

V-2-2-21 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の
地震応答計算書

V-2-2-21-1 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の
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 6

3. 解析方法 7

 3.1 評価対象断面 7

 3.2 解析方法 9

 3.3 荷重及び荷重の組合せ 10

 3.4 入力地震動 12

 3.5 解析モデル及び諸元 45

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代替高圧電源装置置場（以下、「電源装置置場」という。）及び西側淡水貯水設備の地震応答解析について説明するものである。

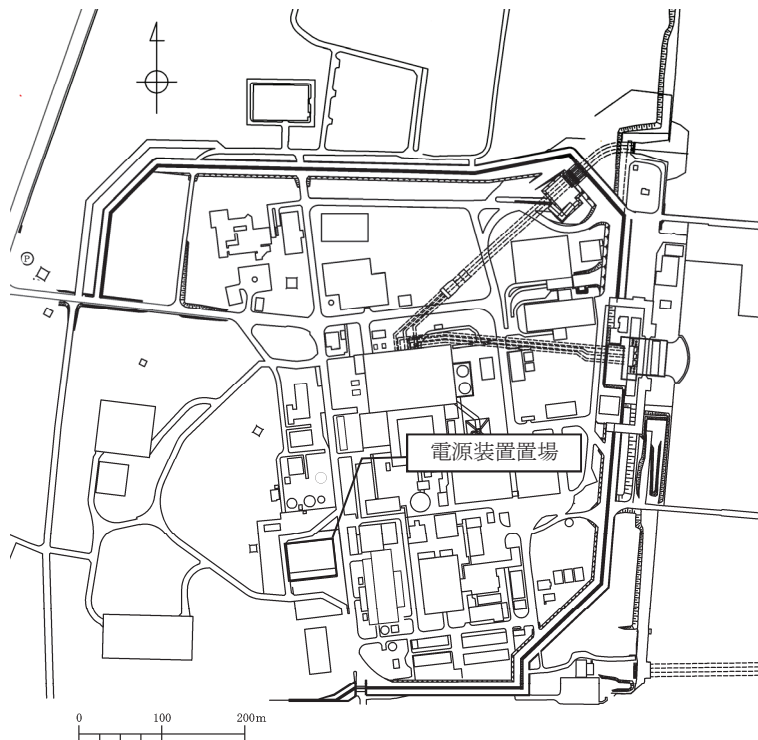
本地震応答解析は、機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。

また、電源装置置場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

電源装置置場の平面配置図を第2-1図に示す。



第2-1図 (1) 電源装置置場の平面配置図 (全体平面図)



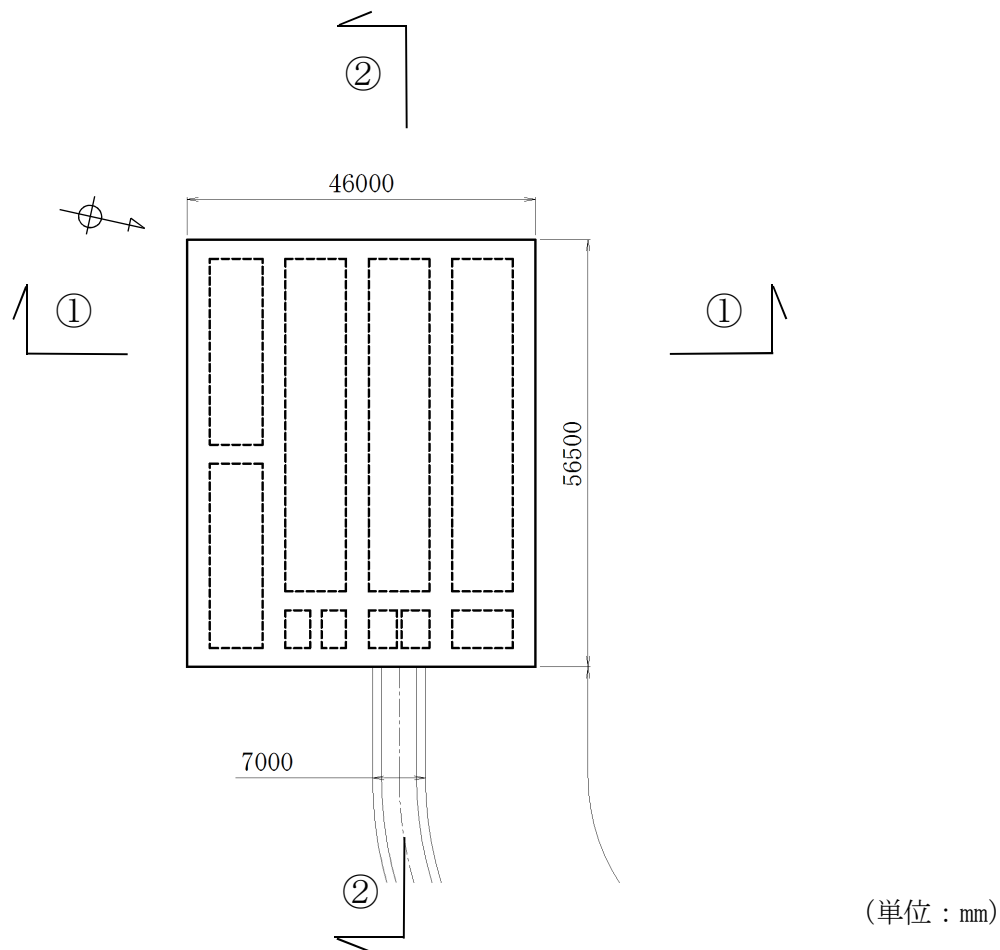
第2-1図 (2) 電源装置置場の平面配置図 (拡大図)

2.2 構造概要

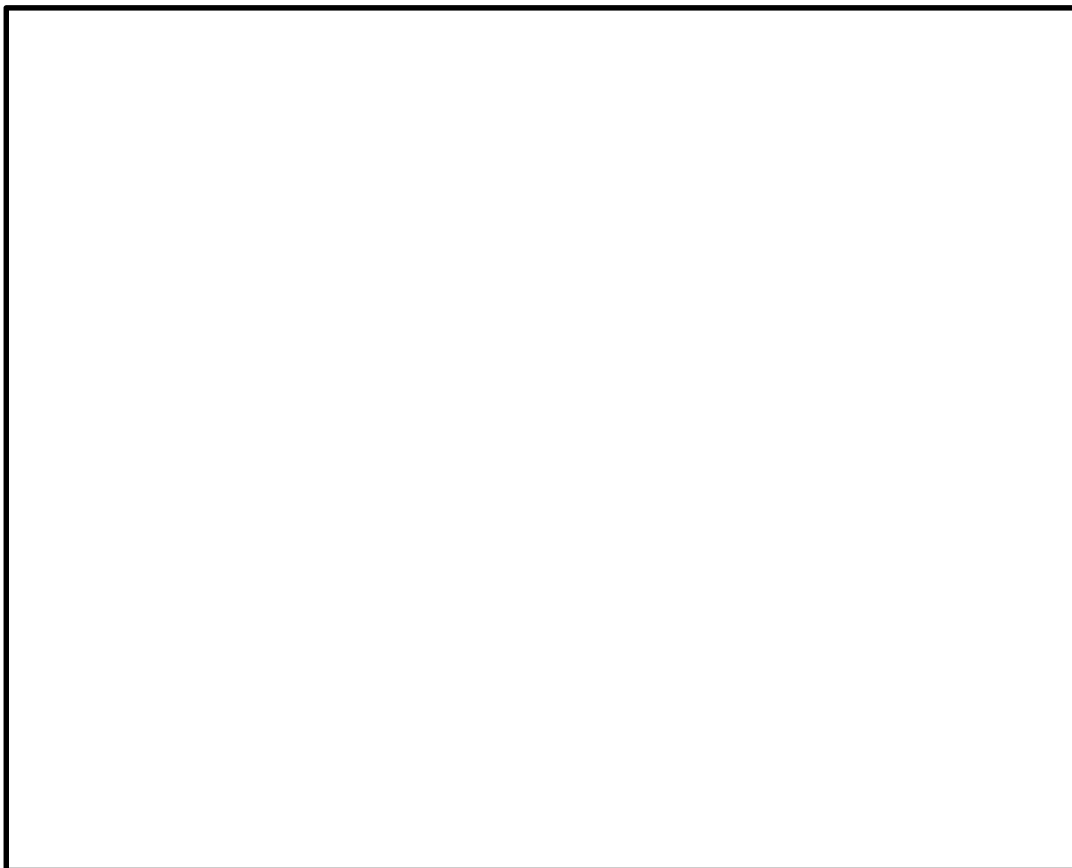
電源装置置場は、常設代替高圧電源装置、軽油タンク及び西側淡水貯水設備を支持する多層多連カルバート状の鉄筋コンクリート構造物であり、東西方向約56.5 m、南北方向約46.0 m、高さ約47.0 mである。構造物は十分な支持性能を有する岩盤に直接設置する。

また、電源装置置場下部を西側淡水貯水設備として使用する。

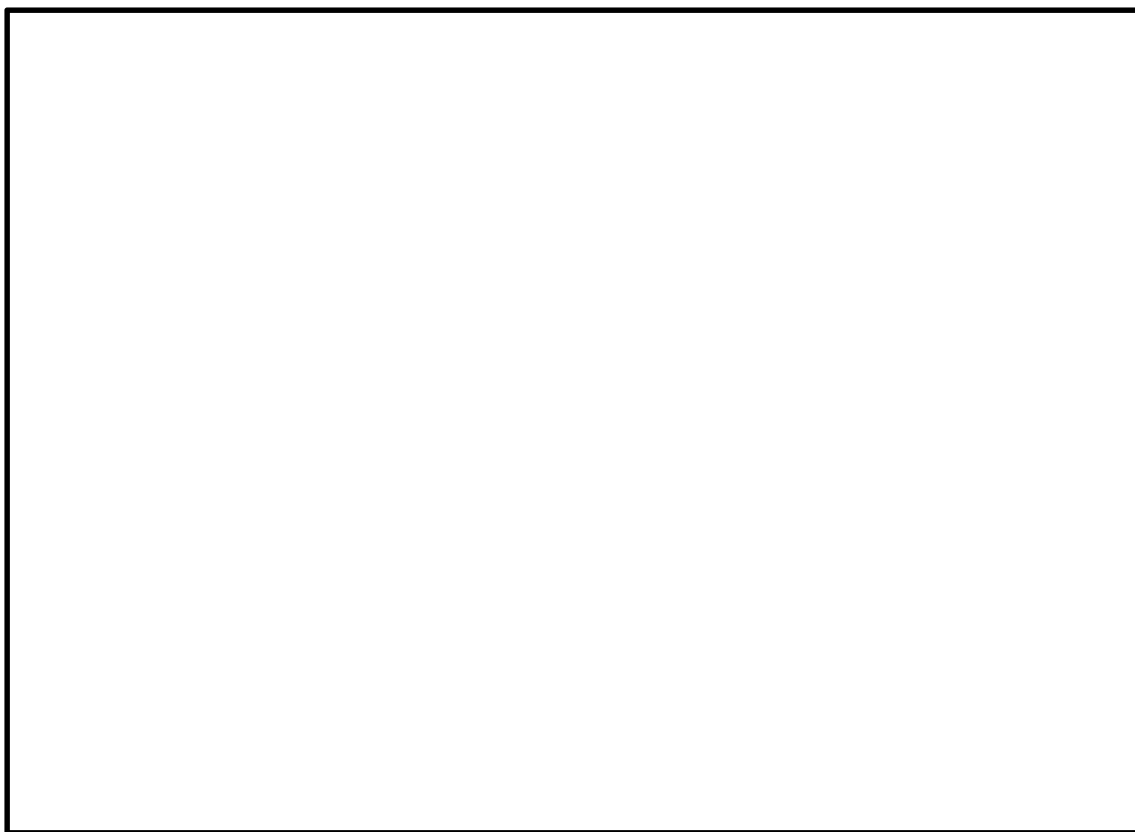
電源装置置場の平面図を第2-2図、断面図を第2-3図に示す。



第2-2図 電源装置置場の平面図



第 2-3 図 (1) 電源装置置場の断面図 (①-①断面)



第 2-3 図 (2) 電源装置置場の断面図 (②-②断面)

2.3 解析方針

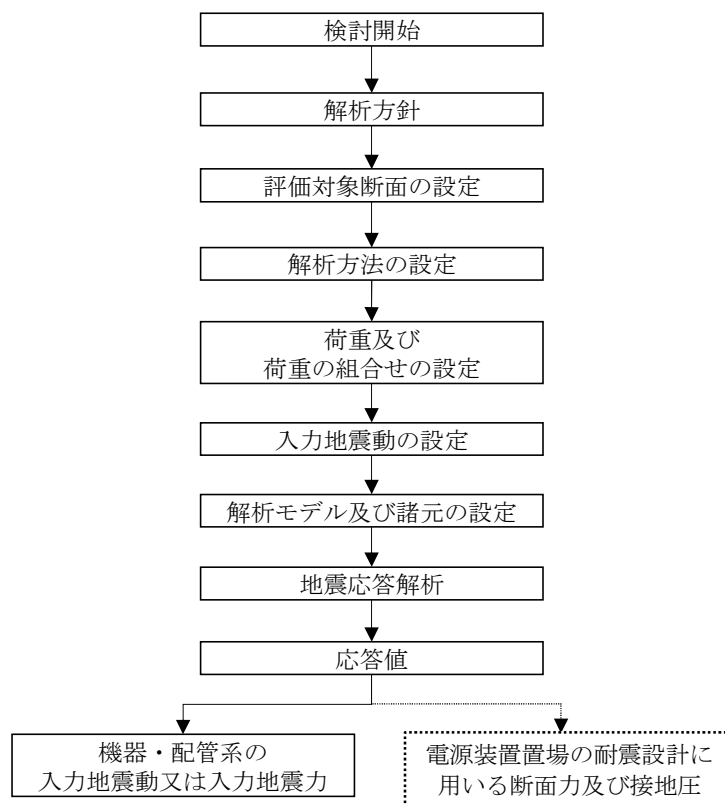
電源装置置場は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 S_s に対して解析を実施する。

第2-4図に電源装置置場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、断面力及び接地圧は、電源装置置場の耐震設計に用いる。



第2-4図 電源装置置場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。

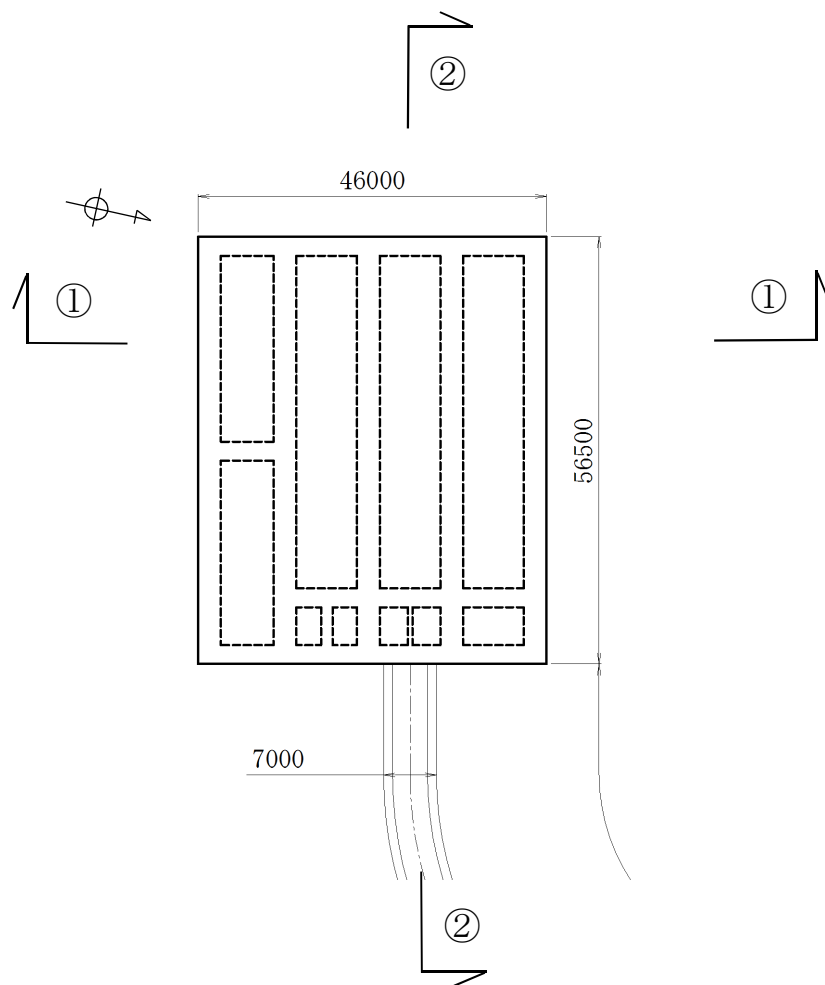
- ・ コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）
- ・ 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会，2005年）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）
- ・ 道路橋示方書（Ⅰ 共通編・Ⅳ 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度法－（（社）日本建築学会，1999年）

3. 解析方法

3.1 評価対象断面

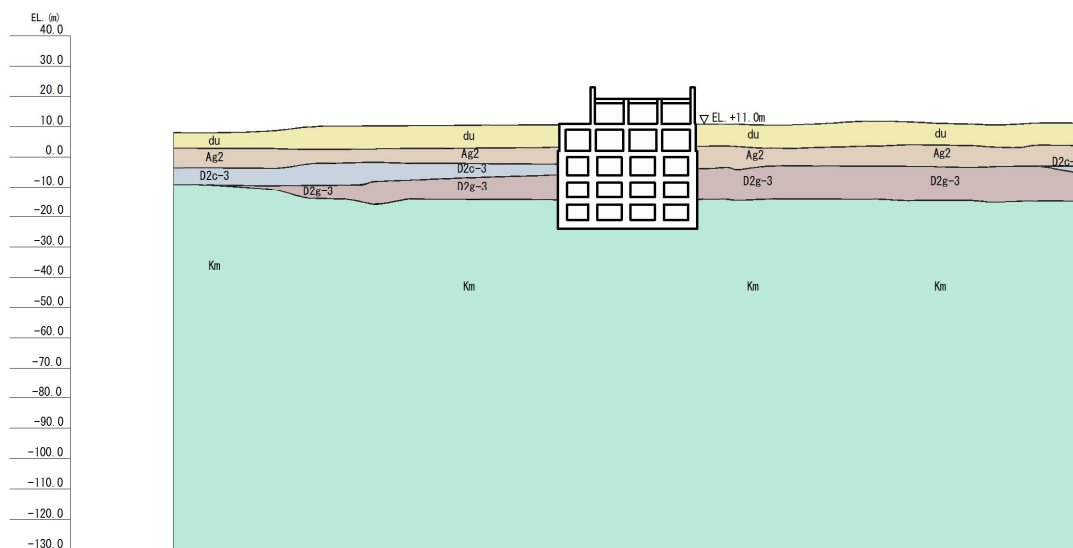
電源装置置場の構造上の特徴及び機器・配管系の配置を踏まえ、構造物に直行する南北方向の①－①断面及び東西方向の②－②断面を評価対象断面とする。電源装置置場の評価対象断面位置を第3-1図に、評価対象断面を第3-2図に示す。

なお、②－②断面については、横幅に含まれるすべての構造部材をモデル化する。



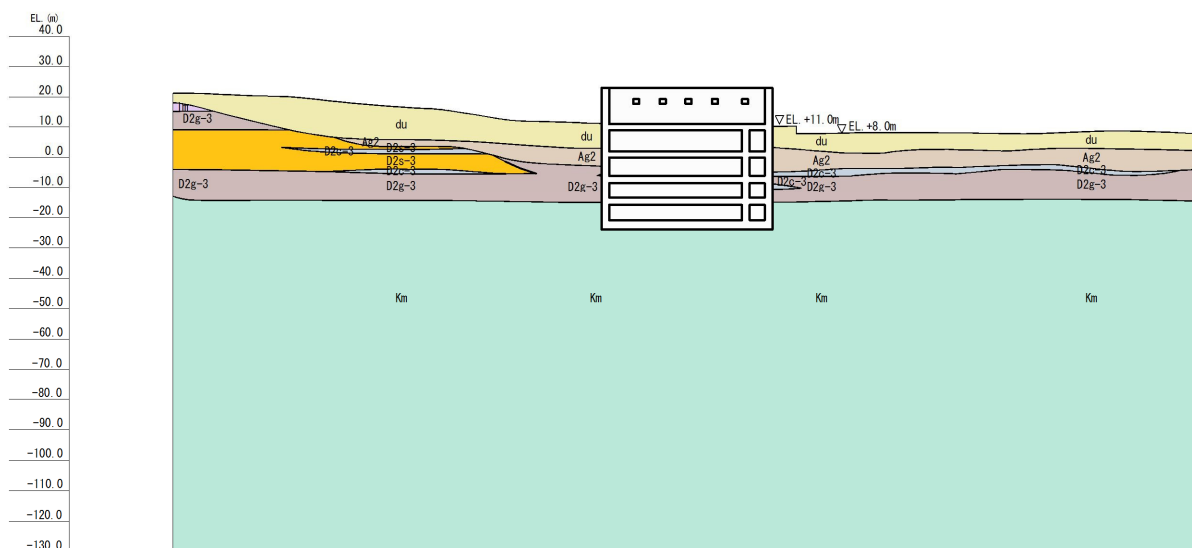
(単位：mm)

第3-1図 電源装置置場の評価対象断面の平面位置



(単位：mm)

第3-2 図 (1) 電源装置置場の評価対象断面 (南北方向 ①—①断面)



(単位：mm)

第3-2 図 (2) 電源装置置場の評価対象断面 (東西方向 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、線形はり要素及び平面ひずみ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

電源装置置場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。

(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

電源装置置場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。

(4) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として 30 cm の積雪を考慮する。

(5) 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

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S_s)	$G + P + K_s + P_s + P_k$

ここで, G : 固定荷重

P : 積載荷重

K_s : 地震荷重

P_s : 積雪荷重

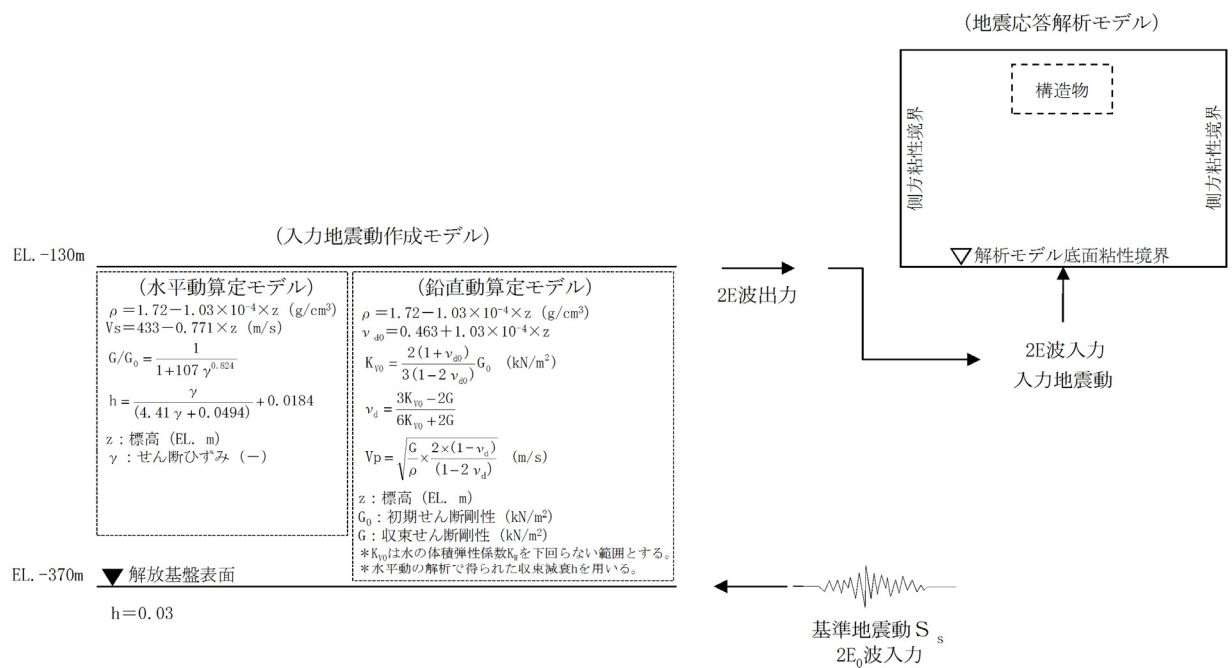
P_k : 風荷重

3.4 入力地震動

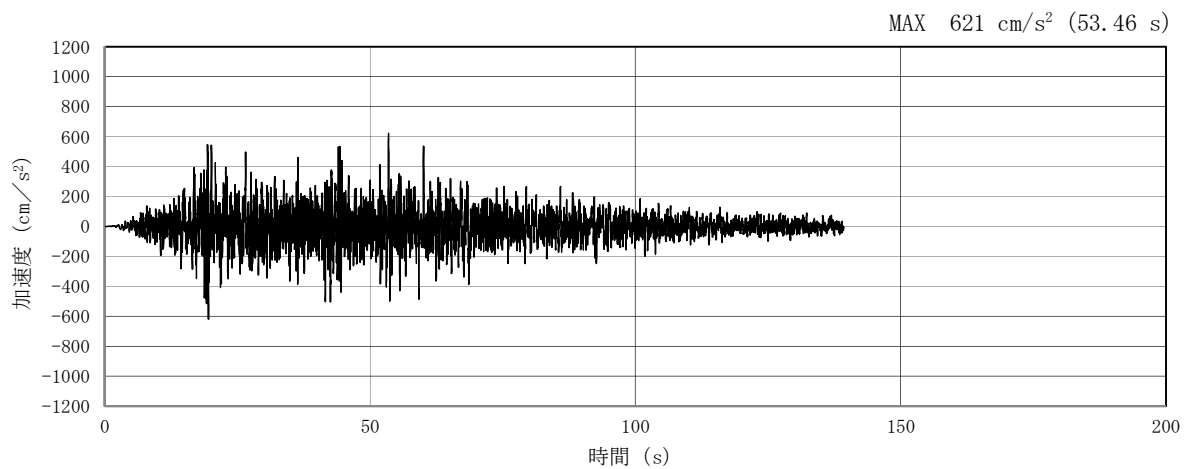
入力地震動は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

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。

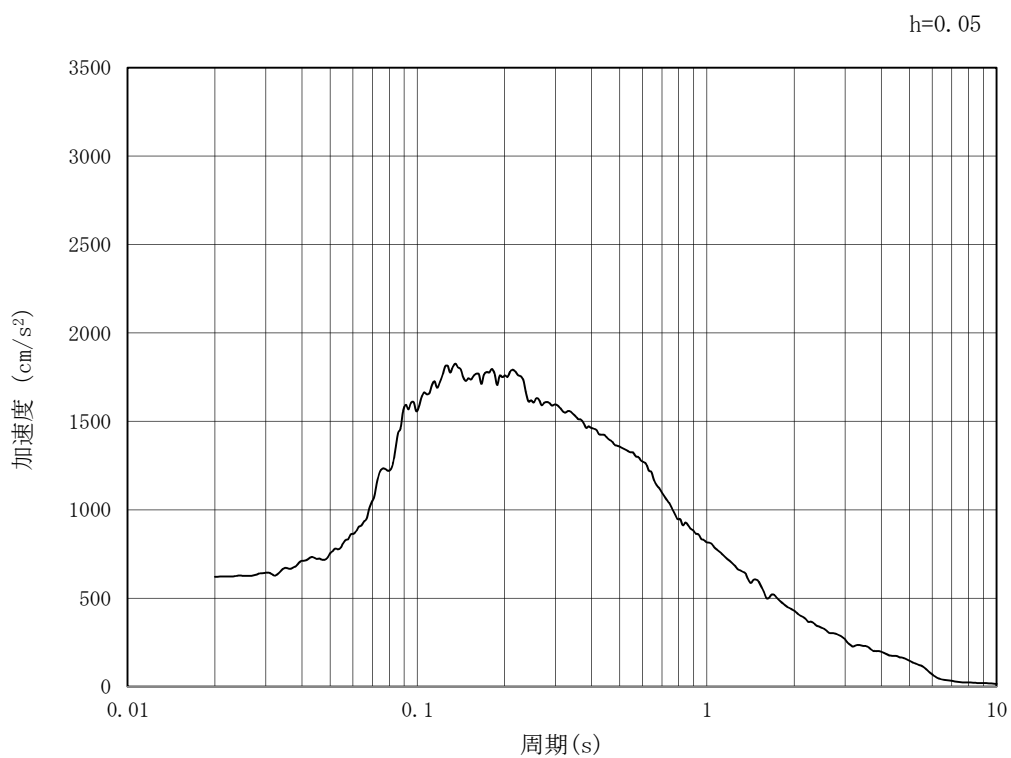
入力地震動の算定には、解析コード「microSHAKE/3D Ver. 2.2.3.311」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



第 3-3 図 入力地震動算定の概念図

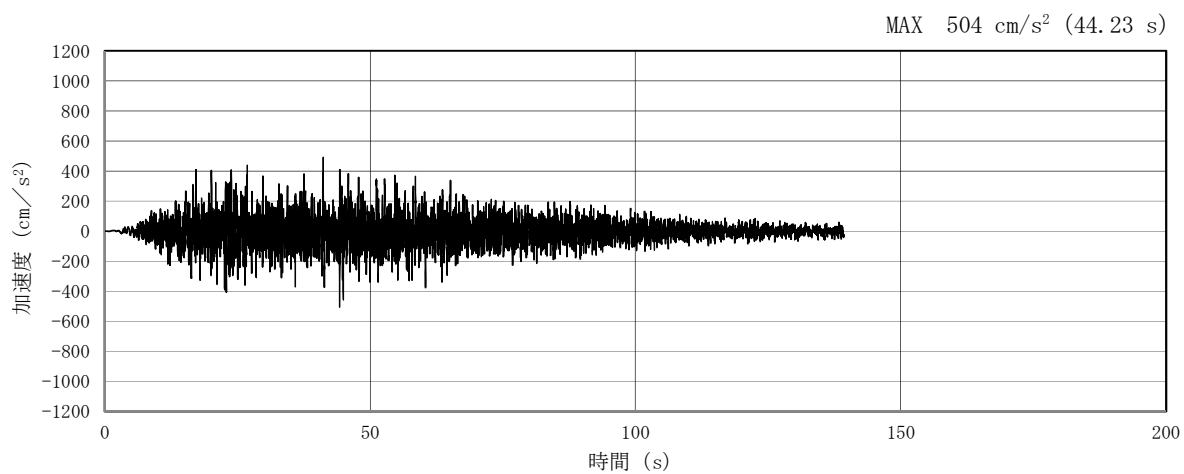


(a) 加速度時刻歴波形

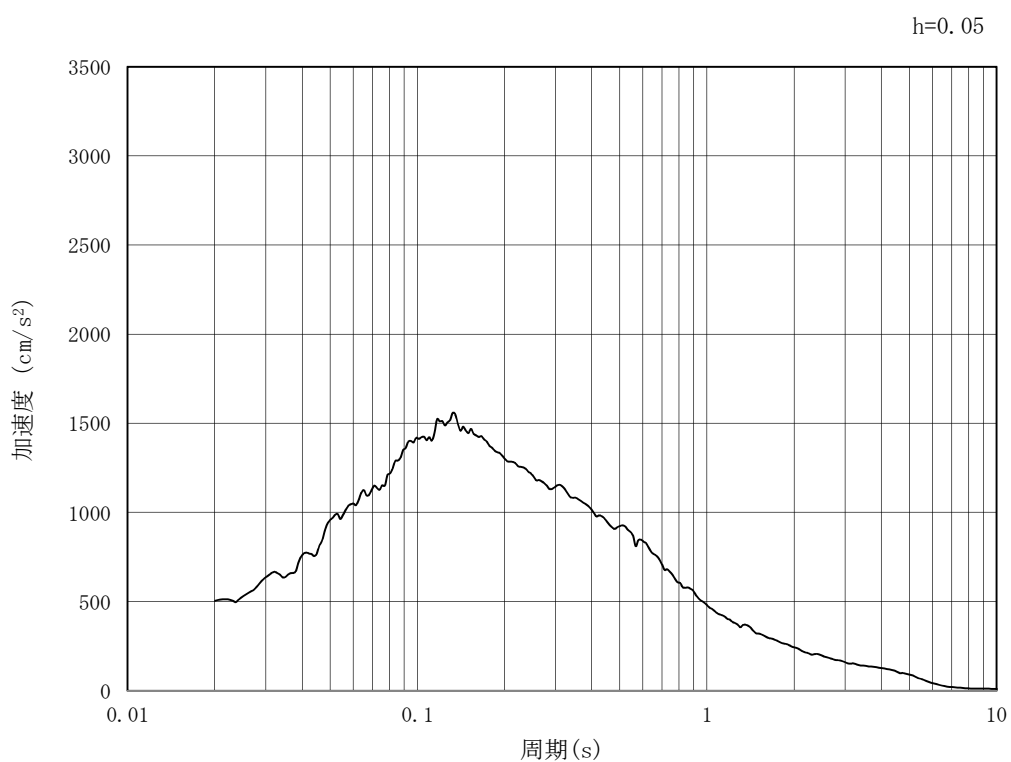


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - D 1$)

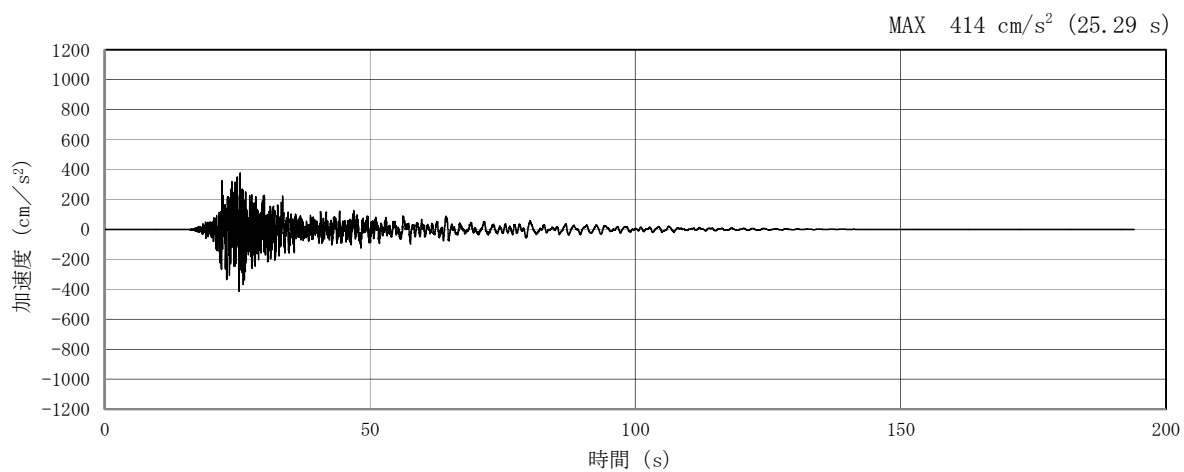


(a) 加速度時刻歴波形

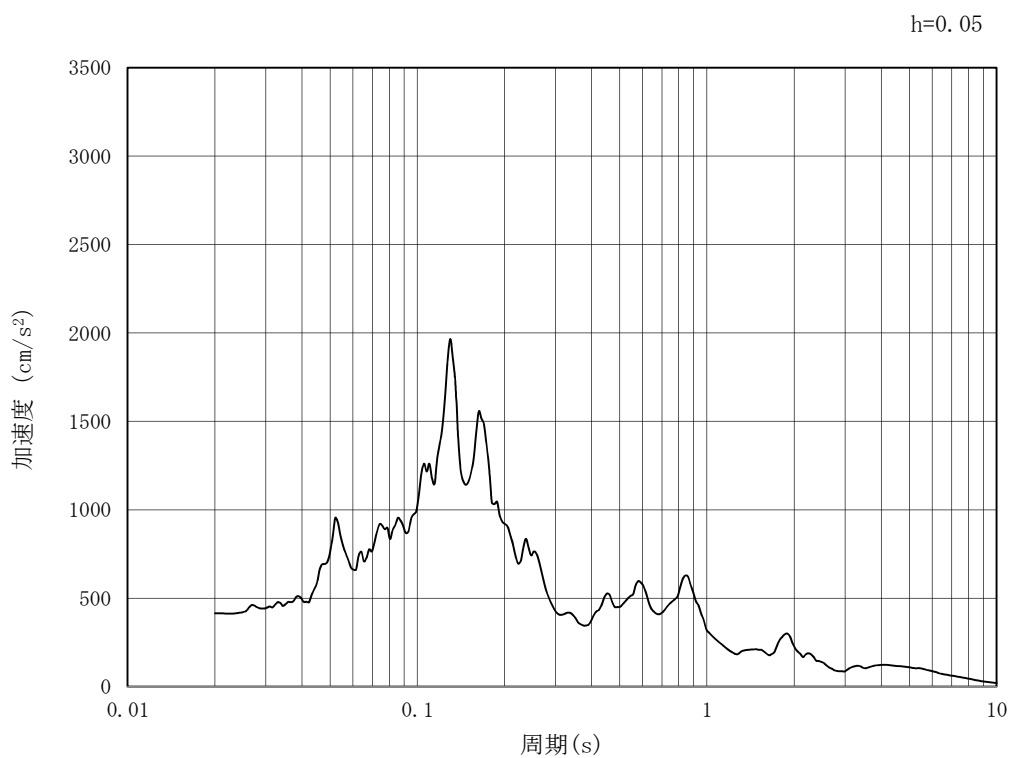


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (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)

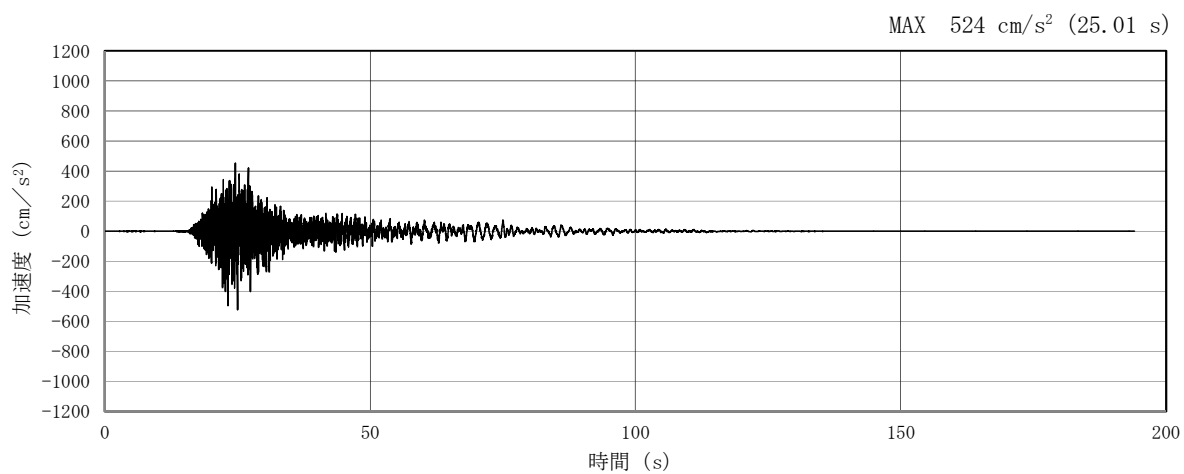


(a) 加速度時刻歴波形

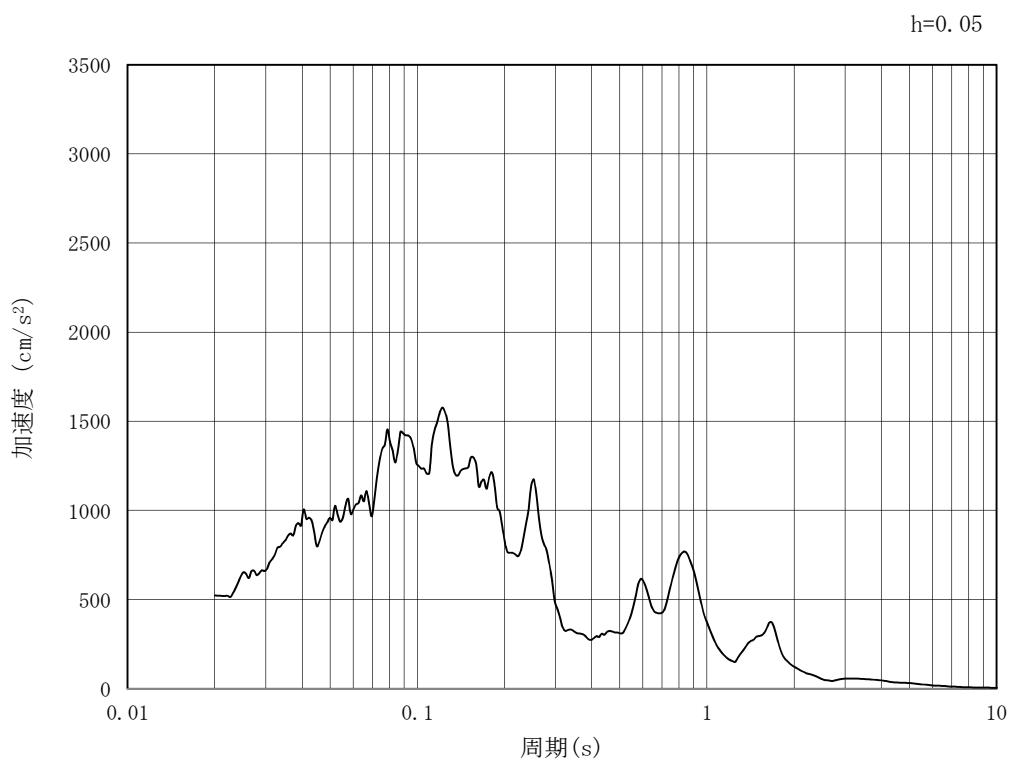


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 1.1$)

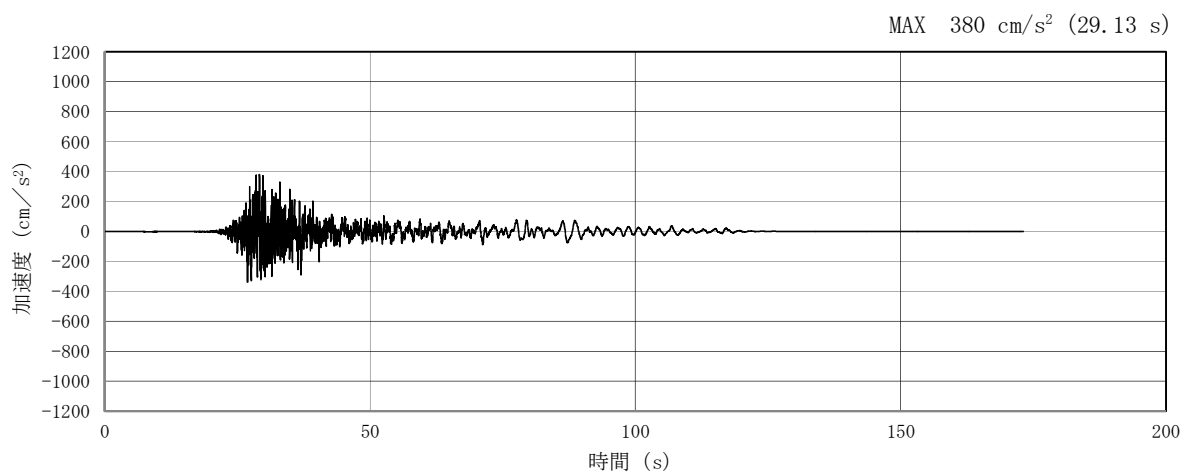


(a) 加速度時刻歴波形

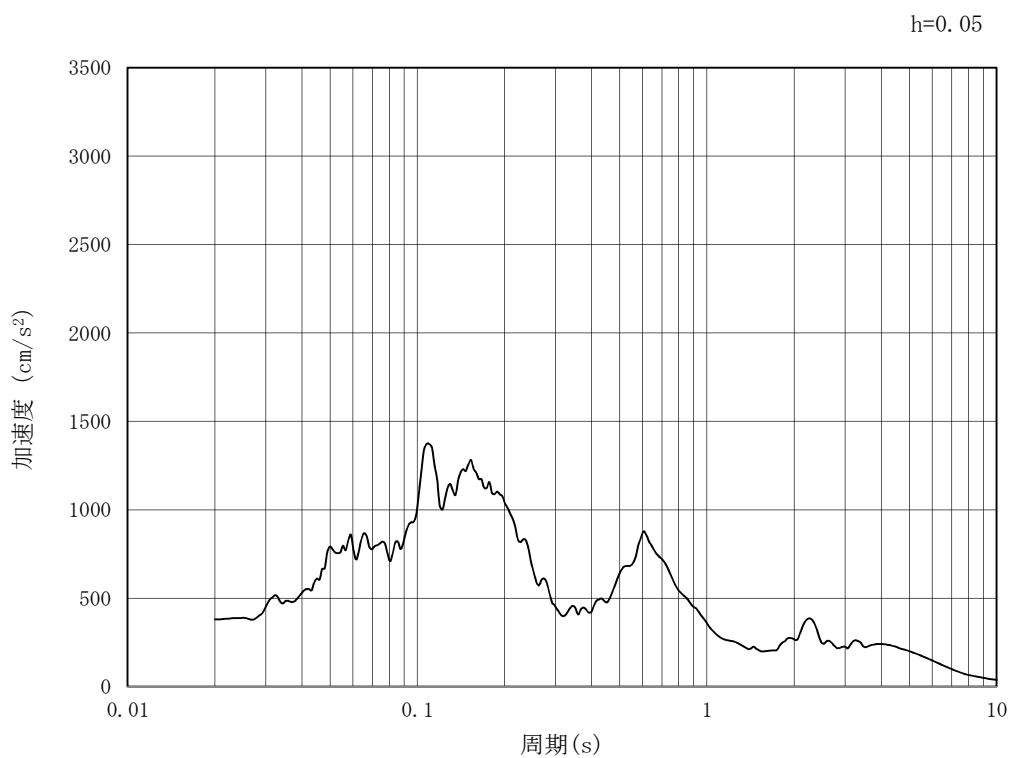


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (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: $S_s - 1.1$)

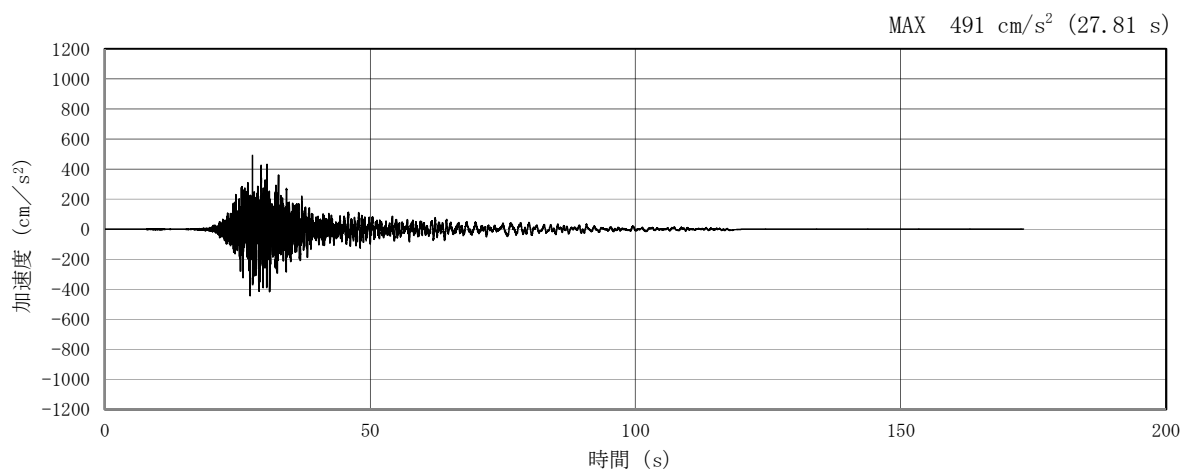


(a) 加速度時刻歴波形

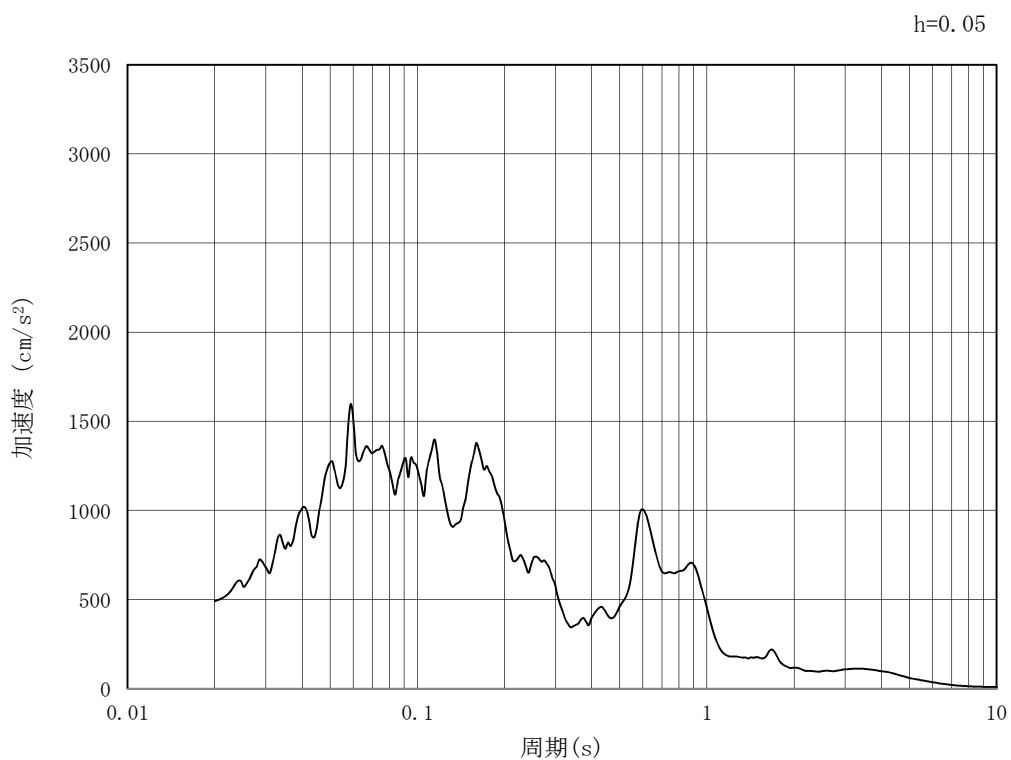


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (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)

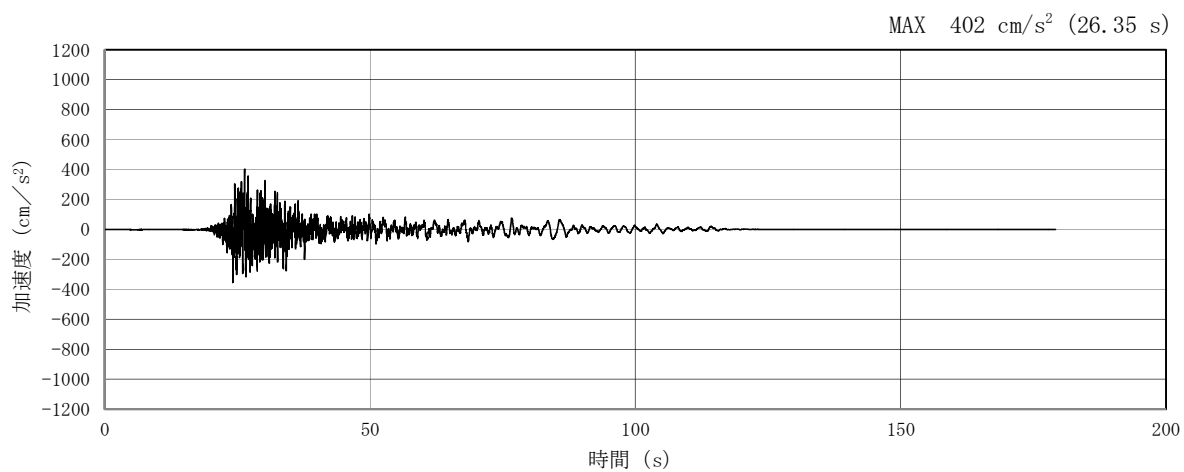


(a) 加速度時刻歴波形

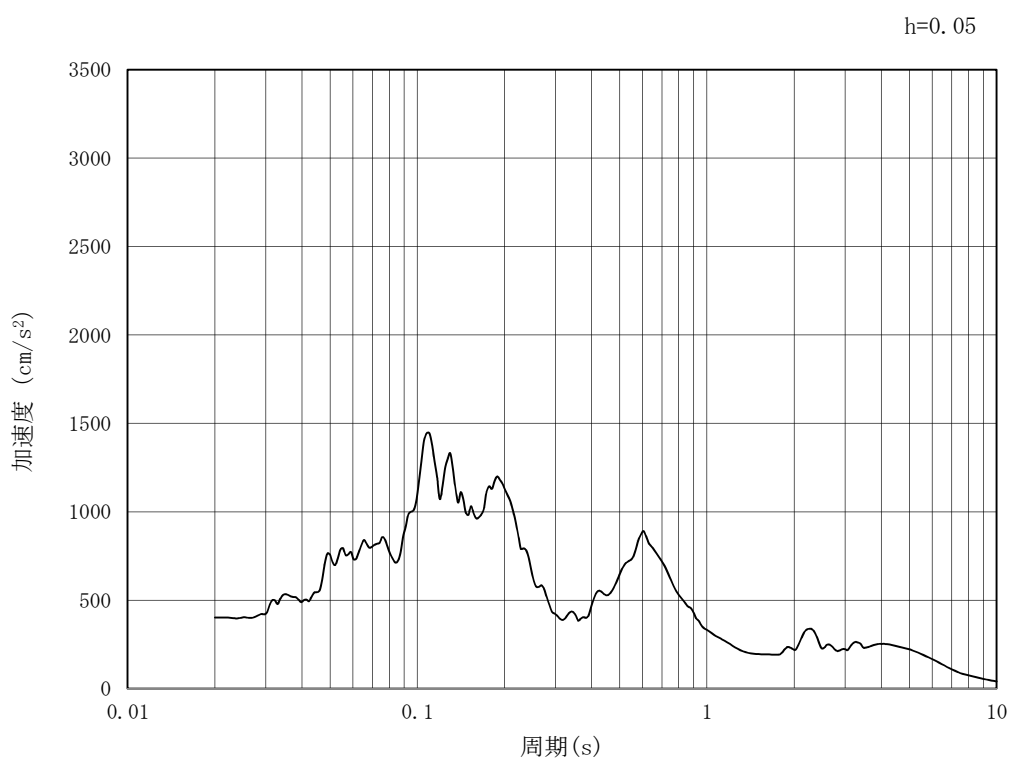


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 1.2$)

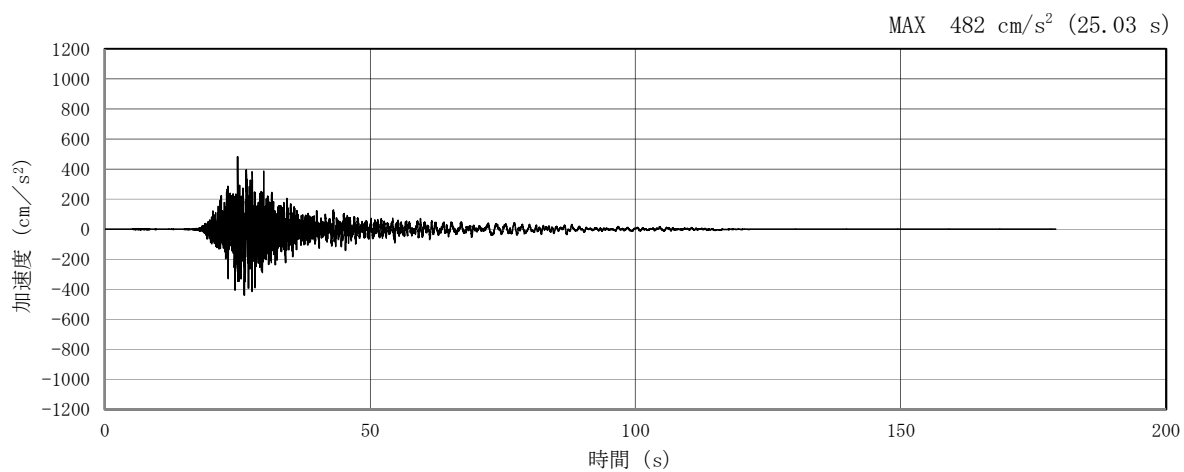


(a) 加速度時刻歴波形

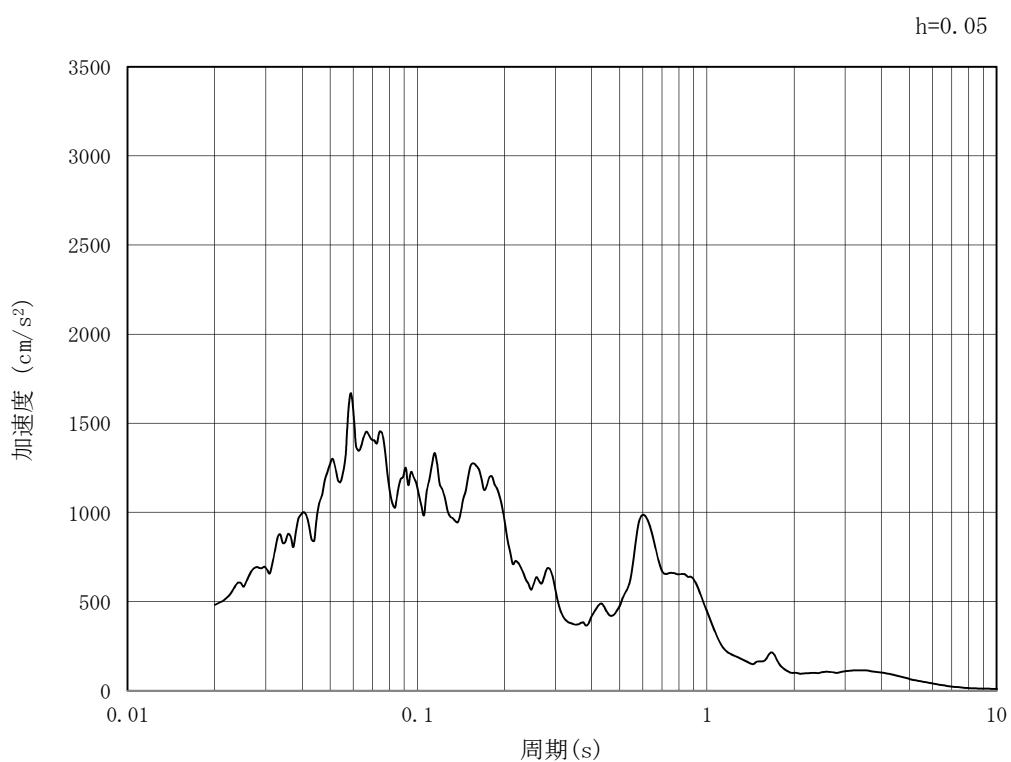


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 1.3$)

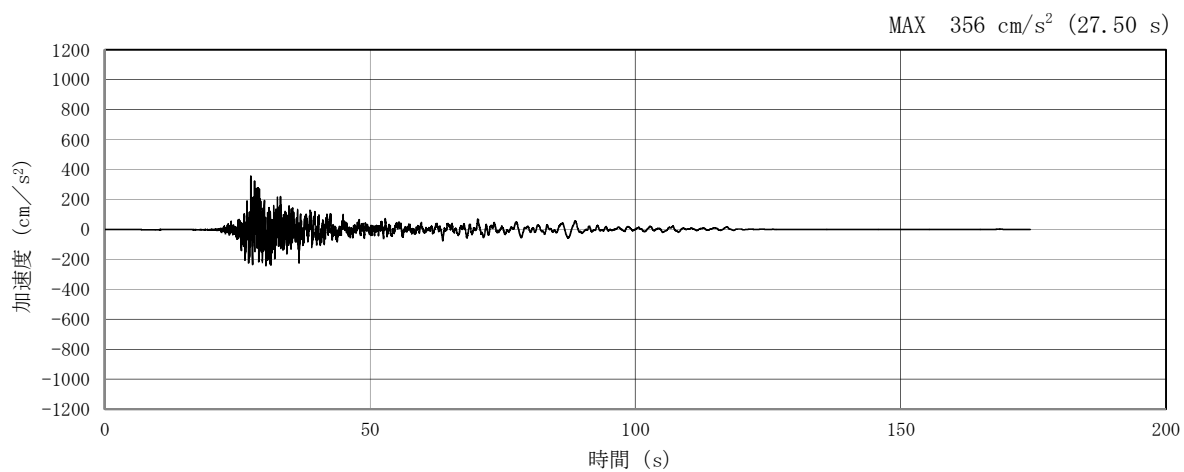


(a) 加速度時刻歴波形

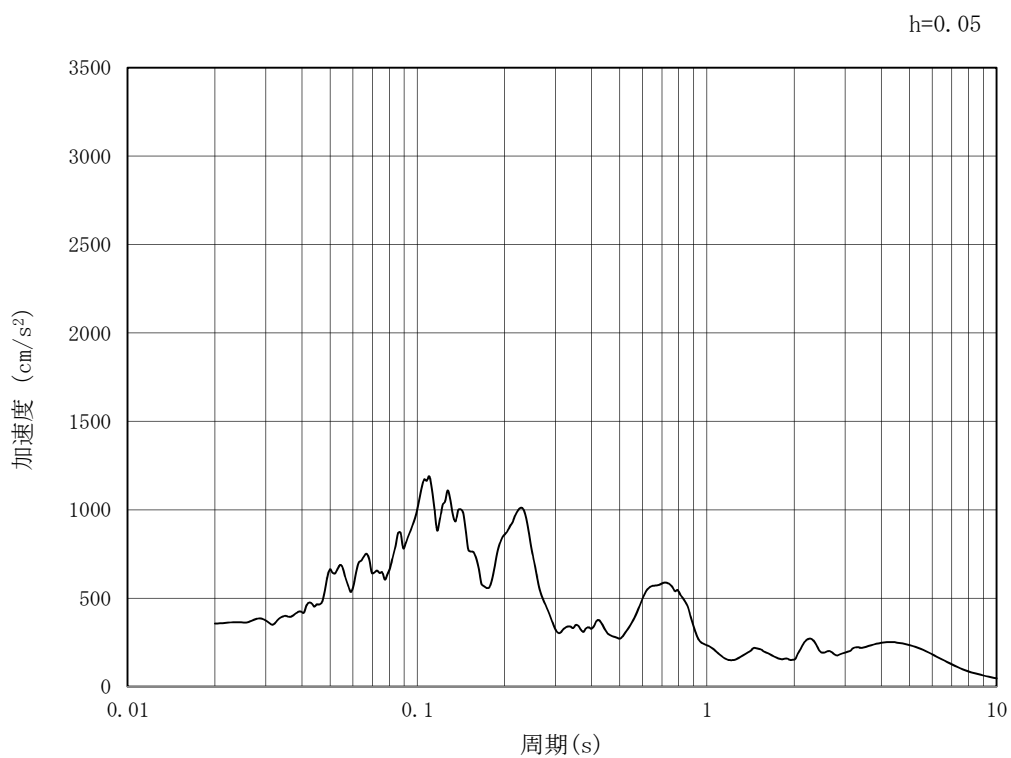


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (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 - 1 3)

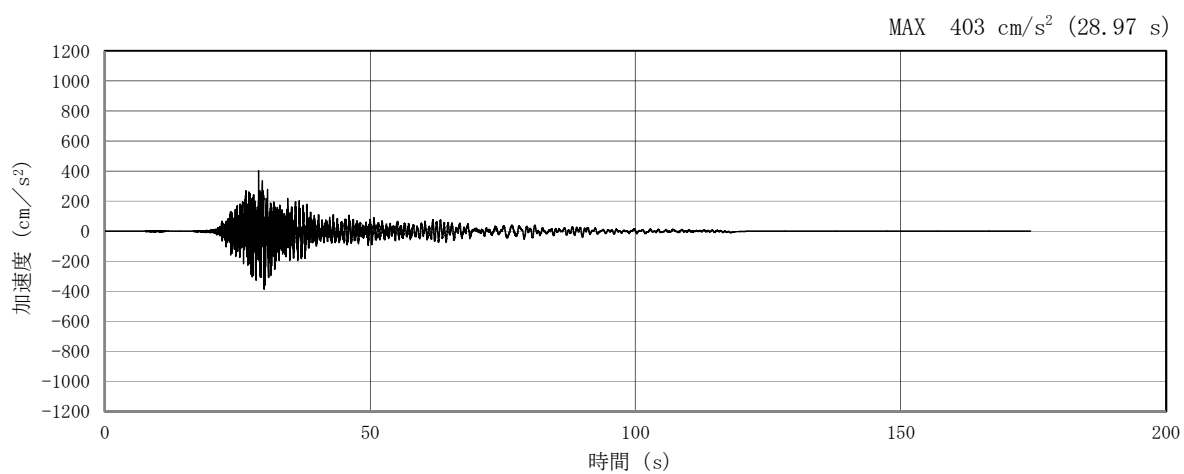


(a) 加速度時刻歴波形

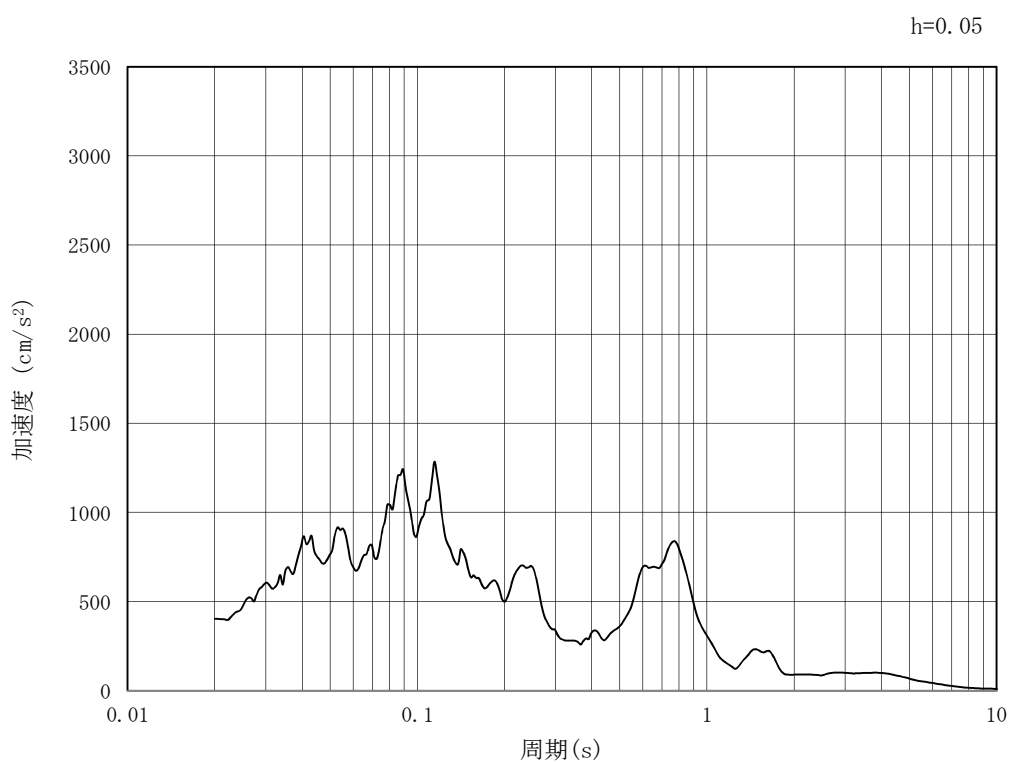


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (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-1 4)

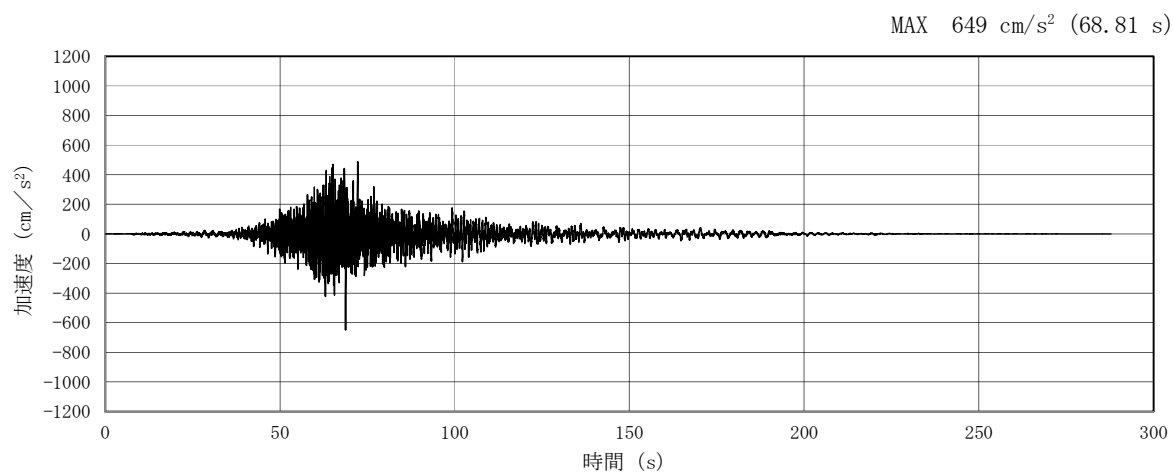


(a) 加速度時刻歴波形

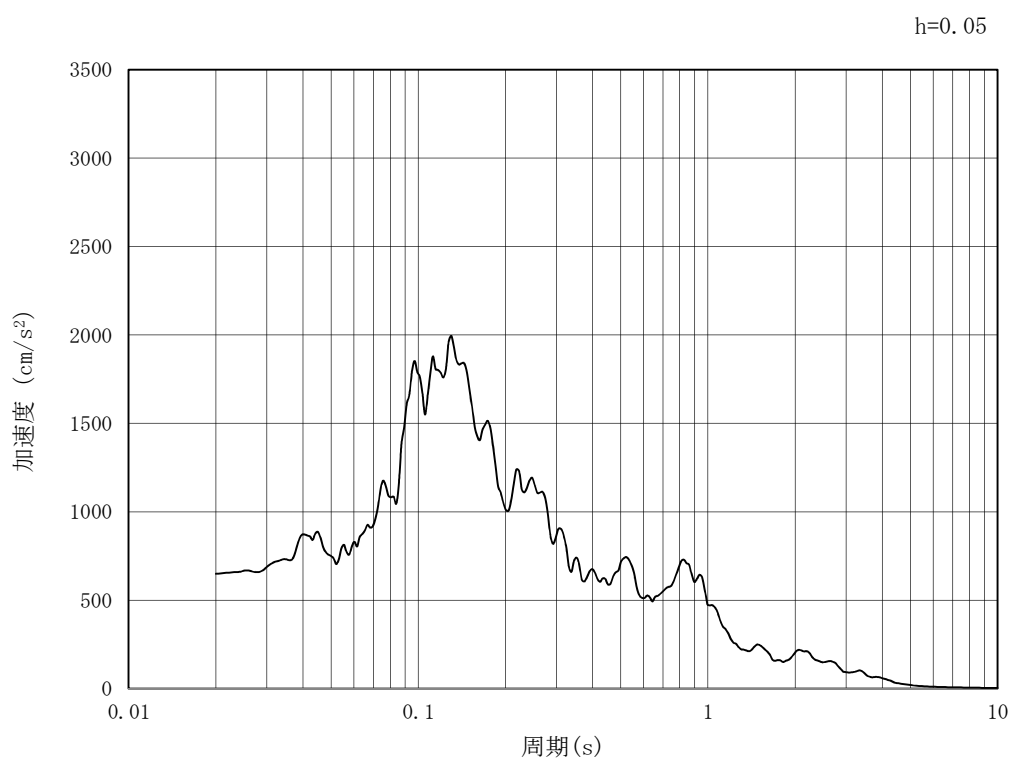


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (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: $S_s - 1.4$)

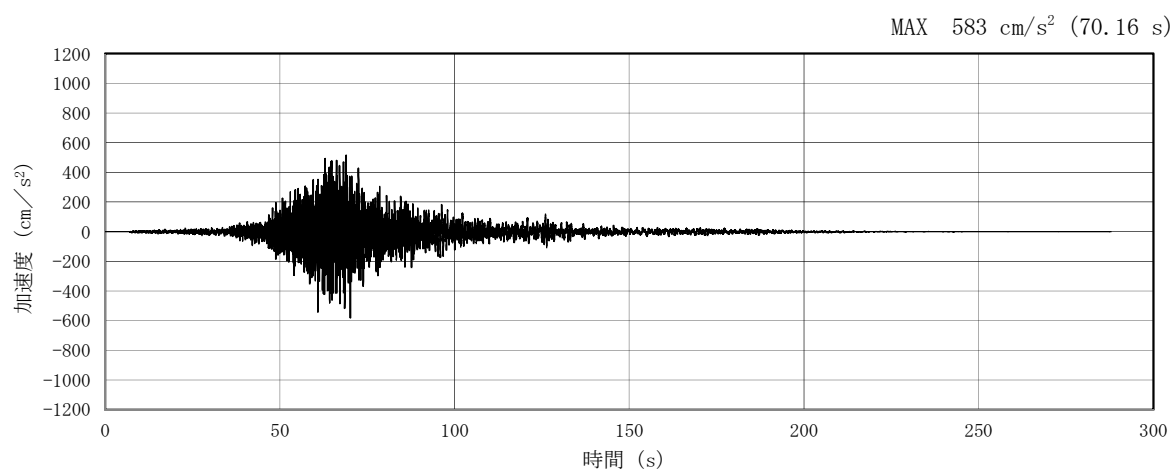


(a) 加速度時刻歴波形

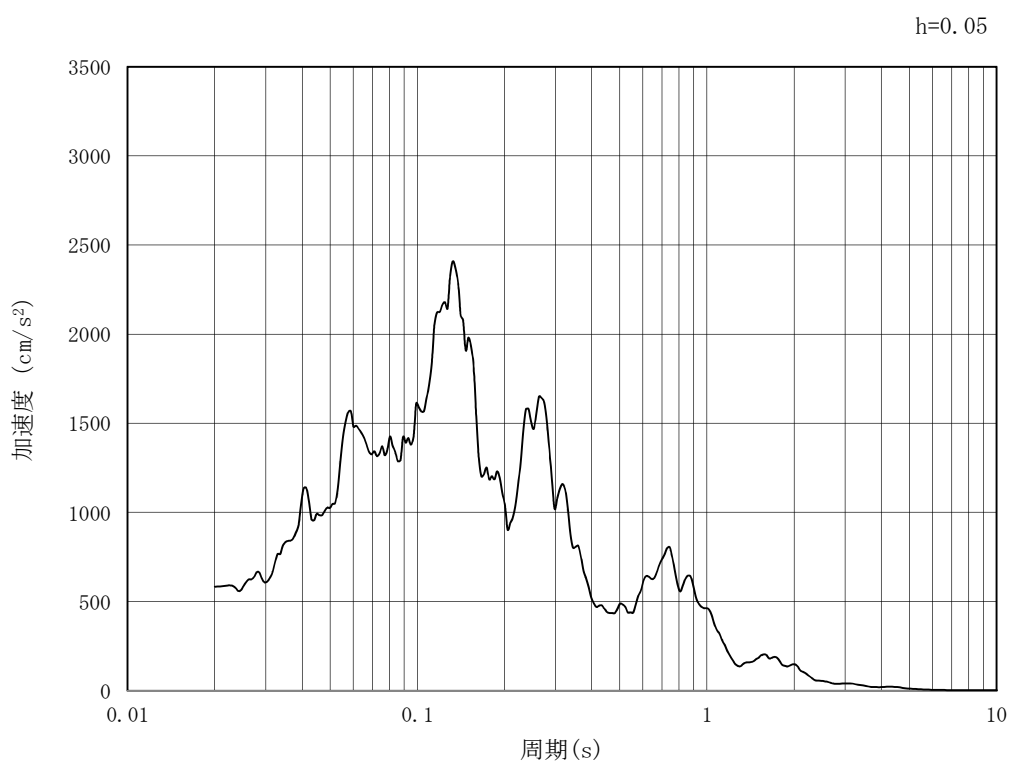


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 21$)

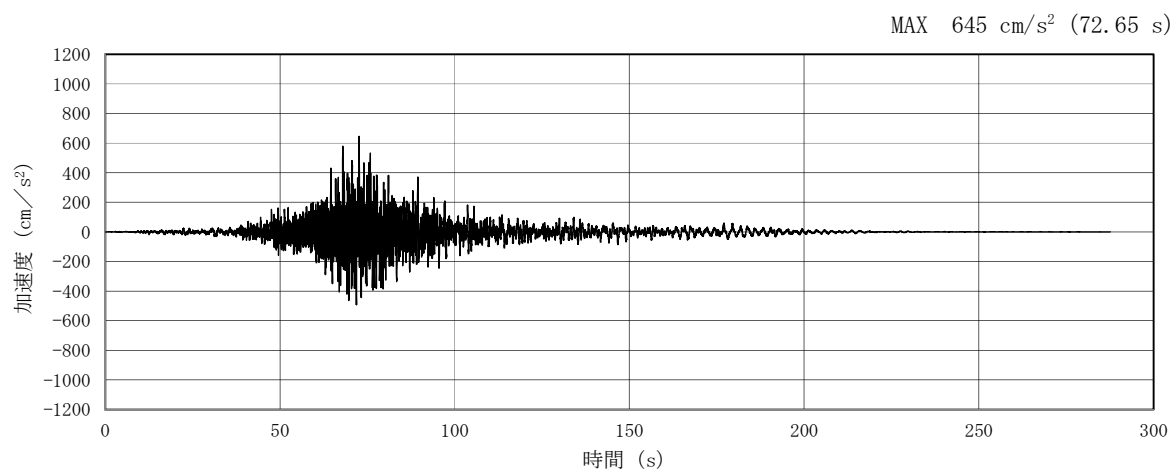


(a) 加速度時刻歴波形

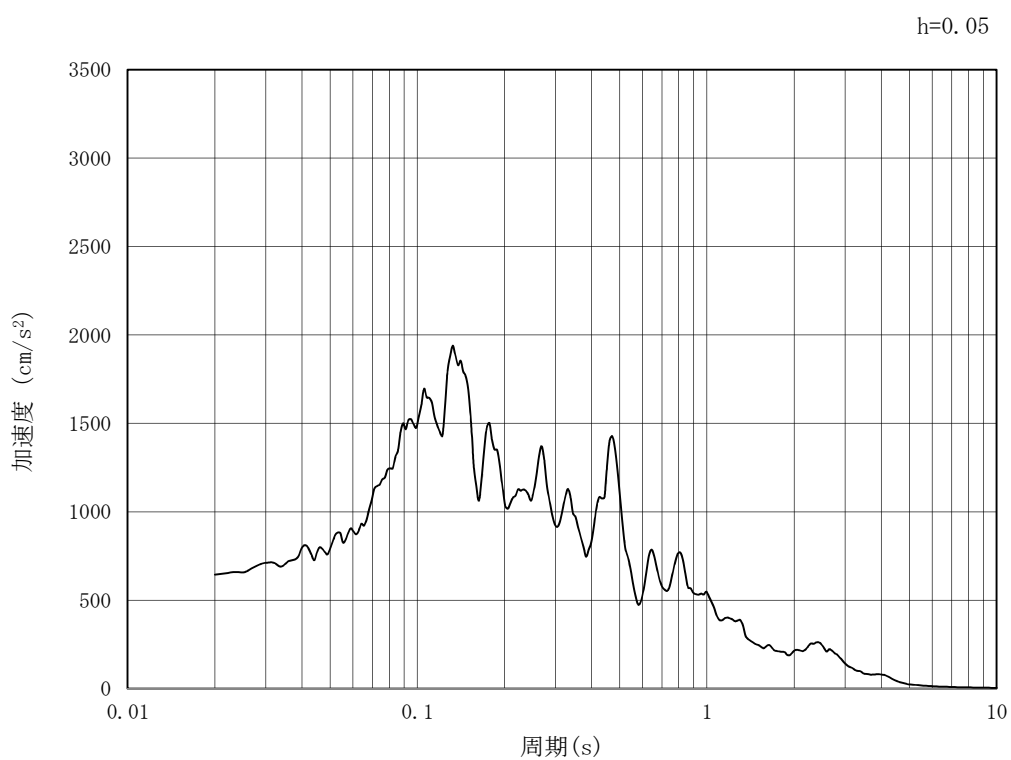


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 21$)

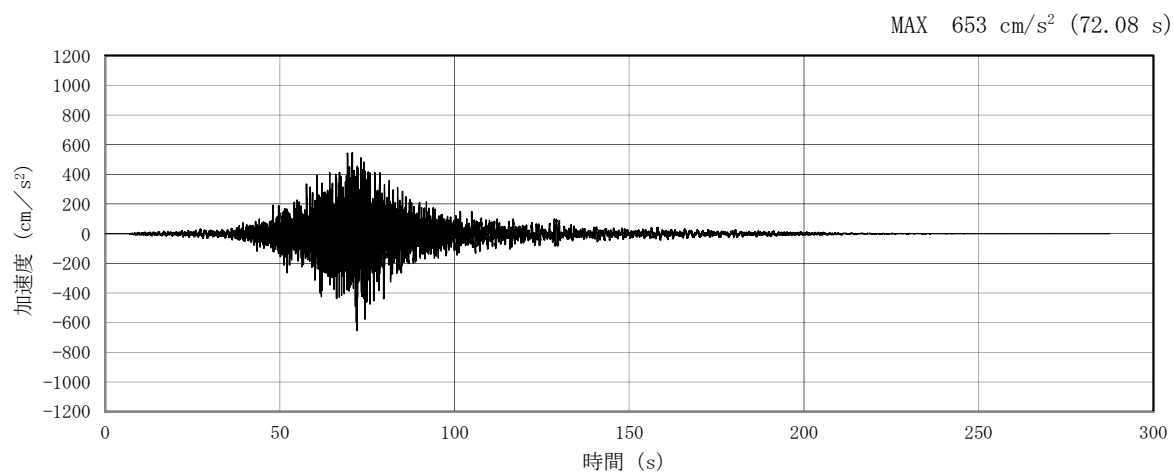


(a) 加速度時刻歴波形

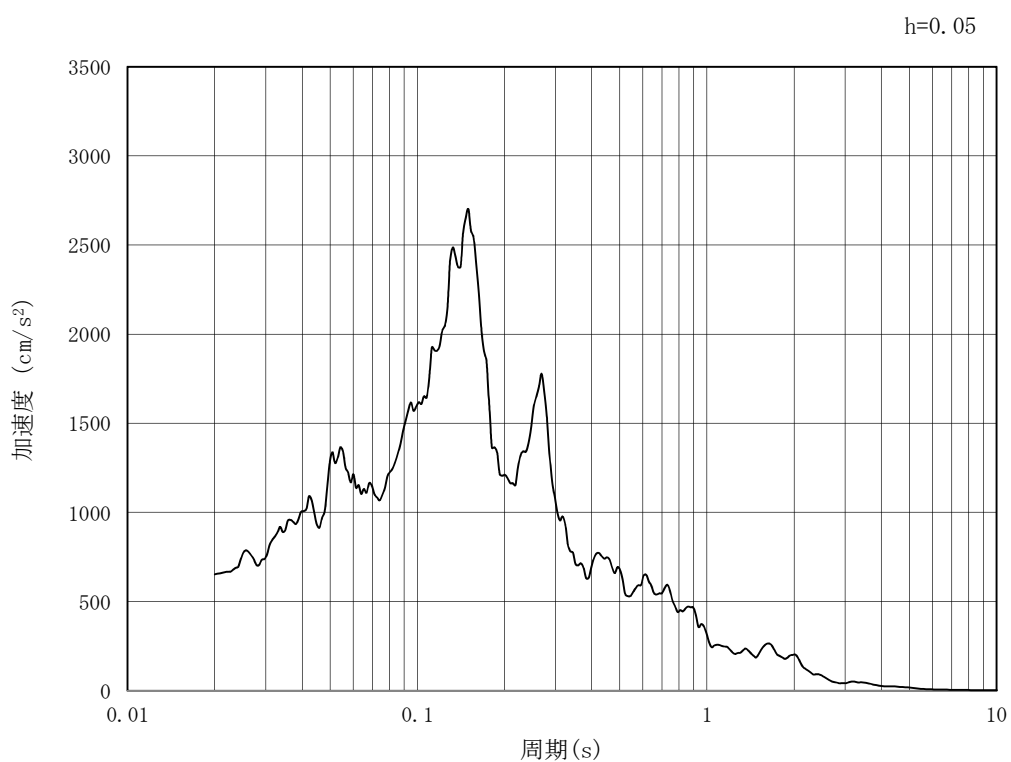


(b) 加速度応答スペクトル

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)

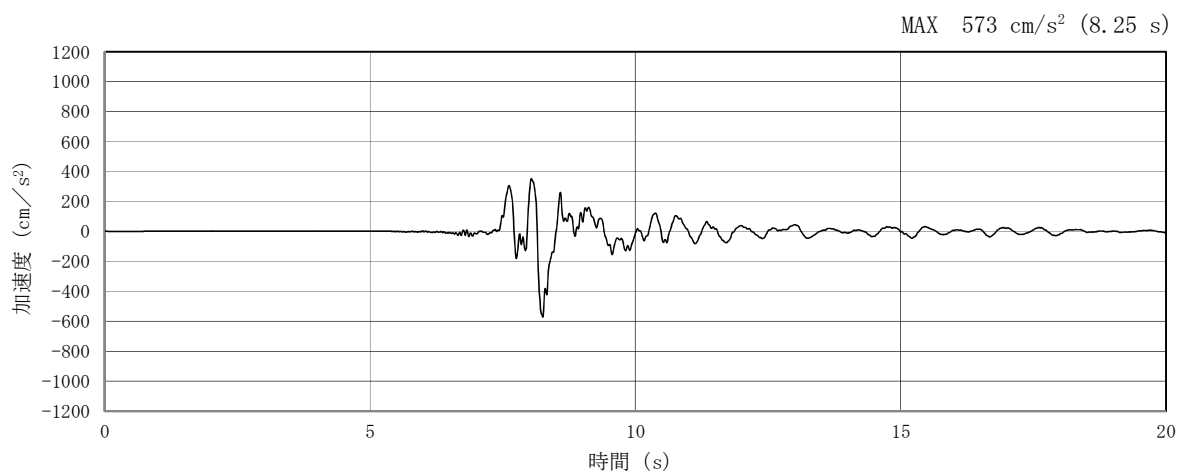


(a) 加速度時刻歴波形

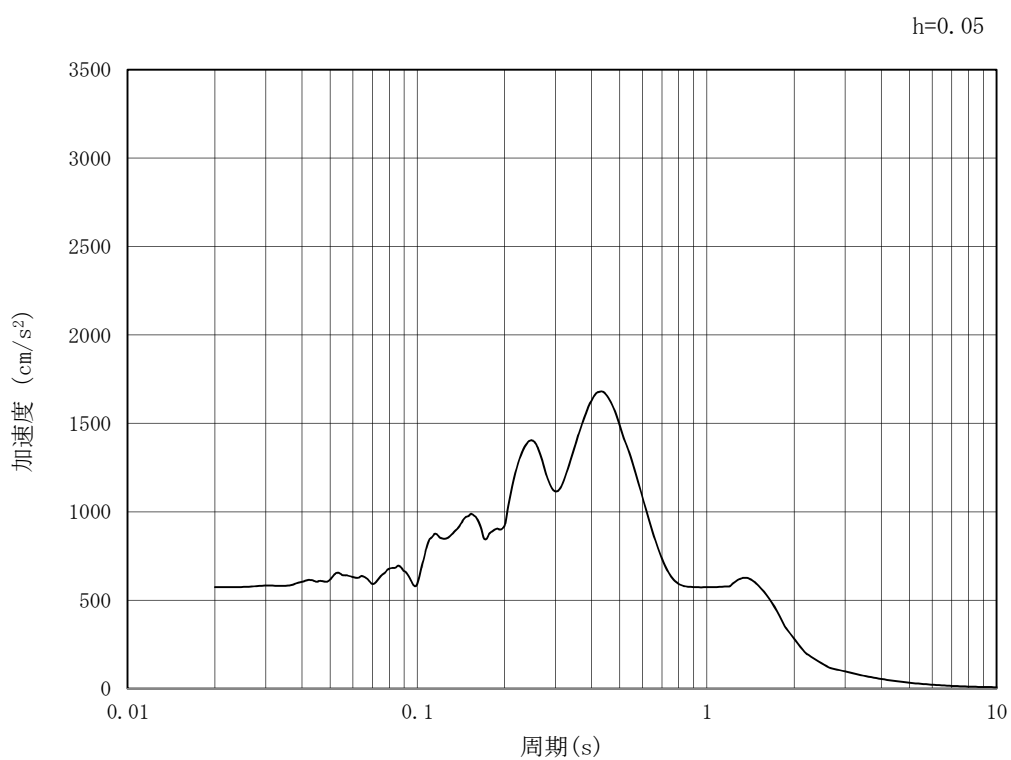


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 22$)

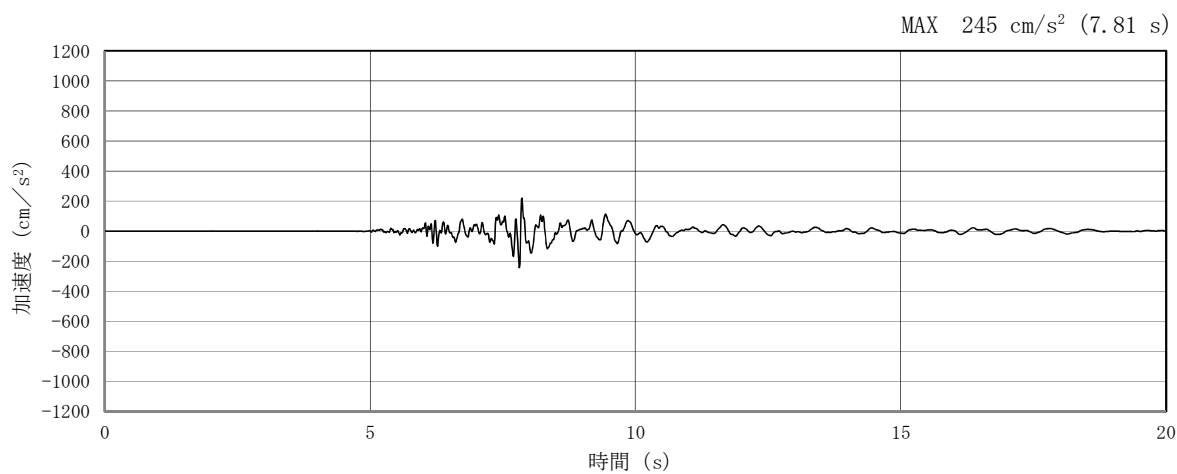


(a) 加速度時刻歴波形

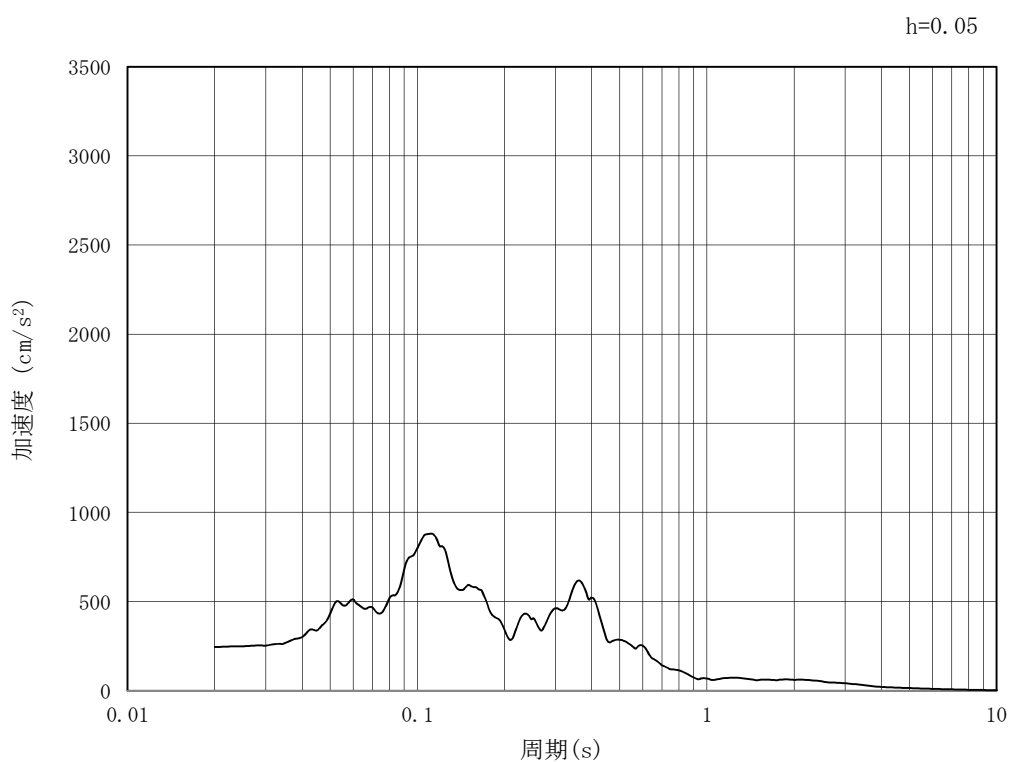


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 3.1$)

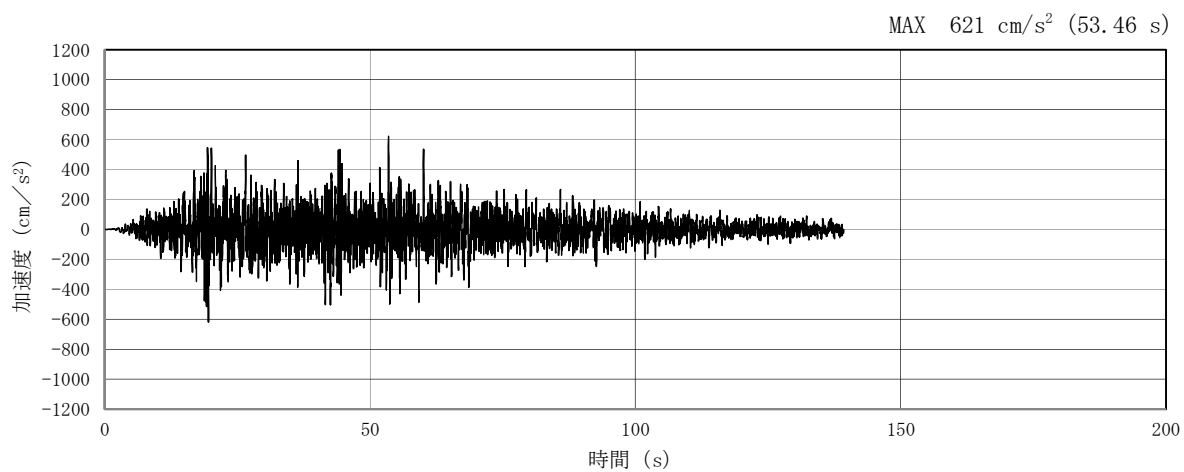


(a) 加速度時刻歴波形

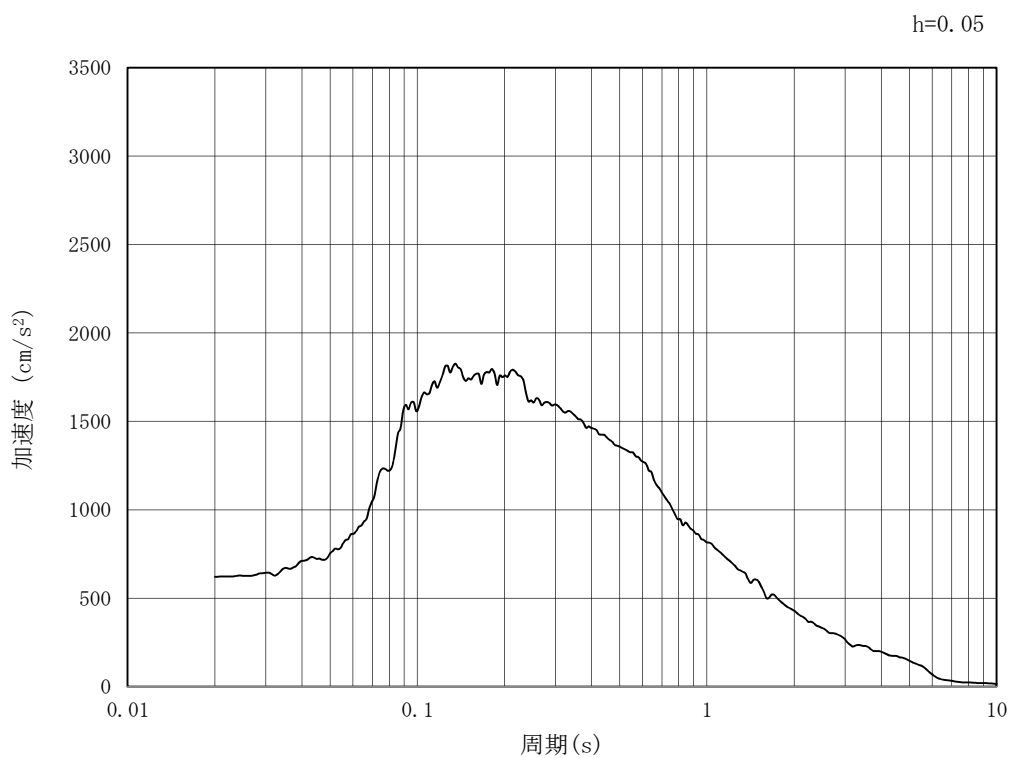


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (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: $S_s - 3.1$)

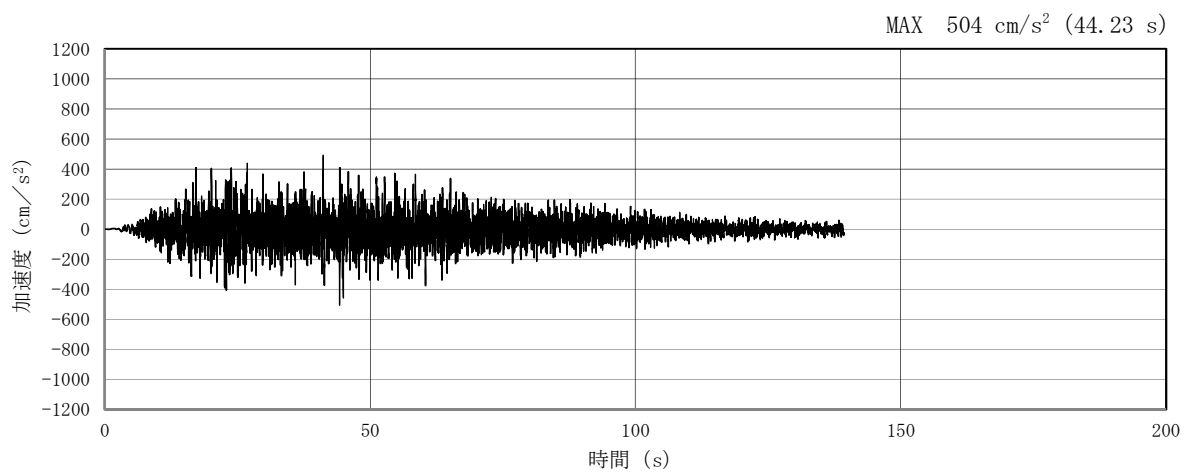


(a) 加速度時刻歴波形

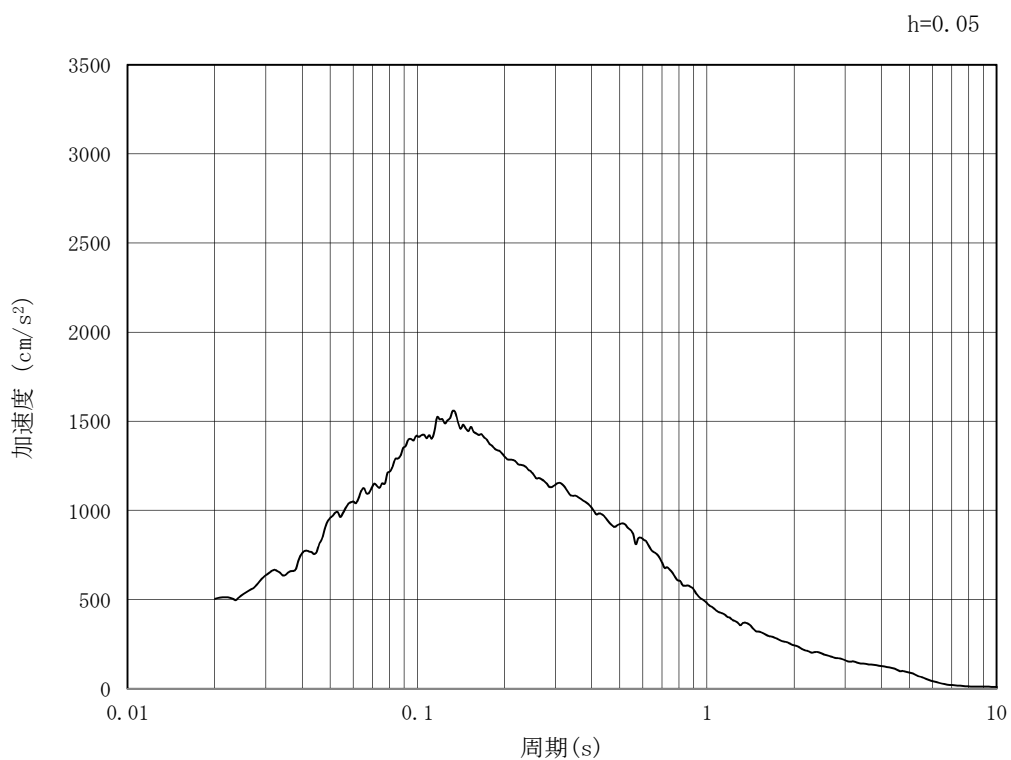


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (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-D1)

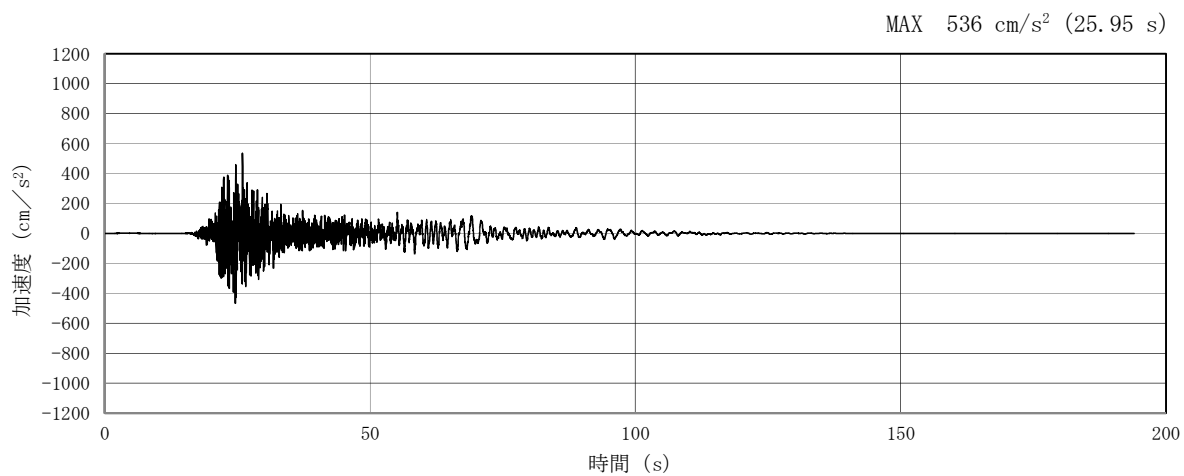


(a) 加速度時刻歴波形

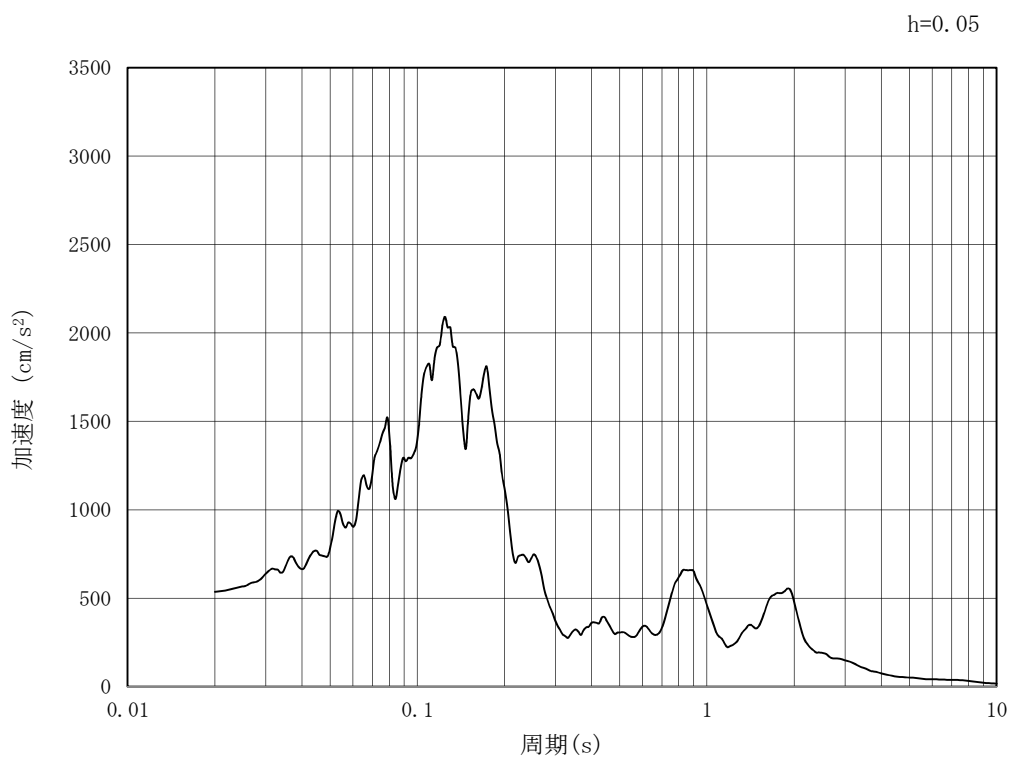


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (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)

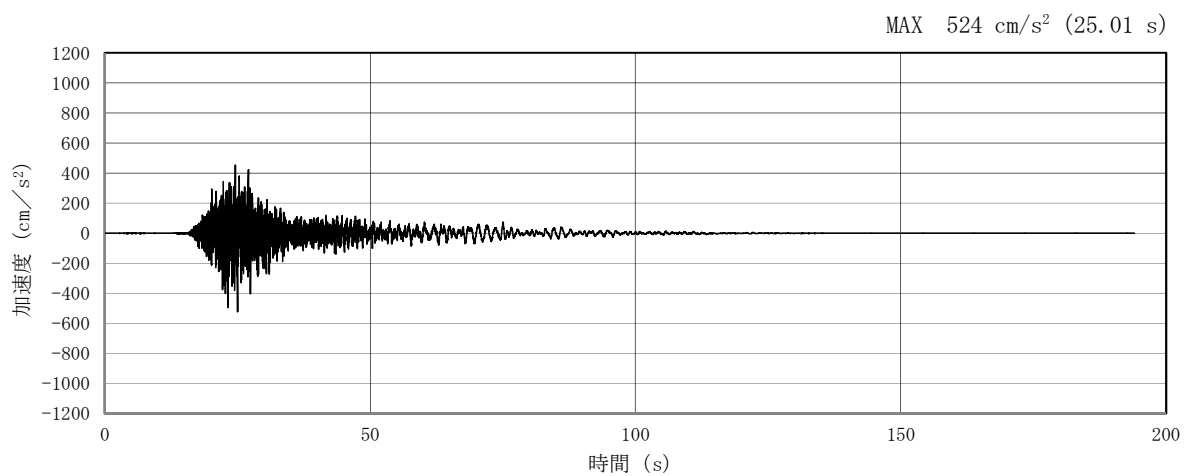


(a) 加速度時刻歴波形

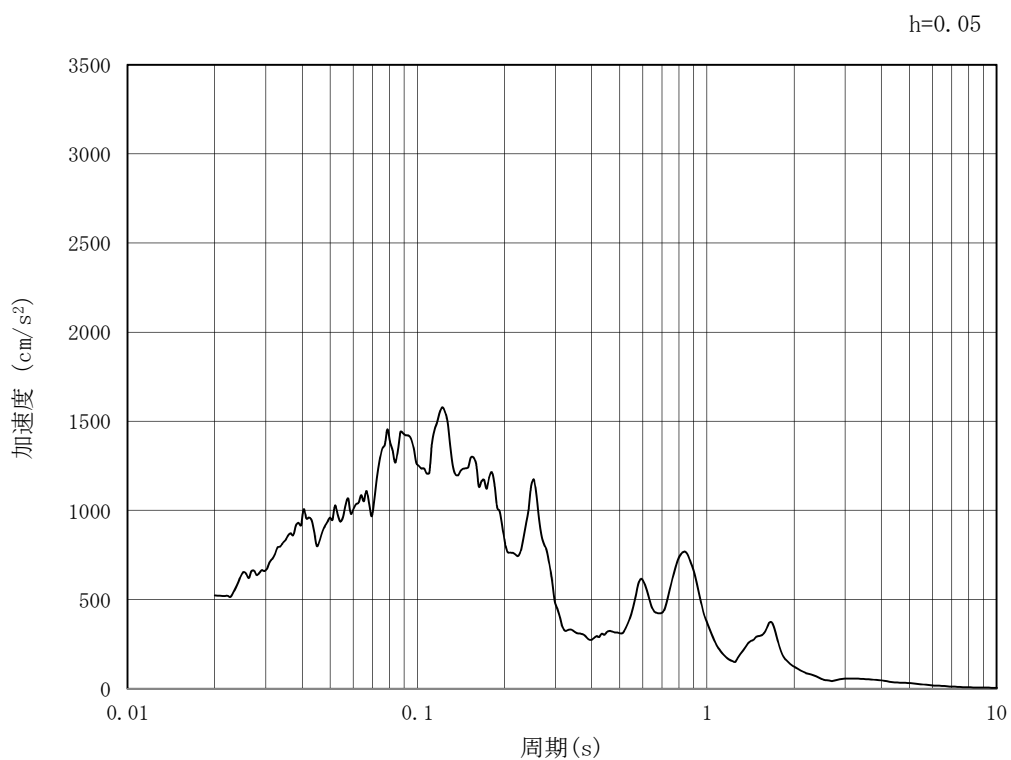


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 1.1$)

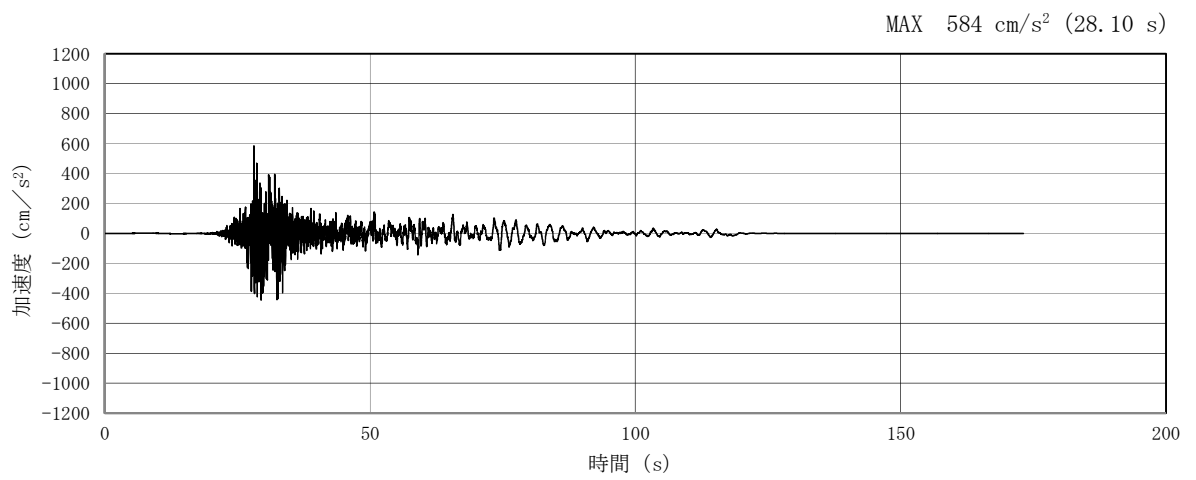


(a) 加速度時刻歴波形

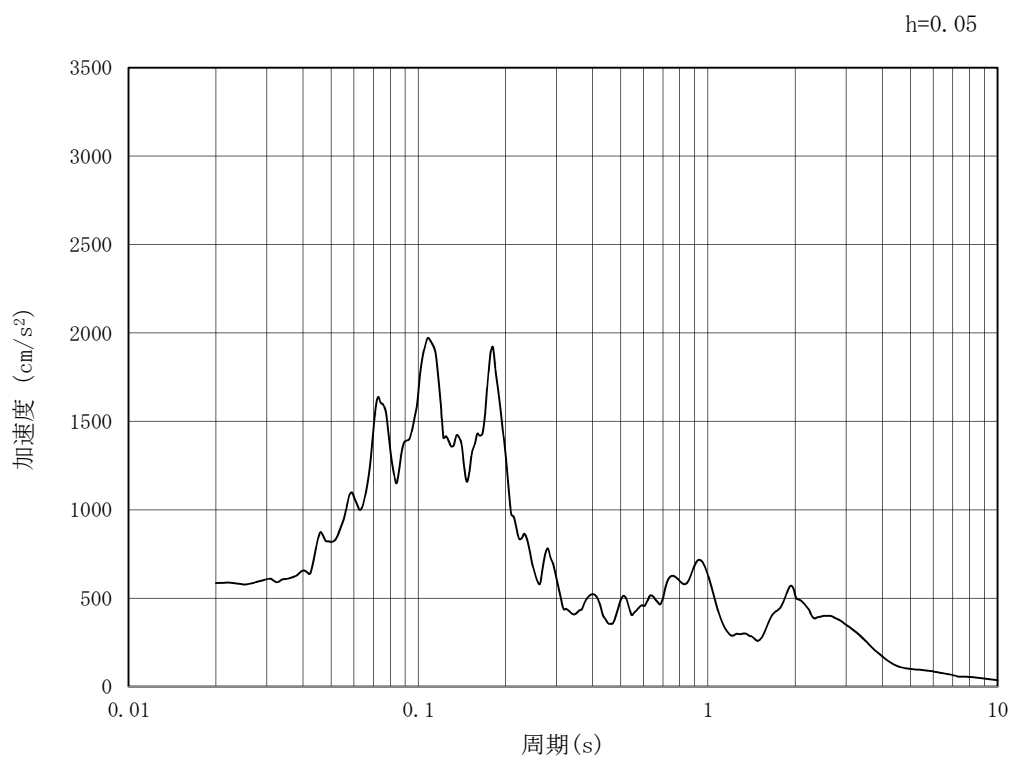


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 1.1$)

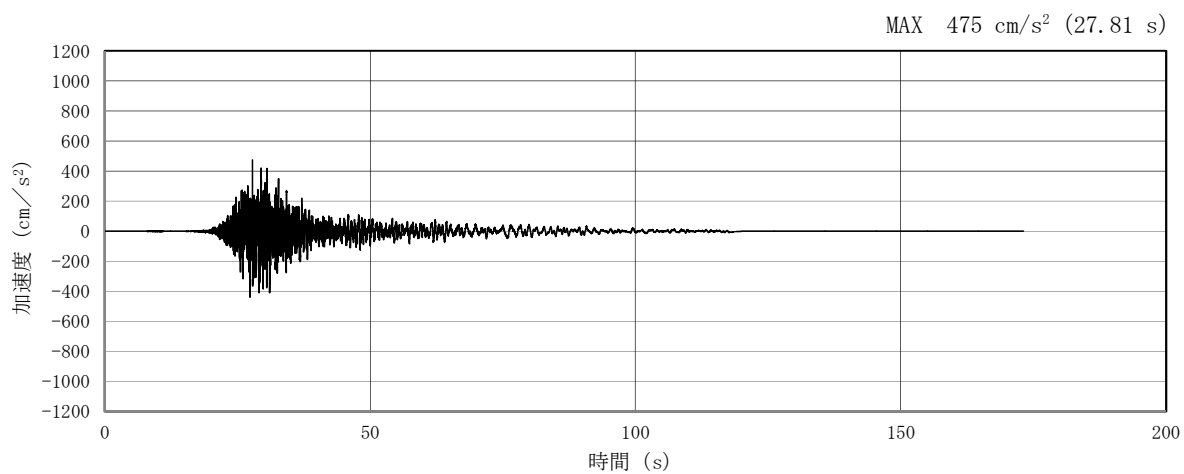


(a) 加速度時刻歴波形

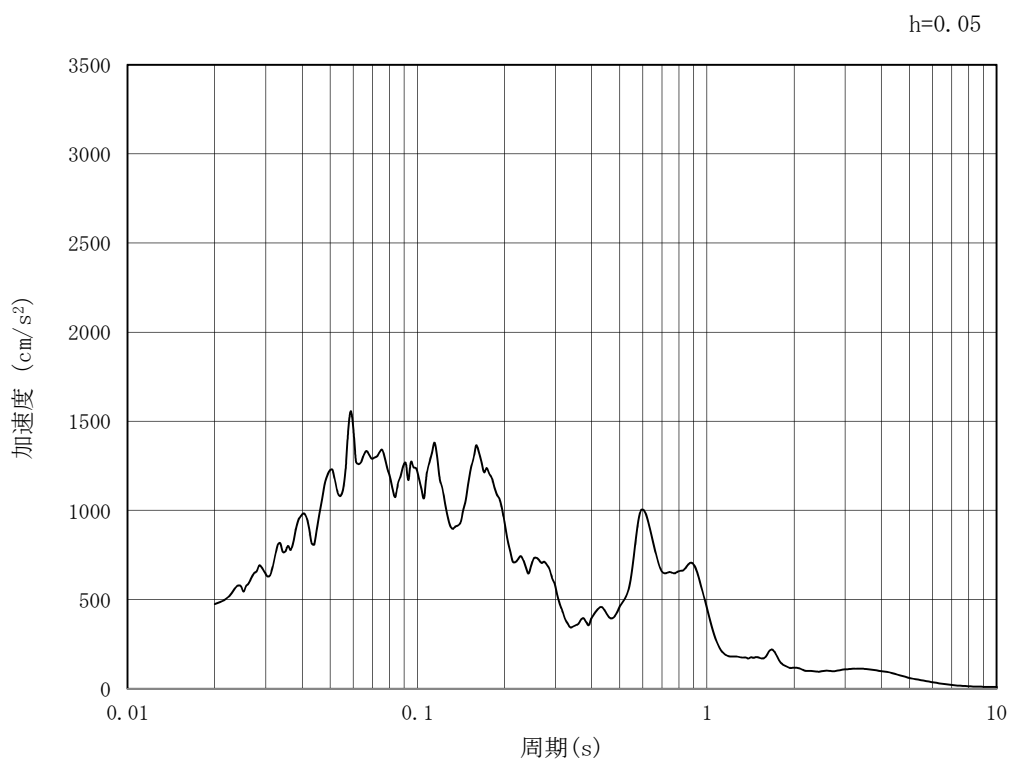


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 1.2$)

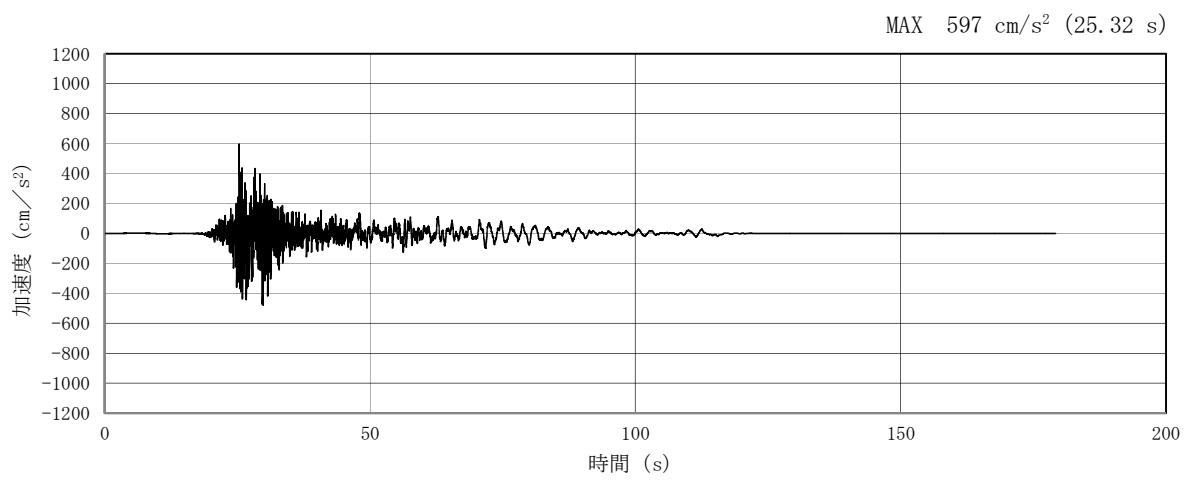


(a) 加速度時刻歴波形

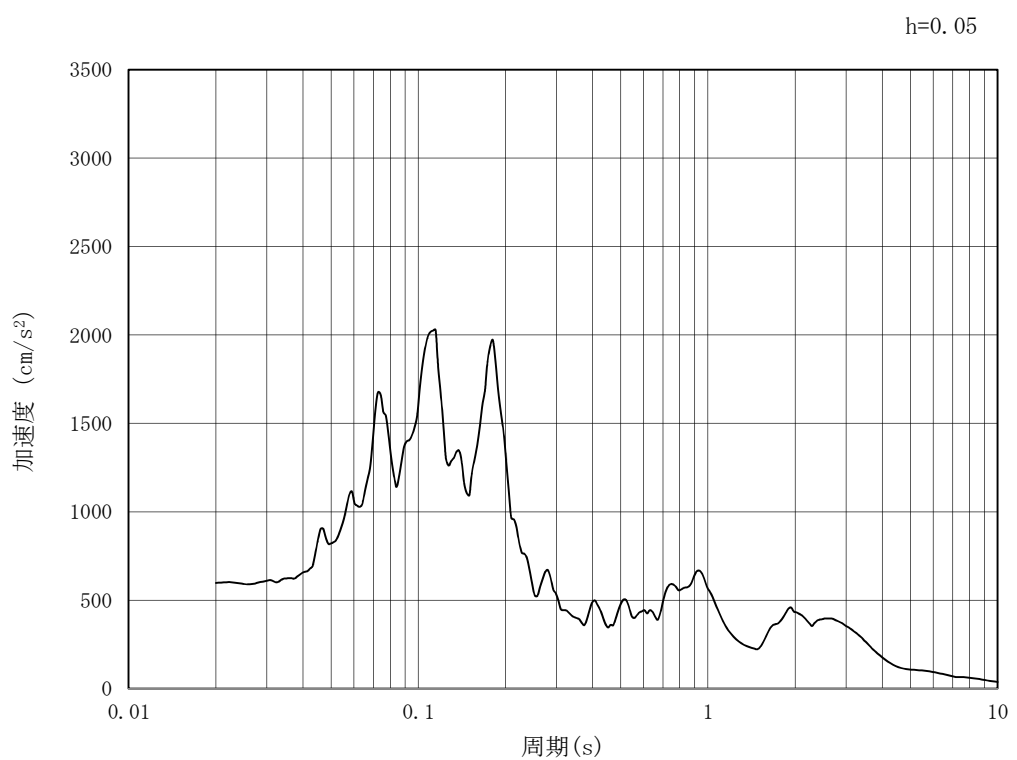


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 1.2$)

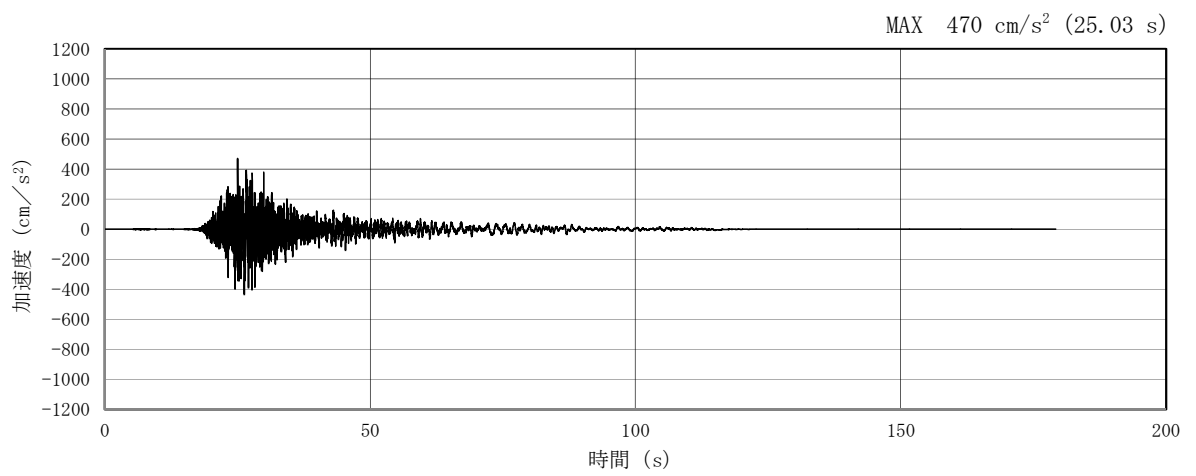


(a) 加速度時刻歴波形

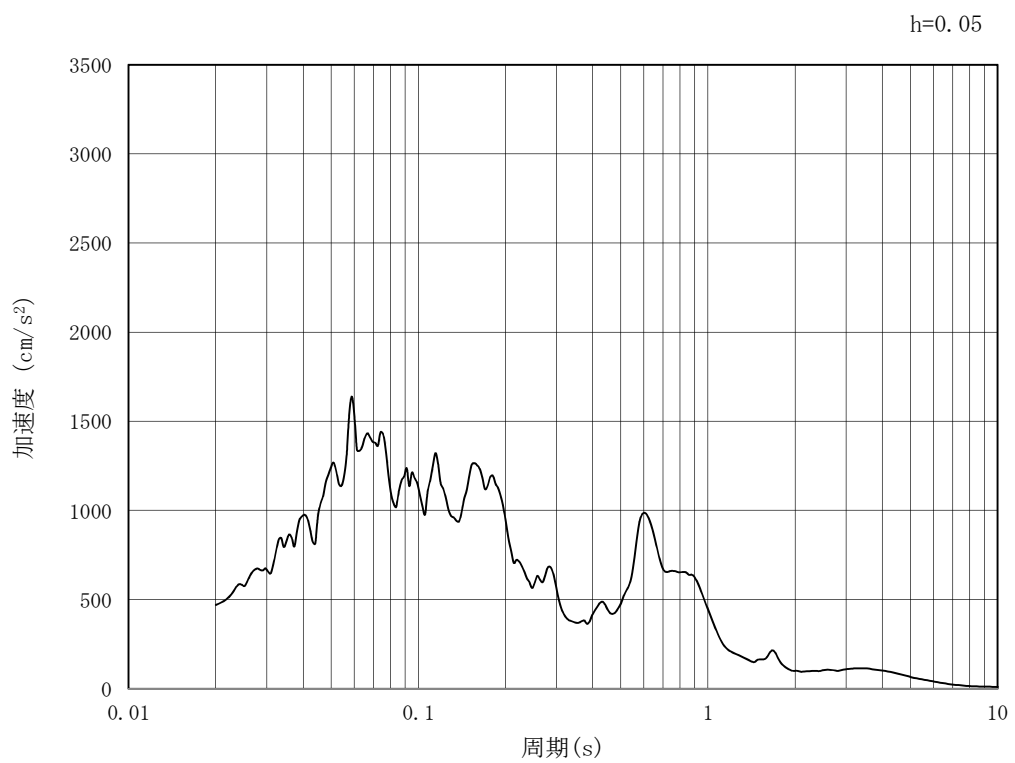


(b) 加速度応答スペクトル

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)

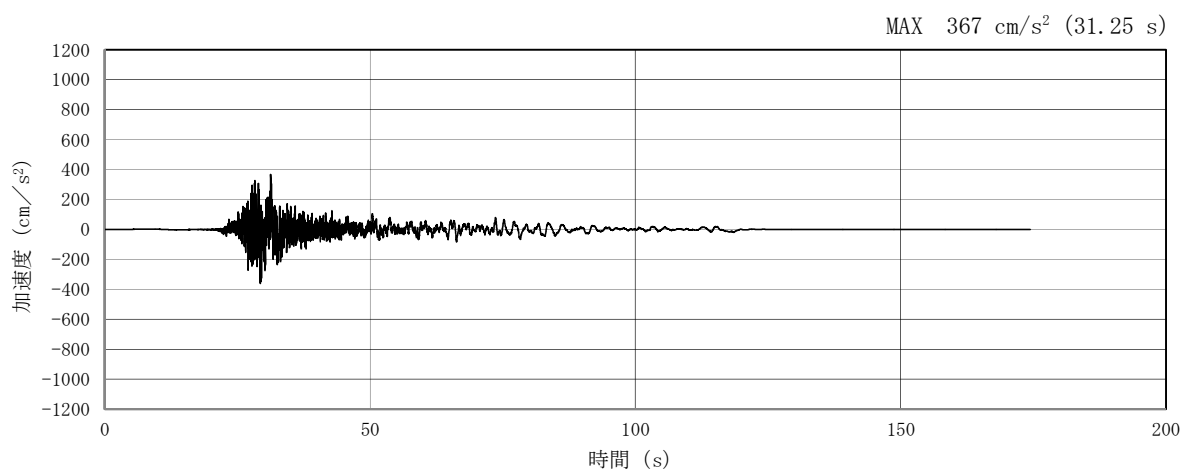


(a) 加速度時刻歴波形

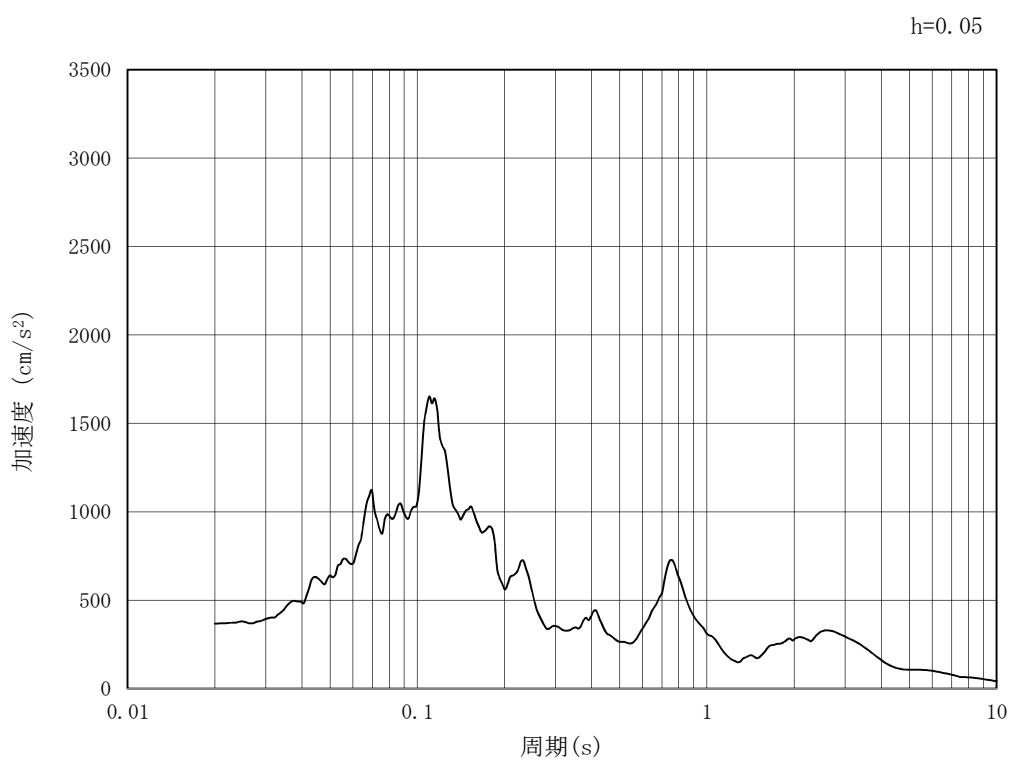


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 1.3$)

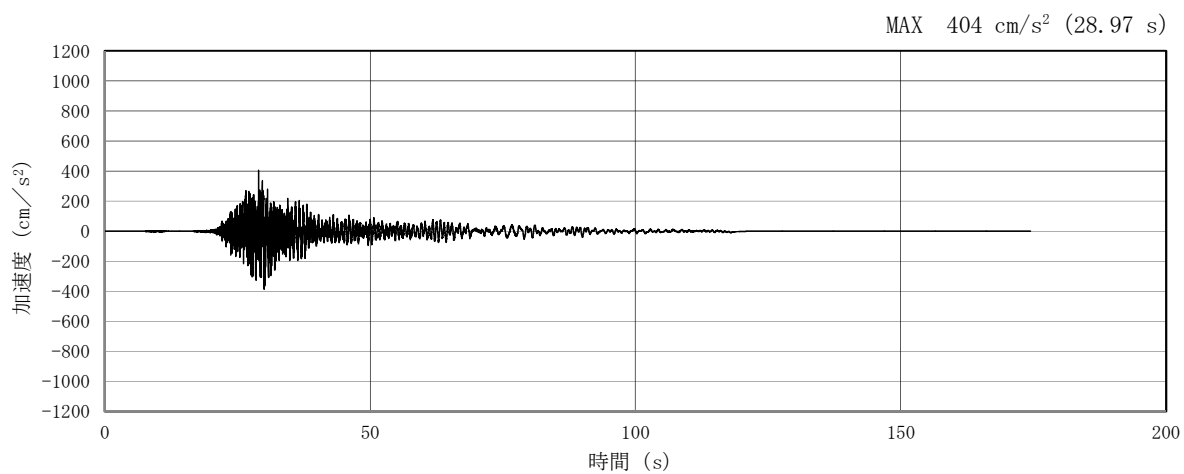


(a) 加速度時刻歴波形

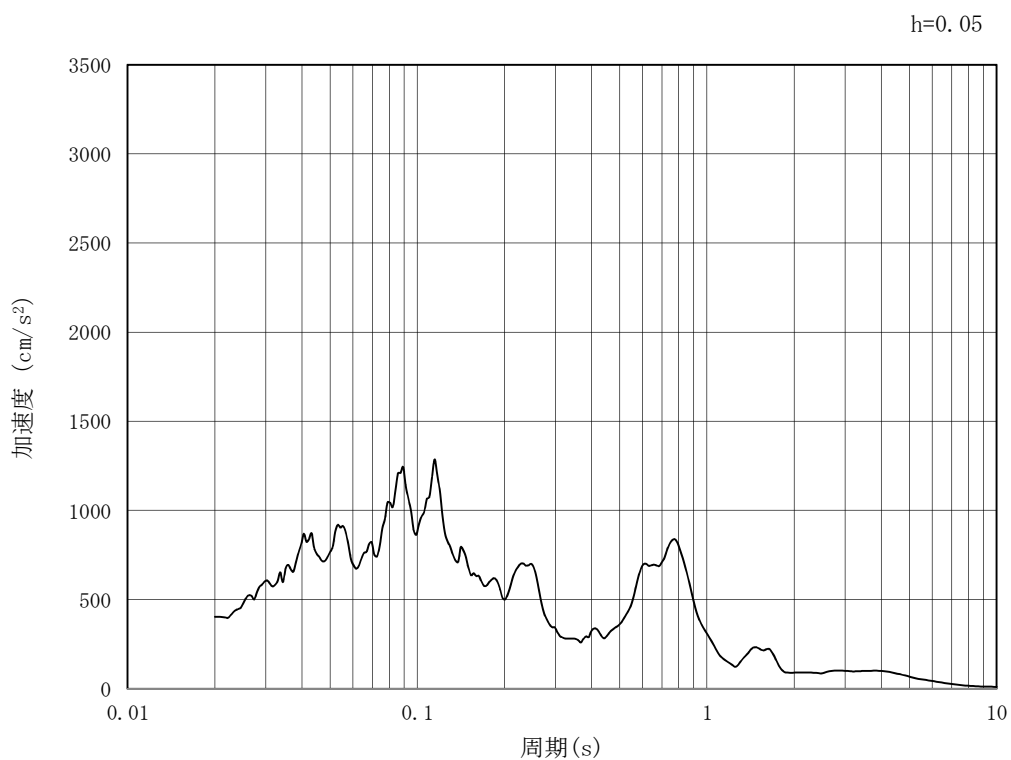


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 1.4$)

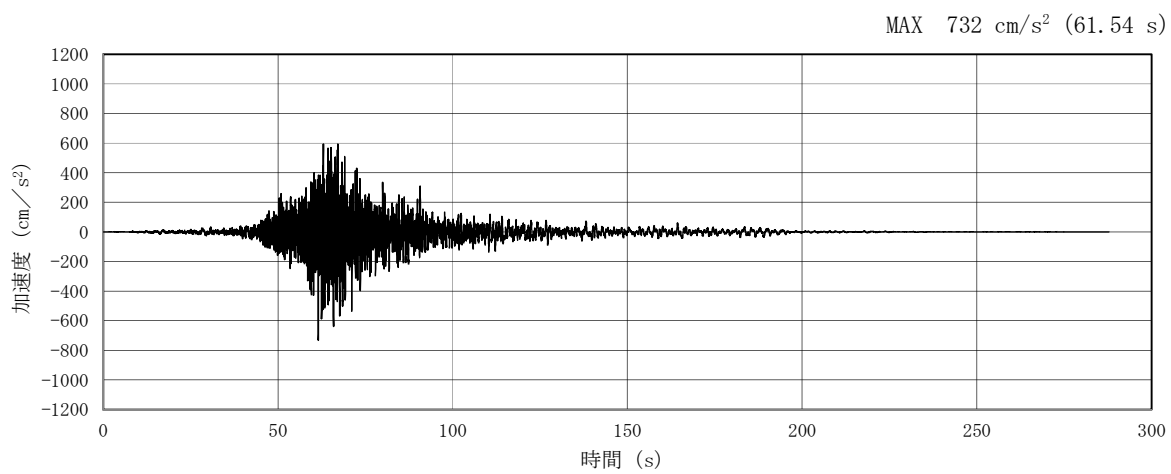


(a) 加速度時刻歴波形

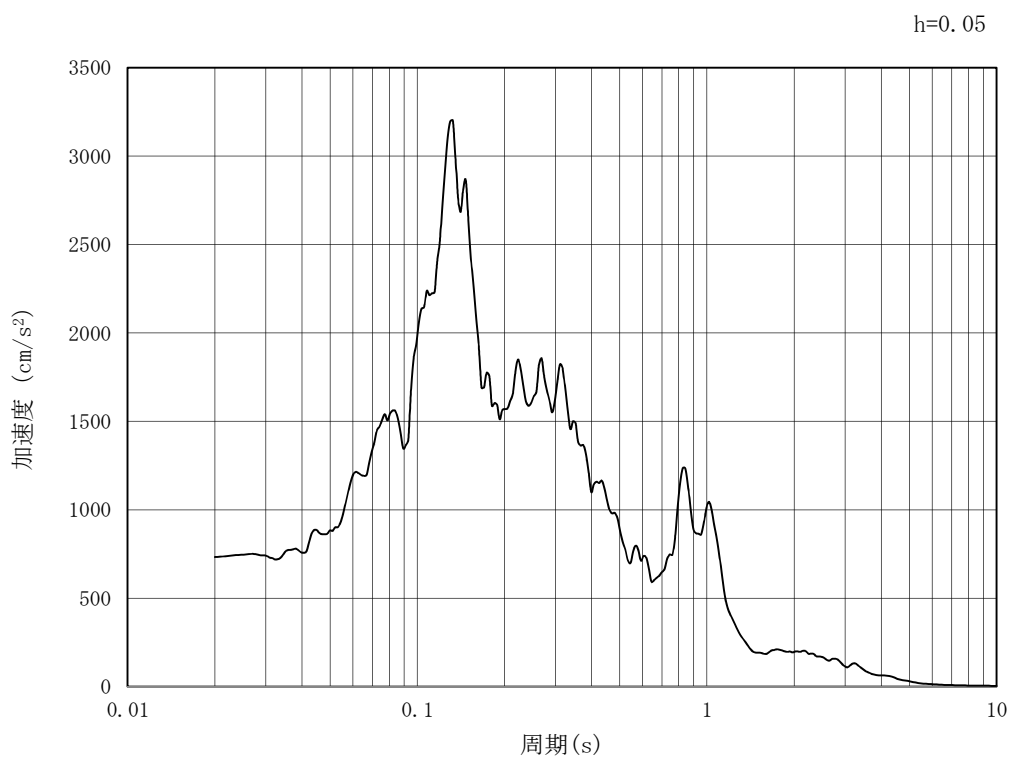


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (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: $S_s - 1.4$)

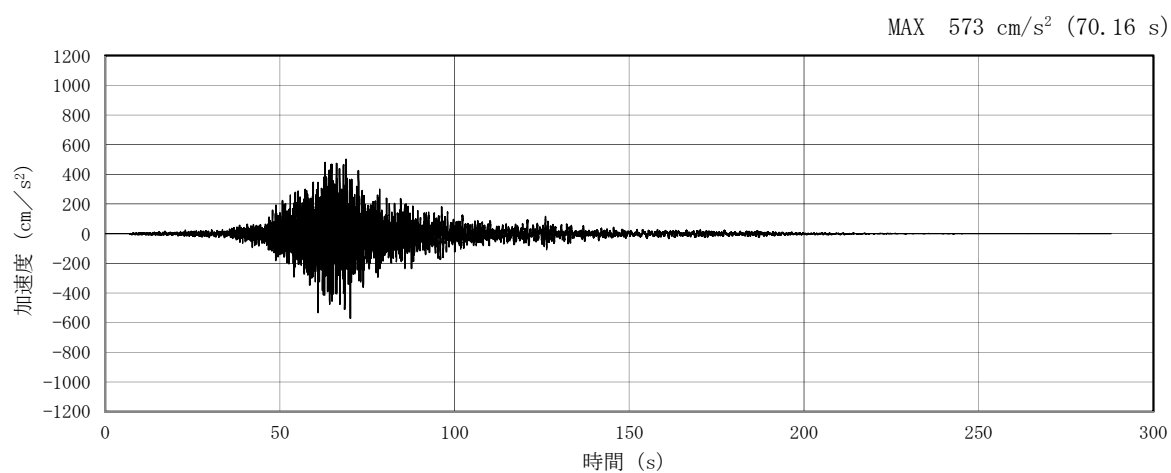


(a) 加速度時刻歴波形

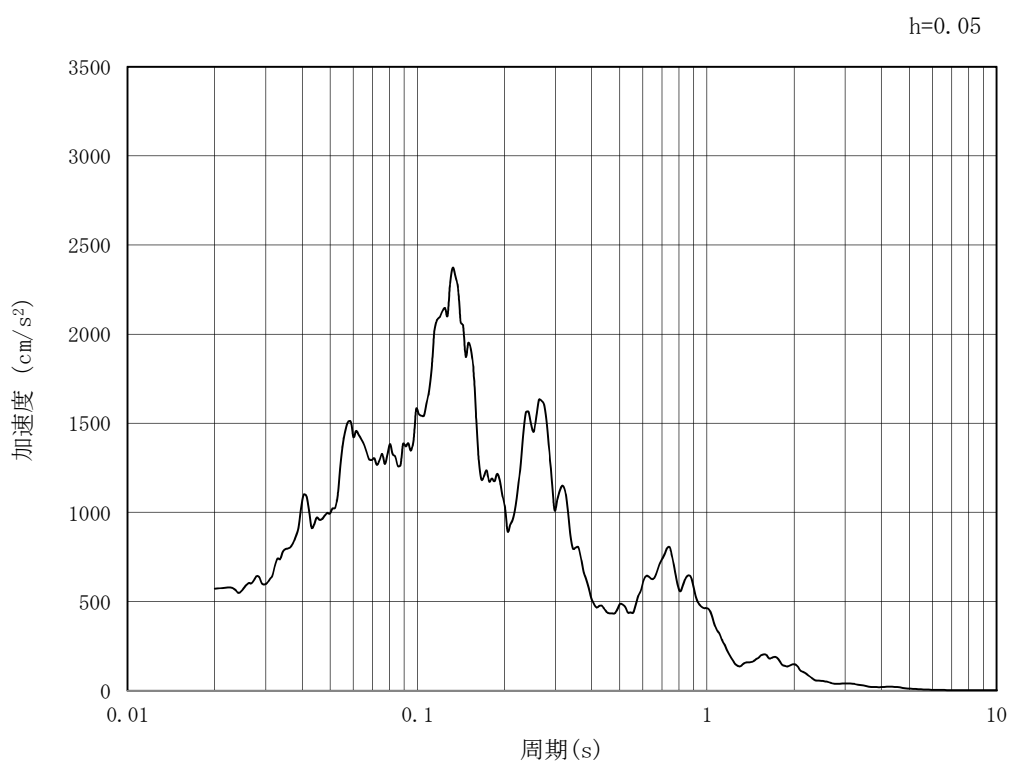


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 21$)

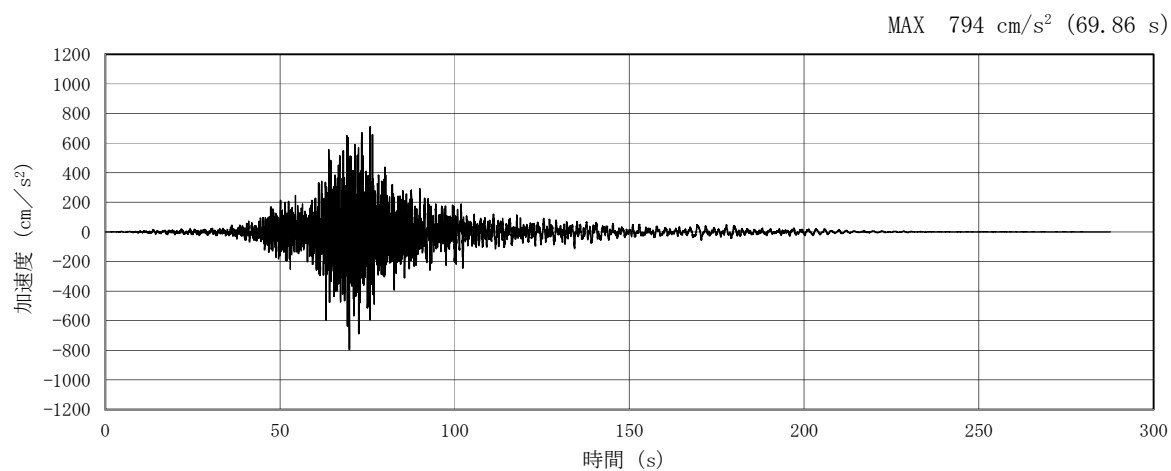


(a) 加速度時刻歴波形

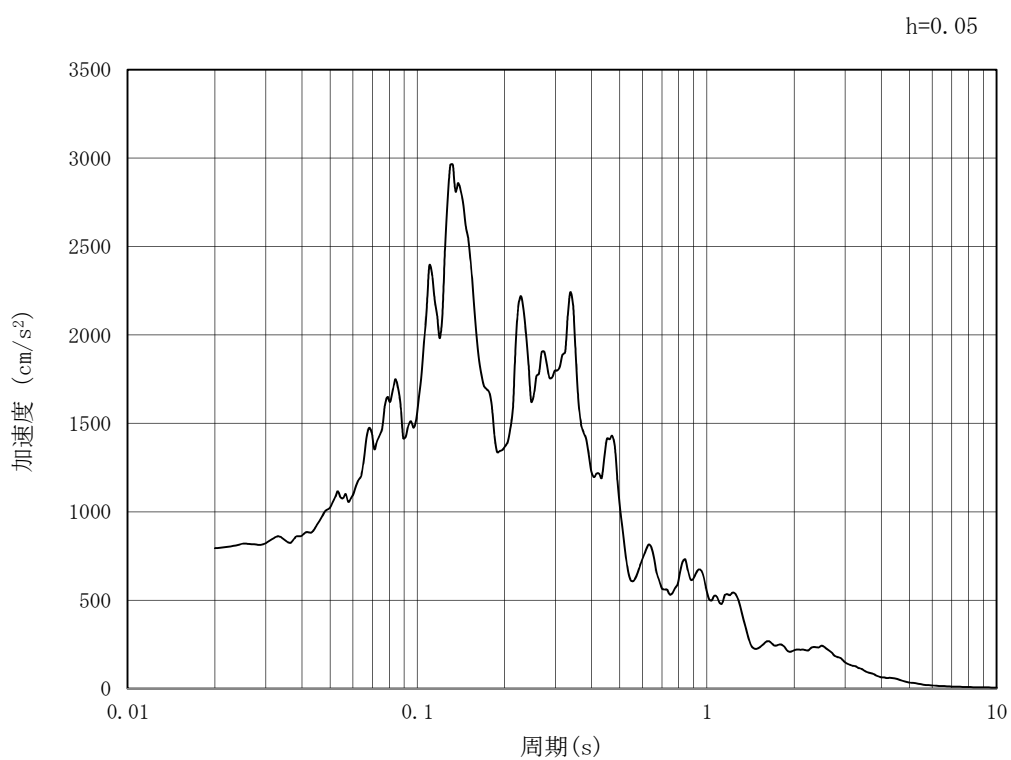


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 21$)

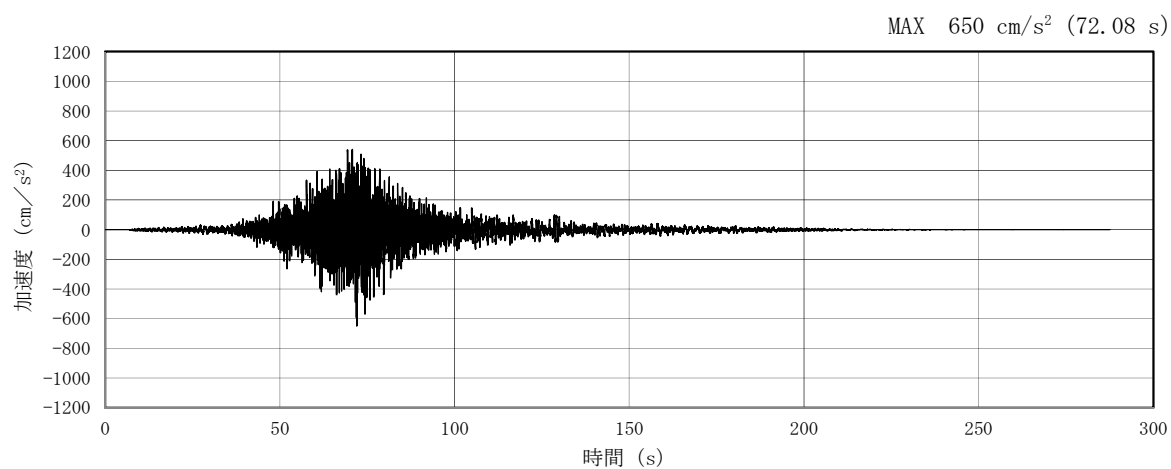


(a) 加速度時刻歴波形

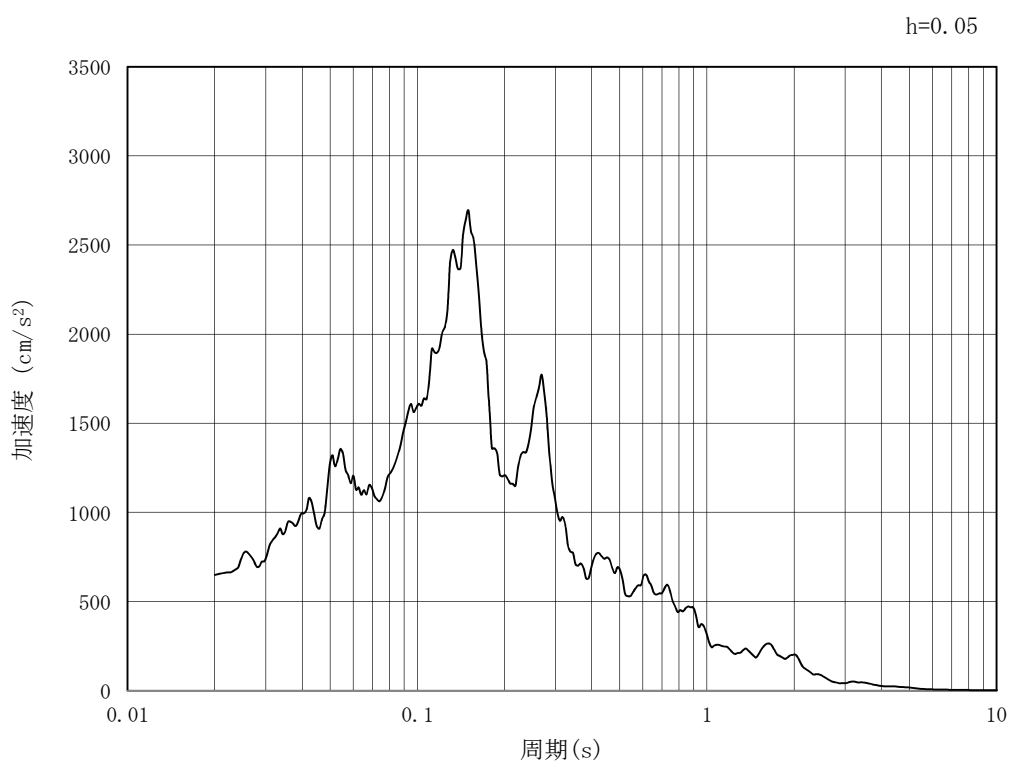


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 22$)

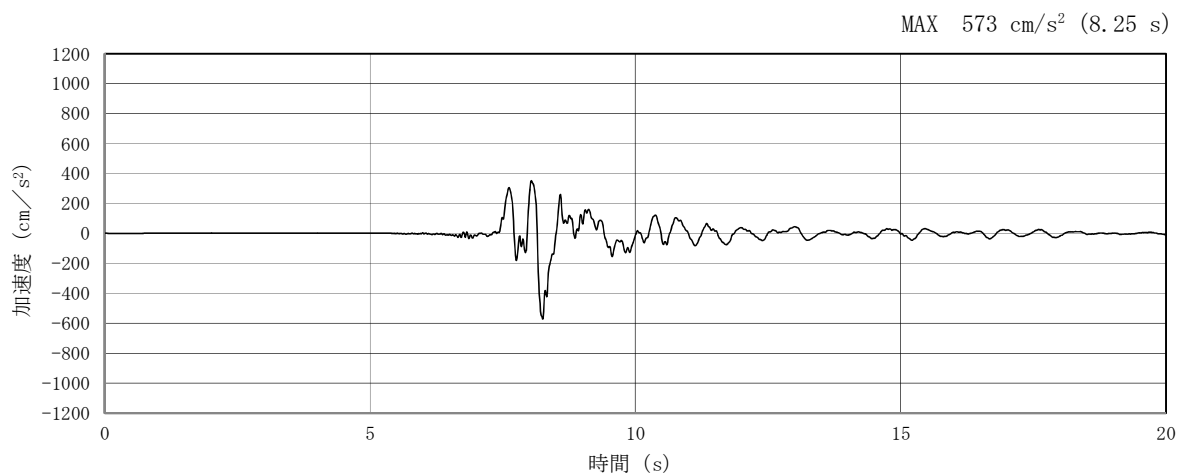


(a) 加速度時刻歴波形

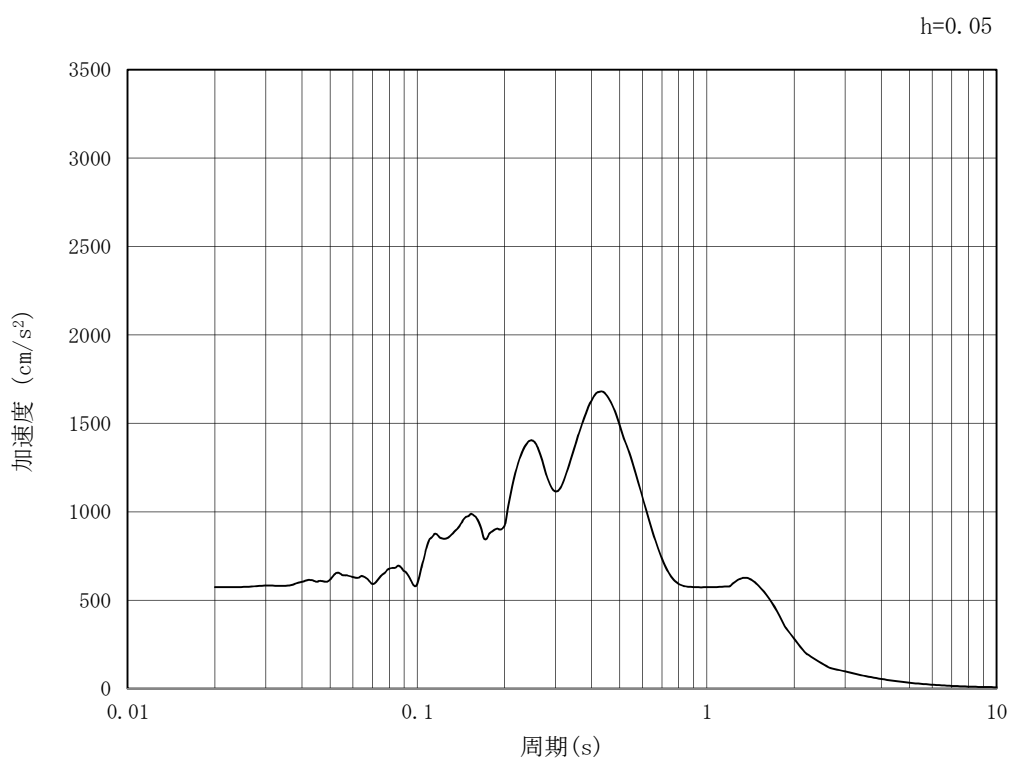


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 22$)

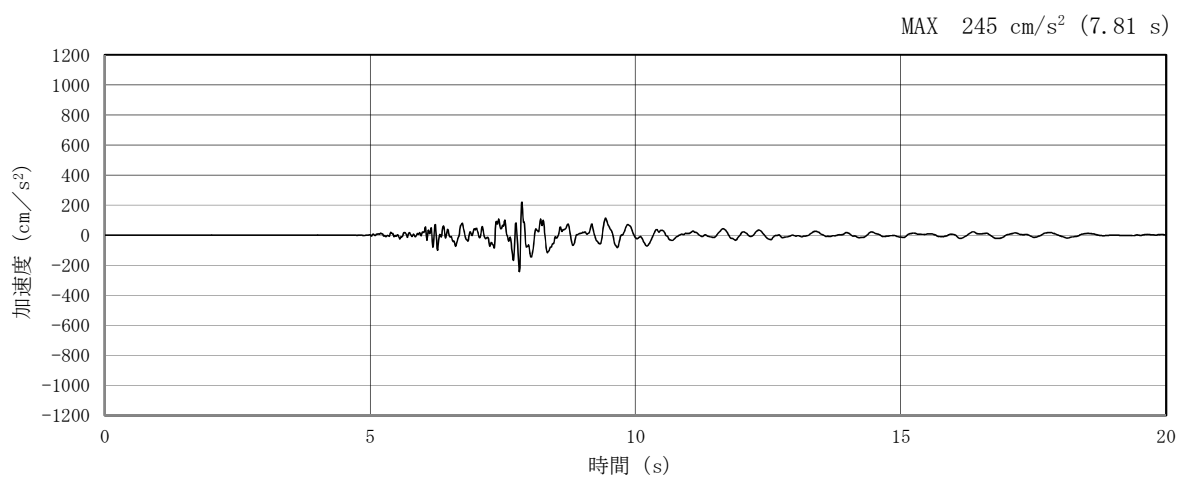


(a) 加速度時刻歴波形

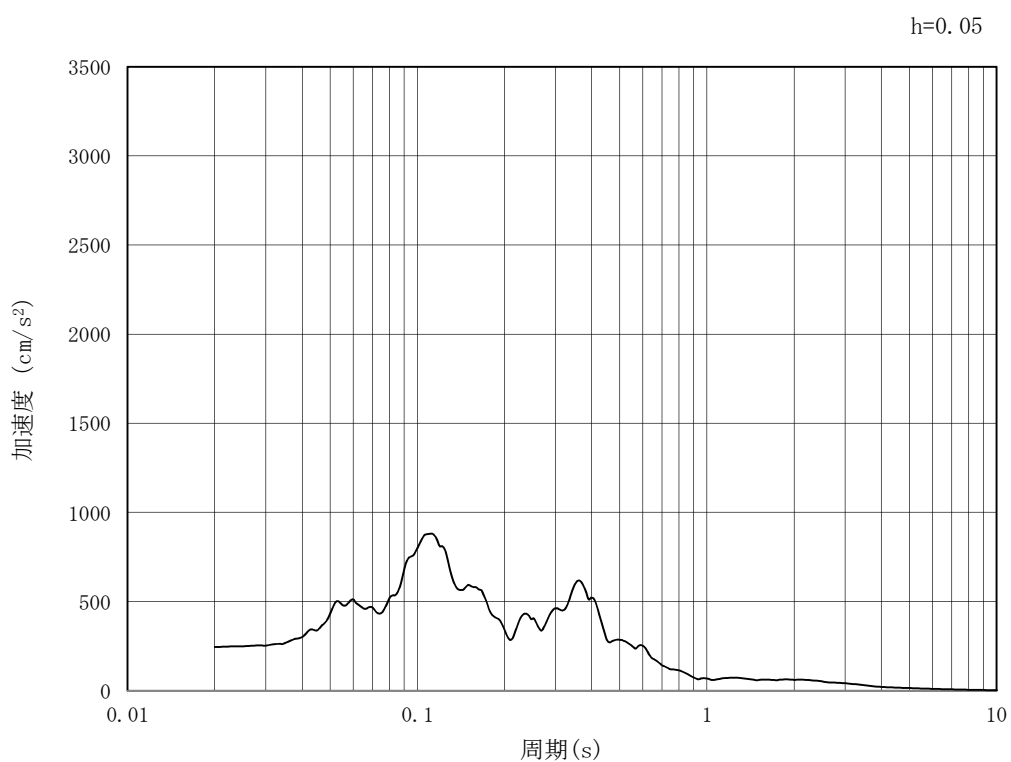


(b) 加速度応答スペクトル

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-3 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 (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-3 1)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

電源装置置場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。

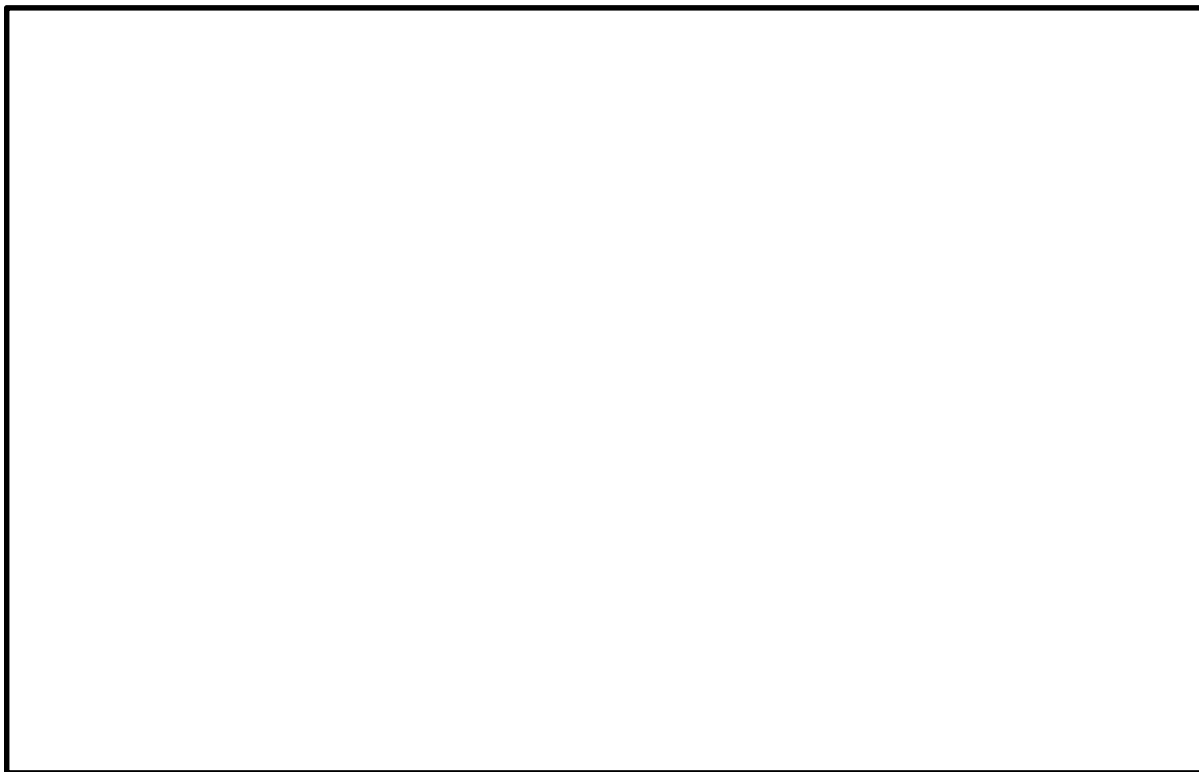
(3) 構造物のモデル化

南北方向の①-①断面における全構造部材は、線形はり要素でモデル化する。

東西方向の②-②断面における耐震壁は、平面ひずみ要素、スラブ等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) 電源装置置場の地震応答解析モデル (南北方向 ①-①断面)



第 3-5 図 (2) 電源装置置場の地震応答解析モデル (東西方向 ②-②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

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-2-2-21-2 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）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	6
3. 解析方法	7
3.1 評価対象断面	7
3.2 解析方法	8
3.3 荷重及び荷重の組合せ	9
3.4 入力地震動	10
3.5 解析モデル及び諸元	27

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代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）（以下、「カルバート」という。）の地震応答解析について説明するものである。

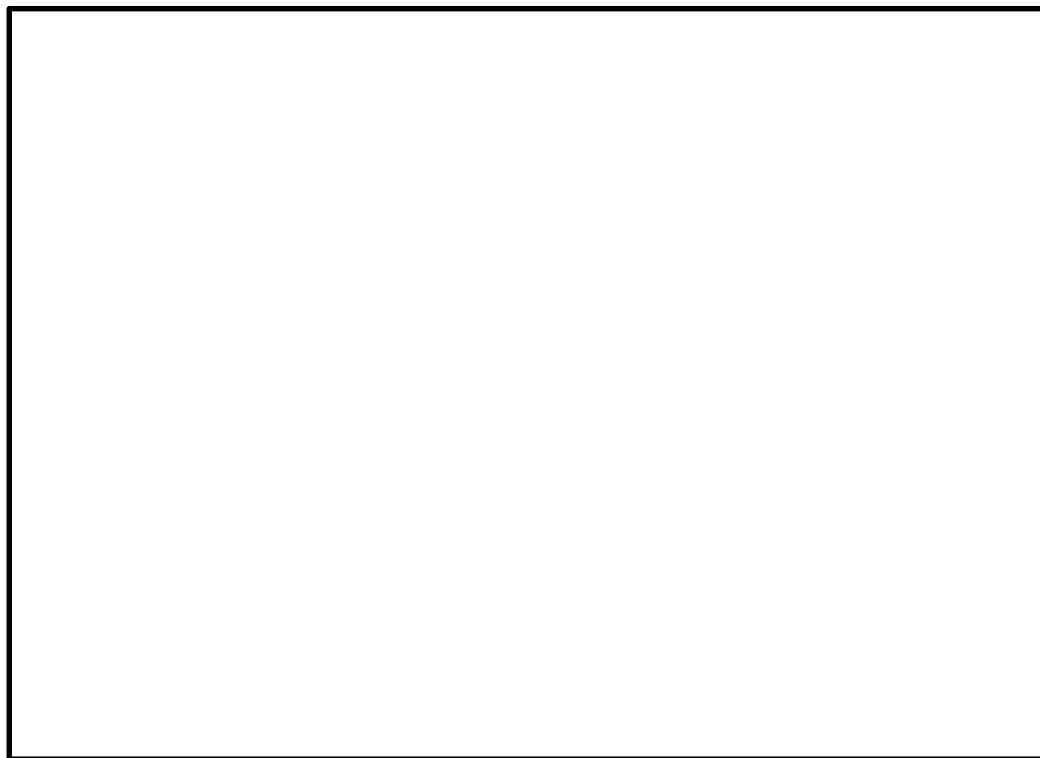
本地震応答解析は、機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。

また、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。

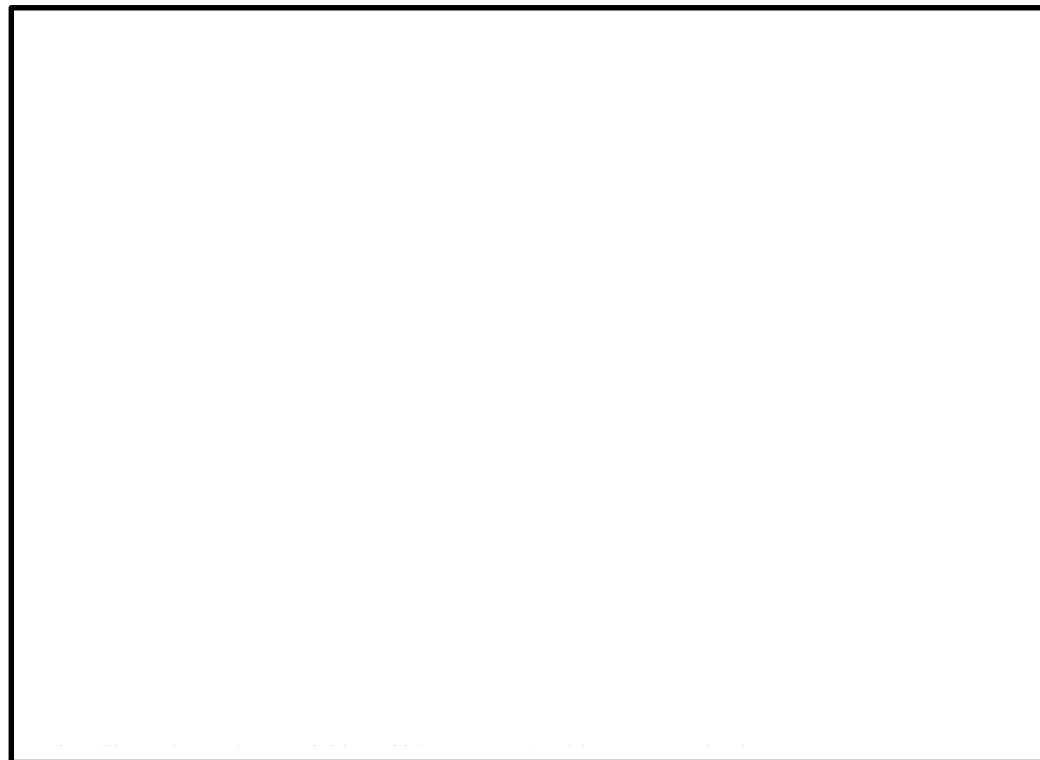
2. 基本方針

2.1 位置

カルバートの平面配置図を第 2-1 図に示す。



第 2-1 図 (1) カルバートの平面配置図 (全体平面図)



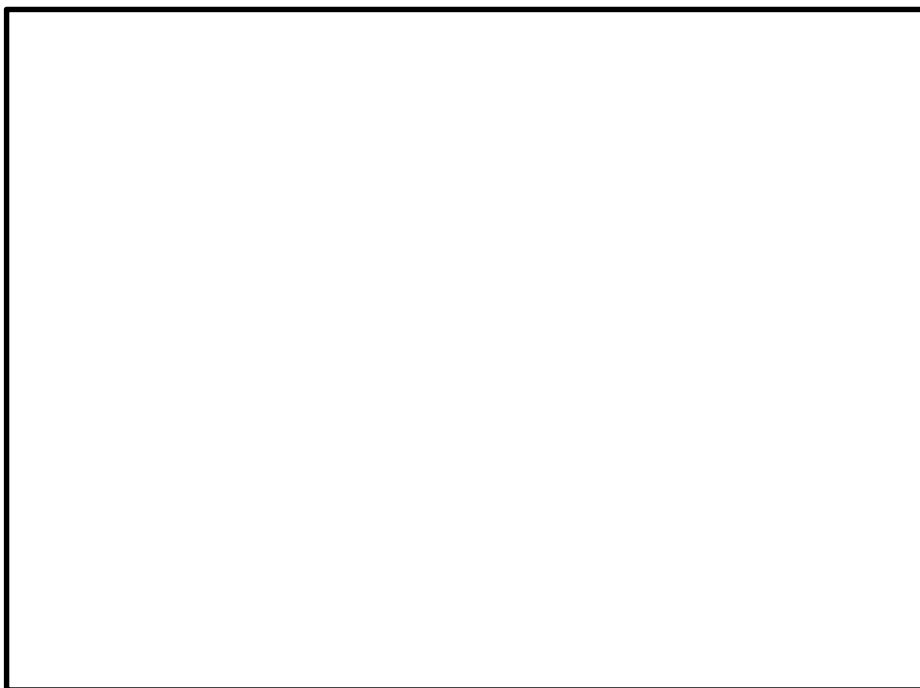
第 2-1 図 (2) カルバートの平面配置図 (拡大図)

2.2 構造概要

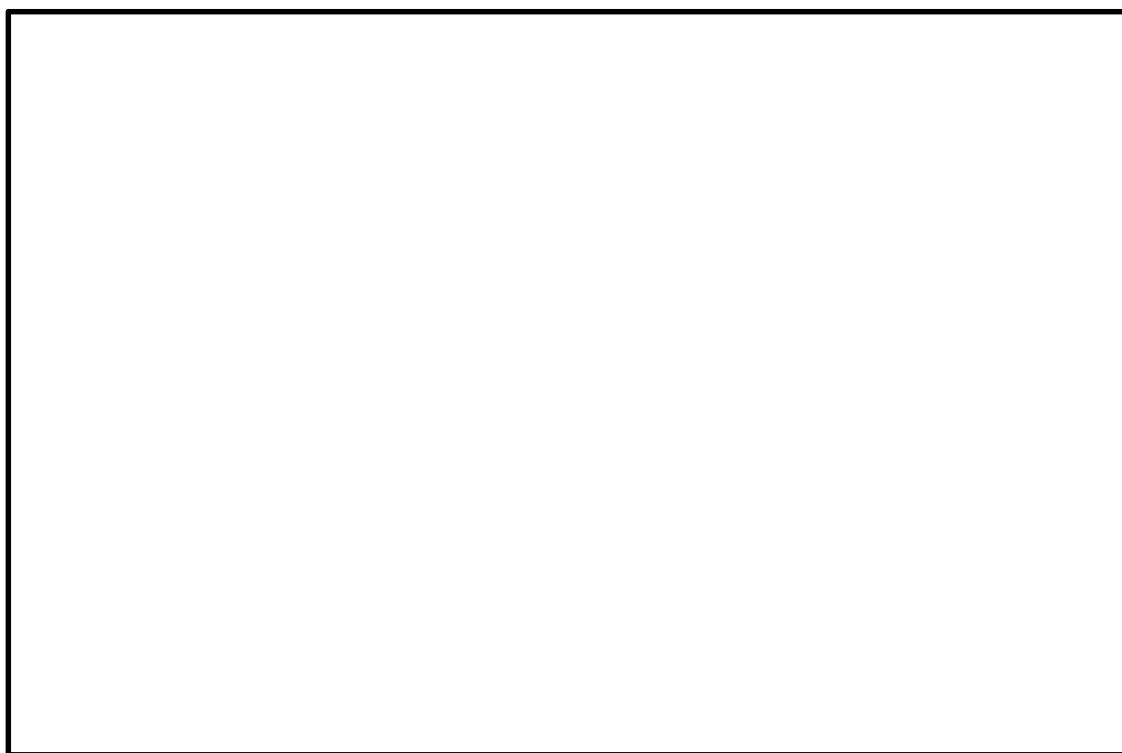
カルバートは2つの構造物に大別される。軽油移送配管を支持するカルバート（以下、「軽油カルバート」という。）は1層1連カルバート状の鉄筋コンクリート構造物であり、延長約5.0 m、幅約5.5 m、高さ約4.8 mである。構造物は、地盤改良体及び杭基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。

電気ケーブル及び水配管を支持するカルバート（以下、「水電気カルバート」という。）は1層3連カルバート状の鉄筋コンクリート構造物であり、延長約35 m、幅約14 m、高さ約5.2 mである。構造物は、地盤改良体及び杭基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。

カルバートの平面図を第2-2図、断面図を第2-3図に示す。



第 2-2 図 カルバートの平面図



第 2-3 図 カルバートの断面図 (①-①断面)

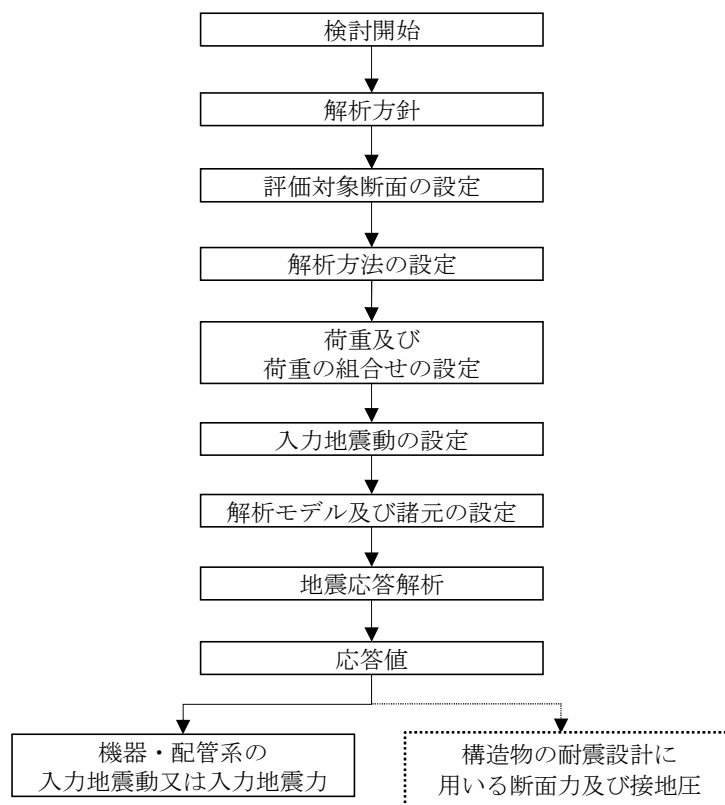
2.3 解析方針

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図にカルバー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、断面力及び接地圧は、カルバートの耐震設計に用いる。



第2-4図 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）
- ・ 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・Ⅱ 鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）
- ・ 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）
- ・ 杭基礎設計便覧（（社）日本道路協会，平成4年改訂版）
- ・ 建築基礎構造設計指針（（社）日本建築学会，2001年）
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度法－（（社）日本建築学会，1999年）

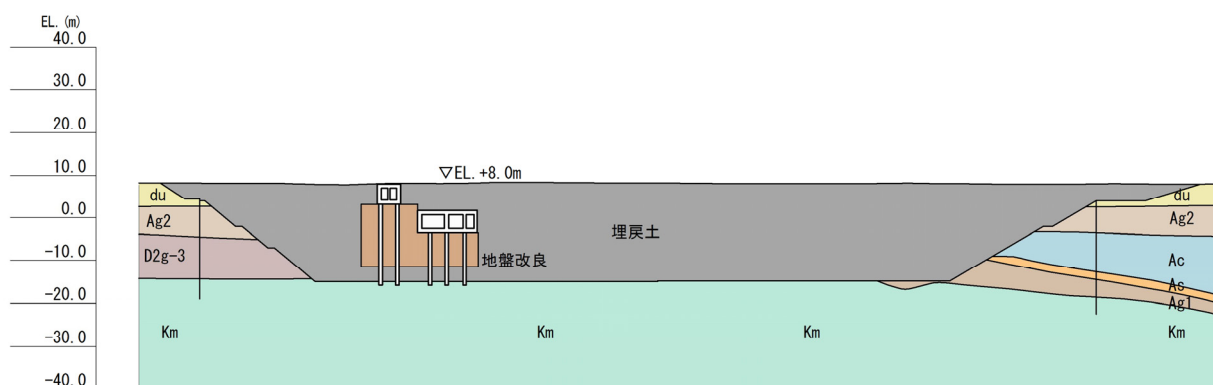
3. 解析方法

3.1 評価対象断面

カルバートの構造上の特徴及び機器・配管系の配置を踏まえて、第3-1図に示す評価対象断面を選定する。これにより、カルバートを評価するために軽油移送配管，電気ケーブル及び水配管が設置される横断方向の①—①断面を評価対象断面とする。カルバートの評価対象断面を第3-2図に示す。



第3-1図 カルバートの評価対象断面の平面位置



第3-2図 カルバートの評価対象断面（①—①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化とする。

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

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

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。

(4) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として 30 cm の積雪を考慮する。

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)	$G + P + K_s + P_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

K_s : 地震荷重

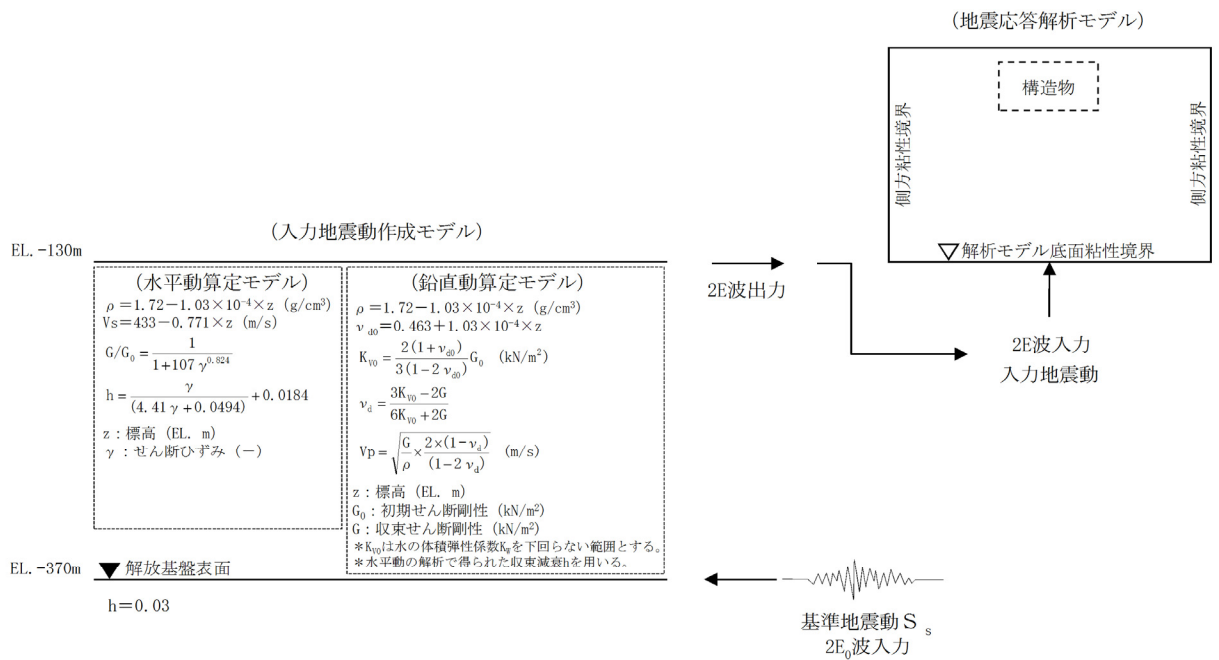
P_s : 積雪荷重

3.4 入力地震動

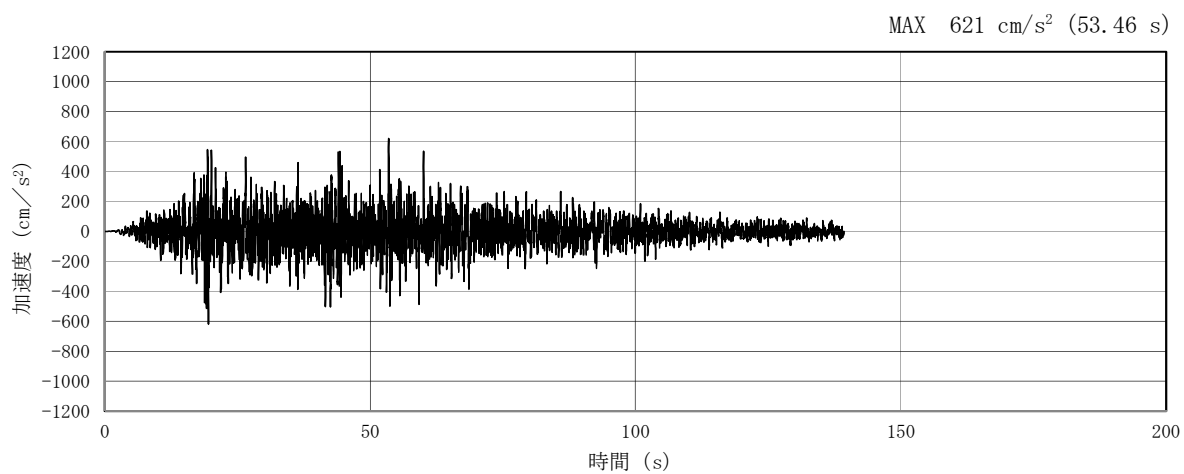
入力地震動は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

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。

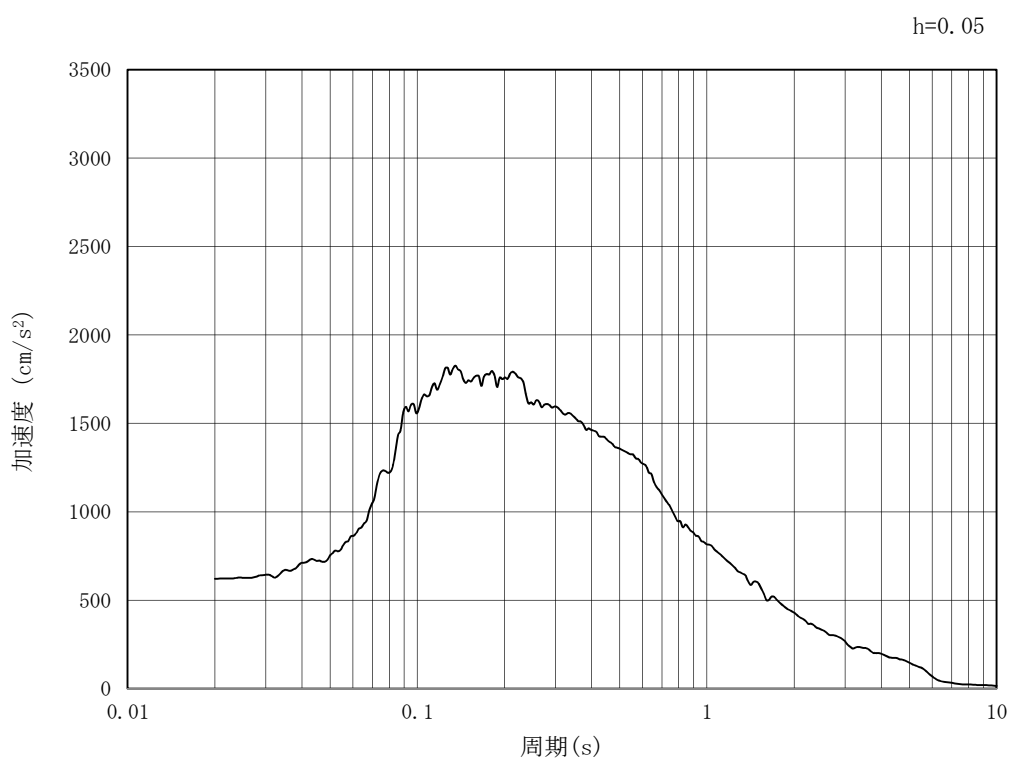
入力地震動の算定には、解析コード「microSHAKE/3D Ver. 2.2.3.311」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



第 3-3 図 入力地震動算定の概念図

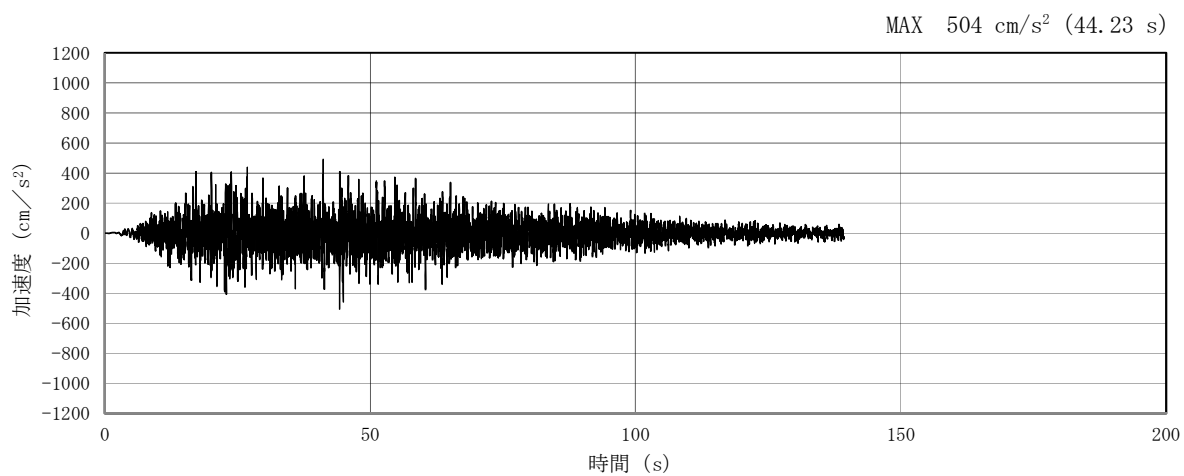


(a) 加速度時刻歴波形

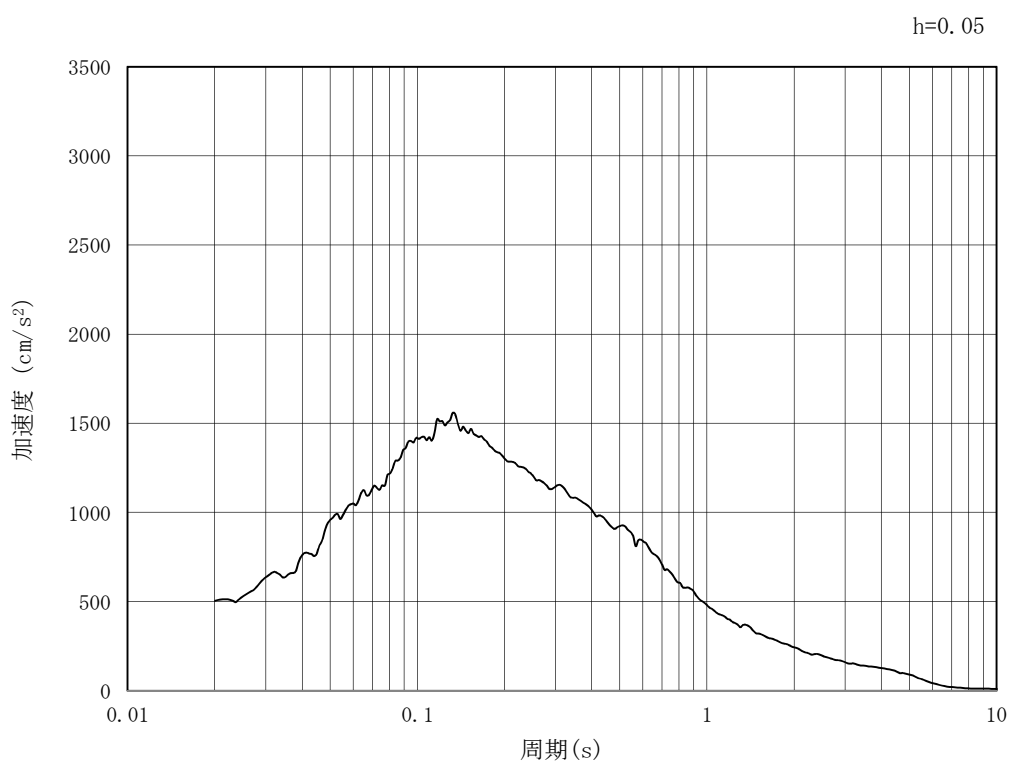


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (1) 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)

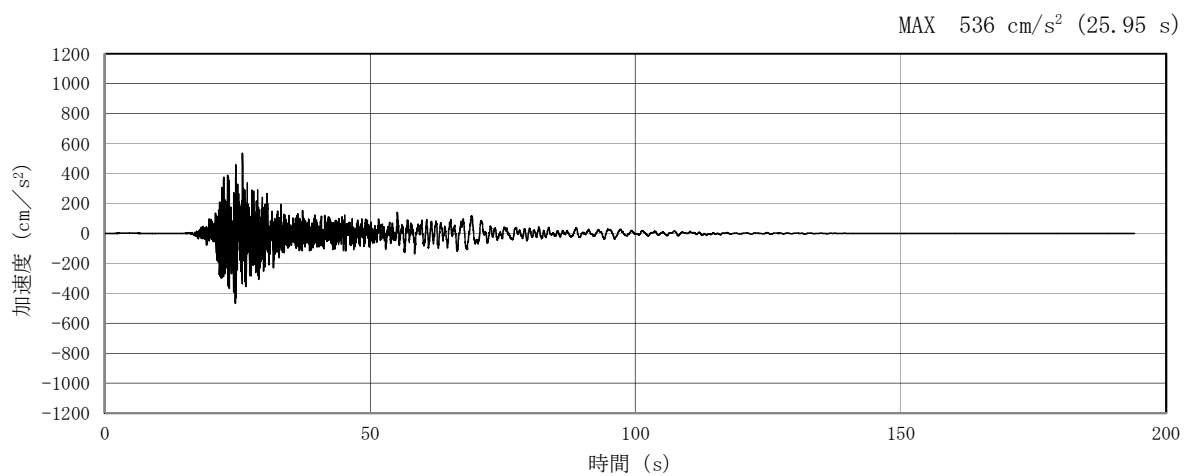


(a) 加速度時刻歴波形

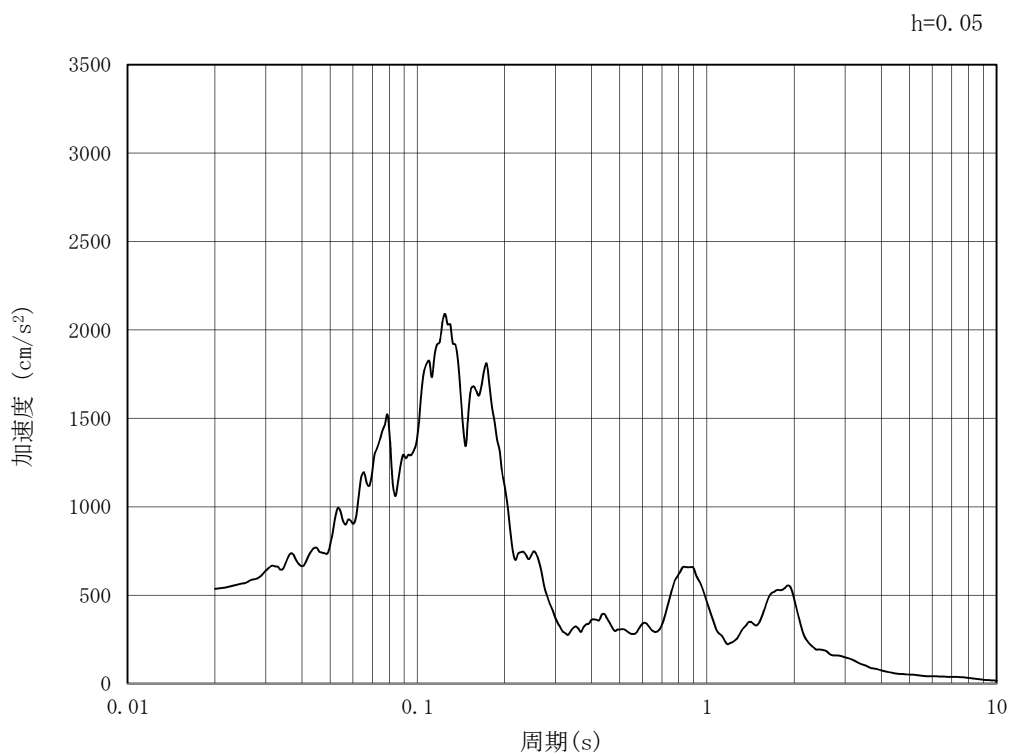


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (2) 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 : $S_s - D 1$)

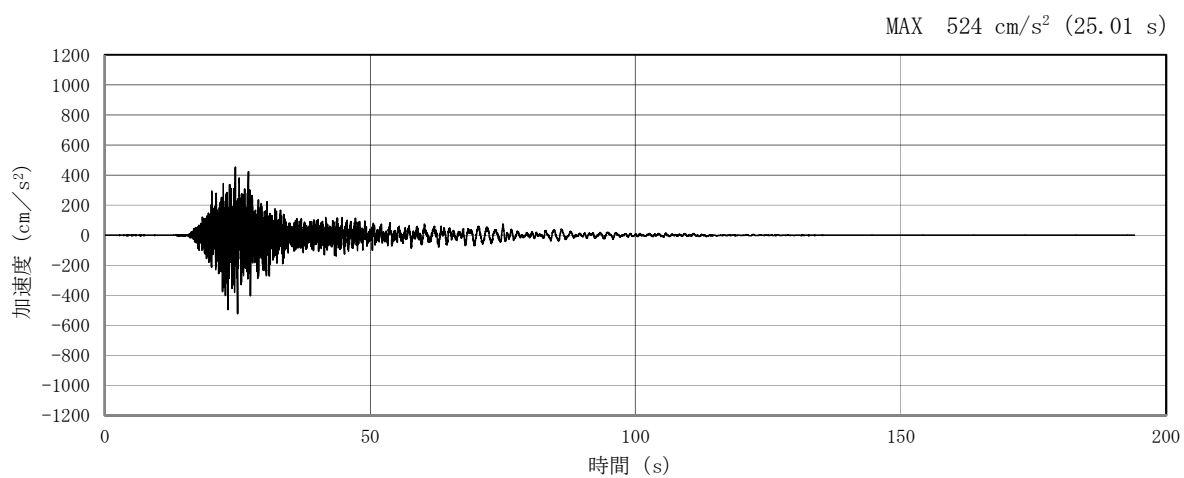


(a) 加速度時刻歴波形

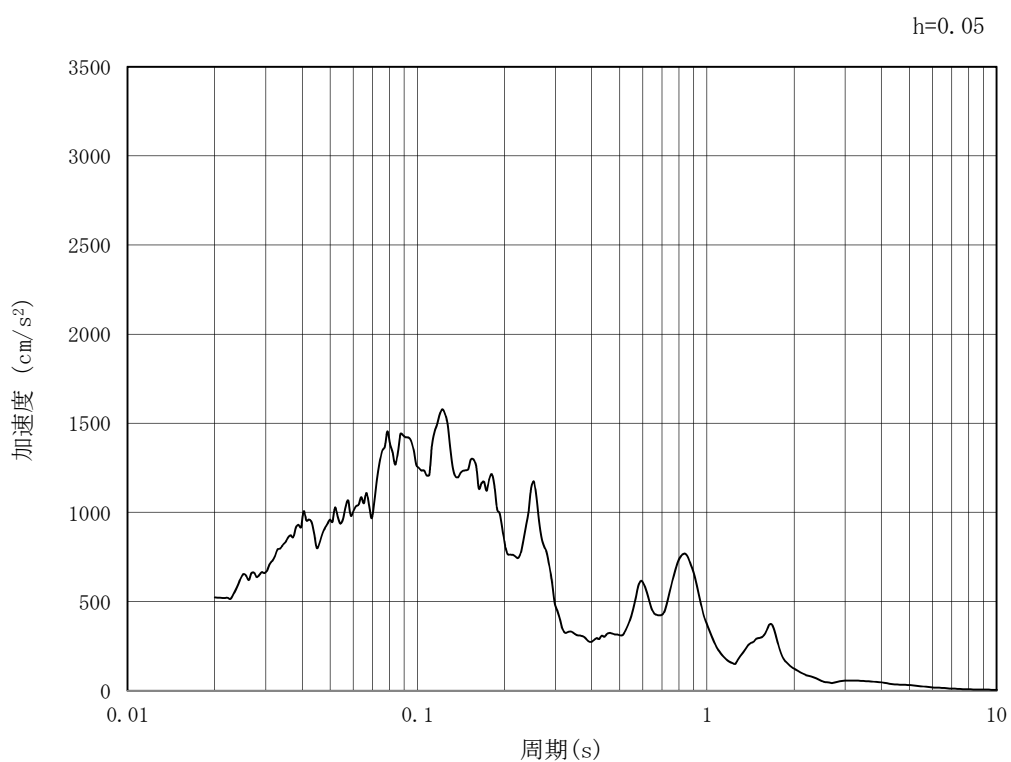


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (3) 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 : $S_s - 1.1$)

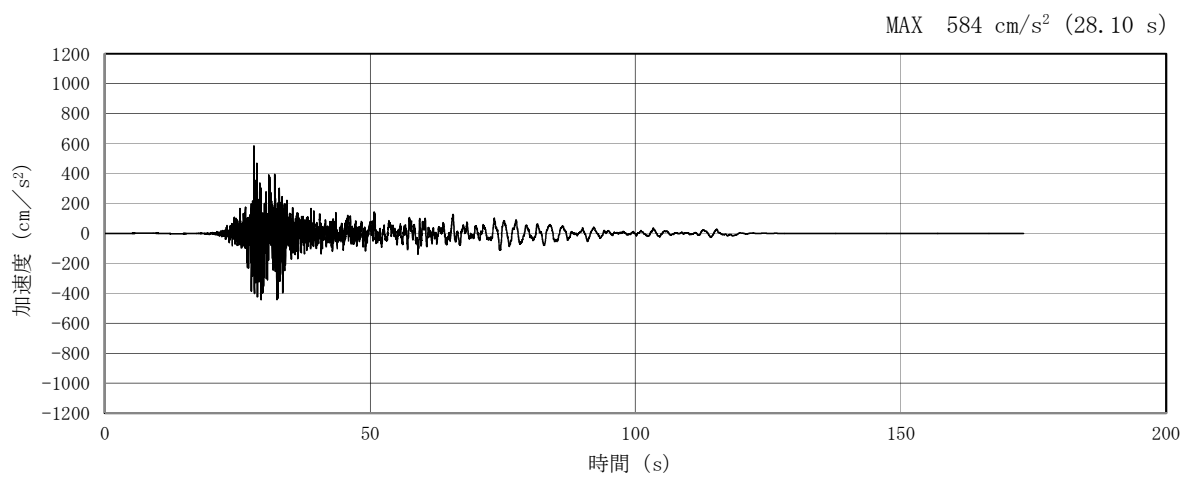


(a) 加速度時刻歴波形

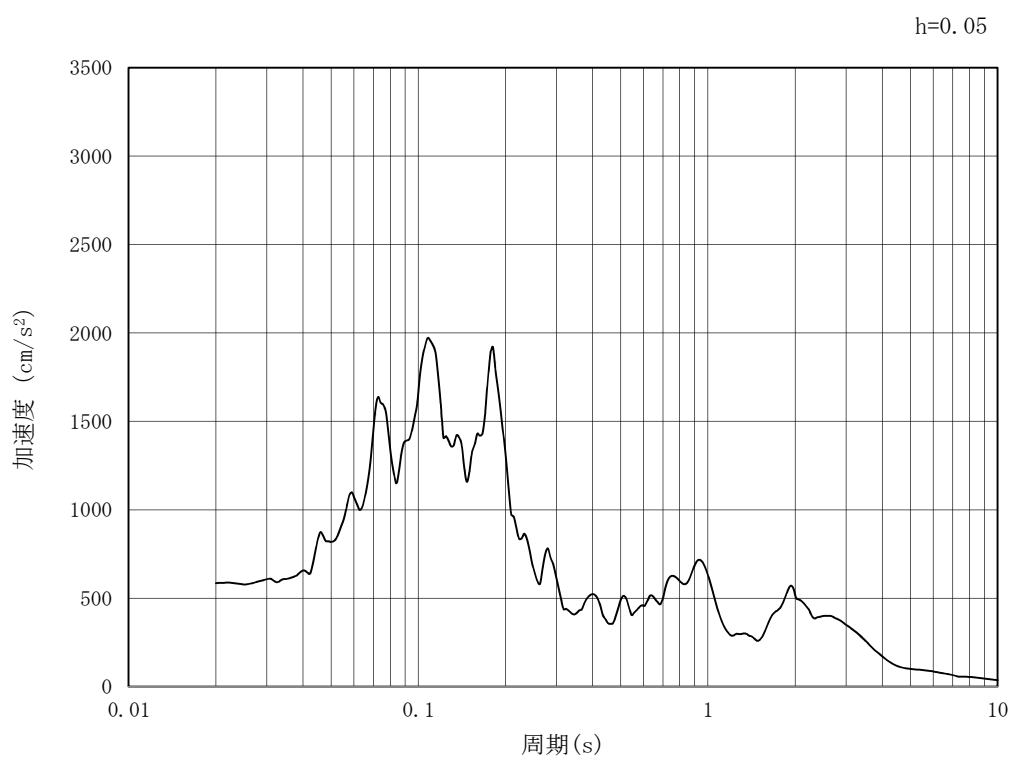


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (4) 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: $S_s - 1.1$)

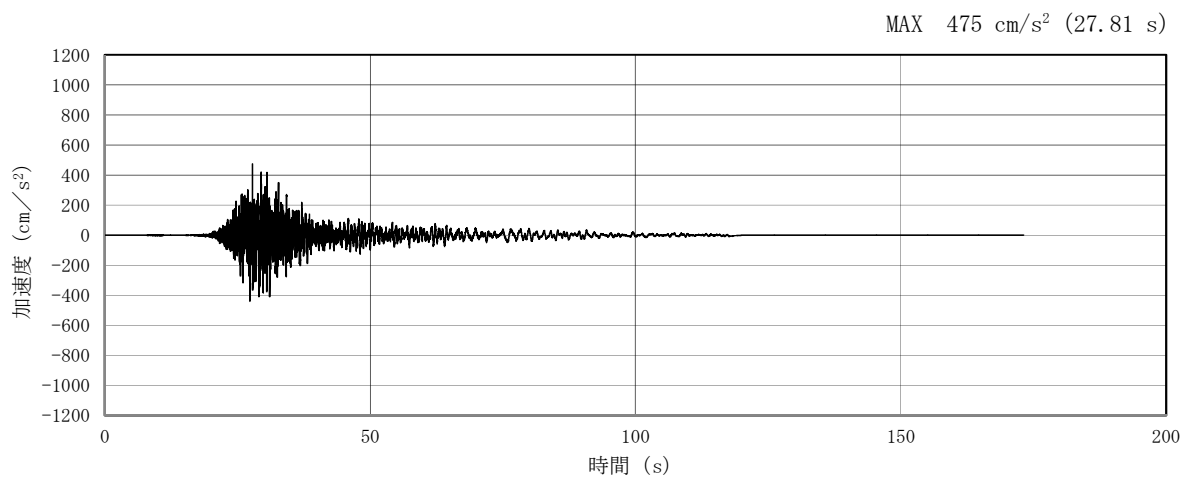


(a) 加速度時刻歴波形

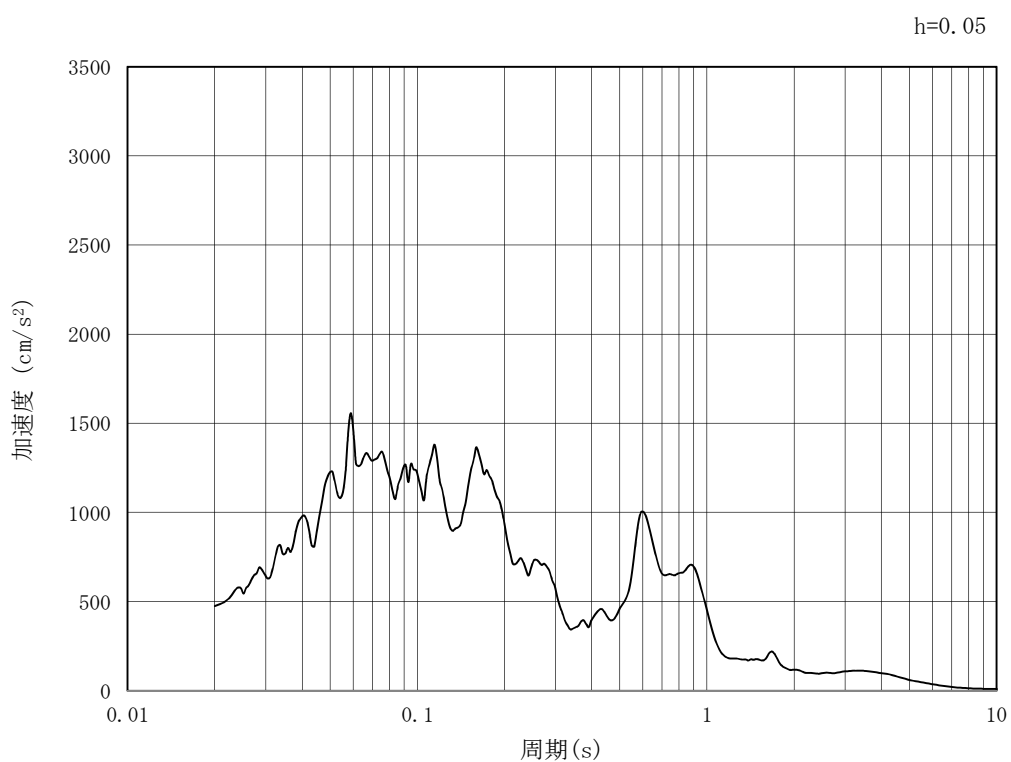


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (5) 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: $S_s - 1.2$)

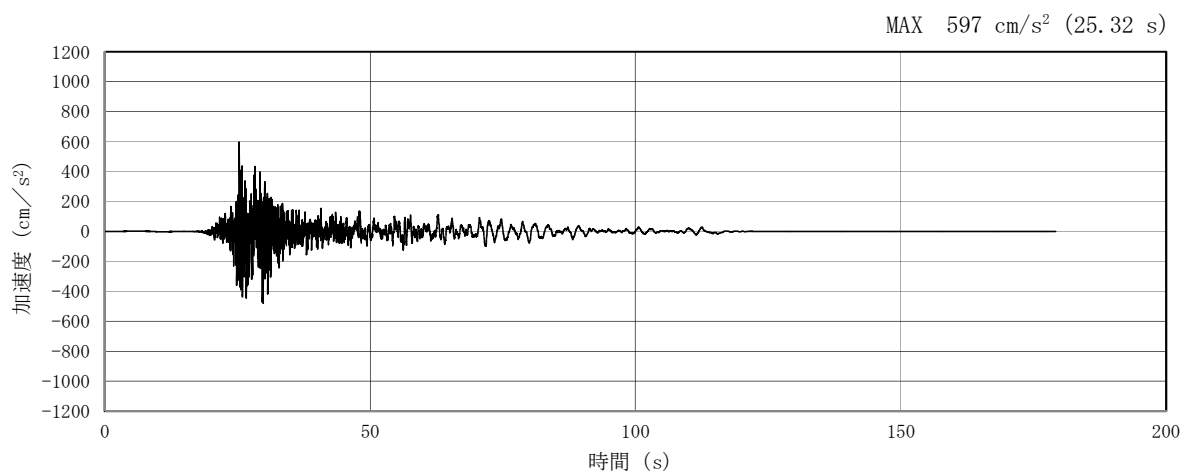


(a) 加速度時刻歴波形

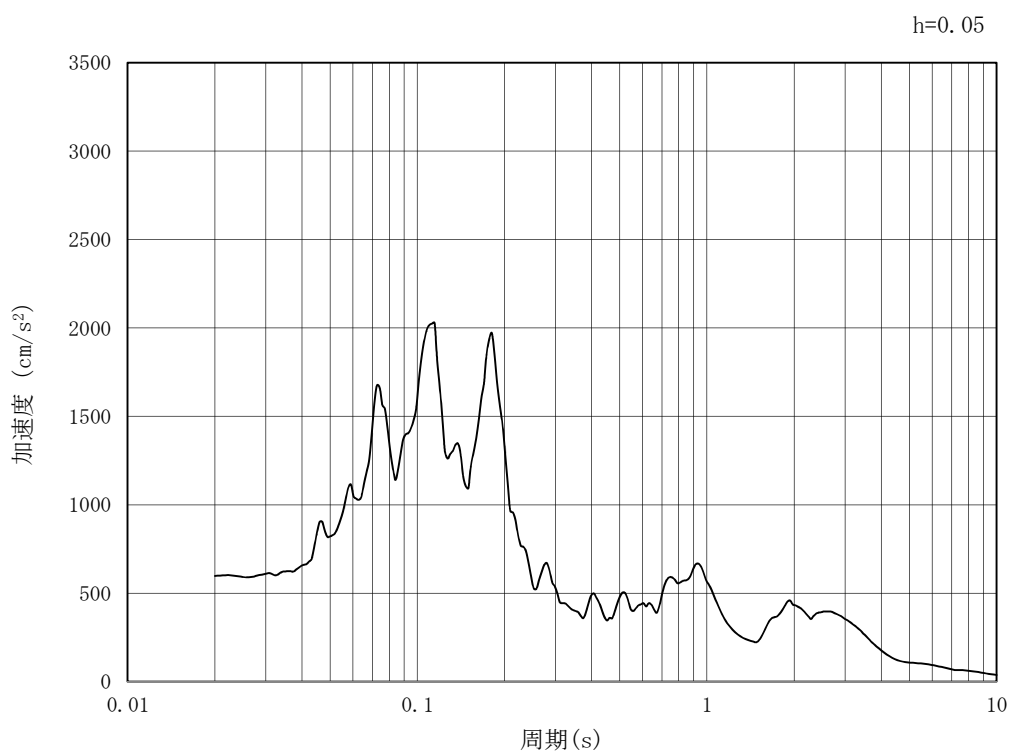


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (6) 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 : $S_s - 1.2$)

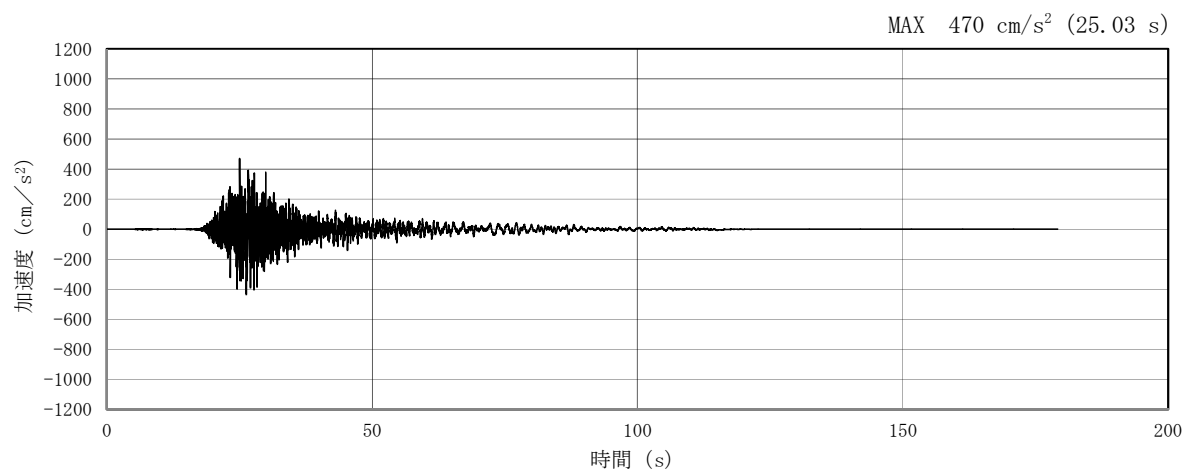


(a) 加速度時刻歴波形

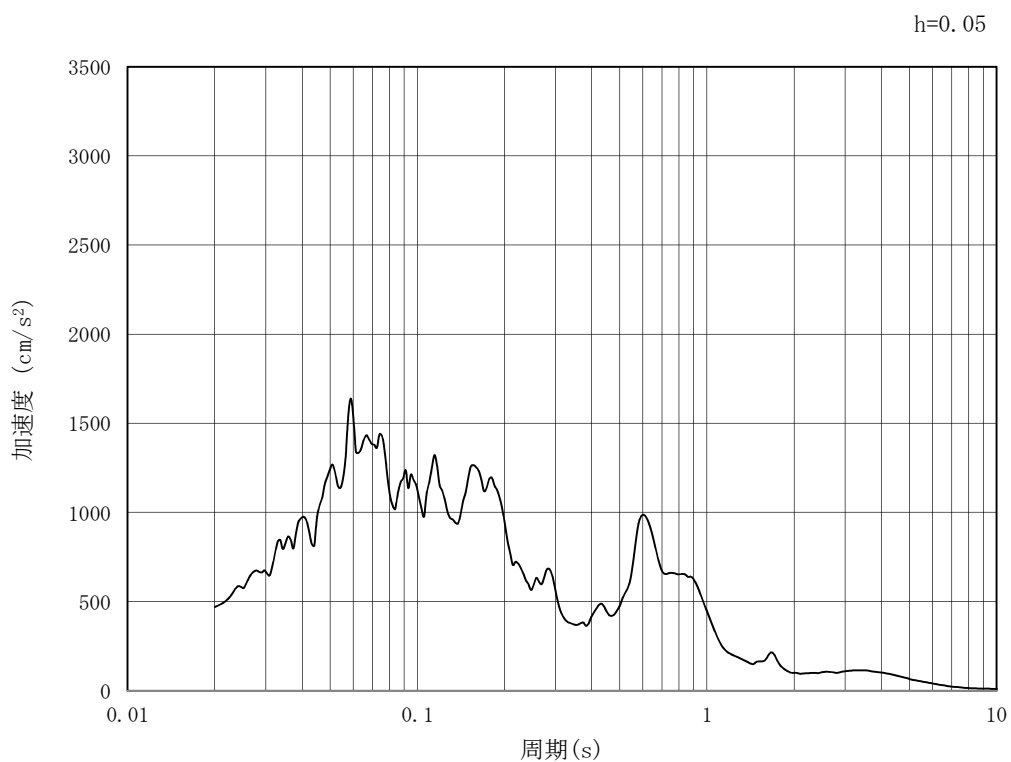


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (7) 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: $S_s - 1.3$)

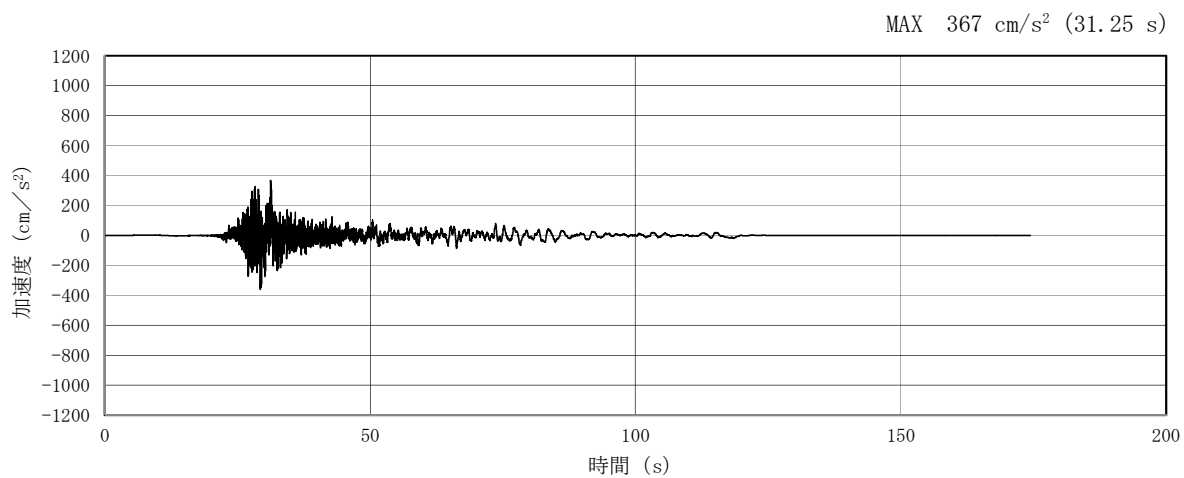


(a) 加速度時刻歴波形

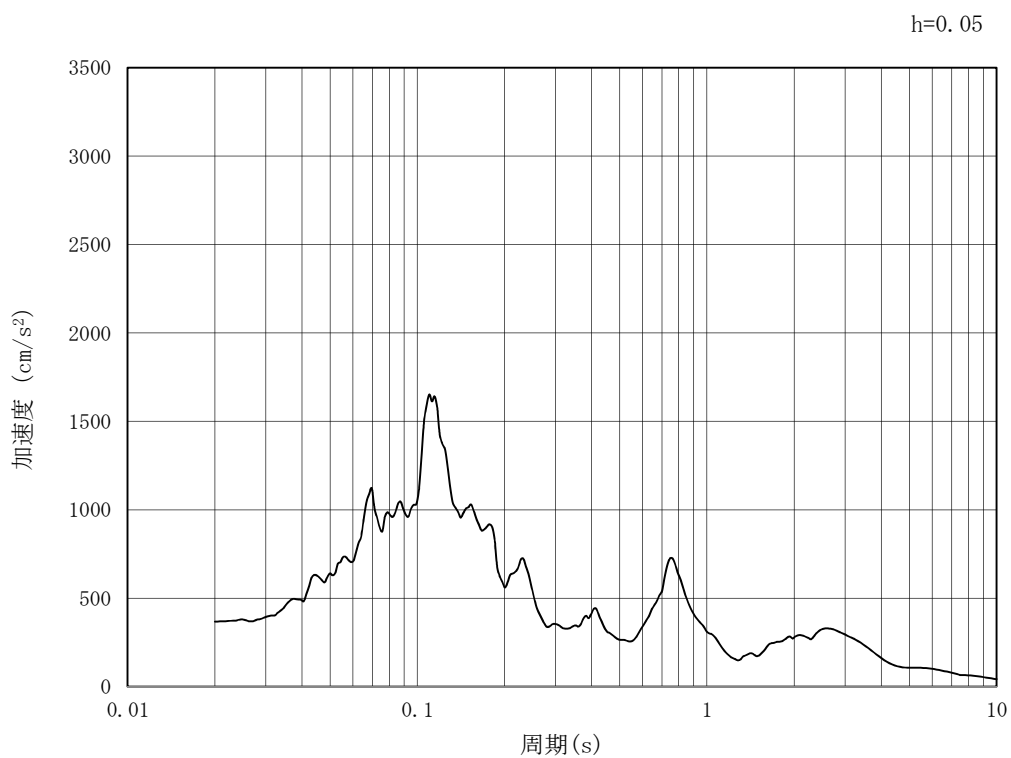


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (8) 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: $S_s - 1.3$)

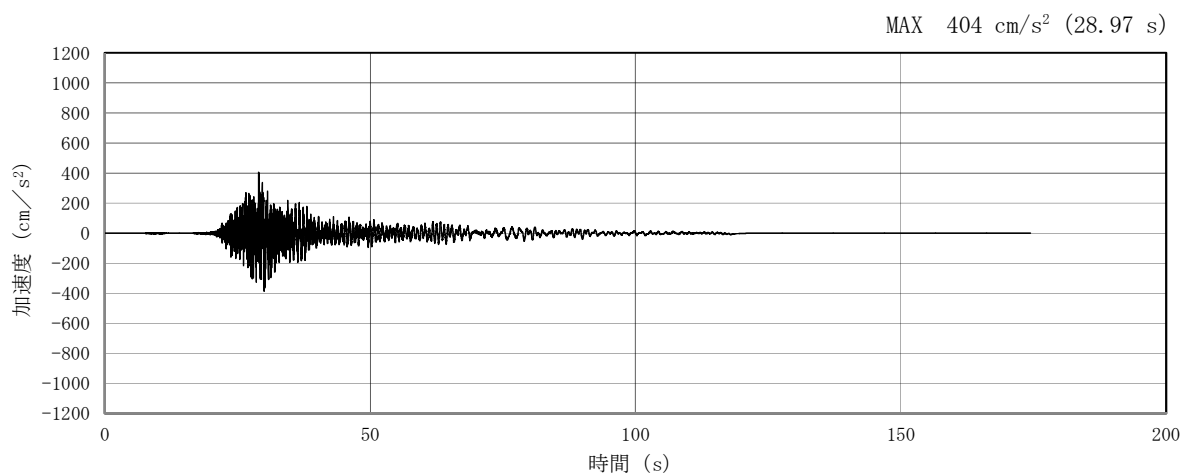


(a) 加速度時刻歴波形

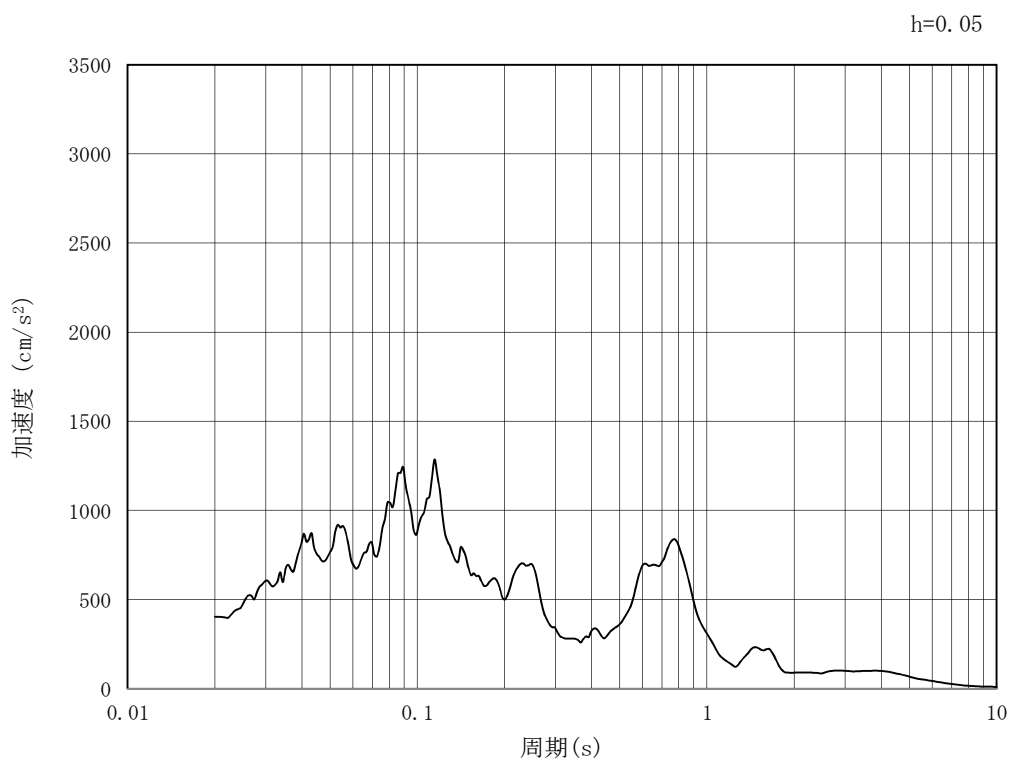


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (9) 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: $S_s - 1.4$)

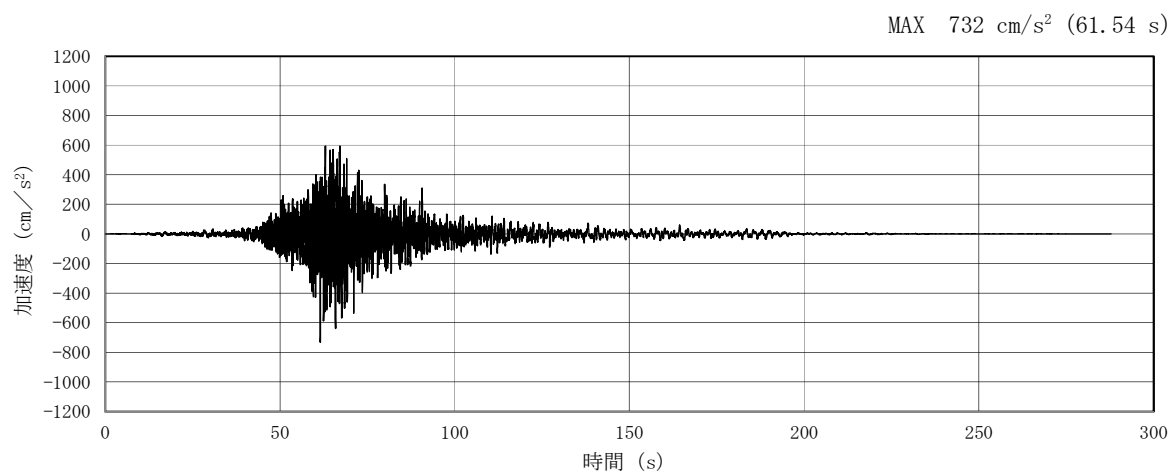


(a) 加速度時刻歴波形

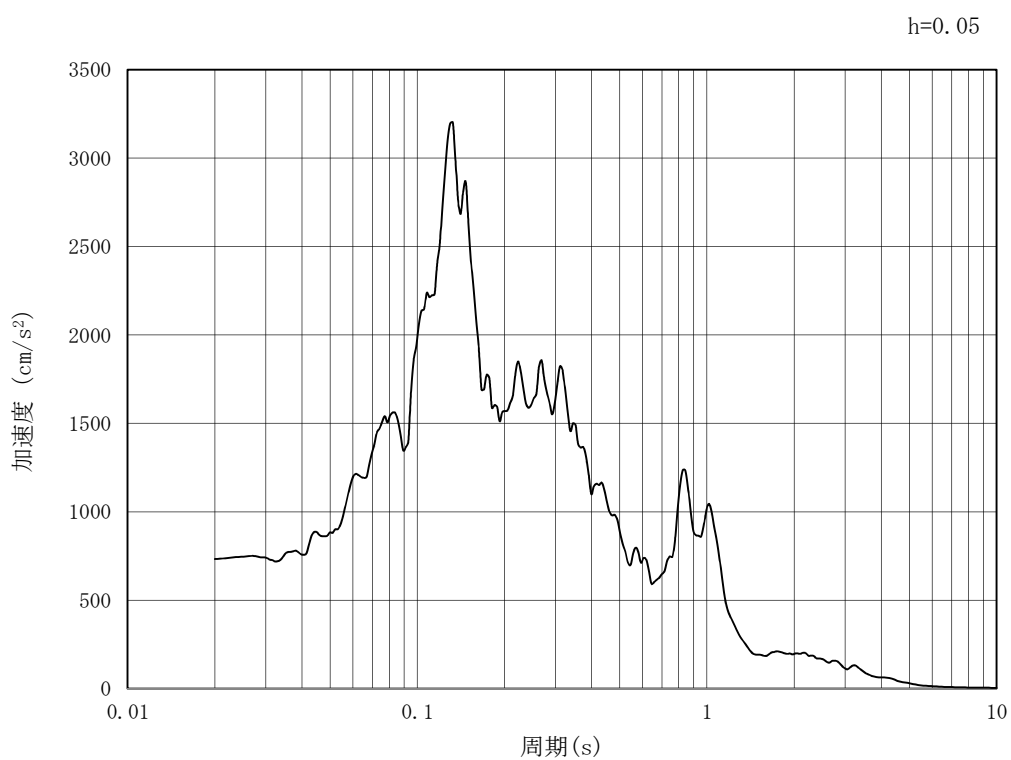


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (10) 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: $S_s - 1.4$)

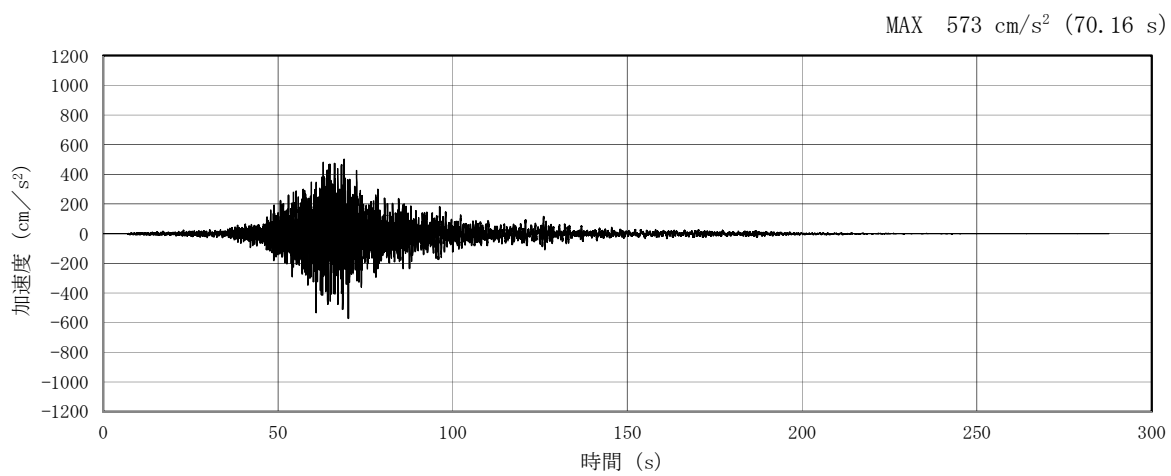


(a) 加速度時刻歴波形

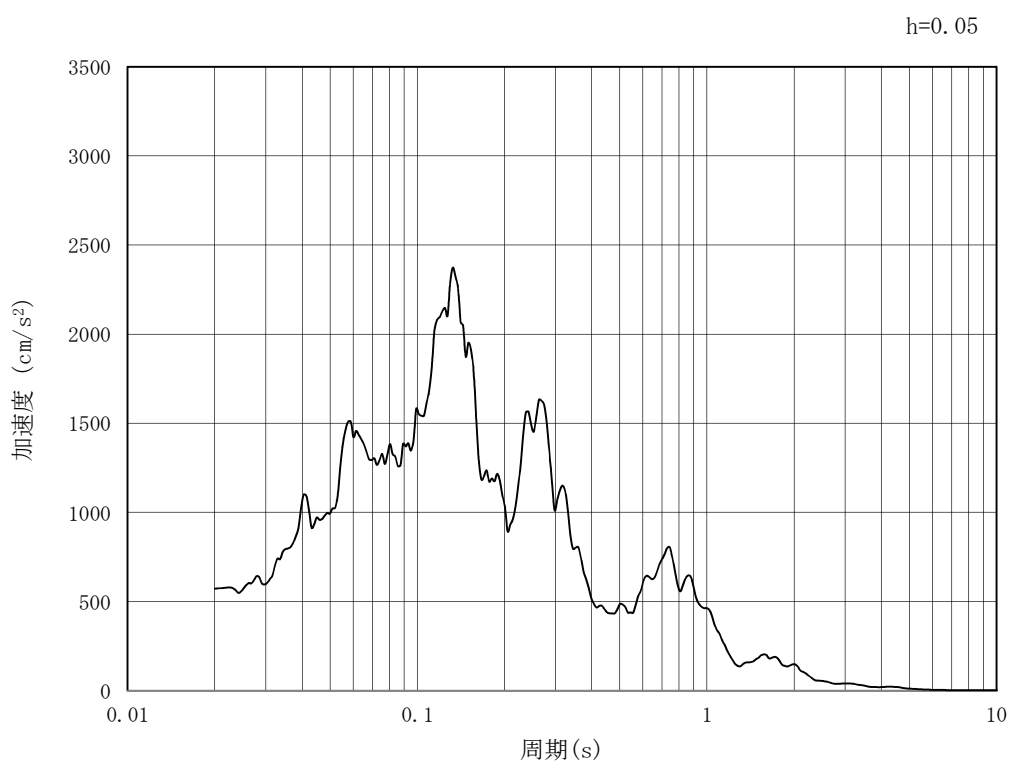


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (11) 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: $S_s - 21$)

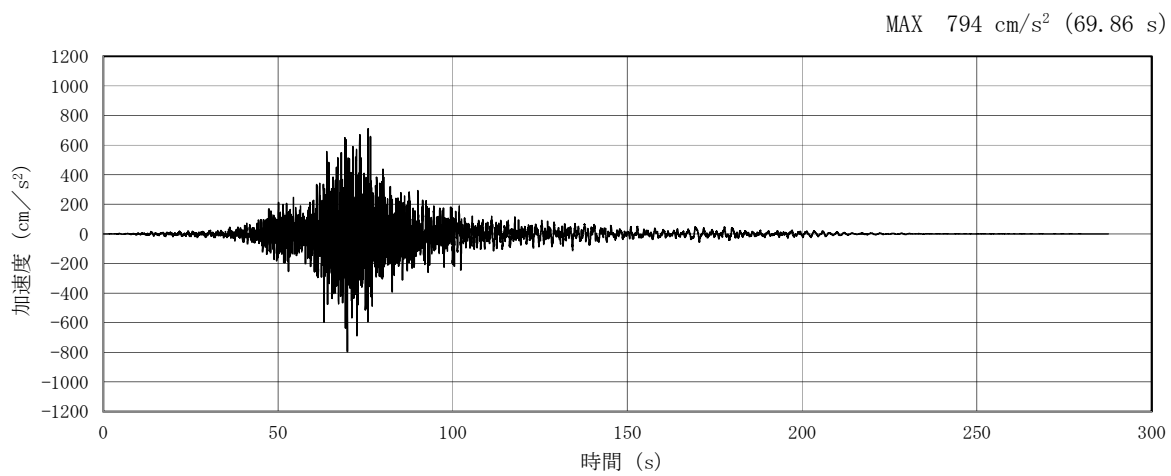


(a) 加速度時刻歴波形

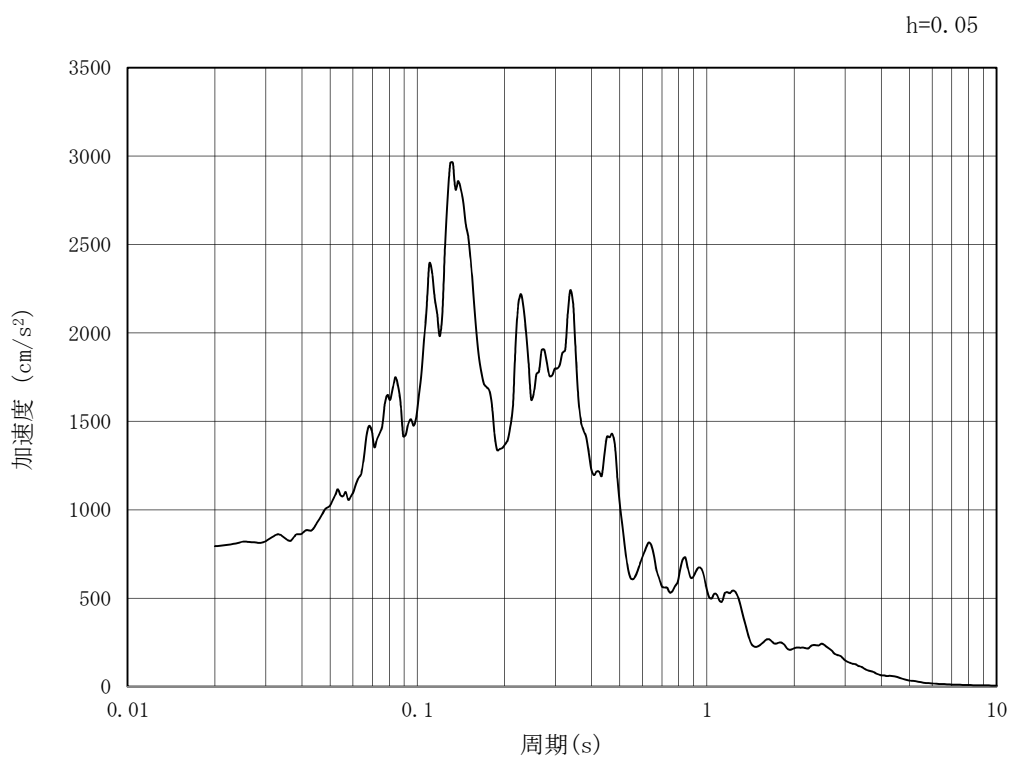


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (12) 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: $S_s - 21$)

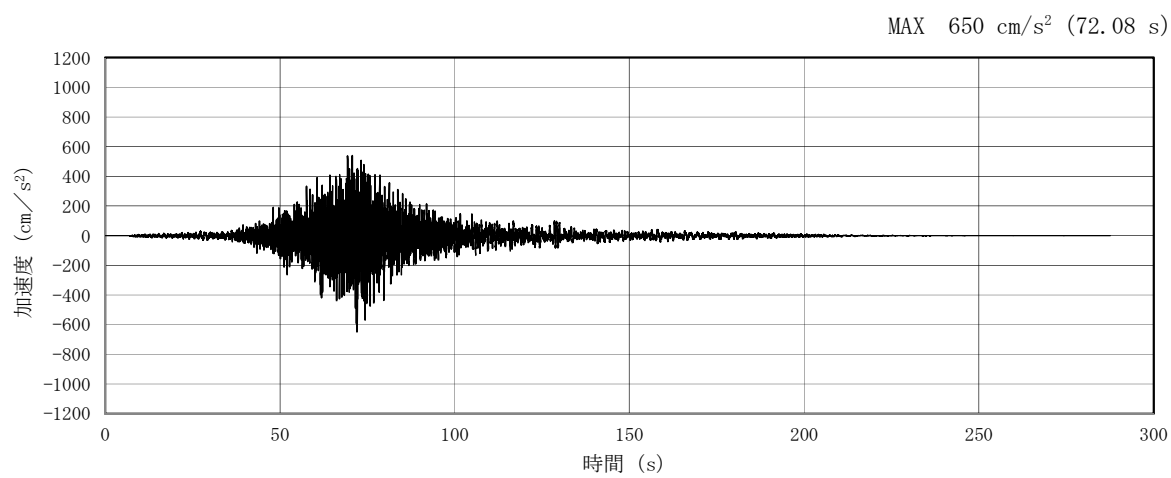


(a) 加速度時刻歴波形

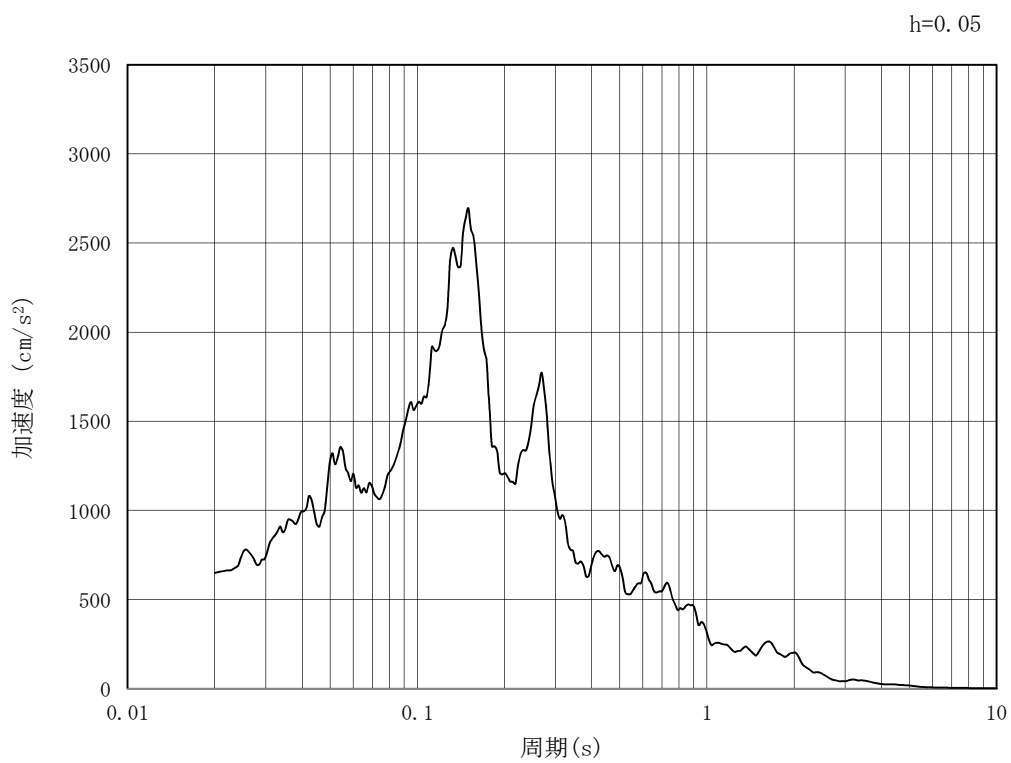


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (13) 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: $S_s - 22$)

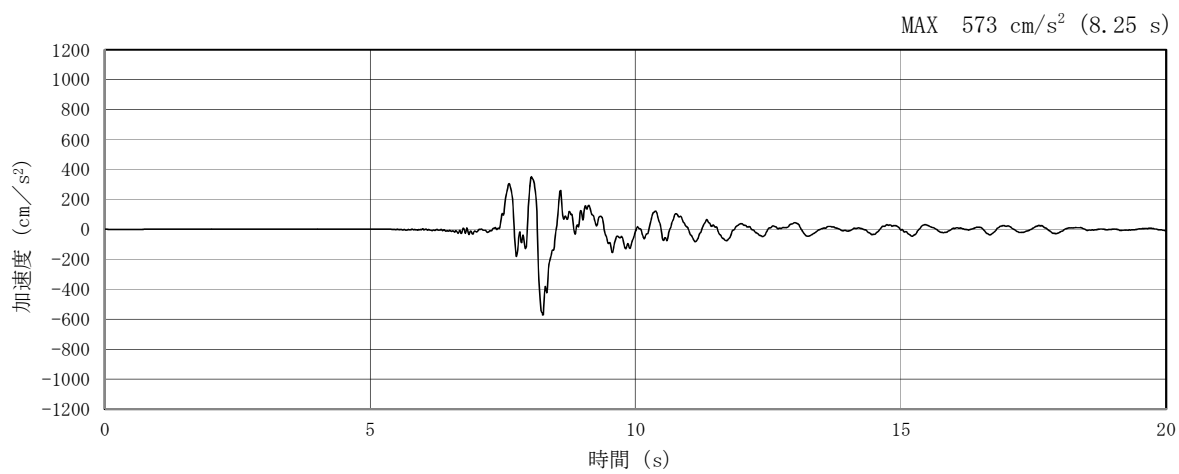


(a) 加速度時刻歴波形

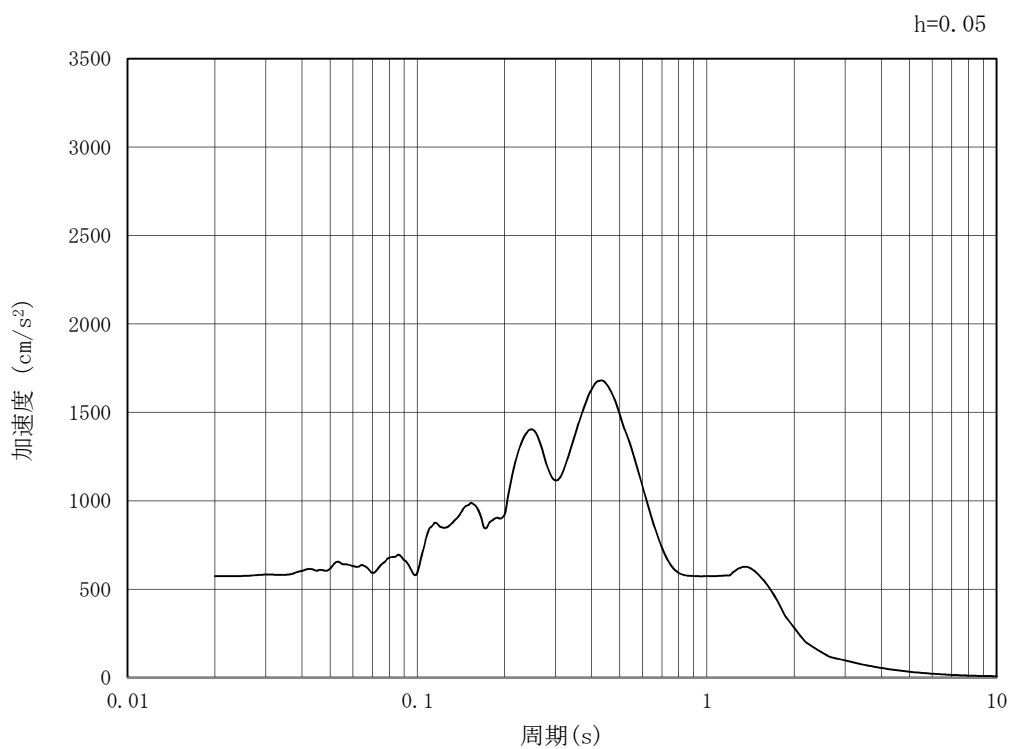


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (14) 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: $S_s - 22$)

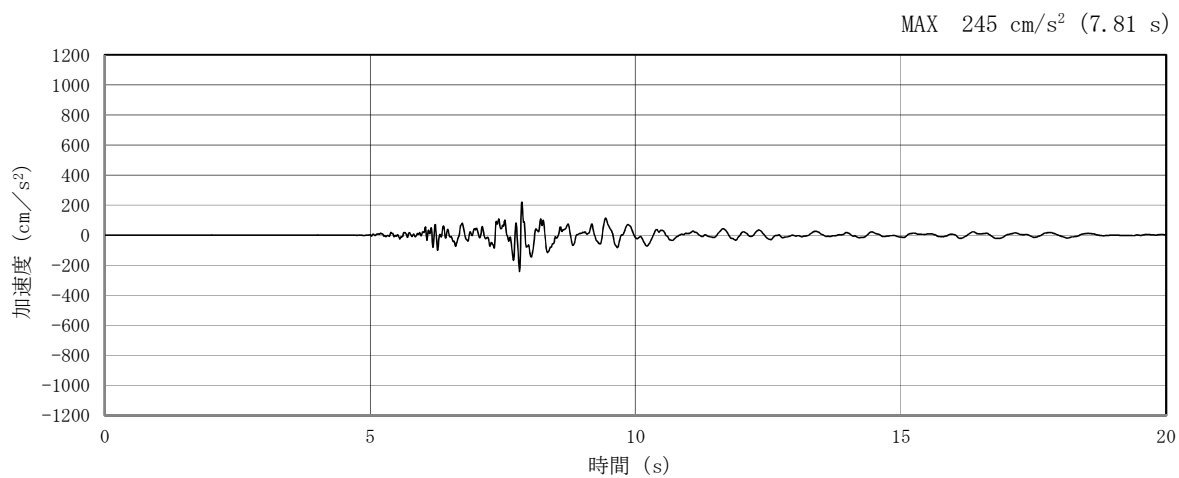


(a) 加速度時刻歴波形

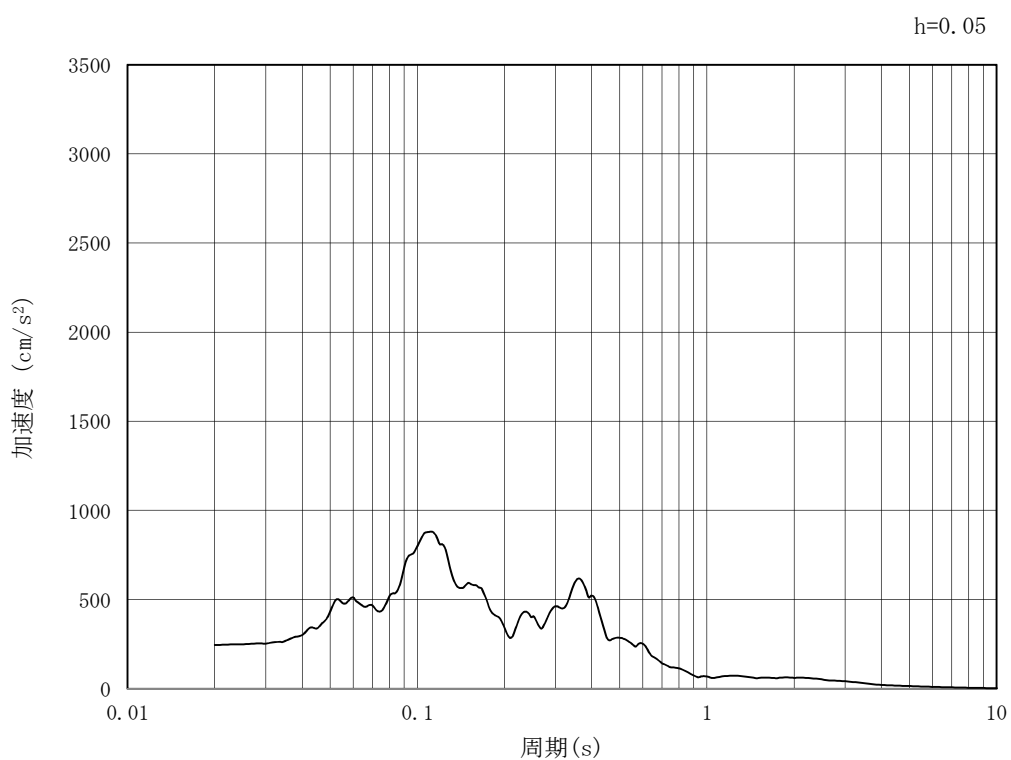


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (15) 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: $S_s - 3.1$)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (16) 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-3 1)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

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

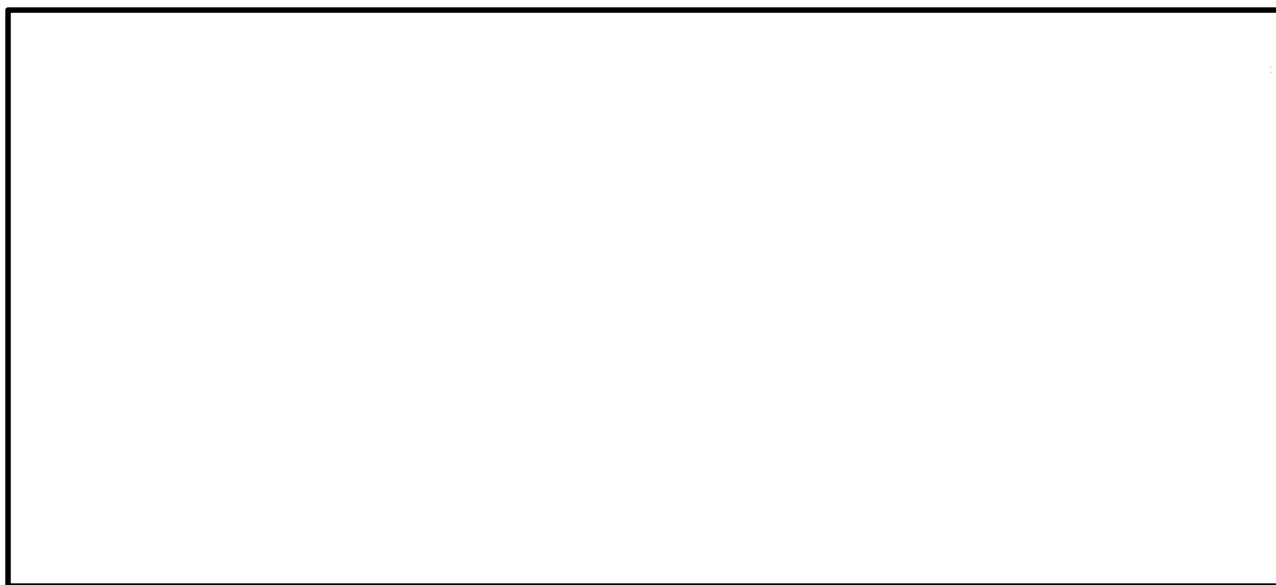
解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、粘性境界を設ける。

(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 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

諸元	
コンクリート	設計基準強度 40 N/mm ²
鉄筋	SD345, SD390, SD490
鋼管杭	SKK490

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
鋼管杭	77	2.0×10^5	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-2-2-21-3 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）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	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	8
3.3 荷重及び荷重の組合せ	9
3.4 入力地震動	10
3.5 解析モデル及び諸元	27

1. 概要

本資料は、資料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代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）（以下、「トンネル」という。）の地震応答解析について説明するものである。

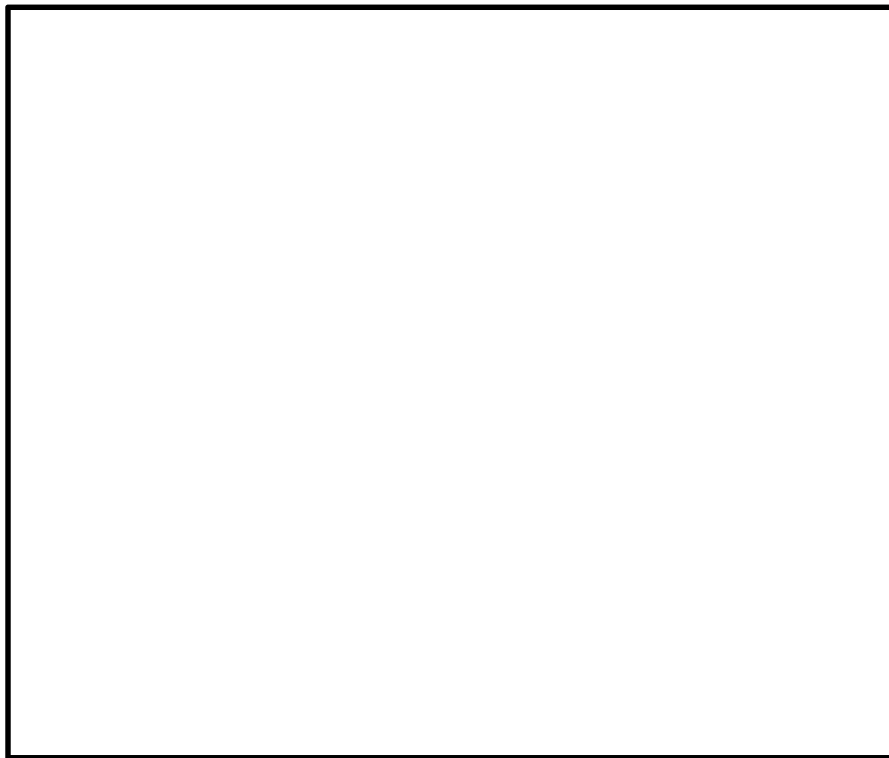
本地震応答解析は、機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。

また、トンネル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。

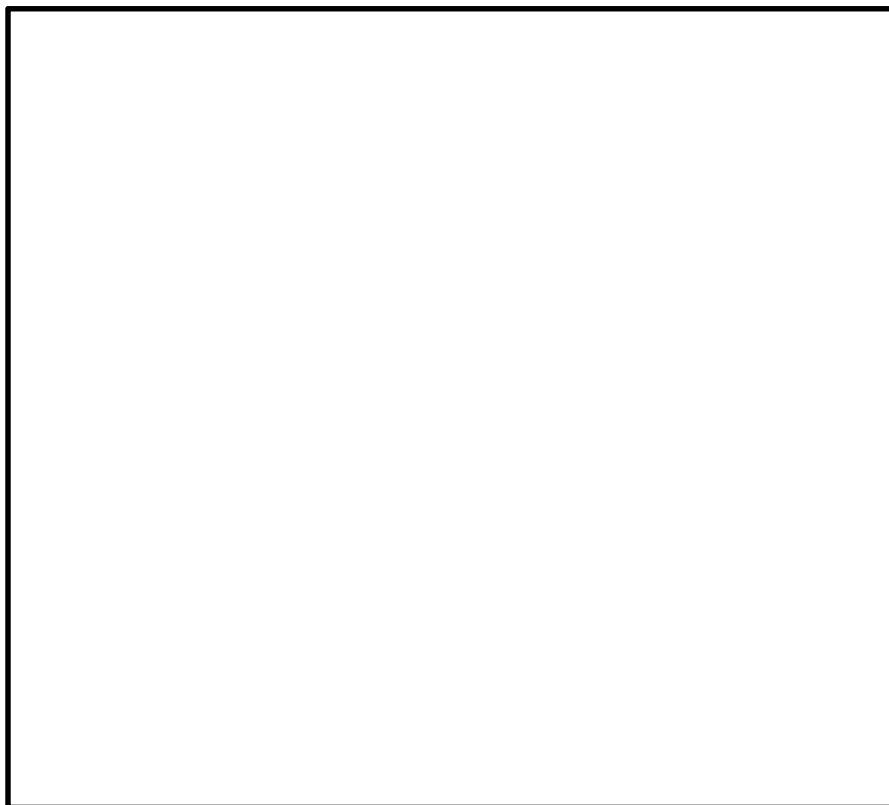
2. 基本方針

2.1 位置

トンネルの平面配置図を第2-1図に示す。



第2-1図 (1) トンネルの平面配置図 (全体平面図)

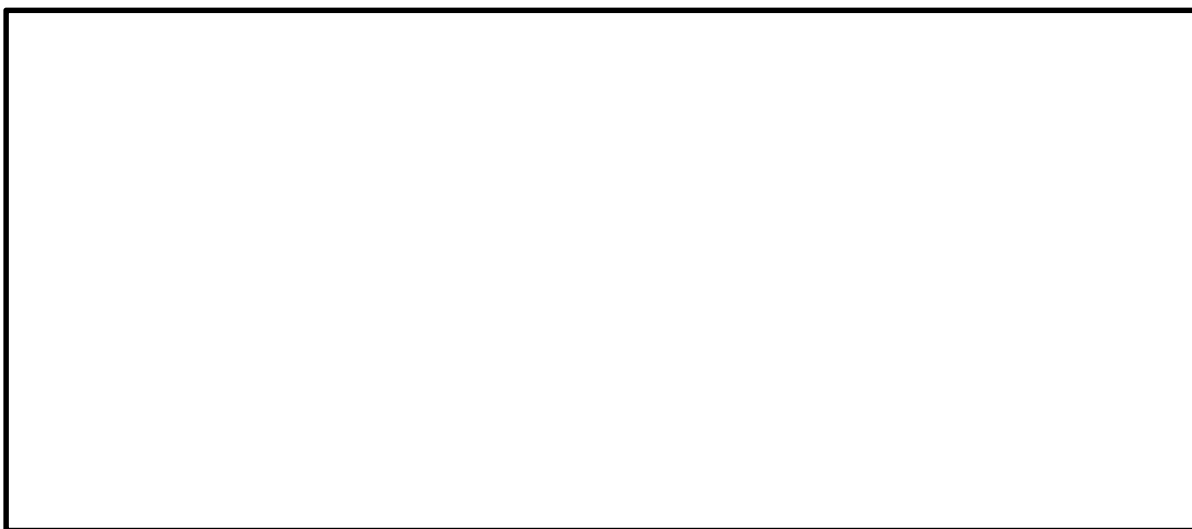


第2-1図 (2) トンネルの平面配置図 (拡大図)

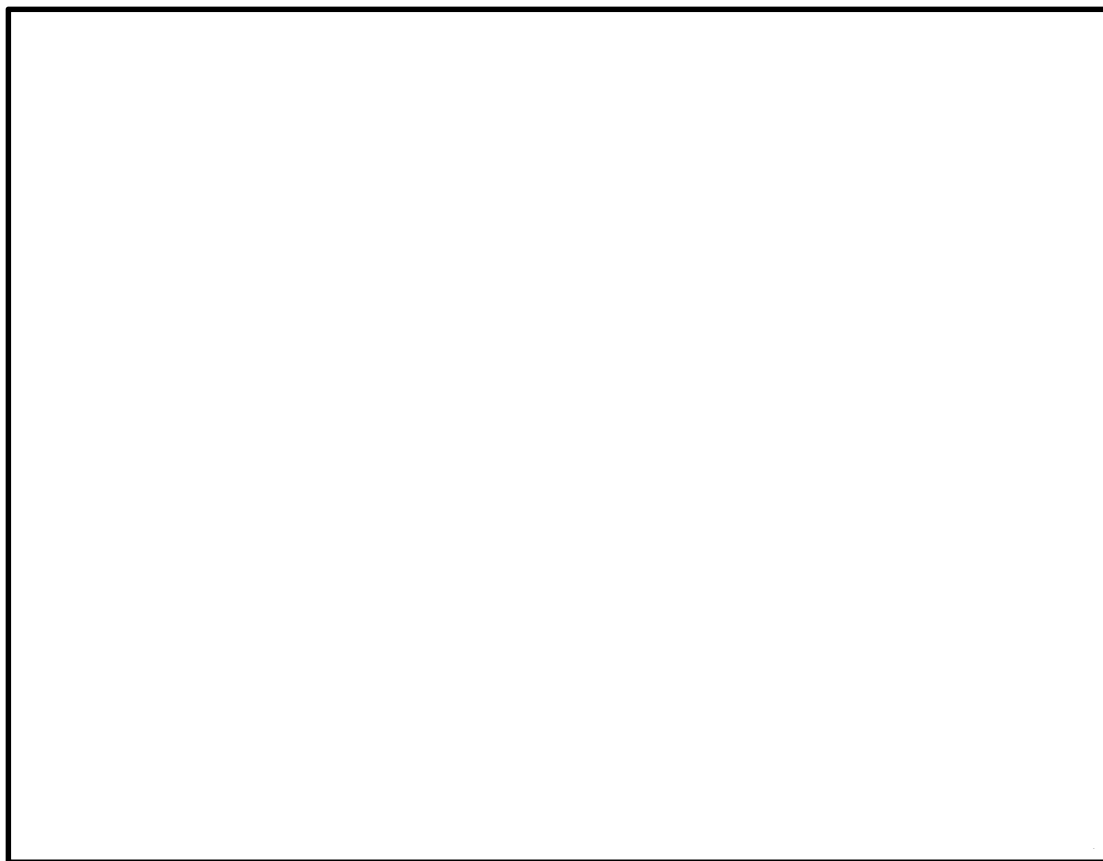
2.2 構造概要

トンネルは、軽油移送配管、電気ケーブル及び水配管を間接支持する鉄筋コンクリート構造物であり、延長約 140 m である。トンネルは内径 4.6 m、覆工 1.2 m であり、全線に亘り一定間隔でブロック割し、施工する。構造物は十分な支持性能を有する岩盤内に設置する。

トンネルの縦断断面図を第 2-2 図、標準断面図を第 2-3 図に示す。



第 2-2 図 トンネルの縦断断面図



第 2-3 図 トンネルの標準断面図

2.3 解析方針

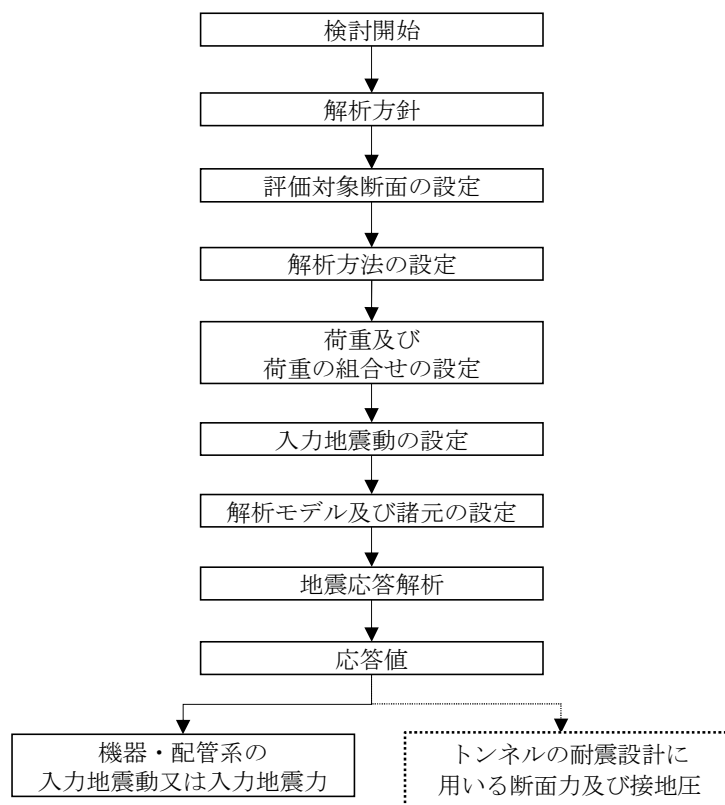
トンネルは、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 S_s に対して解析を実施する。

第2-4図にトンネル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、断面力及び接地圧は、トンネルの耐震設計に用いる。



第2-4図 トンネルの地震応答解析フロー

2.4 適用規格

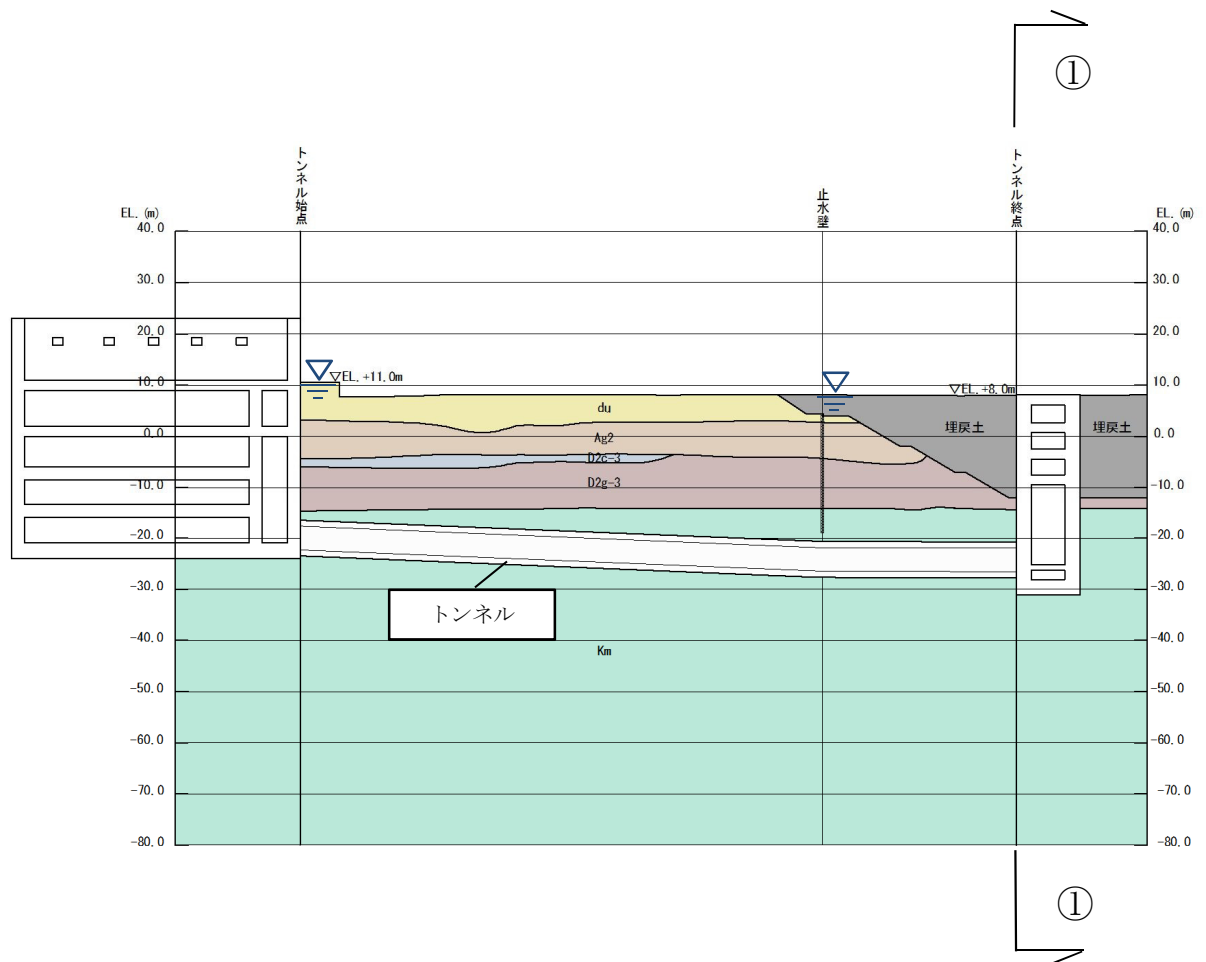
適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ 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）
- ・ 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24年3月）

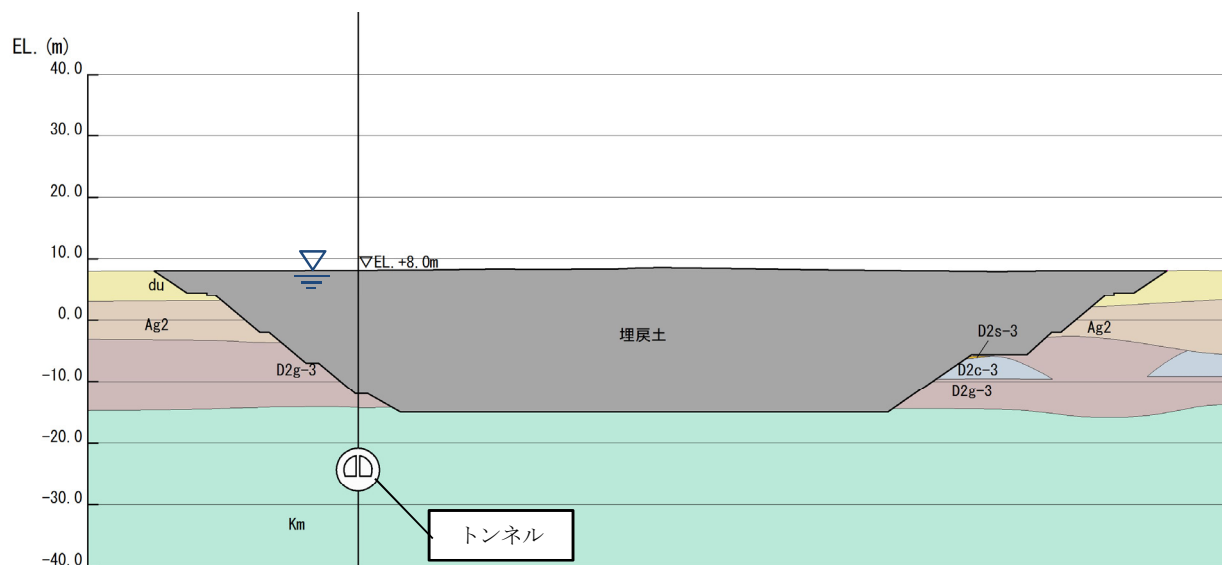
3. 解析方法

3.1 評価対象断面

トンネルの設置標高及び周辺地質を踏まえて、第3-1図に示す①-①断面を評価対象断面とする。トンネルの地質断面図を第3-2図に示す。



第3-1図 トンネルの評価対象断面位置図



第3-2図 トンネルの地質断面図（①-①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。

地震応答解析は、構造物と地盤の動的相互作用を考慮できる2次元動的全応力解析を用いて、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対する逐次時間積分の時刻歴非線形解析を行う。

地震応答解析には、解析コード「TDAPⅢ Ver. 3.08」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、線形はり要素及び平面ひずみ要素でモデル化する。

3.2.2 地盤

地盤については、Ramberg-Osgood モデルを適用し、動せん断弾性係数及び減衰特性の非線形性を考慮する。

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

トンネル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

埋設構造物であるため，積雪及び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

トンネル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

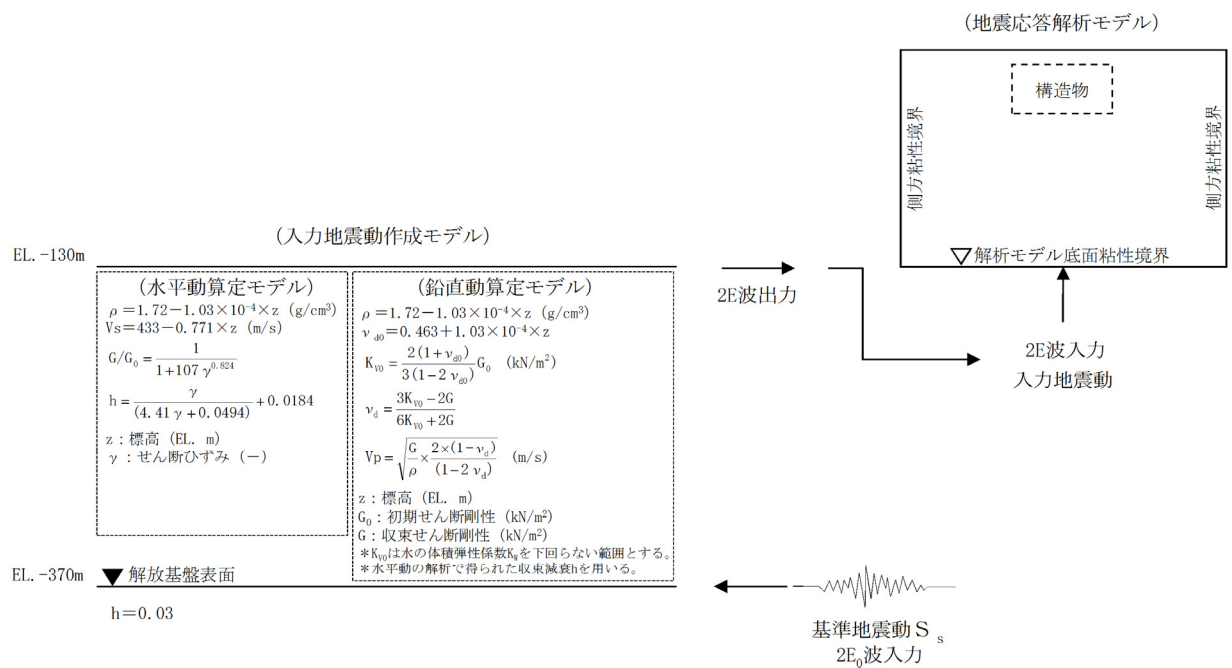
K_s ：地震荷重

3.4 入力地震動

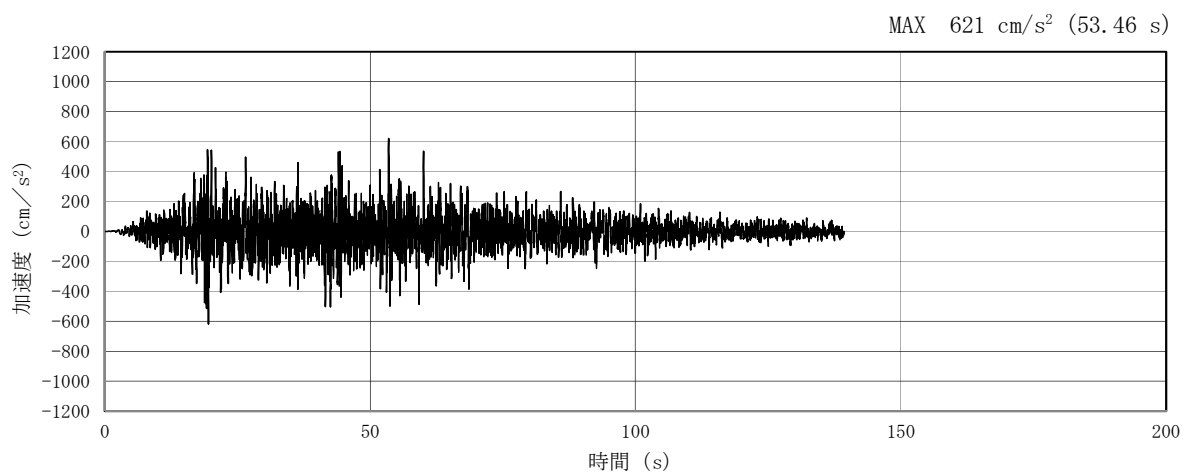
入力地震動は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

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。

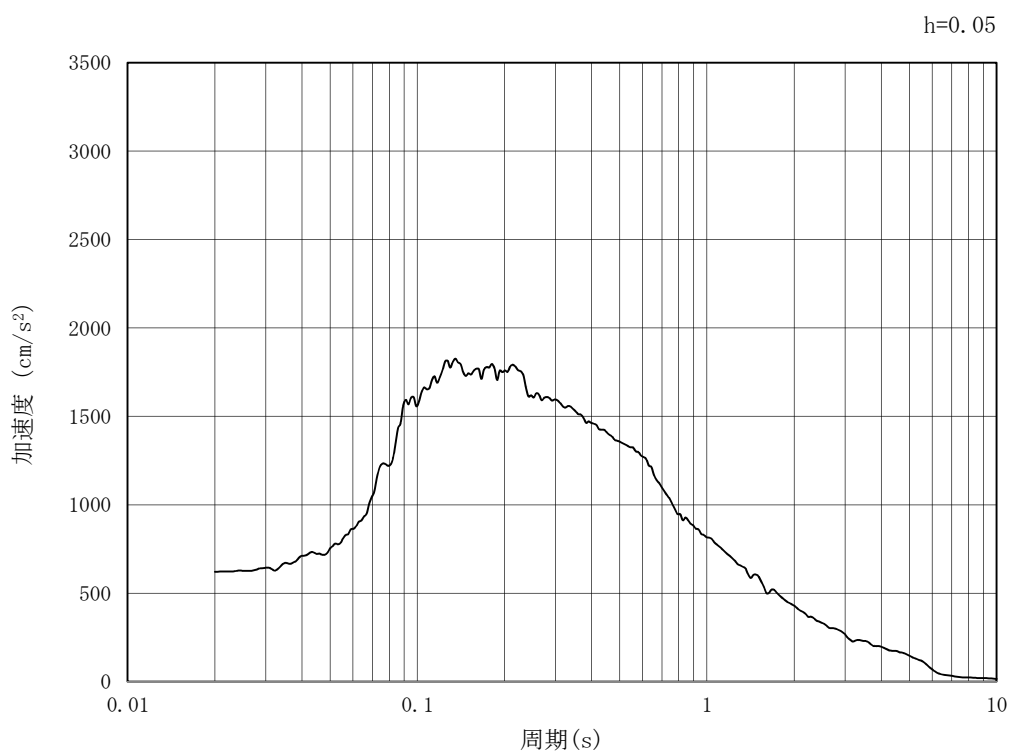
入力地震動の算定には、解析コード「microSHAKE/3D Ver. 2.2.3.311」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



第 3-3 図 入力地震動算定の概念図

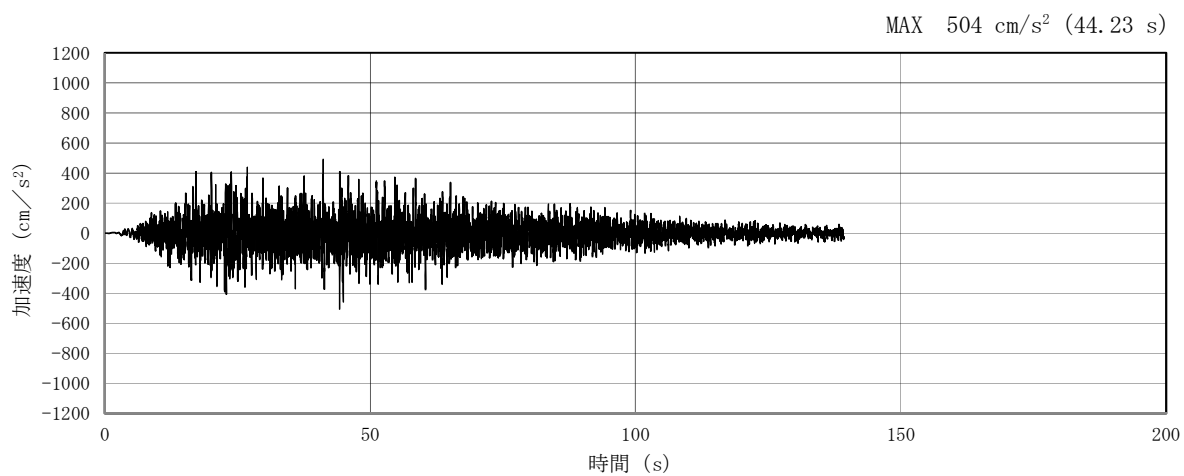


(a) 加速度時刻歴波形

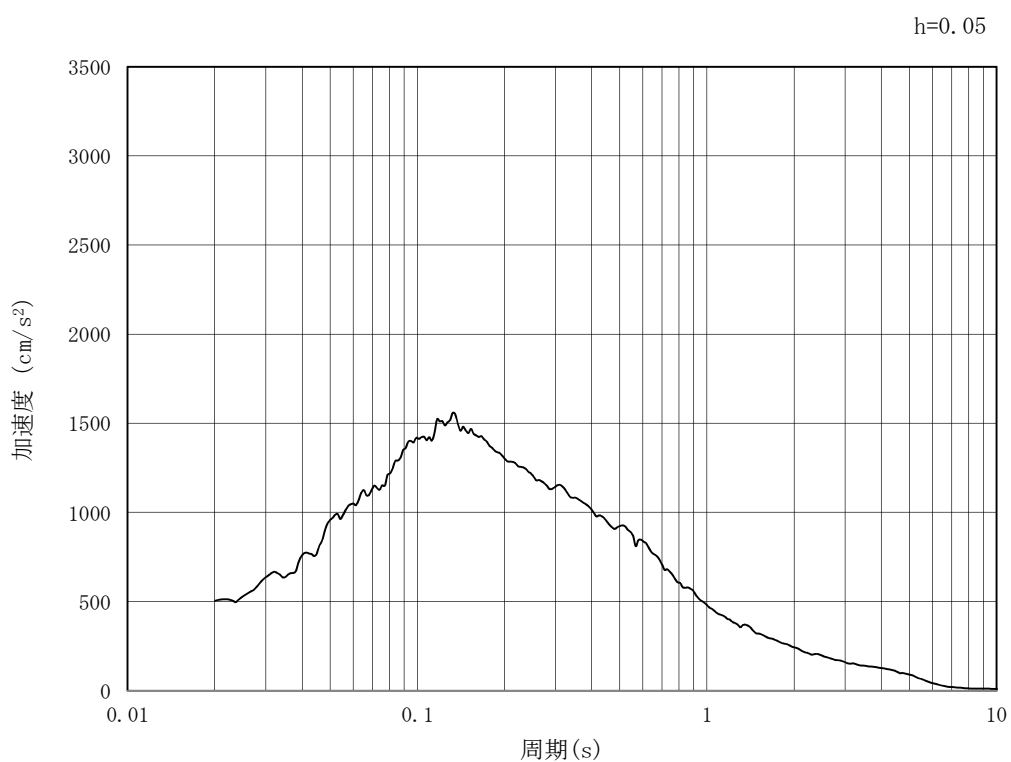


(b) 加速度応答スペクトル

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-D 1)

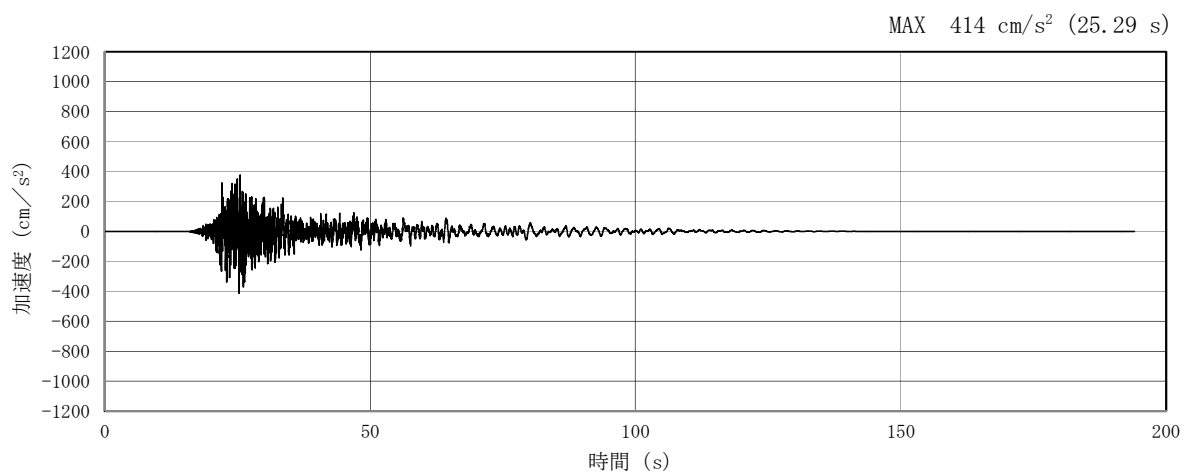


(a) 加速度時刻歴波形

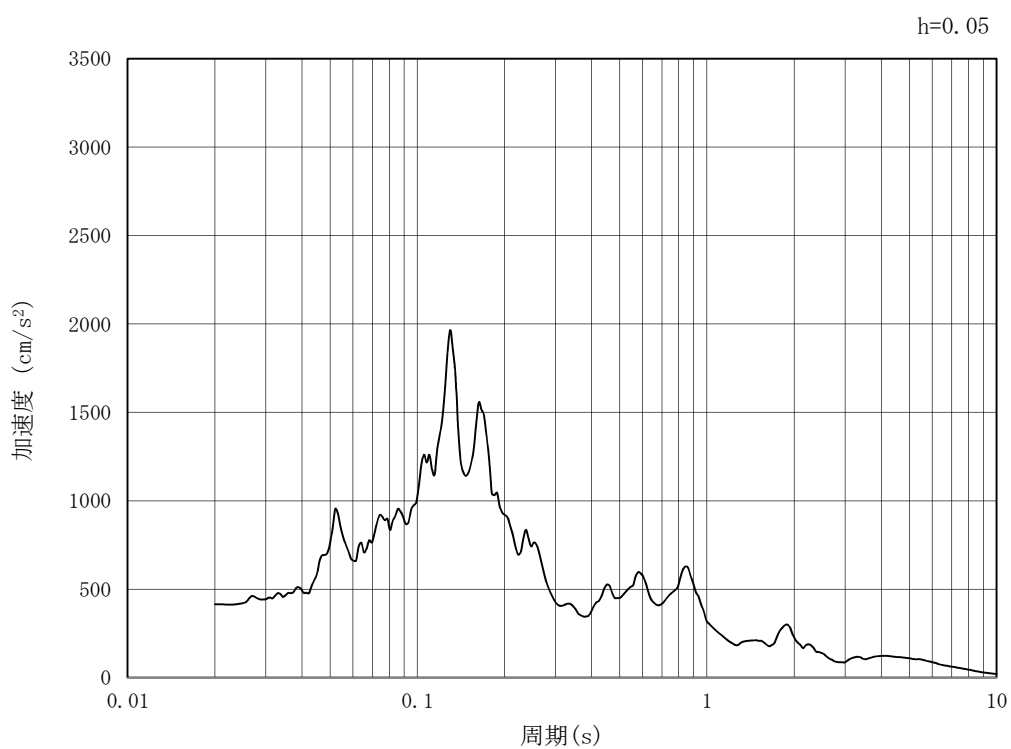


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (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)

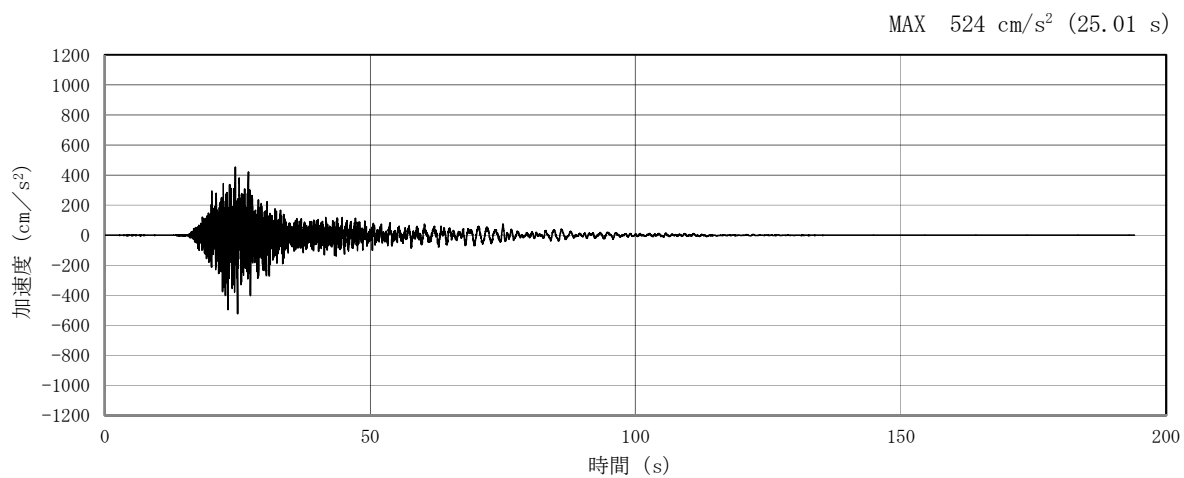


(a) 加速度時刻歴波形

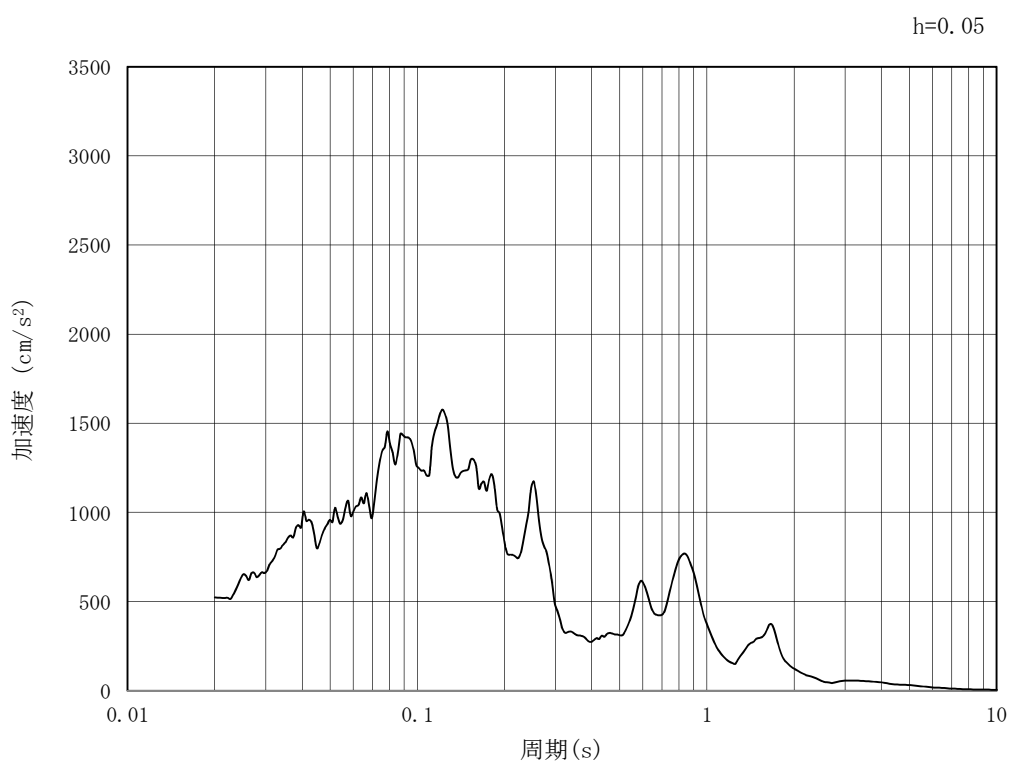


(b) 加速度応答スペクトル

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 - 1 1)

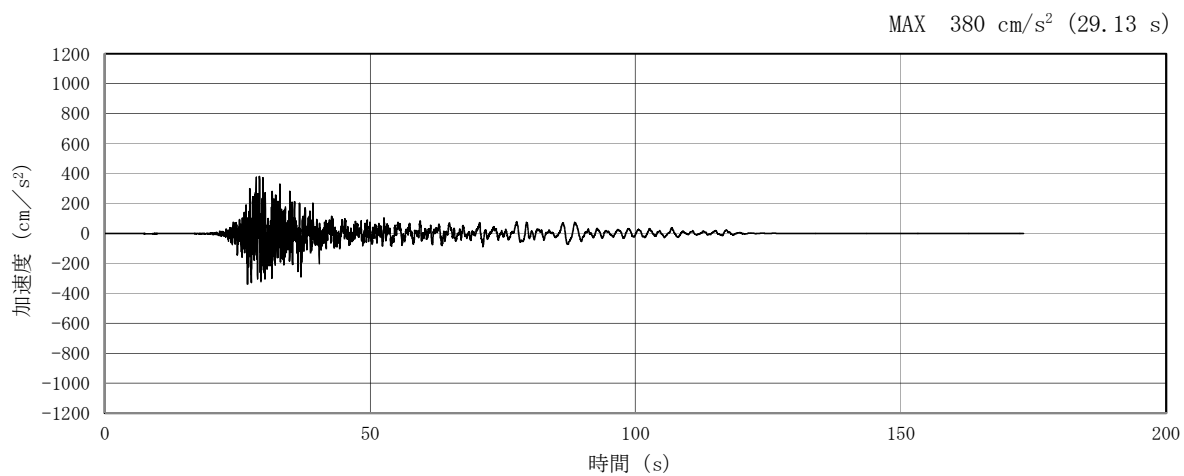


(a) 加速度時刻歴波形

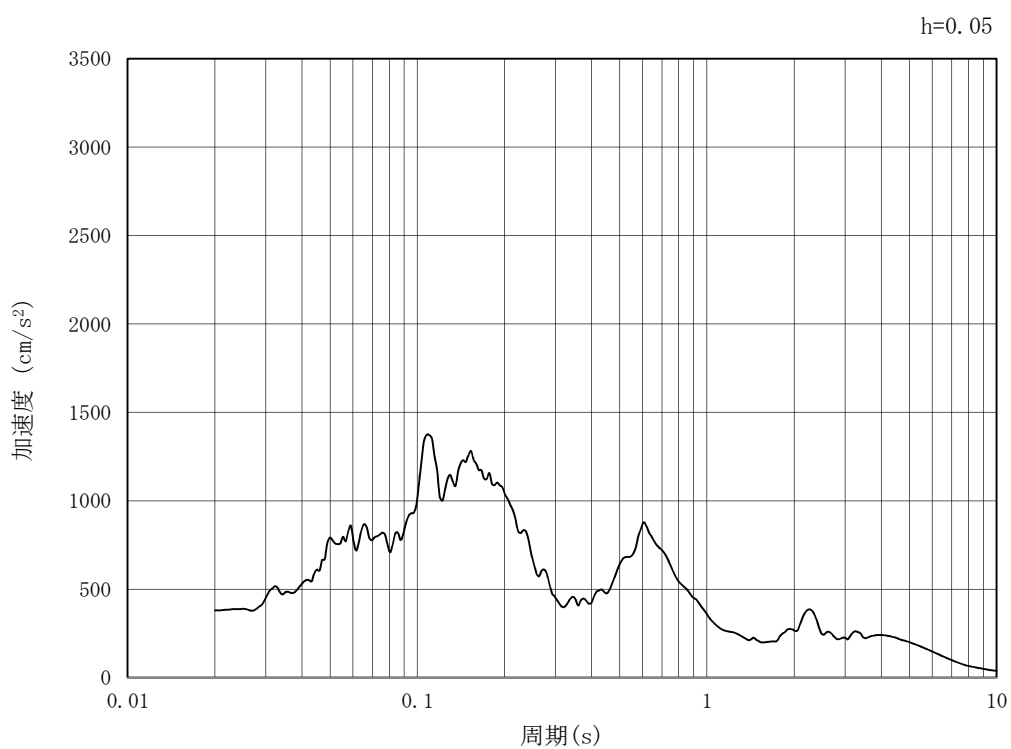


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (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 : $S_s - 1.1$)

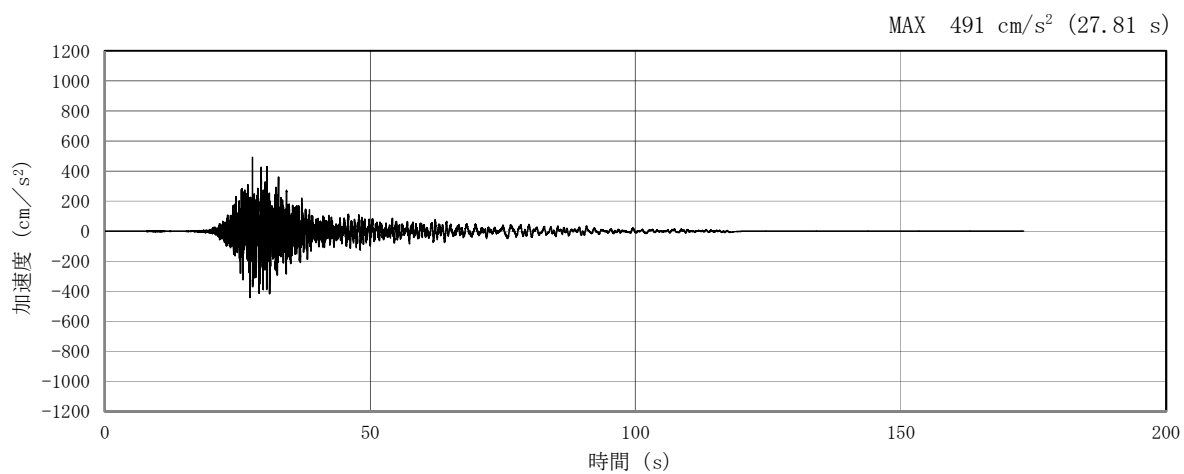


(a) 加速度時刻歴波形

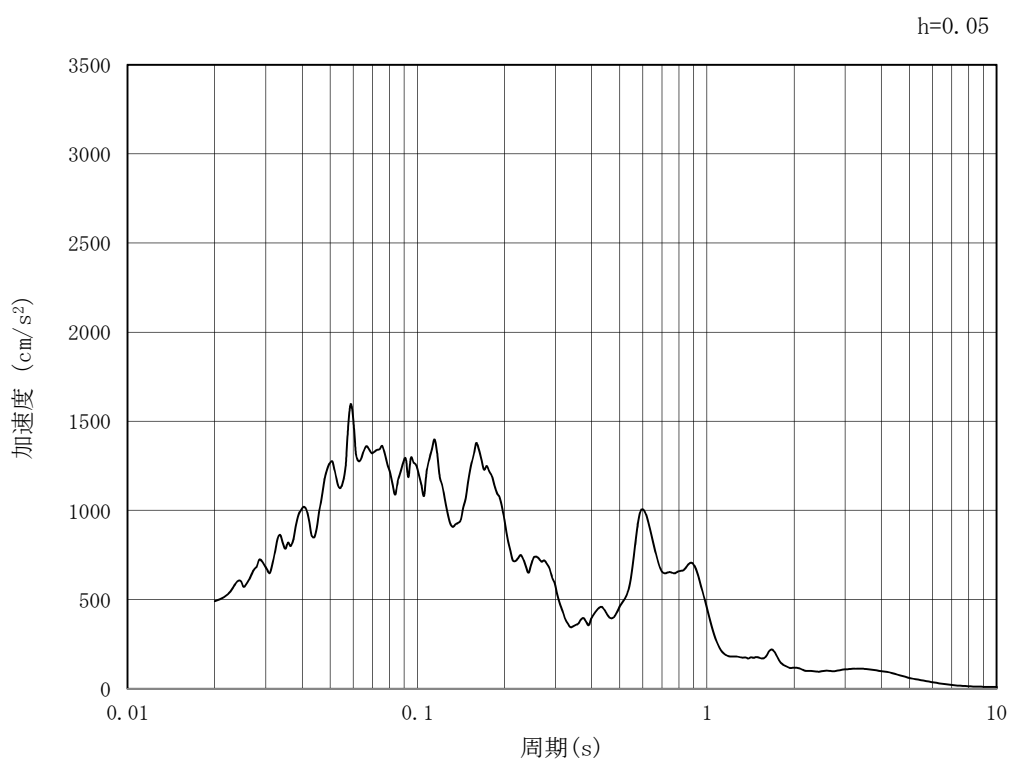


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (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: $S_s - 1.2$)

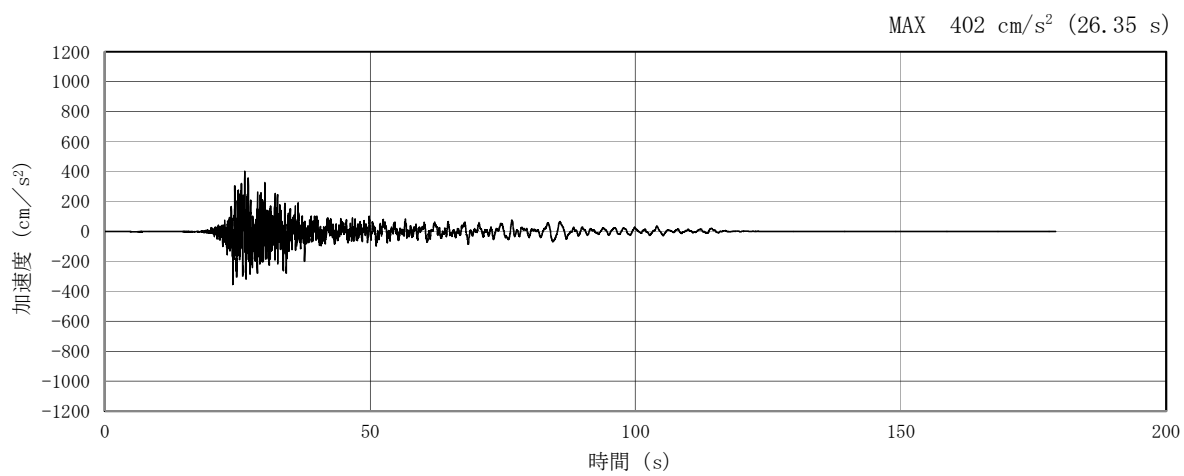


(a) 加速度時刻歴波形

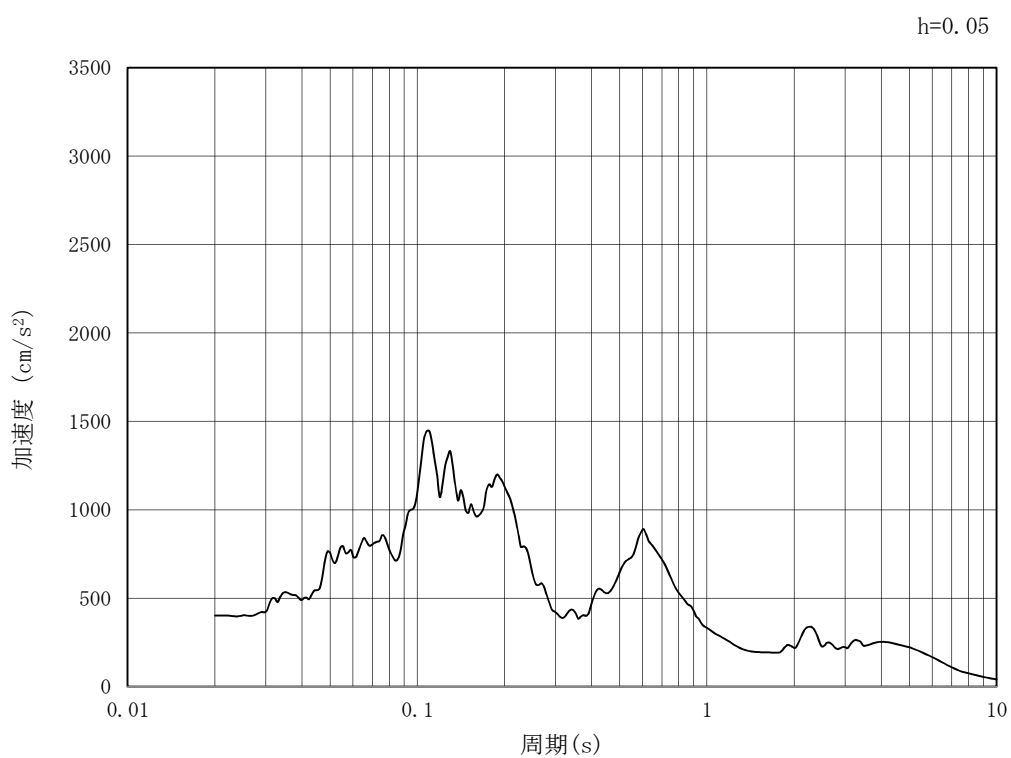


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 1.2$)

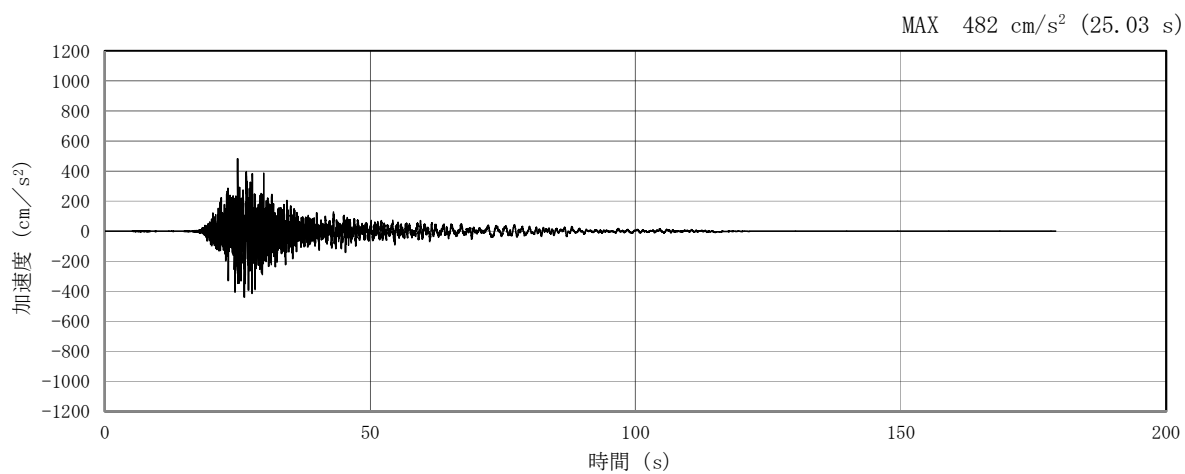


(a) 加速度時刻歴波形

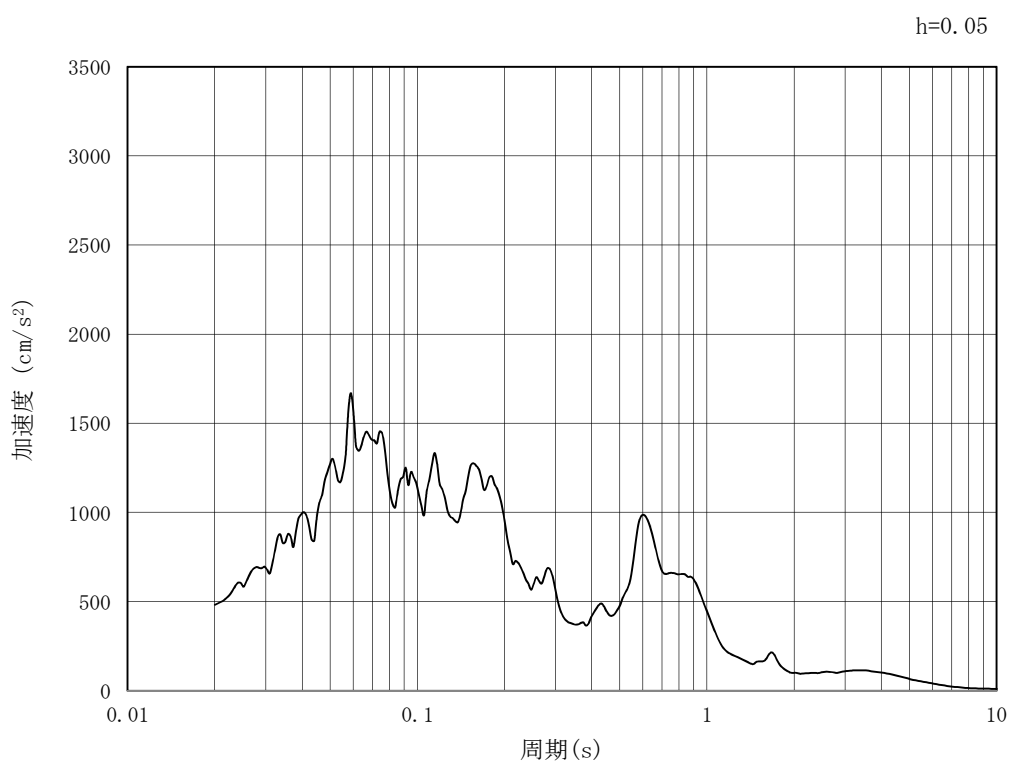


(b) 加速度応答スペクトル

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)

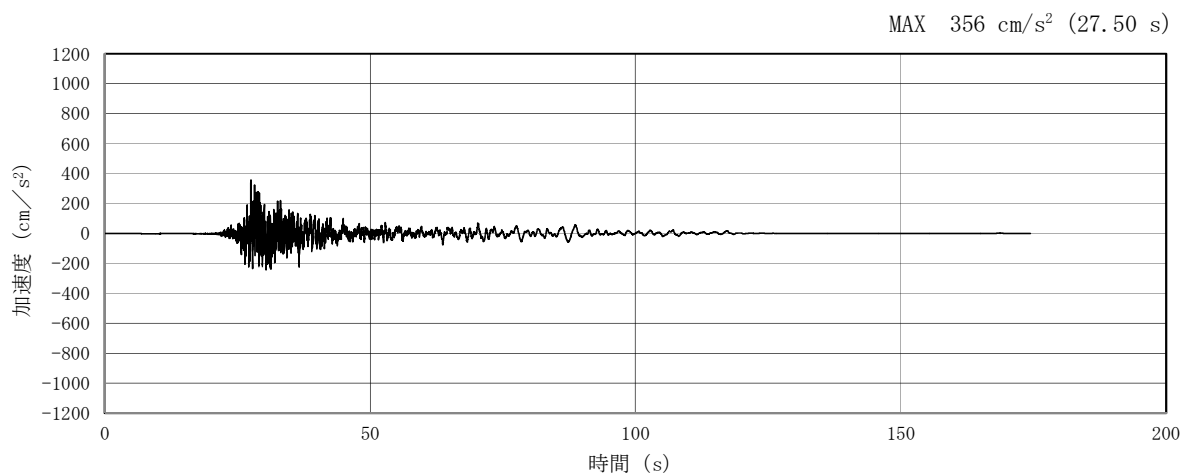


(a) 加速度時刻歴波形

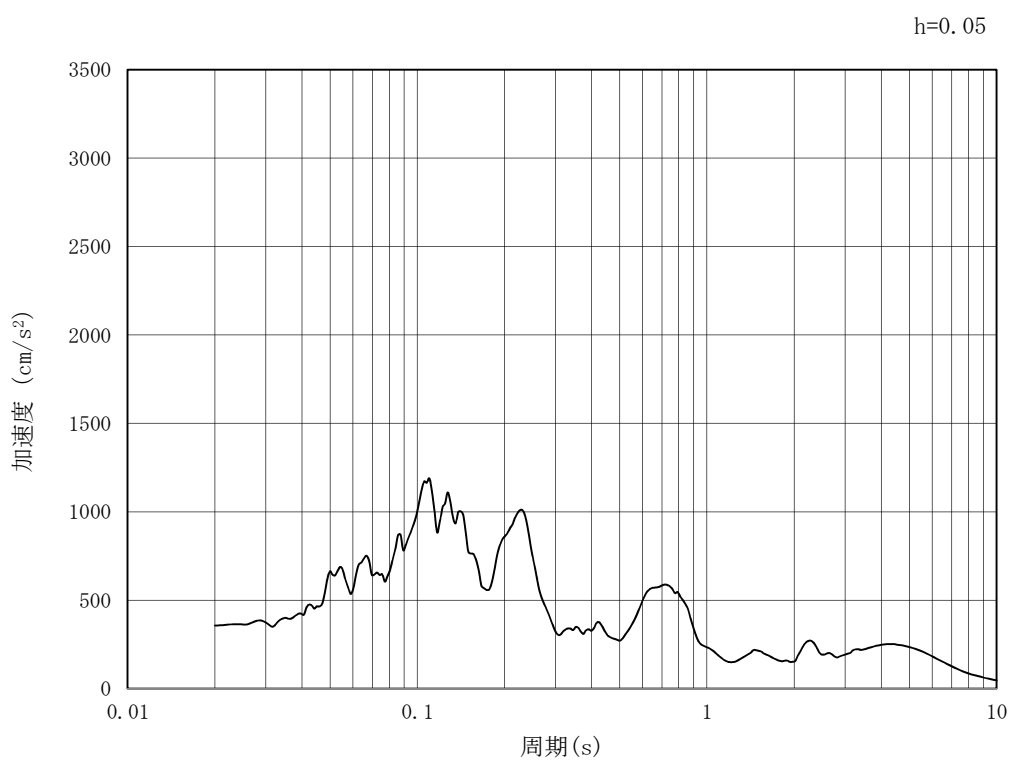


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 1.3$)

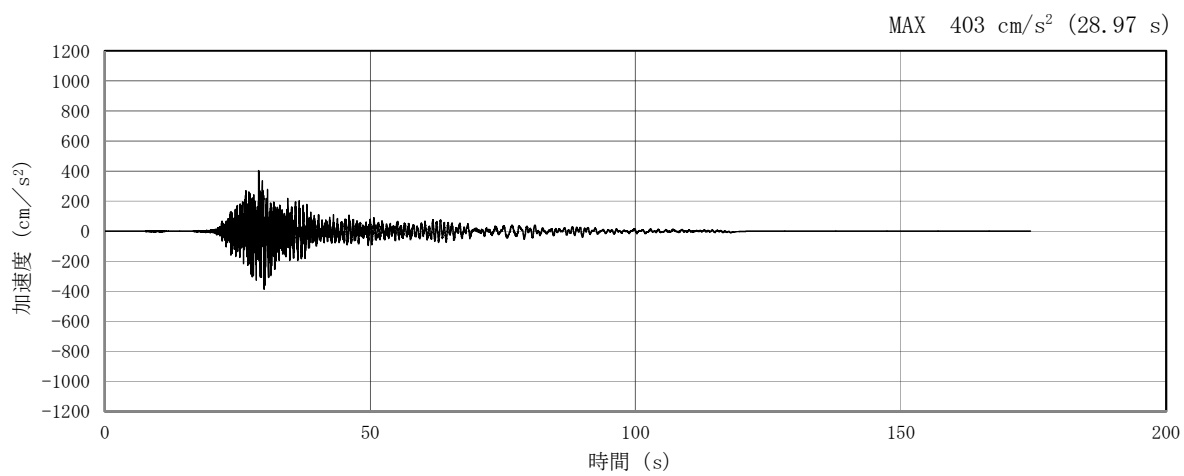


(a) 加速度時刻歴波形

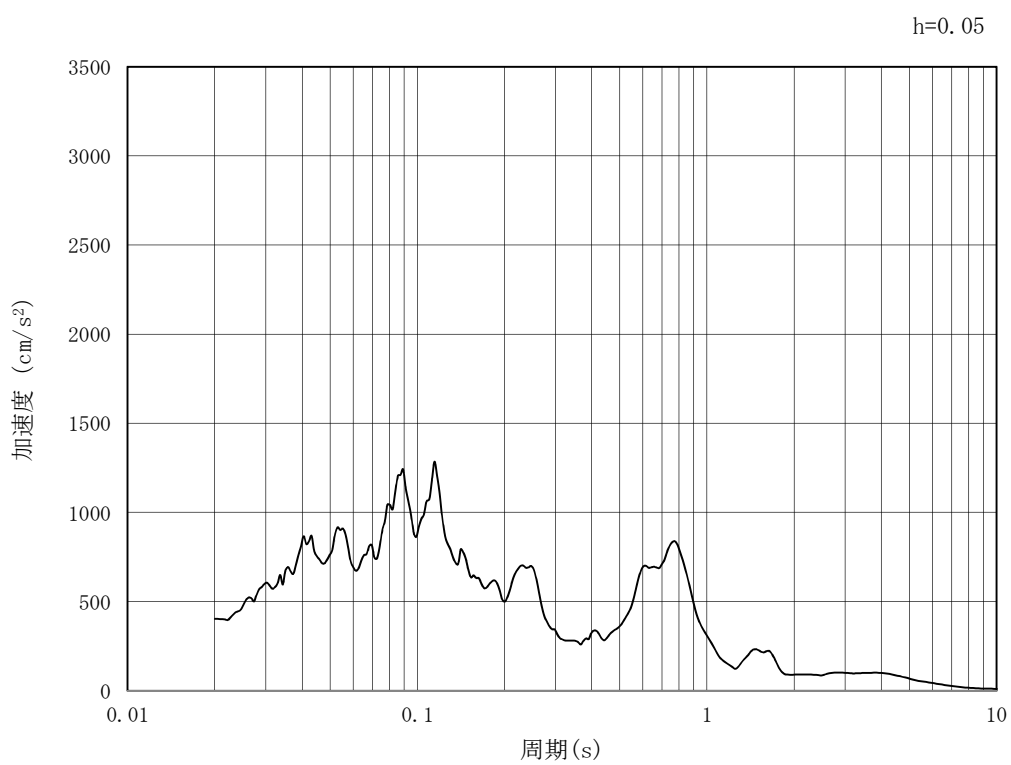


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (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: $S_s - 1.4$)

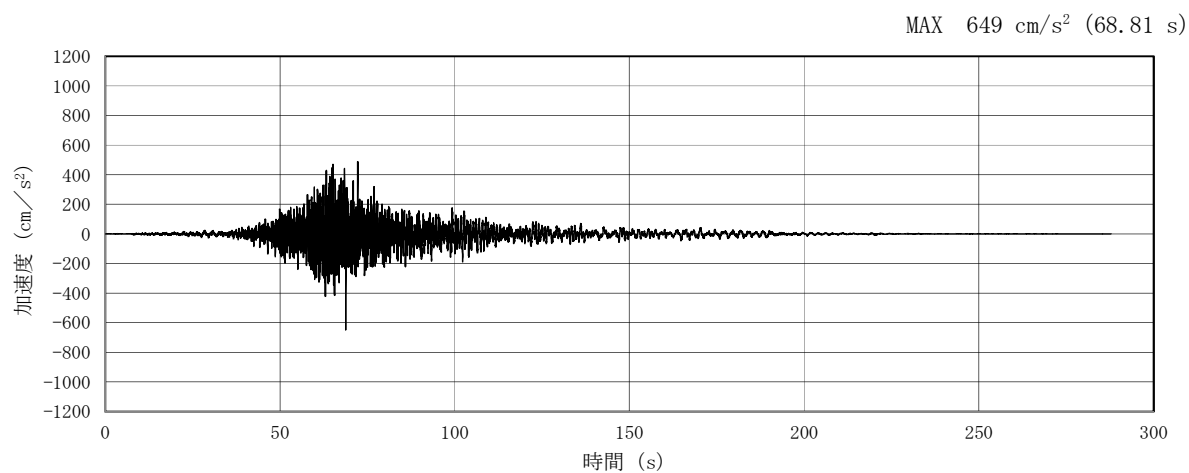


(a) 加速度時刻歴波形

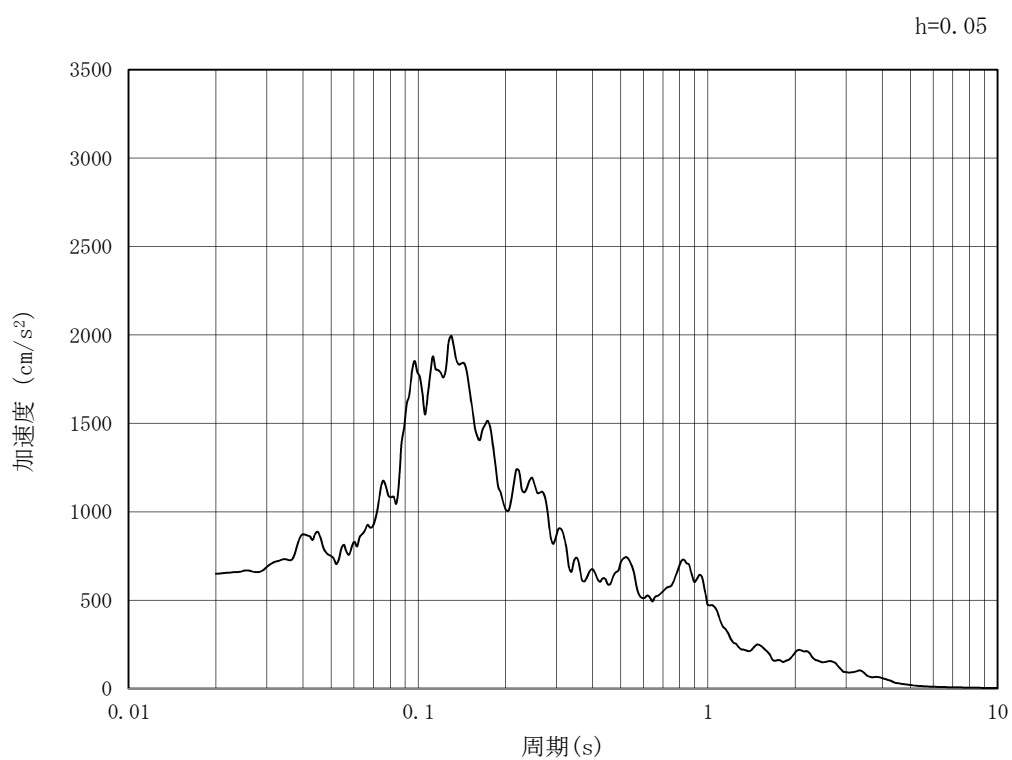


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (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: $S_s - 1.4$)

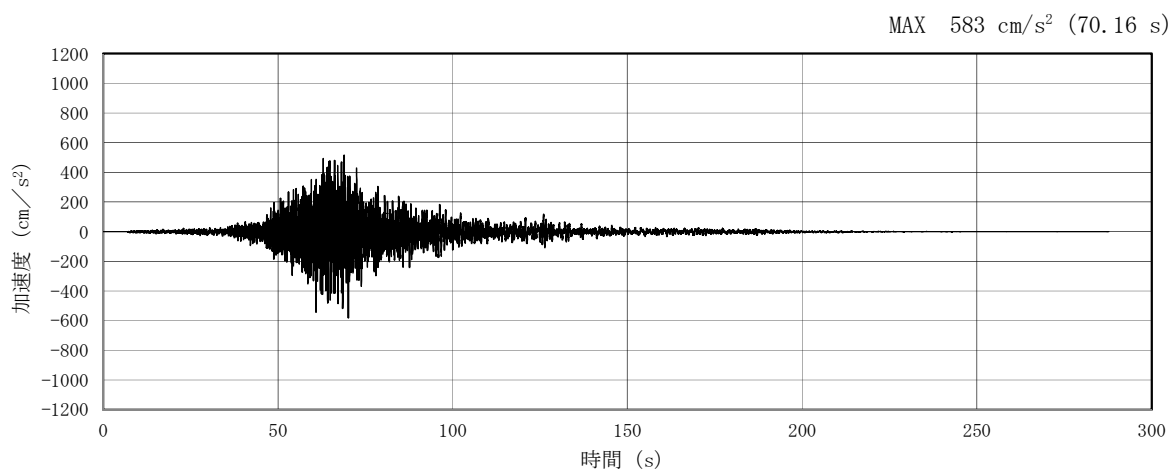


(a) 加速度時刻歴波形

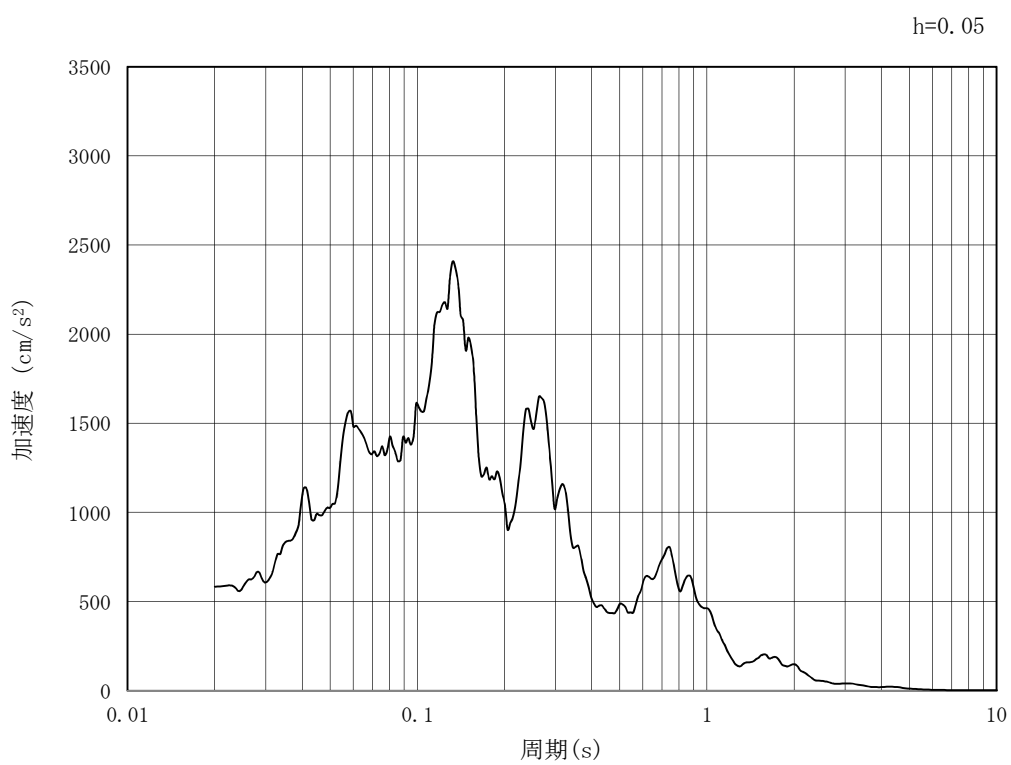


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 21$)

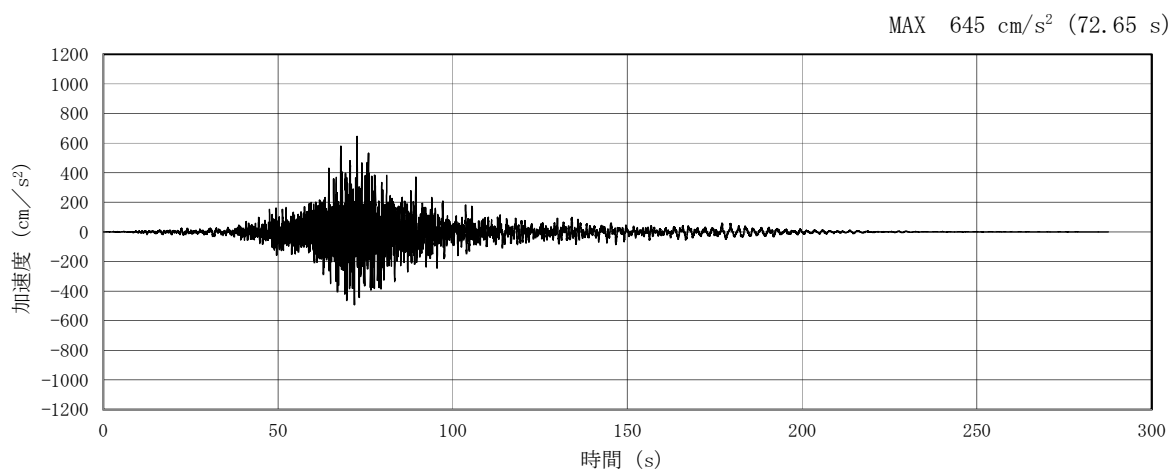


(a) 加速度時刻歴波形

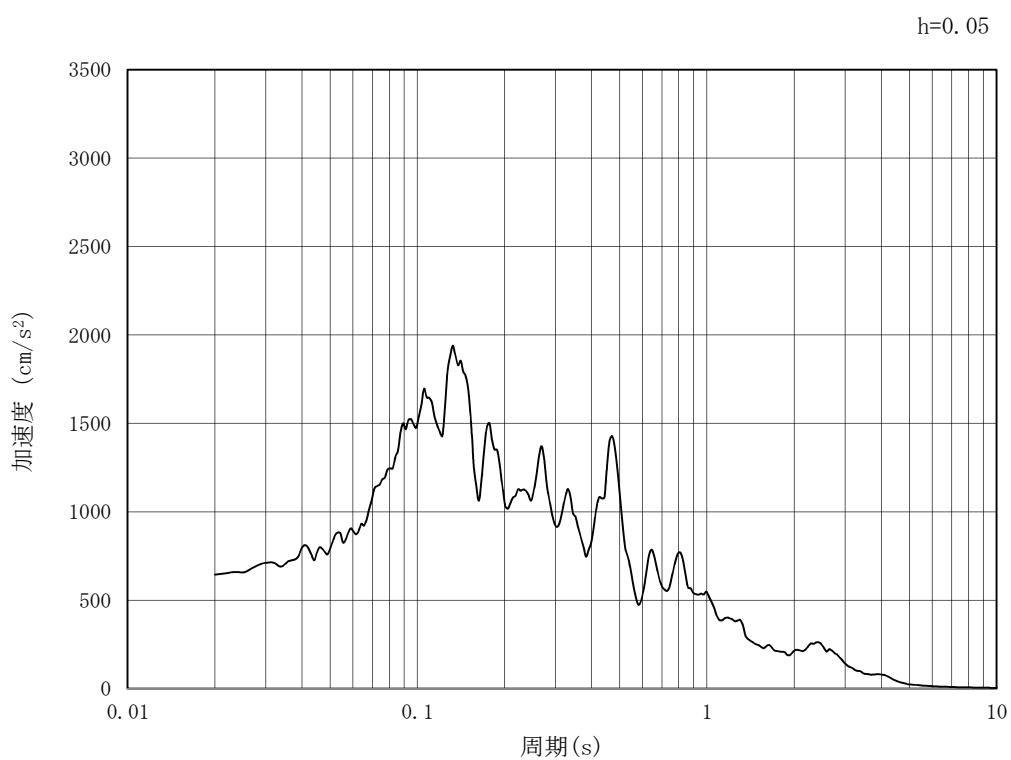


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 21$)

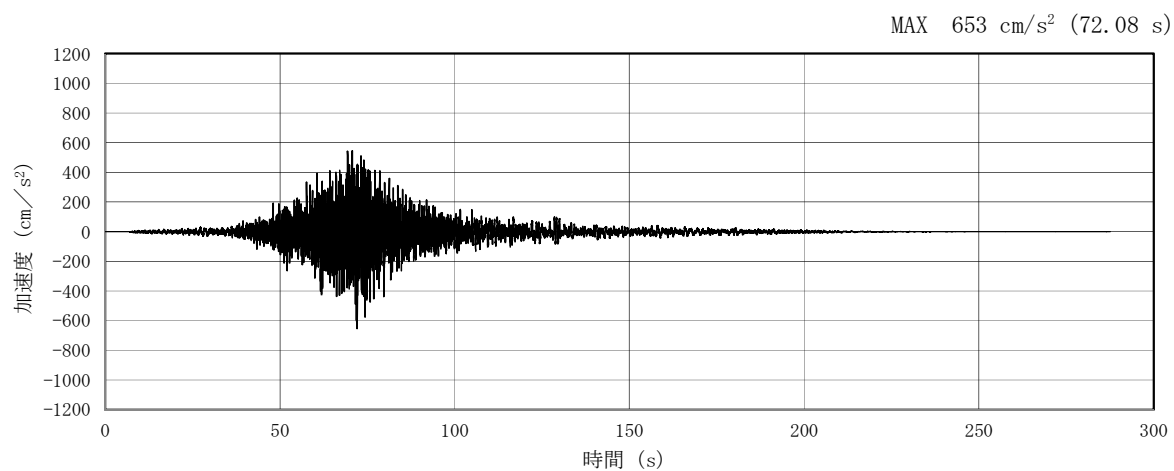


(a) 加速度時刻歴波形

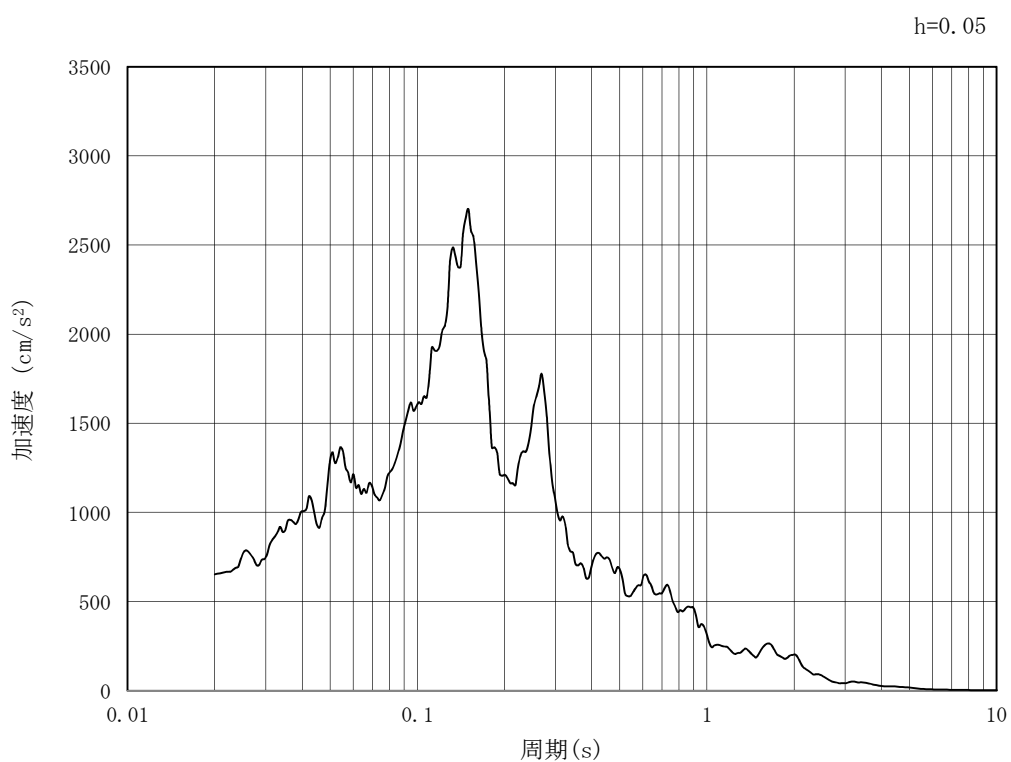


(b) 加速度応答スペクトル

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)

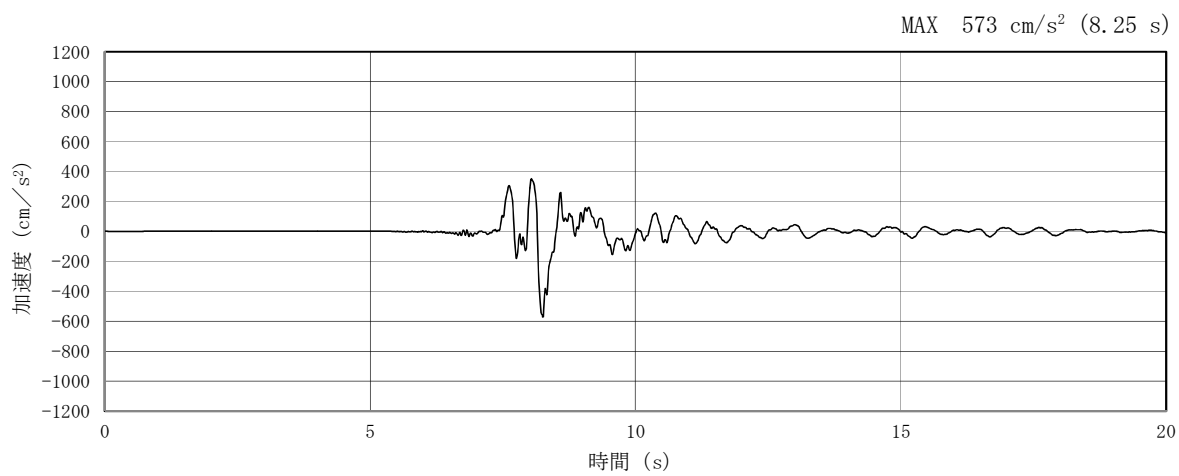


(a) 加速度時刻歴波形

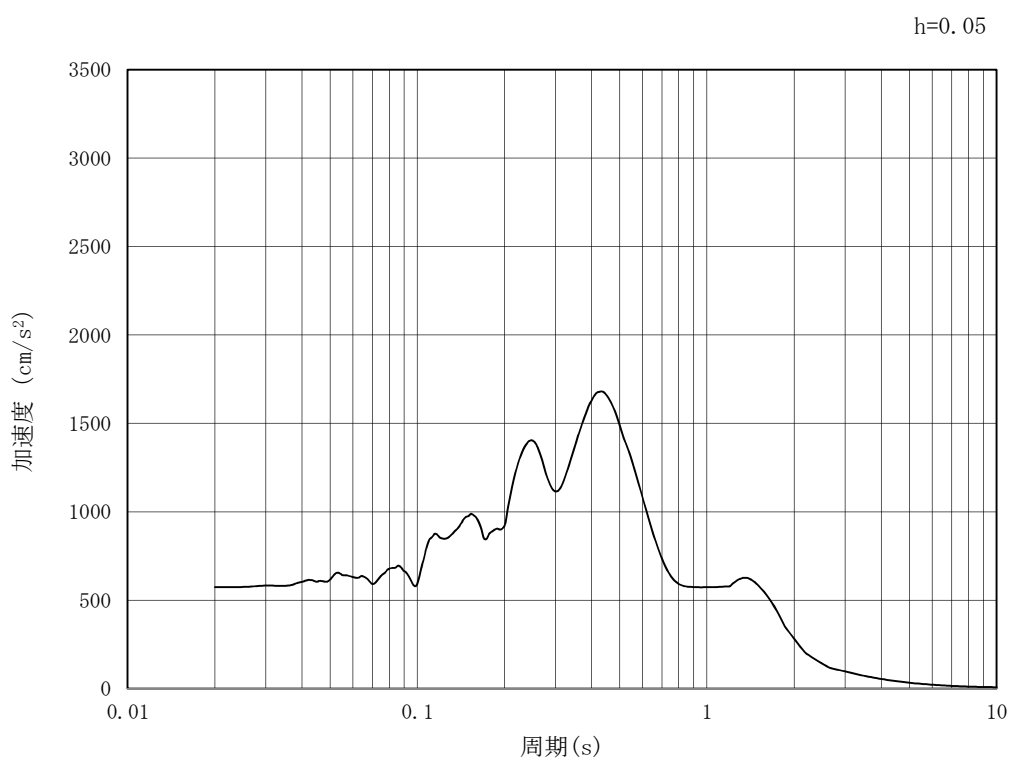


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 2.2$)

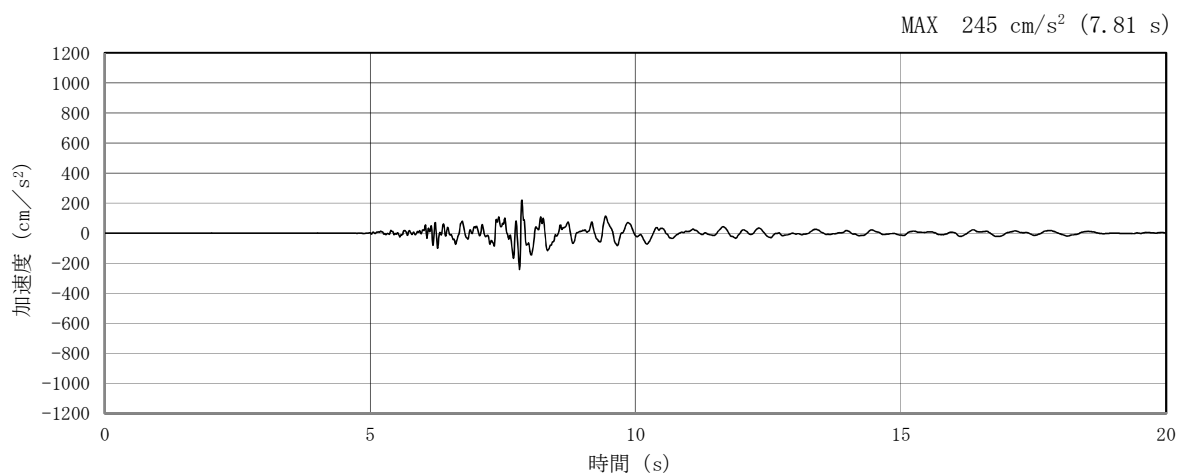


(a) 加速度時刻歴波形

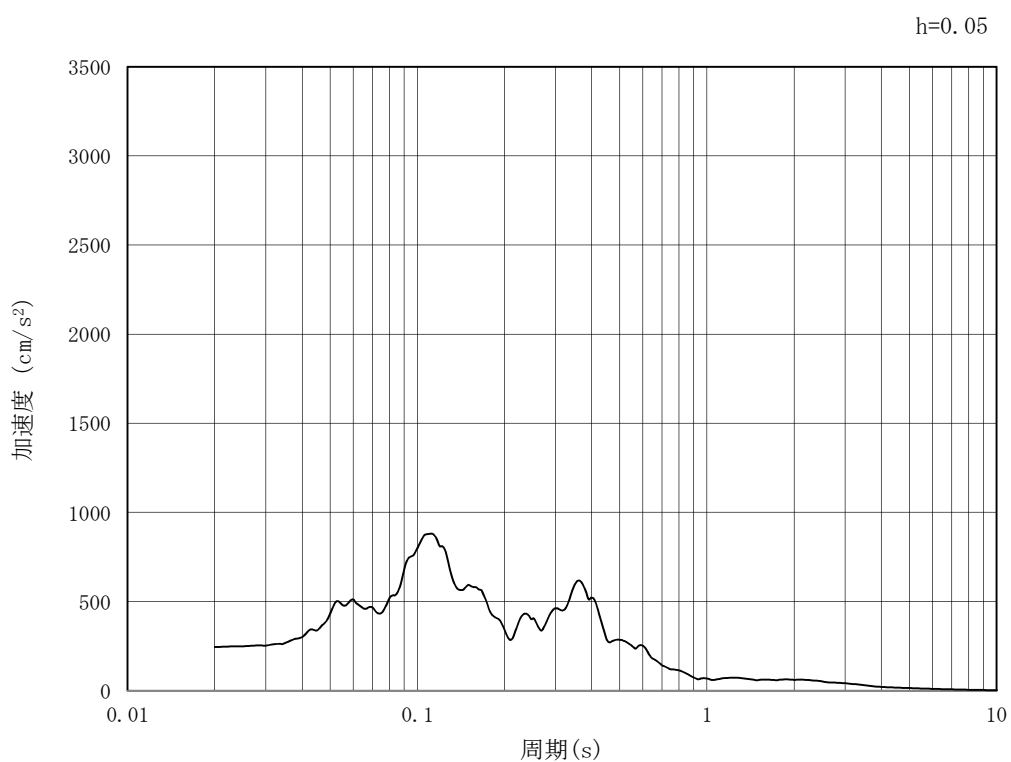


(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (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: $S_s - 3.1$)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

第3-4図 (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: $S_s - 3.1$)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

トンネル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，線形はり要素及び平面ひずみ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，平面ひずみ要素でモデル化する。



第3-5図 トンネル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

諸元	
コンクリート	設計基準強度 30 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	2.8×10^4	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-2-2-21-4 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）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	6
3. 解析方法	7
3.1 評価対象断面	7
3.2 解析方法	8
3.3 荷重及び荷重の組合せ	9
3.4 入力地震動	10
3.5 解析モデル及び諸元	43

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代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）（以下、「立坑」という。）の地震応答解析について説明するものである。

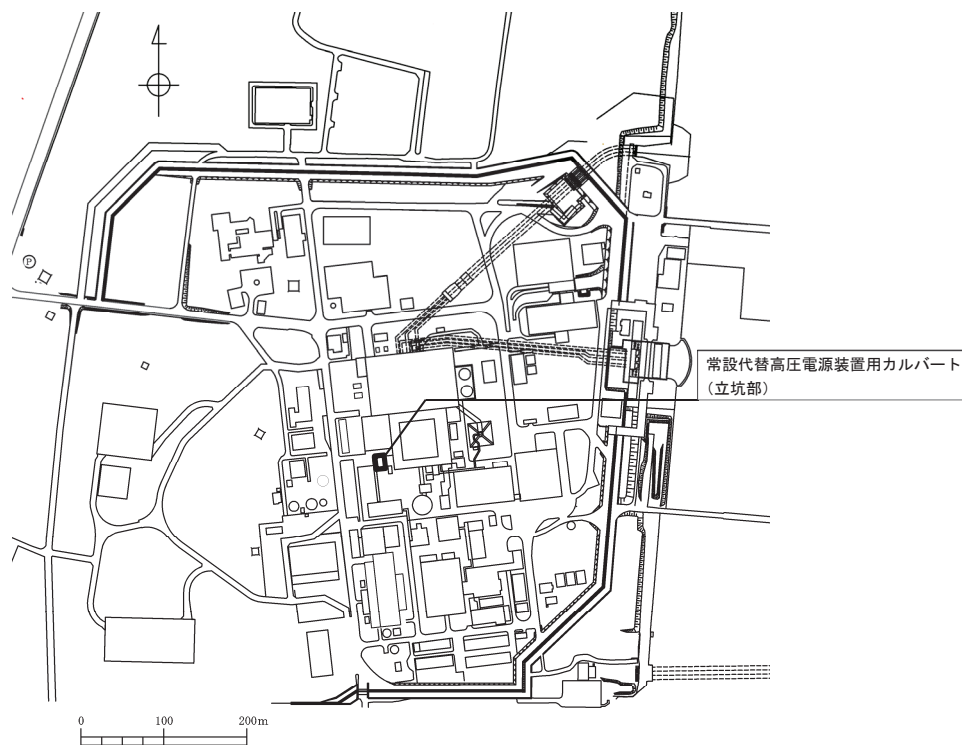
本地震応答解析は、機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。

また、立坑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

立坑の平面配置図を第 2-1 図に示す。



第 2-1 図 (1) 立坑の平面配置図 (全体平面図)

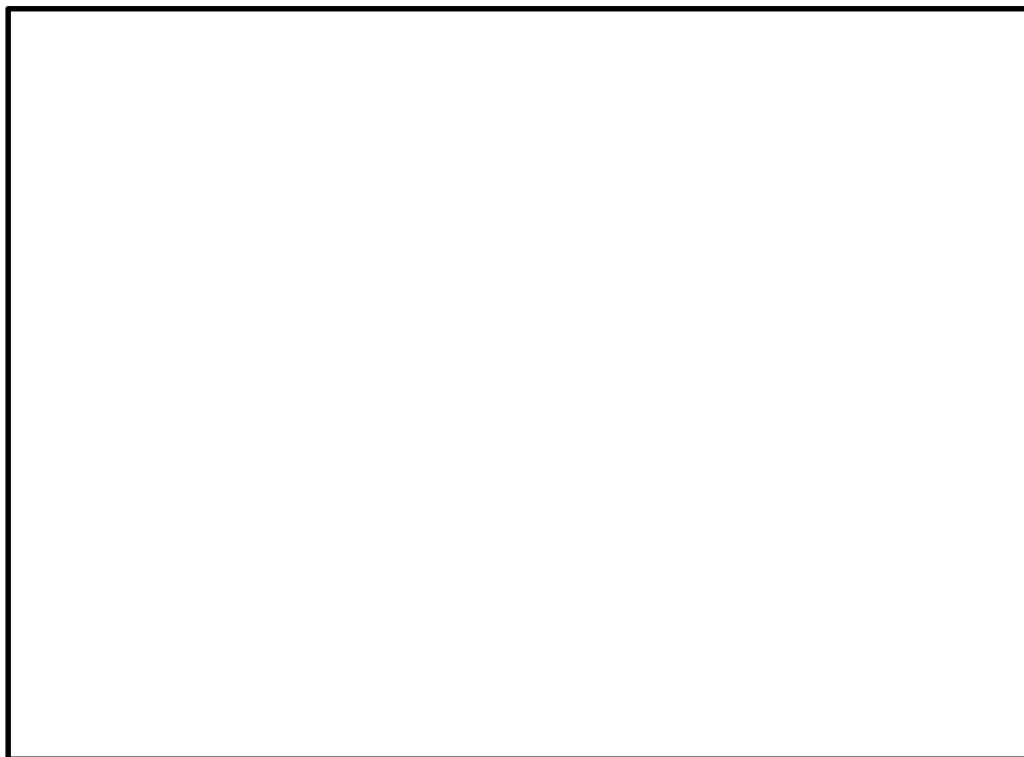


第 2-1 図 (2) 立坑の平面配置図 (拡大図)

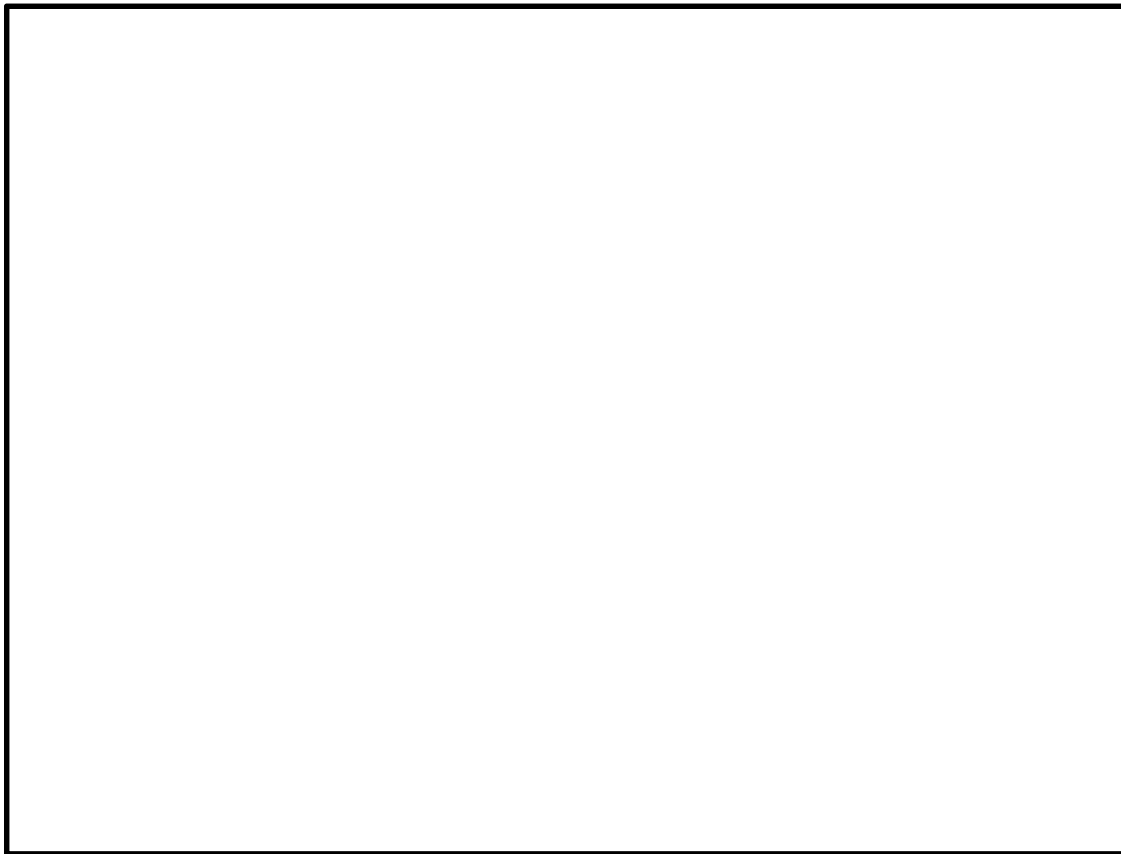
2.2 構造概要

立坑は、電気ケーブル、軽油移送配管及び水配管を支持する4層2連カルバート状の鉄筋コンクリート構造物であり、南北方向約12.5 m、東西方向約16.5 m、高さ約39 mである。構造物は十分な支持性能を有する岩盤に直接設置する。

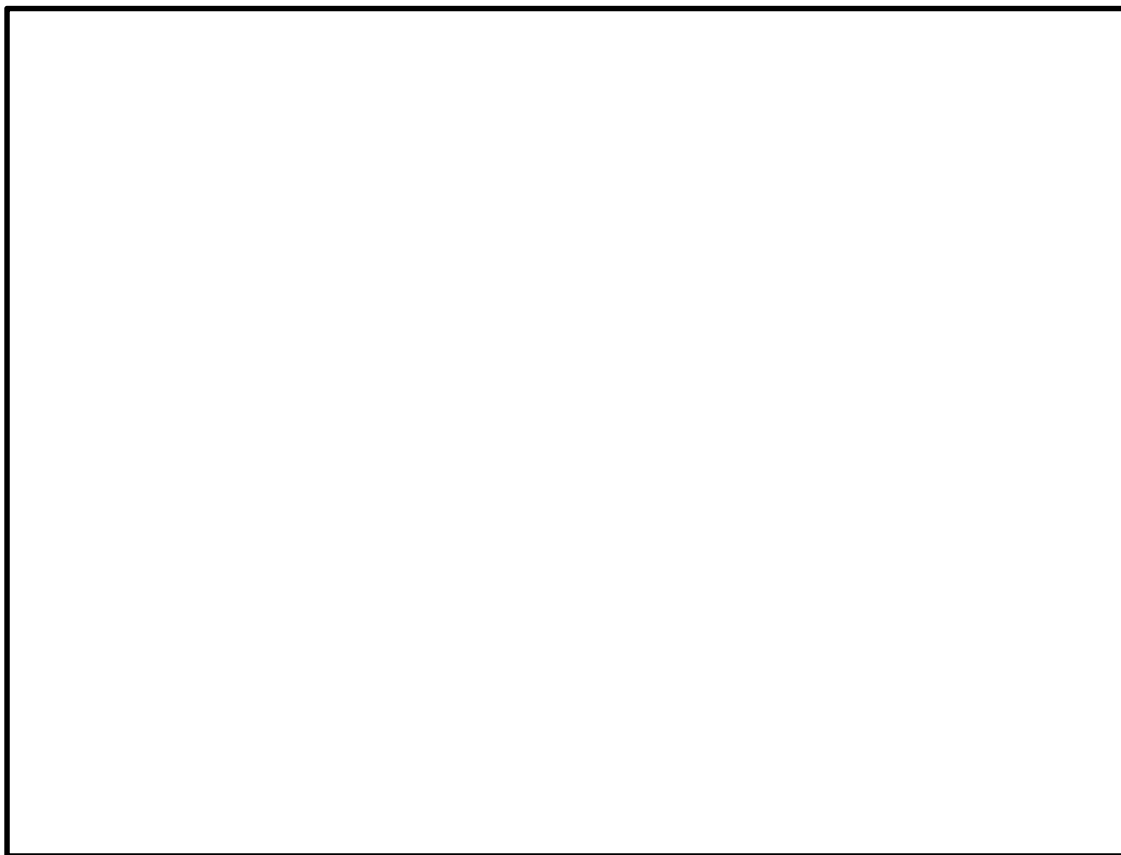
立坑の平面図を第2-2図、断面図（南北方向）を第2-3図、断面図（東西方向）を第2-4図に示す。



第2-2図 立坑の平面図



第2-3図 立坑の断面図（南北方向 ①-①断面）



第2-4図 立坑の断面図（東西方向 ②-②断面）

2.3 解析方針

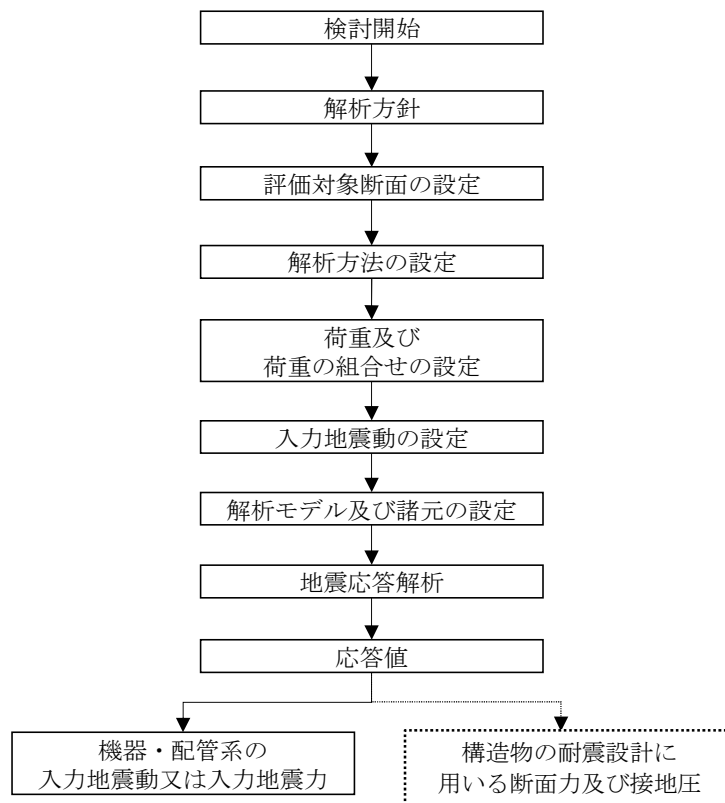
立坑は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 S_s に対して解析を実施する。

第2-5図に立坑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、断面力及び接地圧は、立坑の耐震設計に用いる。



第2-5図 立坑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）
- ・ 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24年3月）
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度法－（（社）日本建築学会，1999年）

3. 解析方法

3.1 評価対象断面

立坑は幅 12.5 m（南北方向），16.5 m（東西方向）の箱形構造物であり，強軸・弱軸の区別が線状構造物や海水ポンプ室等の構造物と比較して曖昧な構造物であるから，評価対象断面は立坑南北方向及び東西方向の 2 断面を対象とする。

また，立坑は箱形構造物であることから，加振方向の側壁を耐震壁として考慮する。構造物のモデル化においては，加振方向に平行する側壁を耐震壁（平面ひずみ要素），加振方向直交方向の側壁及び底版を線形はり要素としてモデル化し，開口及び側壁の影響を適切に考慮する。

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、線形はり要素及び平面ひずみ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化とする。

3.2.3 減衰特性

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

立坑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

立坑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。

(4) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として 30 cm の積雪を考慮する。

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)	$G + P + K_s + P_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

K_s : 地震荷重

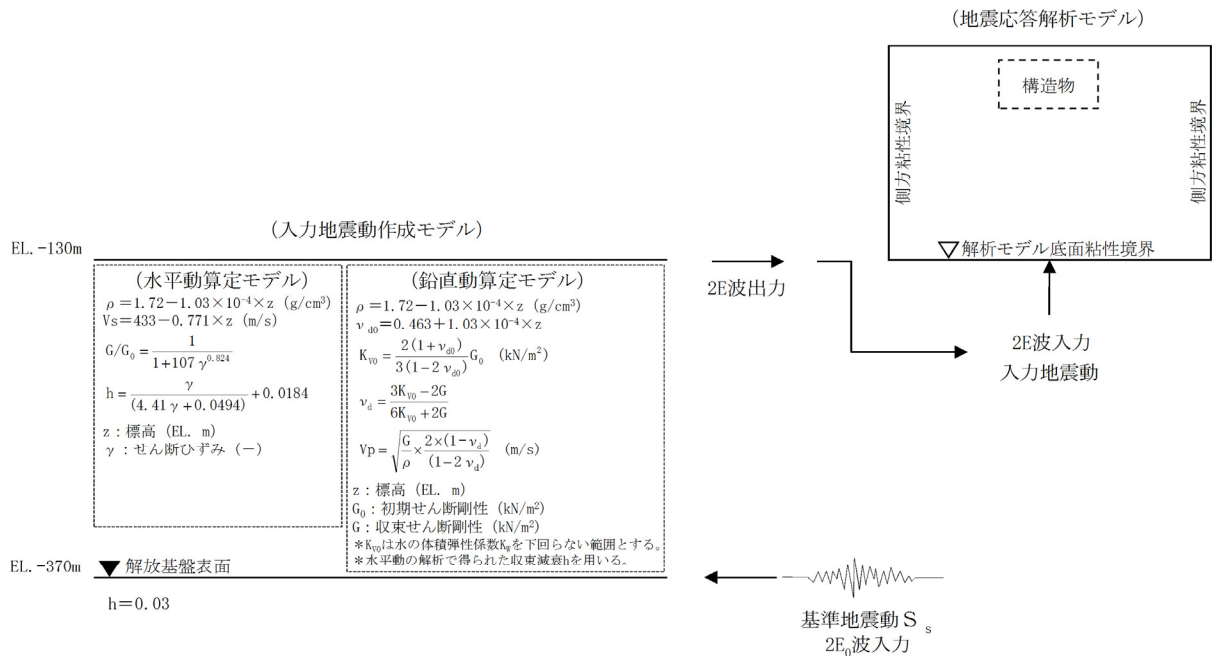
P_s : 積雪荷重

3.4 入力地震動

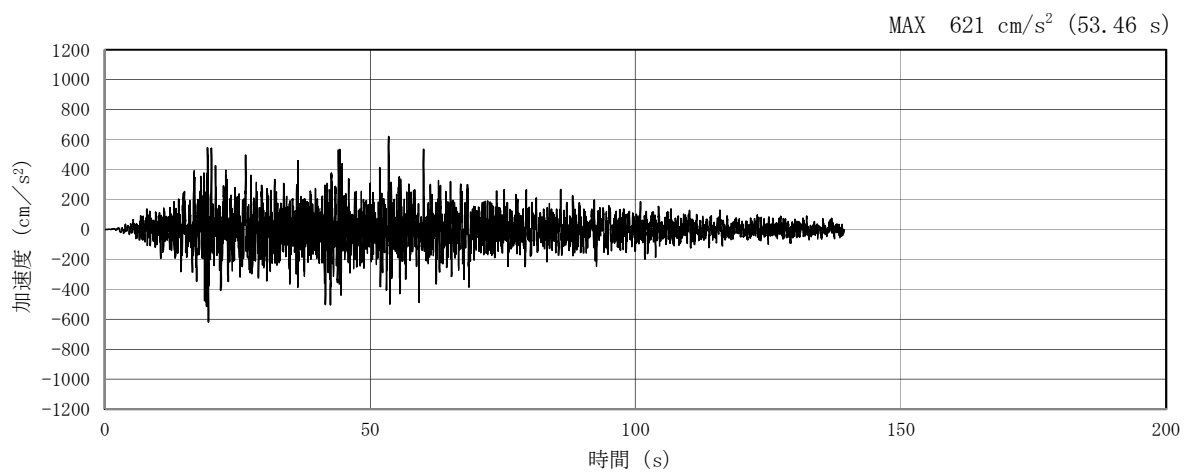
入力地震動は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

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 3-1 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 3-2 図に示す。

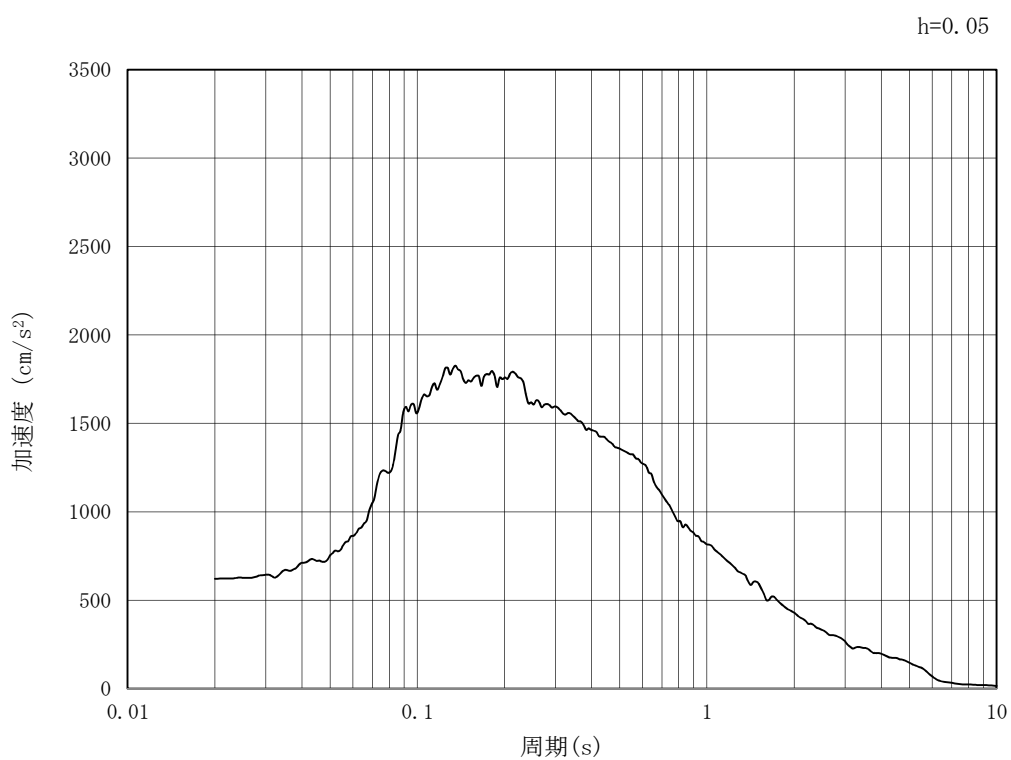
入力地震動の算定には、解析コード「microSHAKE/3D Ver. 2.2.3.311」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



第 3-1 図 入力地震動算定の概念図

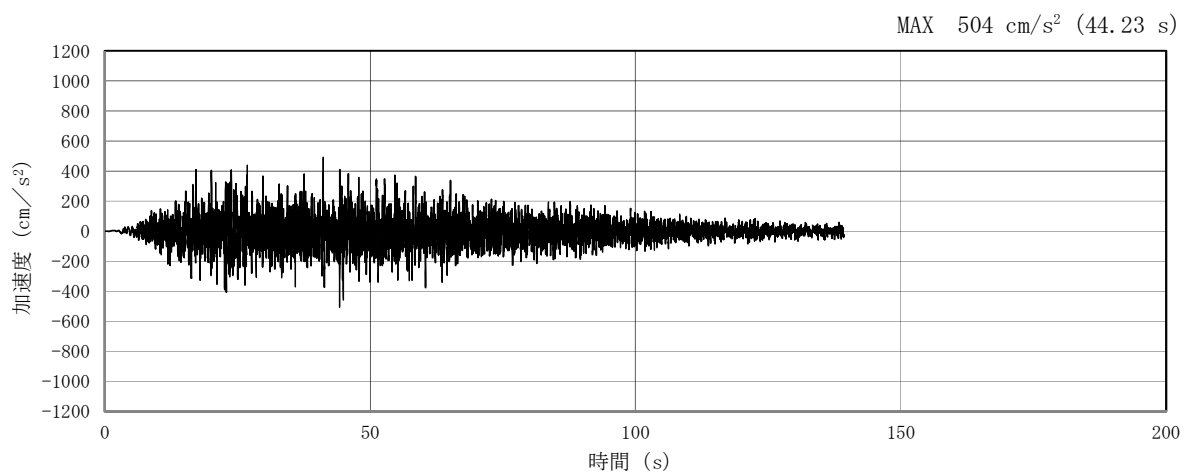


(a) 加速度時刻歴波形

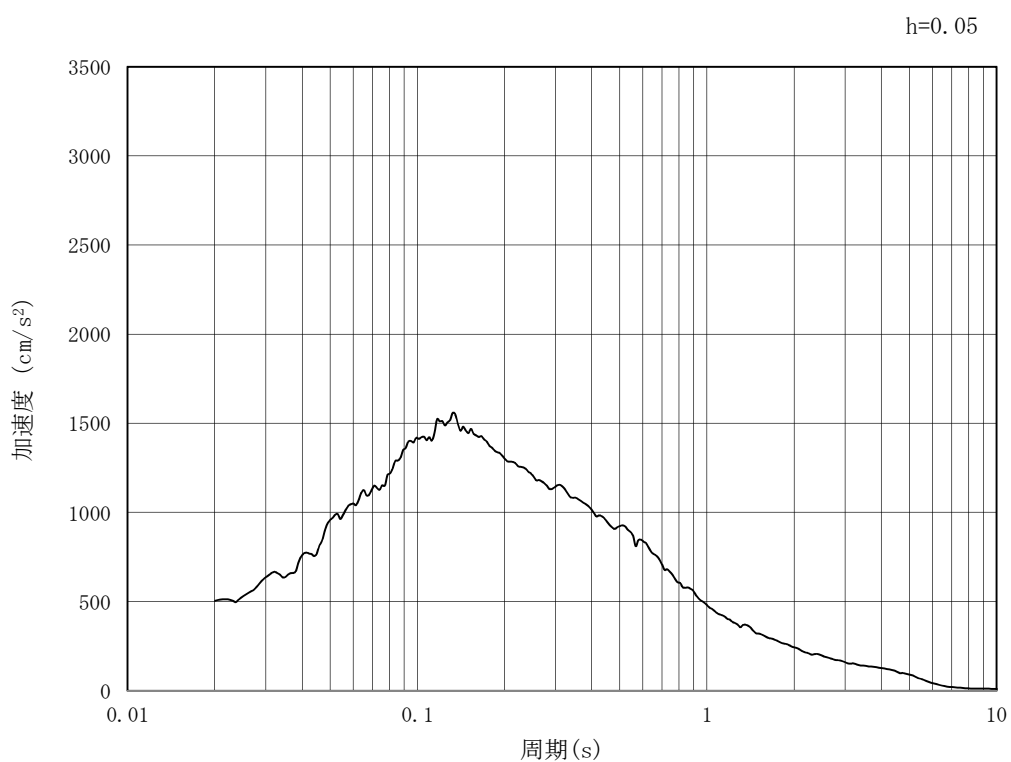


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-2 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 : $S_s - D 1$)

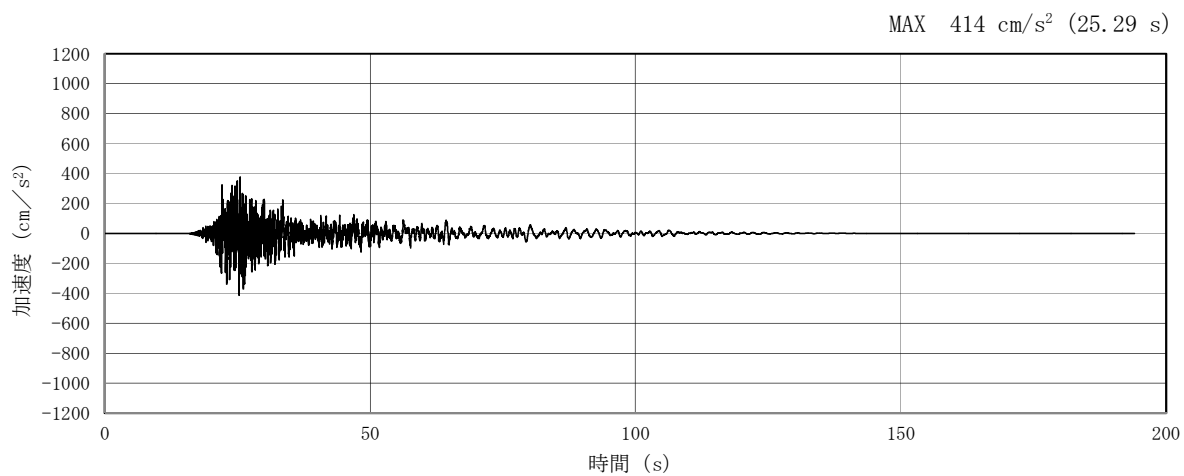


(a) 加速度時刻歴波形

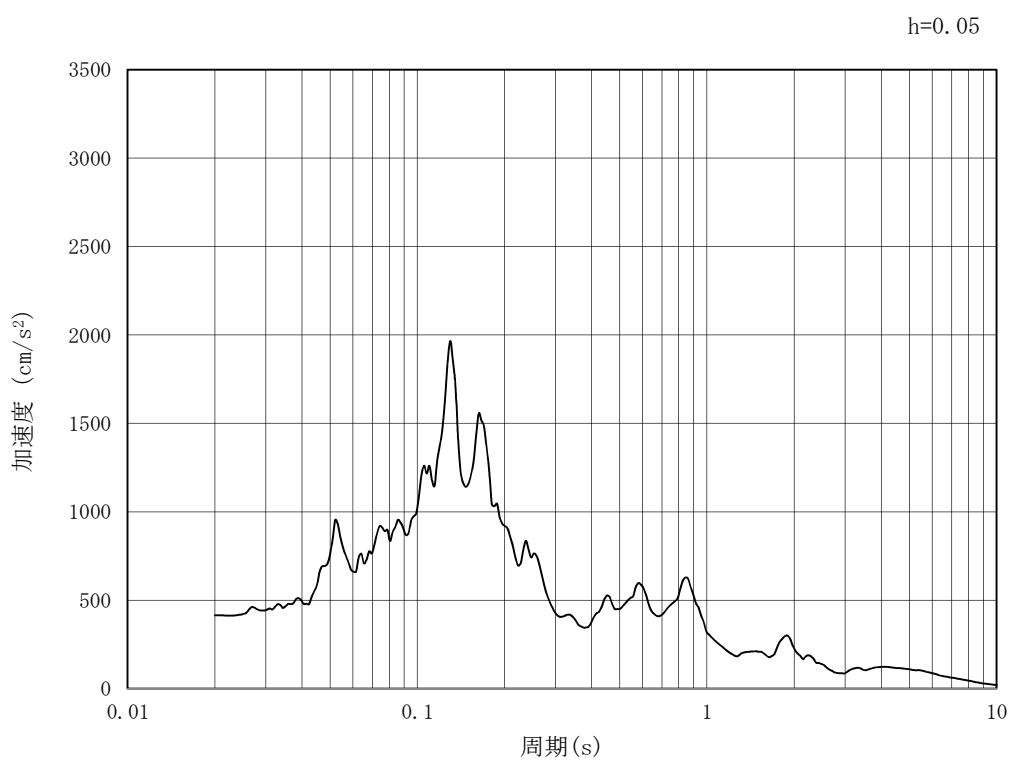


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-2 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 : $S_s - D 1$)

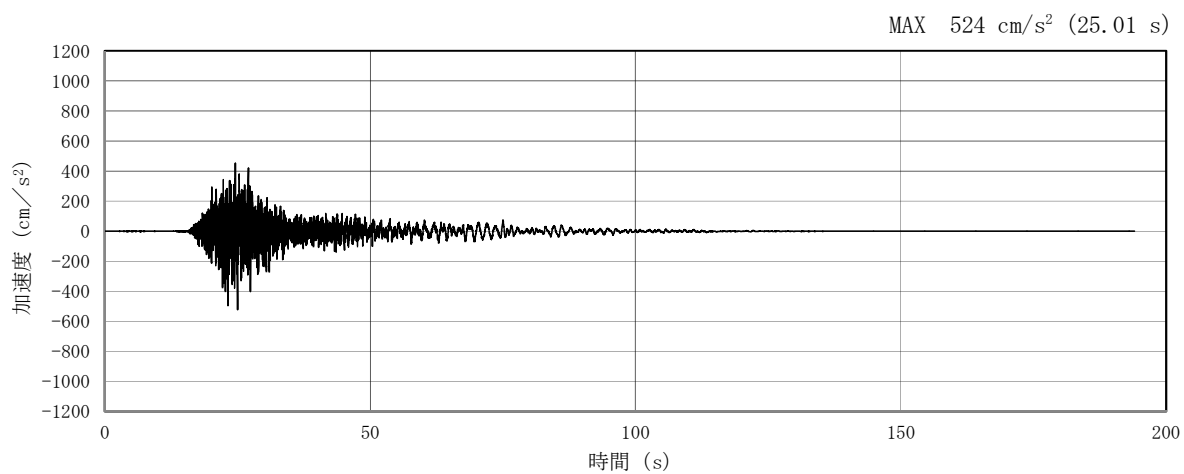


(a) 加速度時刻歴波形

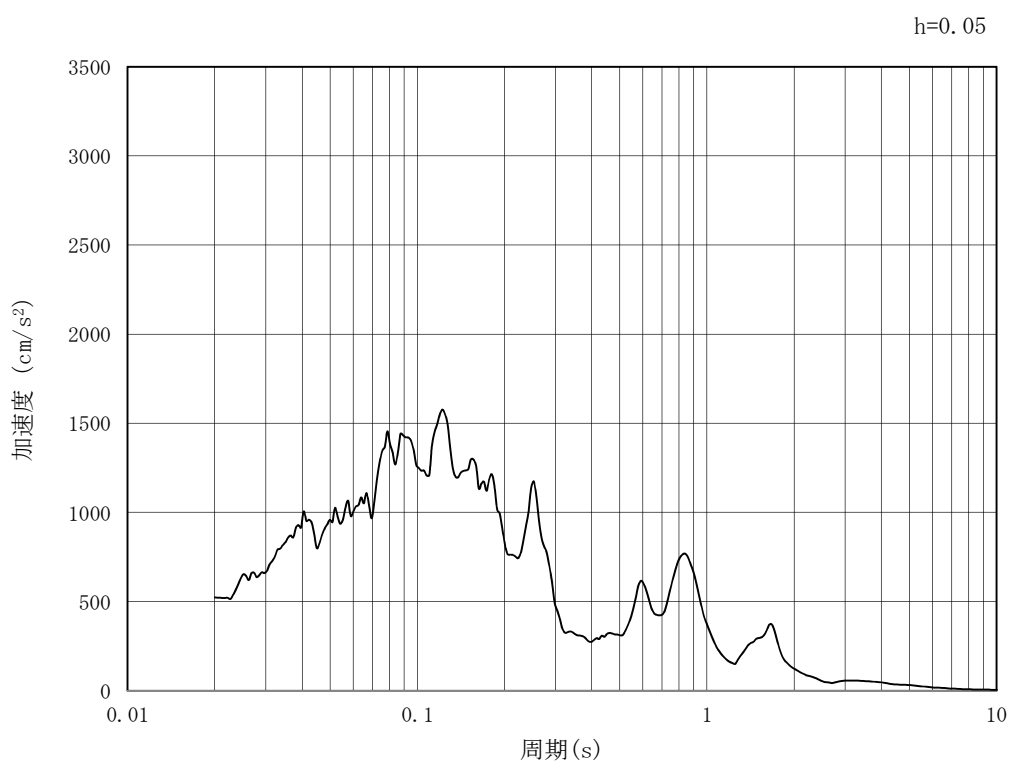


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-2 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: $S_s - 1.1$)

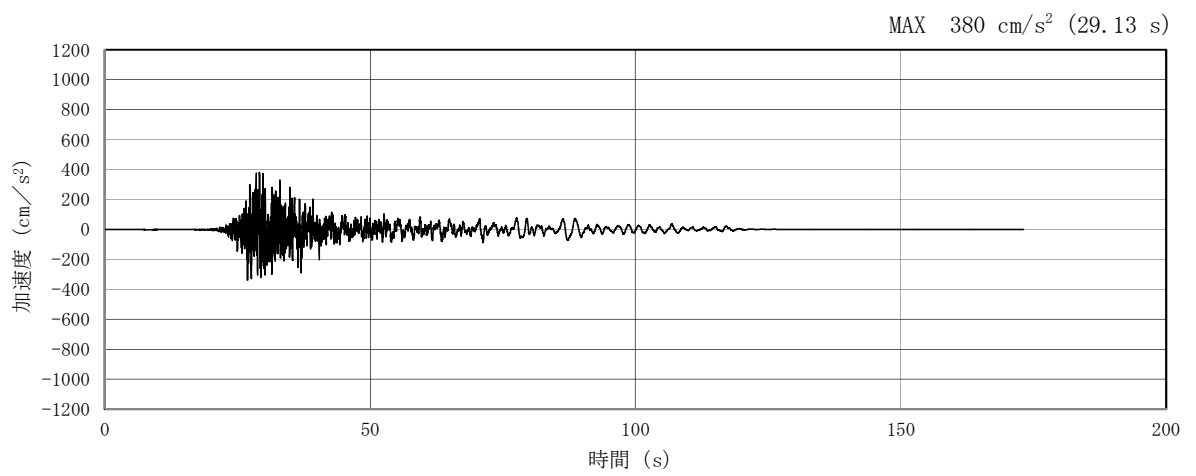


(a) 加速度時刻歴波形

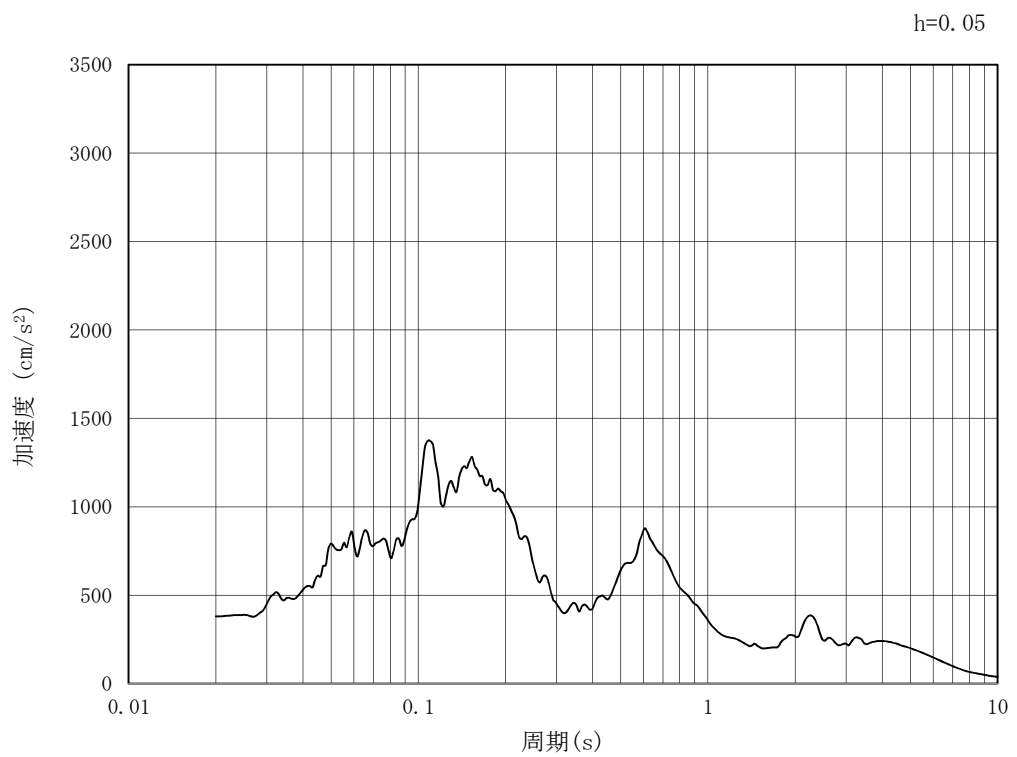


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-2 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: $S_s - 1.1$)

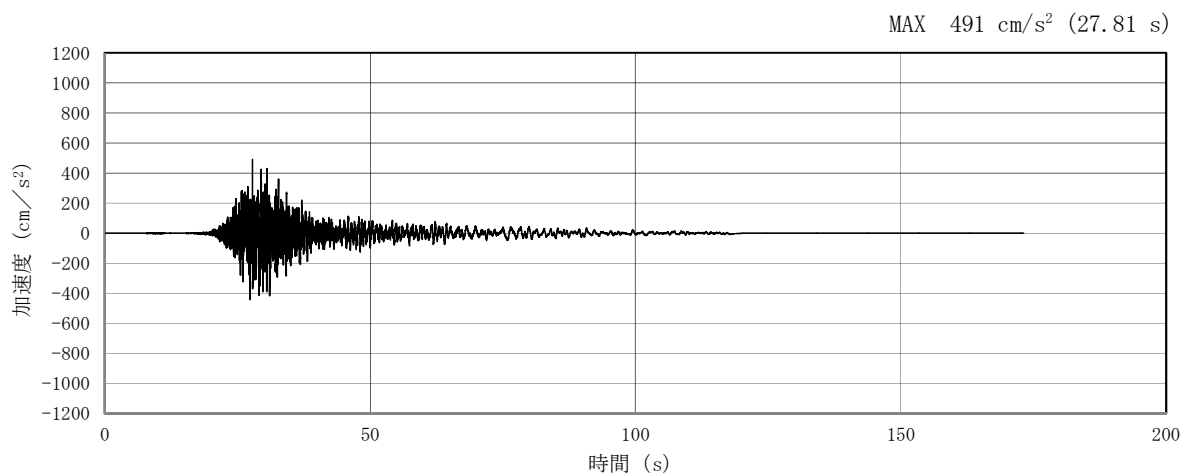


(a) 加速度時刻歴波形

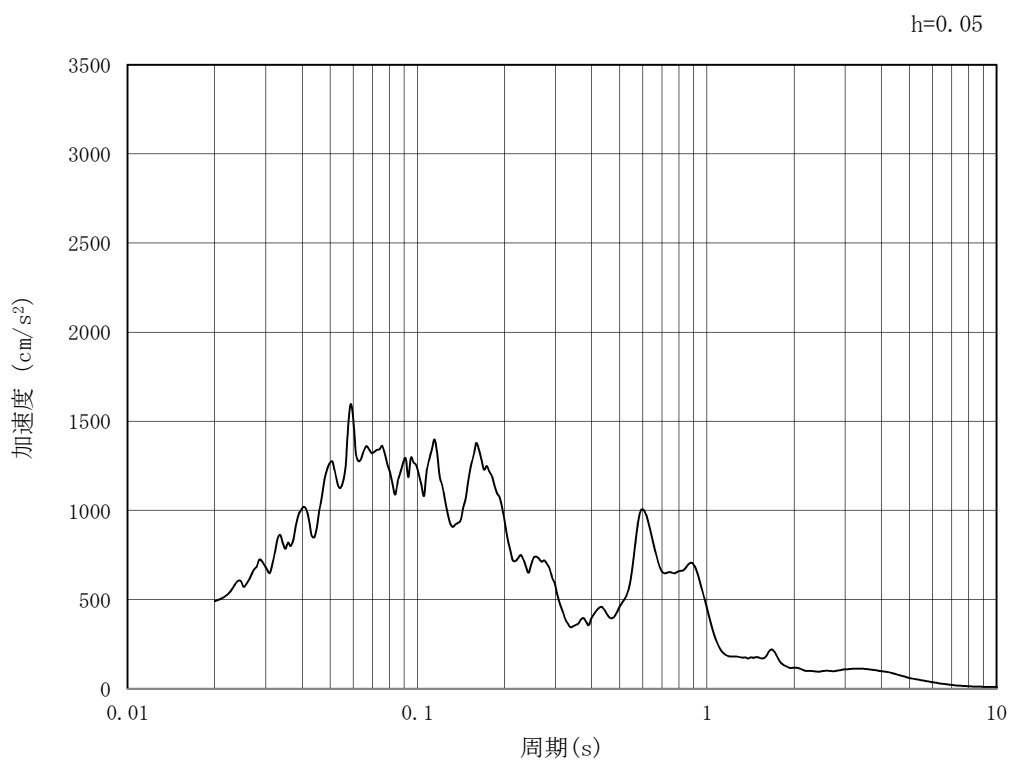


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-2 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: $S_s - 1.2$)

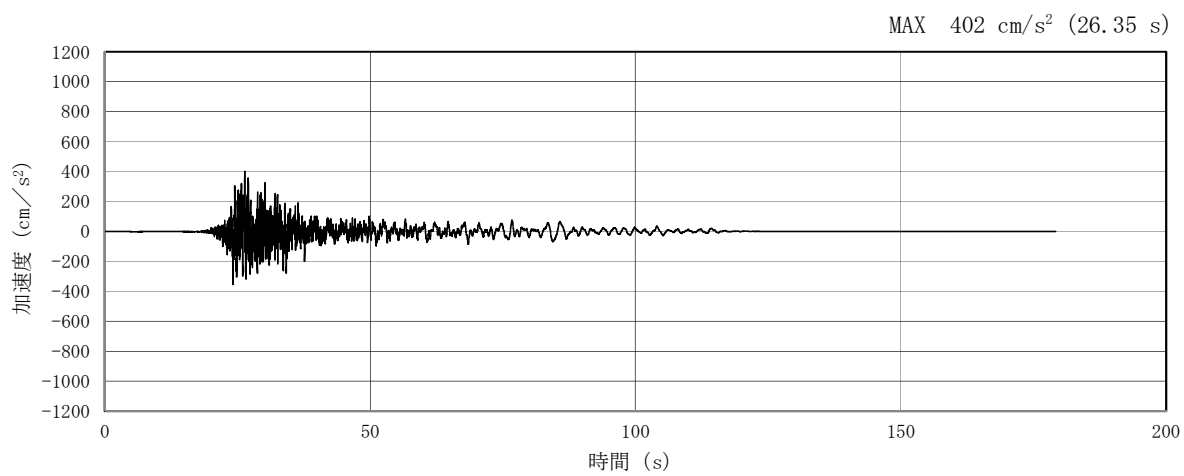


(a) 加速度時刻歴波形

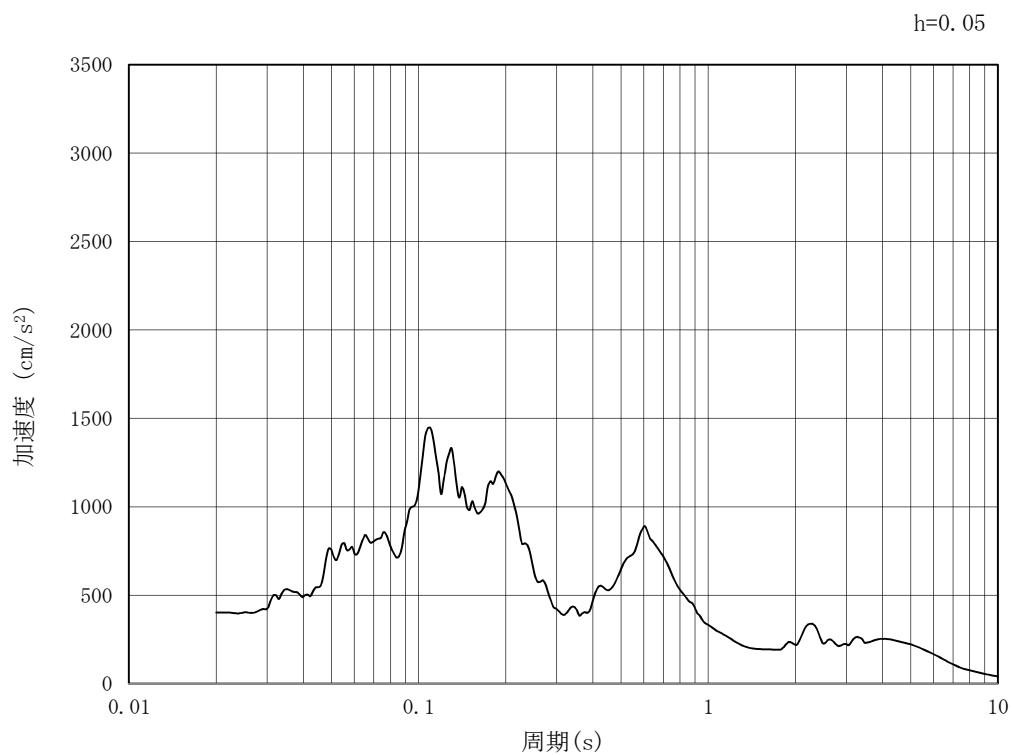


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-2 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 : $S_s - 1.2$)

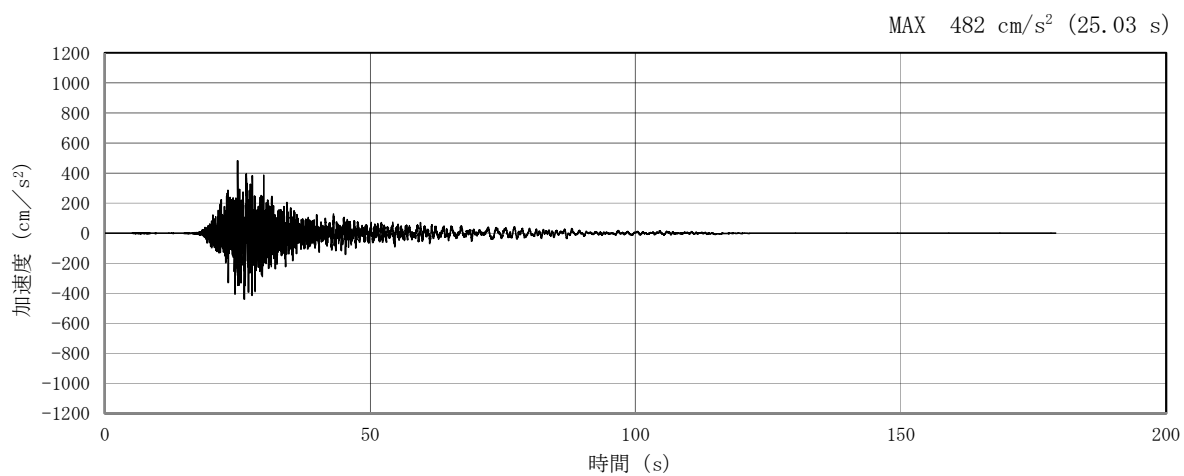


(a) 加速度時刻歴波形

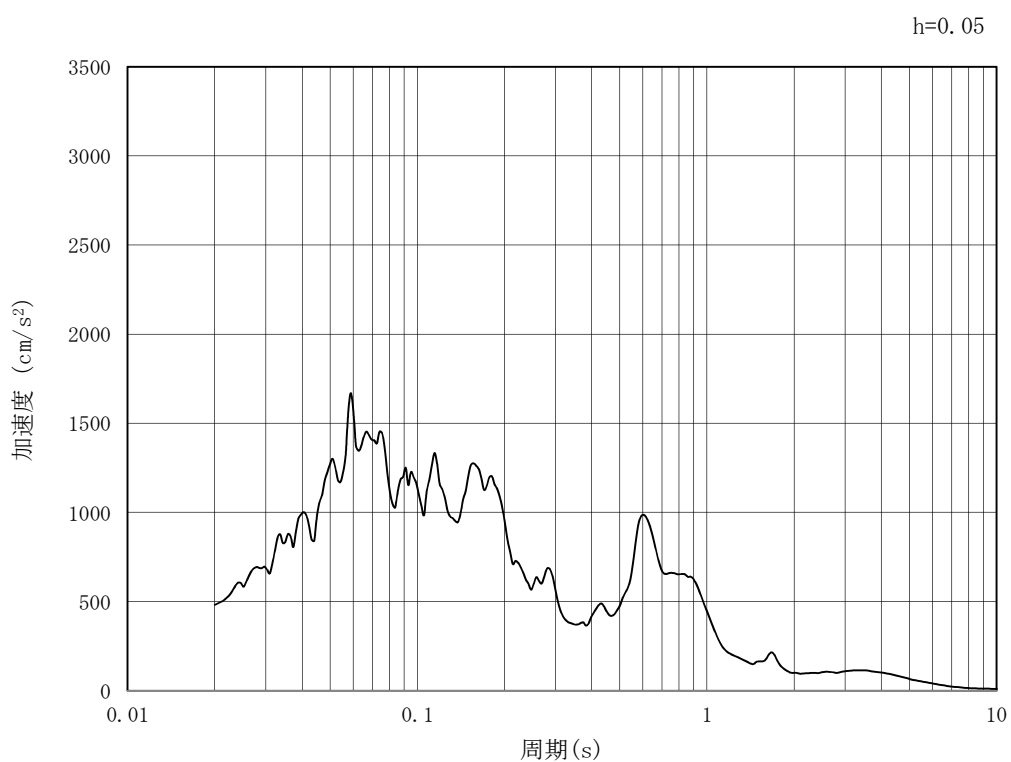


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-2 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: $S_s - 1.3$)

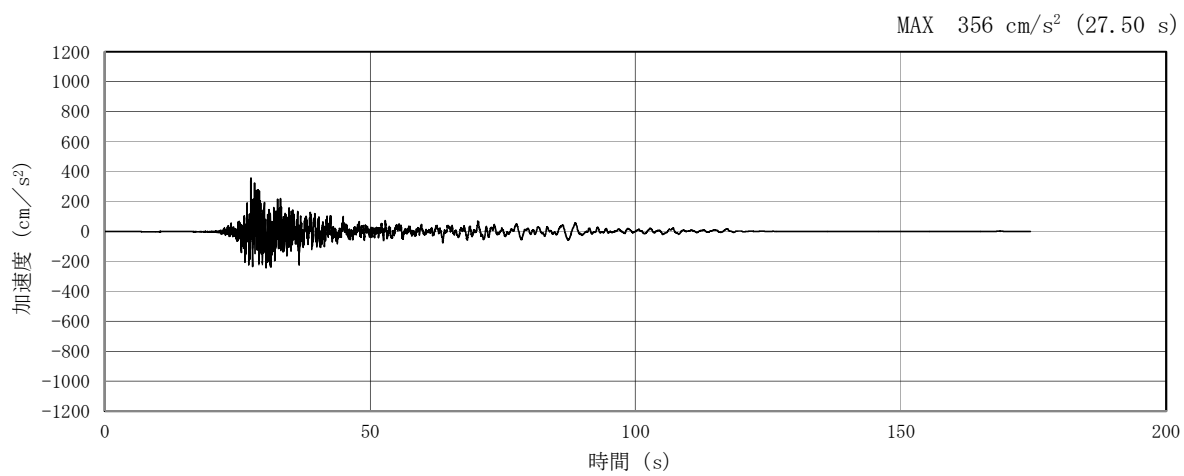


(a) 加速度時刻歴波形

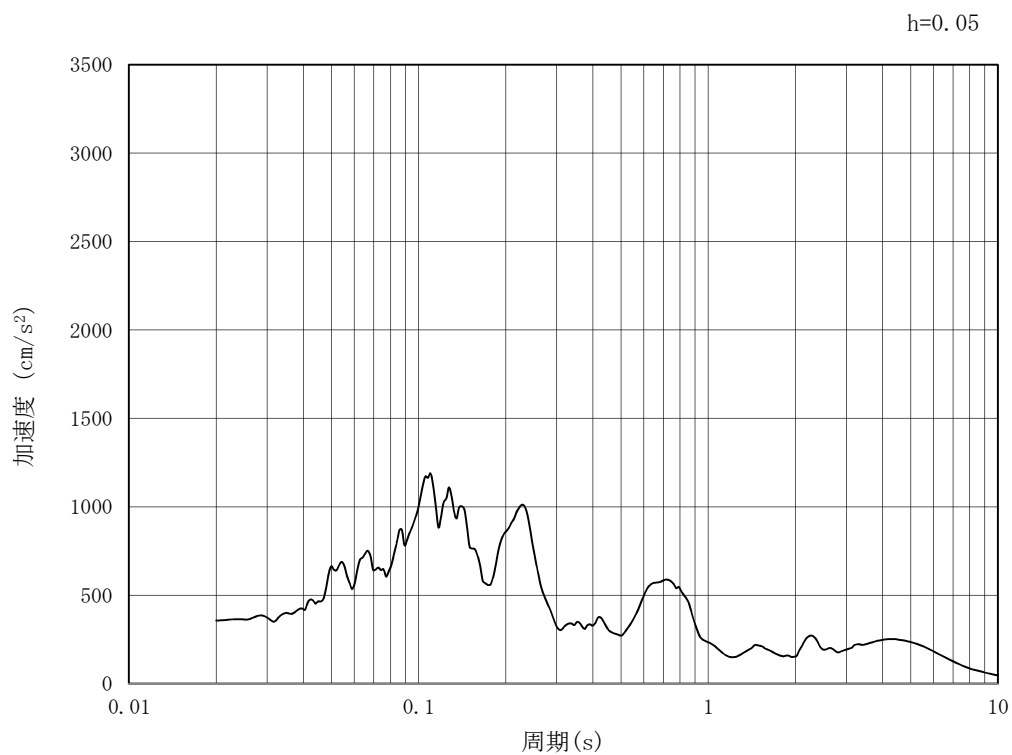


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-2 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: $S_s - 1.3$)

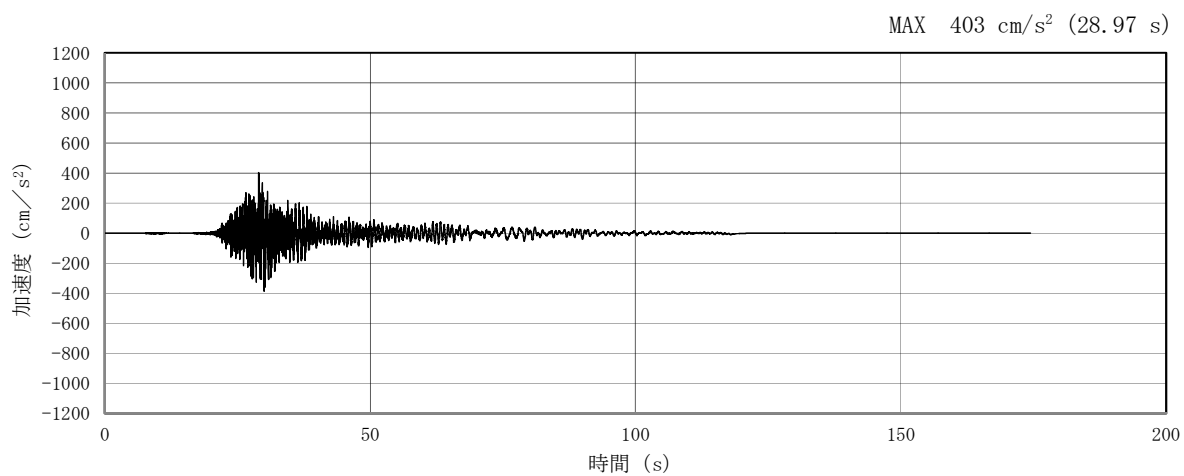


(a) 加速度時刻歴波形

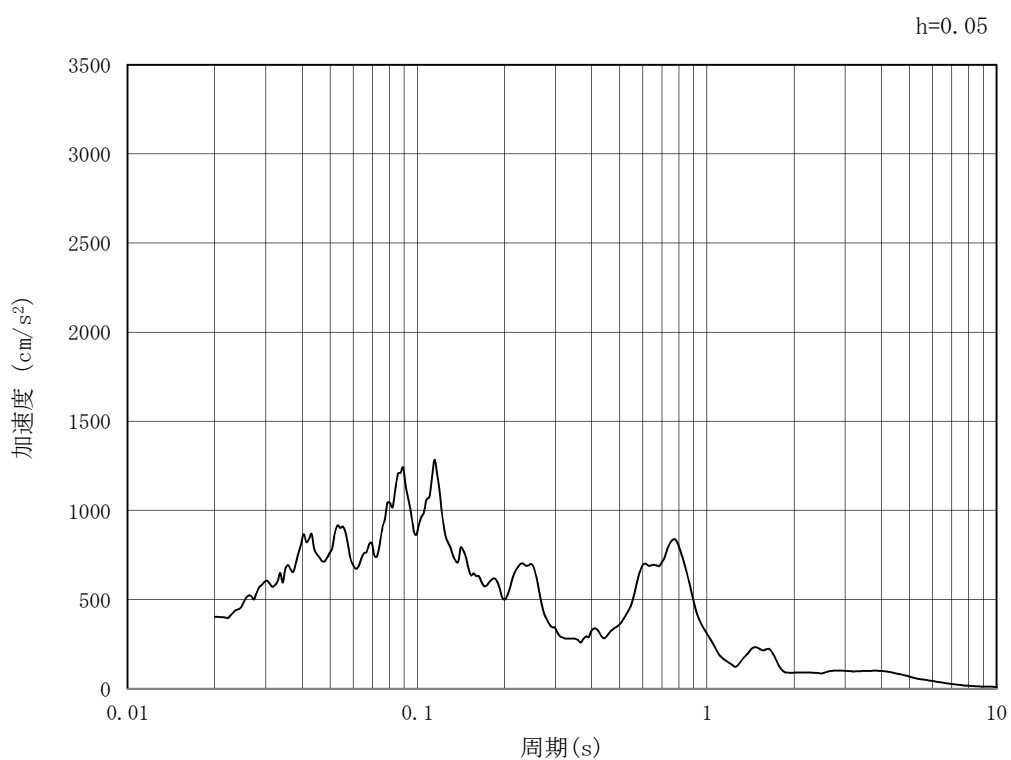


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-2 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: $S_s - 1.4$)

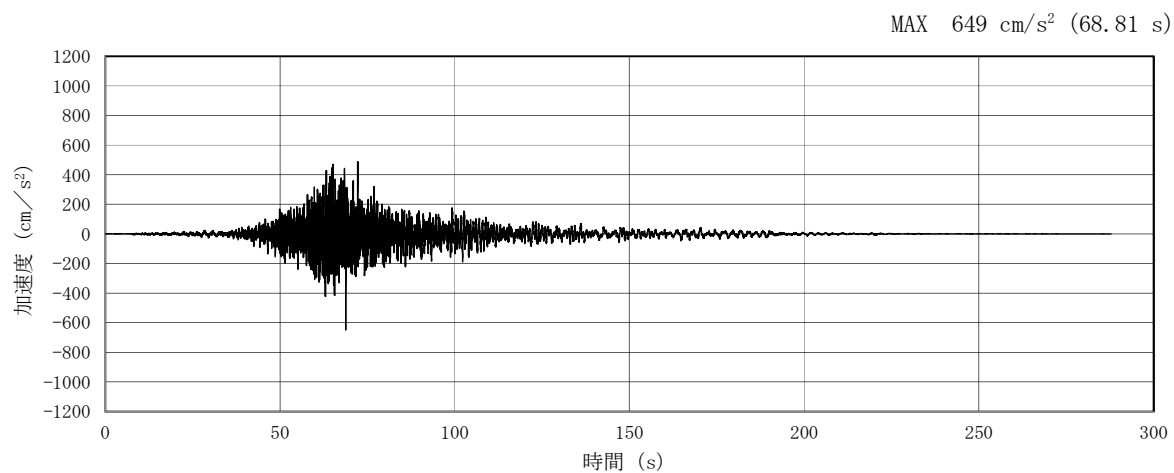


(a) 加速度時刻歴波形

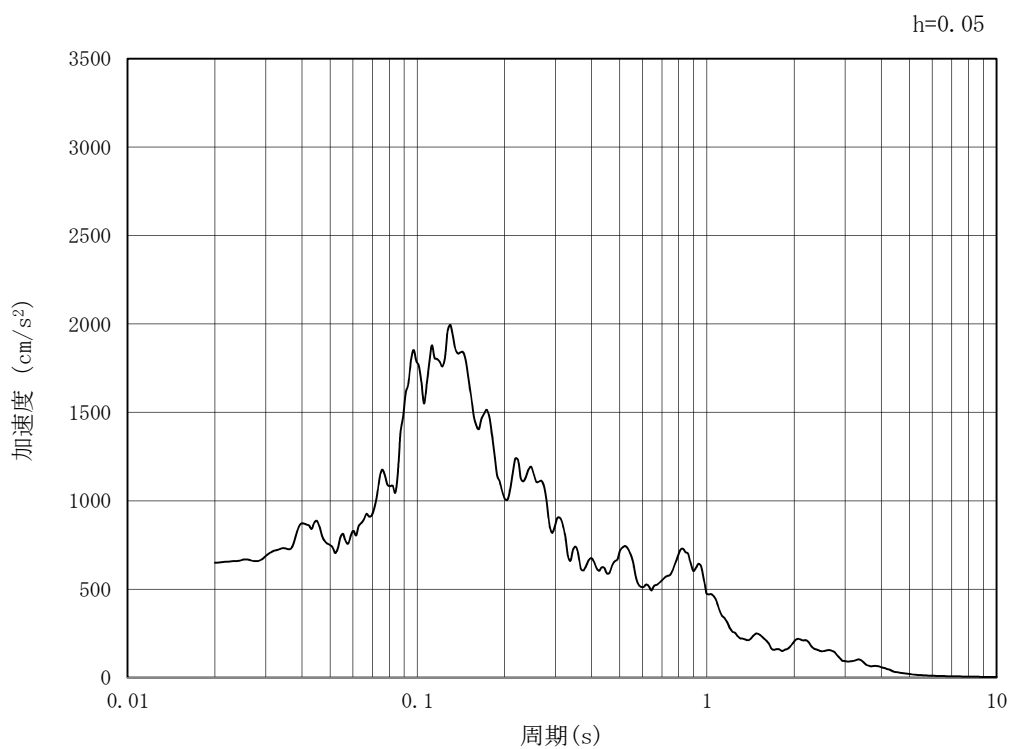


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2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: $S_s - 1.4$)

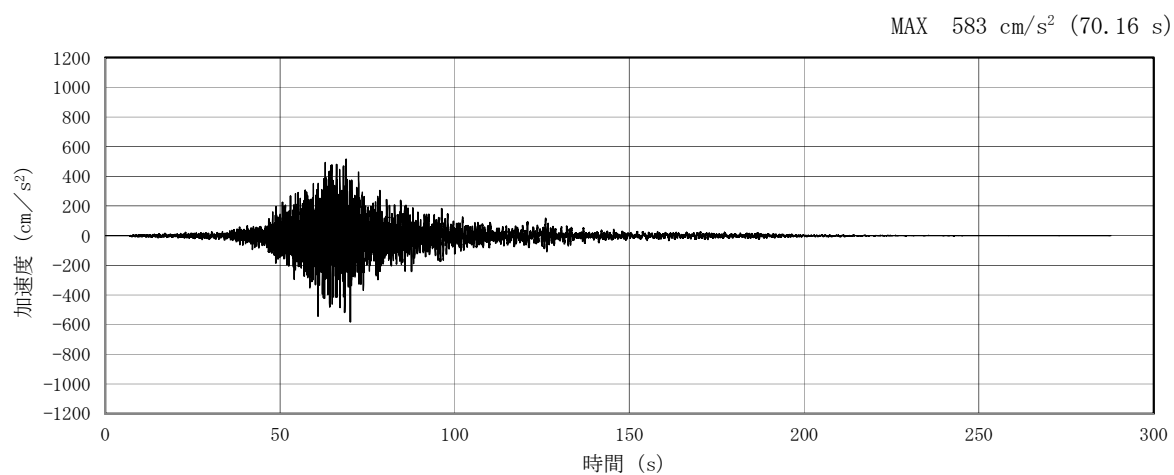


(a) 加速度時刻歴波形

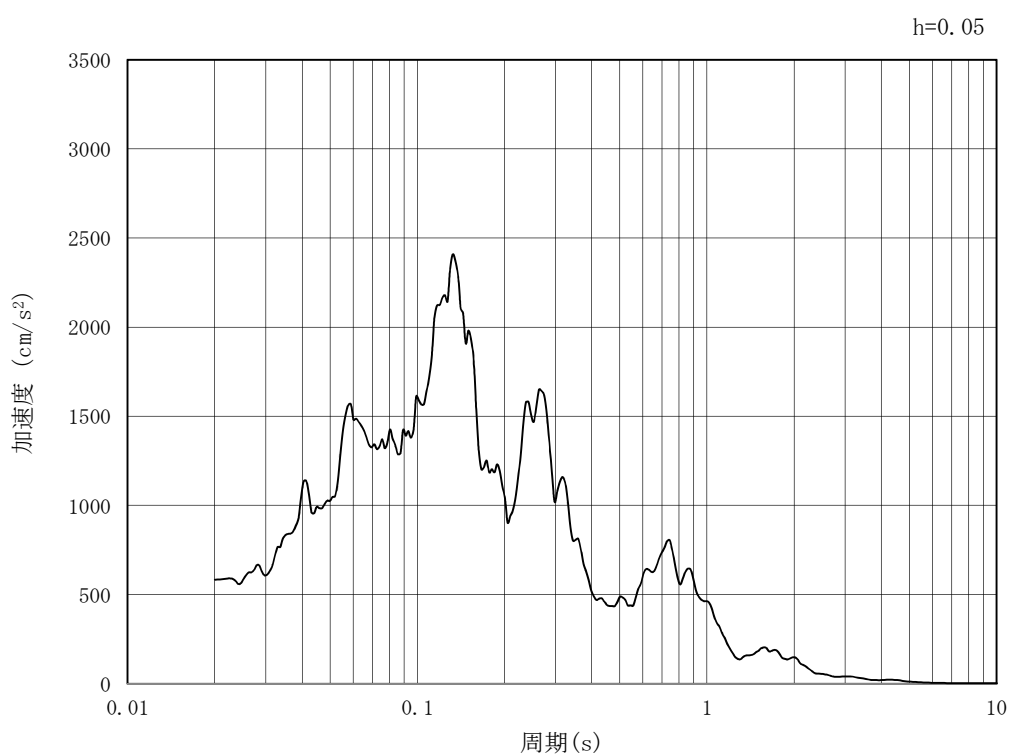


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2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: $S_s - 21$)

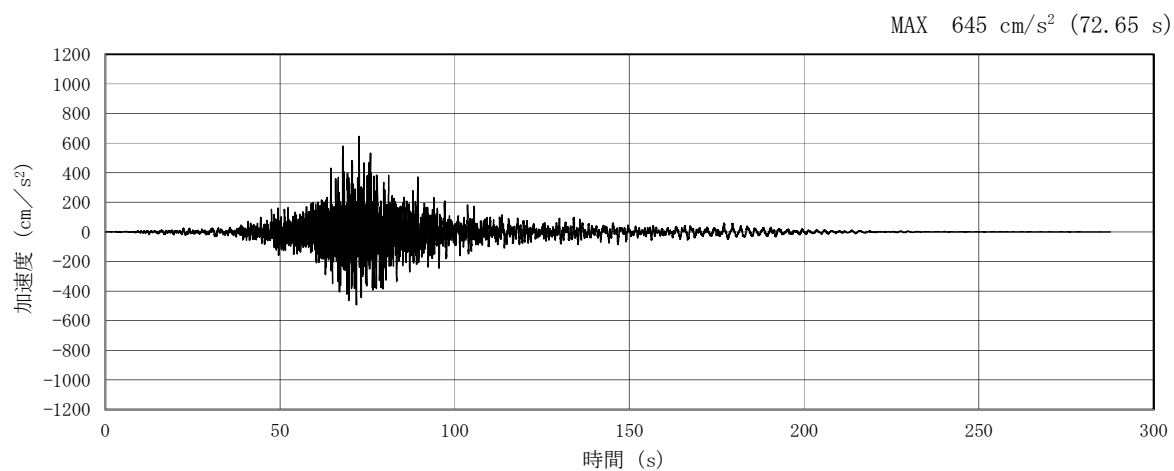


(a) 加速度時刻歴波形

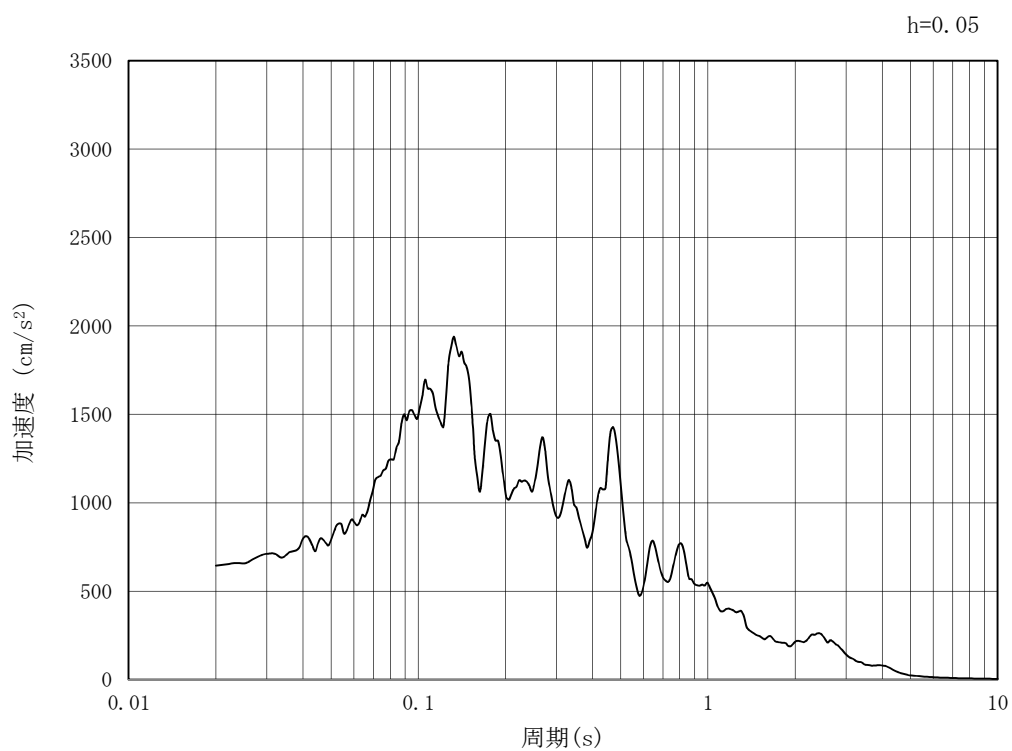


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2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: $S_s - 21$)

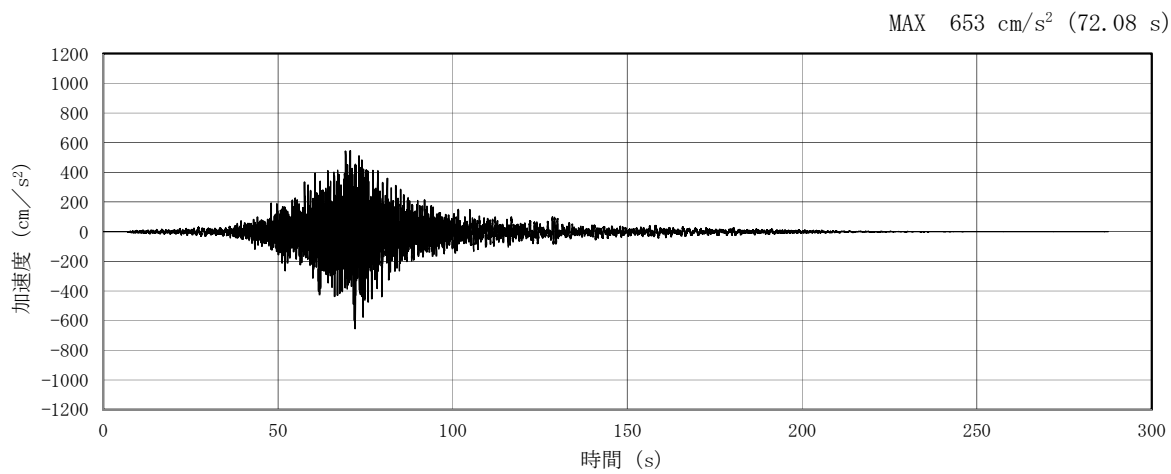


(a) 加速度時刻歴波形

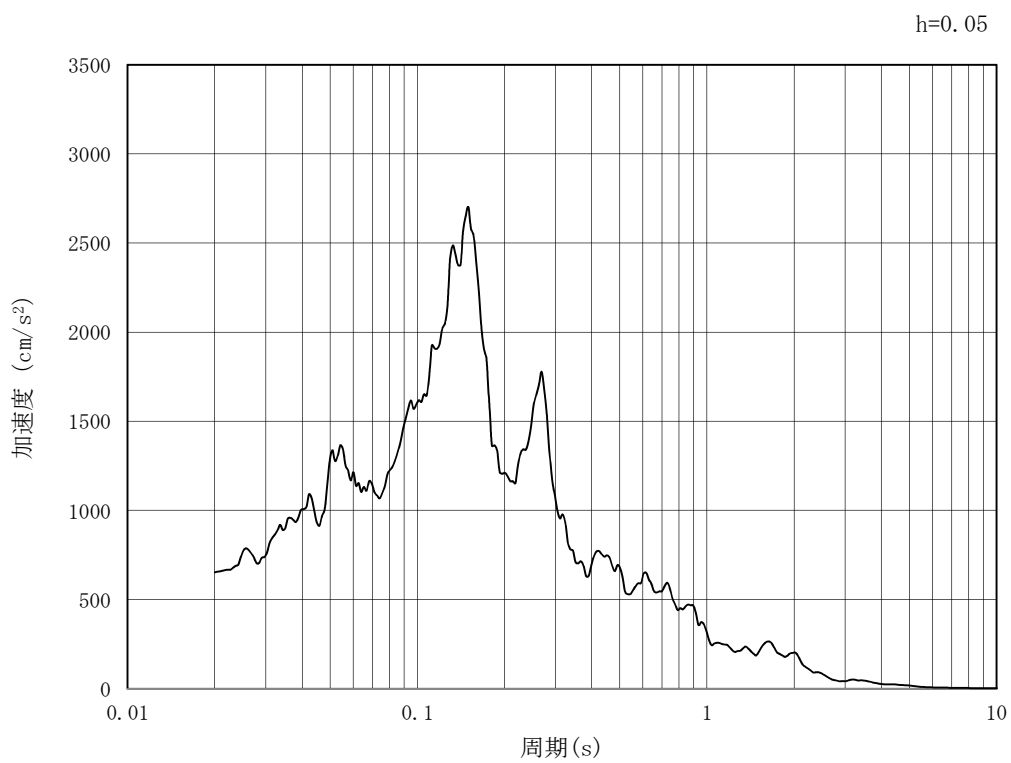


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2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)

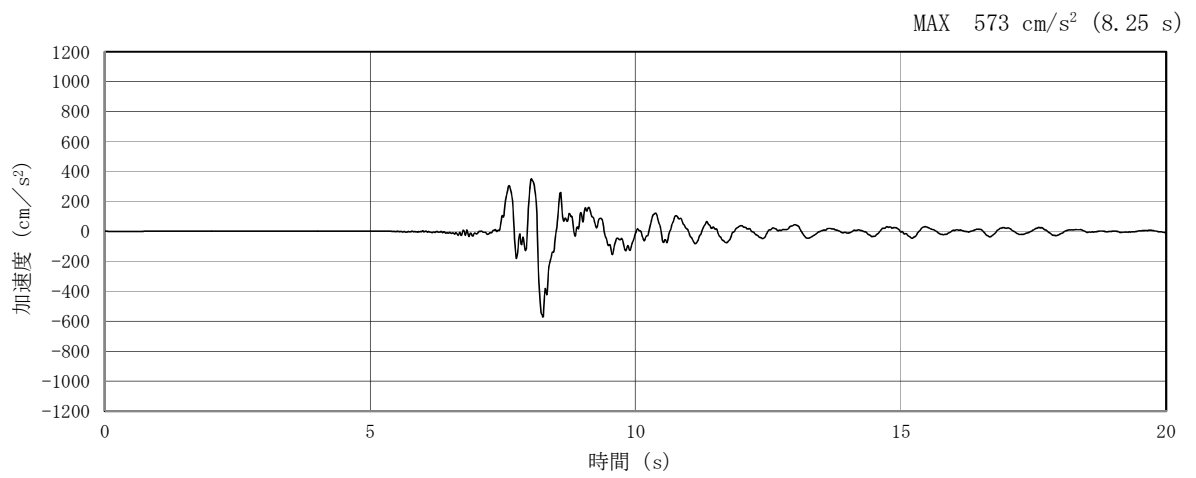


(a) 加速度時刻歴波形

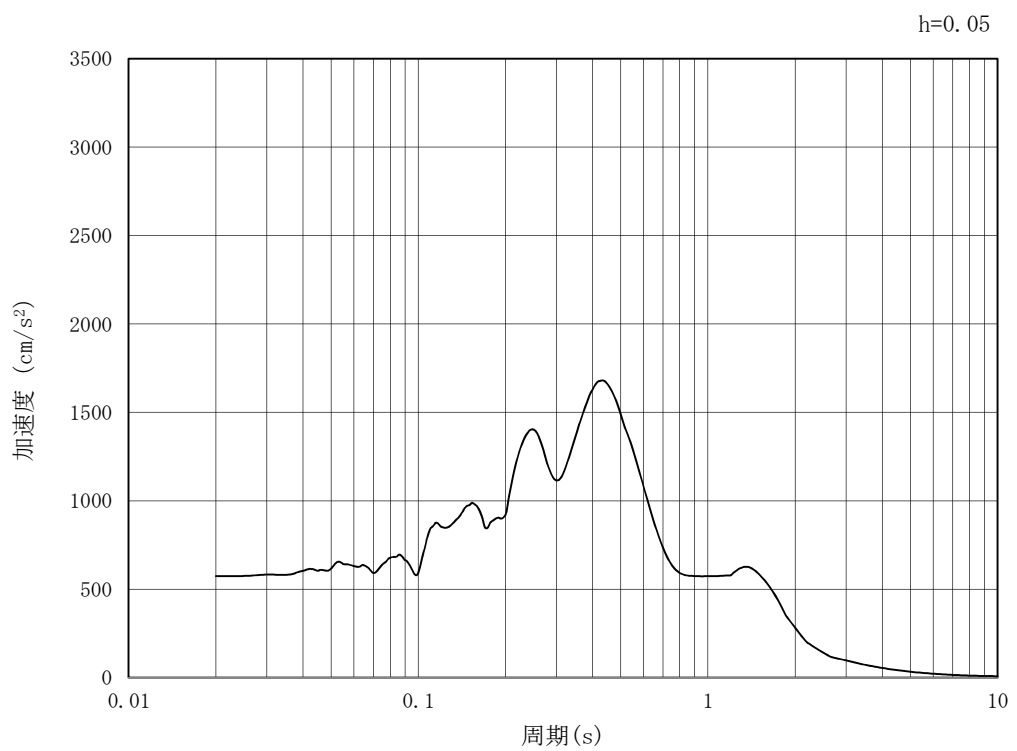


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2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: $S_s - 2.2$)

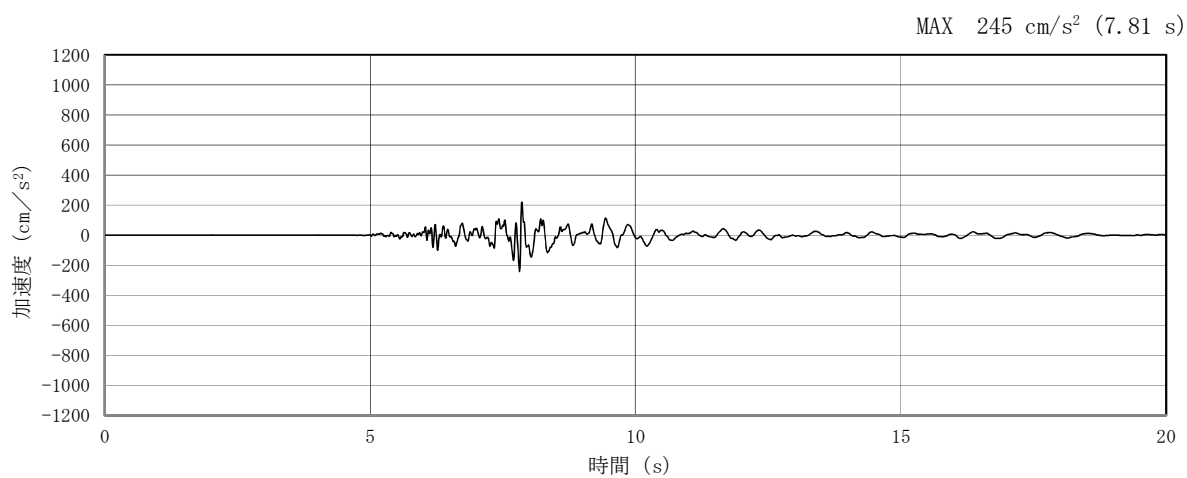


(a) 加速度時刻歴波形

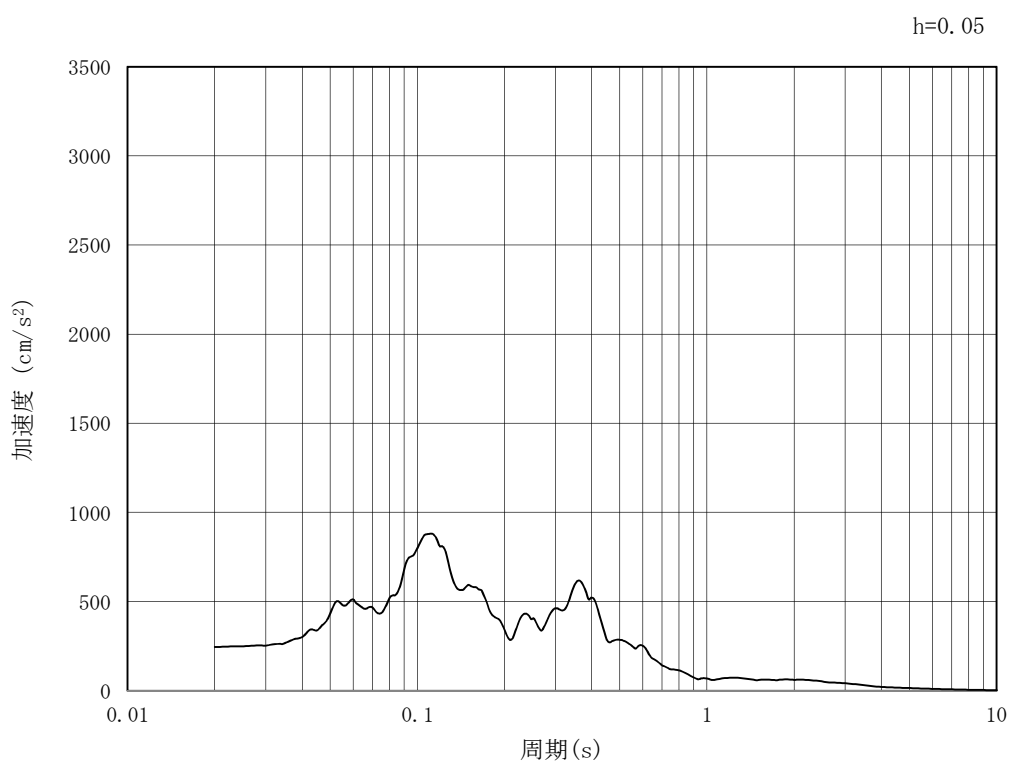


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2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: $S_s - 3.1$)

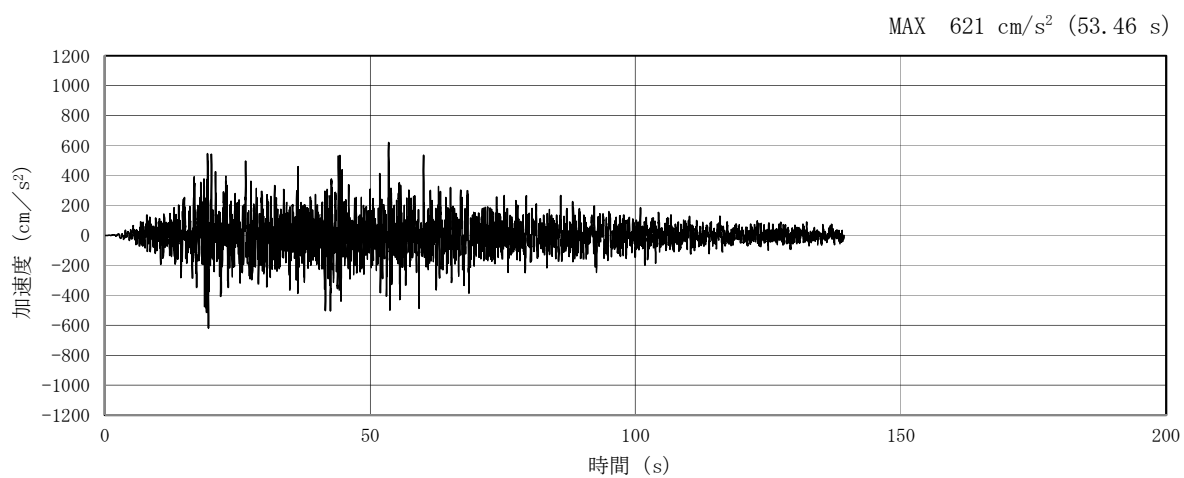


(a) 加速度時刻歴波形

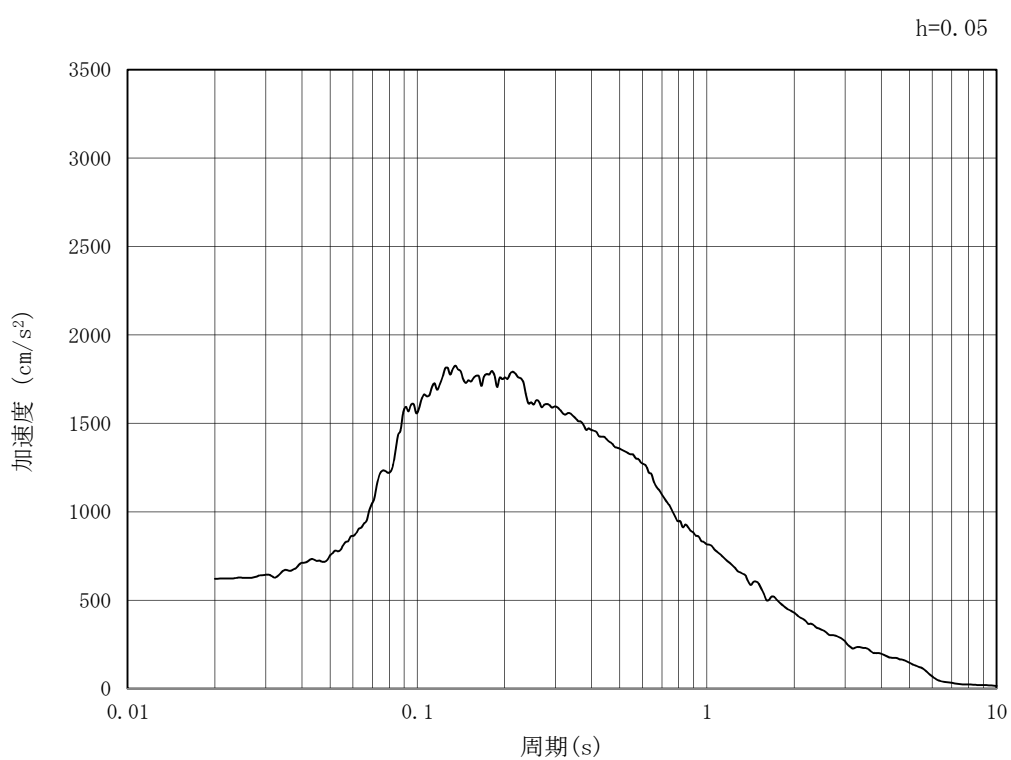


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2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: $S_s - 3.1$)

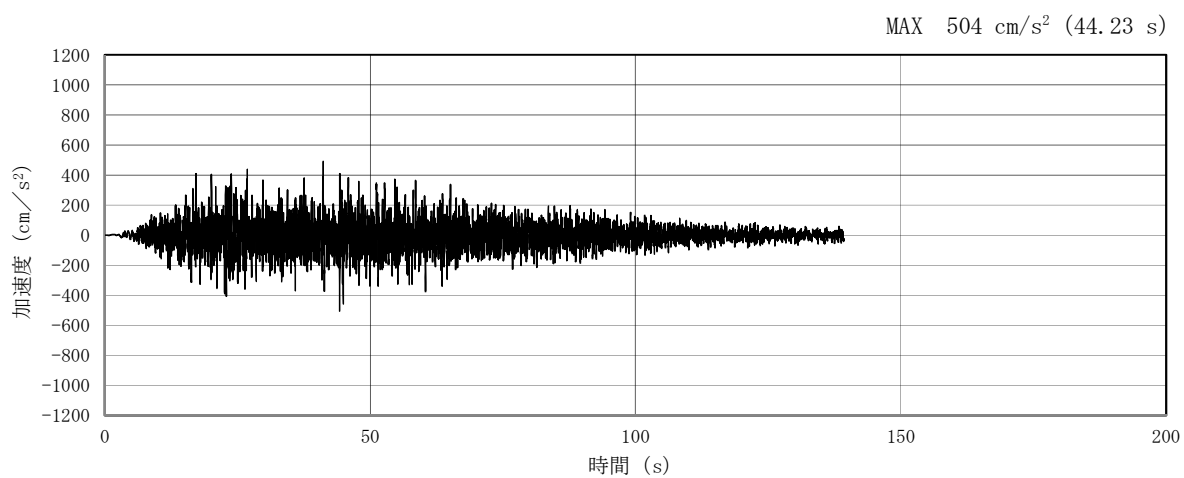


(a) 加速度時刻歴波形

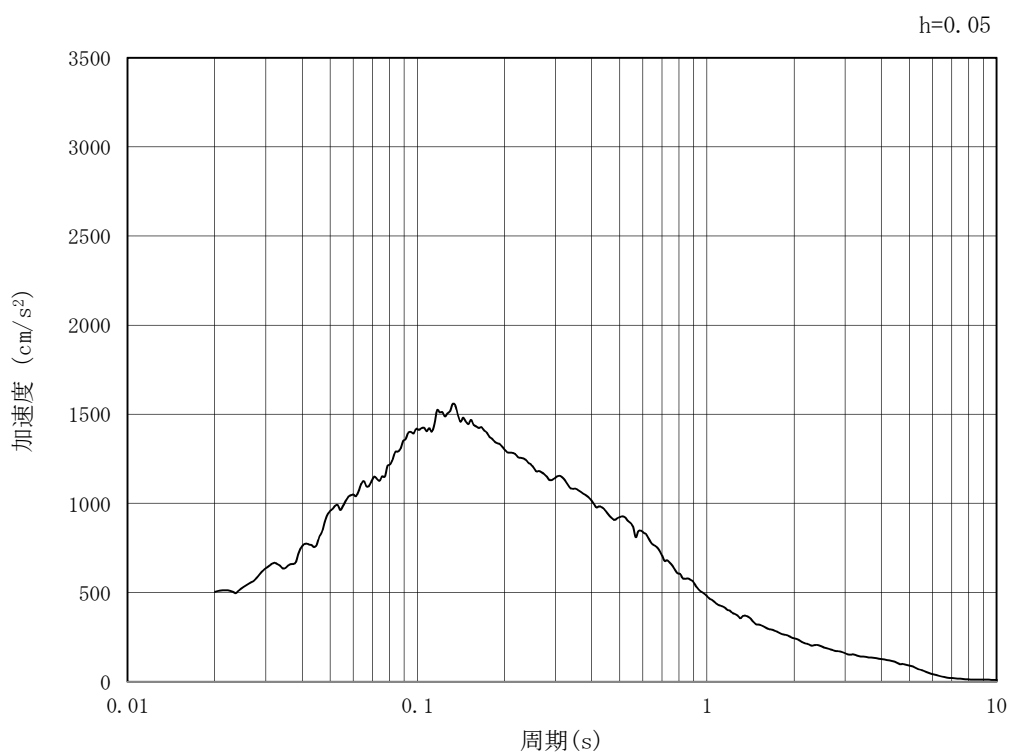


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2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-D1)

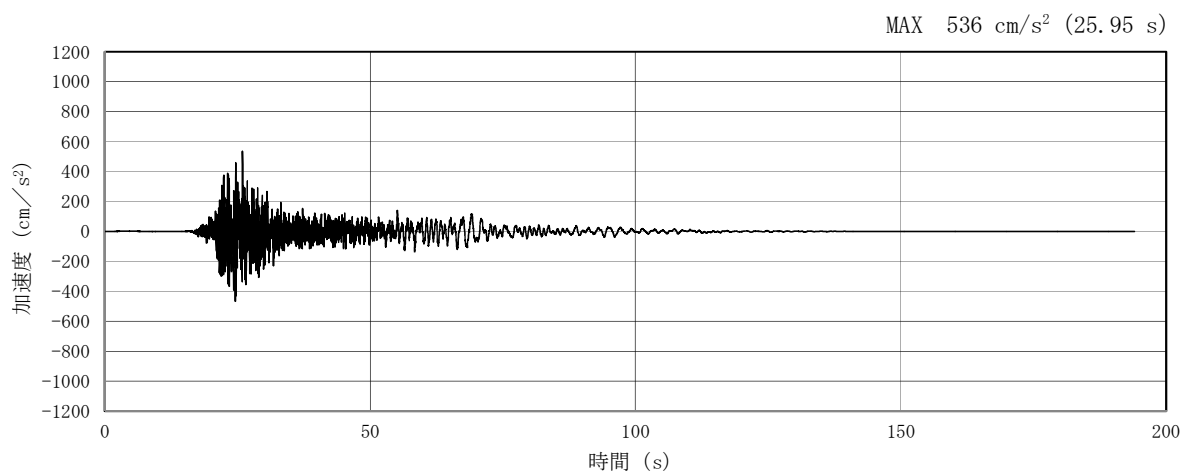


(a) 加速度時刻歴波形

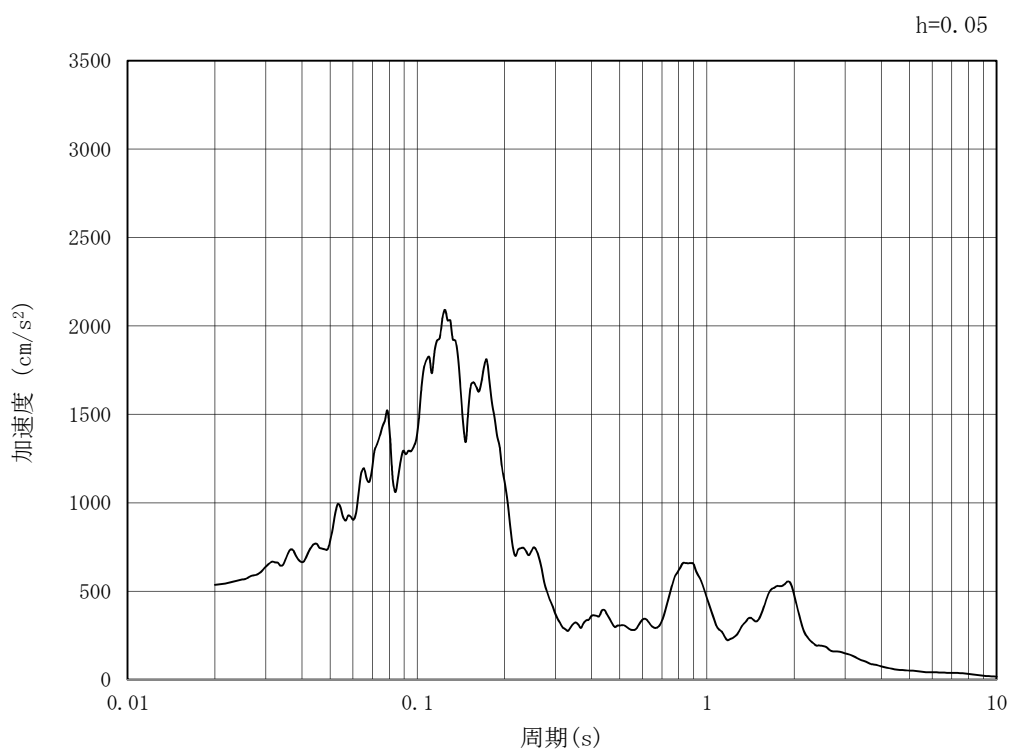


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2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)

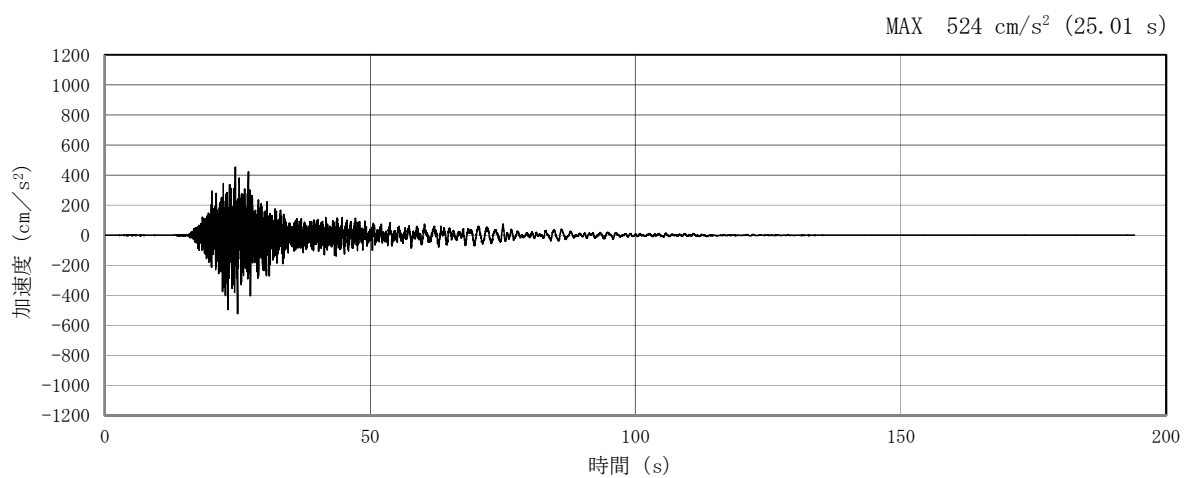


(a) 加速度時刻歴波形

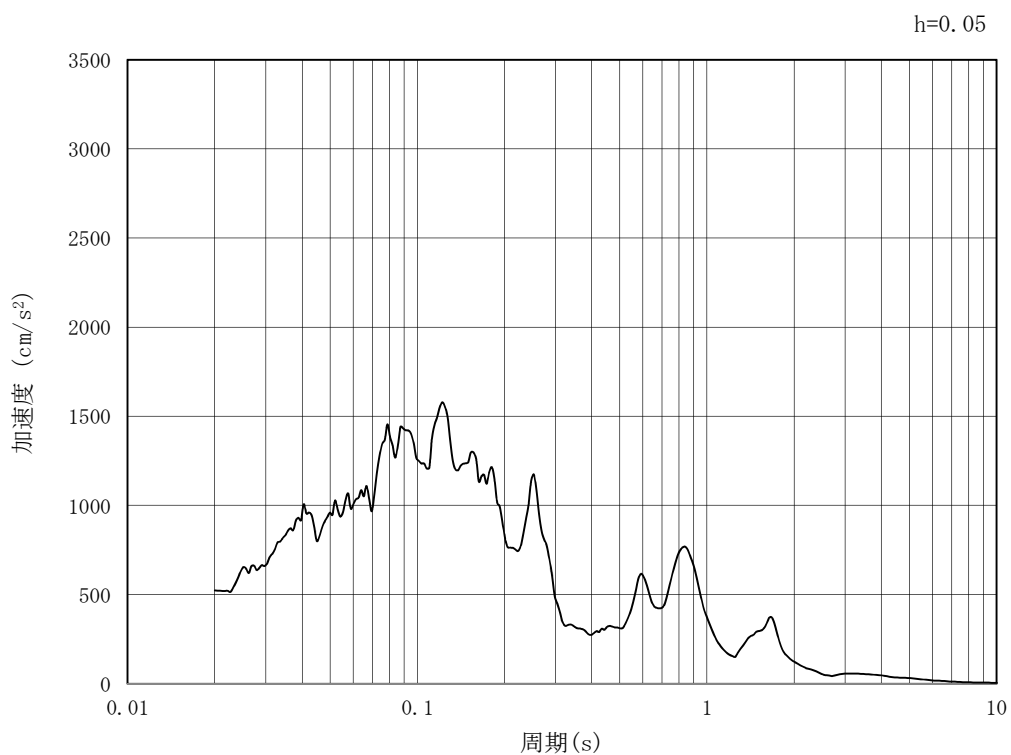


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2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: $S_s - 1.1$)

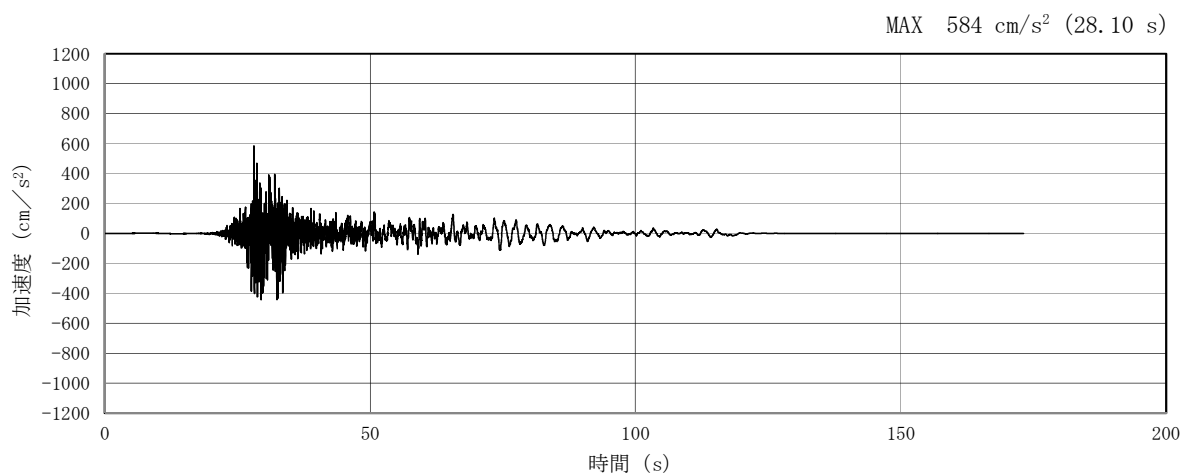


(a) 加速度時刻歴波形

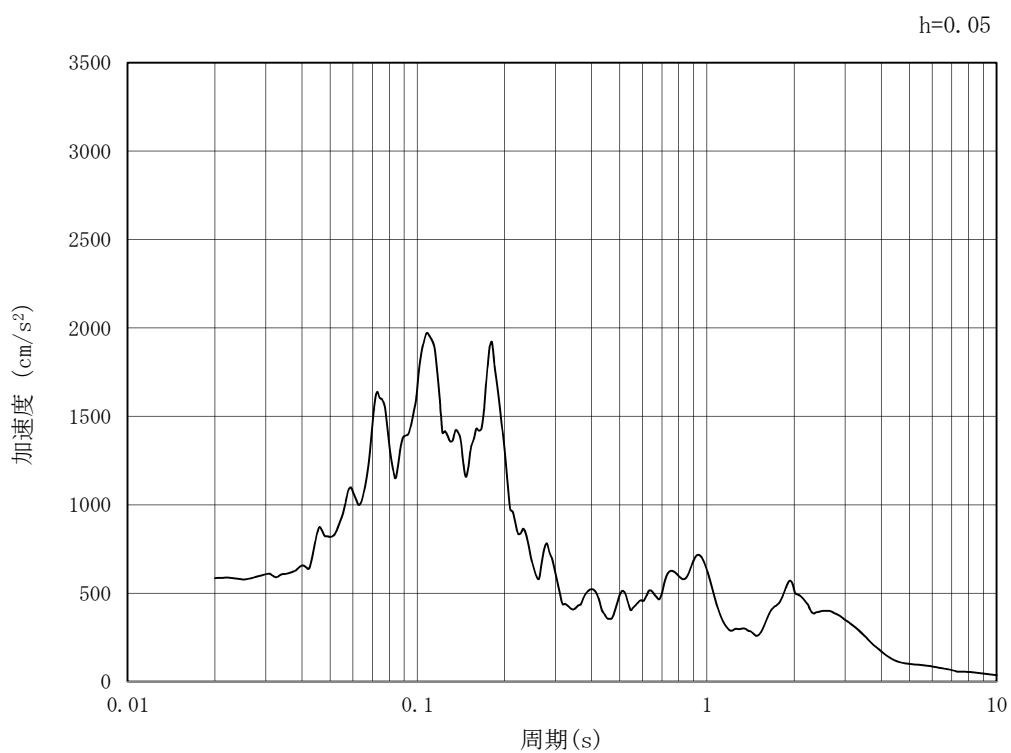


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2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)

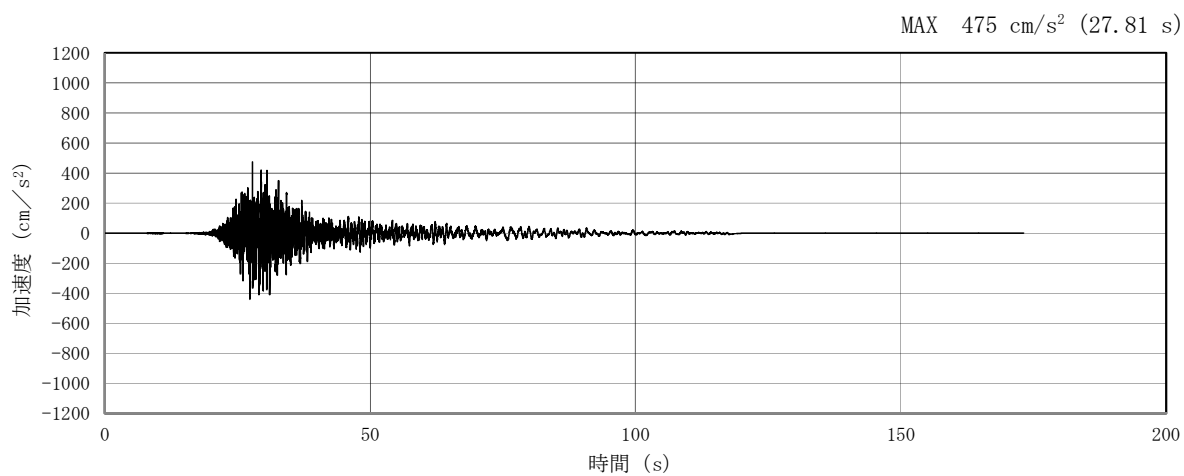


(a) 加速度時刻歴波形

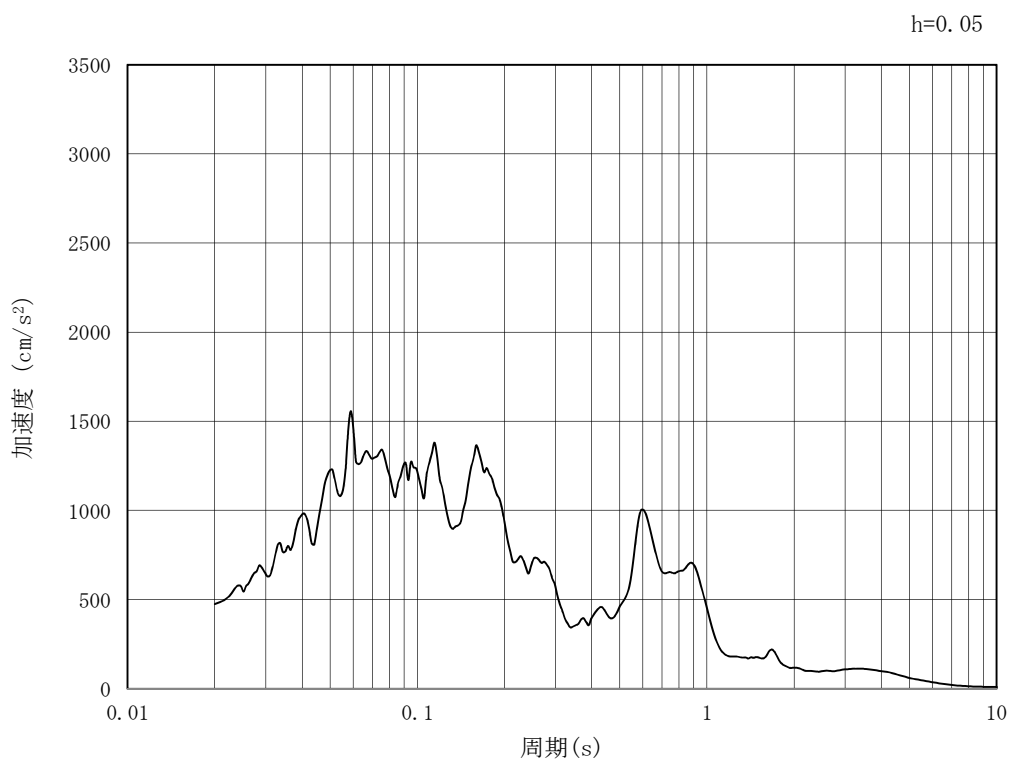


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2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: $S_s - 1.2$)

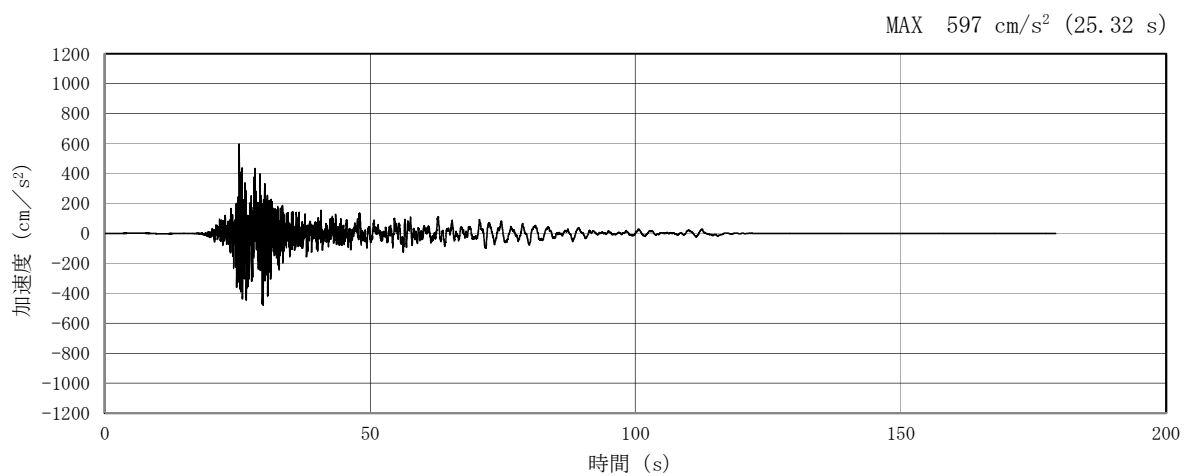


(a) 加速度時刻歴波形

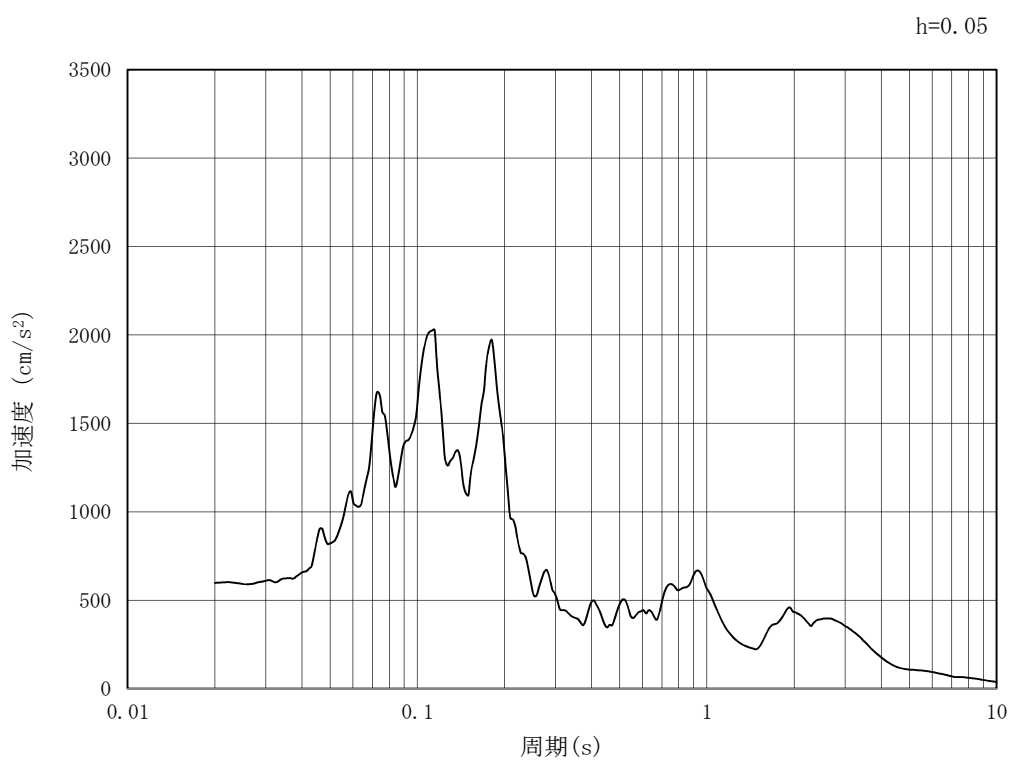


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-2 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 : $S_s - 1.2$)

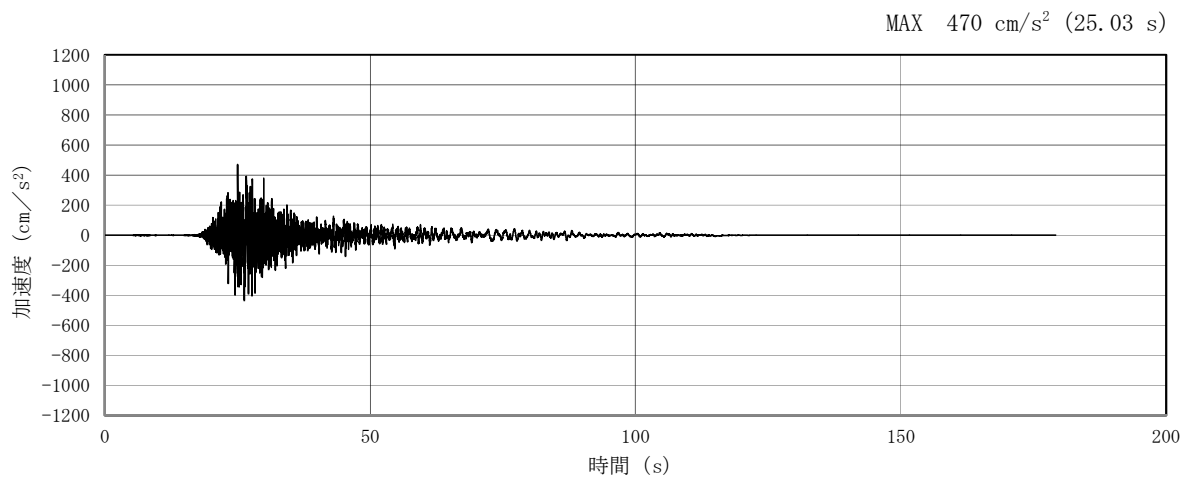


(a) 加速度時刻歴波形

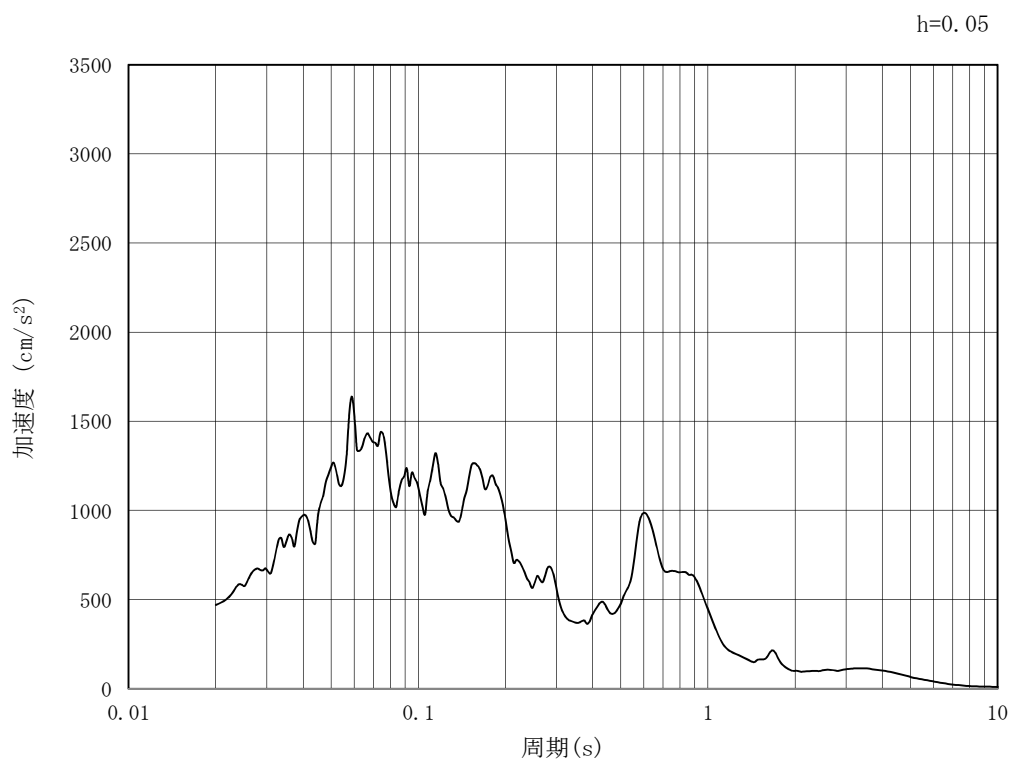


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2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: $S_s - 1.3$)

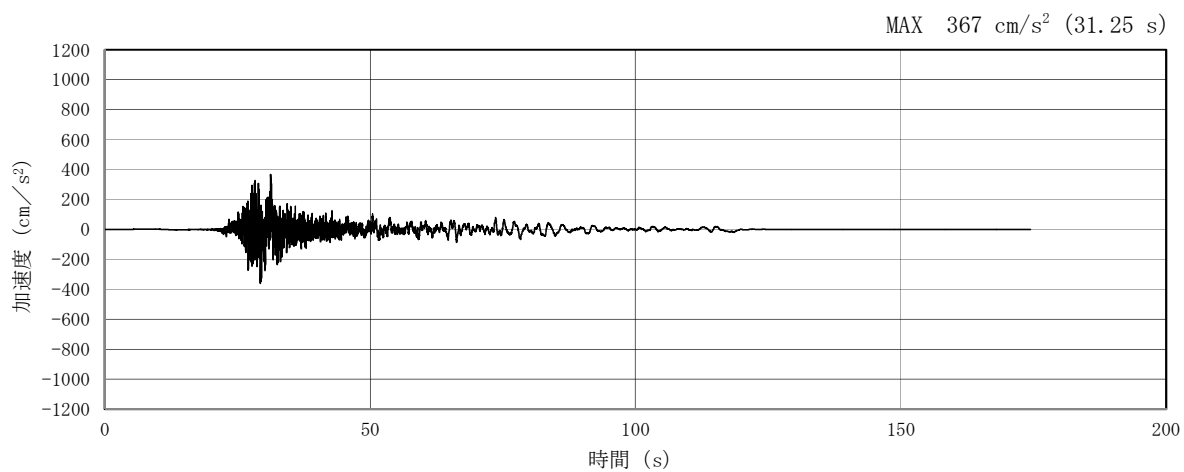


(a) 加速度時刻歴波形

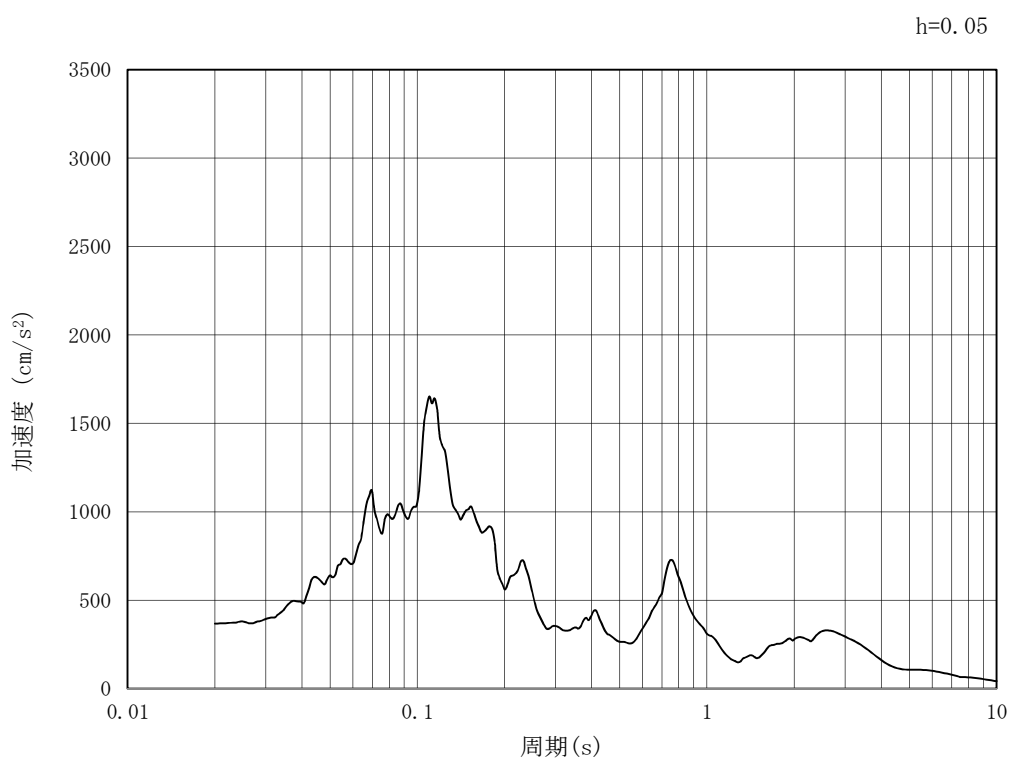


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-2 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 : $S_s - 1.3$)

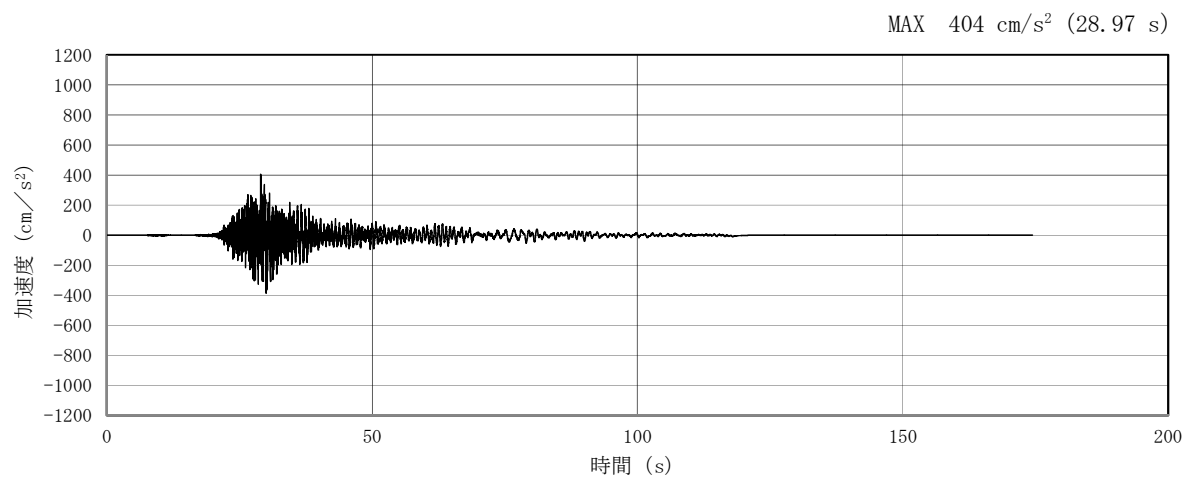


(a) 加速度時刻歴波形

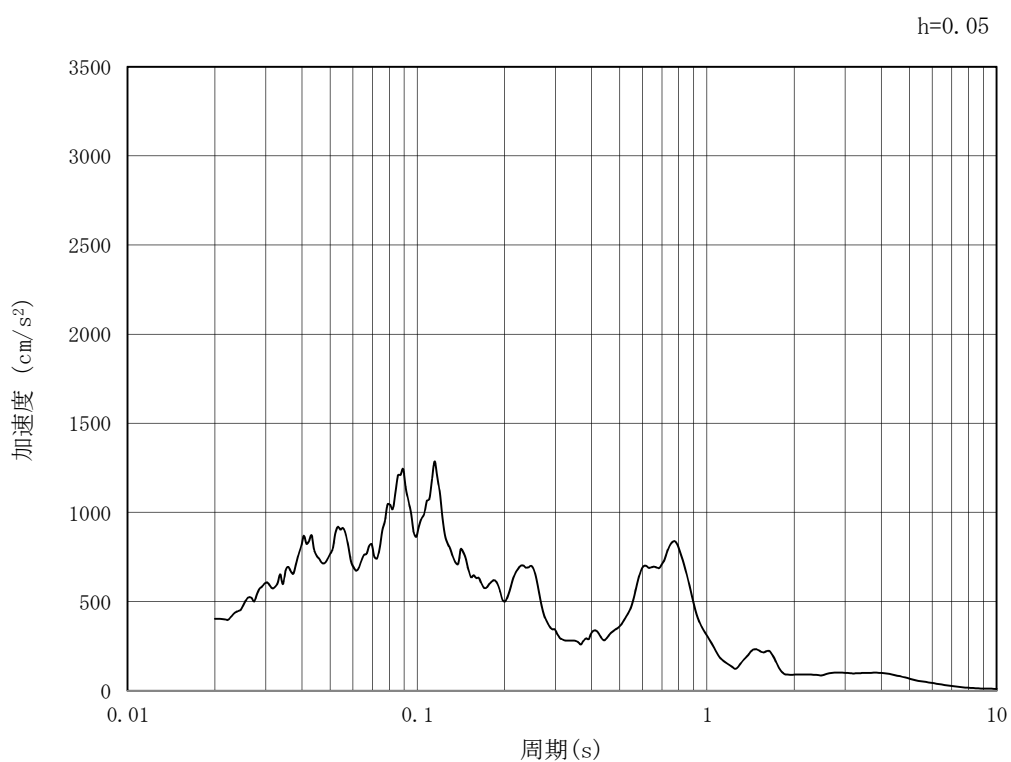


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2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: $S_s - 1.4$)

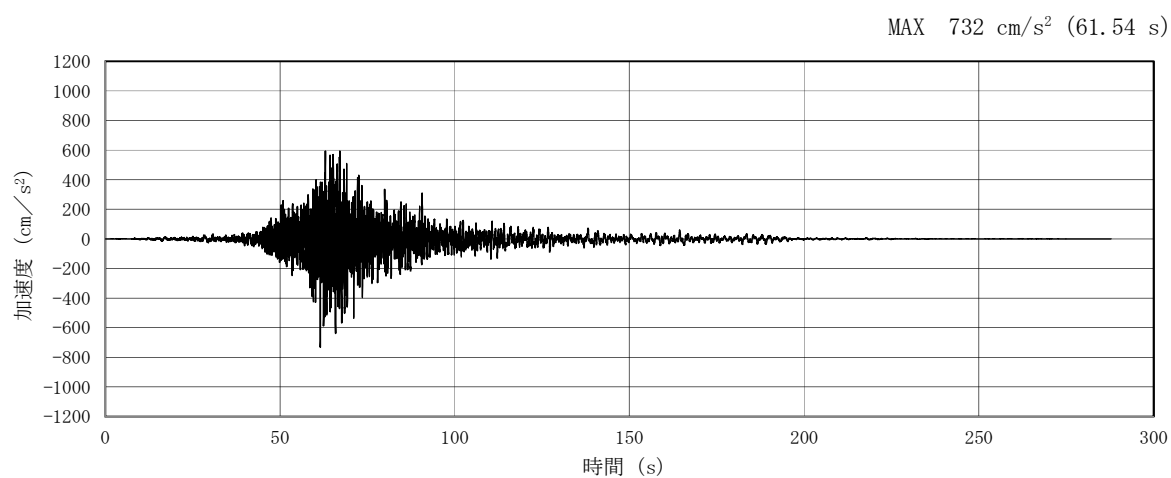


(a) 加速度時刻歴波形

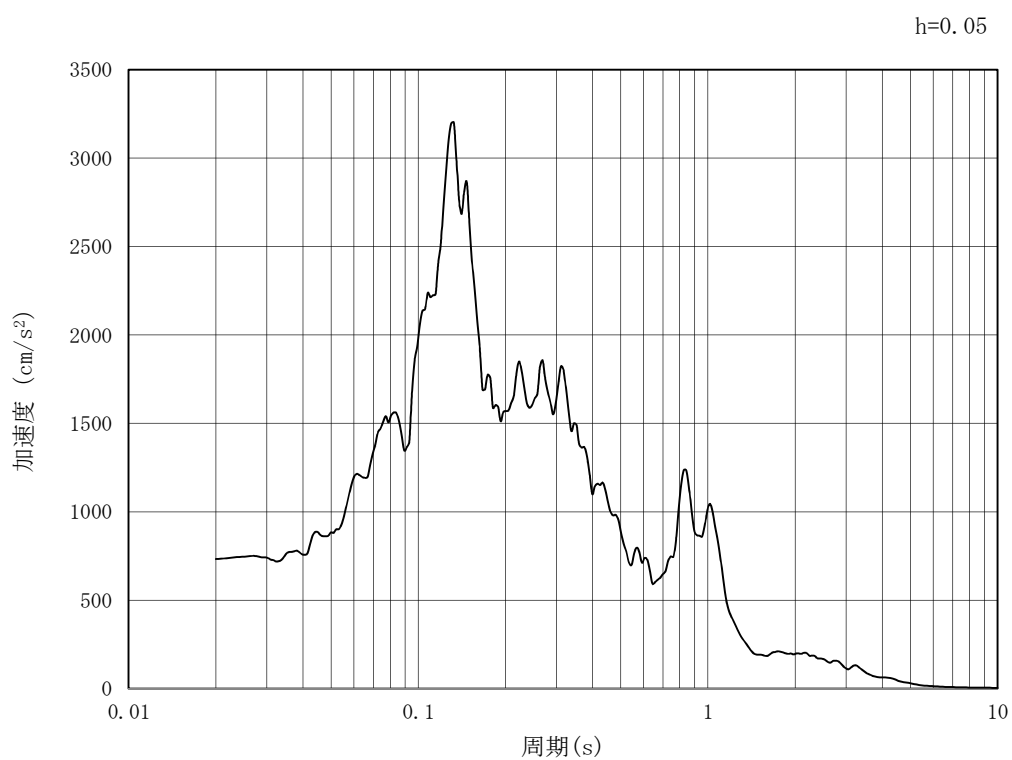


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2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: $S_s - 1.4$)

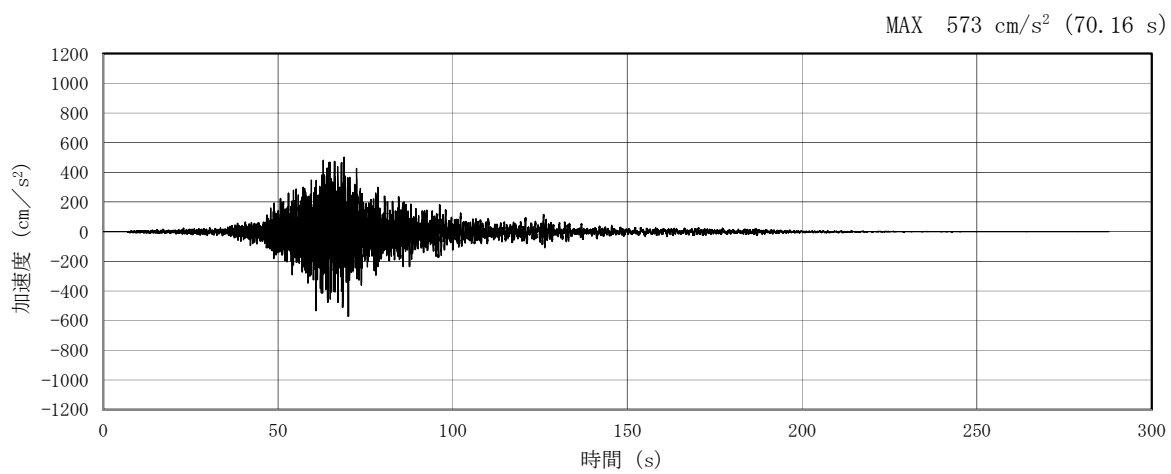


(a) 加速度時刻歴波形

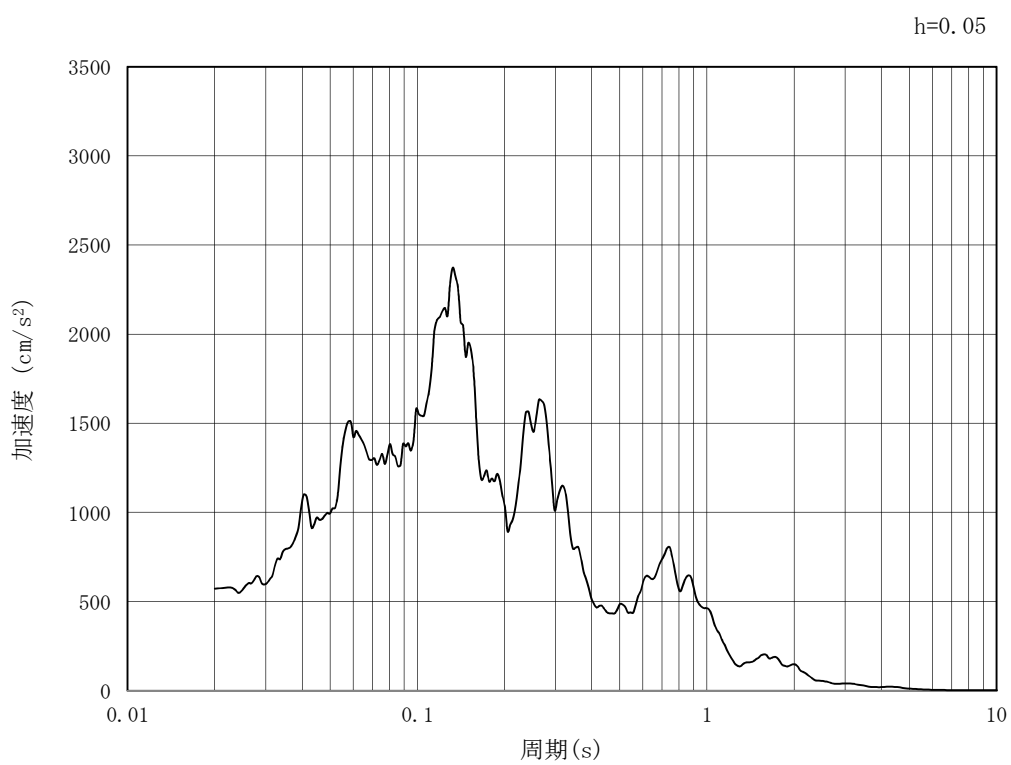


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2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: $S_s - 21$)

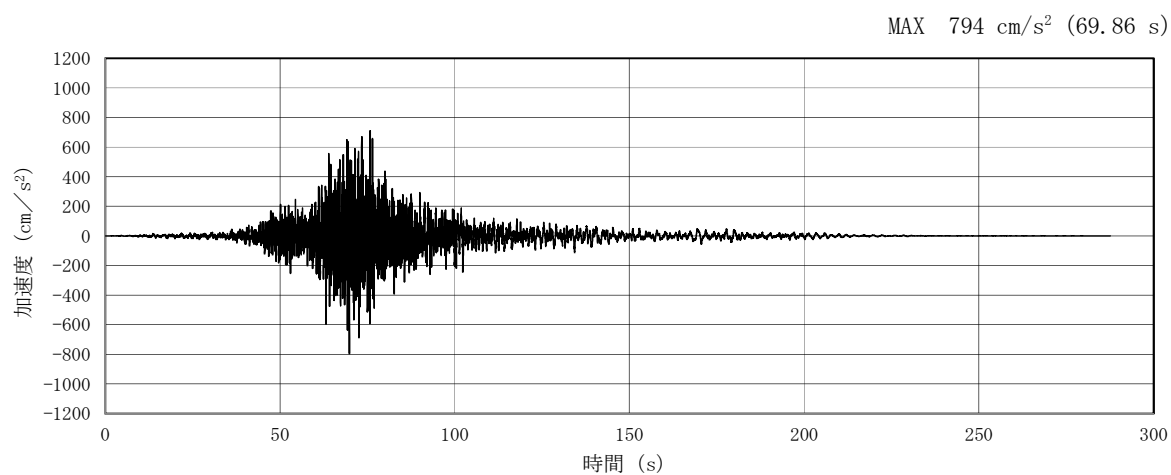


(a) 加速度時刻歴波形

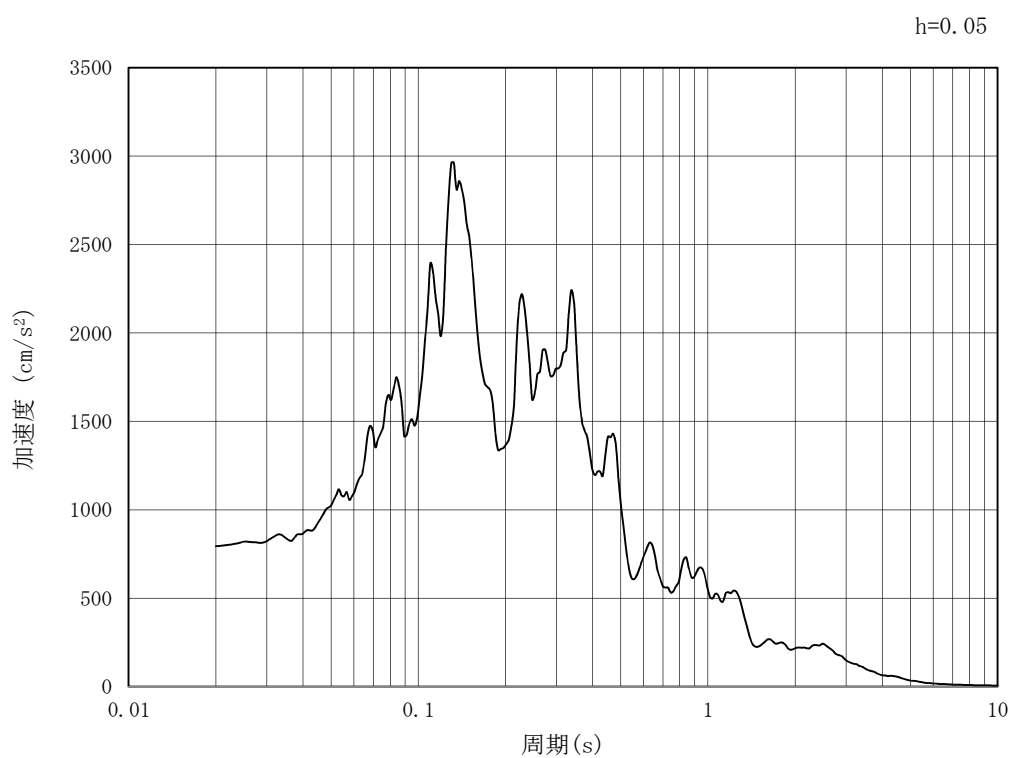


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-2 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: $S_s - 21$)

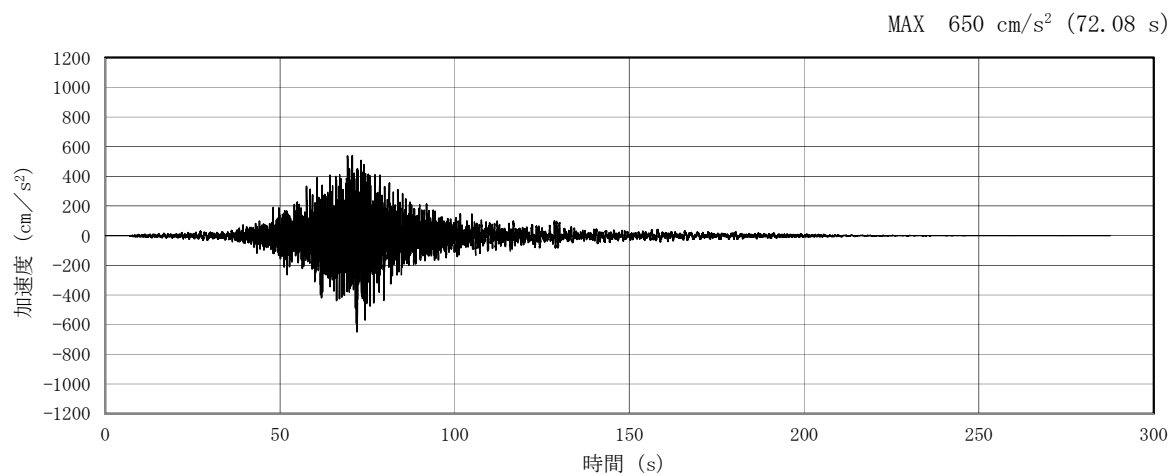


(a) 加速度時刻歴波形

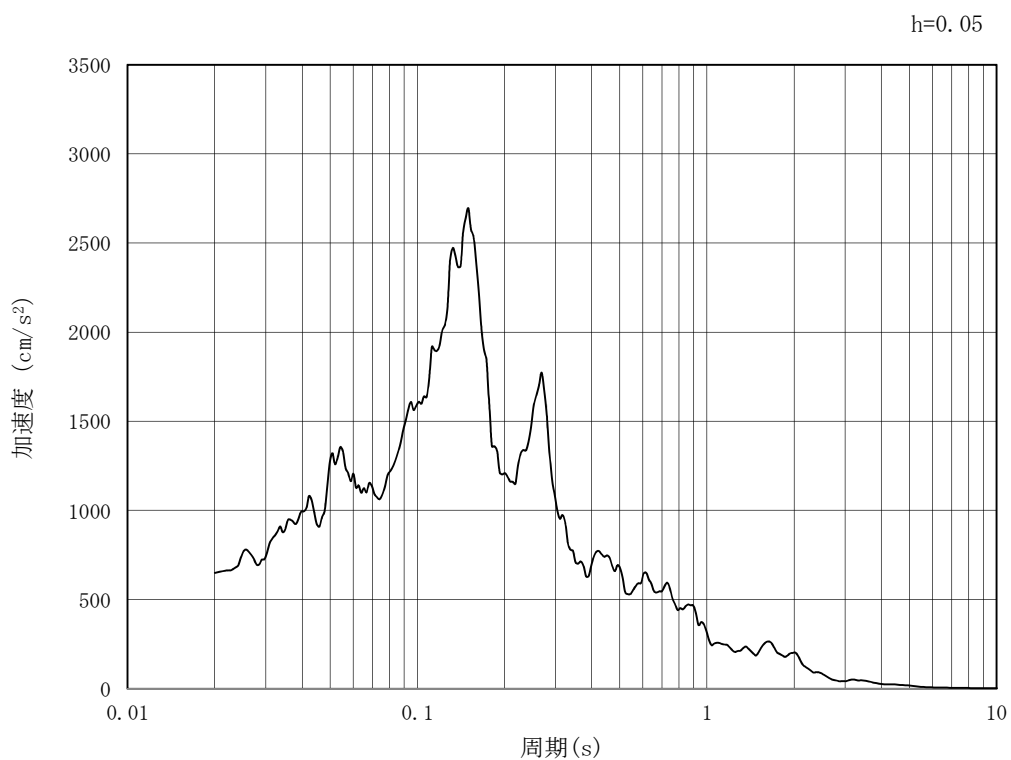


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2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)

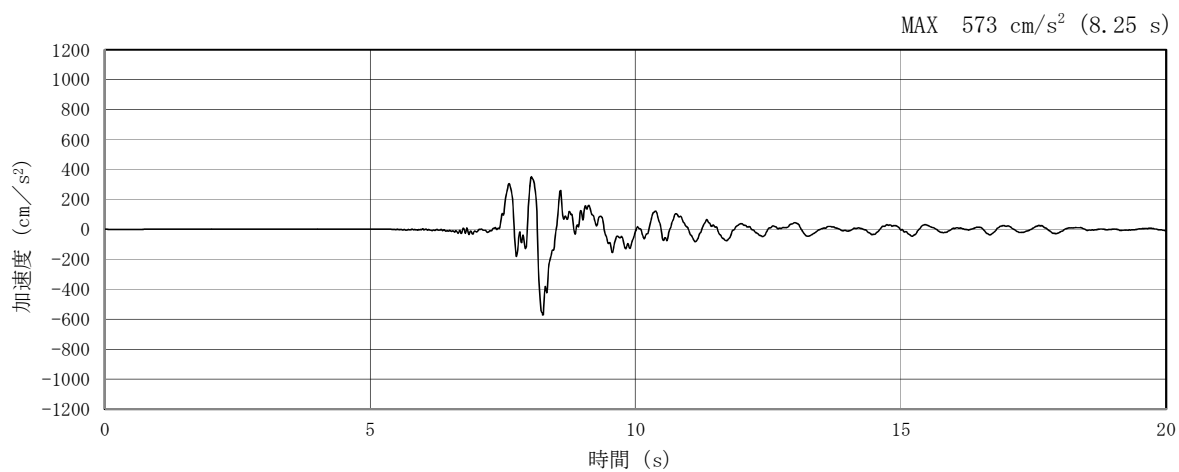


(a) 加速度時刻歴波形

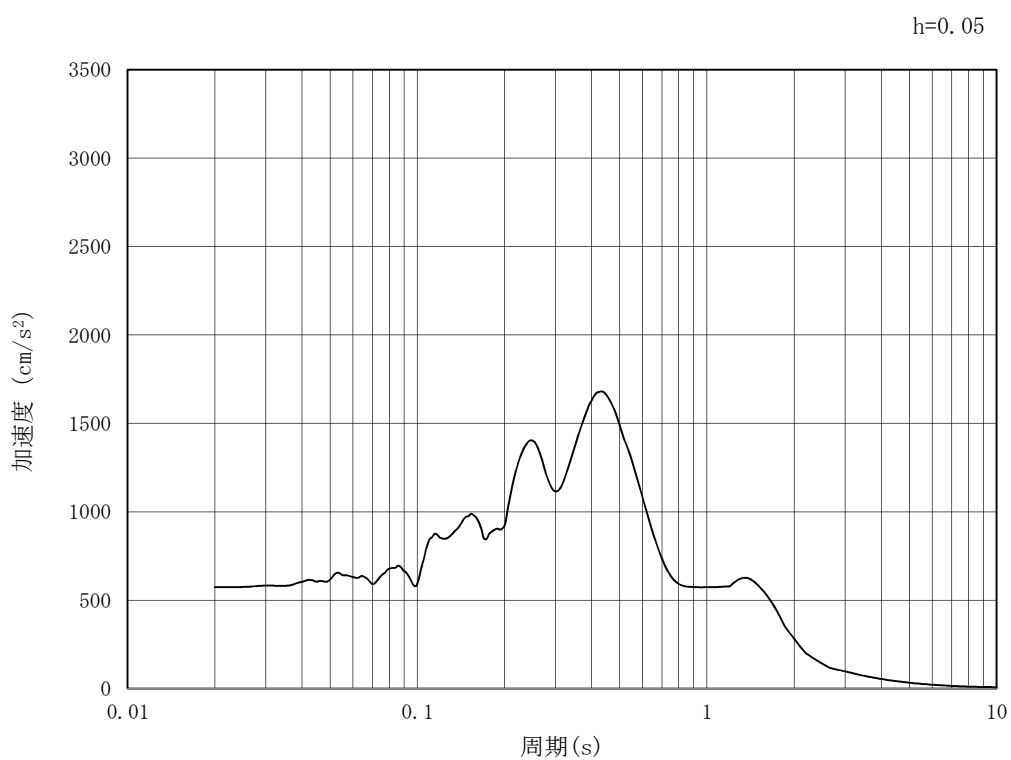


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2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: $S_s - 22$)

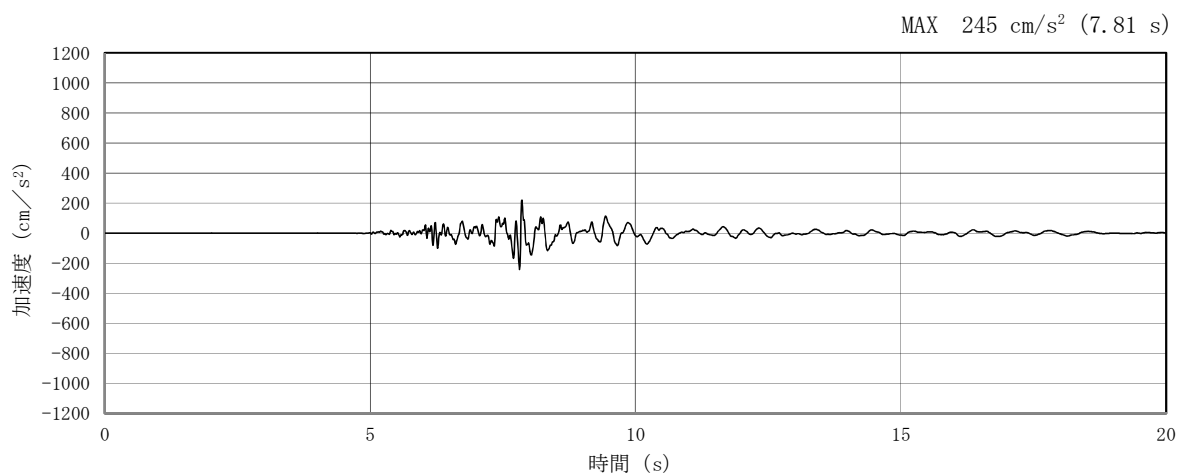


(a) 加速度時刻歴波形

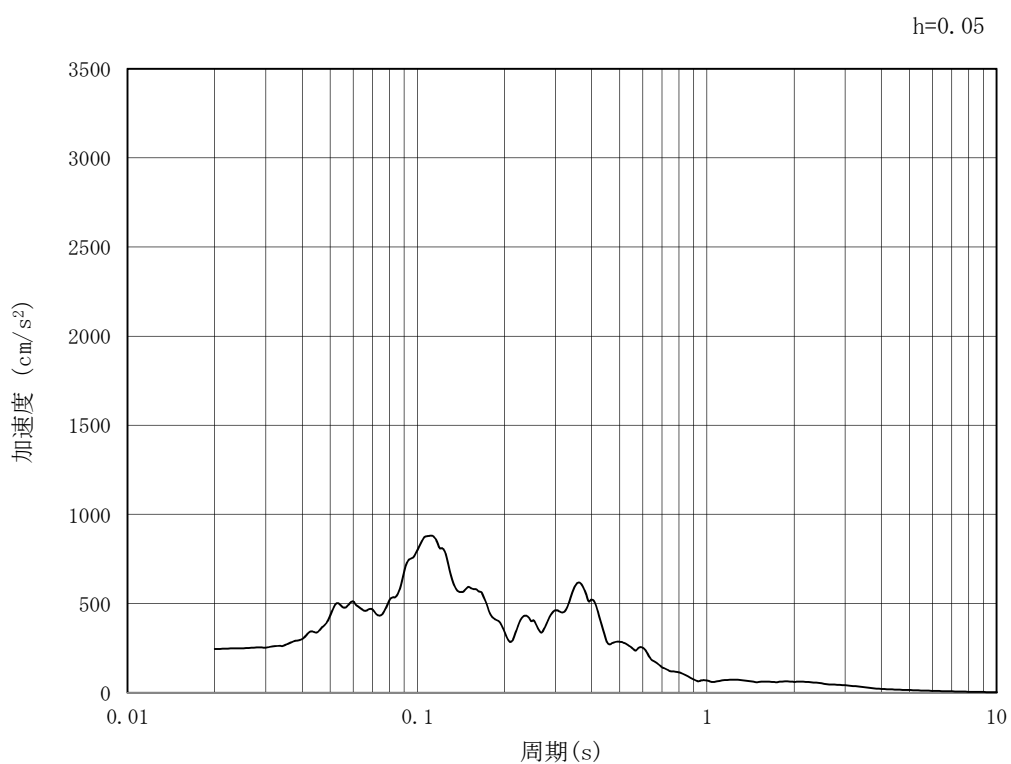


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2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3-2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

立坑の地震応答解析モデルを第3-3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、線形はり要素及び平面ひずみ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 3-3 図 (1) 立坑の地震応答解析モデル (南北方向)



第 3-3 図 (2) 立坑の地震応答解析モデル (東西方向)

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	
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（地盤及び地盤改良体の物性値）

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-2-2-22 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の
耐震性についての計算書

V-2-2-22-1 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備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	7
3. 耐震評価	8
3.1 評価対象断面	8
3.2 許容限界	10
3.3 評価方法	12

1. 概要

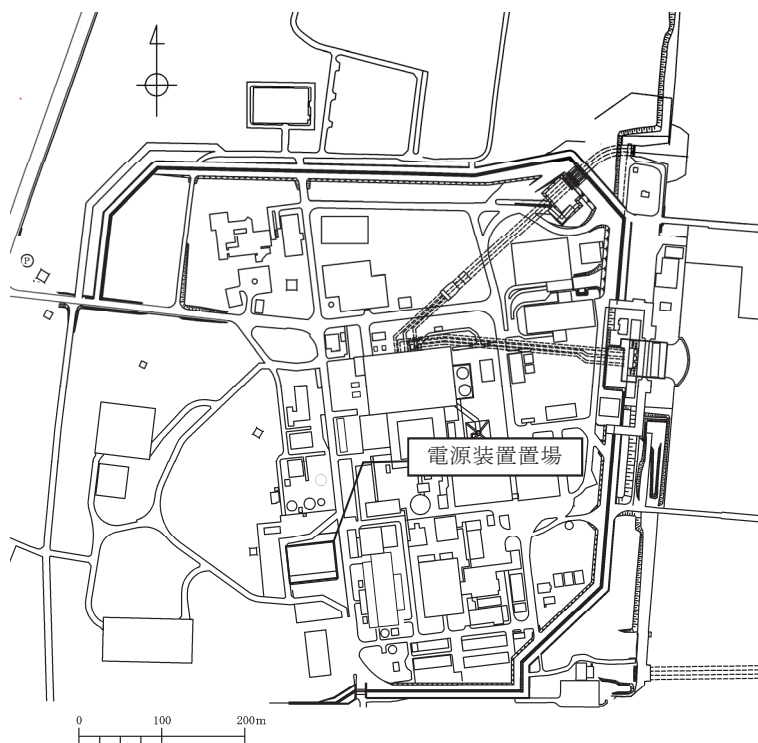
本資料は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、常設代替高圧電源装置置場（以下、「電源装置置場」という。）及び西側淡水貯水設備が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認するものである。

電源装置置場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

電源装置置場の平面配置図を第 2-1 図に示す。



第 2-1 図 (1) 電源装置置場の平面配置図 (全体平面図)



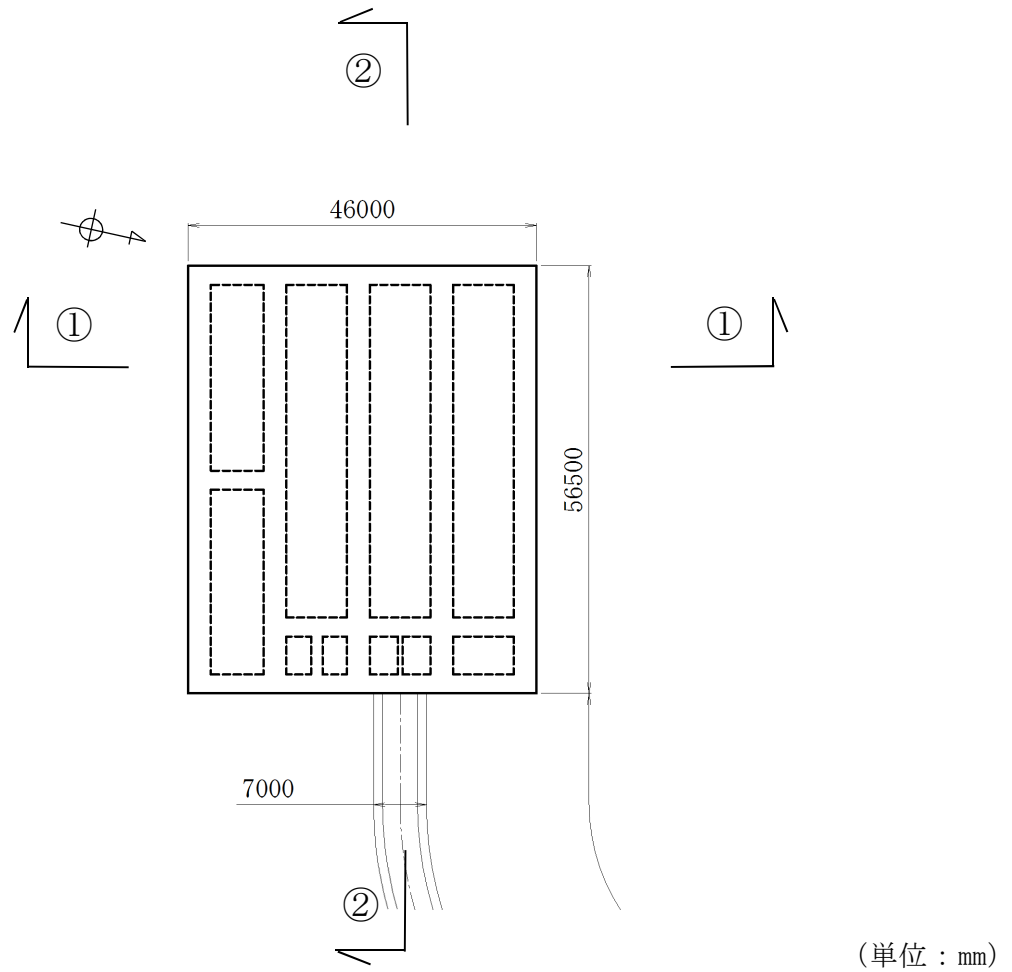
第 2-1 図 (2) 電源装置置場の平面配置図 (拡大図)

2.2 構造概要

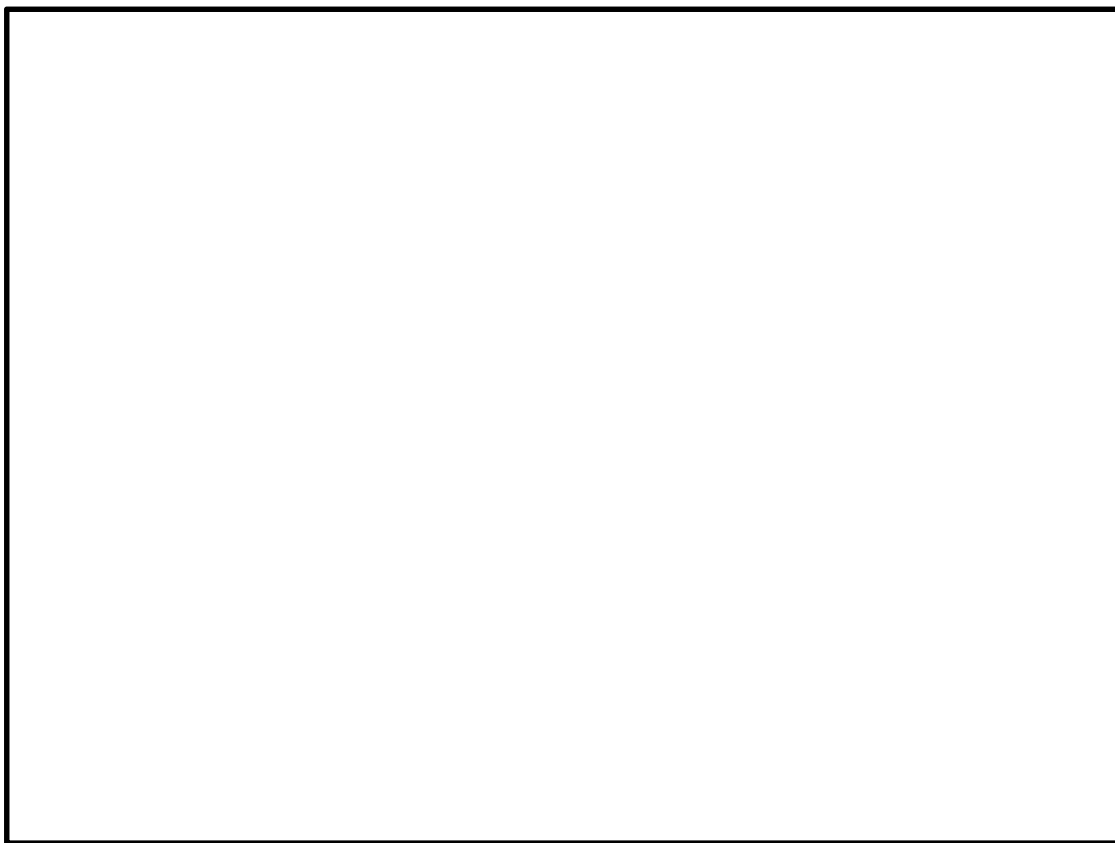
電源装置置場は、常設代替高圧電源装置、軽油タンク及び西側淡水貯水設備を支持する多層多連カルバート状の鉄筋コンクリート構造物であり、東西方向約 56.5 m、南北方向約 46.0 m、高さ約 47.0 m である。構造物は、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置する。

また、電源装置置場下部を西側淡水貯水設備として使用する。

電源装置置場の平面図を第 2-2 図、断面図を第 2-3 図に示す。



第 2-2 図 電源装置置場の平面図



第 2－3 図（1） 電源装置置場の断面図（①－①断面）



第 2－3 図（2） 電源装置置場の断面図（②－②断面）

2.3 評価方針

電源装置置場は、設計基準対象施設においては、Sクラス施設の間接支持構造物に、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が設置される重大事故等対処施設に分類される。

また、電源装置置場下部の西側淡水貯水設備は、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。

電源装置置場の耐震評価は、V-2-2-21-1「常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の地震応答計算書」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。

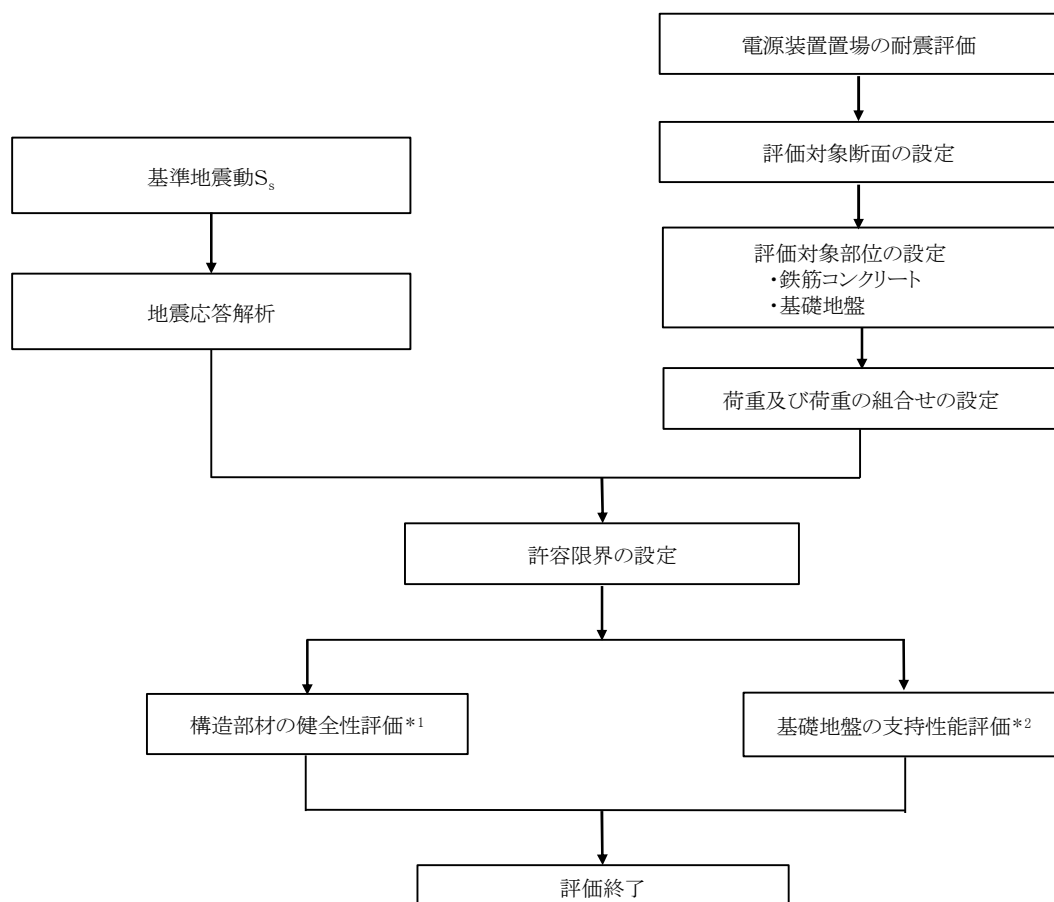
電源装置置場の耐震評価フローを第2-4図に示す。

ここで、電源装置置場は、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 電源装置置場の評価項目

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
	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」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」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。

第2-4図 電源装置置場の耐震評価フロー

2.4 適用規格

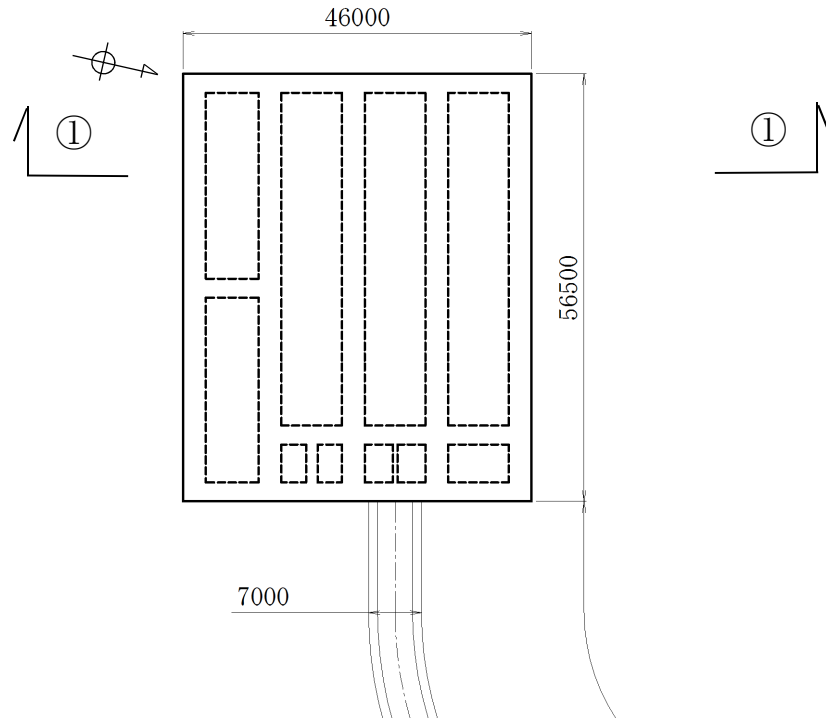
適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ 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）
- ・ 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24年3月）
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説―許容応力度法―（（社）日本建築学会，1999年）

3. 耐震評価

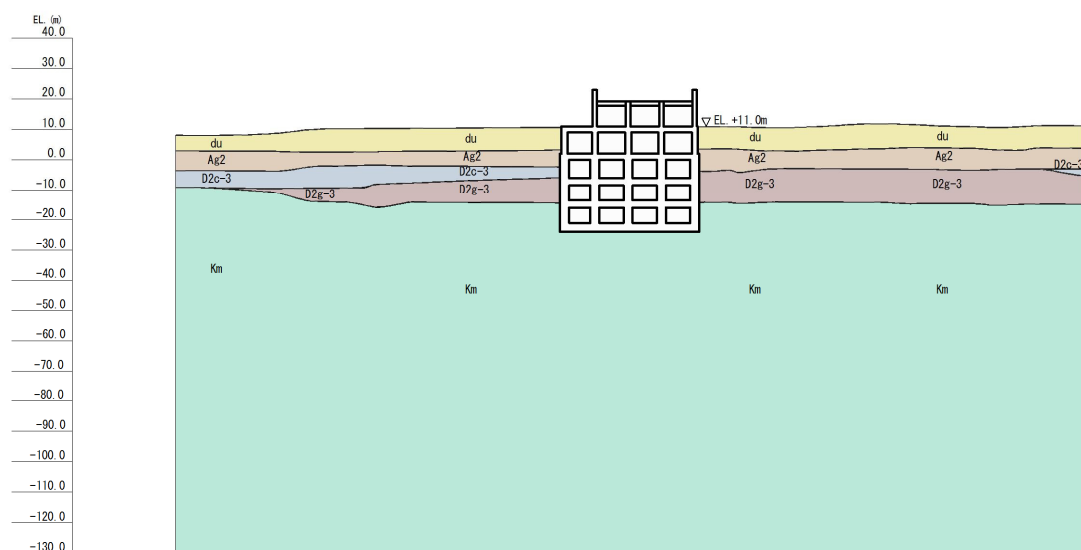
3.1 評価対象断面

評価対象断面は、V-2-2-21-1「常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の地震応答計算書」における評価対象断面のうち、南北方向の①－①断面とする。電源装置置場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。



(単位：mm)

第3-1図 電源装置置場の評価対象断面の平面位置



第 3-2 図 電源装置置場の評価対象断面 (①—①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，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，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) 鉄筋コンクリートの許容限界

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3-1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_{al}	0.825*
鉄筋(SD490)	許容引張応力度 σ_{sa} （曲げ）	435
	許容引張応力度 σ_{sa} （せん断）	300
鉄筋(SD390)	許容引張応力度 σ_{sa}	309
鉄筋(SD345)	許容引張応力度 σ_{sa}	294

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

(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

電源装置置場の耐震評価は、V-2-2-21-1「常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の地震応答計算書」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-2-2-22-2 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）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	7
3. 耐震評価	8
3.1 評価対象断面	8
3.2 許容限界	9
3.3 評価方法	11

1. 概要

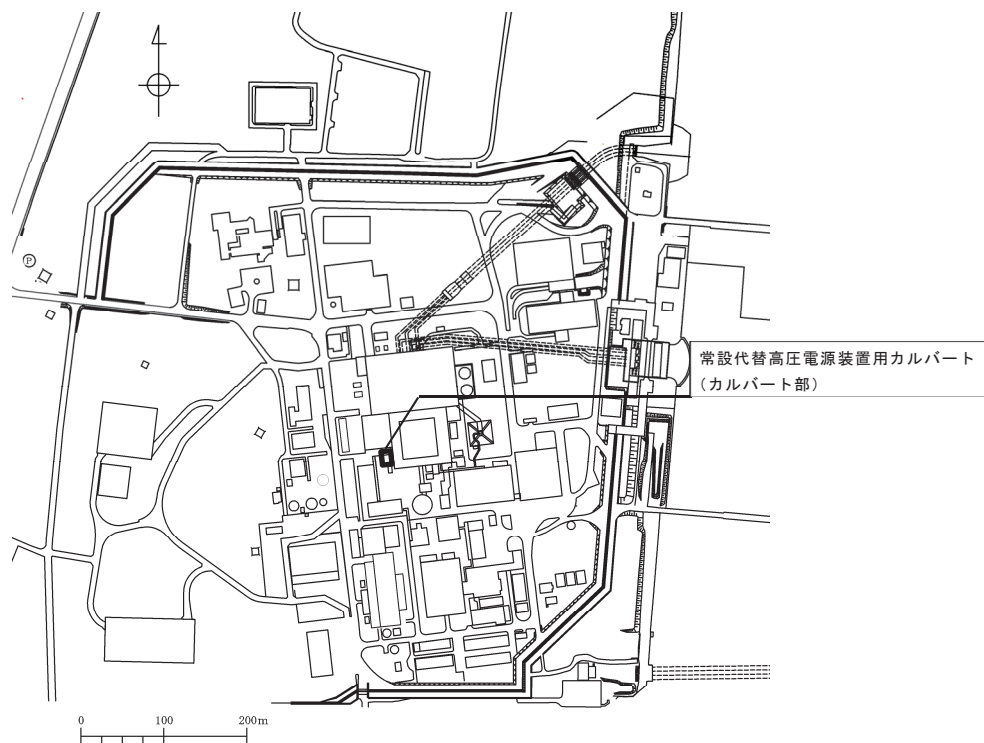
本資料は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）（以下、「カルバート」という。）が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認するものである。

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

カルバートの平面配置図を第 2-1 図に示す。



第 2-1 図 (1) カルバートの平面配置図 (全体平面図)



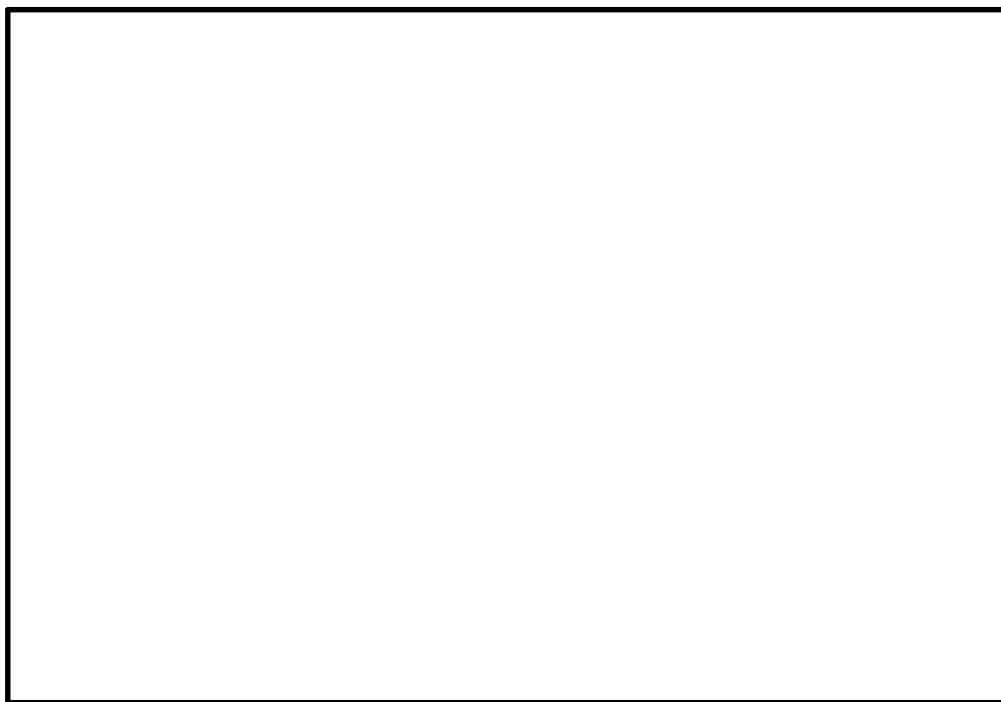
第 2-1 図 (2) カルバートの平面配置図 (拡大図)

2.2 構造概要

カルバートは2つの構造物に大別される。軽油移送配管を支持するカルバート（以下、「軽油カルバート」という。）は1層1連カルバート状の鉄筋コンクリート構造物であり、延長約5.0 m、幅約5.5 m、高さ約4.8 mである。構造物は、地盤改良体及び杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。

電気ケーブル及び水配管を支持するカルバート（以下、「水電気カルバート」という。）は1層3連カルバート状の鉄筋コンクリート構造物であり、延長約35 m、幅約14 m、高さ約5.2 mである。構造物は、地盤改良体及び杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。

カルバートの平面図を第2-2図、断面図を第2-3図に示す。



第 2-2 図 カルバートの平面図



第 2-3 図 カルバートの断面図(①-①断面)

2.3 評価方針

カルバートは，設計基準対象施設においては，Sクラス施設の間接支持構造物に，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が設置される重大事故等対処施設に分類される。

カルバートの耐震評価は，V-2-2-21-2「常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）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

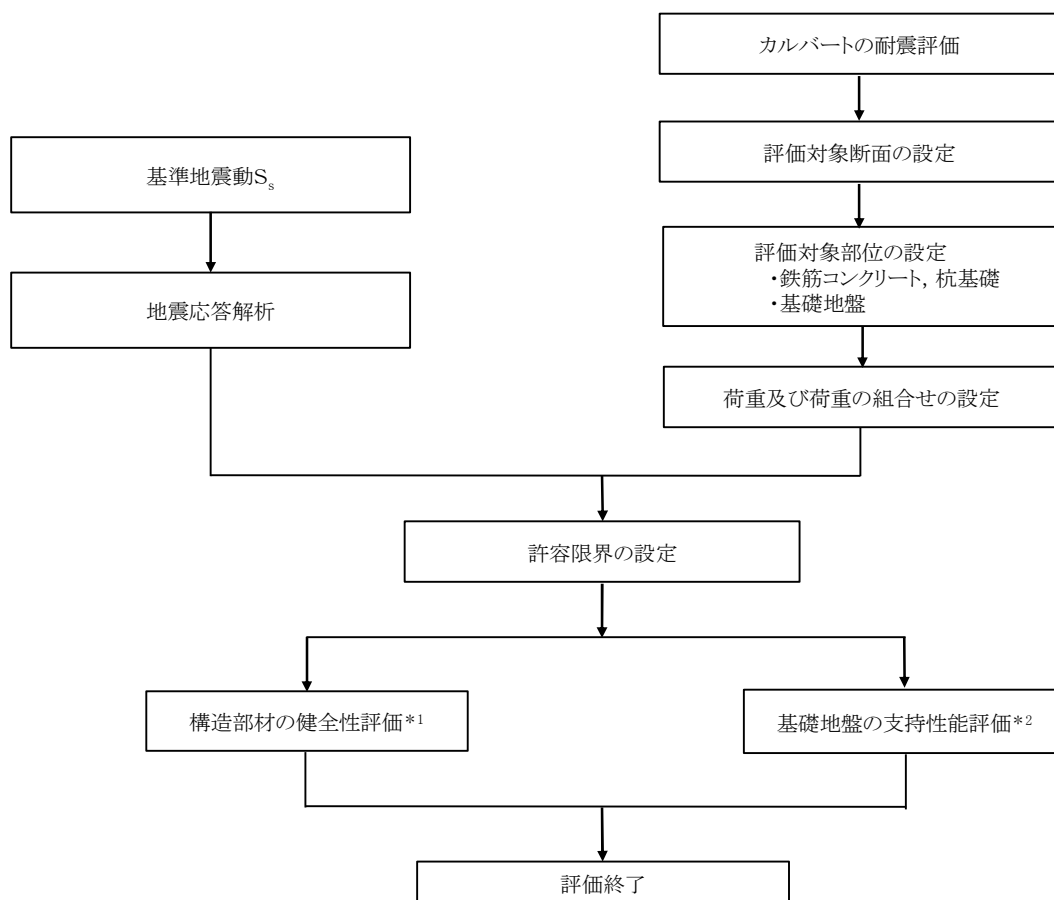
カルバートの耐震評価フローを第2-4図に示す。

ここで，カルバートは，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 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*
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
	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」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」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。

第2-4図 カルバートの耐震評価フロー

2.4 適用規格

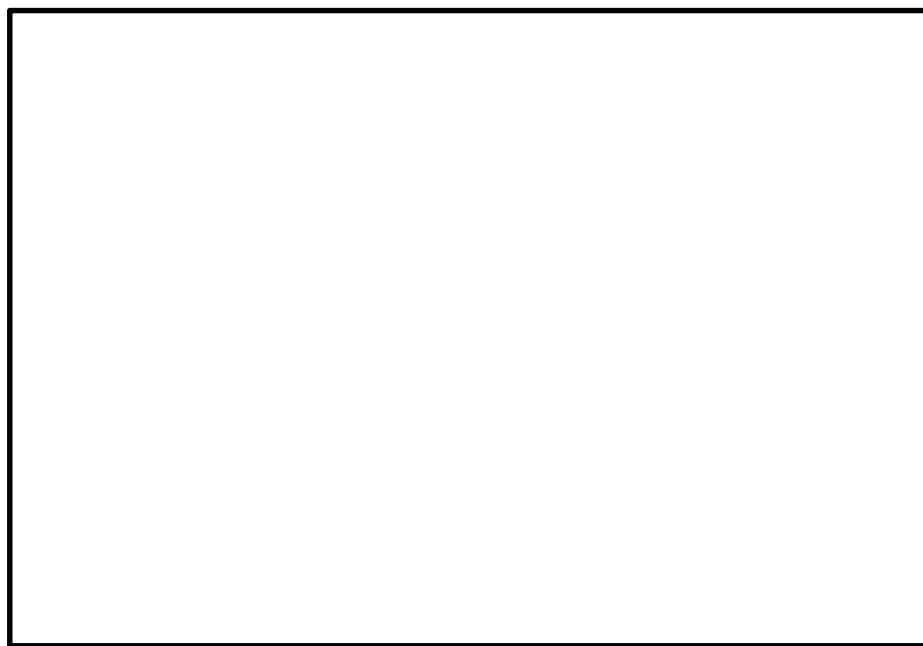
適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ 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）
- ・ 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・Ⅱ 鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）
- ・ 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）
- ・ 杭基礎設計便覧（（社）日本道路協会，平成4年改訂版）
- ・ 建築基礎構造設計指針（（社）日本建築学会，2001年）
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度法－（（社）日本建築学会，1999年）

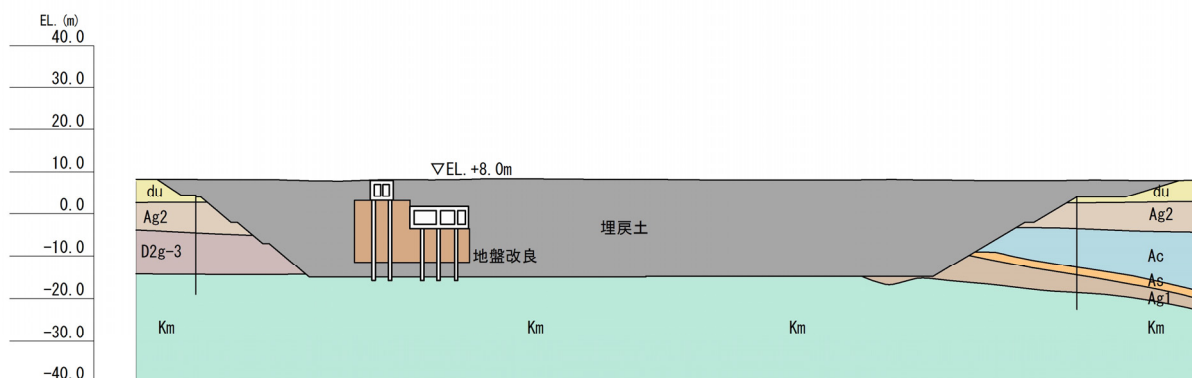
3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

評価対象断面は，V-2-2-21-2「常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の地震応答計算書」における評価対象断面と同様とする。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 カルバートの評価対象断面の平面位置



第 3-2 図 カルバートの評価対象断面（①－①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) 鉄筋コンクリートの許容限界

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3-1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_{al}	0.825*
鉄筋(SD490)	許容引張応力度 σ_{sa} (曲げ)	435
	許容引張応力度 σ_{sa} (せん断)	300
鉄筋(SD390)	許容引張応力度 σ_{sa}	309
鉄筋(SD345)	許容引張応力度 σ_{sa}	294

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

(2) 杭基礎の許容限界

杭基礎の許容限界は、「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に基づき設定する。

(3) 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

カルバートの耐震評価は、V-2-2-21-2「常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）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-2-2-22-3 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）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、常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）（以下、「トンネル」という。）が基準地震動S₀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。

トンネル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。

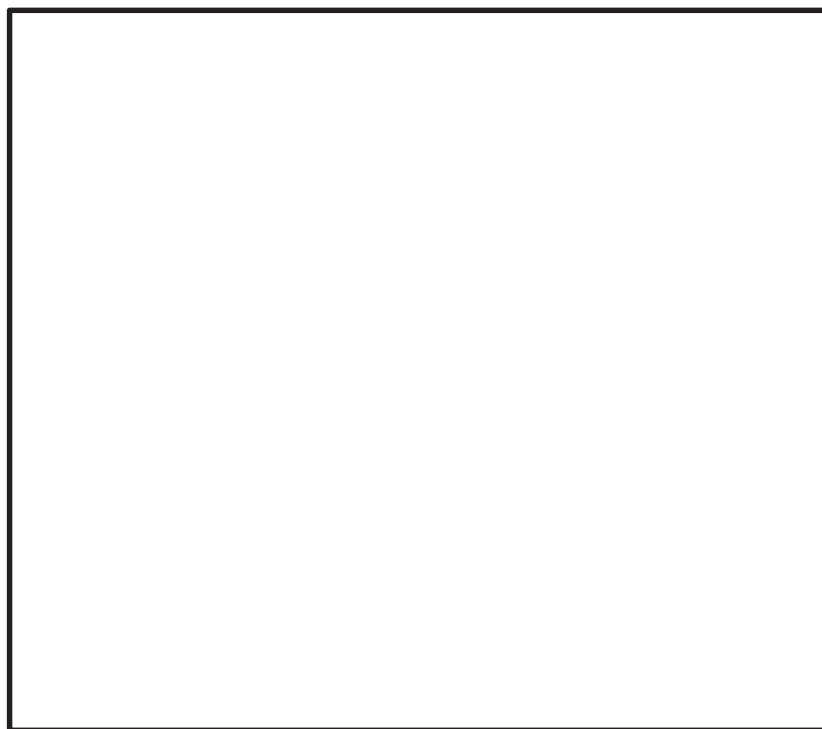
2. 基本方針

2.1 位置

トンネルの平面配置図を第2-1図に示す。



第2-1図 (1) トンネルの平面配置図 (全体平面図)

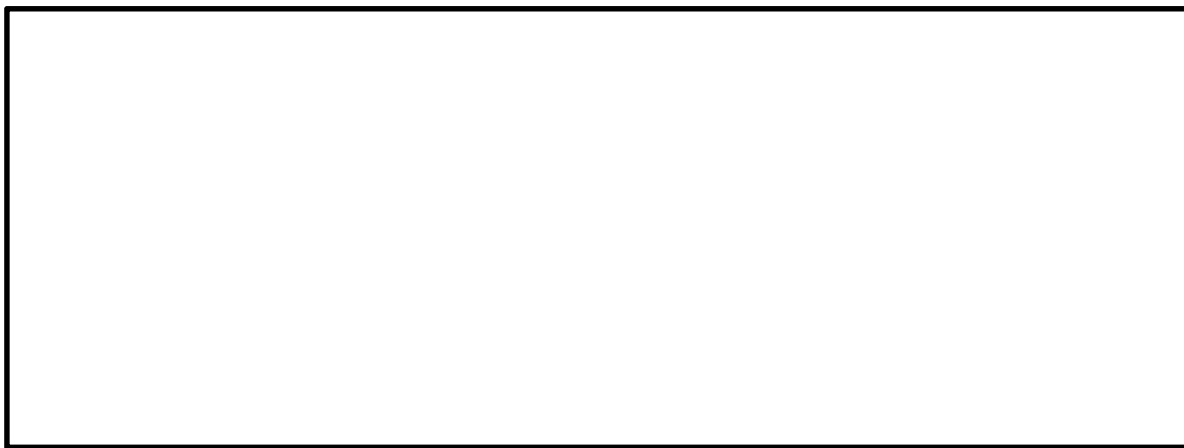


第2-1図 (2) トンネルの平面配置図 (拡大図)

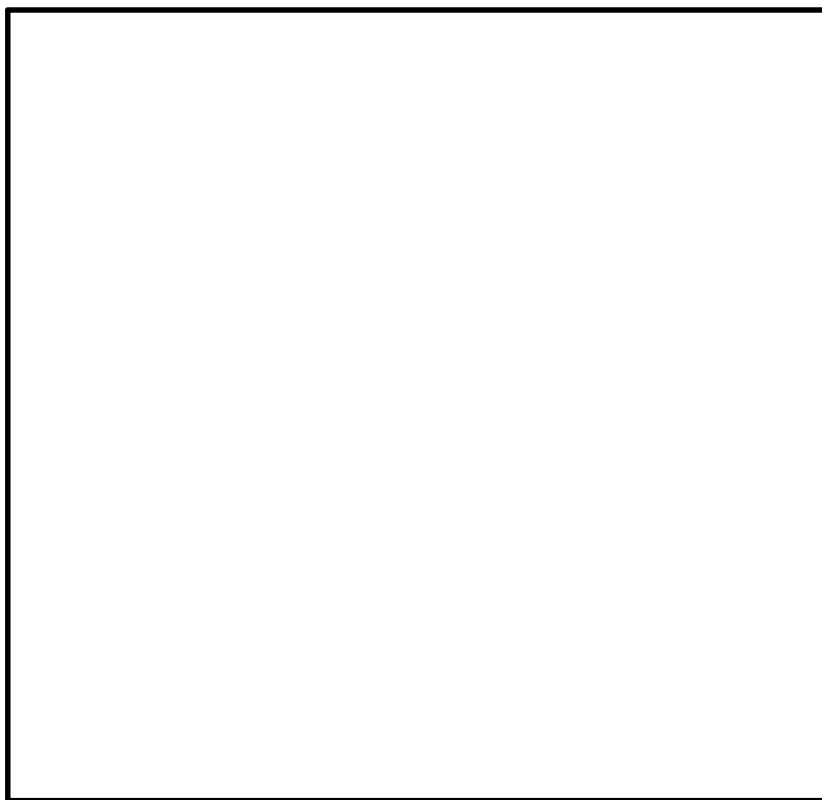
2.2 構造概要

トンネルは、軽油移送配管、電気ケーブル及び水配管を間接支持する鉄筋コンクリート構造物であり、延長約 140 m である。トンネルは内径 4.6 m、覆工 1.2 m であり、全線に亘り一定間隔でブロック割し、施工する。構造物は、十分な支持性能を有する岩盤内に設置する。

トンネルの縦断断面図を第 2-2 図に、標準断面図を第 2-3 図に示す。



第 2-2 図 トンネルの縦断断面図（単位：mm）



第 2-3 図 トンネルの標準断面図（単位：mm）

2.3 評価方針

トンネルは、設計基準対象施設においては、Sクラス施設の間接支持構造物に、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が設置される重大事故等対処施設に分類される。

トンネルの耐震評価は、V-2-2-21-3「常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）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。

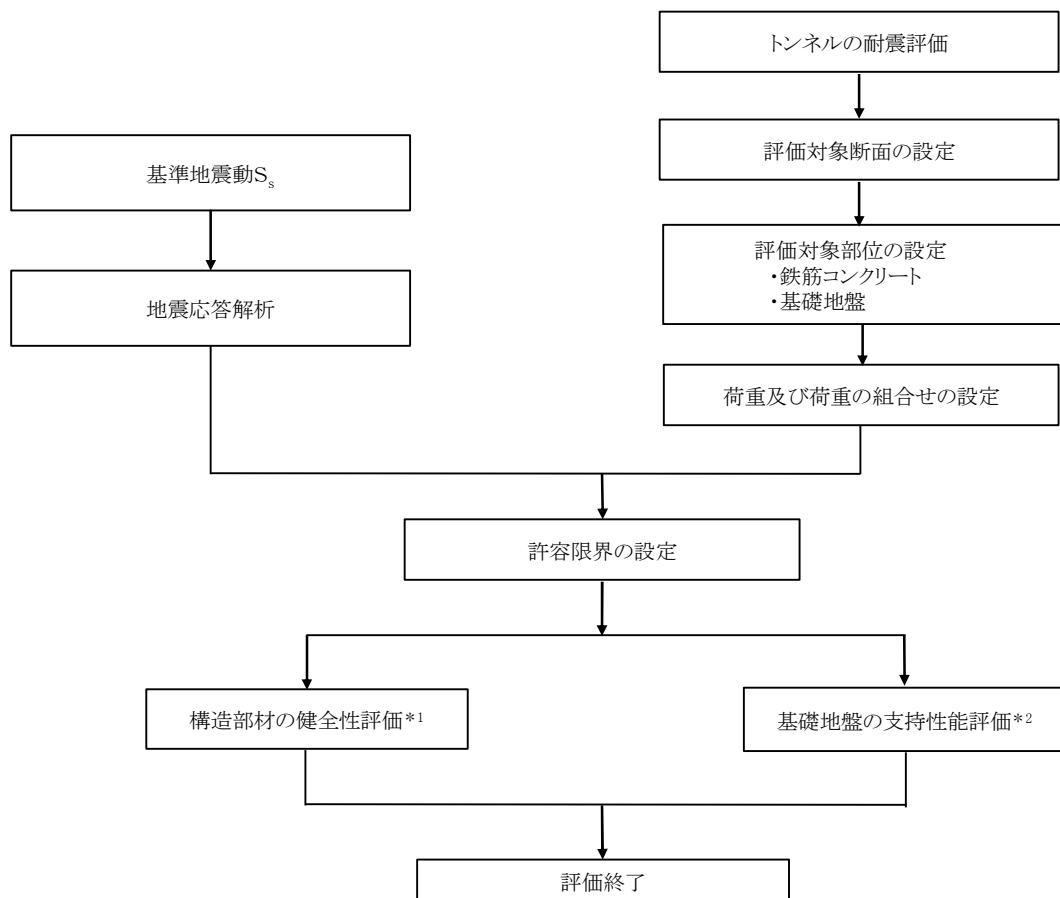
トンネルの耐震評価フローを第2-4図に示す。

ここで、トンネルは、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 トンネルの評価項目

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
	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」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」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。

第2-4図 トンネルの耐震評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

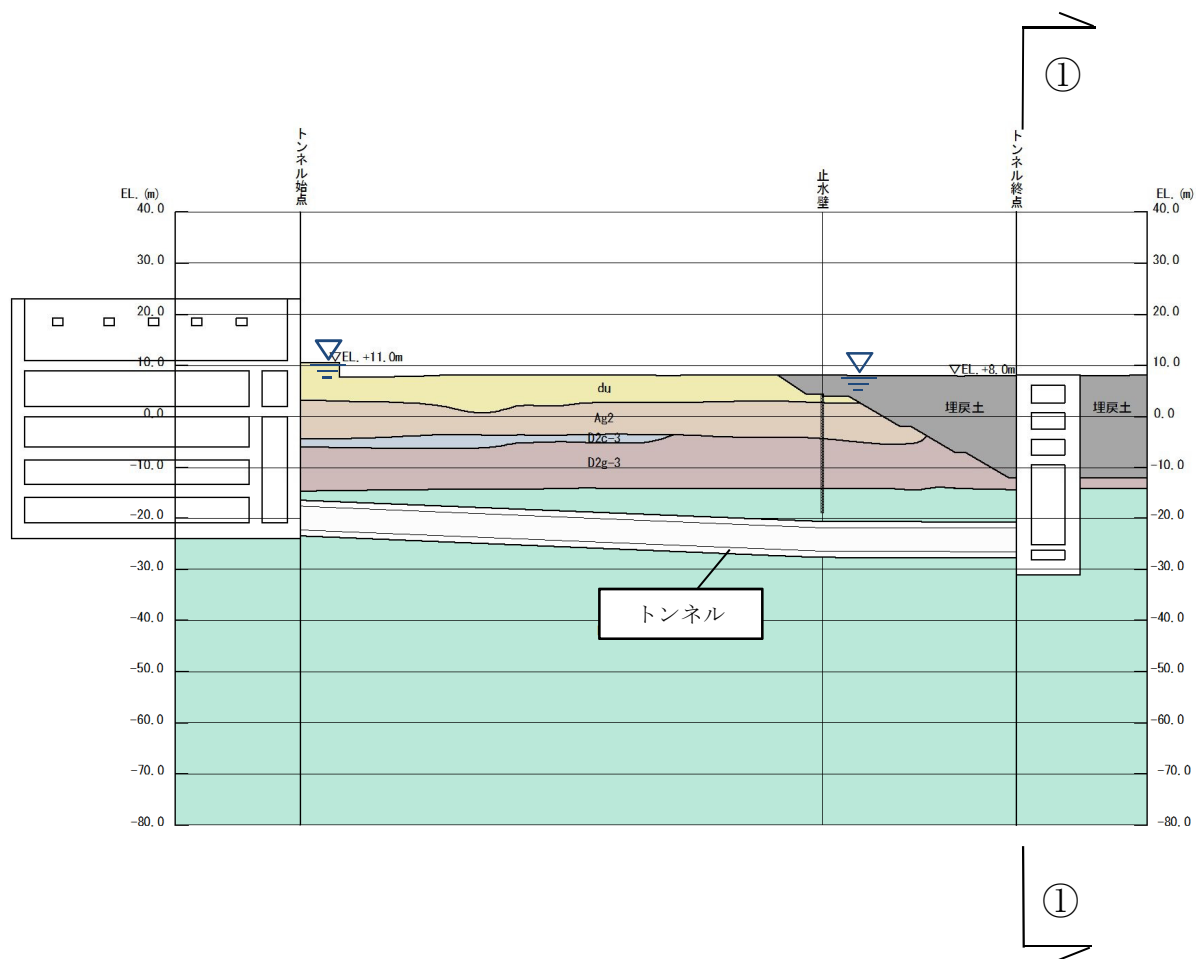
- ・ コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）
- ・ 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会，2005年）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）
- ・ 道路橋示方書（Ⅰ 共通編・Ⅳ 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）

3. 耐震評価

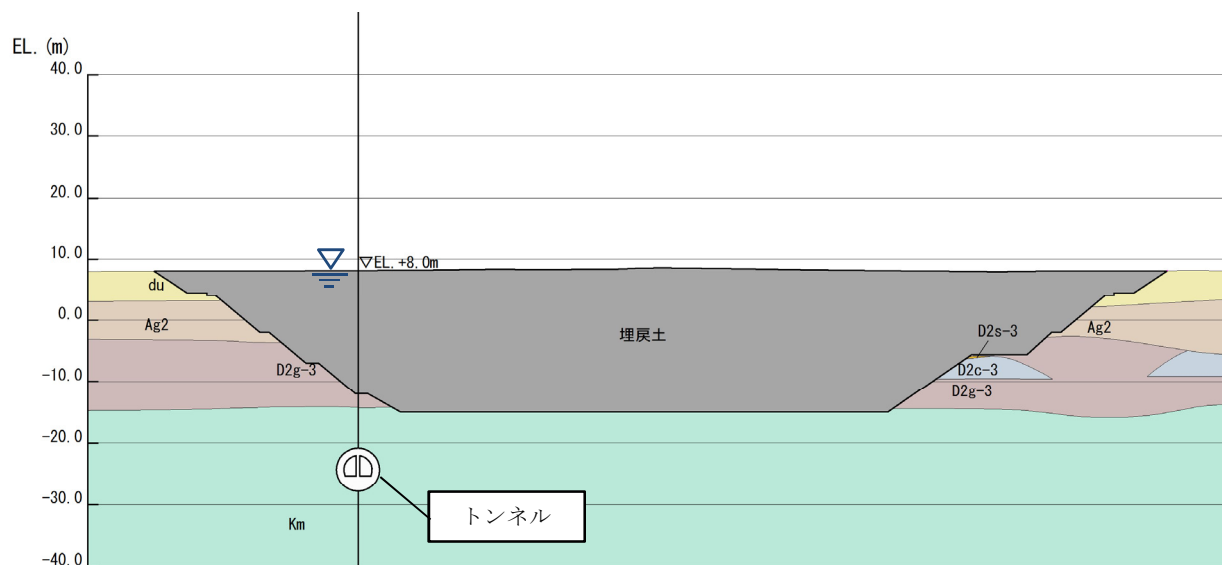
3.1 評価対象断面

評価対象断面は、V-2-2-21-3「常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の地震応答計算書」における評価対象断面と同様とする。

トンネル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 トンネルの評価対象断面位置図



第 3-2 図 トンネルの評価対象断面図 (①-①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、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、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) 鉄筋コンクリートの許容限界

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3-1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 ($f'_{ck}=30$ N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	16.5
	許容せん断応力度 τ_{al}	0.75*
鉄筋(SD490)	許容引張応力度 σ_{sa} （曲げ）	435
	許容引張応力度 σ_{sa} （せん断）	300
鉄筋(SD390)	許容引張応力度 σ_{sa}	309
鉄筋(SD345)	許容引張応力度 σ_{sa}	294

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

(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

トンネルの耐震評価は、V-2-2-21-3「常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）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-2-2-22-4 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）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	7
3. 耐震評価	8
3.1 評価対象断面	8
3.2 許容限界	9
3.3 評価方法	11

1. 概要

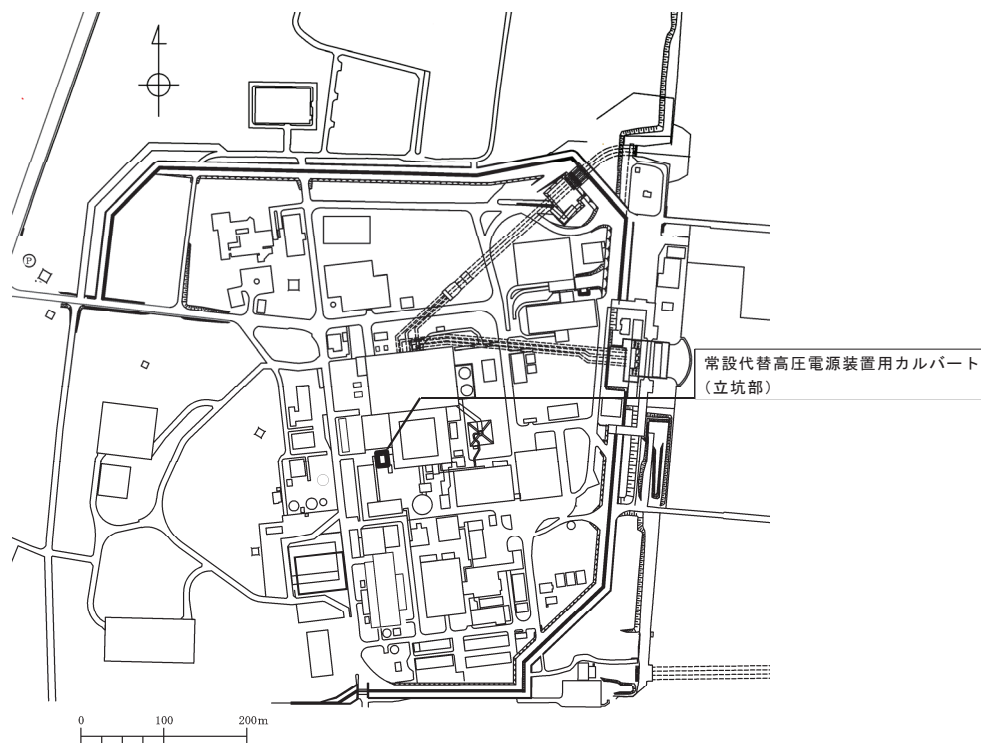
本資料は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）（以下、「立坑」という。）が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認するものである。

立坑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。

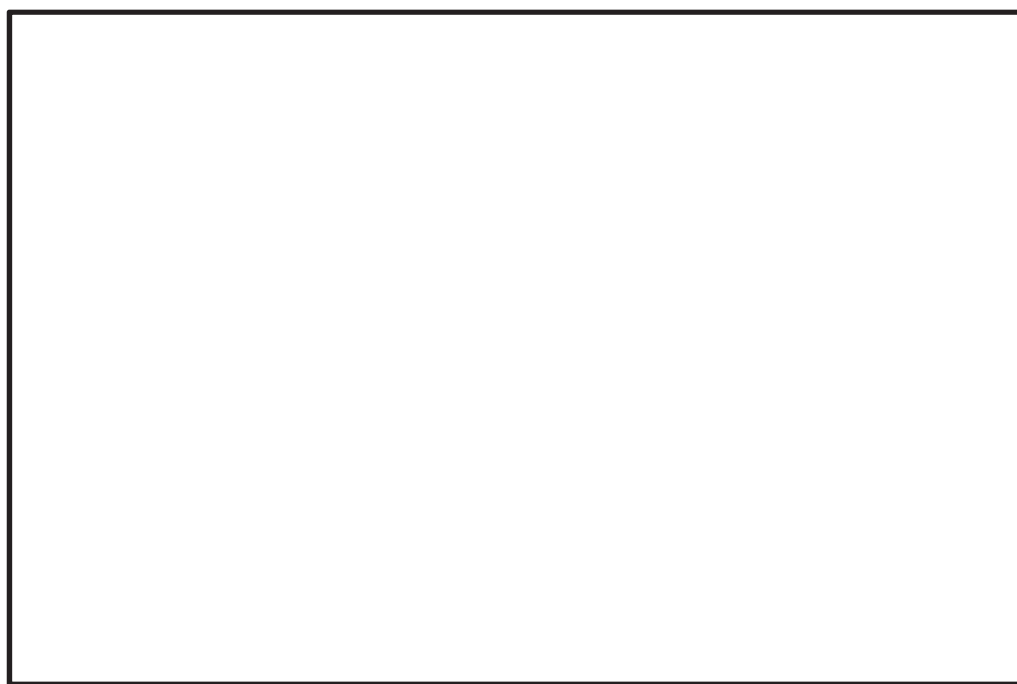
2. 基本方針

2.1 位置

立坑の平面配置図を第2-1図に示す。



第2-1図 (1) 立坑の平面配置図 (全体平面図)



第2-1図 (2) 立坑の平面配置図 (拡大図)

2.2 構造概要

立坑は、電気ケーブル、軽油移送配管及び水配管を支持する 4 層 2 連カルバート状の鉄筋コンクリート構造物であり、南北方向約 12.5 m、東西方向約 16.5 m、高さ約 39 m である。構造物は、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置する。

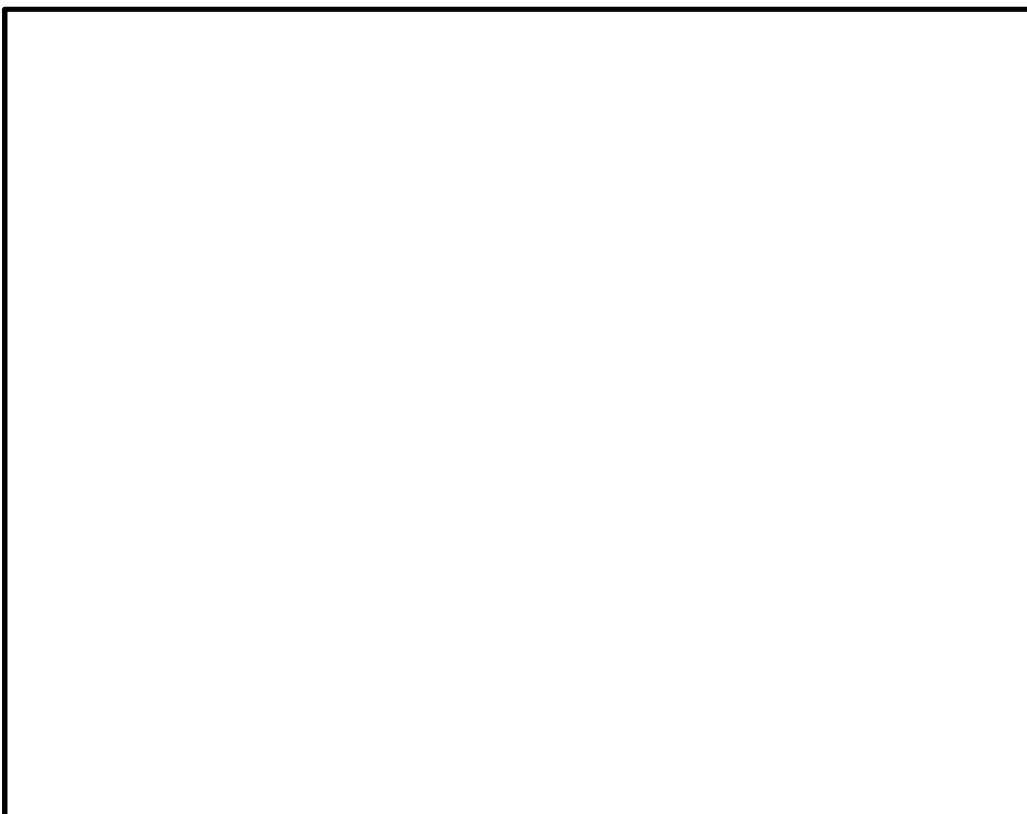
立坑の平面図を第 2-2 図、断面図（南北方向）を第 2-3 図、断面図（東西方向）を第 2-4 図に示す。



第 2-2 図 立坑の平面図



第 2-3 図 立坑の断面図（南北方向 ①-①断面）



第 2-4 図 立坑の断面図（東西方向 ②-②断面）

2.3 評価方針

立坑は、設計基準対象施設においては、Sクラス施設の間接支持構造物に、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が設置される重大事故等対処施設に分類される。

立坑の耐震評価は、V-2-2-21-4「常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）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。

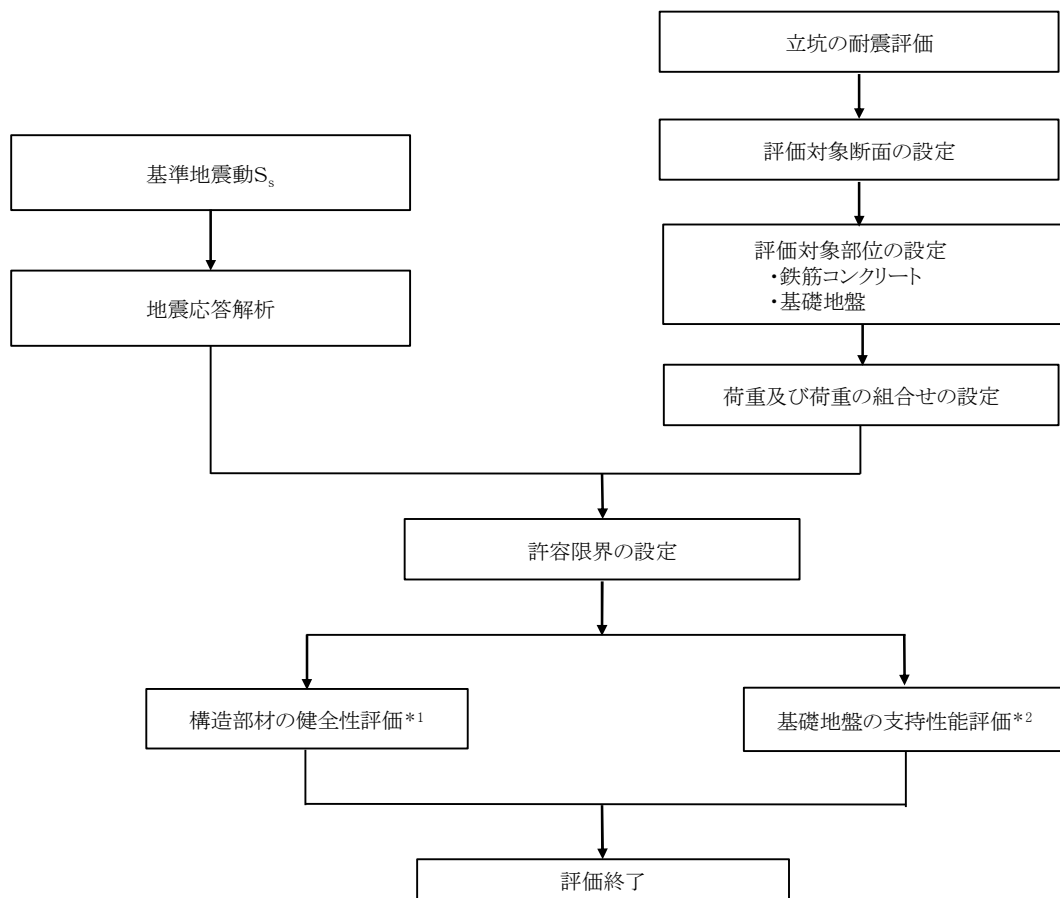
立坑の耐震評価フローを第2-5図に示す。

ここで、立坑は、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 立坑の評価項目

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
	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」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」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。

第2-5図 立坑の耐震評価フロー

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）
- ・ 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24年3月）
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度法－（（社）日本建築学会，1999年）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

評価対象断面は、V-2-2-21-4「常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の地震応答計算書」における評価対象断面と同様とする。

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、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、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) 鉄筋コンクリートの許容限界

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3-1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_{al}	0.825*
鉄筋(SD490)	許容引張応力度 σ_{sa} （曲げ）	435
	許容引張応力度 σ_{sa} （せん断）	300
鉄筋(SD390)	許容引張応力度 σ_{sa}	309
鉄筋(SD345)	許容引張応力度 σ_{sa}	294

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

(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

立坑の耐震評価は、V-2-2-21-4「常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）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-2-2-23 可搬型設備用軽油タンク基礎の地震応答計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	4
2.3 解析方針	5
2.4 適用規格	6
3. 解析方法	7
3.1 評価対象断面	7
3.2 解析方法	9
3.3 荷重及び荷重の組み合わせ	10
3.4 入力地震動	11
3.5 解析モデル及び諸元	12

1. 概要

本資料は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施する可搬型設備用軽油タンク基礎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、可搬型設備用軽油タンク基礎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。

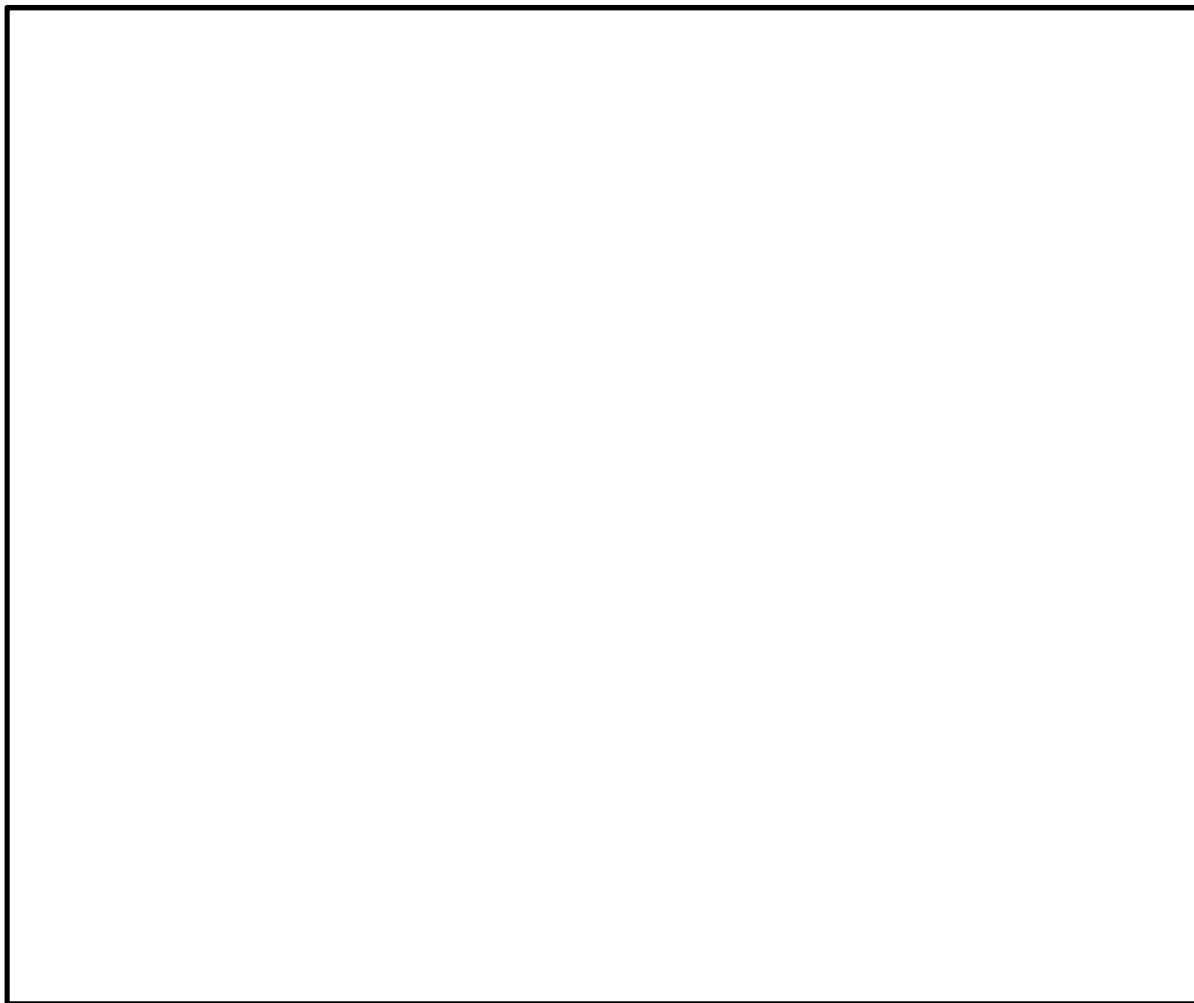
2. 基本方針

2.1 位置

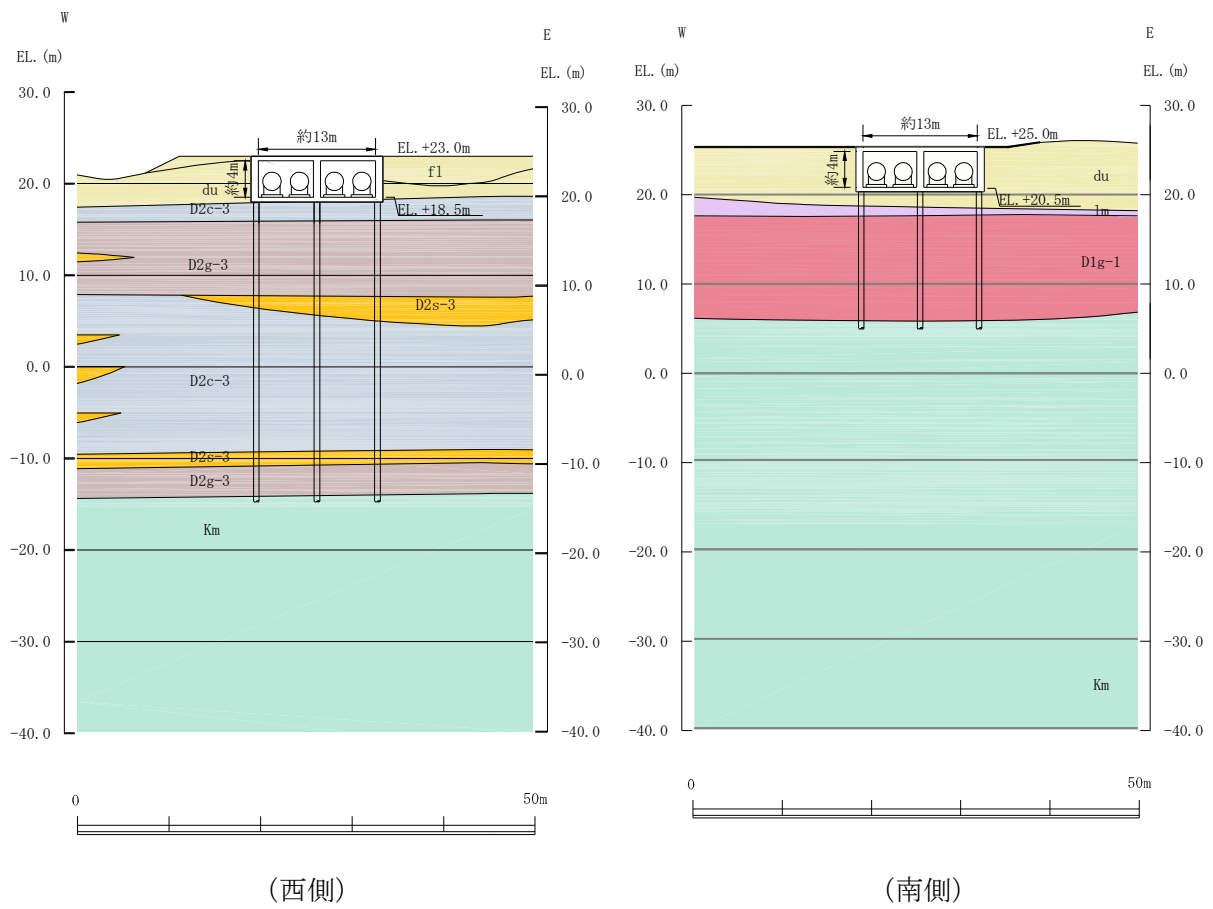
可搬型設備用軽油タンク基礎の平面配置図を第 2-1 図に示す。西側と南側に分散配置される可搬型設備保管場所に対応して、同様の構造形式*となる可搬型設備用軽油タンク基礎を 2 箇所に設置する。

また、西側及び南側の周辺地質構造を第 2-2 図に示す。

注記 *：杭長のみ異なる。



第 2-1 図 可搬型設備用軽油タンク基礎 平面配置図

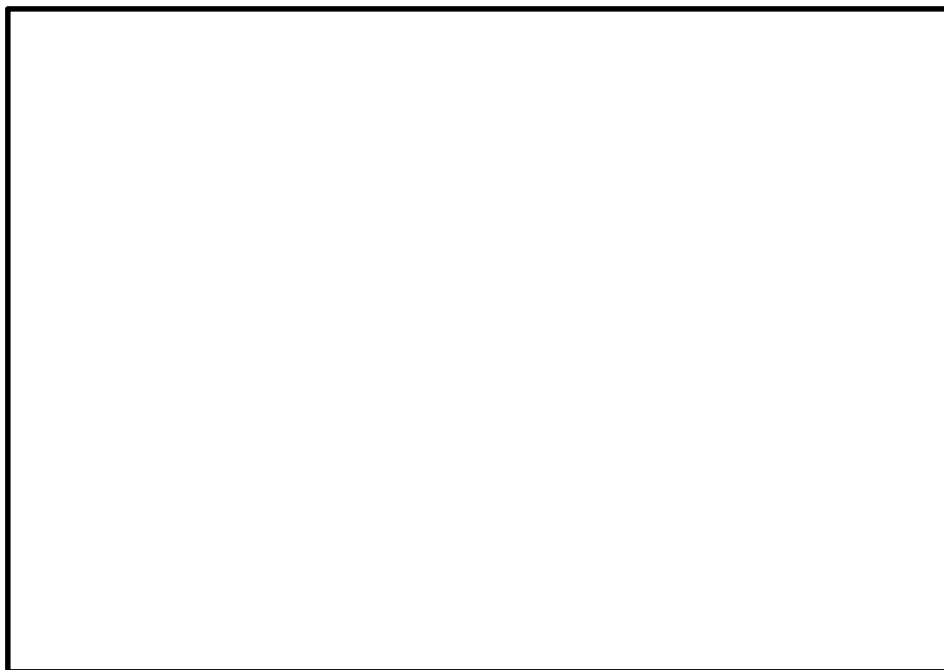


第 2-2 図 可搬型設備用軽油タンク基礎 周辺地質構造

2.2 構造概要

可搬型設備用軽油タンク基礎は、内空幅約 11 m（タンク軸方向）×13 m（タンク横断方向），内空高さ約 4 m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，2 連のボックスで構成されている。また，杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。

可搬型設備用軽油タンク基礎の平面図を第 2-3 図，断面図を第 2-4 図に示す。



第 2-3 図 可搬型設備用軽油タンク基礎 平面図



第 2-4 図 可搬型設備用軽油タンク基礎 断面図（A-A 断面）

2.3 解析方針

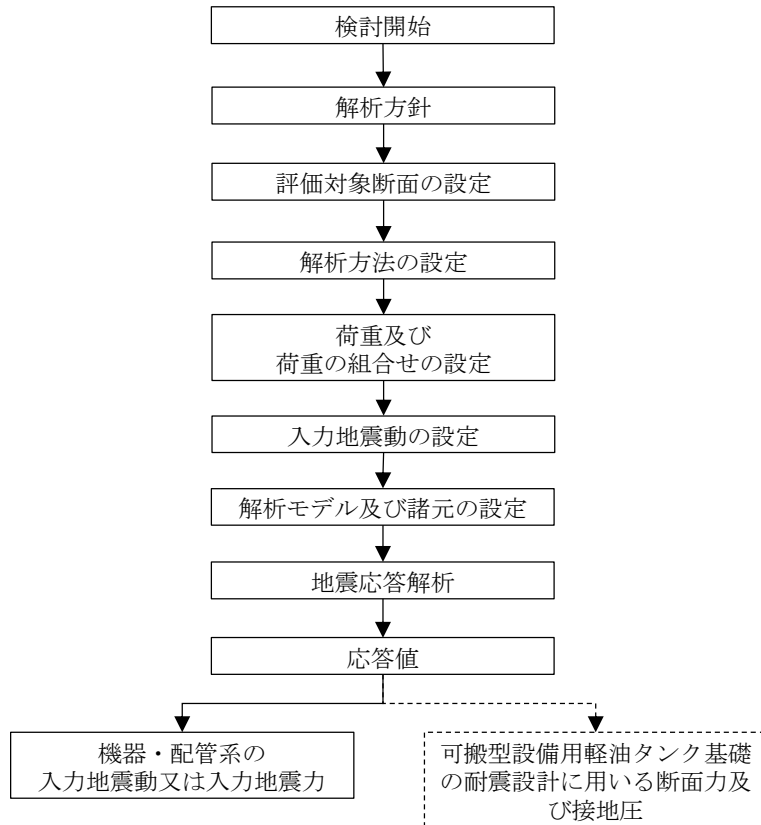
可搬型設備用軽油タンク基礎は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 S_s に対して解析を実施する。

第2-5図に可搬型設備用軽油タンク基礎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、可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震設計に用いる。



第2-5図 可搬型設備用軽油タンク基礎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）

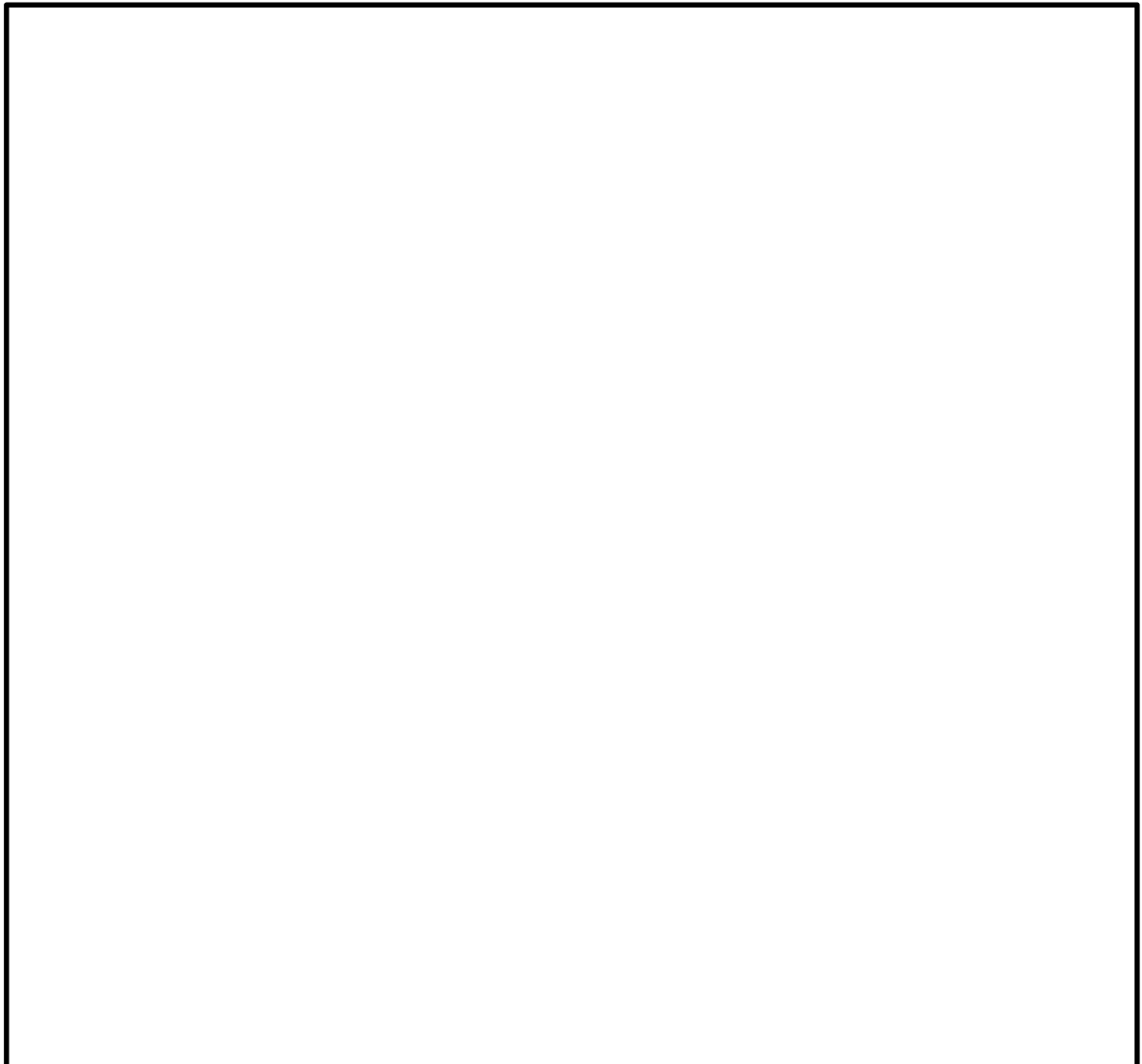
3. 解析方法

3.1 評価対象断面

可搬型設備用軽油タンク基礎は縦断方向（タンク軸方向）にほぼ一様な断面の比較的単純な箱型構造物であり，縦断方向は加振方向と平行に配置される側壁又は隔壁を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向断面となる。一方，横断方向（タンクの軸方向に対し直交する方向）は，タンクを格納するため，加振方向と平行に配置される構造部材が無いことから，弱軸方向断面となる。

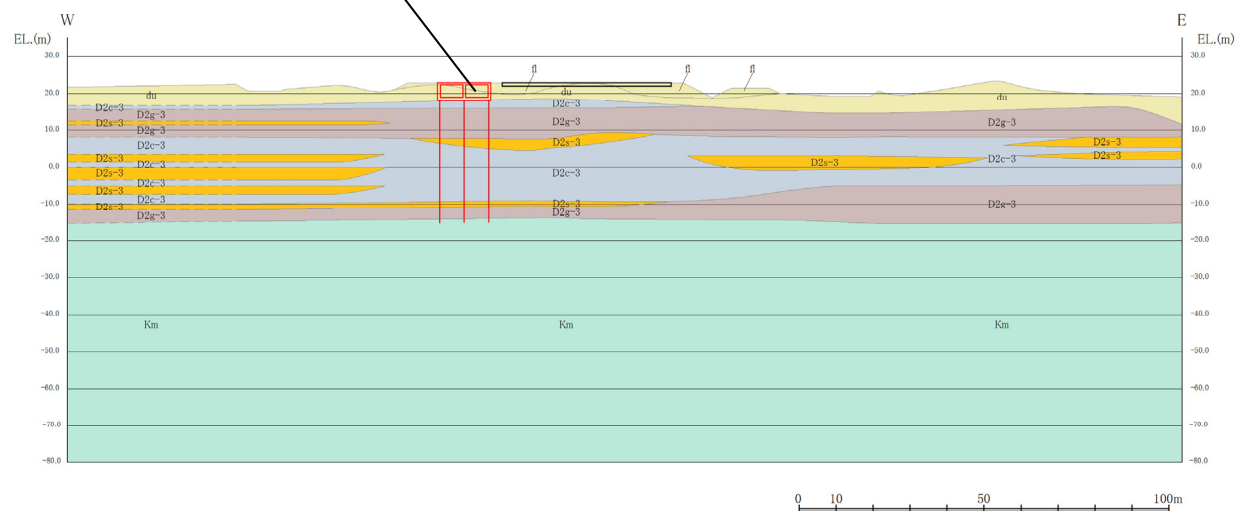
また，西側と南側のうち相対的に杭長が長くなる可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）を代表として耐震評価を実施する。

可搬型設備用軽油タンク基礎の評価対象断面位置を第 3-1 図に，評価対象断面を第 3-2 図に示す。



第 3-1 図 可搬型設備用軽油タンク基礎 評価対象位置

可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）



第3-2 図 可搬型設備用軽油タンク基礎 評価対象断面図（①-①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 減衰を考慮する。

3.3 荷重及び荷重の組み合わせ

荷重及び荷重の組み合わせは、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

可搬型設備用軽油タンク基礎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

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

可搬型設備用軽油タンク基礎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（内側及び外側）及び水圧（地下水）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

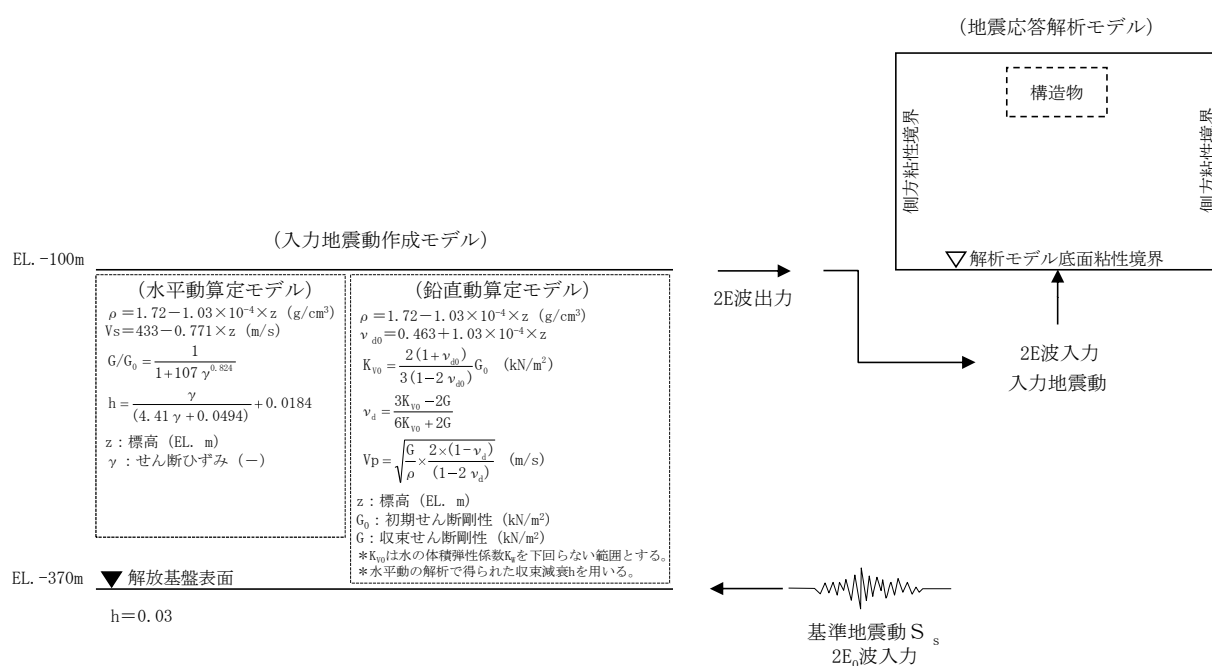
K_s : 地震荷重

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

可搬型設備用軽油タンク基礎の地震応答解析モデルを第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

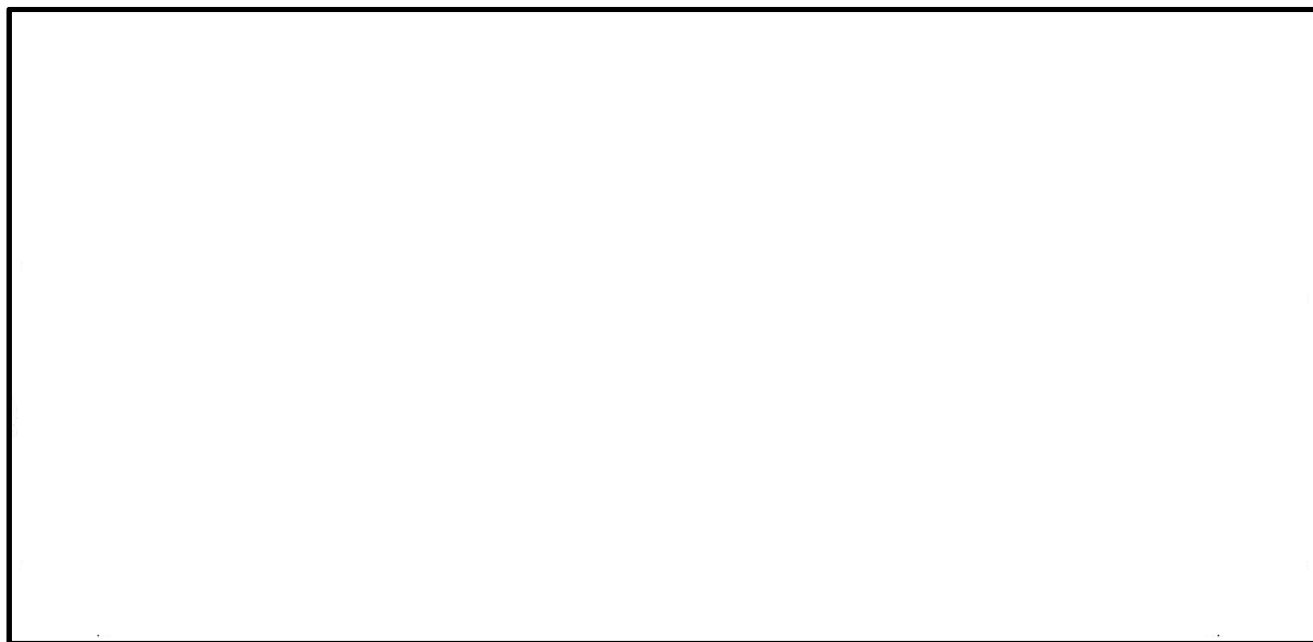
解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、粘性境界を設ける。

(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、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3-4図 可搬型設備用軽油タンク基礎の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

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	SKK490

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 (kN/mm ²)	ポアソン比
鉄筋コンクリート	24.5	31	0.2
鋼管杭	77	200	0.3

3.5.3 地盤の物性値

地盤及の物性値は，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-2-2-24 可搬型設備用軽油タンク基礎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	4
2.3 評価方針	5
2.4 適用規格	7
3. 耐震評価	8
3.1 評価対象断面	8
3.2 許容限界	10
3.3 評価方法	12

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、可搬型設備用軽油タンク基礎が基準地震動 S_0 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。

可搬型設備用軽油タンク基礎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。

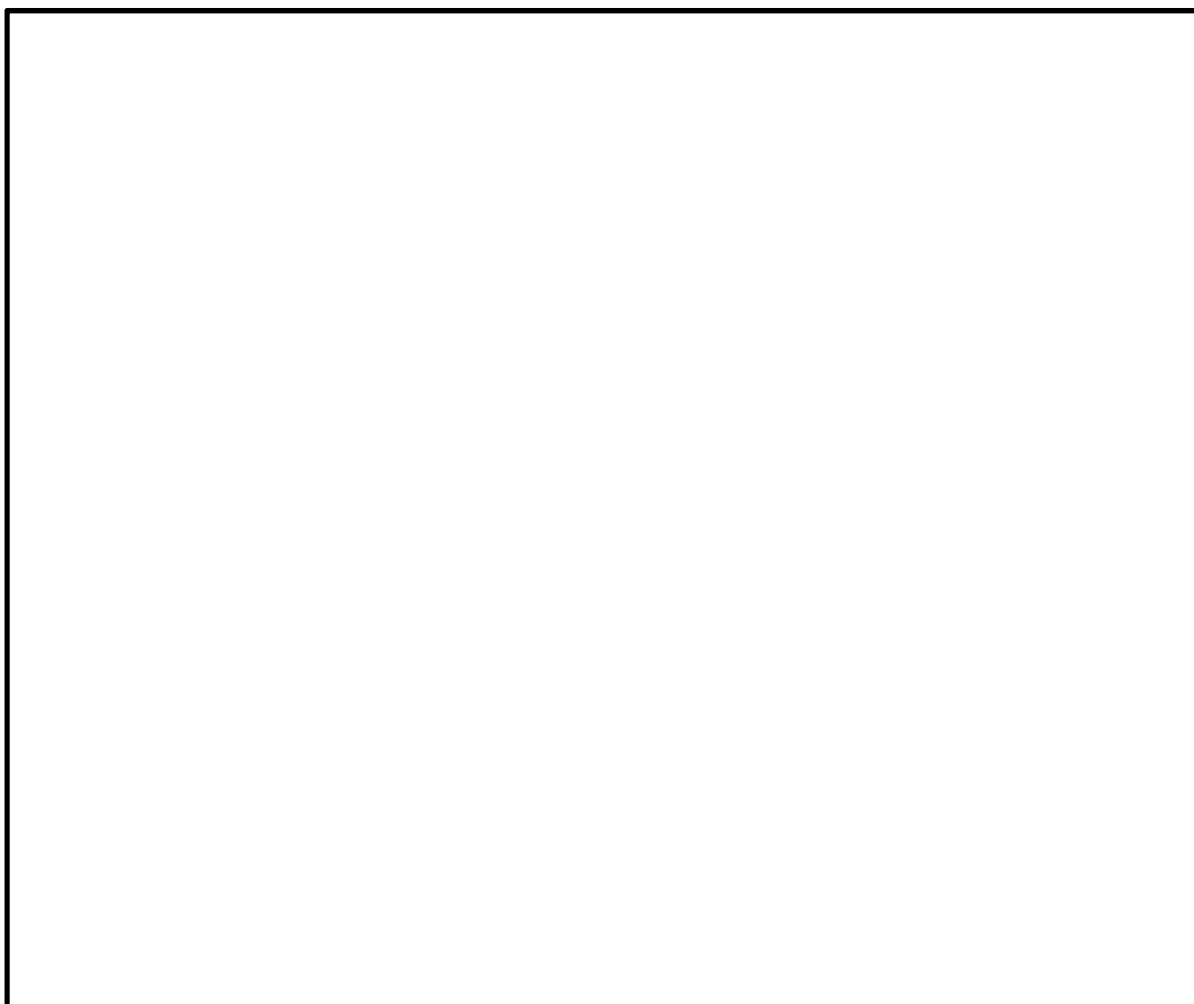
2. 基本方針

2.1 位置

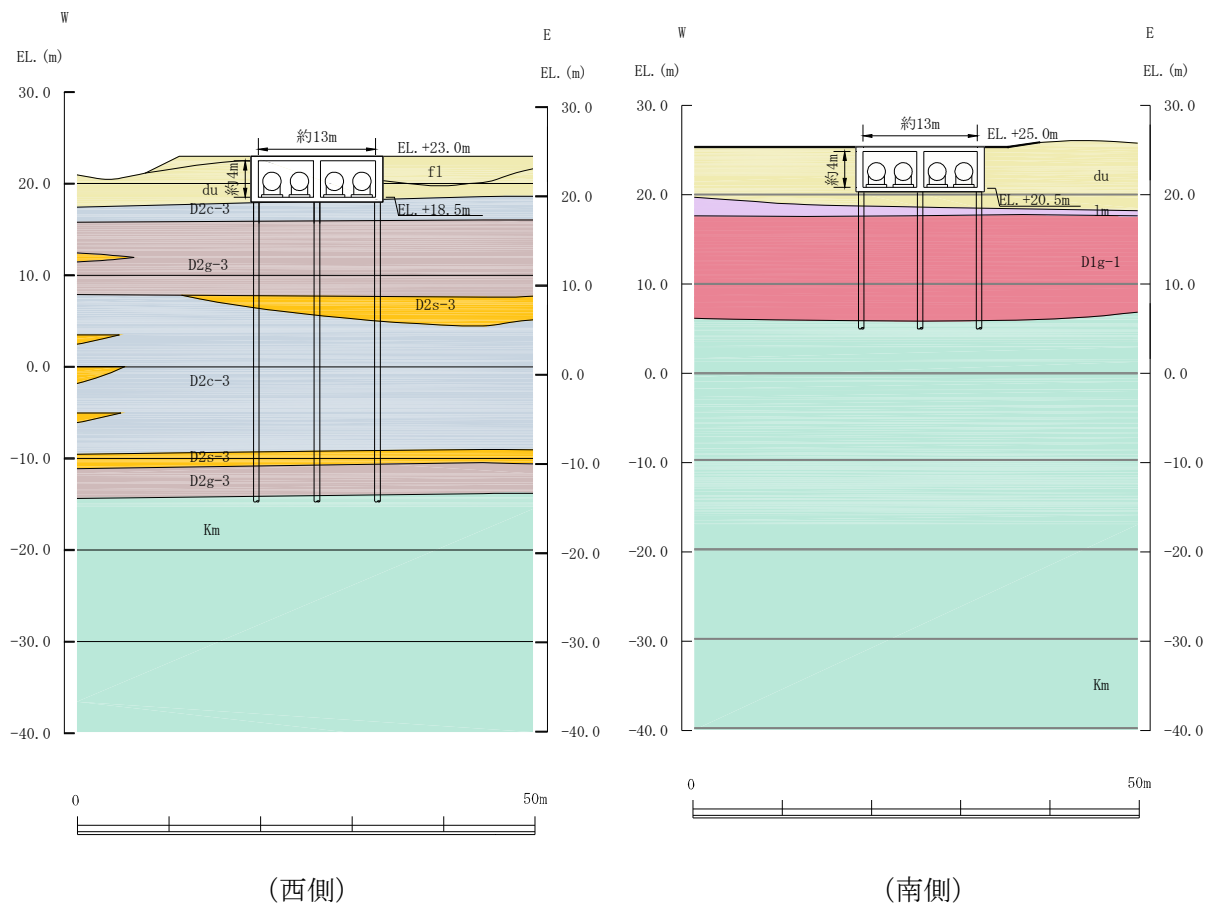
可搬型設備用軽油タンク基礎の平面配置図を第 2-1 図に示す。西側と南側に分散配置される可搬型設備保管場所に対応して、同様の構造形式*となる可搬型設備用軽油タンク基礎を 2 箇所に設置する。

また、西側及び南側の周辺地質構造を第 2-2 図に示す。

注記 *：杭長のみ異なる。



第 2-1 図 可搬型設備用軽油タンク基礎 平面配置図

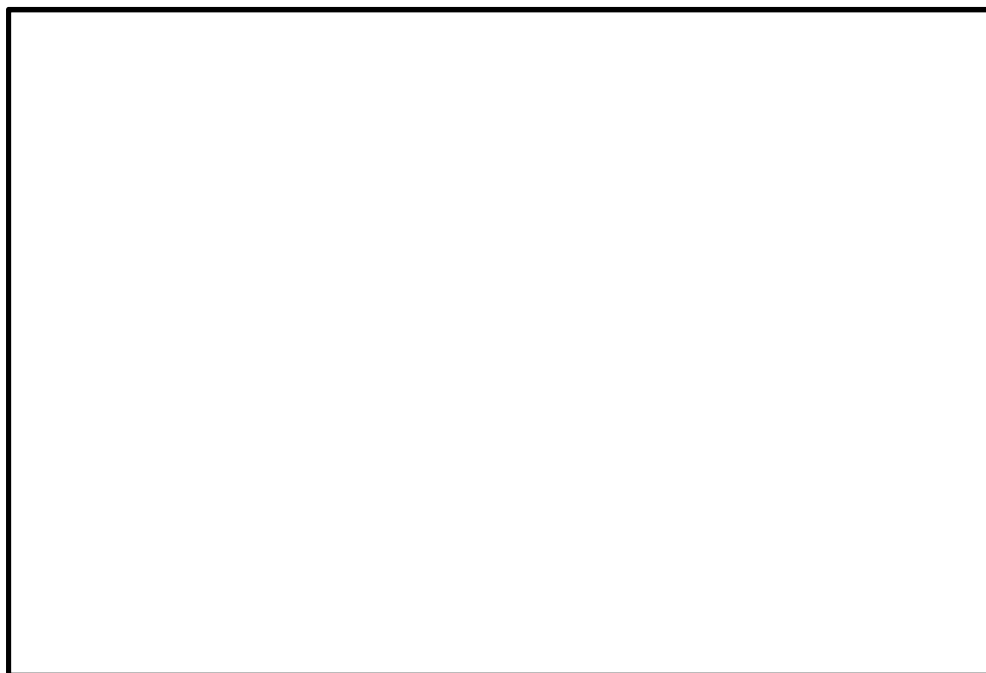


第 2-2 図 可搬型設備用軽油タンク基礎 周辺地質構造

2.2 構造概要

可搬型設備用軽油タンク基礎は、内空幅約 11 m（タンク軸方向）×約 13 m（タンク横断方向）、内空高さ約 4 m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、2 連のボックスで構成されている。また、杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。

可搬型設備用軽油タンク基礎の平面図を第 2-3 図、断面図を第 2-4 図に示す。



第 2-3 図 可搬型設備用軽油タンク基礎 平面図



第 2-4 図 可搬型設備用軽油タンク基礎 断面図（A-A 断面）

2.3 評価方針

可搬型設備用軽油タンク基礎は、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。

可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震評価は、V-2-2-23「可搬型設備用軽油タンク基礎の地震応答計算書」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。

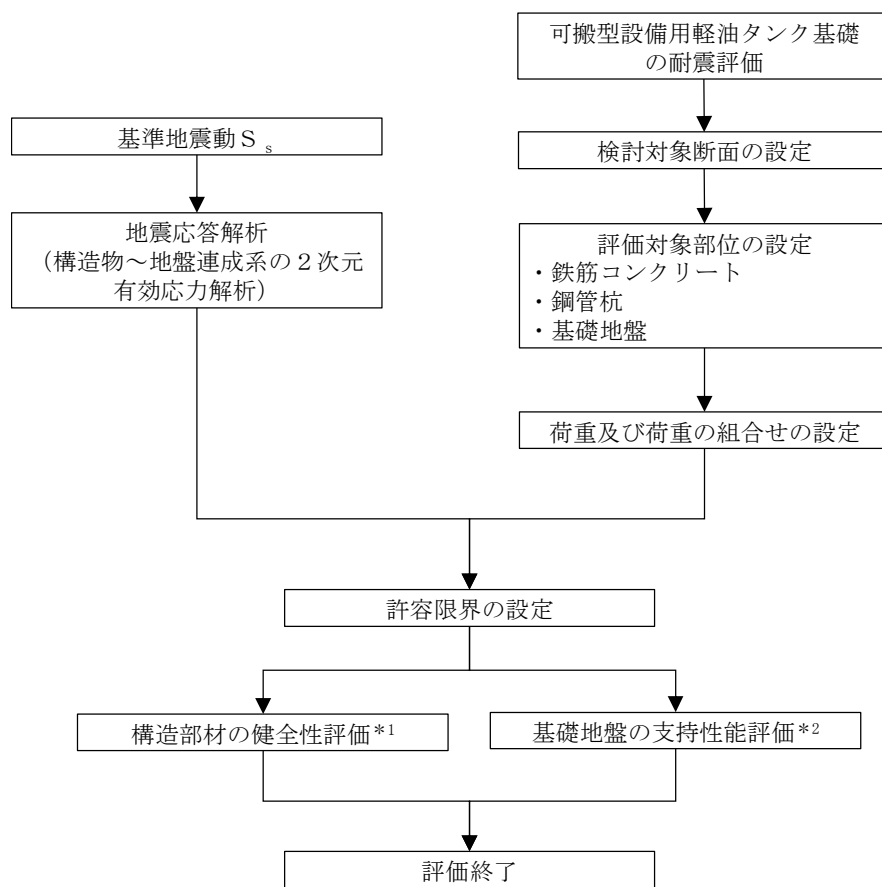
基礎地盤の支持性能評価においては、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震評価フローを第2-5図に示す。

第2-1表 可搬型設備用軽油タンク基礎の評価項目

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 A 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「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2-5図 可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震評価フロー

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）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

可搬型設備用軽油タンク基礎は縦断方向（タンク軸方向）にほぼ一様な断面の比較的単純な箱型構造物であり，縦断方向は加振方向と平行に配置される側壁又は隔壁を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向断面となる。一方，横断方向（タンクの軸方向に対し直交する方向）は，タンクを格納するため，加振方向と平行に配置される構造部材が無いことから，弱軸方向断面となる。

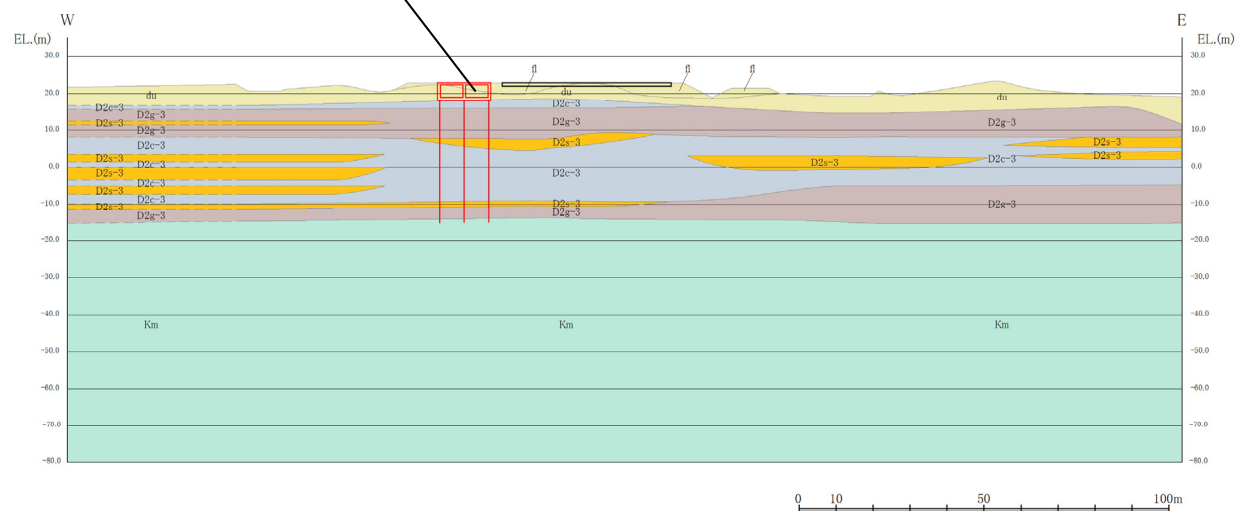
また，西側と南側のうち相対的に杭長が長くなる可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）を代表として耐震評価を実施する。

可搬型設備用軽油タンク基礎の評価対象断面位置を第 3-1 図に，評価対象断面を第 3-2 図に示す。



第 3-1 図 可搬型設備用軽油タンク基礎 評価対象位置

可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）



第3-2 図 可搬型設備用軽油タンク基礎 評価対象断面図（①-①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) 鉄筋コンクリートの許容限界

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 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	SD490	許容曲げ引張応力度 σ_{sa} （軸方向鉄筋）	435
		許容曲げ引張応力度 σ_{sa} （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

(2) 鋼管杭の許容限界

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 3-2 表のとおり設定する。なお，第 3-2 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，鋼材の許容応力度に対して 1.5 倍の割増しを考慮する。

第 3-2 表 許容応力度（短期）

評価項目		短期許容応力度 (N/mm ²)
母材部 溶接部	引張	277.5
	圧縮	277.5
	せん断	157.5

(3) 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

可搬型設備用軽油タンク基礎の耐震評価は、V-2-2-23「可搬型設備用軽油タンク基礎の地震応答計算書」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) 鋼管杭

鋼管杭の評価は、杭体の曲げモーメント及び軸力より算定される応力及びせん断力より算定されるせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

a. 曲げモーメント及び軸力に対する照査

曲げモーメント及び軸力を用いて次式により算定される応力が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{Z}$$

ここで、

- σ : 鋼管杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力 (N/mm²)
- M : 最大曲げモーメント (N・mm)
- Z : 断面係数 (mm³)
- N : 軸力 (N)
- A : 有効断面積 (mm²)

b. せん断力に対する照査

せん断力を用いて次式により算定されるせん断応力がせん断強度に基づく許容限界以下であることを確認する。

$$\tau = \kappa \frac{S}{A}$$

ここで、

- τ : 鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力 (N/mm²)
- S : せん断力 (N)
- A : 有効断面積 (mm²)
- κ : せん断応力の分布係数 (2.0)

(3) 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-2-2-25 常設低圧代替注水系ポンプ室の地震応答計算書

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	9
3. 解析方法	10
3.1 評価対象断面	10
3.2 解析方法	12
3.3 荷重及び荷重の組合せ	13
3.4 入力地震動	15
3.5 解析モデル及び諸元	48

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ポンプ室の地震応答解析について説明するものである。

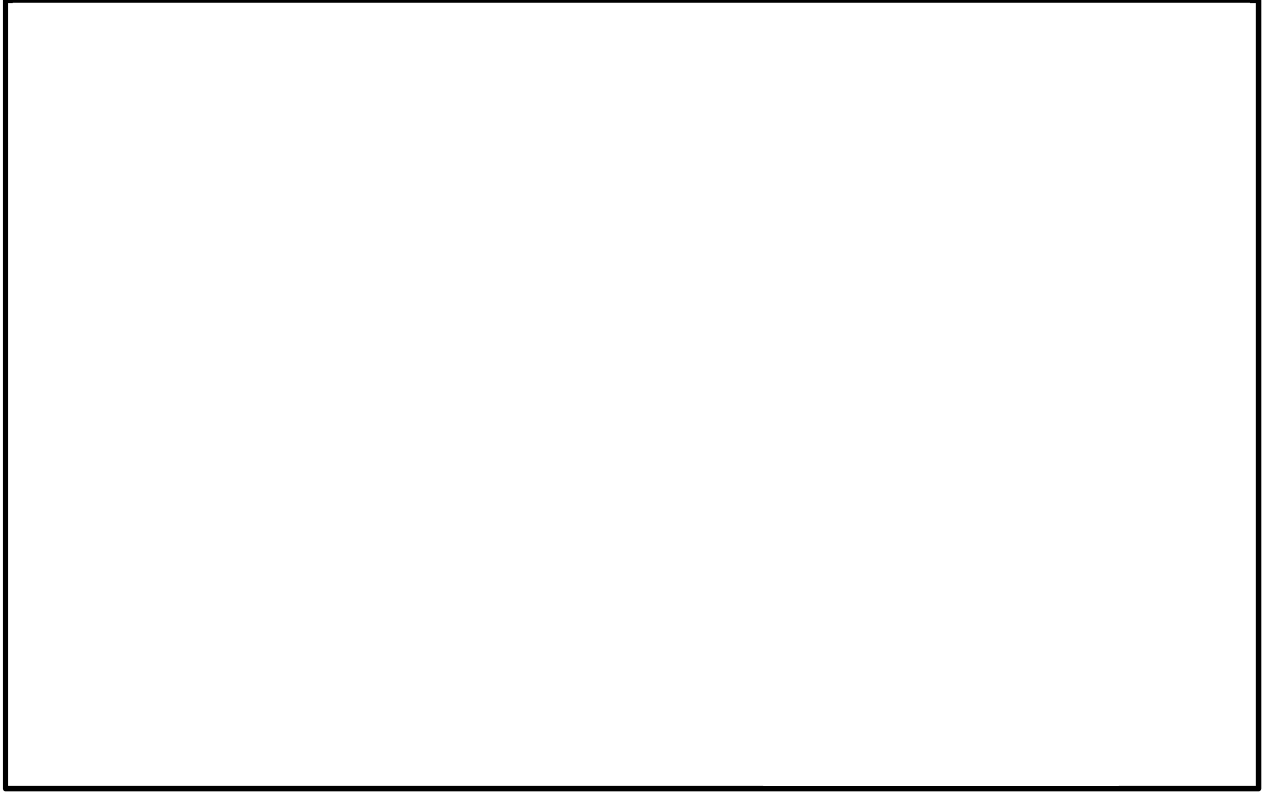
本地震応答解析は、機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。

また、常設低圧代替注水系ポンプ室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ポンプ室の平面配置図を第 2-1 図に示す。



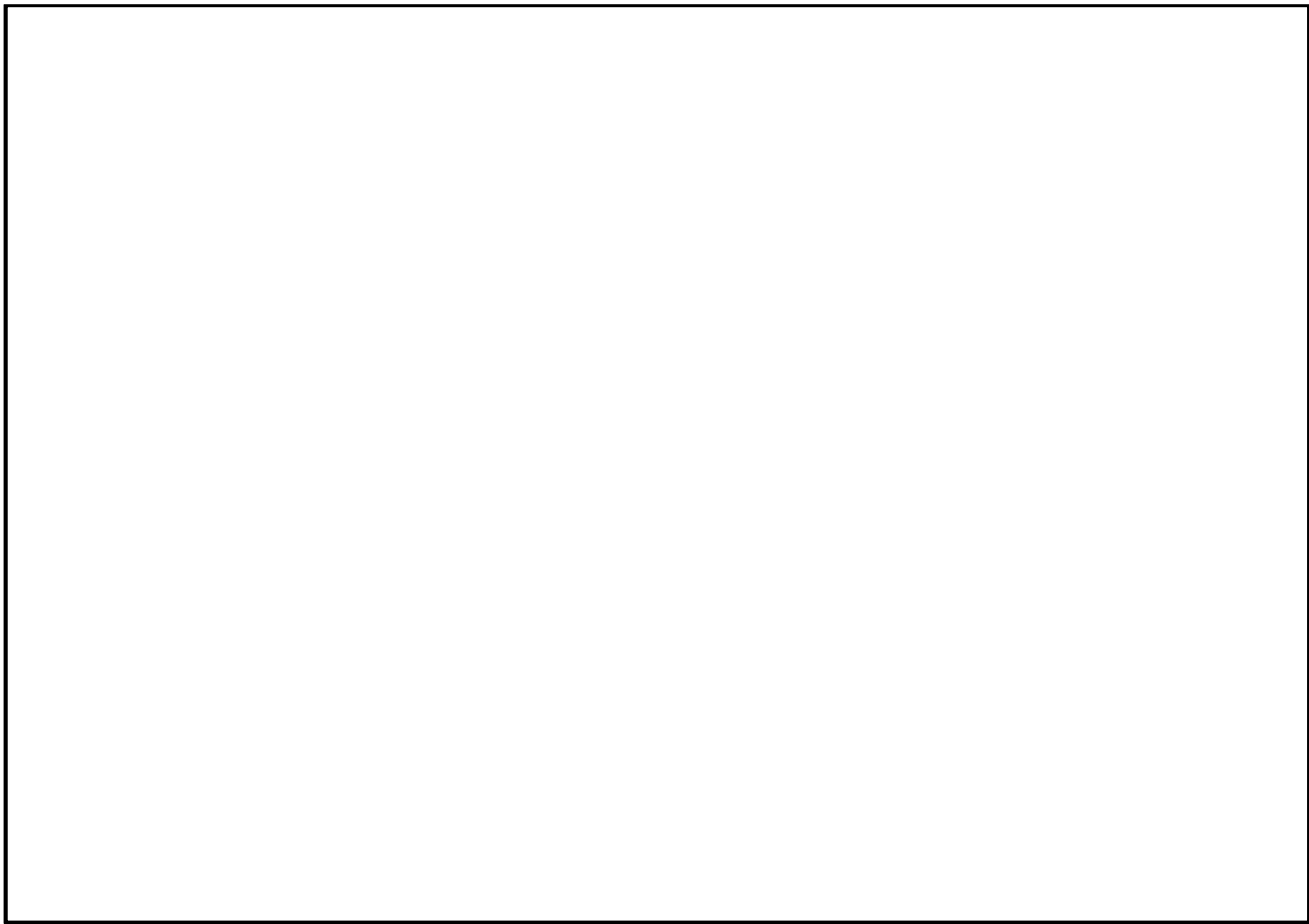
第 2-1 図 常設低圧代替注水系ポンプ室平面配置図

2.2 構造概要

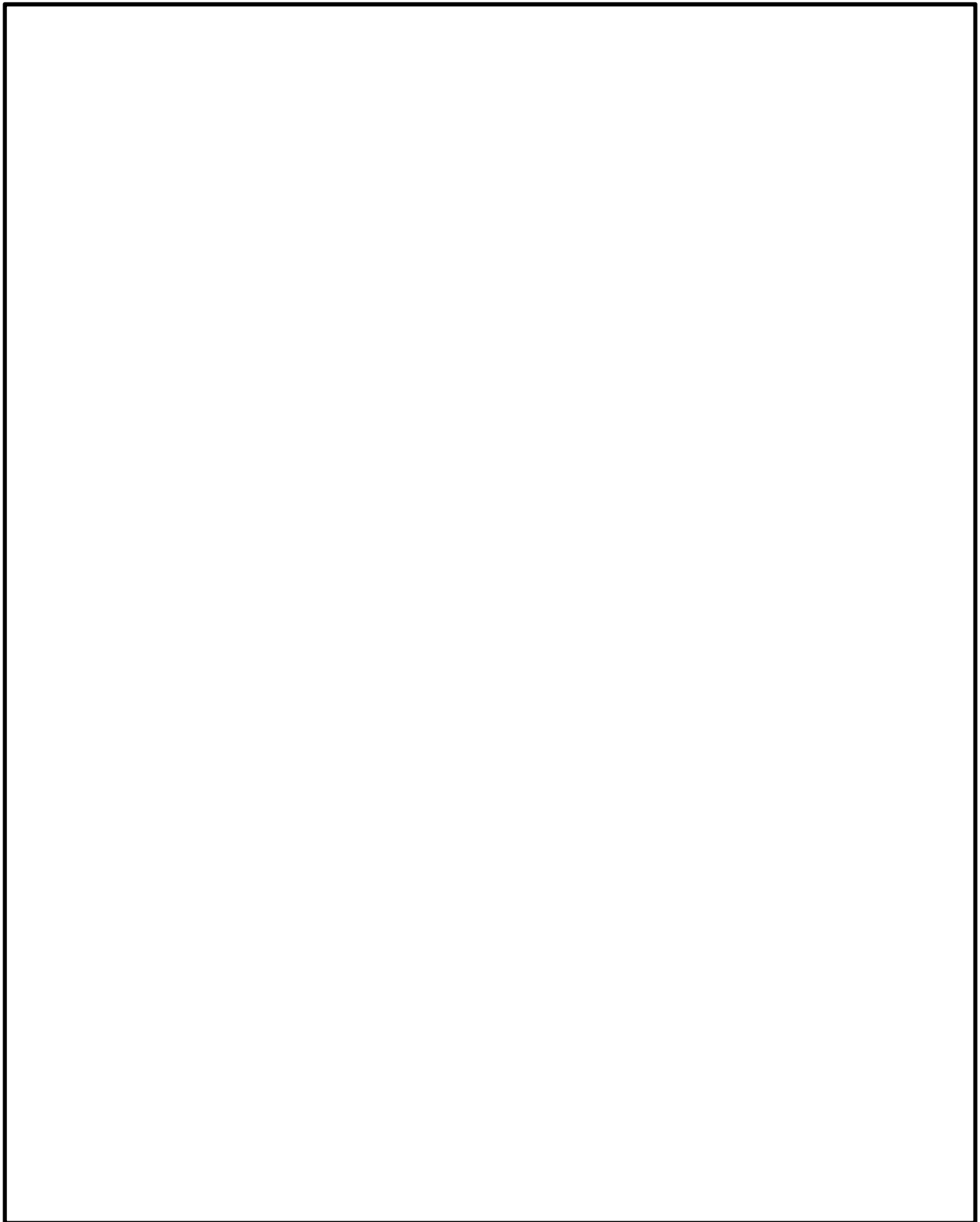
常設低圧代替注水系ポンプ室は、代替淡水貯槽用のポンプ及び配管等を支持する、幅 17.0 m（東西方向）×13.0 m（南北方向）、高さ 29.5 m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置する。

常設低圧代替注水系ポンプ室の平面図を第 2-2 図、断面図を第 2-3 図に示す。

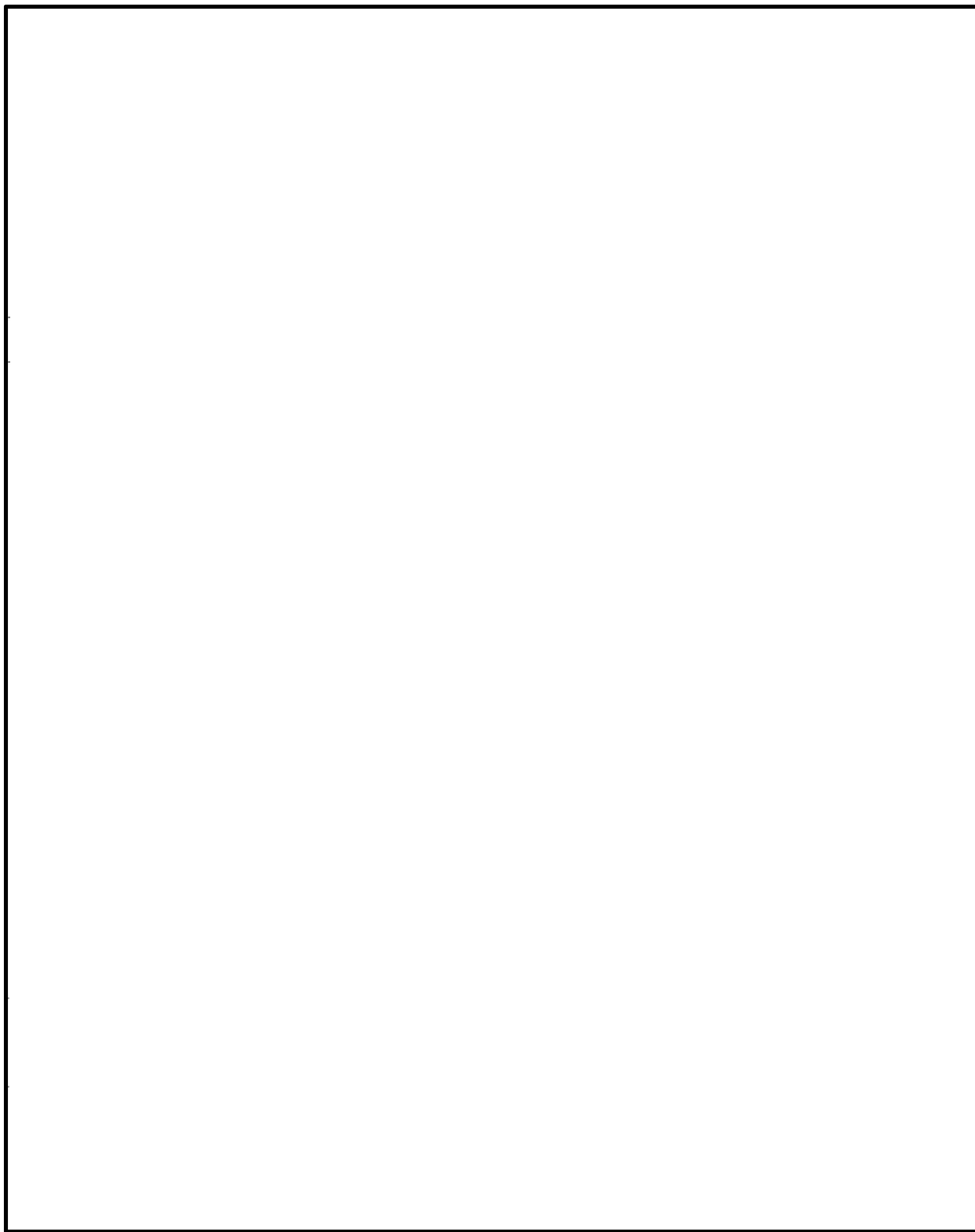
NT2 補② V-2-2-25 R0



第 2-2 図 常設低圧代替注水系ポンプ室平面図



第 2-3 図 (1) 常設低圧代替注水系ポンプ室断面図 (東西方向断面)



第 2-3 図 (2) 常設低圧代替注水系ポンプ室断面図 (南北方向断面)

2.3 解析方針

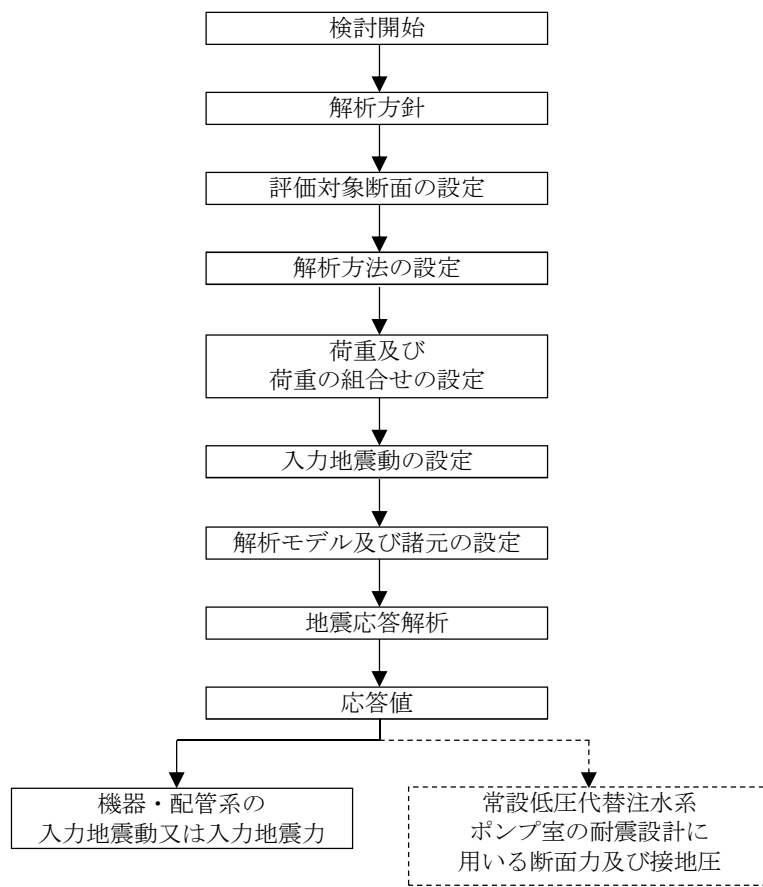
常設低圧代替注水系ポンプ室は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 S_s に対して解析を実施する。

第2-4図に常設低圧代替注水系ポンプ室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ポンプ室の耐震設計に用いる。



第 2-4 図 常設低圧代替注水系ポンプ室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。

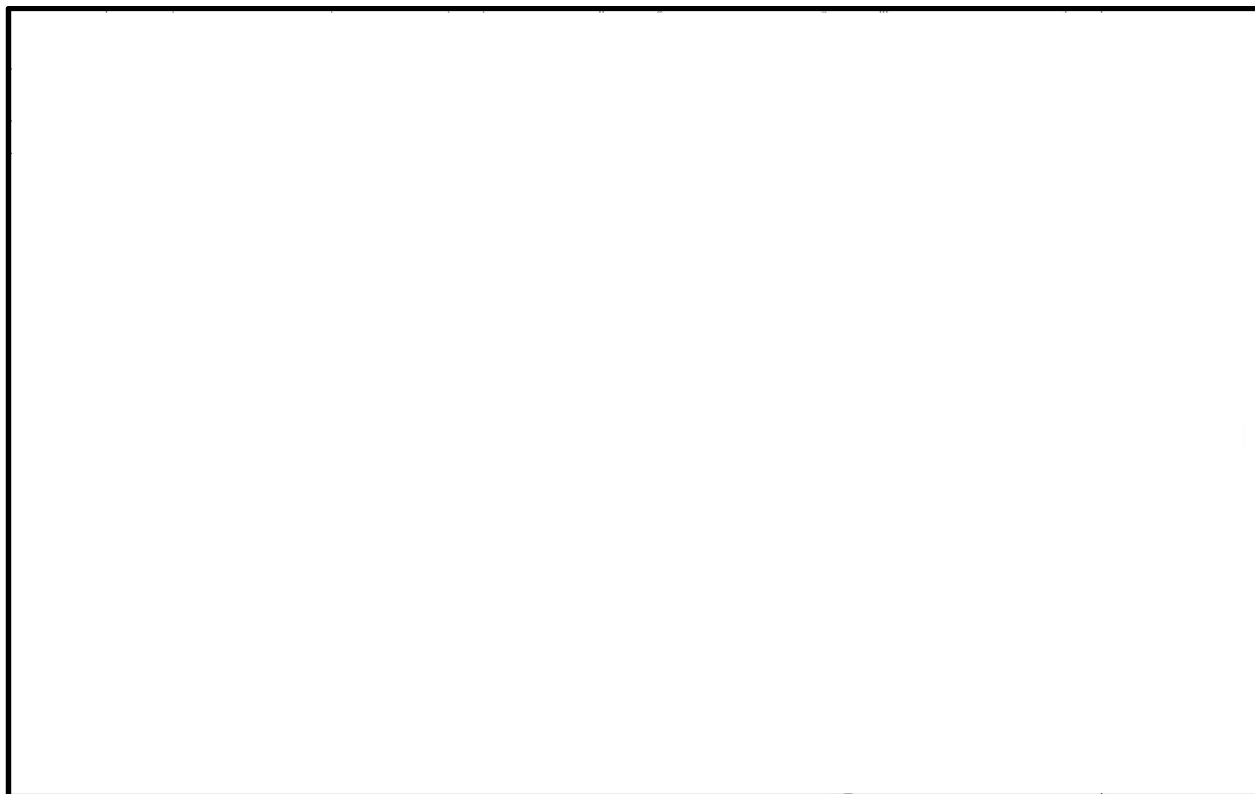
- ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002 年制定）
- ・道路橋示方書（Ⅰ 共通編・Ⅳ 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会，2005 年）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）

3. 解析方法

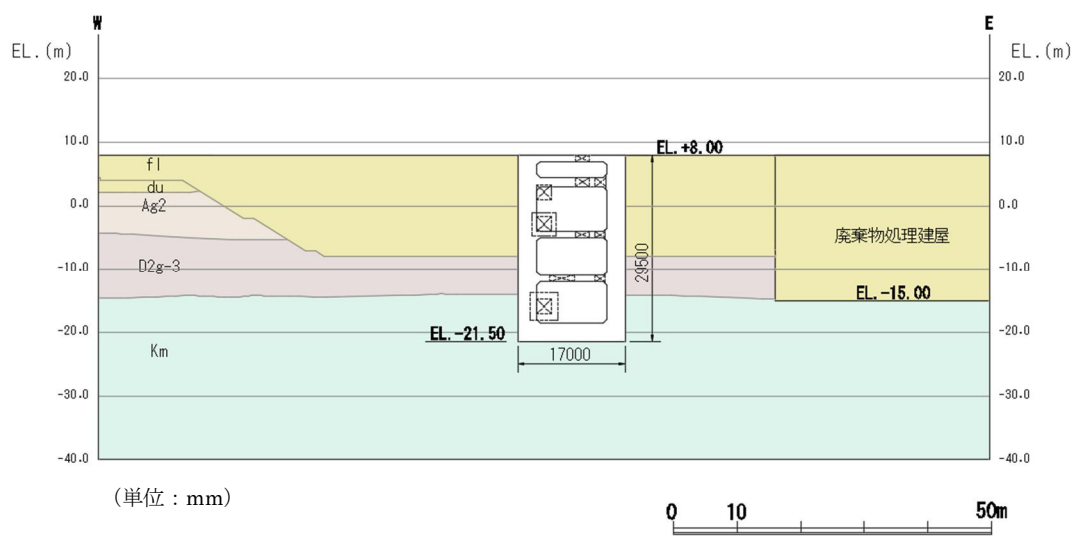
3.1 評価対象断面

常設低圧代替注水系ポンプ室は、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。

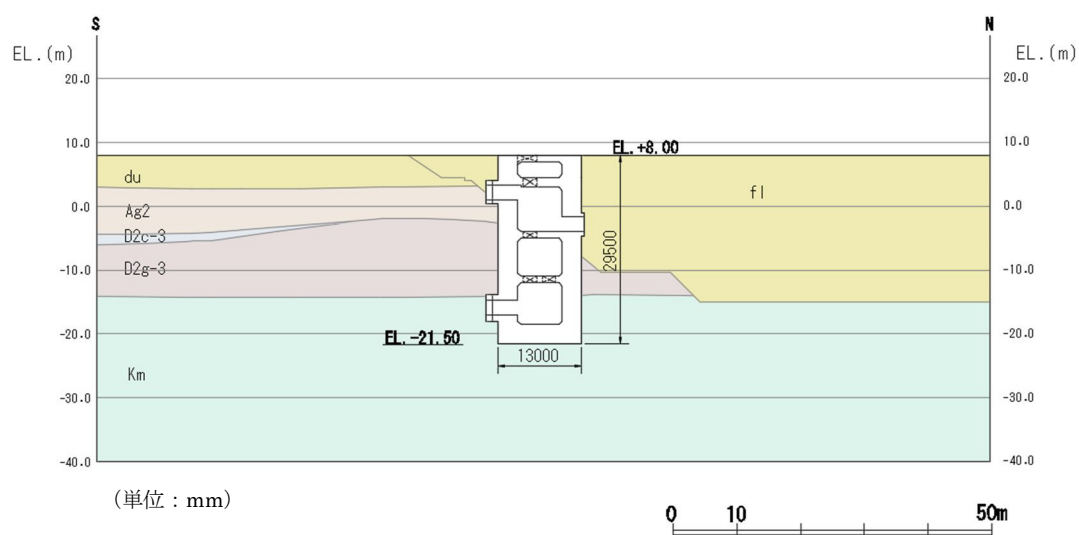
第 3-1 図に評価対象断面位置図を、第 3-2 図に評価対象断面図を示す。



第 3-1 図 常設低圧代替注水系ポンプ室 評価対象断面位置図



第 3-2 図 (1) 常設低圧代替注水系ポンプ室 評価対象断面図 (東西方向断面)



第 3-2 図 (2) 常設低圧代替注水系ポンプ室 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ポンプ室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

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

常設低圧代替注水系ポンプ室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

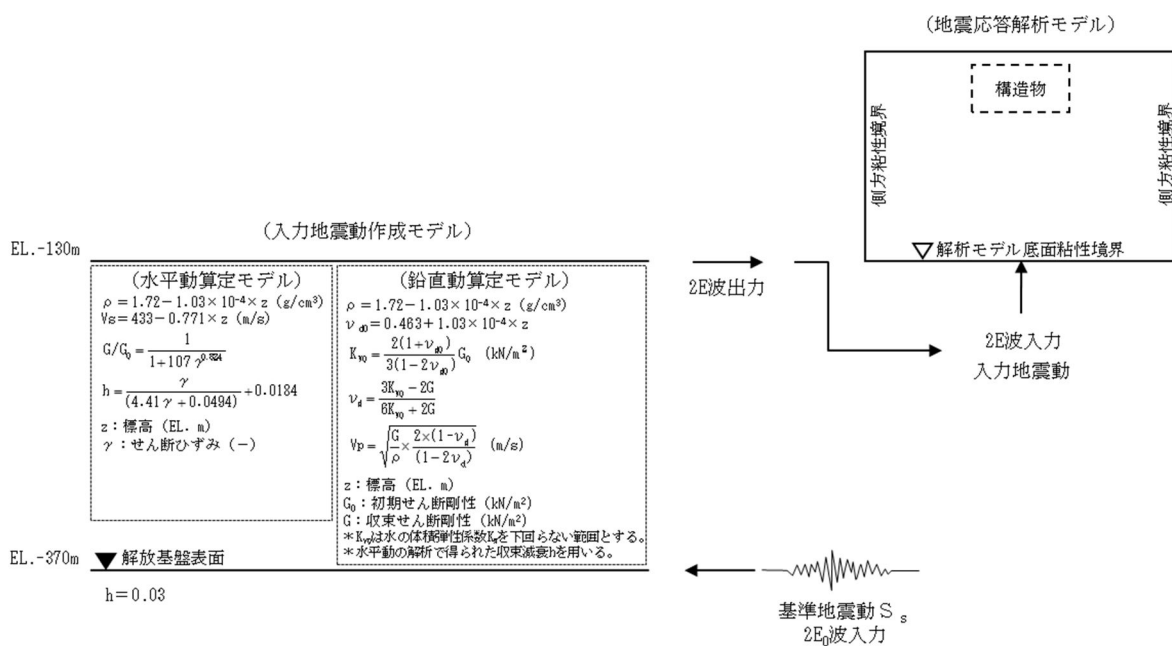
K_s : 地震荷重

3.4 入力地震動

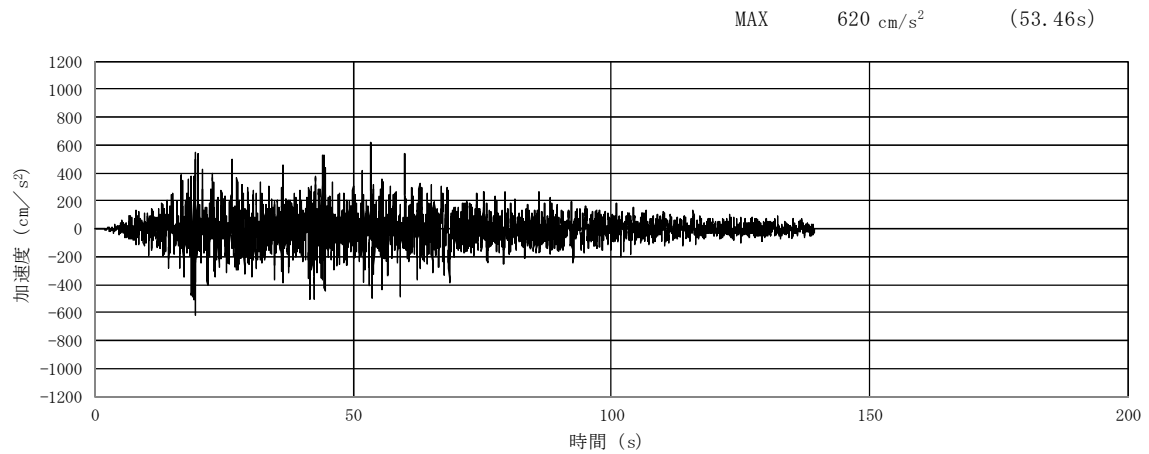
入力地震動は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

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。

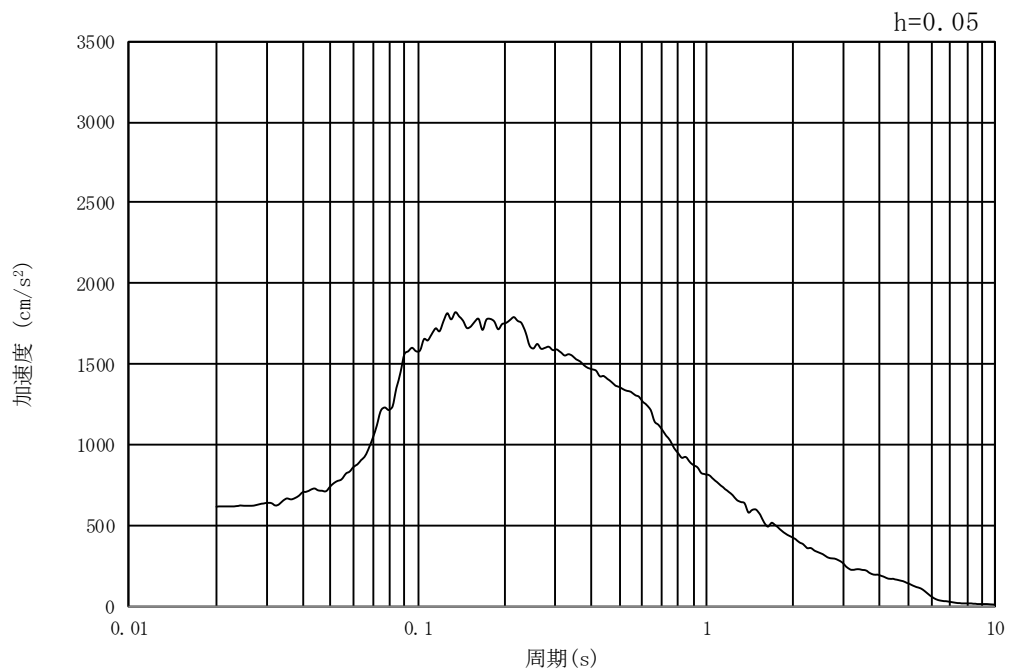
入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。



第 3-3 図 入力地震動算定の概念図

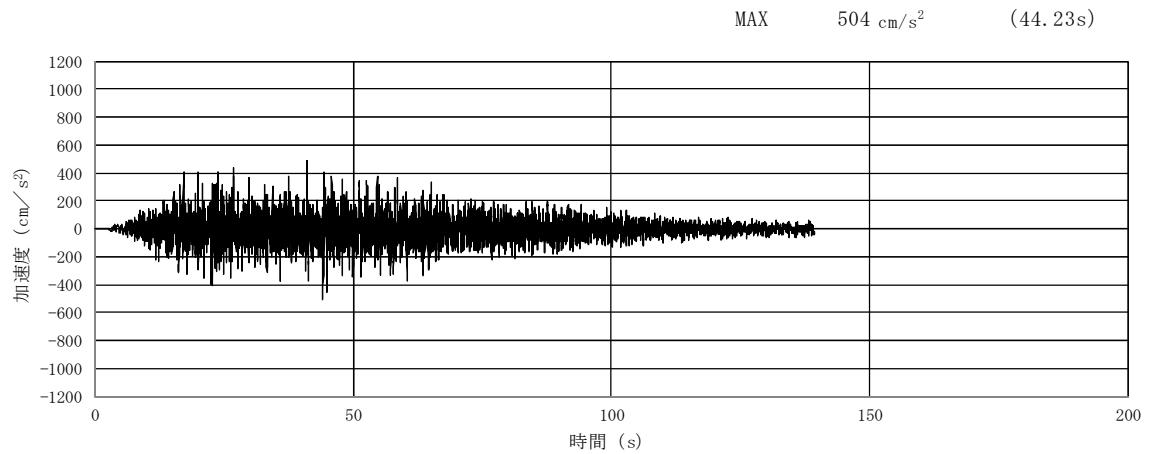


(a) 加速度時刻歴波形

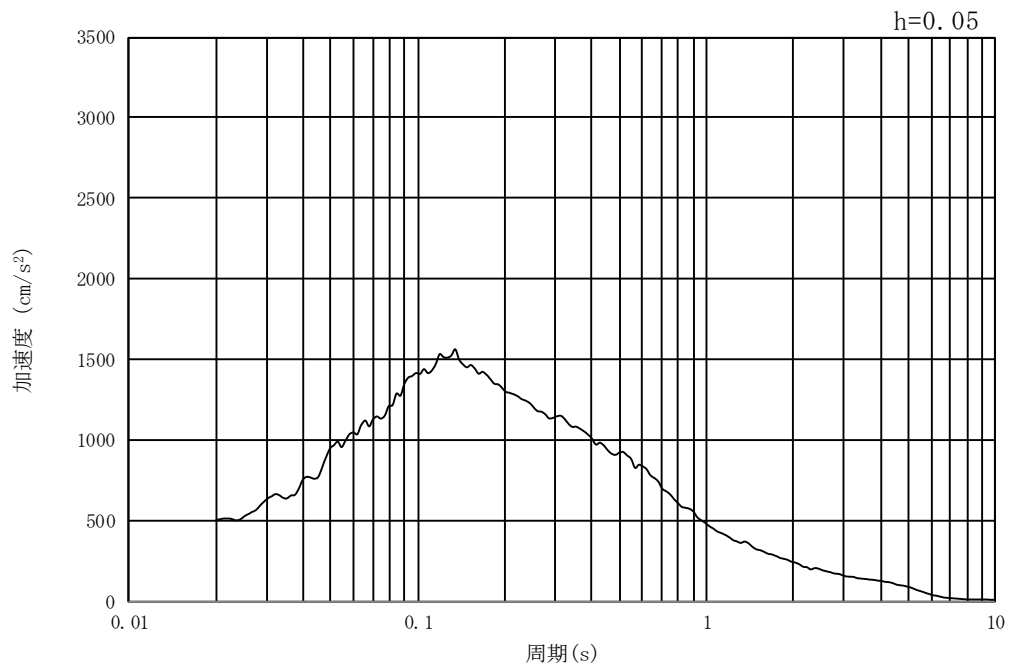


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - D1$)

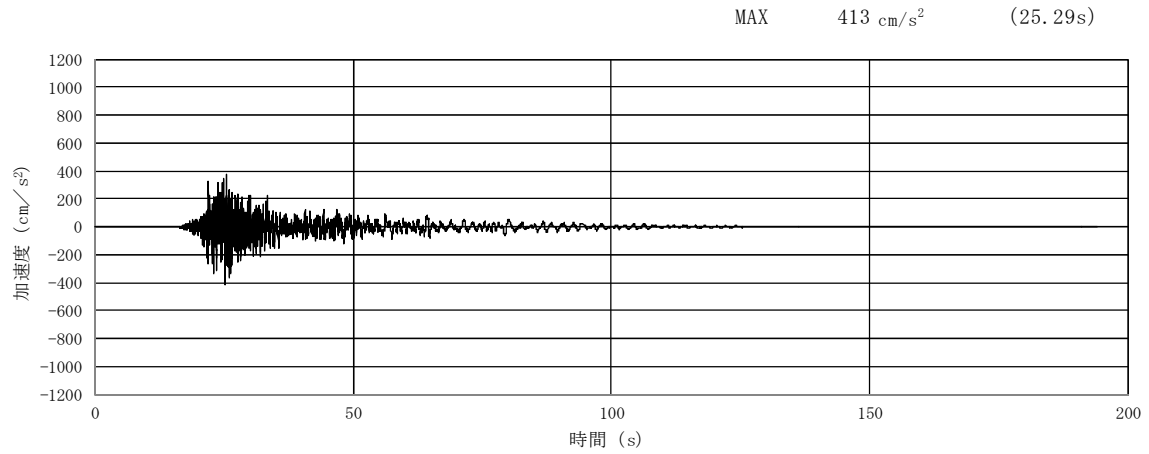


(a) 加速度時刻歴波形

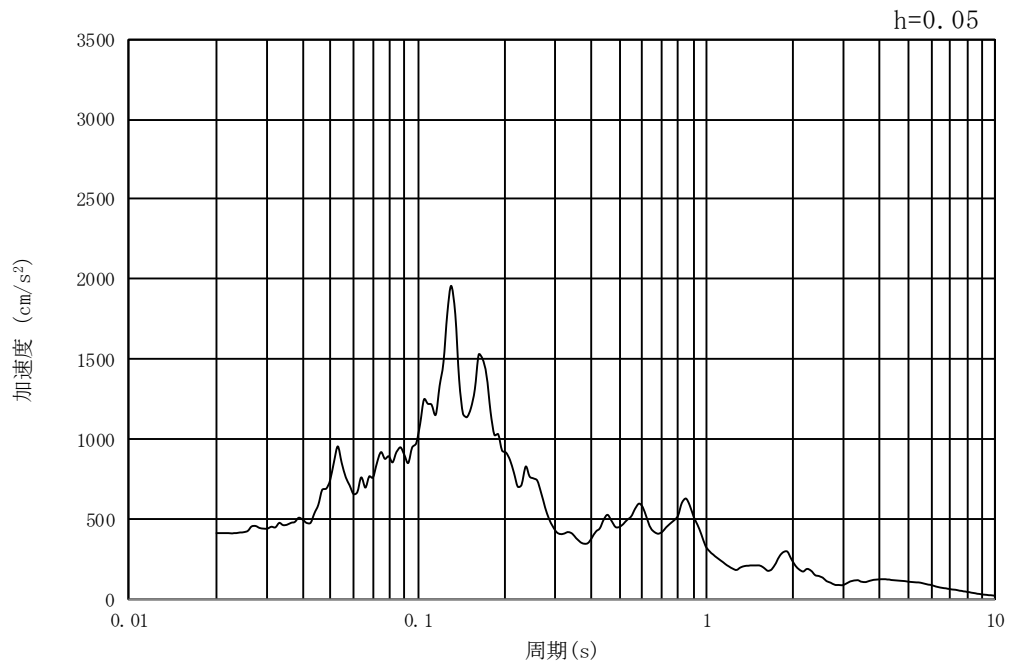


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - D1$)

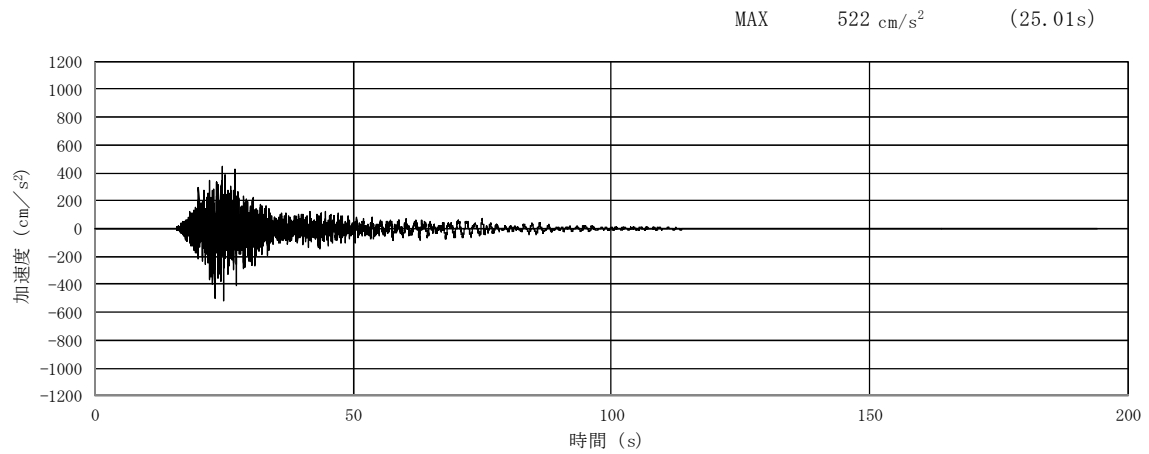


(a) 加速度時刻歴波形

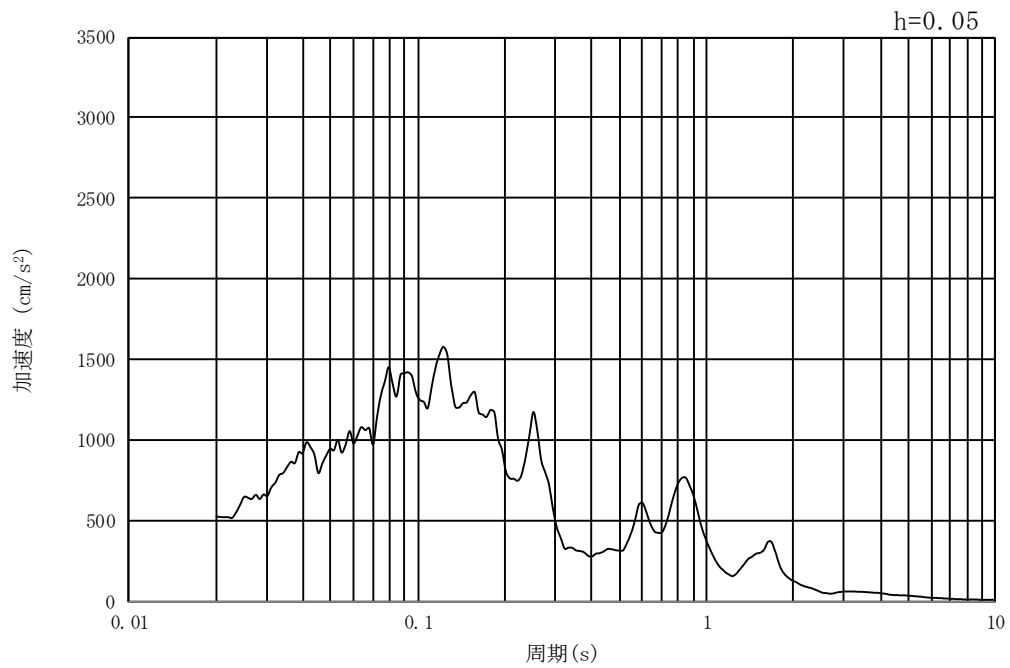


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 11$)

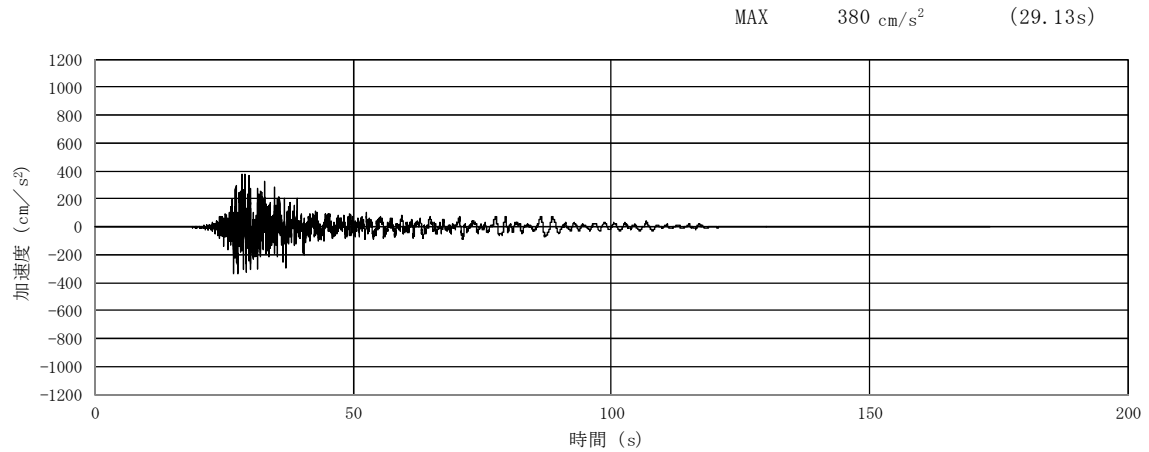


(a) 加速度時刻歴波形

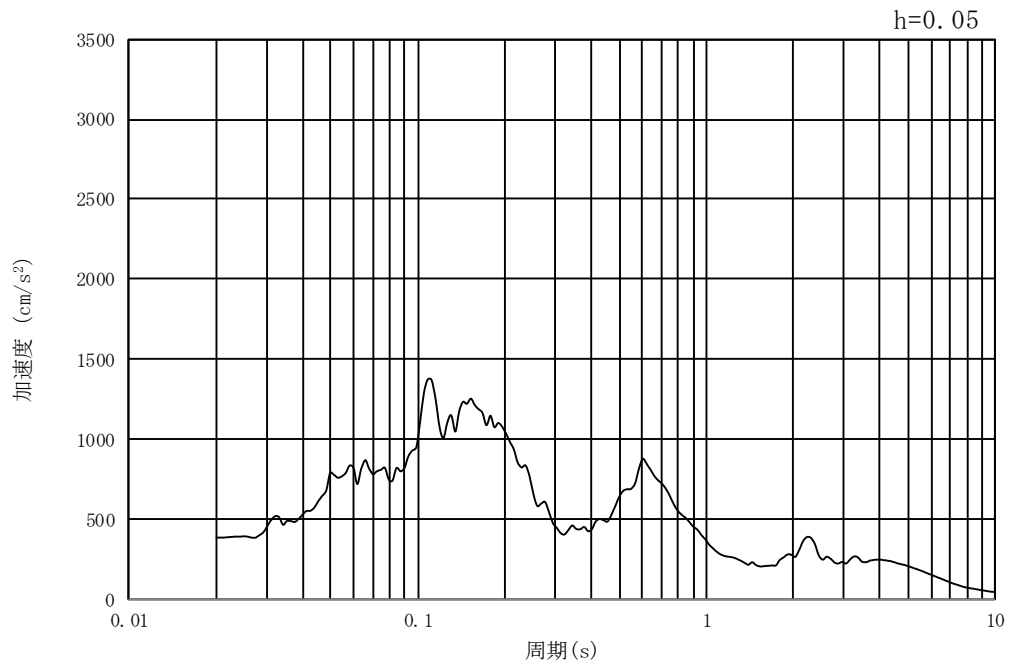


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 11$)

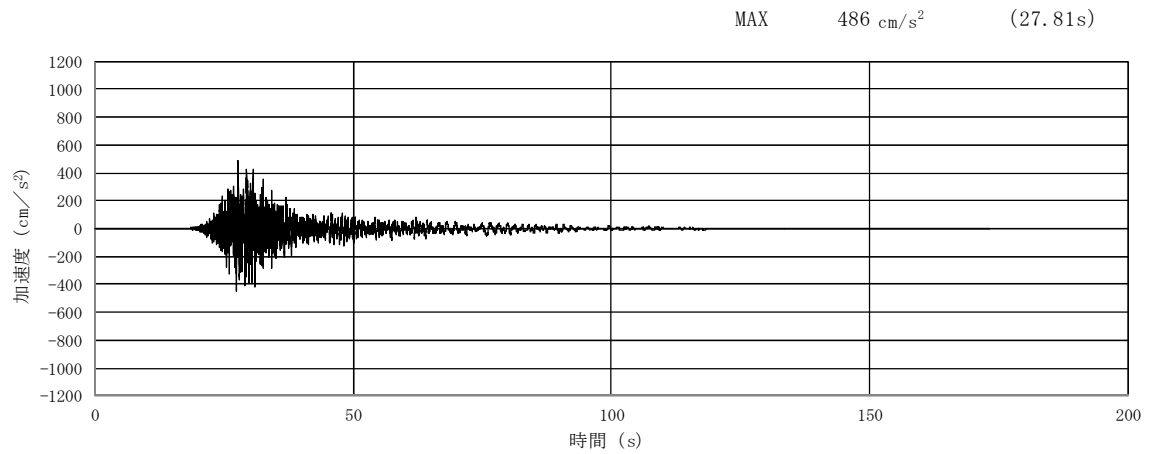


(a) 加速度時刻歴波形

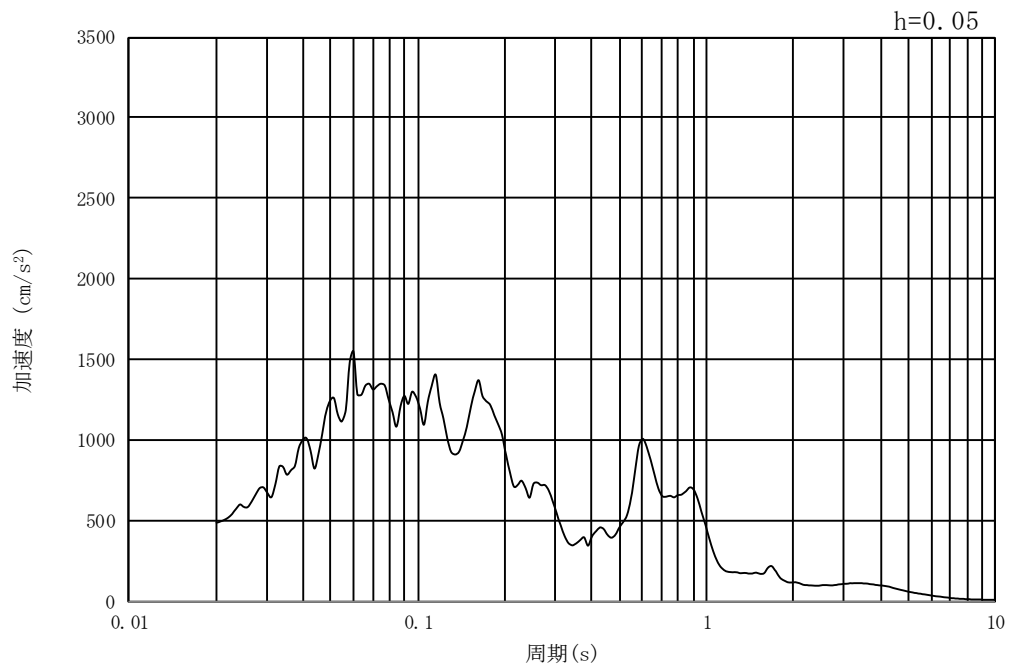


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 12$)

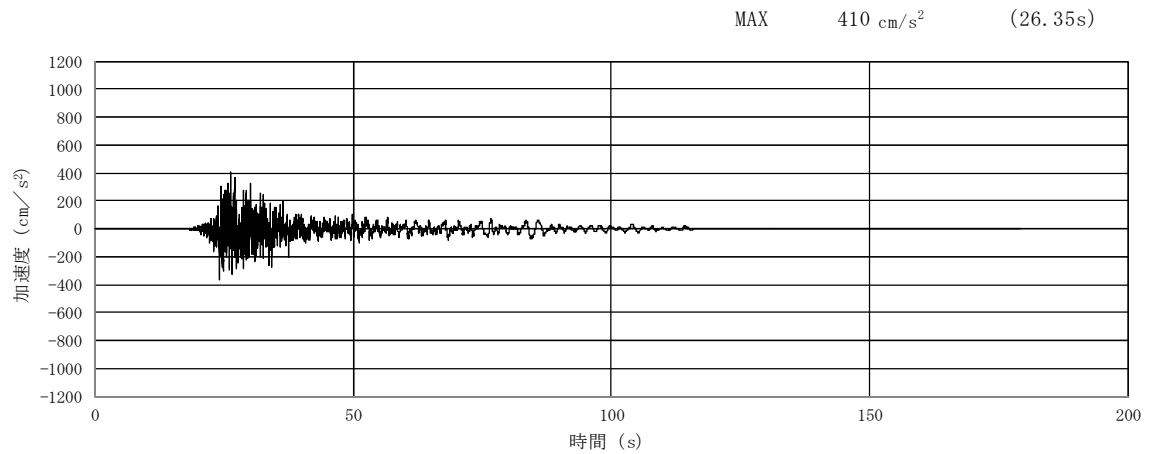


(a) 加速度時刻歴波形

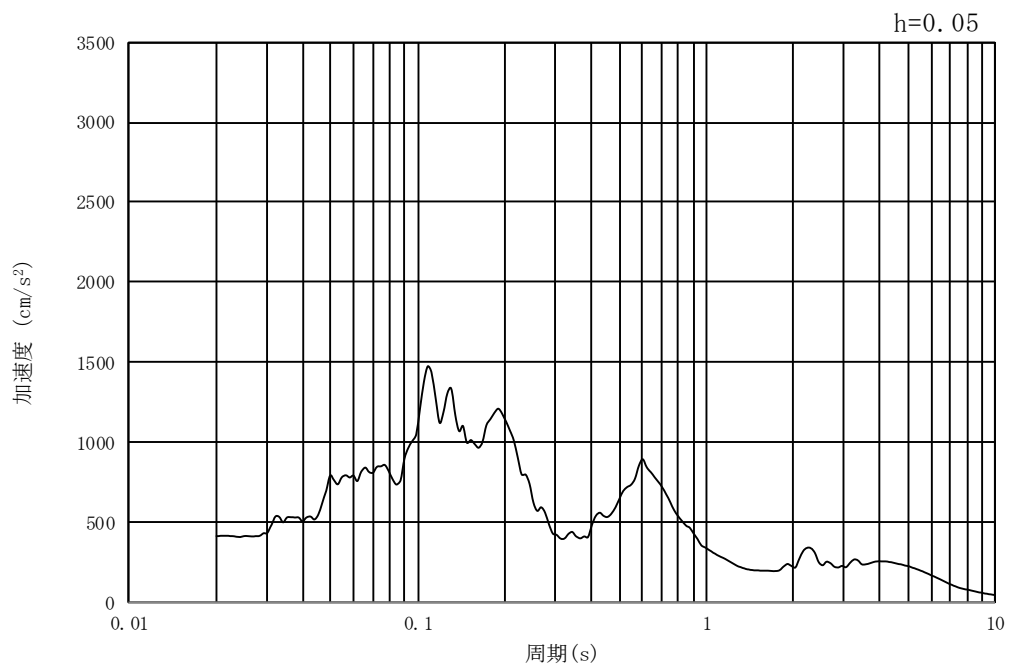


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 12$)

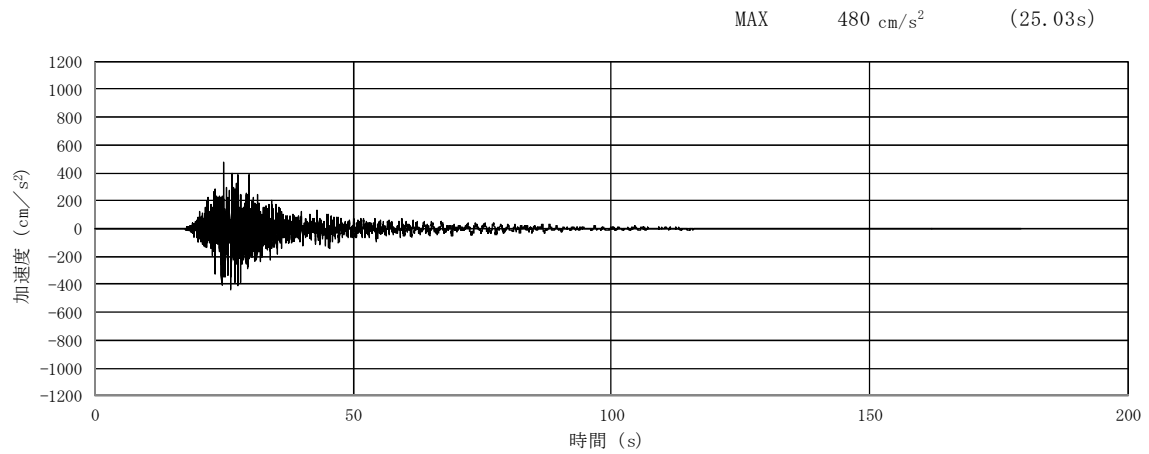


(a) 加速度時刻歴波形

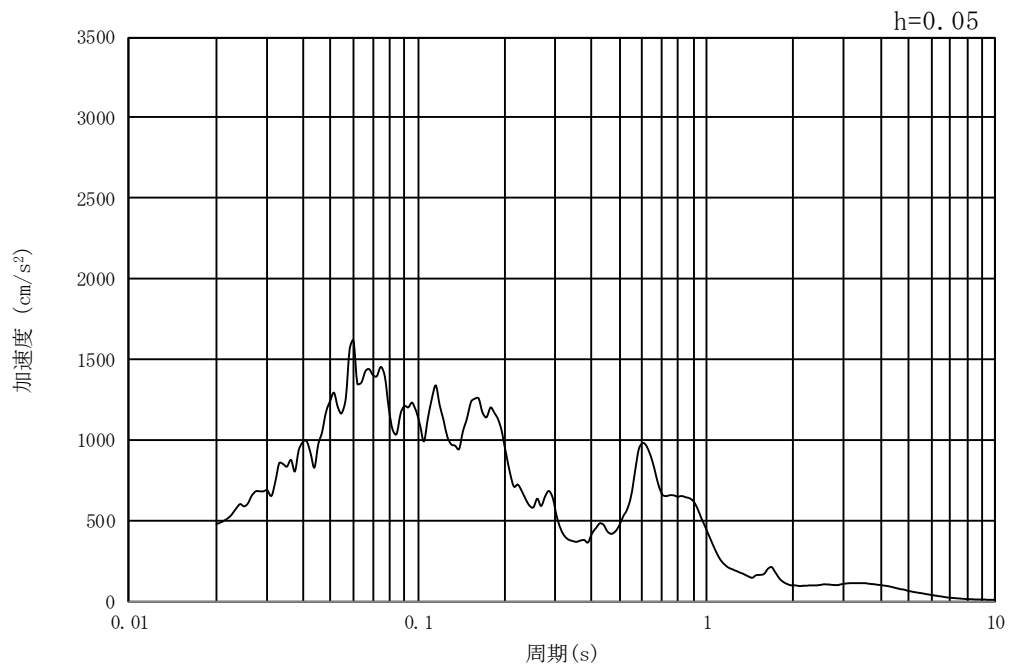


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 13$)

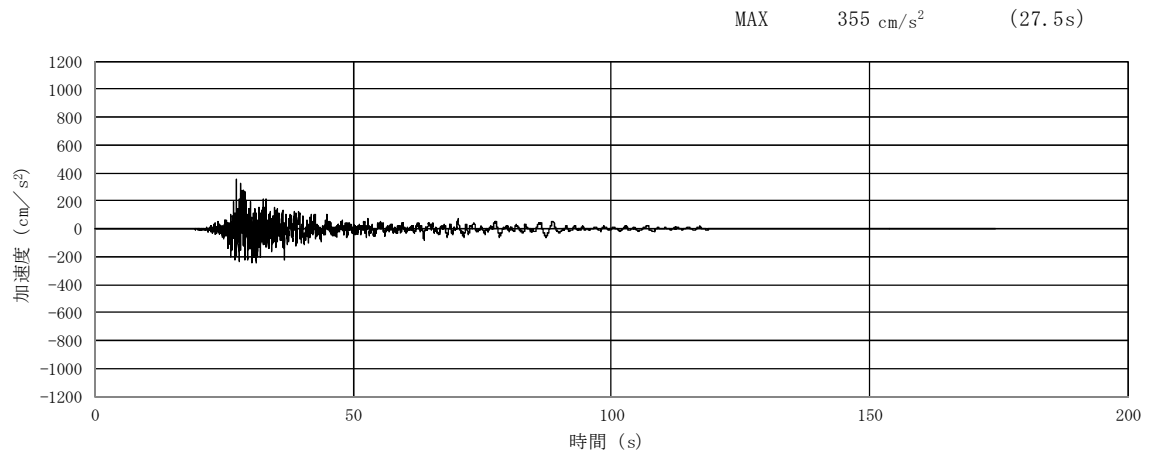


(a) 加速度時刻歴波形

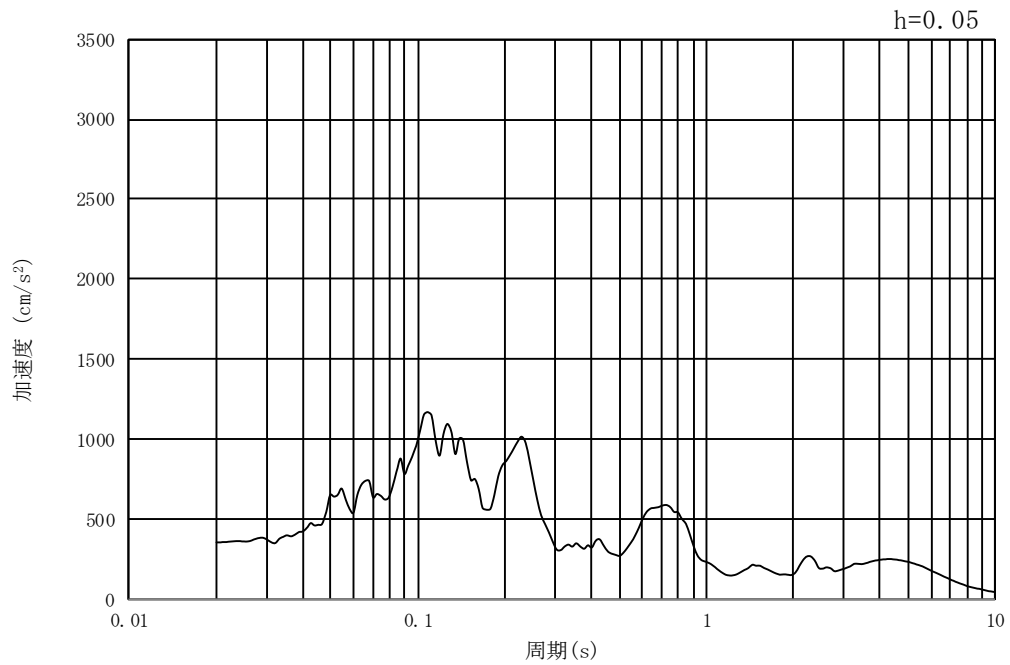


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 13$)

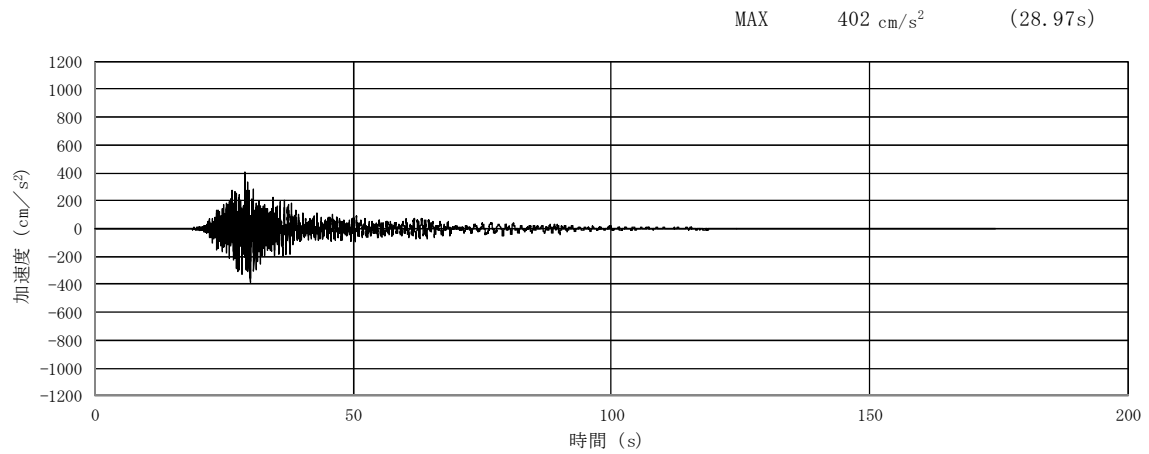


(a) 加速度時刻歴波形

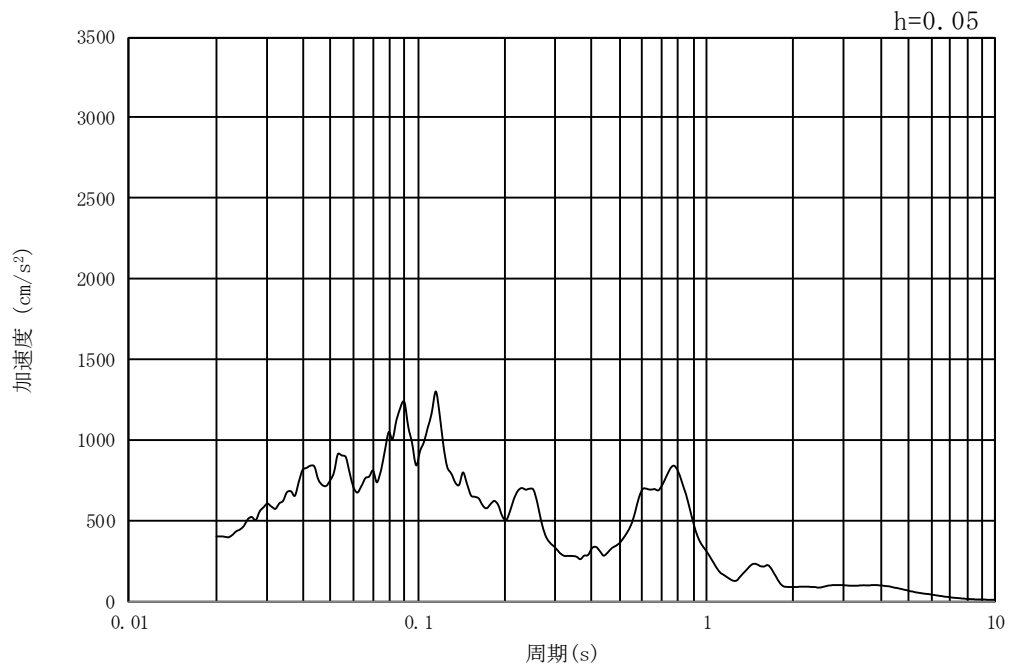


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 14$)

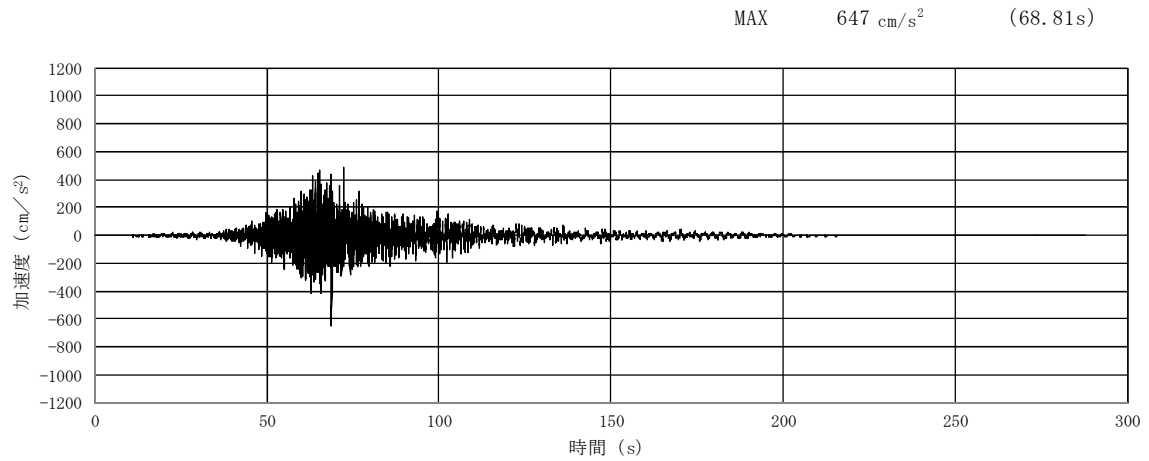


(a) 加速度時刻歴波形

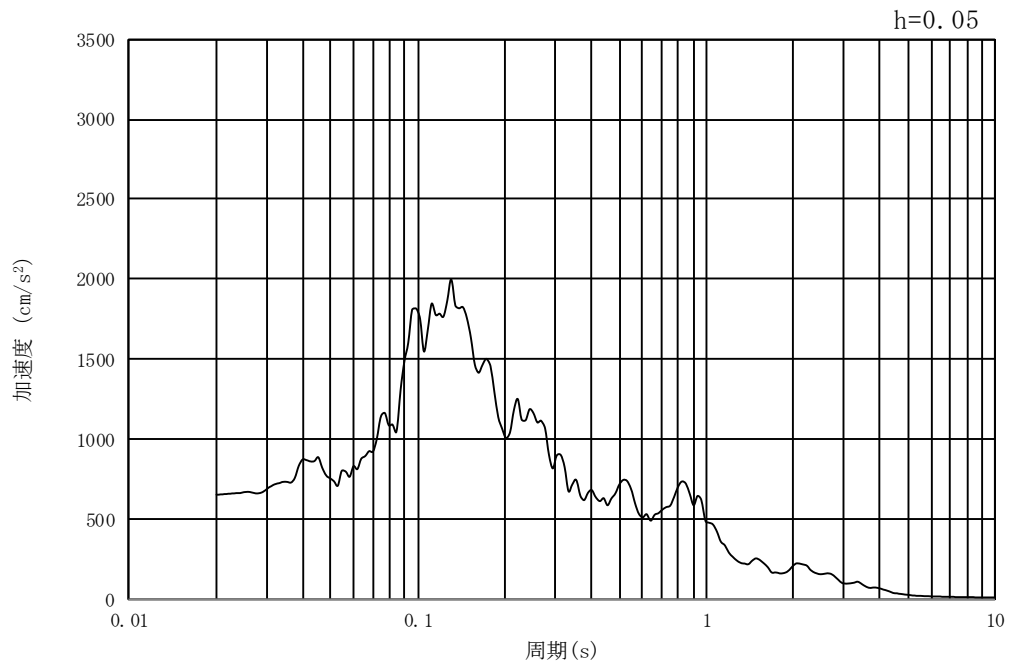


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 1.4$)

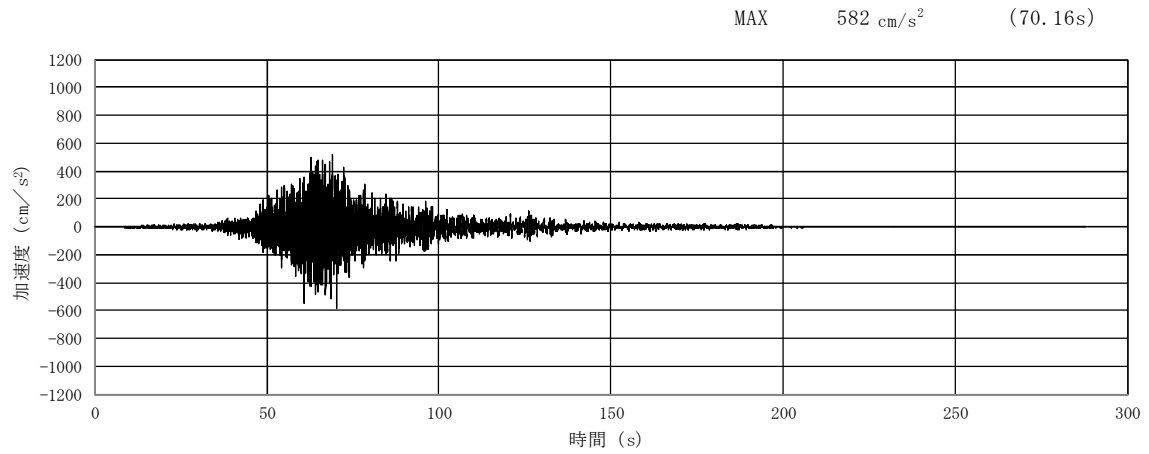


(a) 加速度時刻歴波形

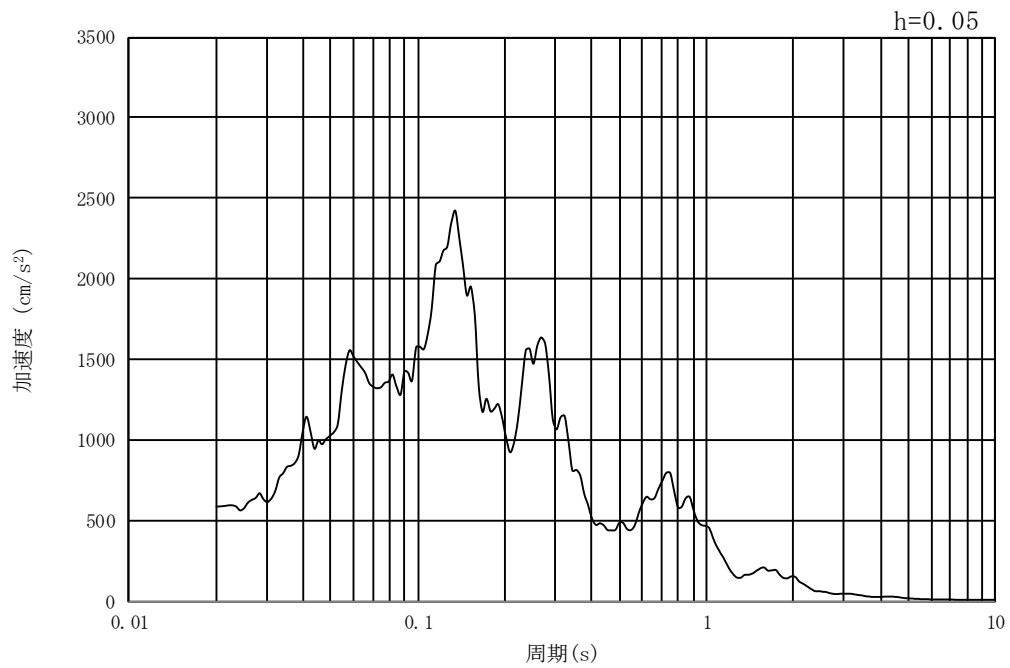


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 21$)

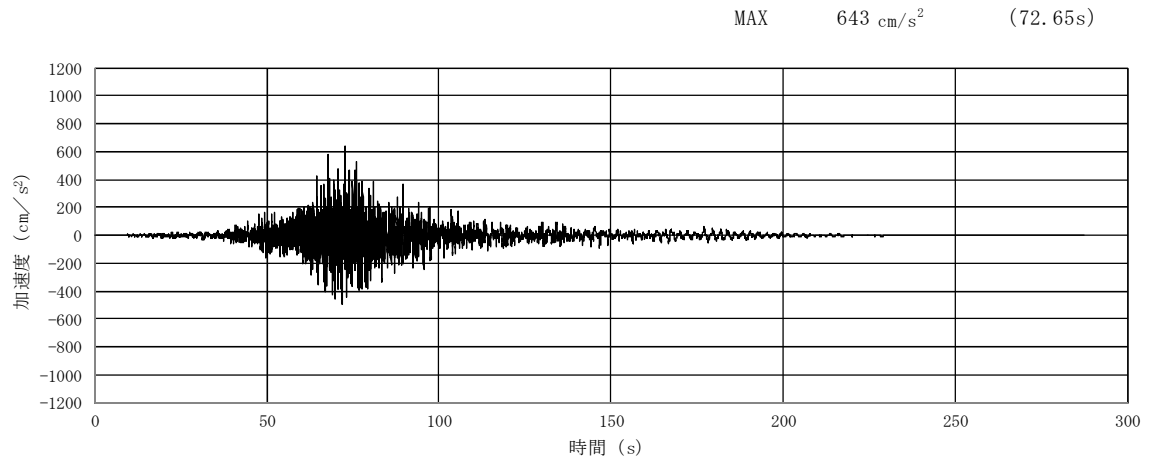


(a) 加速度時刻歴波形

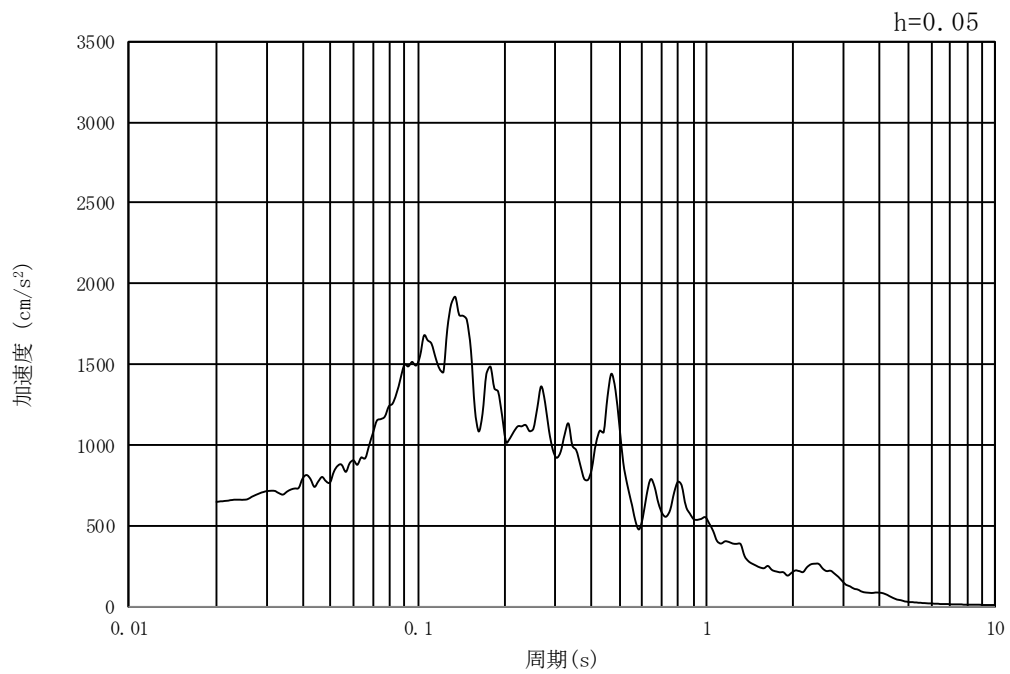


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 21$)

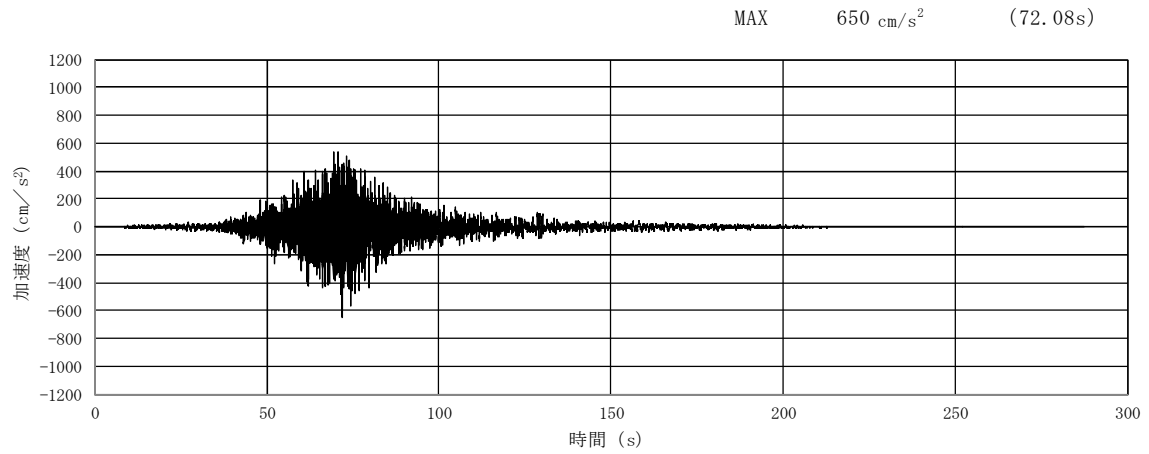


(a) 加速度時刻歴波形

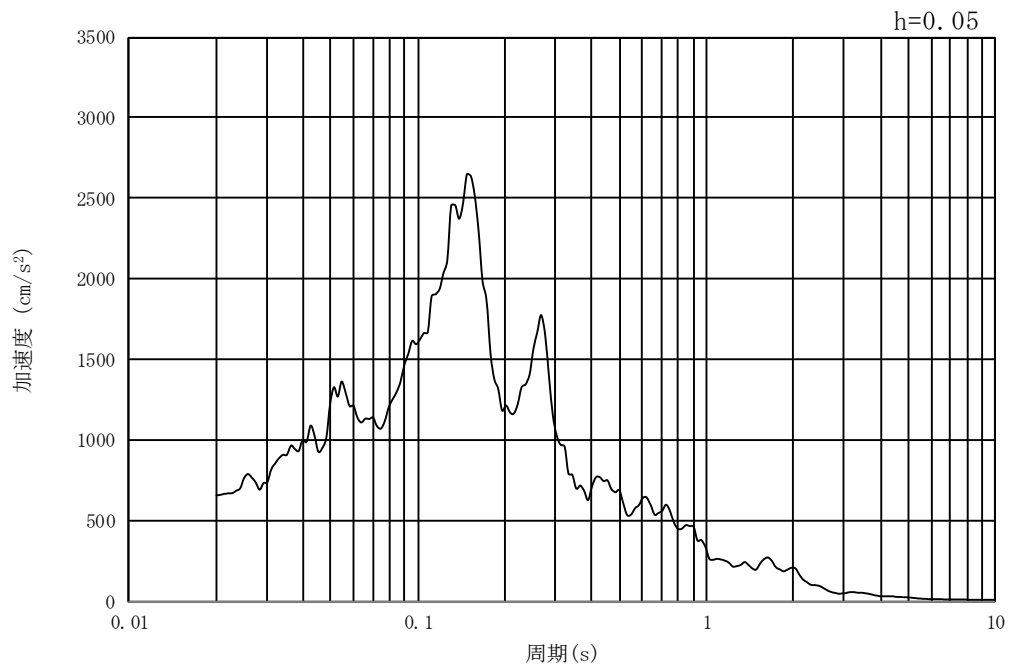


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 22$)

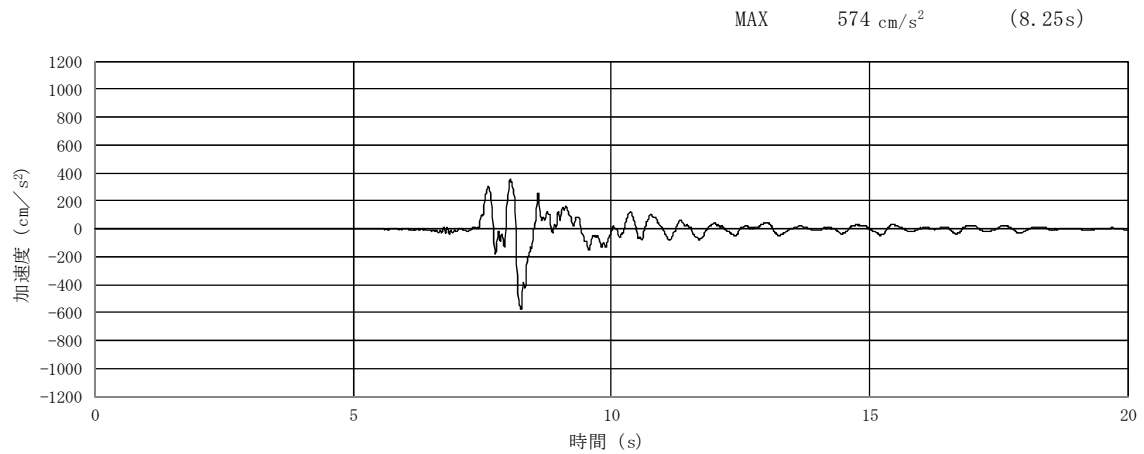


(a) 加速度時刻歴波形

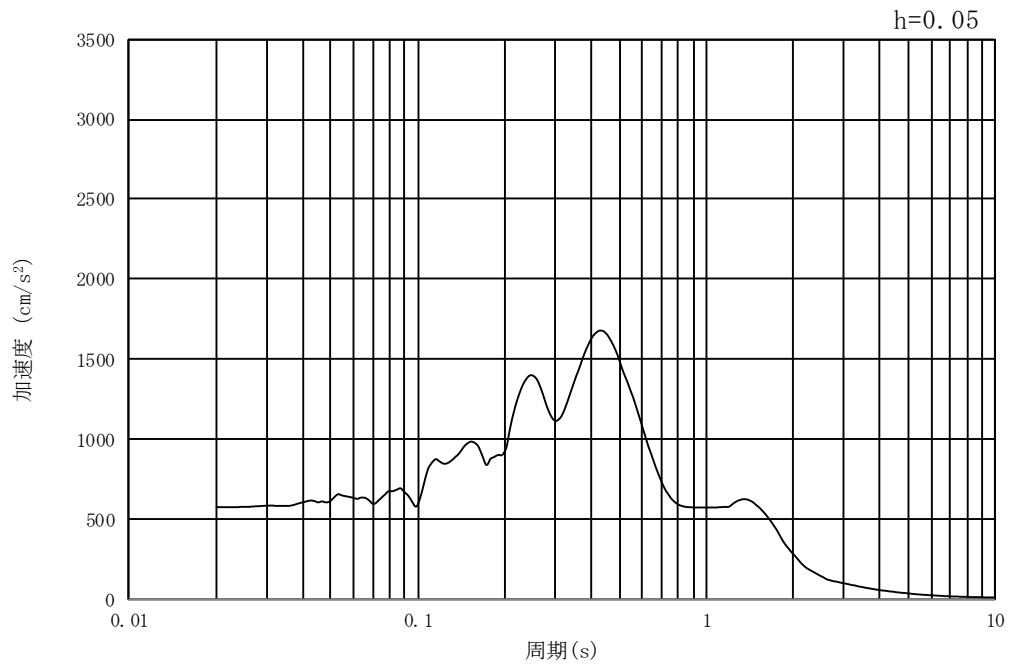


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 22$)

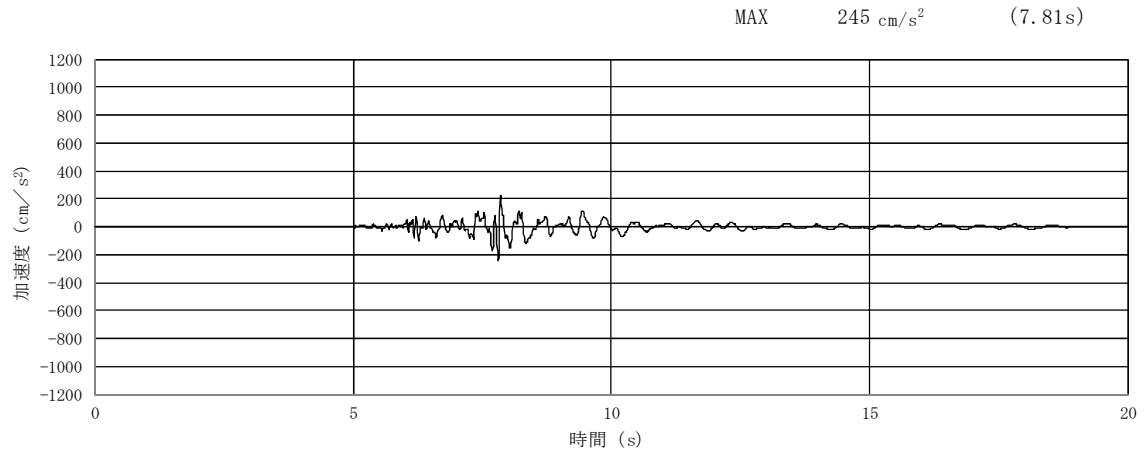


(a) 加速度時刻歴波形

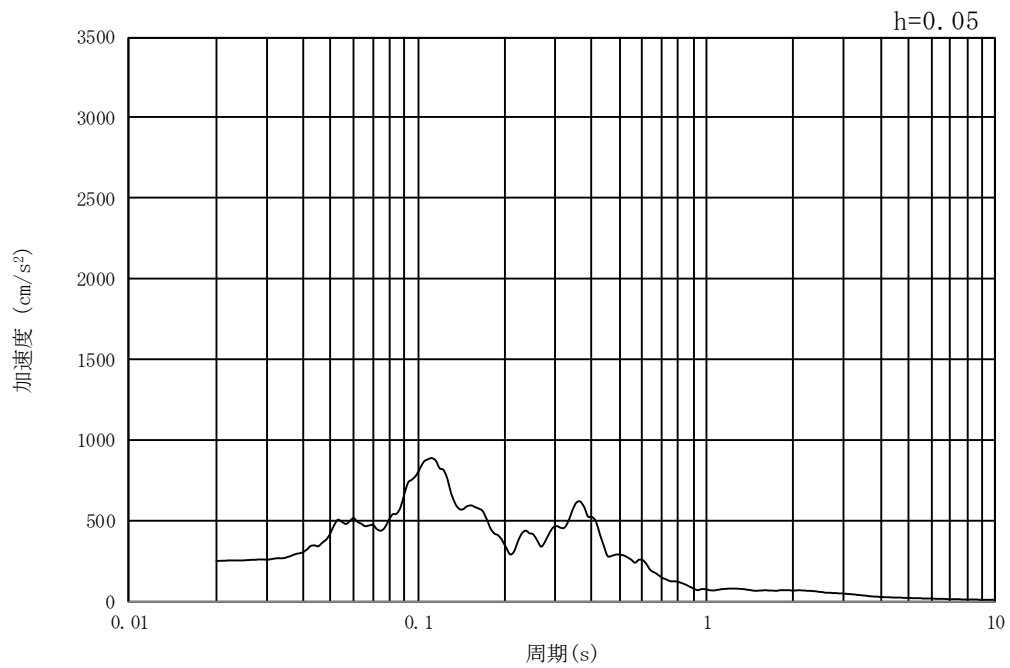


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 31$)

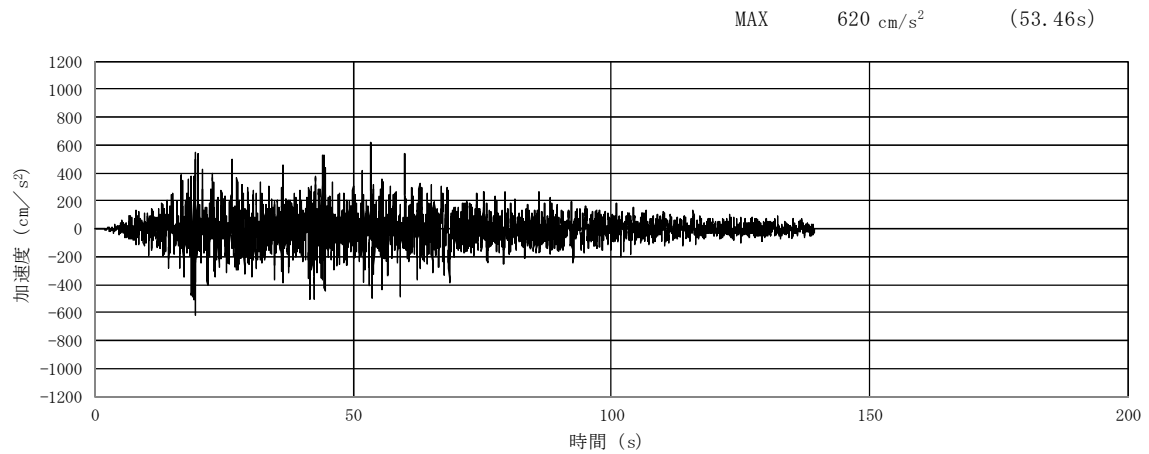


(a) 加速度時刻歴波形

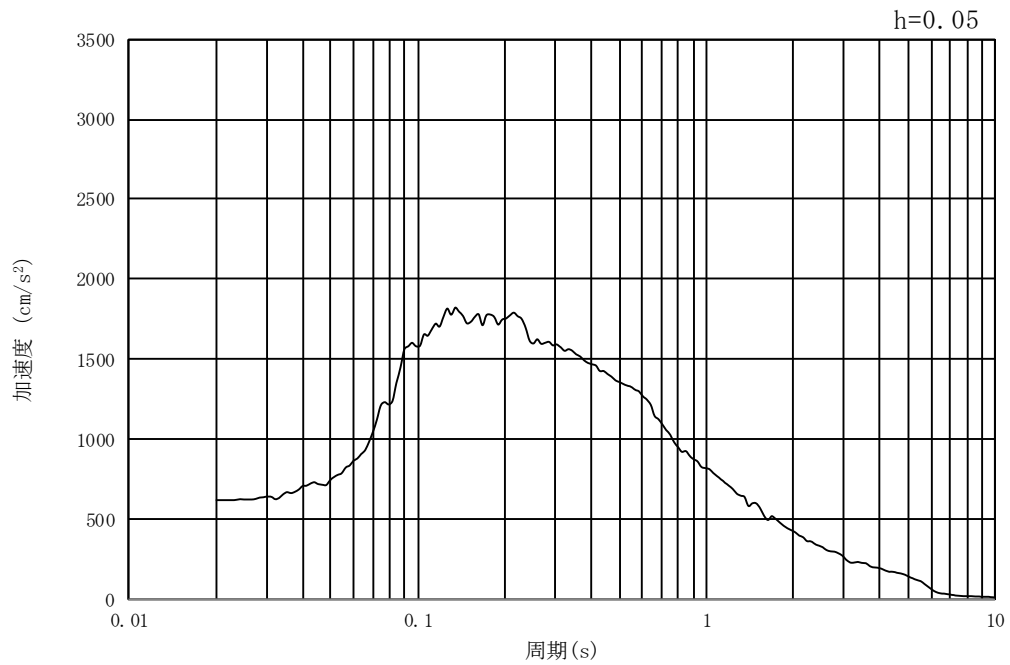


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 31$)

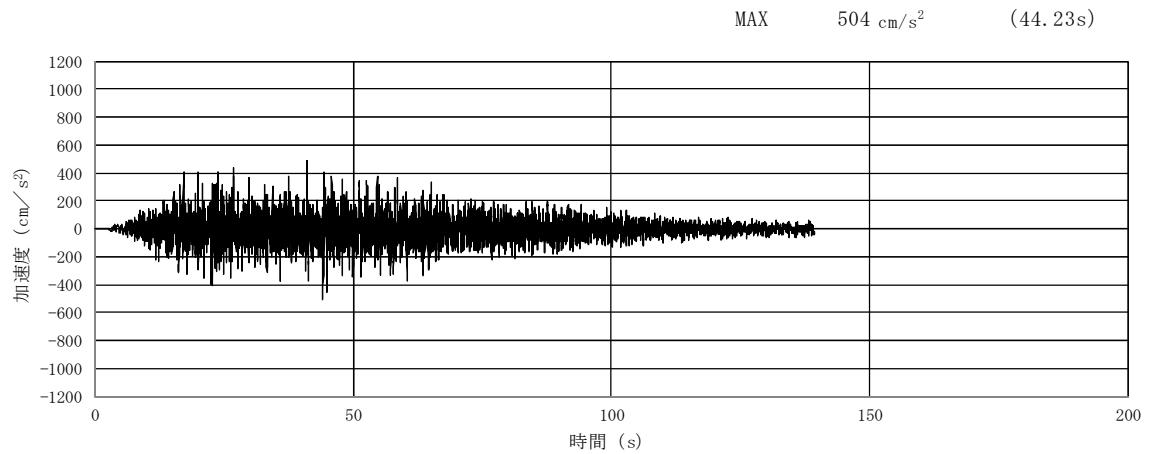


(a) 加速度時刻歴波形

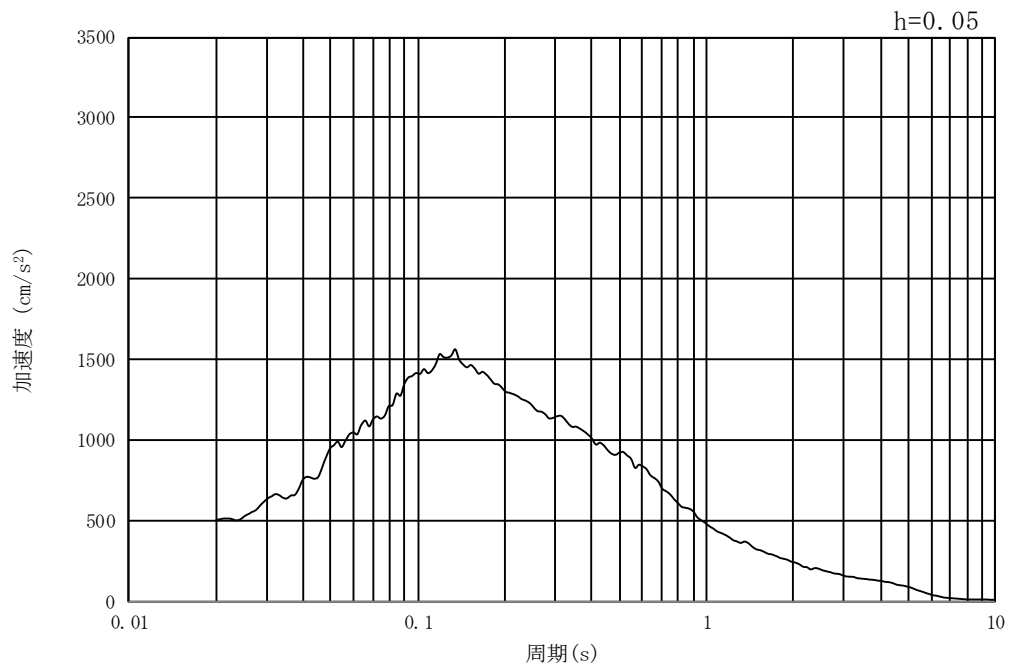


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - D1$)

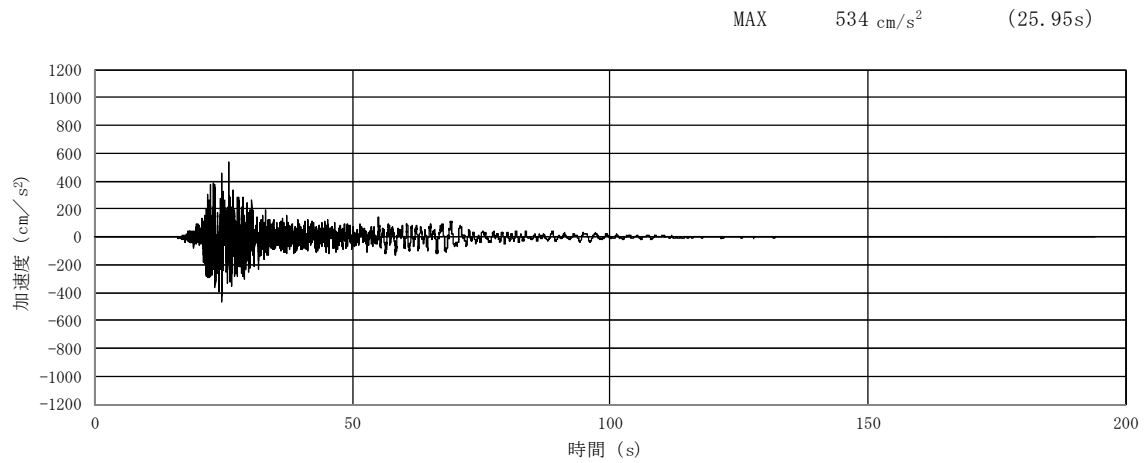


(a) 加速度時刻歴波形

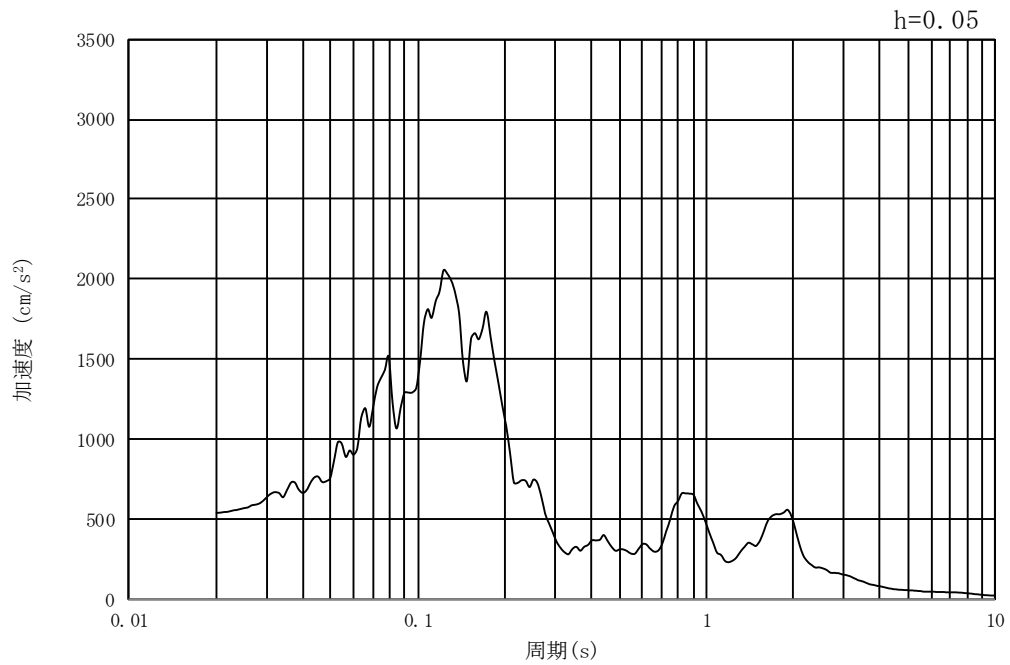


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (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 : $S_s - D1$)

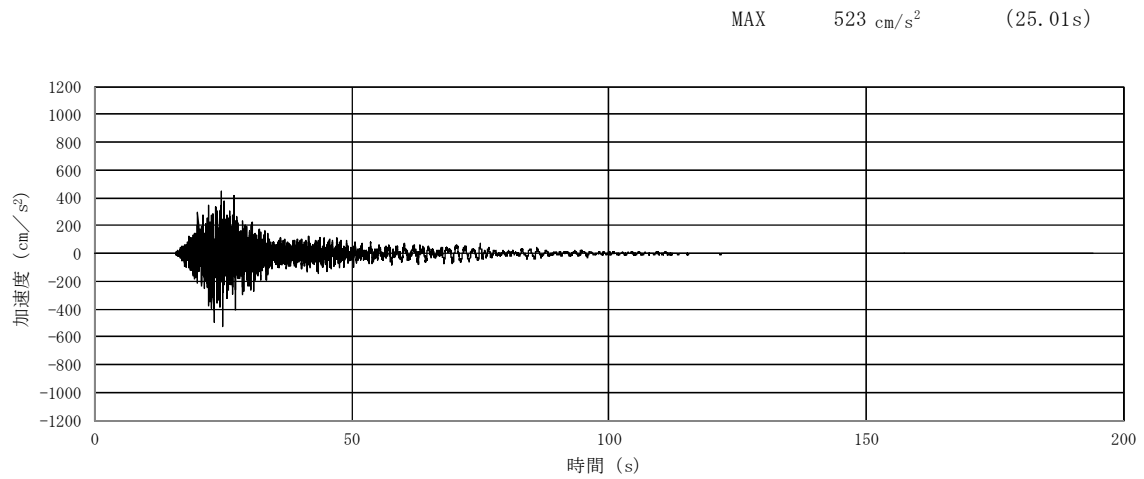


(a) 加速度時刻歴波形

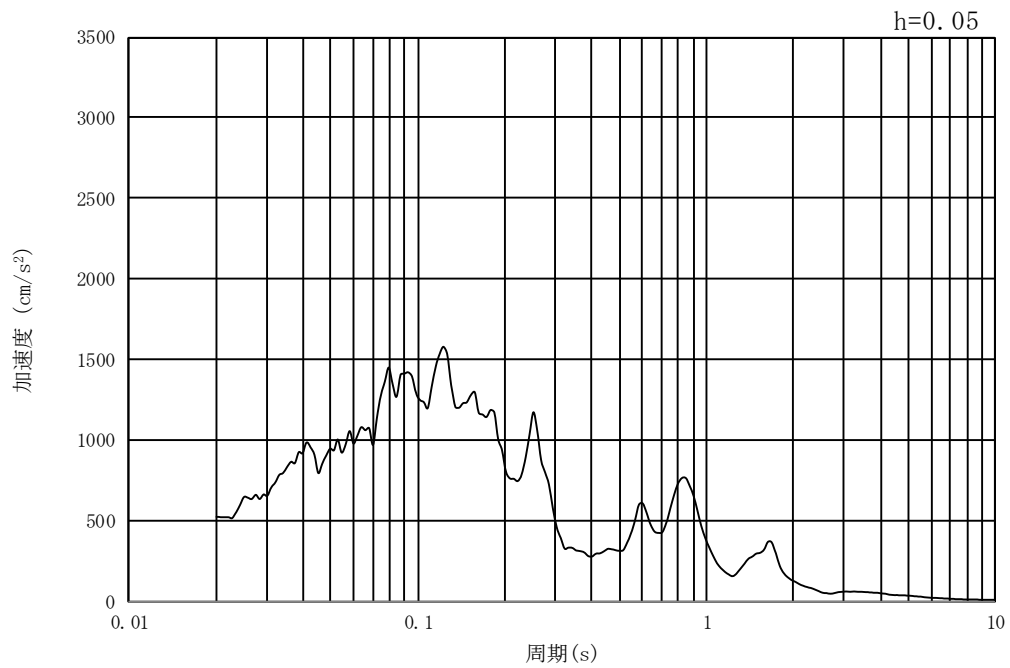


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 11$)

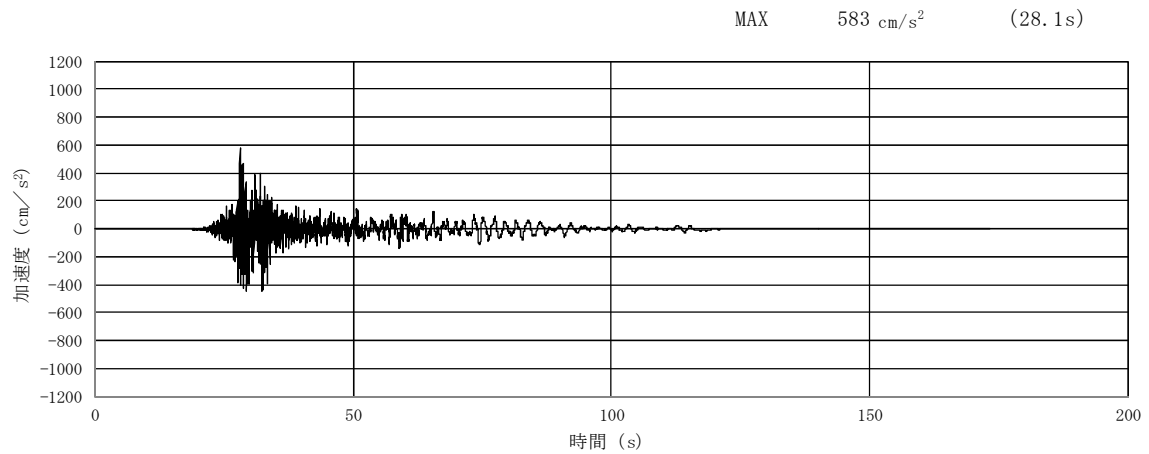


(a) 加速度時刻歴波形

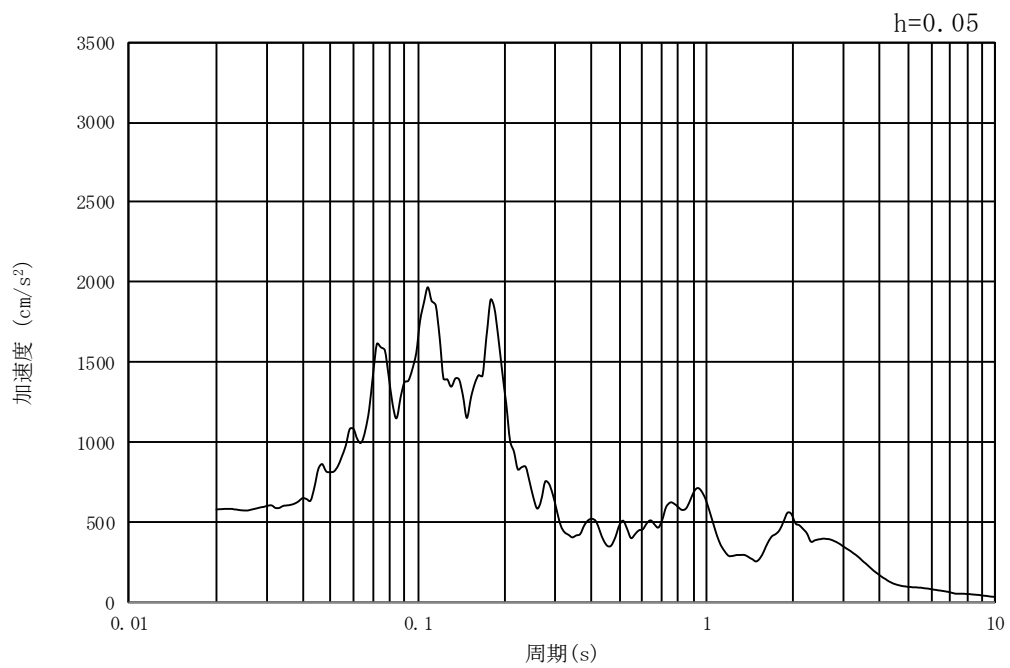


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (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 : $S_s - 11$)

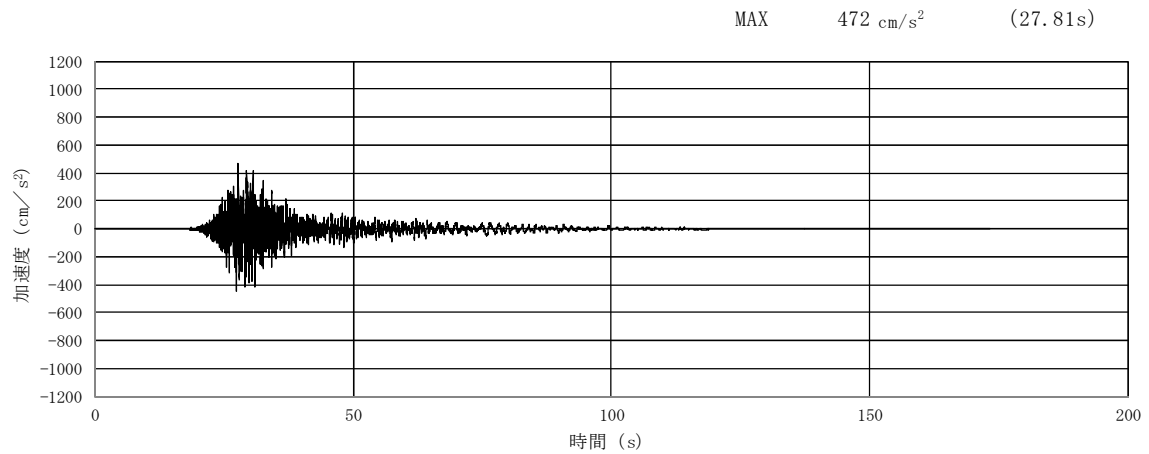


(a) 加速度時刻歴波形

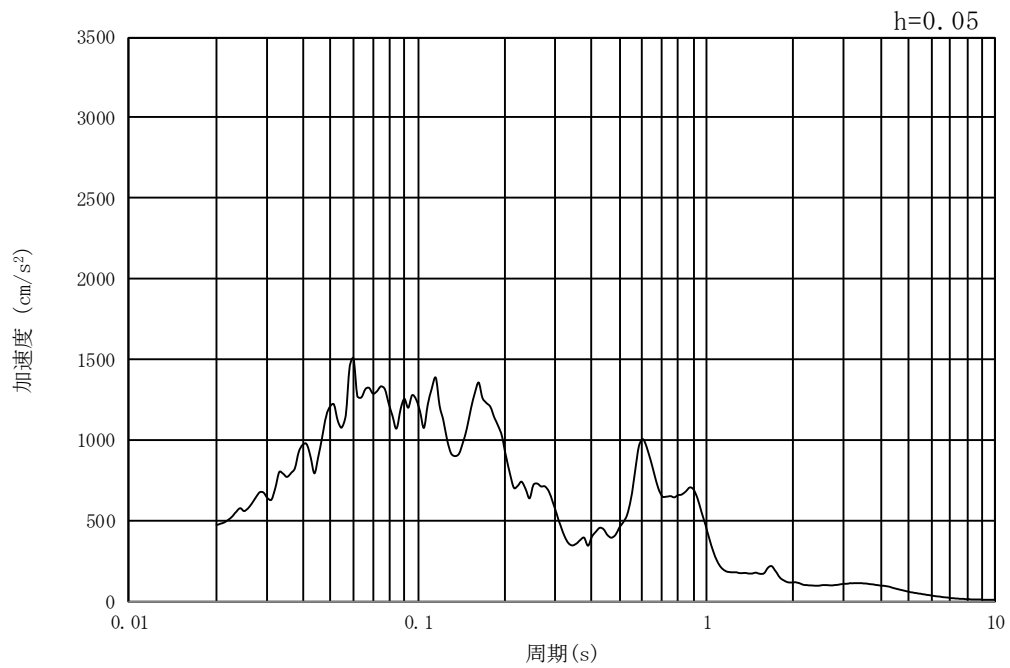


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (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 : $S_s - 1.2$)

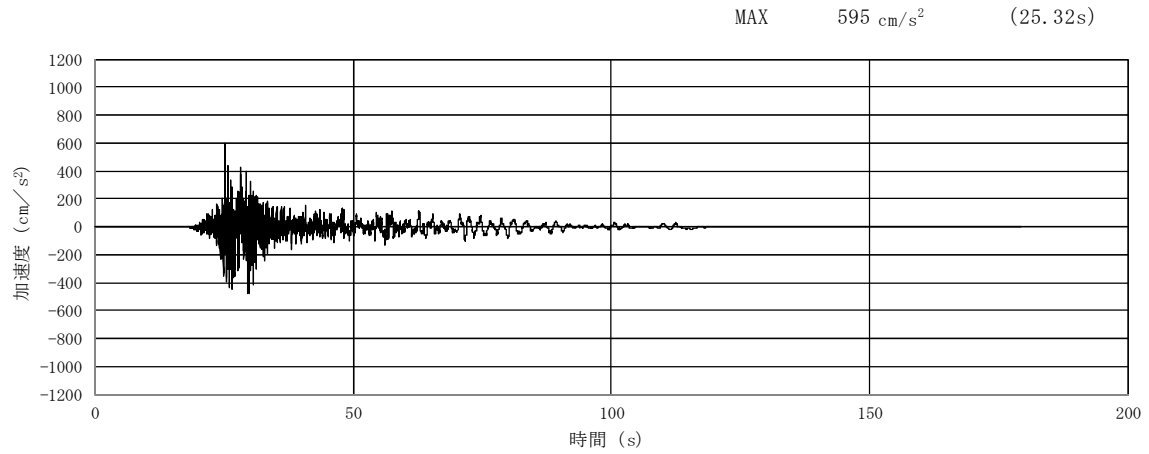


(a) 加速度時刻歴波形

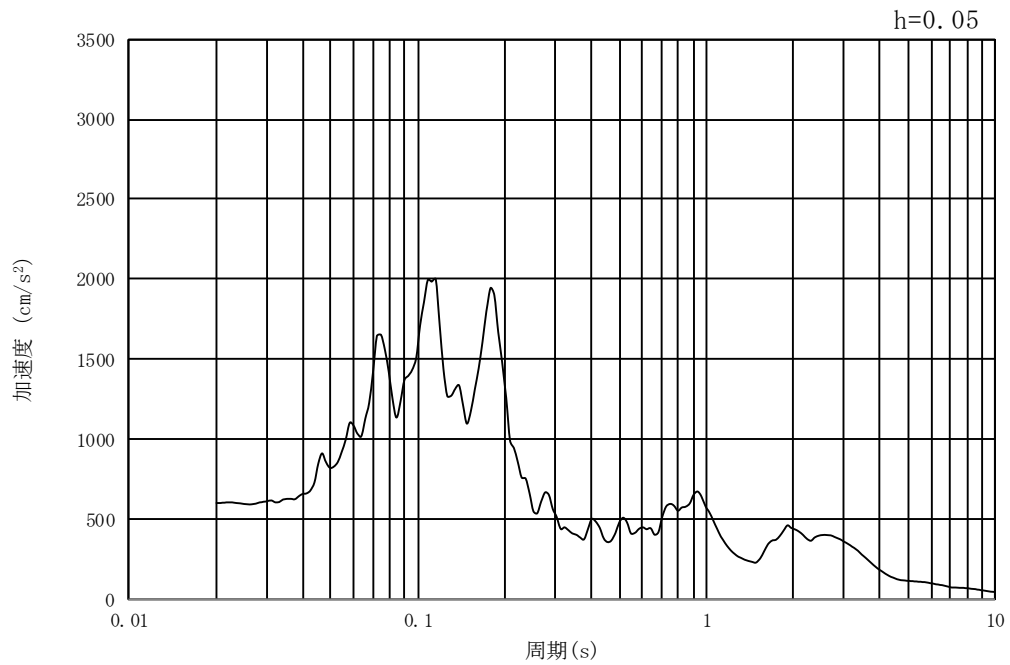


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 12$)

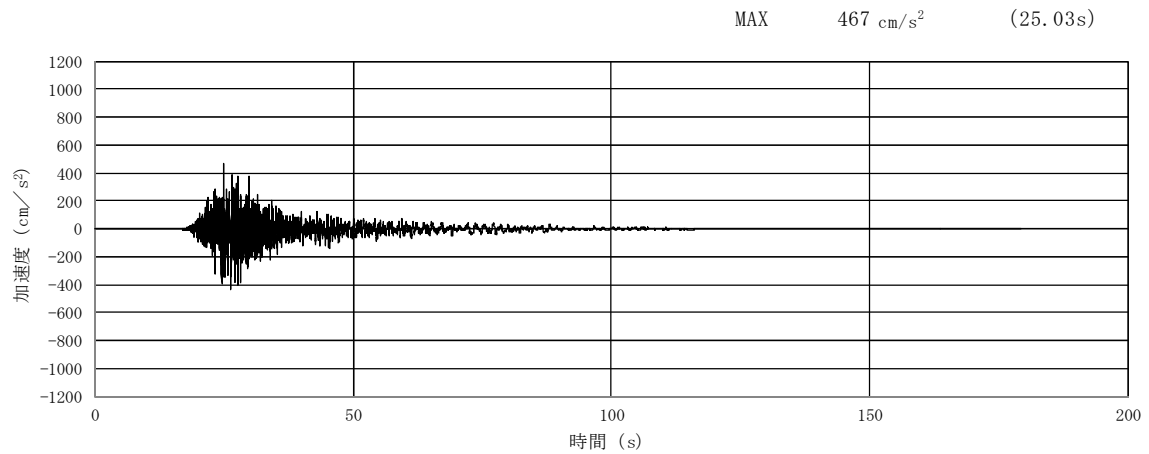


(a) 加速度時刻歴波形

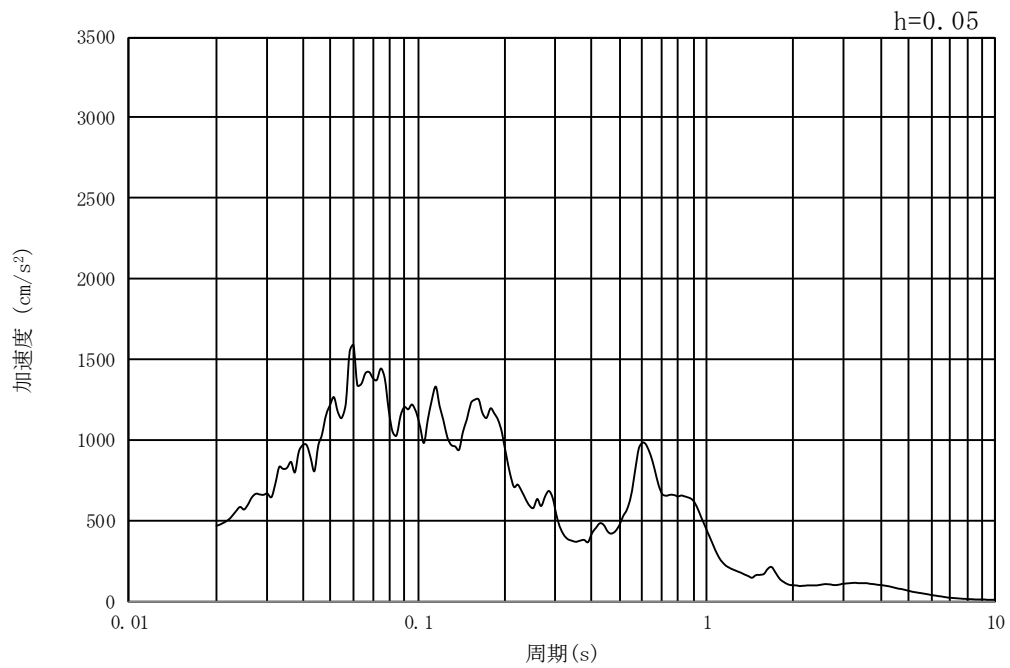


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (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 : $S_s - 13$)

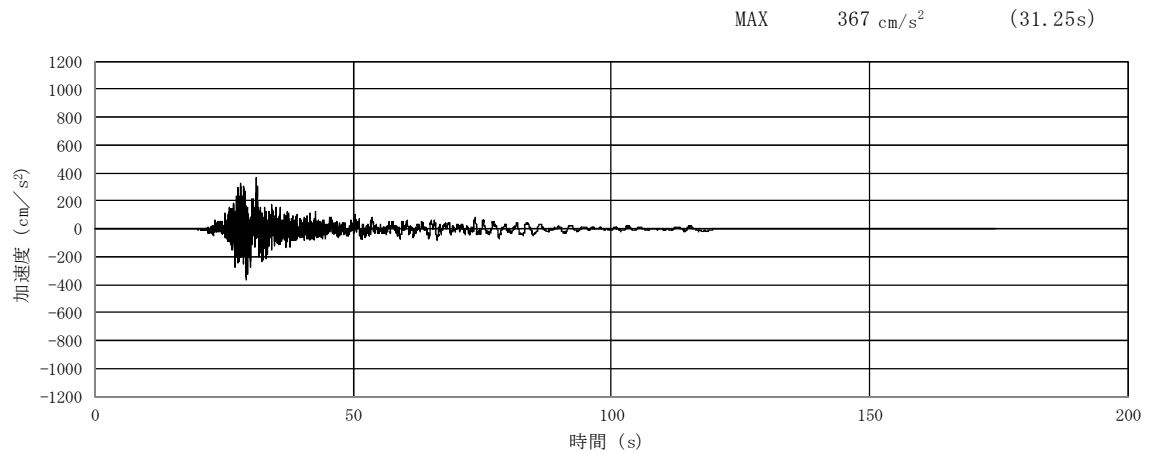


(a) 加速度時刻歴波形

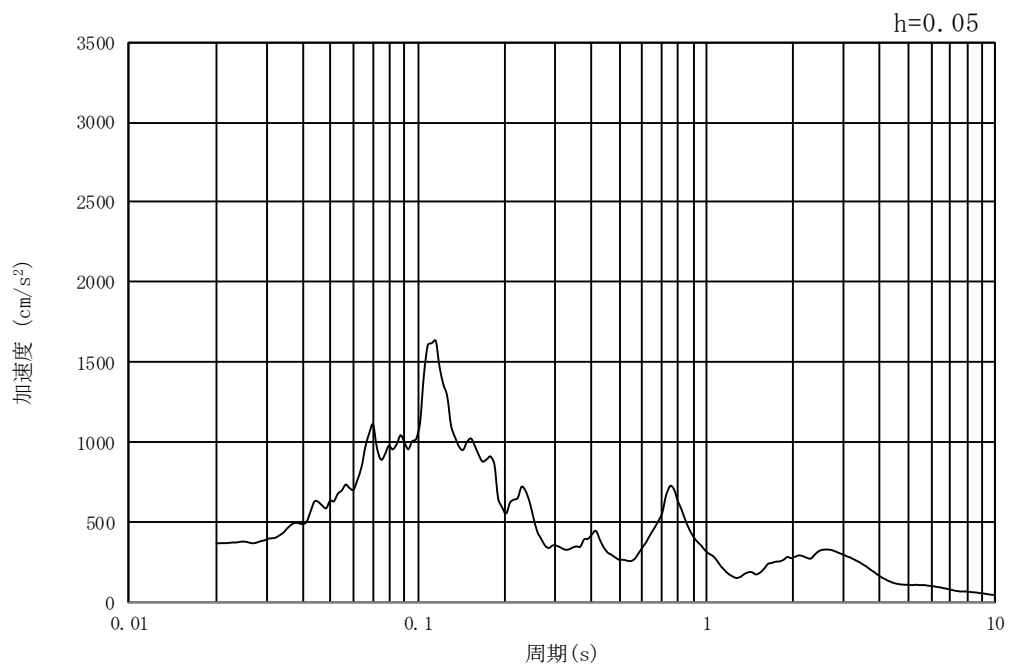


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 13$)

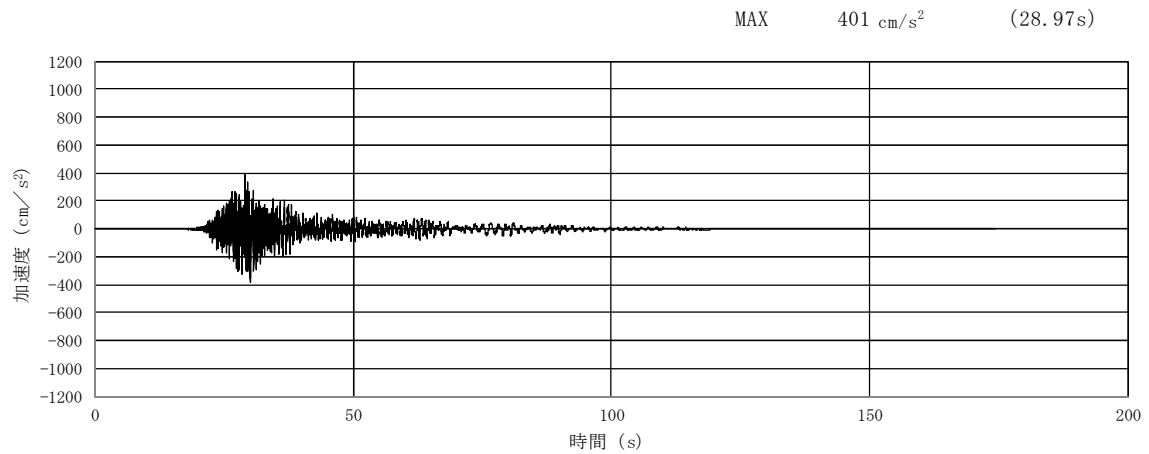


(a) 加速度時刻歴波形

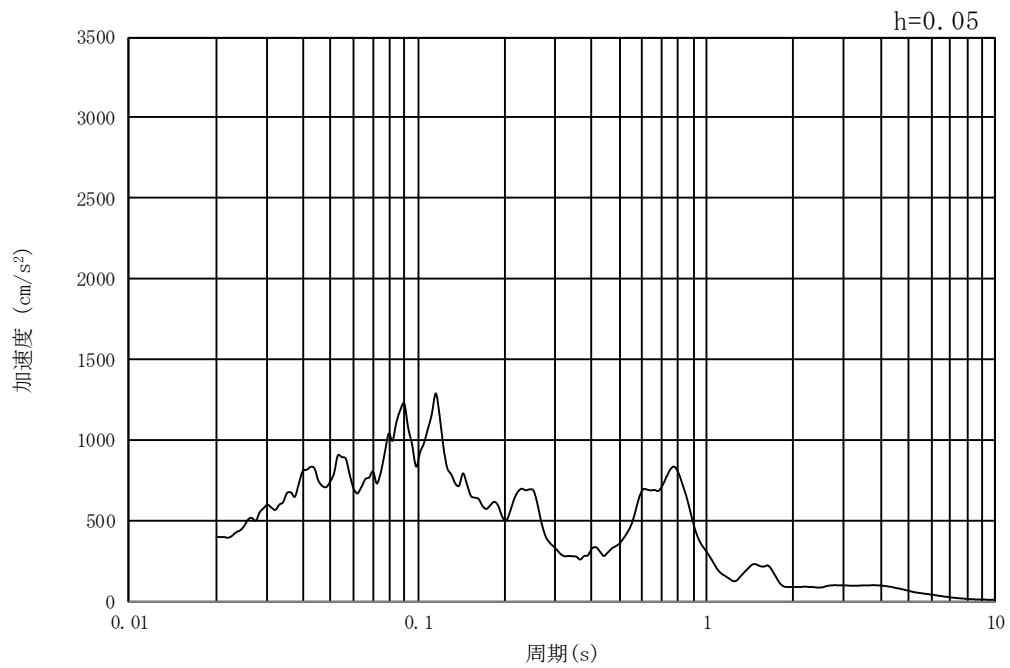


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (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: $S_s - 14$)

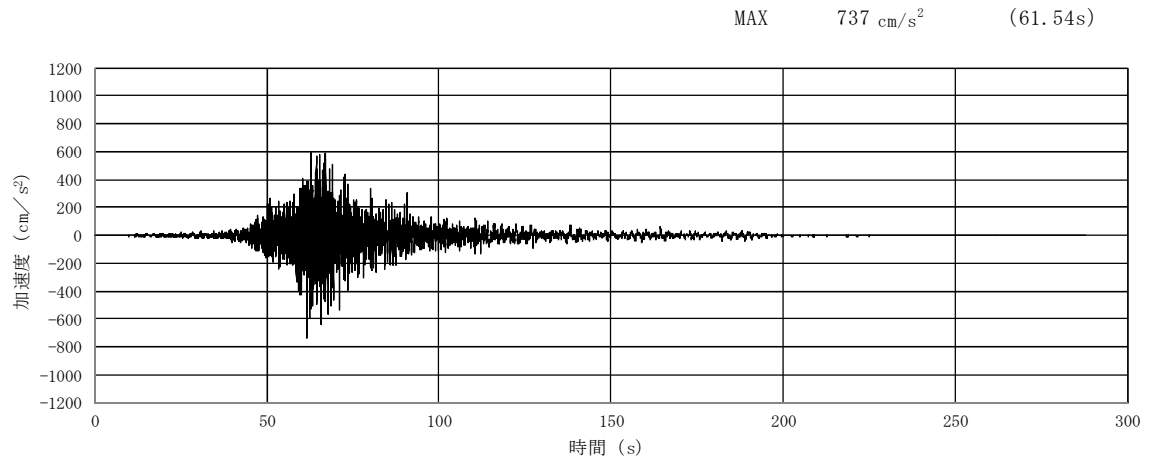


(a) 加速度時刻歴波形

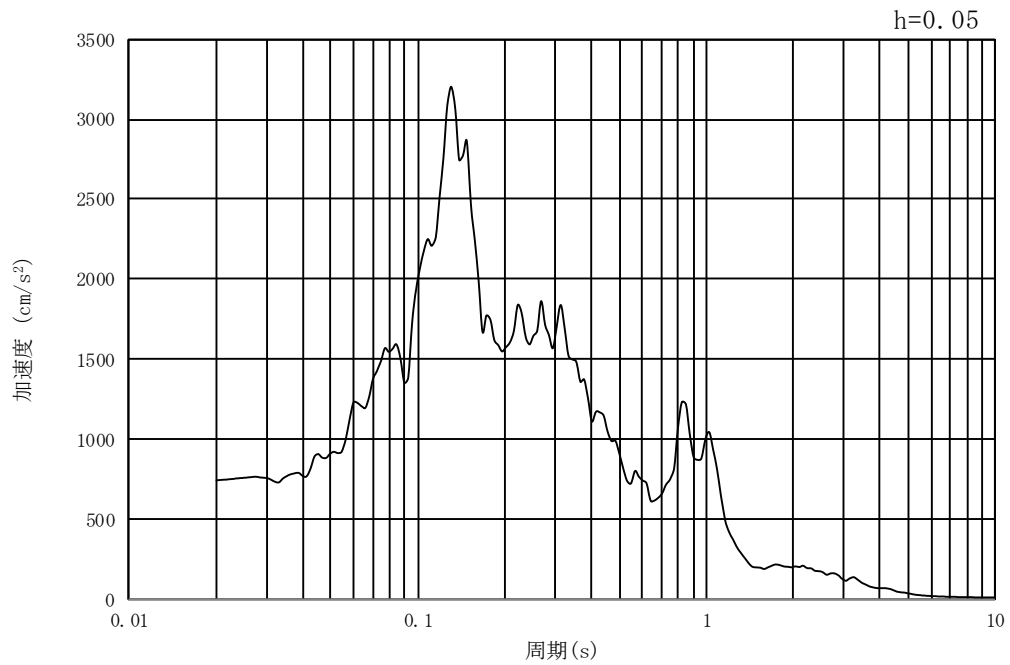


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 14$)

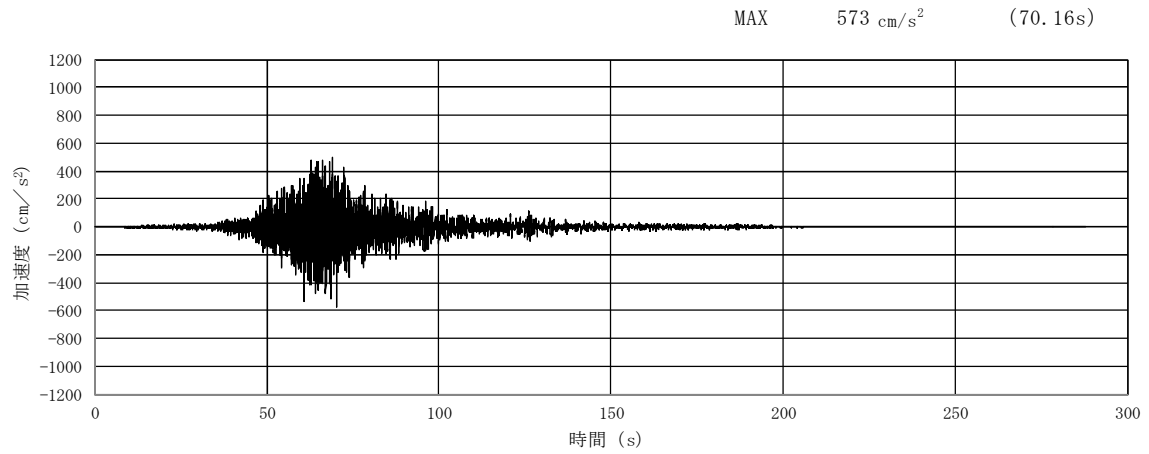


(a) 加速度時刻歴波形

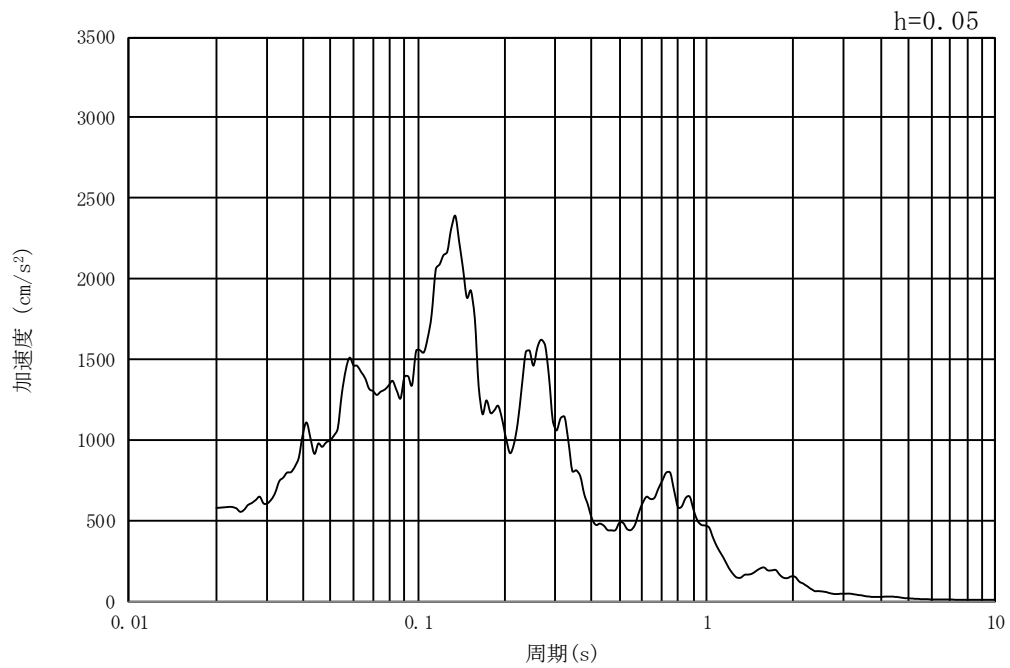


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (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 : $S_s - 21$)

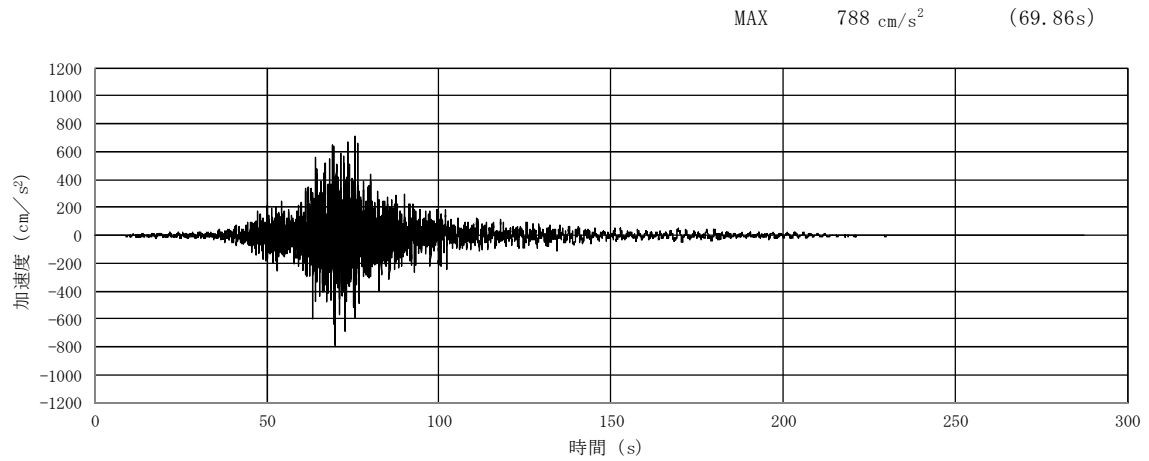


(a) 加速度時刻歴波形

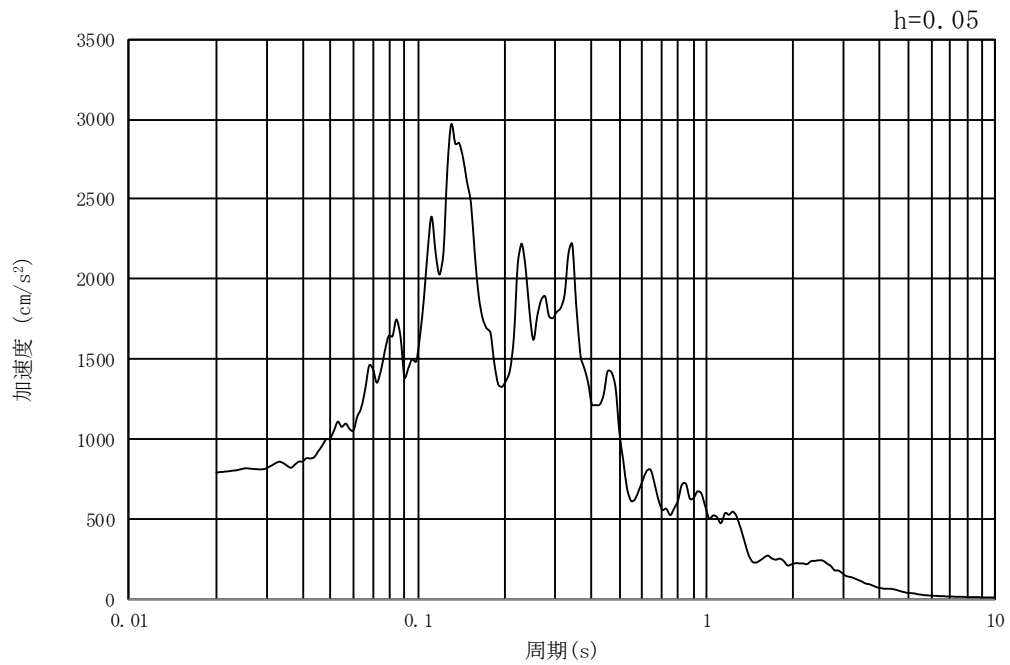


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 21$)

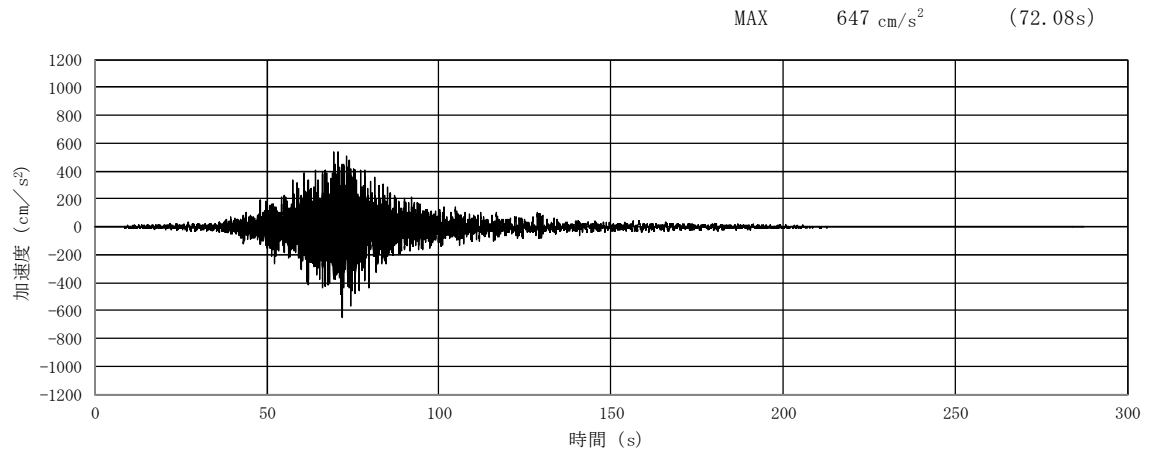


(a) 加速度時刻歴波形

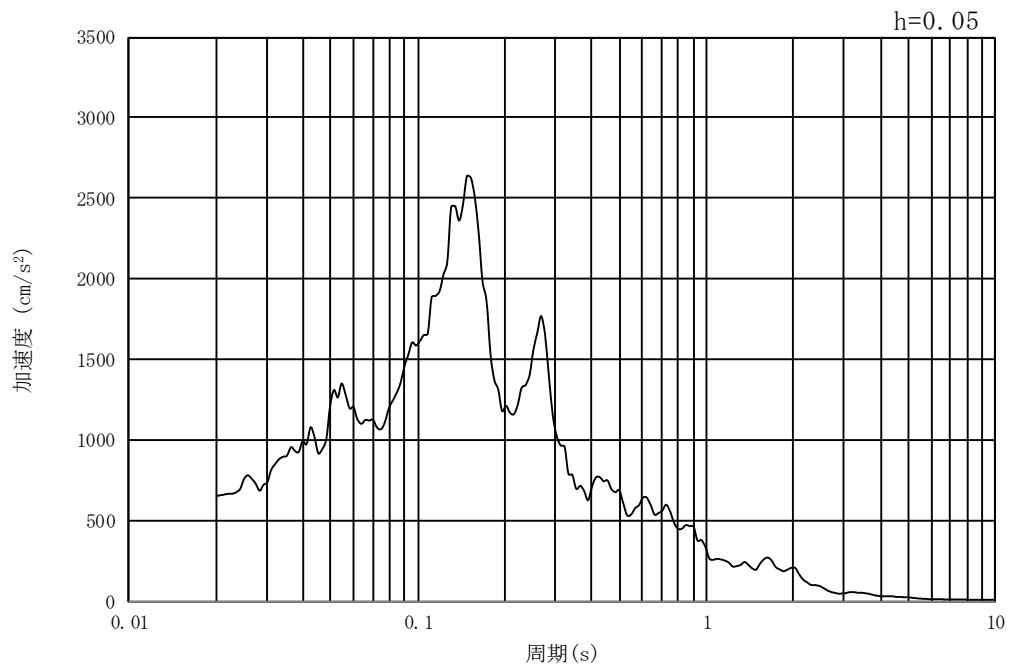


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 22$)

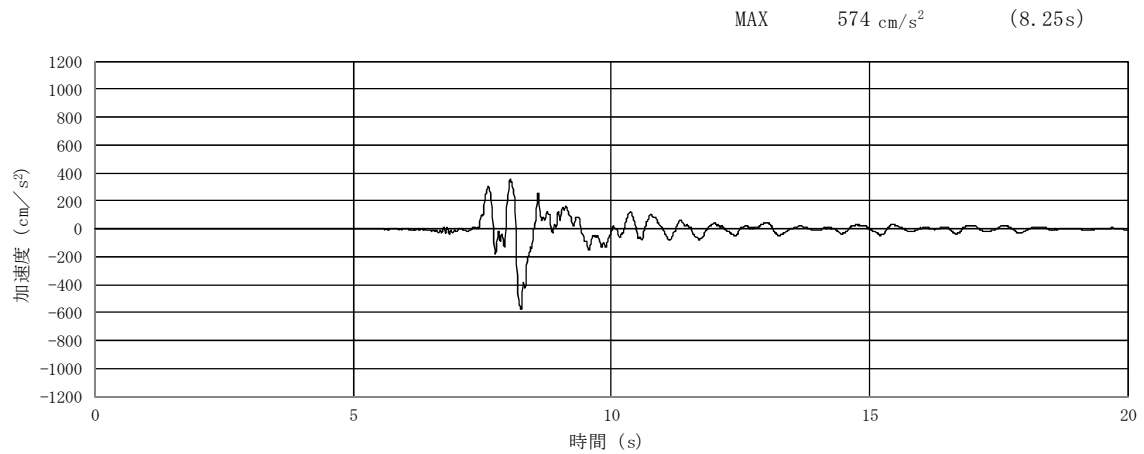


(a) 加速度時刻歴波形

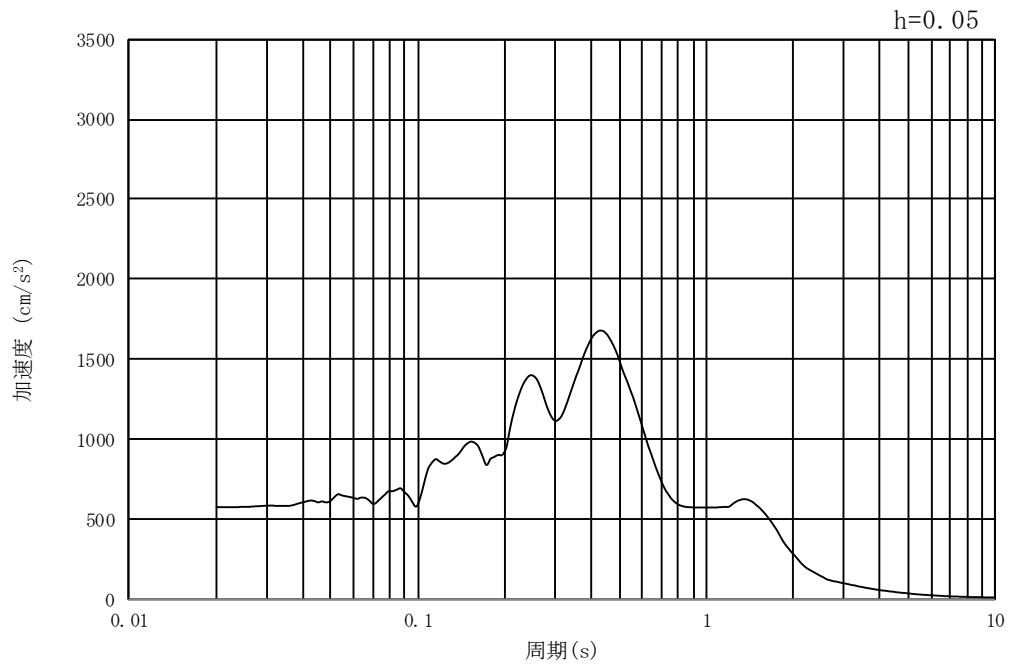


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 22$)

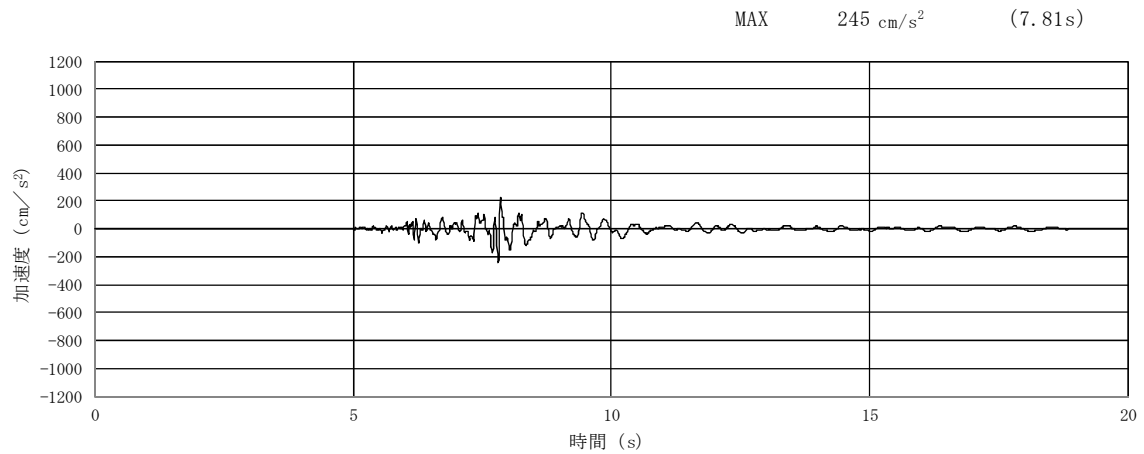


(a) 加速度時刻歴波形

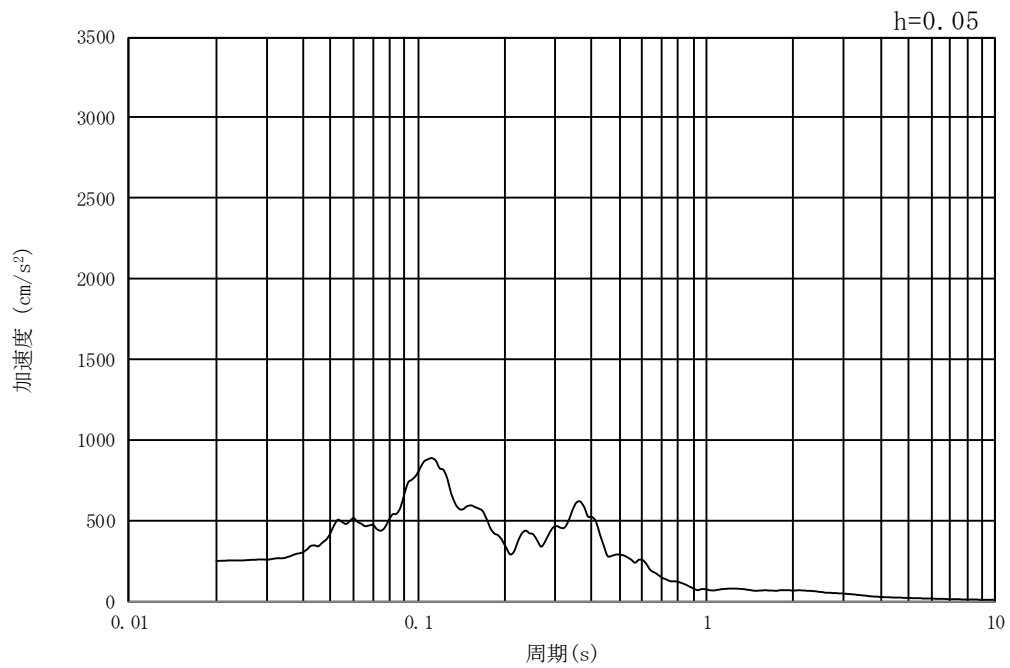


(b) 加速度応答スペクトル

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

常設低圧代替注水系ポンプ室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

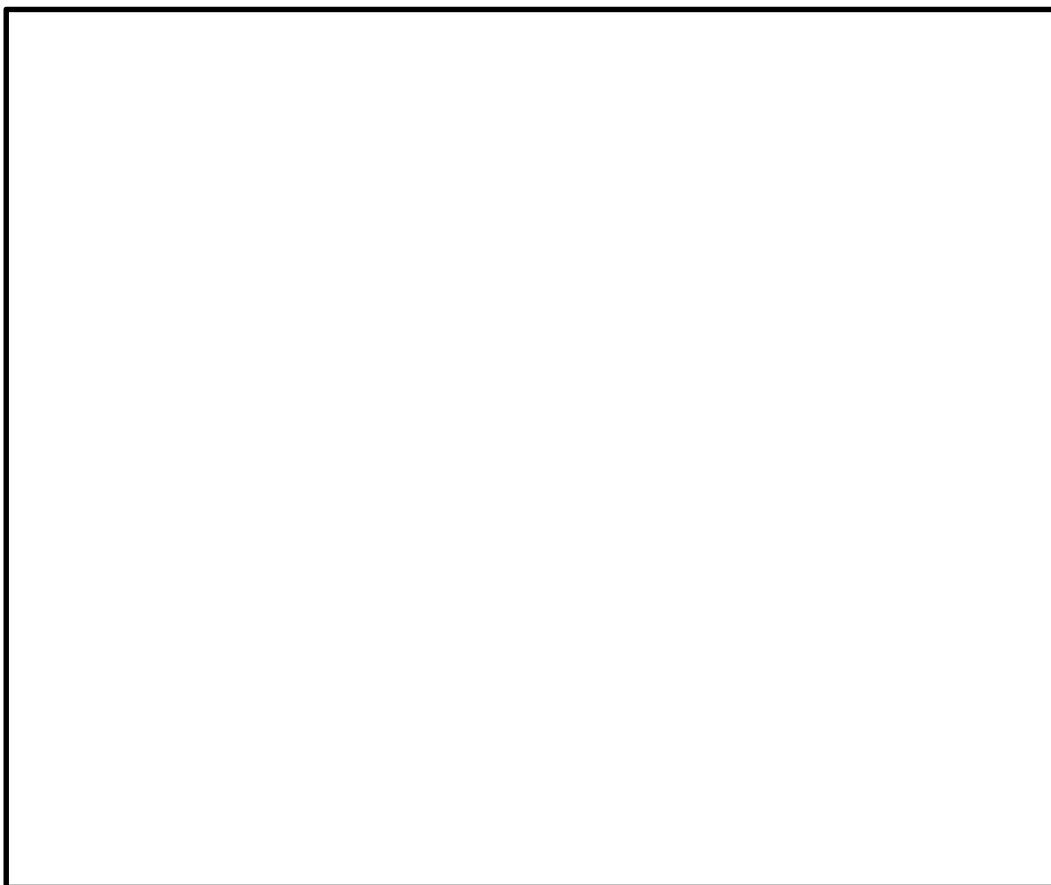
解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

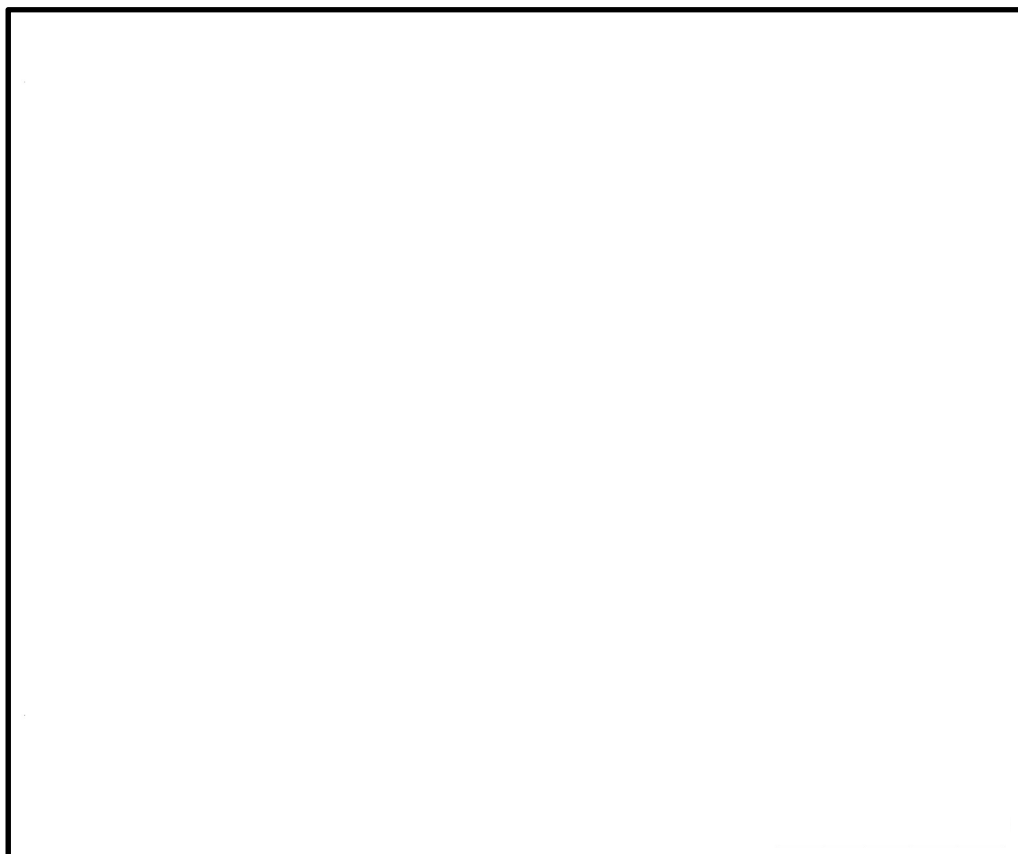
構造物は、線形はり要素でモデル化する。

(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) 常設低圧代替注水系ポンプ室の地震応答解析モデル (東西方向断面)



第 3-5 図 (2) 常設低圧代替注水系ポンプ室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

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-2-2-26 常設低圧代替注水系ポンプ室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、常設低圧代替注水系ポンプ室が基準地震動S₀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ポンプ室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ポンプ室の平面位置図を第 2-1 図に示す。

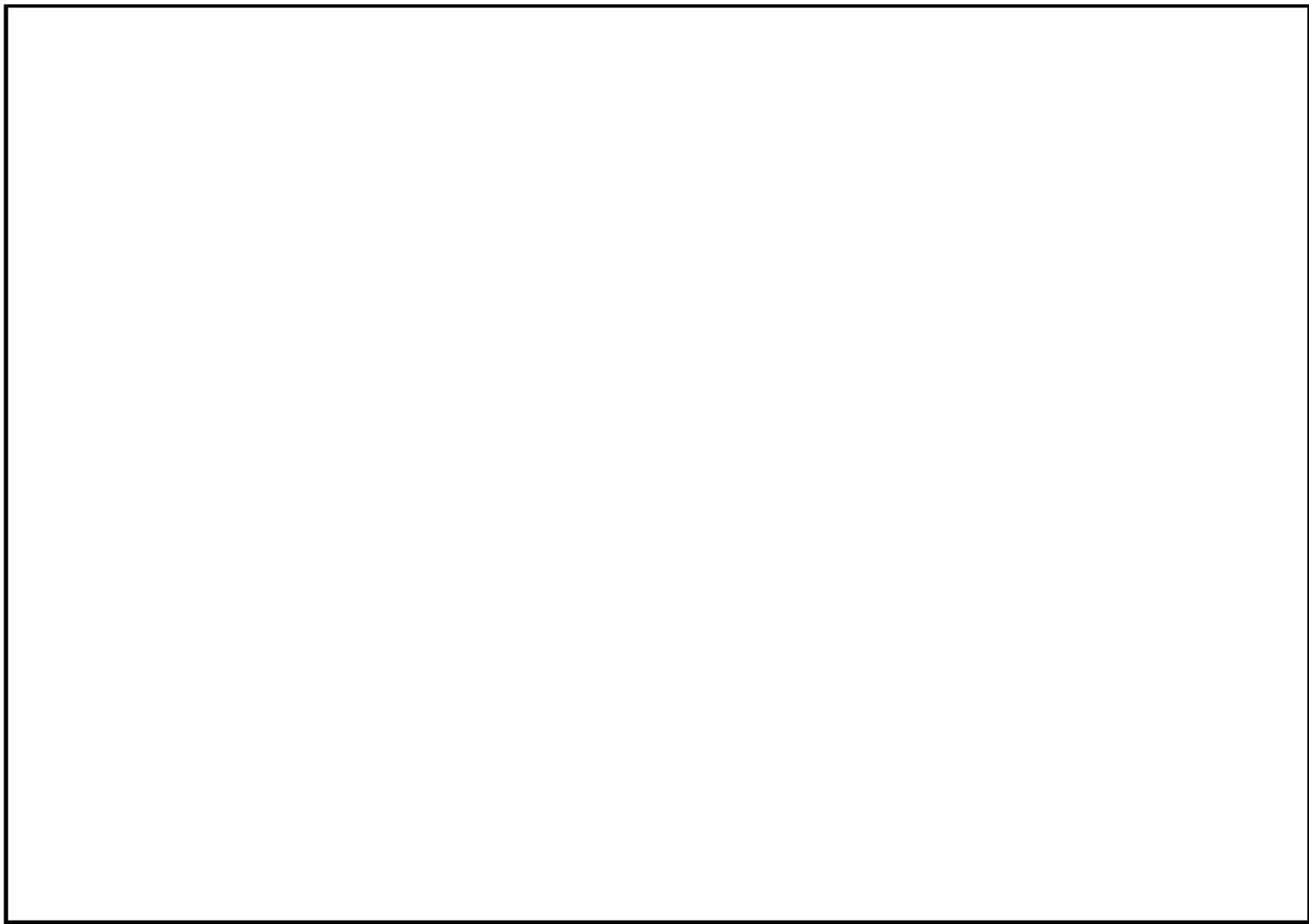


第 2-1 図 常設低圧代替注水系ポンプ室平面位置図

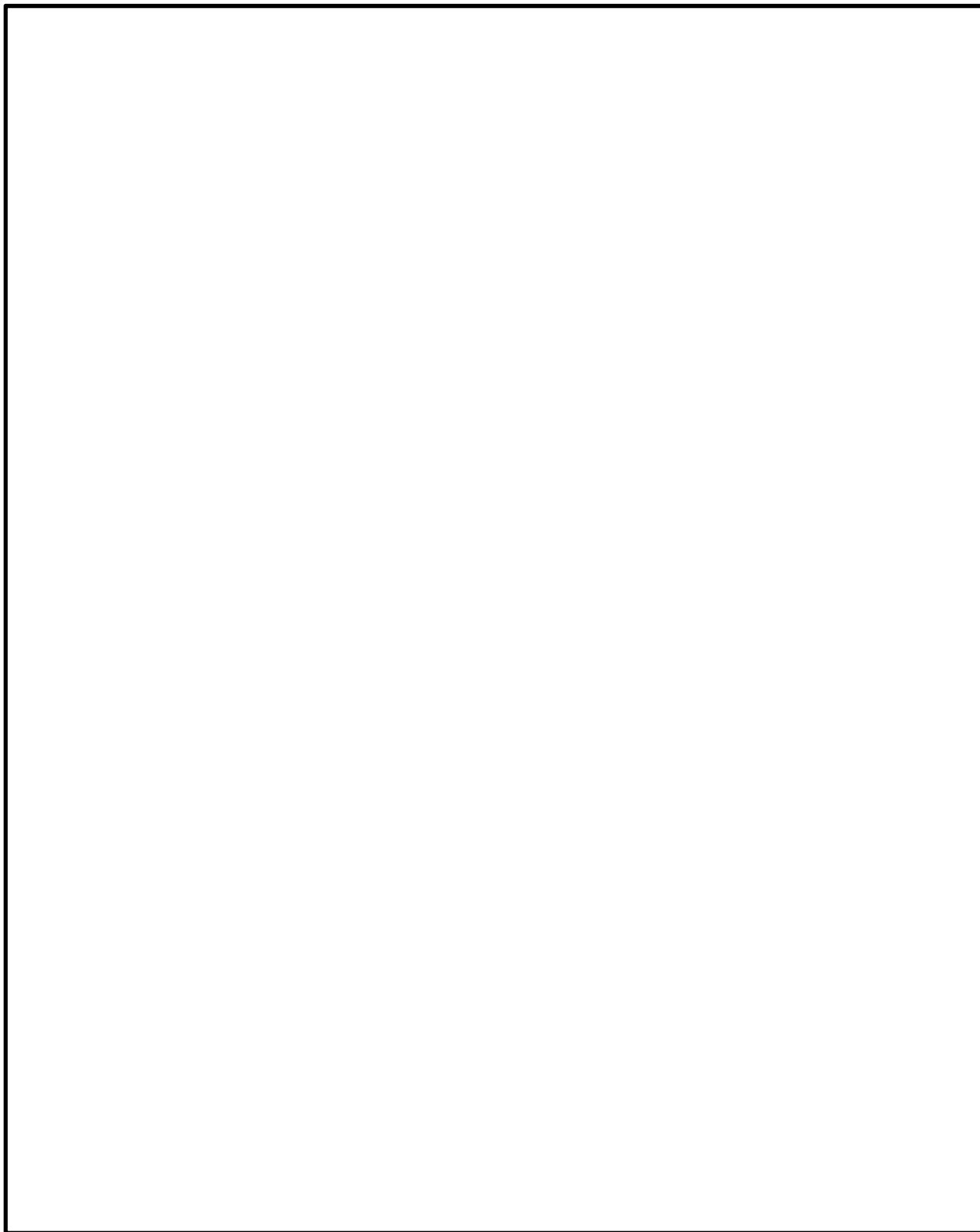
2.2 構造概要

常設低圧代替注水系ポンプ室は、代替淡水貯槽用のポンプ及び配管等を支持する、幅 17.0 m（東西方向）×13.0 m（南北方向）、高さ 29.5 m 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。

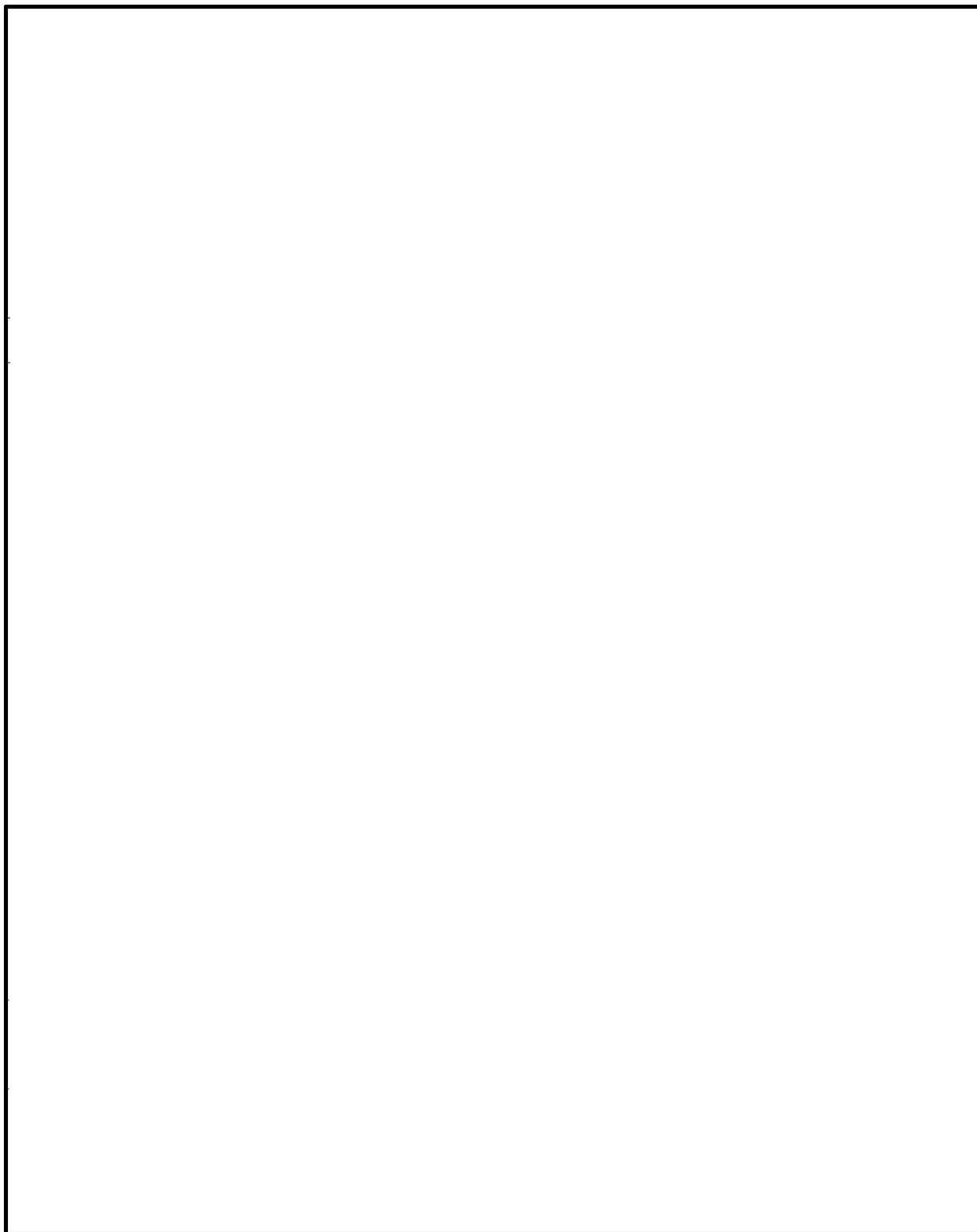
常設低圧代替注水系ポンプ室の平面図を第 2-2 図、断面図を第 2-3 図に示す。



第 2-2 図 常設低圧代替注水系ポンプ室平面図



第 2-3 図 (1) 常設低圧代替注水系ポンプ室断面図 (東西方向断面)



第 2-3 図 (2) 常設低圧代替注水系ポンプ室断面図 (南北方向断面)

2.3 評価方針

常設低圧代替注水系ポンプ室は、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ポンプ室の耐震性評価は、V-2-2-25「常設低圧代替注水系ポンプ室の地震応答計算書」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。

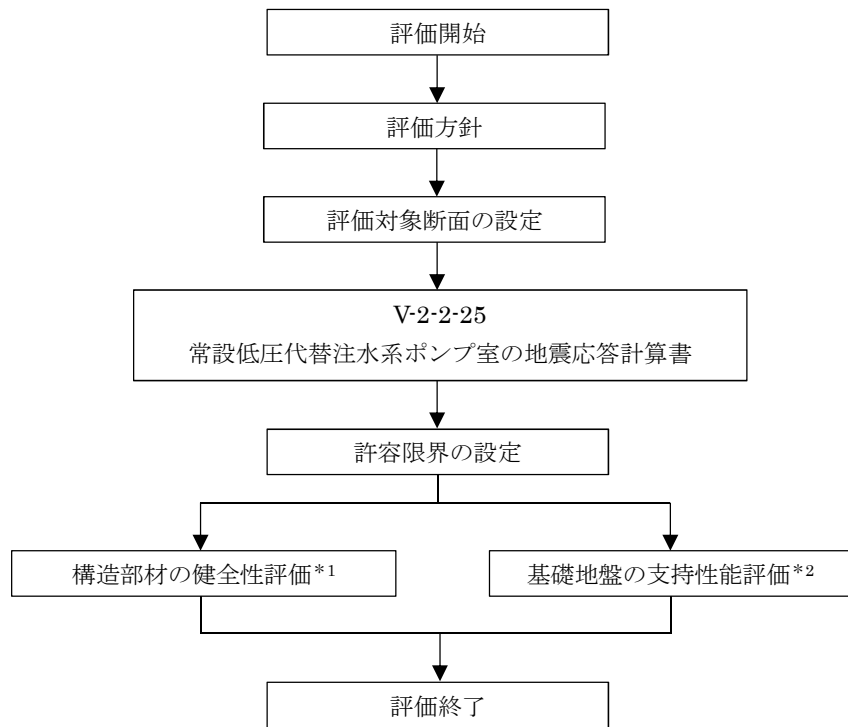
基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

常設低圧代替注水系ポンプ室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ポンプ室の評価項目

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「S A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。

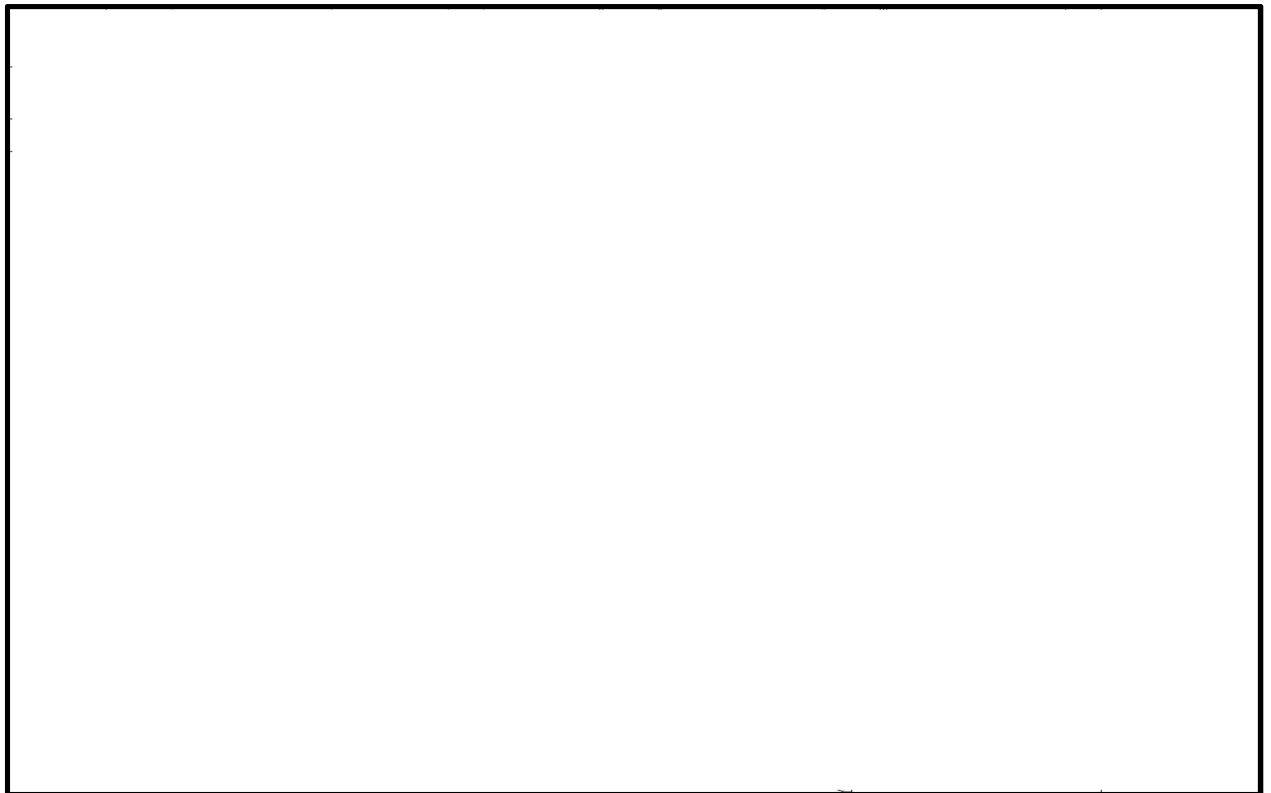
- ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002 年制定）
- ・道路橋示方書（Ⅰ 共通編・Ⅳ 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会，2005 年）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）

3. 耐震評価

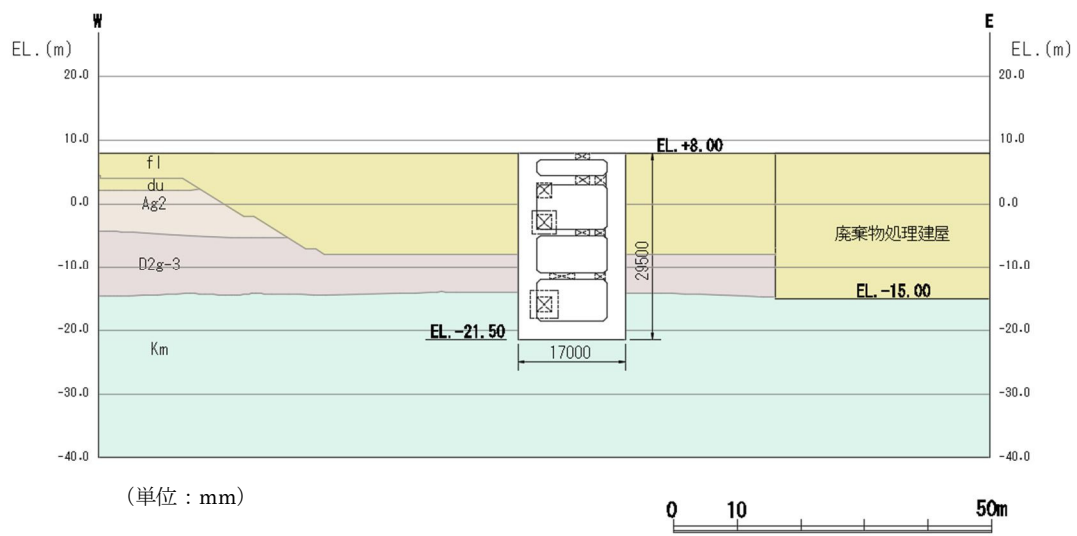
3.1 評価対象断面

常設低圧代替注水系ポンプ室は，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。

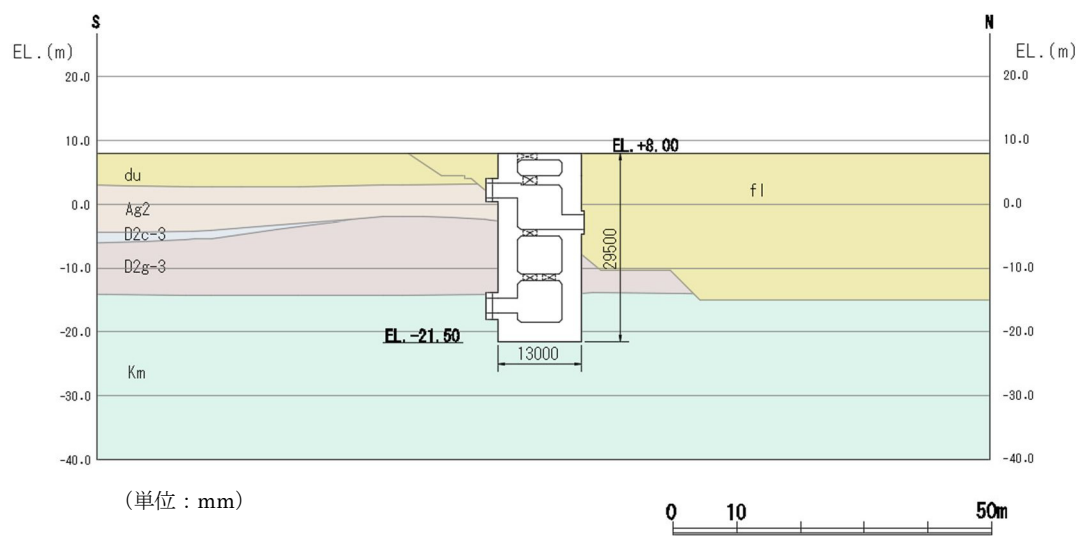
常設低圧代替注水系ポンプ室の評価対象断面位置図を第 3-1 図に，評価対象断面図を第 3-2 図に示す。



第 3-1 図 常設低圧代替注水系ポンプ室の評価対象断面位置図



第3-2 図 (1) 常設低圧代替注水系ポンプ室 評価対象断面図 (東西方向断面)



第3-2 図 (2) 常設低圧代替注水系ポンプ室 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

常設低压代替注水系ポンプ室の照査は，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ポンプ室の耐震評価は、V-2-2-25「常設低圧代替注水系ポンプ室の地震応答計算書」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-2-2-27 代替淡水貯槽の地震応答計算書

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	9
3. 解析方法	10
3.1 評価対象断面	10
3.2 解析方法	12
3.3 荷重及び荷重の組合せ	13
3.4 入力地震動	15
3.5 解析モデル及び諸元	48

1. 概要

本資料は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施する代替淡水貯槽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、代替淡水貯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

代替淡水貯槽の平面配置図を第 2-1 図に示す。

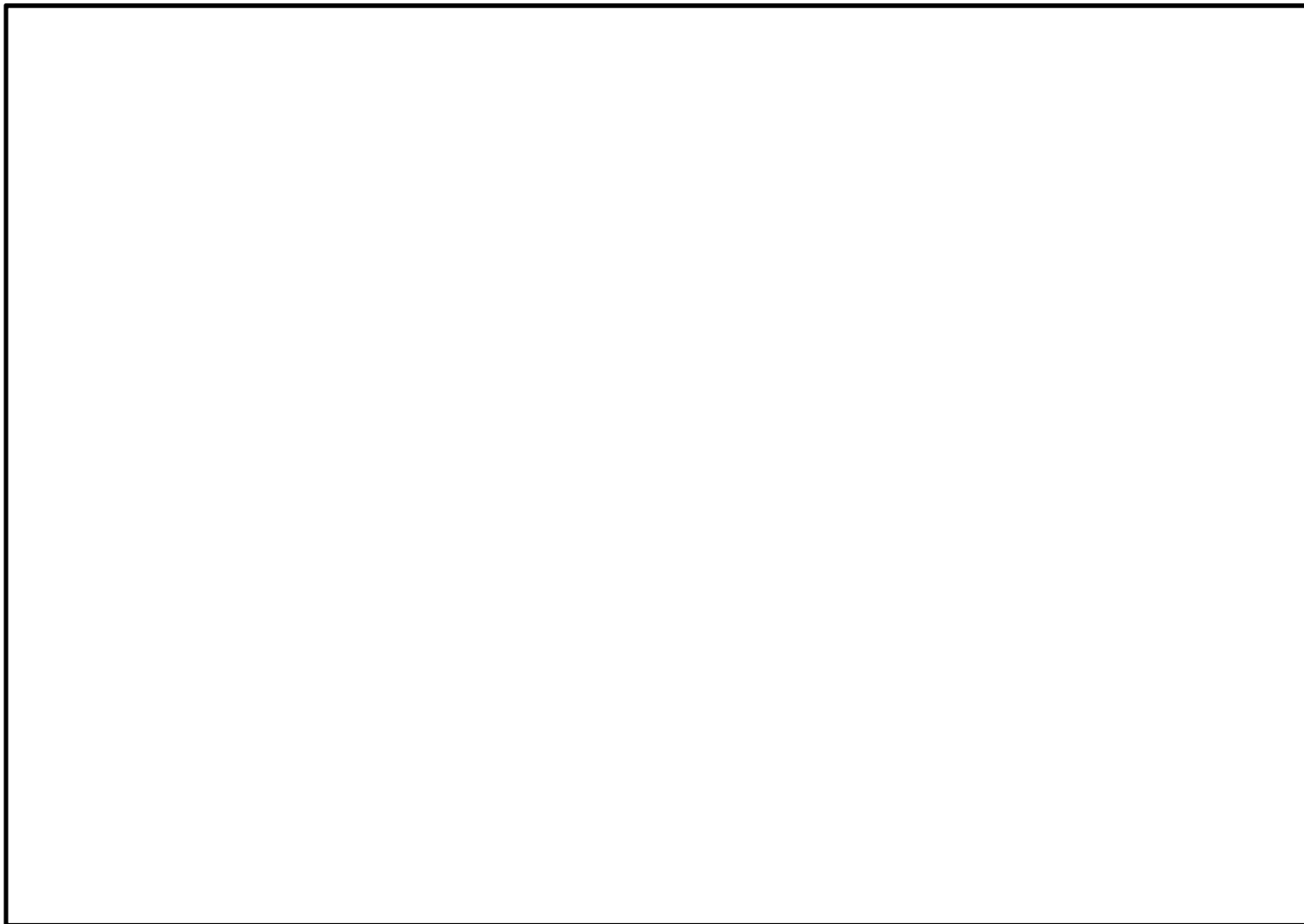


第 2-1 図 代替淡水貯槽平面配置図

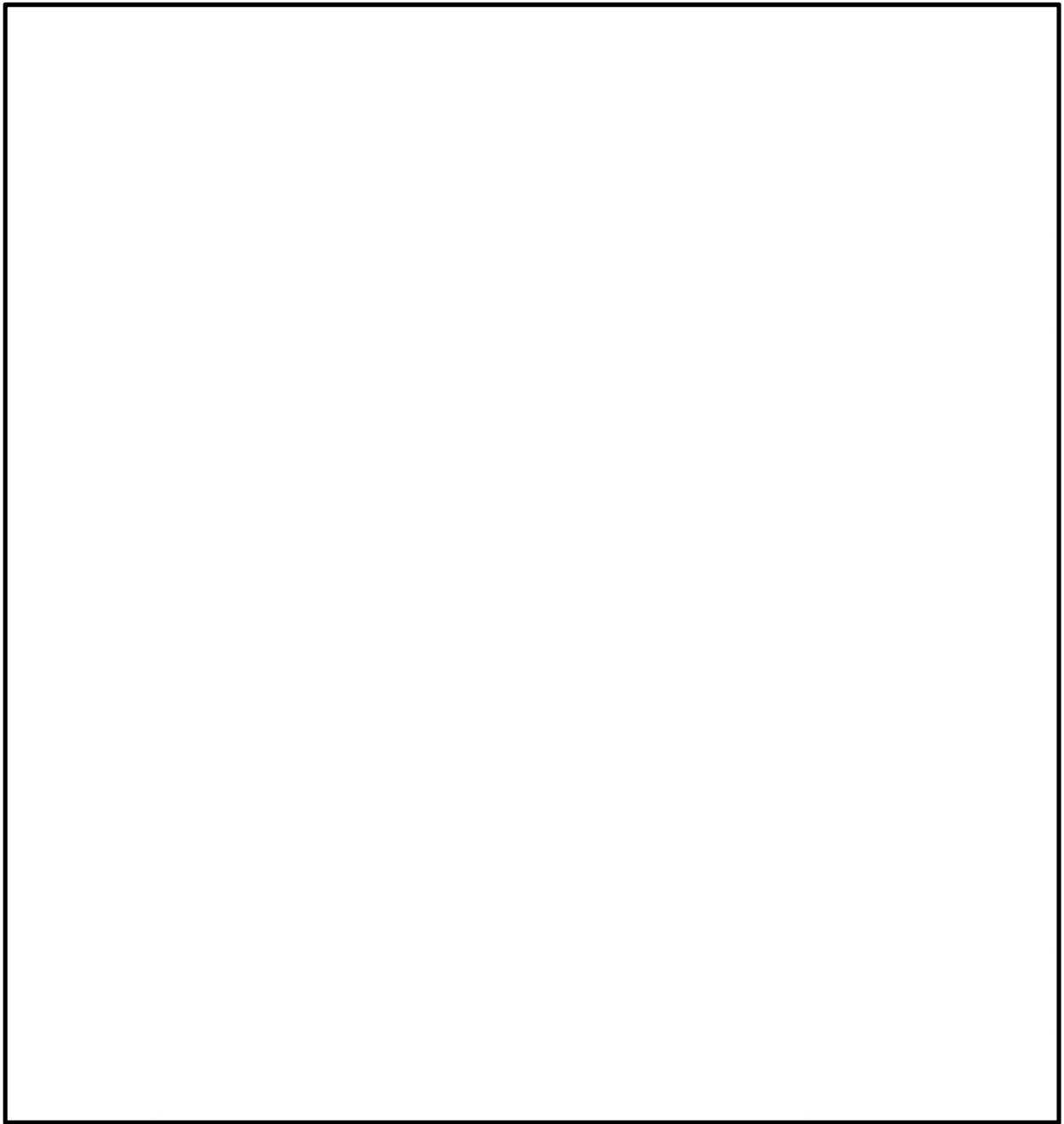
2.2 構造概要

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。

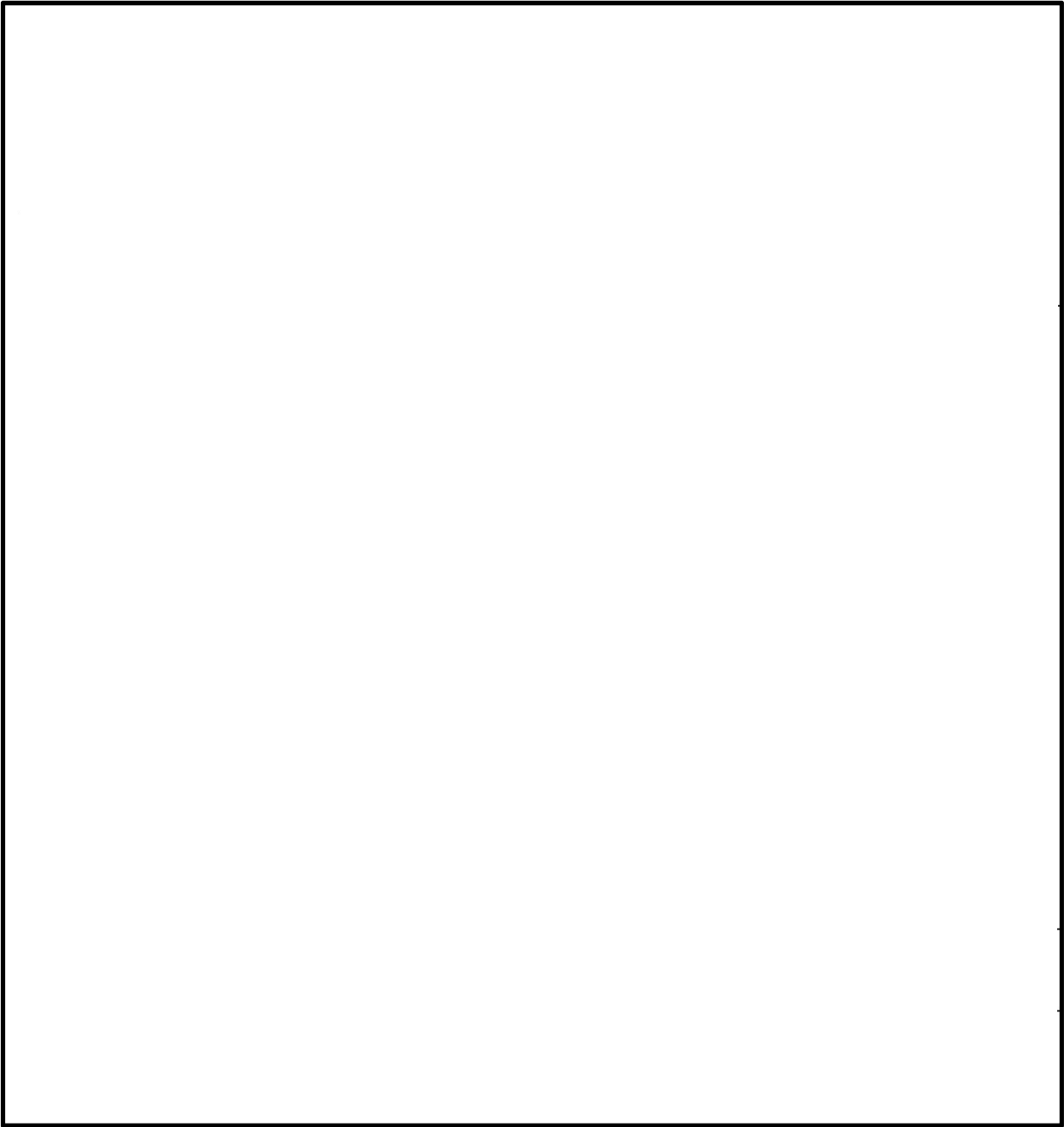
代替淡水貯槽の平面図を第 2-2 図，断面図を第 2-3 図に示す。



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 解析方針

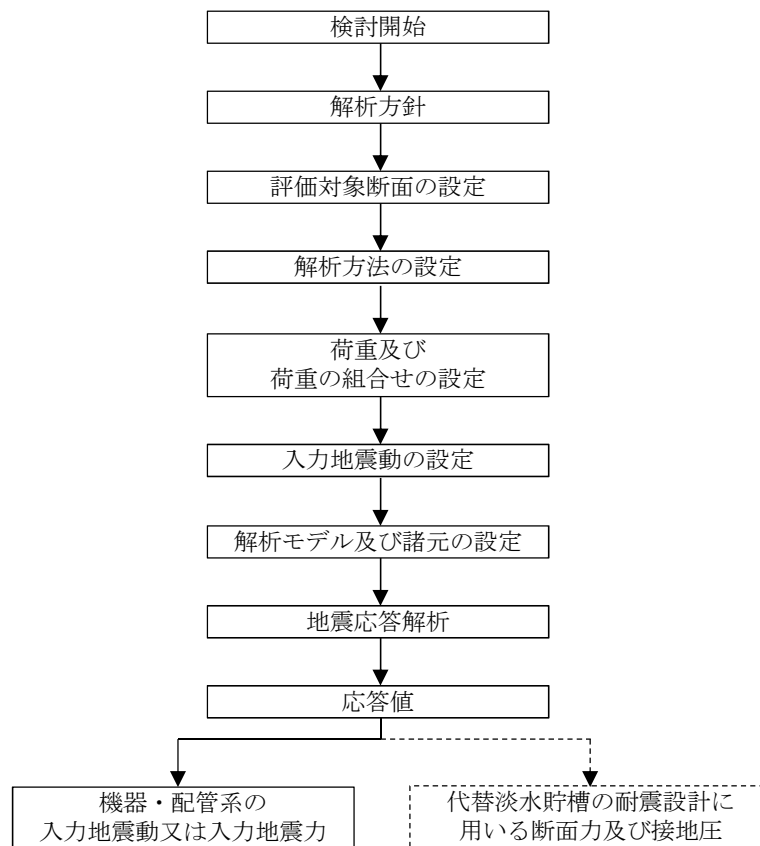
代替淡水貯槽は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 S_s に対して解析を実施する。

第2-4図に代替淡水貯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、代替淡水貯槽の耐震設計に用いる。



第 2-4 図 代替淡水貯槽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。

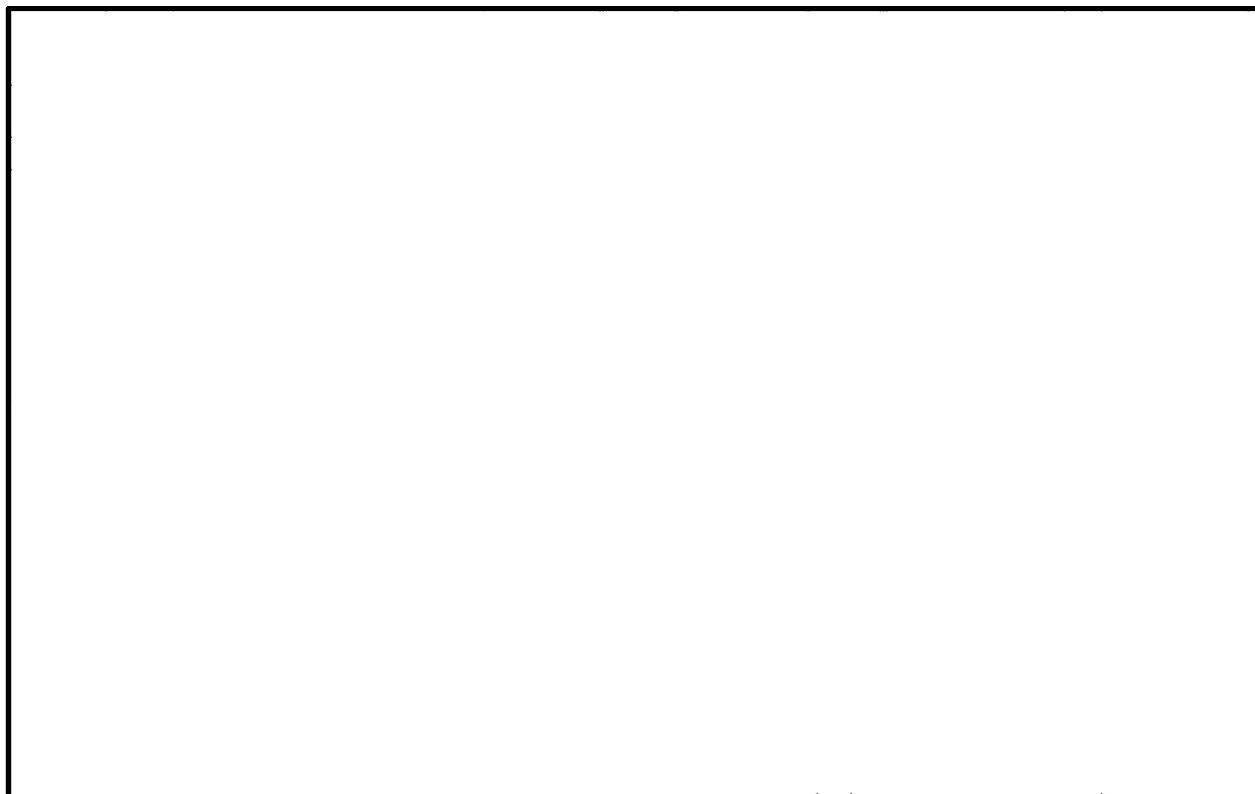
- ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002 年制定）
- ・道路橋示方書（Ⅰ 共通編・Ⅳ 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会，2005 年）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）

3. 解析方法

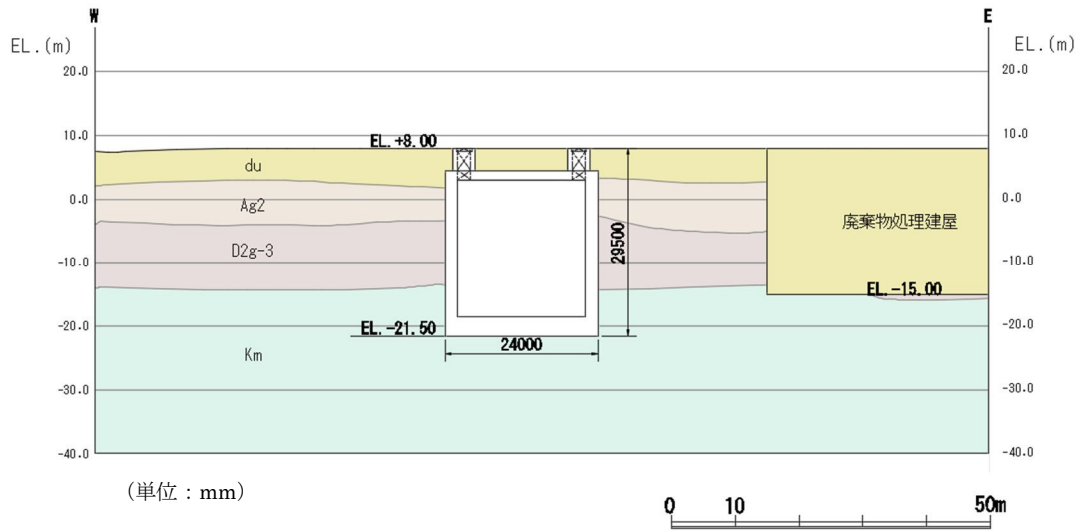
3.1 評価対象断面

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。

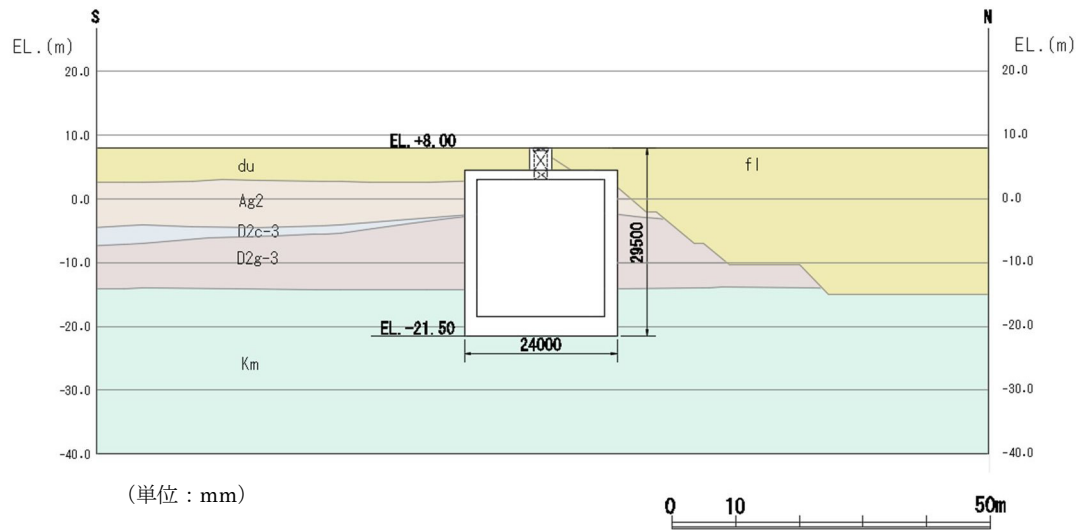
第 3-1 図に評価対象断面位置図を、第 3-2 図に評価対象断面図を示す。



第 3-1 図 代替淡水貯槽 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 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

質点と質点をつなぐ剛トラス要素（線形）としてモデル化し、質点と地盤間をトラス要素でつなぐことにより代替淡水貯槽の形状を考慮する。

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

代替淡水貯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

代替淡水貯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

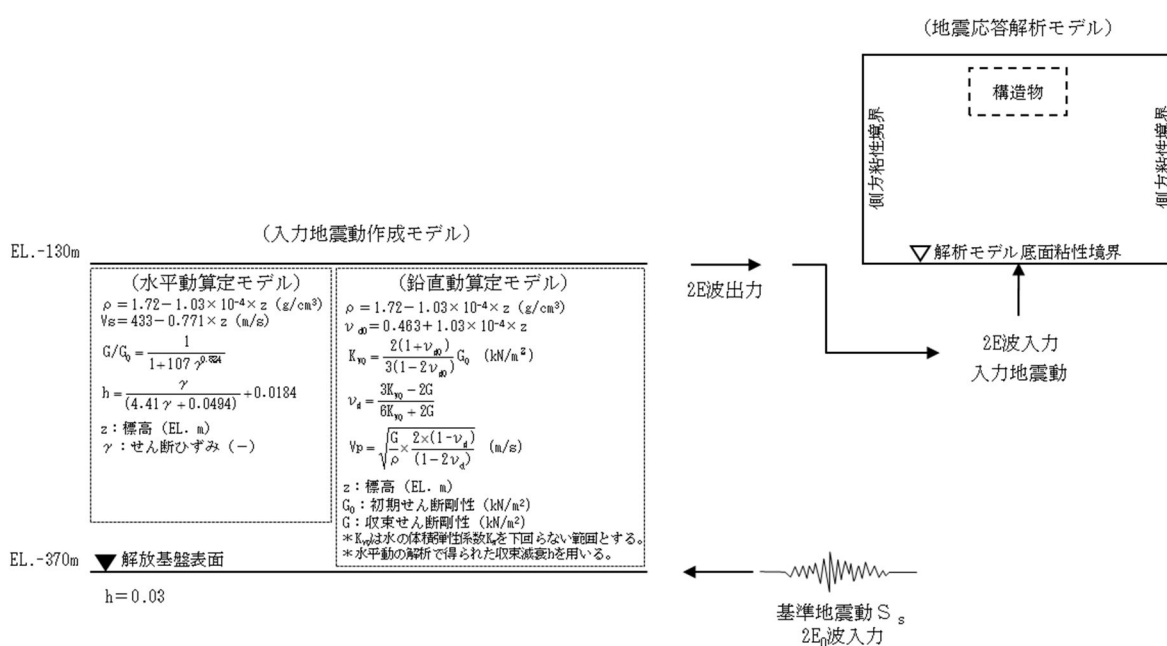
K_s : 地震荷重

3.4 入力地震動

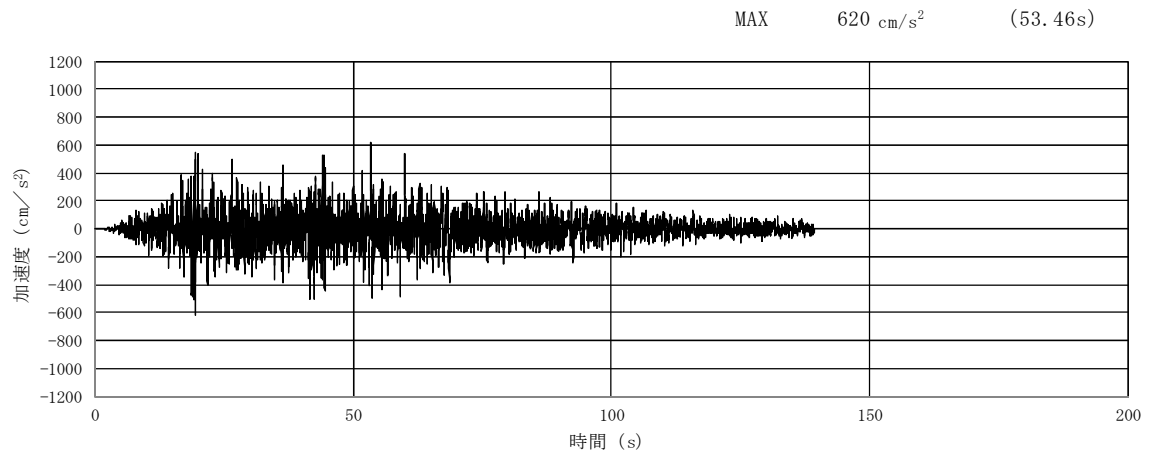
入力地震動は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

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。

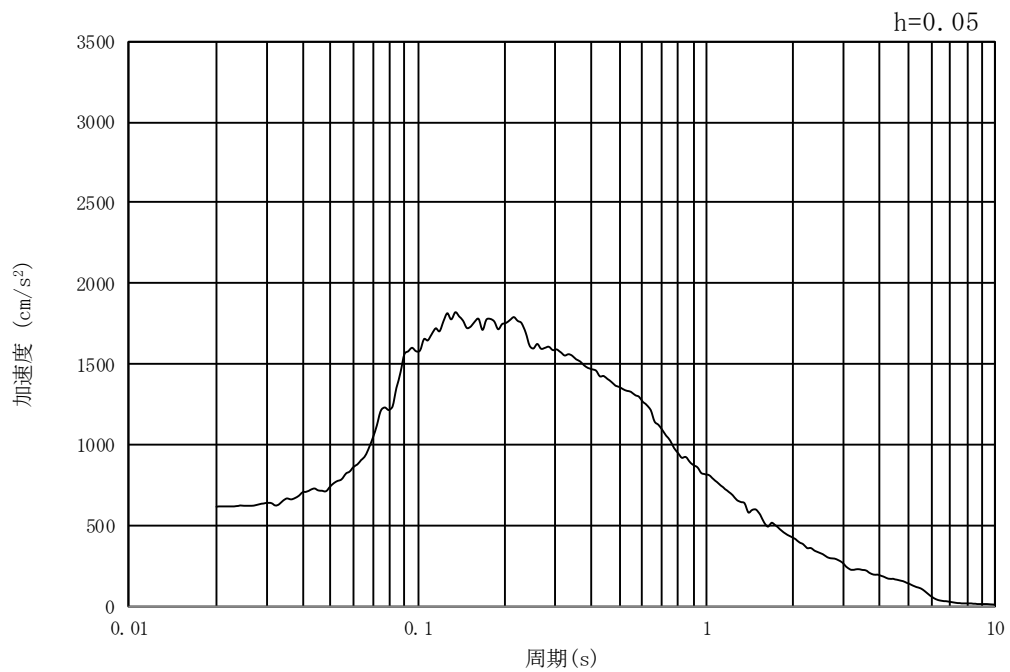
入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。



第 3-3 図 入力地震動算定の概念図

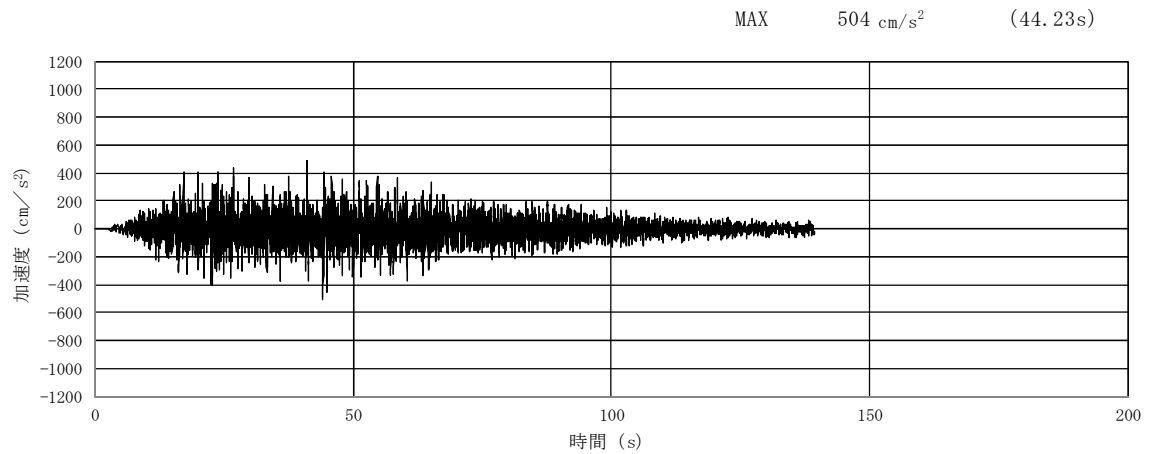


(a) 加速度時刻歴波形

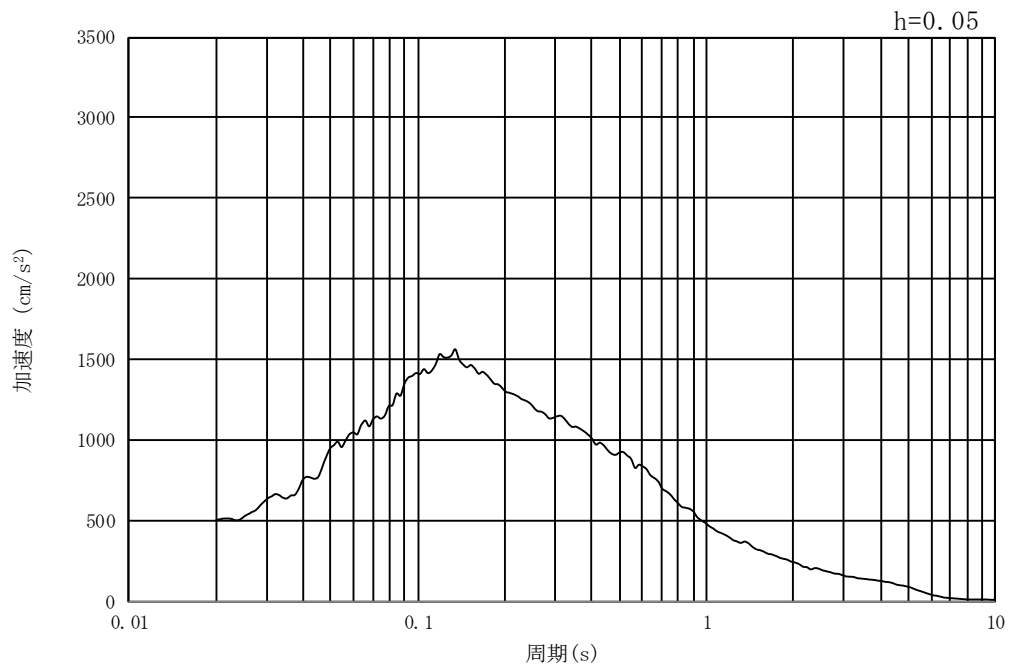


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - D1$)

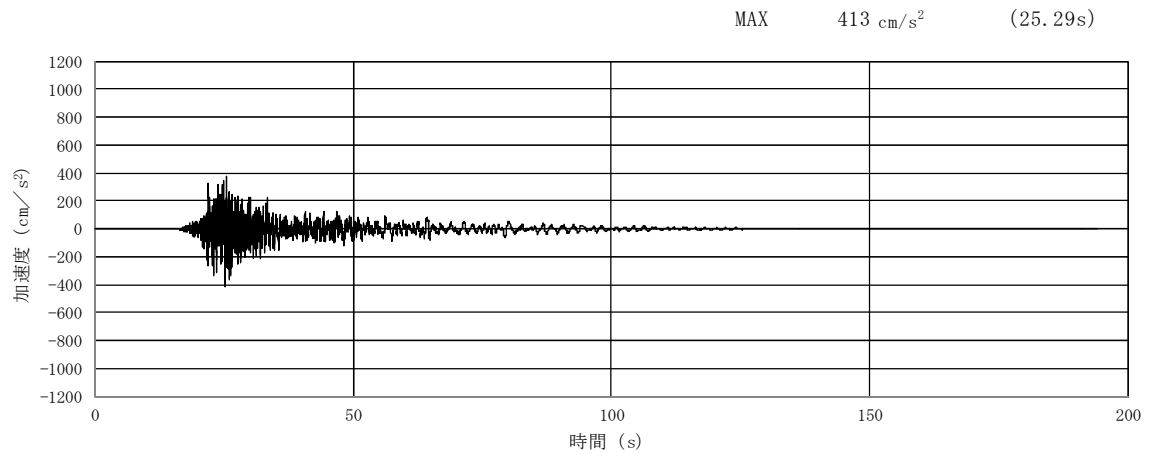


(a) 加速度時刻歴波形

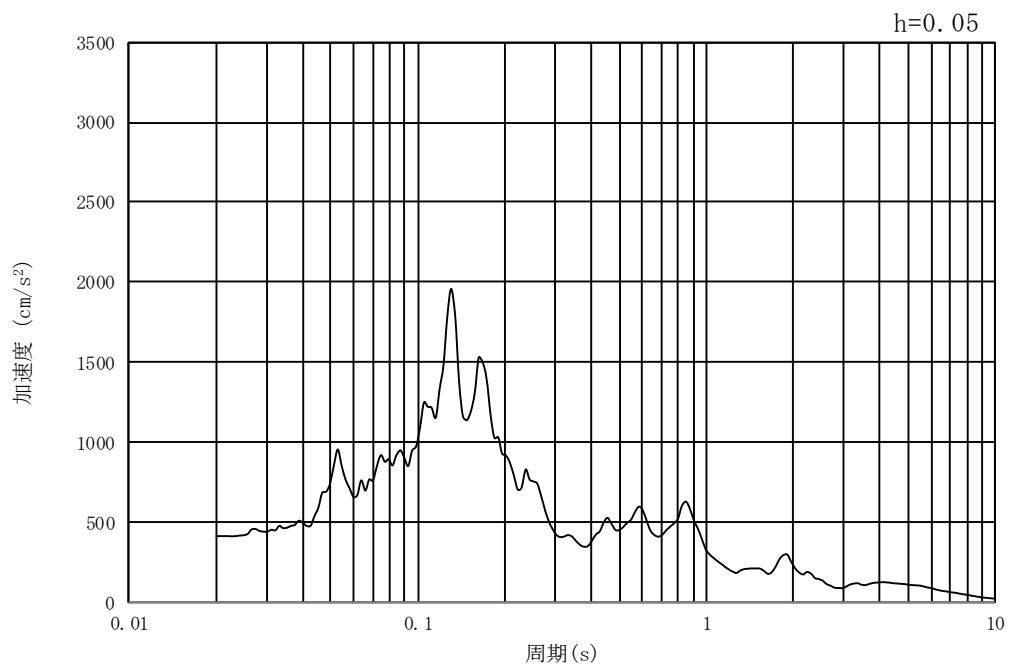


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - D1$)

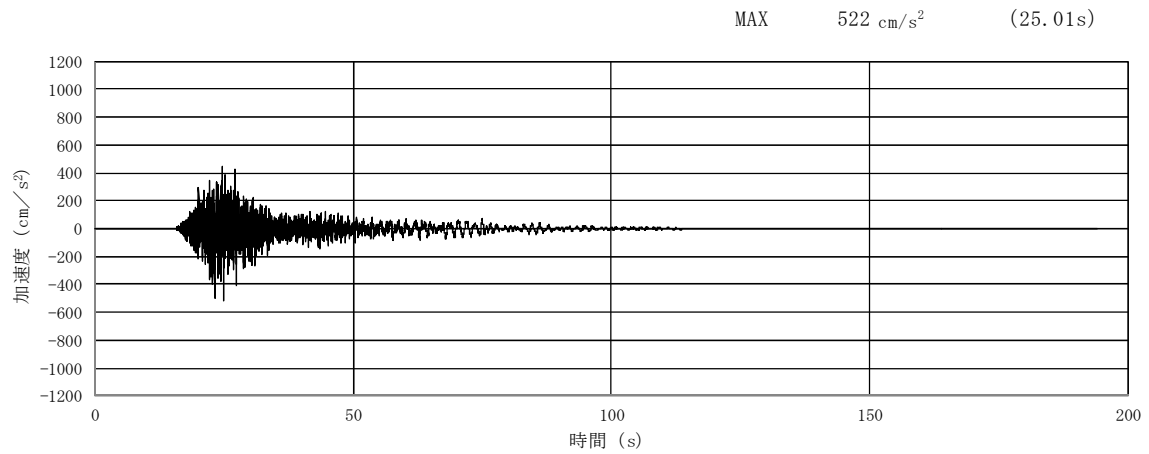


(a) 加速度時刻歴波形

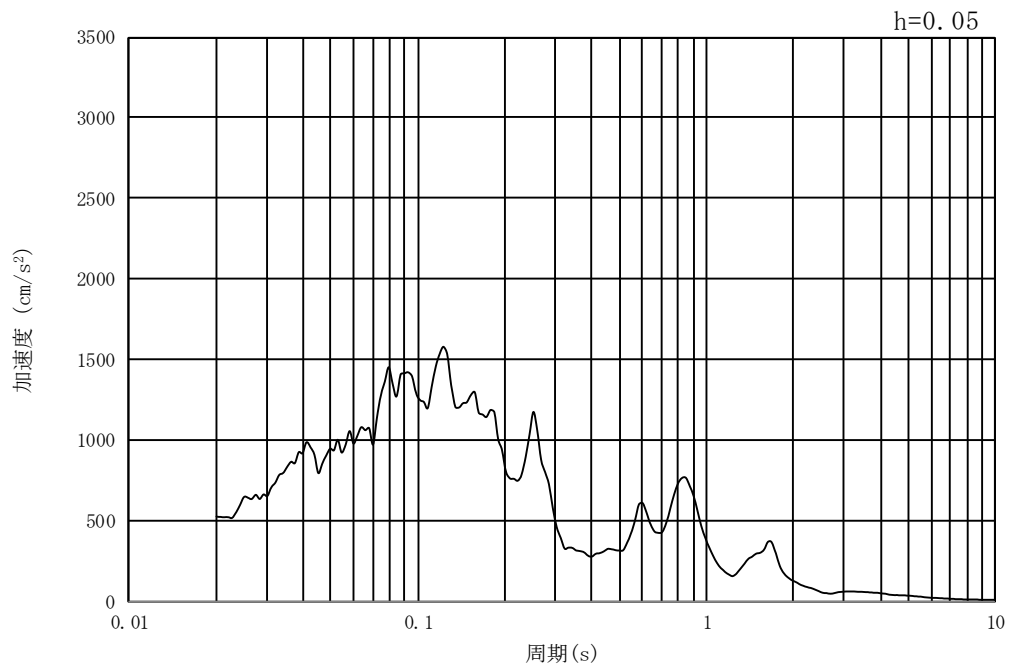


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 11$)

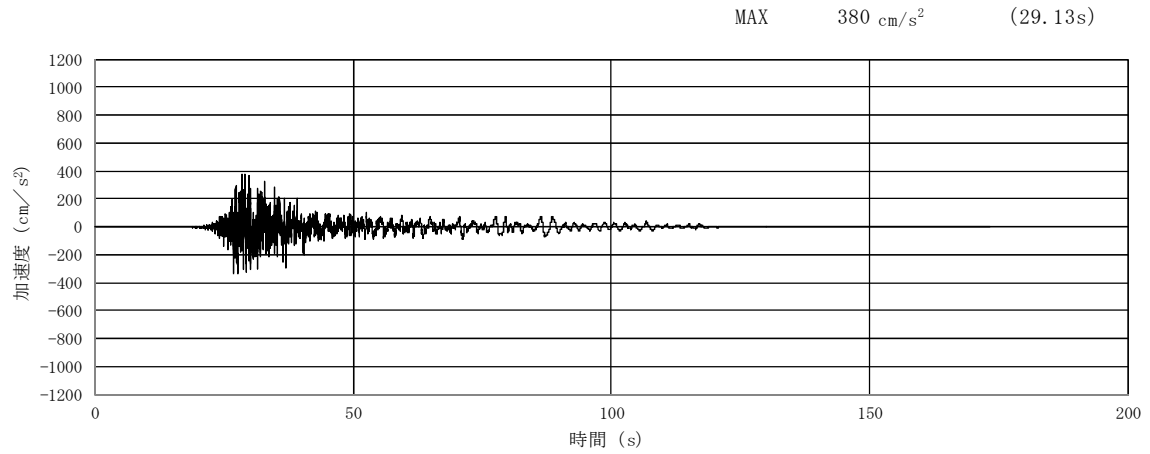


(a) 加速度時刻歴波形

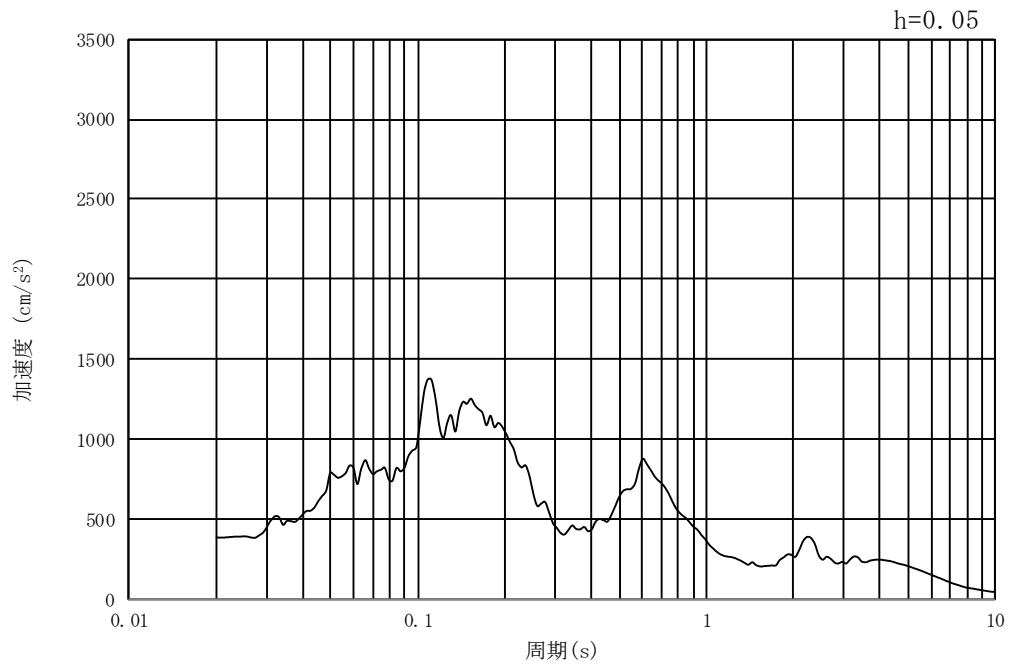


(b) 加速度応答スペクトル

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： $S_s - 11$)

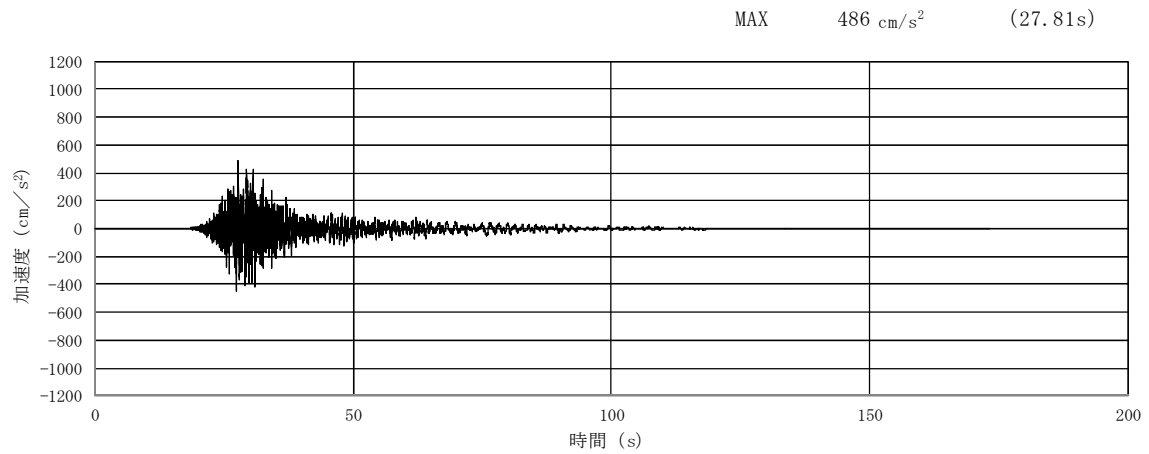


(a) 加速度時刻歴波形

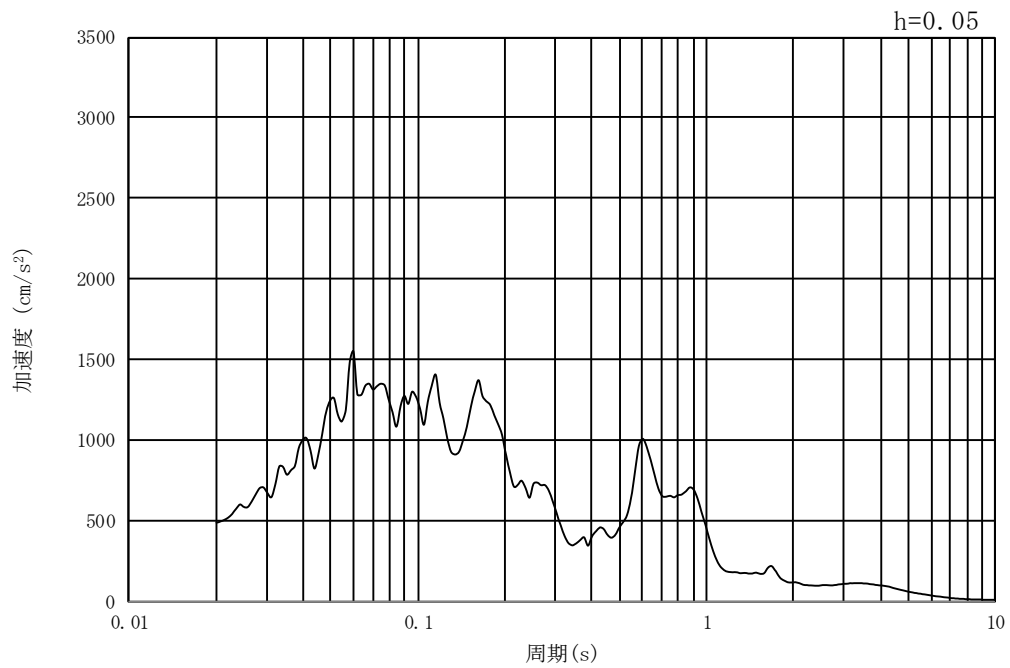


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 12$)

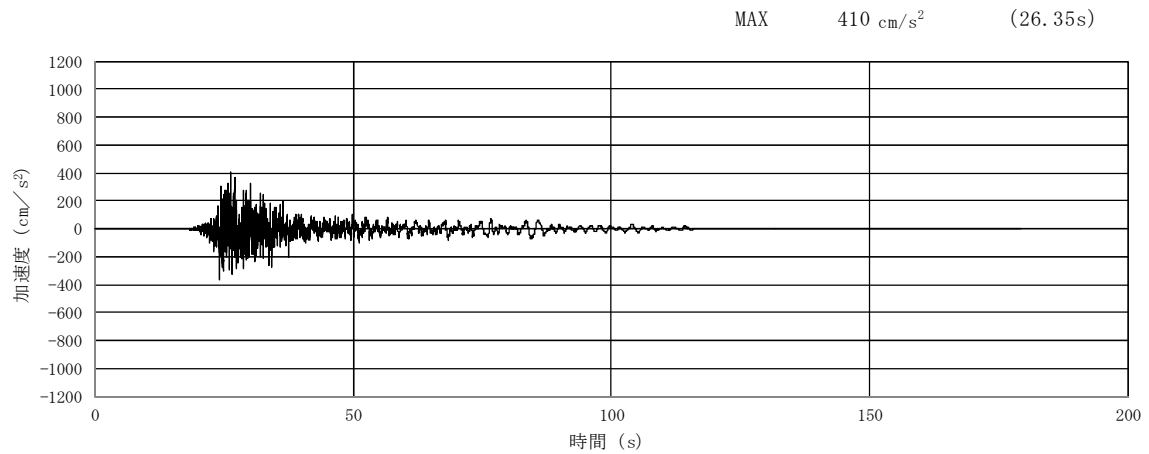


(a) 加速度時刻歴波形

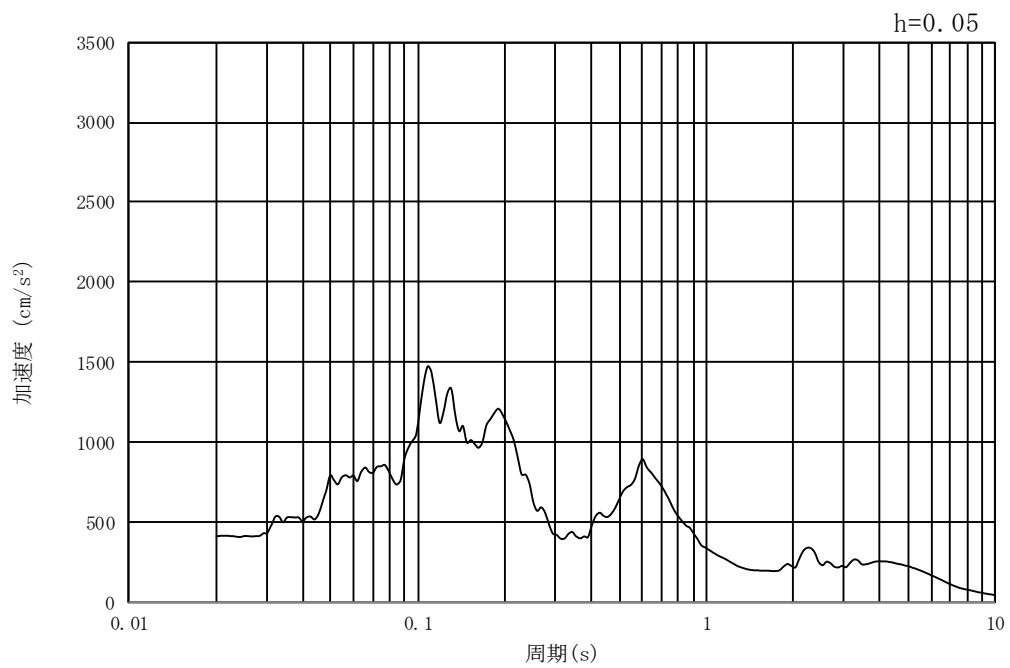


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 12$)

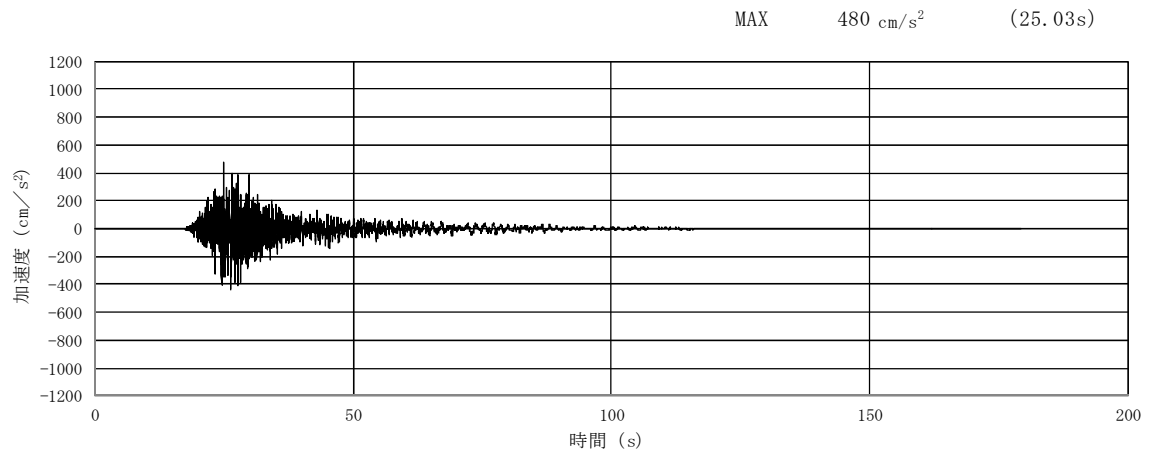


(a) 加速度時刻歴波形

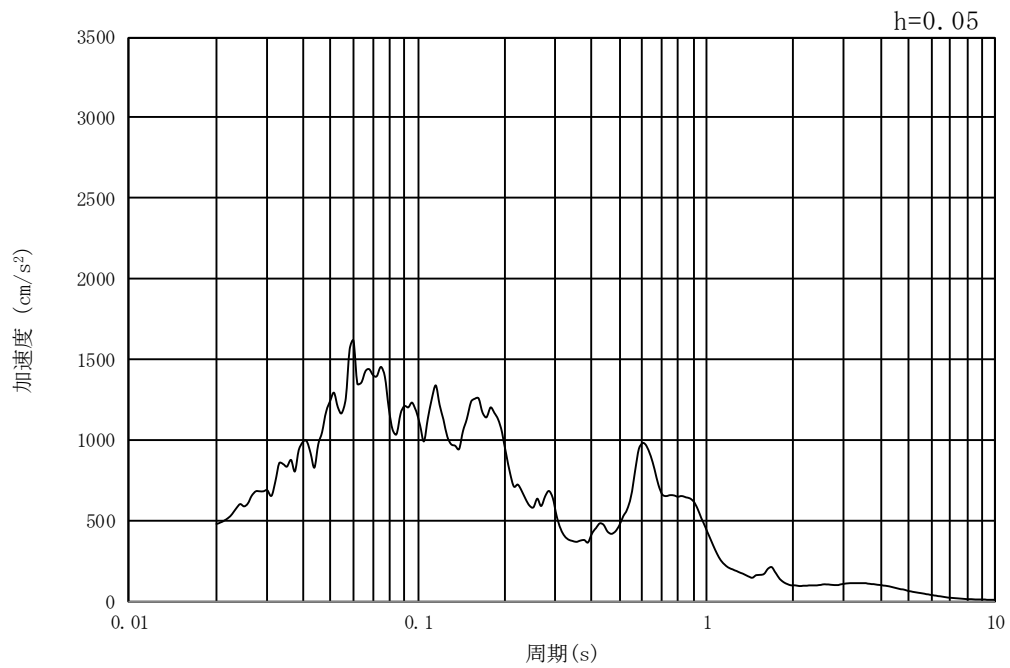


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 13$)

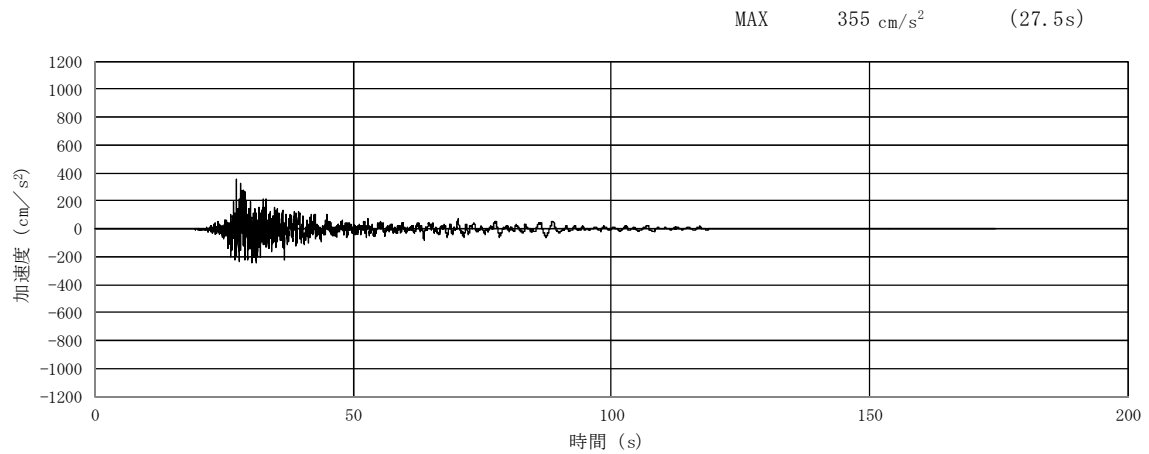


(a) 加速度時刻歴波形

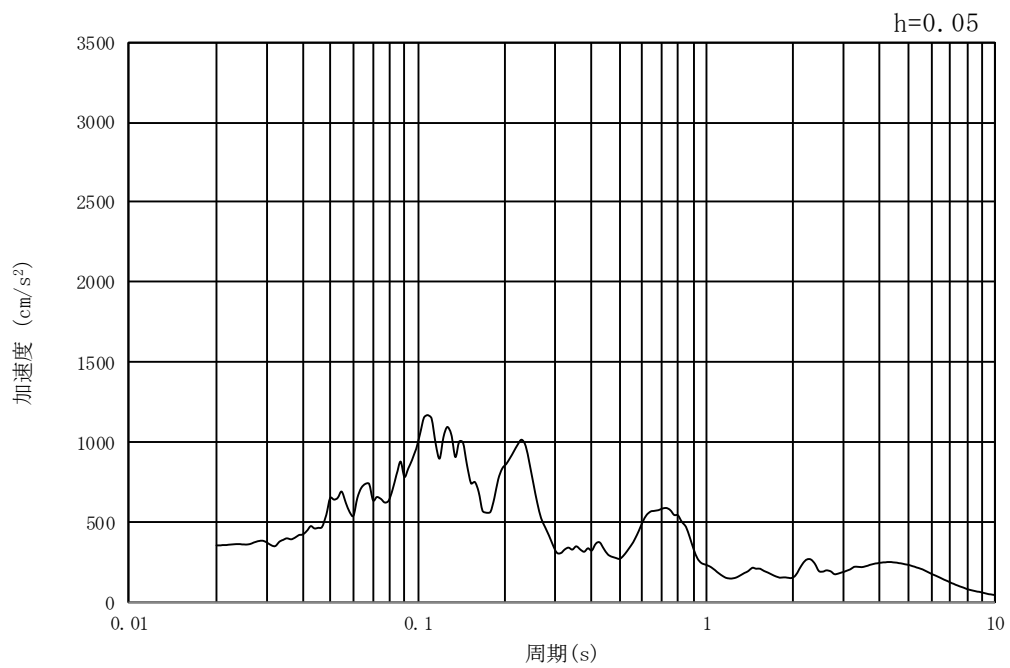


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 13$)

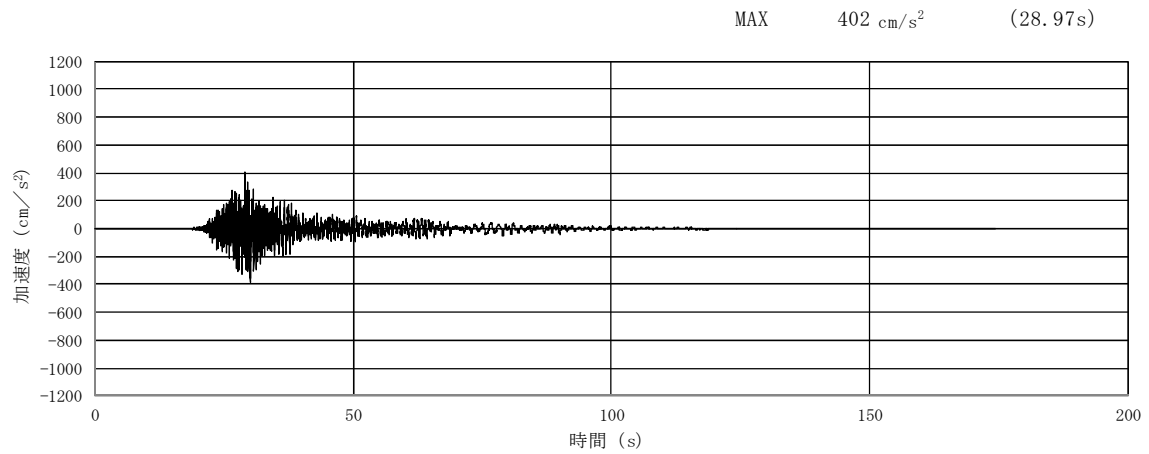


(a) 加速度時刻歴波形

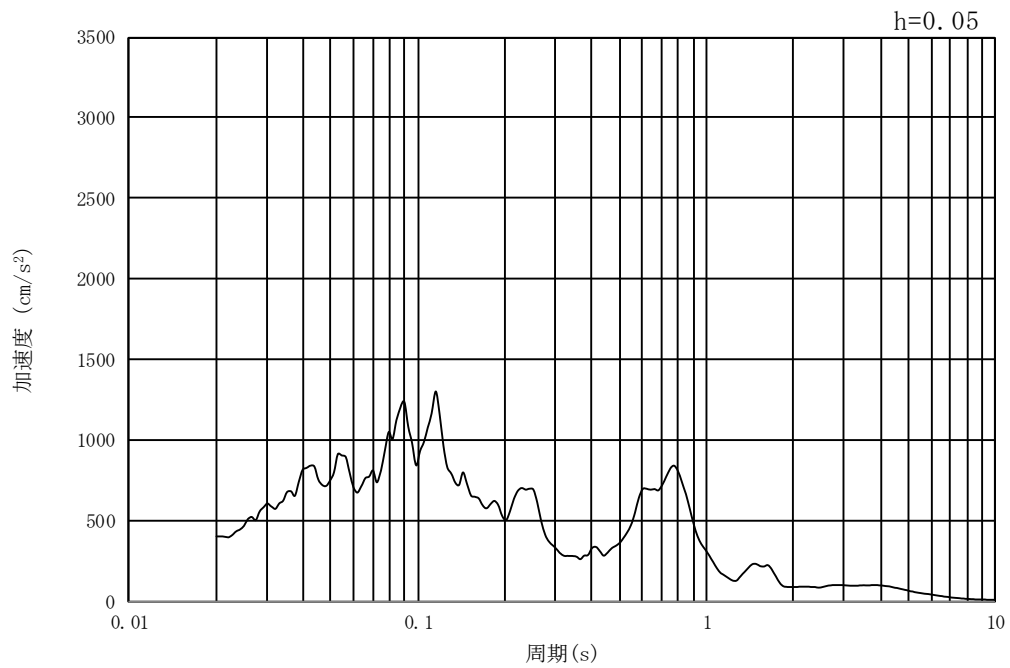


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 14$)

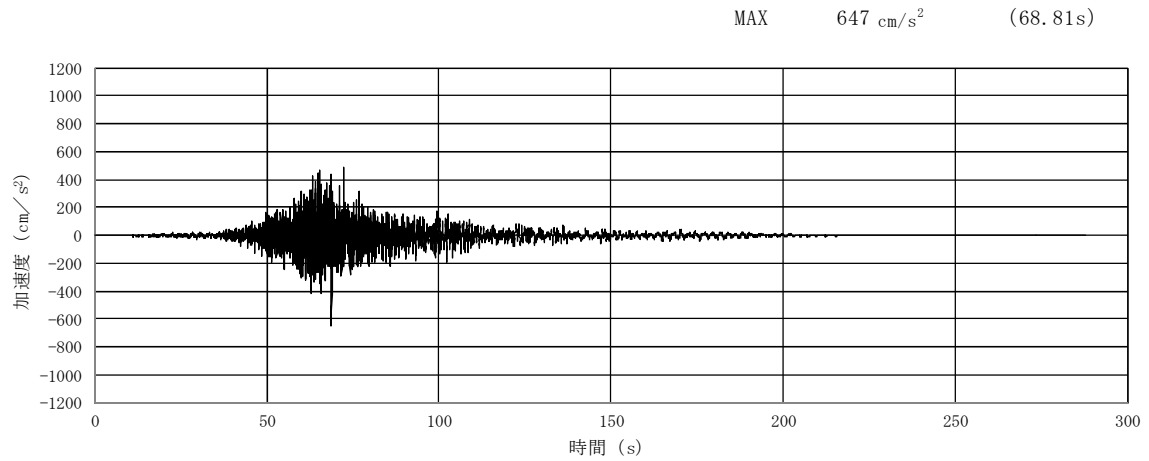


(a) 加速度時刻歴波形

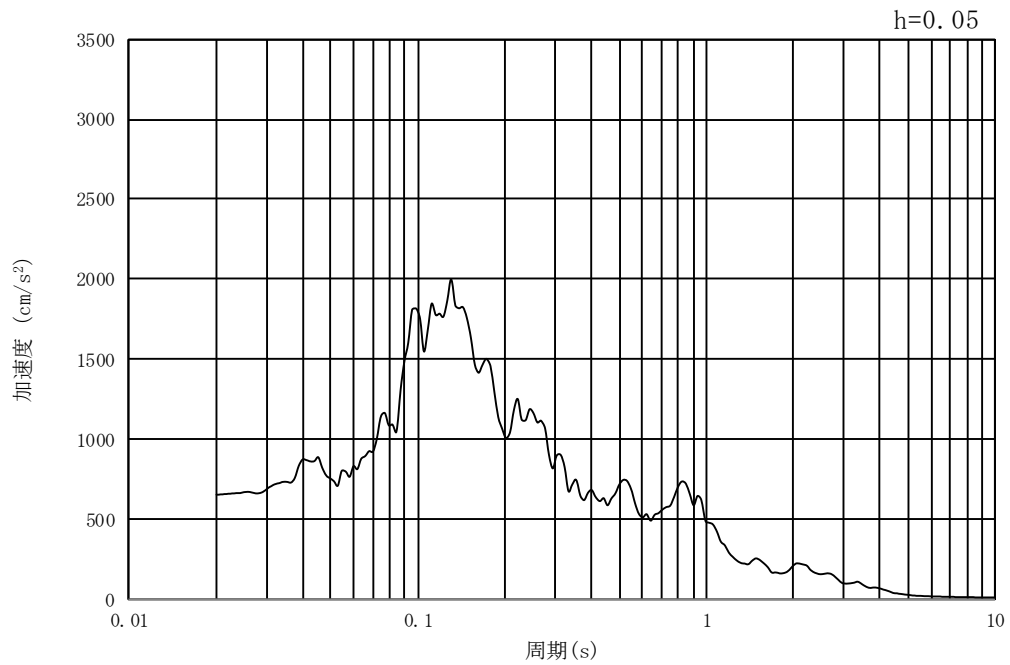


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.4$)

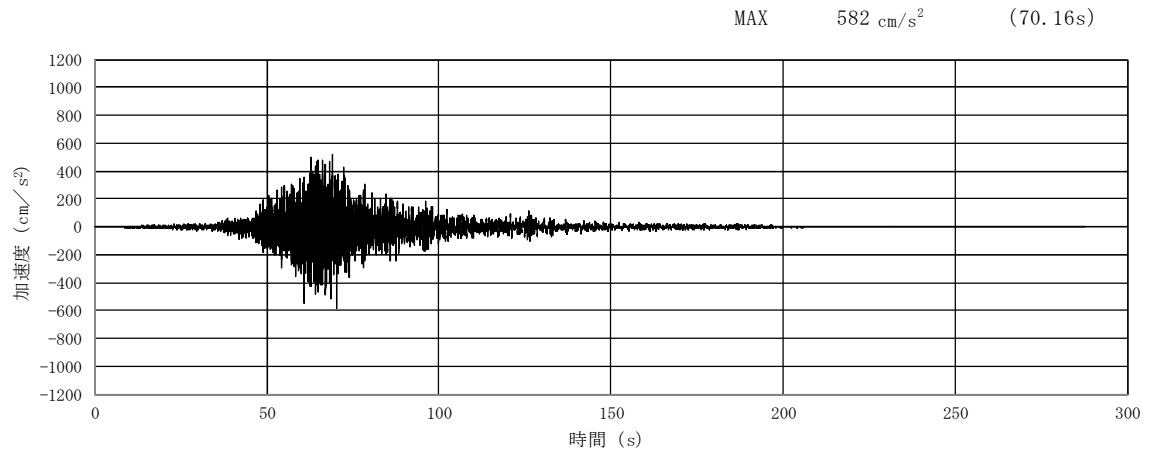


(a) 加速度時刻歴波形

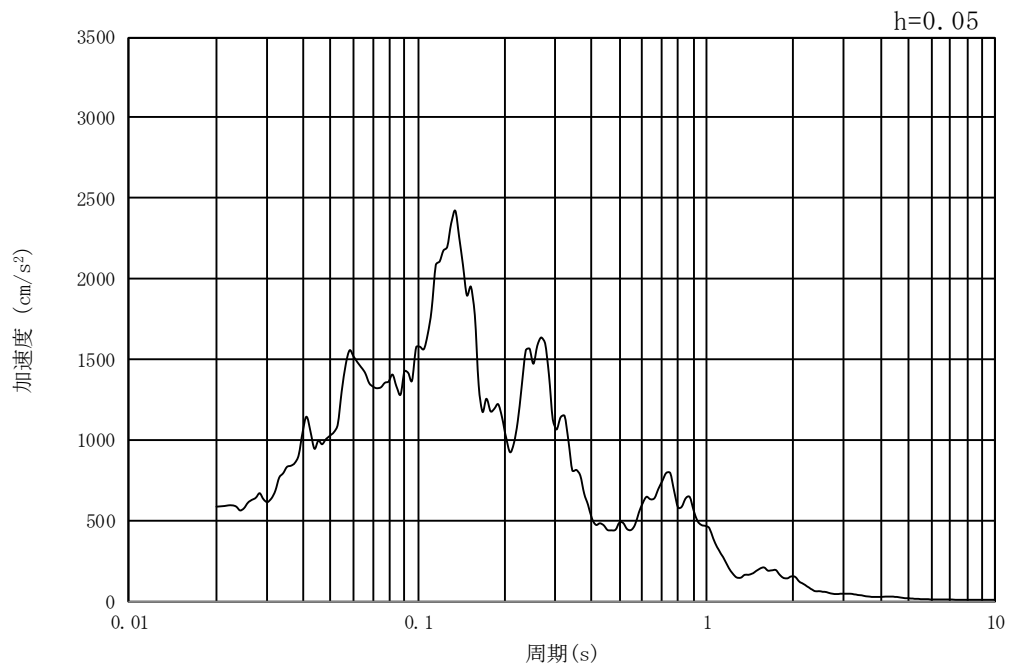


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 21$)

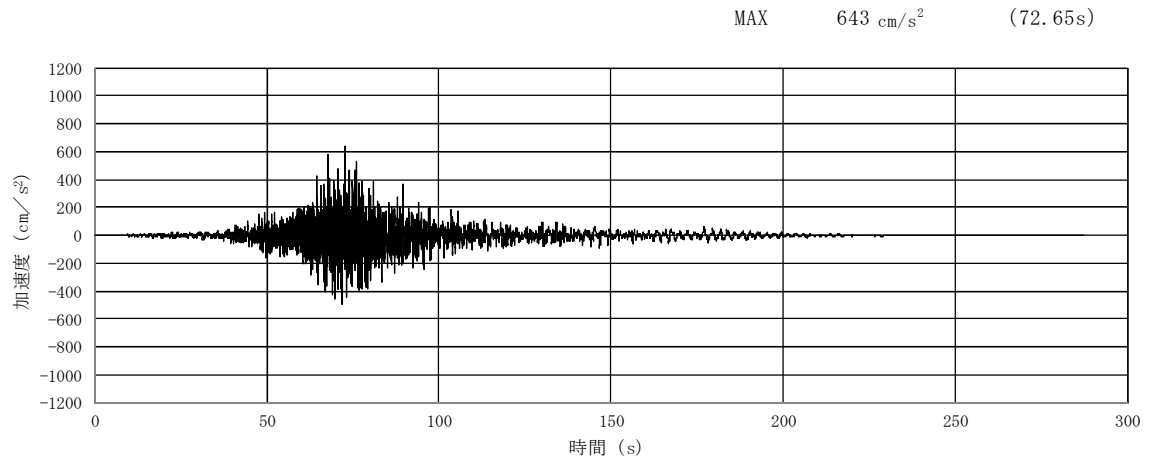


(a) 加速度時刻歴波形

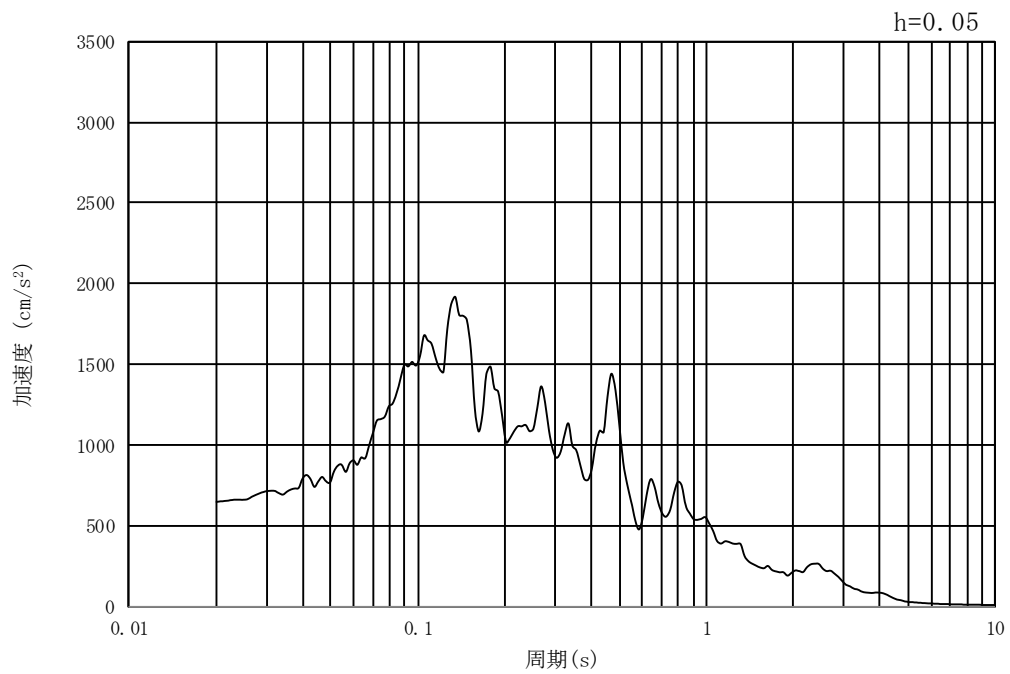


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 21$)

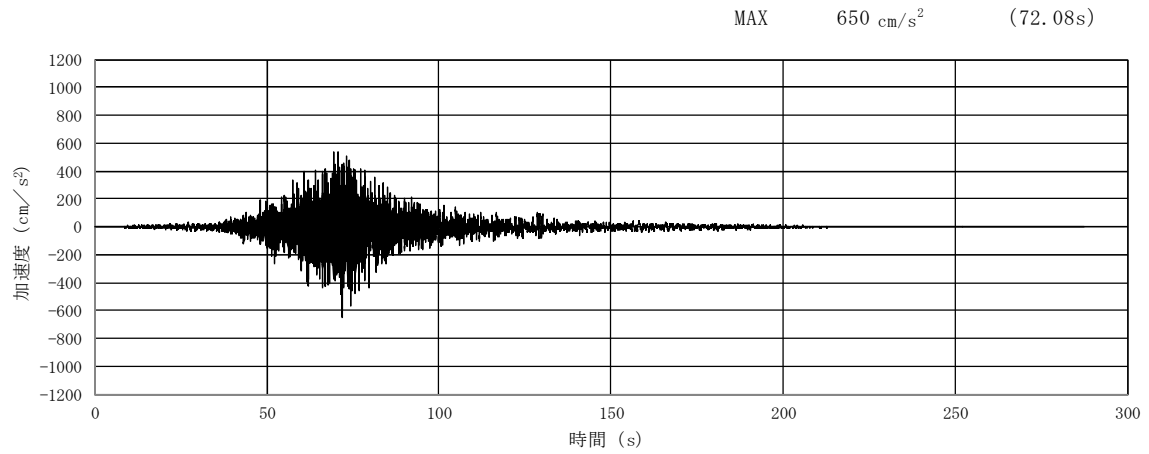


(a) 加速度時刻歴波形

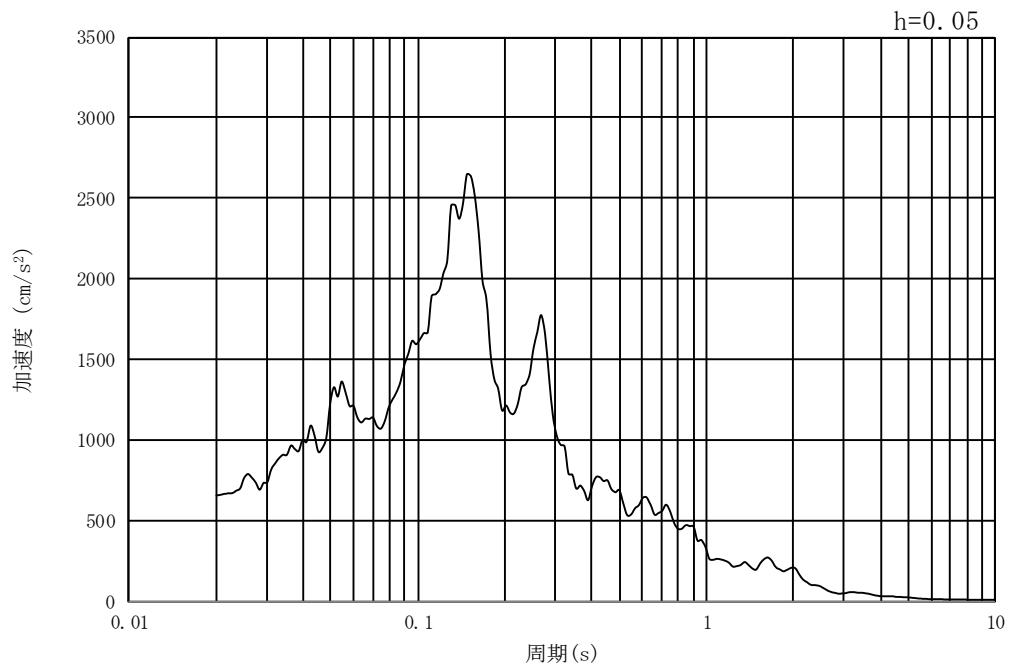


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 22$)

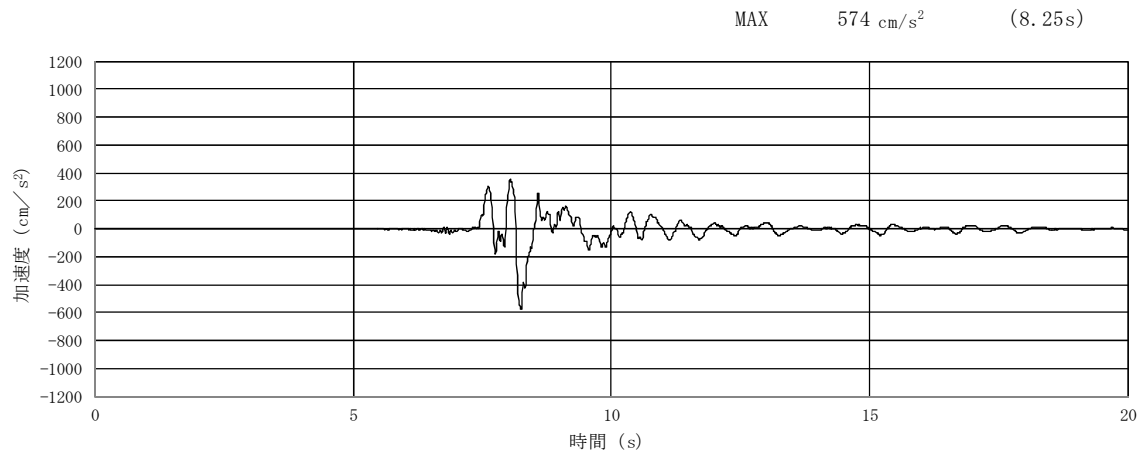


(a) 加速度時刻歴波形

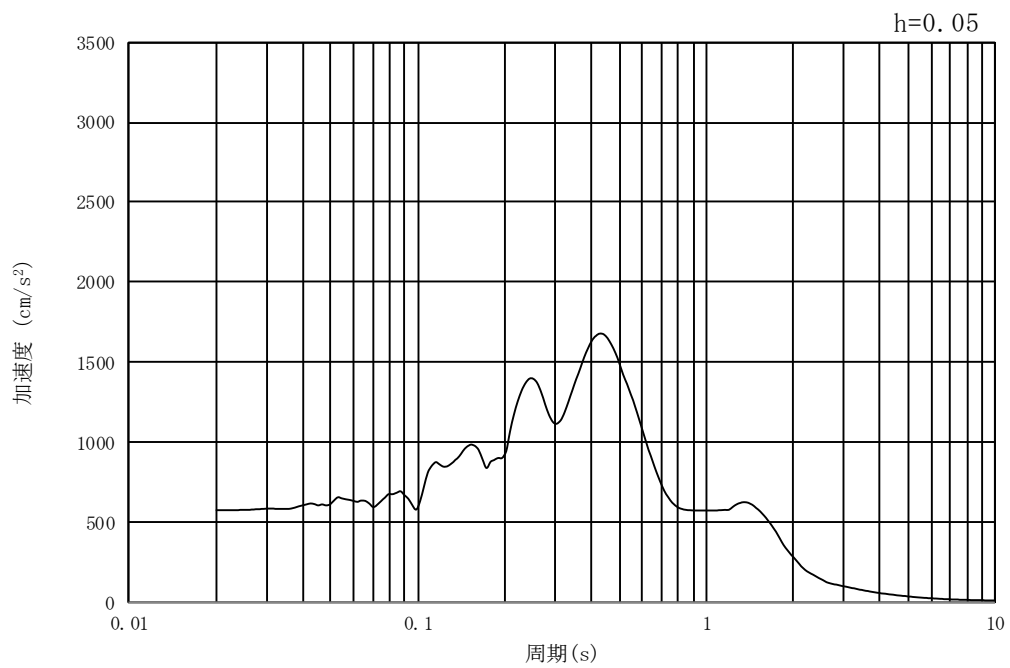


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 2.2$)

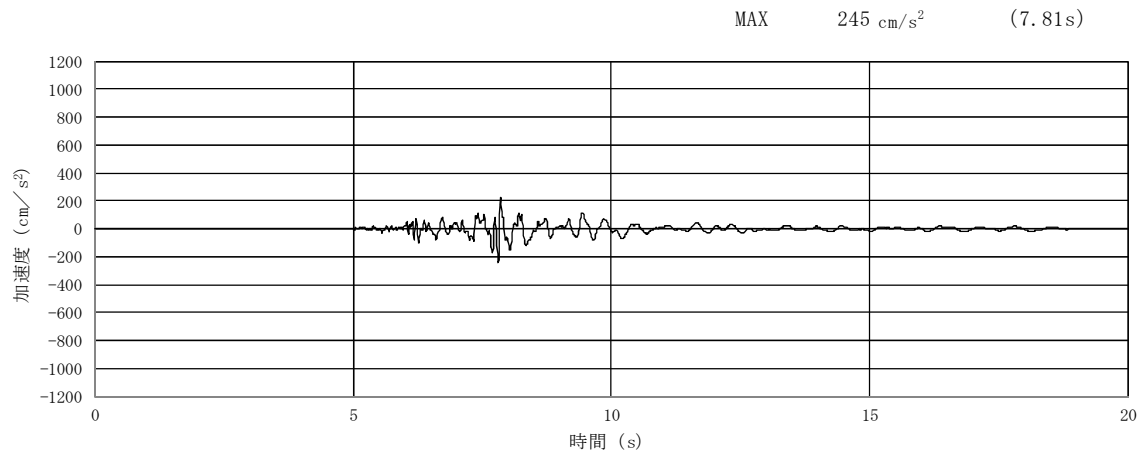


(a) 加速度時刻歴波形

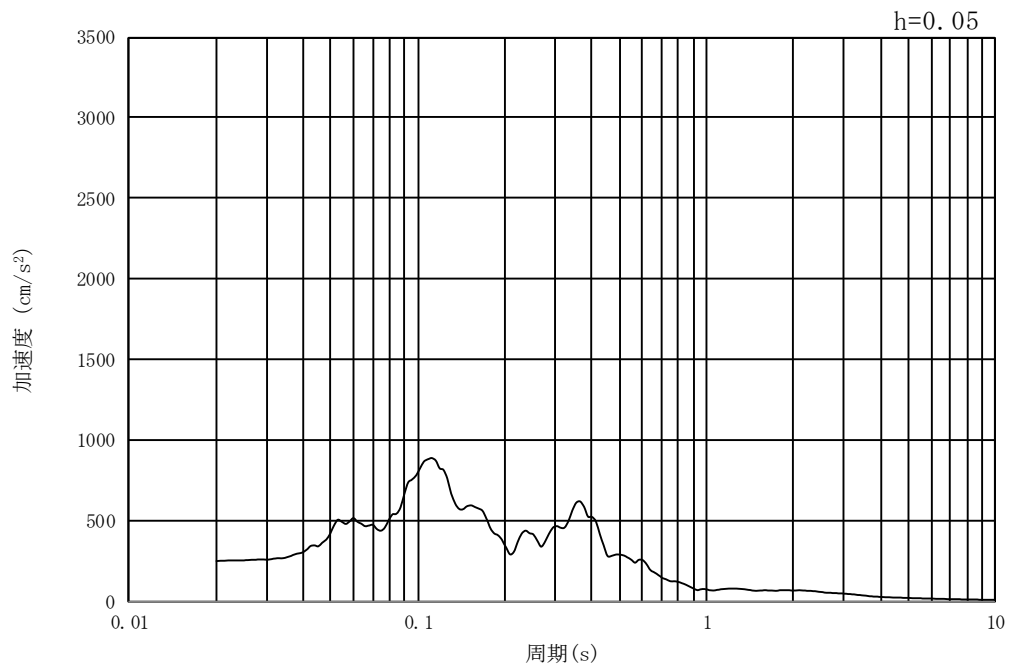


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (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 : $S_s - 31$)

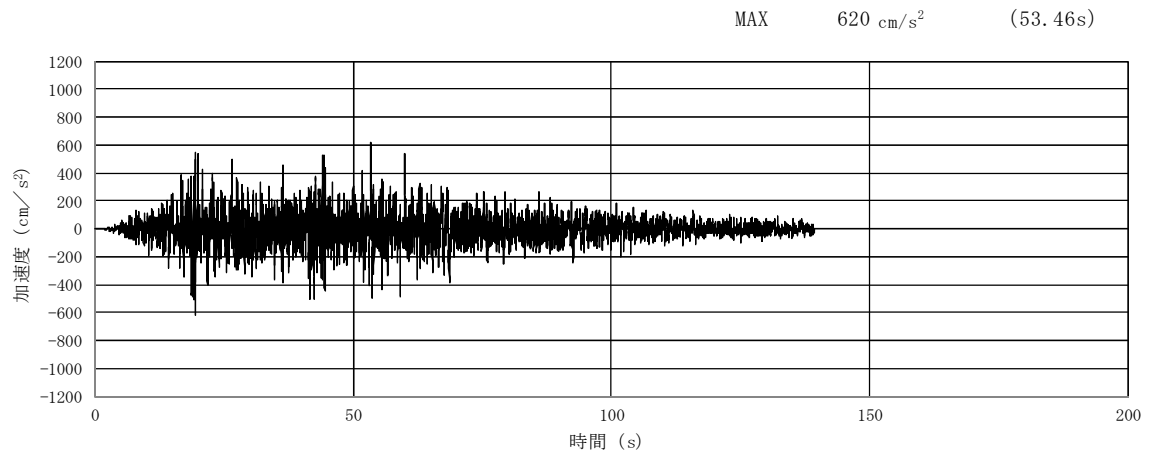


(a) 加速度時刻歴波形

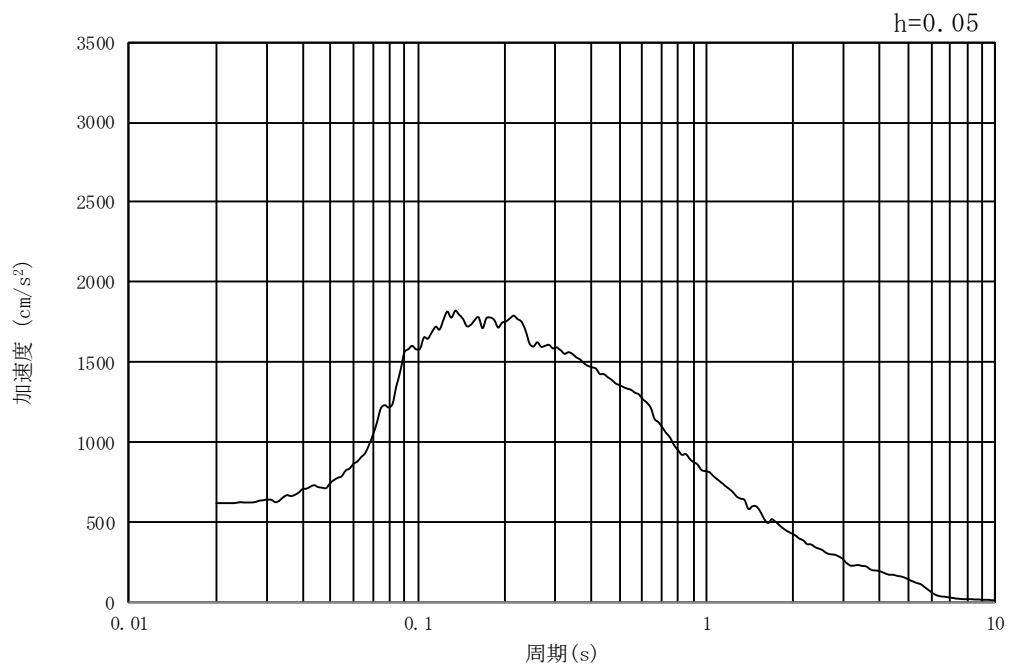


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 31$)

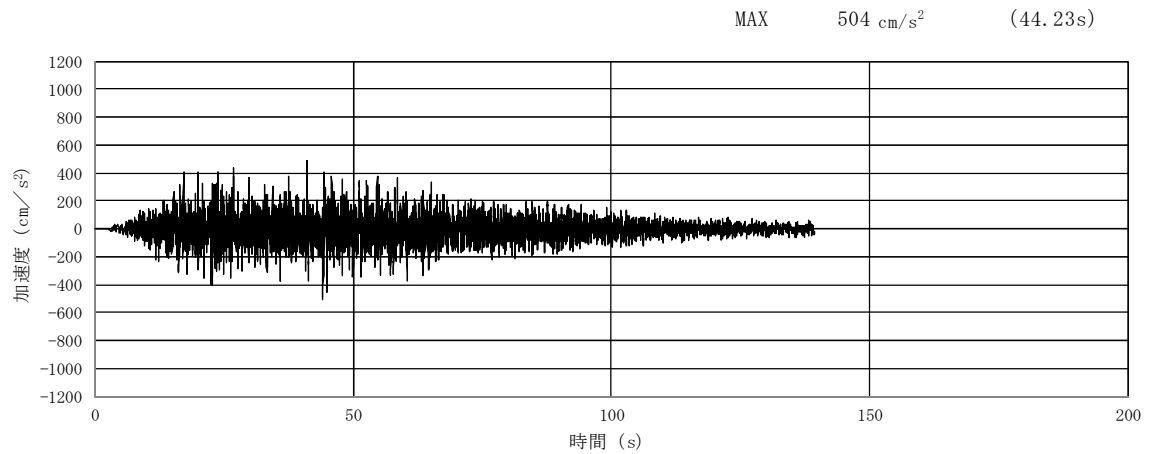


(a) 加速度時刻歴波形

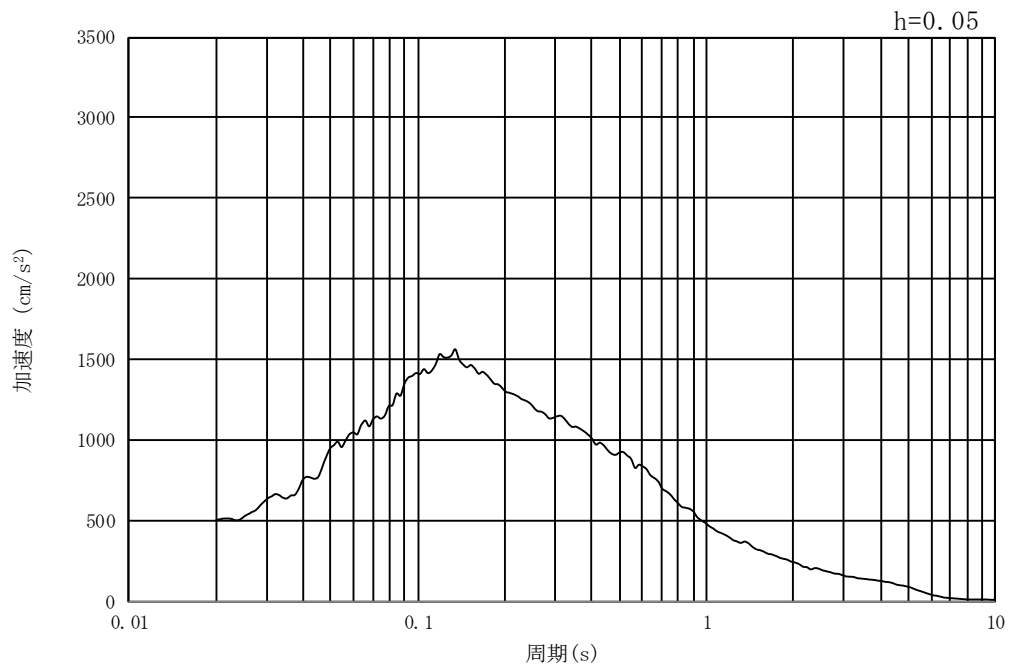


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - D1$)

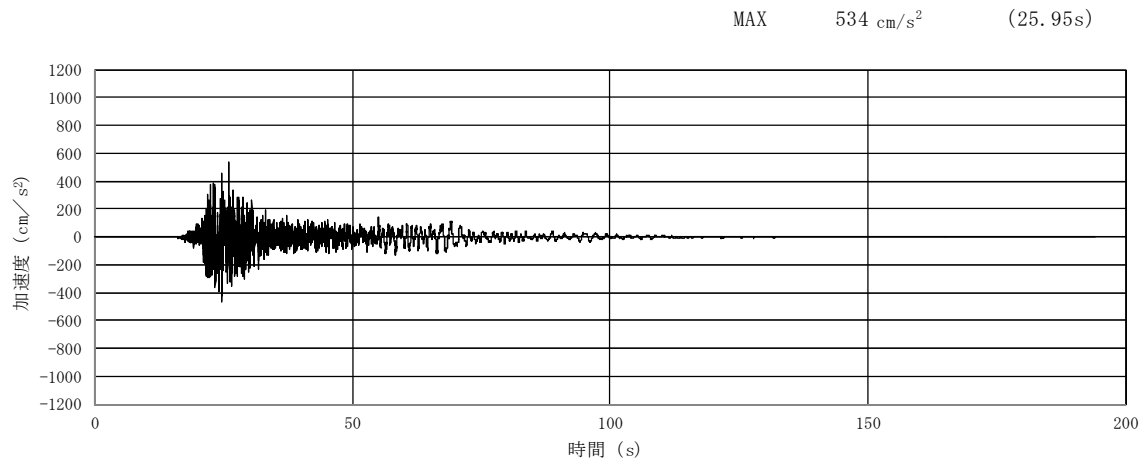


(a) 加速度時刻歴波形

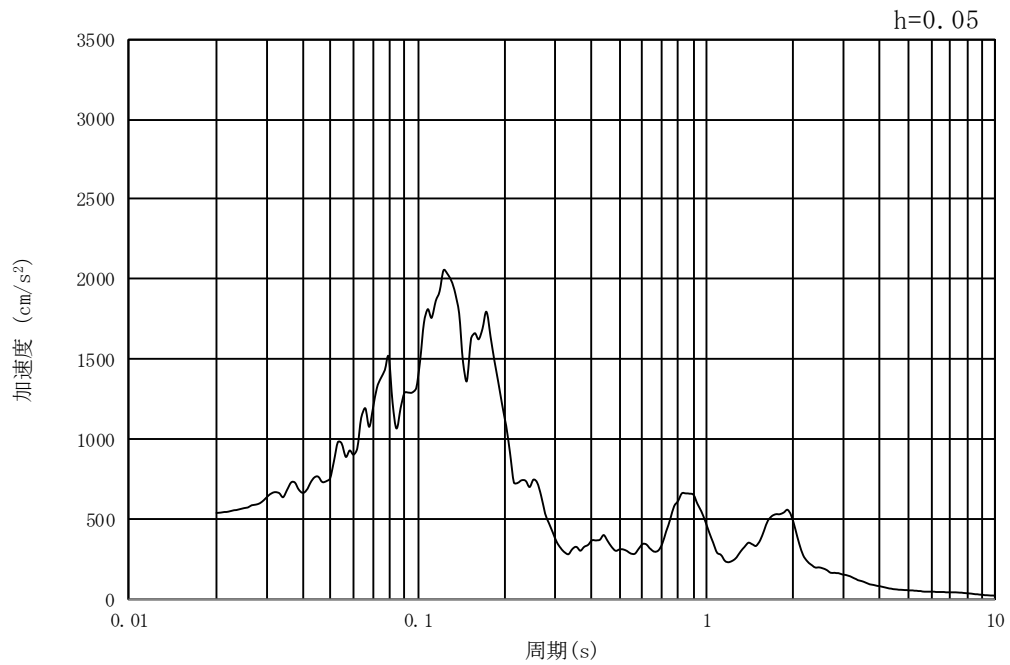


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (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： $S_s - D1$)

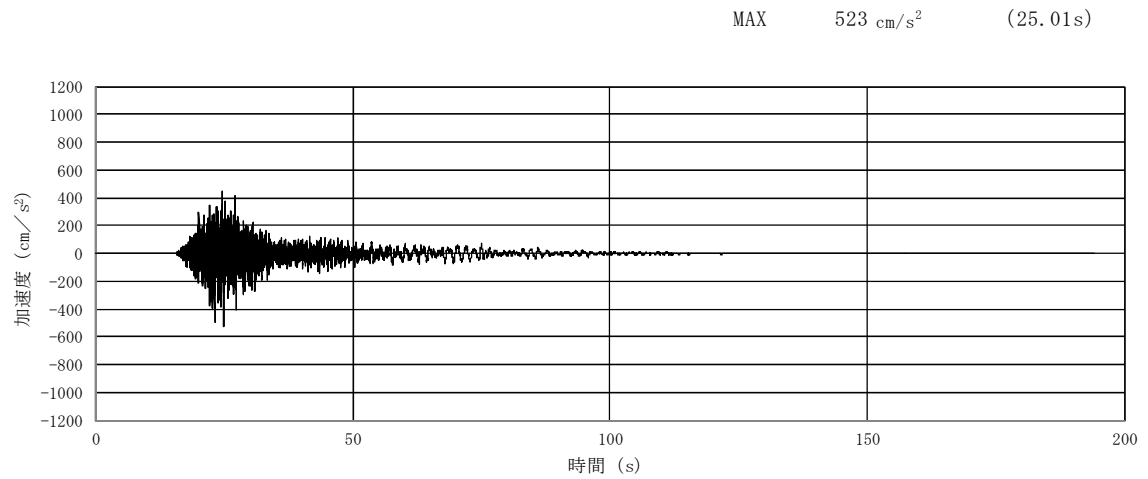


(a) 加速度時刻歴波形

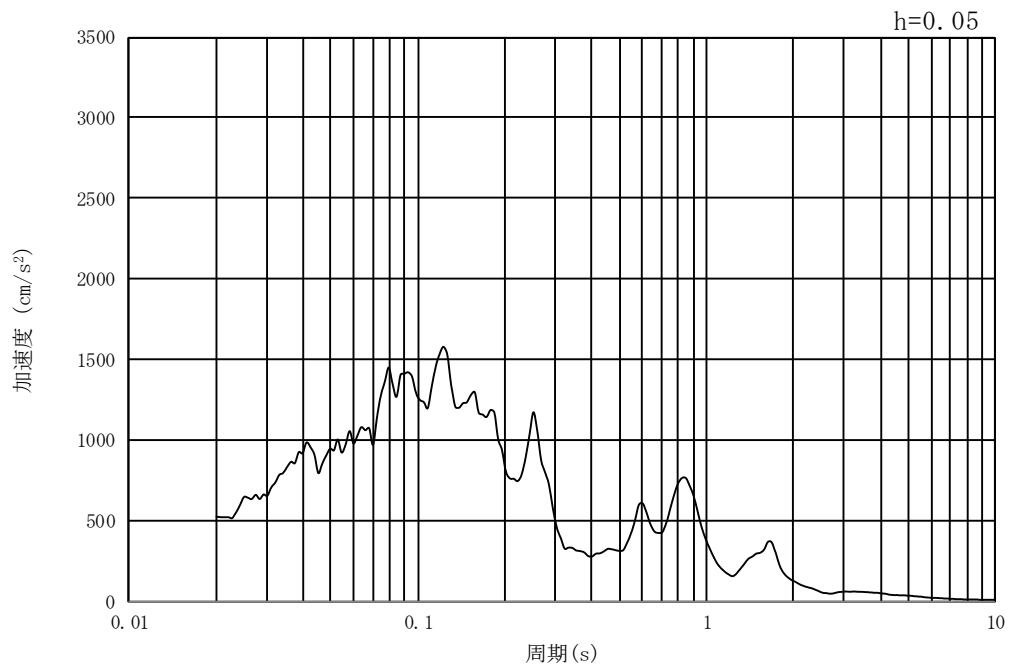


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 11$)

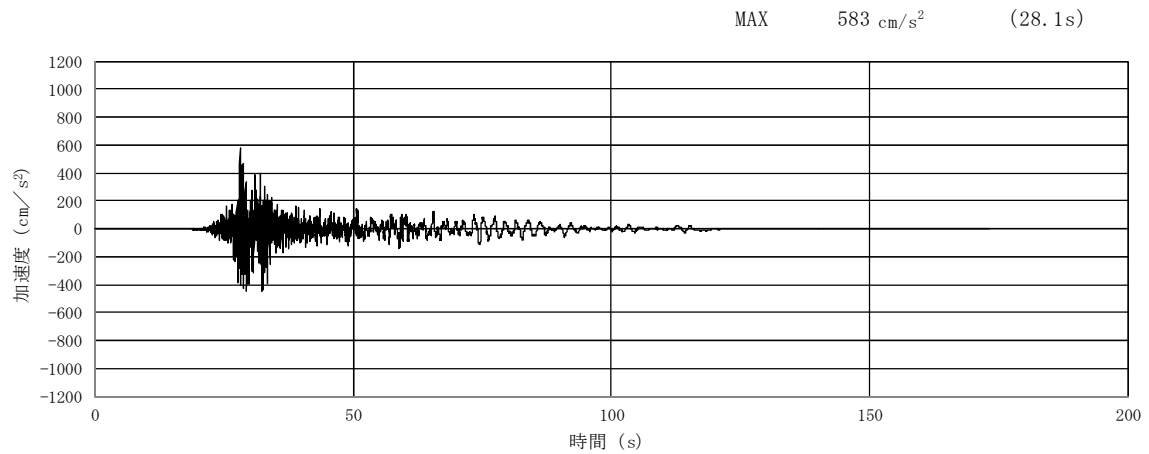


(a) 加速度時刻歴波形

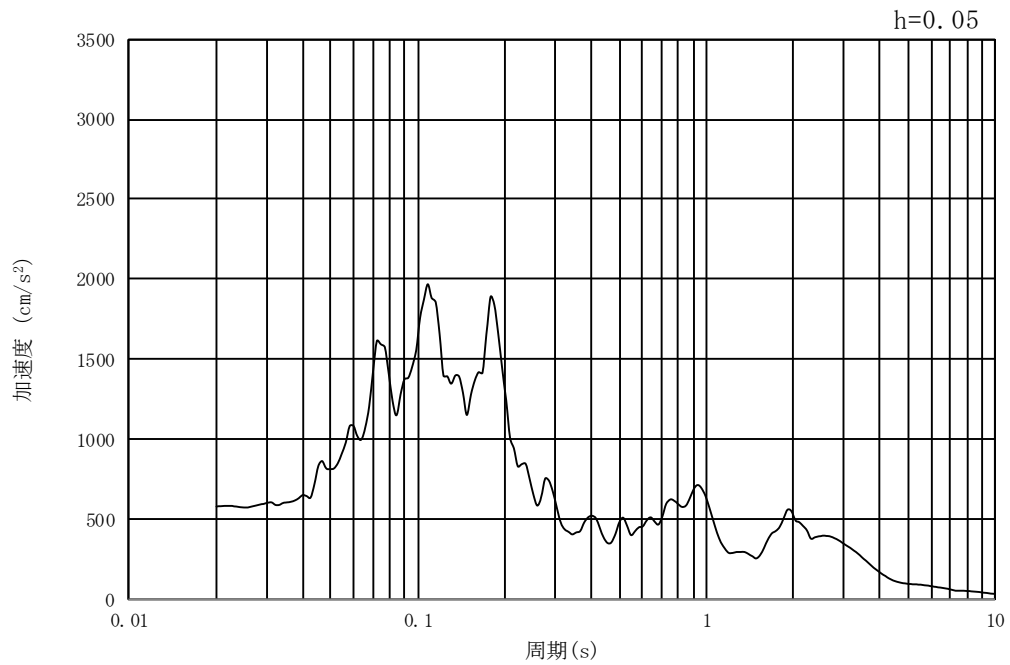


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (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)

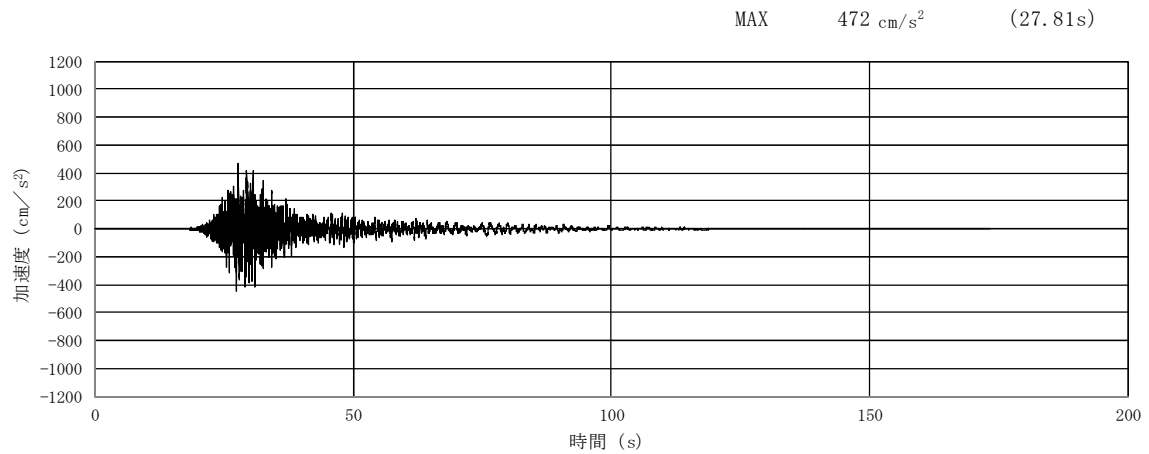


(a) 加速度時刻歴波形

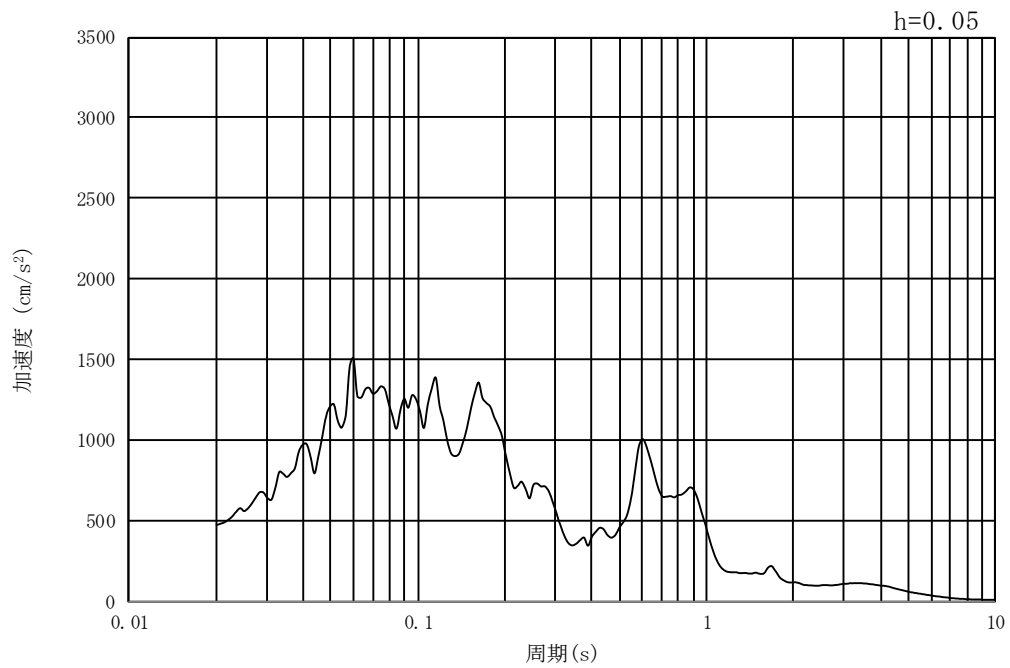


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.2$)

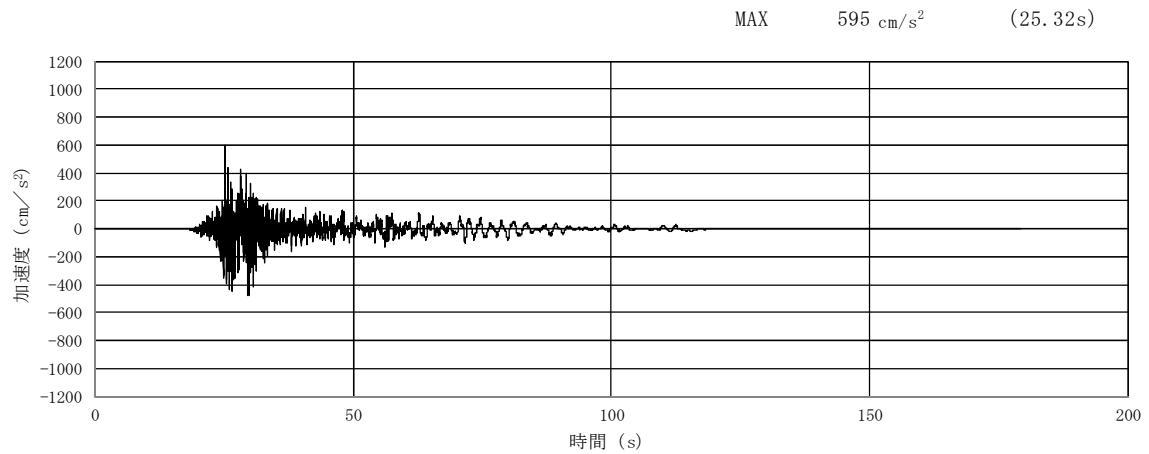


(a) 加速度時刻歴波形

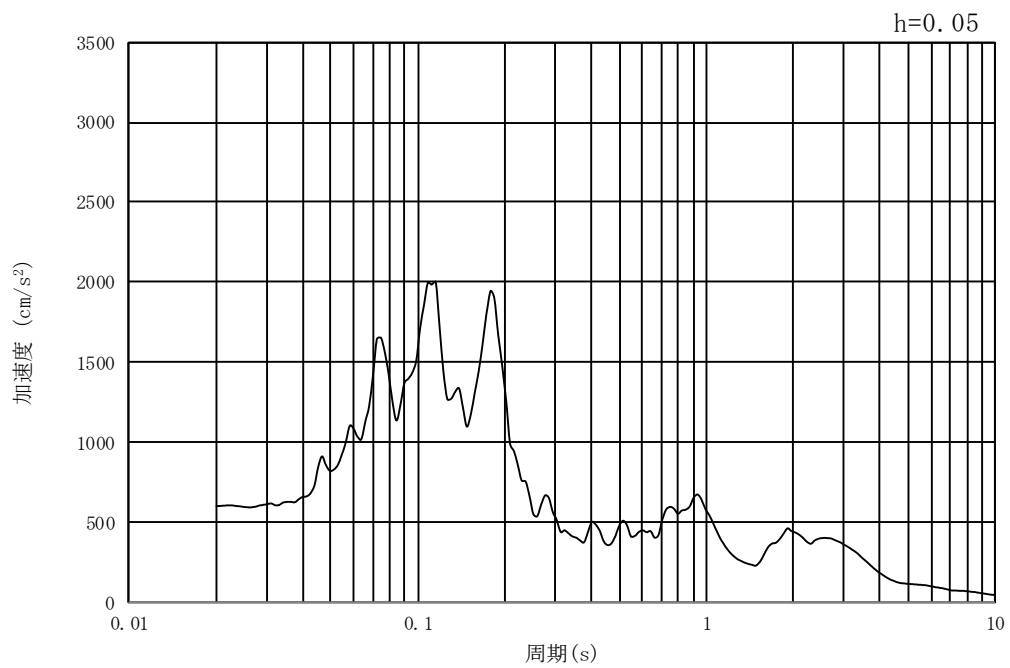


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 12$)

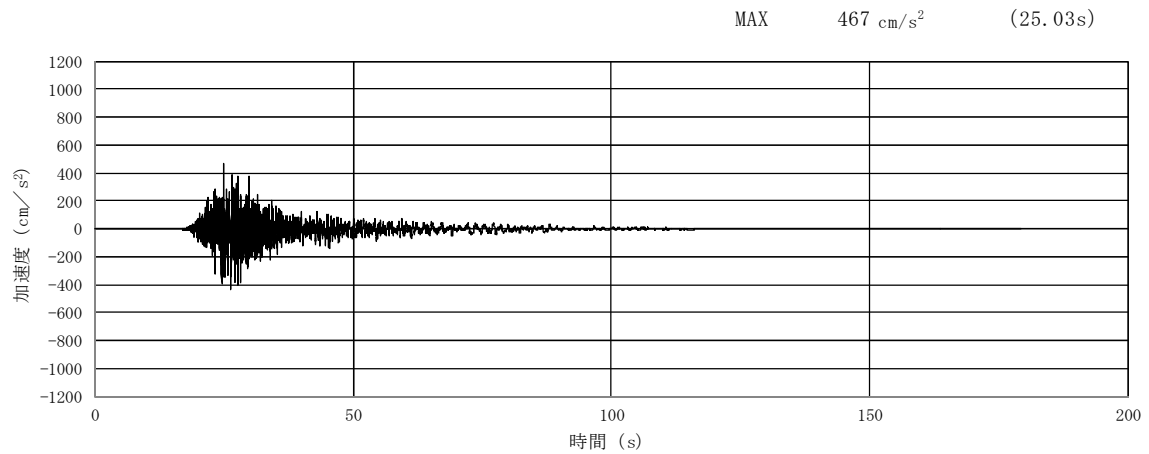


(a) 加速度時刻歴波形

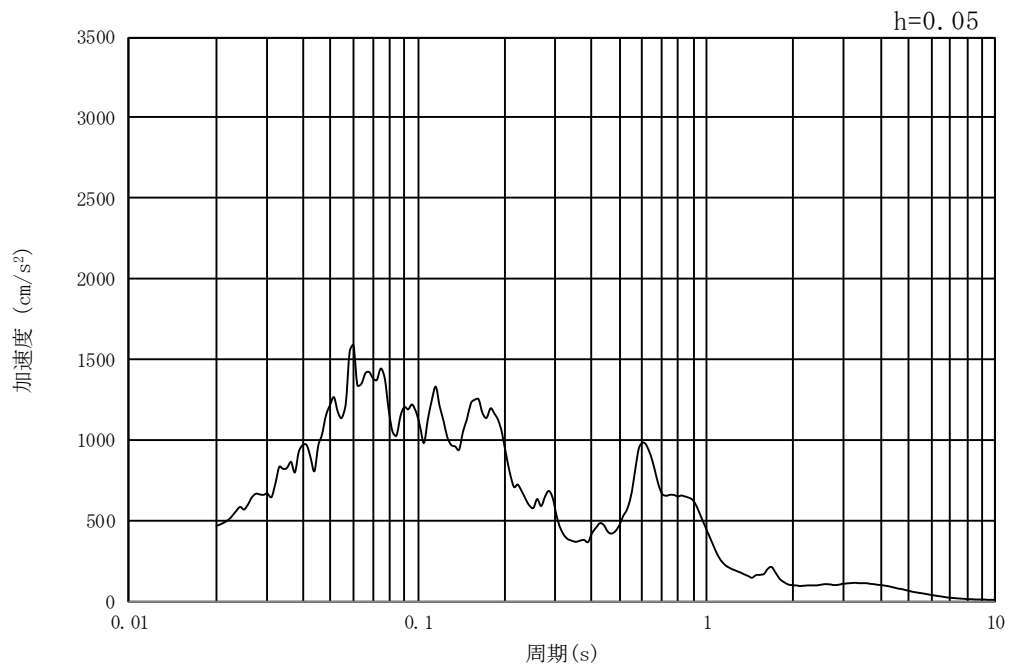


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (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: $S_s - 13$)

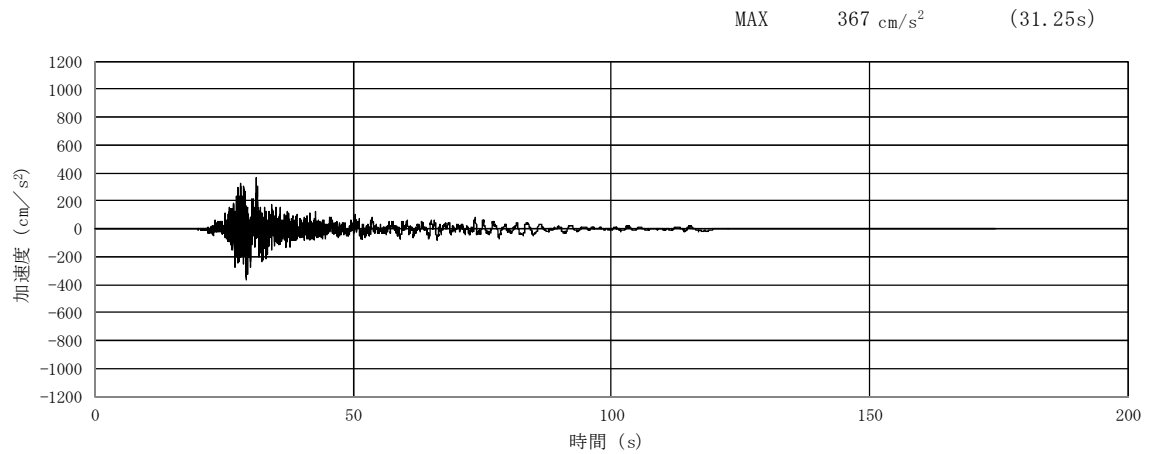


(a) 加速度時刻歴波形

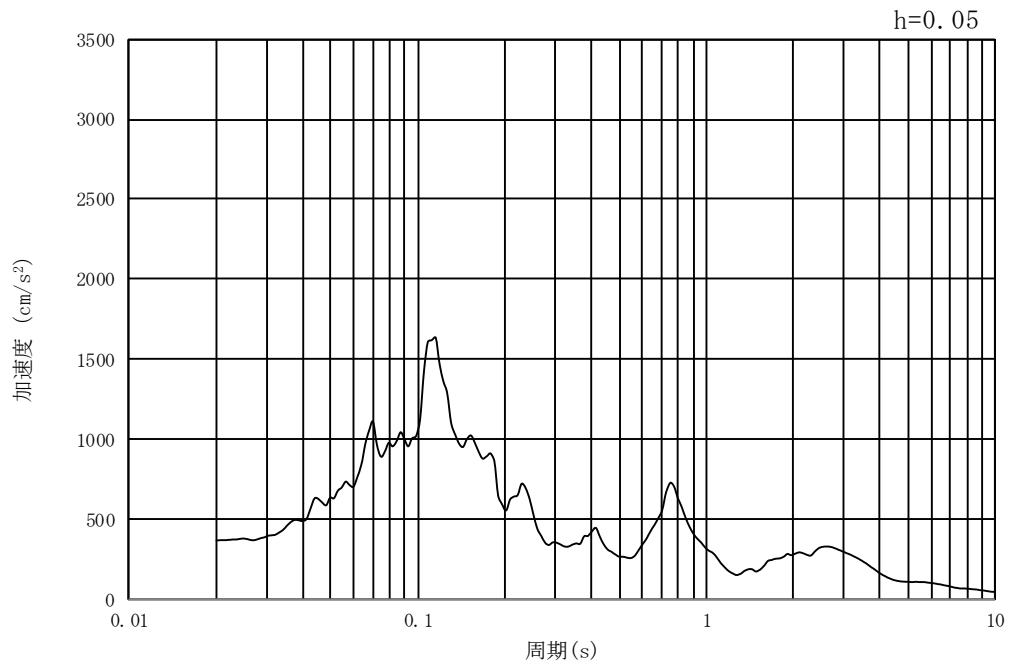


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 13$)

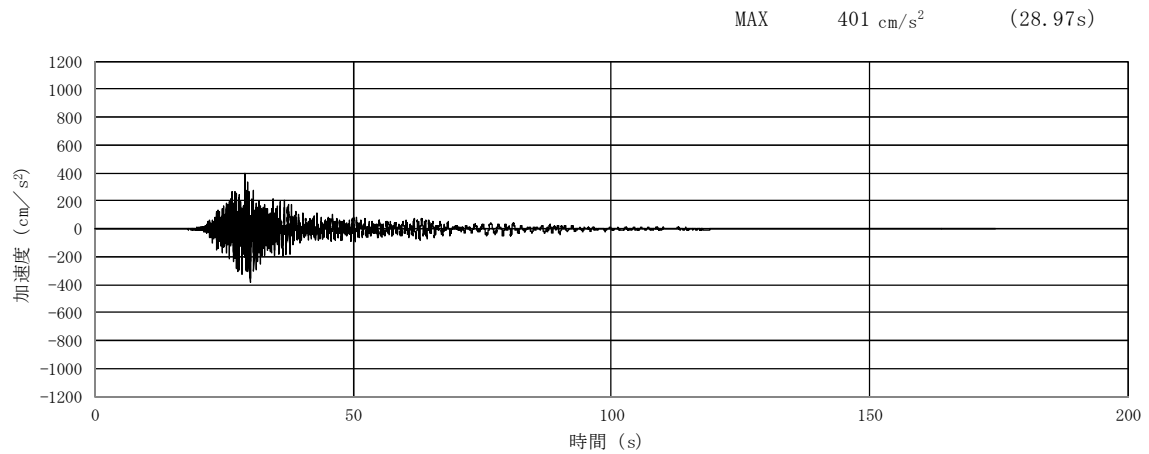


(a) 加速度時刻歴波形

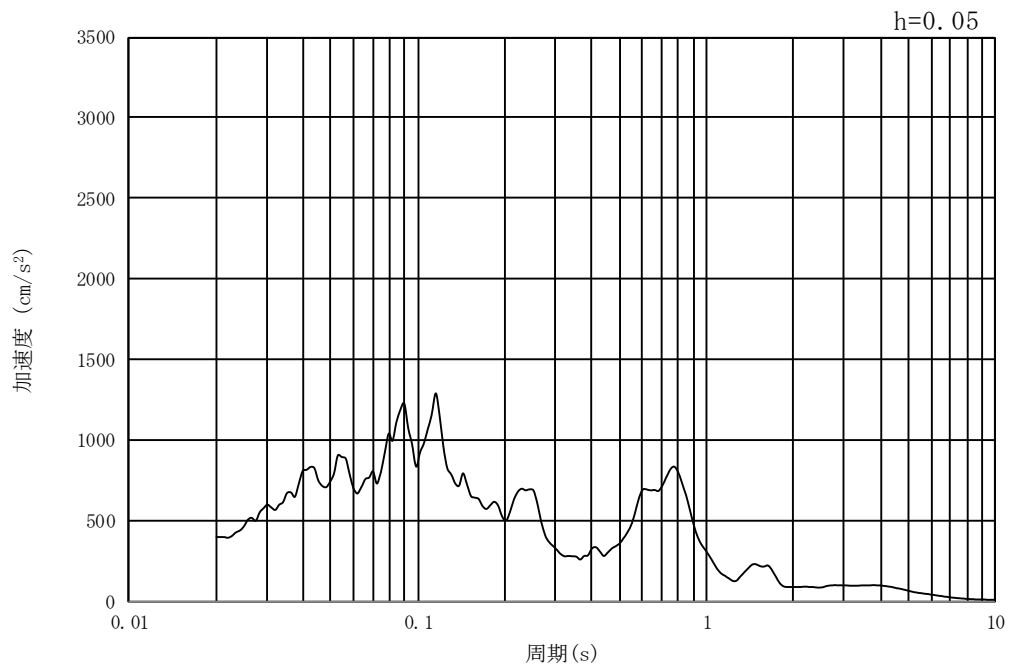


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (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: $S_s - 14$)

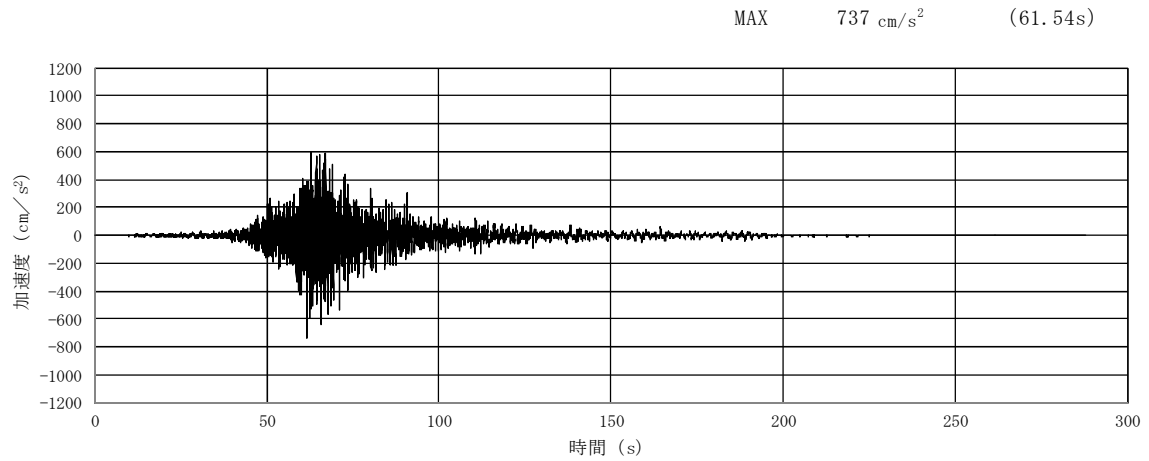


(a) 加速度時刻歴波形

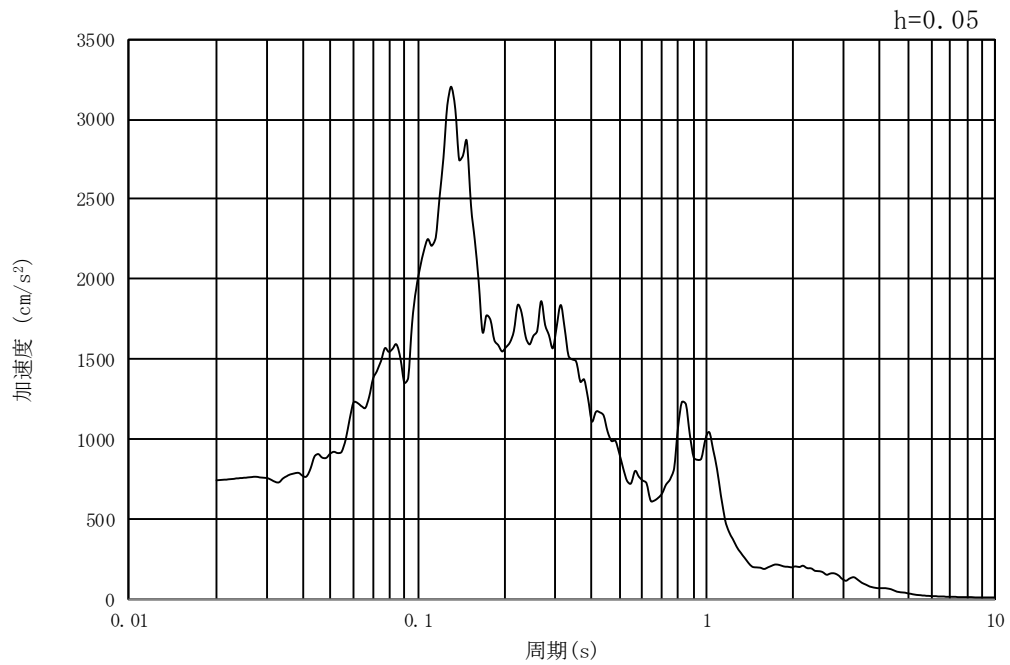


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 14$)

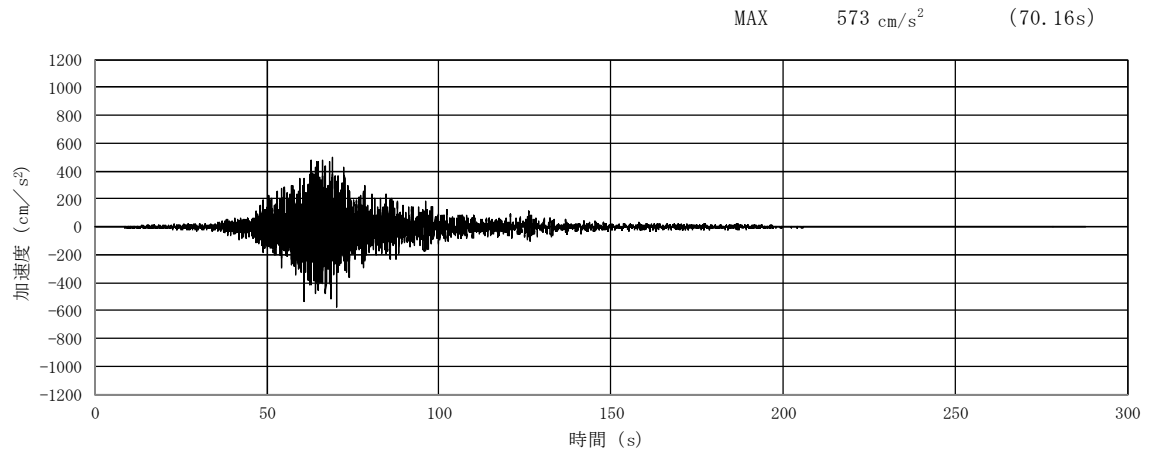


(a) 加速度時刻歴波形

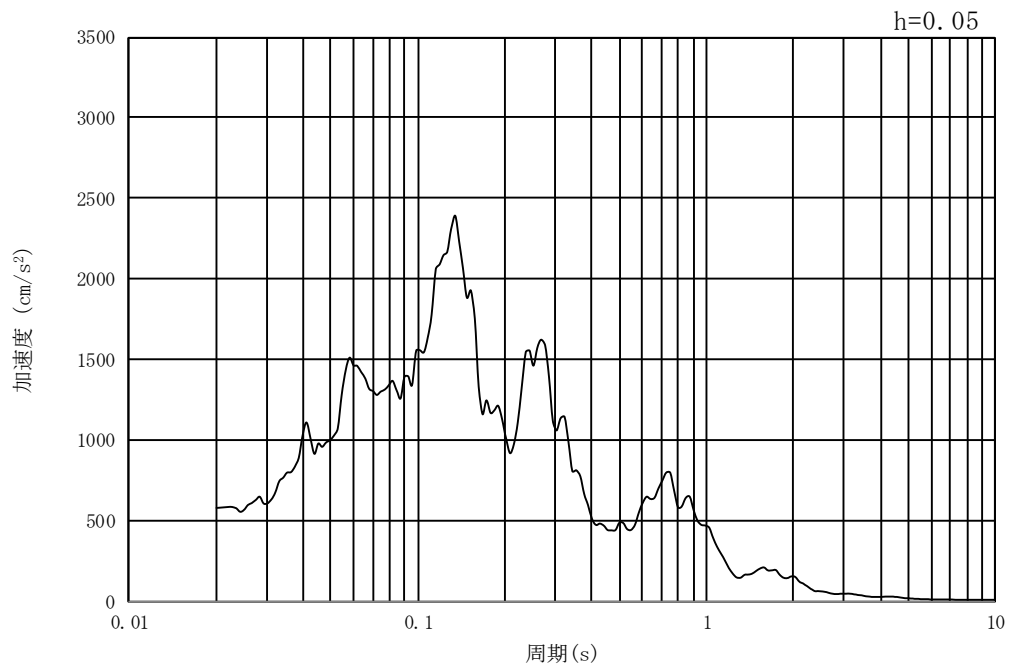


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (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 : $S_s - 21$)

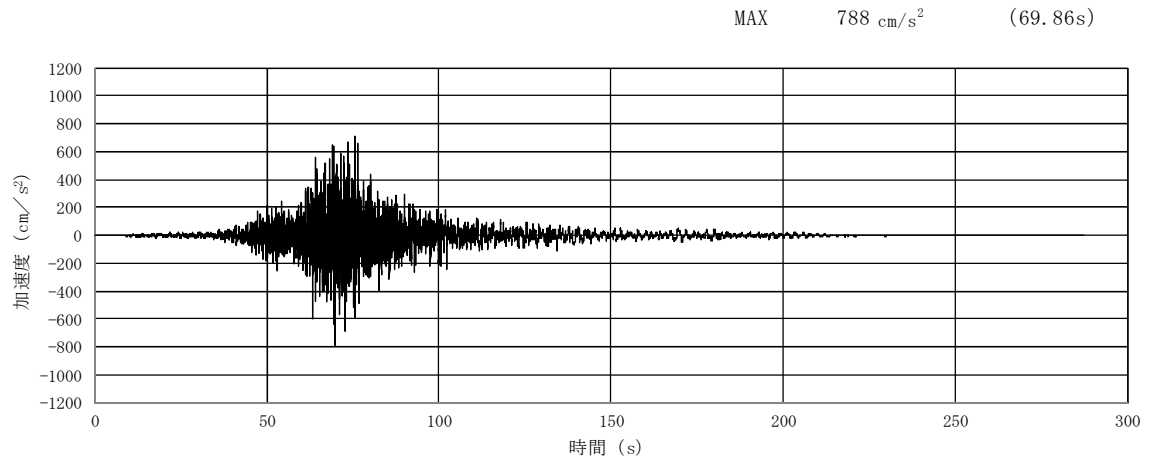


(a) 加速度時刻歴波形

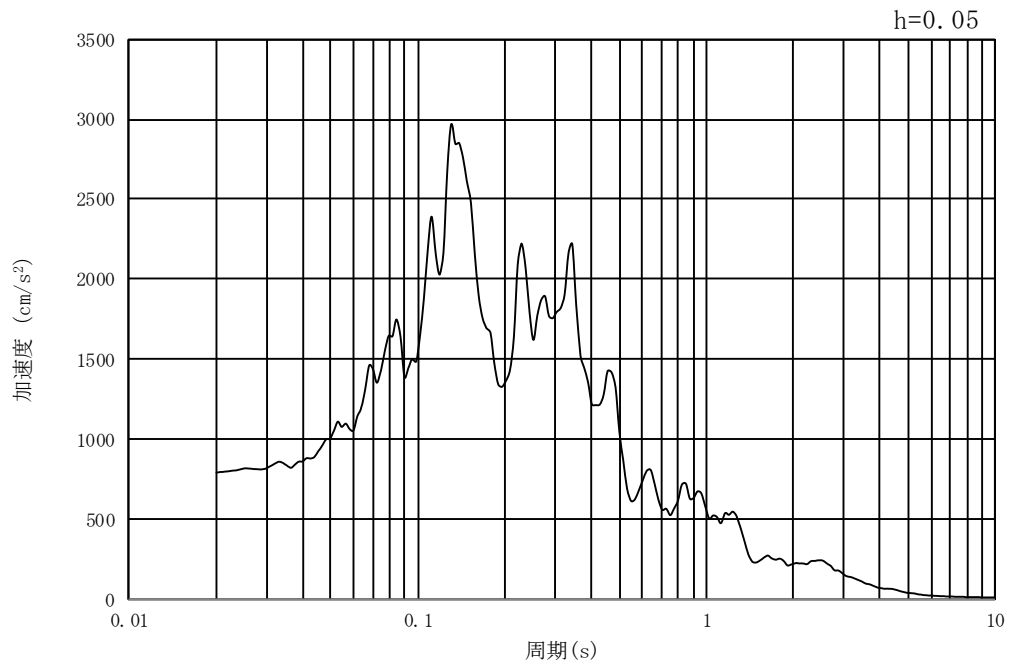


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 21$)

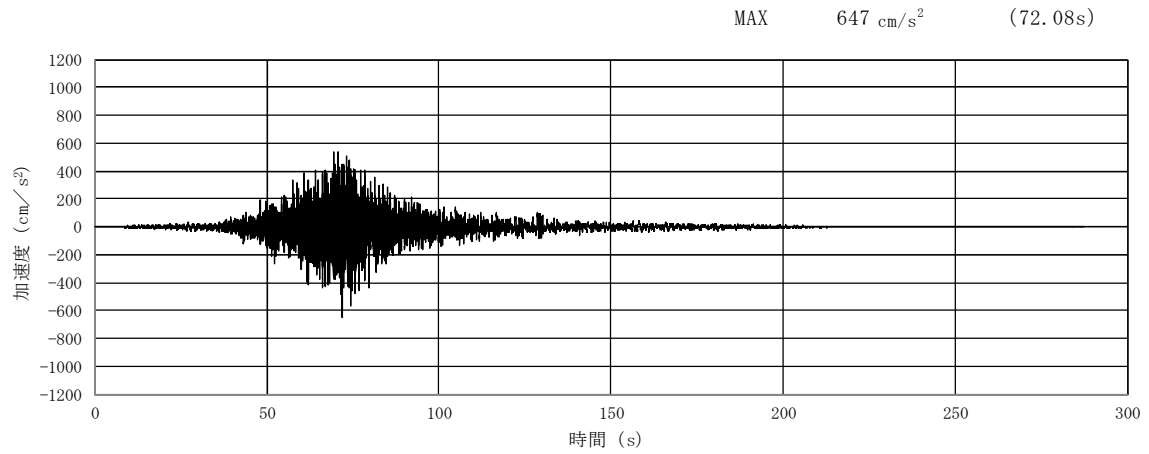


(a) 加速度時刻歴波形

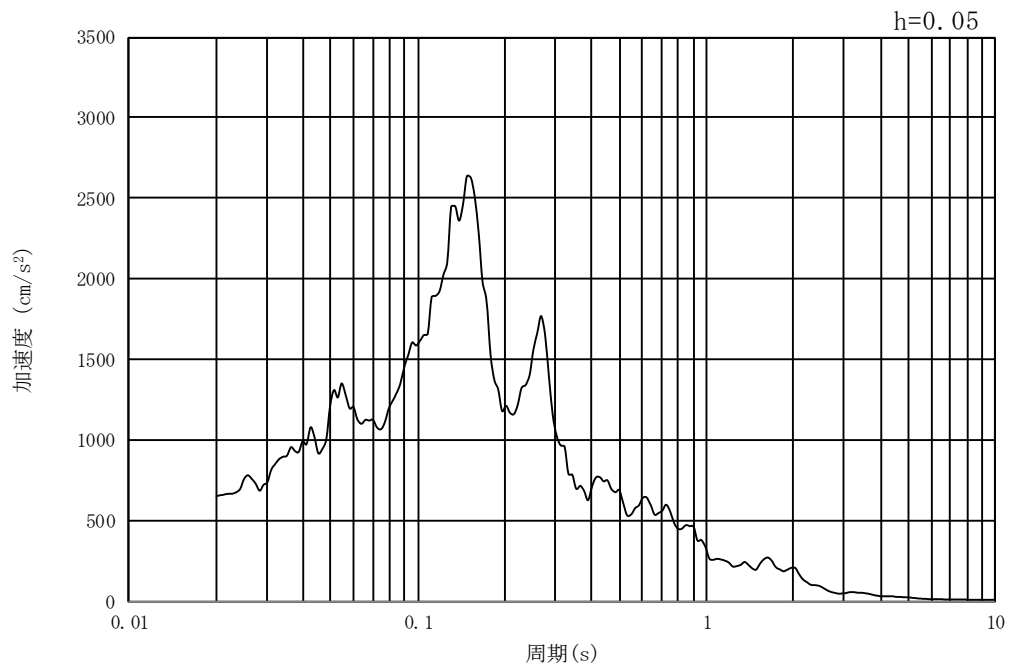


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 22$)

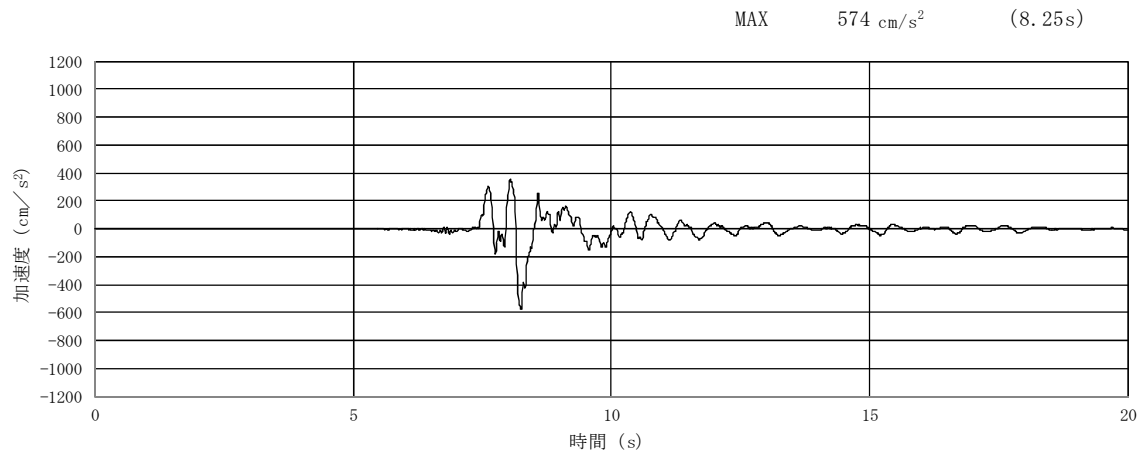


(a) 加速度時刻歴波形

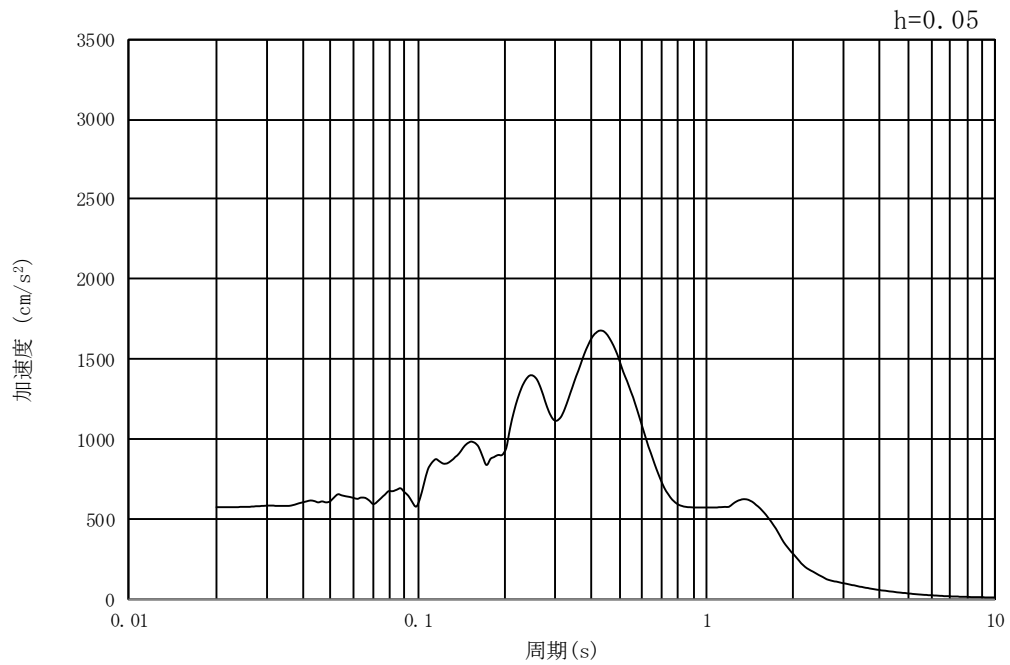


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 22$)

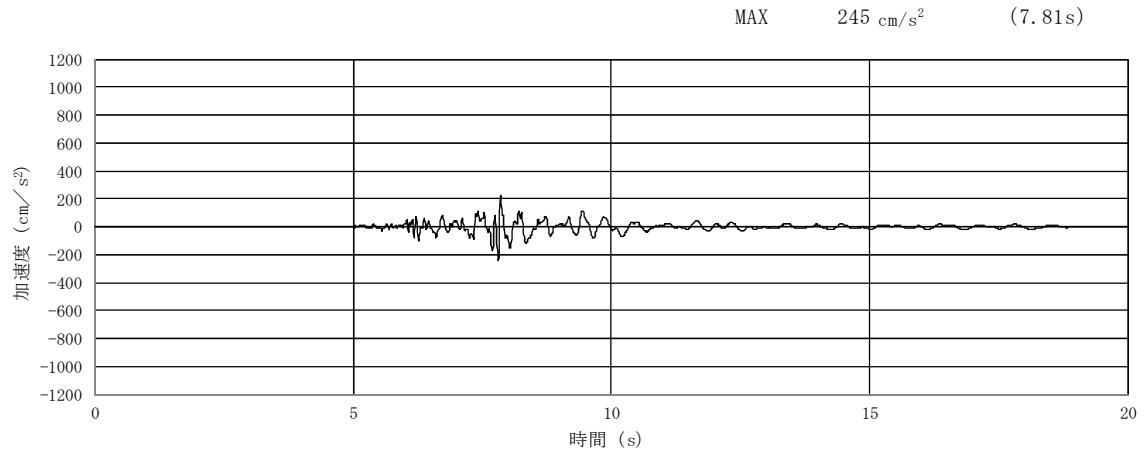


(a) 加速度時刻歴波形

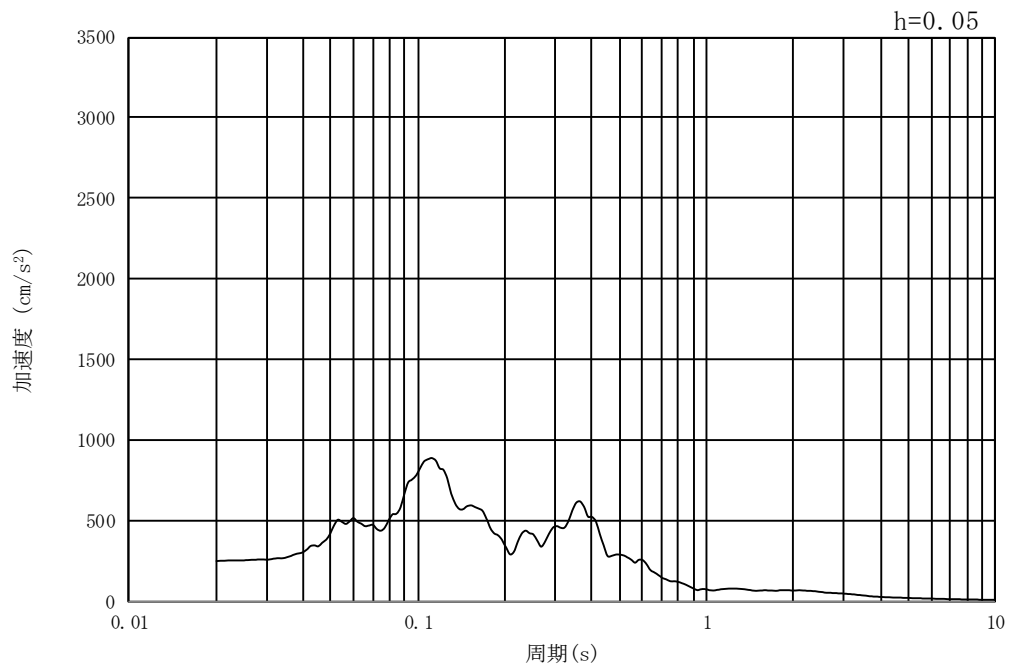


(b) 加速度応答スペクトル

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

代替淡水貯槽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。