

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-100 改0
提出年月日	平成30年2月9日

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。

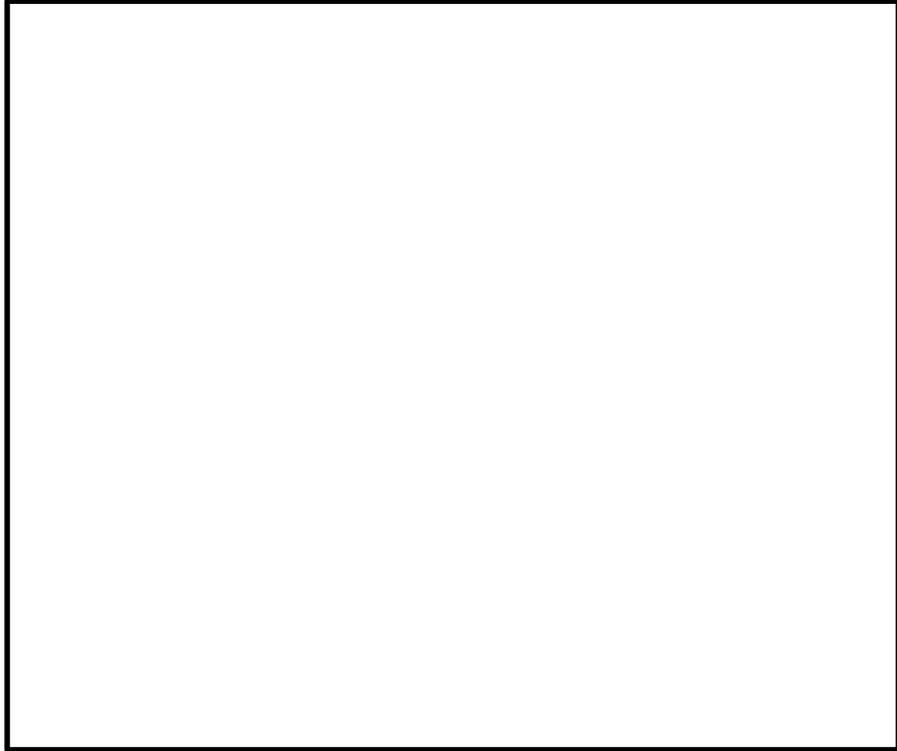
本地震応答解析は、機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。

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。

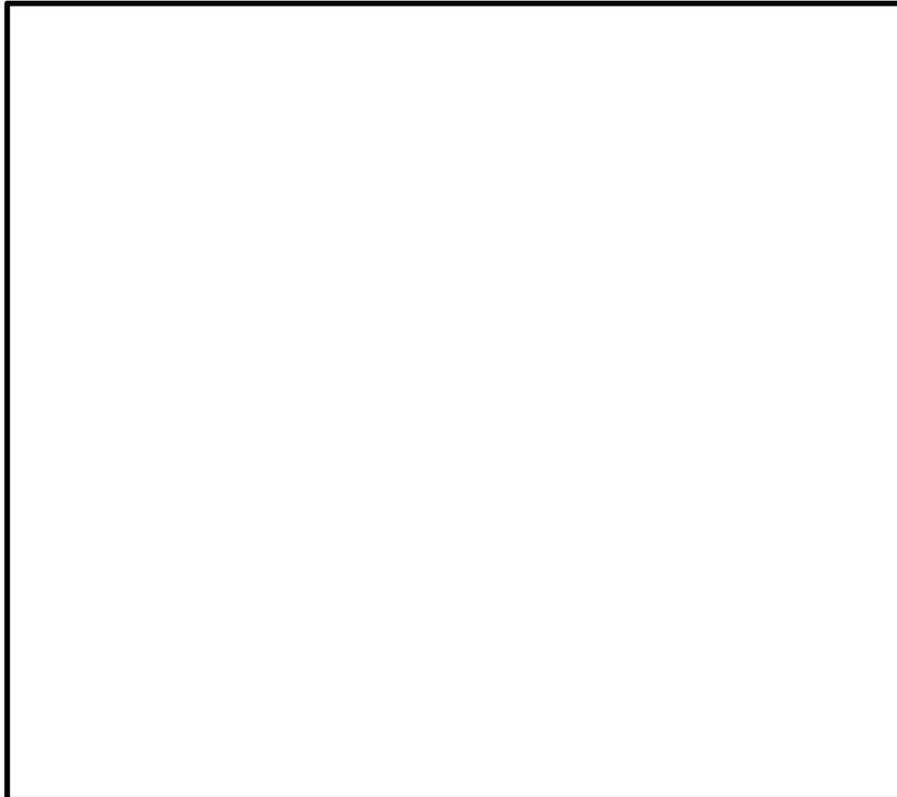
2. 基本方針

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)

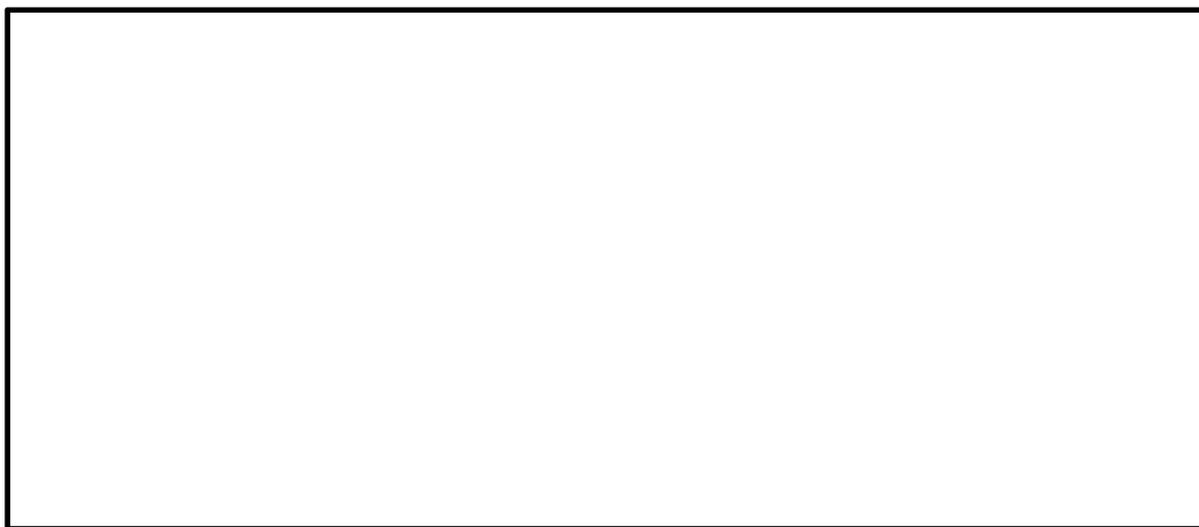


第2-1図 (2) トンネルの平面配置図 (拡大図)

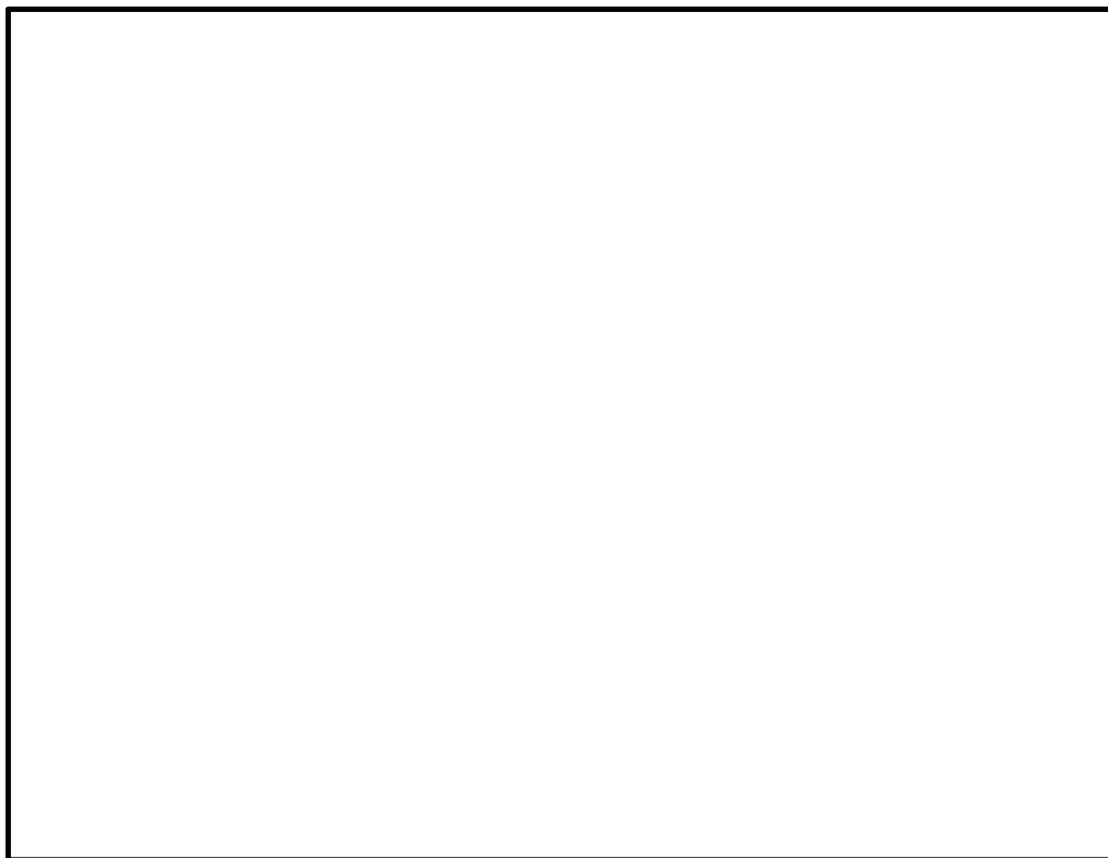
2.2 構造概要

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

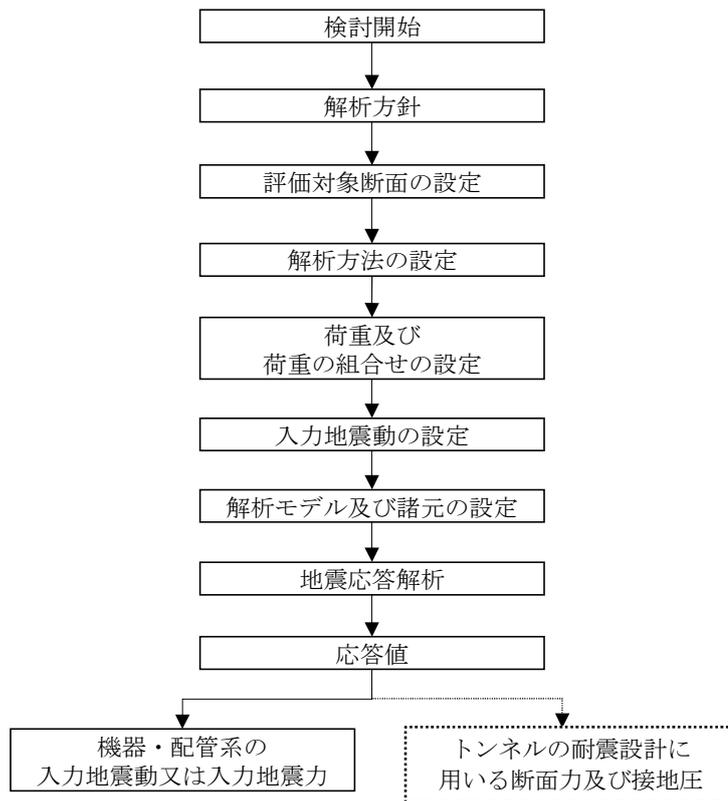
トンネルは、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 S_s に対して解析を実施する。

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

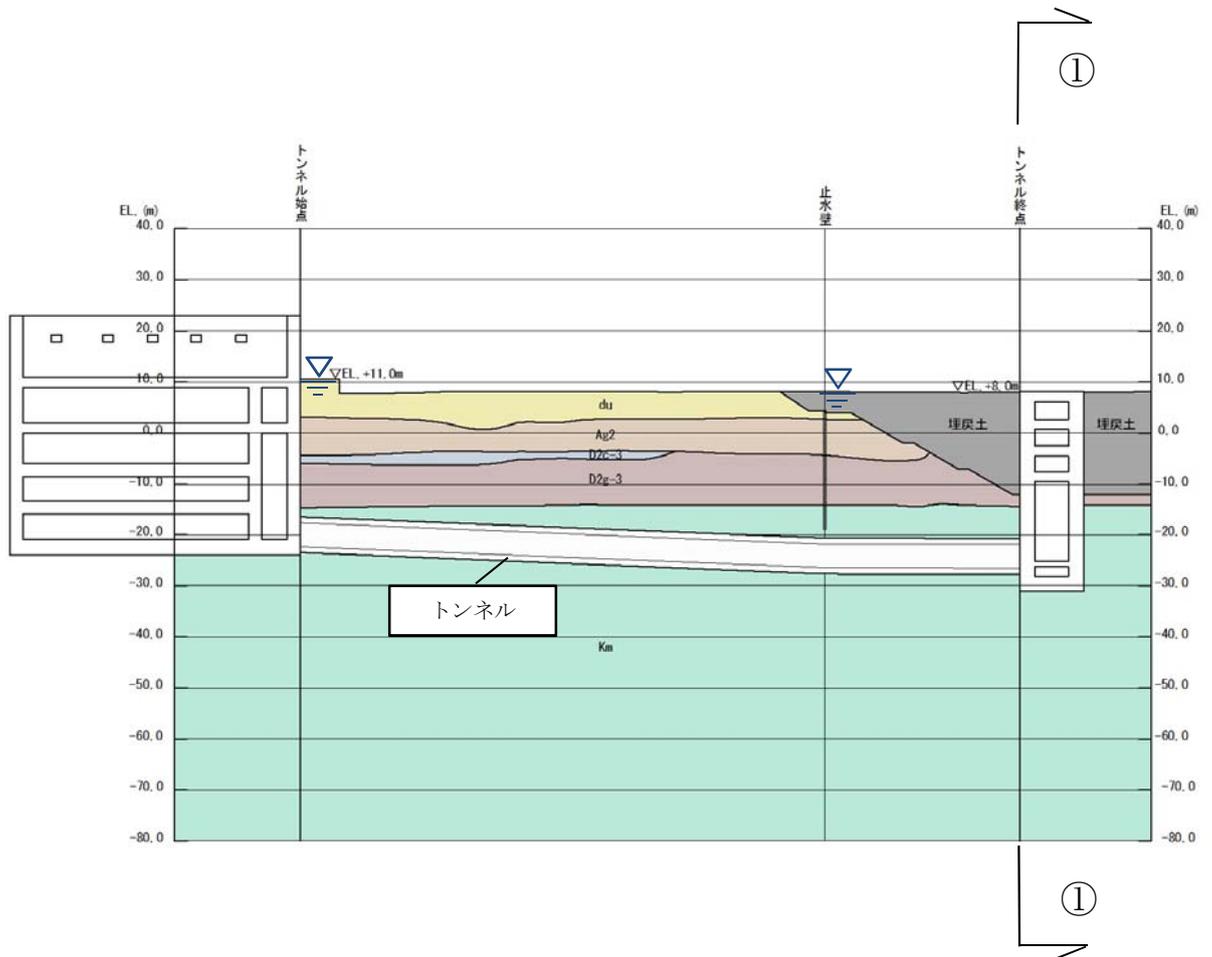
適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ 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)

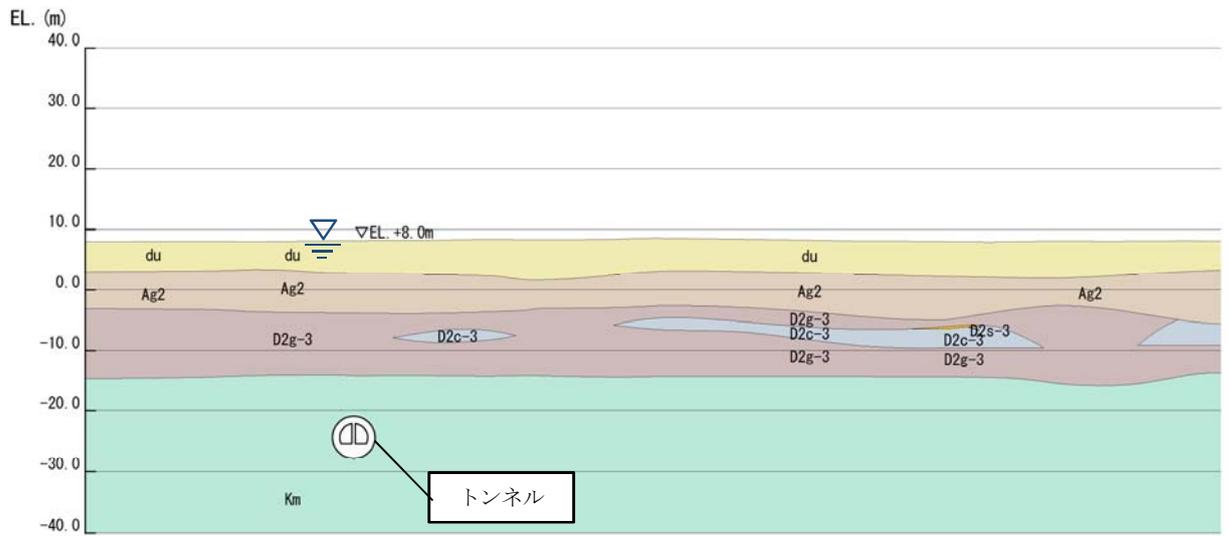
3. 解析方法

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

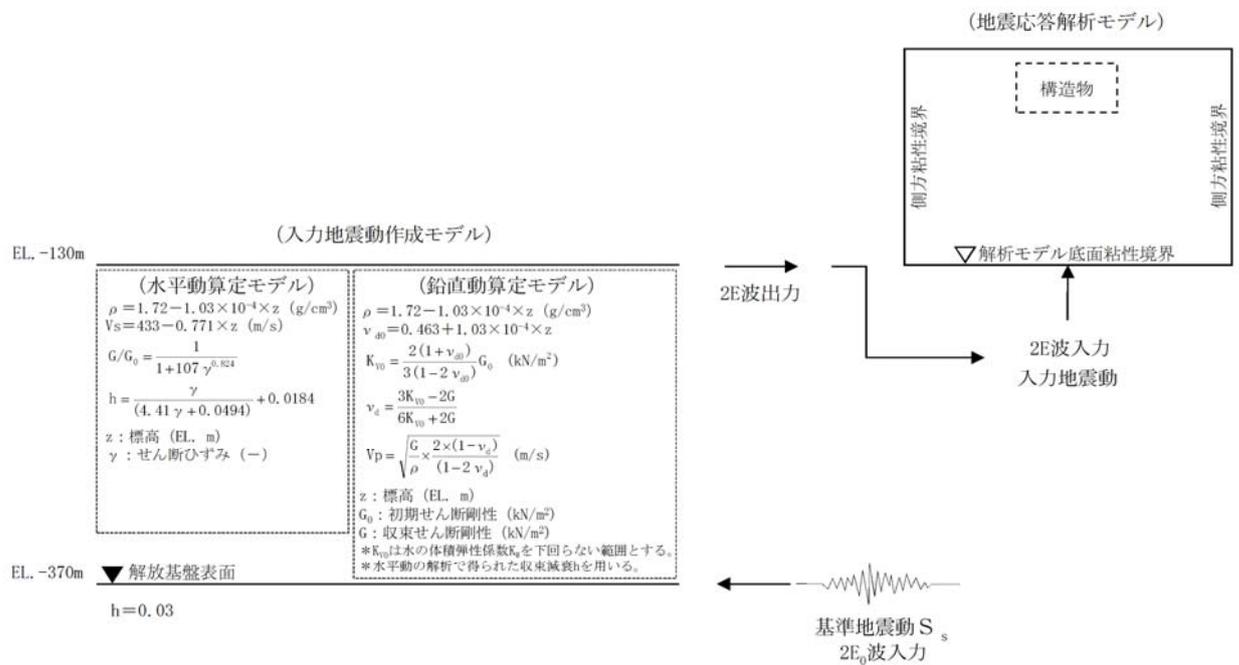
K_s : 地震荷重

3.4 入力地震動

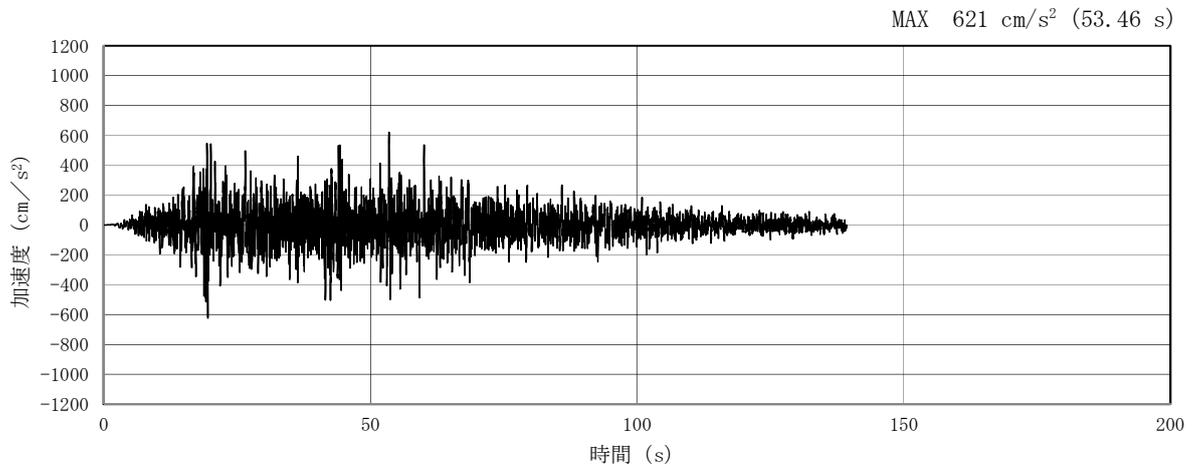
入力地震動は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

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。

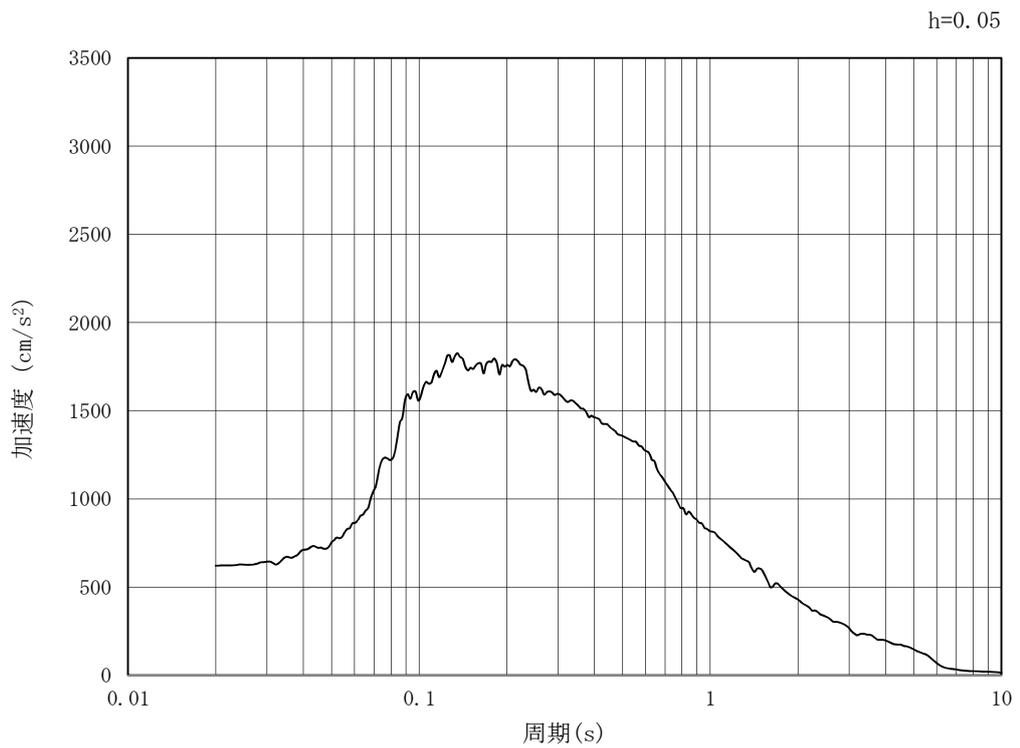
入力地震動の算定には、解析コード「microSHAKE/3D Ver. 2.2.3.311」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



第3-3図 入力地震動算定の概念図

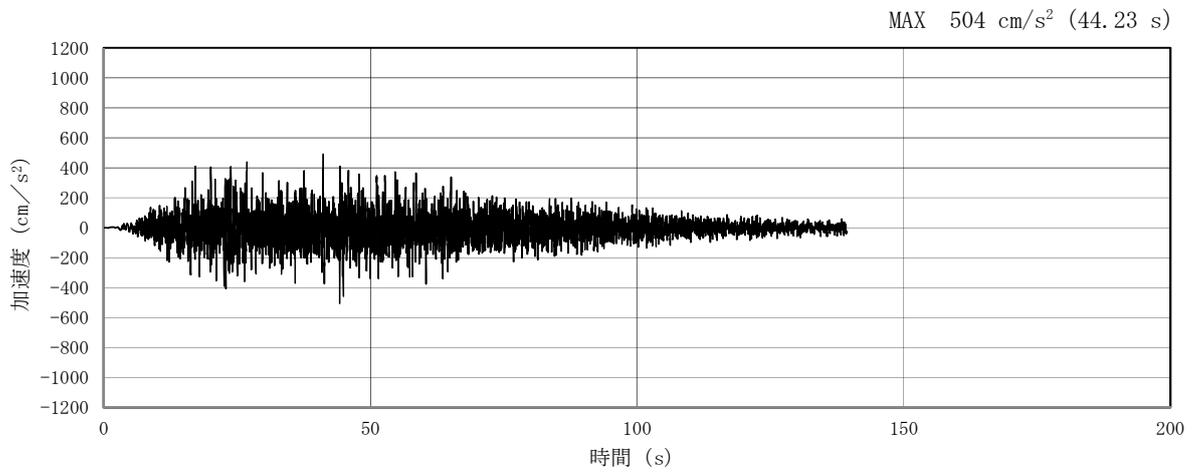


(a) 加速度時刻歴波形

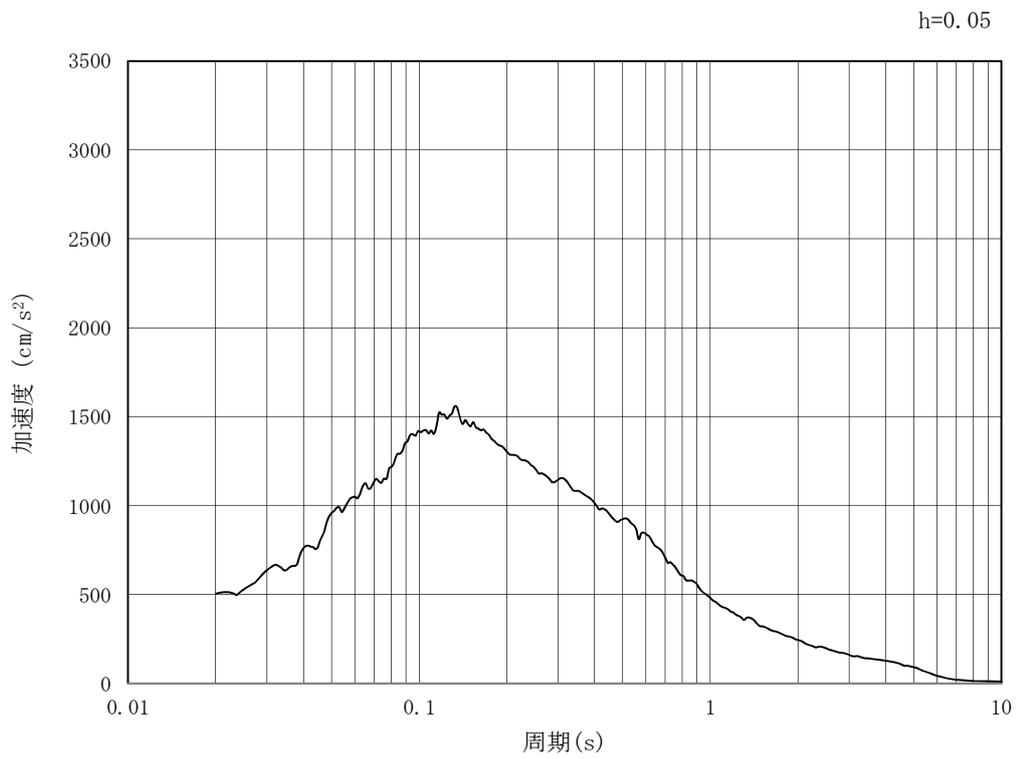


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - D 1$)

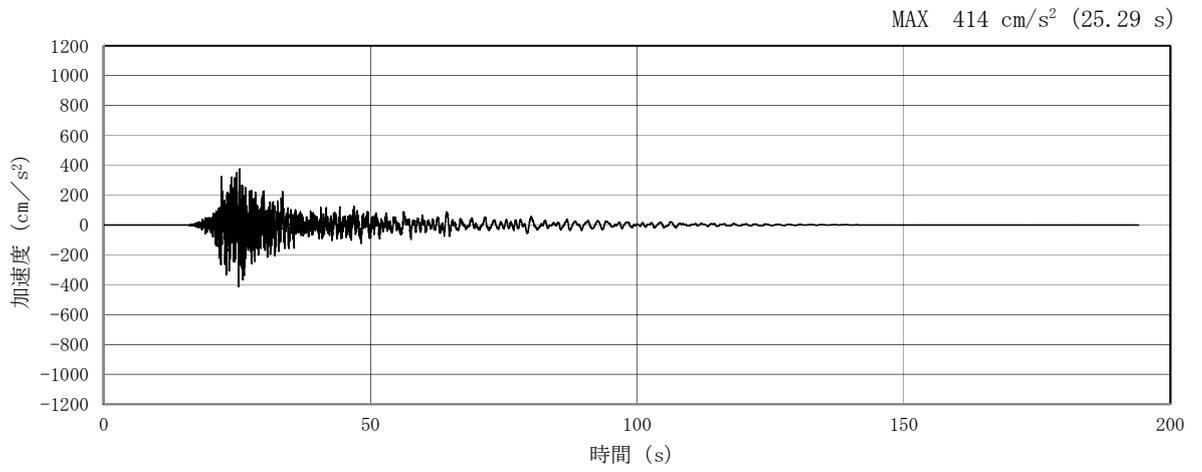


(a) 加速度時刻歴波形

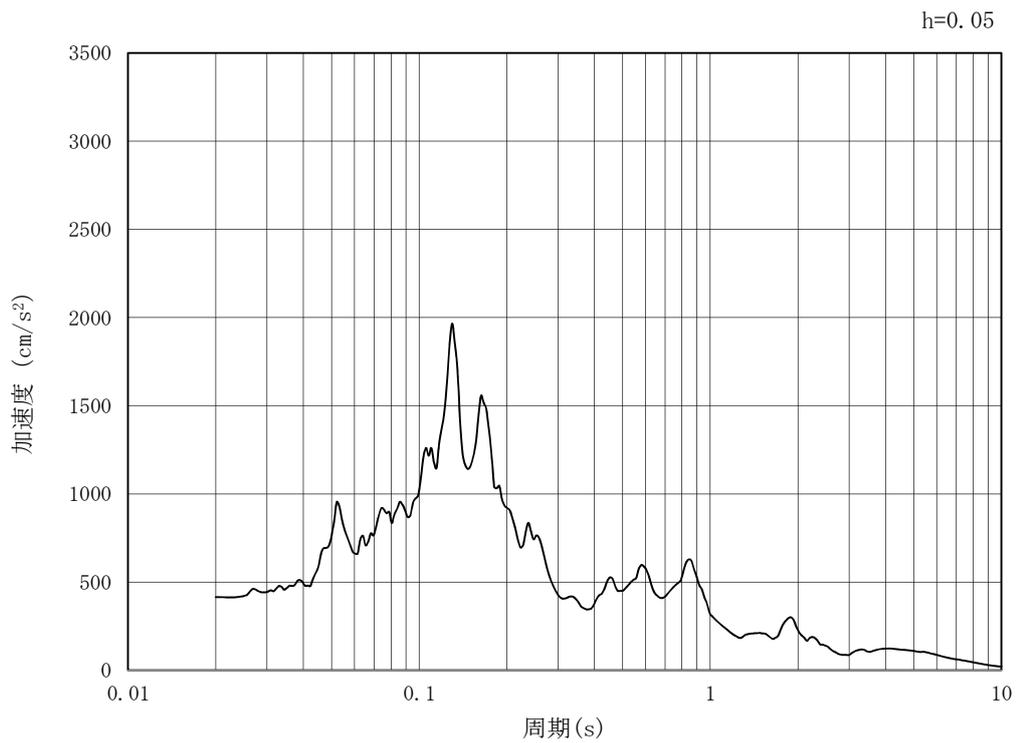


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - D 1$)

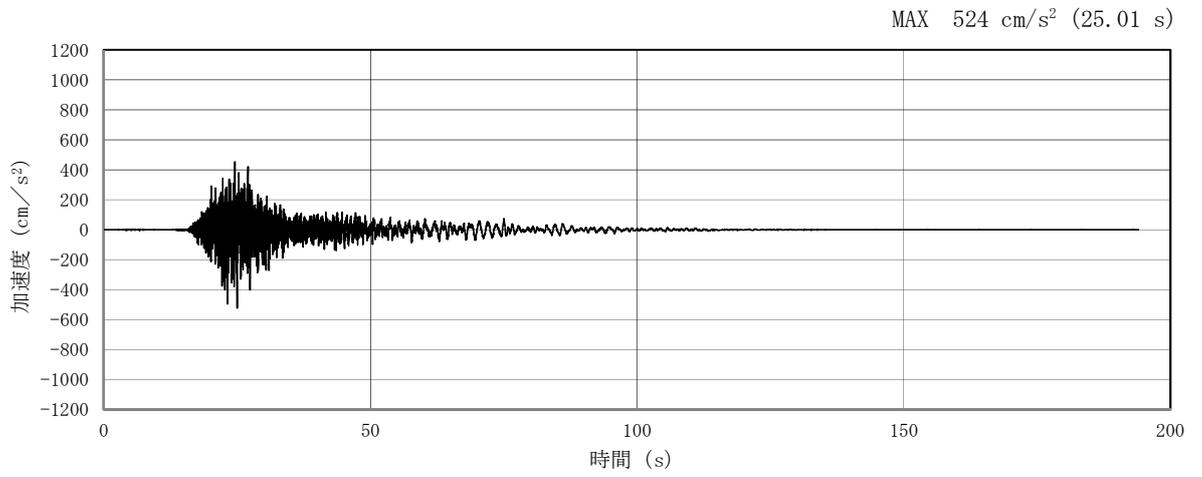


(a) 加速度時刻歴波形

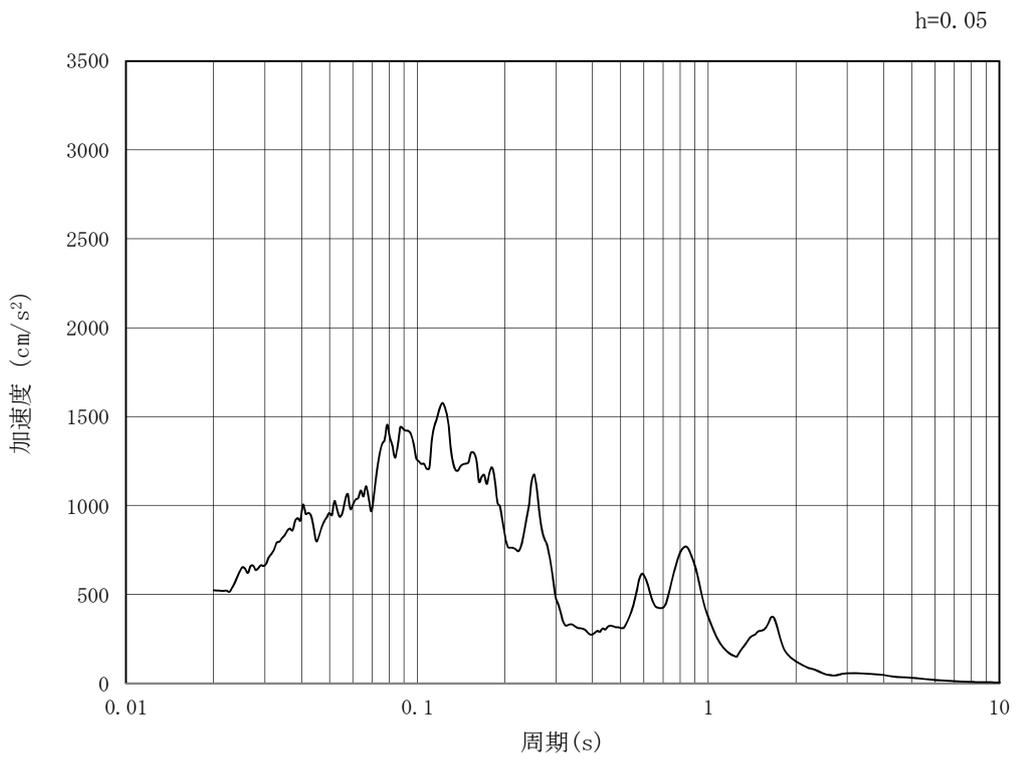


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1 1$)

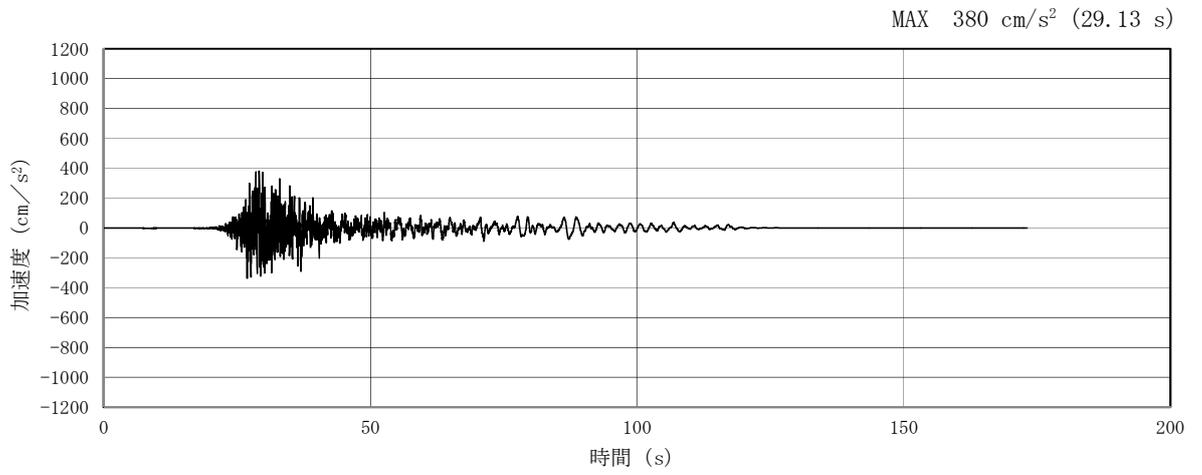


(a) 加速度時刻歴波形

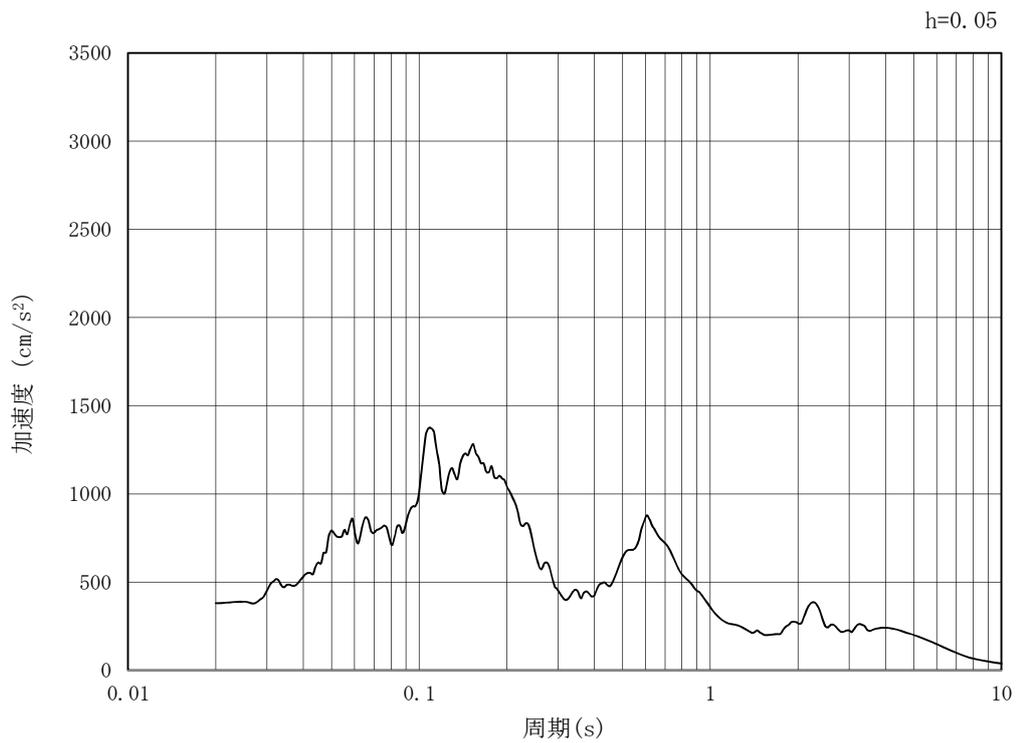


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1 1$)

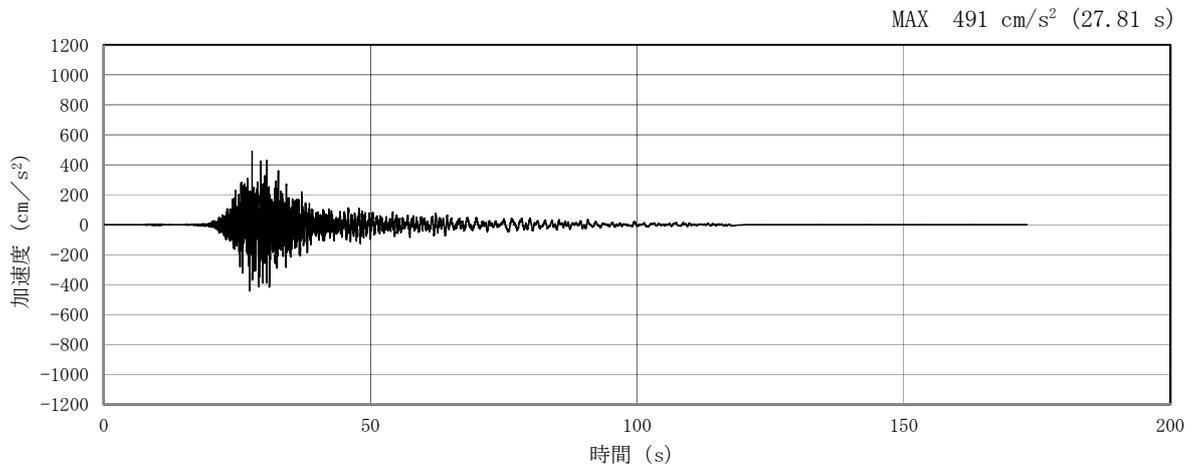


(a) 加速度時刻歴波形

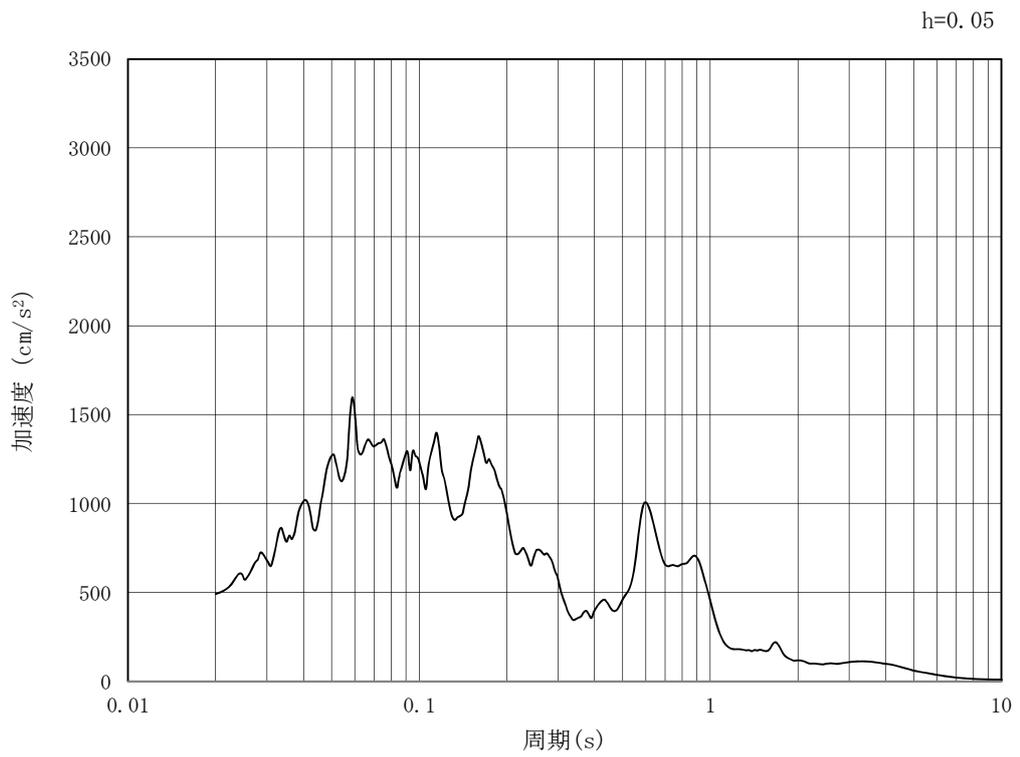


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1 2$)

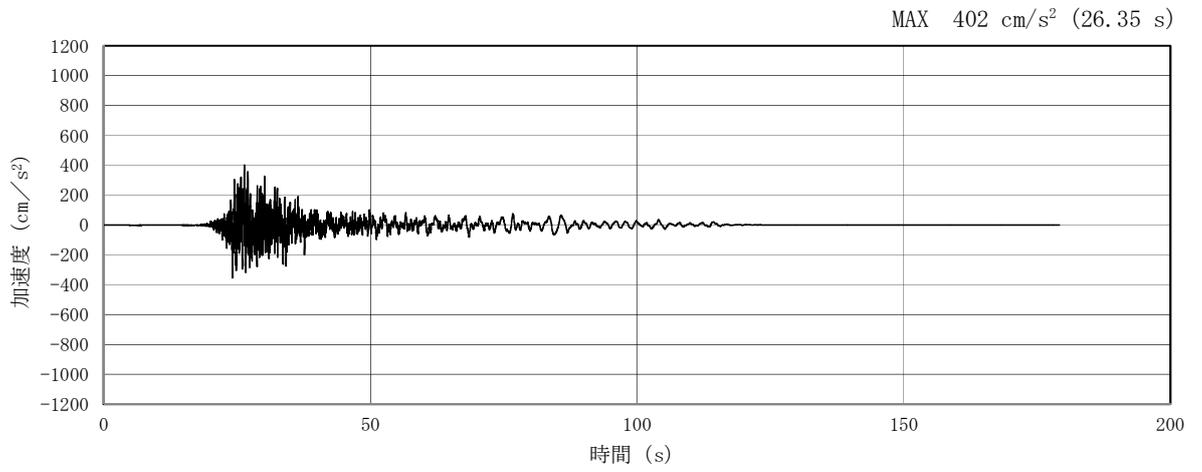


(a) 加速度時刻歴波形

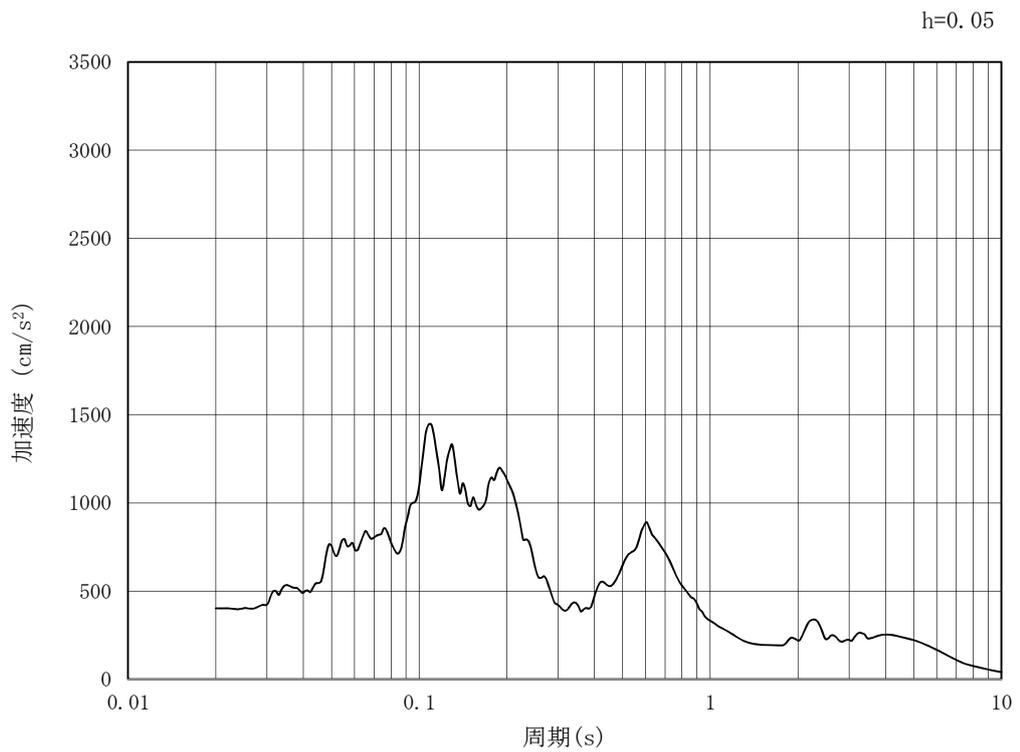


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1 2$)

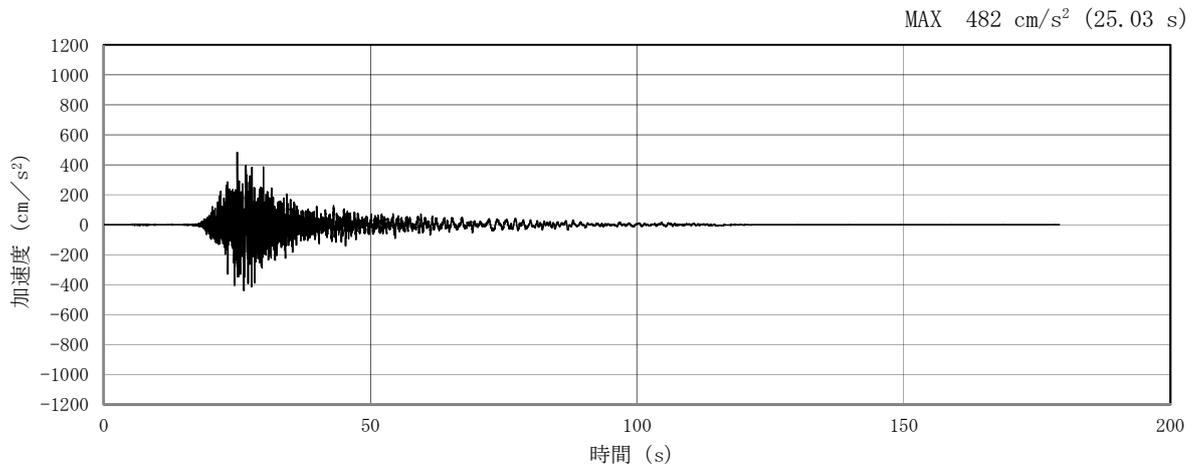


(a) 加速度時刻歴波形

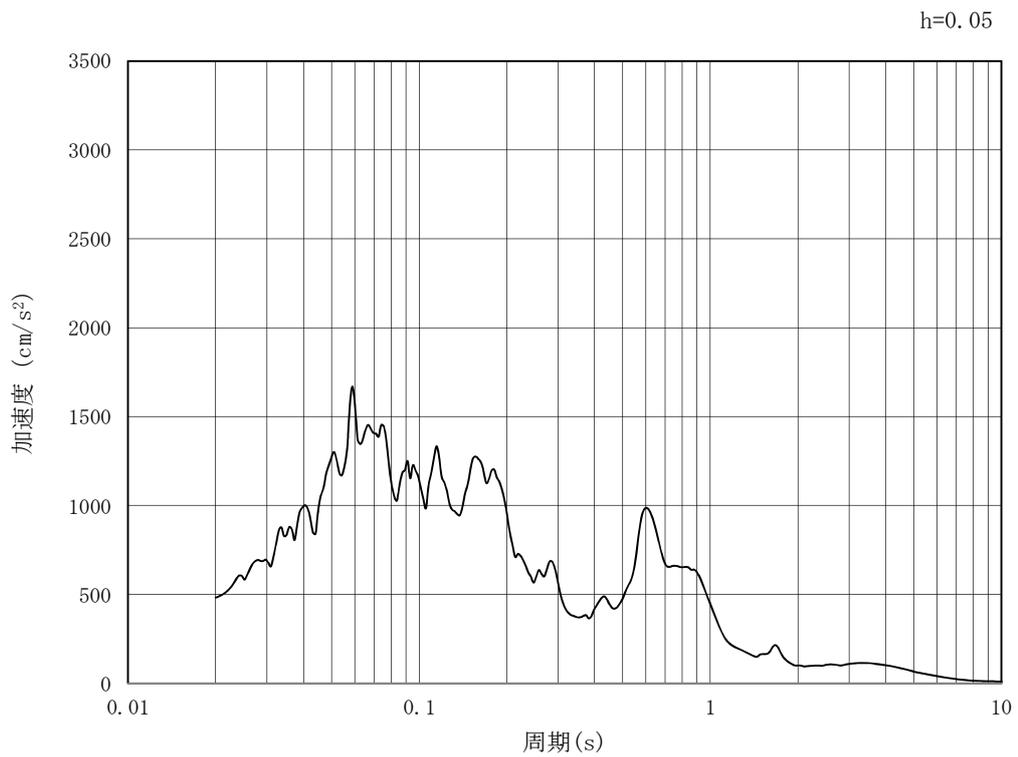


(b) 加速度応答スペクトル

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 - 1 3)

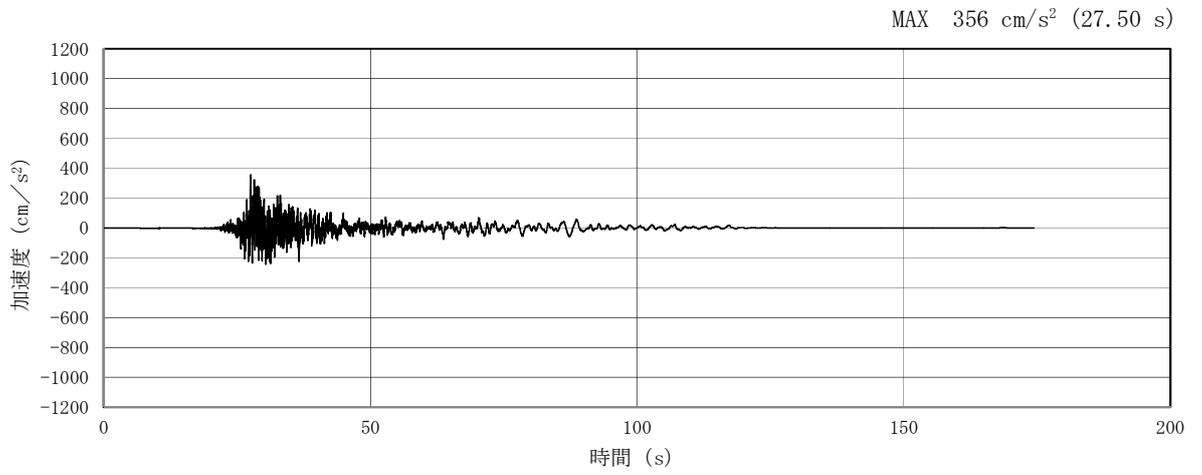


(a) 加速度時刻歴波形

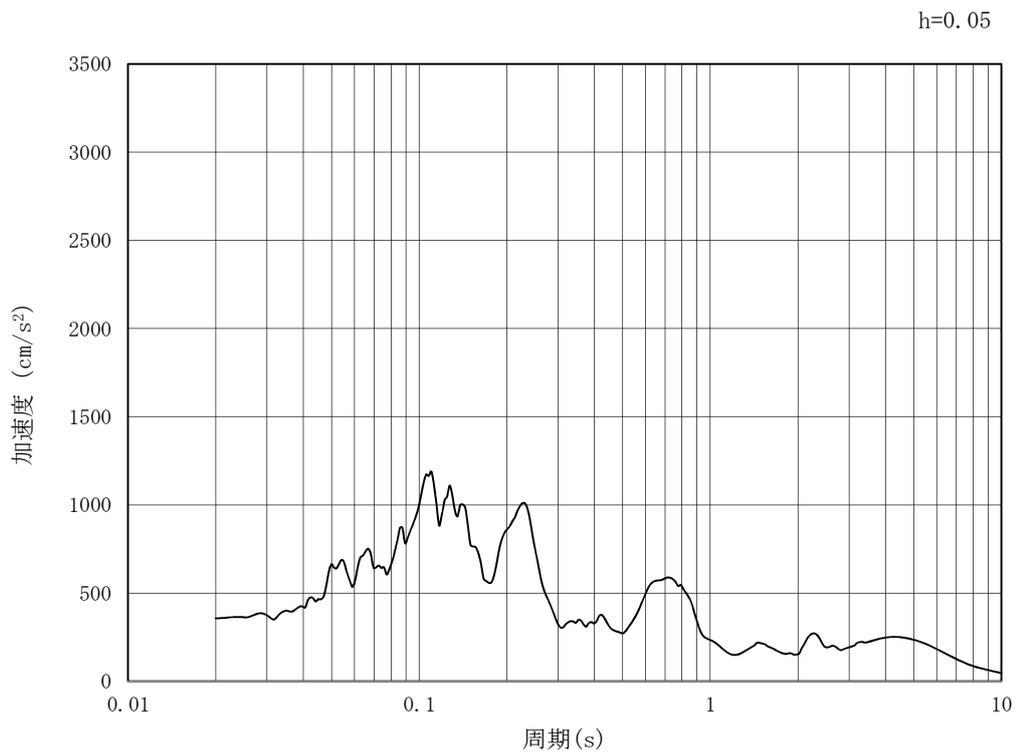


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 13$)

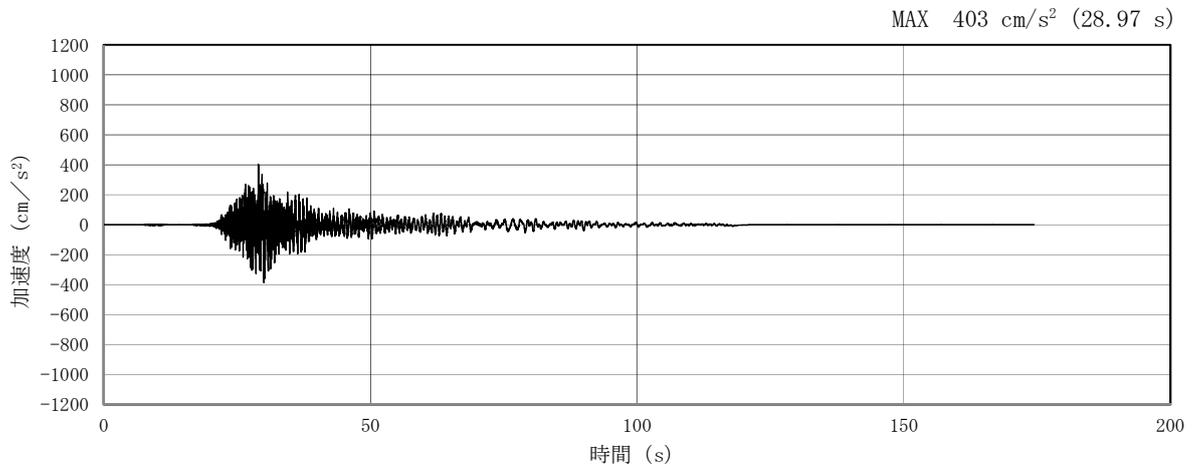


(a) 加速度時刻歴波形

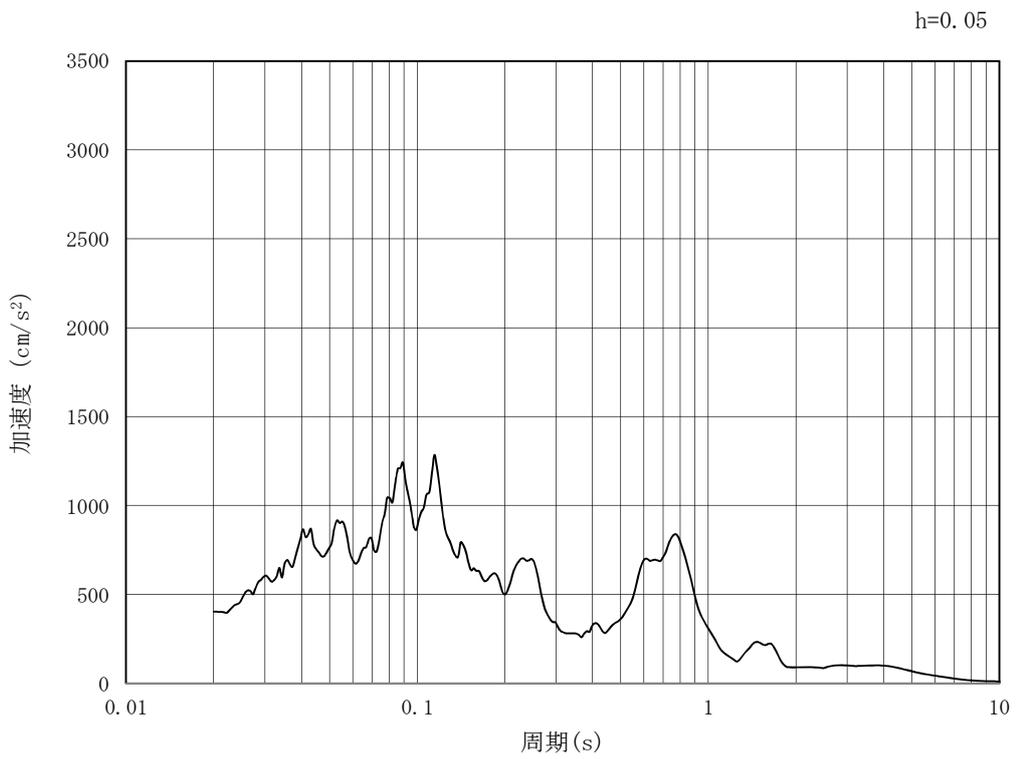


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.4$)

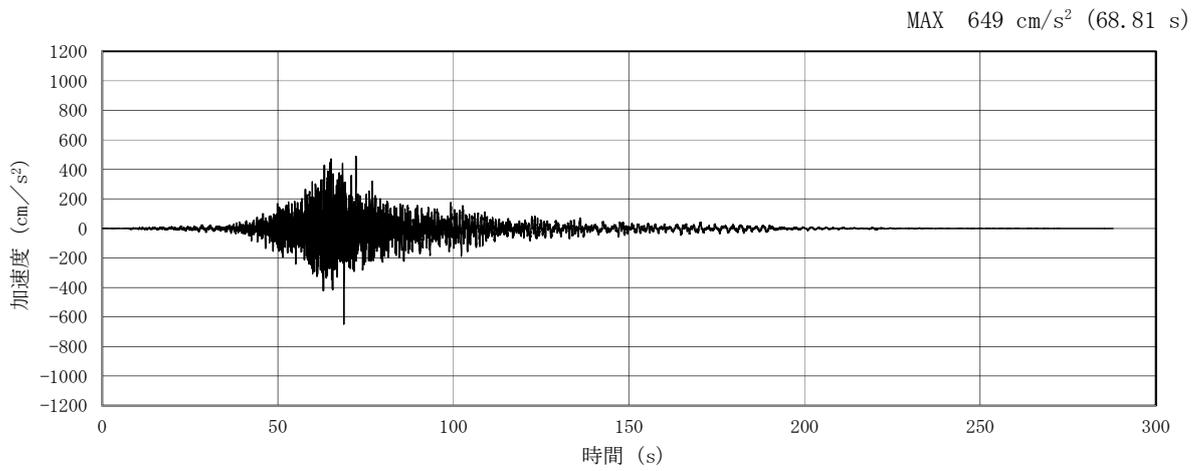


(a) 加速度時刻歴波形

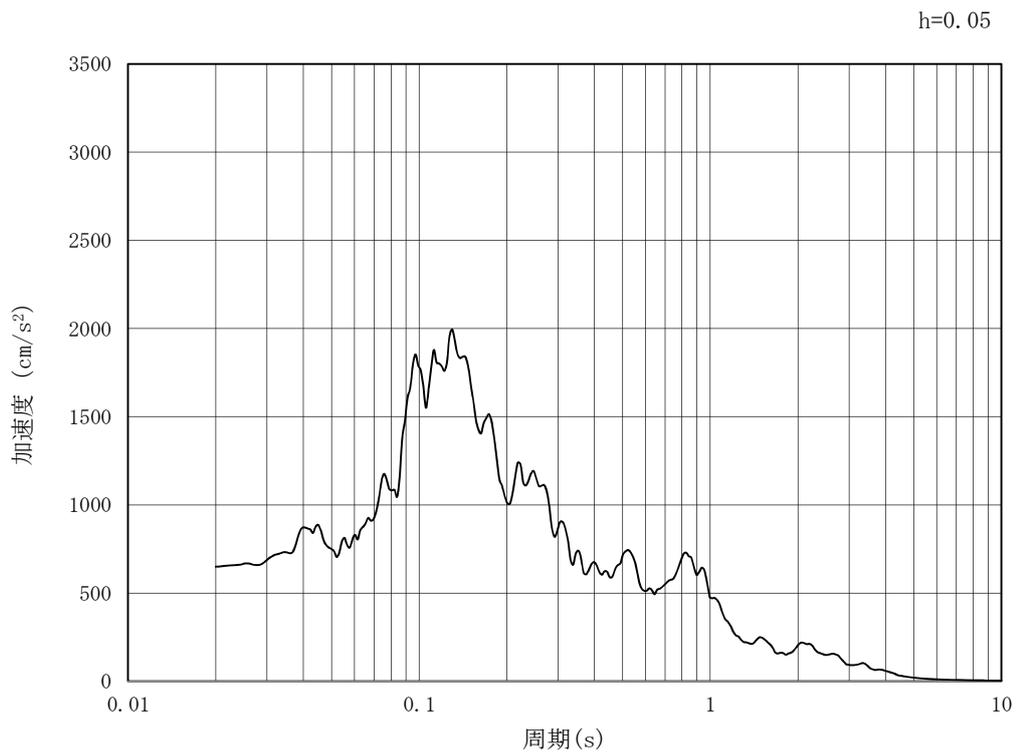


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.4$)

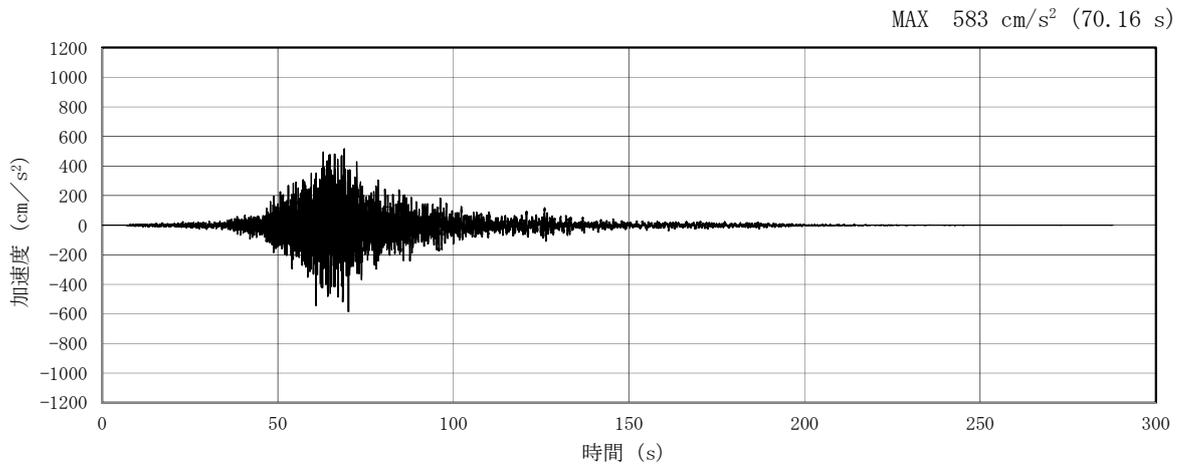


(a) 加速度時刻歴波形

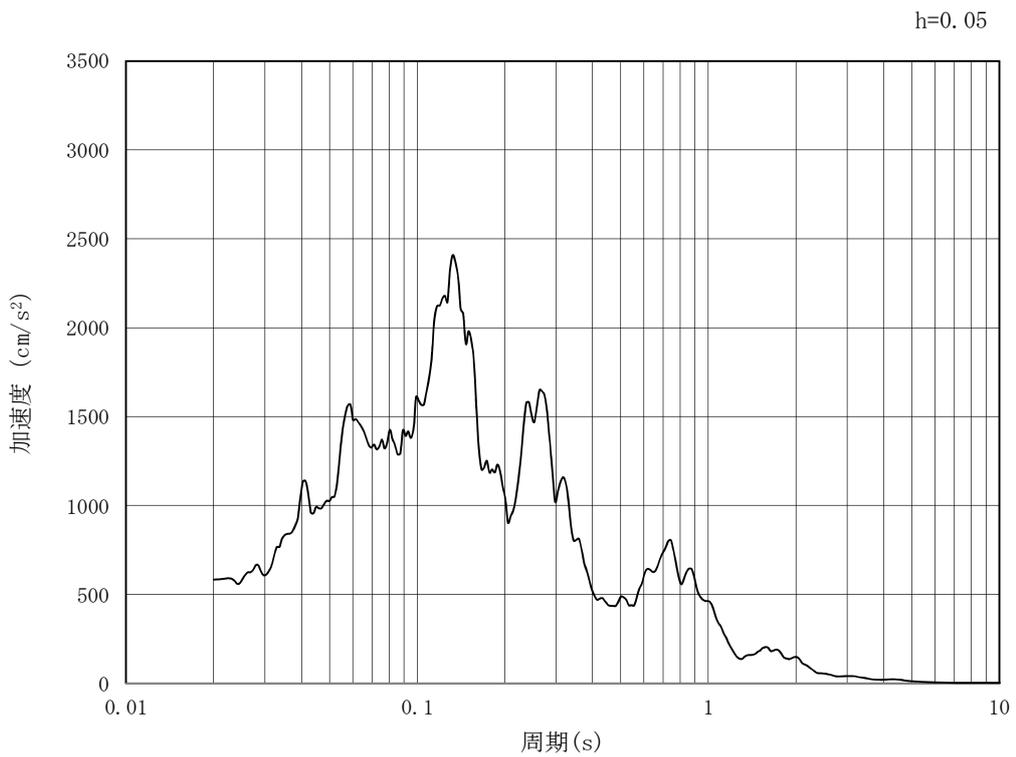


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 21$)

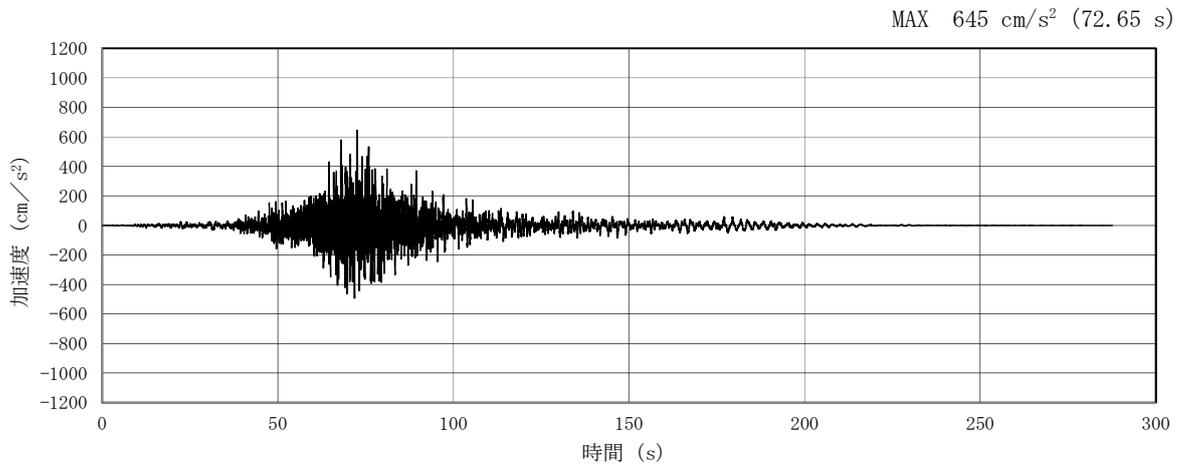


(a) 加速度時刻歴波形

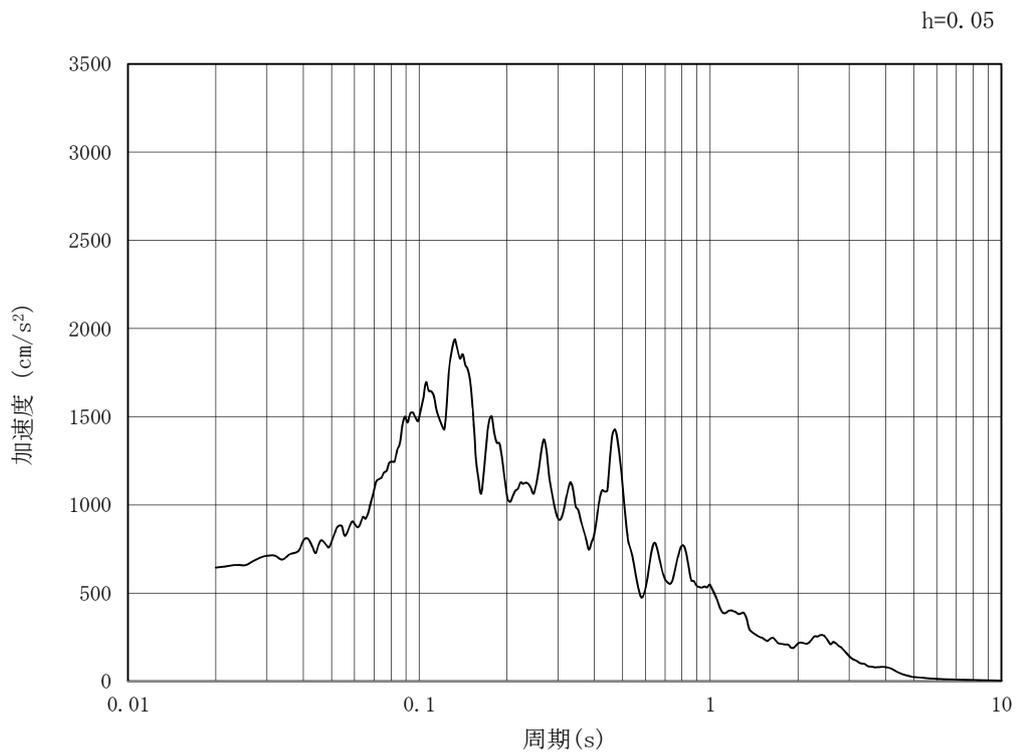


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 21$)

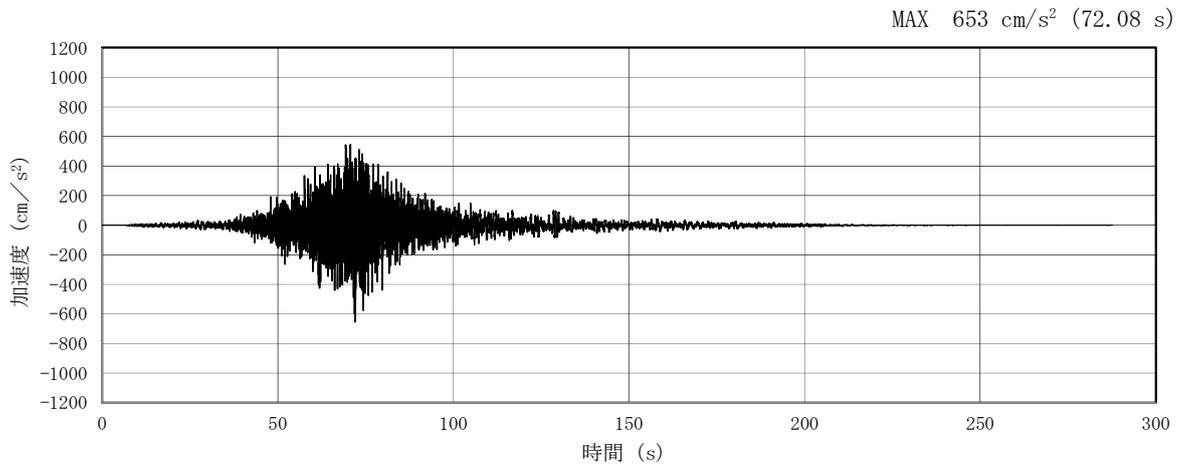


(a) 加速度時刻歴波形

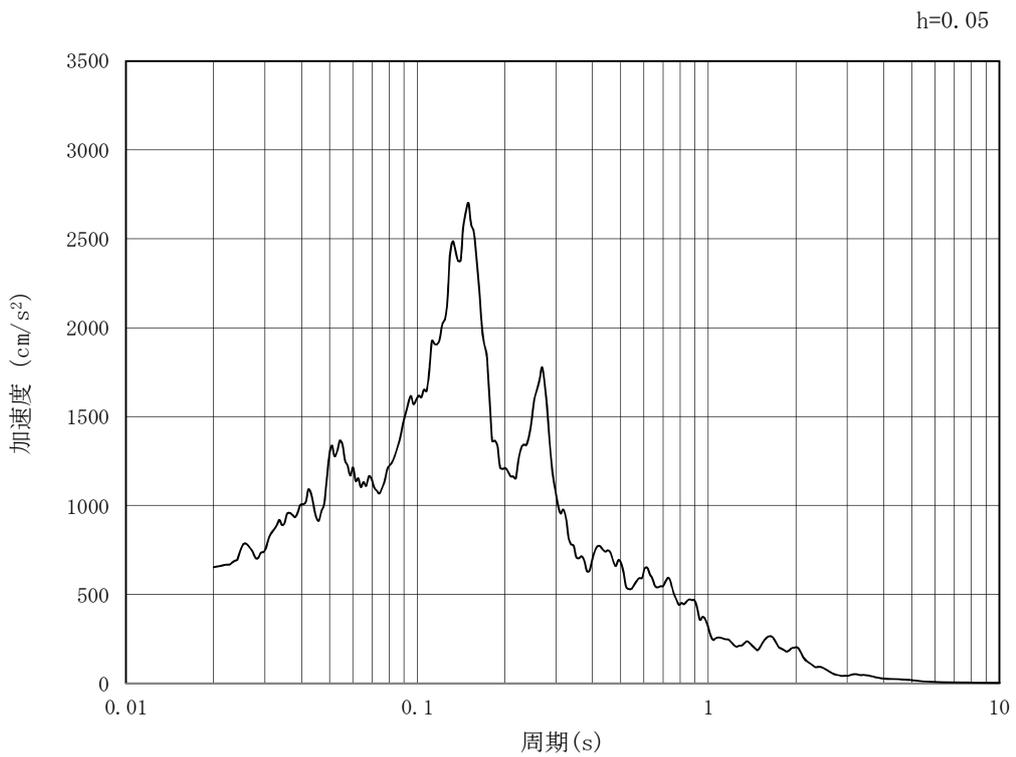


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 22$)

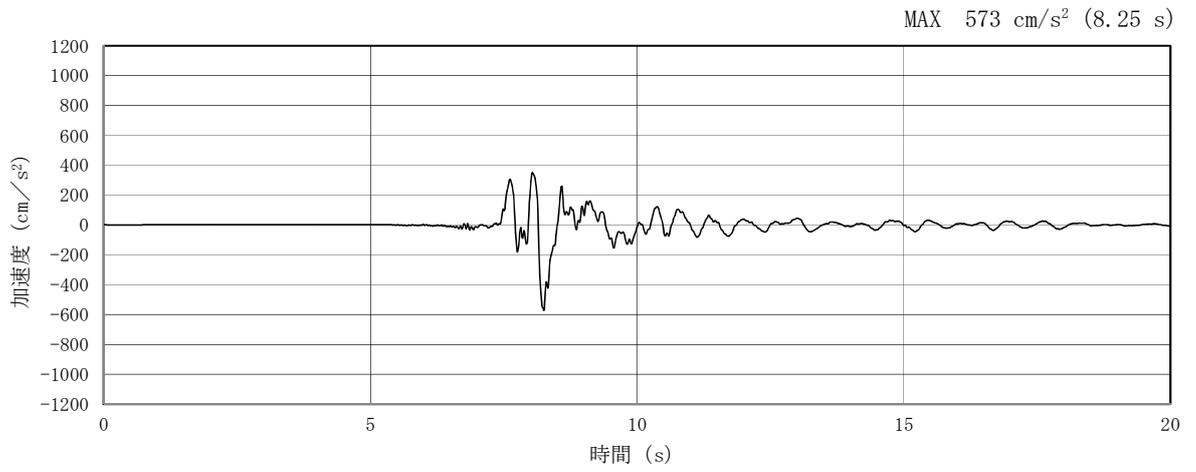


(a) 加速度時刻歴波形

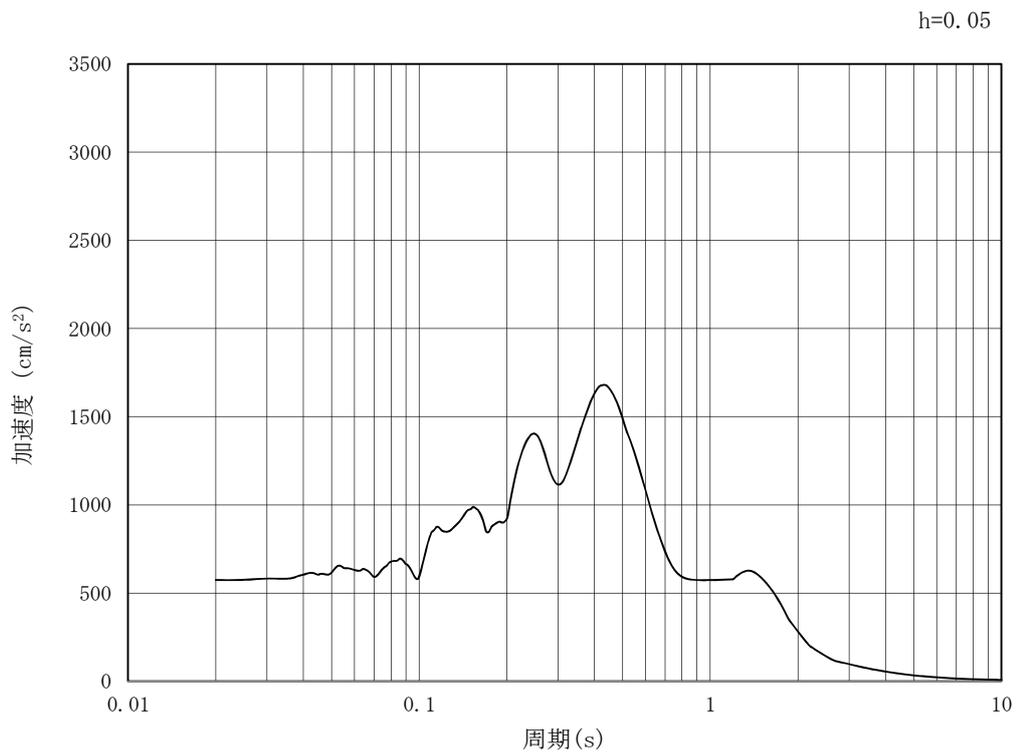


(b) 加速度応答スペクトル

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)

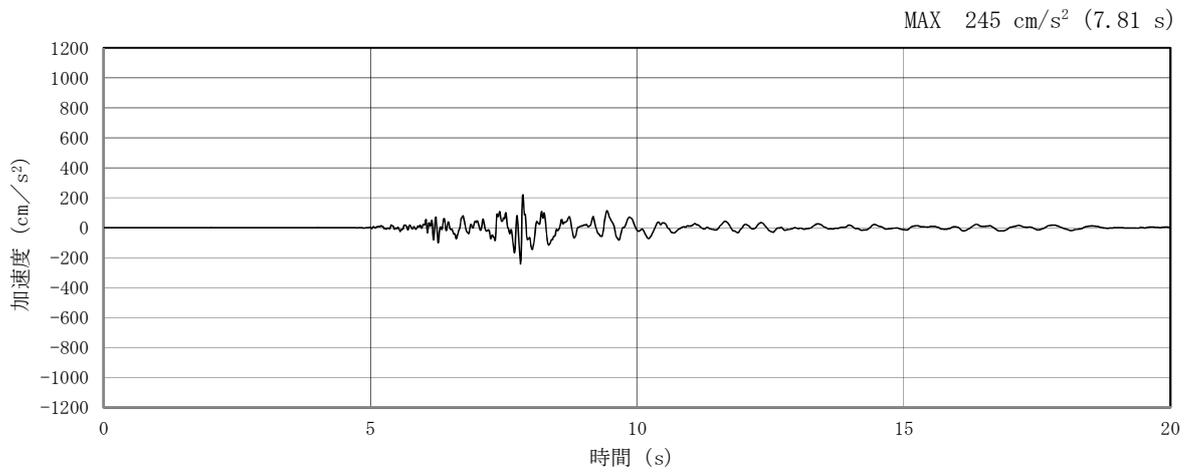


(a) 加速度時刻歴波形

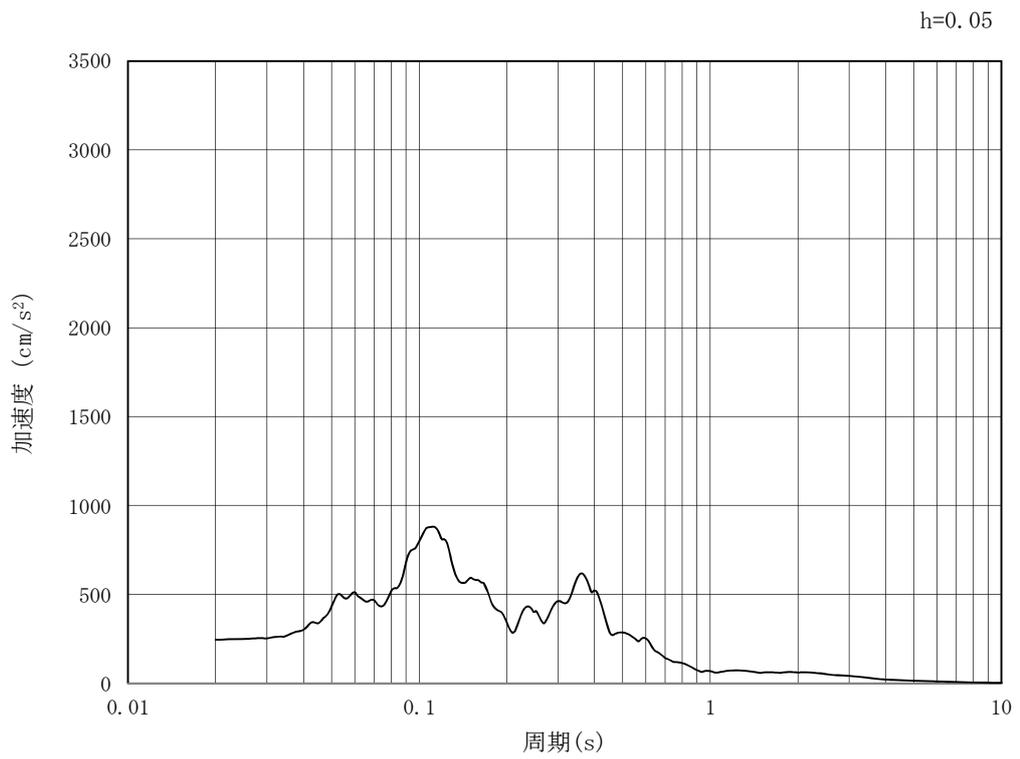


(b) 加速度応答スペクトル

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: $S_s - 31$)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (16) 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向 : $S_s - 31$)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

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。