

VI-2-2-8 海水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	8
2.4 適用基準	11
3. 耐震評価	12
3.1 地震時荷重算出断面	12
3.2 使用材料及び材料の物性値	15
3.3 許容限界	16
3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界	16
3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界	18
3.4 評価方法	19
3.4.1 構造部材の健全性評価	19
3.4.2 基礎地盤の支持性能評価	29
4. 構造部材の地震時応答	30
5. 耐震評価結果	52
5.1 構造部材の健全性に対する評価結果	52
5.2 各要求機能に対する評価結果	57
5.2.1 通水機能	57
5.2.2 貯水機能	60
5.2.3 止水機能	62
5.3 Sクラスの施設等を支持する機能に対する評価結果	64
5.4 基礎地盤の支持性能に対する評価結果	67
5.4.1 基礎地盤（狐崎部層）	67
5.4.2 MMR（既設）	68

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、海水ポンプ室が基準地震動 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。

海水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、地震応答解析により算定した荷重を三次元構造解析モデルに作用させて、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。

2. 基本方針

2.1 位置

海水ポンプ室の位置を図2-1に示す。

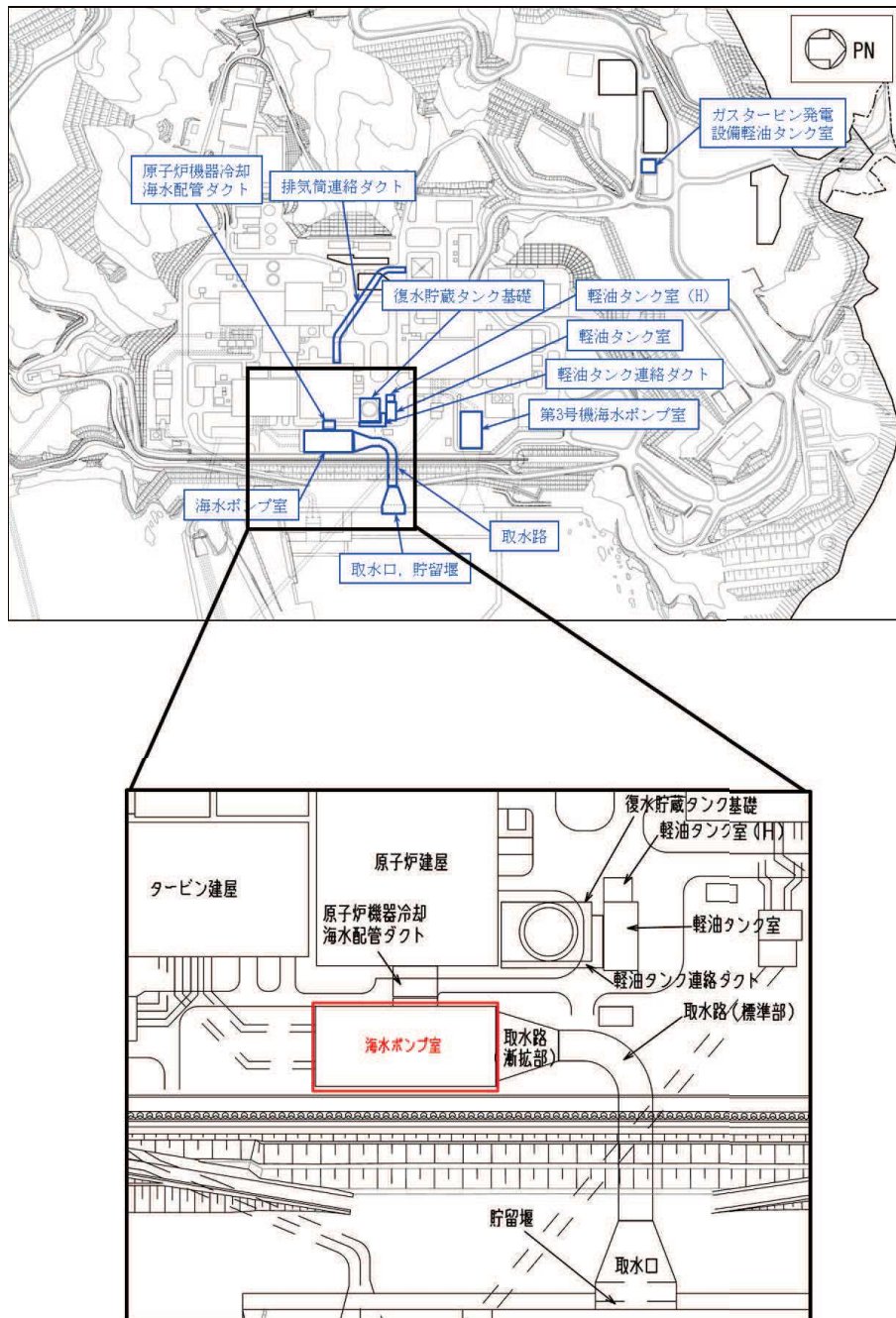


図2-1 海水ポンプ室の位置図

2.2 構造概要

海水ポンプ室の平面図を図 2-2 に、断面図を図 2-3～図 2-6 に、概略配筋図を図 2-7～図 2-10 に示す。

海水ポンプ室は、耐震重要施設及び常設重大事故等対処設備である原子炉補機冷却海水ポンプ等を間接支持する支持機能、非常時における海水の通水機能及び貯水機能、浸水防止のための止水機能が要求される。

海水ポンプ室は、地下 2 階構造となっており、上部はスクリーンエリア、補機ポンプエリア、循環水ポンプエリアの 3 エリアに分かれている。下部は水路となっており、スクリーンエリア及び補機ポンプエリアの下部は四連のボックスカルバート構造、循環水ポンプエリアの下部は二連のボックスカルバート構造となっている。また、上部は各エリアが隔壁により仕切られ、各エリアによって開口部の存在や中床版の設置レベルが異なる等、複雑な構造となっている。

海水ポンプ室は、加振方向に平行に配置される妻壁や隔壁等の面部材を耐震部材として考慮する箱形構造物である。

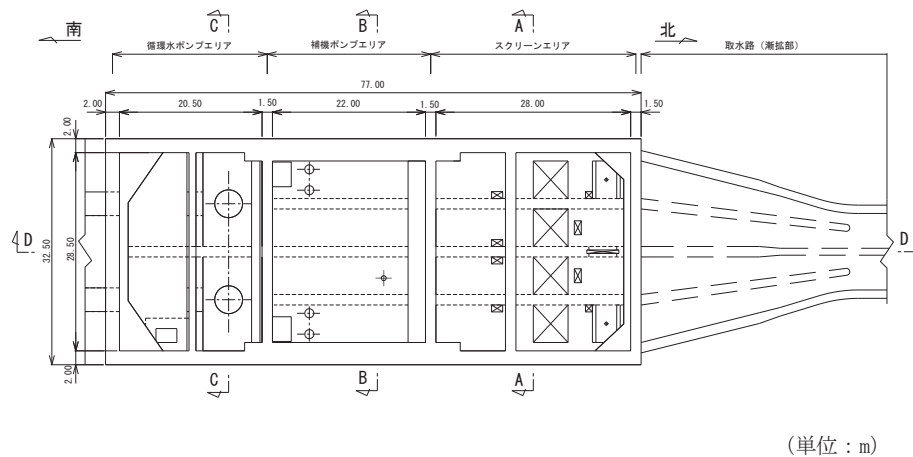
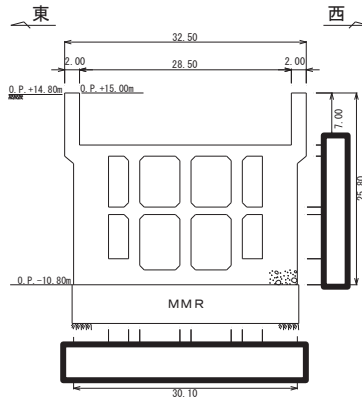
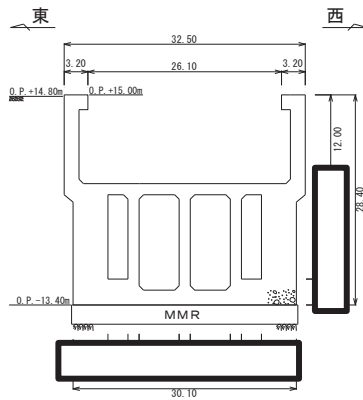


図 2-2 海水ポンプ室平面図



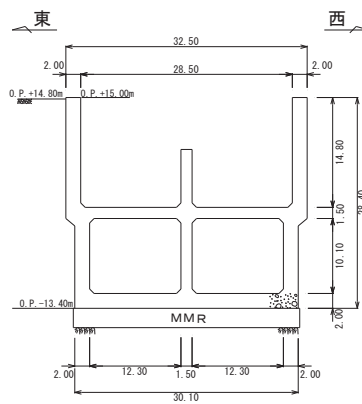
(単位：m)

図 2-3 海水ポンプ室断面図 (A-A 断面)



(単位：m)

図 2-4 海水ポンプ室断面図 (B-B 断面)



(単位：m)

図 2-5 海水ポンプ室断面図 (C-C 断面)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

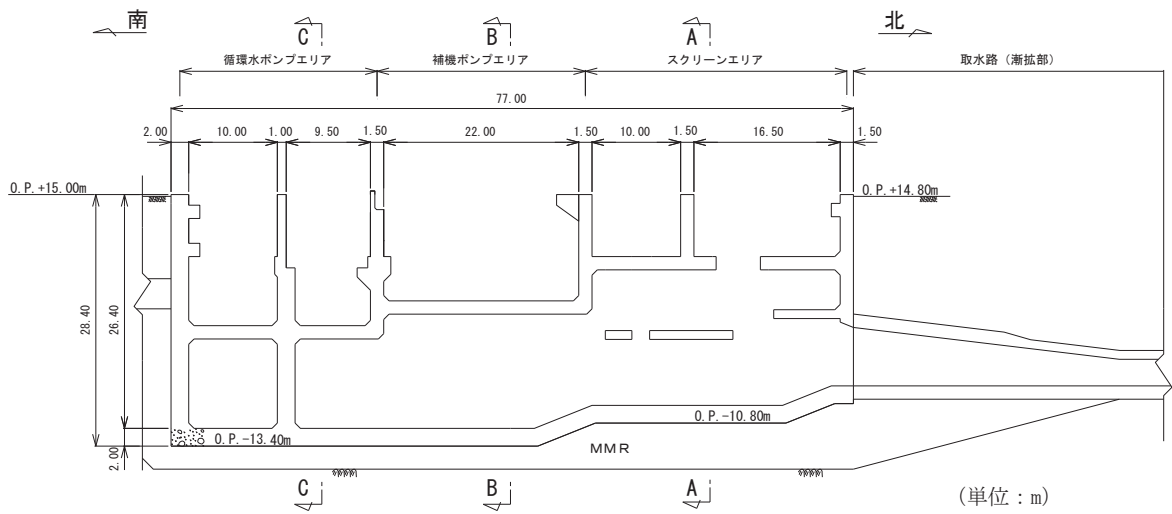


図 2-6 海水ポンプ室断面図 (D-D 断面)

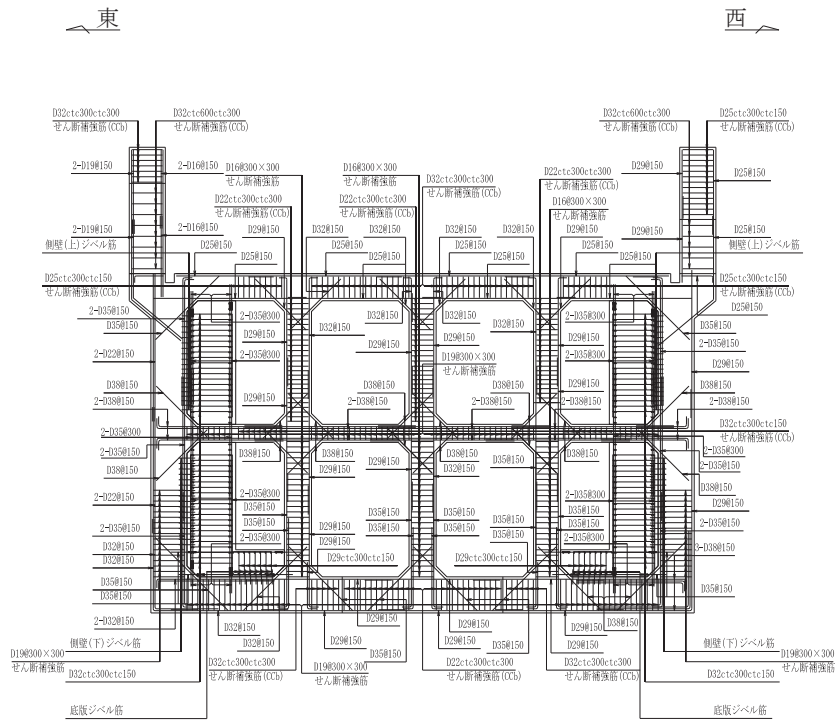


図 2-7 海水ポンプ室概略配筋図 (A-A 断面)

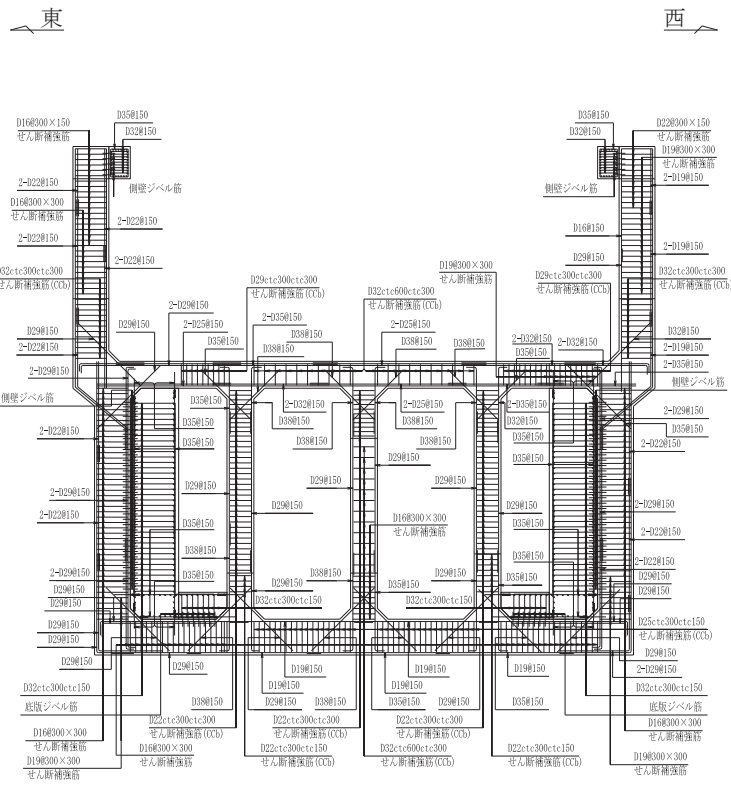


図 2-8 海水ポンプ室概略配筋図 (B-B 断面)

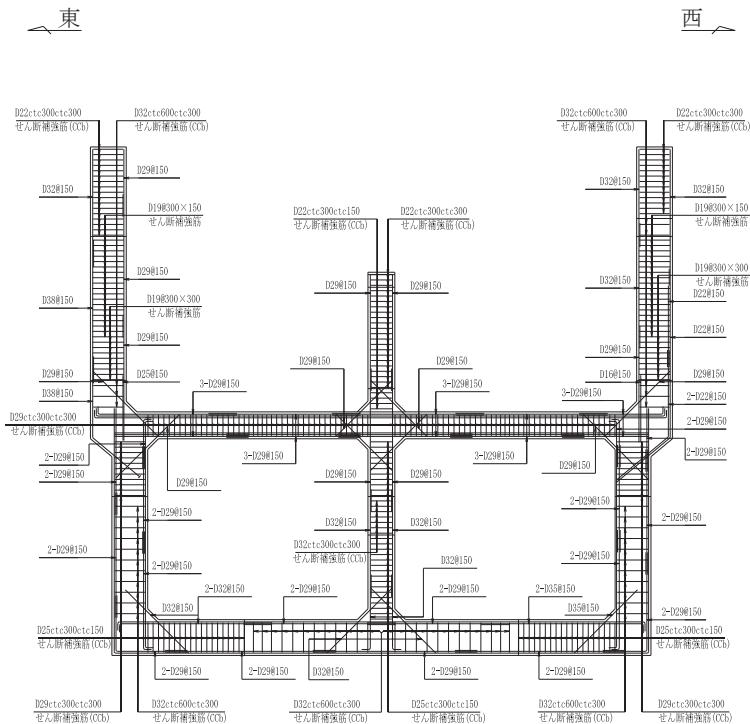
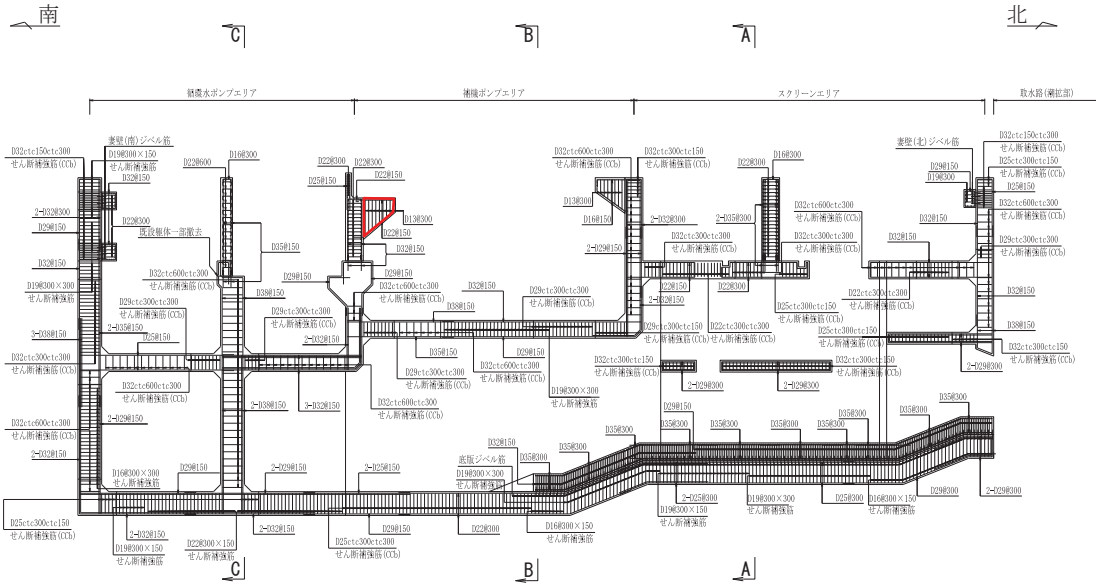


図 2-9 海水ポンプ室概略配筋図 (C-C 断面)



: 投影による記載箇所

図 2-10 海水ポンプ室概略配筋図 (D-D 断面)

O 2 ④ VI-2-2-8 R 0

2.3 評価方針

海水ポンプ室は、設計基準対象施設においては、非常用取水設備及びSクラス施設等の間接支持構造物である屋外重要土木構造物に分類され、重大事故等対処施設においては、常設重大事故緩和設備及び常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備に分類される。また、常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）が設置される重大事故等対処施設に分類される。

海水ポンプ室の耐震評価フローを図2-11に示す。

海水ポンプ室の耐震評価は、添付書類「VI-2-2-7 海水ポンプ室の地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき、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、表2-1に示すとおり、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有すること及びSクラスの施設等を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、添付書類「VI-2-2-7 海水ポンプ室の地震応答計算書」より得られた、水平方向及び鉛直方向の荷重を用いた、非線形ソリッド要素による三次元静的材料非線形解析（以下「三次元構造解析」という。）により応答値を算定し、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、曲げ・軸力系の破壊については構造部材の照査用ひずみが許容限界を下回ることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価においては、添付書類「VI-2-2-7 海水ポンプ室の地震応答計算書」より得られた基礎地盤の接地圧が、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づく許容限界を下回ることを確認する。

ここで、海水ポンプ室の運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における荷重条件は変わらないため、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。

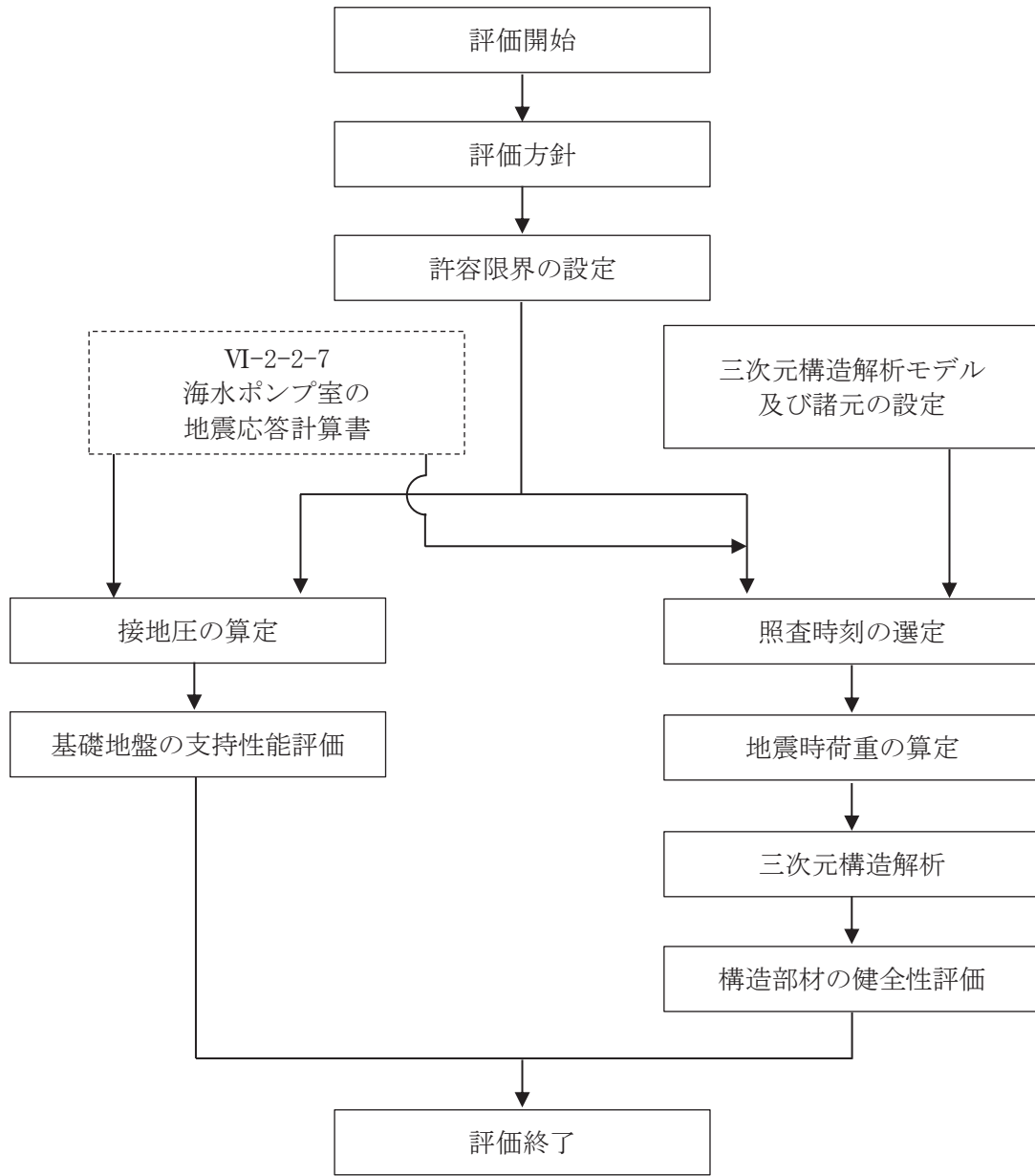


図 2-11 海水ポンプ室の耐震評価フロー

表 2-1 海水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	鉄筋コンクリート部材	照査用ひずみ, 照査用せん断力及び照査用面内せん断ひずみが許容限界を下回ることを確認	曲げ・軸力		限界ひずみ*
				せん断力	面外	せん断耐力*
					面内	限界せん断ひずみ*
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認	岩盤の極限支持力*		
MMR		MMR の支圧強度*				
Sクラスの施設等を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート部材	照査用ひずみ, 照査用せん断力及び照査用面内せん断ひずみが許容限界を下回ることを確認	曲げ・軸力		限界ひずみ*
				せん断力	面外	せん断耐力*
					面内	限界せん断ひずみ*

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- 土木学会 2002年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]
- 土木学会 2012年 コンクリート標準示方書[設計編]
- 土木学会 2017年 コンクリート標準示方書[設計編]
- 土木学会 2005年 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
- 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- 日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV下部構造編
- 日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編
- 土木学会 2016年 トンネル標準示方書[開削工法編]・同解説

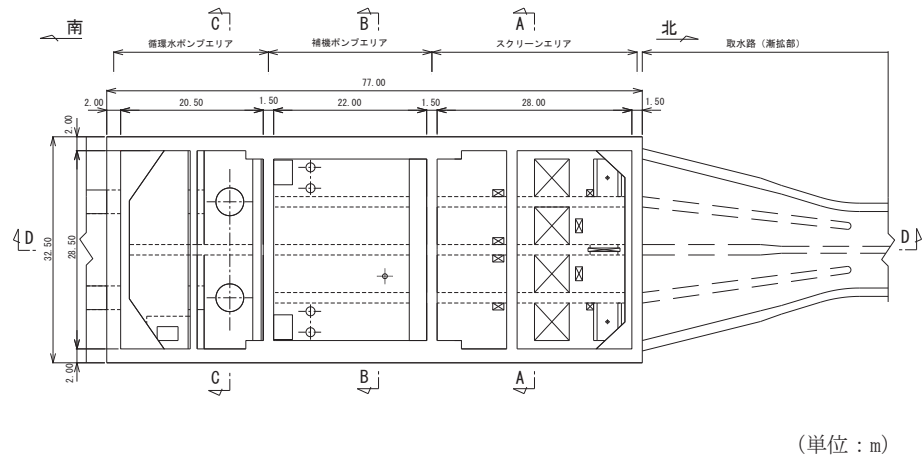
3. 耐震評価

3.1 地震時荷重算出断面

海水ポンプ室の地震時荷重算出断面位置を図3-1に示す。地震時荷重算出断面は、構造的特徴や周辺地質状況を踏まえ、東西方向では妻壁や隔壁の配置が異なることによる剛性差を考慮し、スクリーンエリア (A-A 断面)、補機ポンプエリア (B-B 断面) 及び循環水ポンプエリア (C-C 断面) を通る断面とし、南北方向では構造物中心を通る南北断面 (D-D 断面) とする。地震時荷重算出用地質断面図を図3-2～図3-5に示す。

なお、加振方向に平行に配置され耐震上見込むことができる面部材の配置から、南北方向 (D-D 断面) が強軸方向となり、東西方向 (A-A 断面、B-B 断面及びC-C 断面) が弱軸方向となることから、耐震評価は弱軸方向である東西方向 (A-A 断面、B-B 断面及びC-C 断面) に対して実施する。

また、海水ポンプ室は、加振方向に平行に配置される面部材 (妻壁や隔壁) を有する箱形構造物であり、かつ、貯水機能及び止水機能が要求される構造物であることから、ひび割れ状態を評価できるソリッド要素を用いた三次元構造解析により耐震評価を行う。



(単位：m)

図3-1 海水ポンプ室の地震時荷重算出断面位置図

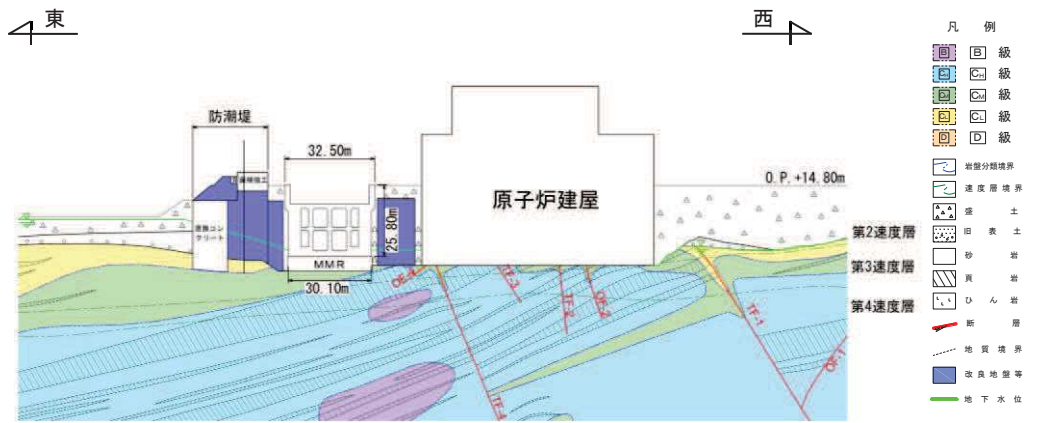


図 3-2 海水ポンプ室 地震時荷重算出用地質断面図 (A-A 断面, 東西 (スクリーンエリア))

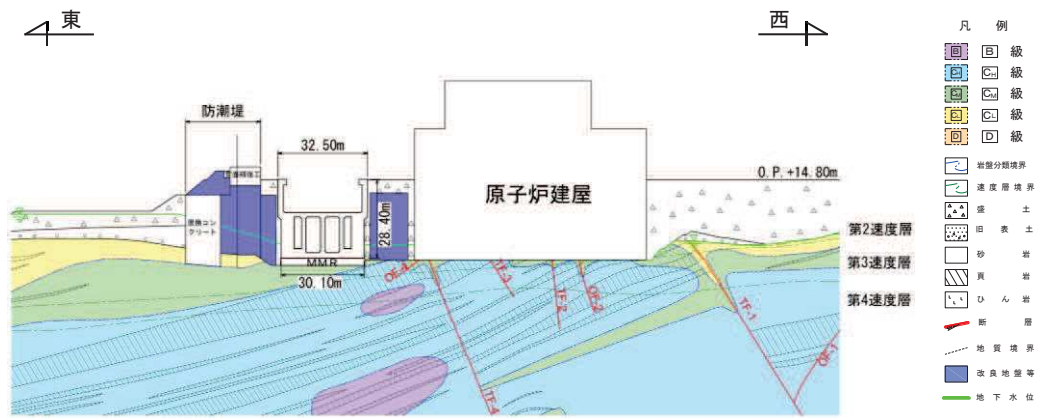


図 3-3 海水ポンプ室 地震時荷重算出用地質断面図 (B-B 断面, 東西 (補機ポンプエリア))

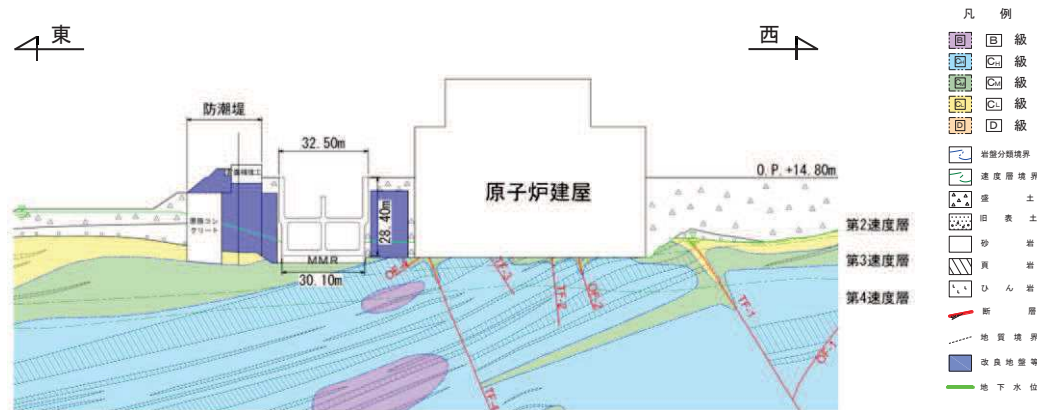


図 3-4 海水ポンプ室 地震時荷重算出用地質断面図 (C-C 断面, 東西 (循環水ポンプエリア))

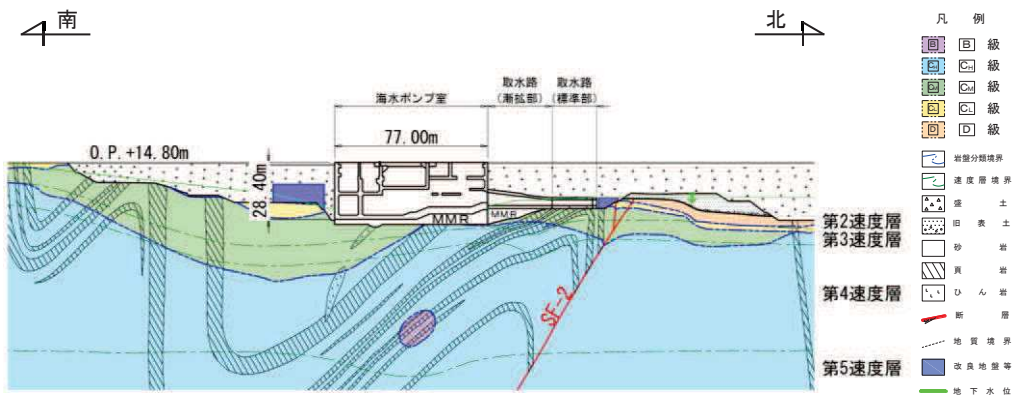


図 3-5 海水ポンプ室 地震時荷重算出用地質断面図 (D-D 断面, 南北)

3.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-1 に、材料の物性値を表 3-2 に示す。

表 3-1 使用材料

材料	仕様
コンクリート	設計基準強度 20.5N/mm ²
鉄筋	SD345

表 3-2 材料の物性値（構造部材）

材料	項目		材料諸元	備考
鉄筋コンクリート	単位体積重量 (kN/m ³)		24.0	
コンクリート	ヤング係数 (N/mm ²)	実強度*	3.03×10 ⁴	解析ケース④
		設計基準強度	2.33×10 ⁴	解析ケース①, ②, ③
	ポアソン比		0.2	

注記*：既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

3.3 許容限界

許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界

(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

構造強度を有することの確認における構造部材（鉄筋コンクリート）の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会 原子力土木委員会，2005年6月）（以下「土木学会マニュアル」という。）に基づき、限界ひずみ（圧縮縁コンクリートひずみ 1.0%）とする。

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

各要求機能について、通水機能を有することの確認においては、部材が終局状態に至らないことを目標性能とすることから、限界ひずみ（圧縮縁コンクリートひずみ 1.0%）を許容限界とする。貯水機能及び止水機能を損なわないこと及びSクラスの施設を支持する機能を損なわないことの確認においては、コンクリート標準示方書に基づき、主筋ひずみ及びコンクリートの圧縮ひずみについて、部材降伏に相当するひずみ（主筋ひずみ 1725 μ ，コンクリート圧縮ひずみ 2000 μ ）とする。

鉄筋コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界を表 3-3 に示す。

表 3-3 海水ポンプ室の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

確認項目	許容限界	
構造強度を有すること	限界ひずみ	通水機能：圧縮縁コンクリート ひずみ：1.0% (10000 μ) 貯水機能及び止水機能： 主鉄筋(SD345)：1725 μ コンクリート：2000 μ
Sクラスの施設等を支持する機能を損なわないこと		支持機能：主鉄筋(SD345)：1725 μ コンクリート：2000 μ

(2) せん断破壊に対する許容限界

構造強度を有することの確認におけるせん断破壊に対する許容限界は、土木学会マニュアルに基づくせん断耐力とする。

各要求機能に対する確認について、通水機能、貯水機能、止水機能、支持機能のいずれも、せん断破壊に対しては、終局状態に至らないことを目標性能とすることからせん断耐力を許容限界とする。

壁部材の面内せん断に対する許容限界は、限界せん断ひずみ 2000μ (2/1000) とする。限界せん断ひずみ 2000μ (2/1000) は、J E A G 4 6 0 1 -1987 において、耐震壁の終局耐力に相当する面内せん断ひずみ 4000μ (4/1000) に余裕を見込んだ許容限界かつ耐震壁の支持機能に対する許容限界として規定されている。

3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

(1) 基礎地盤（狐崎部層）

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

基礎地盤（狐崎部層）の許容限界を表3-4に示す。

表3-4 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm ²)
極限支持力	狐崎部層	13.7

(2) MMR（既設）

MMR（既設）に発生する接地圧に対する許容限界は、コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）に基づき、コンクリートの支圧強度とする。

MMR（既設）の許容限界を表3-5に示す。

表3-5 MMR（既設）の支持性能に対する許容限界

評価項目	MMR（既設）	許容限界 (N/mm ²)
支圧強度	コンクリート ($f'_{ck} = 15.6 \text{ N/mm}^2$)	$f'_a = 15.6$

3.4 評価方法

3.4.1 構造部材の健全性評価

海水ポンプ室の耐震評価は、非線形ソリッド要素を用いた三次元構造解析により実施する。三次元構造解析には、解析コード「COM3 Ver. 9.15」を用いる。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

三次元構造解析への入力荷重は、添付書類「VI-2-2-7 海水ポンプ室の地震応答計算書」に基づく地震応答解析において、海水ポンプ室の耐震評価に支配的な荷重が最大となる時刻を選定し、当該時刻における地震時応答から設定する。

添付書類「VI-2-2-7 海水ポンプ室の地震応答計算書」に基づく地震応答解析により算定した地震時荷重(地震時土圧及び慣性力)を用いて、三次元構造解析により算定した照査用応答値が、「3.3 許容限界」において設定した許容限界を下回ることを確認する。

(1) 解析モデル

材料の非線形特性を考慮した非線形ソリッド要素でモデル化する。三次元構造解析モデルを図3-5及び図3-6に示す。

また、構造部材(鉄筋コンクリート)の非線形特性を図3-7及び図3-8に示す。

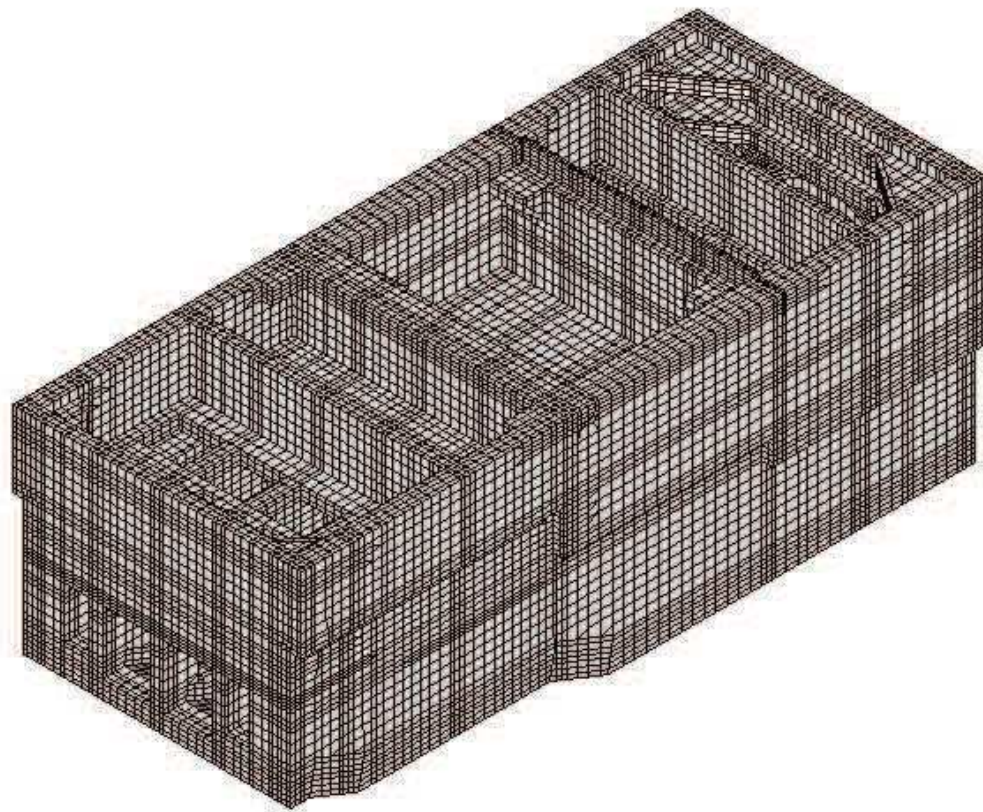
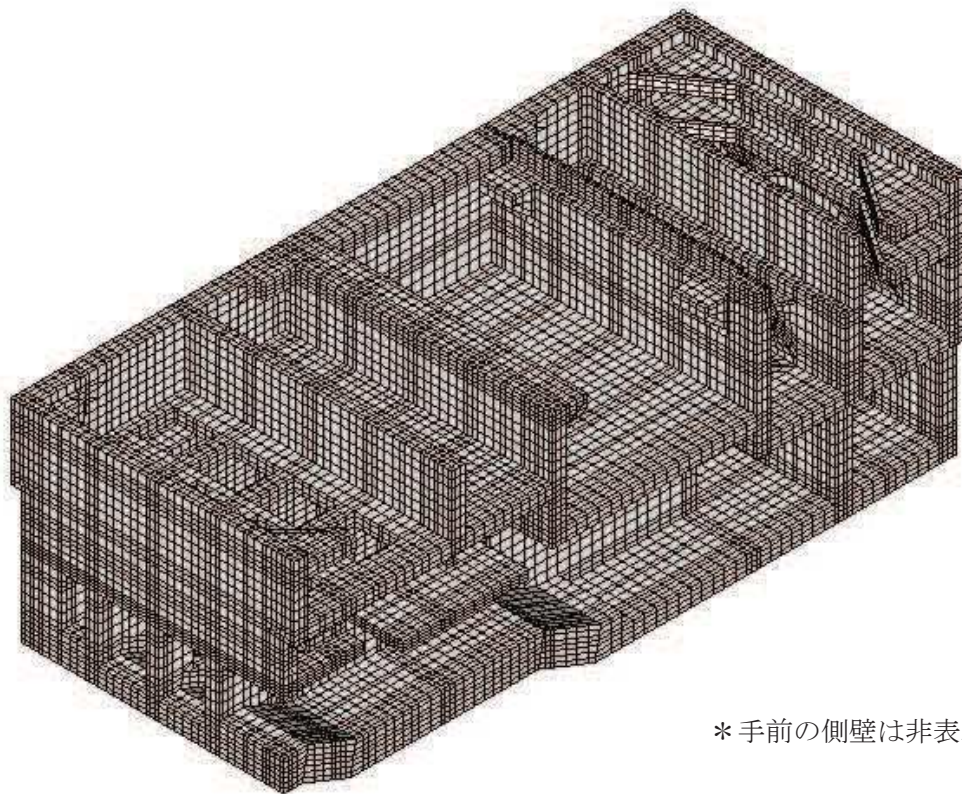


図3-5 三次元構造解析モデル図（鳥瞰図）



*手前の側壁は非表示としている。

図3-6 三次元構造解析モデル図（鳥瞰図）

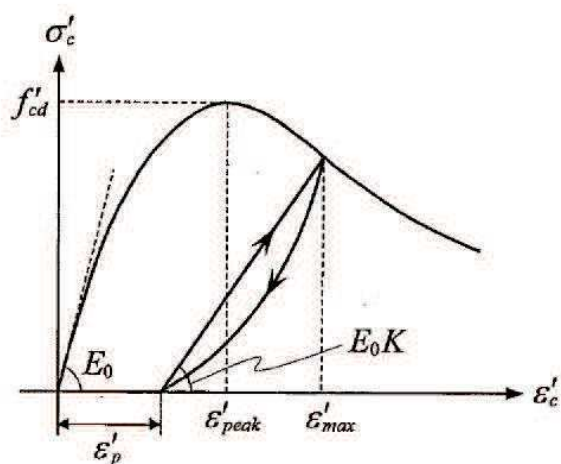


図3-7 構造部材の非線形特性（コンクリートの応力-ひずみ関係）
 （コンクリート標準示方書[設計編]（土木学会，2017年制定）より引用）

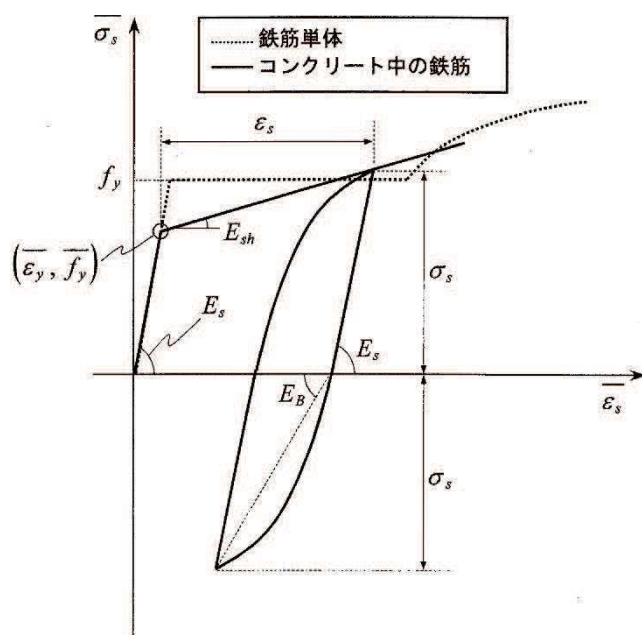


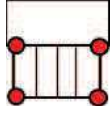
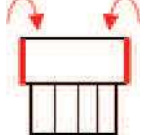
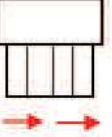
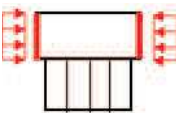
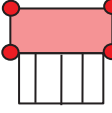
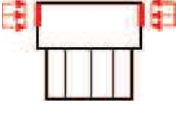
図3-8 構造部材の非線形特性（鉄筋の応力-ひずみ関係）
 （コンクリート標準示方書[設計編]（土木学会，2012年制定）より引用）

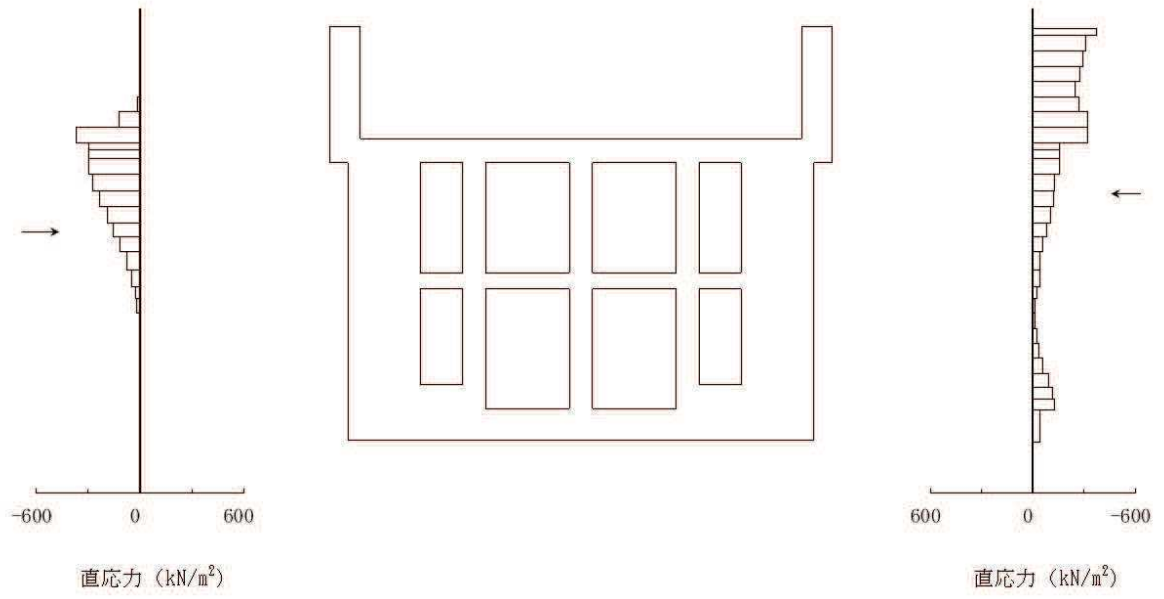
(2) 照査時刻

構造部材の健全性評価において、照査時刻は構造的特徴を踏まえ、損傷モードごと及び部材ごとに評価が厳しくなる時刻を地震応答解析の結果から複数選定する。表 3-6 に照査時刻の選定の考え方を示す。

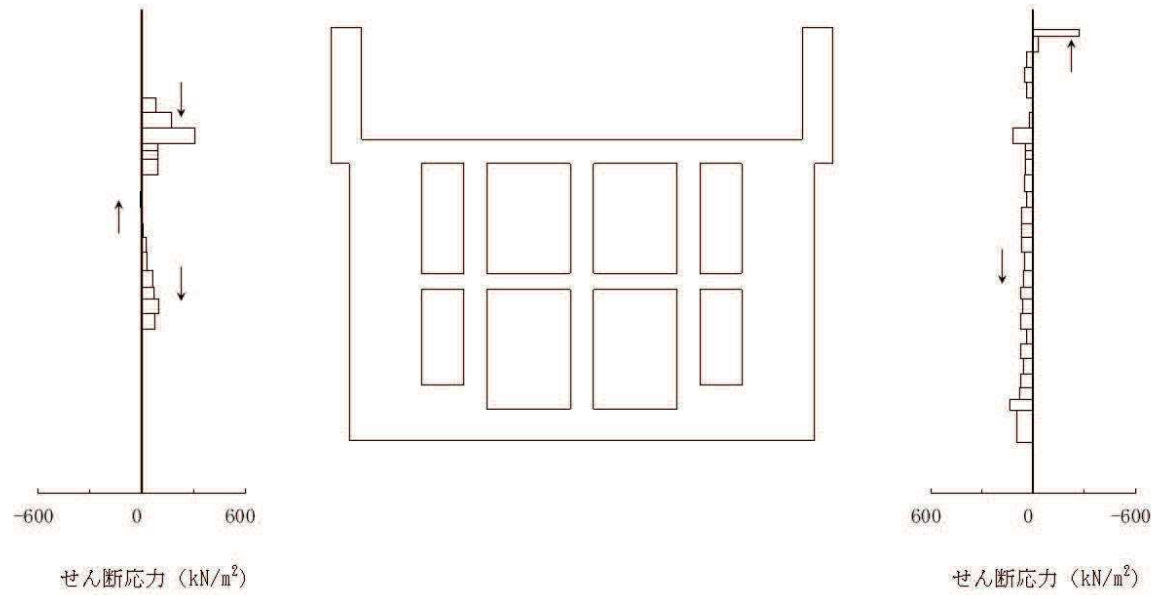
なお、照査値が最大となるせん断破壊に対する照査時における作用荷重分布図を図 3-9～図 3-14 に示す。

表 3-6 照査時刻の考え方

照査時刻	損傷モード	着目部位		荷重抽出時刻
時刻 1	曲げ・軸力系の破壊	壁 (面外)		下部構造（水路）における頂底板間の層間変位が最大となる時刻
時刻 2, 3	曲げ・軸力系の破壊	壁 (面外)		上部構造における各側壁の転倒曲げモーメントが最大となる時刻
時刻 4	せん断破壊 (面外)	壁 (面外)		総水平荷重が最大となる時刻
時刻 5, 6	せん断破壊 (面外)	壁 (面外)		上部構造における各側壁の水平荷重が最大となる時刻
時刻 7	せん断破壊 (面内)	壁 (面内)		面部材の層間変位が最大となる時刻
時刻 8, 9	曲げ・軸力系の破壊 及び せん断破壊 (面外)	壁 (面外)		上部構造における各側壁の上部荷重が最大となる時刻



直応力



せん断応力

図中の矢印は荷重の作用方向を示す

図 3-9 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)
(解析ケース③, S s - N 1 (++) , A-A 断面, 東西 (スクリーンエリア))

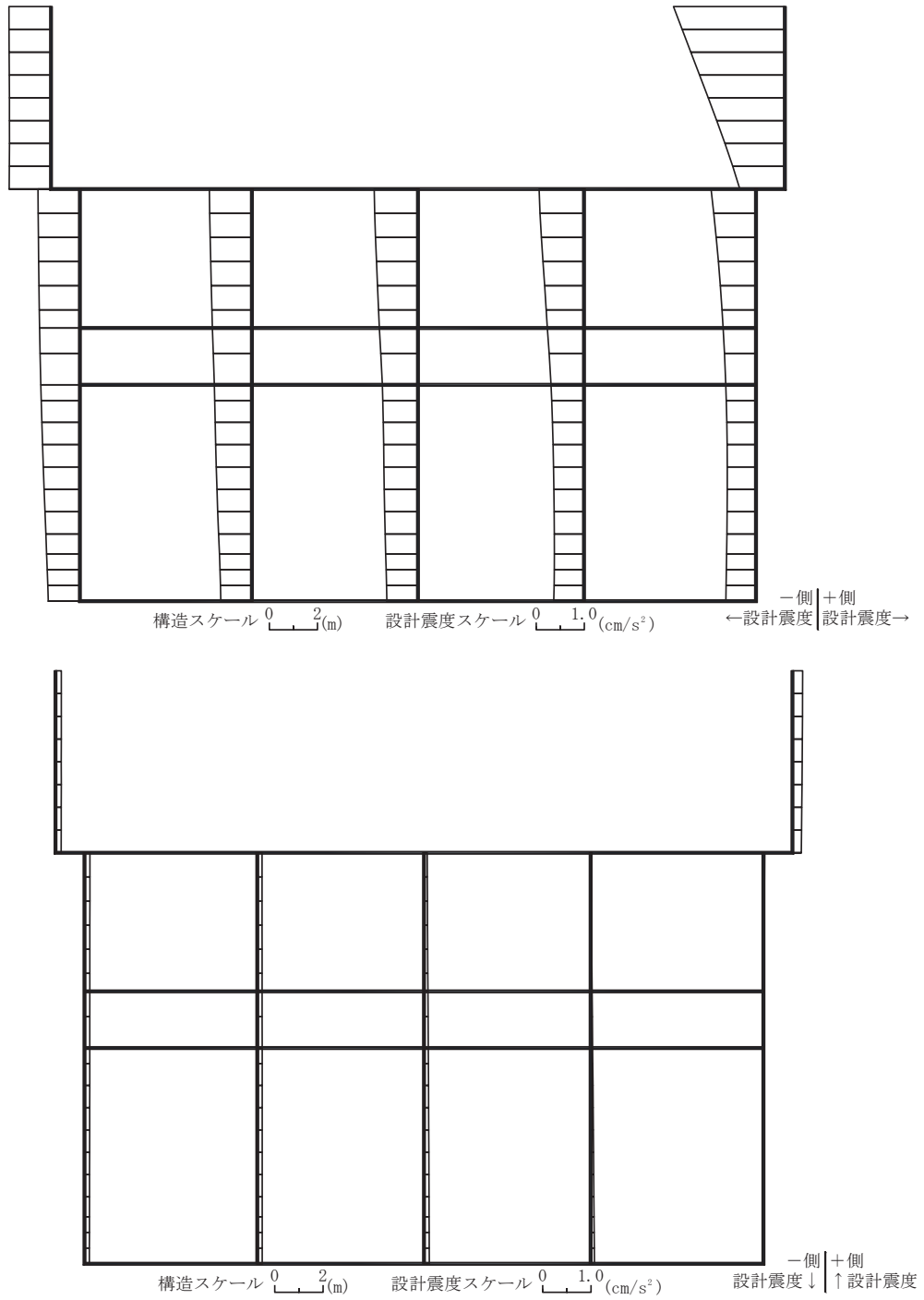
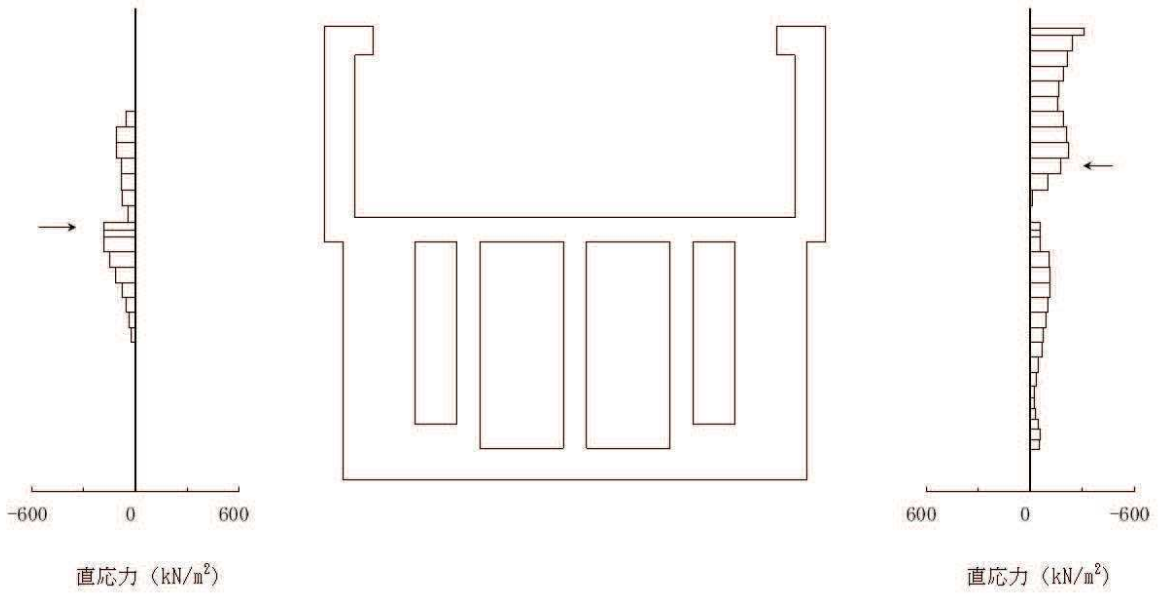
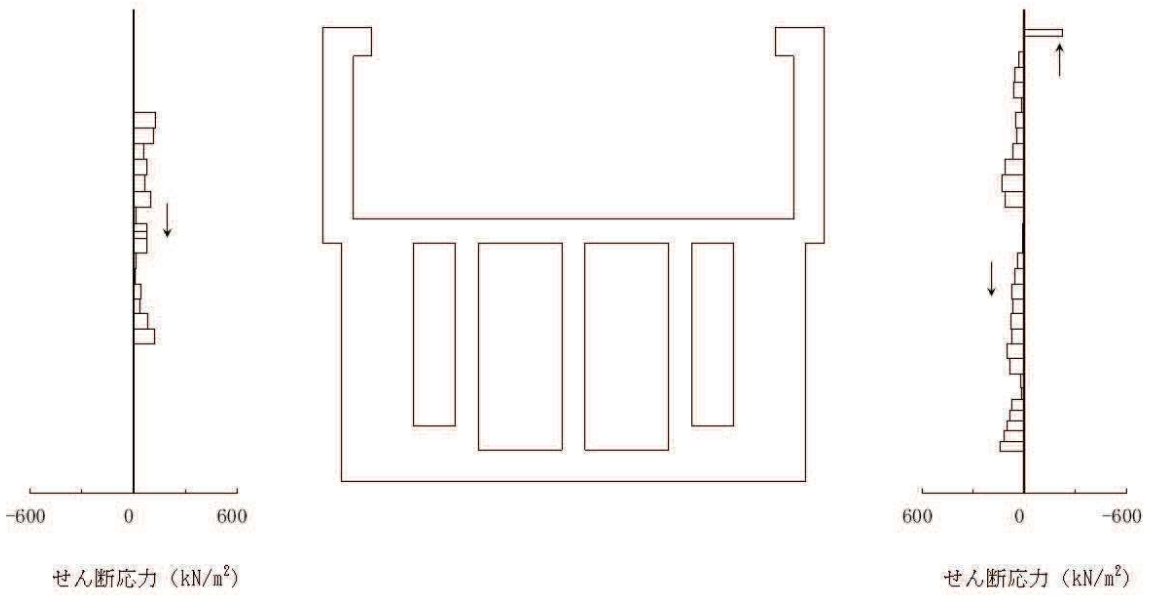


図 3-10 作用荷重分布図 (設計震度分布)
 (解析ケース③, S s - N 1 (++) , A-A 断面, 東西 (スクリーンエリア))



直応力



せん断応力

図中の矢印は荷重の作用方向を示す

図 3-11 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)
(解析ケース③, S s - N 1 (++) , B-B 断面, 東西 (補機ポンプエリア))

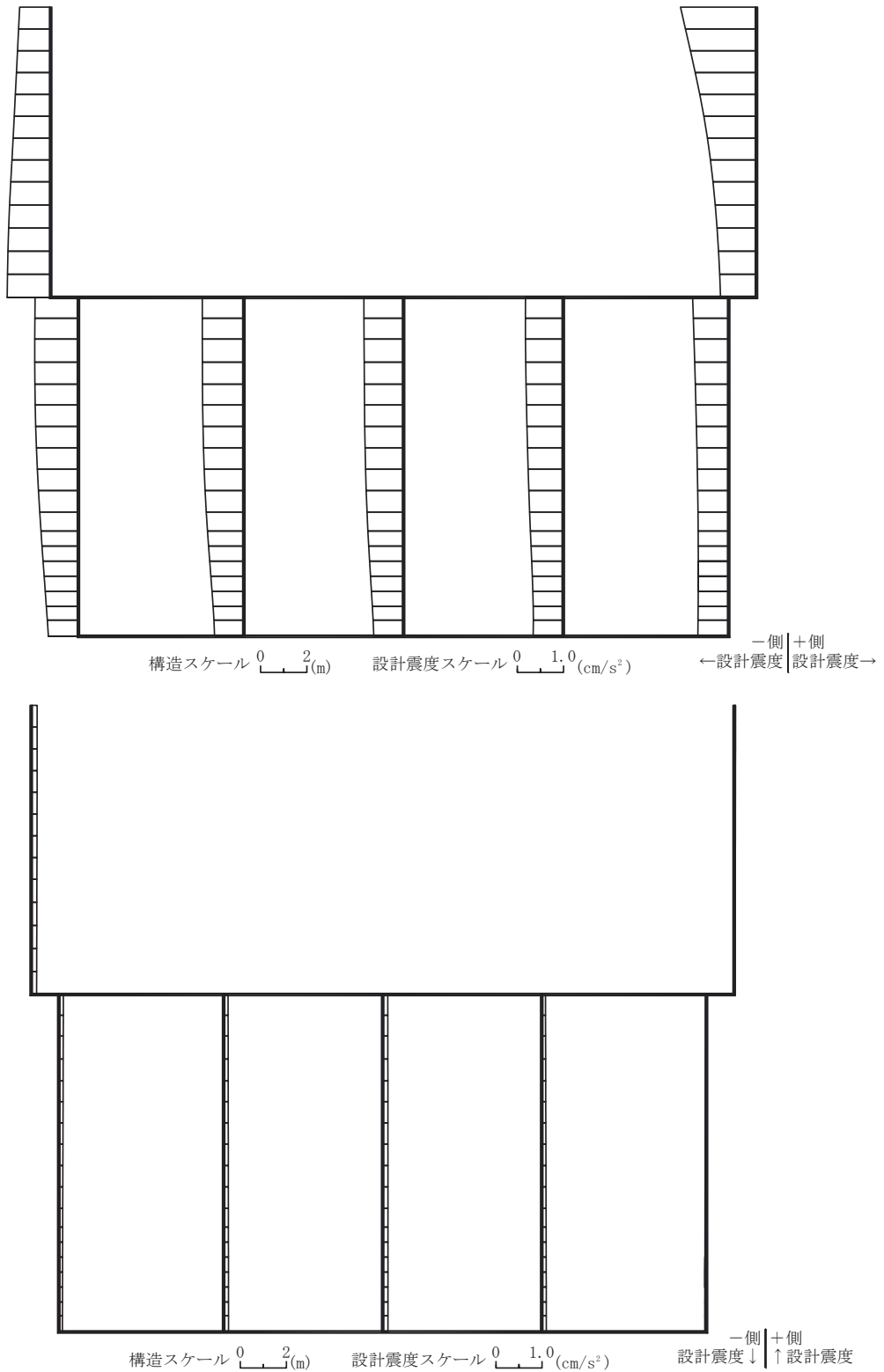
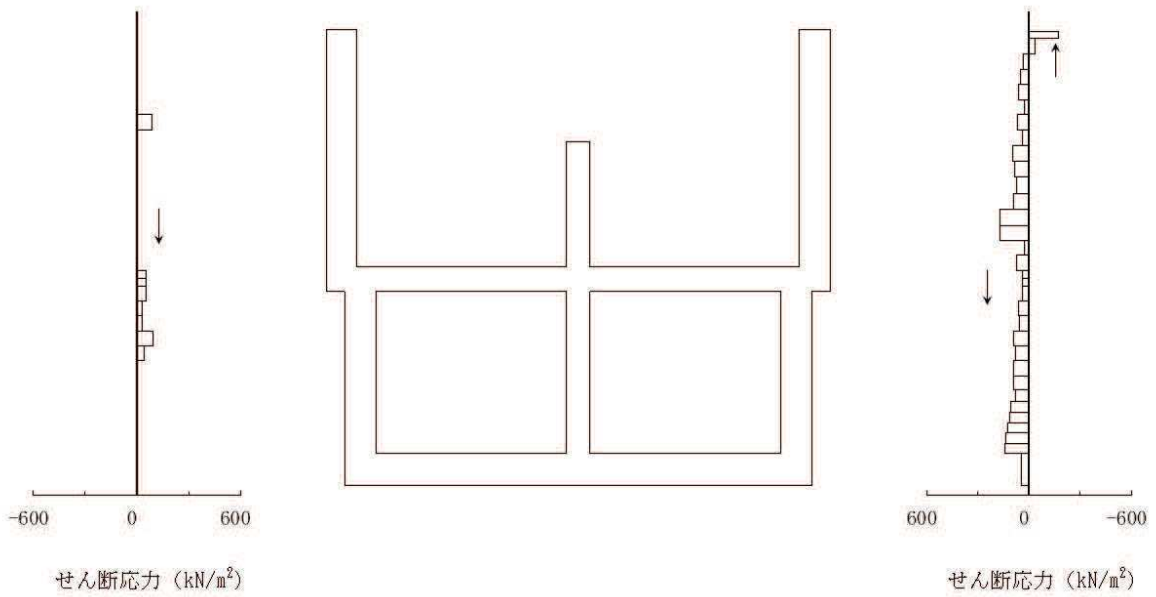
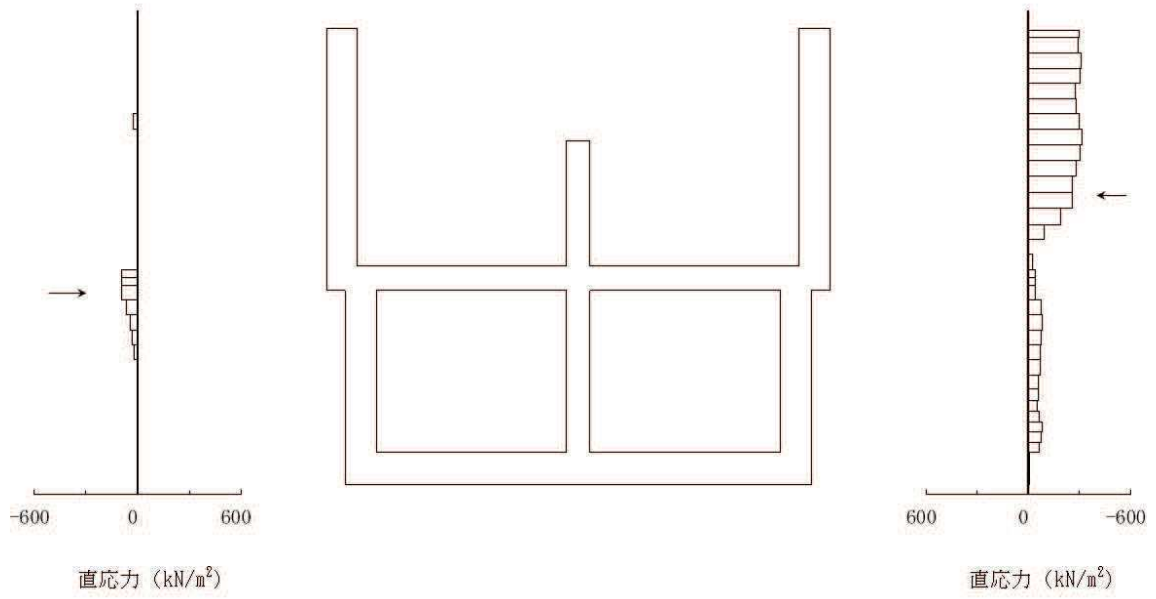


図 3-12 作用荷重分布図 (設計震度分布)

(解析ケース③, S s - N 1 (++) , B-B 断面, 東西 (補機ポンプエリア))



図中の矢印は荷重の作用方向を示す

図 3-13 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)
 (解析ケース③, S s - N 1 (++) , C-C 断面, 東西 (循環水ポンプエリア))

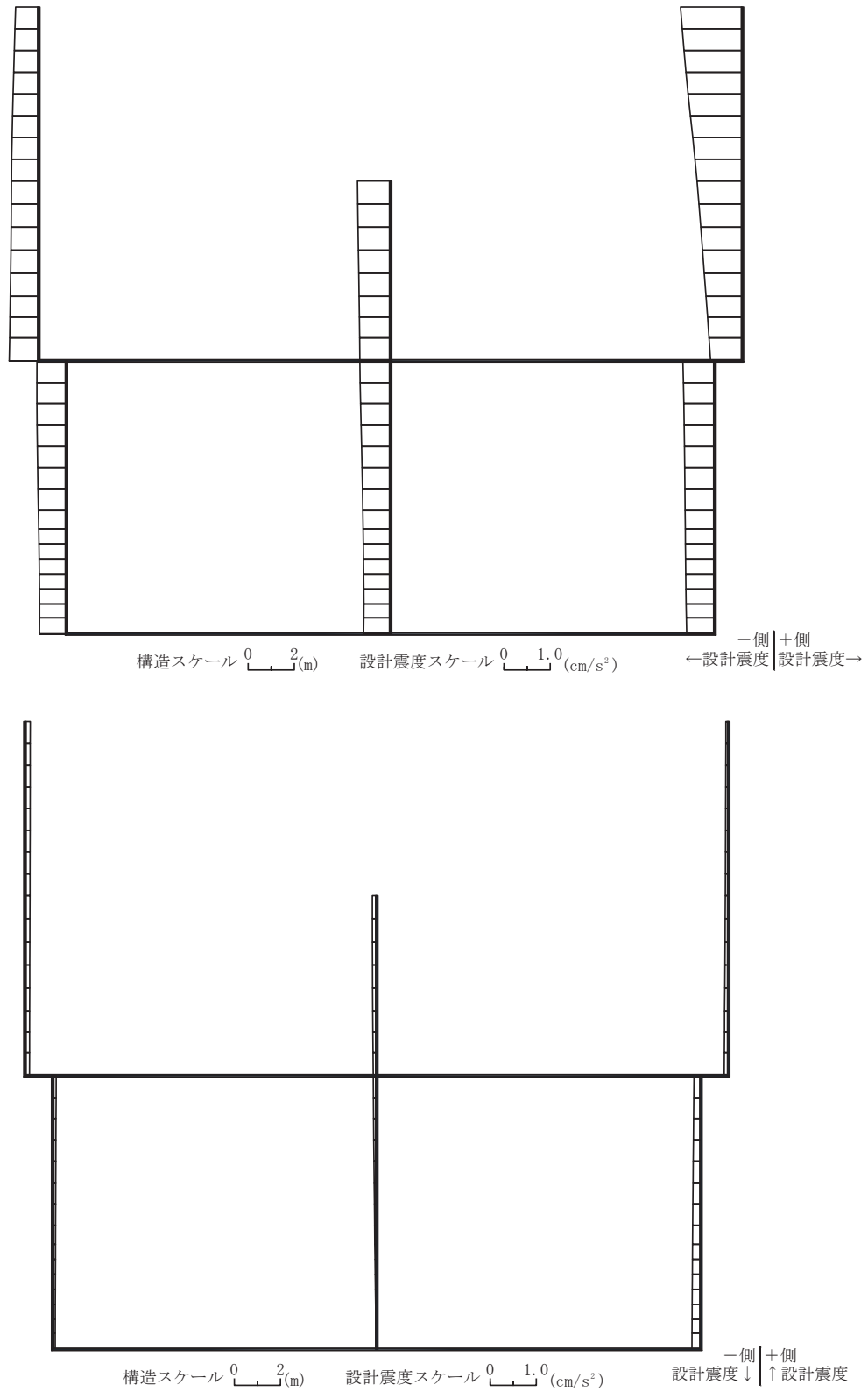


図 3-14 作用荷重分布図 (設計震度分布)
 (解析ケース③, S s - N 1 (++) , C-C 断面, 東西 (循環水ポンプエリア))

(3) 入力荷重

三次元構造解析の入力荷重は、設計値及び添付書類「VI-2-2-7 海水ポンプ室の地震応答計算書」より得られた地震応答解析に基づく「(2) 照査時刻」で選定した照査時刻における応答値を用いて算定する。地震時荷重は地震応答解析から抽出した荷重を各エリア奥行方向に一様に載荷する。入力荷重の一覧を表 3-7 に示す。

表 3-7 三次元構造解析における入力荷重

区分	種別	考慮する荷重
常時荷重	固定荷重	躯体自重, 機器・配管荷重, 竜巻防護ネット荷重, 原子炉機器冷却海水配管ダクト (鉛直部) の荷重
	積載荷重	躯体に作用する積載荷重
	常時土圧	躯体側面に作用する常時土圧
	内水圧	躯体に作用する静水圧
	外水圧	躯体に作用する静水圧
地震時荷重	慣性力	躯体に作用する慣性力
	付帯構造の荷重	原子炉機器冷却海水配管ダクト (鉛直部) 荷重*1
	機器反力	機器・配管反力, 竜巻防護ネット反力*2
	動水圧 (内水)	躯体に作用する動水圧*3
	地震時土圧	躯体側面に作用する地震時土圧
	地震時水圧	躯体側面に作用する地震時水圧

注記*1：地震応答解析により原子炉機器冷却海水配管ダクト (鉛直部) が海水ポンプ室に接続している位置で算出した応答加速度に原子炉機器冷却海水配管ダクト (鉛直部) の質量を乗じて荷重を算定する。

*2：地震応答解析により竜巻防護ネットを支持する位置で算出した応答加速度に竜巻防護ネットの質量を乗じて反力を算定する。

*3：動水圧は、地震応答解析から抽出した側壁及び導流壁の応答加速度に基づき算定する。

3.4.2 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては、構造部材を支持する基礎地盤に発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認する。

4. 構造部材の地震時応答

三次元構造解析に基づく、各構造部材の地震時応答結果を示す。各部材位置を図4-1に、各部材の要素座標系を図4-2及び図4-3に、ソリッド要素における各要素の断面力の方向を図4-4に示す。

曲げ・軸力系の破壊に対する照査のうち、各部材のコンクリートの圧縮縁ひずみ、コンクリートの圧縮ひずみ及び主筋のひずみに対して最大照査値となる評価時刻でのひずみ分布を図4-5～図4-10に、せん断破壊に対して最大照査値となる評価時刻での断面力分布を図4-11～図4-22に示す。

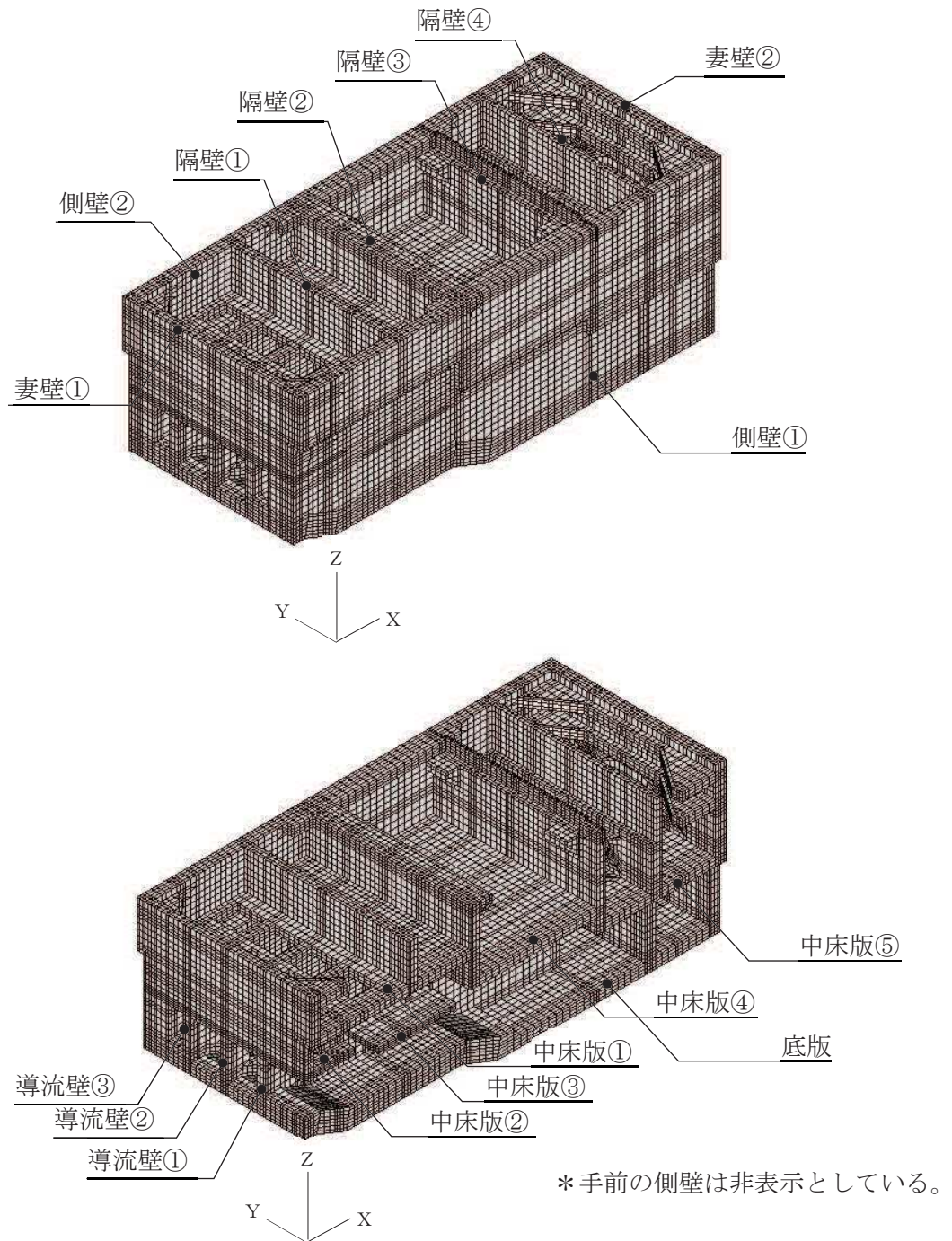
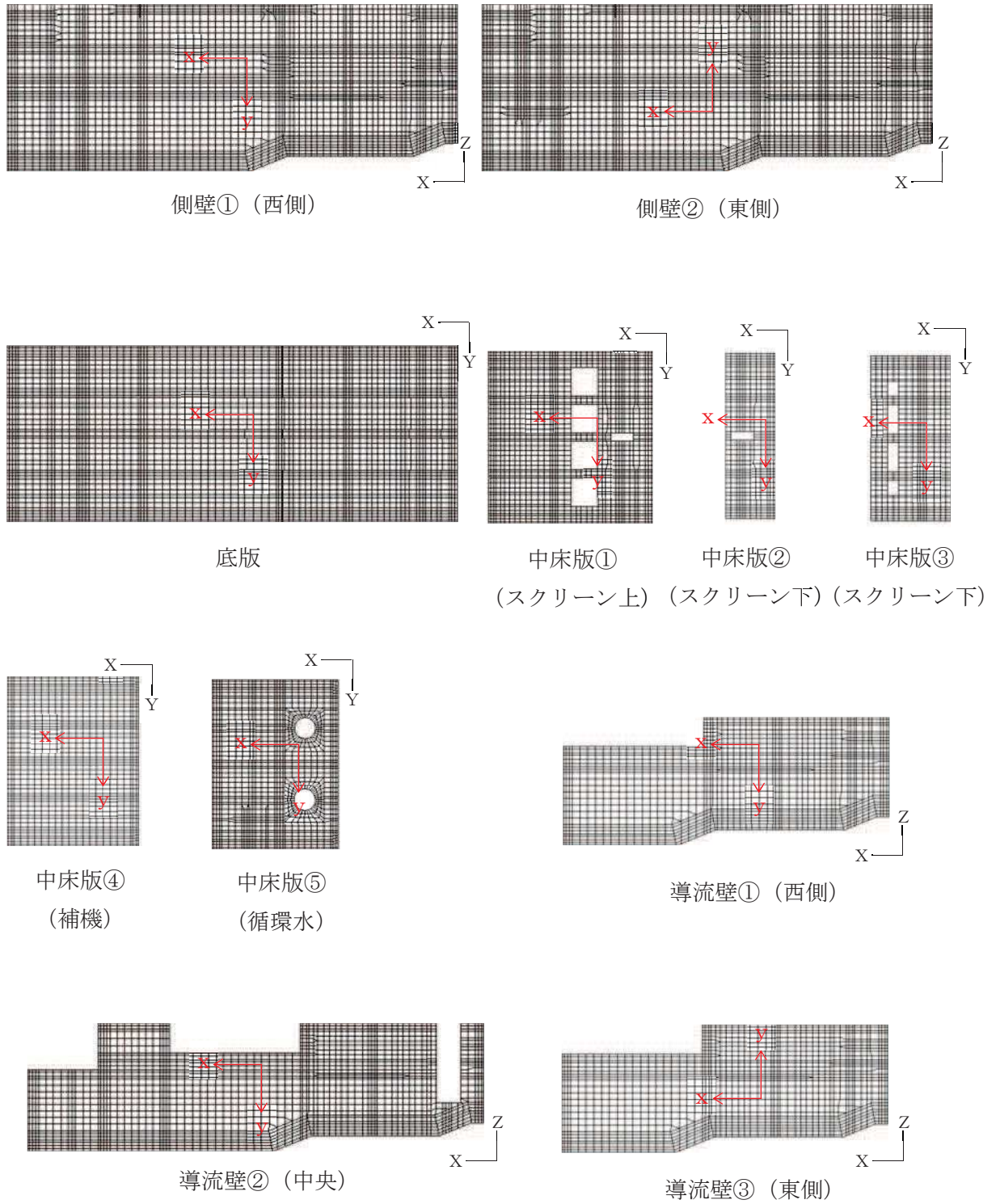
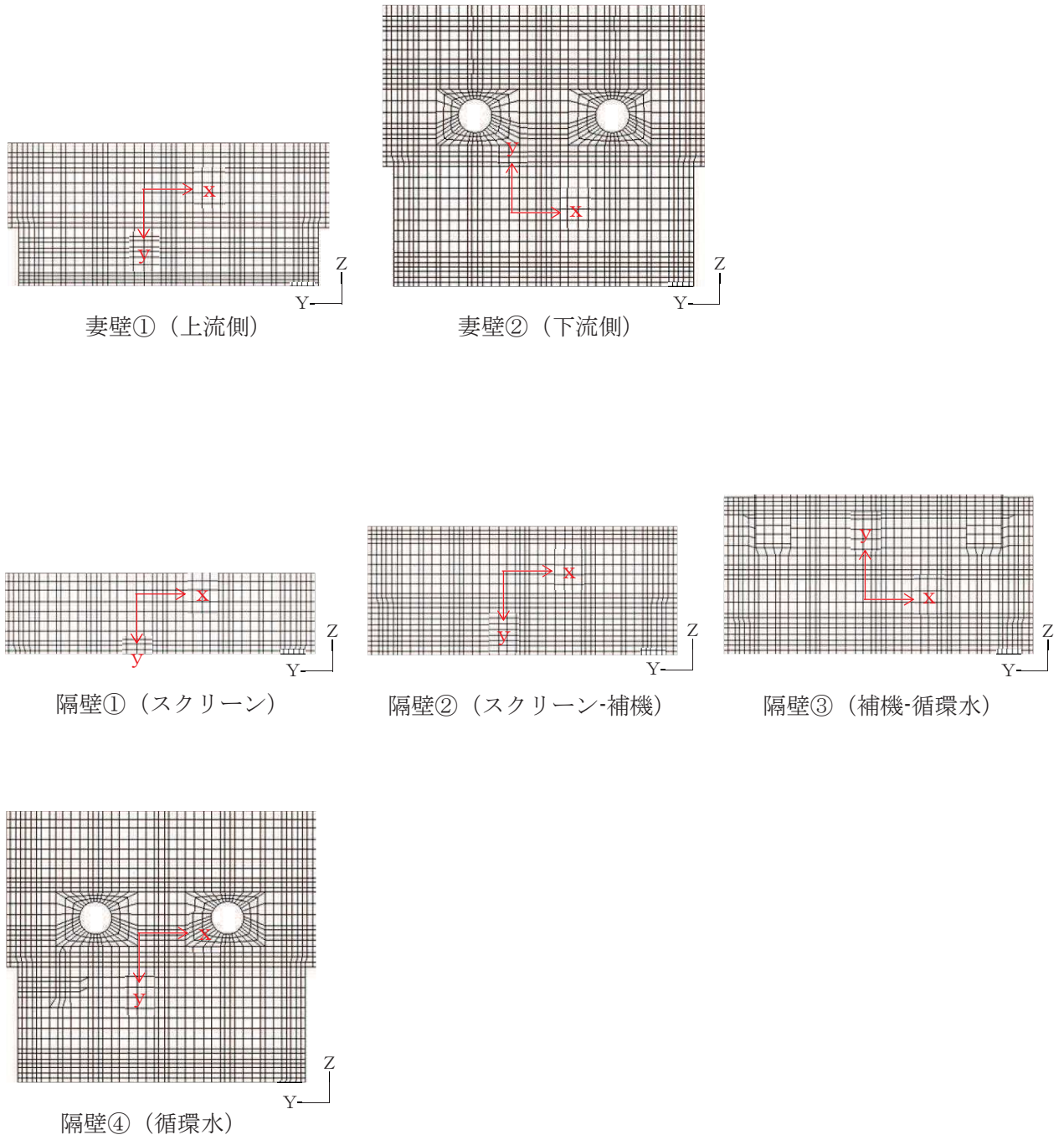


図4-1 各部材位置



黒：全体座標系を示す
赤：要素座標系を示す

図 4-2 各部材の要素座標系 (1/2)



黒：全体座標系を示す
赤：要素座標系を示す

図4-3 各部材の要素座標系 (2/2)

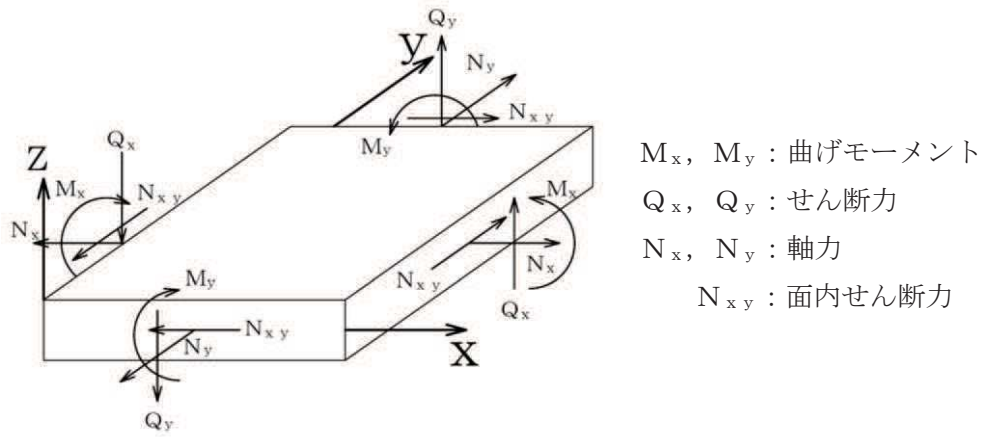


図 4-4 ソリッド要素における断面力の方向

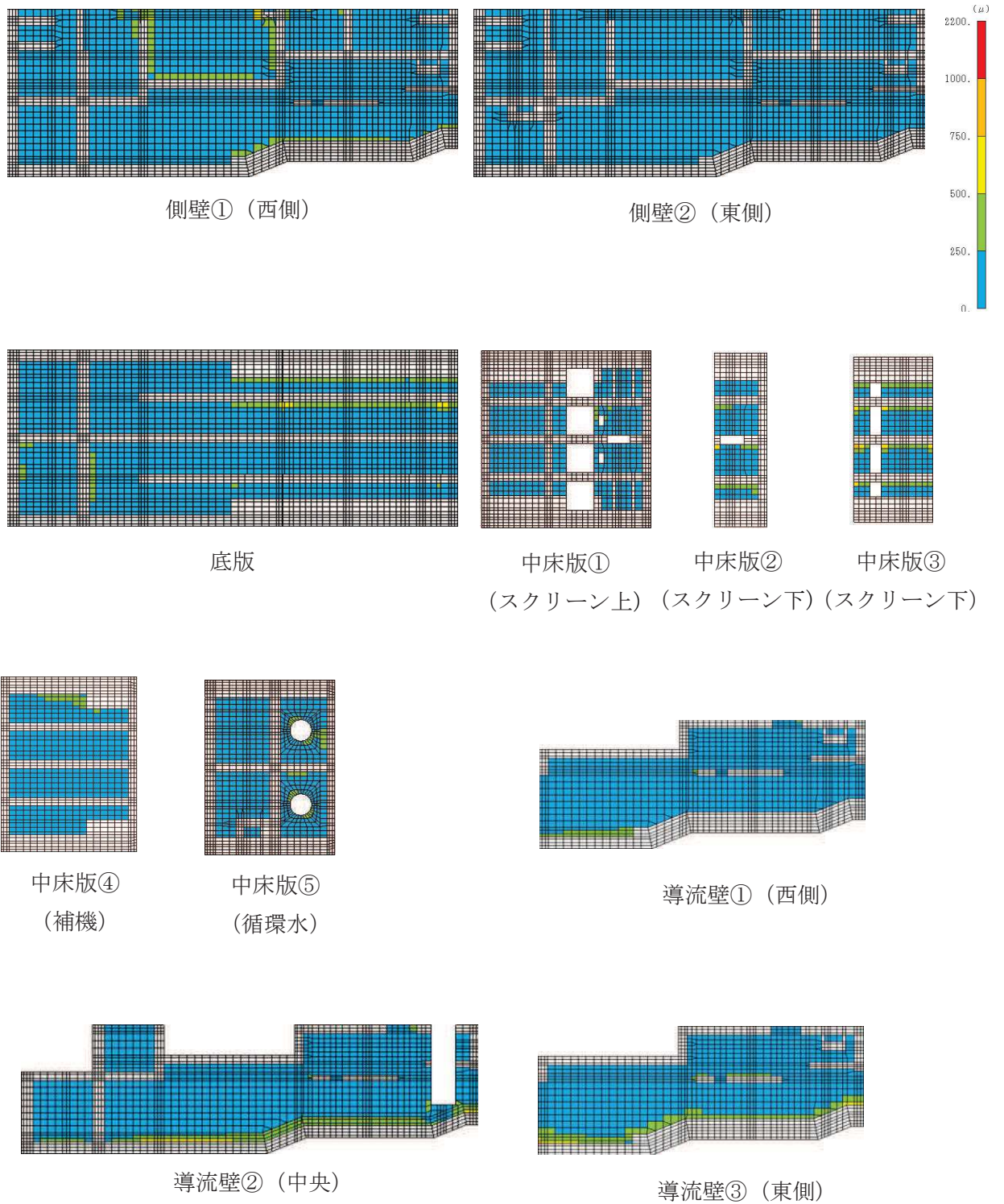


図 4-5 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時のひずみ分布図 (1/2)
 (コンクリートの圧縮縁ひずみ)
 (隔壁, 解析ケース②, S s - N 1 (++))

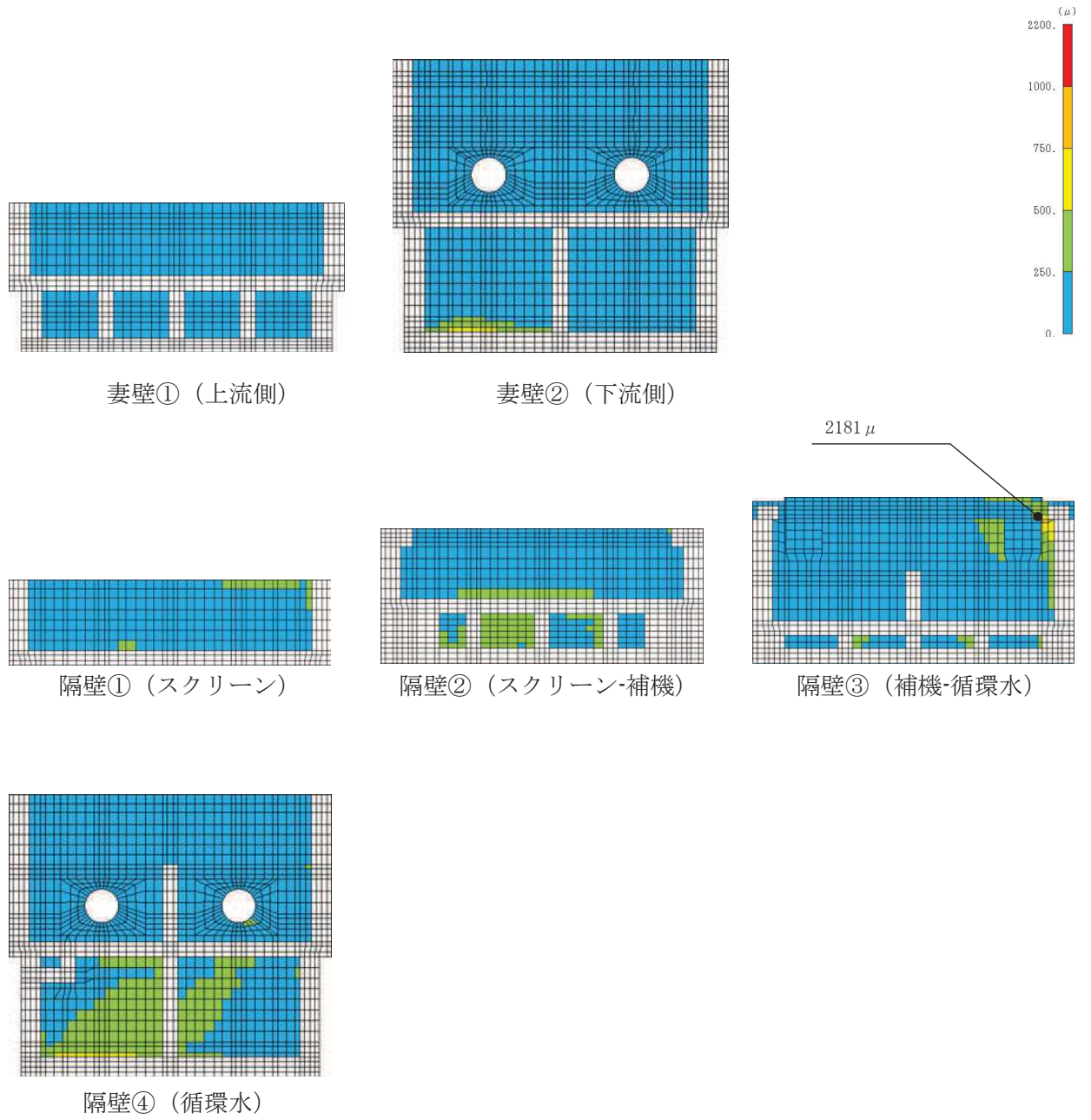


図 4-6 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時のひずみ分布図
 (コンクリートの圧縮縁ひずみ)
 (隔壁, 解析ケース③, S s - N 1 (++)) (2/2)

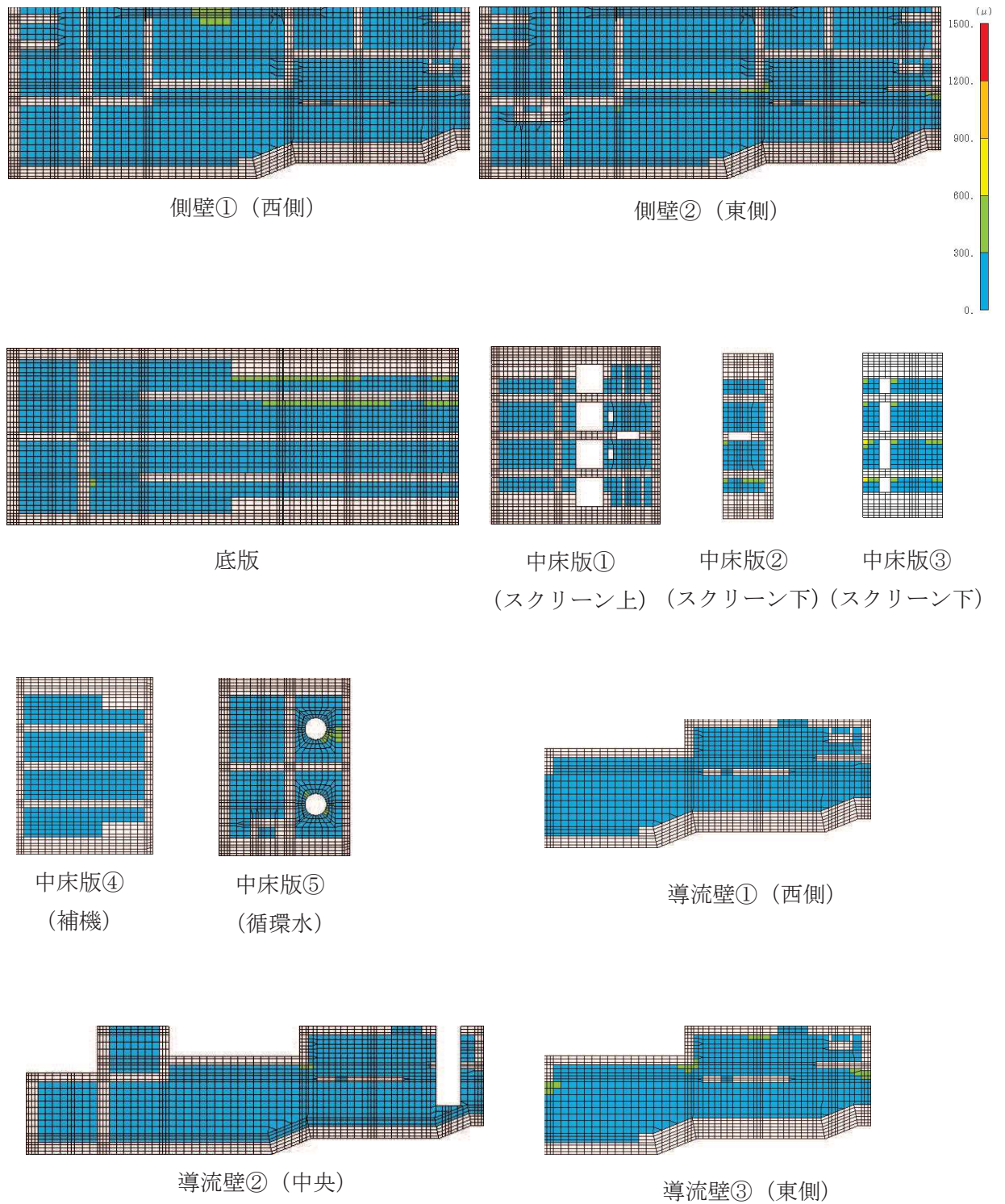


図 4-7 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時のひずみ分布図
 (コンクリートの圧縮ひずみ)
 (隔壁, 解析ケース①, S s - N 1 (++)) (1/2)

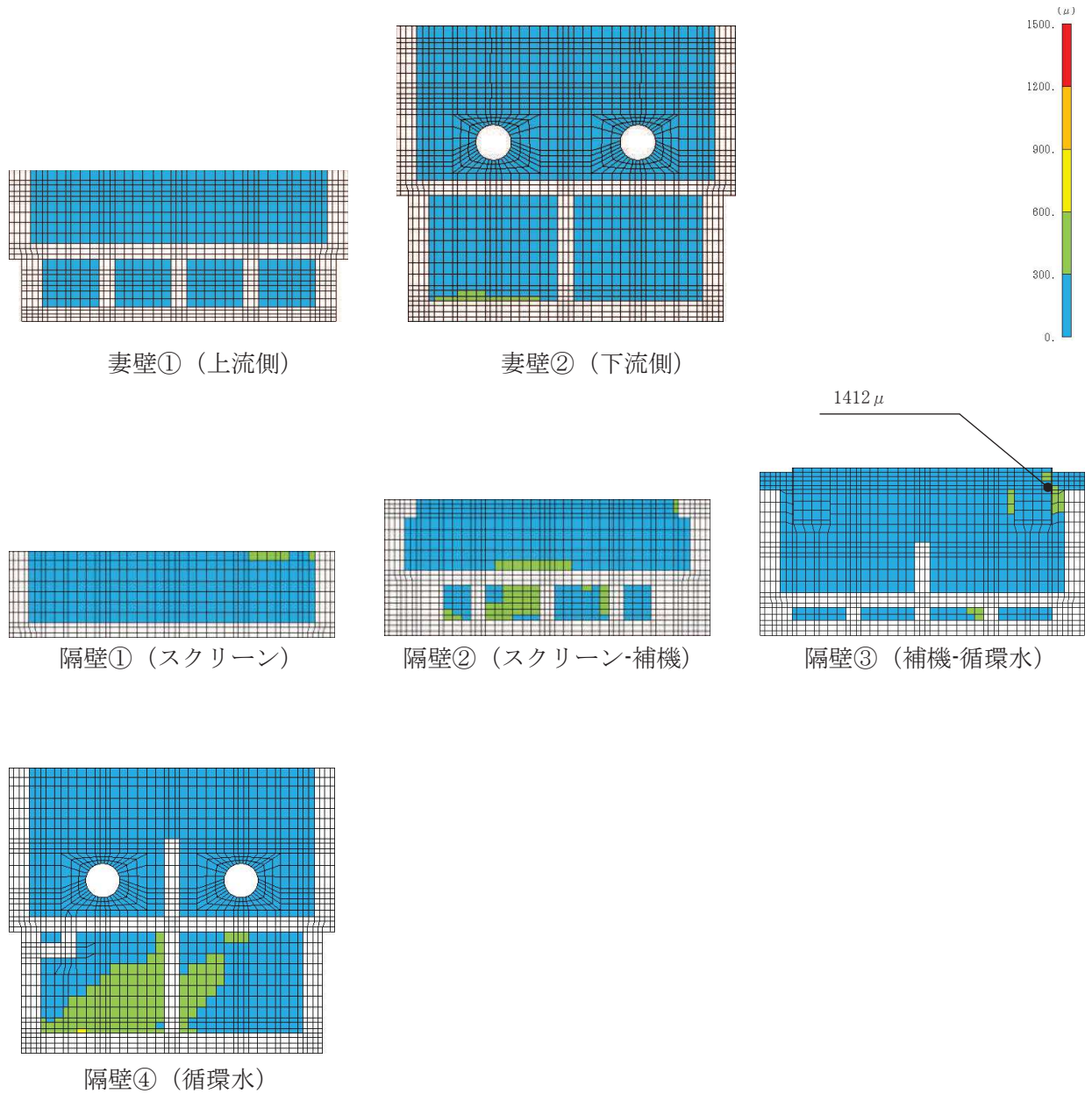
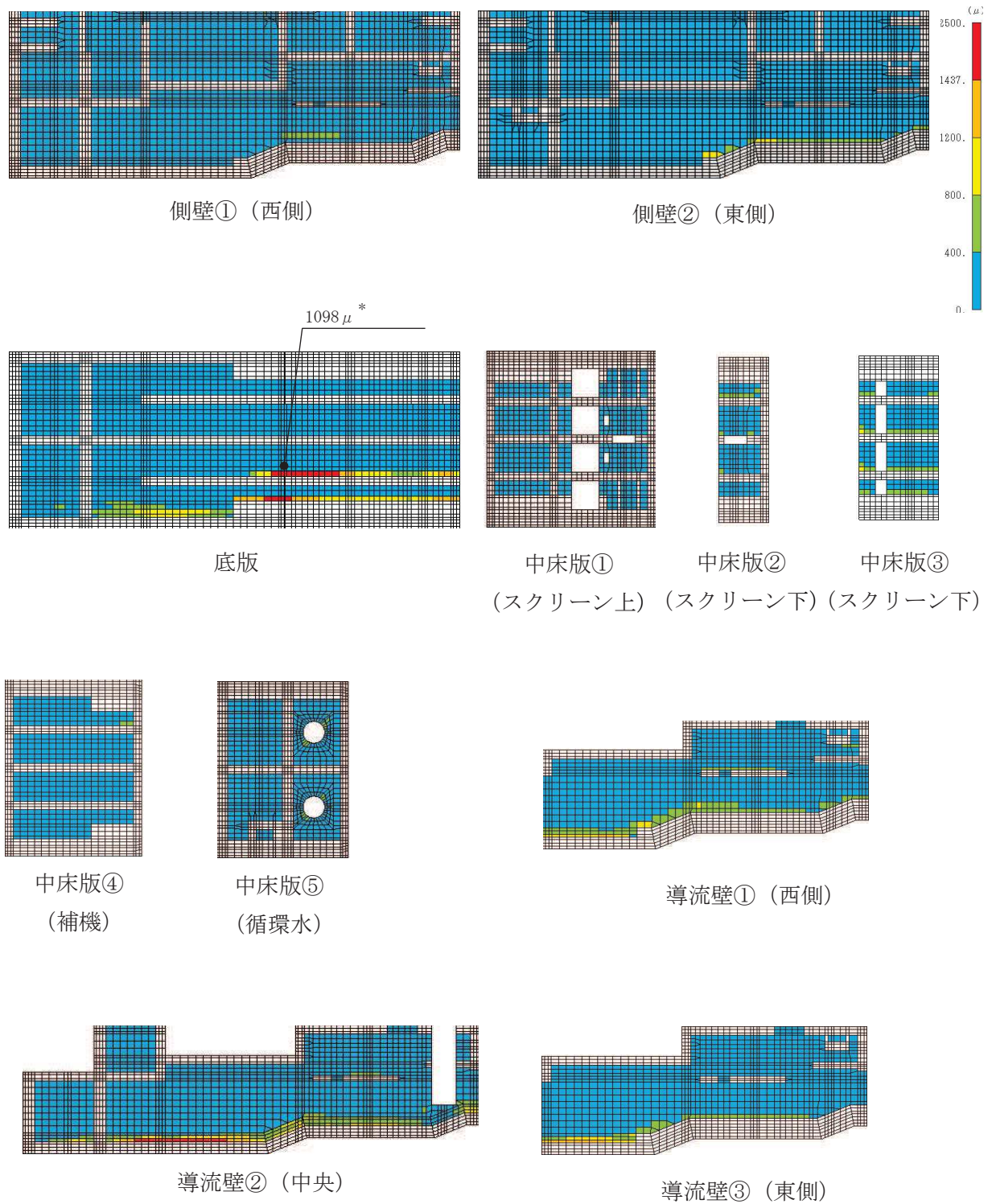


図 4-8 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時のひずみ分布図
 (コンクリートの圧縮ひずみ)
 (隔壁, 解析ケース①, S s - N 1 (++) (2/2))



注記* : 要素平均化後の値を示す。

図 4-9 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時のひずみ分布図 (鉄筋)
(底版, 解析ケース③, S s - N 1 (++)) (1/2)

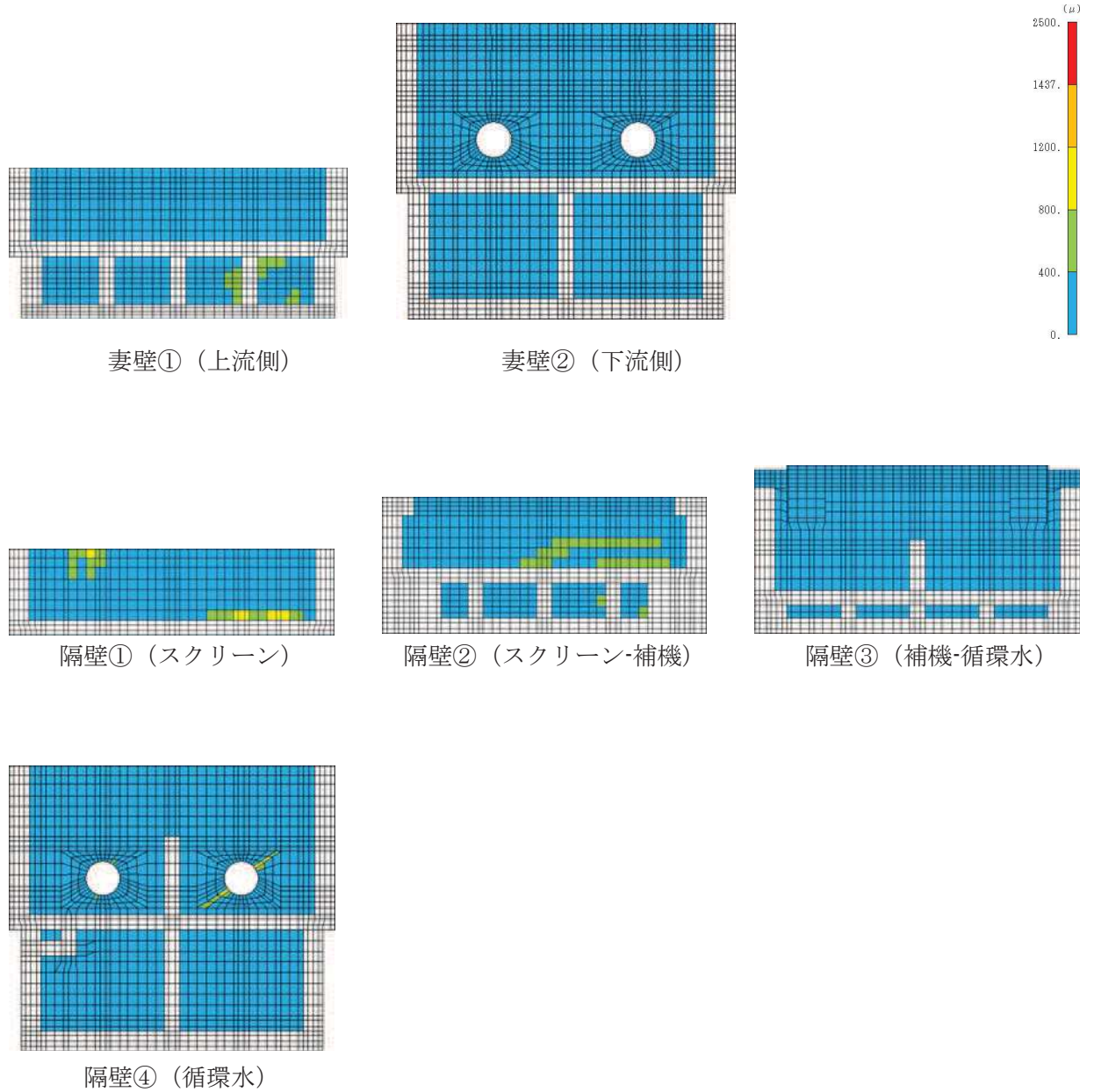


図 4-10 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時のひずみ分布図 (鉄筋)
(底版, 解析ケース③, S s - N 1 (++)) (2/2)

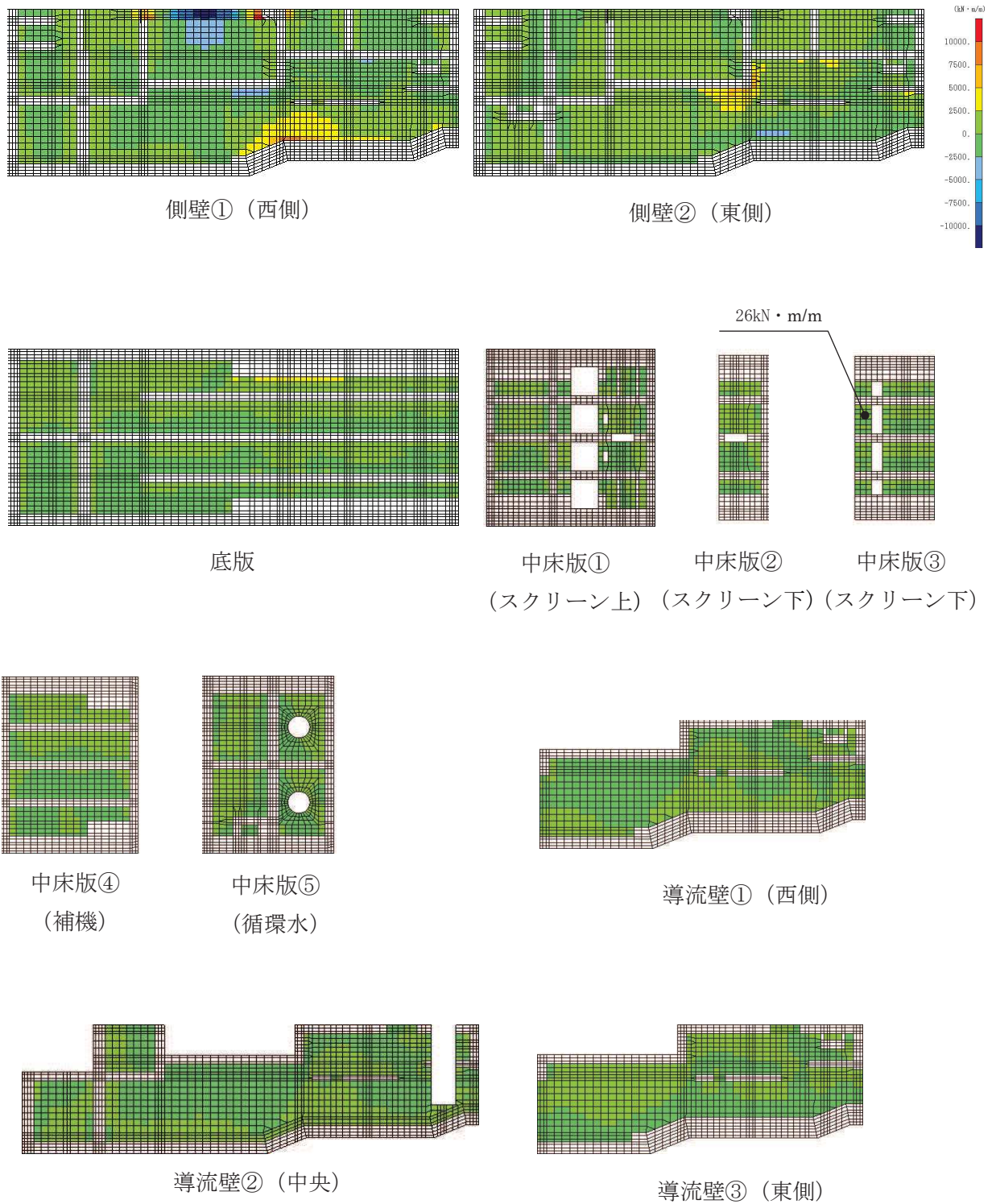


図 4-11 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (曲げモーメント (kN・m/m) : M_x)
 (導流壁, 解析ケース③, S s - N 1 (++)) (1/2)

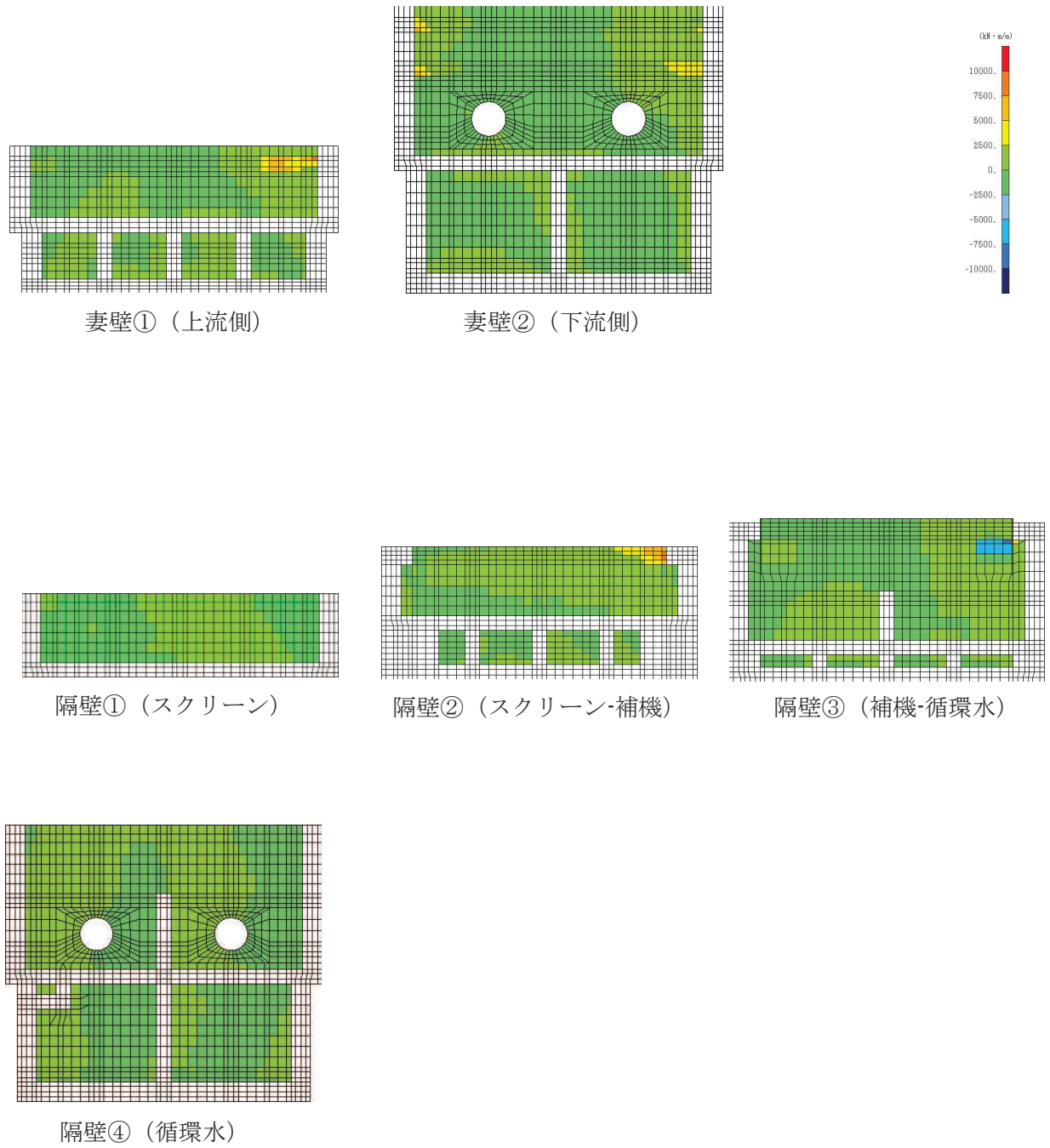


図 4-12 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (曲げモーメント (kN・m/m) : M_x)
 (中床版, 解析ケース③, S s - N 1 (++)) (2/2)

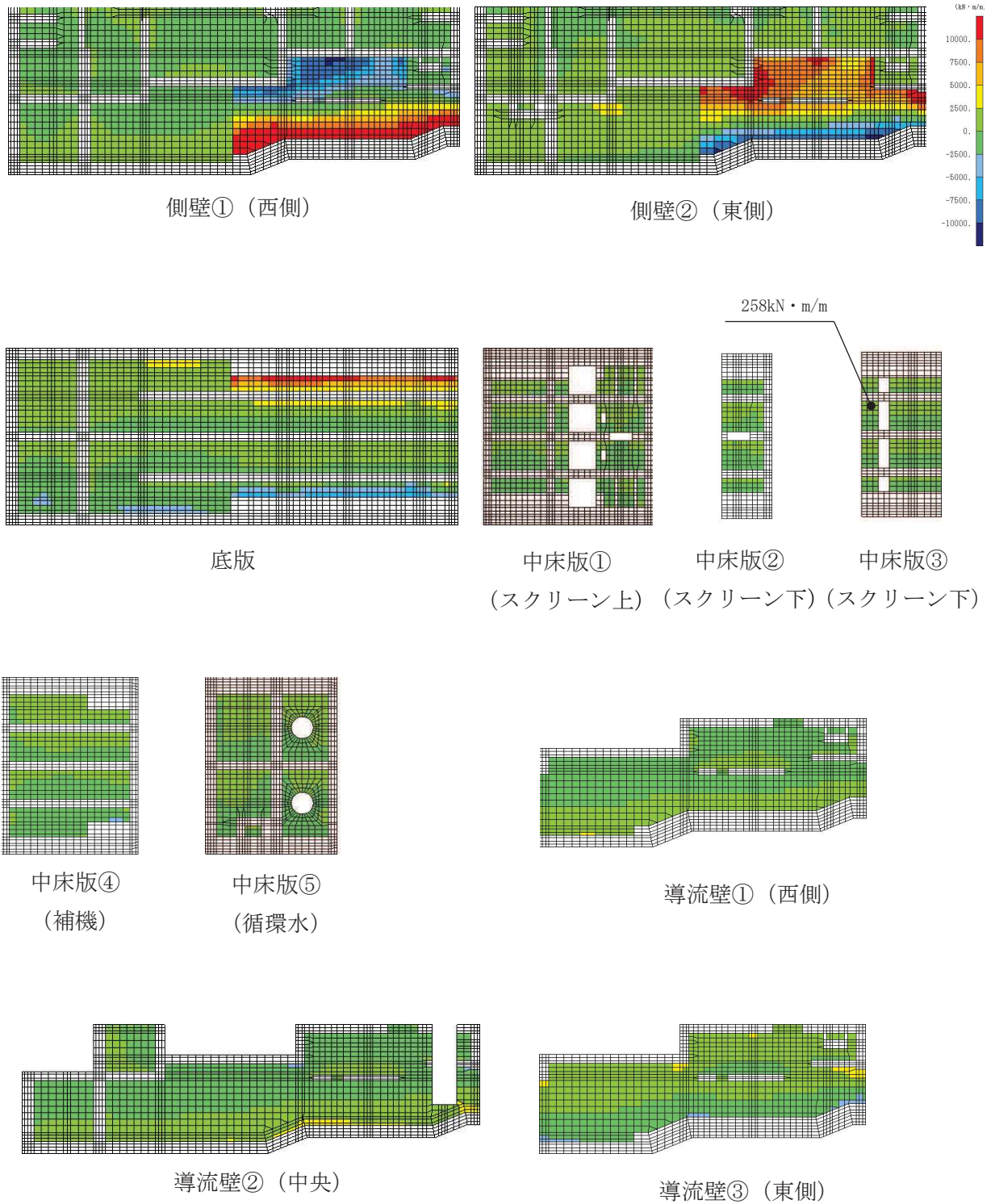


図 4-13 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (曲げモーメント (kN・m/m) : M_y)
 (導流壁, 解析ケース③, $S_s - N1$ (++)) (1/2)

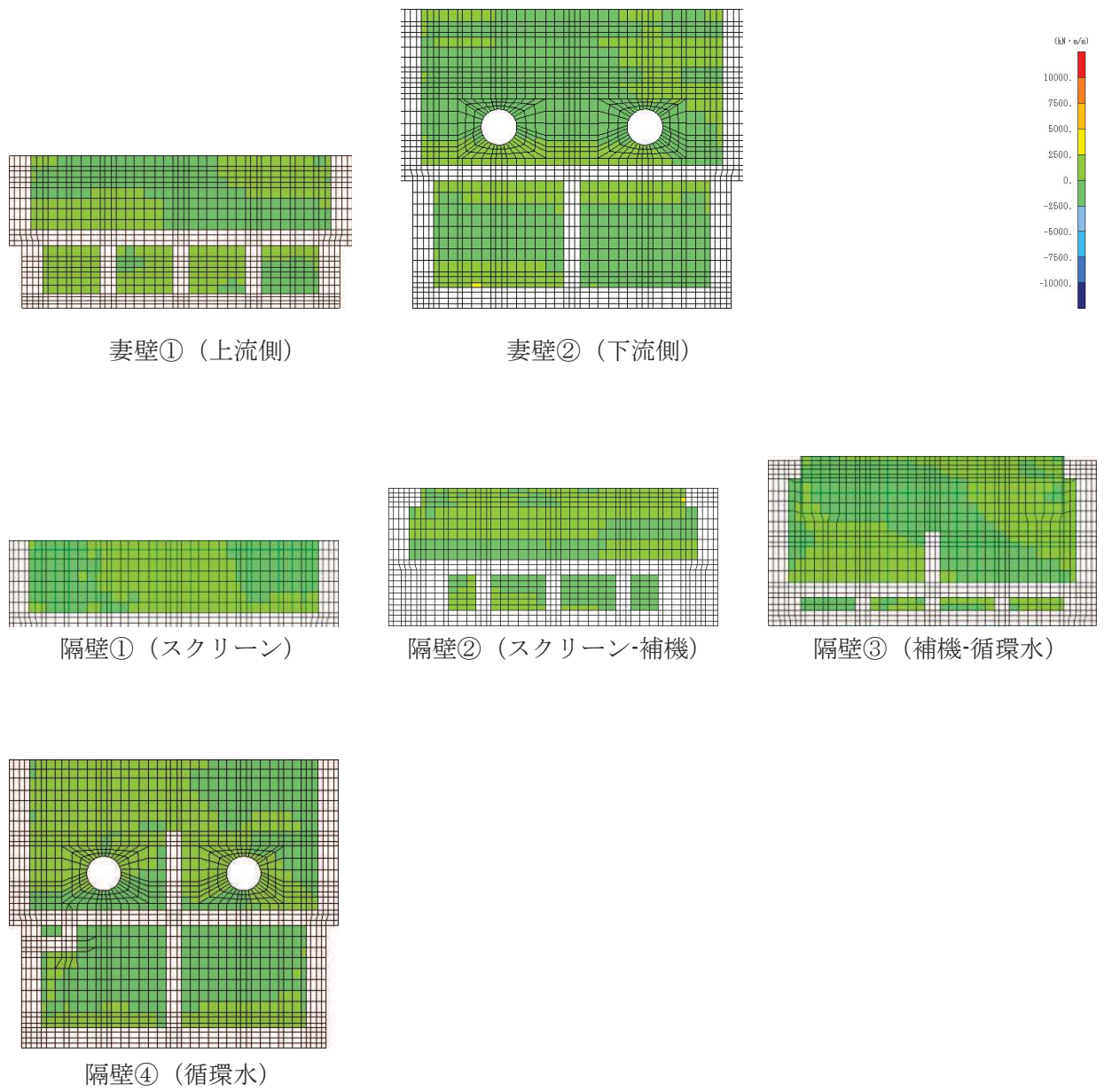


図 4-14 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (曲げモーメント (kN・m/m) : M_y)
 (導流壁, 解析ケース③, S s - N 1 (++)) (2/2)

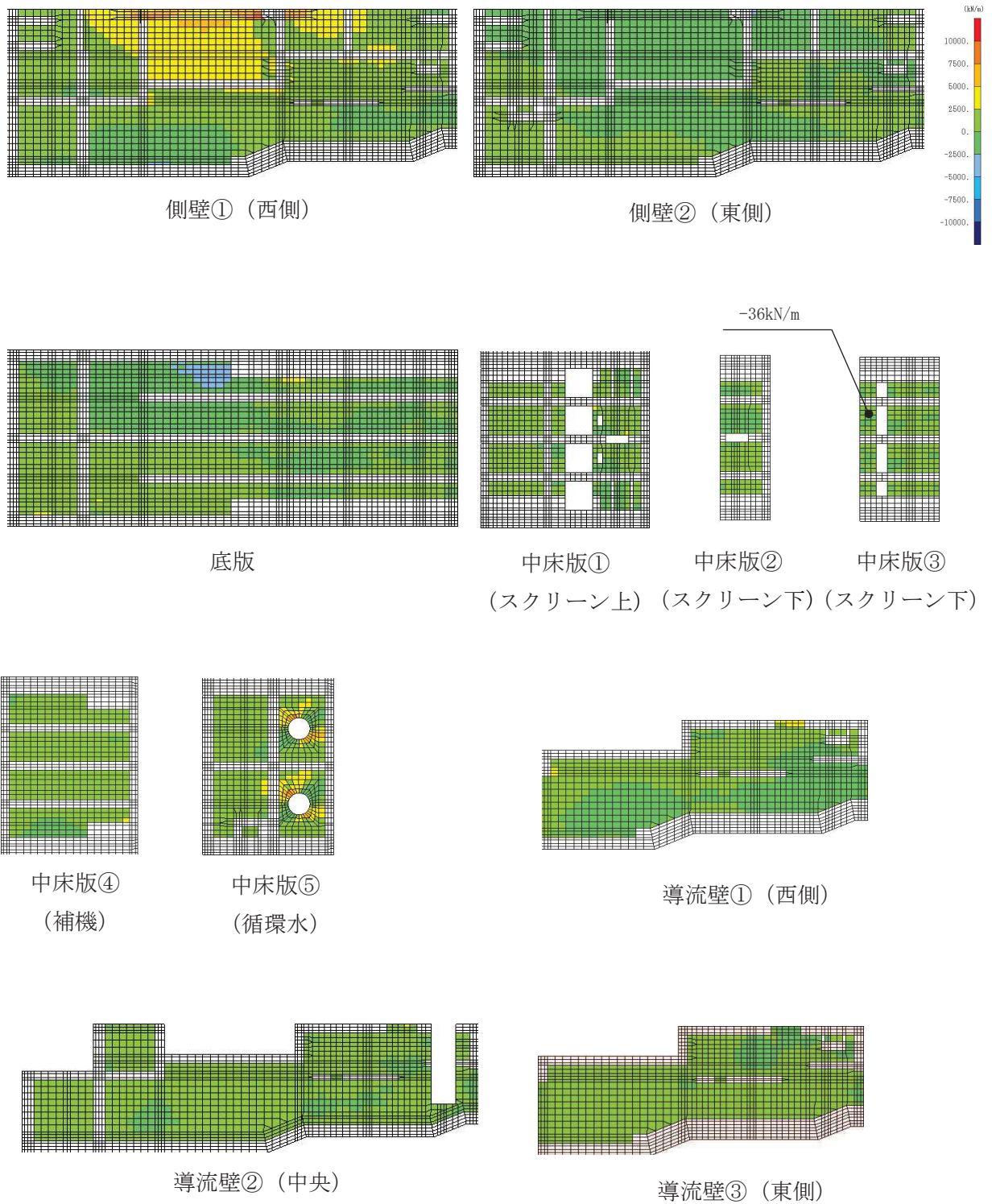


図 4-15 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (軸力 (kN/m) : N_x)
 (導流壁, 解析ケース③, $S_s - N1$ (++)) (1/2)

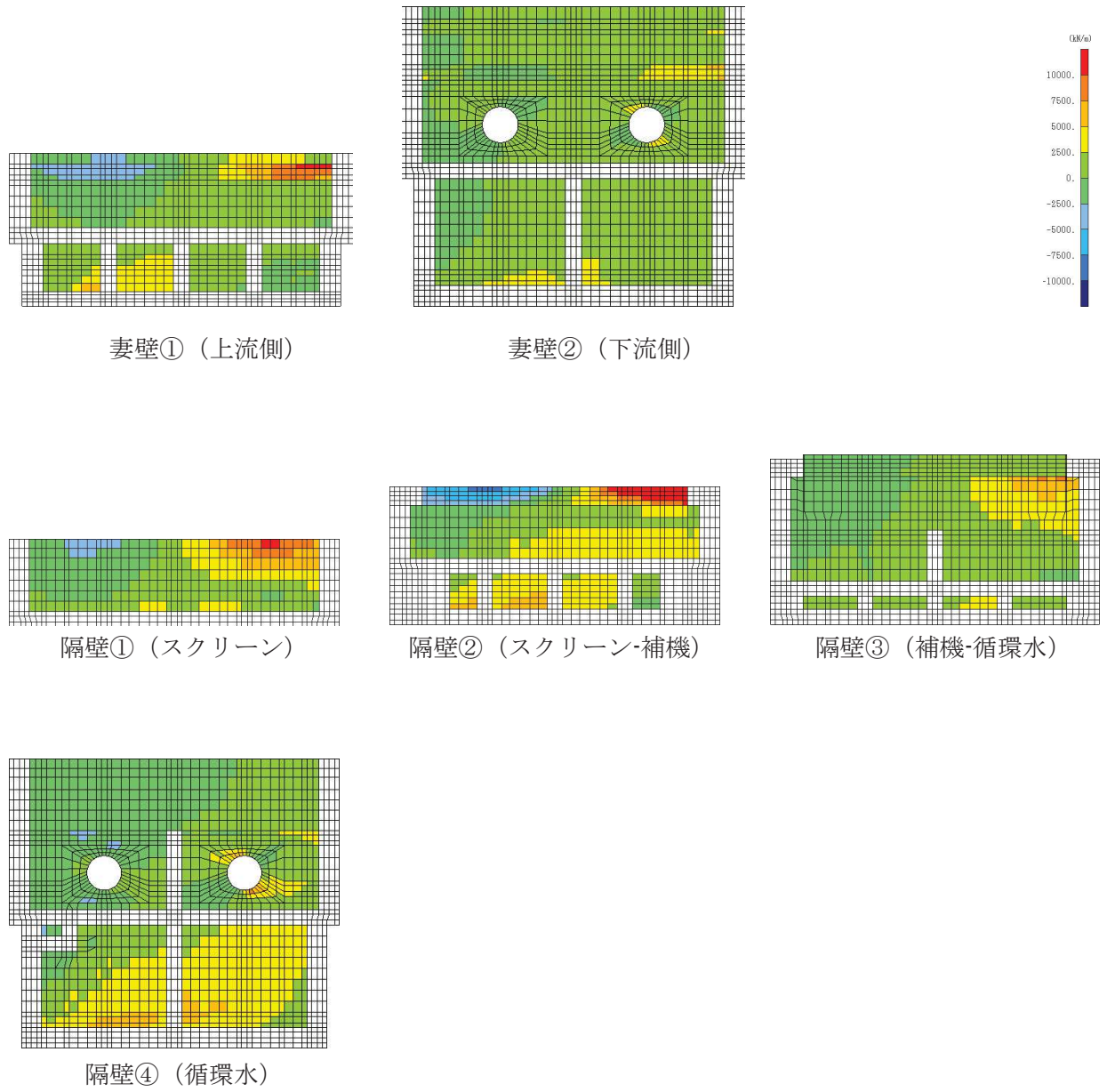


図 4-16 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (軸力 (kN/m) : N_x)
 (導流壁, 解析ケース③, $S_s - N1$ (++)) (2/2)

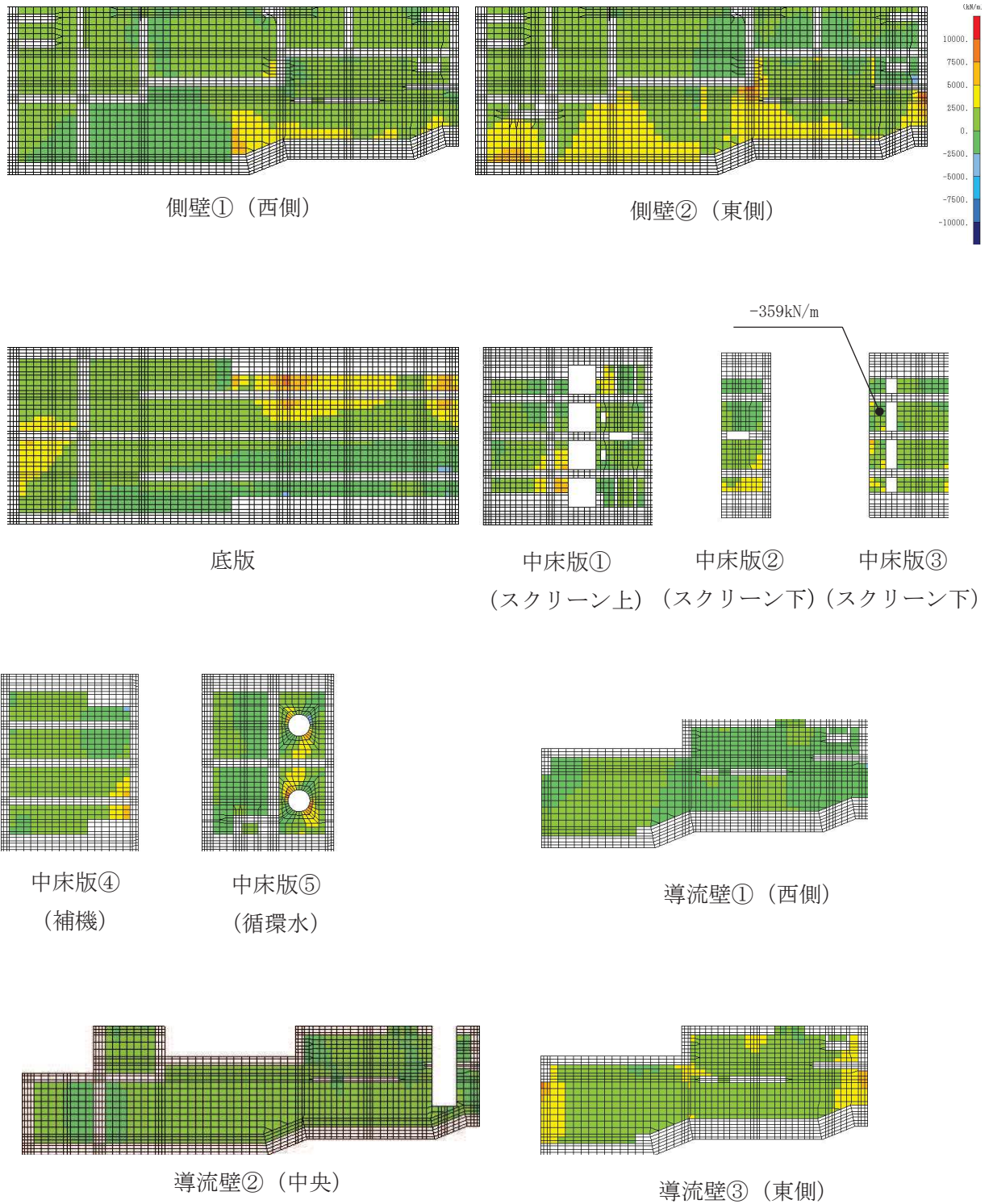


図 4-17 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (軸力 (kN/m) : N_y)
 (導流壁, 解析ケース③, $S_s - N1$ (++)) (1/2)

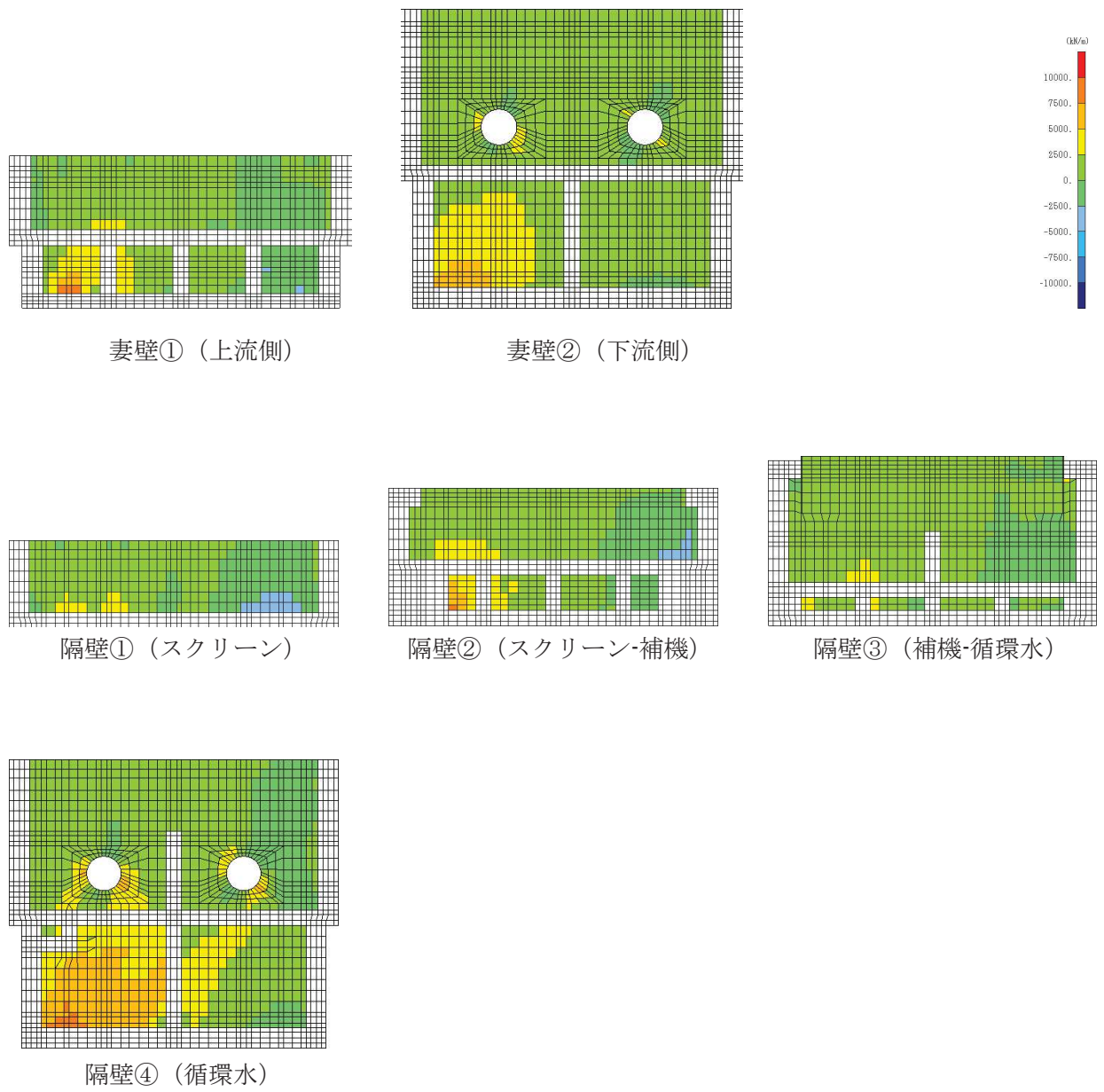


図 4-18 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (軸力 (kN/m) : N_y)
 (導流壁, 解析ケース③, $S_s - N1$ (++)) (2/2)

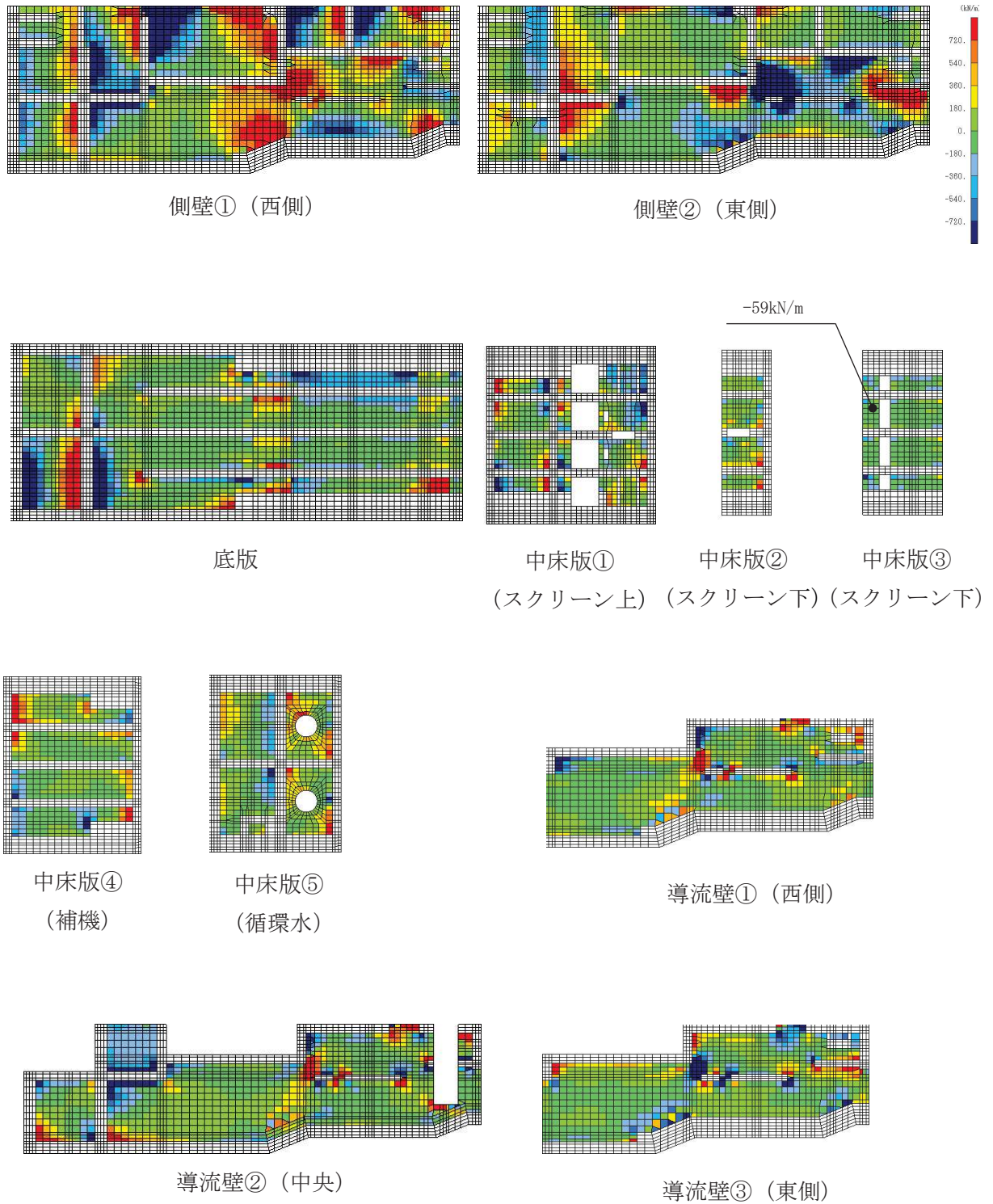


図 4-19 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (せん断力 (kN/m) : Q_x)
 (導流壁, 解析ケース③, $S_s - N1$ (++)) (1/2)

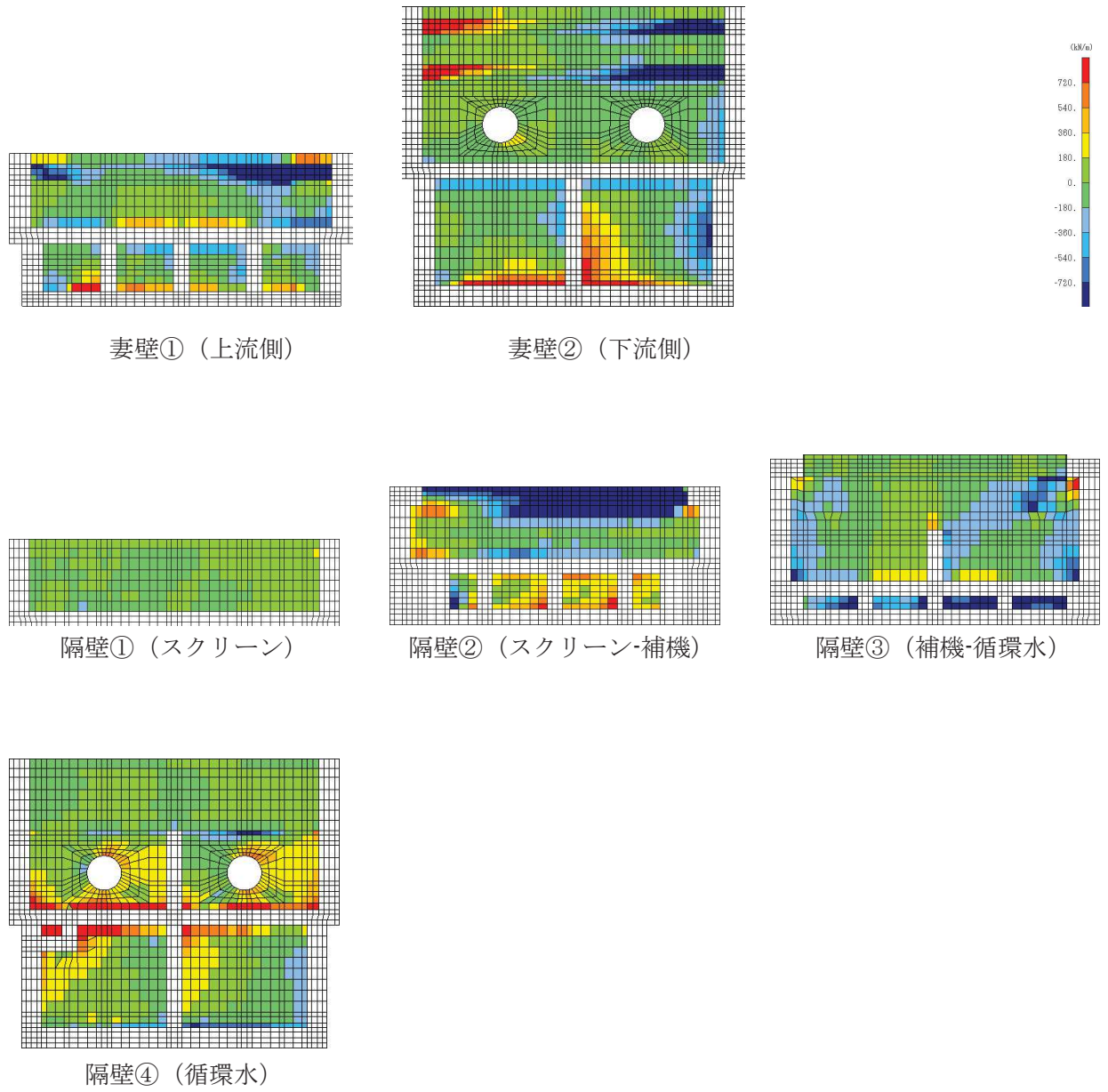


図 4-20 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (せん断力 (kN/m) : Q_x)
 (導流壁, 解析ケース③, S s - N 1 (++)) (2/2)

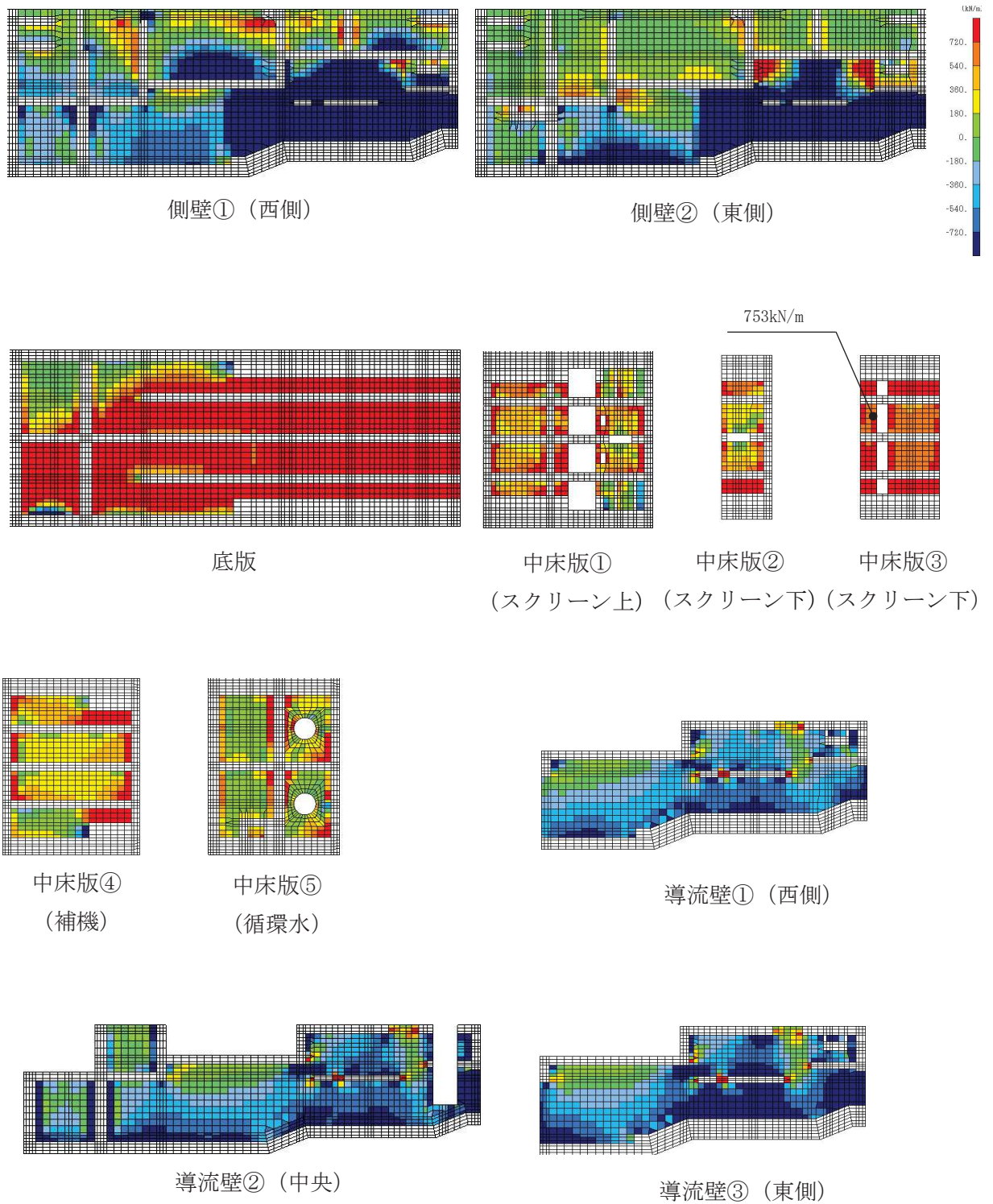


図 4-21 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (せん断力 (kN/m) : Q_y)
 (導流壁, 解析ケース③, $S_s - N1$ (++)) (1/2)

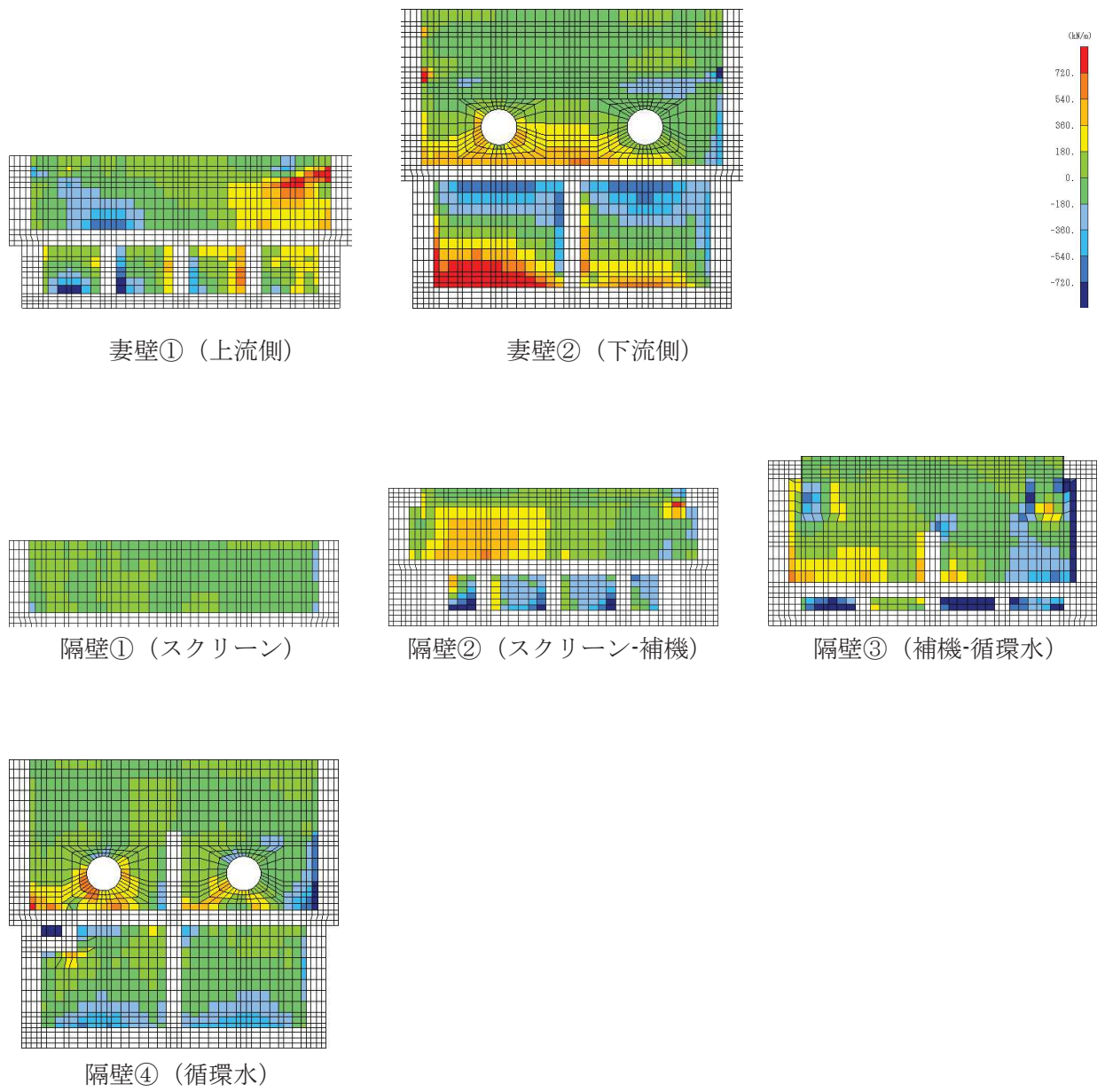


図 4-22 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (せん断力 (kN/m) : Q_y)
 (導流壁, 解析ケース③, $S_s - N1$ (++)) (2/2)

5. 耐震評価結果

5.1 構造部材の健全性に対する評価結果

鉄筋コンクリート部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表5-1に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表5-2に、各壁部材の面内せん断に対する照査値を表5-3に示す。

海水ポンプ室の照査用ひずみ（コンクリートの圧縮縁ひずみ）、照査用せん断力及び壁部材の照査用面内せん断ひずみが、構造部材の健全性に対する許容限界を下回ることを確認した。

表5-1 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（コンクリートの圧縮縁ひずみ）

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*2 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
底版	2	③	S s - N 1 (++)	874 μ	10000 μ	0.09
中床版	20	③	S s - N 1 (++)	1264 μ	10000 μ	0.13
側壁	53	②	S s - N 1 (++)	1054 μ	10000 μ	0.11
隔壁	121	②	S s - N 1 (++)	2618 μ	10000 μ	0.27
導流壁	61	③	S s - N 1 (++)	1122 μ	10000 μ	0.12
妻壁	82	③	S s - N 1 (++)	723 μ	10000 μ	0.08

注記*1：評価位置は図5-1～図5-3に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表5-2 せん断破壊に対する照査

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*2 V_d (kN/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
底版	1	④	S s - N 1 (++)	5936	6784	0.88
中床版	21	③	S s - N 1 (++)	791	880	0.90
側壁	53	④	S s - N 1 (++)	6428	7606	0.85
隔壁	104	③	S s - N 1 (++)	957	1089	0.88
導流壁	61	④	S s - N 1 (++)	1050	1183	0.89
妻壁	71	④	S s - N 1 (++)	670	765	0.88

注記*1：評価位置は図5-1～図5-3に示す。

*2：照査用せん断力＝発生せん断力×構造解析係数 γ_a

【側壁・隔壁】

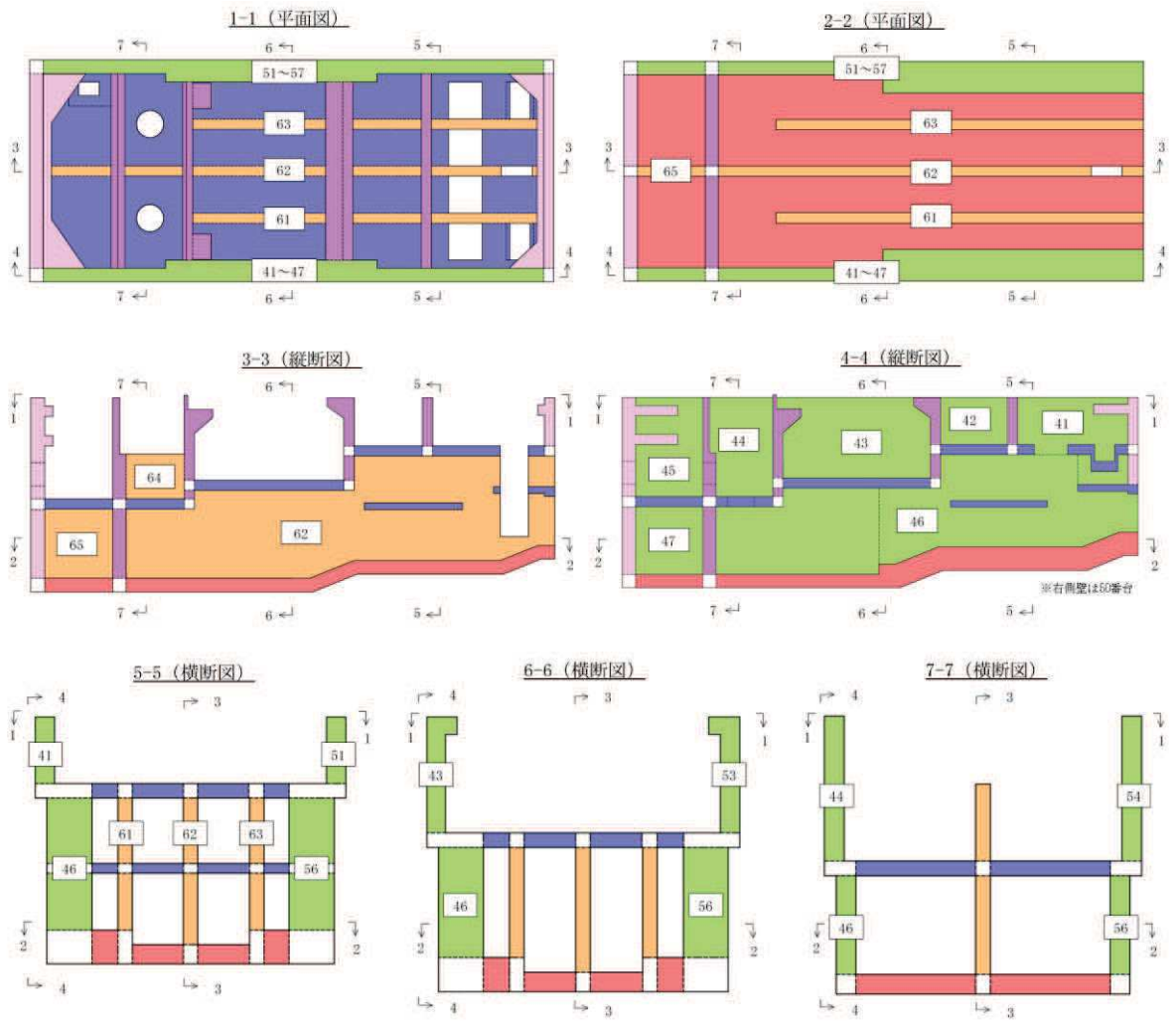


図 5-1 評価位置図（曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊）（1/3）

【底版・中床版】

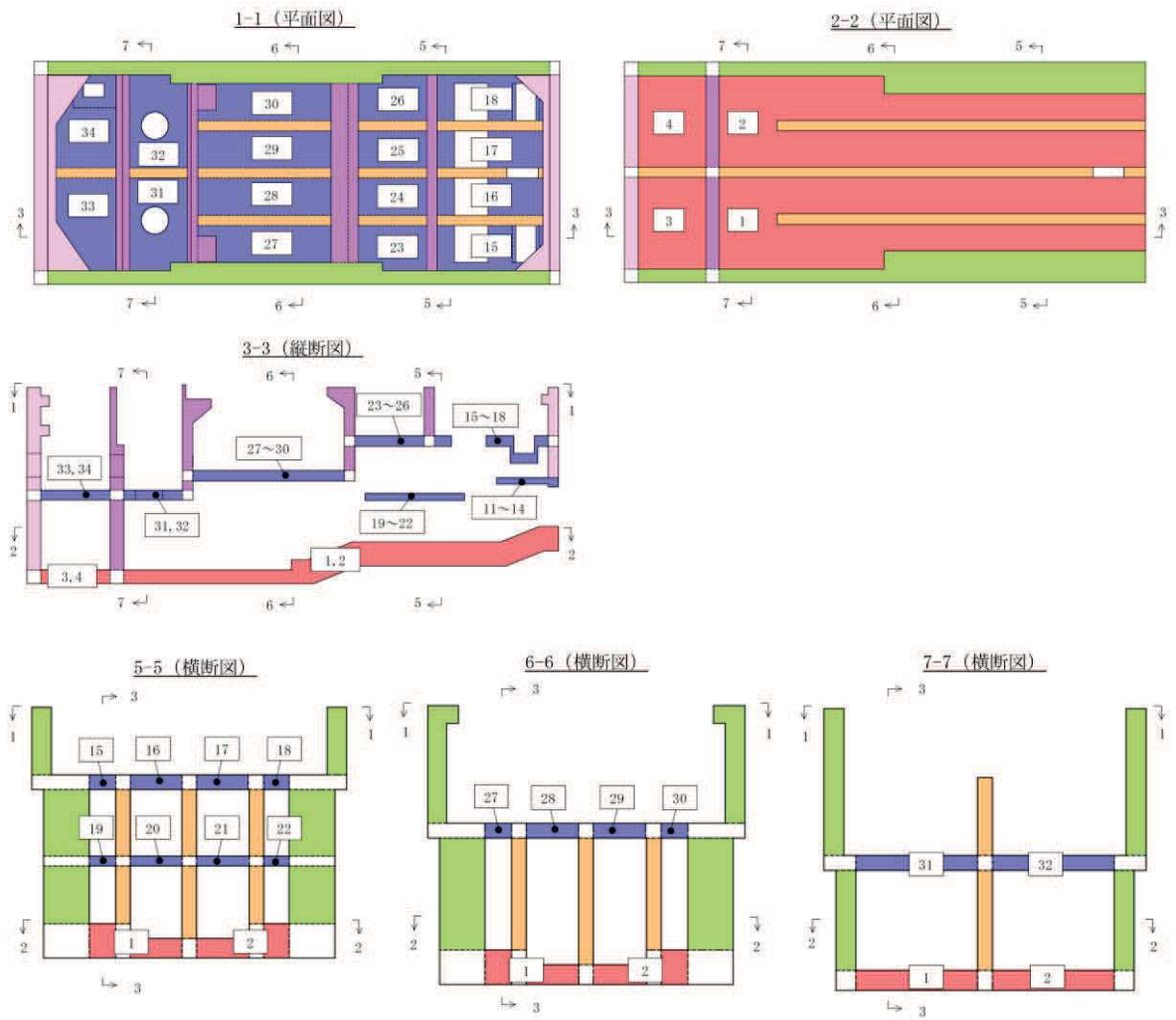


図 5-2 評価位置図（曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊）(2/3)

【妻壁・隔壁】

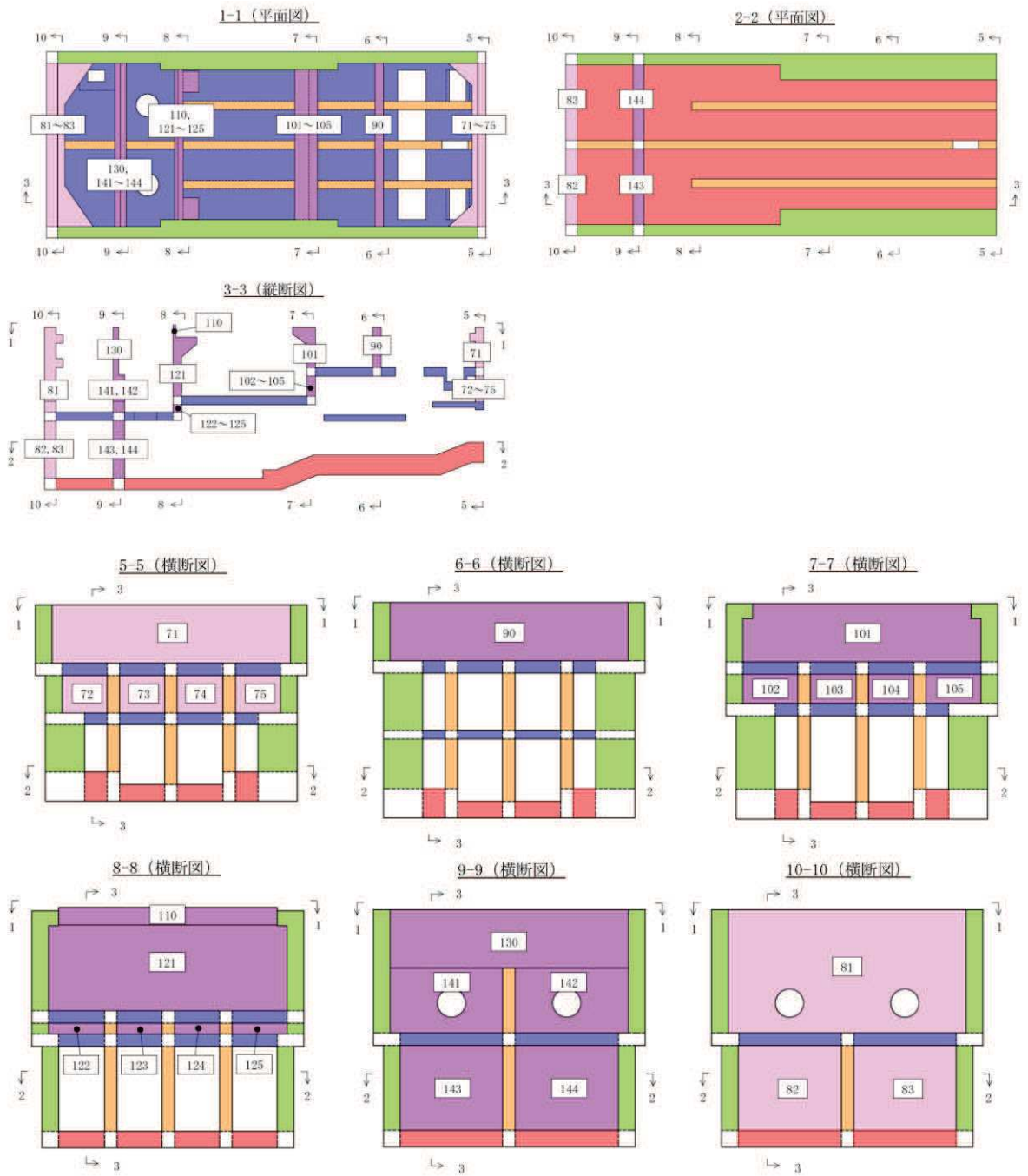


図 5-3 評価位置図 (曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊) (3/3)

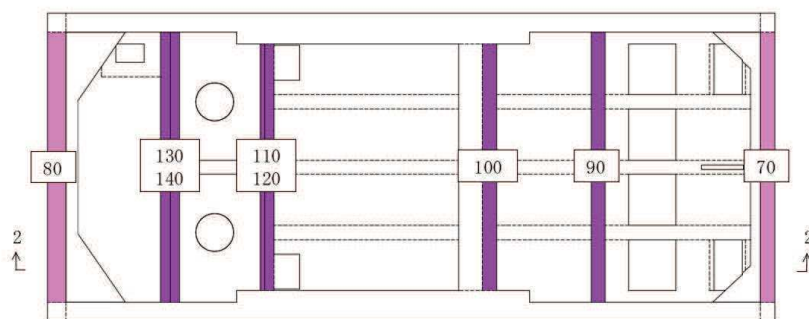
表 5-3 壁部材の面内せん断に対する照査

評価位置 ^{*1}		解析 ケース	地震動	照査用 面内せん断ひずみ ^{*2} ϵ_d	限界 せん断ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
底版	—	—	—	—	—	—
中床版	—	—	—	—	—	—
側壁	—	—	—	—	—	—
隔壁	90	③	S s - N 1 (++)	516 μ	2000 μ	0.26
導流壁	—	—	—	—	—	—
妻壁	70	③	S s - N 1 (++)	367 μ	2000 μ	0.19

注記*1：評価位置は図 5-4 に示す。

*2：照査用面内せん断ひずみ＝発生する面内せん断ひずみ×構造解析係数 γ_a

1-1 (平面図)



2-2 (縦断図)

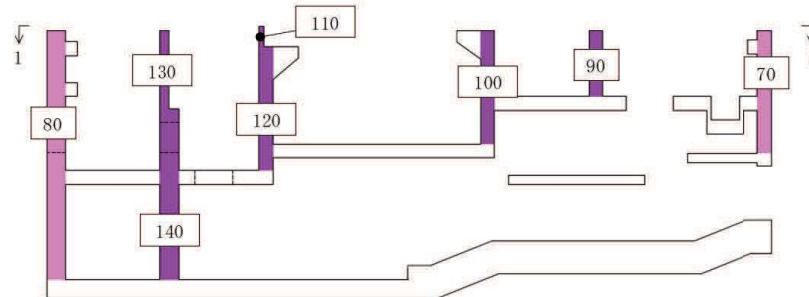


図 5-4 評価位置図 (壁部材の面内せん断)

5.2 各要求機能に対する評価結果

5.2.1 通水機能

鉄筋コンクリート部材の曲げ・軸力系の破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 5-4 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 5-5 に、各壁部材の面内せん断に対する照査値を表 5-6 に示す。

海水ポンプ室の照査用ひずみ（コンクリートの圧縮縁ひずみ）、照査用せん断力及び壁部材の照査用面内せん断ひずみが、通水機能に対する許容限界を下回ることを確認した。

表 5-4 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（コンクリートの圧縮縁ひずみ）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*3 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
底版	2	③	S s - N 1 (++)	874 μ	10000 μ	0.09
中床版	20	③	S s - N 1 (++)	1264 μ	10000 μ	0.13
側壁	46	③	S s - N 1 (++)	914 μ	10000 μ	0.10
隔壁	143	③	S s - N 1 (++)	1043 μ	10000 μ	0.11
導流壁	61	③	S s - N 1 (++)	1122 μ	10000 μ	0.12
妻壁	72	③	S s - N 1 (++)	659 μ	10000 μ	0.07

注記*1：評価位置は図 5-1～図 5-3 に示す。

*2：通水機能が要求される部材の範囲は図 5-5 に示す。

*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 5-5 せん断破壊に対する照査

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*3 V_d (kN/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
底版	1	④	S s - N 1 (++)	5936	6784	0.88
中床版	21	③	S s - N 1 (++)	791	880	0.90
側壁	46	④	S s - N 1 (++)	6032	8260	0.74
隔壁	143	③	S s - N 1 (++)	1284	2866	0.45
導流壁	61	④	S s - N 1 (++)	1050	1183	0.89
妻壁	-	-	-	-	-	-

注記*1：評価位置は図 5-1～図 5-3 に示す。

*2：通水機能が要求される部材の範囲は図 5-5 に示す。

*3：照査用せん断力＝発生せん断力×構造解析係数 γ_a

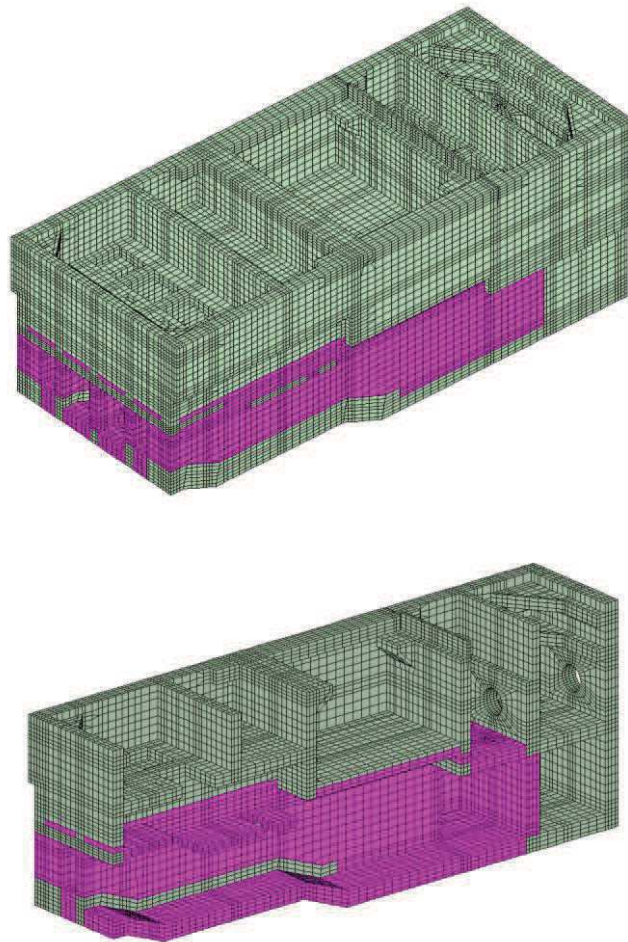


図 5-5 通水機能が要求される部材の範囲

表 5-6 壁部材の面内せん断に対する照査

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 面内せん断ひずみ*2 ϵ_d	限界 せん断ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
底版	—	—	—	—	—	—
中床版	—	—	—	—	—	—
側壁	—	—	—	—	—	—
隔壁	140	③	S s - N 1 (++)	505 μ	2000 μ	0.26
導流壁	—	—	—	—	—	—
妻壁	70	③	S s - N 1 (++)	367 μ	2000 μ	0.19

注記*1：評価位置は図 5-4 に示す。

*2：照査用面内せん断ひずみ＝発生する面内せん断ひずみ×構造解析係数 γ_a

5.2.2 貯水機能

鉄筋コンクリート部材の曲げ・軸力系の破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 5-7 及び表 5-8 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 5-9 に示す。

海水ポンプ室の照査用ひずみ（コンクリートの圧縮ひずみ及び主筋ひずみ）、照査用せん断力が、貯水機能に対する許容限界を下回ることを確認した。

表 5-7 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（コンクリートの圧縮ひずみ）

評価位置 ^{*1, 2}		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ ^{*3} ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
底版	2	③	S s - N 1 (++)	687 μ	2000 μ	0.35
中床版	—	—	—	—	—	—
側壁	56	③	S s - N 1 (++)	657 μ	2000 μ	0.33
隔壁	143	③	S s - N 1 (++)	857 μ	2000 μ	0.43
導流壁	—	—	—	—	—	—
妻壁	—	—	—	—	—	—

注記*1：評価位置は図 5-1～図 5-3 に示す。

*2：貯水機能が要求される部材の範囲は図 5-6 に示す。

*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 5-8 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（主筋ひずみ）

評価位置 ^{*1, 2}		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ ^{*3} ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
底版	1	③	S s - N 1 (++)	1318 μ ^{*4}	1725 μ	0.77
中床版	—	—	—	—	—	—
側壁	46	③	S s - N 1 (++)	1017 μ	1725 μ	0.59
隔壁	144	③	S s - N 1 (++)	491 μ	1725 μ	0.29
導流壁	—	—	—	—	—	—
妻壁	—	—	—	—	—	—

注記*1：評価位置は図 5-1～図 5-3 に示す。

*2：貯水機能が要求される部材の範囲は図 5-6 に示す。

*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

*4：要素平均化後の値

表 5-9 せん断破壊に対する照査

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*3 V_d (kN/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
底版	1	④	$S_s - N1$ (++)	5936	6784	0.88
中床版	-	-	-	-	-	-
側壁	56	④	$S_s - N1$ (-+)	1258	1789	0.71
隔壁	144	④	$S_s - N1$ (++)	517	1801	0.29
導流壁	-	-	-	-	-	-
妻壁	-	-	-	-	-	-

注記*1：評価位置は図 5-1～図 5-3 に示す。

*2：貯水機能が要求される部材の範囲は図 5-6 に示す。

*3：照査用せん断力＝発生せん断力×構造解析係数 γ_a

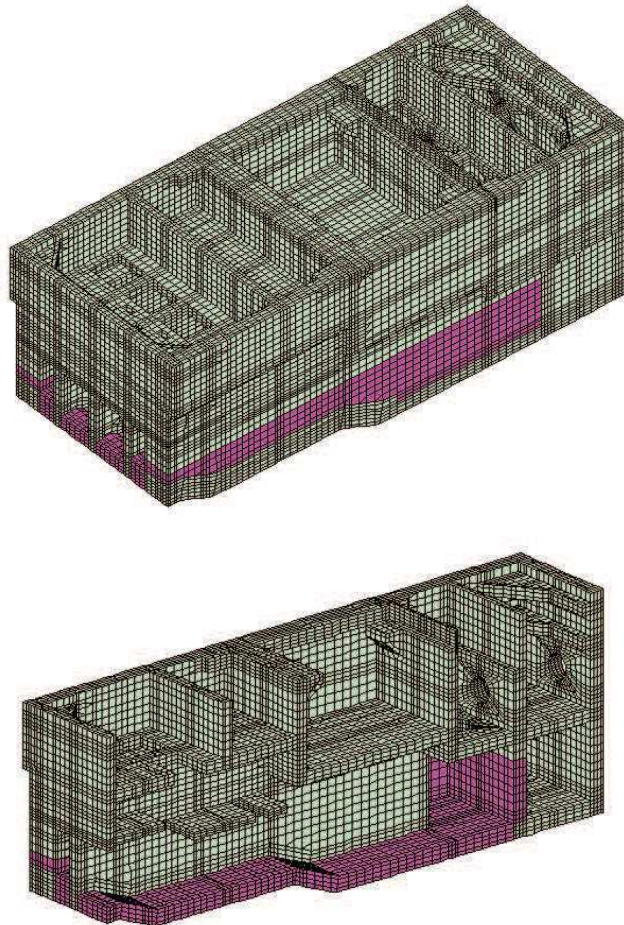


図 5-6 貯水機能が要求される部材の範囲

5.2.3 止水機能

鉄筋コンクリート部材の曲げ・軸力系の破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 5-10 及び表 5-11 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 5-12 に示す。

海水ポンプ室の照査用ひずみ（コンクリートの圧縮ひずみ及び主筋ひずみ）が、止水機能に対する許容限界を下回ることを確認した。

表 5-10 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（コンクリートの圧縮ひずみ）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*3 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
底版	—	—	—	—	—	—
中床版	27	③	S s - N 1 (++)	639 μ	2000 μ	0.32
側壁	53	②	S s - N 1 (++)	826 μ	2000 μ	0.42
隔壁	121	①	S s - N 1 (++)	1695 μ	2000 μ	0.85
導流壁	—	—	—	—	—	—
妻壁	81	①	S s - D 2 (-+)	161 μ	2000 μ	0.09

注記*1：評価位置は図 5-1～図 5-3 に示す。

*2：止水機能が要求される部材の範囲は図 5-7 に示す。

*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 5-11 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（主筋ひずみ）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*3 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
底版	—	—	—	—	—	—
中床版	29	③	S s - N 1 (++)	1200 μ	1725 μ	0.70
側壁	53	②	S s - N 1 (++)	1490 μ	1725 μ	0.87
隔壁	121	①	S s - N 1 (-+)	1359 μ	1725 μ	0.79
導流壁	—	—	—	—	—	—
妻壁	81	③	S s - N 1 (++)	83 μ	1725 μ	0.05

注記*1：評価位置は図 5-1～図 5-3 に示す。

*2：止水機能が要求される部材の範囲は図 5-7 に示す。

*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 5-12 せん断破壊に対する照査

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*3 V_d (kN/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
底版	-	-	-	-	-	-
中床版	30	③	S s - N 1 (++)	933	1101	0.85
側壁	53	④	S s - N 1 (++)	6428	7606	0.85
隔壁	104	③	S s - N 1 (++)	957	1089	0.88
導流壁	-	-	-	-	-	-
妻壁	81	③	S s - N 1 (++)	759	1530	0.50

注記*1：評価位置は図 5-1～図 5-3 に示す。

*2：止水機能が要求される部材の範囲は図 5-7 に示す。

*3：照査用せん断力＝発生せん断力×構造解析係数 γ_a

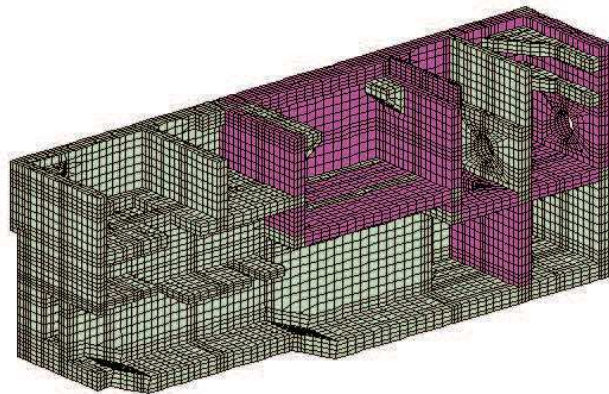
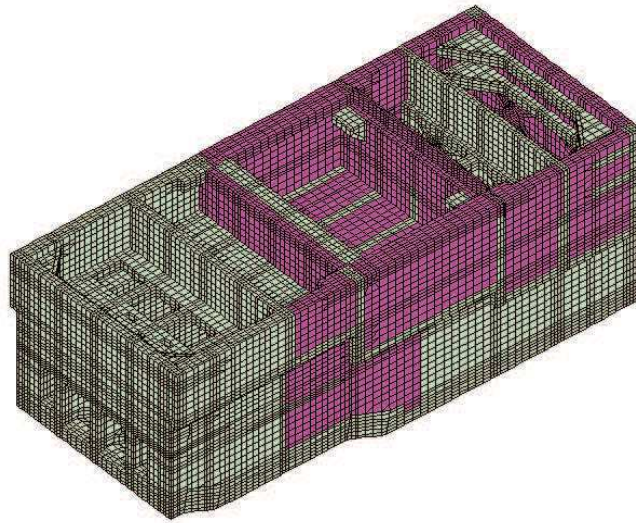


図 5-7 止水機能が要求される部材の範囲

5.3 Sクラスの施設等を支持する機能に対する評価結果

鉄筋コンクリート部材の曲げ・軸力系の破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 5-13 及び表 5-14 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 5-15 に、各壁部材の面内せん断（面内せん断ひずみ）に対する照査値を表 5-16 に示す。

海水ポンプ室の照査用ひずみ（コンクリートの圧縮ひずみ及び主鉄筋ひずみ）、照査用せん断力が、Sクラスの施設等を支持する機能に対する許容限界を下回ることを確認した。

表 5-13 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（コンクリートの圧縮ひずみ）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*3 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
底版	—	—	—	—	—	—
中床版	27	③	S s - N 1 (++)	639 μ	2000 μ	0.32
側壁	53	②	S s - N 1 (++)	826 μ	2000 μ	0.42
隔壁	121	①	S s - N 1 (++)	1695 μ	2000 μ	0.85
導流壁	64	③	S s - N 1 (++)	230 μ	2000 μ	0.12
妻壁	81	①	S s - F 3 (-+)	191 μ	2000 μ	0.10

注記*1：評価位置は図 5-1～図 5-3 に示す。

*2：支持機能が要求される部材の範囲は図 5-8 に示す。

*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 5-14 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（主筋ひずみ）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 ひずみ*3 ϵ_d	限界 ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
底版	—	—	—	—	—	—
中床版	29	③	S s - N 1 (++)	1200 μ	1725 μ	0.70
側壁	53	②	S s - N 1 (++)	1437 μ	1725 μ	0.84
隔壁	121	①	S s - N 1 (-+)	1359 μ	1725 μ	0.79
導流壁	64	③	S s - N 1 (++)	191 μ	1725 μ	0.12
妻壁	81	③	S s - N 1 (++)	83 μ	1725 μ	0.05

注記*1：評価位置は図 5-1～図 5-3 に示す。

*2：支持機能が要求される部材の範囲は図 5-8 に示す。

*3：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表 5-15 せん断破壊に対する照査

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 せん断耐力*3 V_d (kN/m)	せん断 耐力 $V_{y d}$ (kN/m)	照査値 $V_d / V_{y d}$
底版	—	—	—	—	—	—
中床版	30	③	S s - N 1 (++)	933	1101	0.85
側壁	53	④	S s - N 1 (++)	6428	7606	0.85
隔壁	104	③	S s - N 1 (++)	957	1089	0.88
導流壁	64	④	S s - N 1 (++)	1042	1826	0.58
妻壁	81	③	S s - N 1 (++)	759	1530	0.50

注記*1：評価位置は図 5-1～図 5-3 に示す。

*2：支持機能が要求される部材の範囲は図 5-8 に示す。

*3：照査用せん断力＝発生せん断力×構造解析係数 γ_a

表 5-16 壁部材の面内せん断に対する照査

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 面内せん断ひずみ*3 ϵ_d	限界 せん断ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
底版	—	—	—	—	—	—
中床版	—	—	—	—	—	—
側壁	—	—	—	—	—	—
隔壁	100	③	S s - N 1 (++)	490 μ	2000 μ	0.25
導流壁	—	—	—	—	—	—
妻壁	80	③	S s - N 1 (++)	144 μ	2000 μ	0.08

注記*1：評価位置は図 5-4 に示す。

*2：支持機能が要求される部材の範囲は図 5-8 に示す。

*3：照査用面内せん断ひずみ＝発生する面内せん断ひずみ×構造解析係数 γ_a

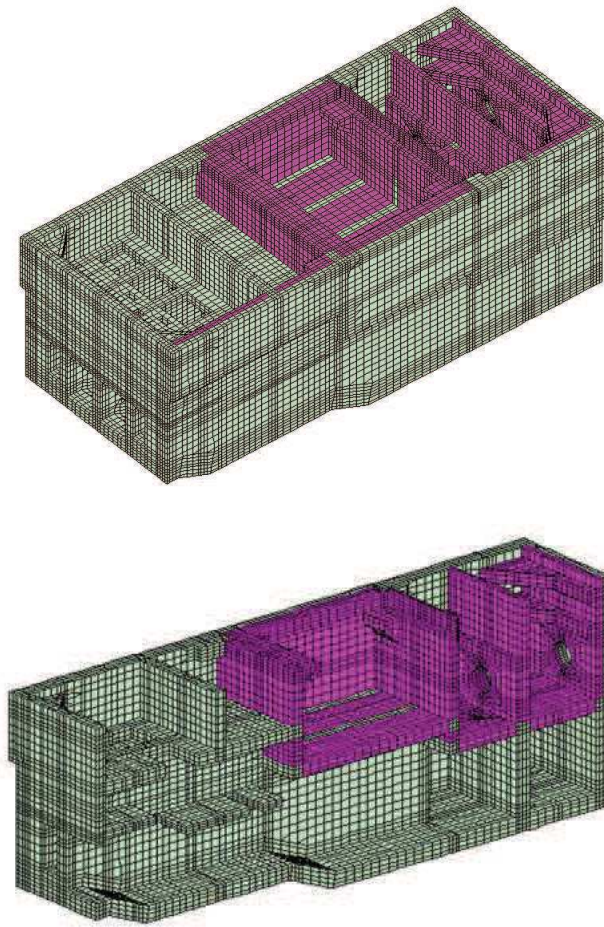


図 5-8 支持機能が要求される部材の範囲

5.4 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

5.4.1 基礎地盤（狐崎部層）

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 5-17 に示す。また、最大接地圧分布図を図 5-9 に、照査位置図を図 5-10 に示す。

海水ポンプ室の基礎地盤に発生する最大接地圧が、極限支持力を下回ることを確認した。

表 5-17 基礎地盤の支持性能照査結果

解析ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
③	S s - N 1 (++)	3.9	13.7	0.29

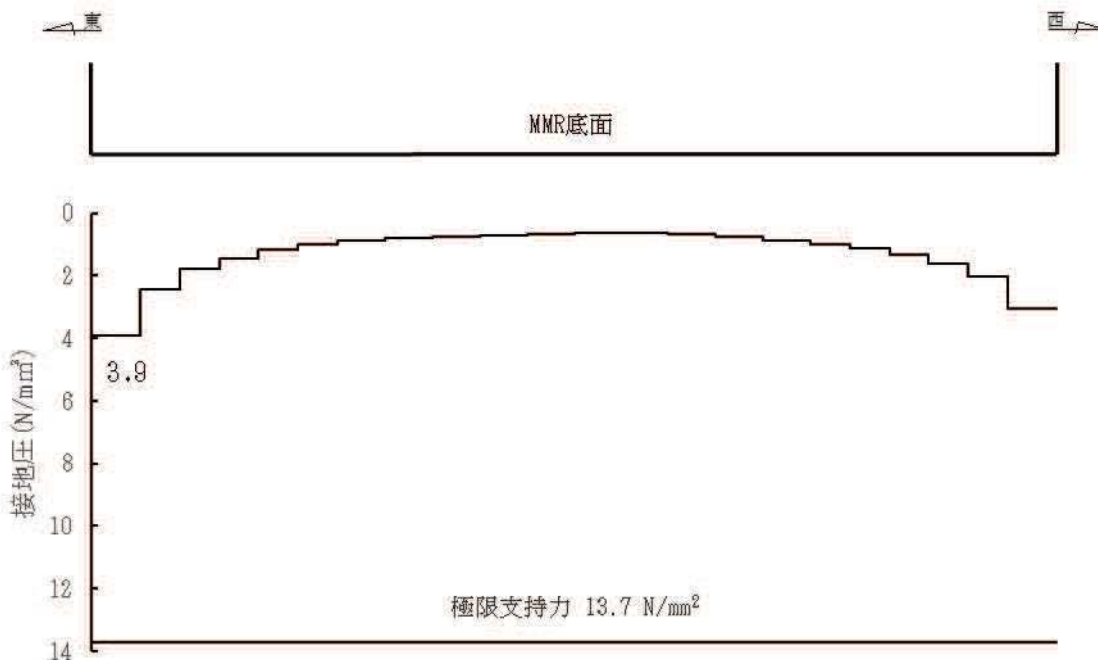


図 5-9 基礎地盤の最大接地圧分布図
(解析ケース③, S s - N 1 (++) , スクリーンエリア)

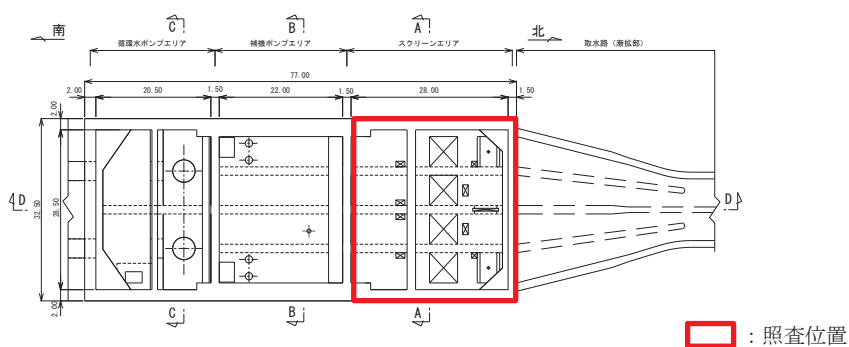


図 5-10 照査位置図

5.4.2 MMR (既設)

MMR (既設) の支持性能に対する照査結果を表 5-17 に示す。また、最大接地圧分布図を図 5-11 に、照査位置図を図 5-12 に示す。

海水ポンプ室の MMR (既設) に発生する最大接地圧が、支圧強度を下回ることを確認した。

表 5-18 MMR (既設) の支持性能照査結果

解析ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	支圧強度 f'_a (N/mm ²)	照査値 R_d/f'_a
①	S _s -D2 (-+)	4.3	15.6	0.28

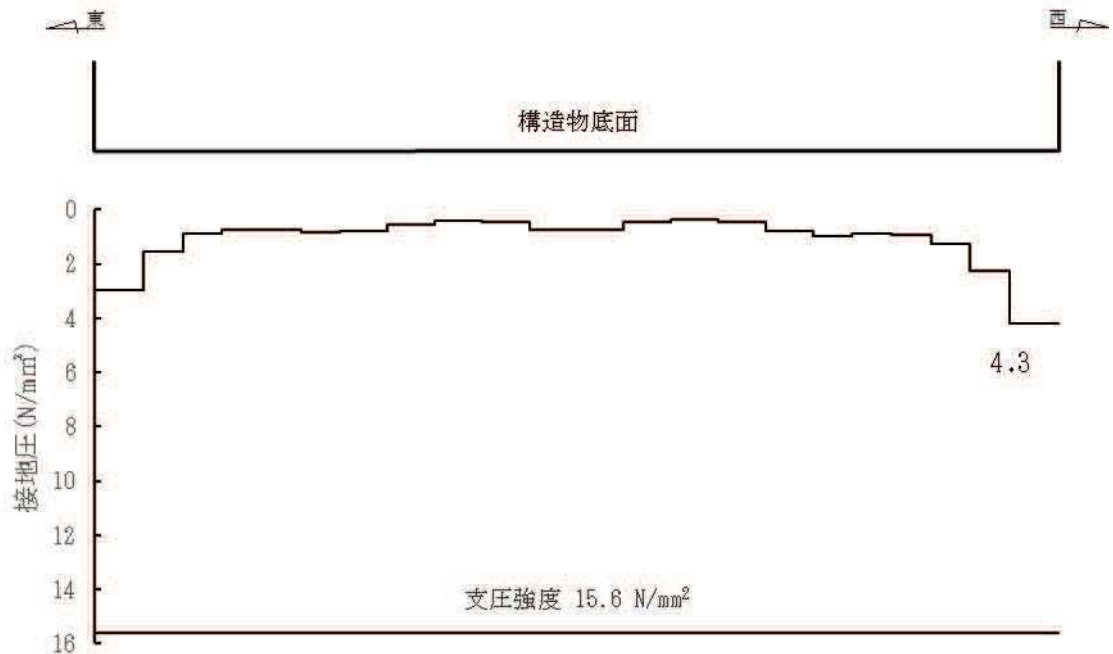


図 5-11 MMR (既設) の最大接地圧分布図
(解析ケース①, S_s-D2 (-+), スクリーンエリア)

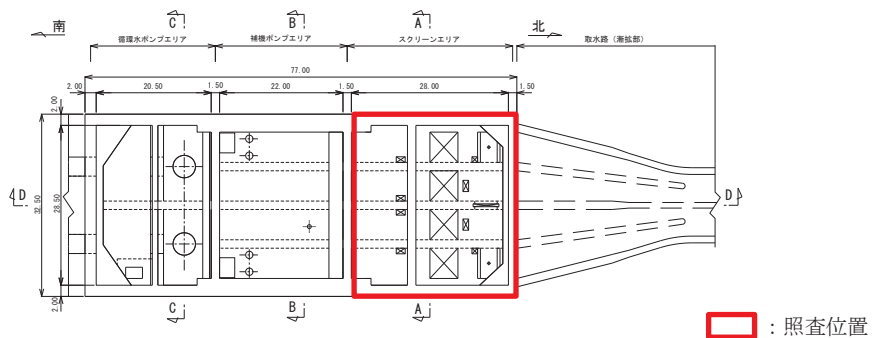


図 5-12 照査位置図

VI-2-2-27 排気筒連絡ダクトの地震応答計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 解析方針	4
2.4 適用基準	7
3. 解析方法	8
3.1 評価対象断面	8
3.2 解析方法	11
3.2.1 構造部材	11
3.2.2 地盤物性及び材料物性のばらつき	13
3.2.3 減衰定数	15
3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定	16
3.3 荷重及び荷重の組合せ	18
3.3.1 耐震評価上考慮する状態	18
3.3.2 荷重	18
3.3.3 荷重の組合せ	19
3.4 入力地震動	20
3.5 解析モデル及び諸元	105
3.5.1 解析モデル	105
3.5.2 使用材料及び材料の物性値	109
3.5.3 地盤の物性値	109
3.5.4 地下水位	110
4. 解析結果	112
4.1 土砂部（断面①）の解析結果	112
4.2 土砂部（断面③）の解析結果	182
4.3 岩盤部（断面⑤）の解析結果	239

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき実施する排気筒連絡ダクトの地震応答解析について説明するものである。

本地震応答解析は、排気筒連絡ダク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を抽出するものである。その際、耐震評価に用いる応答値は、この地震応答解析により構造物に発生する変形、断面力、ひずみ及び基礎地盤に発生する接地圧とする。

また、機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値の抽出を行う。

2. 基本方針

2.1 位置

排気筒連絡ダクトの位置を図2-1に示す。

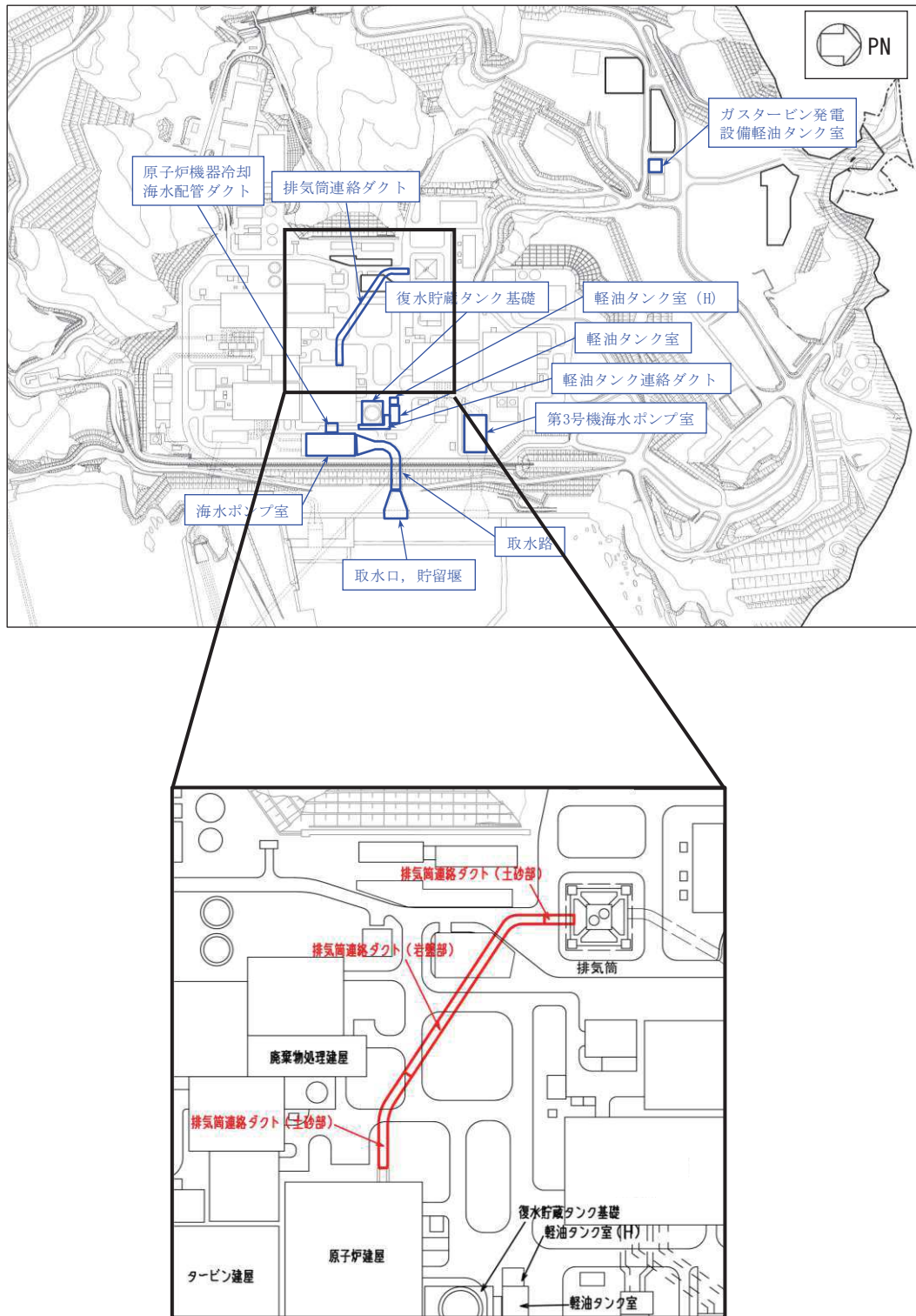


図 2-1 排気筒連絡ダクトの位置図

2.2 構造概要

排気筒連絡ダクトの平面図を図 2-2 に、断面図を図 2-3 及び図 2-4 に、縦断図を図 2-5 に示す。

排気筒連絡ダクトは、非常用ガス処理系配管を底版で間接支持しており、支持機能が要求される。

排気筒連絡ダクトは、原子炉建屋と排気筒を結ぶ延長 187.49m、内空 の鉄筋コンクリート造の地下トンネル構造物であり、幌型トンネルの土砂部と円形トンネルの岩盤部にて構成され、土砂部は直接又は MMR を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されており、岩盤は円形トンネルが岩盤に囲まれている。

排気筒連絡ダクトは、延長方向に 3.0m~9.0m 間隔に分割し構造目地を介して接合され、原子炉建屋及び排気筒との接合部には耐震ジョイントが設置されており、土砂部と岩盤部のそれぞれの区間で延長方向に断面の変化がない線状構造物である。

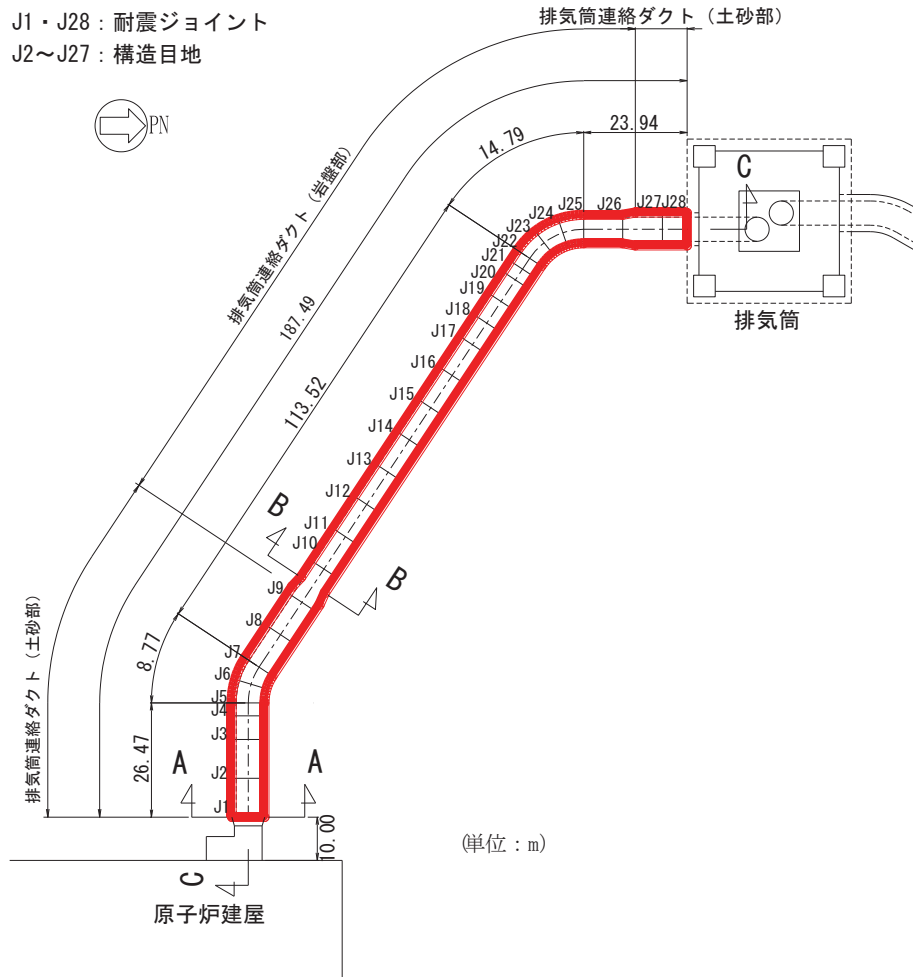


図 2-2 排気筒連絡ダクト平面図

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

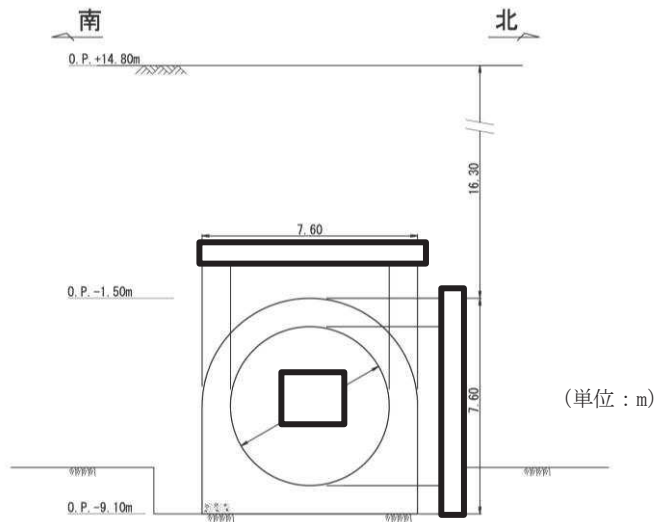


図 2-3 排気筒連絡ダクト断面図 (A-A 断面, 土砂部)

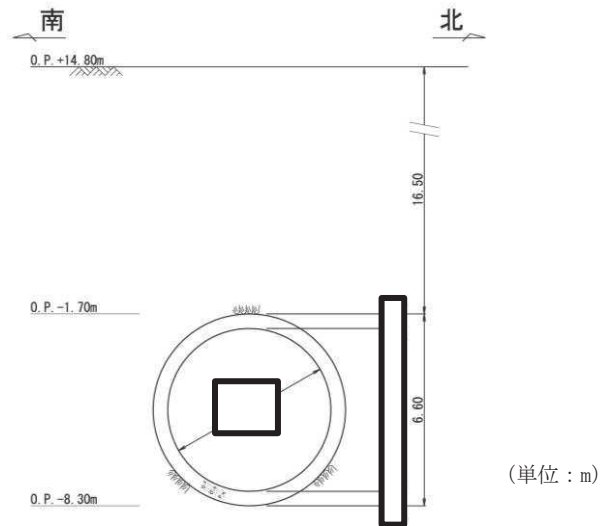


図 2-4 排気筒連絡ダクト断面図 (B-B 断面, 岩盤部)

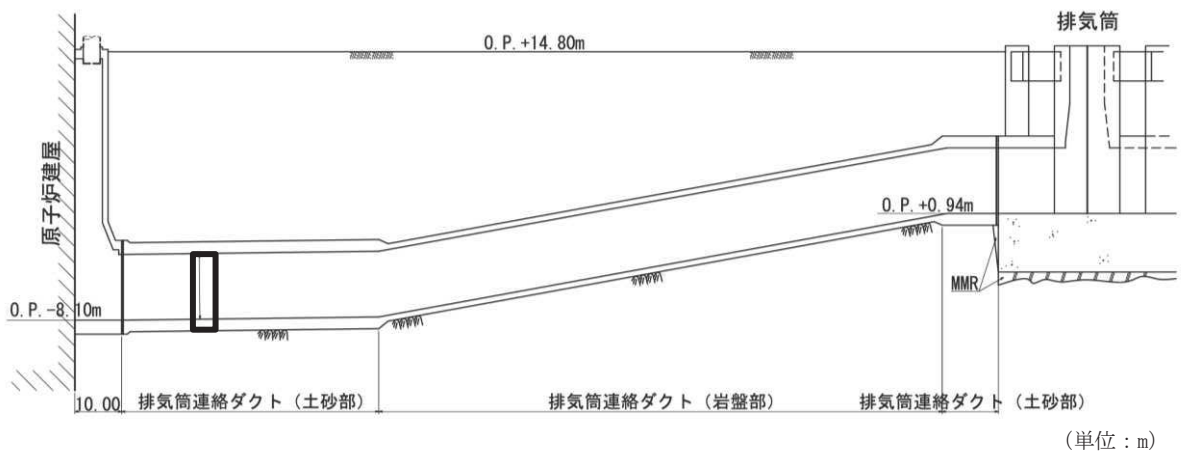


図 2-5 排気筒連絡ダクト縦断面図

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

2.3 解析方針

排気筒連絡ダクトは、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に対して地震応答解析を実施する。

図2-6に排気筒連絡ダクトの地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「2. 基本方針」に基づき、「3.1 評価対象断面」に示す断面において、「3.2 解析方法」に示す水平地震動と鉛直地震動の同時加振による二次元有限要素法による時刻歴応答解析により行うこととし、地盤物性及び材料物性のばらつきを適切に考慮する。

二次元有限要素法による時刻歴応答解析は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.5 解析モデル及び諸元」に示す条件を基に、「3.4 入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施する。

地震応答解析による応答加速度は、機器・配管系の設計用床応答曲線の作成に用い、変形、断面力、ひずみ及び基礎地盤の接地圧は、排気筒連絡ダクトの耐震評価に用いる。

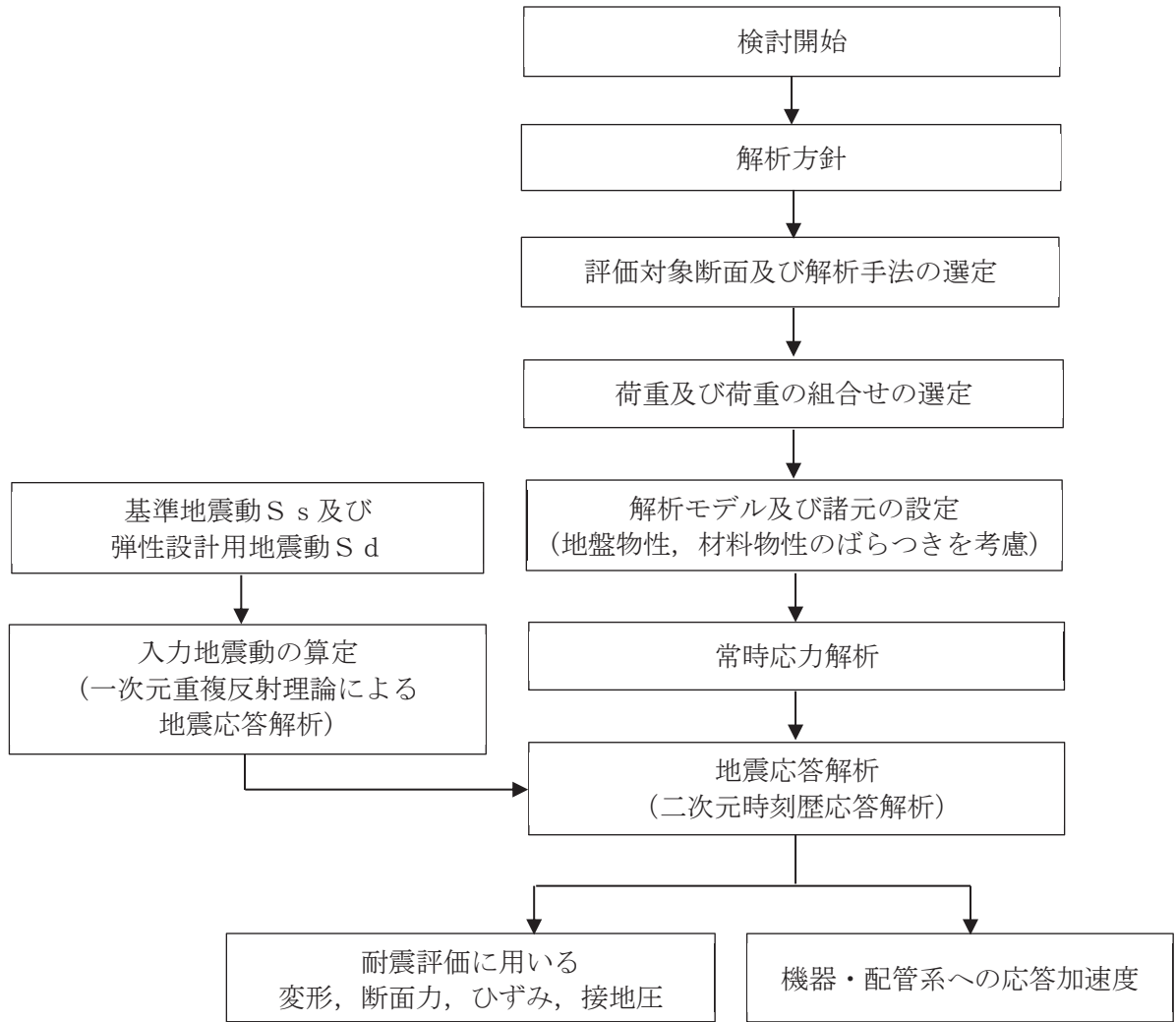


図 2-6 排気筒連絡ダクトの地震応答解析フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・土木学会 2002年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]
- ・土木学会 2005年 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
- ・土木学会 2017年 コンクリート標準示方書 [設計編]
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1-1987)

3. 解析方法

3.1 評価対象断面

排気筒連絡ダクトの評価対象断面位置を図3-1に示す。

構造物の耐震評価における評価対象断面は、構造的特徴や周辺地盤状況を踏まえ、土砂部（断面①）と岩盤部（断面⑤）とする。また、機器・配管系の耐震評価における評価対象断面は、一次元地震応答解析の結果から、土砂部（断面③）とする。評価対象地質断面図を図3-2～図3-4に示す。

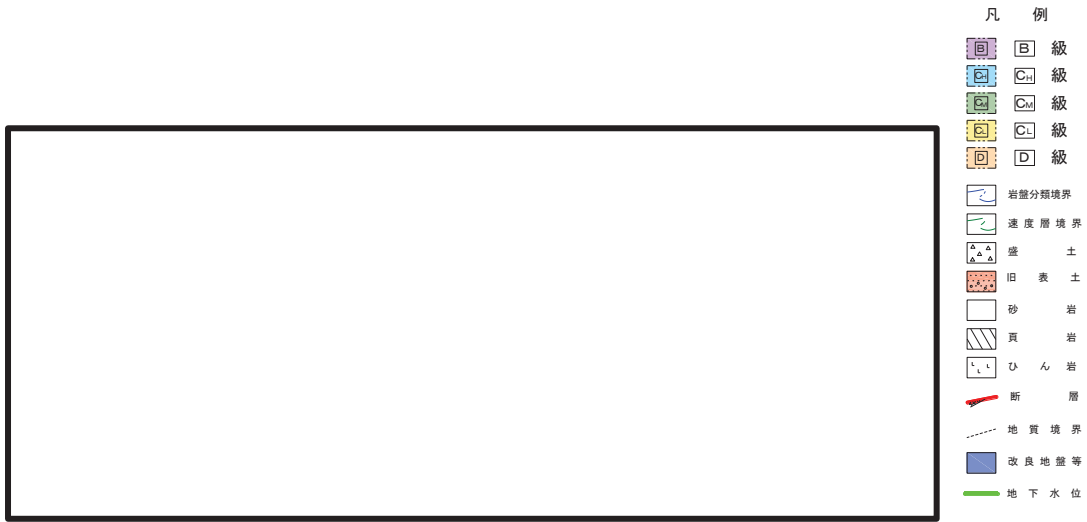


図3-1 排気筒連絡ダクトの評価対象断面位置図

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

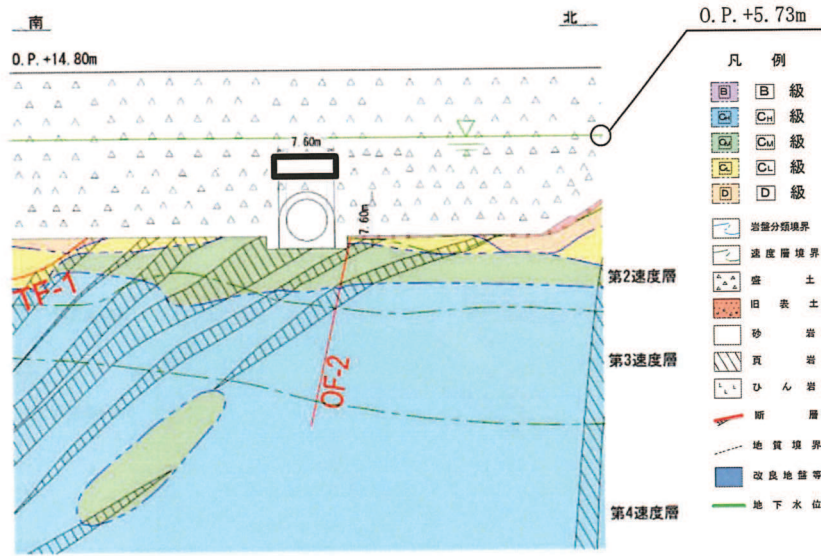


図 3-2 排気筒連絡ダクト（土砂部） 評価対象地質断面図（断面①）

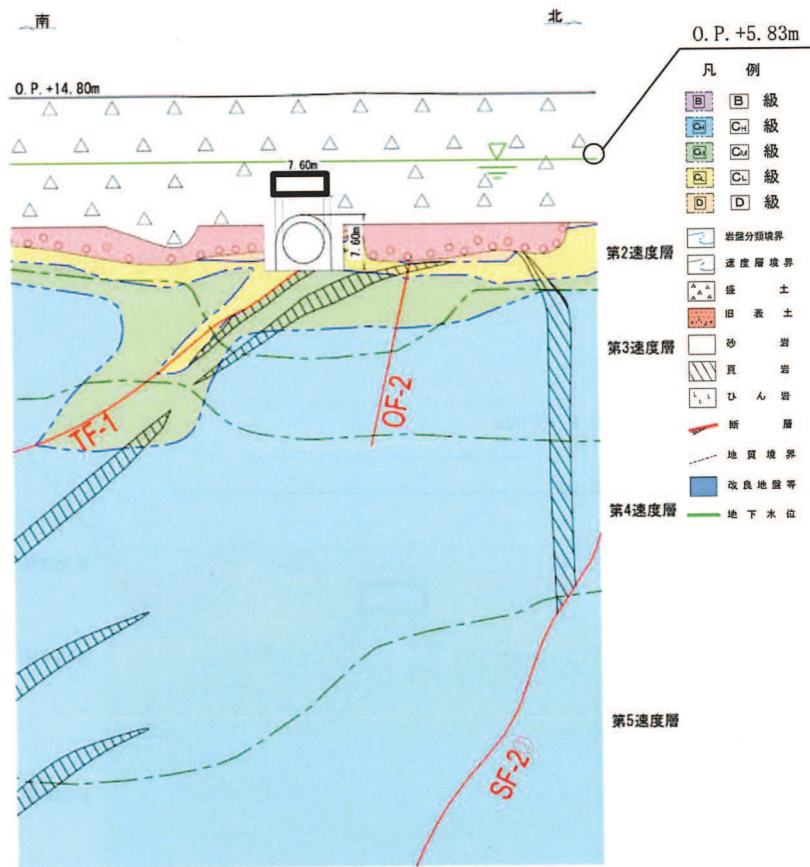


図 3-3 排気筒連絡ダクト（土砂部） 評価対象地質断面図（断面③）

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

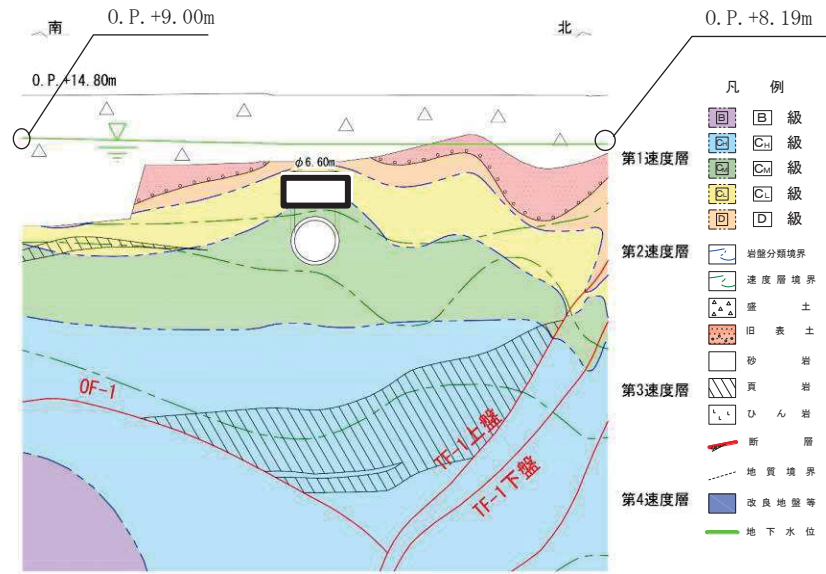


図3-4 排気筒連絡ダクト（岩盤部） 評価対象地質断面図（断面⑤）

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

3.2 解析方法

排気筒連絡ダクトの地震応答解析は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる二次元有限要素法により、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析（全応力解析）により行う。

構造部材については、土砂部（断面①及び断面③）は非線形はり要素、岩盤部（断面⑤）は線形はり要素を用いることとし、構造部材の非線形特性については、ファイバーモデルで考慮する。また、地盤については、地盤のひずみ依存性を適切に考慮できるようモデル化する。

地震応答解析については、解析コード「SLAP Ver. 6.64」及び「SLAP Ver. 6.65」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2.1 構造部材

土砂部における鉄筋コンクリート部材は、ファイバーモデルによる非線形はり要素でモデル化する。ファイバーモデルは、はり要素の断面を層状に分割し各層に材料の非線形特性を考慮する材料非線形モデルであり（図 3-5 参照）、図 3-6 に示すコンクリートの応力-ひずみ関係及び図 3-7 に示す鉄筋の応力-ひずみ関係を考慮する。

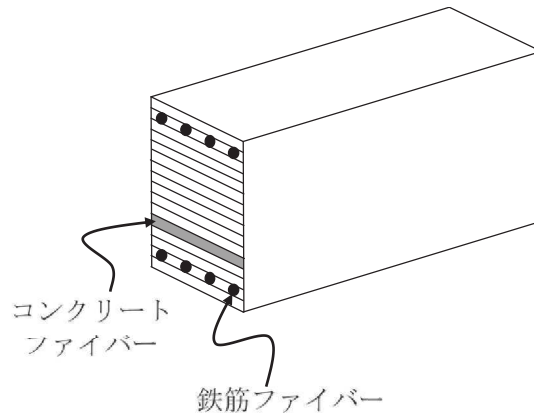


図 3-5 ファイバーモデルの概念図

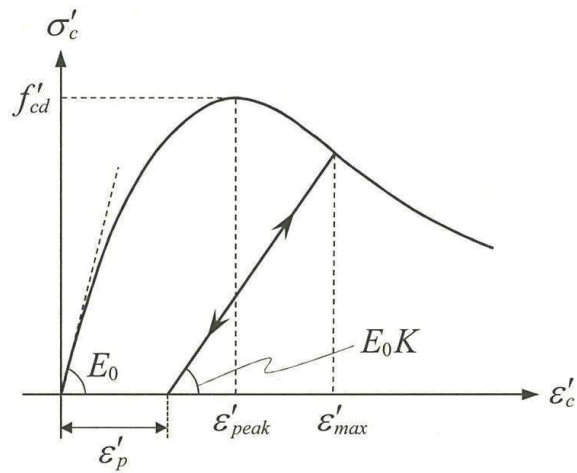


図 3-6 コンクリートの応力-ひずみ関係
 (コンクリート標準示方書[設計編] (土木学会, 2017 年制定) より引用)

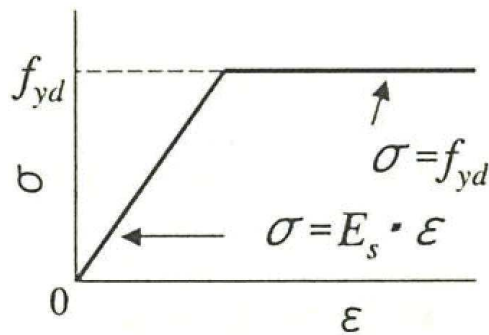


図 3-7 鉄筋の応力-ひずみ関係
 (コンクリート標準示方書[構造性能照査編] (土木学会, 2002 年制定) より引用)

3.2.2 地盤物性及び材料物性のばらつき

地盤物性及び材料物性のばらつきの影響を考慮するため、表 3-1 及び表 3-2 に示す解析ケースを設定する。

土砂部（断面①及び断面③）は、岩盤上に設置され、周囲が埋戻されており、主たる荷重は盛土等の土圧であることから、盛土、旧表土、**D**級岩盤の初期せん断係数のばらつきを考慮する。

岩盤部（断面⑤）は、岩盤に囲まれており、主たる荷重は岩盤のせん断変形であることから、**C_L**級岩盤、**C_M**級岩盤、**C_H**級岩盤、**B**級岩盤の動せん断弾性係数のばらつきを考慮する。

初期せん断弾性係数及び動せん断弾性係数の標準偏差 σ を用いて設定した解析ケース②及び③を実施することにより地盤物性のばらつきの影響を網羅的に考慮する。

また、材料物性のばらつきとして構造物の実強度に基づいて設定した解析ケース④を実施することにより、材料物性のばらつきの影響を考慮する。

なお、岩盤部（断面⑤）は、許容応力度法により設計を行っており、十分に裕度を確保した設計としていることから、材料物性のばらつきを考慮した解析ケース④による耐震評価は実施せず、機器・配管系に対する応答加速度抽出においては、材料物性のばらつきを考慮した解析ケース④を実施する。

詳細な解析ケースの考え方は、「3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定」に示す。

表 3-1 解析ケース（土砂部）

解析ケース	材料物性 (コンクリート) (E_0 : ヤング係数)	地盤物性	
		盛土, 旧表土, D 級岩盤 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	C_L 級岩盤, C_M 級岩盤, C_H 級岩盤, B 級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	設計基準強度	平均値	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値+1 σ	平均値
ケース③	設計基準強度	平均値-1 σ	平均値
ケース④	実強度に基づく 圧縮強度*	平均値	平均値

注記* : 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

表 3-2 解析ケース（岩盤部）

解析ケース	材料物性 (コンクリート) (E_0 : ヤング係数)	地盤物性	
		盛土, 旧表土, D級岩盤 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	C _L 級岩盤, C _M 級岩盤, C _H 級岩盤, B級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	設計基準強度	平均値	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値	平均値+1 σ
ケース③	設計基準強度	平均値	平均値-1 σ
ケース④	実強度に基づく 圧縮強度*	平均値	平均値

注記* : 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

3.2.3 減衰定数

構造部材の減衰定数は、粘性減衰及び履歴減衰で考慮する。

粘性減衰は、固有値解析にて求められる固有周期と各材料の減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰を解析モデル全体に与える。固有値解析結果に基づき設定した α 、 β を表 3-3 に示す。

$$[c] = \alpha [m] + \beta [k]$$

[c] : 減衰係数マトリックス

[m] : 質量マトリックス

[k] : 剛性マトリックス

α , β : 係数

表 3-3 Rayleigh 減衰における係数 α 、 β の設定結果

評価対象断面	α	β
土砂部 (断面①)	2.680×10^{-1}	1.120×10^{-3}
土砂部 (断面③)	2.905×10^{-1}	1.033×10^{-3}
岩盤部 (断面⑤)	3.860×10^{-1}	7.773×10^{-4}

3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定

(1) 耐震評価における解析ケース

耐震評価においては、すべての基準地震動 S_s に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。解析ケース①において、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が 0.5 以上となる照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いて、表 3-1 に示す解析ケース②～④及び表 3-2 に示す解析ケース②～④を実施する。耐震評価における解析ケースを表 3-4 に示す。

表 3-4 耐震評価における解析ケース

解析ケース		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
		基本ケース	地盤物性のばらつき (+1 σ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1 σ) を考慮した解析ケース	材料物性（コンクリート）に実強度を考慮した解析ケース
地盤物性		平均値	平均値+1 σ	平均値-1 σ	平均値
材料物性		設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	実強度に基づく圧縮強度*2
地震動 (位相)	$S_s - D 1$	++*1	○	基準地震動 S_s (7 波) に水平動の位相反転を考慮した地震動 (7 波) を加えた全 14 波により照査を行ったケース①（基本ケース）の結果から、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が 0.5 以上となる照査項目に対して、最も厳しい（許容限界に対する裕度が最も小さい）地震動を用いてケース②～④を実施する。 すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5 未満の場合は、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②～④を実施する。	
		-+*1	○		
	$S_s - D 2$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - D 3$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - F 1$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - F 2$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - F 3$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - N 1$	++*1	○		
		-+*1	○		

注記*1：耐震評価にあたっては、原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会 原子力土木委員会，2005 年 6 月）（以下「土木学会マニュアル」という。）に従い、水平方向の位相反転を考慮する。地震動の位相について、++の左側は水平動，右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

*2：既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

(2) 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース

機器・配管系に対する応答加速度抽出においては、床応答への保守的な配慮として解析ケース①に加え、表3-1及び表3-2に示す解析ケース②～④を実施する。機器・配管系の応答加速度抽出における解析ケースを表3-5に示す。

表3-5 機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケース

解析ケース		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
		基本ケース	地盤物性のばらつき (+1 σ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1 σ) を考慮した解析ケース	材料物性 (コンクリート) に実強度を考慮した解析ケース
地盤物性		平均値	平均値+1 σ	平均値-1 σ	平均値
材料物性		設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	実強度に基づく圧縮強度*2
地震動 (位相)	S s - D 1 S d - D 1	++*1	○	○	○
	S s - D 2 S d - D 2	++*1	○	○	○
	S s - D 3 S d - D 3	++*1	○	○	○
	S s - F 1 S d - F 1	++*1	○	○	○
	S s - F 2 S d - F 2	++*1	○	○	○
	S s - F 3 S d - F 3	++*1	○	○	○
	S s - N 1 S d - N 1	++*1	○	○	○

注記*1：地震動の位相について、++の左側は水平動，右側は鉛直動を表す。

*2：既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

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

3.3.1 耐震評価上考慮する状態

排気筒連絡ダク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の影響は考慮しない。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2 荷重

排気筒連絡ダク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、機器・配管荷重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、積雪荷重 P_s を含めて地表面に 4.9kN/m^2 を考慮する。

(3) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として、発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所で観測された月最深積雪の最大値である 43cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した値を設定する。また、建築基準法施行令第 86 条第 2 項により、積雪量 1cm ごとに 20N/m^2 の積雪荷重が作用することを考慮する。

(4) 地震荷重 (S_s)

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

(5) 地震荷重 (S_d)

弾性設計用地震動 S_d による荷重を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-6 に示す。

表 3-6 荷重の組合せ

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

注記* : 機器・配管系の耐震設計に用いる。

G : 固定荷重

P : 積載荷重 (積雪荷重 P_s を含めて 4.9kN/m² を地表面に考慮)

S_s : 地震荷重 (基準地震動 S_s)

S_d : 地震荷重 (弾性設計用地震動 S_d)

3.4 入力地震動

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

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

図 3-8 に入力地震動算定の概念図を、図 3-9～図 3-92 に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE Ver. 1.6」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、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

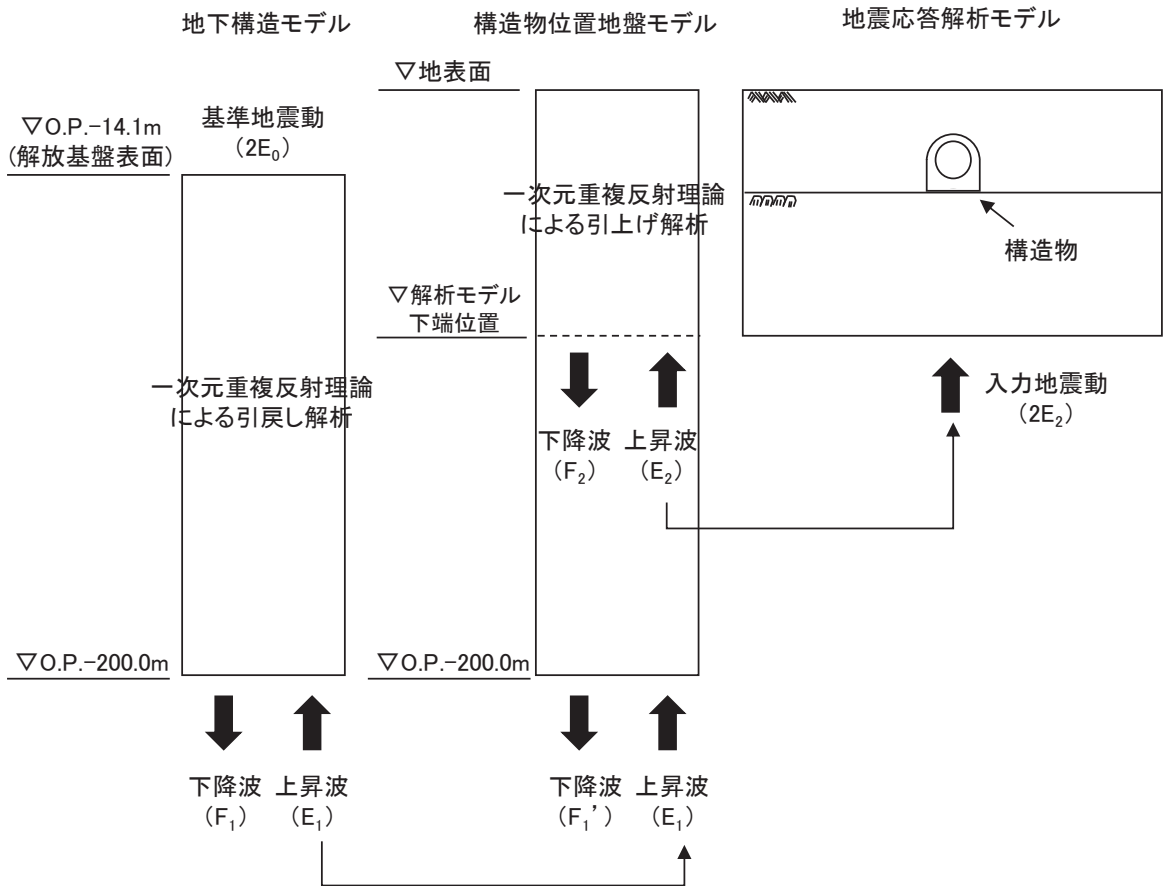
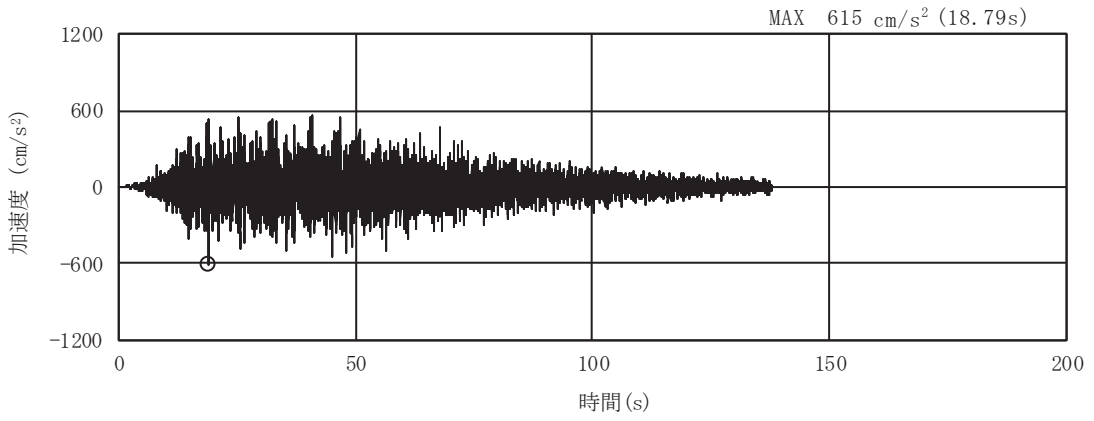
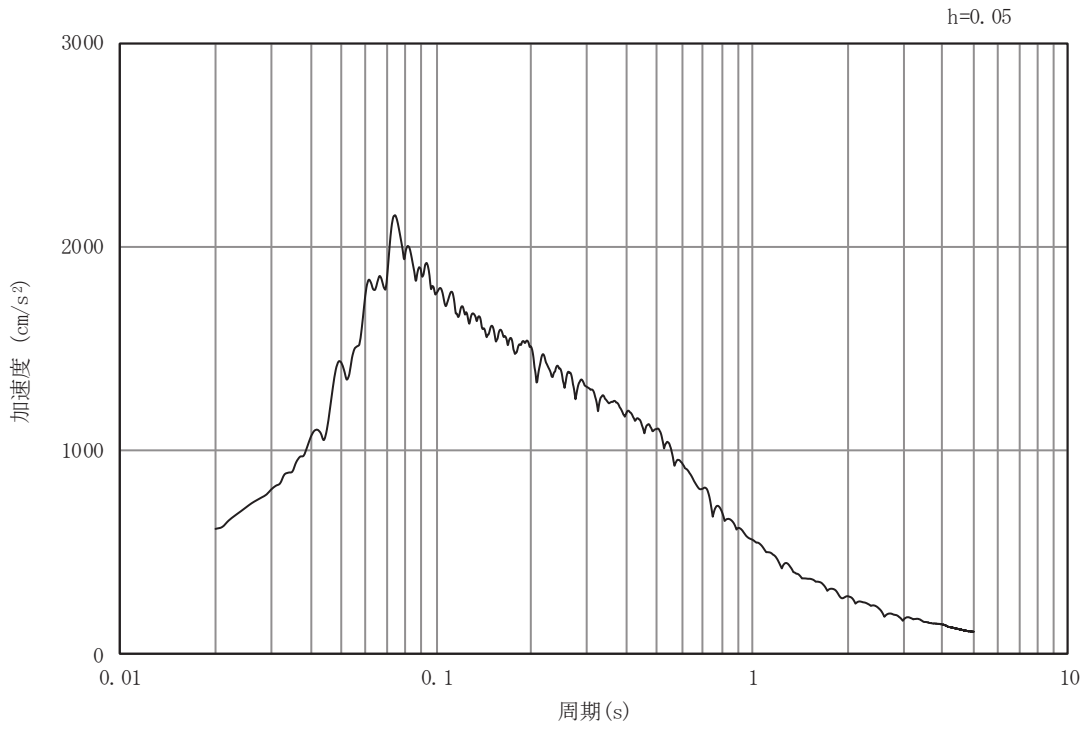


図 3-8 入力地震動算定の概念図

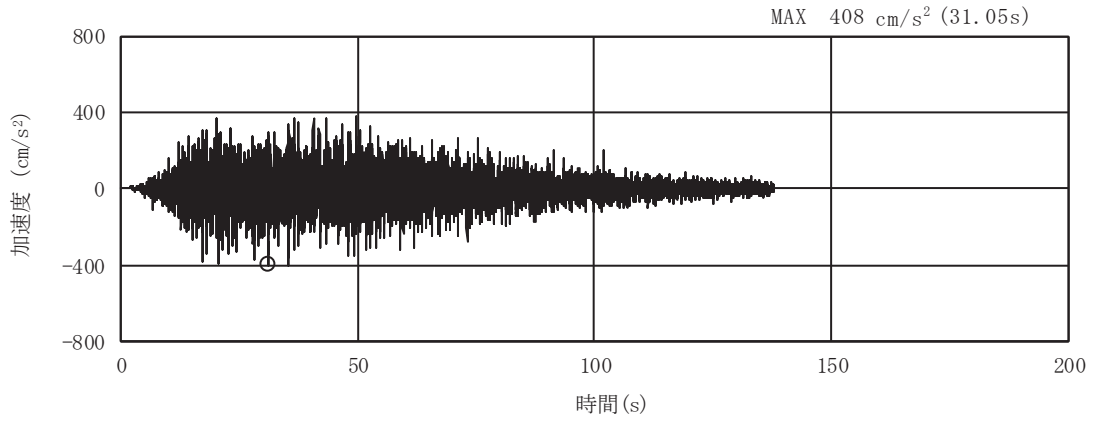


(a) 加速度時刻歴波形

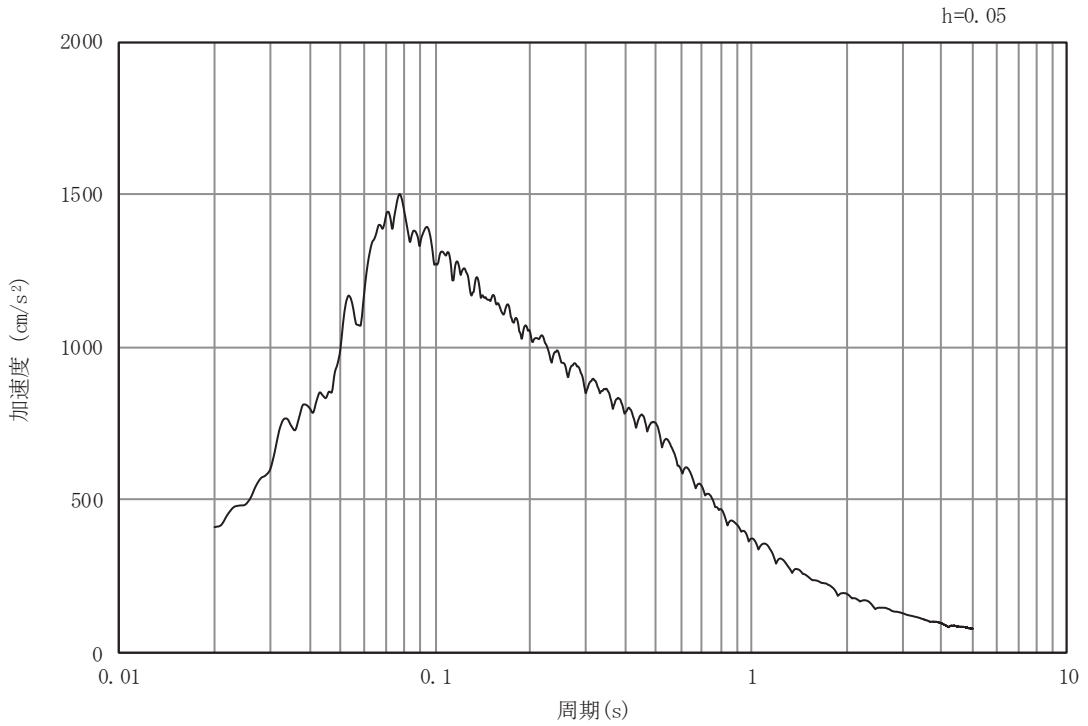


(b) 加速度応答スペクトル

図3-9 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(1/28)
 (水平成分：S s - D 1)

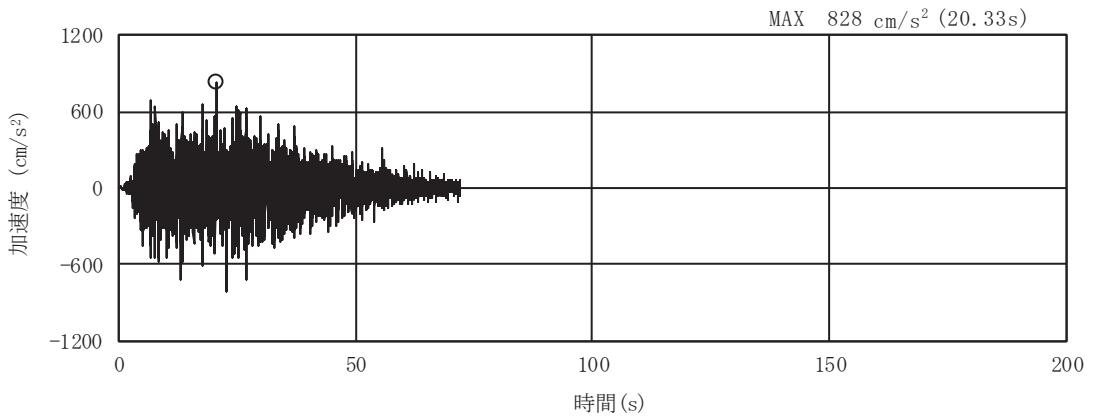


(a) 加速度時刻歴波形

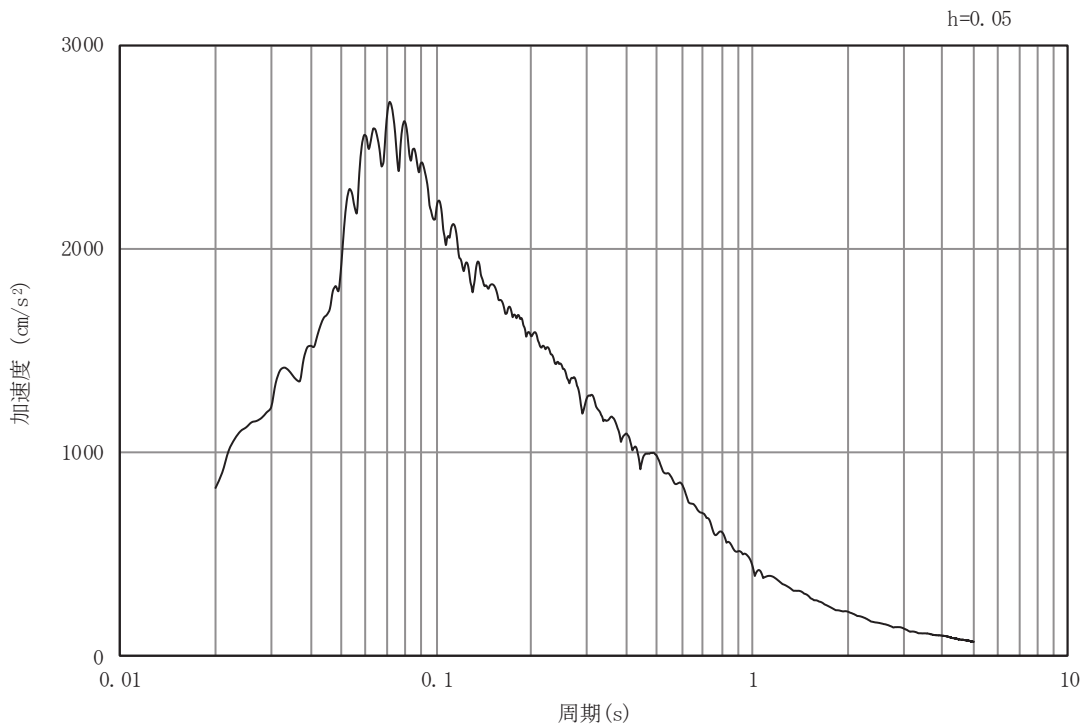


(b) 加速度応答スペクトル

図3-10 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(2/28)
 (鉛直成分：S s - D 1)

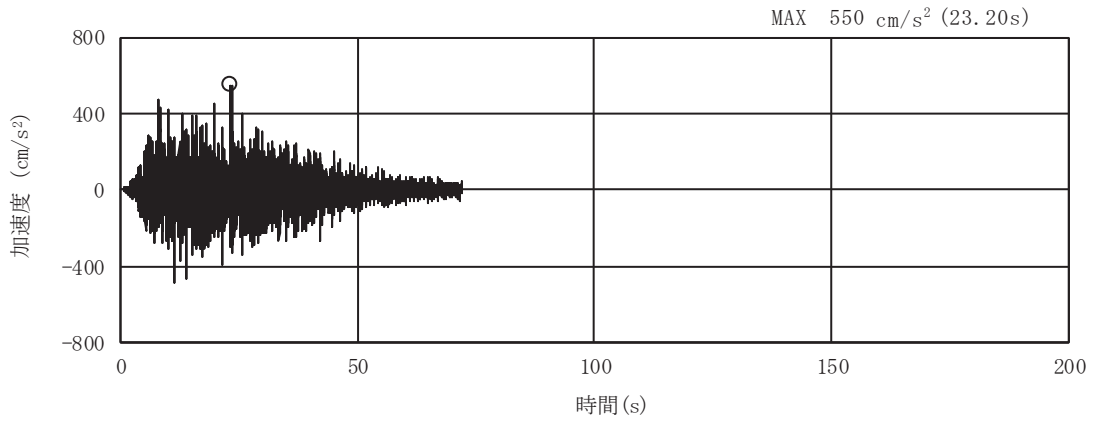


(a) 加速度時刻歴波形

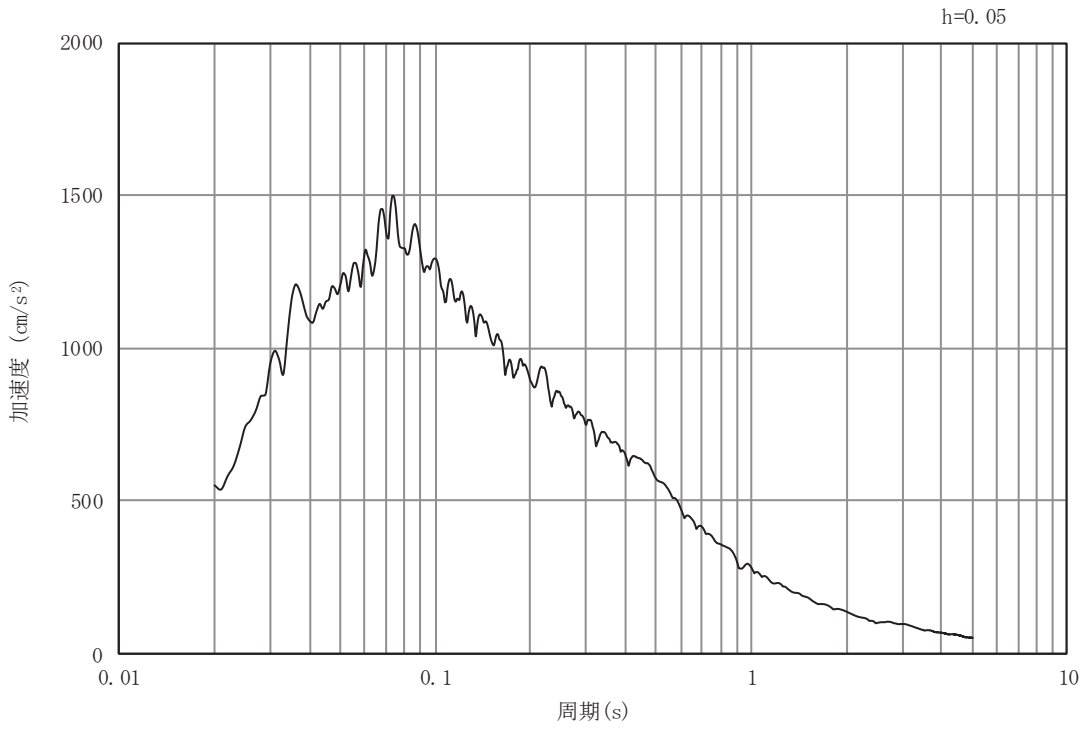


(b) 加速度応答スペクトル

図3-11 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(3/28)
(水平成分：S s - D 2)

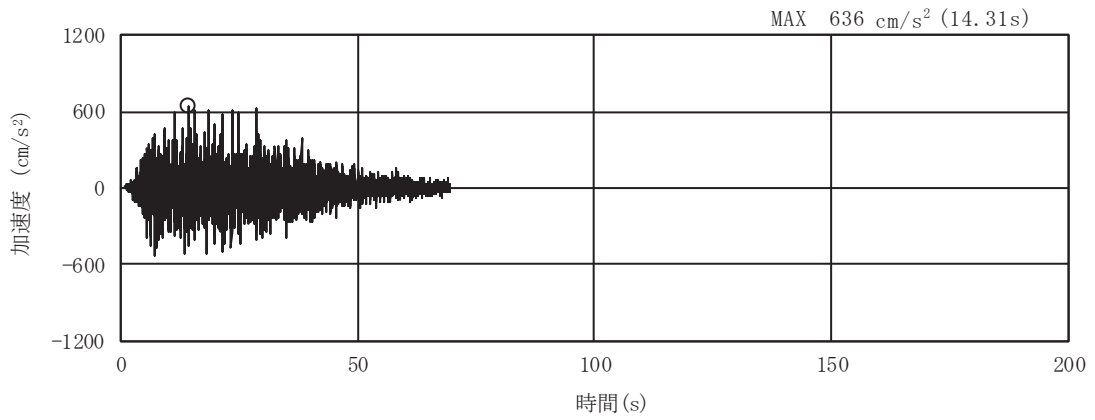


(a) 加速度時刻歴波形

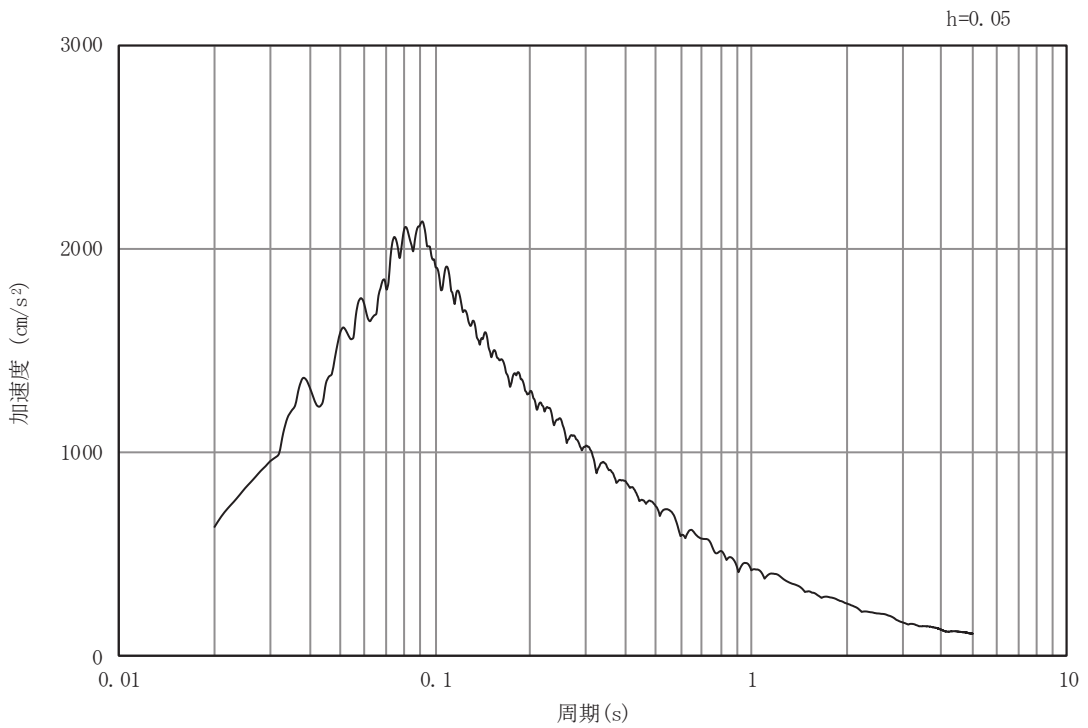


(b) 加速度応答スペクトル

図3-12 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(4/28)
 (鉛直成分：S s - D 2)

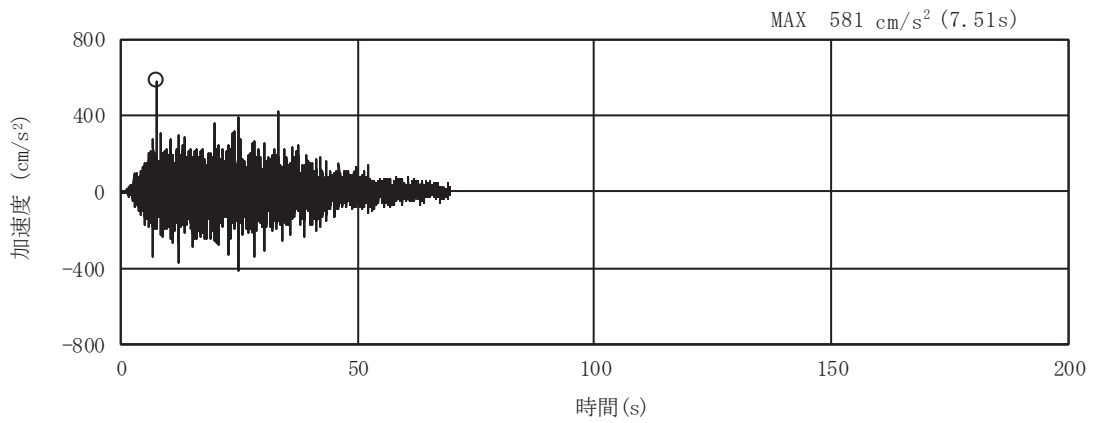


(a) 加速度時刻歴波形

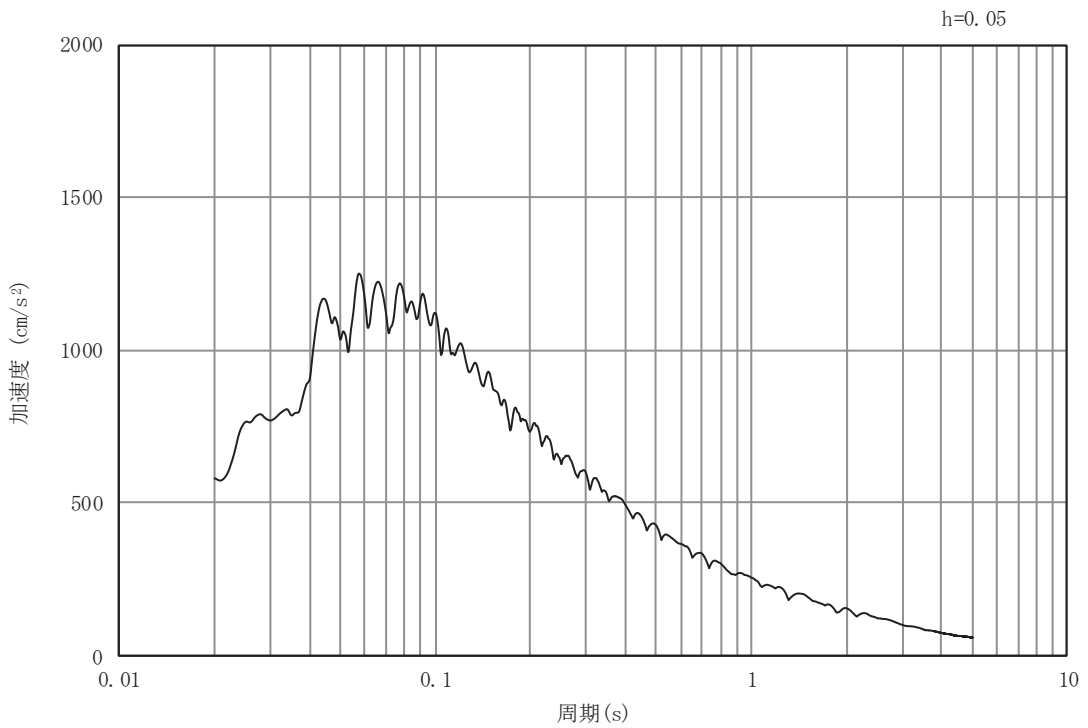


(b) 加速度応答スペクトル

図3-13 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(5/28)
 (水平成分：S s - D 3)

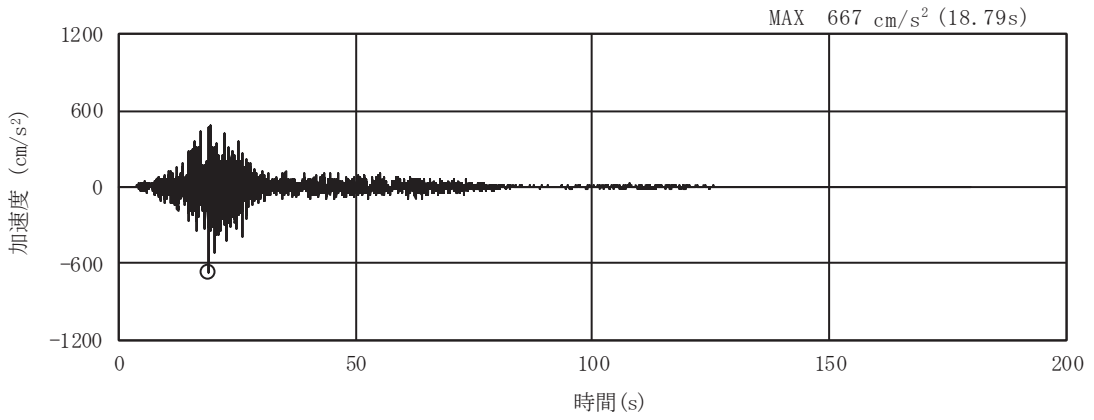


(a) 加速度時刻歴波形

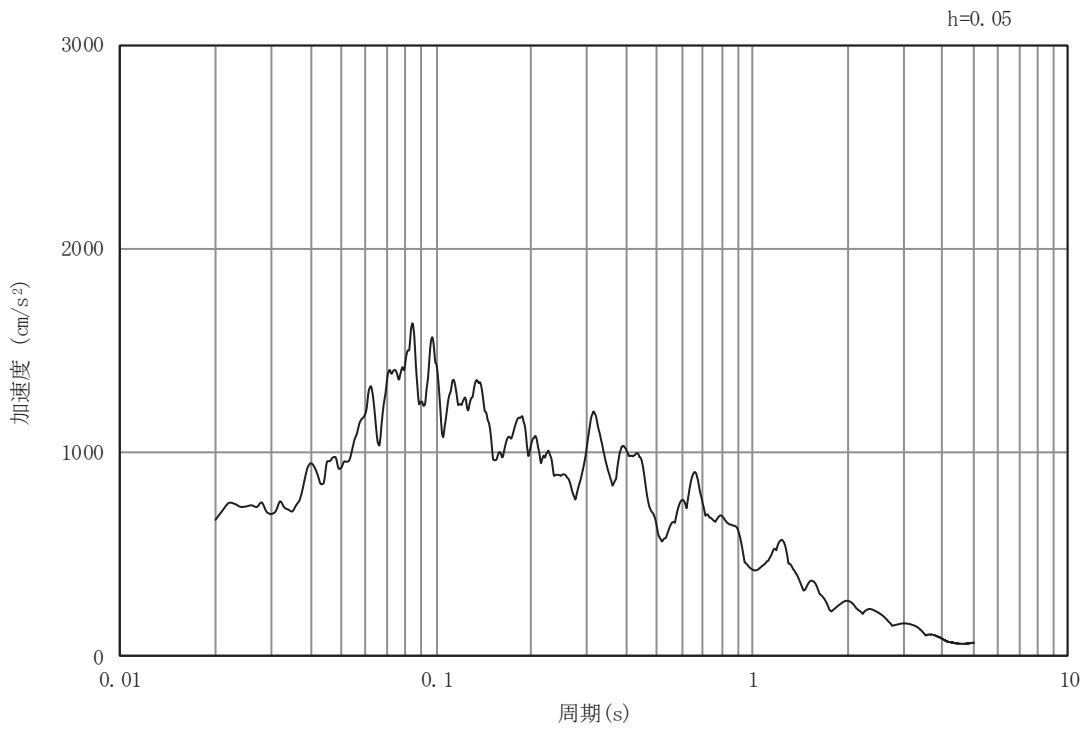


(b) 加速度応答スペクトル

図3-14 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(6/28)
 (鉛直成分：S s - D 3)

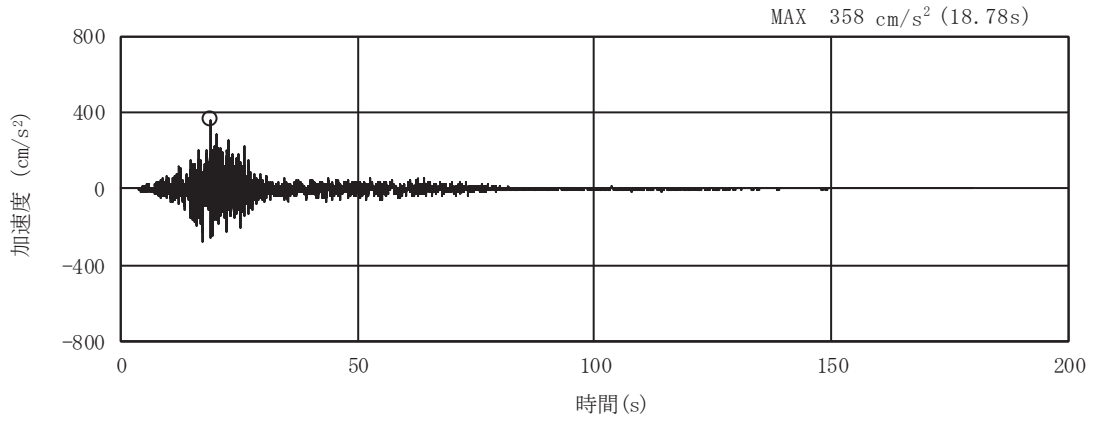


(a) 加速度時刻歴波形

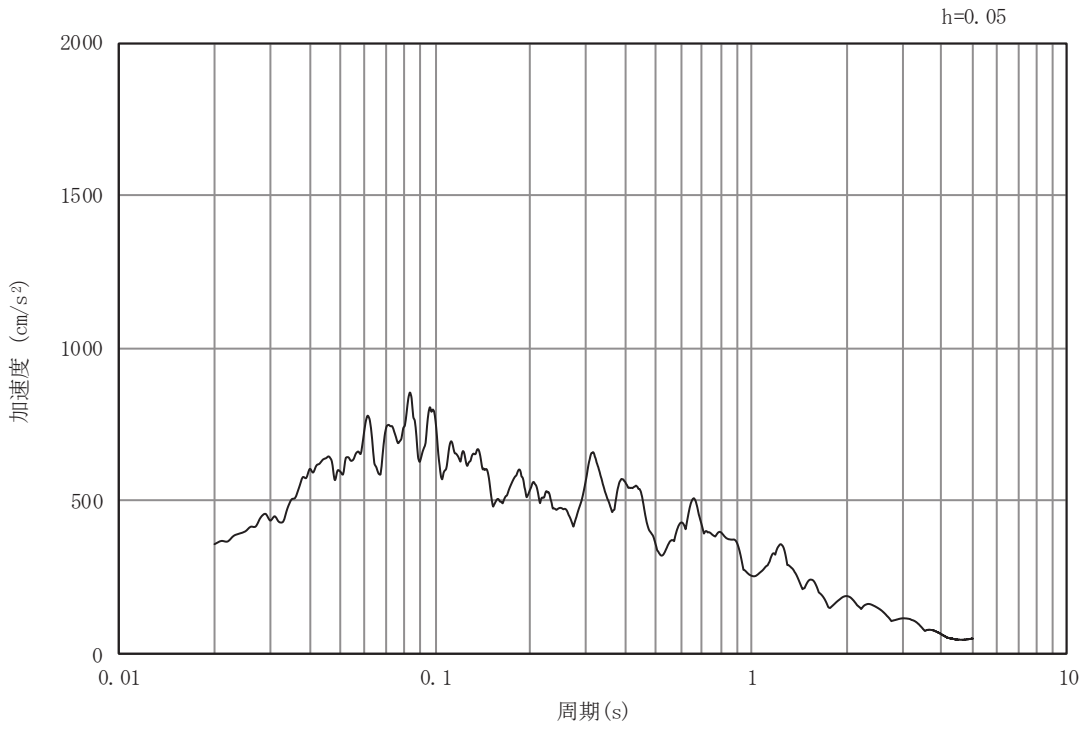


(b) 加速度応答スペクトル

図3-15 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(7/28)
 (水平成分：S s - F 1)

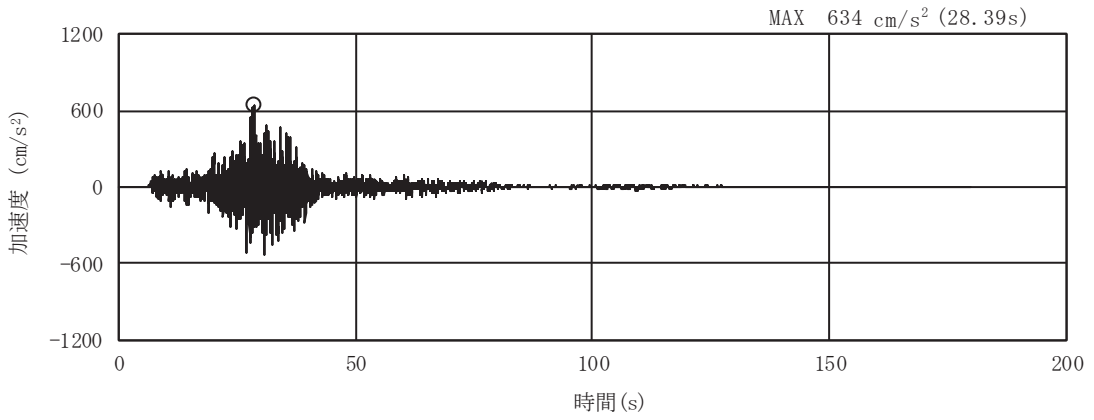


(a) 加速度時刻歴波形

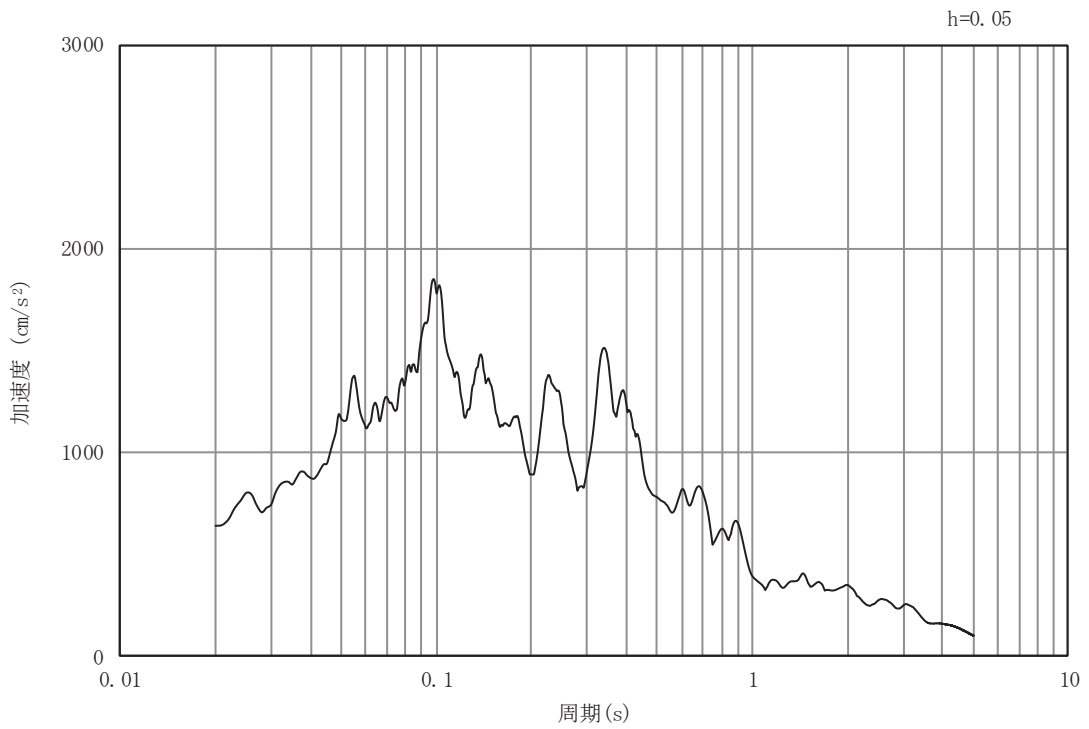


(b) 加速度応答スペクトル

図3-16 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(8/28)
 (鉛直成分：S s - F 1)

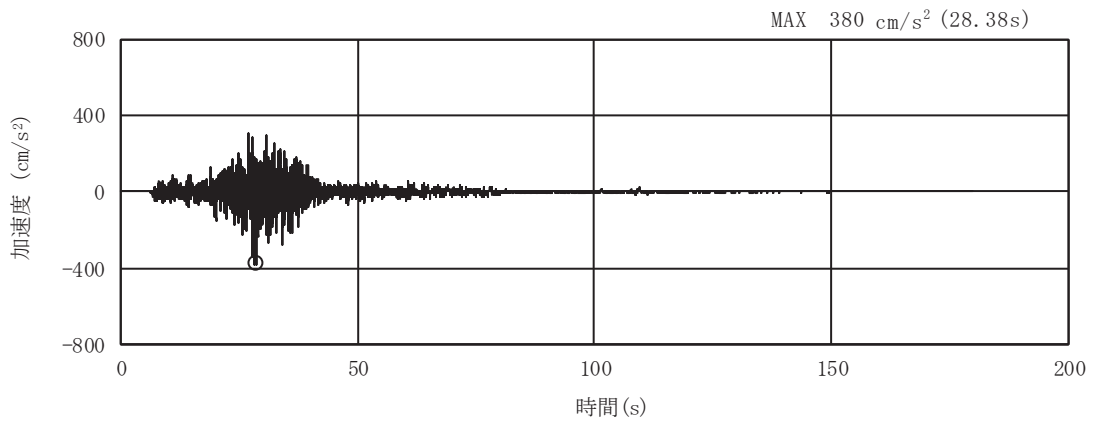


(a) 加速度時刻歴波形

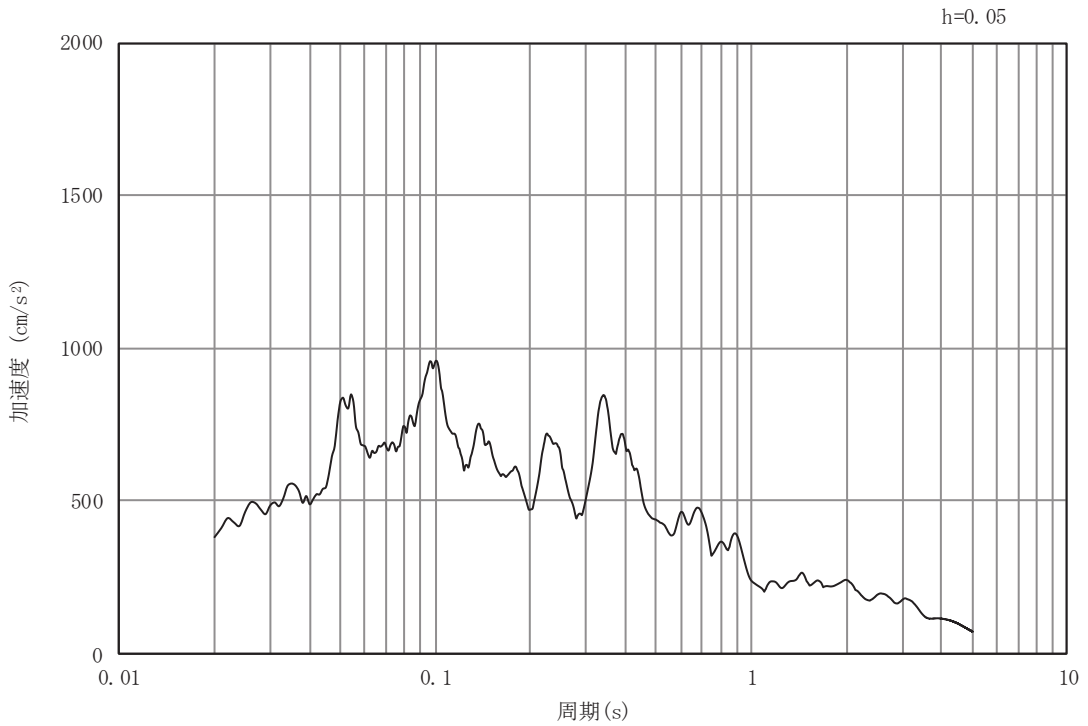


(b) 加速度応答スペクトル

図3-17 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(9/28)
 (水平成分：S s - F 2)

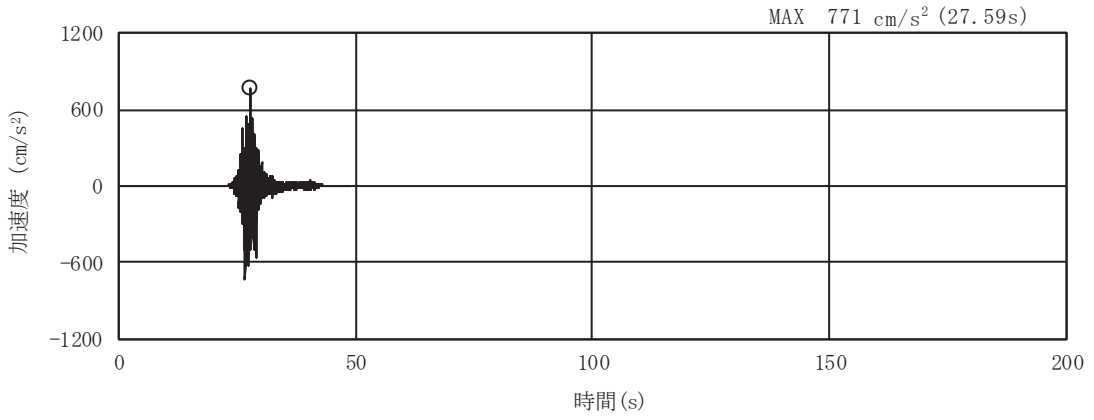


(a) 加速度時刻歴波形

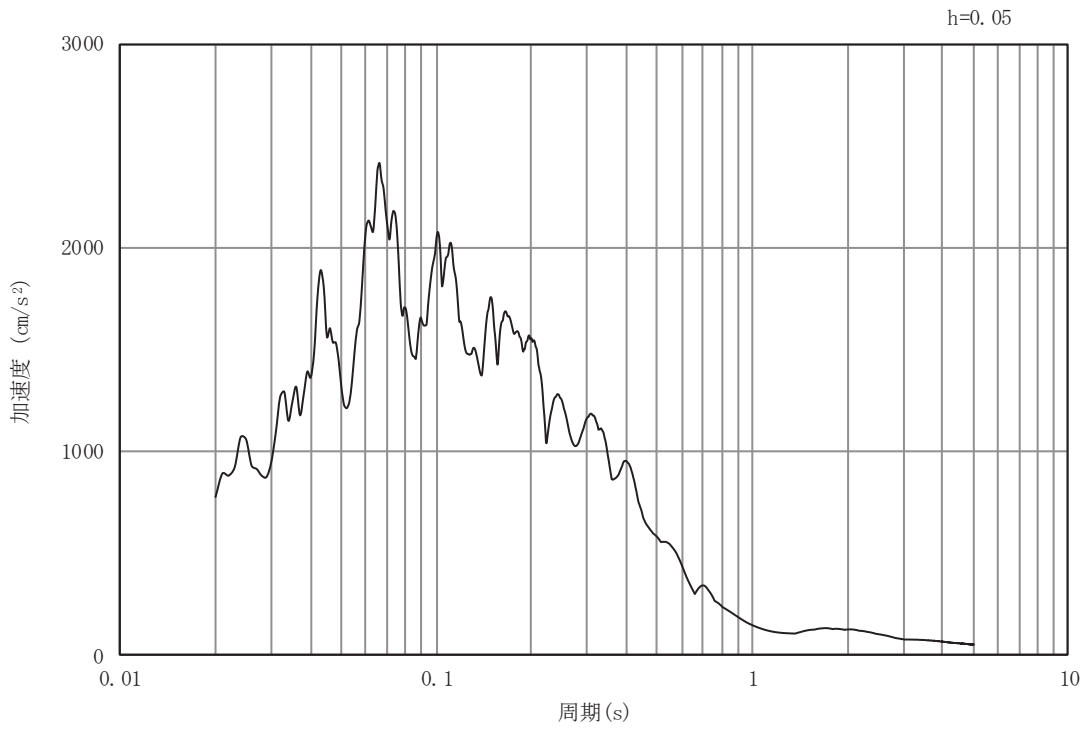


(b) 加速度応答スペクトル

図3-18 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(10/28)
 （鉛直成分：S s - F 2）

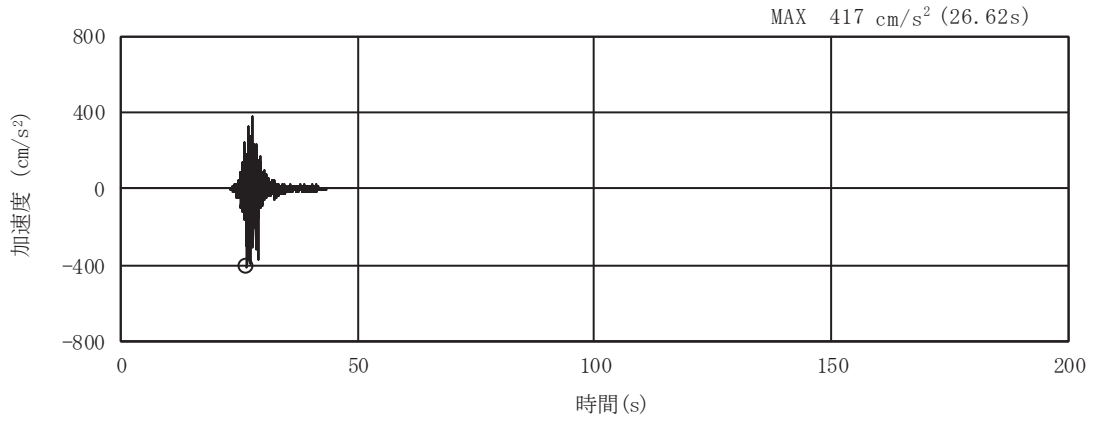


(a) 加速度時刻歴波形

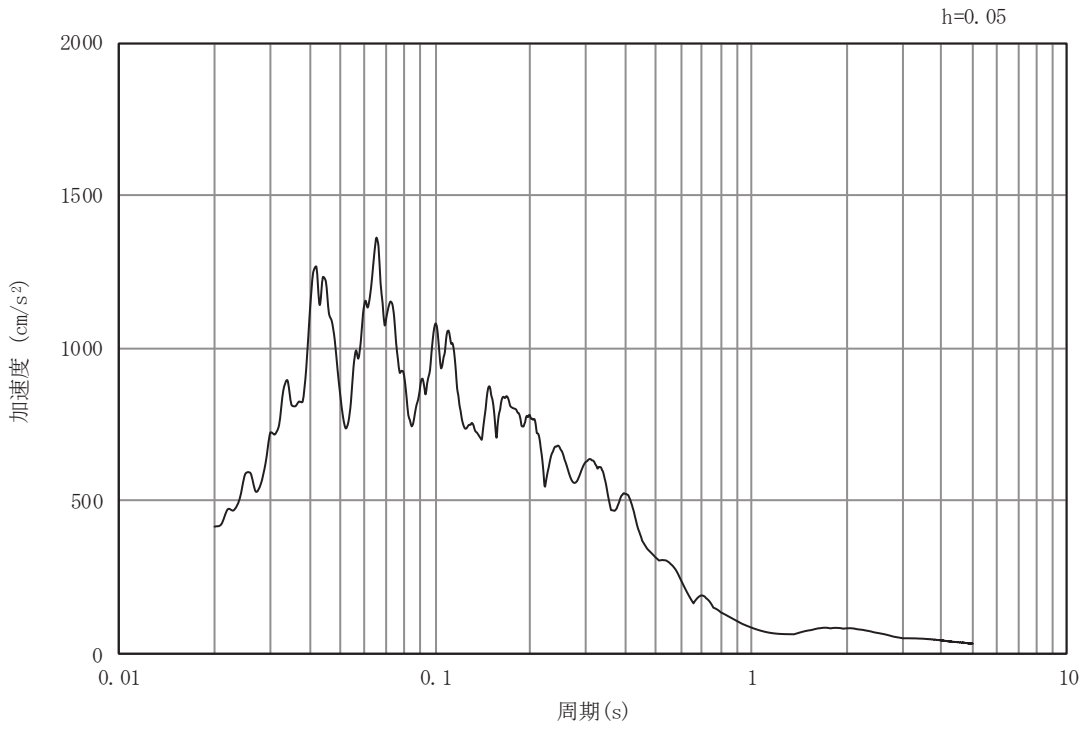


(b) 加速度応答スペクトル

図3-19 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(11/28)
 (水平成分：S s - F 3)

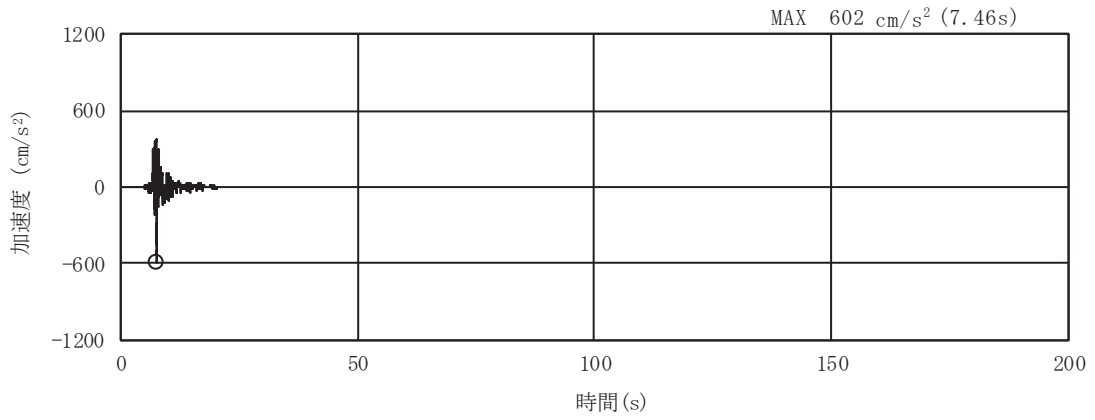


(a) 加速度時刻歴波形

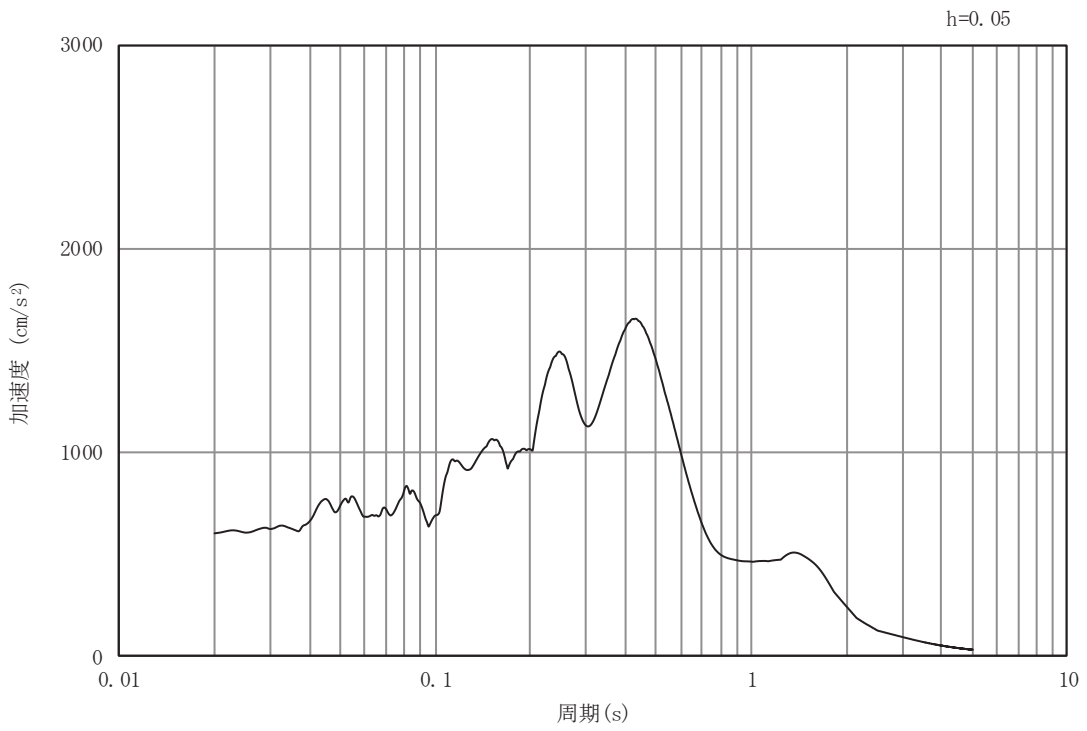


(b) 加速度応答スペクトル

図3-20 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(12/28)
 (鉛直成分：S s - F 3)

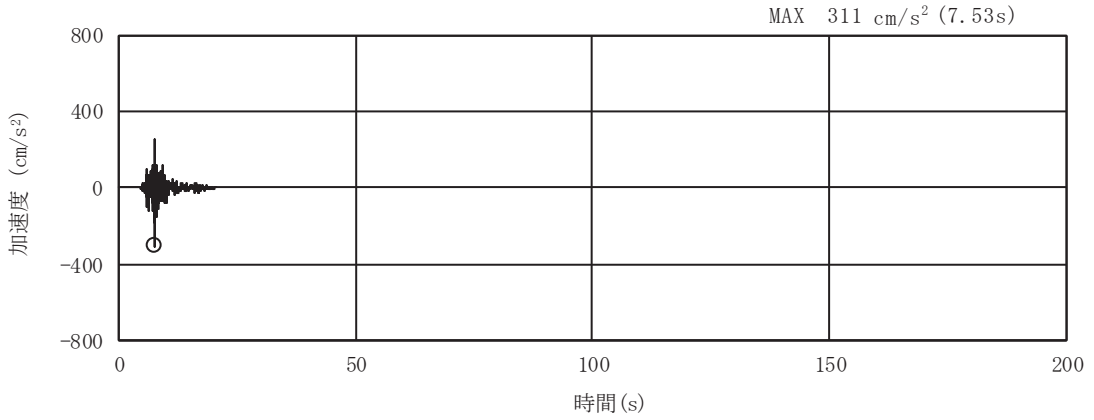


(a) 加速度時刻歴波形

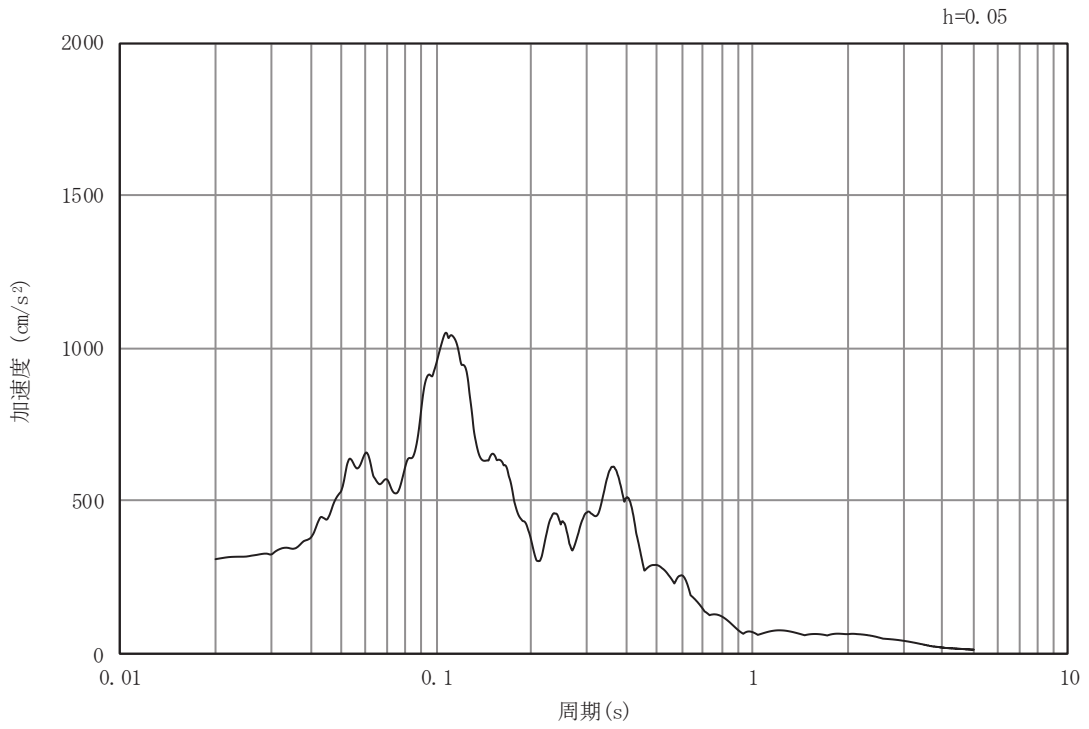


(b) 加速度応答スペクトル

図3-21 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(13/28)
 (水平成分：S s - N 1)

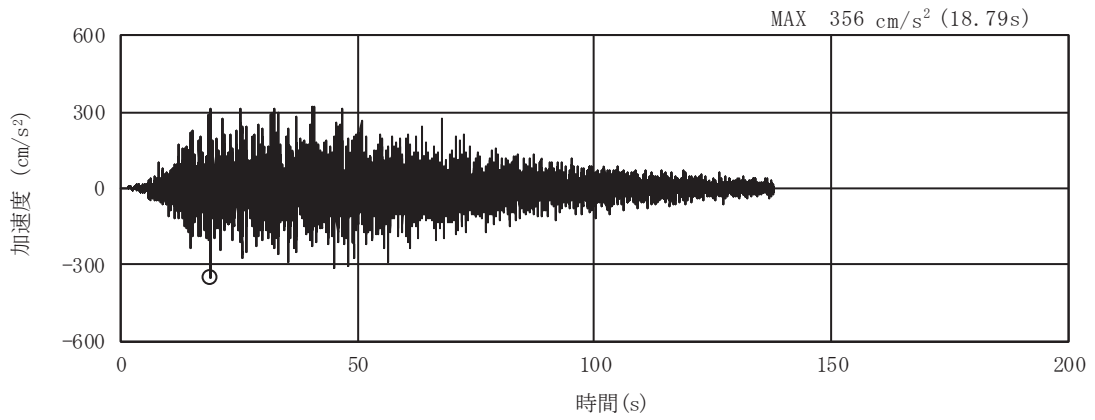


(a) 加速度時刻歴波形

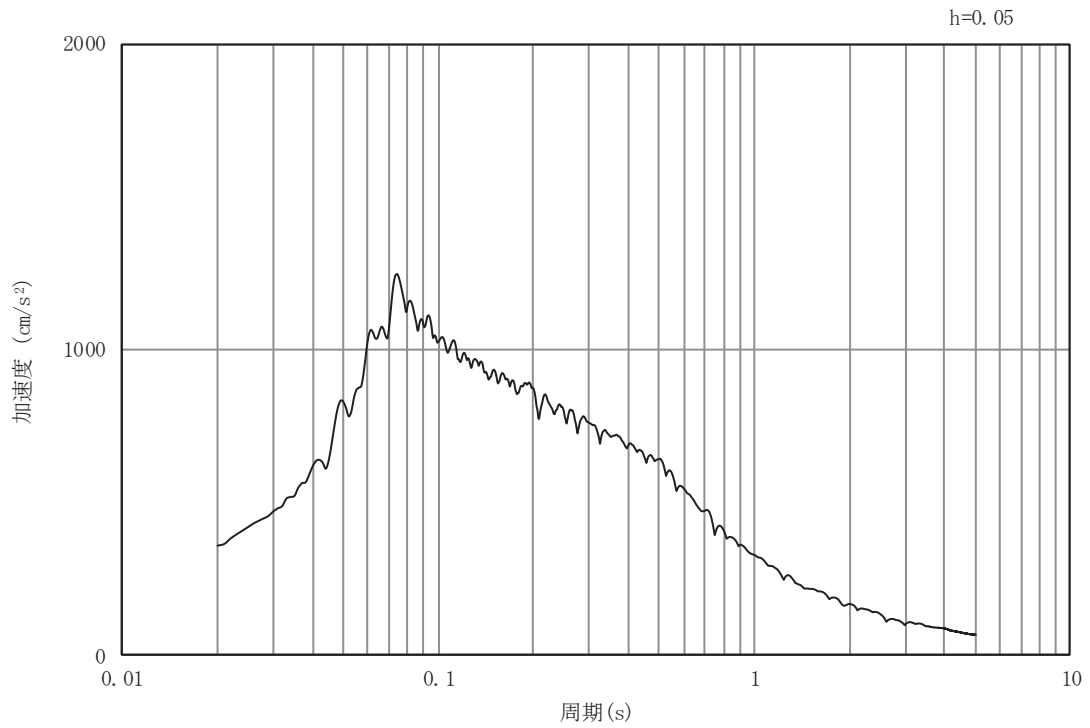


(b) 加速度応答スペクトル

図3-22 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(14/28)
 (鉛直成分：S s - N 1)

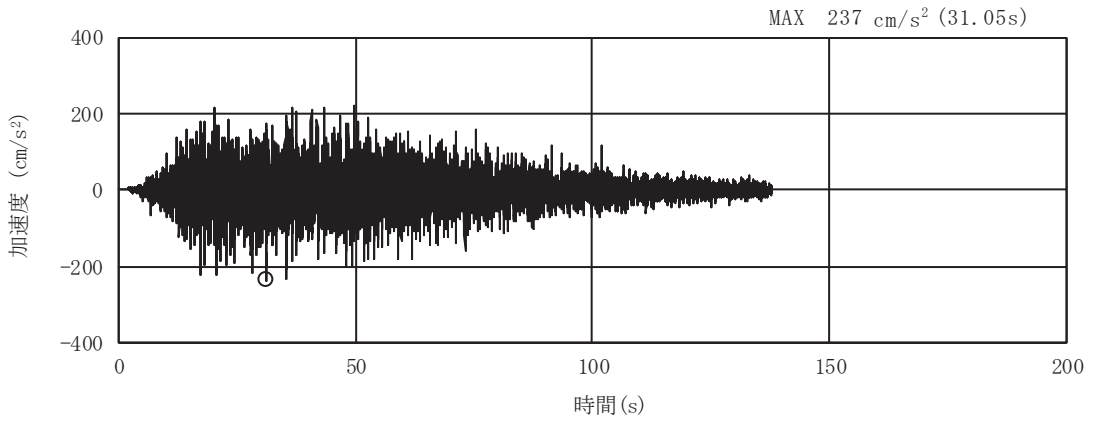


(a) 加速度時刻歴波形

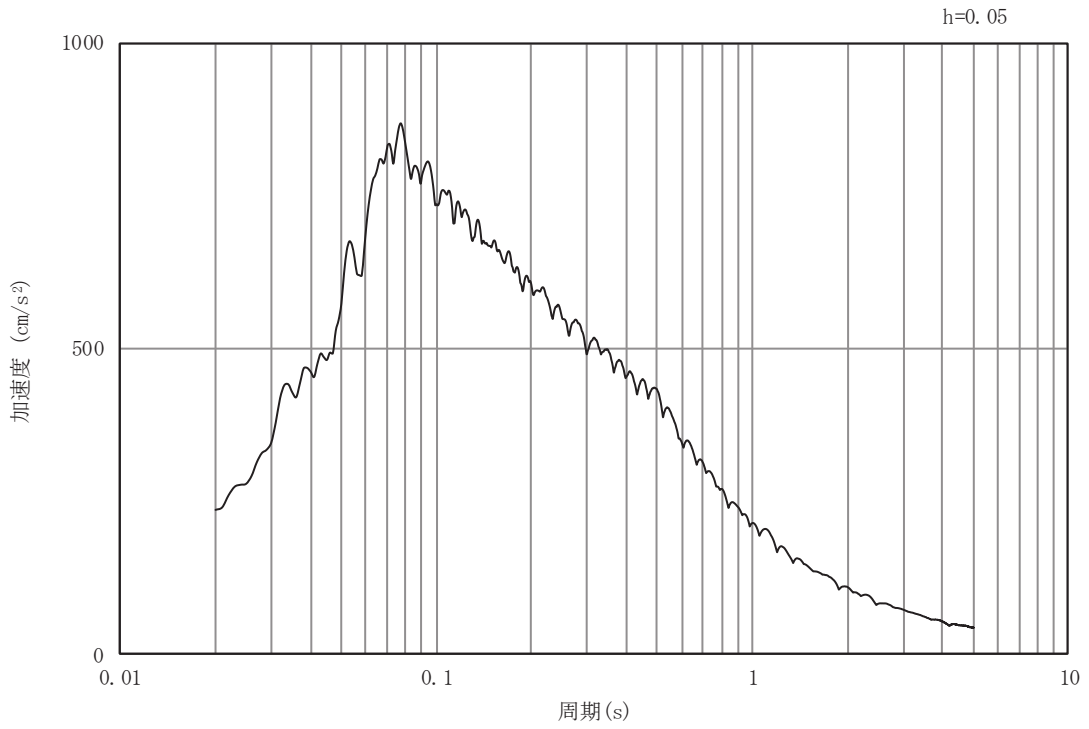


(b) 加速度応答スペクトル

図3-23 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(15/28)
(水平成分：S d - D 1)

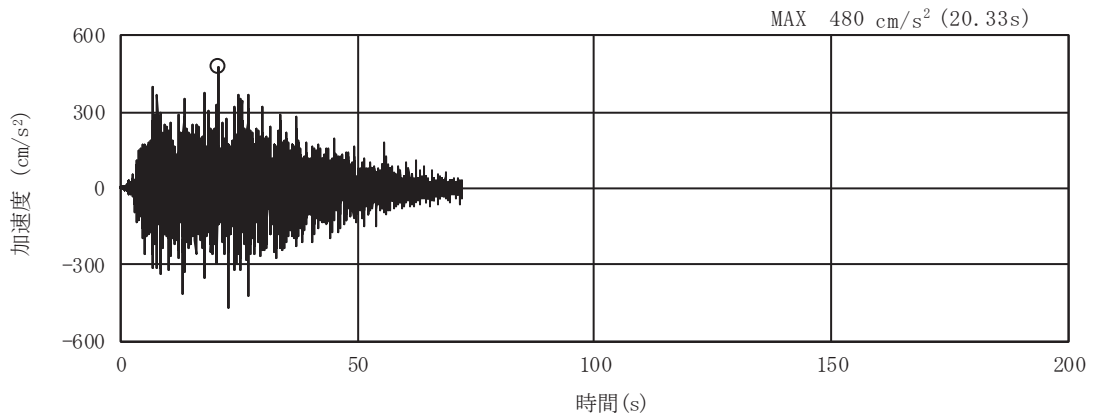


(a) 加速度時刻歴波形

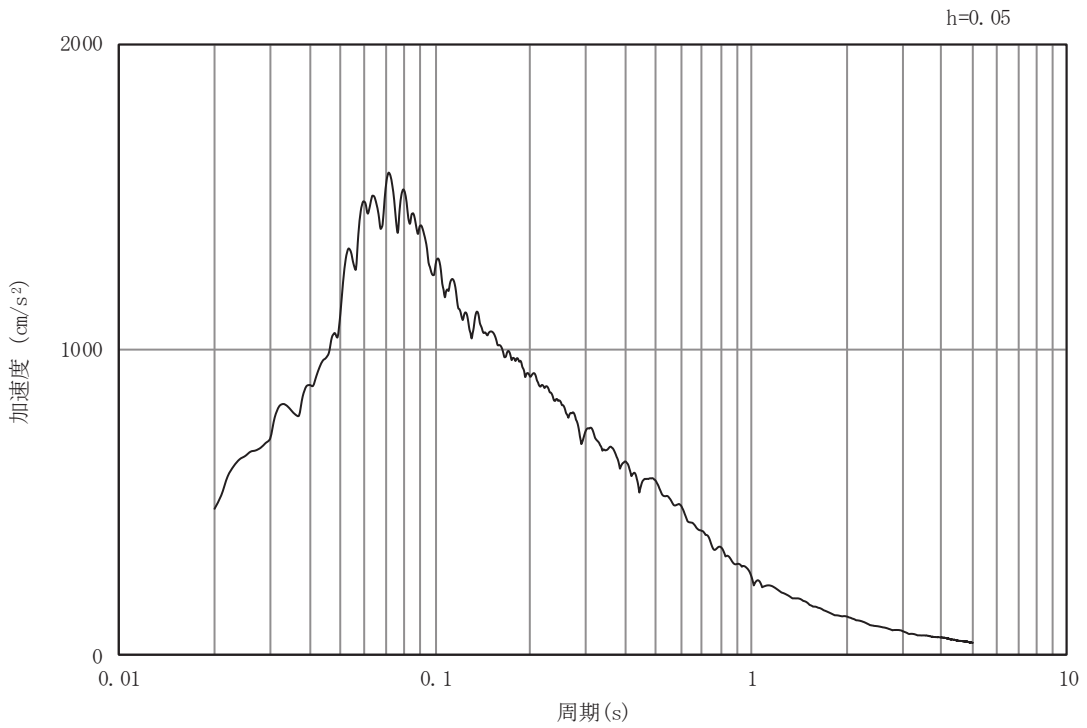


(b) 加速度応答スペクトル

図3-24 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(16/28)
 (鉛直成分：S d - D 1)

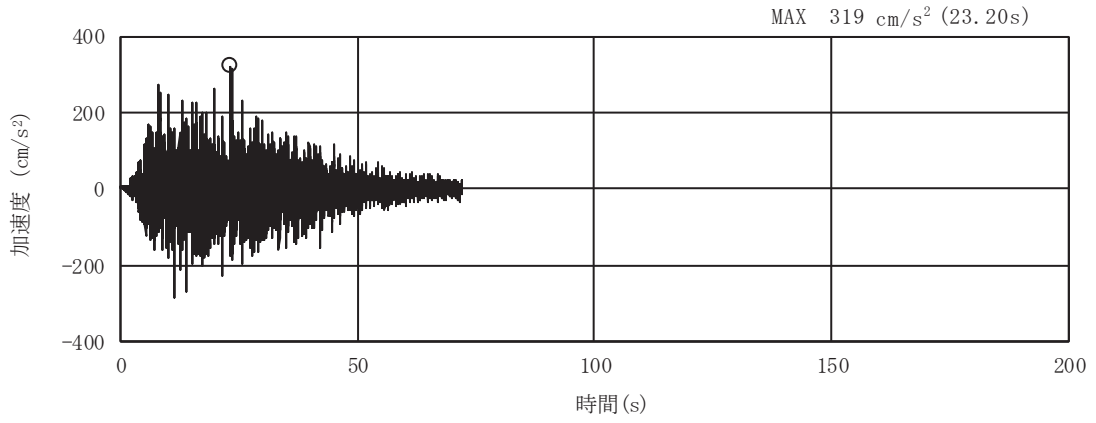


(a) 加速度時刻歴波形

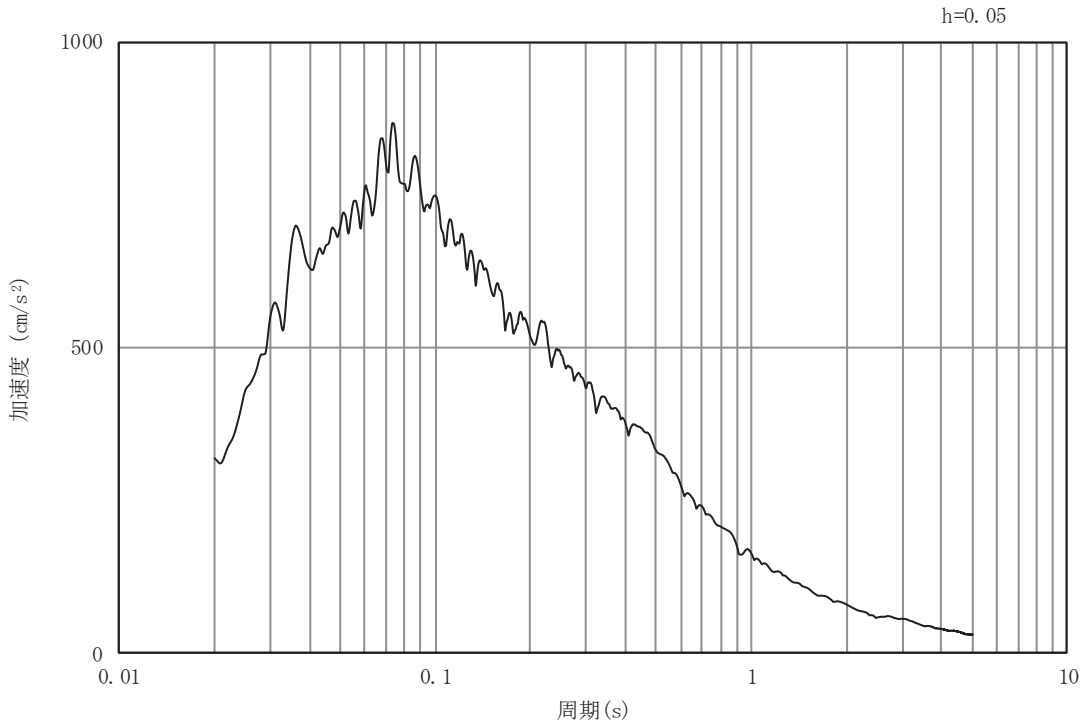


(b) 加速度応答スペクトル

図3-25 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(17/28)
(水平成分：S d - D 2)

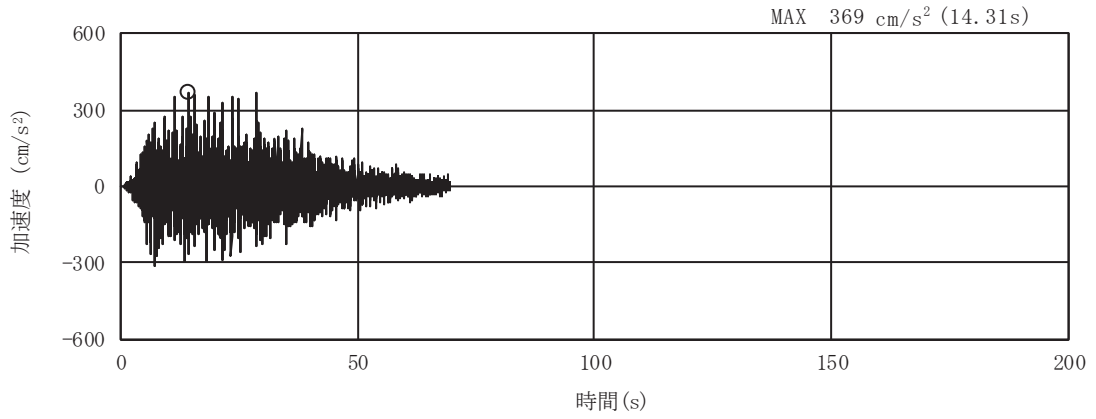


(a) 加速度時刻歴波形

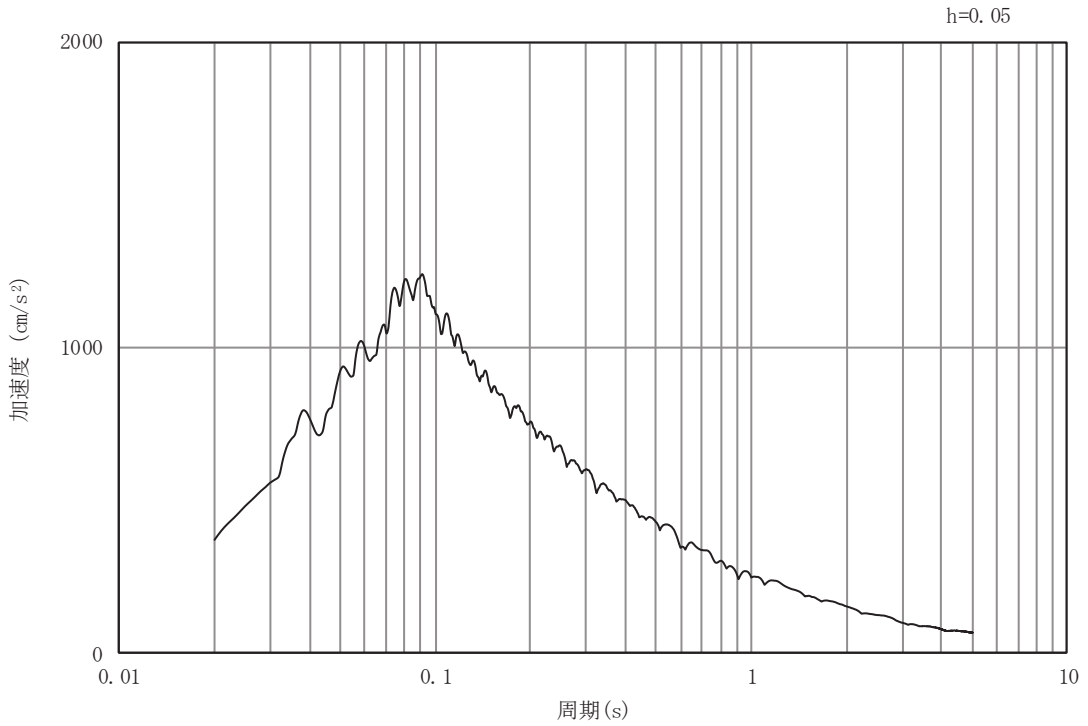


(b) 加速度応答スペクトル

図3-26 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(18/28)
 (鉛直成分：S d - D 2)

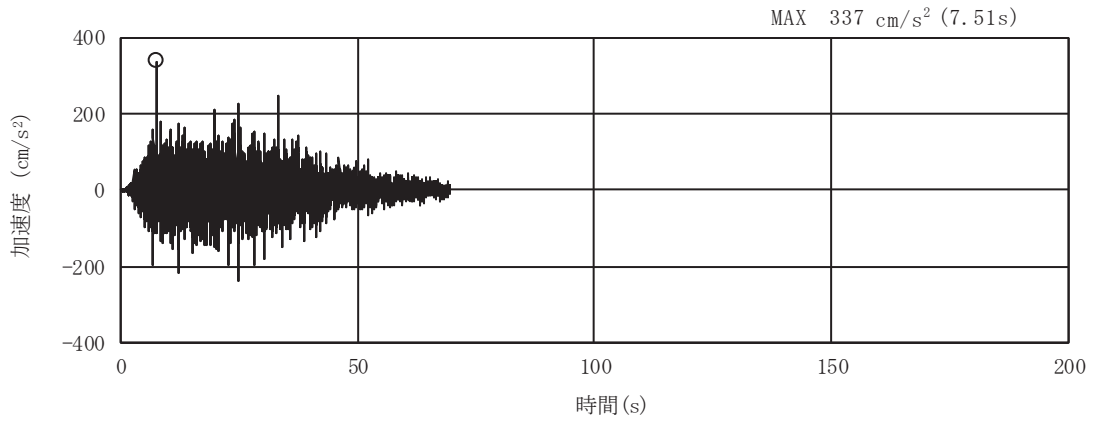


(a) 加速度時刻歴波形

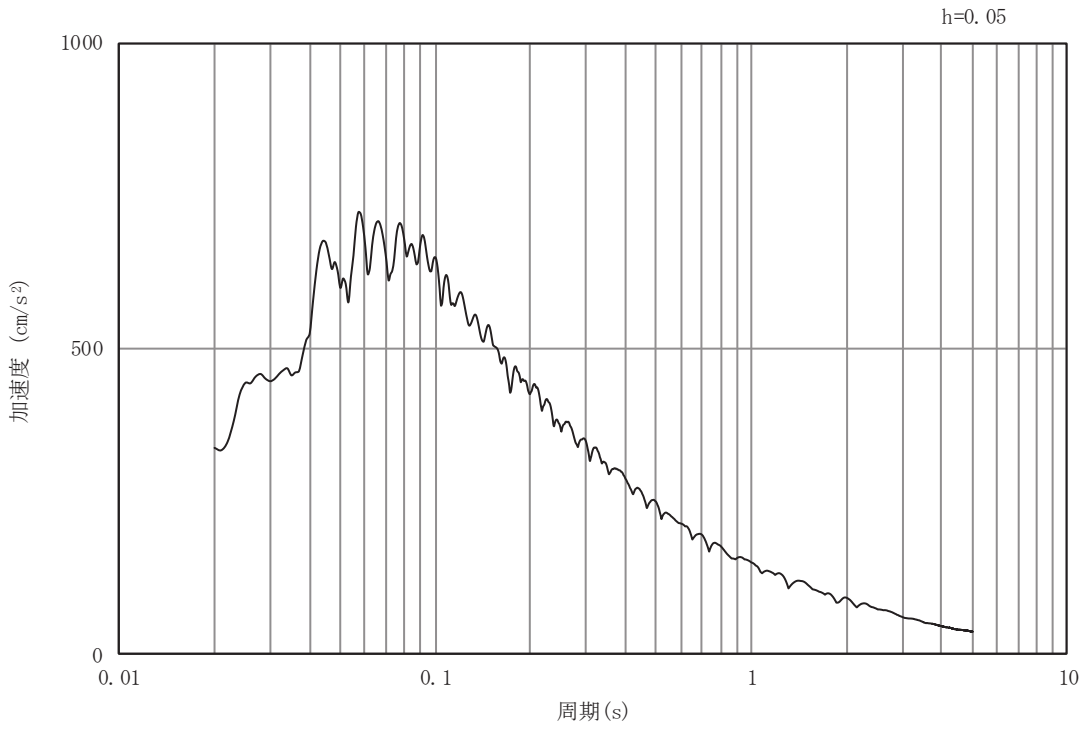


(b) 加速度応答スペクトル

図3-27 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(19/28)
 (水平成分：S d - D 3)

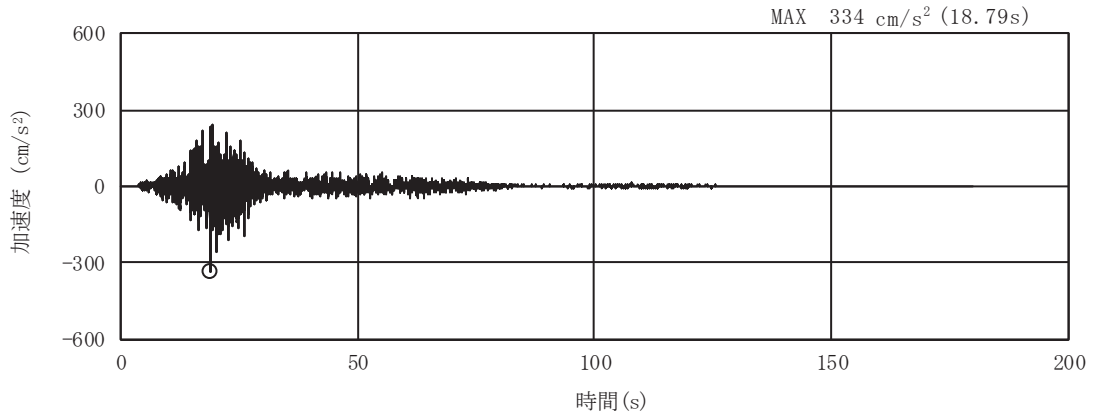


(a) 加速度時刻歴波形

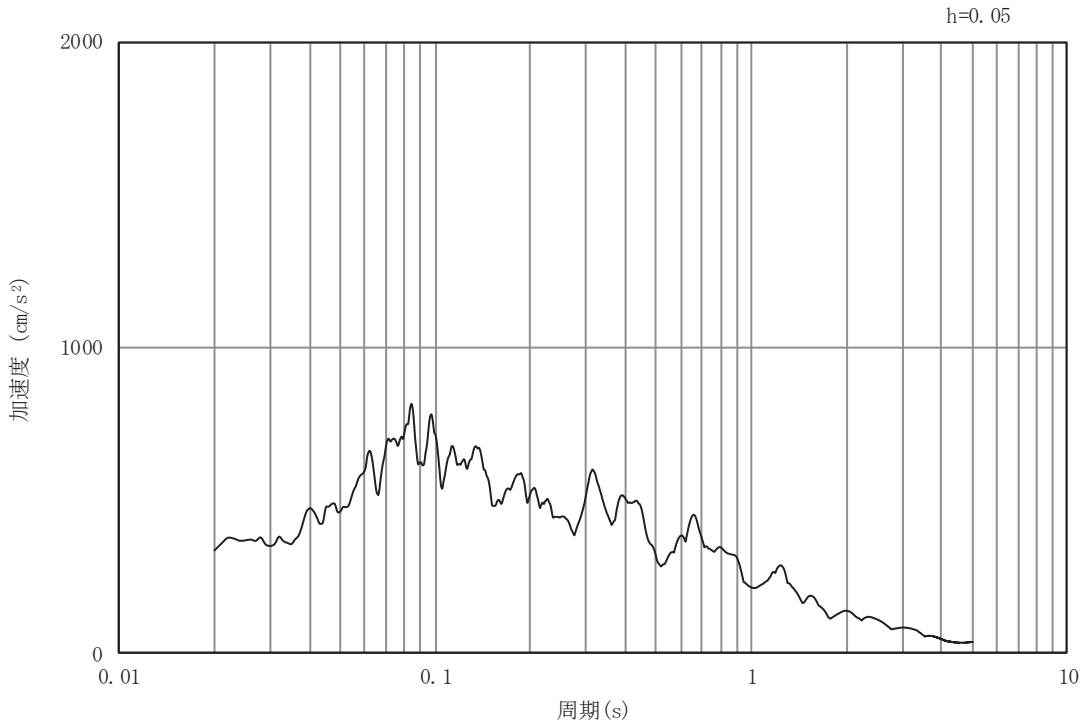


(b) 加速度応答スペクトル

図3-28 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(20/28)
 (鉛直成分：S d - D 3)

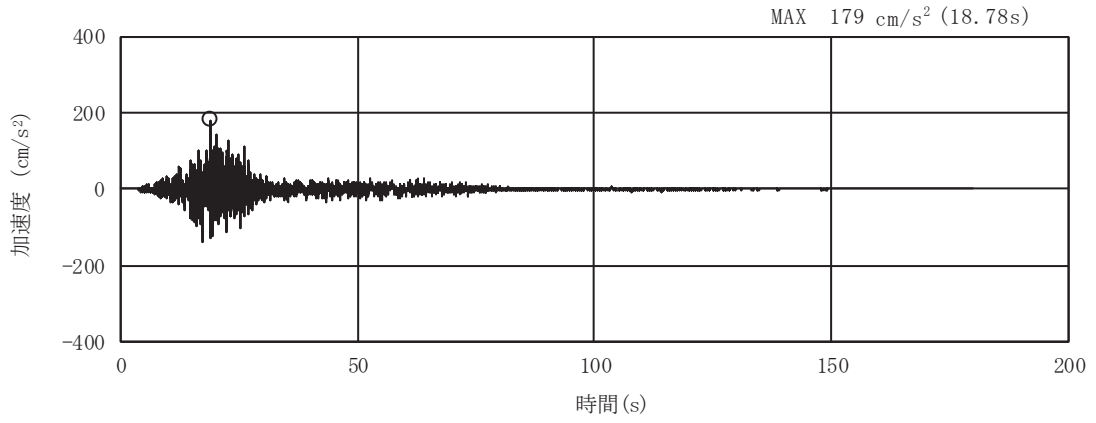


(a) 加速度時刻歴波形

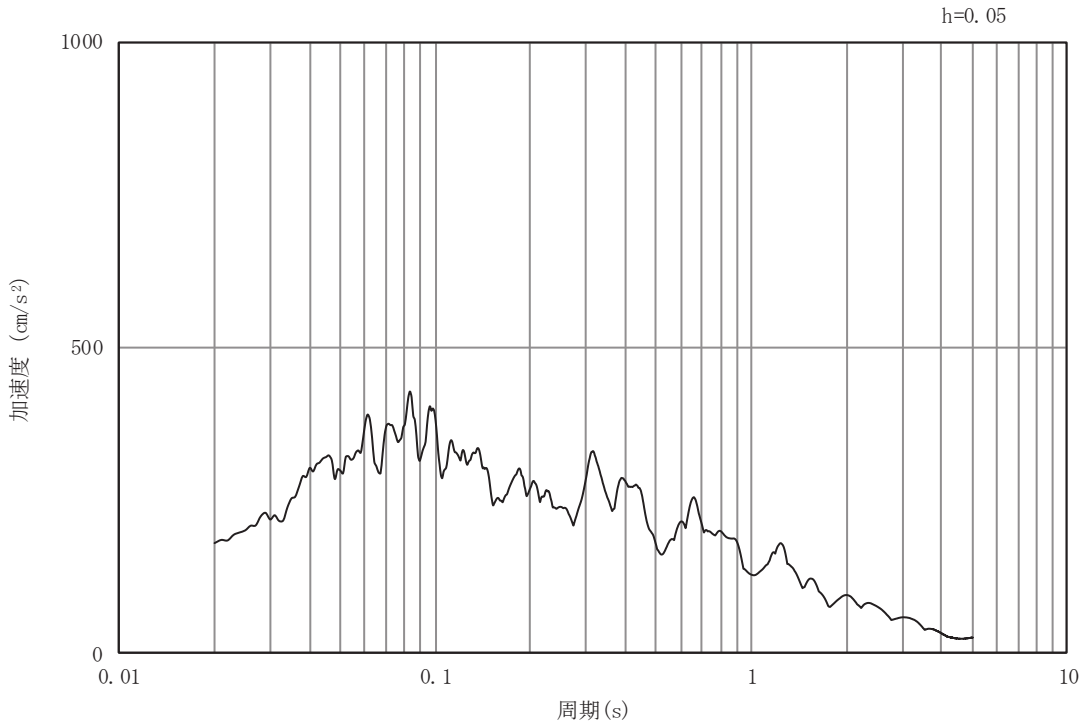


(b) 加速度応答スペクトル

図3-29 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(21/28)
 (水平成分：S d - F 1)

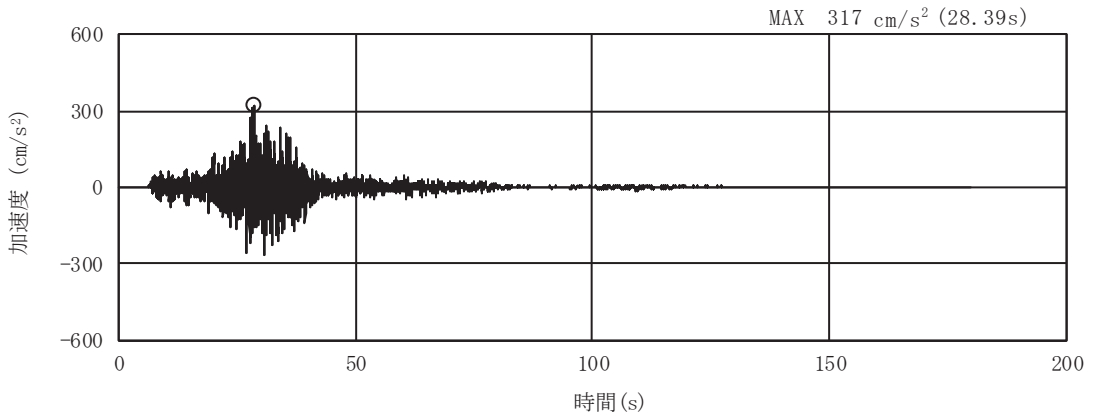


(a) 加速度時刻歴波形

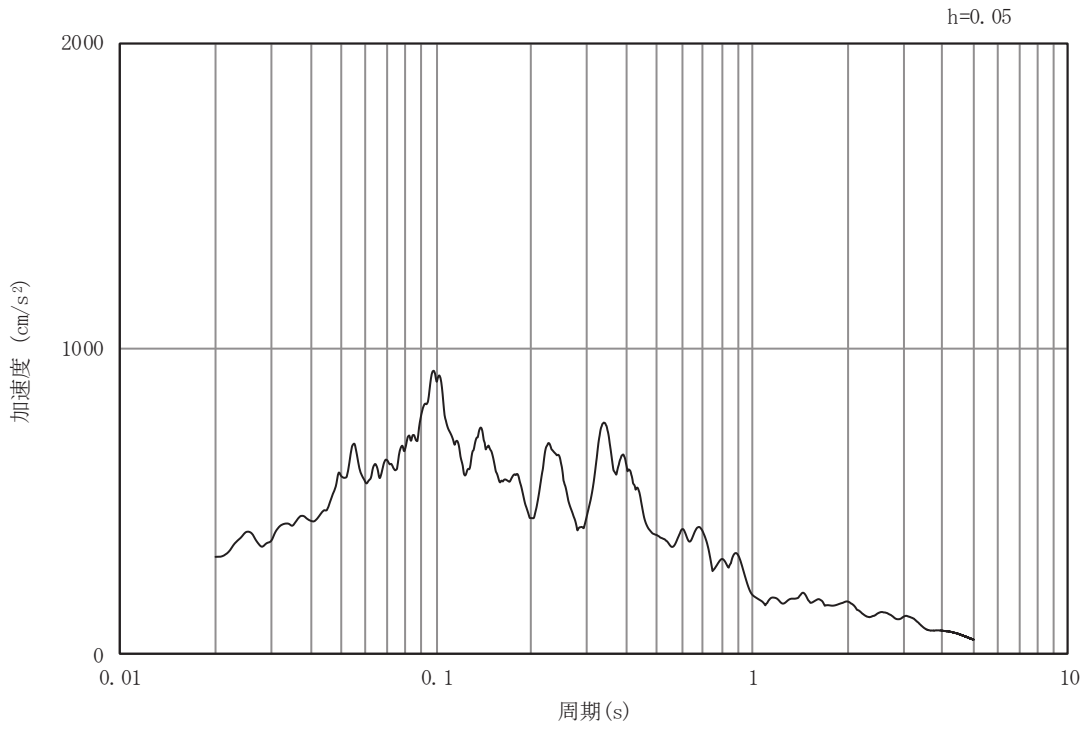


(b) 加速度応答スペクトル

図3-30 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(22/28)
 （鉛直成分：S d - F 1）

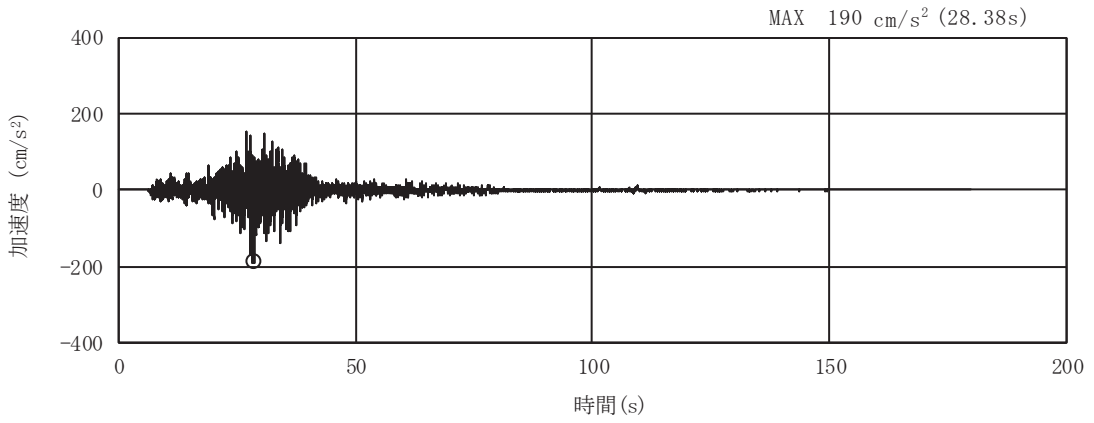


(a) 加速度時刻歴波形

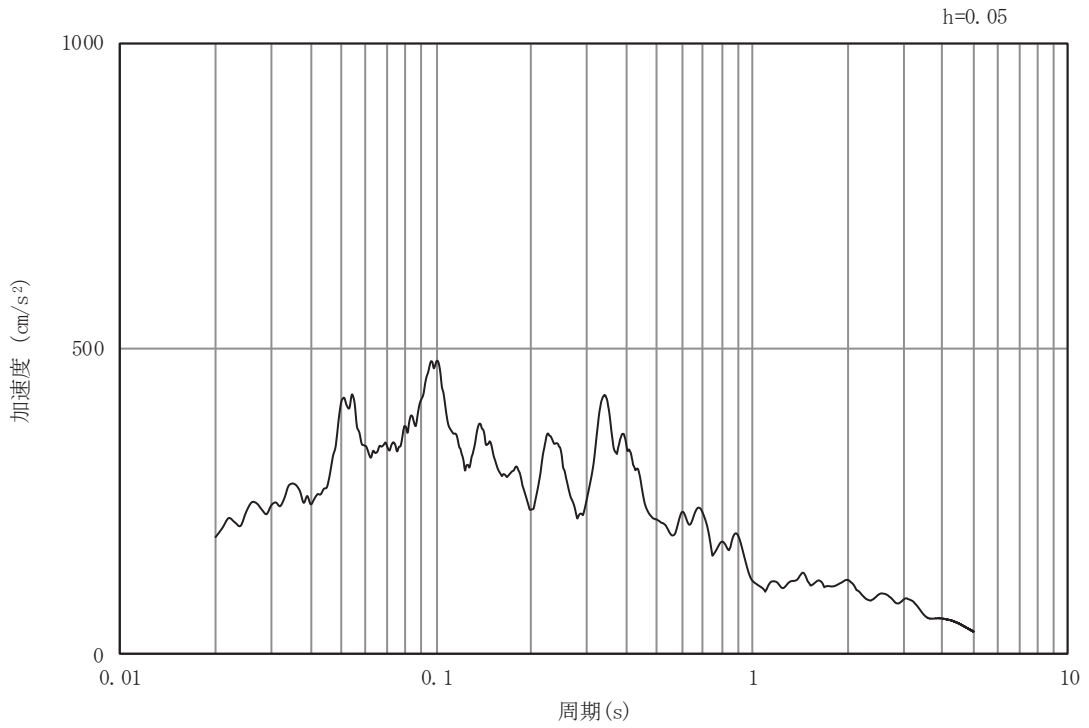


(b) 加速度応答スペクトル

図3-31 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(23/28)
 (水平成分：S d - F 2)

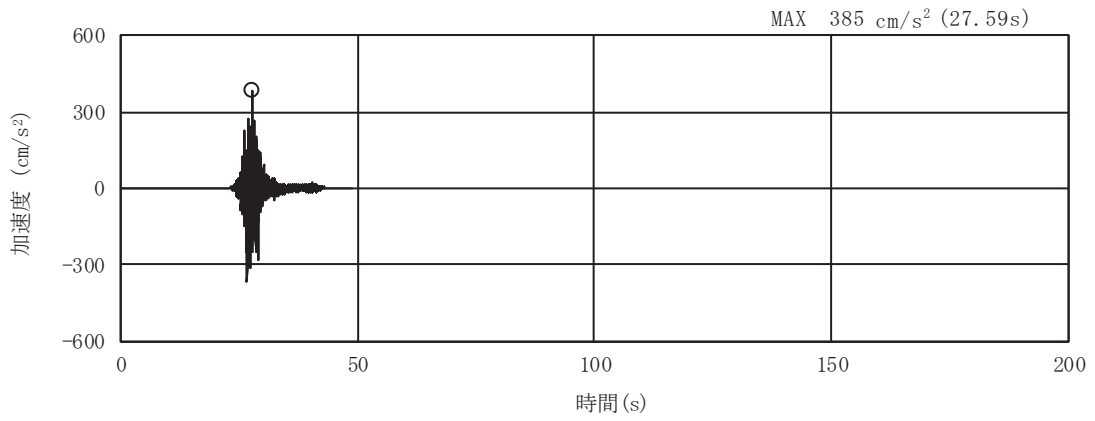


(a) 加速度時刻歴波形

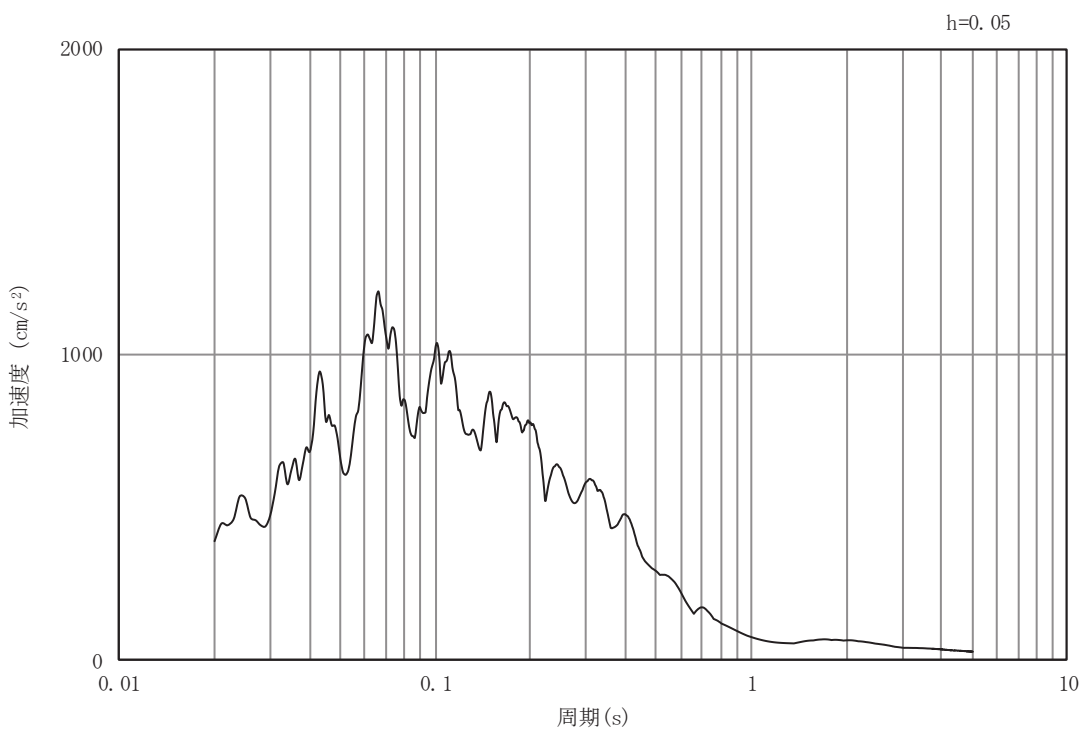


(b) 加速度応答スペクトル

図3-32 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(24/28)
 （鉛直成分：S d - F 2）

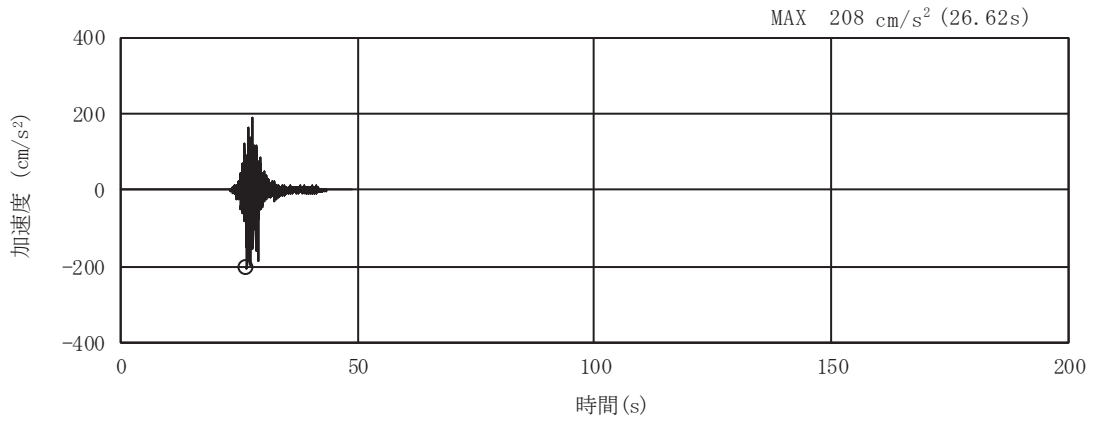


(a) 加速度時刻歴波形

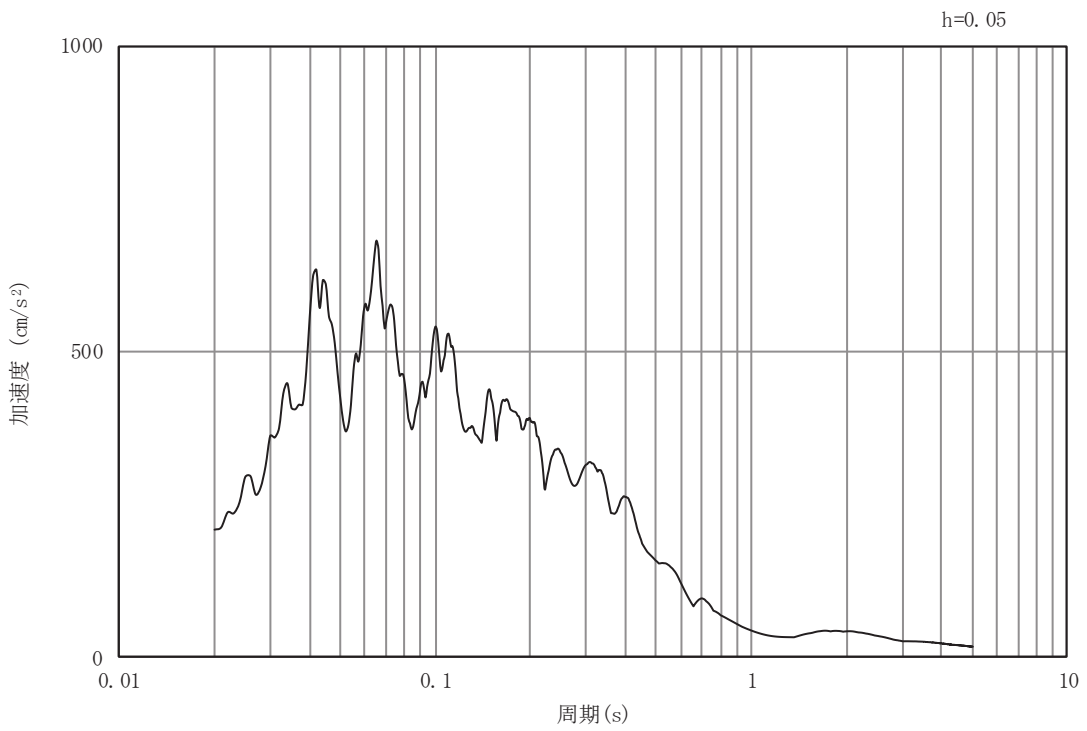


(b) 加速度応答スペクトル

図3-33 土砂部 (断面①) の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(25/28)
 (水平成分 : S d - F 3)

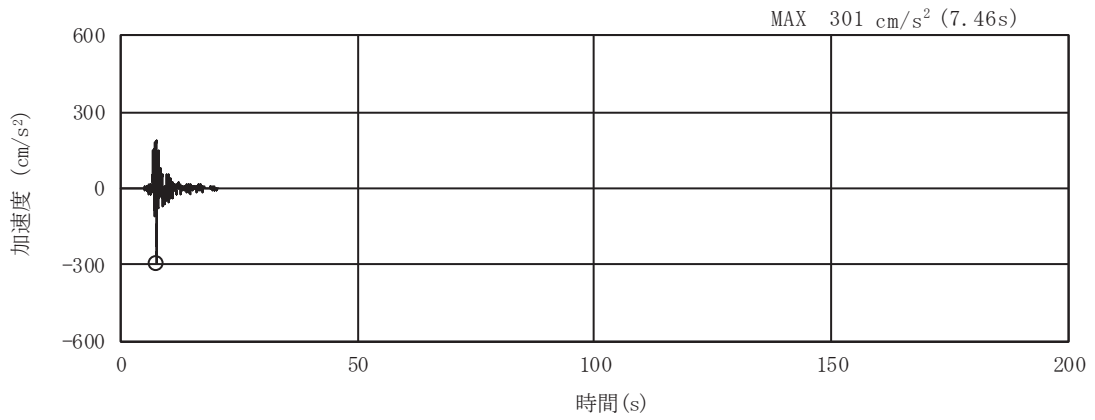


(a) 加速度時刻歴波形

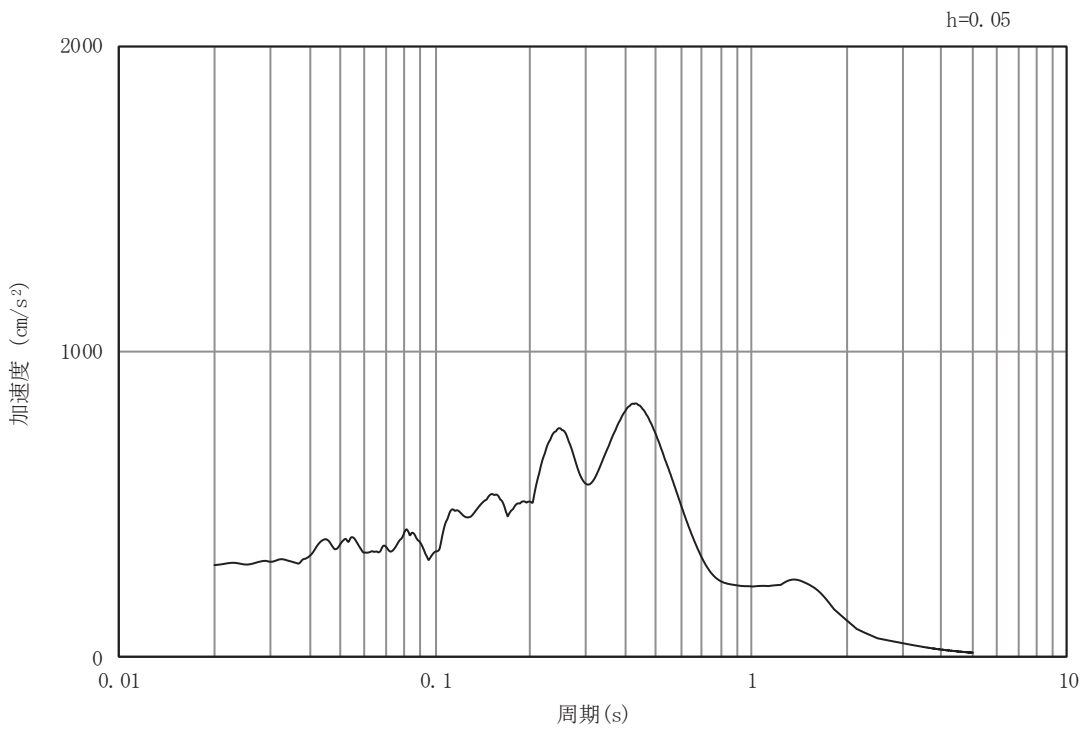


(b) 加速度応答スペクトル

図3-34 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(26/28)
 (鉛直成分：S d - F 3)

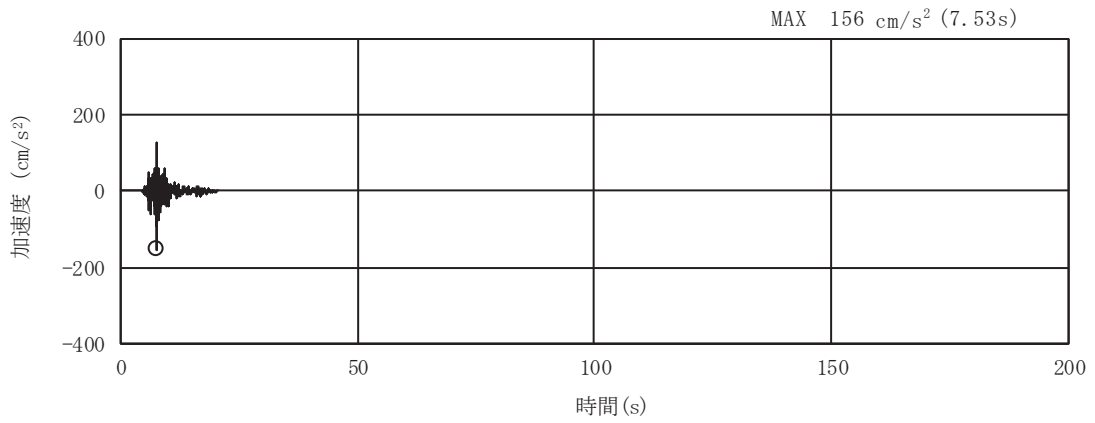


(a) 加速度時刻歴波形

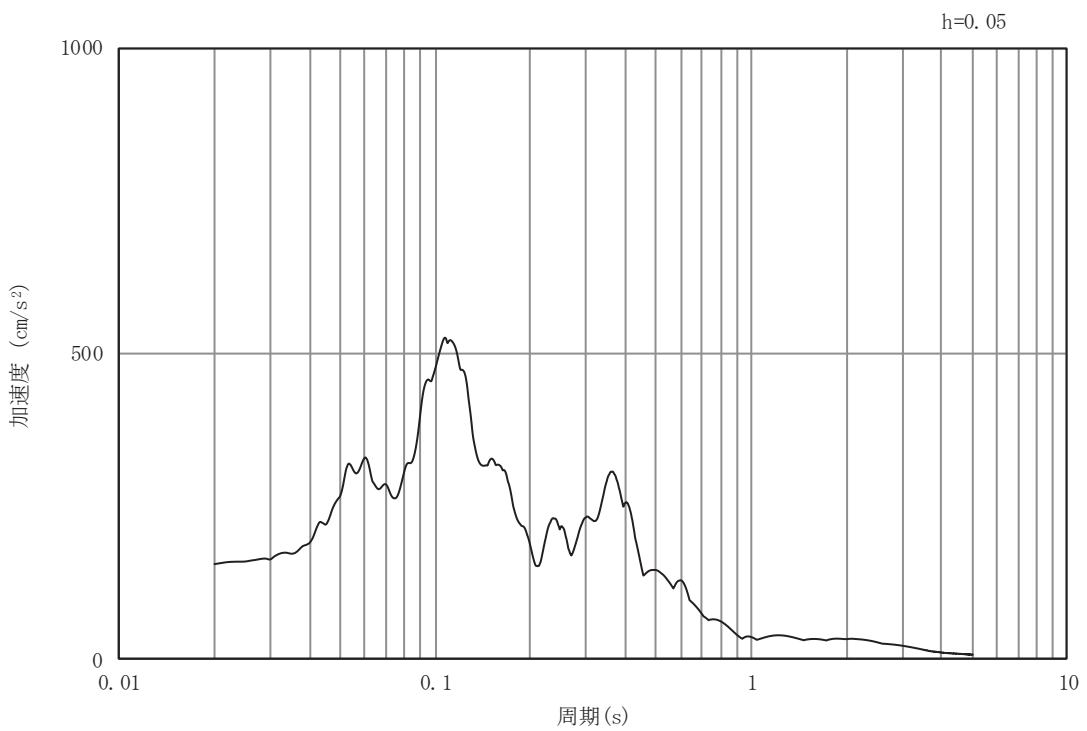


(b) 加速度応答スペクトル

図3-35 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(27/28)
 (水平成分：S d - N 1)

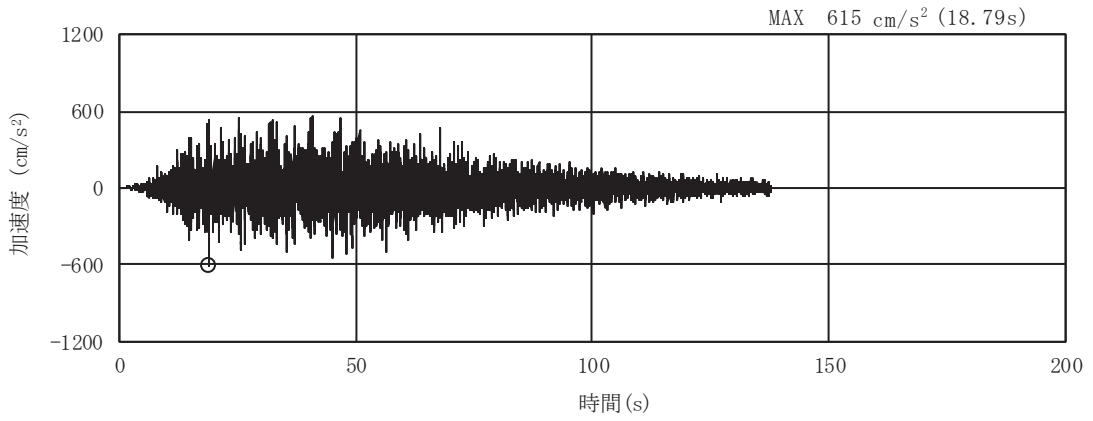


(a) 加速度時刻歴波形

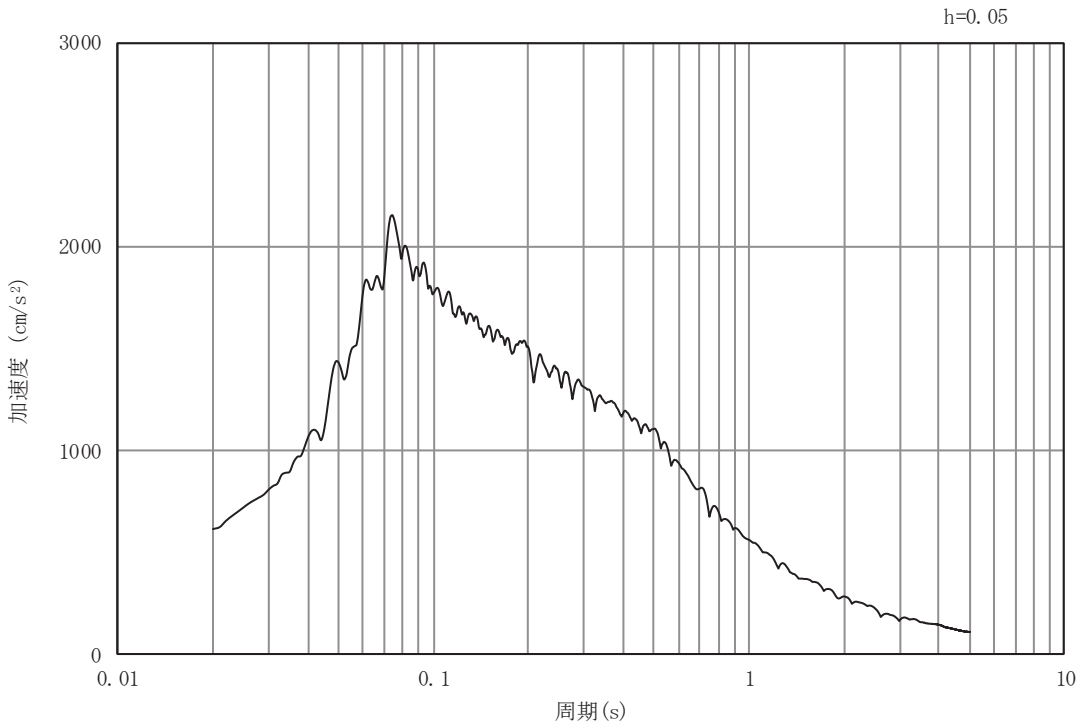


(b) 加速度応答スペクトル

図3-36 土砂部（断面①）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(28/28)
 (鉛直成分：S d - N 1)

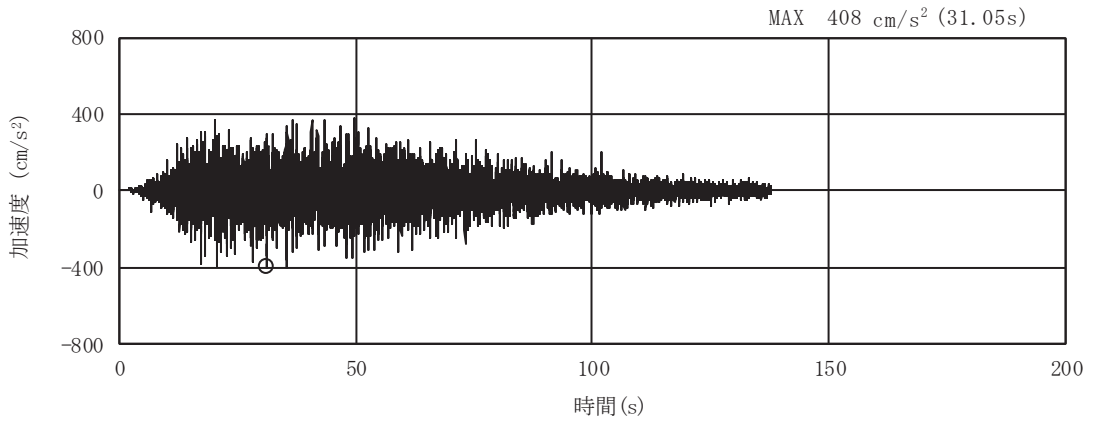


(a) 加速度時刻歴波形

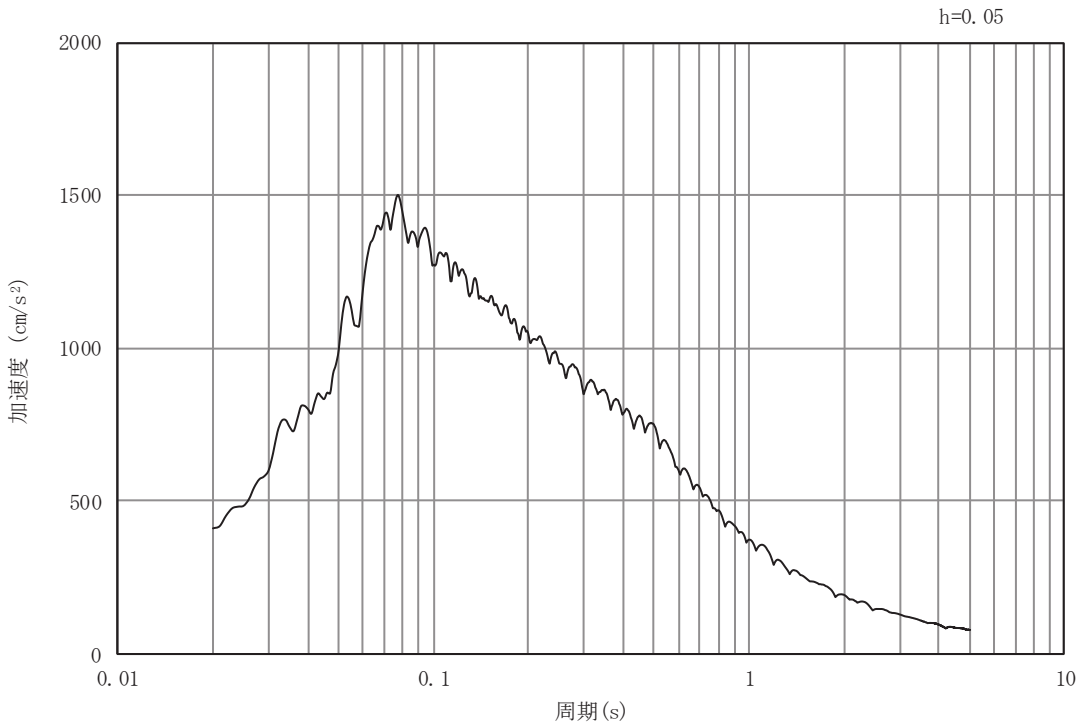


(b) 加速度応答スペクトル

図3-37 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(1/28)
 (水平成分：S s - D 1)

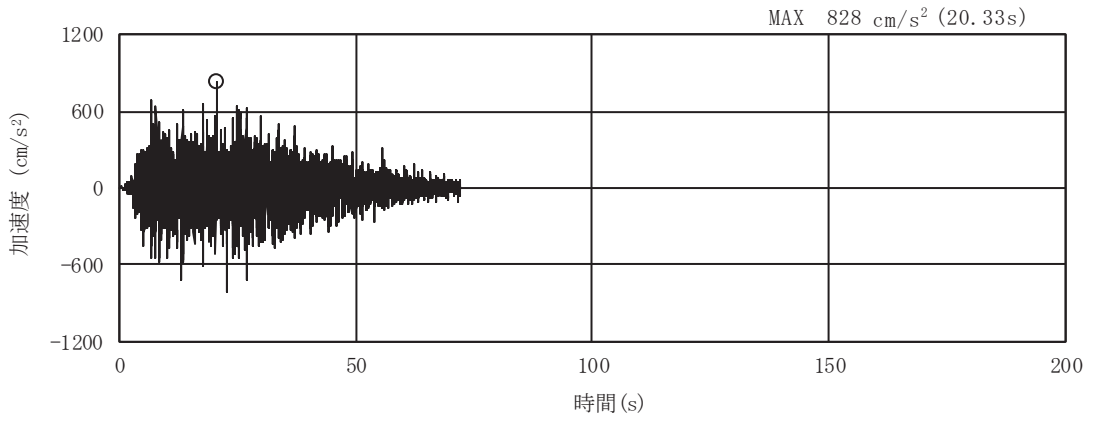


(a) 加速度時刻歴波形

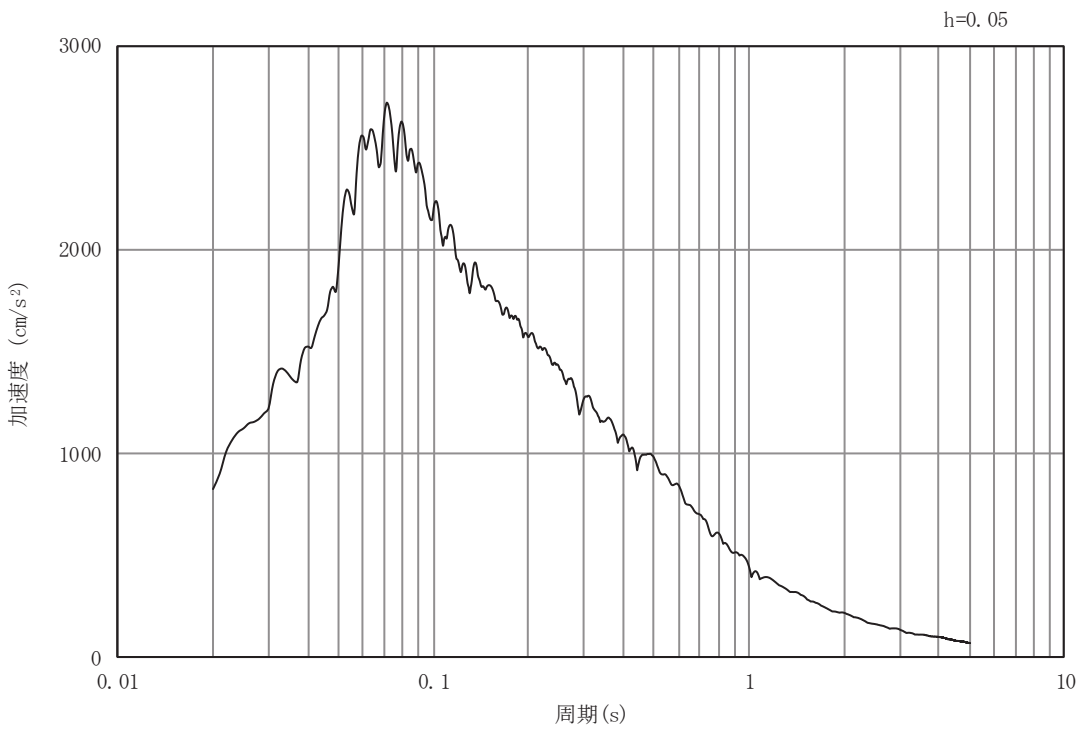


(b) 加速度応答スペクトル

図3-38 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(2/28)
 (鉛直成分：S s - D 1)

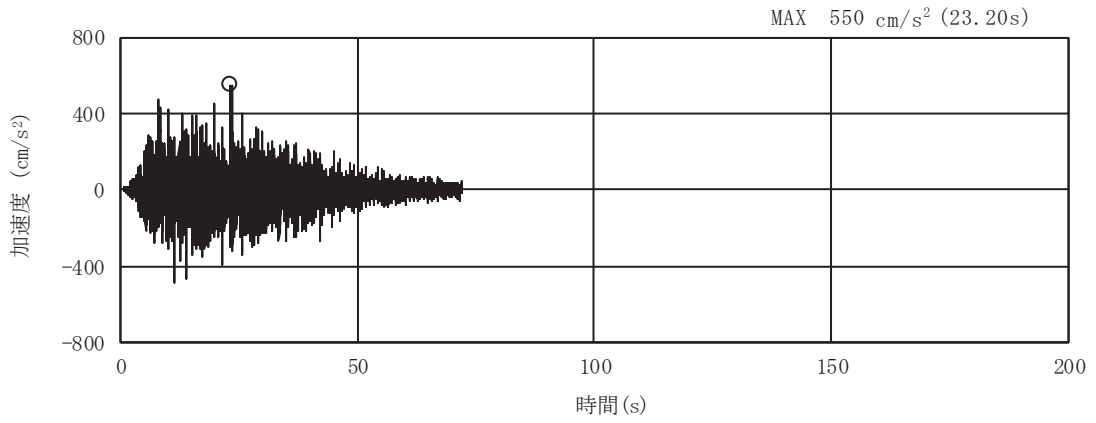


(a) 加速度時刻歴波形

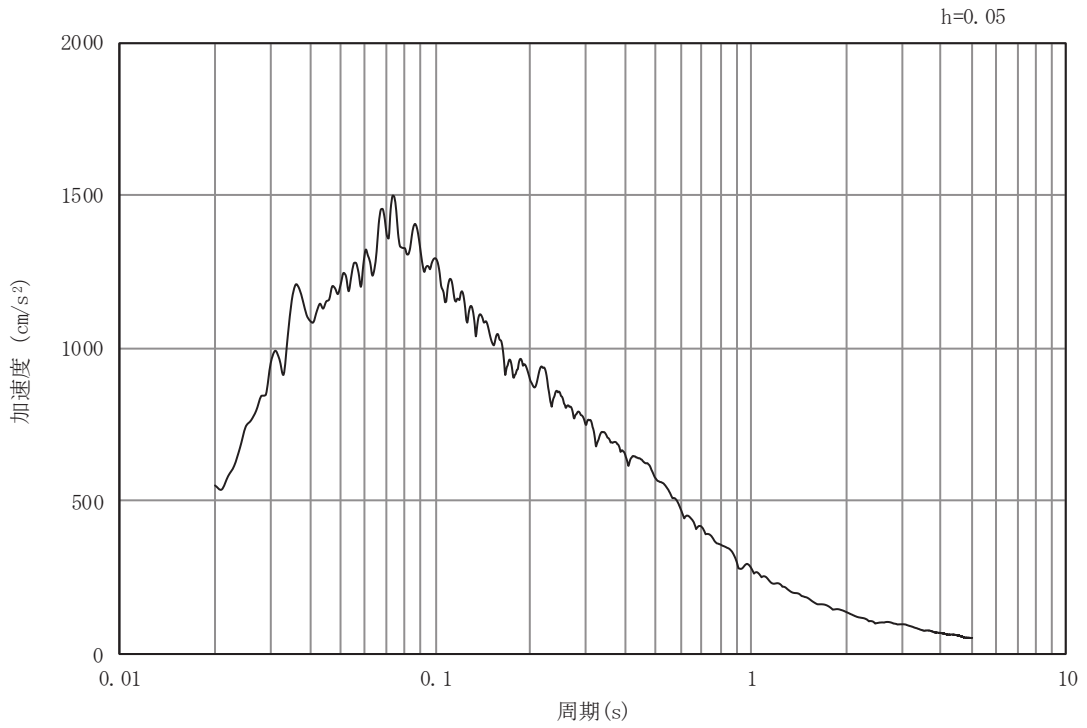


(b) 加速度応答スペクトル

図3-39 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(3/28)
 (水平成分：S s - D 2)

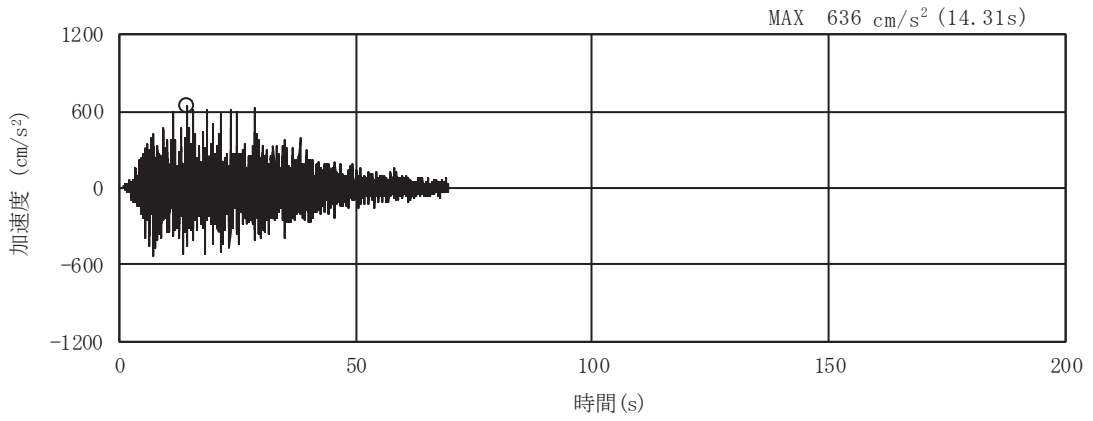


(a) 加速度時刻歴波形

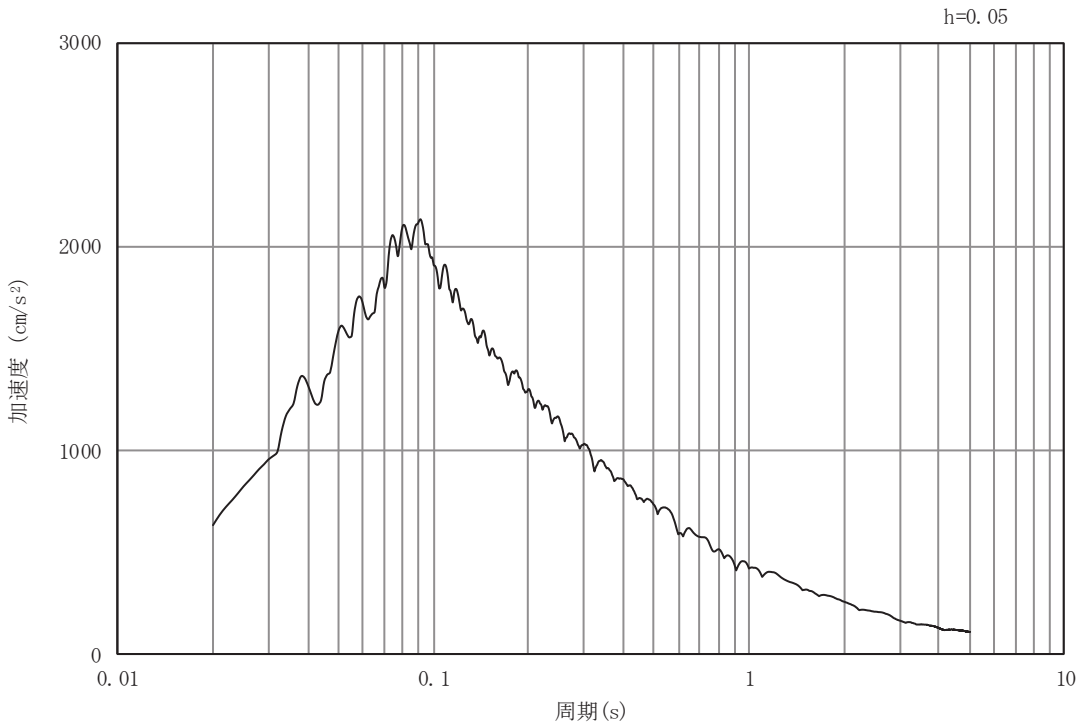


(b) 加速度応答スペクトル

図3-40 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(4/28)
 (鉛直成分：S s - D 2)

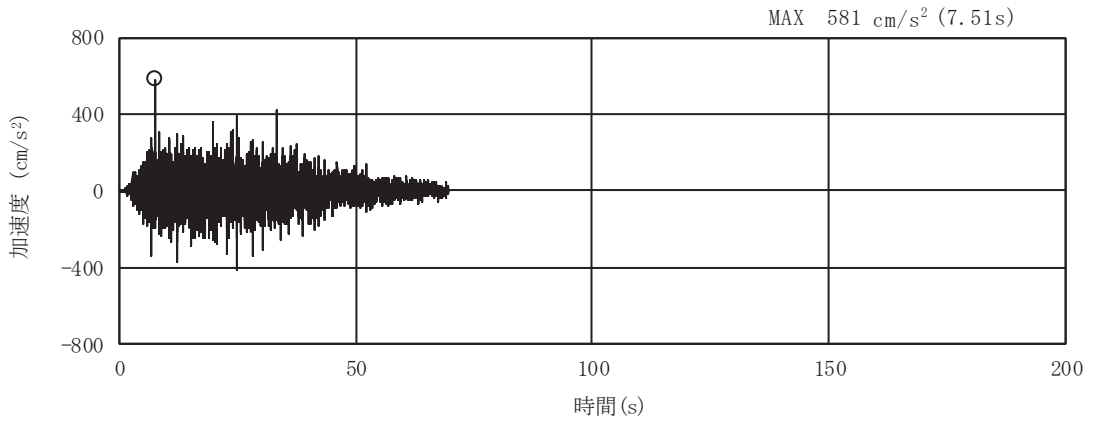


(a) 加速度時刻歴波形

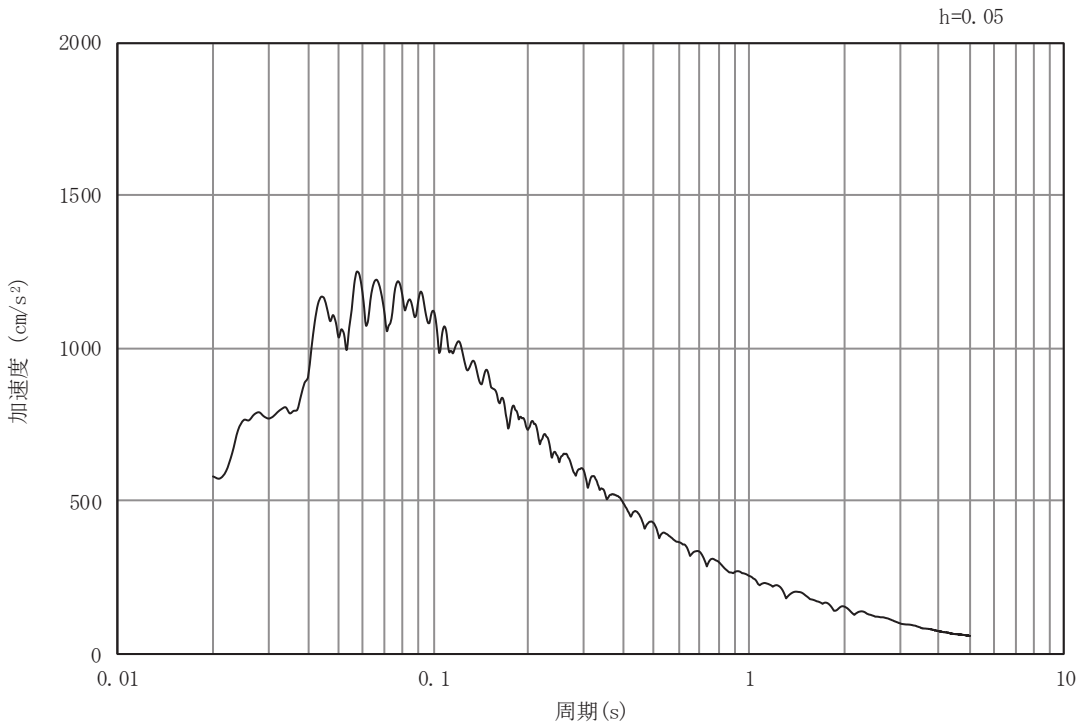


(b) 加速度応答スペクトル

図3-41 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(5/28)
 (水平成分：S s - D 3)

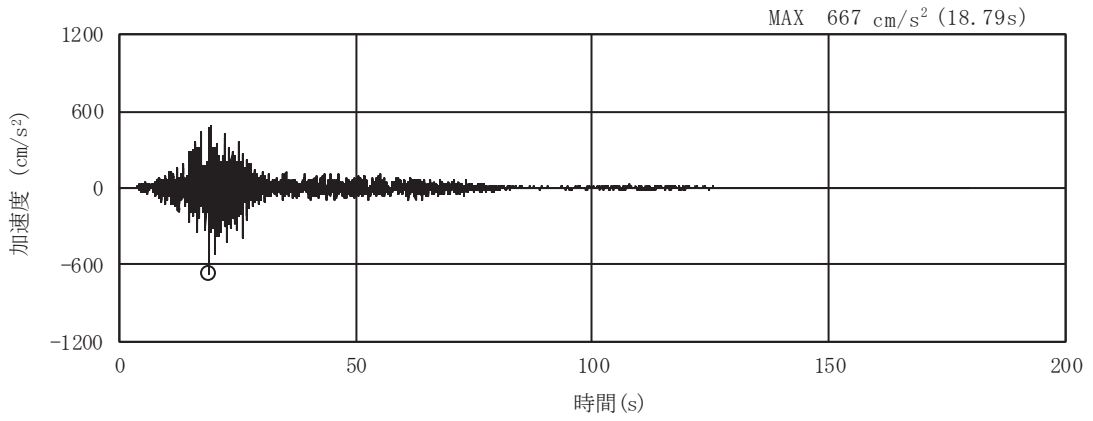


(a) 加速度時刻歴波形

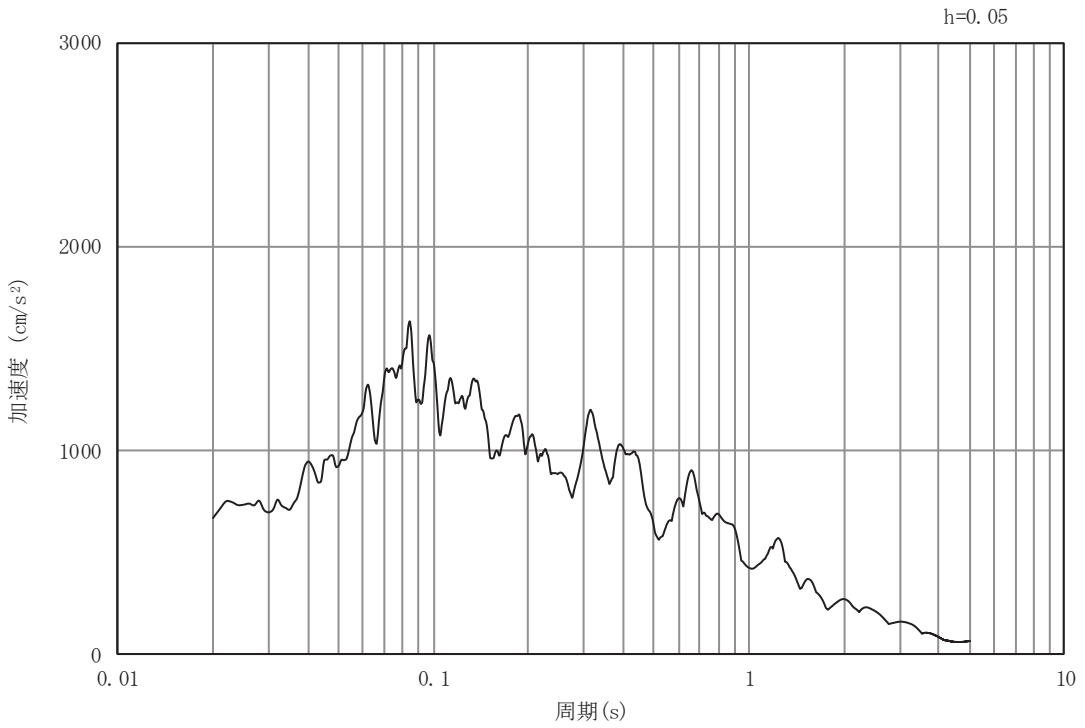


(b) 加速度応答スペクトル

図3-42 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(6/28)
 (鉛直成分：S s - D 3)

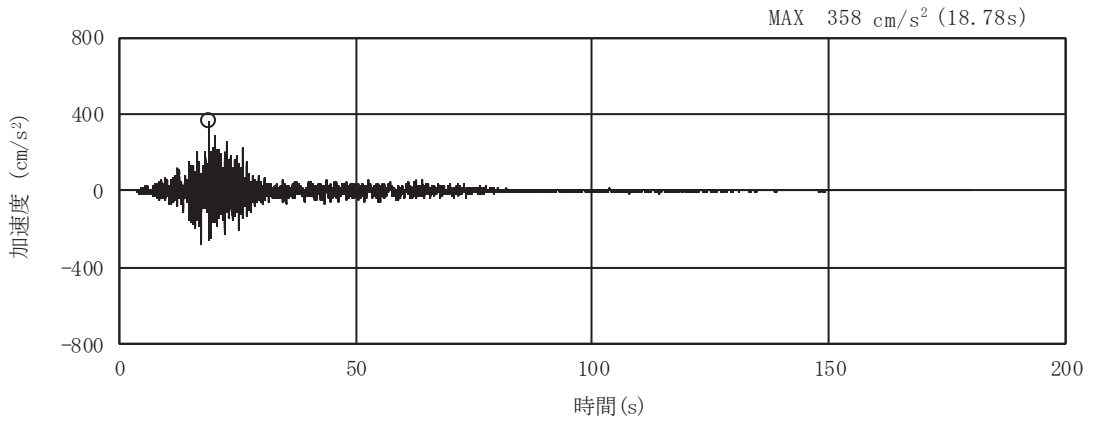


(a) 加速度時刻歴波形

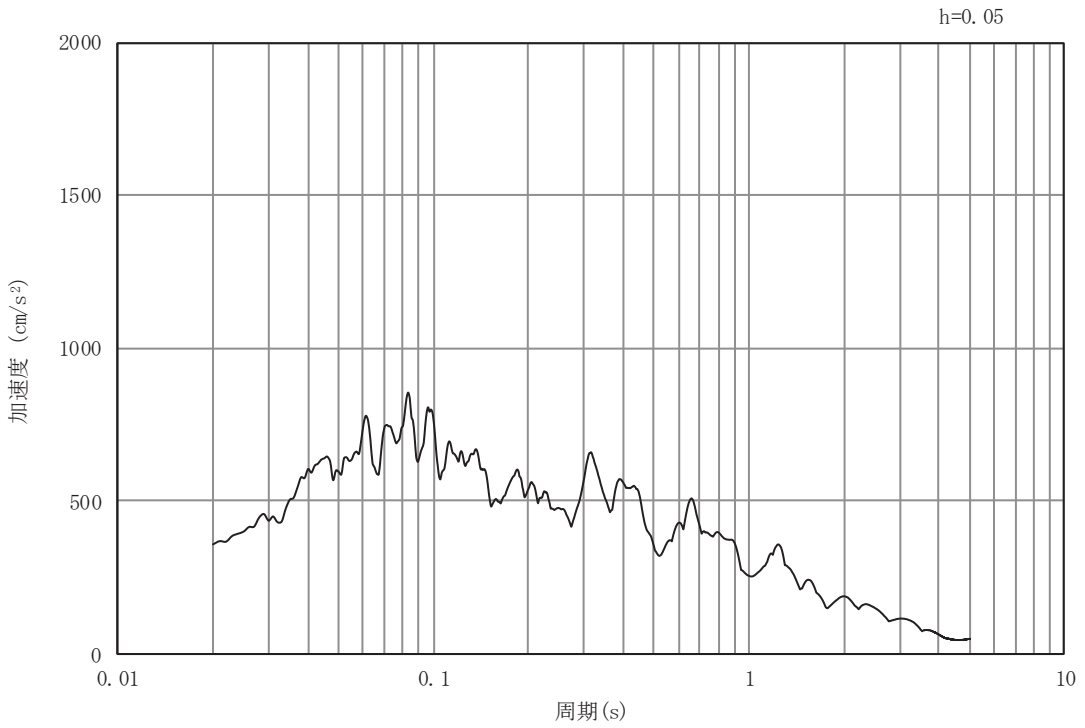


(b) 加速度応答スペクトル

図3-43 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(7/28)
 (水平成分：S s - F 1)

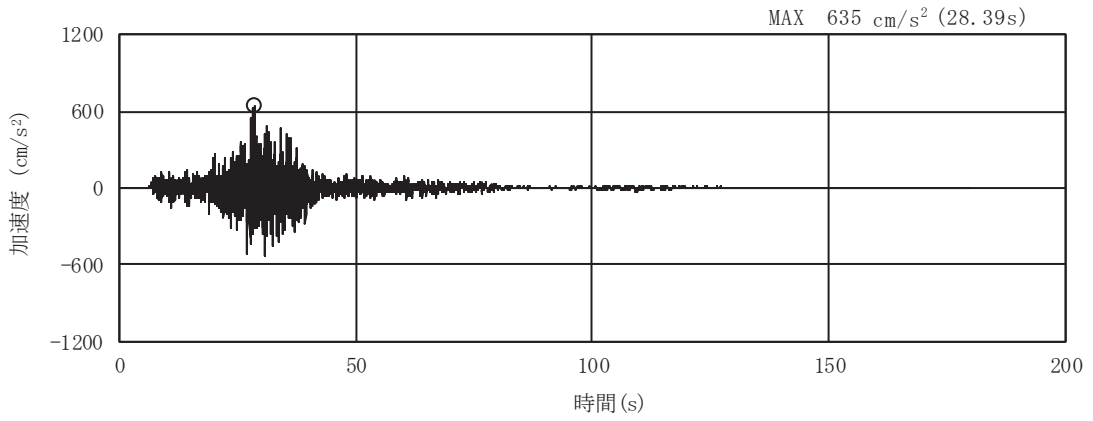


(a) 加速度時刻歴波形

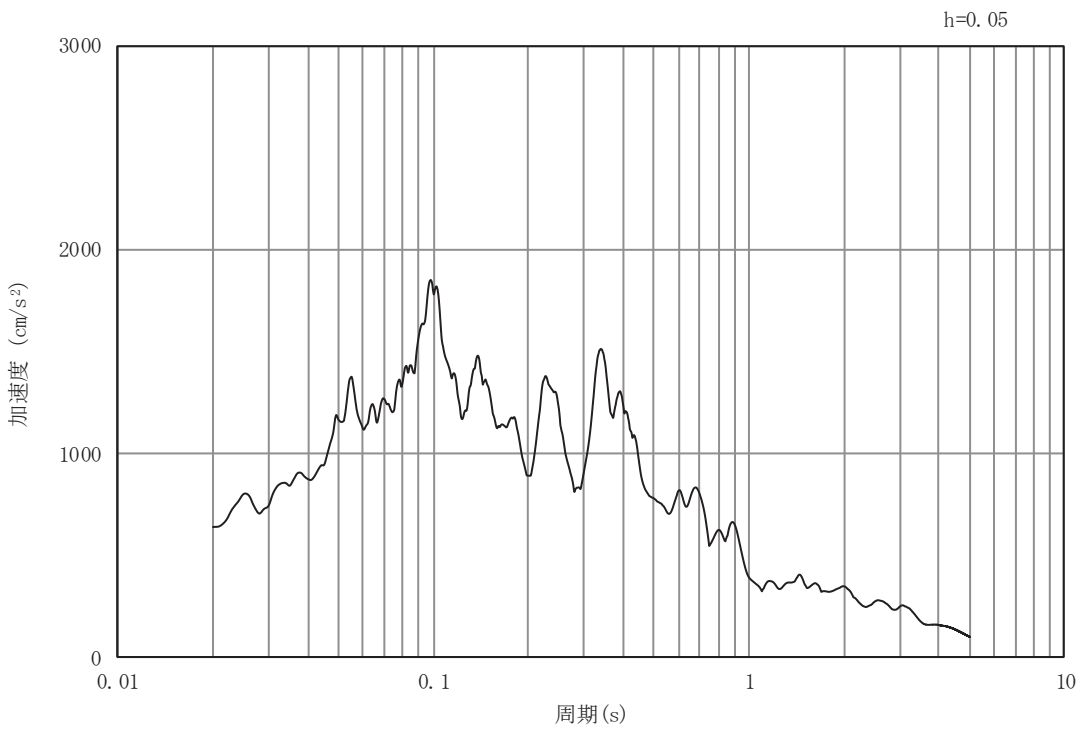


(b) 加速度応答スペクトル

図3-44 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(8/28)
 (鉛直成分：S s - F 1)

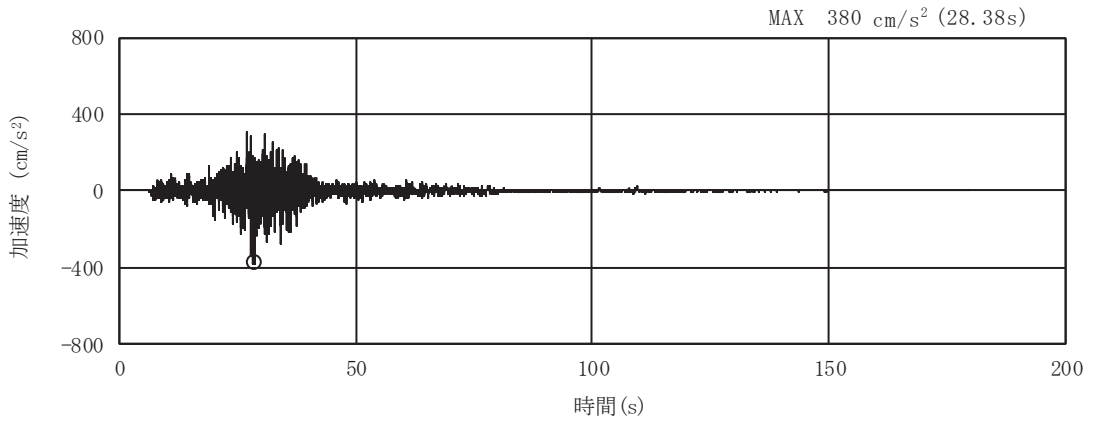


(a) 加速度時刻歴波形

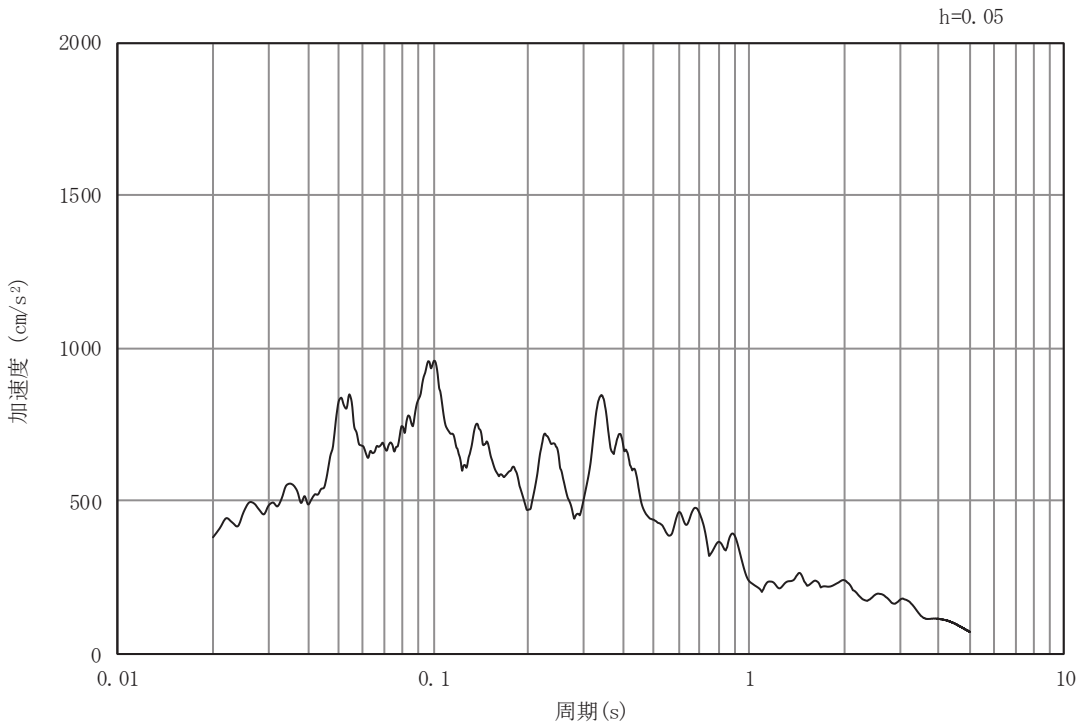


(b) 加速度応答スペクトル

図3-45 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(9/28)
 (水平成分：S s - F 2)

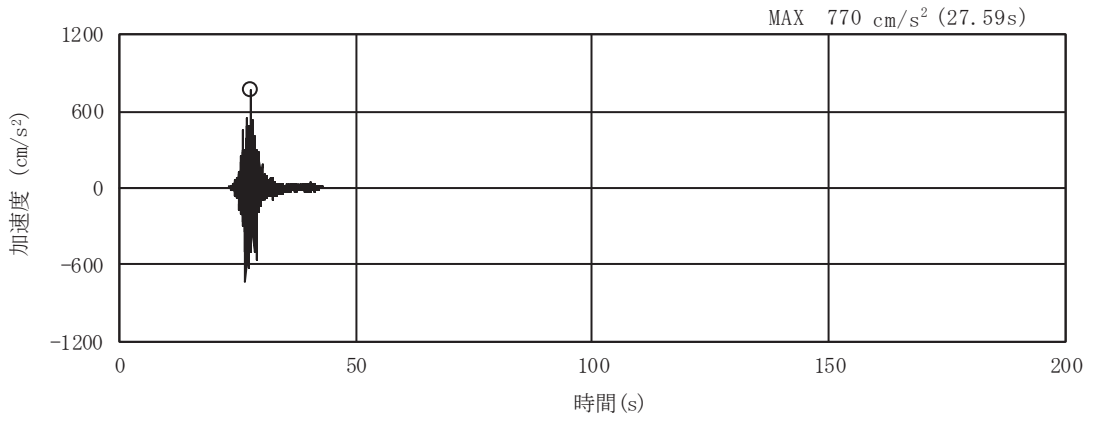


(a) 加速度時刻歴波形

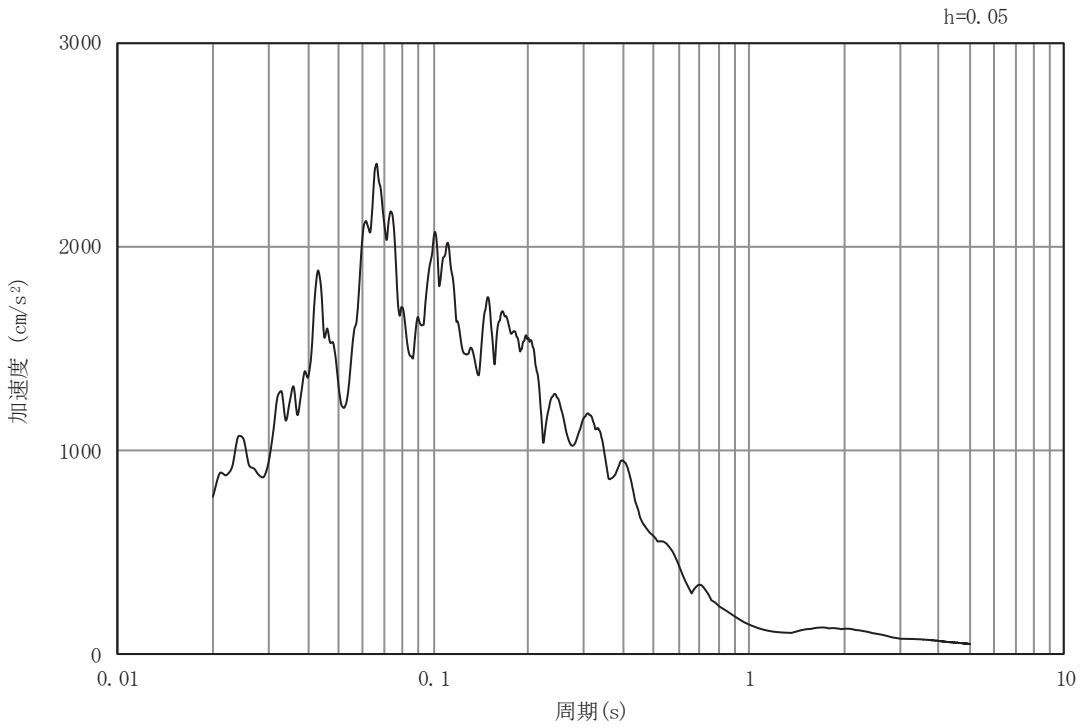


(b) 加速度応答スペクトル

図3-46 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(10/28)
 (鉛直成分：S s - F 2)

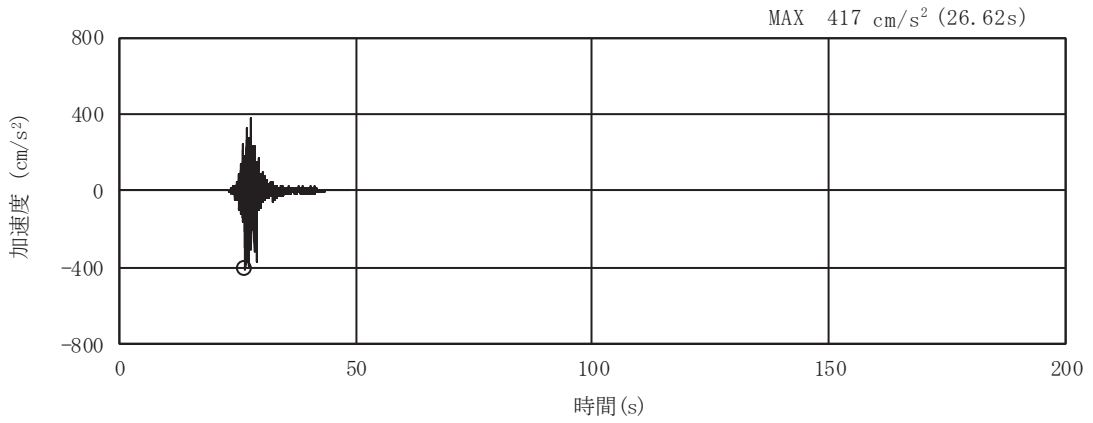


(a) 加速度時刻歴波形

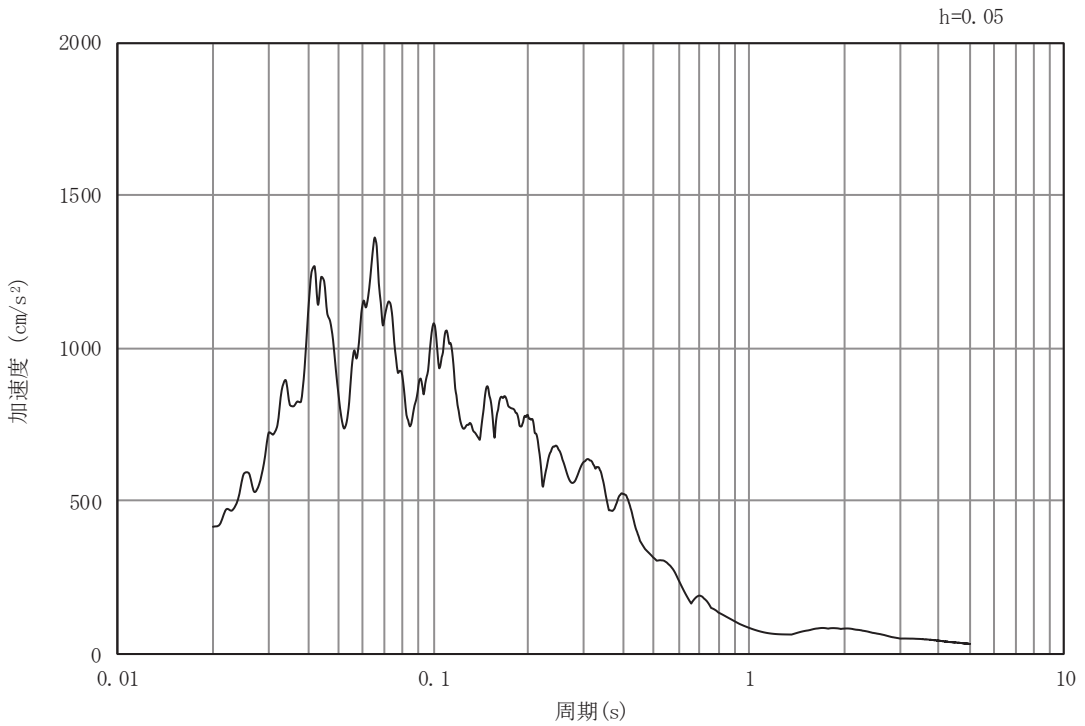


(b) 加速度応答スペクトル

図3-47 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(11/28)
 (水平成分：S s - F 3)

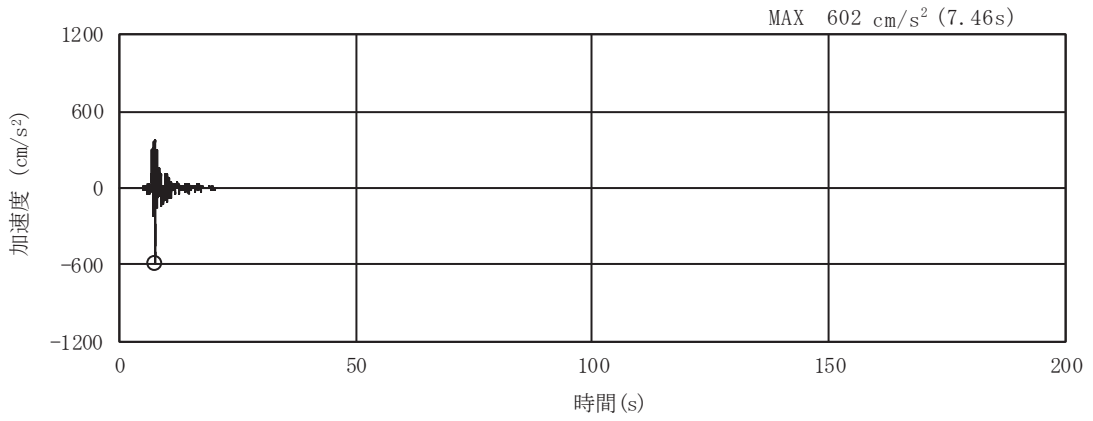


(a) 加速度時刻歴波形

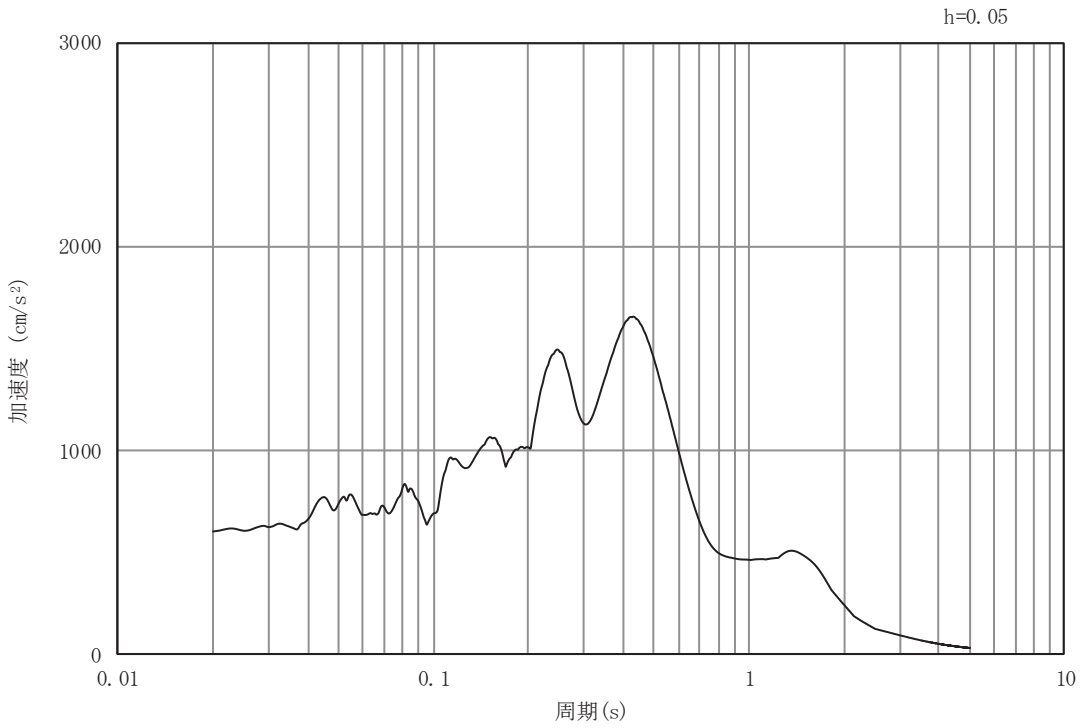


(b) 加速度応答スペクトル

図3-48 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(12/28)
 (鉛直成分：S s - F 3)

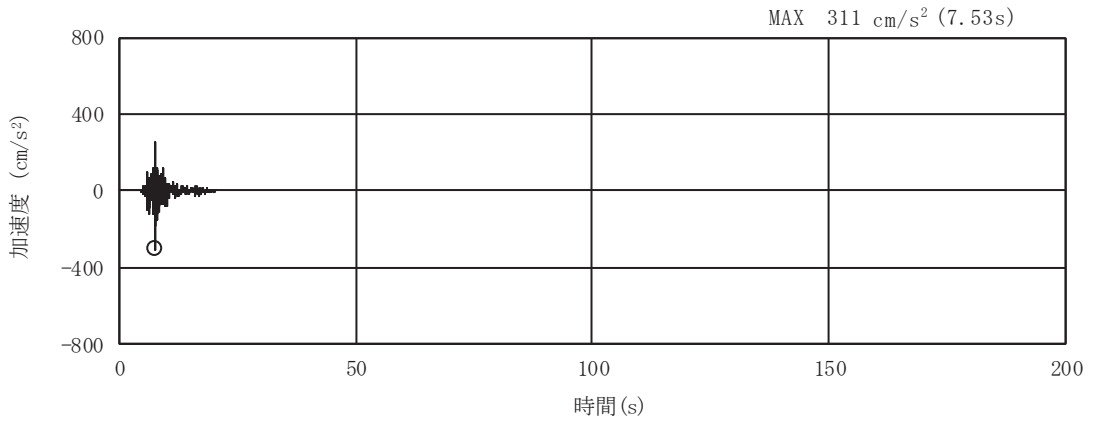


(a) 加速度時刻歴波形

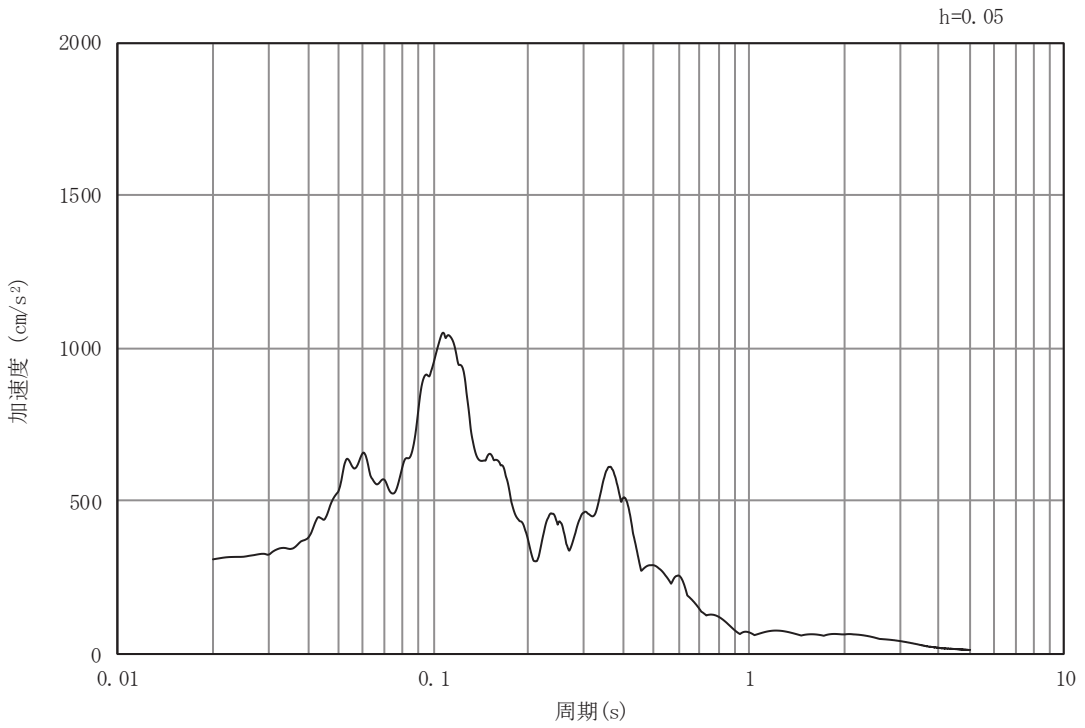


(b) 加速度応答スペクトル

図3-49 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(13/28)
 (水平成分：S s - N 1)

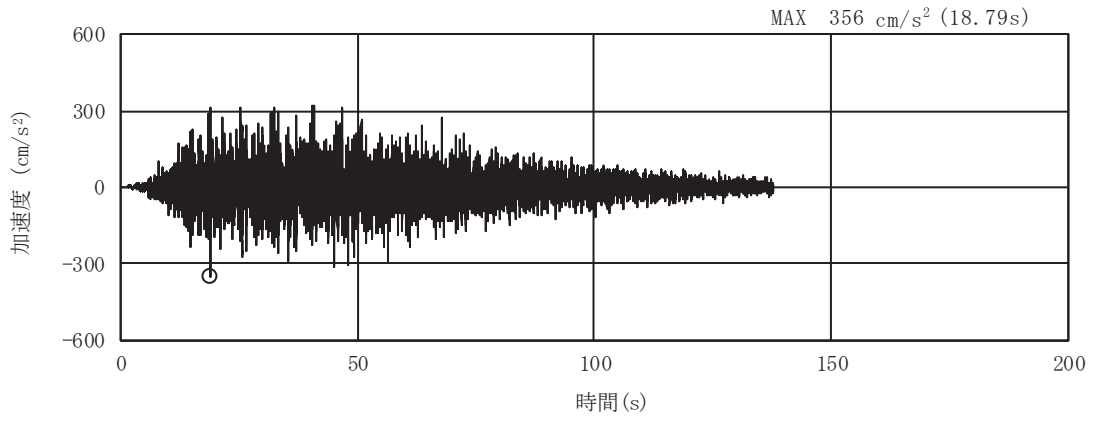


(a) 加速度時刻歴波形

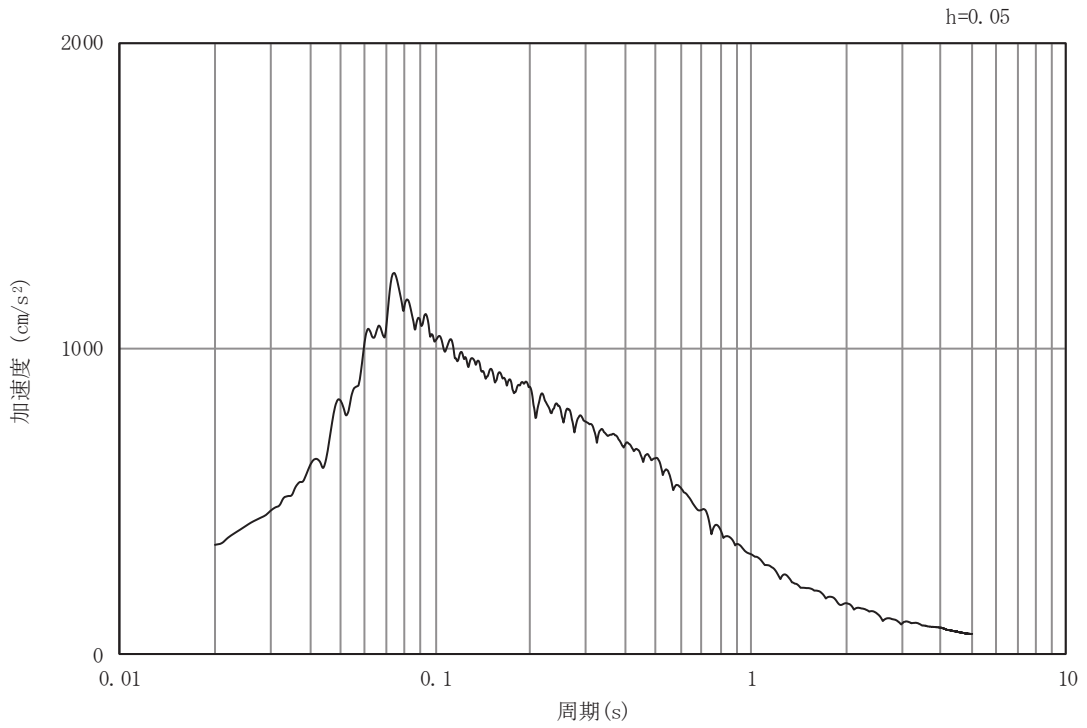


(b) 加速度応答スペクトル

図3-50 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(14/28)
 (鉛直成分：S s - N 1)

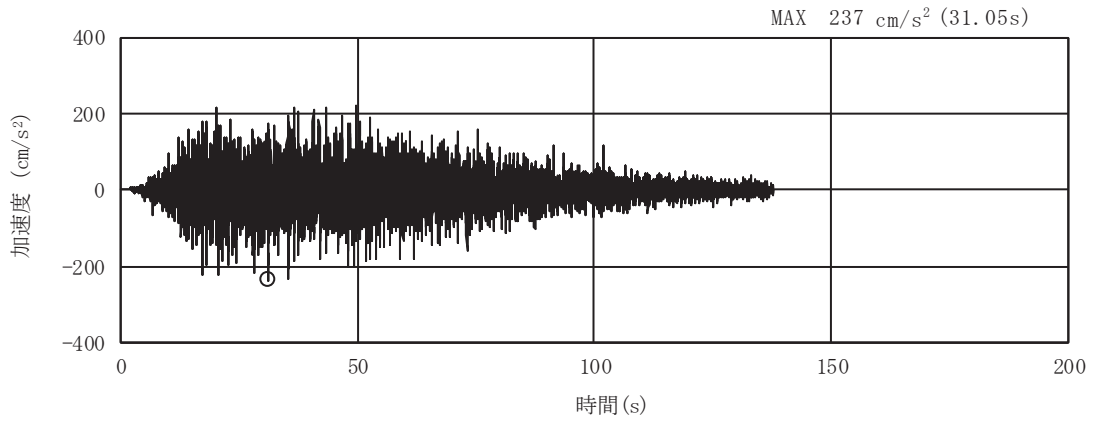


(a) 加速度時刻歴波形

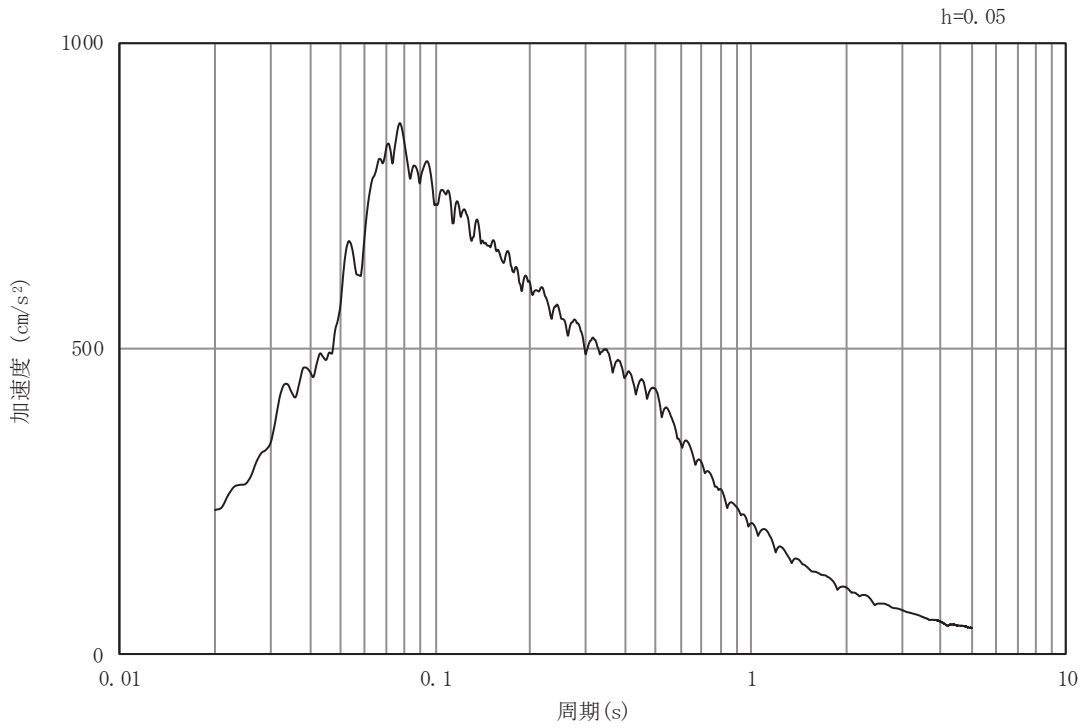


(b) 加速度応答スペクトル

図3-51 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(15/28)
(水平成分：S d - D 1)

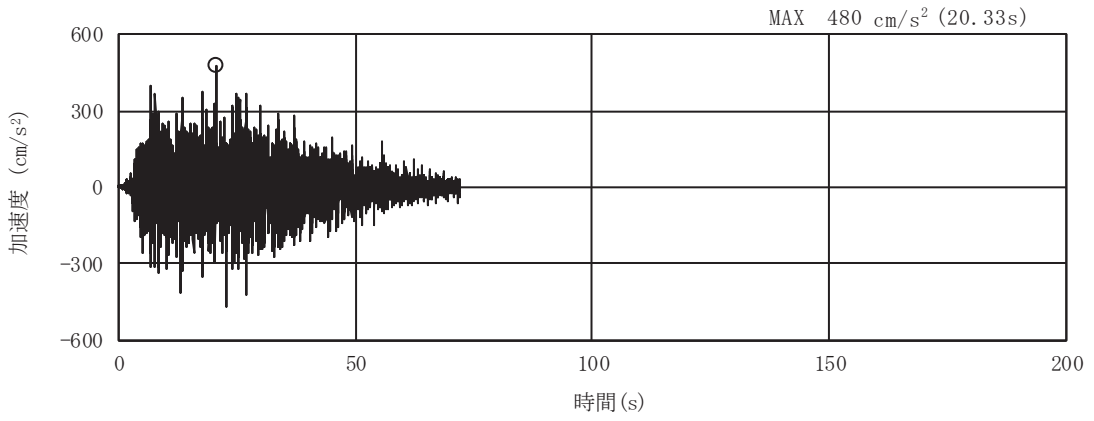


(a) 加速度時刻歴波形

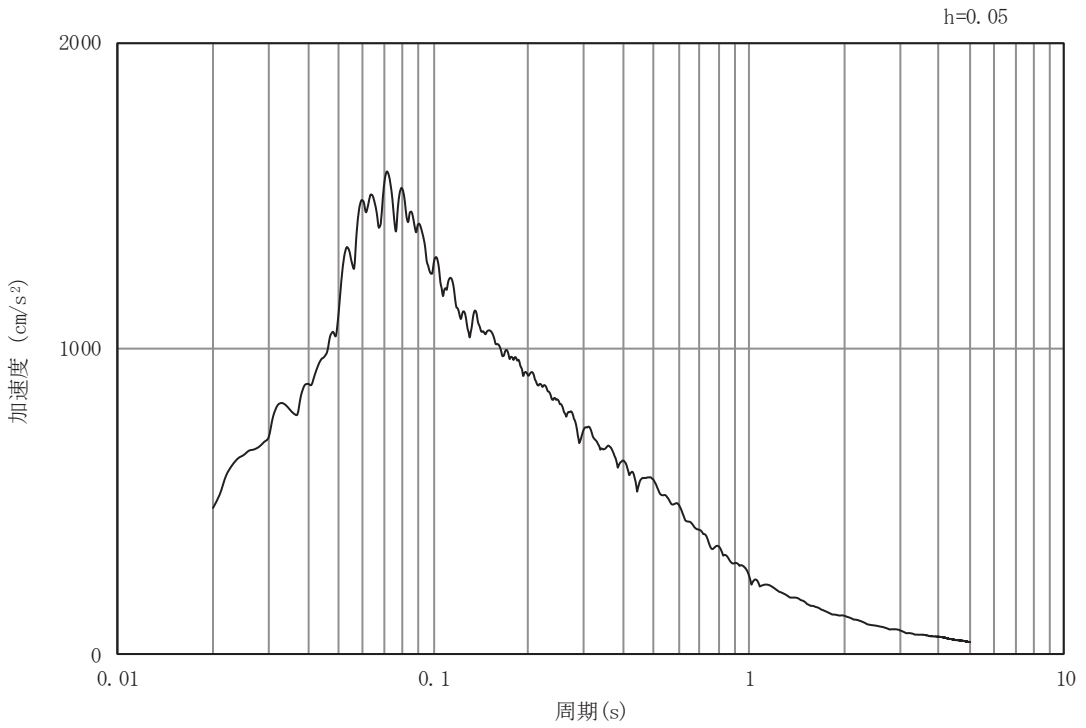


(b) 加速度応答スペクトル

図3-52 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(16/28)
(鉛直成分：S d - D 1)

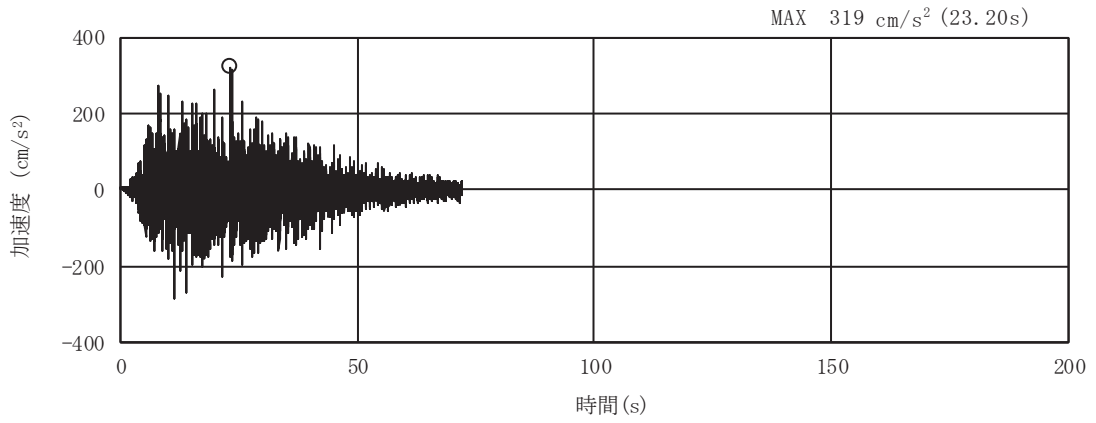


(a) 加速度時刻歴波形

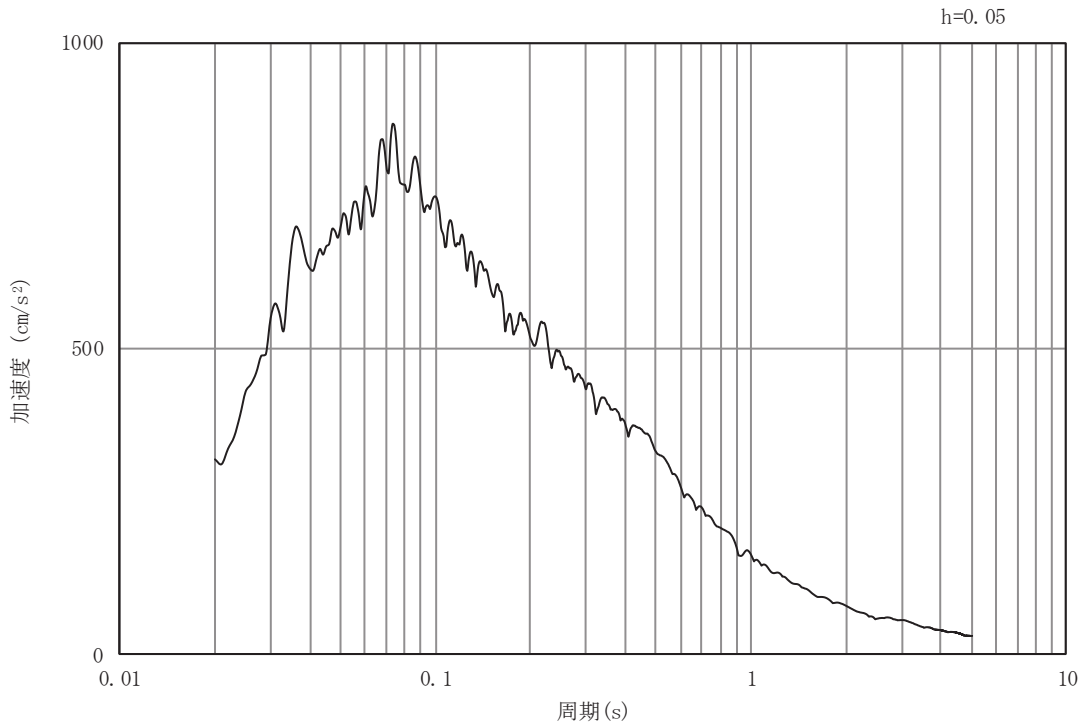


(b) 加速度応答スペクトル

図3-53 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(17/28)
(水平成分：S d - D 2)

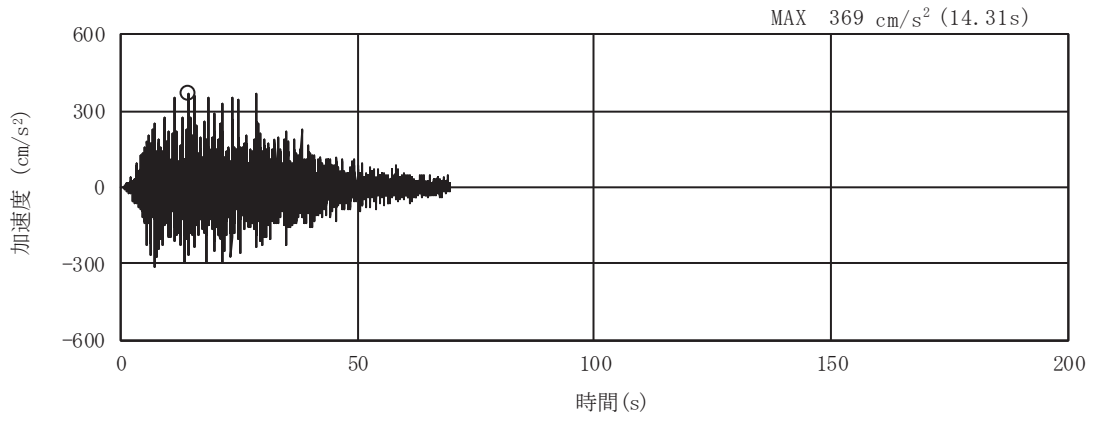


(a) 加速度時刻歴波形

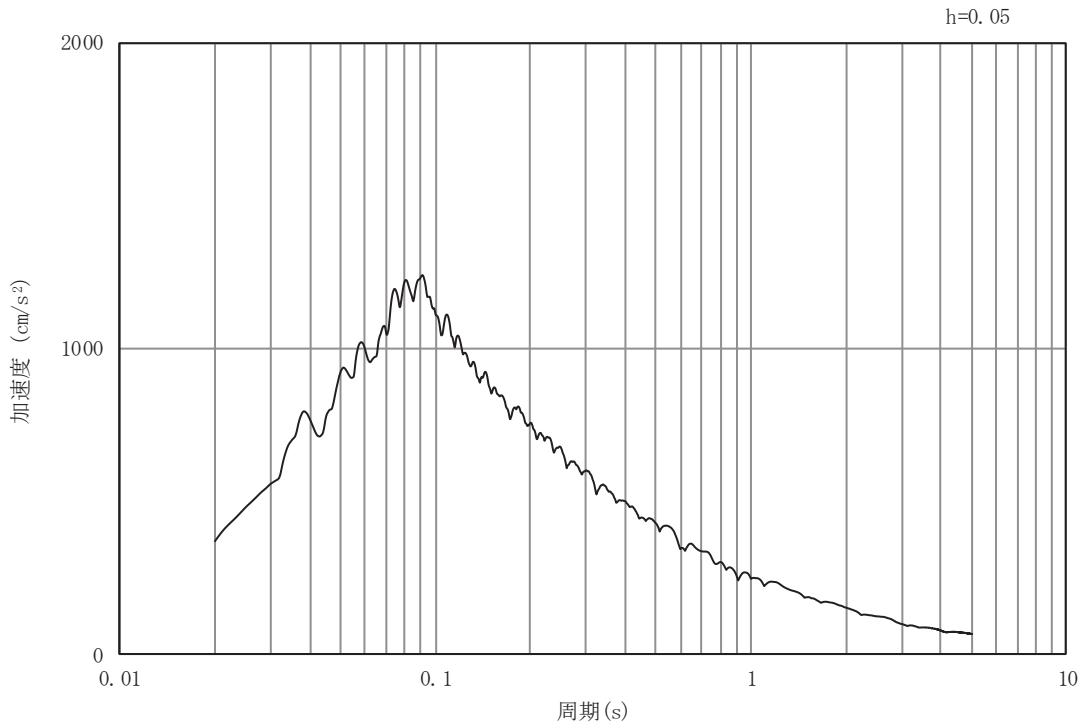


(b) 加速度応答スペクトル

図3-54 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(18/28)
 (鉛直成分：S d - D 2)

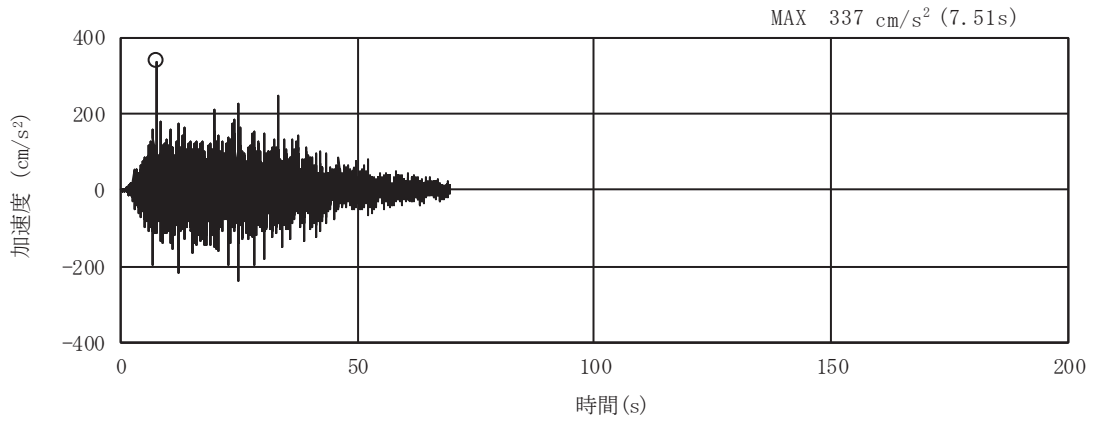


(a) 加速度時刻歴波形

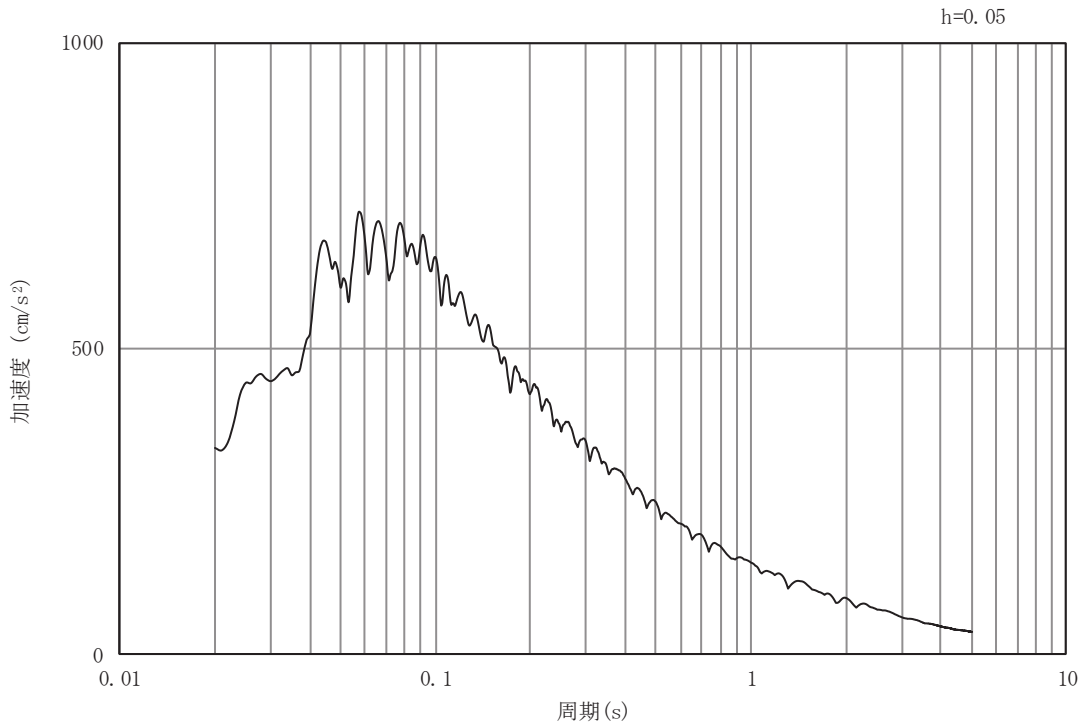


(b) 加速度応答スペクトル

図3-55 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(19/28)
 (水平成分：S d - D 3)

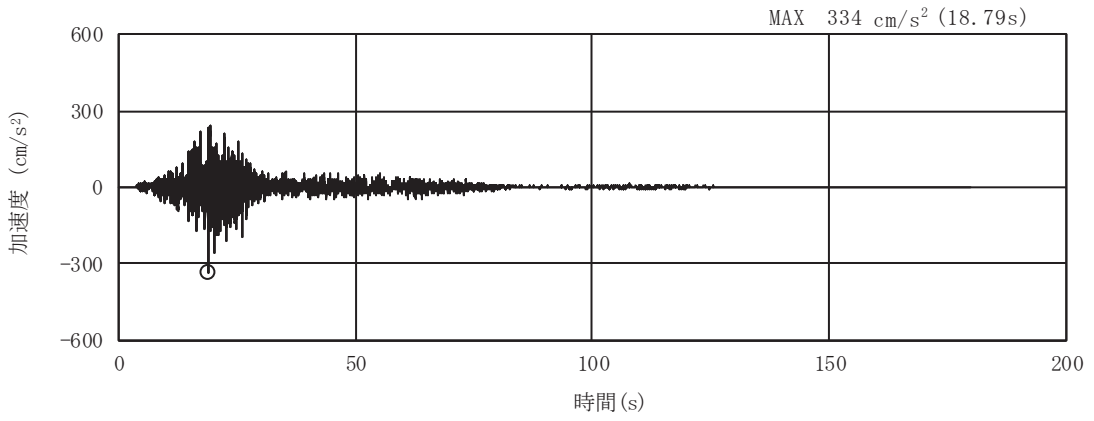


(a) 加速度時刻歴波形

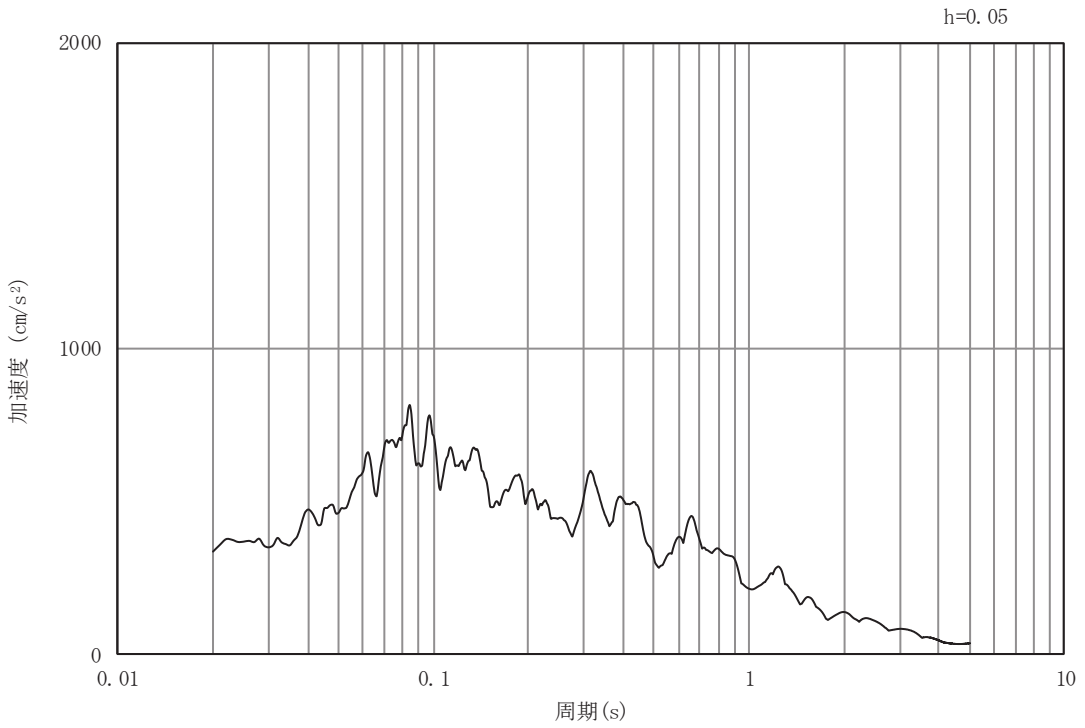


(b) 加速度応答スペクトル

図3-56 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(20/28)
 (鉛直成分：S d - D 3)

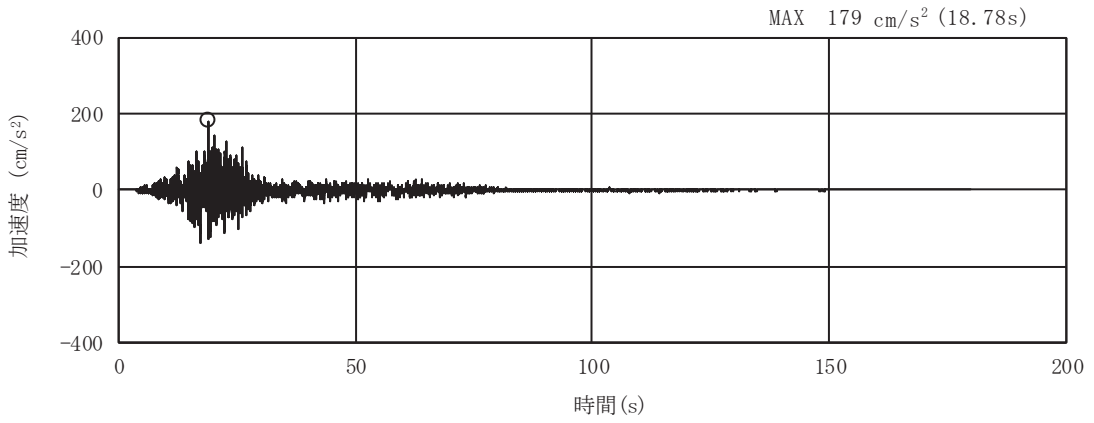


(a) 加速度時刻歴波形

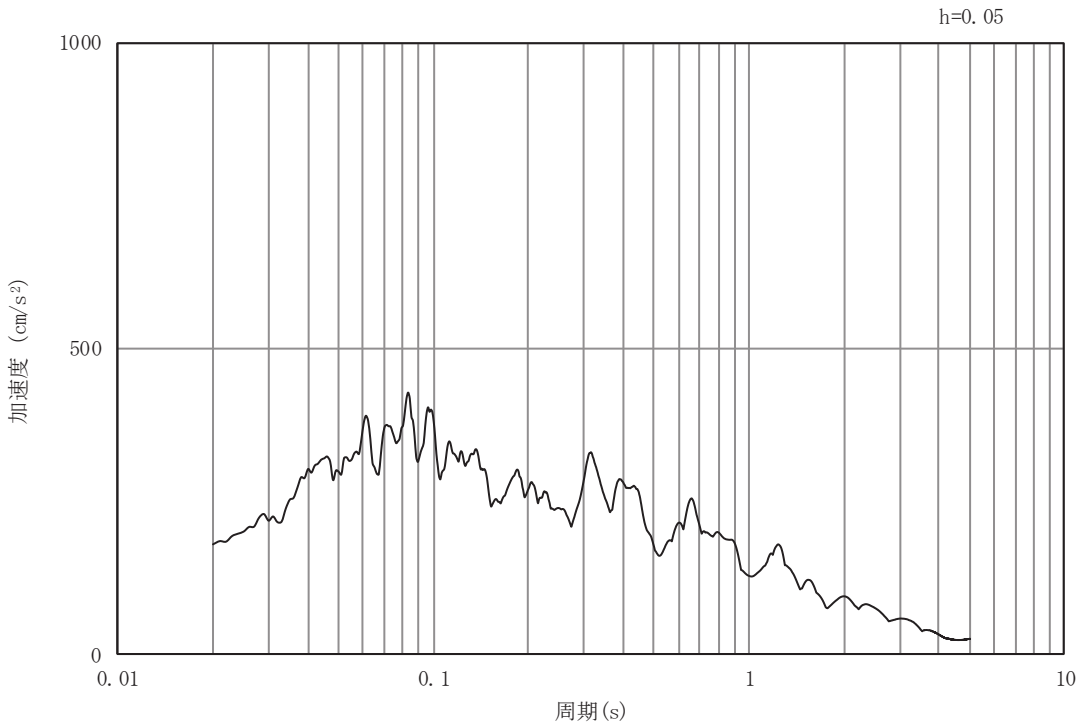


(b) 加速度応答スペクトル

図3-57 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(21/28)
 (水平成分：S d - F 1)

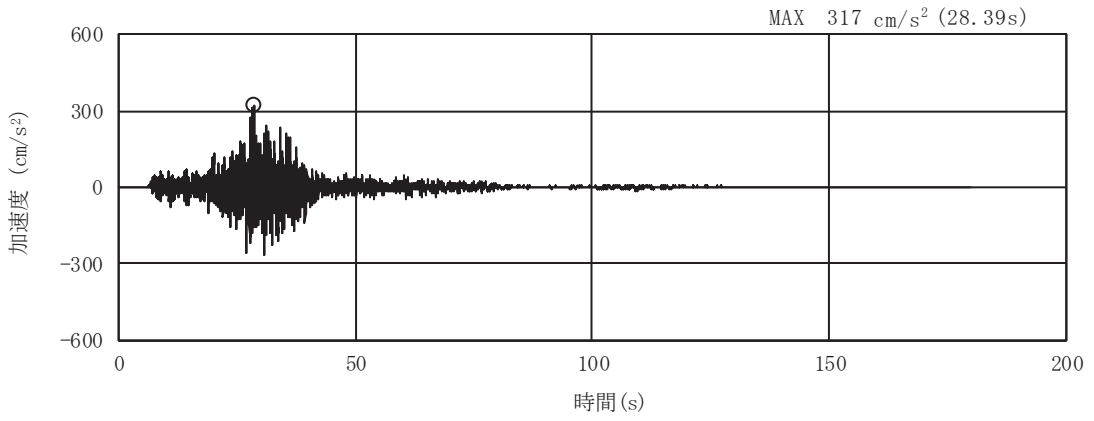


(a) 加速度時刻歴波形

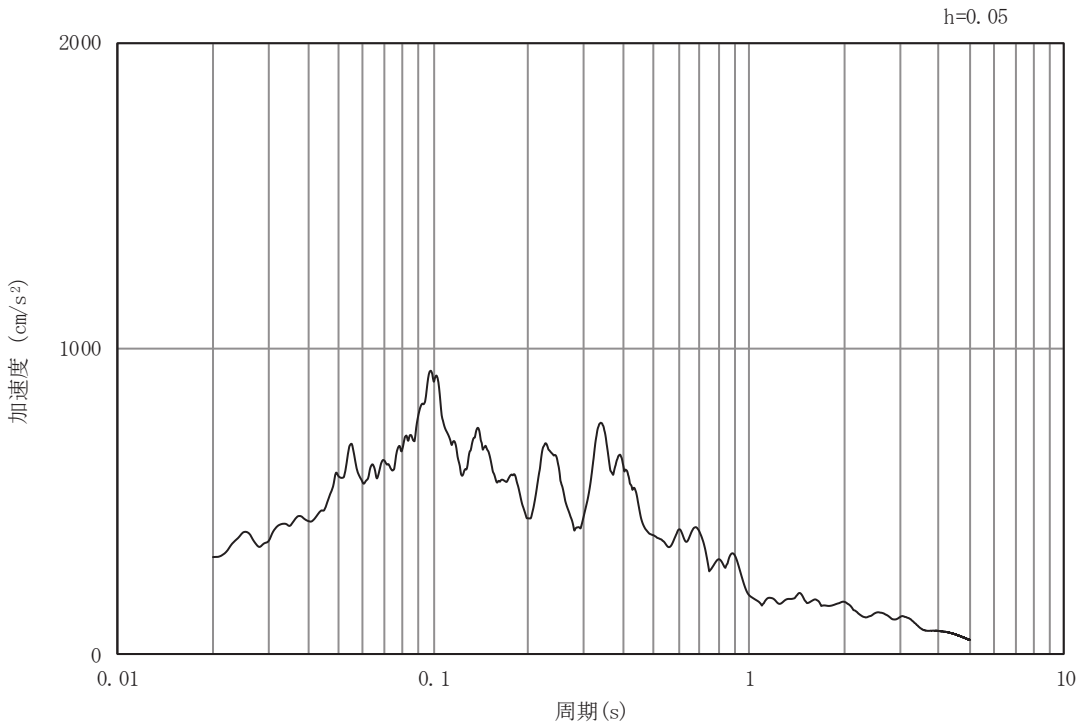


(b) 加速度応答スペクトル

図3-58 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(22/28)
 (鉛直成分：S d - F 1)

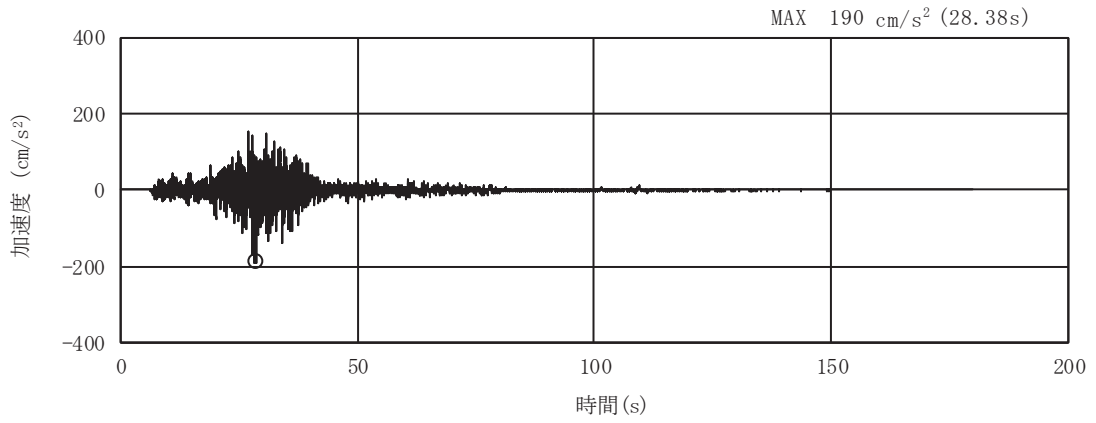


(a) 加速度時刻歴波形

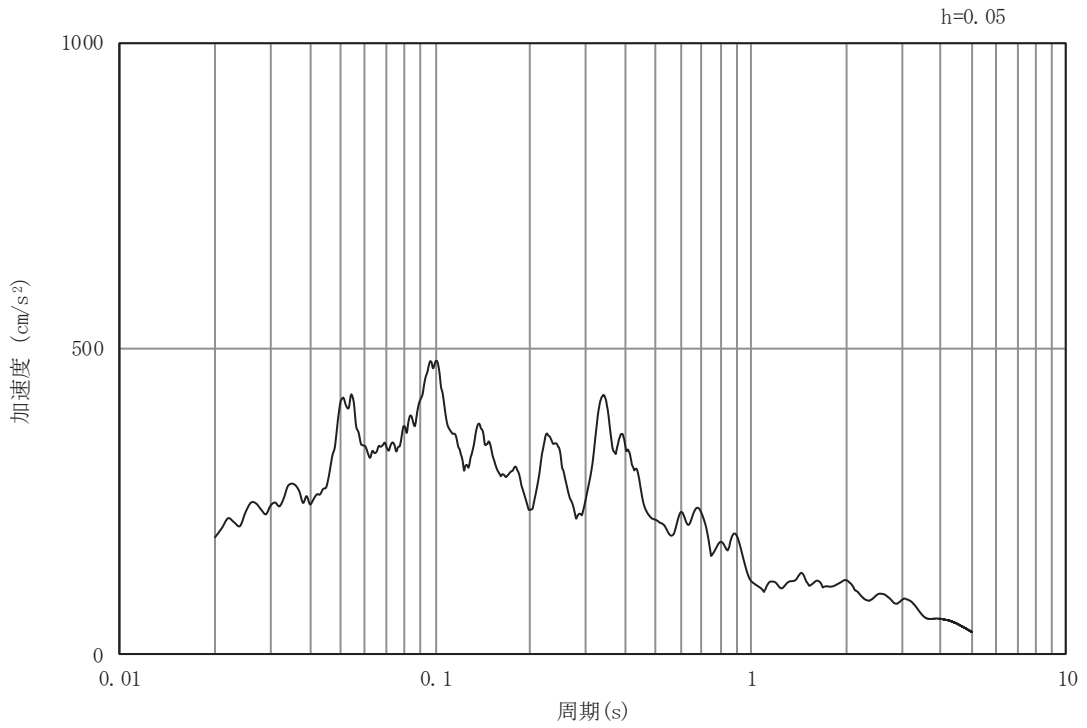


(b) 加速度応答スペクトル

図3-59 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(23/28)
 (水平成分：S d - F 2)

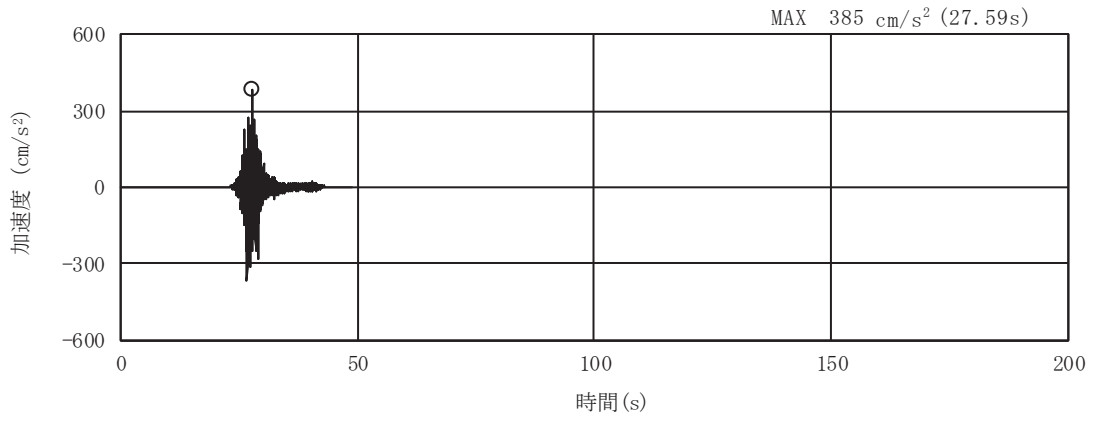


(a) 加速度時刻歴波形

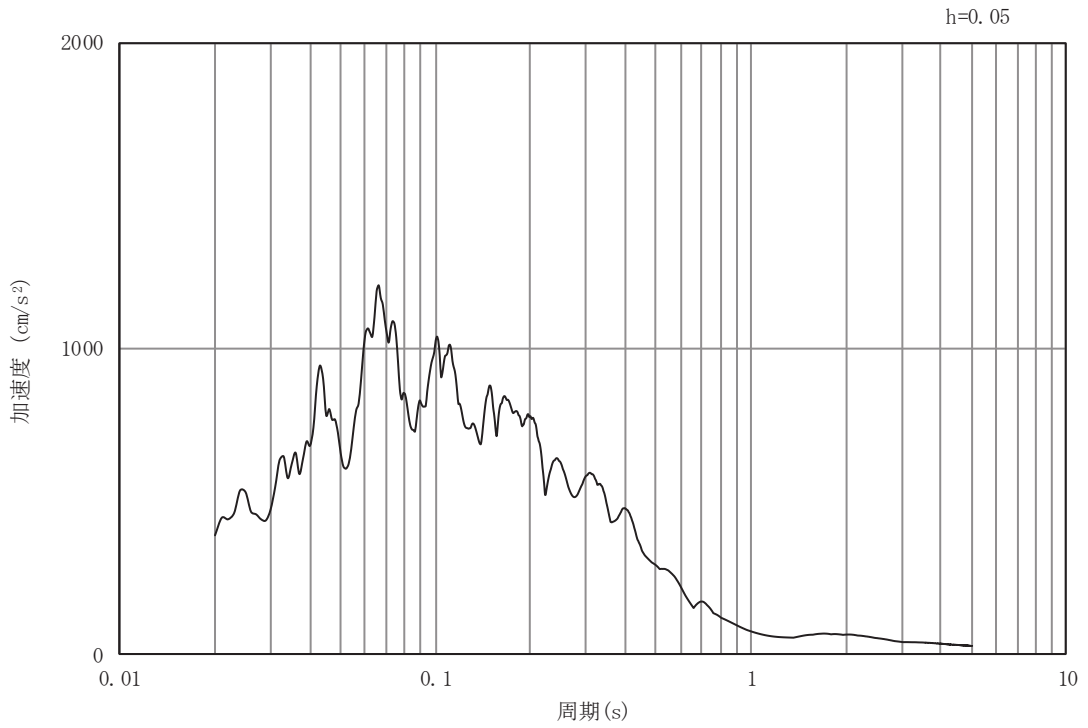


(b) 加速度応答スペクトル

図3-60 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(24/28)
 (鉛直成分：S d - F 2)

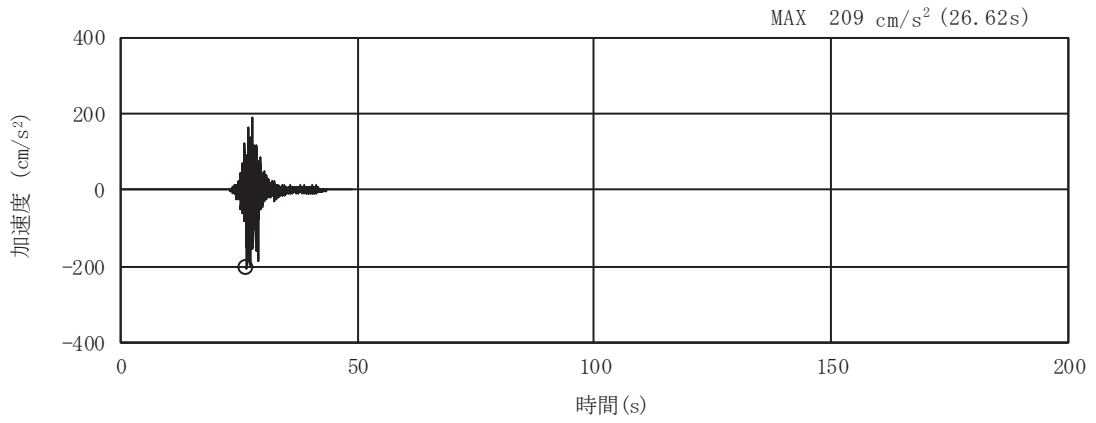


(a) 加速度時刻歴波形

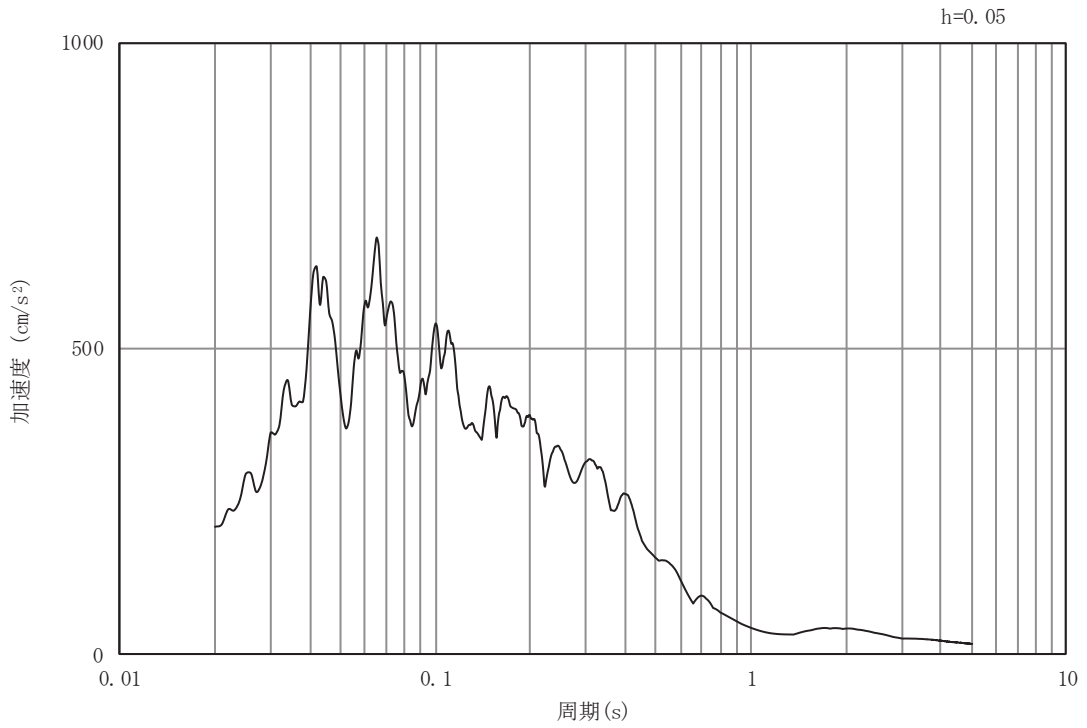


(b) 加速度応答スペクトル

図3-61 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(25/28)
 (水平成分：S d - F 3)

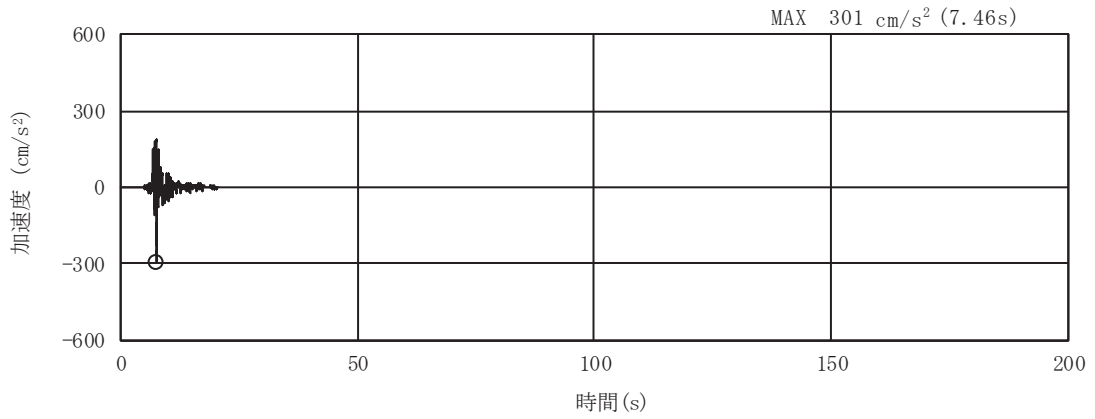


(a) 加速度時刻歴波形

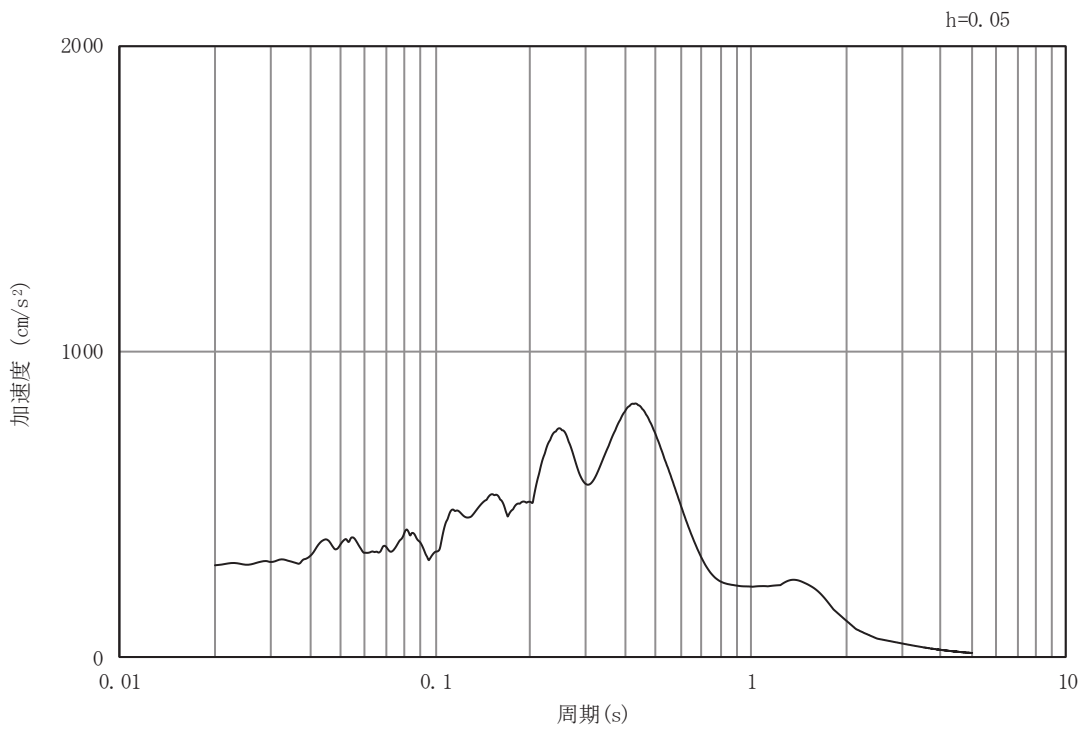


(b) 加速度応答スペクトル

図3-62 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(26/28)
 (鉛直成分：S d - F 3)

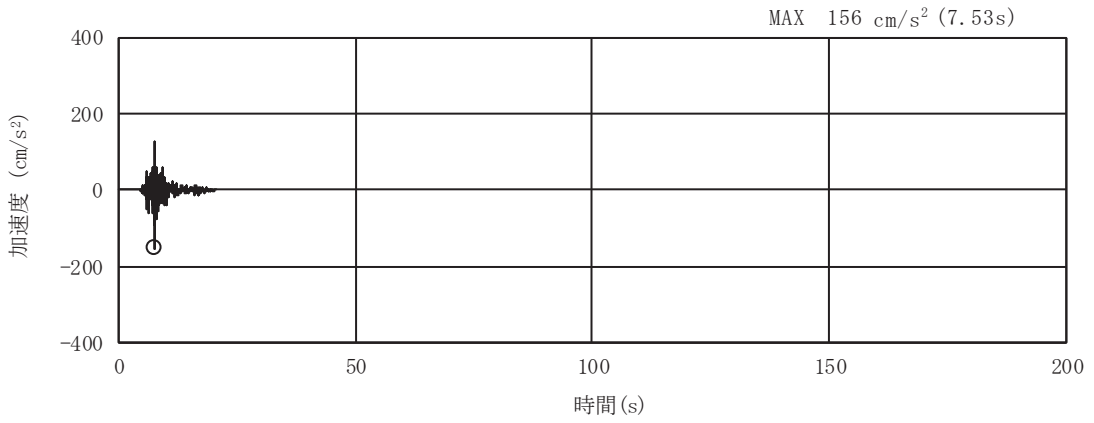


(a) 加速度時刻歴波形

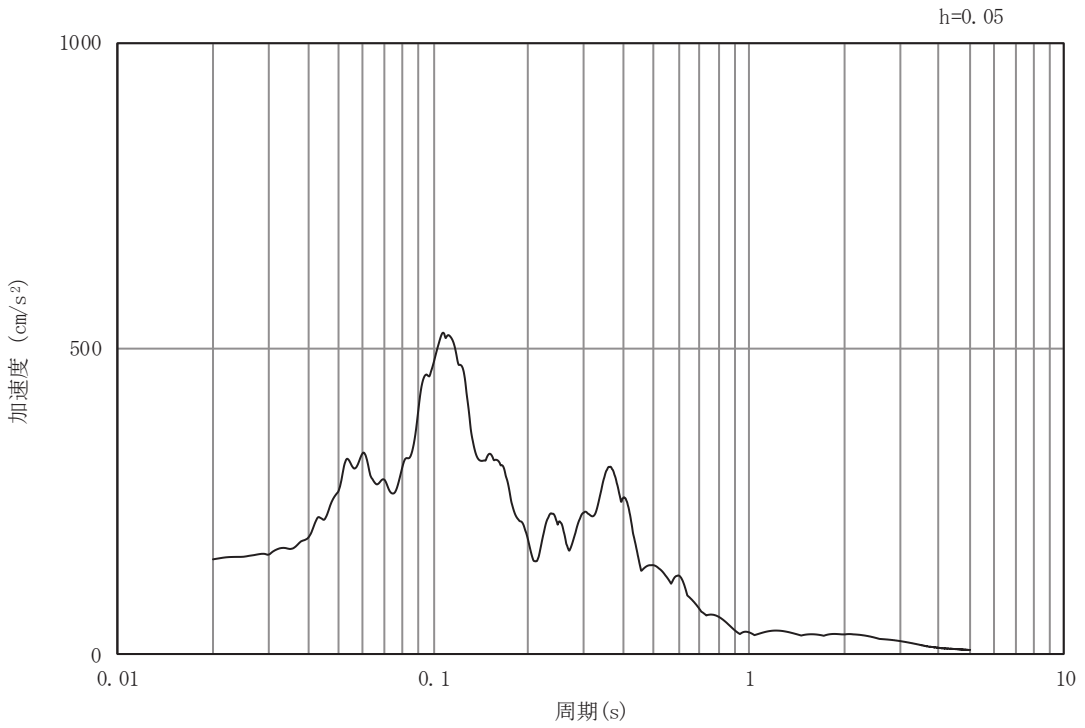


(b) 加速度応答スペクトル

図3-63 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(27/28)
 (水平成分：S d - N 1)

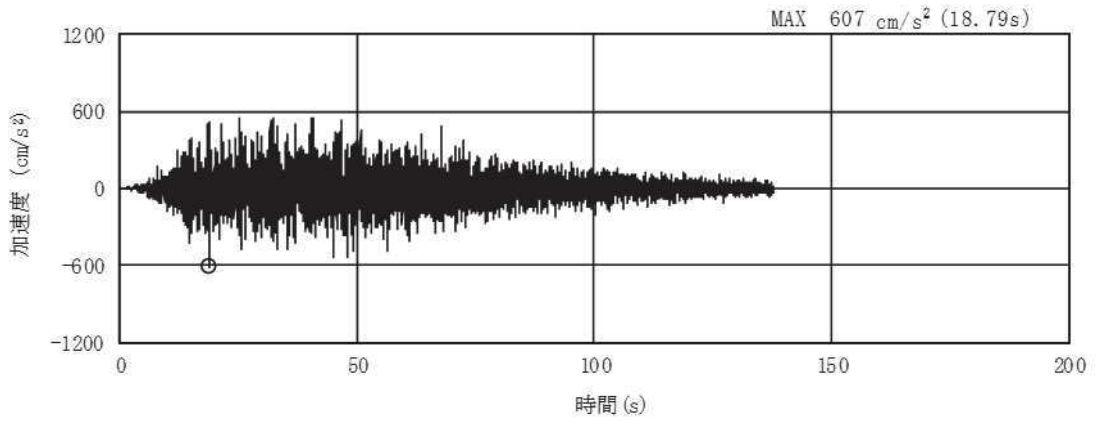


(a) 加速度時刻歴波形

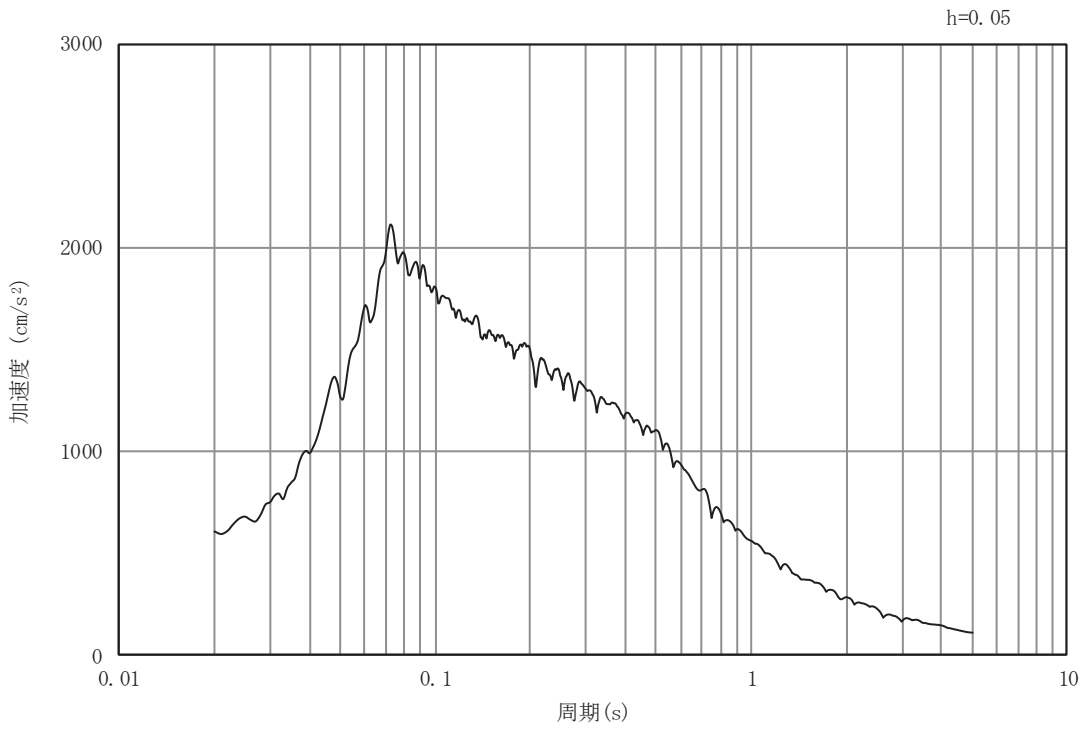


(b) 加速度応答スペクトル

図3-64 土砂部（断面③）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(28/28)
 (鉛直成分：S d - N 1)

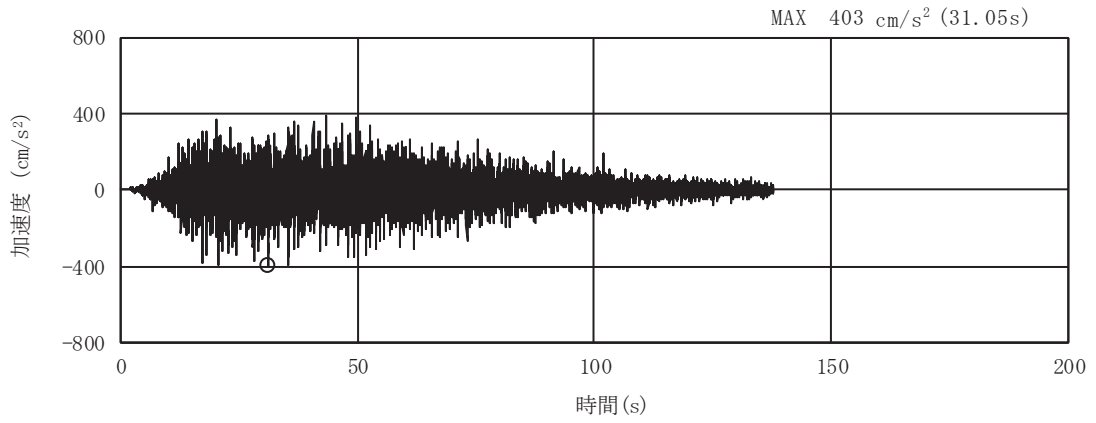


(a) 加速度時刻歴波形

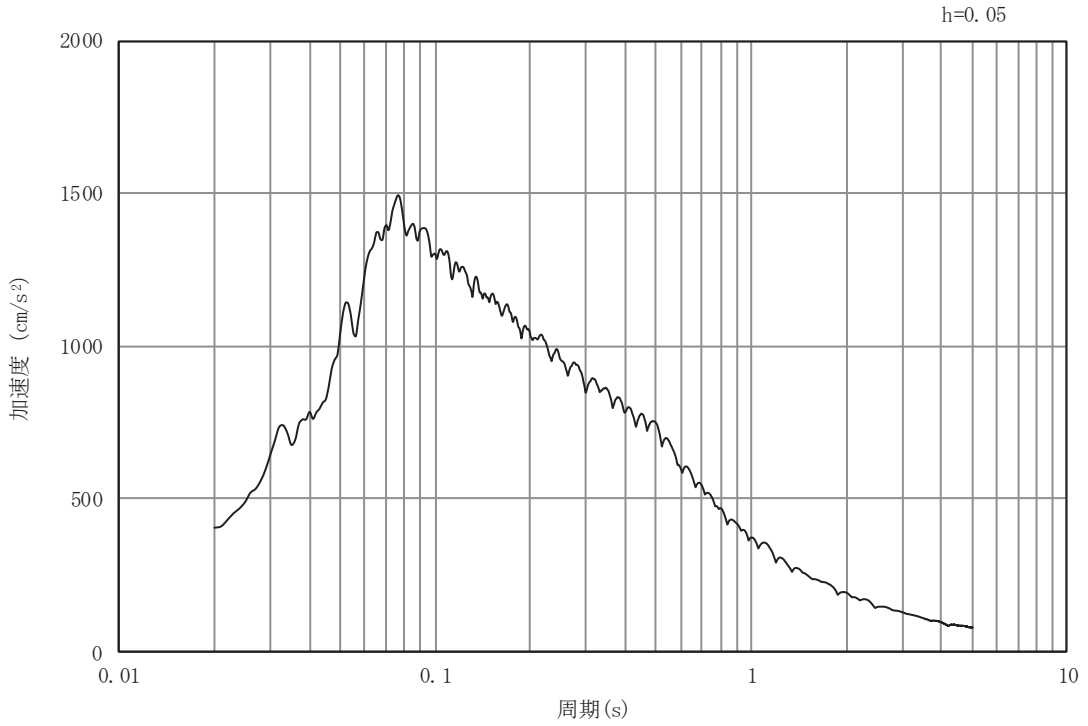


(b) 加速度応答スペクトル

図3-65 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(1/28)
(水平成分：S s - D 1)

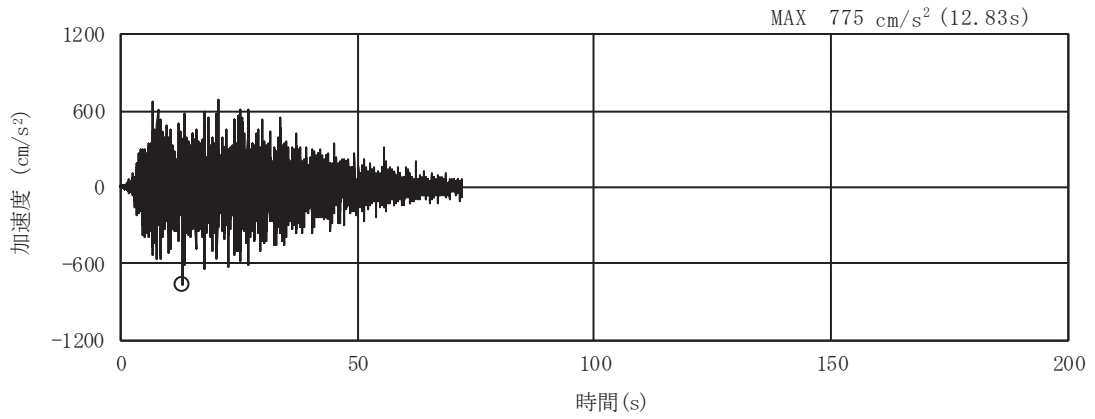


(a) 加速度時刻歴波形

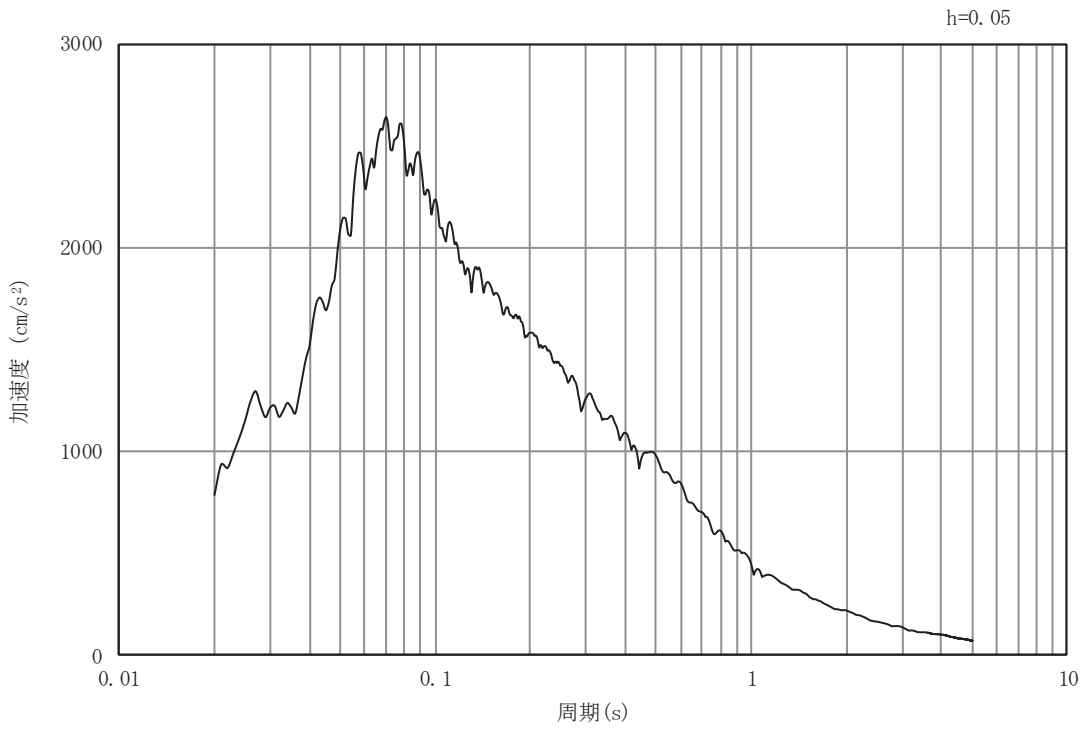


(b) 加速度応答スペクトル

図3-66 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(2/28)
 (鉛直成分：S s - D 1)

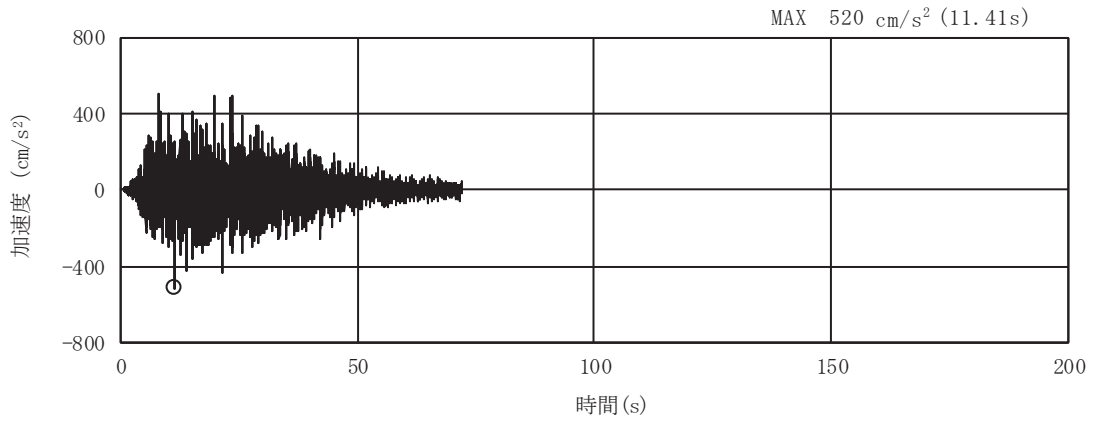


(a) 加速度時刻歴波形

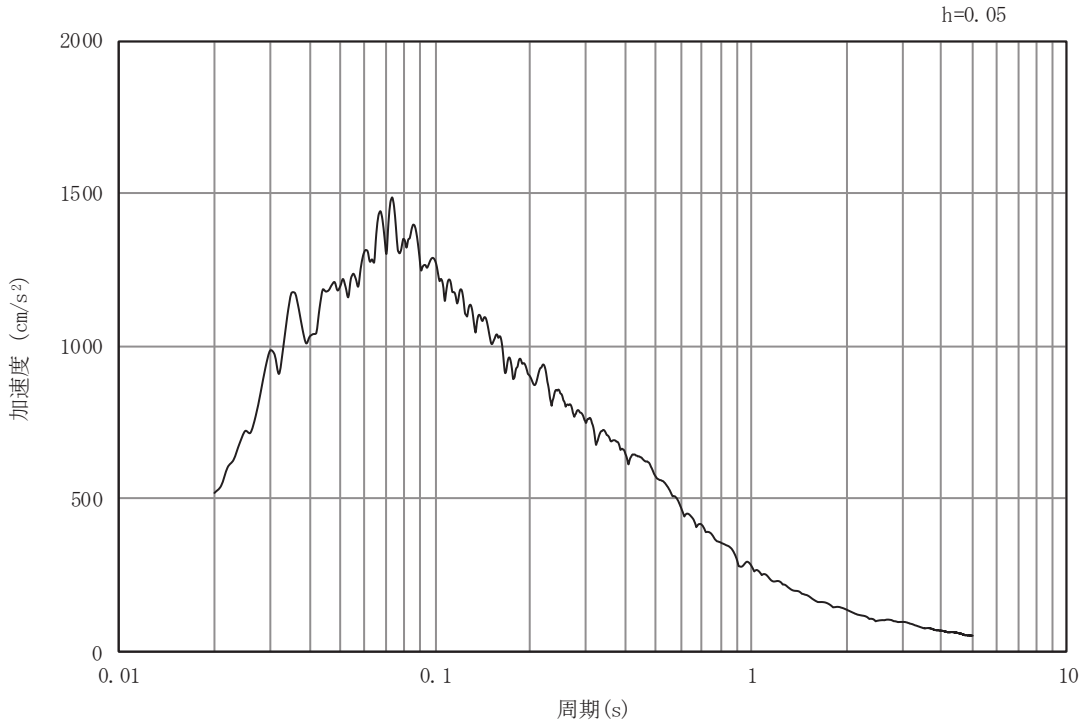


(b) 加速度応答スペクトル

図3-67 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(3/28)
 (水平成分：S s - D 2)

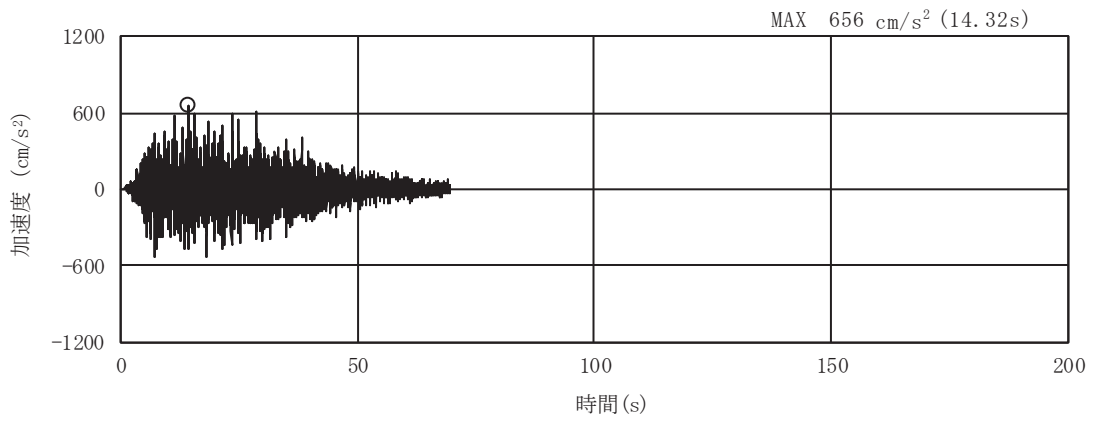


(a) 加速度時刻歴波形

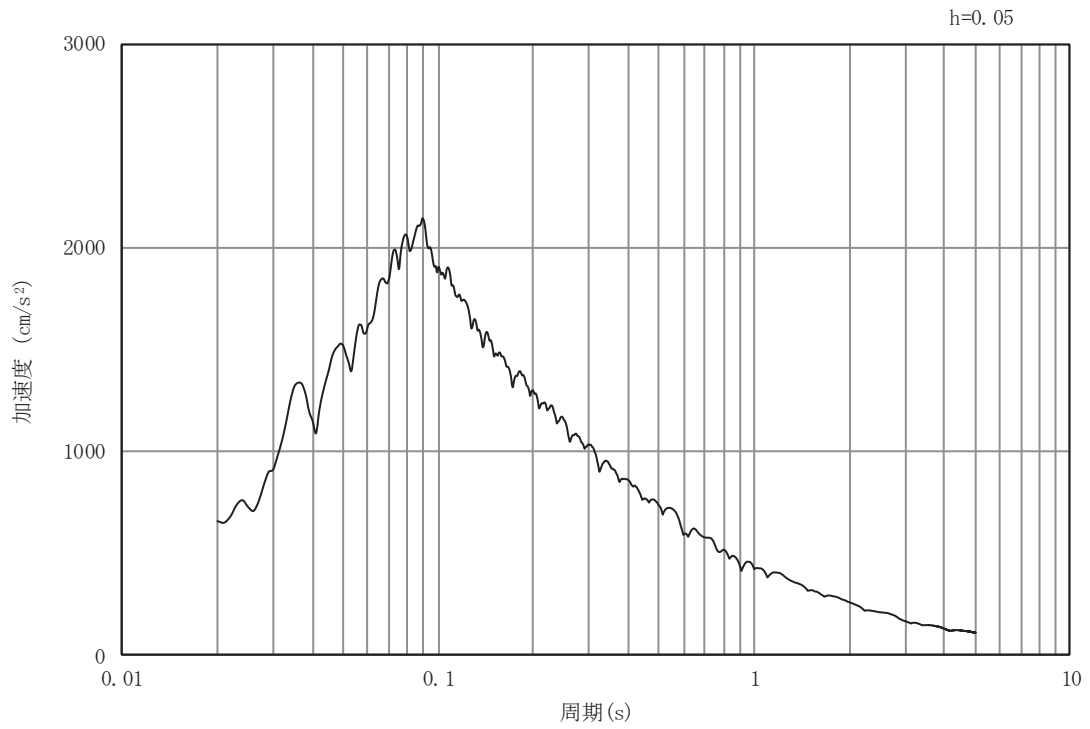


(b) 加速度応答スペクトル

図3-68 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(4/28)
 (鉛直成分：S s - D 2)

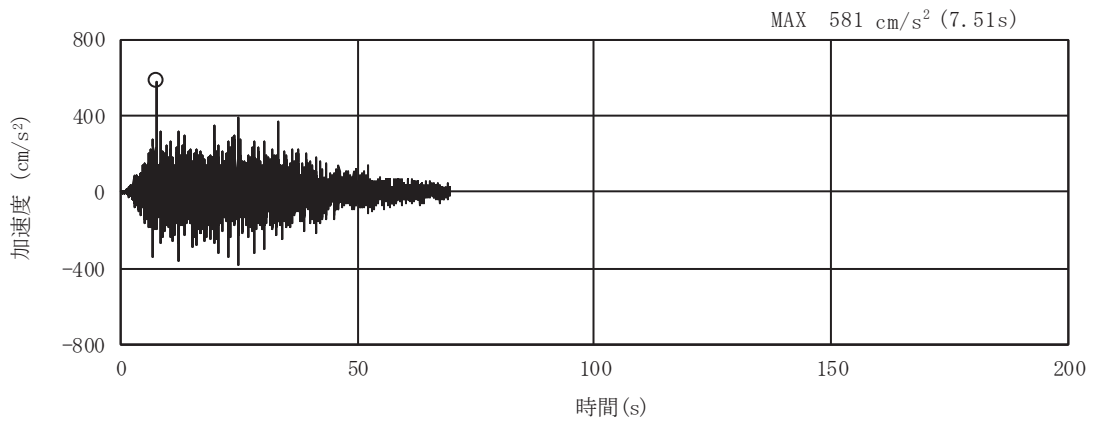


(a) 加速度時刻歴波形

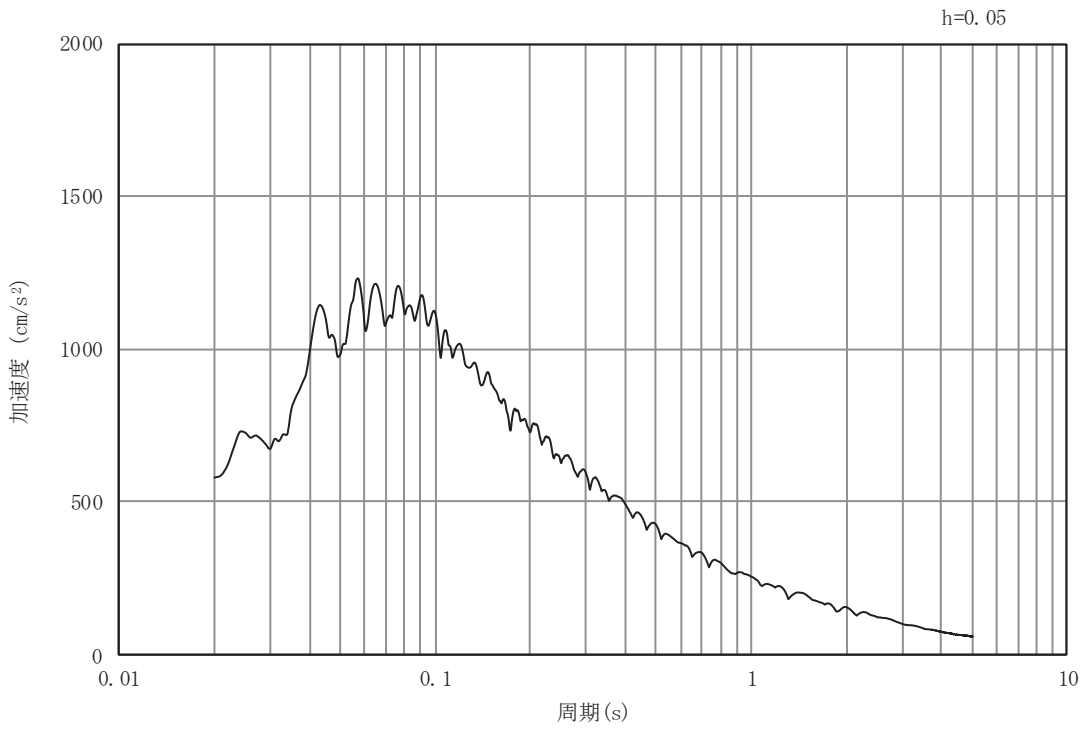


(b) 加速度応答スペクトル

図3-69 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(5/28)
 (水平成分：S s - D 3)

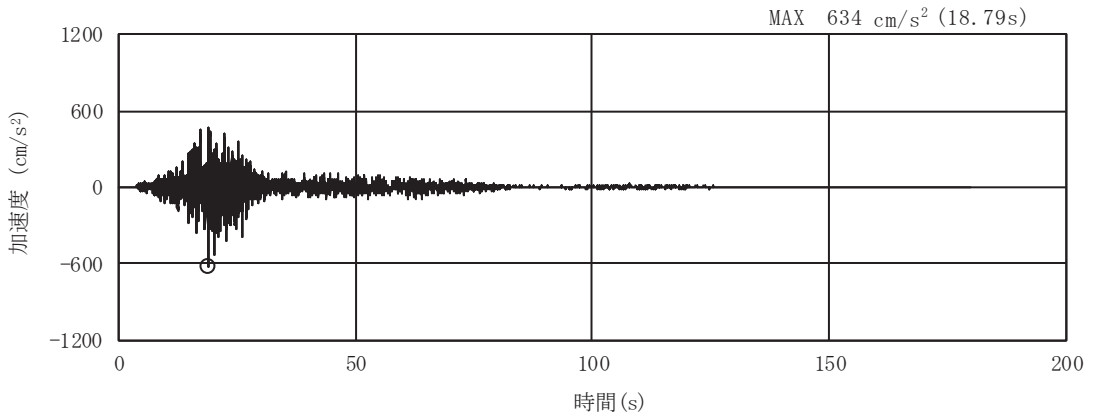


(a) 加速度時刻歴波形

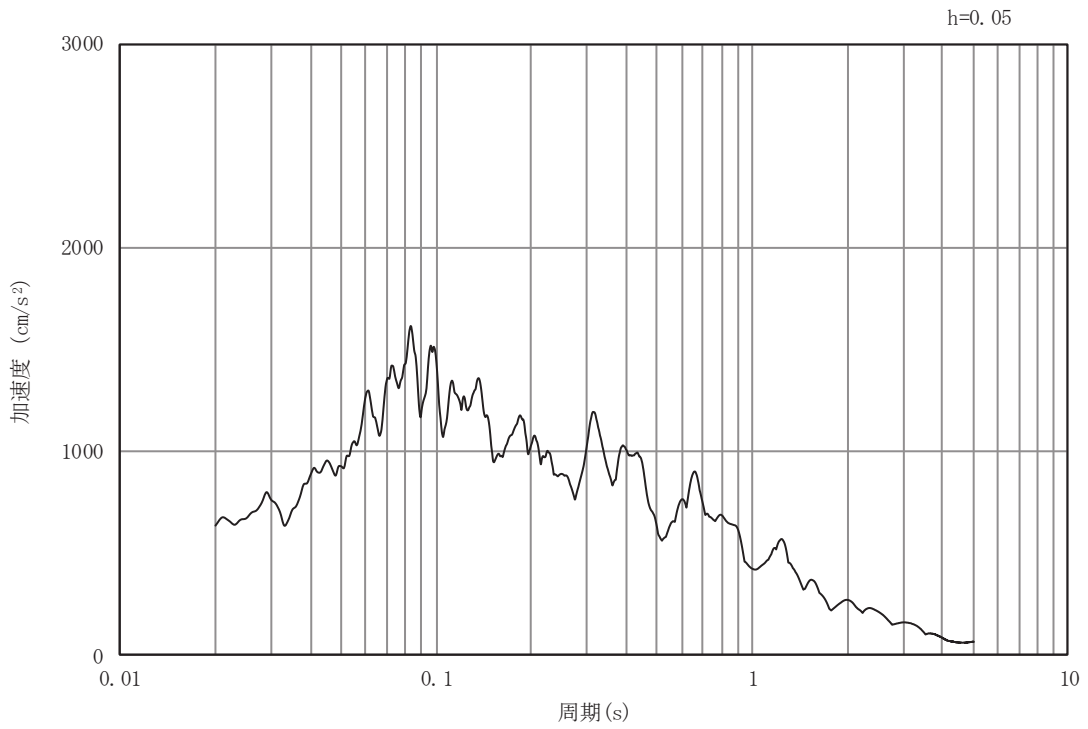


(b) 加速度応答スペクトル

図3-70 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(6/28)
 (鉛直成分：S s - D 3)

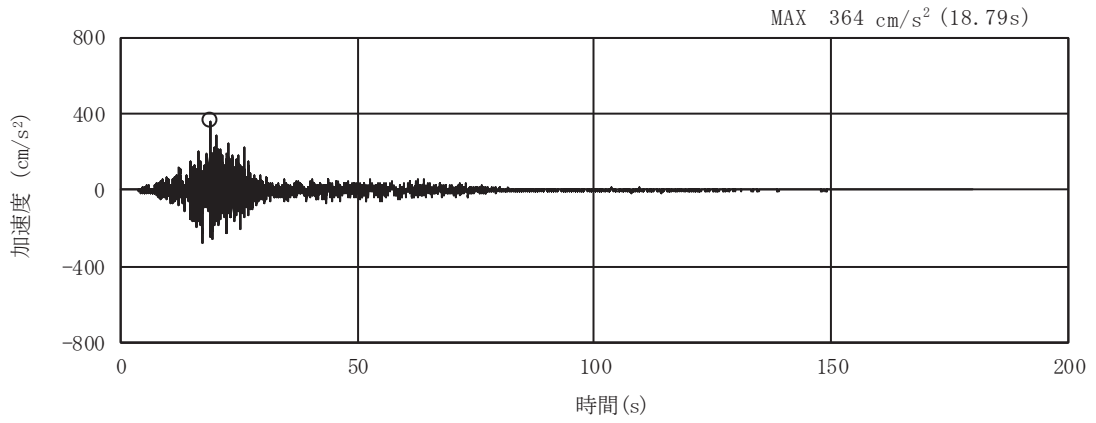


(a) 加速度時刻歴波形

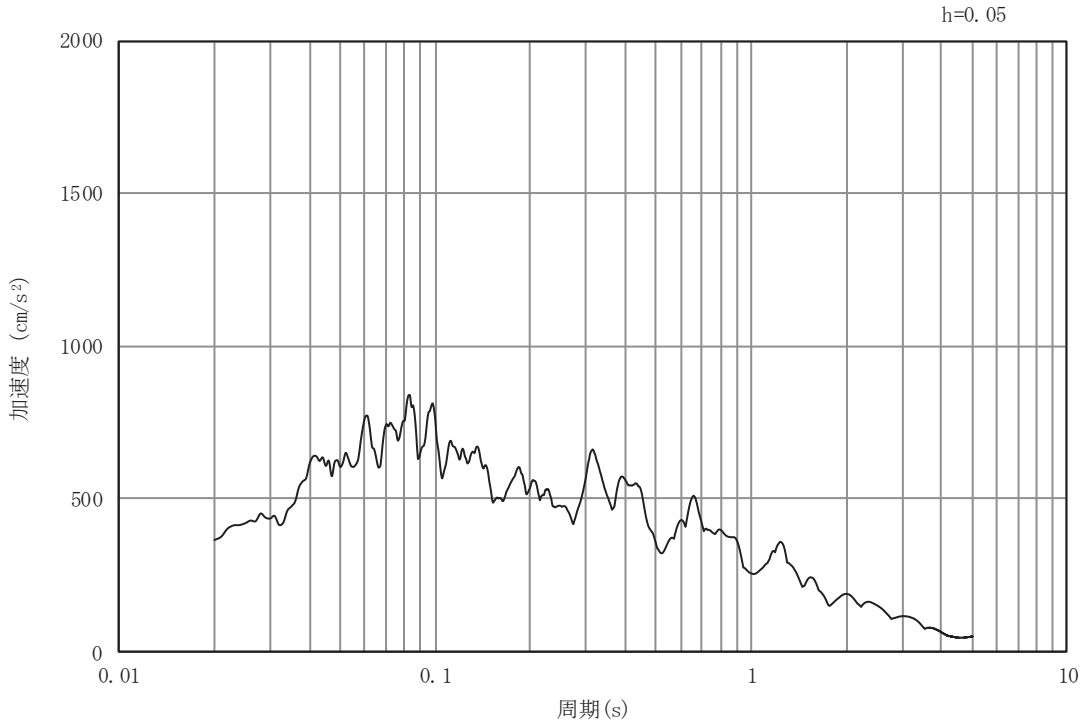


(b) 加速度応答スペクトル

図3-71 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(7/28)
 (水平成分：S s - F 1)

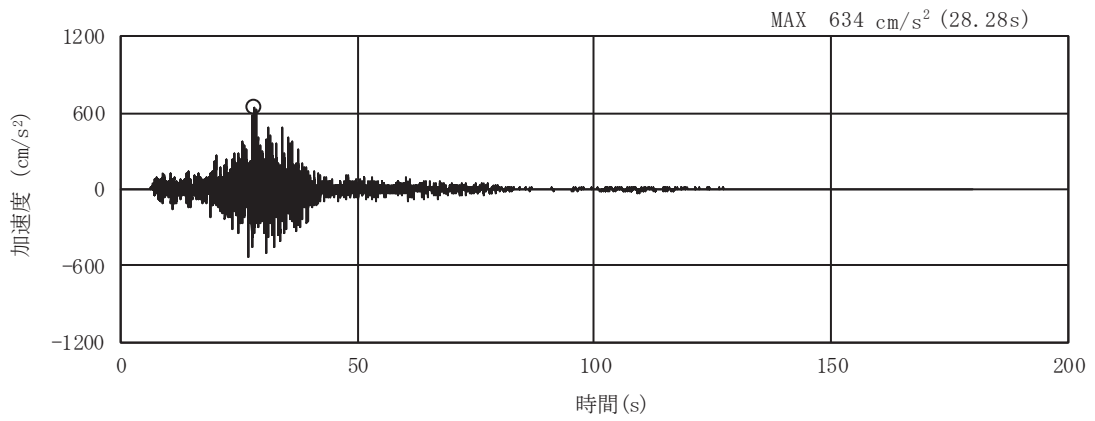


(a) 加速度時刻歴波形

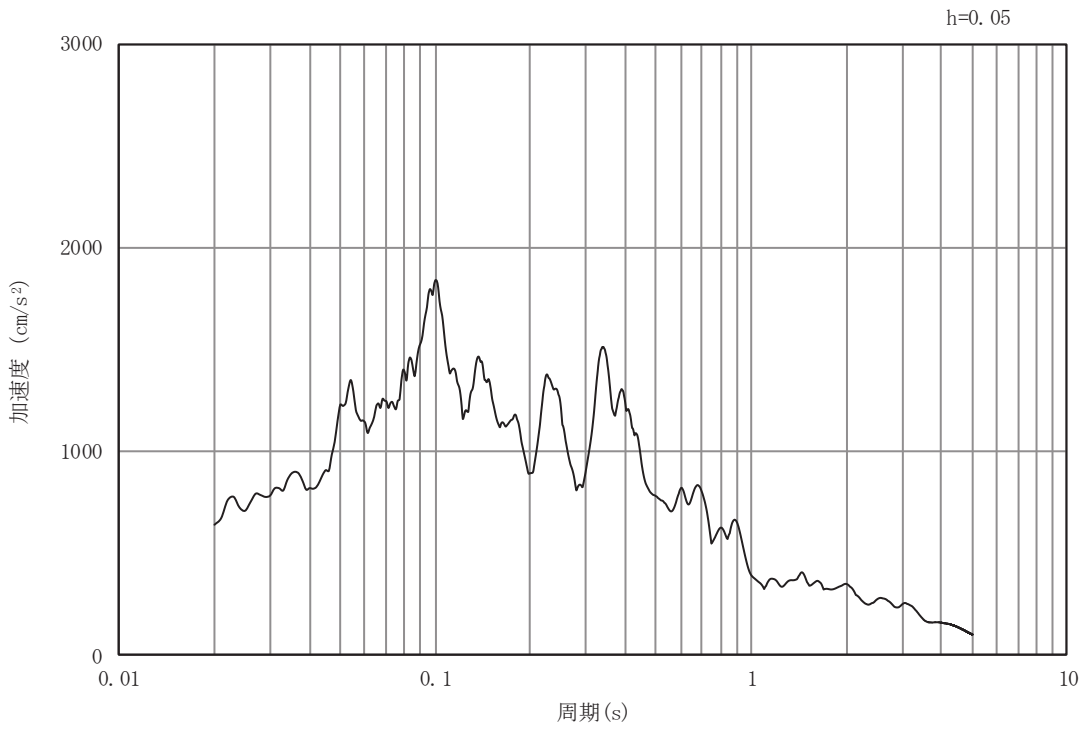


(b) 加速度応答スペクトル

図3-72 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(8/28)
 (鉛直成分：S s - F 1)

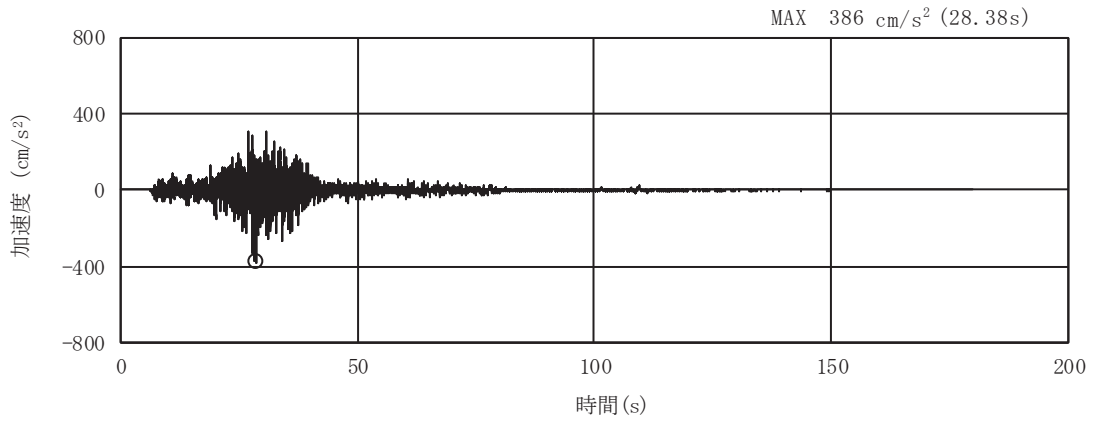


(a) 加速度時刻歴波形

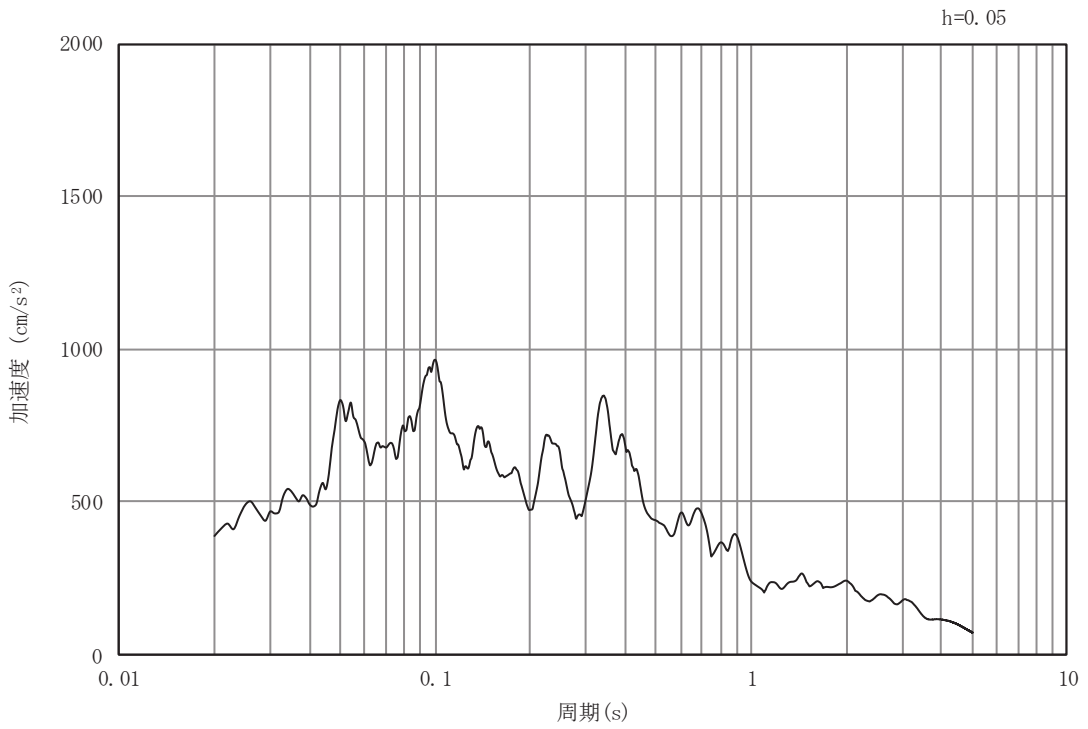


(b) 加速度応答スペクトル

図3-73 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(9/28)
 (水平成分：S s - F 2)

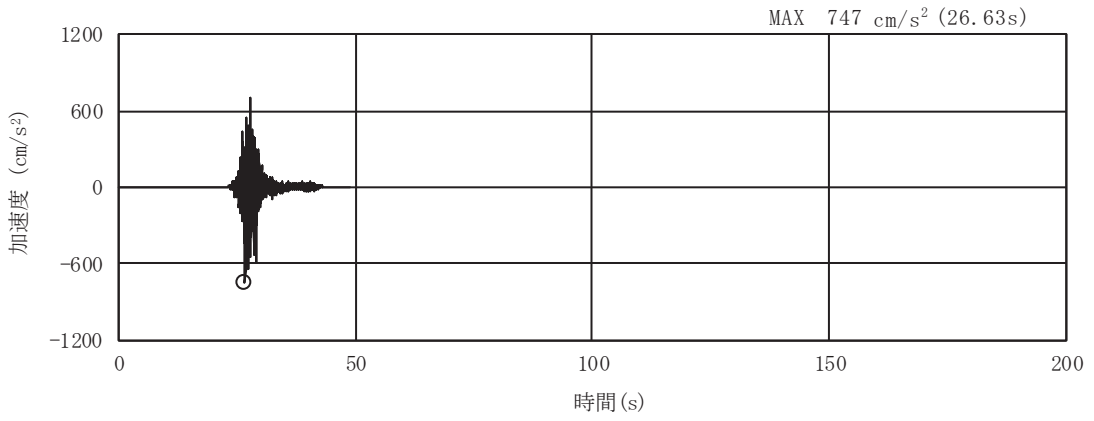


(a) 加速度時刻歴波形

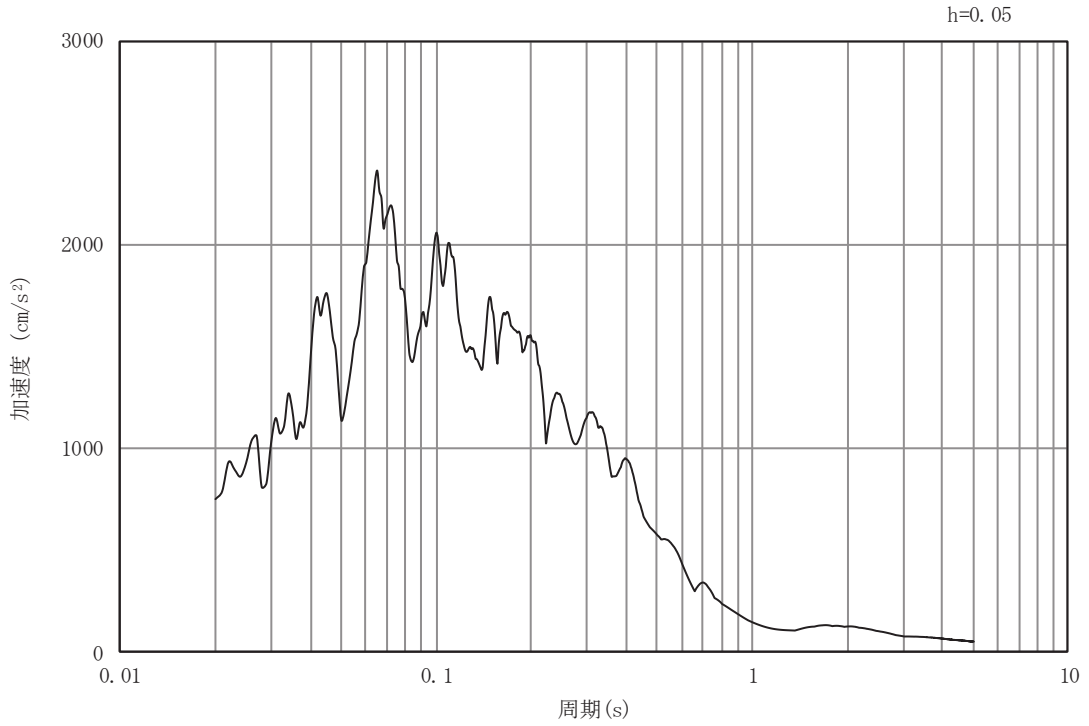


(b) 加速度応答スペクトル

図3-74 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(10/28)
 (鉛直成分：S s - F 2)

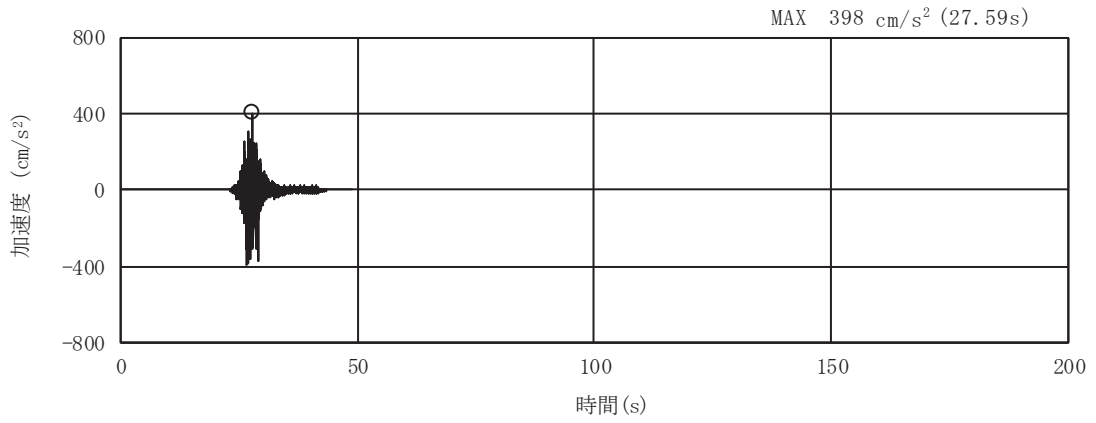


(a) 加速度時刻歴波形

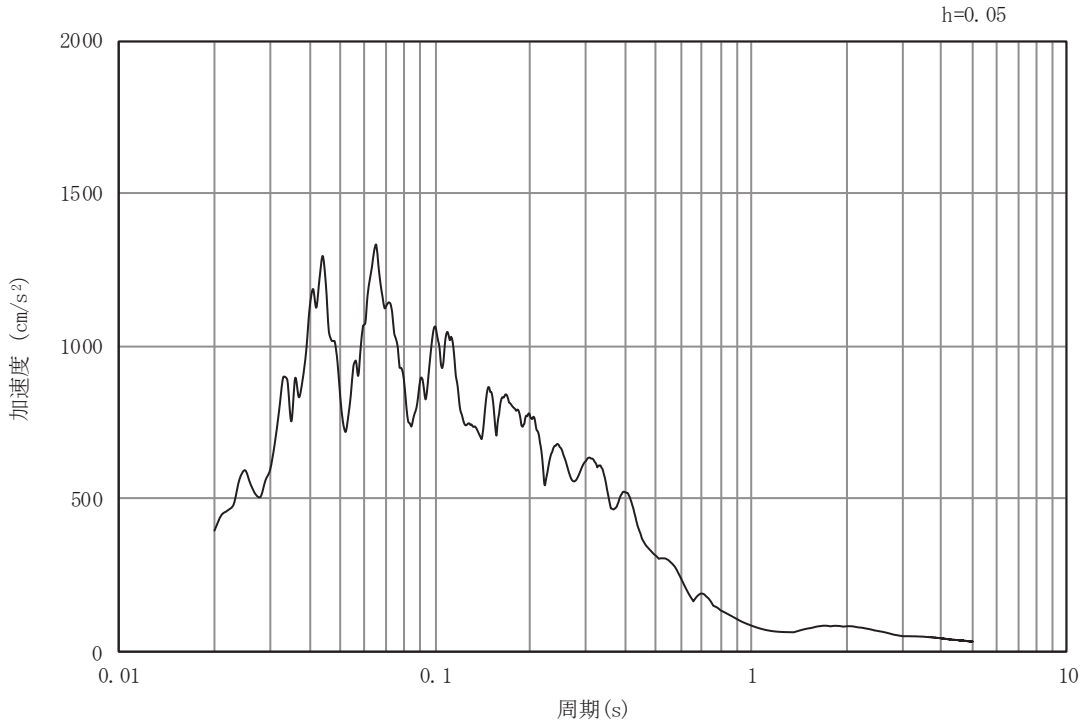


(b) 加速度応答スペクトル

図3-75 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(11/28)
 (水平成分：S s - F 3)

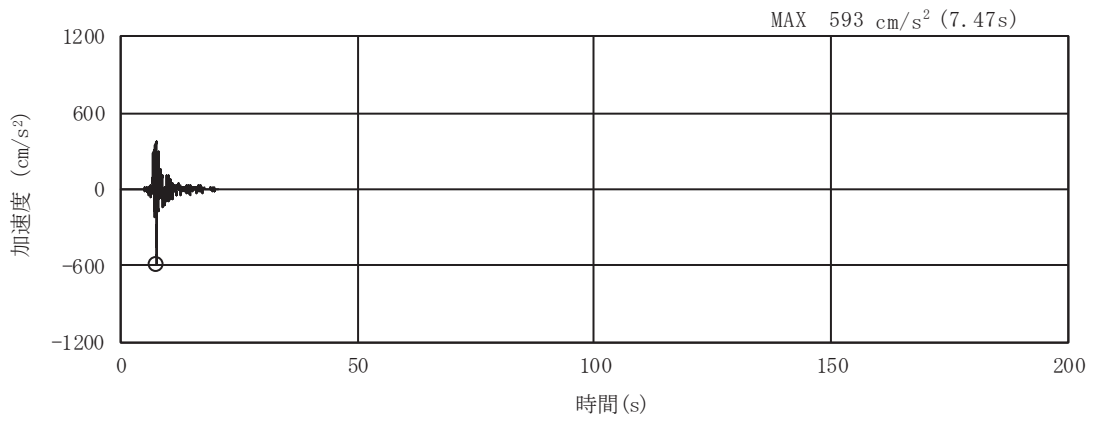


(a) 加速度時刻歴波形

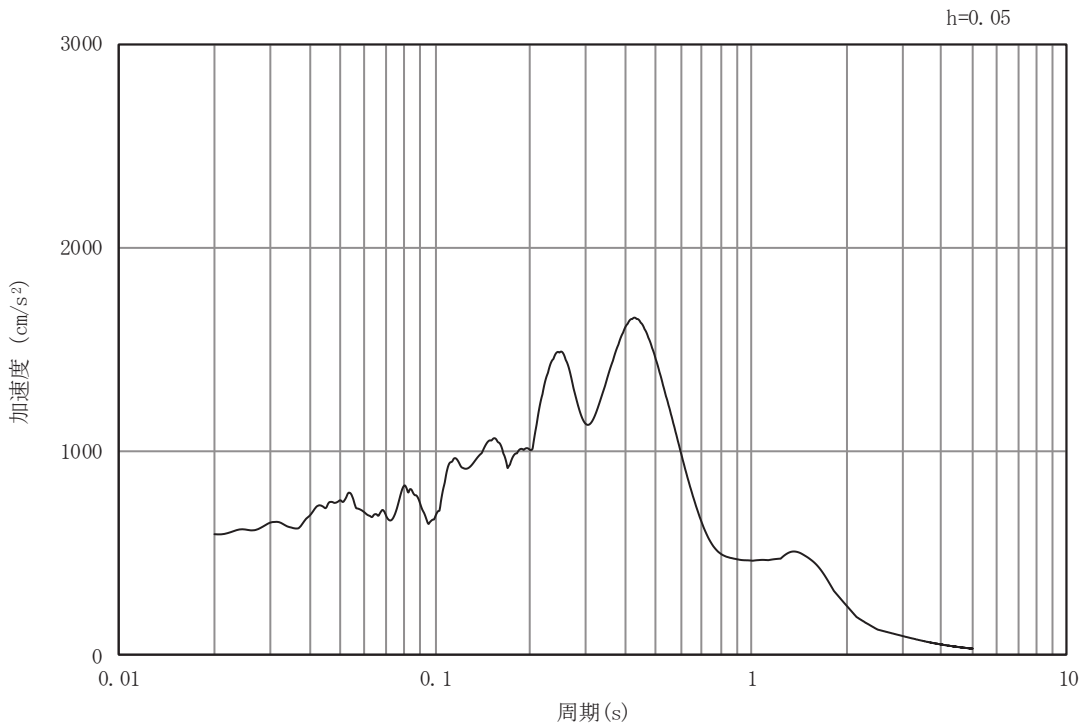


(b) 加速度応答スペクトル

図3-76 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(12/28)
 (鉛直成分：S s - F 3)

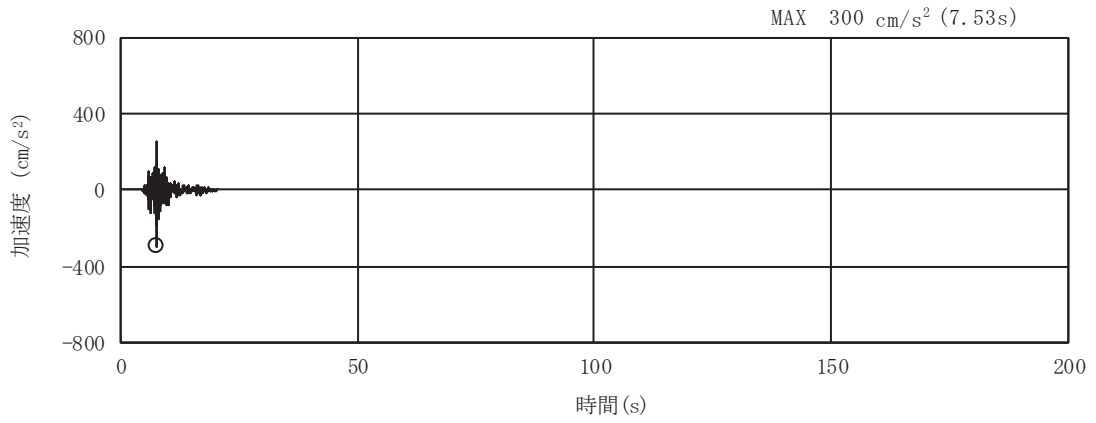


(a) 加速度時刻歴波形

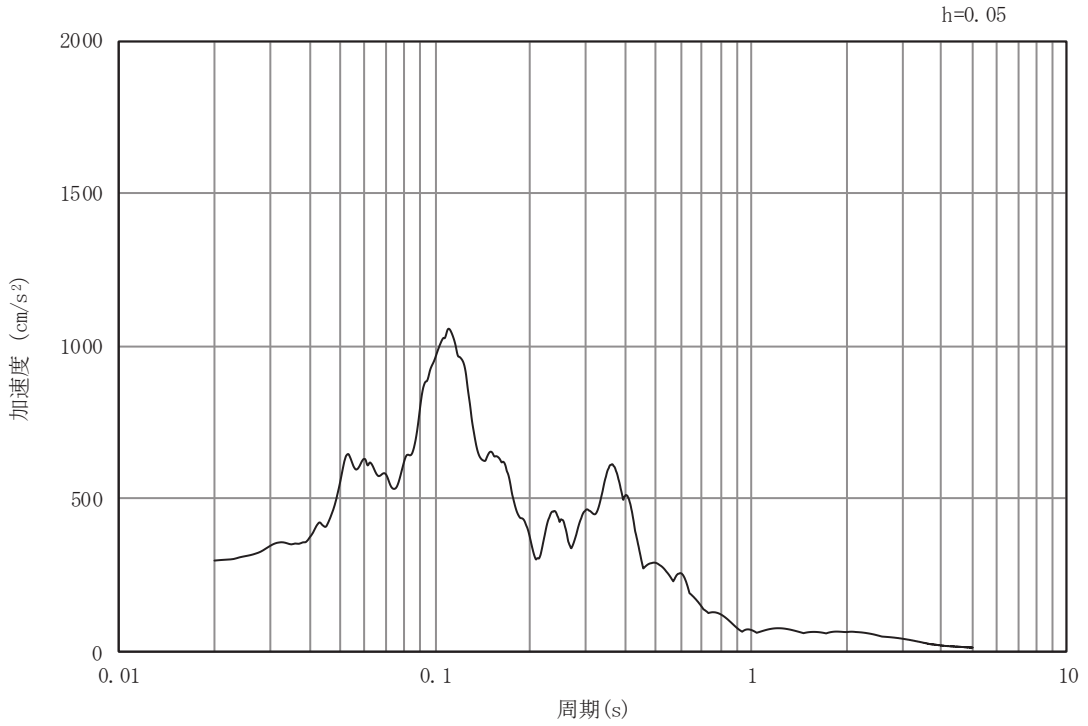


(b) 加速度応答スペクトル

図3-77 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(13/28)
 (水平成分：S s - N 1)

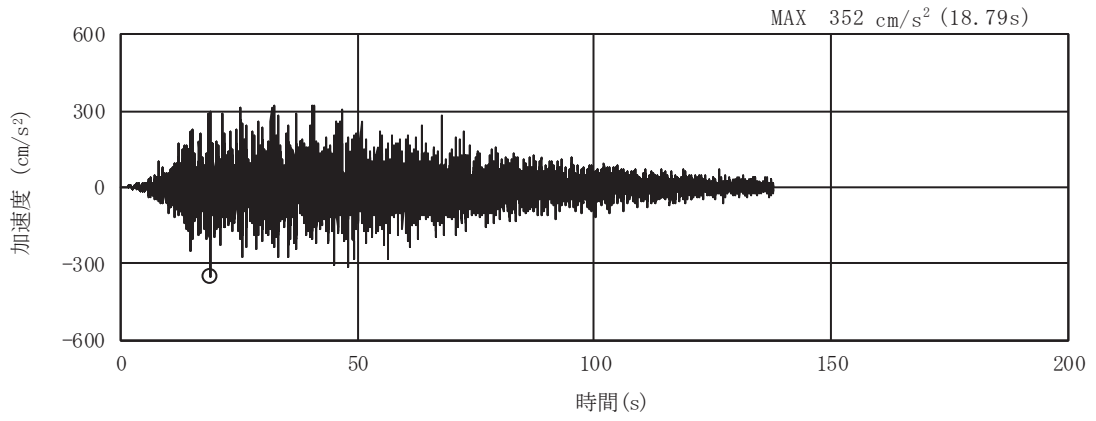


(a) 加速度時刻歴波形

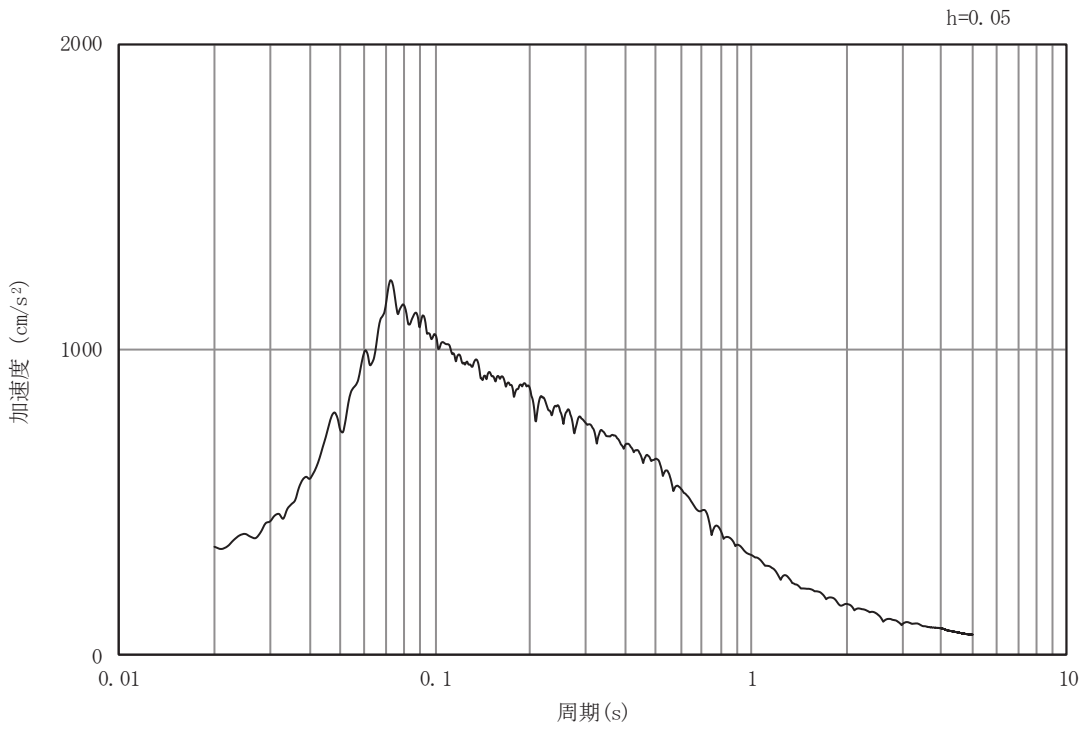


(b) 加速度応答スペクトル

図3-78 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(14/28)
 (鉛直成分：S s - N 1)

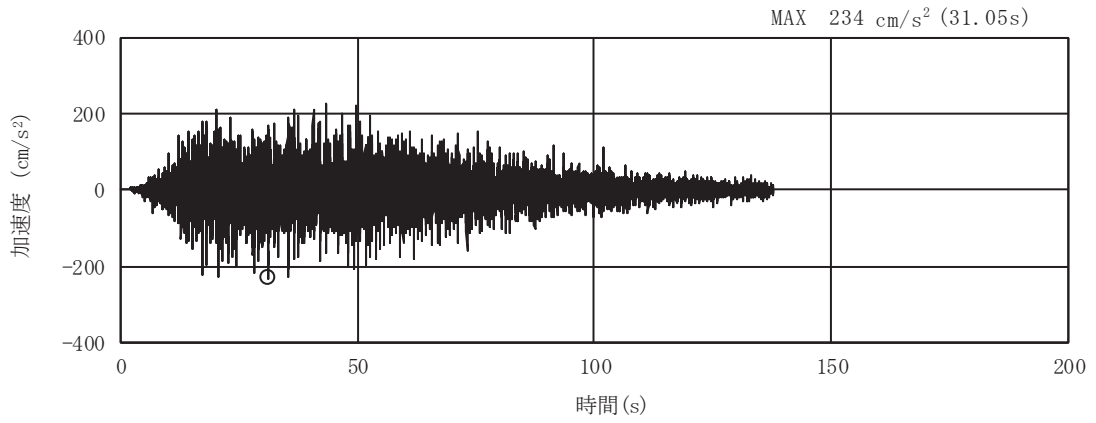


(a) 加速度時刻歴波形

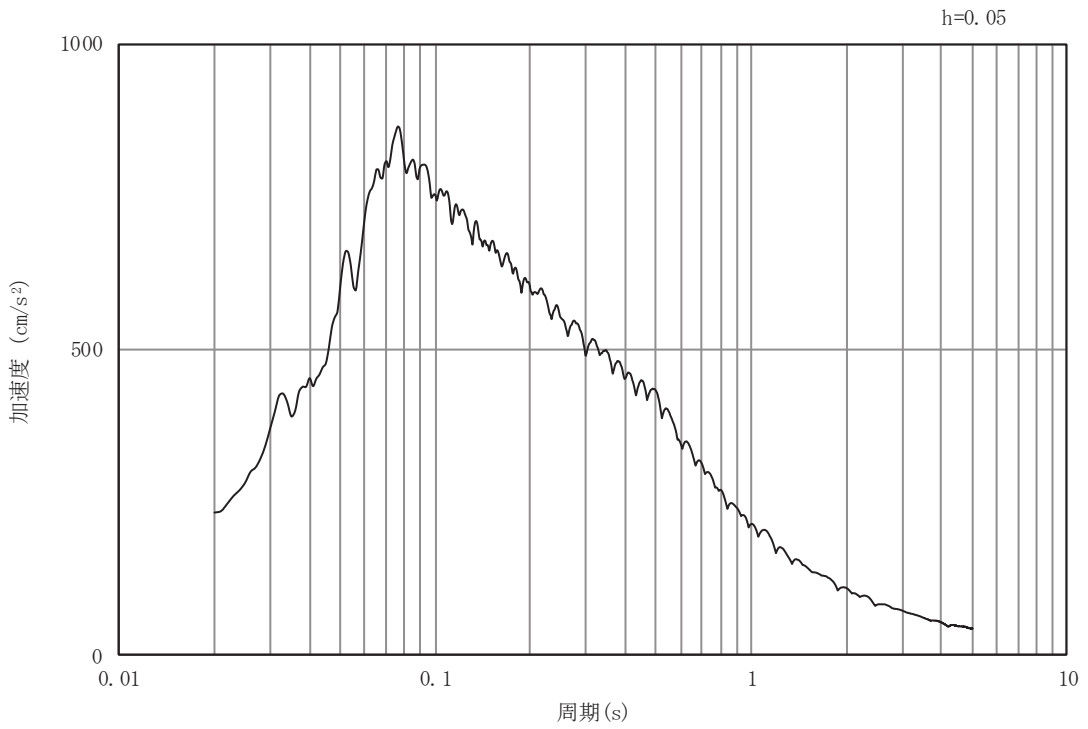


(b) 加速度応答スペクトル

図3-79 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(15/28)
(水平成分：S d - D 1)

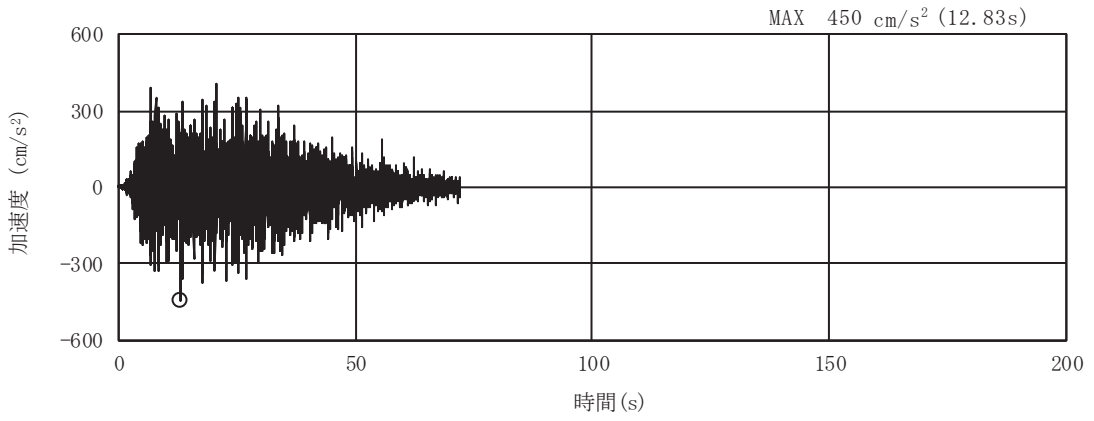


(a) 加速度時刻歴波形

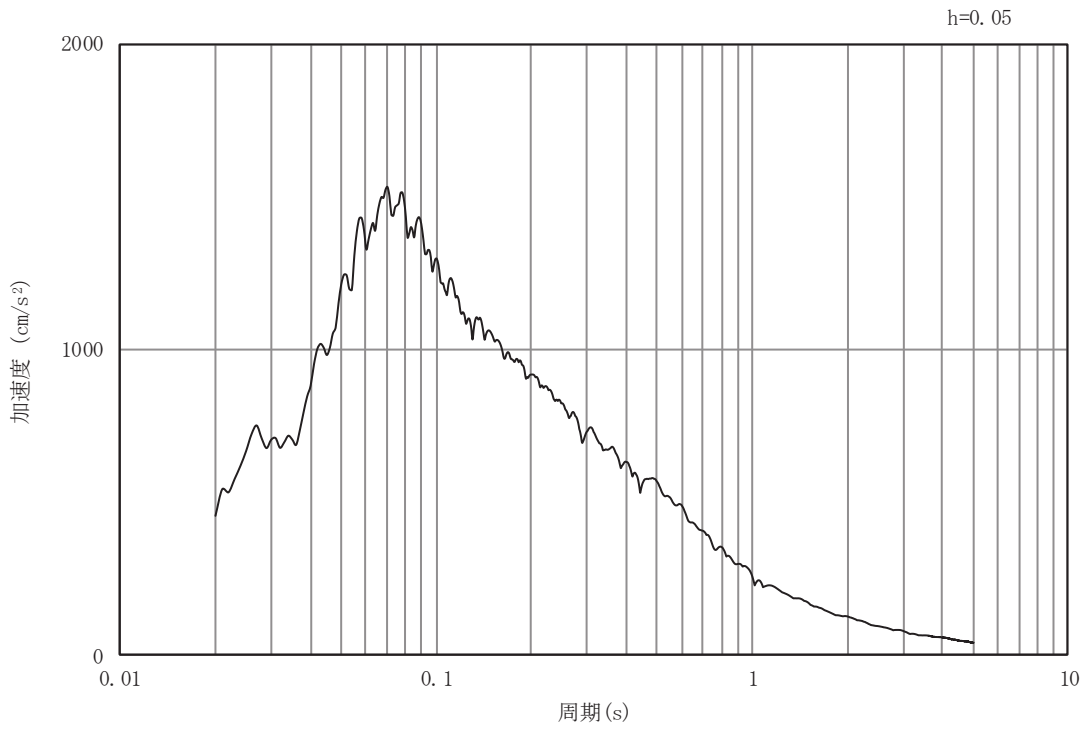


(b) 加速度応答スペクトル

図3-80 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(16/28)
(鉛直成分：S d - D 1)

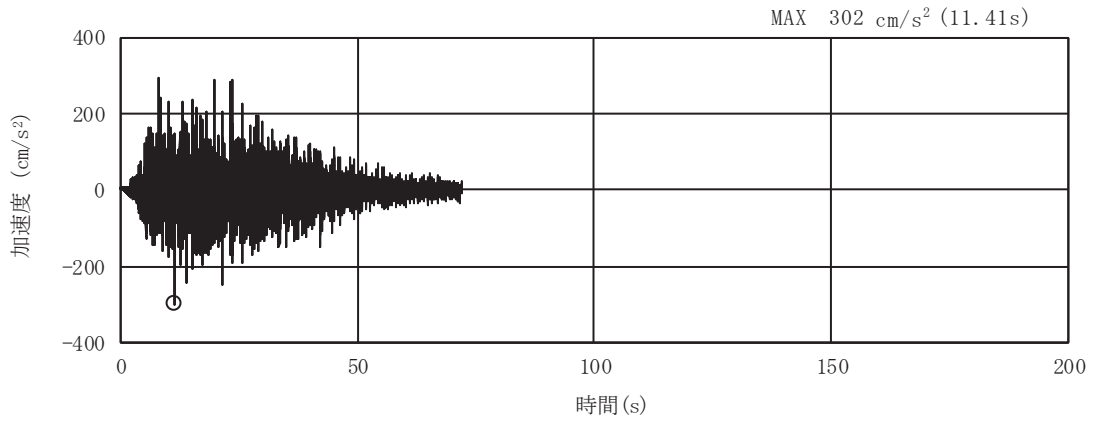


(a) 加速度時刻歴波形

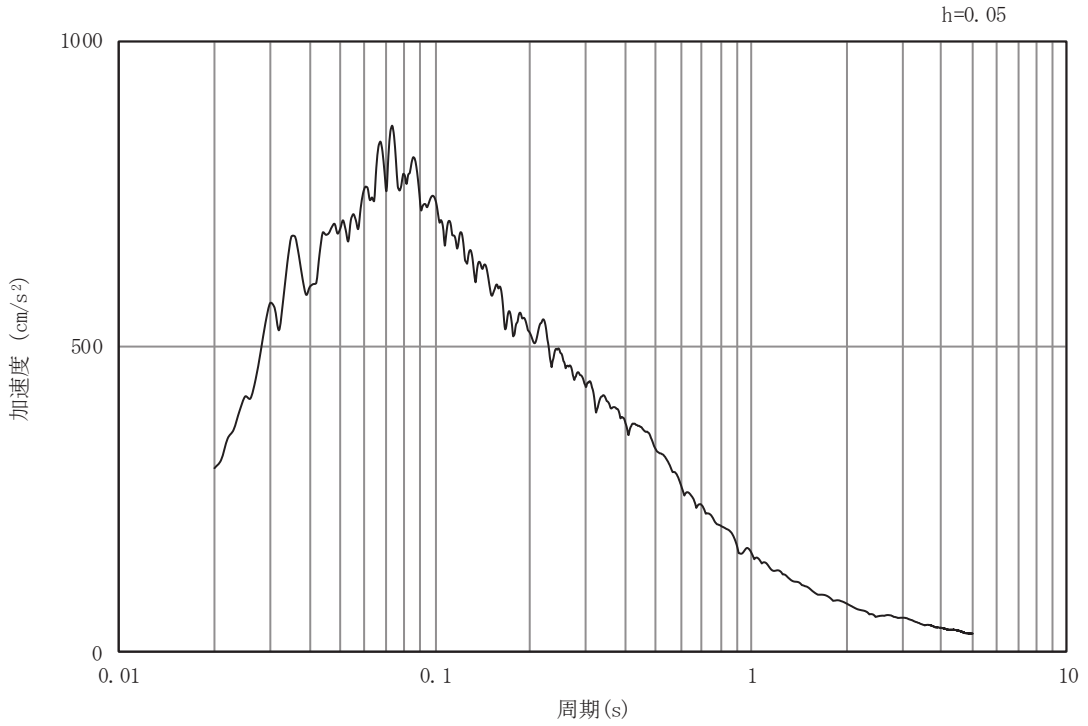


(b) 加速度応答スペクトル

図3-81 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(17/28)
 (水平成分：S d - D 2)

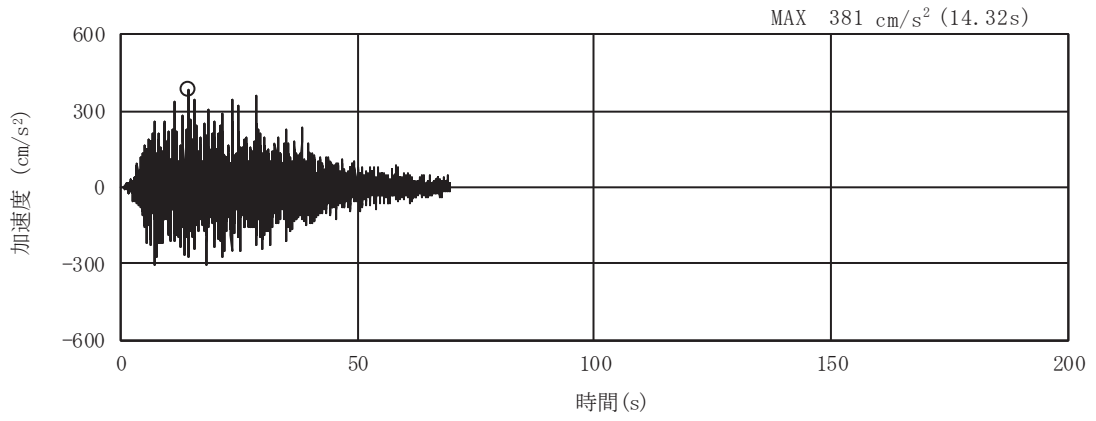


(a) 加速度時刻歴波形

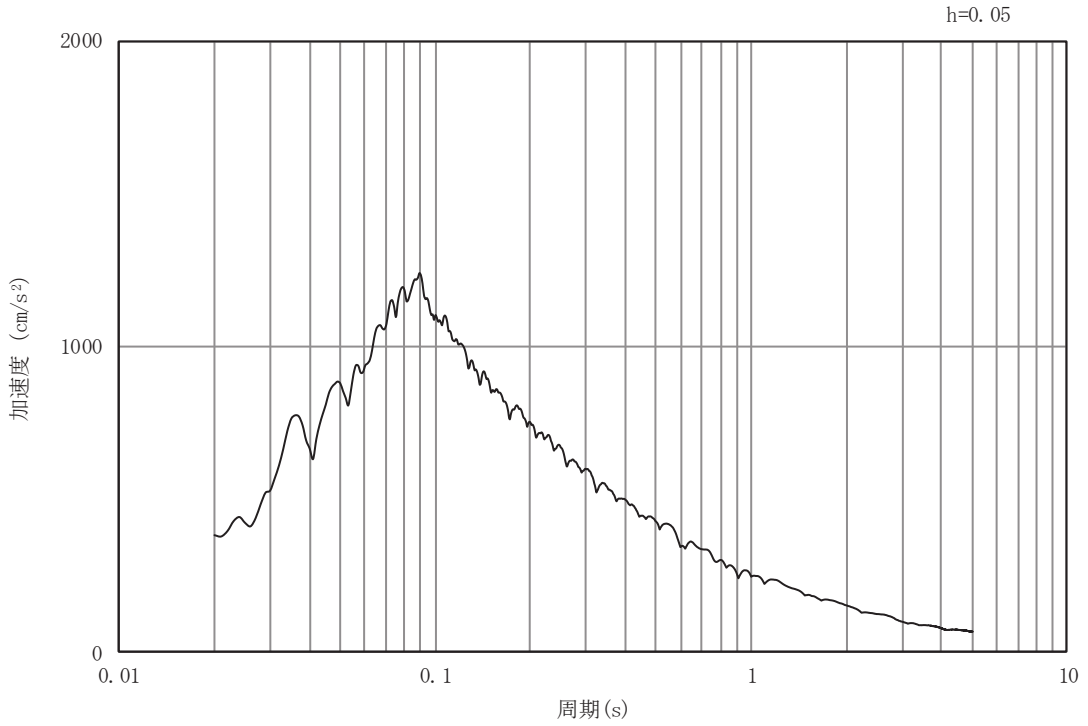


(b) 加速度応答スペクトル

図3-82 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(18/28)
 (鉛直成分：S d - D 2)

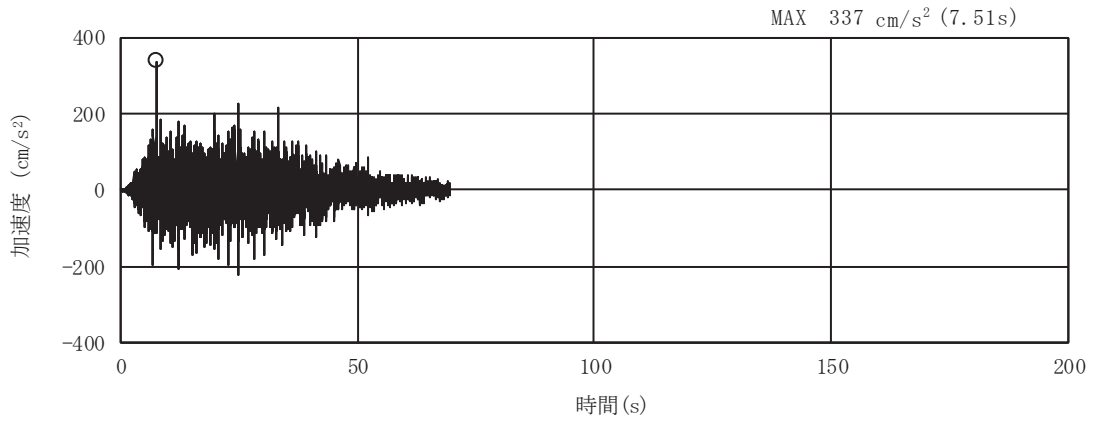


(a) 加速度時刻歴波形

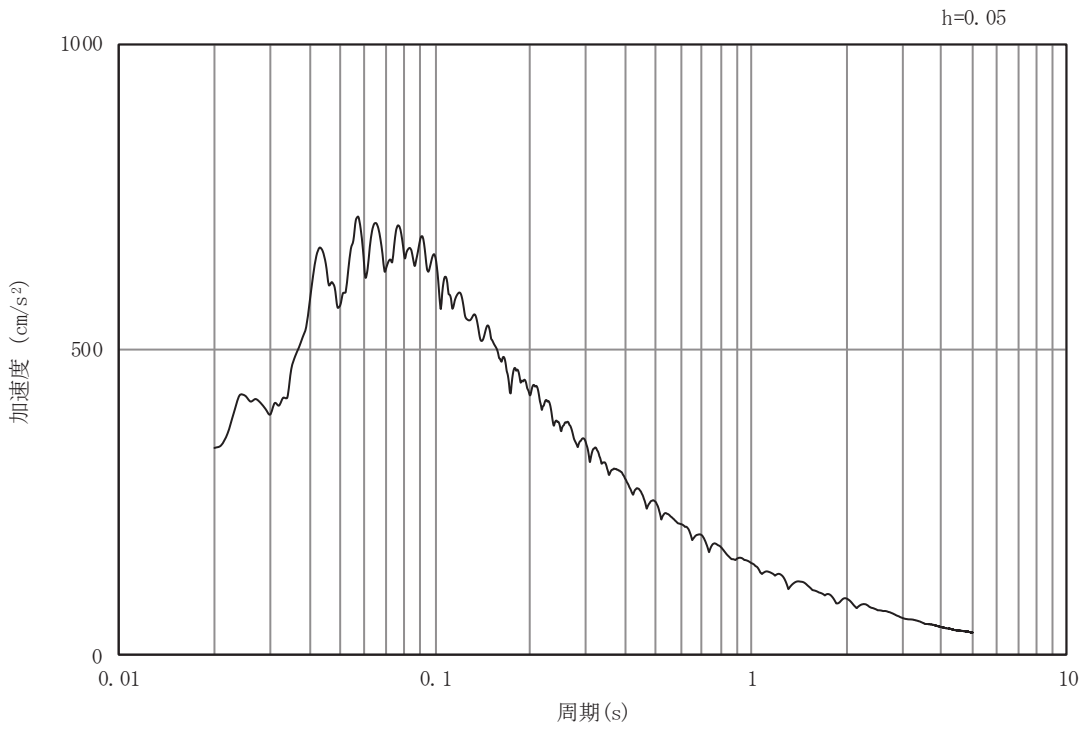


(b) 加速度応答スペクトル

図3-83 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(19/28)
 (水平成分：S d - D 3)

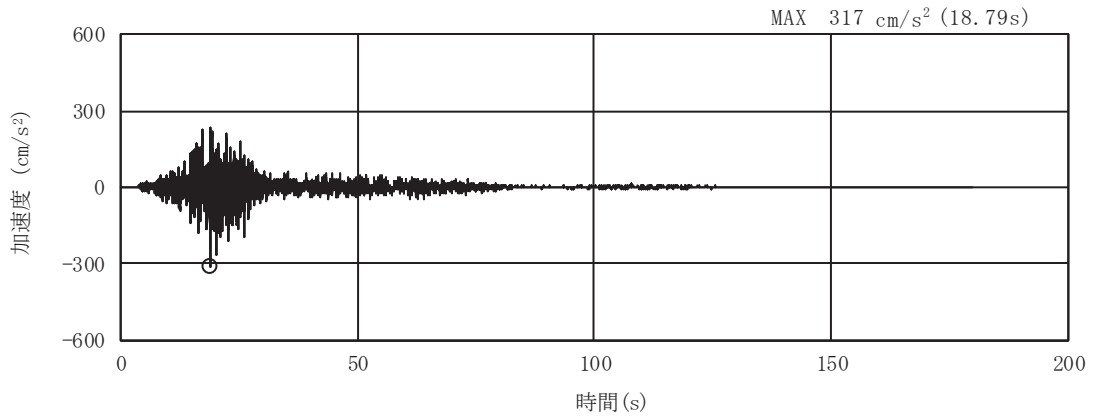


(a) 加速度時刻歴波形

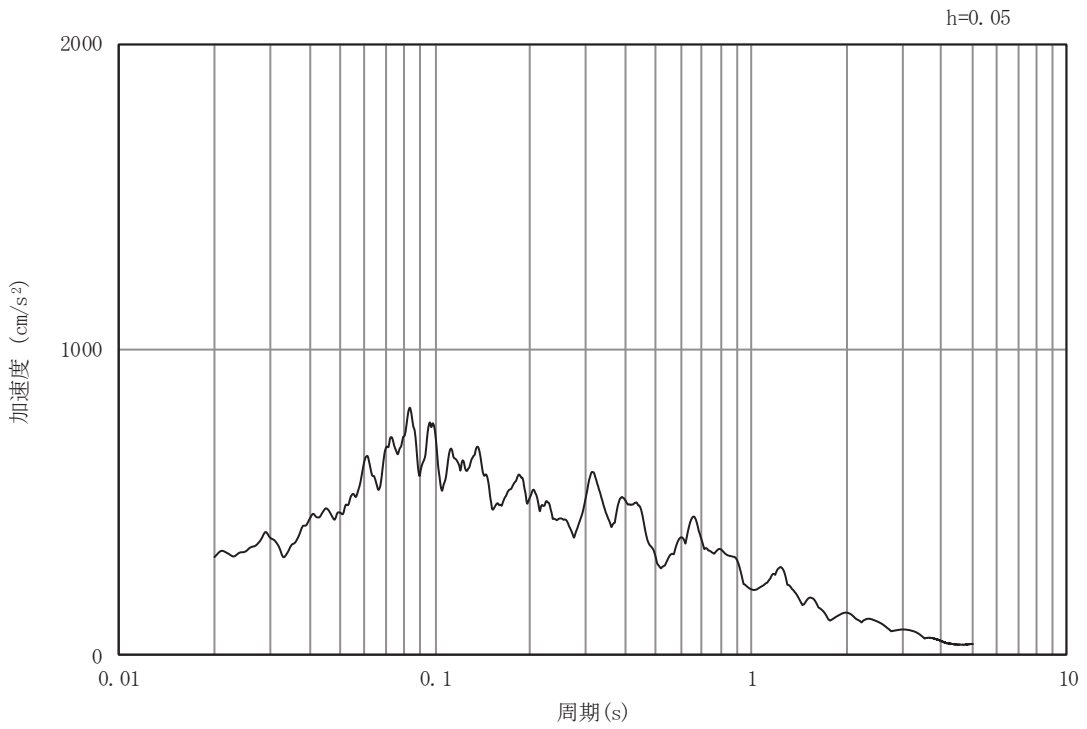


(b) 加速度応答スペクトル

図3-84 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(20/28)
 (鉛直成分：S d - D 3)

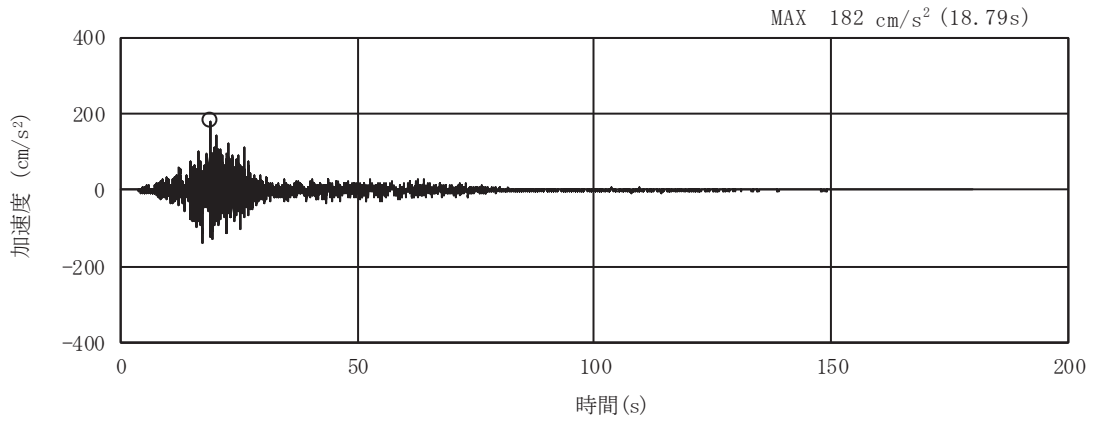


(a) 加速度時刻歴波形

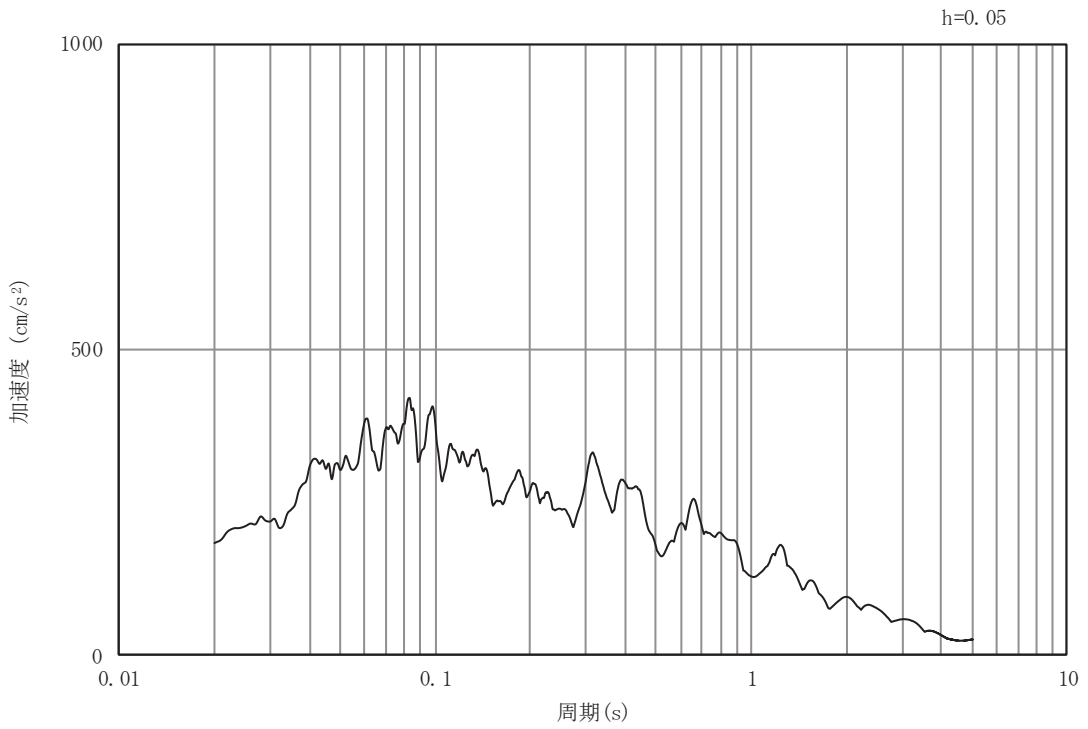


(b) 加速度応答スペクトル

図3-85 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(21/28)
 (水平成分：S d - F 1)

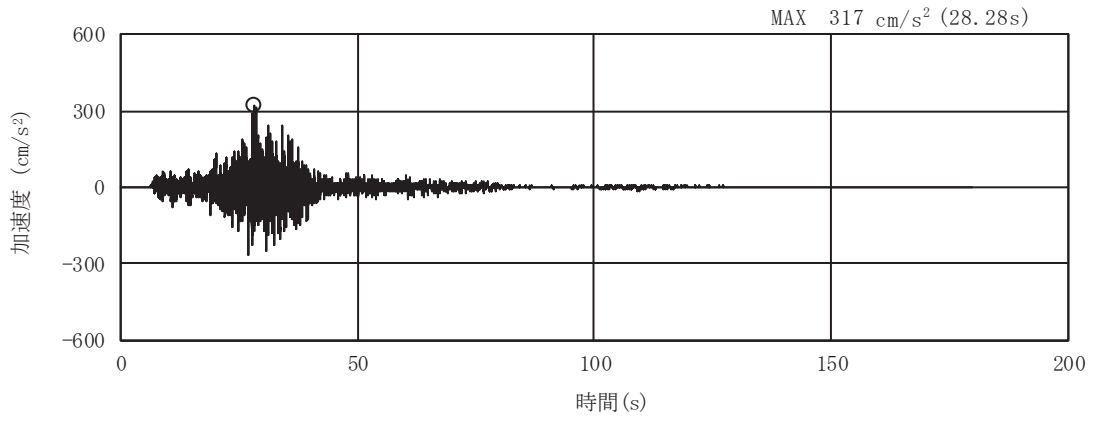


(a) 加速度時刻歴波形

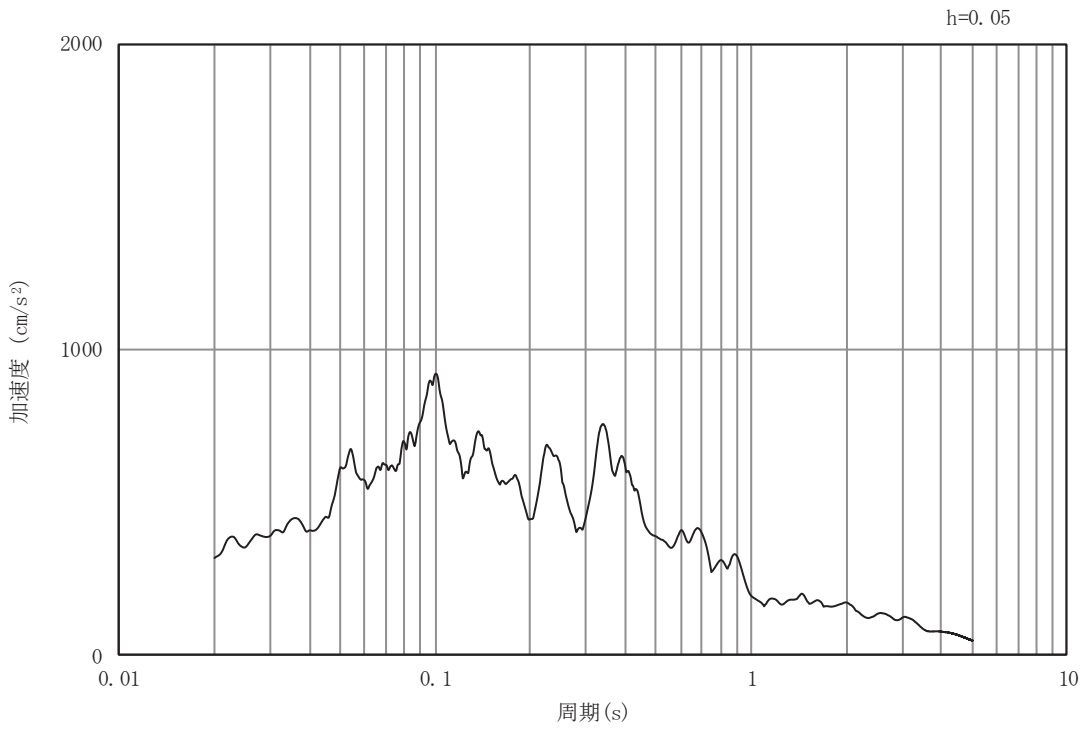


(b) 加速度応答スペクトル

図3-86 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(22/28)
 （鉛直成分：S d - F 1）

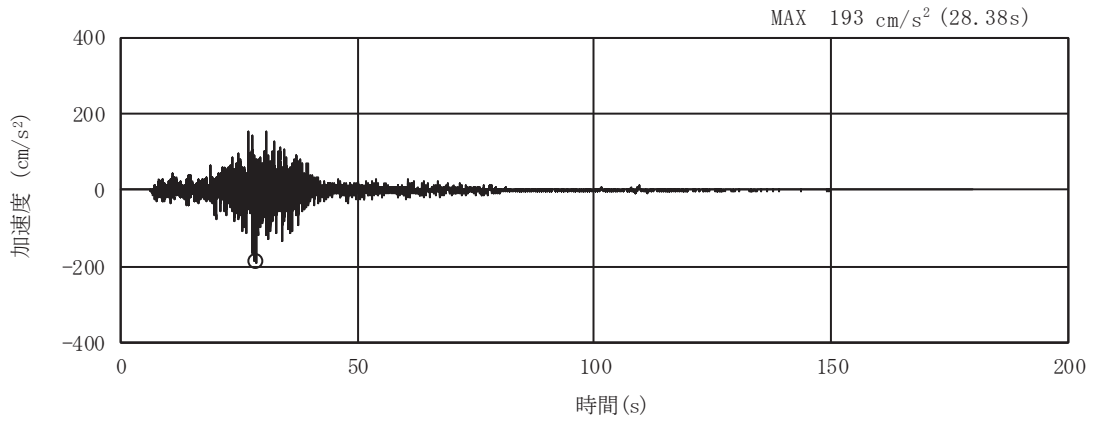


(a) 加速度時刻歴波形

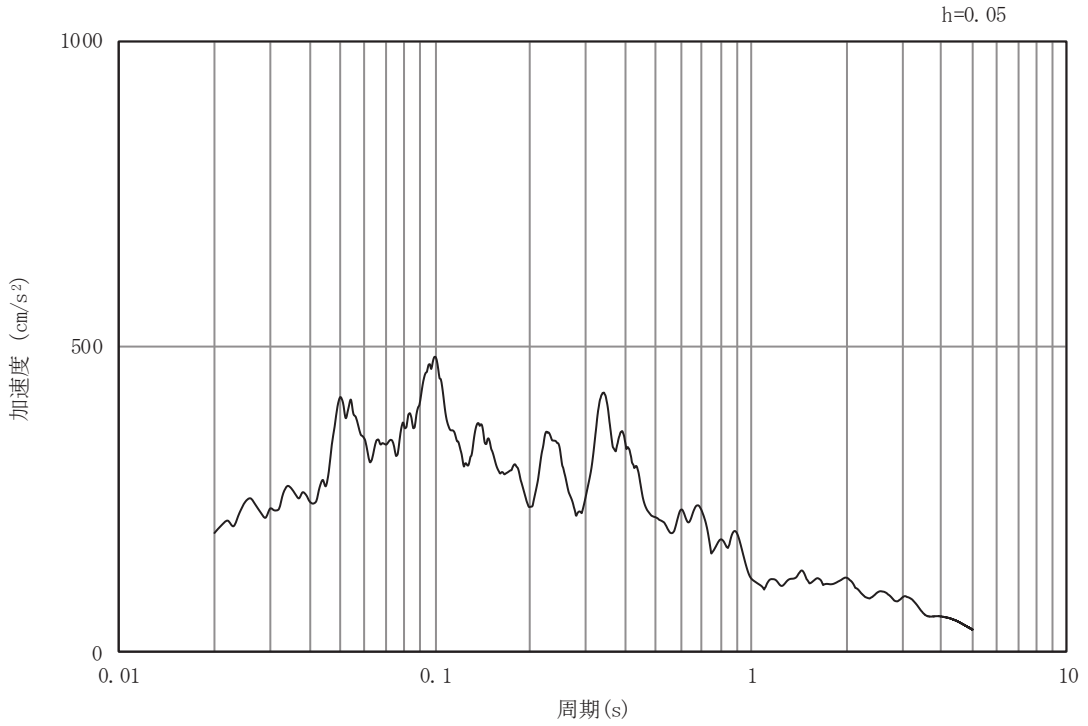


(b) 加速度応答スペクトル

図3-87 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(23/28)
 (水平成分：S d - F 2)

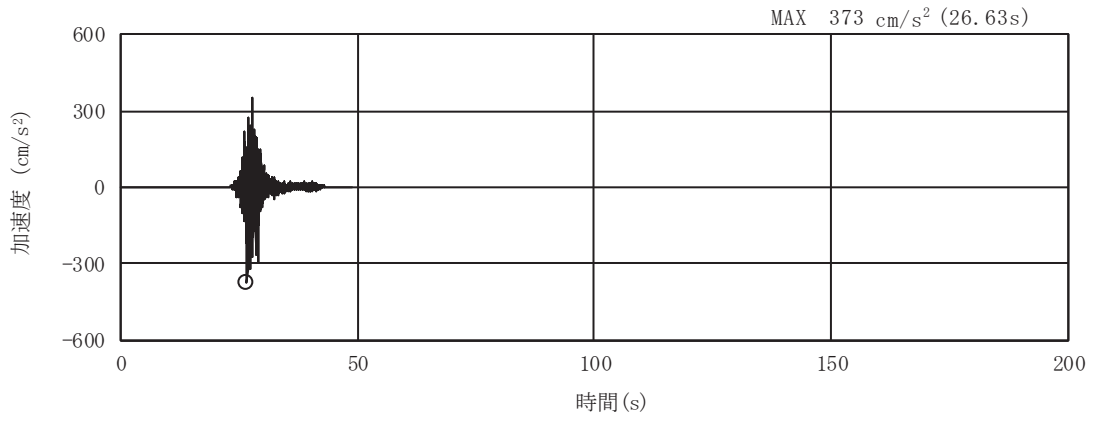


(a) 加速度時刻歴波形

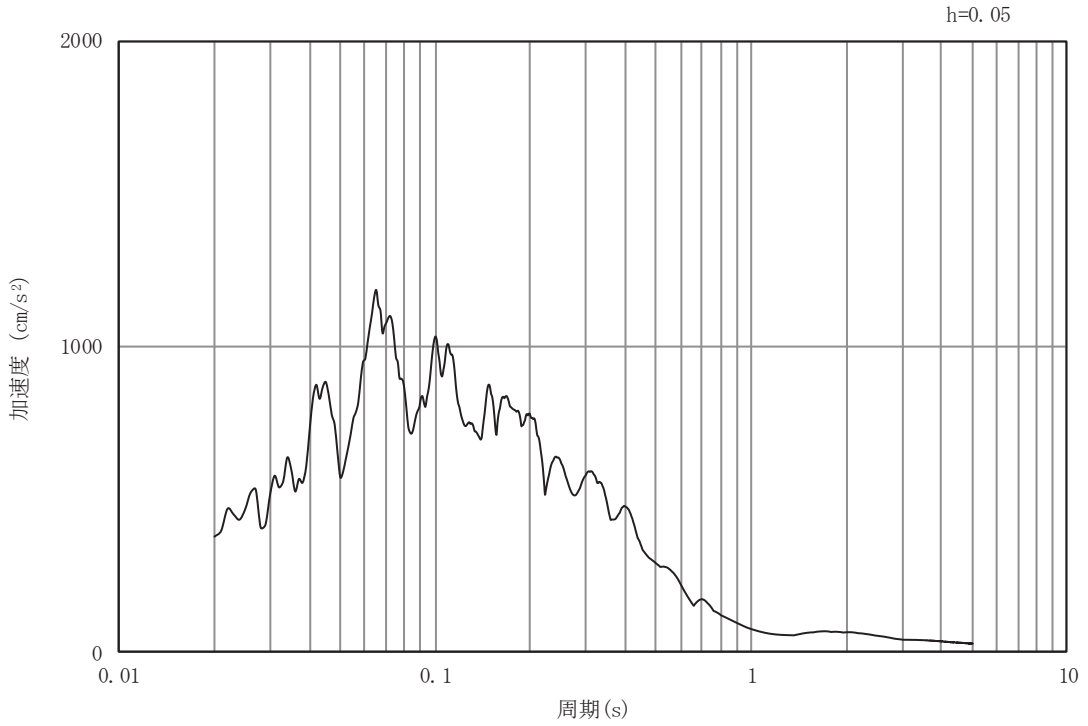


(b) 加速度応答スペクトル

図3-88 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(24/28)
 （鉛直成分：S d - F 2）

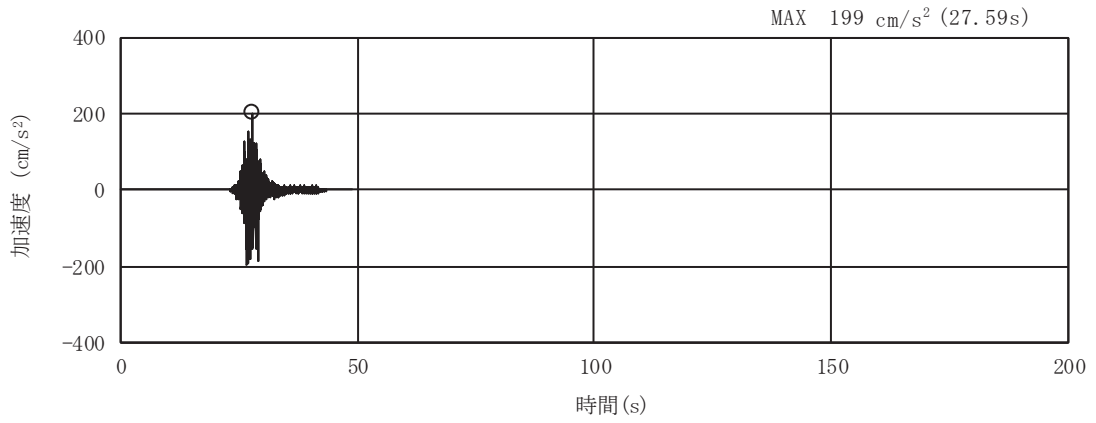


(a) 加速度時刻歴波形

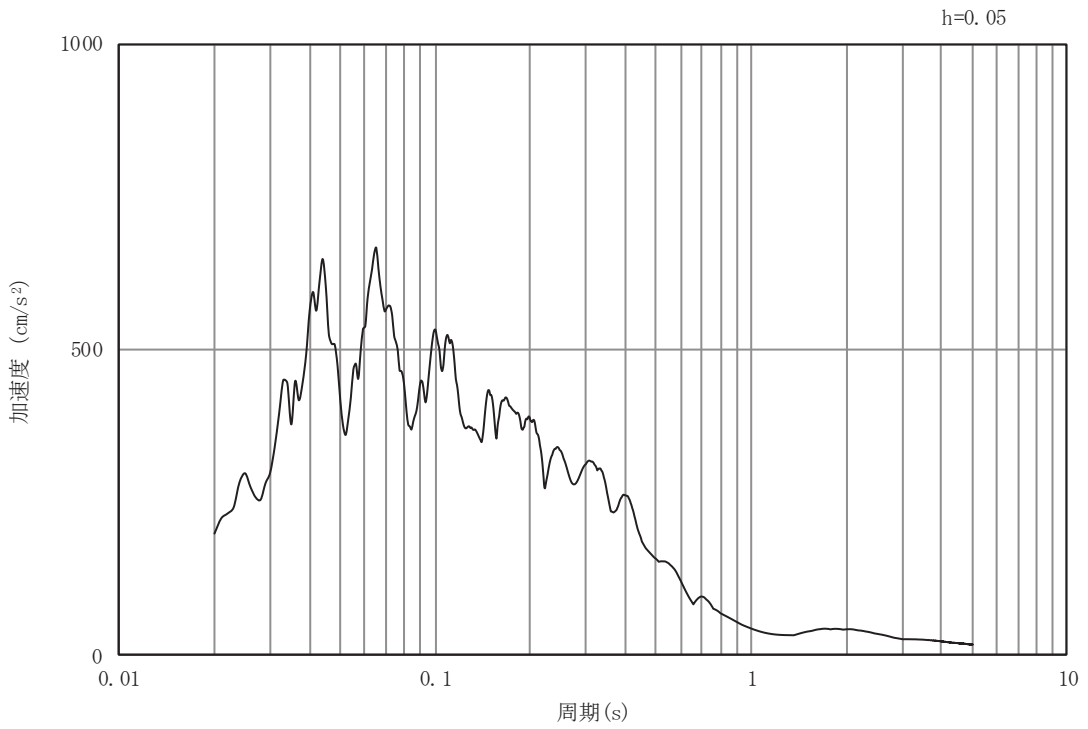


(b) 加速度応答スペクトル

図3-89 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(25/28)
 (水平成分：S d - F 3)

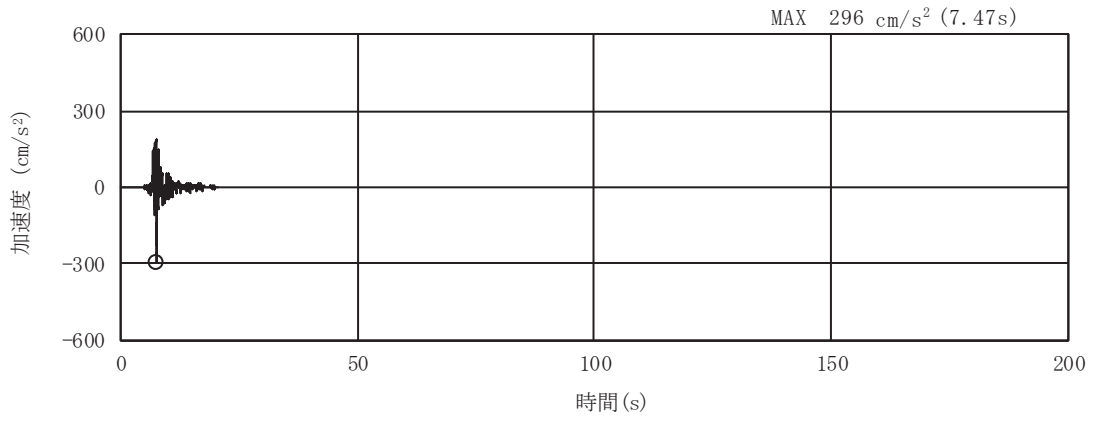


(a) 加速度時刻歴波形

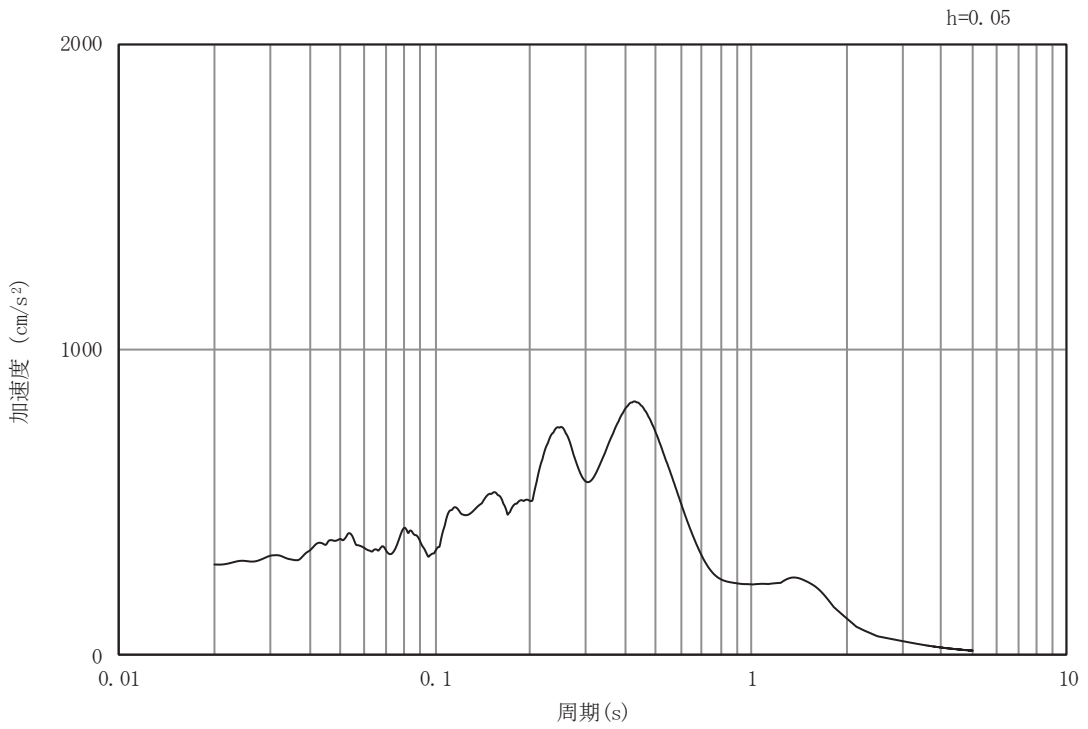


(b) 加速度応答スペクトル

図3-90 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(26/28)
 (鉛直成分：S d - F 3)

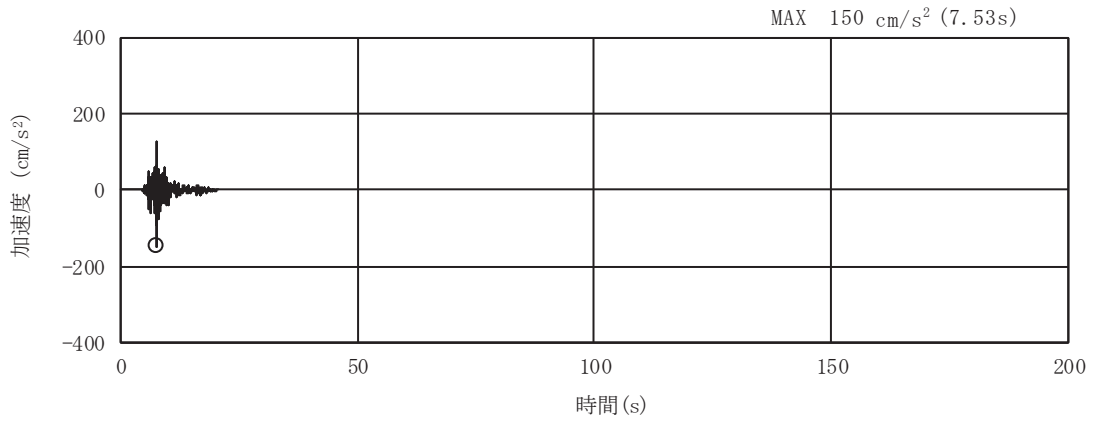


(a) 加速度時刻歴波形

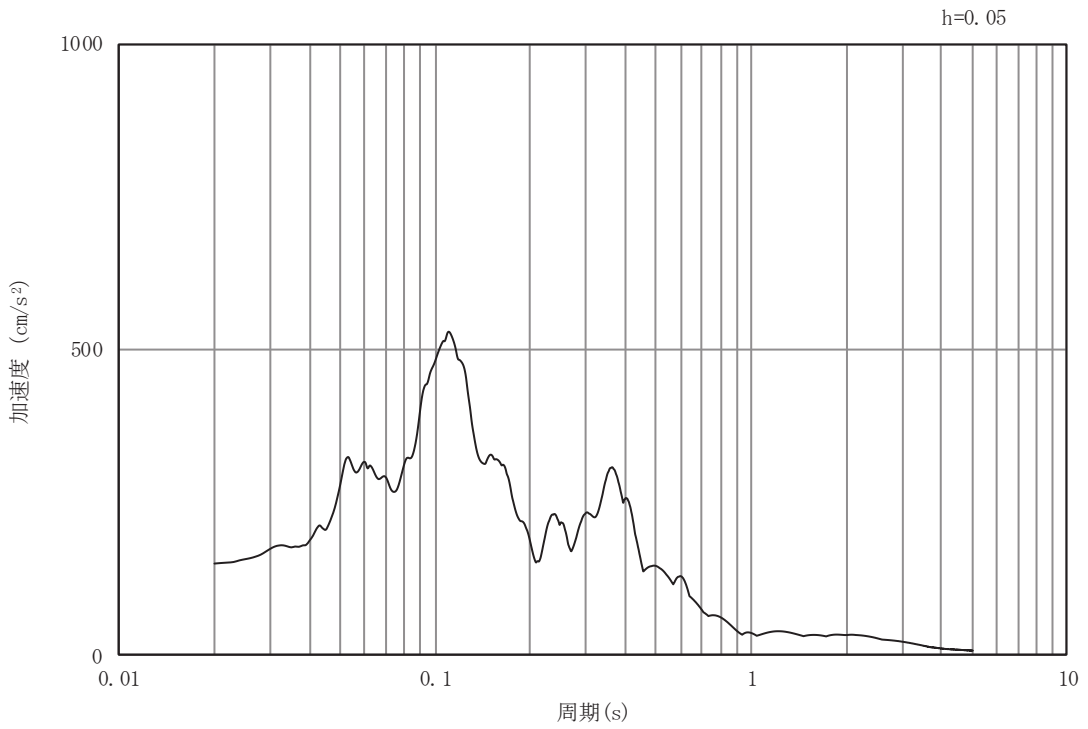


(b) 加速度応答スペクトル

図3-91 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(27/28)
 (水平成分：S d - N 1)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図3-92 岩盤部（断面⑤）の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(28/28)
 (鉛直成分：S d - N 1)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

排気筒連絡ダクトの地震応答解析モデルを図 3-93～図 3-95 に示す。

(1) 解析領域

二次元有限要素法による時刻歴応答解析の解析モデルの解析領域は、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分に広い領域とする。

(2) 境界条件

二次元有限要素法による時刻歴応答解析の解析モデルの境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

鉄筋コンクリート部材は、土砂部（断面①及び断面③）は非線形はり要素，岩盤部（断面⑤）は線形はり要素によりモデル化する。

(4) 地盤のモデル化

D級を除く岩盤は，線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また，盛土，旧表土及び D級岩盤は，地盤の非線形性をマルチスプリング要素で考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。

(5) ジョイント要素の設定

地震時の「地盤と構造物」との接合面における剥離及びすべりを考慮するため，これらの接合面にジョイント要素を設定する。

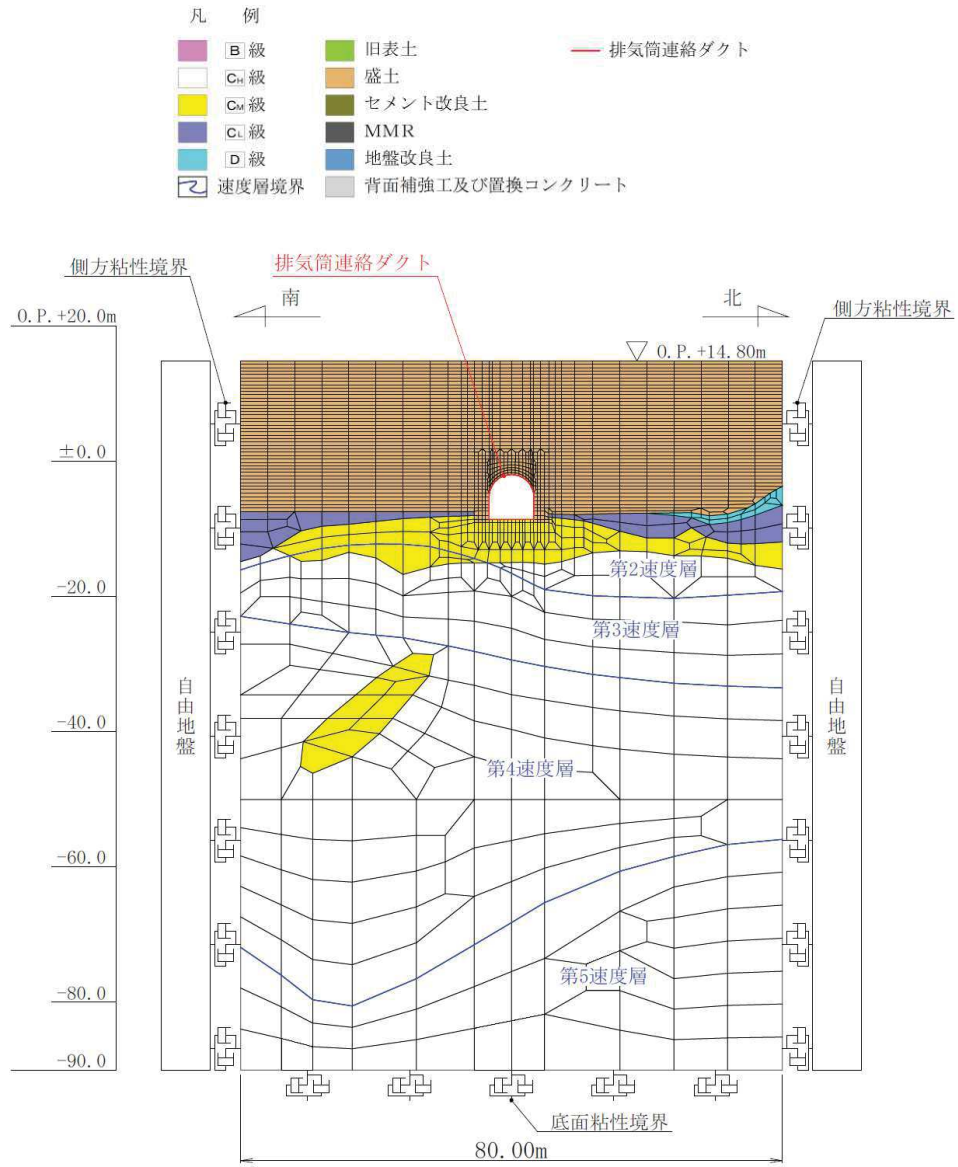


図3-93 排気筒連絡ダクトの地震応答解析モデル図（土砂部（断面①））

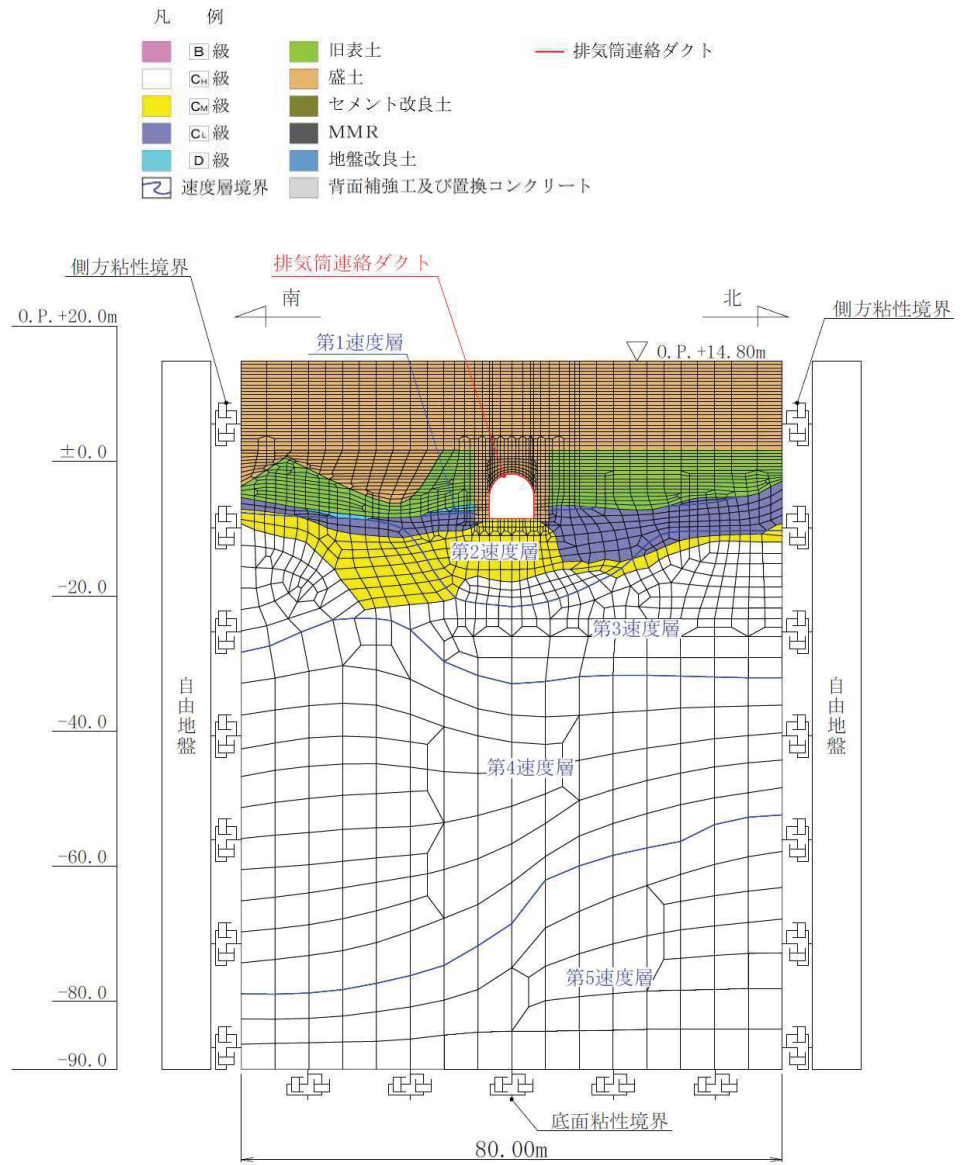


図 3-94 排気筒連絡ダクトの地震応答解析モデル図（土砂部（断面③））

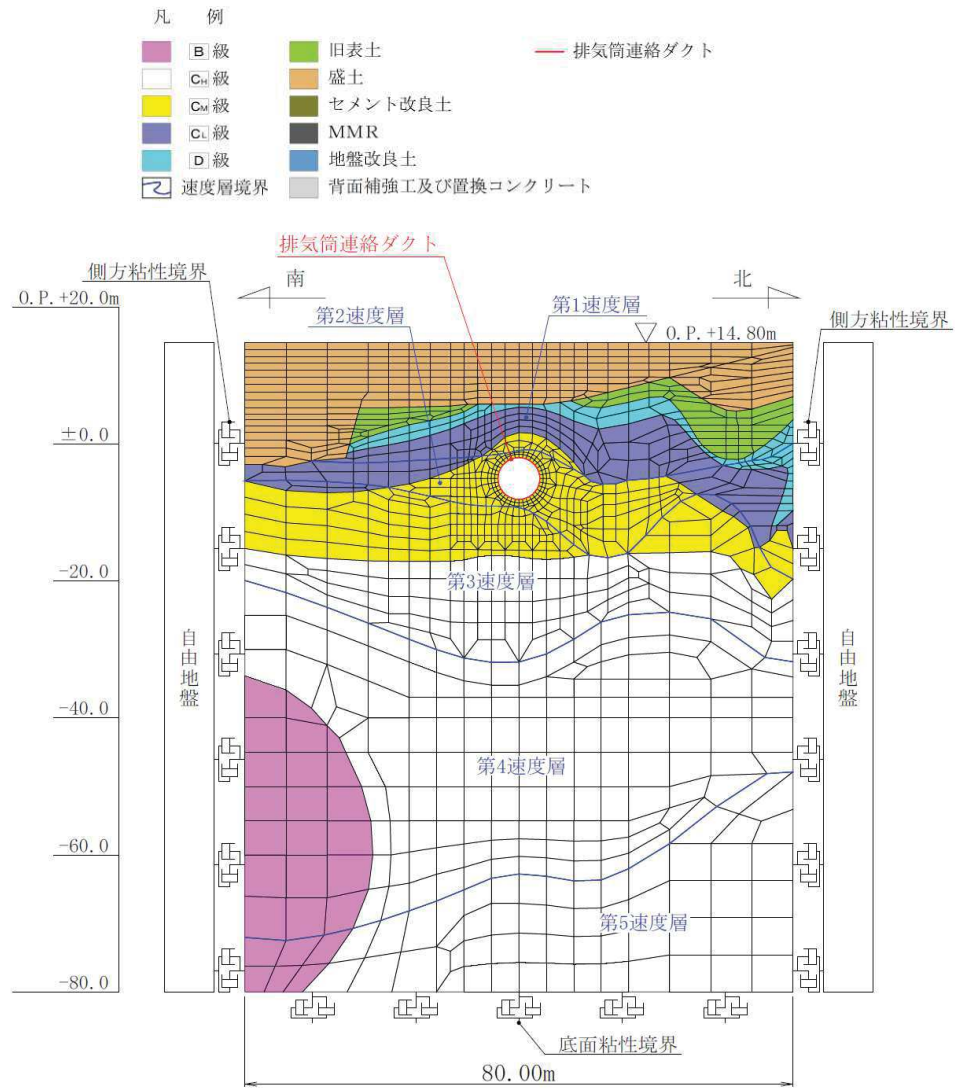


図 3-95 排気筒連絡ダクトの地震応答解析モデル図 (岩盤部 (断面⑤))

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 3-7 に、材料の物性値を表 3-8 に示す。

表 3-7 使用材料

材料	仕様
コンクリート	設計基準強度 20.5N/mm ²
鉄筋	SD345

表 3-8 材料の物性値（構造部材）

材料	項目	材料諸元	備考
鉄筋コンクリート	単位体積重量 (kN/m ³)	24.0	
コンクリート	ヤング係数 (N/mm ²)	実強度*	解析ケース④
		設計基準強度	解析ケース①, ②, ③
	ポアソン比	0.2	

注記*：既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

3.5.3 地盤の物性値

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

3.5.4 地下水位

設計用地下水位は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に従い設定する。設計用地下水位の一覧を表 3-9 に、設計用地下水位を図 3-96～図 3-98 に示す。

表 3-9 設計用地下水位の一覧

評価対象断面	設計用地下水位
土砂部 (断面①)	O. P. +5.73m
土砂部 (断面③)	O. P. +5.83m
岩盤部 (断面⑤)	O. P. +8.19m～O. P. +9.00m

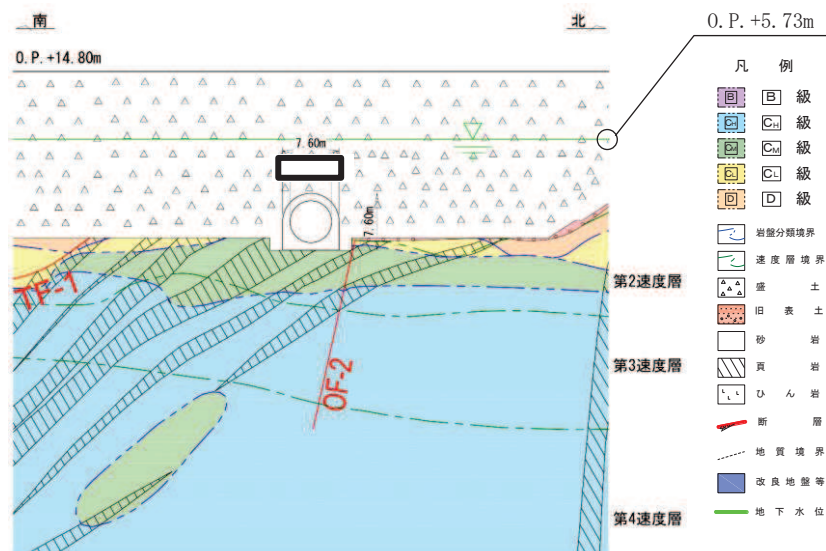


図 3-96 設計用地下水位 (土砂部 (断面①))

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

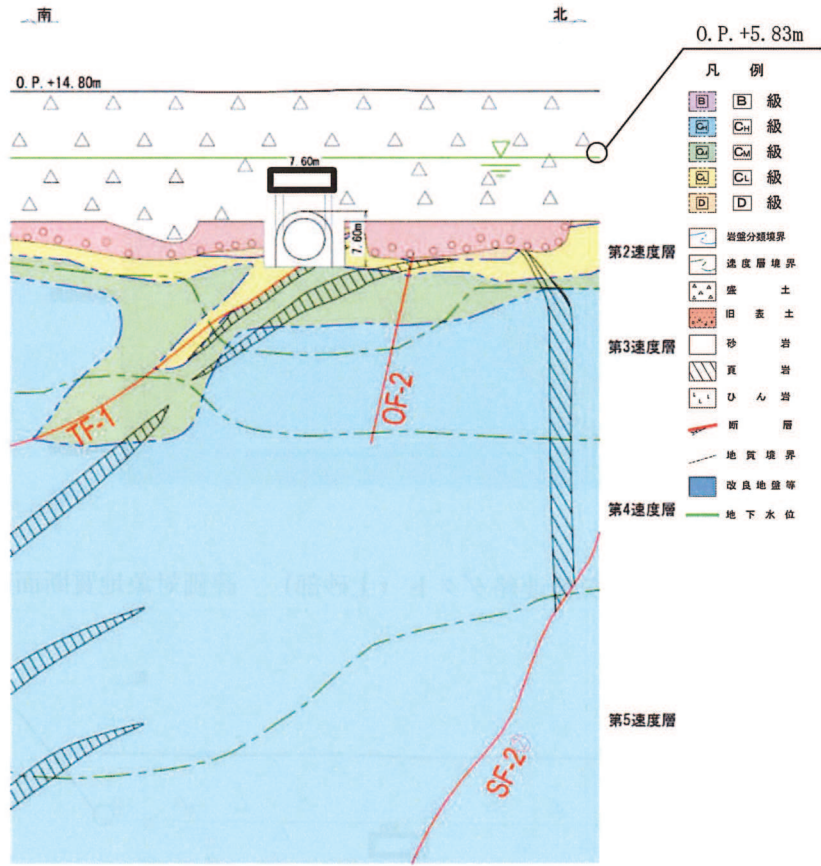


図3-97 設計用地下水位（土砂部（断面③））

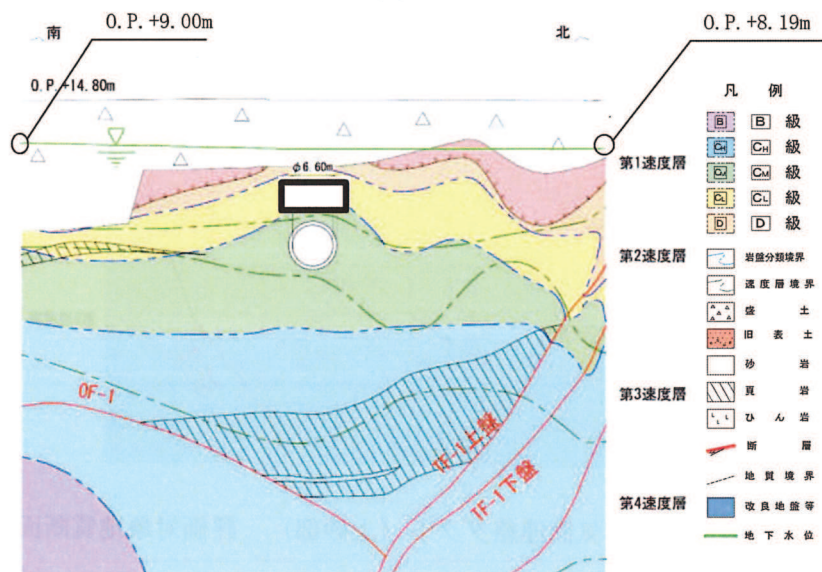


図3-98 設計用地下水位（岩盤部（断面⑤））

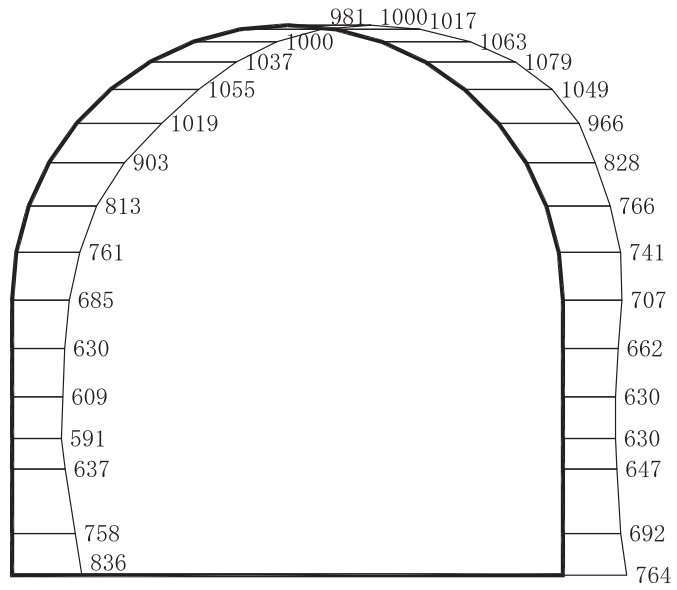
枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

4. 解析結果

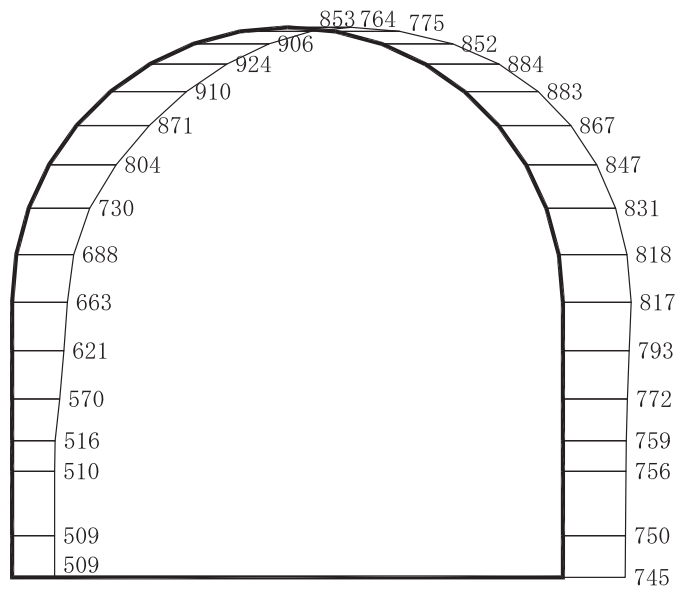
4.1 土砂部（断面①）の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として、解析ケース①（基本ケース）について、すべての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図を図4-1～図4-14に示す。また、解析ケース①において、照査項目ごとに照査値が0.5を超えるケースで照査値が最大となる地震動について、解析ケース②～④の最大加速度分布図を図4-15～図4-20に示す。

これらに加え、機器・配管系に対する応答加速度抽出として、解析ケース②～④についてすべての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図を図4-21～図4-41に示す。また、解析ケース①～④についてすべての弾性設計用地震動 S_d に対する最大加速度分布図を図4-42～図4-69に示す。



(a) S s - D 1 (++) 水平

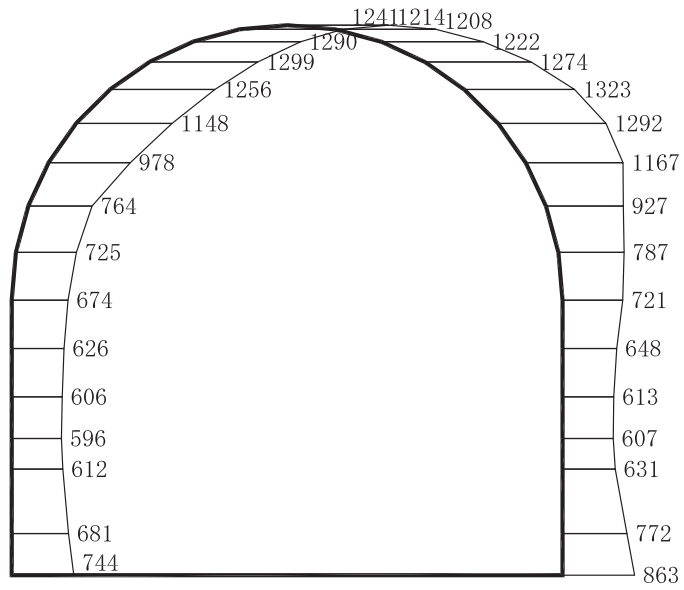


構造スケール 0 _____ 2 (m)

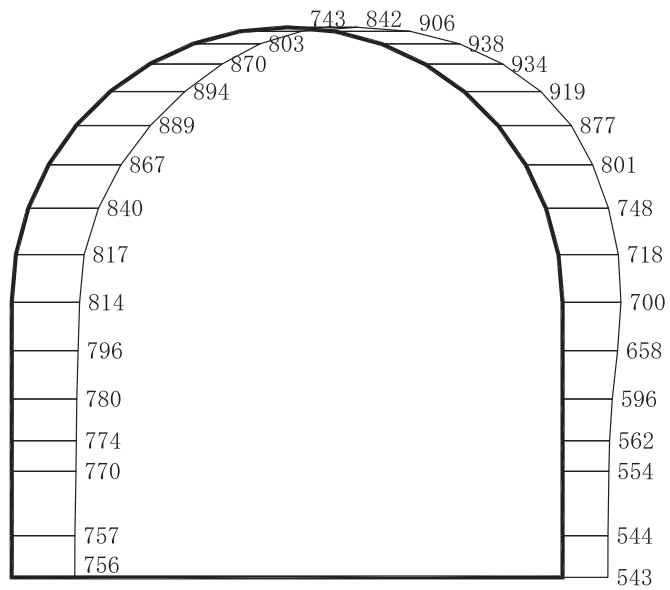
応答値スケール 0 _____ 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-1 最大加速度分布図 (1/20) (解析ケース①)



(a) S s - D 1 (-+) 水平

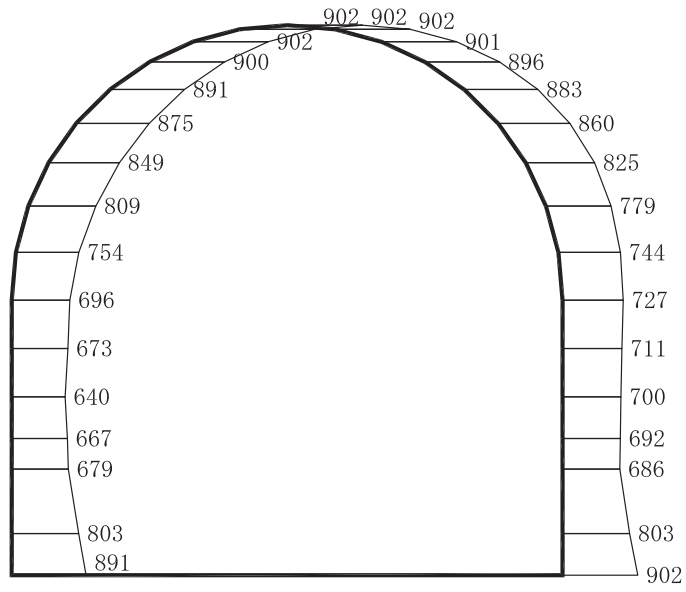


構造スケール 0 2 (m)

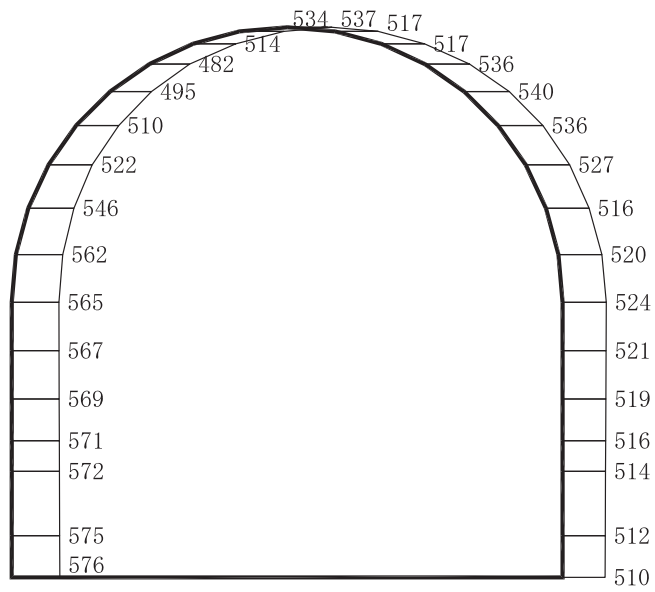
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (-+) 鉛直

図 4-2 最大加速度分布図 (2/20) (解析ケース①)



(a) S s - D 2 (++) 水平

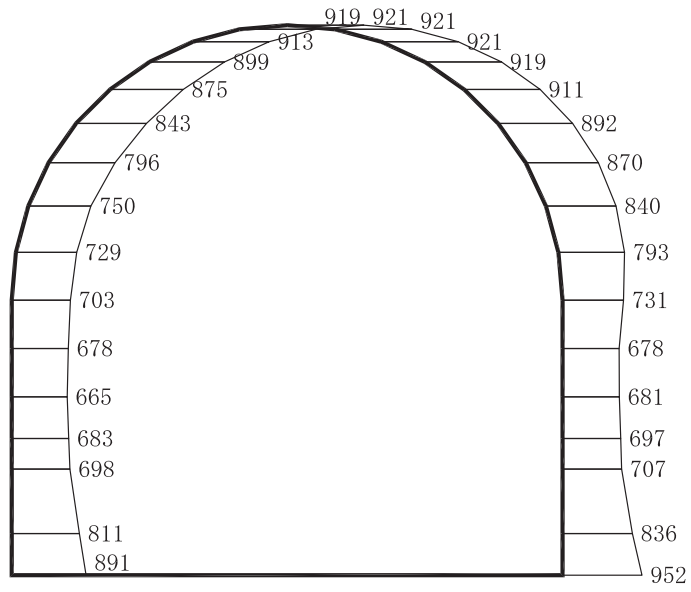


構造スケール 0 2 (m)

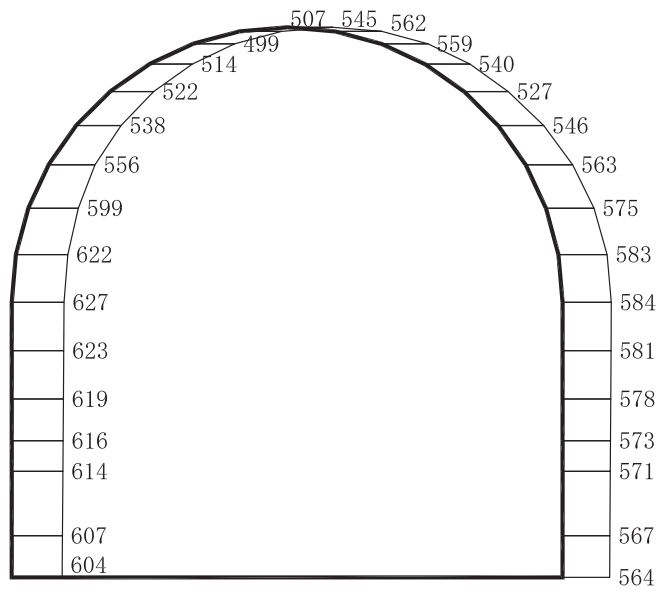
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-3 最大加速度分布図 (3/20) (解析ケース①)



(a) S s - D 2 (-+) 水平

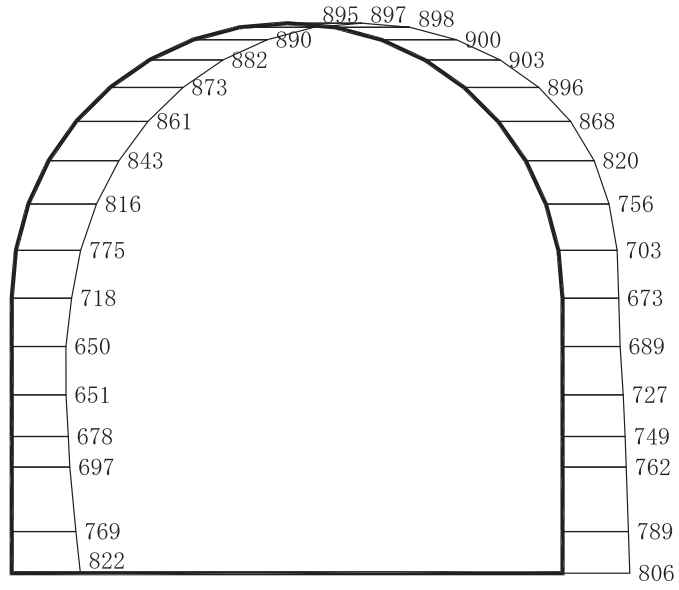


構造スケール 0 2 (m)

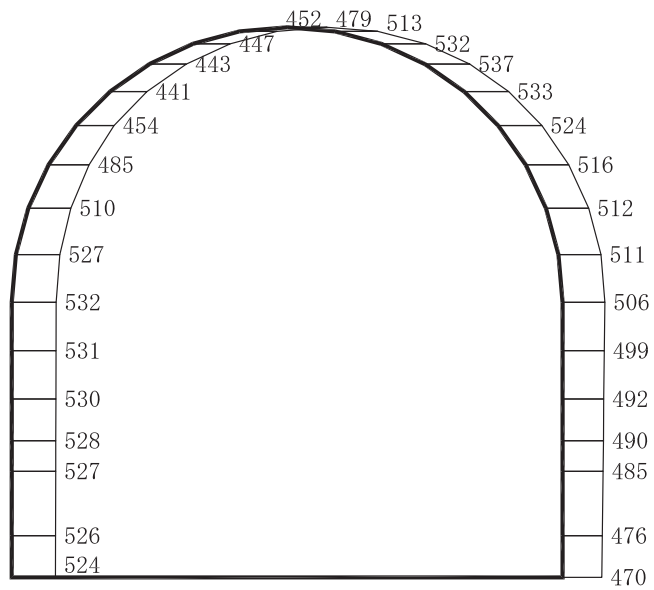
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (-+) 鉛直

図 4-4 最大加速度分布図 (4/20) (解析ケース①)



(a) S s - D 3 (++) 水平

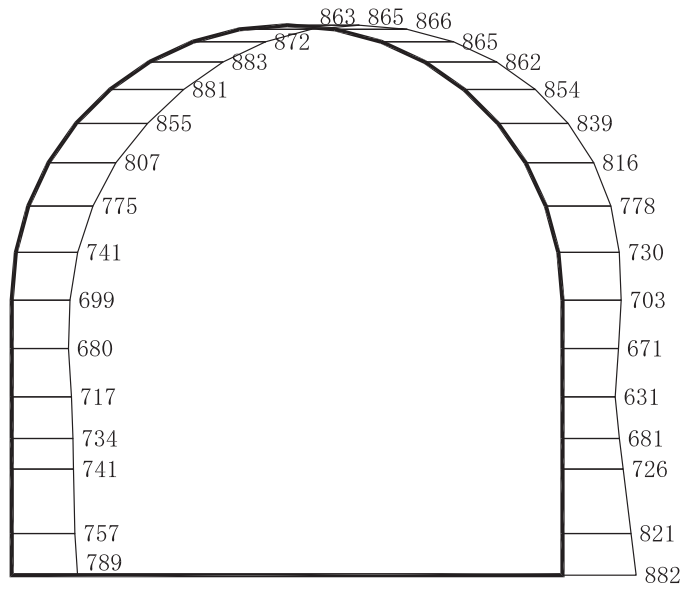


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

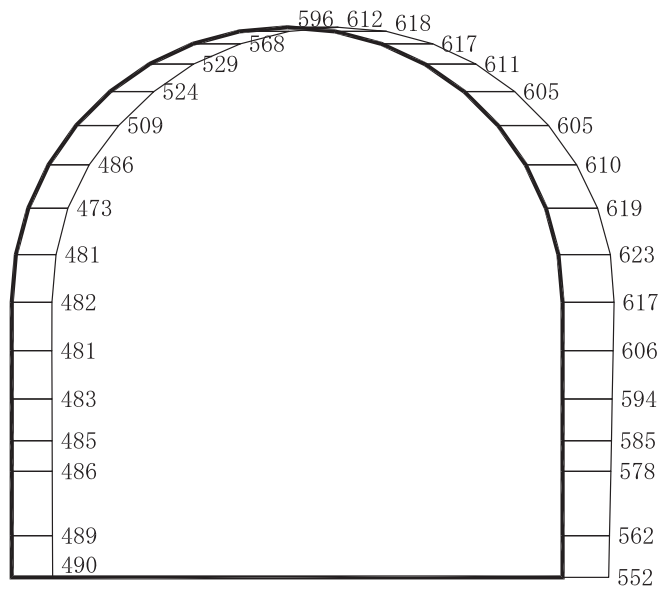
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-5 最大加速度分布図 (5/20) (解析ケース①)



(a) S s - D 3 (- +) 水平

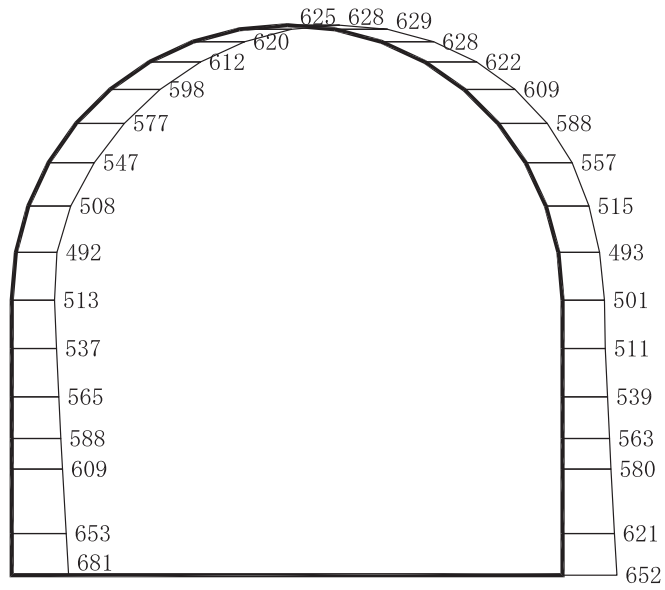


構造スケール 0 2 (m)

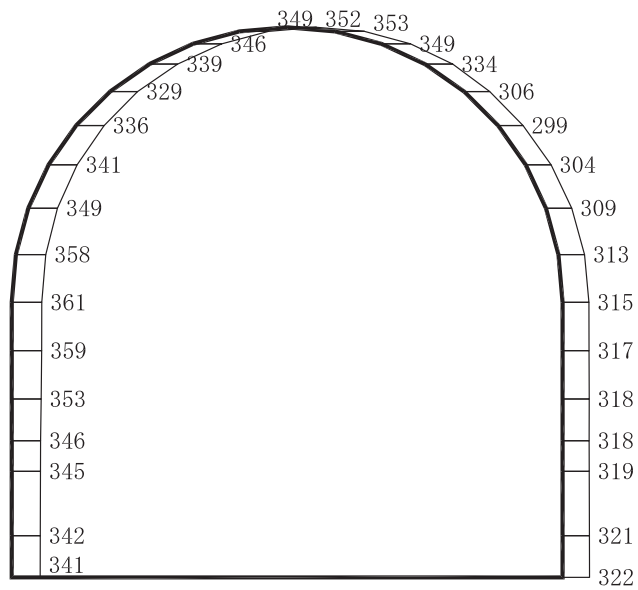
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 3 (- +) 鉛直

図 4-6 最大加速度分布図 (6/20) (解析ケース①)



(a) S s - F 1 (++) 水平

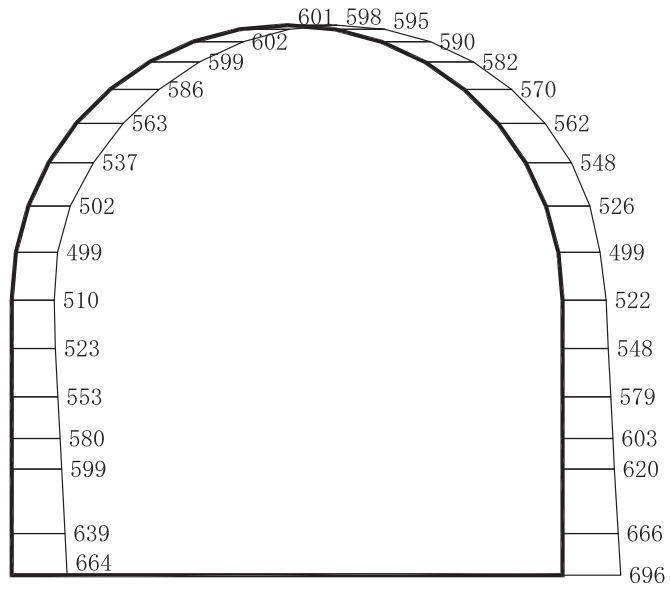


構造スケール 0 2 (m)

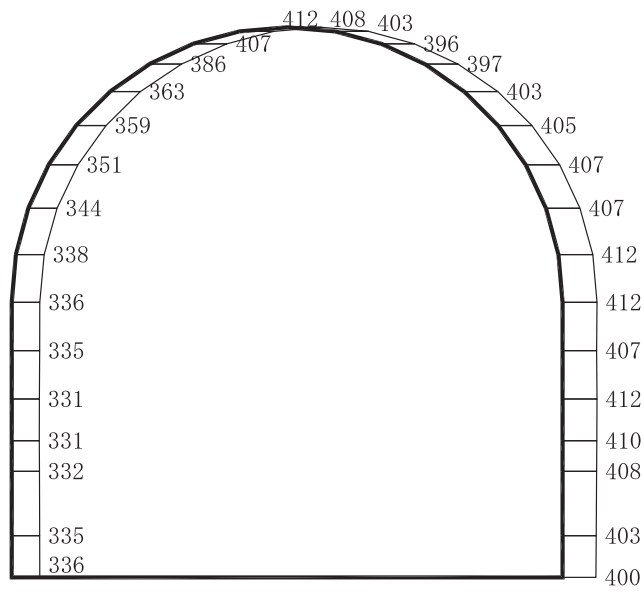
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-7 最大加速度分布図 (7/20) (解析ケース①)



(a) S s - F 1 (-+) 水平

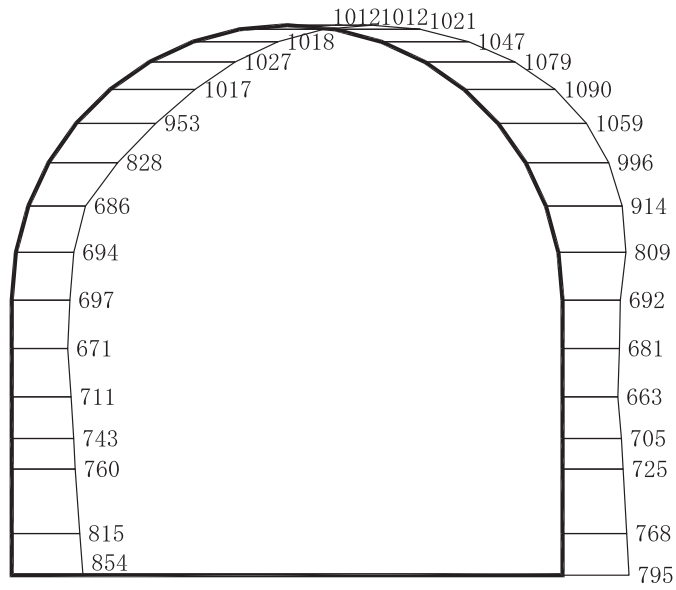


構造スケール 0 2 (m)

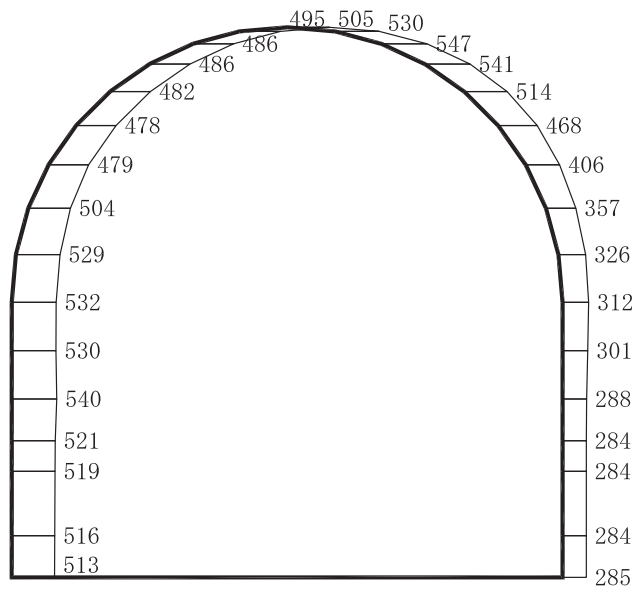
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 1 (-+) 鉛直

図 4-8 最大加速度分布図 (8/20) (解析ケース①)



(a) S s - F 2 (++) 水平

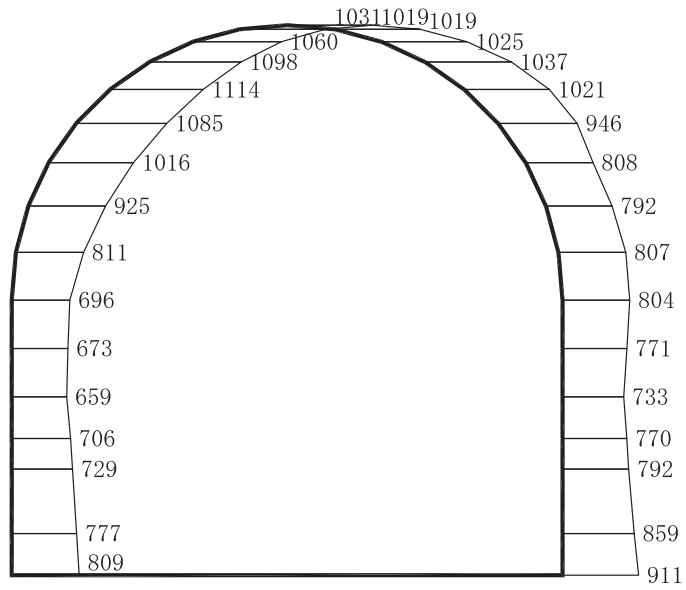


構造スケール 0 2 (m)

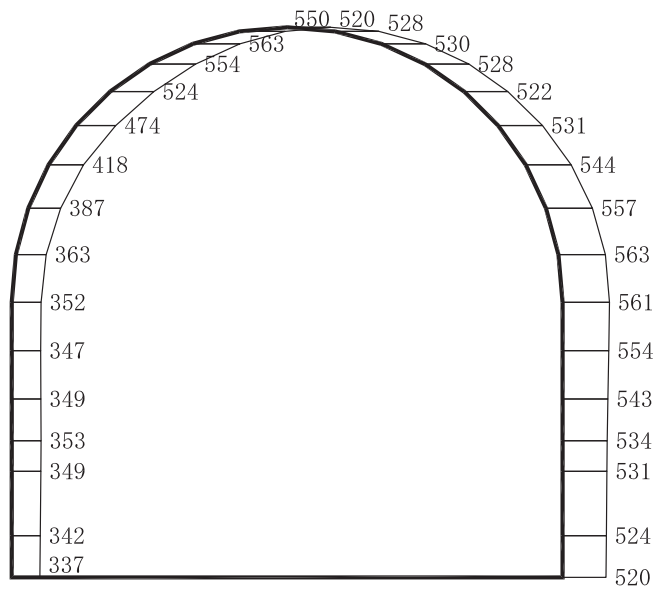
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-9 最大加速度分布図 (9/20) (解析ケース①)



(a) S s - F 2 (-+) 水平

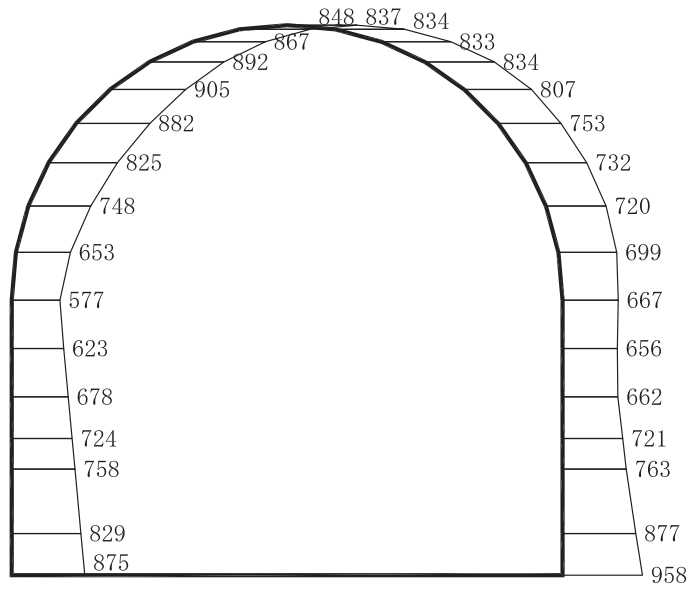


構造スケール 0 2 (m)

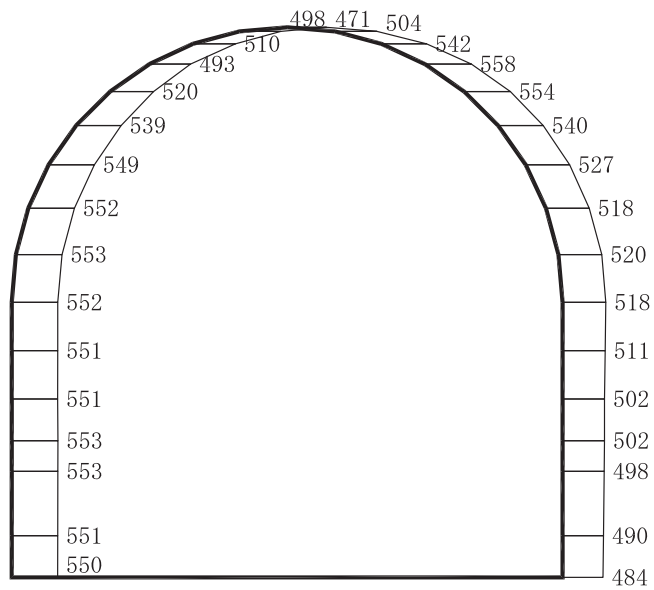
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 2 (-+) 鉛直

図 4-10 最大加速度分布図 (10/20) (解析ケース①)



(a) S s - F 3 (++) 水平

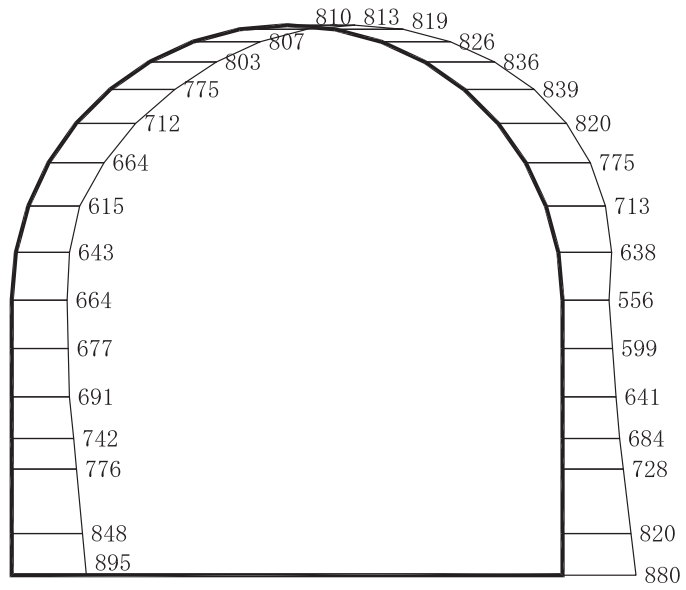


構造スケール 0 2 (m)

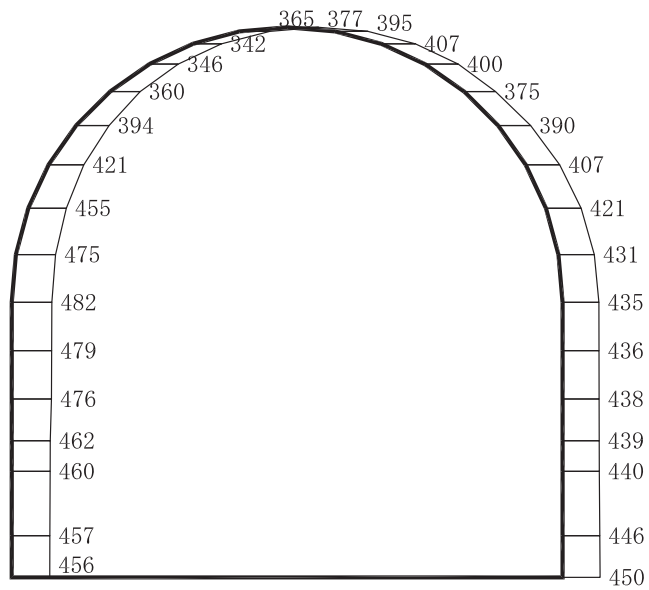
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-11 最大加速度分布図 (11/20) (解析ケース①)



(a) S s - F 3 (-+) 水平

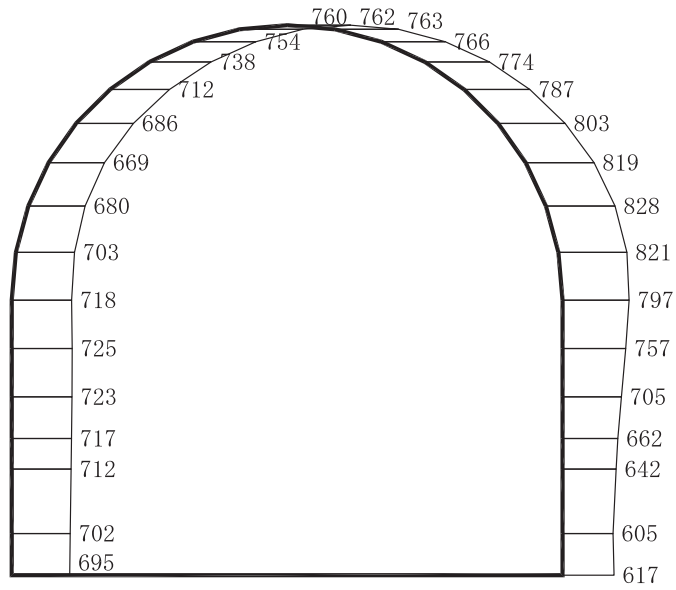


構造スケール 0 2 (m)

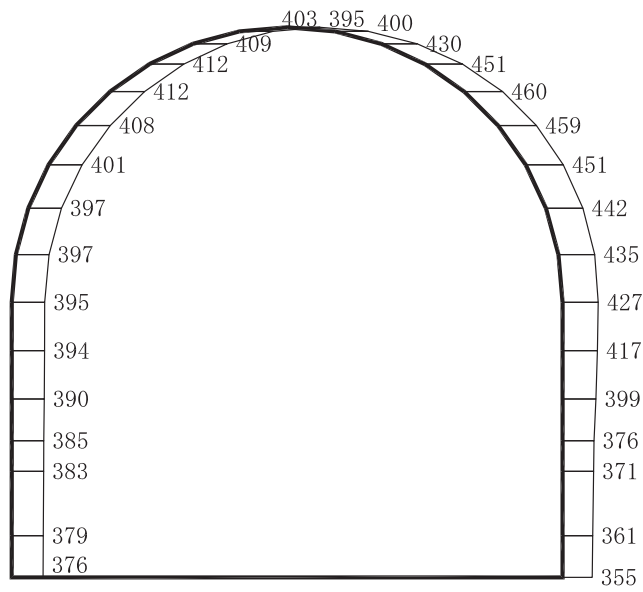
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 3 (-+) 鉛直

図 4-12 最大加速度分布図 (12/20) (解析ケース①)



(a) S s - N 1 (++) 水平

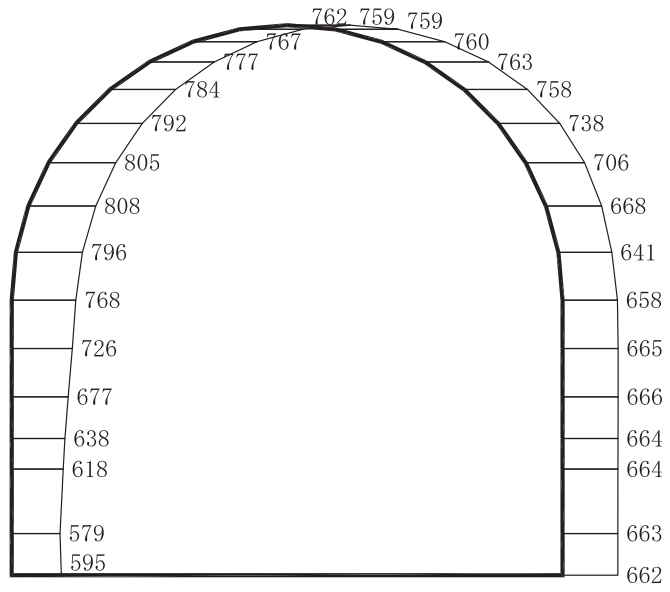


構造スケール 0 2 (m)

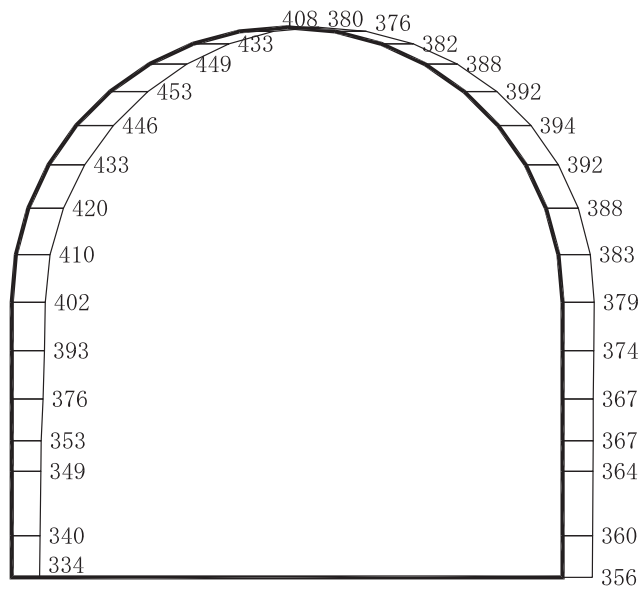
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-13 最大加速度分布図 (13/20) (解析ケース①)



(a) S s - N 1 (- +) 水平

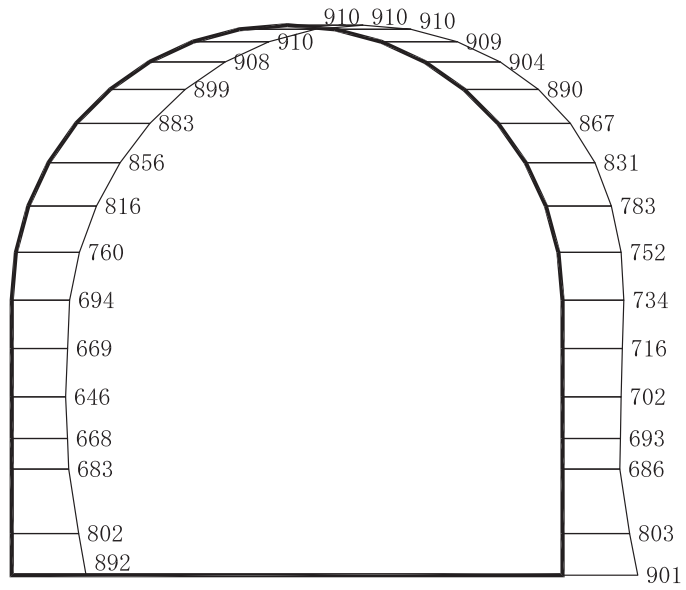


構造スケール 0 2 (m)

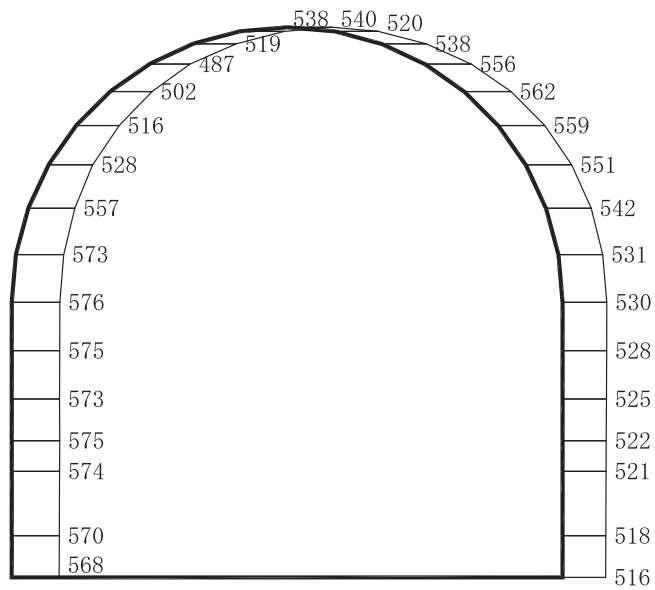
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (- +) 鉛直

図 4-14 最大加速度分布図 (14/20) (解析ケース①)



(a) S s - D 2 (++) 水平



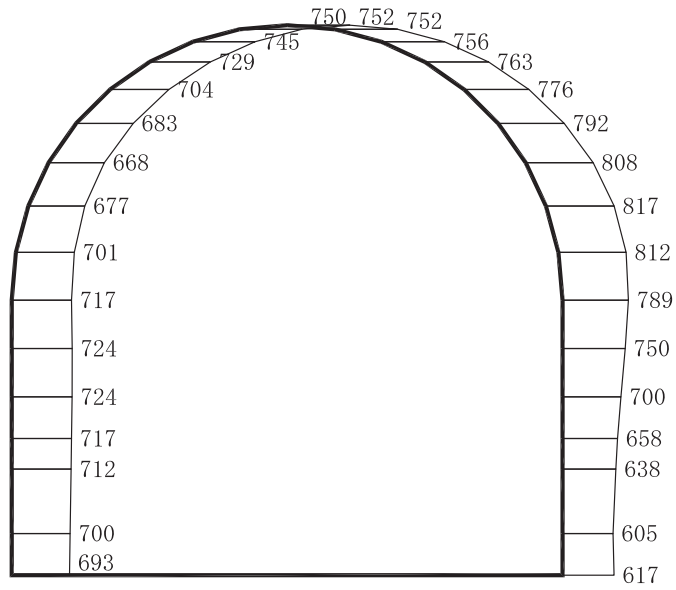
構造スケール 0 2 (m)

応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

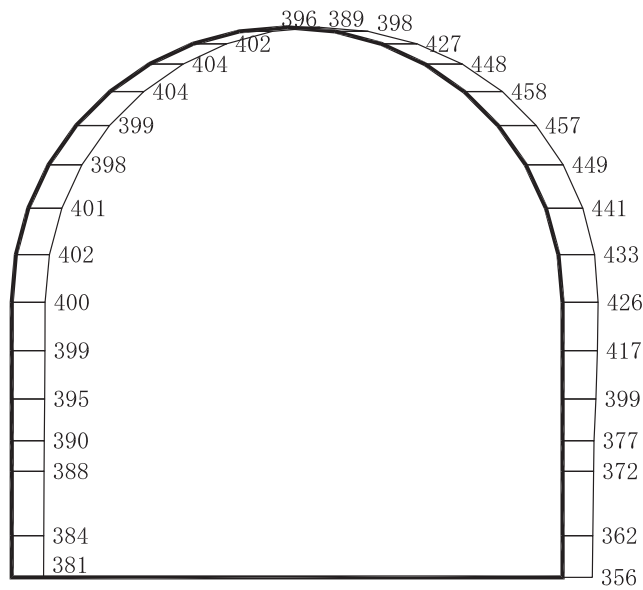
(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-15 最大加速度分布図 (15/20)

(解析ケース②：曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値ケース)



(a) S s - N 1 (++) 水平

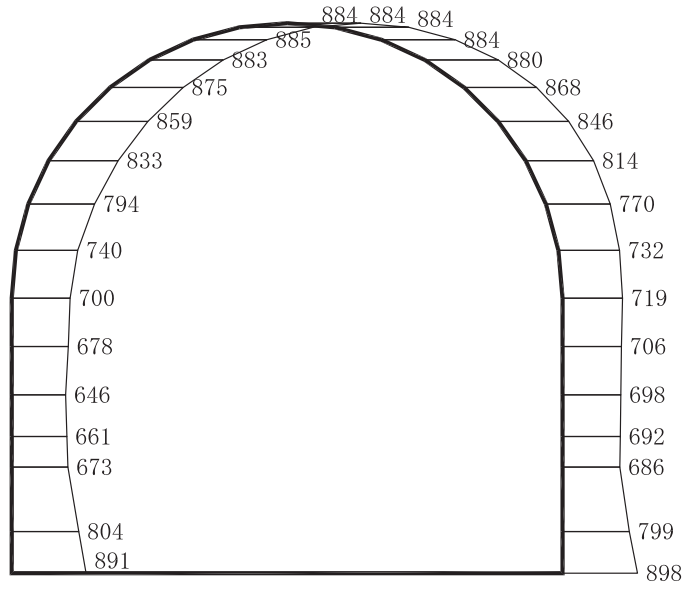


構造スケール 0 2 (m)

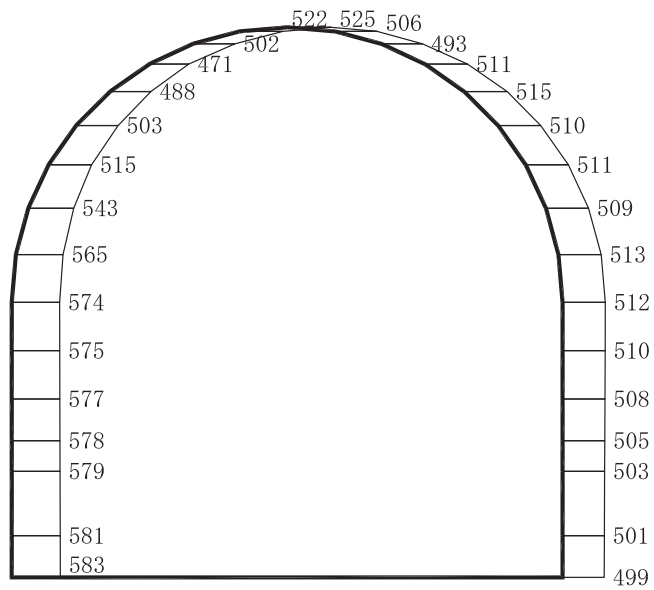
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-16 最大加速度分布図 (16/20)
(解析ケース②: せん断破壊に対する最大照査値ケース)



(a) S s - D 2 (++) 水平

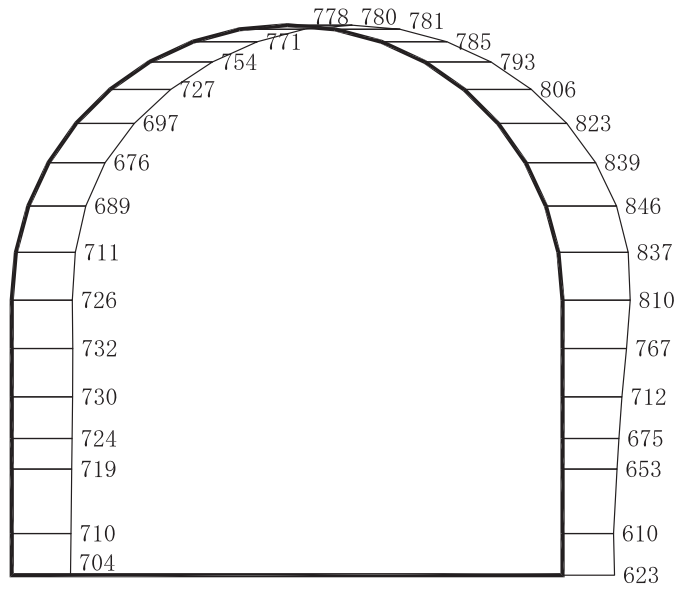


構造スケール 0 2 (m)

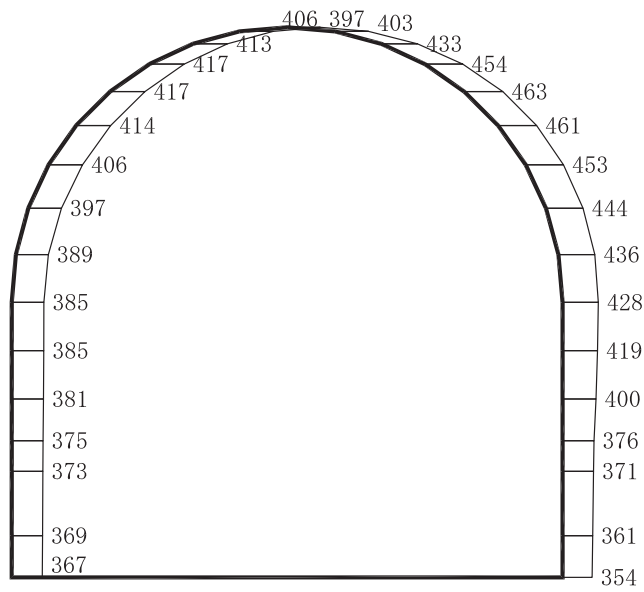
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-17 最大加速度分布図 (17/20)
 (解析ケース③：曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値ケース)



(a) S s - N 1 (++) 水平

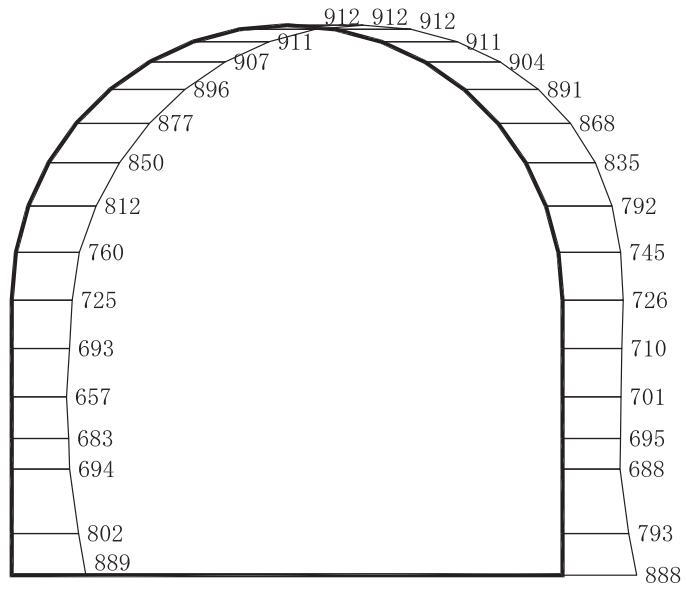


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

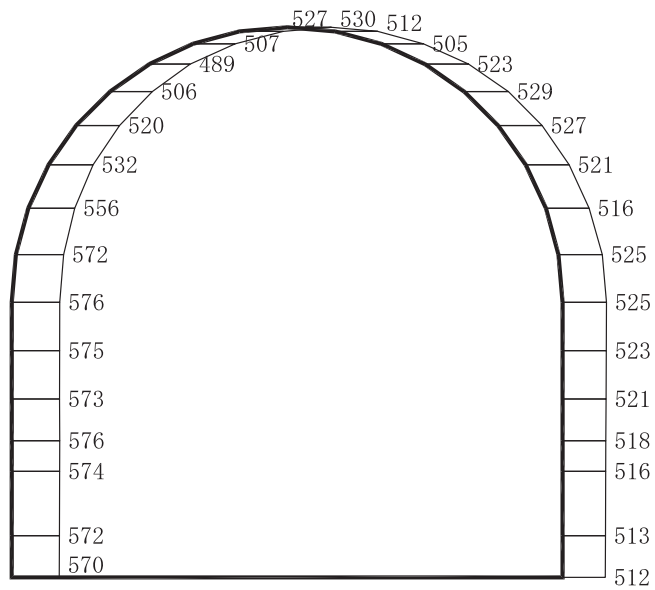
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-18 最大加速度分布図 (18/20)
 (解析ケース③：せん断破壊に対する最大照査値ケース)



(a) S s - D 2 (++) 水平

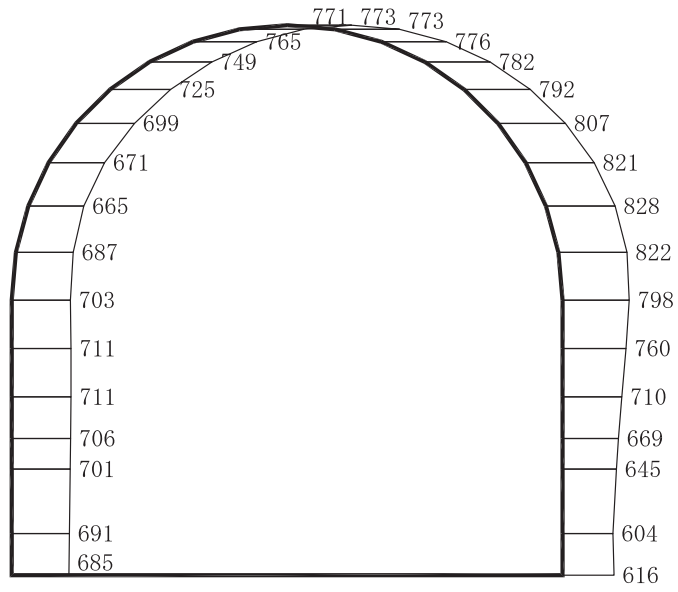


構造スケール 0 2 (m)

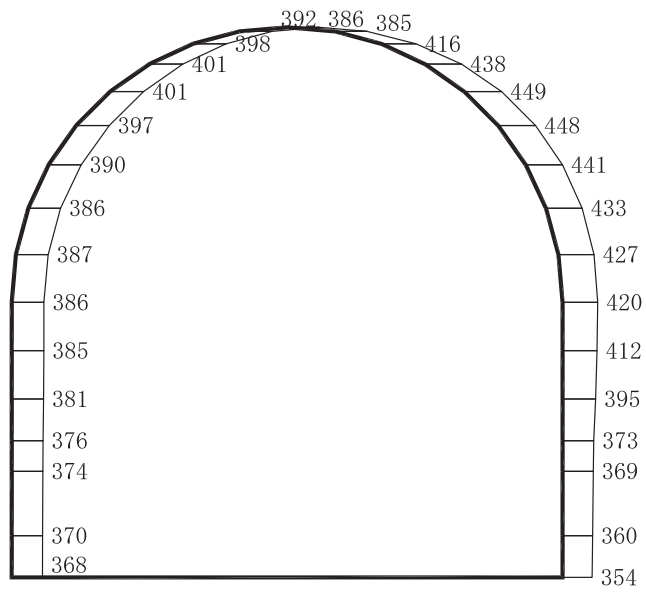
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-19 最大加速度分布図 (19/20)
 (解析ケース④：曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値ケース)



(a) S s - N 1 (++) 水平

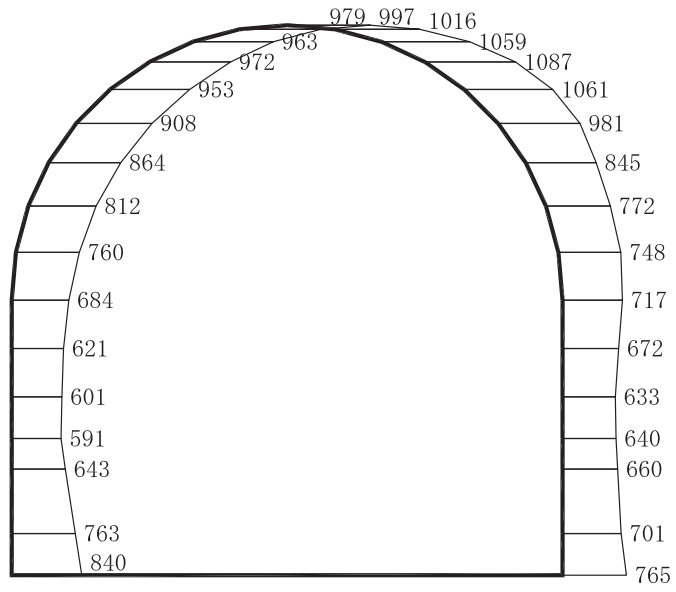


構造スケール 0 2 (m)

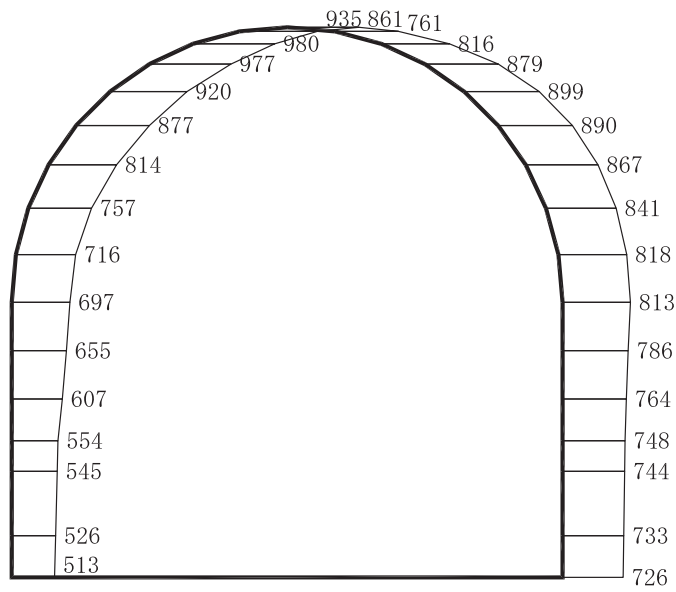
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-20 最大加速度分布図 (20/20)
 (解析ケース④：せん断破壊に対する最大照査値ケース)



(a) S s - D 1 (++) 水平

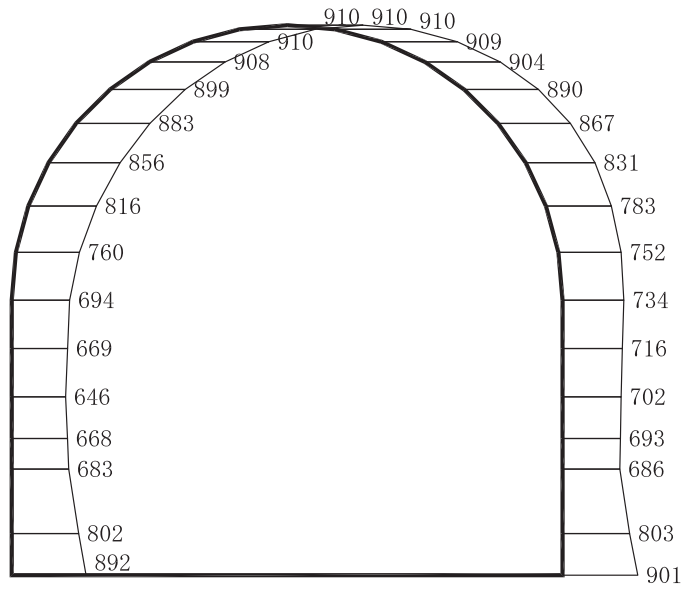


構造スケール 0 2 (m)

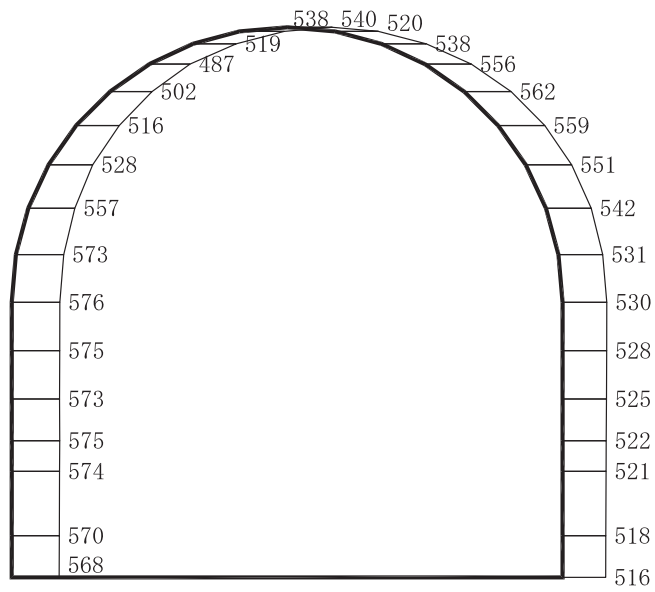
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-21 最大加速度分布図 (1/49) (解析ケース②)



(a) S s - D 2 (++) 水平

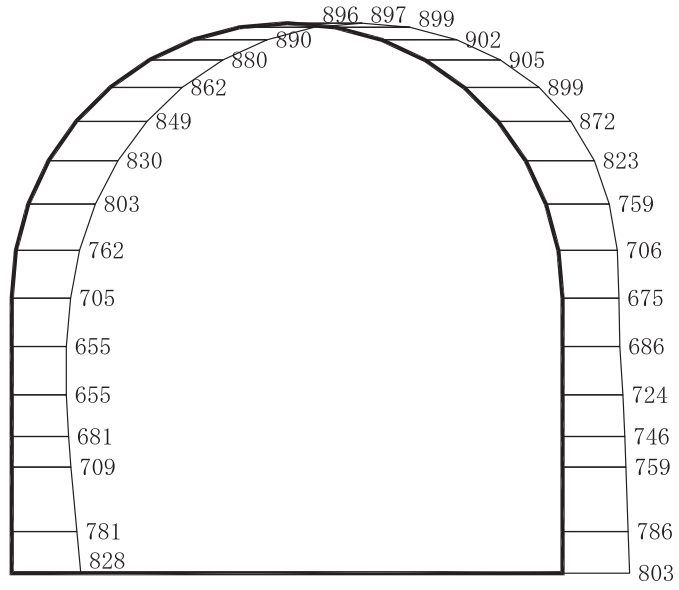


構造スケール 0 2 (m)

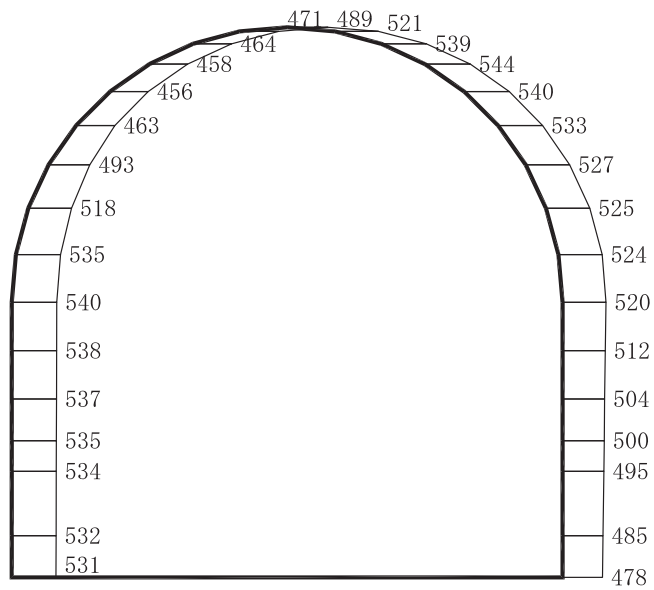
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-22 最大加速度分布図 (2/49) (解析ケース②)



(a) S s - D 3 (++) 水平

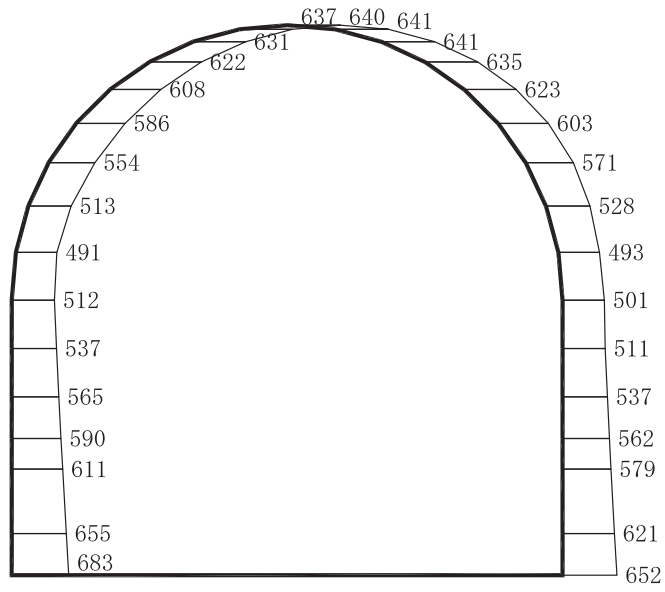


構造スケール 0 2 (m)

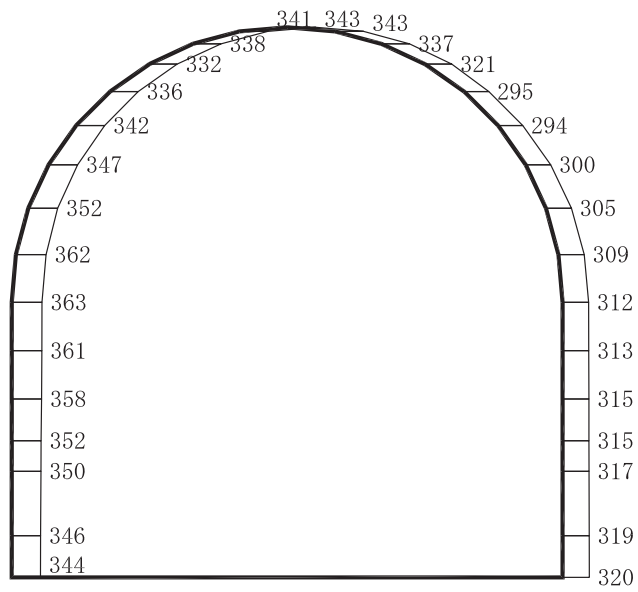
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-23 最大加速度分布図 (3/49) (解析ケース②)



(a) S s - F 1 (++) 水平

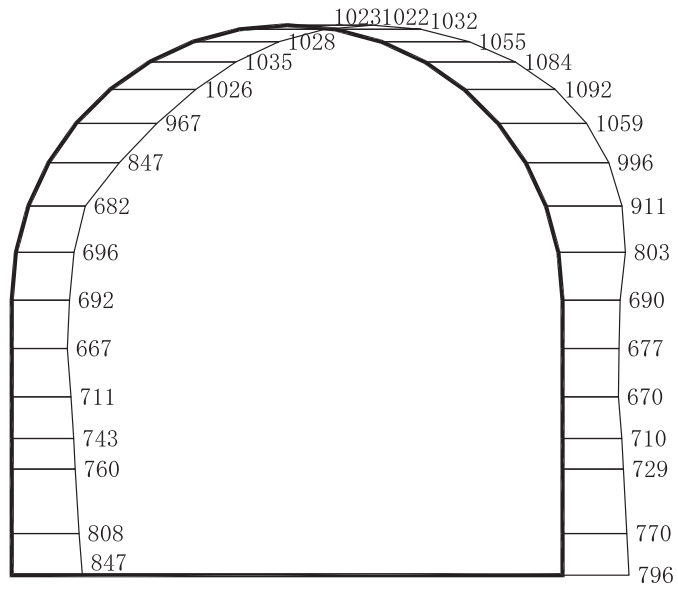


構造スケール 0 2 (m)

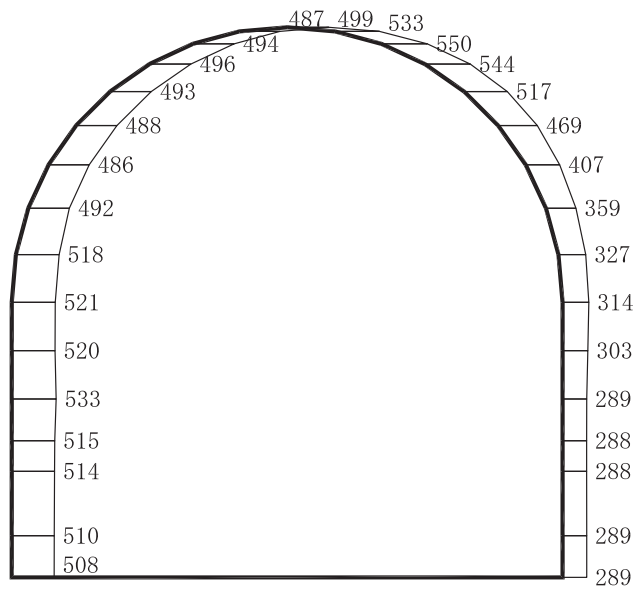
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-24 最大加速度分布図 (4/49) (解析ケース②)



(a) S s - F 2 (++) 水平

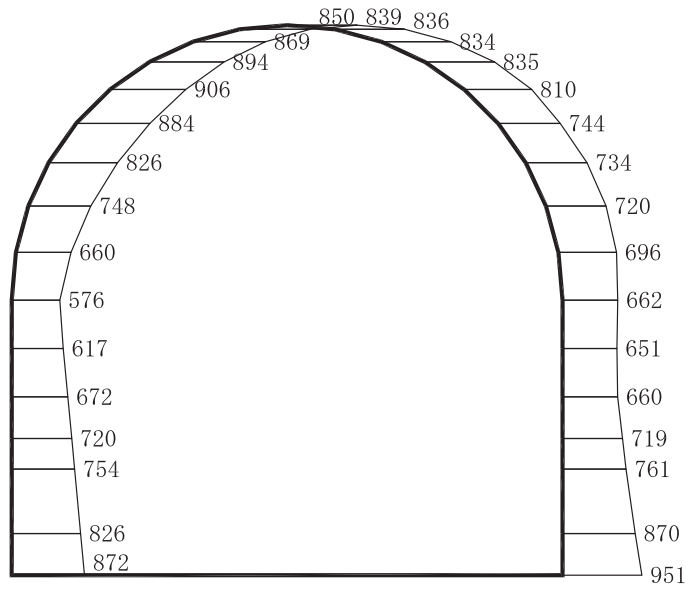


構造スケール 0 2 (m)

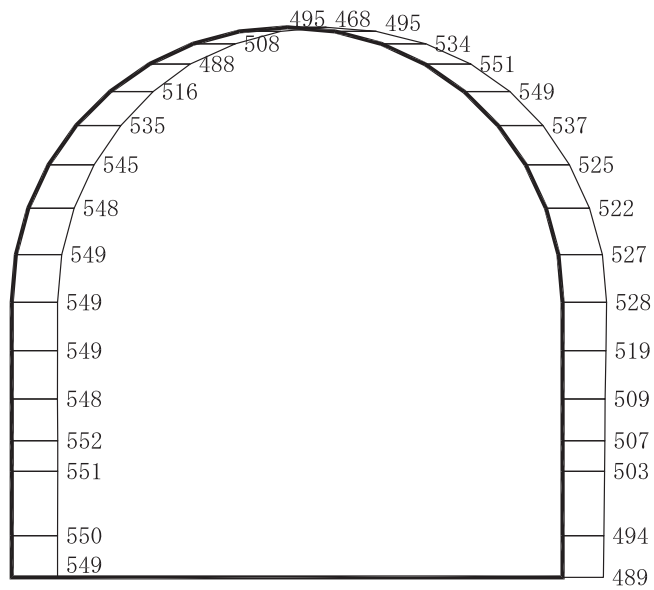
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-25 最大加速度分布図 (5/49) (解析ケース②)



(a) S s - F 3 (++) 水平

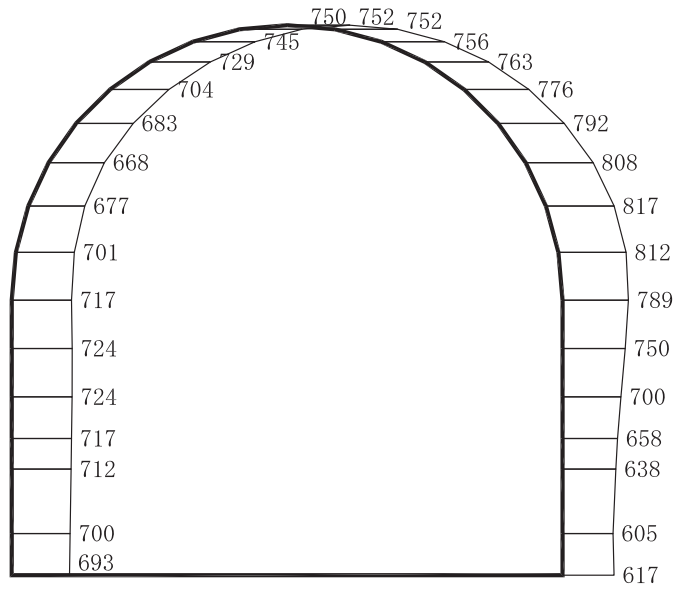


構造スケール 0 2 (m)

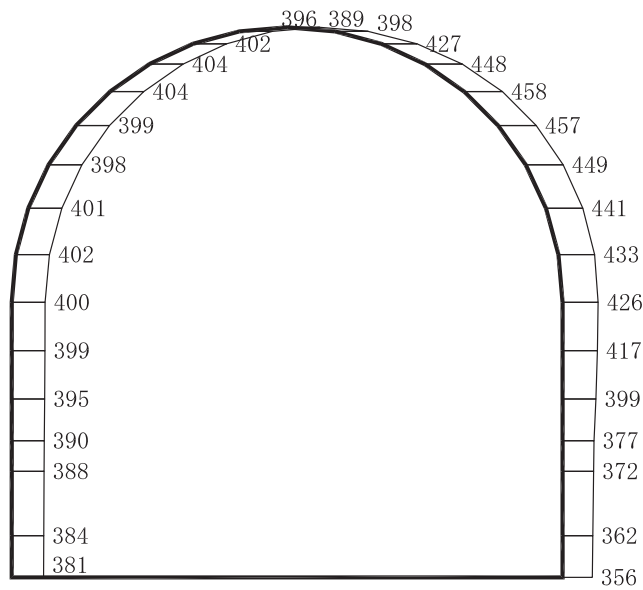
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-26 最大加速度分布図 (6/49) (解析ケース②)



(a) S s - N 1 (++) 水平

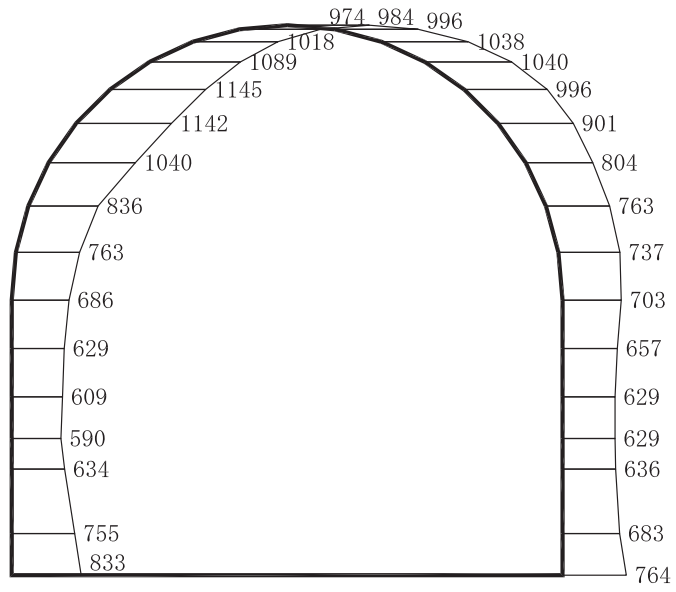


構造スケール 0 2 (m)

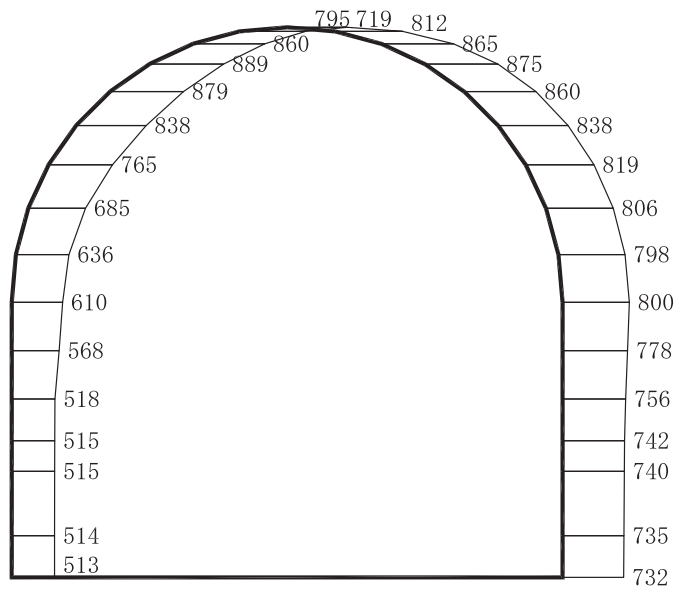
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-27 最大加速度分布図 (7/49) (解析ケース②)



(a) S s - D 1 (++) 水平

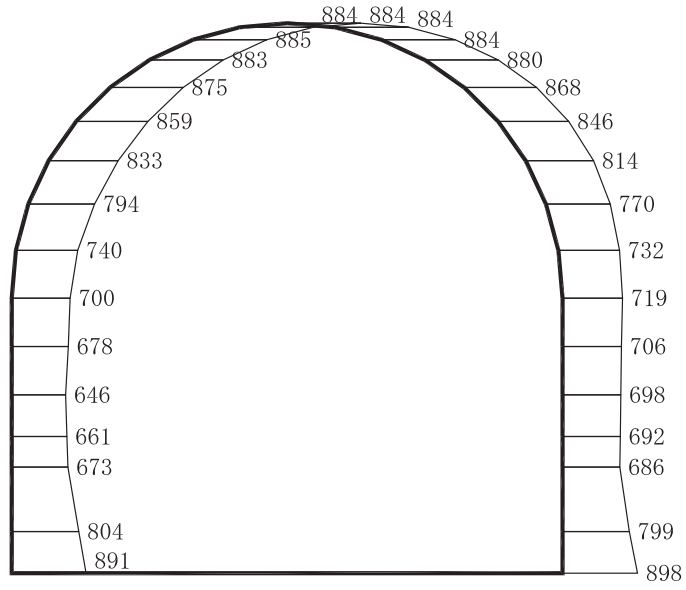


構造スケール 0 2 (m)

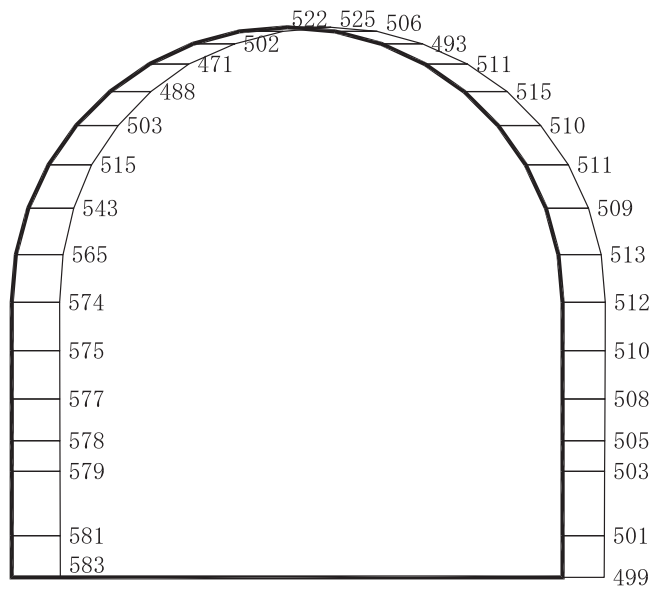
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-28 最大加速度分布図 (8/49) (解析ケース③)



(a) S s - D 2 (++) 水平

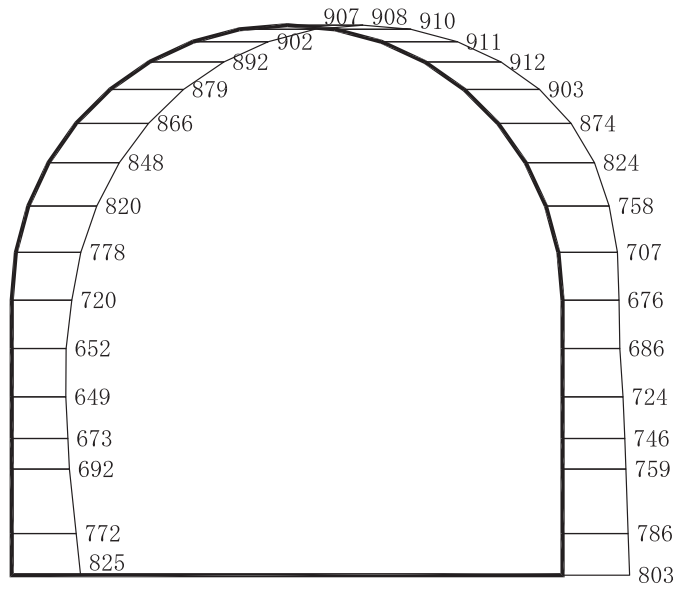


構造スケール 0 2 (m)

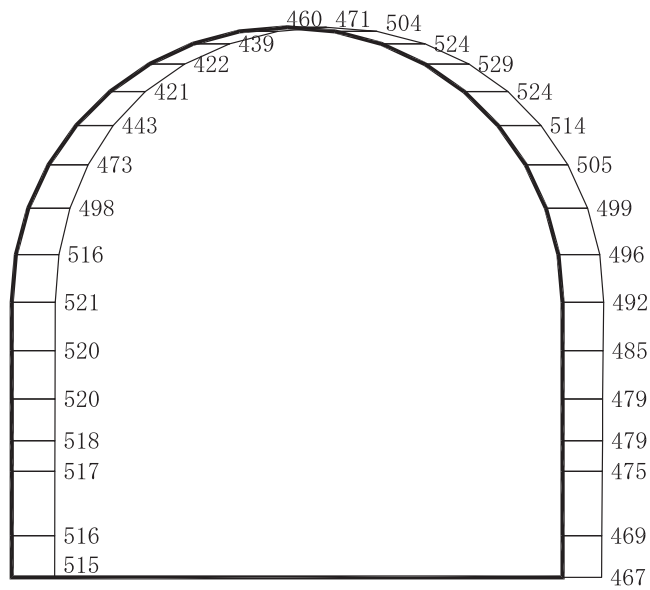
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-29 最大加速度分布図 (9/49) (解析ケース③)



(a) S s - D 3 (++) 水平

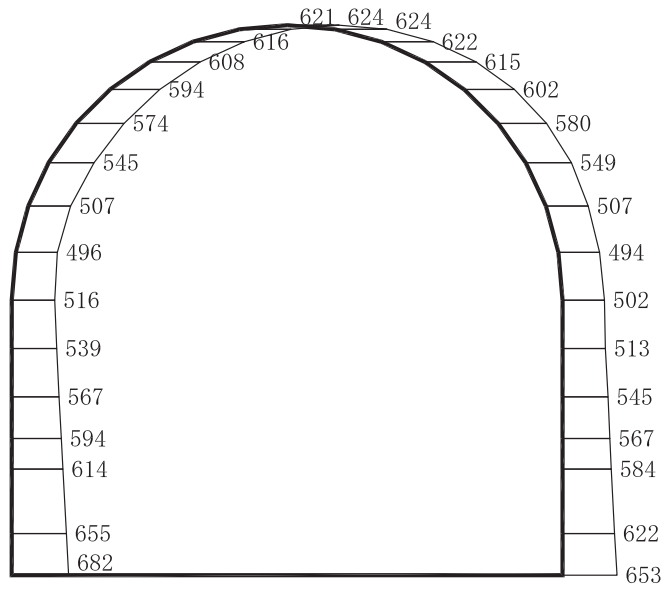


構造スケール 0 2 (m)

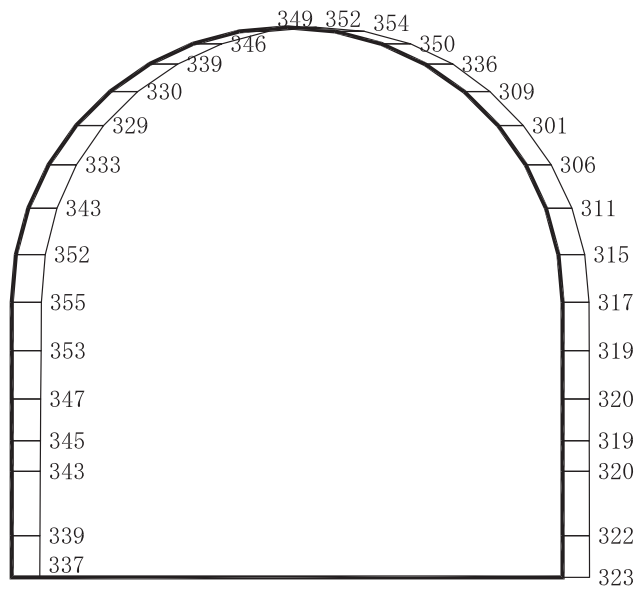
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-30 最大加速度分布図 (10/49) (解析ケース③)



(a) S s - F 1 (++) 水平

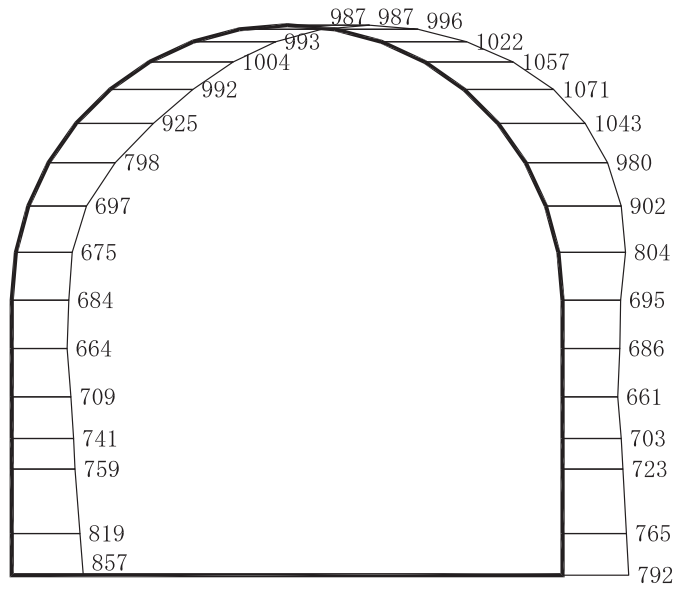


構造スケール 0 2 (m)

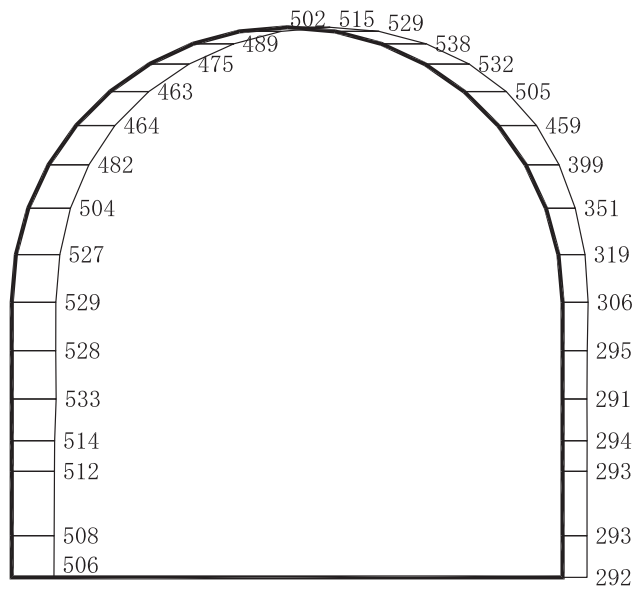
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-31 最大加速度分布図 (11/49) (解析ケース③)



(a) S s - F 2 (++) 水平

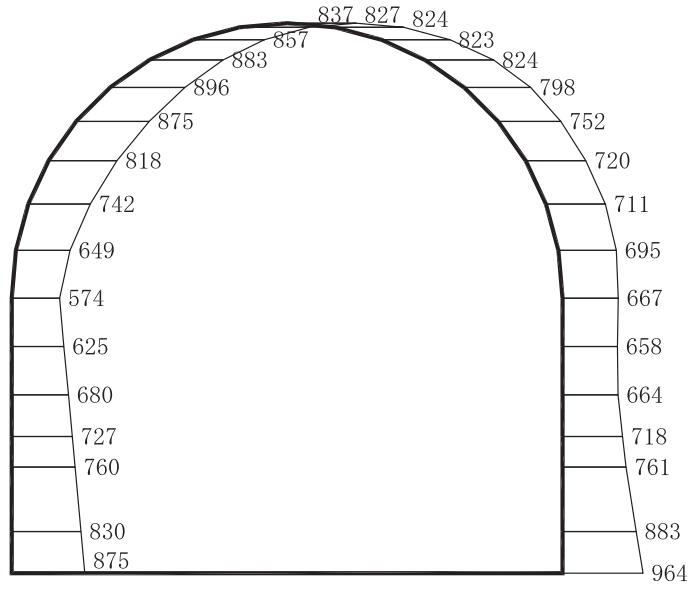


構造スケール 0 2 (m)

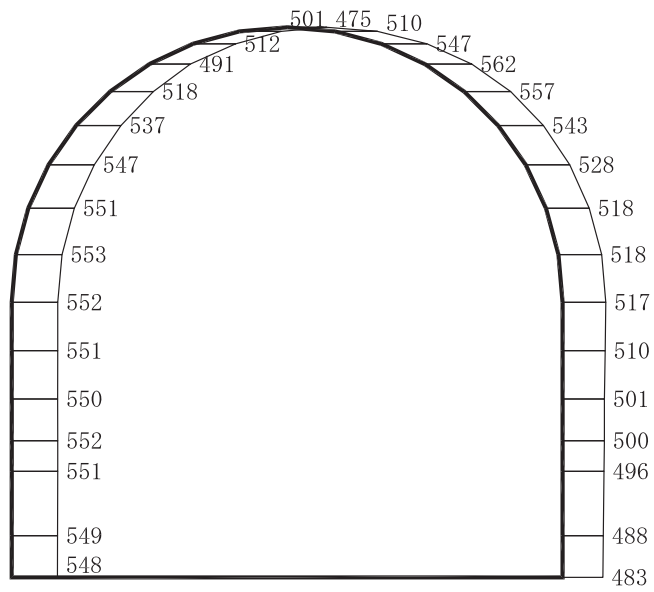
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-32 最大加速度分布図 (12/49) (解析ケース③)



(a) S s - F 3 (++) 水平

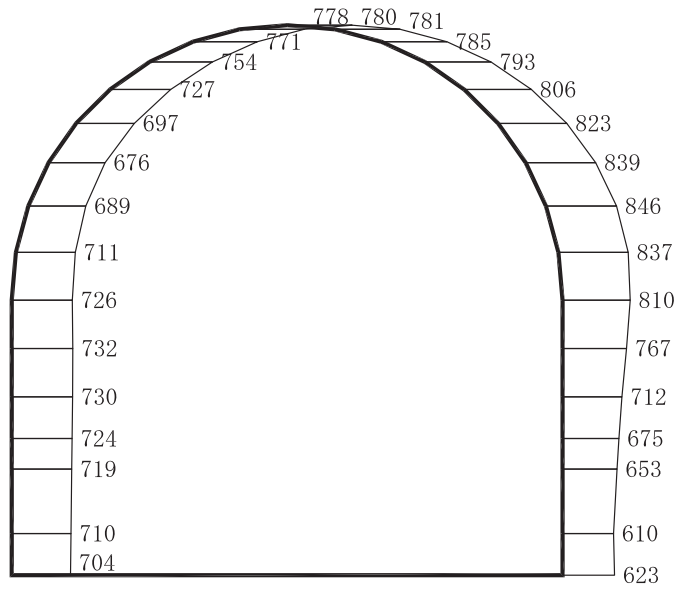


構造スケール 0 2 (m)

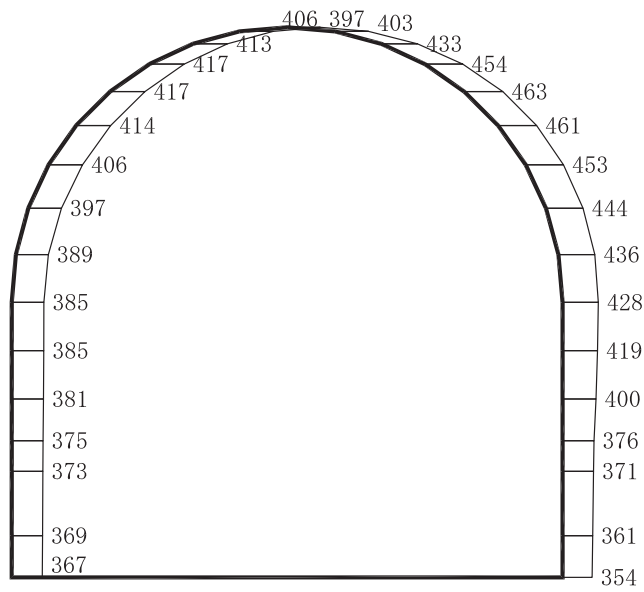
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-33 最大加速度分布図 (13/49) (解析ケース③)



(a) S s - N 1 (++) 水平

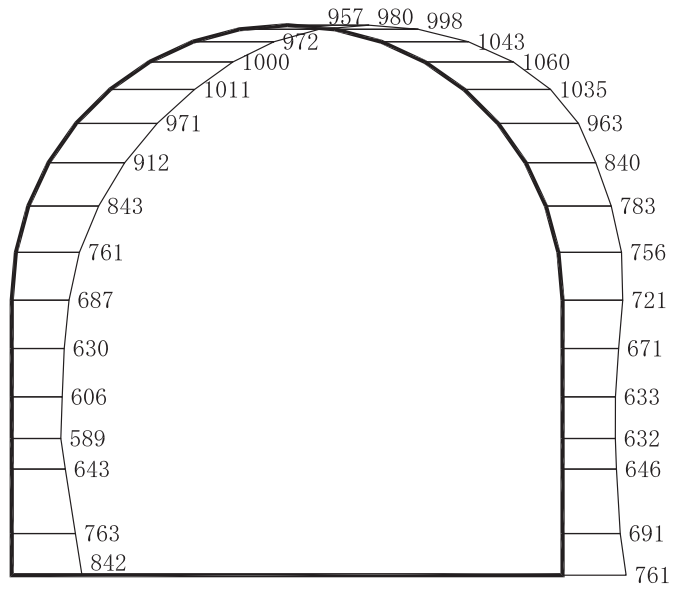


構造スケール 0 2 (m)

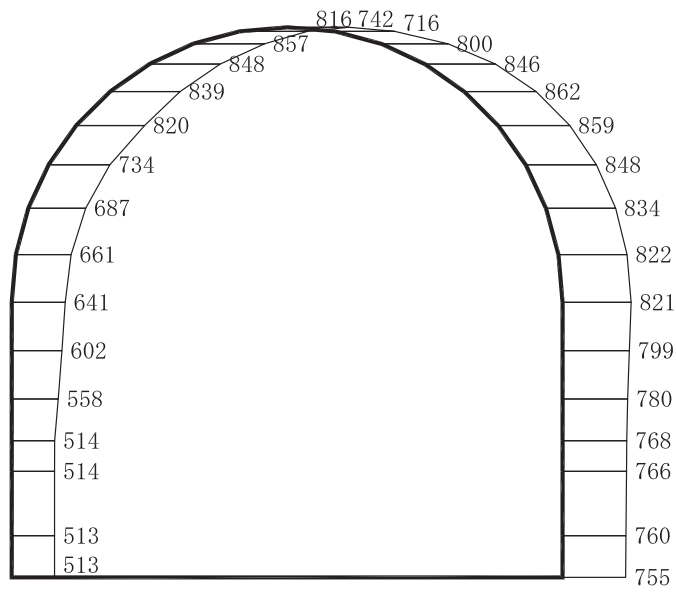
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-34 最大加速度分布図 (14/49) (解析ケース③)



(a) S s - D 1 (++) 水平

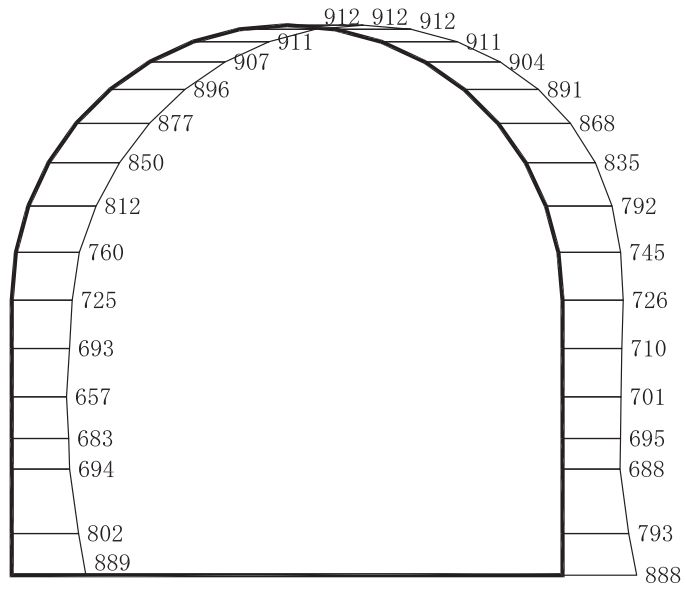


構造スケール 0 2 (m)

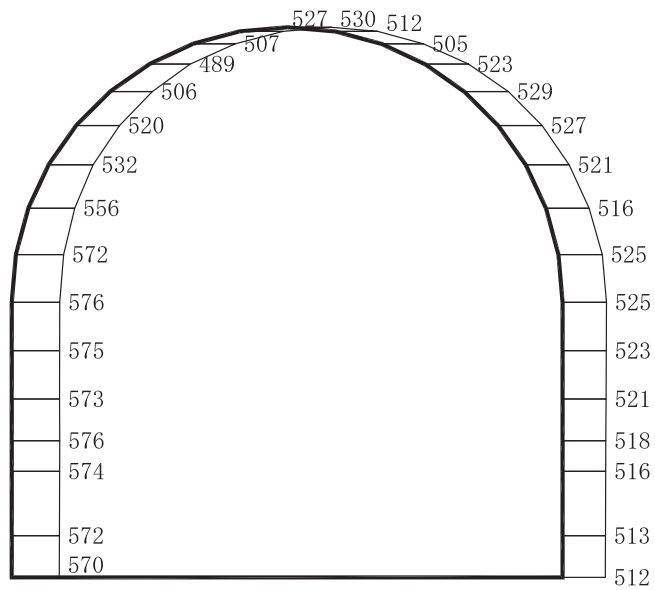
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-35 最大加速度分布図 (15/49) (解析ケース④)



(a) S s - D 2 (++) 水平

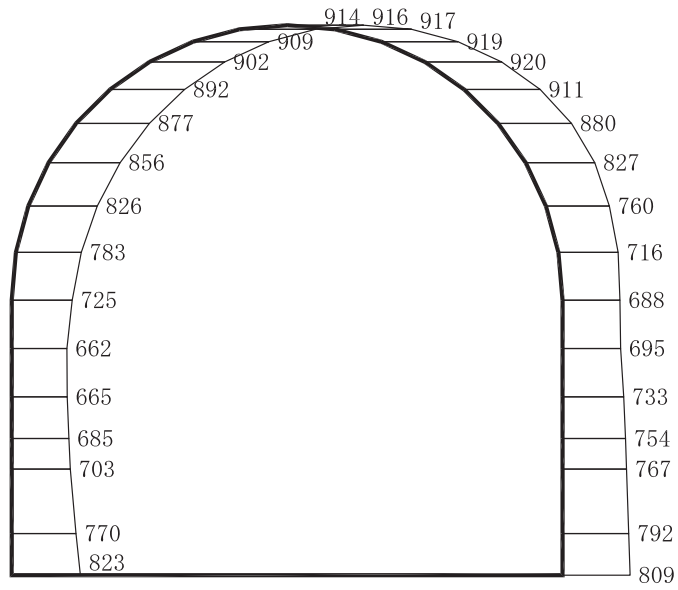


構造スケール 0 2 (m)

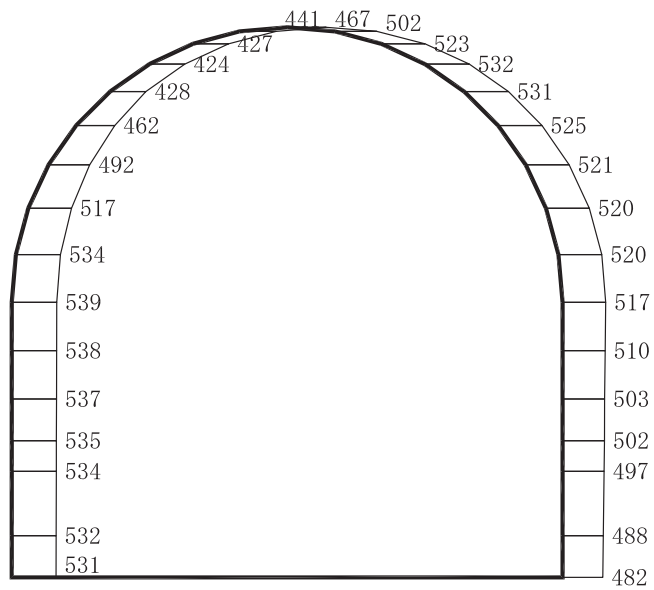
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-36 最大加速度分布図 (16/49) (解析ケース④)



(a) S s - D 3 (++) 水平

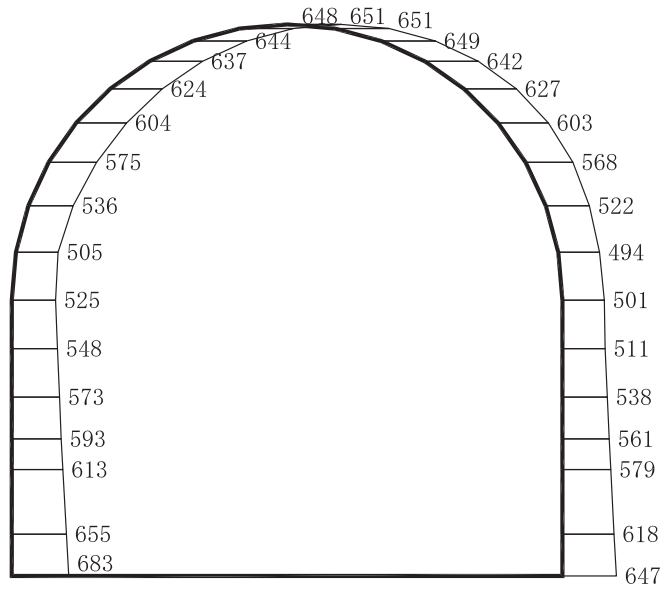


構造スケール 0 2 (m)

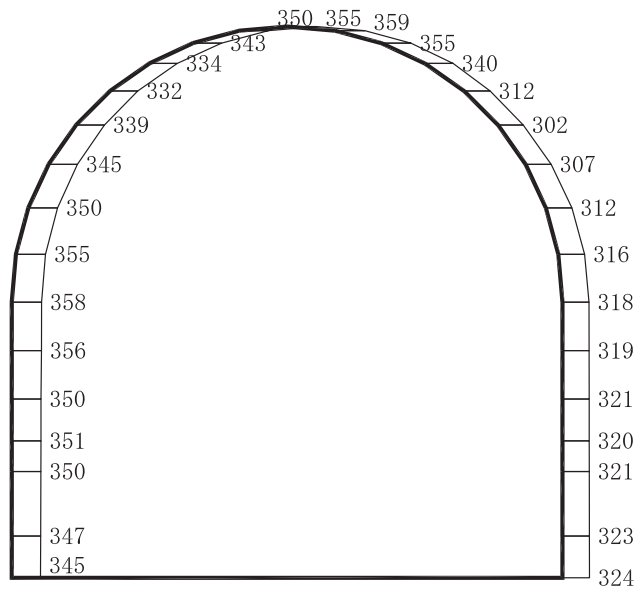
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-37 最大加速度分布図 (17/49) (解析ケース④)



(a) S s - F 1 (++) 水平

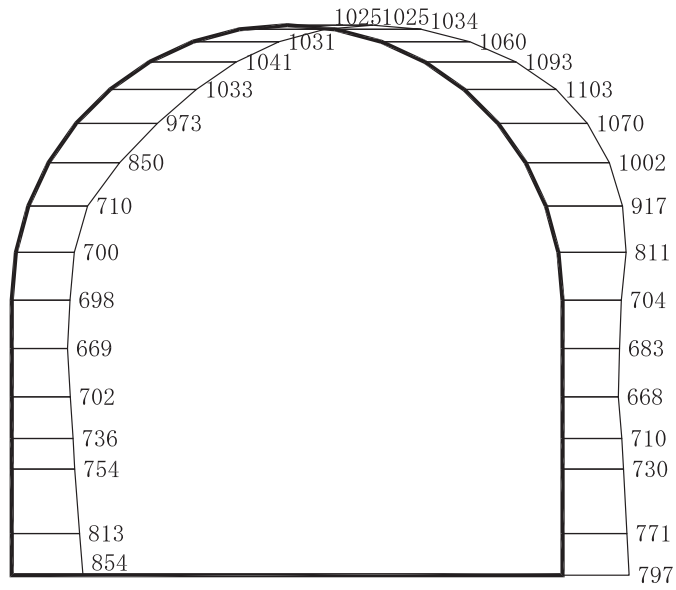


構造スケール (m)

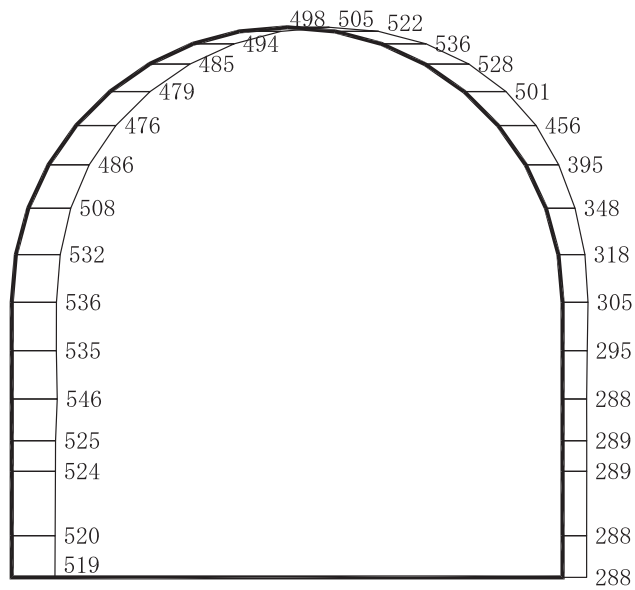
応答値スケール (cm/s²)

(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-38 最大加速度分布図 (18/49) (解析ケース④)



(a) S s - F 2 (++) 水平

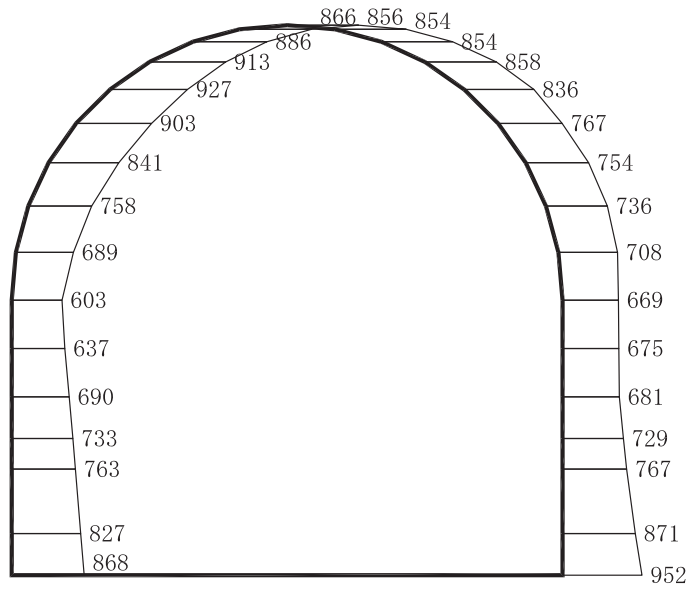


構造スケール 0 2 (m)

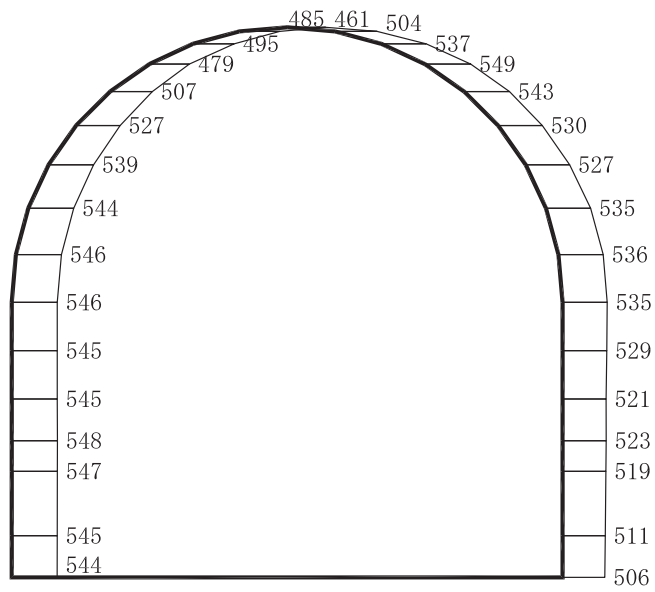
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-39 最大加速度分布図 (19/49) (解析ケース④)



(a) S s - F 3 (++) 水平

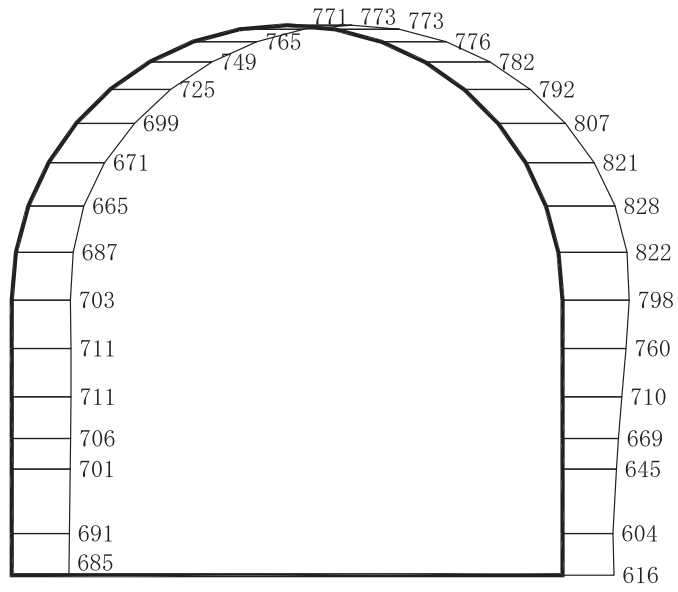


構造スケール 0 ——— 2 (m)

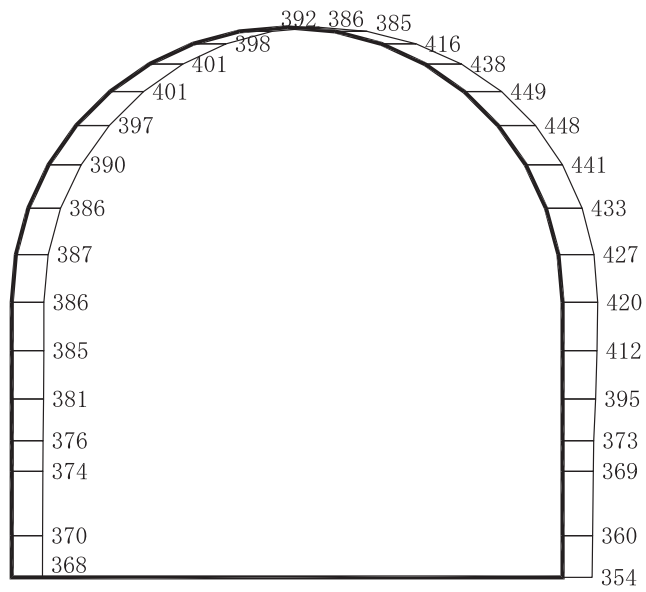
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-40 最大加速度分布図 (20/49) (解析ケース④)



(a) S s - N 1 (++) 水平

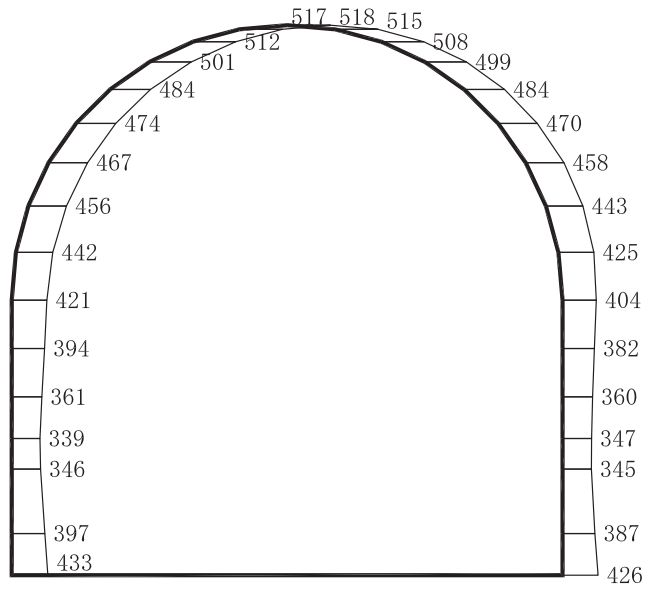


構造スケール 0 2 (m)

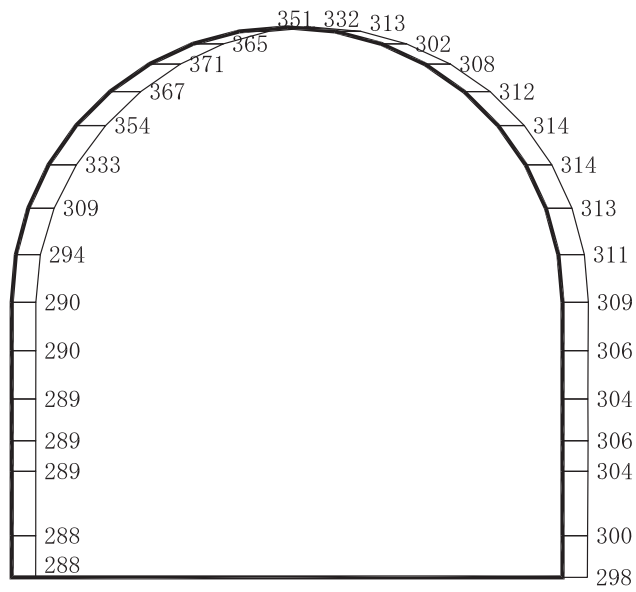
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-41 最大加速度分布図 (21/49) (解析ケース④)



(a) S d - D 1 (++) 水平

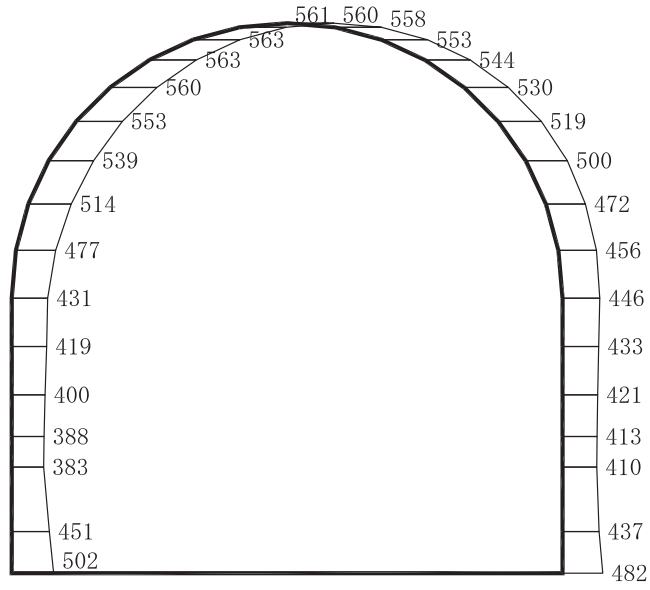


構造スケール 0 2 (m)

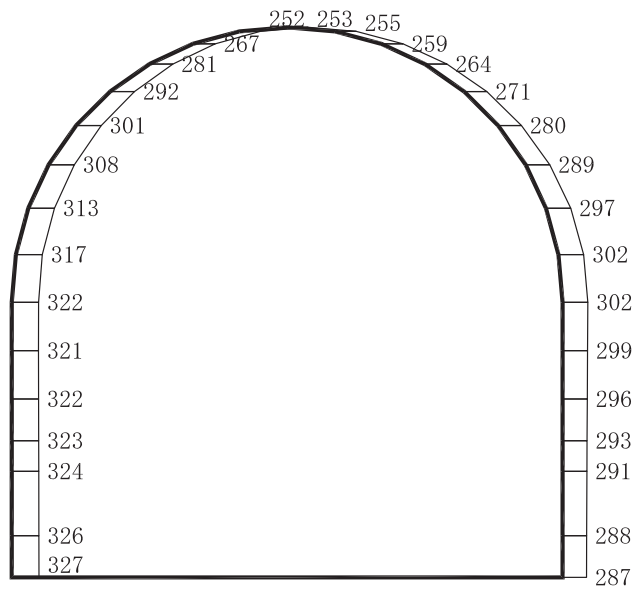
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-42 最大加速度分布図 (22/49) (解析ケース①)



(a) S d - D 2 (++) 水平

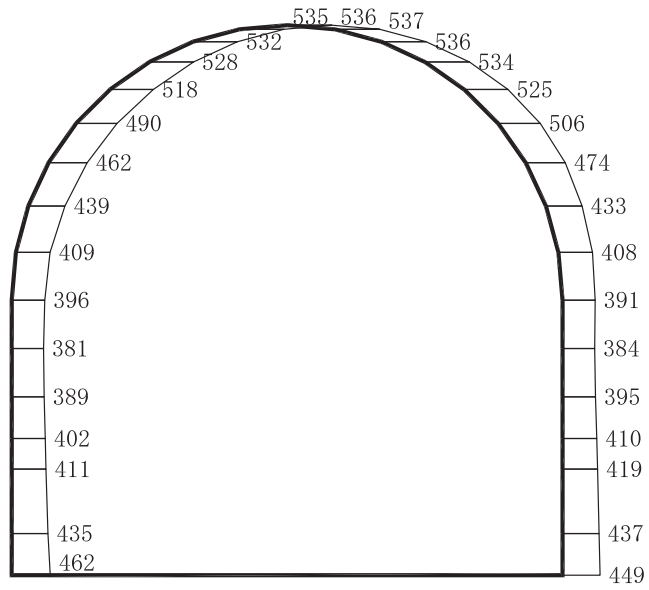


構造スケール 0 2 (m)

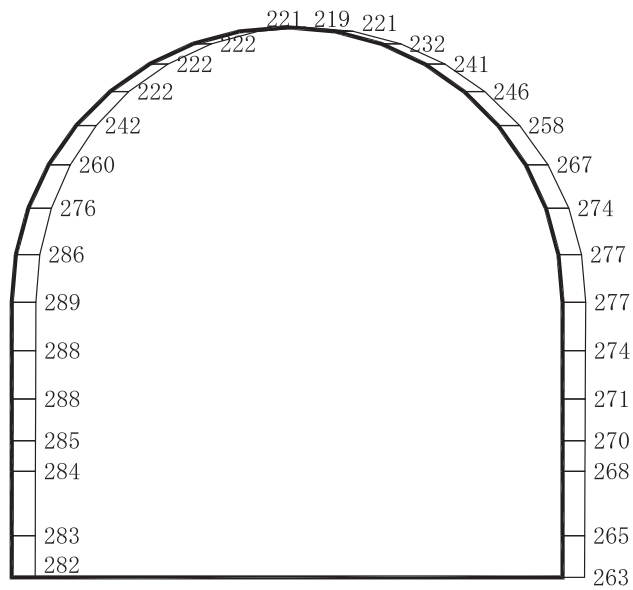
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-43 最大加速度分布図 (23/49) (解析ケース①)



(a) S d - D 3 (++) 水平

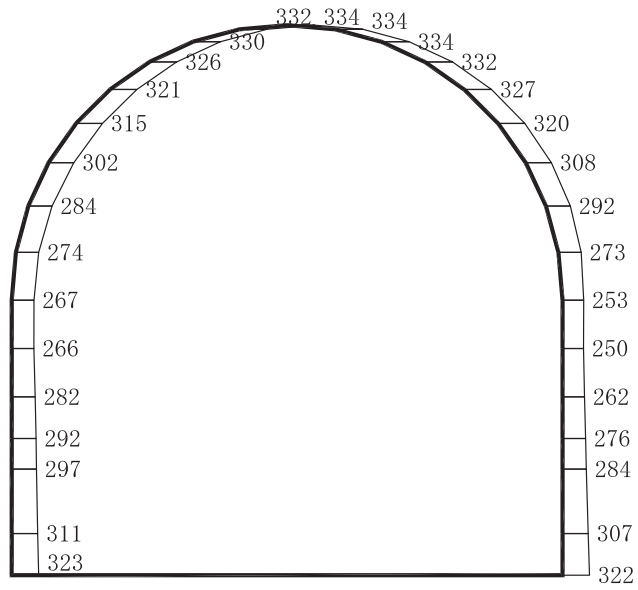


構造スケール 0 2 (m)

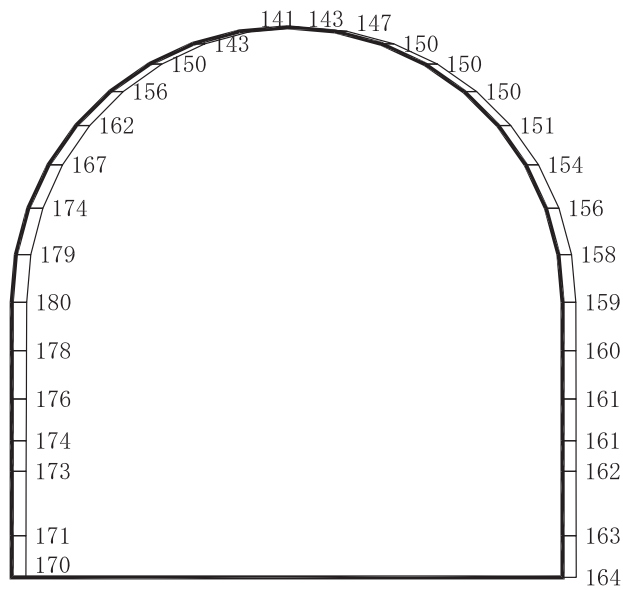
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-44 最大加速度分布図 (24/49) (解析ケース①)



(a) S d - F 1 (++) 水平

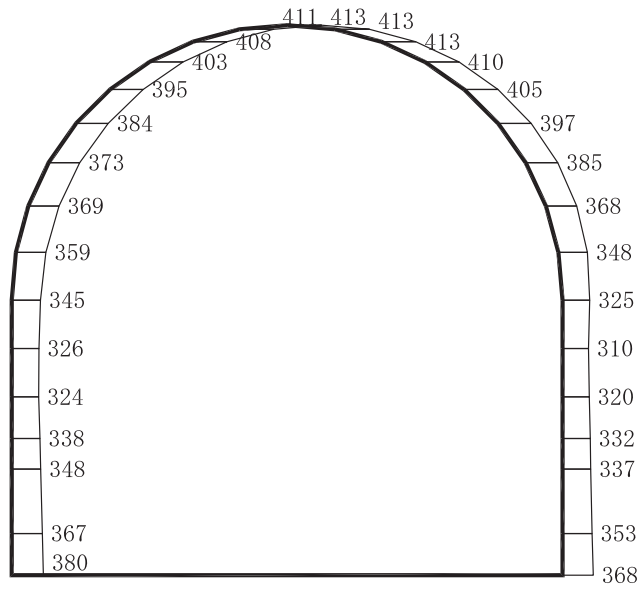


構造スケール 0 2 (m)

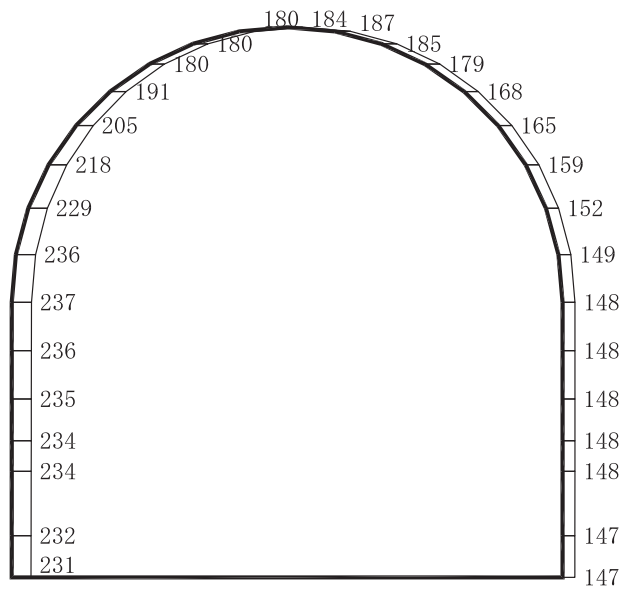
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-45 最大加速度分布図 (25/49) (解析ケース①)



(a) S d - F 2 (+ +) 水平

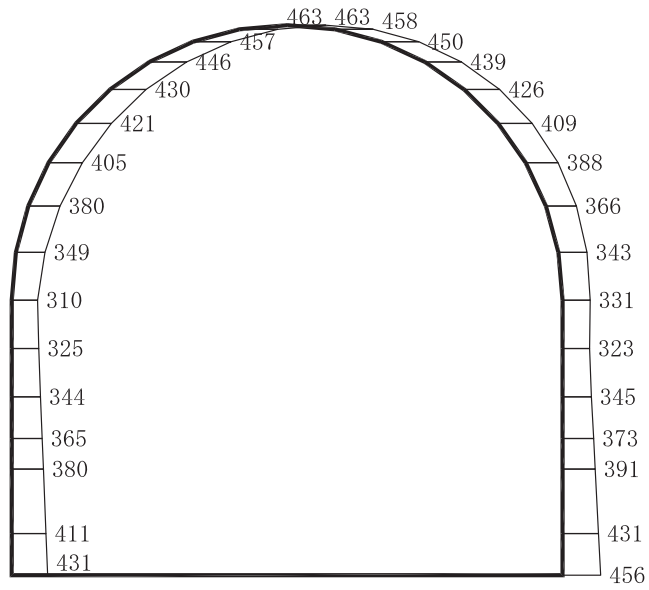


構造スケール 0 2 (m)

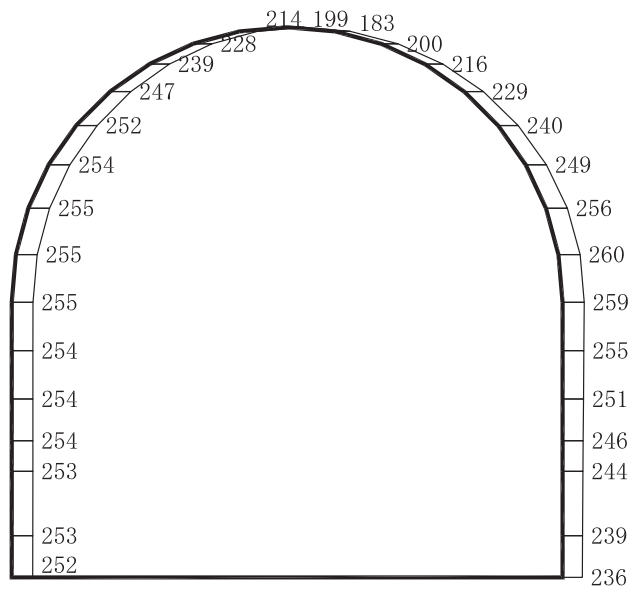
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 2 (+ +) 鉛直

図 4-46 最大加速度分布図 (26/49) (解析ケース①)



(a) S d - F 3 (++) 水平

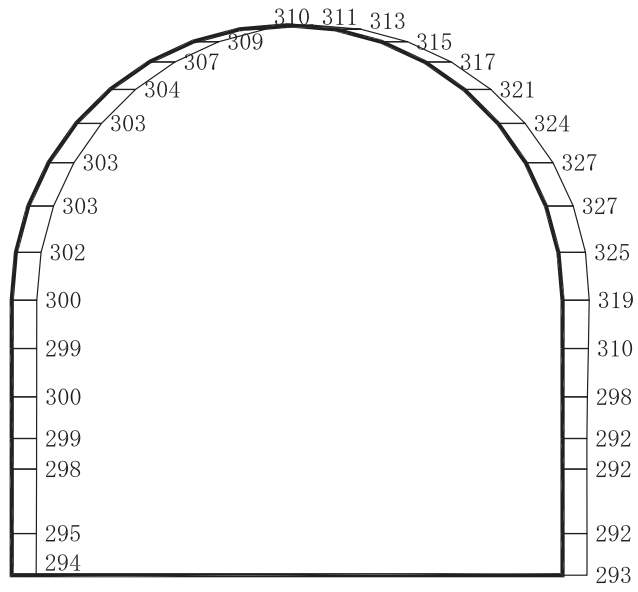


構造スケール 0 2 (m)

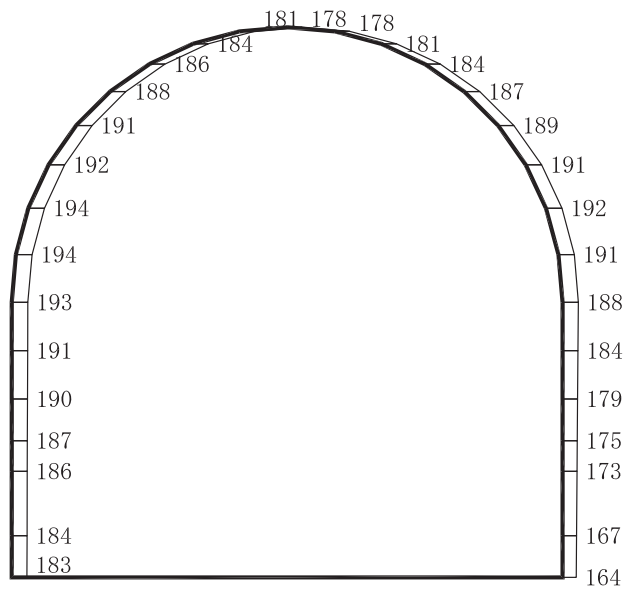
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-47 最大加速度分布図 (27/49) (解析ケース①)



(a) S d - N 1 (++) 水平

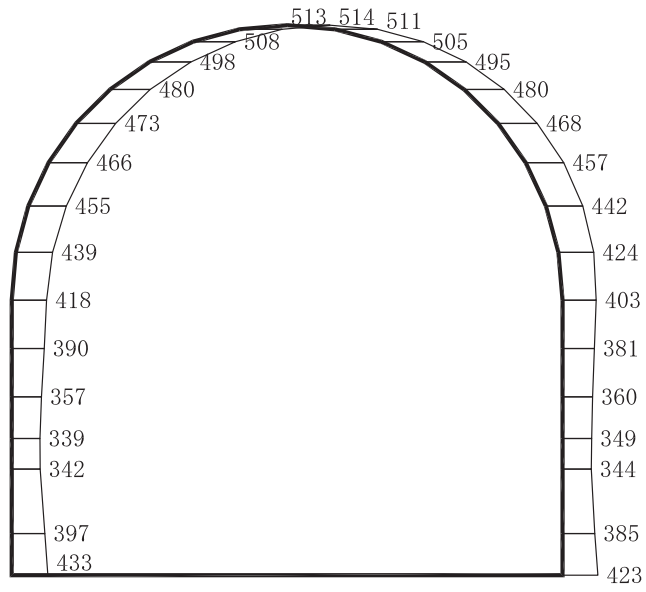


構造スケール 0 2 (m)

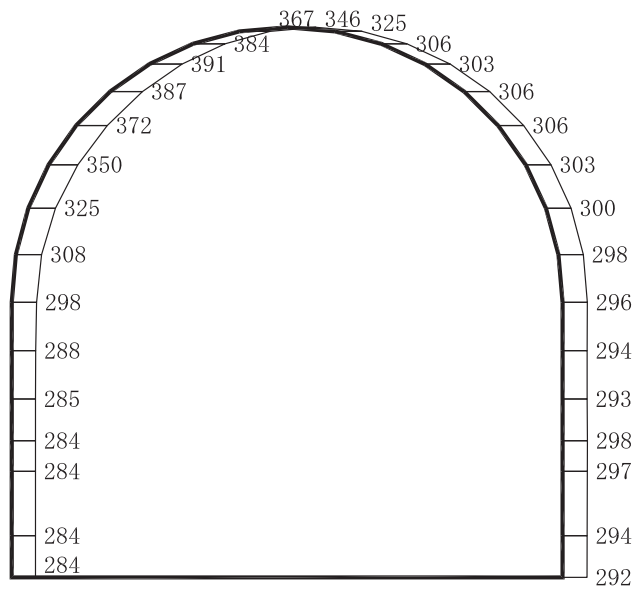
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-48 最大加速度分布図 (28/49) (解析ケース①)



(a) S d - D 1 (++) 水平

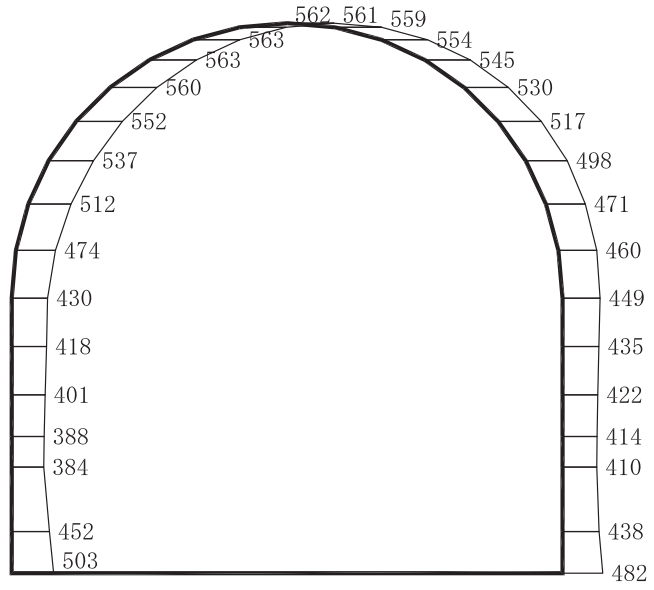


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

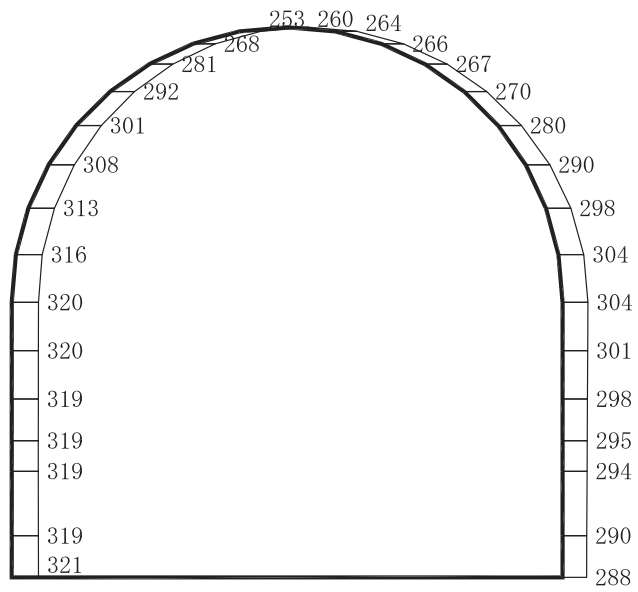
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-49 最大加速度分布図 (29/49) (解析ケース②)



(a) S d - D 2 (++) 水平

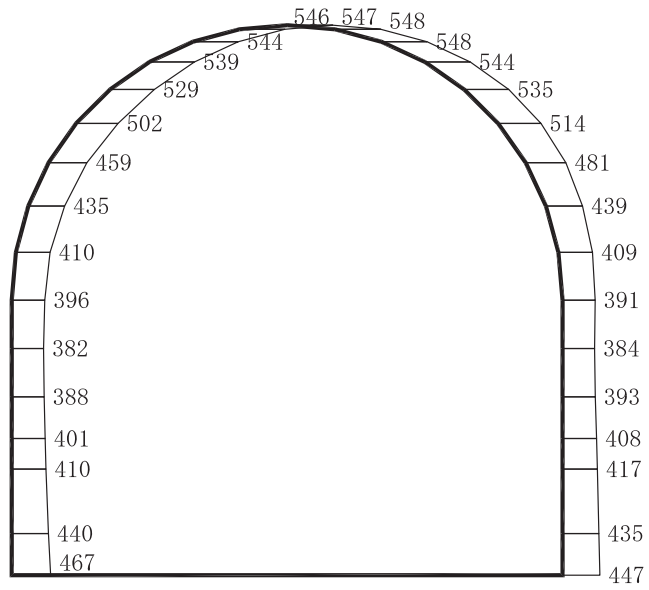


構造スケール 0 2 (m)

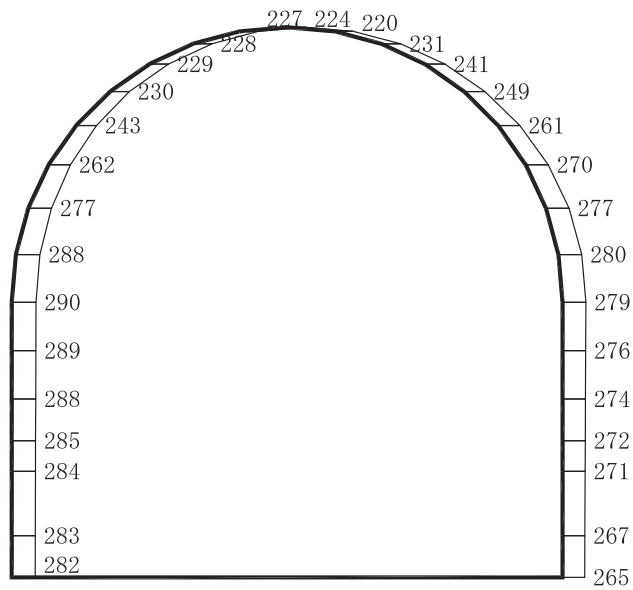
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-50 最大加速度分布図 (30/49) (解析ケース②)



(a) S d - D 3 (++) 水平

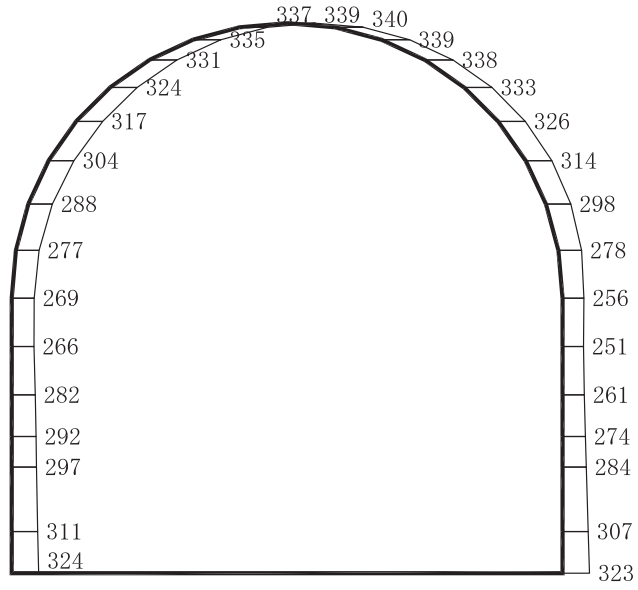


構造スケール 0 2 (m)

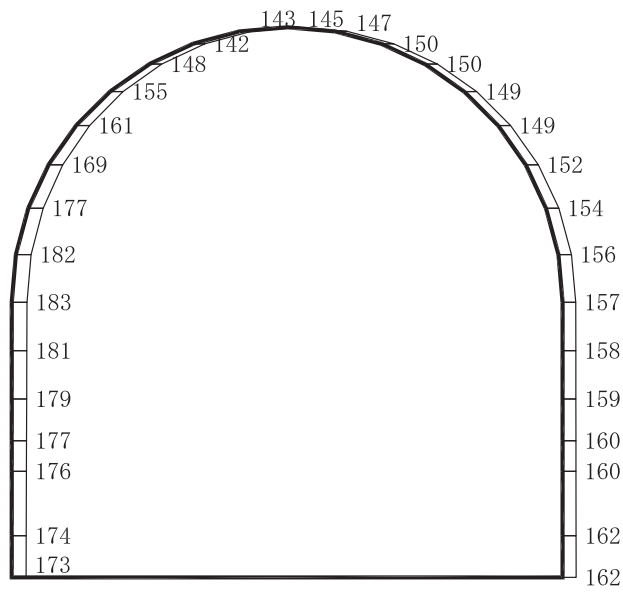
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-51 最大加速度分布図 (31/49) (解析ケース②)



(a) S d - F 1 (++) 水平

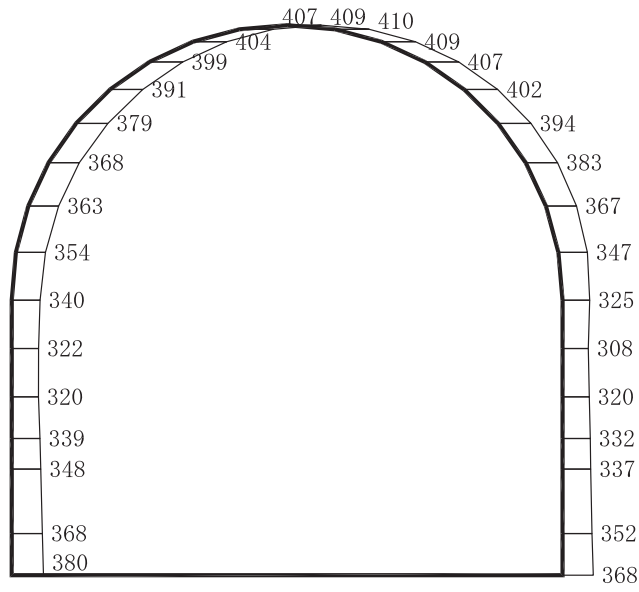


構造スケール 0 2 (m)

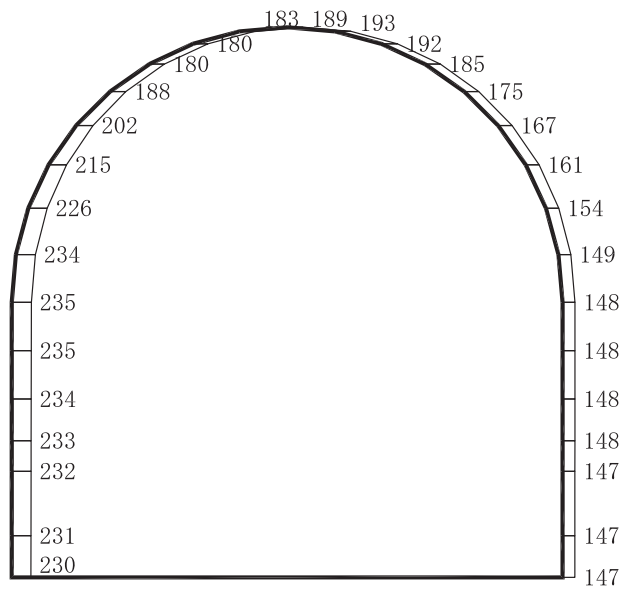
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-52 最大加速度分布図 (32/49) (解析ケース②)



(a) S d - F 2 (++) 水平

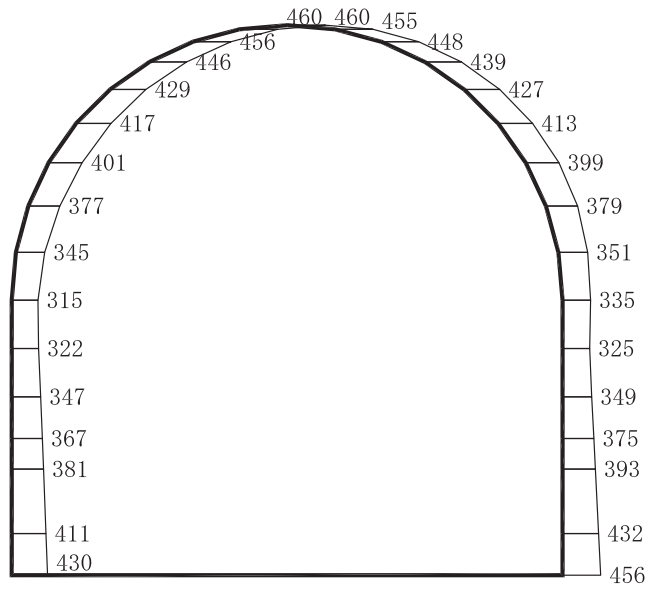


構造スケール 0 2 (m)

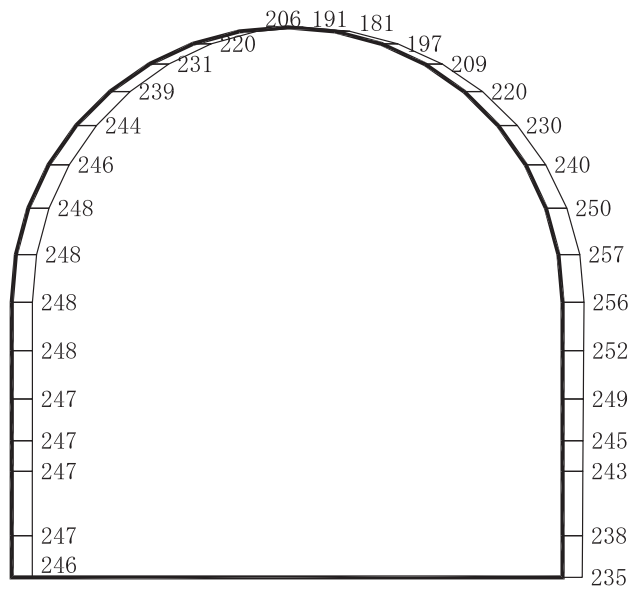
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-53 最大加速度分布図 (33/49) (解析ケース②)



(a) S d - F 3 (++) 水平

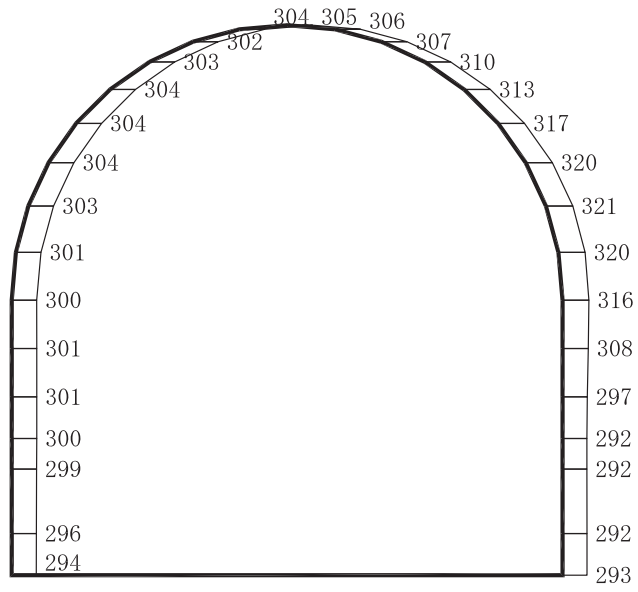


構造スケール 0 2 (m)

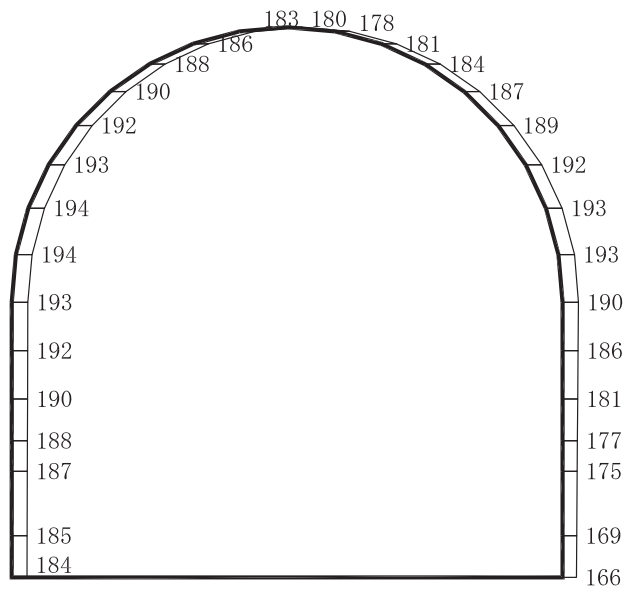
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-54 最大加速度分布図 (34/49) (解析ケース②)



(a) S d - N 1 (++) 水平

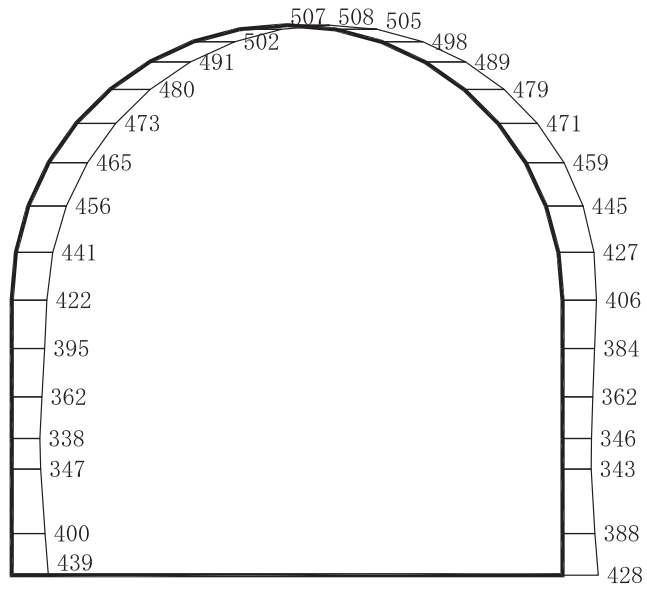


構造スケール 0 2 (m)

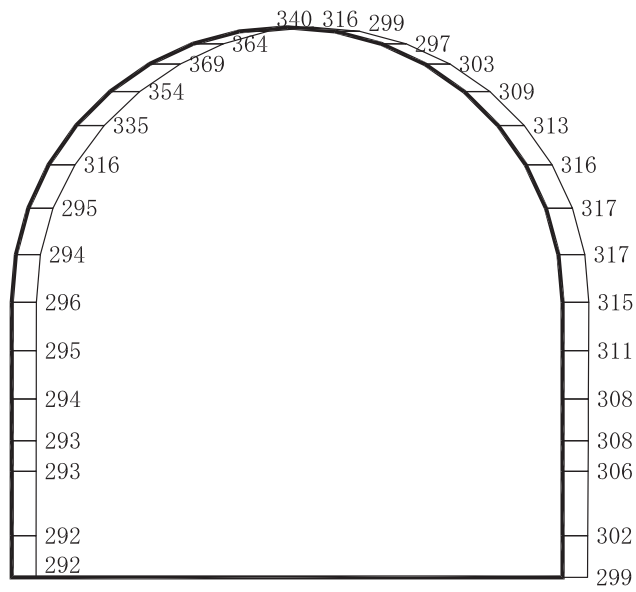
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-52 最大加速度分布図 (35/49) (解析ケース②)



(a) S d - D 1 (++) 水平

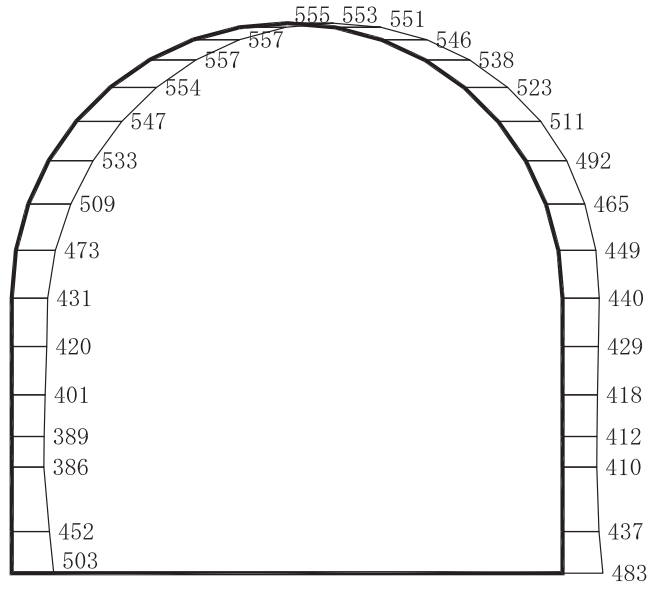


構造スケール 0 2 (m)

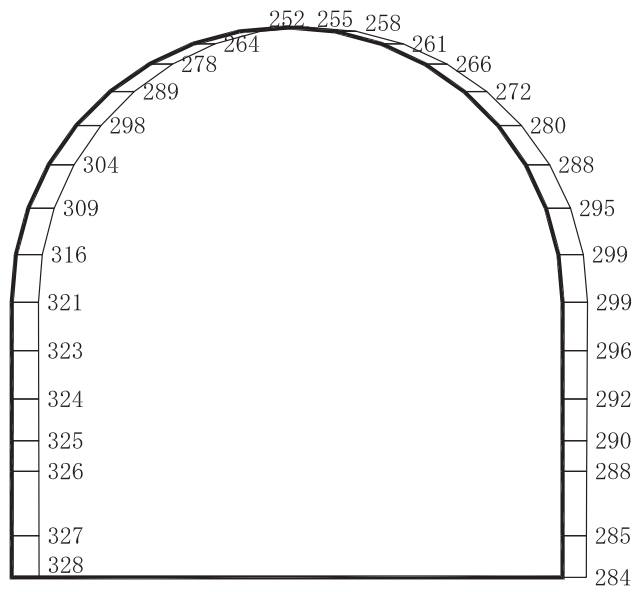
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-56 最大加速度分布図 (36/49) (解析ケース③)



(a) S d - D 2 (++) 水平

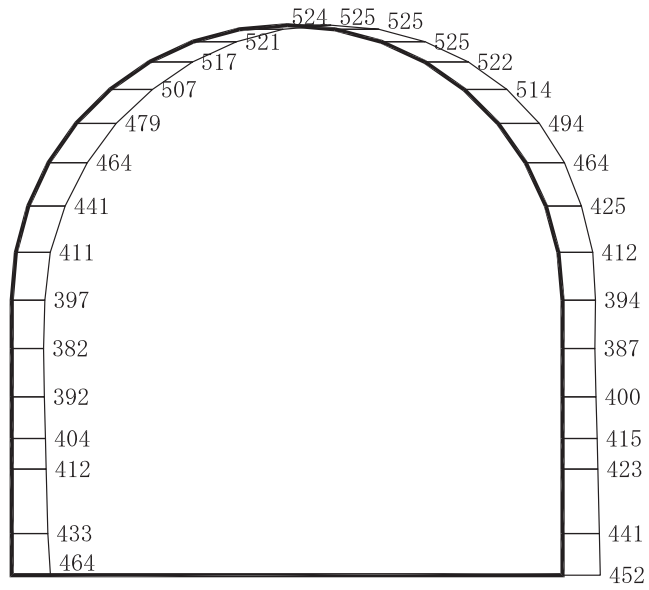


構造スケール 0 2 (m)

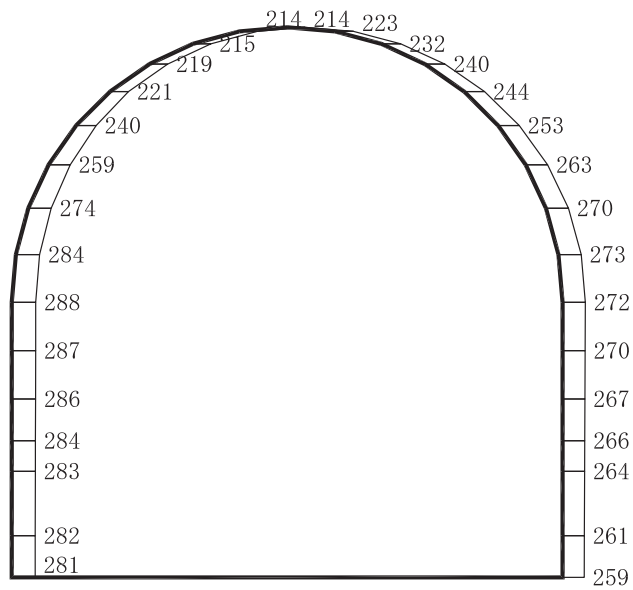
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-57 最大加速度分布図 (37/49) (解析ケース③)



(a) S d - D 3 (+ +) 水平

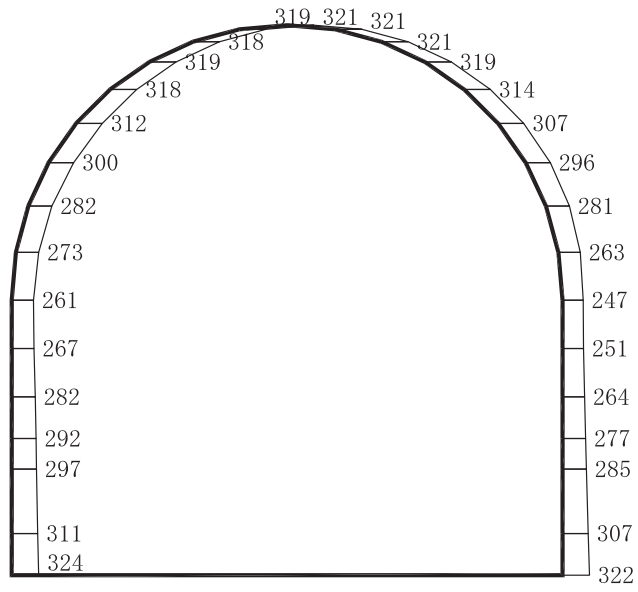


構造スケール 0 2 (m)

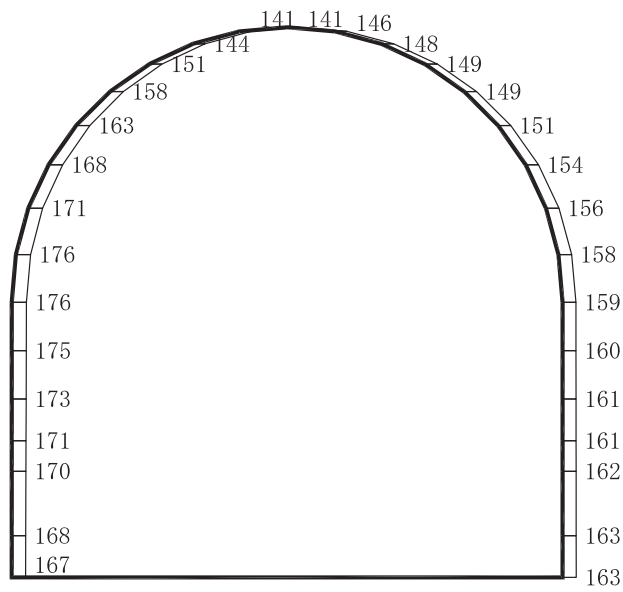
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 3 (+ +) 鉛直

図 4-58 最大加速度分布図 (38/49) (解析ケース③)



(a) S d - F 1 (++) 水平

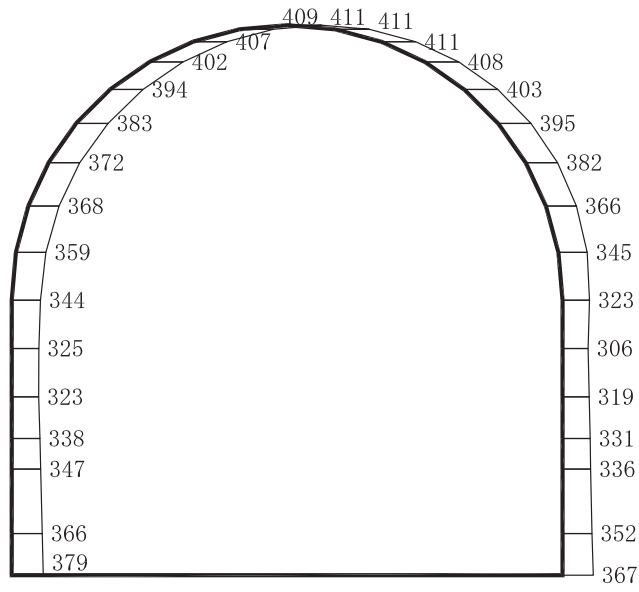


構造スケール 0 2 (m)

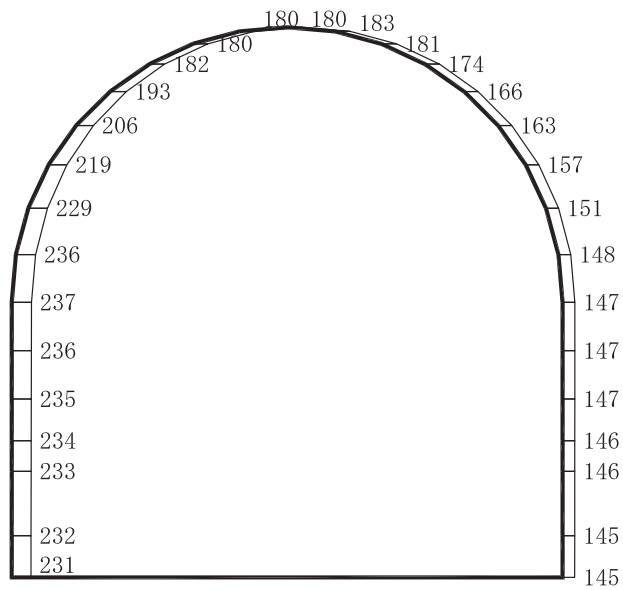
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-59 最大加速度分布図 (39/49) (解析ケース③)



(a) S d - F 2 (++) 水平

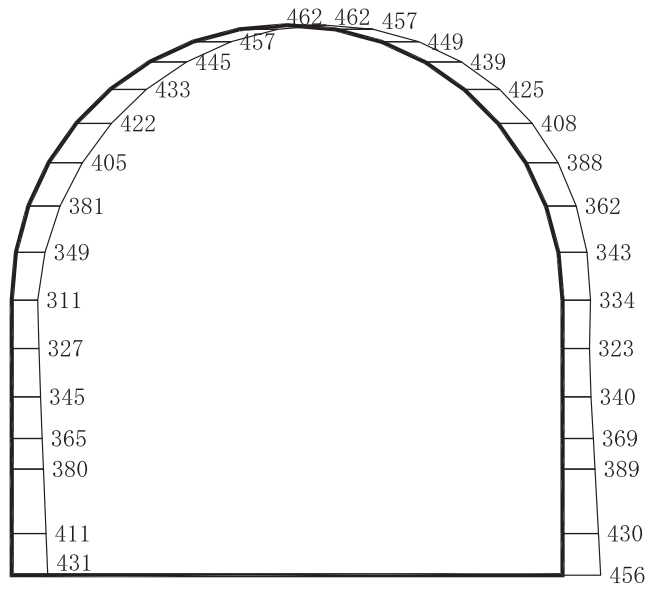


構造スケール 0 2 (m)

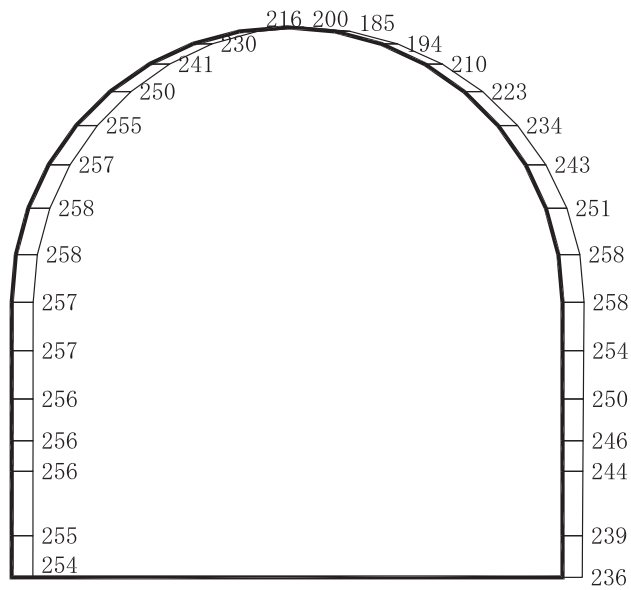
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-60 最大加速度分布図 (40/49) (解析ケース③)



(a) S d - F 3 (++) 水平

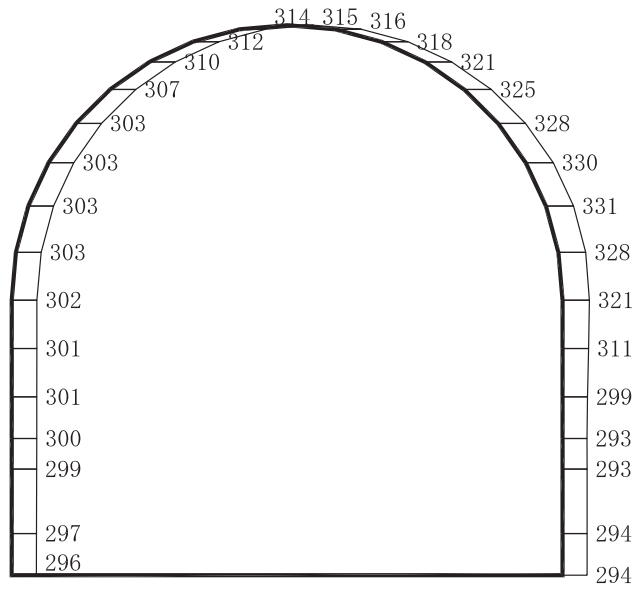


構造スケール 0 2 (m)

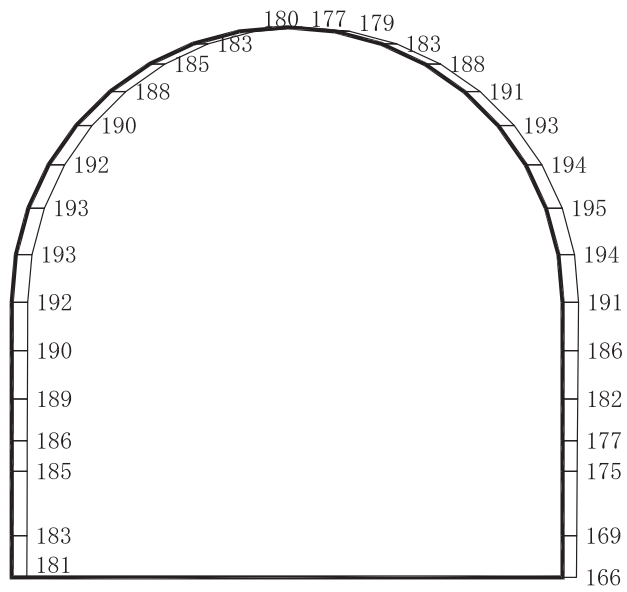
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-61 最大加速度分布図 (41/49) (解析ケース③)



(a) S d - N 1 (++) 水平

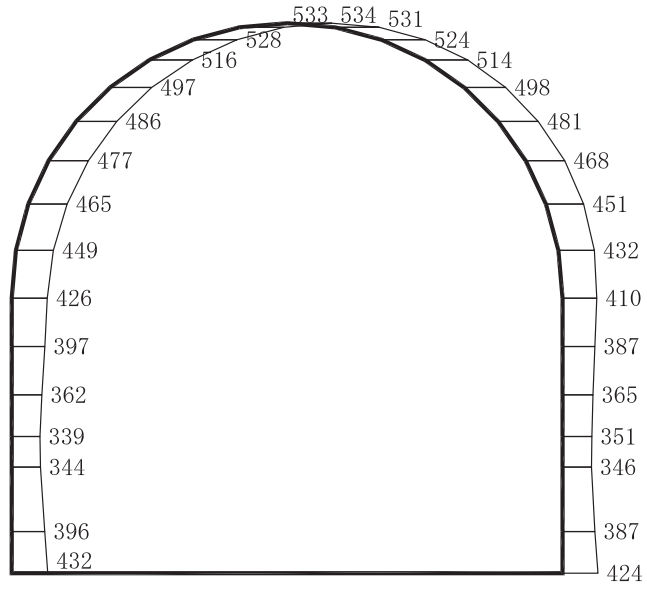


構造スケール 0 2 (m)

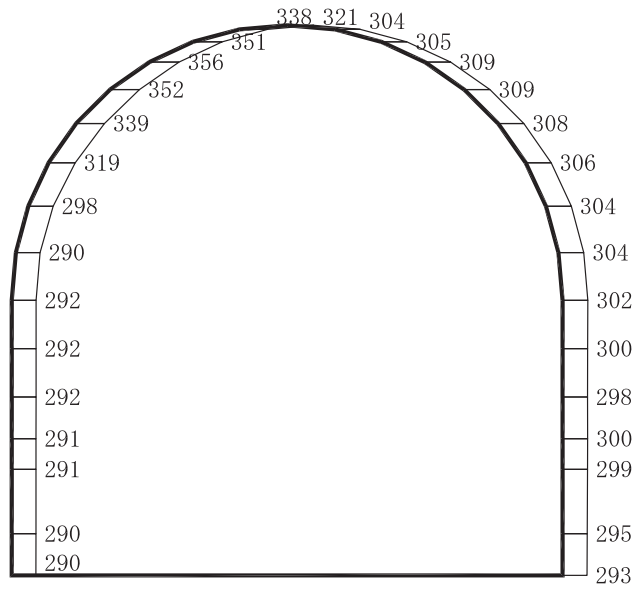
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-62 最大加速度分布図 (42/49) (解析ケース③)



(a) S d - D 1 (++) 水平

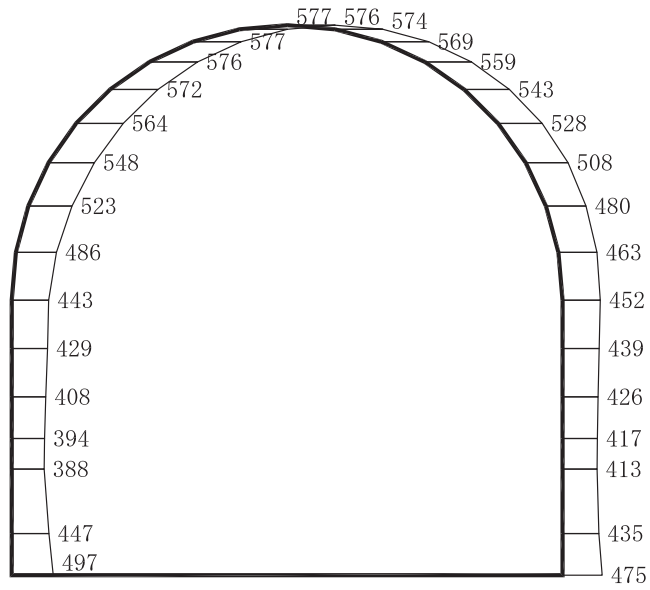


構造スケール 0 2 (m)

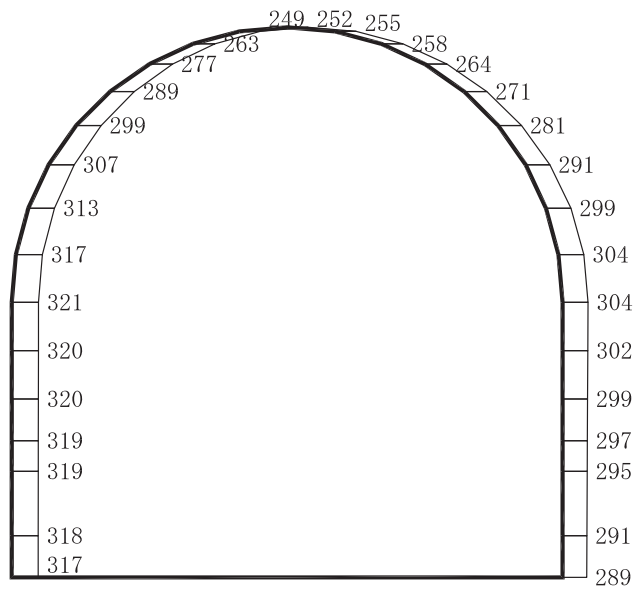
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-63 最大加速度分布図 (43/49) (解析ケース④)



(a) S d - D 2 (+ +) 水平

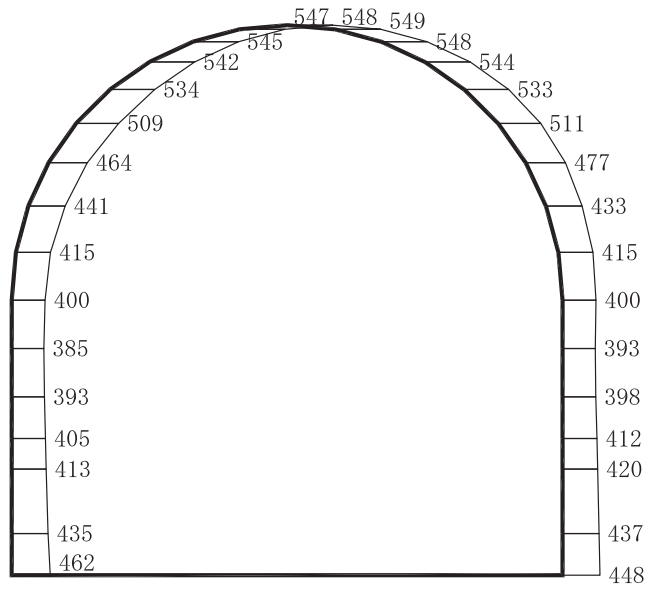


構造スケール 0 2 (m)

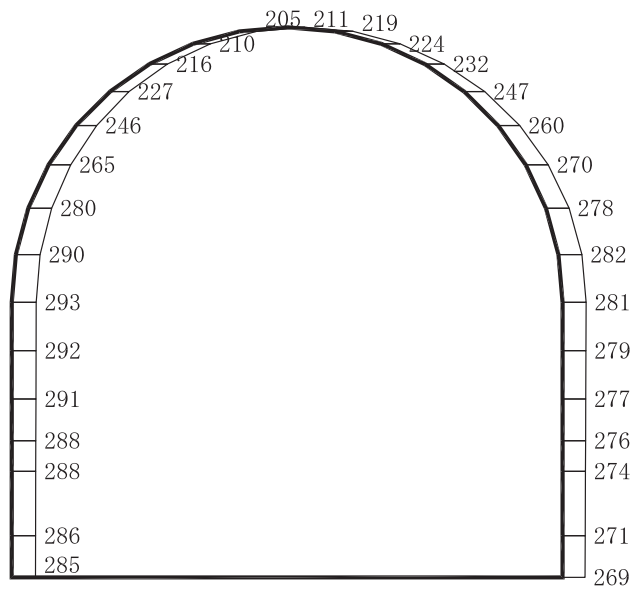
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 2 (+ +) 鉛直

図 4-64 最大加速度分布図 (44/49) (解析ケース④)



(a) S d - D 3 (++) 水平

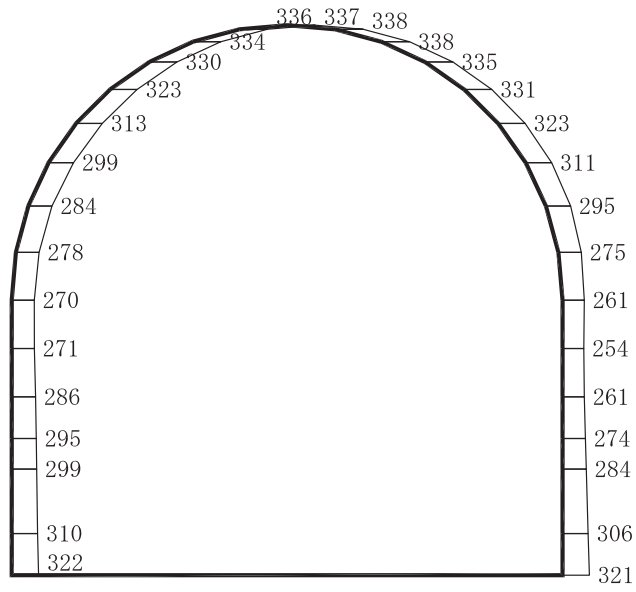


構造スケール 0 2 (m)

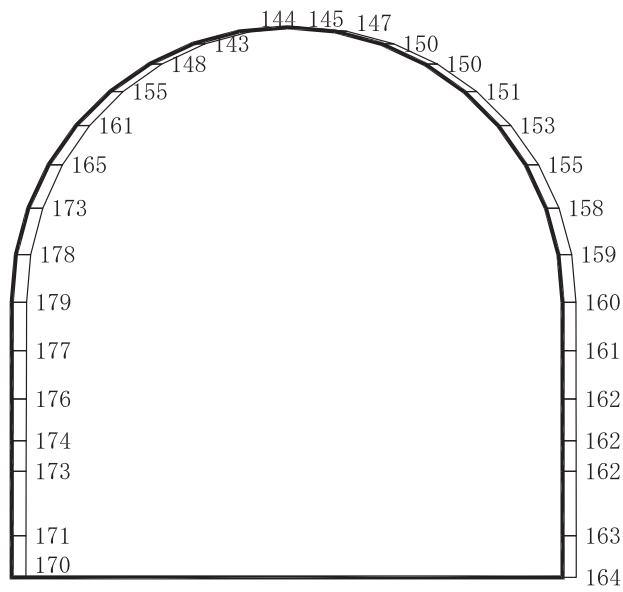
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-65 最大加速度分布図 (45/49) (解析ケース④)



(a) S d - F 1 (++) 水平

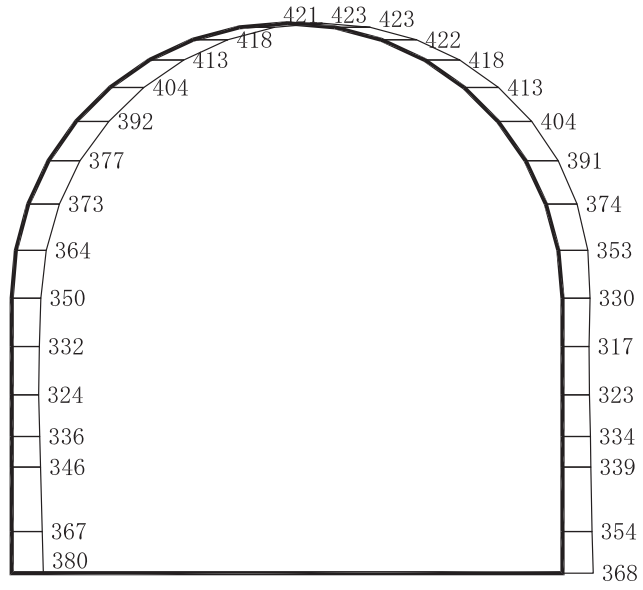


構造スケール 0 2 (m)

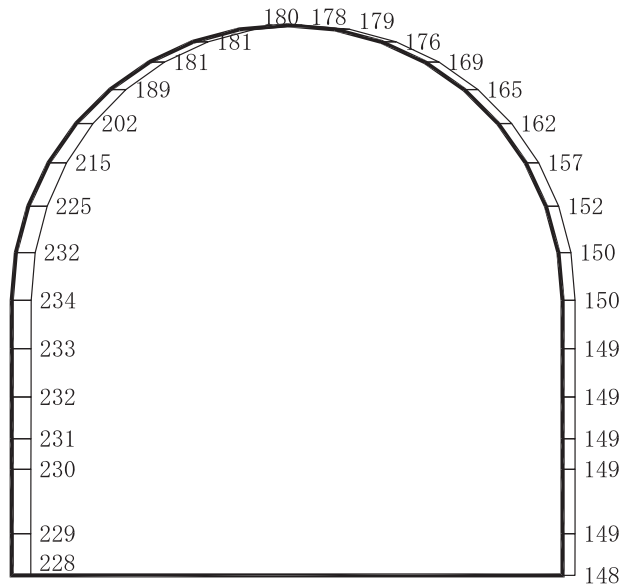
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-66 最大加速度分布図 (46/49) (解析ケース④)



(a) S d - F 2 (++) 水平

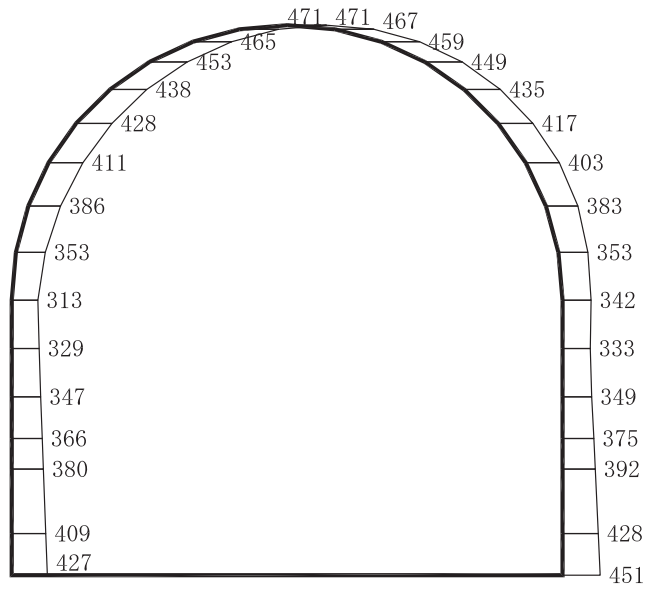


構造スケール 0 2 (m)

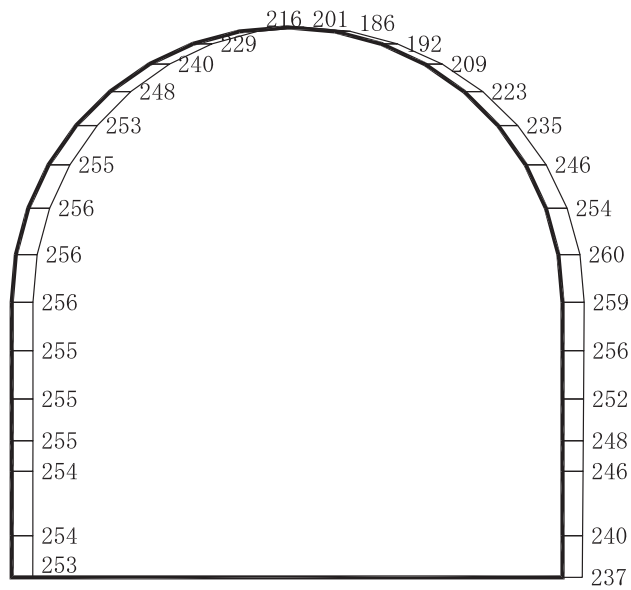
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-67 最大加速度分布図 (47/49) (解析ケース④)



(a) S d - F 3 (++) 水平

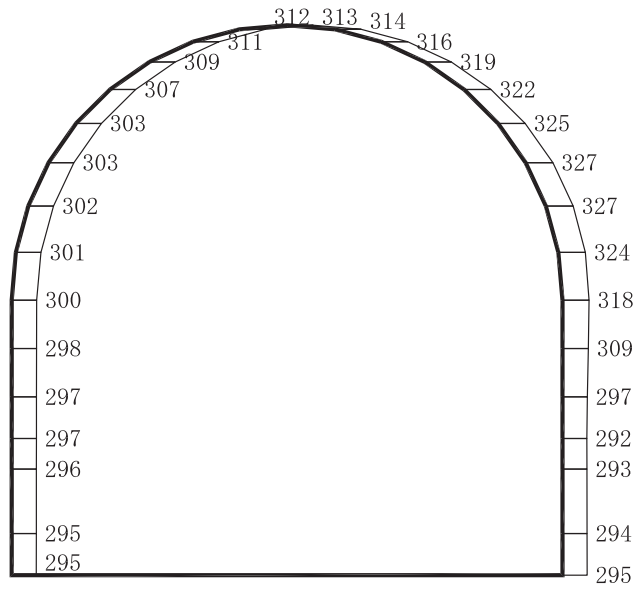


構造スケール 0 2 (m)

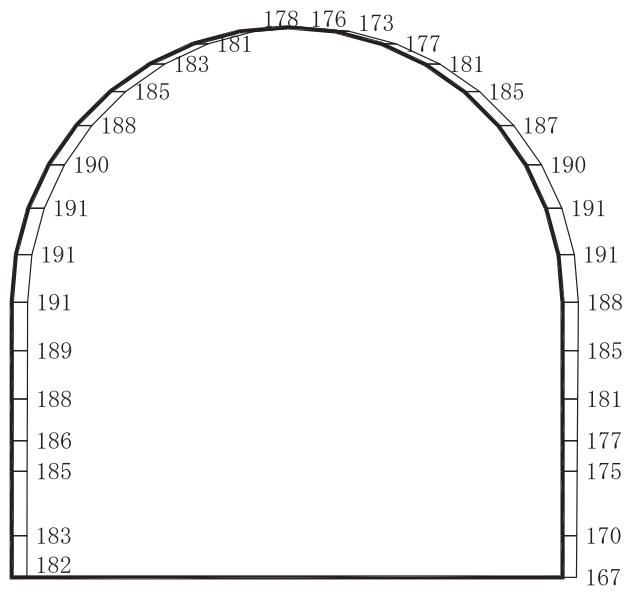
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-68 最大加速度分布図 (48/49) (解析ケース④)



(a) S d - N 1 (++) 水平



構造スケール 0 2 (m)

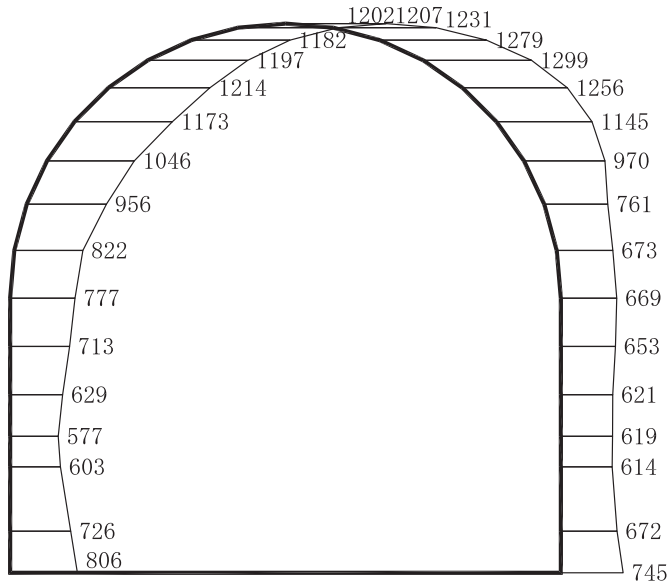
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

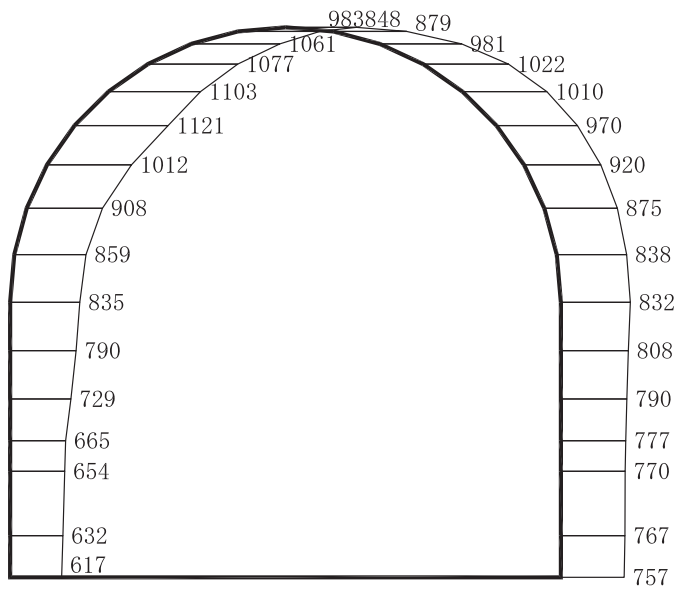
図 4-69 最大加速度分布図 (49/49) (解析ケース④)

4.2 土砂部（断面③）の解析結果

機器・配管系に対する応答加速度抽出として、解析ケース①（基本ケース）～④について、すべての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図を図4-70～図4-97に、弾性設計用地震動 S_d に対する最大加速度分布図を図4-98～図4-125に示す。



(a) S s - D 1 (++) 水平

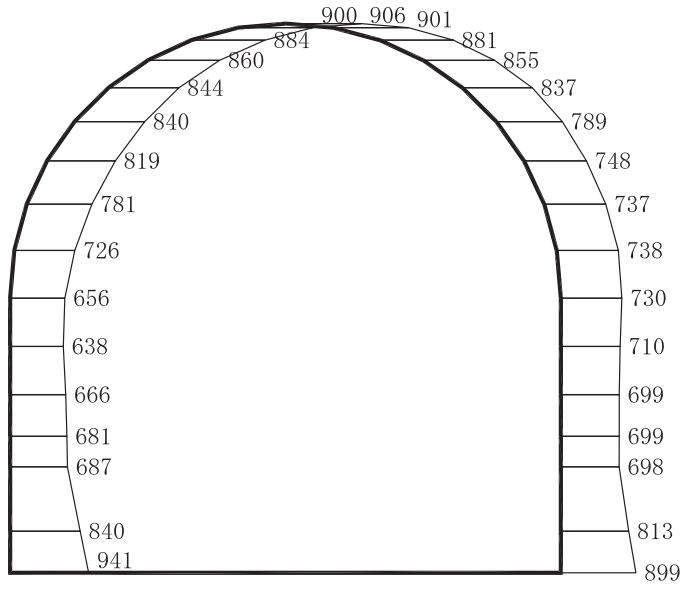


構造スケール 0 ——— 2 (m)

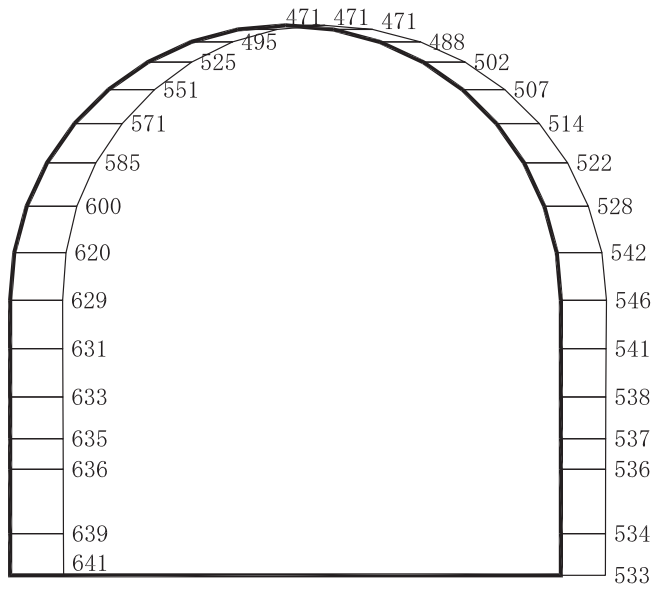
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-70 最大加速度分布図 (1/56) (解析ケース①)



(a) S s - D 2 (++) 水平

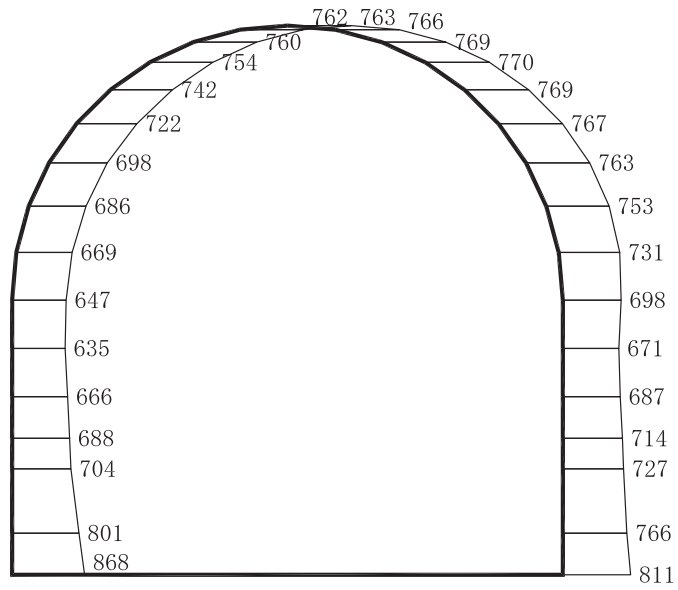


構造スケール 0 ——— 2 (m)

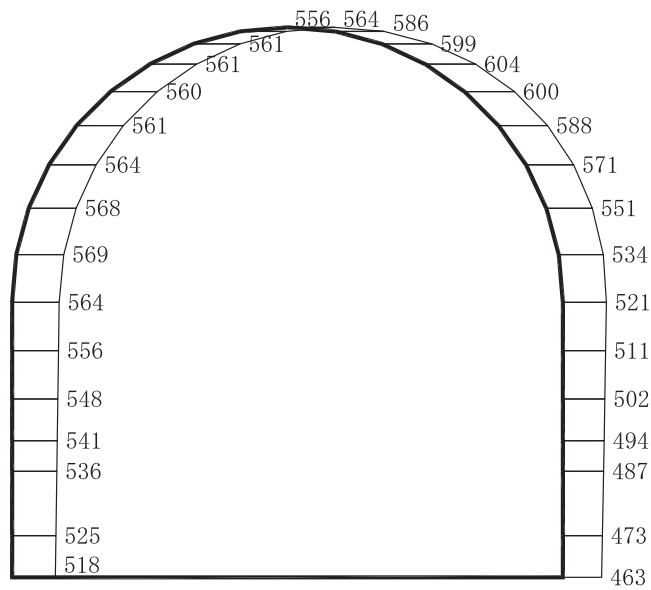
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-71 最大加速度分布図 (2/56) (解析ケース①)



(a) S s - D 3 (++) 水平

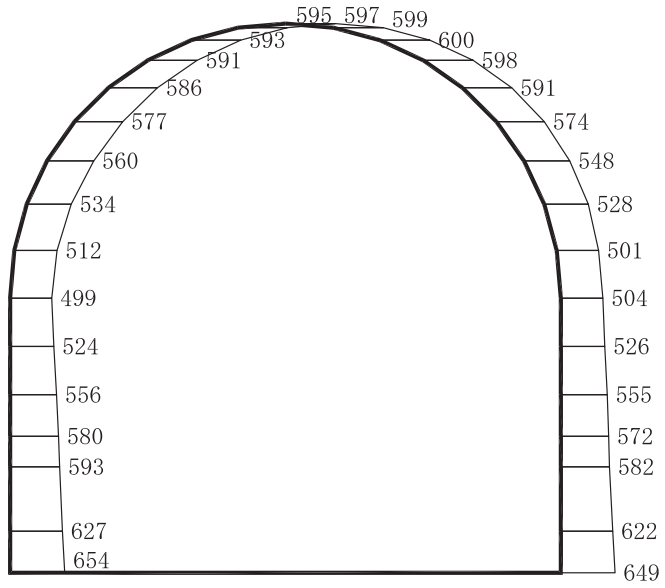


構造スケール 0 ——— 2 (m)

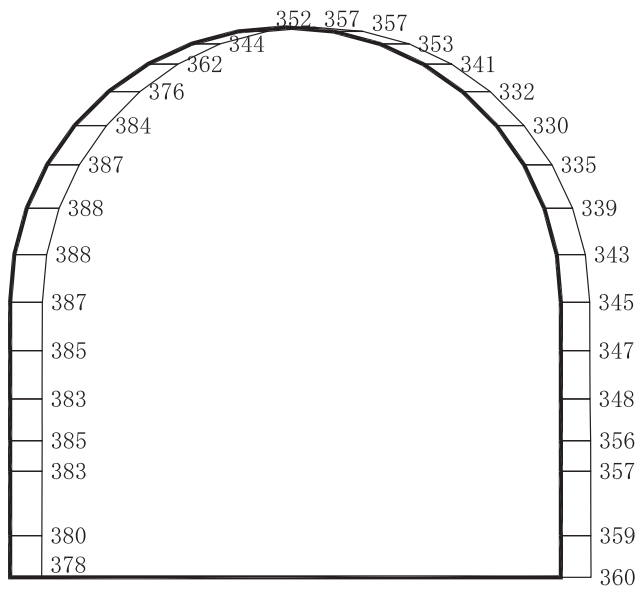
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-72 最大加速度分布図 (3/56) (解析ケース①)



(a) S s - F 1 (++) 水平

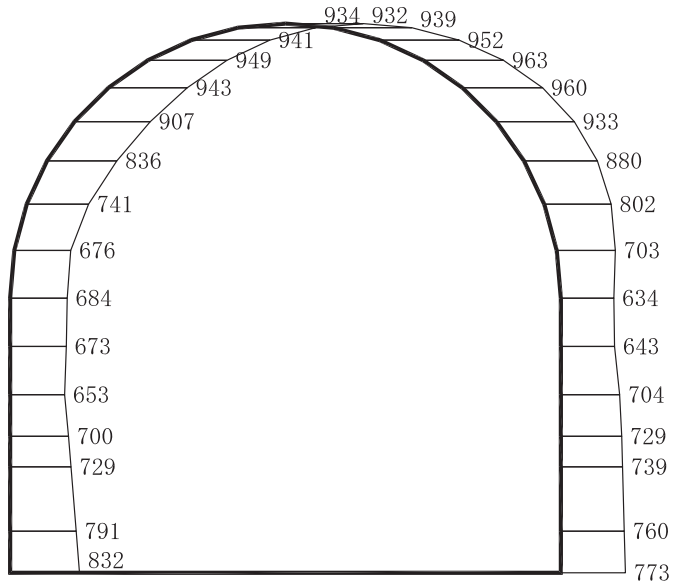


構造スケール 0 ——— 2 (m)

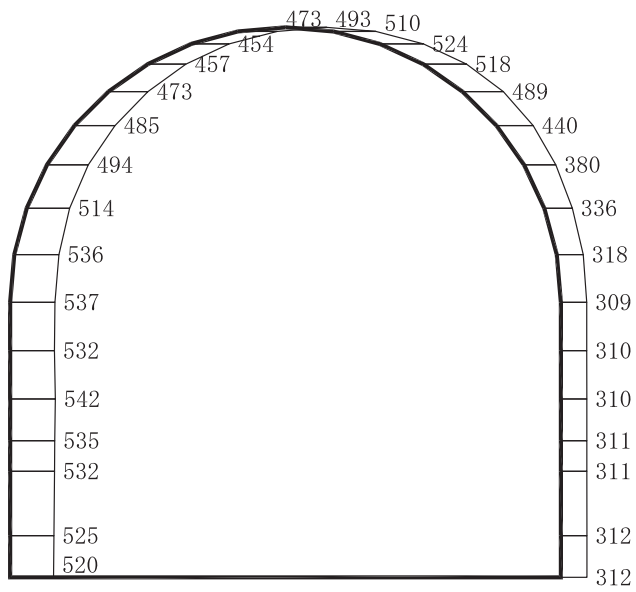
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-73 最大加速度分布図 (4/56) (解析ケース①)



(a) S s - F 2 (++) 水平

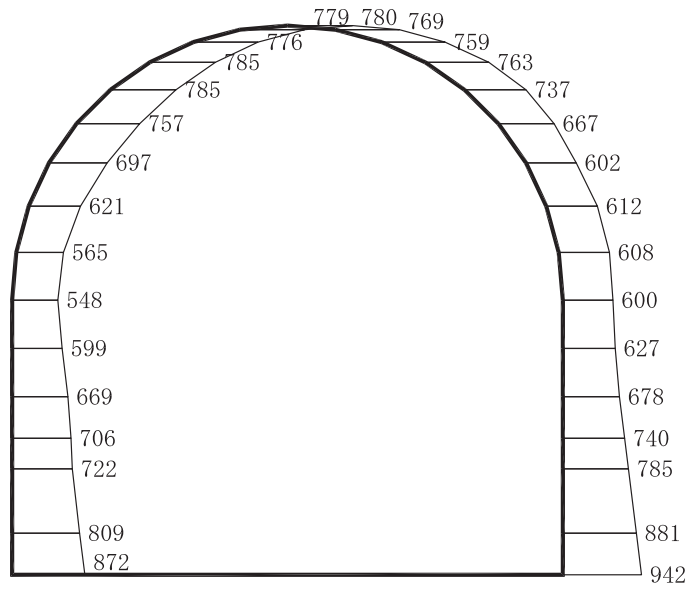


構造スケール 0 ——— 2 (m)

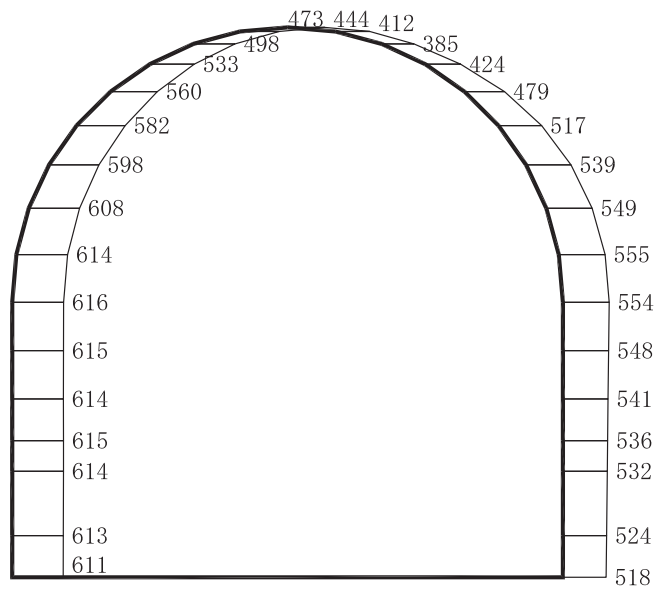
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-74 最大加速度分布図 (5/56) (解析ケース①)



(a) S s - F 3 (++) 水平

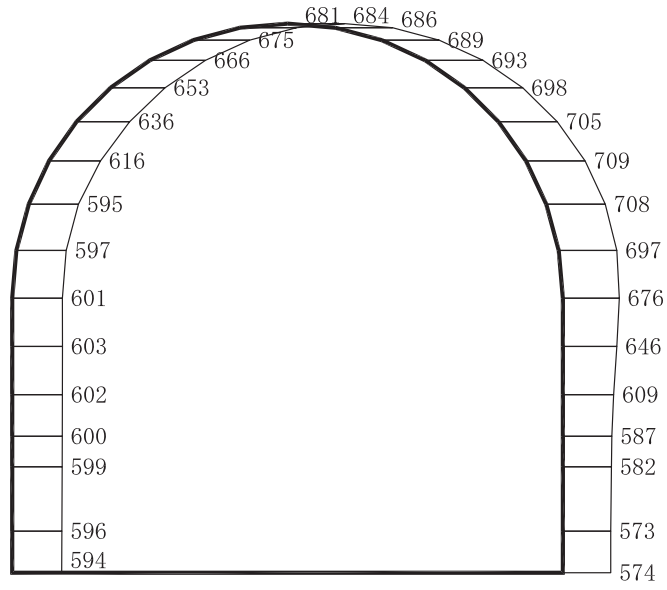


構造スケール 0 ——— 2 (m)

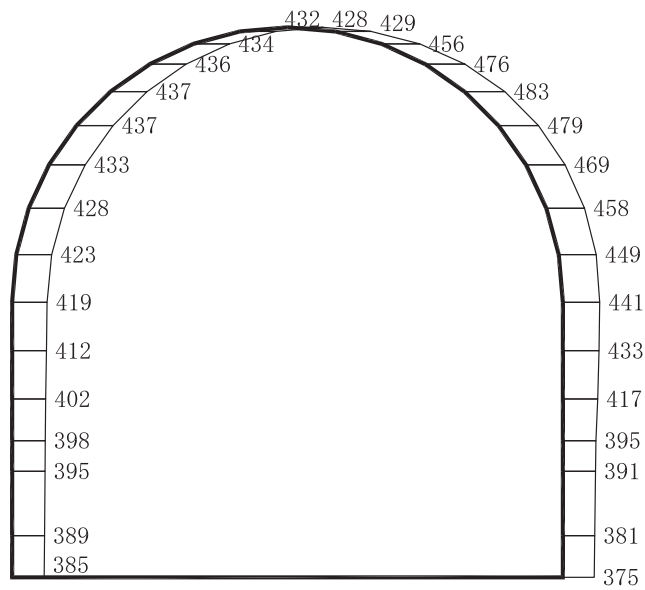
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-75 最大加速度分布図 (6/56) (解析ケース①)



(a) S s - N 1 (++) 水平

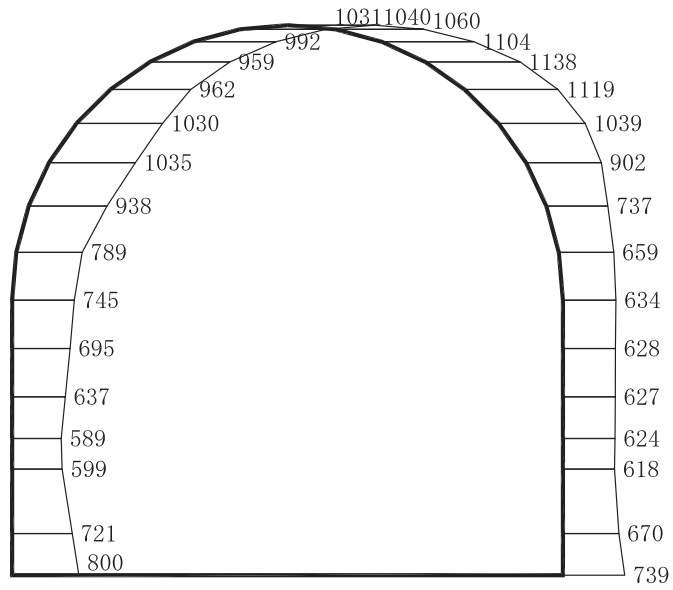


構造スケール 0 ——— 2 (m)

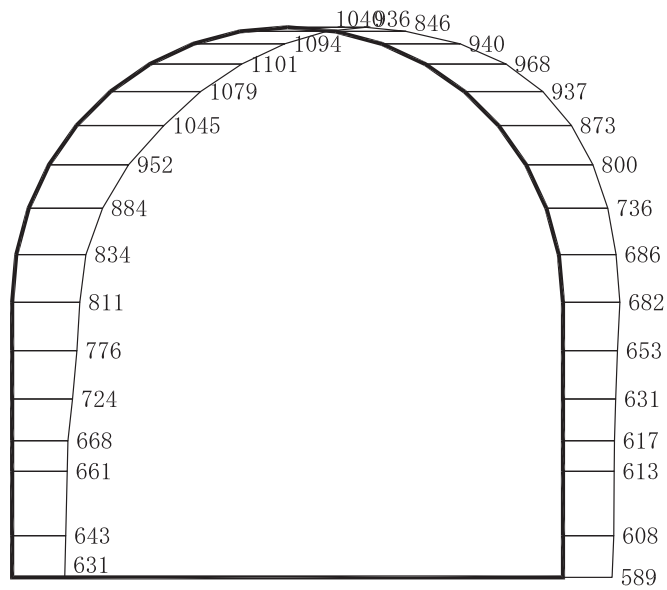
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-76 最大加速度分布図 (7/56) (解析ケース①)



(a) S s - D 1 (++) 水平

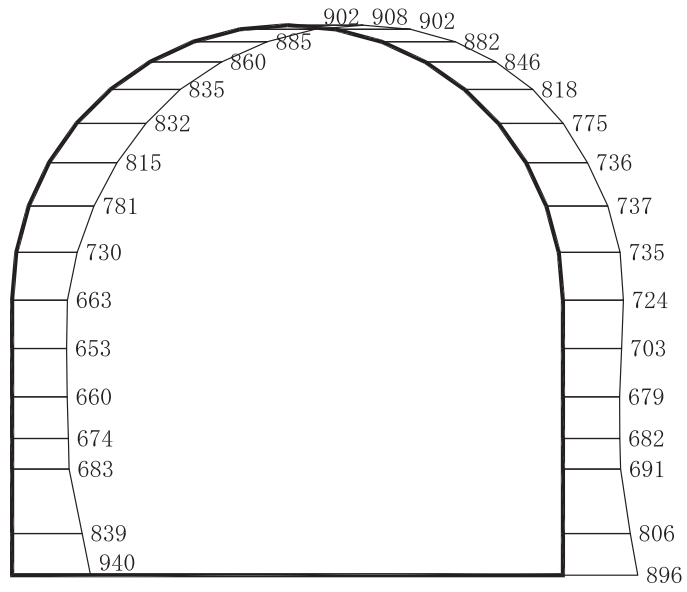


構造スケール 0 ——— 2 (m)

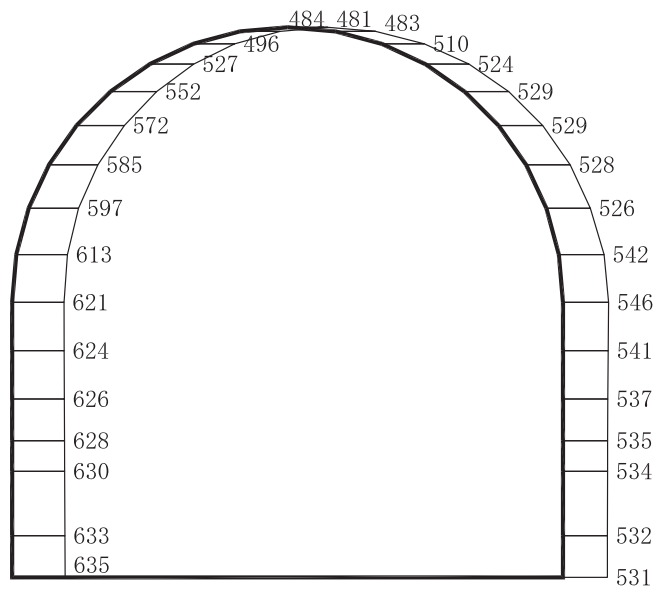
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-77 最大加速度分布図 (8/56) (解析ケース②)



(a) S s - D 2 (++) 水平

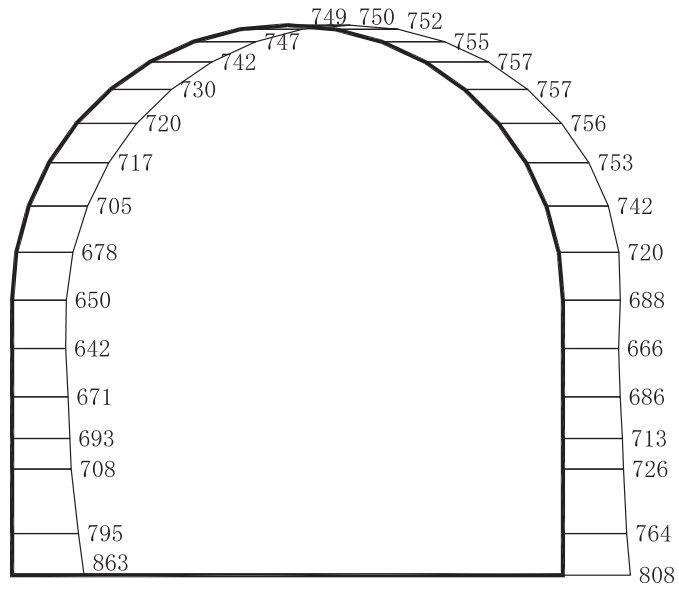


構造スケール 0 2 (m)

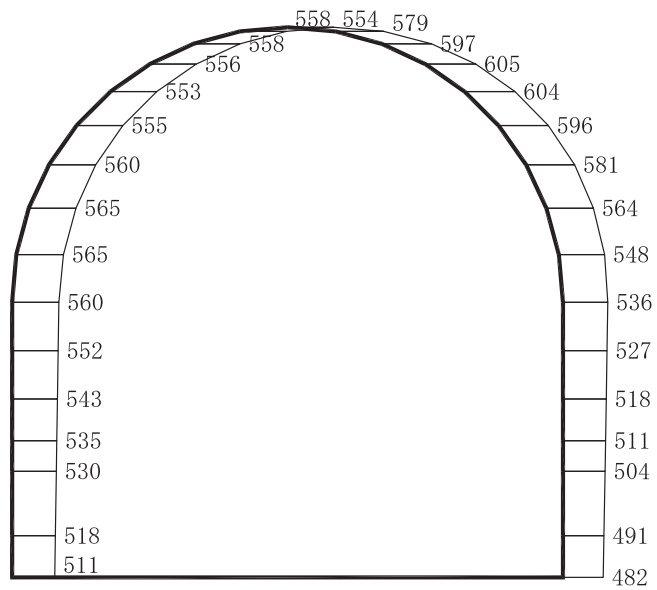
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-78 最大加速度分布図 (9/56) (解析ケース②)



(a) S s - D 3 (++) 水平

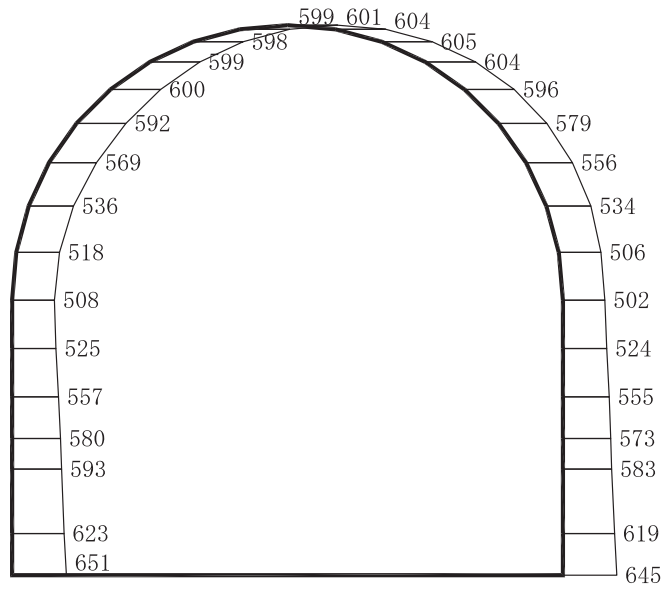


構造スケール 0 ——— 2 (m)

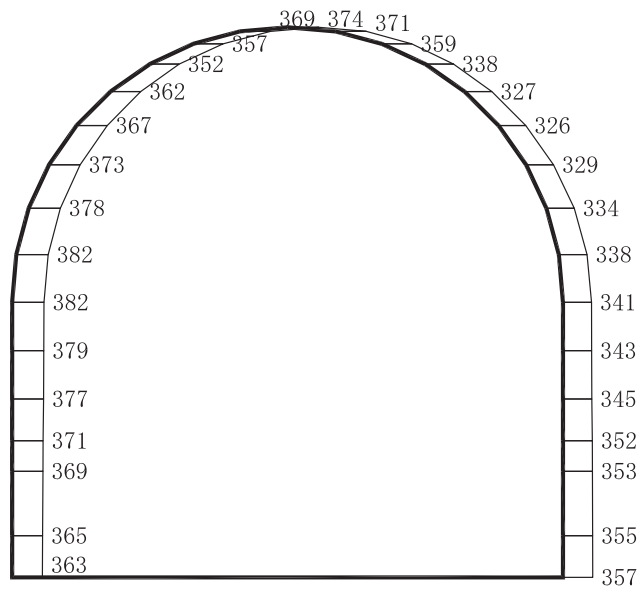
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-79 最大加速度分布図 (10/56) (解析ケース②)



(a) S s - F 1 (++) 水平

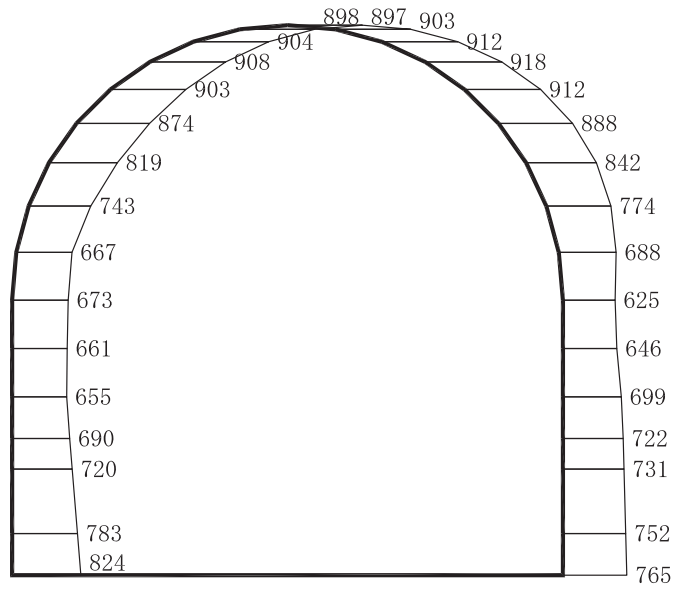


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

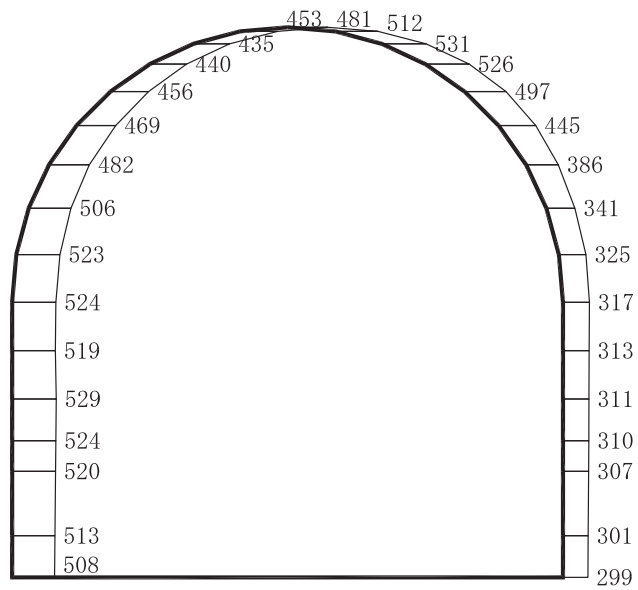
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-80 最大加速度分布図 (11/56) (解析ケース②)



(a) S s - F 2 (++) 水平

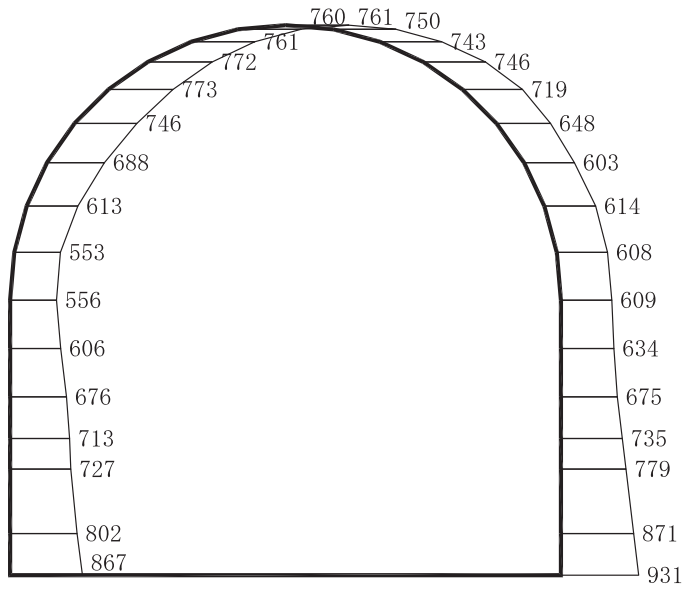


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

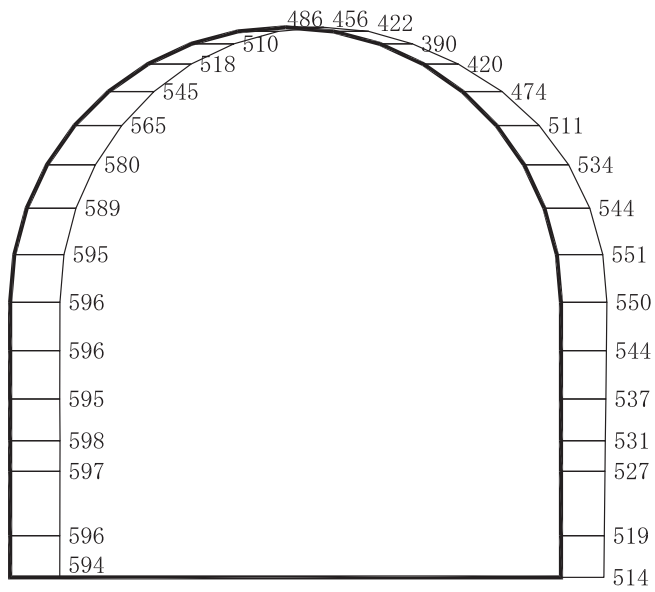
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-81 最大加速度分布図 (12/56) (解析ケース②)



(a) S s - F 3 (++) 水平

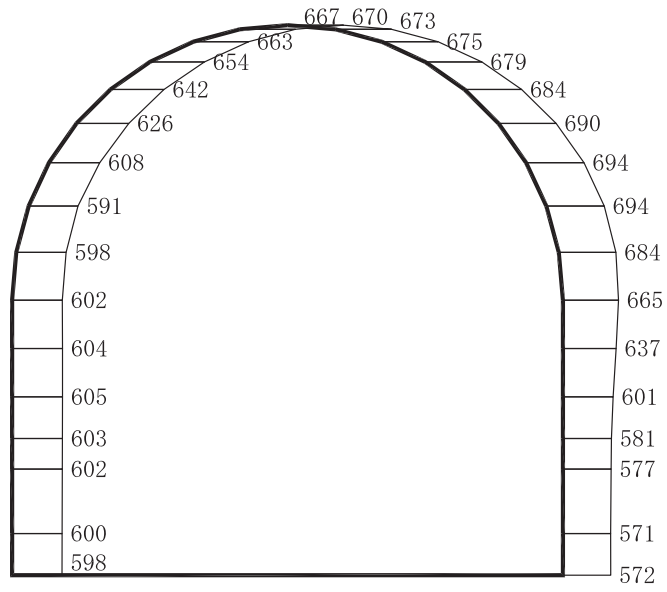


構造スケール 0 ———— 2 (m)

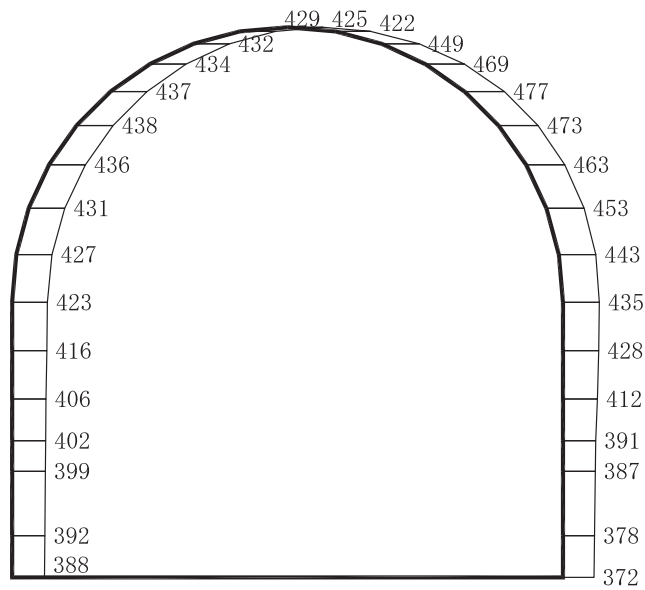
応答値スケール 0 ———— 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-82 最大加速度分布図 (13/56) (解析ケース②)



(a) S s - N 1 (++) 水平

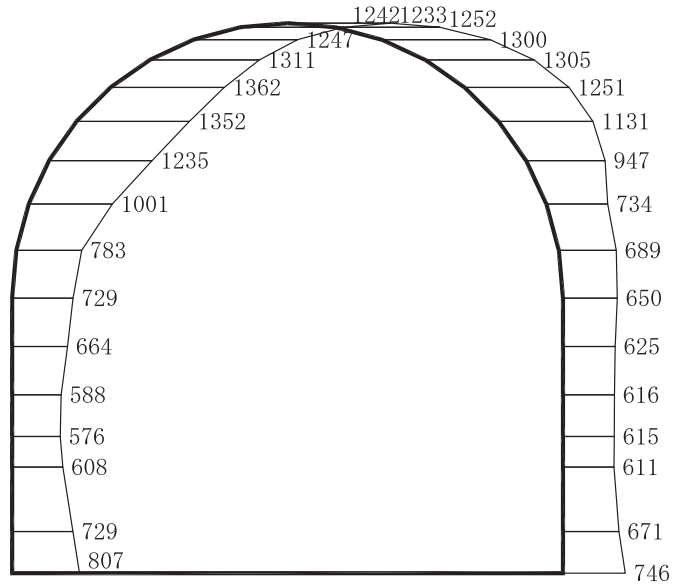


構造スケール 0 ——— 2 (m)

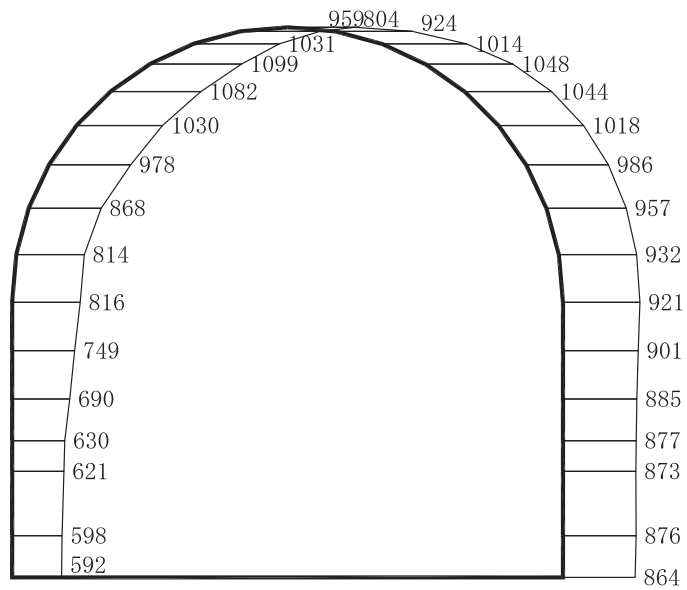
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-83 最大加速度分布図 (14/56) (解析ケース②)



(a) S s - D 1 (++) 水平

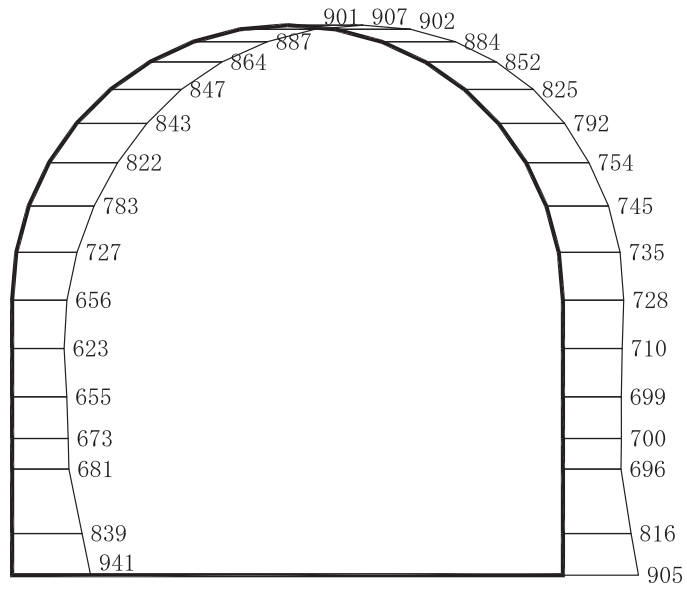


構造スケール 0 ——— 2 (m)

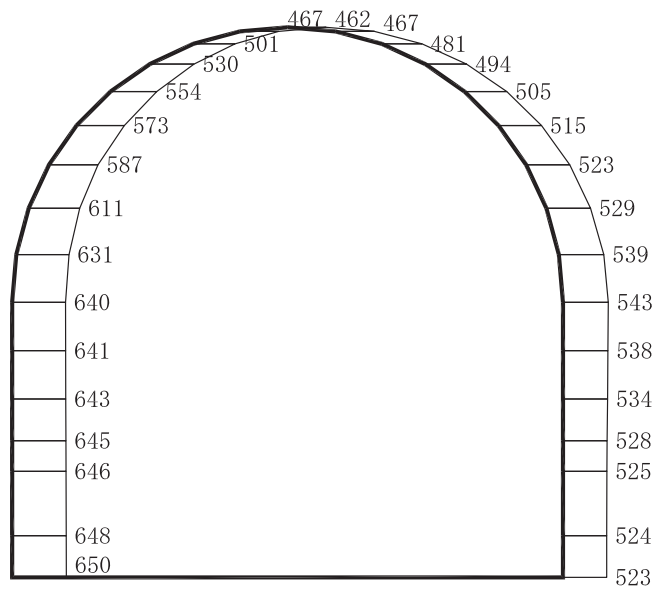
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-84 最大加速度分布図 (15/56) (解析ケース③)



(a) S s - D 2 (++) 水平

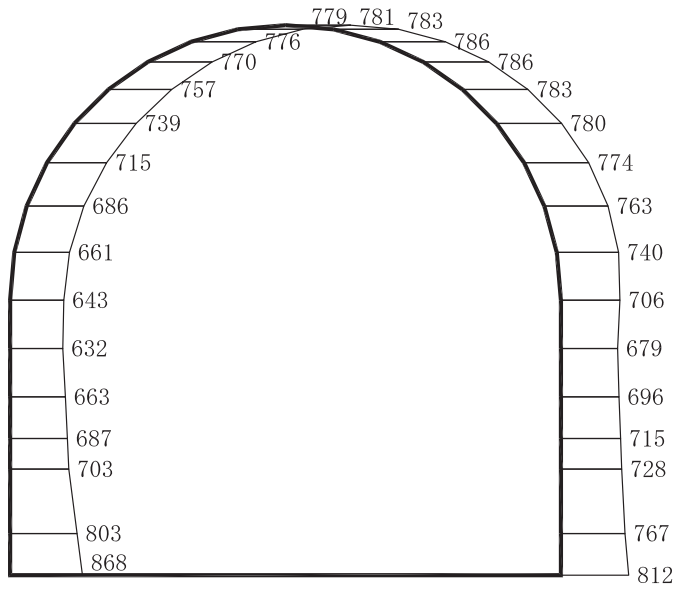


構造スケール 0 2 (m)

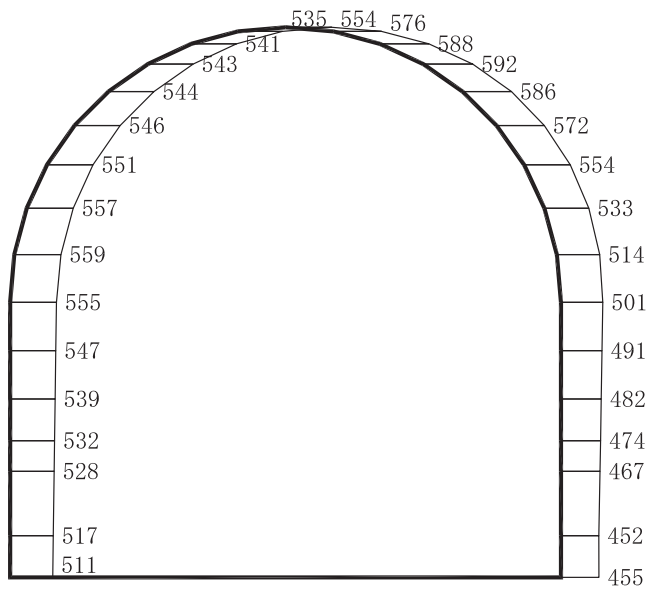
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-85 最大加速度分布図 (16/56) (解析ケース③)



(a) S s - D 3 (++) 水平

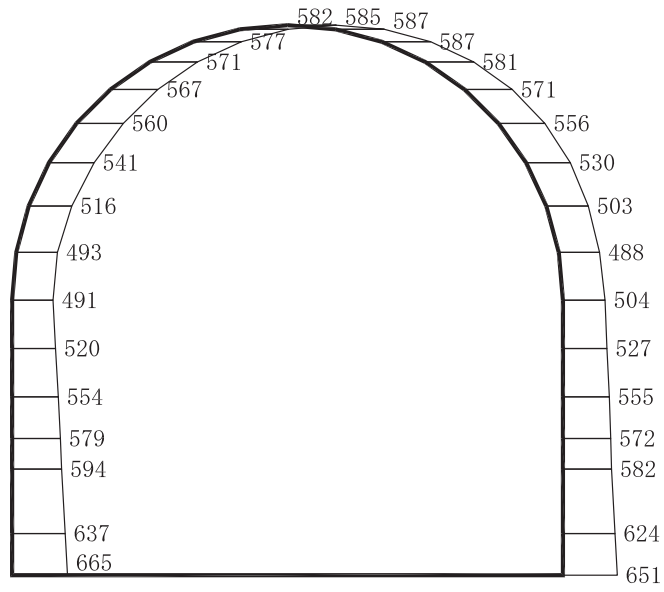


構造スケール 0 ——— 2 (m)

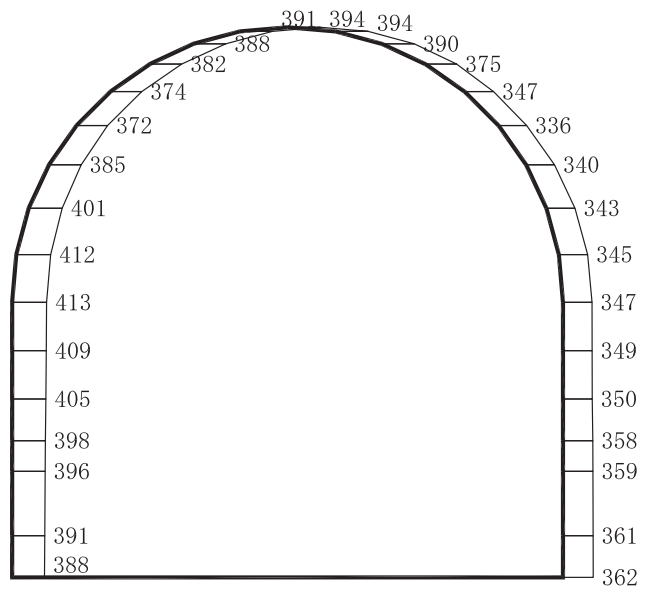
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-86 最大加速度分布図 (17/56) (解析ケース③)



(a) S s - F 1 (++) 水平

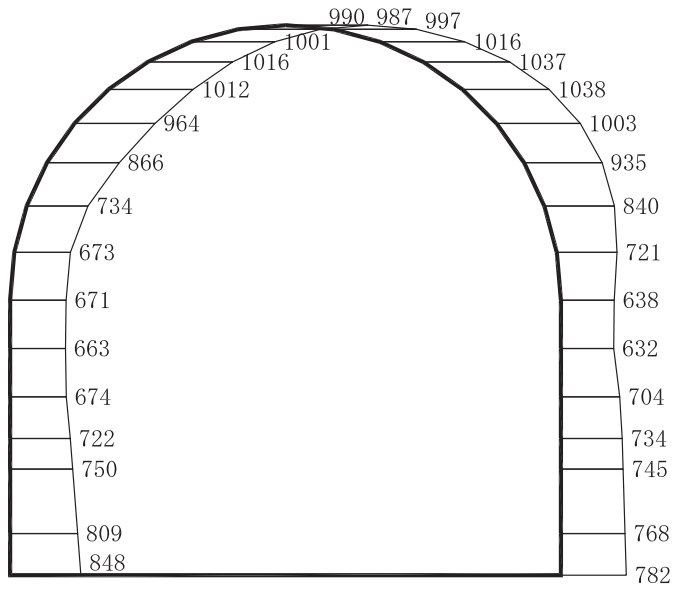


構造スケール 0 2 (m)

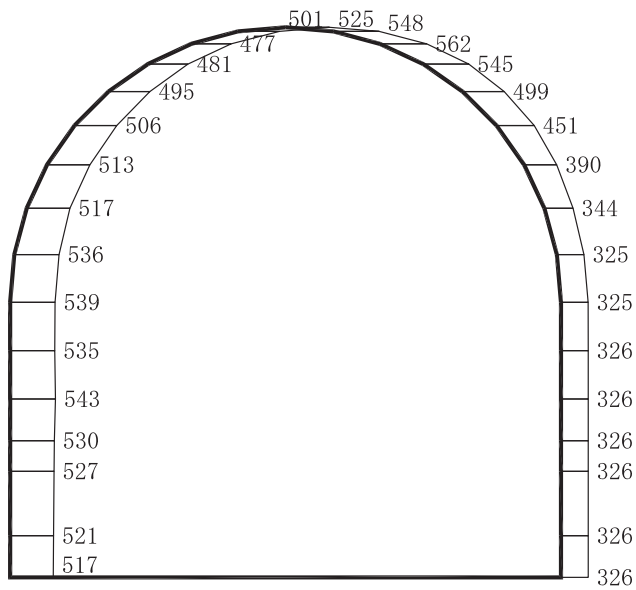
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-87 最大加速度分布図 (18/56) (解析ケース③)



(a) S s - F 2 (++) 水平

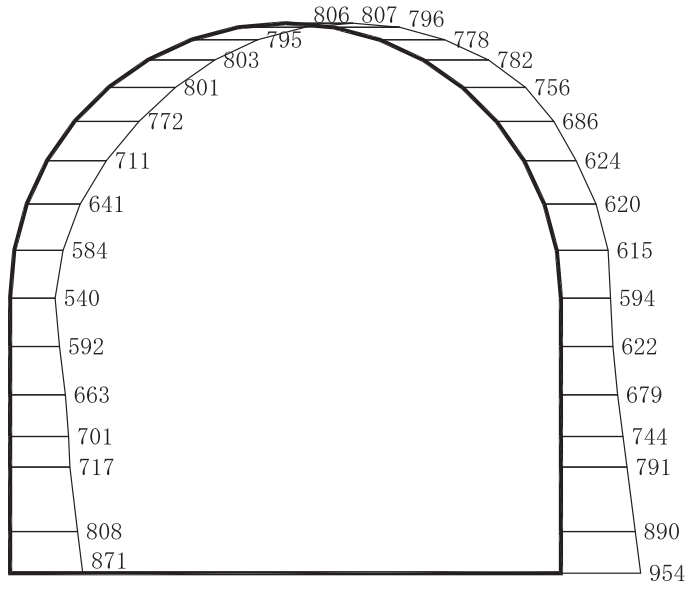


構造スケール $\frac{0}{\quad\quad\quad} \frac{2}{\quad\quad\quad}$ (m)

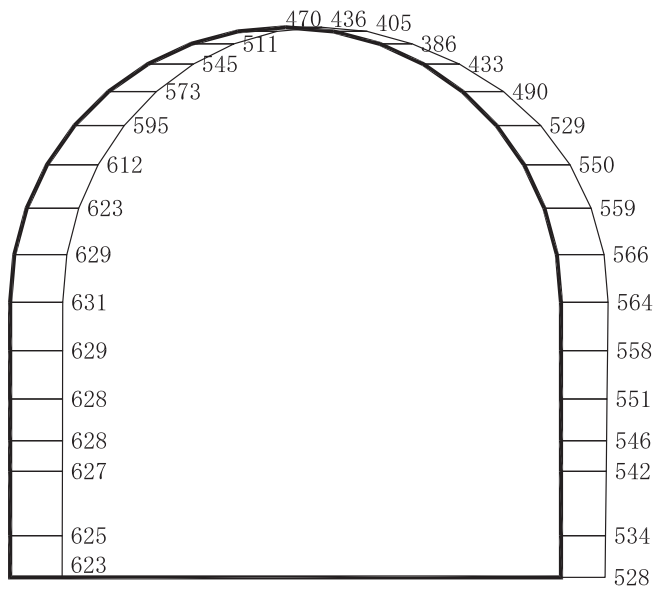
応答値スケール $\frac{0}{\quad\quad\quad} \frac{2000}{\quad\quad\quad}$ (cm/s²)

(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-88 最大加速度分布図 (19/56) (解析ケース③)



(a) S s - F 3 (++) 水平

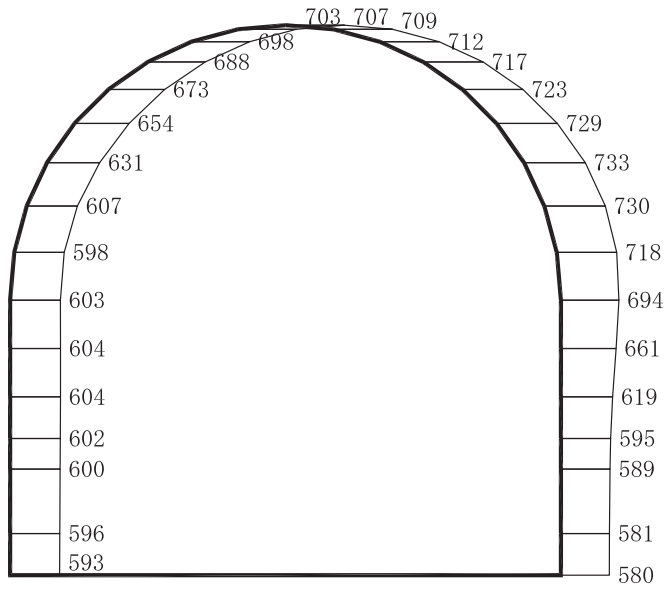


構造スケール 0 ——— 2 (m)

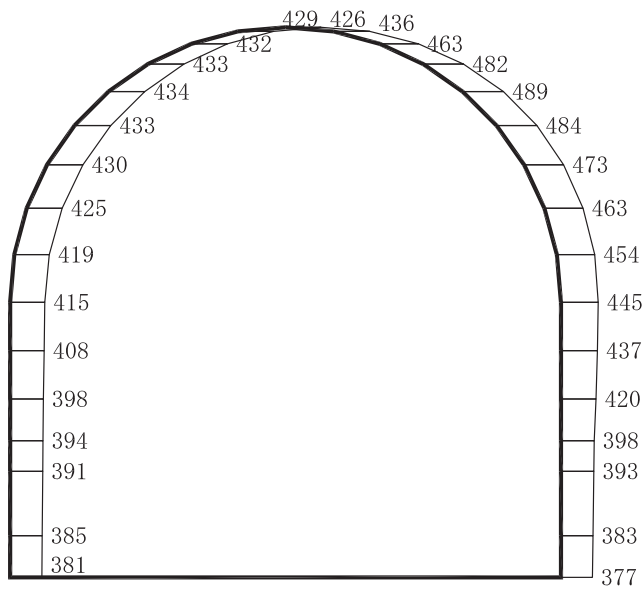
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-89 最大加速度分布図 (20/56) (解析ケース③)



(a) S s - N 1 (++) 水平

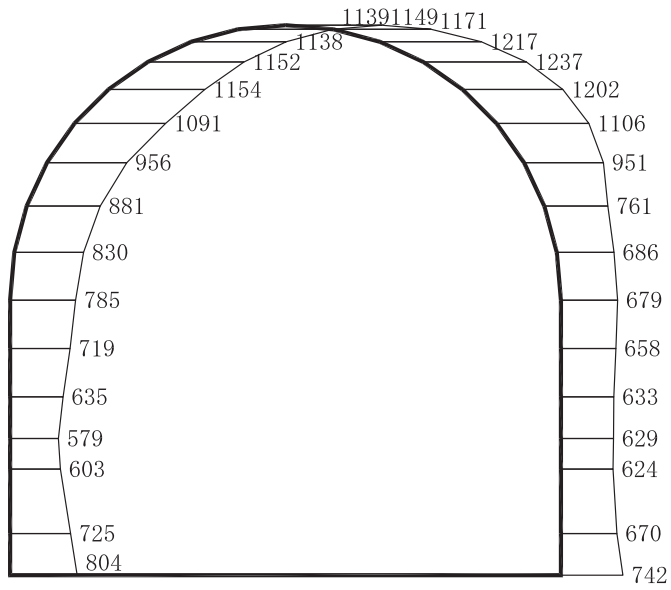


構造スケール 0 ——— 2 (m)

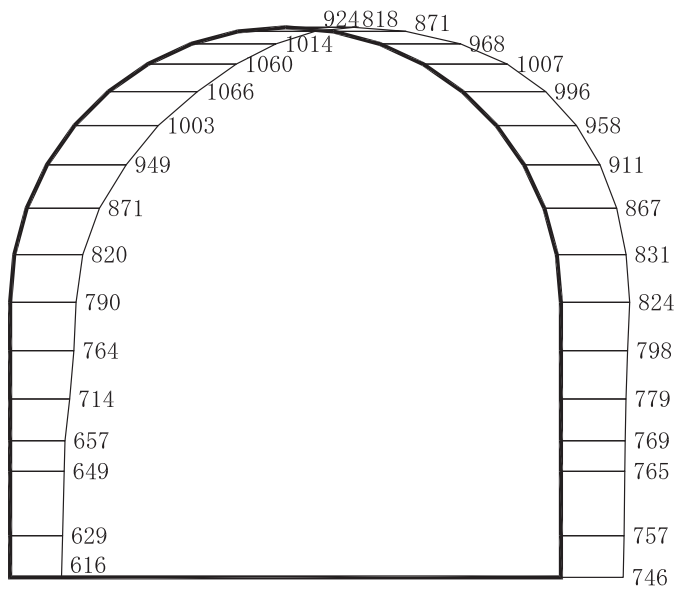
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-90 最大加速度分布図 (21/56) (解析ケース③)



(a) S s - D 1 (++) 水平

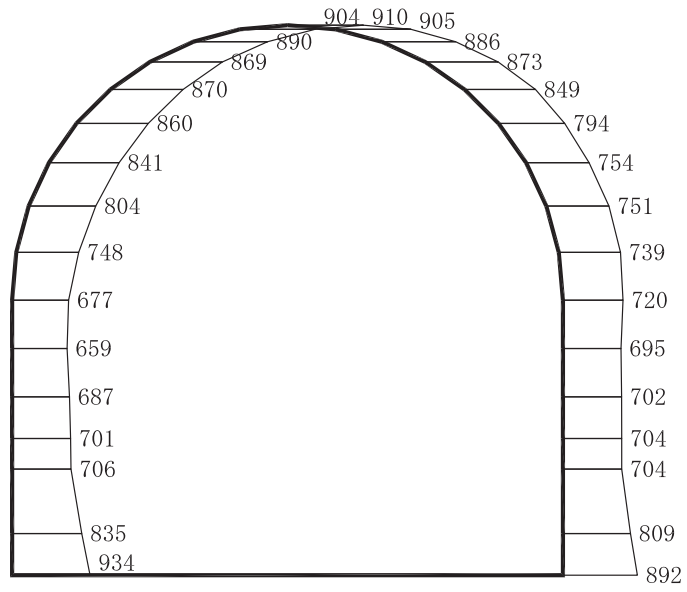


構造スケール 0 ——— 2 (m)

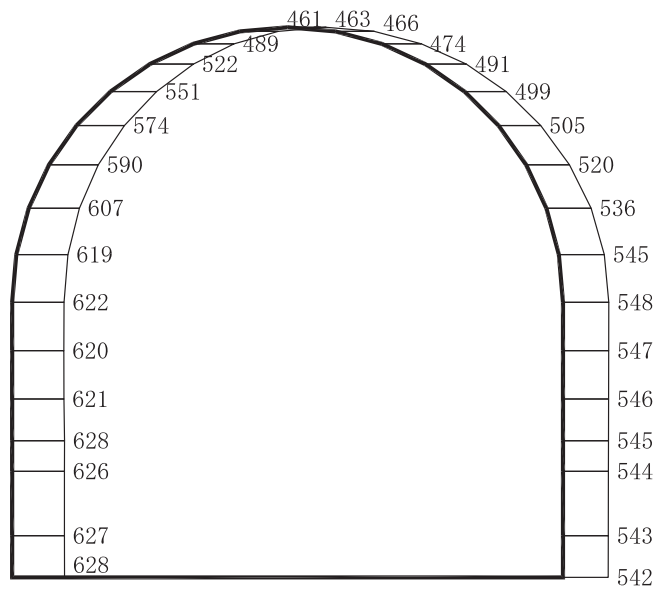
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-91 最大加速度分布図 (22/56) (解析ケース④)



(a) S s - D 2 (++) 水平

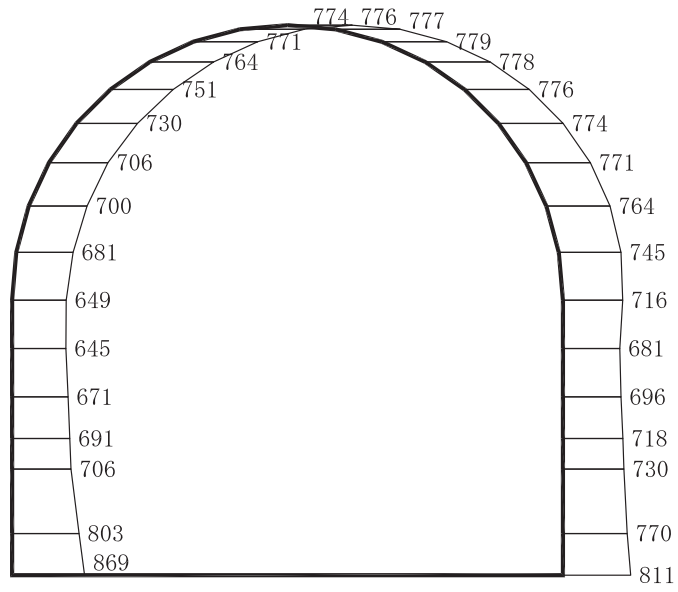


構造スケール 0 ——— 2 (m)

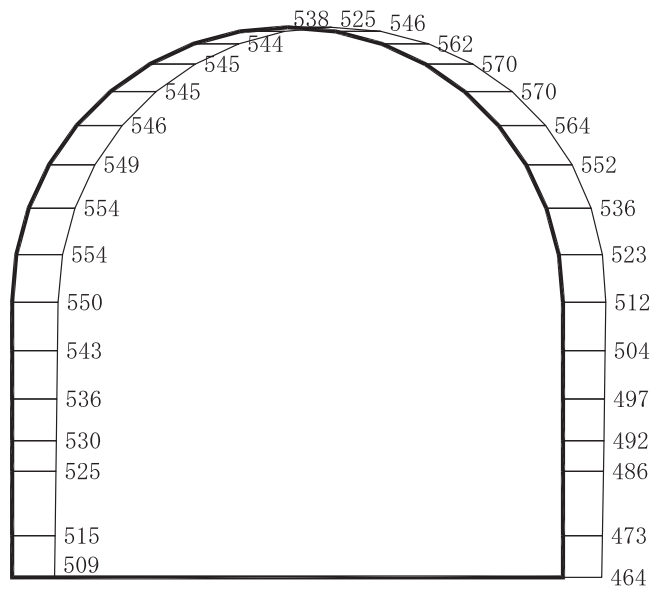
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-92 最大加速度分布図 (23/56) (解析ケース④)



(a) S s - D 3 (++) 水平

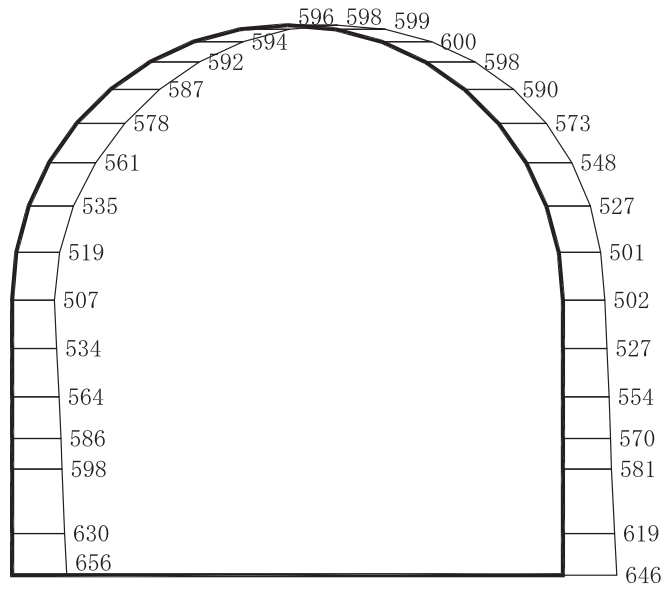


構造スケール 0 ——— 2 (m)

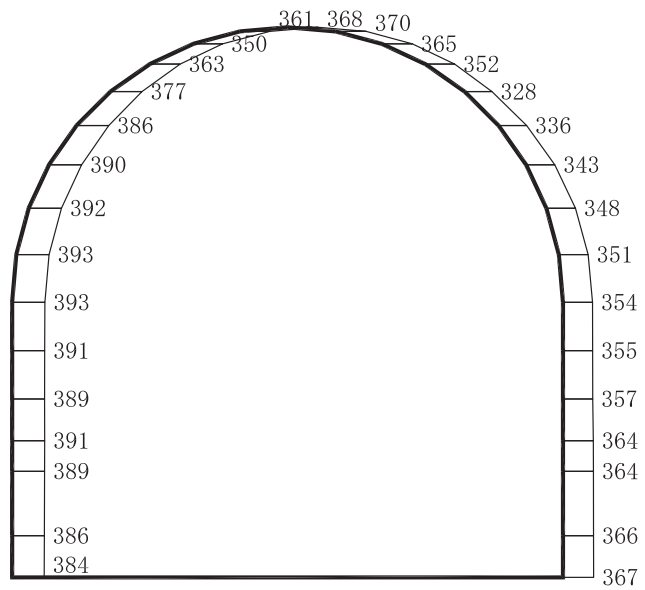
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-93 最大加速度分布図 (24/56) (解析ケース④)



(a) S s - F 1 (++) 水平

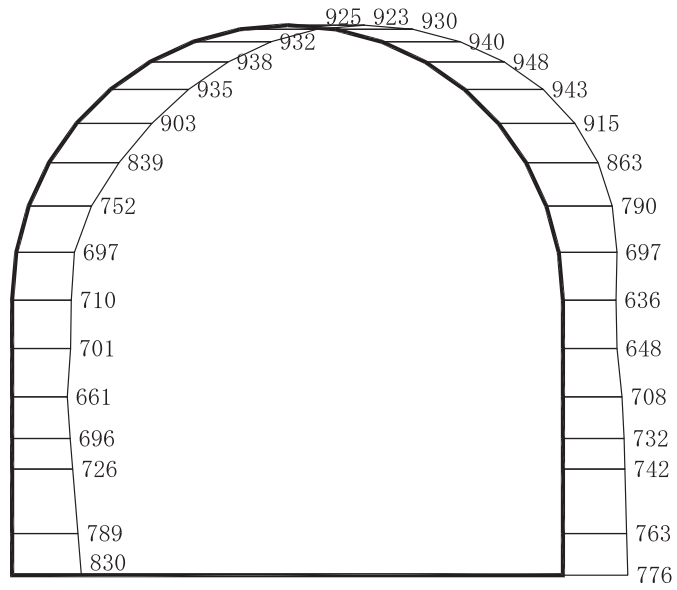


構造スケール 0 2 (m)

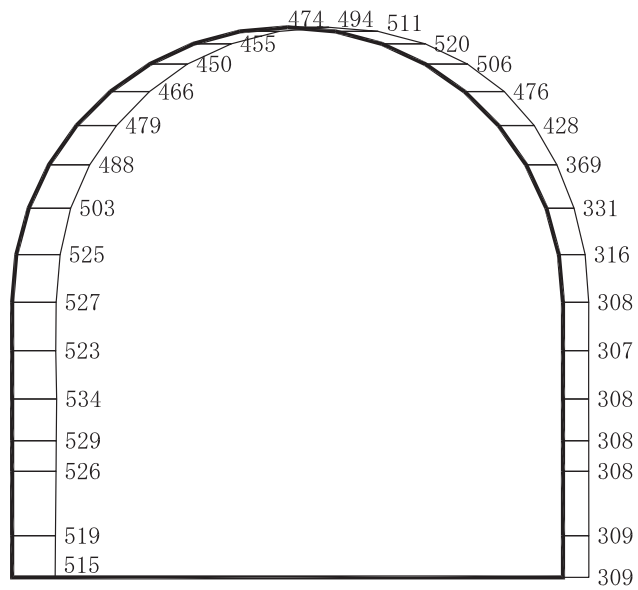
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-94 最大加速度分布図 (25/56) (解析ケース④)



(a) S s - F 2 (++) 水平

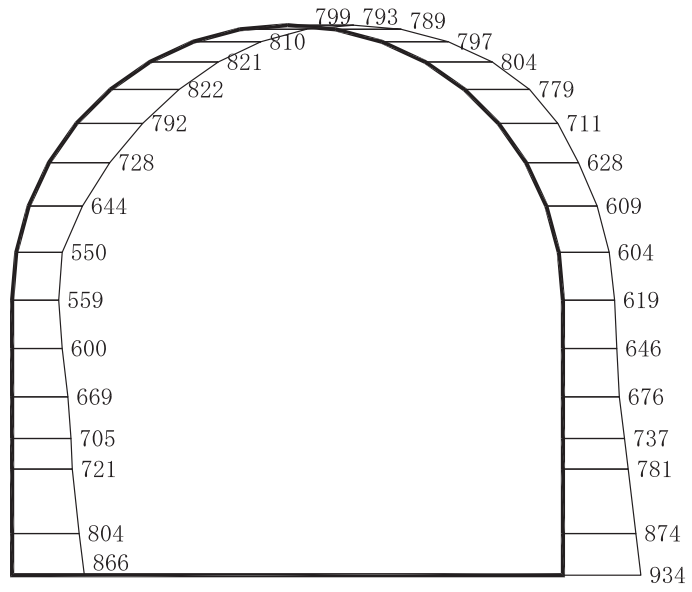


構造スケール $\frac{0}{\quad\quad\quad} \frac{2}{\quad\quad\quad}$ (m)

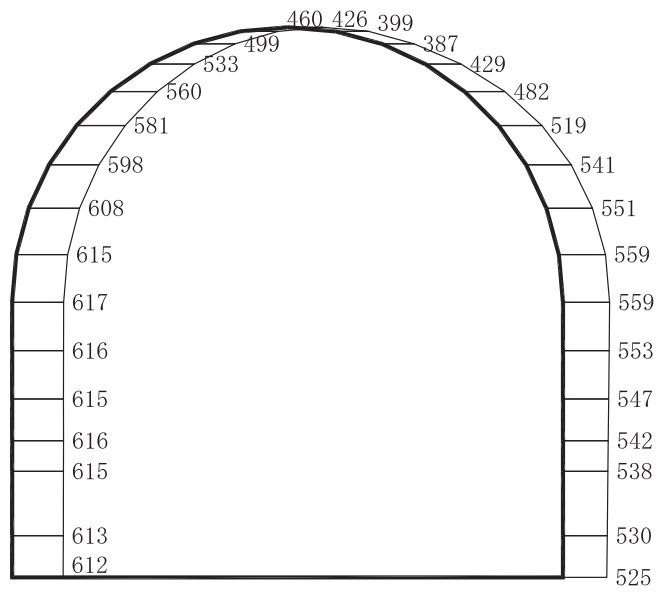
応答値スケール $\frac{0}{\quad\quad\quad} \frac{2000}{\quad\quad\quad}$ (cm/s²)

(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-95 最大加速度分布図 (26/56) (解析ケース④)



(a) S s - F 3 (++) 水平

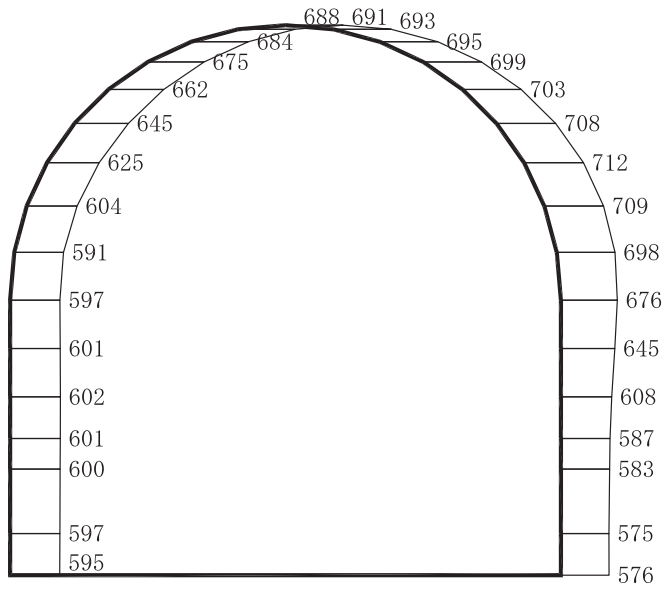


構造スケール 0 ——— 2 (m)

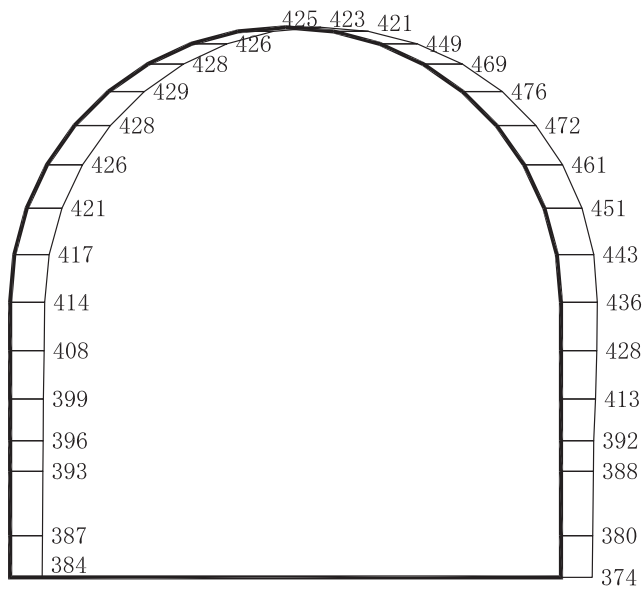
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-96 最大加速度分布図 (27/56) (解析ケース④)



(a) S s - N 1 (++) 水平

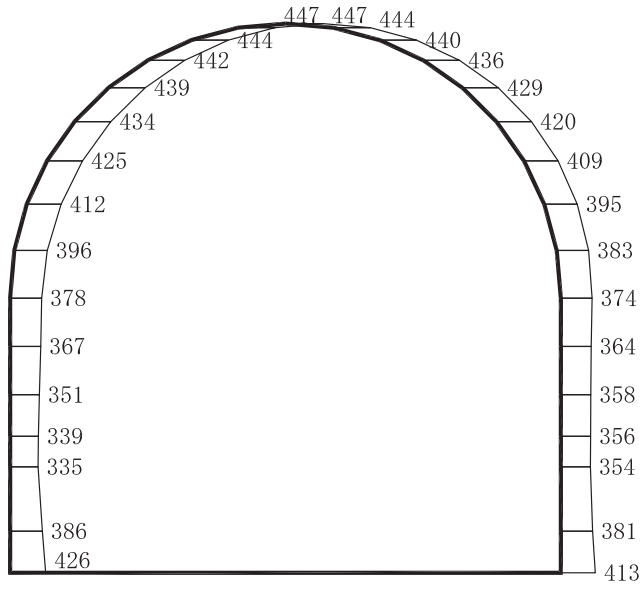


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

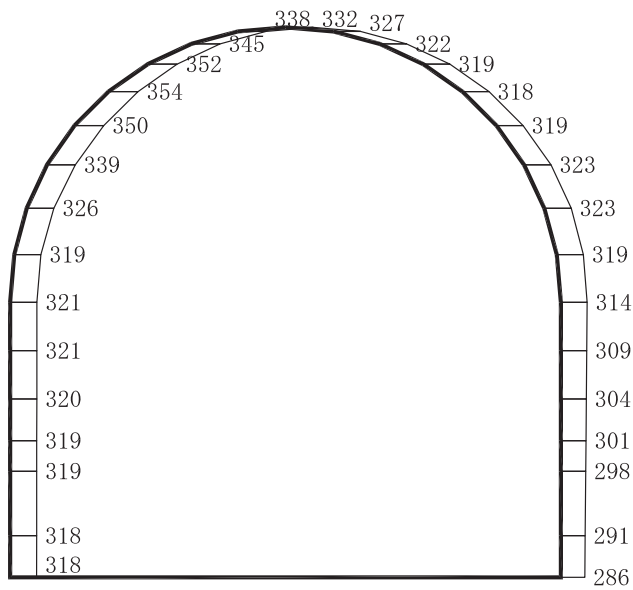
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-97 最大加速度分布図 (28/56) (解析ケース④)



(a) S d - D 1 (++) 水平

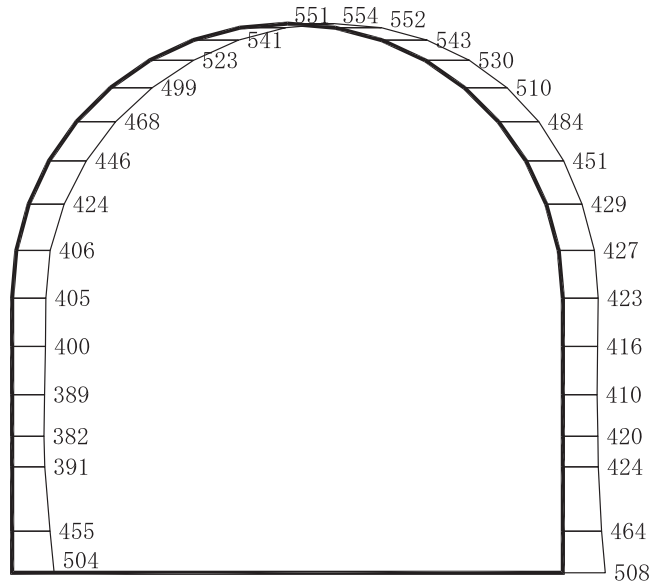


構造スケール 0 ——— 2 (m)

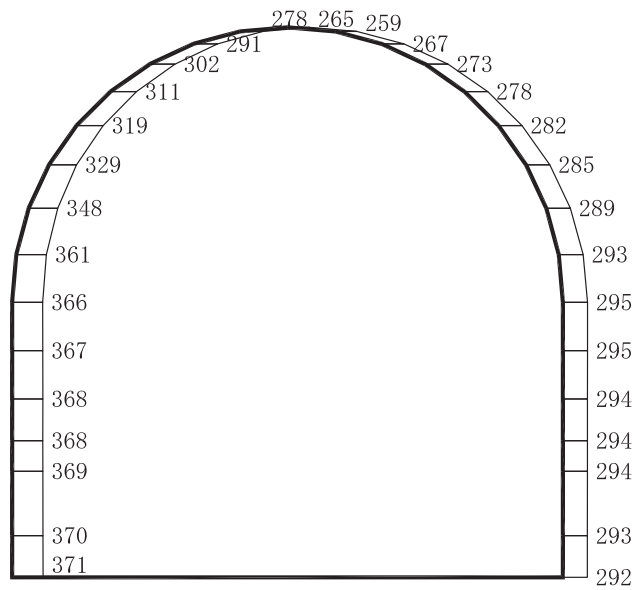
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-98 最大加速度分布図 (29/56) (解析ケース①)



(a) S d - D 2 (++) 水平

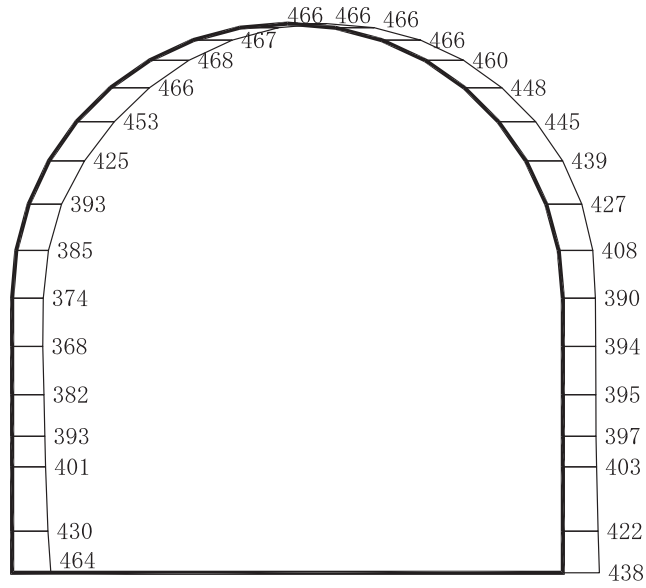


構造スケール 0 ——— 2 (m)

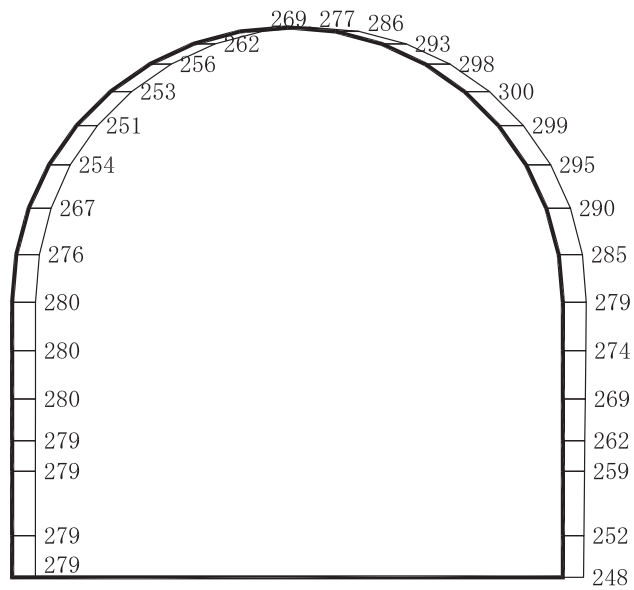
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-99 最大加速度分布図 (30/56) (解析ケース①)



(a) S d - D 3 (++) 水平

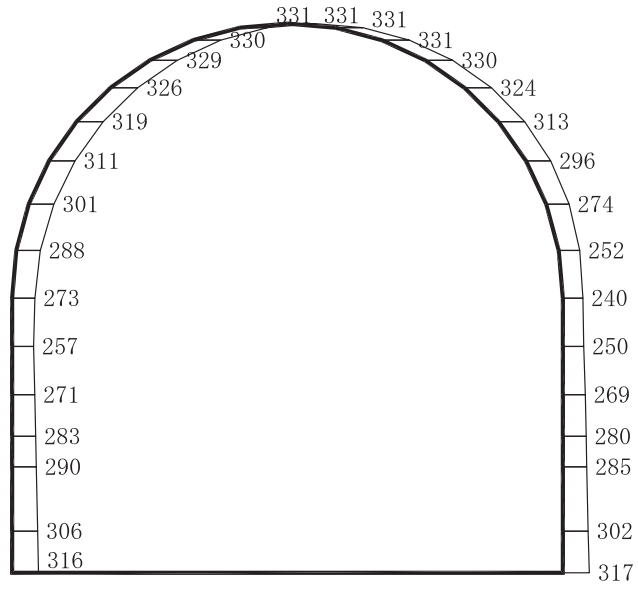


構造スケール 0 |-----| 2 (m)

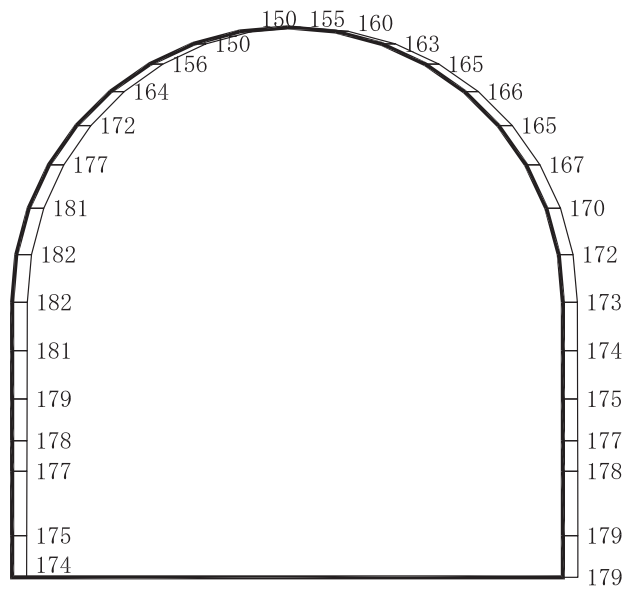
応答値スケール 0 |-----| 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-100 最大加速度分布図 (31/56) (解析ケース①)



(a) S d - F 1 (++) 水平

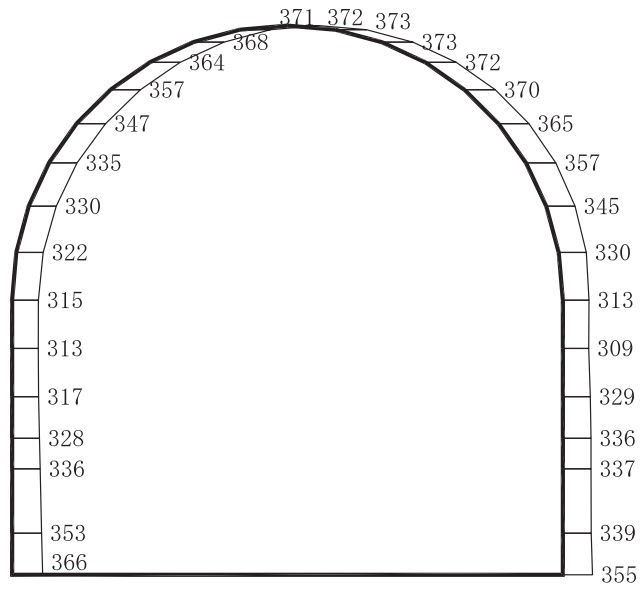


構造スケール $\frac{0}{\quad\quad\quad} \frac{2}{\quad\quad\quad}$ (m)

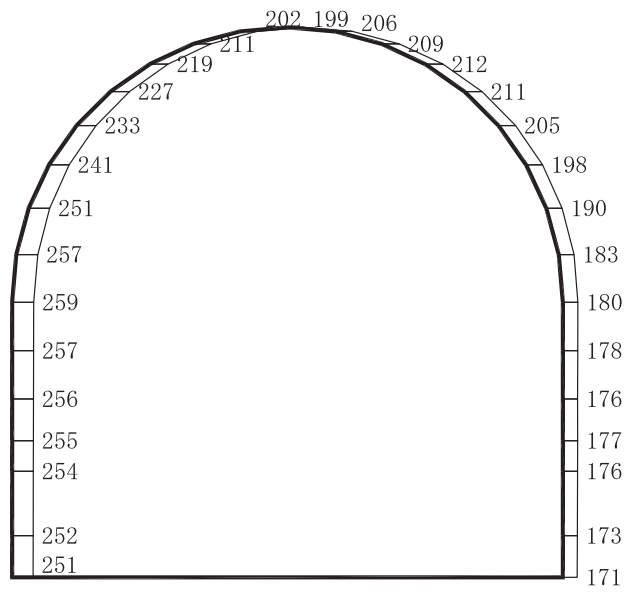
応答値スケール $\frac{0}{\quad\quad\quad} \frac{2000}{\quad\quad\quad}$ (cm/s²)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-101 最大加速度分布図 (32/56) (解析ケース①)



(a) S d - F 2 (+ +) 水平

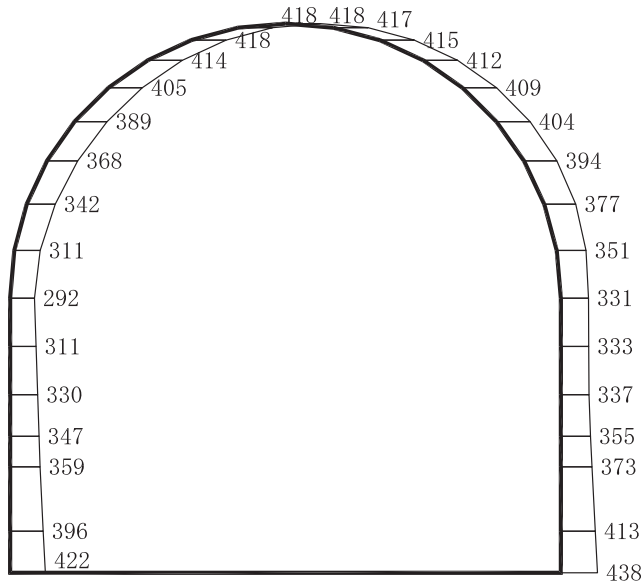


構造スケール 0 2 (m)

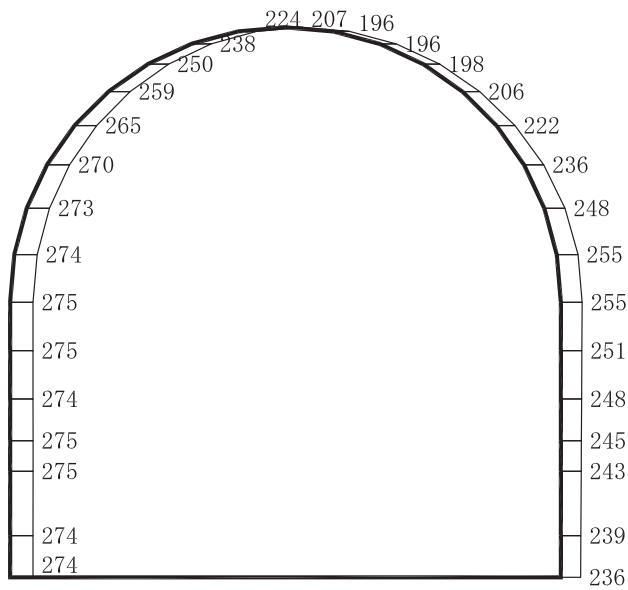
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 2 (+ +) 鉛直

図 4-102 最大加速度分布図 (33/56) (解析ケース①)



(a) S d - F 3 (++) 水平

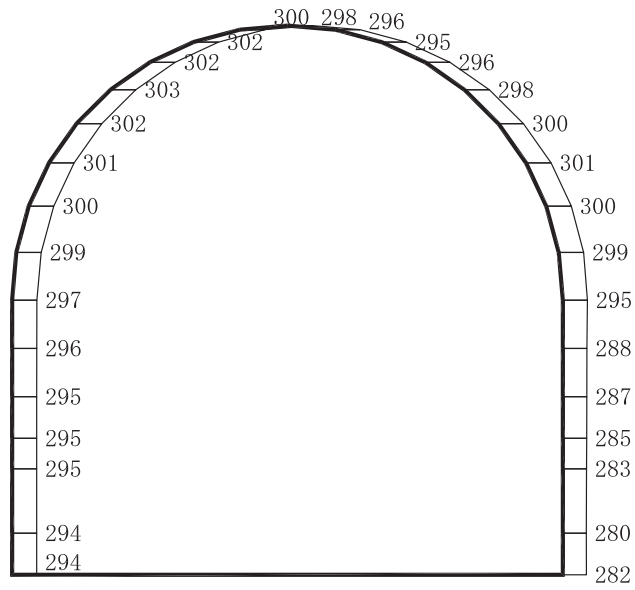


構造スケール 0 ——— 2 (m)

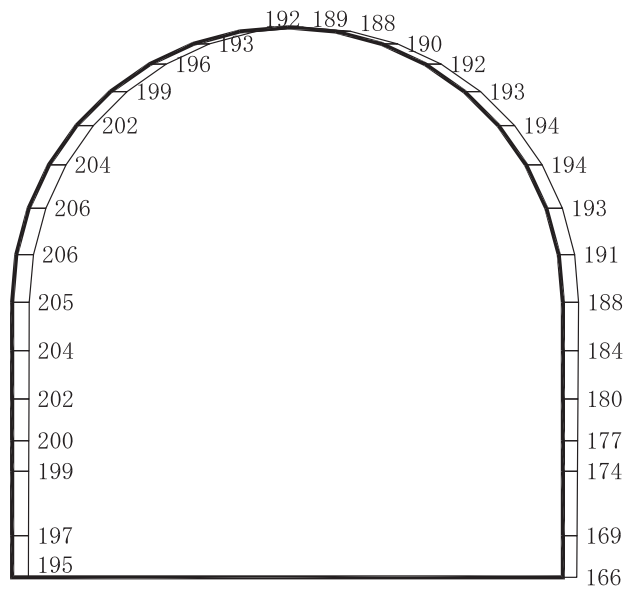
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-103 最大加速度分布図 (34/56) (解析ケース①)



(a) S d - N 1 (++) 水平

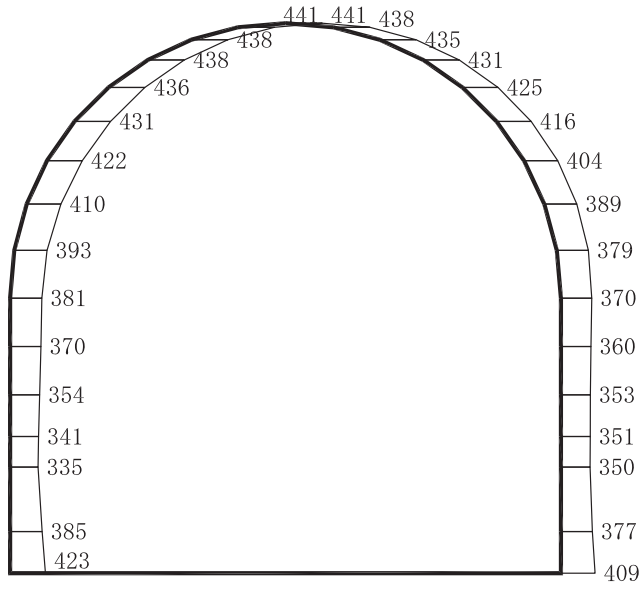


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

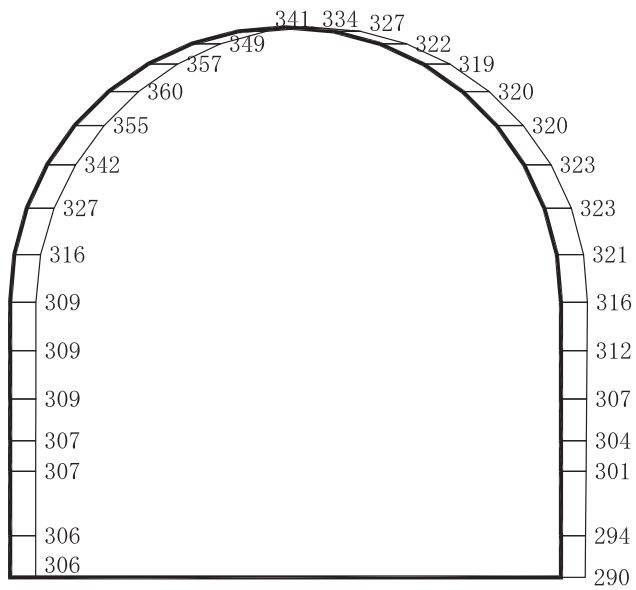
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-104 最大加速度分布図 (35/56) (解析ケース①)



(a) S d - D 1 (+ +) 水平

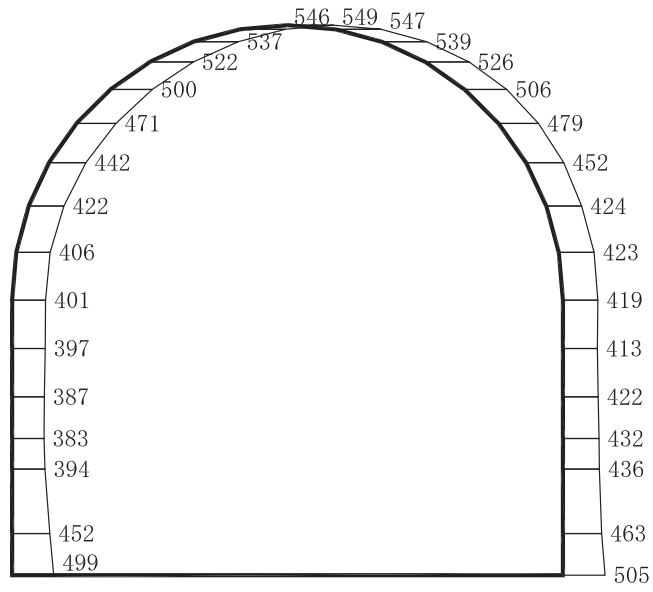


構造スケール 0 ——— 2 (m)

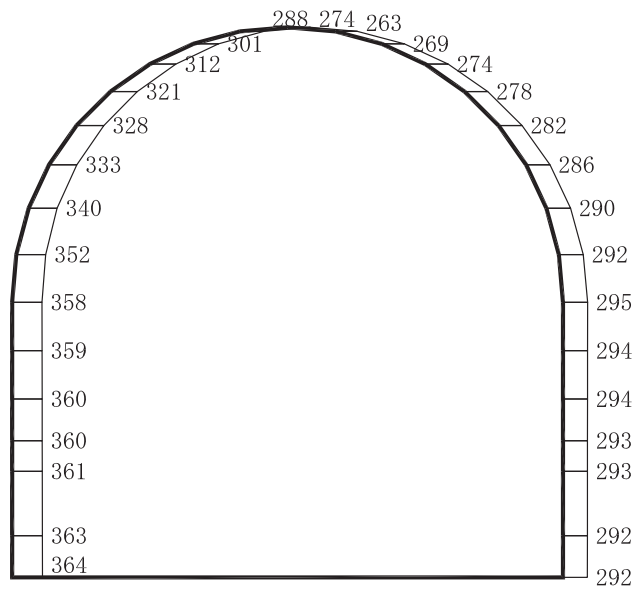
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 1 (+ +) 鉛直

図 4-105 最大加速度分布図 (36/56) (解析ケース②)



(a) S d - D 2 (++) 水平

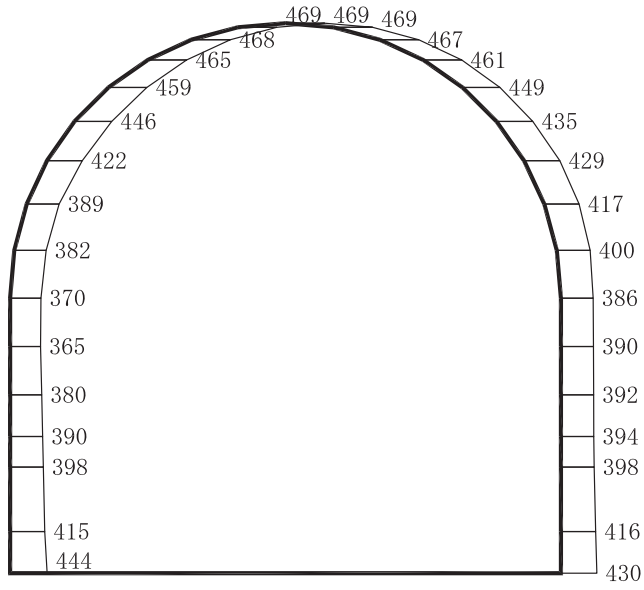


構造スケール 0 ———— 2 (m)

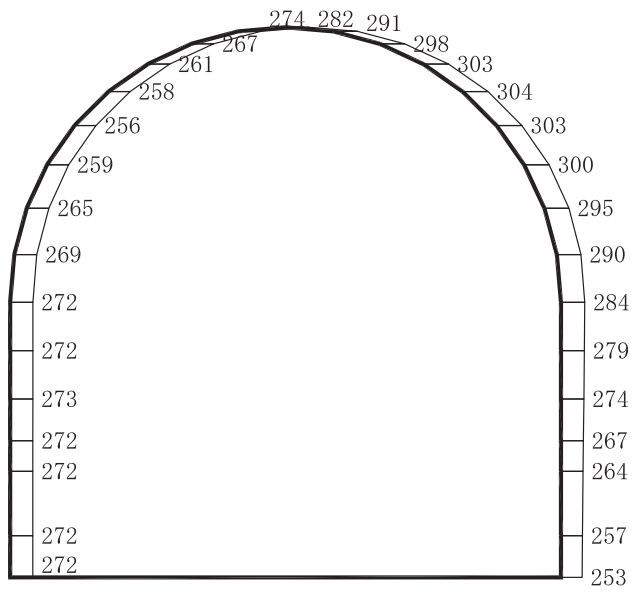
応答値スケール 0 ———— 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-106 最大加速度分布図 (37/56) (解析ケース②)



(a) S d - D 3 (++) 水平

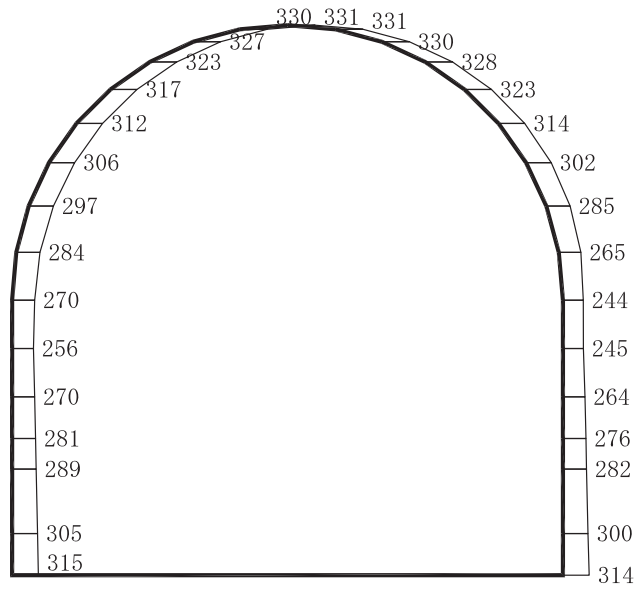


構造スケール 0 ——— 2 (m)

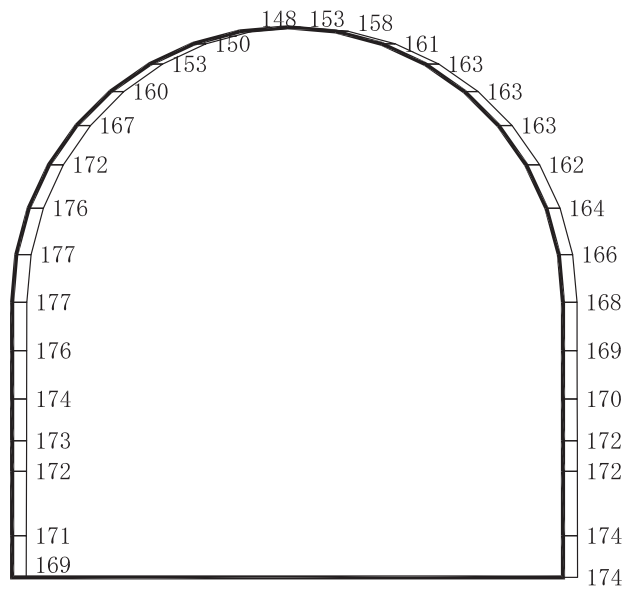
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-107 最大加速度分布図 (38/56) (解析ケース②)



(a) S d - F 1 (+ +) 水平

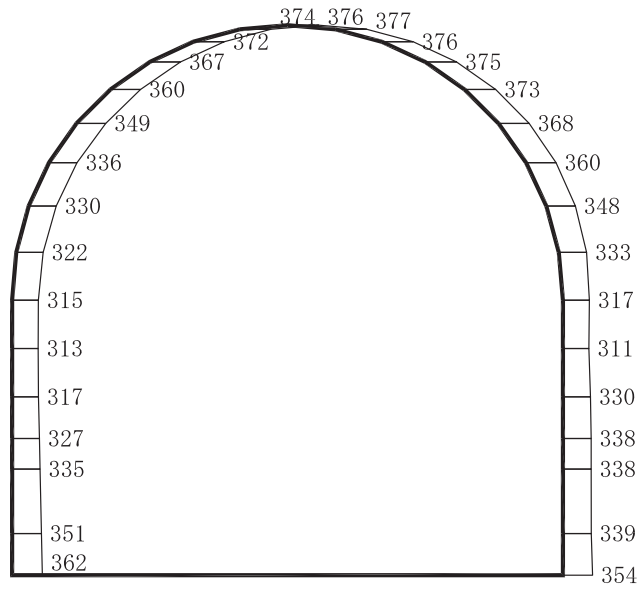


構造スケール 0 ——— 2 (m)

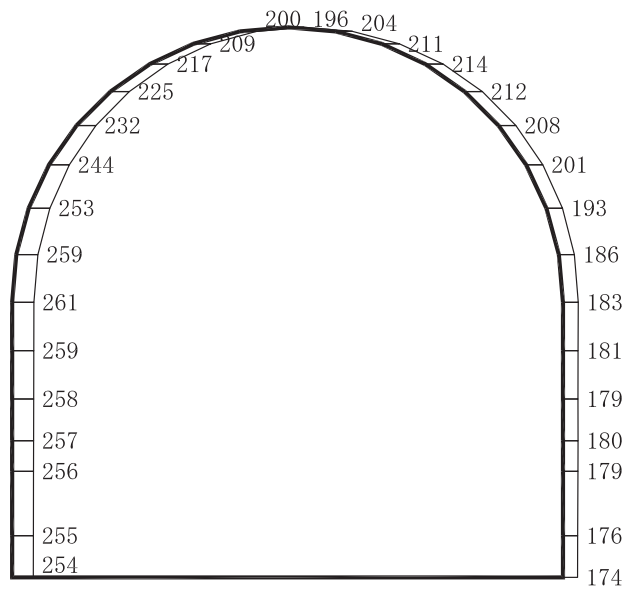
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 1 (+ +) 鉛直

図 4-108 最大加速度分布図 (39/56) (解析ケース②)



(a) S d - F 2 (++) 水平

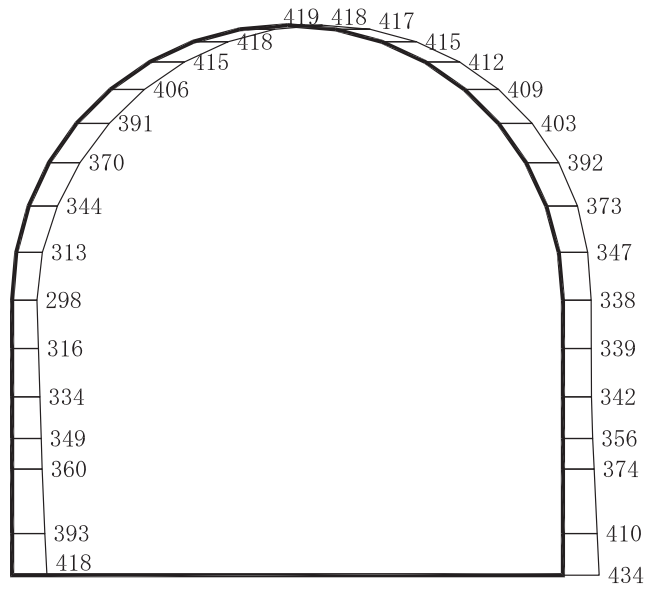


構造スケール 0 ——— 2 (m)

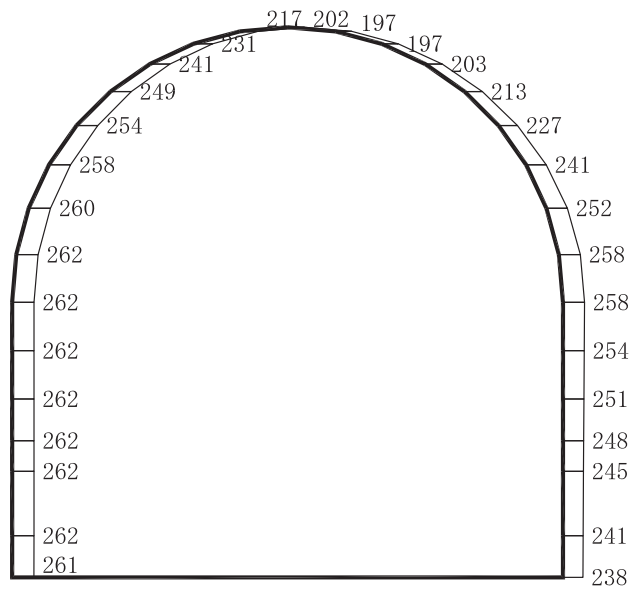
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-109 最大加速度分布図 (40/56) (解析ケース②)



(a) S d - F 3 (++) 水平

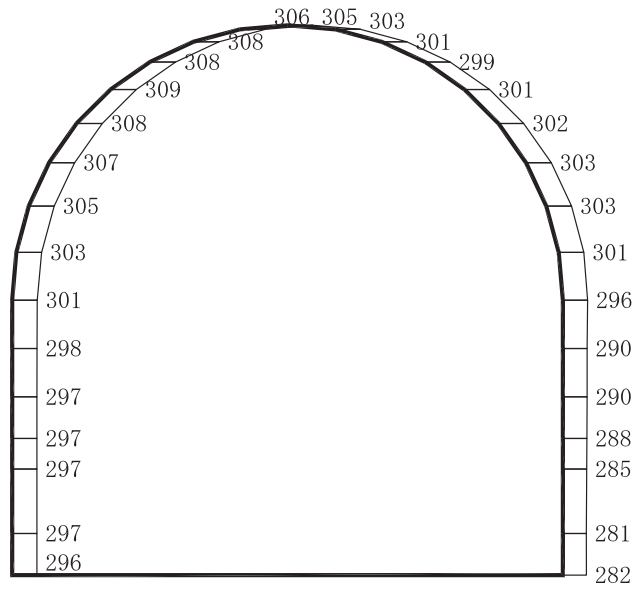


構造スケール 0 ——— 2 (m)

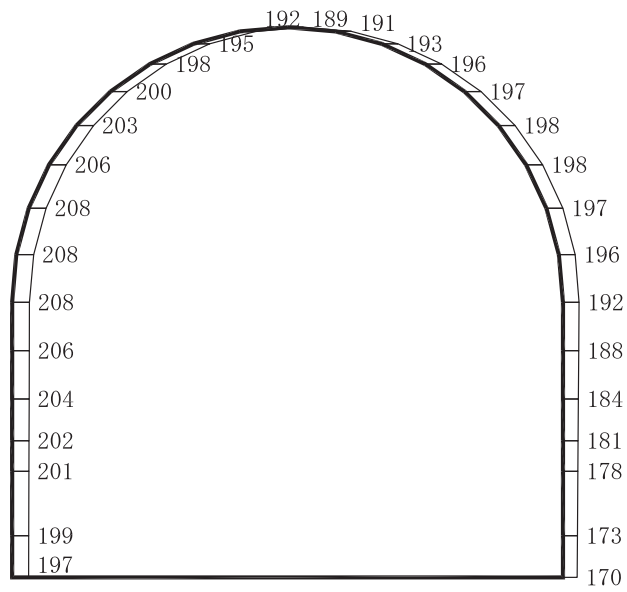
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-110 最大加速度分布図 (41/56) (解析ケース②)



(a) S d - N 1 (++) 水平

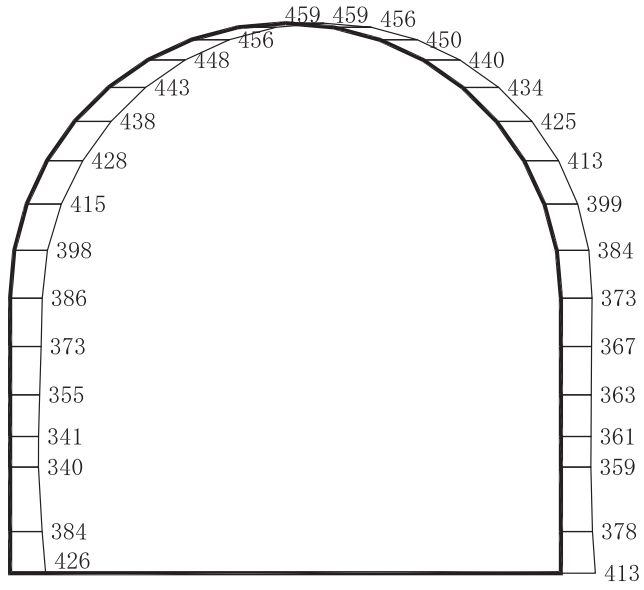


構造スケール 0 2 (m)

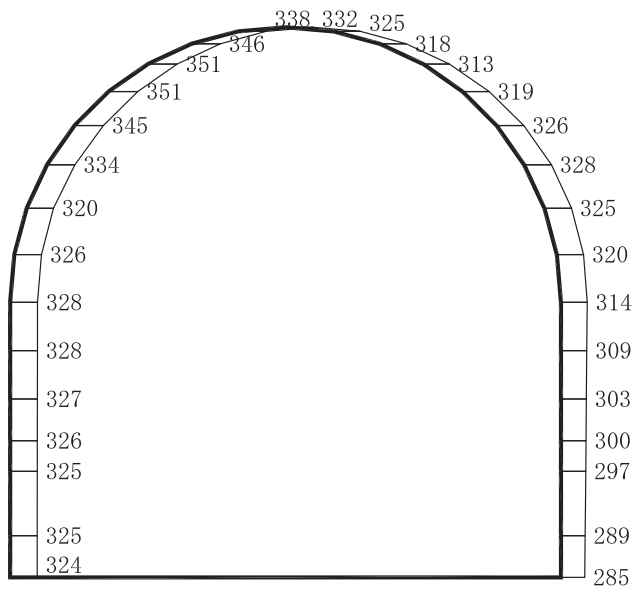
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-111 最大加速度分布図 (42/56) (解析ケース②)



(a) S d - D 1 (+ +) 水平

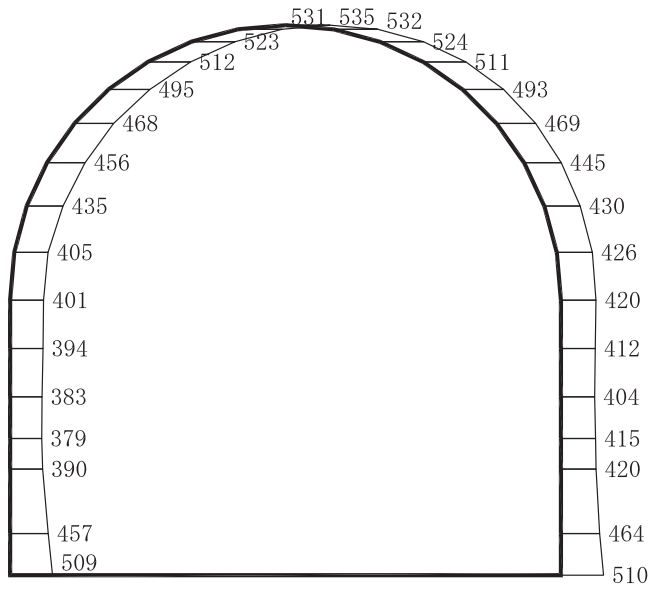


構造スケール 0 2 (m)

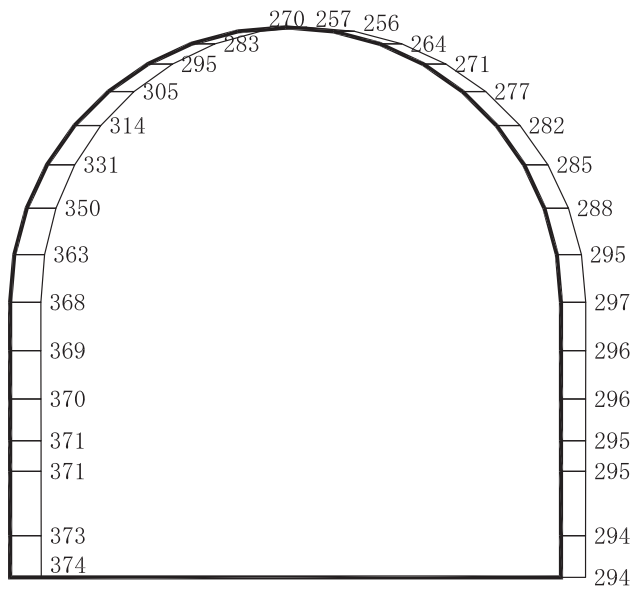
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 1 (+ +) 鉛直

図 4-112 最大加速度分布図 (43/56) (解析ケース③)



(a) S d - D 2 (++) 水平

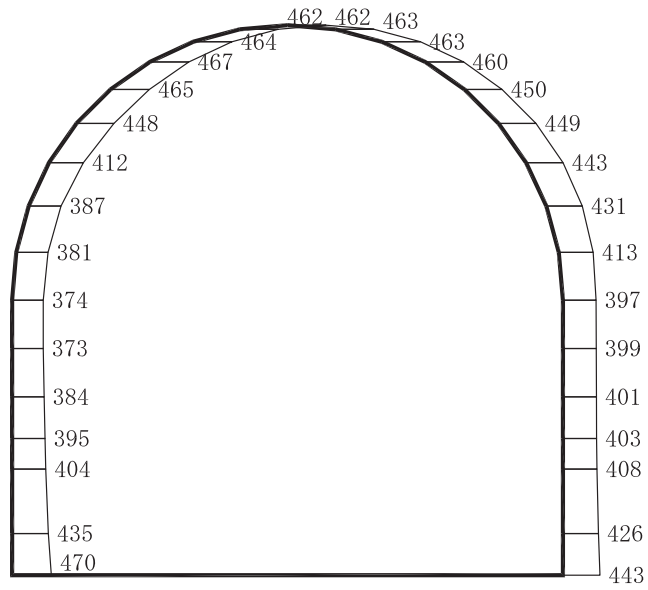


構造スケール $\frac{0}{\quad\quad\quad} \frac{2}{\quad\quad\quad}$ (m)

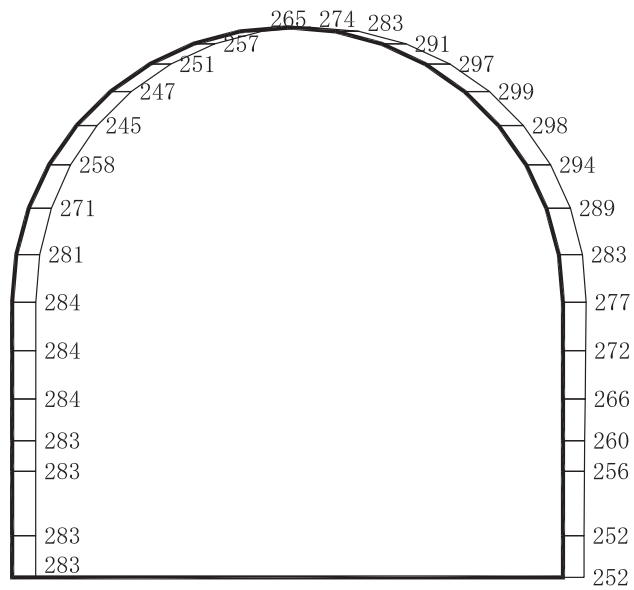
応答値スケール $\frac{0}{\quad\quad\quad} \frac{2000}{\quad\quad\quad}$ (cm/s²)

(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-113 最大加速度分布図 (44/56) (解析ケース③)



(a) S d - D 3 (++) 水平

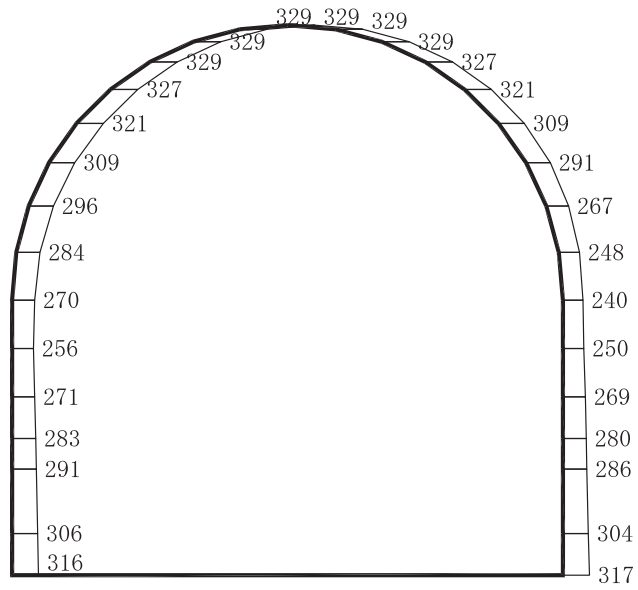


構造スケール $\frac{0}{\quad\quad\quad} \frac{2}{\quad\quad\quad}$ (m)

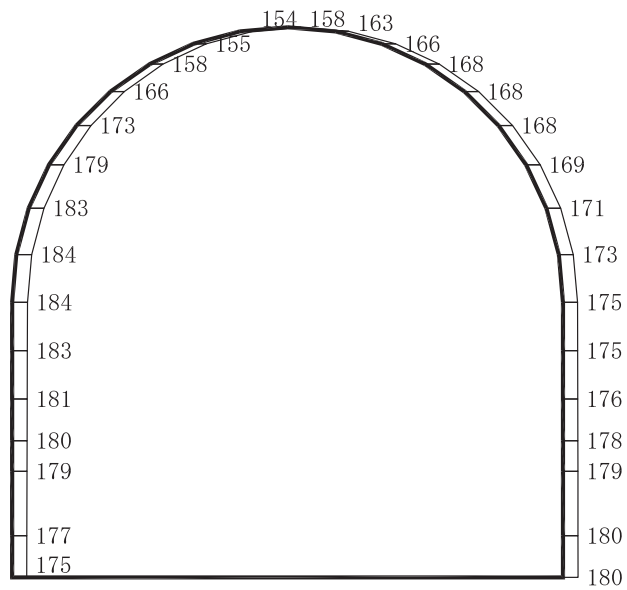
応答値スケール $\frac{0}{\quad\quad\quad} \frac{2000}{\quad\quad\quad}$ (cm/s²)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-114 最大加速度分布図 (45/56) (解析ケース③)



(a) S d - F 1 (++) 水平

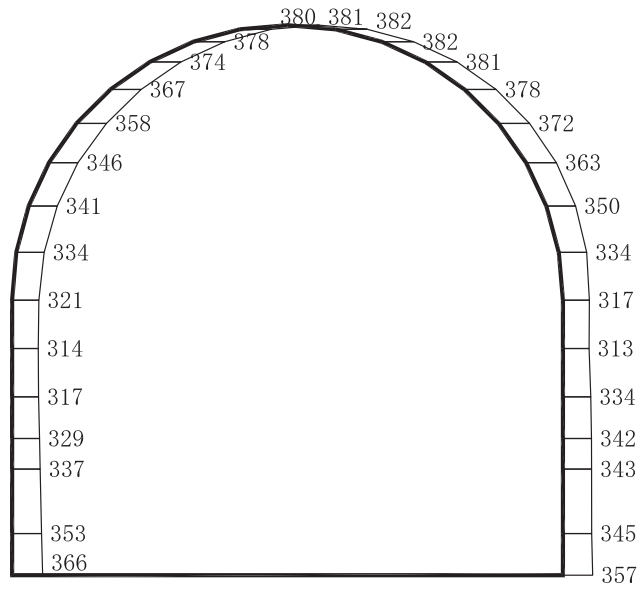


構造スケール $\frac{0}{\quad\quad\quad} \frac{2}{\quad\quad\quad}$ (m)

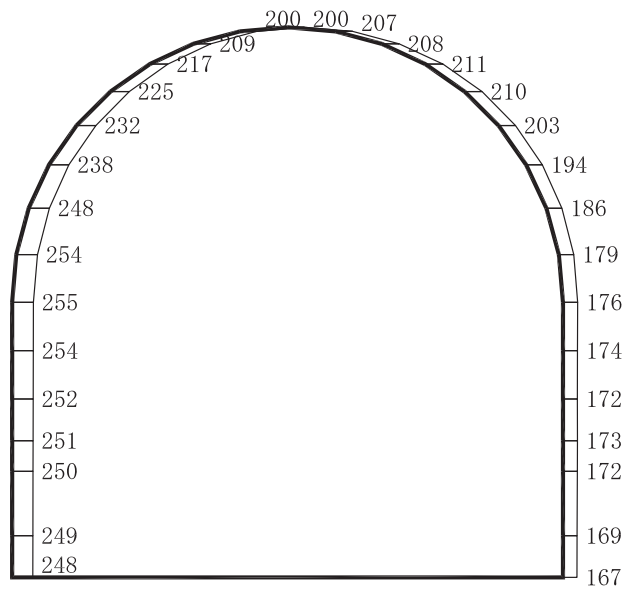
応答値スケール $\frac{0}{\quad\quad\quad} \frac{2000}{\quad\quad\quad}$ (cm/s²)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-115 最大加速度分布図 (46/56) (解析ケース③)



(a) S d - F 2 (+ +) 水平

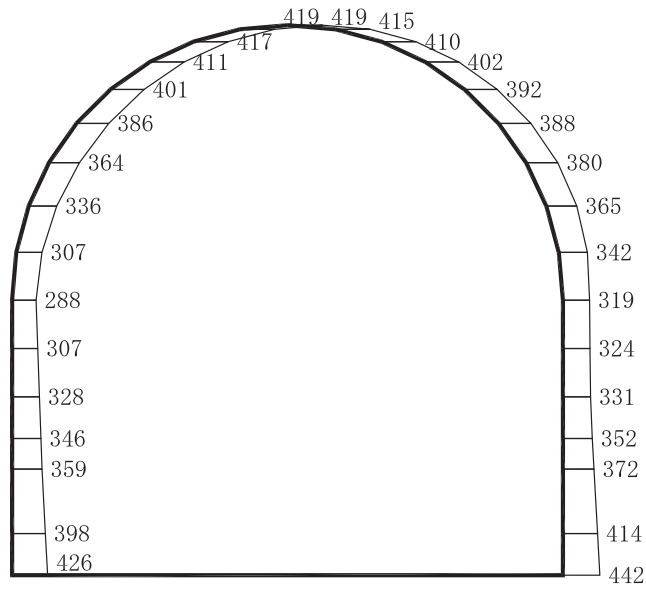


構造スケール 0 ———— 2 (m)

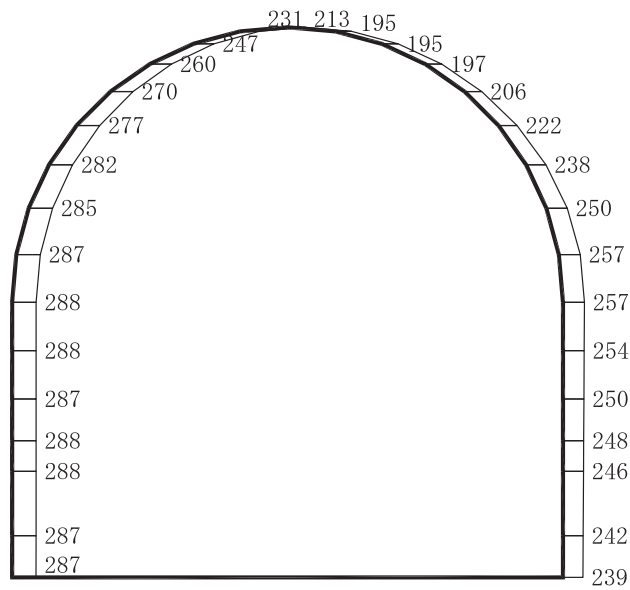
応答値スケール 0 ———— 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 2 (+ +) 鉛直

図 4-116 最大加速度分布図 (47/56) (解析ケース③)



(a) S d - F 3 (++) 水平

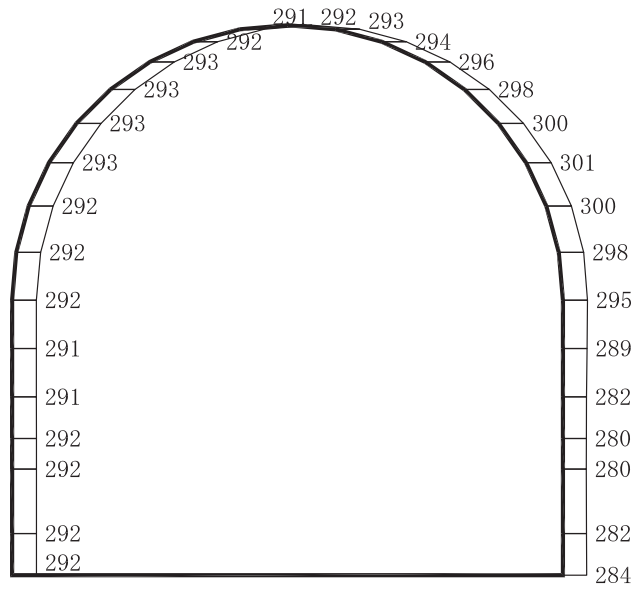


構造スケール 0 ——— 2 (m)

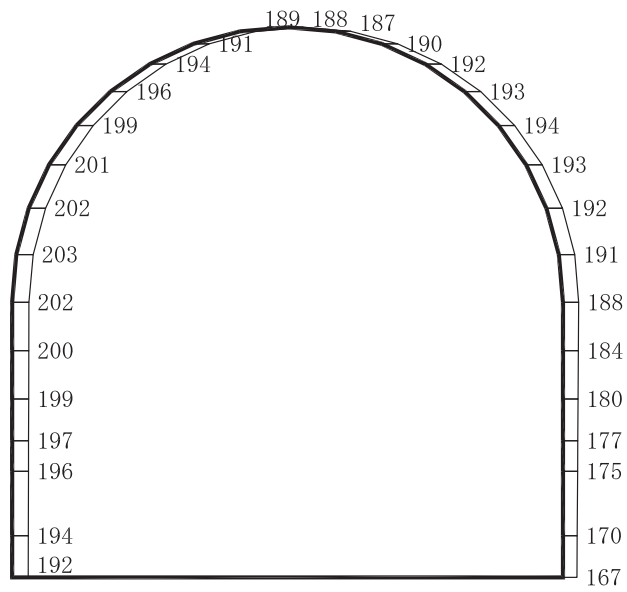
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-117 最大加速度分布図 (48/56) (解析ケース③)



(a) S d - N 1 (++) 水平

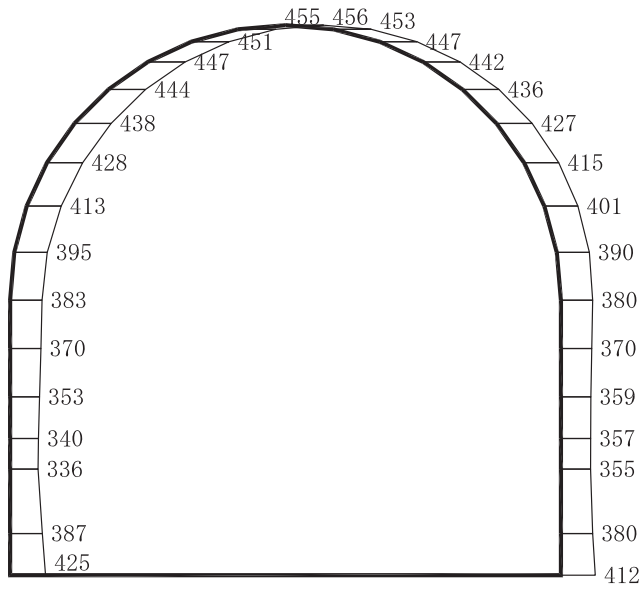


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

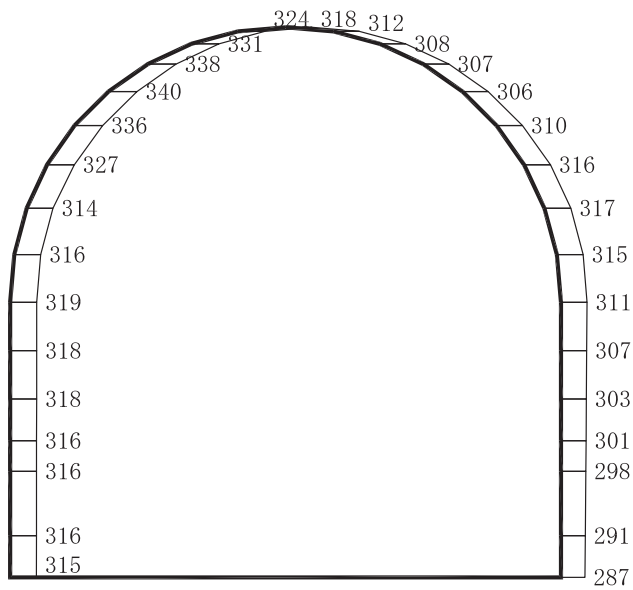
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-118 最大加速度分布図 (49/56) (解析ケース③)



(a) S d - D 1 (++) 水平

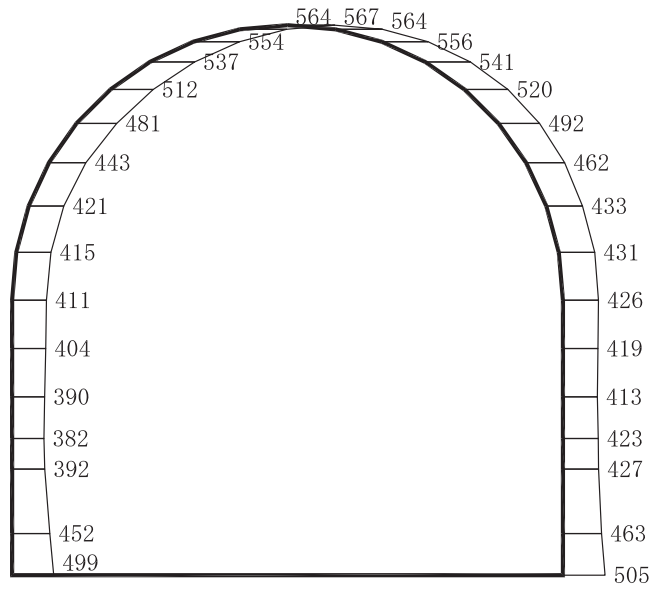


構造スケール 0 ——— 2 (m)

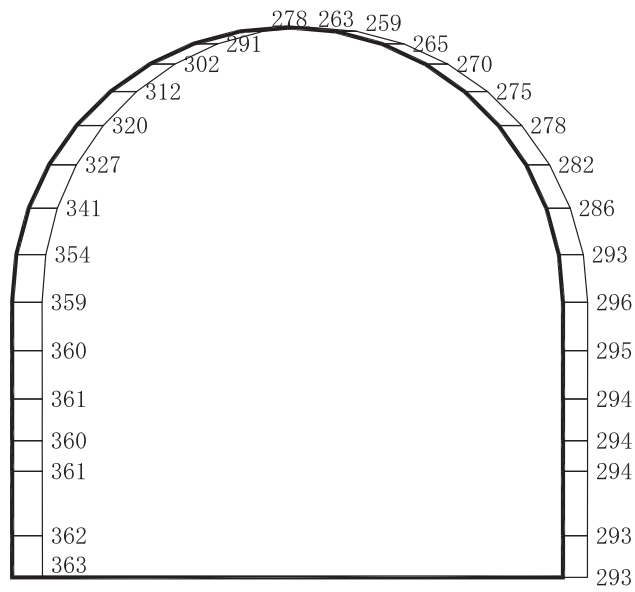
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-119 最大加速度分布図 (50/56) (解析ケース④)



(a) S d - D 2 (+ +) 水平

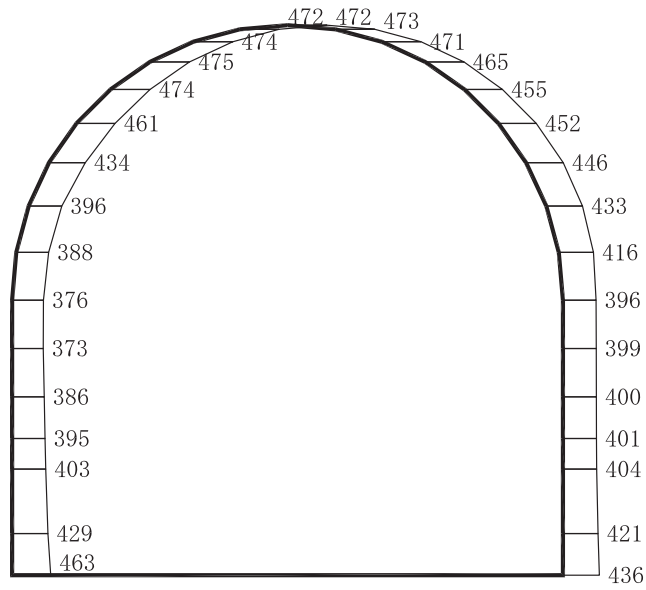


構造スケール 0 ——— 2 (m)

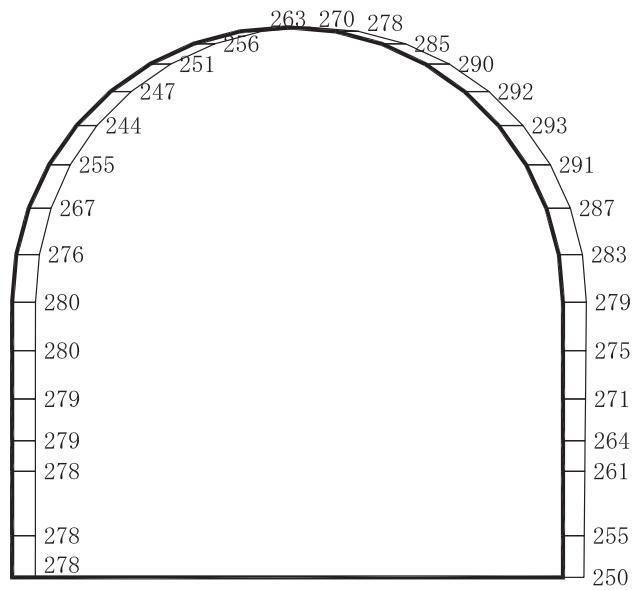
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 2 (+ +) 鉛直

図 4-120 最大加速度分布図 (51/56) (解析ケース④)



(a) S d - D 3 (++) 水平

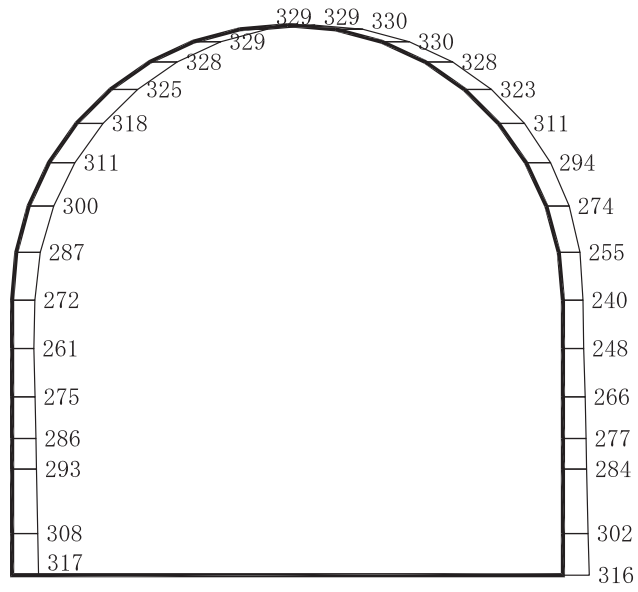


構造スケール 0 ——— 2 (m)

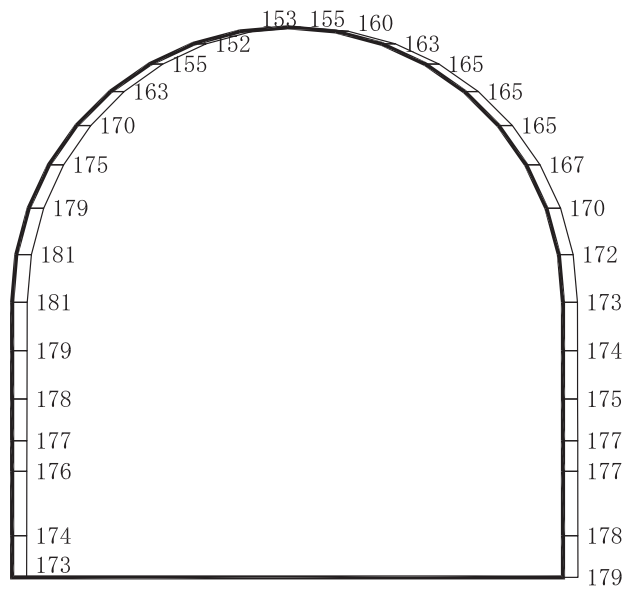
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-121 最大加速度分布図 (52/56) (解析ケース④)



(a) S d - F 1 (++) 水平

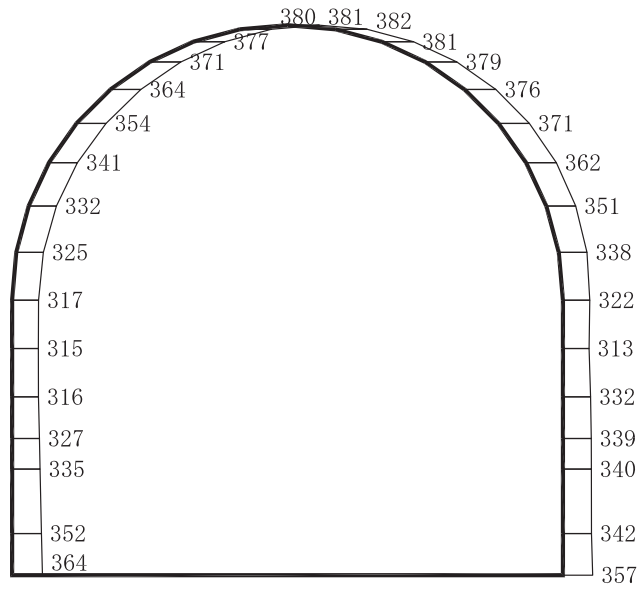


構造スケール 0 2 (m)

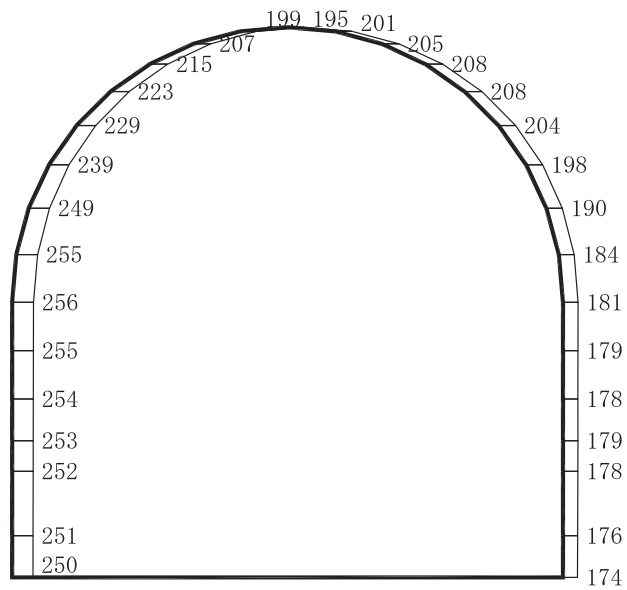
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-122 最大加速度分布図 (53/56) (解析ケース④)



(a) S d - F 2 (+ +) 水平

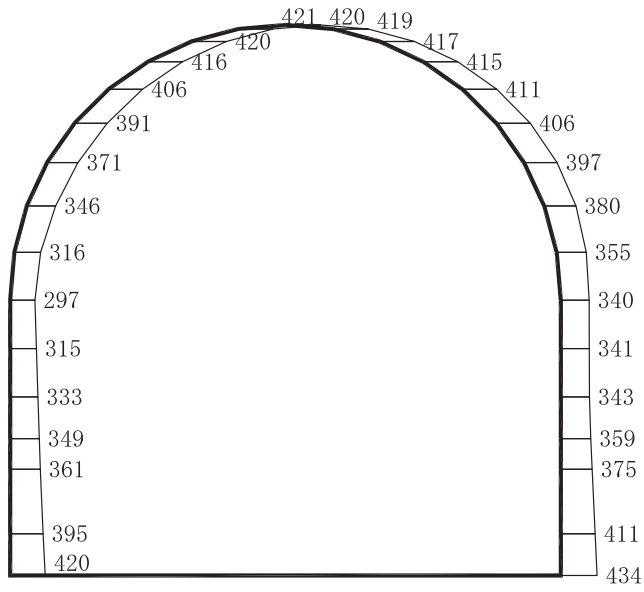


構造スケール 0 ——— 2 (m)

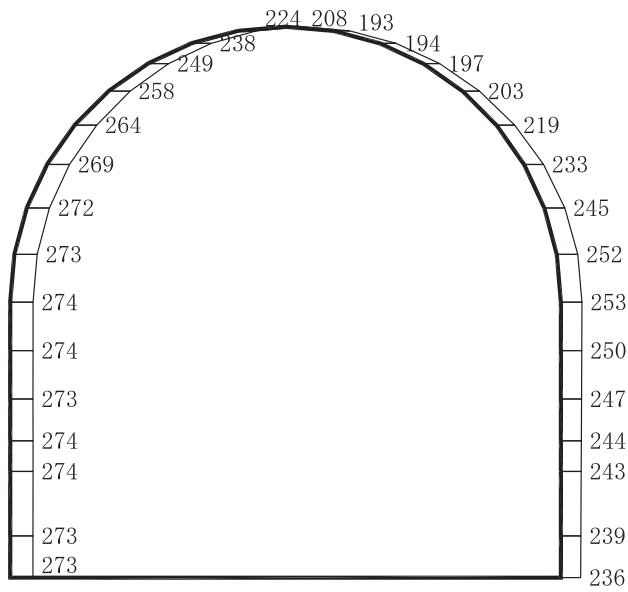
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 2 (+ +) 鉛直

図 4-123 最大加速度分布図 (54/56) (解析ケース④)



(a) S d - F 3 (++) 水平

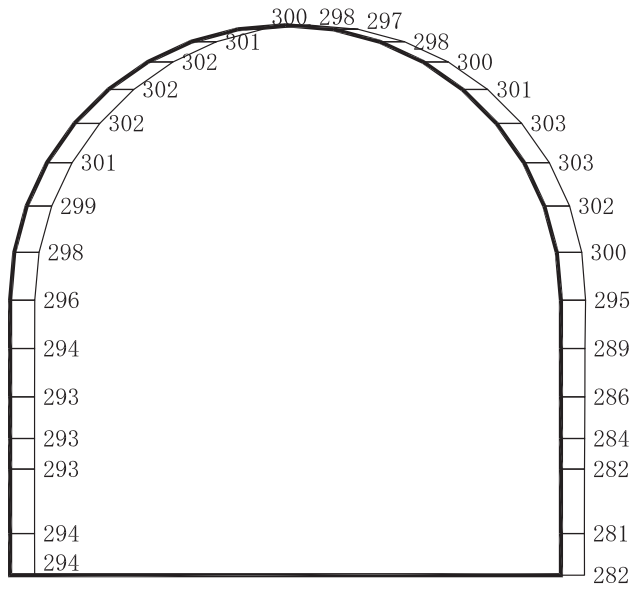


構造スケール 0 ——— 2 (m)

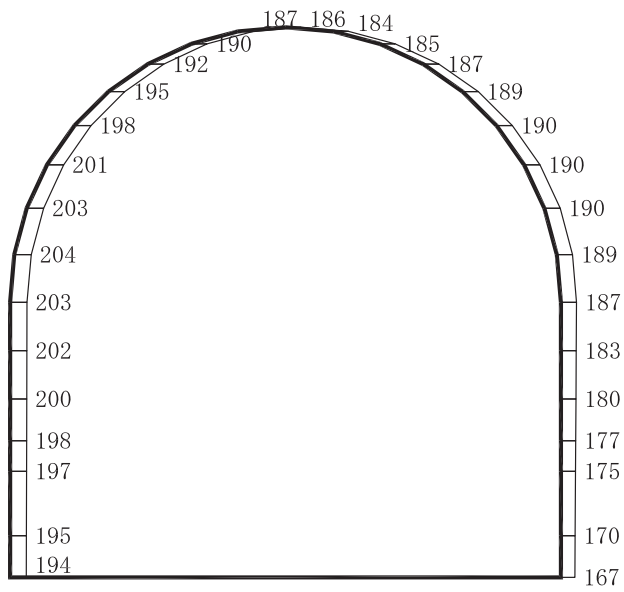
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-124 最大加速度分布図 (55/56) (解析ケース④)



(a) S d - N 1 (+ +) 水平



構造スケール 0 ——— 2 (m)

応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

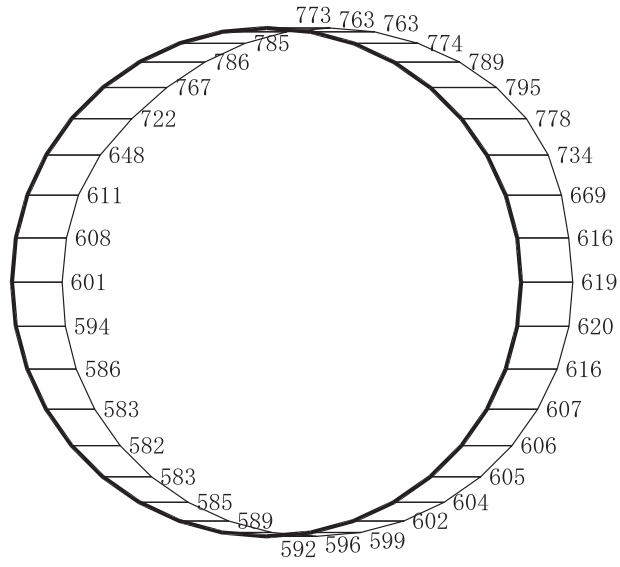
(b) S d - N 1 (+ +) 鉛直

図 4-125 最大加速度分布図 (56/56) (解析ケース④)

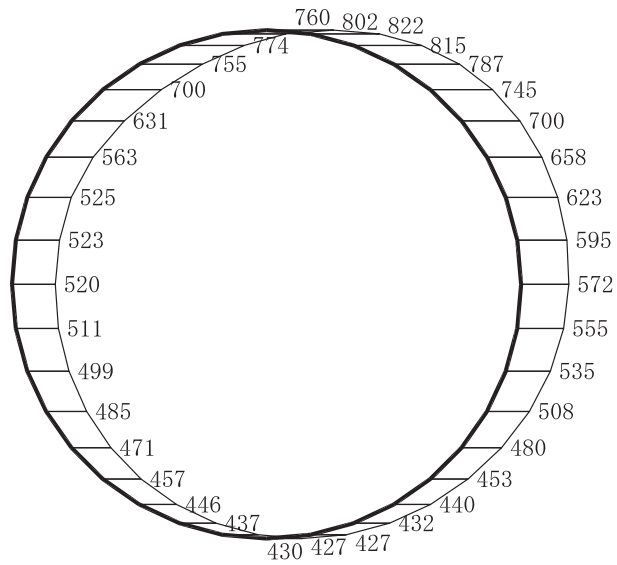
4.3 岩盤部（断面⑤）の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として、解析ケース①（基本ケース）について、すべての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図を図4-126～図4-139に示す。また、解析ケース①において、照査項目ごとに照査値が0.5を超えるケースで照査値が最大となる地震動について、解析ケース②～④の最大加速度分布図を図4-140～図4-142に示す。

これらに加え、機器・配管系に対する応答加速度抽出として、解析ケース②～④についてすべての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図を図4-143～図4-163に示す。また、解析ケース①～④についてすべての弾性設計用地震動 S_d に対する最大加速度分布図を図4-164～図4-191に示す。



(a) S s - D 1 (++) 水平

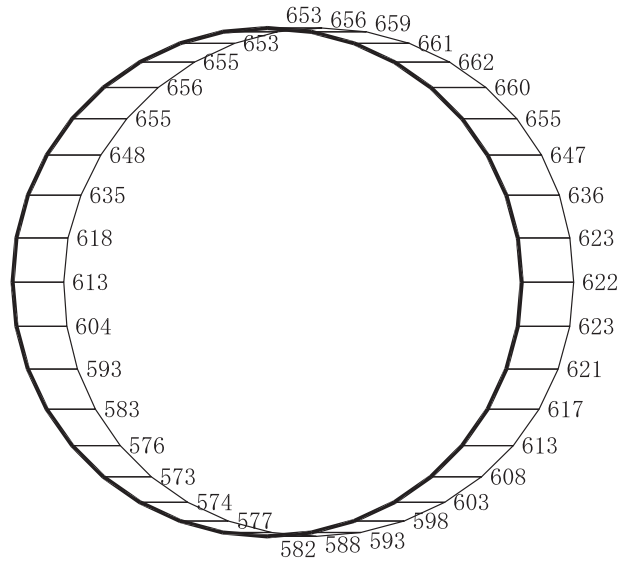


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

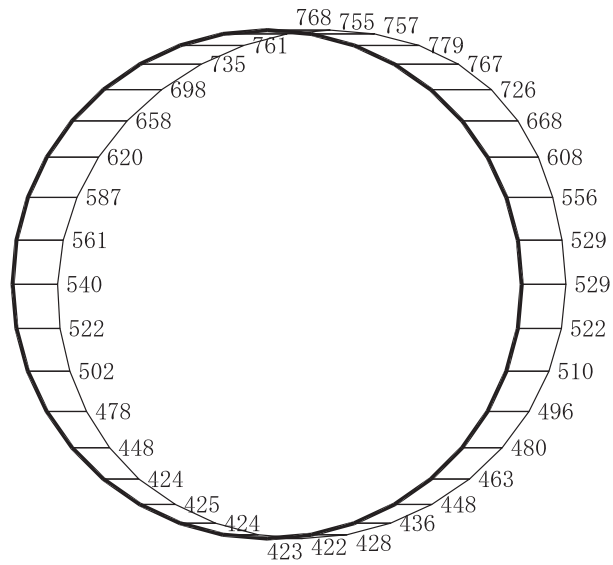
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-126 最大加速度分布図 (1/17) (解析ケース①)



(a) S s - D 1 (- +) 水平

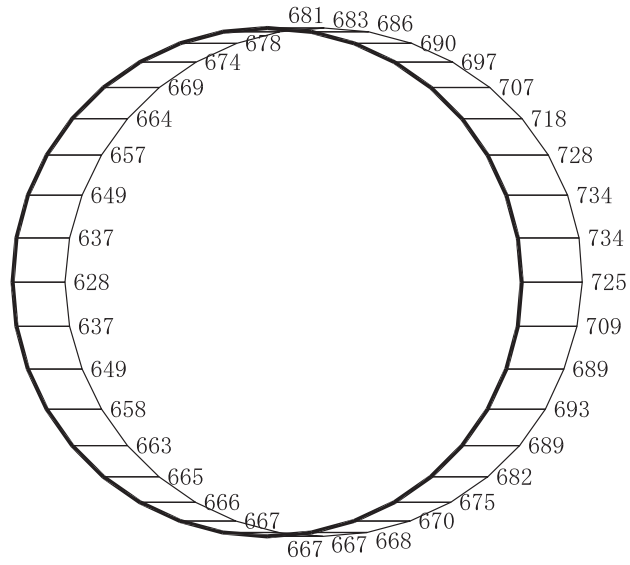


構造スケール 0 2 (m)

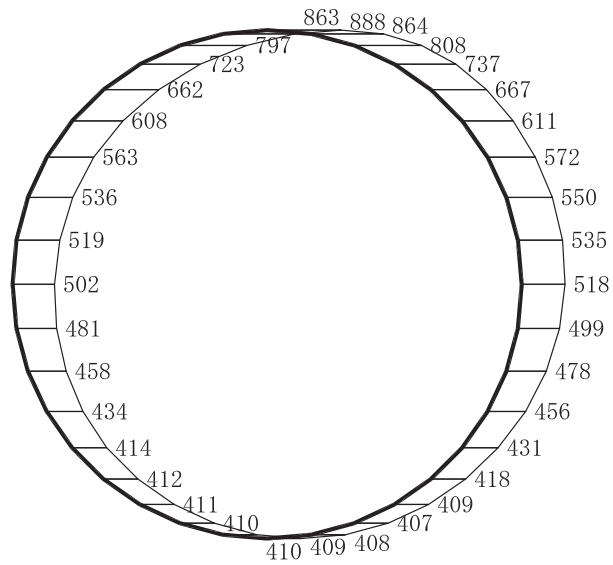
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (- +) 鉛直

図 4-127 最大加速度分布図 (2/17) (解析ケース①)



(a) S s - D 2 (++) 水平

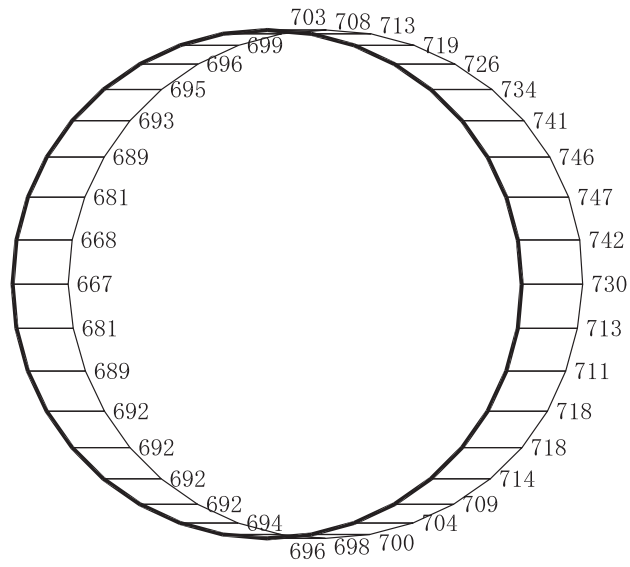


構造スケール 0 2 (m)

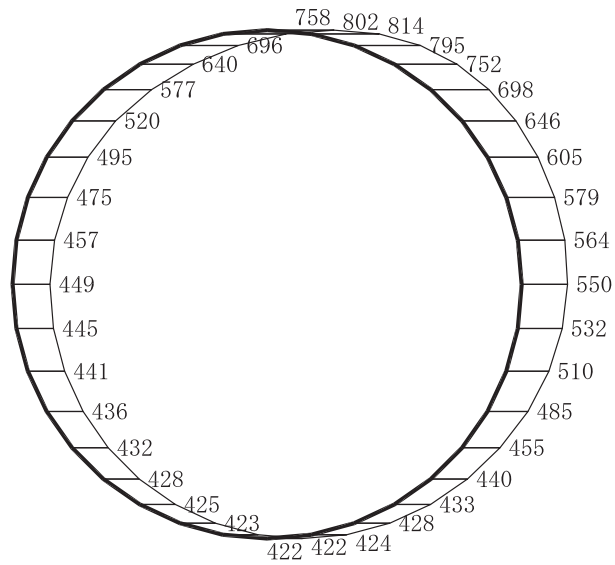
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-128 最大加速度分布図 (3/17) (解析ケース①)



(a) S s - D 2 (-+) 水平

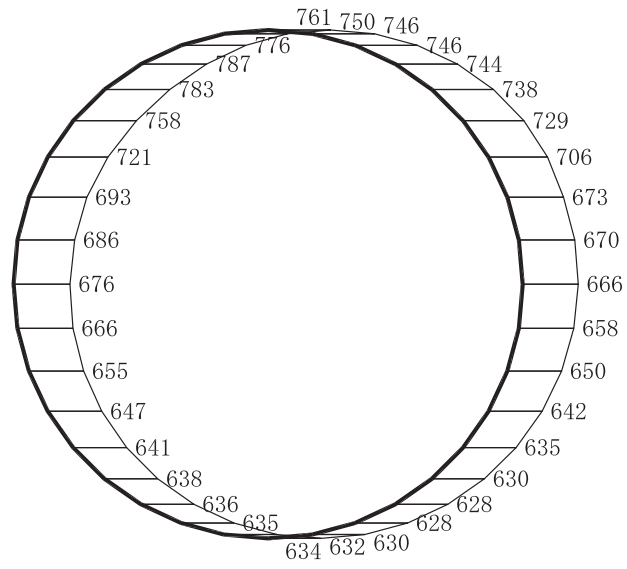


構造スケール 0 2 (m)

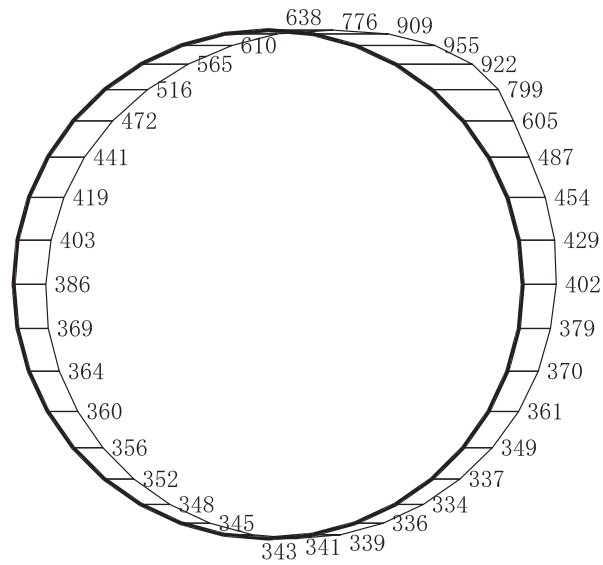
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (-+) 鉛直

図 4-129 最大加速度分布図 (4/17) (解析ケース①)



(a) S s - D 3 (++) 水平

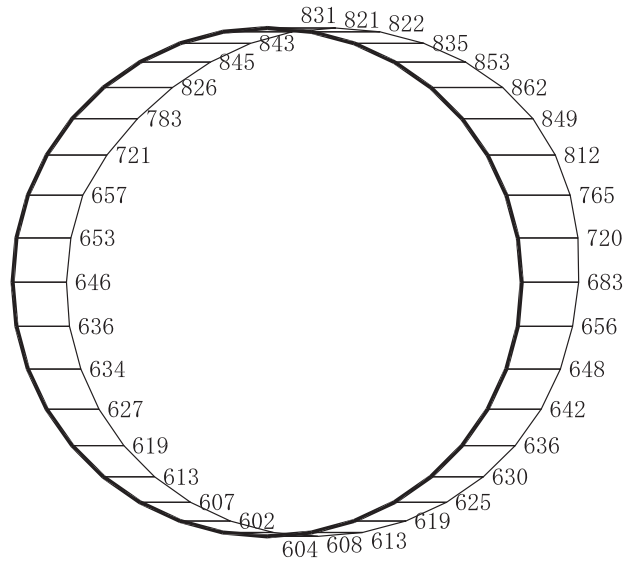


構造スケール (m)

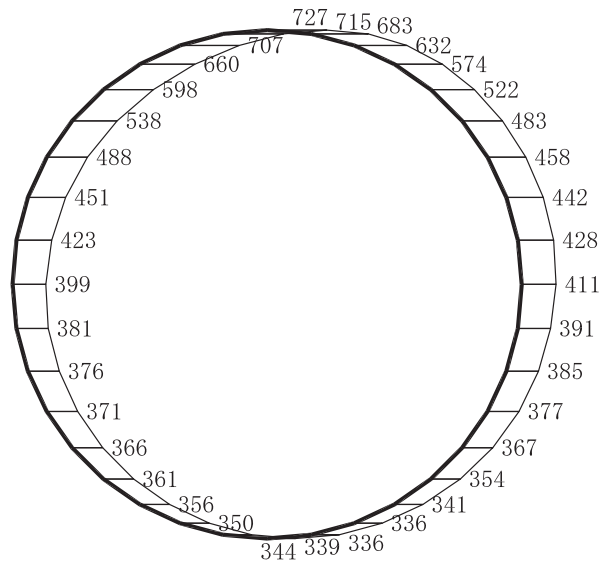
応答値スケール (cm/s²)

(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-130 最大加速度分布図 (5/17) (解析ケース①)



(a) S s - D 3 (-+) 水平

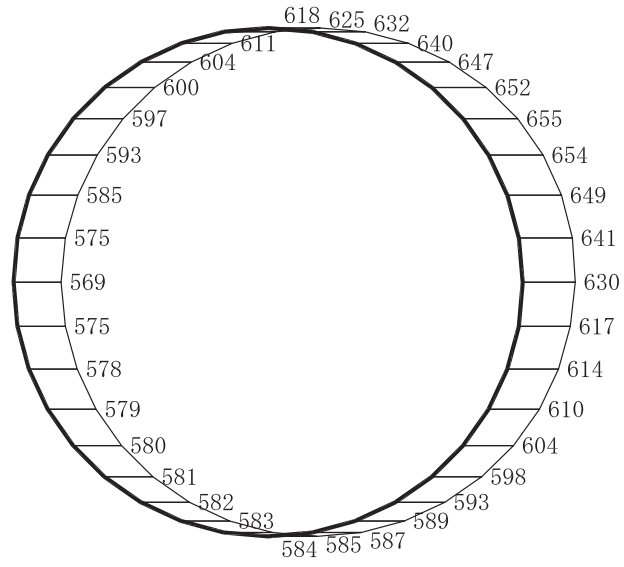


構造スケール $\begin{array}{|l} 0 \\ \hline \text{-----} \\ \hline 2 \end{array}$ (m)

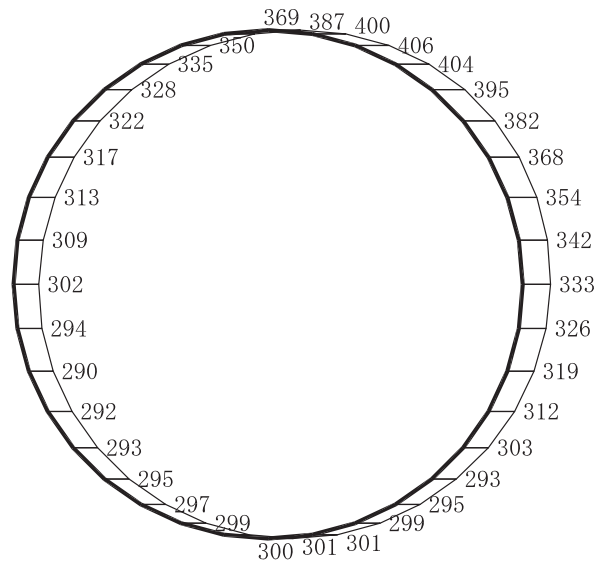
応答値スケール $\begin{array}{|l} 0 \\ \hline \text{-----} \\ \hline 2000 \end{array}$ (cm/s²)

(b) S s - D 3 (-+) 鉛直

図 4-131 最大加速度分布図 (6/17) (解析ケース①)



(a) S s - F 1 (++) 水平

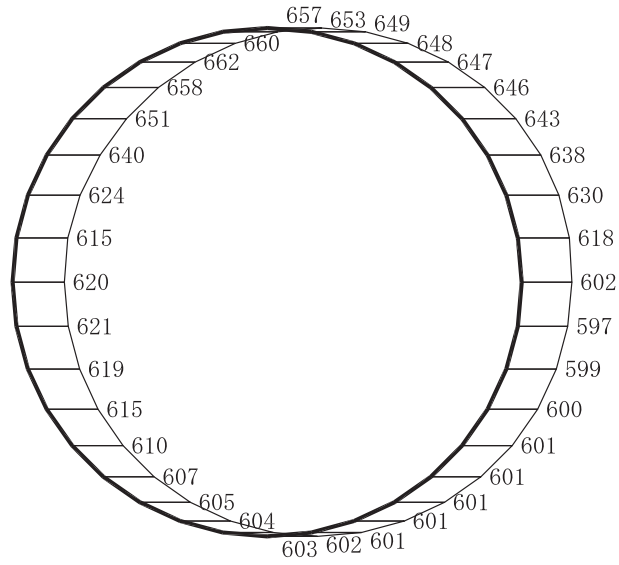


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

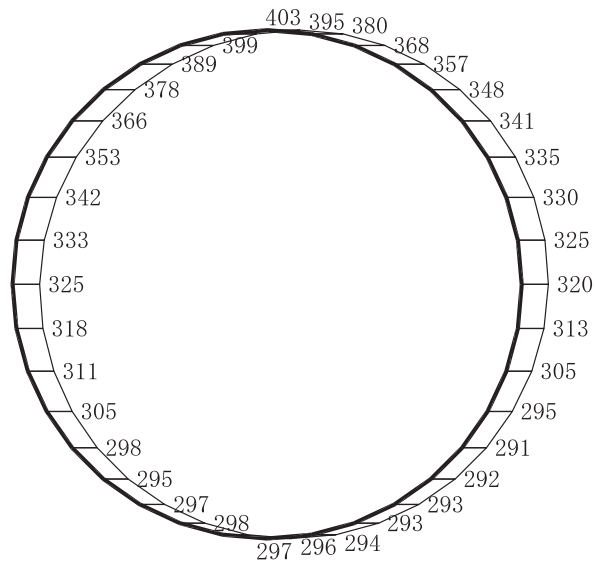
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-132 最大加速度分布図 (7/17) (解析ケース①)



(a) S s - F 1 (-+) 水平

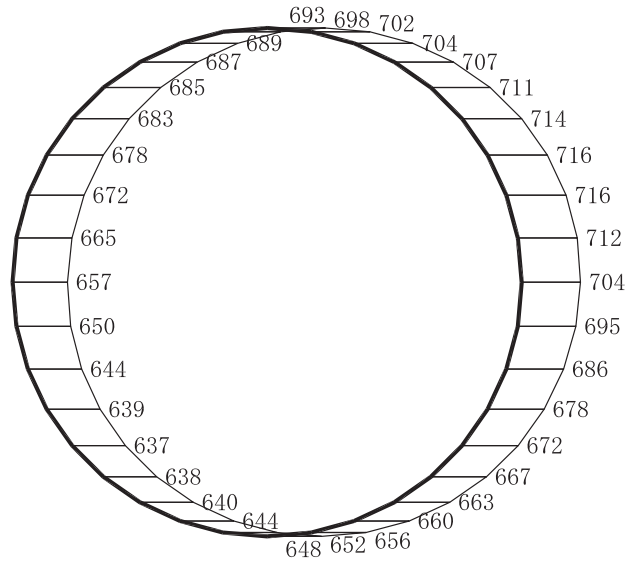


構造スケール 0 2 (m)

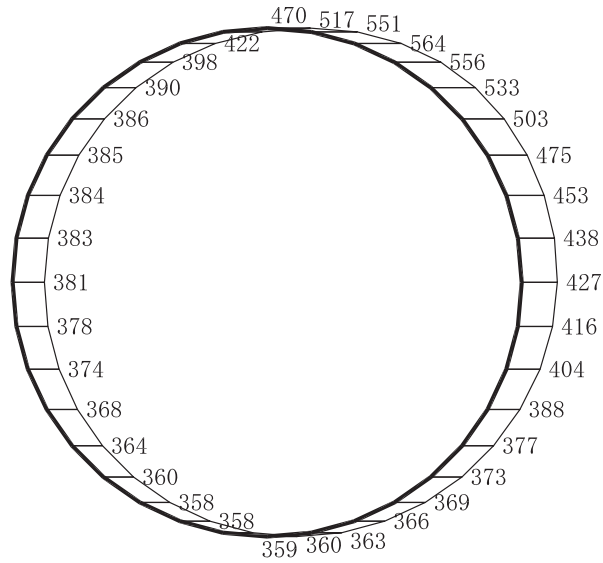
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 1 (-+) 鉛直

図 4-133 最大加速度分布図 (8/17) (解析ケース①)



(a) S s - F 2 (++) 水平

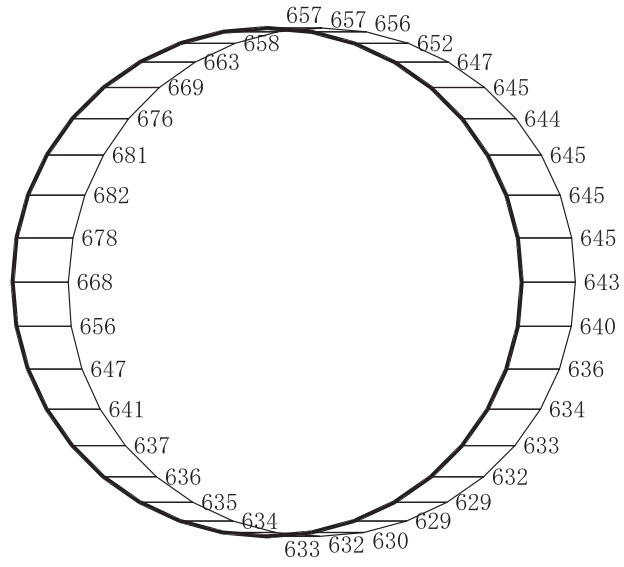


構造スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 2 \\ \hline \end{array}$ (m)

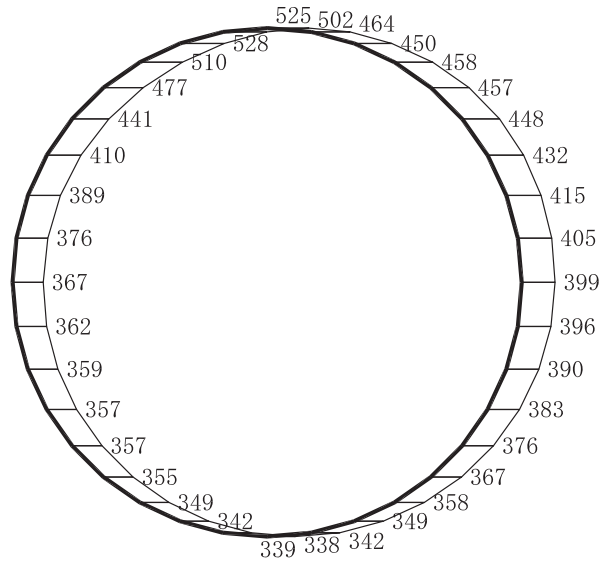
応答値スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 2000 \\ \hline \end{array}$ (cm/s²)

(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-134 最大加速度分布図 (9/17) (解析ケース①)



(a) $S_s - F 2 (-+)$ 水平

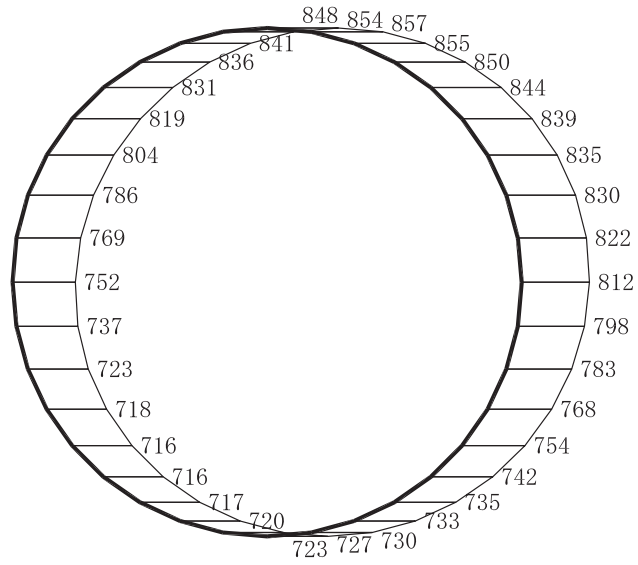


構造スケール 0 2 (m)

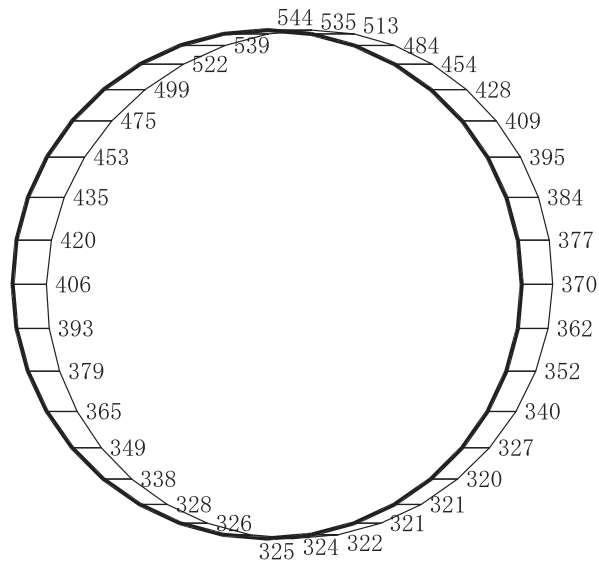
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) $S_s - F 2 (-+)$ 鉛直

図 4-135 最大加速度分布図 (10/17) (解析ケース①)



(a) S s - F 3 (++) 水平

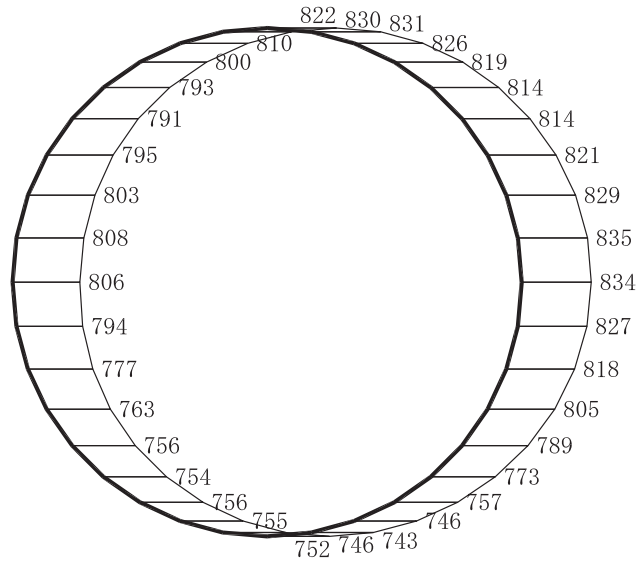


構造スケール 0 2 (m)

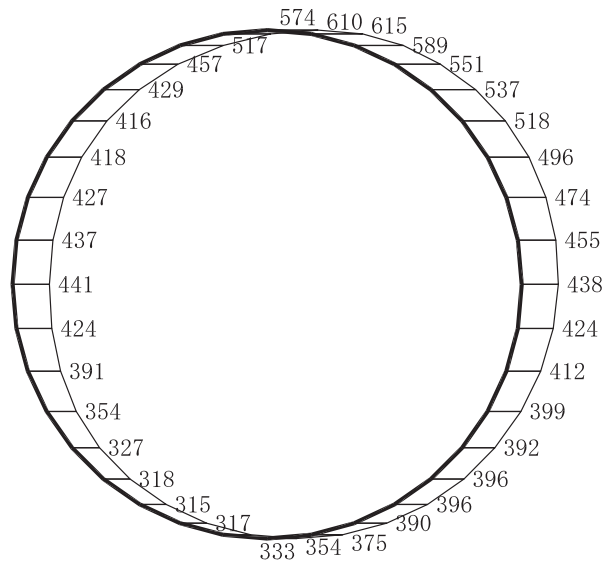
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-136 最大加速度分布図 (11/17) (解析ケース①)



(a) S s - F 3 (-+) 水平

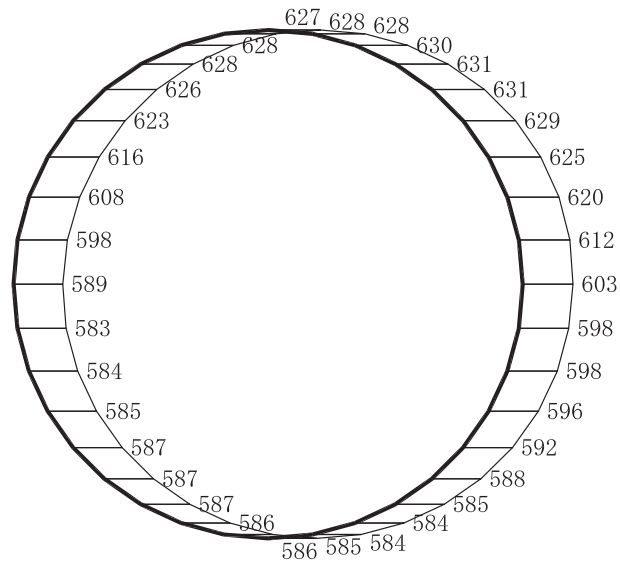


構造スケール 0 2 (m)

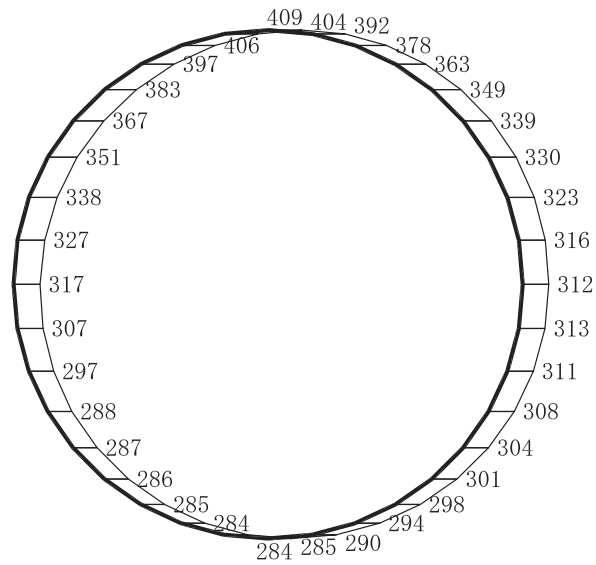
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 3 (-+) 鉛直

図 4-137 最大加速度分布図 (12/17) (解析ケース①)



(a) S s - N 1 (++) 水平

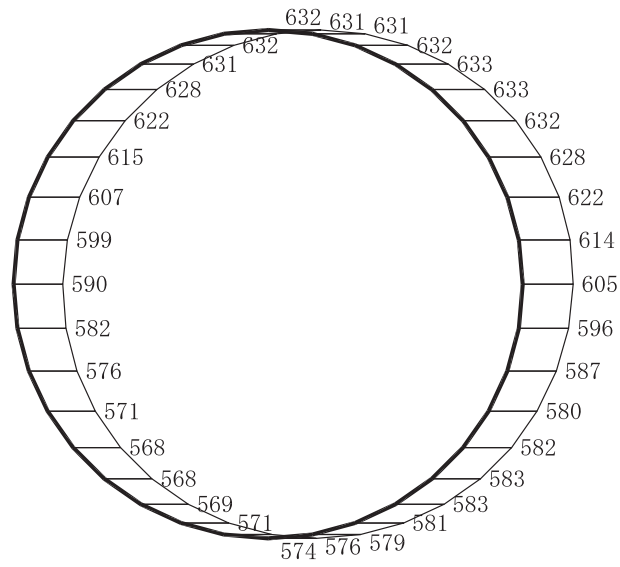


構造スケール 0 2 (m)

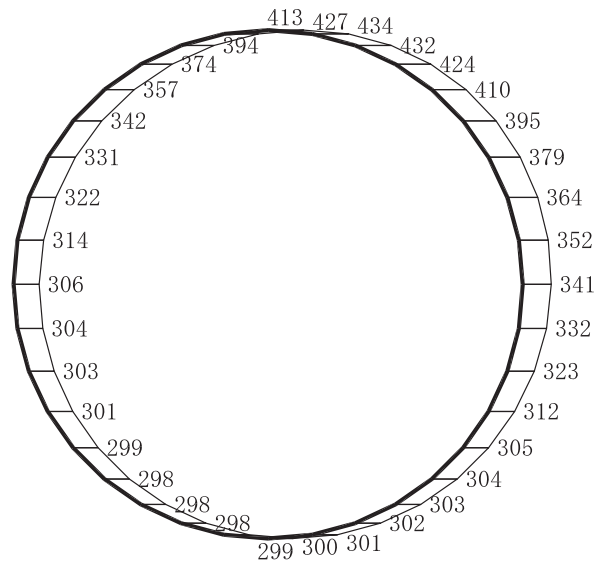
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-138 最大加速度分布図 (13/17) (解析ケース①)



(a) S s - N 1 (-+) 水平

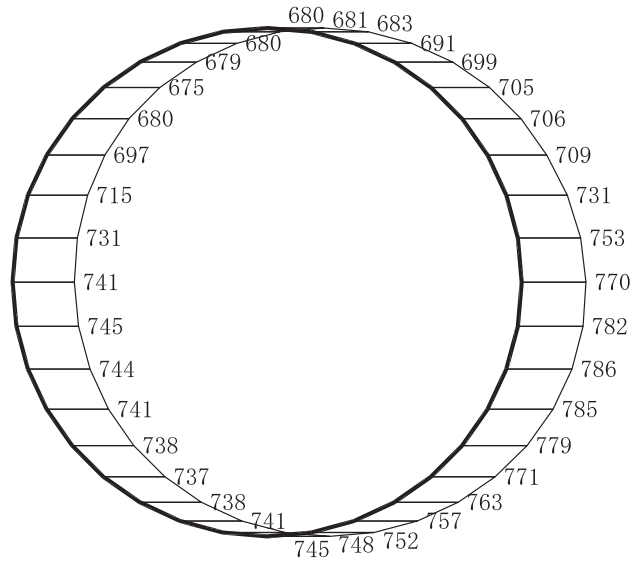


構造スケール 0 2 (m)

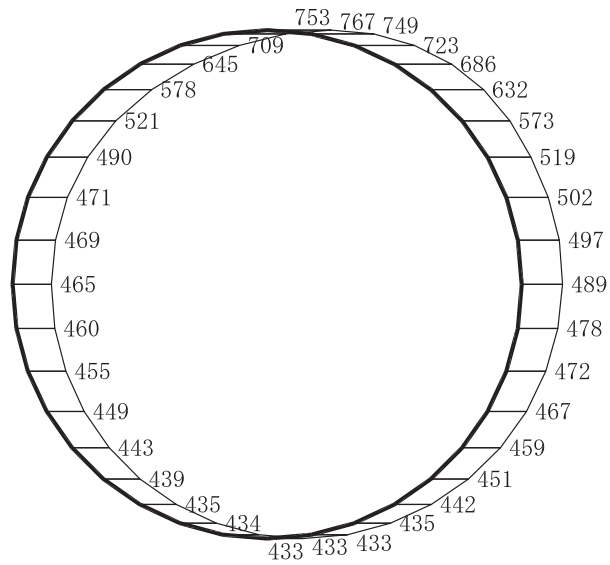
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

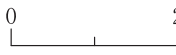
図 4-139 最大加速度分布図 (14/17) (解析ケース①)



(a) S s - D 2 (- +) 水平

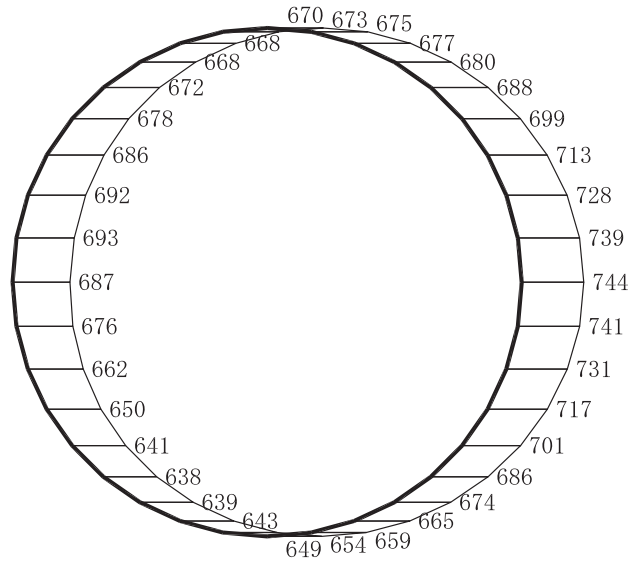


(b) S s - D 2 (- +) 鉛直

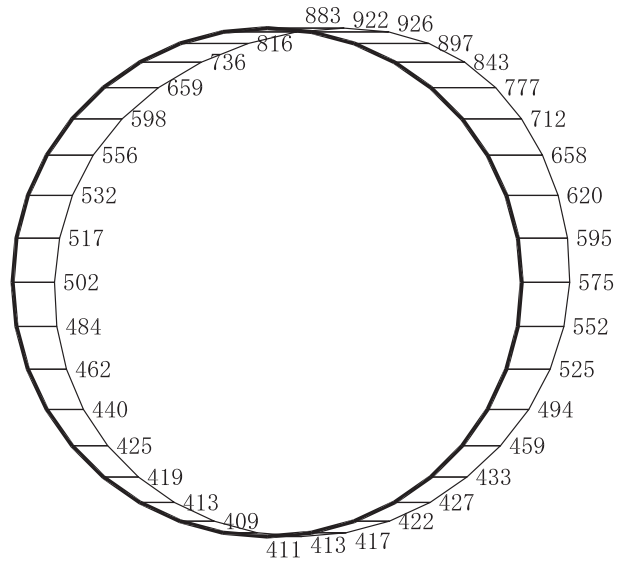
構造スケール  (m)

応答値スケール  (cm/s²)

図 4-140 最大加速度分布図 (15/17)
 (解析ケース②：せん断破壊に対する最大照査値ケース)



(a) $S_s - D_2 (-+)$ 水平

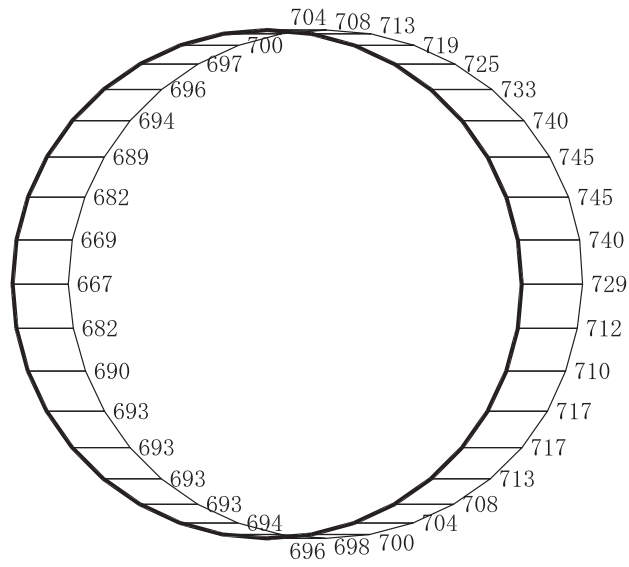


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

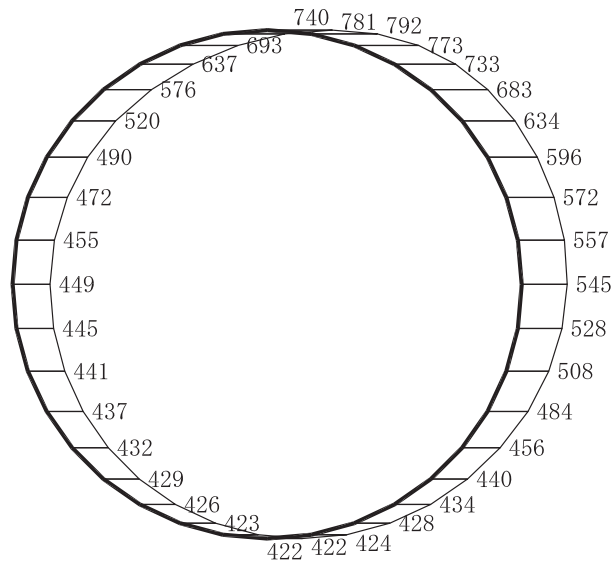
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s^2)

(b) $S_s - D_2 (-+)$ 鉛直

図 4-141 最大加速度分布図 (16/17)
 (解析ケース③：せん断破壊に対する最大照査値ケース)



(a) S s - D 2 (- +) 水平

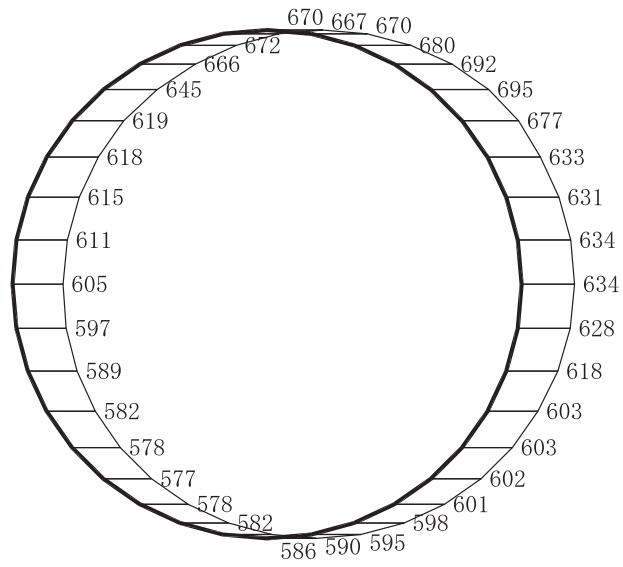


構造スケール 0 2 (m)

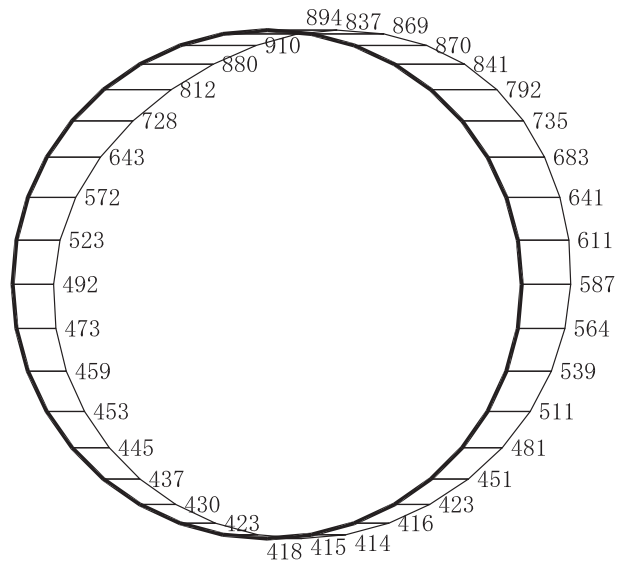
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (- +) 鉛直

図 4-142 最大加速度分布図 (17/17)
 (解析ケース④：せん断破壊に対する最大照査値ケース)



(a) S s - D 1 (++) 水平

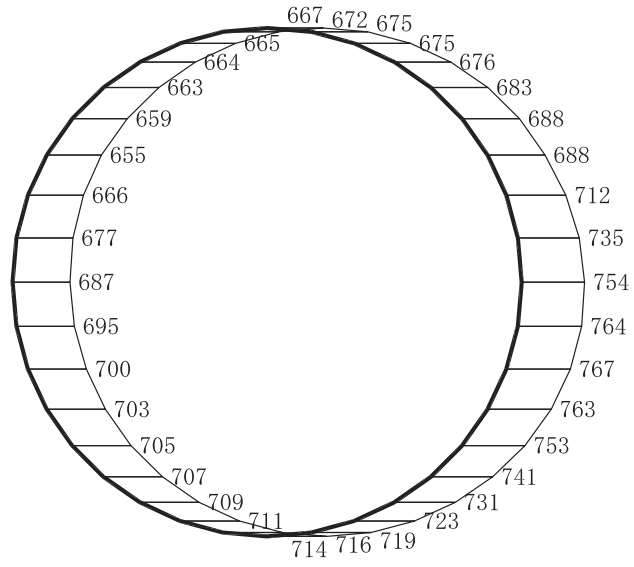


構造スケール 0 2 (m)

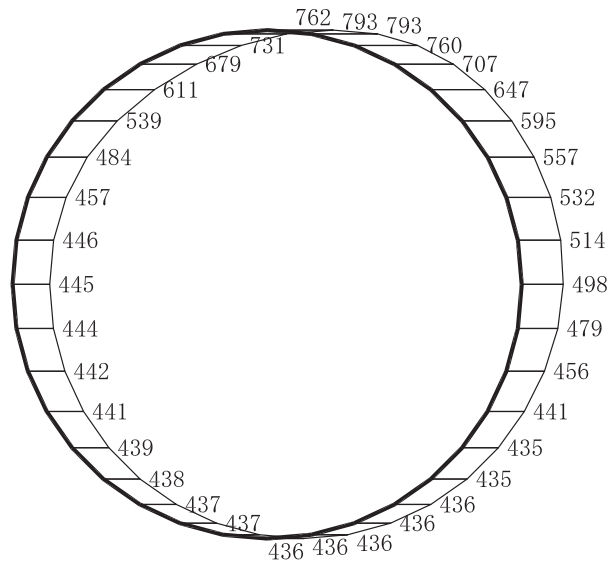
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-143 最大加速度分布図 (1/49) (解析ケース②)



(a) $S_s - D 2 (++)$ 水平

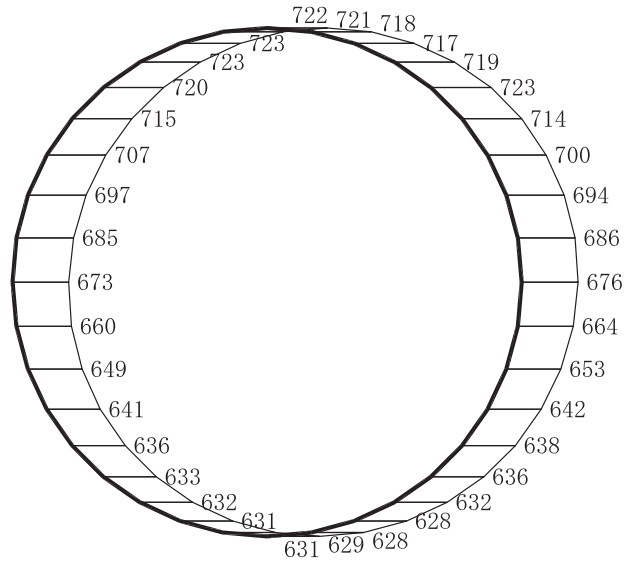


構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m)

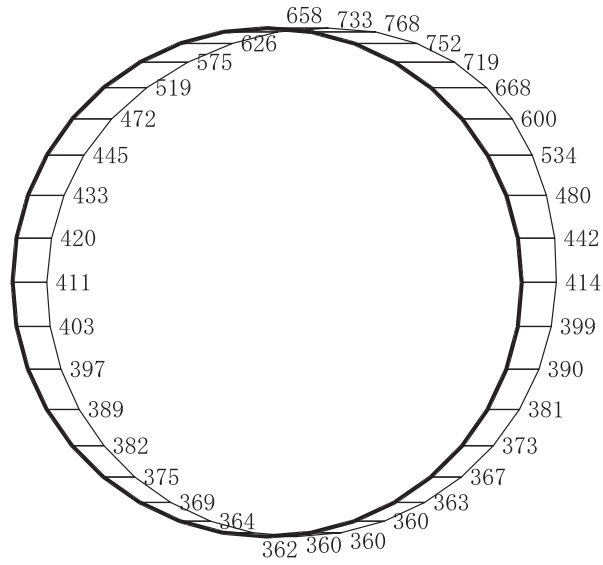
応答値スケール $0 \quad \quad \quad 2000$ (cm/s^2)

(b) $S_s - D 2 (++)$ 鉛直

図 4-144 最大加速度分布図 (2/49) (解析ケース②)



(a) S s - D 3 (++) 水平

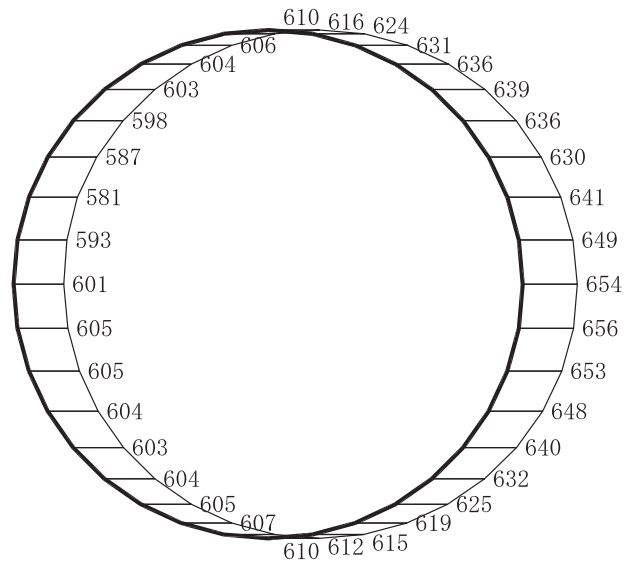


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

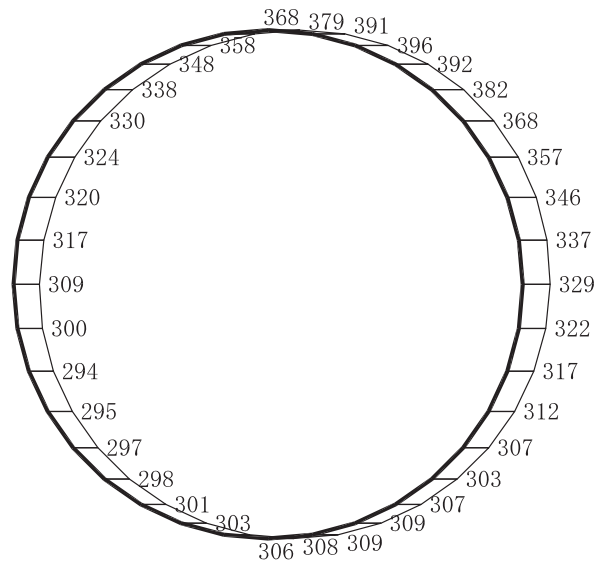
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-145 最大加速度分布図 (3/49) (解析ケース②)



(a) S s - F 1 (++) 水平

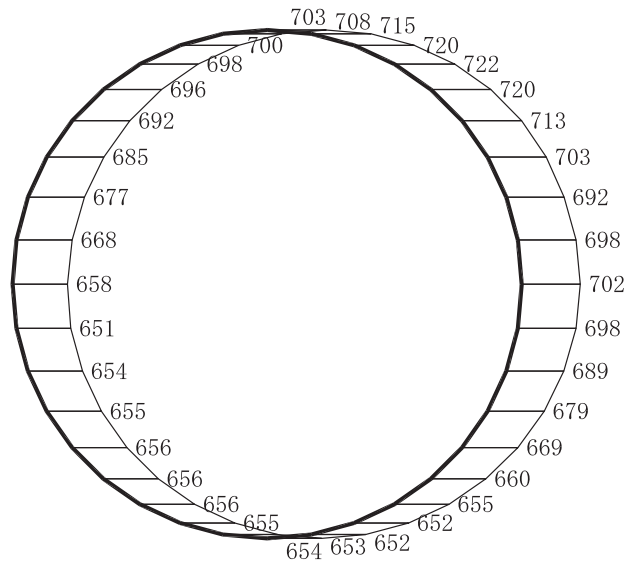


構造スケール 0 ——— 2 (m)

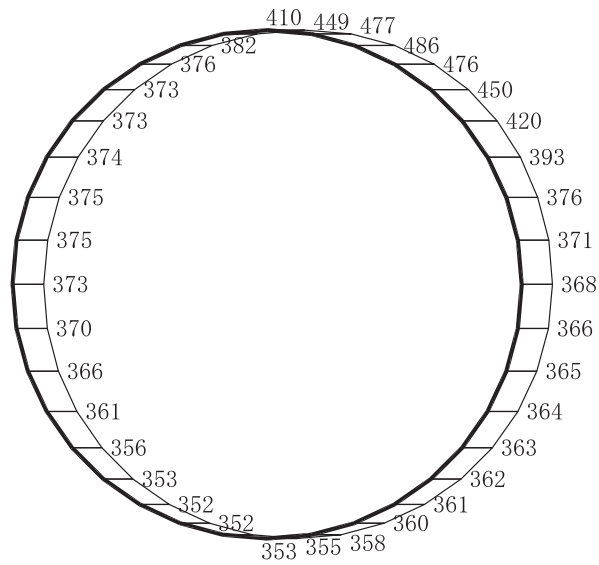
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-146 最大加速度分布図 (4/49) (解析ケース②)



(a) $S_s - F 2 (++)$ 水平

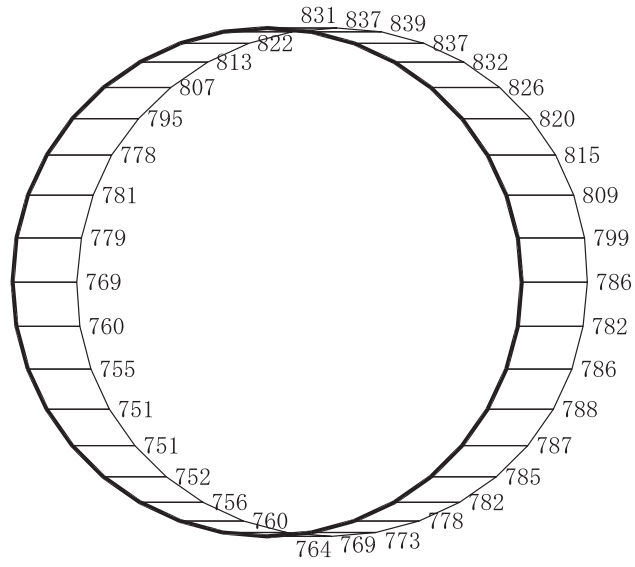


構造スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 2 \\ \hline \end{array}$ (m)

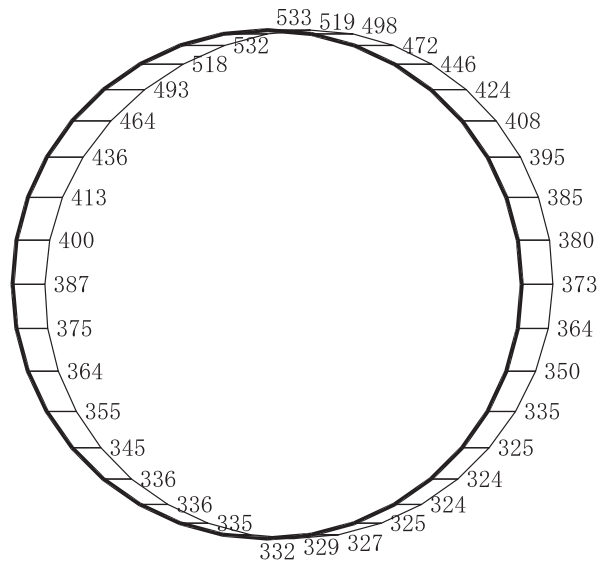
応答値スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 2000 \\ \hline \end{array}$ (cm/s^2)

(b) $S_s - F 2 (++)$ 鉛直

図 4-147 最大加速度分布図 (5/49) (解析ケース②)



(a) S s - F 3 (++) 水平

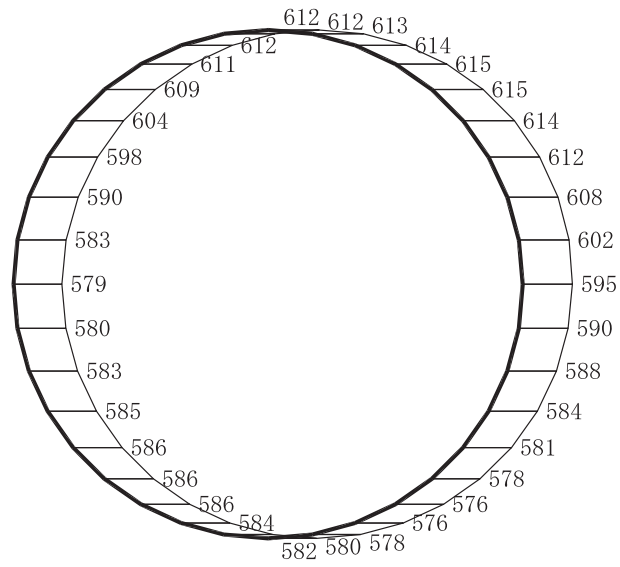


構造スケール 0 2 (m)

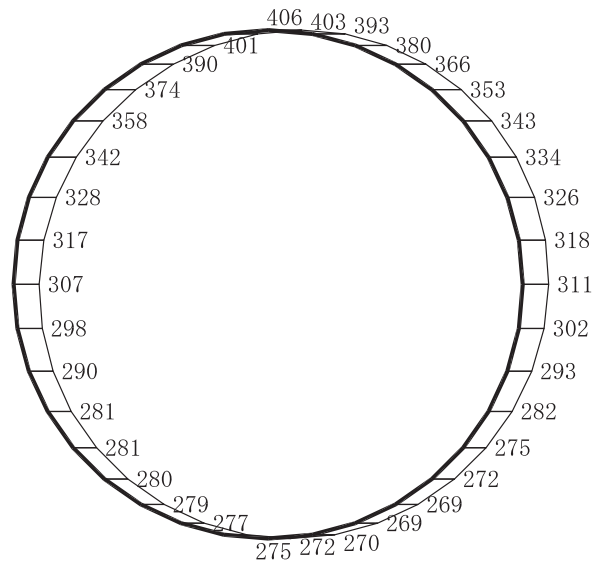
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-148 最大加速度分布図 (6/49) (解析ケース②)



(a) S s - N 1 (++) 水平

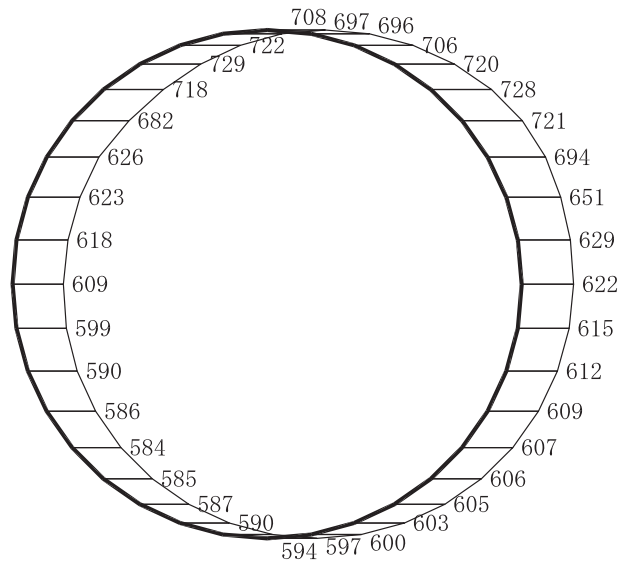


構造スケール 0 2 (m)

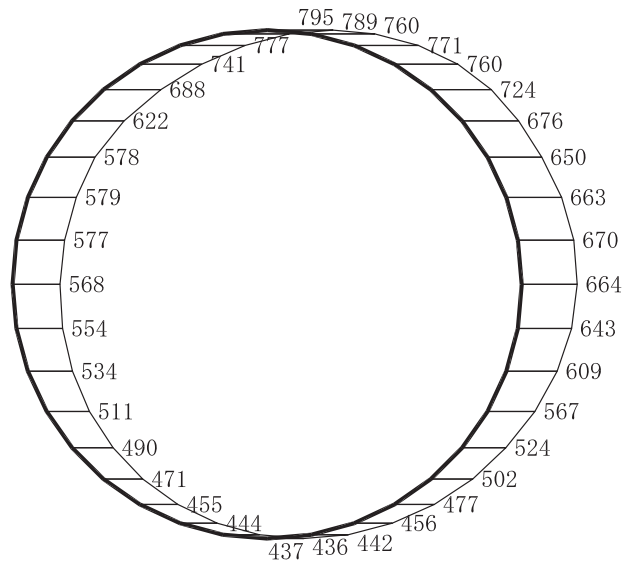
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-149 最大加速度分布図 (7/49) (解析ケース②)



(a) S s - D 1 (++) 水平

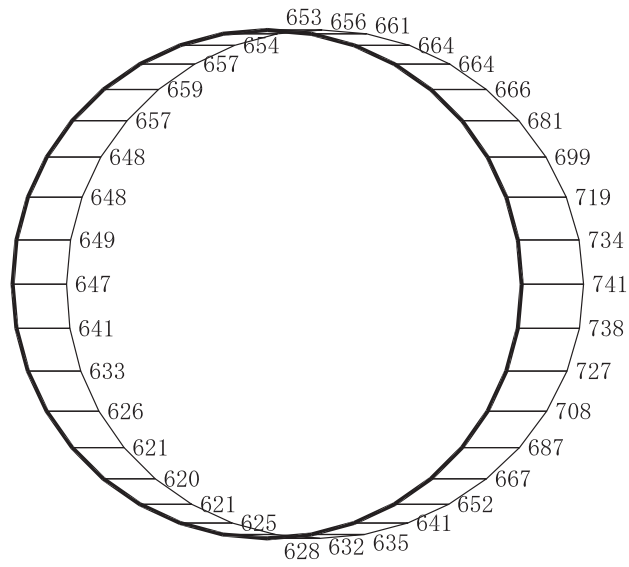


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

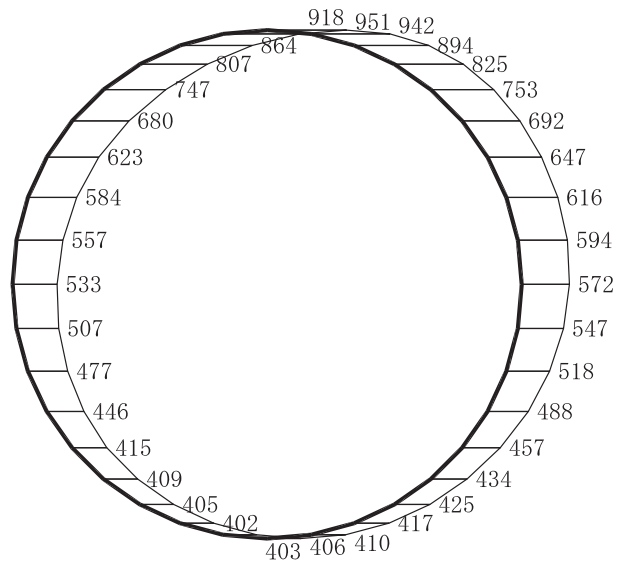
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-150 最大加速度分布図 (8/49) (解析ケース③)



(a) S s - D 2 (++) 水平

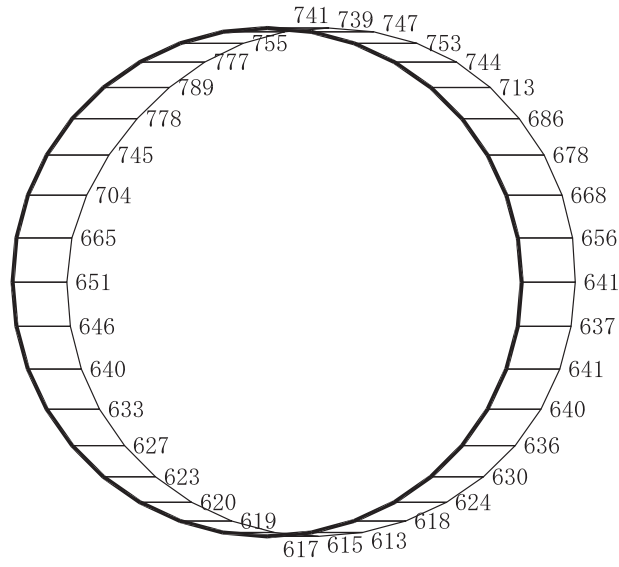


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

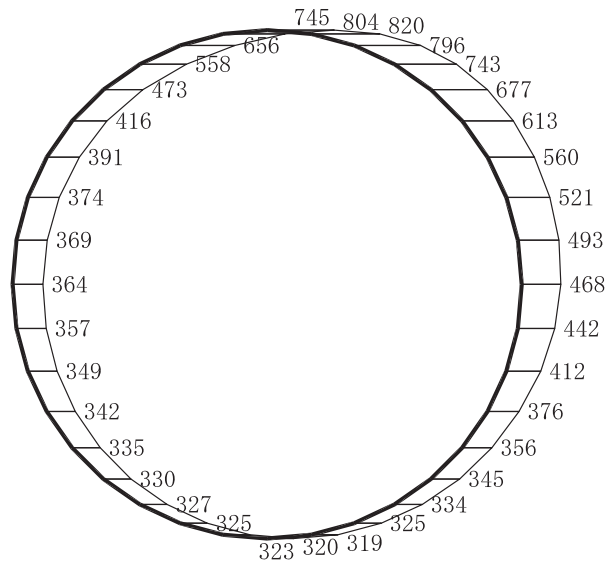
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-151 最大加速度分布図 (9/49) (解析ケース③)



(a) S s - D 3 (++) 水平

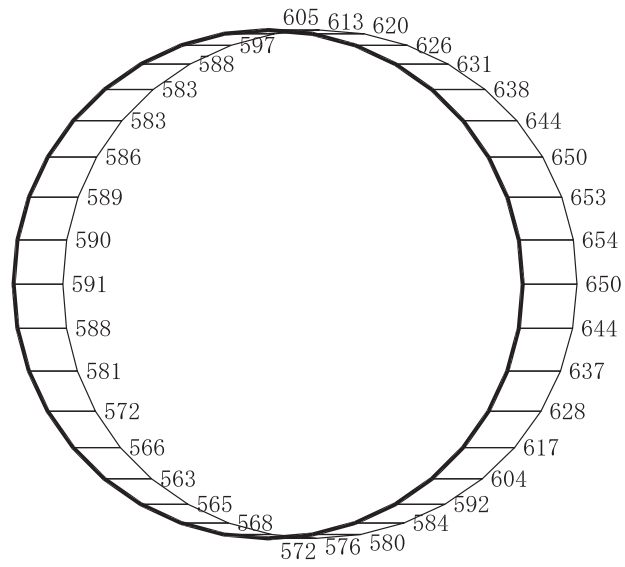


構造スケール 0 2 (m)

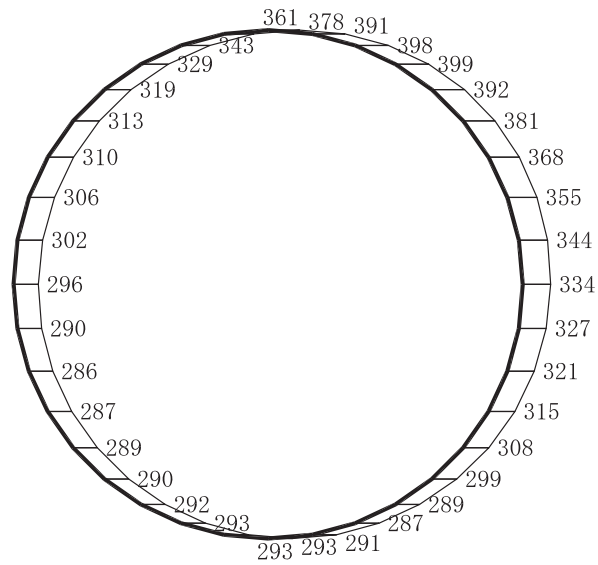
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-152 最大加速度分布図 (10/49) (解析ケース③)



(a) S s - F 1 (++) 水平

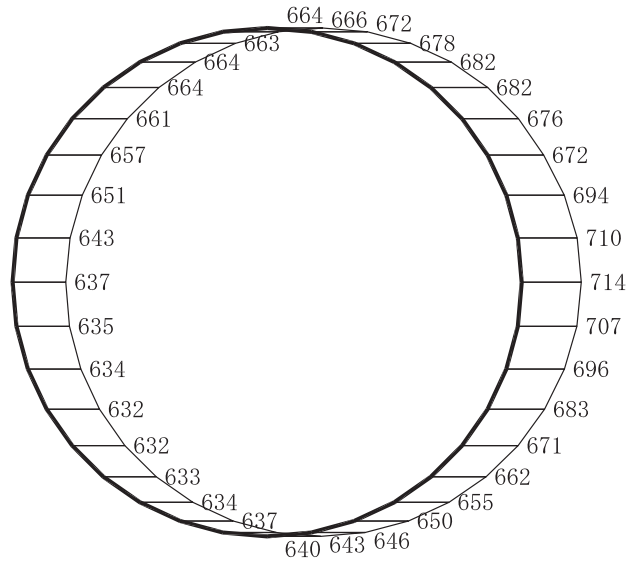


構造スケール 0 2 (m)

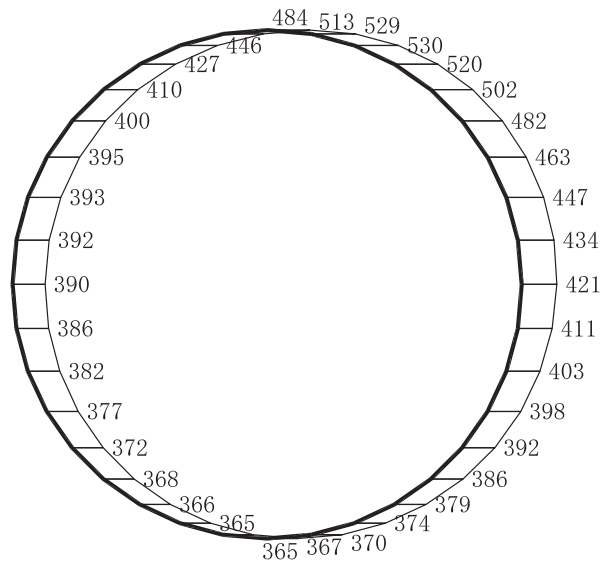
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-153 最大加速度分布図 (11/49) (解析ケース③)



(a) $S_s - F_2 (++)$ 水平

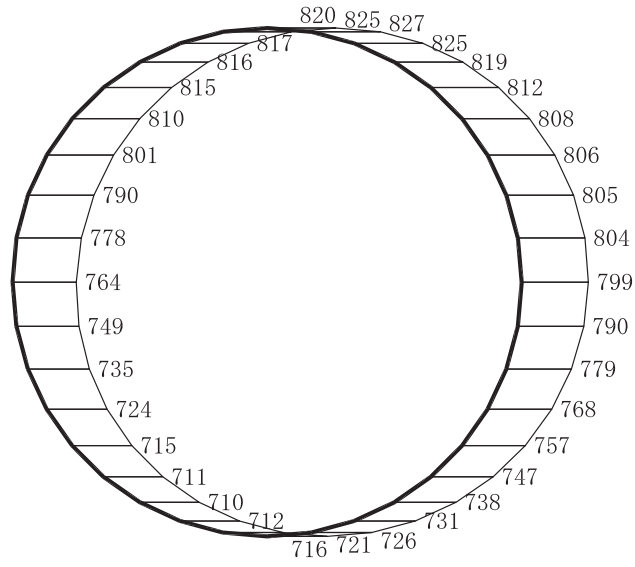


構造スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 2 \\ \hline \end{array}$ (m)

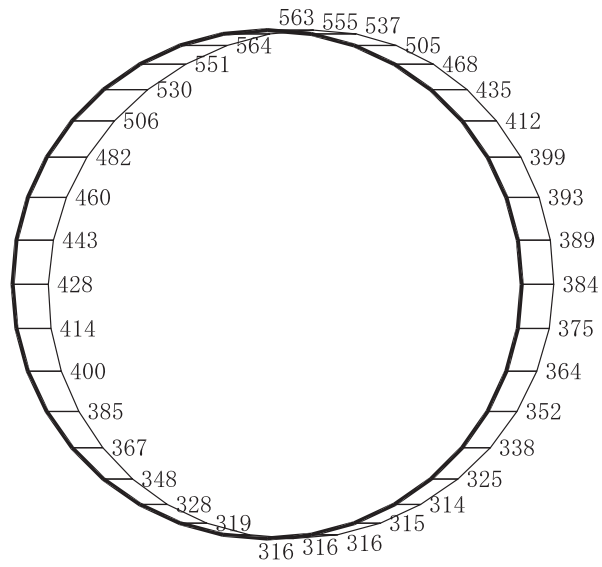
応答値スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 2000 \\ \hline \end{array}$ (cm/s^2)

(b) $S_s - F_2 (++)$ 鉛直

図 4-154 最大加速度分布図 (12/49) (解析ケース③)



(a) S s - F 3 (++) 水平

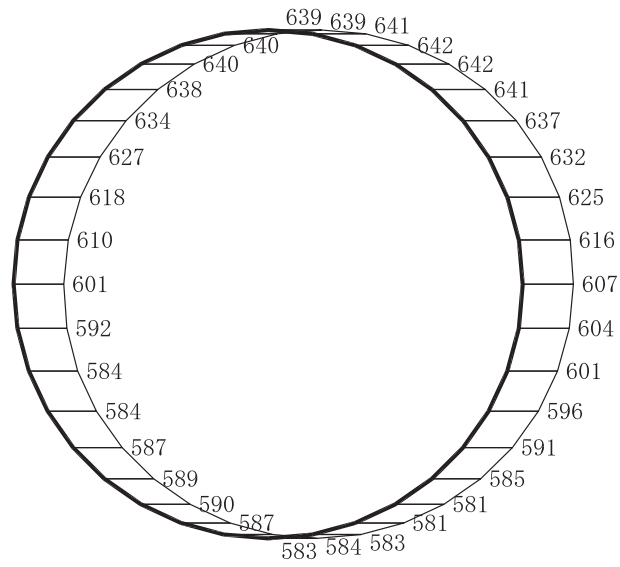


構造スケール 0 2 (m)

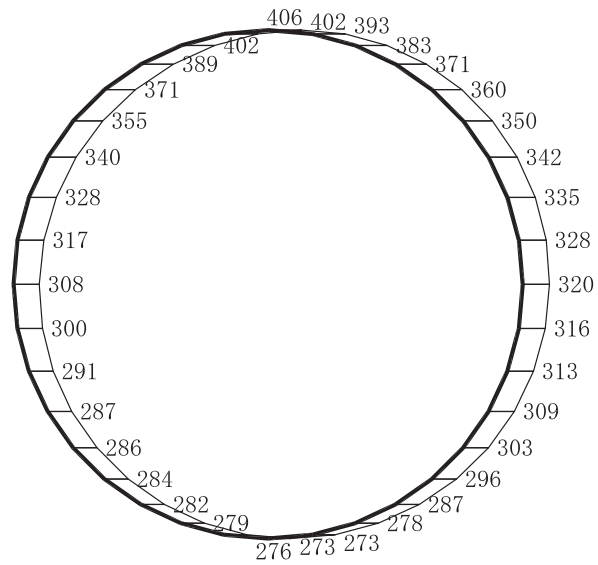
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-155 最大加速度分布図 (13/49) (解析ケース③)



(a) S s - N 1 (++) 水平

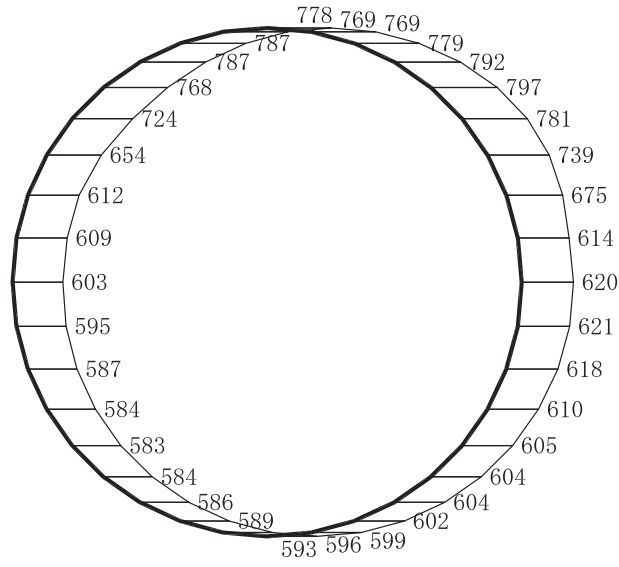


構造スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 2 \\ \hline \end{array}$ (m)

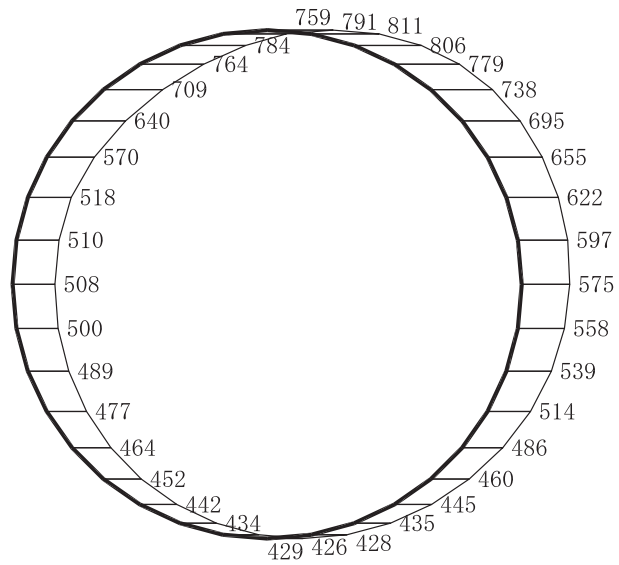
応答値スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 2000 \\ \hline \end{array}$ (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-156 最大加速度分布図 (14/49) (解析ケース③)



(a) S s - D 1 (++) 水平

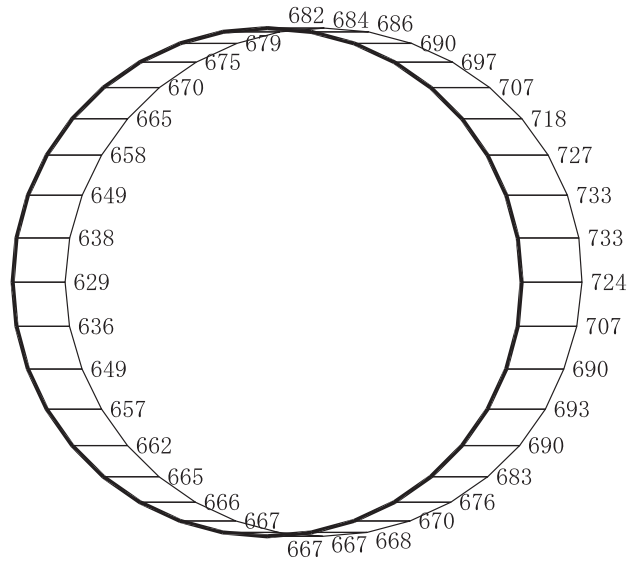


構造スケール 0 2 (m)

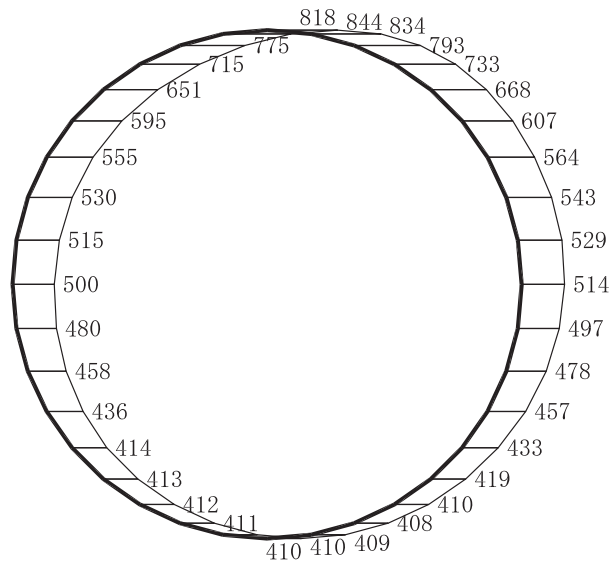
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-157 最大加速度分布図 (15/49) (解析ケース④)



(a) S s - D 2 (++) 水平

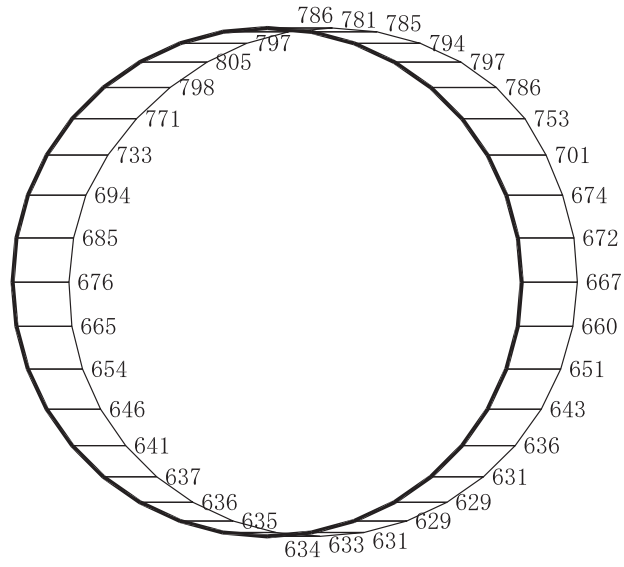


構造スケール 0 2 (m)

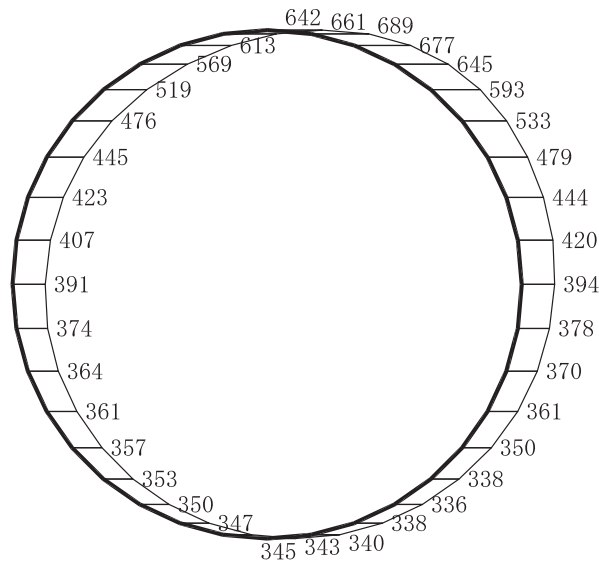
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-158 最大加速度分布図 (16/49) (解析ケース④)



(a) S s - D 3 (++) 水平

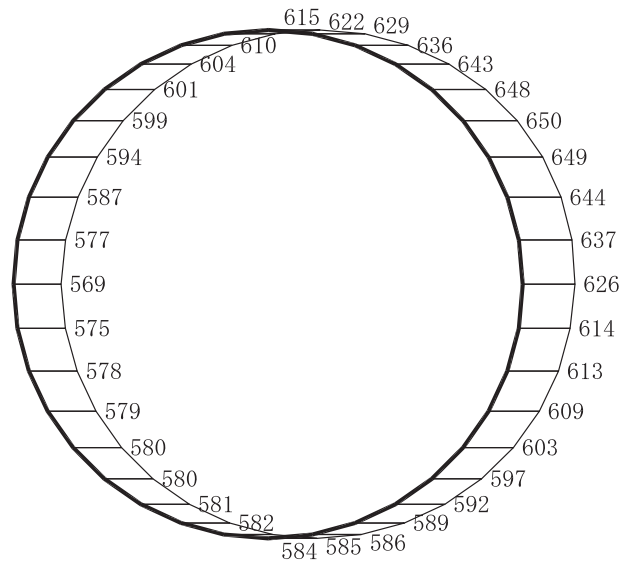


構造スケール 0 2 (m)

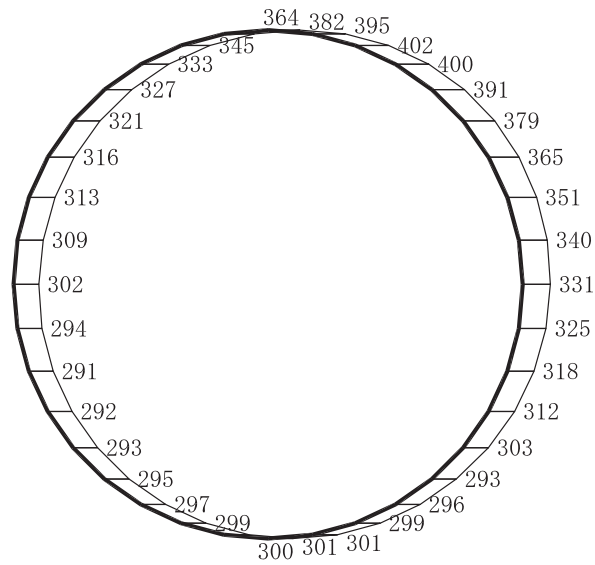
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-159 最大加速度分布図 (17/49) (解析ケース④)



(a) S s - F 1 (++) 水平

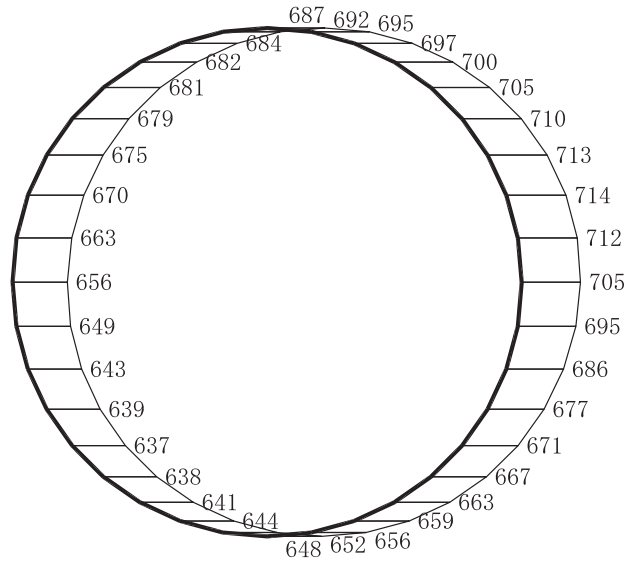


構造スケール 0 2 (m)

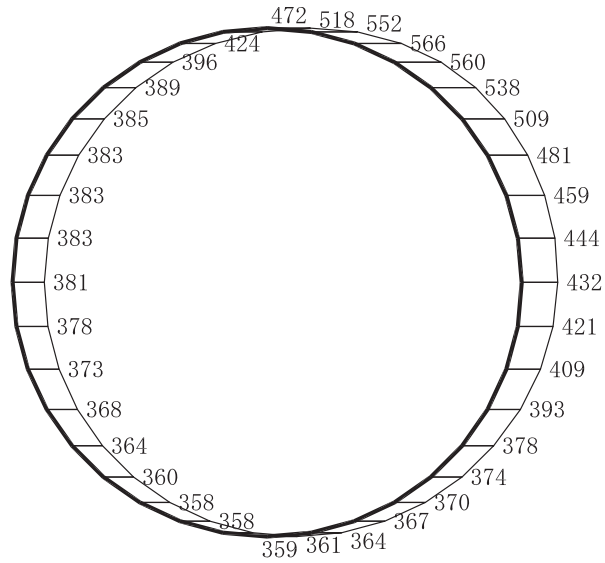
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-160 最大加速度分布図 (18/49) (解析ケース④)



(a) S s - F 2 (++) 水平

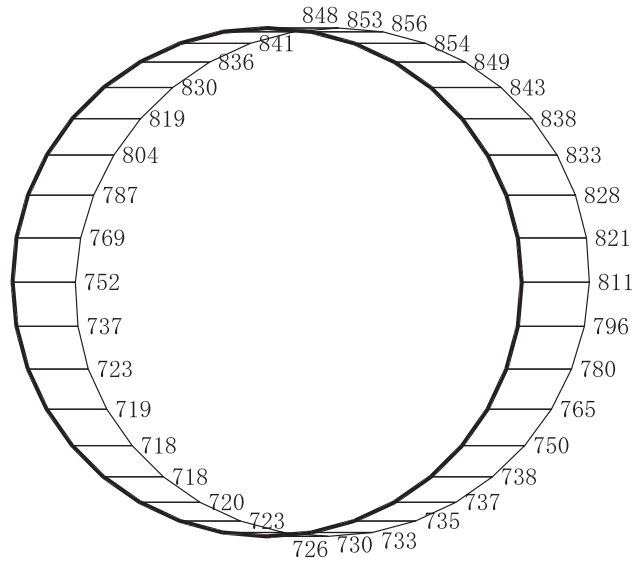


構造スケール (m)

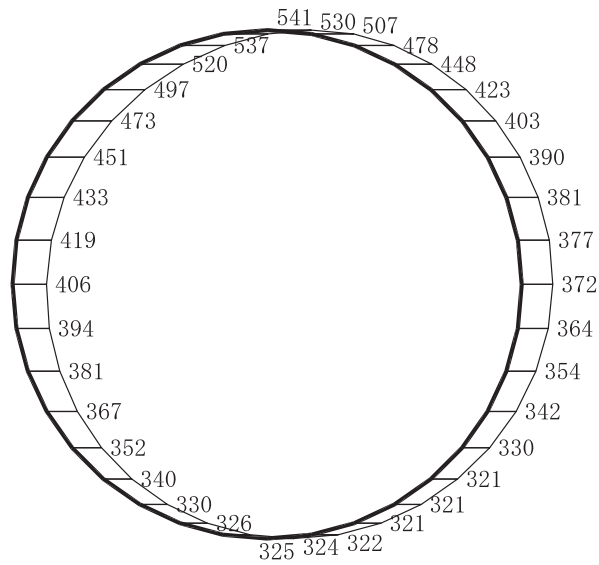
応答値スケール (cm/s²)

(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-161 最大加速度分布図 (19/49) (解析ケース④)



(a) S s - F 3 (++) 水平

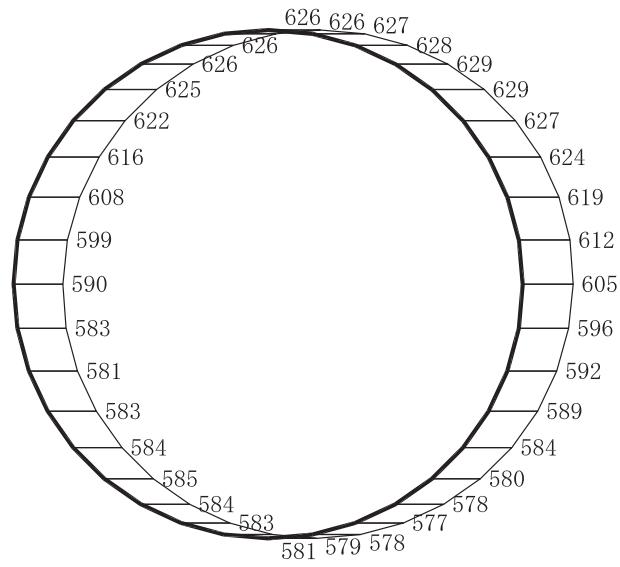


構造スケール 0 2 (m)

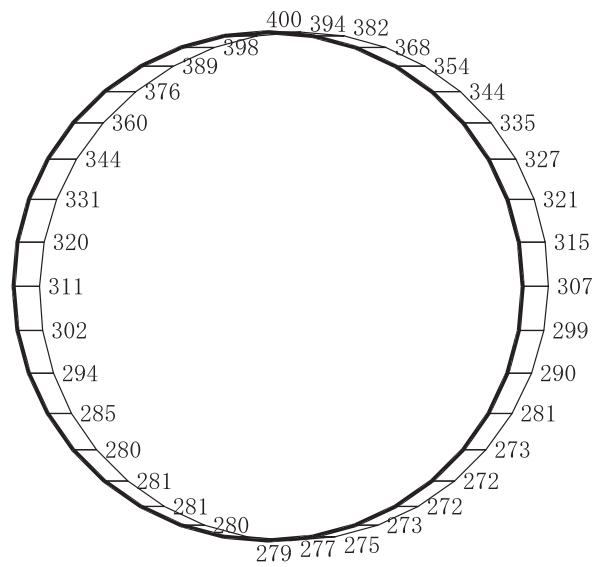
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-162 最大加速度分布図 (20/49) (解析ケース④)



(a) S s - N 1 (++) 水平

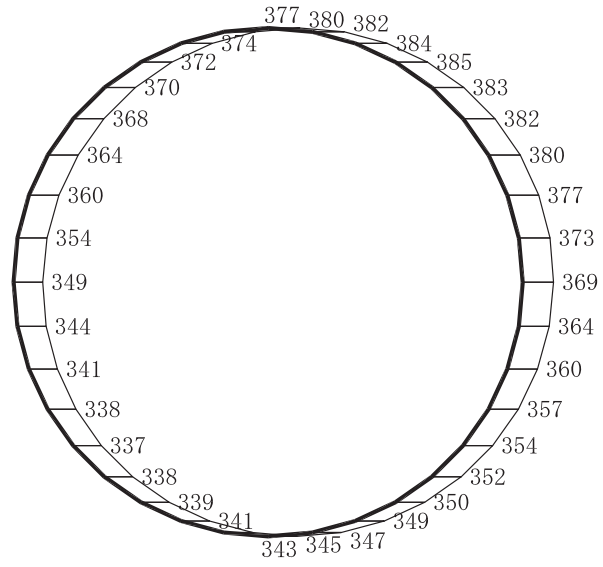


構造スケール 0 2 (m)

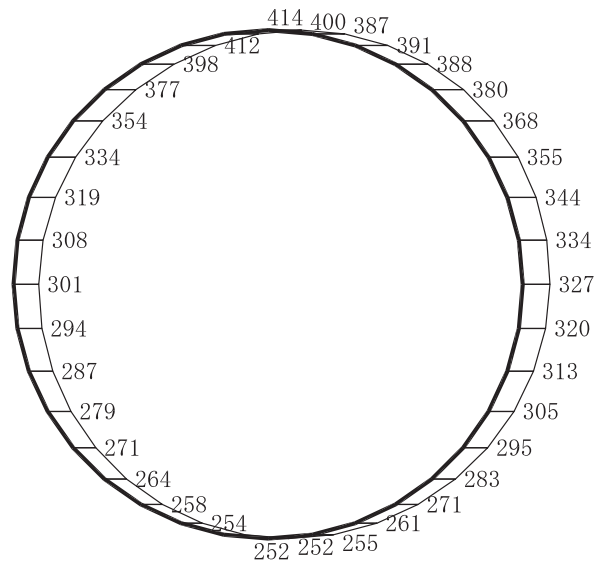
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-163 最大加速度分布図 (21/49) (解析ケース④)



(a) S d - D 1 (++) 水平

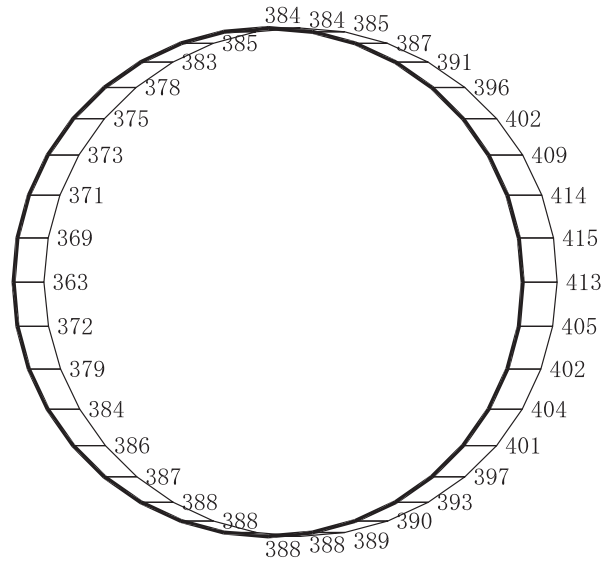


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

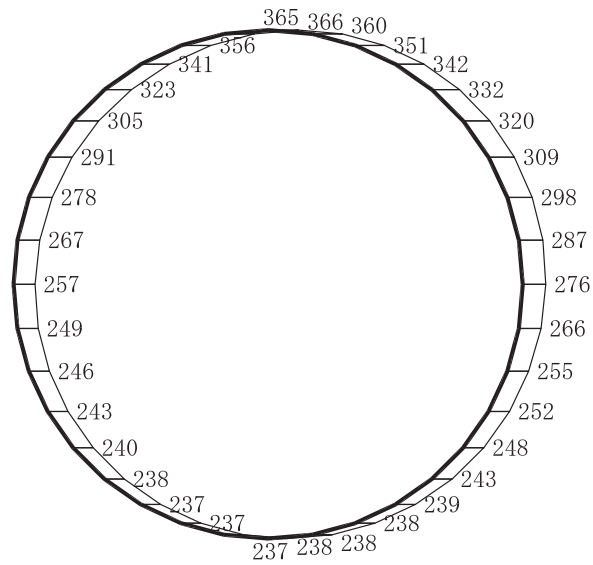
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-164 最大加速度分布図 (22/49) (解析ケース①)



(a) S d - D 2 (++) 水平

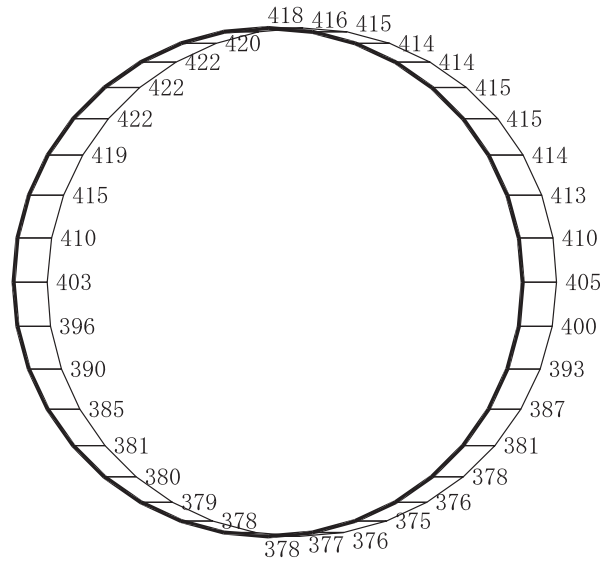


構造スケール 0 2 (m)

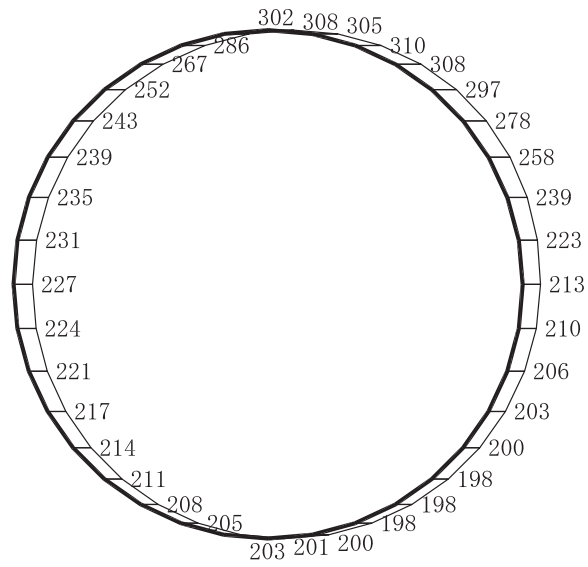
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-165 最大加速度分布図 (23/49) (解析ケース①)



(a) S d - D 3 (++) 水平

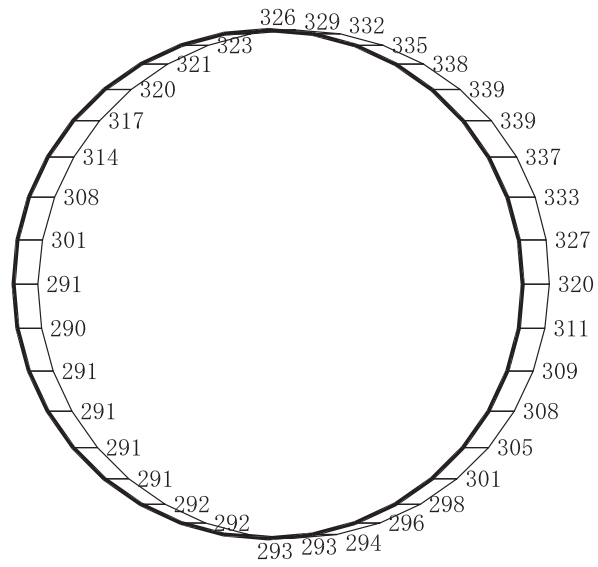


構造スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 2 \\ \hline \end{array}$ (m)

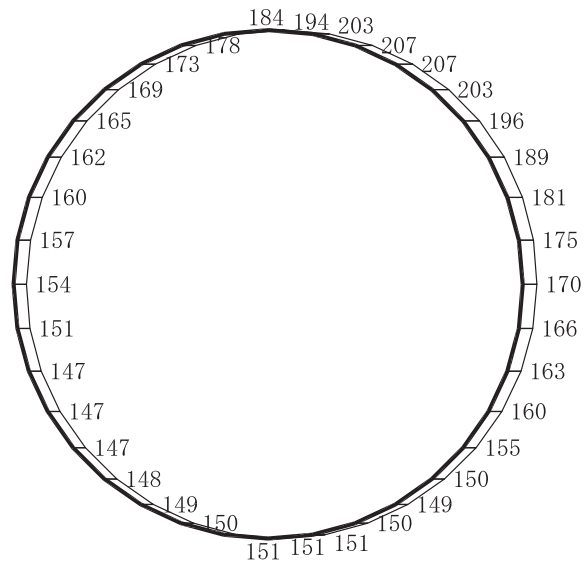
応答値スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 2000 \\ \hline \end{array}$ (cm/s²)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-166 最大加速度分布図 (24/49) (解析ケース①)



(a) S d - F 1 (++) 水平

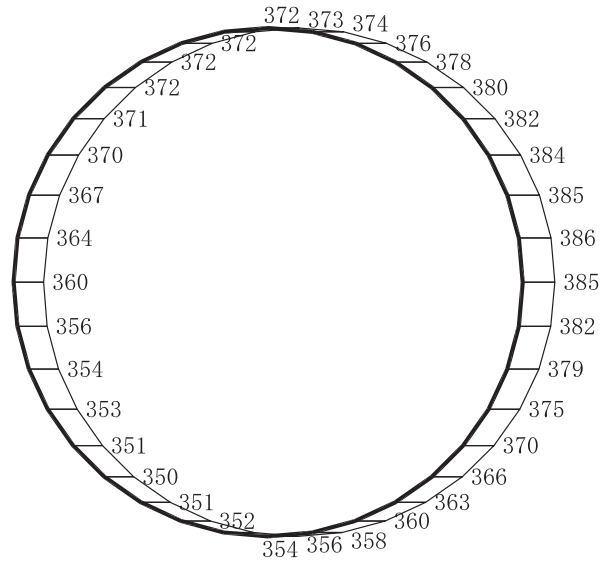


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

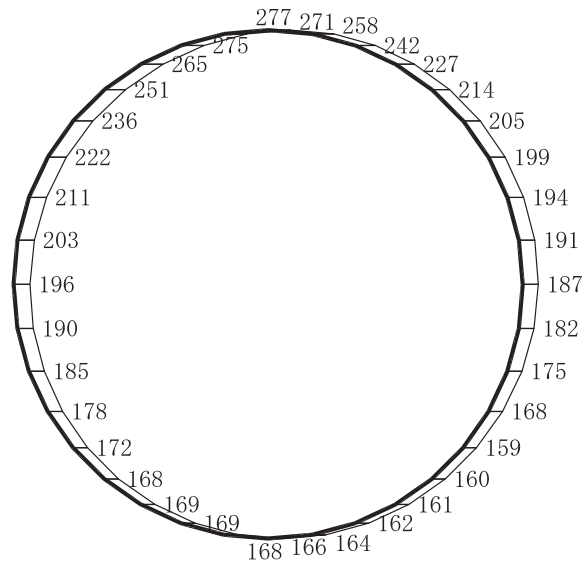
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-167 最大加速度分布図 (25/49) (解析ケース①)



(a) S d - F 3 (++) 水平

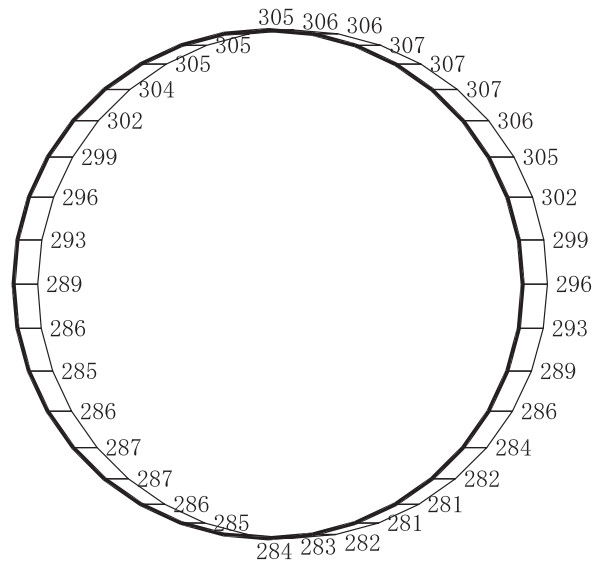


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

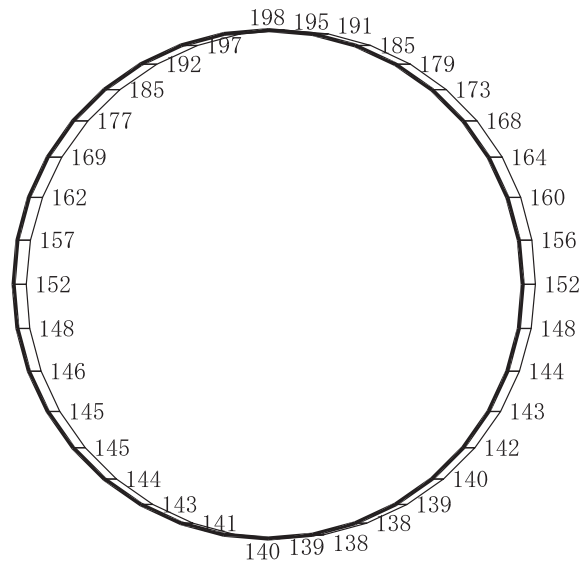
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-169 最大加速度分布図 (27/49) (解析ケース①)



(a) S d - N 1 (++) 水平

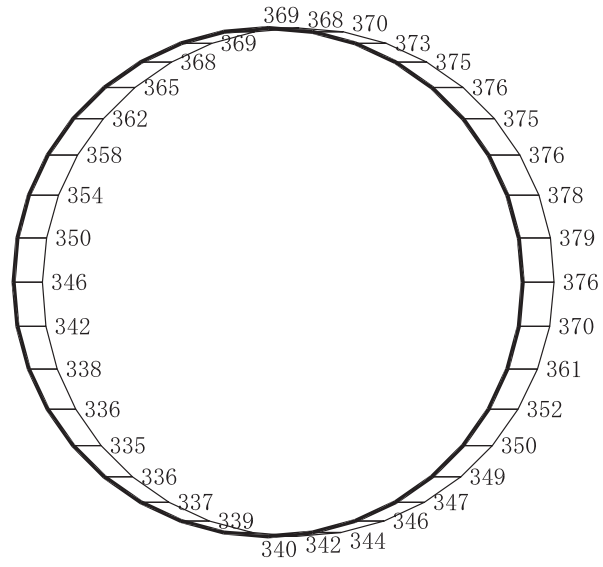


構造スケール 0 2 (m)

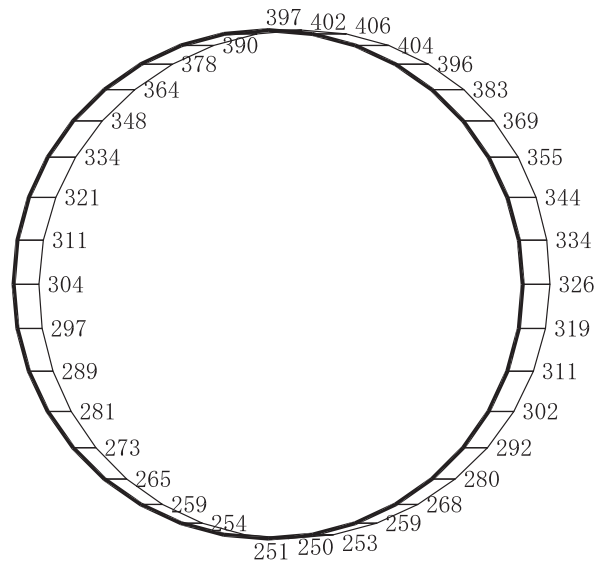
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-170 最大加速度分布図 (28/49) (解析ケース①)



(a) S d - D 1 (++) 水平

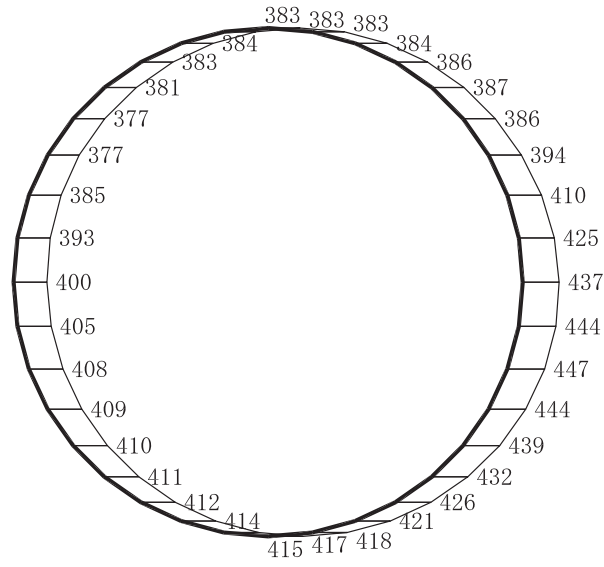


構造スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 2 \\ \hline \end{array}$ (m)

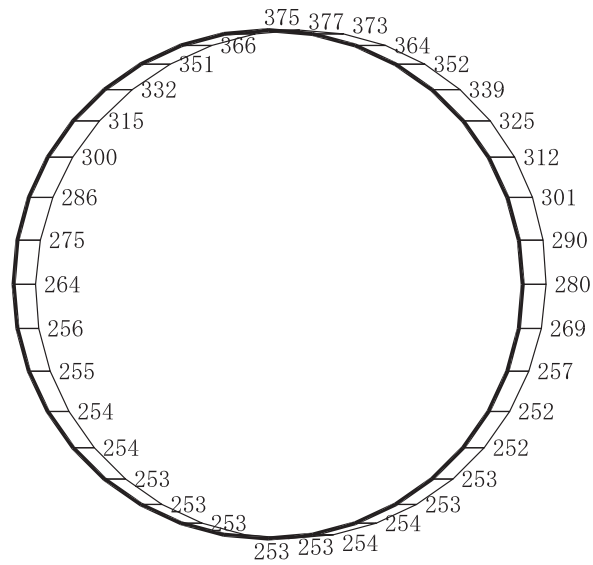
応答値スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 2000 \\ \hline \end{array}$ (cm/s²)

(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-171 最大加速度分布図 (29/49) (解析ケース②)



(a) S d - D 2 (++) 水平

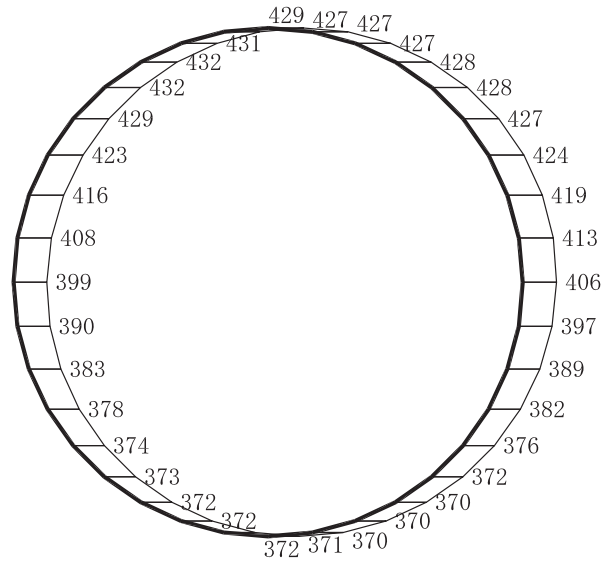


構造スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 2 \\ \hline \end{array}$ (m)

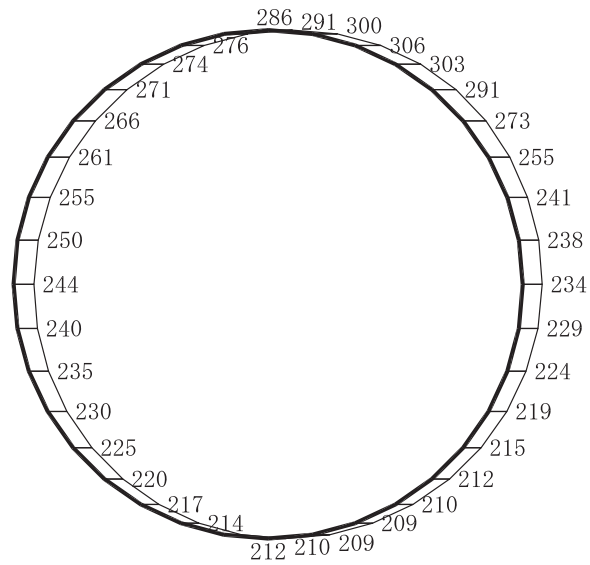
応答値スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 2000 \\ \hline \end{array}$ (cm/s²)

(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-172 最大加速度分布図 (30/49) (解析ケース②)



(a) S d - D 3 (++) 水平

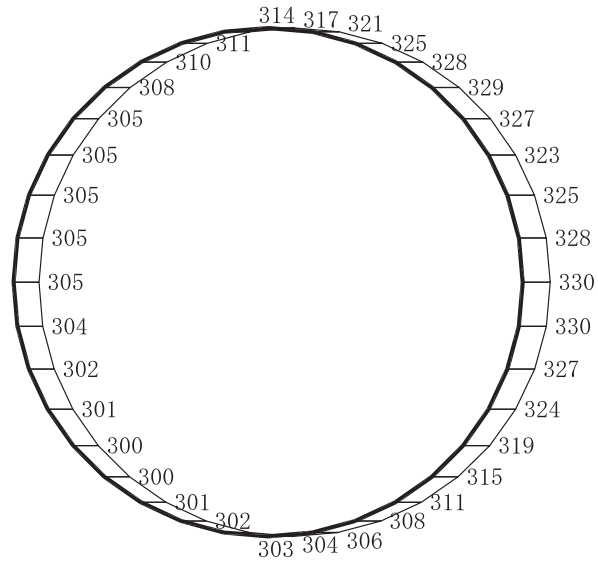


構造スケール 0 2 (m)

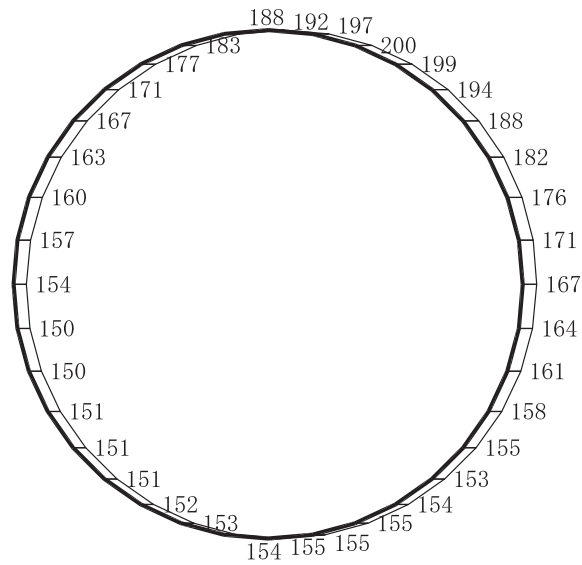
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-173 最大加速度分布図 (31/49) (解析ケース②)



(a) S d - F 1 (++) 水平

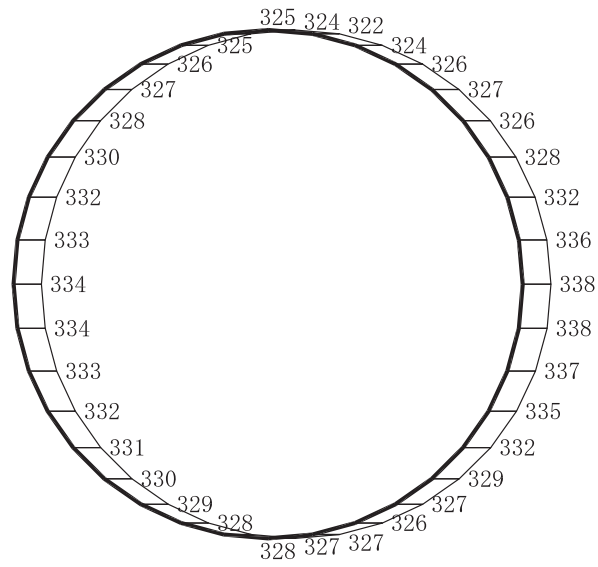


構造スケール 0 2 (m)

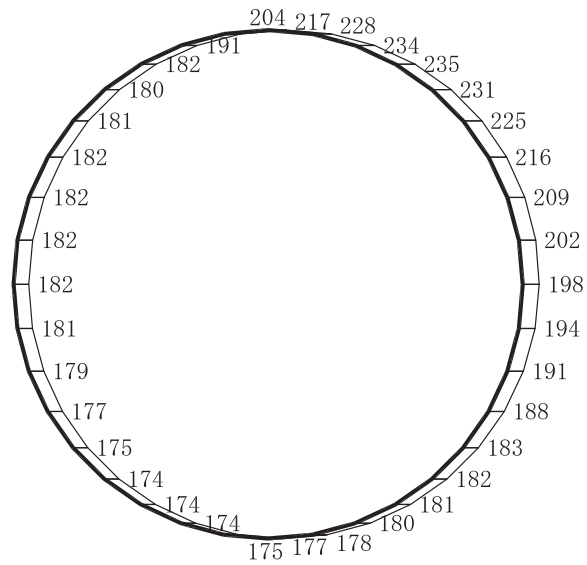
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-174 最大加速度分布図 (32/49) (解析ケース②)



(a) S d - F 2 (++) 水平

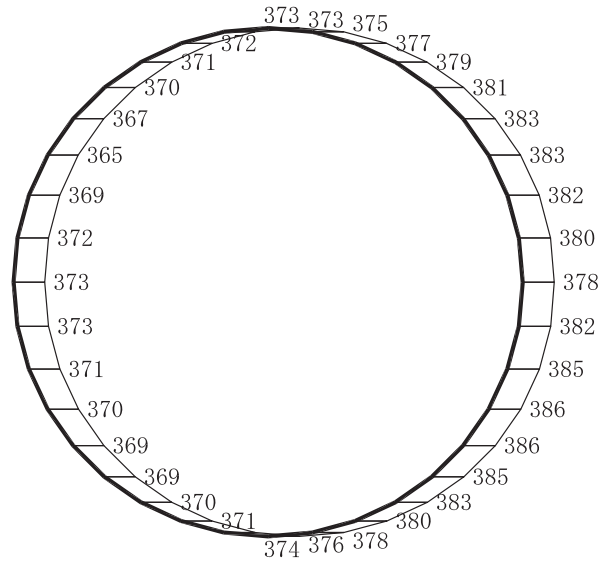


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

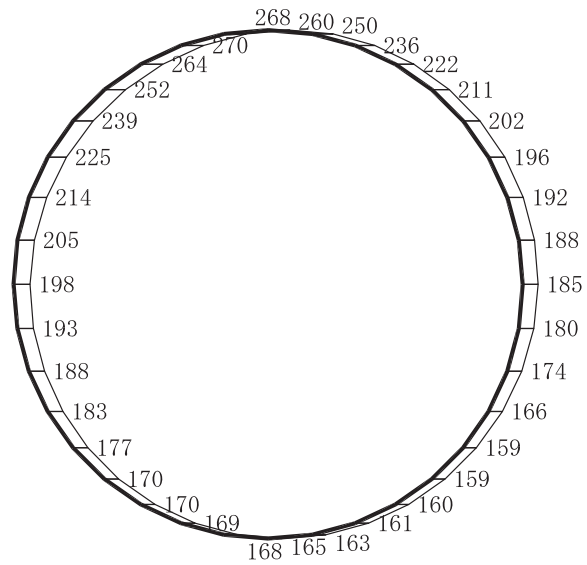
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-175 最大加速度分布図 (33/49) (解析ケース②)



(a) S d - F 3 (++) 水平

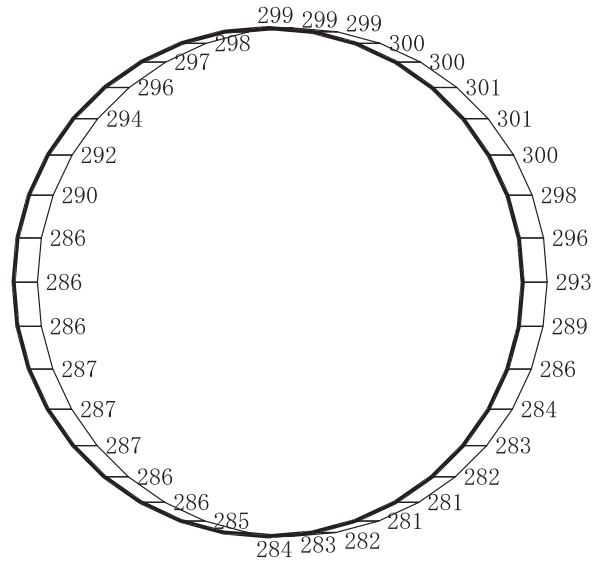


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

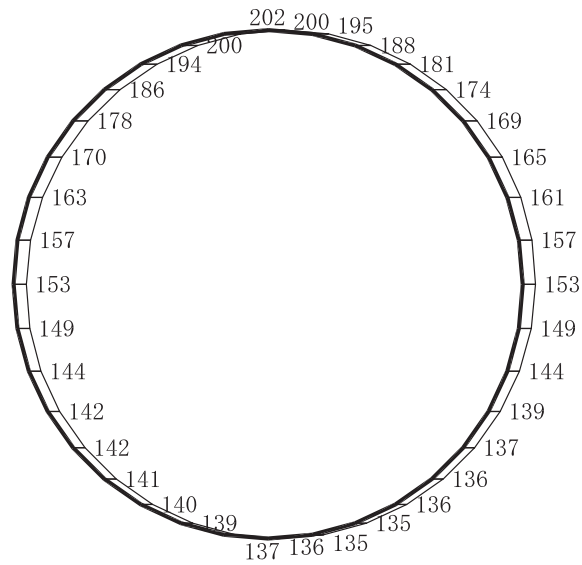
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-176 最大加速度分布図 (34/49) (解析ケース②)



(a) S d - N 1 (++) 水平

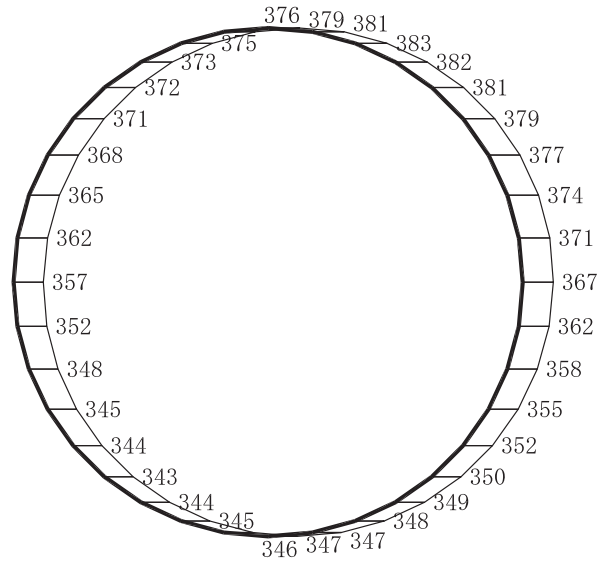


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

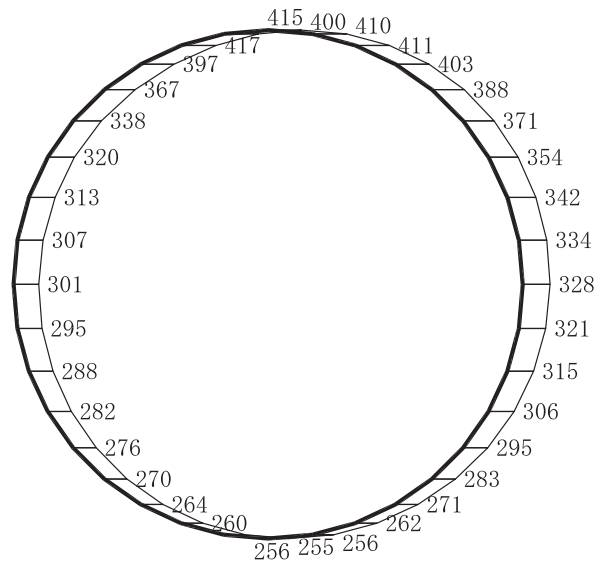
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-177 最大加速度分布図 (35/49) (解析ケース②)



(a) S d - D 1 (++) 水平

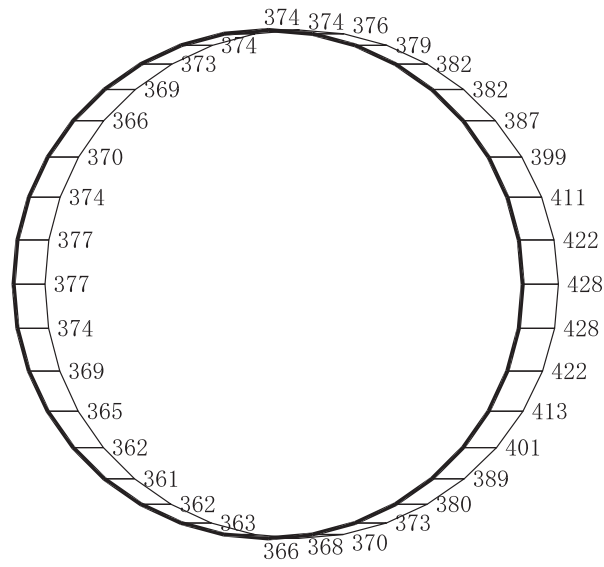


構造スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 2 \\ \hline \end{array}$ (m)

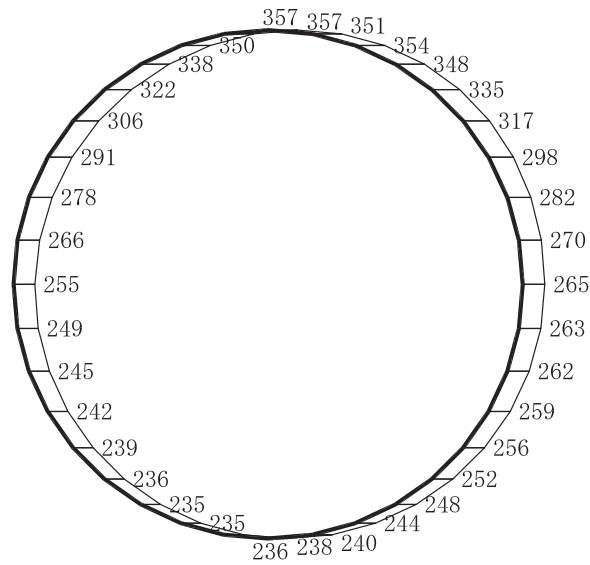
応答値スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 2000 \\ \hline \end{array}$ (cm/s²)

(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-178 最大加速度分布図 (36/49) (解析ケース③)



(a) S d - D 2 (++) 水平

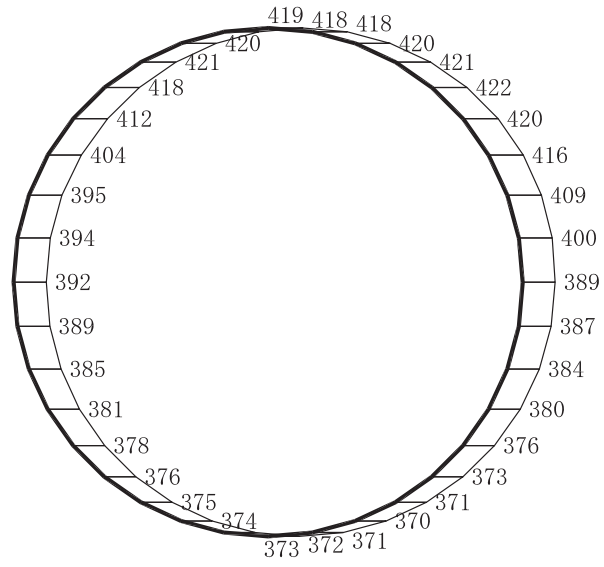


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

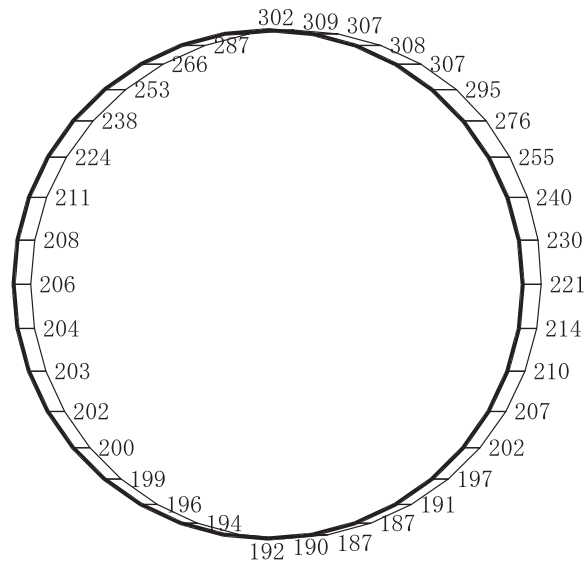
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-179 最大加速度分布図 (37/49) (解析ケース③)



(a) S d - D 3 (++) 水平

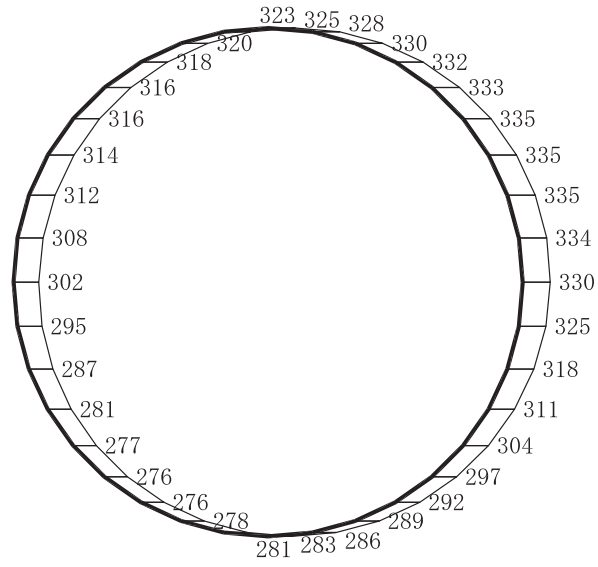


構造スケール 0 2 (m)

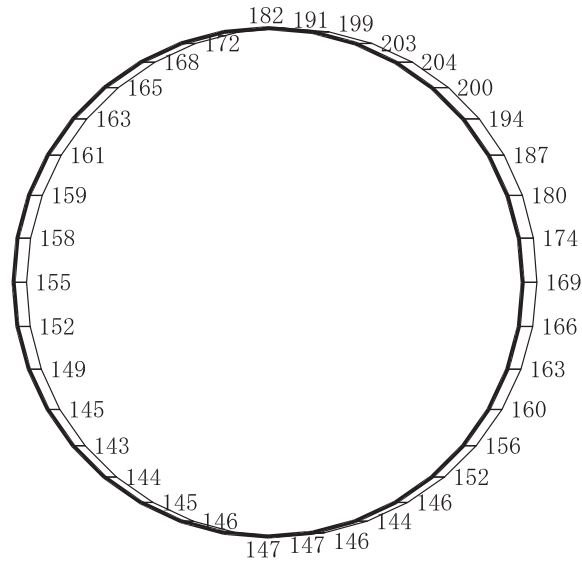
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-180 最大加速度分布図 (38/49) (解析ケース③)



(a) S d - F 1 (++) 水平

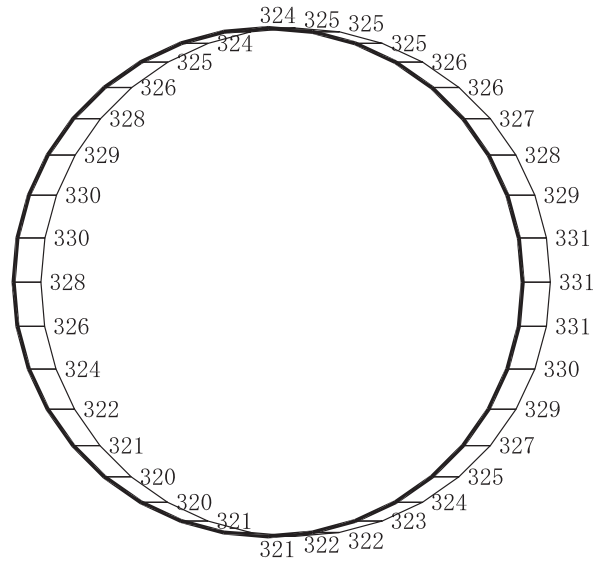


構造スケール 0 2 (m)

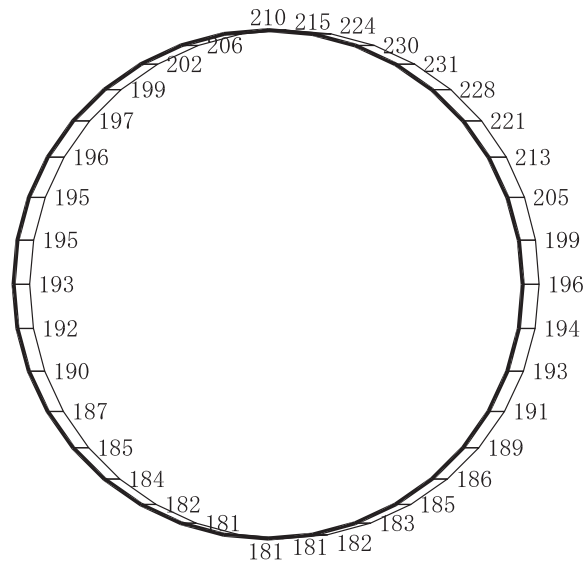
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-181 最大加速度分布図 (39/49) (解析ケース③)



(a) S d - F 2 (++) 水平

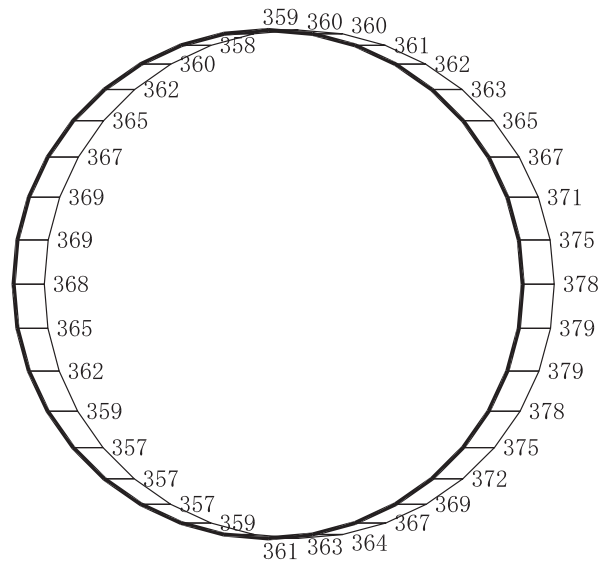


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

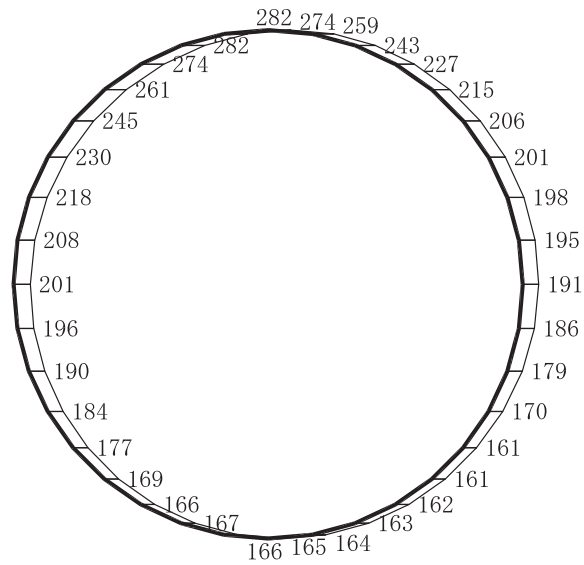
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-182 最大加速度分布図 (40/49) (解析ケース③)



(a) S d - F 3 (++) 水平

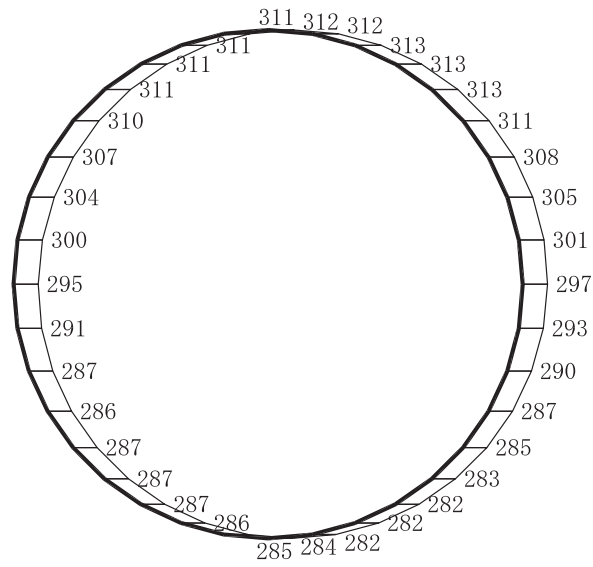


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

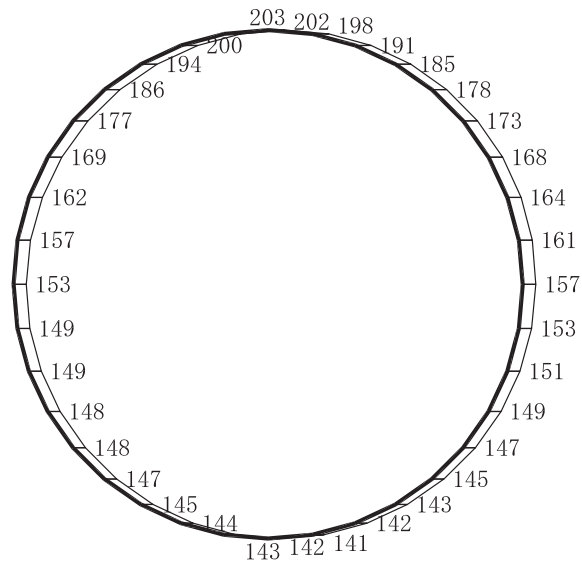
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-183 最大加速度分布図 (41/49) (解析ケース③)



(a) S d - N 1 (++) 水平

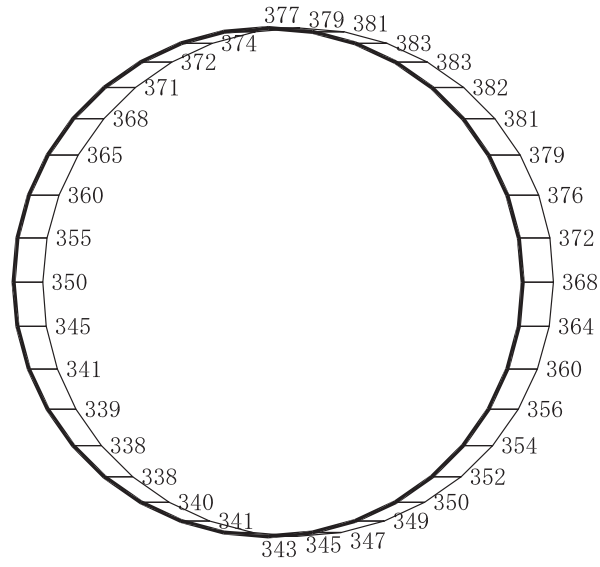


構造スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 2 \\ \hline \end{array}$ (m)

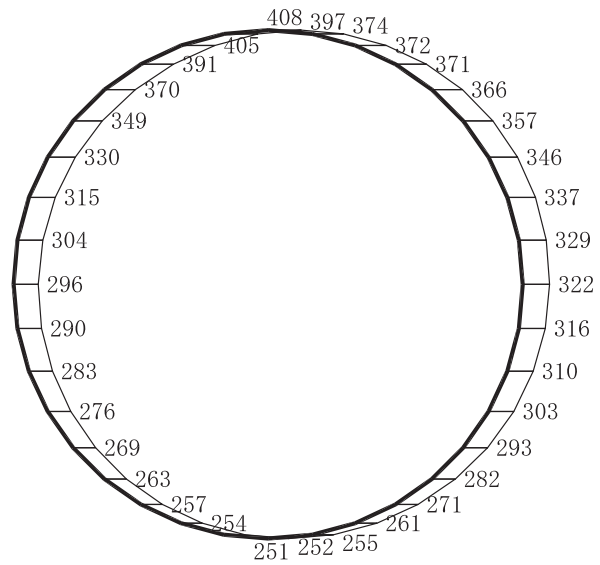
応答値スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 2000 \\ \hline \end{array}$ (cm/s²)

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-184 最大加速度分布図 (42/49) (解析ケース③)



(a) S d - D 1 (++) 水平

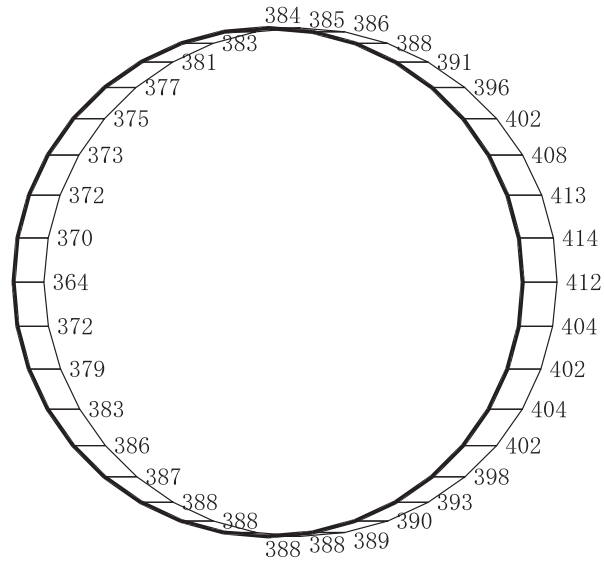


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

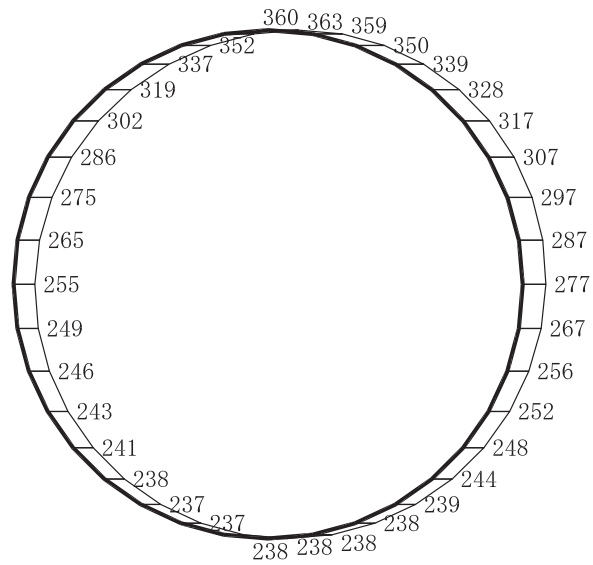
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-185 最大加速度分布図 (43/49) (解析ケース④)



(a) S d - D 2 (++) 水平

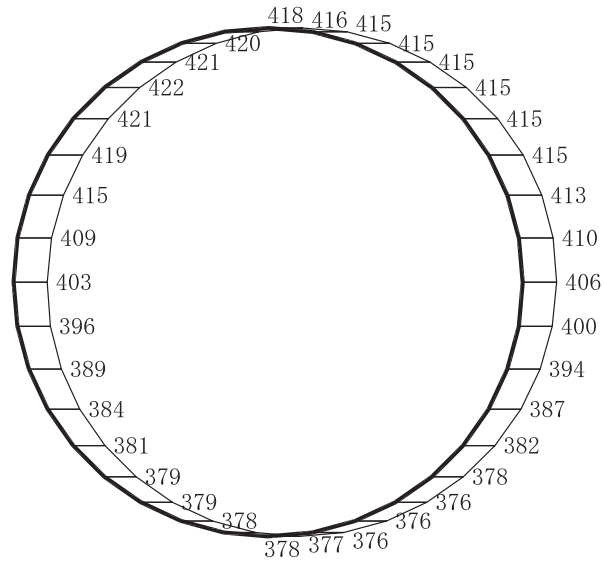


(b) S d - D 2 (++) 鉛直

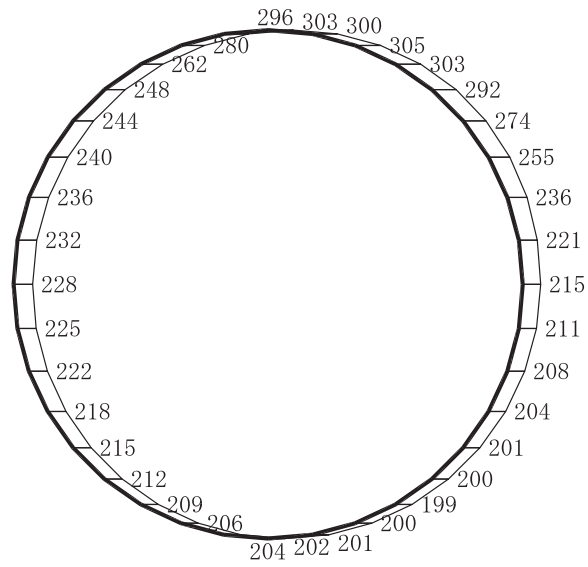
構造スケール 0 2 (m)

応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

図 4-186 最大加速度分布図 (44/49) (解析ケース④)



(a) S d - D 3 (++) 水平

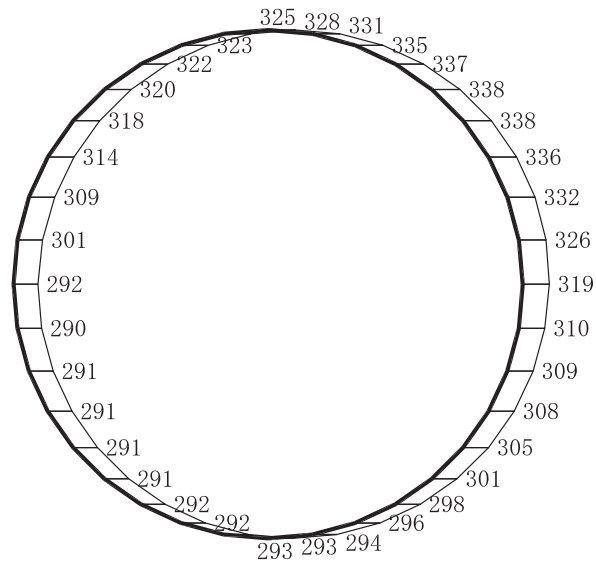


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

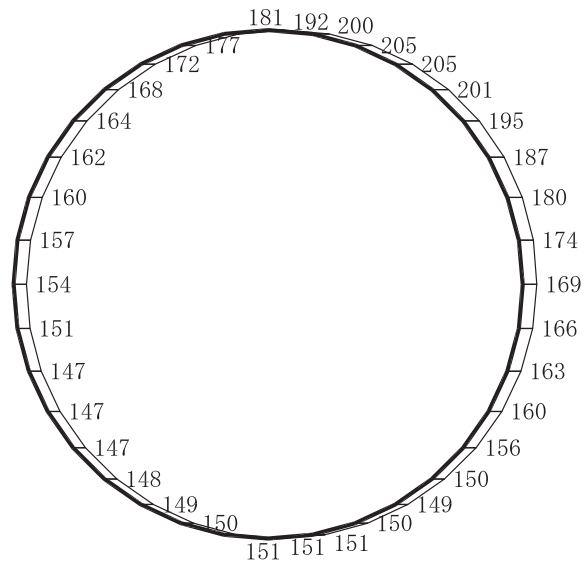
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s^2)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-187 最大加速度分布図 (45/49) (解析ケース④)



(a) S d - F 1 (++) 水平

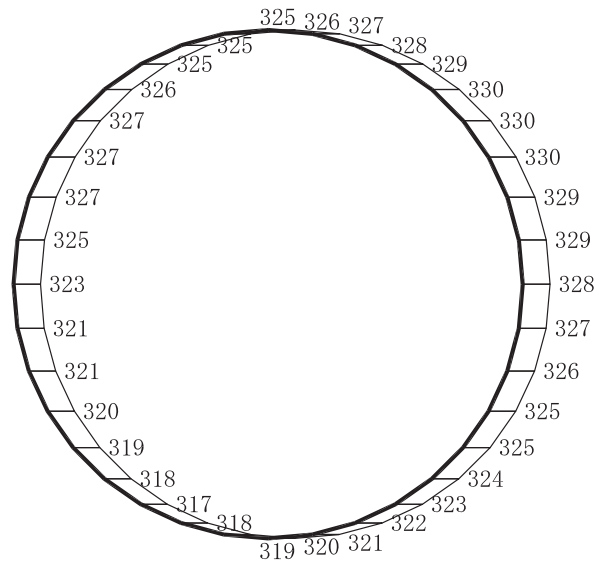


構造スケール 0 2 (m)

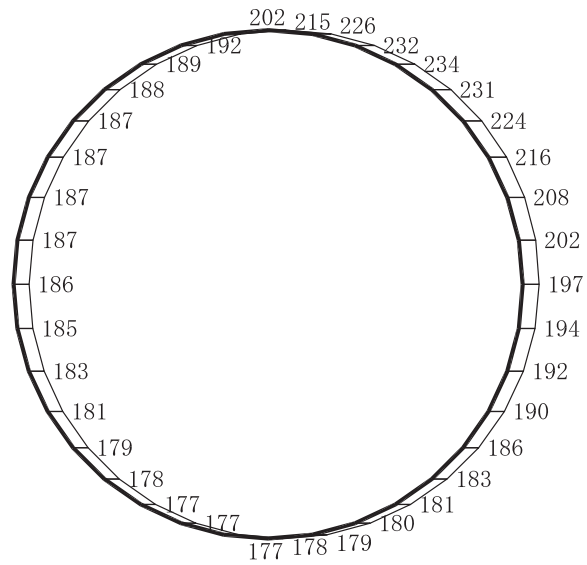
応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-188 最大加速度分布図 (46/49) (解析ケース④)



(a) S d - F 2 (++) 水平

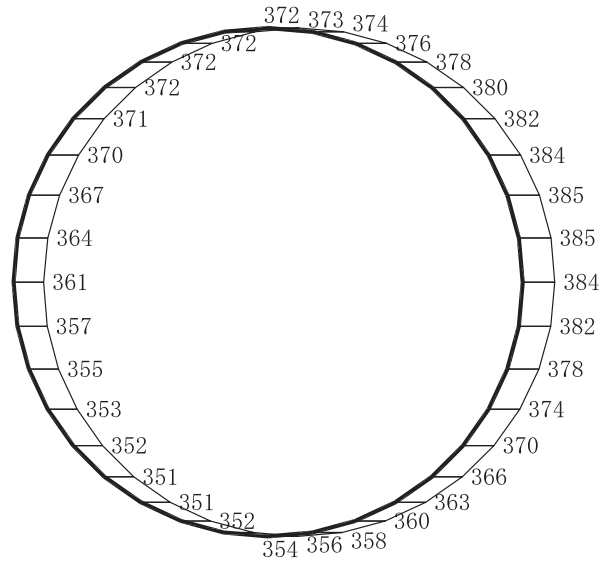


構造スケール $\frac{0}{2}$ (m)

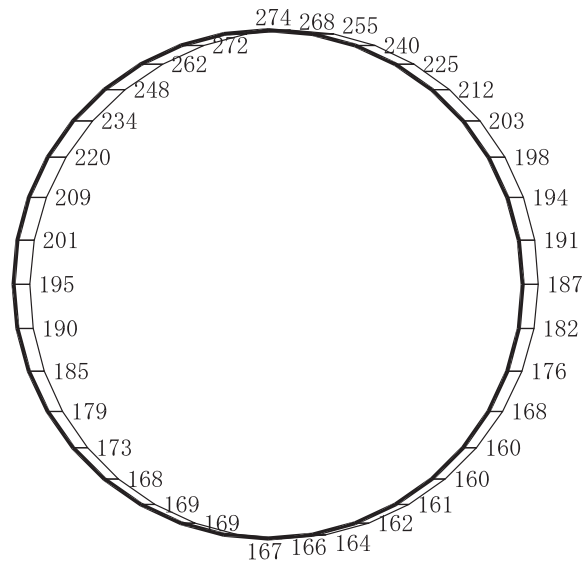
応答値スケール $\frac{0}{2000}$ (cm/s²)

(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-189 最大加速度分布図 (47/49) (解析ケース④)



(a) S d - F 3 (++) 水平

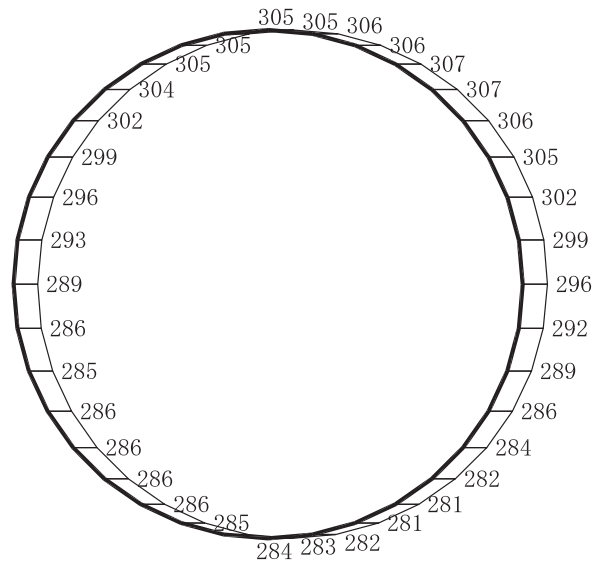


構造スケール 0 ——— 2 (m)

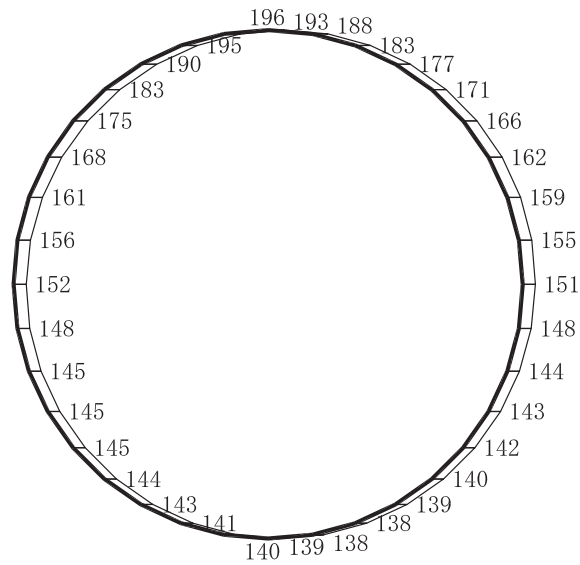
応答値スケール 0 ——— 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-190 最大加速度分布図 (48/49) (解析ケース④)



(a) S d - N 1 (++) 水平



(b) S d - N 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m)

応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

図 4-191 最大加速度分布図 (49/49) (解析ケース④)

VI-2-2-28 排気筒連絡ダクトの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	6
2.4 適用基準	9
3. 耐震評価	10
3.1 評価対象断面	10
3.2 使用材料及び材料の物性値	12
3.3 許容限界	13
3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界	13
3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界	15
3.4 評価方法	16
3.4.1 構造部材の健全性評価	16
3.4.2 基礎地盤の支持性能評価	16
4. 構造部材の地震時応答	17
4.1 土砂部	17
4.2 岩盤部	20
5. 耐震評価結果	22
5.1 構造部材の健全性に対する評価結果	22
5.1.1 土砂部	22
5.1.2 岩盤部	23
5.2 Sクラスの施設を支持する機能に対する評価結果	24
5.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果	25
5.3.1 土砂部の基礎地盤（狐崎部層）	25
5.3.2 岩盤部の基礎地盤（狐崎部層）	26

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、排気筒連絡ダクトが基準地震動 S_s に対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認するものである。

排気筒連絡ダク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を行う。

2. 基本方針

2.1 位置

排気筒連絡ダクトの位置を図 2-1 に示す。

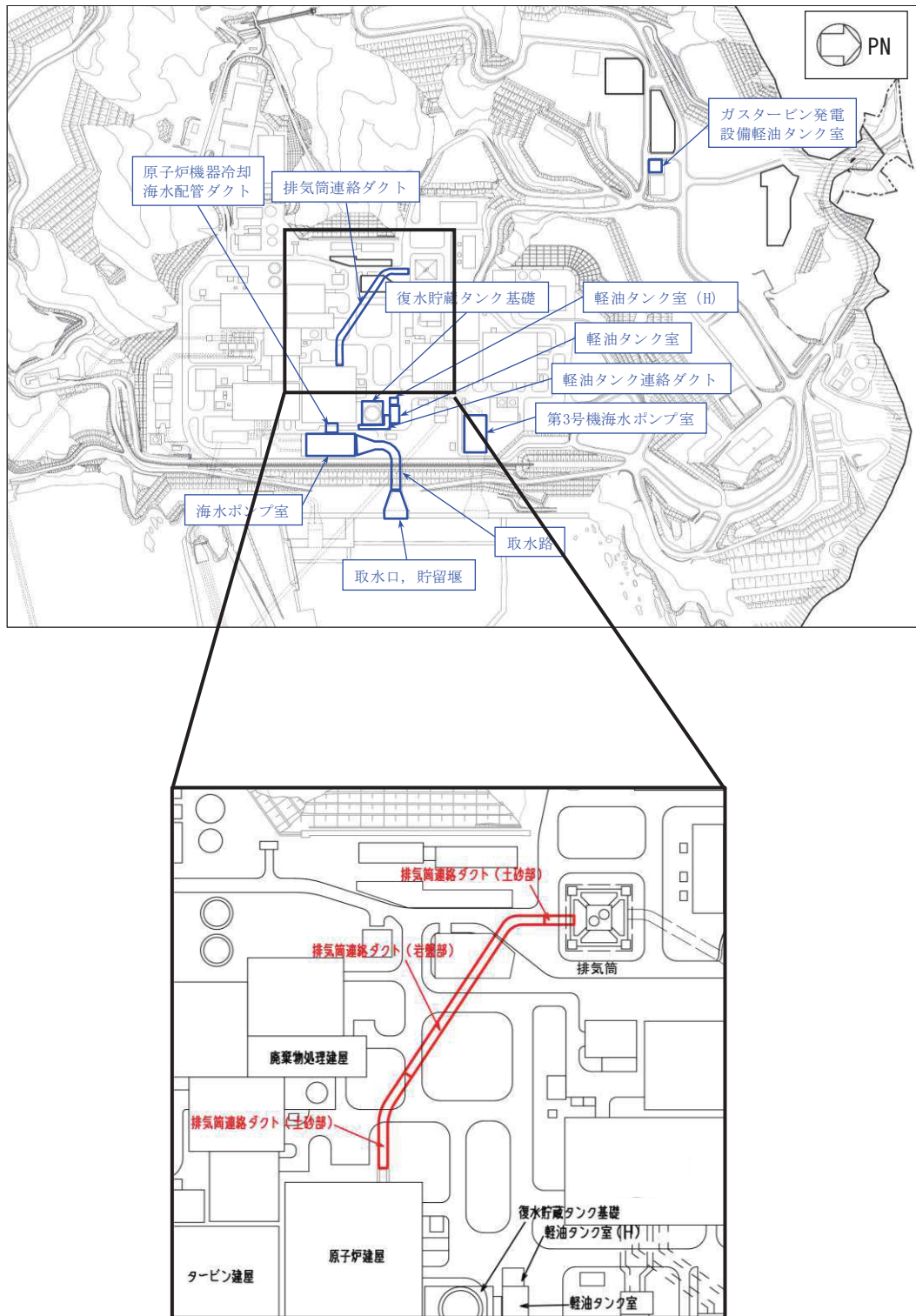


図 2-1 排気筒連絡ダクトの位置図

2.2 構造概要

排気筒連絡ダクトの平面図を図 2-2 に、断面図を図 2-3 及び図 2-4 に、縦断図を図 2-5 に、概略配筋図を図 2-6 及び図 2-7 に示す。

排気筒連絡ダクトは、非常用ガス処理系配管を底版で間接支持しており、支持機能が要求される。

排気筒連絡ダクトは、原子炉建屋と排気筒を結ぶ、延長 187.49m、内空 の鉄筋コンクリート造の地下トンネル構造物であり、幌型トンネルの土砂部と円形トンネルの岩盤部にて構成され、土砂部は直接又は MMR を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されており、岩盤は円形トンネルが岩盤に囲まれている。

排気筒連絡ダクトは、延長方向に 3.0m~9.0m 間隔に分割し構造目地を介して接合され、原子炉建屋及び排気筒との接合部には耐震ジョイントが設置されており、土砂部と岩盤部のそれぞれの区間で延長方向に断面の変化がない線状構造物である。

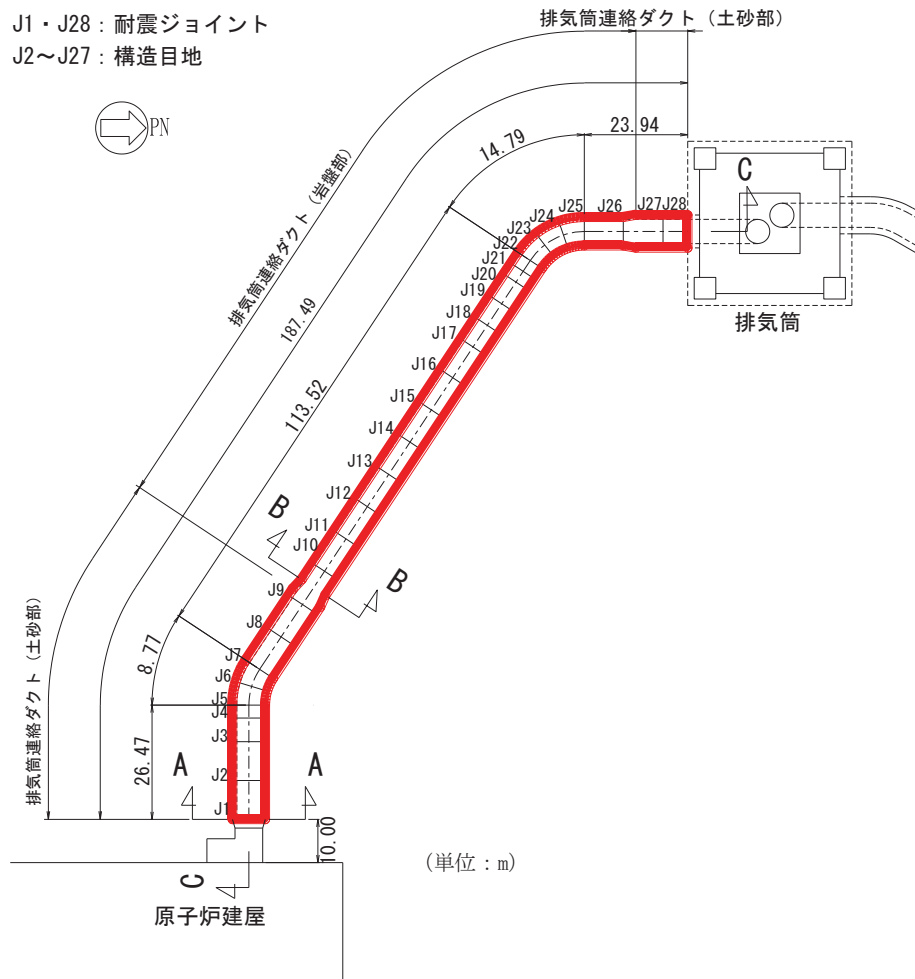


図 2-2 排気筒連絡ダクト平面図

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

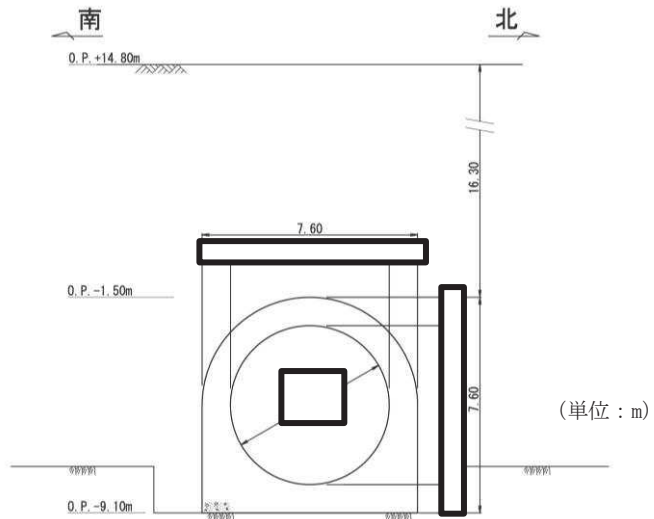


図 2-3 排気筒連絡ダクト断面図 (A-A 断面, 土砂部)

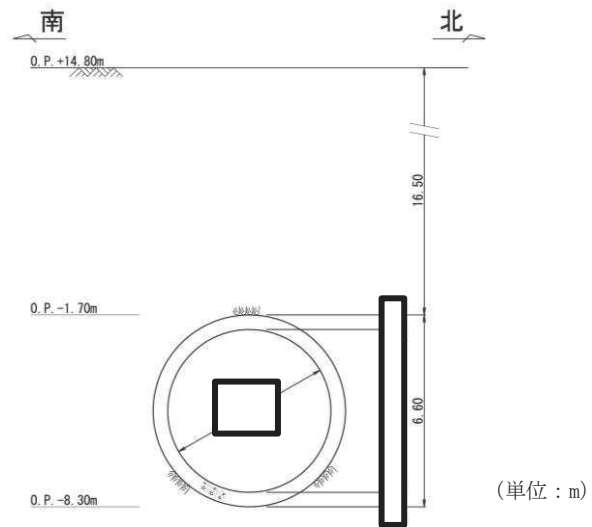


図 2-4 排気筒連絡ダクト断面図 (B-B 断面, 岩盤部)

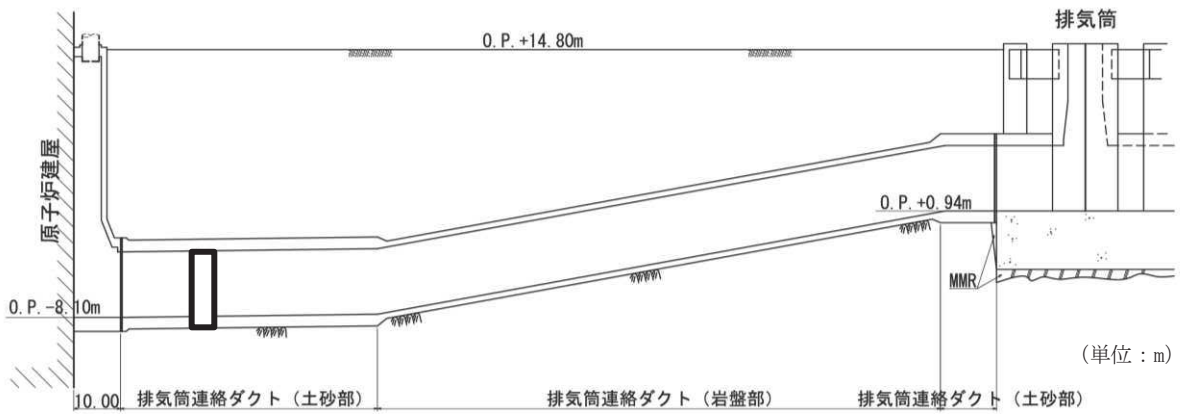


図 2-5 排気筒連絡ダクト縦断面図 (C-C 断面)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

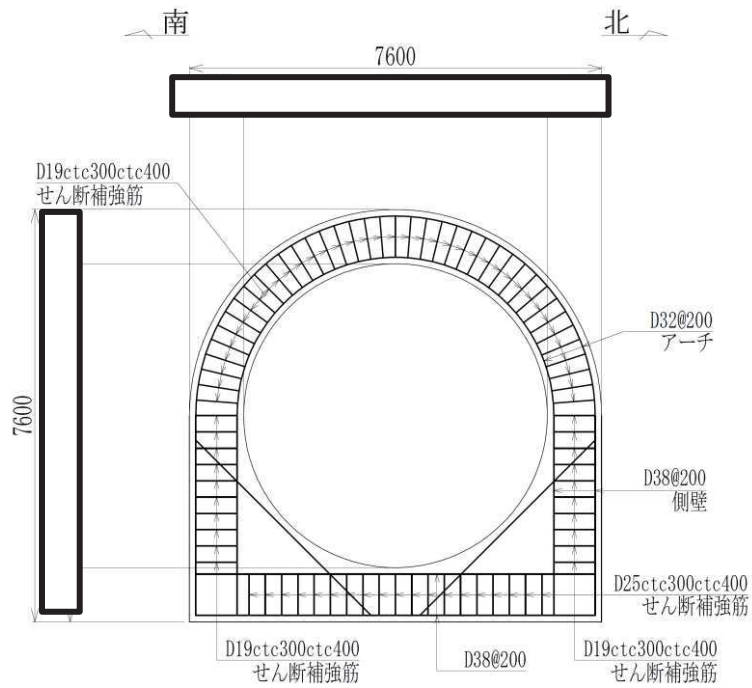


図 2-6 排気筒連絡ダクト概略配筋図 (A-A 断面, 土砂部)

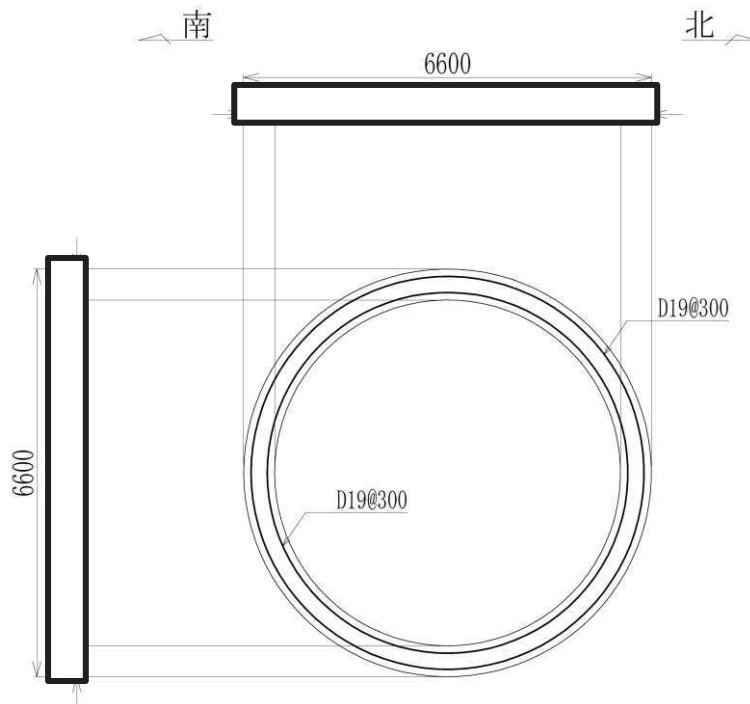


図 2-7 排気筒連絡ダクト概略配筋図 (B-B 断面, 岩盤部)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

2.3 評価方針

排気筒連絡ダクトは、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である屋外重要土木構造物に分類され、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。

排気筒連絡ダクトの耐震評価フローを図2-8に示す。

排気筒連絡ダクトの耐震評価は、添付書類「VI-2-2-27 排気筒連絡ダクトの地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき、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、表2-1及び表2-2に示すとおり、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有すること及びSクラスの施設を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する評価を行い、照査用応答値が許容限界を下回ることを確認する。

排気筒連絡ダクトは、「2.2 構造概要」に示すとおり、幌形トンネルの土砂部と円形トンネルの岩盤部から構成されていることから、それぞれの断面で健全性評価を行う。

土砂部の応答値は、二次元動的部材非線形解析（ファイバーモデル）により算定し、構造部材の健全性評価は、表2-1に示すとおり、曲げ・軸力系の破壊については構造部材の照査用層間変形角及び照査用ひずみが許容限界を下回ることを、せん断破壊に対しては照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認する。

岩盤部の応答値は、二次元動的解析（線形はり要素）により算定し、構造部材の健全性評価は、表2-2に示すとおり、曲げ・軸力系の破壊については構造部材の発生応力度が許容限界を下回ることを、せん断破壊に対しては発生せん断力が許容限界を下回ることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価においては、添付書類「VI-2-2-27 排気筒連絡ダクトの地震応答計算書」より得られた基礎地盤の接地圧が、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づく許容限界を下回ることを確認する。

ここで、排気筒連絡ダクトの運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における荷重条件は変わらないため、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。

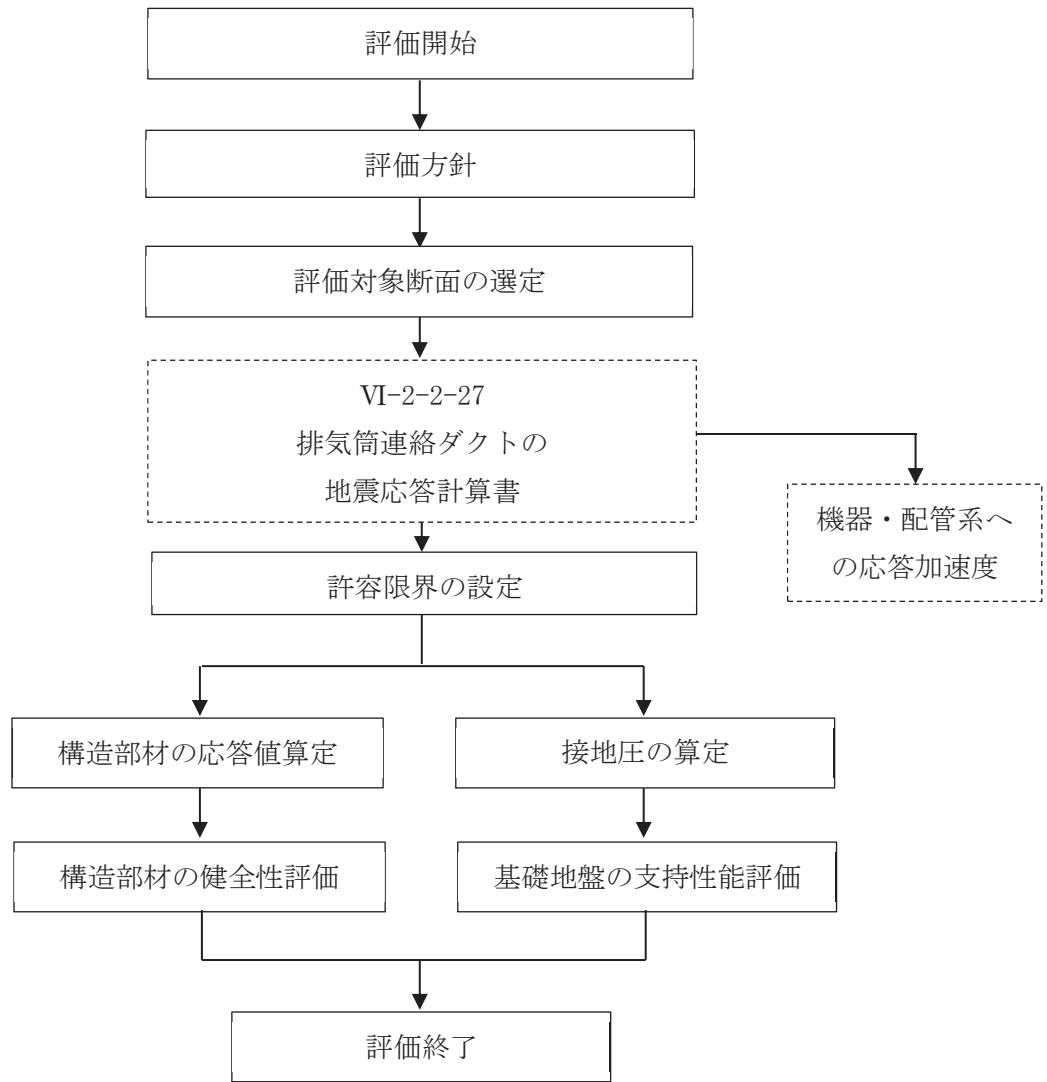


図 2-8 排気筒連絡ダクトの耐震評価フロー

表 2-1 排気筒連絡ダクトの評価項目（土砂部）

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界	
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート部材	照査用層間変形角及び照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認	曲げ・軸力	限界層間変形角*
				せん断力	せん断耐力*
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認	岩盤の極限支持力*	
Sクラスの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	鉄筋コンクリート部材	照査用ひずみ及び照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認	曲げ・軸力	限界ひずみ*
				せん断力	せん断耐力*

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

表 2-2 排気筒連絡ダクトの評価項目（岩盤部）

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界	
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート部材	発生する応力が許容限界を下回ることを確認	曲げ・軸力	短期許容応力度
				せん断力	短期許容せん断力
Sクラスの施設を支持する機能を損なわないこと	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認	岩盤の極限支持力*	

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- 土木学会 2002年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]
- 土木学会 2017年 コンクリート標準示方書 [設計編]
- 土木学会 2005年 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
- 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1-1987)

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

排気筒連絡ダクトの評価対象断面位置を図 3-1 に示す。

構造物の耐震評価における評価対象断面は、構造的特徴や周辺地盤状況を踏まえ、土砂部（断面①）と岩盤部（断面⑤）とする。評価対象地質断面図を図 3-2 及び図 3-3 に示す。

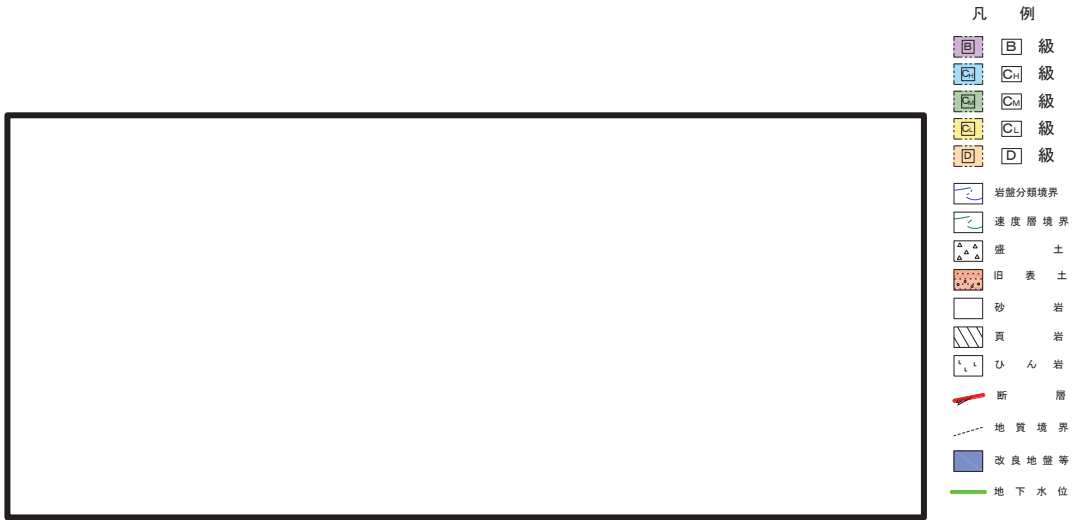


図 3-1 排気筒連絡ダクトの評価対象断面位置図

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

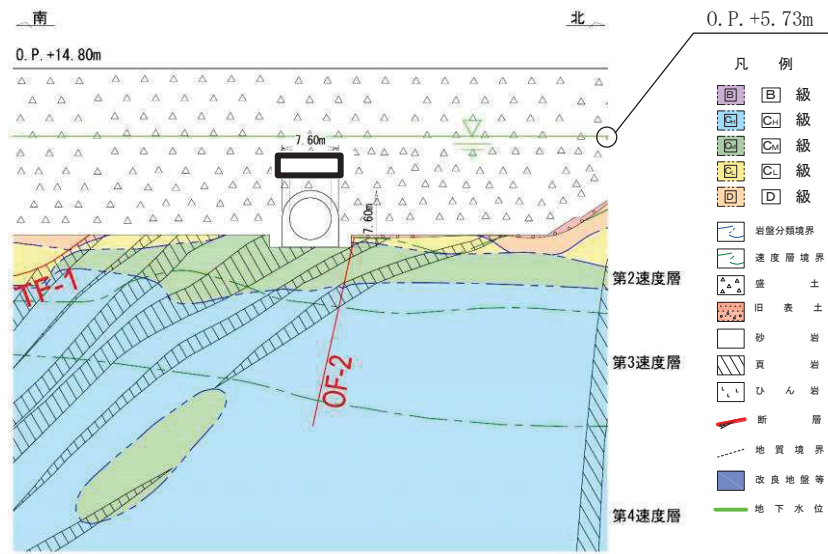


図 3-2 評価対象地質断面図 (断面①)

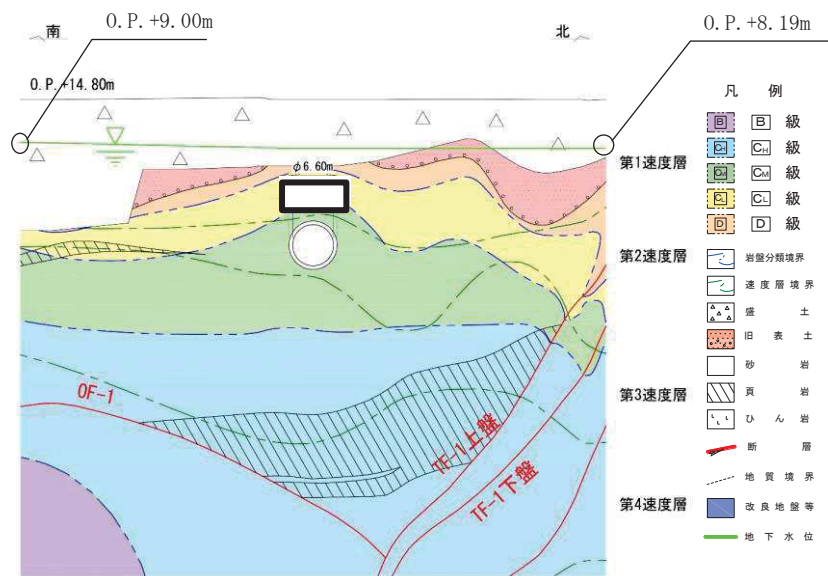


図 3-3 評価対象地質断面図 (断面⑤)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

3.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-1, 材料の物性値を表 3-2 に示す。

表 3-1 使用材料

材料	仕様
コンクリート	設計基準強度 20.5N/mm ²
鉄筋	SD345

表 3-2 材料の物性値 (構造部材)

材料	項目	材料諸元	備考
鉄筋コンクリート	単位体積重量 (kN/m ³)	24.0	
コンクリート	ヤング係数 (N/mm ²)	実強度*	2.54×10 ⁴ 解析ケース④
		設計基準強度	2.33×10 ⁴ 解析ケース①, ②, ③
	ポアソン比	0.2	

注記* : 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

3.3 許容限界

許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界

(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

a. 土砂部

土砂部の構造強度を有することの確認及びSクラスの施設を支持する機能を損なわないことの確認における構造部材（鉄筋コンクリート）の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（2005年6月 土木学会 原子力土木委員会）（以下「土木学会マニュアル」という。）に基づき、限界層間変形角（層間変形角 1/100）とする。

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

また、底版のアンカー定着部に要求されるSクラスの施設を支持する機能を損なわないことの確認においては、主鉄筋のひずみ及びコンクリートの圧縮ひずみについて、部材降伏に相当する限界ひずみ（主鉄筋：1725 μ ，コンクリート：2000 μ ）とする。

鉄筋コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界を表 3-3 に示す。

表 3-3 排気筒連絡ダクトの曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

確認項目	許容限界	
構造強度を有すること	限界層間変形角	1/100
Sクラスの施設を支持する機能を損なわないこと	限界ひずみ	主鉄筋(SD345)：1725 μ コンクリート：2000 μ

b. 岩盤部

岩盤部の構造強度を有することの確認及びSクラスの施設を支持する機能を損なわないことの確認における構造部材（鉄筋コンクリート）の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、短期許容応力度とする。コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表3-4及び表3-5に示す。

なお、底版のアンカー定着部にはSクラスの施設を支持する機能が要求されるが、短期許容応力度により照査を行うため、全部材に対して確認する構造強度を有することの確認と許容限界が同一となることから、支持する機能を損なわないことの確認も同時に行う。

表3-4 コンクリートの許容応力度及び短期許容応力度（岩盤部）

設計基準強度	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
	f' _{ck} = 20.5 (N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ' _{ca}	7.8
許容せん断応力度 τ _{a1}		0.42	0.63

注記*：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）により地震時の割り増し係数として1.5を考慮する。

表3-5 鉄筋の許容応力度及び短期許容応力度（岩盤部）

鉄筋の種類	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
	SD345	許容引張応力度 σ _{sa}	196

注記*：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）により地震時の割り増し係数として1.5を考慮する。

(2) せん断破壊に対する許容限界

a. 土砂部

土砂部の構造強度を有することの確認及びSクラスの施設を支持する機能を損なわないことの確認における、構造部材（鉄筋コンクリート）のせん断破壊に対する許容限界は、土木学会マニュアルに基づくせん断耐力とする。

b. 岩盤部

岩盤部の構造強度を有することの確認及びSクラスの施設を支持する機能を損なわないことの確認における、構造部材（鉄筋コンクリート）のせん断破壊に対する許容限界は、表3-4に示す短期許容応力度とする。

3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

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

基礎地盤（狐崎部層）の許容限界を表3-6に示す。

表3-6 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm ²)
極限支持力	狐崎部層	13.7

3.4 評価方法

排気筒連絡ダクトの耐震評価は、添付書類「VI-2-2-27 排気筒連絡ダクトの地震応答計算書」に基づく地震応答解析により算定した照査用応答値が、「3.3 許容限界」において設定した許容限界を下回ることを確認する。

3.4.1 構造部材の健全性評価

(1) 土砂部

構造強度を有することの確認については、鉄筋コンクリートの曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査において、地震応答解析により算定した照査用層間変形角及び照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認する。

Sクラスの施設を支持する機能を損なわないことの確認については、鉄筋コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査において、照査用ひずみが許容限界を下回ることを、せん断破壊に対する照査においては、照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認する。

(2) 岩盤部

構造強度を有することの確認については、鉄筋コンクリートの曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査において、地震応答解析により算定した照査用応答値が、短期許容応力度を下回ることを確認する。

3.4.2 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては、構造部材を支持する基礎地盤に発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認する。

4. 構造部材の地震時応答

4.1 土砂部

土砂部における構造部材（鉄筋コンクリート）の曲げ・軸力系の破壊に対して最大照査値となる解析ケース及び地震動での層間変形角の時刻歴波形を図 4-1 に、各部材のコンクリートの圧縮ひずみ及び主鉄筋のひずみに対して最大照査値となる部材位置及び応答値を図 4-2 及び図 4-3 に、せん断破壊に対する最大照査値の評価時刻での断面力図を図 4-4 に示す。

なお、層間変形角は底版中央とアーチ頂部間の相対水平変位をもとに算定する。

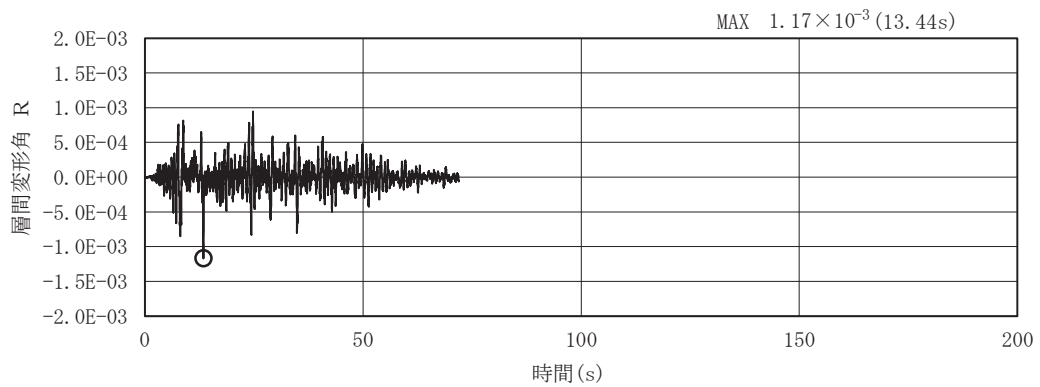
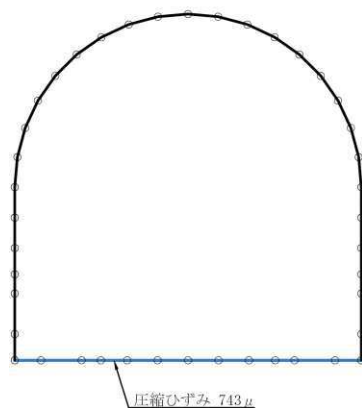


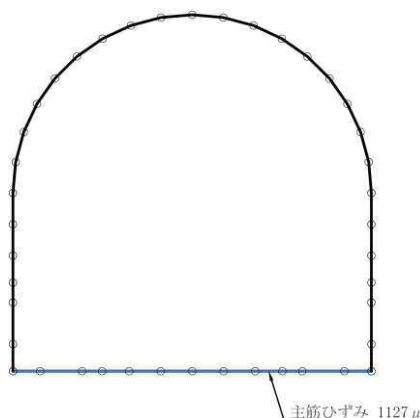
図 4-1 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における層間変形角の時刻歴波形
(解析ケース②, S s -D 2 (++))



注記* : ■ は S クラスの施設を支持する部材 (底版) を示す

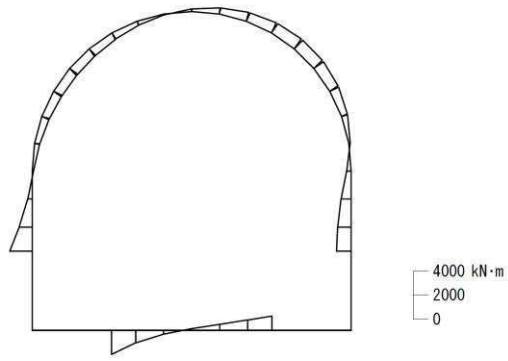
図 4-2 曲げ・軸力系の破壊に対して最大照査値となる部材位置及び応答値 (コンクリート)
(底版, 解析ケース①, $S_s - D 2 (-+)$)

O 2 ④ VI-2-2-28 R O

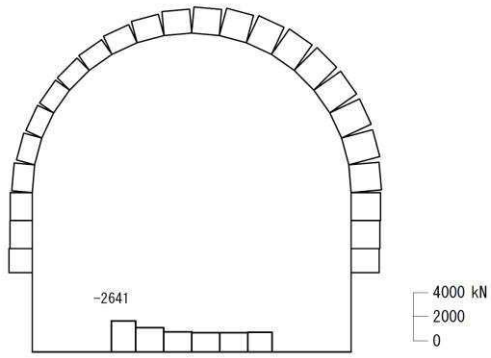


注記* : ■ は S クラスの施設を支持する部材 (底版) を示す

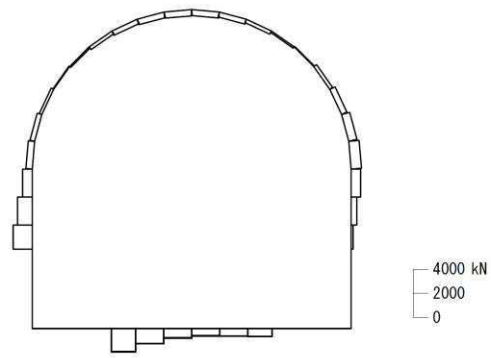
図 4-3 曲げ・軸力系の破壊に対して最大照査値となる部材位置及び応答値 (鉄筋)
(底版, 解析ケース④, $S_s - D 2 (++)$)



数値：評価位置における断面力
 (a) 曲げモーメント (kN・m)



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



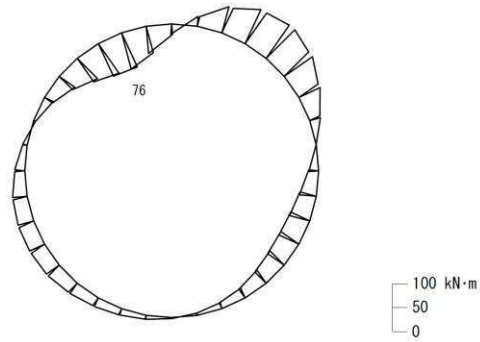
数値：評価位置における断面力
 (c) せん断力 (kN)

図 4-4 せん断破壊に対する照査値最大時*の断面力図
 (解析ケース④, S s - N 1 (++))

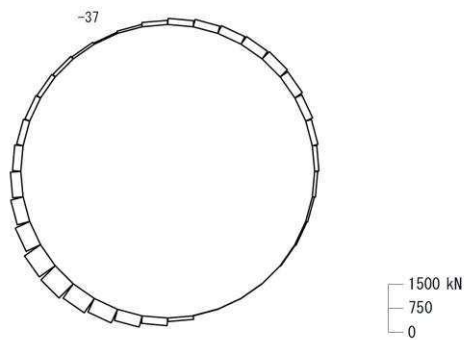
注記*：材料非線形解析による評価結果

4.2 岩盤部

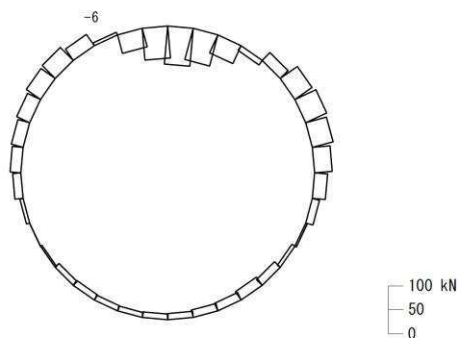
岩盤部における構造部材（鉄筋コンクリート）の曲げ・軸力系の破壊に対して最大照査値となる評価時刻での断面力図を図 4-5 に、せん断破壊に対して最大照査値となる評価時刻での断面力図を図 4-6 に示す。



数值：評価位置における断面力
 (a) 曲げモーメント (kN・m)

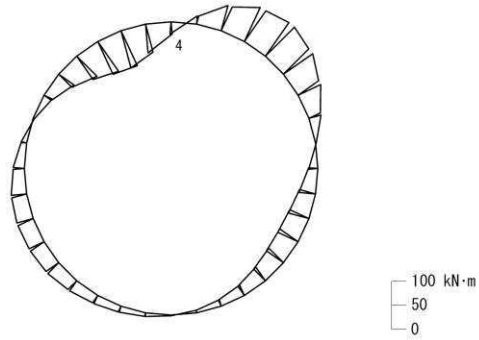


数值：評価位置における断面力
 (b) 軸力 (kN) (+：引張，-：圧縮)

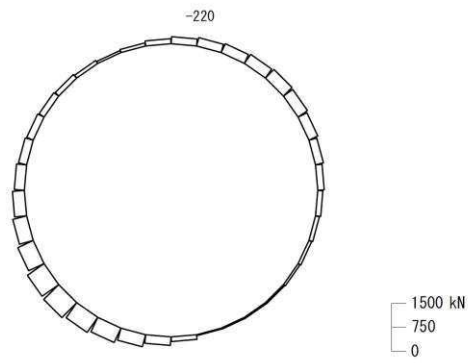


数值：評価位置における断面力
 (c) せん断力 (kN)

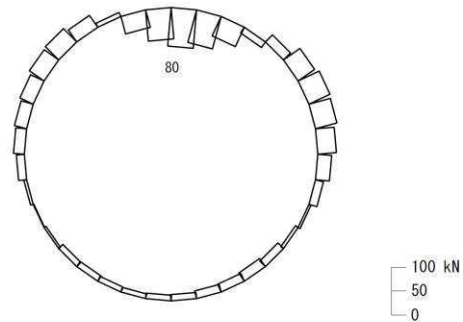
図 4-5 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大照時の断面力図
 (解析ケース④, S s - D 2 (-+))



数值：評価位置における断面力
(a) 曲げモーメント (kN・m)



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



数值：評価位置における断面力
(c) せん断力 (kN)

図 4-6 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図
(解析ケース③, S s - D 2 (-+))

5. 耐震評価結果

5.1 構造部材の健全性に対する評価結果

5.1.1 土砂部

土砂部における鉄筋コンクリート部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 5-1 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 5-2 に示す。

排気筒連絡ダクトの照査用層間変形角及び照査用せん断力が、構造部材の健全性に対する許容限界を下回ることを確認した。

表 5-1 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値

解析 ケース	地震動	照査用層間変形角* R_d	限界層間変形角 R_u	照査値 R_d/R_u
②	S s - D 2 (++)	1.41×10^{-3}	1.0×10^{-2}	0.15

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

表 5-2 せん断破壊に対する最大照査値

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用せん断力*2 V_d (kN)	せん断耐力 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{y d}$
アーチ	1	①	S s - D 2 (-+)	946	1110*3	0.86
側壁	2	③	S s - N 1 (++)	1883	2487*4	0.76
底版	4	④	S s - N 1 (++)	2228	2537*4	0.88

注記*1：評価位置は図 5-1 に示す。

*2：照査用せん断力 = 発生せん断力 × 構造解析係数 γ_a

*3：せん断耐力式によるせん断耐力

*4：材料非線形解析によるせん断耐力

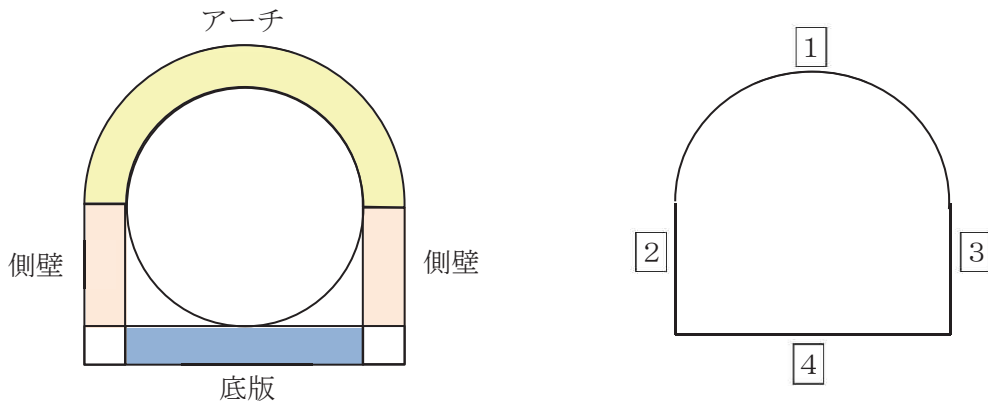


図 5-1 評価位置図

5.1.2 岩盤部

岩盤部における鉄筋コンクリート部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 5-3 及び表 5-4 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 5-5 に示す。

排気筒連絡ダクトの発生応力度が、構造部材の健全性に対する許容限界を下回ることを確認した。

表 5-3 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（コンクリート）

評価位置*		解析 ケース	地震動	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生 応力度 σ'_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ'_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ'_c / σ'_{ca}
覆工部	1	③	S s - D 2 (-+)	78	-70	4.5	11.7	0.39

注記*：評価位置は図 5-2 に示す。

表 5-4 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（鉄筋）

評価位置*		解析 ケース	地震動	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
覆工部	1	④	S s - D 2 (-+)	76	-37	196	294	0.67

注記*：評価位置は図 5-2 に示す。

表 5-5 せん断破壊に対する照査

評価位置*		解析 ケース	地震動	発生 せん断力 (kN)	発生 応力度 τ_d (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_d / τ_{a1}
覆工部	1	③	S s - D 2 (-+)	80	0.24	0.63	0.39

注記*：評価位置は図 5-2 に示す。

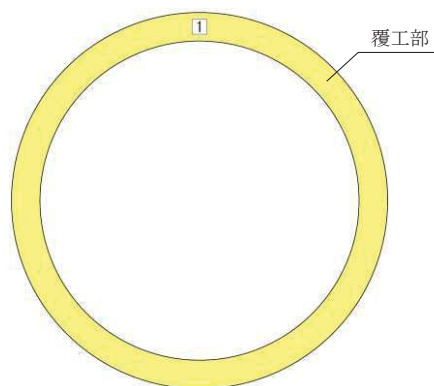


図 5-2 評価位置図

5.2 Sクラスの施設を支持する機能に対する評価結果

土砂部における鉄筋コンクリート部材の曲げ・軸力系の破壊に対する各評価位置での最大照査値を表5-6及び表5-7に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表5-8に示す。

排気筒連絡ダクトの照査用ひずみ及び照査用せん断力が、Sクラスの施設を支持する機能に対する許容限界を下回ることを確認した。

表5-6 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（コンクリートの圧縮ひずみ）

評価位置 ^{*1}		解析ケース	地震動	照査用ひずみ ^{*2} ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d/ϵ_R
底版	④	①	S _s -D2 (-+)	892 μ	2000 μ	0.45

注記*1：評価位置は図5-1に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表5-7 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（主鉄筋ひずみ）

評価位置 ^{*1}		解析ケース	地震動	照査用ひずみ ^{*2} ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d/ϵ_R
底版	④	④	S _s -D2 (++)	1353 μ	1725 μ	0.79

注記*1：評価位置は図5-1に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表5-8 せん断破壊に対する最大照査値（再掲）

評価位置 ^{*1}		解析ケース	地震動	照査用せん断力 ^{*2} V_d (kN)	せん断耐力 $V_{y,d}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{y,d}$
底版	④	④	S _s -N1 (++)	2228	2537 ^{*3}	0.88

注記*1：評価位置は図5-1に示す。

*2：照査用せん断力＝発生せん断力×構造解析係数 γ_a

*3：材料非線形解析によるせん断耐力

5.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

5.3.1 土砂部の基礎地盤（狐崎部層）

土砂部における基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 5-9 に示す。また、最大接地圧分布図を図 5-3 に示す。

排気筒連絡ダクトの基礎地盤に発生する最大接地圧が、極限支持力を下回ることを確認した。

表 5-9 基礎地盤の支持性能照査結果

解析ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
①	S s - F 2 (-+)	3.3	13.7	0.25

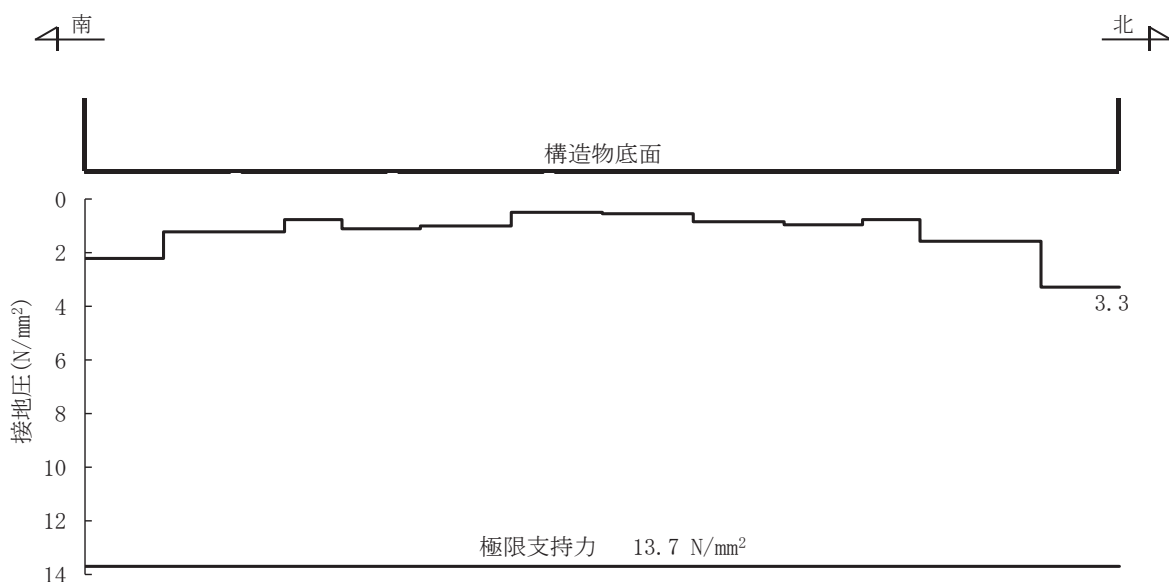


図 5-3 基礎地盤の最大接地圧分布図
(解析ケース①, S s - F 2 (-+))

5.3.2 岩盤部の基礎地盤（狐崎部層）

岩盤部における基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表5-10に示す。また、最大接地圧分布図を図5-4に示す。

排気筒連絡ダクトの基礎地盤に発生する最大接地圧が、極限支持力を下回ることを確認した。

表5-10 基礎地盤の支持性能照査結果

解析ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
③	S s - D 2 (-+)	0.5	13.7	0.04

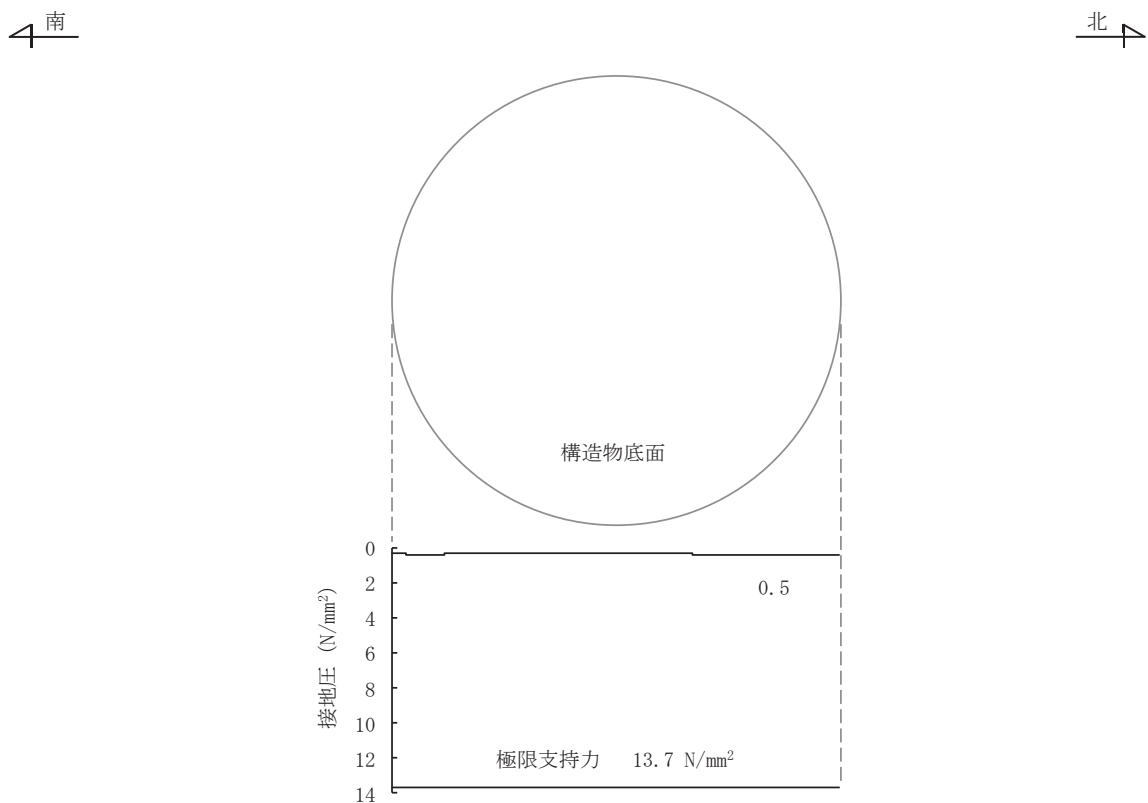


図5-4 基礎地盤の最大接地圧分布図
(解析ケース③, S s - D 2 (-+))

VI-2-4 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-4-1 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の耐震性についての計算結果
- VI-2-4-2 使用済燃料貯蔵設備の耐震性についての計算書
- VI-2-4-3 使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備の耐震性についての計算書
- VI-2-4-4 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の基本設計方針の耐震性についての説明書

VI-2-4-2 使用済燃料貯蔵設備の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-4-2-1 使用済燃料プール（キャスクピットを含む）（第1, 2号機共用）の耐震性についての計算書
- VI-2-4-2-2 使用済燃料貯蔵ラック（第1, 2号機共用）の耐震性についての計算書
- VI-2-4-2-3 制御棒・破損燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算書
- VI-2-4-2-4 使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の耐震性についての計算書
- VI-2-4-2-5 使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）の耐震性についての計算書

VI-2-4-2-1 使用済燃料プール（キャスクピットを含む）
（第1, 2号機共用）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・基準等	10
3.	応力解析による評価方法	11
3.1	評価対象部位及び評価方針	11
3.2	荷重及び荷重の組合せ	13
3.2.1	荷重	13
3.2.2	荷重の組合せ	20
3.3	許容限界	21
3.4	解析モデル及び諸元	23
3.4.1	モデル化の基本方針	23
3.4.2	解析諸元	26
3.5	評価方法	27
3.5.1	応力解析方法	27
3.5.2	断面の評価方法	32
4.	評価結果	40
4.1	S d 地震時	40
4.2	S s 地震時	40
別紙 1	鉄筋コンクリート構造物の重大事故等時の高温による影響（使用済燃料プール及びキャスクピット）	

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、使用済燃料プール及びキャスクピットの地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、応力解析による評価により行う。

使用済燃料プール及びキャスクピットは、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、使用済燃料プールは、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備」及び「常設重大事故緩和設備」に分類される。

以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 位置

使用済燃料プール及びキャスクピットは原子炉建屋の一部を構成している。使用済燃料プール及びキャスクピットを含む原子炉建屋の設置位置を図 2-1 に示す。

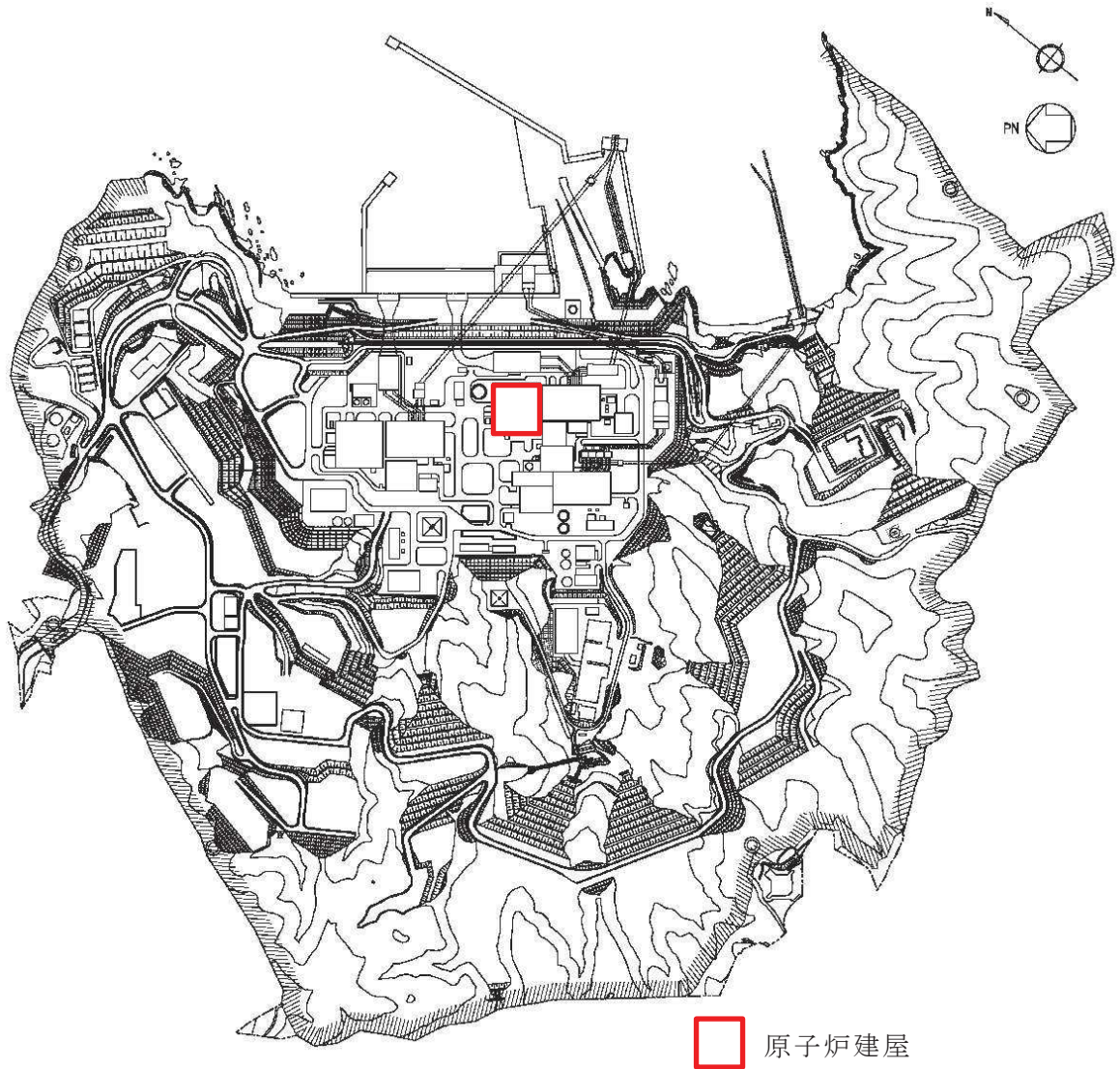


図 2-1 使用済燃料プール及びキャスクピットを含む原子炉建屋の設置位置

2.2 構造概要

使用済燃料プール及びキャスクピットは原子炉建屋の燃料取替床（O.P.*33.2m）付近に位置する鉄筋コンクリート構造物で、使用済燃料、制御棒及び使用済燃料輸送容器が収容される。

使用済燃料プール内には、収容される機器の遮蔽及び冷却のため常時水が張られている。

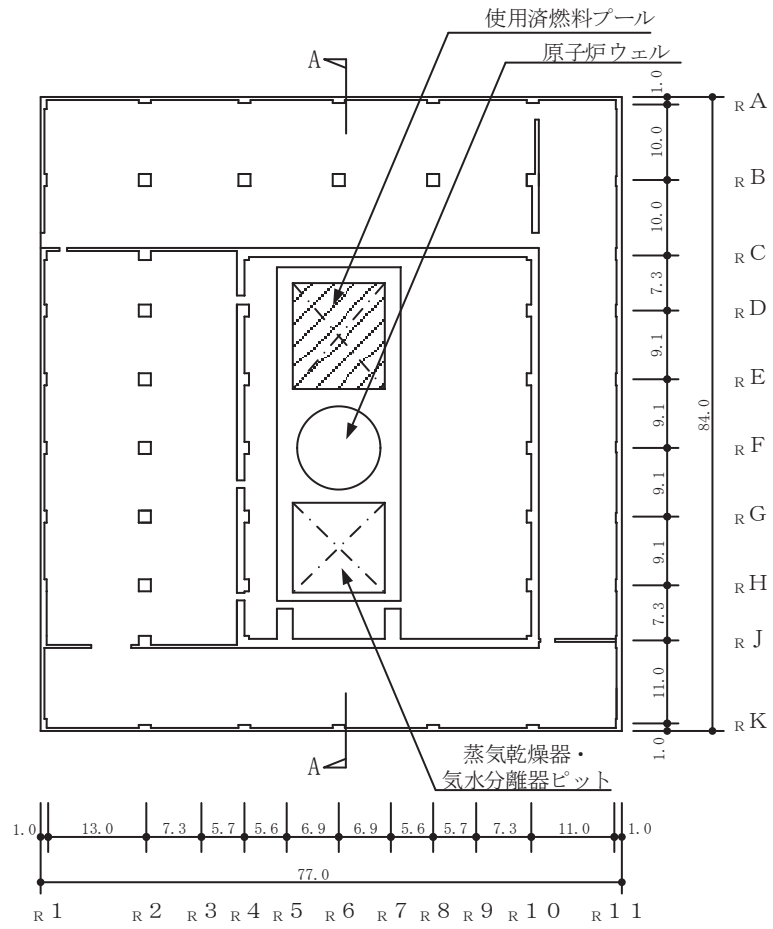
使用済燃料プール内面はステンレス鋼でライニングされており、漏水を防ぐとともに、保守、点検についても考慮されている。なお、「原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）」に基づき、鋼製ライナは耐漏洩機能を、鉄筋コンクリート部分は支持機能を有する。

また、原子炉ウェルをはさんで使用済燃料プールの反対側には、燃料交換時に蒸気乾燥器と気水分離器を仮置きする蒸気乾燥器・気水分離器ピットがある。（以下、使用済燃料プール、キャスクピット、原子炉ウェル及び蒸気乾燥器・気水分離器ピットのすべてを示す場合は、これを「プール部」という。）

使用済燃料プールの大きさは、内面寸法で平面 12.20m×14.035m、深さ 8.00～11.82m、主要な壁厚 2.10m、底面スラブ厚 2.10m であり、キャスクピットの平面寸法は 3.2m×3.2m、壁厚 0.8m で、底面スラブ及び壁の一面はそれぞれ使用済燃料プール底面及び壁面と共有する。

使用済燃料プール及びキャスクピットを含む原子炉建屋の概略平面図及び概略断面図を図 2-2 及び図 2-3 に、使用済燃料プール及びキャスクピット周りの概略平面図及び概略断面図を図 2-4 及び図 2-5 に示す。

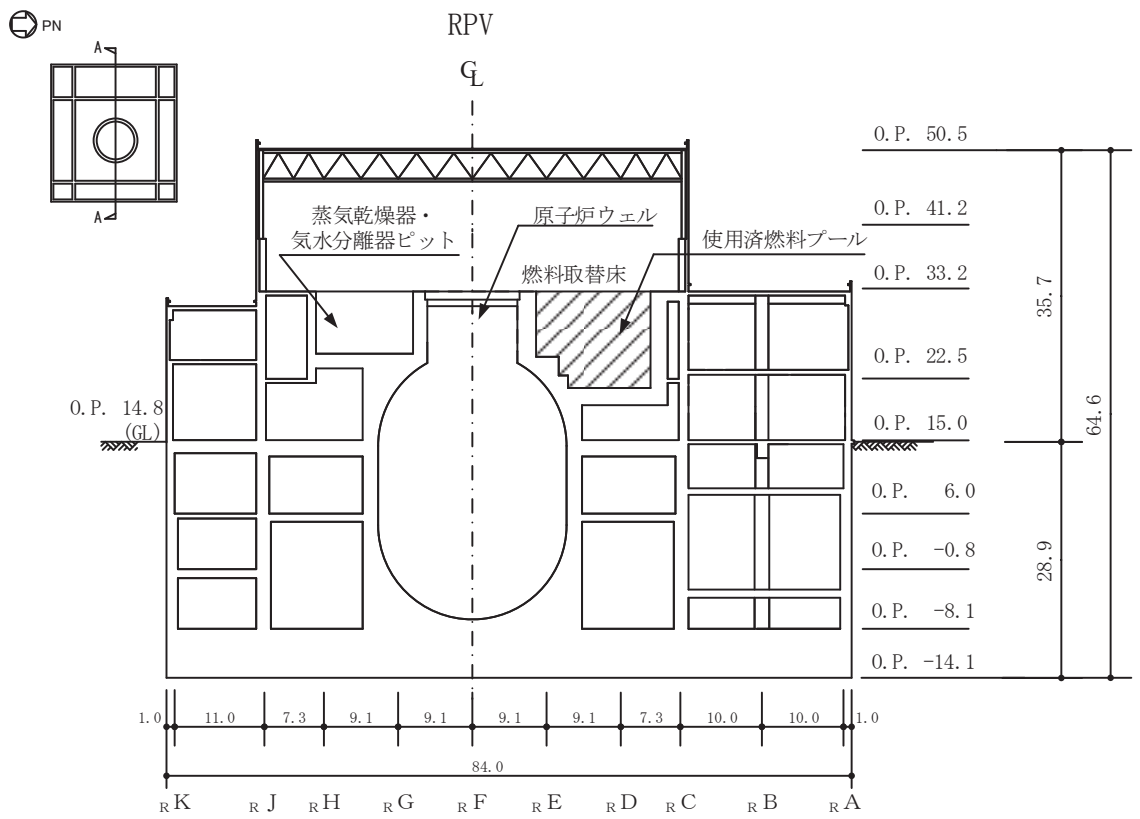
注記* : O.P. は女川原子力発電所工事用基準面であり、東京湾平均海面(T.P.)-0.74m である。



(単位：m)

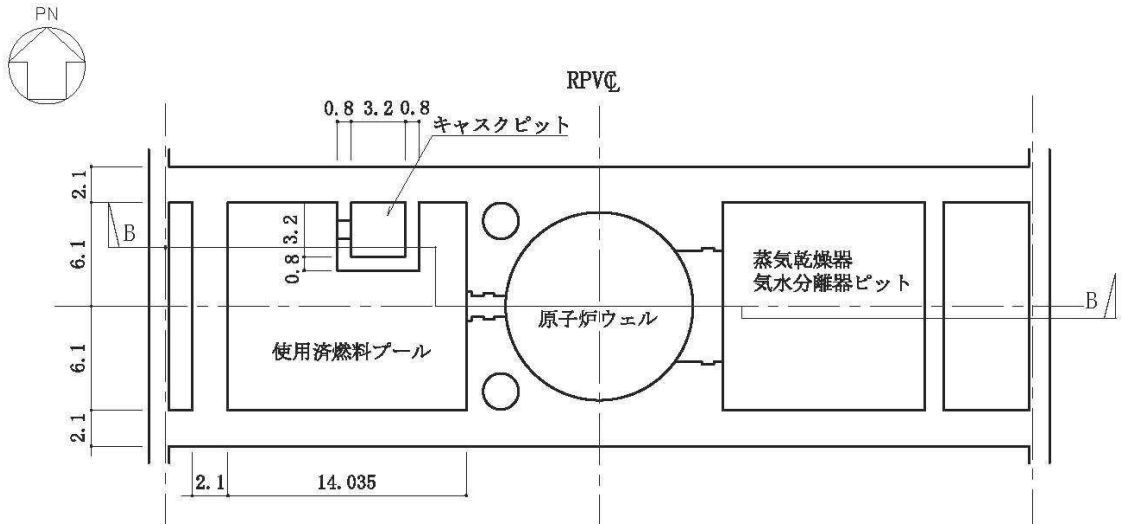
図 2-2 使用済燃料プール及びキャスクピットを含む原子炉建屋の概略平面図
(O. P. 33. 2m)

VI-2-4-2-1 R 0
④
O 2



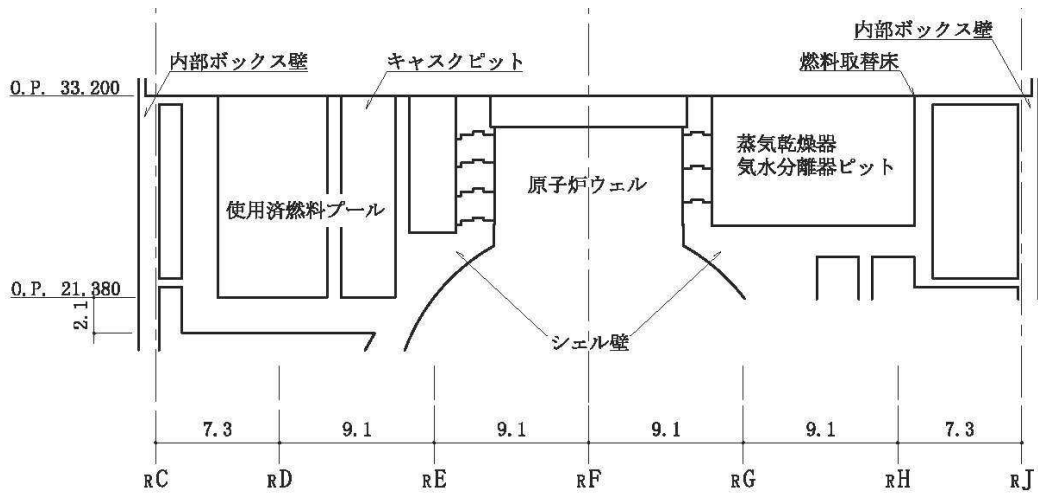
(単位：m)

図 2-3 使用済燃料プール及びキャスクピットを含む原子炉建屋の概略断面図
(A-A 断面)



(単位：m)

図 2-4 使用済燃料プール及びキャスクピット周りの概略平面図



(単位：m)

図 2-5 使用済燃料プール及びキャスクピット周りの概略断面図
(B-B 断面)

2.3 評価方針

使用済燃料プール及びキャスクピットは、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、使用済燃料プールは、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備」及び「常設重大事故緩和設備」に分類される。

使用済燃料プール及びキャスクピットの設計基準対象施設としての評価においては、弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力（以下「 S_d 地震時」という。）に対する評価及び基準地震動 S_s による地震力（以下「 S_s 地震時」という。）に対する評価を行うこととし、それぞれの評価は、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。

使用済燃料プール及びキャスクピットの評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、 S_d 地震時および S_s 地震時の荷重の組合せに分類し、応力解析による評価において断面の評価を行うことで、使用済燃料プール及びキャスクピットの地震時の構造強度の確認を行う。

なお、使用済燃料プール及びキャスクピットの地震時の構造強度の確認には、地震応答解析による評価においてせん断ひずみ及び保有水平耐力の評価が必要であるが、使用済燃料プール及びキャスクピットが原子炉建屋の一部であることを踏まえ、原子炉建屋全体としての評価結果を添付書類「VI-2-2-2 原子炉建屋の耐震性についての計算書」に示すこととする。評価にあたっては、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」による材料物性の不確かさを考慮する。表 2-1 に材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを示す。

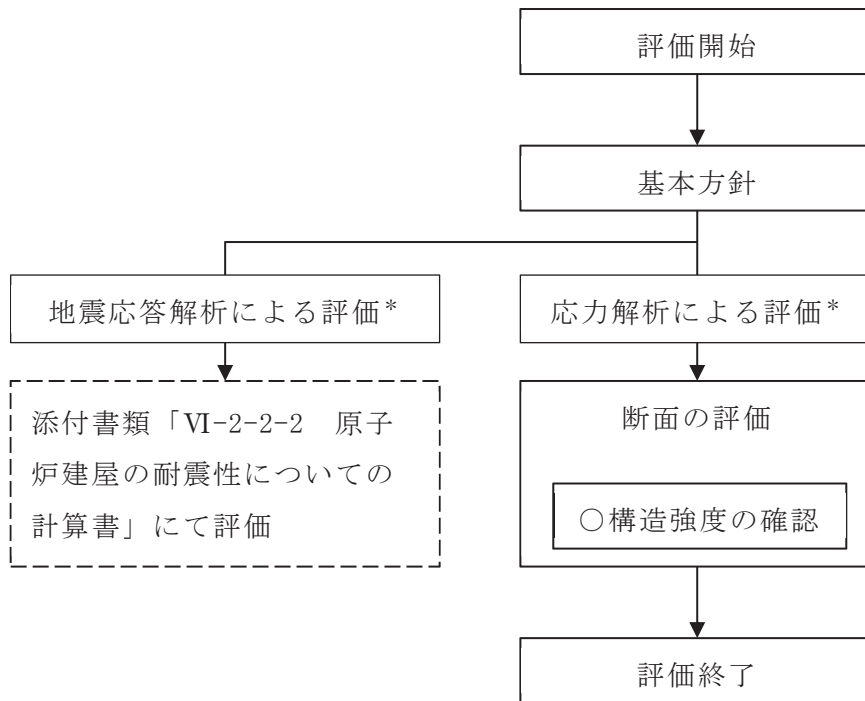
また、使用済燃料プールの重大事故等対処施設としての評価においては、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、 S_s 地震時に対する評価を行う。

ここで、使用済燃料プール及びキャスクピットでは、運転時、設計基準事故時の状態において、温度の条件が異なるが、コンクリートの温度が上昇した場合においても、コンクリートの圧縮強度の低下は認められず、剛性低下は認められるがその影響は小さいと考えられる（別紙 1「鉄筋コンクリート構造物の重大事故等時の高温による影響（使用済燃料プール及びキャスクピット）」参照）こと、また、「J S M E S N E 1-2003 発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格」では部材内の温度差及び拘束力により発生する熱応力は自己拘束的な応力であり十分な塑性変形能力がある場合は終局耐力に影響しないこととされていることから、重大事故等対処施設としての評価は、設計基準対象施設としての評価と同一となる。

使用済燃料プール及びキャスクピットの評価フローを図 2-6 に示す。

表 2-1 材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケース

対象地震動	ケース名	スケルトンカーブ		建屋材料減衰	地震物性	
		初期剛性	終局耐力		入力地震動	底面地震動
基準地震動 S s (水平)	ケース1 (基本ケース)	2011年3月11日東北地方太平洋沖地震の観測記録を用いたシミュレーション解析により補正	設計+基準強度を用い、JAG式で評価	5%	表層上部：非線形性を考慮、 表層下部：Vs900m/s	標準地震動
	ケース2	同上	同上	同上	表層上部：非線形性を考慮、 表層下部：Vs900+100m/s	標準地震動 +σ
	ケース3	同上	同上	同上	表層上部：非線形性を考慮、 表層下部：Vs900-100m/s	標準地震動 -σ
	ケース4	同上	同上	同上	表層上部：非線形性を考慮、 表層下部：Vs900m/s	標準地震動
	ケース5	基本ケースの0.78倍	同上	同上	表層上部：非線形性を考慮、 表層下部：Vs900+100m/s	標準地震動 +σ
	ケース6	基本ケースの0.78倍	同上	同上	表層上部：非線形性を考慮、 表層下部：Vs900-100m/s	標準地震動 -σ
基準地震動 S s (鉛直)	ケース1 (基本ケース)	設計剛性	-	5%	直接入力	標準地震動
	ケース2	同上	-	同上	同上	標準地震動 +σ
	ケース3	同上	-	同上	同上	標準地震動 -σ
弾性応答用 地震動 S d (水平、鉛直)	ケース1 (基本ケース)	2011年3月11日東北地方太平洋沖地震の観測記録を用いたシミュレーション解析により補正	-	5% (水平、鉛直とも)	(水平) 表層上部：非線形性を考慮 表層下部：Vs900m/s (鉛直) 直接入力	標準地震動
	ケース2	同上	-	同上	(水平) 表層上部：非線形性を考慮 表層下部：Vs900+100m/s (鉛直) 直接入力	標準地震動 +σ
	ケース3	同上	-	同上	(水平) 表層上部：非線形性を考慮 表層下部：Vs900-100m/s (鉛直) 直接入力	標準地震動 -σ



注記 * : 添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-6 使用済燃料プール及びキャスクピットの評価フロー

2.4 適用規格・基準等

本評価において、適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- ・ 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- ・ 日本建築学会 1999 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計法-
- ・ 日本建築学会 2005 年 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（以下「RC-N規準」という。）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補-1984）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）（以下「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」という。）
- ・ J S M E S N E 1-2003 発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格（以下「CCV規格」という。）

3. 応力解析による評価方法

3.1 評価対象部位及び評価方針

使用済燃料プール及びキャスクピットの応力解析による評価対象部位は、使用済燃料プール及びキャスクピットを構成する壁及び底面スラブとし、3次元FEMモデルを用いた応力解析により評価を行う。3次元FEMモデルを用いた応力解析にあたっては、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」及び平成4年1月13日付け3資庁第10518号にて認可された工事計画の添付書類「IV-2-6-2-1 使用済燃料プール（キャスクピットを含む。）の耐震性についての計算書」（以下「既工認」という。）による荷重を用いて、荷重の組合せを行う。

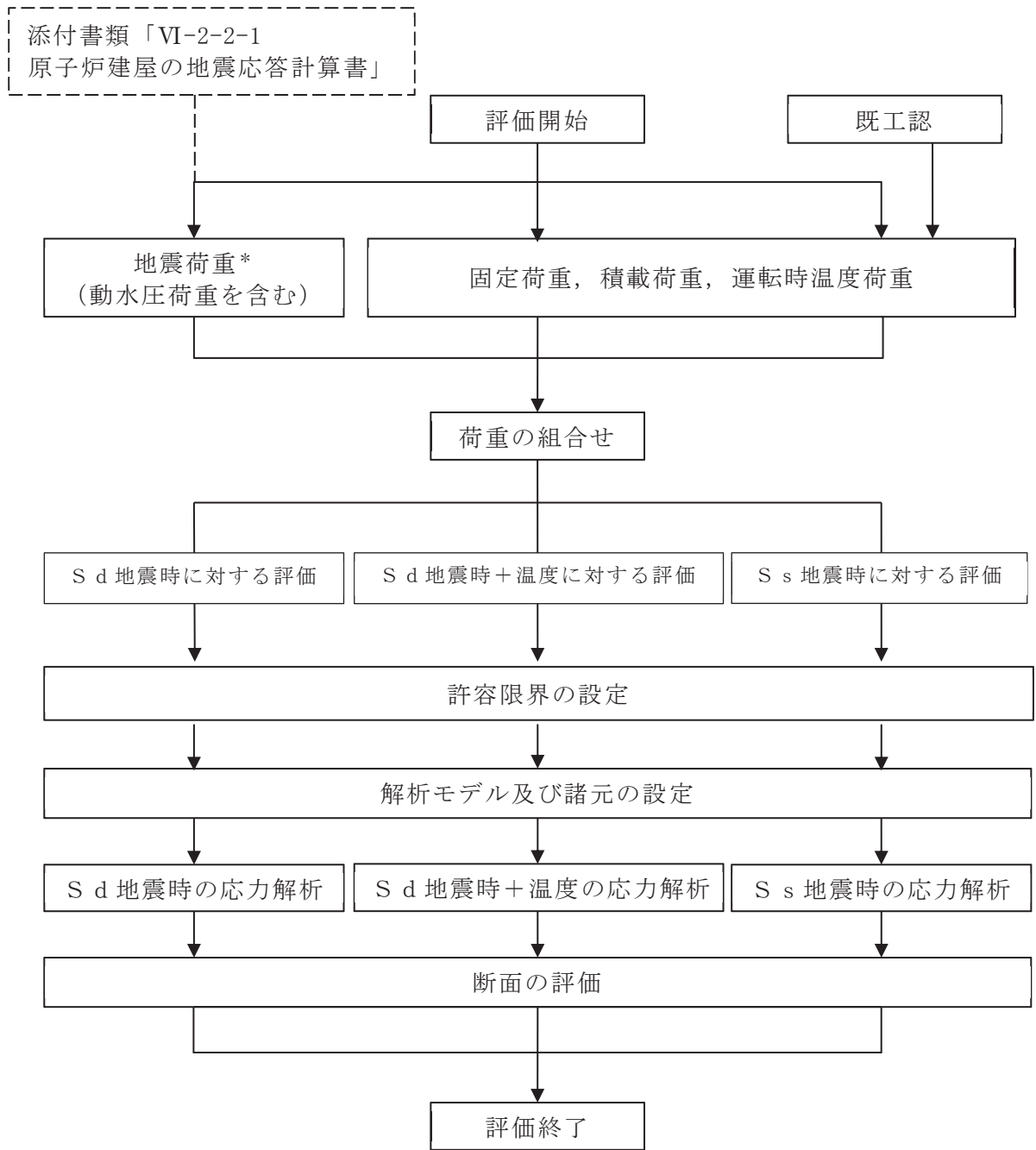
S d地震時及びS s地震時の荷重の組合せに対しては、以下の(1)及び(2)の方針に基づき断面の評価を行う。また、応力解析による評価フローを図3-1に示す。

(1) S d地震時に対する評価

S d地震時に対する評価は、使用済燃料プール及びキャスクピットについて、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が、CCV規格に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

(2) S s地震時に対する評価

S s地震時に対する評価は、使用済燃料プール及びキャスクピットについて、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力又はひずみが、CCV規格に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。



注記 * : 材料物性の不確かさを考慮する。

図 3-1 応力解析による評価フロー

3.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

3.2.1 荷重

(1) 固定荷重及び積載荷重

固定荷重及び積載荷重は、既工認に基づき、次のものを考慮する。

- ・鉄筋コンクリート構造体の自重・・・24kN/m³
- ・使用済燃料プールに格納される使用済燃料及びその他の機器重量
 ・・・・115～153kN/m²
- ・使用済燃料プールの内容水による静水圧（水面を O.P. 33.2m より 0.305m 下りとする。）・・・113kN/m²
- ・運転時温度荷重
 運転時において、プール部に生じる温度変化による荷重及びプール部の内部と外部との温度差によって生じる荷重で、内外表面の温度を表 3-1 のとおり設定する。

表 3-1 運転時内外表面温度

(単位：℃)

	季節	位置	使用済燃料プール	
			壁	底面スラブ
運転時	夏	内面	52.0	52.0
		外面	42.0	42.0
	冬	内面	52.0	52.0
		外面	17.0	17.0

(2) 地震荷重

a. S_d地震荷重

水平地震力は、弾性設計用地震動 S_d に対する地震応答解析より算定される動的地震力及び地震層せん断力係数 $3.0 \cdot C_i$ より算定される静的地震力より設定する。

鉛直地震力は、鉛直震度として設定する。鉛直震度は、弾性設計用地震動 S_d に対する地震応答解析より算定される鉛直震度及び静的震度を基準とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮した高さ方向に一定の鉛直震度より設定する。このとき、弾性設計用地震動 S_d に対する地震応答解析より算定される動的地震力は、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に基づき、材料物性の不確かさを考慮して設定する。

S_d地震荷重を表 3-2～表 3-4 に示す。

b. S_s地震荷重

水平地震力及び鉛直地震力は、基準地震動 S_s に対する地震応答解析より算定される動的地震力及び鉛直震度より設定する。このとき、基準地震動 S_s に対する地震応答解析より算定される動的地震力は、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に基づき、材料物性の不確かさを考慮して設定する。

S_s地震荷重を表 3-5～表 3-7 に示す。

表 3-2 S d 地震荷重 (せん断力)

(a) NS 方向

O. P. (m)	せん断力 ($\times 10^3$ kN)	
	S d	静的地震力
33.2	27.9	22.1
22.5		

(b) EW 方向

O. P. (m)	せん断力 ($\times 10^3$ kN)	
	S d	静的地震力
33.2	58.0	42.9
22.5		

表 3-3 S d 地震荷重 (曲げモーメント)

(a) NS 方向

O. P. (m)	曲げモーメント ($\times 10^4$ kN・m)	
	S d	静的地震力
33.2	45.5	0
22.5	54.1	23.6

(b) EW 方向

O. P. (m)	曲げモーメント ($\times 10^4$ kN・m)	
	S d	静的地震力
33.2	42.6	31.9
22.5	43.2	14.0
回転ばね*	136.4	88.5

注記* : プール壁がシェル壁の曲げ変形を拘束する影響を考慮した回転ばね。

表 3-4 S d 地震荷重 (鉛直震度)

O. P. (m)	鉛直震度	
	S d	静的地震力
33.2	0.830	0.24
22.5		

表 3-5 S s 地震荷重 (せん断力)

(a) NS 方向

O. P. (m)	せん断力 ($\times 10^3$ kN)
	S s
33.2	66.7
22.5	

(b) EW 方向

O. P. (m)	せん断力 ($\times 10^3$ kN)
	S s
33.2	108.9
22.5	

表 3-6 S s 地震荷重 (曲げモーメント)

(a) NS 方向

O. P. (m)	曲げモーメント ($\times 10^4$ kN・m)
	S s
33.2	65.6
22.5	117.7

(b) EW 方向

O. P. (m)	曲げモーメント ($\times 10^4$ kN・m)
	S s
33.2	74.2
22.5	77.8
回転ばね*	238.4

注記* : プール壁がシェル壁の曲げ変形を拘束する影響を考慮した回転ばね。

表 3-7 S_s 地震荷重 (鉛直震度)

O. P. (m)	鉛直震度
	S _s
33.2	1.431
22.5	

c. 地震時動水圧荷重

使用済燃料プールに作用する地震時動水圧荷重は、J E A G 4 6 0 1 - 1987における Housner 理論に基づき、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に示す弾性設計用地震動 S d 及び基準地震動 S s による応答解析結果から衝撃圧及び揺動圧を算定する。地震時動水圧荷重を表 3-8 に示す。

表 3-8 地震時動水圧荷重

(単位：kN/m²)

S d 地震時動水圧荷重*1		S s 地震時動水圧荷重*2	
NS 方向	EW 方向	NS 方向	EW 方向

注記*1：S d 地震荷重と同時に作用するものとする。

*2：S s 地震荷重と同時に作用するものとする。

3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-9 に示す。

表 3-9 荷重の組合せ

外力の状態	荷重 番号	荷重の組合せ
S _d 地震時*	1	G + P + S _d
S _s 地震時	2	G + P + S _s

注記* : 温度荷重がない場合も考慮する。

- G : 固定荷重
P : 積載荷重 (S_d 地震時においては運転時温度荷重含む)
S_d, S_s : 地震荷重 (地震時動水圧荷重を含む)

3.3 許容限界

応力解析による評価における使用済燃料プール及びキャスクピットの許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限の方針に基づき、表 3-10 及び表 3-11 のとおり設定する。

また、コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 3-12 及び表 3-13 に、コンクリート及び鉄筋の許容ひずみを表 3-14 に示す。

表 3-10 応力解析による評価における許容限界
(設計基準対象施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	外力の状態	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
—	構造強度を有すること	S d 地震時	壁及び底面スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	CCV規格に基づく荷重状態Ⅲの許容値
		S s 地震時	壁及び底面スラブ	部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	CCV規格に基づく荷重状態Ⅳの許容値

表 3-11 応力解析による評価における許容限界
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	外力の状態	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
—	構造強度を有すること	S s 地震時	壁及び底面スラブ	部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	CCV規格に基づく荷重状態Ⅳの許容値

表 3-12 コンクリートの許容応力度

(単位：N/mm²)

外力の状態	設計基準強度 $F_c = 32.4$			
	応力状態1* ¹		応力状態2* ²	
	圧縮	せん断	圧縮	せん断
S d 地震時	21.6	1.21	24.3	1.21
S s 地震時	21.6* ³	1.21	—	—

注記*1：「応力状態 1」とは、各荷重状態において温度荷重により生じる応力を除いた応力が生じている状態をいう。

*2：「応力状態 2」とは、各荷重状態において温度荷重による応力が生じている状態をいう。

*3：軸力の検討に用いる許容圧縮応力度を示す。

表 3-13 鉄筋の許容応力度

(単位：N/mm²)

外力の状態	引張及び圧縮	面外せん断補強
S d 地震時	SD35 (SD345 相当)	SD35 (SD345 相当)
	345	345

表 3-14 コンクリート及び鉄筋の許容ひずみ

外力の状態	コンクリート (圧縮ひずみ)	鉄筋 (圧縮ひずみ及び引張ひずみ)
S s 地震時	0.003	0.005

3.4 解析モデル及び諸元

3.4.1 モデル化の基本方針

(1) 基本方針

応力解析は、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析を実施する。解析には、解析コード「MSC NASTRAN」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

応力解析モデルは、プール部のほか、原子炉ウェル及び蒸気乾燥器・気水分離器ピットを一体としたモデルである。応力解析における評価対象部位は、使用済燃料プール及びキャスクピットの壁及び底面スラブであるが、各部の荷重伝達を考慮するために周辺部を含むモデルを用いることとした。解析モデル概要図を図 3-2 に示す。

(2) 使用要素

解析モデルに使用する FEM 要素は、シェル要素とする。使用する要素は四辺形及び三角形で、この要素は均質等方性材料によるシェル要素である。

各要素には、板の曲げと軸力を同時に考えるが、板の曲げには面外せん断変形の影響も考慮する。

解析モデルの節点数は 494、要素数は 450 である。

(3) 境界条件

a. 水平地震力作用時及び温度荷重時以外

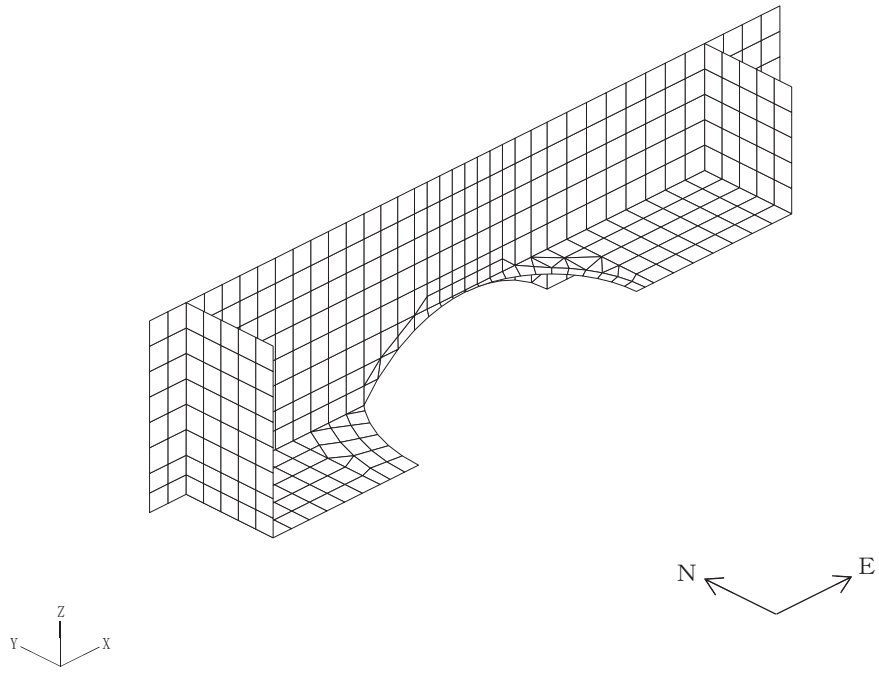
応力解析モデルの原子炉ウェル下端について鉛直方向変位及び回転を拘束し、内部ボックス壁 (I/W) 下端について鉛直方向変位を拘束する。

b. 水平地震力作用時

応力解析モデルの原子炉ウェル下端を固定とし、内部ボックス壁 (I/W) 端部にはプール部と周辺構造物との間で生じる荷重の伝達を考慮し、鉛直方向の外力を与える。

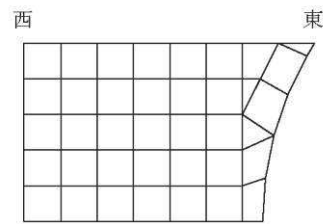
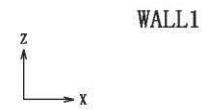
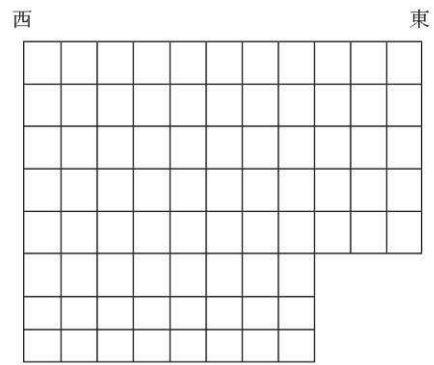
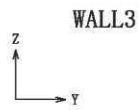
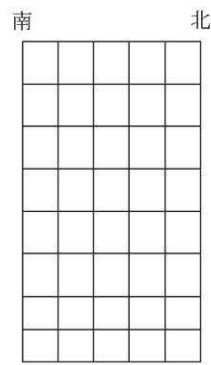
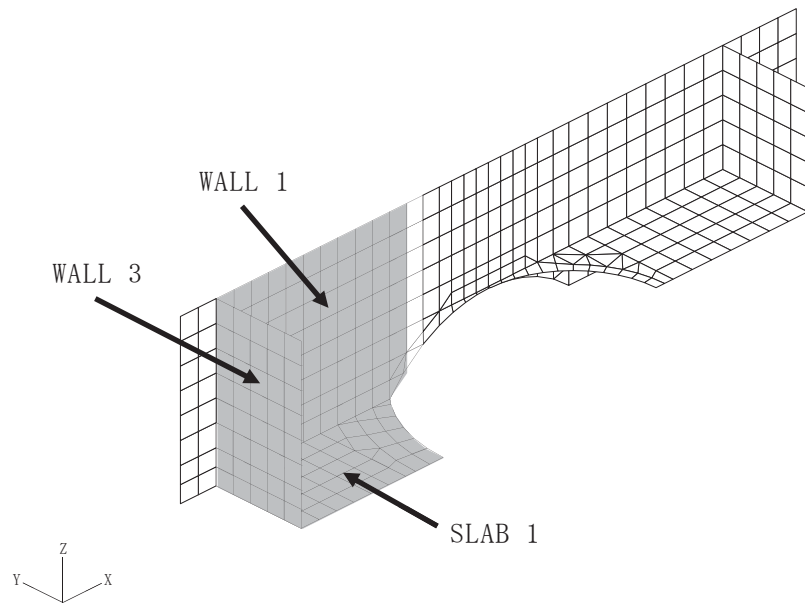
c. 温度荷重時

応力解析モデルの内部ボックス壁 (I/W) 下端について鉛直方向変位を拘束する。原子炉ウェルの脚部には温度荷重によりシェル壁に生ずる変位を与える。



(a) 全体鳥瞰図

図 3-2(1) 解析モデル (地震荷重時) (1/2)



注：X，Y，Zは全体座標系を示す。

(b) プール部要素分割図

図 3-2(2) 解析モデル (地震荷重時) (2/2)

3.4.2 解析諸元

使用材料の物性値を表 3-15 及び表 3-16 に示す。

表 3-15 コンクリートの物性値

コンクリートの 設計基準強度 F_c (N/mm ²)	ヤング 係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
32.4	2.51×10^4	0.2

表 3-16 鉄筋の物性値

鉄筋の種類	ヤング係数 E (N/mm ²)
SD35 (SD345 相当)	2.05×10^5

3.5 評価方法

3.5.1 応力解析方法

使用済燃料プール及びキャスクピットについて、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析を実施する。

(1) 荷重ケース

それぞれの外力の状態の応力は、次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

G	: 固定荷重
P	: 積載荷重 (S _d 地震時には運転時温度荷重を含む)
S _d _{SN} *	: S→N 方向 S _d 地震荷重 (S _d 地震時動水圧荷重を含む)
S _d _{WE} *	: W→E 方向 S _d 地震荷重 (S _d 地震時動水圧荷重を含む)
S _d _{UD} *	: 鉛直方向 S _d 地震荷重
S _s _{SN} *	: S→N 方向 S _s 地震荷重 (S _s 地震時動水圧荷重を含む)
S _s _{WE} *	: W→E 方向 S _s 地震荷重 (S _s 地震時動水圧荷重を含む)
S _s _{UD} *	: 鉛直方向 S _s 地震荷重

注記* : 計算上の座標軸を基準として、EW 方向は W→E 方向の加力、NS 方向は S→N 方向の加力、鉛直方向は下向きの加力を記載している。

(2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 3-17 に示す。

水平地震力と鉛直地震力による応力の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程（J E A C 4 6 0 1 - 2008）」を参考に、組合せ係数法（組合せ係数は 1.0 と 0.4）を用いるものとする。

表 3-17(1) 荷重の組合せケース (1/2)

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S d 地震時	1-1	$G + P + 1.0 S d_{SN} + 0.4 S d_{UD}$
	1-2	$G + P - 1.0 S d_{SN} + 0.4 S d_{UD}$
	1-3	$G + P + 1.0 S d_{WE} + 0.4 S d_{UD}$
	1-4	$G + P - 1.0 S d_{WE} + 0.4 S d_{UD}$
	1-5	$G + P + 1.0 S d_{SN} - 0.4 S d_{UD}$
	1-6	$G + P - 1.0 S d_{SN} - 0.4 S d_{UD}$
	1-7	$G + P + 1.0 S d_{WE} - 0.4 S d_{UD}$
	1-8	$G + P - 1.0 S d_{WE} - 0.4 S d_{UD}$
	1-9	$G + P + 0.4 S d_{SN} + 1.0 S d_{UD}$
	1-10	$G + P - 0.4 S d_{SN} + 1.0 S d_{UD}$
	1-11	$G + P + 0.4 S d_{WE} + 1.0 S d_{UD}$
	1-12	$G + P - 0.4 S d_{WE} + 1.0 S d_{UD}$
	1-13	$G + P + 0.4 S d_{SN} - 1.0 S d_{UD}$
	1-14	$G + P - 0.4 S d_{SN} - 1.0 S d_{UD}$
	1-15	$G + P + 0.4 S d_{WE} - 1.0 S d_{UD}$
	1-16	$G + P - 0.4 S d_{WE} - 1.0 S d_{UD}$

表 3-17(2) 荷重の組合せケース (2/2)

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S s 地震時	2-1	$G + P + 1.0 S_{s_{SN}} + 0.4 S_{s_{UD}}$
	2-2	$G + P - 1.0 S_{s_{SN}} + 0.4 S_{s_{UD}}$
	2-3	$G + P + 1.0 S_{s_{WE}} + 0.4 S_{s_{UD}}$
	2-4	$G + P - 1.0 S_{s_{WE}} + 0.4 S_{s_{UD}}$
	2-5	$G + P + 1.0 S_{s_{SN}} - 0.4 S_{s_{UD}}$
	2-6	$G + P - 1.0 S_{s_{SN}} - 0.4 S_{s_{UD}}$
	2-7	$G + P + 1.0 S_{s_{WE}} - 0.4 S_{s_{UD}}$
	2-8	$G + P - 1.0 S_{s_{WE}} - 0.4 S_{s_{UD}}$
	2-9	$G + P + 0.4 S_{s_{SN}} + 1.0 S_{s_{UD}}$
	2-10	$G + P - 0.4 S_{s_{SN}} + 1.0 S_{s_{UD}}$
	2-11	$G + P + 0.4 S_{s_{WE}} + 1.0 S_{s_{UD}}$
	2-12	$G + P - 0.4 S_{s_{WE}} + 1.0 S_{s_{UD}}$
	2-13	$G + P + 0.4 S_{s_{SN}} - 1.0 S_{s_{UD}}$
	2-14	$G + P - 0.4 S_{s_{SN}} - 1.0 S_{s_{UD}}$
	2-15	$G + P + 0.4 S_{s_{WE}} - 1.0 S_{s_{UD}}$
	2-16	$G + P - 0.4 S_{s_{WE}} - 1.0 S_{s_{UD}}$

(3) 荷重の入力方法

a. 地震荷重

水平地震力については、使用済燃料プール及びキャスクピットの位置する階のせん断力及び曲げモーメントを燃料取替床レベルの節点に離散化して節点荷重として入力する。

鉛直地震力については、モデル上の各節点における鉛直震度により支配面積に応じた節点力として入力する。

b. 運転時温度荷重

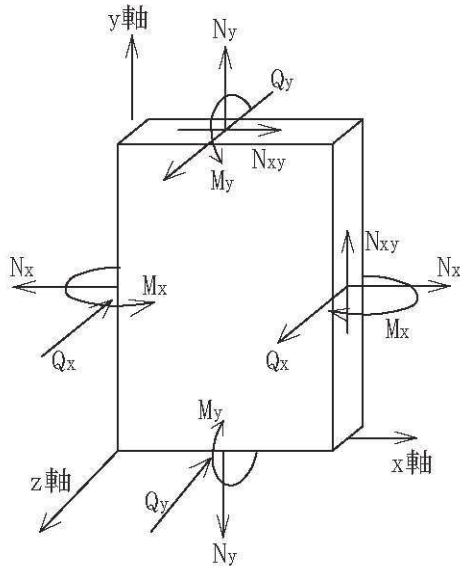
S d 地震時における熱応力については、CCV規格に基づき、部材の剛性を一律に低減する一律低減法により評価する。

c. 地震荷重及び温度荷重以外の荷重

地震荷重及び温度荷重以外の荷重については、FEMモデルの各節点又は各要素に、集中荷重又は分布荷重として入力する。

3.5.2 断面の評価方法

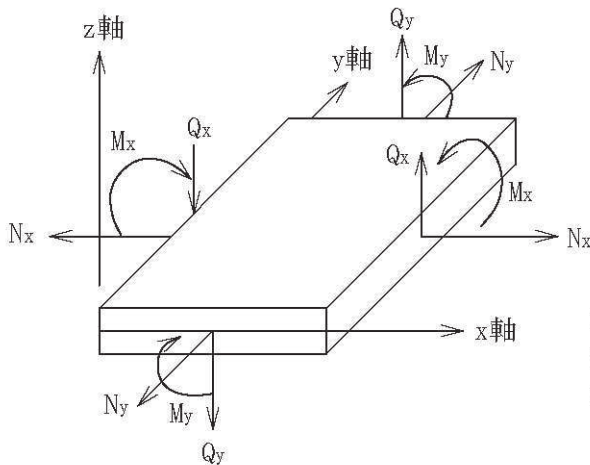
使用済燃料プール及びキャスクピットの断面の評価に用いる応力は、3次元FEMモデルを用いた応力解析により得られた各荷重による応力（軸力、曲げモーメント及びせん断力）とする。壁及び底面スラブの断面力成分を図3-3に示す。



M_x, M_y	: 曲げモーメント	kN・m/m
Q_x, Q_y	: 面外せん断力	kN/m
N_x, N_y	: 軸力	kN/m
N_{xy}	: 面内せん断力	kN/m

注：矢印の方向を正とする。

(a) 壁



M_x, M_y	: 曲げモーメント	kN・m/m
Q_x, Q_y	: 面外せん断力	kN/m
N_x, N_y	: 軸力	kN/m

注：矢印の方向を正とする。

(b) 底面スラブ

図3-3 壁及び底面スラブの断面力成分

(1) S d 地震時

a. 壁

軸力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度，面内せん断力並びに面外せん断力を算定し，CCV規格に準拠して設定した各許容値を超えないことを確認する。

(a) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は，子午線方向及び円周方向各々について，膜力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。この場合，膜力は同時に作用する面内せん断力の影響を考慮して，CCV規格の CVE-3511-1 及び CVE-3511-2 に示す等価膜力として評価する。

膜力と面内せん断力の関係図を図 3-4 に示す。

等価膜力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度については，表 3-12 及び表 3-13 に示す許容応力度を超えないことを確認する。

$$N_{\phi}^* = N_{\phi} \pm |N_{\phi\theta}| \dots\dots\dots (CVE-3511-1)$$

$$N_{\theta}^* = N_{\theta} \pm |N_{\phi\theta}| \dots\dots\dots (CVE-3511-2)$$

ここで，

- N_{ϕ}^*, N_{θ}^* : ϕ, θ 方向の等価膜力
- N_{ϕ}, N_{θ} : ϕ, θ 方向の膜力
- $N_{\phi\theta}$: 面内せん断力

(ϕ 方向は子午線方向， θ 方向は円周方向とする)

上記のうち，「膜力」は「軸力」に読み替えることとする。また，「子午線方向」は「縦方向」に，「円周方向」は「横方向」にそれぞれ読み替えることとする。

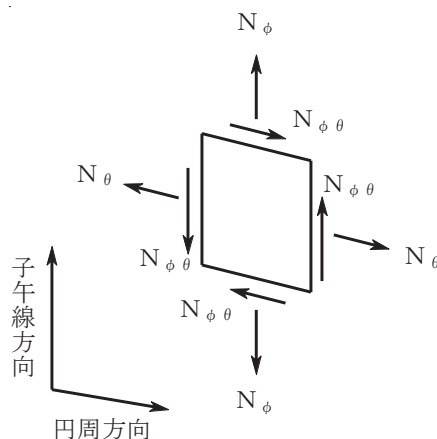


図3-4 膜力と面内せん断力の関係図

(b) 面内せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、CCV規格のCVE-3512.1に準拠して行う。

面内せん断応力度が、CVE-3512.2-1及びCVE-3512.2-2より計算した終局面内せん断応力度のいずれか小さい方の値の0.75倍の値を超えないことを確認する。

$$\tau_u = 0.5 \left\{ (p_{t\phi} \cdot f_y - \sigma_{0\phi}) + (p_{t\theta} \cdot f_y - \sigma_{0\theta}) \right\} \quad (\text{CVE-3512.2-1})$$

$$\tau_u = 1.10 \sqrt{F_c} \dots\dots\dots (\text{CVE-3512.2-2})$$

ここで、

- τ_u : 終局面内せん断応力度(N/mm²)
- $p_{t\phi}$: 子午線方向主筋の鉄筋比
- $p_{t\theta}$: 円周方向主筋の鉄筋比
- $\sigma_{0\phi}$: 外力により生じる子午線方向の膜応力度(N/mm²) (引張の場合のみを考慮し、符号を正とする)
- $\sigma_{0\theta}$: 外力により生じる円周方向の膜応力度(N/mm²) (引張の場合のみを考慮し、符号を正とする)
- f_y : 鉄筋の許容引張応力度及び許容圧縮応力度であり、表3-13に示す値(N/mm²)
- F_c : コンクリートの設計基準強度(N/mm²)

上記のうち、「子午線方向主筋」は「縦方向主筋」に、「円周方向主筋」は「横方向主筋」にそれぞれ読み替えることとする。また、「子午線方向の膜応力度」は「縦方向の軸応力度」に、「円周方向の膜応力度」は「横方向の軸応力度」にそれぞれ読み替えることとする。

(c) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、C C V規格の CVE-3513.1 に準拠して行う。

面外せん断応力度が、CVE-3513.2-1 及び CVE-3513.2-2 より計算した終局面外せん断応力度のいずれか小さい方の値の 0.75 倍の値を超えないことを確認する。

$$\tau_R = \Phi \left\{ 0.1(p_t \cdot f_y - \sigma_0) + 0.5 \cdot p_w \cdot f_y + 0.235 \sqrt{F_c} \right\} \quad (\text{CVE-3513.2-1})$$

$$\tau_R = 1.10 \sqrt{F_c} \quad \dots\dots\dots (\text{CVE-3513.2-2})$$

ここで、

τ_R : 終局面外せん断応力度 (N/mm²)

p_t : 主筋の鉄筋比

σ_0 : 外力による膜応力度 (N/mm²) (引張の符号を正とする)

p_w : 面外せん断力に対する補強筋の鉄筋比であって、次の計算式により計算した値

$$p_w = a_w / (b \cdot x) \quad \dots\dots\dots (\text{CVE-3513.2-3})$$

a_w : 面外せん断力に対する補強筋の断面積 (mm²)

b : 断面の幅 (mm)

x : 面外せん断力に対する補強筋の間隔 (mm)

Φ : 低減係数であり、次の計算式により計算した値
(1を超える場合は1, 0.58未満の場合は0.58とする)

$$\Phi = 1 / \sqrt{M / (Q \cdot d)} \quad \dots\dots\dots (\text{CVE-3513.2-4})$$

M : 曲げモーメント (N・mm)

Q : せん断力 (N)

d : 断面の有効せい (mm)

f_y : 鉄筋の許容引張応力度及び許容圧縮応力度であり、表3-13に示す値 (N/mm²)

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

上記のうち、「外力による膜応力度」は「外力による軸応力度」に読み替えることとする。

b. 底面スラブ

軸力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度並びに面外せん断力を算定し、CCV規格に準拠して設定した各許容値を超えないことを確認する。

(a) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。

軸力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度については、表 3-12 及び表 3-13 に示す許容応力度を超えないことを確認する。

(b) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、CCV規格のCVE-3522に準拠して行う。

面外せん断力が、CVE-3522-1又はCVE-3522-2より計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot c f_s \quad \dots\dots\dots (CVE-3522-1)$$

ここで、

Q_A : 許容面外せん断力(N)

b : 断面の幅(mm)

j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの7/8倍の値(mm)

$c f_s$: コンクリートの許容せん断応力度で、表3-12に示すSd地震時の値(N/mm²)

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot c f_s + 0.5 \cdot w f_t (p_w - 0.002) \} \dots\dots\dots (CVE-3522-2)$$

ここで、

p_w : 面外せん断力に対する補強筋の鉄筋比であり、次の計算式により計算した値(0.002以上とし、0.012を超える場合は0.012として計算する)

$$p_w = a_w / (b \cdot x) \quad \dots\dots\dots (CVE-3522-3)$$

a_w : 面外せん断力に対する補強筋の断面積(mm²)

x : 面外せん断力に対する補強筋の間隔(mm)

$w f_t$: 面外せん断力に対する補強筋の許容引張応力度であり、表3-13に示す値(N/mm²)

α : 割増し係数であり、次の計算式により計算した値(2を超える場合は2、1未満の場合は1とする。また、引張軸力が2N/mm²を超える場合は1とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1} \quad \dots\dots\dots (CVE-3522-4)$$

M : 曲げモーメント(N・mm)

Q : せん断力(N)

d : 断面の有効せい(mm)

(2) S s 地震時

a. 壁

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ，軸力による圧縮応力度，面内せん断力並びに面外せん断力を算定し，CCV規格に準拠して設定した各許容値を超えないことを確認する。

(a) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみは，縦方向及び横方向各々について算定し，CCV規格のCVE-3511.2に基づき，表3-14に示す許容ひずみを超えないことを確認する。

(b) 軸力に対する断面の評価方法

軸力による圧縮応力度については，CVE-3511.3に準拠してコンクリートの設計基準強度の2/3倍を超えないことを確認する。

(c) 面内せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は，CCV規格のCVE-3512.2に準拠して行う。

面内せん断応力度が，CVE-3512.2-1及びCVE-3512.2-2より計算した終局面内せん断応力度のいずれか小さい方の値を超えないことを確認する。このとき，鉄筋の許容引張応力度及び許容圧縮応力度 f_y は，表3-13に示すS d地震時の値とする。

(d) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は，CCV規格のCVE-3513.2に準拠して行う。

面外せん断応力度が，CVE-3513.2-1及びCVE-3513.2-2より計算した終局面外せん断応力度のいずれか小さい方の値を超えないことを確認する。このとき，鉄筋の許容引張応力度及び許容圧縮応力度 f_y は，表3-13に示すS d地震時の値とする。

b. 底面スラブ

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力を算定し，CCV規格に準拠して設定した各許容値を超えないことを確認する。

(a) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみが，CCV規格のCVE-3521.2に準拠して，表3-14に示す許容ひずみを超えないことを確認する。

(b) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は，CCV規格のCVE-3522に準拠して行う。

面外せん断力が，CVE-3522-1又はCVE-3522-2より計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

3次元FEMモデルを用いた応力の算定において，FEM要素に応力集中等が見られる場合については，RC-N規準に基づき，応力の再配分等を考慮してある一定の領域の応力を平均化したうえで断面の評価を行う。

4. 評価結果

「3.5.2 断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果を以下に示す。また、3次元FEMモデルの配筋領域図を図4-1に、配筋一覧を表4-1に示す。

4.1 S d 地震時

断面の評価結果を記載する要素を以下のとおり選定する。

壁については、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による引張応力度及び圧縮応力度、面内せん断応力度並びに面外せん断応力度に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素をそれぞれ選定する。

底面スラブについては、軸力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度並びに面外せん断応力度に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素をそれぞれ選定する。

選定した要素の位置を図4-2に、評価結果を表4-2に示す。

S d 地震時において、壁については、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による引張応力度及び圧縮応力度、面内せん断応力度並びに面外せん断応力度が、各許容値を超えないことを確認した。また、底面スラブについては、軸力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度並びに面外せん断応力度が、各許容値を超えないことを確認した。

4.2 S s 地震時

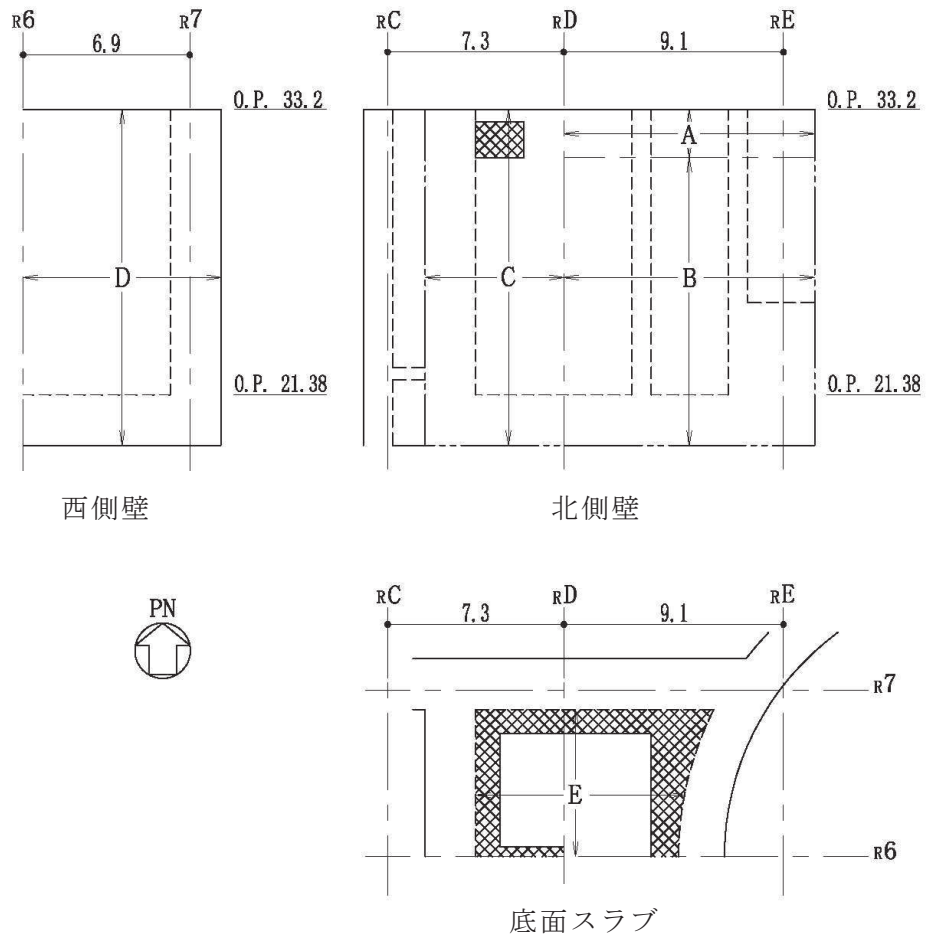
断面の評価結果を記載する要素を以下のとおり選定する。

壁については、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による鉄筋及びコンクリートのひずみ、軸力による圧縮応力度、面内せん断応力度並びに面外せん断応力度に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素をそれぞれ選定する。

底面スラブについては、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断応力度に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素をそれぞれ選定する。

選定した要素の位置を図4-3に、評価結果を表4-3に示す。

S s 地震時において、壁については、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による鉄筋及びコンクリートのひずみ、軸力による圧縮応力度、面内せん断応力度並びに面外せん断応力度が、各許容値を超えないことを確認した。また、底面スラブについては、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断応力度が、各許容値を超えないことを確認した。



注：面外せん断補強筋 : D22@200×@400

(単位：m)

図 4-1 配筋領域図

表 4-1 使用済燃料プール及びキャスクピットの配筋一覧

(a) 北側壁

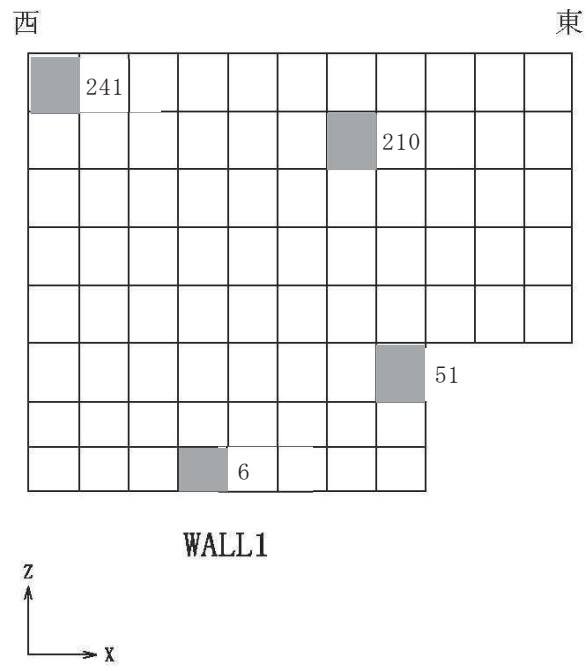
区分	タテ方向	ヨコ方向
A	(内側) 2-D38@200+D38@400 (外側) 2-D38@200+2-D38@400	(内側) 3-D38@200 (外側) 4-D38@200
B	(内側) 2-D38@200+D38@400 (外側) 2-D38@200+2-D38@400	(内側) 3-D38@200 (外側) 3-D38@200+D38@400
C	(内側) 3-D38@200+D38@400 (外側) 3-D38@200	(内側) 2-D38@200+2-D38@400 (外側) 3-D38@200

(b) 西側壁

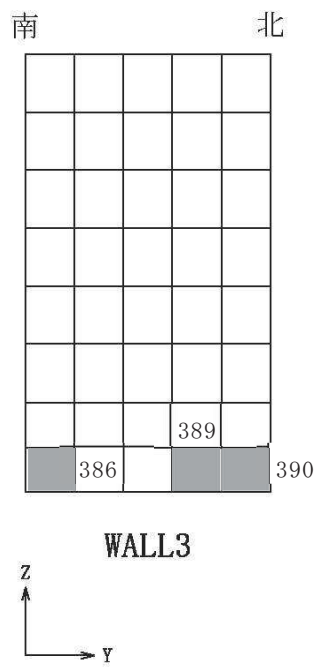
区分	タテ方向	ヨコ方向
D	(内側) D38@200+D38@400 (外側) D38@200+2-D38@400	(内側) 2-D38@200 (外側) 2-D38@200+D38@400

(c) 底面スラブ

区分	EW 方向	NS 方向
E	(上ば) 3-D38@200 (下ば) 4-D38@200	(上ば) 2-D38@200+D38@400 (下ば) 3-D38@200+D38@400

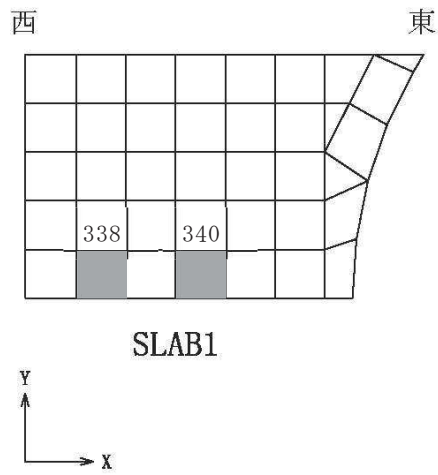


(a) 北側壁



(b) 西側壁

図 4-2(1) 選定した要素の位置 S d 地震時 (1/2)



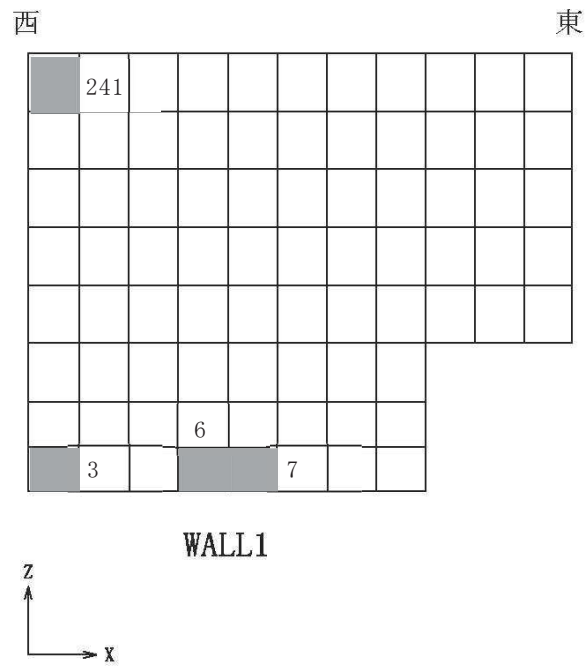
(c) 底面スラブ

図 4-2(2) 選定した要素の位置 S d 地震時 (2/2)

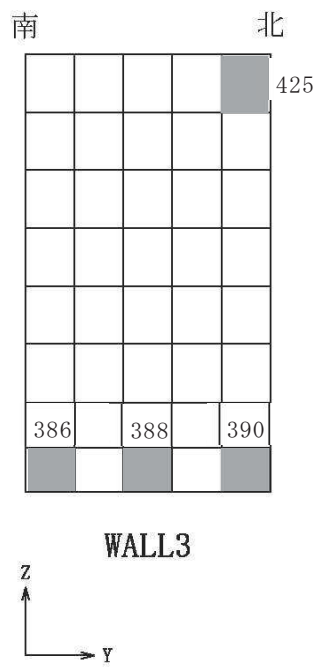
表 4-2 評価結果 S d 地震時

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	発生値	許容値
北側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮応力度 (N/mm ²)	水平	210	1-1	4.79	24.3
		鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	鉛直	6	1-9	196	345
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm ²)	—	51	1-4	1.59	4.53
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	水平	241	1-1	0.890	1.52
西側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮応力度 (N/mm ²)	鉛直	386	1-11	7.42	21.6
		鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	鉛直	389	1-3	190	345
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm ²)	—	390	1-9	1.02	3.52
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	鉛直	386	1-11	0.823	1.21
底面 スラブ	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮応力度 (N/mm ²)	EW	340	1-12	9.30	24.3
		鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	EW	340	1-11	184	345
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	EW	338	1-11	1.38*	2.59

注記*：応力の再分配等を考慮して、応力平均化を行った結果。

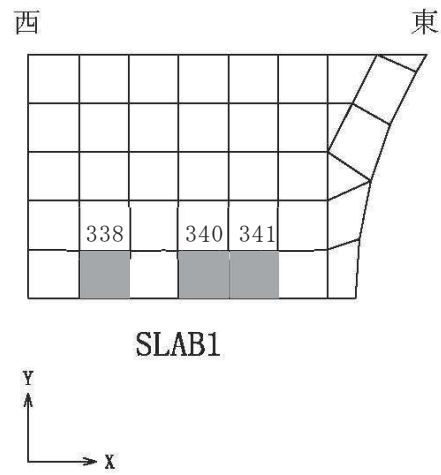


(a) 北側壁



(b) 西側壁

図 4-3(1) 選定した要素の位置 S s 地震時 (1/2)



(c) 底面スラブ

図 4-3(2) 選定した要素の位置 S s 地震時 (2/2)

表 4-3 評価結果 S s 地震時

部位	評価項目		方向	要素番号	組合せケース	発生値	許容値
北側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	7	2-9	0.269	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	6	2-9	1.28	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm ²)	鉛直	3	2-10	2.40	21.6
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm ²)	—	3	2-11	2.21	5.99
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	水平	241	2-1	0.892	2.08
西側壁	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	鉛直	386	2-11	0.502	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	水平	425	2-1	1.30	5.00
	軸力	圧縮応力度 (N/mm ²)	鉛直	390	2-12	2.40	21.6
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm ²)	—	388	2-10	1.14	4.02
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	鉛直	386	2-11	0.808	1.44
底面 スラブ	軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	EW	340	2-12	0.409	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	EW	341	2-11	0.964	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	EW	338	2-11	1.89*	2.59

注記*：応力の再分配等を考慮して、応力平均化を行った結果。

別紙 1 鉄筋コンクリート構造物の重大事故等時の高温による影響

(使用済燃料プール及びキャスクピット)

目 次

1. 概要	別紙 1-1
2. コンクリート及び鉄筋の温度の影響に関する調査	別紙 1-1
2.1 鉄筋コンクリートの高温時の特性	別紙 1-1
2.2 既往の文献による高温時のコンクリートの特性	別紙 1-2
3. 施設を構成する部材の構造特性	別紙 1-4
4. まとめ	別紙 1-4

1. 概要

原子炉建屋の燃料貯蔵設備である使用済燃料プール及びキャスクピットは、主要構造体を鉄筋コンクリート造の壁と床で構成する。使用済燃料プール及びキャスクピットの冷却機能や注水機能を喪失する重大事故等時において、使用済燃料プール及びキャスクピットの水温は高温状態が一定期間継続すると推定される。

よって、使用済燃料プール及びキャスクピットについて、既往の文献・規格等に基づき、高温時の健全性を確認する。

2. コンクリート及び鉄筋の温度の影響に関する調査

2.1 鉄筋コンクリートの高温時の特性

鉄筋コンクリートは、コンクリートと鉄筋で構成され、「日本建築学会 2009 年 構造材料の耐火性ガイドブック」によると、一般に、コンクリート・鉄筋は、温度の上昇と共に強度・剛性は劣化し、ひずみが大きくなる傾向にあるとされている。

コンクリートについては、セメント水和物及びその吸着水、水和物で構成される細孔内に存在する毛管水、毛管より大きな空隙に存在する自由水から成る多孔体である。一般的にコンクリートの温度が 70℃程度では、コンクリートの基本特性に大きな影響を及ぼすような自由水の逸散は生じず、100℃以下では圧縮強度の低下は小さいとされる。また、コンクリートの温度が大気圧において 100℃を超すと自由水が脱水し始め、その温度作用時間が長期間になると結晶水も脱水し始める。コンクリート温度が 190℃付近では結晶水が解放され始め、更に高温になると脱水現象が著しくなるため、コンクリートの特性に影響が出始めるとされる。

鉄筋については、「日本建築学会 2009 年 構造材料の耐火性ガイドブック」によると、強度及び剛性は、概ね 200℃から 300℃までは常温時の特性を保持するとされている。

2.2 既往の文献による高温時のコンクリートの特性

使用済燃料プール及びキャスクピットは、ステンレス鋼によりライニングされており、また、重大事故等時には、代替注水設備によりプールへの注水が行われるため、高温によるコンクリートからの水分逸散のないシール状態にある。それを踏まえ、シール状態で高温加熱を受けたコンクリートの文献収集を行った。高温を受けたコンクリートの圧縮強度に関する文献を表 2-1 に示す。

文献 No. 1 及び No. 2 では、加熱温度 175℃ のコンクリートへの影響について検討されている。文献 No. 1 では、シール状態において強度は熱水反応により一様な変化は示さないとされており、加熱期間 91 日までは、概ね加熱前と強度は同等と考えられる。アンシール状態では加熱期間 28 日までの低下率は 10% 以内に収まるとされている。文献 No. 2 では、シール状態においては、加熱期間 91 日まで強度の低下は認められない。

また、文献 No. 3～No. 7 は、加熱温度 110℃ のコンクリートへの影響について検討されている。No. 4 は加熱期間 50 日について検討されており、強度低下は認められない。また、No. 3 は加熱期間 3.5 年間、No. 5～No. 7 は加熱期間 2 年間について検討され、いずれも強度の低下傾向は認められないとされている。

それぞれの加熱温度における剛性に着目すると、加熱温度 175℃ において、アンシールの条件下では、加熱期間 1 日でも急激に低下する場合があるとされており、水分の逸散と高い相関があると考えられる。一方、シール状態では大きな低下はなく、加熱温度 110℃ では加熱後ごく初期に剛性の変化は収束するとされている。

以上より、175℃ 程度までの高温環境ではコンクリート強度への影響は小さい。また、コンクリートの剛性については、高温環境による水分逸散の影響が大きく、シール状態においても剛性の低下の傾向は認められるが、加熱後ごく初期に収束するため影響はない。

表 2-1 高温を受けたコンクリートの圧縮強度に関する文献一覧

No.	文献名 (出典)	著者	試験条件		
			温度	加熱期間	水分
1	高温 (175℃) を受けたコンクリートの強度性状 (セメント・コンクリートNo. 449, July 1984)	川口 徹, 高橋久雄	175℃	1~91日	シール アンシール
2	高温履歴を受けるコンクリートの物性に関する実験的研究 (日本建築学会構造系論文集 第457号, 1994年3月)	長尾覚博, 中根 淳	40 ~ 175, 300, 600℃	1~91日 (~175℃) 7日 (300, 600℃)	シール アンシール
3	熱影響場におけるコンクリートの劣化に関する研究 (第48回セメント技術大会講演集, 1994)	長尾覚博, 鈴木智巳, 田淵正昭	①65, 90, 110℃の 一定加熱 ②20~110℃のサイ クル加熱	1日~3.5年間	シール アンシール
4	長期高温加熱がコンクリートの力学特性に及ぼす影響の検 討 (日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸), 2010年9月)	木場将雄, 山本知弘, 久野通也, 島本 龍, 一瀬賢一, 佐藤 立	①20℃の一定加熱 ②110℃のサイクル 加熱	①50日 ②1~50サイクル (1サイクル: 1日) 注: 110℃の期間: 9h	シール アンシール
5	長期間加熱を受けたコンクリートの物性変化に関する実験 的研究 (その1 実験計画と結果概要) (日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国), 1999年9月)	菌田 敏, 長尾覚博, 北野剛人, 守屋正裕, 池内俊之, 大池 武			
6	長期間加熱を受けたコンクリートの物性変化に関する実験 的研究 (その2 普通コンクリートの力学特性試験結果) (日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国), 1999年9月)	池内俊之, 長尾覚博, 北野剛人, 守屋正裕, 菌田 敏, 大池 武	①20, 110, 180, 325℃の一定加熱 ②~110℃, ~180℃ ~325℃のサイク ル加熱	①1日~24か月 ②1~180サイクル (1サイクル: 72時間) 注: 高温保持時間: 24時間	シール アンシール
7	長期間加熱を受けたコンクリートの物性変化に関する実験 的研究 (その3 耐熱コンクリートの力学特性試験結果) (日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国), 1999年9月)	大池 武, 池内俊之, 北野剛人, 長尾覚博, 菌田 敏, 守屋正裕			

3. 施設を構成する部材の構造特性

部材内の温度差及び拘束により発生する熱応力は、使用済燃料プール及びキャスクピットの壁が周囲の壁、床に比べて厚く、更に取り付く床が少ないため、拘束応力のレベルが低いことに加え、「CCV規格」では、自己拘束的な応力であることから、十分な塑性変形能力がある場合、終局耐力に影響しないこととされている。

以上を踏まえ、施設を構成する部材の構造特性については、高温時においても設計基準状態との相違は小さい。

4. まとめ

鉄筋コンクリート構造物の高温時の健全性について、既往の文献・規格等に基づき評価を行い、使用済燃料プール及びキャスクピットの重大事故等時における高温状態に対しても、鉄筋コンクリート構造物の強度及び剛性への影響は小さいことを確認した。