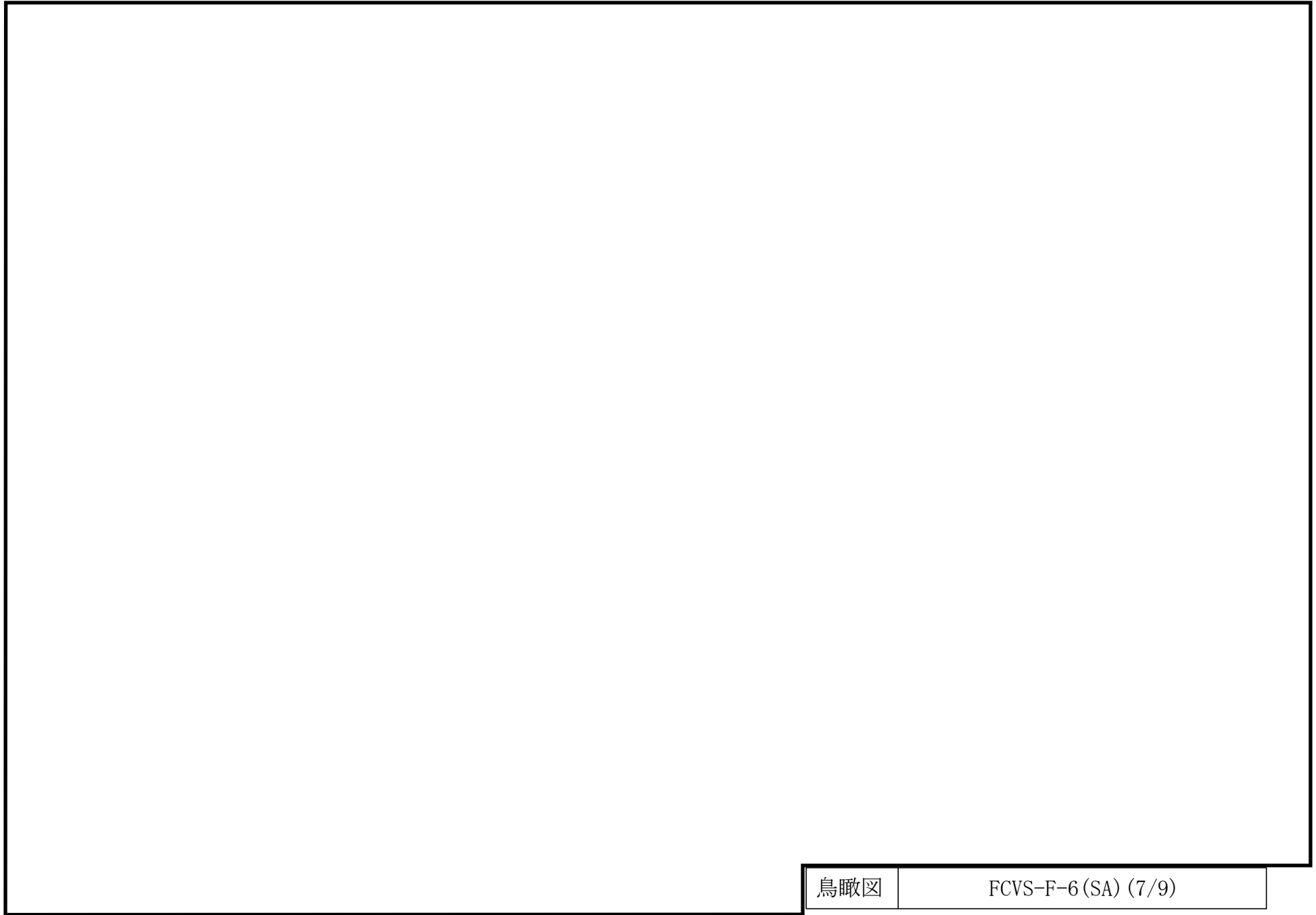


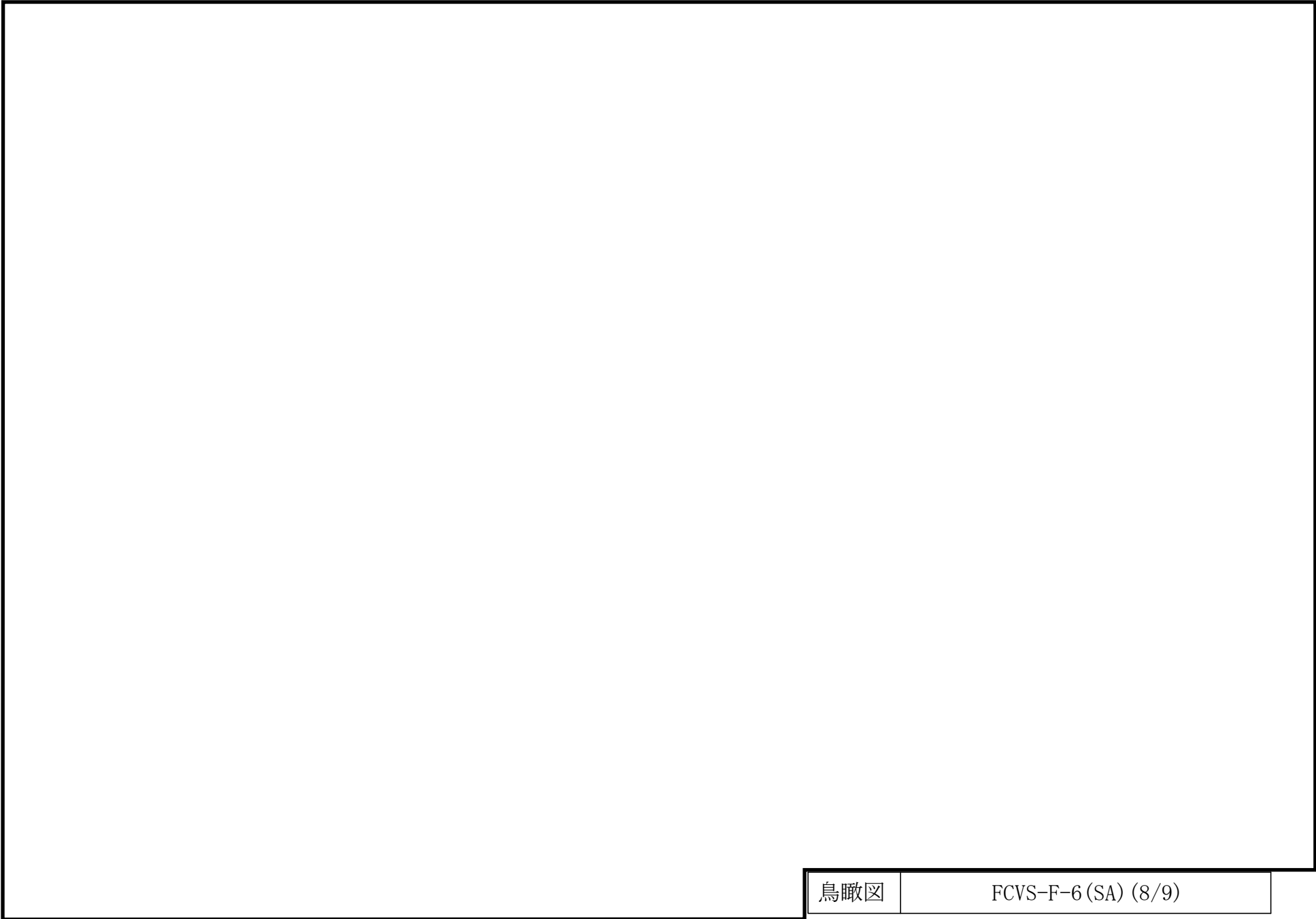




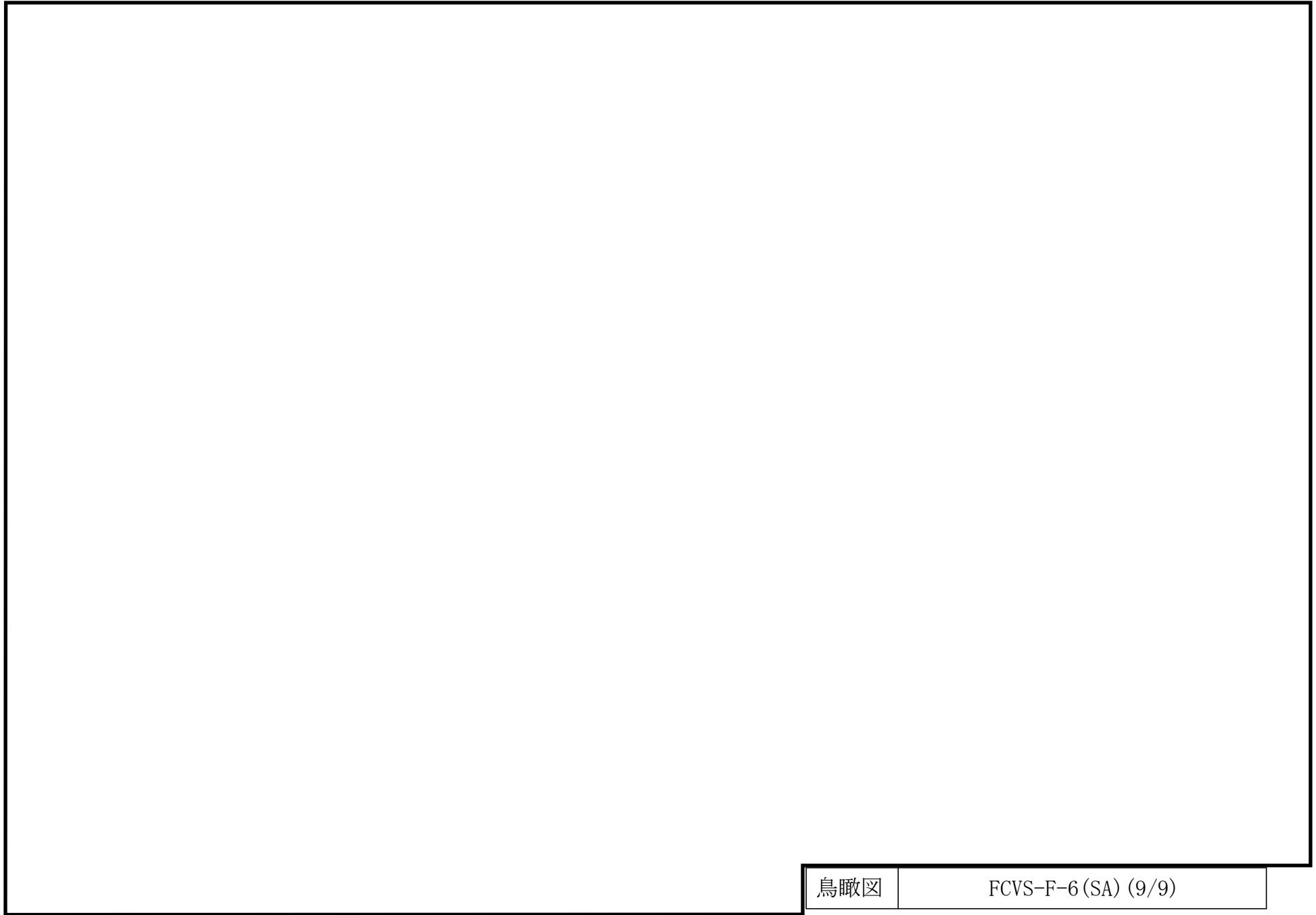


10





鳥瞰図	FCVS-F-6 (SA) (8/9)
-----	---------------------



鳥瞰図	FCVS-F-6 (SA) (9/9)
-----	---------------------

4. 計算条件

計算条件のうち、「計算方法」、「荷重の組合せ及び許容応力状態」及び代表モデルのうち FCVS-R-1 の「設計条件」、「材料及び許容応力」、「設計用地震力」については、耐震計算書（添付書類）から変更がないため、記載を省略する。代表モデルのうち FCVS-F-6 の「設計条件」、「材料及び許容応力」、「設計用地震力」を以下に示す。

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 FCVS-F-6

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	1~35, 2~102 4~202	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	0.427	200
		Ⅴ _A S	0.427	200
2	103~112S, 203~210S 6~304S, 10~404S 26~505, 508~520 520~525A, 30~605 608~620, 620~625A 32~710, 713~728 728~733A, 34~809 812~827, 827~833A	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	0.427	200
		Ⅴ _A S	0.427	200
3	112S~172, 210S~265 304S~363, 404S~457	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	0.427	200
		Ⅴ _A S	0.427	200
4	172~173, 265~266 363~364, 457~459	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	0.427	200
		Ⅴ _A S	0.427	200
5	173~177N, 266~270N 364~367N, 459~462N	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	0.427	200
		Ⅴ _A S	0.427	200
6	505~5051, 5073~508 605~6051, 6073~608 710~7101, 7123~713 809~8091, 8113~812	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	0.427	200
		Ⅴ _A S	0.427	200

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 FCVS-F-6

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
7	5051～5052, 5072～5073 6051～6052, 6072～6073 7101～7102, 7122～7123 8091～8092, 8112～8113	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	0.427	200
		Ⅴ _A S	0.427	200
8	5052～506, 507～5072 6052～606, 607～6072 7102～711, 712～7122 8092～810, 811～8112	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	0.427	200
		Ⅴ _A S	0.427	200

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 FCVS-F-6

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1～35, 2～102 4～202	406.4	12.7	STPT410	—	201867
2	103～112S, 203～210S 6～304S, 10～404S 26～505, 508～520 520～525A, 30～605 608～620, 620～625A 32～710, 713～728 728～733A, 34～809 812～827, 827～833A	318.5	10.3	STPT410	—	201867
3	112S～172, 210S～265 304S～363, 404S～457	318.5	10.3	STPT410	—	201667
4	172～173, 265～266 363～364, 457～459	318.5	10.3	SF440A	—	200667
5	173～177N, 266～270N 364～367N, 459～462N	318.5	10.3	SUS304TP	—	193667
6	505～5051, 5073～508 605～6051, 6073～608 710～7101, 7123～713 809～8091, 8113～812	318.5	10.3	SF440A	—	200867

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 FCVS-F-6

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
7	5051～5052, 5072～5073 6051～6052, 6072～6073 7101～7102, 7122～7123 8091～8092, 8112～8113	318.5	17.4	SUS316LTP	—	193867
8	5052～506, 507～5072 6052～606, 607～6072 7102～711, 712～7122 8092～810, 811～8112	303.0	2.4	SUS316LTP	—	193867

配管の付加質量

鳥 瞰 図 FCVS-F-6

質量	対応する評価点
	1～19F, 20F～35, 2～102, 4～202
	103～112S, 203～210S, 6～304S, 10～404S, 26～5053 5071～520, 520～525A, 30～6053, 6071～620, 620～625A 32～7103, 7121～728, 728～733A, 34～8093, 8111～827 827～833A
	112S～173, 210S～266, 304S～364, 404S～459
	173～177N, 266～270N, 364～367N, 459～462N

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 FCVS-F-6

質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	19F
<input type="checkbox"/>	20F
<input type="checkbox"/>	23F

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 FCVS-F-6

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
8						
16						
28						
114						
119						
124						
128						
134						
140						
144						
149						
153						
159						
164						
169						
169						
177N						
** 177N **						
** 177N **						
212						
217						
222						
226						
232						
238						
242						
250						
255						
259						

S2 補 VI-2-別添 7-2-16 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 FCVS-F-6

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
270N						
** 270N **						
** 270N **						
306						
311						
316						
320						
324						
328						
332						
338						
343						
348						
352						
357						
367N						
** 367N **						
** 367N **						
406						
411						
416						
420						
424						
428						
438						
444						
448						

S2 補 VI-2-別添 7-2-16 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 FCVS-F-6

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
448						
462N						
** 462N **						
** 462N **						
504						
509						
515						
518						
525A						
604						
609						
615						
618						
625A						
709						
714						
720						
723						
733A						
808						
813						
819						
822						
833A						

--

S2 補 VI-2-別添 7-2-2-16 R0

材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S
STPT410	200	—	207	404	—
SF440A	200	—	196	401	—
SUS304TP	200	—	144	402	—
SUS316LTP	200	—	120	407	—

設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトル及び等価繰返し回数を下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」及びVI-2-別添7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に基づき設定したものをを用いる。減衰定数は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。等価繰返し回数は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定したものをを用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高 (m)	減衰定数 (%)	等価繰返し回数	
				S _d	S _s
FCVS-F-6	原子炉建物	EL <input type="text"/>			
	第1ベント フィルタ格納槽	EL <input type="text"/> ~ EL <input type="text"/>			

5. 解析結果及び評価

5.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 FCVS-R-1

適用する地震動等		基準地震動 S s		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直震度*2
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
2次				
動的震度*3, *4				

注記*1：固有周期が0.050 s 以上のモードを示す。0.020 s 以上0.050 s 未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

*2：設計用床応答スペクトルⅡ(基準地震動 S s)により得られる震度

*3：設計用震度Ⅱ(基準地震動 S s)

*4：最大応答加速度を1.2倍した震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 FCVS-R-1

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				

注記*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次頁以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 FCVS-F-6

適用する地震動等		基準地震動 S s		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直震度*2
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
13次				
動的震度*3, *4				

注記*1：固有周期が0.050 s 以上のモードを示す。0.020 s 以上0.050 s 未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

*2：掘削前の耐震条件を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

*3：掘削前の耐震条件を上回る設計震度

*4：最大応答加速度を1.2倍した震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 FCVS-F-6

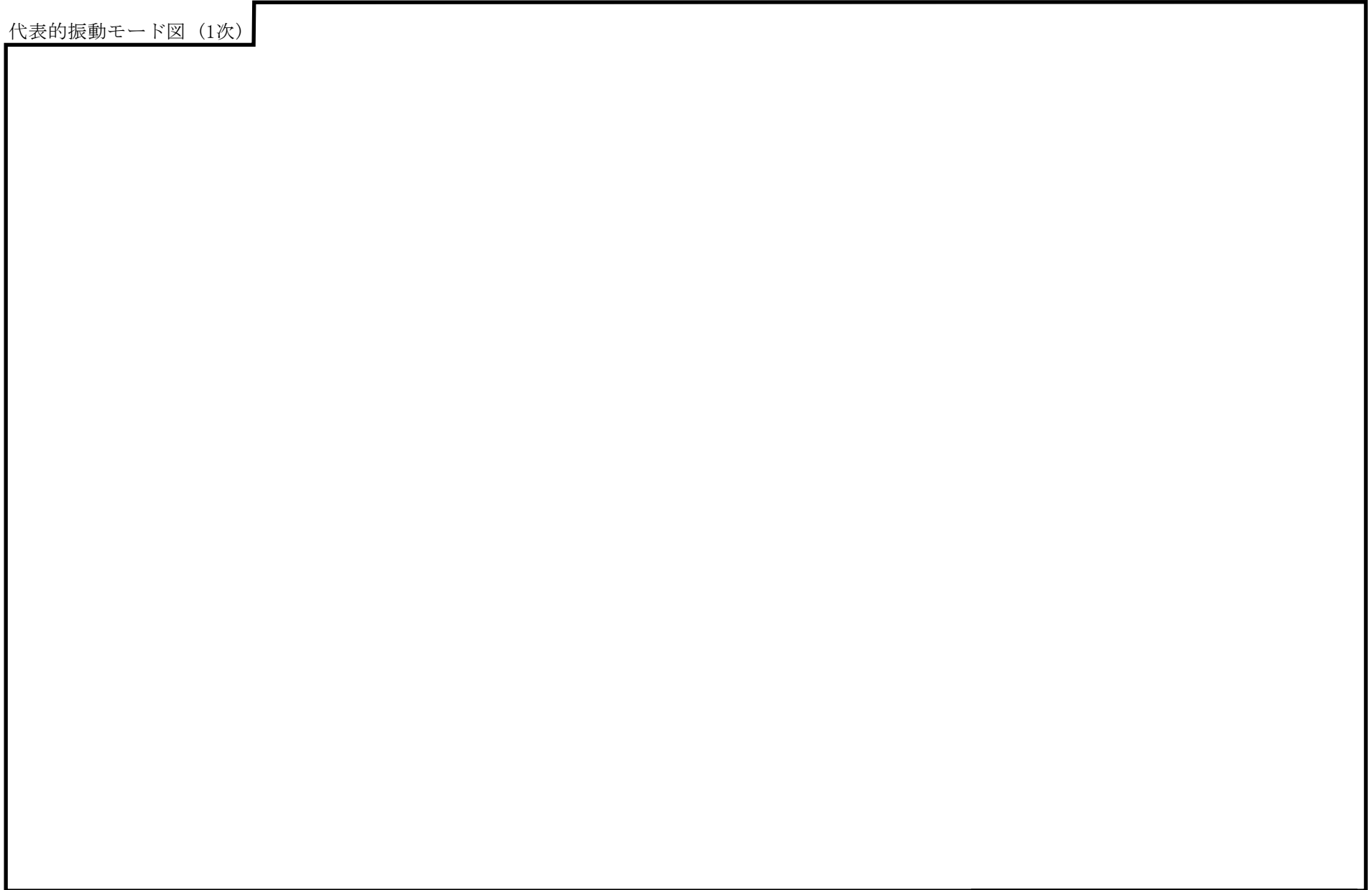
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
13次				

注記*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

代表的振動モード図

振動モード図は，3次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次頁以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)

35

5.2 評価結果

5.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数 U S s
IV _A S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	FCVS-R-1	65	147	363	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	FCVS-F-6	270N	219	288	—
V _A S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	FCVS-R-1	65	147	363	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	FCVS-F-6	270N	219	288	—

5.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材料	温度 (°C)	評価結果		
					計算荷重 (kN)	許容荷重 (kN)	
						一次評価*1	二次評価*2
—	メカニカルスナッパ	—	VI-2-1-12「配 管及び支持構造 物の耐震計算に ついて」参照	—	—	—	
SN0-FCVS-197	オイルスナッパ	SN-3		29	45	—	
RE-FCVS-174	ロッドレストレイント	RSA-3		28	54	—	
SH-FCVS-35	スプリングハンガ	VSAL2B-13		12	13		
—	コンスタントハンガ	—		—	—		
—	リジットハンガ	—		—	—		

注記*1：あらかじめ設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価

*2：計算荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超過した箇所に対して、J E A G 4 6 0 1 に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお、一次評価を満足する場合は「—」と記載する。

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材料	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
RE-FCVS-76	レストレイント	ビーム	STKR400	40	127	28	0	—	—	—	組合せ	65	161
AN-FCVS-64	アンカ	ラグ	SGV410	200	18	38	20	15	0	13	組合せ	37	130

5.2.3 弁の動的機能維持の評価結果

下表に示すとおり水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能 ^{*1}	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)			機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		詳細評価 ^{*2, *3}						
			水平	鉛直	合成 ^{*3, *4}	水平	鉛直	動作機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)				
								水平	鉛直	評価部位	応力分類	計算応力	許容応力	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。

α (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 時に動的機能が要求されるもの

β (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 後に動的機能が要求されるもの

*2：水平又は鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し，水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度の最小値以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。

*3：詳細評価を実施しない場合は「—」と記載する。

*4：水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度をベクトル和により合成した値であり，詳細評価を実施する場合に使用する。

5.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV _A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表
1	FCVS-R-1	65	147	363	2.46	○	65	257	414	1.61	—	—
2	FCVS-R-2	2	81	363	4.48	—	3	132	414	3.13	—	—
3	FCVS-R-3	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—
4	FCVS-R-4	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—
5	FCVS-R-5	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—
6	FCVS-R-6	12A	21	363	17.28	—	12A	30	414	13.80	—	—
7	FCVS-R-7	301	54	363	6.72	—	301	94	414	4.40	—	—
8	FCVS-R-8	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—
9	FCVS-R-9	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—
10	FCVS-R-10	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—
11	FCVS-R-11	12A	21	363	17.28	—	12A	30	414	13.80	—	—
12	FCVS-R-12	301	54	363	6.72	—	301	94	414	4.40	—	—
13	FCVS-R-13	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—
14	FCVS-R-14	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—
15	FCVS-R-15	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV _A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表
16	FCVS-R-16	12A	21	363	17.28	—	12A	30	414	13.80	—	—
17	FCVS-R-17	301	54	363	6.72	—	301	94	414	4.40	—	—
18	FCVS-R-18	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—
19	FCVS-R-19	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—
20	FCVS-R-20	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—
21	FCVS-R-21	12A	21	363	17.28	—	12A	30	414	13.80	—	—
22	FCVS-R-22	301	54	363	6.72	—	301	94	414	4.40	—	—
23	FCVS-R-1SP	45	77	366	4.75	—	45	146	462	3.16	—	—
24	FCVS-R-2SP	54W	128	366	2.85	—	54W	272	462	1.69	—	—
25	FCVS-R-3SP	1A	124	366	2.95	—	1A	241	462	1.91	—	—
26	FCVS-R-4SP	43W	136	366	2.69	—	43W	263	462	1.75	—	—
27	FCVS-R-5SP	27W	113	366	3.23	—	64W	244	462	1.89	—	—
28	FCVS-R-11SP	48	78	366	4.69	—	48	144	462	3.20	—	—
29	FCVS-R-12SP	191W	132	366	2.77	—	234A	251	462	1.84	—	—
30	SGT-R-1	1155	76	363	4.77	—	1155	104	414	3.98	—	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV _A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表
31	SGT-R-6	424	116	363	3.12	—	424	170	414	2.43	—	—
32	FCVS-F-1	66	86	366	4.25	—	40	138	414	3.00	—	—
33	FCVS-F-2	39	95	361	3.80	—	39	150	288	1.92	—	—
34	FCVS-F-3	41	59	361	6.11	—	41	95	288	3.03	—	—
35	FCVS-F-4	66	81	361	4.45	—	66	120	288	2.40	—	—
36	FCVS-F-5	34	77	361	4.68	—	34	134	288	2.14	—	—
37	FCVS-F-6	270N	114	361	3.16	—	270N	219	288	1.31	—	○
38	FCVS-F-5SP	102	60	363	6.05	—	102	185	414	2.23	—	—
39	FCVS-F-6SP	102	110	363	3.30	—	102	285	414	1.45	—	—
40	FCVS-F-7SP	14	32	431	13.46	—	102	190	414	2.17	—	—
41	FCVS-F-8SP	27W	24	431	17.95	—	102	269	414	1.53	—	—
42	FCVS-F-9SP	102	125	363	2.90	—	102	222	414	1.86	—	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 V A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表
1	FCVS-R-1	65	147	363	2.46	○	65	257	414	1.61	—	—
2	FCVS-R-2	2	81	363	4.48	—	3	132	414	3.13	—	—
3	FCVS-R-3	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—
4	FCVS-R-4	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—
5	FCVS-R-5	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—
6	FCVS-R-6	12A	21	363	17.28	—	12A	30	414	13.80	—	—
7	FCVS-R-7	301	54	363	6.72	—	301	94	414	4.40	—	—
8	FCVS-R-8	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—
9	FCVS-R-9	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—
10	FCVS-R-10	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—
11	FCVS-R-11	12A	21	363	17.28	—	12A	30	414	13.80	—	—
12	FCVS-R-12	301	54	363	6.72	—	301	94	414	4.40	—	—
13	FCVS-R-13	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—
14	FCVS-R-14	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—
15	FCVS-R-15	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 V A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表
16	FCVS-R-16	12A	21	363	17.28	—	12A	30	414	13.80	—	—
17	FCVS-R-17	301	54	363	6.72	—	301	94	414	4.40	—	—
18	FCVS-R-18	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—
19	FCVS-R-19	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—
20	FCVS-R-20	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—
21	FCVS-R-21	12A	21	363	17.28	—	12A	30	414	13.80	—	—
22	FCVS-R-22	301	54	363	6.72	—	301	94	414	4.40	—	—
23	FCVS-R-1SP	45	77	366	4.75	—	45	146	462	3.16	—	—
24	FCVS-R-2SP	54W	128	366	2.85	—	54W	272	462	1.69	—	—
25	FCVS-R-3SP	1A	124	366	2.95	—	1A	241	462	1.91	—	—
26	FCVS-R-4SP	43W	136	366	2.69	—	43W	263	462	1.75	—	—
27	FCVS-R-5SP	27W	113	366	3.23	—	64W	244	462	1.89	—	—
28	FCVS-R-11SP	48	78	366	4.69	—	48	144	462	3.20	—	—
29	FCVS-R-12SP	191W	132	366	2.77	—	234A	251	462	1.84	—	—
30	SGT-R-1	1155	76	363	4.77	—	1155	104	414	3.98	—	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 V A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表
31	SGT-R-6	424	116	363	3.12	—	424	170	414	2.43	—	—
32	FCVS-F-1	66	86	366	4.25	—	40	138	414	3.00	—	—
33	FCVS-F-2	39	95	361	3.80	—	39	150	288	1.92	—	—
34	FCVS-F-3	41	59	361	6.11	—	41	95	288	3.03	—	—
35	FCVS-F-4	66	81	361	4.45	—	66	120	288	2.40	—	—
36	FCVS-F-5	34	77	361	4.68	—	34	134	288	2.14	—	—
37	FCVS-F-6	270N	114	361	3.16	—	270N	219	288	1.31	—	○
38	FCVS-F-5SP	102	60	363	6.05	—	102	185	414	2.23	—	—
39	FCVS-F-6SP	102	110	363	3.30	—	102	285	414	1.45	—	—
40	FCVS-F-7SP	14	32	431	13.46	—	102	190	414	2.17	—	—
41	FCVS-F-8SP	27W	24	431	17.95	—	102	269	414	1.53	—	—
42	FCVS-F-9SP	102	125	363	2.90	—	102	222	414	1.86	—	—

VI-2-別添7-2-17 第1 ベントフィルタ スクラバ容器の耐震性について
の計算書（掘削前）

目 次

1. 概要 1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較 1

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、第1ベントフィルタ スクラバ容器が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有することを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較

第1ベントフィルタ スクラバ容器については、VI-2-9-4-7-1-2「第1ベントフィルタ スクラバ容器の耐震性についての計算書」（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添 7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に示す掘削前の耐震条件の比較を行う。比較結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 耐震条件比較結果（震度）

機器名称	据付場所 及び床面 高さ (m)	耐震条件		耐震計算書 (添付書類) の耐震条件* (①)	掘削前 の 耐震条 件 (②)	比較結果 (① \geq ② : ○, ① $<$ ② : ×)
		構造 強度 評価	水平方向 震度			
第1ベント フィルタ スクラバ 容器	第1ベント フィルタ 格納槽 EL 2.7		水平方向 震度	4.50	1.60	○
			鉛直方向 震度	3.00	2.65	○

注記* : VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る震度

上記のとおり、耐震計算書（添付書類）に記載の耐震条件が掘削前の耐震条件を包絡しているため、掘削前の耐震条件に対しても、十分な構造強度を有することを確認した。

VI-2-別添7-2-18 第1 ベントフィルタ 銀ゼオライト容器の耐震性について
の計算書（掘削前）

目 次

1. 概要 1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較 1

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、第1ベントフィルタ 銀ゼオライト容器が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有することを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較

第1ベントフィルタ 銀ゼオライト容器については、VI-2-9-4-7-1-3「第1ベントフィルタ 銀ゼオライト容器の耐震性についての計算書」（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添 7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に示す掘削前の耐震条件の比較を行う。比較結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 耐震条件比較結果（震度）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	耐震条件		耐震計算書（添付書類）の耐震条件*1 (①)	掘削前の耐震条件 (②)	比較結果 (① \geq ② : ○, ①<② : ×)
第1ベントフィルタ 銀ゼオライト容器	第1ベントフィルタ 格納槽 EL 2.7 (EL 7.6*2)	構造強度評価	水平方向震度	4.50	1.29	○
			鉛直方向震度	3.00	1.75	○

注記*1：VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る震度

*2：基準床レベルを示す。

上記のとおり、耐震計算書（添付書類）に記載の耐震条件が掘削前の耐震条件を包絡しているため、掘削前の耐震条件に対しても、十分な構造強度を有することを確認した。

VI-2-別添7-2-19 SAロードセンタの耐震性についての計算書（掘削前）

目 次

1. 概要 1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較 1

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、SA ロードセンタが基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較

SA ロードセンタの耐震性については、VI-2-10-1-4-12「SA ロードセンタの耐震性についての計算書」（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添 7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に示す掘削前の耐震条件の比較を行う。比較結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 耐震条件比較結果（震度）

機器名称	据付場所 及び床面 高さ (m)	耐震条件		耐震計算書 (添付書類) の耐震条件*1 (①)	掘削前の 耐震条件 (②)	比較結果 (① \geq ② : ○, ① $<$ ② : ×)
SA ロード センタ	低圧原子 炉代替注 水ポンプ 格納槽 EL 8.2*2	構造強 度評価	水平方 向震度	1.85	1.00	○
			鉛直方 向震度	1.71	0.82	○
		電気的 機能維 持評価	水平方 向震度	1.40	0.83	○
			鉛直方 向震度	1.43	0.68	○

注記*1：VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る震度

*2：基準床レベルを示す。

上記のとおり、耐震計算書（添付書類）に記載の耐震条件が掘削前の耐震条件を包絡しているため、掘削前の耐震条件に対しても、十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを確認した。

VI-2-別添7-2-20 SAコントロールセンタの耐震性についての計算書
(掘削前)

目 次

1. 概要 1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較 1

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、SA コントロールセンタが基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較

SA コントロールセンタの耐震性については、VI-2-10-1-4-13「SA コントロールセンタの耐震性についての計算書」（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添 7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に示す掘削前の耐震条件の比較を行う。比較結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 耐震条件比較結果（震度）

機器名称	据付場所 及び床面 高さ (m)	耐震条件		耐震計算書 (添付書類) の耐震条件*1 (①)	掘削前の 耐震条件 (②)	比較結果 (① \geq ② : ○, ①<② : ×)
		構造強 度評価				
SA1 コン トロール センタ	低圧原子 炉代替注 水ポンプ 格納槽 EL 8.2*2	構造強 度評価	水平方 向震度	1.85	1.00	○
			鉛直方 向震度	1.71	0.82	○
		電気的 機能維 持評価	水平方 向震度	1.40	0.83	○
			鉛直方 向震度	1.43	0.68	○

注記*1：VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る震度

*2：基準床レベルを示す。

上記のとおり、耐震計算書（添付書類）に記載の耐震条件が掘削前の耐震条件を包絡しているため、掘削前の耐震条件に対しても、十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを確認した。

VI-2-別添7-2-21 火災感知器の耐震性についての計算書（掘削前）

目 次

1. 概要 1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較 1

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、火災感知器が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較

火災感知器については、VI-2-別添 1-2-1「火災感知器の耐震性についての計算書（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添 7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に示す掘削前の耐震条件の比較を行う。比較結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 耐震条件比較結果（震度）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	耐震条件		耐震計算書 (添付書類) の耐震条件* (①)	掘削前の 耐震条件 (②)	比較結果 (① \geq ② : ○, ① $<$ ② : ×)
		構造強度 評価	電気的機能 維持評価	水平方向 震度	鉛直方向 震度	水平方向 震度
火災 感知器 ①	第 1 ベント フィルタ 格納槽 EL 19.4 ～7.6	構造強度 評価	水平方向 震度	4.20	2.80	○
			鉛直方向 震度	4.83	2.08	○
		電気的機能 維持評価	水平方向 震度	2.40	2.33	○
			鉛直方向 震度	3.08	1.73	○
	低圧原子炉 代替注水 ポンプ 格納槽 EL 18.3 ～8.2	構造強度 評価	水平方向 震度	4.20	1.30	○
			鉛直方向 震度	4.83	1.10	○
		電気的機能 維持評価	水平方向 震度	2.10	1.08	○
			鉛直方向 震度	3.08	0.92	○

注記* : VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る震度

上記のとおり、耐震計算書（添付書類）に記載の耐震条件が掘削前の耐震条件を包絡しているため、掘削前の耐震条件に対しても、十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを確認した。

VI-2-別添7-2-22 制御盤の耐震性についての計算書（掘削前）

目 次

1. 概要 1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較 1

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、制御盤が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較

制御盤については、VI-2-別添 1-3-3「制御盤の耐震性についての計算書」（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添 7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に示す掘削前の耐震条件の比較を行う。比較結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 耐震条件比較結果（震度）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	耐震条件		耐震計算書 (添付書類) の耐震条件* (①)	掘削前の 耐震条件 (②)	比較結果 (① \geq ② : ○, ① $<$ ② : ×)
制御盤 (全域ガス 消火設備) 自動 3 回線	低圧原子炉 代替注水ポ ンプ格納槽 EL 14.7 (EL 18.3)	構造強度 評価	水平方向 震度	3.80	1.30	○
			鉛直方向 震度	4.29	1.10	○
		電氣的 機能維持 評価	水平方向 震度	2.23	1.08	○
			鉛直方向 震度	2.60	0.92	○

注記* : VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る震度

上記のとおり、耐震計算書（添付書類）に記載の耐震条件が掘削前の耐震条件を包絡しているため、掘削前の耐震条件に対しても、十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

VI-2-別添7-2-23 管の耐震性についての計算書
(消火設備) (掘削前)

目 次

1. 概要 1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較 1

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、消火設備の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能を維持できることを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較

消火設備の管、支持構造物及び弁については、VI-2-別添 1-3-4「管の耐震性についての計算書（消火設備）」（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添 7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に示す掘削前の耐震条件の比較を行う。耐震条件の比較は、安全対策工事に伴う掘削の影響を受ける建物・構築物等である低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽及び第 1 ベントフィルタ格納槽について実施する。比較結果のうち、耐震条件の比較結果を表 2-1 に、設計用床応答スペクトルの比較を図 2-1 に示す。なお、床応答スペクトルを適用する配管モデルは低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽及び第 1 ベントフィルタ格納槽の設計用床応答スペクトルを包絡した床応答スペクトルを適用していることから、両条件を包絡した床応答スペクトルにて比較する。また、設計用床応答スペクトルは当該モデルの減衰 0.5%のものを示す。

表 2-1 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽及び第 1 ベントフィルタ格納槽の耐震条件比較結果

耐震条件		耐震計算書 (添付書類) の耐震条件*1 (①)	掘削前の 耐震条件 (②)	比較結果 (①≥② : ○, ①<② : ×)	備考	
構造 強度 評価	第 1 ベント フィルタ 格納槽	動的震度 (NS)	5.51	2.80	○	
		動的震度 (EW)	4.07	1.87	○	
		動的震度 (鉛直)	4.76	2.65	○	
	低圧原子炉 代替注水 ポンプ格納槽	動的震度 (NS)	2.27	1.30	○	
		動的震度 (EW)	3.62	1.42	○	
		動的震度 (鉛直)	3.20	1.78	○	
	設計用床応答スペクトル (NS)		図 2-1 (1/3) 参照		○*2	
	設計用床応答スペクトル (EW)		図 2-1 (2/3) 参照		○*2	
	設計用床応答スペクトル (鉛直)		図 2-1 (3/3) 参照		○*2	

注記*1 : VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る震度又は設計用床応答スペクトル I（基準地震動 S_s）を上回る設計用床応答スペクトル

*2 : 図 2-1 に示す耐震計算書（添付書類）の耐震条件（実線）と掘削前の耐震条件（点線）を比較し、全周期帯において実線が点線を上回っている場合は「○」、一部でも点線が実線を上回っていたら「×」を記載する。

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽
及び第1ベントフィルタ格納槽
減衰定数：0.5%

標高：EL 14.700～18.300m
及びEL 2.700～19.400m
波形名：基準地震動 S s

——耐震計算書（添付書類）の
設計用床応答スペクトル
（NS方向）
-----掘削前の設計用床応答スペ
クトル（NS方向）

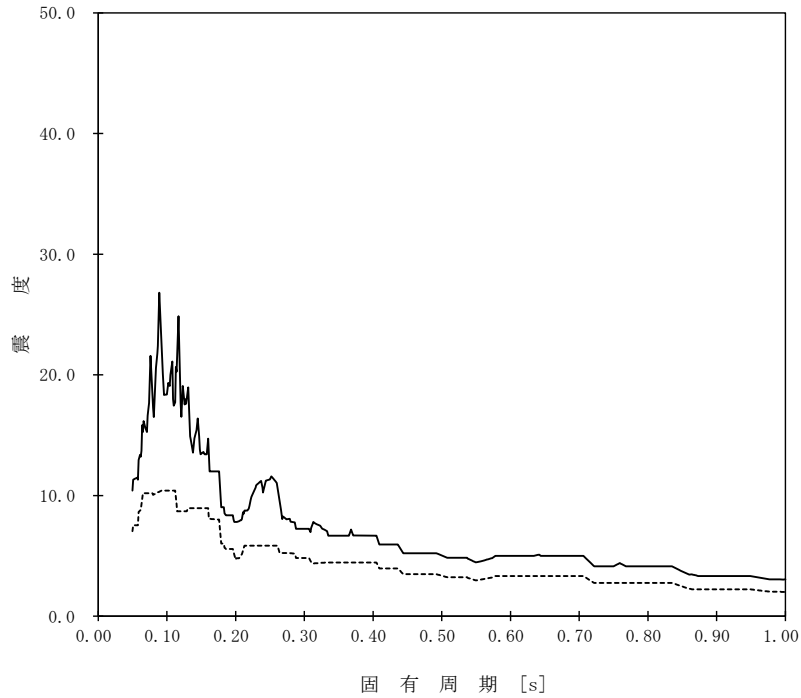


図 2-1 設計用床応答スペクトルの比較（1 / 3）

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽
及び第1ベントフィルタ格納槽
減衰定数：0.5%

標高：EL 14.700～18.300m
及びEL 2.700～18.300m
波形名：基準地震動 S s

——耐震計算書（添付書類）の
設計用床応答スペクトル
（EW方向）
-----掘削前の設計用床応答スペ
クトル（EW方向）

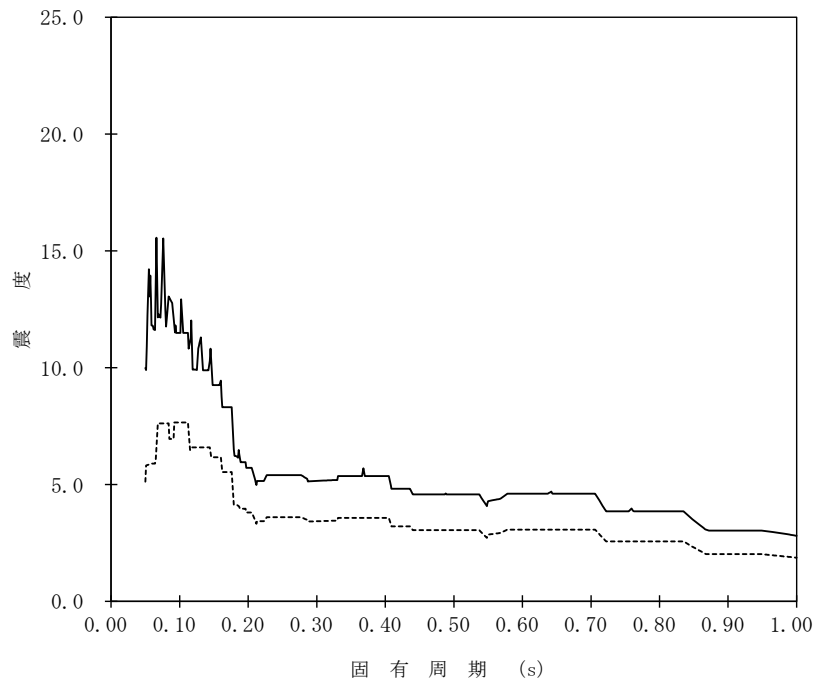


図 2-1 設計用床応答スペクトルの比較（2 / 3）

構造物名：低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽
及び第1ベントフィルタ格納槽
減衰定数：0.5%

標高：EL 14.700～18.300m
及びEL 2.700～19.400m
波形名：基準地震動S s

——耐震計算書（添付書類）の
設計用床応答スペクトル
（鉛直方向）
-----掘削前の設計用床応答スペ
クトル（鉛直方向）

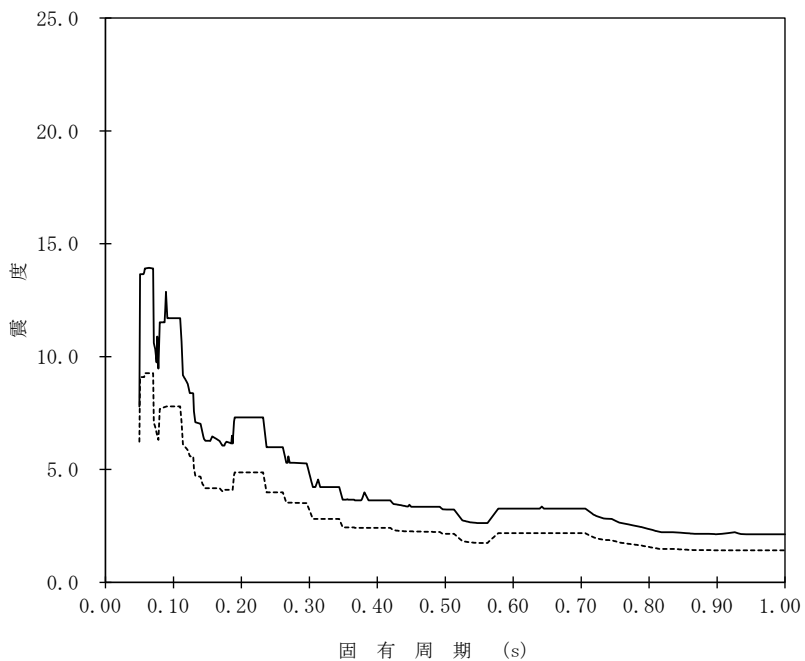


図 2-1 設計用床応答スペクトルの比較 (3/3)

上記のとおり、耐震計算書（添付書類）に記載の耐震条件が掘削前の耐震条件を包絡しているため、掘削前の耐震条件に対しても、十分な構造強度を有し、動的機能を維持できることを確認した。

VI-2-別添 7-2-24 地下水位低下設備の地震応答計算書
(掘削前)

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 解析方針	5
2.4 適用規格・基準等	7
3. 解析方法	8
3.1 評価対象断面	8
3.2 解析方法	11
3.2.1 構造部材	11
3.2.2 地盤	12
3.2.3 減衰定数	13
3.2.4 地震応答解析のケースの選定	14
3.3 荷重及び荷重の組合せ	18
3.3.1 耐震評価上考慮する状態	18
3.3.2 荷重	18
3.3.3 荷重の組合せ	19
3.4 入力地震動	20
3.5 解析モデル及び諸元	34
3.5.1 解析モデル	34
3.5.2 使用材料及び材料の物性値	37
3.5.3 地盤の物性値	37
3.5.4 地下水位	38
4. 解析結果	39
4.1 A－A断面（東西方向）の解析結果	39
4.2 B－B断面（南北方向）の解析結果	52

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」の耐震計算書作成フローに基づき作成した。耐震計算書作成フローを図 1-1 に示す。

本資料は、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」に基づき実施する地下水位低下設備のうち揚水井戸の地震応答解析について説明するものである。

本地震応答解析は、地下水位低下設備が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。

その際、耐震評価に用いる応答値は、この地震応答解析により構造物に発生する断面力及び基礎地盤に発生する接地圧とする。また、機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値の抽出を行う。

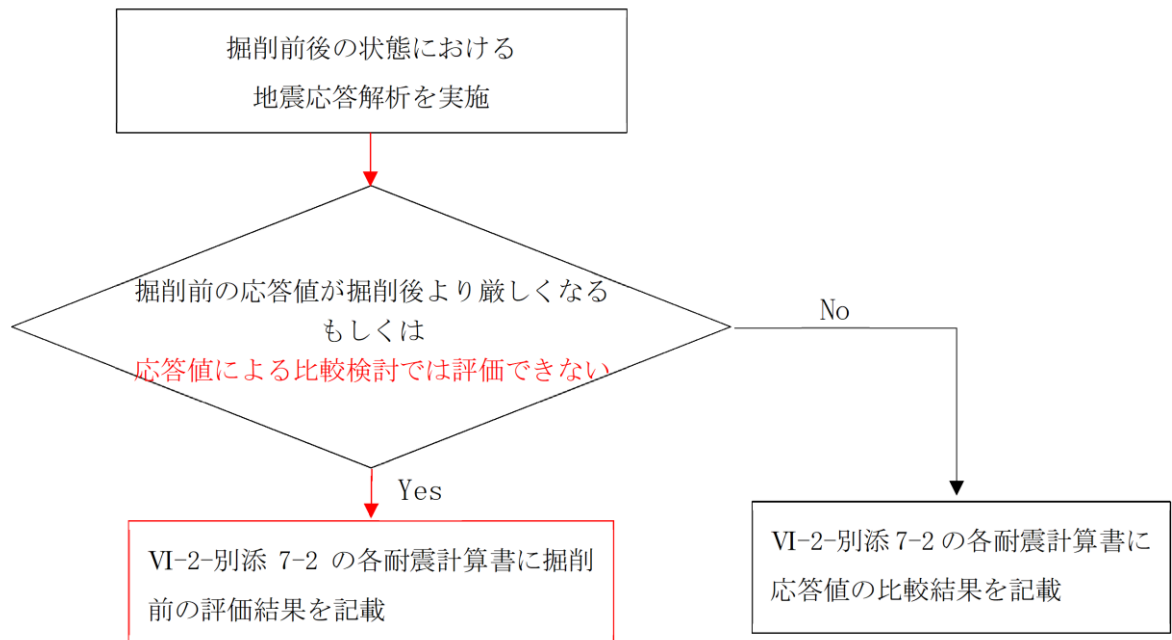


図 1-1 別添 7-2 における耐震計算書作成フロー

2. 基本方針

2.1 位置

地下水位低下設備の位置図を図 2-1 に示す。

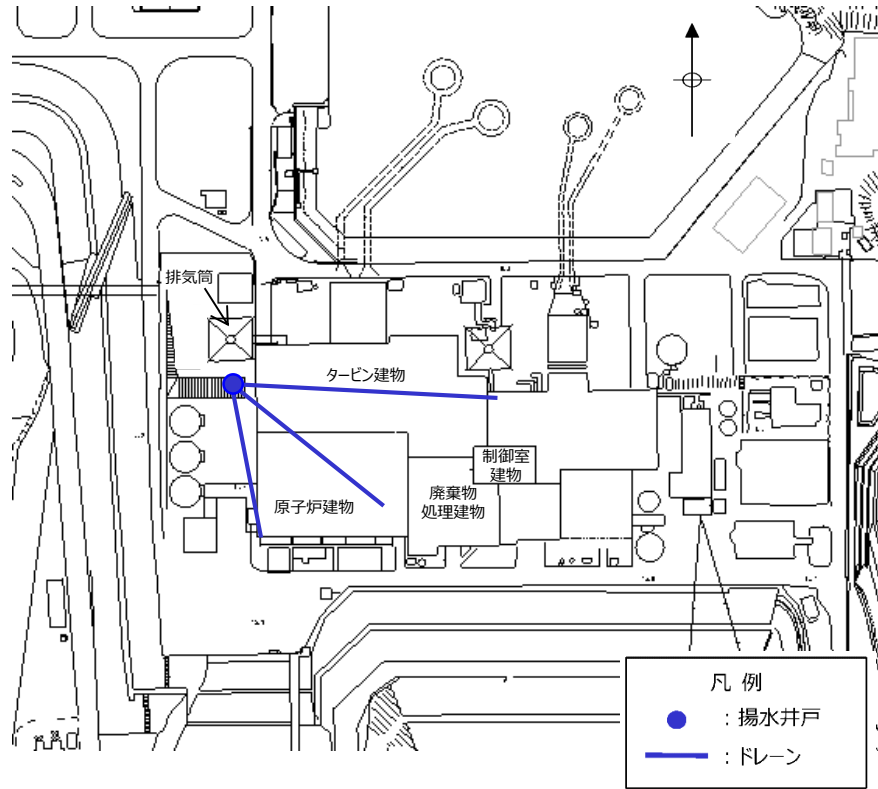


図 2-1 地下水位低下設備の位置図

2.2 構造概要

地下水位低下設備のうち揚水井戸は、揚水ポンプ等を支持する、内径 3.5m、高さ 31.9m の鉄筋コンクリート造の円筒状の地中構造物であり、十分な支持性能を有する C_M級岩盤に支持される。

地下水位低下設備の構成概要を図 2-2 に、揚水井戸の構造図を図 2-3 に示す。

なお、揚水井戸に接続する地下水を集水するためのドレーンの耐震評価については、VI-2-別添 4-3-6「ドレーンの耐震性についての計算書」に示す。

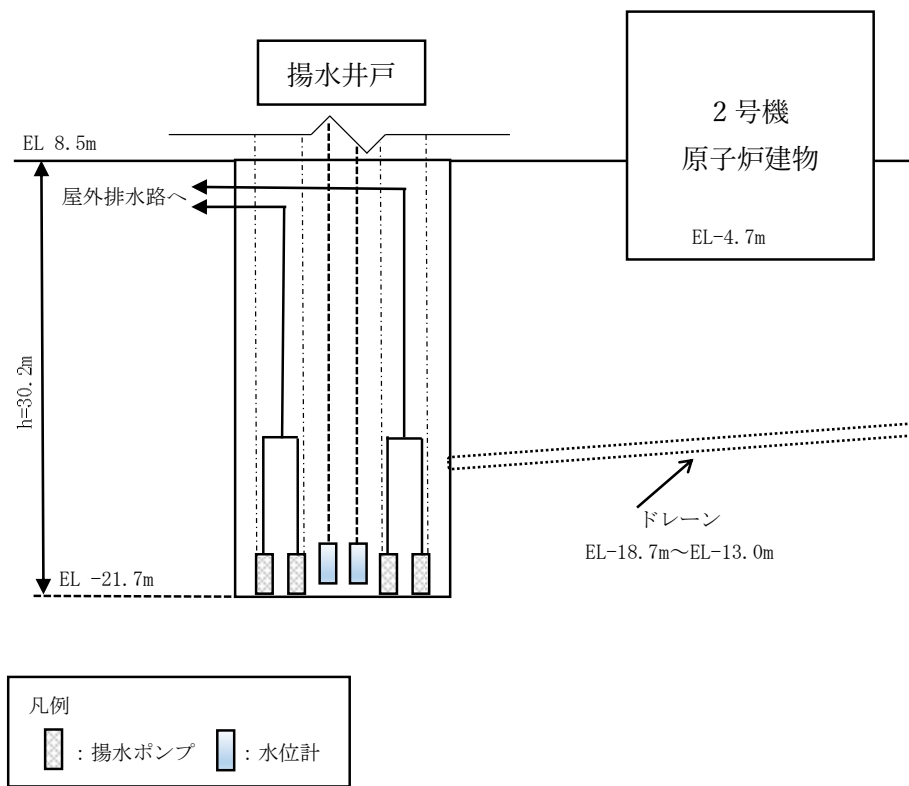


図 2-2 地下水水位低下設備の構成概要

2.3 解析方針

揚水井戸は、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」に基づき、基準地震動 S_s に対して地震応答解析を実施する。

揚水井戸の地震応答解析フローを図 2-4 に示す。

地震応答解析は、「2. 基本方針」に基づき、「3.1 評価対象断面」に示す断面において、「3.2 解析方法」に示す水平地震動と鉛直地震動の同時加振による時刻歴応答解析により行う。

時刻歴応答解析は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.5 解析モデル及び諸元」に示す条件を基に、「3.4 入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施する。

地震応答解析による応答加速度は、機器・配管系の設計用床応答スペクトルの作成に用いる。また、断面力及び基礎地盤の接地圧は、揚水井戸の耐震評価に用いる。

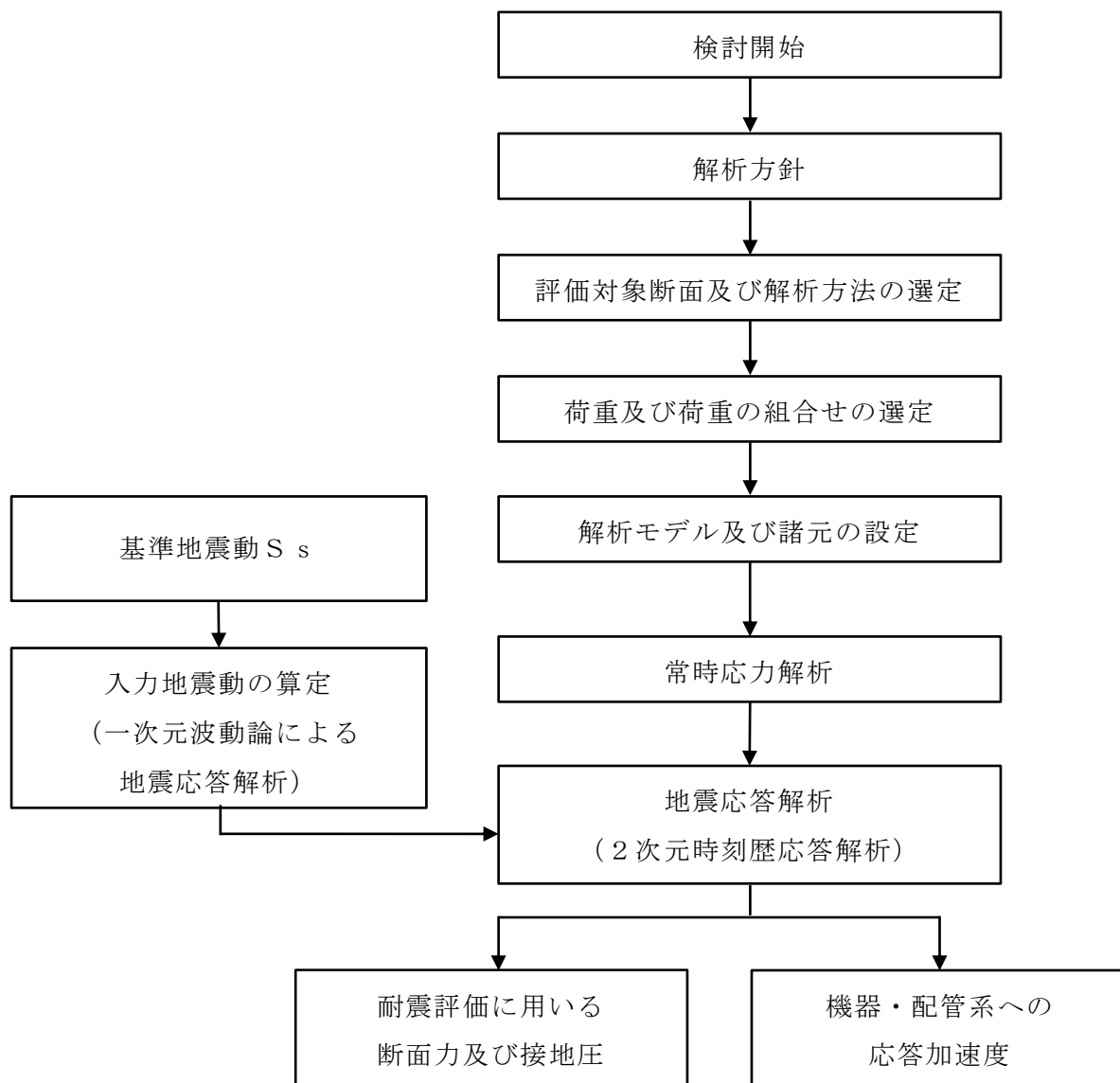


図 2-4 揚水井戸の地震応答解析フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）
- ・コンクリート標準示方書[設計編]（（社）土木学会，2017年制定）
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会，2005年）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）

3. 解析方法

3.1 評価対象断面

揚水井戸の評価対象断面位置図を図 3-1 に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面及び機器・配管系に対する応答加速度抽出断面は、東西方向（A-A断面）及び南北方向（B-B断面）の 2 断面とする。

評価対象断面を図 3-2 及び図 3-3 に示す。

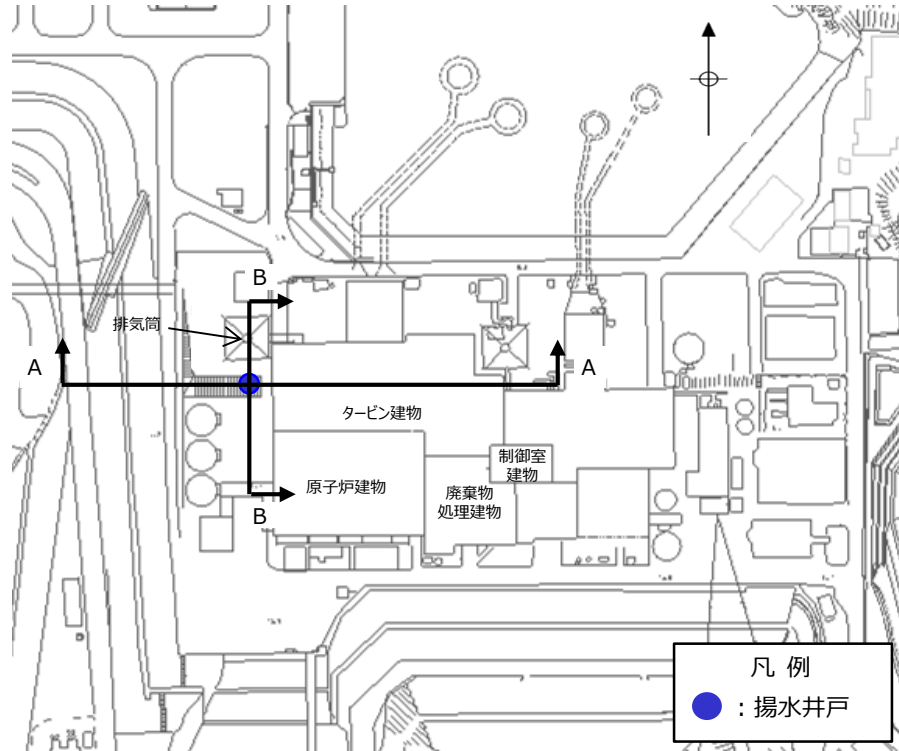


図 3-1 評価対象断面位置図

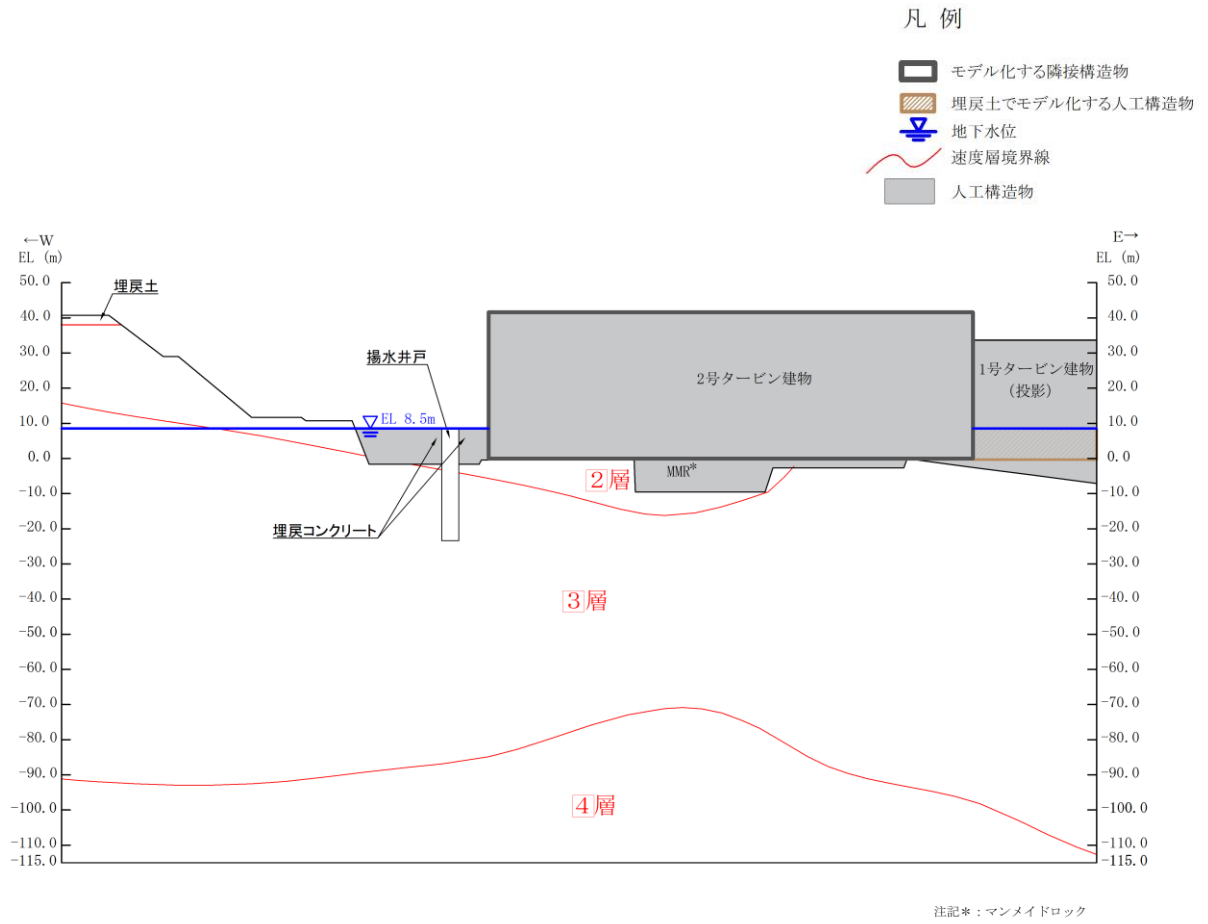


図 3-2 評価対象断面図 (A-A 断面 (東西方向))

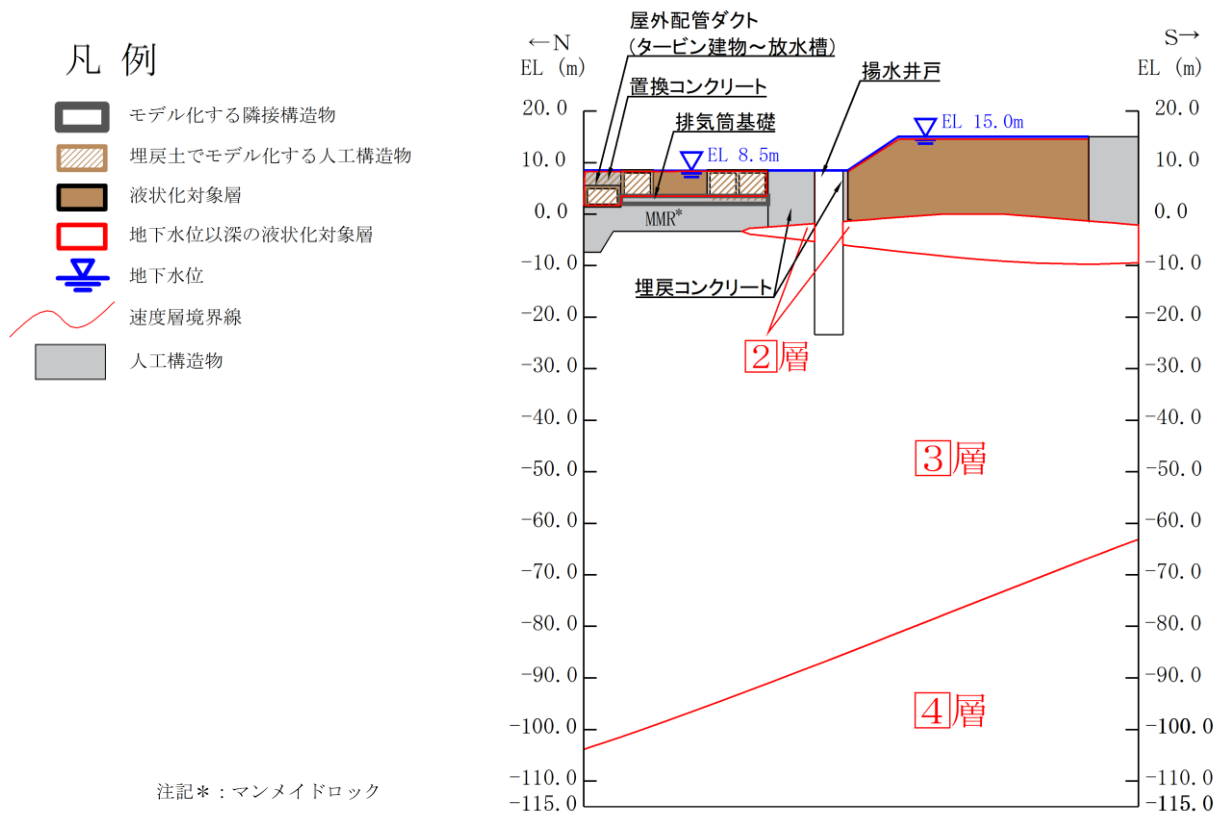


図 3-3 評価対象断面図 (B-B 断面 (南北方向))

3.2 解析方法

地震応答解析は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動 S_s に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行う。

A-A断面は、揚水井戸周辺の設計地下水位が底版より高いが揚水井戸周辺に地下水位以深の液状化対象層が存在しないため、全応力解析を選定する。

B-B断面は、地下水位以深の液状化対象層が揚水井戸側方に広範囲に分布するため、有効応力解析を選定する。

地震応答解析については、解析コード「TDAPⅢ」及び「FLIP」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2.1 構造部材

構造部材は、線形はり要素にてモデル化し、水平方向には、構造物の幅に応じた仮想剛はりを設置する。

3.2.2 地盤

埋戻土及び岩盤の平均物性を用いて、表 3-1 及び表 3-2 に示す解析ケースを設定する。

詳細な解析ケースの考え方は、「3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定」に示す。

表 3-1 解析ケース (A-A 断面)

解析ケース	解析手法	地盤物性	
		埋戻土 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	全応力解析	平均値	平均値

表 3-2 解析ケース (B-B 断面)

解析ケース	解析手法	地盤物性	
		埋戻土 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース② (基本ケース)	有効応力解析	平均値	平均値

3.2.3 減衰定数

減衰定数は、粘性減衰及び履歴減衰で考慮する。

全応力解析では、固有値解析にて求められる固有周期と各材料の減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下のRayleigh 減衰を解析モデル全体に与える。

有効応力解析では、剛性比例型減衰 ($\alpha = 0$, $\beta = 0.002$) とする。

設定した α , β を表 3-3 に示す。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

[C] : 減衰係数マトリックス

[M] : 質量マトリックス

[K] : 剛性マトリックス

α , β : 係数

表 3-3 Rayleigh 減衰における係数 α , β の設定結果

評価対象断面	解析手法	α	β
A-A断面	全応力解析	6.875×10^{-1}	1.249×10^{-3}
B-B断面	有効応力解析	0.000	2.000×10^{-3}

3.2.4 地震応答解析のケースの選定

(1) 耐震評価における解析ケース

耐震評価においては、基準地震動 S_s 全波（6波）及びこれらに位相反転を考慮した地震動（6波）を加えた全12波に対し、基本ケース（A-A断面はケース①、B-B断面はケース②）を実施する。耐震評価における解析ケースを表3-4に示す。

表 3-4 (1) 耐震評価における解析ケース（A-A断面）

解析ケース		ケース①	
		基本ケース	
地盤物性		平均値	
地震動 (位相)	$S_s - D$	++*	○
		-+*	○
		+ -*	○
		--*	○
	$S_s - F 1$	++*	○
	$S_s - F 2$	++*	○
	$S_s - N 1$	++*	○
		-+*	○
	$S_s - N 2$ (NS)	++*	○
		-+*	○
	$S_s - N 2$ (EW)	++*	○
		-+*	○

注記*：地震動の位相について，++の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「-」は位相を反転させたケースを示す。

表 3-4 (2) 耐震評価における解析ケース (B-B 断面)

解析ケース		ケース②	
		基本ケース	
地盤物性		平均値	
地震動 (位相)	S _s -D	++*	○
		-+*	○
		+ -*	○
		--*	○
	S _s -F 1	++*	○
	S _s -F 2	++*	○
	S _s -N 1	++*	○
		-+*	○
	S _s -N 2 (NS)	++*	○
		-+*	○
	S _s -N 2 (EW)	++*	○
		-+*	○

注記* : 地震動の位相について, ++の左側は水平動, 右側は鉛直動を表し, 「-」は位相を反転させたケースを示す。

(2) 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース

機器・配管系に対する応答加速度抽出においても，基準地震動 S_s 全波（6波）及びこれらに位相反転を考慮した地震動（6波）を加えた全12波に対し，基本ケースを実施する。機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース（ケース①及びケース②）を表3-5に示す。

表3-5 (1) 機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケース（A-A断面）

解析ケース		ケース①	
		基本ケース	
地盤物性		平均値	
地震動 (位相)	$S_s - D$	++*	○
		-+*	○
		+ - *	○
		--*	○
	$S_s - F 1$	++*	○
	$S_s - F 2$	++*	○
	$S_s - N 1$	++*	○
		-+*	○
	$S_s - N 2$	++*	○
	(NS)	-+*	○
	$S_s - N 2$ (EW)	++*	○
		-+*	○

注記*：地震動の位相について，++の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「-」は位相を反転させたケースを示す。

表 3-5 (2) 機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケース (B-B 断面)

解析ケース		ケース②	
		基本ケース	
地盤物性		平均値	
地震動 (位相)	S s - D	++ *	○
		-+ *	○
		+ - *	○
		-- *	○
	S s - F 1	++ *	○
	S s - F 2	++ *	○
	S s - N 1	++ *	○
		-+ *	○
	S s - N 2 (NS)	++ *	○
		-+ *	○
	S s - N 2 (EW)	++ *	○
		-+ *	○

注記* : 地震動の位相について, ++の左側は水平動, 右側は鉛直動を表し, 「-」は位相を反転させたケースを示す。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」に基づき設定する。

3.3.1 耐震評価上考慮する状態

揚水井戸の地震応答解析において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪を考慮する。埋設構造物であるため、風の影響は考慮しない。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2 荷重

揚水井戸の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重、機器・配管荷重及び蓋荷重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、水圧及び積雪荷重 P_s を考慮する。

(3) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として、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 35.0 cm とする。積雪荷重については、「松江市建築基準法施行細則」により、積雪量 1 cm ごとに 20N/m^2 の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(4) 地震荷重 (S_s)

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-6 に示す。

表 3-6 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S _s)	G + P + S _s

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S_s : 地震荷重 (基準地震動 S_s)

3.4 入力地震動

入力地震動は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

入力地震動算定の概念図を図3-4に、入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図3-5～図3-17に示す。入力地震動の算定には、解析コード「micrOSHAKЕ/3D」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

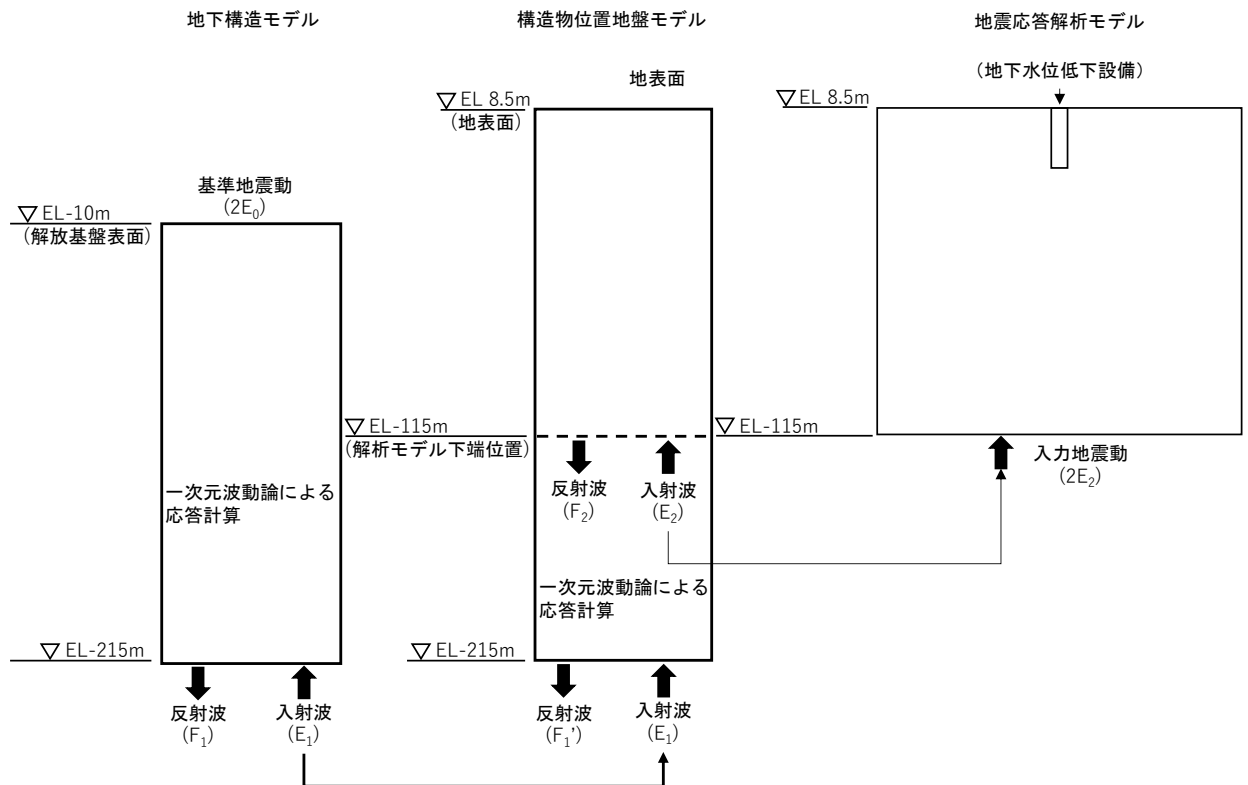
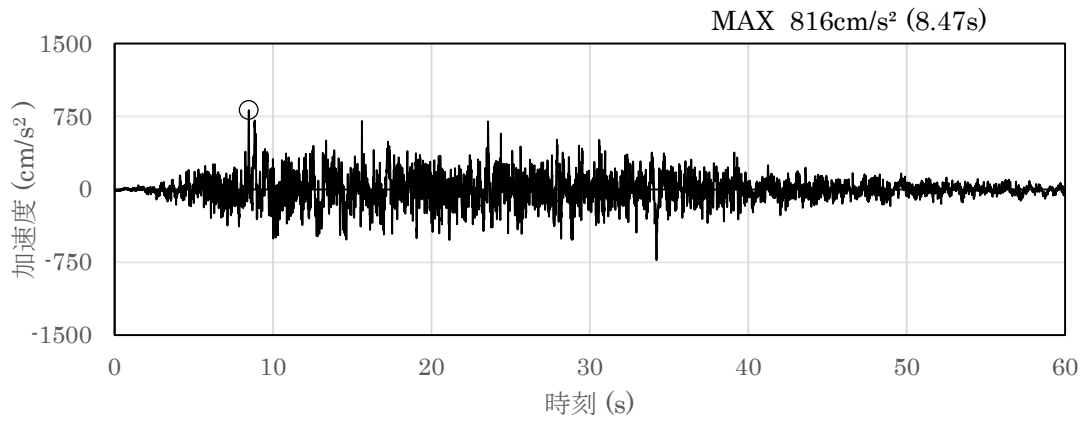
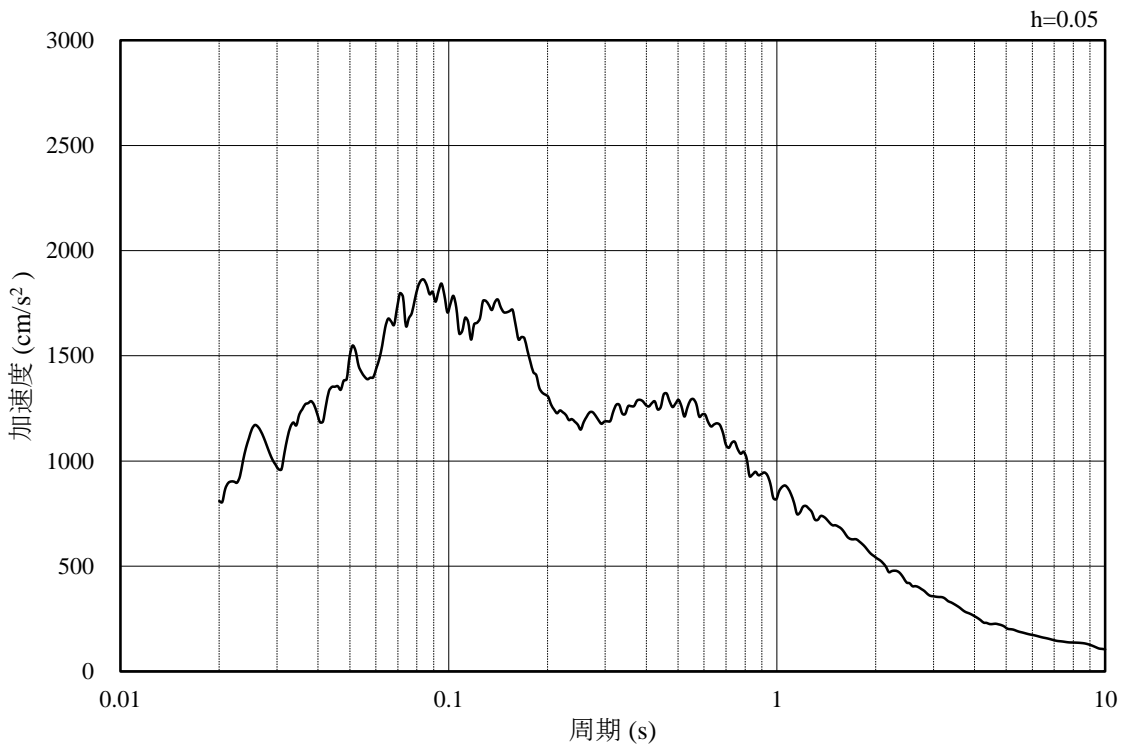


図3-4 入力地震動算定の概念図

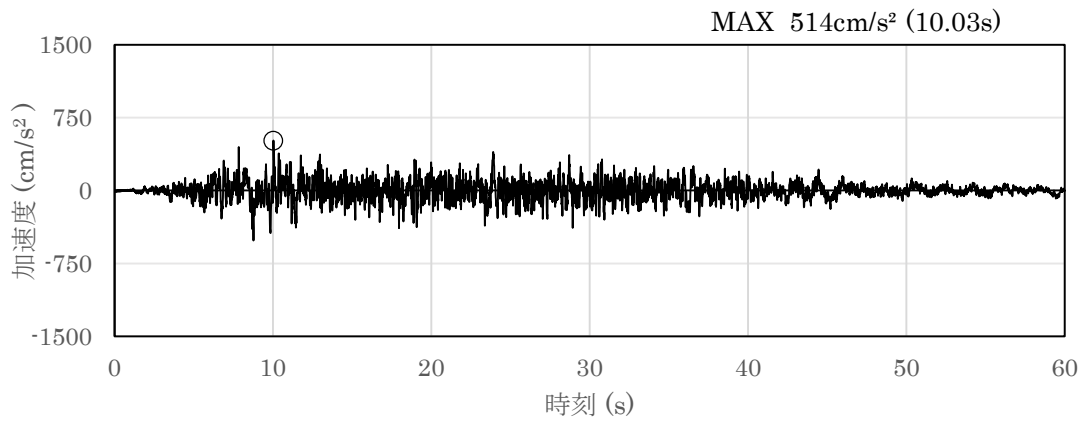


(a) 加速度時刻歴波形

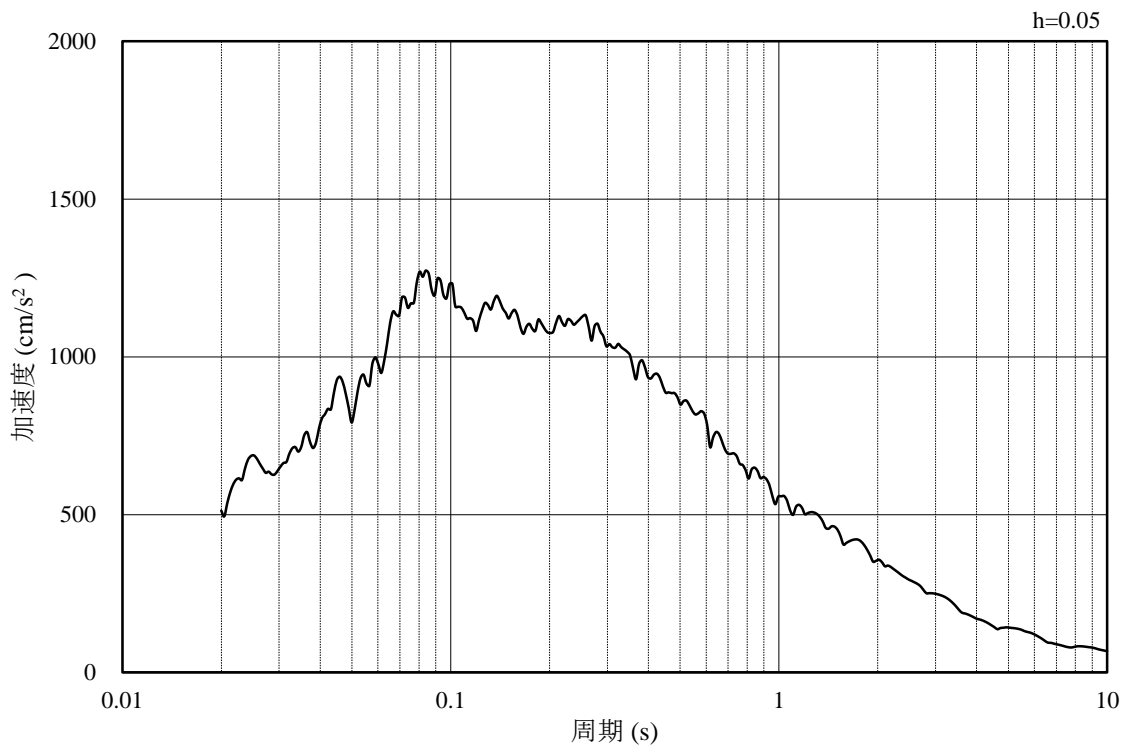


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - D, EL-115m)

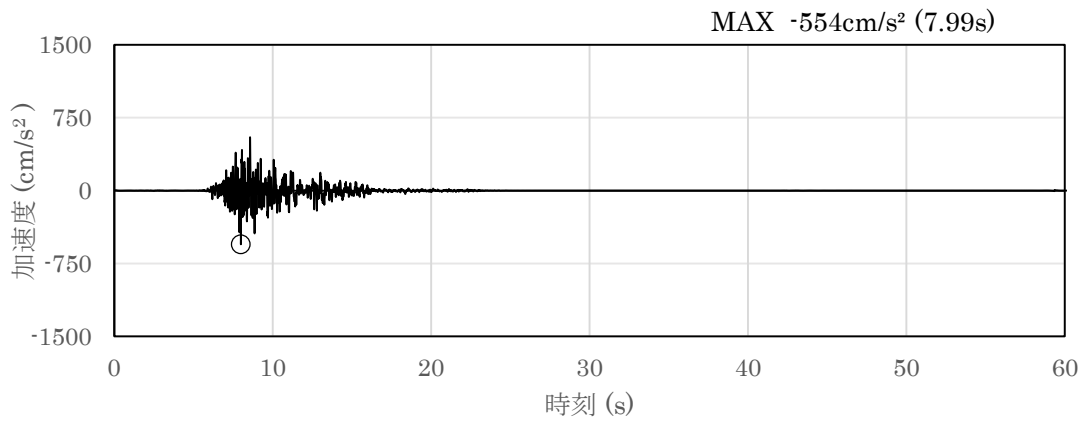


(a) 加速度時刻歴波形

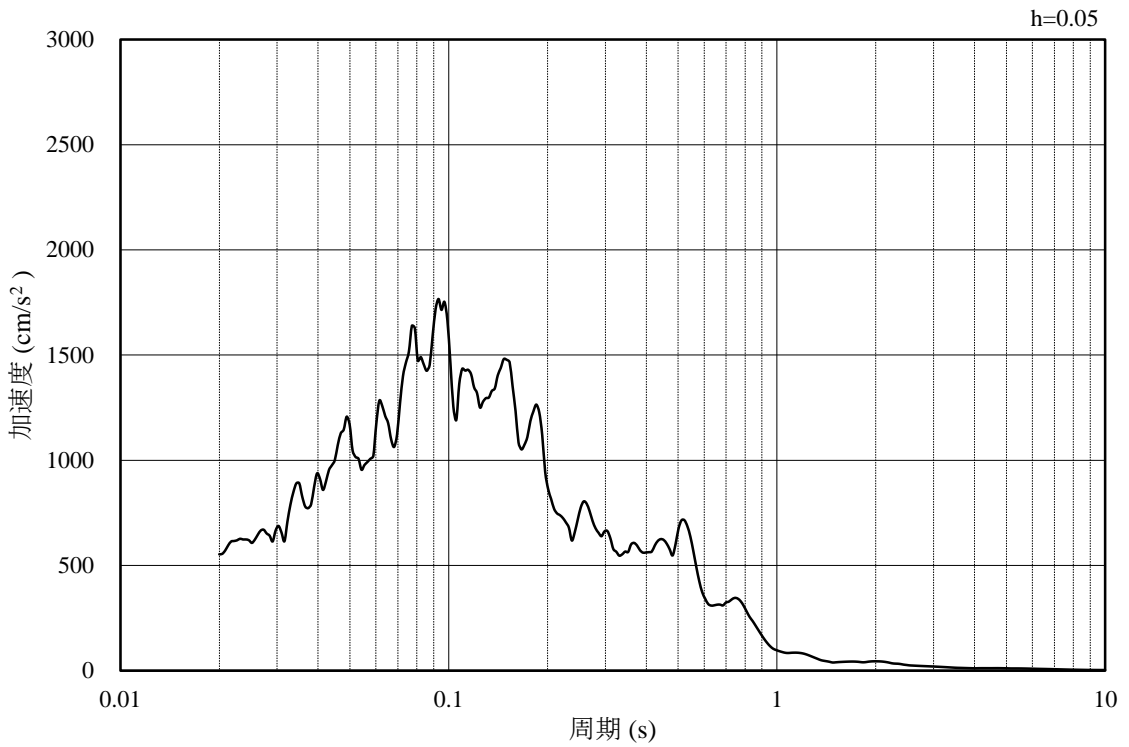


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - D, EL-115m)

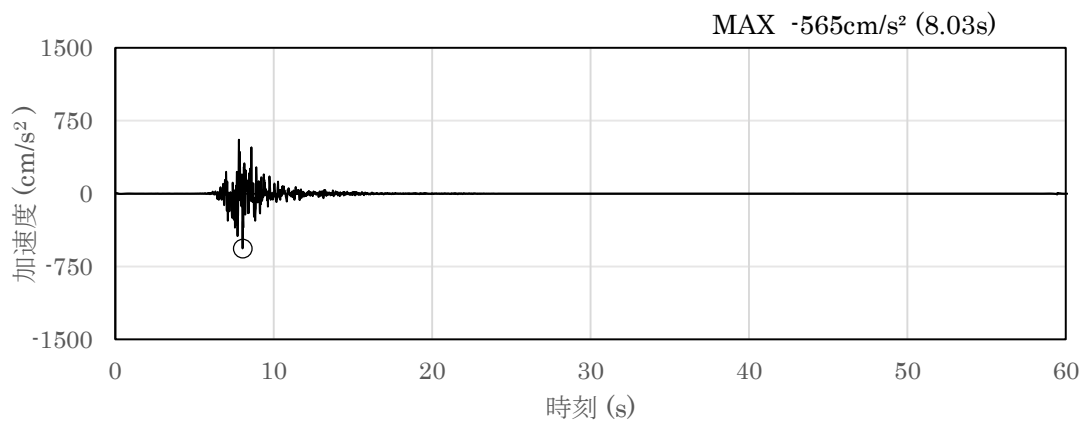


(a) 加速度時刻歴波形

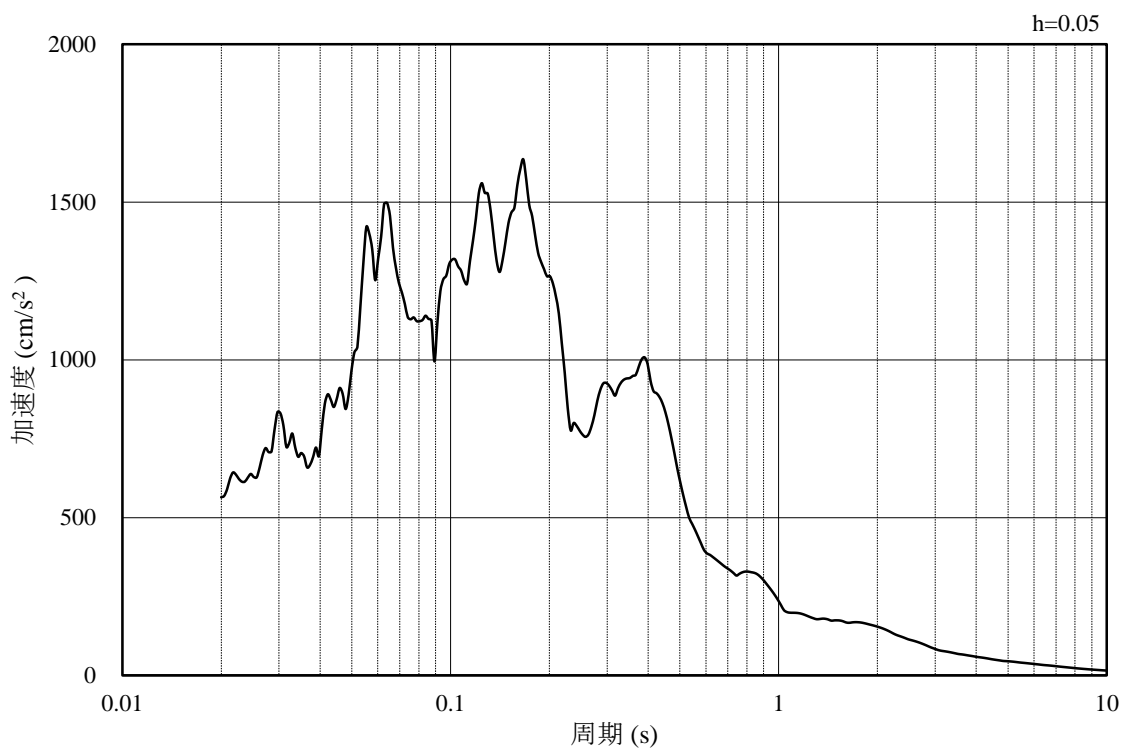


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-7 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(南北方向, 水平成分: S s - F 1, EL-115m)

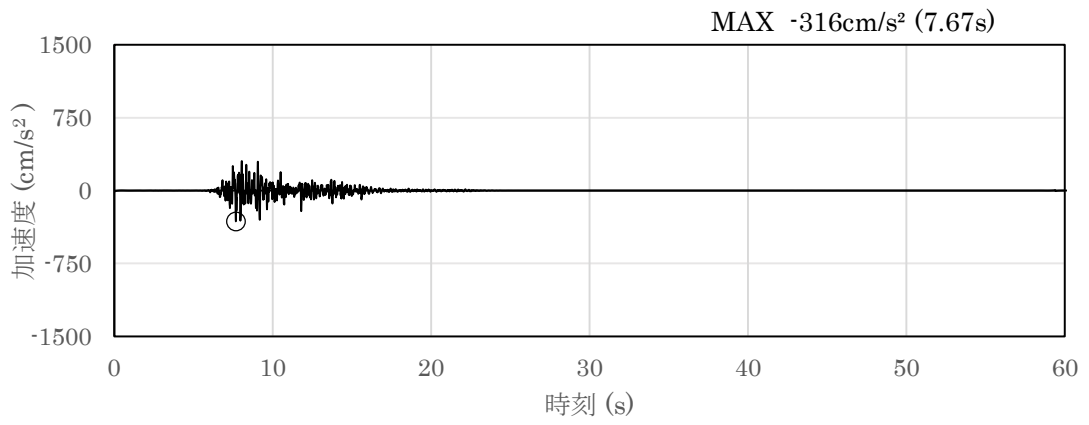


(a) 加速度時刻歴波形

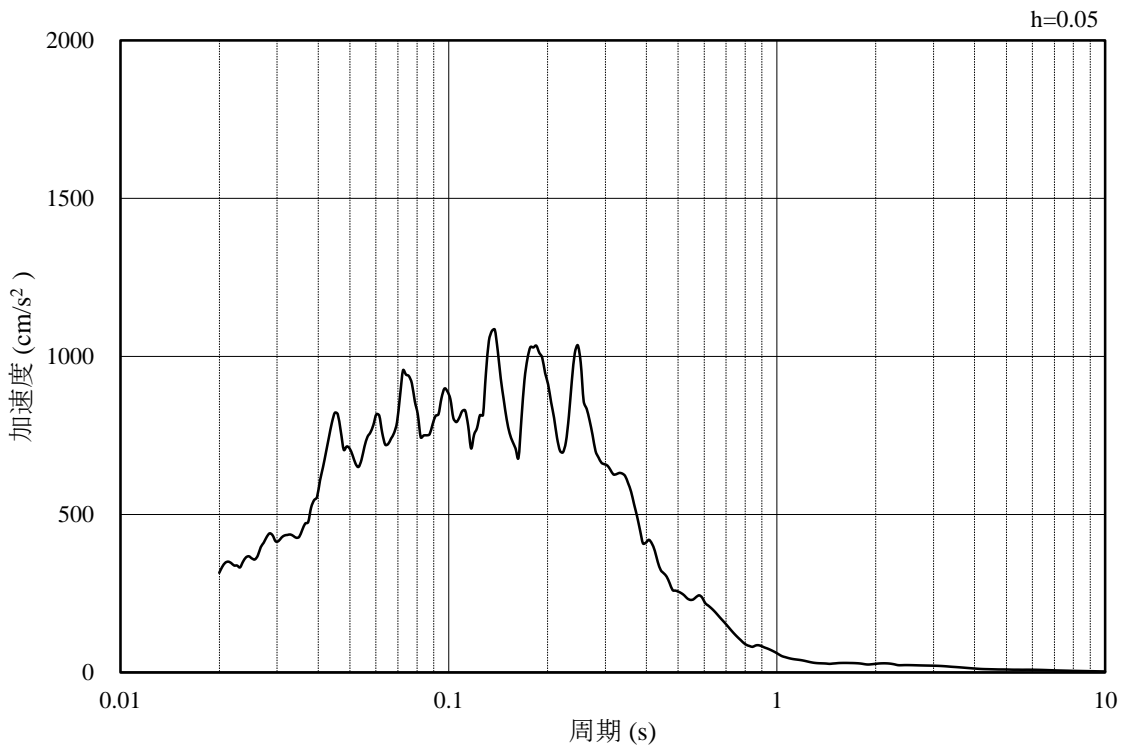


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-8 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(東西方向, 水平成分: S s - F 1, EL-115m)

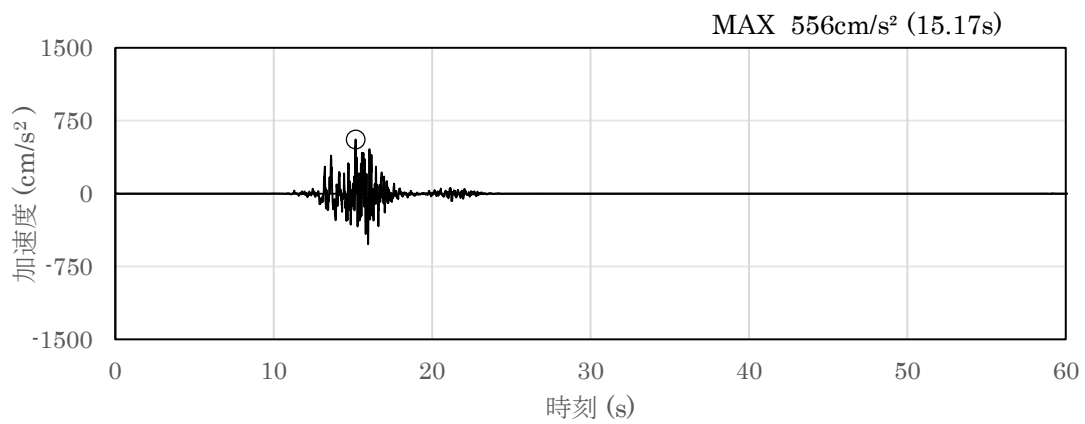


(a) 加速度時刻歴波形

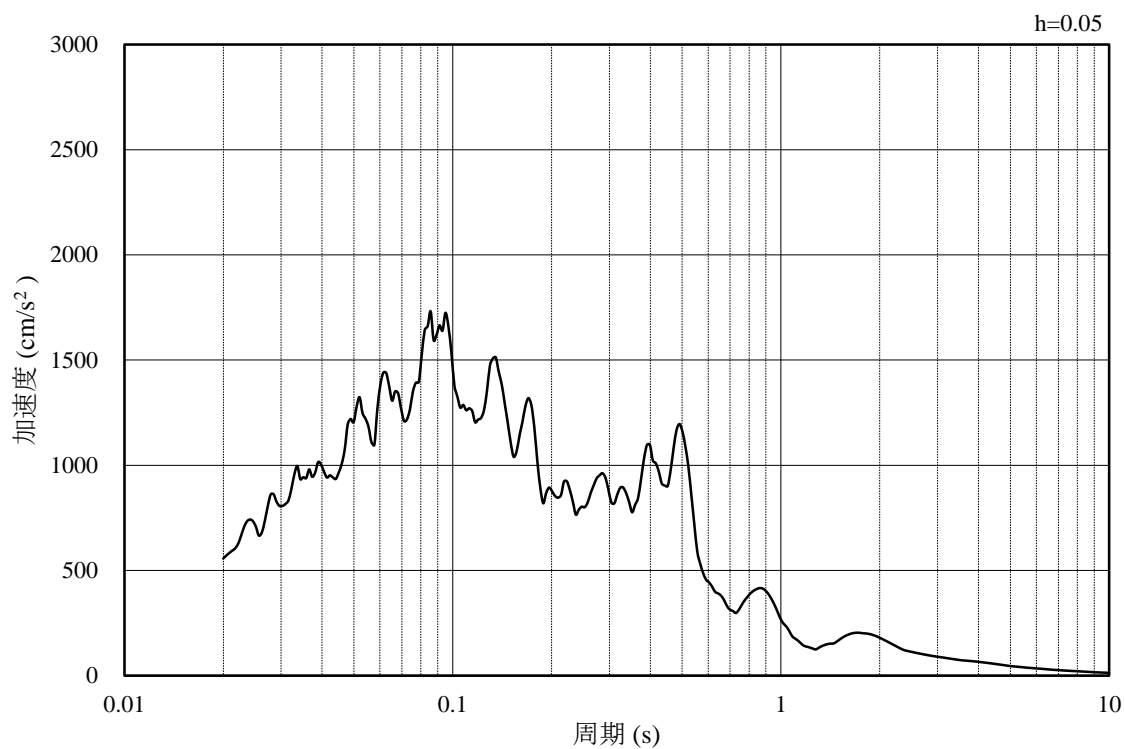


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-9 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - F 1, EL-115m)

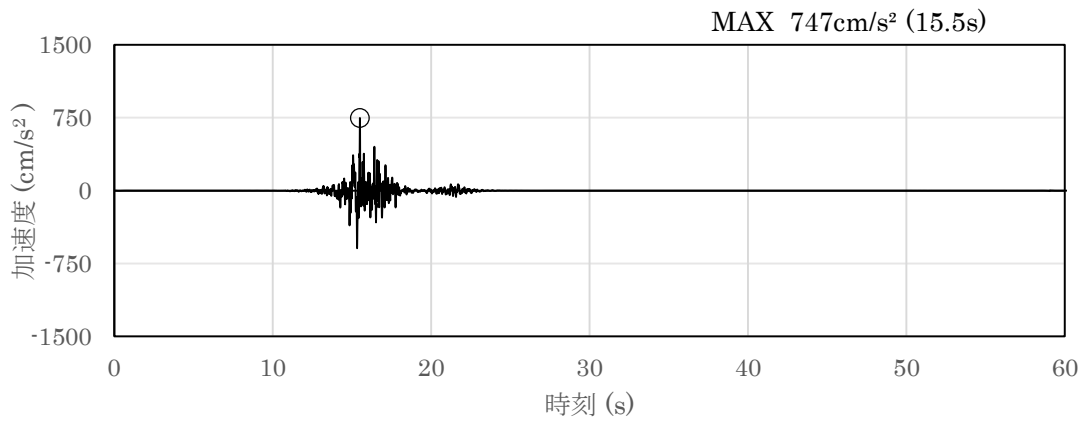


(a) 加速度時刻歴波形

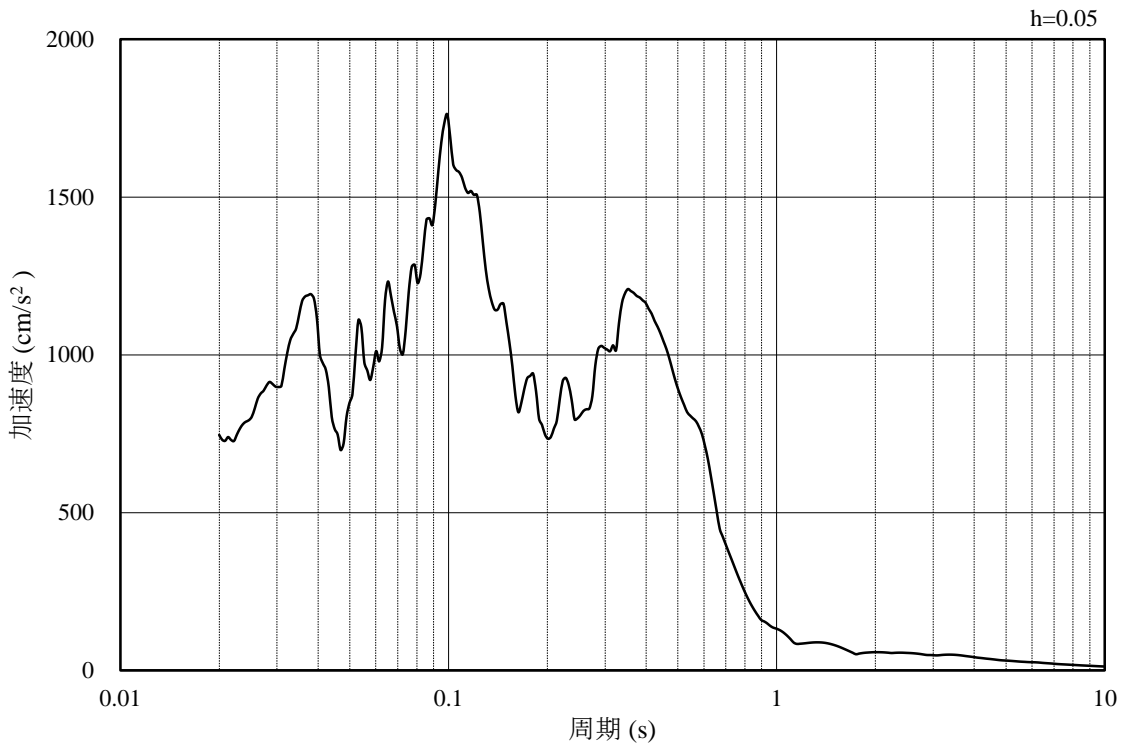


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-10 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(南北方向, 水平成分: S s - F 2, EL-115m)

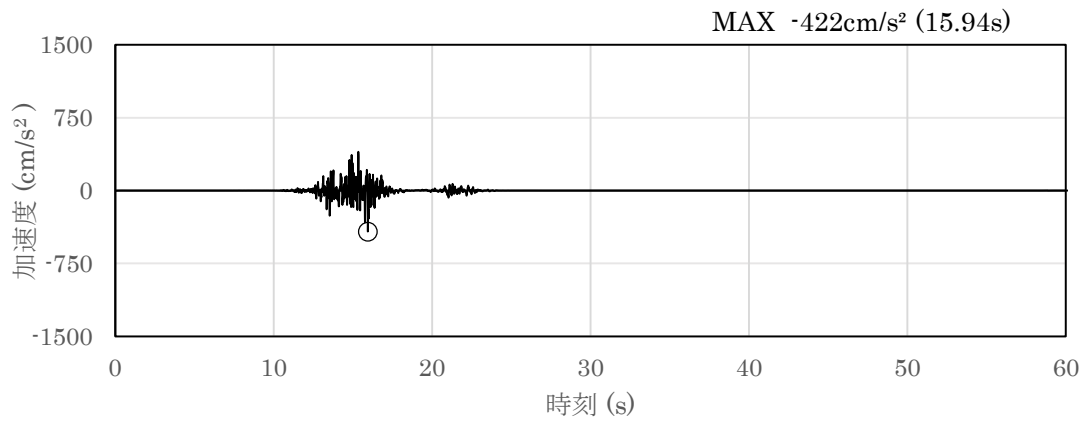


(a) 加速度時刻歴波形

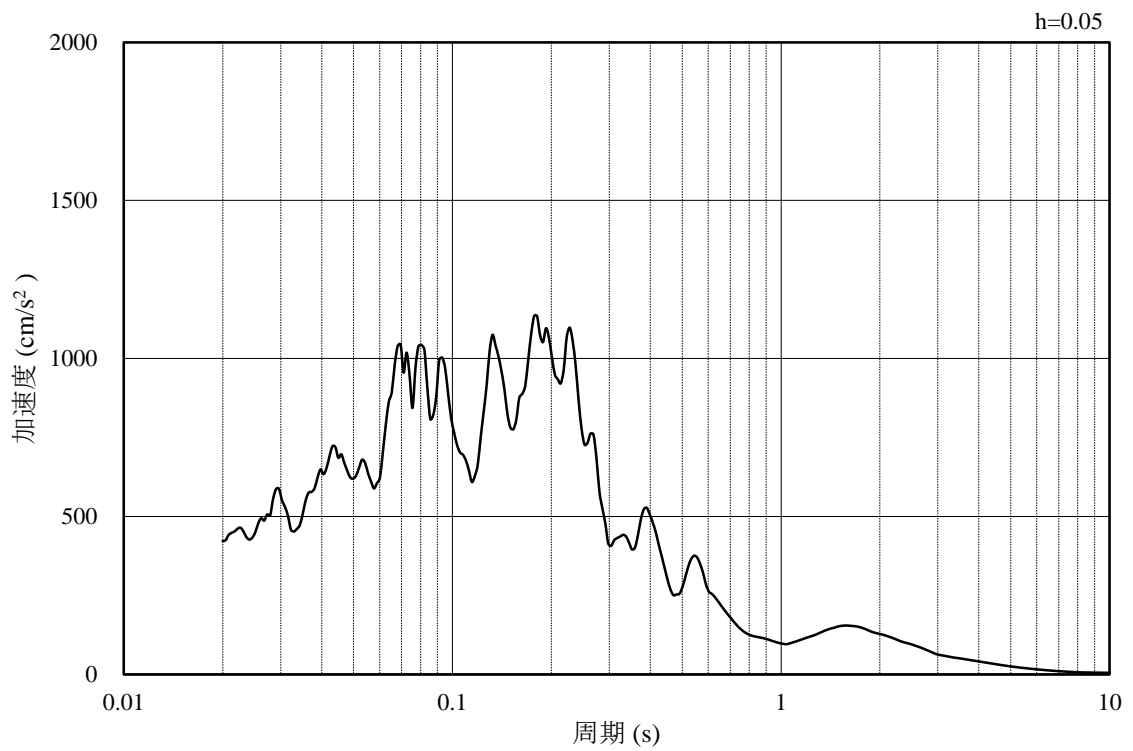


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-11 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(東西方向, 水平成分: S s - F 2, EL-115m)

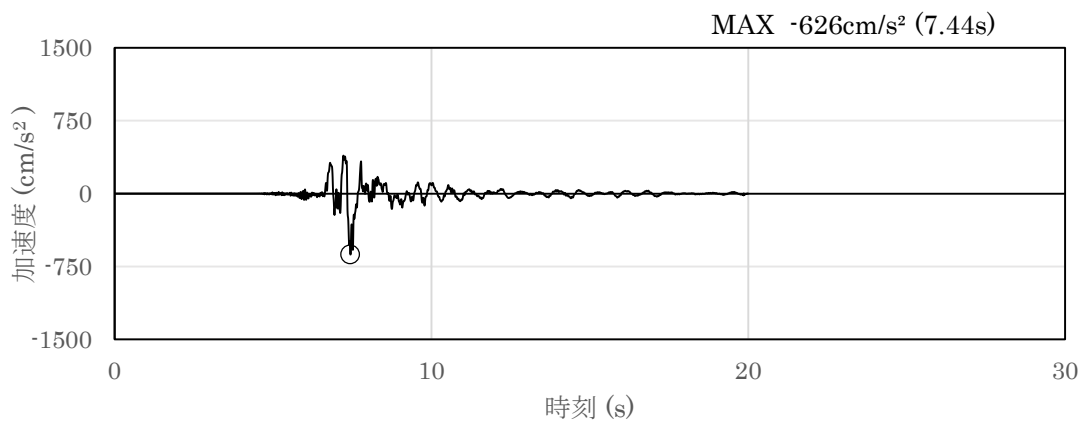


(a) 加速度時刻歴波形

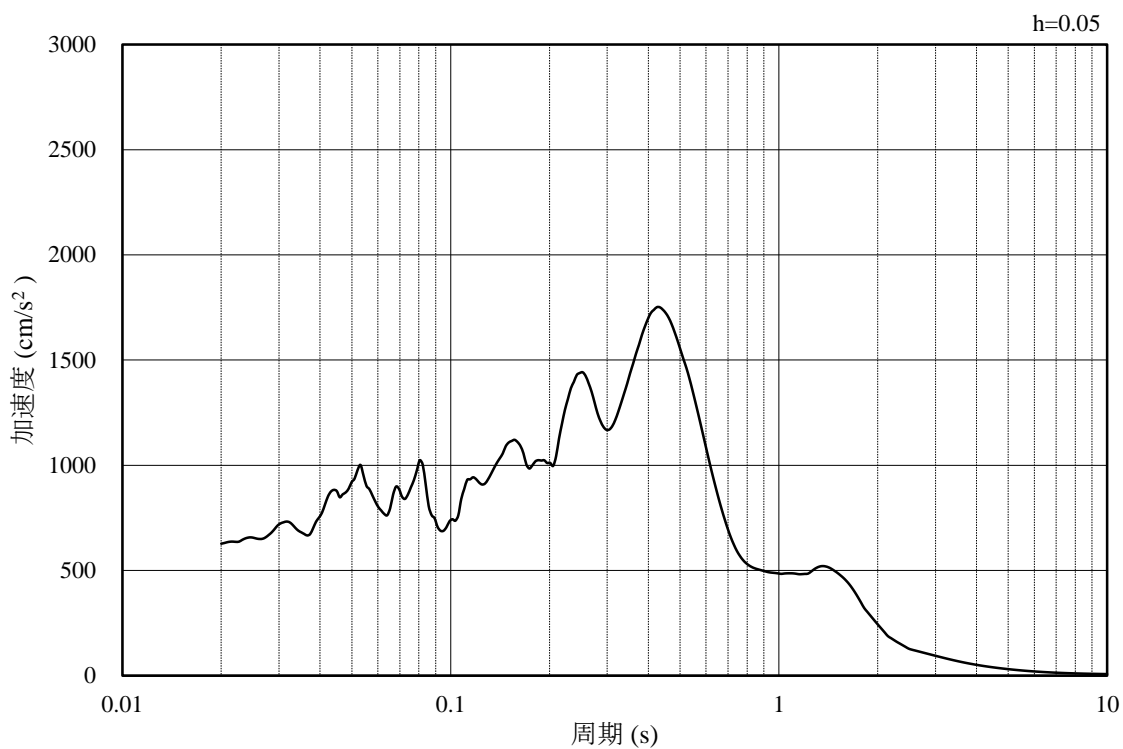


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-12 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - F 2, EL-115m)

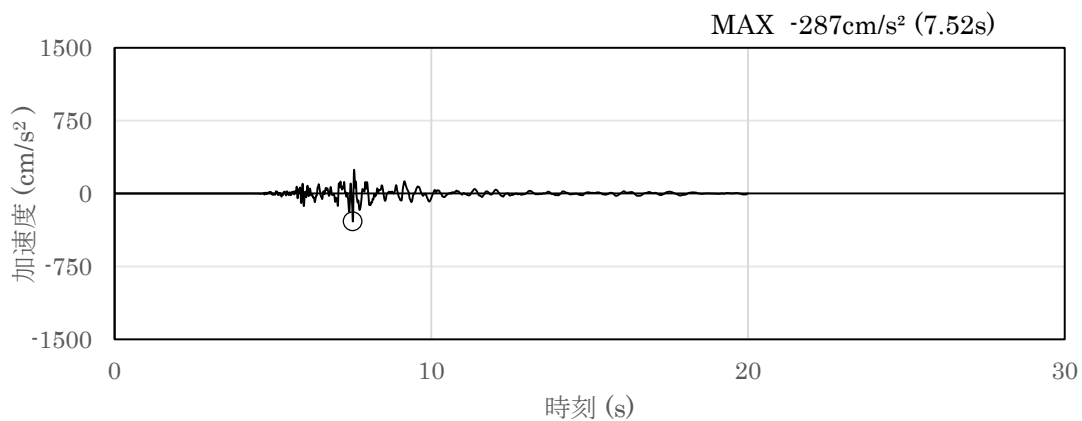


(a) 加速度時刻歴波形

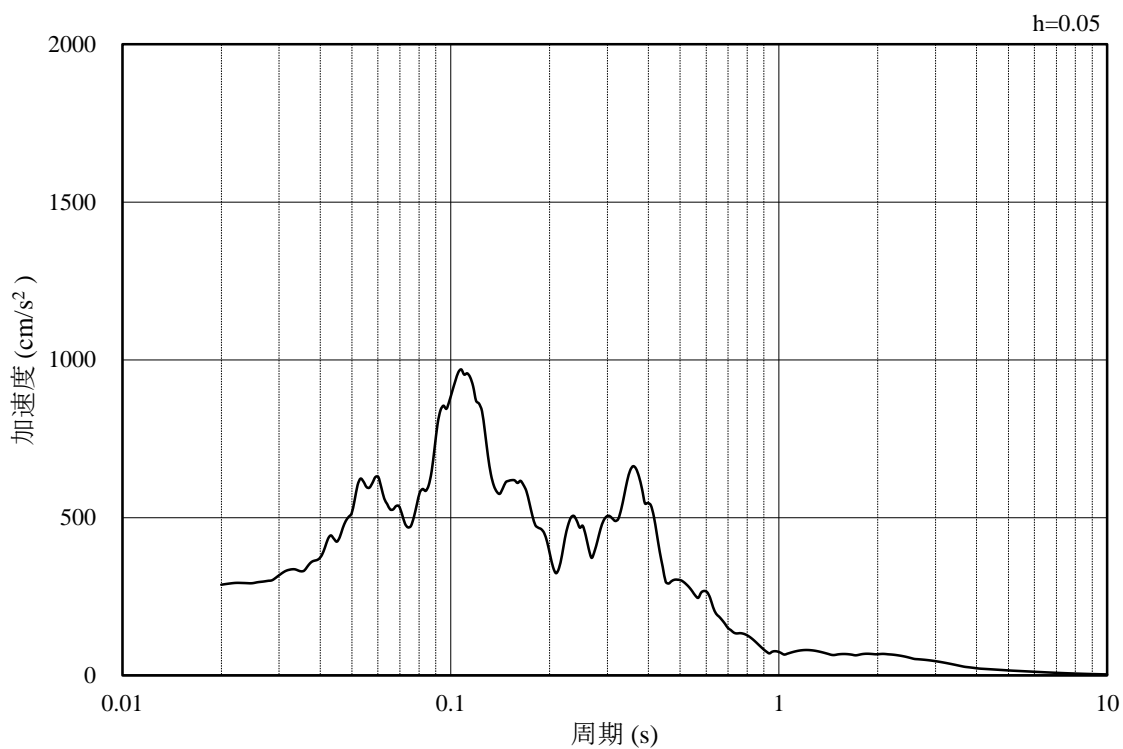


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-13 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 1, EL-115m)

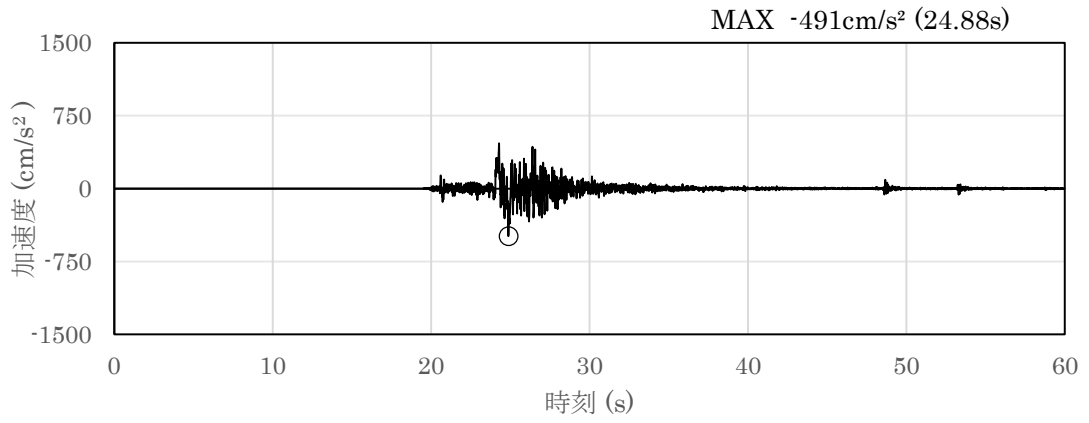


(a) 加速度時刻歴波形

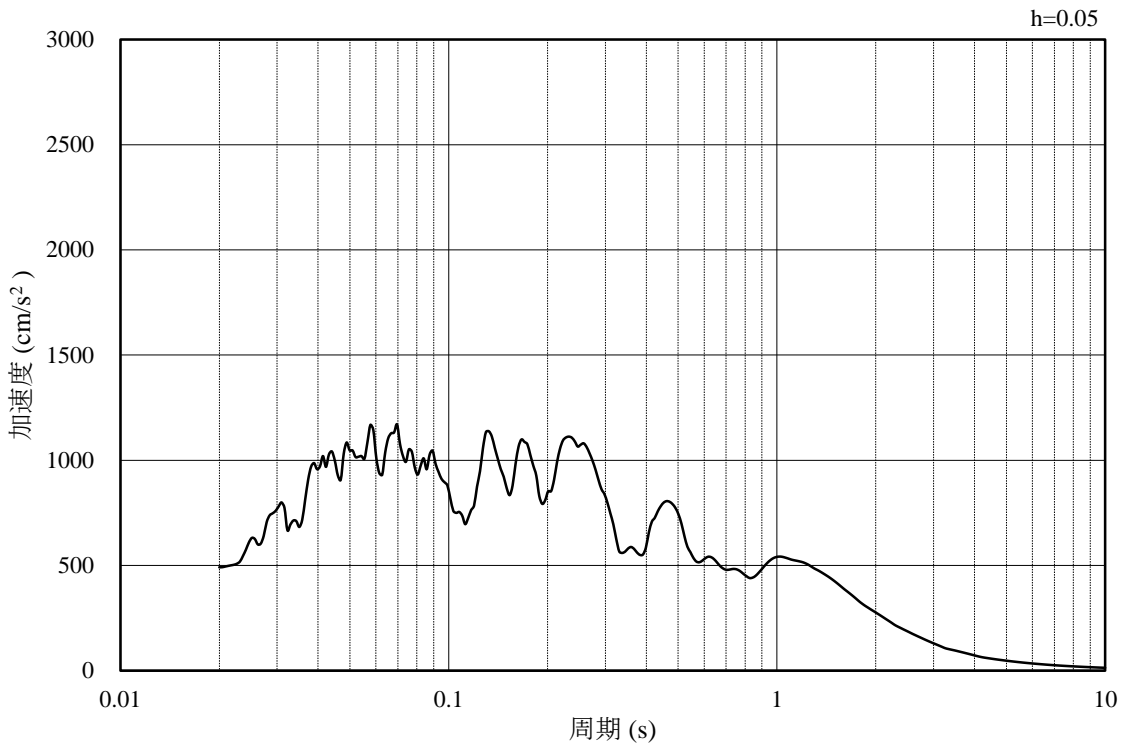


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 1, EL-115m)

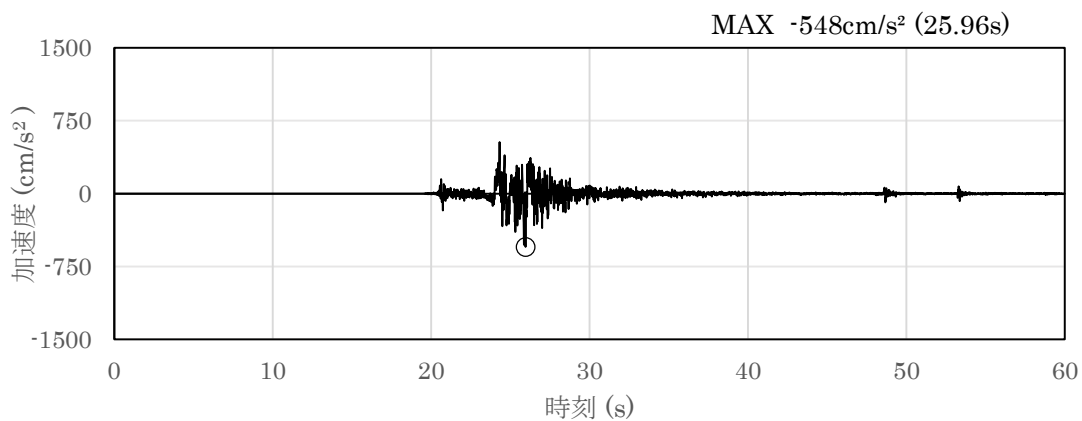


(a) 加速度時刻歴波形

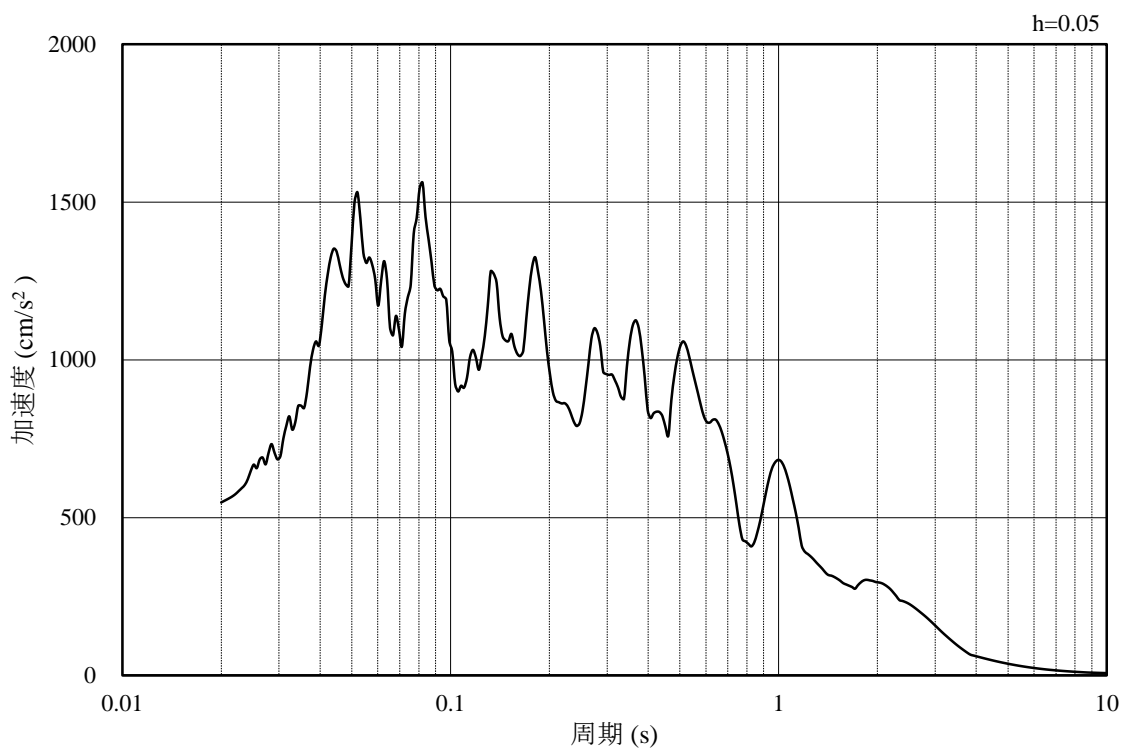


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分 : S s - N 2 (N S), EL-115m)

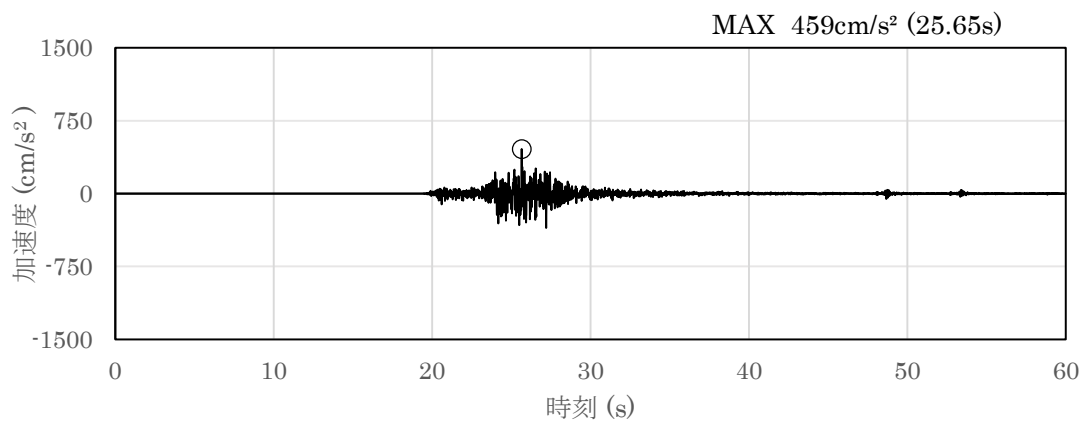


(a) 加速度時刻歴波形

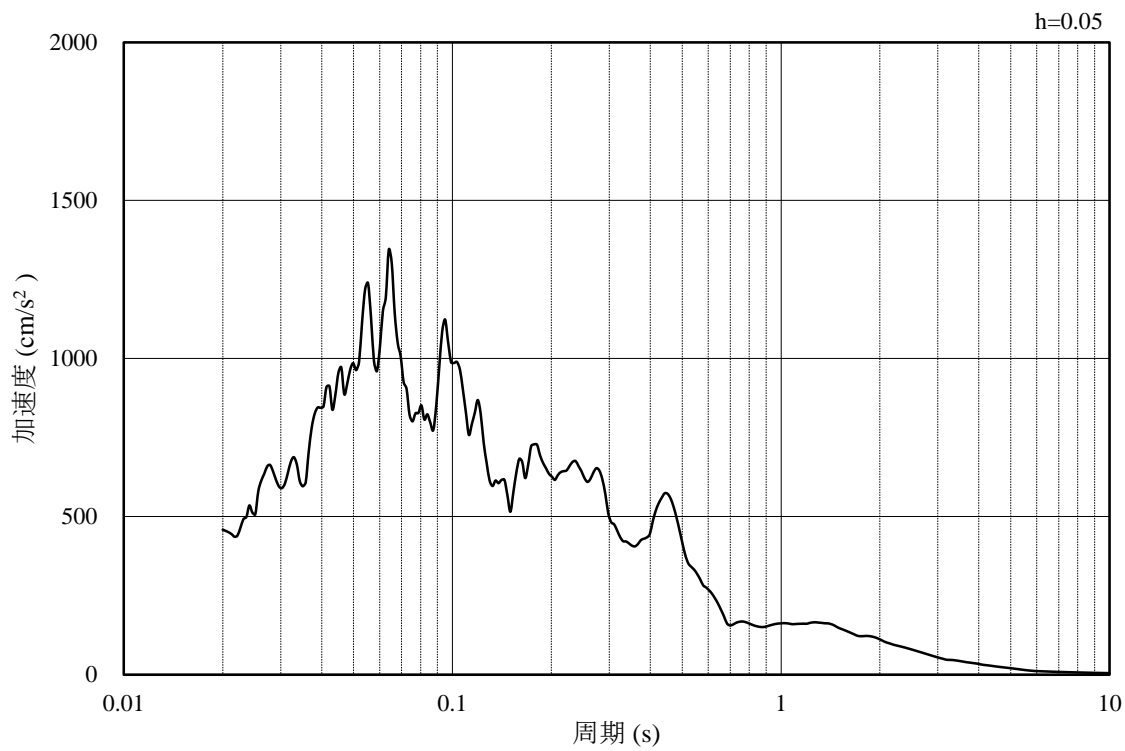


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-16 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 2 (E W), EL-115m)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 2, EL-115m)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

揚水井戸の地震応答解析モデルを図 3-18 及び図 3-19 に示す。

(1) 解析領域

解析領域は、側方境界及び底面境界が構造物の応答に影響しないよう、構造物と側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。

(2) 境界条件

解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

等価な剛性を有する 2 次元等価剛性モデルを作成して実施することとし、構造部材については、線形はり要素によりモデル化する。水平方向には構造物の幅に応じた仮想剛はりを設置する。

機器・配管荷重及び蓋荷重は解析モデルに付加重量として与えることで考慮する。

(4) 地盤のモデル化

岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、埋戻土は、地盤の非線形性をマルチスプリング要素で考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。

(5) 隣接構造物のモデル化

A-A 断面（東西方向）の解析モデル範囲において隣接構造物となるタービン建物は、等価剛性の線形平面ひずみ要素及び剛はり要素でモデル化する。

B-B 断面（南北方向）の解析モデル範囲において隣接構造物となる排気筒基礎は、等価剛性の線形平面ひずみ要素でモデル化する。

(6) MMR 及び埋戻コンクリートのモデル化

MMR 及び埋戻コンクリートは無筋コンクリートとして線形平面ひずみ要素でモデル化する。

(7) ジョイント要素の設定

地震時の「構造物と地盤」及び「構造物と埋戻コンクリート」との接合面における接触、剥離及びすべりを考慮するため、これらの接合面にジョイント要素を設定する。

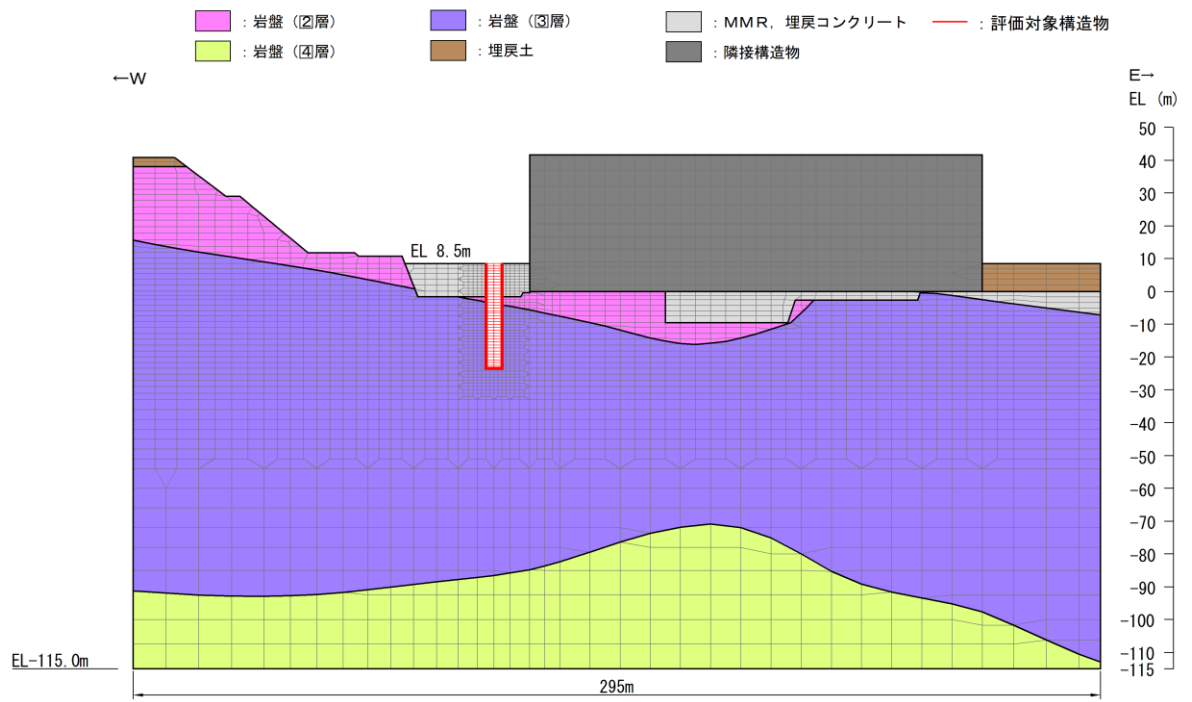


図 3-18 揚水井戸の地震応答解析モデル図 (A-A断面 (東西方向))

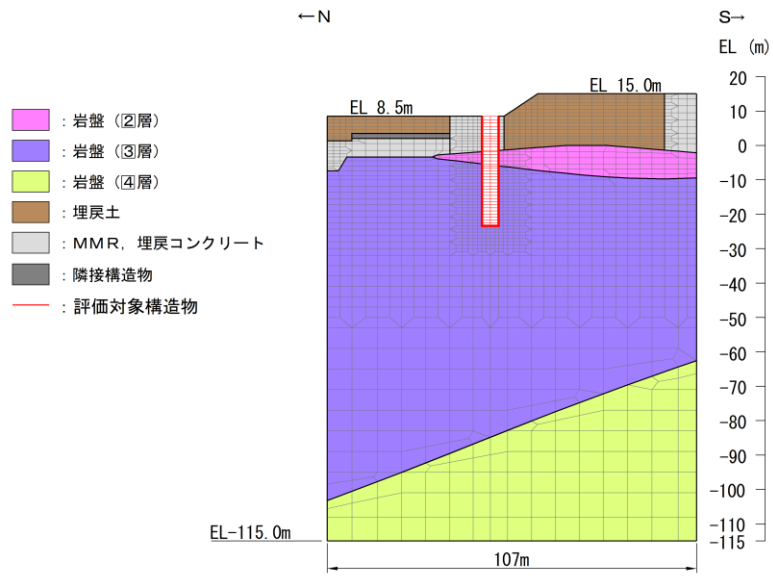


図 3-19 揚水井戸の地震応答解析モデル図 (B-B 断面 (南北方向))

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-7 に、材料の物性値を表 3-8 に示す。

表 3-7 構造物の使用材料

材料		仕様
構造物	コンクリート	設計基準強度 36.0N/mm ²
	鉄筋	SD345, SD490
埋戻コンクリート		設計基準強度 18.0N/mm ²
MMR		設計基準強度 15.6N/mm ²
		設計基準強度 23.5N/mm ²

表 3-8 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物	2.98×10 ⁴	24.0* ¹	0.2
埋戻コンクリート (18.0N/mm ²)	2.20×10 ⁴	22.6* ²	
MMR (15.6N/mm ²)	2.08×10 ⁴		
MMR (23.5N/mm ²)	2.48×10 ⁴		

注記*1：鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

*2：無筋コンクリートの単位体積重量を示す。

3.5.3 地盤の物性値

地盤については、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

3.5.4 地下水位

設計地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定する。設計地下水位の一覧を表 3-9 に示す。

表 3-9 設計地下水位の一覧

施設名称	解析断面	設計地下水位 (EL m)
揚水井戸	A-A断面 (東西方向)	8.5 (地表面)
	B-B断面 (南北方向)	8.5~15.0 (地表面)

4. 解析結果

4.1 A-A断面（東西方向）の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として、解析ケース①について、すべての基準地震動 S s に対する最大応答加速度分布図を図 4-1～図 4-12 に示す。

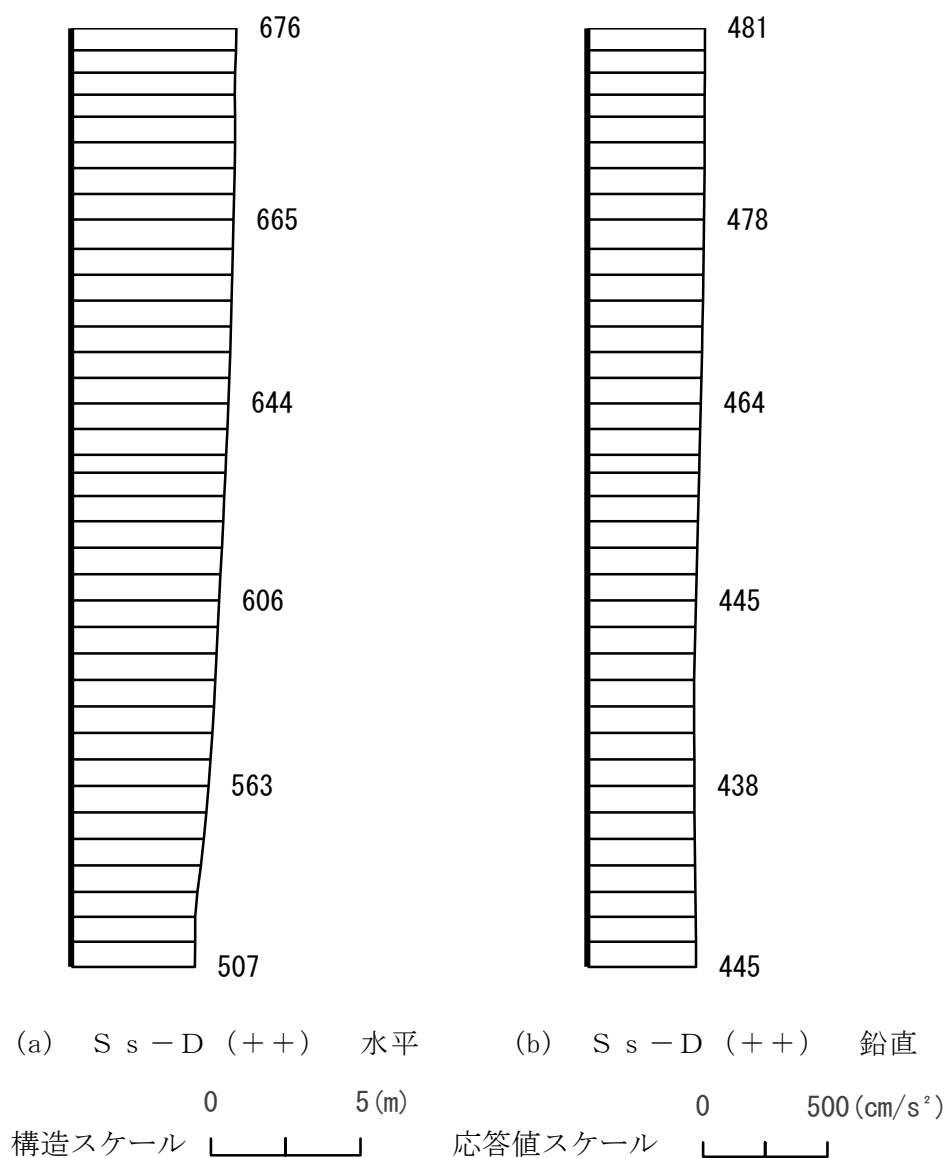


図 4-1 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (1/12) (解析ケース①)

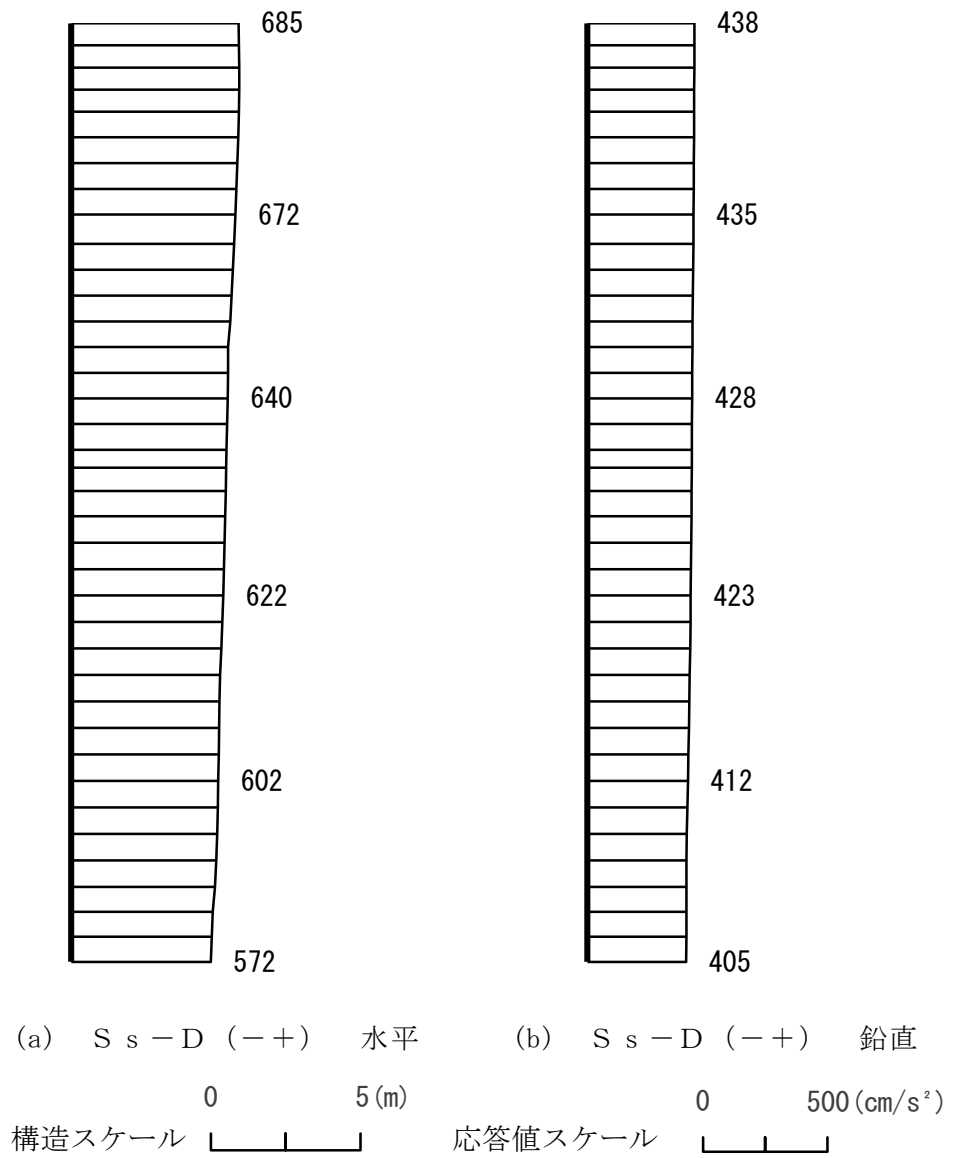


図 4-2 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (2/12) (解析ケース①)

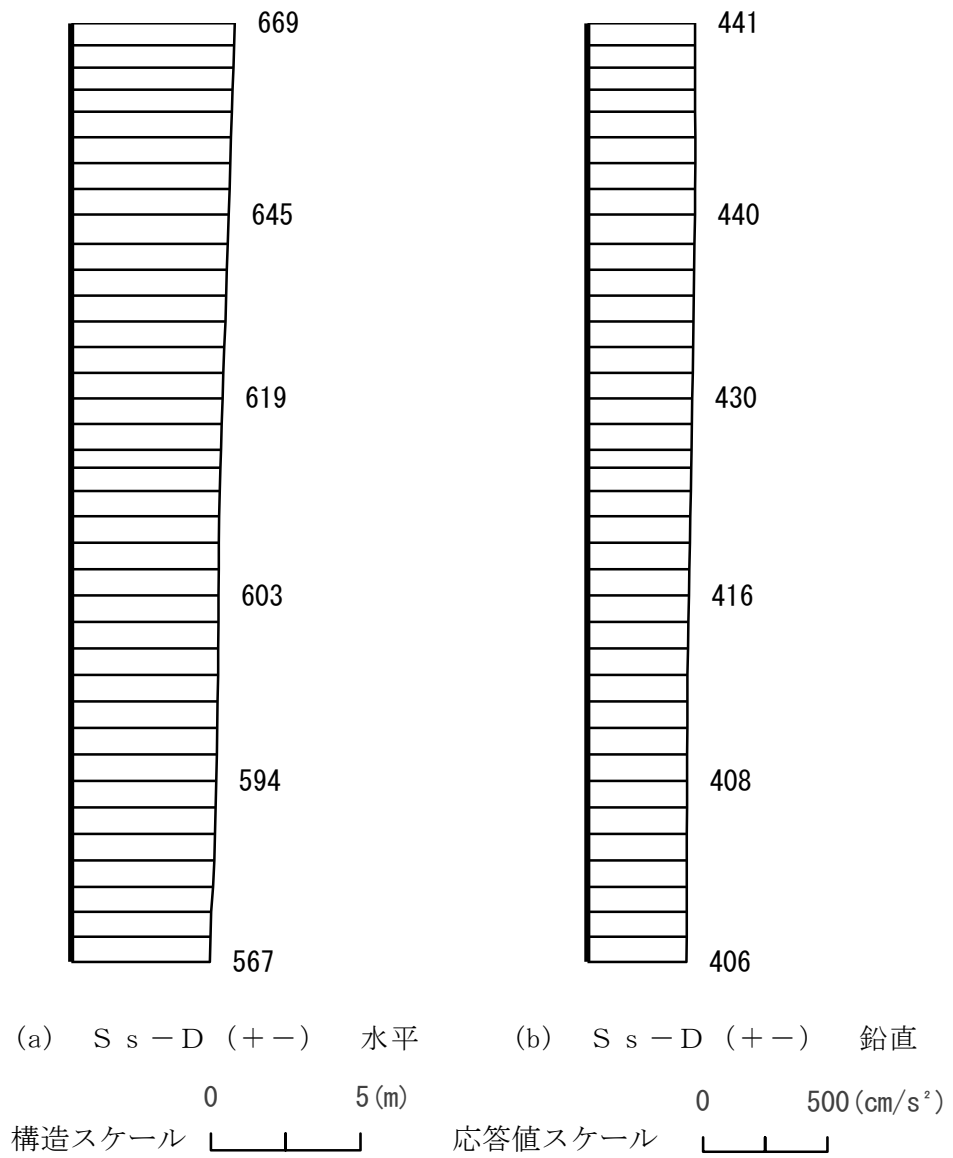


図 4-3 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (3/12) (解析ケース①)

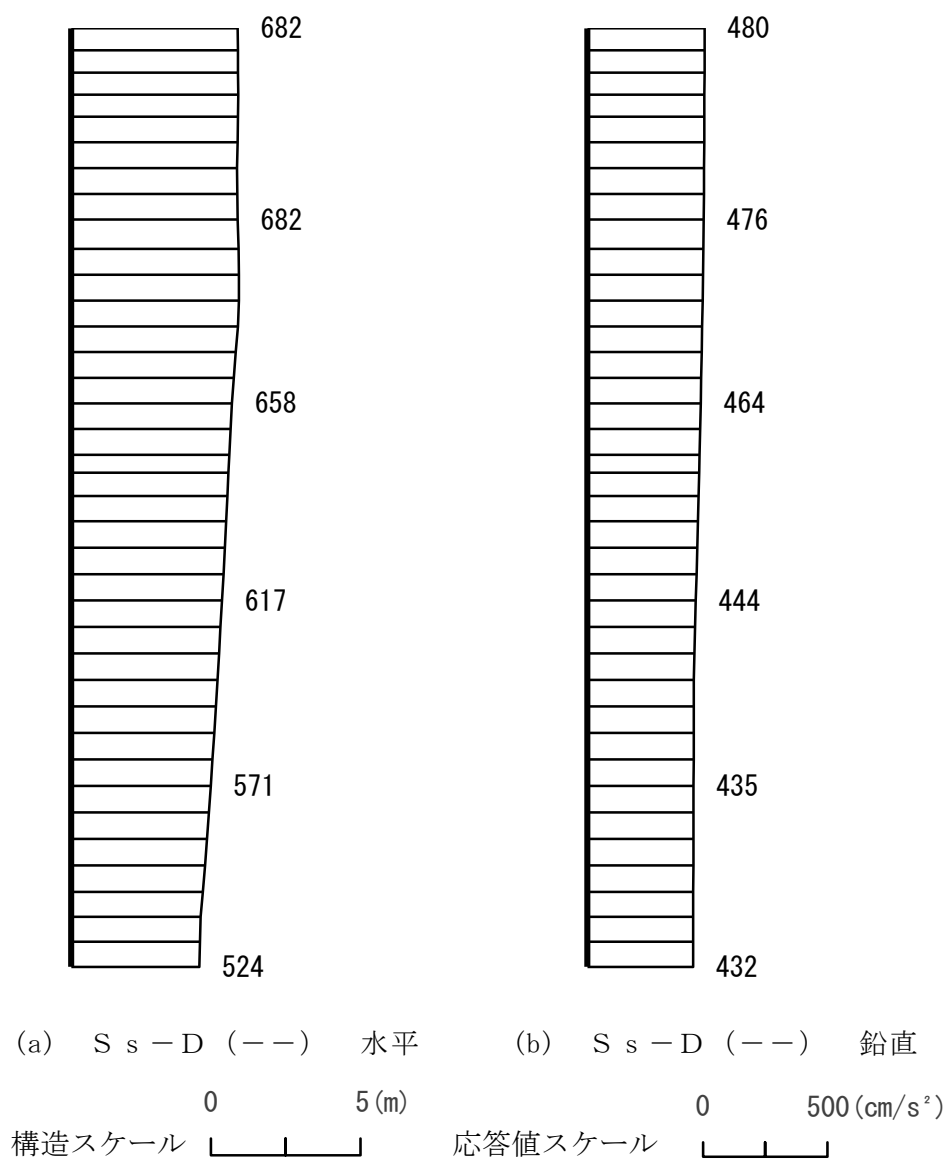


図 4-4 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (4/12) (解析ケース①)

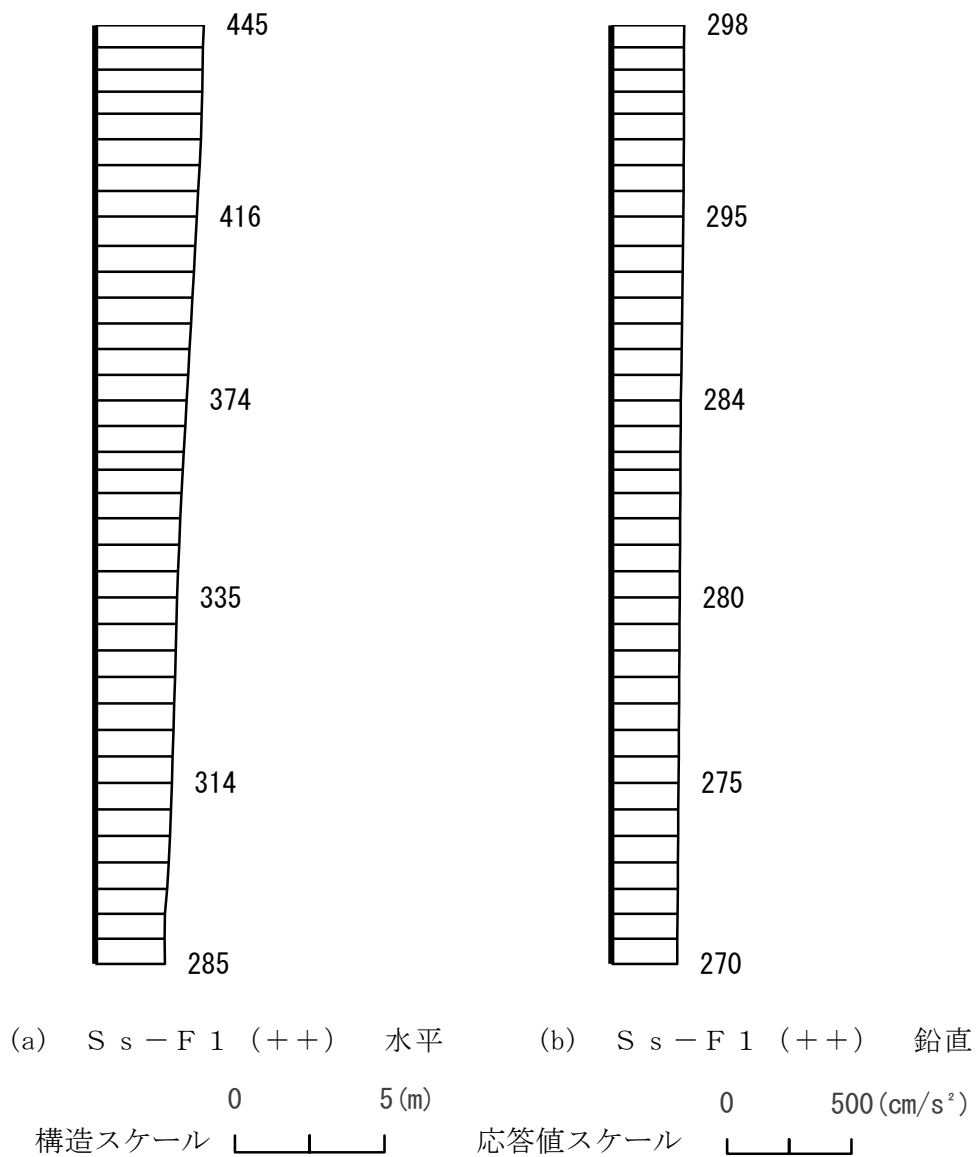


図 4-5 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (5/12) (解析ケース①)

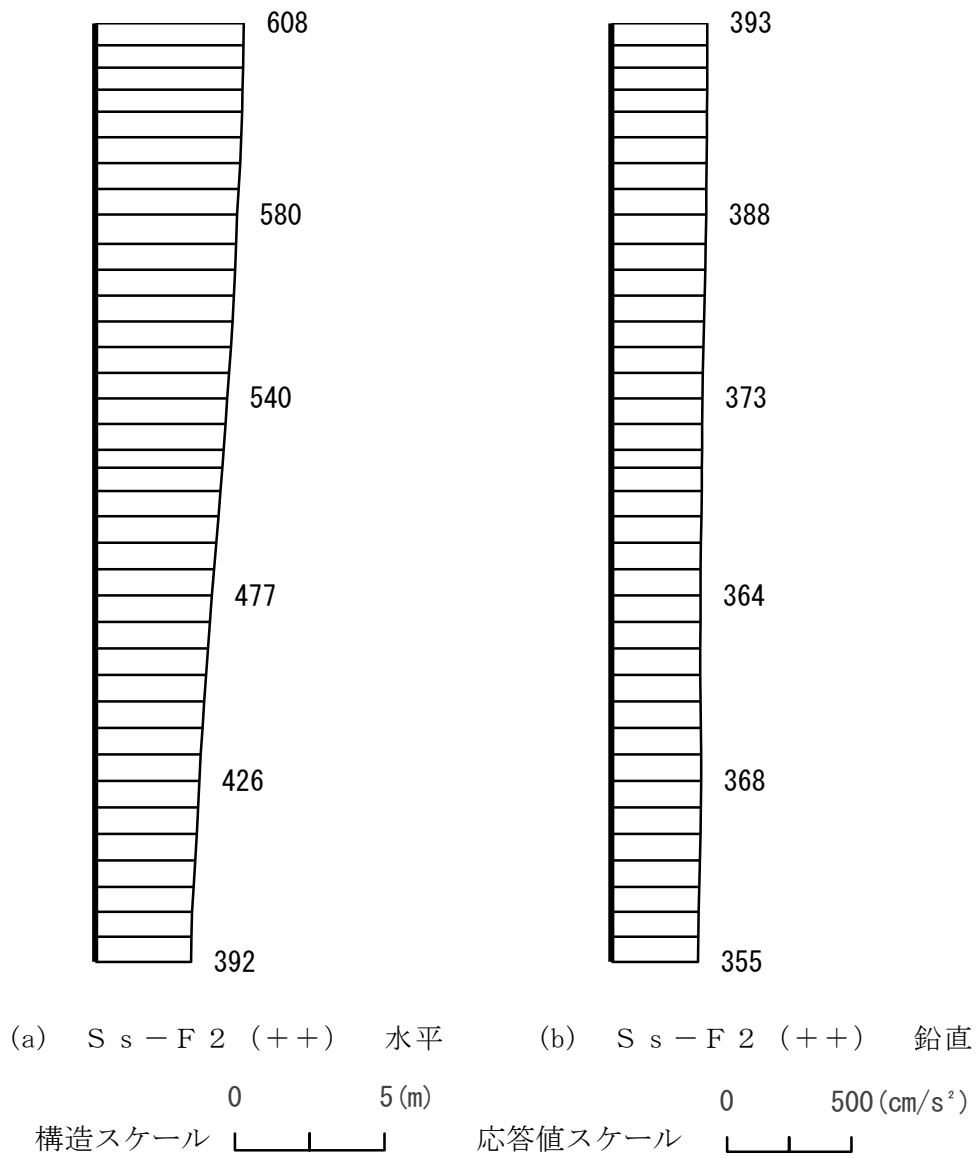


図 4-6 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (6/12) (解析ケース①)

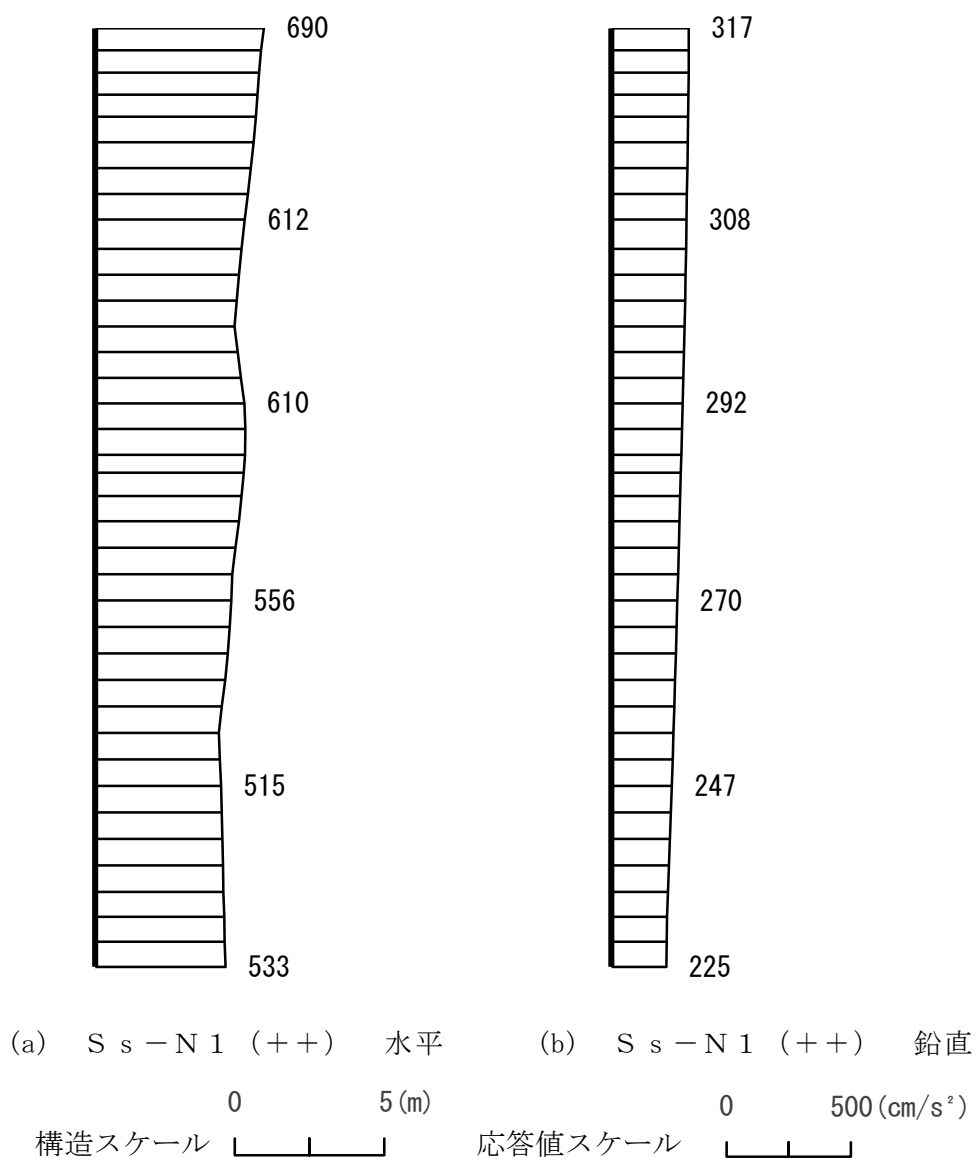


図 4-7 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (7/12) (解析ケース①)

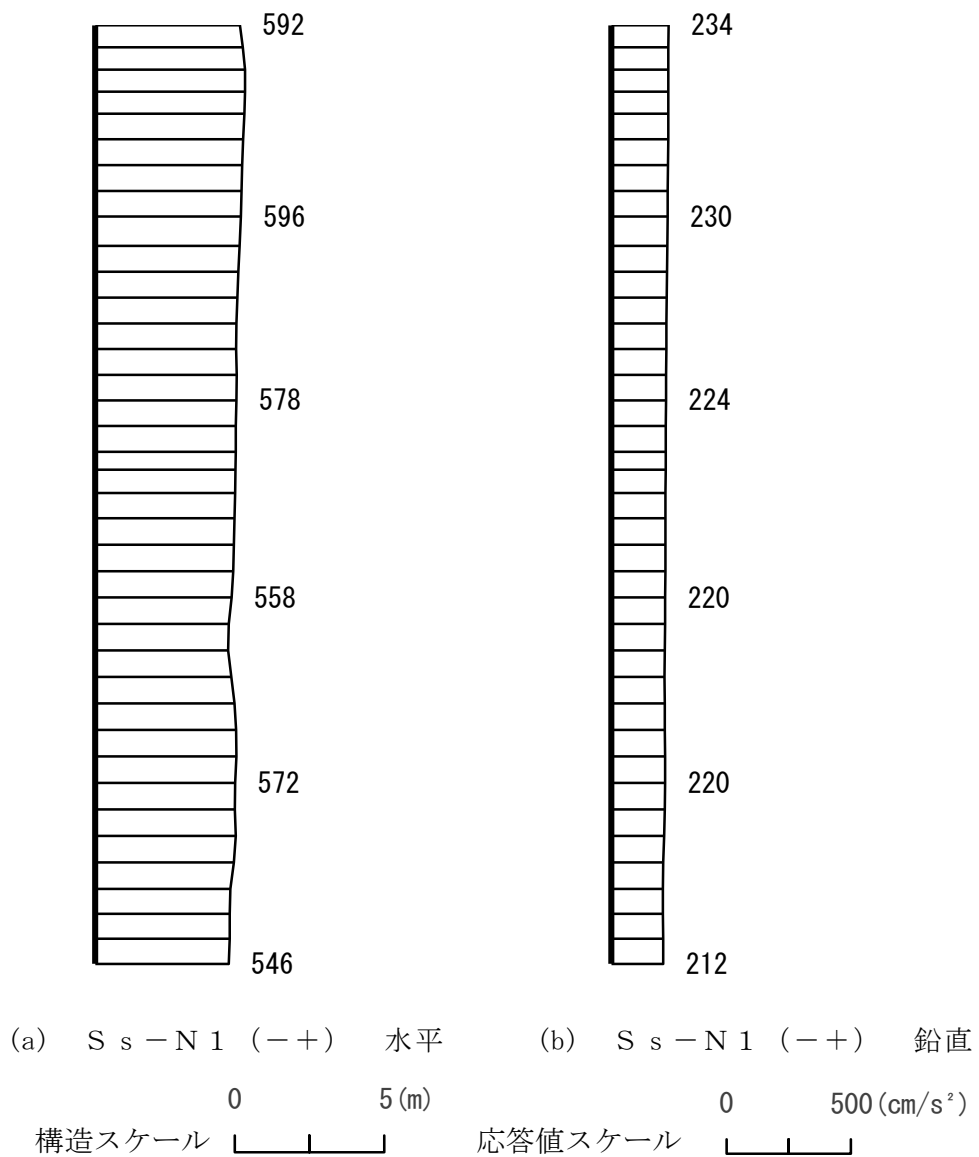
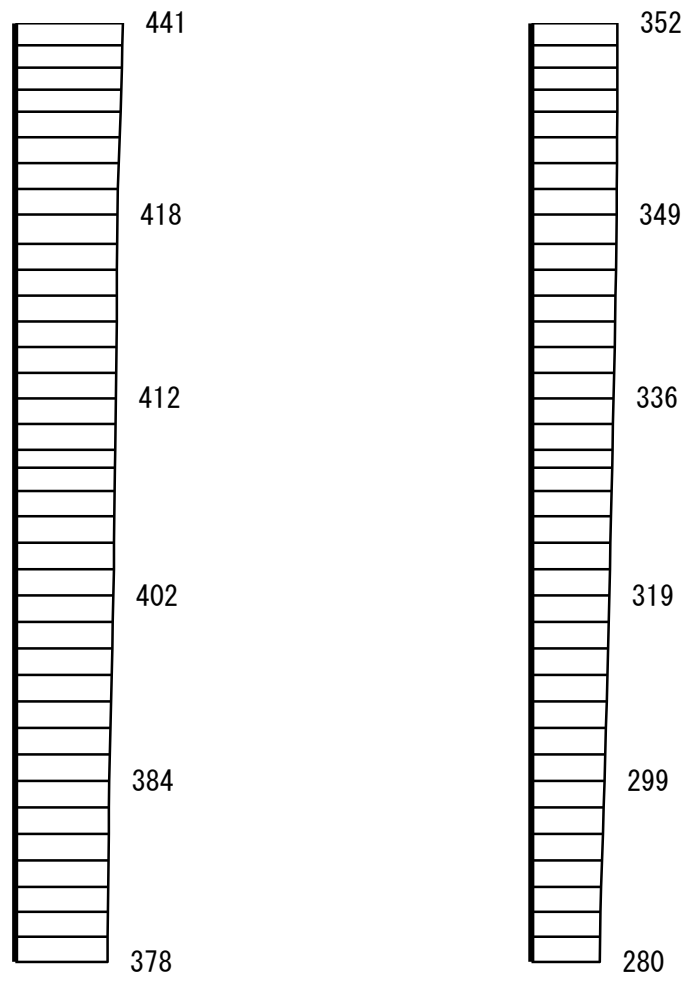
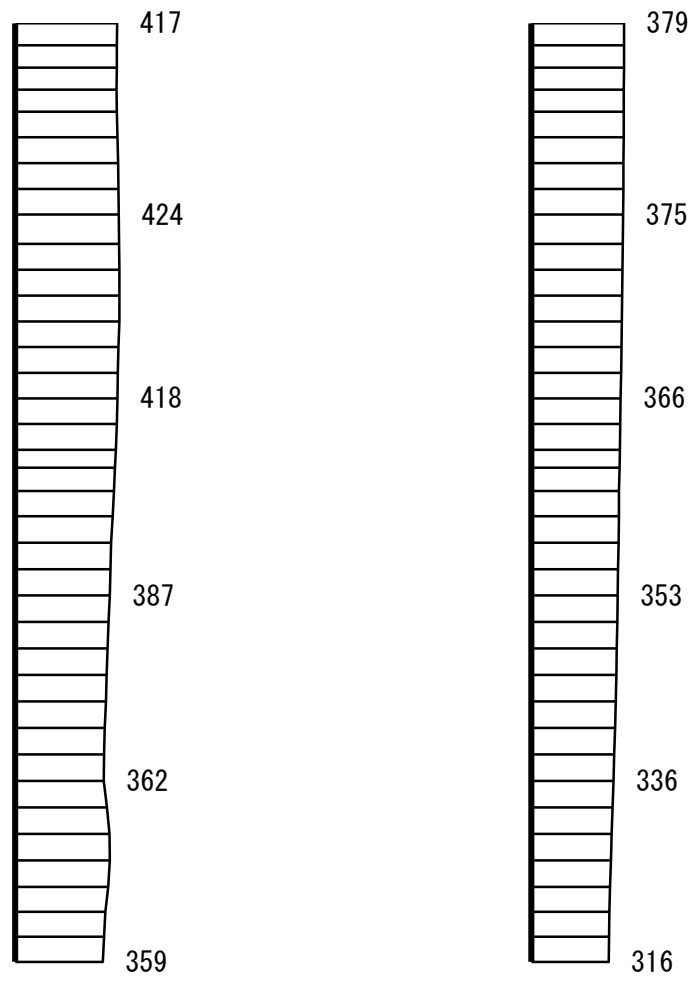


図 4-8 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (8/12) (解析ケース①)



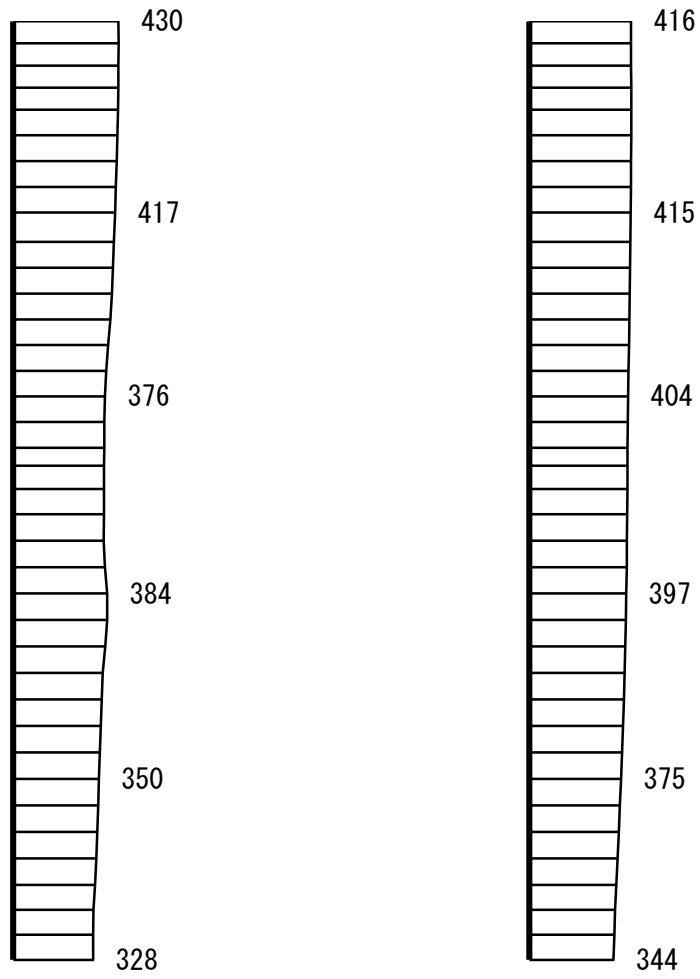
(a) S s - N 2 (N S) (+ +) 水平 (b) S s - N 2 (N S) (+ +) 鉛直
 構造スケール 0 5 (m) 応答値スケール 0 500 (cm/s²)

図 4-9 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (9/12) (解析ケース①)



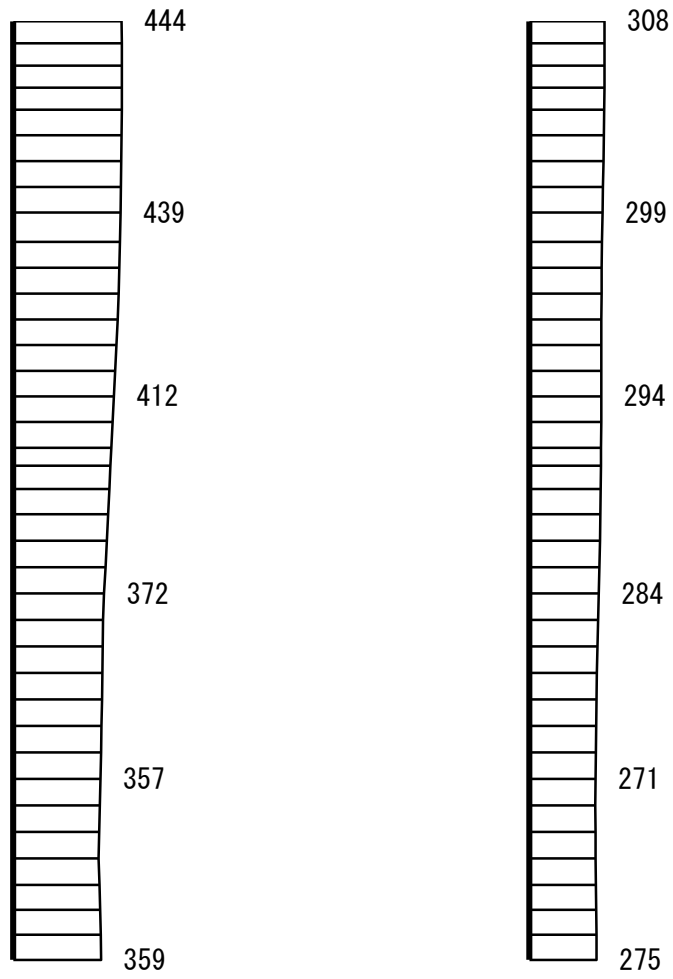
(a) $S_s - N_2 (NS) (-+)$ 水平 (b) $S_s - N_2 (NS) (-+)$ 鉛直
 構造スケール 0 5(m) 応答値スケール 0 500(cm/s^2)

図 4-10 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (10/12) (解析ケース①)



(a) S s - N 2 (E W) (+ +) 水平 (b) S s - N 2 (E W) (+ +) 鉛直
 構造スケール 0 5 (m) 応答値スケール 0 500 (cm/s²)

図 4-11 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (11/12) (解析ケース①)



(a) S s - N 2 (E W) (- +) 水平 (b) S s - N 2 (E W) (- +) 鉛直
 構造スケール 0 5 (m) 応答値スケール 0 500 (cm/s²)

図 4-12 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (12/12) (解析ケース①)

4.2 B－B断面（南北方向）の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として，解析ケース②について，すべての基準地震動 S_s に対する最大応答加速度分布図を図 4-13～図 4-24 に示す。

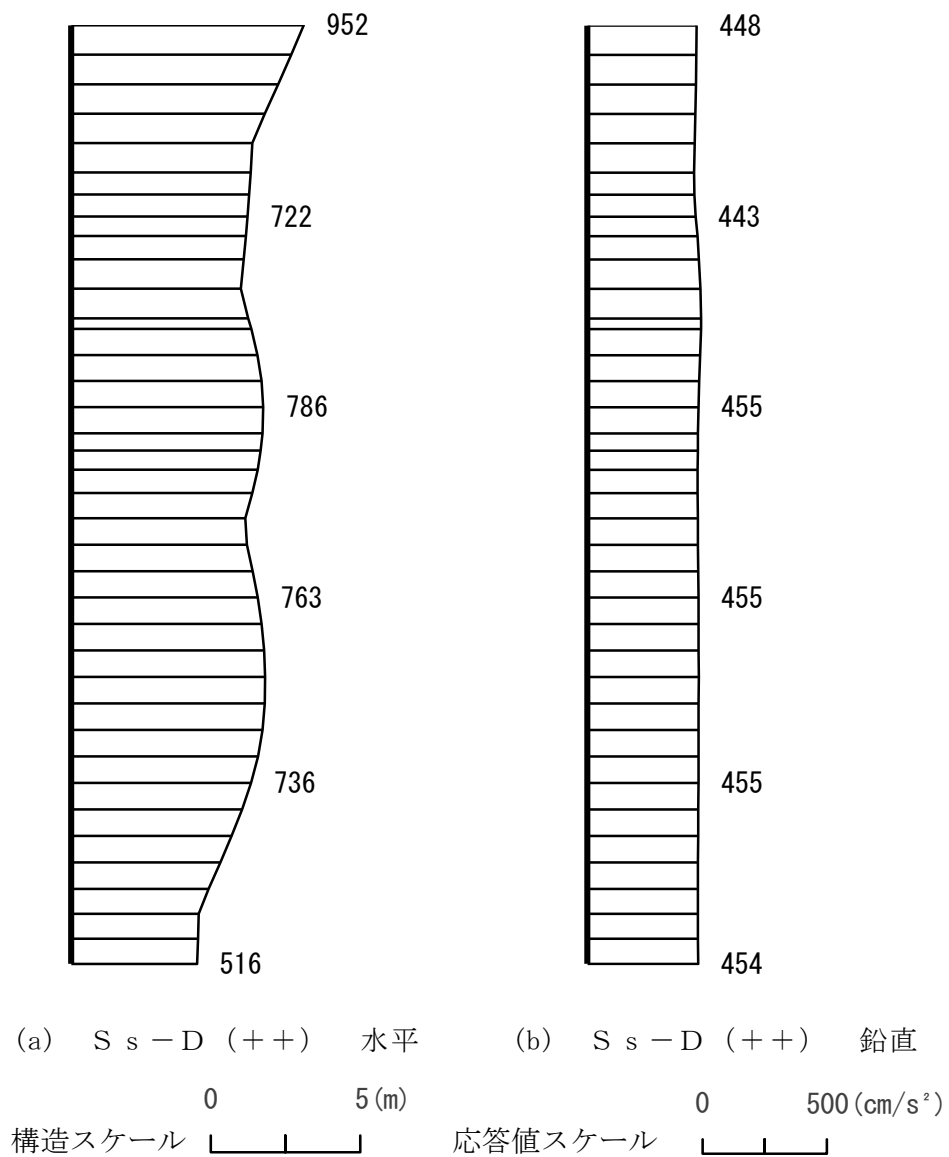


図 4-13 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (1/12) (解析ケース②)

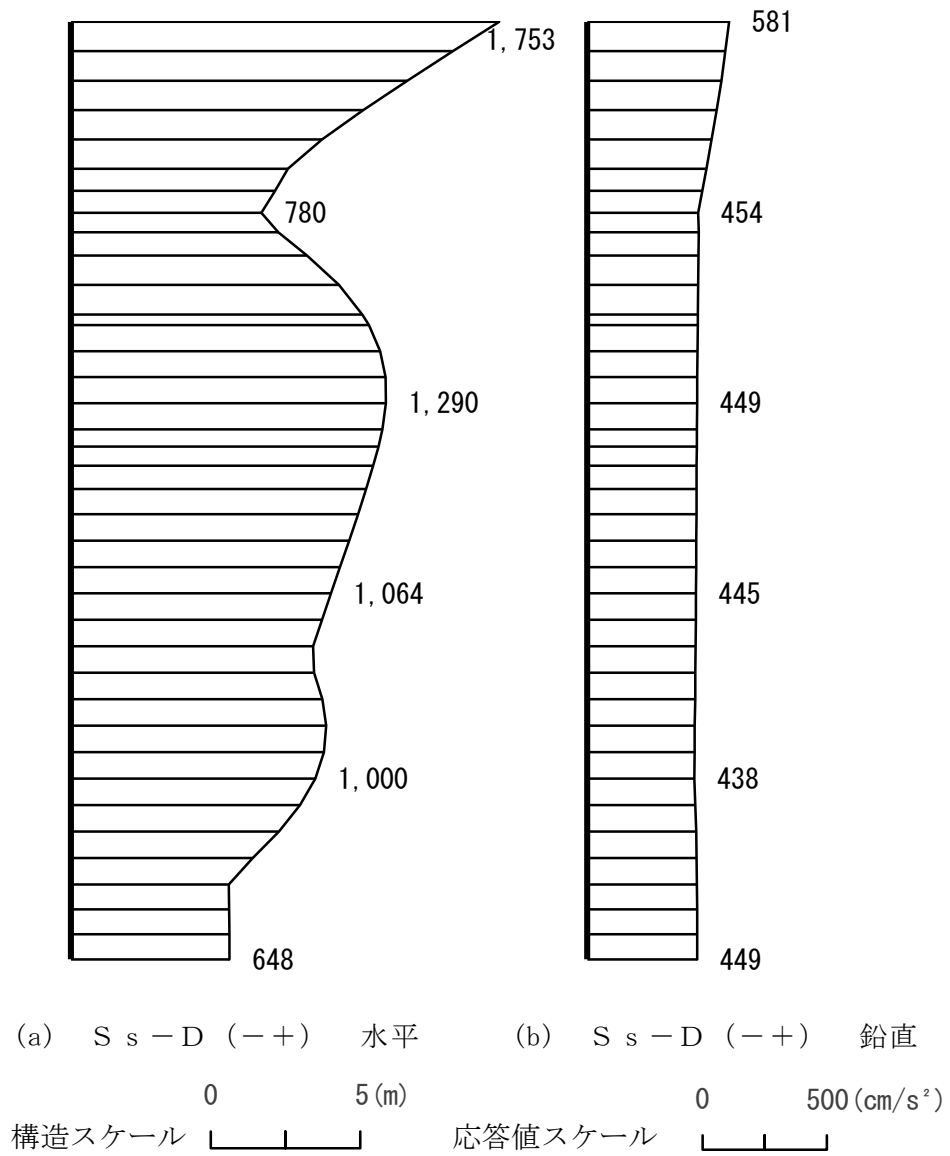


図 4-14 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (2/12) (解析ケース②)

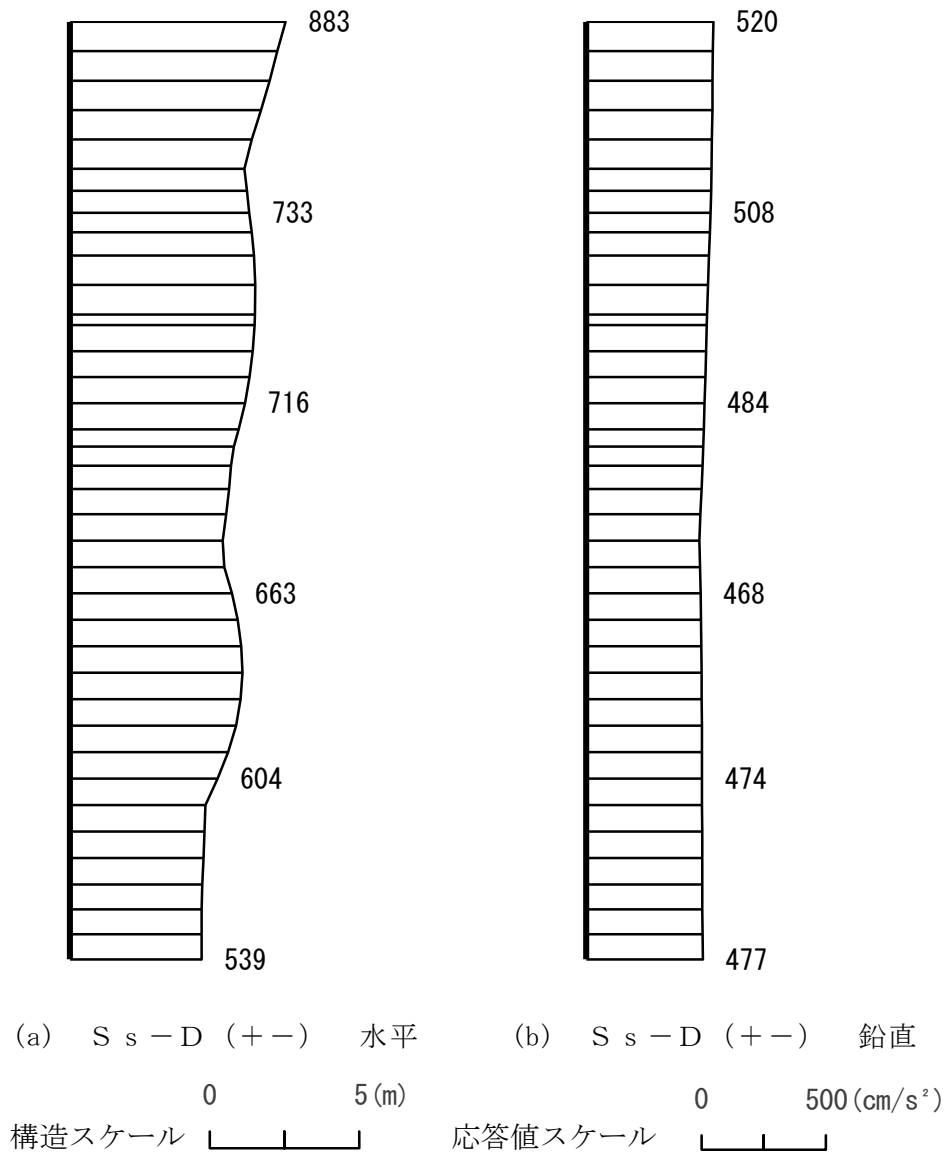


図 4-15 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (3/12) (解析ケース②)

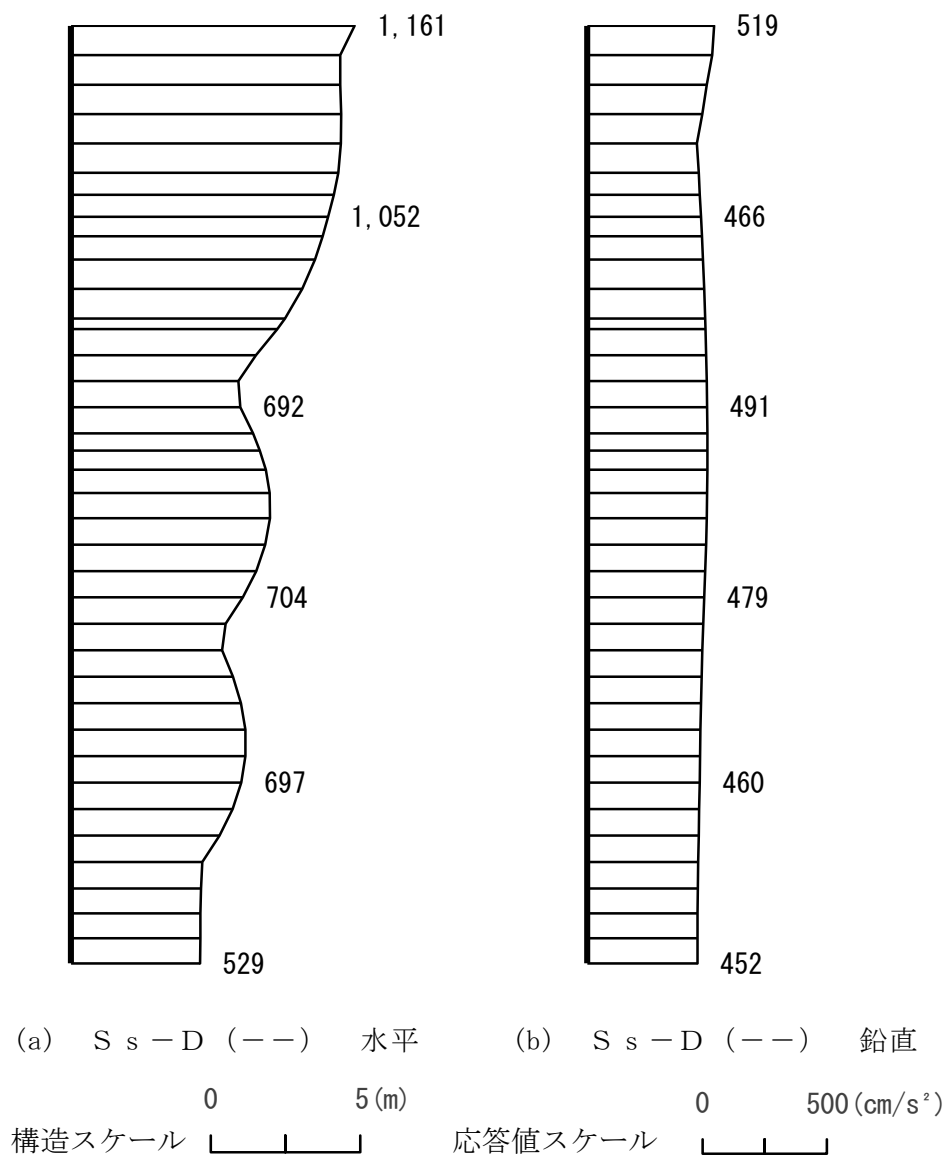


図 4-16 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (4/12) (解析ケース②)

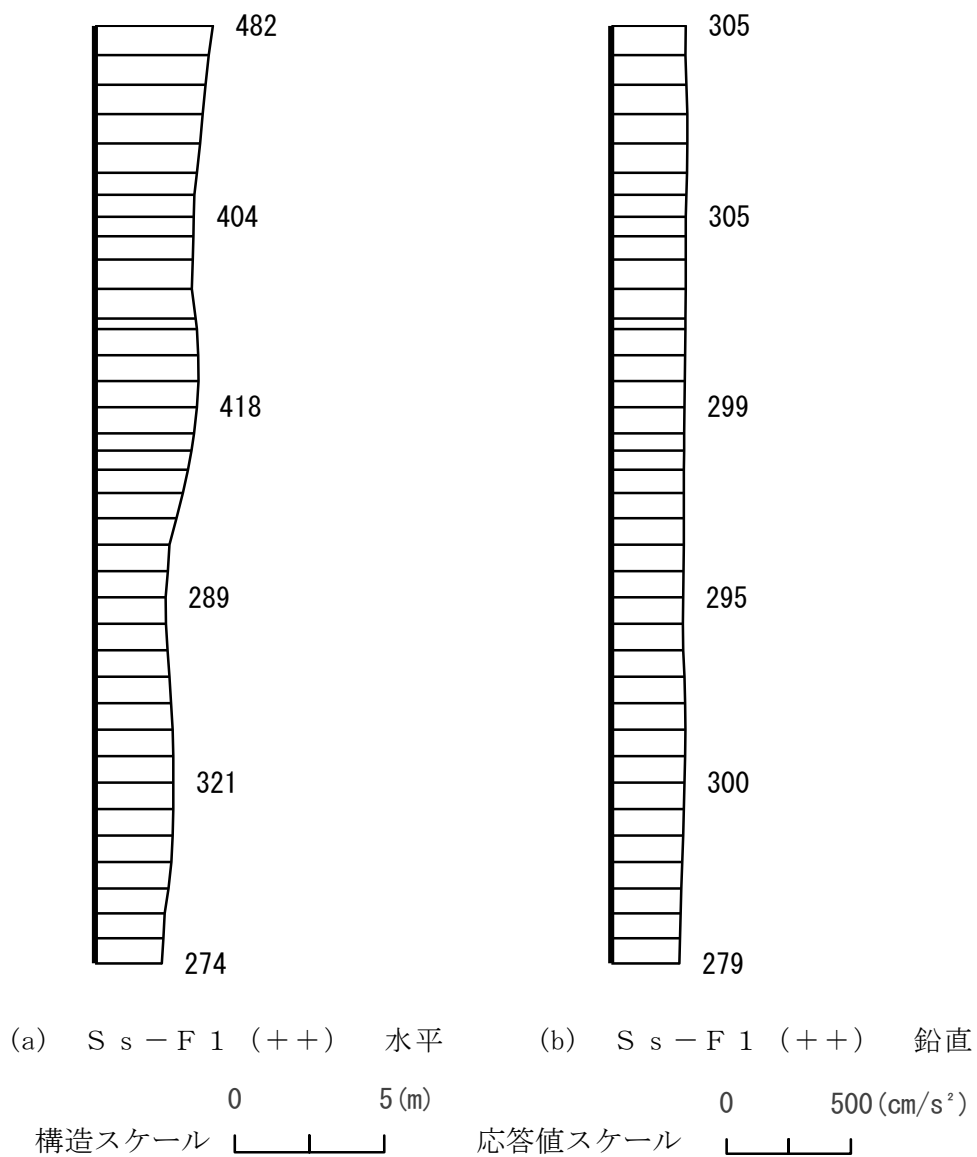


図 4-17 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (5/12) (解析ケース②)

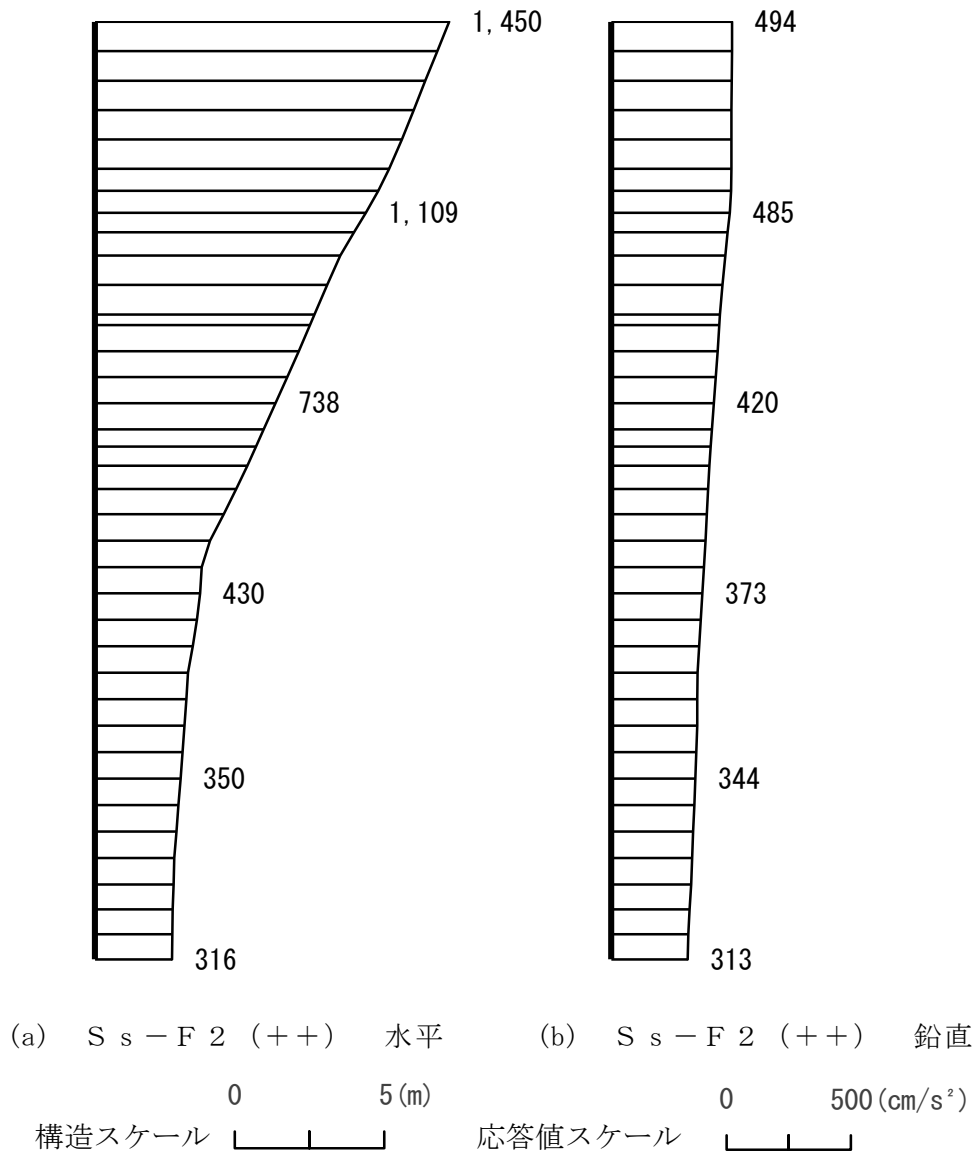


図 4-18 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (6/12) (解析ケース②)

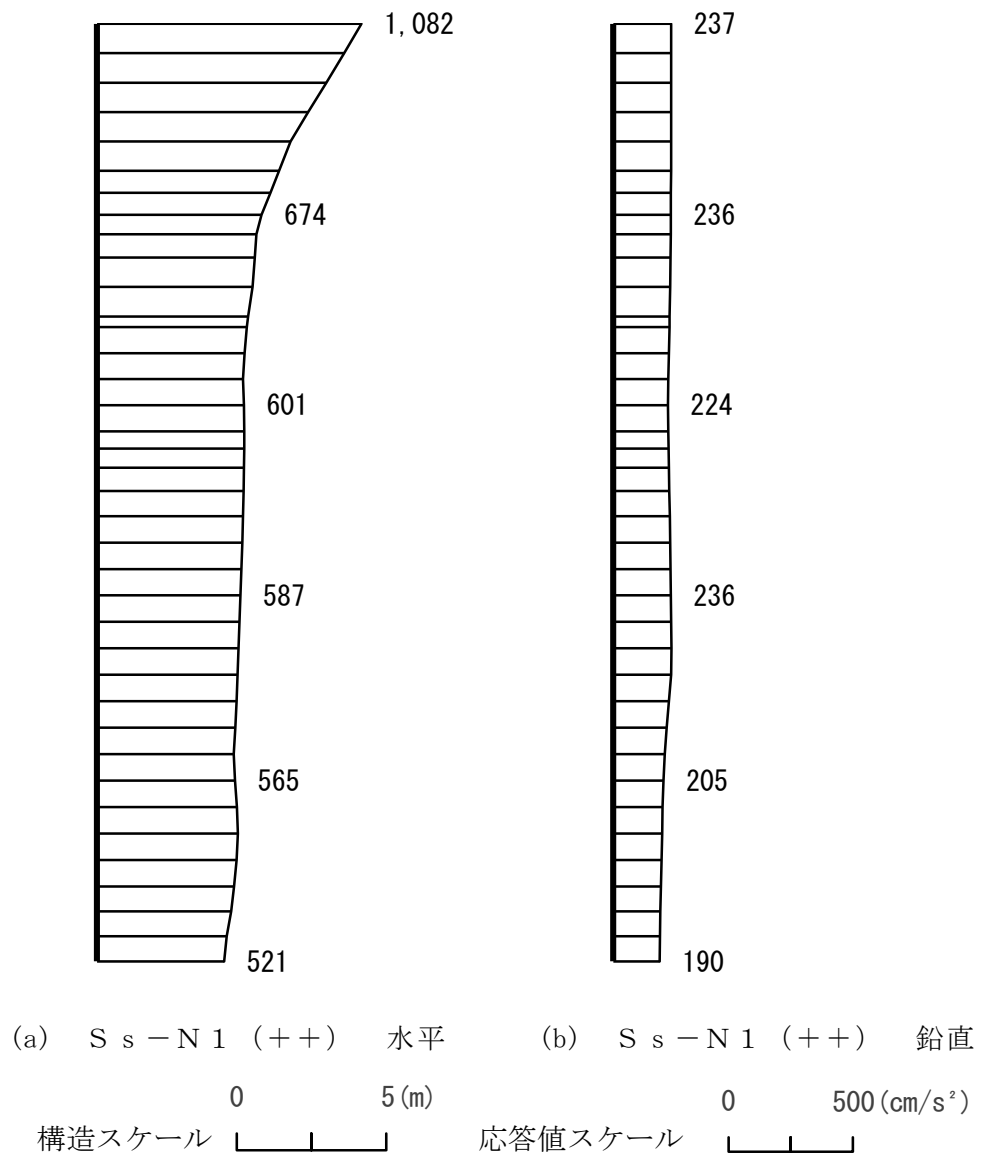


図 4-19 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (7/12) (解析ケース②)

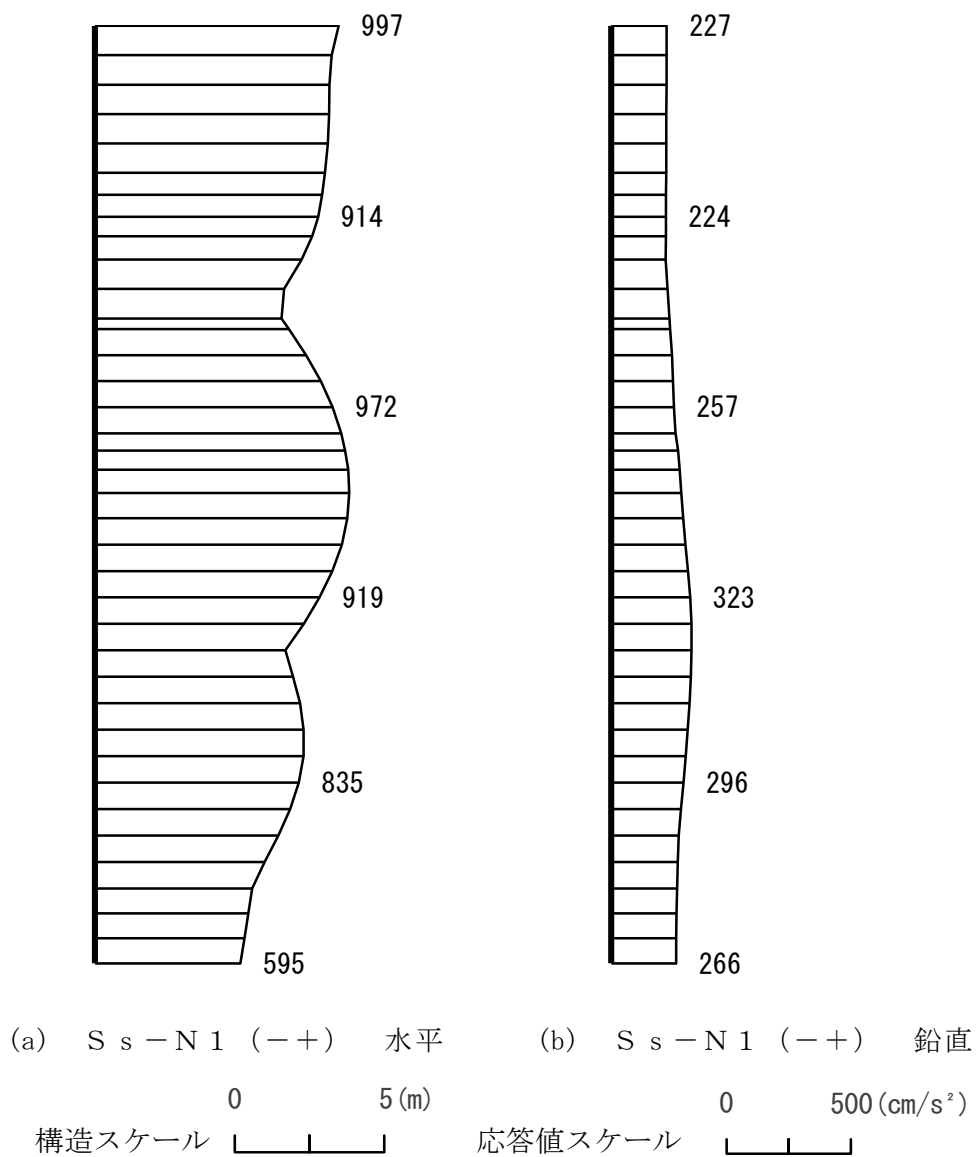
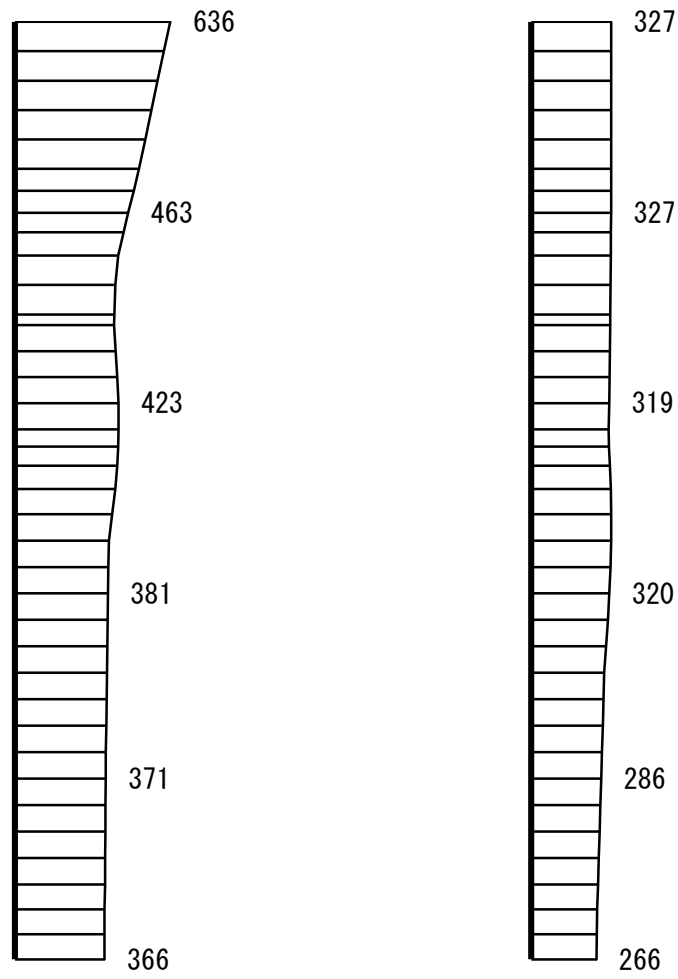
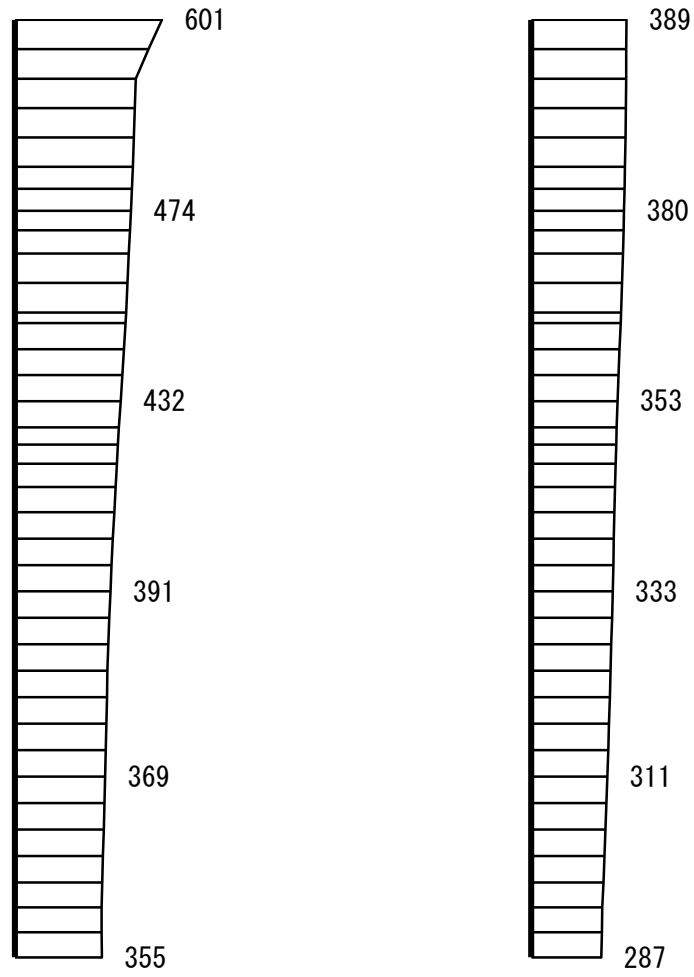


図 4-20 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (8/12) (解析ケース②)



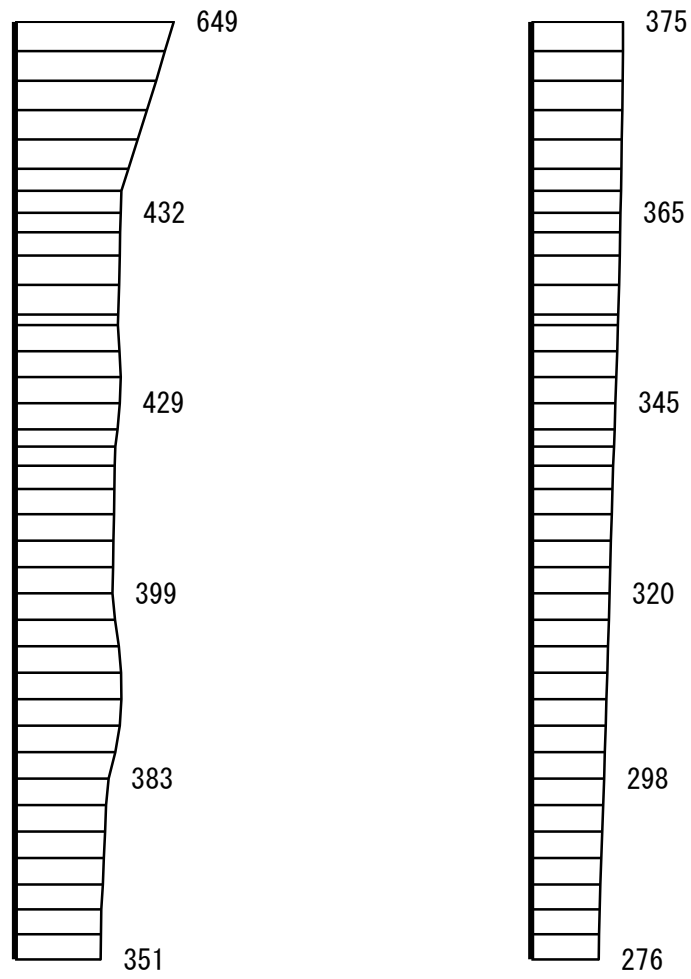
(a) $S_s - N_2 (NS) (++)$ 水平 (b) $S_s - N_2 (NS) (++)$ 鉛直
 構造スケール 0 5(m) 応答値スケール 0 500(cm/s^2)

図 4-21 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (9/12) (解析ケース②)



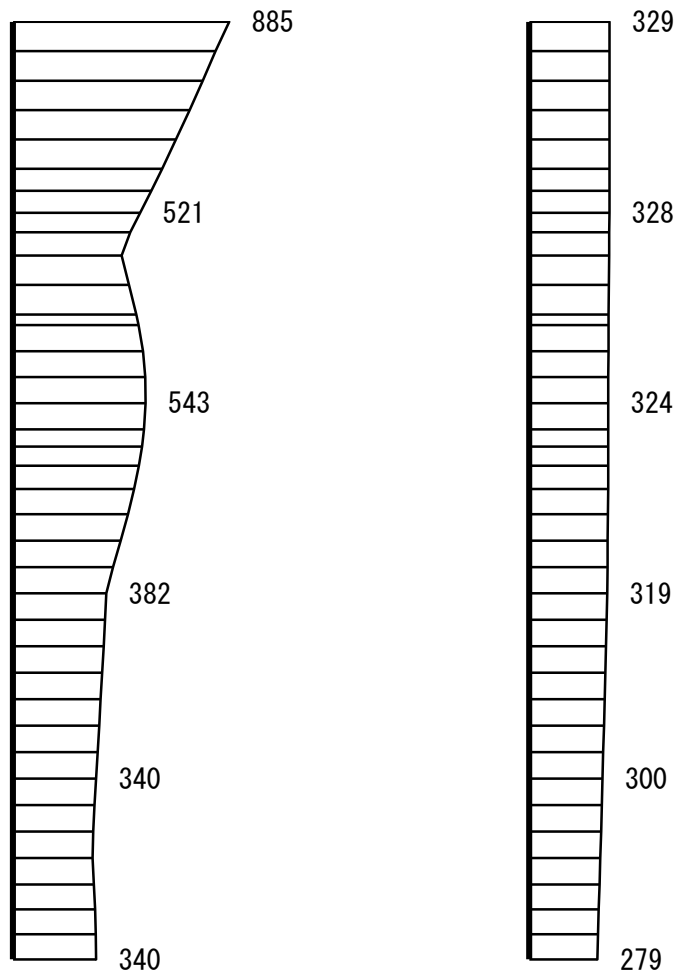
(a) $S_s - N_2 (NS) (-+)$ 水平 (b) $S_s - N_2 (NS) (-+)$ 鉛直
 構造スケール 0 5(m) 応答値スケール 0 500(cm/s^2)

図 4-22 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (10/12) (解析ケース②)



(a) S s - N 2 (E W) (++) 水平 (b) S s - N 2 (E W) (++) 鉛直
 構造スケール 0 5 (m) 応答値スケール 0 500 (cm/s²)

図 4-23 最大応答加速度分布図 (B - B 断面) (11/12) (解析ケース②)



(a) S s - N 2 (E W) (- +) 水平 (b) S s - N 2 (E W) (- +) 鉛直
 構造スケール 0 5(m) 応答値スケール 0 500(cm/s²)

図 4-24 最大応答加速度分布図 (B - B 断面) (12 / 12) (解析ケース ②)

VI-2-別添7-2-25 揚水ポンプの耐震性についての計算書（掘削前）

目 次

1. 概要 1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較 1

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、揚水ポンプが基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能を維持できることを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較

揚水ポンプについては、VI-2-別添 4-3-1「揚水ポンプの耐震性についての計算書」（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添 7-2-24「地下水位低下設備の地震応答計算書（掘削前）」に示す地震応答から、別添 7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に基づき設定した掘削前の耐震条件の比較を行う。比較結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 耐震条件比較結果（震度）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	耐震条件		耐震計算書（添付書類）の耐震条件*1 (①)	掘削前の耐震条件 (②)	比較結果 (① \geq ② : ○, ①<② : ×)
		構造強度評価	鉛直方向震度			
揚水ポンプ	地下水位低下設備 揚水井戸 EL -21.7*2	構造強度評価	水平方向震度	1.37	0.80	○
			鉛直方向震度	1.11	0.59	○
		動的機能維持評価	水平方向震度	1.00	0.67	○
			鉛直方向震度	0.73	0.49	○

注記*1：VI-2-別添 4-2「地下水位低下設備の地震応答計算書（掘削前）」に示す地震応答から、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定した設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る震度

*2：基準床レベルを示す。

上記のとおり、耐震計算書（添付書類）に記載の耐震条件が掘削前の耐震条件を包絡しているため、掘削前の耐震条件に対しても、十分な構造強度を有し、動的機能を維持できることを確認した。

VI-2-別添7-2-26 管の耐震性についての計算書
(地下水位低下設備) (掘削前)

目 次

1. 概要 1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較 1

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、地下水位低下設備の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能を維持できることを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較

地下水位低下設備の管、支持構造物及び弁については、VI-2-別添 4-3-2「管の耐震性についての計算書（地下水位低下設備）」（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添 7-2-24「地下水位低下設備の地震応答計算書（掘削前）」に示す地震応答から、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定した掘削前の耐震条件の比較を行う。比較結果のうち、耐震条件の比較結果を表 2-1 に、設計用床応答スペクトルの比較を図 2-1 に示す。なお、設計用床応答スペクトルは代表で減衰 2.0%のものを示す。

表 2-1 耐震条件比較結果

耐震条件		耐震計算書 (添付書類) の耐震条件*1 (①)	掘削前の 耐震条件 (②)	比較結果 (① \geq ② : ○, ① $<$ ② : ×)	備考
構造強度 評価	動的震度 (NS)	2.60	2.15	○	
	動的震度 (EW)	2.60	0.85	○	
	動的震度 (鉛直)	1.51	0.72	○	
	設計用床応答 スペクトル (NS)	図 2-1 (1/3) 参照		○*2	
	設計用床応答 スペクトル (EW)	図 2-1 (2/3) 参照		○*2	
	設計用床応答 スペクトル (鉛直)	図 2-1 (3/3) 参照		○*2	

注記*1 : VI-2-別添 7-2-24「地下水位低下設備の地震応答計算書（掘削前）」に示す地震応答から、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定した設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る震度又は設計用床応答スペクトル I（基準地震動 S_s ）を上回る設計用床応答スペクトル

*2 : 図 2-1 に示す耐震計算書（添付書類）の耐震条件（実線）と掘削前の耐震条件（点線）を比較し、全周期帯において実線が点線を上回っている場合は「○」、一部でも点線が実線を上回っていたら「×」を記載する。

構造物名：地下水位低下設備
減衰定数：2.0%

標高：EL8.500m～21.700m
波形名：基準地震動S s

— 耐震計算書（添付書類）の耐震条件（NS方向）
- - - 掘削前の耐震条件（NS方向）

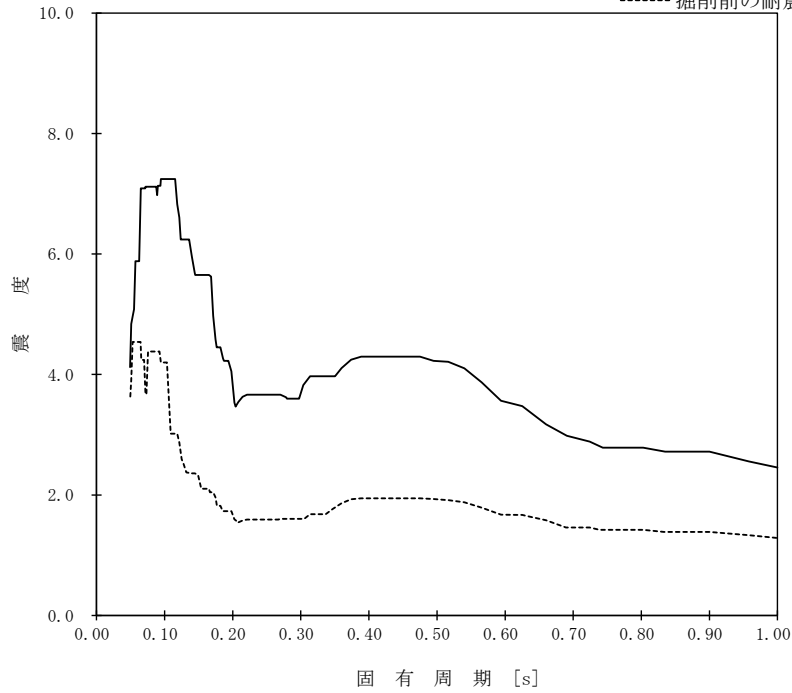


図 2-1 設計用床応答スペクトルの比較（1 / 3）

構造物名：地下水位低下設備
減衰定数：2.0%

標高：EL8.500m～21.700m
波形名：基準地震動S s

— 耐震計算書（添付書類）の耐震条件（EW方向）
- - - 掘削前の耐震条件（EW方向）

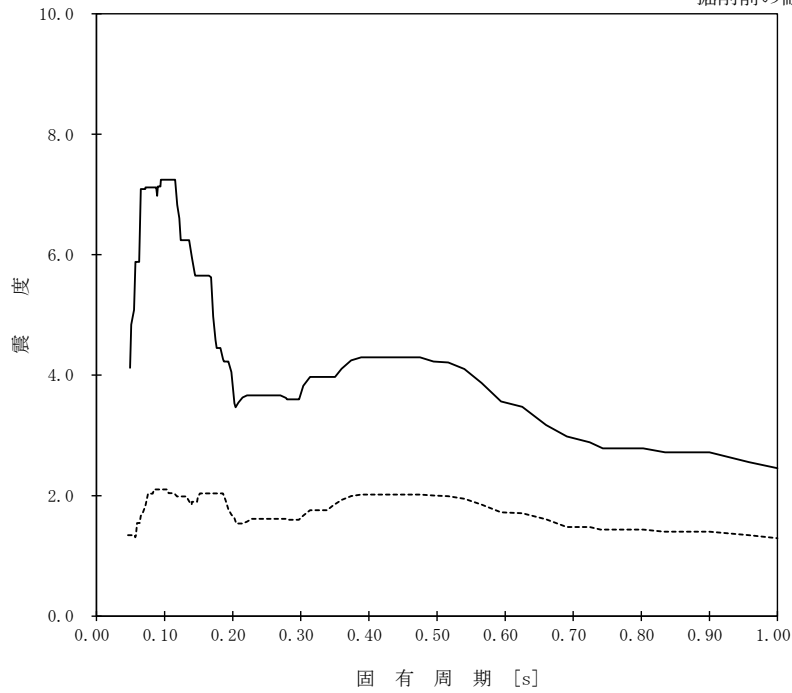


図 2-1 設計用床応答スペクトルの比較（2 / 3）

構造物名：地下水位低下設備
減衰定数：2.0%

標高：EL8.500m～21.700m
波形名：基準地震動 S s

——耐震計算書（添付書類）の耐震条件（鉛直方向）
-----掘削前の耐震条件（鉛直方向）

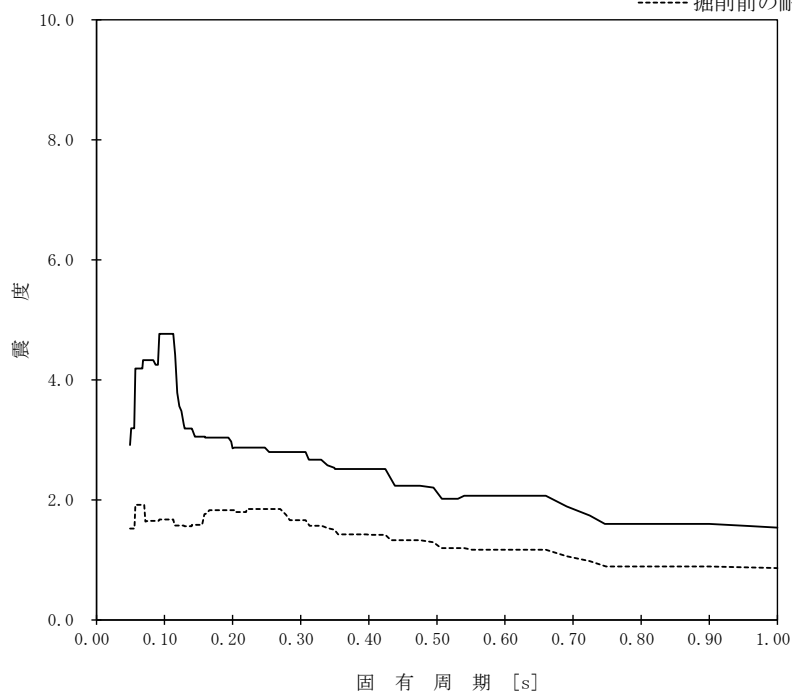


図 2-1 設計用床応答スペクトルの比較 (3/3)

上記のとおり、耐震計算書（添付書類）の耐震条件が掘削前の耐震条件を上回っているため、掘削前の耐震条件に対しても、十分な構造強度を有し、動的機能を維持できることを確認した。

VI-2-別添7-2-27 地下水位低下設備水位計の耐震性についての計算書
(掘削前)

目 次

1. 概要 1
2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較 1

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、地下水位低下設備水位計が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

2. 耐震計算書（添付書類）の耐震条件と掘削前の耐震条件の比較

地下水位低下設備水位計については、VI-2-別添 4-3-3「地下水位低下設備水位計の耐震性についての計算書」（以下「耐震計算書（添付書類）」という。）において適用している耐震条件と、VI-2-別添 7-2-24「地下水位低下設備の地震応答計算書（掘削前）」に示す地震応答から、別添 7-2-1「設計用床応答スペクトルの作成方針（掘削前）」に基づき設定した掘削前の耐震条件の比較を行う。比較結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 耐震条件比較結果（震度）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	耐震条件		耐震計算書（添付書類）の耐震条件* (①)	掘削前の耐震条件 (②)	比較結果 (① \geq ② : ○, ① $<$ ② : ×)
		構造強度評価	鉛直方向震度	水平方向震度	鉛直方向震度	
地下水位低下設備水位計	地下水位低下設備揚水井戸 EL -21.7	構造強度評価	鉛直方向震度	2.60	0.80	○
			水平方向震度	1.51	0.59	○
		電気的機能維持評価	鉛直方向震度	1.00	0.67	○
			水平方向震度	0.73	0.49	○

注記* : VI-2-別添 4-2「地下水位低下設備の地震応答計算書（掘削前）」に示す地震応答から、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定した設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る震度

上記のとおり、耐震計算書（添付書類）に記載の耐震条件が掘削前の耐震条件を包絡しているため、掘削前の耐震条件に対しても、十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを確認した。

VI-2-別添 7-2-28 揚水井戸の耐震性についての計算書
(掘削前)

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	6
2.3.1 2次元地震応答解析	9
2.3.2 鉛直断面に対する耐震評価	10
2.3.3 水平断面に対する耐震評価	13
2.3.4 底版に対する耐震評価	15
2.4 適用規格・基準等	16
3. 耐震評価	17
3.1 評価対象断面	17
3.2 使用材料及び材料の物性値	20
3.3 許容限界	21
3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界	21
3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界	21
3.4 評価方法	22
3.4.1 構造部材の健全性評価	22
3.4.2 基礎地盤の支持性能評価	29
4. 耐震評価結果	30
4.1 構造部材の健全性に対する評価結果	30
4.1.1 鉛直断面に対する評価結果	30
4.1.2 水平断面に対する耐震評価結果	33
4.1.3 底版に対する耐震評価結果	38
4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果	40

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」の耐震計算書作成フローに基づき作成した。耐震計算書作成フローを図 1-1 に示す。

耐震評価については、VI-2-1-1-別添 1「地下水位低下設備の設計方針」で設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、地下水位低下設備のうち、揚水井戸が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

揚水井戸に要求される機能の維持を確認するにあたっては、地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価により行う。

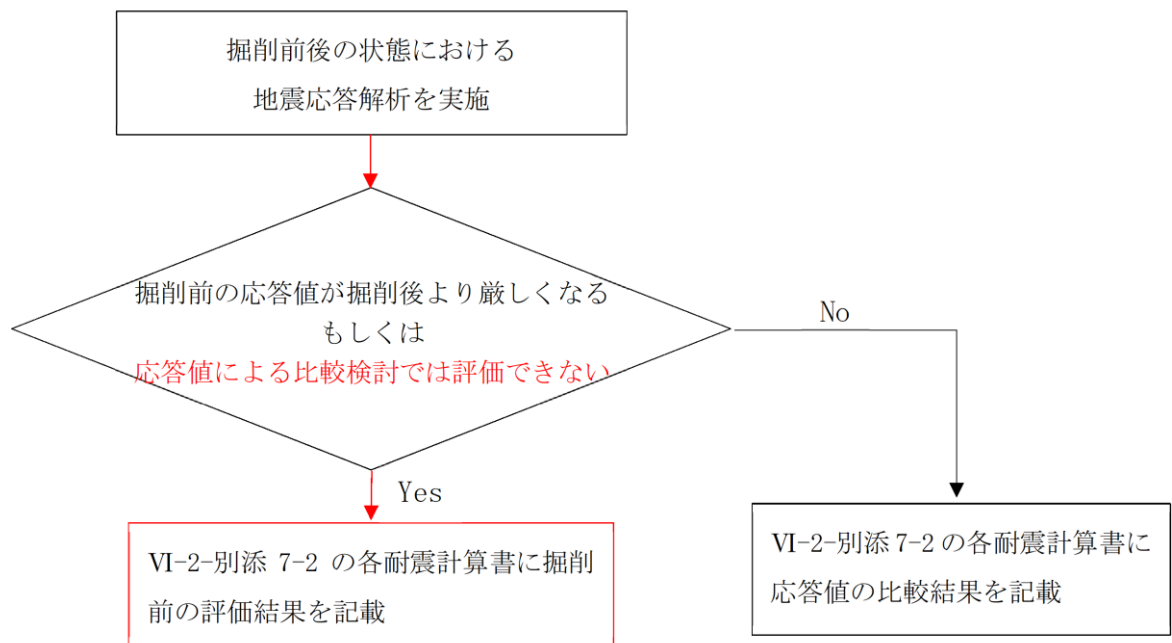


図 1-1 別添 7-2 における耐震計算書作成フロー

2. 基本方針

2.1 位置

地下水位低下設備のうち揚水井戸の設置位置を図 2-1 に示す。

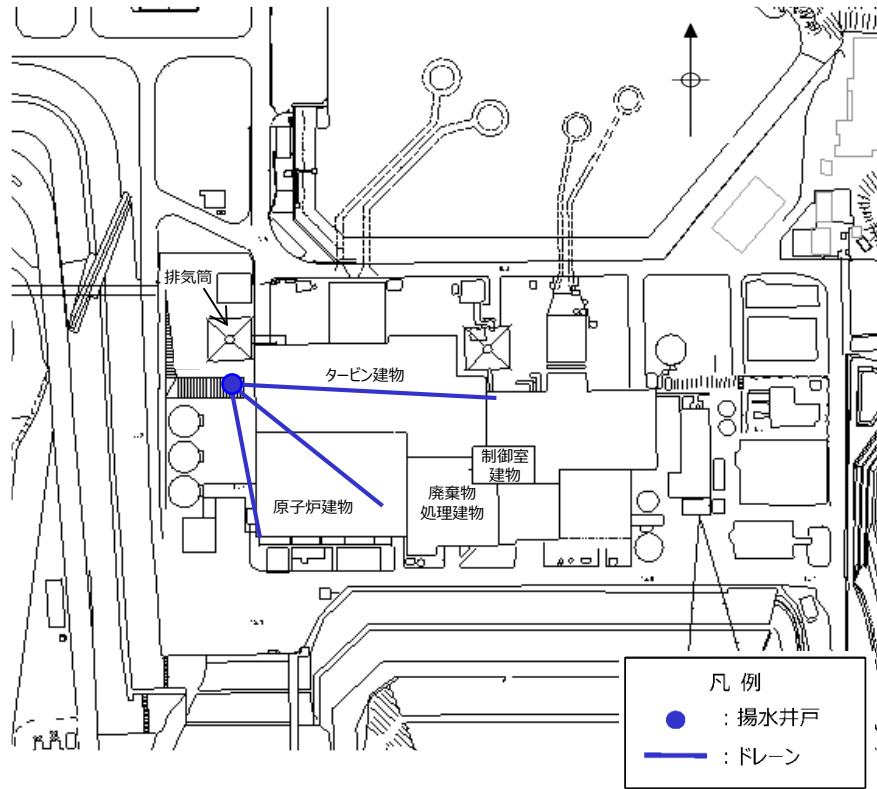


図 2-1 揚水井戸の設置位置

2.2 構造概要

揚水井戸は、揚水ポンプ等を支持する、内径 3.5m、高さ 31.9m の鉄筋コンクリート造の円筒状の地中構造物であり、十分な支持性能を有する C_M級岩盤に支持される。

地下水位低下設備の構成概要を図 2-2 に、揚水井戸の構造概要を図 2-3 に、概略配筋図を図 2-4 に示す。

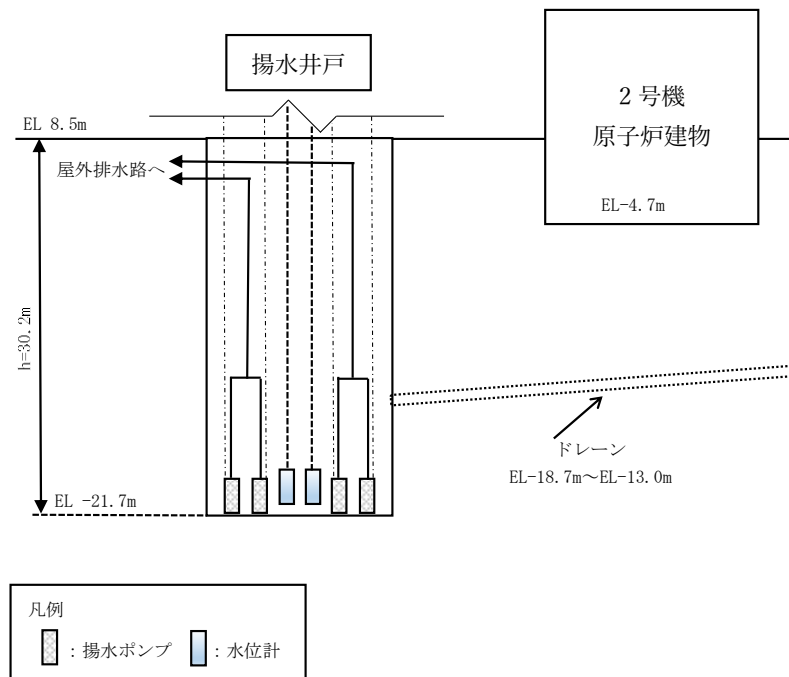


図 2-2 地下水水位低下設備の構成概要

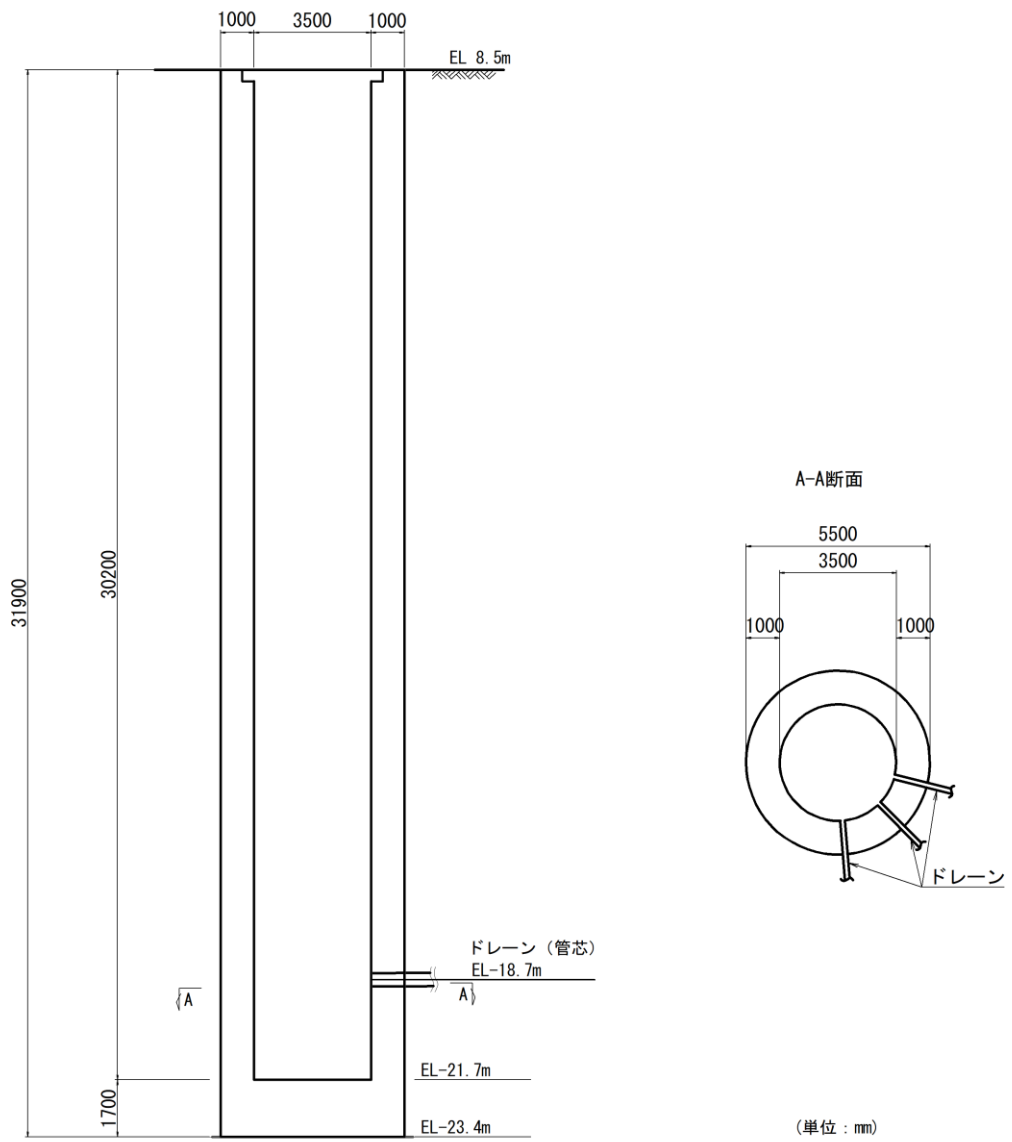


図 2-3 揚水井戸の構造概要

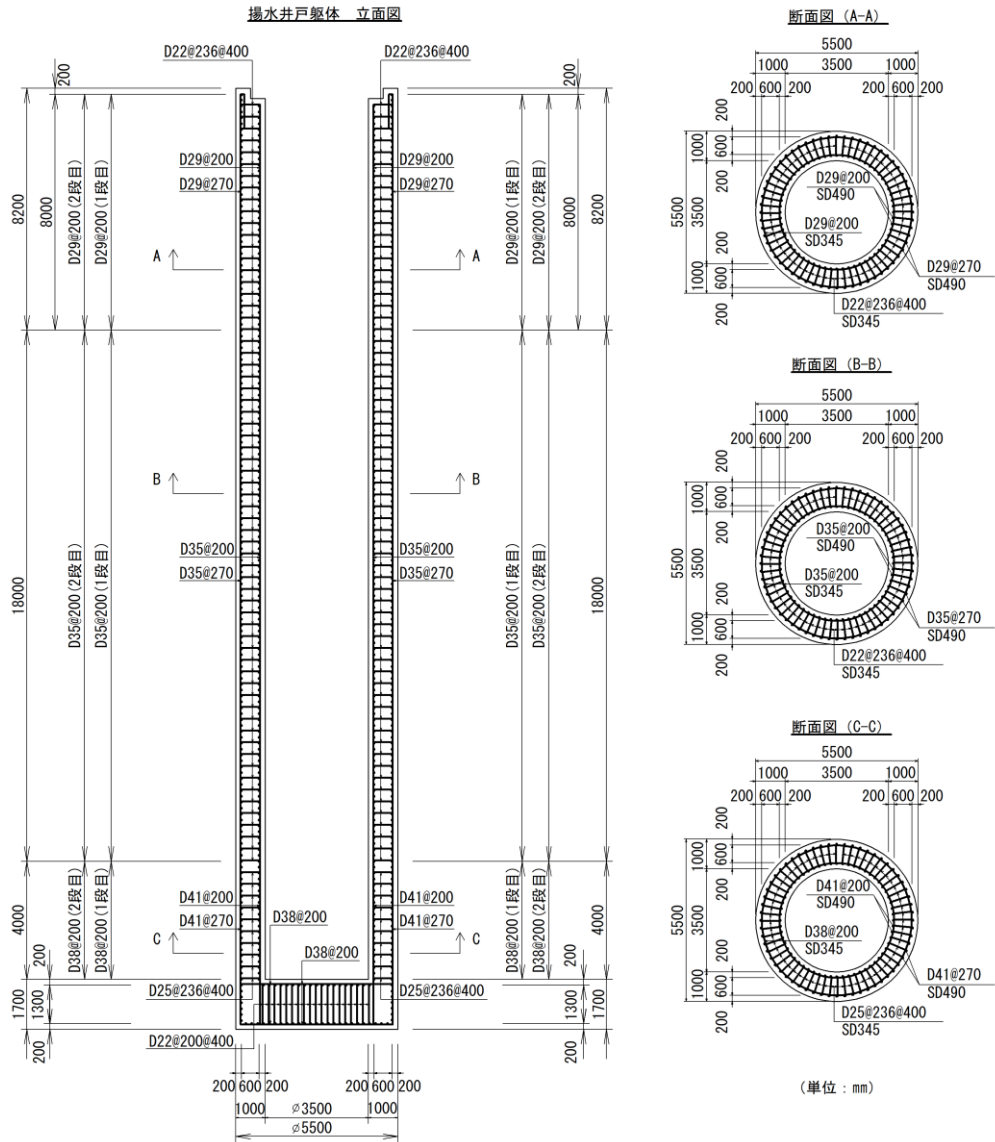


図 2-4 揚水井戸の概略配筋図

2.3 評価方針

地下水位低下設備の要求機能は、原子炉建物等の建物・構築物に作用する揚圧力の低減を目的とし、地下水位を一定の範囲に保持することであり、揚水井戸は支持・閉塞防止機能を維持する必要がある。揚水井戸を含む地下水位低下設備は耐震重要度分類Cクラスに分類されるが、その機能を維持するため、基準地震動 S_s に対して耐震性を確保する設計としている。

揚水井戸の耐震評価については、VI-2-別添 4-2「地下水位低下設備の地震応答計算書」に示す地震応答解析に基づき実施し、表 2-1 に示すとおり、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価については、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」に基づき、発生する応力が許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価においては、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」に基づき、発生する接地圧が許容限界以下であることを確認する。

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有することを確認する。

揚水井戸の耐震評価フローを図 2-5 に、構造部材の応答値算定及び健全性評価についての耐震評価詳細フローを図 2-6 に示す。

表 2-1 揚水井戸の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部位の健全性	鉄筋コンクリート部材	発生する応力（曲げ軸力，せん断力）が許容限界を下回ることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認	極限支持力度*

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

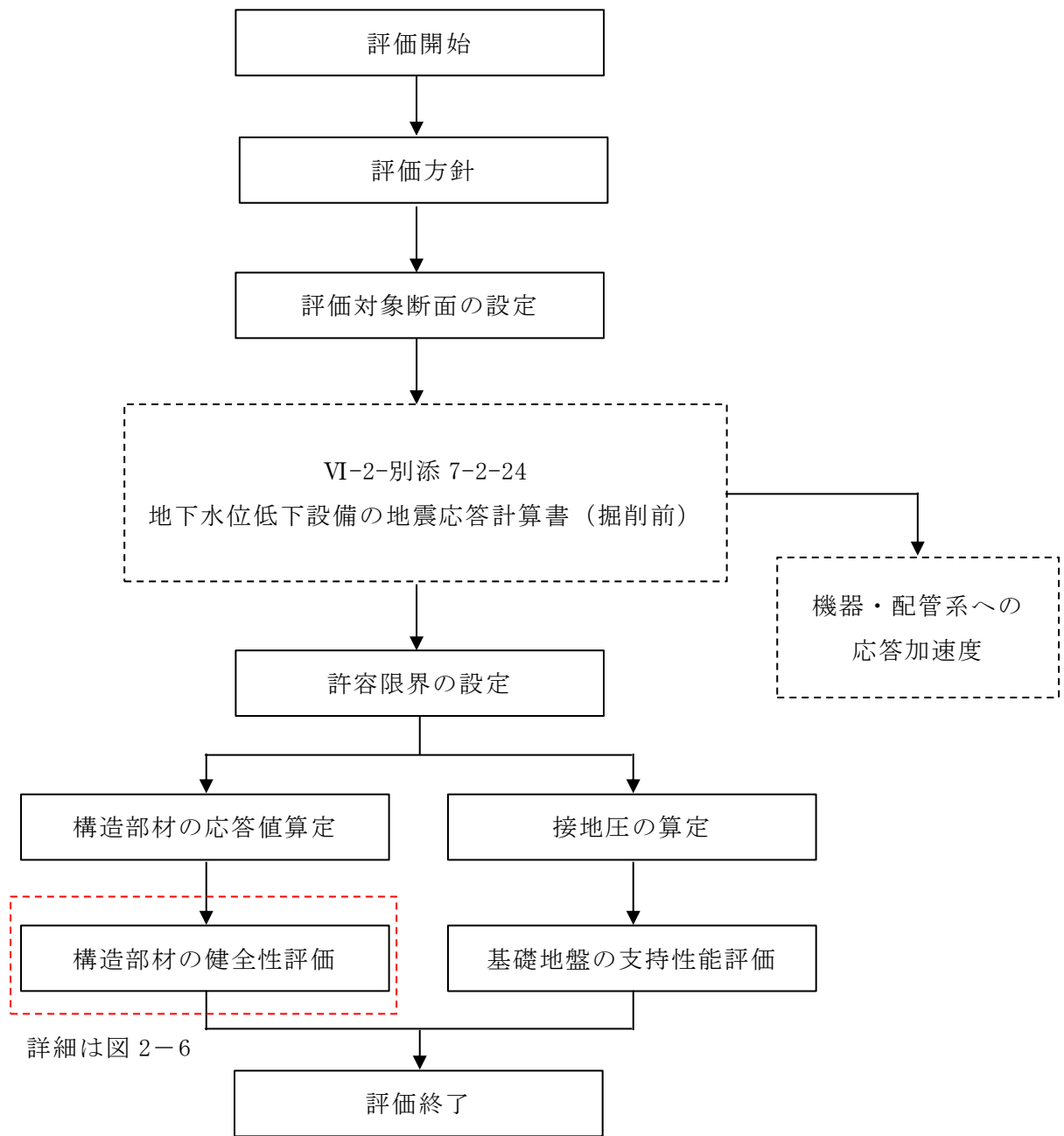


図 2-5 揚水井戸の耐震評価フロー

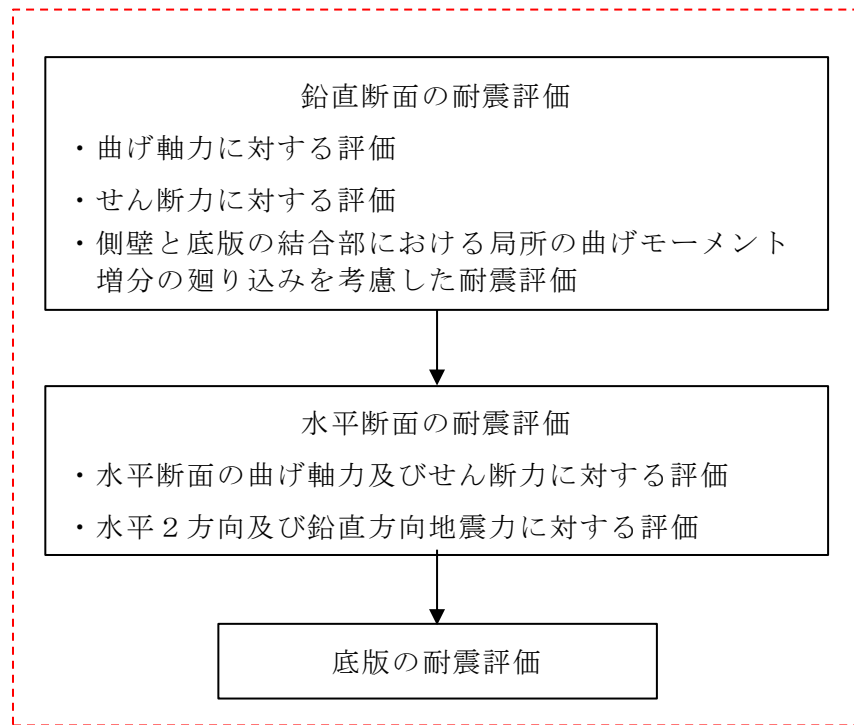


図 2-6 構造部材の応答値算定及び健全性評価についての耐震評価詳細フロー

2.3.1 2次元地震応答解析

揚水井戸の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動 S_s に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。揚水井戸は、中心位置において各構造部材と等価な剛性を有する構造はり(線形はり要素)によりモデル化する。

2次元地震応答解析を実施し、揚水井戸の鉛直鉄筋の健全性評価のために、2次元地震応答解析にて算出される線形はり要素の発生断面力(曲げモーメント、軸力、せん断力)を抽出する。揚水井戸の水平鉄筋の健全性評価のために、揚水井戸側方の地震時最大地盤反力を抽出する。さらに、底版の健全性評価のために、揚水井戸底面をモデル化した仮想剛はり要素に地盤から作用する鉛直方向の地震時地盤反力の時刻歴最大値を抽出する。

2次元地震応答解析からの応答値の抽出概念図を図2-7に示す。

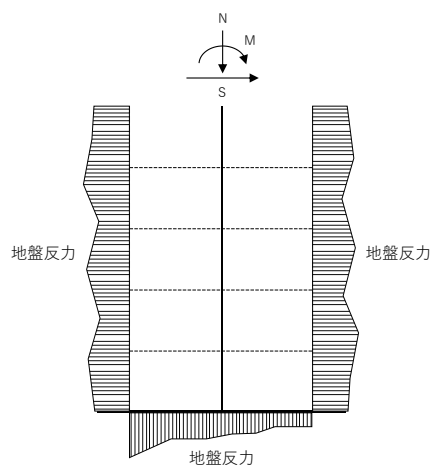


図2-7 2次元地震応答解析からの応答値の抽出概念図

2.3.2 鉛直断面に対する耐震評価

(1) 鉛直断面の曲げ軸力に対する評価

揚水井戸は直交する2断面（東西方向，南北方向）を解析断面として選定し，2次元地震応答解析を実施し部材の設計を行う。揚水井戸の鉛直鉄筋は2次元地震応答解析において算出される線形はり要素の発生断面力（曲げ軸力）を用いて2次元静的フレーム解析を実施し，照査を行う。その際，水平2方向及び鉛直方向地震力に対して円筒状立抗の場合は，地震動の加振方向に対して抵抗する部位が明確でない。そこで，円筒状立抗の曲げ軸力が時刻歴最大となる時刻の曲げモーメントが直交する方向にも同時に作用するものと仮定（曲げモーメントを $\sqrt{2}$ 倍）して，構造部材の曲げ軸力による発生応力が許容限界以下であることを確認する。2次元静的フレーム解析には解析コード「T D A P III」を使用する。なお，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

線形はり要素の鉛直断面設計概念図を図2-8に示す。

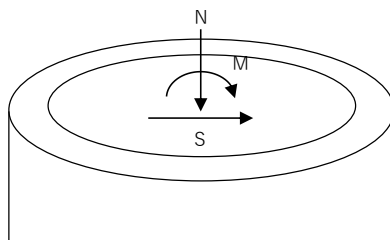


図2-8 線形はり要素の鉛直断面設計概念図

(2) 鉛直断面のせん断力に対する評価

2次元地震応答解析において算出される線形はり要素の発生せん断力（ S ）に対しコンクリートの有効断面積（ A_w ）で抵抗するものとし，せん断力度 $\tau = S / A_w$ が「コンクリート標準示方書[構造的な性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）」（以下「コンクリート標準示方書」という。）に示される許容せん断応力度 τ_{a1} を超える場合はせん断補強筋が必要となる。

本評価においては，2次元地震応答解析において算出される線形はり要素の発生せん断力を用いて2次元静的フレーム解析を実施し，照査を行い，構造部材の発生せん断力が鉄筋コンクリートとしての許容限界である短期許容せん断力 V_a 以下であることを確認する。

(3) 側壁と底版の結合部における局所の曲げモーメント増分の廻り込みを考慮した耐震評価

側壁と底版の隅角部には、床版曲げモーメント (M_1) が側壁に廻り込む。また側壁が底版に支持される拘束効果により、地震時荷重を面外方向に受けた場合に曲げモーメント (M_2) が反転する。この現象は2次元地震応答解析において考慮することができないため、側壁と底版の結合部における曲げモーメント増分の廻り込みを考慮した設計を行う。

側壁と底版を結合することにより底版に発生する端部の曲げモーメント (M_1) は、底版両端を固定支持とした理論解により算定する。荷重については、底版の地盤反力の和が最大となる時刻の地盤反力を作用させる。

また、側壁に作用する荷重による、側壁と底版の結合部に発生する曲げモーメント (M_2) は、底版と揚水井戸上端をスパンとした単位幅の1方向を考慮した両端固定はりとしてモデル化し、2次元静的フレーム解析により算定する。荷重については、側壁の地盤反力の和が最大となる時刻の地盤反力を作用させる。

底版の端曲げモーメント (M_1) 及び底版に拘束された側壁に発生する端曲げモーメント (M_2) の和を設計曲げモーメントとする。

上記により得られる設計曲げモーメントから鉛直鉄筋の引張応力度 (σ_{v2}) を算定する。円筒状立抗の曲げ軸力が時刻歴最大となる時刻の曲げモーメントを直交する方向にも同時に作用させるものと仮定(曲げモーメントを $\sqrt{2}$ 倍)して求められた鉛直鉄筋の引張応力度 (σ_{v1}') を加算した鉛直鉄筋の引張応力度 ($\sigma_{v1}' + \sigma_{v2}$) が許容限界以下であることを確認する。

底版から側壁に廻り込む曲げモーメント概念図を図2-9に示す。

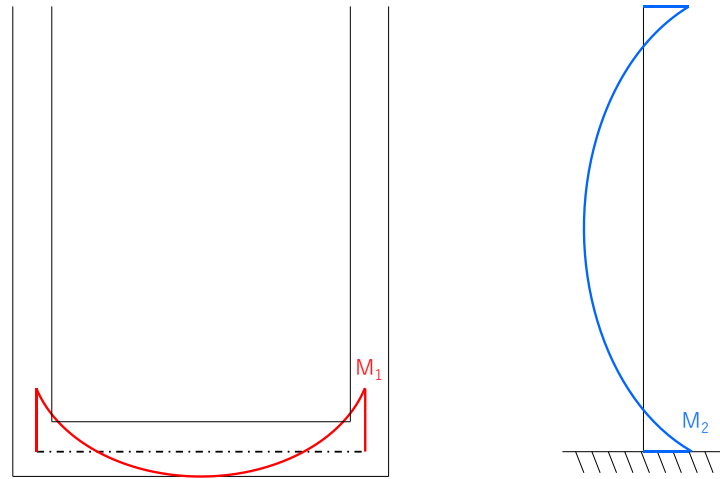


図 2-9 底版から側壁に廻り込む曲げモーメント概念図

2.3.3 水平断面に対する耐震評価

(1) 水平断面の曲げ軸力及びせん断力に対する評価

揚水井戸の水平断面については、側壁を線形はり要素によりモデル化した2次元静的フレーム解析に基づき照査を行う。水平断面の評価概念図を図2-10に示す。

揚水井戸の水平断面の検討では、揚水井戸側方の地震時地盤反力の時刻歴最大時の荷重を作用させる場合（両押し時）と地震時地盤反力の時刻歴最大時の荷重を片側のみ作用させる場合（片押し時）の2つの荷重状態について検討する。

常時荷重については常時土圧及び静水圧を考慮する。地震時地盤反力を考慮する方向と直交する方向の荷重は、地震時地盤反力を打ち消す効果があるため、常時荷重については、設計断面の適用範囲ごとに最浅部（最小）の常時荷重を算定し、図2-10に示すように、水平断面の2次元静的フレーム解析に用いる。

構造部材の発生断面力（曲げモーメント、軸力、せん断力）が許容限界以下であることを確認する。なお、ここで設計する主鉄筋は、2次元静的フレーム解析モデルの側壁面外方向の地震時最大地盤反力で生じる曲げ応力に対する配筋である。

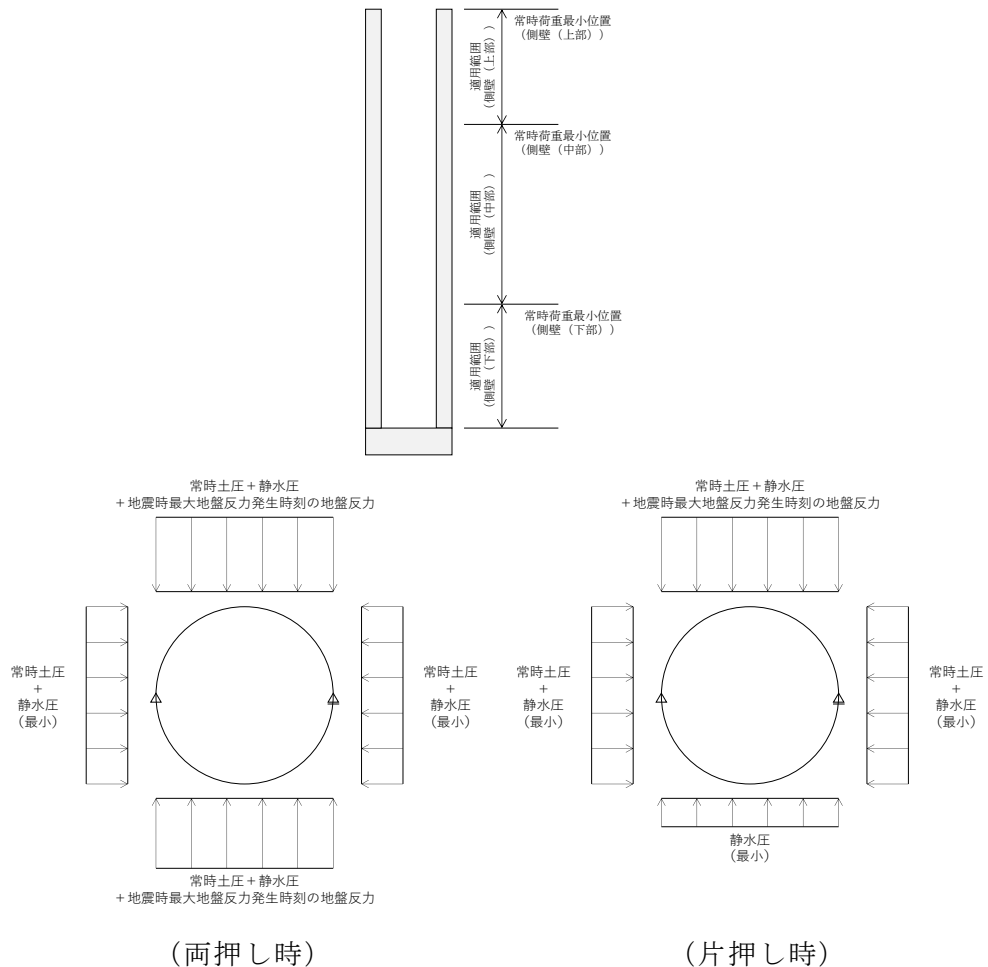


図2-10 水平断面の評価概念図(フレーム解析)

(2) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力に対する評価

揚水井戸の設計における水平 2 方向及び鉛直方向地震力に対する耐震安全性は、側壁面内方向の水平鉄筋の配筋量にて確認する。

揚水井戸の側壁における面内方向の水平鉄筋として、2次元地震応答解析(鉛直断面)モデルの側壁面内方向のせん断力に対するせん断補強鉄筋(A_{s1})と、水平断面の2次元静的フレーム解析モデルの側壁面外方向の地震時最大地盤反力で生じる曲げ軸力に対する主鉄筋(A_{s2})は同じ向きの配筋となる。したがって、 A_{s1} の必要鉄筋量と A_{s2} の必要鉄筋量を足し合わせた合計必要鉄筋量以上の実配筋量が側壁の面内方向に配置されていることを確認する。

側壁の水平鉄筋の設計イメージを図 2-11 に示す。

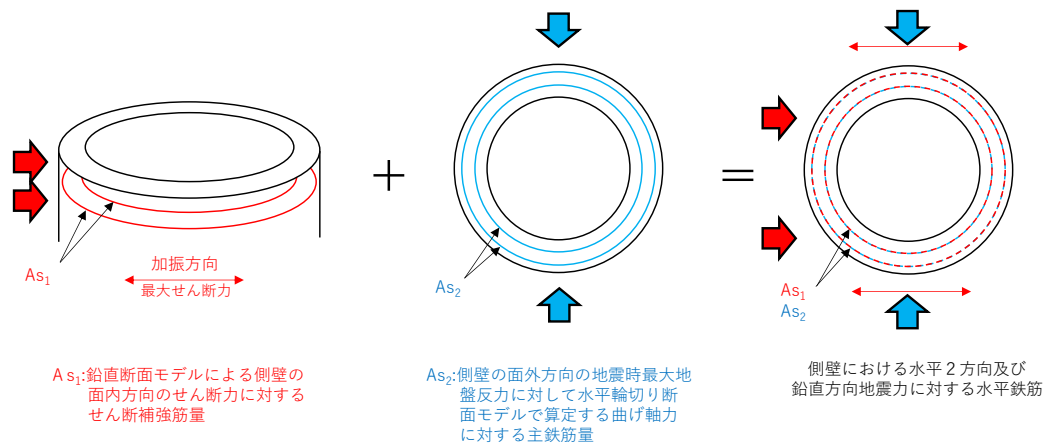


図 2-11 側壁の水平鉄筋の設計イメージ

2.3.4 底版に対する耐震評価

底版は接続する側壁の中心間距離をスパンとした単位幅の1方向を考慮し、両端を単純支持とした理論解により設計断面力を算定する。

設計荷重は2次元地震応答解析において、仮想剛はり要素(底面)下面の地盤要素に発生する地震時地盤反力の和が最大となる時刻を抽出し、その時刻における地盤反力を作用させる。また、静水圧も分布荷重として考慮する。

揚水井戸の底版の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。底版評価の概念図を図2-12に示す。

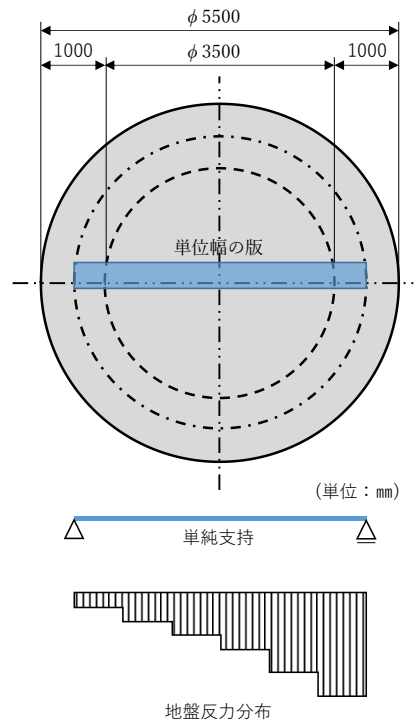


図 2-12 底版評価の概念図

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）
- ・道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

揚水井戸の断面は、東西方向及び南北方向の2断面とする。

評価対象断面の地質断面図位置を図3-1に、評価対象断面の地質断面図を図3-2に示す。

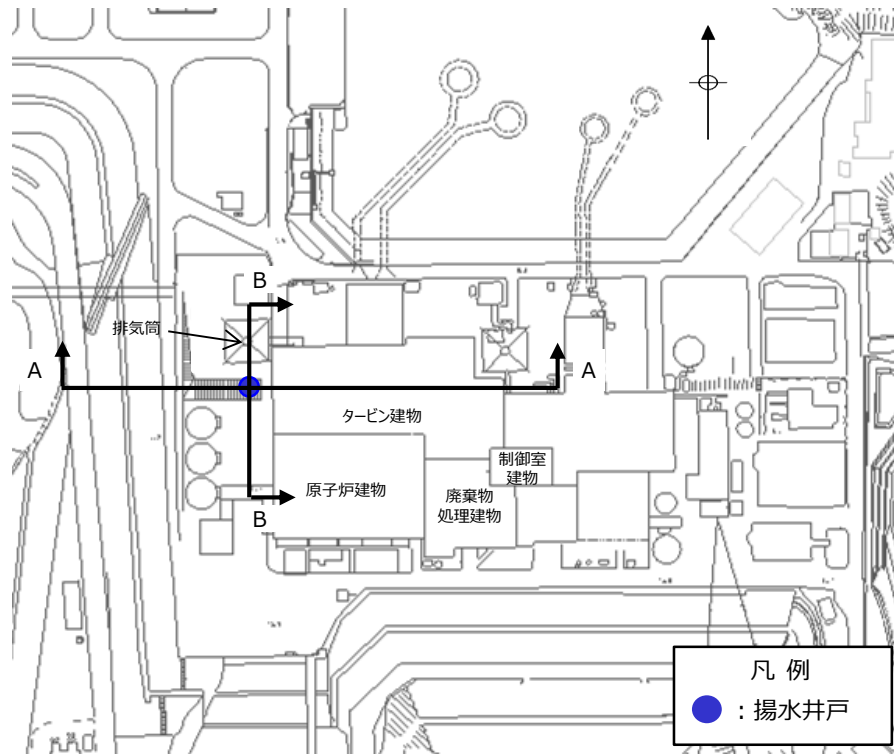


図3-1 評価対象断面の地質断面図位置

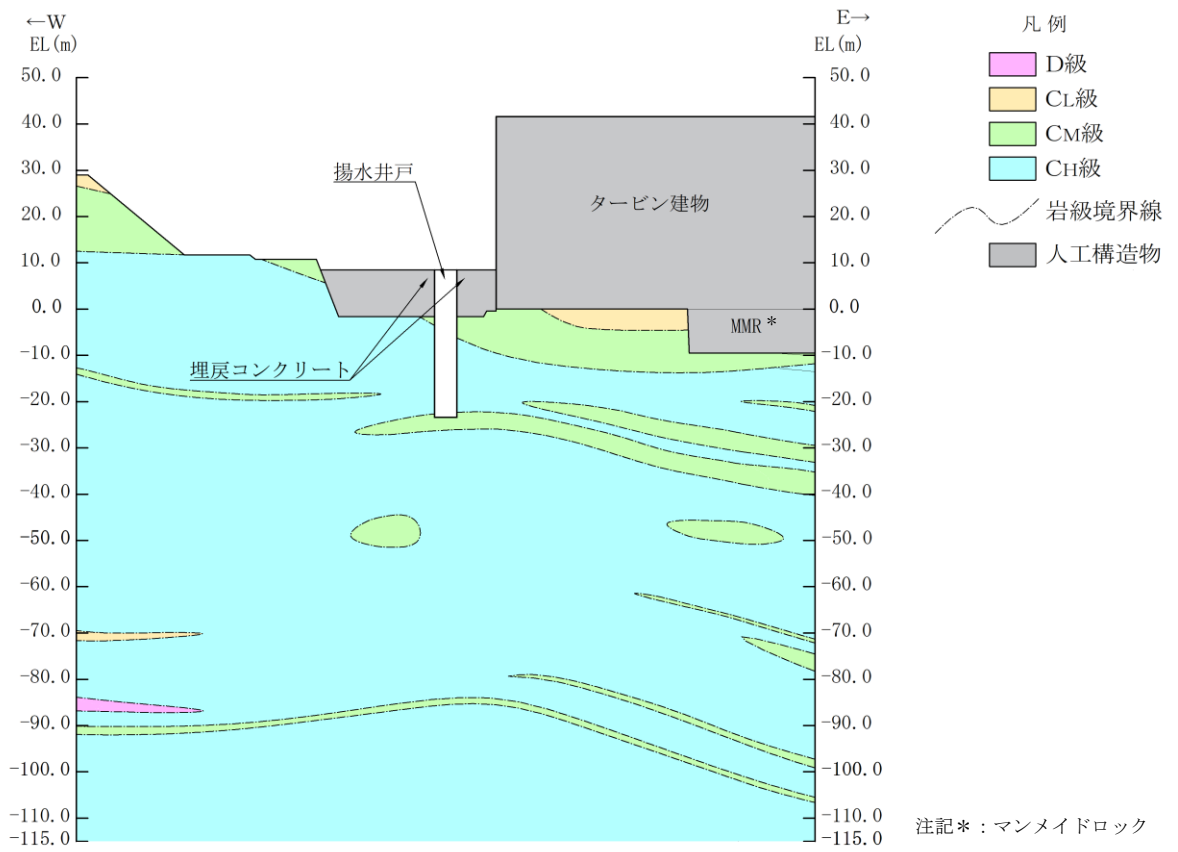


図 3-2(1) 評価対象断面の地質断面図 (A-A断面 (東西方向))

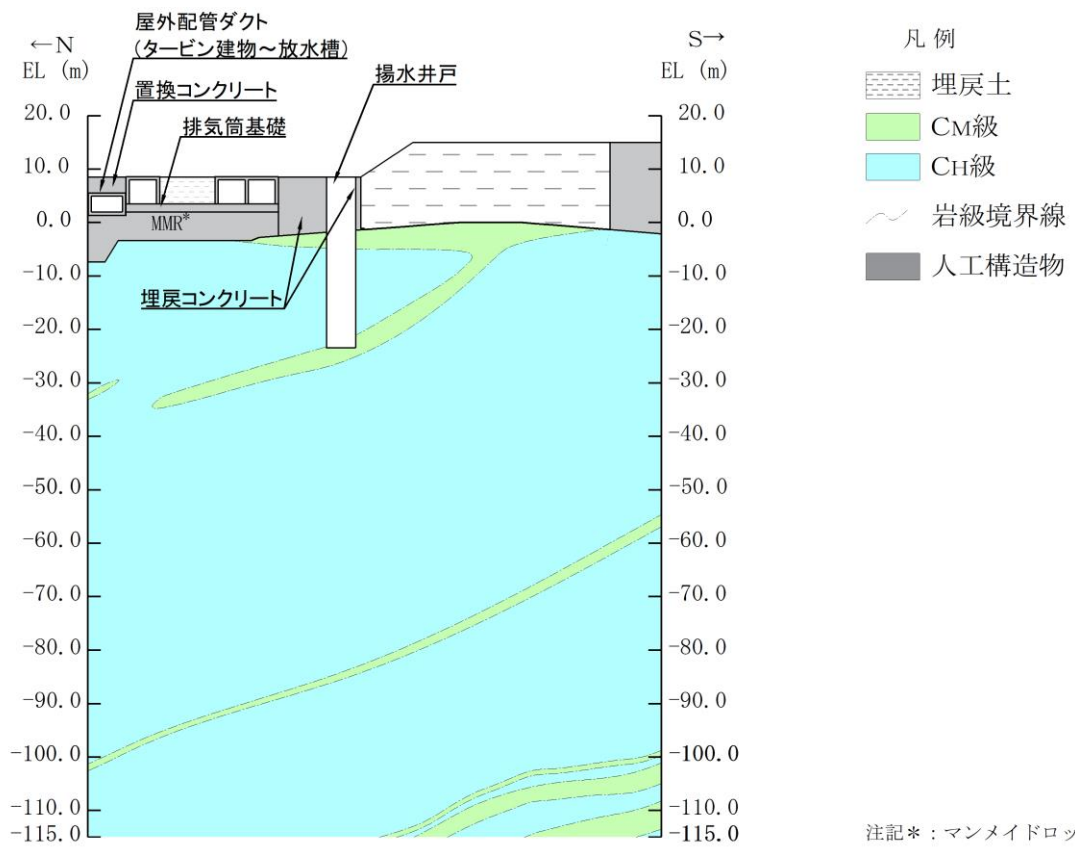


図 3-2(2) 評価対象断面の地質断面図 (B-B断面 (南北方向))

3.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-1 に、材料の物性値を表 3-2 に示す。

表 3-1 構造物の使用材料

材料		仕様
構造物	コンクリート	設計基準強度 36.0N/mm ²
	鉄筋	SD345, SD490
埋戻コンクリート		設計基準強度 18.0N/mm ²
MMR		設計基準強度 15.6N/mm ²
		設計基準強度 23.5N/mm ²

表 3-2 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物	2.98×10 ⁴	24.0* ¹	0.2
埋戻コンクリート (18.0N/mm ²)	2.20×10 ⁴	22.6* ²	
MMR (15.6N/mm ²)	2.08×10 ⁴		
MMR (23.5N/mm ²)	2.48×10 ⁴		

注記*1：鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

*2：無筋コンクリートの単位体積重量を示す。

3.3 許容限界

許容限界は、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」に基づき設定する。

3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界

揚水井戸は、許容応力度法による照査を行う。コンクリート及び鉄筋の健全性に対する許容限界を表 3-3 に示す。

表 3-3 構造部材の健全性に対する許容限界

評価項目		許容限界 (N/mm ²)
コンクリート*1 f'c k = 36 (N/mm ²)	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	19.2
	短期許容せん断応力度 τ_{a1}	0.795
鉄筋	SD490 短期許容引張応力度 σ_{sa} (曲げ軸力) *2	435
	SD345 短期許容引張応力度 σ_{sa} (曲げ軸力) *1	294

注記*1：コンクリート標準示方書

*2：道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）

3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、岩盤の極限支持力度とする。

基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表 3-4 に示す。

表 3-4 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

評価項目		許容限界 (N/mm ²)
極限支持力度	C _M 級岩盤	9.8

3.4 評価方法

揚水井戸の耐震評価は、VI-2-別添 4-2「地下水位低下設備の地震応答計算書」に基づく地震応答解析により算定した照査用応答値が「3.3 許容限界」において設定した許容限界以下であることを確認する。

3.4.1 構造部材の健全性評価

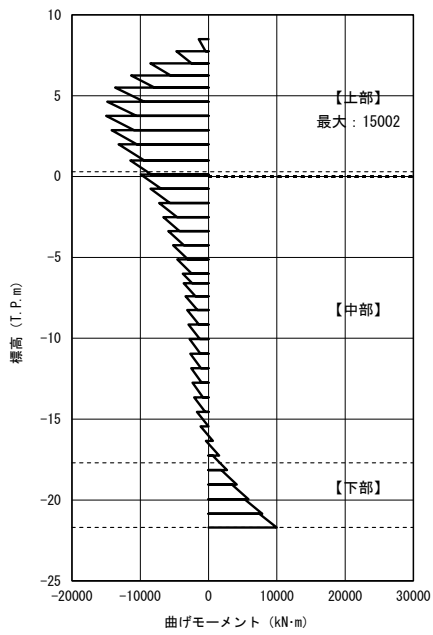
(1) 鉛直断面の構造部材の健全性評価

鉄筋コンクリートの曲げ軸力照査及びせん断力照査に対して、地震応答解析により算定した応力が許容限界以下であることを確認する。

鉛直断面の構造部材の曲げ軸力照査及びせん断力照査に対して、地震応答解析により算定した発生応力が許容限界以下であることを確認する。照査は、配筋の異なる位置ごと（上部、中部及び下部）で実施する。

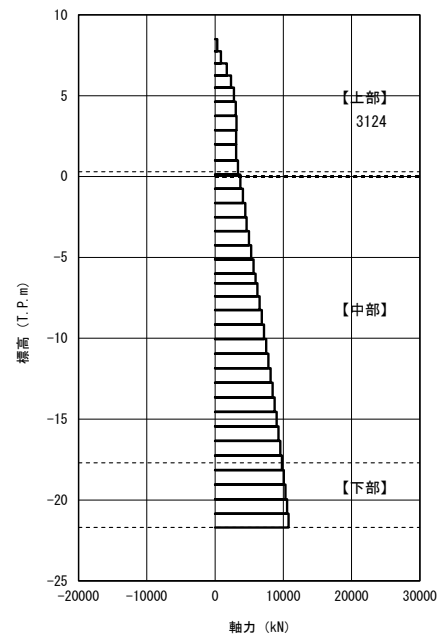
東西断面（以下「A-A断面」という。）の曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図3-3に、せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図3-4に示す。

南北断面（以下「B-B断面」という。）の曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図3-5に、せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図3-6に示す。



$$+M \left(\overset{\curvearrowright}{i} \text{ — } j \overset{\curvearrowleft}{+M} \right)$$

曲げモーメント図



$$+N \rightarrow i \text{ — } j \leftarrow +N$$

軸力図

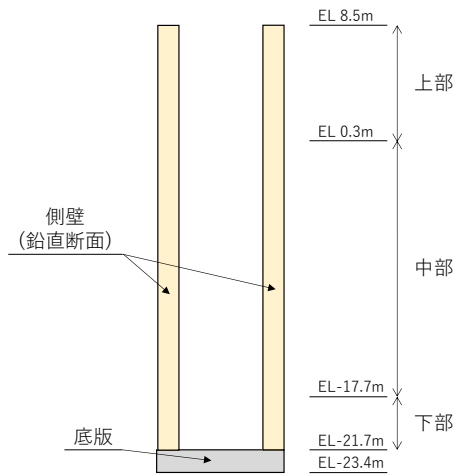
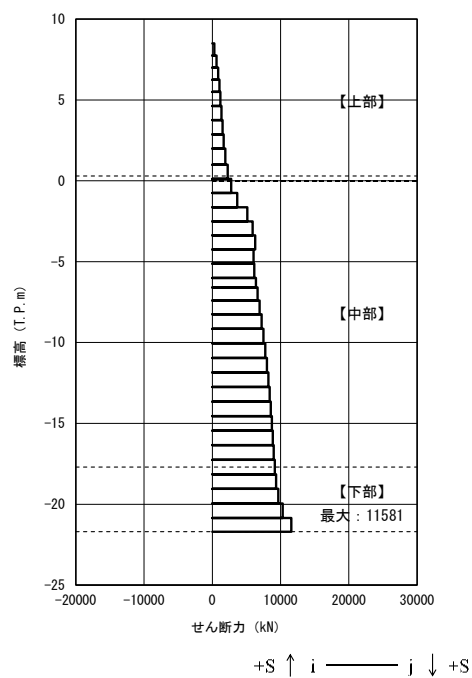


図 3-3 曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図
(A-A断面, S s - D (-+), t=10.26s)



せん断力図

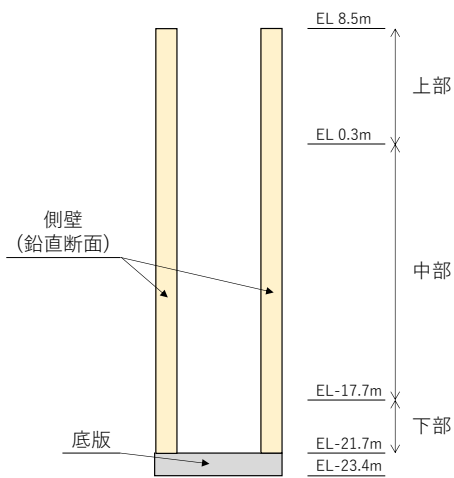


図 3-4 せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図
(A-A断面, $S_s - D$ (---), $t=8.91s$)

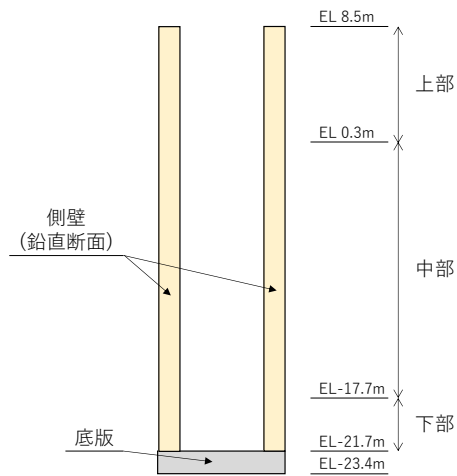
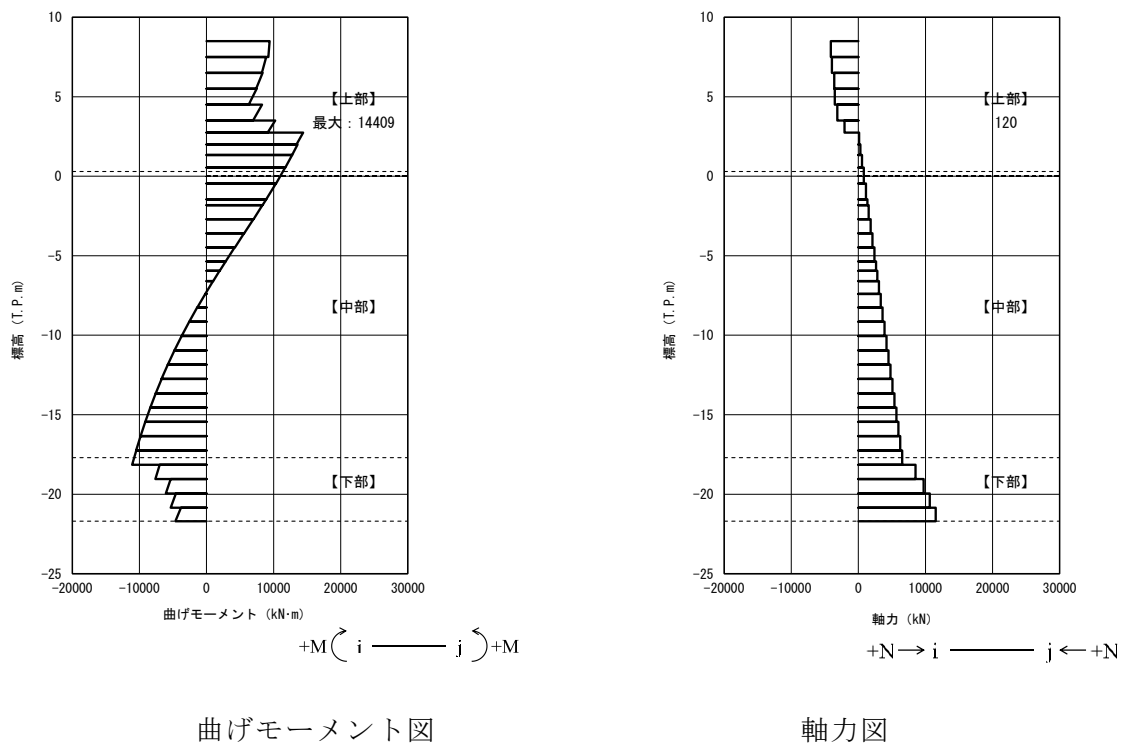
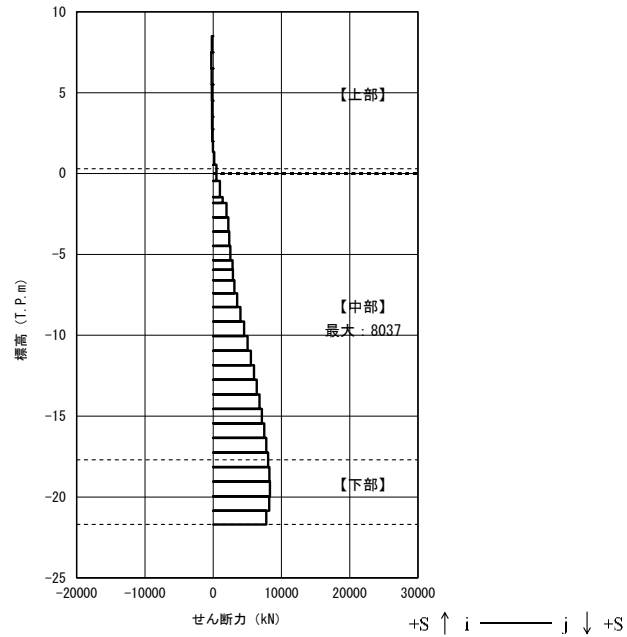


図 3-5 曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図
(B-B 断面, S s - D (+), t=11.99s)



せん断力図

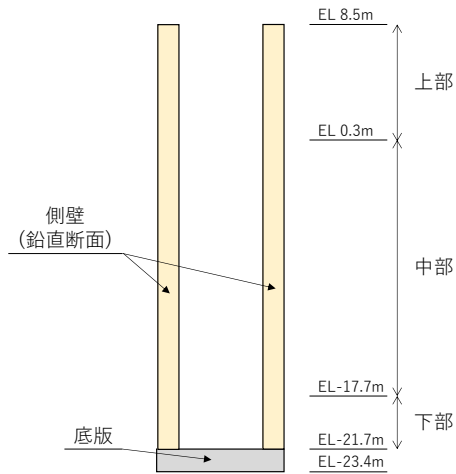


図 3-6 せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図
(B-B 断面, $S_s - D (+)$, $t=9.05s$)

(2) 水平断面の構造部材の健全性評価

水平断面については，地震応答解析結果より，各部材の照査値が最も厳しい荷重条件を抽出して2次元静的フレーム解析を実施し，発生応力が許容限界以下であることを確認する。

水平断面の曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図3-7に，せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図3-8に示す。

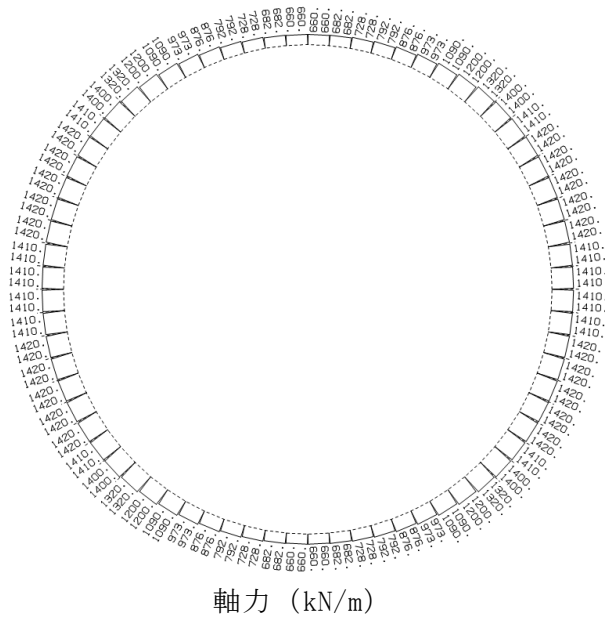
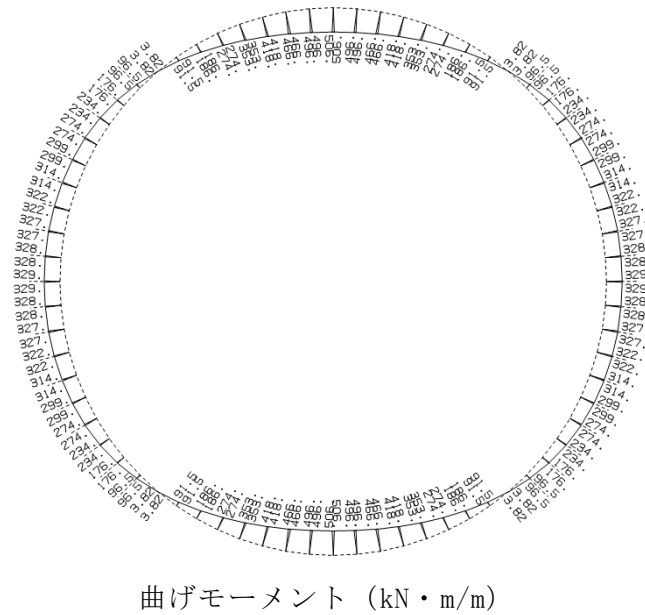


図3-7 水平断面の曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図
(中部, S s - N 1 (++) , t=7.59s)

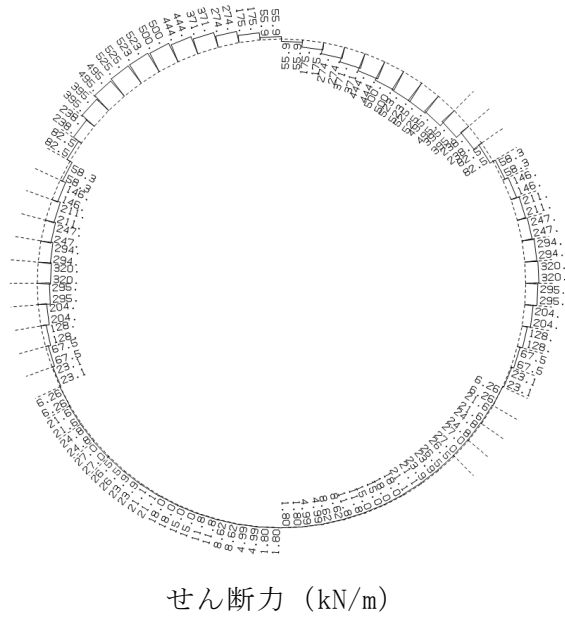


図 3-8 水平断面のせん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図
(上部, $S_s - D (+ -)$, $t=30.70s$)

3.4.2 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては、基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力度に基づく許容限界以下であることを確認する。

接地圧が許容限界に対して最も厳しくなる解析ケースにおいて、基礎地盤に生じる最大接地圧分布を図 3-9 に示す。

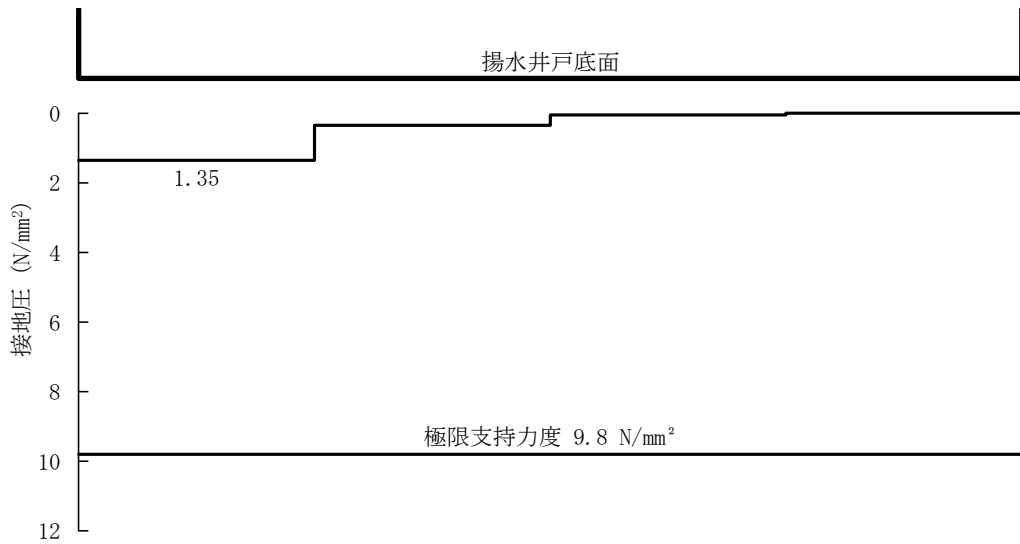


図 3-9 (1) A-A 断面における最大接地圧分布図
($S_s - N1 (-+)$, $t=7.60s$)

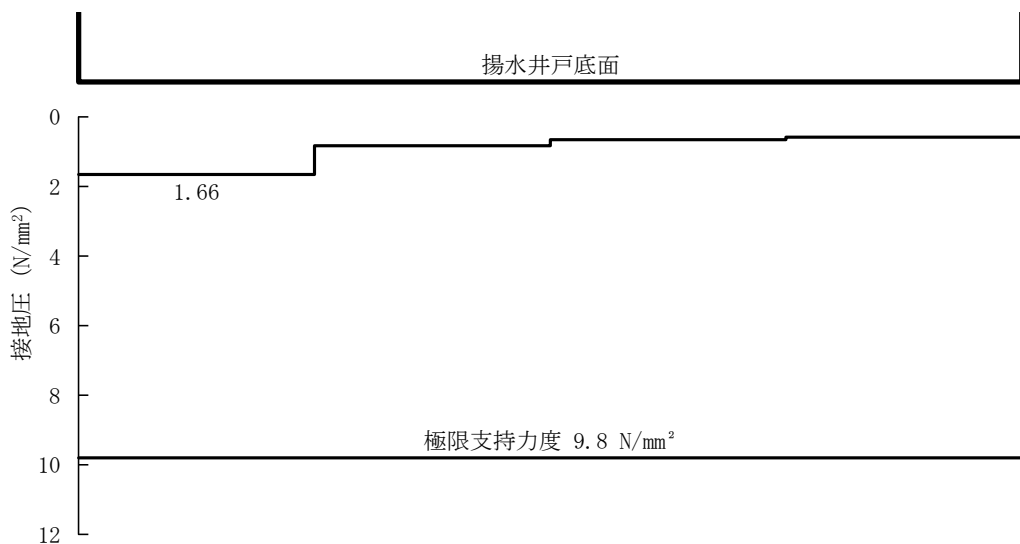


図 3-9 (2) B-B 断面における最大接地圧分布図
($S_s - D (-+)$, $t=28.1s$)

4. 耐震評価結果

4.1 構造部材の健全性に対する評価結果

4.1.1 鉛直断面に対する評価結果

(1) 2次元有効応力解析に対する健全性評価

2次元有効応力解析により得られるコンクリートの曲げ軸力に対する評価結果を表4-1に、鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果を表4-2に、鉄筋コンクリートのせん断力に対する評価結果を表4-3に示す。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、揚水井戸の鉛直断面の構造部材における発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表4-1(1) コンクリートの曲げ軸力に対する評価結果 (A-A断面)

地震動	評価位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
Ss-D (-+)	上部	1772	4874	4463	D29×60本(外側) D29×60本(内側)	21216	3124	3.4	19.2	0.18
Ss-D (++)	中部	1772	4874	4463	D35×60本(外側) D35×60本(内側)	18066	8395	2.1	19.2	0.11
Ss-N1 (-+)	下部	1772	4874	4463	D41×60本(外側) D41×60本(内側)	22769	14463	2.4	19.2	0.13

注記*：曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表4-1(2) コンクリートの曲げ軸力に対する評価結果 (B-B断面)

地震動	評価位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
Ss-N1 (-+)	上部	1772	4874	4463	D29×60本(外側) D29×60本(内側)	26377	4755	4.1	19.2	0.22
Ss-D (--)	中部	1772	4874	4463	D35×60本(外側) D35×60本(内側)	27865	7514	3.6	19.2	0.19
Ss-D (--)	下部	1772	4874	4463	D41×60本(外側) D41×60本(内側)	28313	7539	3.2	19.2	0.17

注記*：曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表 4-2(1) 鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果 (A-A断面)

地震動	評価位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
Ss-D (-+)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	21216	3124	133.8	435	0.31
Ss-N1 (++)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	12519	297	72.8	435	0.17
Ss-D (+-)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	20273	9091	26.8	435	0.07

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表 4-2(2) 鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果 (B-B断面)

地震動	評価位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
Ss-D (+-)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	20378	120	176.2	435	0.41
Ss-N1 (++)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	20335	2826	92.6	435	0.22
Ss-D (--)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	28313	7539	70.2	435	0.17

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表 4-3(1) 鉄筋コンクリートのせん断力に対する評価結果 (A-A断面)

地震動	評価位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V(kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)				
Ss-D (++)	上部	1772	4874	4463	D29@200	6584	17393	0.38
Ss-D (--)	中部	1772	4874	4463	D35@200	9154	24563	0.38
Ss-D (--)	下部	1772	4874	4463	D38@200	11581	28748	0.41

表 4-3(2) 鉄筋コンクリートのせん断力に対する評価結果 (B-B断面)

地震動	評価位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V(kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)				
Ss-N1 (-+)	上部	1772	4874	4463	D29@200	3811	17393	0.22
Ss-D (+-)	中部	1772	4874	4463	D35@200	8037	24563	0.33
Ss-D (+-)	下部	1772	4874	4463	D38@200	8301	28748	0.29

(2) 側壁と底版の結合部における局所の曲げモーメント増分の廻り込みを考慮した耐震評価

A-A断面，B-B断面それぞれで最大の照査値を示す評価位置，解析ケース及び基準地震動での鉛直断面の評価結果を表4-4に示す。

以上より，揚水井戸の鉛直断面の構造部材における発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表4-4(1) 鉛直断面のコンクリートの曲げ軸力に対する評価結果

断面	地震動	評価位置		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期 許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}	
				部材 幅 b (mm)	部材 高 h (mm)	有効 高 d (mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)				
A-A 断面	Ss-N1 (+-)	下部	全応力解析	σ_{v1}'	1772	4874	4463	SD490	22769	14463	2.4	19.2	0.13
			拘束効果 による曲げ	σ_{v2}	1000	1000	800		1108	0	9.9	19.2	0.52
			合計	$\sigma_{v1}'+$ σ_{v2}	-	-	-		-	-	12.3	19.2	0.65
B-B 断面	Ss-D (--)	下部	有効応力 解析	σ_{v1}'	1772	4874	4463	SD490	28313	7539	3.2	19.2	0.17
			拘束効果 による曲げ	σ_{v2}	1000	1000	800		1186	0	10.6	19.2	0.56
			合計	$\sigma_{v1}'+$ σ_{v2}	-	-	-		-	-	13.8	19.2	0.72

注記*：全応力解析及び有効応力解析による曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して
 $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表4-4(2) 鉛直断面の鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果

断面	地震動	評価位置		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期 許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}	
				部材 幅 b (mm)	部材 高 h (mm)	有効 高 d (mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)				
A-A 断面	Ss-D (+-)	下部	全応力解析	σ_{v1}'	1772	4874	4463	SD490	20273	9091	26.8	435	0.07
			拘束効果 による曲げ	σ_{v2}	1000	1000	800		1015	0	257.8	435	0.60
			合計	$\sigma_{v1}'+$ σ_{v2}	-	-	-		-	-	357.5	435	0.83
B-B 断面	Ss-D (--)	下部	有効応力 解析	σ_{v1}'	1772	4874	4463	SD490	28313	7539	70.2	435	0.17
			拘束効果 による曲げ	σ_{v2}	1000	1000	800		1186	0	301.2	435	0.70
			合計	$\sigma_{v1}'+$ σ_{v2}	-	-	-		-	-	371.4	435	0.86

注記*：全応力解析及び有効応力解析による曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して
 $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

4.1.2 水平断面に対する耐震評価結果

(1) 2次元静的フレーム解析に対する健全性評価

コンクリートの曲げ軸力に対する評価結果を表 4-5 に、鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果を表 4-6 に、鉄筋コンクリートのせん断力に対する評価結果を表 4-7 に示す。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、揚水井戸の水平断面の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表 4-5(1) 水平断面のコンクリートの曲げ軸力に対する評価結果 (A-A断面)

地震動	評価位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
		荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
Ss-D (+-)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200	483	975	5.0	19.2	0.27
Ss-N1 (++)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200	506	660	4.8	19.2	0.25
Ss-N1 (++)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200	430	1026	3.7	19.2	0.20

表 4-5(2) 水平断面のコンクリートの曲げ軸力に対する評価結果 (B-B断面)

地震動	評価位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
		荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
Ss-D (++)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200	455	926	4.7	19.2	0.25
Ss-N1 (-+)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200	430	531	4.1	19.2	0.22
Ss-D (--)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200	327	808	2.8	19.2	0.15

表 4-6(1) 水平断面の鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果 (A-A断面)

地震動	評価位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
		荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
Ss-D (+-)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200	483	975	66.6	294	0.23
Ss-N1 (++)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200	506	660	83.5	294	0.29
Ss-N1 (++)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200	430	1026	28.8	294	0.10

表 4-6(2) 水平断面の鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果 (B-B断面)

地震動	評価位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}
		荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
Ss-D (++)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200	455	926	61.8	294	0.22
Ss-N1 (-+)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200	430	531	73.8	294	0.26
Ss-D (--)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200	327	808	20.4	294	0.07

表 4-7(1) 水平断面の鉄筋コンクリートのせん断力に対する評価結果 (A-A断面)

地震動	評価位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋*)	発生 せん断力 V(kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
		荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)				
Ss-D (+-)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	525	1116	0.48
Ss-N1 (++)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	488	1116	0.44
Ss-N1 (++)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	454	1375	0.34

注記* : せん断補強筋は、円状に配置する内側の主鉄筋と外側の主鉄筋を繋ぐように配置した鉄筋

表 4-7(2) 水平断面の鉄筋コンクリートのせん断力に対する評価結果 (B-B断面)

地震動	評価位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋*)	発生 せん断力 V(kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
		荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)				
Ss-D (++)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	494	1116	0.45
Ss-N1 (-+)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	415	1116	0.38
Ss-D (--)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	344	1375	0.26

注記* : せん断補強筋は、円状に配置する内側の主鉄筋と外側の主鉄筋を繋ぐように配置した鉄筋

(2) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力に対する耐震評価結果

揚水井戸の水平鉄筋については、直交する 2 断面の 2 次元地震応答解析による側壁の面内方向のせん断力に対する必要せん断補強筋量 (A_{s1}) と面外方向の地震時最大地盤反力に対する必要鉄筋量 (A_{s2}) をそれぞれ算定し、足し合わせた合計必要鉄筋量以上が実配筋量として配置されていることを確認した。

A-A 断面、B-B 断面それぞれで地震時最大地盤反力が生じる評価位置、解析ケース及び基準地震動での必要鉄筋量を表 4-8 に、必要鉄筋量と実配筋量との比率を表 4-9 に示す。

表 4-8(1) 鉛直断面のせん断力に対する評価結果 (A_{s1})

鉛直断面モデルによる側壁の面内方向のせん断力に対する必要鉄筋量 (A-A 断面)
(側壁の面内方向の鉄筋のうち、 A_{s1} のみを考慮)

地震動	評価位置	発生せん断力 V (kN)	腹部幅 b (mm)	有効高 d (mm)	コンクリート許容せん断応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	コンクリート許容せん断力 V_{ca} (kN)	せん断補強筋が負担するせん断力 V_{sreq} (kN)	必要せん断補強鉄筋	
								A_{sreq} (mm ² /組)	A_{s1} (mm ² /m)
Ss-D (+)	上部	6584	1772	4463	0.795	2734	3850	675	844
Ss-D (-)	中部	9154	1772	4463	0.795	2734	6420	1125	1406
Ss-D (-)	下部	11581	1772	4463	0.795	2734	8847	1551	1939

表 4-8(2) 鉛直断面のせん断力に対する評価結果 (A_{s1})

鉛直断面モデルによる側壁の面内方向のせん断力に対する必要鉄筋量 (B-B 断面)
(側壁の面内方向の鉄筋のうち、 A_{s1} のみを考慮)

地震動	評価位置	発生せん断力 V (kN)	腹部幅 b (mm)	有効高 d (mm)	コンクリート許容せん断応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	コンクリート許容せん断力 V_{ca} (kN)	せん断補強筋が負担するせん断力 V_{sreq} (kN)	必要せん断補強鉄筋	
								A_{sreq} (mm ² /組)	A_{s1} (mm ² /m)
Ss-N1 (-+)	上部	3811	1772	4463	0.795	2734	1077	189	236
Ss-D (+-)	中部	8037	1772	4463	0.795	2734	5303	930	1163
Ss-D (+-)	下部	8301	1772	4463	0.795	2734	5567	976	1220

表 4-8(3) 水平断面の曲げ軸力に対する評価結果 (A_{s2})

側壁の面外方向の地震時最大地盤反力に対して水平輪切り断面モデルで
算定する曲げ軸力に対する必要鉄筋量 (A-A断面)
(側壁の面内方向の鉄筋のうち, A_{s2} のみを考慮)

地震動	評価位置	断面性状			鉄筋種別	発生断面力		短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm^2)	必要鉄筋量 A_{s2} (mm^2/m)
		部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント ($kN \cdot m/m$)	軸力 (kN/m)		
Ss-D (++)	上部	1000	1000	800	SD345	449	917	294	608
Ss-D (--)	中部	1000	1000	800	SD345	438	605	294	1704
Ss-D (--)	下部	1000	1000	800	SD345	402	991	294	0

表 4-8(4) 水平断面の曲げ軸力に対する評価結果 (A_{s2})

側壁の面外方向の地震時最大地盤反力に対して水平輪切り断面モデルで
算定する曲げ軸力に対する必要鉄筋量 (B-B断面)
(側壁の面内方向の鉄筋のうち, A_{s2} のみを考慮)

地震動	評価位置	断面性状			鉄筋種別	発生断面力		短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm^2)	必要鉄筋量 A_{s2} (mm^2/m)
		部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント ($kN \cdot m/m$)	軸力 (kN/m)		
Ss-N1 (-+)	上部	1000	1000	800	SD345	228	482	294	144
Ss-D (+-)	中部	1000	1000	800	SD345	372	489	294	1504
Ss-D (+-)	下部	1000	1000	800	SD345	253	686	294	0

表 4-9(1) A_{s1} の必要鉄筋量と A_{s2} の必要鉄筋量を足し合わせた
必要合計鉄筋量と実配筋量との比率 (A-A断面)

地震動	評価位置	鉛直断面のせん断力に対する必要鉄筋量 A_{s1} ($\text{mm}^2/\text{m}/\text{段}$)	水平断面の曲げ軸力に対する必要鉄筋量 A_{s2} (mm^2/m)	[1] 合計必要鉄筋量 $A_{s1}+A_{s2}$ (mm^2/m)	[2] 実配筋量 A_s (mm^2/m)	比率 [1]/[2]
Ss-D (++)	上部	844	608	1452	3212	0.46
Ss-D (--)	中部	1406	1704	3110	4783	0.66
Ss-D (--)	下部	1939	0	1939	5700	0.35

表 4-9(2) A_{s1} の必要鉄筋量と A_{s2} の必要鉄筋量を足し合わせた
必要合計鉄筋量と実配筋量との比率 (B-B断面)

地震動	評価位置	鉛直断面のせん断力に対する必要鉄筋量 A_{s1} ($\text{mm}^2/\text{m}/\text{段}$)	水平断面の曲げ軸力に対する必要鉄筋量 A_{s2} (mm^2/m)	[1] 合計必要鉄筋量 $A_{s1}+A_{s2}$ (mm^2/m)	[2] 実配筋量 A_s (mm^2/m)	比率 [1]/[2]
Ss-N1 (-+)	上部	236	144	380	3212	0.12
Ss-D (+-)	中部	1163	1504	2667	4783	0.56
Ss-D (+-)	下部	1220	0	1220	5700	0.22

4.1.3 底版に対する耐震評価結果

コンクリートの曲げ軸力に対する評価結果を表4-10に、鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果を表4-11に、鉄筋コンクリートのせん断力に対する評価結果を表4-12に示す。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、揚水井戸の底版の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表4-10(1) コンクリートの曲げ軸力に対する評価結果(A-A断面)

地震動	評価位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
Ss-N1 (-+)	底版	1000	1700	1500	D38@200	1417	0	4.4	19.2	0.23

表4-10(2) コンクリートの曲げ軸力に対する評価結果(B-B断面)

地震動	評価位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
Ss-D (-+)	底版	1000	1700	1500	D38@200	1886	0	5.8	19.2	0.31

表4-11(1) 鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果(A-A断面)

地震動	評価位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
Ss-N1 (-+)	底版	1000	1700	1500	D38@200	1417	0	183.3	435	0.43

表4-11(2) 鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果(B-B断面)

地震動	評価位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
Ss-D (-+)	底版	1000	1700	1500	D38@200	1886	0	243.9	435	0.57

表 4-12(1) 鉄筋コンクリートのせん断力に対する評価結果(A-A断面)

地震動	評価位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生せん断力 V (kN/m)	短期許容せん断力 V _s (kN/m)	照査値 V/V _s
		部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
Ss-N1 (-+)	底版	1000	1700	1500	D22@200@400	1054	2374	0.45

表 4-12(2) 鉄筋コンクリートのせん断力に対する評価結果(B-B断面)

地震動	評価位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生せん断力 V (kN/m)	短期許容せん断力 V _s (kN/m)	照査値 V/V _s
		部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
Ss-D (-+)	底版	1000	1700	1500	D22@200@400	1403	2374	0.60

4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する評価結果を表 4-13 に示す。

揚水井戸の基礎地盤に生じる最大接地圧が許容限界以下であることを確認した。

表 4-13(1) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果(A-A断面)

地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
Ss-N1 (-+)	1.35	9.8	0.14

表 4-13(2) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果(B-B断面)

地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
Ss-D (-+)	1.66	9.8	0.17

VI-2-別添 7-2-29 復水貯蔵タンク遮蔽壁の耐震性についての計算書
(掘削前)

目 次

1. 概要	1
2. 評価方法	2
2.1 掘削箇所の投影方法	5
3. 評価結果	7

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」の耐震計算書作成フローに基づき、復水貯蔵タンク遮蔽壁について、安全対策工事に伴う掘削前後の状態における耐震評価に関して説明するものである。耐震計算書作成フローを図 1-1 に示す。

復水貯蔵タンク遮蔽壁は、北東方向に掘削箇所があり、当該構造物の東側へ投影すると、近接していることから、構造物に対して掘削による影響が考えられるため、掘削前後の耐震条件の比較を行うこととする。

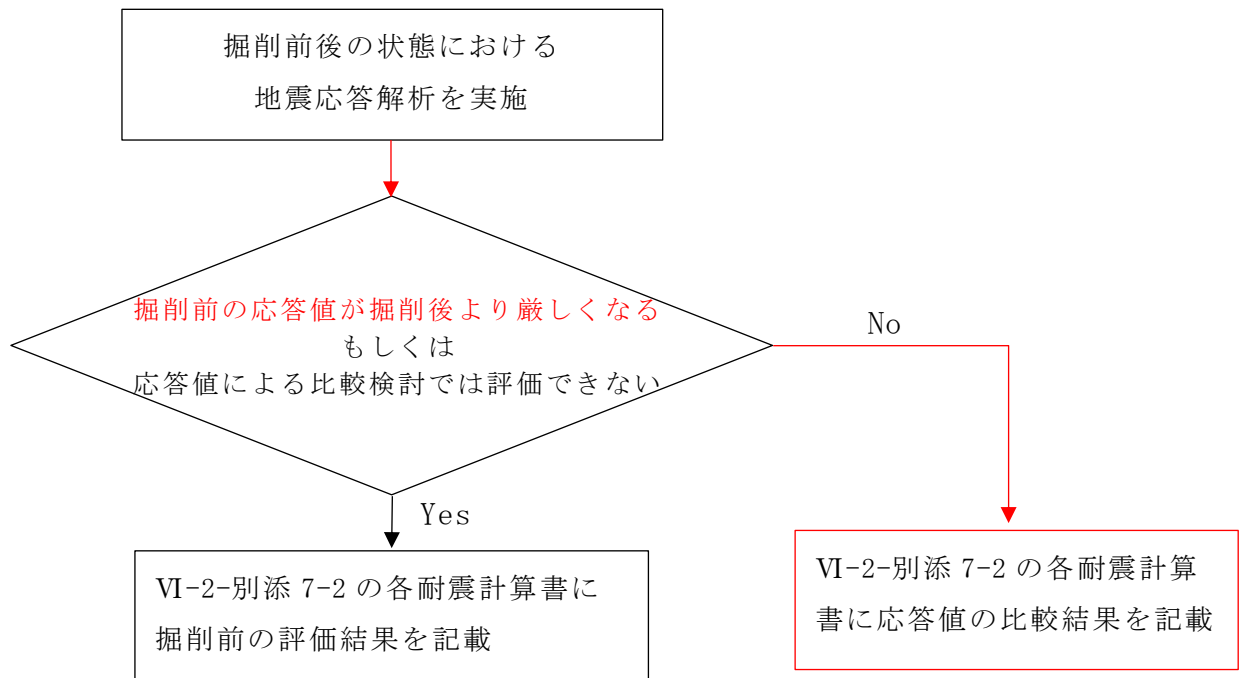


図 1-1 別添 7-2 における耐震計算書作成フロー

2. 評価方法

復水貯蔵タンク遮蔽壁の安全対策工事に伴う掘削前後の状態における地震応答解析は図 2-1 に示すとおり，施設近傍の 2 号機原子炉建物（A-A 断面）を評価対象断面とする。掘削後のモデルを図 2-2 に，掘削前のモデルを図 2-3 に示す。

それぞれのモデルにおいて，復水貯蔵タンク遮蔽壁中心位置に最も近い地表面の節点における最大応答加速度及び応答スペクトルを算出し，掘削前後で比較する。地震応答解析には，解析コード「ADVANCE」を使用する。なお，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

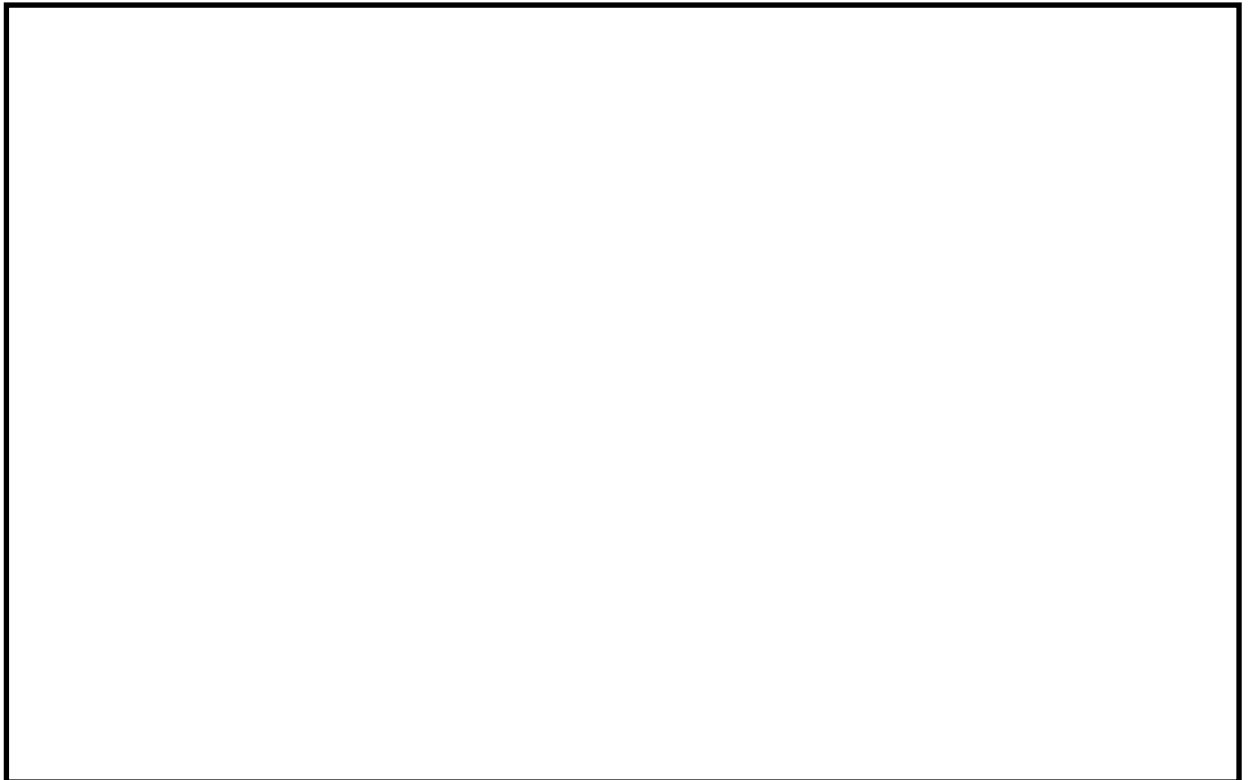
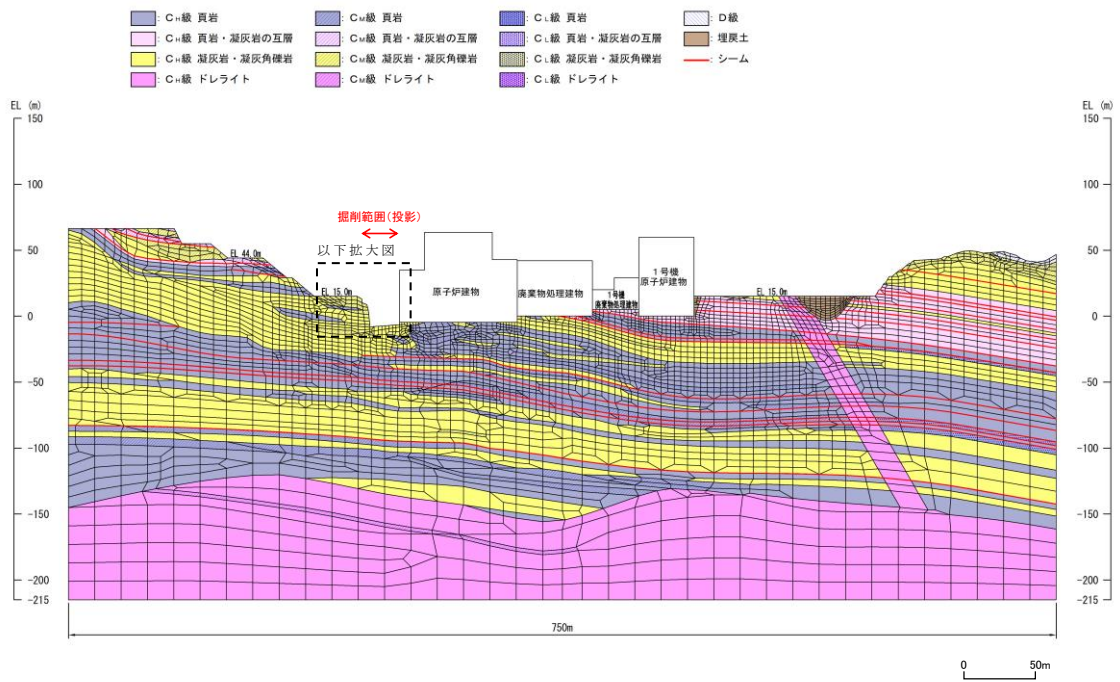
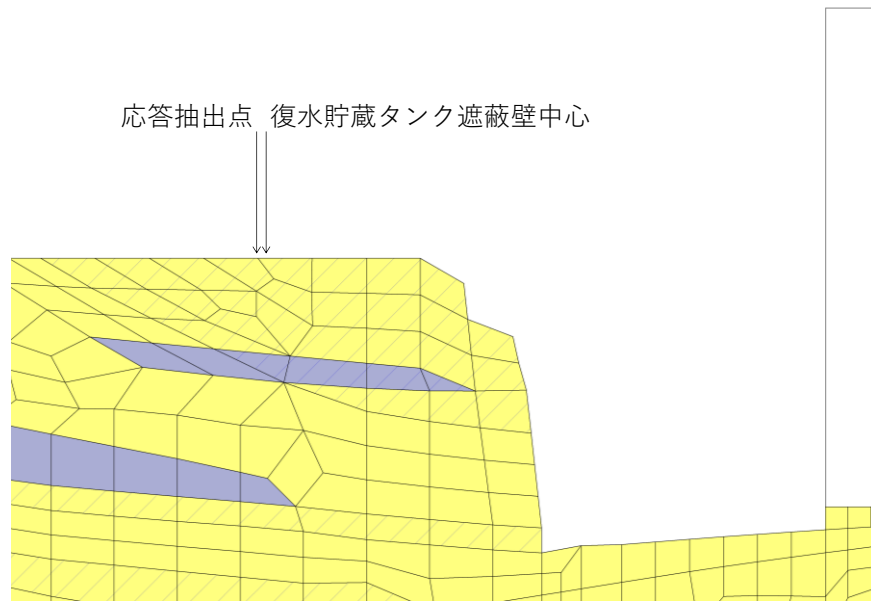


図 2-1 評価対象断面（A-A 断面）

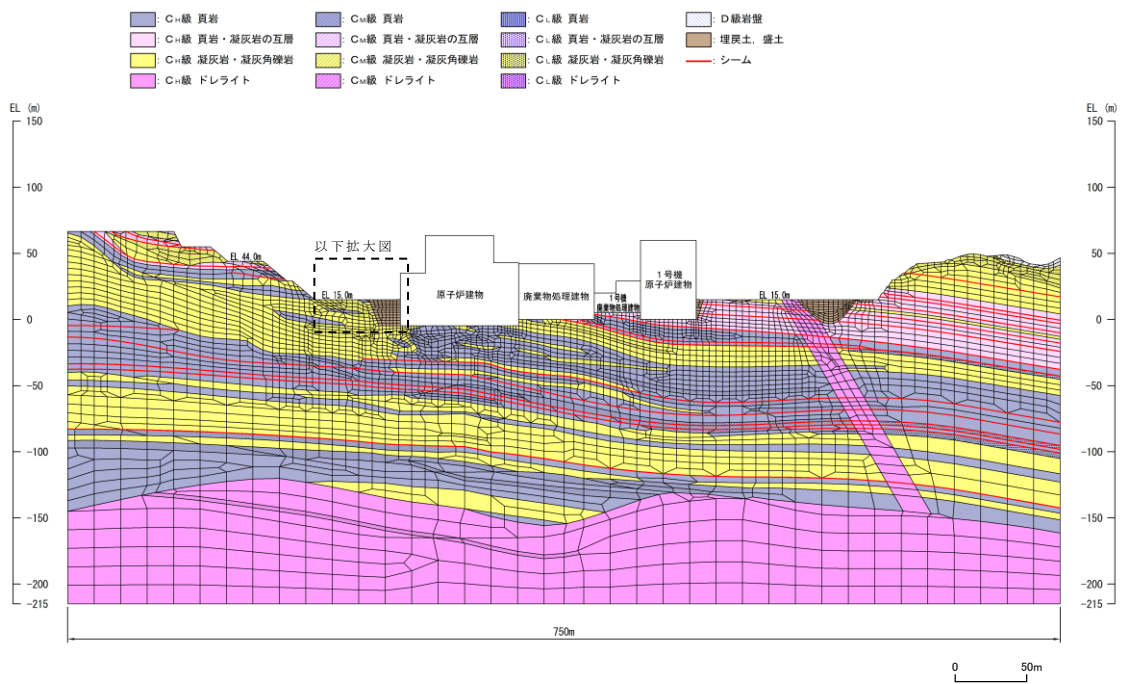


(全体図)

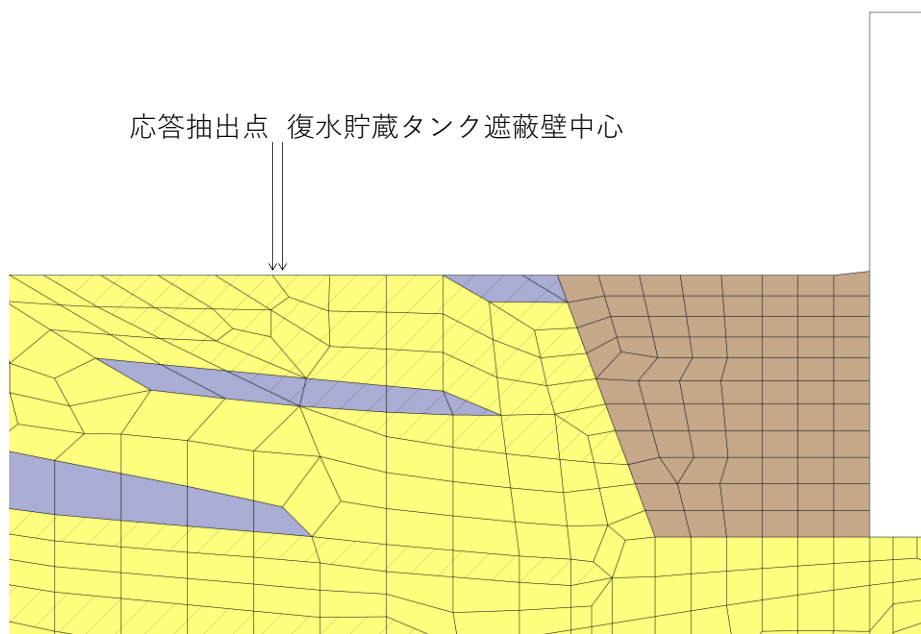


(拡大図)

図 2-2 地震応答解析モデル (掘削後の解析モデル)



(全体図)



(拡大図)

図 2-3 地震応答解析モデル (掘削前の解析モデル)

2.1 掘削箇所の投影方法

復水貯蔵タンク遮蔽壁の北東方向にある掘削箇所は，図 2-4 に示すとおり，A-A 断面に最も近い掘削箇所の掘削後の状態を投影する。掘削後のモデルに投影する掘削形状は，図 2-5 に示すとおり，実際の掘削形状を包絡するように設定した。

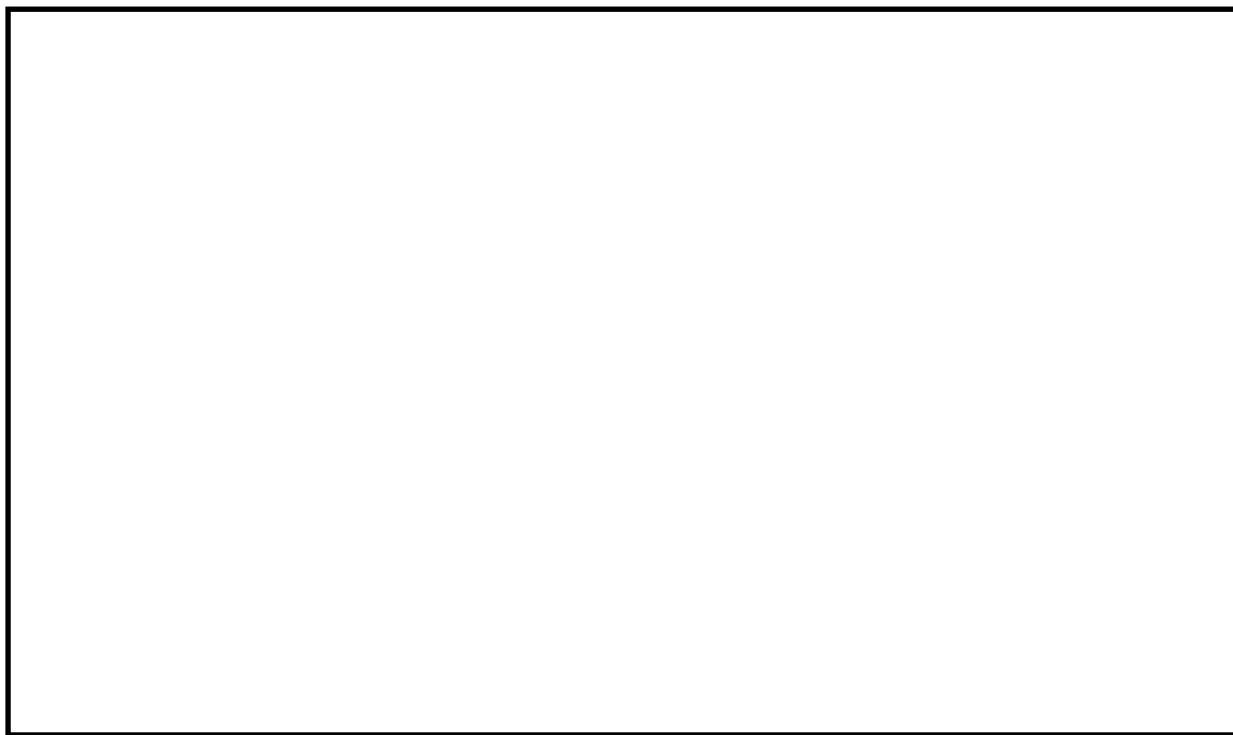


図 2-4 掘削箇所の投影方法

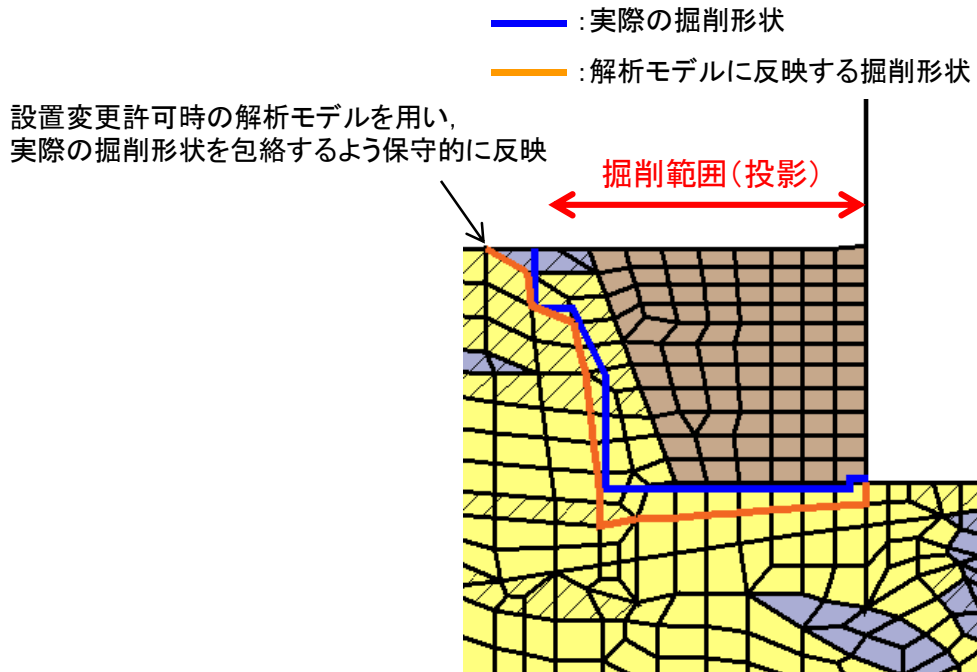
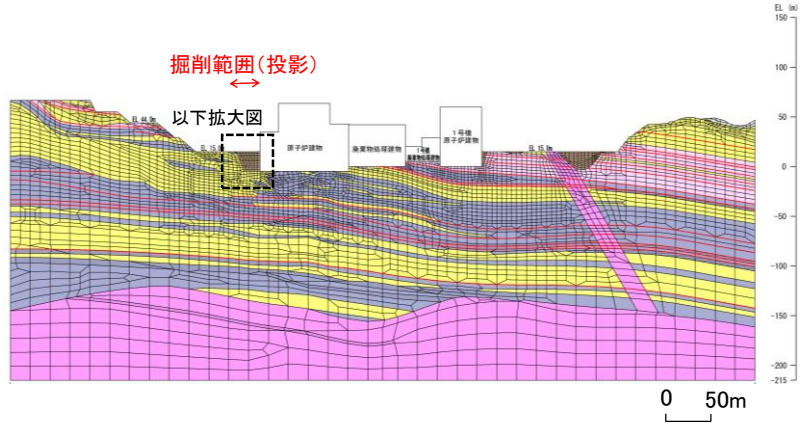


図 2-5 掘削形状の反映方法

3. 評価結果

評価結果のうち最大応答加速度を表 3-1 に示す。最大応答加速度が掘削後のモデルにおいて水平、鉛直共に大きくなることを確認した。また、図 3-1 に示すとおり、掘削前後のモデルにおいて、復水貯蔵タンク遮蔽壁の固有周期（水平：約 0.04s、鉛直：約 0.01s）において掘削後の応答が大きくなることを確認した。

以上より、掘削後の状態における解析モデルの応答加速度が、掘削前の加速度を上回ることから、掘削後の耐震評価が掘削前の評価を包絡することを確認した。

表 3-1 最大応答加速度

構造物 名称	加速度	解析モデル① (掘削後) (Gal)	解析モデル② (掘削前) (Gal)	包絡性
復水貯蔵 タンク 遮蔽壁	水平方向 最大応答 加速度	669.9	661.8	○
	鉛直方向 最大応答 加速度	-681.7	-647.3	○

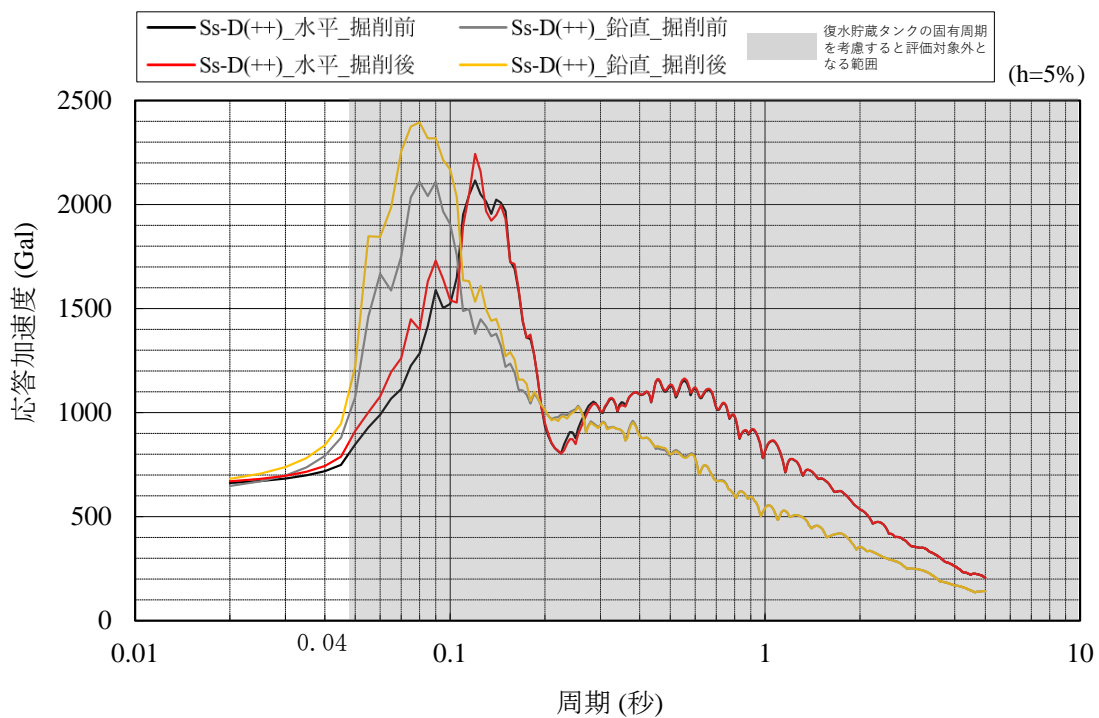


図 3-1 応答スペクトル