

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-101 改0
提出年月日	平成30年2月9日

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。

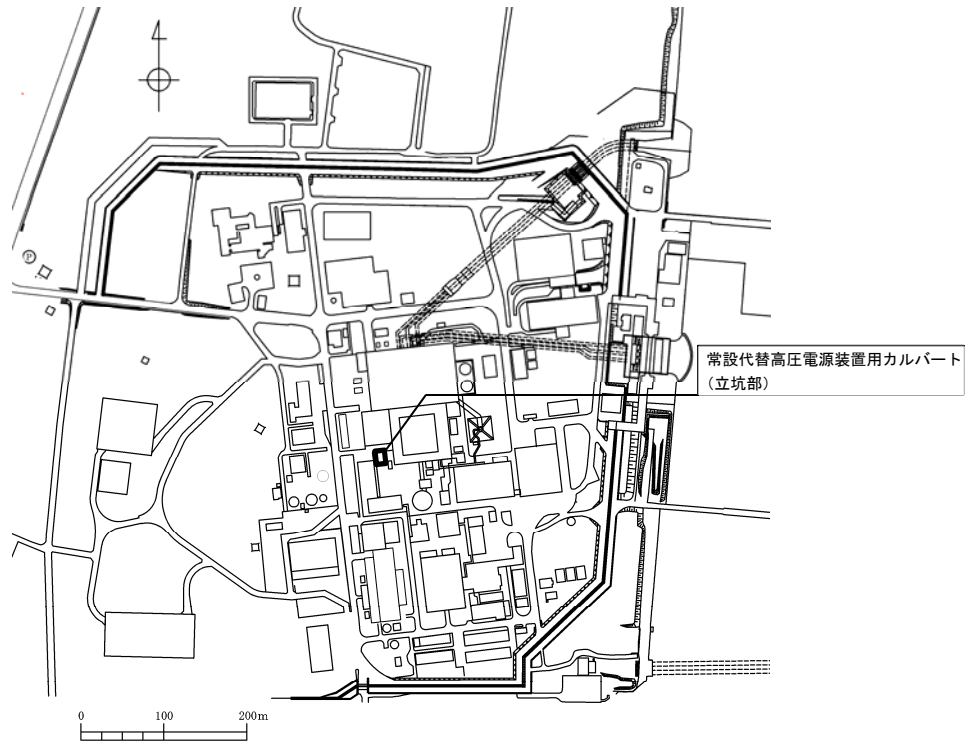
本地震応答解析は、機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。

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。

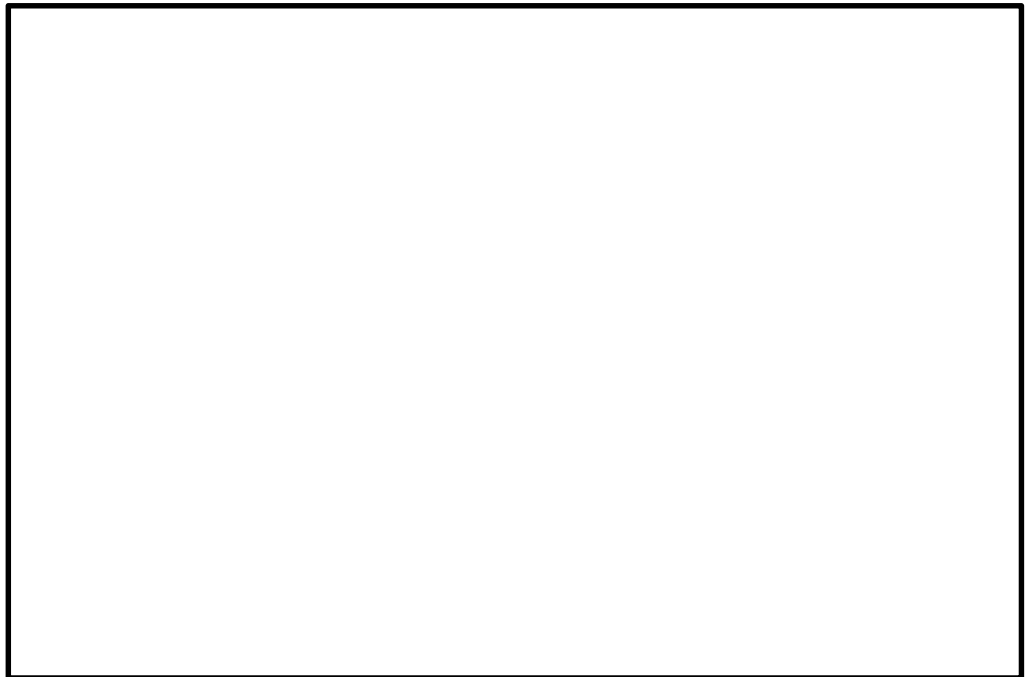
2. 基本方針

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)

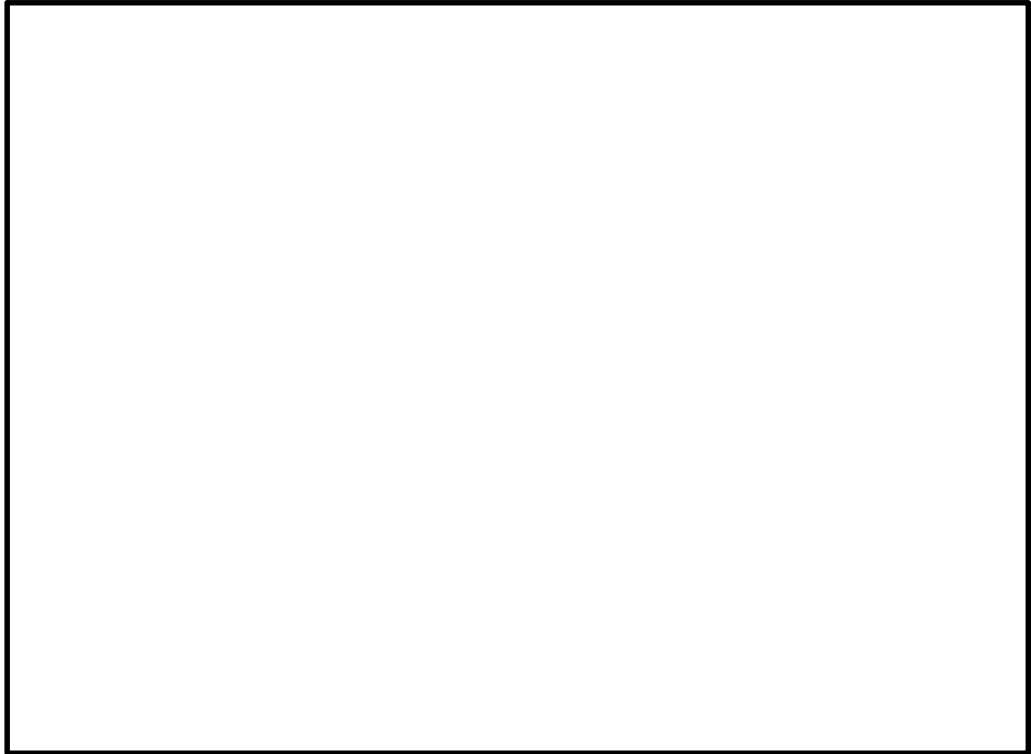


第2-1図 (2) 立坑の平面配置図 (拡大図)

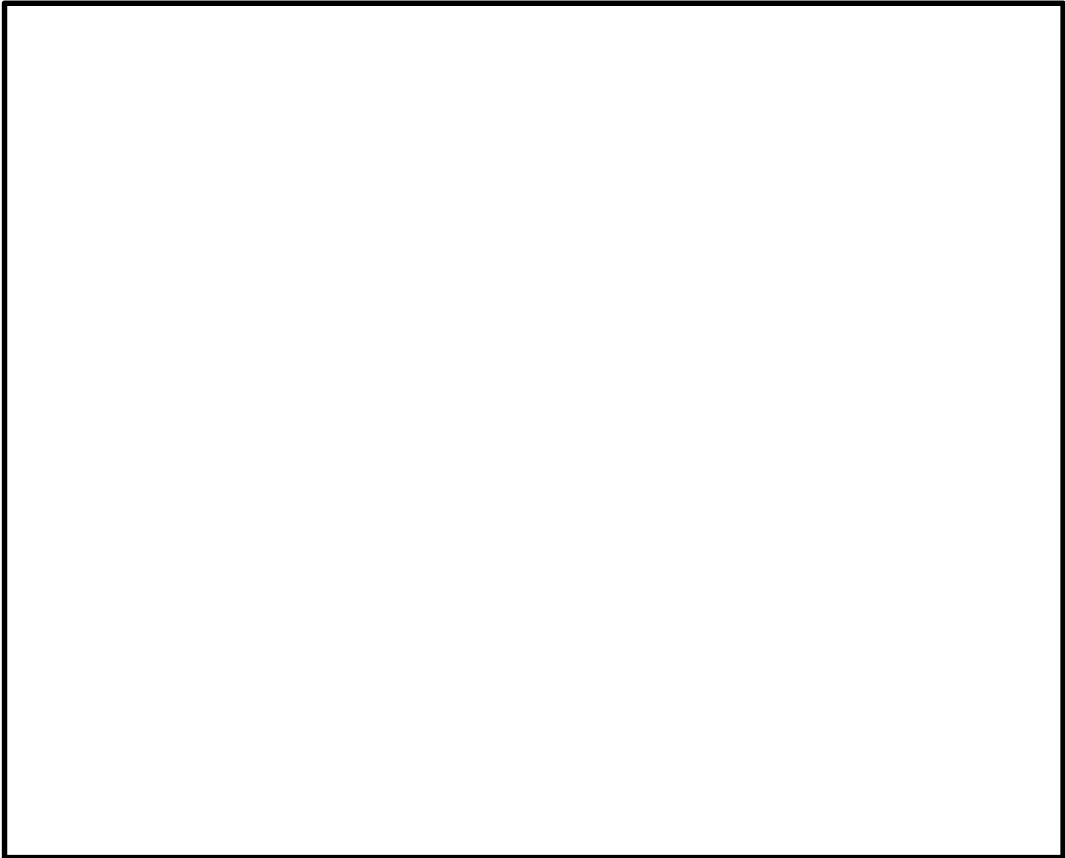
2.2 構造概要

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

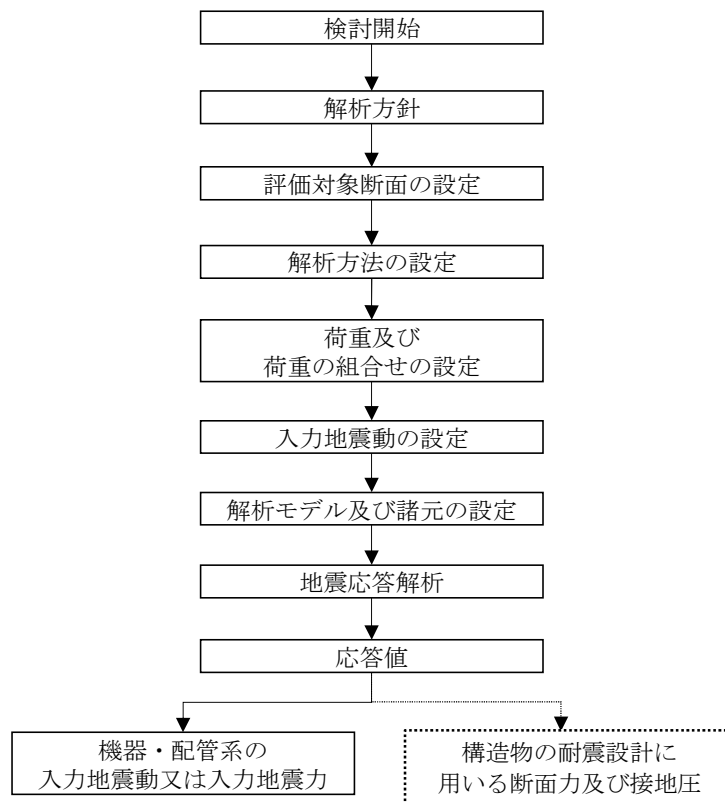
立坑は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 S_s に対して解析を実施する。

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

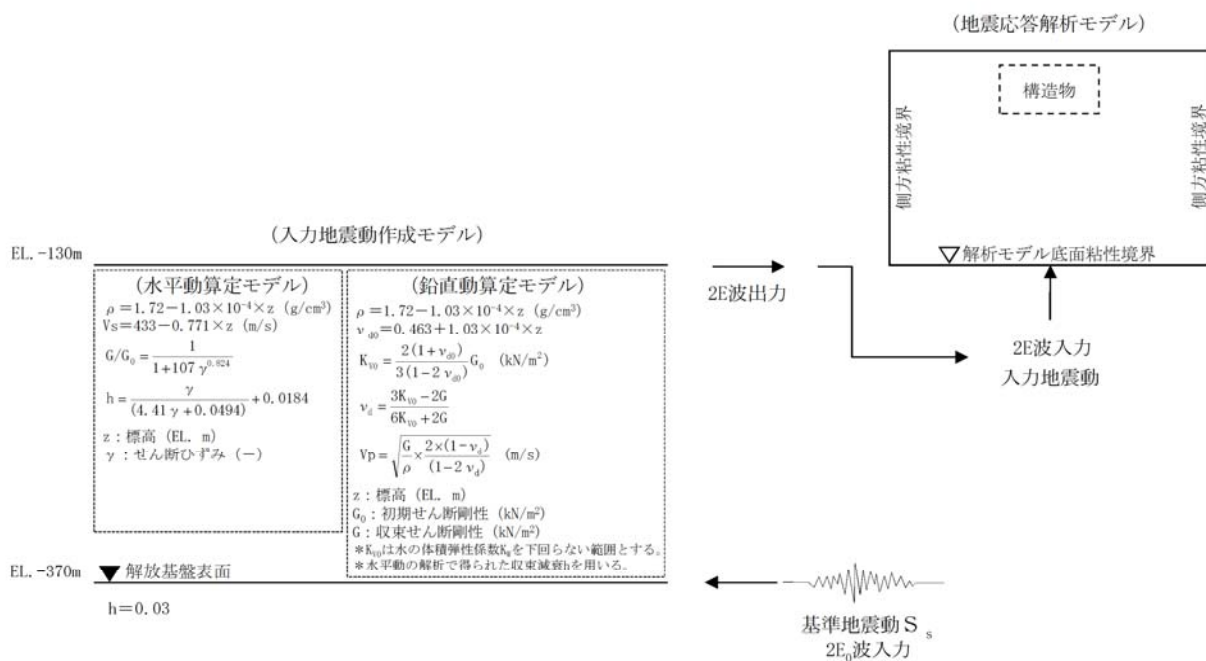
P_s : 積雪荷重

3.4 入力地震動

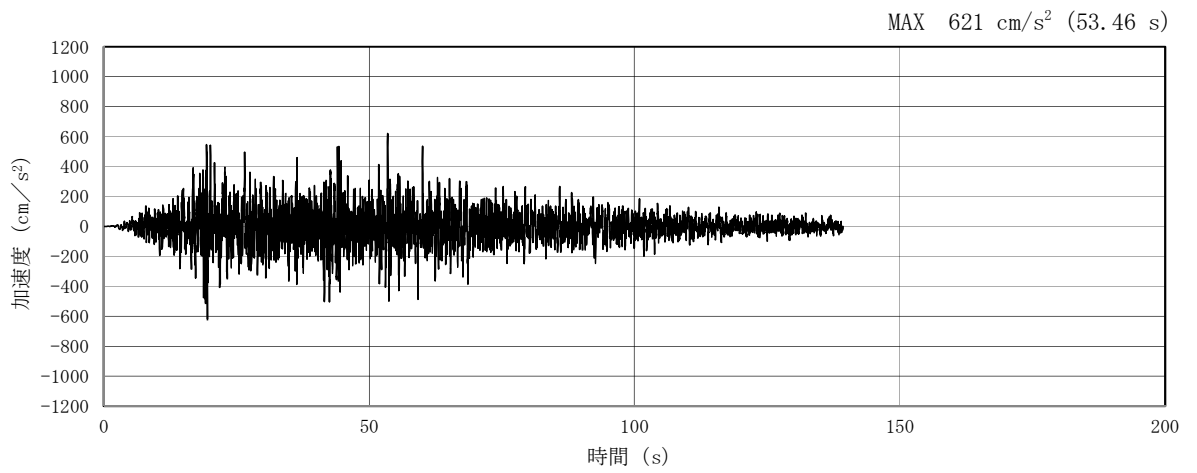
入力地震動は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

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。

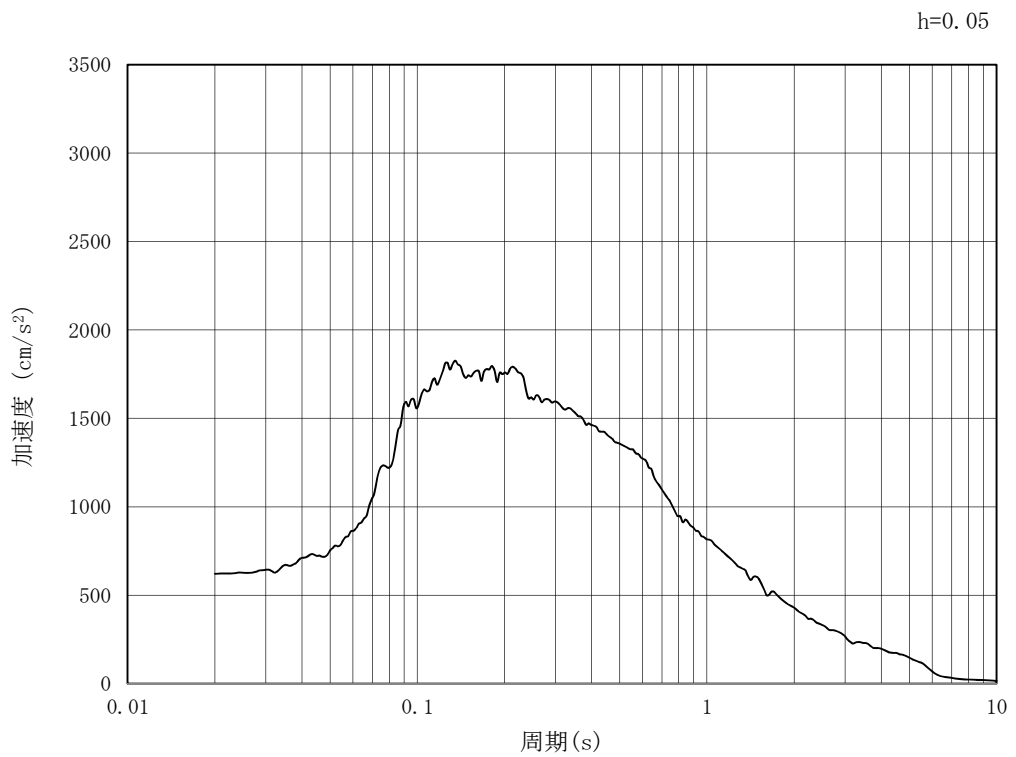
入力地震動の算定には、解析コード「microSHAKE/3D Ver. 2.2.3.311」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



第3-1図 入力地震動算定の概念図

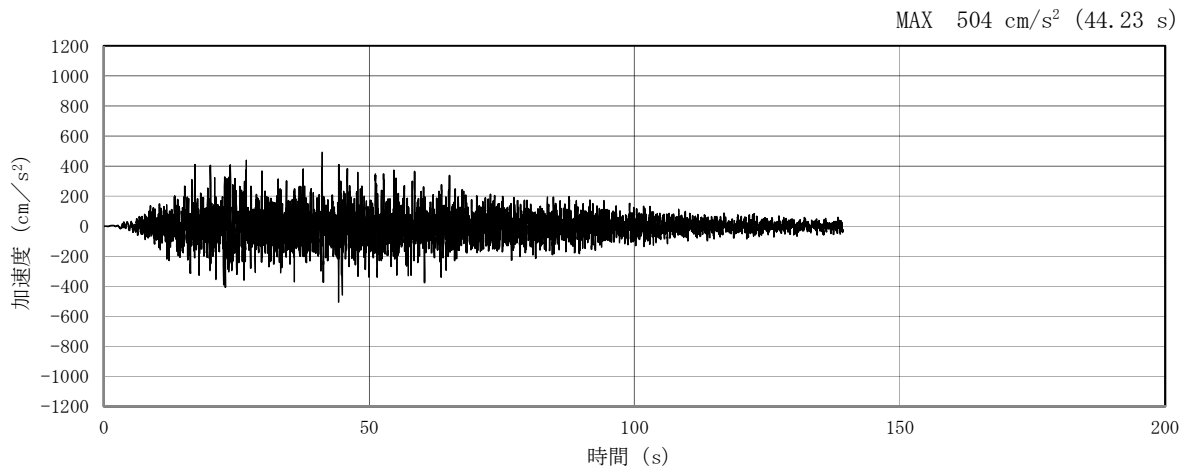


(a) 加速度時刻歴波形

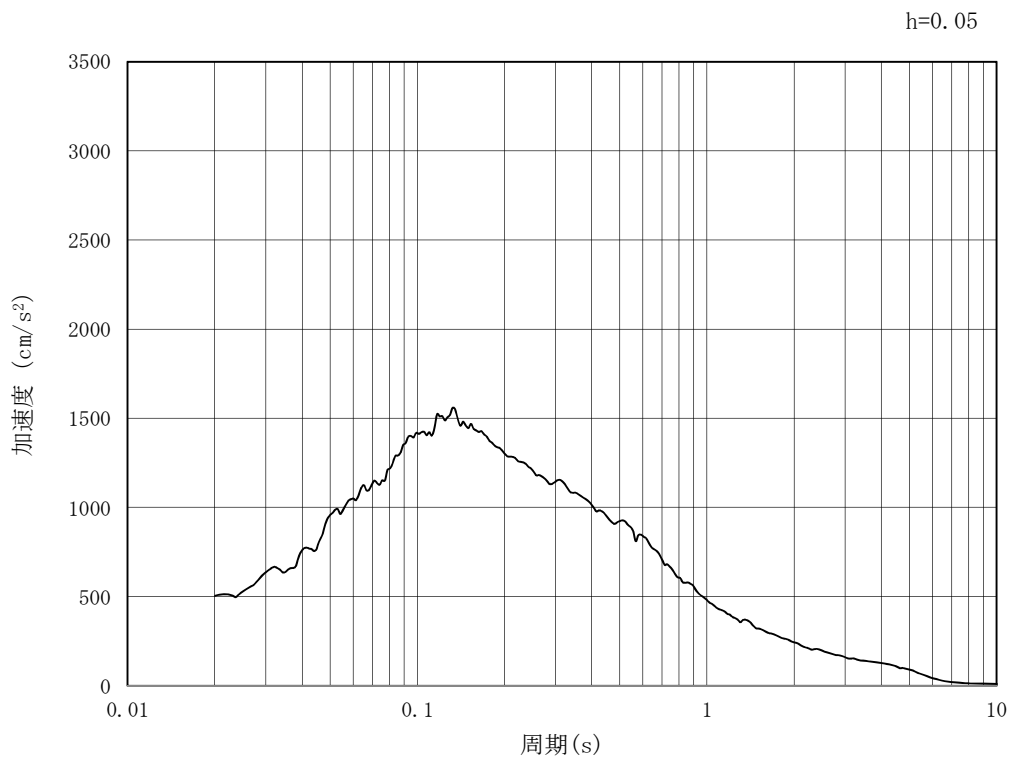


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - D 1$)

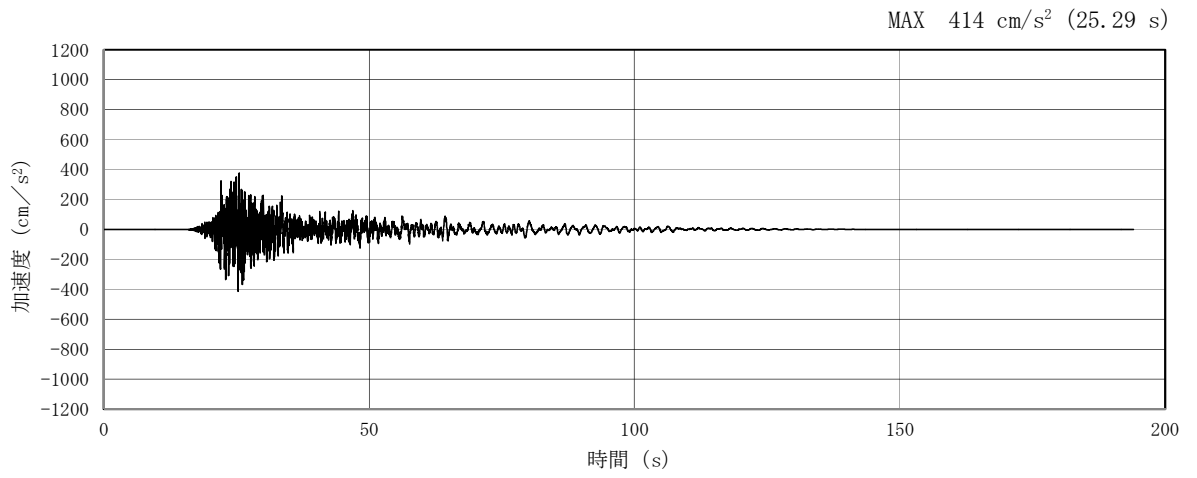


(a) 加速度時刻歴波形

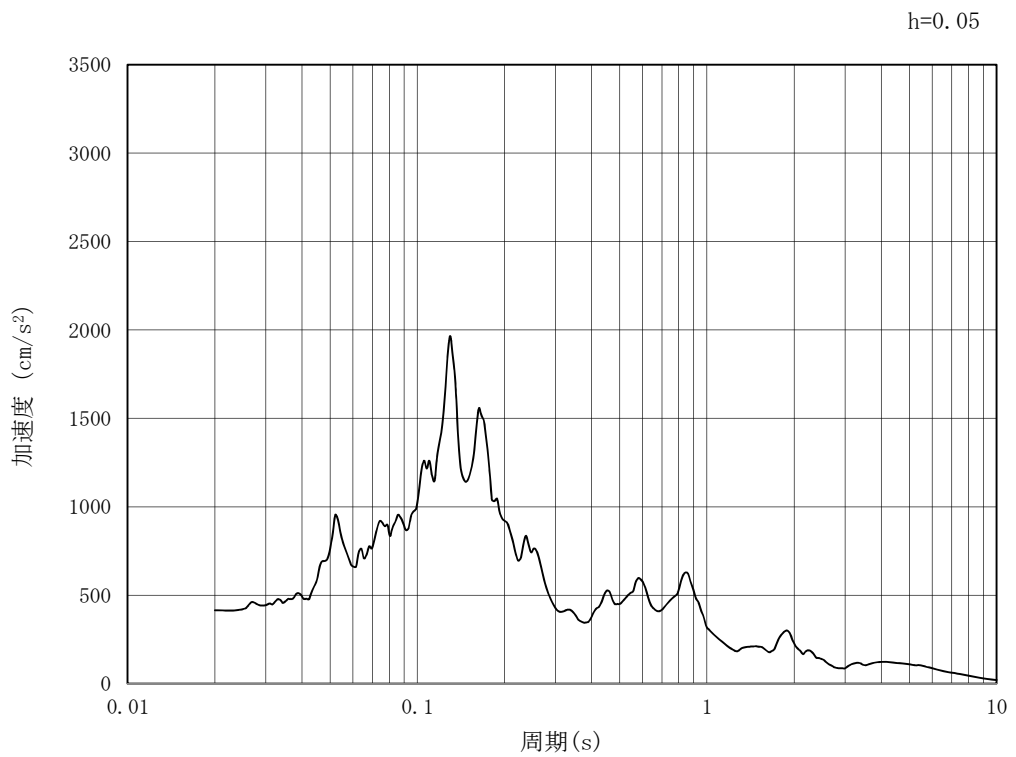


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - D 1$)

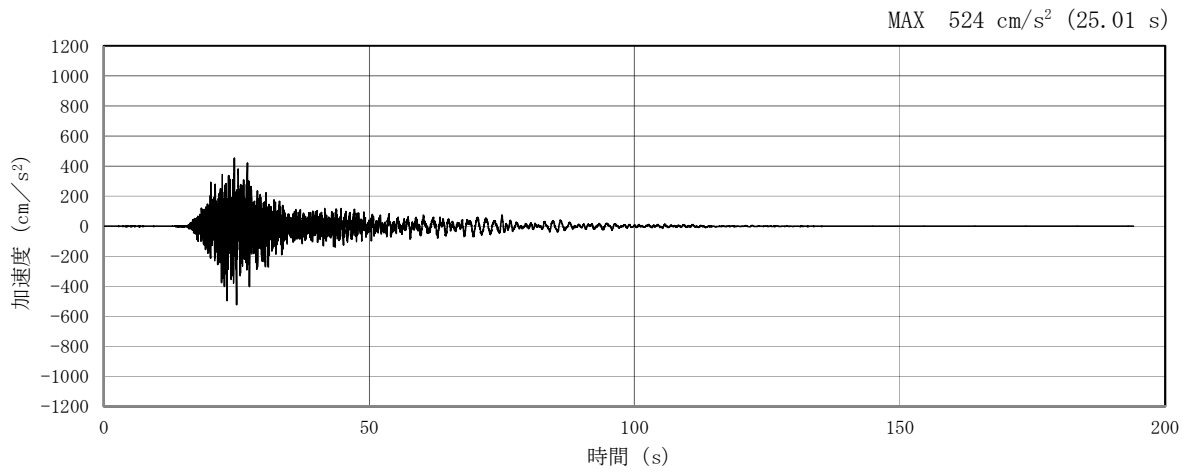


(a) 加速度時刻歴波形

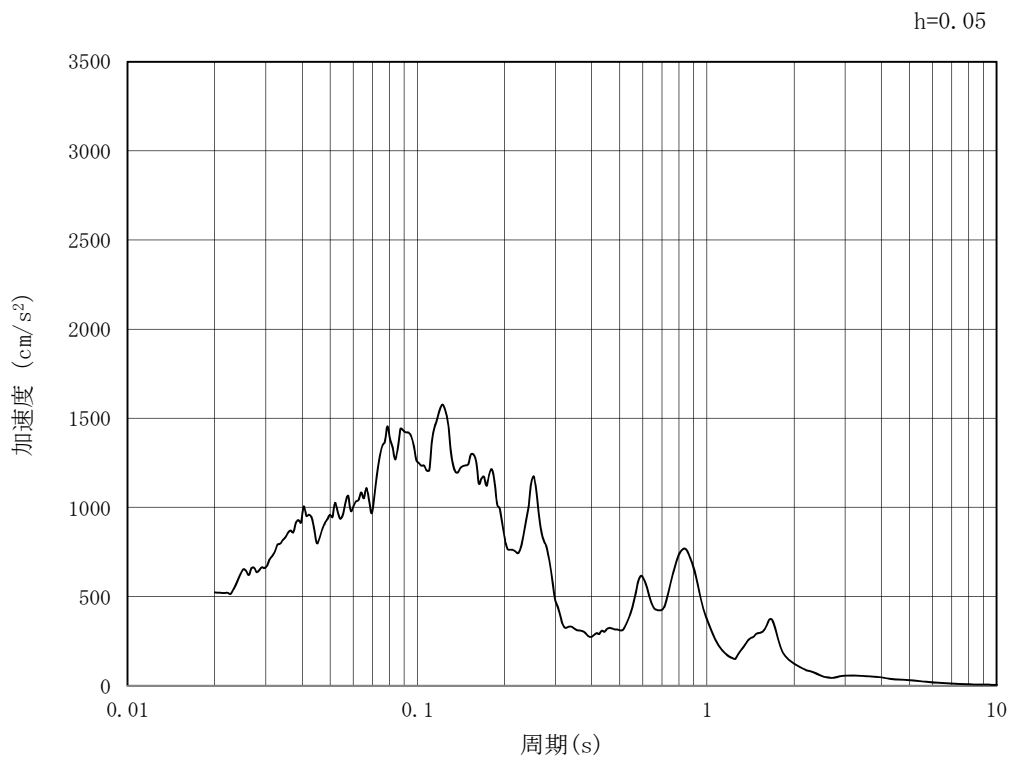


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1 1$)

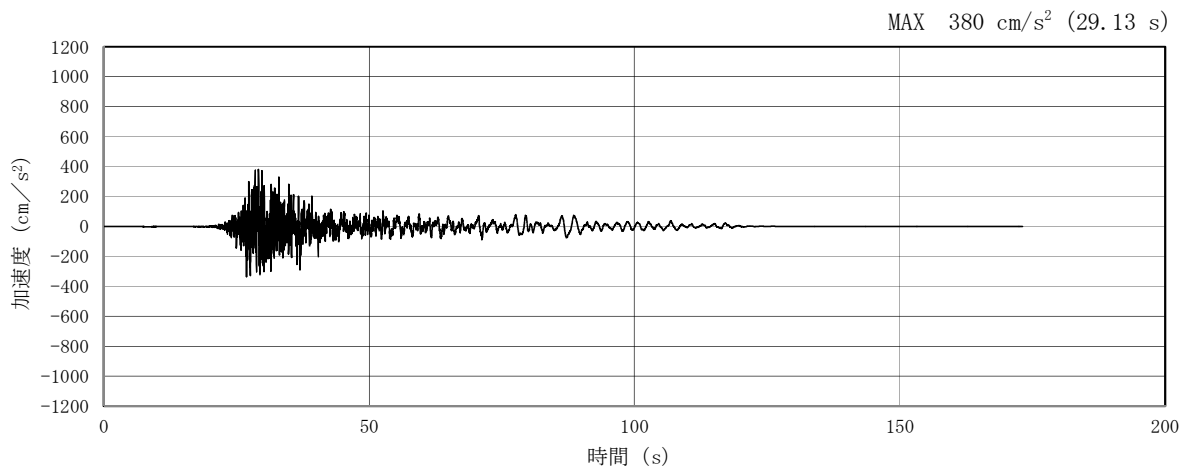


(a) 加速度時刻歴波形

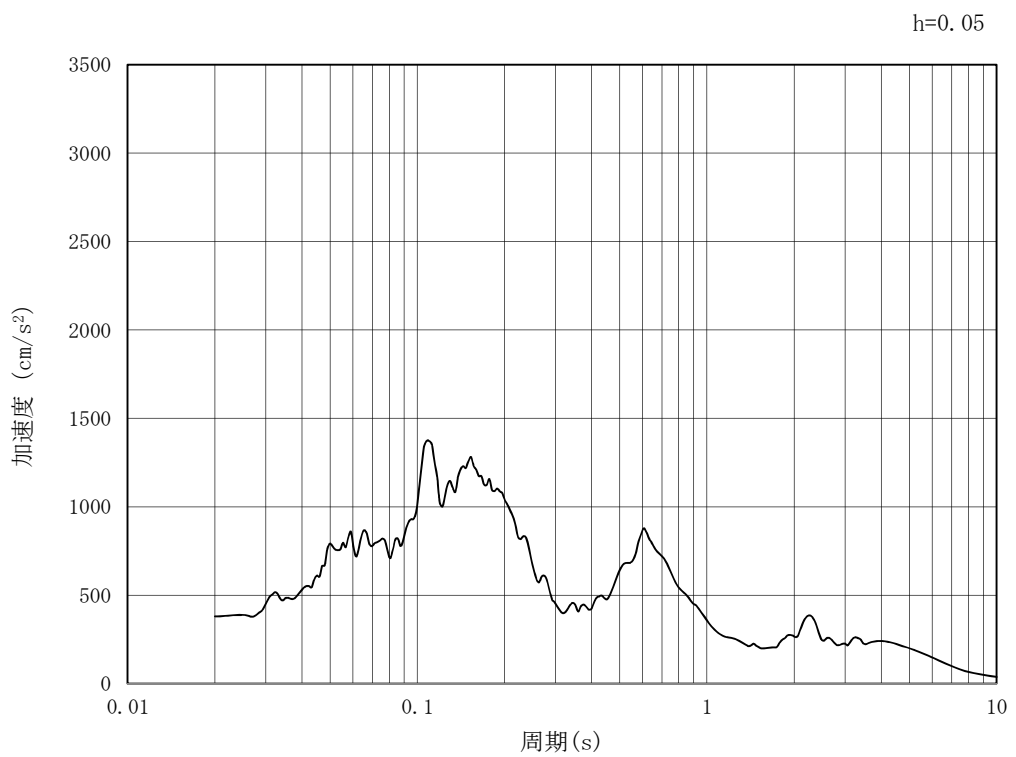


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1 1$)

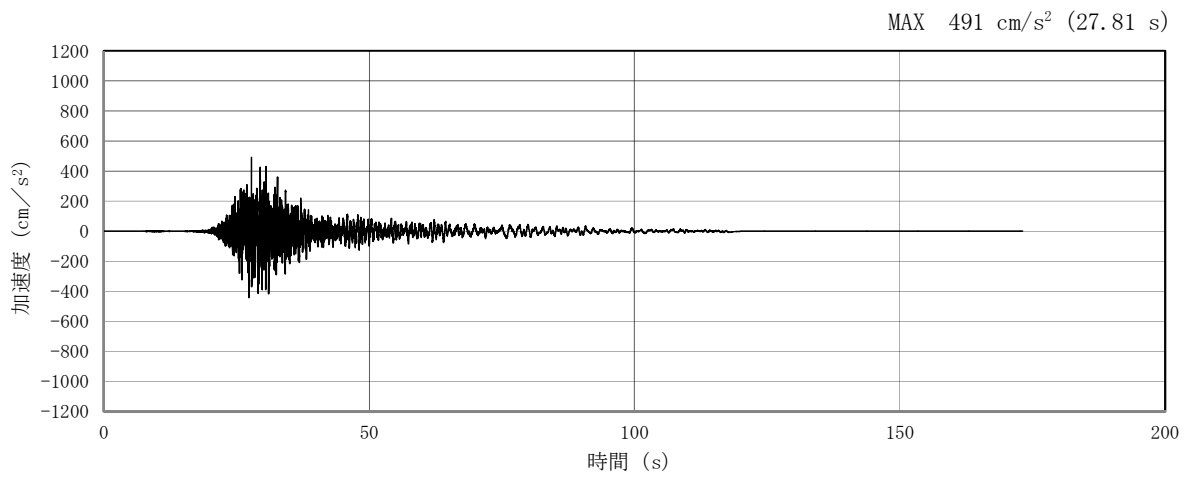


(a) 加速度時刻歴波形

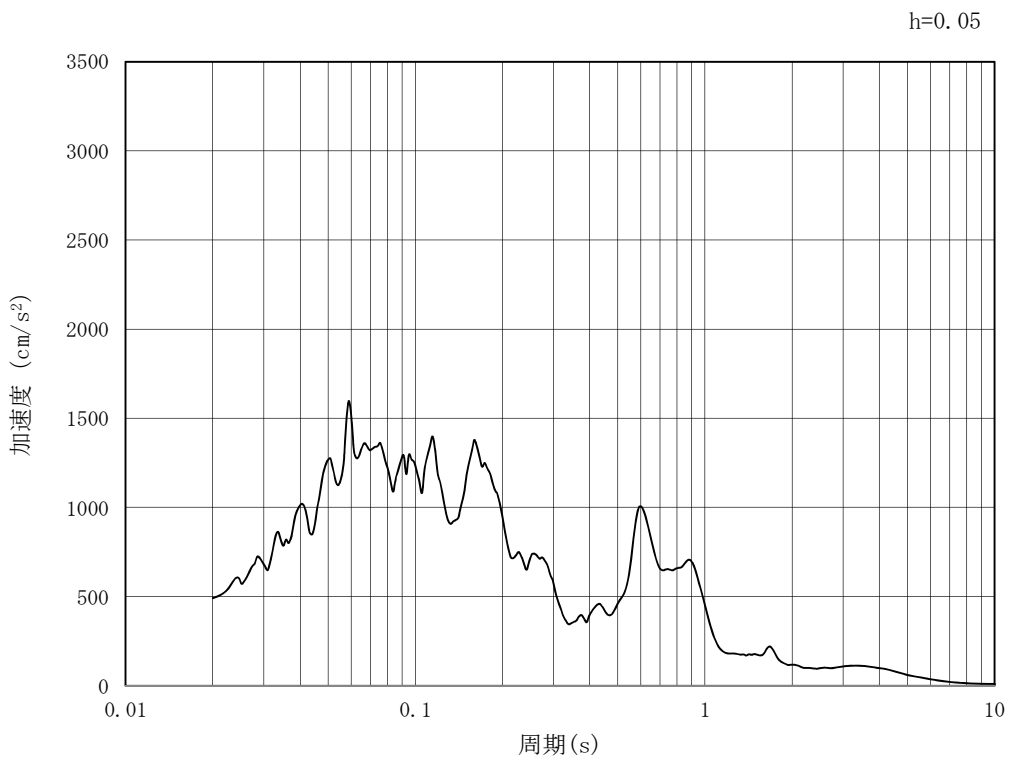


(b) 加速度応答スペクトル

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)

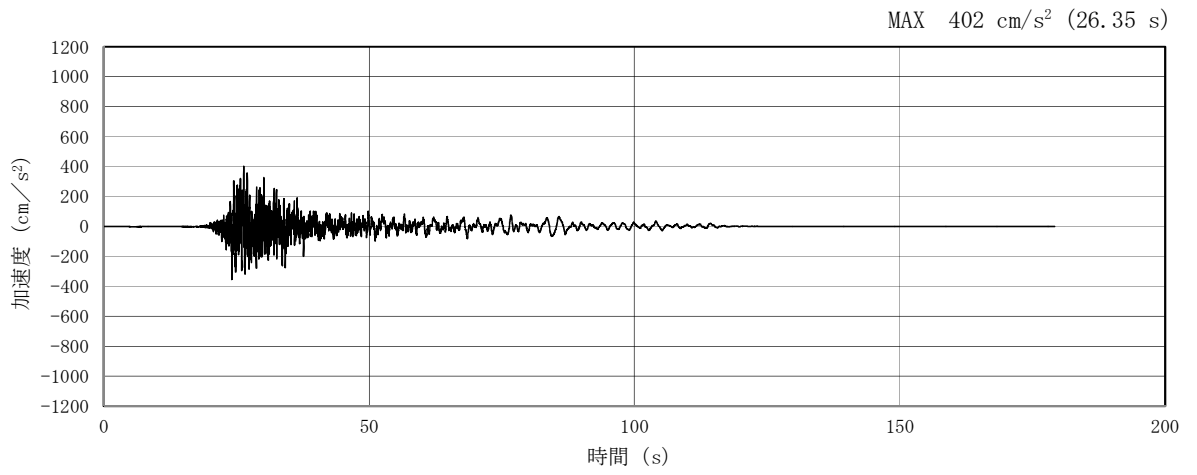


(a) 加速度時刻歴波形

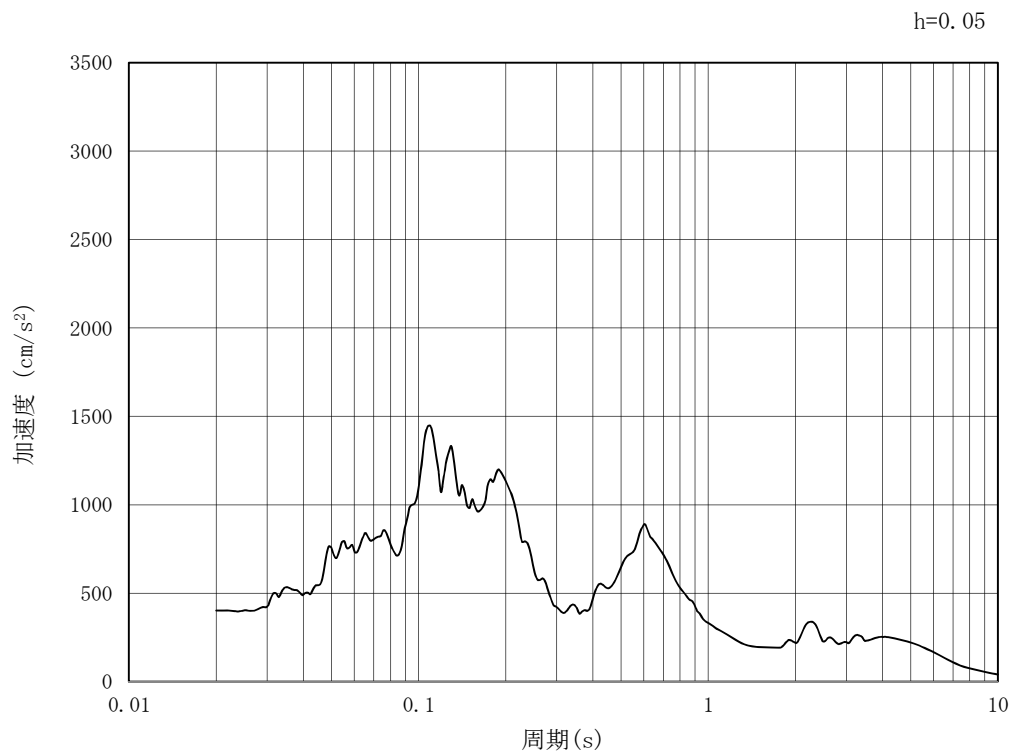


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1 2$)

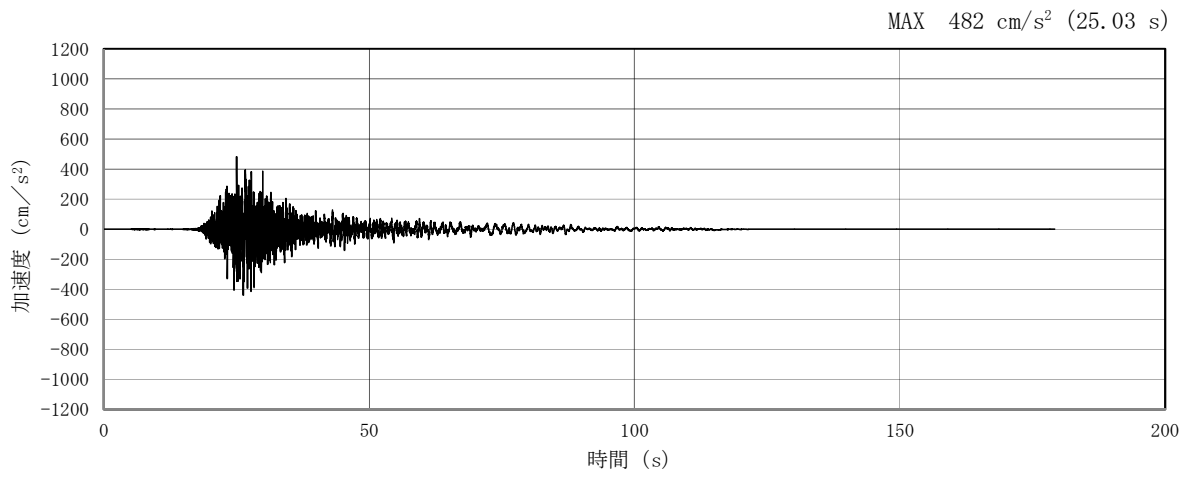


(a) 加速度時刻歴波形

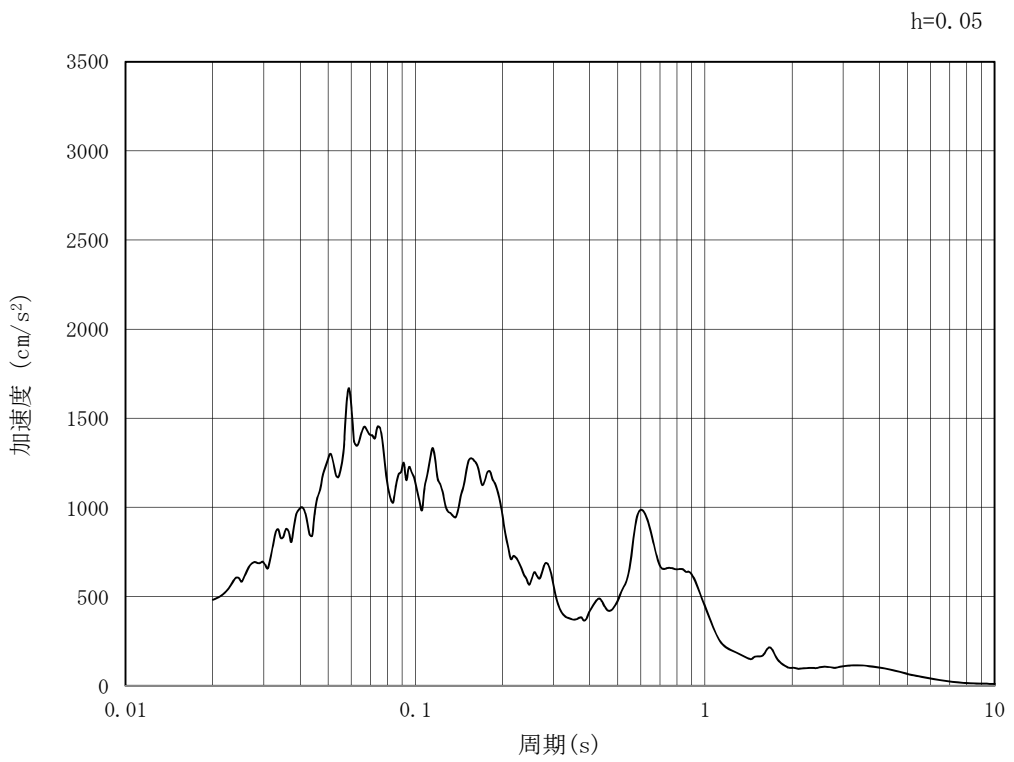


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 13$)

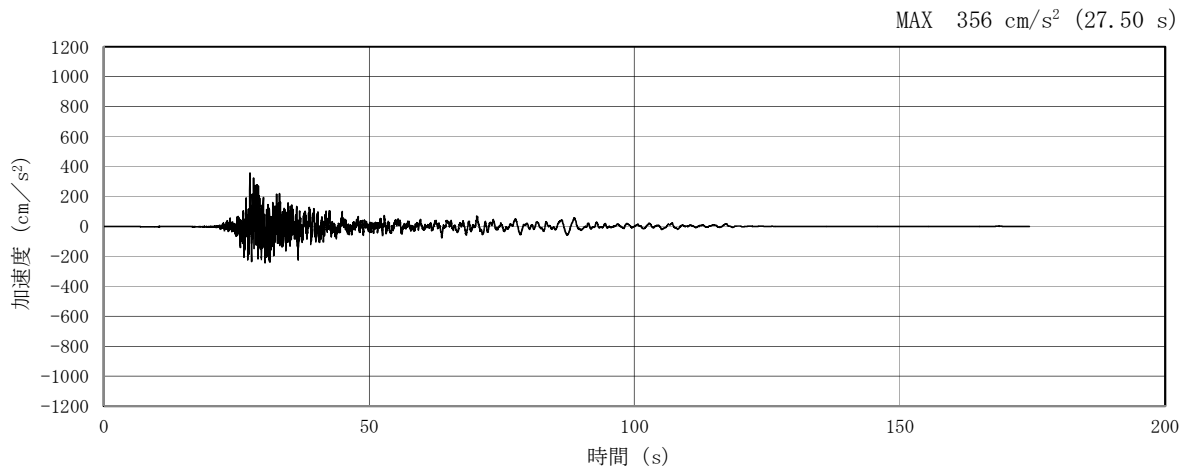


(a) 加速度時刻歴波形

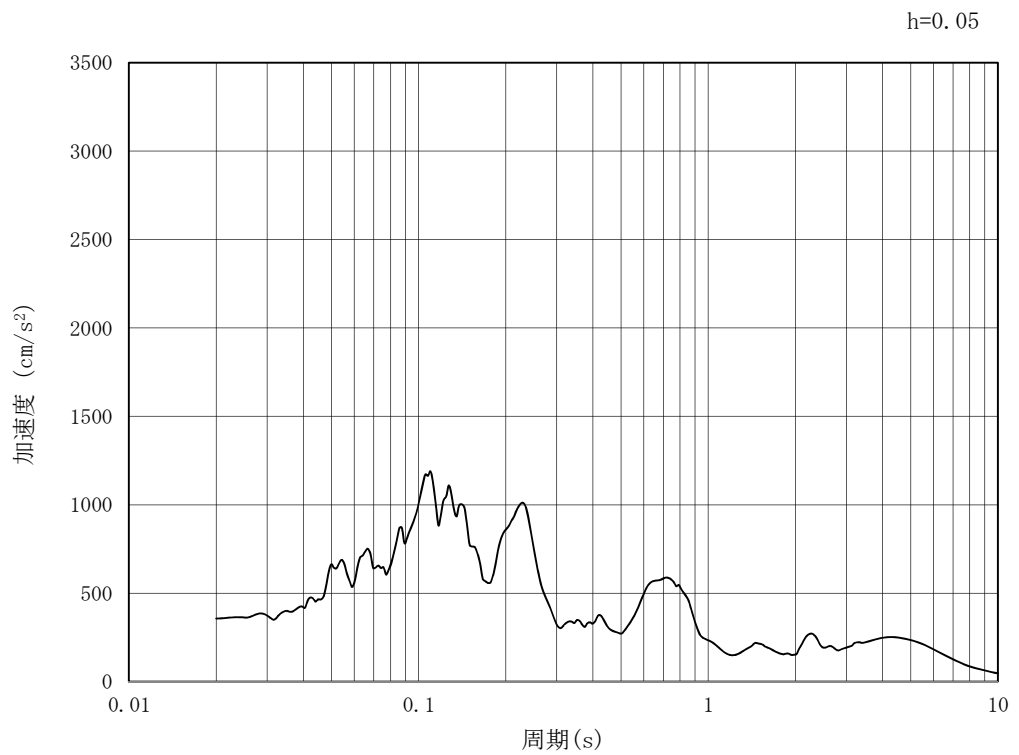


(b) 加速度応答スペクトル

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)

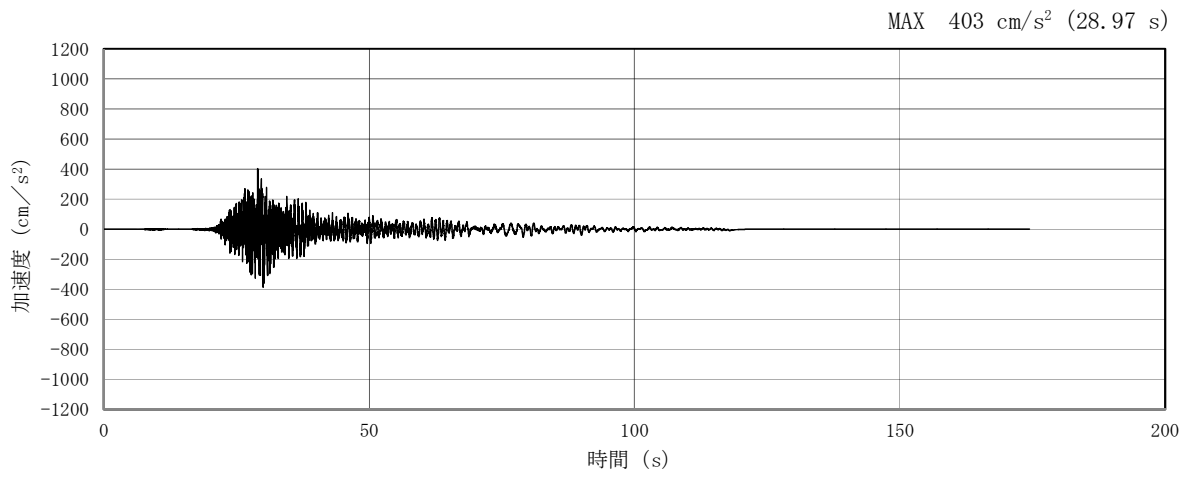


(a) 加速度時刻歴波形

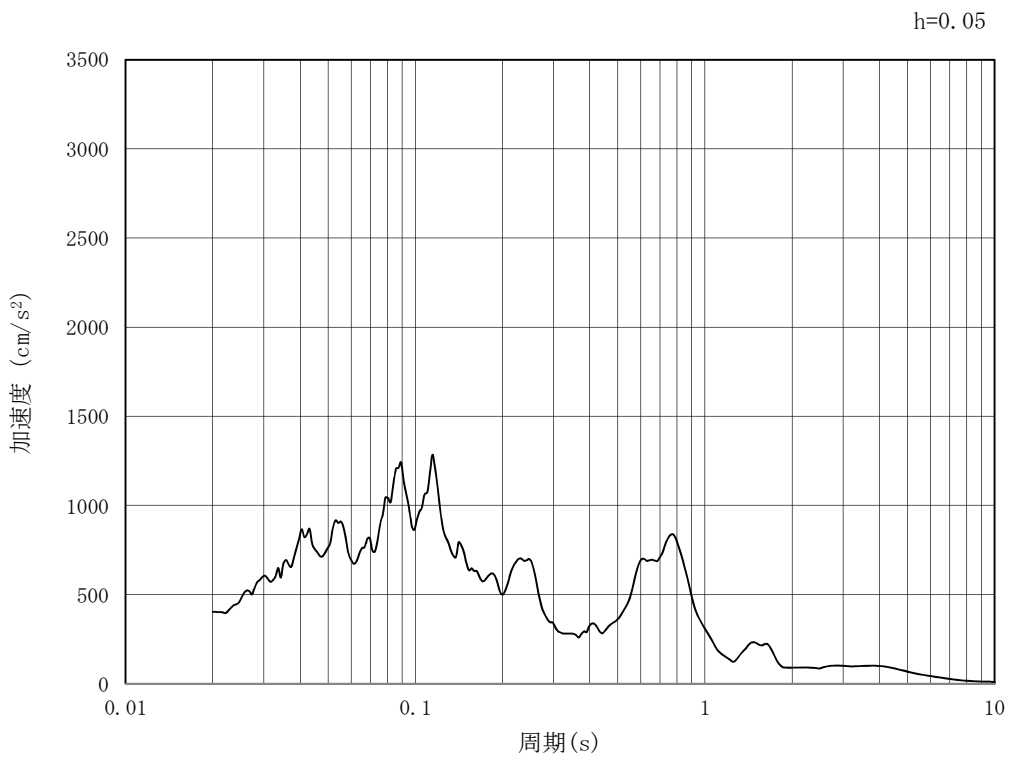


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.4$)

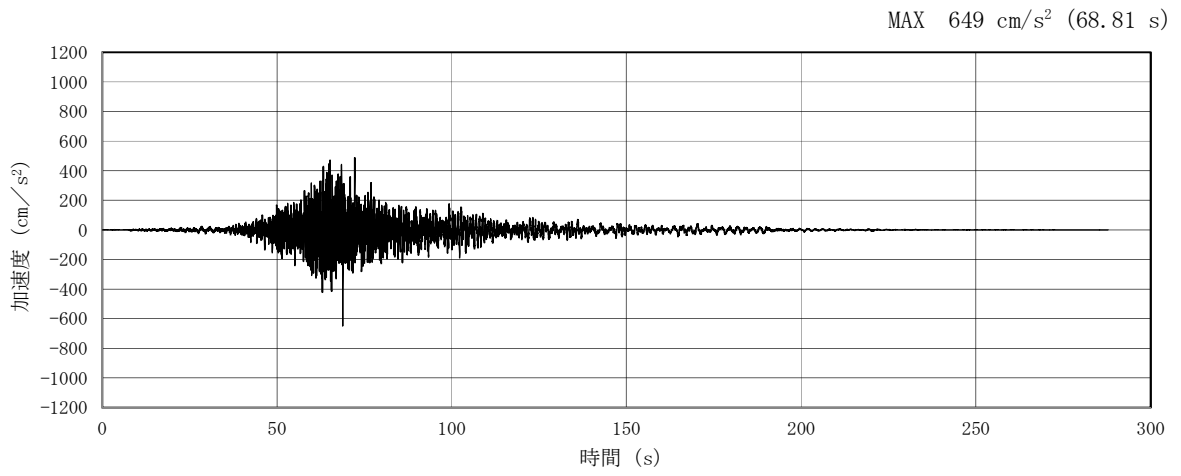


(a) 加速度時刻歴波形

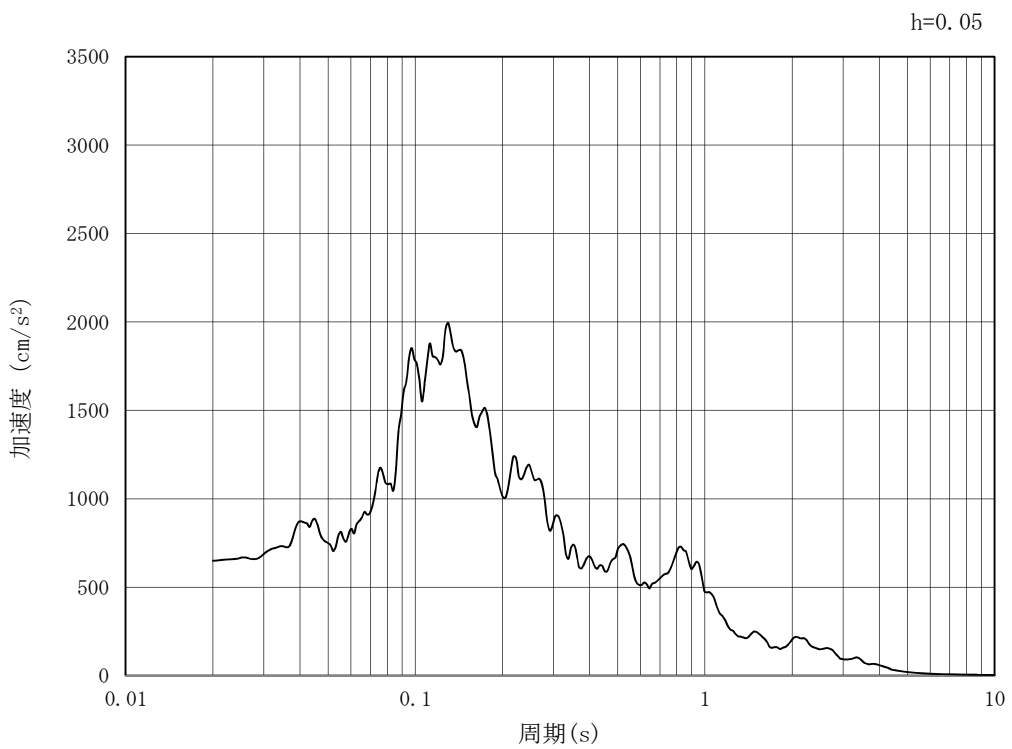


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.4$)

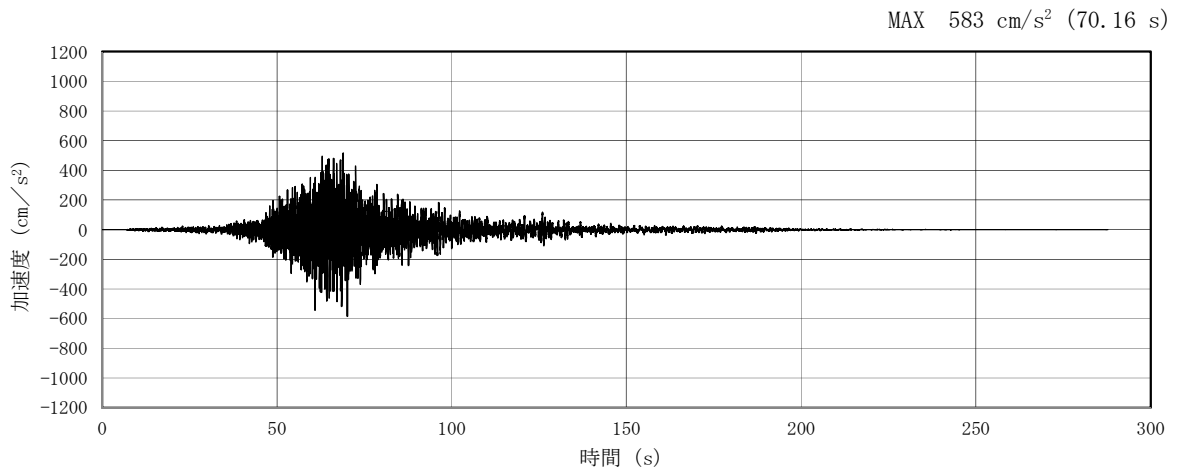


(a) 加速度時刻歴波形

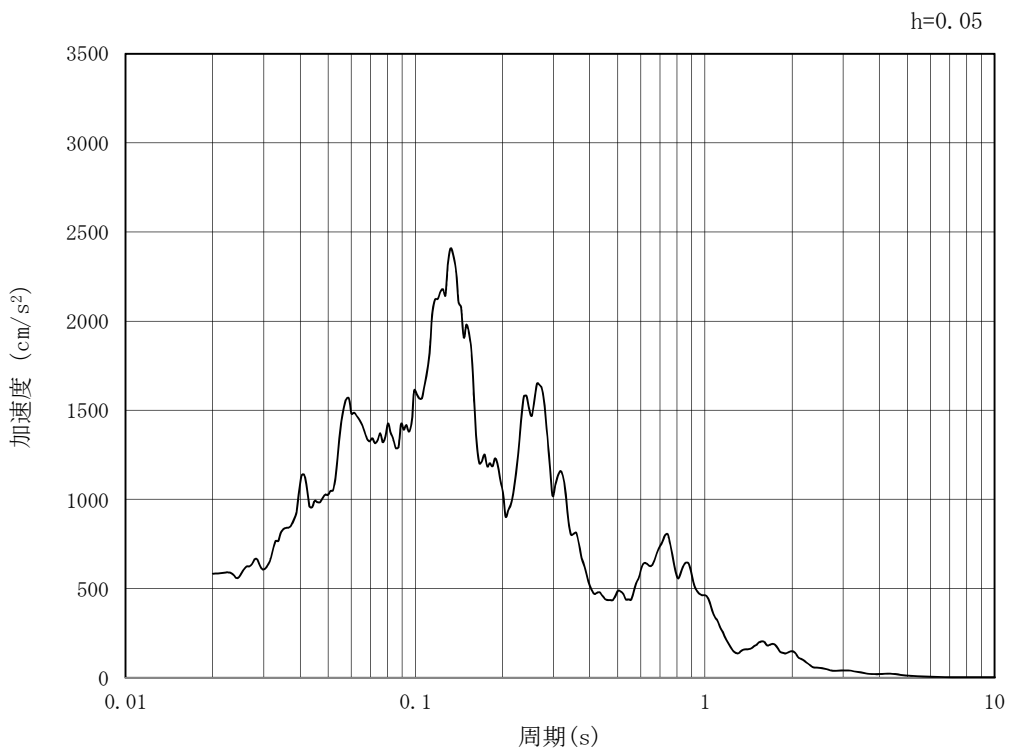


(b) 加速度応答スペクトル

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-2 1)

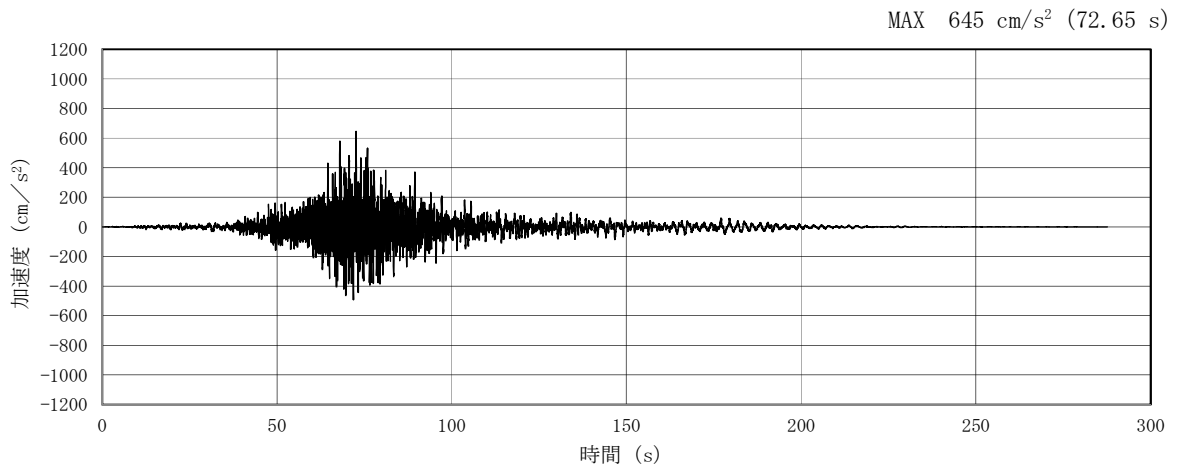


(a) 加速度時刻歴波形

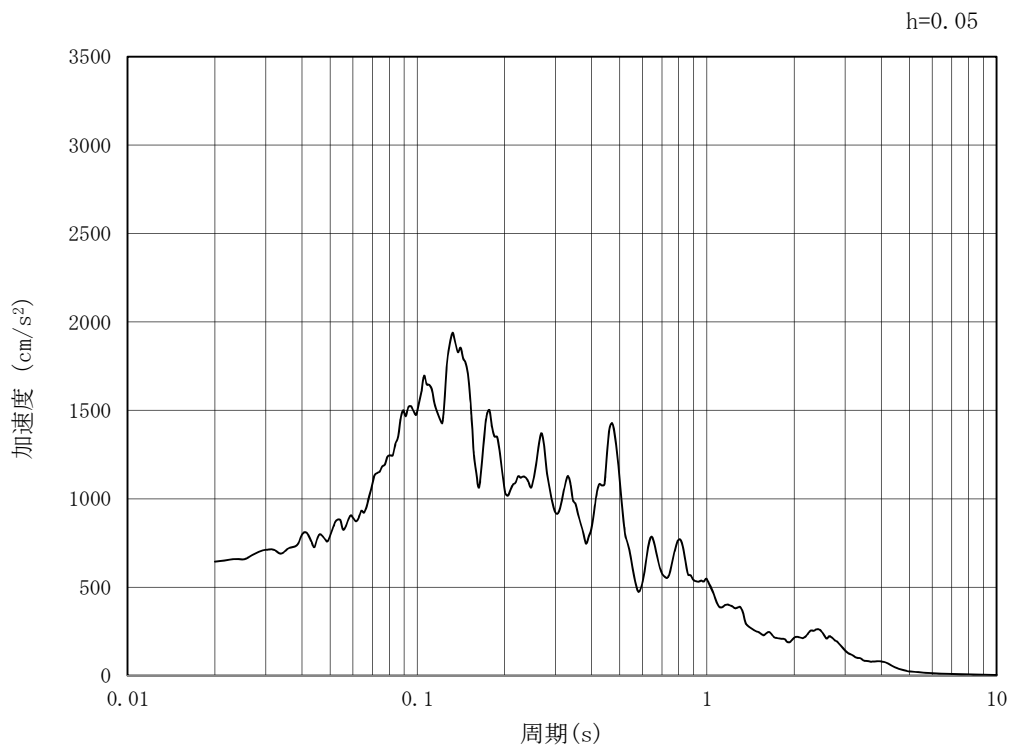


(b) 加速度応答スペクトル

第3-2図 (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： $S_s - 21$)

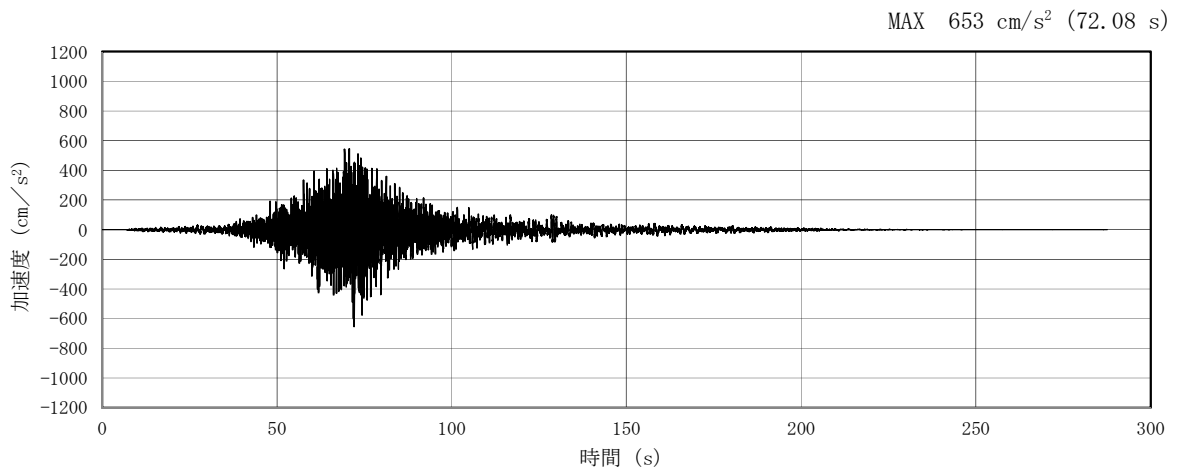


(a) 加速度時刻歴波形

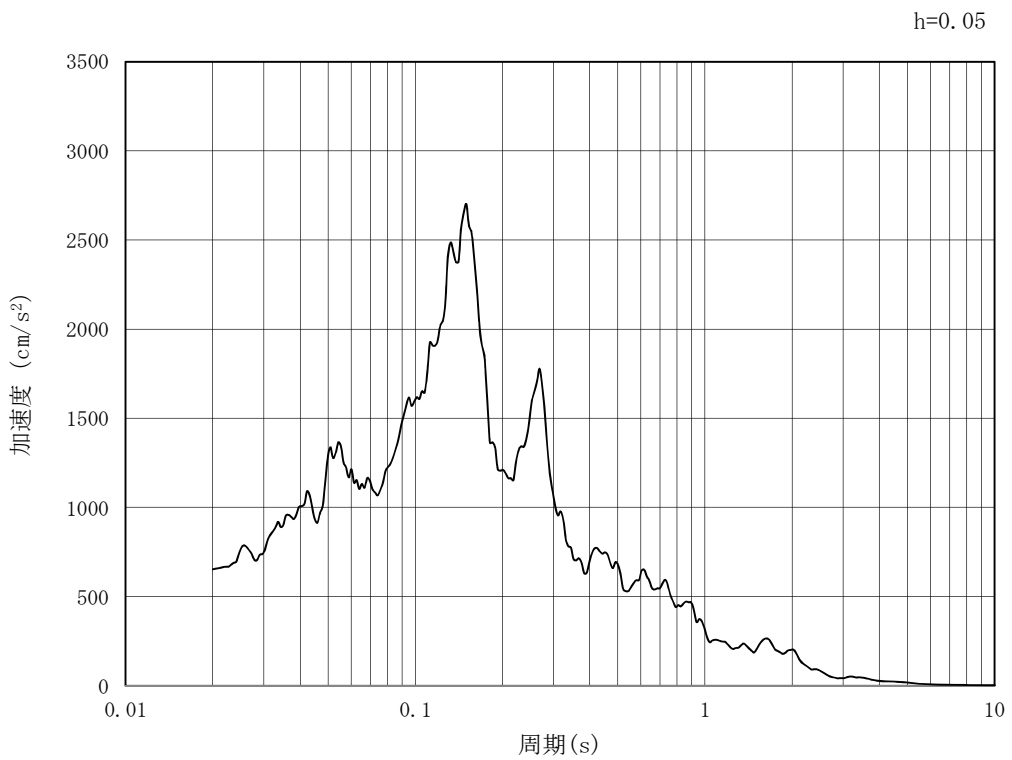


(b) 加速度応答スペクトル

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 - 2 2)

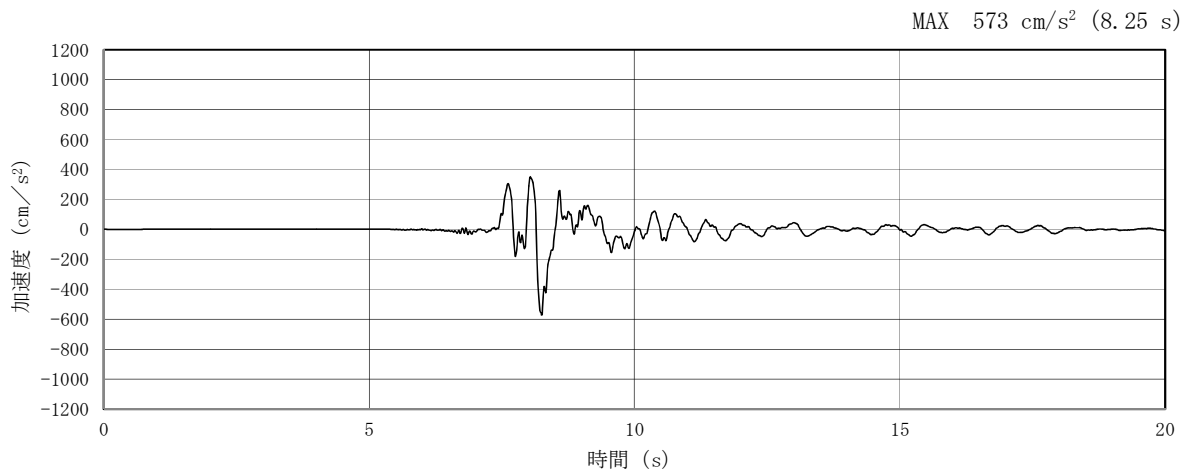


(a) 加速度時刻歴波形

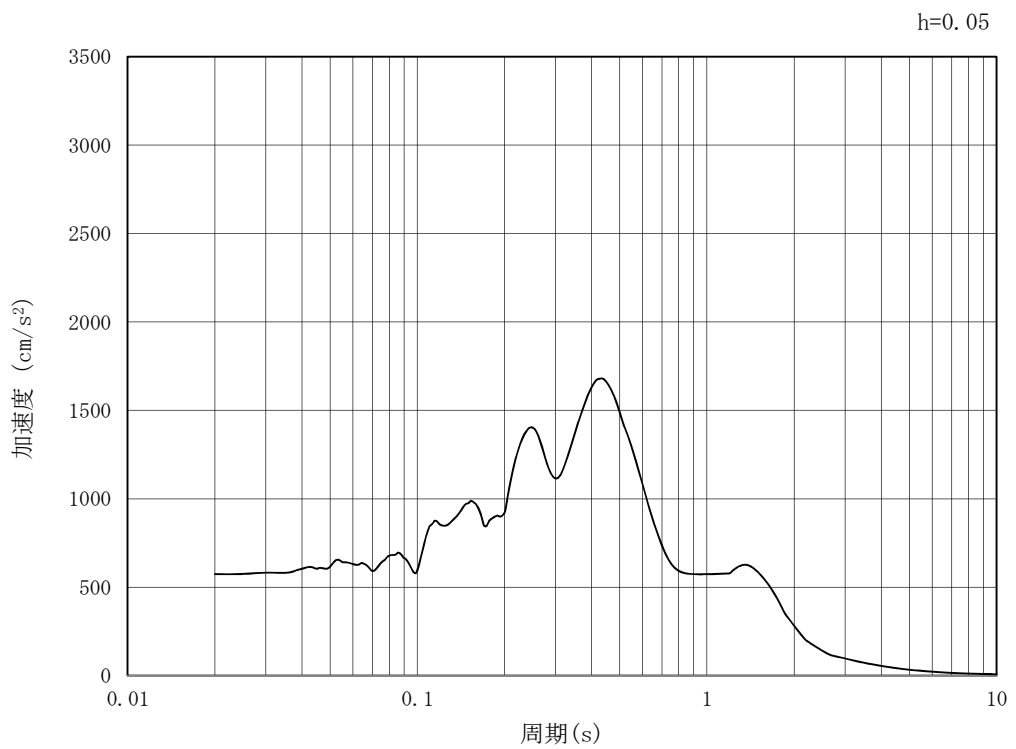


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-2 図 (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 : $S_s - 22$)

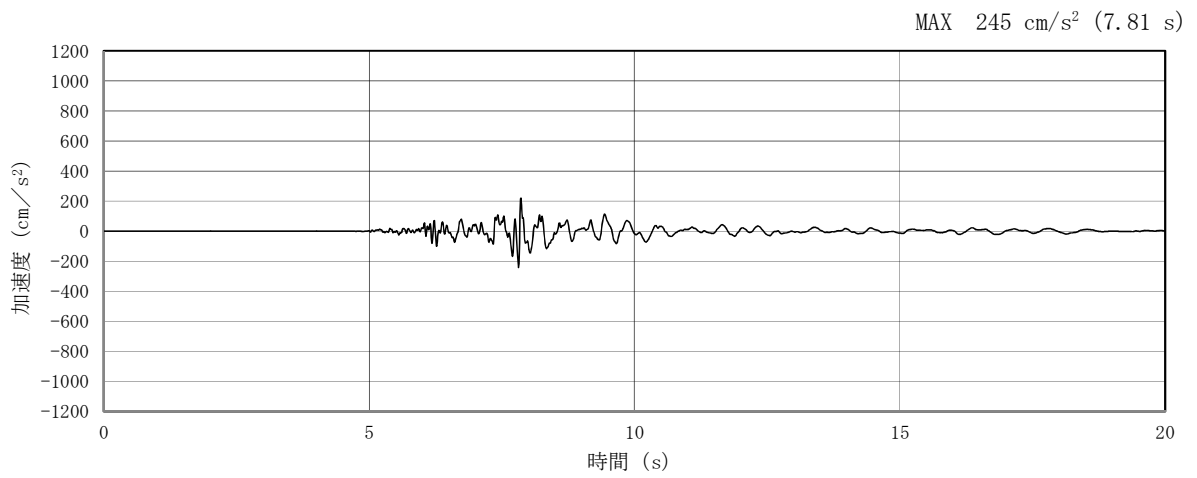


(a) 加速度時刻歴波形

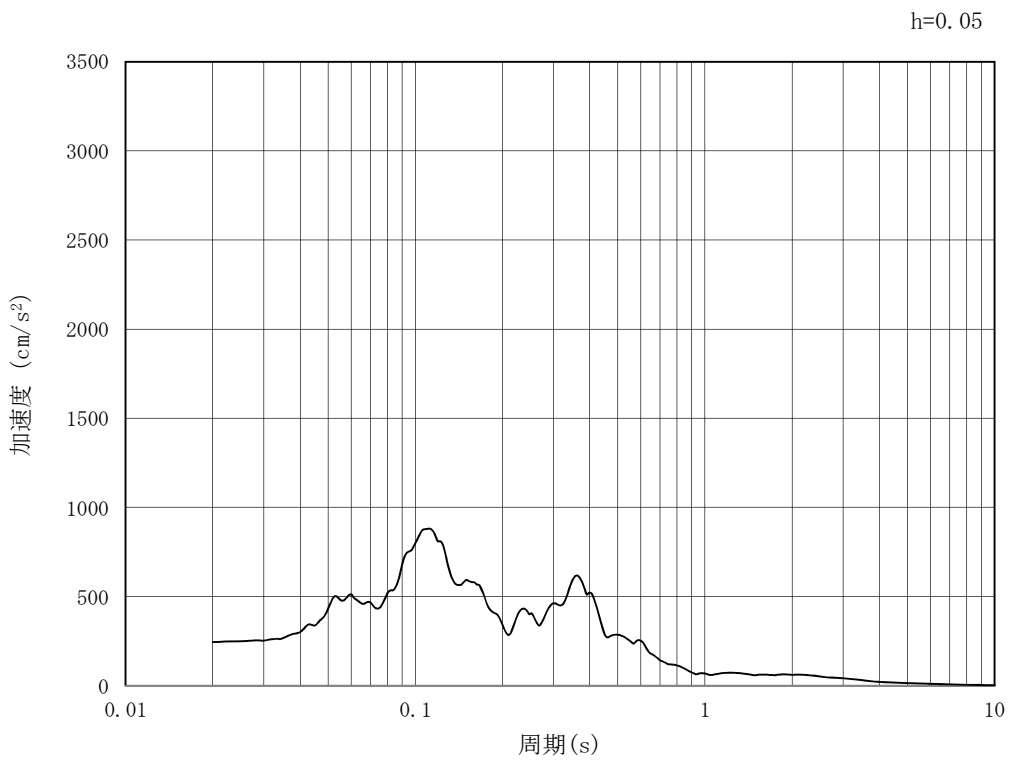


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-2 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 : $S_s - 31$)

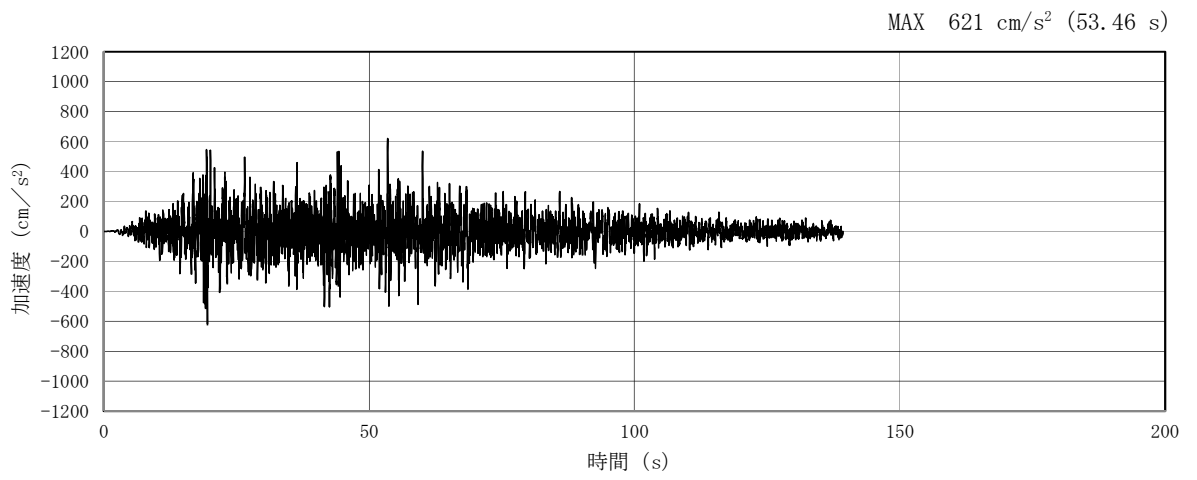


(a) 加速度時刻歴波形

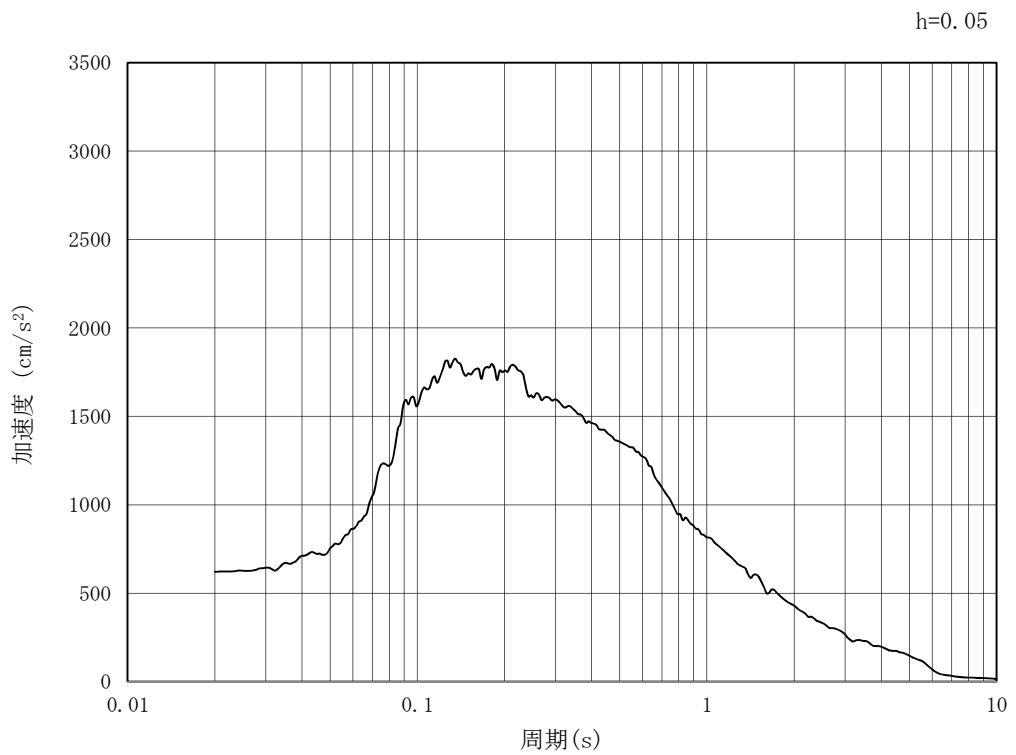


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-2 図 (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 : $S_s - 31$)

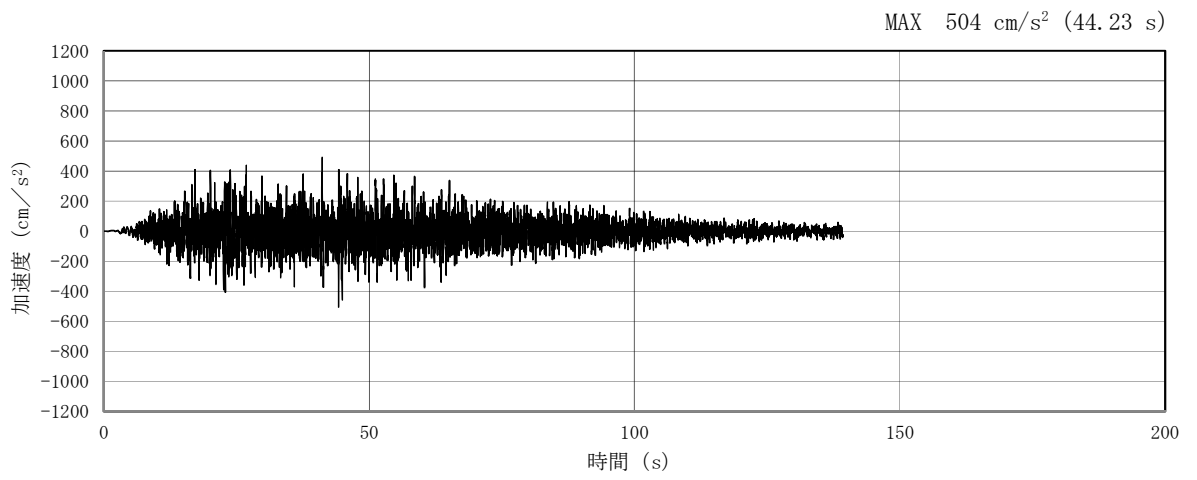


(a) 加速度時刻歴波形

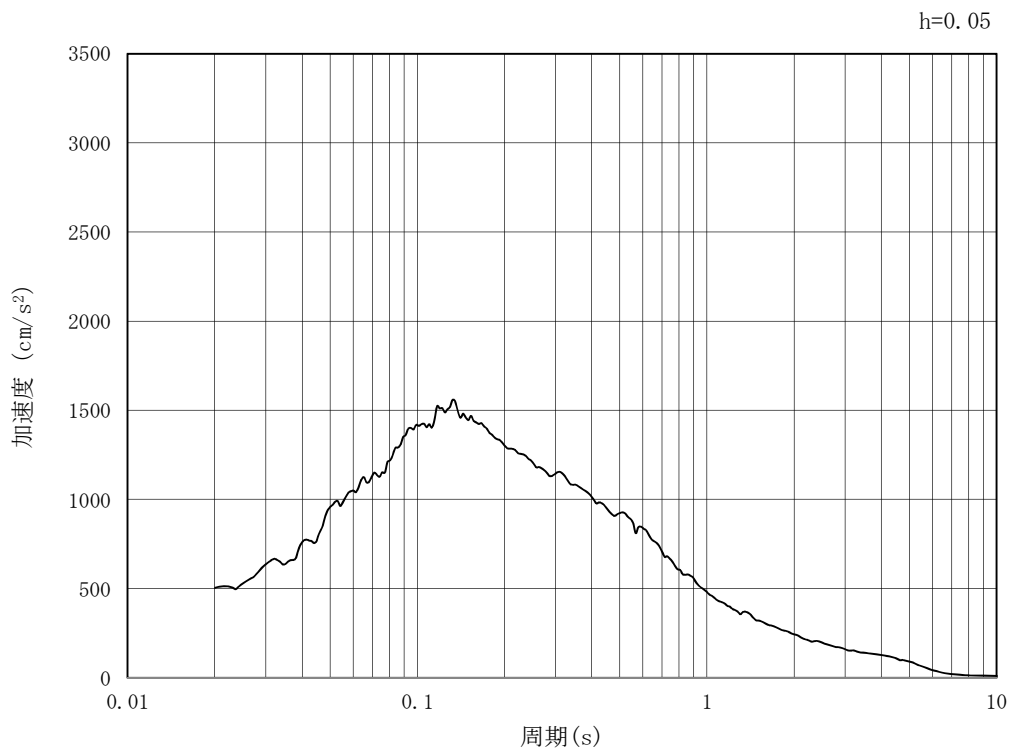


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-2 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 : $S_s - D 1$)

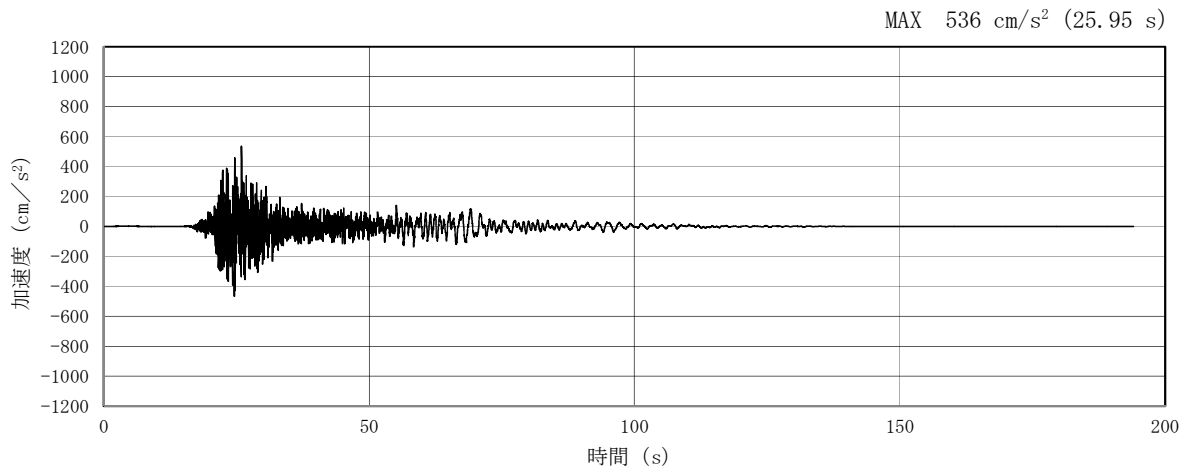


(a) 加速度時刻歴波形

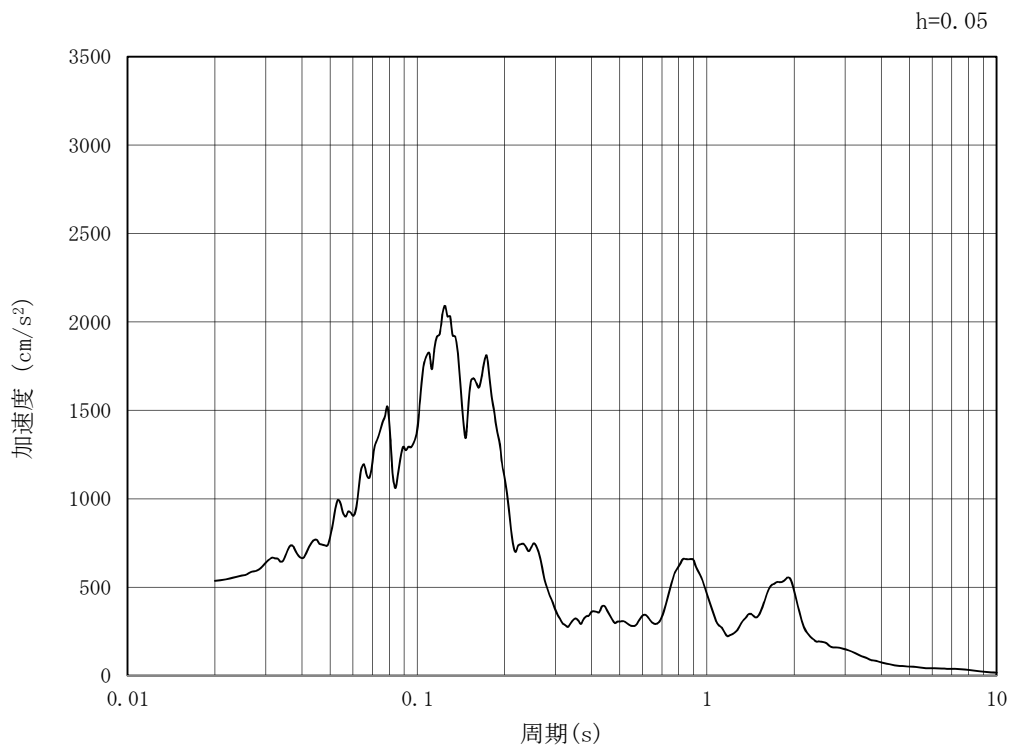


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-2 図 (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-D 1)

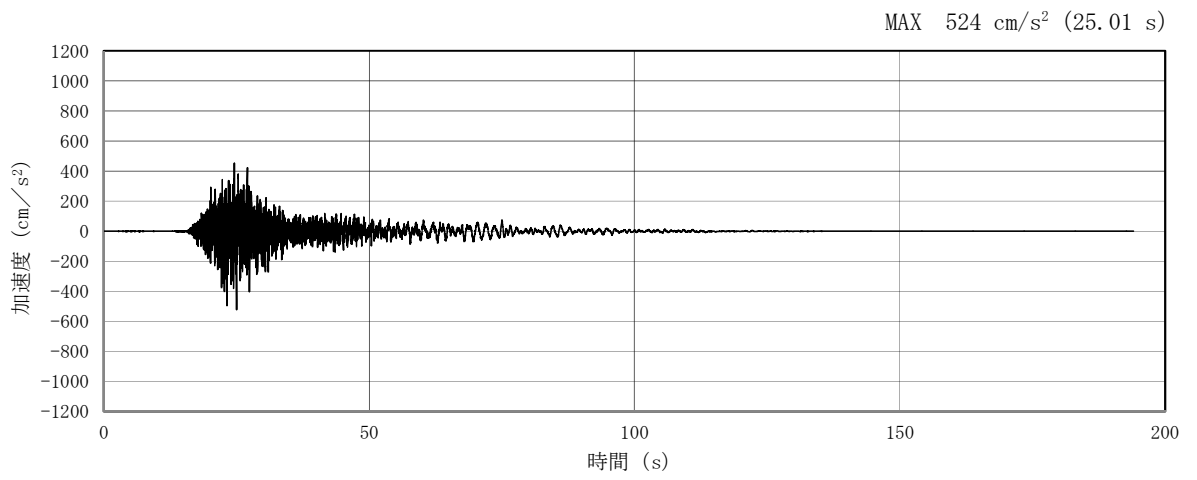


(a) 加速度時刻歴波形

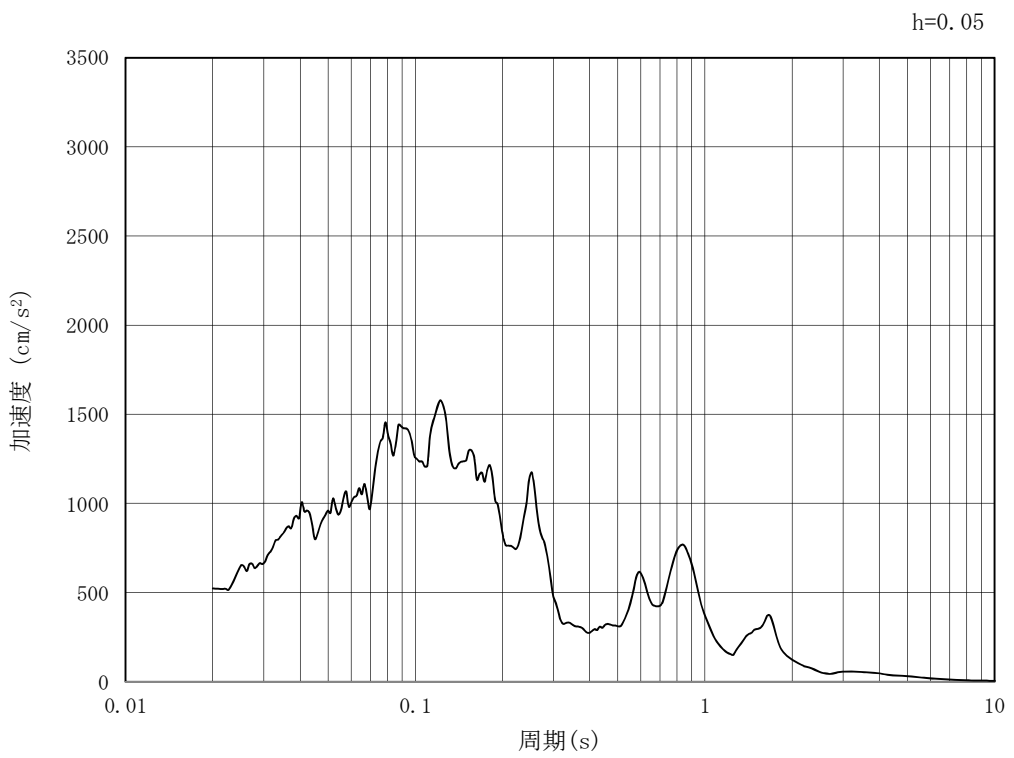


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-2 図 (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 : $S_s - 1.1$)

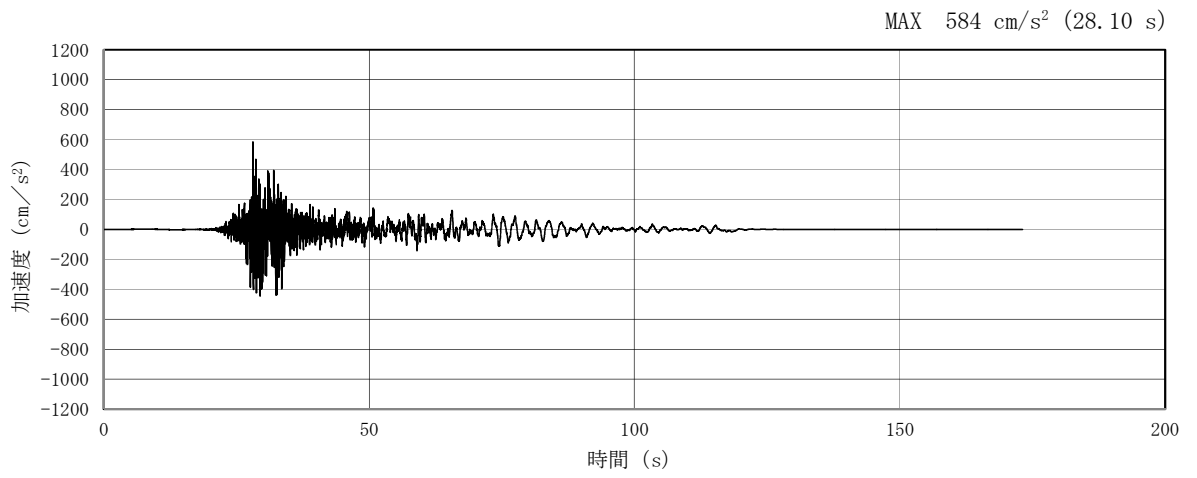


(a) 加速度時刻歴波形

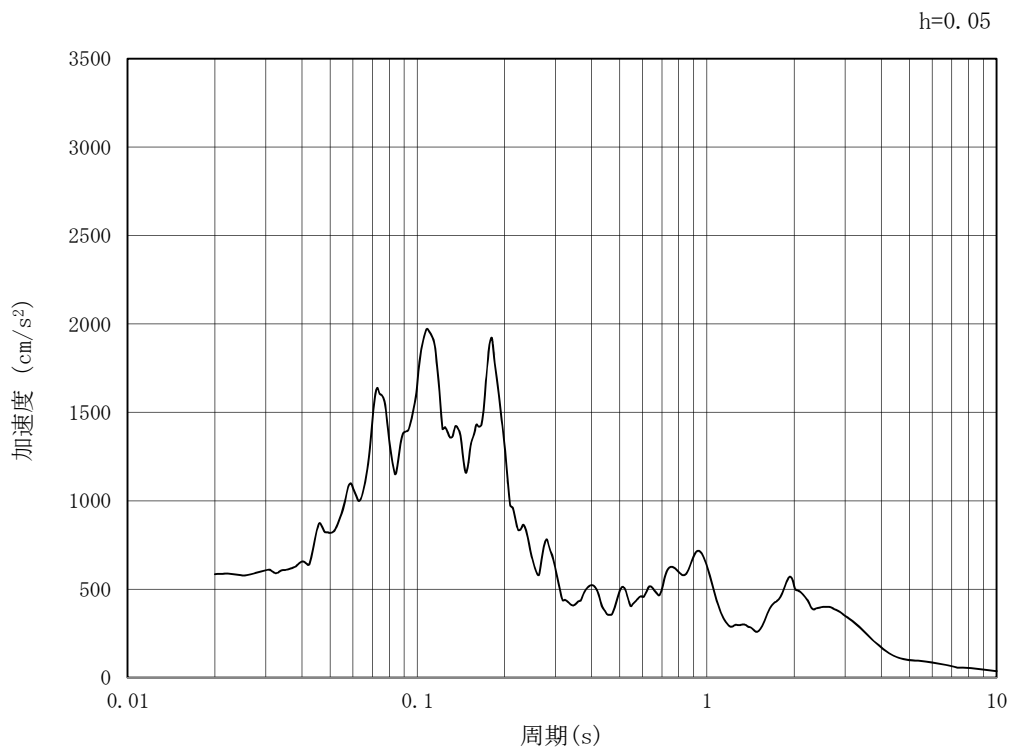


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1 1$)

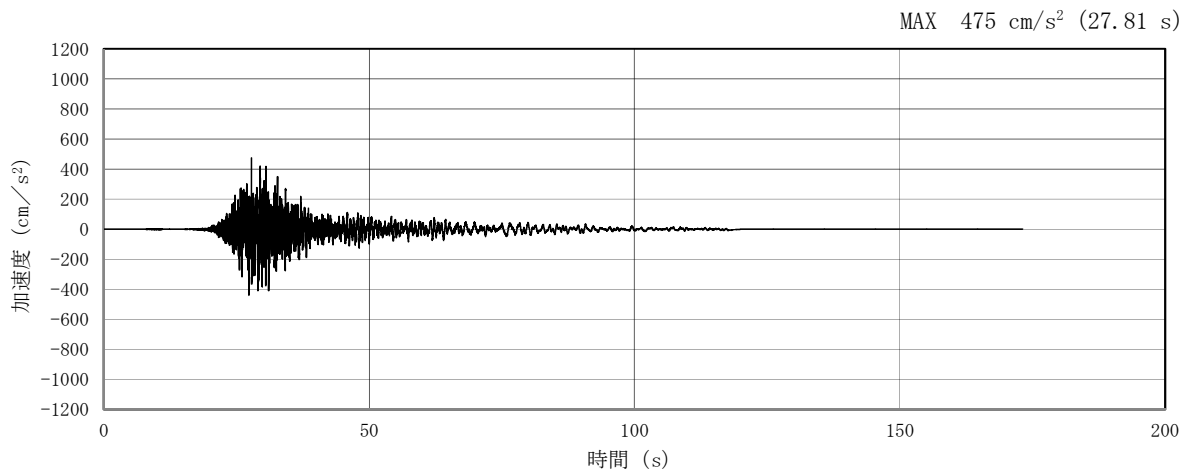


(a) 加速度時刻歴波形

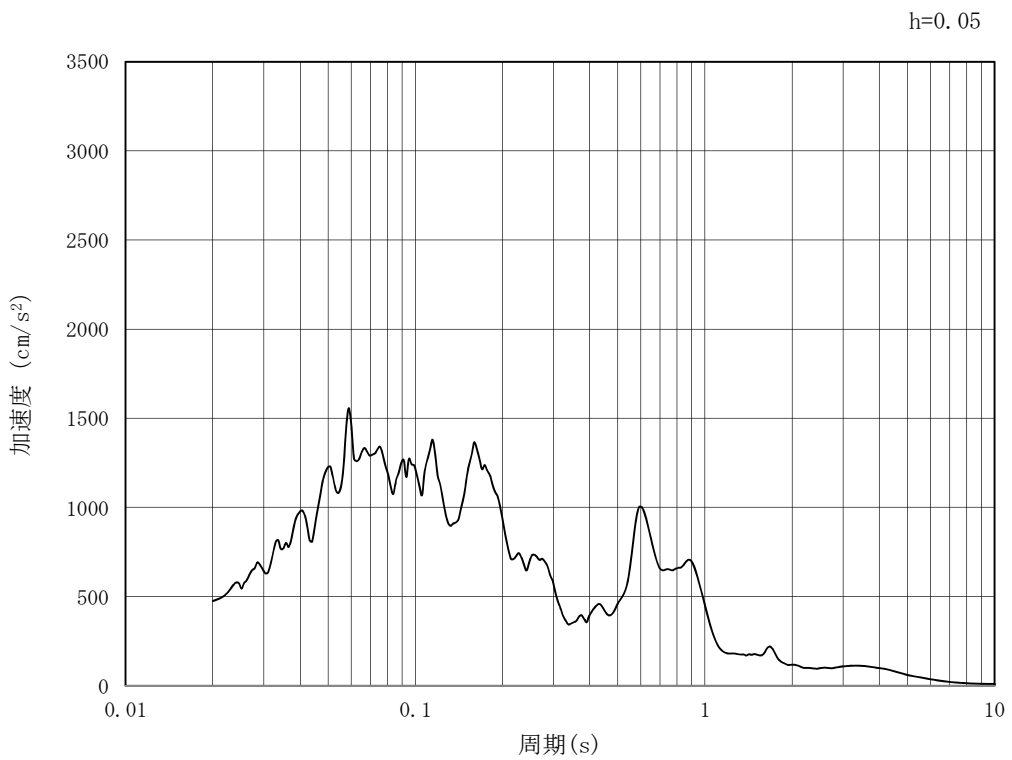


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1 2$)

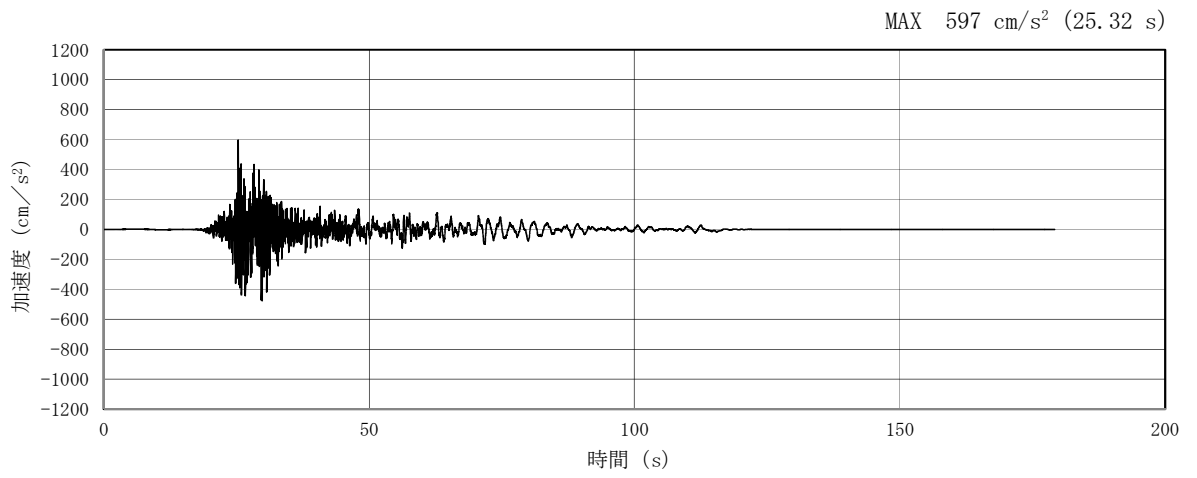


(a) 加速度時刻歴波形

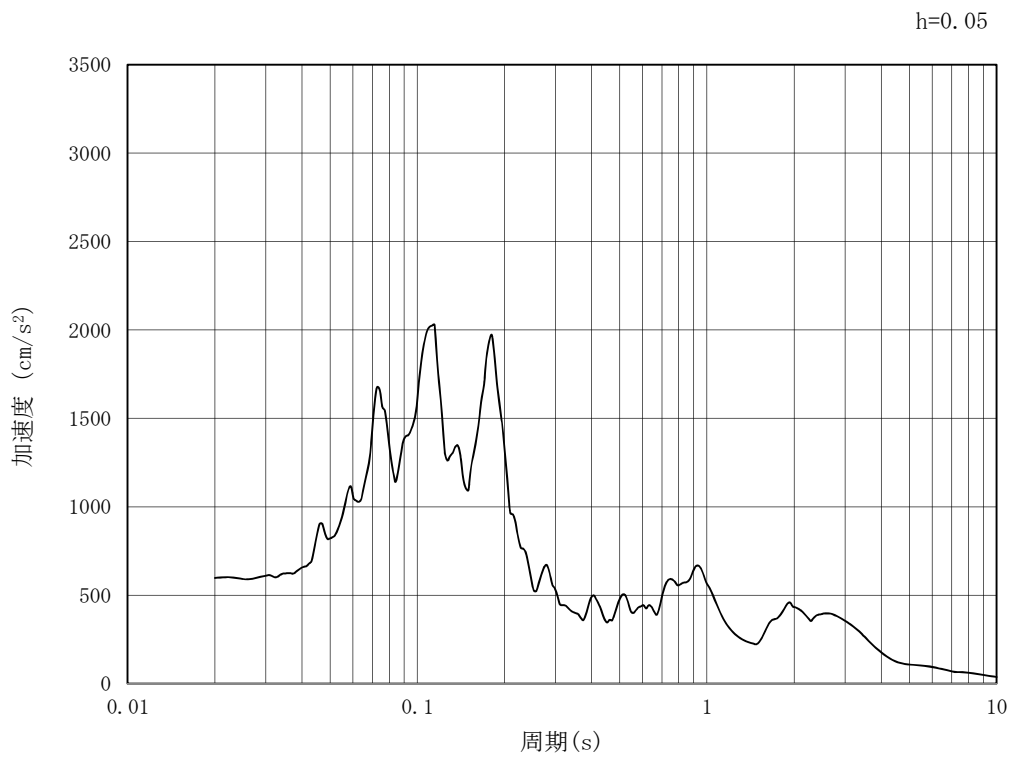


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1 2$)

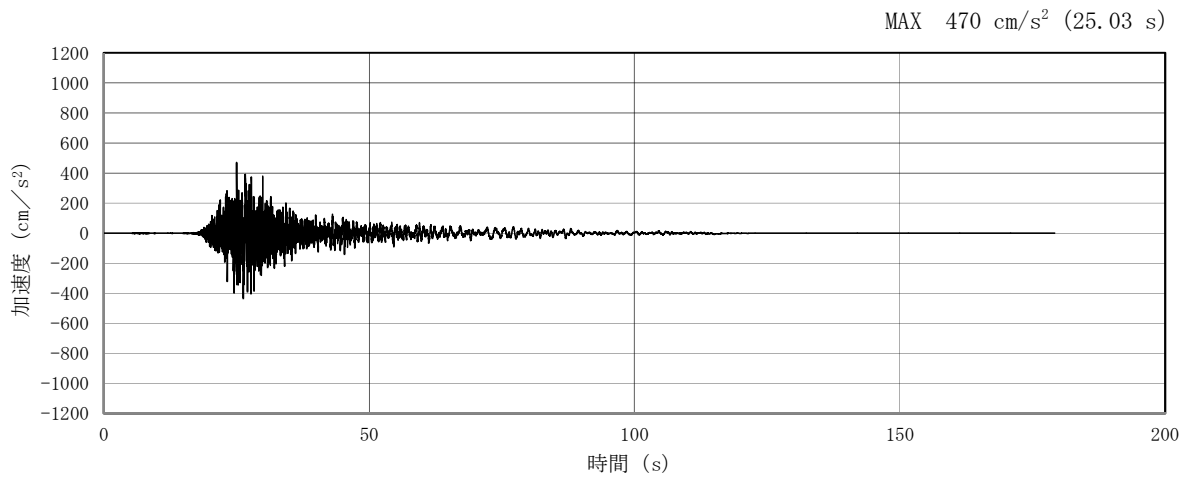


(a) 加速度時刻歴波形

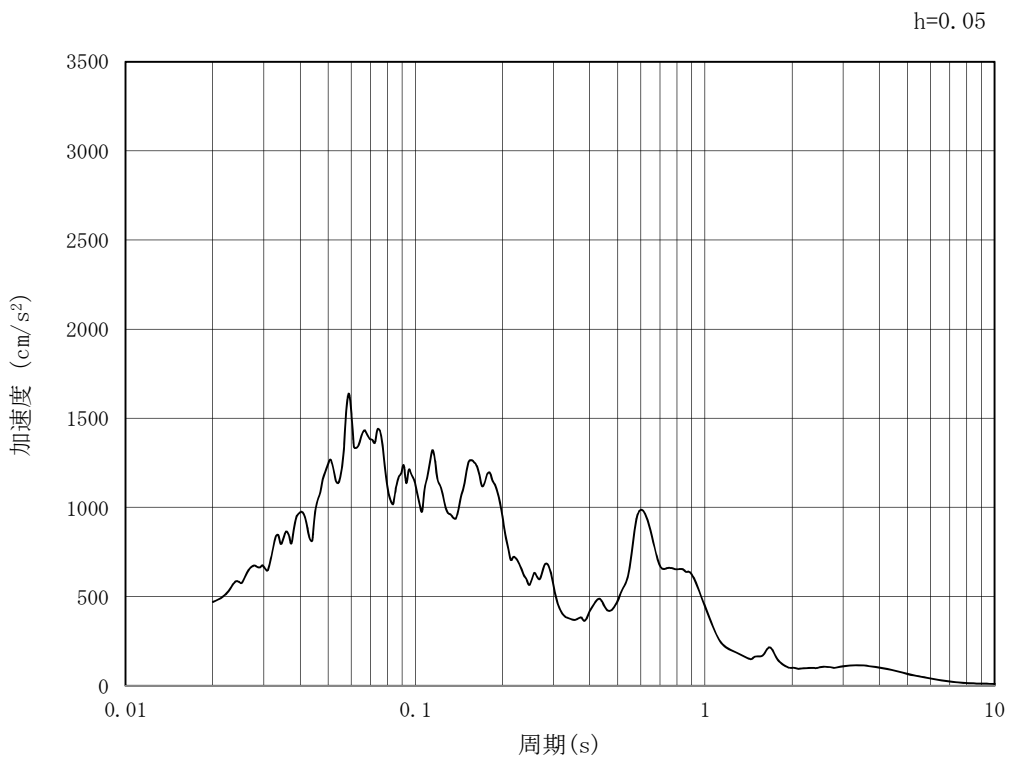


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 13$)

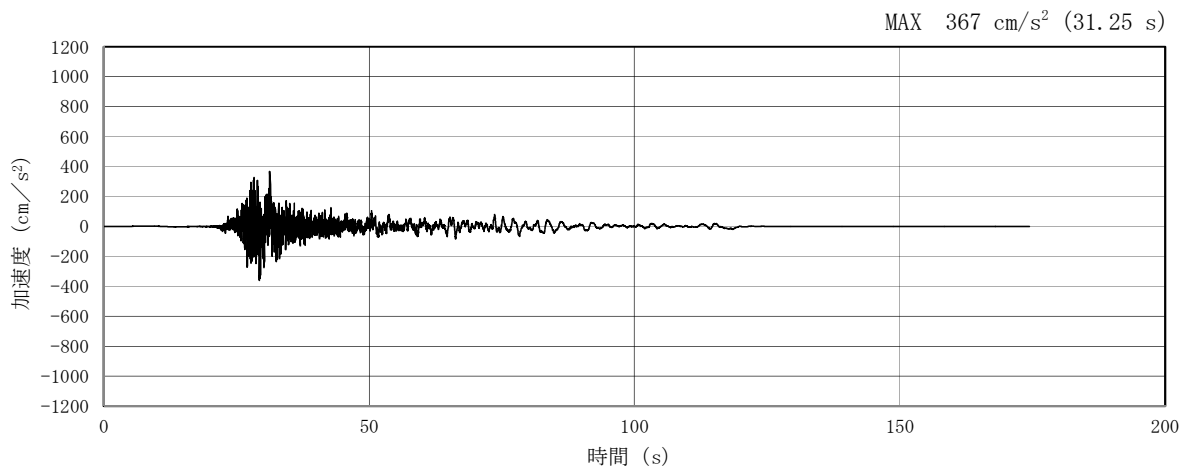


(a) 加速度時刻歴波形

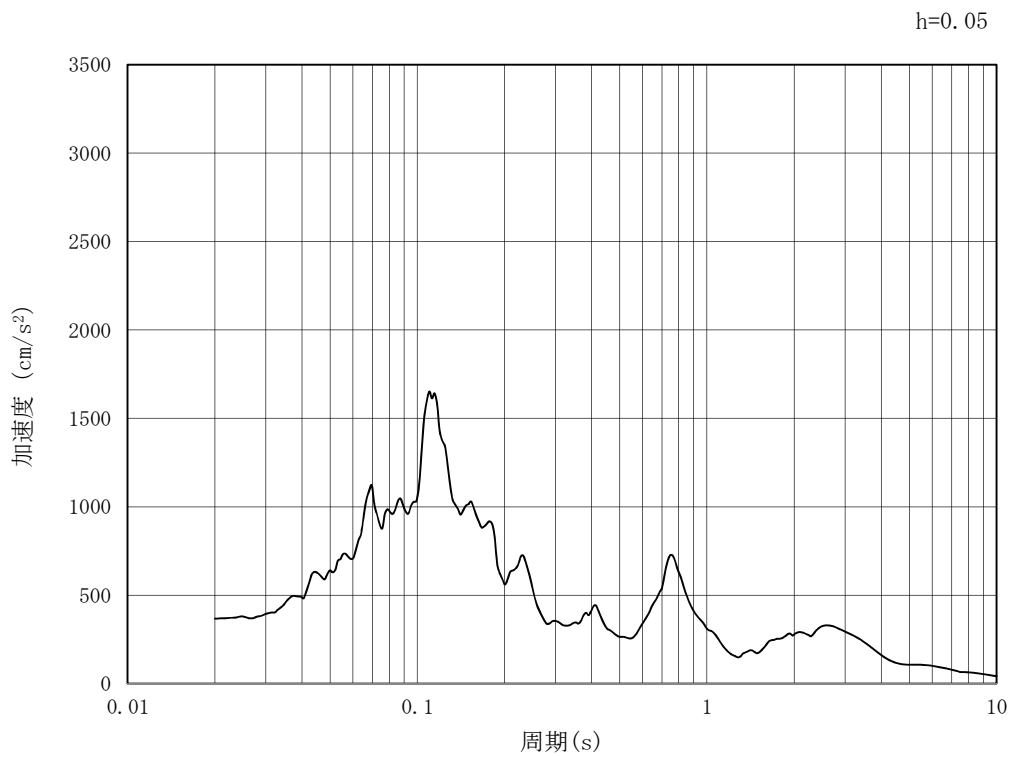


(b) 加速度応答スペクトル

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)

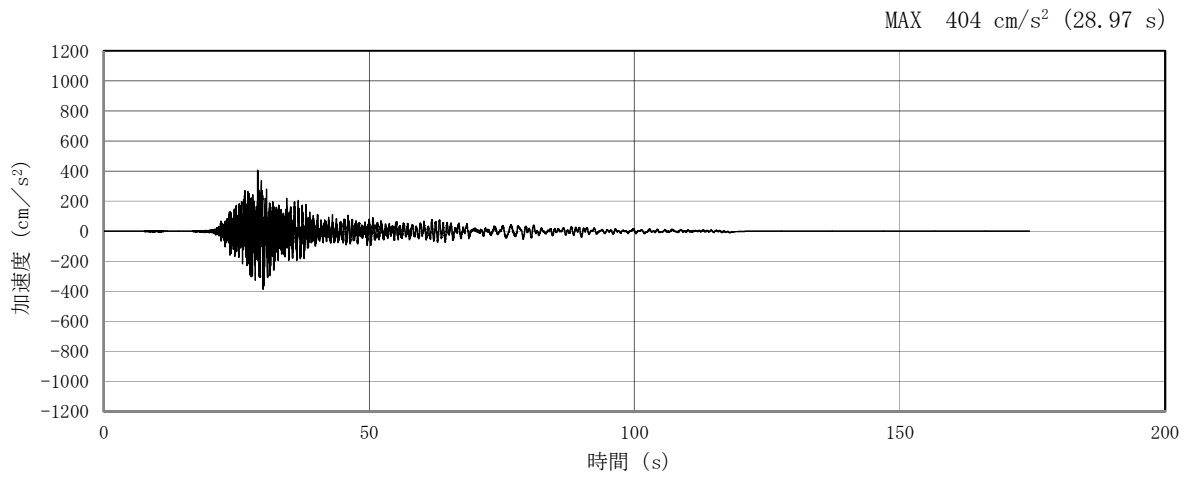


(a) 加速度時刻歴波形

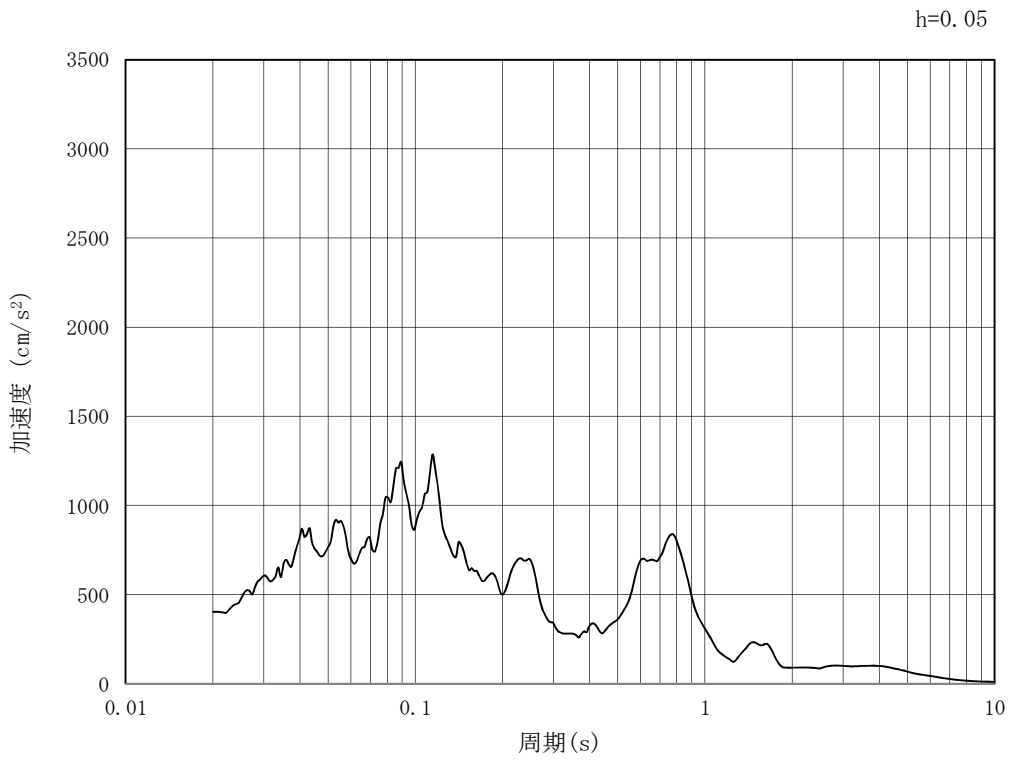


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.4$)

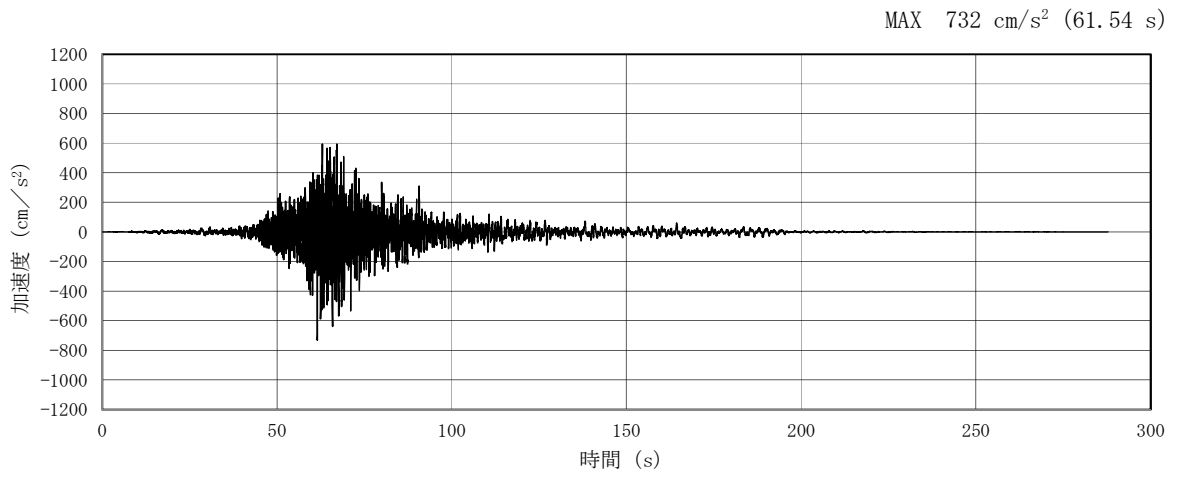


(a) 加速度時刻歴波形

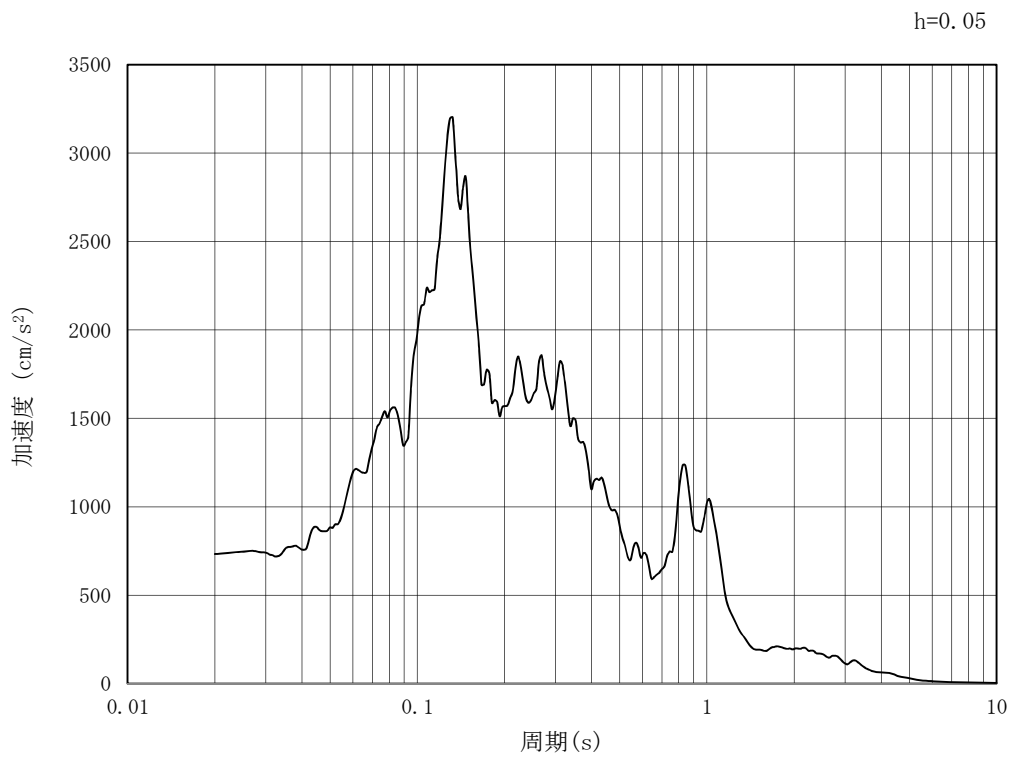


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 1.4$)

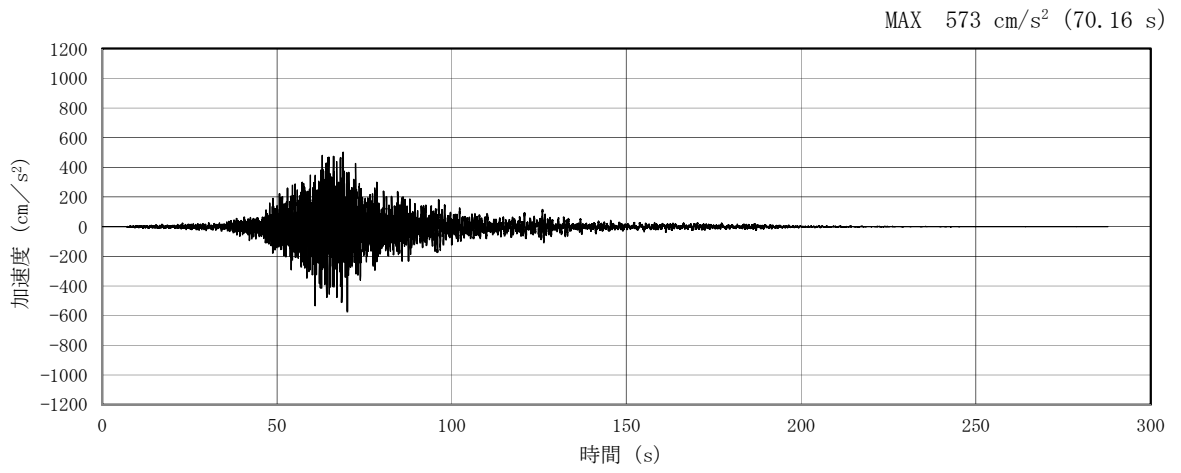


(a) 加速度時刻歴波形

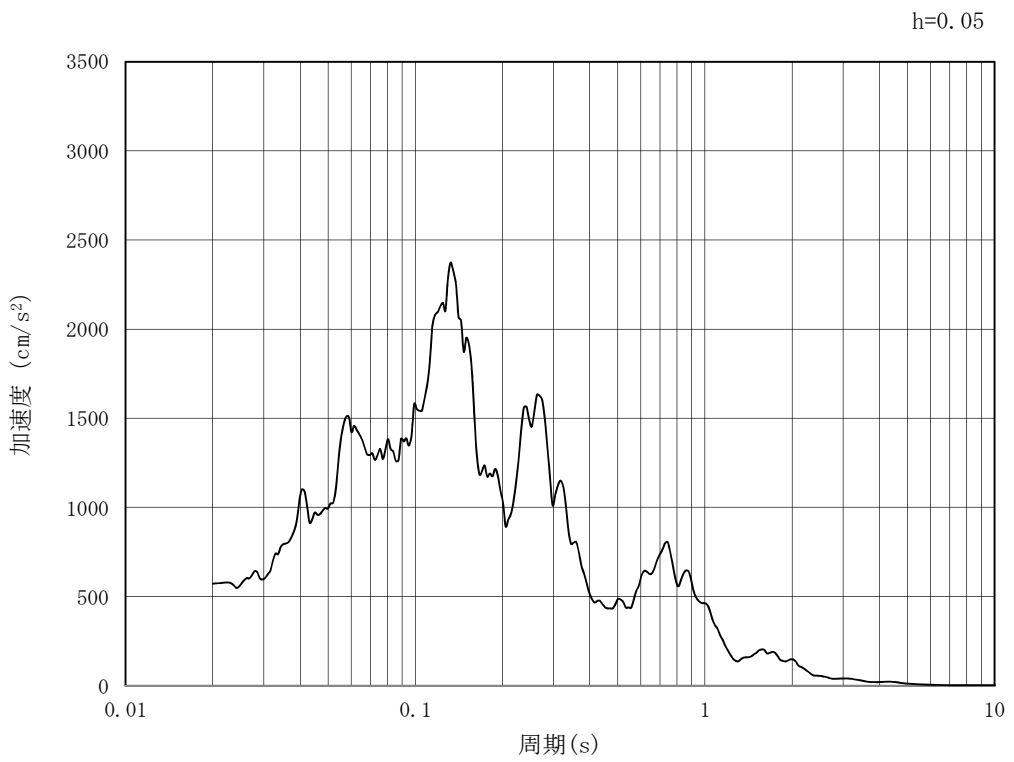


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 21$)

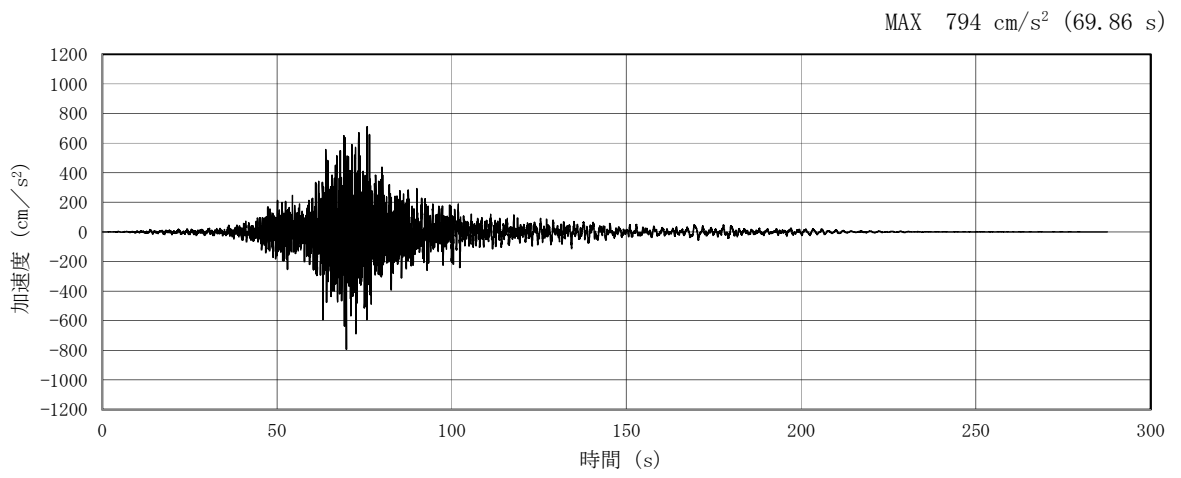


(a) 加速度時刻歴波形

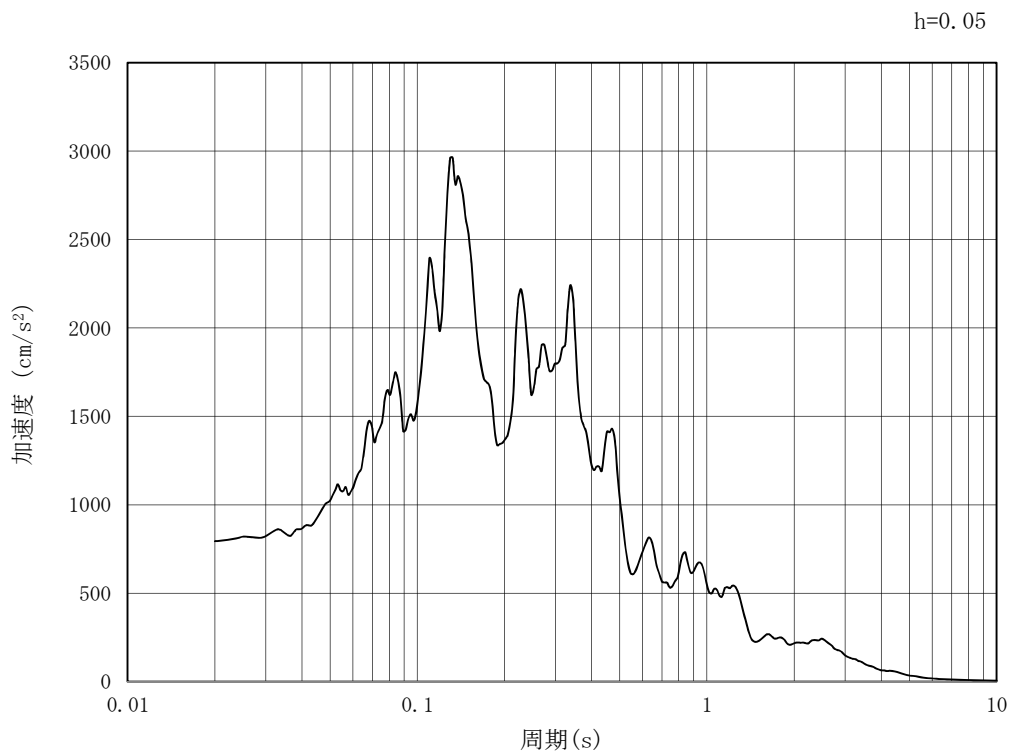


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 21$)

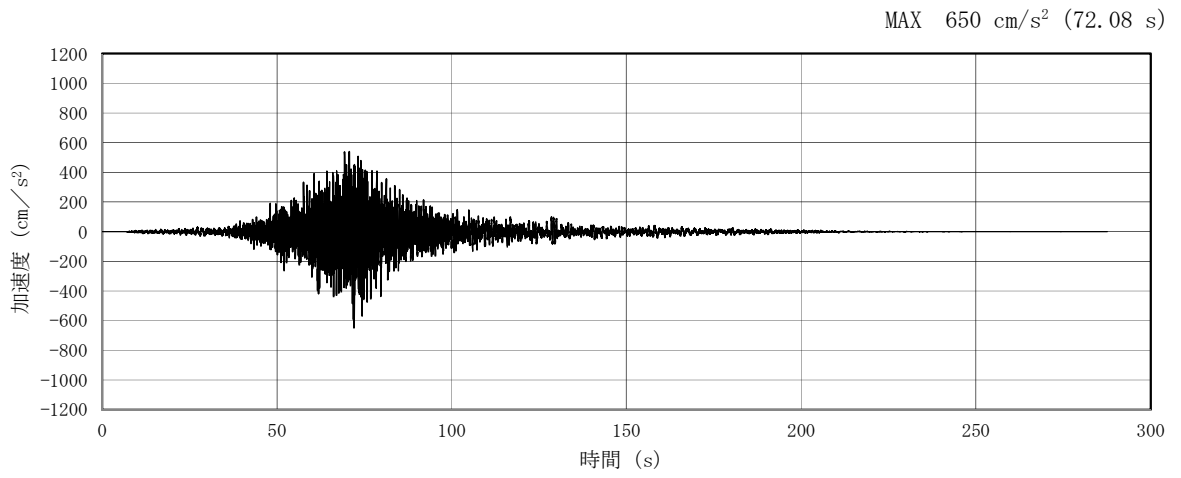


(a) 加速度時刻歴波形

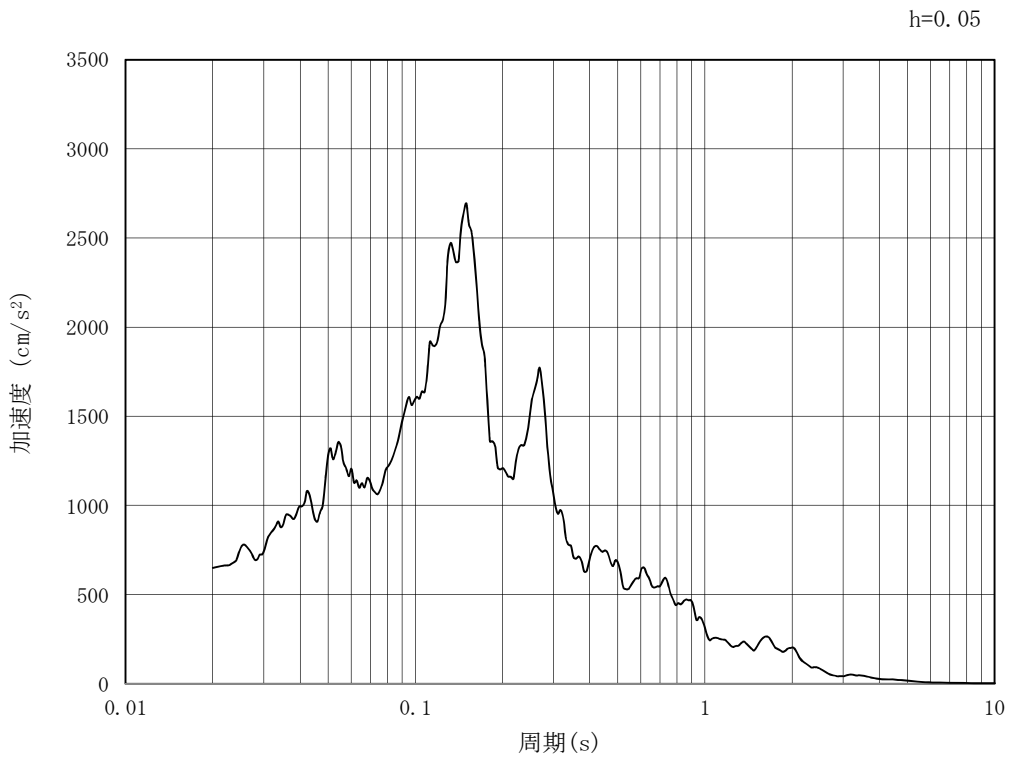


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 22$)

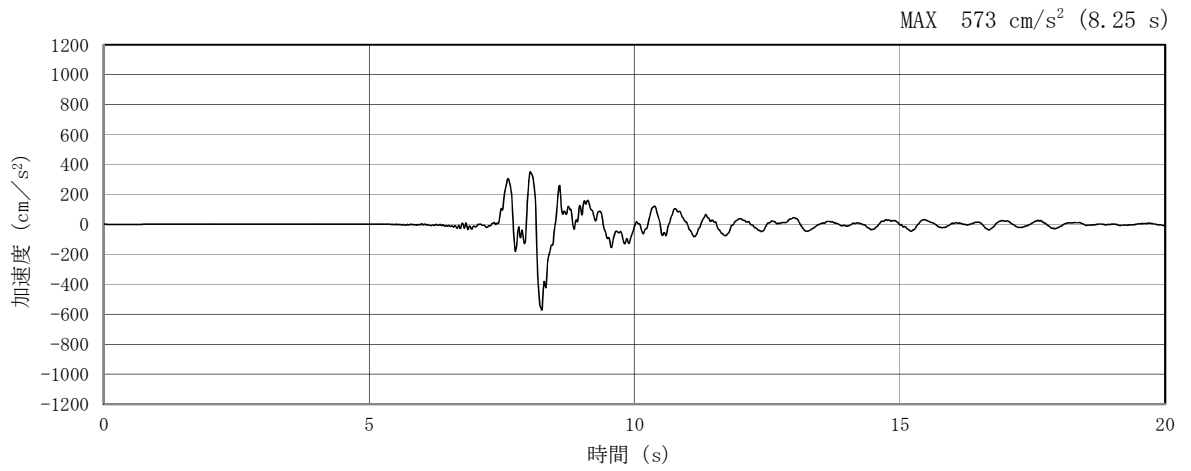


(a) 加速度時刻歴波形

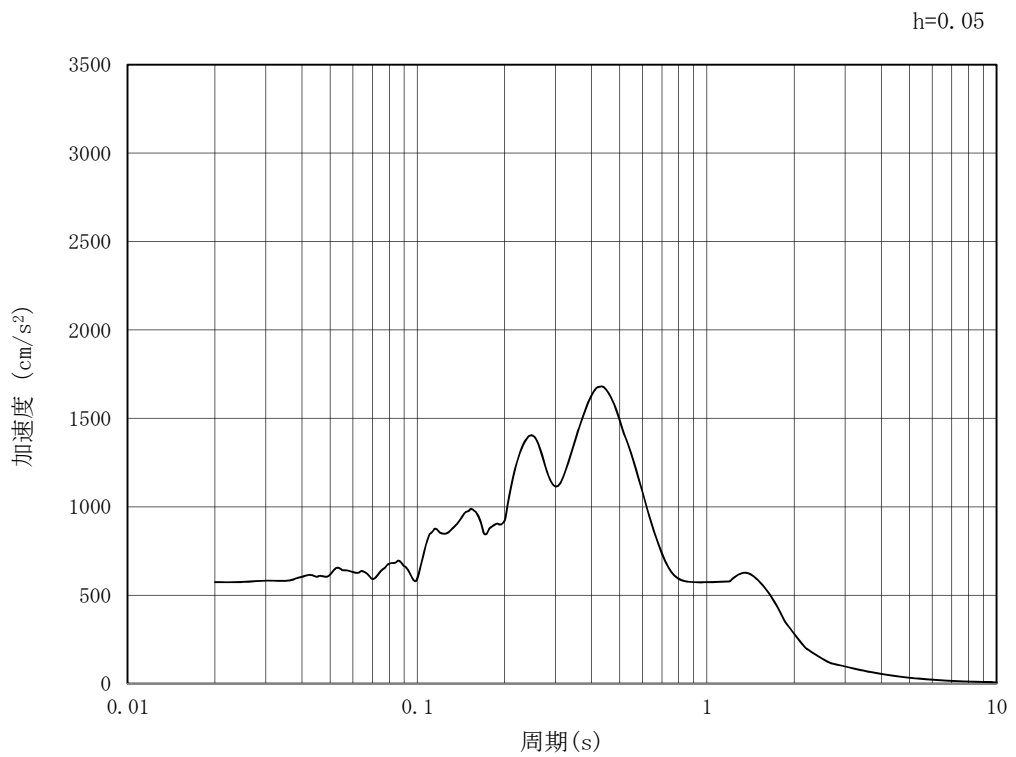


(b) 加速度応答スペクトル

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 : $S_s - 22$)

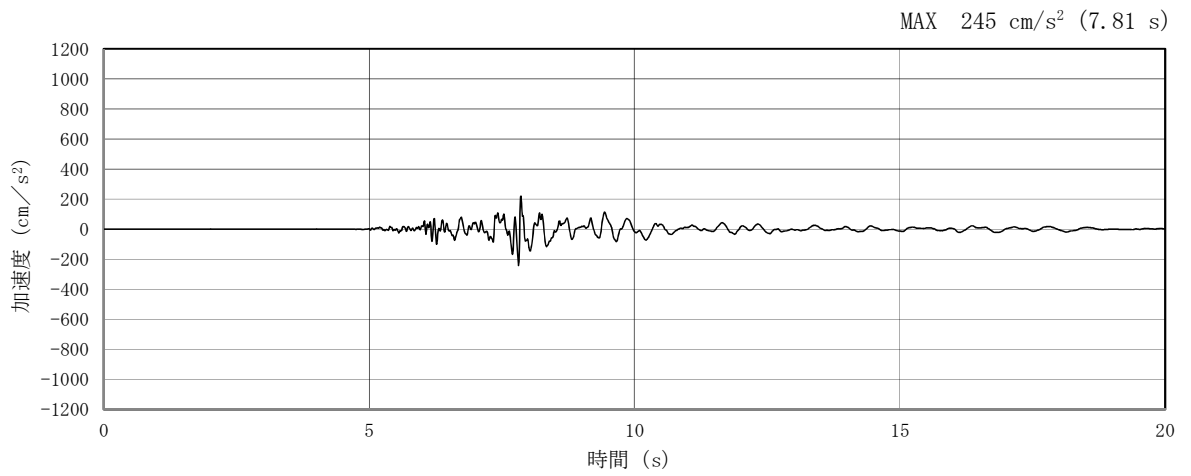


(a) 加速度時刻歴波形

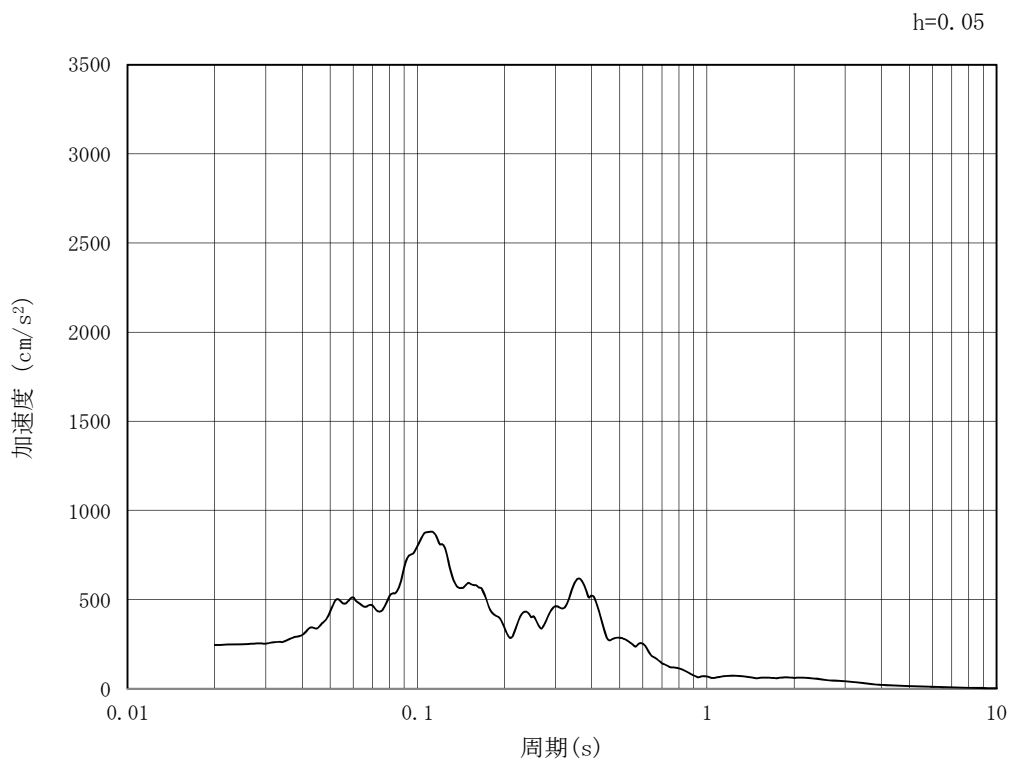


(b) 加速度応答スペクトル

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

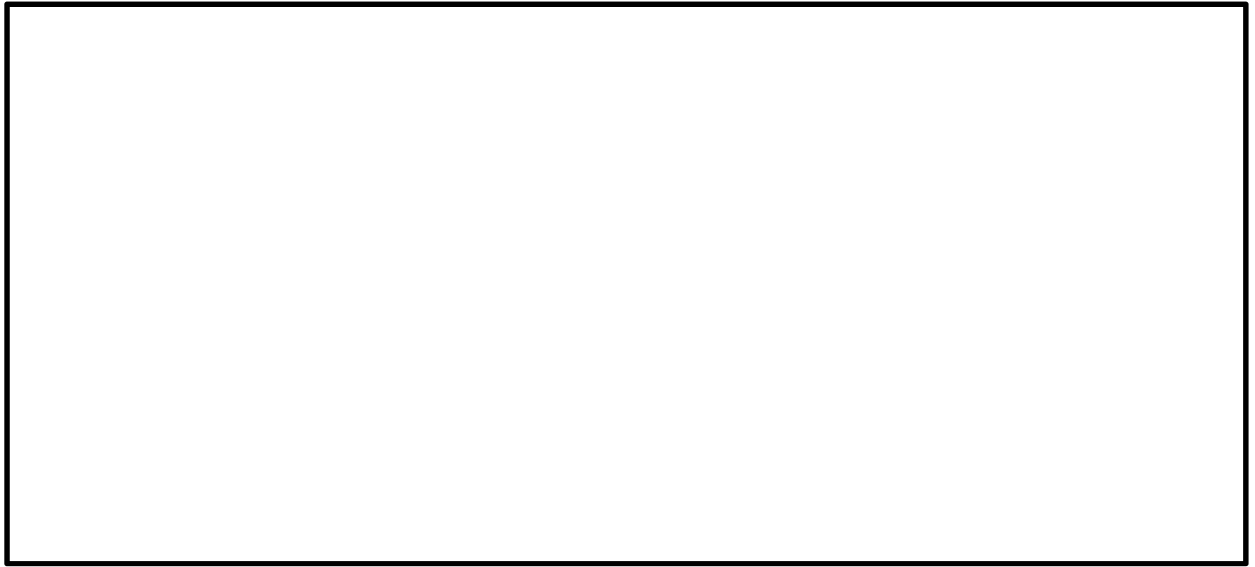
解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

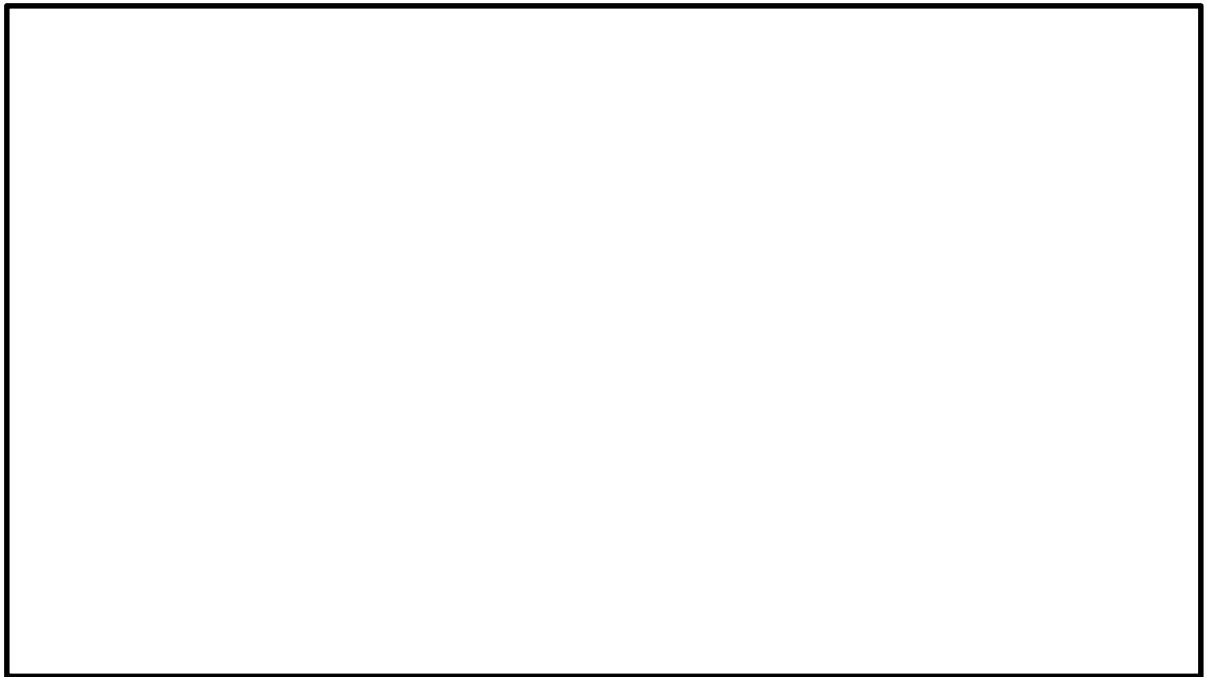
構造物は、線形はり要素及び平面ひずみ要素でモデル化する。

(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。