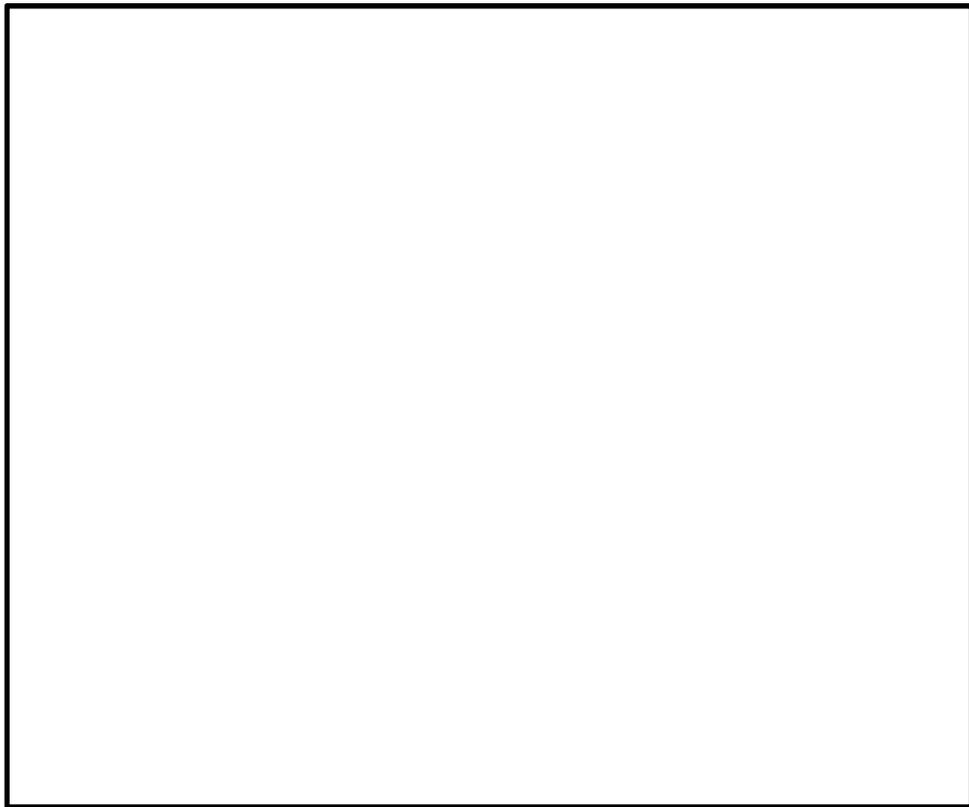


第 3-5 図 (1) 代替淡水貯槽の地震応答解析モデル (東西方向断面)



第 3-5 図 (2) 代替淡水貯槽の地震応答解析モデル (南北方向断面)

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

使用材料を第3-2表に、材料の物性値を第3-3表に示す。

第3-2表 使用材料

材料	諸元
コンクリート	設計基準強度 40 N/mm ²
鉄筋	SD345, SD390

第3-3表 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
鉄筋コンクリート	24.5	3.1×10 ⁴	0.2

3.5.3 地盤の物性値

地盤の物性値は、V-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。

V-2-2-28 代替淡水貯槽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	7
2.4 適用規格	9
3. 耐震評価	10
3.1 評価対象断面	10
3.2 許容限界	12
3.3 評価方法	14

1. 概要

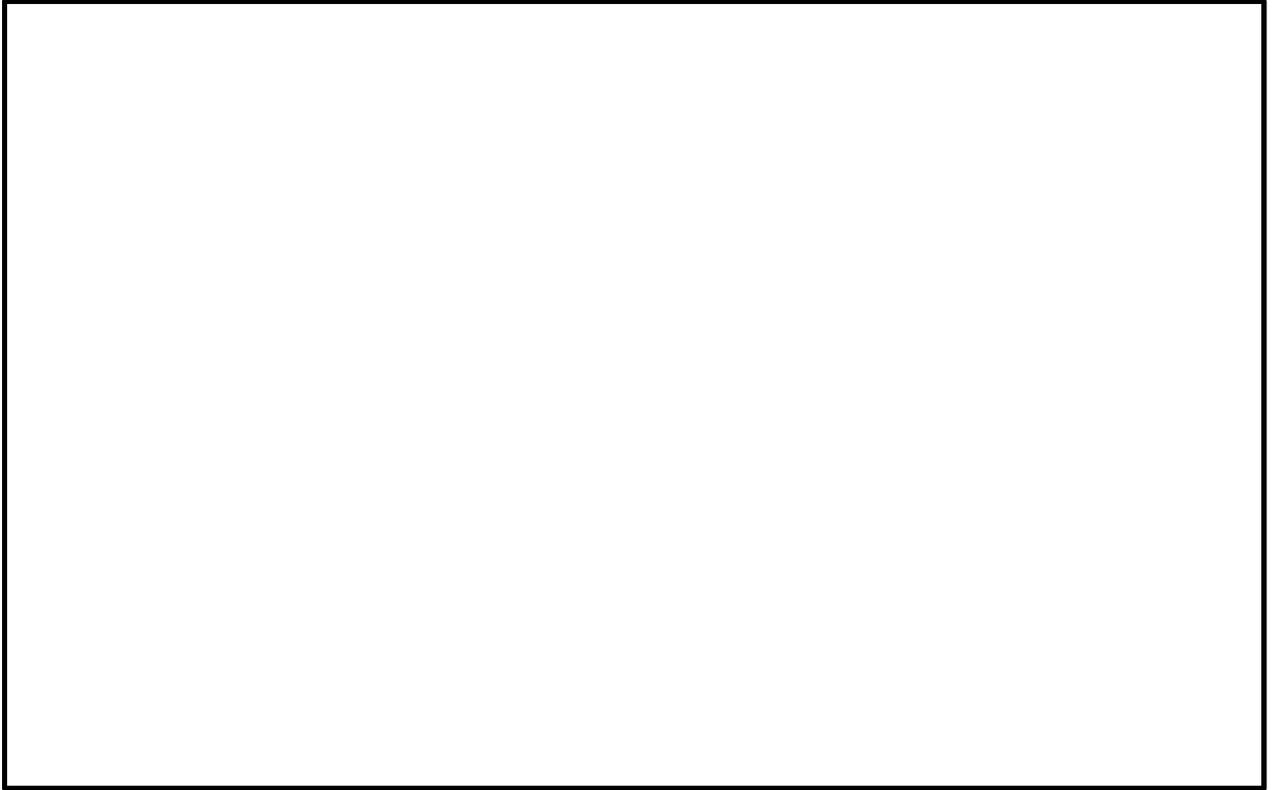
本資料は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、代替淡水貯槽が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認するものである。

代替淡水貯槽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。

2. 基本方針

2.1 位置

代替淡水貯槽の平面配置図を第 2-1 図に示す。

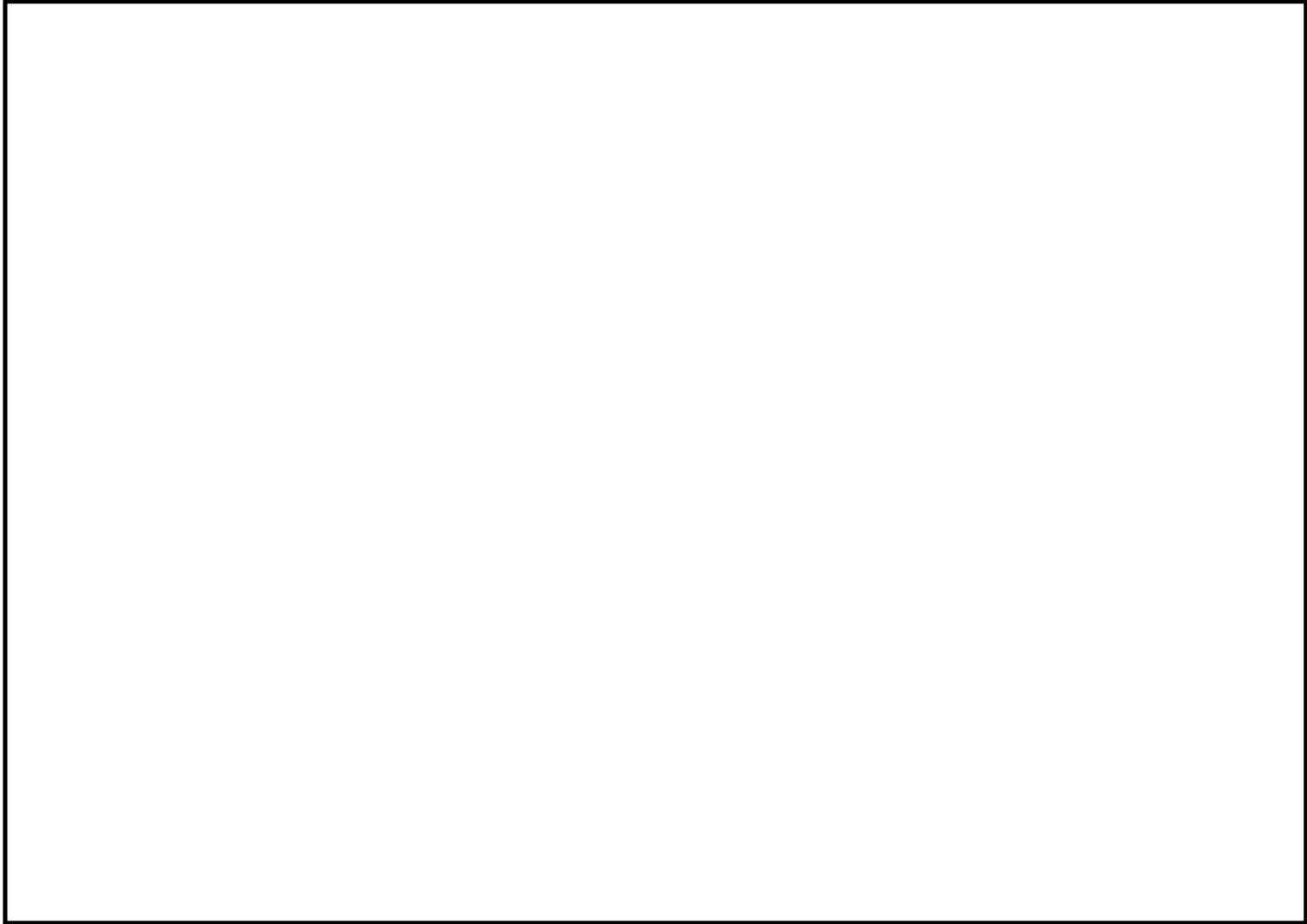


第 2-1 図 代替淡水貯槽平面配置図

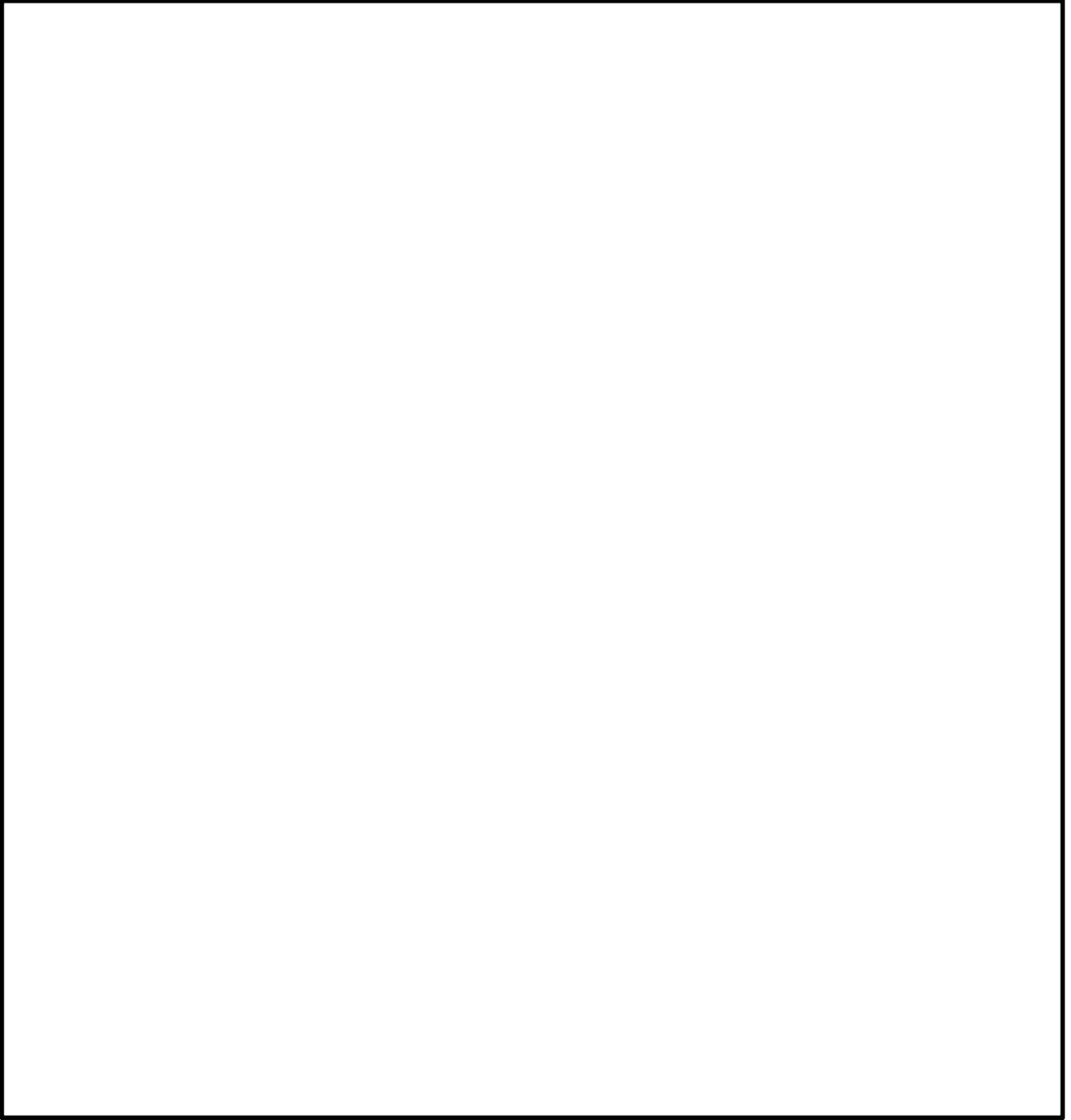
2.2 構造概要

代替淡水貯槽は、常設低圧代替注水系における複数の代替淡水源の一つとして設置する内空 20.0 m、内空高さ 21.5 m の円筒形の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置する。

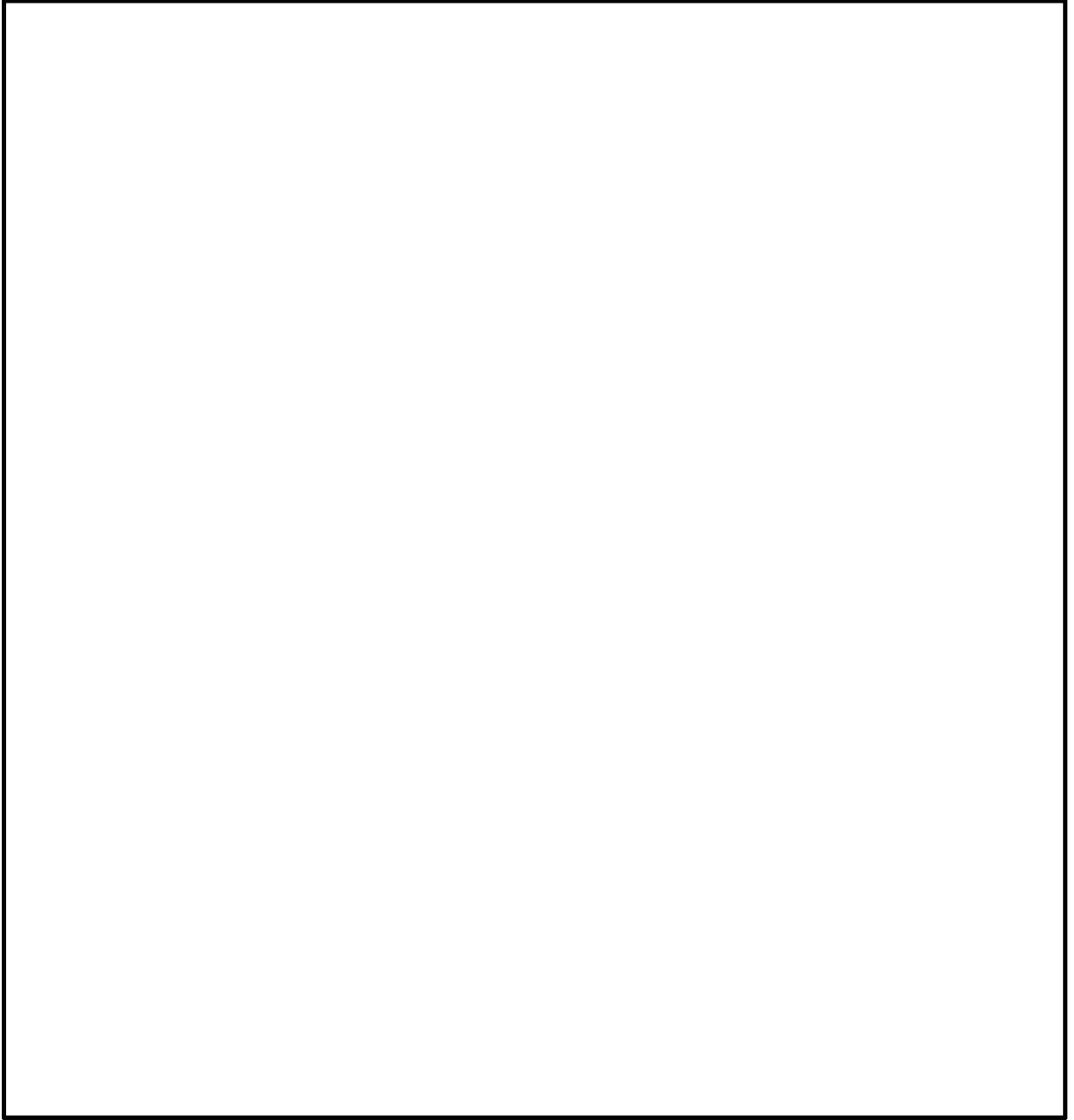
代替淡水貯槽の平面図を第 2-2 図、断面図を第 2-3 図に示す。



第 2-2 図 代替淡水貯槽平面図



第 2-3 図 (1) 代替淡水貯槽断面図 (東西方向断面)



第 2-3 図 (2) 代替淡水貯槽断面図 (南北方向断面)

2.3 評価方針

代替淡水貯槽は、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に分類される。

代替淡水貯槽の耐震性評価は、V-2-2-27「代替淡水貯槽の地震応答計算書」により得られた解析結果に基づき、重大事故等対処施設の評価として、第2-1表に示すとおり、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、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。

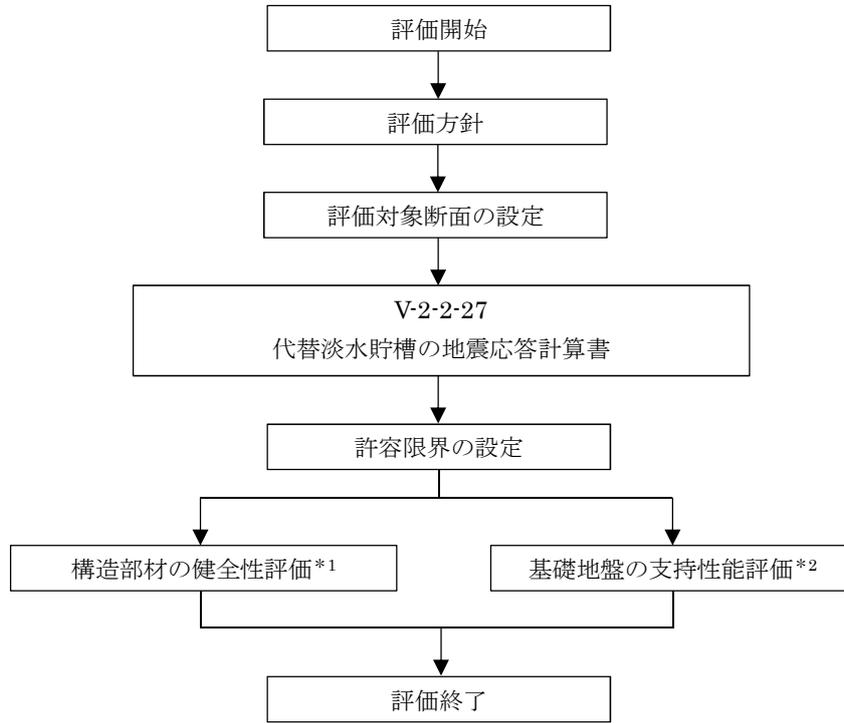
基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

代替淡水貯槽の耐震評価フローを第2-4図に示す。

第2-1表 代替淡水貯槽の評価項目

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	構造部材の健全性	全構造部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
Sクラスの設備を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	全構造部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度

注記 *：妥当な安全余裕を考慮する。



注記 *1：構造部材の健全性評価を実施することで第 2-1 表に示す「構造強度を有すること」及び「Sクラスの設備を支持する機能を損なわないこと」を満足することを確認する。
*2：基礎地盤の支持性能評価を実施することで第 2-1 表に示す「構造強度を有すること」を満足することを確認する。

第 2-4 図 代替淡水貯槽の耐震評価フロー

2.4 適用規格

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. 耐震評価

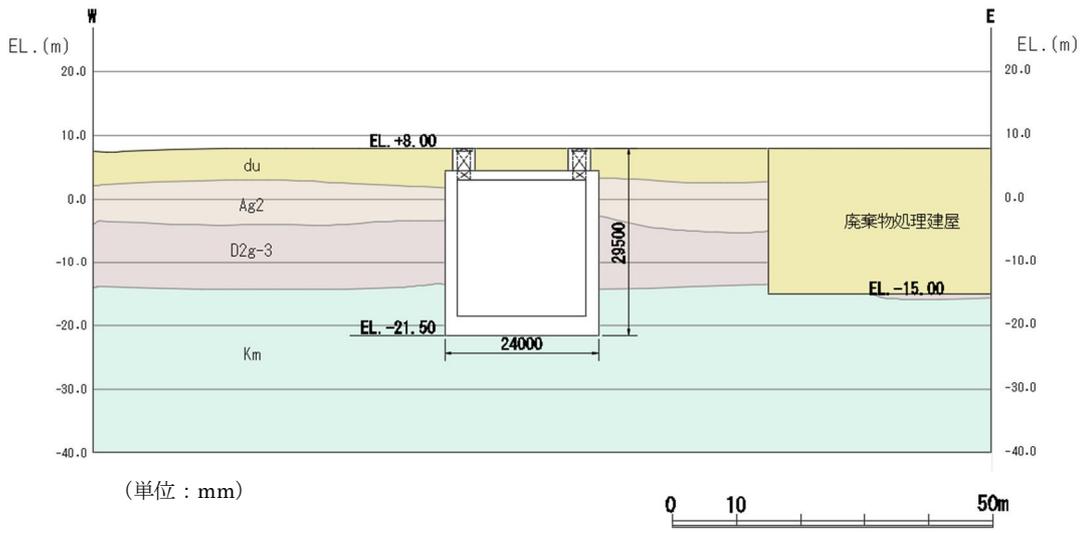
3.1 評価対象断面

代替淡水貯槽は、円筒形の構造物であるため、構造物本体には強軸及び弱軸の方向性を持たない。しかし、構造物の周辺地盤は東西方向と南北方向で相違があるため、東西方向と南北方向の両方向を評価対象断面として選定する。

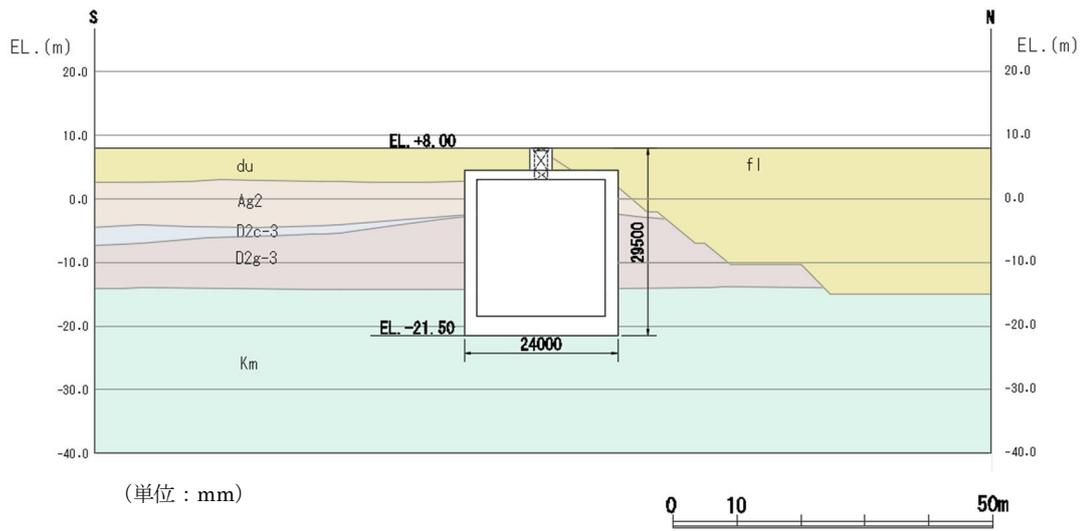
代替淡水貯槽の評価対象断面位置図を第3-1図に、評価対象断面図を第3-2図に示す。



第3-1図 代替淡水貯槽の評価対象断面位置図



第 3-2 図 (1) 代替淡水貯槽 評価対象断面図 (東西方向断面)



第 3-2 図 (2) 代替淡水貯槽 評価対象断面図 (南北方向断面)

3.2 許容限界

許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

新設屋外重要土木構造物の構造部材の曲げについては許容応力度、構造部材のせん断については許容せん断応力度を許容限界の基本とするが、構造部材のうち、鉄筋コンクリートの曲げについては限界層間変形角又は終局曲率、鋼材の曲げについては終局曲率、鉄筋コンクリート及び鋼材のせん断についてはせん断耐力を許容限界とする場合もある。

限界層間変形角、終局曲率及びせん断耐力に対しては妥当な安全余裕を持たせた許容限界とし、それぞれの安全余裕については各施設の機能要求等を踏まえ設定する。

(1) 構造部材に対する許容限界

代替淡水貯槽の照査は、許容応力度による照査を基本とする。許容応力度については、「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）」に基づき、第3-1表のとおり設定する。なお、第3-1表に示す許容応力度は短期許容応力度とし、短期許容応力度は耐震設計上考慮する荷重が地震荷重であることを考慮し、コンクリート及び鉄筋の許容応力度に対して1.5倍の割増しを考慮する。

第3-1表 許容応力度（短期）

評価項目		短期許容応力度 (N/mm ²)	
コンクリート ($f'_{ck}=40$ N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	21	
	許容せん断応力度 τ_{a1}	0.825*	
鉄筋	SD345	許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	294
	SD390	許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	309

注記 *：斜め引張鉄筋を考慮する場合は、「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）」に準拠し、次式により求められる許容せん断力 (V_a) を許容限界とする。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで、

V_{ca} : コンクリートの許容せん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

V_{sa} : 斜め引張鉄筋の許容せん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot j \cdot d / s$$

τ_{a1} : 斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

b_w : 有効幅

j : 1/1.15

d : 有効高さ

A_w : 斜め引張鉄筋断面積
 σ_{sa} : 鉄筋の許容引張応力度
 s : 斜め引張鉄筋間隔

(2) 基礎地盤の支持力に対する許容限界

基礎地盤に作用する接地圧に対する許容限界は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」を考慮し、極限支持力に基づき設定する。

3.3 評価方法

代替淡水貯槽の耐震評価は、V-2-2-27「代替淡水貯槽の地震応答計算書」による地震応答解析結果を基に得られる照査用応答値が、「3.2 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

(1) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートは、耐震評価により算定した曲げ圧縮応力、曲げ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する。

(2) 基礎地盤の支持力

基礎地盤の支持性能評価においては、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

V-2-2-29 常設低圧代替注水系配管カルバートの地震応答計算書

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 解析方針	5
2.4 適用規格	7
3. 解析方法	8
3.1 評価対象断面	8
3.2 解析方法	10
3.3 荷重及び荷重の組合せ	11
3.4 入力地震動	13
3.5 解析モデル及び諸元	30

1. 概要

本資料は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施する常設低圧代替注水系配管カルバートの地震応答解析について説明するものである。

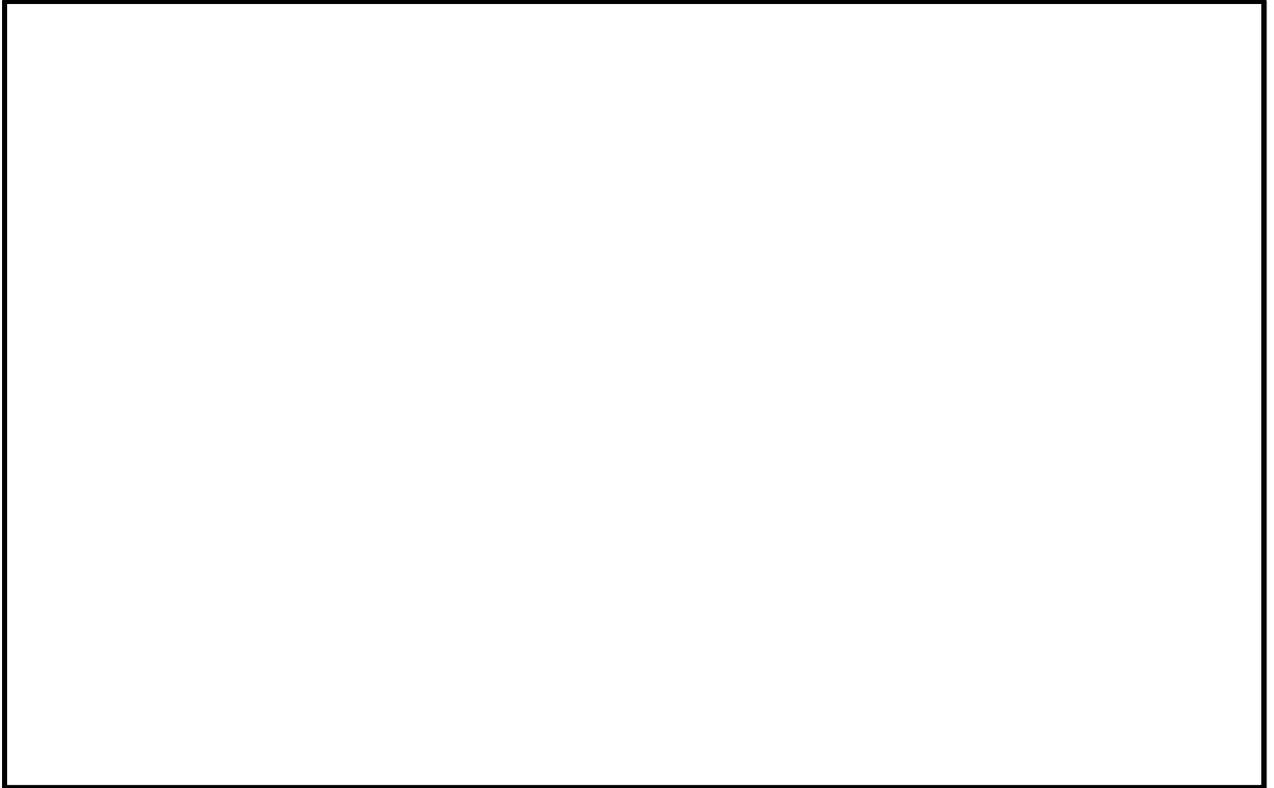
本地震応答解析は、機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。

また、常設低圧代替注水系配管カルバート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。その際、耐震設計に用いる応答値はこの地震応答解析による断面力及び基礎地盤に生じる接地圧とする。

2. 基本方針

2.1 位置

常設低圧代替注水系配管カルバートの平面配置図を第2-1図に示す。

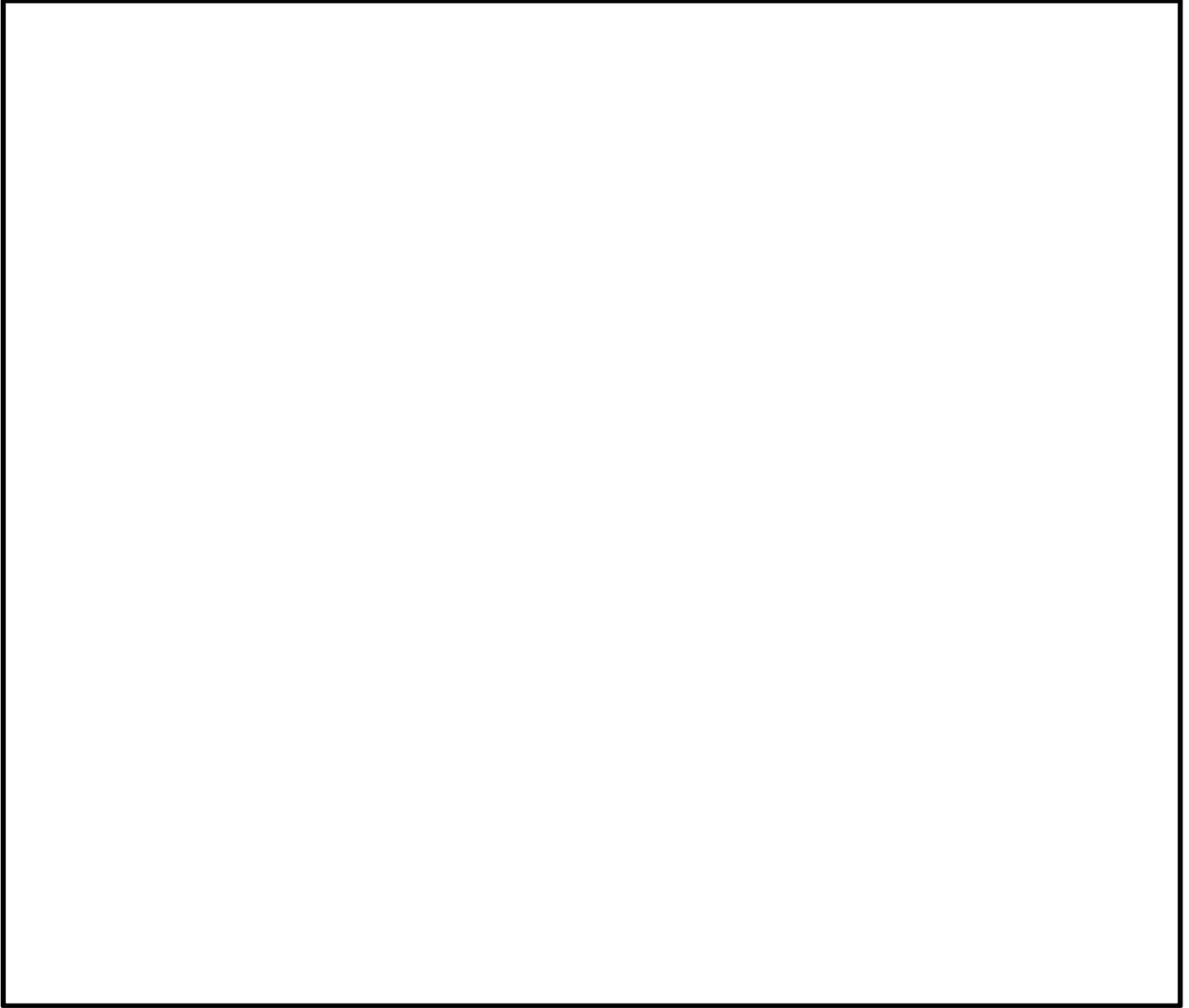


第2-1図 常設低圧代替注水系配管カルバート平面配置図

2.2 構造概要

常設低圧代替注水系配管カルバートは、延長 19.5 m、内空および内空高さ 2.3 m の鉄筋コンクリート造の一連のボックスカルバートであり、十分な支持性能を有する岩盤に人工岩盤を介し設置する。

常設低圧代替注水系配管カルバートの断面図を第 2-2 図に示す。



第 2-2 図 常設低圧代替注水系配管カルバート断面図

2.3 解析方針

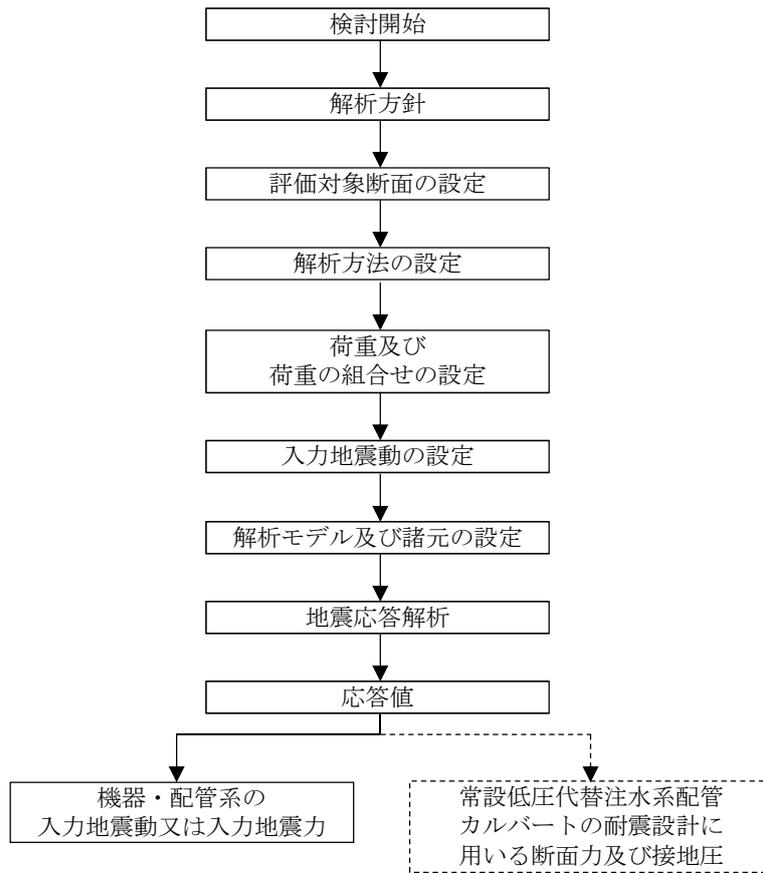
常設低圧代替注水系配管カルバートは、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 S_s に対して解析を実施する。

第2-4図に常設低圧代替注水系配管カルバート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」にて設定する断面において、「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て行う。

時刻歴非線形解析は、「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・配管系の入力地震動又は入力地震力に用い、断面力及び接地圧は、常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震設計に用いる。



第2-4 図 常設低圧代替注水系配管カルバートの地震応答解析フロー

2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

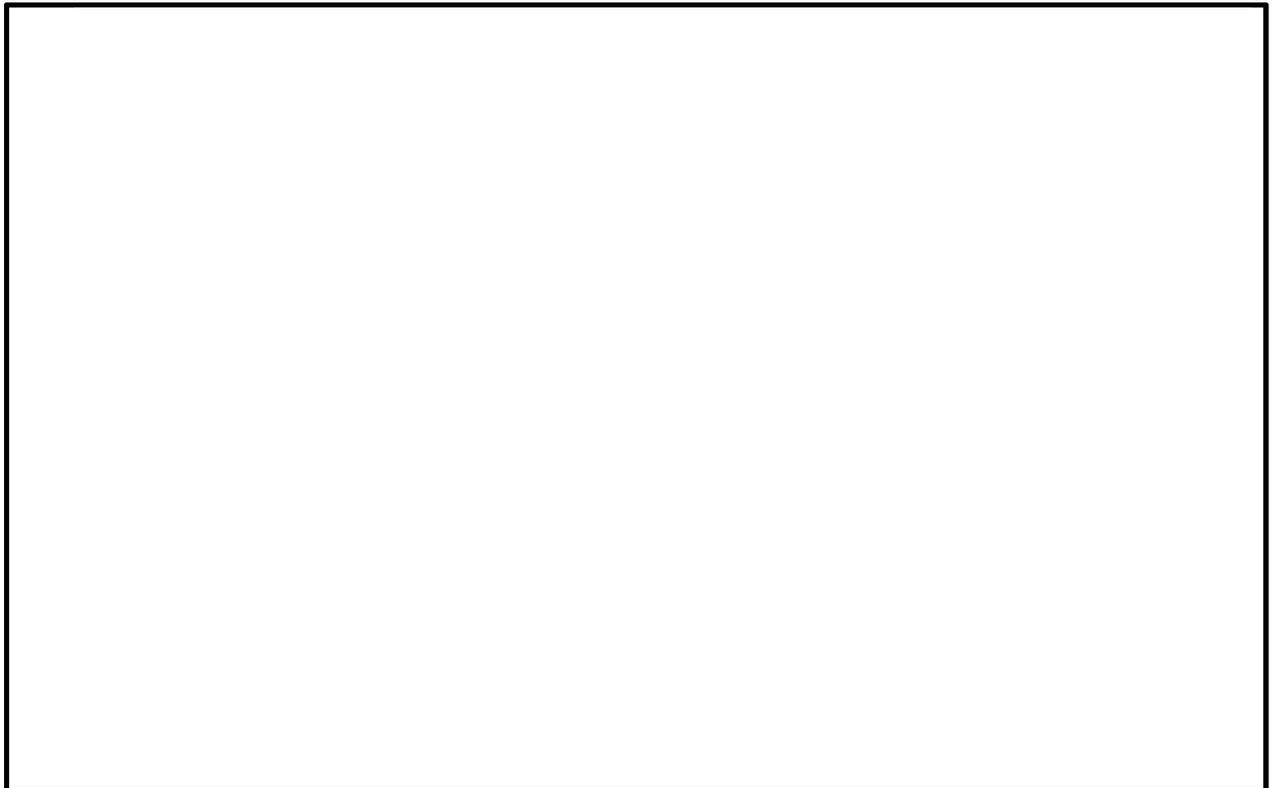
- コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）
- 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）
- 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会，2005年）
- 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）

3. 解析方法

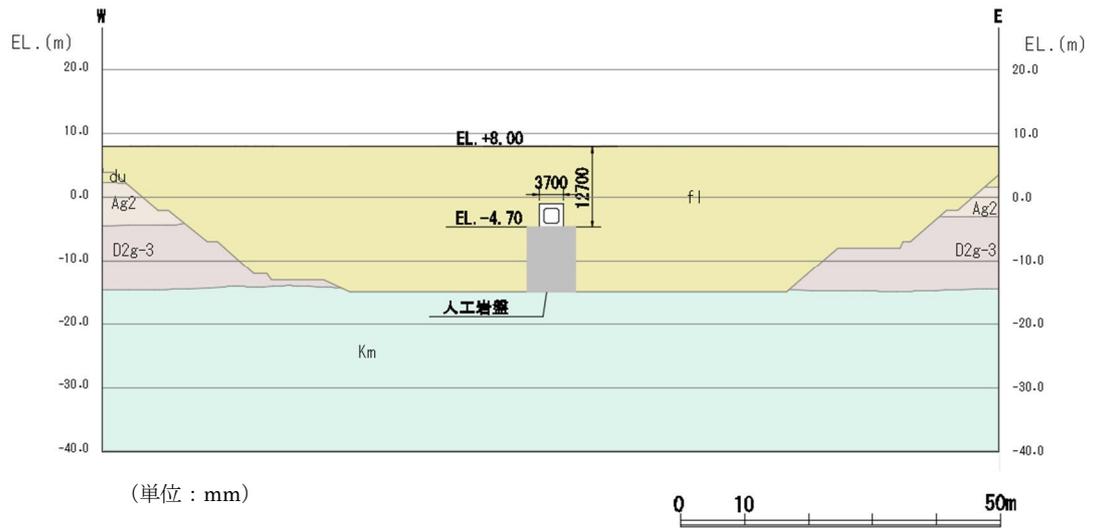
3.1 評価対象断面

常設低圧代替注水系配管カルバートは、構造物の軸直角方向が弱軸断面方向となるため、軸直角方向を評価対象断面とする。内空寸法が全て一様であり、構造物の周辺は広い範囲にわたって埋戻土であるため、軸直角方向において場所による相違はない。したがって、耐震評価対象断面は、軸直角方向に対して1断面を選定する。

第3-1図に評価対象断面位置図を、第3-2図に評価対象断面図を示す。



第3-1図 常設低圧代替注水系配管カルバート 評価対象断面位置図



第3-2図 常設低圧代替注水系配管カルバート 評価対象断面図

3.2 解析方法

地震応答解析は、V-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。

地震応答計算では、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できる有効応力解析を実施する。有効応力解析に用いる液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定することを基本とする。

地中土木構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する場合は、原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性）を設定する。

上部土木構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の影響を考慮する場合は、原地盤において非液状化の条件を仮定した解析を実施する。

地震応答解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、別紙「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、線形はり要素でモデル化する。

3.2.2 地盤

V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示す有効応力解析用地盤物性値に基づき、地盤の有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できるモデルとする。

3.2.3 減衰特性

時刻歴非線形解析における減衰特性については、固有値解析にて求められる固有振動数に基づく Rayleigh 減衰を考慮する。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、V-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

常設低圧代替注水系配管カルバート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

埋設構造物であるため、風荷重は考慮しない。

(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

常設低圧代替注水系配管カルバート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、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として機器・配管荷重、土圧及び水圧による荷重を考慮する。

(3) 地震荷重 (K_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

荷重の組合せを第3-1表に示す。

第3-1表 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S_s)	$G + P + K_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

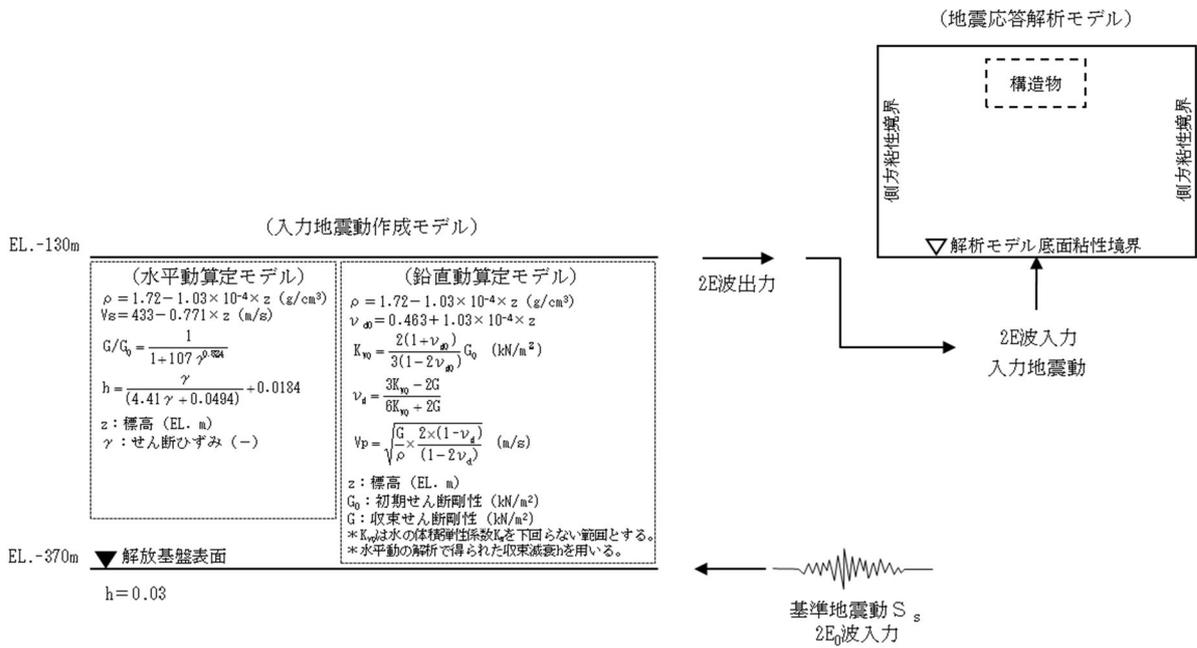
K_s : 地震荷重

3.4 入力地震動

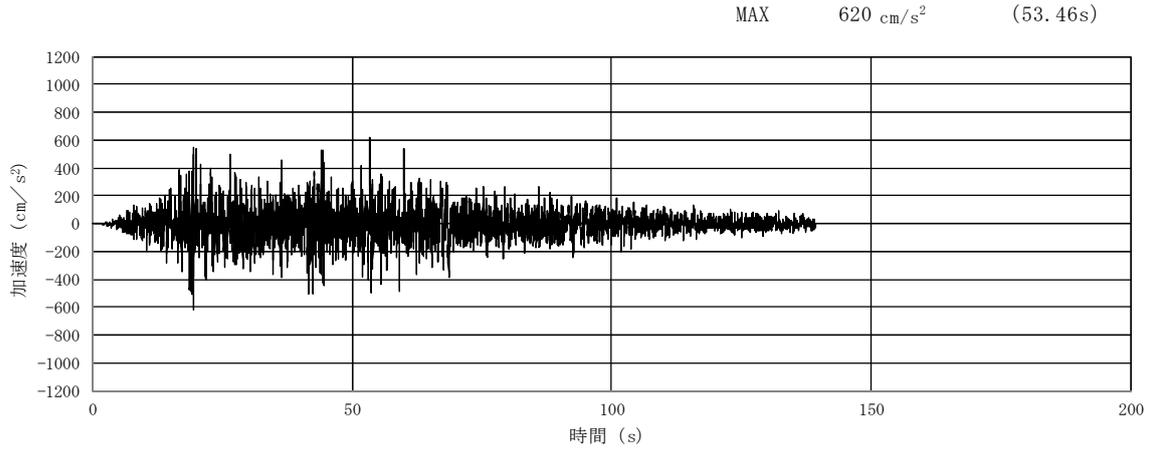
入力地震動は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

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1次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。入力地震動算定の概念図を第3-3図に、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第3-4図に示す。

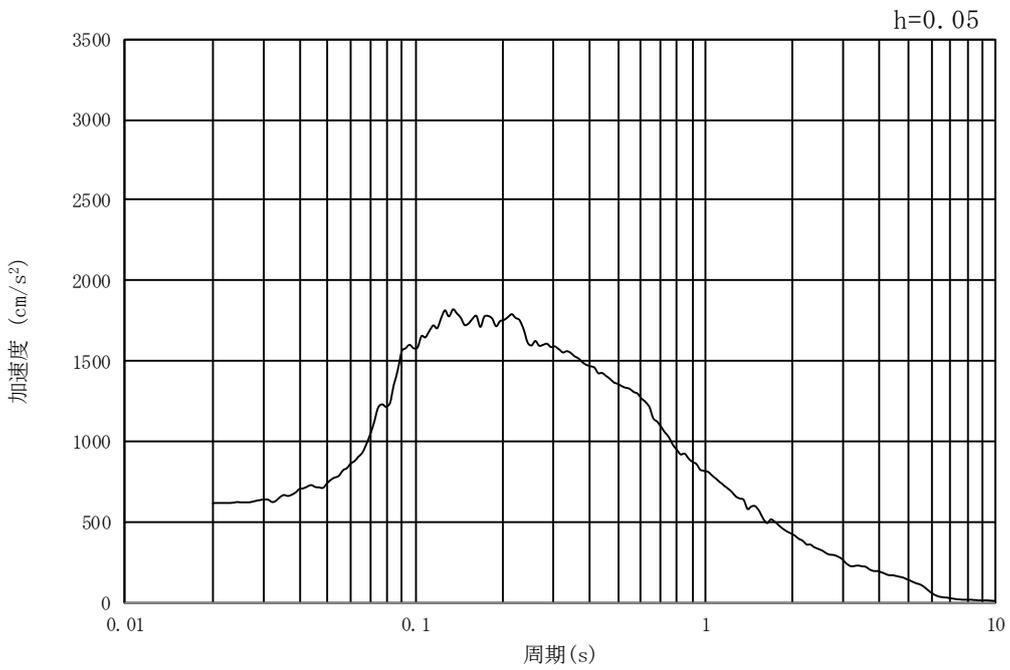
入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。



第3-3図 入力地震動算定の概念図

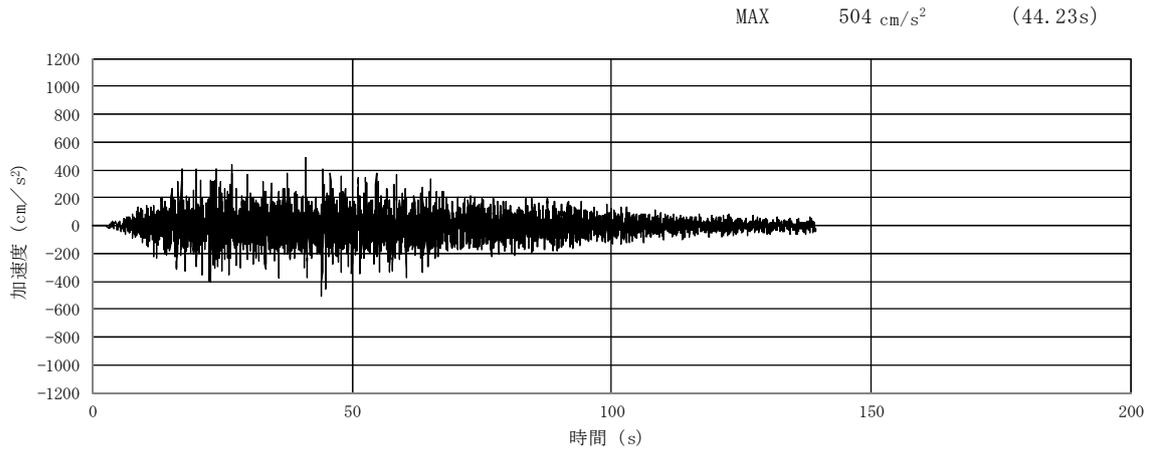


(a) 加速度時刻歴波形

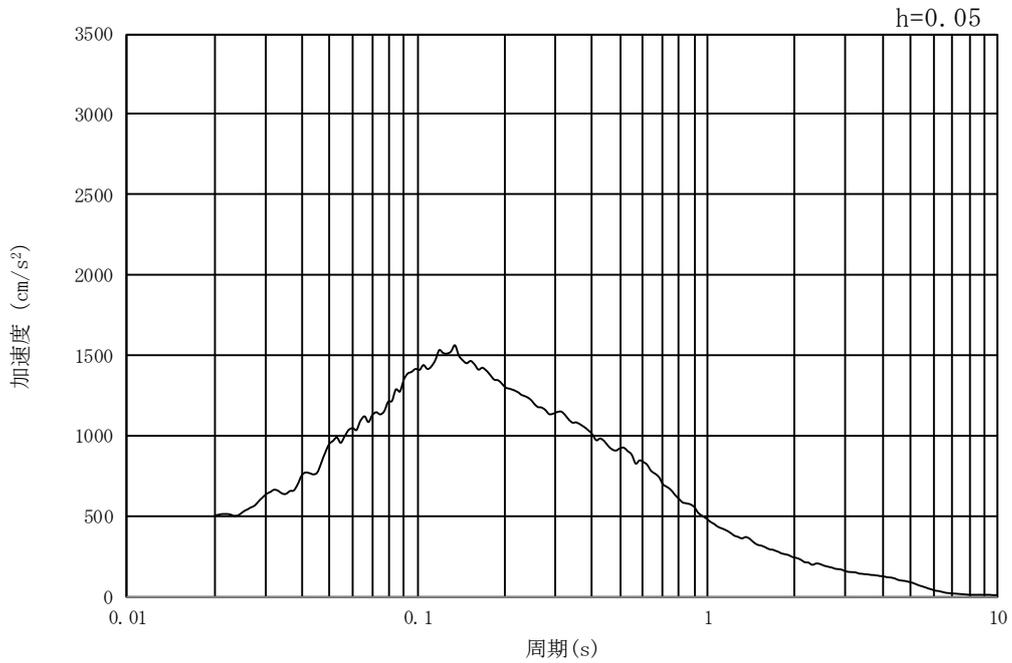


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (1) 東西方向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
(水平方向: $S_s - D1$)

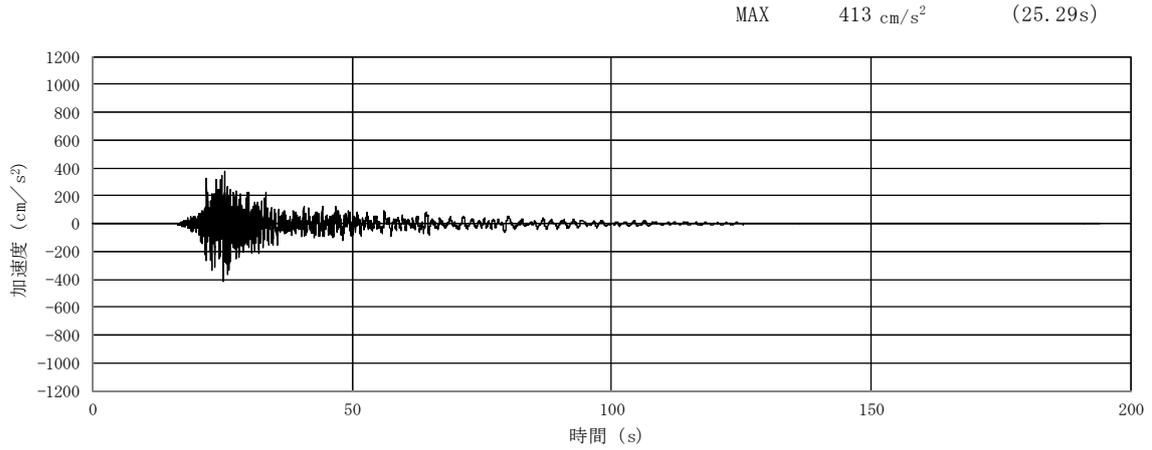


(a) 加速度時刻歴波形

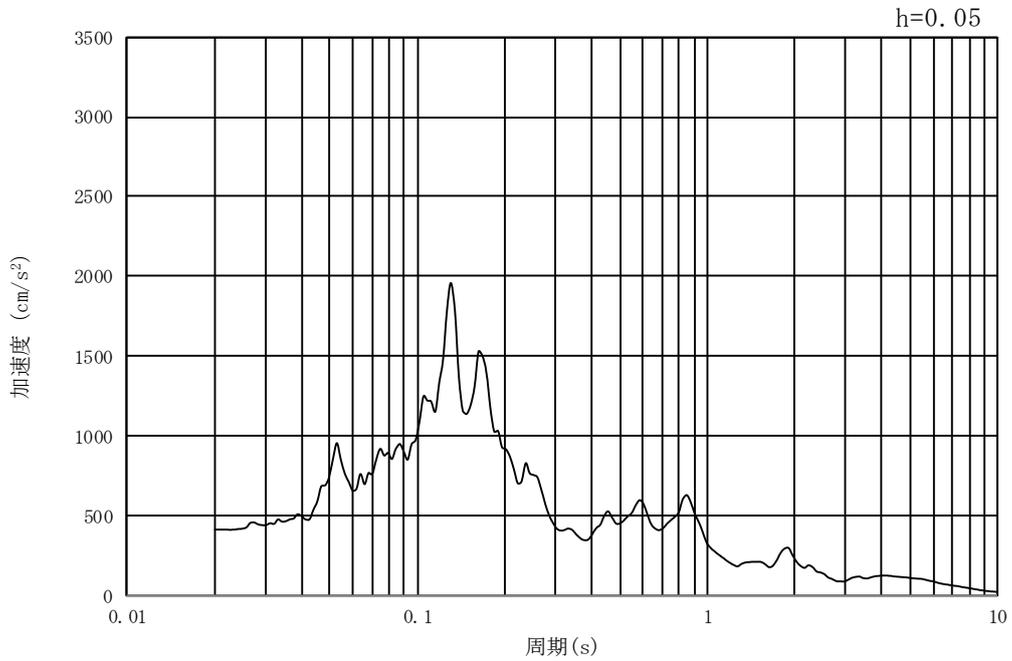


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (2) 東西方向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
(鉛直方向：S_s-D1)

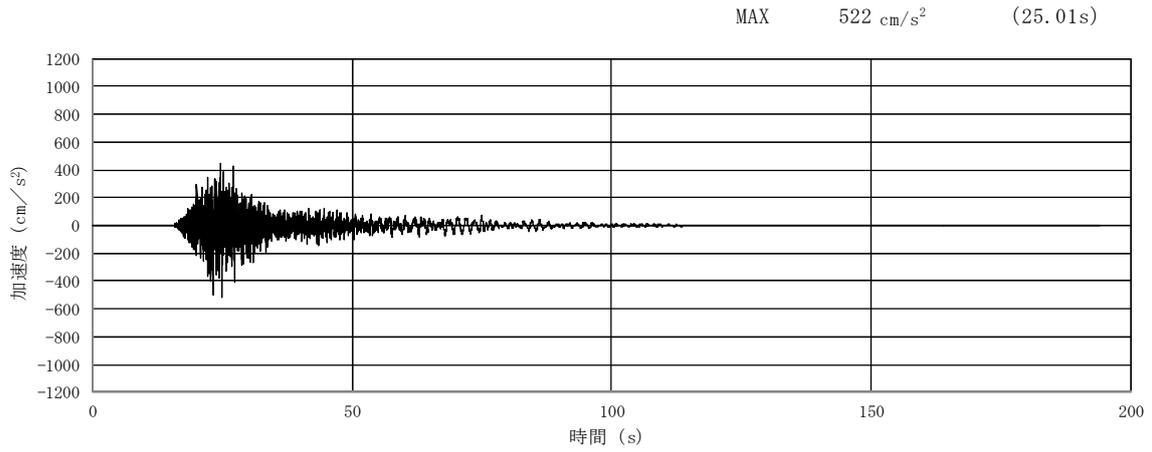


(a) 加速度時刻歴波形

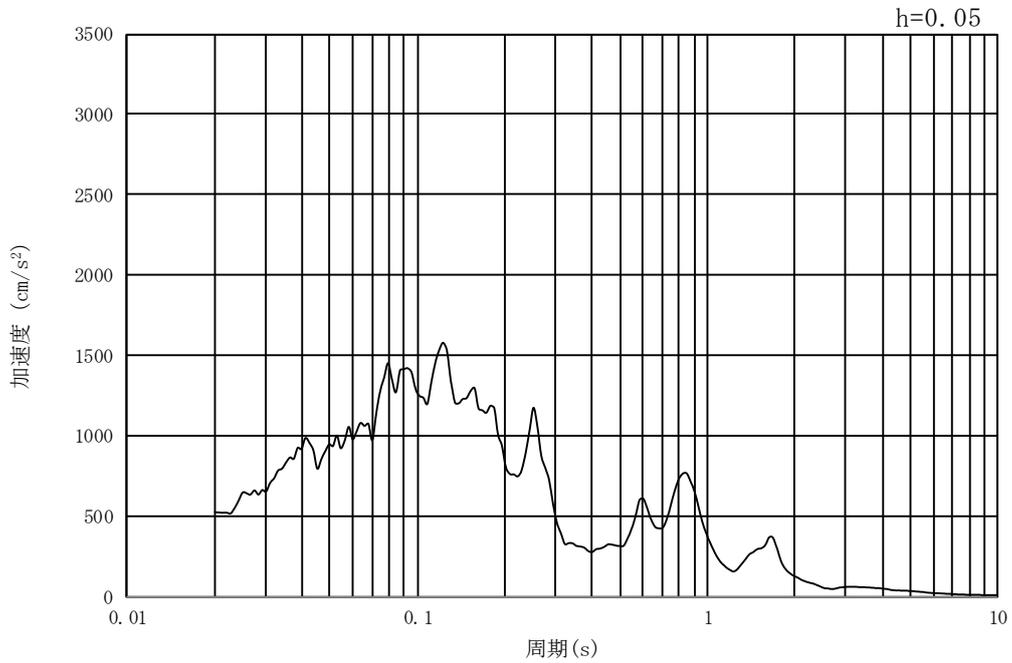


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (3) 東西方向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
(水平方向: $S_s - 11$)

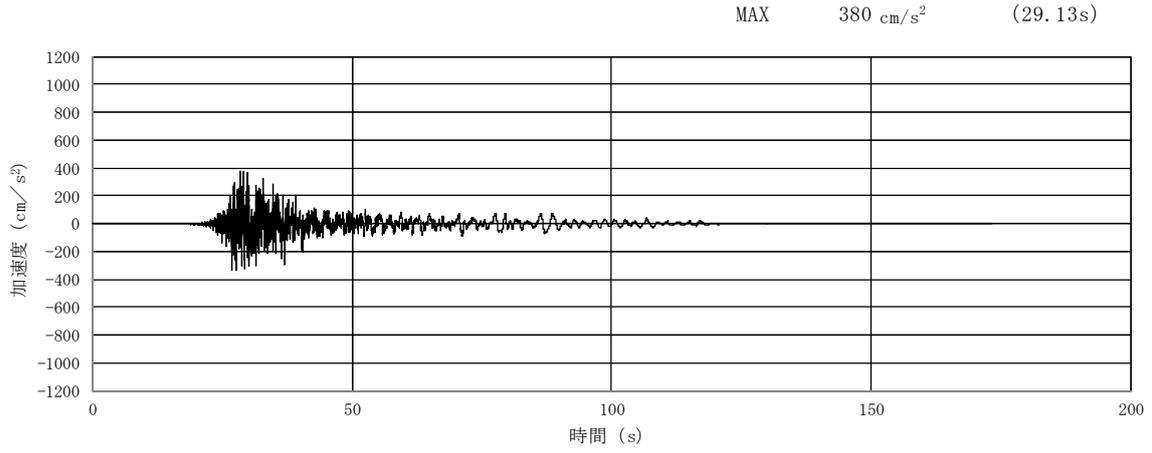


(a) 加速度時刻歴波形

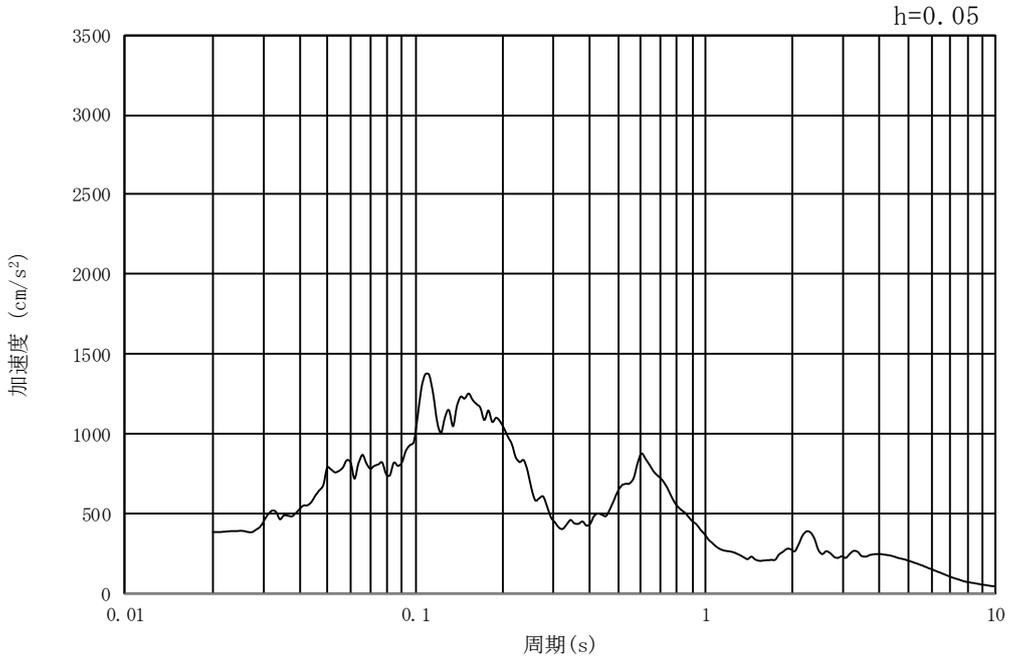


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (4) 東西方向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
(鉛直方向：S_s-11)

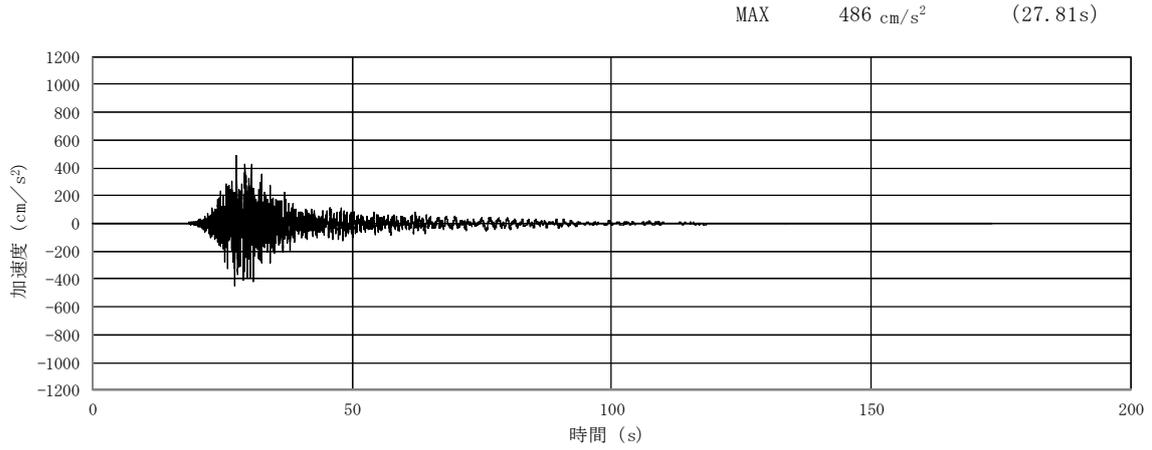


(a) 加速度時刻歴波形

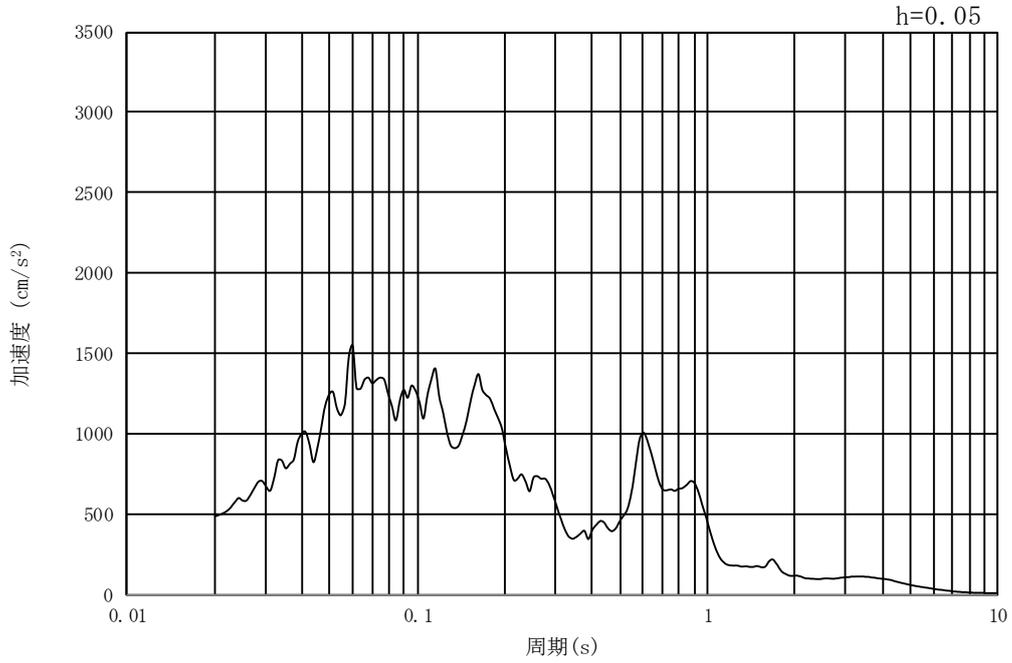


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (5) 東西方向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
(水平方向: $S_s - 1.2$)

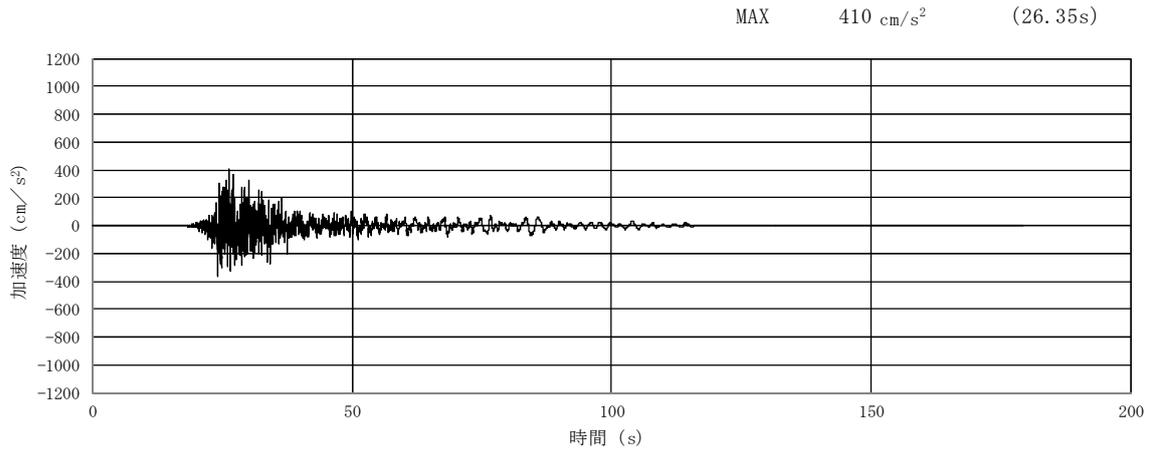


(a) 加速度時刻歴波形

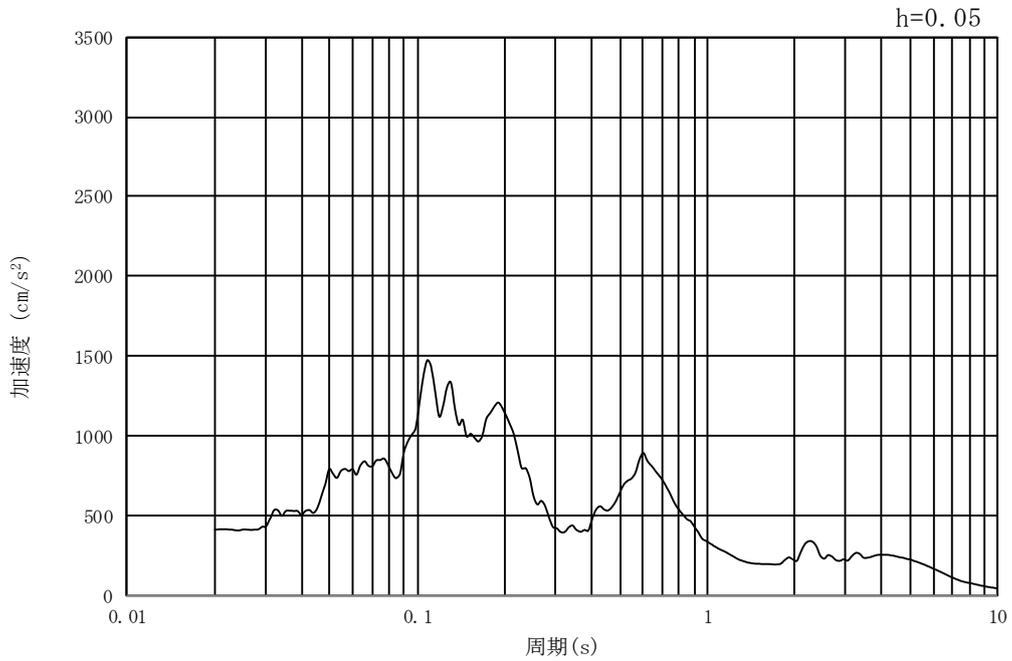


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (6) 東西方向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
(鉛直方向: $S_s - 12$)

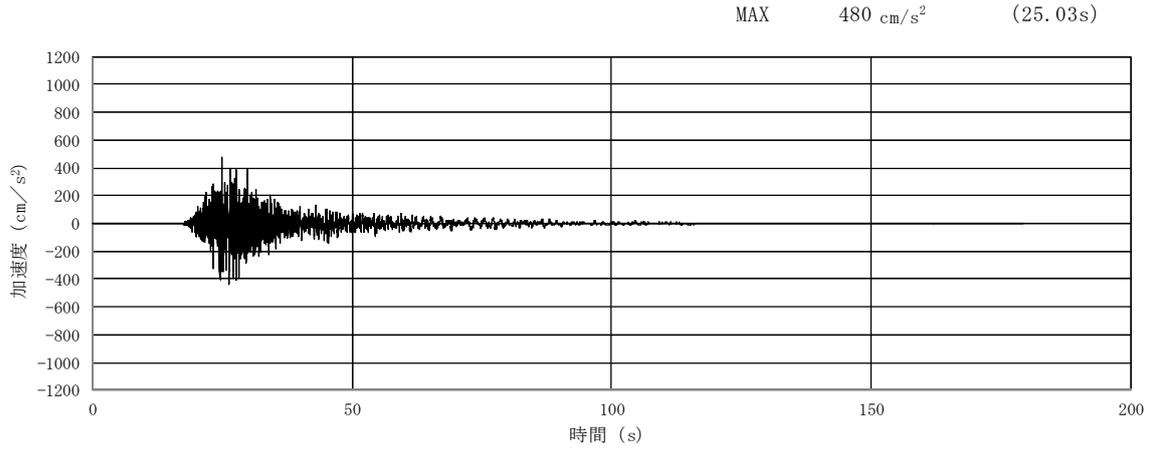


(a) 加速度時刻歴波形

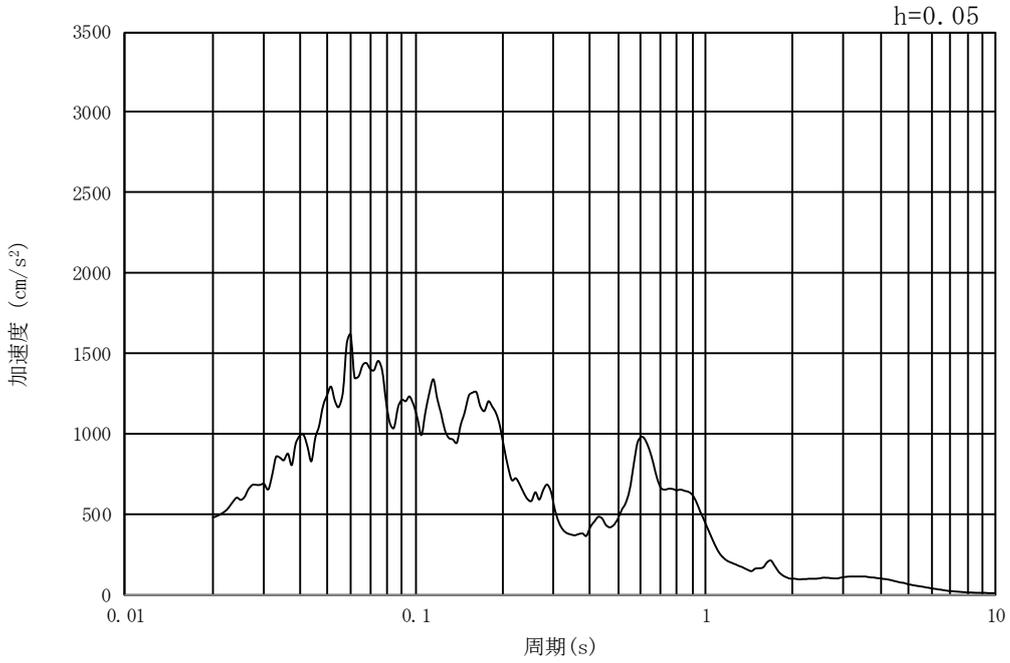


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (7) 東西方向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
(水平方向 : $S_s - 13$)

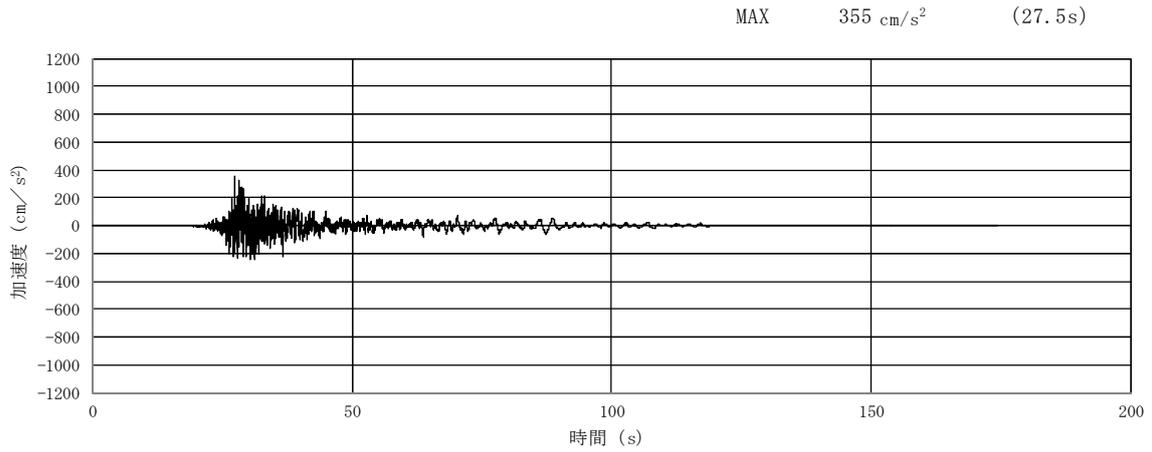


(a) 加速度時刻歴波形

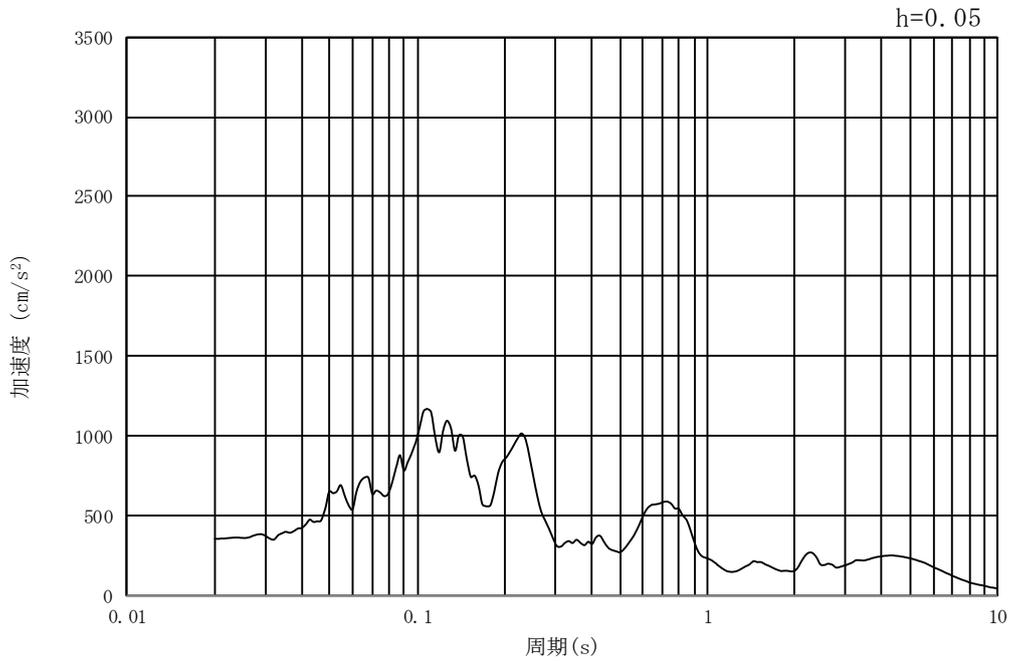


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (8) 東西方向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
(鉛直方向: $S_s - 13$)

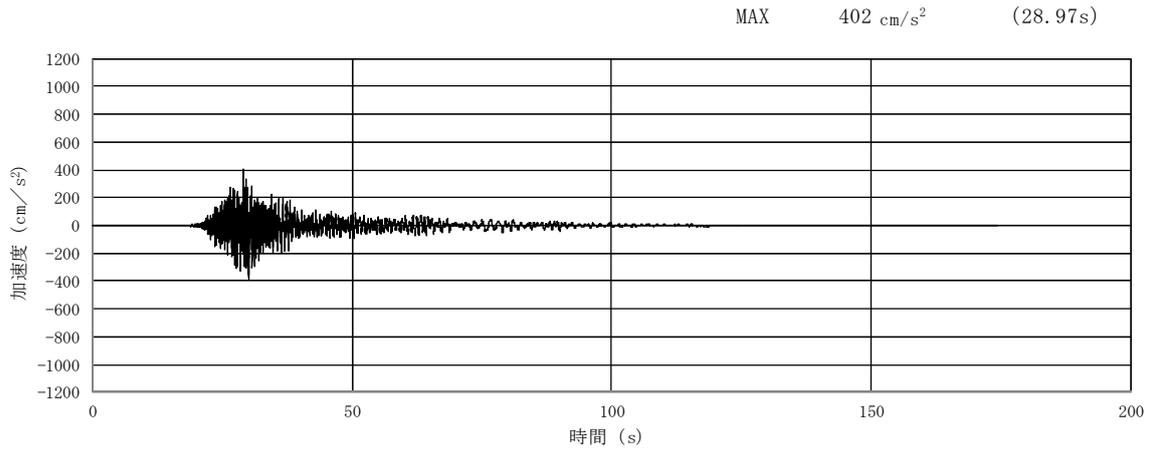


(a) 加速度時刻歴波形

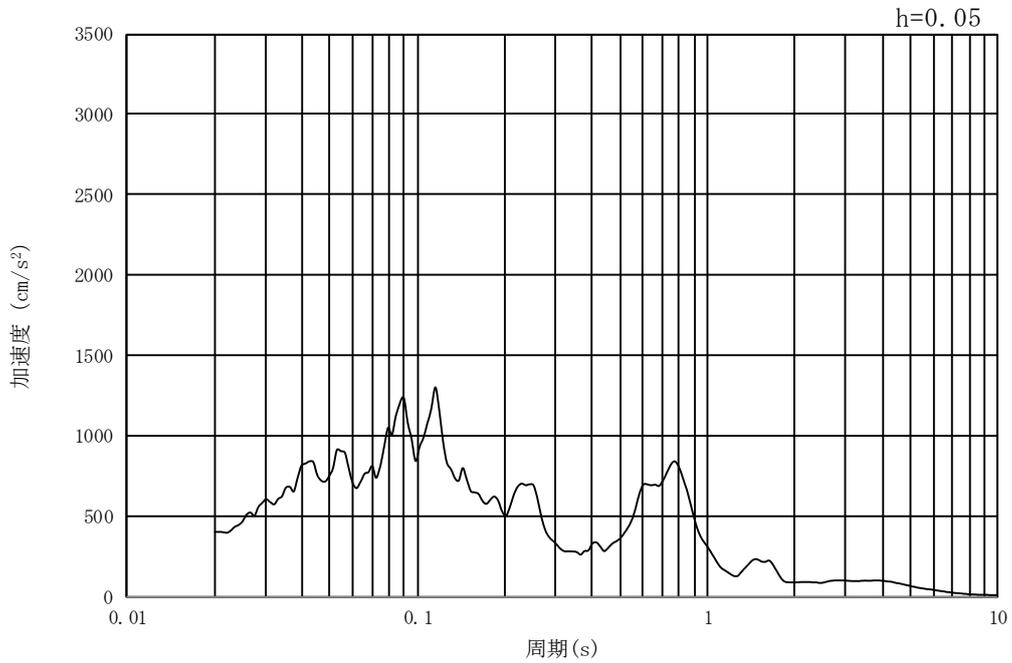


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (9) 東西方向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
(水平方向: $S_s - 14$)

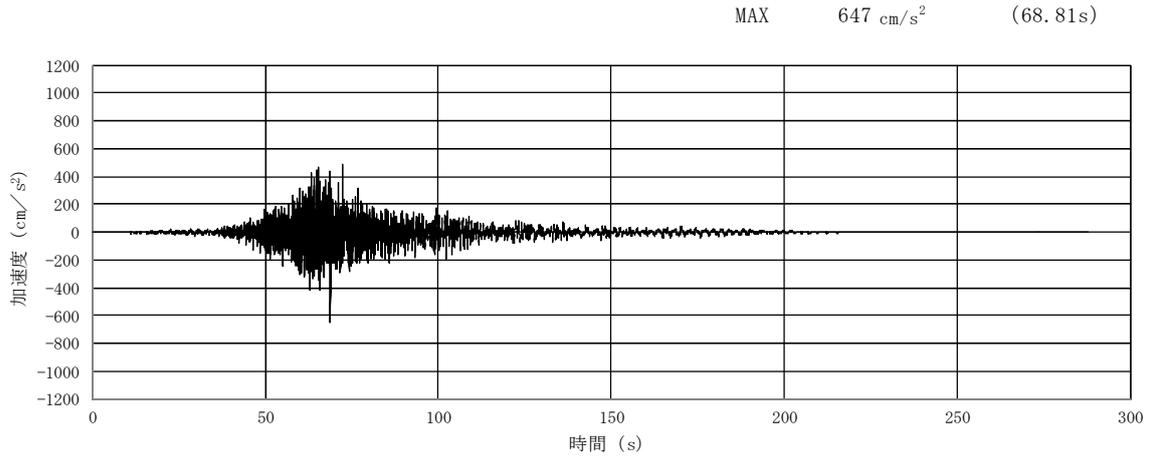


(a) 加速度時刻歴波形

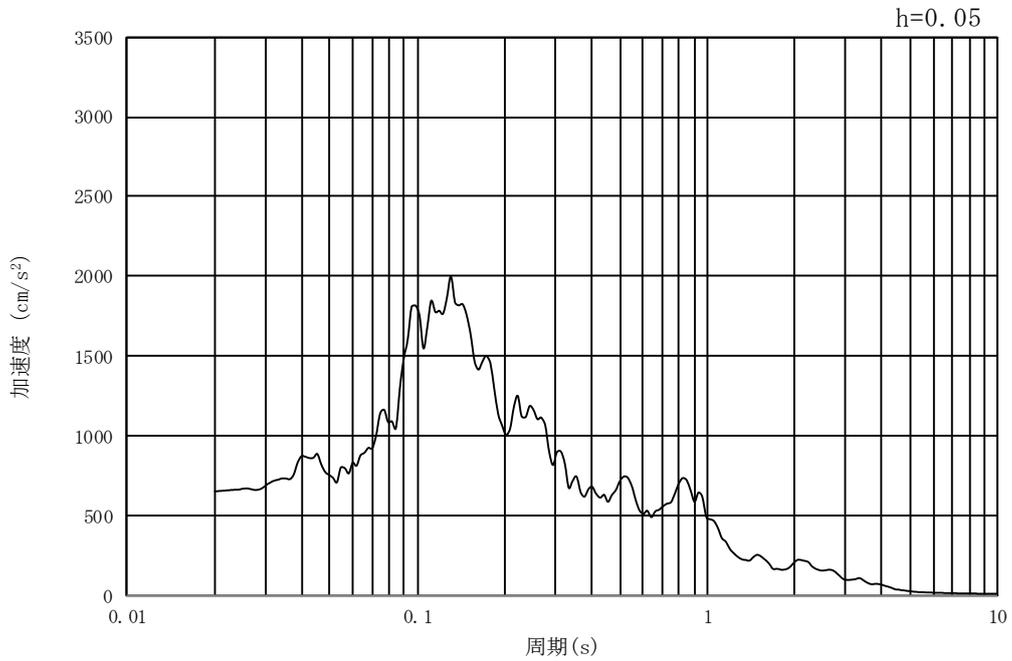


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (10) 東西方向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
(鉛直方向: $S_s - 14$)

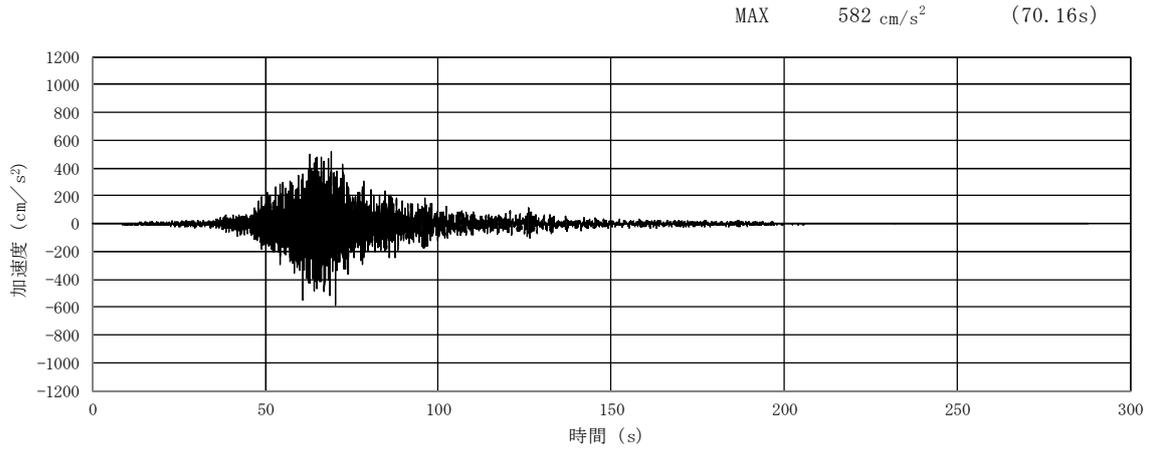


(a) 加速度時刻歴波形

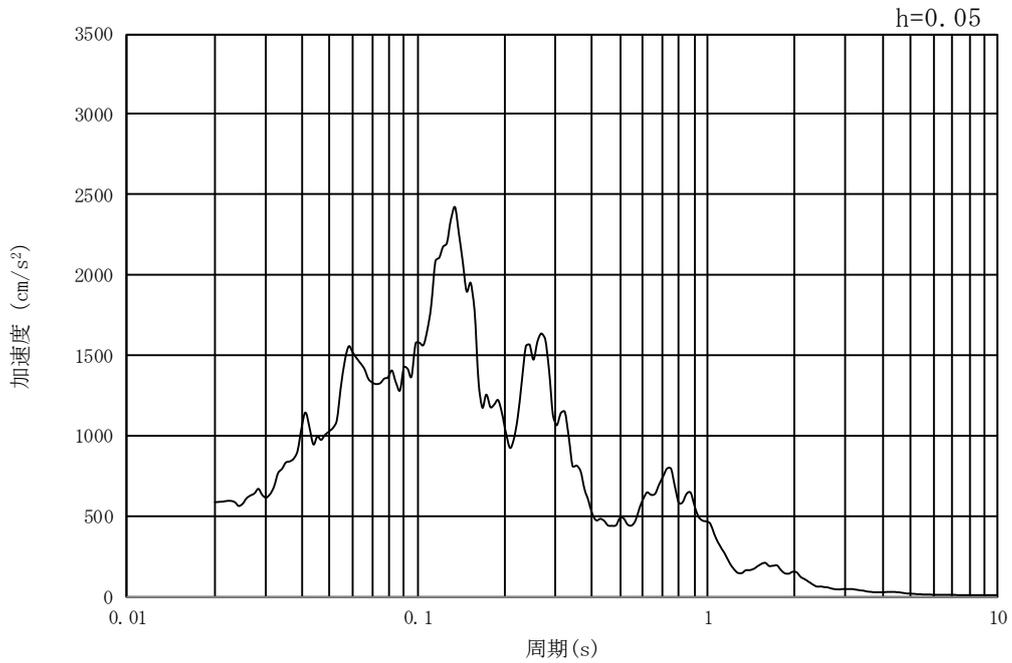


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (11) 東西方向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
(水平方向 : $S_s - 21$)

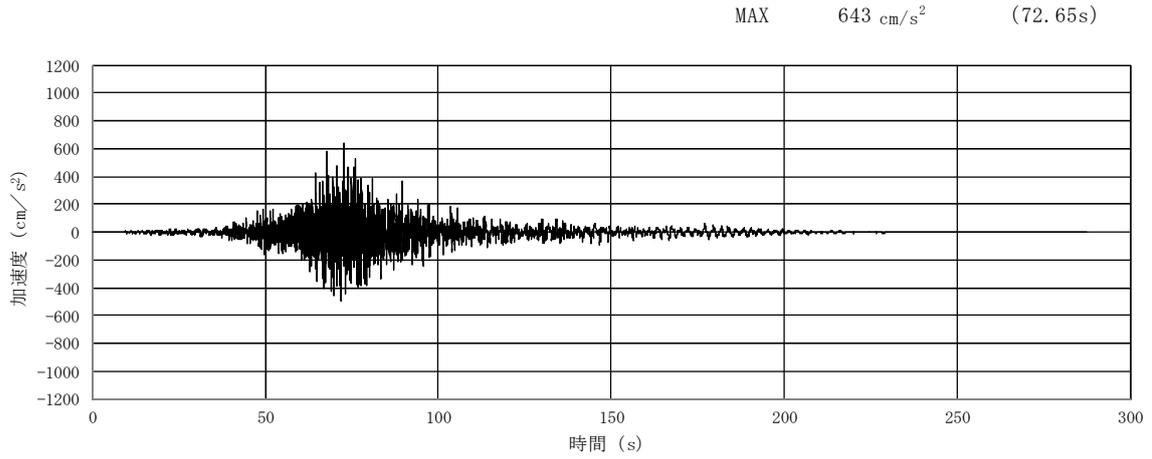


(a) 加速度時刻歴波形

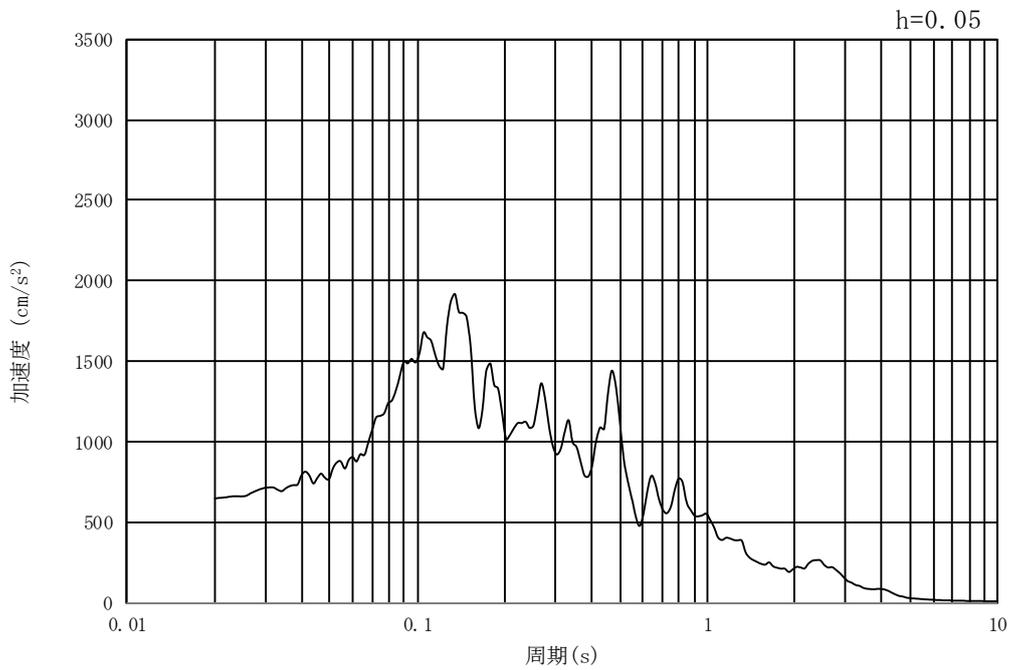


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (12) 東西方向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
(鉛直方向: $S_s - 21$)

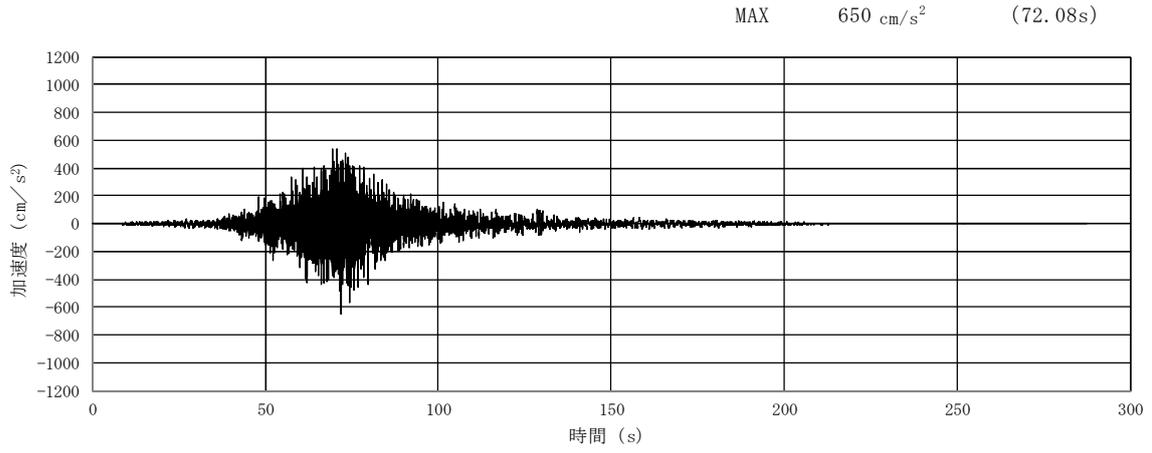


(a) 加速度時刻歴波形

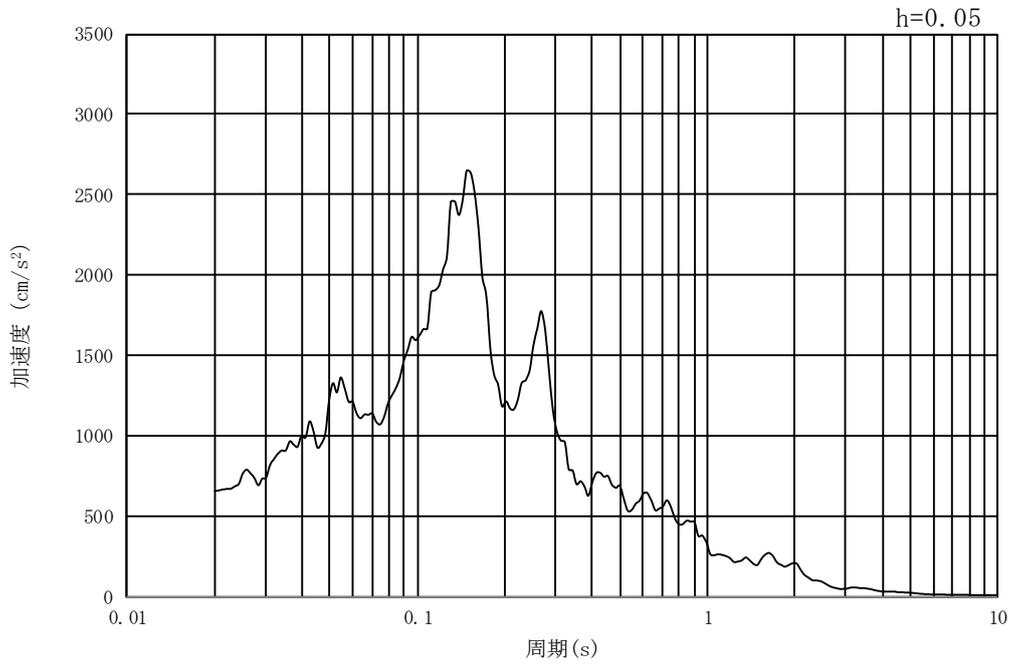


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (13) 東西方向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
(水平方向: $S_s - 22$)

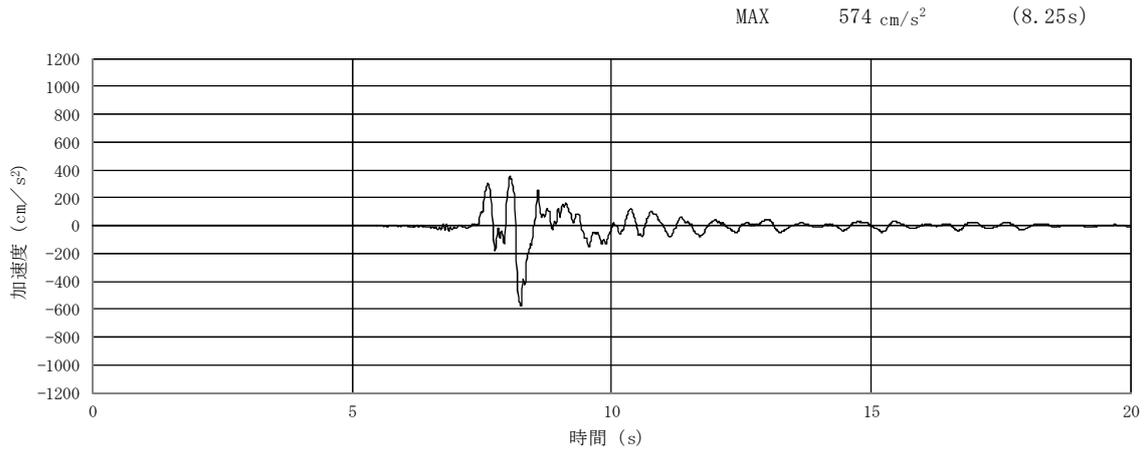


(a) 加速度時刻歴波形

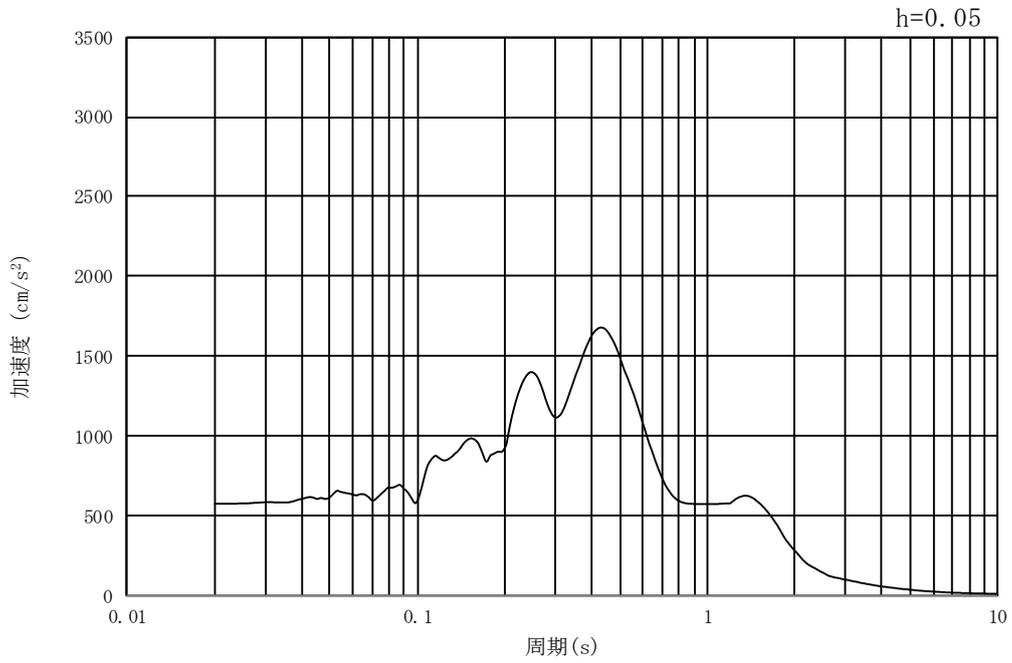


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (14) 東西方向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
(鉛直方向: $S_s - 22$)

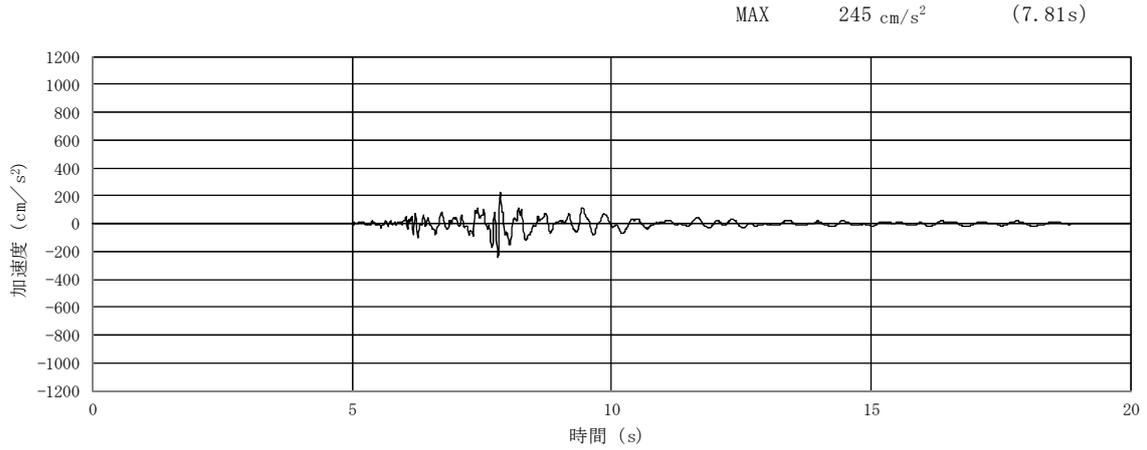


(a) 加速度時刻歴波形

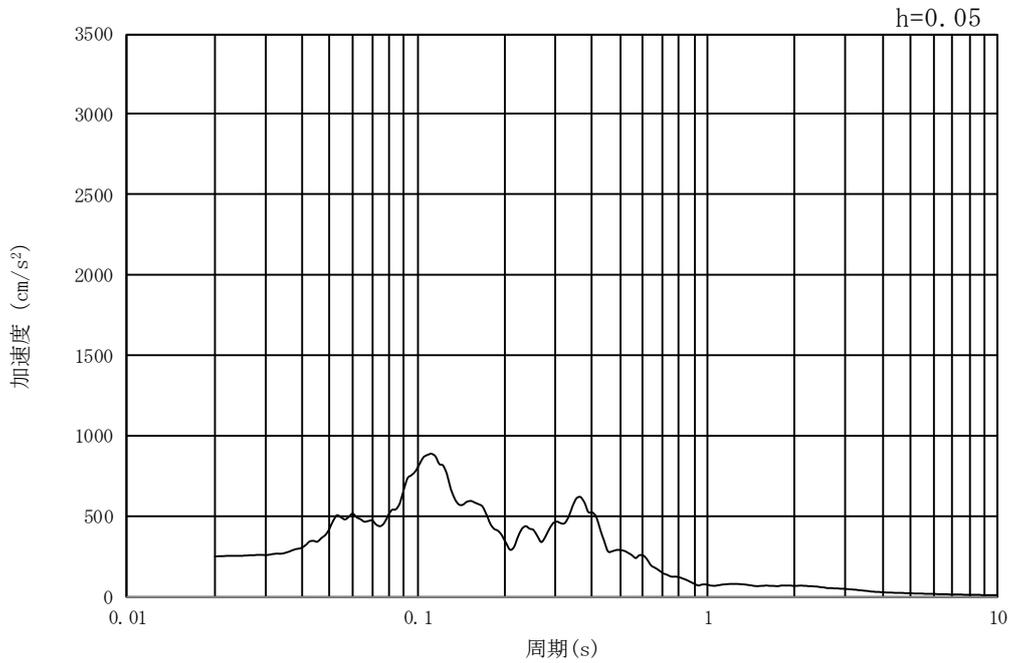


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (15) 東西方向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
(水平方向: $S_s - 31$)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (16) 東西方向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
(鉛直方向： $S_s - 31$)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

常設低圧代替注水系配管カルバートの地震応答解析モデルを第3-5図に示す。

(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

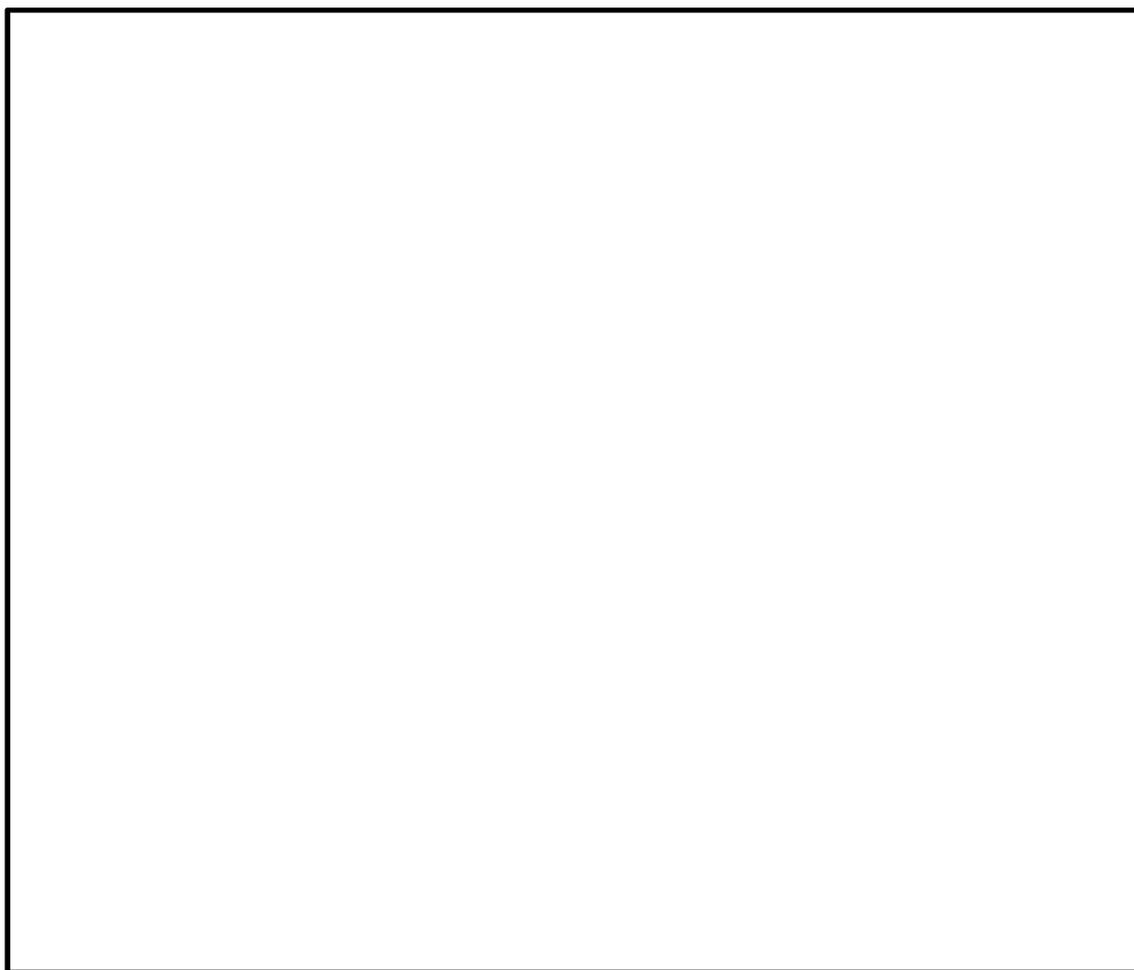
解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

構造物は、線形はり要素でモデル化する。

(4) 地盤のモデル化

地盤は、地質断面図に基づき、マルチスプリング要素でモデル化する。



第3-5図 常設低圧代替注水系配管カルバートの地震応答解析モデル

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

使用材料を第3-2表に、材料の物性値を第3-3表に示す。

第3-2表 使用材料

材料	諸元
コンクリート	設計基準強度 40 N/mm ²
鉄筋	SD345, SD390

第3-3表 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
鉄筋コンクリート	24.5	3.1×10 ⁴	0.2
人工岩盤	23.0	2.2×10 ⁴	0.2

3.5.3 地盤の物性値

地盤の物性値は、V-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。

V-2-2-30 常設低圧代替注水系配管カルバート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	6
3. 耐震評価	7
3.1 評価対象断面	7
3.2 許容限界	9
3.3 評価方法	11

1. 概要

本資料は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」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、常設低圧代替注水系配管カルバートが基準地震動 S_s に対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認するものである。

常設低圧代替注水系配管カルバート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。

2. 基本方針

2.1 位置

常設低圧代替注水系配管カルバートの平面配置図を第2-1図に示す。

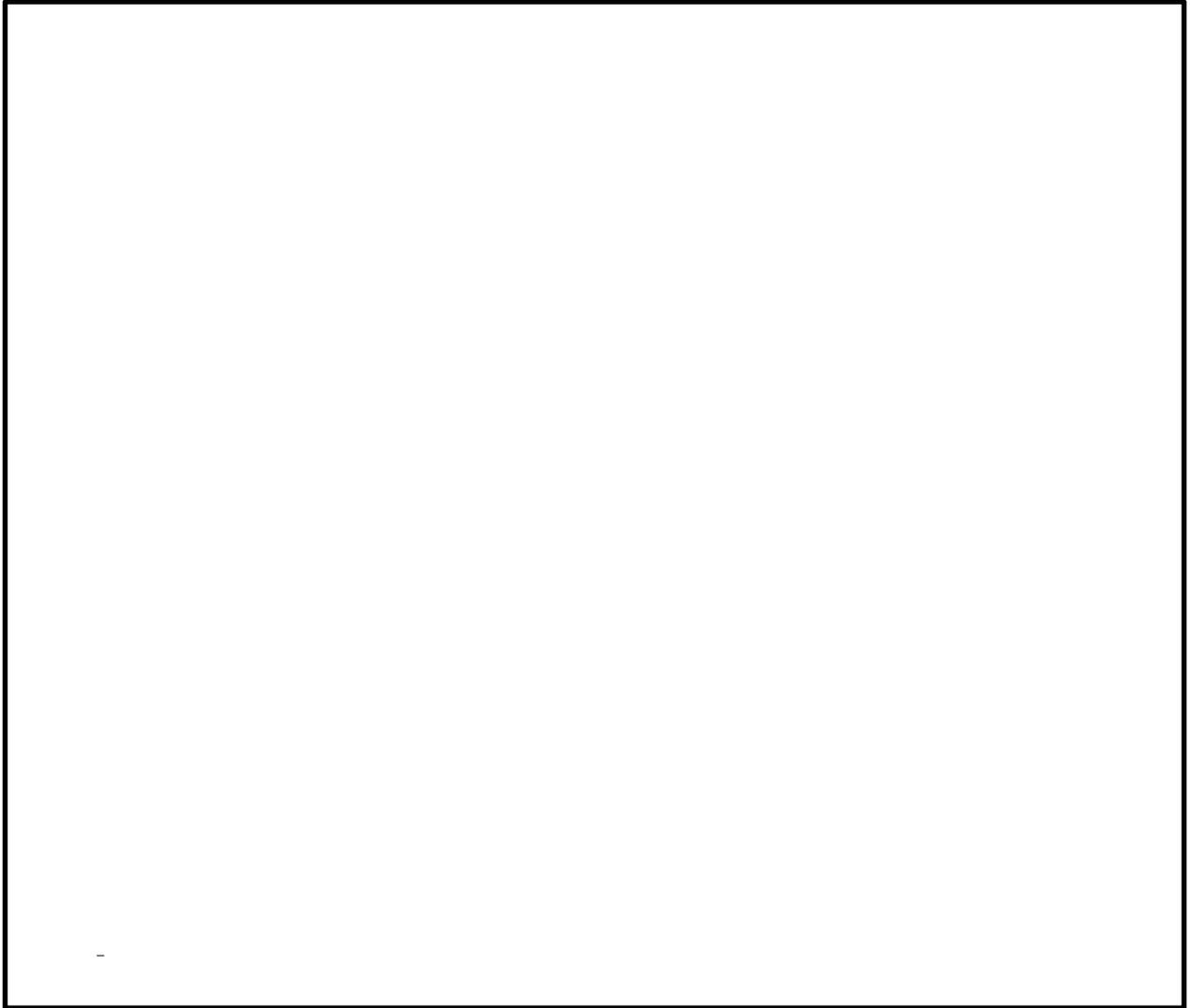


第2-1図 常設低圧代替注水系配管カルバート平面配置図

2.2 構造概要

常設低圧代替注水系配管カルバートは、延長 19.5 m、内空及び内空高さ 2.3 m の鉄筋コンクリート造の一連のボックスカルバートであり、十分な支持性能を有する岩盤に人工岩盤を介し設置する。

常設低圧代替注水系配管カルバートの断面図を第 2-2 図に示す。



第 2-2 図 常設低圧代替注水系配管カルバート断面図

2.3 評価方針

常設低圧代替注水系配管カルバートは、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。

常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震性評価は、V-2-2-29「常設低圧代替注水系配管カルバートの地震応答計算書」により得られた解析結果に基づき、重大事故等対処施設の評価として、第2-1表に示すとおり、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、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。

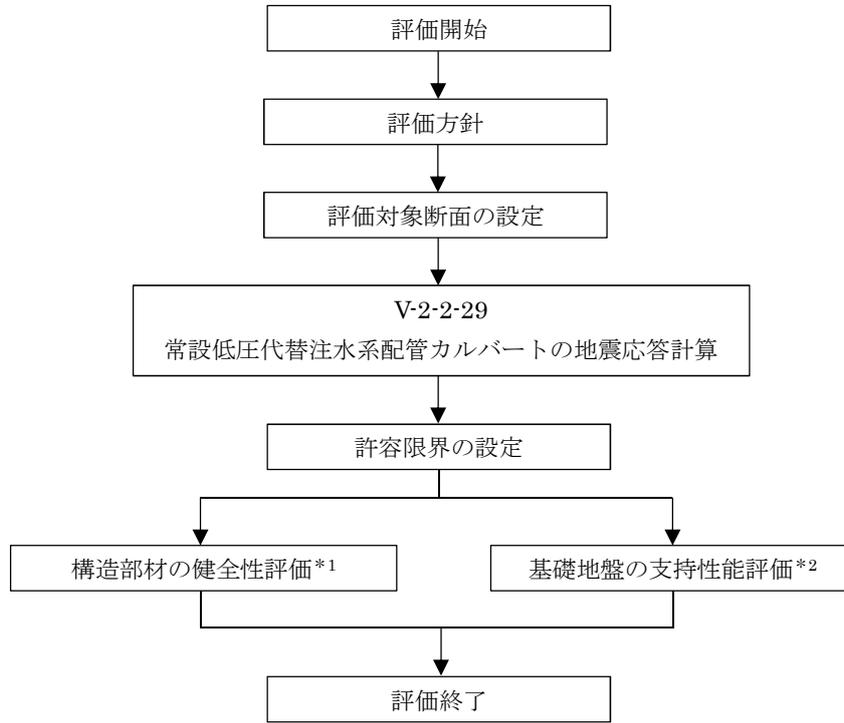
基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震評価フローを第2-4図に示す。

第2-1表 常設低圧代替注水系配管カルバートの評価項目

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	構造部材の健全性	全構造部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
SA施設を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	全構造部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度

注記 *：妥当な安全余裕を考慮する。



- 注記 *1：構造部材の健全性評価を実施することで第 2-1 表に示す「構造強度を有すること」及び「SA施設を支持する機能を損なわないこと」を満足することを確認する。
- *2：基礎地盤の支持性能評価を実施することで第 2-1 表に示す「構造強度を有すること」を満足することを確認する。

第 2-4 図 常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

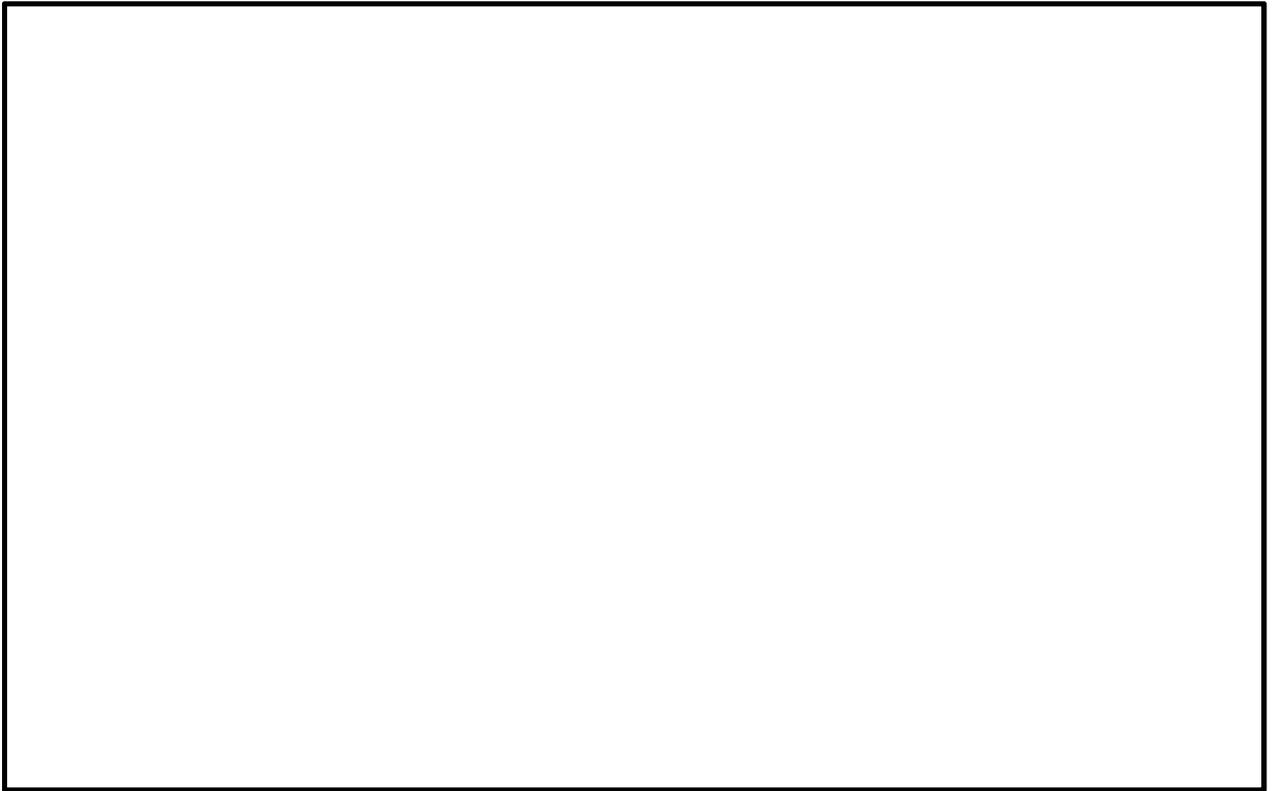
- コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）
- 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）
- 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会，2005年）
- 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）

3. 耐震評価

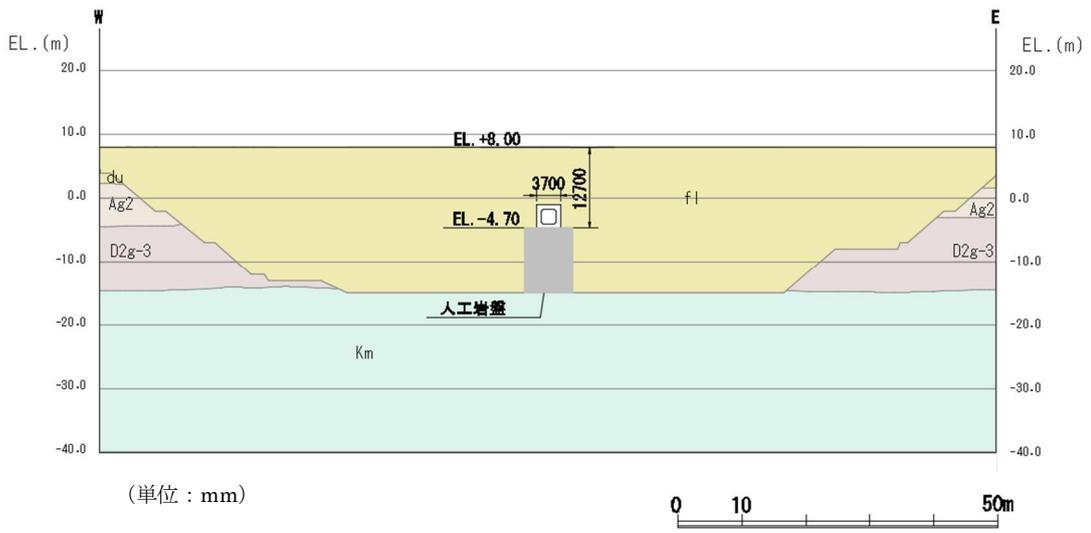
3.1 評価対象断面

常設低圧代替注水系配管カルバートは、構造物の軸直角方向が弱軸断面方向となるため、軸直角方向を評価対象断面とする。内空寸法が全て一様であり、構造物の周辺は広い範囲にわたって埋戻土であるため、軸直角方向において場所による相違はない。したがって、耐震評価対象断面は、軸直角方向に対して1断面を選定する。

常設低圧代替注水系配管カルバートの評価対象断面位置図を第3-1図に、評価対象断面図を第3-2図に示す。



第3-1図 常設低圧代替注水系配管カルバートの評価対象断面位置図



第3-2図 常設低圧代替注水系配管カルバート 評価対象断面図

3.2 許容限界

許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

新設屋外重要土木構造物の構造部材の曲げについては許容応力度、構造部材のせん断については許容せん断応力度を許容限界の基本とするが、構造部材のうち、鉄筋コンクリートの曲げについては限界層間変形角又は終局曲率、鋼材の曲げについては終局曲率、鉄筋コンクリート及び鋼材のせん断についてはせん断耐力を許容限界とする場合もある。

限界層間変形角、終局曲率及びせん断耐力に対しては妥当な安全余裕を持たせた許容限界とし、それぞれの安全余裕については各施設の機能要求等を踏まえ設定する。

(1) 構造部材に対する許容限界

常設低圧代替注水系配管カルバートの照査は、許容応力度による照査を基本とする。許容応力度については、「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）」に基づき、第3-1表のとおり設定する。なお、第3-1表に示す許容応力度は短期許容応力度とし、短期許容応力度は耐震設計上考慮する荷重が地震荷重であることを考慮し、コンクリート及び鉄筋の許容応力度に対して1.5倍の割増しを考慮する。

第3-1表 許容応力度（短期）

評価項目		短期許容応力度 (N/mm ²)	
コンクリート ($f'_{ck}=40$ N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	21	
	許容せん断応力度 τ_{a1}	0.825*	
鉄筋	SD345	許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	294
	SD390	許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	309

注記 *：斜め引張鉄筋を考慮する場合は、「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）」に準拠し、次式により求められる許容せん断力 (V_a) を許容限界とする。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで、

V_{ca} : コンクリートの許容せん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

V_{sa} : 斜め引張鉄筋の許容せん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot j \cdot d / s$$

τ_{a1} : 斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

b_w : 有効幅

j : 1/1.15

d : 有効高さ

A_w : 斜め引張鉄筋断面積
 σ_{sa} : 鉄筋の許容引張応力度
 s : 斜め引張鉄筋間隔

(2) 基礎地盤の支持力に対する許容限界

基礎地盤に作用する接地圧に対する許容限界は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」を考慮し、極限支持力に基づき設定する。

3.3 評価方法

常設低圧代替注水系配管カルバートの耐震評価は、V-2-2-29「常設低圧代替注水系配管カルバートの地震応答計算書」による地震応答解析結果を基に得られる照査用応答値が「3.2 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

(1) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートは、耐震評価により算定した曲げ圧縮応力、曲げ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する。

(2) 基礎地盤の支持力

基礎地盤の支持性能評価においては、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

V-2-2-31 S A用海水ピットの地震応答計算書

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 解析方針	6
2.4 適用規格	7
3. 解析方法	8
3.1 評価対象断面	8
3.2 解析方法	11
3.3 荷重及び荷重の組合せ	12
3.4 入力地震動	13
3.5 解析モデル及び諸元	14

1. 概要

本資料は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施するSA用海水ピットの地震応答解析について説明するものである。

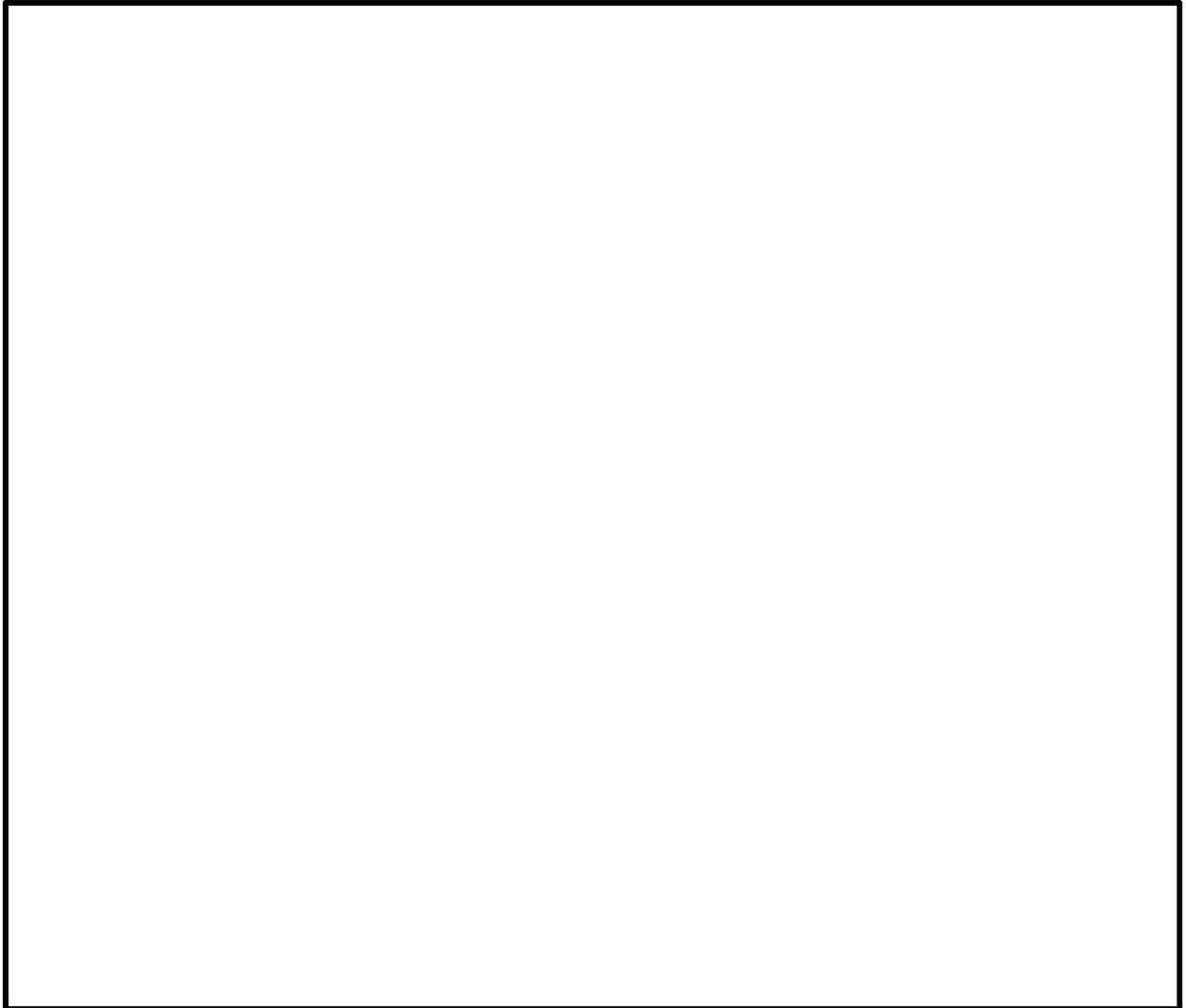
本地震応答解析は、機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。

また、SA用海水ピット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。その際、耐震設計に用いる応答値はこの地震応答解析による断面力及び基礎地盤に生じる接地圧とする。

2. 基本方針

2.1 位置

非常用海水取水設備の平面配置図を第 2-1 図に示す。

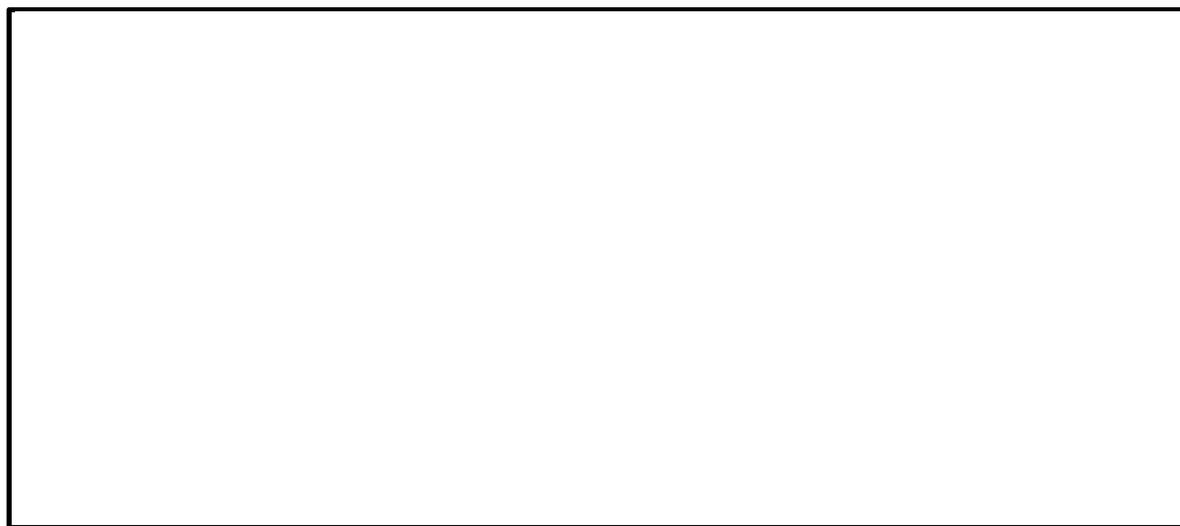


第 2-1 図 非常用海水取水設備 平面配置図

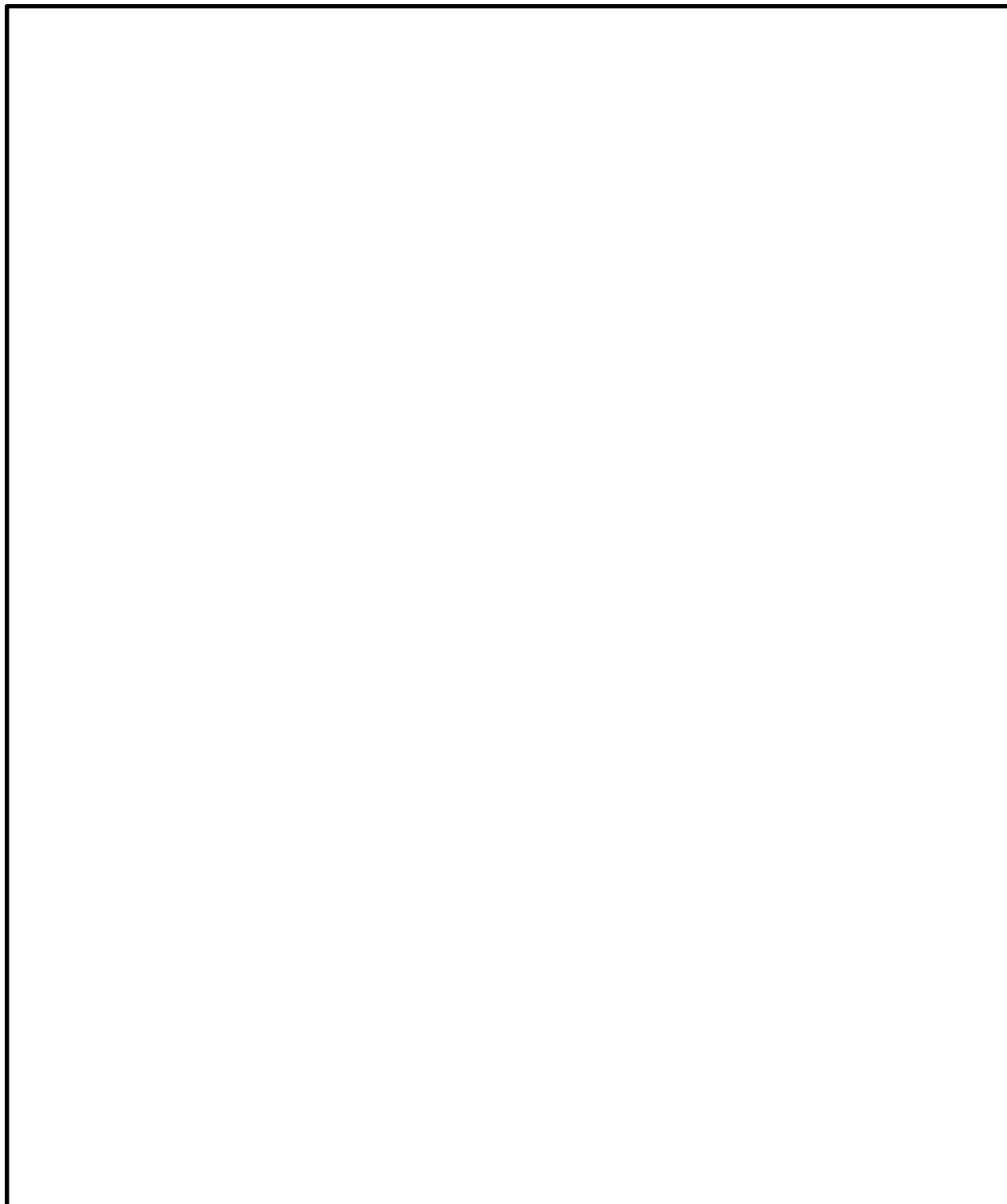
2.2 構造概要

SA用海水ピットは、外径約 14 m、内径約 10 m、高さ約 34 m の鉄筋コンクリート造の円筒状の地中構造物で、岩盤に設置する。SA用海水ピットの鉄筋コンクリート躯体上部には、外郭浸水防護設備であるSA用海水ピット開口部浸水防止蓋を設置する。また、SA時の可搬型設備の取水ポンプを載せる中床版を設けている。SA用海水ピットにおける海水引込み管及び緊急用海水取水管は、底版から約 1.9 m 上方に設置されており、堆砂による影響を軽減している。

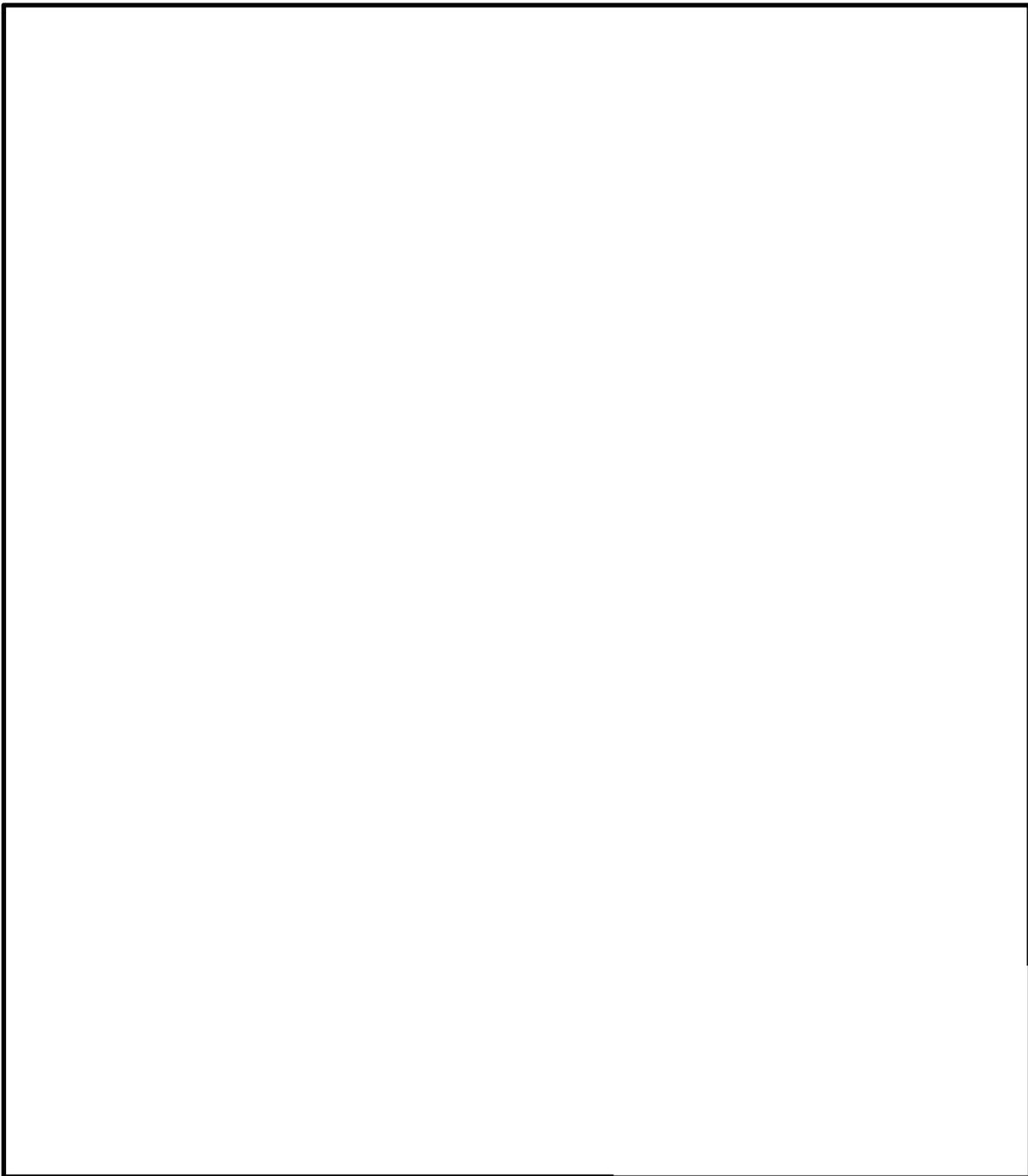
SA用海水ピットの平面位置図を第 2-2 図、構造図を第 2-3 図に示す。



第 2-2 図 SA用海水ピット 平面位置図



第2-3図(1) SA用海水ピット構造図(鉛直断面)



第2-3図(2) SA用海水ピット構造図(水平断面)

2.3 解析方針

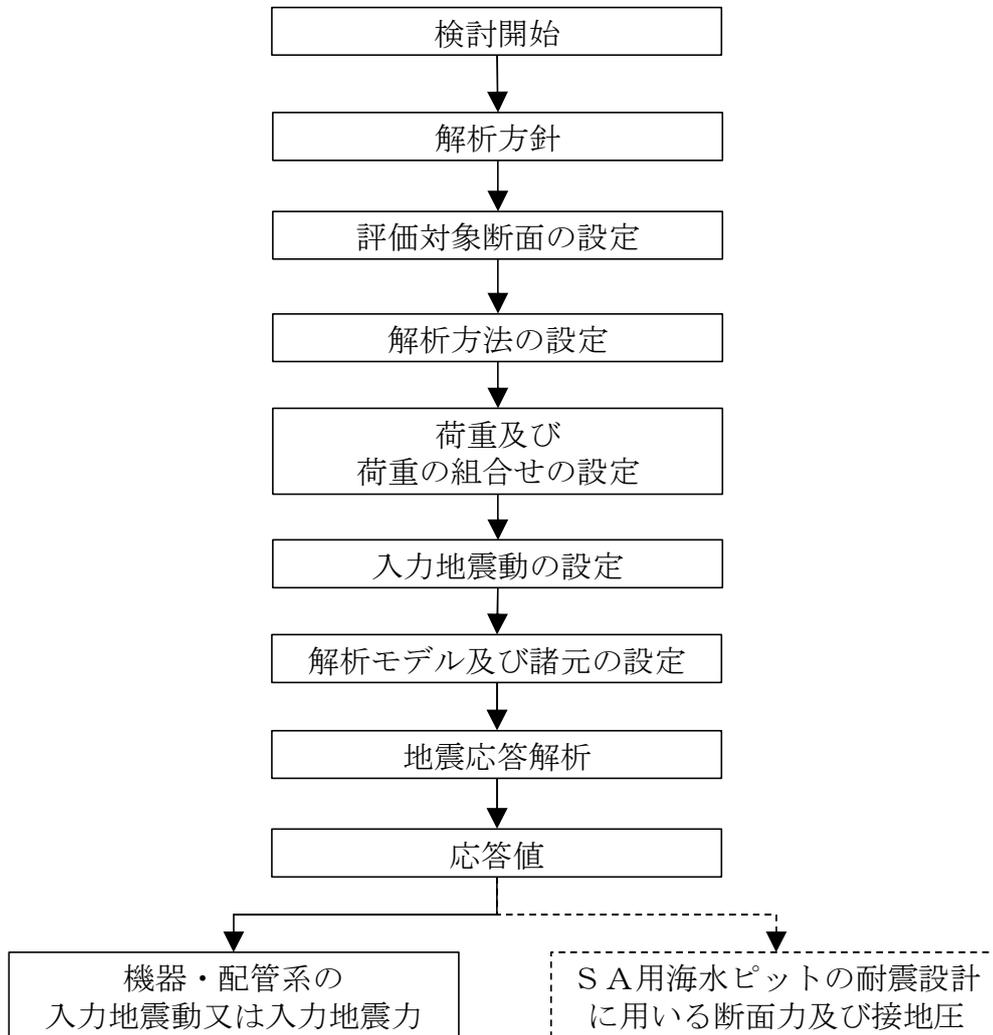
S A用海水ピットは、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、設置（変更）許可申請書に記載の基準地震動 S_0 に対して解析を実施する。

第2-4図にS A用海水ピット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」にて設定する断面において、「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て行う。

時刻歴非線形解析は、「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・配管系の入力地震動又は入力地震力に用い、断面力及び接地圧は、S A用海水ピットの耐震設計に用いる。



第2-4図 S A用海水ピットの地震応答解析フロー

2.4 適用規格

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

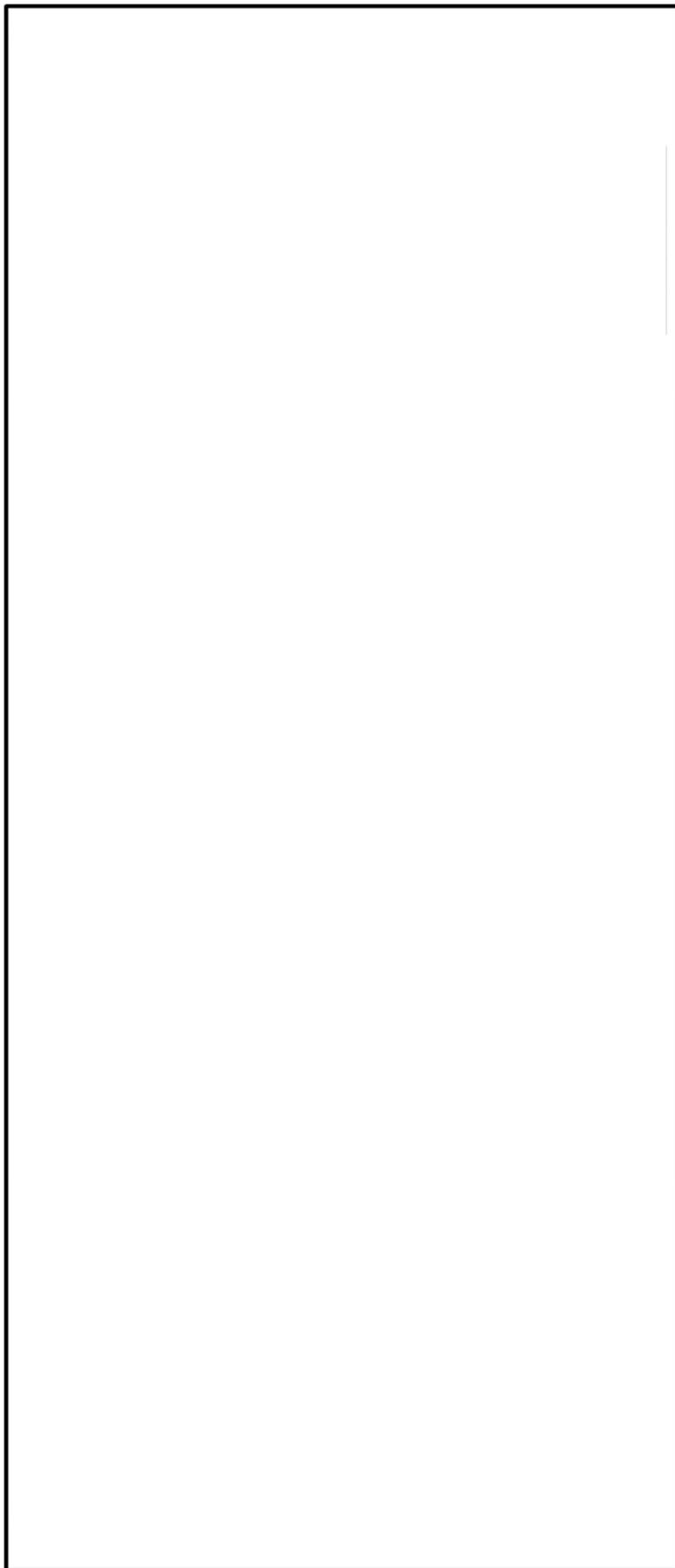
SA用海水ピットは、内径約 10 m、内空高さ約 28 m の円筒形の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置する。また、SA用海水ピットは、岩盤内で海水引込み管及び緊急用海水取水管が接続する構造で、双方の管路はSA用海水ピットへ直交して接続される。

SA用海水ピットは、円筒形の鉄筋コンクリート構造物であり、明確な弱軸方向断面がないことから、SA用海水ピットに接続する海水引込み管及び緊急用海水取水管に着目し、直交する両管路の縦断2方向の断面を選定する。

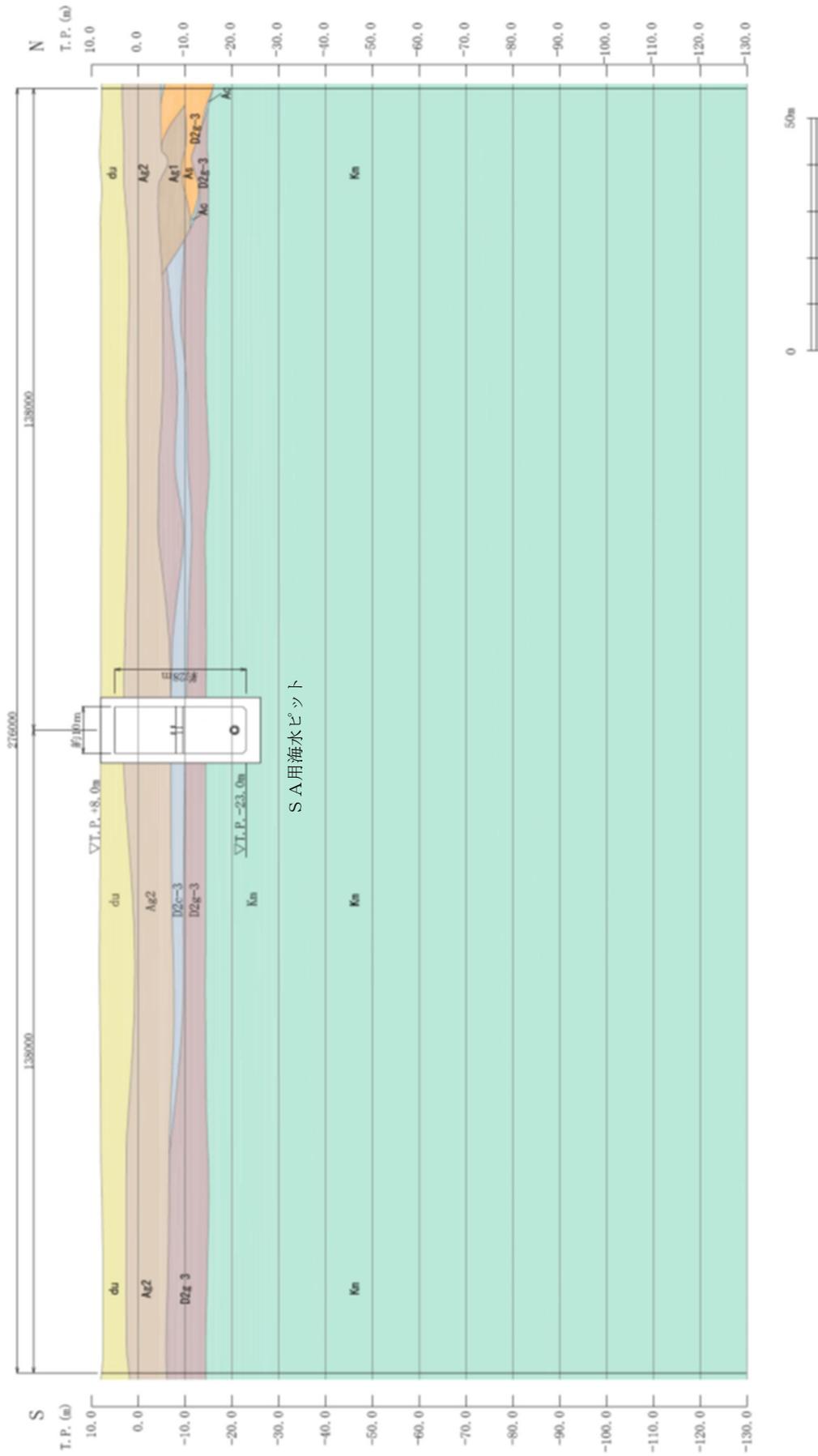
SA用海水ピットの評価対象断面位置図を第 3-1 図に、評価対象断面図を第 3-2 図に示す。



第 3-1 図 SA用海水ピット 評価対象断面位置図



第3-2 図 (1) SA用海水ピット 評価対象断面図 (①-①断面)



第3-2図 (2) S A用海水ピット 評価対象断面図 (②-②断面)

3.2 解析方法

地震応答解析は、V-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。

地震応答計算では、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できる有効応力解析を実施する。有効応力解析に用いる液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定することを基本とする。

地中土木構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する場合は、原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性）を設定する。

上部土木構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の影響を考慮する場合は、原地盤において非液状化の条件を仮定した解析を実施する。

地震応答解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」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、別紙「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、線形はり要素でモデルする。

3.2.2 地盤

V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示す有効応力解析用地盤物性値に基づき、地盤の有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できるモデルとする。

3.2.3 減衰特性

時刻歴非線形解析における減衰特性については、固有値解析にて求められる固有振動数に基づく Rayleigh 減衰を考慮する。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、V-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

SA用海水ピット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、風荷重は考慮しない。

(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

SA用海水ピット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、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として内部水による内水圧及び外水圧による荷重及び積雪荷重を考慮する。

(3) 地震荷重 (K_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

荷重の組合せを第3-1表に示す。

第3-1表 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S_s)	$G + P + K_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

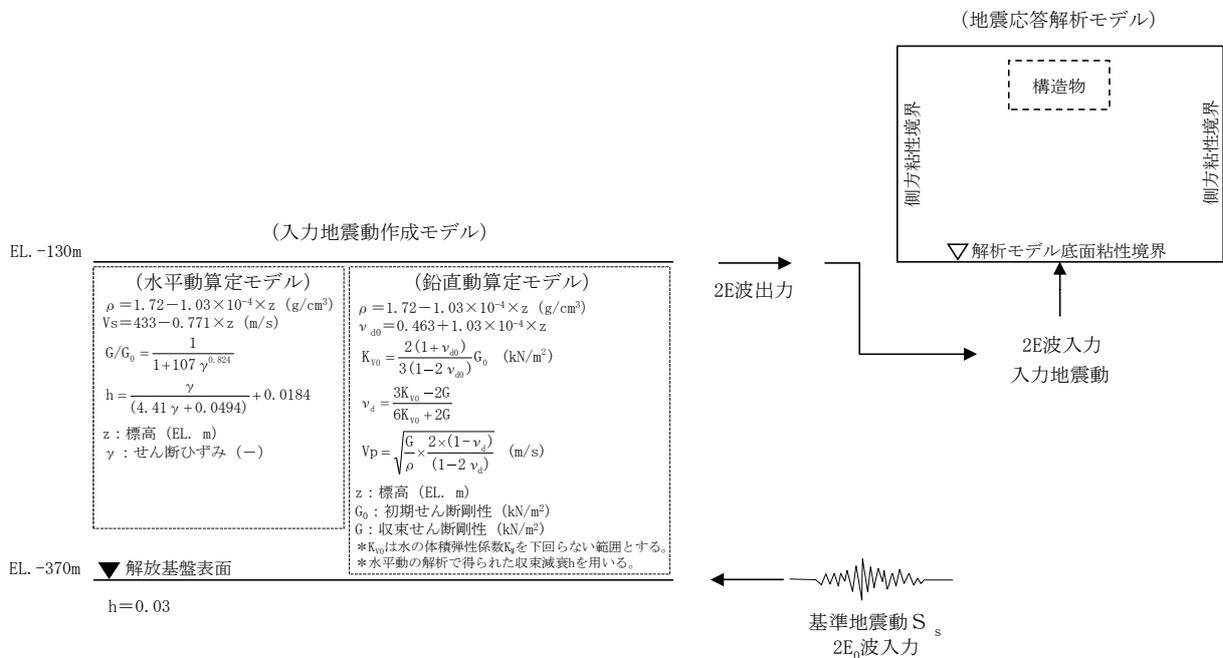
K_s : 地震荷重

3.4 入力地震動

入力地震動は、V-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、1次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。入力地震動算定の概念図を第3-3図に示す。

入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」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、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



第3-3図 入力地震動算定の概念図

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

S A用海水ピットの地震応答解析全体モデルを第3-4図に示す。

(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

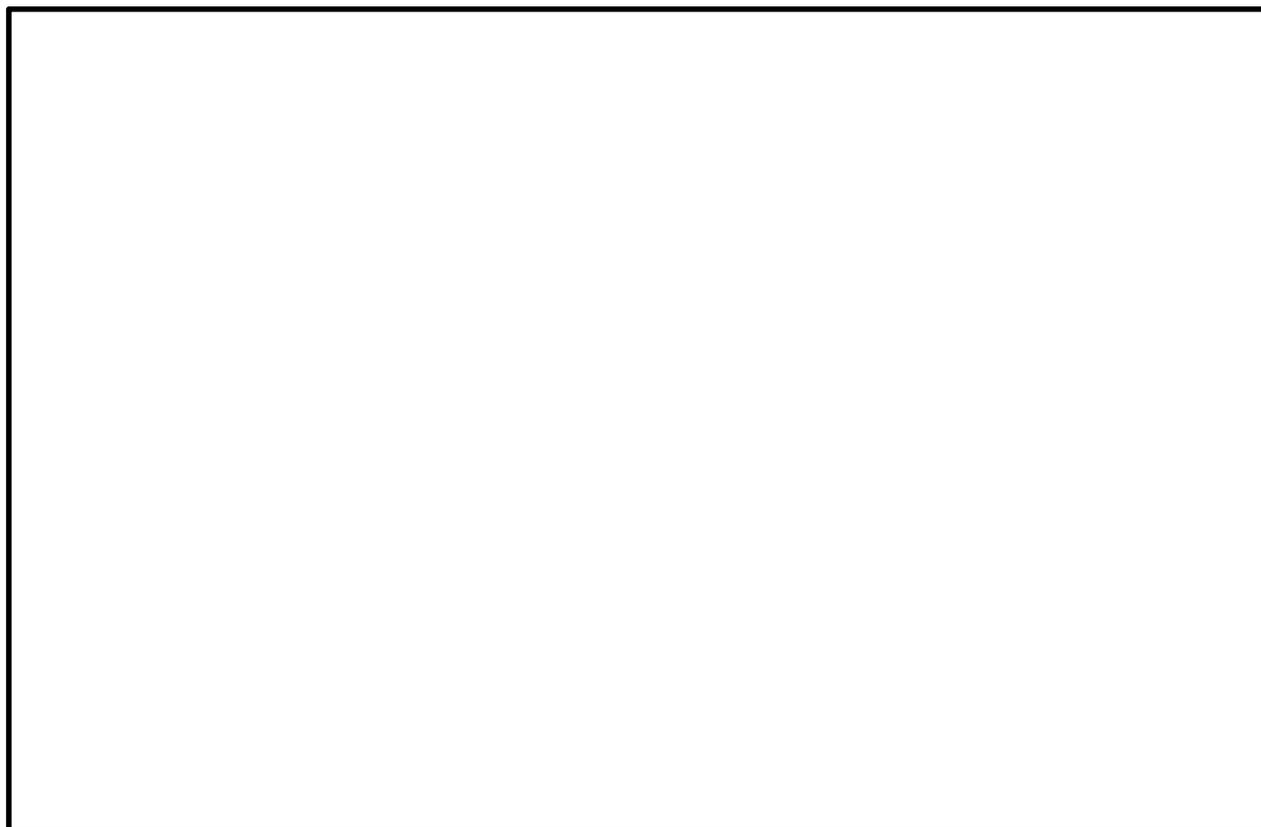
解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

構造物は、線形はり要素でモデル化する。

(4) 地盤のモデル化

地盤は、マルチスプリング要素でモデル化する。



引込み管軸直交方向（②-②断面）の解析モデル

第3-4図 SA用海水ピットの地震応答解析モデル

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

使用材料を第3-2表に、材料の物性値を第3-3表に示す。

第3-2表 使用材料

材料	諸元
コンクリート	設計基準強度 40 N/mm ²
鉄筋	SD390, SD490

第3-3表 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
鉄筋コンクリート	24.5	3.1×10 ⁴	0.2

3.5.3 地盤の物性値

地盤の物性値は、V-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。

V-2-2-32 S A用海水ピット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	6
2.4 適用規格	8
3. 耐震評価	9
3.1 評価対象断面	9
3.2 許容限界	12
3.3 評価方法	14

1. 概要

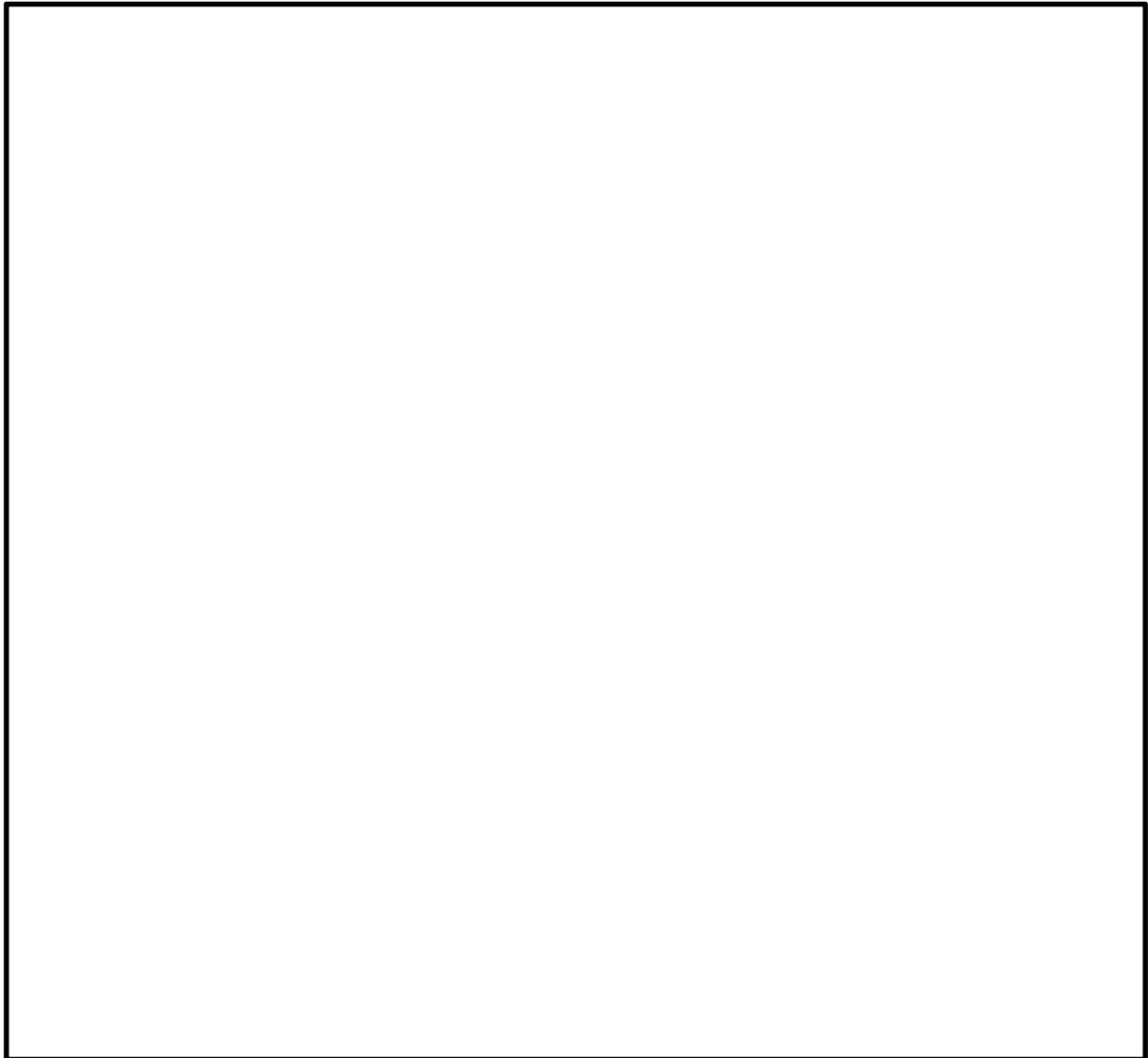
本資料は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、SA用海水ピットが基準地震動に対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

SA用海水ピット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。

2. 基本方針

2.1 位置

非常用海水取水設備の平面配置図を第 2-1 図に示す。

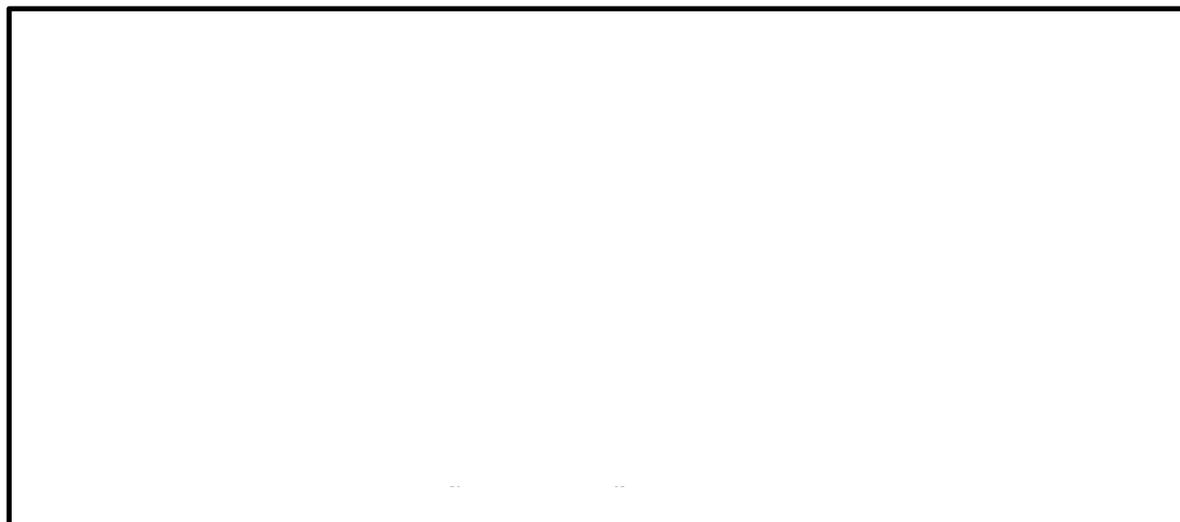


第 2-1 図 非常用海水取水設備 平面配置図

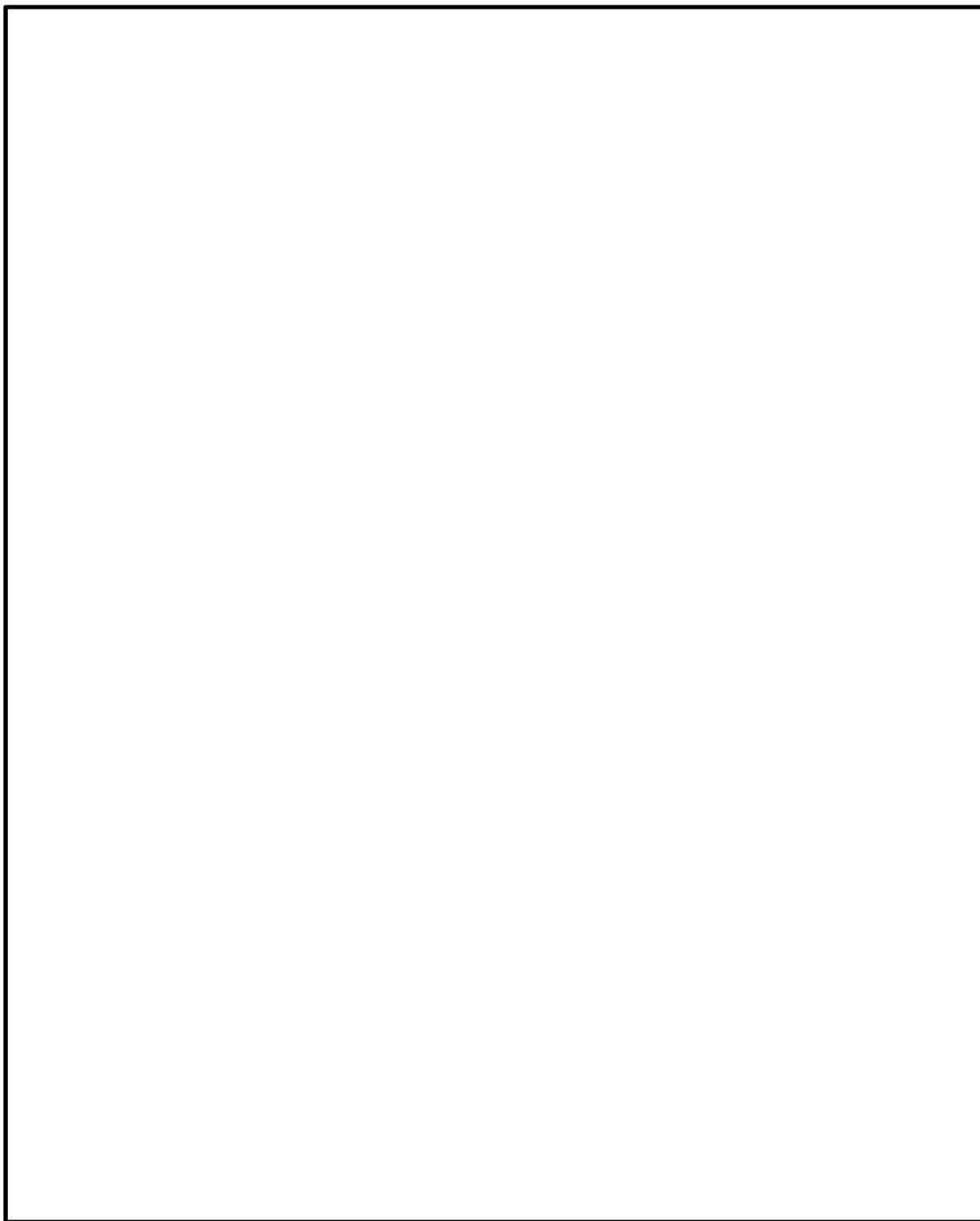
2.2 構造概要

SA用海水ピットは、外径約 14 m、内径約 10 m、高さ約 34 m の鉄筋コンクリート造の円筒状の地中構造物で、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置する。非常時においては海水の通水機能を求められる土木構造物であり、鉄筋コンクリート躯体上部には、外郭浸水防護設備であるSA用海水ピット開口部浸水防止蓋を設置する。

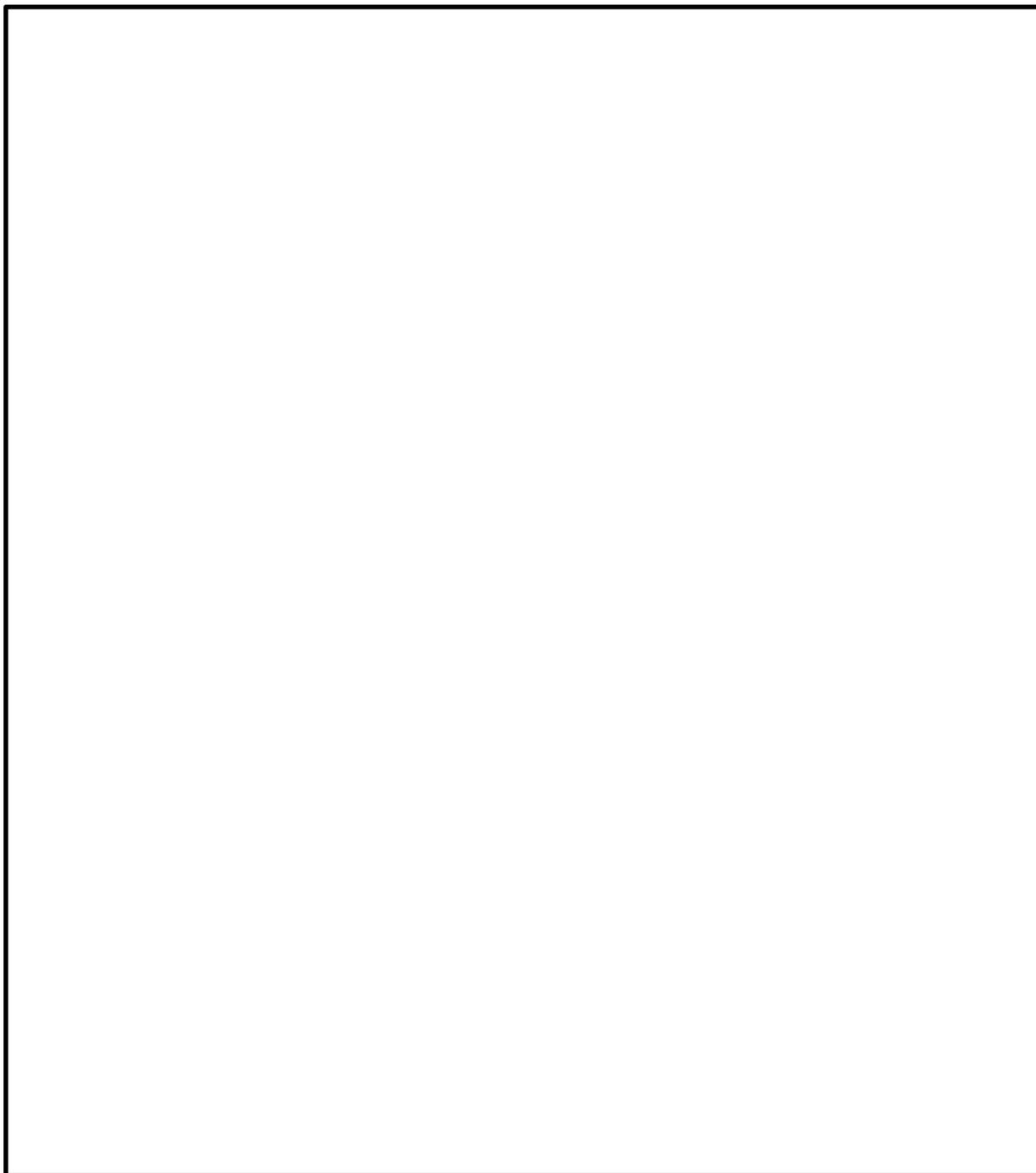
SA用海水ピットの平面位置図を第 2-2 図、構造図を第 2-3 図に示す。



第 2-2 図 SA用海水ピット 平面位置図



第2-3図 (1) SA用海水ピット構造図 (鉛直断面)



第2-3図(2) SA用海水ピット構造図(水平断面)

2.3 評価方針

SA用海水ピットは、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に分類される。

SA用海水ピットの耐震評価は、地盤の2次元動的有効応力解析により得られた解析結果に基づき、重大事故等対処施設の評価として、第2-1表に示すとおり、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、地震応答解析に基づく発生応力が許容限界以下であることを確認する。

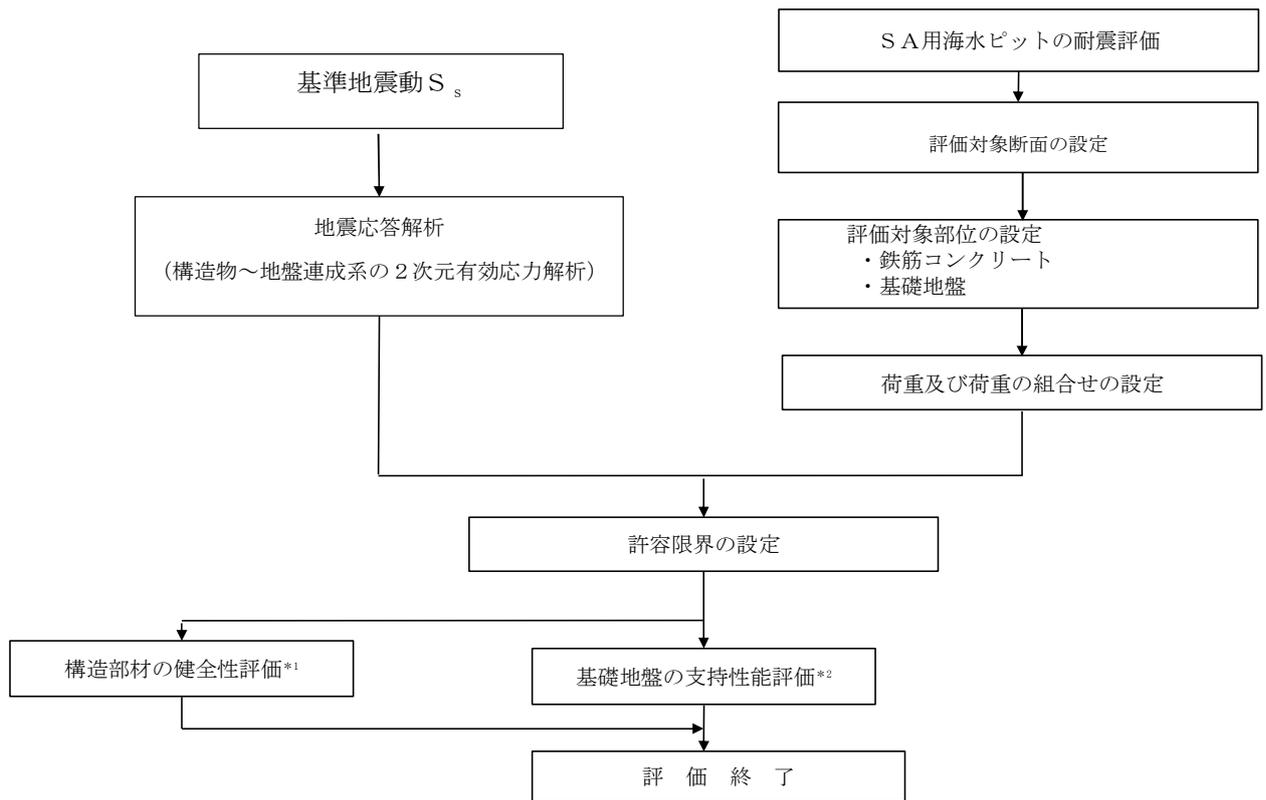
基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

SA用海水ピットの耐震評価フローを第2-4図に示す。

第2-1表 SA用海水ピットの評価項目

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	構造部材の健全性	全構造部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*

注記 *：妥当な安全余裕を考慮する。



- 注記 *1：構造部材の健全性を評価することで、第 2-1 表に示す「構造強度を有すること」を満足することを確認する。
- *2：基礎地盤の支持性能評価を実施することで、第 2-1 表に示す「構造強度を有すること」を満足することを確認する。

第 2-4 図 S A用海水ピットの耐震評価フロー

2.4 適用規格

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. 耐震評価

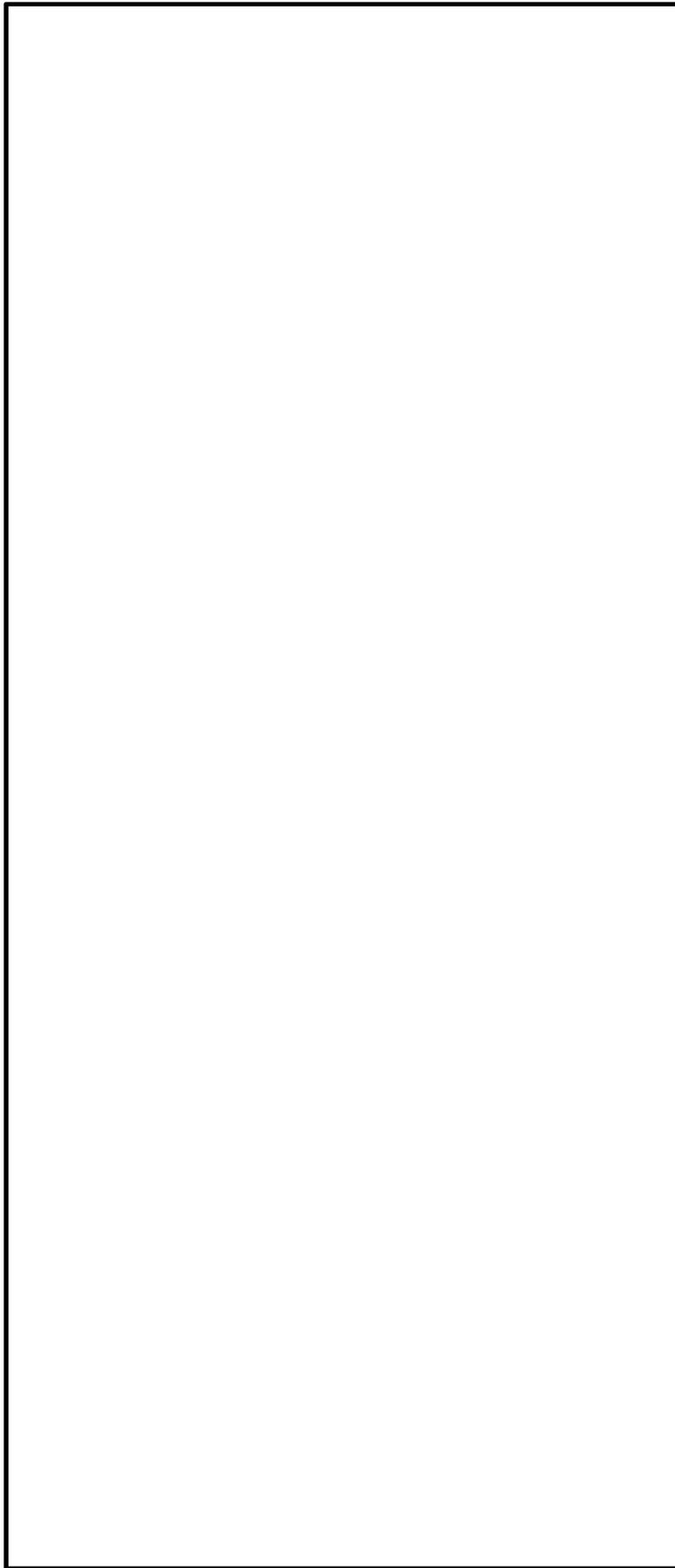
3.1 評価対象断面

評価対象断面は、V-2-2-31「SA用海水ピットの地震応答解析」における評価対象断面と同様とする。

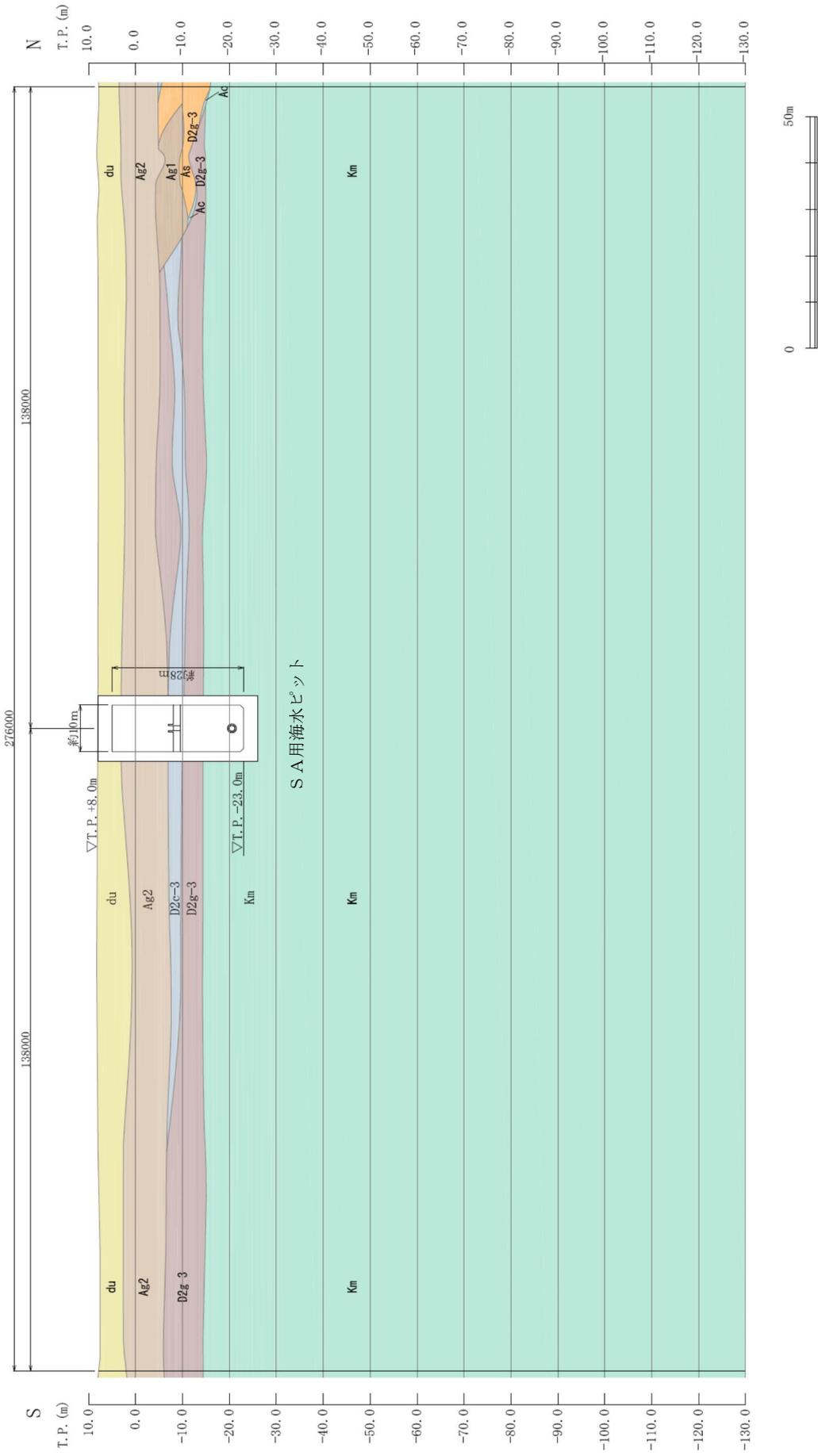
SA用海水ピットの評価対象断面位置図を第3-1図に、評価対象断面図を第3-2図に示す。



第3-1図 SA用海水ピット 評価対象断面位置図



第3-2図 (1) SA用海水ピット 評価対象断面図 (①-①断面)



第3-2図 (2) SA用海水ピット 評価対象断面図 (②-②断面)

3.2 許容限界

許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

新設屋外重要土木構造物の構造部材の曲げについては許容応力度、構造部材のせん断については許容せん断応力度を許容限界の基本とするが、構造部材のうち、鉄筋コンクリートの曲げについては限界層間変形角又は終局曲率、鉄筋コンクリートのせん断についてはせん断耐力を許容限界とする場合もある。

限界層間変形角、終局曲率及びせん断耐力に対しては妥当な安全余裕を持たせた許容限界とし、それぞれの安全余裕については各施設の機能要求等を踏まえ設定する。

(1) 許容応力度による許容限界

許容応力度については、「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）及び道路橋示方書・同解説（I 共通編・IV 下部構造編，（社）日本道路協会，平成24年3月）に基づき第3-1表のとおり設定する。短期許容応力度は、コンクリート及び鉄筋の許容応力度に対して1.5倍の割増しを考慮する。

第3-1表 許容応力度（短期）

評価項目		短期許容応力度 (N/mm ²)	
コンクリート (f' _{ck} = 40 N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ _{ca}	21.0	
	許容せん断応力度 τ _{a1}	0.825*	
鉄筋	S D 345	許容引張応力度 σ _{sa}	294
	S D 390	許容引張応力度 σ _{sa}	309
	S D 490	許容引張応力度 σ _{sa}	435

注記 *：斜め引張鉄筋を考慮する場合は、「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）」に準拠し、次式により求められる許容せん断力（V_a）を許容限界とする。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで、

V_{ca} : コンクリートの許容せん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

V_{sa} : 斜め引張鉄筋の許容せん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot j \cdot d / s$$

τ_{a1} : 斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

b_w : 有効幅

j : 1/1.15

d : 有効高さ

A_w : 斜め引張鉄筋断面積
 σ_{sa} : 鉄筋の許容引張応力度
 s : 斜め引張鉄筋間隔

(2) 基礎地盤の支持性能における許容限界

基礎地盤に作用する接地圧に対する許容限界は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」を考慮し、極限支持力に基づき設定する。

3.3 評価方法

SA用海水ピットの耐震評価は、V-2-2-31「SA用海水ピットの地震応答解析」による解析結果を基に得られる照査用応答値が「3.2 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

3.3.1 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートは、耐震評価により算定した曲げ圧縮応力、曲げ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する。

3.3.2 基礎地盤の支持力

基礎地盤の支持性能評価においては、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

V-2-2-33 緊急用海水ポンプピットの地震応答計算書

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 解析方針	7
2.4 適用規格	8
3. 解析方法	9
3.1 評価対象断面	9
3.2 解析方法	11
3.3 荷重及び荷重の組合せ	12
3.4 入力地震動	14
3.5 解析モデル及び諸元	47

1. 概要

本資料は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施する緊急用海水ポンプピットの地震応答解析について説明するものである。

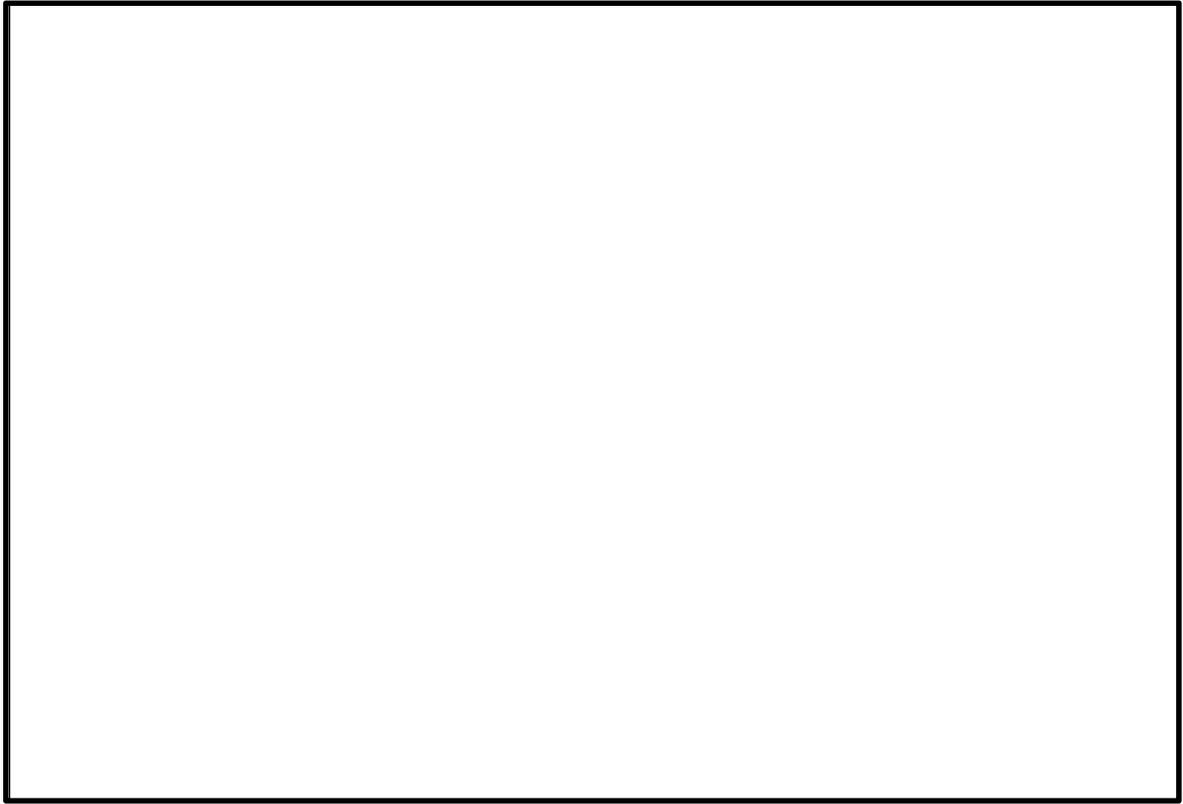
本地震応答解析は、機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。

また、緊急用海水ポンプピット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。その際、耐震設計に用いる応答値はこの地震応答解析による断面力及び基礎地盤に生じる接地圧とする。

2. 基本方針

2.1 位置

緊急用海水ポンプピットの平面位置図を第2-1図に示す。



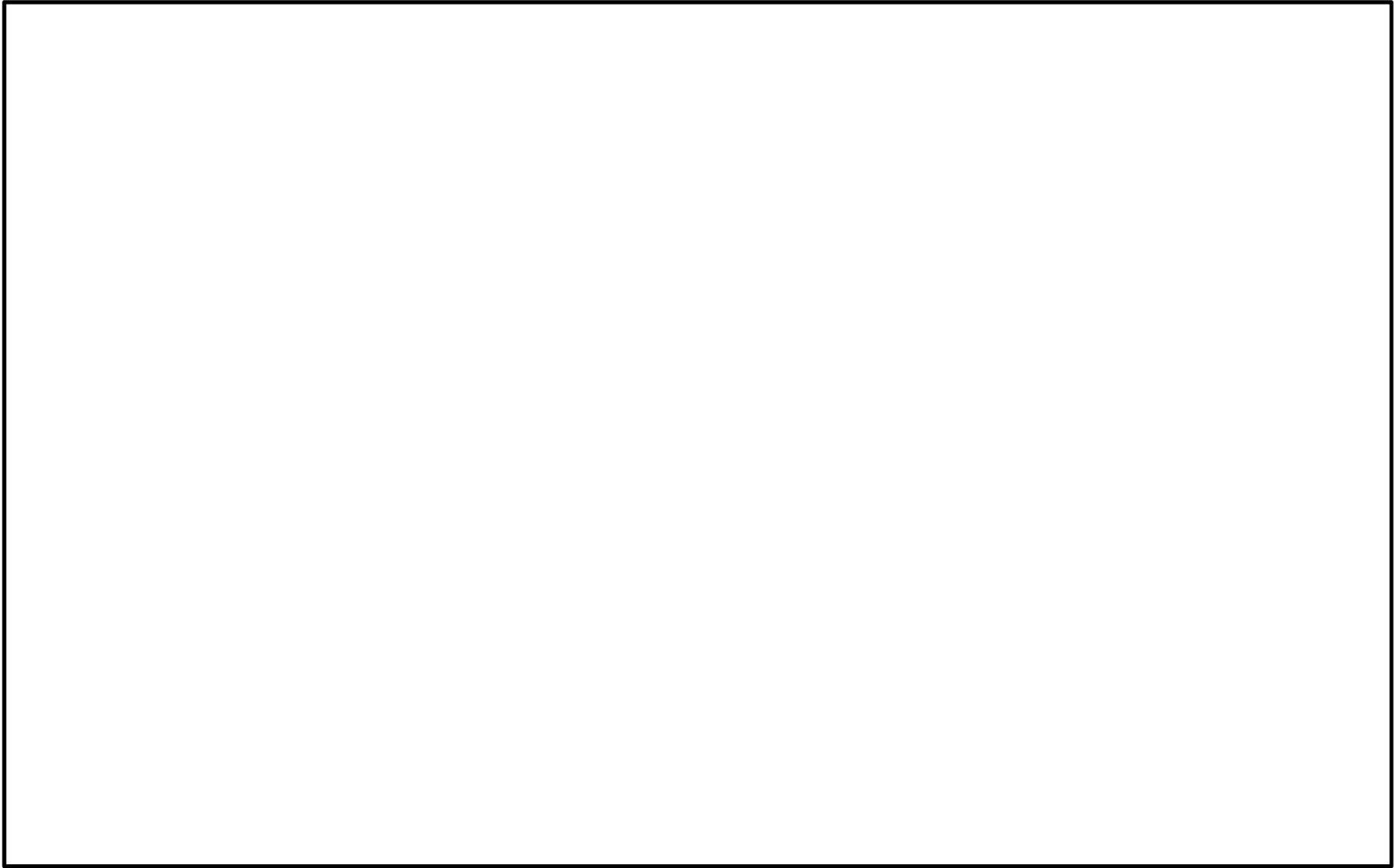
第2-1図 緊急用海水ポンプピット平面位置図

2.2 構造概要

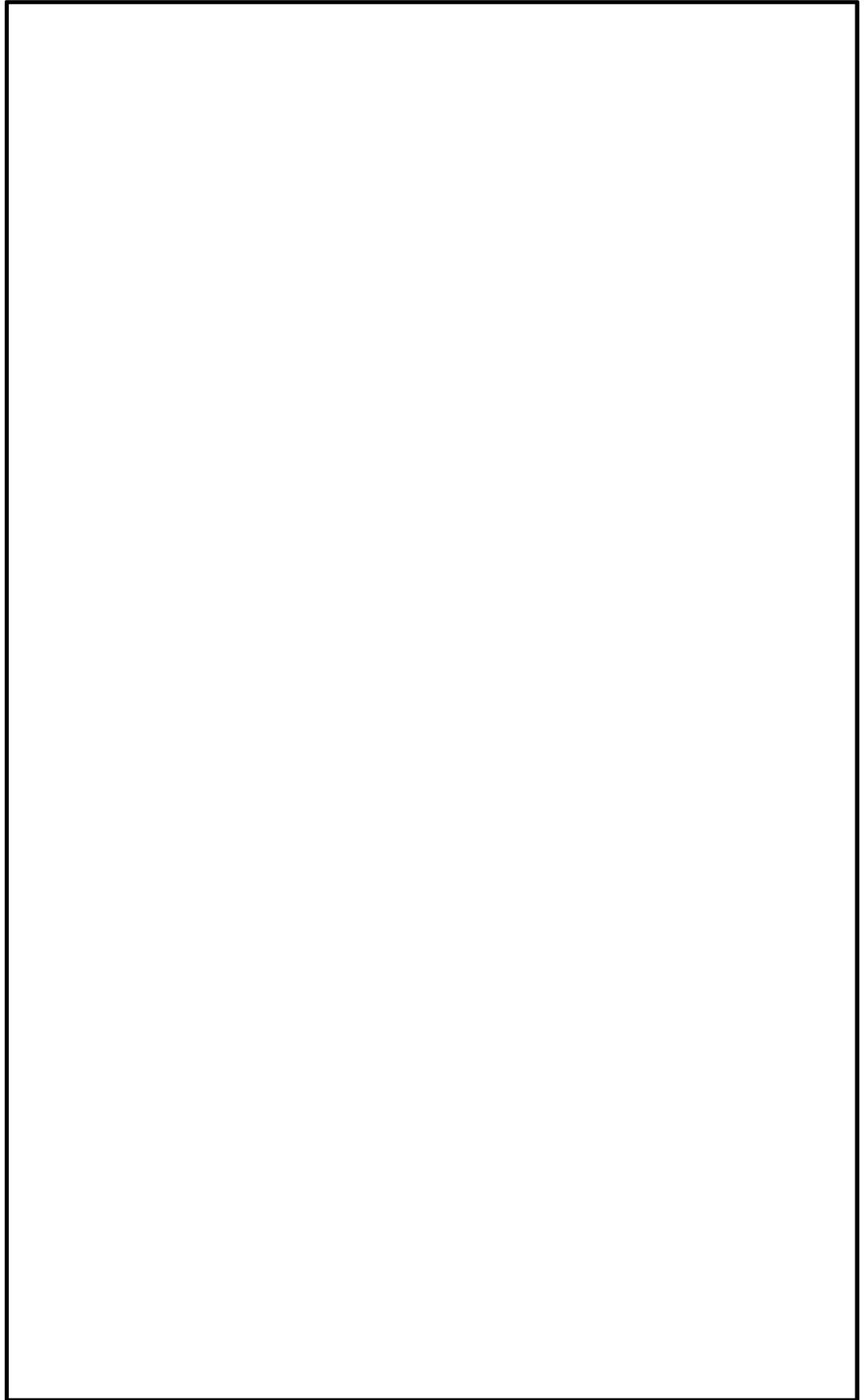
緊急用海水ポンプピットは、緊急用海水ポンプを間接支持する幅約 12 m（東西方向）×約 12 m（南北方向）、高さ約 36 m である鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置する。

緊急用海水ポンプピットの平面図を第 2-2 図に、断面図を第 2-3 図に示す。

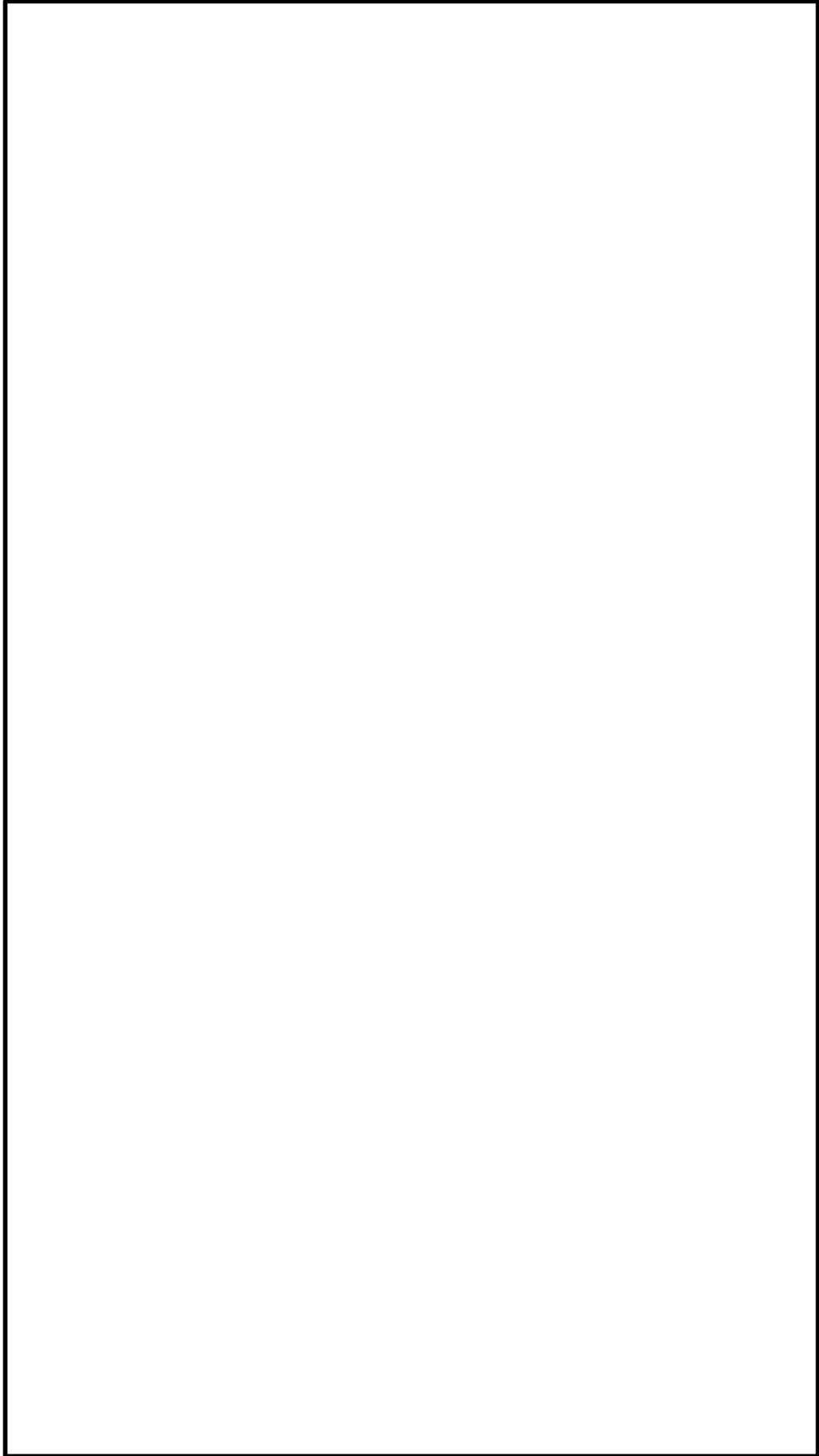
4



第 2-2 図 緊急用海水ポンプピット平面図



第2-3図(1) 緊急用海水ポンプピット断面図(東西方向断面)



第 2-3 図 (2) 緊急用海水ポンプピット断面図 (南北方向断面)

2.3 解析方針

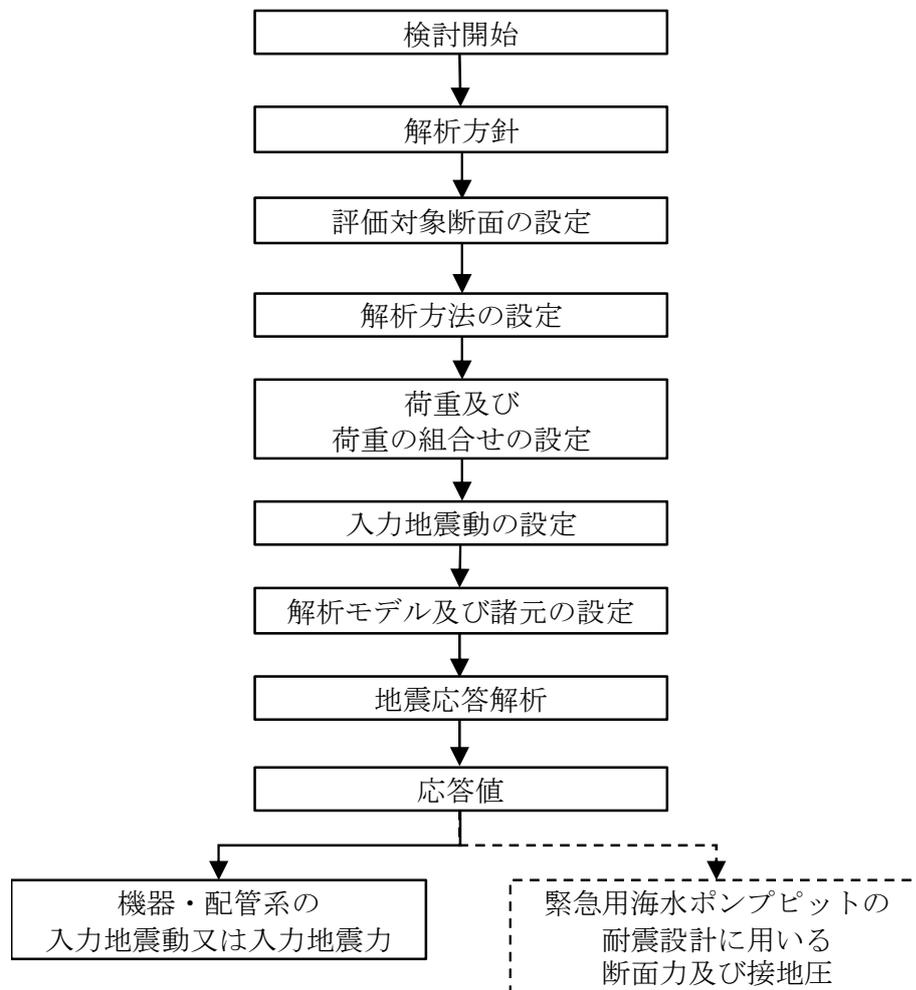
緊急用海水ポンプピットは、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 S_s に対して解析を実施する。

第2-4図に緊急用海水ポンプピットの地震応答解析フローを示す。

地震応答計算は、「2. 基本方針」に基づき、「3.1 評価対象断面」にて設定する断面において、「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て行う。

時刻歴非線形解析は、「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・配管系の入力地震動又は入力地震力に用い、断面力及び接地圧は、緊急用海水ポンプピットの耐震設計に用いる。



第2-4図 緊急用海水ポンプピットの地震応答解析フロー

2.4 適用規格

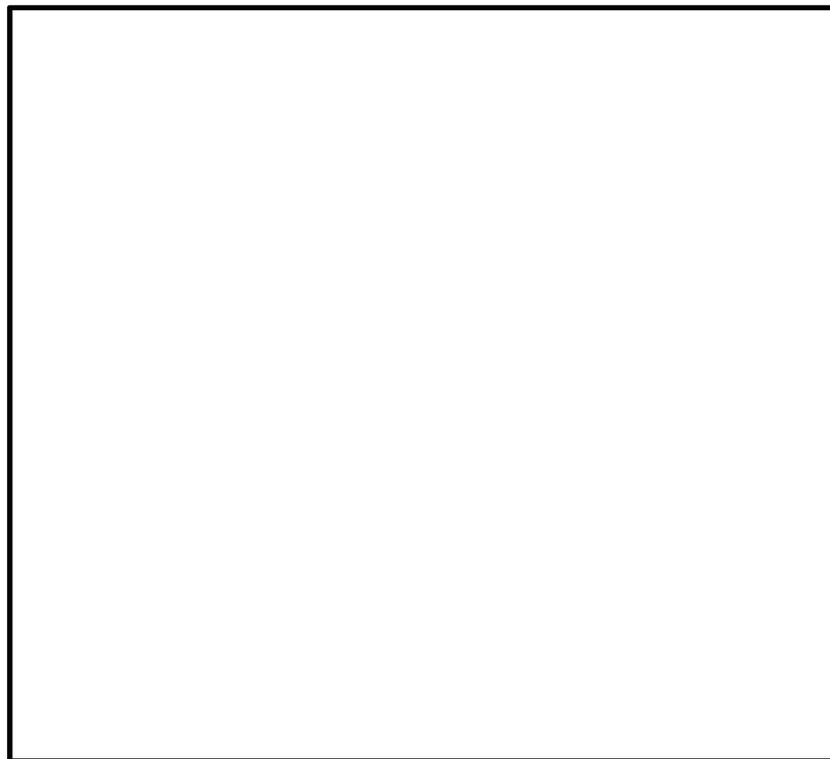
適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・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)
- ・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)

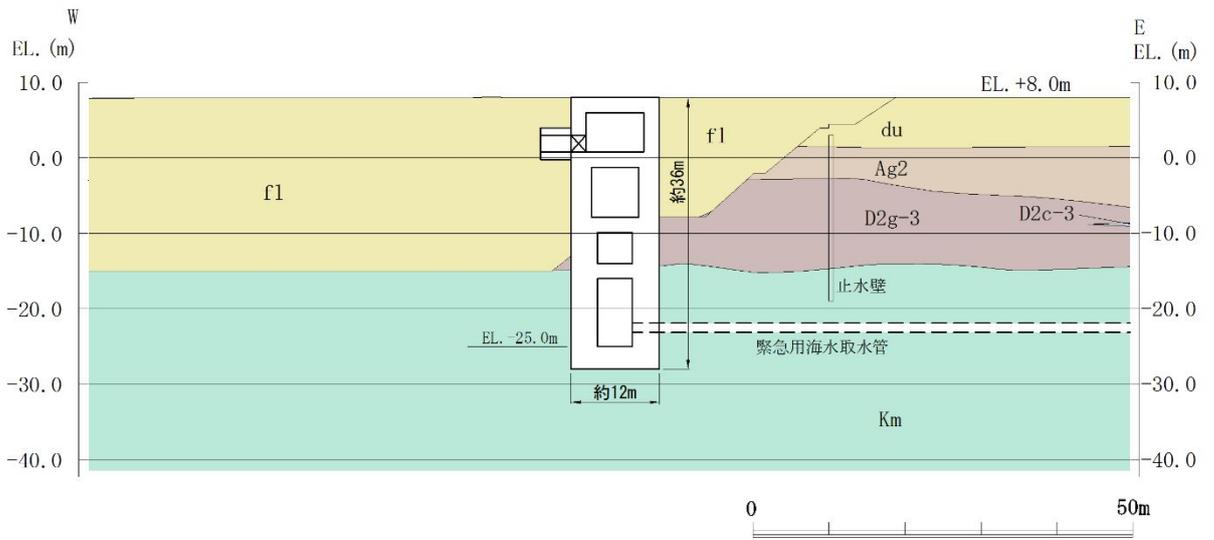
3. 解析方法

3.1 評価対象断面

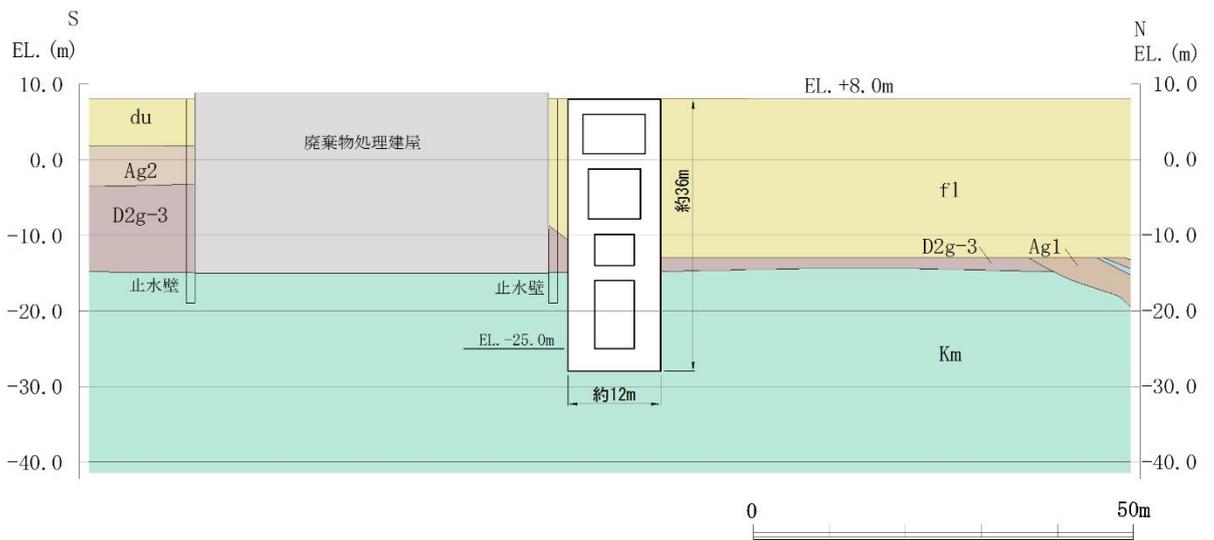
緊急用海水ポンプピットは、強軸断面方向と弱軸断面方向が明確でなく、東西方向断面と南北方向断面で地質断面に差異があるため、構造物に直交する東西方向と南北方向の両方向を評価対象断面として選定する。第3-1図に評価対象断面位置図を、第3-2図に評価対象断面図を示す。



第3-1図 緊急用海水ポンプピット評価対象断面位置図



第 3-2 図 (1) 緊急用海水ポンプピット評価対象断面図 (東西方向断面)



第 3-2 図 (2) 緊急用海水ポンプピット評価対象断面図 (南北方向断面)

3.2 解析方法

地震応答解析は、V-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。

地震応答計算では、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できる有効応力解析を実施する。有効応力解析に用いる液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定することを基本とする。

地中土木構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する場合は、原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性）を設定する。

上部土木構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の影響を考慮する場合は、原地盤において非液状化の条件を仮定した解析を実施する。地震応答解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、別紙「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、線形はり要素でモデル化する。

3.2.2 地盤

V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示す有効応力解析用地盤物性値に基づき、地盤の有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できるモデルとする。

3.2.3 減衰特性

時刻歴非線形解析における減衰特性については、固有値解析にて求められる固有振動数に基づく Rayleigh 減衰並びに地盤の履歴減衰を考慮する。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、V-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

緊急用海水ポンプピット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、風荷重は考慮しない。

(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

緊急用海水ポンプピット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、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として機器・配管荷重、土圧及び水圧による荷重並びに積雪荷重を考慮する。

(3) 地震荷重 (K_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

荷重の組合せを第3-1表に示す。

第3-1表 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S_s)	$G + P + K_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

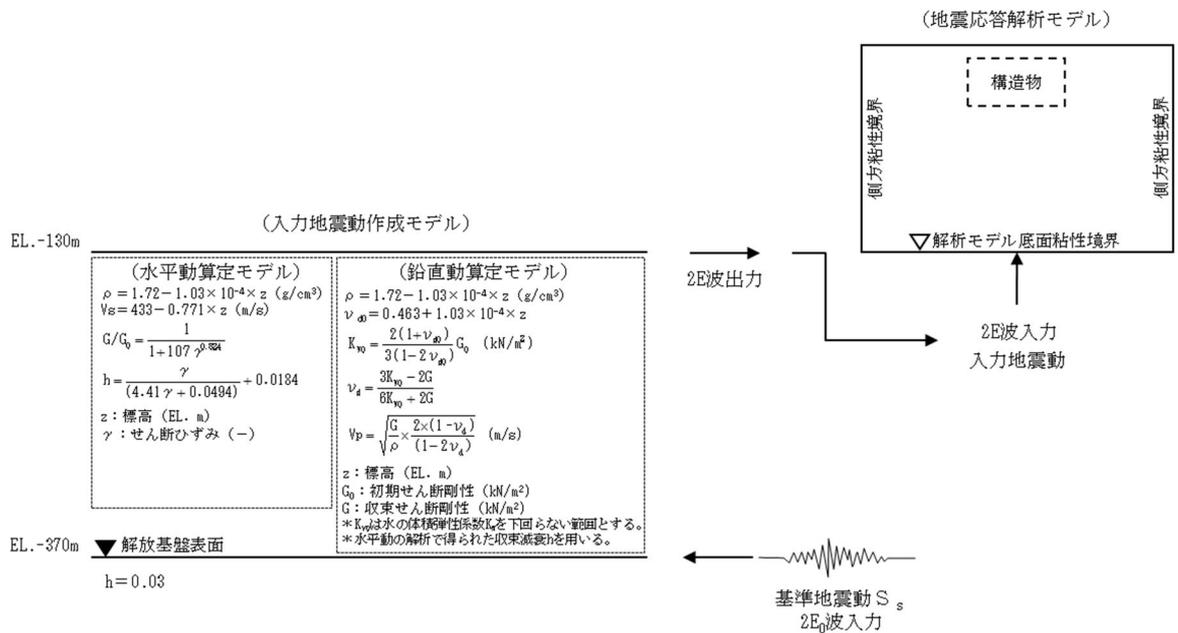
K_s : 地震荷重

3.4 入力地震動

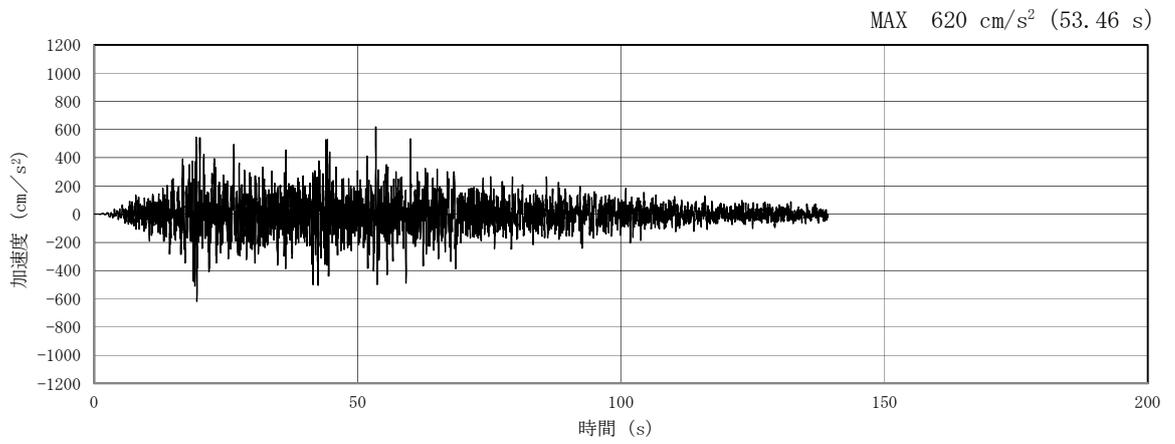
入力地震動は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

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1次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。入力地震動算定の概念図を第3-3図に、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第3-4図に示す。

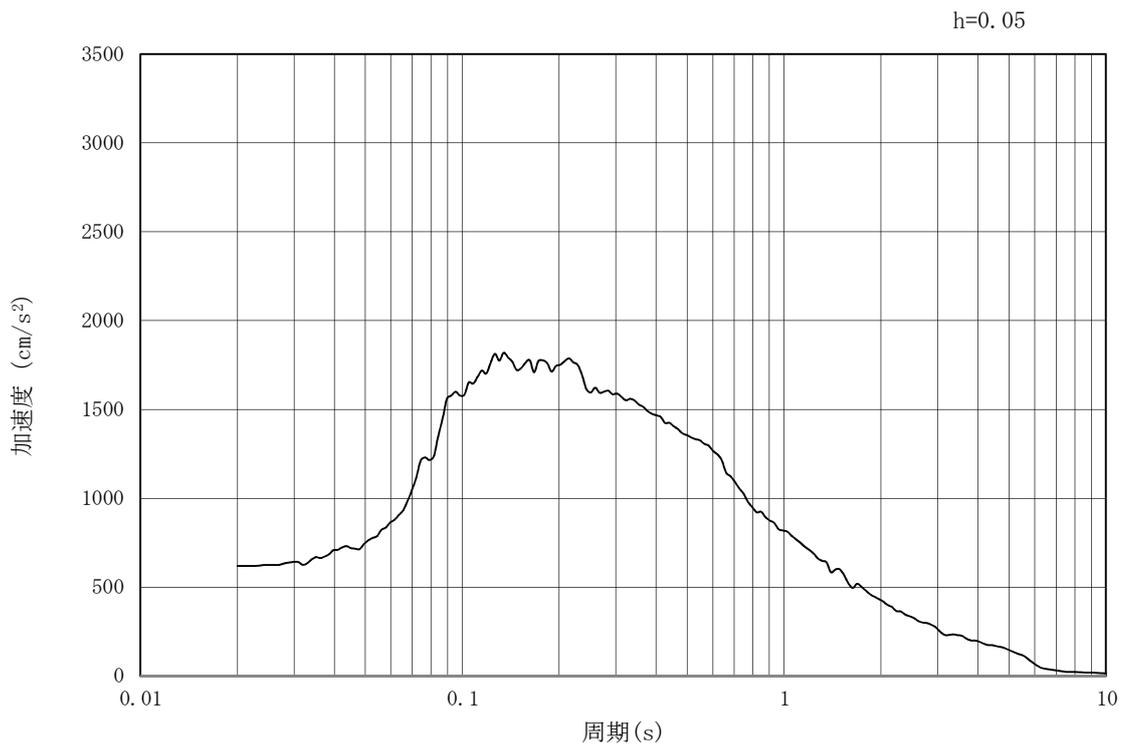
入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。



第3-3図 入力地震動算定の概念図

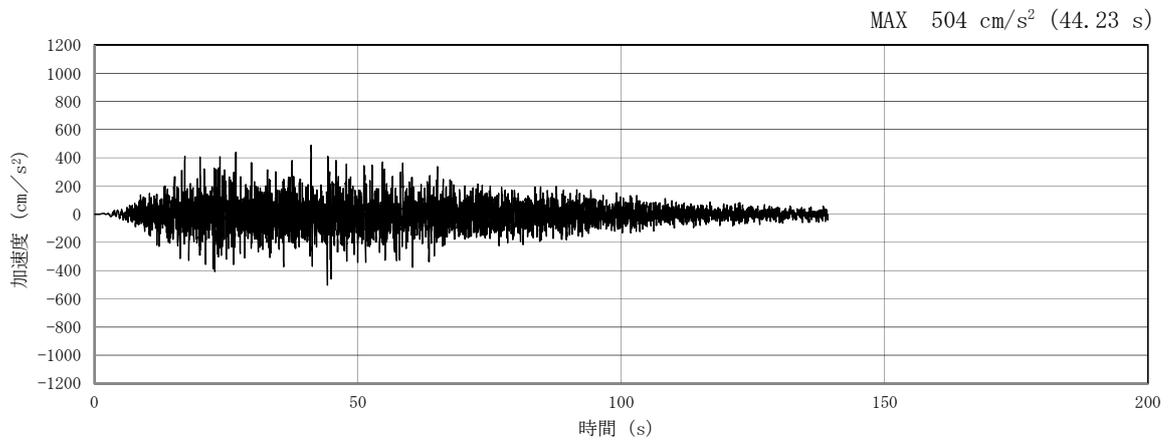


(a) 加速度時刻歴波形

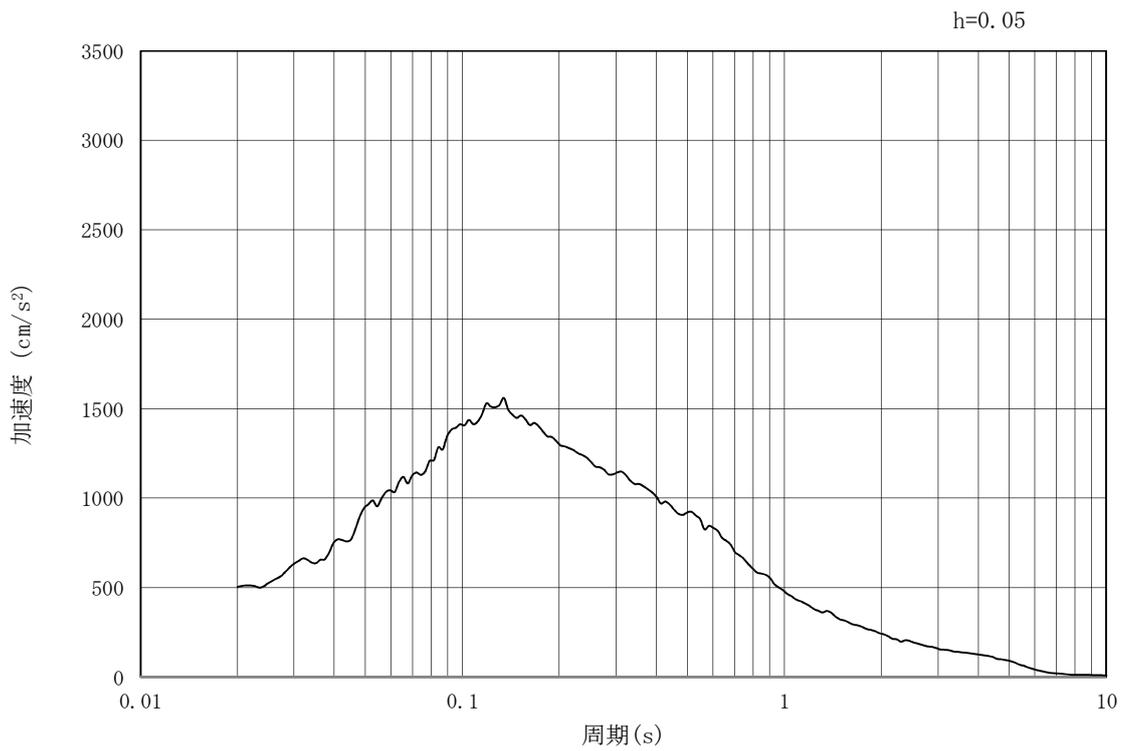


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (1) 東西方向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
(水平方向：S_s-D1)

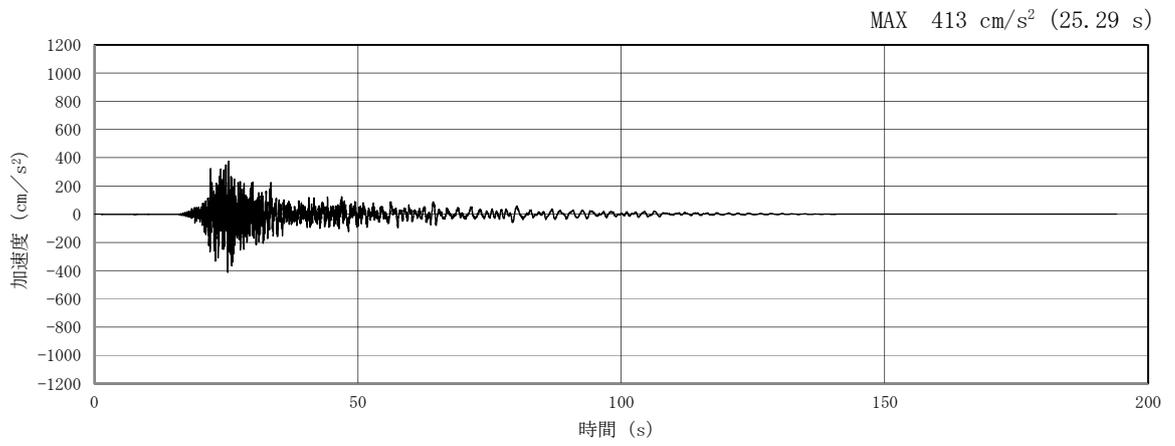


(a) 加速度時刻歴波形

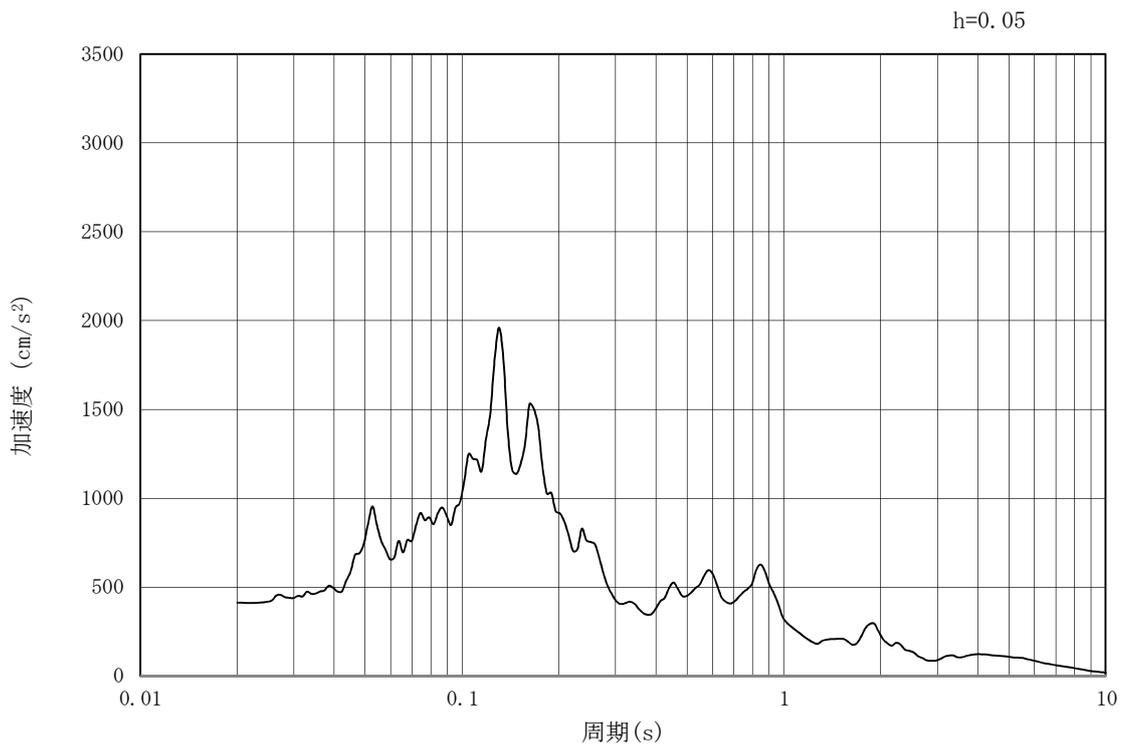


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (2) 東西方向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
(鉛直方向 : $S_s - D 1$)

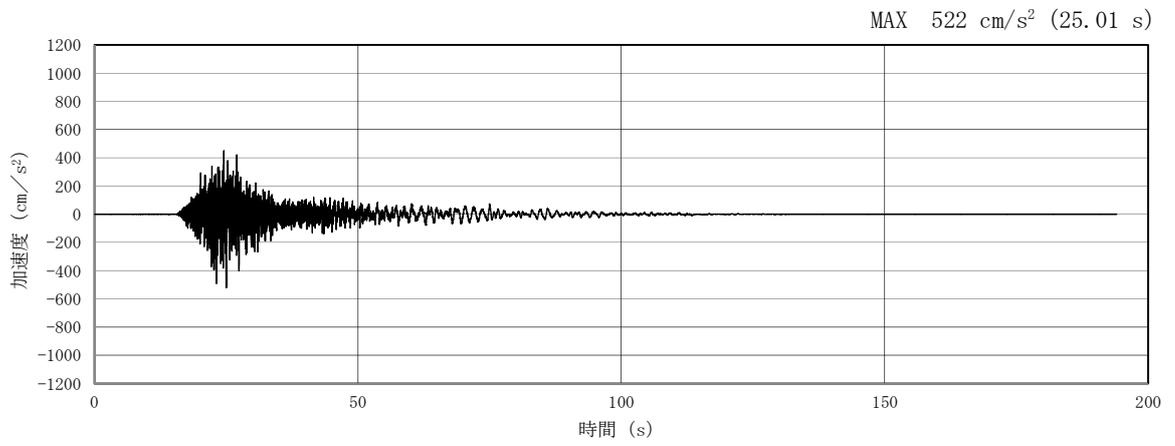


(a) 加速度時刻歴波形

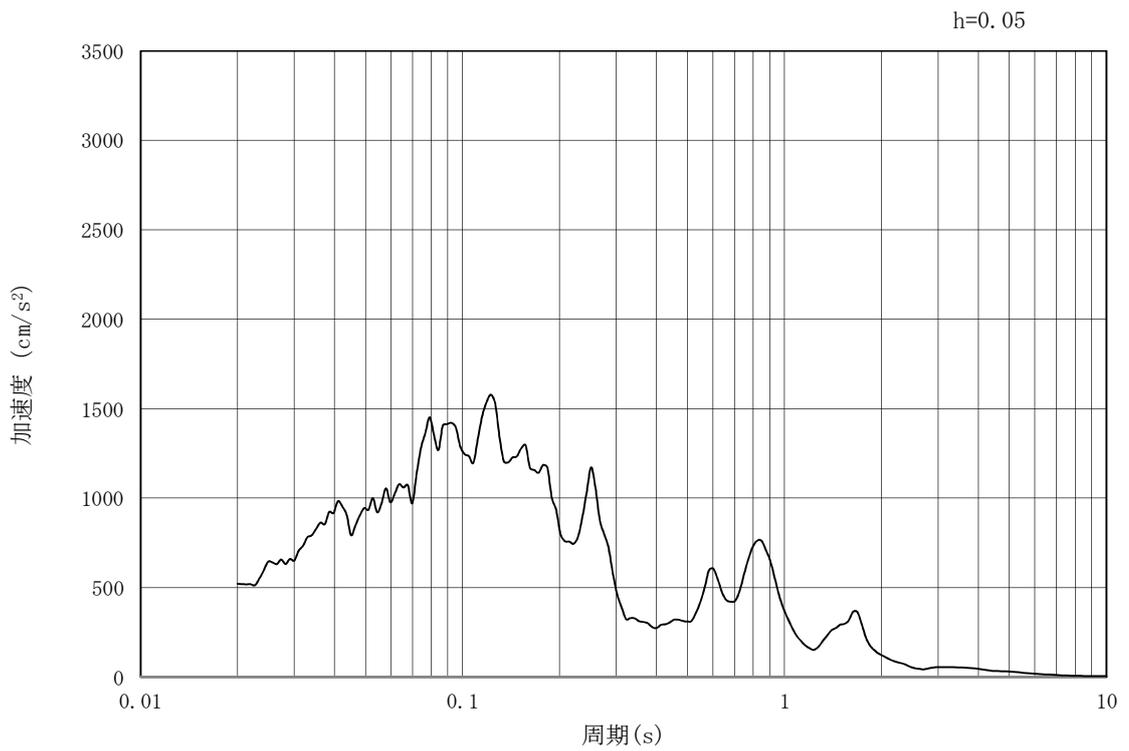


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (3) 東西方向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
(水平方向 : $S_s - 11$)

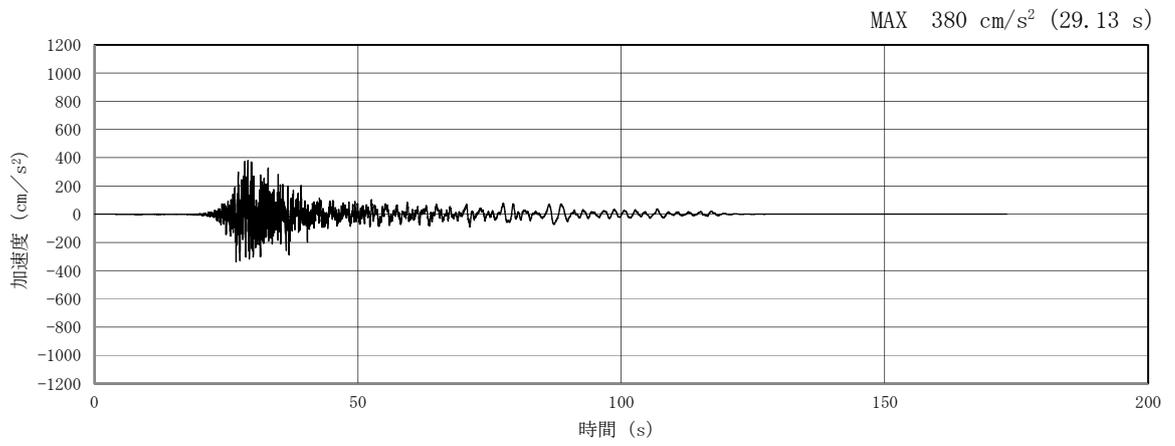


(a) 加速度時刻歴波形

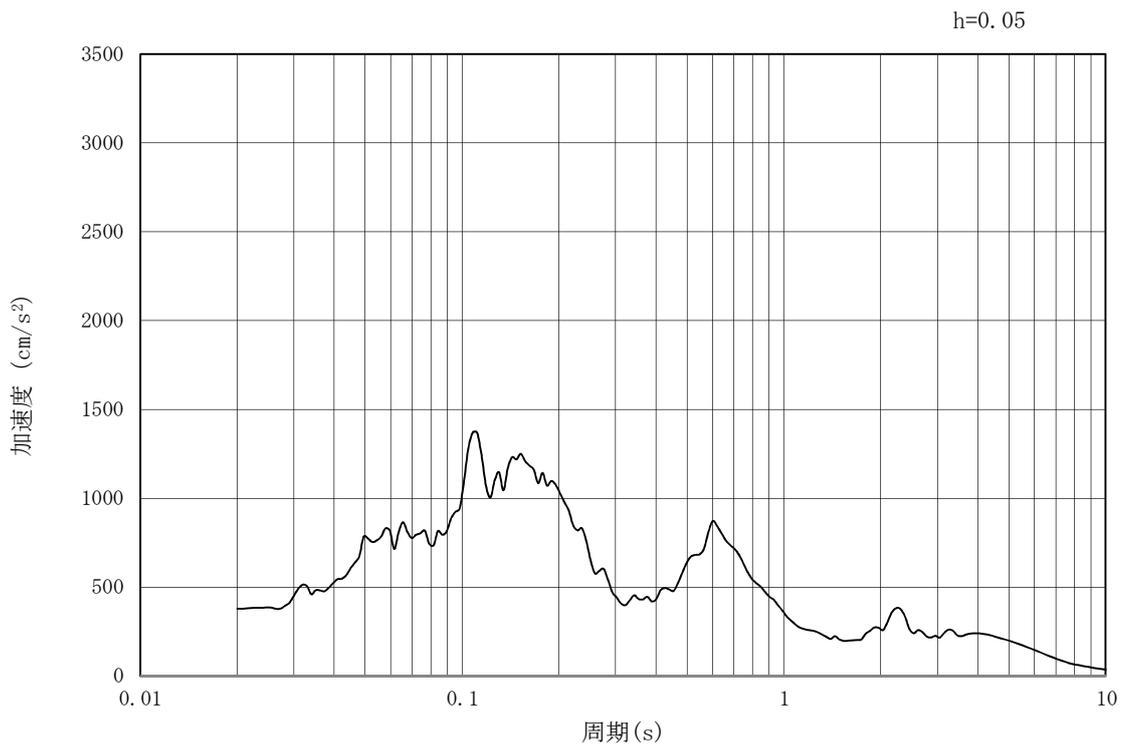


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (4) 東西方向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
(鉛直方向 : $S_s - 11$)

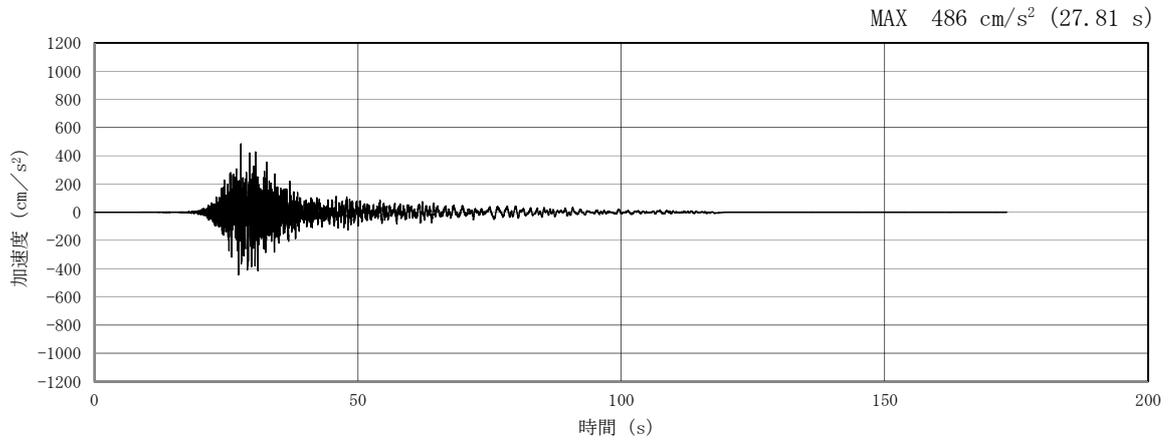


(a) 加速度時刻歴波形

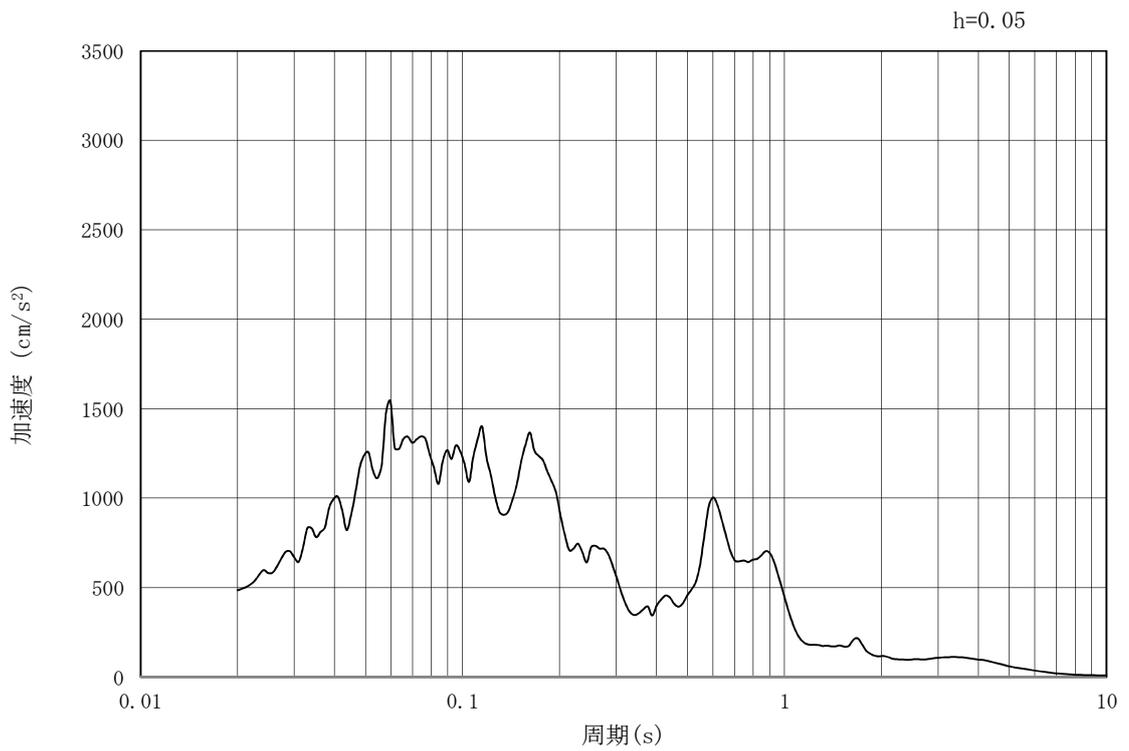


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図(5) 東西方向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
(水平方向: $S_s - 12$)

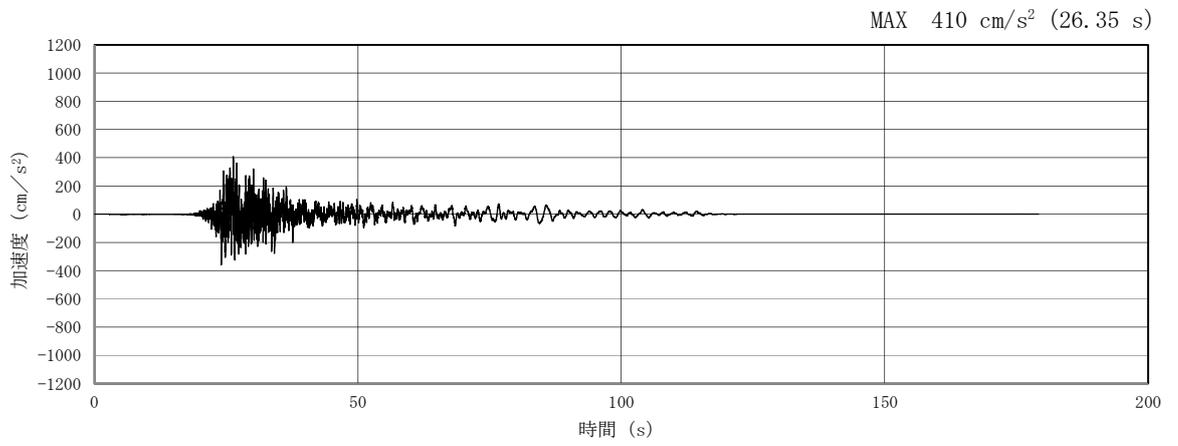


(a) 加速度時刻歴波形

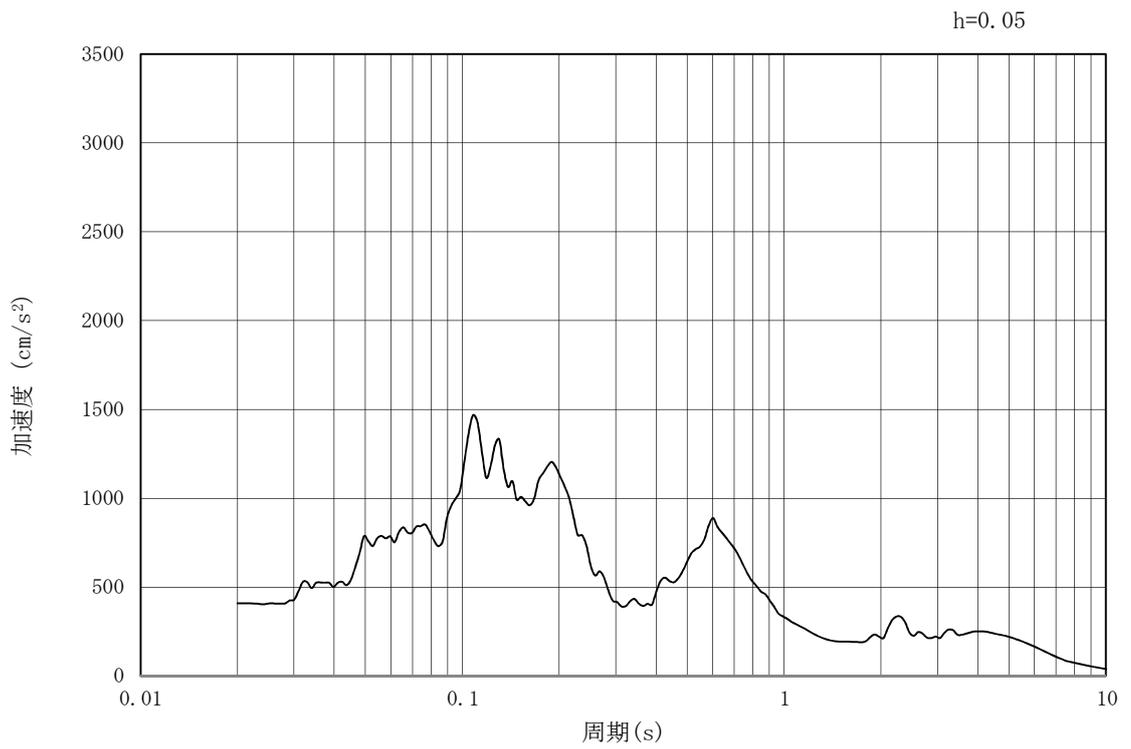


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (6) 東西方向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
(鉛直方向 : $S_s - 1 2$)

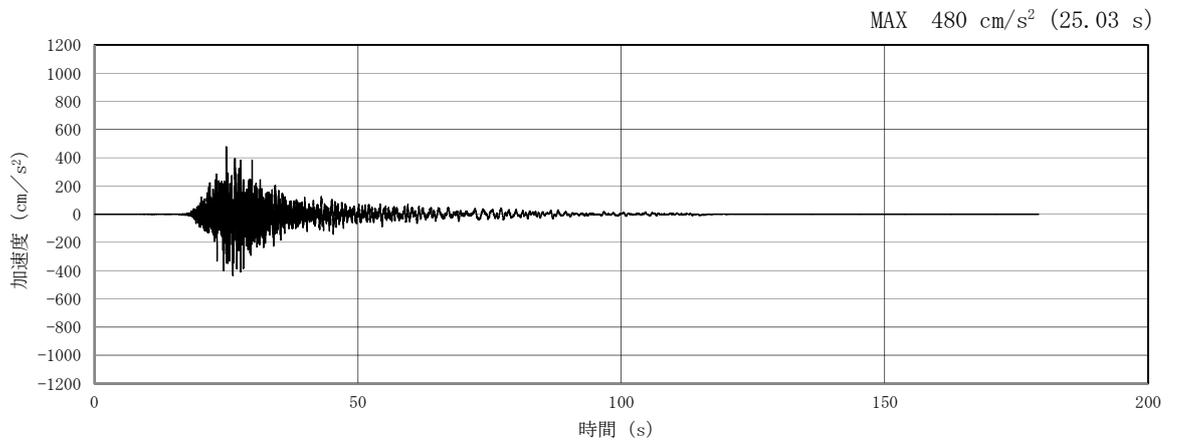


(a) 加速度時刻歴波形

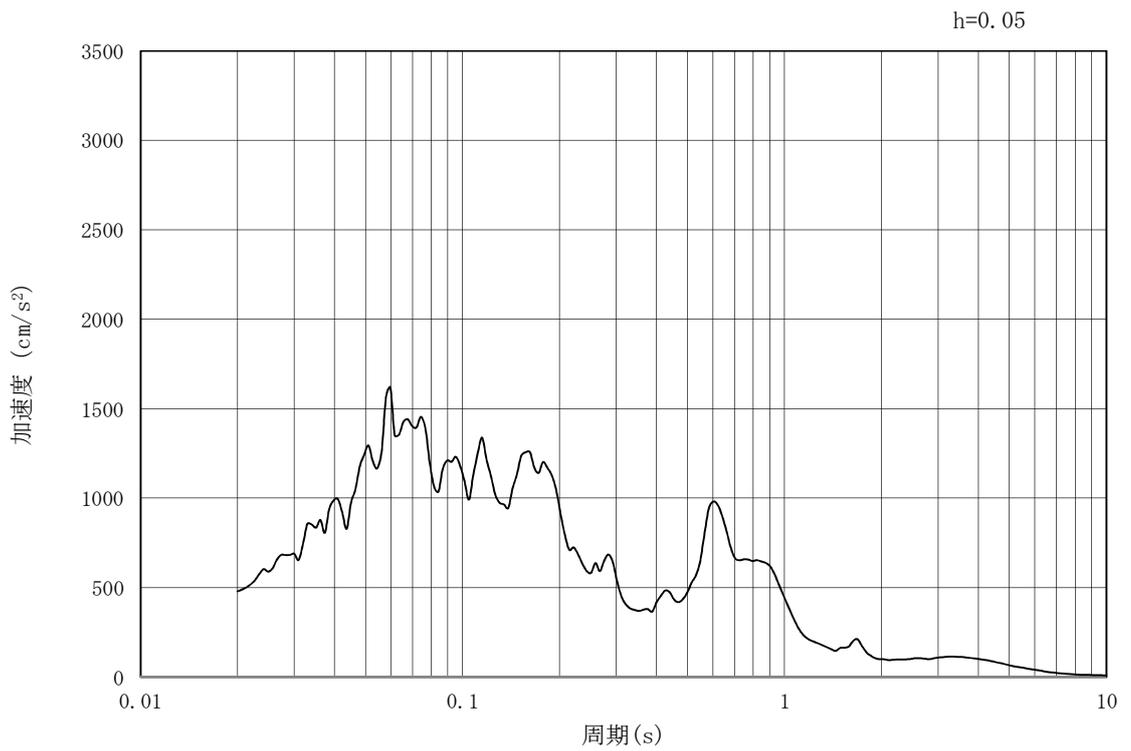


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (7) 東西方向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
(水平方向 : $S_s - 13$)

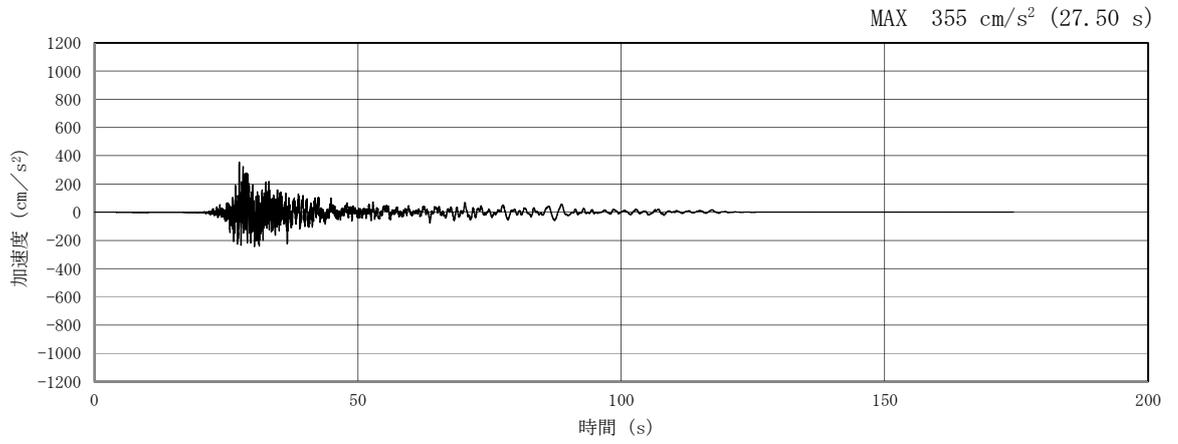


(a) 加速度時刻歴波形

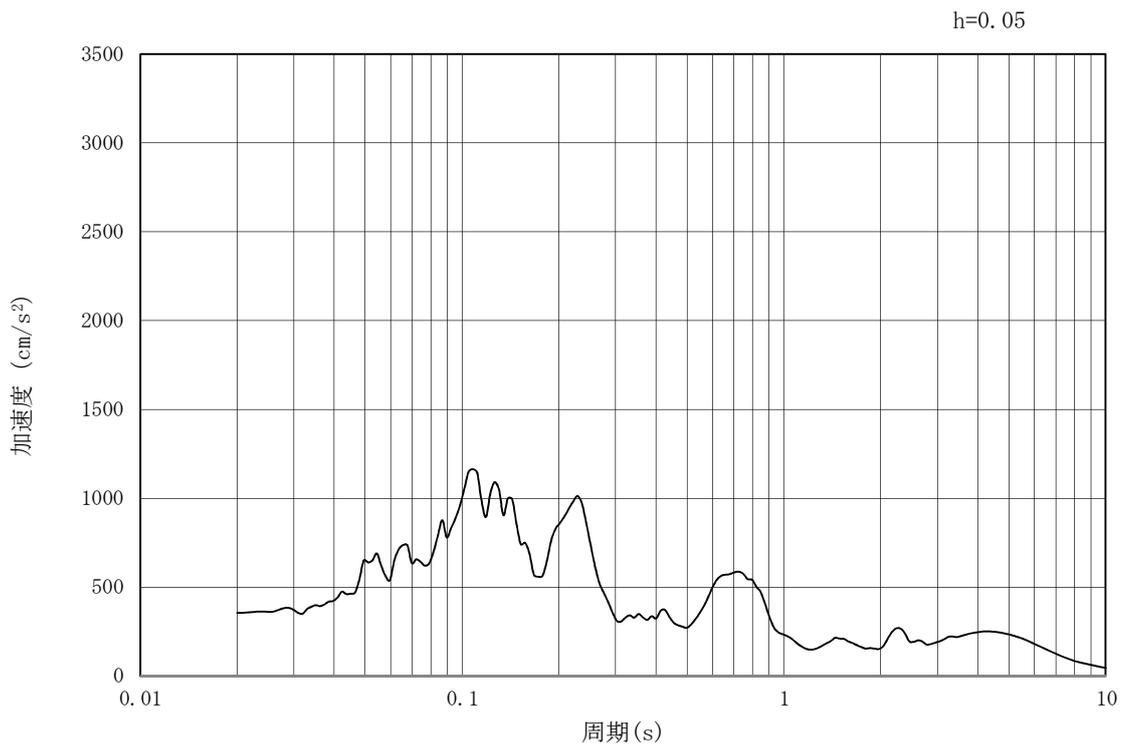


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (8) 東西方向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
(鉛直方向 : $S_s - 13$)

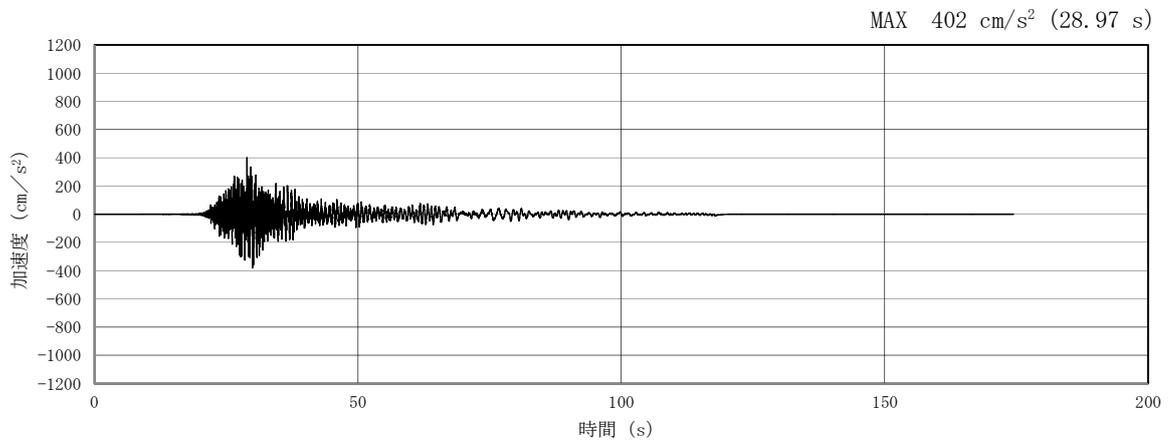


(a) 加速度時刻歴波形

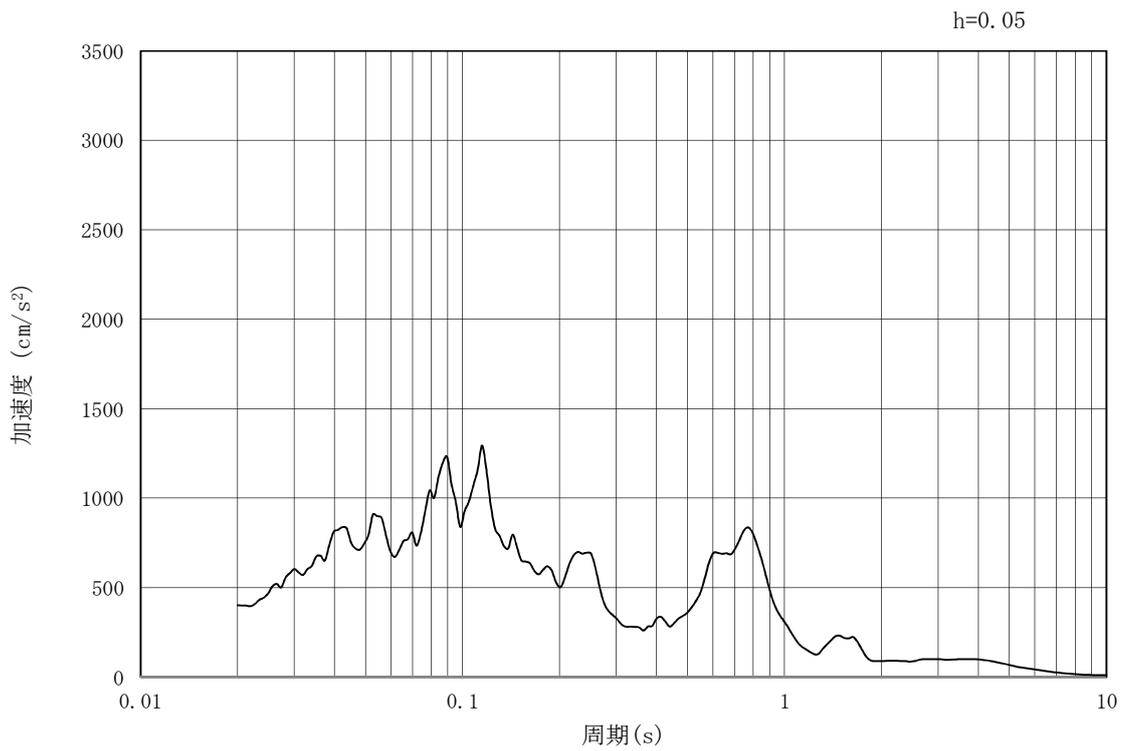


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図(9) 東西方向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
(水平方向: $S_s - 14$)

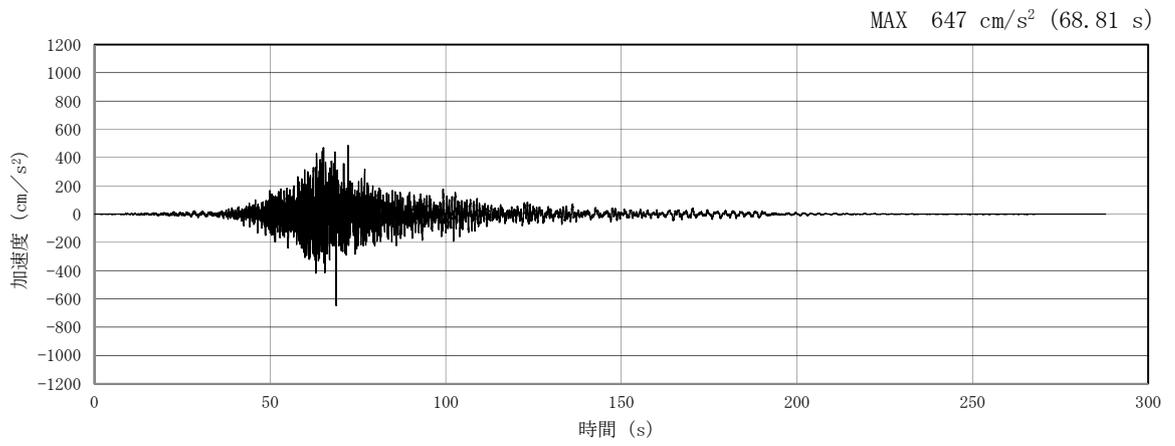


(a) 加速度時刻歴波形

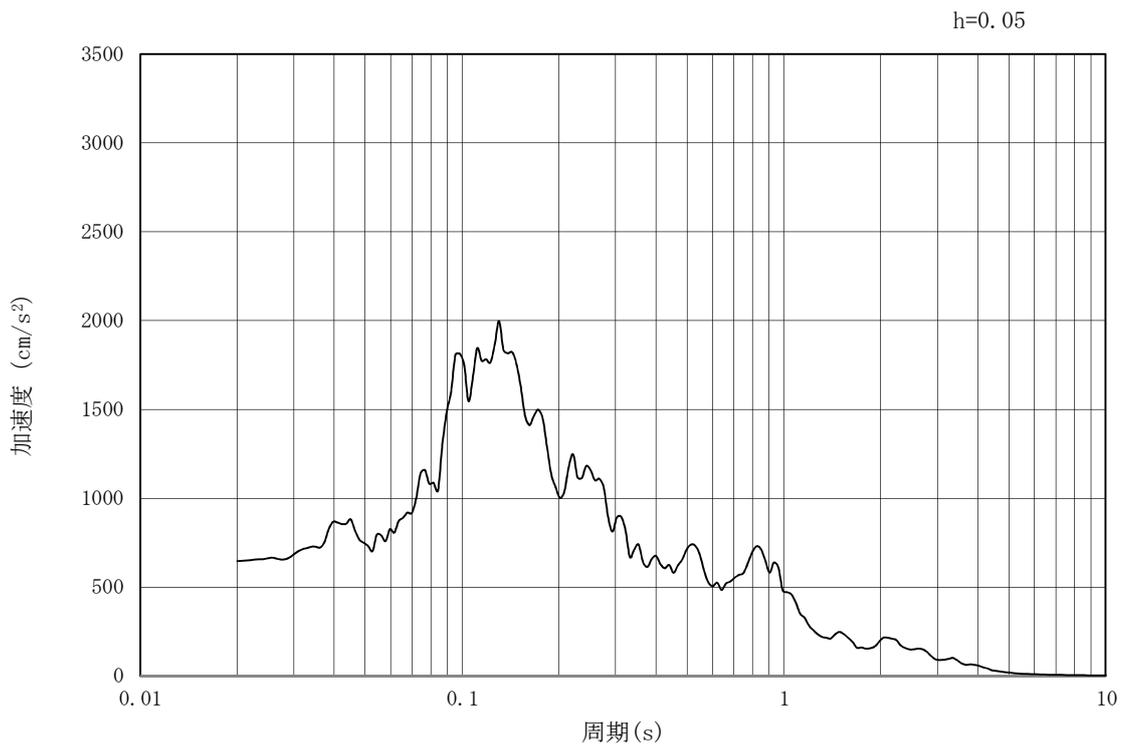


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (10) 東西方向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
(鉛直方向 : $S_s - 1.4$)

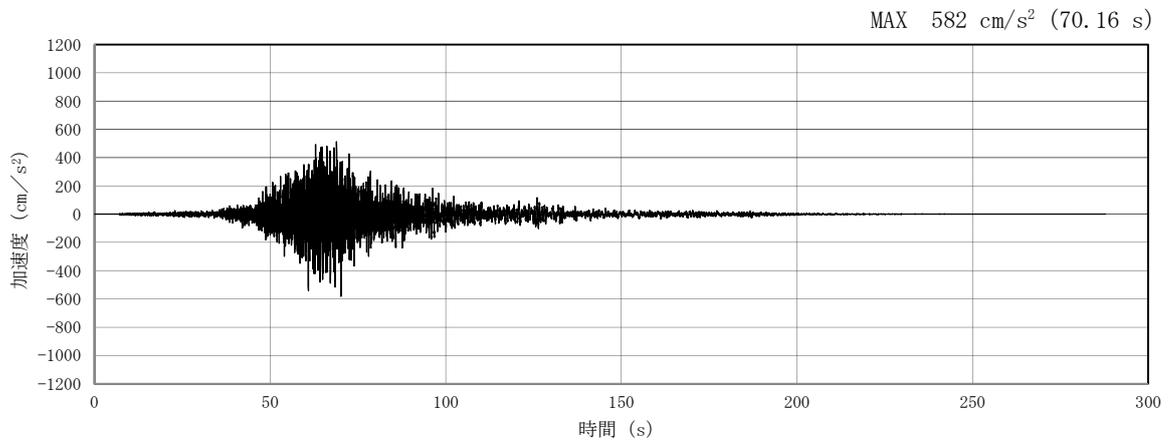


(a) 加速度時刻歴波形

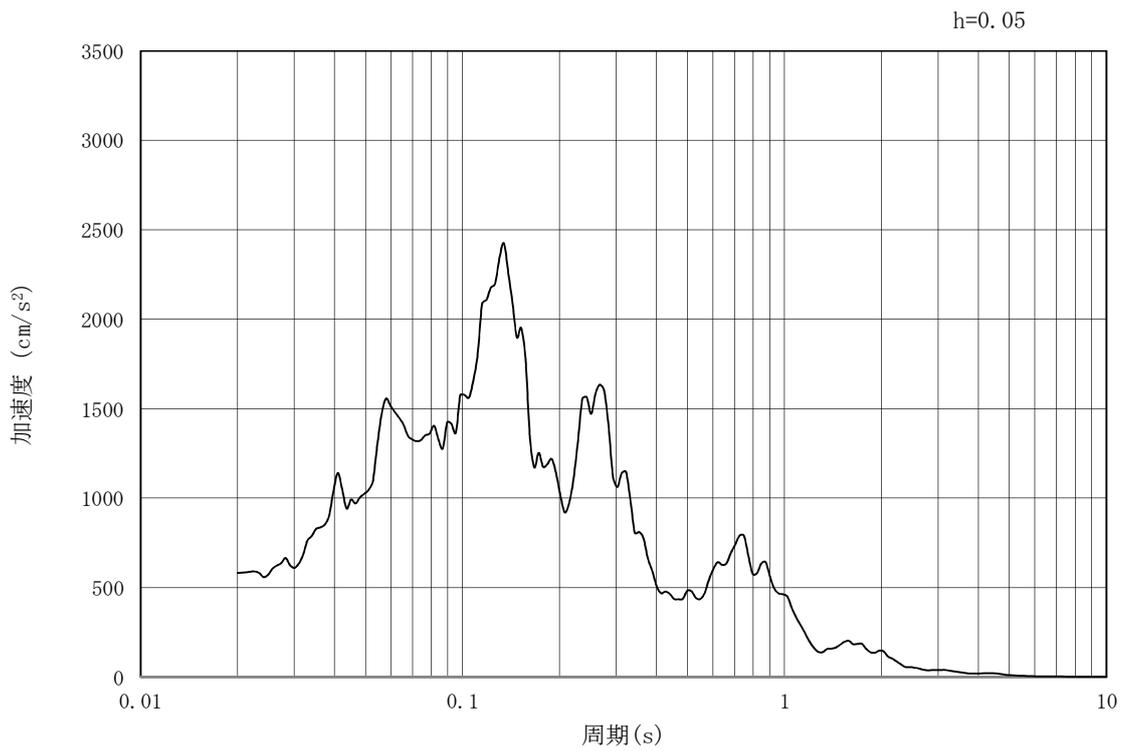


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (11) 東西方向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
(水平方向: $S_s - 21$)

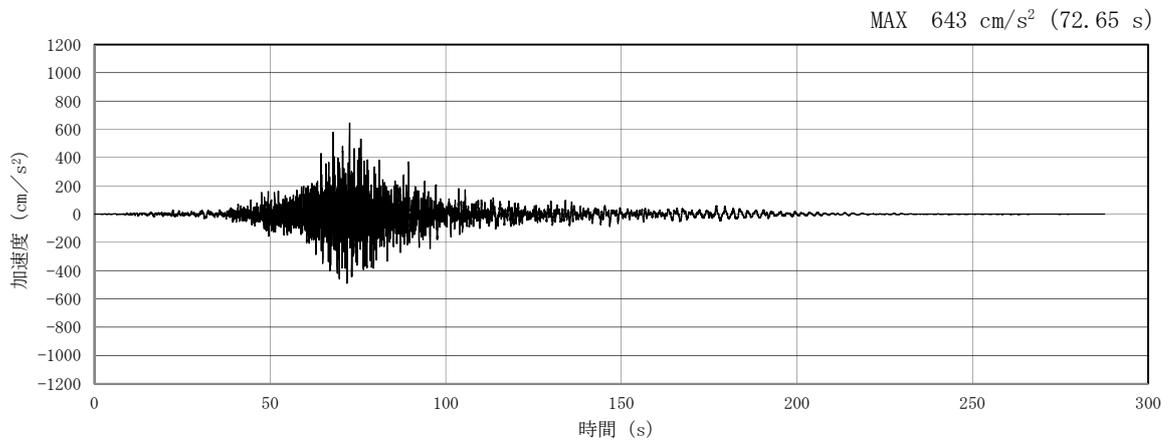


(a) 加速度時刻歴波形

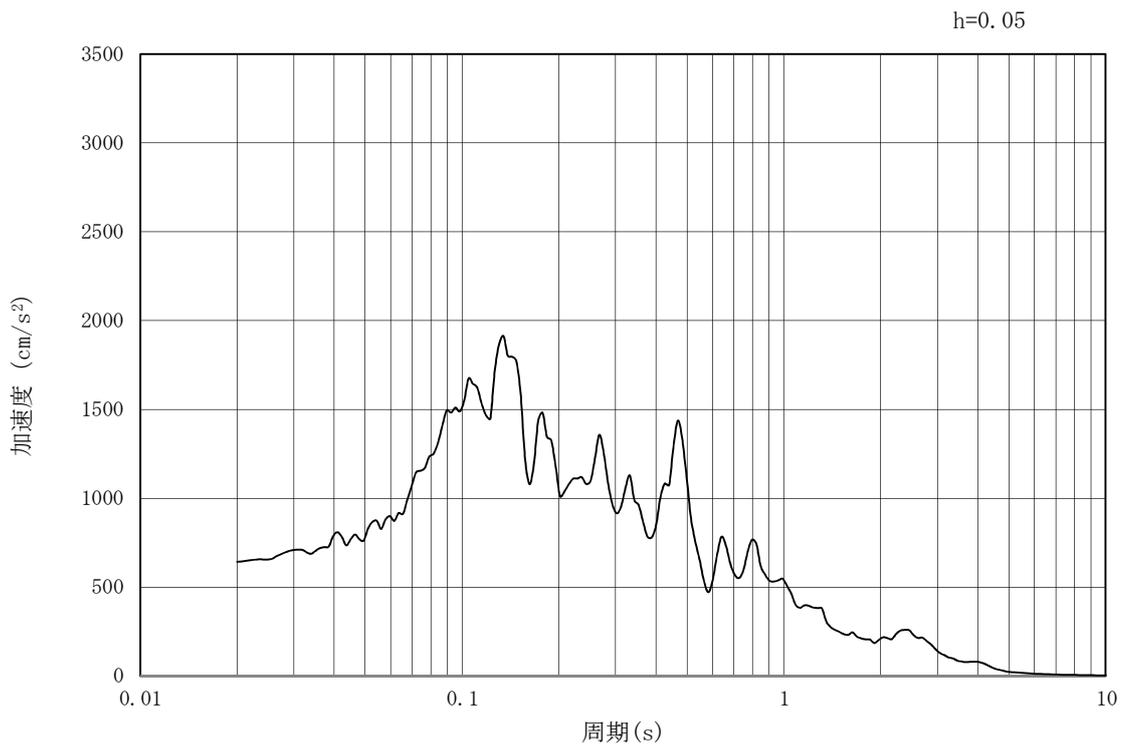


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (12) 東西方向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
(鉛直方向: $S_s - 21$)

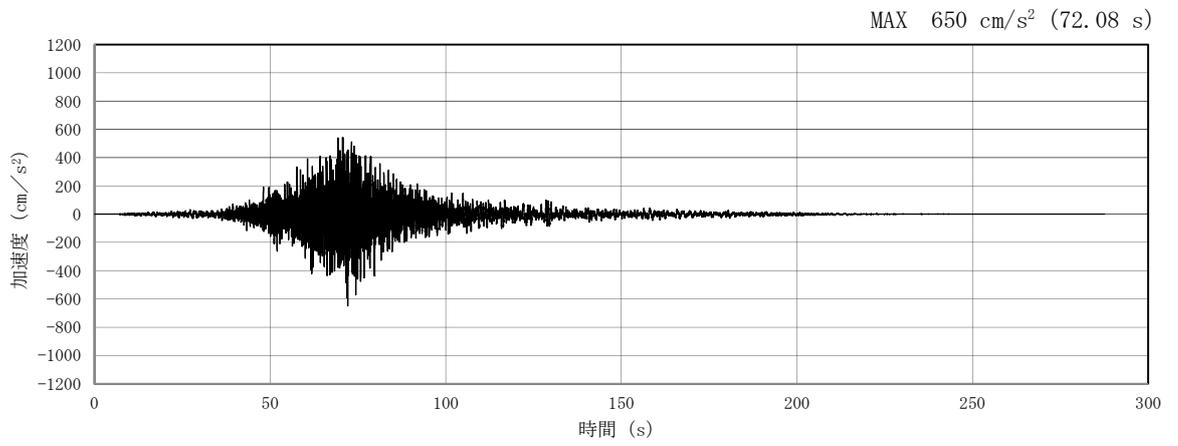


(a) 加速度時刻歴波形

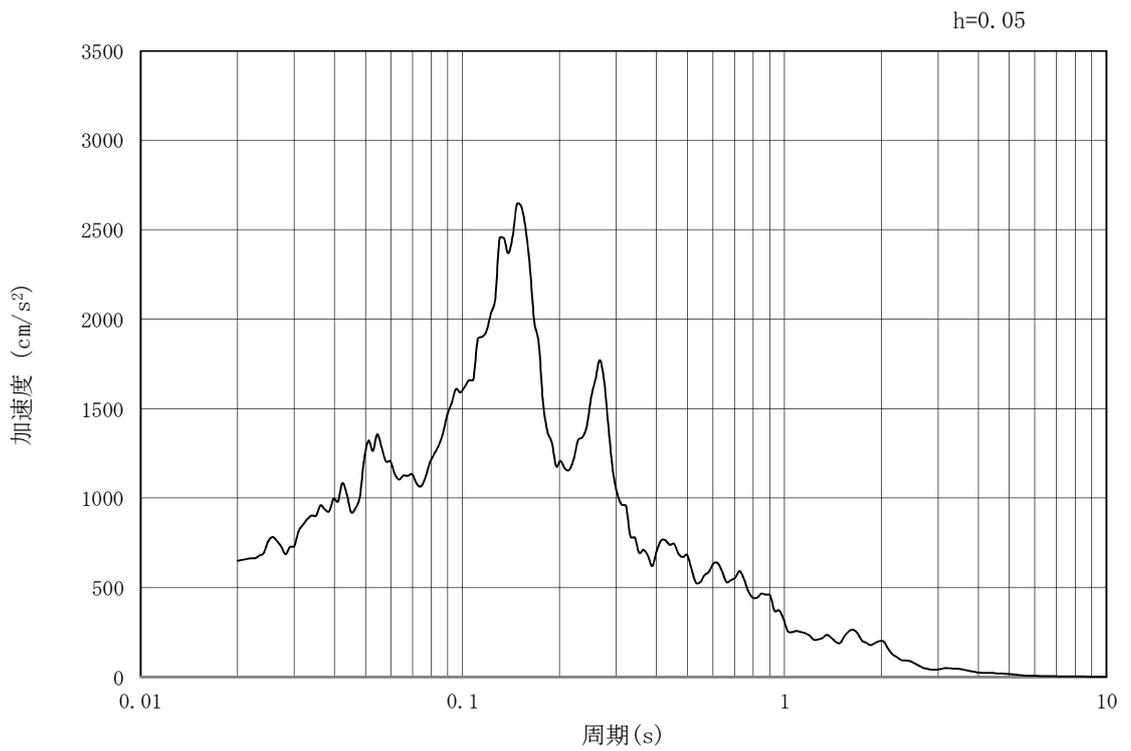


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (13) 東西方向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
(水平方向: $S_s - 22$)

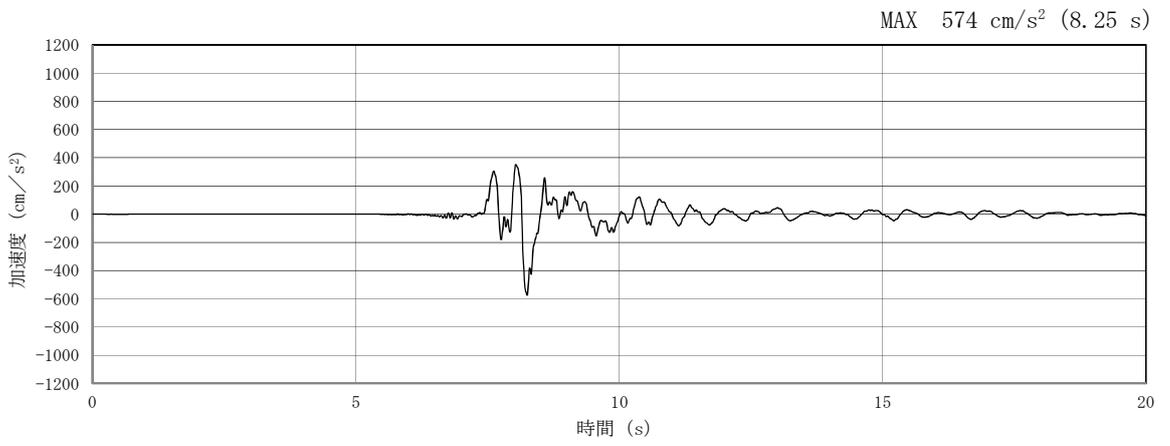


(a) 加速度時刻歴波形

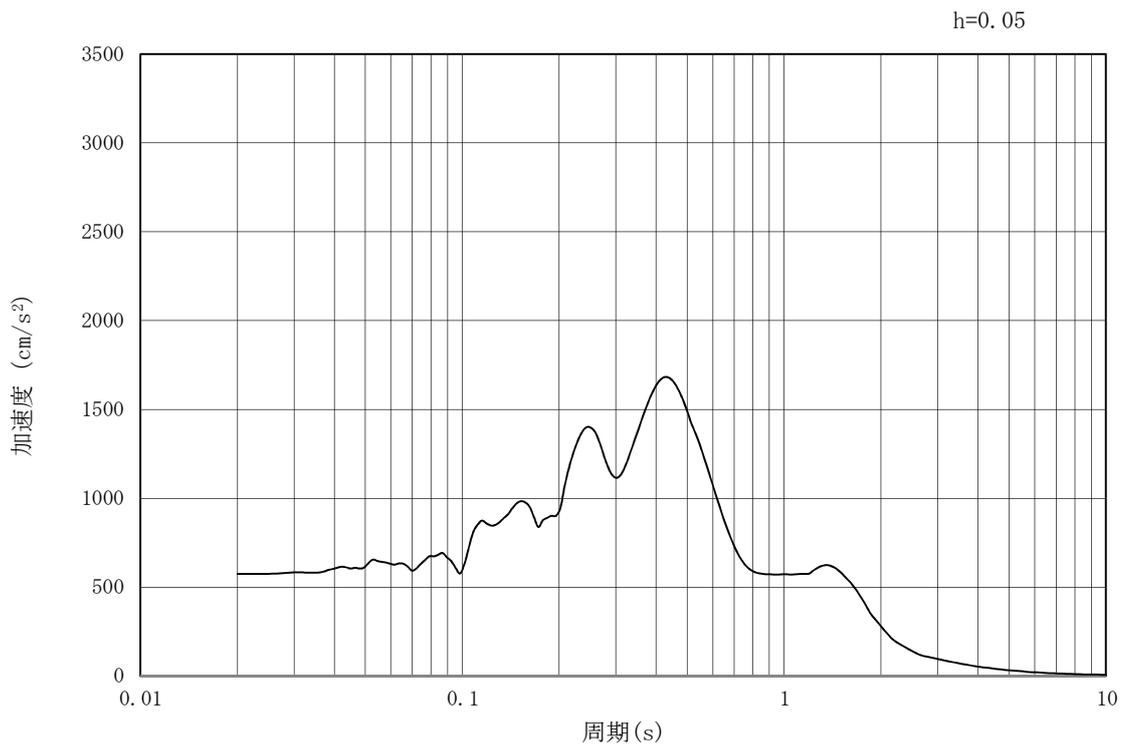


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (14) 東西方向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
(鉛直方向： $S_s - 22$)

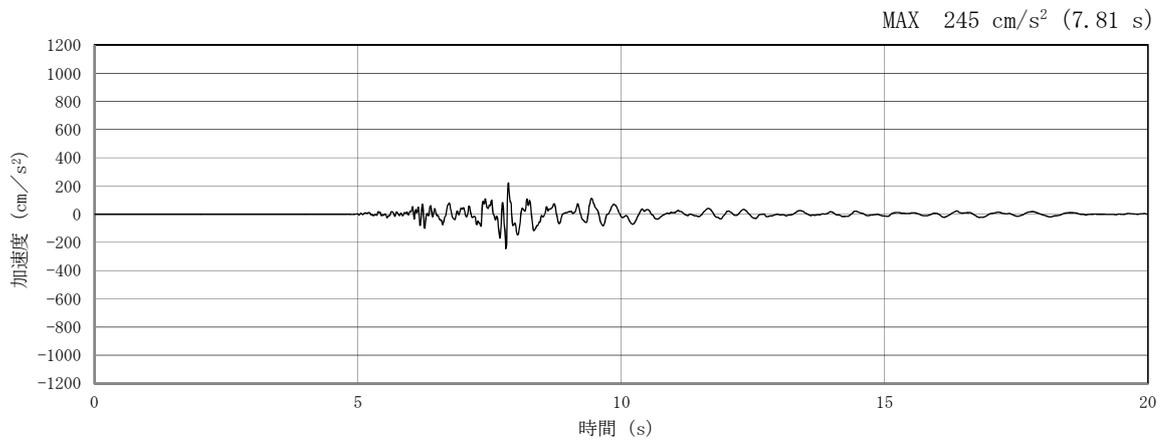


(a) 加速度時刻歴波形

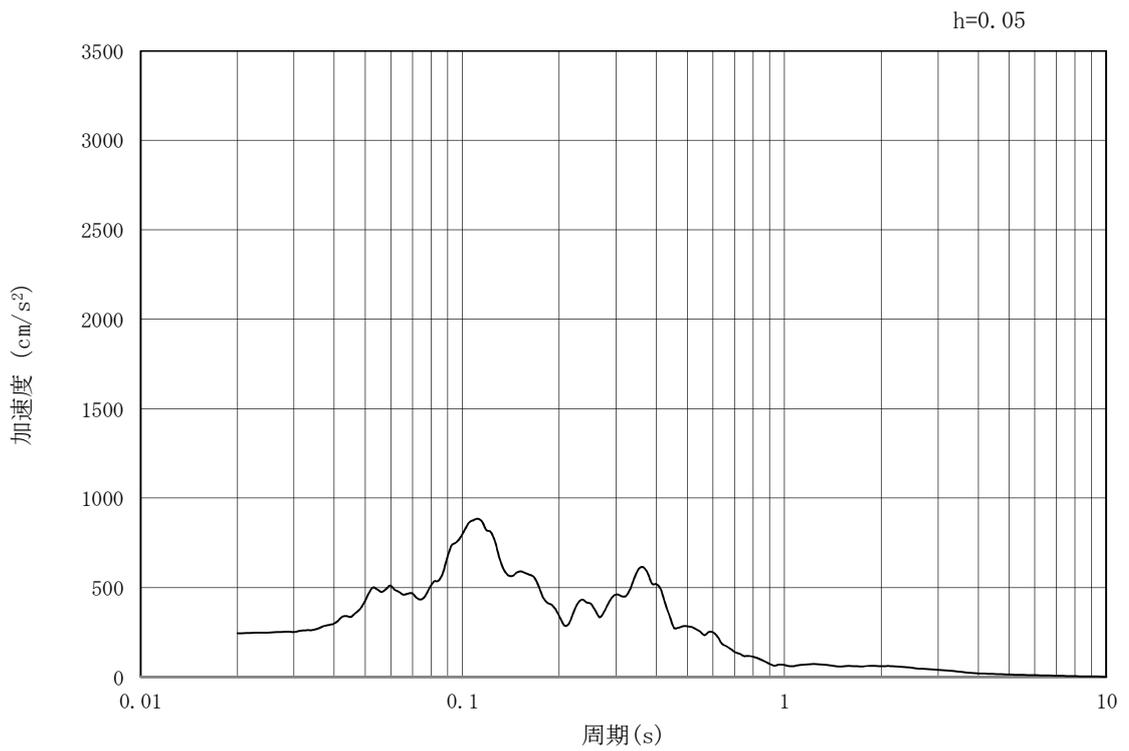


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (15) 東西方向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
(水平方向: $S_s - 31$)

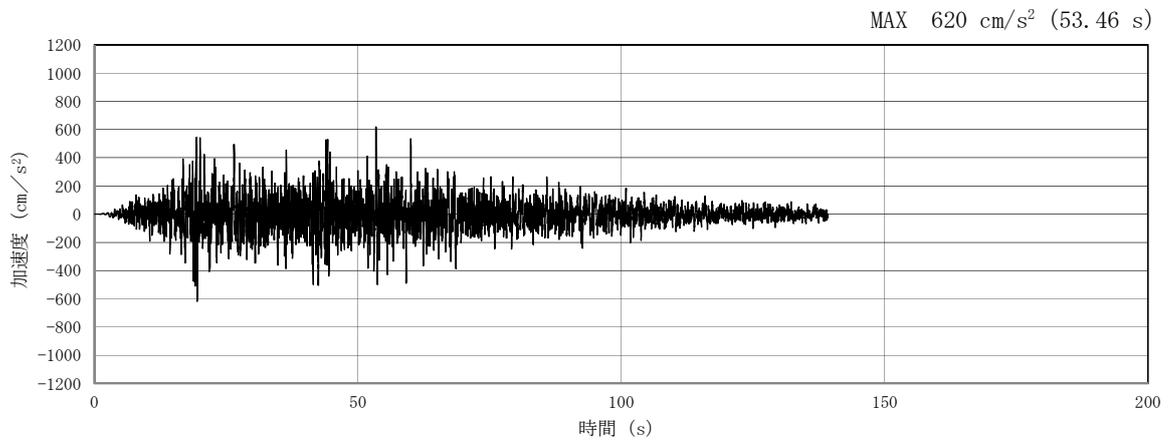


(a) 加速度時刻歴波形

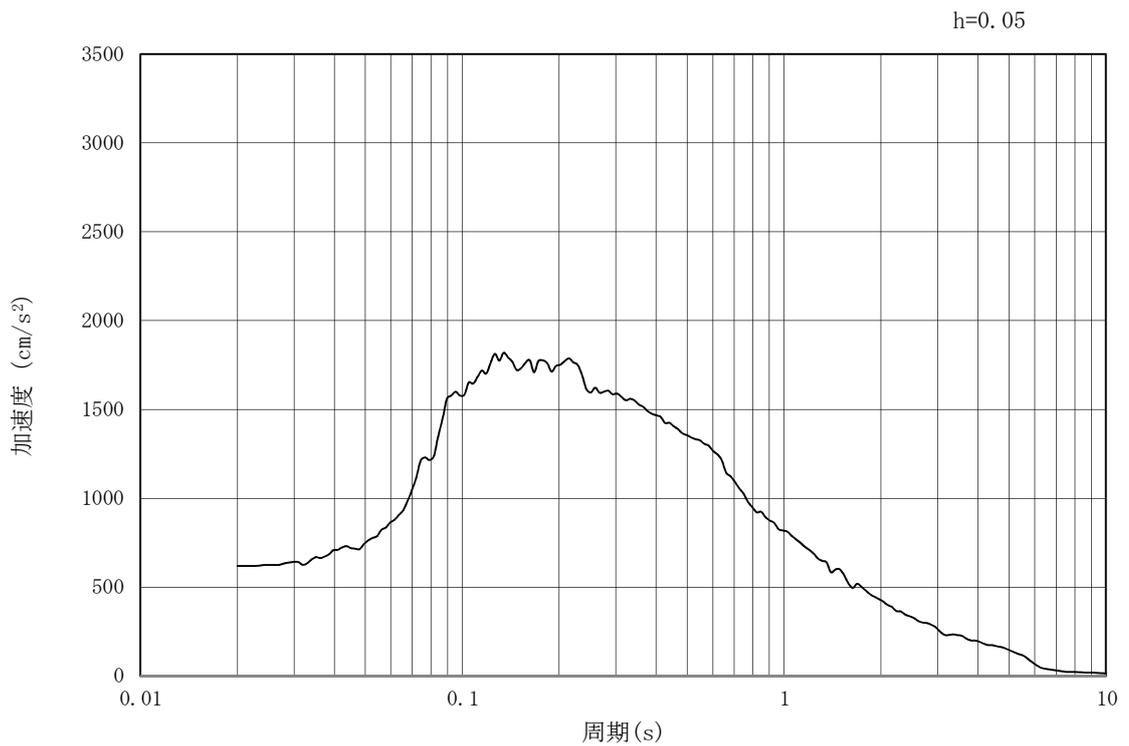


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (16) 東西方向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
(鉛直方向：S_s-31)

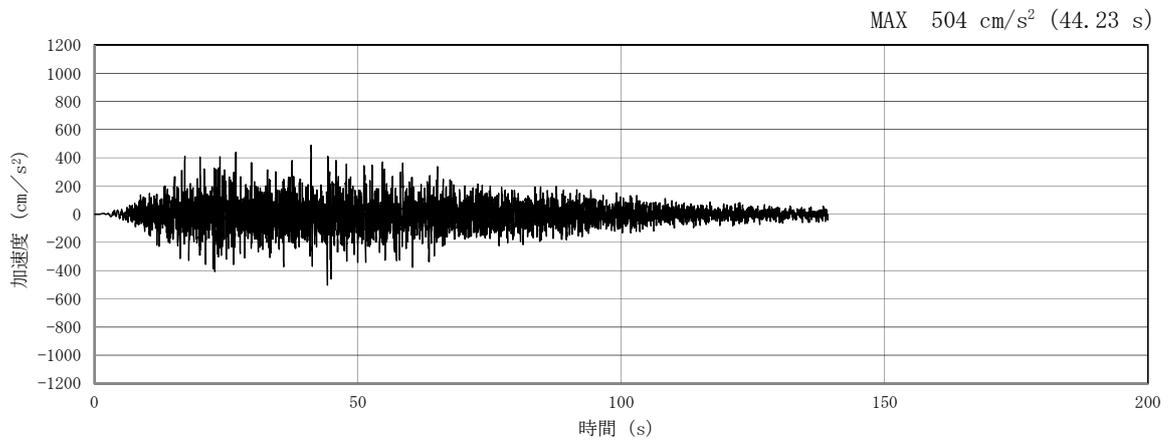


(a) 加速度時刻歴波形

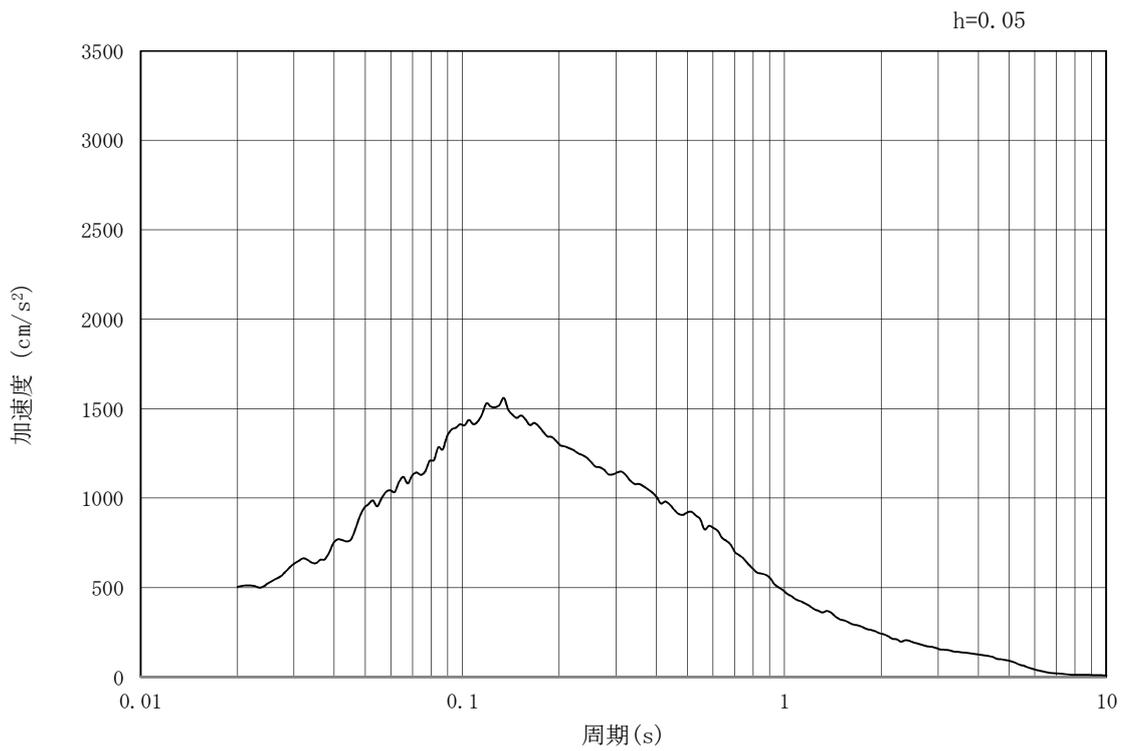


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4 図 (17) 南北方向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
(水平方向 : S_s-D 1)

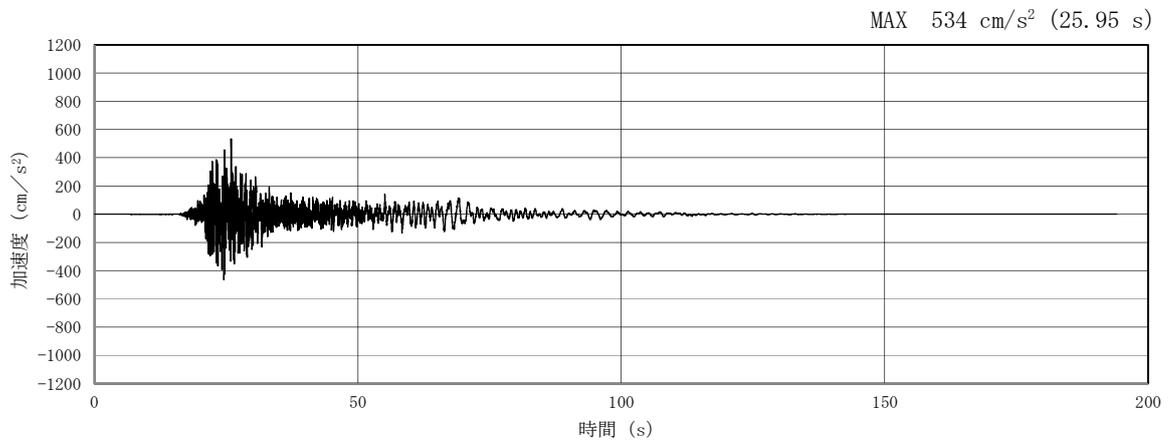


(a) 加速度時刻歴波形

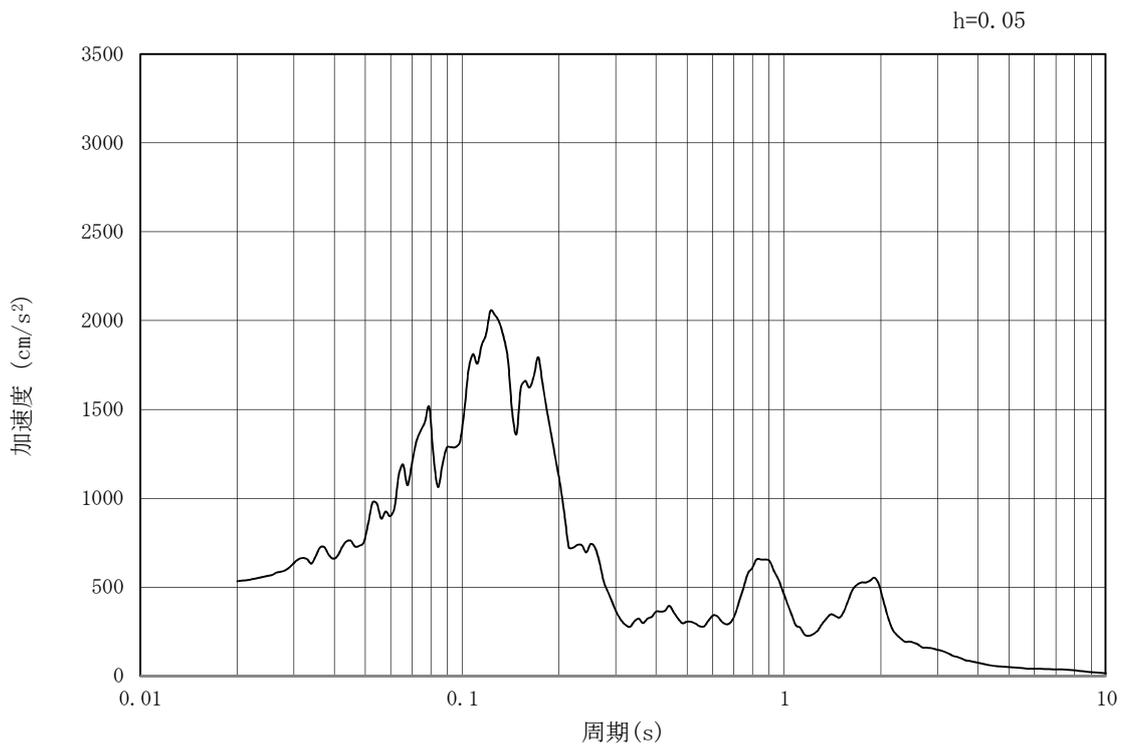


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (18) 南北方向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
(鉛直方向：S_s-D1)

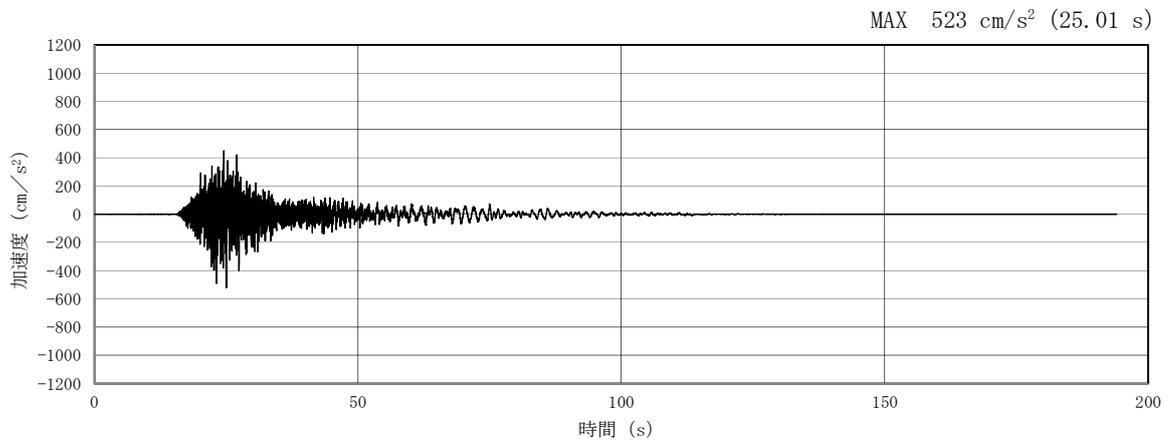


(a) 加速度時刻歴波形

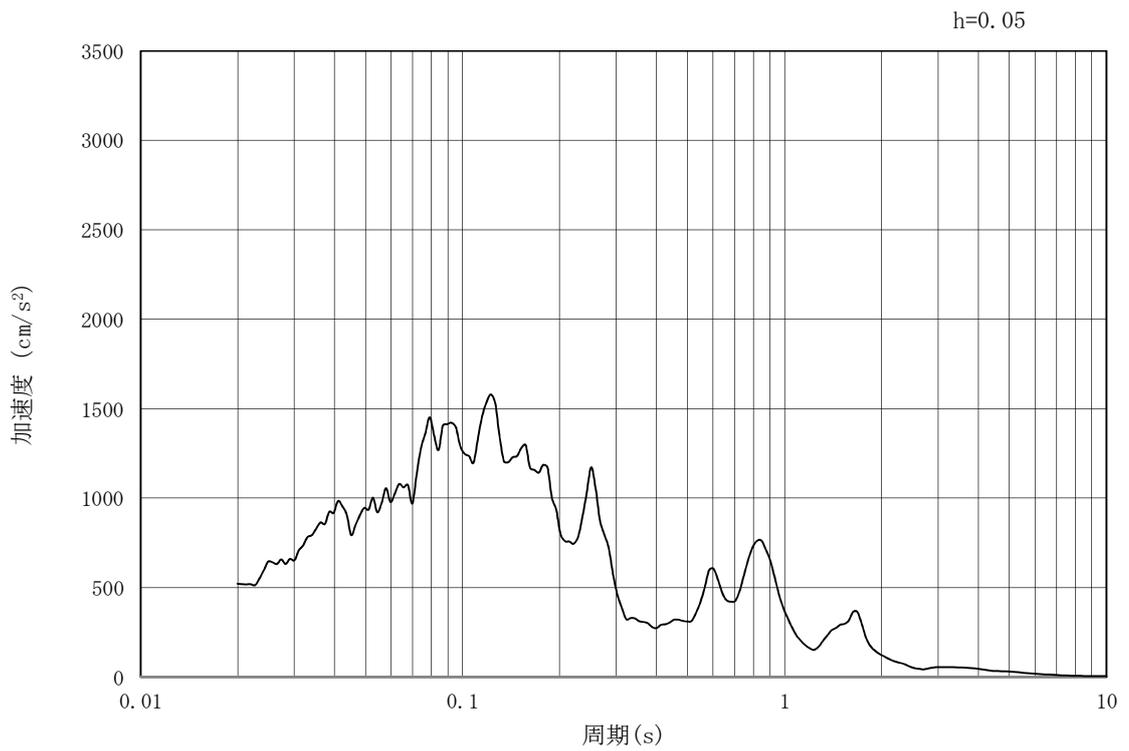


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (19) 南北方向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
(水平方向: $S_s - 1.1$)

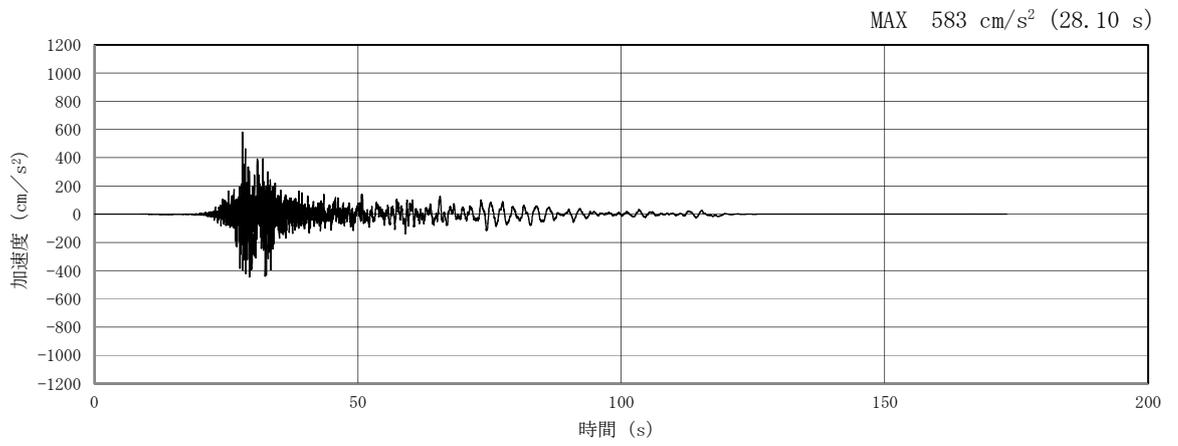


(a) 加速度時刻歴波形

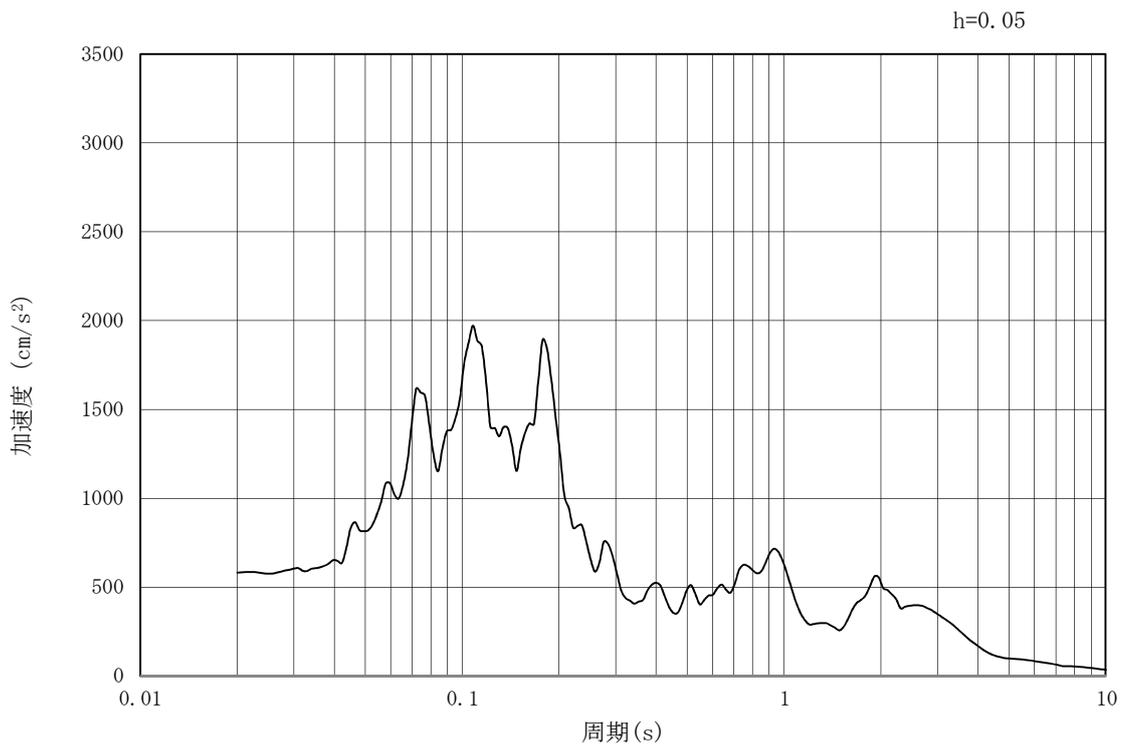


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (20) 南北方向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
(鉛直方向: $S_s - 1.1$)

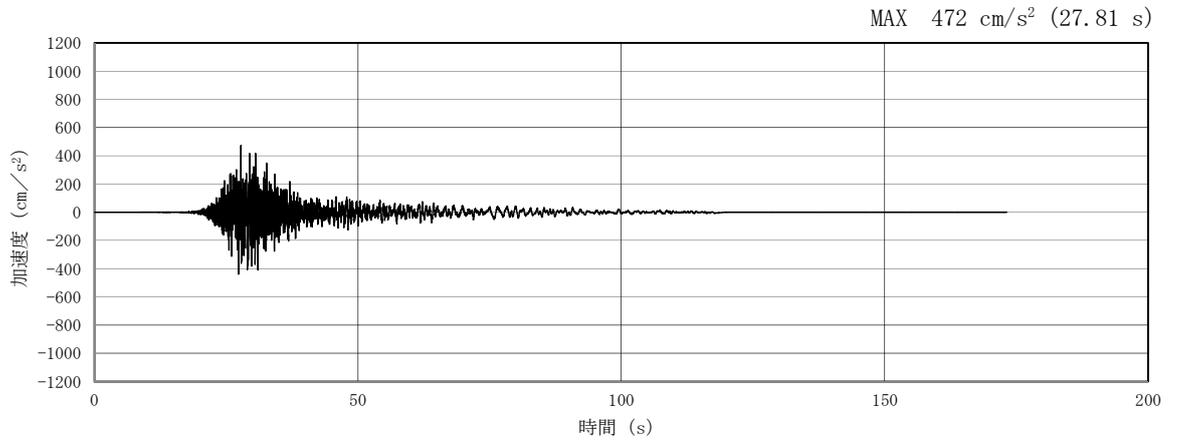


(a) 加速度時刻歴波形

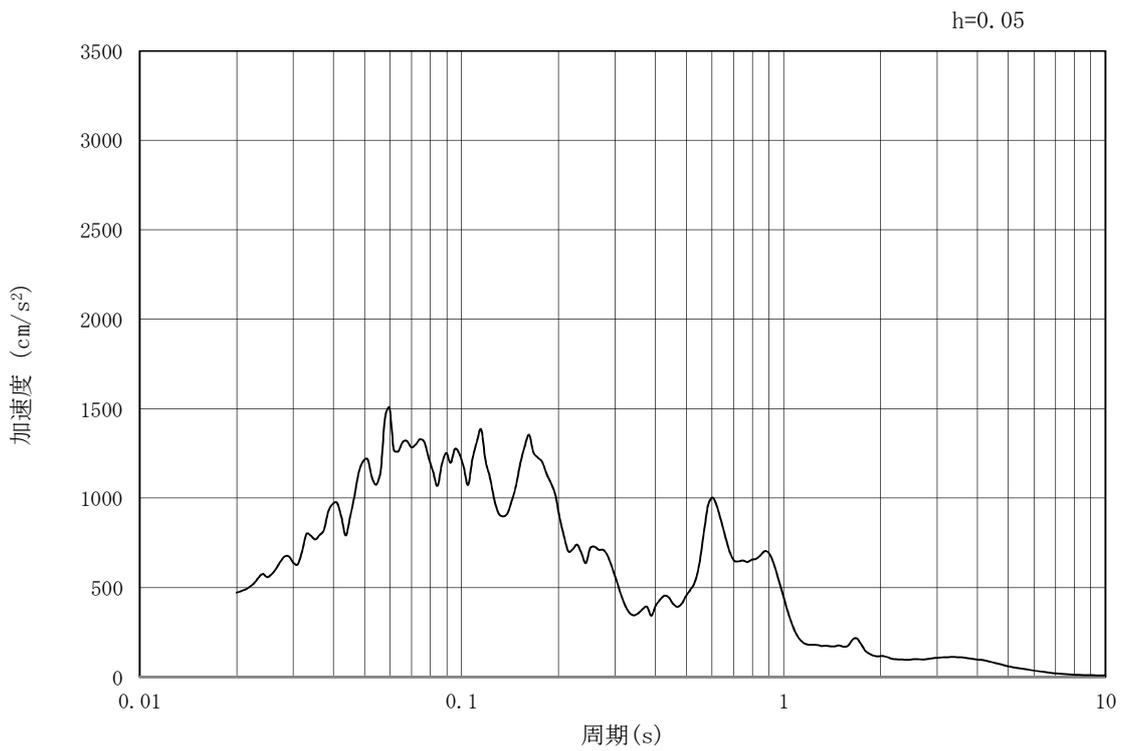


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (21) 南北方向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
(水平方向: $S_s - 1.2$)

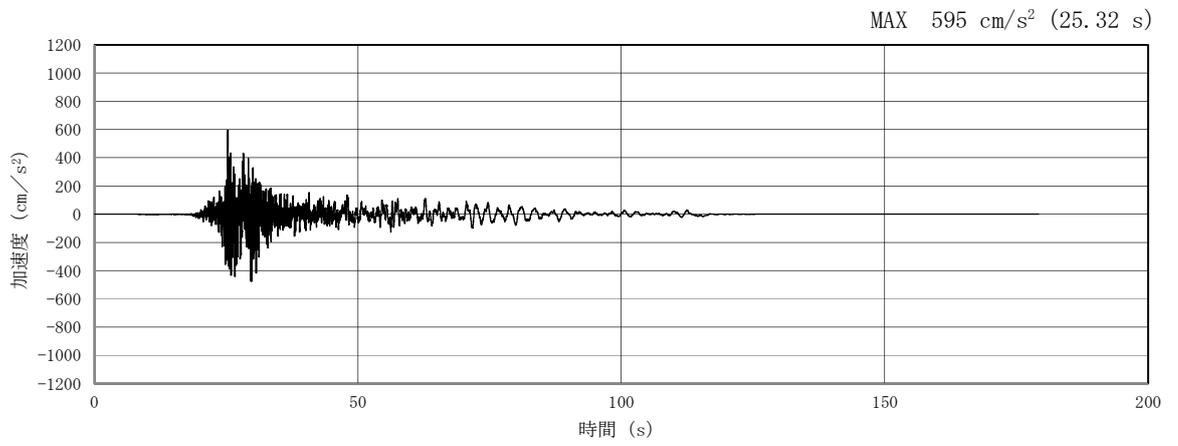


(a) 加速度時刻歴波形

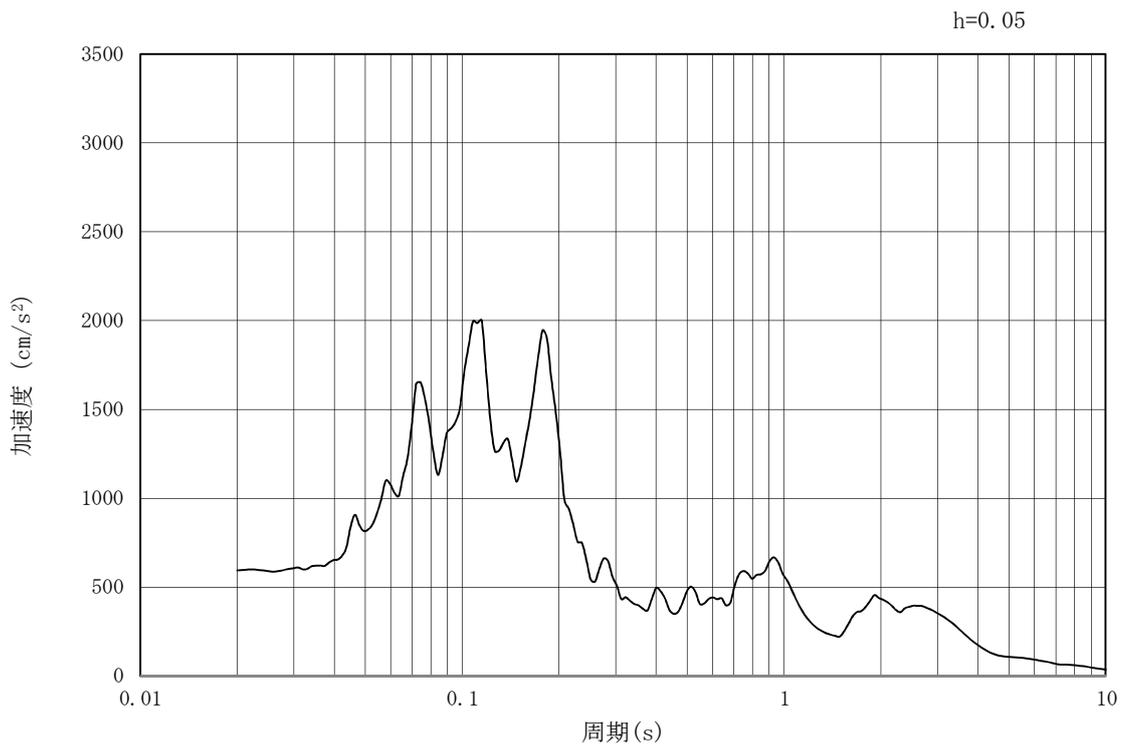


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (22) 南北方向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
(鉛直方向: $S_s - 1.2$)

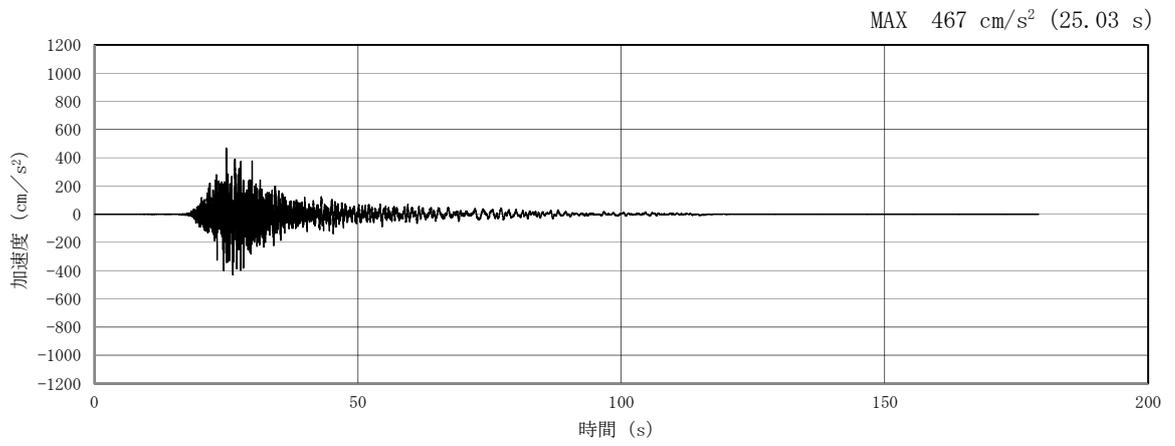


(a) 加速度時刻歴波形

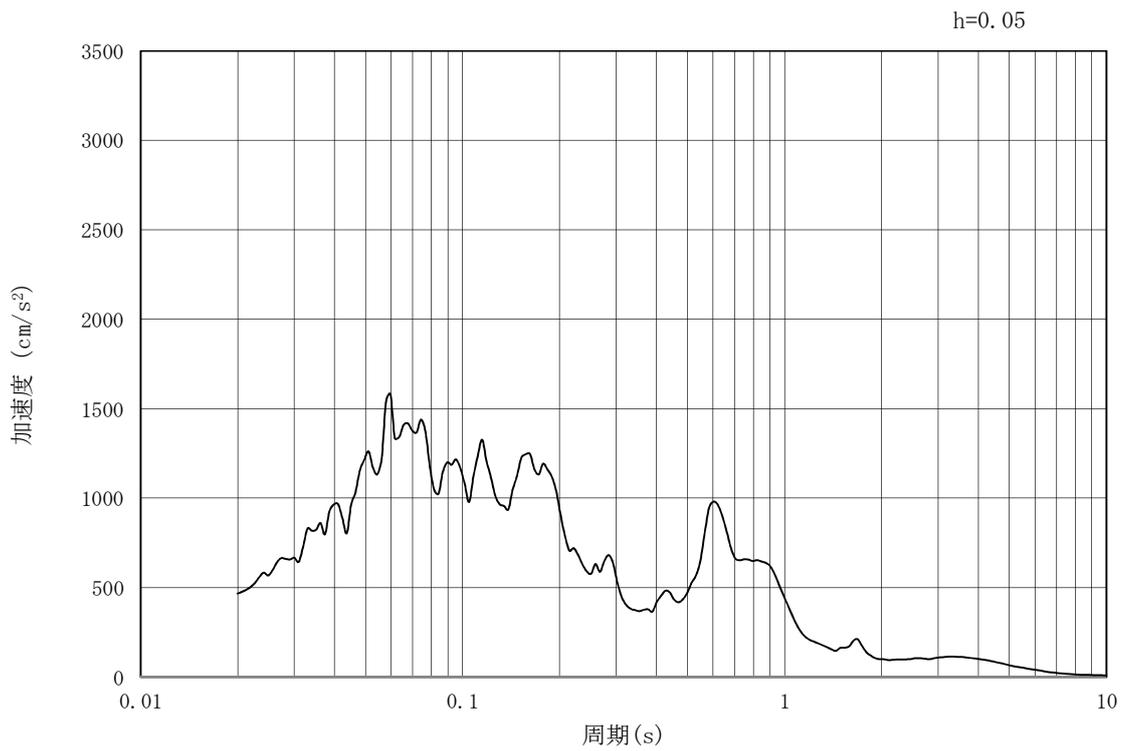


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (23) 南北方向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
(水平方向: $S_s - 13$)

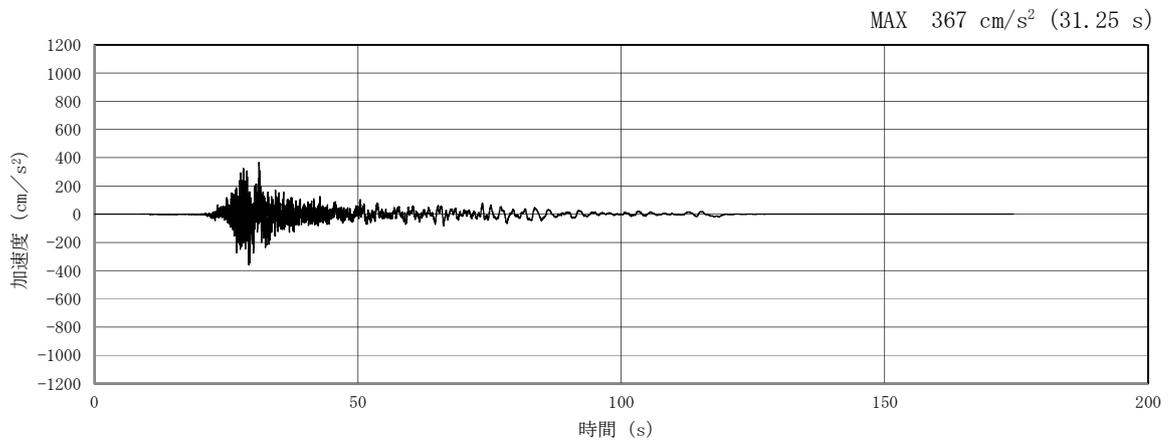


(a) 加速度時刻歴波形

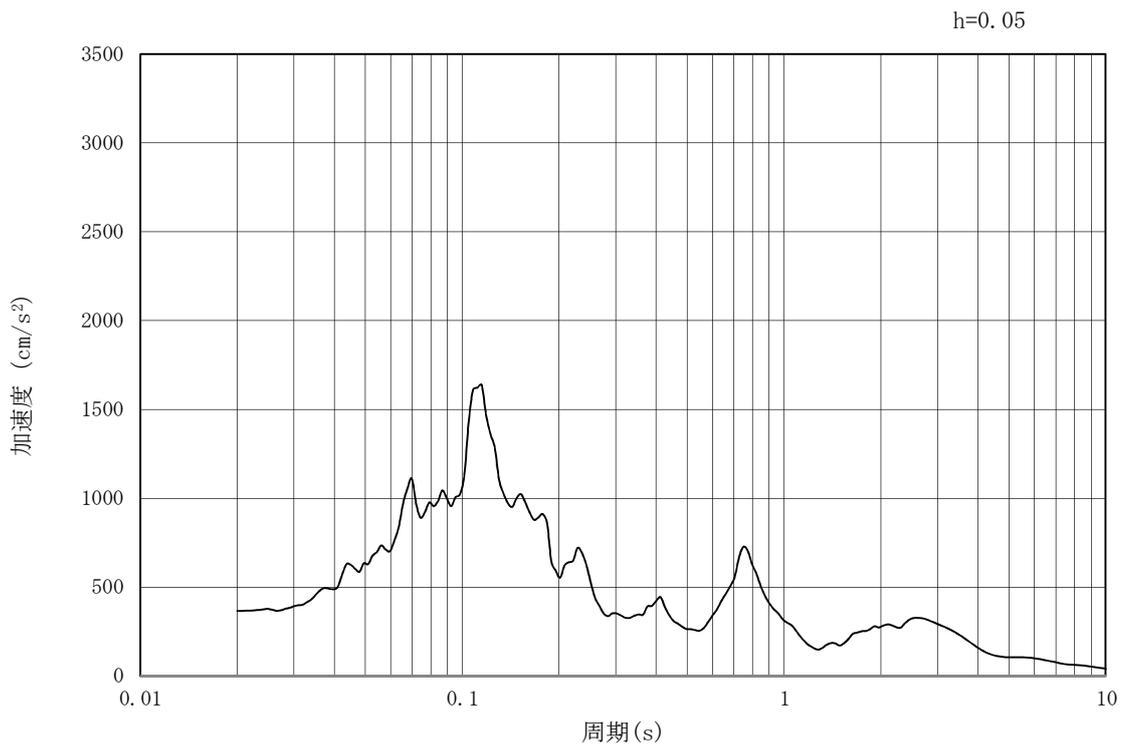


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (24) 南北方向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
(鉛直方向: $S_s - 1.3$)

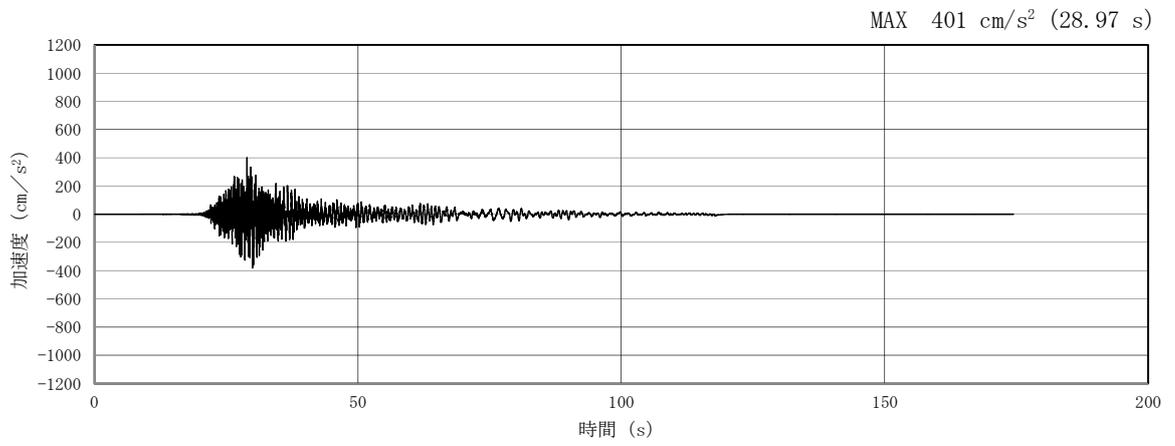


(a) 加速度時刻歴波形

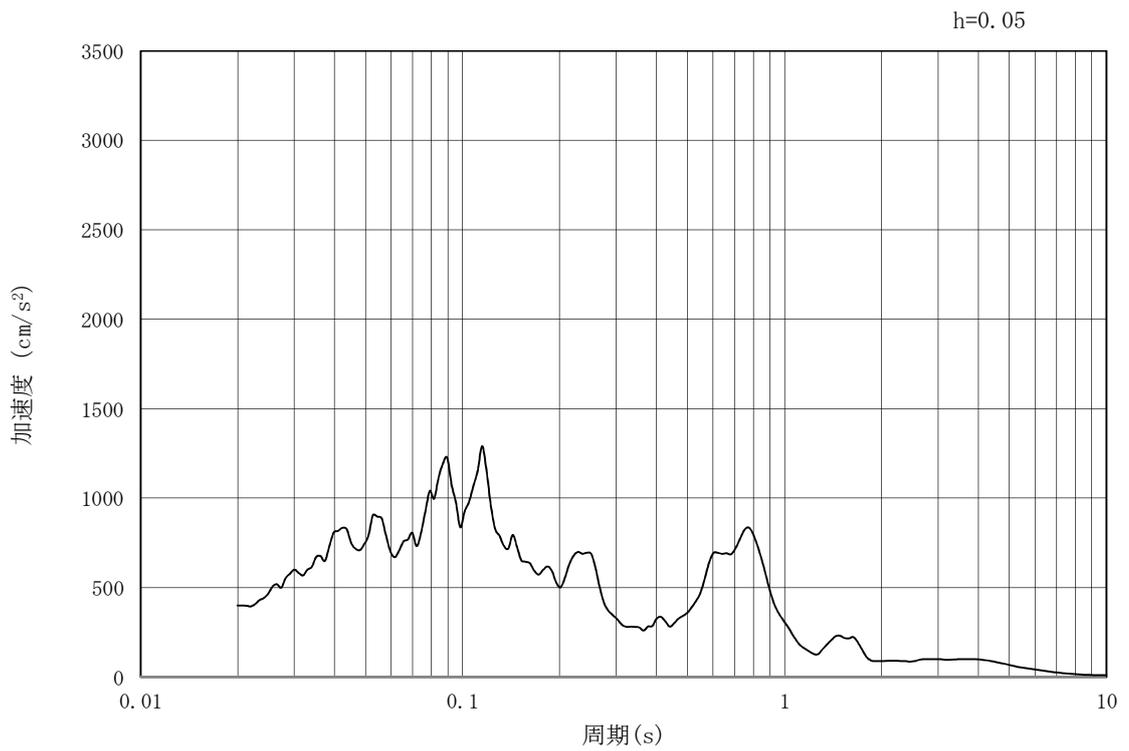


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (25) 南北方向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
(水平方向: $S_s - 14$)

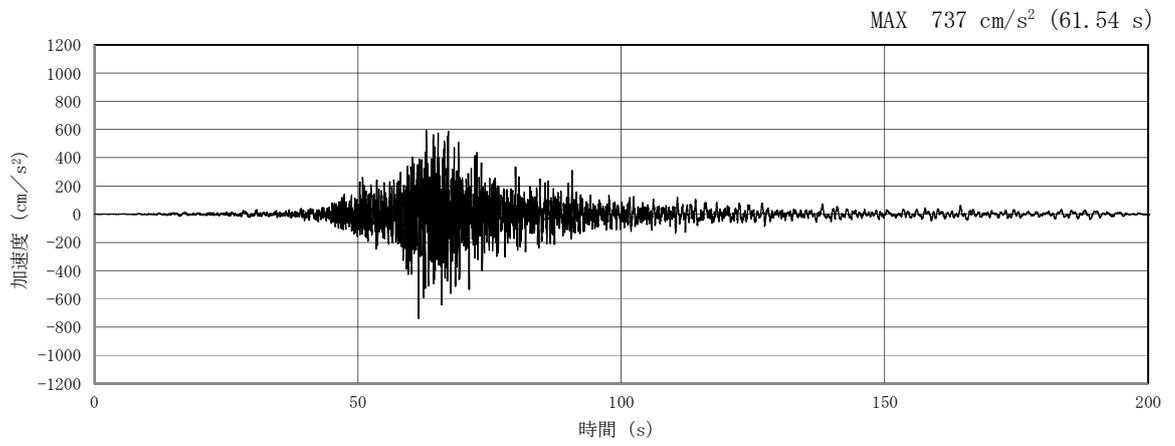


(a) 加速度時刻歴波形

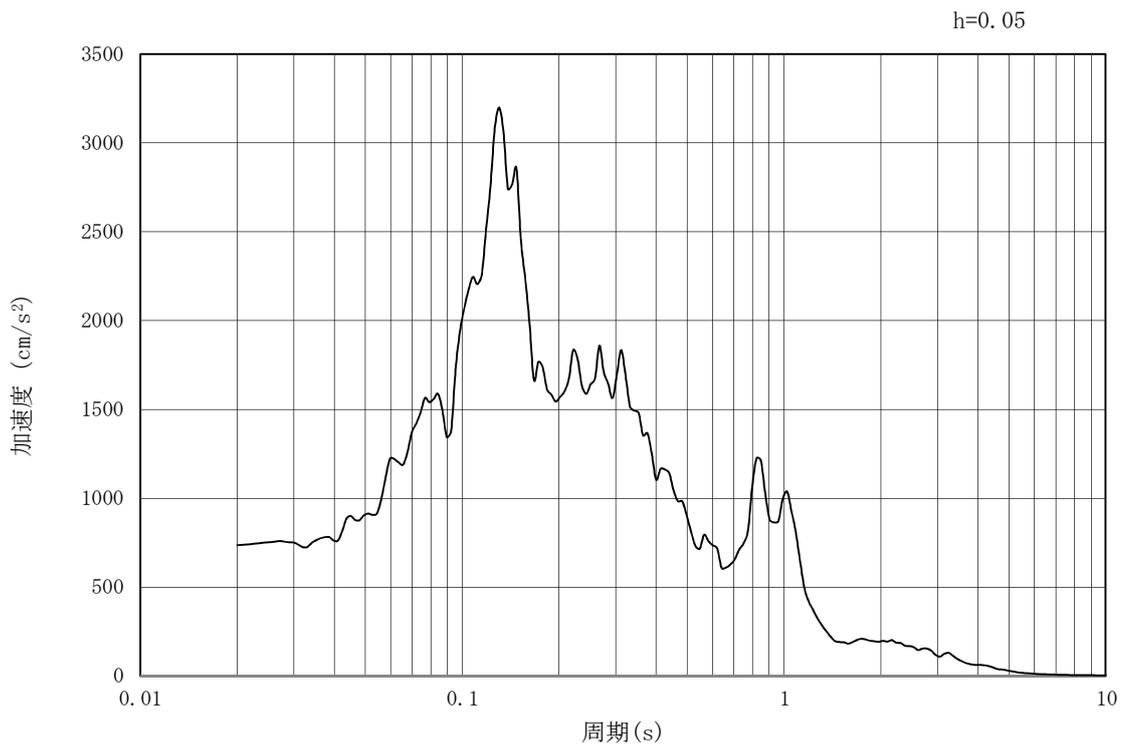


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (26) 南北方向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
(鉛直方向 : $S_s - 1.4$)

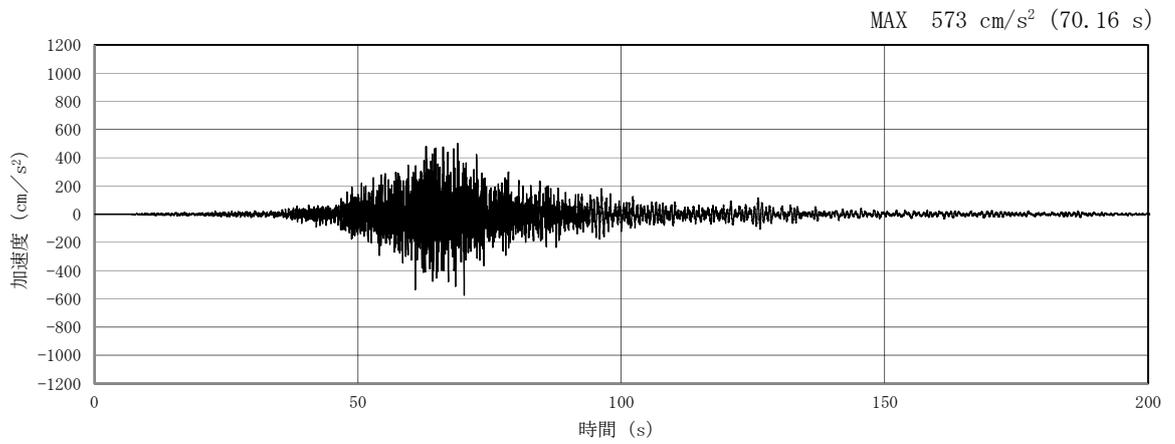


(a) 加速度時刻歴波形

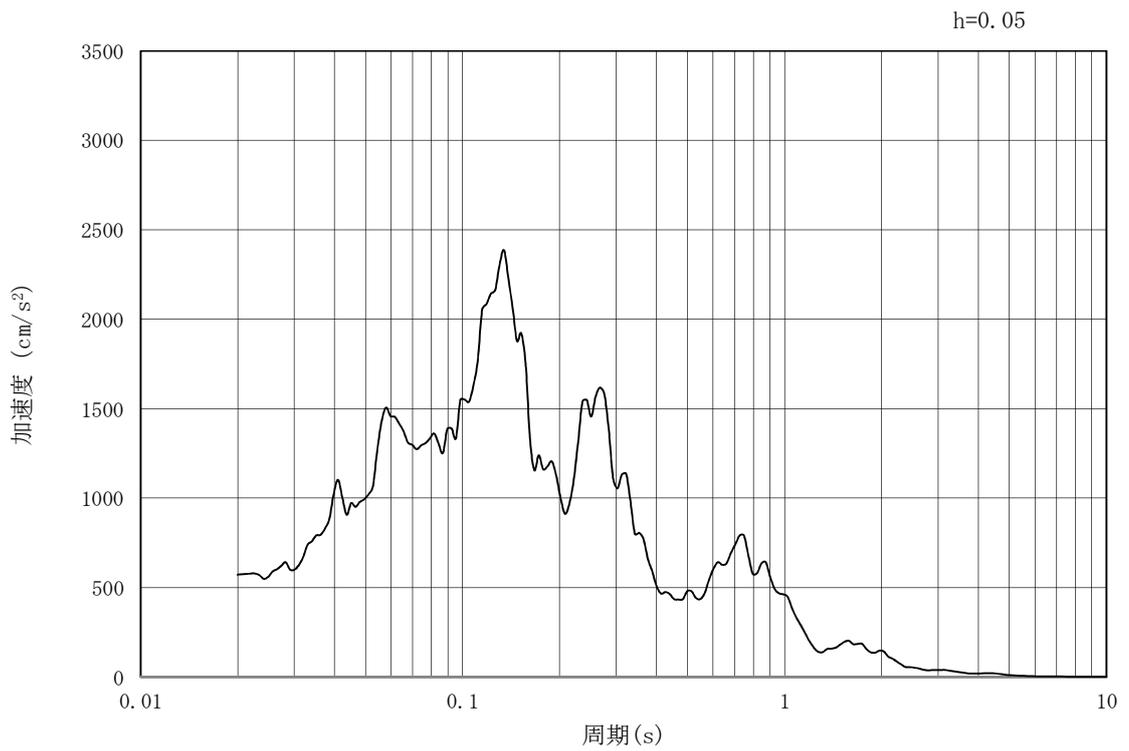


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (27) 南北方向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
(水平方向: $S_s - 21$)

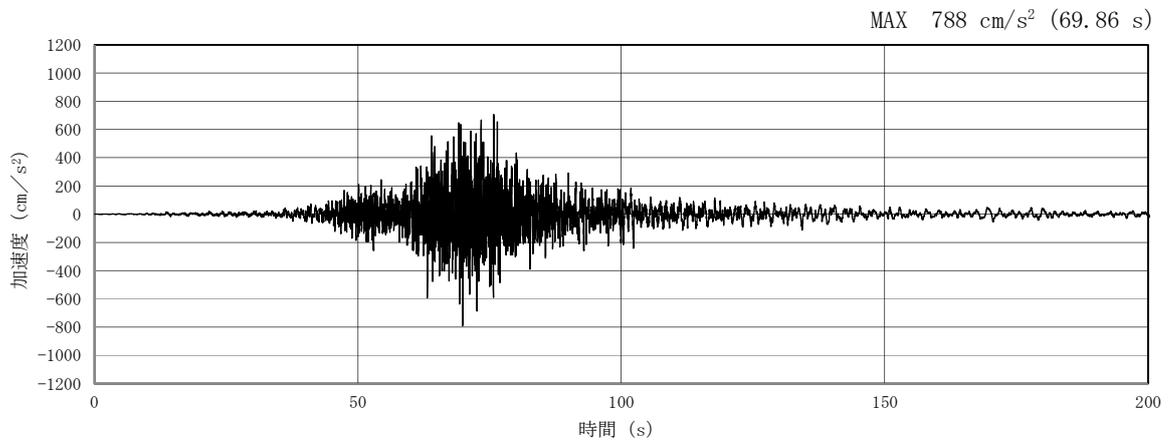


(a) 加速度時刻歴波形

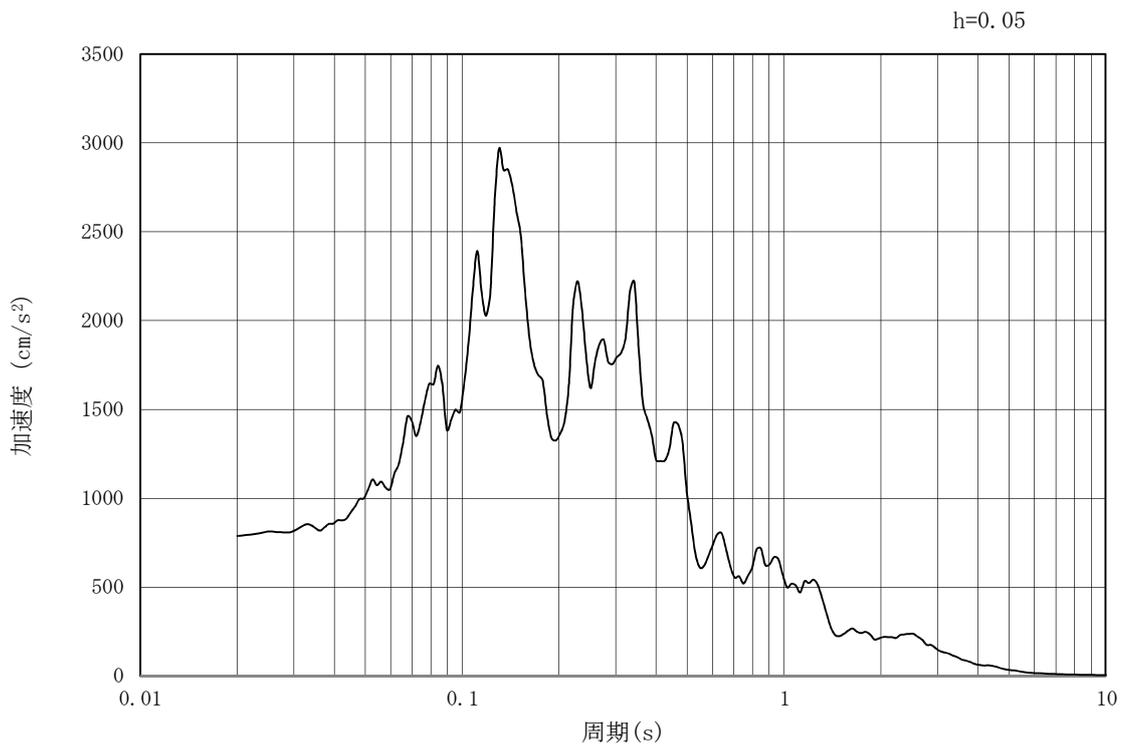


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (28) 南北方向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
(鉛直方向: $S_s - 21$)

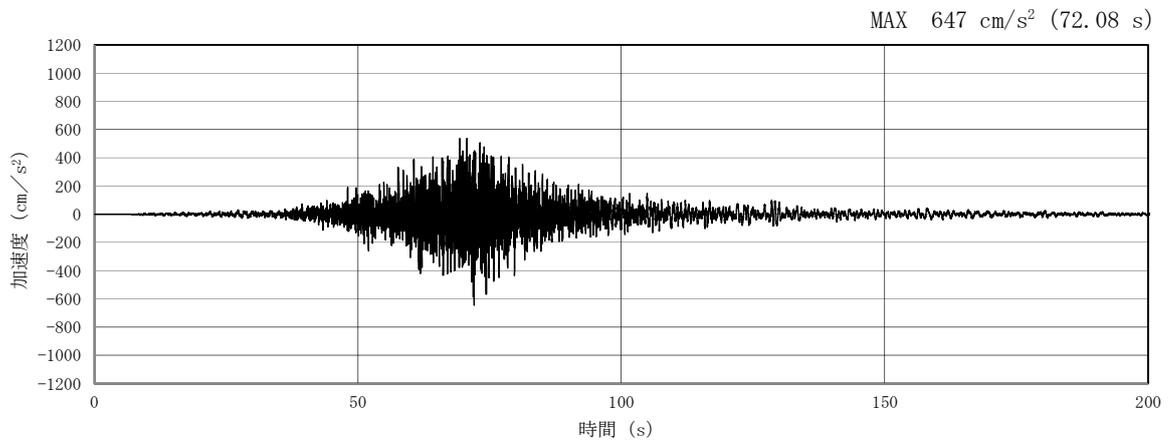


(a) 加速度時刻歴波形

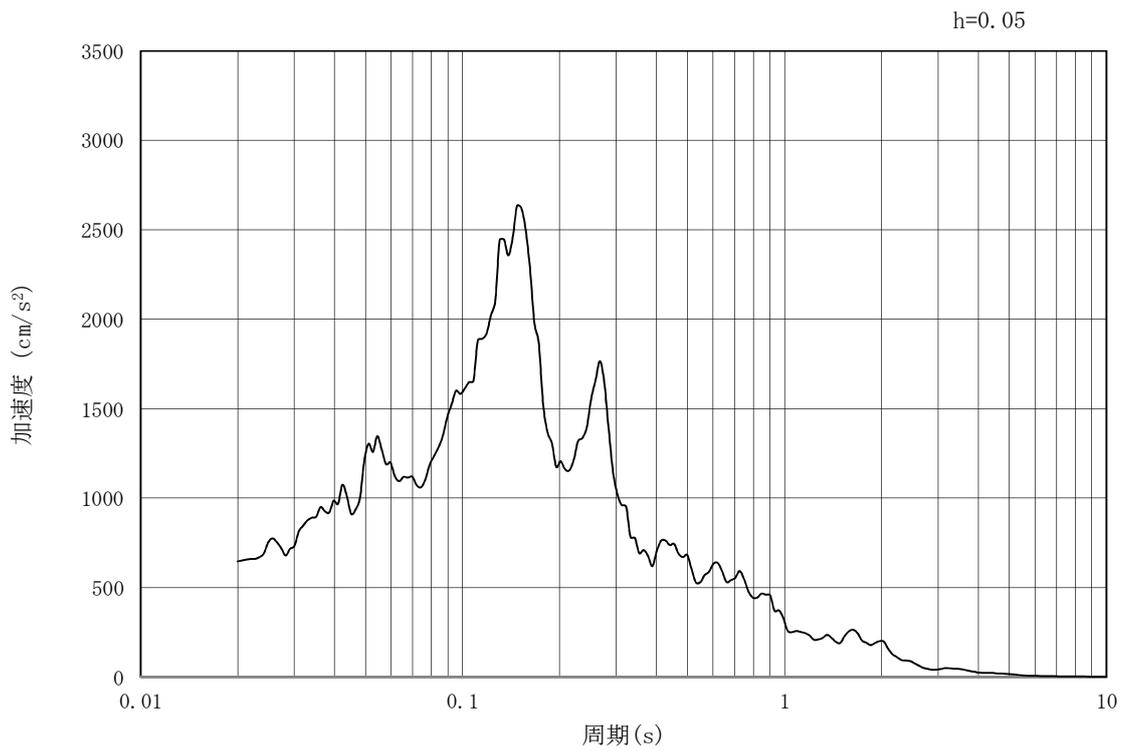


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (29) 南北方向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
(水平方向: $S_s - 22$)

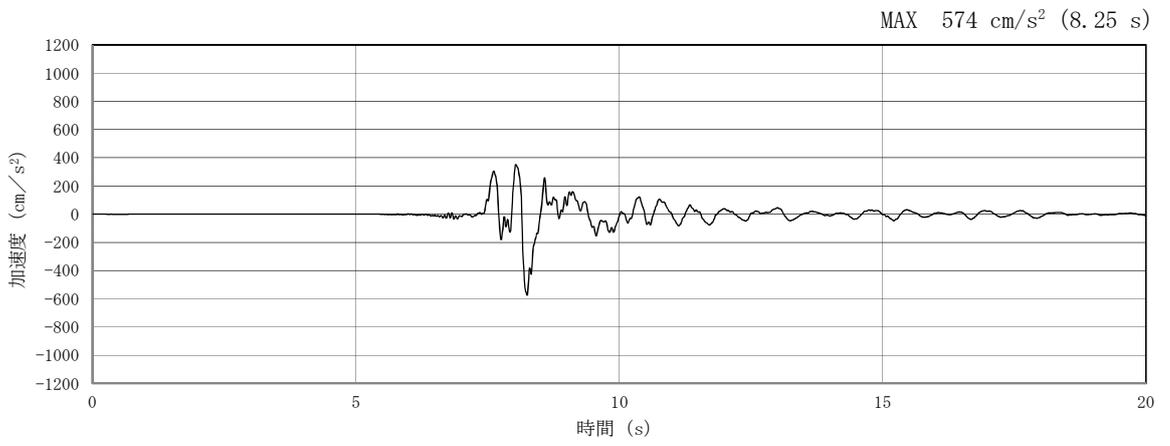


(a) 加速度時刻歴波形

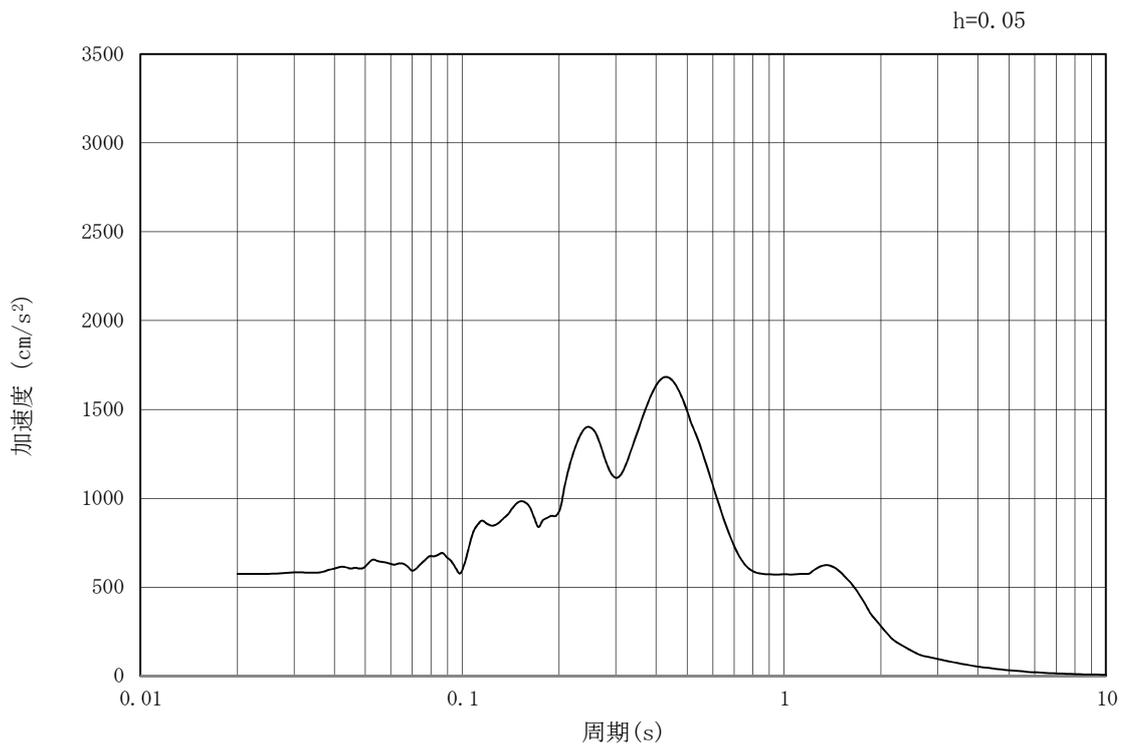


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (30) 南北方向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
(鉛直方向: $S_s - 22$)

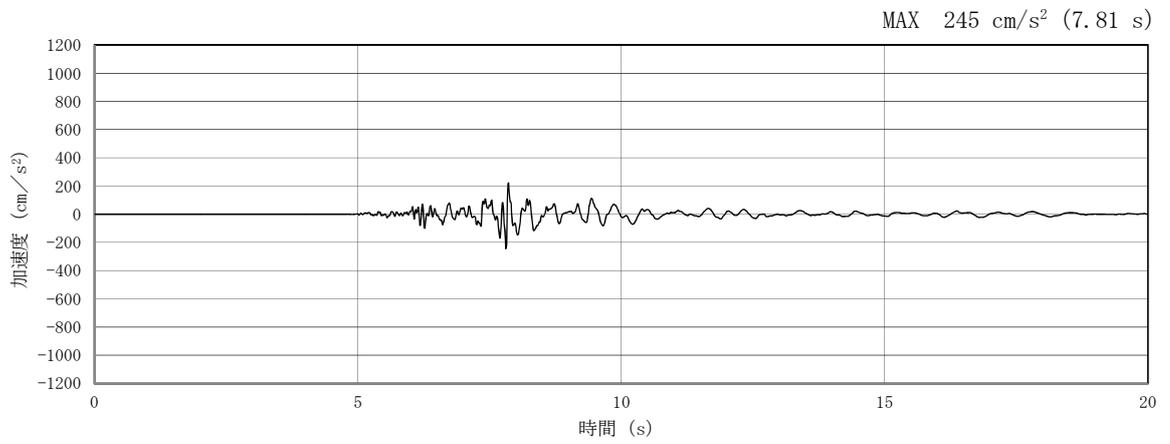


(a) 加速度時刻歴波形

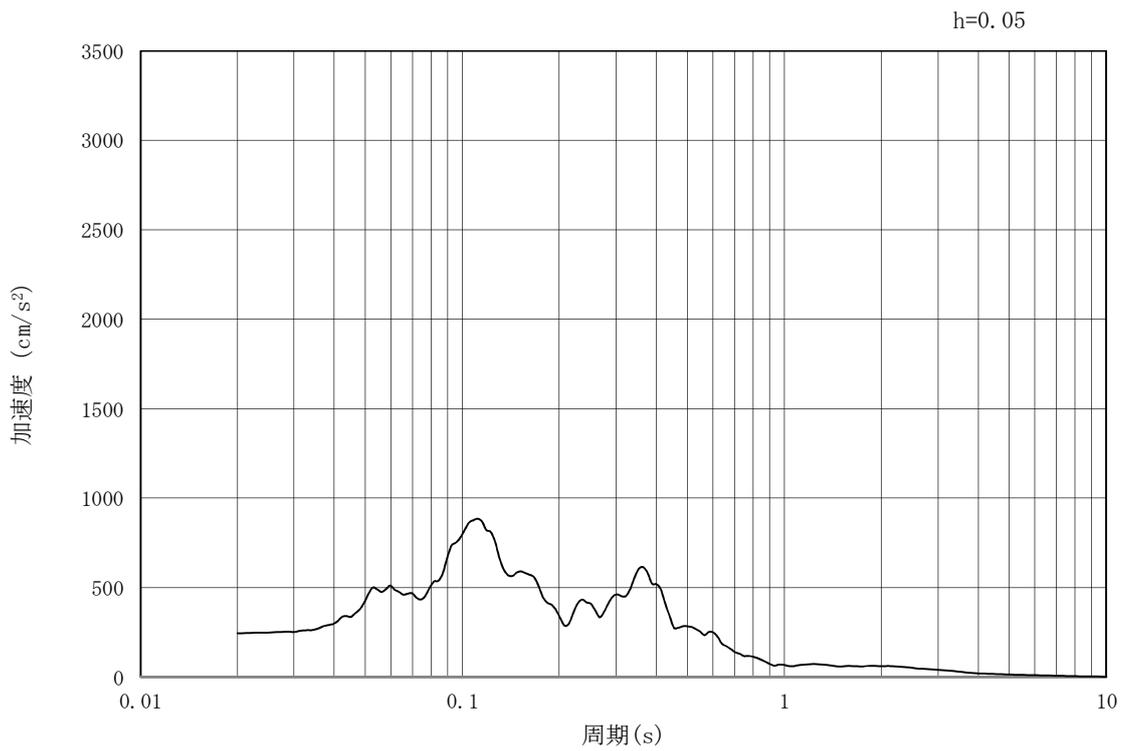


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (31) 南北方向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
(水平方向: $S_s - 31$)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (32) 南北方向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
(鉛直方向 : $S_s - 31$)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

緊急用海水ポンプピットの地震応答解析モデルを第3-5図に示す。

(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

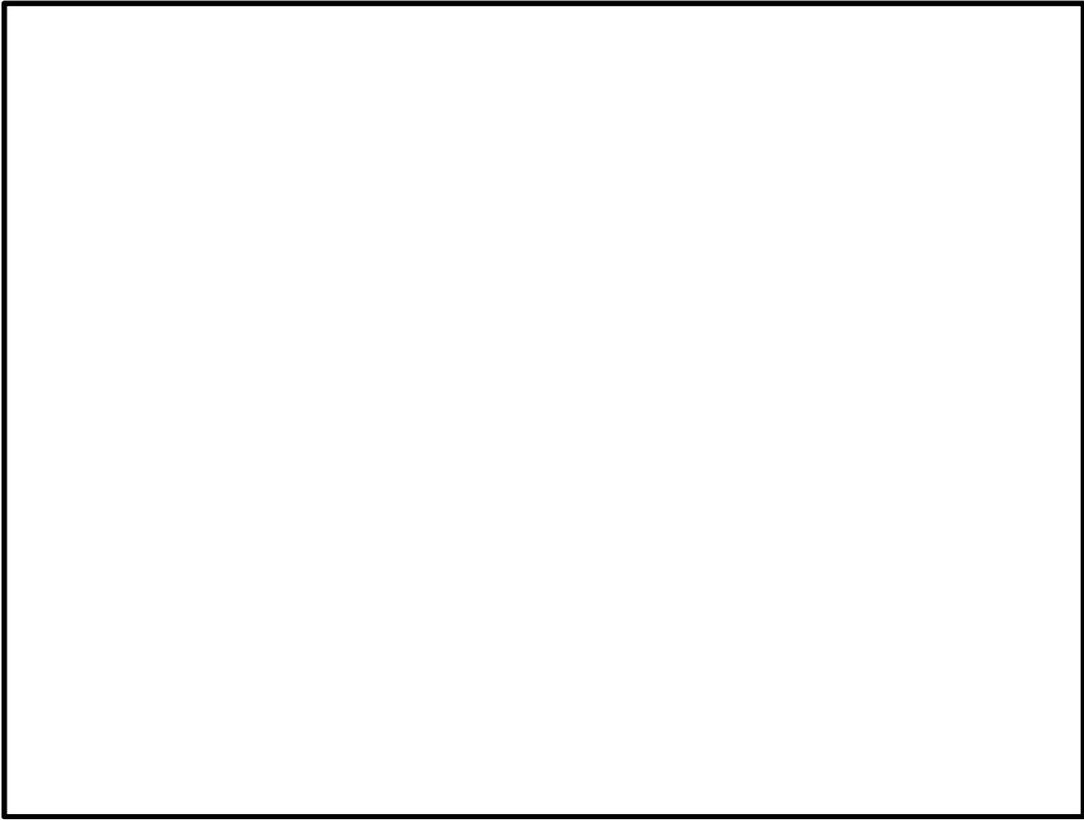
解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

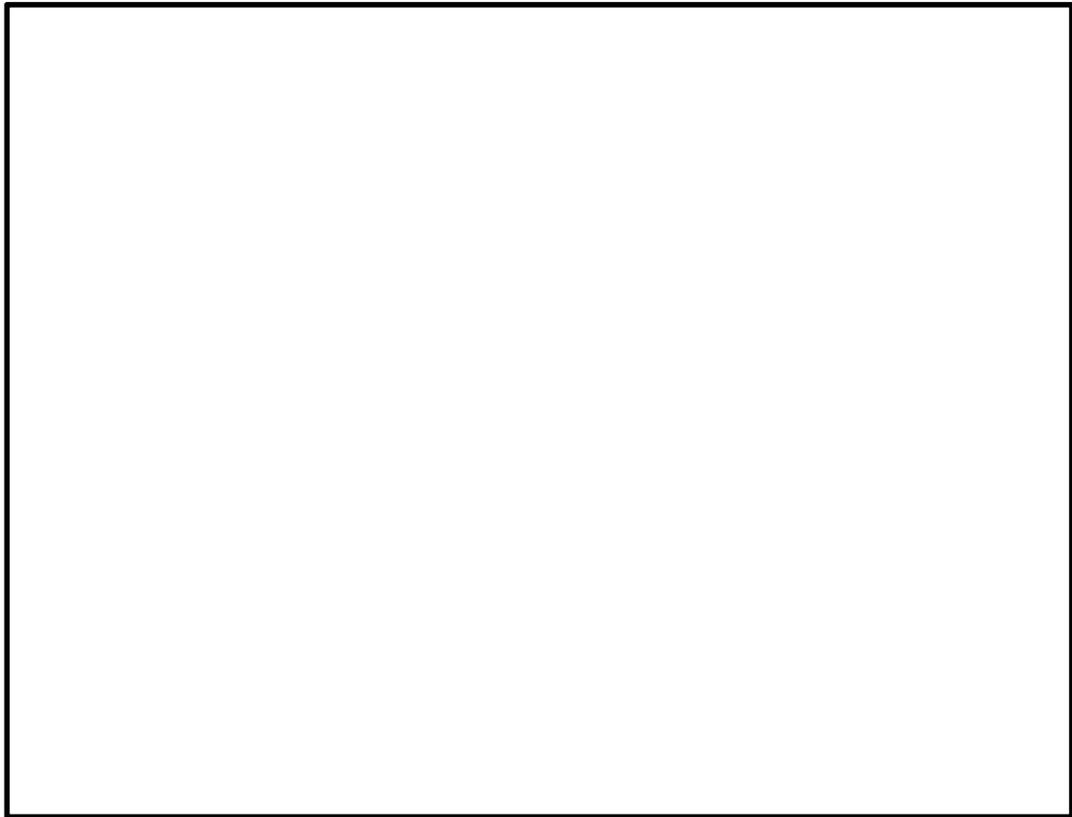
構造物は、線形はり要素でモデル化する。

(4) 地盤のモデル化

地盤は、地質断面図に基づき、マルチスプリング要素でモデル化する。



第3-5図(1) 緊急用海水ポンプピットの地震応答解析モデル(東西方向断面)



第3-5図(2) 緊急用海水ポンプピットの地震応答解析モデル(南北方向断面)

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

使用材料を第3-2表に、材料の物性値を第3-3表に示す。

第3-2表 使用材料

材料	諸元
コンクリート	設計基準強度 40 N/mm ²
鉄筋	SD345, SD390, SD490

第3-3表 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
鉄筋コンクリート	24.5	3.1×10^4	0.2

3.5.3 地盤の物性値

地盤の物性値は、V-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。

V-2-2-34 緊急用海水ポンプピット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	7
2.4 適用規格	9
3. 耐震評価	10
3.1 評価対象断面	10
3.2 許容限界	12
3.3 評価方法	14

1. 概要

本資料は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」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、緊急用海水ポンプピットが基準地震動 S_s に対して十分な構造強度及び支持性能を有していることを確認するものである。

緊急用海水ポンプピット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。

2. 基本方針

2.1 位置

緊急用海水ポンプピットの平面位置図を第2-1図に示す。

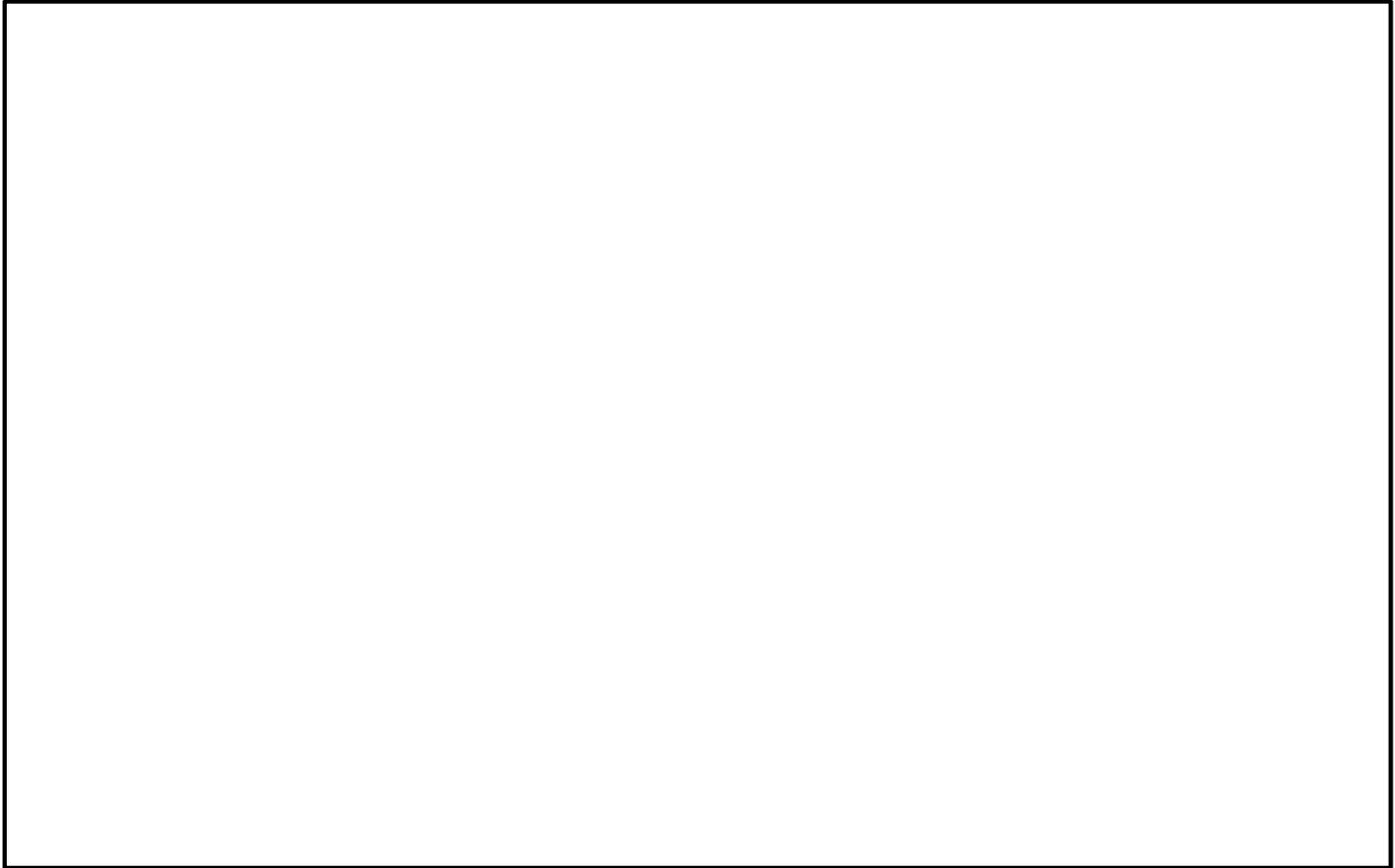


第2-1図 緊急用海水ポンプピット平面位置図

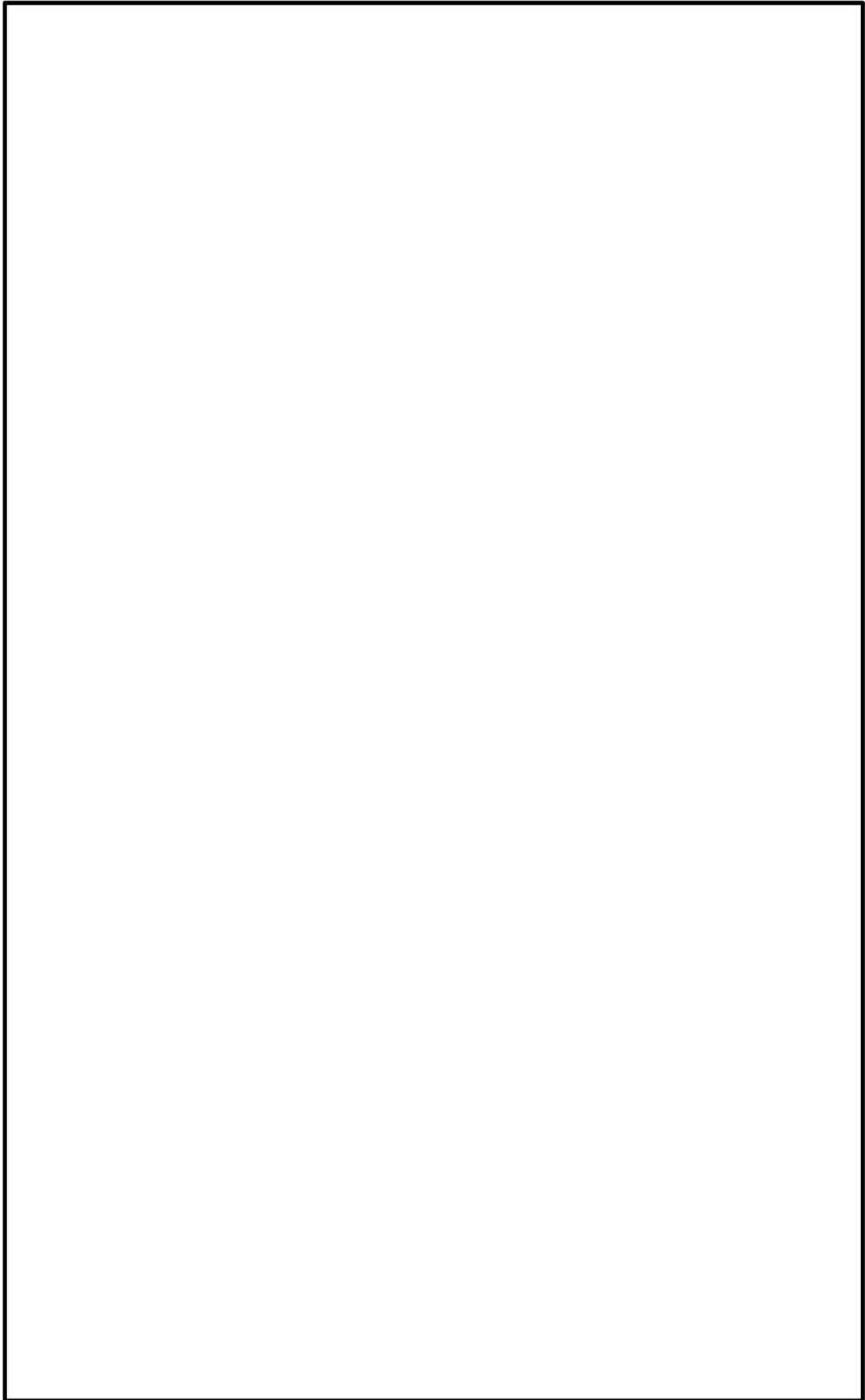
2.2 構造概要

緊急用海水ポンプピットは、緊急用海水ポンプを間接支持する幅約 12 m（東西方向）×約 12 m（南北方向）、高さ約 36 m である鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置する。

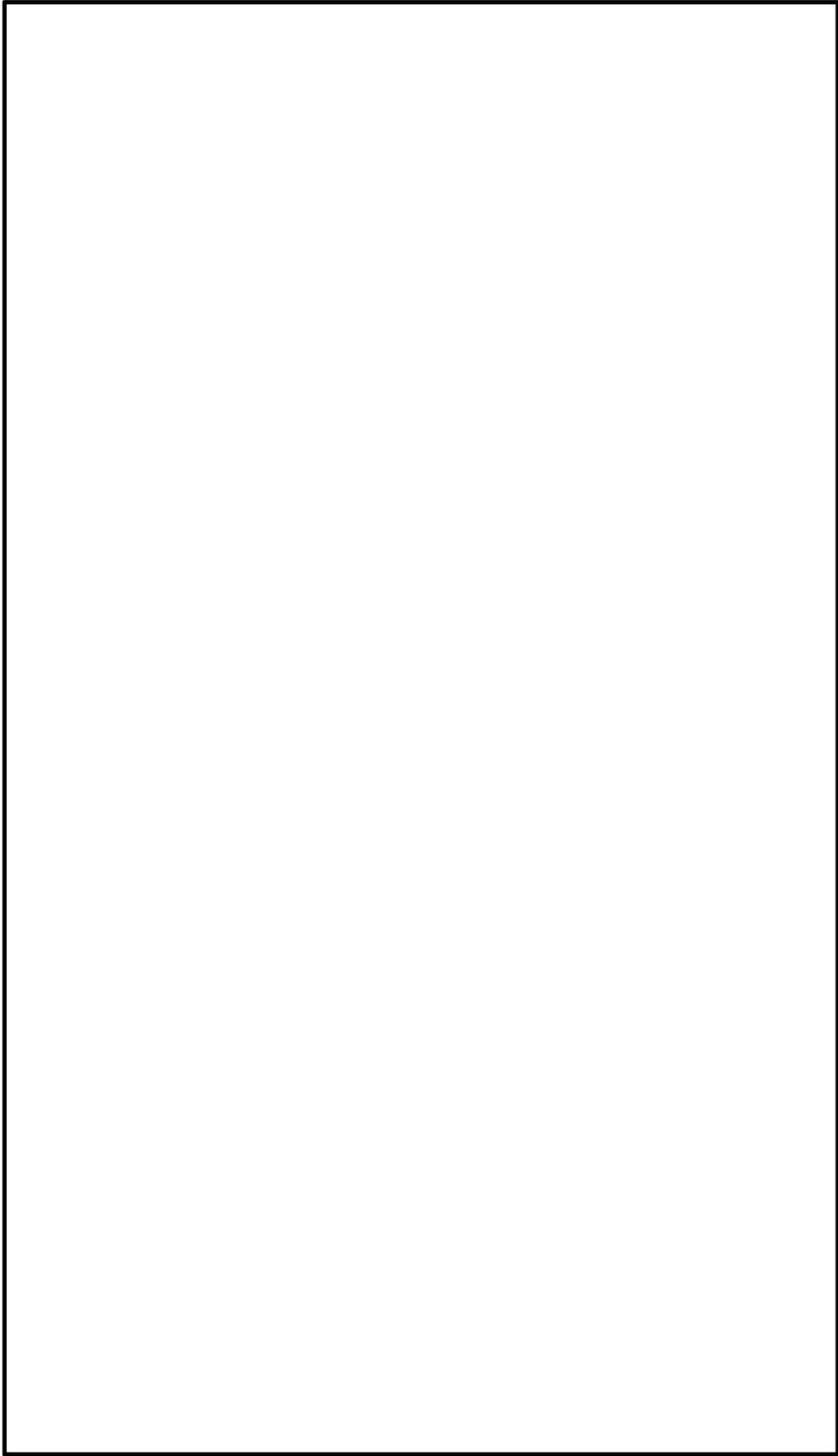
緊急用海水ポンプピットの平面図を第 2-2 図に、断面図を第 2-3 図に示す。



第 2-2 図 緊急用海水ポンプピット平面図



第 2-3 図 (1) 緊急用海水ポンプピット断面図 (東西方向断面)



第 2-3 図 (2) 緊急用海水ポンプピット断面図 (南北方向断面)

2.3 評価方針

緊急用海水ポンプピットは、設計基準対象施設においては非常用取水設備に、重大事故等対処施設においては、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に分類される。

緊急用海水ポンプピットの耐震評価は、V-2-2-33「緊急用海水ポンプピットの地震応答計算書」により得られた解析結果に基づき、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の評価として、第2-1表に示すとおり、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、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。

基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

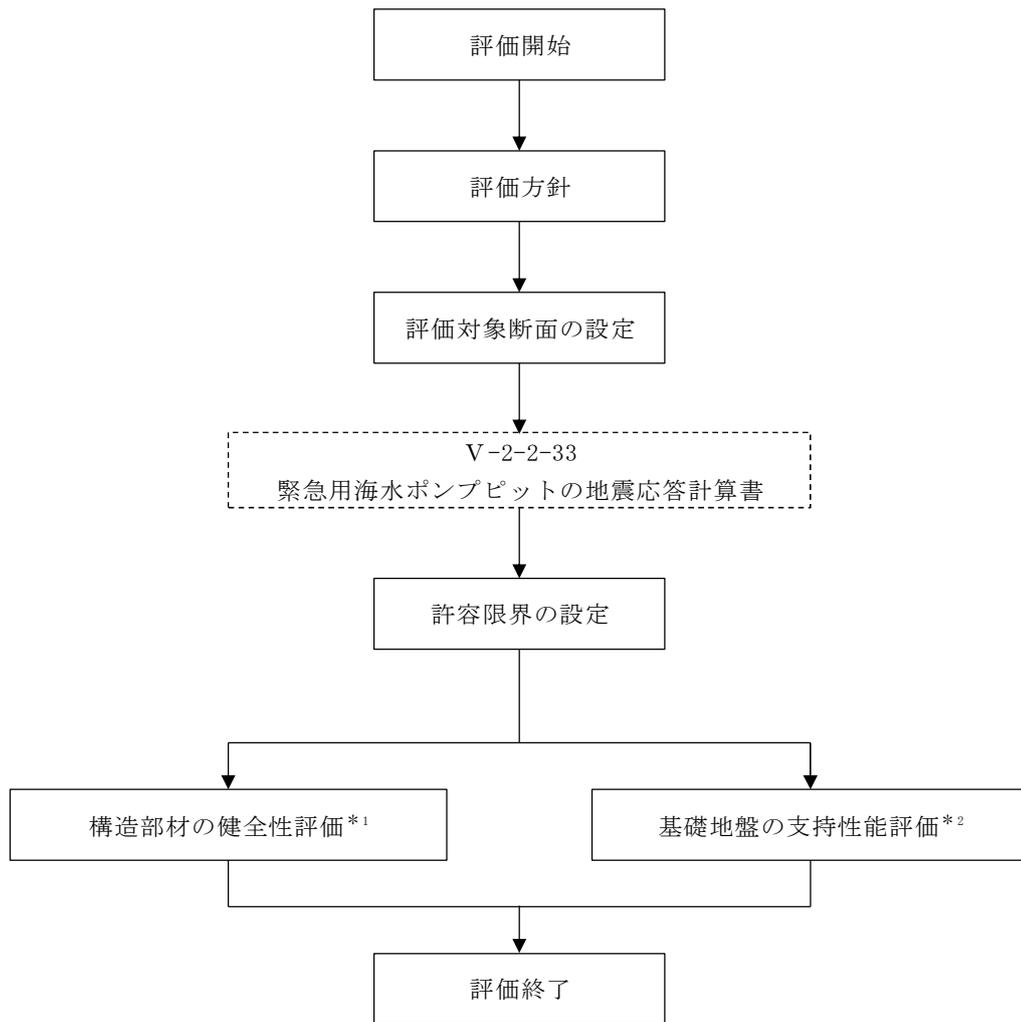
緊急用海水ポンプピットの耐震評価フローを第2-4図に示す。

ここで、緊急用海水ポンプピットは、運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力、温度等について、耐震評価における手法及び条件に有意な差異はなく、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

第2-1表 緊急用海水ポンプピットの評価項目

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	構造部材の健全性	全構造部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
SA設備を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	SA設備設置部位	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度

注記 *：妥当な安全余裕を考慮する。



注記 *1：構造部材の健全性評価を実施することで第2-1表に示す「構造強度を有すること」及び「SA設備を支持する機能を損なわないこと」を満足することを確認する。

*2：基礎地盤の支持性能評価を実施することで第2-1表に示す「構造強度を有すること」を満足することを確認する。

第2-4図 緊急用海水ポンプピットの耐震評価フロー

2.4 適用規格

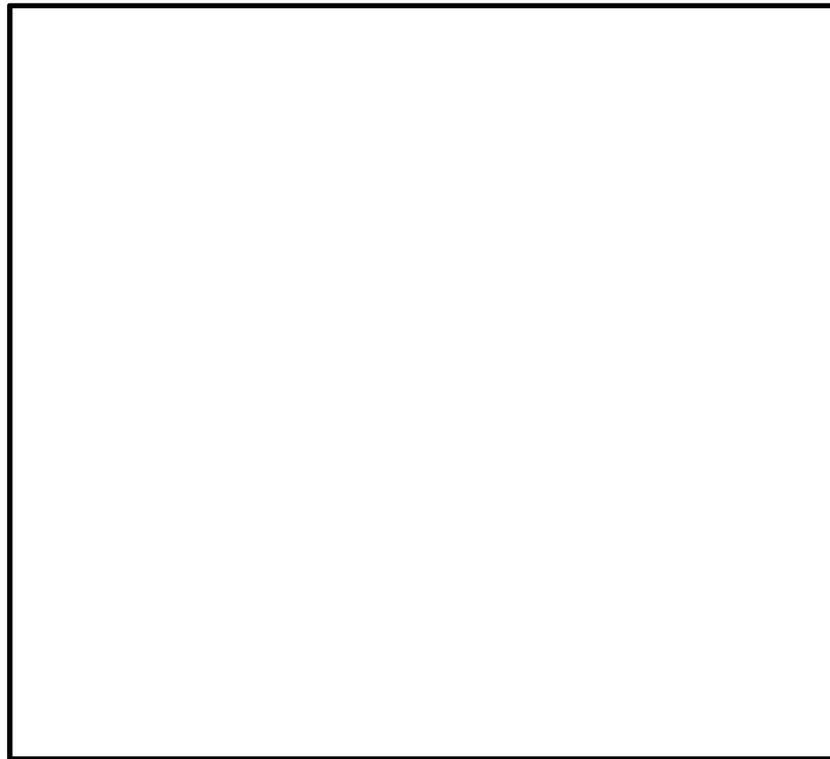
適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・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)
- ・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)

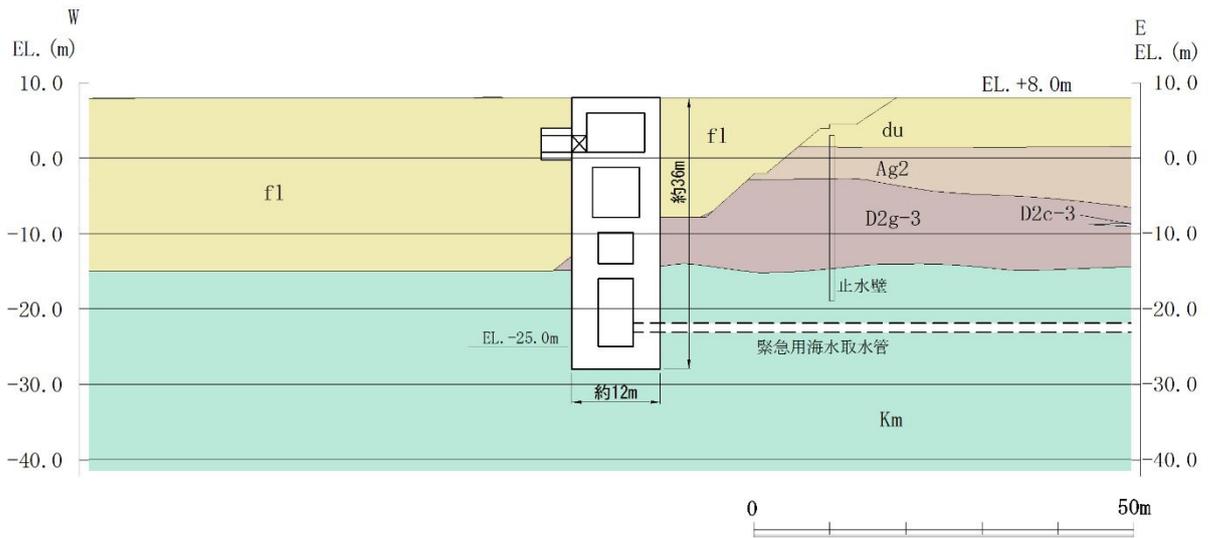
3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

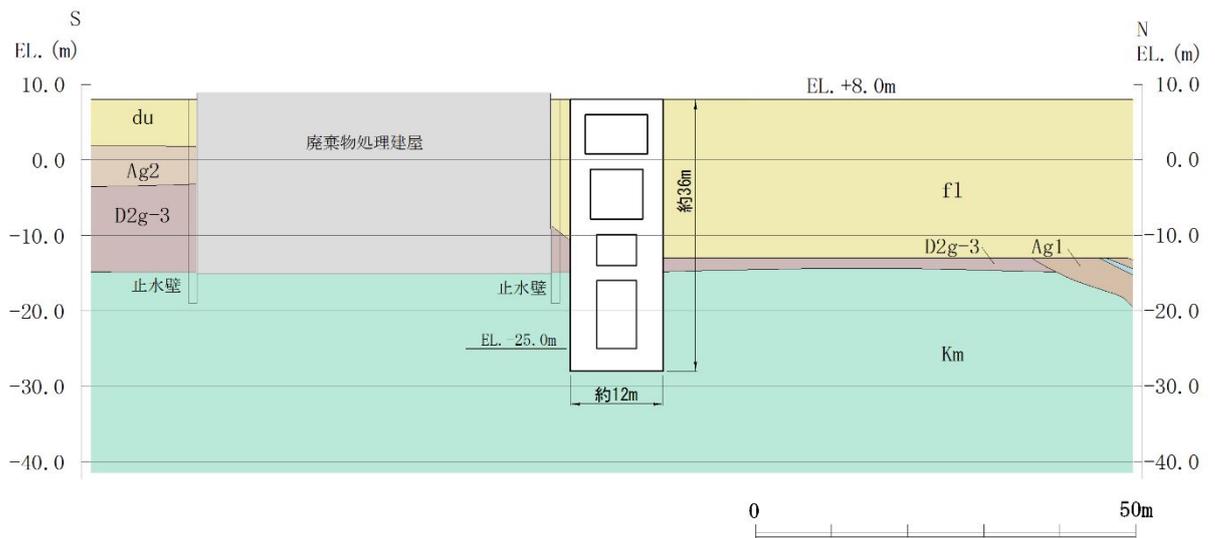
緊急用海水ポンプピットは、強軸断面方向と弱軸断面方向が明確でなく、東西方向断面と南北方向断面で地質断面に差異があるため、構造物に直交する東西方向と南北方向の両方向を評価対象断面として選定する。緊急用海水ポンプピットの評価対象断面位置図を第 3-1 図に、評価対象断面図を第 3-2 図に示す。



第 3-1 図 緊急用海水ポンプピットの評価対象断面位置図



第3-2図(1) 緊急用海水ポンプピット評価対象断面図(東西方向断面)



第3-2図(2) 緊急用海水ポンプピット評価対象断面図(東西方向断面)

3.2 許容限界

許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

新設屋外重要土木構造物の構造部材の曲げについては許容応力度、構造部材のせん断については許容せん断応力度を許容限界の基本とするが、構造部材のうち、鉄筋コンクリートの曲げについては限界層間変形角又は終局曲率、鋼材の曲げについては終局曲率、鉄筋コンクリート及び鋼材のせん断についてはせん断耐力を許容限界とする場合もある。

限界層間変形角、終局曲率及びせん断耐力に対しては妥当な安全余裕を持たせた許容限界とし、それぞれの安全余裕については各施設の機能要求等を踏まえ設定する。

(1) 構造部材に対する許容限界

緊急用海水ポンプピットの照査は、許容応力度による照査を基本とする。許容応力度については、「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）」に基づき、第3-1表のとおり設定する。なお、第3-1表に示す許容応力度は短期許容応力度とし、短期許容応力度は耐震設計上考慮する荷重が地震荷重であることを考慮し、コンクリート及び鉄筋の許容応力度に対して1.5倍の割増しを考慮する。

第3-1表 許容応力度（短期）

評価項目		短期許容応力度 (N/mm ²)
コンクリート ($f'_{ck}=40$ N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	21
	許容せん断応力度 τ_{a1}	0.825*
鉄筋	SD345	許容引張応力度 σ_{sa} 294
	SD390	許容引張応力度 σ_{sa} 309
	SD490	許容引張応力度 σ_{sa} 435

注記 *：斜め引張鉄筋を考慮する場合は、「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）」に準拠し、次式により求められる許容せん断力 (V_a) を許容限界とする。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで、

V_{ca} : コンクリートの許容せん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

V_{sa} : 斜め引張鉄筋の許容せん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot j \cdot d / s$$

τ_{a1} : 斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

b_w : 有効幅

j : 1/1.15

d : 有効高さ

A_w : 斜め引張鉄筋断面積

σ_{sa} : 鉄筋の許容引張応力度

s : 斜め引張鉄筋間隔

(2) 基礎地盤の支持力に対する許容限界

基礎地盤に作用する接地圧に対する許容限界は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」を考慮し、極限支持力に基づき設定する。

3.3 評価方法

緊急用海水ポンプピットの耐震評価は、V-2-2-33「緊急用海水ポンプピットの地震応答計算書」による地震応答解析結果を基に得られる照査用応答値が「3.2 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

(1) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートは、耐震評価により算定した曲げ圧縮応力、曲げ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する。

(2) 基礎地盤の支持力

基礎地盤の支持性能評価においては、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

V-2-2-35 防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）の地震応答計算書

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	2
2.3 解析方針	4
2.4 適用規格	5
3. 解析方法	6
3.1 評価対象断面	6
3.2 解析方法	10
3.3 荷重及び荷重の組合せ	11
3.4 入力地震動	12
3.5 解析モデル及び諸元	13

1. 概要

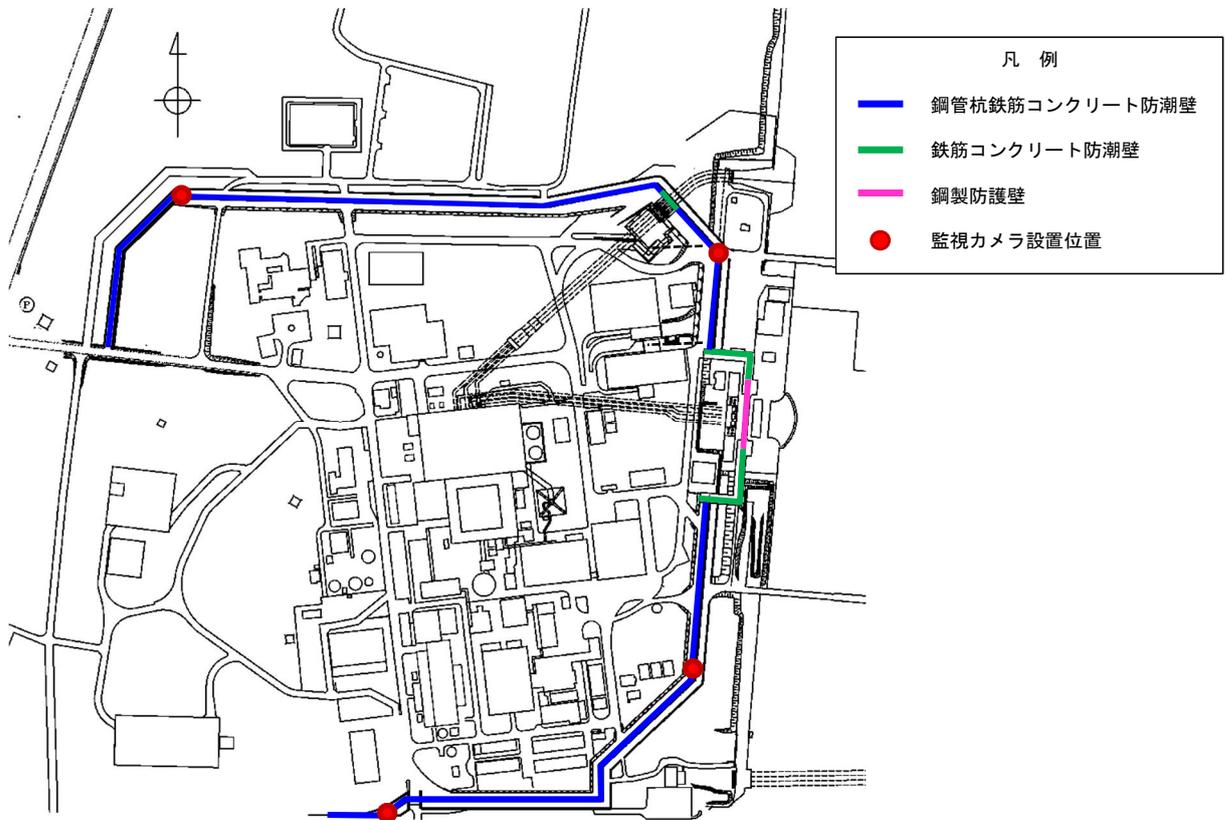
本資料は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施する鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁に津波監視設備として設置する津波監視カメラの耐震評価に係る地震応答解析について説明するものである。

本地震応答解析は、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を抽出するものである。

2. 基本方針

2.1 位置

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁及び監視カメラの位置図を第2-1図に示す。



第2-1図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁及び監視カメラの位置図

2.2 構造概要

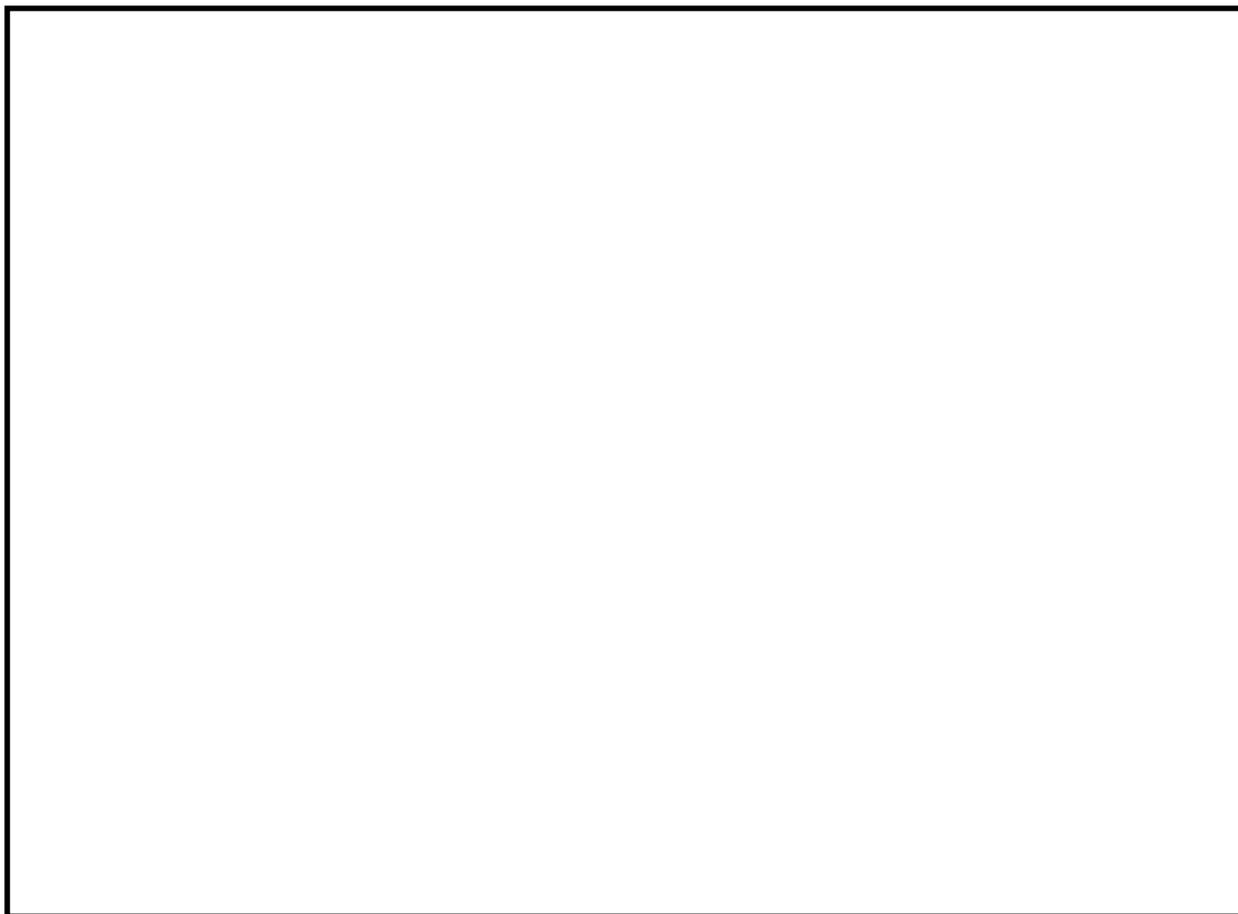
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、鋼管杭による下部工と、5本の鋼管杭を束ね止水機能を確保する鉄筋コンクリートの壁による上部工から構成される。

下部工は鋼管杭、上部工は鉄筋コンクリート梁壁及び鋼管鉄筋コンクリート（SRC構造）の一体構造で構築される。大口径で肉厚の厚い鋼管杭を地震及び津波荷重に耐える構造躯体とし、杭間からの津波の浸水を防止する観点で、鋼管杭に鉄筋コンクリートを被覆する上部構造とする。

隣接する構造物との境界には、止水性を確保するための止水ジョイント部材を設置する。

防潮壁の堤内側には、耐津波に対する受働抵抗を目的とした改良体による地盤高さの嵩上げを行うとともに、洗掘防止対策やボーリング対策として、堤内及び堤外の表層部の地盤改良を実施する。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造概要図を第2-2図に示す。



第2-2図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造概要図
(正面図及び断面図)

2.3 解析方針

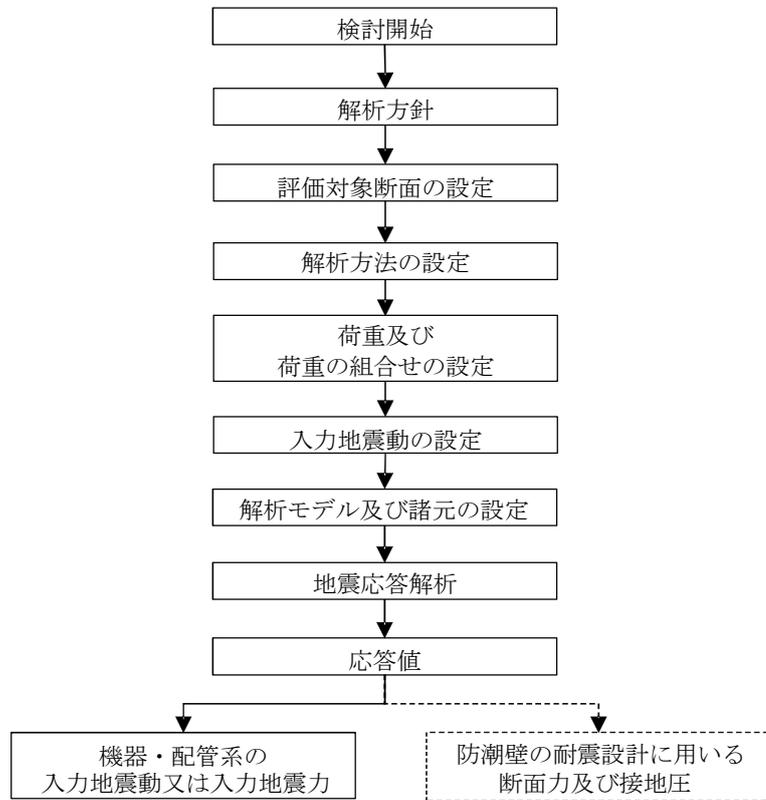
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の地震応答解析は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 S_s に対して解析を実施する。

第2-3図に鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁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」にて設定する断面において、「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て行う。

時刻歴非線形解析は、「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加速度応答は、機器・配管系の入力地震動又は入力地震力に用いる。



第2-3図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の地震応答解析フロー

2.4 適用規格

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

評価対象断面は、津波監視カメラ位置における鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて設定する。津波監視カメラ位置図を第3-1図に、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の評価対象断面位置図を第3-2図に、地震応答解析対象断面図を第3-3図～第3-5図に示す。

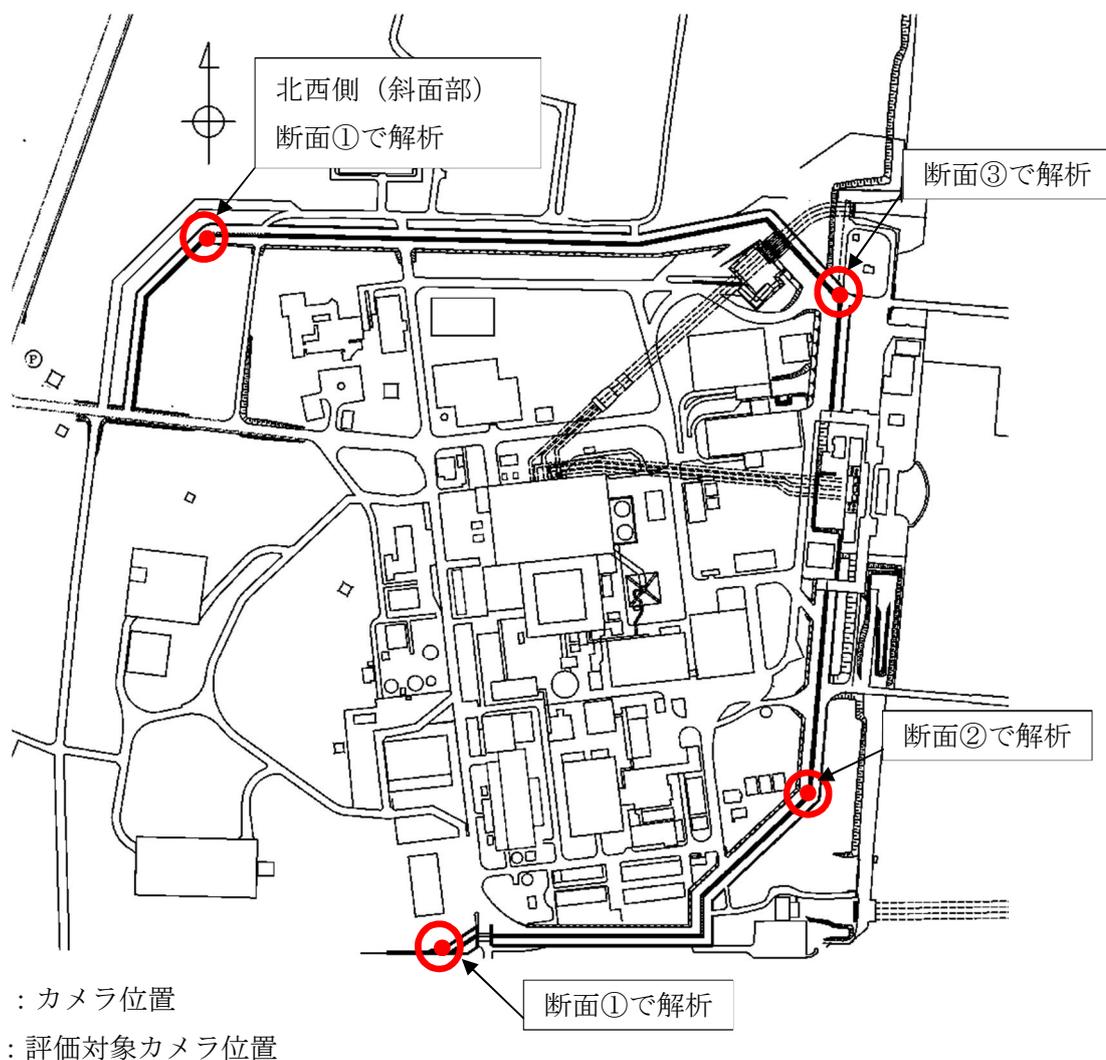
津波監視カメラ位置における地震応答解析断面は、以下の理由により南側断面（断面①）、東南断面（海側南、断面②）、東北断面（海側北、断面③）を対象断面とする。

断面①：防潮壁高さがT.P. +18 mの個所で第四紀層が薄く堆積する個所。

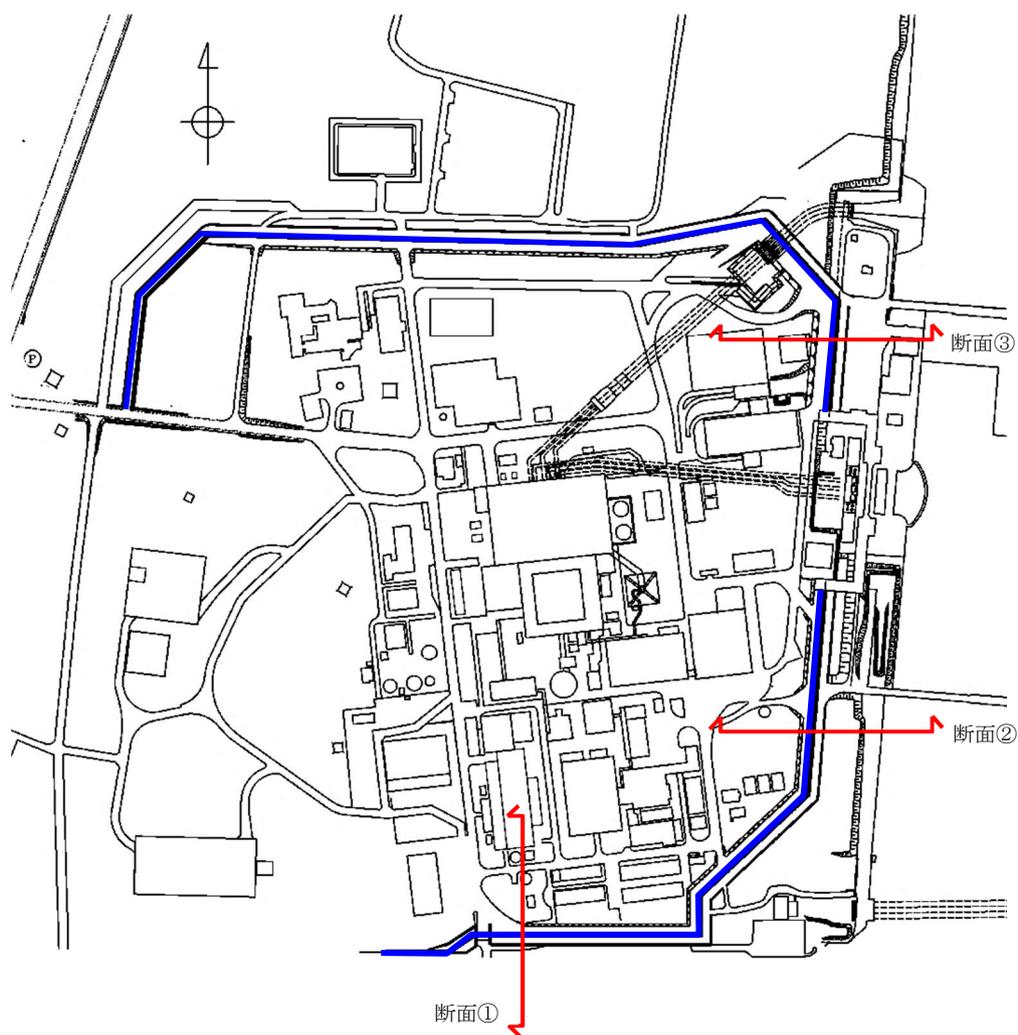
断面②：防潮壁高さがT.P. +20 mの個所で第四紀層は薄い個所。

断面③：防潮壁高さがT.P. +20 mの個所で第四紀層が厚く堆積する個所。

北西側（斜面部）については、防潮壁高さ及び第四紀層の厚さが断面①と同様であるため、断面①を参照することから省略する。

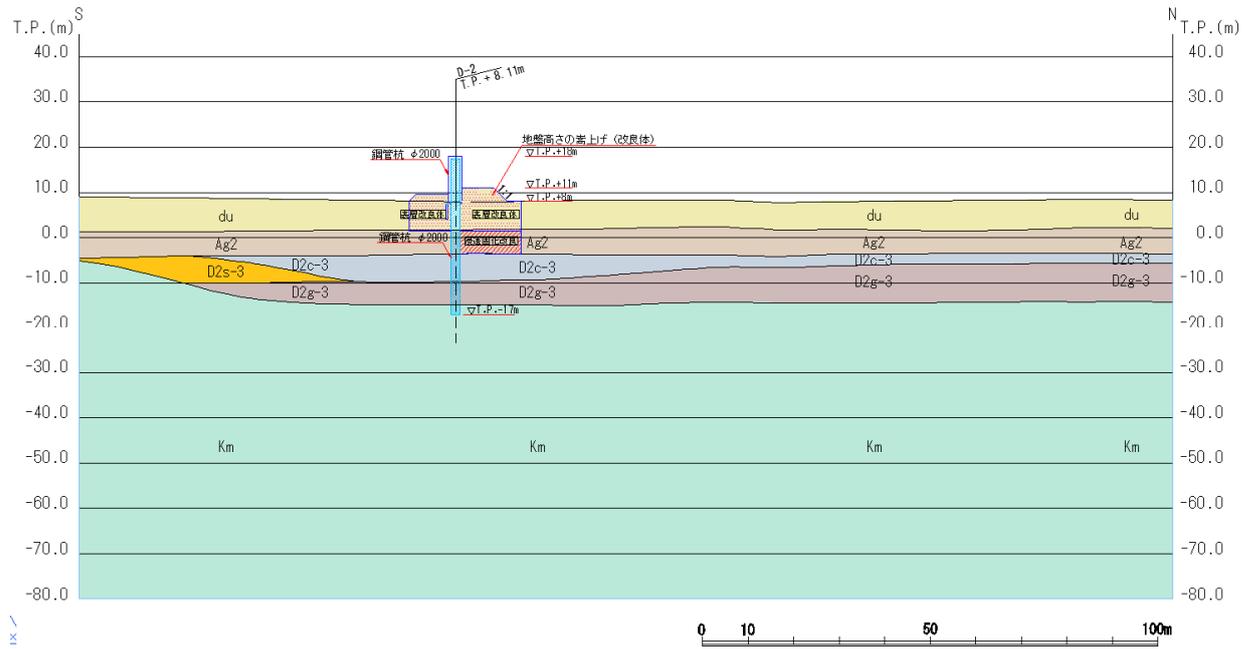


第3-1図 津波監視カメラ位置図



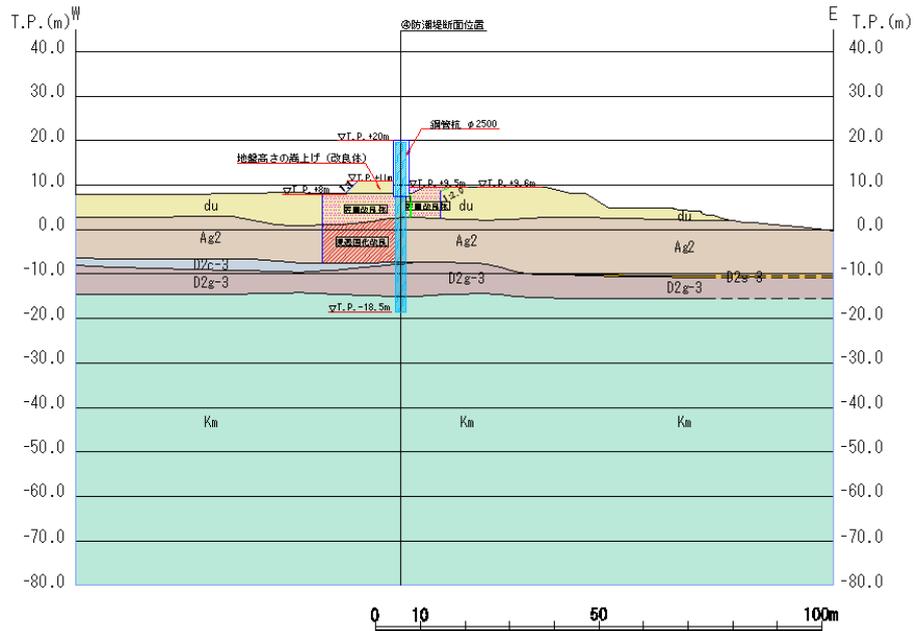
第3-2図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の評価対象断面位置図

(1) 断面①



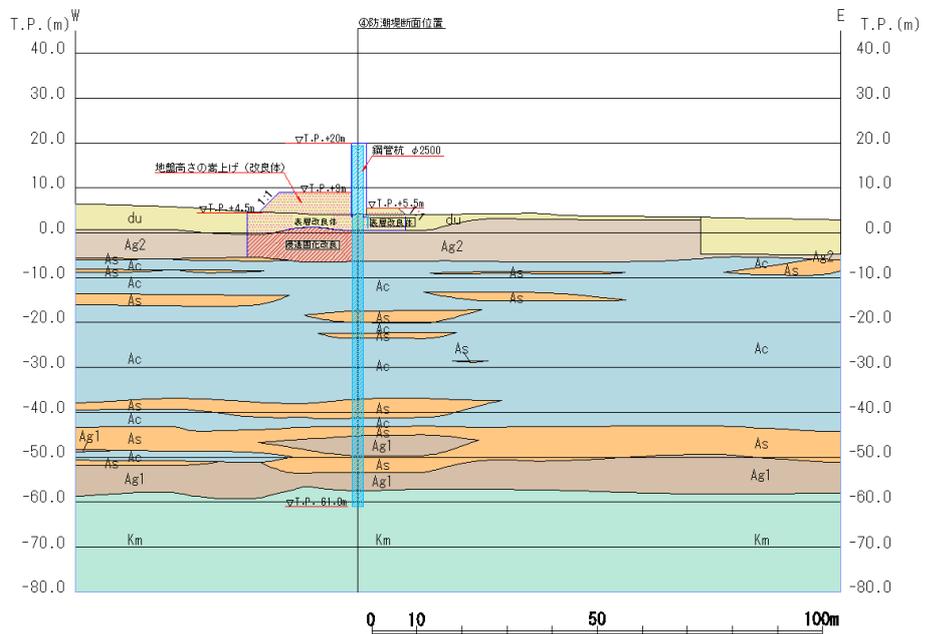
第3-3図 地震応答解析対象断面図 (断面①)

(2) 断面②



第3-4図 地震応答解析対象断面図 (断面②)

(3) 断面③



第3-5図 地震応答解析対象断面図 (断面③)

3.2 解析方法

地震応答解析は、V-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。

地震応答計算では、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できる有効応力解析を実施する。有効応力解析に用いる液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定することを基本とする。

地中土木構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する場合は、原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性）を設定する。

上部土木構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の影響を考慮する場合は、原地盤において非液状化の条件を仮定した解析を実施する。

地震応答解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、別紙「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、線形はり要素でモデル化する。

3.2.2 地盤

V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示す有効応力解析用地盤物性値に基づき、地盤の有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できるモデルとする。

3.2.3 減衰特性

時刻歴非線形解析における減衰特性については、固有値解析にて求められる固有振動数に基づく Rayleigh 減衰を考慮する。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

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

3.3.1 耐震安全性評価上考慮する状態

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁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

積雪及び風荷重を考慮する。

(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

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁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、躯体自重を考慮する。

(2) 地震荷重 (K_s)

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

(3) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として、30 cm の積雪を考慮する。

(4) 風荷重 (P_k)

風荷重として、風速 30 m/s の風圧力を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを第3-1表に示す。

第3-1表 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
地震時	$G + K_s + P_s + P_k$

G : 固定荷重

K_s : 地震荷重

P_s : 積雪荷重

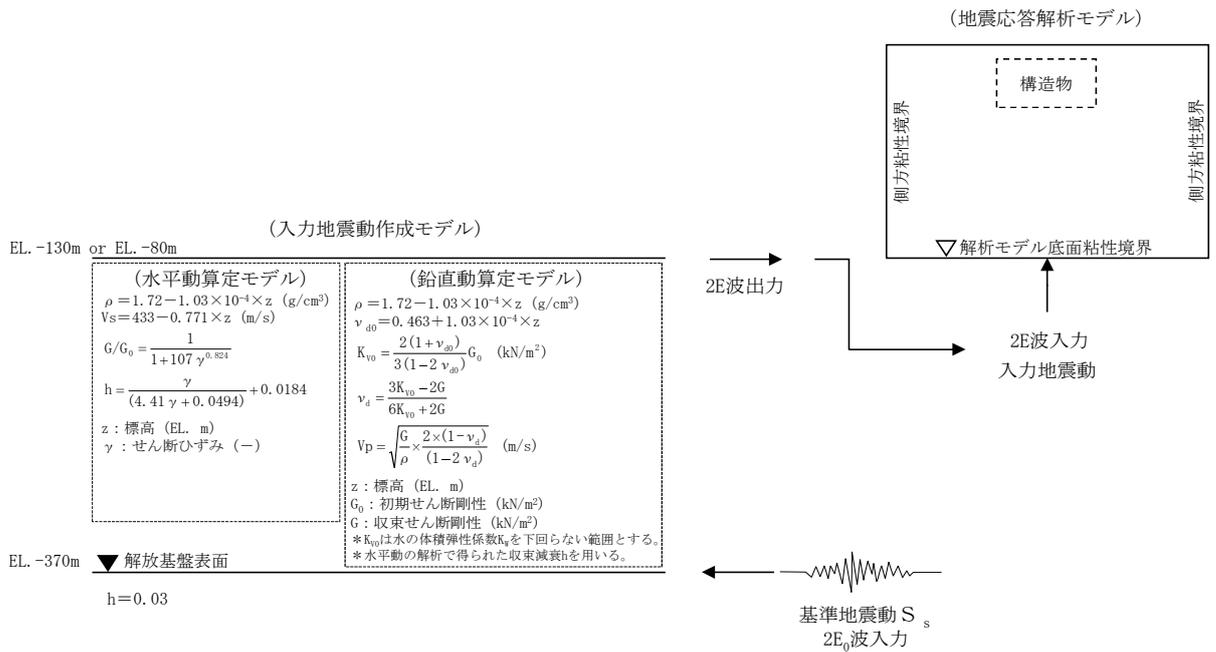
P_k : 風荷重

3.4 入力地震動

入力地震動は、V-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1次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。入力地震動算定の概念図を第3-6図に示す。

入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」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、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



第3-6図 入力地震動算定の概念図

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の地震応答解析モデルを第3-7図～第3-9図に示す。

(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

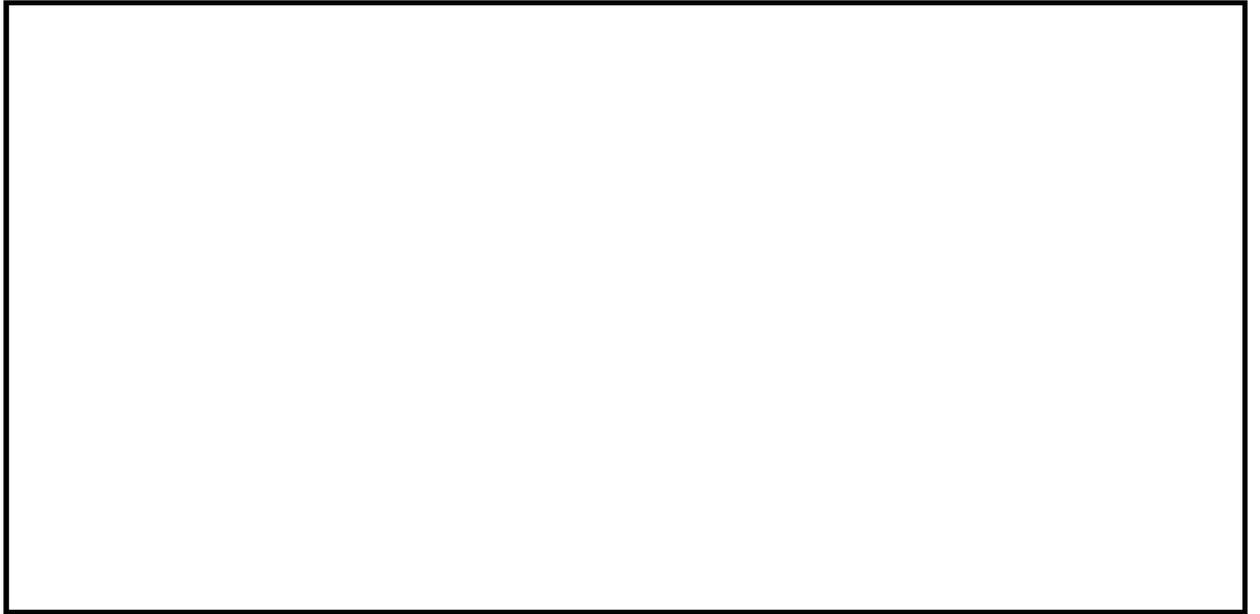
構造物は、線形はり要素でモデル化する。

(4) 地盤のモデル化

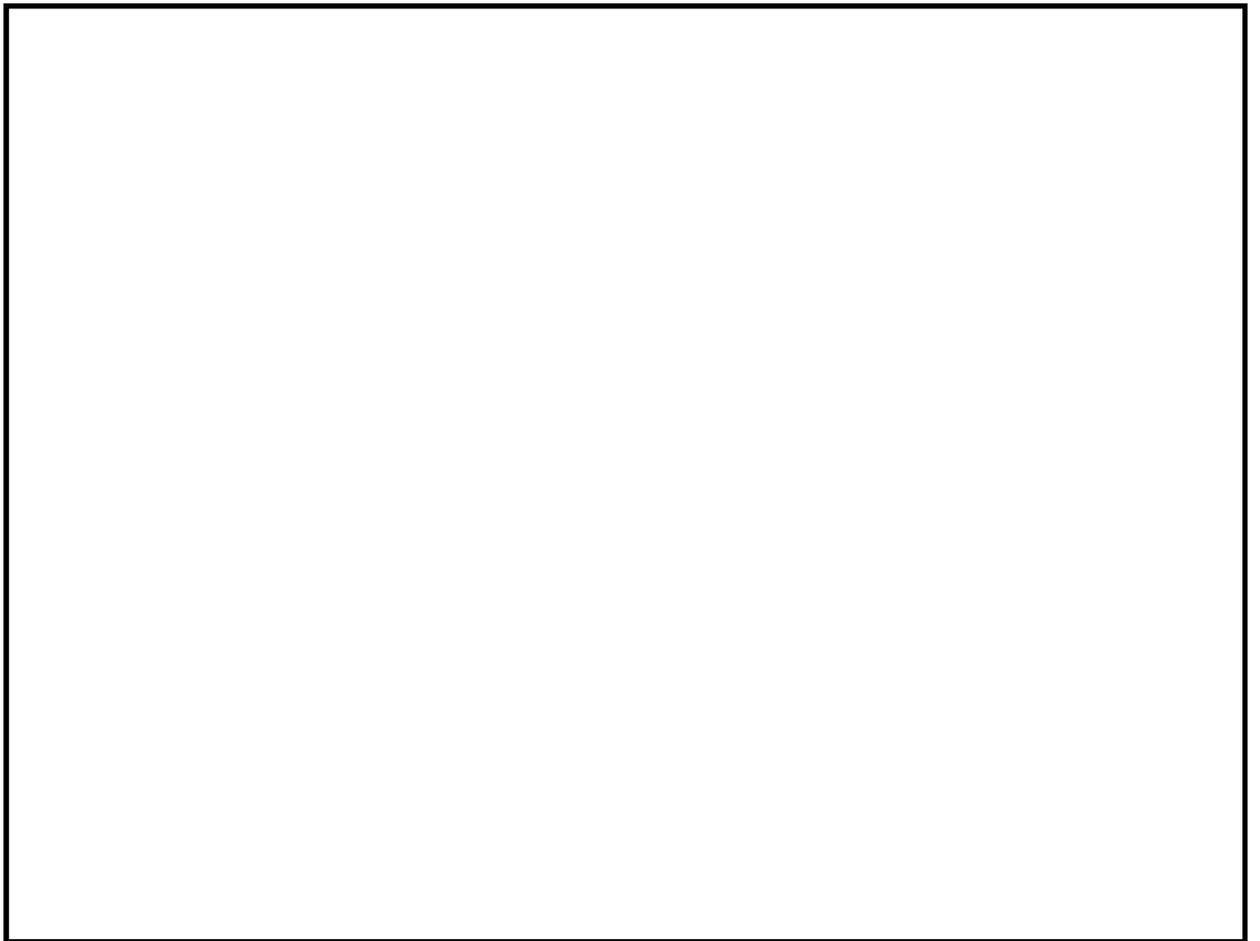
地盤は、地質断面図に基づき、マルチスプリング要素でモデル化する。



第3-7図 地震応答解析モデル(1/3) (断面①)



第 3-8 図 地震応答解析モデル(2/3) (断面②)



第 3-9 図 地震応答解析モデル(3/3) (断面③)

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

使用材料を第3-2表に、材料の物性値を第3-3表に示す。

第3-2表 使用材料

諸元	
鉄筋	SD490
コンクリート	設計基準強度 : 40 N/mm ²
鋼管杭	敷地前面東側 : φ 2500 mm (SM570) 敷地側面北側及び南側 : φ 2000 mm (SM570)

第3-3表 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
鉄筋コンクリート	24.5	3.10×10 ⁴	0.2
鋼管杭	77.0	2.00×10 ⁵	0.3

3.5.3 地盤の物性値

地盤の物性値は、V-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。

V-2-2-36 防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）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	7
2.4	適用規格	10
3.	地震応答解析	11
3.1	評価対象断面	11
3.2	解析方法	13
3.3	荷重及び荷重の組合せ	15
3.4	入力地震動	16
3.5	解析モデル及び諸元	17
4.	耐震評価	20
4.1	評価対象部位	20
4.2	解析方法	21
4.3	荷重及び荷重の組合せ	21
4.4	許容限界	23
4.5	解析モデル及び諸元	26
4.6	評価方法	29

1. 概要

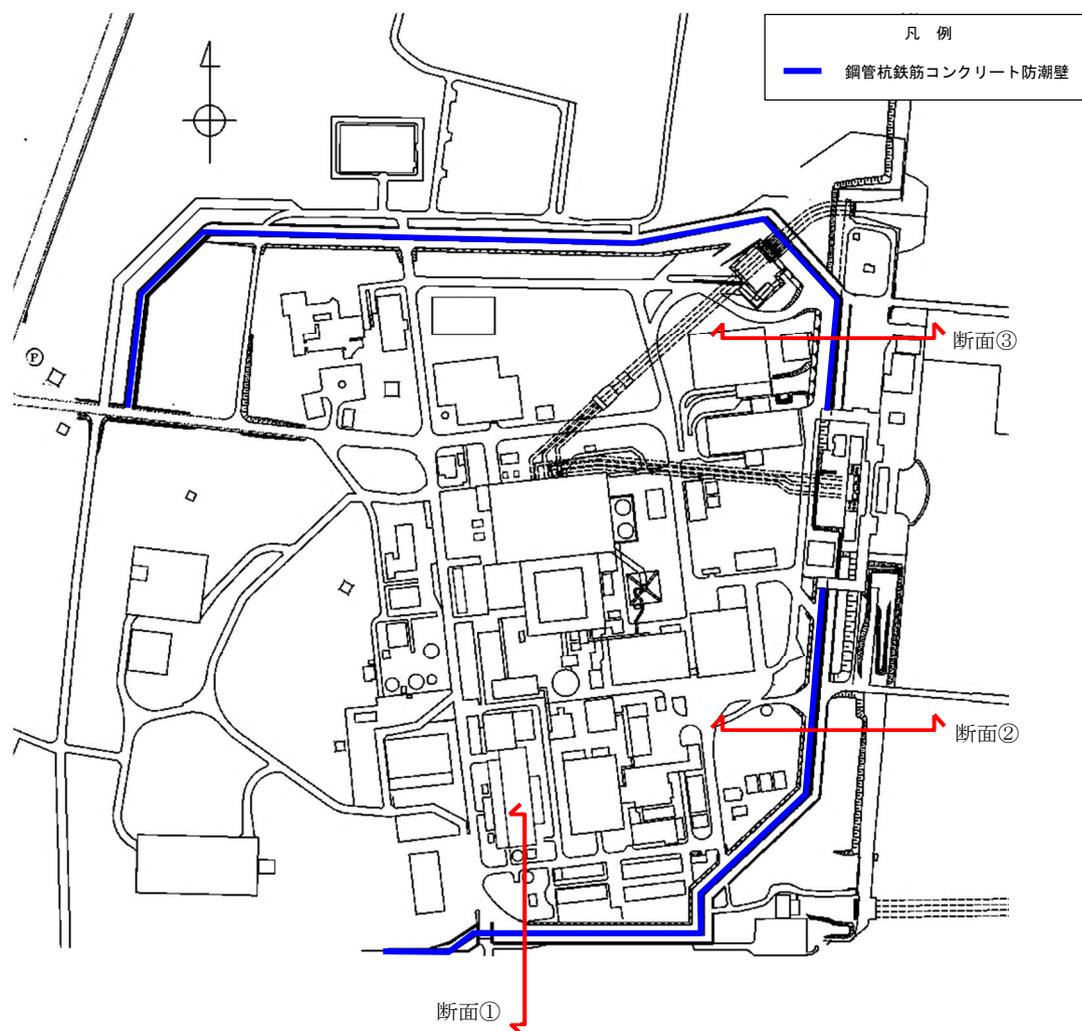
本資料は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、防潮堤のうち鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度及び止水性を有していることを確認するものである。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁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、基礎地盤の支持性能評価及び構造物の変形性評価により行う。

2. 基本方針

2.1 位置

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の位置図を第2-1図に示す。



第2-1図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の位置図

2.2 構造概要

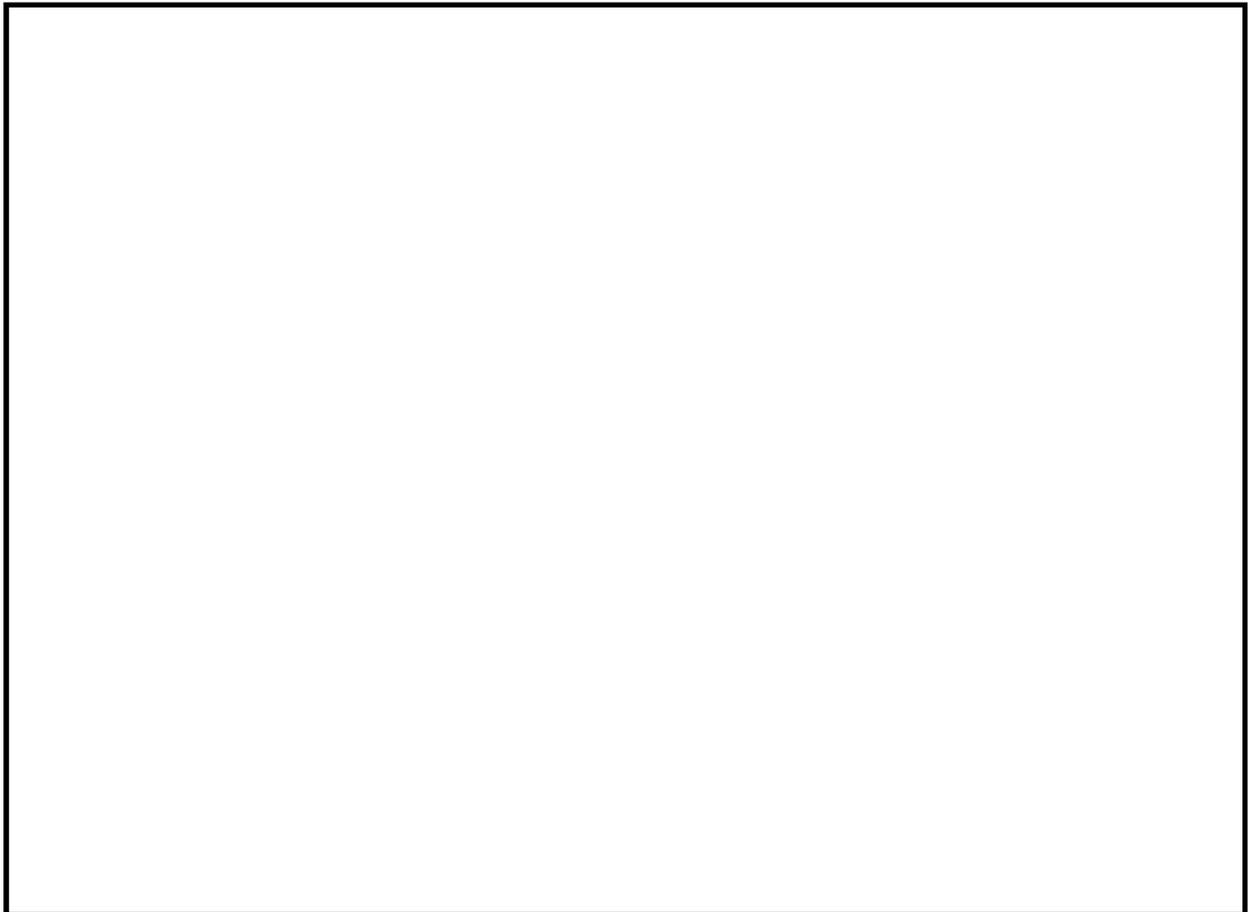
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、鋼管杭による下部工と、5本の鋼管杭を束ね止水機能を確認する鉄筋コンクリートの壁による上部工から構成される。

下部工は鋼管杭、上部工は鉄筋コンクリート梁壁、鋼管鉄筋コンクリート（SRC構造）の一体構造で構築される。大口径で肉厚の厚い鋼管杭を地震及び津波荷重に耐える構造躯体とし、杭間からの津波の浸水を防止する観点で、鋼管杭に鉄筋コンクリートを被覆する上部構造とする。

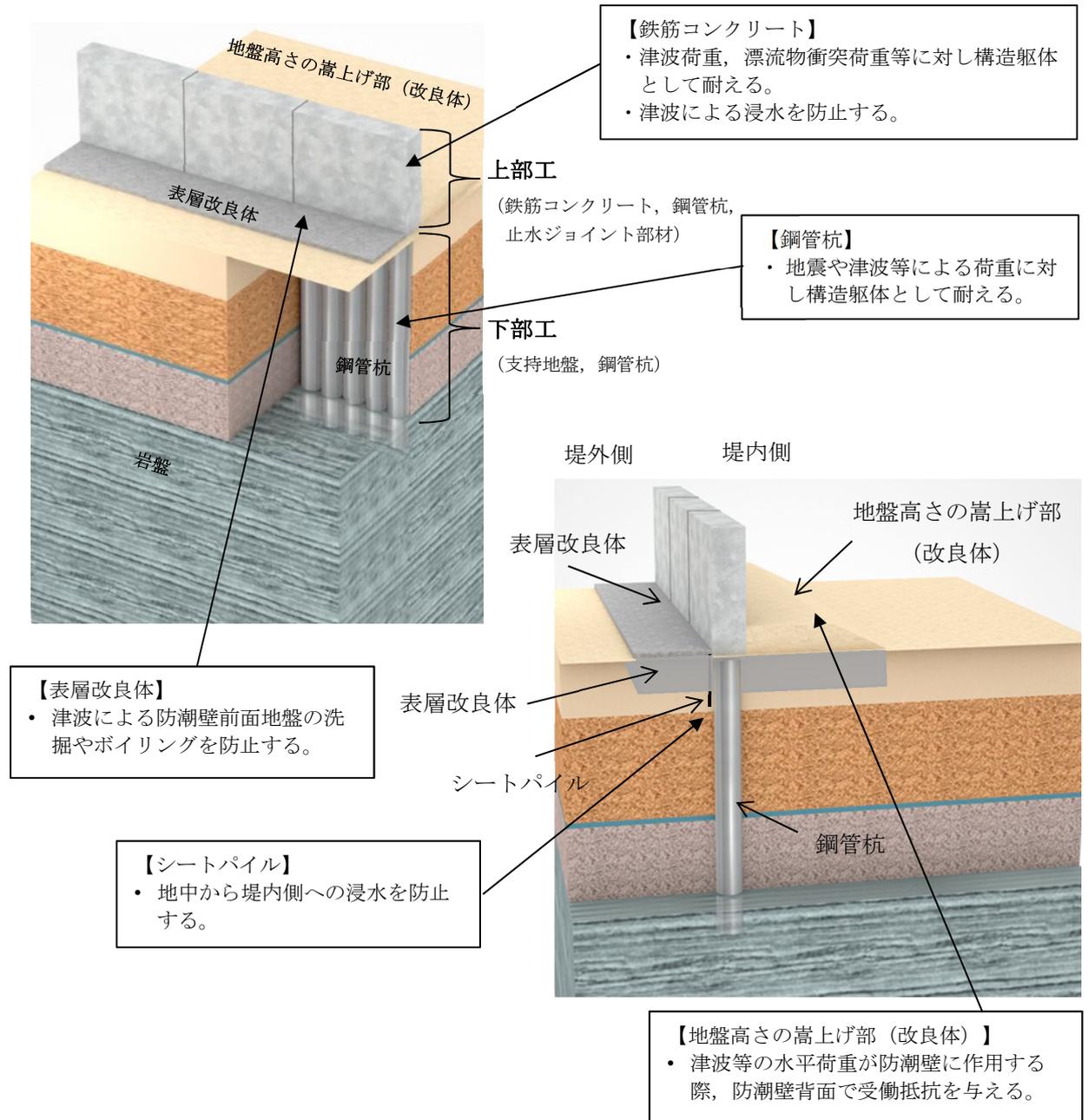
隣接する構造物との境界には、止水性を確保するための止水ジョイント部材を設置する。

防潮壁の堤内側には、耐津波に対する受働抵抗を目的とした改良体による地盤高さの嵩上げを行うとともに、洗掘防止対策やボーリング対策として、堤内及び堤外の表層部の地盤改良を実施する。

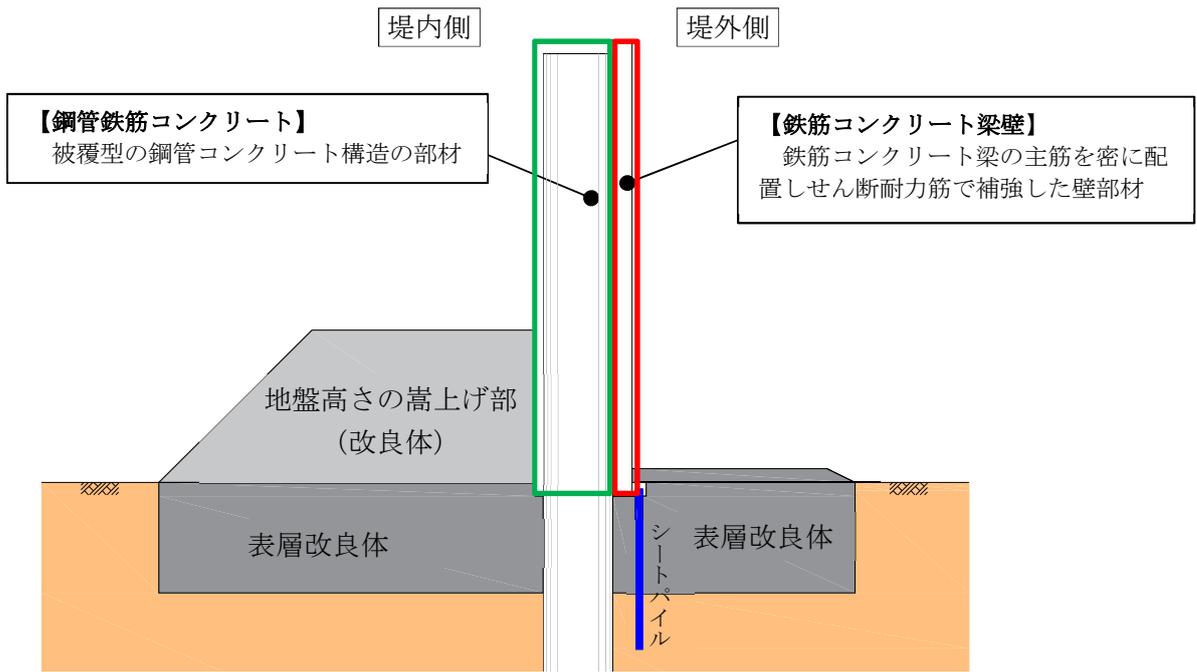
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造概要図を第2-2図、上部工概要図を第2-3図、止水ジョイント部概念図を第2-4図、止水ジョイント部を有する範囲を第2-5図に示す。



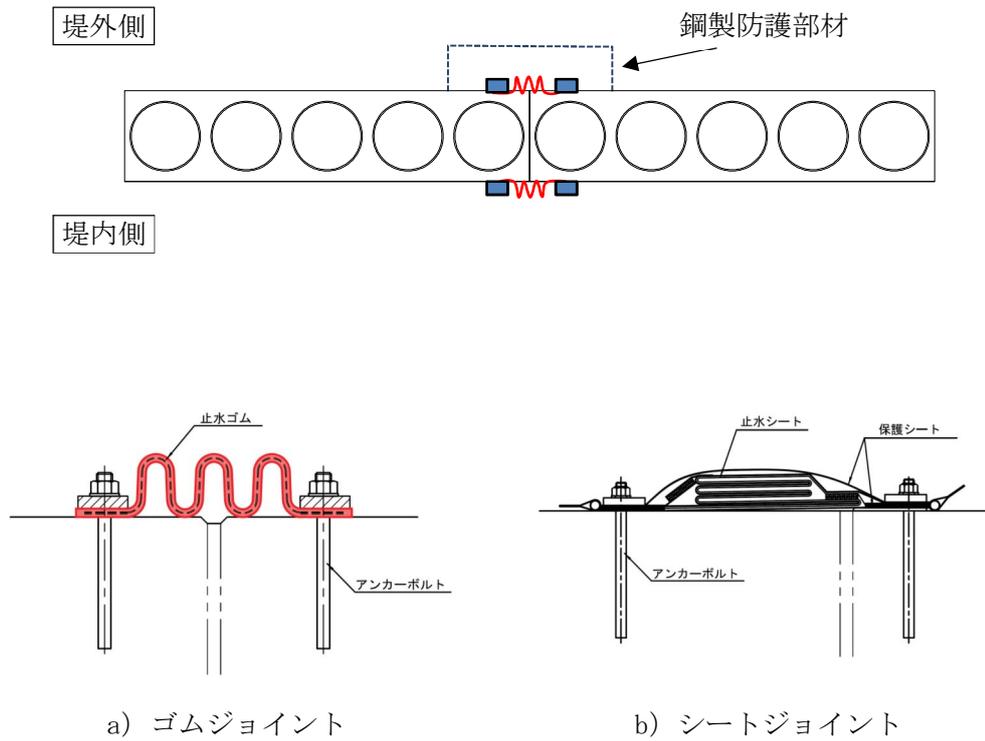
第2-2図 (1) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造概要図
(断面③：正面図及び断面図)



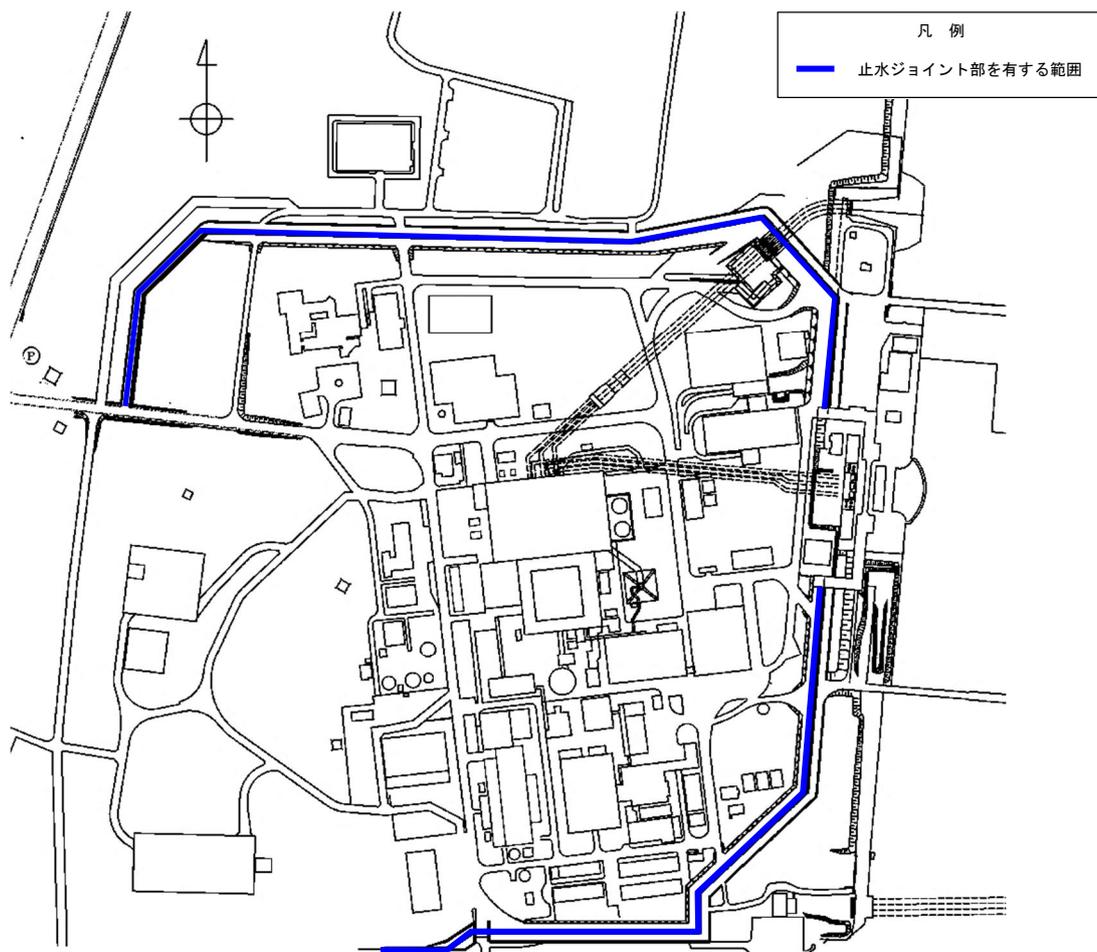
第2-2図 (2) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造概要図 (2/2)



第2-3図 上部工概要図



第2-4図 止水ジョイント部概念図



第2-5図 止水ジョイント部を有する範囲

2.3 評価方針

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、Sクラス施設である浸水防護施設に分類される。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震評価は、設計基準対象施設として第2-1表の鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価、基礎地盤の支持性能評価及び構造物の変形性評価を行う。

構造部材の健全性評価については、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。

基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

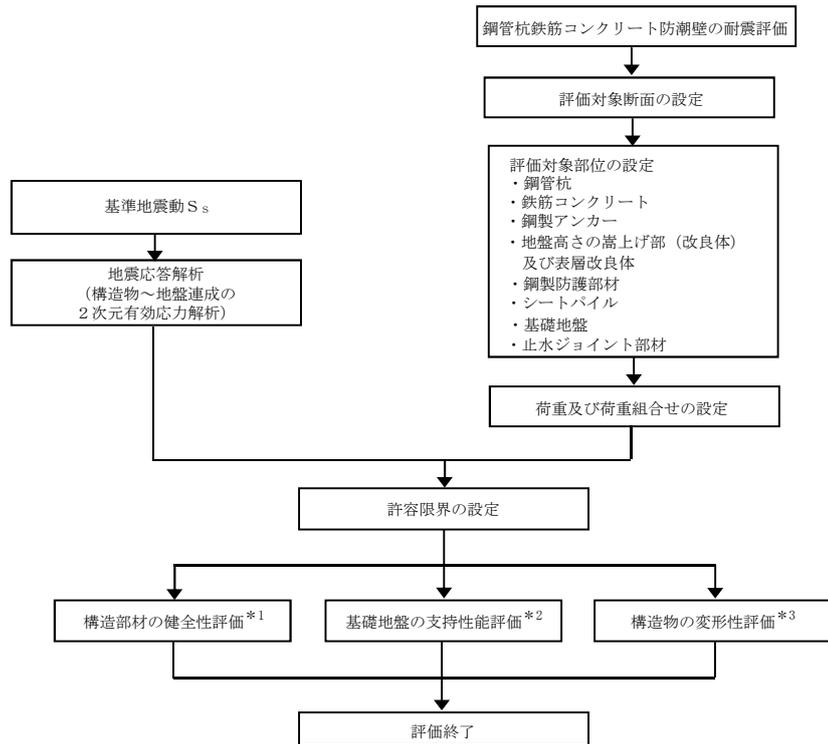
構造物の変形性評価については、止水ジョイント部材の変形量を算定し、有意な漏えいが生じないことを確認した許容限界以下であることを確認する。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震評価の検討フローを第2-6図に示す。

第2-1表 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の評価項目

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	構造部材の健全性	鋼管杭	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鉄筋コンクリート	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製アンカー	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		地盤高さの嵩上げ部(改良体)及び表層改良体	発生応力が許容限界以下であることを確認	せん断強度*
		鋼製防護部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		シートパイル	発生応力が許容限界以下であることを確認	せん断強度*
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
止水性を損なわないこと	構造部材の健全性	鋼管杭	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鉄筋コンクリート	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製アンカー	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		地盤高さの嵩上げ部(改良体)及び表層改良体	発生応力が許容限界以下であることを確認	せん断強度*
		鋼製防護部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		シートパイル	発生応力が許容限界以下であることを確認	せん断強度*
	構造物の変形性	止水ジョイント部材	発生変形量が許容限界以下であることを確認	有意な漏えいが生じないことを確認した変形量

注記 * : 妥当な安全余裕を考慮する。



- 注記 *1：構造部材の健全性評価を実施することで、第2-1表に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。
- *2：基礎地盤の支持性能評価を実施することで、第2-1表に示す「構造強度を有すること」を満足することを確認する。
- *3：構造物の変形性評価を実施することで、第2-1表に示す「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。

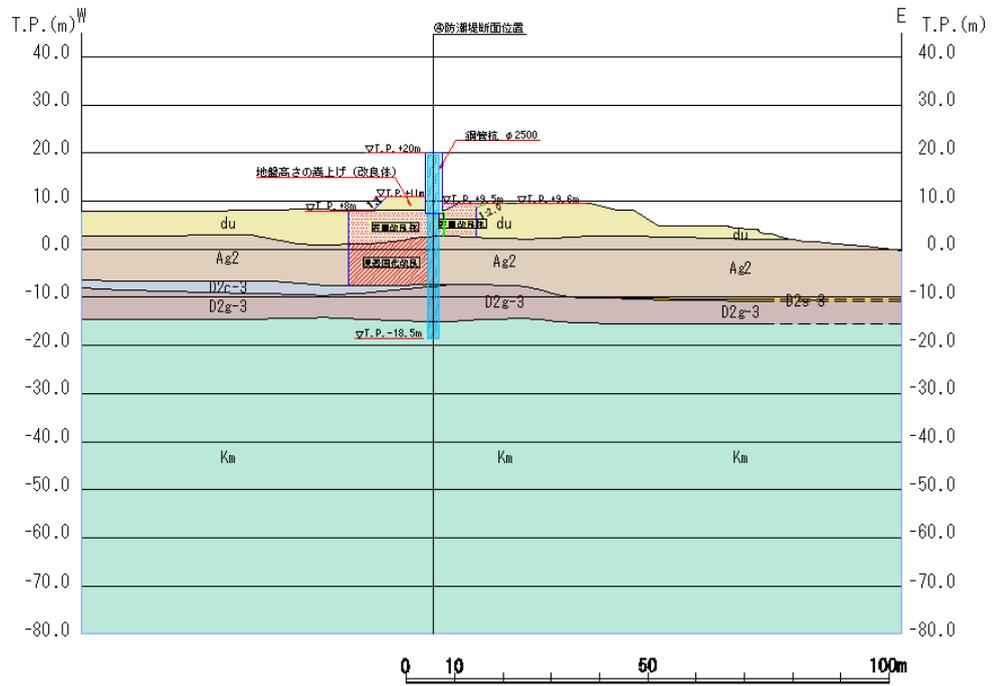
第2-6図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

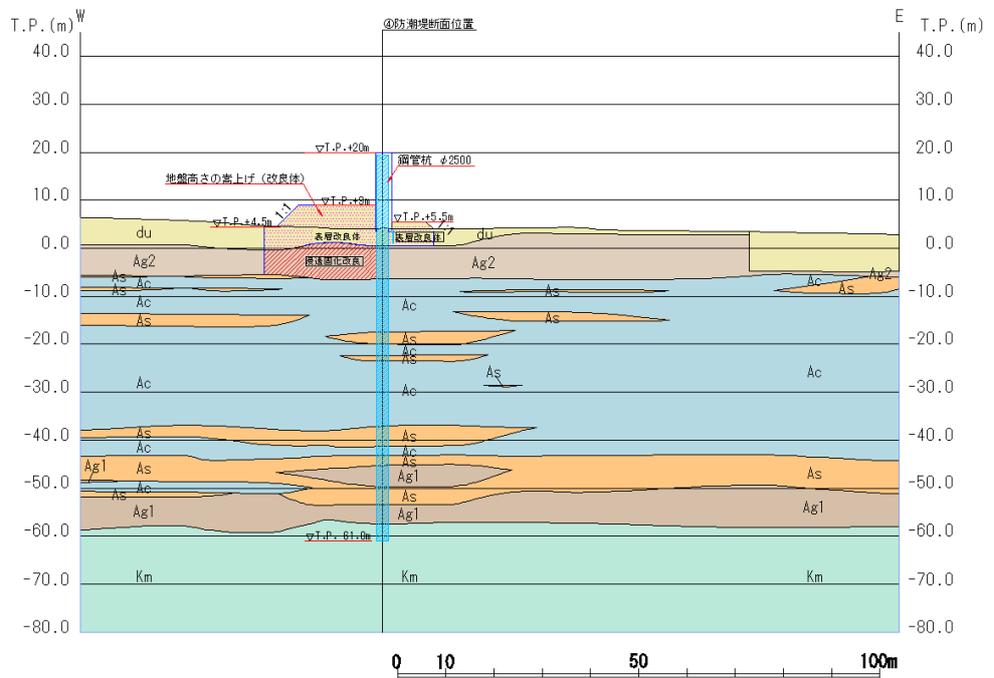
- ・ コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)
- ・ 道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月)
- ・ 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル ((社) 土木学会, 2005 年)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・ 乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程 J E A C 4 6 1 6 -2009 ((社) 日本電気協会)
- ・ 建築基礎構造設計指針 ((社) 日本建築学会, 2001 年)
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 2010 年 11 月)
- ・ 建築基準法 (昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号)
- ・ 建築基準法施行令 (昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号)
- ・ 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－ ((社) 日本建築学会, 2005 年 9 月)
- ・ トンネル標準示方書 [共通編] ・同解説 / [開削工法編] ・同解説 ((社) 土木学会, 2016 年制定)
- ・ 津波漂流物対策施設設計ガイドライン ((財) 沿岸技術研究センター, (社) 寒地港湾技術研究センター, 2014 年 3 月)

(2) 断面②



第 3-2 図 地震応答解析対象断面図 (2/3)

(3) 断面③



第 3-3 図 地震応答解析対象断面図 (3/3)

3.2 解析方法

地震応答解析は、V-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。

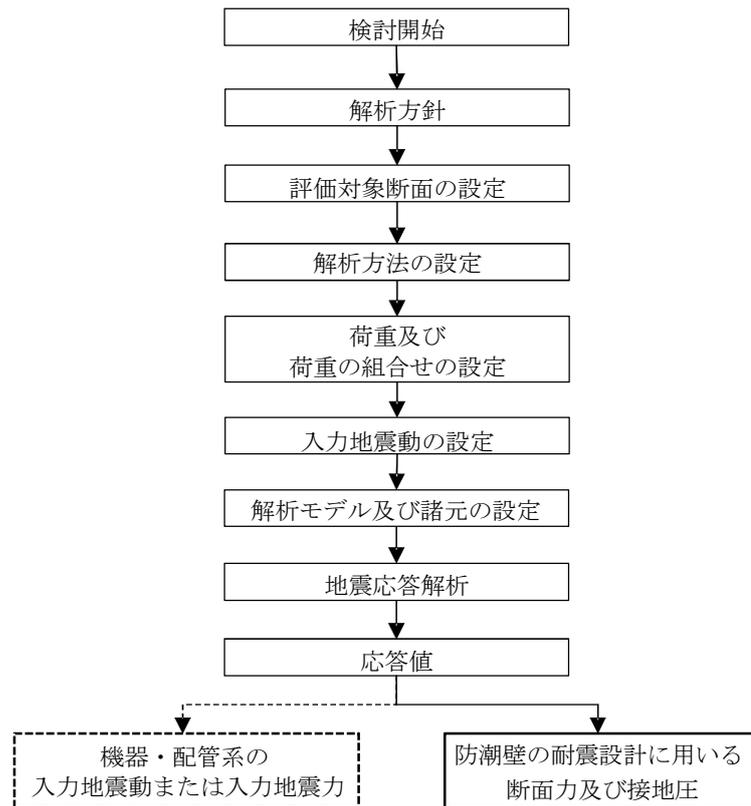
地震応答計算では、地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮できる有効応力解析を実施する。有効応力解析に用いる液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定することを基本とする。

地中土木構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する場合は、原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性）を設定する。

上部土木構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の影響を考慮する場合は、原地盤において非液状化の条件を仮定した解析を実施する。

第3-4図に鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の地震応答解析フロー図を示す。

地震応答解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



第3-4図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の地盤応答解析フロー

3.2.1 構造部材

構造部材は、線形はり要素でモデル化する。

3.2.2 地盤

V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示す有効応力解析用地盤物性値に基づき、地盤の有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できるモデルとする。

3.2.3 減衰特性

時刻歴非線形解析における減衰特性については、固有値解析にて求められる固有振動数に基づく Rayleigh 減衰を考慮する。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

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

3.3.1 耐震安全性評価上考慮する状態

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁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

積雪及び風荷重を考慮する。

(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

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁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、躯体自重を考慮する。

(2) 地震荷重 (K_s)

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

(3) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として、30 cm の積雪を考慮する。

(4) 風荷重 (P_k)

風荷重として、風速 30 m/s の風圧力を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを第3-1表に示す。

第3-1表 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
地震時	$G + K_s + P_s + P_k$

G : 固定荷重

K_s : 地震荷重

P_s : 積雪荷重

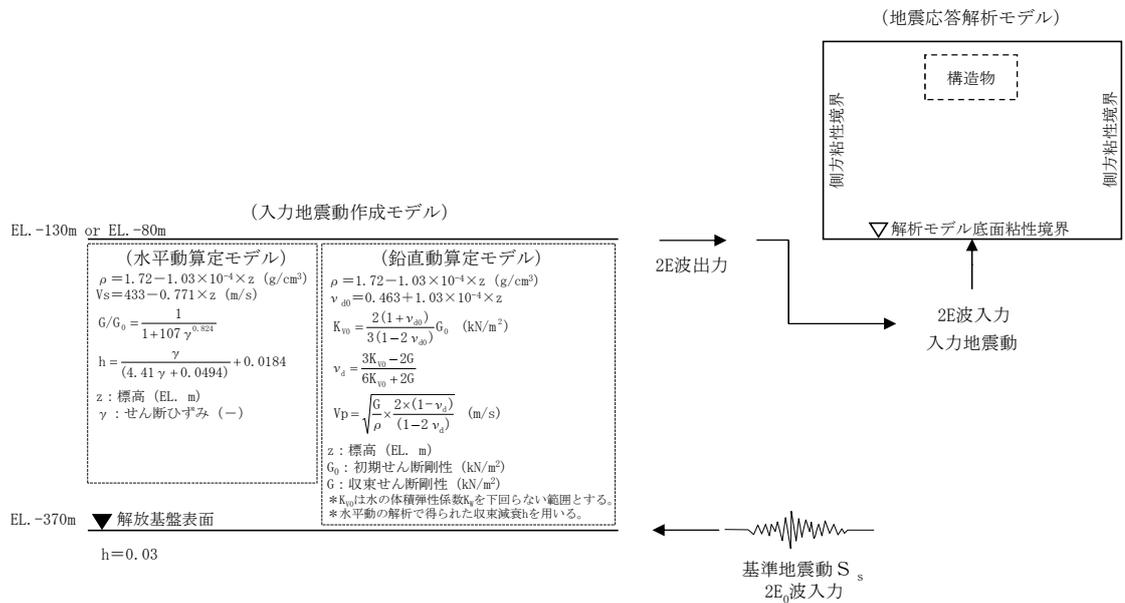
P_k : 風荷重

3.4 入力地震動

入力地震動は、V-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1次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。地震応答解析モデルについては、「3.5 解析モデル及び諸元」に示す。入力地震動算定の概念図を第3-5図に示す。

入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」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、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



第3-5図 入力地震動算定の概念図

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の地震応答解析モデルを第3-6図～第3-8図に示す。

(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

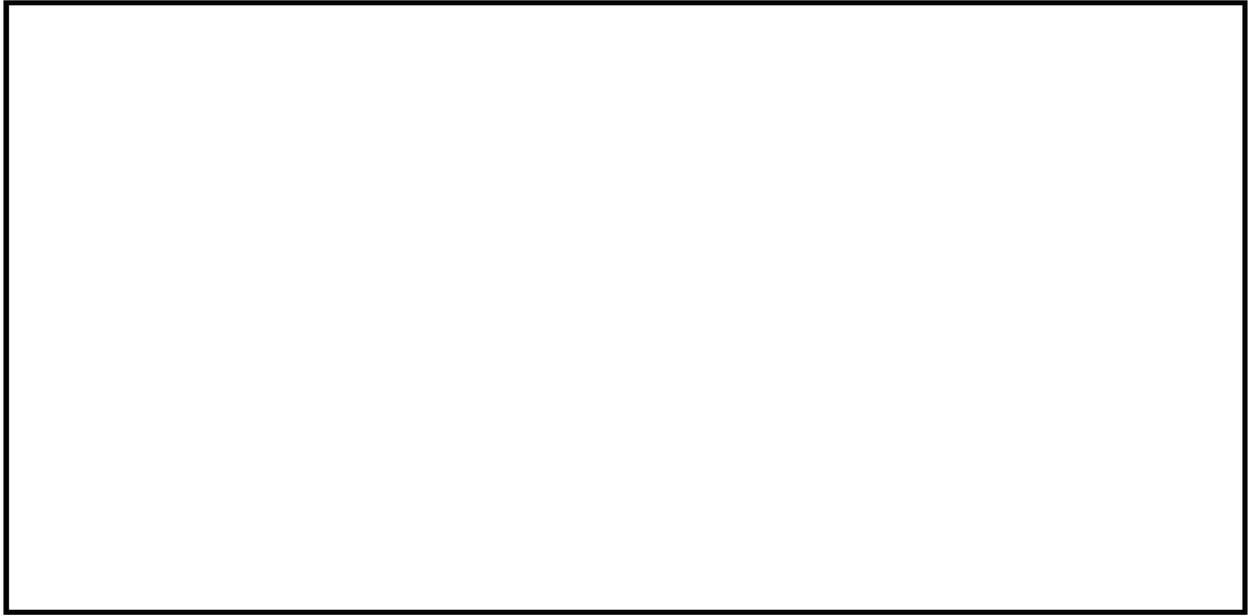
構造物は、線形はり要素でモデル化する。

(4) 地盤のモデル化

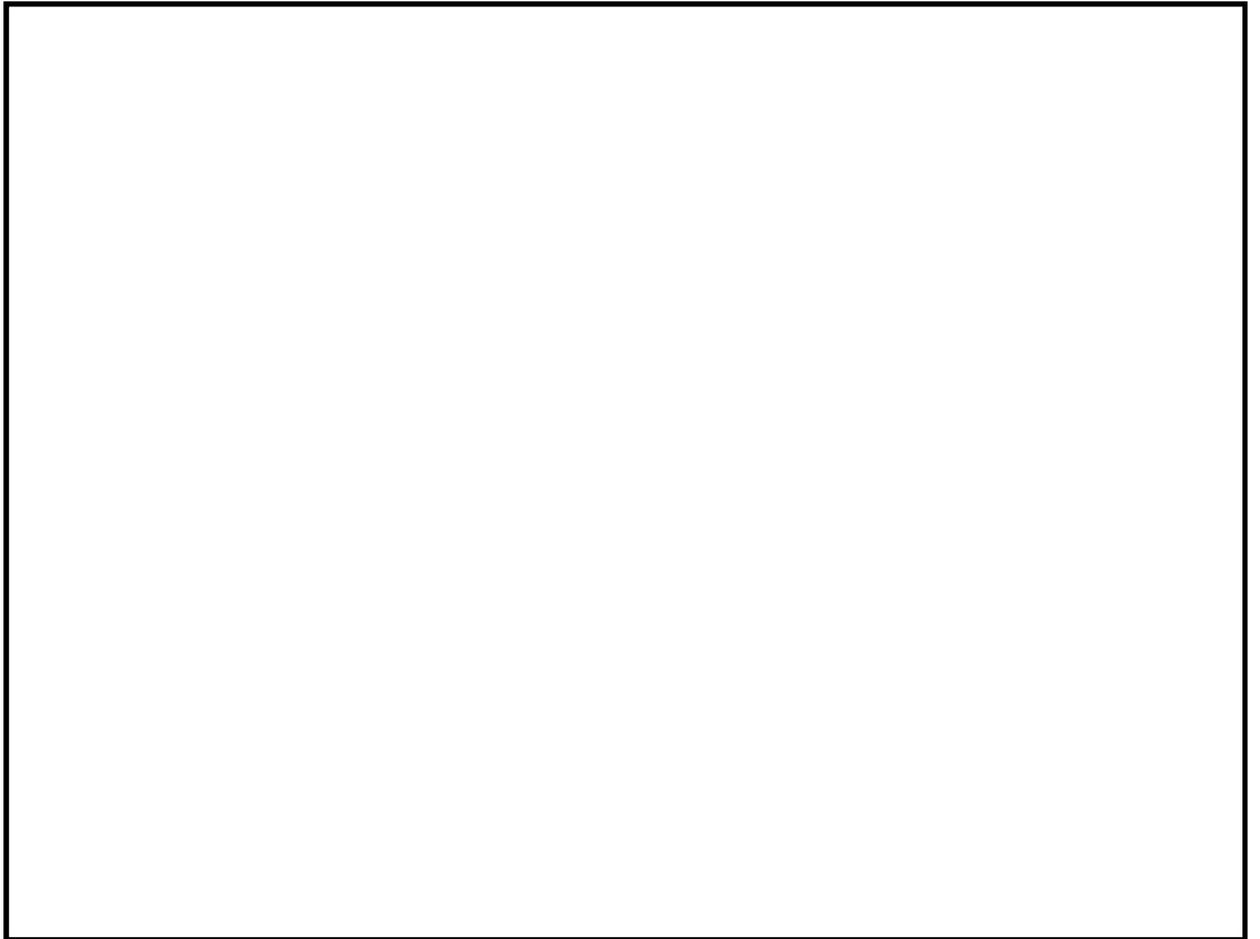
地盤は、地質断面図に基づき、マルチスプリング要素でモデル化する。



第3-6図 地震応答解析モデル(1/3) (断面①)



第3-7図 地震応答解析モデル(2/3) (断面②)



第3-8図 地震応答解析モデル(3/3) (断面③)

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

使用材料を第3-2表に、材料の物性値を第3-3表に示す。

第3-2表 使用材料

諸元	
鉄筋	SD490
コンクリート	設計基準強度 : 40 N/mm ²
鋼管杭	敷地前面東側 : φ 2500 mm (SM570)
	敷地側面北側及び南側 : φ 2000 mm (SM570)

第3-3表 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
鉄筋コンクリート	24.5	3.10×10 ⁴	0.2
鋼管杭	77.0	2.00×10 ⁵	0.3

3.5.3 地盤の物性値

地盤の物性値は、V-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。

4. 耐震評価

4.1 評価対象部位

評価対象部位は、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造上の特徴を踏まえ設定する。

(1) 鋼管杭

鋼管杭の評価対象部位は、下部工及び上部工の鋼管杭とする。

(2) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの評価対象部位は、上部工のうち鉄筋コンクリート（鉄筋コンクリート梁壁）とする。

(3) 基礎地盤の支持力

基礎地盤の評価対象部位は、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁を支持する基礎地盤とする。

(4) 地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体

地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体の評価対象部位は、堤外側の地盤高さの嵩上げ部（改良体）と堤外側及び堤内側の表層改良体とする。

(5) 止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の評価対象部位は、構造物間に設置する止水ゴム及び止水シートとする。

(6) 鋼製アンカー

鋼製アンカーの評価対象部位は、止水ジョイント部の取り付け部の鋼製アンカーとする。

(7) 鋼製防護部材

鋼製防護部材の評価対象部位は、止水ジョイント部材を防護する鋼製防護部材とする。

(8) シートパイル

シートパイルの評価対象部位は、地中から堤内側への浸水を防止するシートパイルとする。

4.2 解析方法

(1) 鋼管杭及び鋼管杭基礎

設計対象構造物～地盤の連成系モデルによる2次元地震応答解析を行い、地震時の鋼管杭基礎の構造健全性及び支持性能を確認する。有効応力の変化を考慮することができる有効応力法を用いることとし、2次元地震応答解析を実施する。

(2) 上部工

上部工については、2次元梁バネモデルを基本として実施する。

4.3 荷重及び荷重の組合せ

(1) 耐震評価上考慮する状態

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁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。

a. 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の下条件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。

b. 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。

c. 設計用自然条件

積雪及び風荷重を考慮する。

d. 重大事故等時の状態

津波時及び余震との重畳時の影響については別途検討する。

(2) 荷重

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

a. 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重を考慮する。

b. 地震荷重 (K_s)

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

c. 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として、30 cm の積雪を考慮する。

d. 風荷重 (P_k)

風荷重として、風速 30 m/s の風圧力を考慮する。

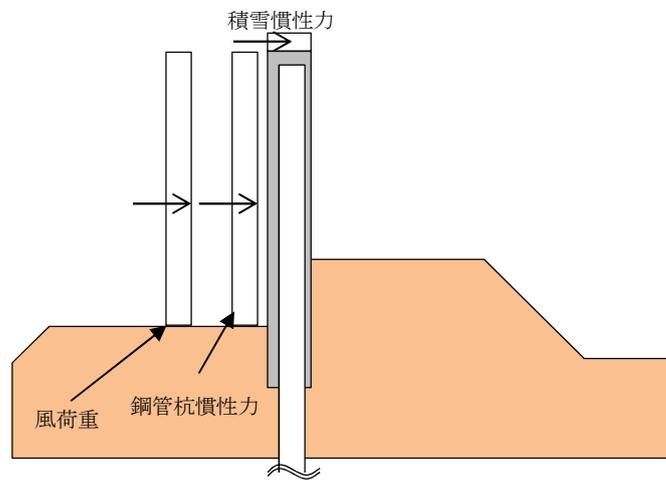
(3) 荷重の組合せ

荷重の組合せを第4-1表に、荷重の作用図を第4-1図に示す。

第4-1表 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
地震時	$G + K_s + P_s + P_k$

- G : 固定荷重
- K_s : 地震荷重
- P_s : 積雪荷重
- P_k : 風荷重



第4-1図 荷重の作用図

4.4 許容限界

許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

(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 24 年 3 月）」に基づき，第 4-2 表に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は，鋼材の許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

第 4-2 表 鋼管杭の許容限界

評価項目			短期許容応力度 (N/mm ²)
鋼管杭	SM570	許容引張応力度 σ_{sa1}	382.5
		許容圧縮応力度 σ_{sa1}	
		許容せん断応力度 τ_{sa1}	217.5

(2) 鉄筋コンクリート

鉄筋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）」及び「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）」に基づき，第 4-3 表に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は，鉄筋コンクリートの許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

第 4-3 表 鉄筋コンクリートの許容限界

評価項目			短期許容応力度 (N/mm ²)
コンクリート	$f'_{ck}=40$ N/mm ²	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	21
		許容せん断応力度 τ_{a1}	0.825*
鉄筋	SD490	許容曲げ引張応力度 σ_{sa2} (軸方向鉄筋)	435
		許容曲げ引張応力度 σ_{sa2} (せん断補強筋)	300

注記 *：斜め引張鉄筋を考慮する場合は，「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）」に準拠し，次式により求められる許容せん断力 (V_a) を許容限界とする。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで，

V_{ca} : コンクリートの許容せん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

V_{sa} : 斜め引張鉄筋の許容せん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa2} \cdot j \cdot d / s$$

τ_{a1} : 斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

b_w : 有効幅

j : 1/1.15

d : 有効高さ

A_w : 斜め引張鉄筋断面積

σ_{sa2} : 鉄筋の許容引張応力度

s : 斜め引張鉄筋間隔

(3) 基礎地盤の支持力

基礎地盤に作用する接地圧に対する許容限界は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」を考慮し、極限支持力に基づき設定する。

(4) 地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体

地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体の許容限界は、「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 24 年 3 月）」及び「耐津波設計に係る工認審査ガイド（原子力規制委員会，平成 25 年）」を考慮し、せん断強度に基づき設定する。

(5) 止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の変形量の許容限界は、メーカー規格，漏水試験及び変形試験により、有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。第 4-4 表に止水ジョイント部材の変形量の許容限界を示す。

第 4-4 表 止水ジョイント部材の変形量の許容限界

評価項目		許容限界
止水ジョイント部材	ゴムジョイント	水平：200 mm，鉛直：200 mm，軸直角：200 mm
	シートジョイント	防潮壁天端相対変位：2 m

(6) 鋼製アンカー

鋼製アンカーの許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 年 11 月）」に基づき設定する。コンクリートの許容限界は，第 4-3 表に示す短期許容応力度を許容限界とする。

(7) 鋼製防護部材

鋼製防護部材の許容限界は、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005年9月）」，「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010年11月）」及び「津波漂流物対策施設設計ガイドライン（（財）沿岸技術研究センター，（社）寒地港湾技術研究センター，2014年3月）」に基づき設定する。

(8) シートパイル

シートパイルの許容限界は，せん断強度に基づき設定する。

4.5 解析モデル及び諸元

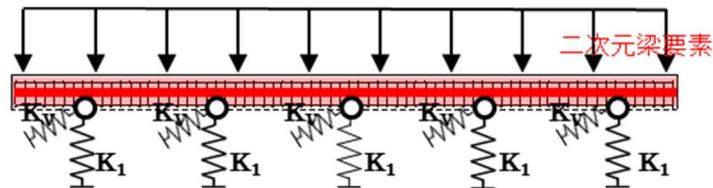
(1) 解析モデル

上部工の解析モデルを以下に示す。

a. 2次元梁バネモデル

解析モデルは、鉄筋コンクリート梁壁をビーム要素でモデル化し、地盤抵抗を表現するため、地盤バネを設置する。

2次元梁バネモデルの概要図を第4-2図に示す。



第4-2図 2次元梁バネモデル

b. 3次元FEMモデル

解析モデルは上部工をソリッド要素で、鋼管杭をシェル要素でモデル化し、地盤抵抗を表現するため、地盤バネを設置する。

3次元FEMモデルの概要図を第4-3図に示す。