Ⅴ-2-2-19　格納容器圧力逃がし装置格納槽の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1
2. 基本方針 2
2.1 位置 2
2.2 構造概要 3
2.3 評価方針 6
2.4 適用規格・基準等 8
3. 地震応答解析による評価方法 9
4. 応力解析による評価方法 11
4.1 評価対象部位及び評価方針 11
4.2 荷重及び荷重の組合せ 13
4.3 許容限界 19
4.4 解析モデル及び諸元 21
4.5 評価方法 24
5. 評価結果 29
5.1 地震応答解析による評価結果 29
5.2 応力解析による評価結果 31

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき，格納容器圧力逃がし装置格納槽（以下「格納槽」という。）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，地震応答解析による評価及び応力解析による評価に基づいて行う。

格納槽は，設計基準対象施設においては「Ｓクラスの施設の間接支持構造物」に，重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

以下，格納槽の「Ｓクラスの施設の間接支持構造物」及び「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の間接支持構造物」としての耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 位置

格納槽の設置位置を図 2-1 に示す。

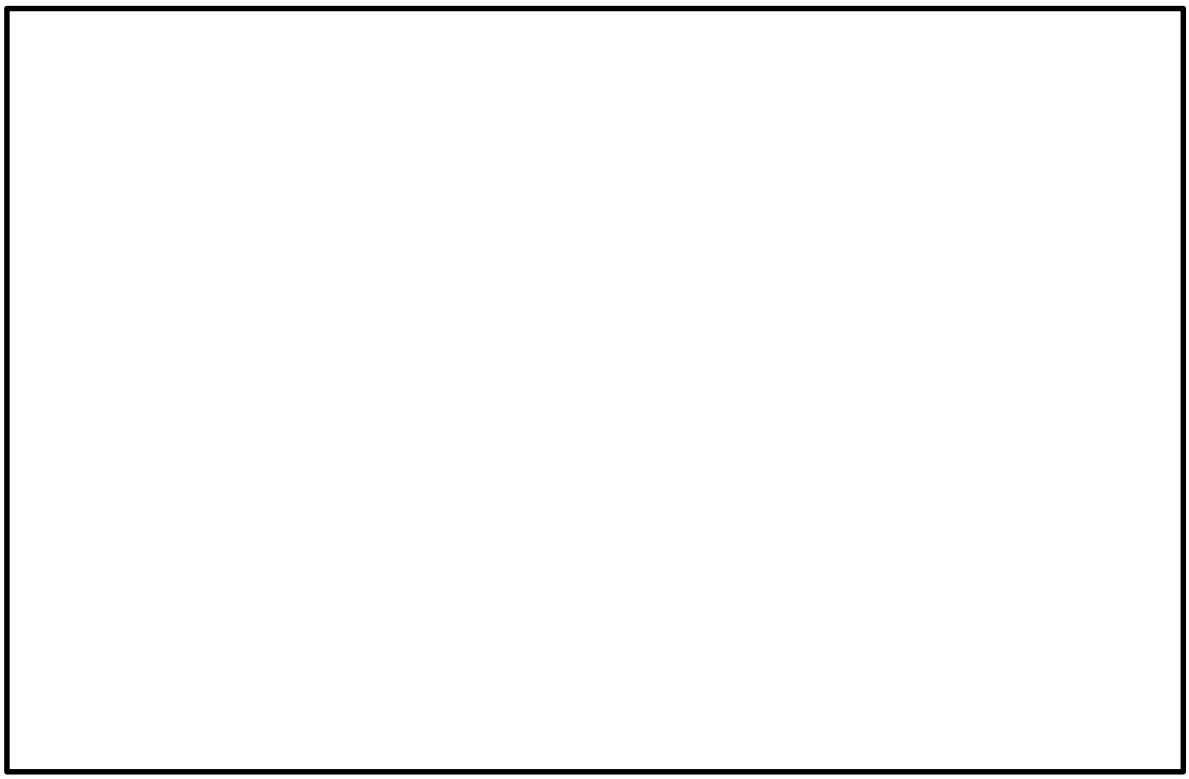


図 2-1 格納槽の設置位置

2.2　構造概要

格納槽は，主要構造が鉄筋コンクリート造で地下1階の地中構造物であり，平面が南北方向16.00 m，東西方向11.35 m，高さが23.80 mである。

格納槽の基礎は，厚さ3.0 mであり，砂質泥岩である久米層に岩着している。また，格納槽の外壁は基礎スラブから屋根面まで連続しており，壁厚は1.8 mである。格納槽は全体として非常に剛性が高く，構造物に加わる地震時の水平力はすべてこれらの耐震壁で負担する。

格納槽の屋根面は厚さ1.8 mの上版で構成される。

格納槽の概略平面図及び概略断面図を図2-2及び図2-3に示す。

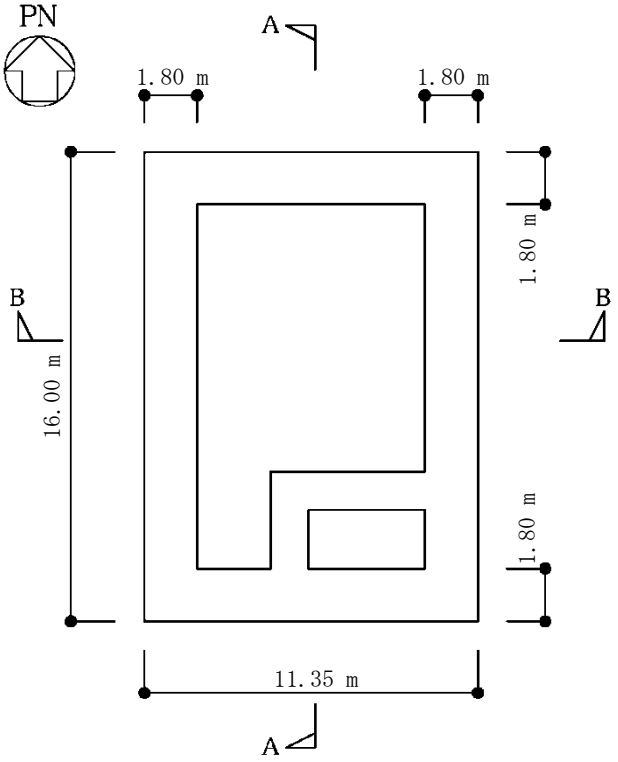


図 2-2　格納槽の概略平面図（EL.－12.8 m）

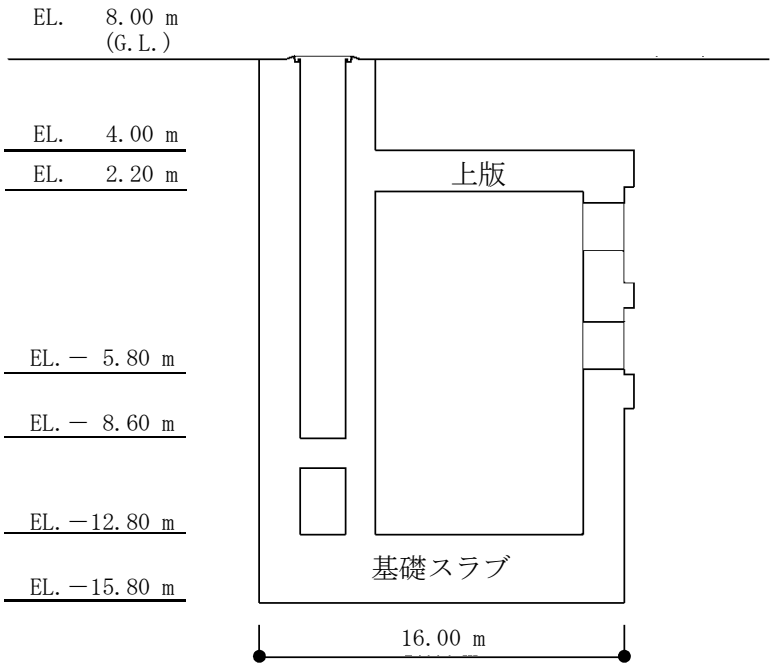


図 2-3 (1／2)　格納槽の概略断面図 (A－A 断面 NS 方向)

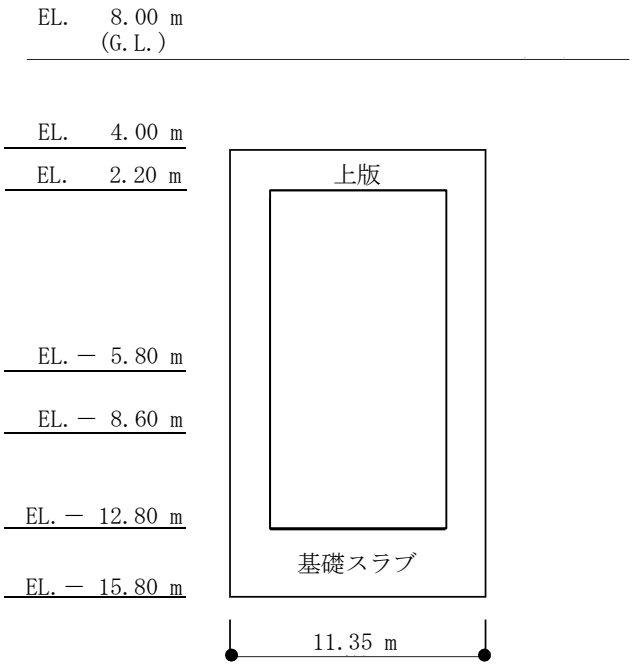


図 2-3 (2／2)　格納槽の概略断面図 (B－B 断面 EW 方向)

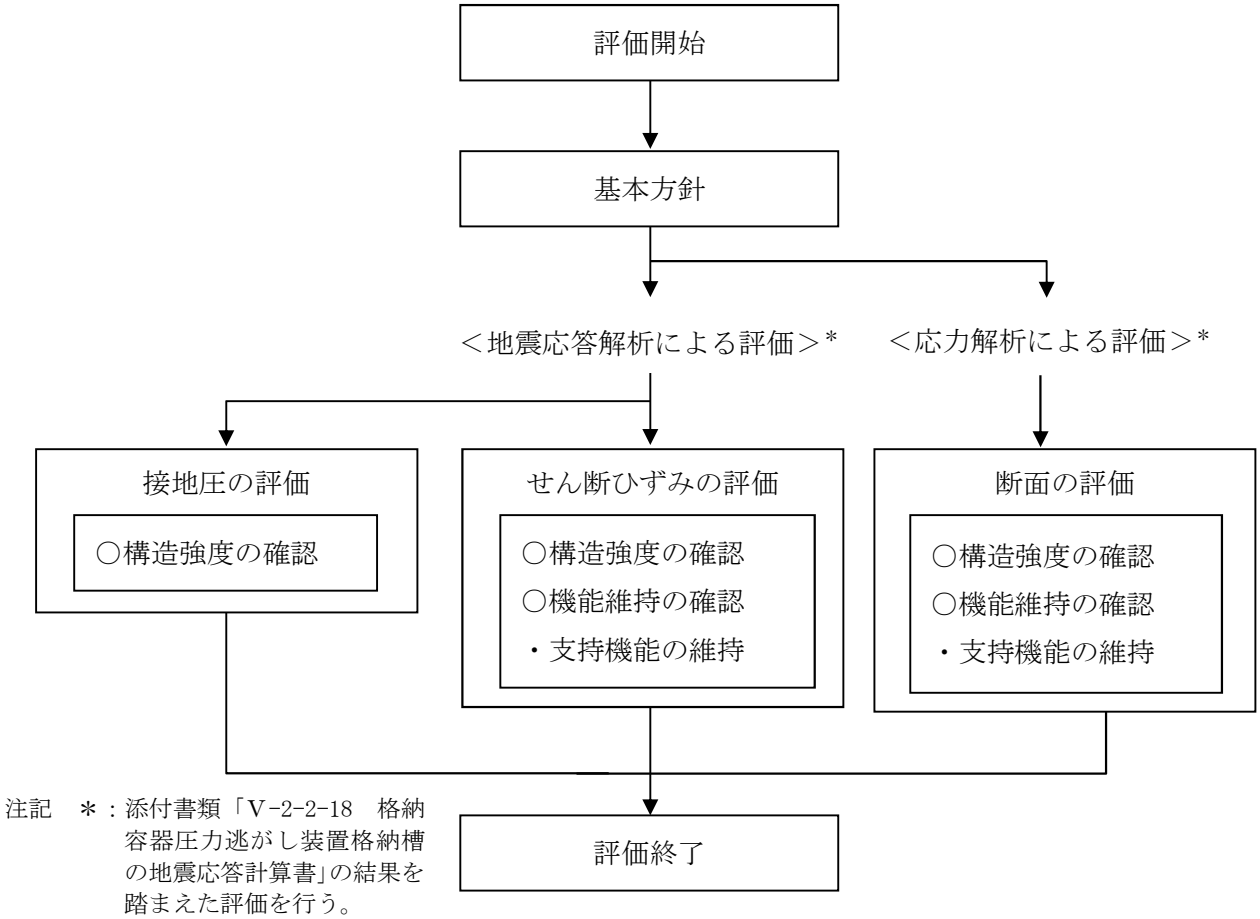
2.3 評価方針

格納槽は，設計基準対象施設においては「Ｓクラスの施設の間接支持構造物」に，重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

格納槽の設計基準対象施設としての評価においては，基準地震動Ｓ$_s$による地震力に対する評価（以下「Ｓ$_s$地震時に対する評価」という。）を行うこととし，添付書類「Ⅴ-2-2-18　格納容器圧力逃がし装置格納槽の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。格納槽の評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき，地震応答解析による評価においてはせん断ひずみの評価を，応力解析による評価においては断面の評価を行うことで，格納槽の地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。評価に当たっては地盤物性のばらつきを考慮する。

また，重大事故等対処施設としての評価においては，Ｓ$_s$地震時に対する評価を行う。ここで，格納槽では，運転時，設計基準事故時及び重大事故等時の状態において，温度の条件が異なるが，重大事故等時の格納槽の室温は65 ℃以下であり，「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。）では定常状態においてコンクリート温度が65 ℃以下となる場合，コンクリートの基本特性に大きな影響を及ぼさないとされているため，格納槽内の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及び剛性の低下は認められないこと，また，「ＣＣＶ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。

格納槽の評価フローを図 2-4 に示す。



注記　＊：添付書類「V-2-2-18　格納容器圧力逃がし装置格納槽の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-4　格納槽の評価フロー

2.4　適用規格・基準等

格納槽の評価において，適用する規格・基準等を以下に示す。

- 原子力発電所耐震設計技術指針ＪＥＡＧ４６０１－1987（(社) 日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力度編ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（(社) 日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（(社) 日本電気協会）
- 建築基準法・同施行令
- 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－（(社) 日本建築学会，1999）
- 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（(社) 日本建築学会，2005）（以下「ＲＣ－Ｎ規準」という。）
- 建築基礎構造設計指針（(社) 日本建築学会，2001）（以下「基礎指針」という。）
- 2015 年版　建築物の構造関係技術基準解説書（国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所）（以下「技術基準解説書」という。）

3. 地震応答解析による評価方法

地震応答解析による評価において，格納槽の構造強度については，添付書類「Ⅴ-2-2-18 格納容器圧力逃がし装置格納槽の地震応答計算書」に基づき，地盤物性のばらつきを考慮した耐震壁の最大せん断ひずみ及び基礎地盤の最大接地圧が許容限界を超えないことを確認する。

支持機能の維持については，添付書類「Ⅴ-2-2-18 格納容器圧力逃がし装置格納槽の地震応答計算書」に基づき，地盤物性のばらつきを考慮した耐震壁の最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における格納槽の許容限界は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，表 3-1 及び表 3-2 のとおり設定する。

表 3-1 地震応答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	地震力	部 位	機能維持のための考え方	許容限界
—	構造強度を有すること	基準地震動 S_s	基礎地盤	最大接地圧が構造強度を確保するための許容限界を十分下回ることを確認	極限支持力度*3 2450 kN/m^2
		基準地震動 S_s	耐震壁*2	最大せん断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	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3}
支持機能*1	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S_s	耐震壁*2	最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3}

注記 ＊1：「支持機能」の確認には，「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。

＊2：格納槽全体としては，地震力を主に耐震壁で負担する構造で，全体に剛性の高い構造となっており，複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの面内変形が抑えられるため，各層の耐震壁が最大せん断ひずみの許容限界を満足していれば，建物・構築物に要求される機能は維持される。

＊3：極限支持力度は「基礎指針」に基づき次式により算出する。

$$qu = i_c \cdot \alpha \cdot c \cdot N_c + i_\gamma \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot \eta \cdot N_\gamma + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q$$

ここで,

qu	：直接基礎の単位面積あたりの極限鉛直支持力度（kN/m^2）
N_c, N_γ, N_q	：支持力係数
c	：支持地盤の粘着力（kN/m^2）
γ_1	：支持地盤の水中単位体積重量（kN/m^3）
γ_2	：根入れ部分の土の水中単位体積重量（kN/m^3）
α，β	：基礎の形状係数
η	：基礎の寸法効果による補正係数
i_c, i_γ, i_q	：荷重の傾斜に対する補正係数
B	：基礎幅（m）
D_f	：根入れ深さ（m）

表 3-2　地震応答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	地震力	部　位	機能維持のための考え方	許容限界
—	構造強度を有すること	基準地震動 S_s	基礎地盤	最大接地圧が構造強度を確保するための許容限界を十分下回ることを確認	極限支持力度*3 2450 kN/m^2
		基準地震動 S_s	耐震壁*2	最大せん断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	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3}
支持機能*1	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S_s	耐震壁*2	最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3}

注記　＊1：「支持機能」の確認には，「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。

＊2：格納槽全体としては，地震力を主に耐震壁で負担する構造で，全体に剛性の高い構造となっており，複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの面内変形が抑えられるため，各層の耐震壁が最大せん断ひずみの許容限界を満足していれば，建物・構築物に要求される機能は維持される。

＊3：表 3-1 の＊3 を参照する。

4.　応力解析による評価方法

4.1　評価対象部位及び評価方針

格納槽の応力解析による評価対象部位は基礎スラブ，耐震壁（地下外壁）及び上版とし，3次元ＦＥＭモデルを用いた弾性応力解析により評価を行う。

Ｓ$_s$地震時に対する評価においては，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，適用規格・基準等を参考に設定した許容限界を超えないことを確認する。評価に当たっては地盤物性のばらつきを考慮する。

弾性応力解析に当たっては，添付書類「Ⅴ-2-2-18　格納容器圧力逃がし装置格納槽の地震応答計算書」より得られた結果を用いて，荷重の組合せを行う。応力解析による評価フローを図4-1に示す。

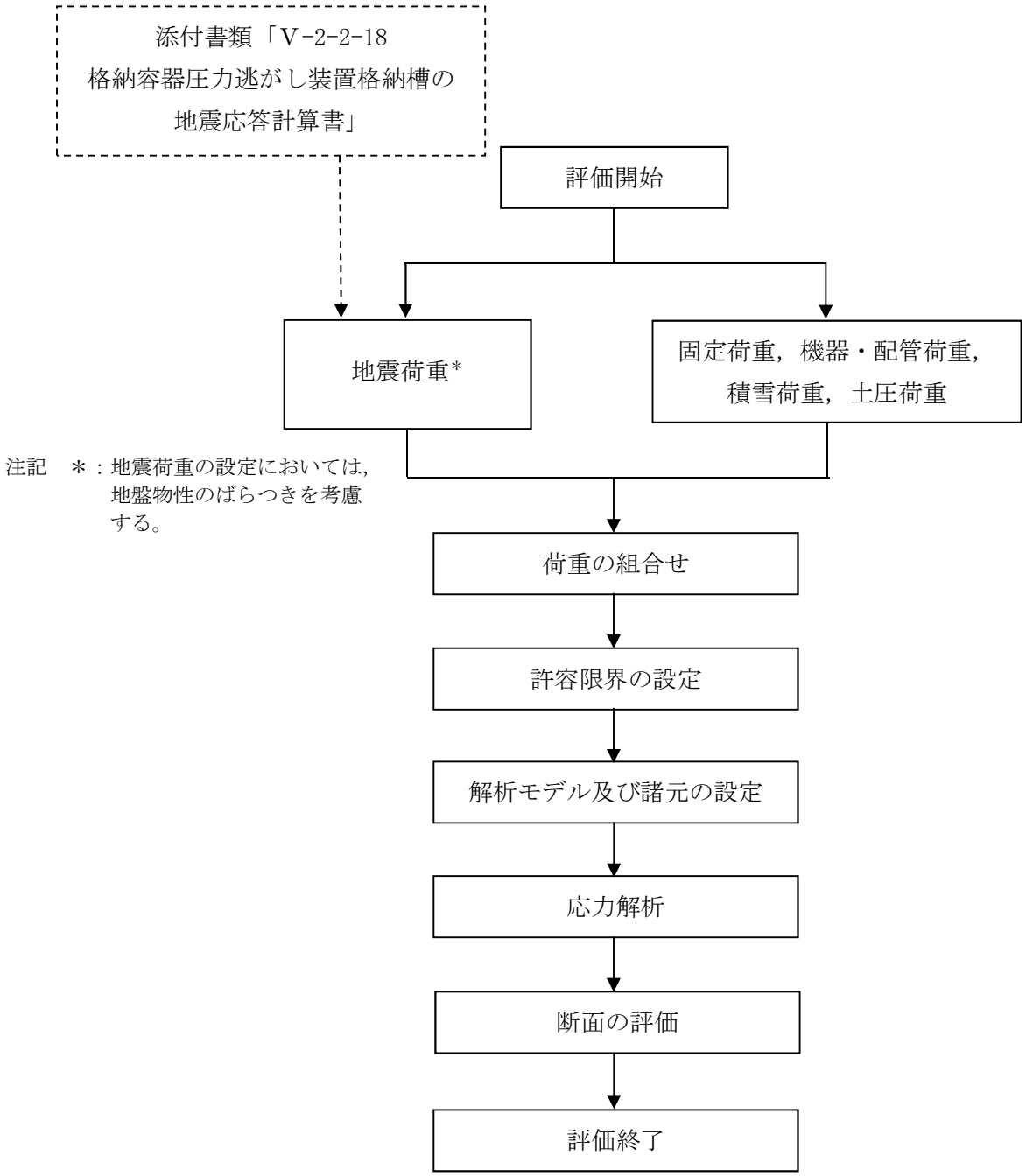


図 4-1　応力解析による評価フロー

4.2　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「Ⅴ-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。

4.2.1　荷重

(1)　固定荷重（G）

格納槽に作用する固定荷重は，添付書類「Ⅴ-2-2-18　格納容器圧力逃がし装置格納槽の地震応答計算書」に示す地震応答解析モデルの重量を考慮して表 4-1 の通り設定する。

表 4-1　固定荷重

部位	荷重 (kN/m^2)	備考
上版	$24.0^{*1}t+1.5^{*2}$ $+0.2^{*3}$	t：上版の厚さ（m）
壁	$24.0^{*1}t$	t：壁の厚さ（m）
基礎スラブ	$24.0^{*1}t$	t：基礎スラブの厚さ（m）

注記　＊1：鉄筋コンクリートの単位体積重量

＊2：デッキプレート及び鉄骨部材の重量

＊3：防水層の重量

(2)　機器・配管荷重（E）

機器荷重は表 4-2 のとおり設定する。配管荷重は表 4-3 のとおり設定する。

表 4-2　機器荷重

機器名称	設置 レベル	機器荷重 (kN)
フィルタ装置	EL.－12.8 m	2180

表 4-3　配管荷重

設置レベル	配管荷重(KN)
EL.－12.8 m～－8.6 m	14.0
EL.－8.6 m～－5.8 m	17.1
EL.－5.8 m～－1.1 m	99.9
EL.－1.1 m～　4.0 m	33.7

注　：配管荷重は壁に分布させて考慮する。

(3)　積雪荷重（S）

積雪荷重は，表 4-4 のとおり設定する。

表 4-4　積雪荷重

外力の状態	積雪荷重
地震時	210 N/m^2

(4)　土圧荷重（EK）

土圧荷重は，上載土荷重（E_U），常時土圧（E_0）及び地震時増分土圧（E_S）を設定する。

a.　上載土荷重（E_U）

上載土荷重は，格納槽部の上部の土の重量を考慮する。上載土荷重を表 4-5 に示す。

表 4-5　上載土荷重

荷重 (kN/m^2)	備考
19.4×t	t：上載土の厚さ（m）

b.　常時土圧（E_0）

常時土圧は，「ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版」に基づき図 4-2 の通り設定する。

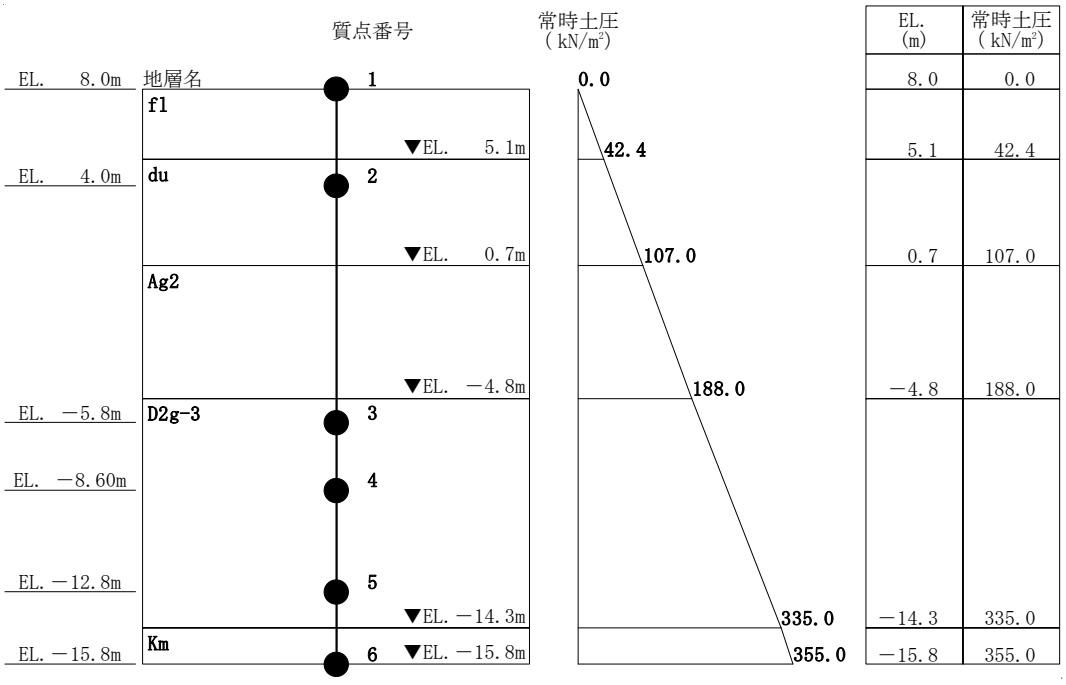
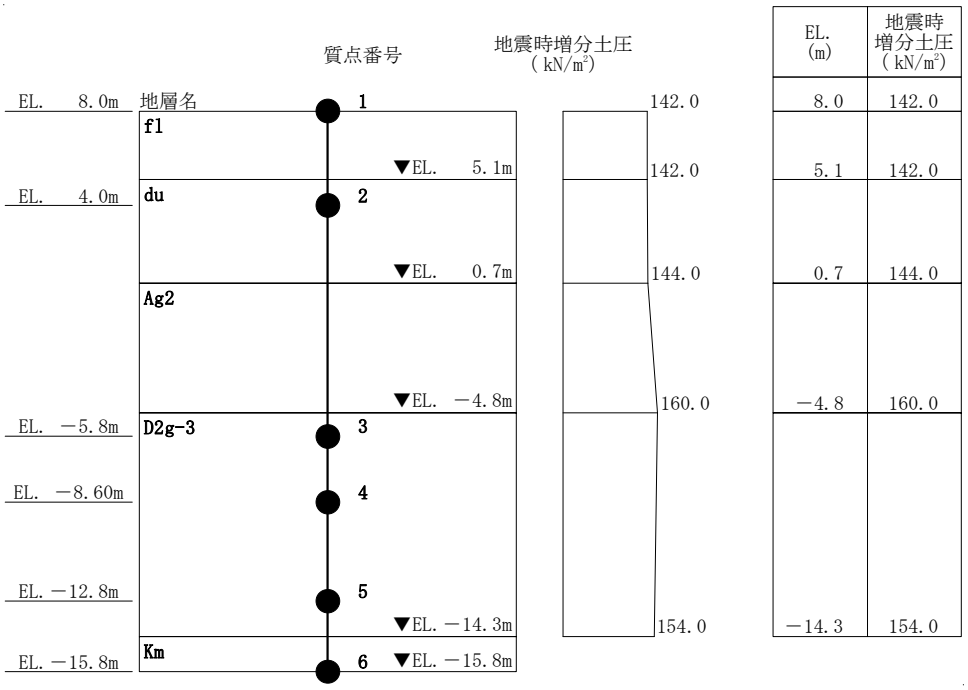


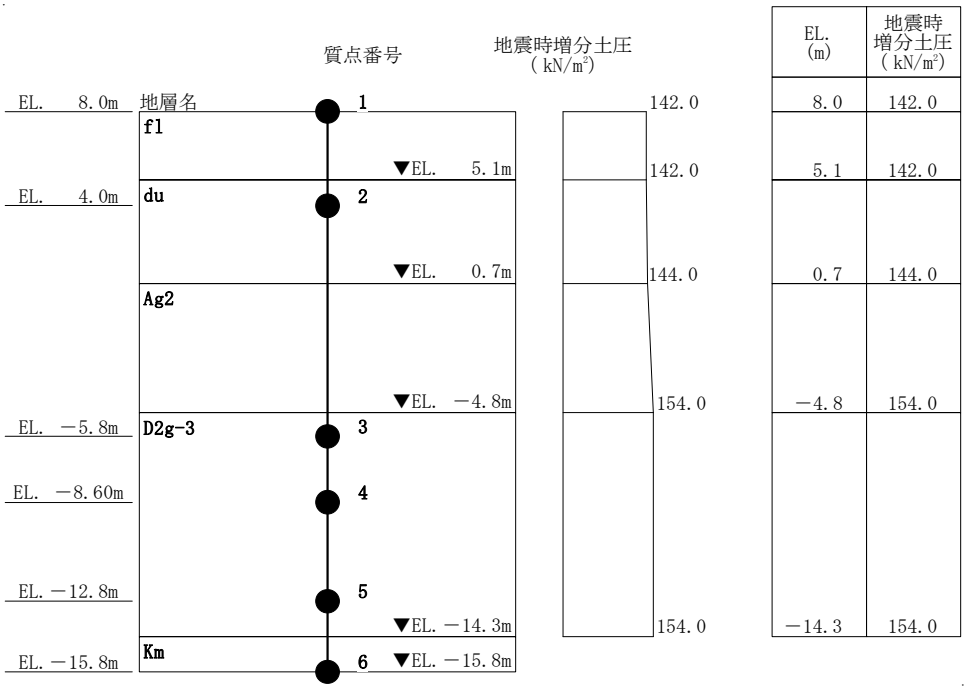
図 4-2　常時土圧

c. 地震時増分土圧（E_S）

地震時増分土圧は，修正物部・岡部式及び「ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版」に基づき求めた包絡値を用いる。また，「ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版」による地震時増分土圧荷重は，加力側及び支持側に対してそれぞれ算定されるが，評価においては両者の包絡値を加力側及び支持側両方に考慮する。地震時増分土圧による荷重分布を図 4-3 に示す。



(a) NS 方向



(b) EW 方向

図 4-3 地震時増分土圧

(5)　地震荷重（Ks）

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より設定する。

このとき，基準地震動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「Ⅴ-2-2-18　格納容器圧力逃がし装置格納槽の地震応答計算書」に基づく応答値の最大値より算定する。

また，フィルタ装置による地震荷重を別途考慮する。

Ｓ$_s$地震荷重の算定に用いる最大応答値及びフィルタ装置の地震荷重を表4-6～表4-9に示す。

表4-6　最大応答せん断力

(a)　NS方向

要素番号	最大応答せん断力（kN）							
	Ｓ$_s$－Ｄ１	Ｓ$_s$－１１	Ｓ$_s$－１２	Ｓ$_s$－１３	Ｓ$_s$－１４	Ｓ$_s$－２１	Ｓ$_s$－２２	Ｓ$_s$－３１
(1)	9700	2510	3220	3140	2090	8200	8300	10700
(2)	35600	10100	12400	12900	10500	31100	29800	39100
(3)	29500	9240	14200	12800	11200	26700	24800	32000
(4)	29900	11100	16800	15200	14000	27300	24600	29200
(5)	37000	14200	20600	19400	17600	34000	30000	35200

注　：ハッチング部は最大値を示す。

(b)　EW方向

要素番号	最大応答せん断力（kN）							
	Ｓ$_s$－Ｄ１	Ｓ$_s$－１１	Ｓ$_s$－１２	Ｓ$_s$－１３	Ｓ$_s$－１４	Ｓ$_s$－２１	Ｓ$_s$－２２	Ｓ$_s$－３１
(1)	11100	3020	2600	2810	2180	6340	8380	12500
(2)	43200	14500	15100	14300	11900	22200	31100	47800
(3)	27500	12100	13800	12600	11000	13300	20200	30600
(4)	25500	14800	15100	13700	12100	15200	20500	23500
(5)	34600	19700	19200	17500	15400	21100	27900	31000

注　：ハッチング部は最大値を示す。

表 4-7　最大応答曲げモーメント

(a)　NS 方向

要素番号	最大応答曲げモーメント（kN・m）							
	Ｓｓ－Ｄ１	Ｓｓ－１１	Ｓｓ－１２	Ｓｓ－１３	Ｓｓ－１４	Ｓｓ－２１	Ｓｓ－２２	Ｓｓ－３１
(1)	38900	10100	13000	12600	8360	32900	33300	42800
(2)	388000	102000	130000	131000	102000	320000	310000	421000
(3)	335000	79800	103000	107000	79500	246000	242000	368000
(4)	329000	75100	103000	108000	84800	232000	220000	355000
(5)	266000	60500	88700	89500	73900	198000	185000	286000

注：ハッチング部は最大値を示す。

(b)　EW 方向

要素番号	最大応答曲げモーメント（kN・m）							
	Ｓｓ－Ｄ１	Ｓｓ－１１	Ｓｓ－１２	Ｓｓ－１３	Ｓｓ－１４	Ｓｓ－２１	Ｓｓ－２２	Ｓｓ－３１
(1)	44400	12200	10500	11300	8740	25400	33600	50000
(2)	450000	136000	137000	134000	107000	223000	311000	491000
(3)	374000	99600	106000	98100	80900	158000	231000	413000
(4)	331000	90900	106000	96800	80800	122000	199000	364000
(5)	247000	74600	88400	80600	67000	92500	162000	269000

注　：ハッチング部は最大値を示す。

表 4-8　最大応答加速度（鉛直方向）

質点番号	最大応答加速度（cm/s²）							
	Ｓｓ－Ｄ１	Ｓｓ－１１	Ｓｓ－１２	Ｓｓ－１３	Ｓｓ－１４	Ｓｓ－２１	Ｓｓ－２２	Ｓｓ－３１
1	436	386	363	350	306	491	542	192
2	435	385	362	349	305	489	540	191
3	424	369	350	344	291	473	513	182
4	419	361	345	342	288	466	503	178
5	411	347	342	337	284	453	484	172

注　：ハッチング部は最大値を示す。

表 4-9　フィルタ装置の地震荷重

水平せん断力(kN)	転倒モーメント(kN･m)＊	鉛直震度
2900	13400	1.07

＊：EL.-12.5 m（フィルタ装置支持架台上部）での値とする。

4.2.2　荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-10 に示す。

表 4-10　荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
Ｓ$_s$地震時	G＋E＋S＋EK＋Ks

G　　：固定荷重
E　　：機器・配管荷重
S　　：積雪荷重
EK　：土圧荷重
Ks　：地震荷重

4.3 許容限界

応力解析による評価における格納槽の基礎スラブの許容限界は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持の方針に基づき，表 4-11 及び表 4-12 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 4-13 及び表 4-14 に示す。

表 4-11 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	地震力	部 位	機能維持のための考え方	許容限界
—	構造強度を有すること	基準地震動 S_s	基礎スラブ，耐震壁（地下外壁），上版	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	「ＲＣ－Ｎ規準」に基づく終局強度*2
支持機能*1	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S_s	基礎スラブ，耐震壁（地下外壁）	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	「ＲＣ－Ｎ規準」に基づく終局強度*2

注記 ＊1：「支持機能」の確認には，「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。

＊2：「ＲＣ－Ｎ規準」の短期許容応力度の鋼材の基準強度 F を「技術基準解説書」に基づき 1.1 倍（面外せん断力に対する評価時の鋼材の基準強度 F は 1.0 倍）した耐力とする。

表 4-12　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	地震力	部　位	機能維持のための考え方	許容限界
—	構造強度を有すること	基準地震動 S_s	基礎スラブ，耐震壁（地下外壁），上版	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	「ＲＣ－Ｎ規準」に基づく終局強度*2
支持機能*1	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S_s	基礎スラブ，耐震壁（地下外壁）	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	「ＲＣ－Ｎ規準」に基づく終局強度*2

注記　＊1：「支持機能」の確認には，「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。
＊2：「ＲＣ－Ｎ規準」の短期許容応力度の鋼材の基準強度 F を「技術基準解説書」に基づき 1.1 倍（面外せん断力に対する評価時の鋼材の基準強度 F は 1.0 倍）した耐力とする。

表 4-13　コンクリートの許容応力度

設計基準強度 Fc (N/mm^2)	短期	
	圧縮 (N/mm^2)	せん断 (N/mm^2)
30	20	1.18

表 4-14　鉄筋の許容応力度

SD345		SD390	
引張及び圧縮 (N/mm^2)	せん断補強 (N/mm^2)	引張及び圧縮 (N/mm^2)	せん断補強 (N/mm^2)
345	345	390	390

4.4　解析モデル及び諸元

4.4.1　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とする。応力解析における評価対象部位は基礎スラブ，耐震壁（地下外壁）及び上版であり，構造物の荷重伝達を考慮するために，応力解析モデルには格納槽の基礎スラブ，耐震壁及び上版を一体とした全体モデルを用いる。図 4-4 及び図 4-5 に解析モデルを示す。

解析には，解析コード「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ　Ver. 2016.1.1」を用いる。また，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「Ⅴ-5-1　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」に示す。

(2)　使用要素

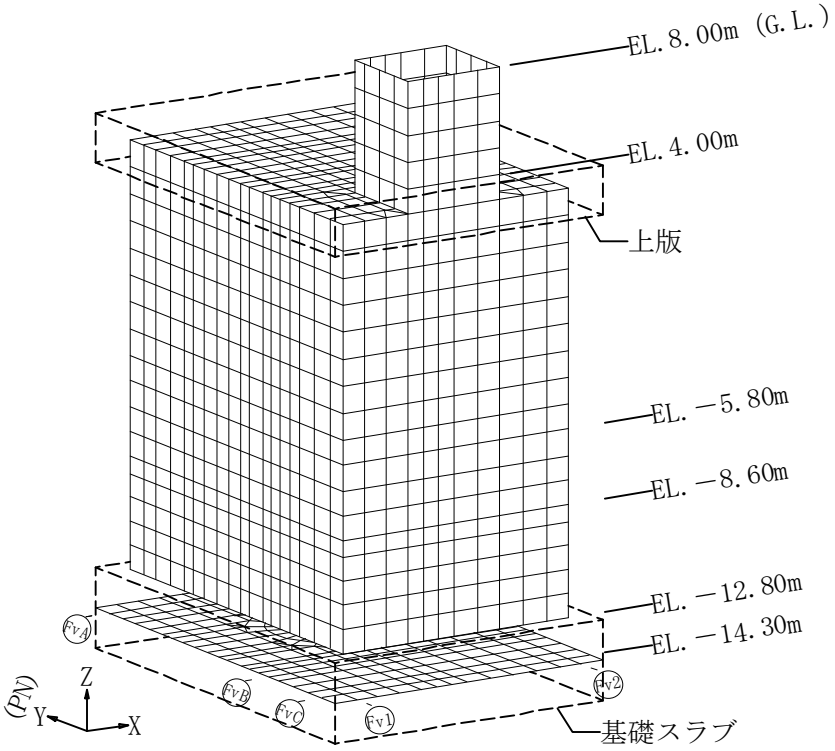
解析モデルに使用するＦＥＭ要素は基礎スラブ，耐震壁及び上版をシェル要素として剛性を考慮する。解析モデルの節点数は 1832,要素数は 1825 である。

(3)　境界条件

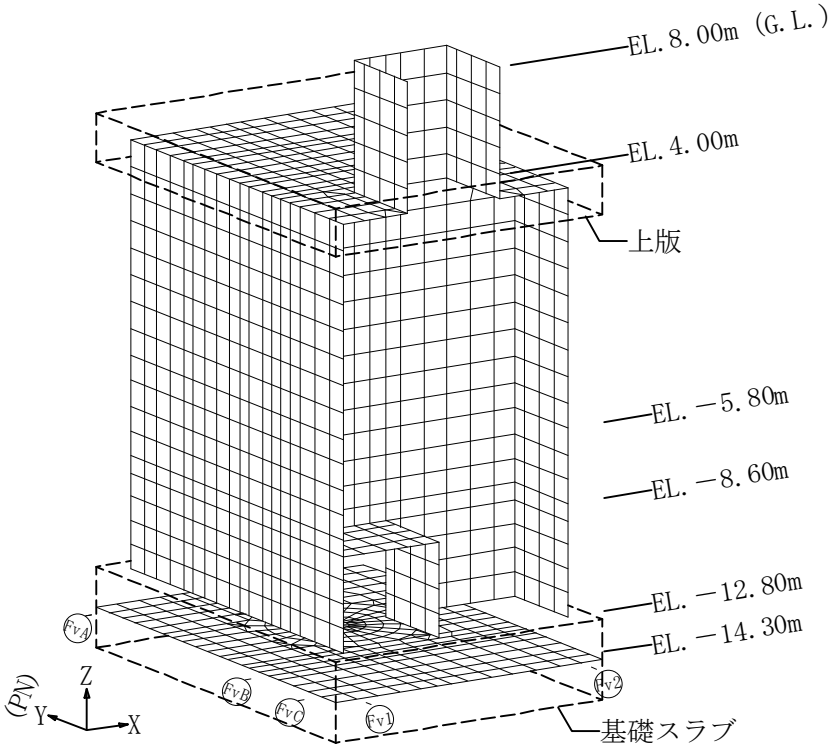
地震応答解析モデルより算定した地盤ばねを離散化して，水平方向及び鉛直方向のばねを基礎底面に設ける。3 次元ＦＥＭモデルの水平方向ばねについてはスウェイばねを，鉛直方向のばねについてはロッキングばねを基に設定を行う。また，水平方向及び鉛直方向の地盤ばねについて，基礎浮き上がりによって基礎と地盤の界面に引張力が作用する部分は，応力を伝達しないものとする。

4.4.2　解析諸元

使用材料であるコンクリートの物性値を表 4－15 に示す。



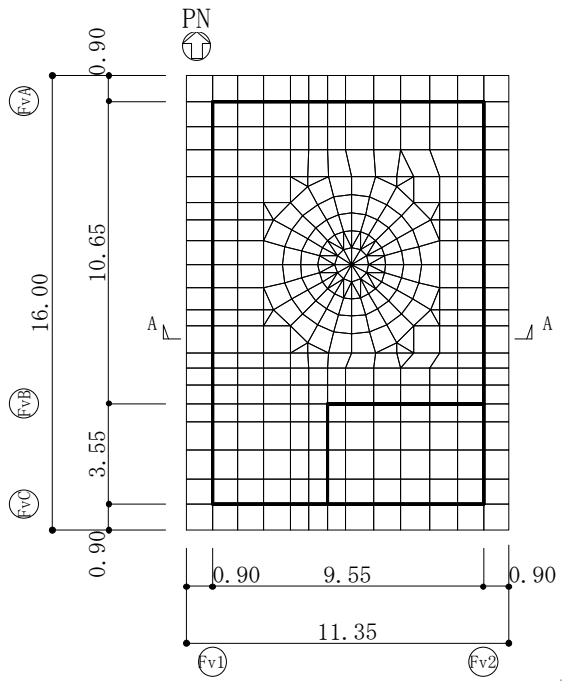
(a) 全体図



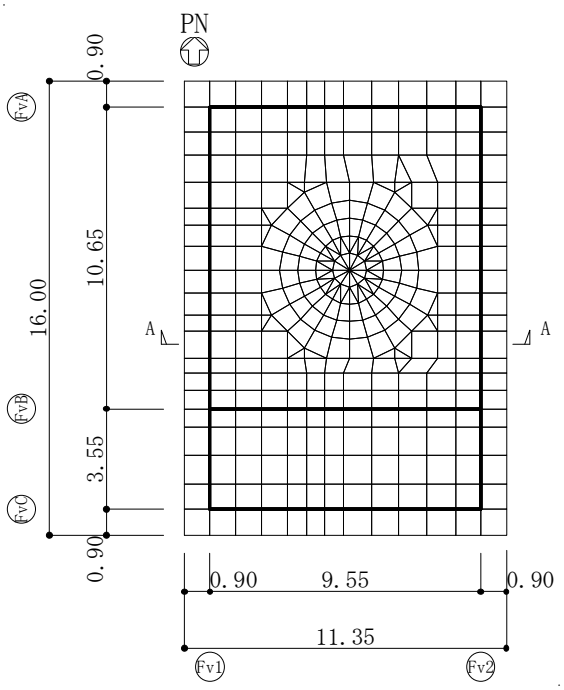
(b) FvC 通りの壁を除去

注 : Y 方向を PN とする。

図 4-4 解析モデル（格納槽モデル鳥瞰図）

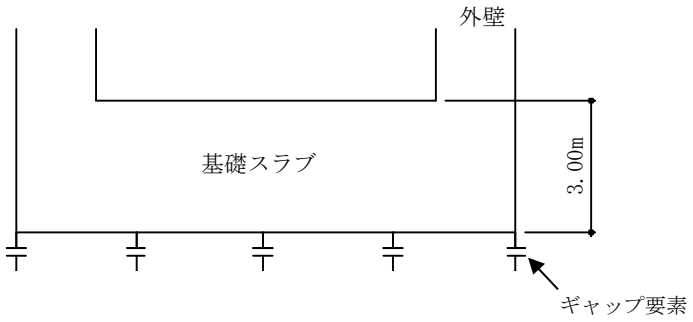


(a)EL. －12.80m 位置



注　：太線は，耐震壁の位置を示す。

(b)EL. －8.60m 位置



注　：ギャップ要素は，基礎スラブのすべての節点に設ける。

(c)　A－A 断面図

図 4-5　解析モデル（基礎スラブ）

表 4-15　コンクリートの物性値

コンクリートの 設計基準強度 Fc (N/mm^2)	ヤング係数 E (N/mm^2)	ポアソン比 ν
30.0	2.44×10^4	0.2

4.5　評価方法

4.5.1　応力解析方法

格納槽の基礎スラブ,耐震壁（地下外壁）及び上版について，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

Ｓｓ荷重時の応力は，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
E　　：機器・配管荷重
S　　：積雪荷重
E_U　　：上載土荷重
E_0　　：常時土圧
E_{SEW}　　：Ｓｓ地震時増分土圧荷重（EW方向）
E_{SNS}　　：Ｓｓ地震時増分土圧荷重（NS方向）
K_{SWE}　　：W→E方向　Ｓｓ地震荷重
K_{SSN}　　：S→N方向　Ｓｓ地震荷重
K_{SDU}　　：鉛直方向　Ｓｓ地震荷重

(2)　荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表4-16に示す。

水平地震力と鉛直地震力の組合せは,「原子力発電所耐震設計技術規程ＪＥＡＣ４６０１－2008（(社) 日本電気協会，2008年)」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 4-16　荷重の組合せケース

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S_s地震時	1－1	$G+E+S+E_U+E_0+1.0E_{SEW}+1.0K_{SWE}-0.4K_{SDU}$
	1－2	$G+E+S+E_U+E_0+1.0E_{SEW}+1.0K_{SWE}+0.4K_{SDU}$
	1－3	$G+E+S+E_U+E_0+1.0E_{SEW}-1.0K_{SWE}-0.4K_{SDU}$
	1－4	$G+E+S+E_U+E_0+1.0E_{SEW}-1.0K_{SWE}+0.4K_{SDU}$
	1－5	$G+E+S+E_U+E_0+1.0E_{SNS}+1.0K_{SSN}-0.4K_{SDU}$
	1－6	$G+E+S+E_U+E_0+1.0E_{SNS}+1.0K_{SSN}+0.4K_{SDU}$
	1－7	$G+E+S+E_U+E_0+1.0E_{SNS}-1.0K_{SSN}-0.4K_{SDU}$
	1－8	$G+E+S+E_U+E_0+1.0E_{SNS}-1.0K_{SSN}+0.4K_{SDU}$
	1－9	$G+E+S+E_U+E_0+0.4E_{SEW}+0.4K_{SWE}-1.0K_{SDU}$
	1－10	$G+E+S+E_U+E_0+0.4E_{SEW}+0.4K_{SWE}+1.0K_{SDU}$
	1－11	$G+E+S+E_U+E_0+0.4E_{SEW}-0.4K_{SWE}-1.0K_{SDU}$
	1－12	$G+E+S+E_U+E_0+0.4E_{SEW}-0.4K_{SWE}+1.0K_{SDU}$
	1－13	$G+E+S+E_U+E_0+0.4E_{SNS}+0.4K_{SSN}-1.0K_{SDU}$
	1－14	$G+E+S+E_U+E_0+0.4E_{SNS}+0.4K_{SSN}+1.0K_{SDU}$
	1－15	$G+E+S+E_U+E_0+0.4E_{SNS}-0.4K_{SSN}-1.0K_{SDU}$
	1－16	$G+E+S+E_U+E_0+0.4E_{SNS}-0.4K_{SSN}+1.0K_{SDU}$

(3)　荷重の入力方法

a.　固定荷重，機器・配管荷重及び積雪荷重

固定荷重は，3 次元ＦＥＭモデルの各要素に，材料の単位体積重量に基づく重量を与える。また，積雪荷重及び機器・配管荷重は，荷重の作用する箇所に分布荷重または節点の支配面積に応じた節点力として入力する。

b.　土圧荷重

土圧荷重は，上載土荷重，常時土圧及び地震時増分土圧を設定する。上載土荷重を上版に対する一様な分布荷重として入力し，常時土圧及び地震時増分土圧を，外壁の深さレベルに応じた分布荷重として入力する。

c.　地震荷重

水平地震力は，「4.2.1　(5)地震荷重(Ks)」に基づく耐震壁のせん断力及び曲げモーメントと，フィルタ装置からのせん断力及び曲げモーメントを考慮する。せん断力をモデル上の各節点における支配面積に応じた水平力として入力し，曲げモーメントをモデル上の各節点における支配面積に応じた鉛直力として入力する。

鉛直地震力は，モデルの重量にかかる鉛直震度として入力する。

また，基礎スラブ内に作用する荷重については，地震時の耐震壁からの入力荷重と基礎スラブ底面に発生する荷重の差をＦＥＭモデルの各要素の大きさに応じて分配し，水平力及び鉛直力として入力する。

4.5.2　断面の評価方法

(1)　基礎スラブの断面の評価方法

基礎スラブの断面の評価に用いる応力は，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断面力（軸力，曲げモーメント，面内せん断力及び面外せん断力）とする。

軸力，曲げモーメント及び面内せん断力については，必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認する。必要鉄筋量（A）は，「ＲＣ－Ｎ規準」に基づき，各要素の縦方向と横方向の軸力と曲げモーメントに対して必要となる片側鉄筋量（At）を柱の許容応力度設計式を用いて算定し，これと面内せん断力に対して必要となる全鉄筋量（As）より，下式によって算定する。なお，軸力及び曲げモーメントに対する必要鉄筋量は，「技術基準解説書」に基づき，鉄筋の引張強度を 1.1 倍として算定する。

$$A = At + As/2$$

面外せん断力については，「ＲＣ－Ｎ規準」に基づいて求めた短期許容せん断応力度を超えないことを確認する。

(2)　耐震壁（地下外壁）の断面の評価方法

耐震壁（地下外壁）の断面の評価に用いる応力は，ＦＥＭモデルを用いた応力解析により得られた断面力（軸力，曲げモーメント，面内せん断力及び面外せん断力）とする。

軸力，曲げモーメント及び面内せん断力については，必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認する。必要鉄筋量（A）は，「ＲＣ－Ｎ規準」に基づき，各要素の縦方向と横方向の軸力と曲げモーメントに対して必要となる片側鉄筋量（At）を柱の許容応力度設計式を用いて算定し，これと面内せん断力に対して必要となる全鉄筋量（As）より，下式によって算定する。なお，軸力及び曲げモーメントに対する必要鉄筋量は，「技術基準解説書」に基づき，鉄筋の引張強度を 1.1 倍として算定する。

$$A = At + As/2$$

面外せん断力については，「ＲＣ－Ｎ規準」に基づいて求めた短期許容せん断応力度を超えないことを確認する。

(3)　上版の断面の評価方法

上版の断面の評価に用いる応力は，ＦＥＭモデルを用いた応力解析により得られた各断面力（曲げモーメント，面内せん断力及び面外せん断力）を用いることとする。

曲げモーメント及び面内せん断力については，必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認する。必要鉄筋量（A）は，「ＲＣ－Ｎ規準」に基づき，各要素の縦方向と横方向の曲げモーメントに対して必要となる片側鉄筋量(At)を梁の許容応力度設計式を用いて算定し，これと面内せん断力に対して必要となる全鉄筋量（As）より，下式によって算定する。なお，曲げモーメントに対する必要鉄筋量は，「技術基準解説書」に基づき，鉄筋の引張強度を 1.1 倍として算定する。

$$A = At + As/2$$

面外せん断力については，「ＲＣ－Ｎ規準」に基づいて求めた短期許容応力度を超えないことを確認する。

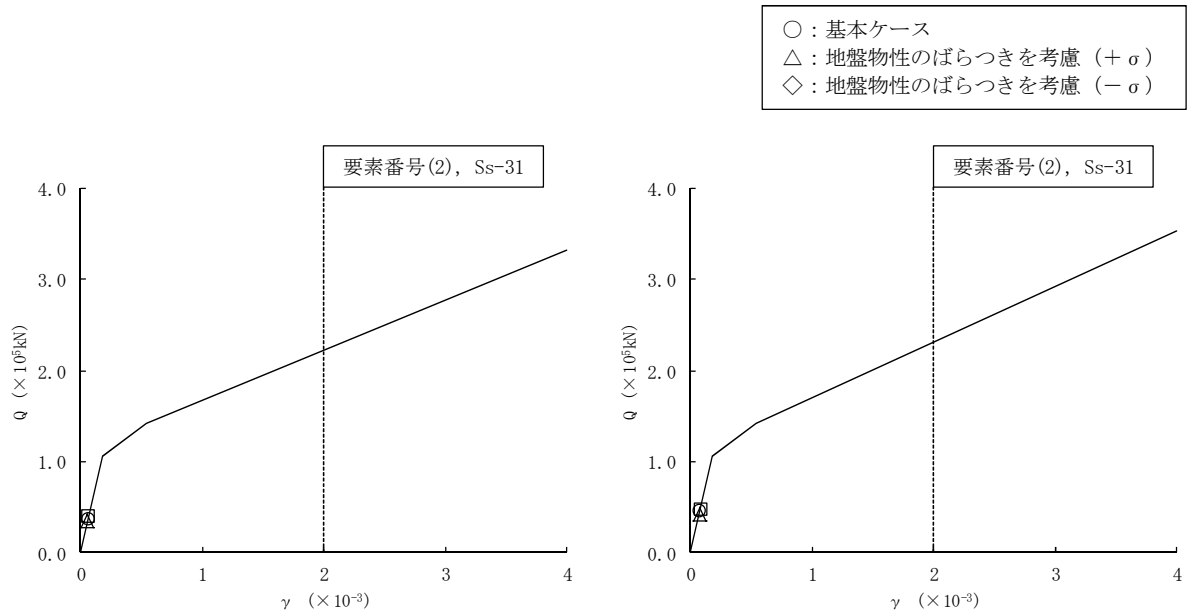
5. 評価結果

5.1 地震応答解析による評価結果

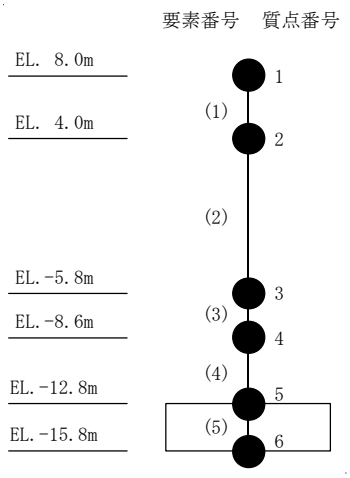
5.1.1 せん断ひずみの評価結果

耐震壁について，S_s地震時の各層の最大せん断ひずみが許容限界（2.0×10^{-3}）を超えないことを確認する。

材料物性のばらつきを考慮した最大せん断ひずみは0.086×10^{-3}（要素番号(2)，地盤－σ相当，EW 方向，S_s－３１）であり，弾性状態にとどまることを確認した。材料物性のばらつきを考慮した各方向のQ－γ関係と最大応答値を図 5-1 に示す。



(a) NS 方向　　(b) EW 方向



注１　：数字は質点番号を示す。

注２　：（ ）内は要素番号を示す。

図 5-1　Q－γ 関係と最大応答値

5.1.2　接地圧の評価結果

地震時の最大接地圧の評価結果を以下に示す。

材料物性のばらつきを考慮した地震時の最大接地圧が 960 kN/m^2（Ｓ$_s$－３１，地盤－σ相当，EW 方向）以下であることから，地盤の極限支持力度（2450 kN/m^2）を越えないことを確認した。

最大接地圧を表 5-1～表 5-3 に示す。

表 5-1　最大接地圧（基本モデル）

方向	最大接地圧（kN/m^2）								
	Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31	MAX
NS 方向	824	530	535	538	490	741	709	872	872
EW 方向	862	545	550	533	494	594	727	914	914

表 5-2　最大接地圧（地盤物性＋σ考慮モデル）

方向	最大接地圧（kN/m^2）				
	Ss-D1	Ss-21	Ss-22	Ss-31	MAX
NS 方向	791	753	732	830	830
EW 方向	823	601	720	866	866

表 5-3　最大接地圧（地盤物性－σ考慮モデル）

方向	最大接地圧（kN/m^2）				
	Ss-D1	Ss-21	Ss-22	Ss-31	MAX
NS 方向	913	718	726	936	936
EW 方向	941	576	710	960	960

5.2 応力解析による評価結果

5.2.1 基礎スラブの評価結果

「4.5.2 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，格納槽の基礎スラブの配筋一覧を表 5-4 に，せん断補強筋の設定範囲を図 5-2 に示す。

断面の評価結果を記載する要素を，以下の通り選定する。

軸力，曲げモーメント及び面内せん断力に対する評価については，必要鉄筋量が最大となる要素を選定し，面外せん断力に対する評価については，せん断力が最大となる要素を選定する。選定した要素の位置を図 5-3 に，評価結果を表 5-5 に示す。

S_s地震時において，軸力，曲げモーメント及び面内せん断力に対する必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認した。また，面外せん断力が短期許容せん断力を超えないことを確認した。

表 5-4 基礎スラブの配筋一覧

スラブ厚(m)	方向	位置	設計配筋
3.0	NS	上端	2-D38@200
		下端	2-D38@200
	EW	上端	2-D38@200
		下端	2-D38@200

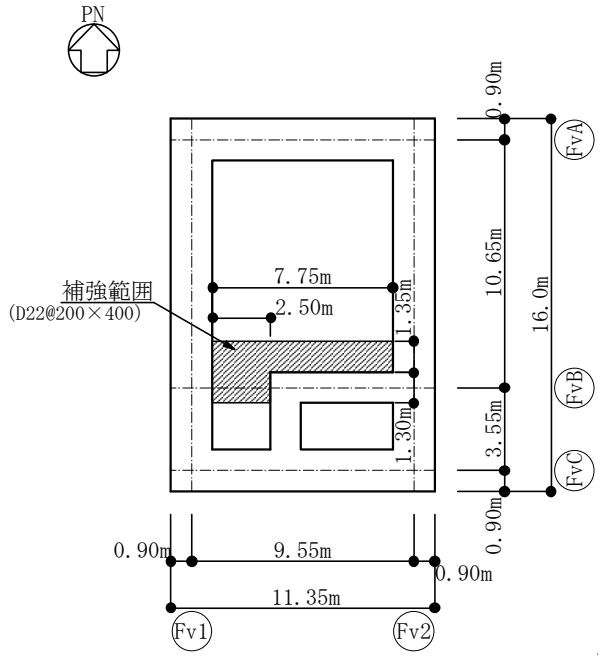


図 5-2 せん断補強筋の設定範囲（基礎スラブ）

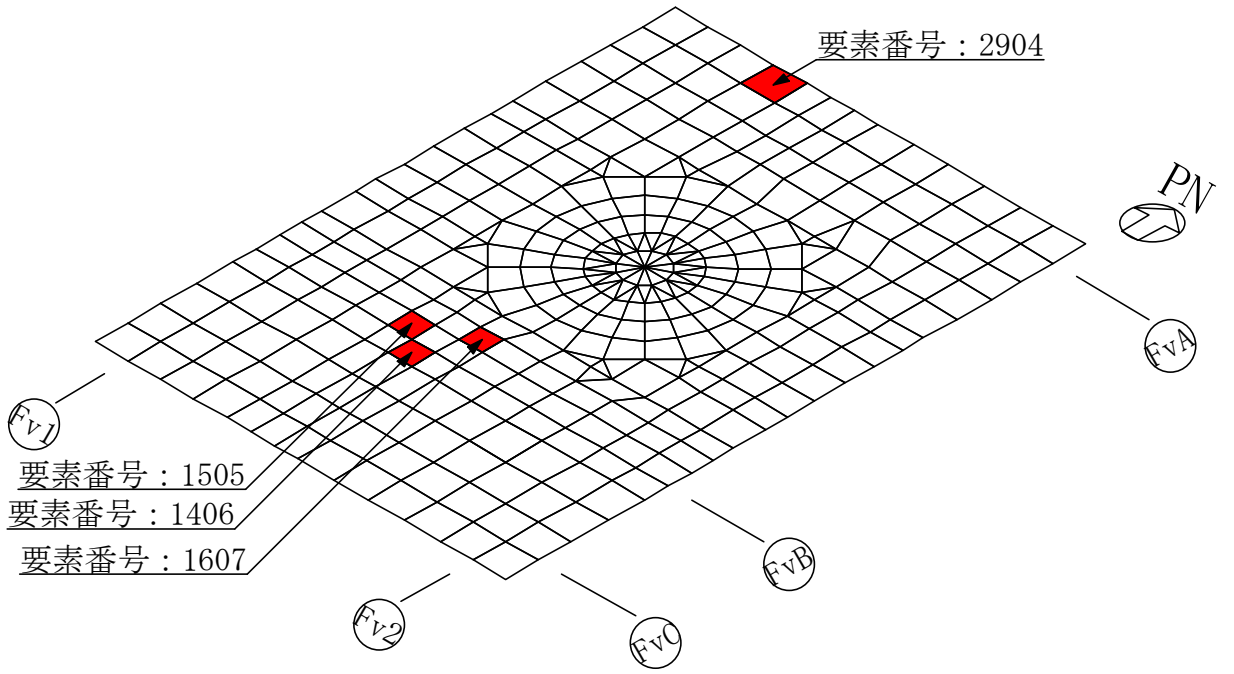


図 5-3　選定した要素の位置（基礎スラブ）

表 5-5　評価結果（基礎スラブ）

		評価項目	要素番号	荷重の組合せケース	解析結果	許容値	備考
軸力＋曲げモーメント＋面内せん断力	NS方向	必要鉄筋量/配筋量	1406	1－4	0.180	1.00	引張鉄筋
	EW方向	必要鉄筋量/配筋量	2904	1－4	0.157	1.00	引張鉄筋
面外せん断力	NS方向	面外せん断応力度 (N/mm^2)	1607	1－5	0.992	2.84	せん断補強筋
	EW方向	面外せん断応力度 (N/mm^2)	1505	1－3	0.687	2.84	せん断補強筋

5.2.2　耐震壁（地下外壁）

「4.5.2　断面の評価方法」に基づいた評価結果を以下に示す。また，耐震壁（地下外壁）の配筋一覧を表 5-6 に，せん断補強筋の設定範囲を図 5-4 に示す。

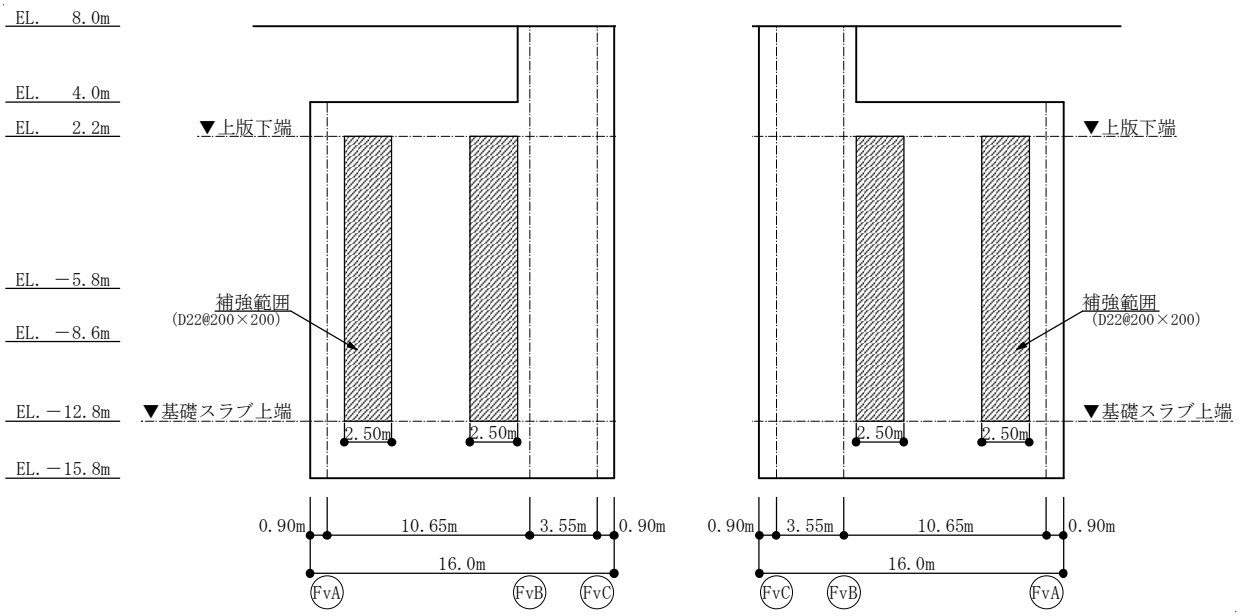
断面の評価結果を記載する要素を，以下の通り選定する。

軸力，曲げモーメント及び面内せん断力に対する評価については，必要鉄筋量が最大となる要素を選定し，面外せん断力に対する評価については，せん断力が最大となる要素を選定する。選定した要素の位置を図 5-5 に，評価結果を表 5-7 に示す。

S_s 地震時において，軸力，曲げモーメント及び面内せん断力に対する必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認した。また，面外せん断力が短期許容せん断力を超えないことを確認した。

表 5-6　耐震壁（地下外壁）の配筋一覧

領域	標高 EL.（m）	断面厚（m）	方向	内側	外側
耐震壁 （地下外壁）	-12.8～4.0	1.8	縦筋	2-D38@200	2-D38@200
			横筋	2-D38@200	2-D38@200
	4.0～8.0	1.3	縦筋	2-D38@200	2-D38@200
			横筋	2-D38@200	2-D38@200
		1.8	縦筋	2-D38@200	2-D38@200
			横筋	2-D38@200	2-D38@200



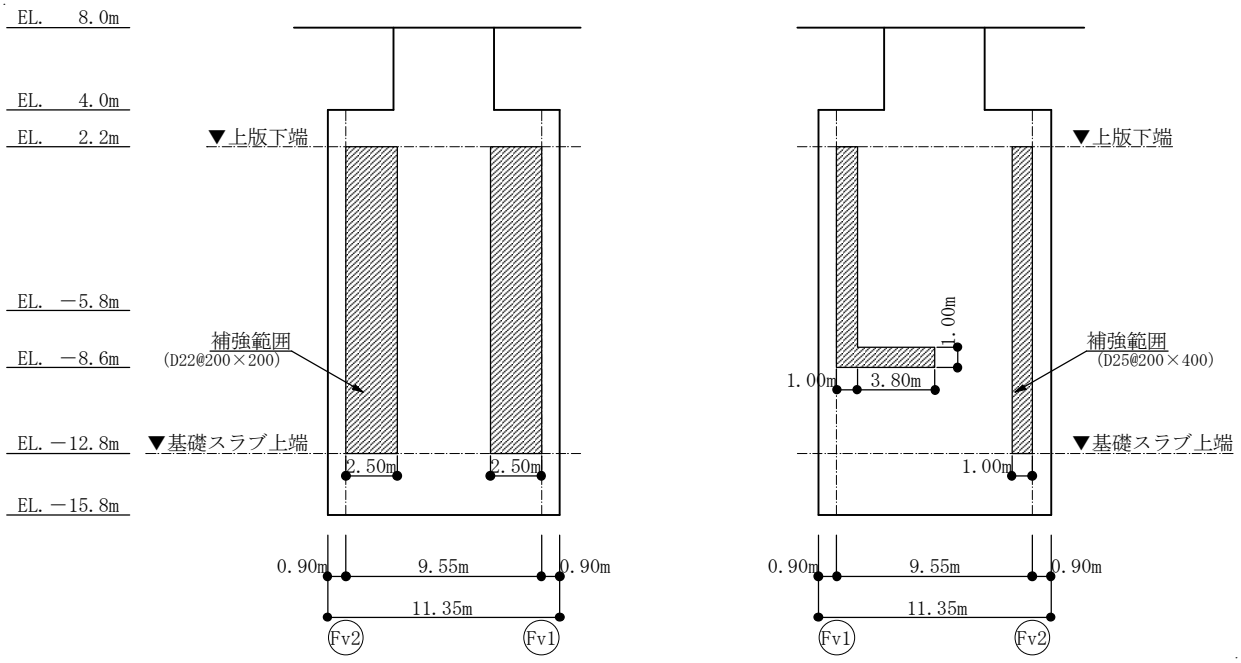
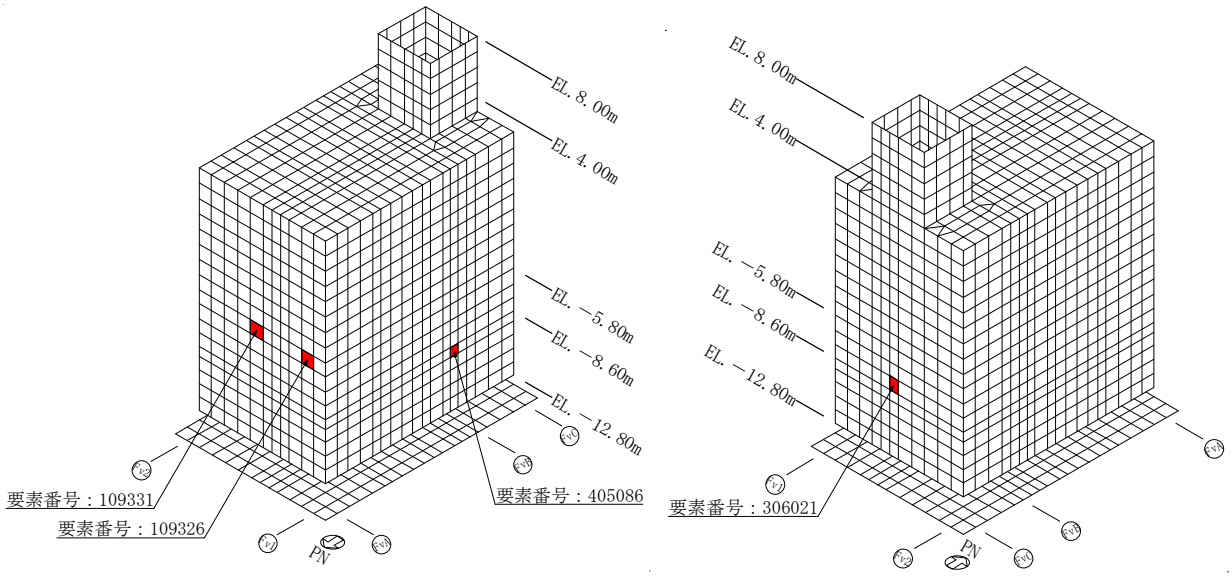


図 5-4 せん断補強筋の設定範囲（耐震壁(地下外壁)）



(a) 北西側　　(b) 南東側

図 5-5 選定した要素の位置（耐震壁（地下外壁））

表 5-7 評価結果（耐震壁（地下外壁））

		評価項目	要素番号	荷重の組合せケース	解析結果	許容値	備考
軸力＋曲げモーメント＋面内せん断力	水平方向	必要鉄筋量/配筋量	109331	1－1	0.324	1.00	引張鉄筋
	鉛直方向	必要鉄筋量/配筋量	109326	1－2	0.557	1.00	引張鉄筋
面外せん断力	水平方向	面外せん断応力度 (N/mm^2)	405086	1－4	1.230	3.68	せん断補強筋
	鉛直方向	面外せん断応力度 (N/mm^2)	306021	1－5	0.749	3.10	せん断補強筋

5.2.3 上版

「4.5.2 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，格納槽の上版の配筋一覧を表 5-8 に，せん断補強筋の設定範囲を図 5-6 に示す。

断面の評価結果を記載する要素を，以下の通り選定する。

曲げモーメント及び面内せん断力に対する評価については，必要鉄筋量が最大となる要素を選定し，面外せん断力に対する評価については，せん断力が最大となる要素を選定する。選定した要素の位置を図 5-7 に，評価結果を表 5-9 に示す。

S_s 地震時において，曲げモーメント及び面内せん断力に対する必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認した。また，面外せん断力が短期許容せん断力を超えないことを確認した。

表 5-8 上版の配筋一覧

断面厚(m)	方向	位置	設計配筋
1.8	NS	上端	2-D35@200
		下端	2-D35@200
	EW	上端	2-D35@200
		下端	2-D35@200

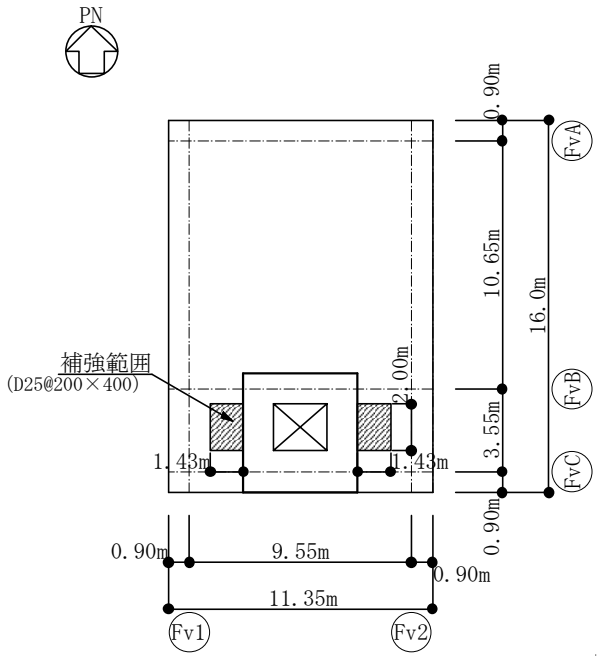


図 5-6 せん断補強筋の設定範囲（上版）

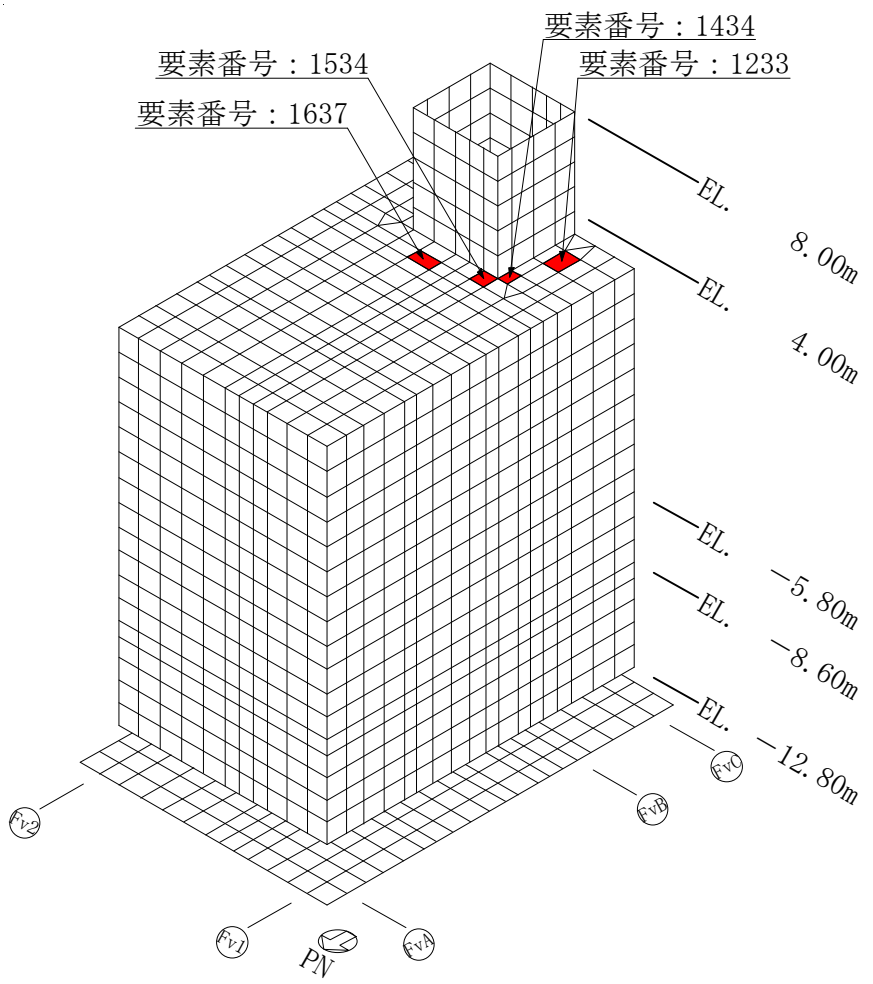


図 5-7　選定した要素の位置（上版）

表 5-9　評価結果（上版）

		評価項目	要素番号	荷重の組合せケース	解析結果	許容値	備考
曲げモーメント＋面内せん断力	NS方向	必要鉄筋量/配筋量	1534	1－7	0.331	1.00	引張鉄筋
	EW方向	必要鉄筋量/配筋量	1434	1－2	0.372	1.00	引張鉄筋
面外せん断力	NS方向	面外せん断応力度 (N/mm^2)	1637	1－7	0.555	1.18	コンクリート
	EW方向	面外せん断応力度 (N/mm^2)	1233	1－2	1.220	3.10	せん断補強筋

Ⅴ-2-2-20　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答計算書

目次

1. 概要……1
2. 基本方針……2
2.1 位置……2
2.2 構造概要……3
2.3 解析方針……5
2.4 適用基準……6
3. 解析方法……7
3.1 評価対象断面……7
3.2 解析方法……9
3.3 荷重及び荷重の組合せ……11
3.4 入力地震動……13
3.5 解析モデル及び諸元……30
4. 解析結果……36

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」に基づき実施する格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答解析について説明するものである。

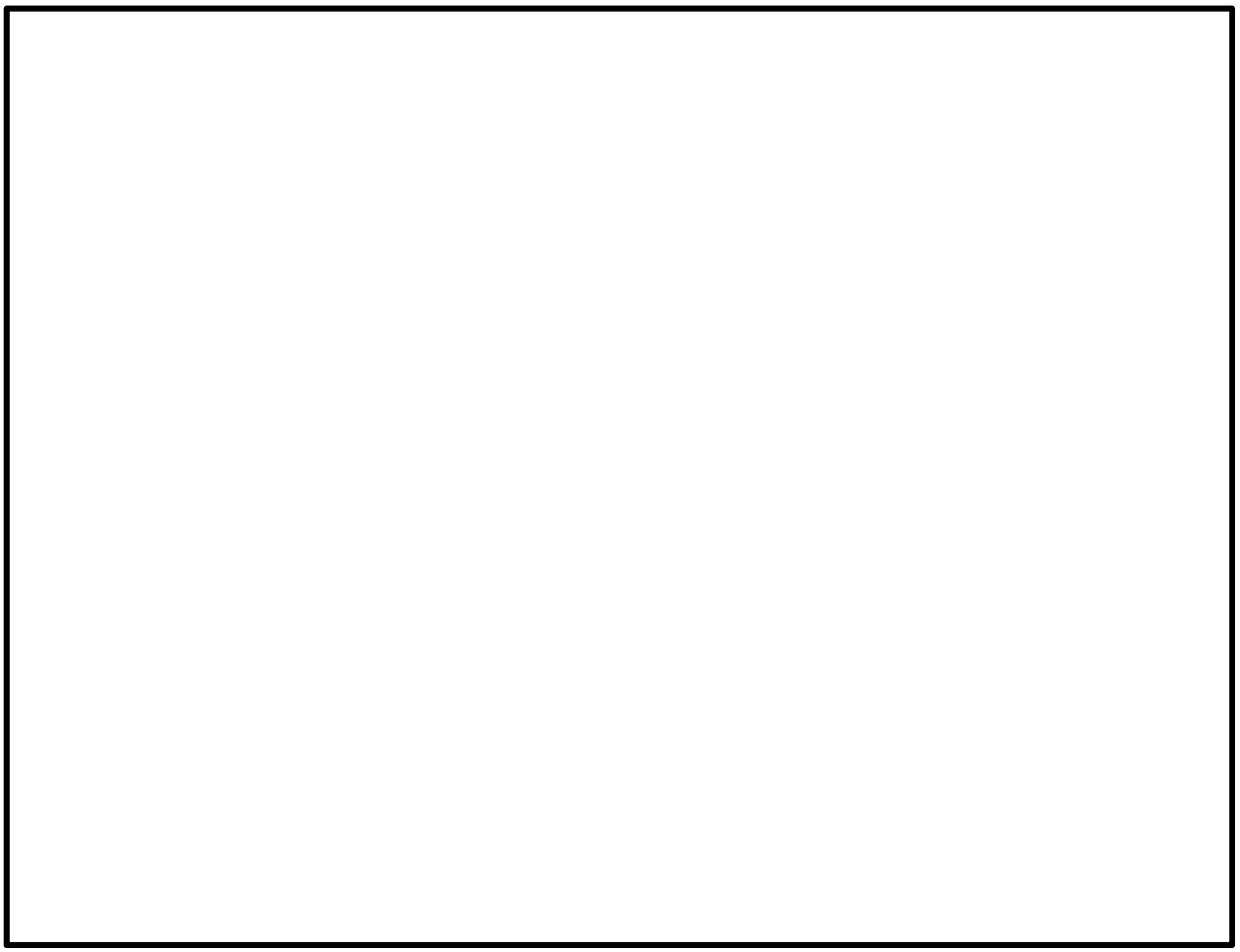
本地震応答解析は，機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。

また，格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートが耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値の抽出を行う。その際，耐震設計に用いる応答値はこの地震応答解析による断面力及び基礎地盤に生じる接地圧とする。

2.　基本方針

2.1　位置

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの平面配置図を第 2-1 図に示す。

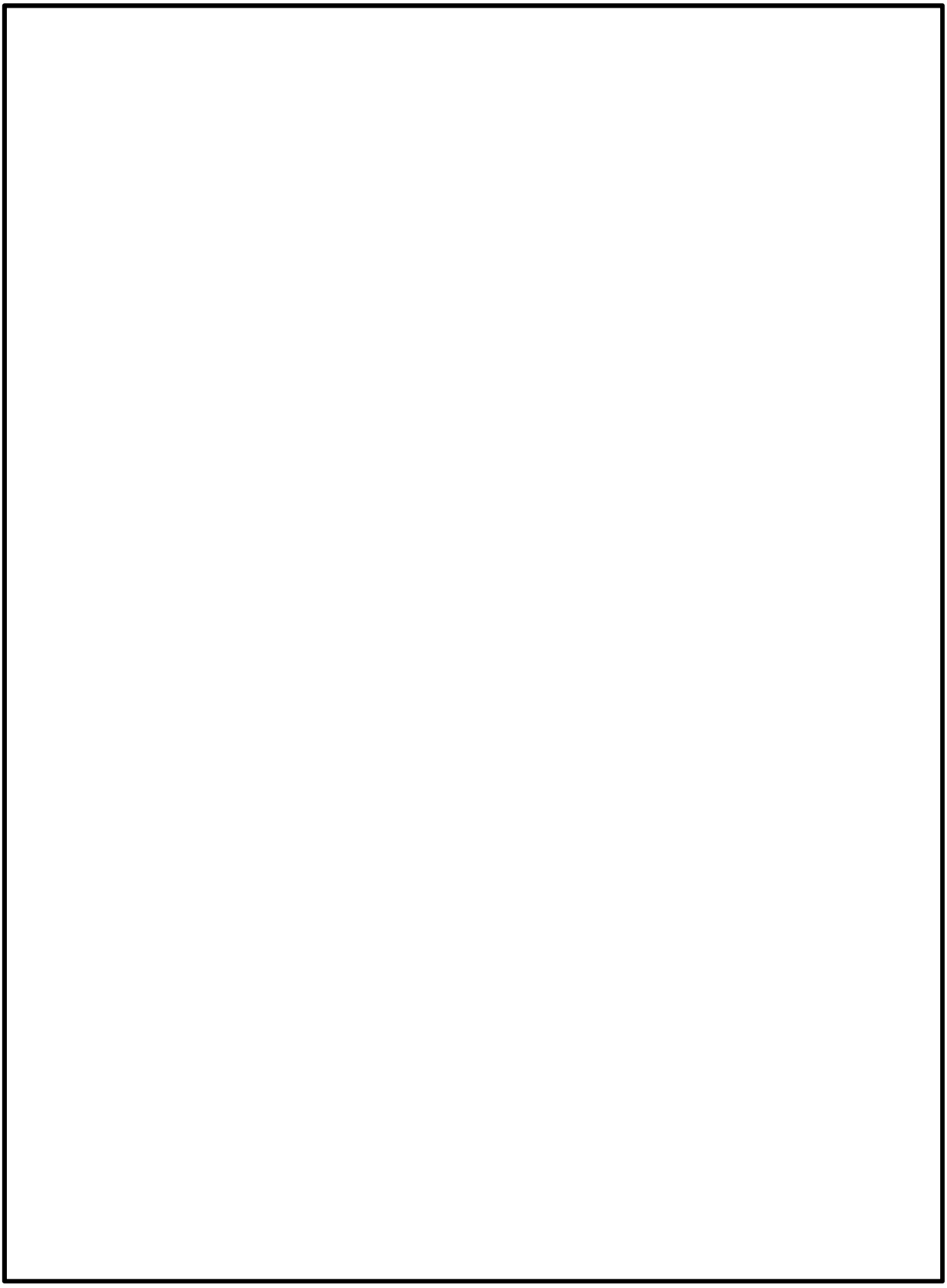


第 2-1 図　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート　平面配置図

2.2 構造概要

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは，格納容器圧力逃がし装置用配管を間接支持する鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，内空寸法で延長約 37 m，幅約 3 m～9 m（東西方向），高さ約 8 m である。また，人工岩盤を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの構造図を第 2-2 図に示す。



第 2-2 図　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの構造図

2.3　解析方針

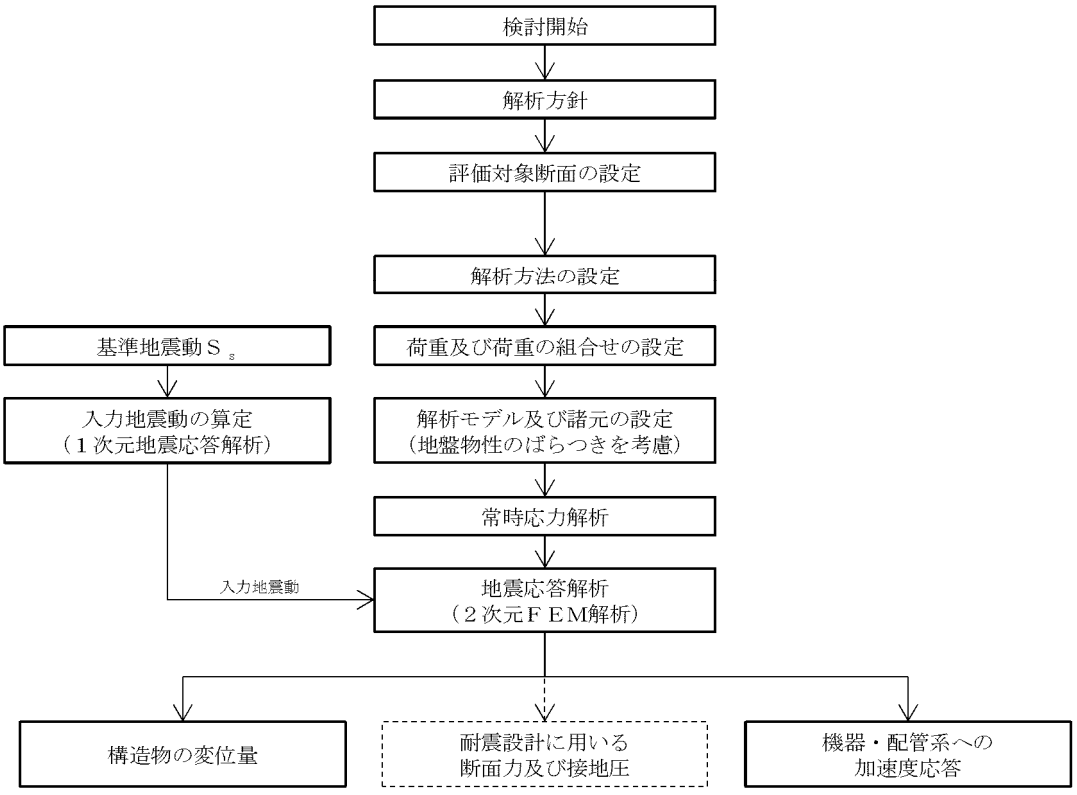
格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは，添付書類「Ⅴ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」に基づき，基準地震動Ｓｓに対して解析を実施する。

第 2-3 図に格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は，「2.　基本方針」に基づき，「3.1　評価対象断面」にて設定する断面において，「3.2　解析方法」に示す水平地震動と鉛直地震動の同時加振による時刻歴非線形解析にて行う。

時刻歴非線形解析は，「3.3　荷重及び荷重の組合せ」及び「3.5　解析モデル及び諸元」に示す条件を基に，「3.4　入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施する。

地震応答解析による応答加速度は，機器・配管系の設計用床応答曲線の作成に用い，断面力及び接地圧は，格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震評価に用いる。



第 2-3 図　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバー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。

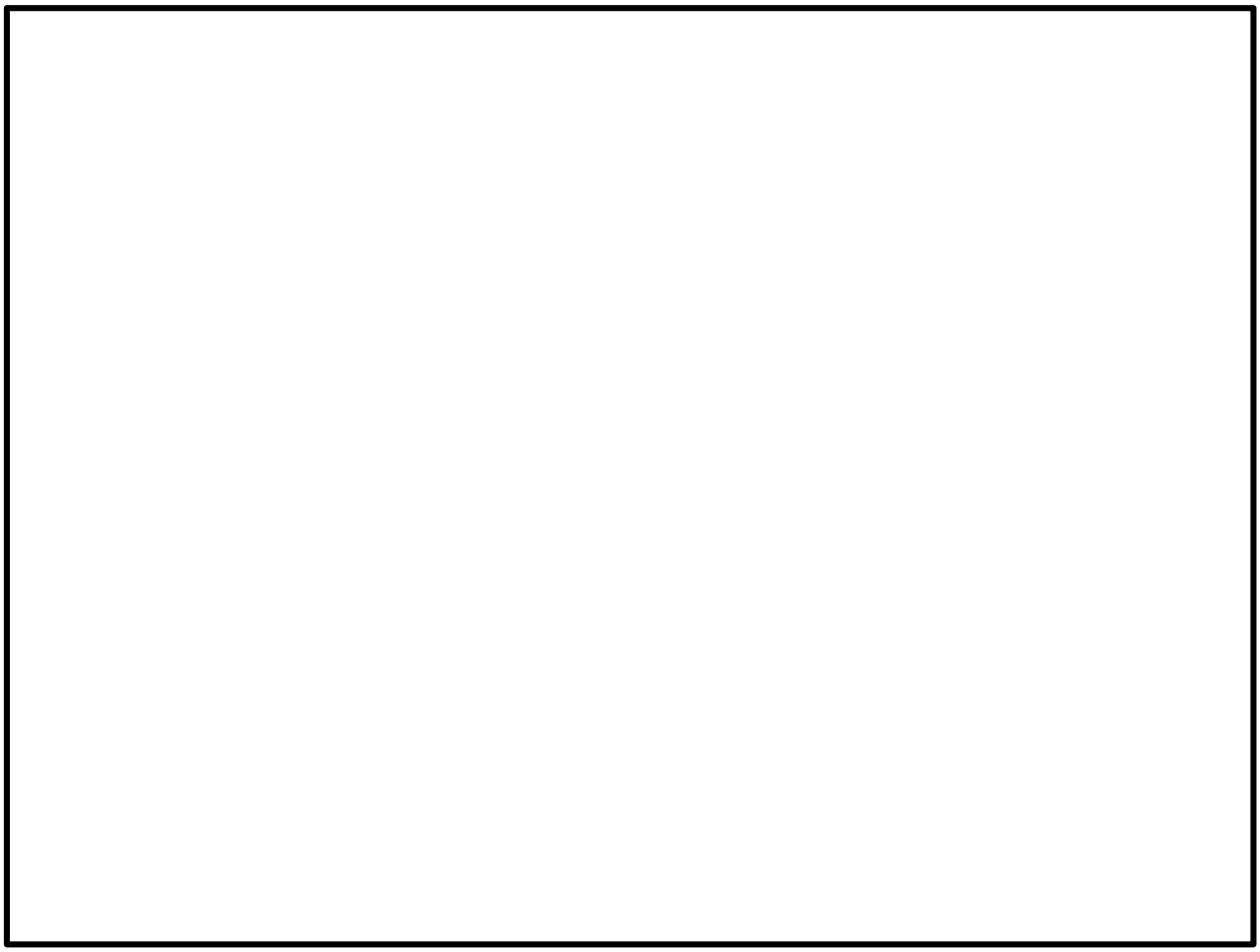
- コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（（社）土木学会，2002年制定）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（（社）日本電気協会）
- 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）
- 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）

3. 解析方法

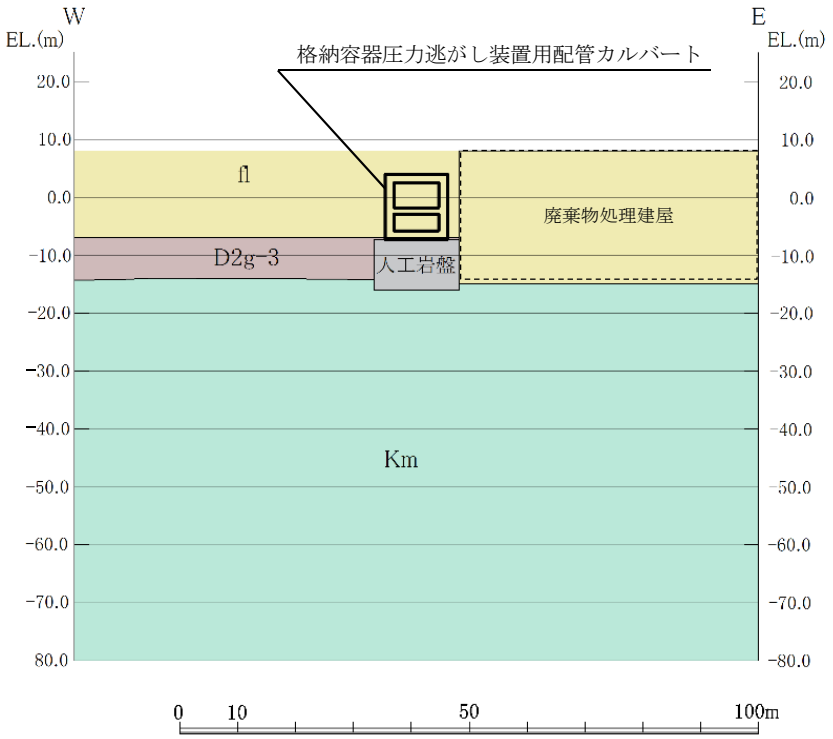
3.1 評価対象断面

評価対象断面は，格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの構造上の特徴等を踏まえて，設定した。評価対象断面位置を第 3-1 図に，評価対象断面を第 3-2 図に示す。

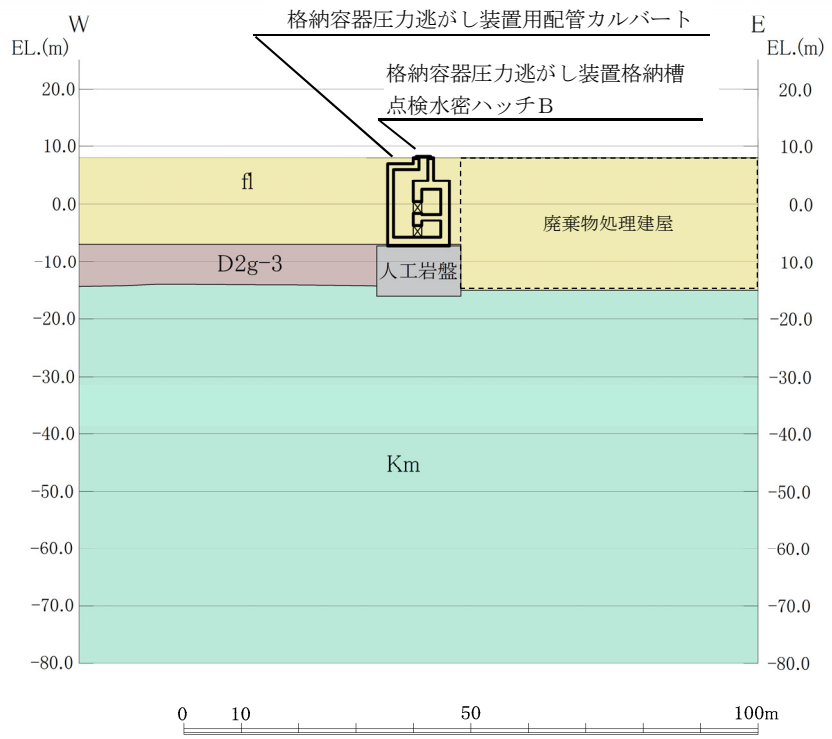
格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートのほぼ中央で一般部としては最もスパンが広いＡ－Ａ断面及び格納容器圧力逃がし装置格納槽点検水密ハッチＢを含むＤ－Ｄ断面を代表断面として選定した。



第 3-1 図　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの評価対象断面位置図



第 3-2 図（1）　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの断面図（Ａ－Ａ断面）



第 3-2 図（2）　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの断面図（Ｄ－Ｄ断面）

3.2 解析方法

地震応答計算は，添付書類「Ⅴ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」のうち，「2.3　屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

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

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

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

地震応答解析には，解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。なお，解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付書類「Ⅴ-5-10　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＦＬＩＰ」に示す。

3.2.1 構造部材

構造部材は，線形はり要素によりモデル化する。

3.2.2 地盤

地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則を有効応力解析へ適用する際は，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できるモデルを用いる必要がある。

一般に，地盤は荷重を与えることによりせん断ひずみを増加させていくと，地盤のせん断応力は上限値に達し，それ以上はせん断応力が増加しなくなる特徴がある。また，地盤のせん断応力の上限値は有効応力に応じて変化する特徴がある。

よって，耐震評価における有効応力解析では，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則として，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じたこれら２つの特徴を表現できる双曲線モデル（H-D モデル）を選定する。

3.2.3 減衰定数

固有値解析により求められる固有振動数及び初期減衰定数に基づく要素剛性比例型減衰を考慮する。また，非線形特性をモデル化する地盤の履歴減衰を考慮する。

3.2.4　地震応答解析の検討ケース

(1)　耐震評価における検討ケース

耐震評価における検討ケースを第 3-1 表に示す。

全ての基準地震動Ｓ$_s$に対して実施する①の検討ケースにおいて，せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての照査項目について，各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い，②～⑥の中から追加検討ケースを実施する。

第 3-1 表　耐震評価における検討ケース

検討ケース	① 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース (基本ケース)	② 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース	③ 地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

構造物間の相対変位の算定を行う場合は，上記の実施ケースにおいて変位量が厳しいケースで行う。

(2)　機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

機器・配管系に対する加速度応答の抽出における検討ケースを第 3-2 表に示す。

機器・配管系に対する加速度応答抽出においては，全ての基準地震動Ｓ$_s$に対して実施する⑤の検討ケース（原地盤において非液状化の条件を仮定した検討ケース）において上載される機器・配管系の固有周期帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用いて④及び⑥の追加検討ケースを実施する。

第 3-2 表　機器・配管系への加速度応答の抽出における検討ケース

検討ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

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「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1 耐震評価上考慮する状態

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答解析において，地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉が運転状態にあり，通常の条件下におかれている状態。ただし，運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

完全埋設構造物であるため，積雪荷重や風荷重は考慮しない。

3.3.2 荷重

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答解析において，考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重（G）

固定荷重として，躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重（P）

積載荷重として機器・配管荷重，土圧及び水圧による荷重を考慮する。

(3) 地震荷重（K_s）

基準地震動S_sによる荷重を考慮する。

(4) 積雪荷重（P_s）

積雪荷重については，「建築基準法施行令第 86 条」及び「茨城県建築基準法施工細則第 16 条の 4」に従って設定する。積雪の厚さ 1 cm 当たりの荷重を 20 N/m^2/cm として，積雪量は 30 cm としていることから積雪荷重は 600 N/m^2 であるが，地震時短期荷重として積雪荷重の 0.35 倍である 0.21 kN/m^2 を考慮する。

積雪荷重は構造物上面に付加質量として考慮する。ただし，Ａ－Ａ断面については，地中に埋設され地表面に構造物が現れないことから考慮しない。

3.3.3　荷重の組合せ

荷重の組合せを第 3-3 表に示す。

第 3-3 表(1)　荷重の組合せ　Ａ－Ａ断面

外力の状態	荷重の組合せ
地震時（S_s）	$G+P+K_s$

G　：固定荷重

P　：積載荷重

K_s ：地震荷重

第 3-3 表(2)　荷重の組合せ　Ｄ－Ｄ断面

外力の状態	荷重の組合せ
地震時（S_s）	$G+P+K_s+P_s$

G　：固定荷重

P　：積載荷重

K_s ：地震荷重

P_s ：積雪荷重

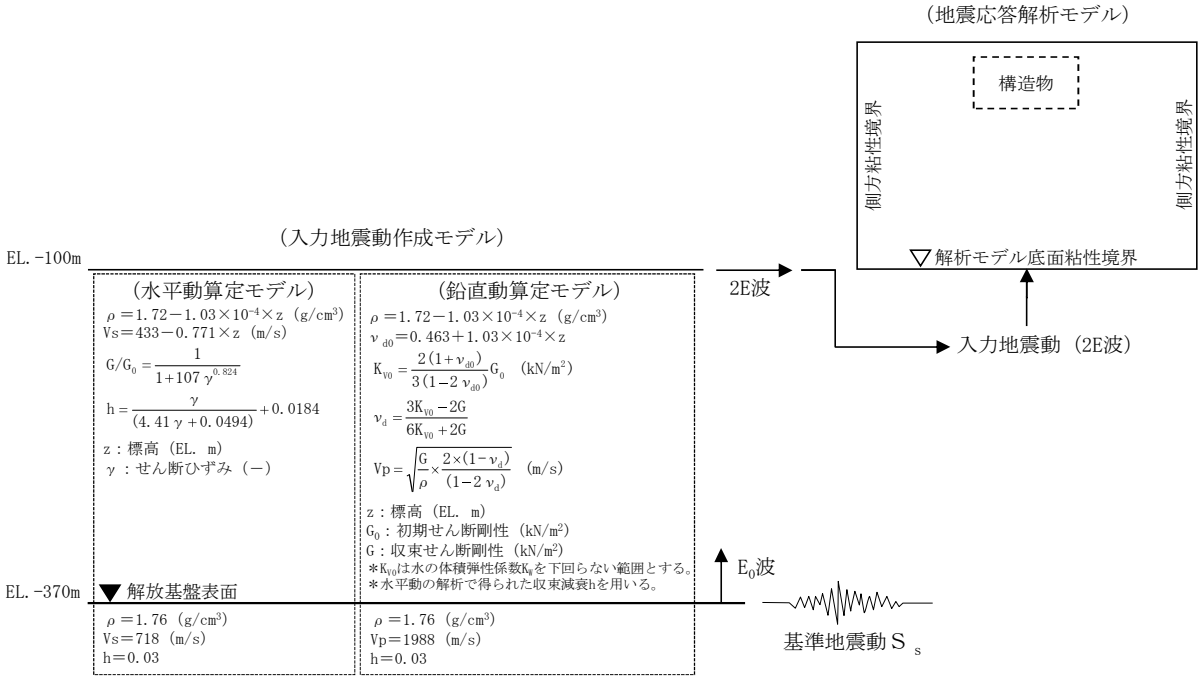
3.4　入力地震動

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

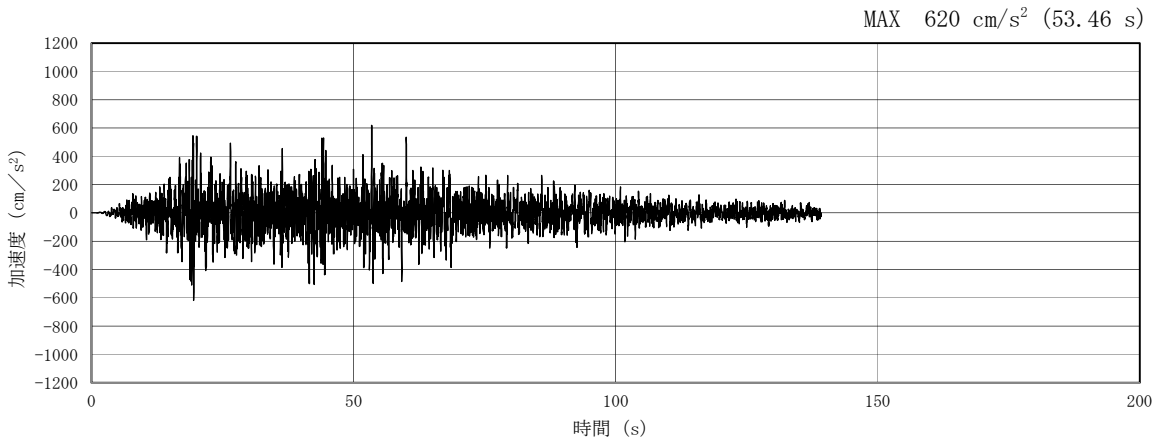
地震応答解析に用いる入力地震動は，解放基盤表面で定義される基準地震動Ｓ$_s$を１次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものを用いる。

第 3-3 図に入力地震動算定の概念図を，第 3-4 図に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。

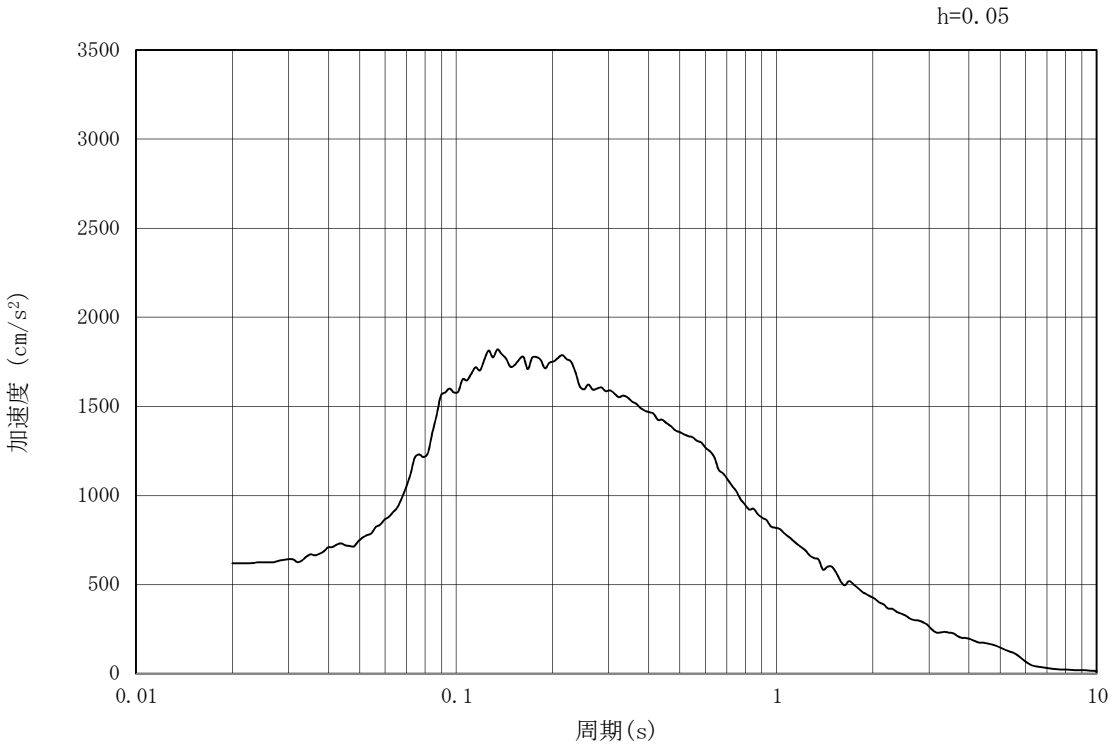
入力地震動の算定には，解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付書類「Ⅴ-5-25　計算機プログラム（解析コード）の概要・ｋ－ＳＨＡＫＥ」に示す。



第 3-3 図　入力地震動算定の概念図

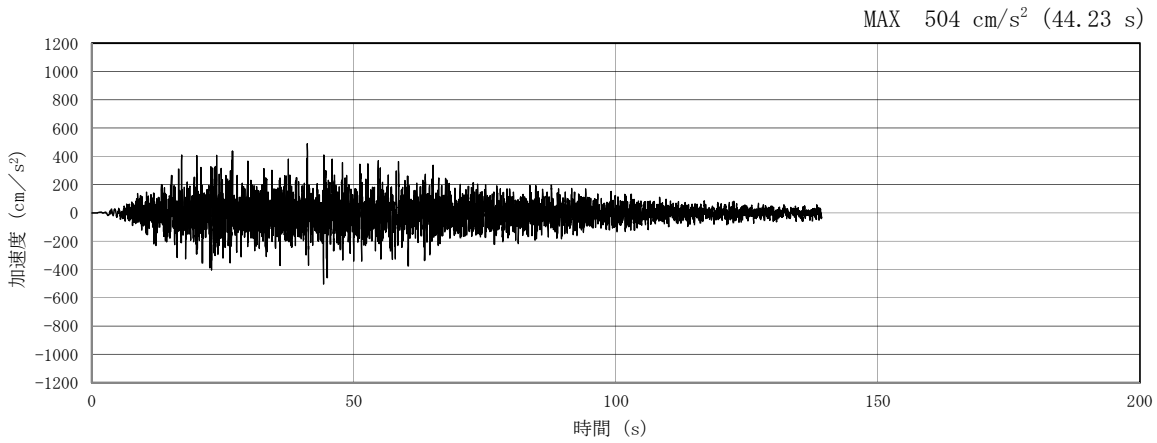


(a) 加速度時刻歴波形

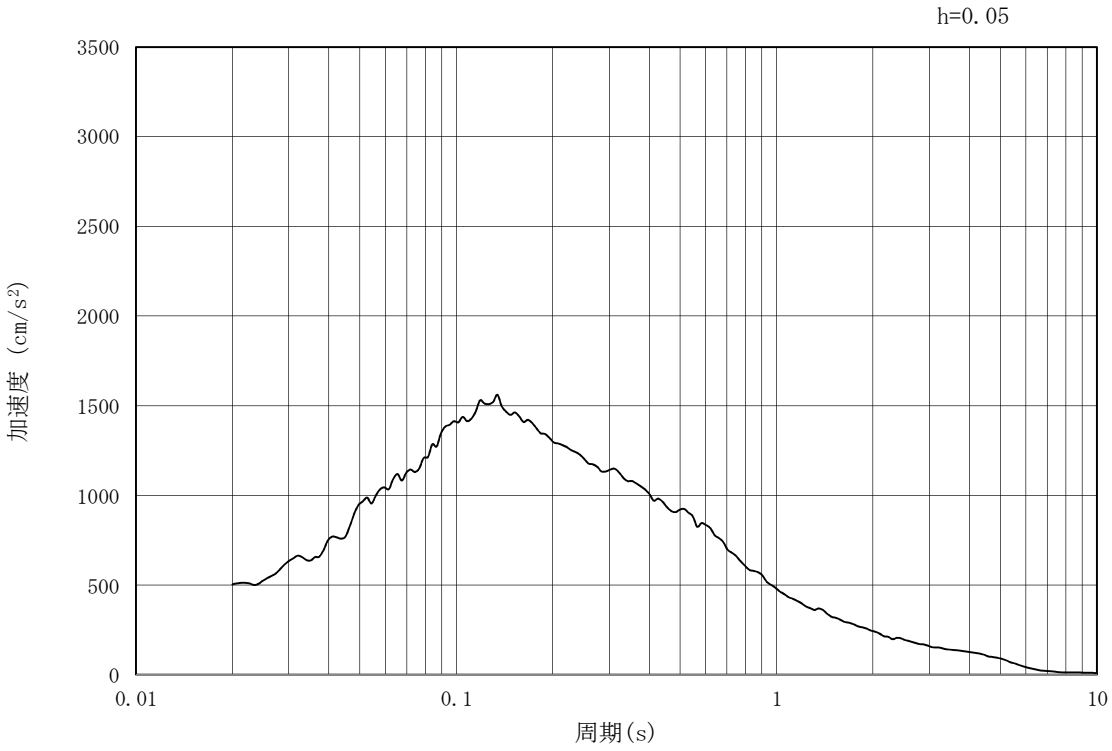


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (1)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ１）

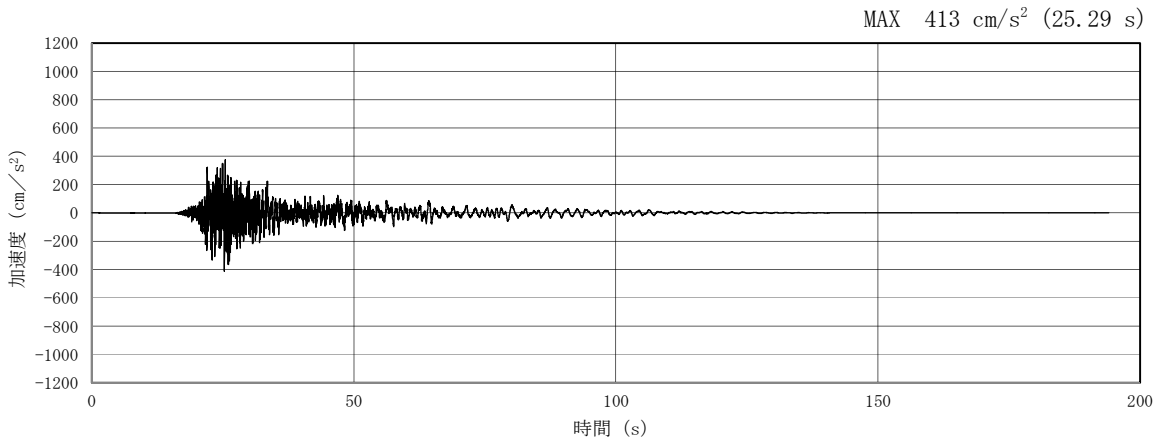


(a) 加速度時刻歴波形

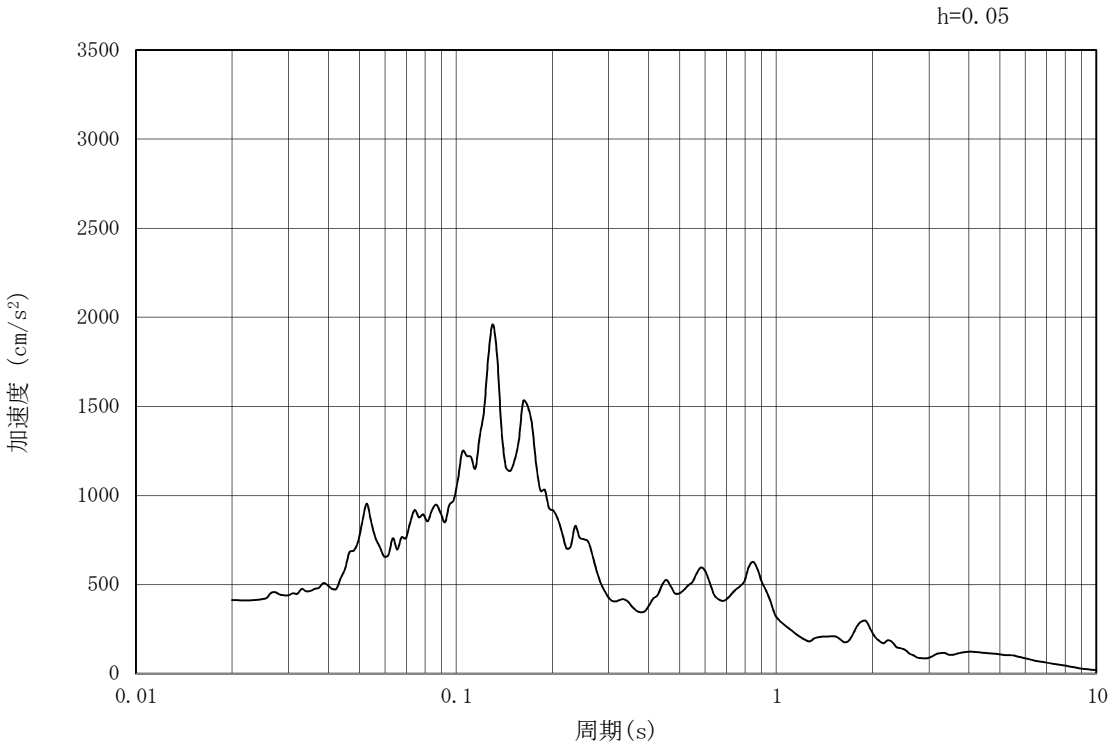


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (2)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ１）

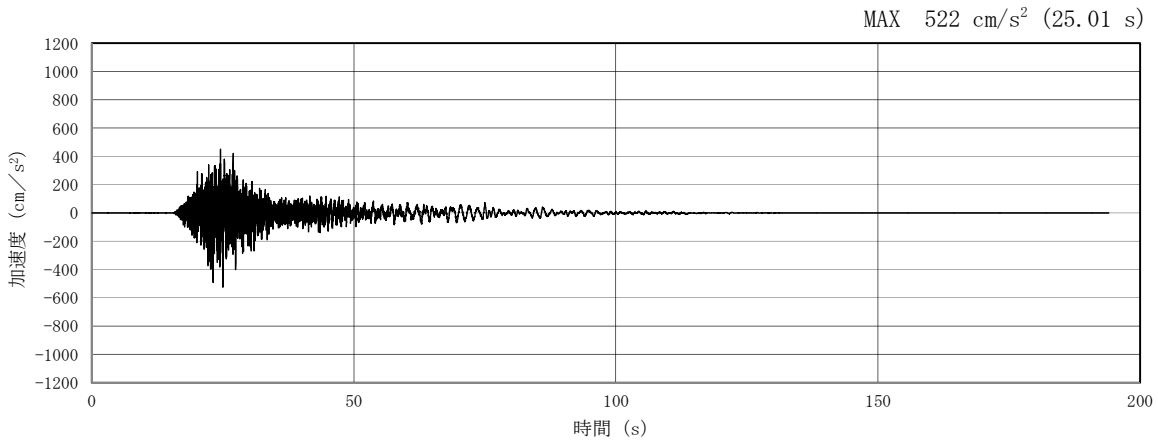


(a) 加速度時刻歴波形

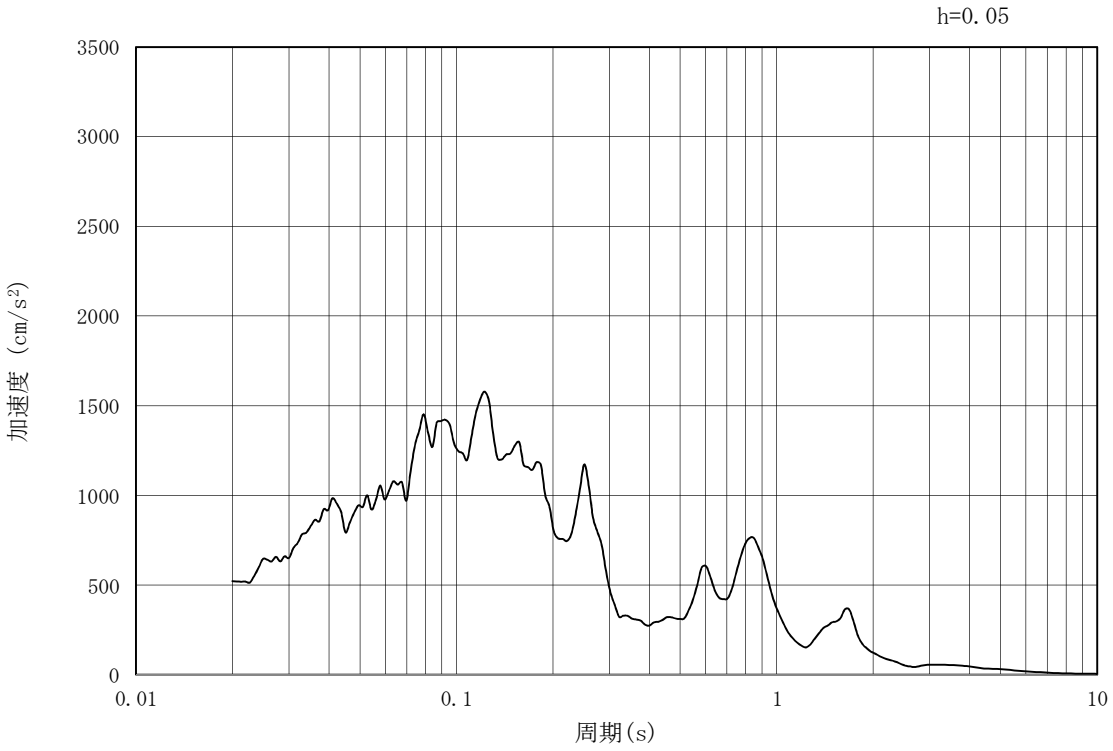


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (3)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－１１）

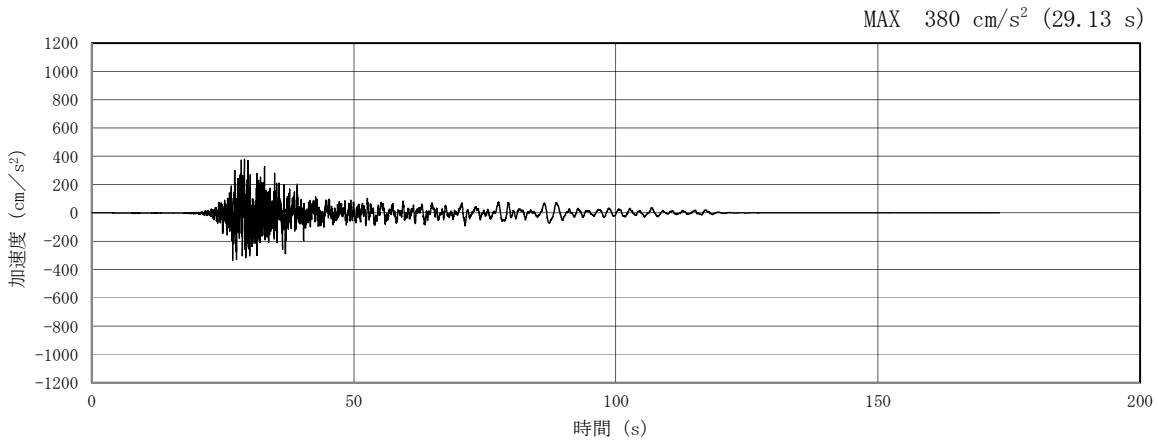


(a) 加速度時刻歴波形

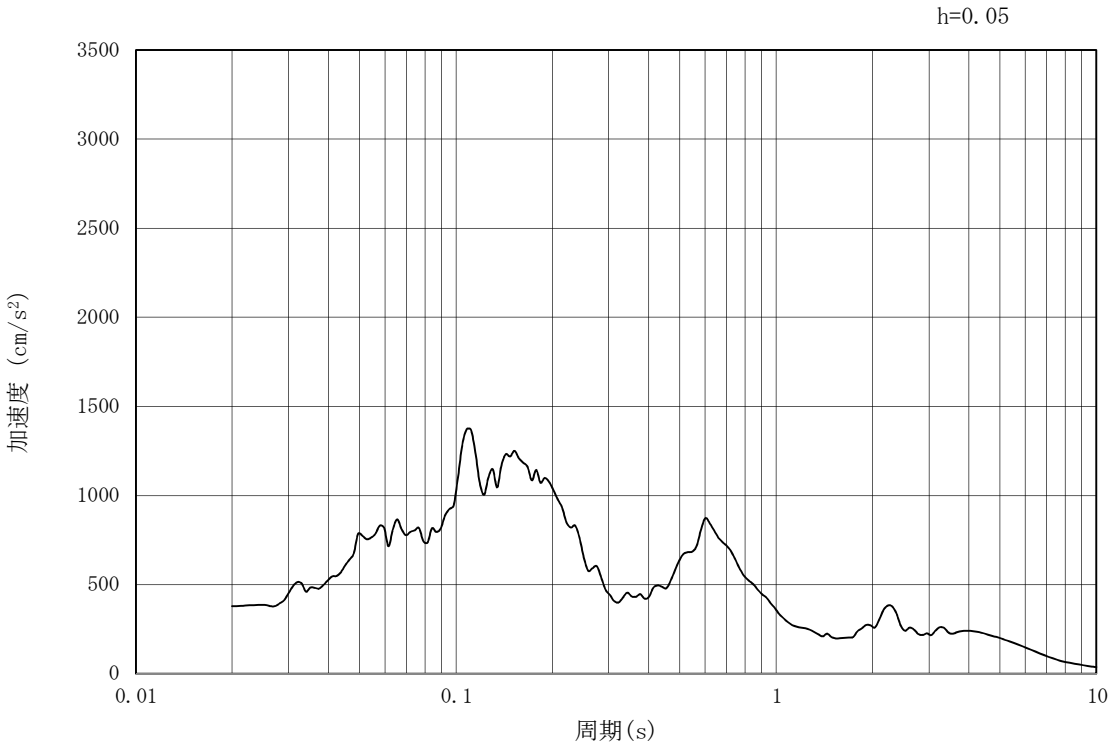


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (4)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－１１）

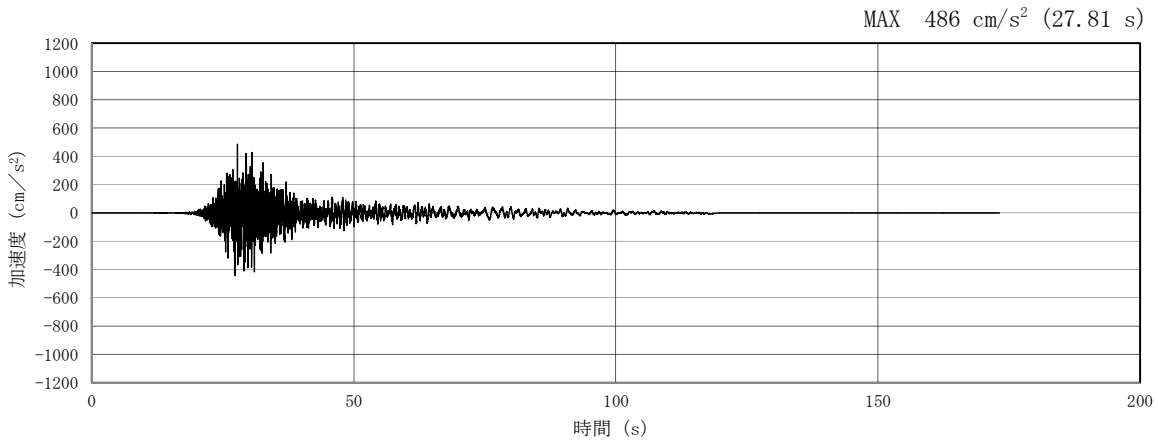


(a) 加速度時刻歴波形

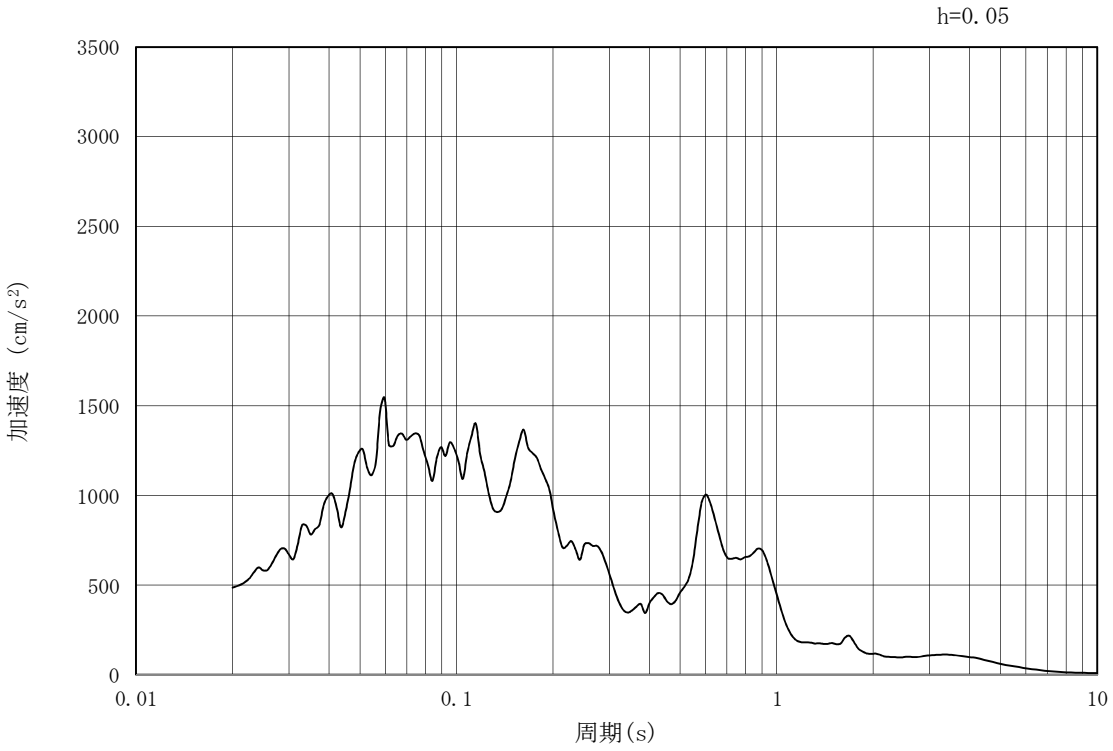


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (5)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－１２）

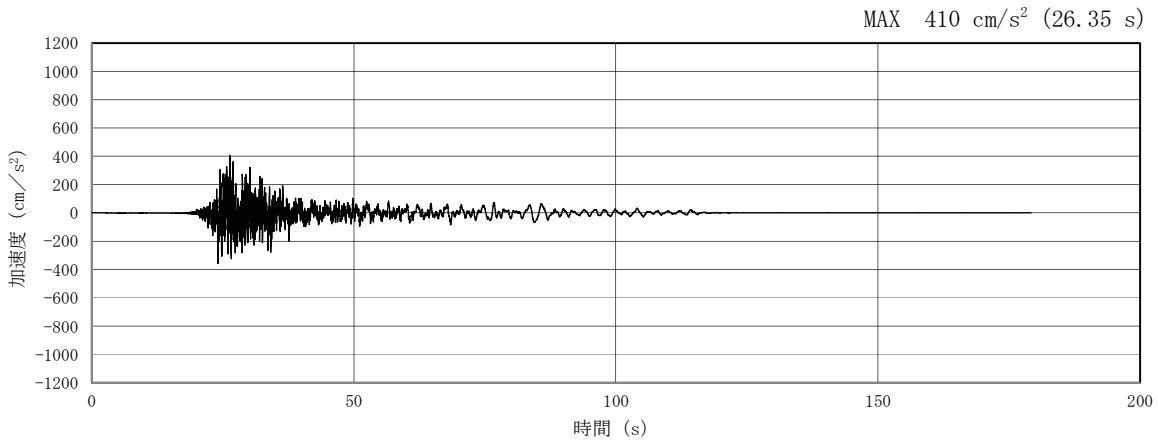


(a) 加速度時刻歴波形

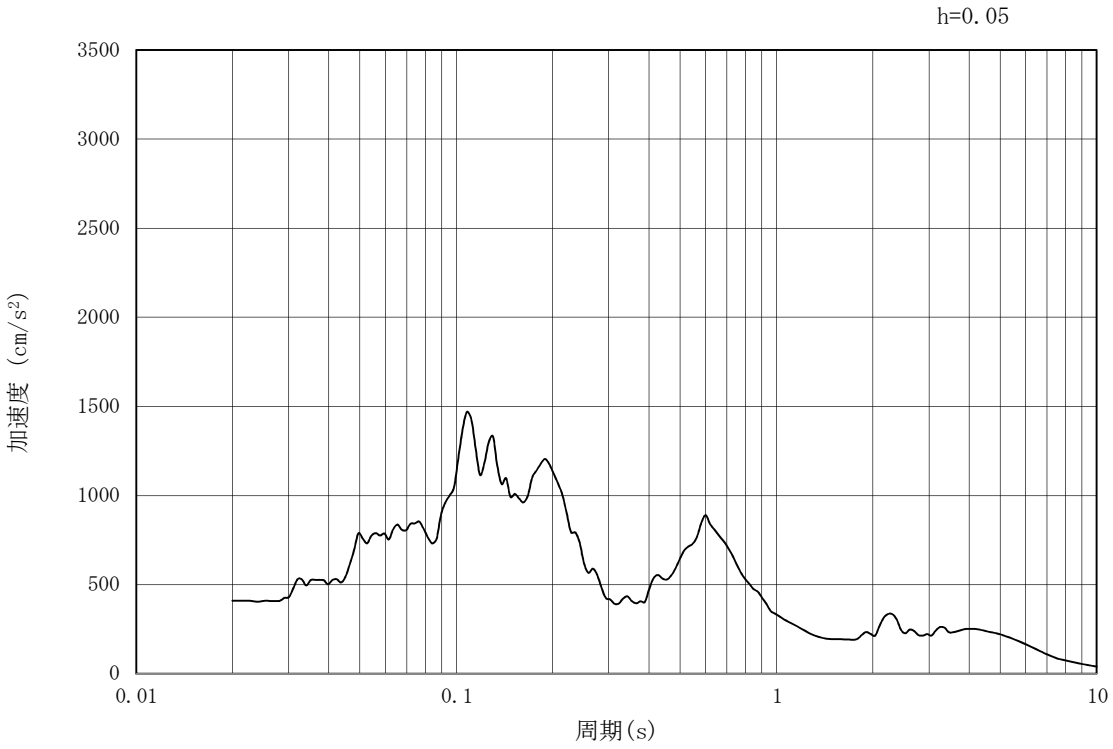


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (6)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－１２）

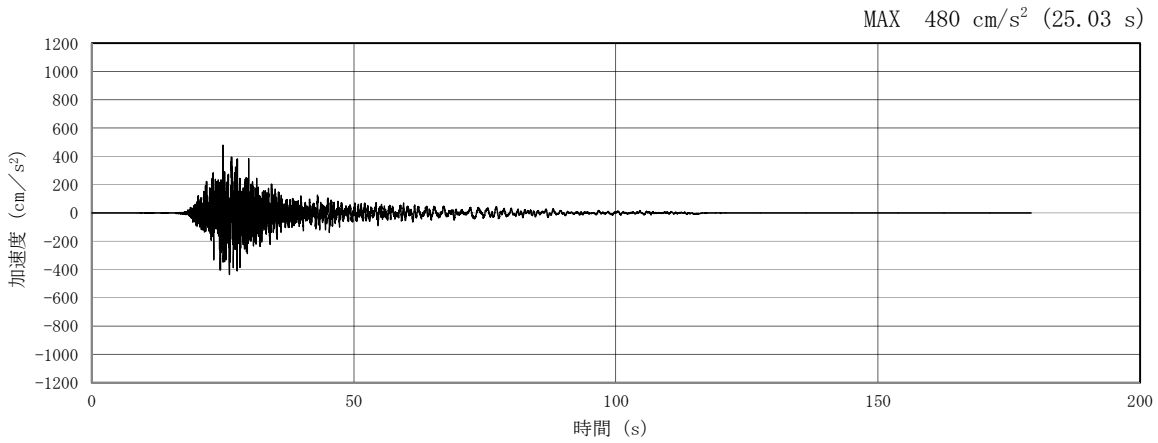


(a) 加速度時刻歴波形

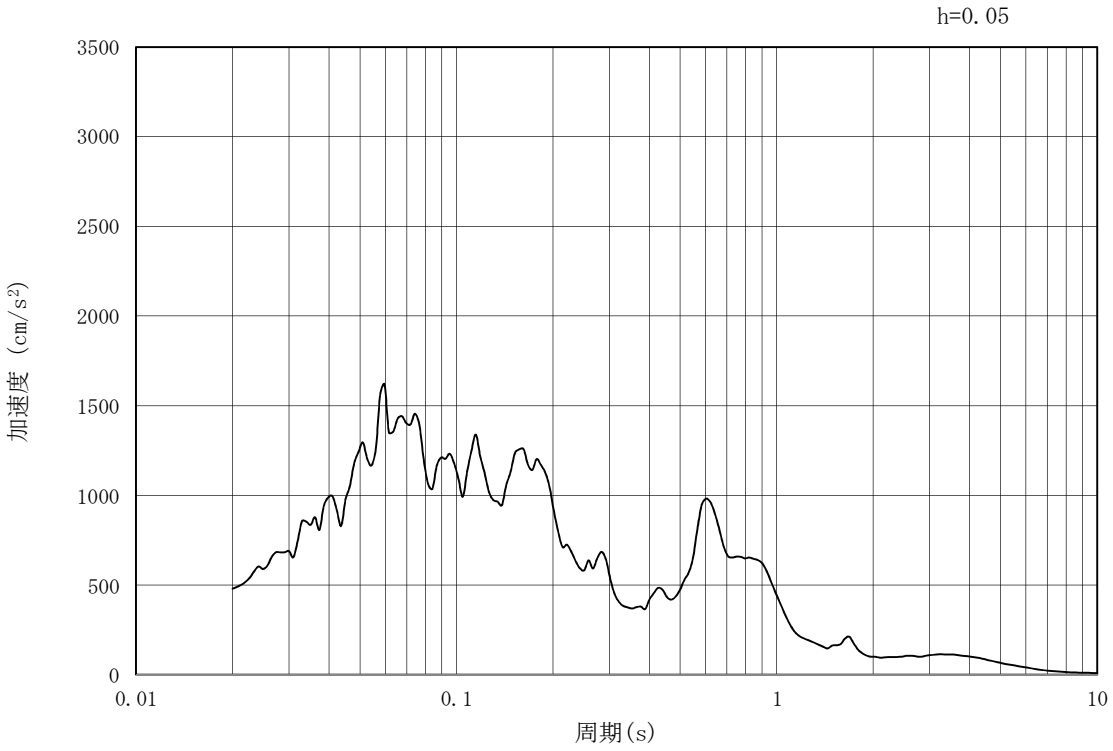


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (7)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－１３）

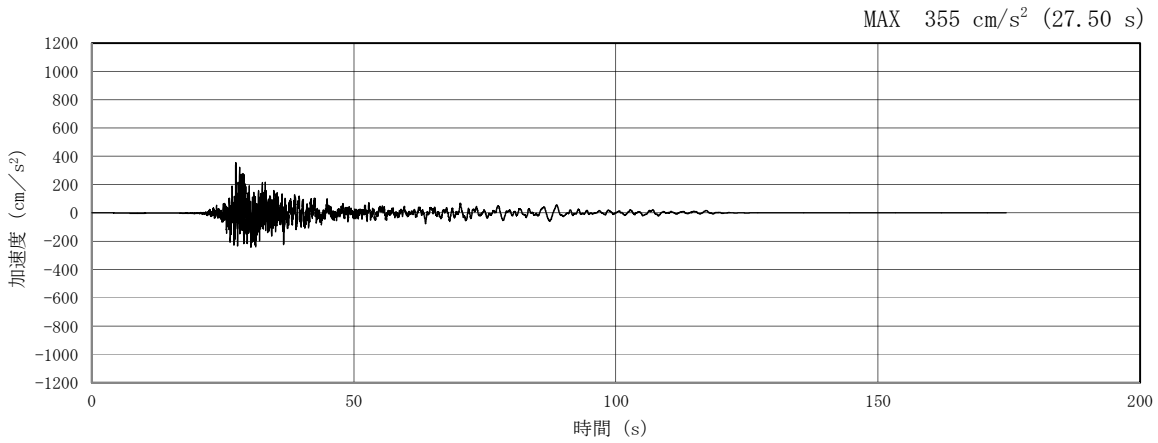


(a) 加速度時刻歴波形

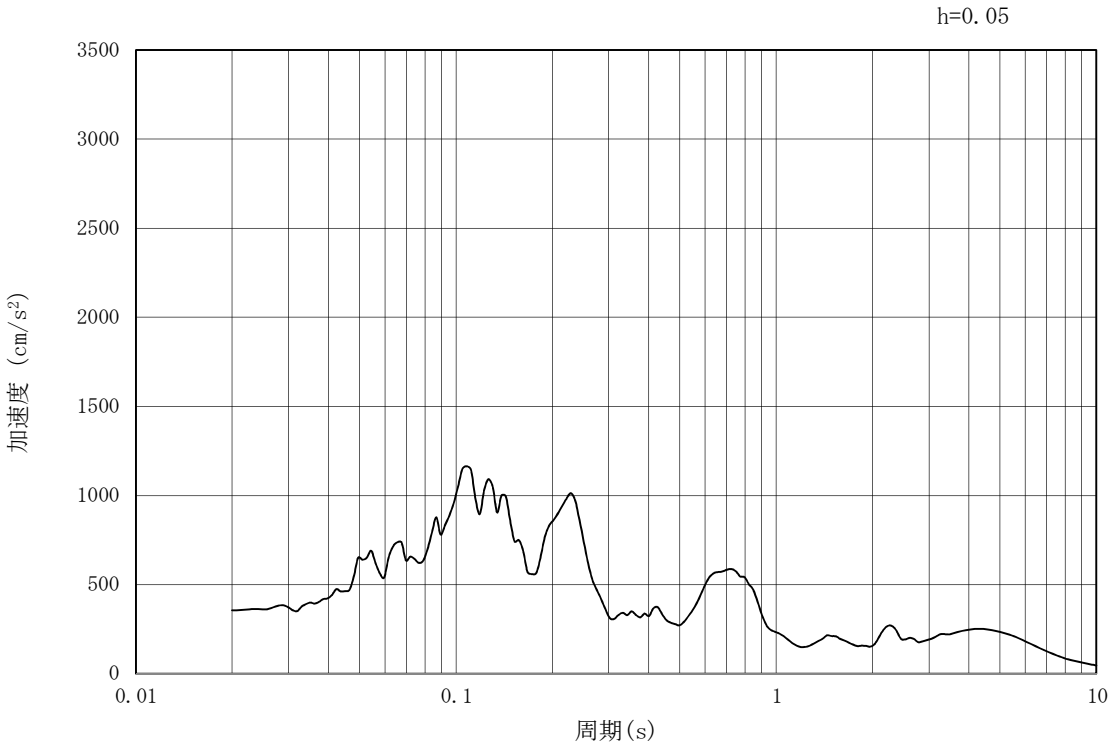


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (8)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１３）

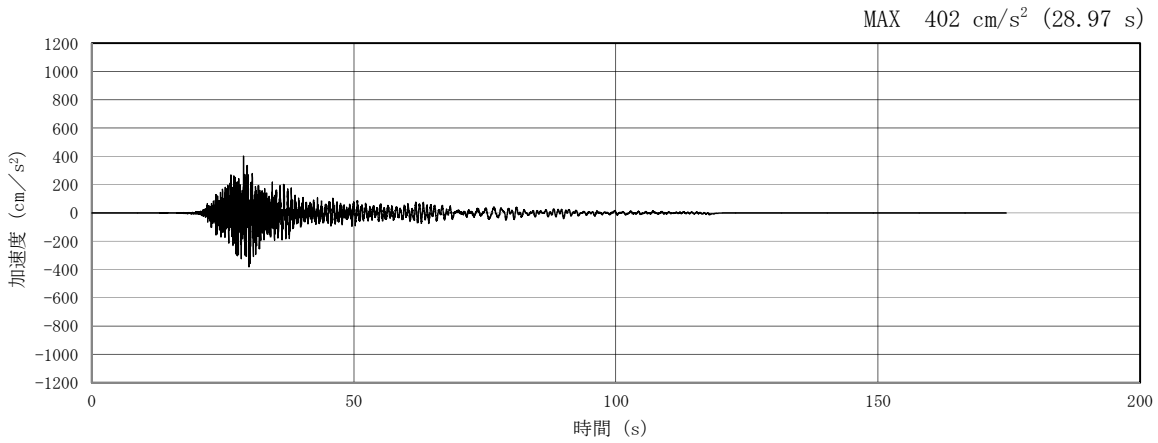


(a) 加速度時刻歴波形

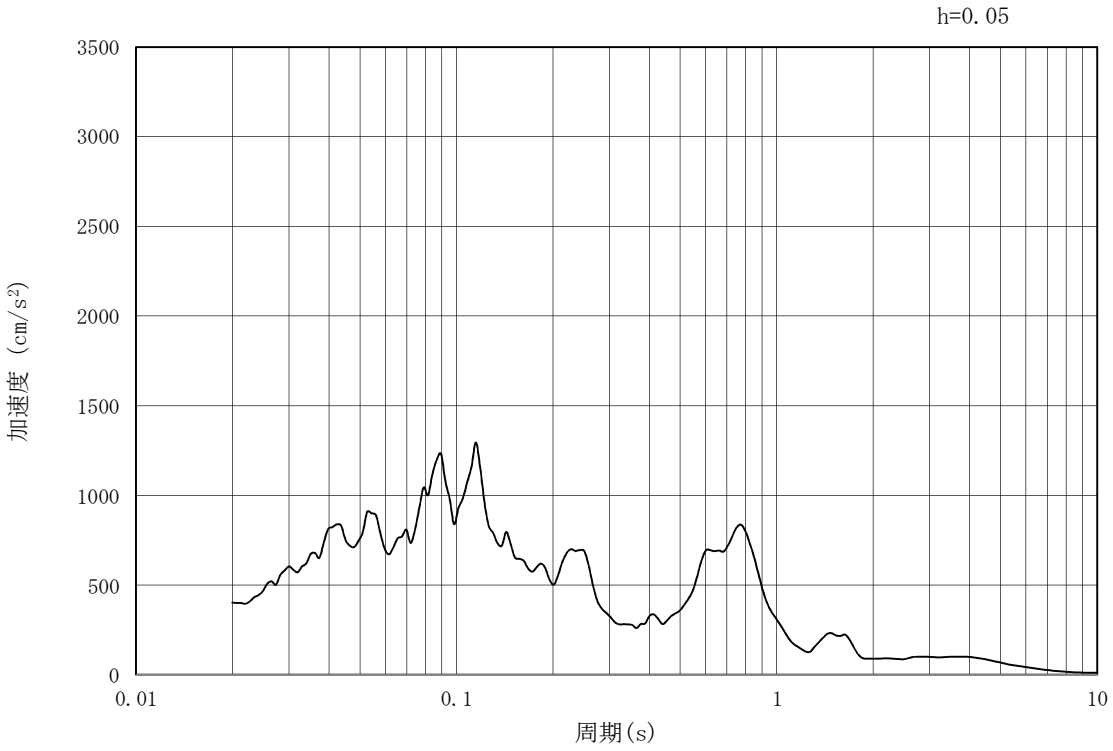


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (9)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－１４）

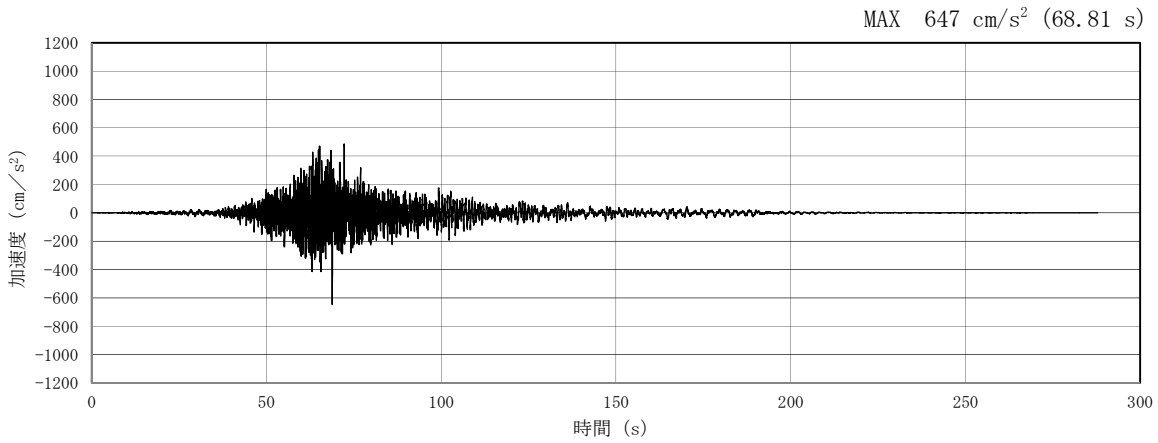


(a) 加速度時刻歴波形

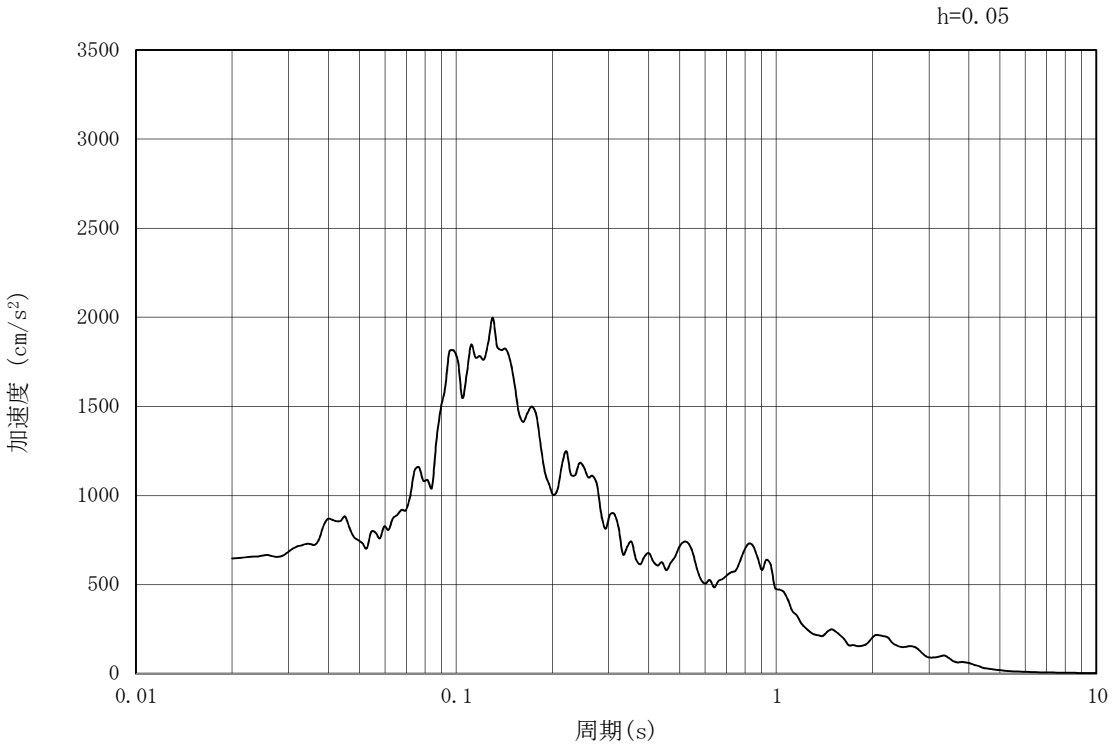


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (10)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：Ｓｓ－１４)

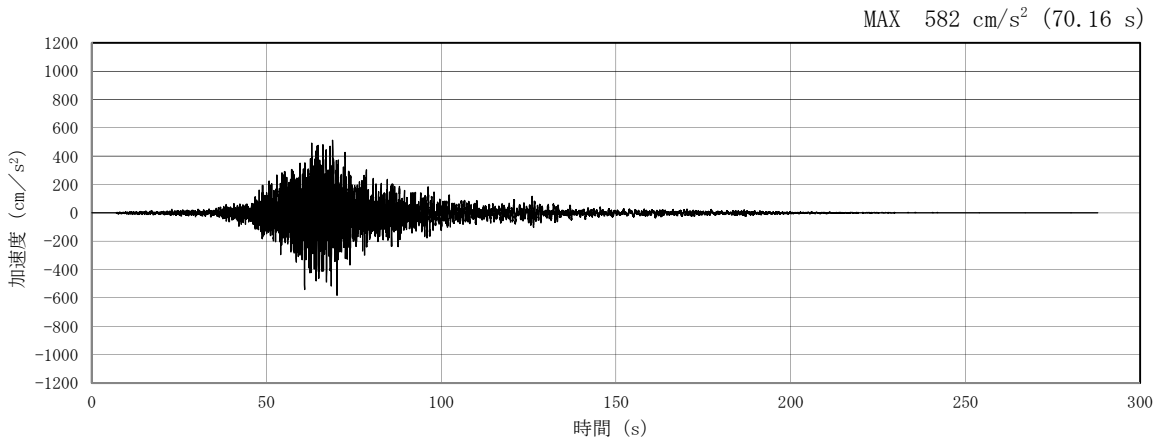


(a) 加速度時刻歴波形

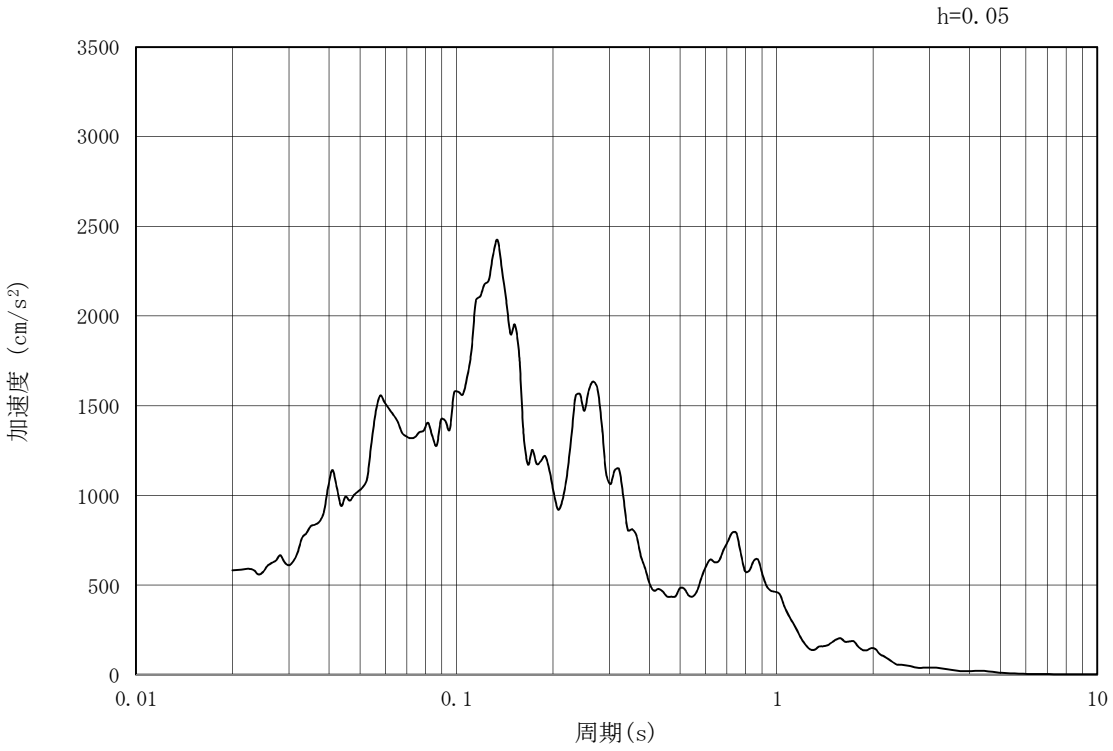


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (11)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－２１）

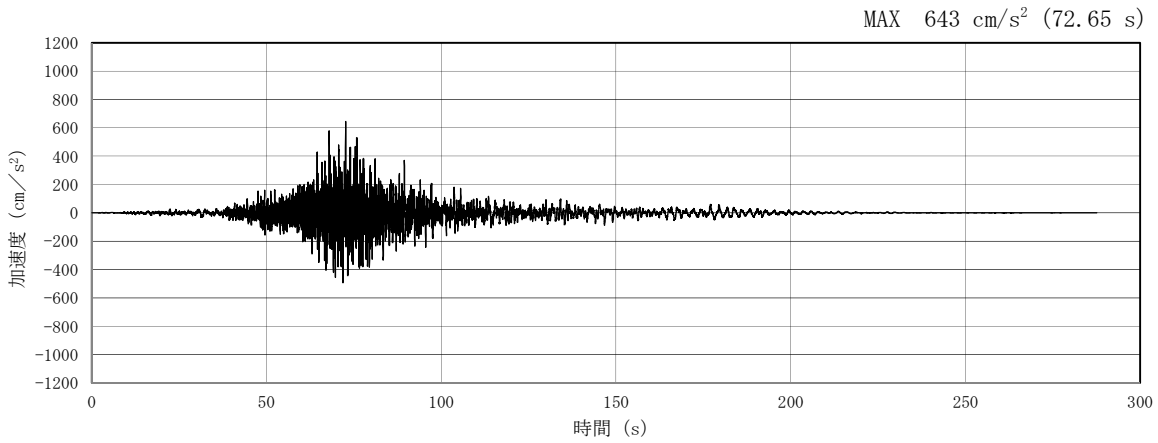


(a) 加速度時刻歴波形

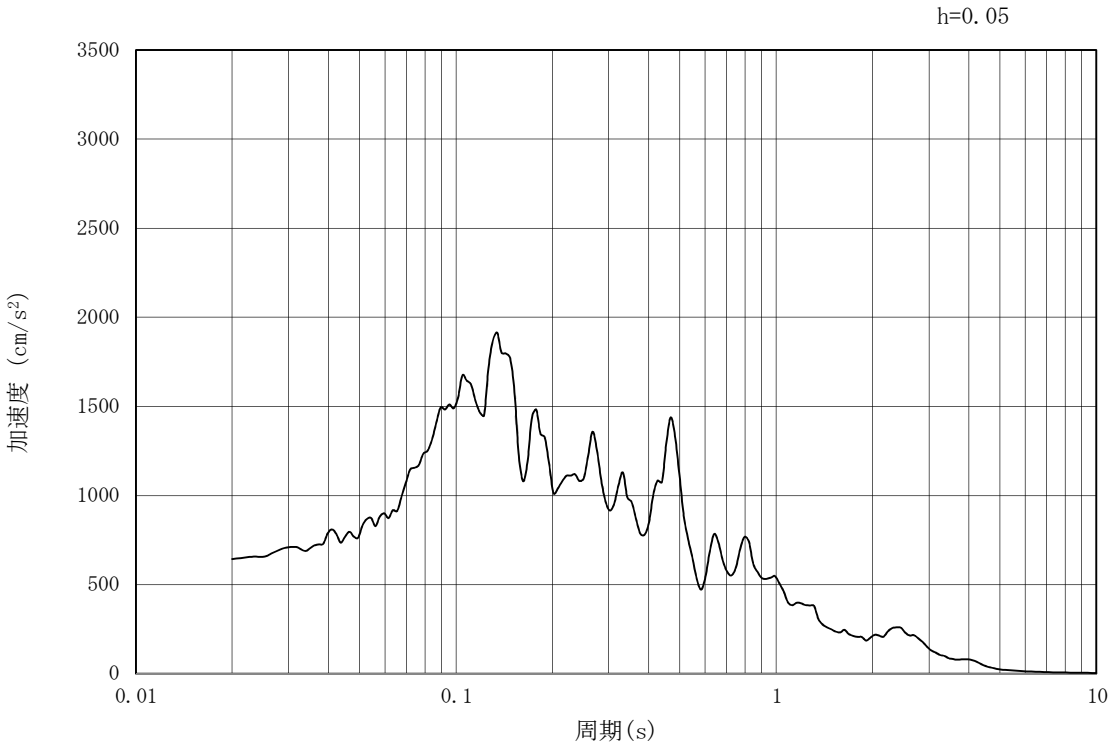


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (12)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－２１）

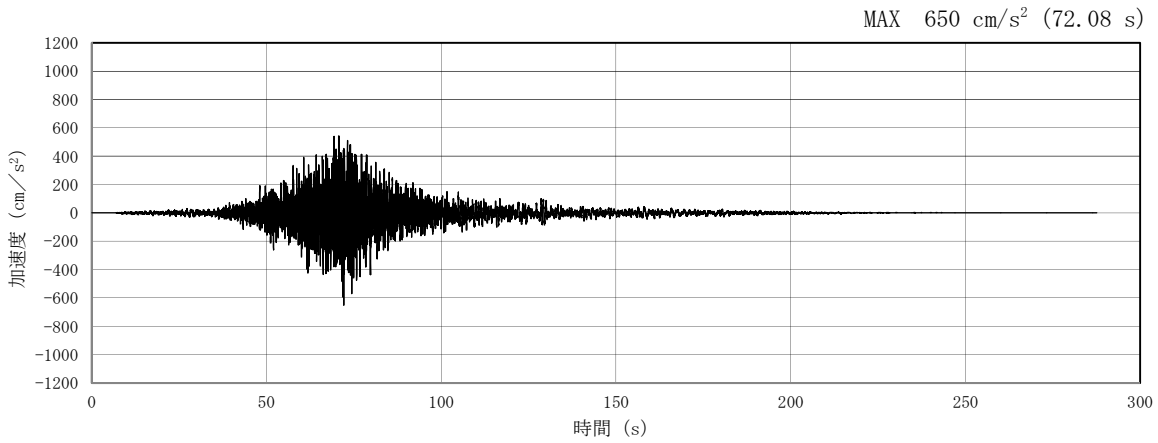


(a) 加速度時刻歴波形

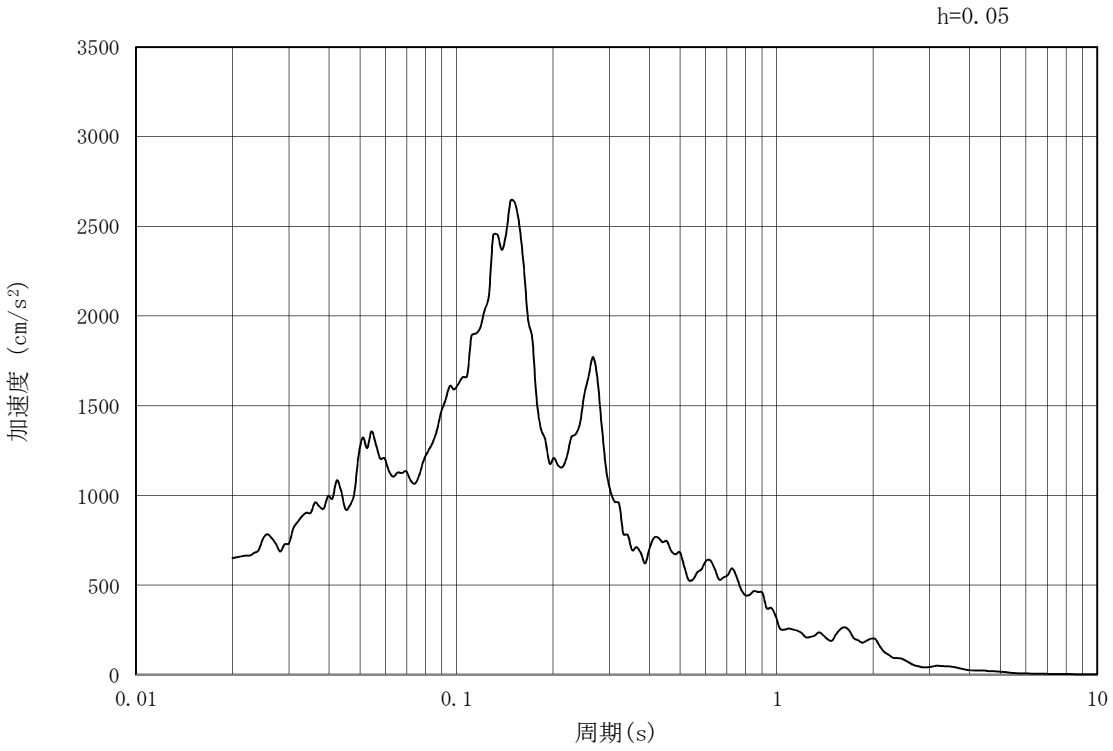


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (13)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－２２）

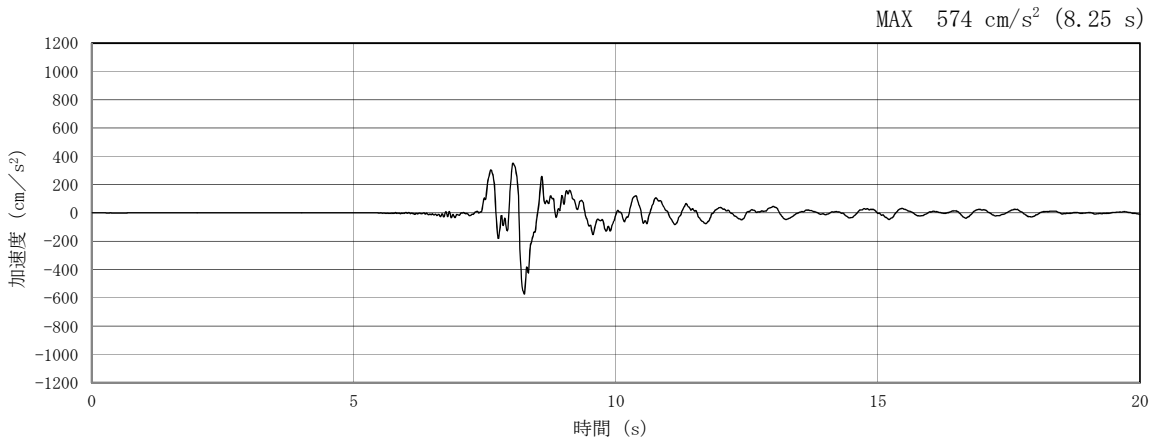


(a) 加速度時刻歴波形

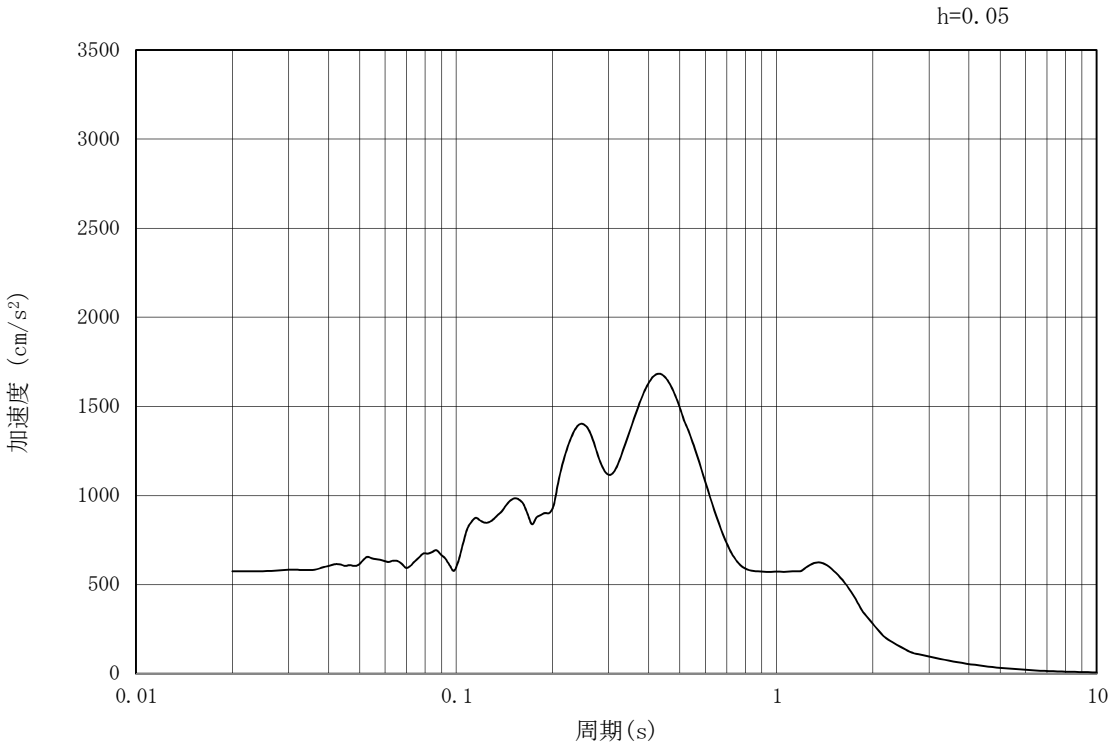


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (14)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：Ｓｓ－２２)

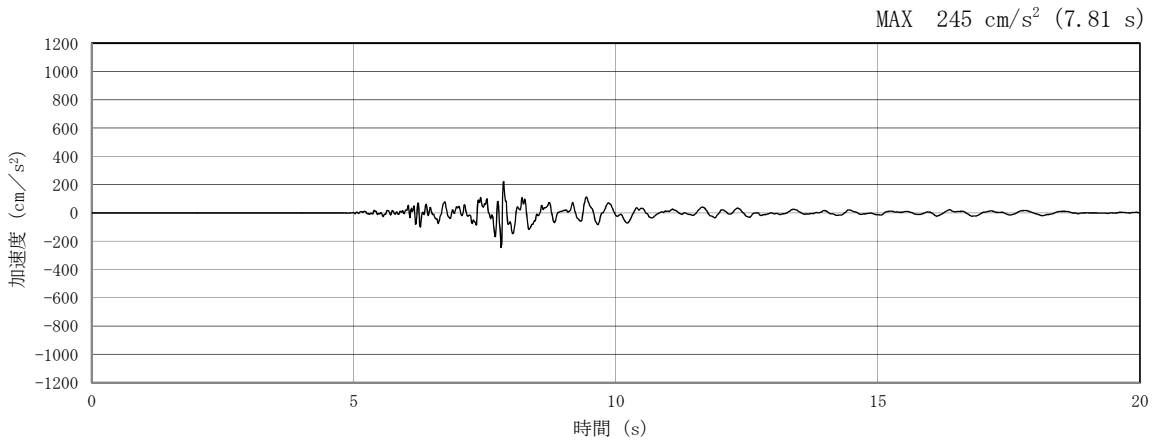


(a) 加速度時刻歴波形

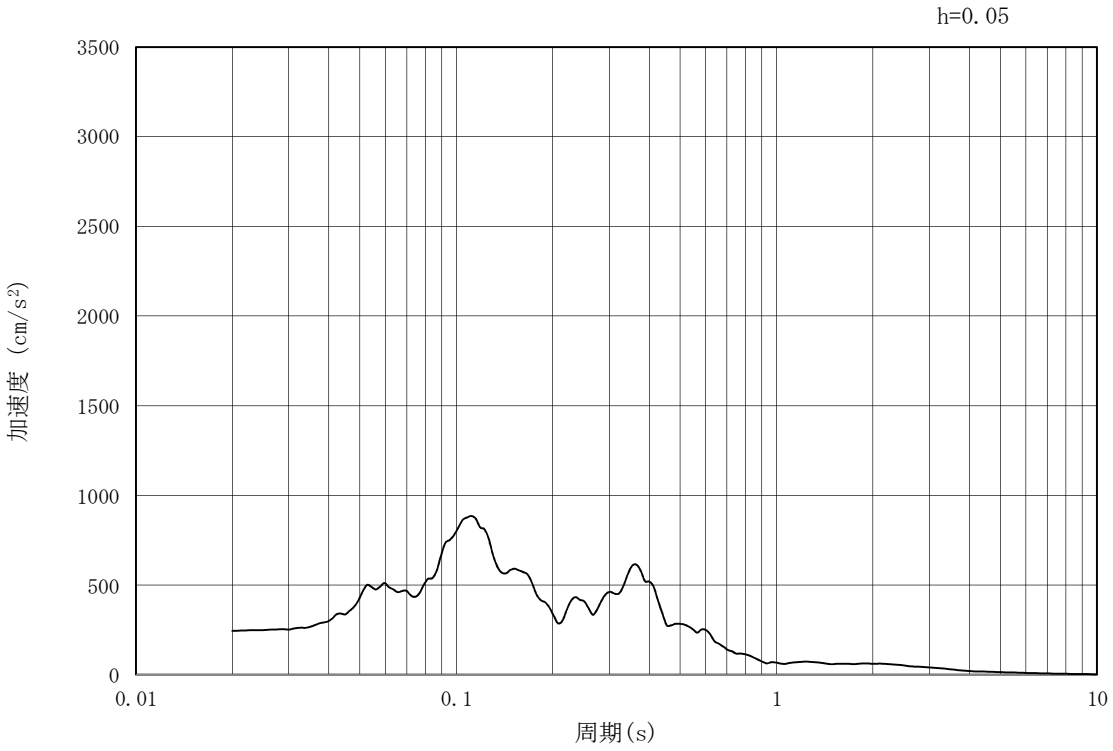


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (15)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－３１）



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

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

3.5　解析モデル及び諸元

3.5.1　解析モデル

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答解析モデルを第 3-5 図に示す。

(1)　解析領域

解析領域は，側方境界及び底面境界が，構造物の応答に影響しないよう，構造物と側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。

(2)　境界条件

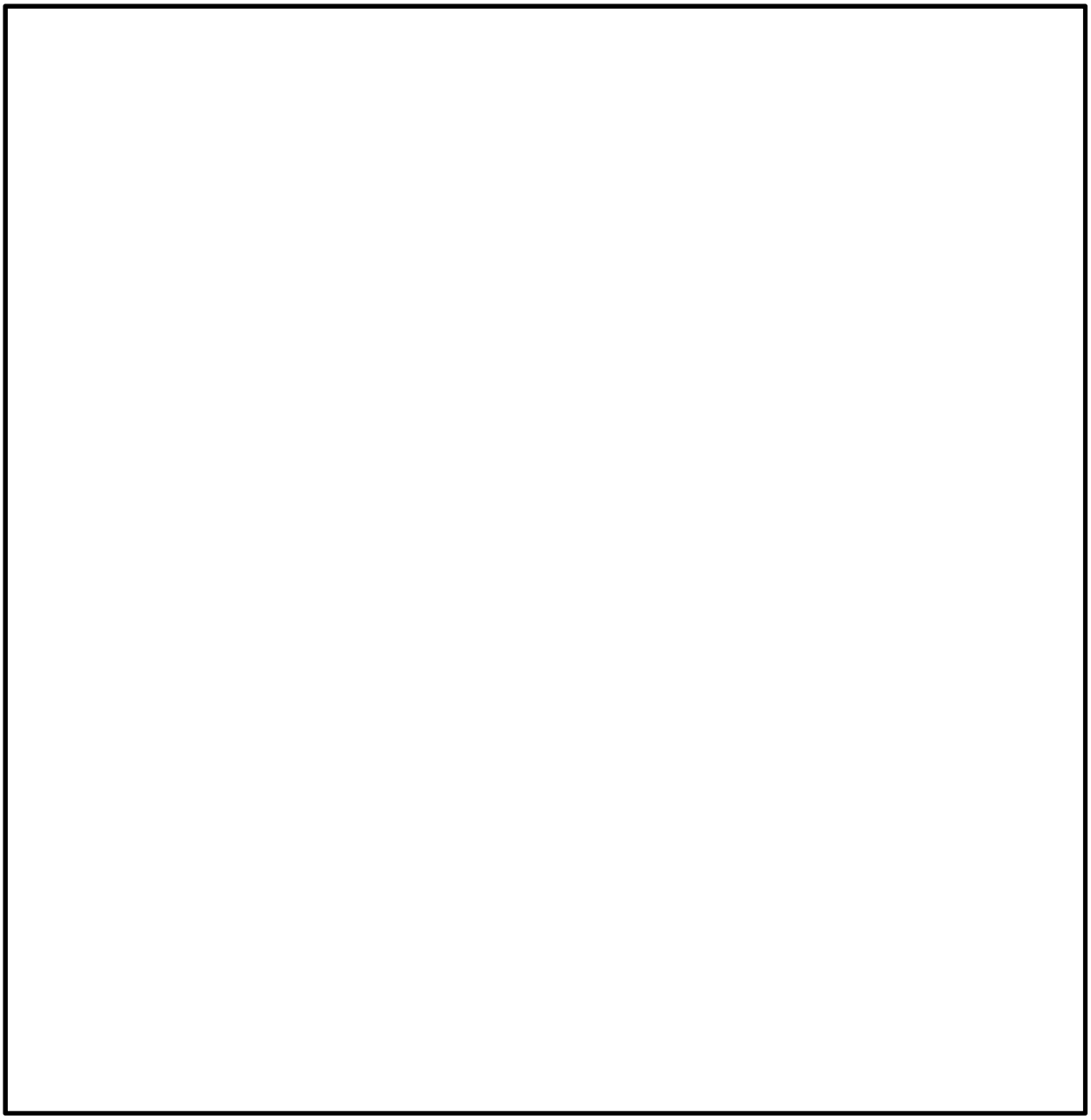
解析領域の側方及び底面には，エネルギの逸散効果を考慮するため，粘性境界を設ける。

(3)　構造物のモデル化

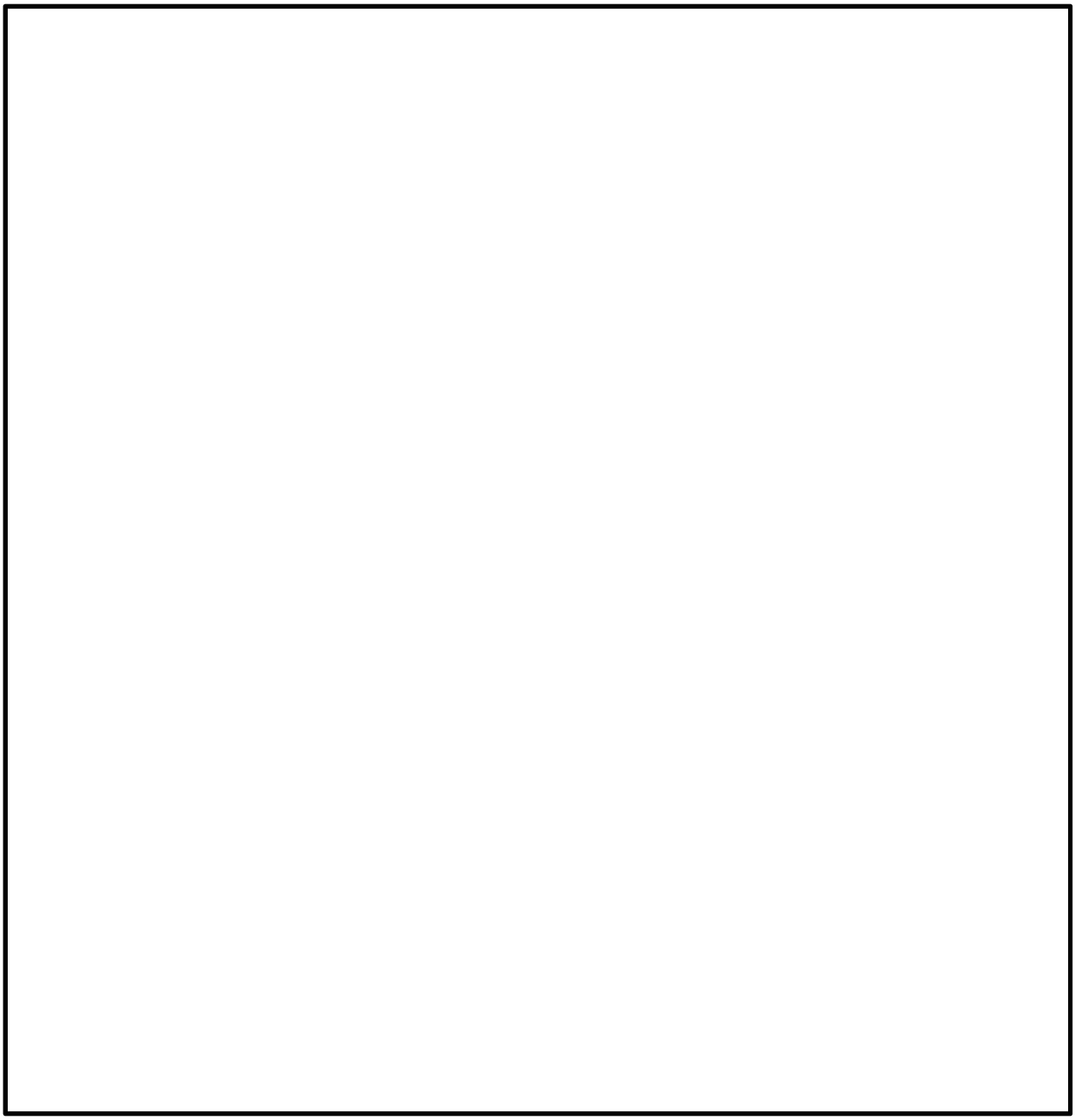
構造物は，線形はり要素によりモデル化する。

(4)　地盤のモデル化

地盤は，地質断面図に基づき，マルチスプリング要素によりモデル化し，地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。



第 3-5 図（1）　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答解析モデル
（Ａ－Ａ断面）



第 3-5 図（2）　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答解析モデル
（Ｄ－Ｄ断面）

3.5.2　使用材料及び材料の物性値

使用材料を第 3-4 表に，材料の物性値を第 3-5 表に示す。

第 3-4 表　使用材料

諸元	
コンクリート	設計基準強度　40 N/mm^2
鉄筋	SD490
人工岩盤（新設）	設計基準強度　18 N/mm^2

第 3-5 表　材料の物性値

材料		単位体積重量 (kN/m^3)	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比	減衰定数 (%)
鉄筋コンクリート	設計基準強度　40 N/mm^2 *1	24.5*1	3.1×10^4*1	0.2*1	5*2
人工岩盤	設計基準強度　18 N/mm^2 *3	23.0*3	2.06×10^4 *3	0.2*3	5*2

注記　＊1：コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（（社）土木学会，2002 年制定）

＊2：ＪＥＡＧ４６０１－1987（（社）日本電気協会）

＊3：原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2005 年)

3.5.3　地盤の物性値

地盤の物性値は，添付書類「Ⅴ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

地盤の物性値を第 3-6 表～第 3-8 表に示す。

第 3-6 表　地盤の解析用物性値一覧（液状化検討対象層）

パラメータ				原地盤								豊浦標準砂
				埋戻土	第四系（液状化検討対象層）							
				fl	du	Ag2	As	Ag1	D2s-3	D2g-3	D1g-1	
物理特性	密度 （）は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	1.98 (1.82)	1.98 (1.82)	2.01 (1.89)	1.74	2.01 (1.89)	1.92	2.15 (2.11)	2.01 (1.89)	1.958
	間隙比	e	－	0.75	0.75	0.67	1.2	0.67	0.79	0.43	0.67	0.702
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	－	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.19	0.26	0.25	0.333
	基準平均有効主応力 （）は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	358 (312)	358 (312)	497 (299)	378	814 (814)	966	1167 (1167)	1695 (1710)	12.6
	基準初期せん断剛性 （）は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m^2	253529 (220739)	253529 (220739)	278087 (167137)	143284	392073 (392073)	650611	1362035 (1362035)	947946 (956776)	18975
	最大履歴減衰率	h_{max}	－	0.220	0.220	0.233	0.216	0.221	0.192	0.130	0.233	0.287
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm^2	0	0	0	0.012	0	0.01	0	0	0
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	37.3	37.3	37.4	41	37.4	35.8	44.4	37.4	30
液状化特性	液状化パラメータ	ϕ_p	－	34.8	34.8	34.9	38.3	34.9	33.4	41.4	34.9	28
	液状化パラメータ	S_1	－	0.047	0.047	0.028	0.046	0.029	0.048	0.030	0.020	0.005
	液状化パラメータ	W_1	－	6.5	6.5	56.5	6.9	51.6	17.6	45.2	10.5	5.06
	液状化パラメータ	P_1	－	1.26	1.26	9.00	1.00	12.00	4.80	8.00	7.00	0.57
	液状化パラメータ	P_2	－	0.80	0.80	0.60	0.75	0.60	0.96	0.60	0.50	0.80
	液状化パラメータ	C_1	－	2.00	2.00	3.40	2.27	3.35	3.15	3.82	2.83	1.44

第 3-7 表　地盤の解析用物性値一覧（非液状化層）

パラメータ				原地盤					
				第四系（非液状化層）				新第三系	捨石
				Ac	D2c-3	lm	D1c-1*1	Km	
物理特性	密度 （）は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	1.65	1.77	1.47 (1.43)	－	1.72-1.03×10^{-4}・z	2.04 (1.84)
	間隙比	e	－	1.59	1.09	2.8	－	1.16	0.82
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	－	0.10	0.22	0.14	－	0.16+0.00025・z	0.33
	基準平均有効主応力 （）は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	480	696	249 (223)	－	動的変形特性に基づき z（標高）毎に物性値を設定	98
	基準初期せん断剛性 （）は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m^2	121829	285223	38926 (35783)	－		180000
	最大履歴減衰率	h_{max}	－	0.200	0.186	0.151	－		0.24
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm^2	0.025	0.026	0.042	－	0.358-0.00603・z	0.02
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	29.1	35.6	27.3	－	23.2+0.0990・z	35

注記　＊1：施設の耐震評価に影響を与えるものではないことから，解析用物性値として本表には記載しない。

第 3-8 表　地盤の解析用物性値一覧(新第三系 Km 層)

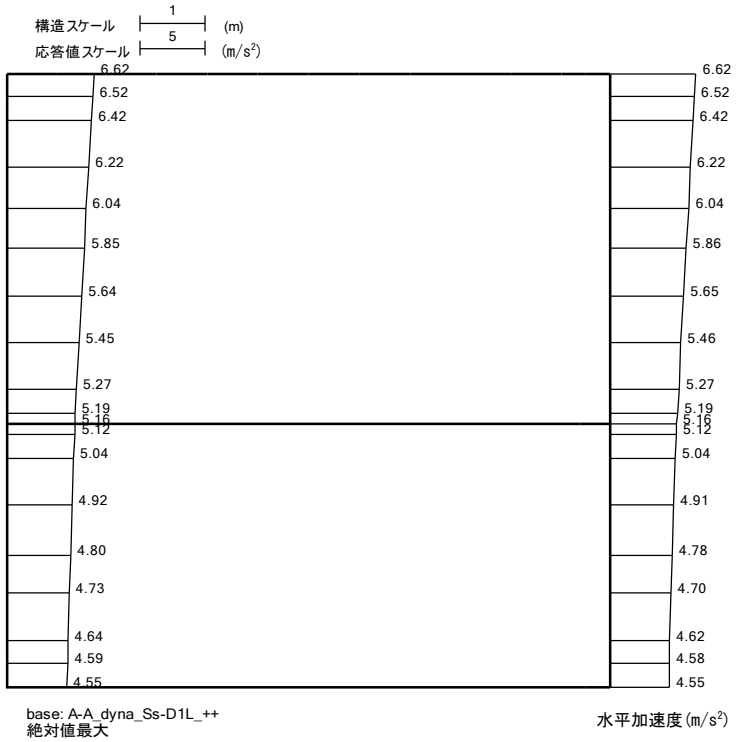
区分番号	設定深度 TP(m) Z	適用深度 TP(m)	密度 ρ (g/cm³)	静ポアソン比 ν_{CD}	粘着力 C_{CD} (kN/m²)	内部摩擦角 ϕ_{CD} (°)	せん断波速度Vs (m/s)	基準初期せん断剛性 Gma (kN/m²)	基準体積弾性係数 Kma (kN/m²)	基準平均有効主応力 σ'ma (kN/m²)	拘束圧依存係数 mG,mK	最大履歴減衰率 hmax(-)	動ポアソン比 ν_d	疎密波速度Vp (m/s)
1	10	9.5 ～ 10.5	1.72	0.16	298	24.2	425	310,675	353,317	504	0.0	0.105	0.464	1,640
2	9	8.5 ～ 9.5	1.72	0.16	304	24.1	426	312,139	354,982	504	0.0	0.105	0.464	1,644
3	8	7.5 ～ 8.5	1.72	0.16	310	24.0	427	313,606	356,650	504	0.0	0.105	0.464	1,648
4	7	6.5 ～ 7.5	1.72	0.16	316	23.9	428	315,076	358,322	504	0.0	0.105	0.464	1,651
5	6	5.5 ～ 6.5	1.72	0.16	322	23.8	428	315,076	358,322	504	0.0	0.106	0.464	1,651
6	5	4.5 ～ 5.5	1.72	0.16	328	23.7	429	316,551	359,999	504	0.0	0.106	0.464	1,655
7	4	3.5 ～ 4.5	1.72	0.16	334	23.6	430	318,028	361,679	504	0.0	0.106	0.463	1,638
8	3	2.5 ～ 3.5	1.72	0.16	340	23.5	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642
9	2	1.5 ～ 2.5	1.72	0.16	346	23.4	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642
10	1	0.5 ～ 1.5	1.72	0.16	352	23.3	432	320,993	365,051	504	0.0	0.107	0.463	1,646
11	0	-0.5 ～ 0.5	1.72	0.16	358	23.2	433	322,481	366,743	504	0.0	0.107	0.463	1,650
12	-1	-1.5 ～ -0.5	1.72	0.16	364	23.1	434	323,972	368,439	504	0.0	0.108	0.463	1,653
13	-2	-2.5 ～ -1.5	1.72	0.16	370	23.0	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657
14	-3	-3.5 ～ -2.5	1.72	0.16	376	22.9	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657
15	-4	-4.5 ～ -3.5	1.72	0.16	382	22.8	436	326,965	371,843	504	0.0	0.108	0.463	1,661
16	-5	-5.5 ～ -4.5	1.72	0.16	388	22.7	437	328,467	373,551	504	0.0	0.109	0.462	1,644
17	-6	-6.5 ～ -5.5	1.72	0.16	394	22.6	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648
18	-7	-7.5 ～ -6.5	1.72	0.16	400	22.5	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648
19	-8	-8.5 ～ -7.5	1.72	0.16	406	22.4	439	331,480	376,977	504	0.0	0.109	0.462	1,652
20	-9	-9.5 ～ -8.5	1.72	0.16	412	22.3	440	332,992	378,697	504	0.0	0.110	0.462	1,656
21	-10	-11 ～ -9.5	1.72	0.16	418	22.2	441	334,507	380,420	504	0.0	0.110	0.462	1,659
22	-12	-13 ～ -11	1.72	0.16	430	22.0	442	336,026	382,147	504	0.0	0.110	0.462	1,663
23	-14	-15 ～ -13	1.72	0.16	442	21.8	444	339,074	385,614	504	0.0	0.111	0.462	1,671
24	-16	-17 ～ -15	1.72	0.16	454	21.6	445	340,603	387,352	504	0.0	0.111	0.461	1,654
25	-18	-19 ～ -17	1.72	0.16	467	21.4	447	343,671	390,842	504	0.0	0.112	0.461	1,662
26	-20	-21 ～ -19	1.72	0.16	479	21.2	448	345,211	392,593	504	0.0	0.112	0.461	1,665
27	-22	-23 ～ -21	1.72	0.15	491	21.0	450	348,300	381,471	498	0.0	0.112	0.461	1,673
28	-24	-25 ～ -23	1.72	0.15	503	20.8	452	351,403	384,870	498	0.0	0.113	0.461	1,680
29	-26	-27 ～ -25	1.72	0.15	515	20.6	453	352,959	386,574	498	0.0	0.113	0.460	1,664
30	-28	-29 ～ -27	1.72	0.15	527	20.4	455	356,083	389,996	498	0.0	0.114	0.460	1,672
31	-30	-31 ～ -29	1.72	0.15	539	20.2	456	357,650	391,712	498	0.0	0.114	0.460	1,675
32	-32	-33 ～ -31	1.72	0.15	551	20.0	458	360,794	395,155	498	0.0	0.115	0.460	1,683
33	-34	-35 ～ -33	1.72	0.15	563	19.8	459	362,371	396,883	498	0.0	0.115	0.459	1,667
34	-36	-37 ～ -35	1.72	0.15	575	19.6	461	365,536	400,349	498	0.0	0.115	0.459	1,675
35	-38	-39 ～ -37	1.72	0.15	587	19.4	462	367,124	402,088	498	0.0	0.116	0.459	1,678
36	-40	-41 ～ -39	1.72	0.15	599	19.2	464	370,309	405,577	498	0.0	0.116	0.459	1,685
37	-42	-43 ～ -41	1.72	0.15	611	19.0	465	371,907	407,327	498	0.0	0.117	0.459	1,689
38	-44	-45 ～ -43	1.72	0.15	623	18.8	467	375,113	410,838	498	0.0	0.117	0.458	1,678
39	-46	-47 ～ -45	1.72	0.15	635	18.6	468	376,721	412,599	498	0.0	0.117	0.458	1,681
40	-48	-49 ～ -47	1.72	0.15	647	18.4	470	379,948	416,134	498	0.0	0.118	0.458	1,688
41	-50	-51 ～ -49	1.73	0.15	660	18.3	472	385,416	422,122	498	0.0	0.118	0.458	1,696
42	-52	-53 ～ -51	1.73	0.15	672	18.1	473	387,051	423,913	498	0.0	0.118	0.458	1,699
43	-54	-55 ～ -53	1.73	0.15	684	17.9	475	390,331	427,505	498	0.0	0.118	0.457	1,688
44	-56	-57 ～ -55	1.73	0.15	696	17.7	476	391,976	429,307	498	0.0	0.119	0.457	1,692
45	-58	-59 ～ -57	1.73	0.15	708	17.5	478	395,277	432,922	498	0.0	0.119	0.457	1,699
46	-60	-61 ～ -59	1.73	0.15	720	17.3	479	396,933	434,736	498	0.0	0.120	0.457	1,702
47	-62	-63 ～ -61	1.73	0.14	732	17.1	481	400,255	422,491	492	0.0	0.120	0.457	1,709
48	-64	-65 ～ -63	1.73	0.14	744	16.9	482	401,921	424,250	492	0.0	0.120	0.456	1,695
49	-66	-67 ～ -65	1.73	0.14	756	16.7	484	405,263	427,778	492	0.0	0.120	0.456	1,702
50	-68	-69 ～ -67	1.73	0.14	768	16.5	485	406,939	429,547	492	0.0	0.121	0.456	1,705
51	-70	-71 ～ -69	1.73	0.14	780	16.3	487	410,302	433,097	492	0.0	0.121	0.456	1,712
52	-72	-73 ～ -71	1.73	0.14	792	16.1	489	413,679	436,661	492	0.0	0.121	0.456	1,719
53	-74	-75 ～ -73	1.73	0.14	804	15.9	490	415,373	438,449	492	0.0	0.122	0.455	1,705
54	-76	-77 ～ -75	1.73	0.14	816	15.7	492	418,771	442,036	492	0.0	0.122	0.455	1,712
55	-78	-79 ～ -77	1.73	0.14	828	15.5	493	420,475	443,835	492	0.0	0.122	0.455	1,716
56	-80	-81 ～ -79	1.73	0.14	840	15.3	495	423,893	447,443	492	0.0	0.122	0.455	1,723
57	-82	-85 ～ -81	1.73	0.14	852	15.1	496	425,608	449,253	492	0.0	0.123	0.455	1,726
58	-88	-90 ～ -85	1.73	0.14	889	14.5	501	434,232	458,356	492	0.0	0.124	0.454	1,726
59	-92	-95 ～ -90	1.73	0.14	913	14.1	504	439,448	463,862	492	0.0	0.124	0.454	1,736
60	-98	-101 ～ -95	1.73	0.14	949	13.5	509	448,210	473,111	492	0.0	0.125	0.453	1,736
61	-104	-108 ～ -101	1.73	0.13	985	12.9	513	455,282	463,485	486	0.0	0.126	0.452	1,733
62	-112	-115 ～ -108	1.73	0.13	1,033	12.1	519	465,995	474,391	486	0.0	0.127	0.451	1,737
63	-118	-122 ～ -115	1.73	0.13	1,070	11.5	524	475,016	483,575	486	0.0	0.127	0.451	1,754
64	-126	-130 ～ -122	1.73	0.13	1,118	10.7	530	485,957	494,713	486	0.0	0.128	0.450	1,758

3.5.4　地下水位

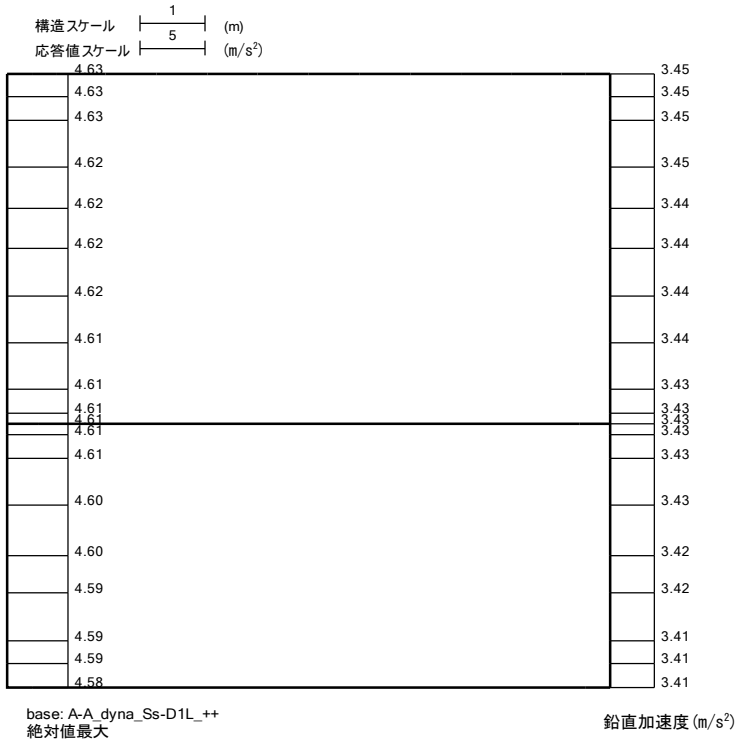
地下水位は地表面として設定する。

4. 解析結果

Ａ－Ａ断面における最大加速度分布を第 4-1 図，Ｄ－Ｄ断面における最大加速度分布を第 4-2 図に示す。

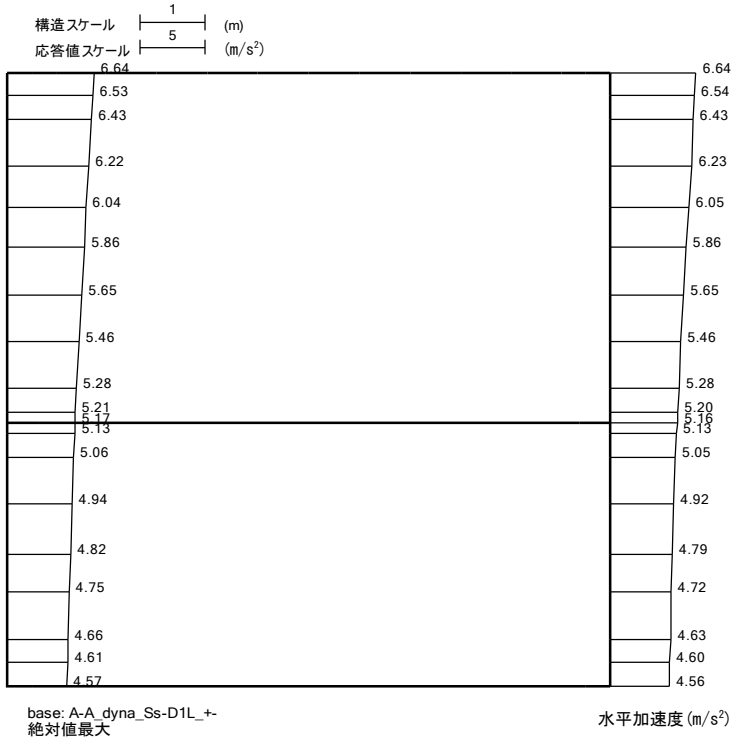


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

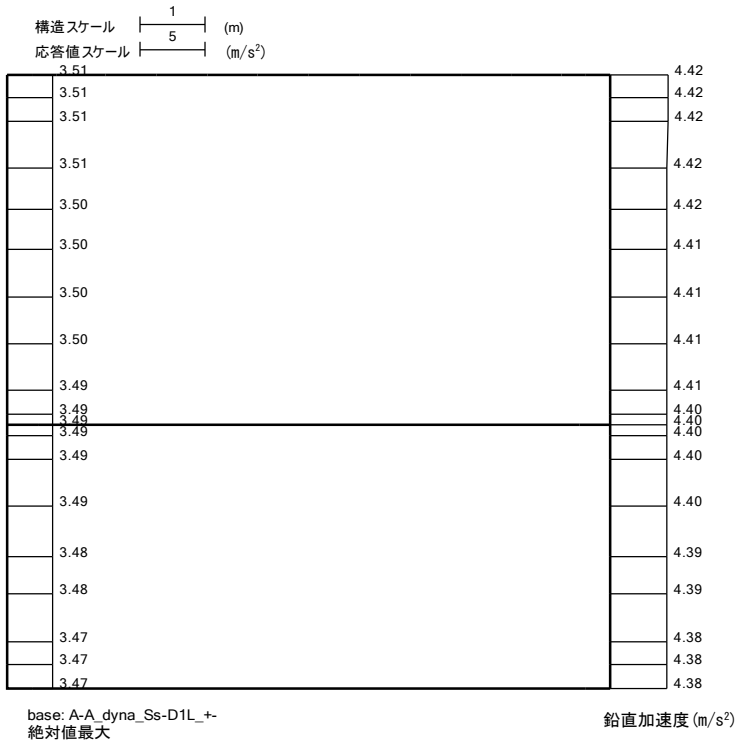


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4-1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（1/17）

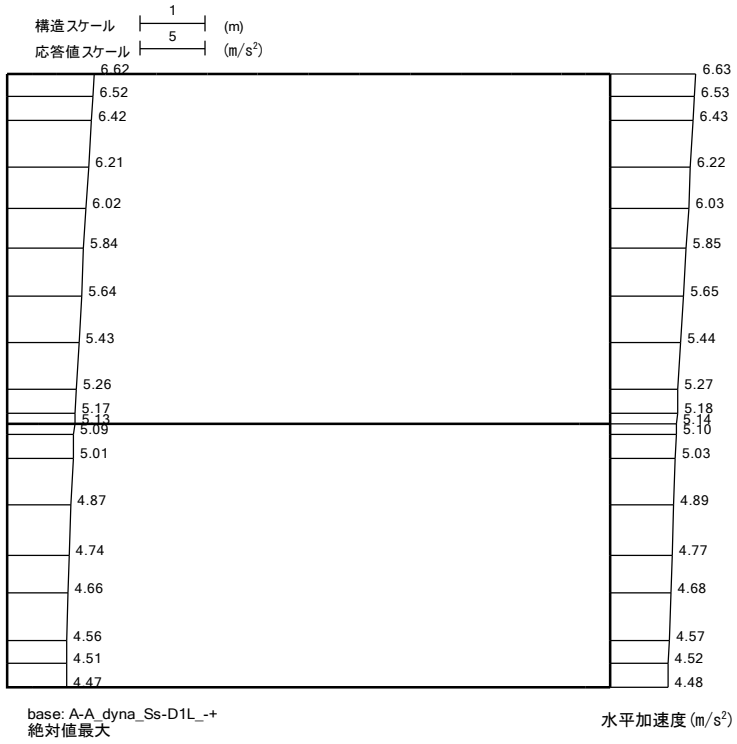


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－），水平）

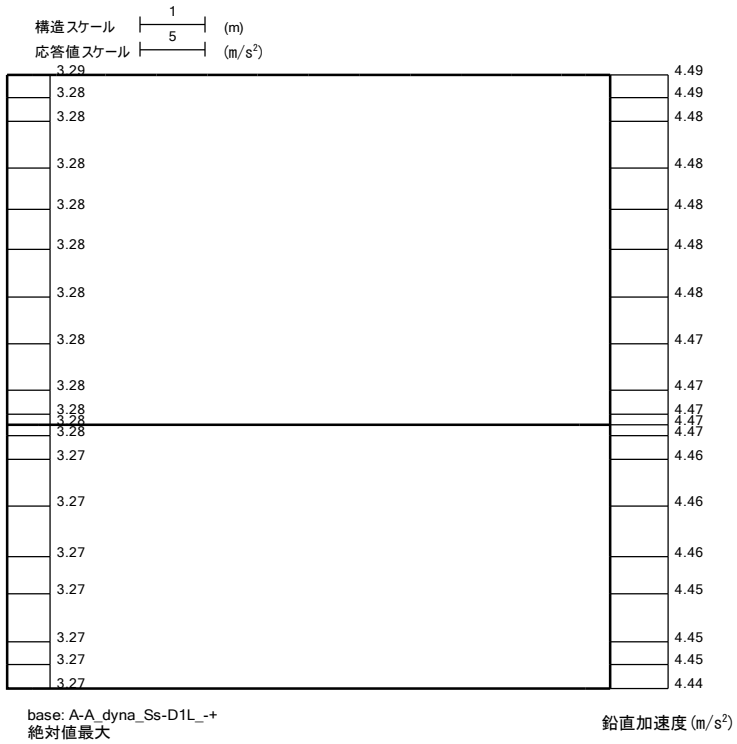


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－），鉛直）

第 4-1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（2/17）

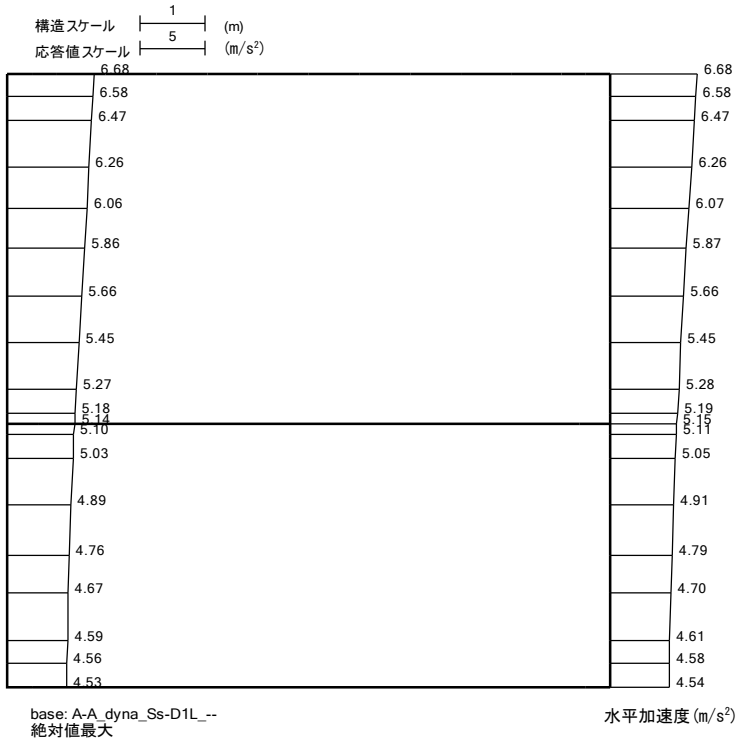


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）

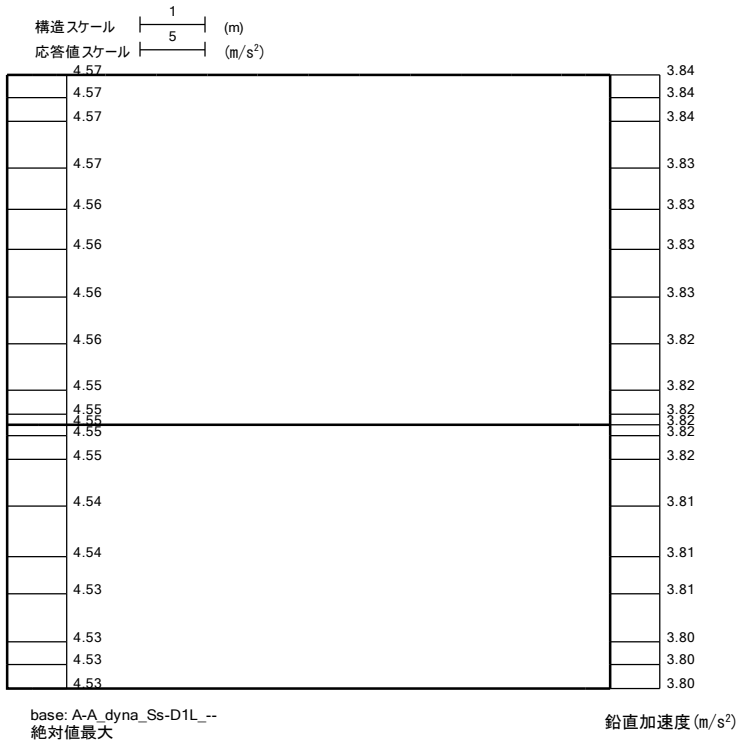


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第 4-1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（3/17）

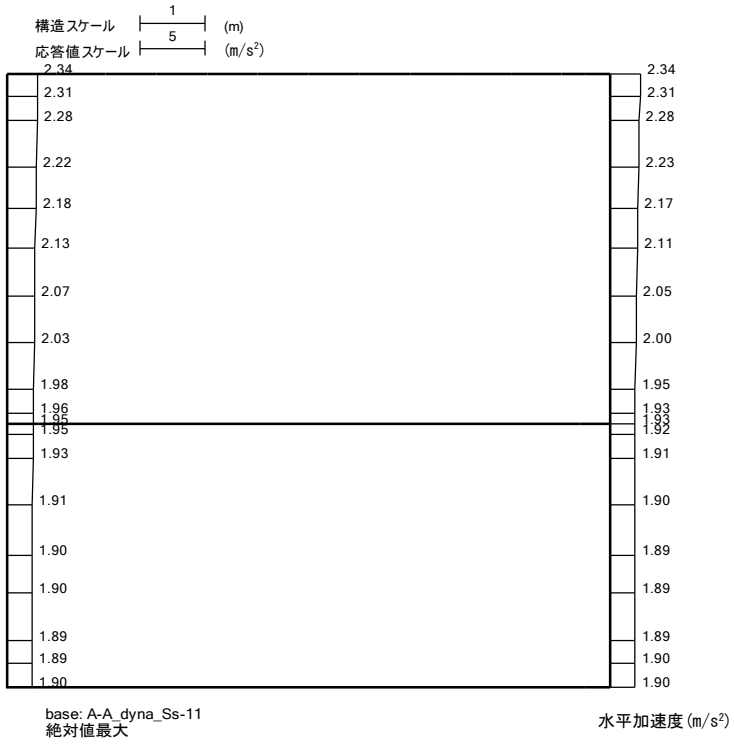


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－），水平）

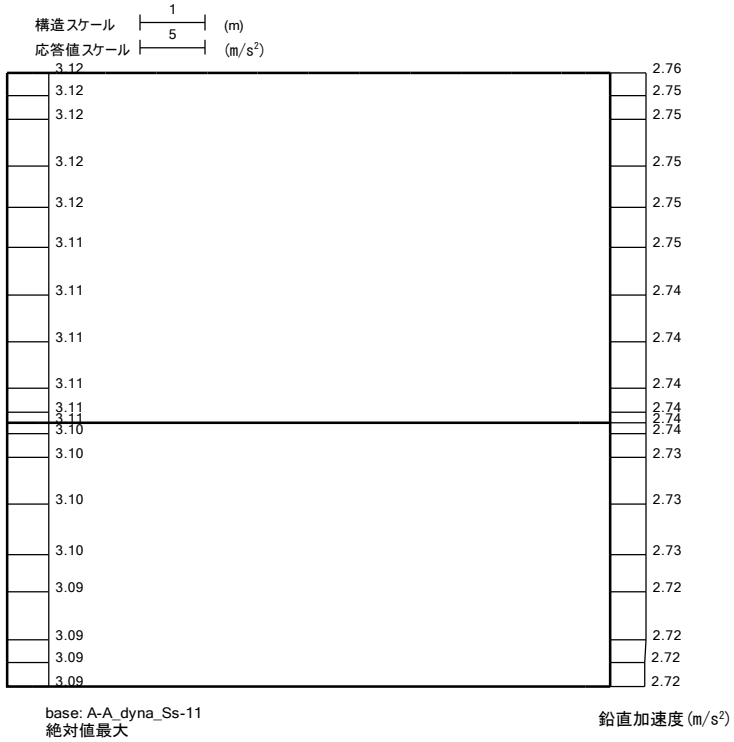


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－），鉛直）

第 4-1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（4/17）

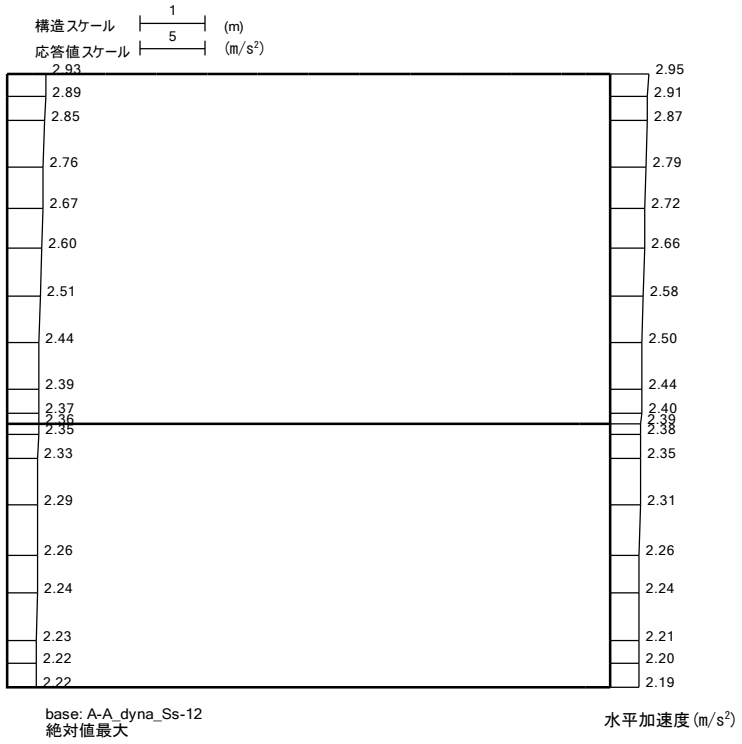


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－１１，水平）

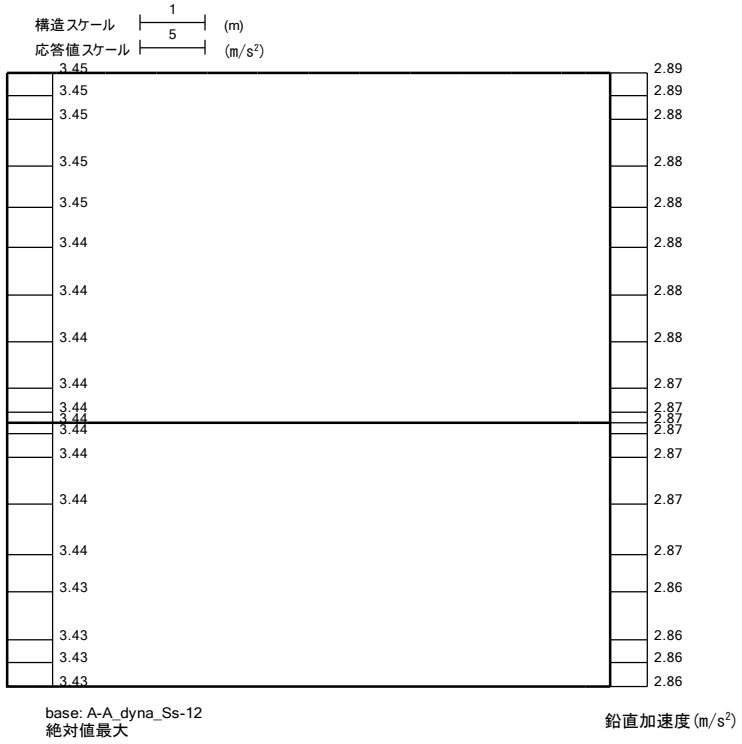


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－１１，鉛直）

第 4-1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（5/17）

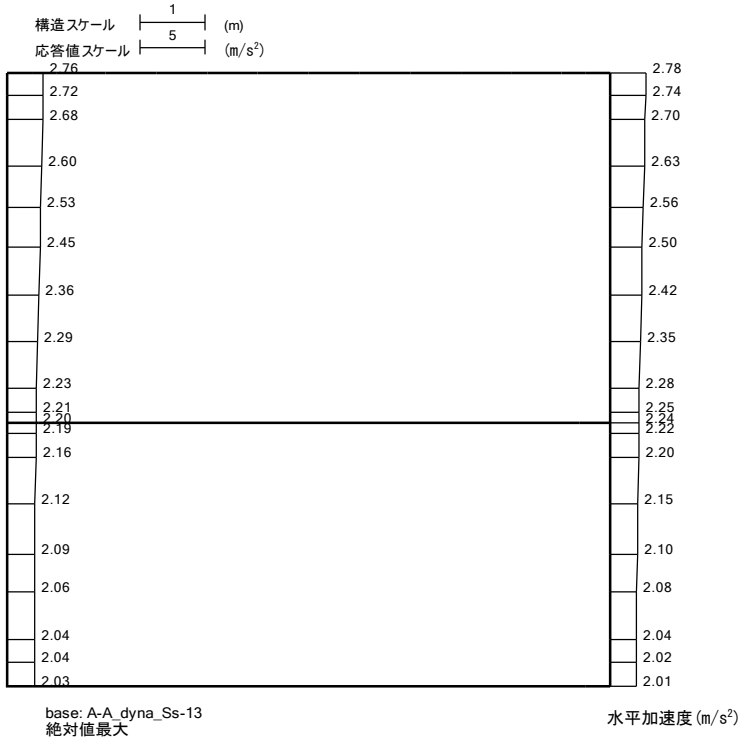


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－１２，水平）

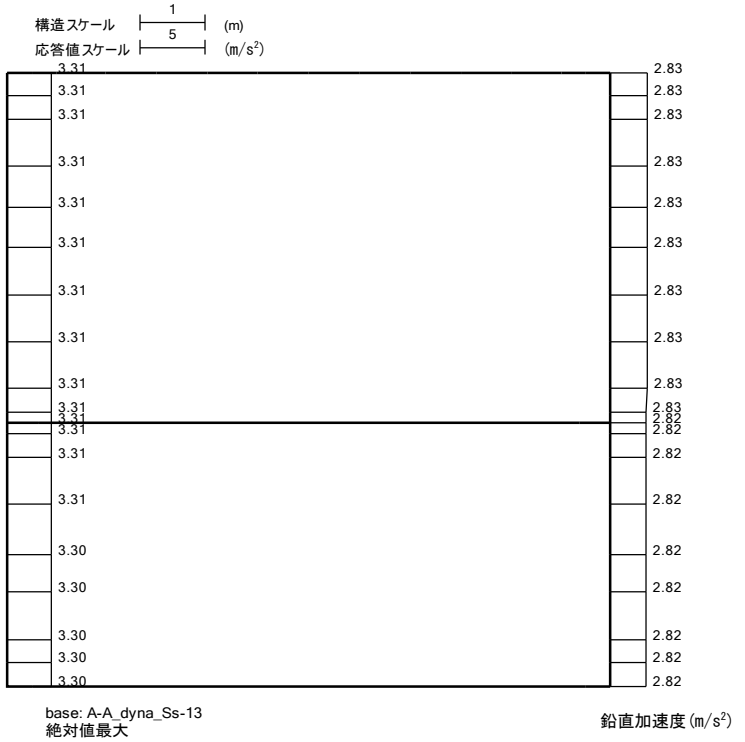


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－１２，鉛直）

第 4-1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（6/17）

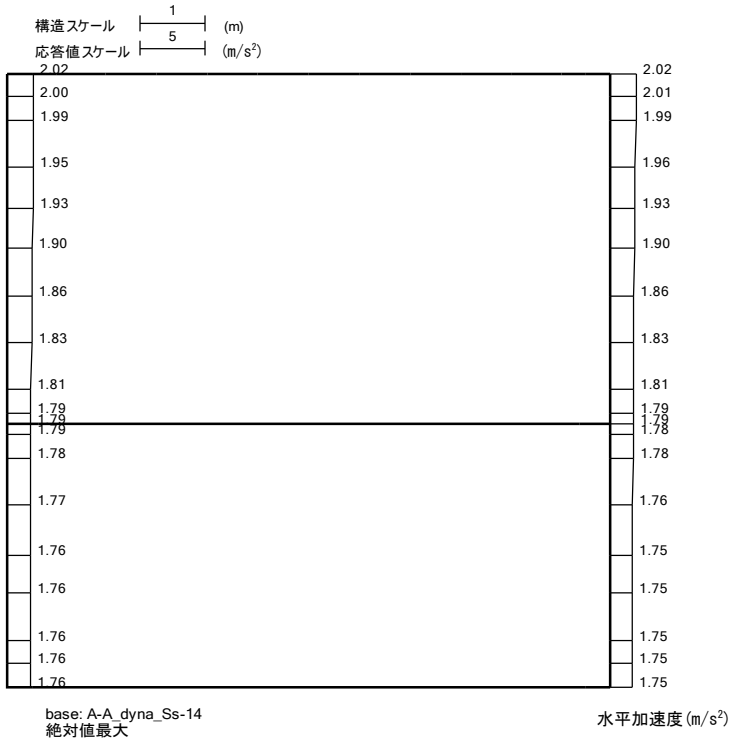


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－１３，水平）

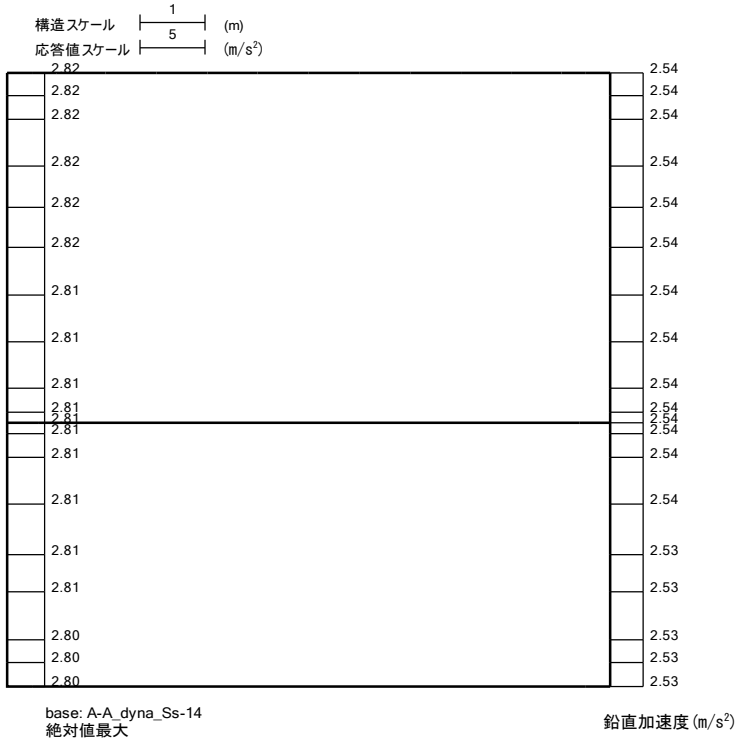


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－１３，鉛直）

第 4-1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（7/17）

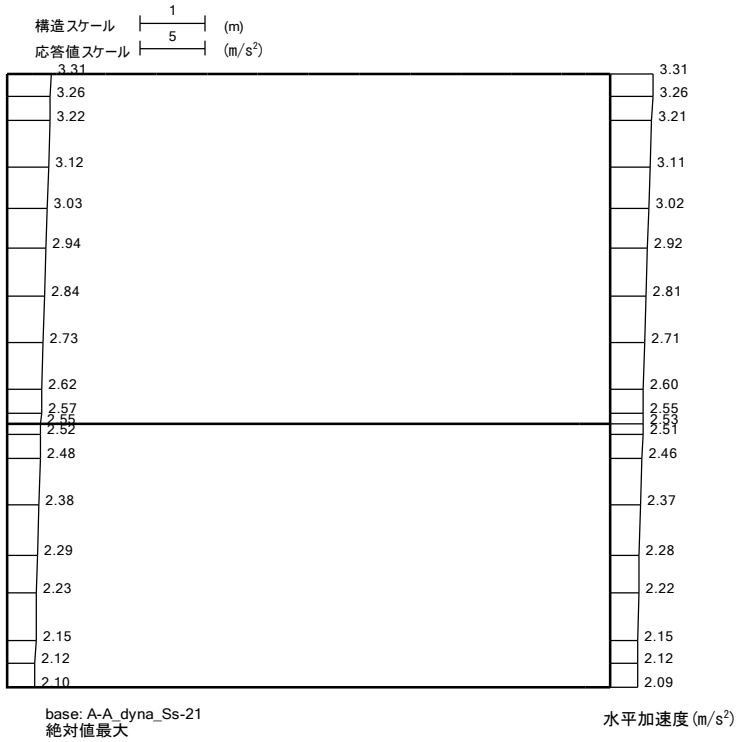


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－１４，水平）

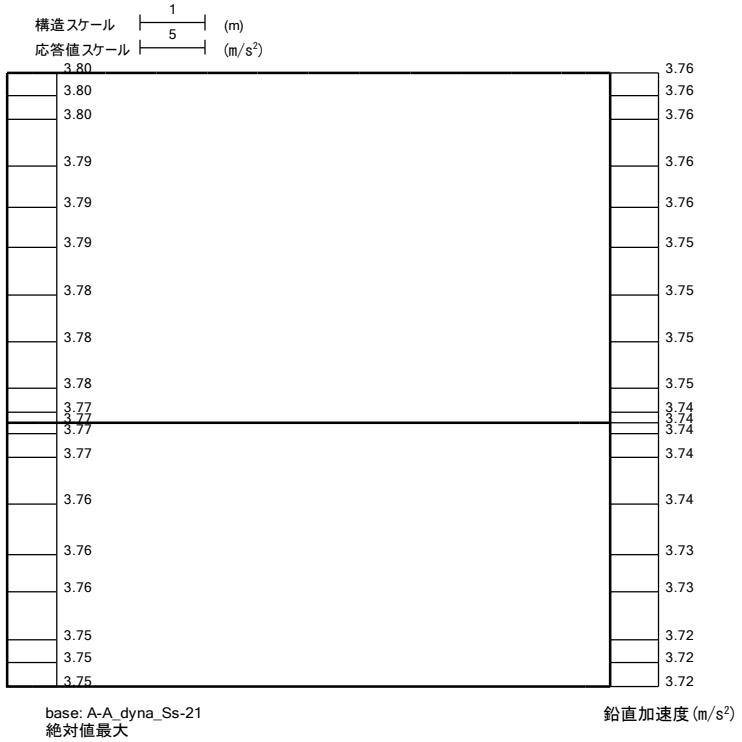


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－１４，鉛直）

第 4-1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（8/17）

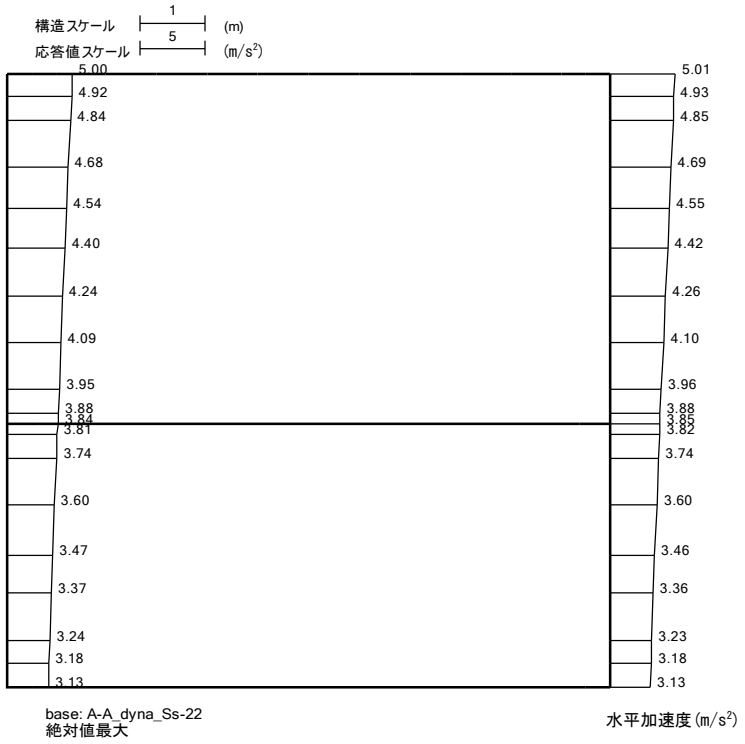


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－２１，水平）

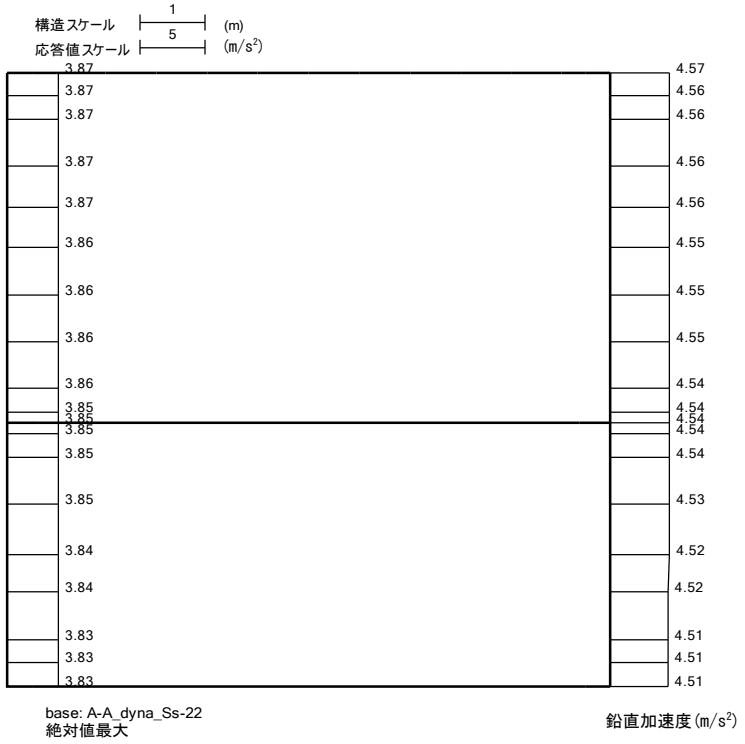


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－２１，鉛直）

第 4-1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（9/17）

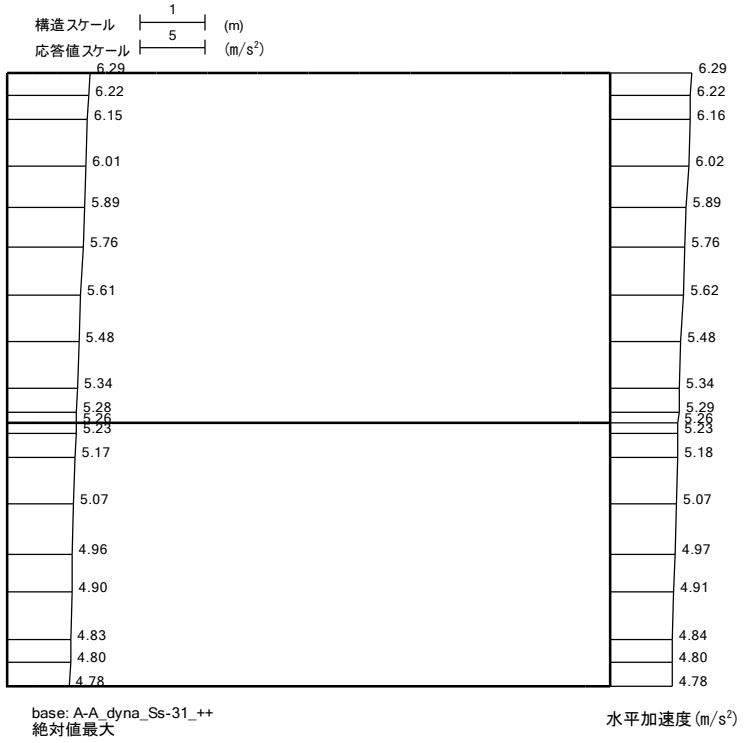


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－２２，水平）

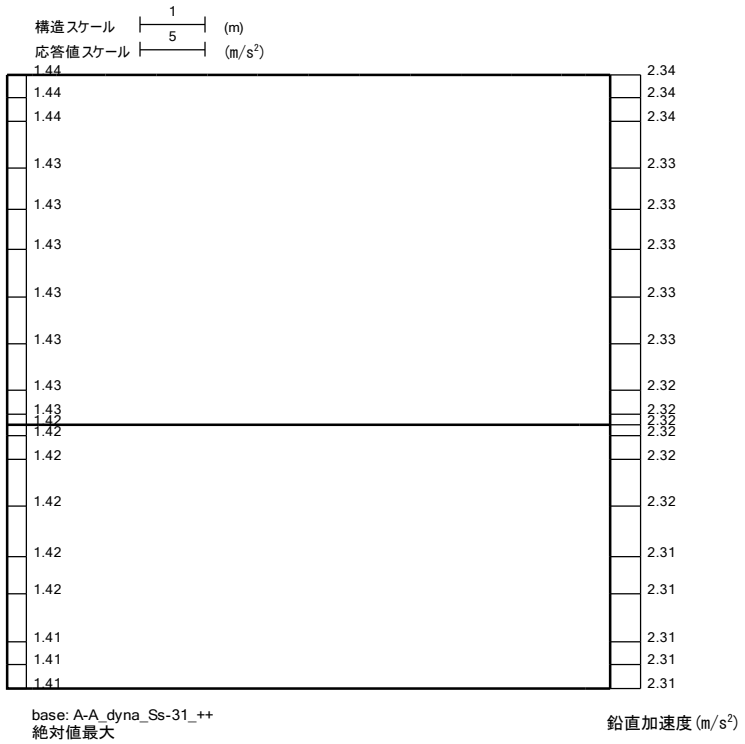


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－２２，鉛直）

第 4-1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（10/17）

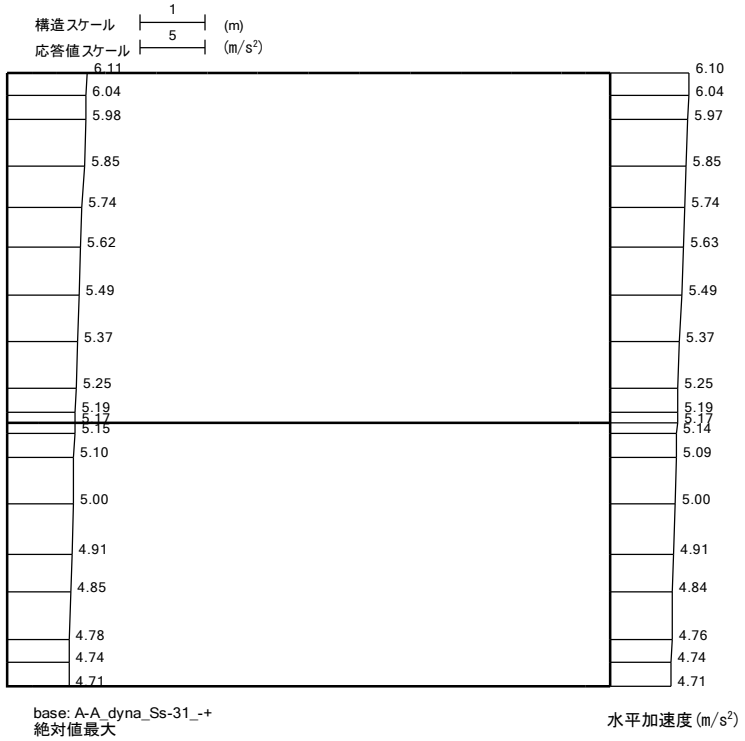


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

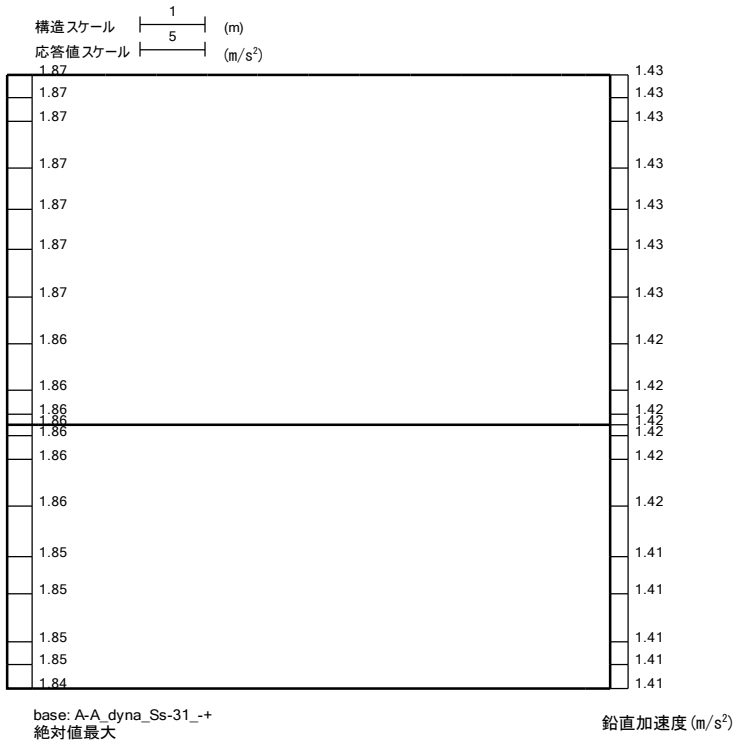


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4-1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（11/17）

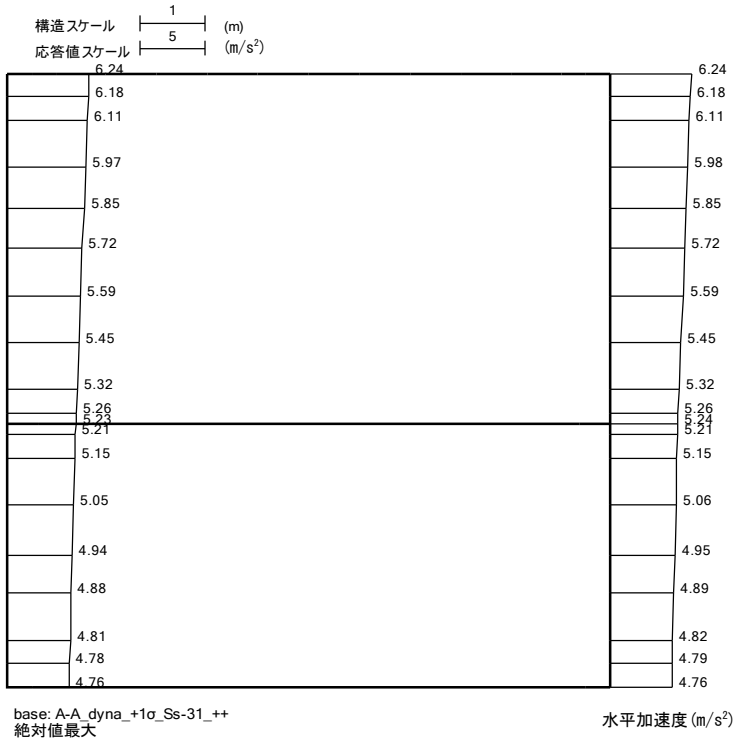


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）

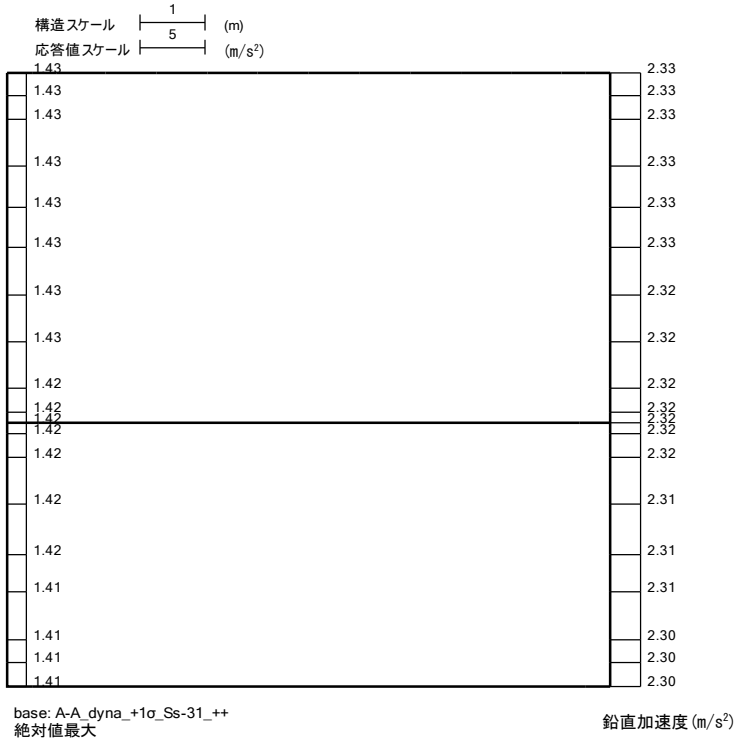


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第 4-1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（12/17）

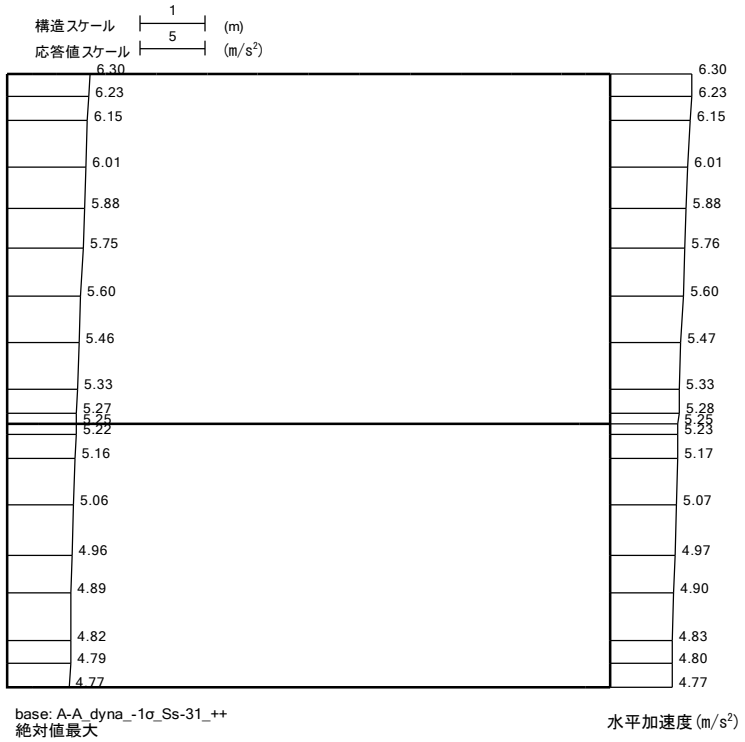


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

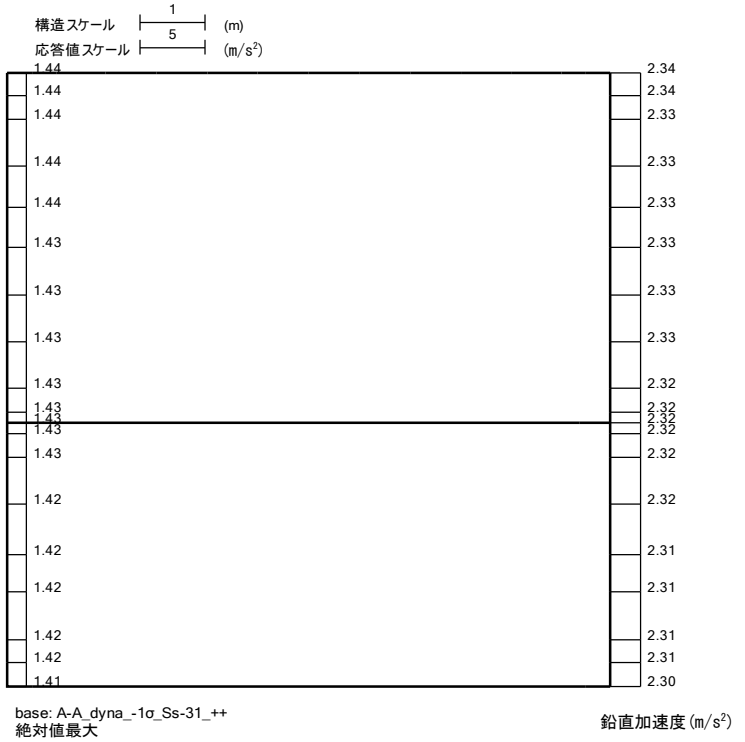


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4-1 図　②地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース　最大加速度分布（13/17）

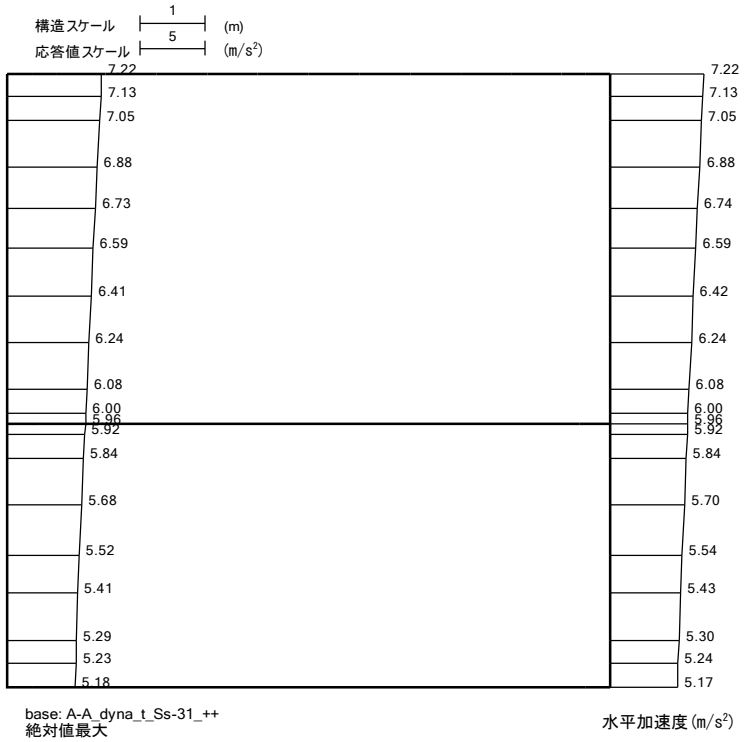


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

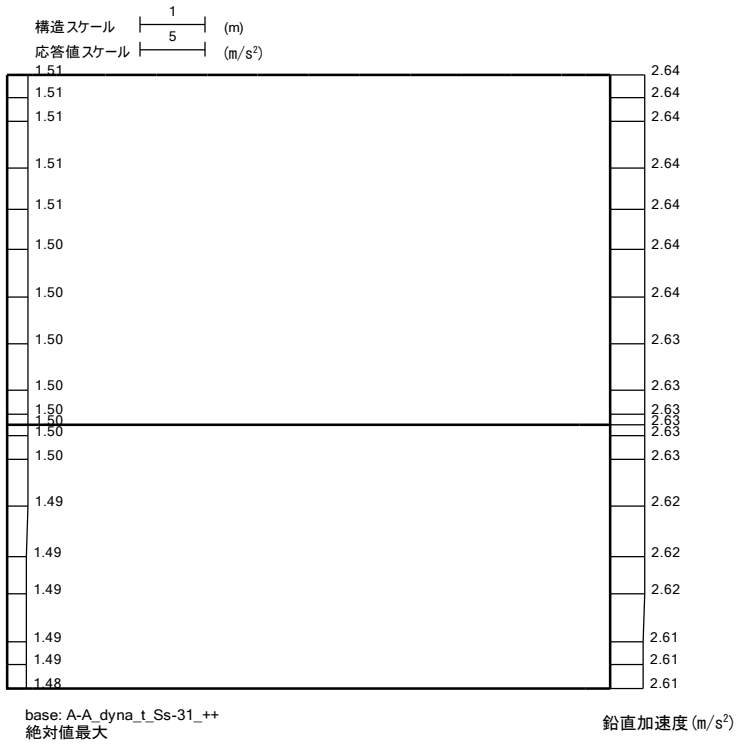


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4-1 図　③地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース　最大加速度分布（14/17）

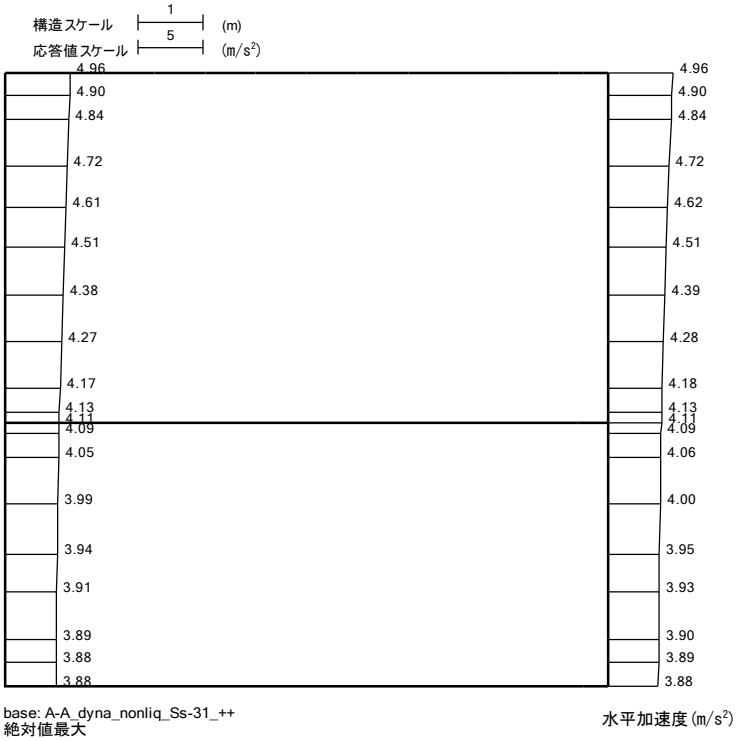


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓ$_s$－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

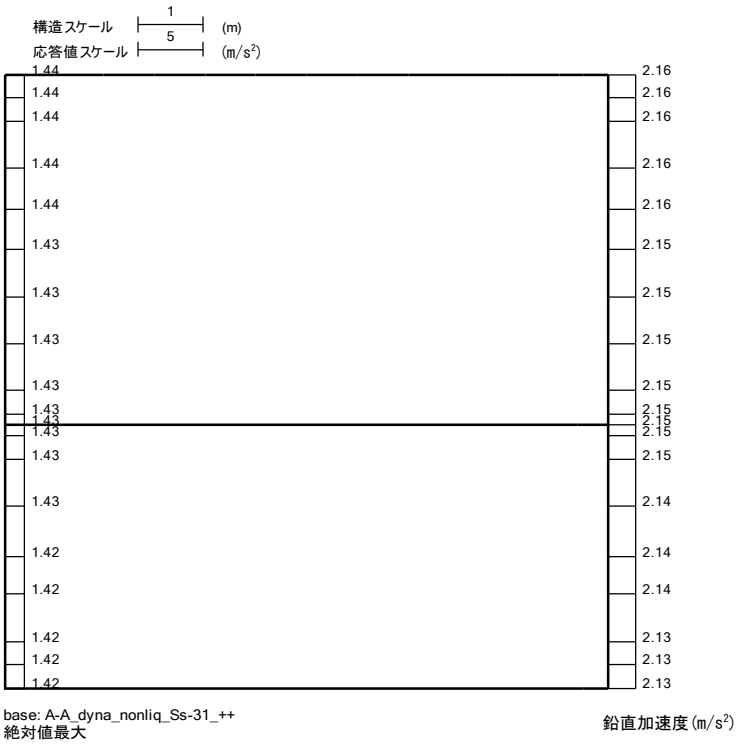


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓ$_s$－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4-1 図　④敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース　最大加速度分（15/17）

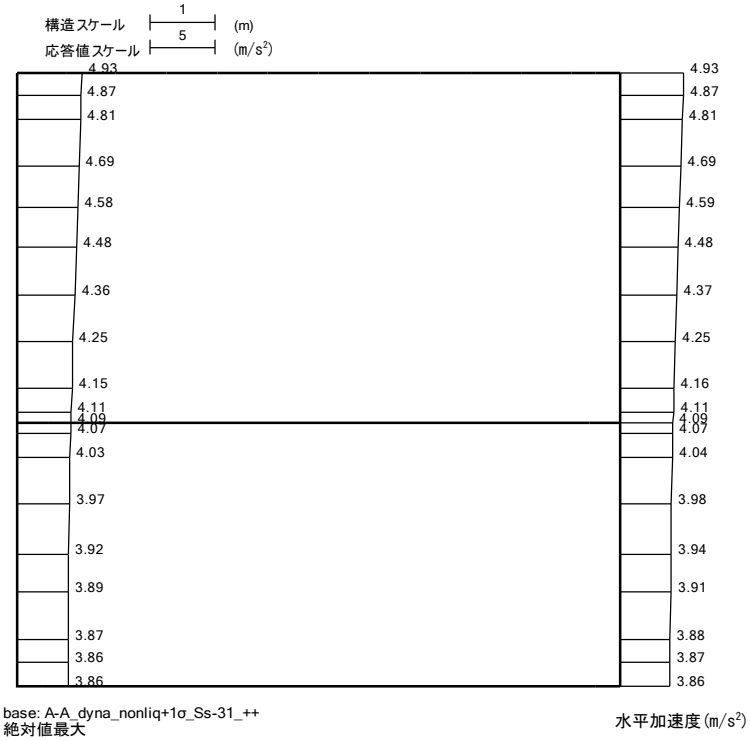


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

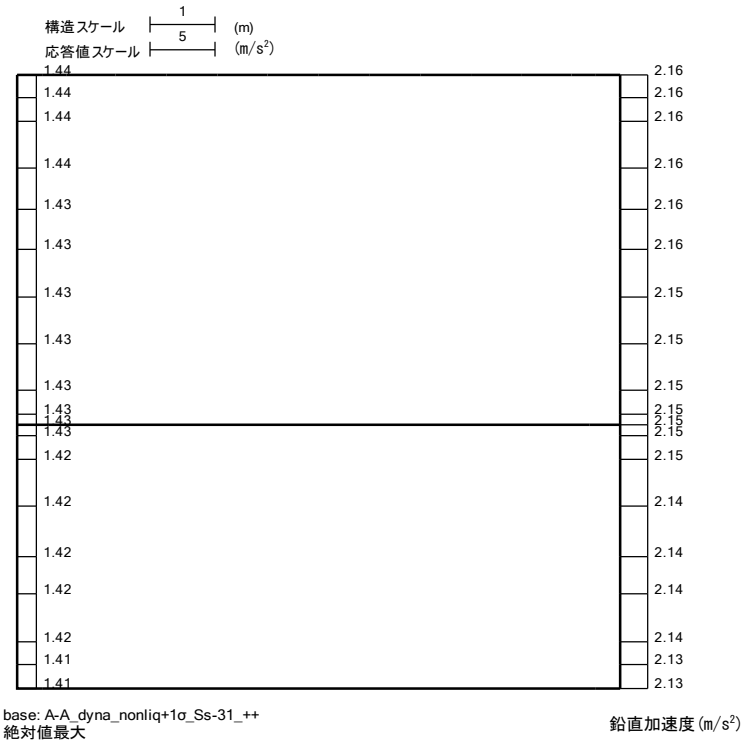


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4-1 図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布（16/17）

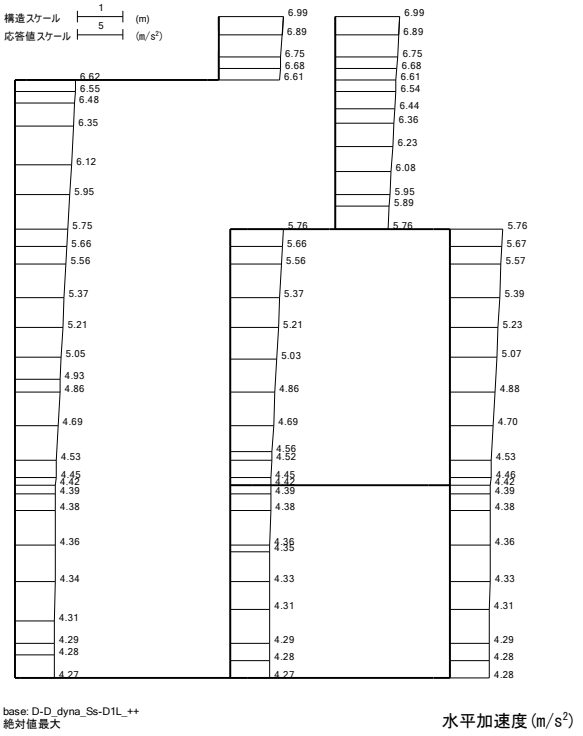


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

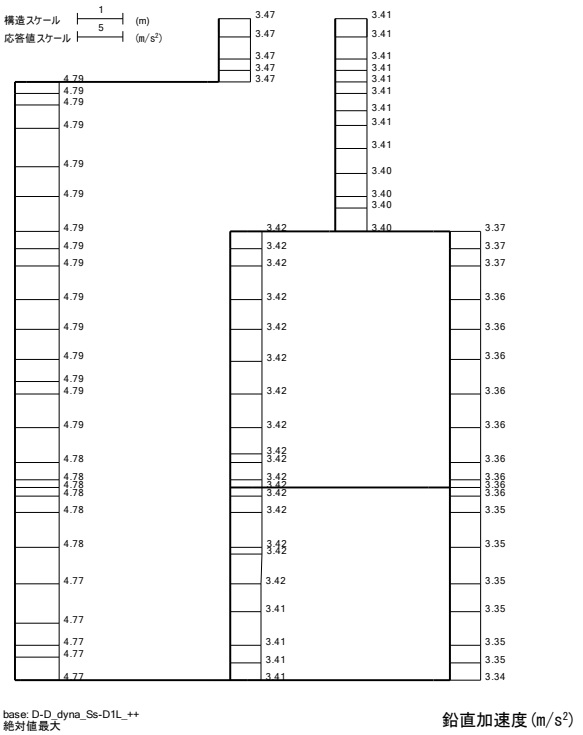


（Ａ－Ａ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4-1 図　⑥地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
最大加速度分布（17/17）

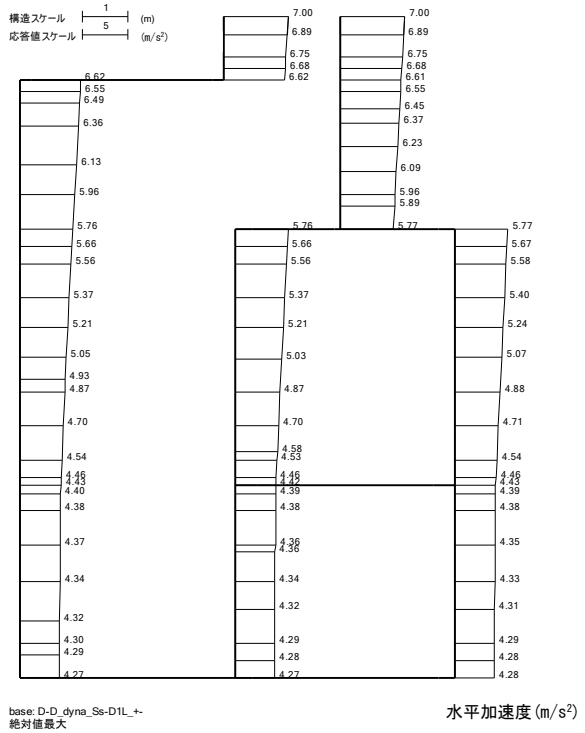


（D－D断面，鉄筋コンクリート，S_s－D１（H＋，V＋），水平）

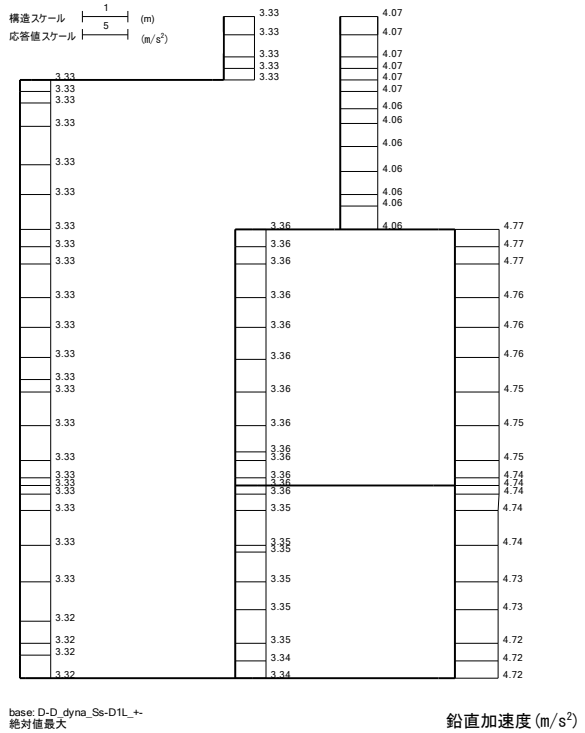


（D－D断面，鉄筋コンクリート，S_s－D１（H＋，V＋），鉛直）

第 4-2 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（1/17）

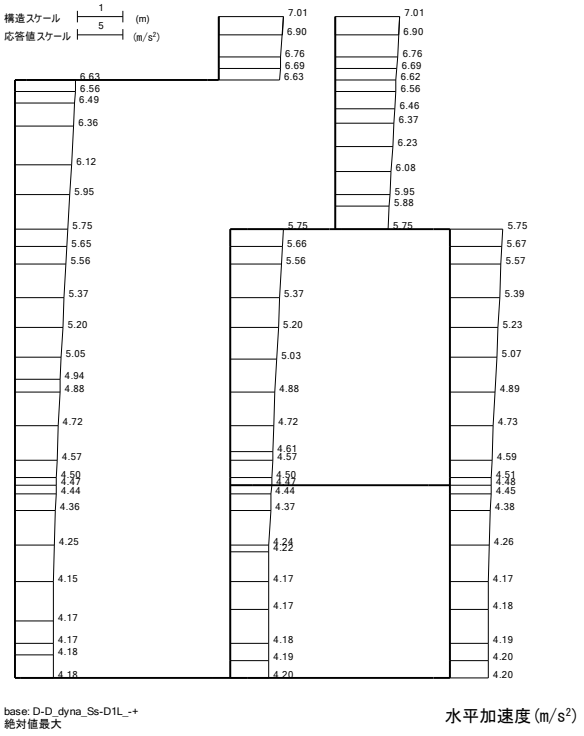


（Ｄ－Ｄ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－），水平）

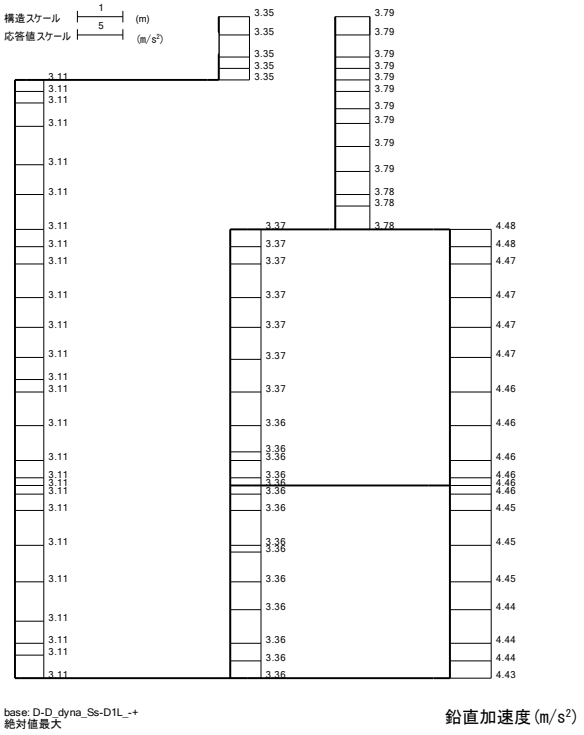


（Ｄ－Ｄ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－），鉛直）

第 4-2 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（2/17）

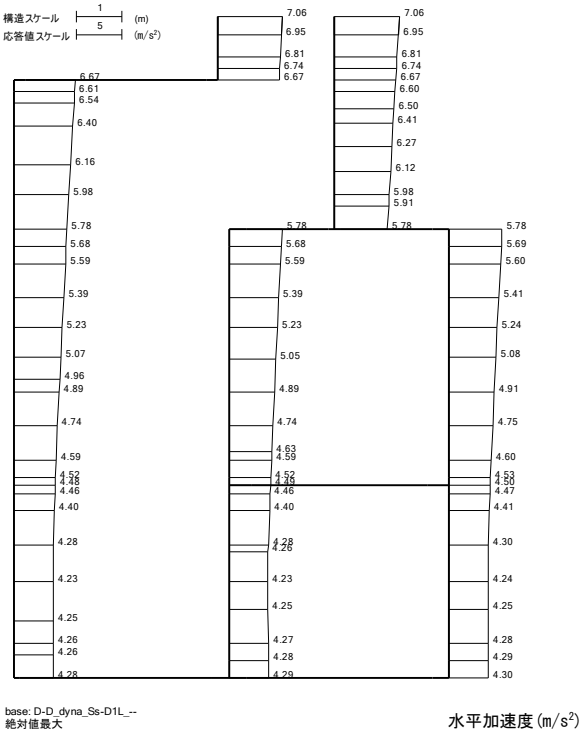


（D－D断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）

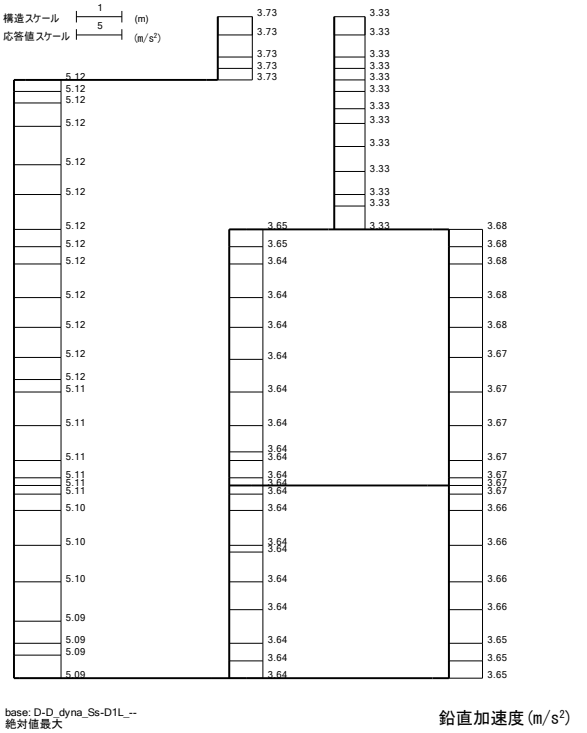


（D－D断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第 4-2 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（3/17）

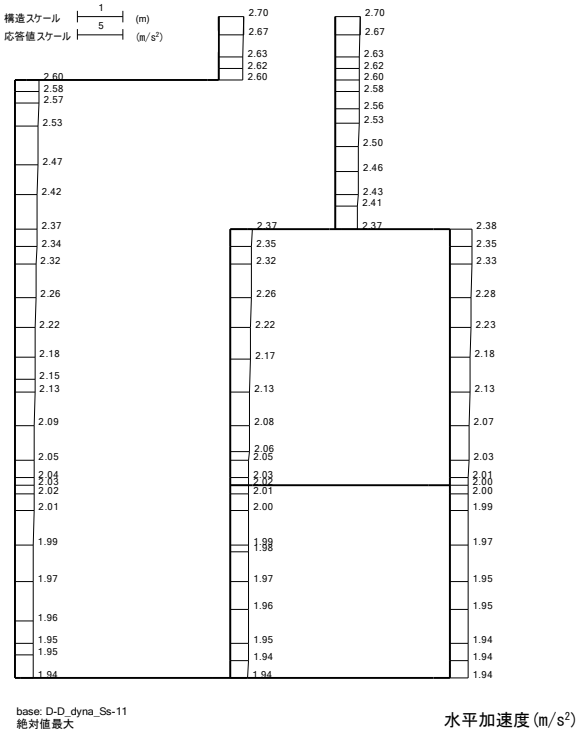


（D－D断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－），水平）

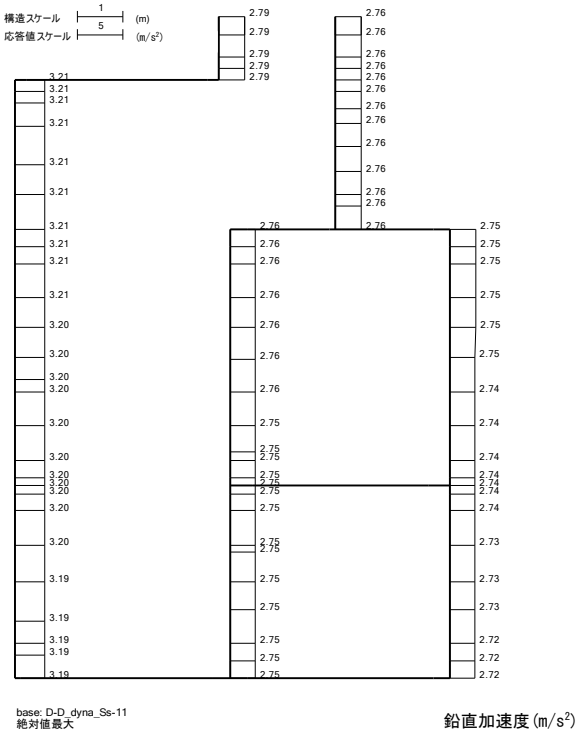


（D－D断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－），鉛直）

第 4-2 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（4/17）

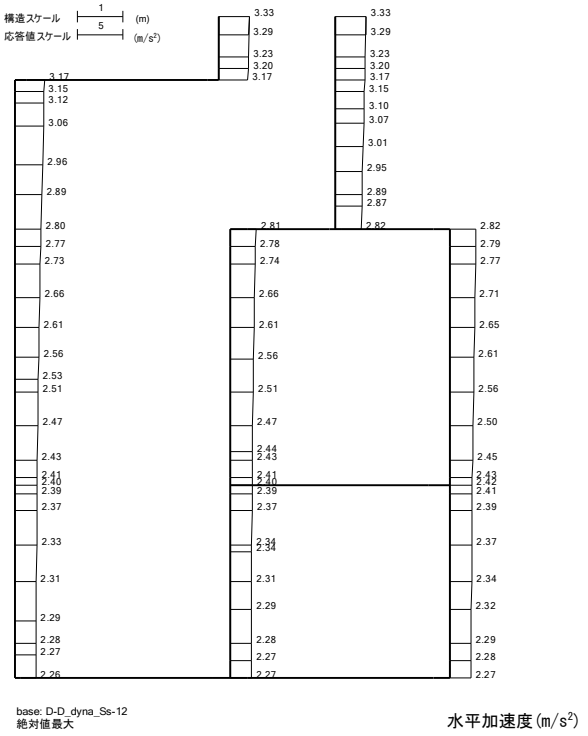


（Ｄ－Ｄ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－１１，水平）

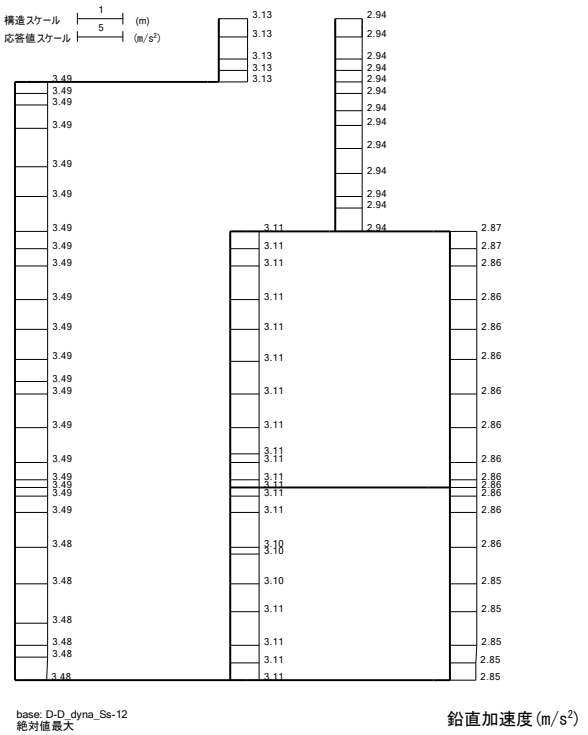


（Ｄ－Ｄ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－１１，鉛直）

第 4-2 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（5/17）

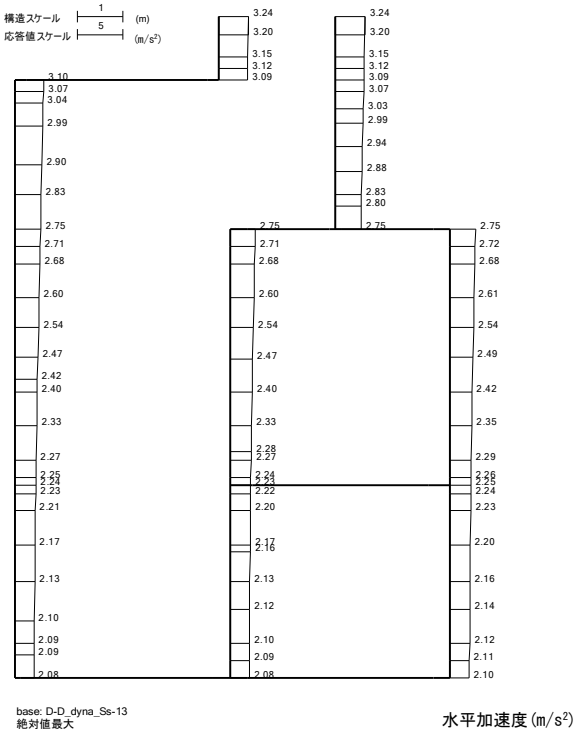


（Ｄ－Ｄ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－１２，水平）

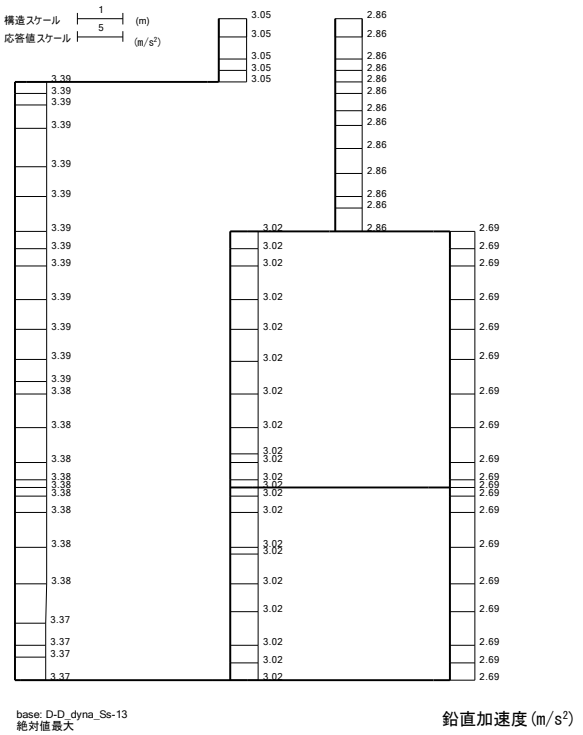


（Ｄ－Ｄ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－１２，鉛直）

第 4-2 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（6/17）

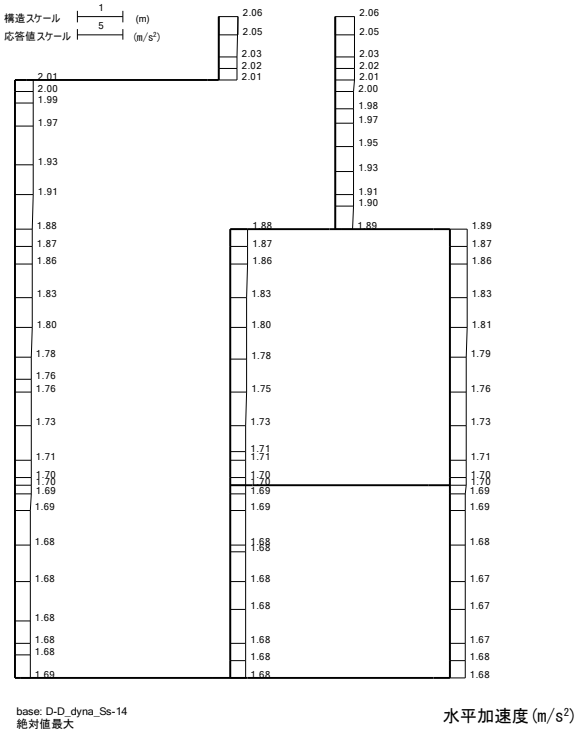


（D－D断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－１３，水平）

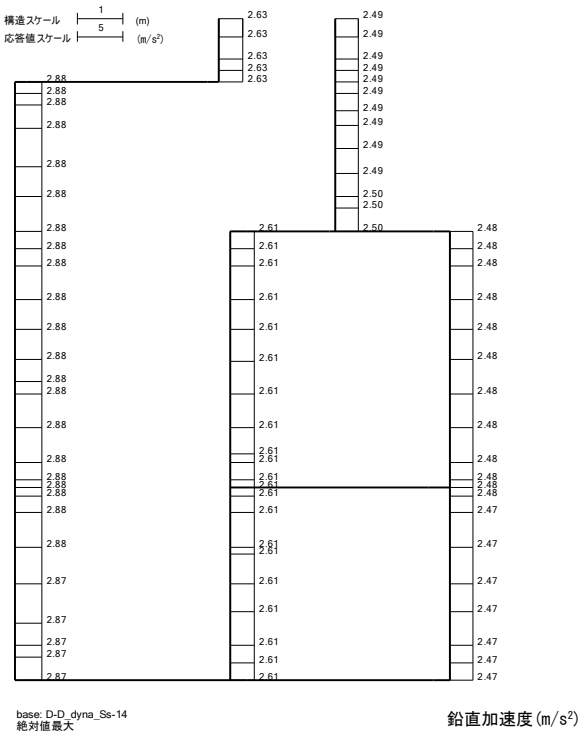


（D－D断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－１３，鉛直）

第 4-2 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（7/17）

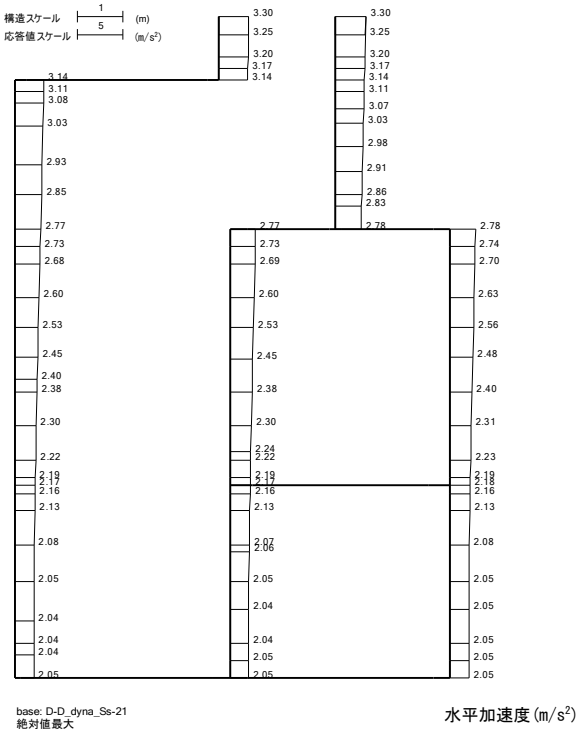


（Ｄ－Ｄ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－１４，水平）

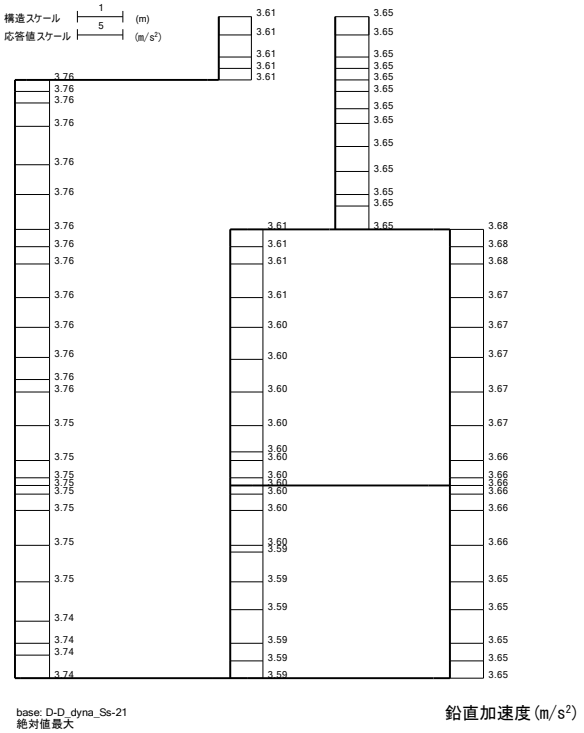


（Ｄ－Ｄ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－１４，鉛直）

第 4-2 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（8/17）

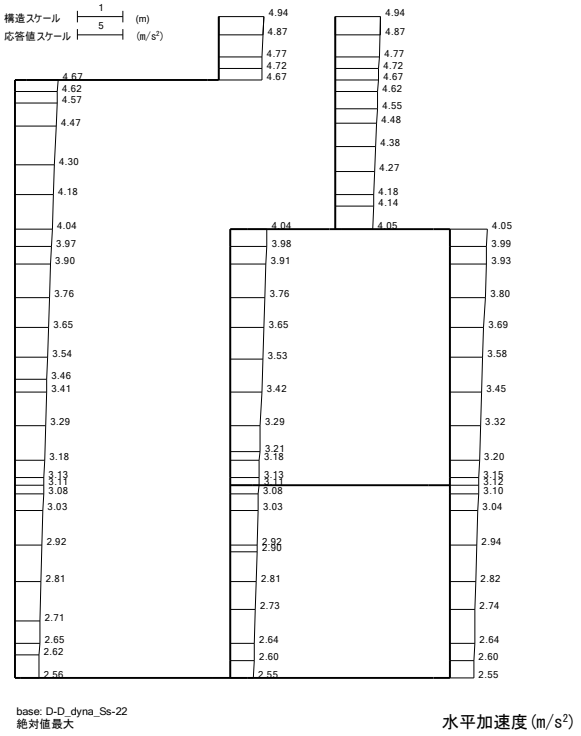


（Ｄ－Ｄ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－２１，水平）

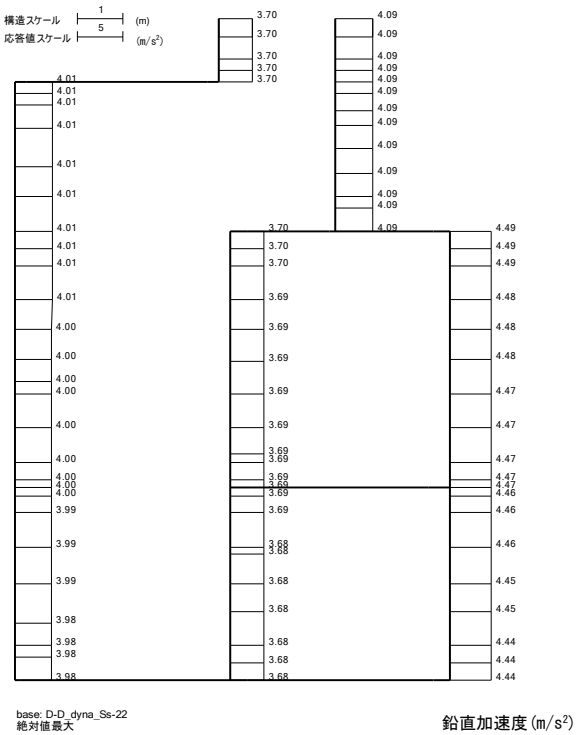


（Ｄ－Ｄ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－２１，鉛直）

第 4-2 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（9/17）

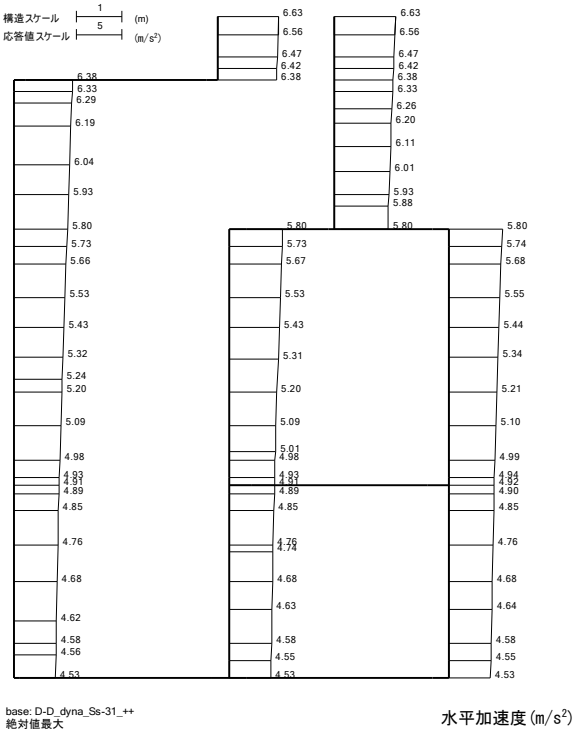


（Ｄ－Ｄ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－２２，水平）

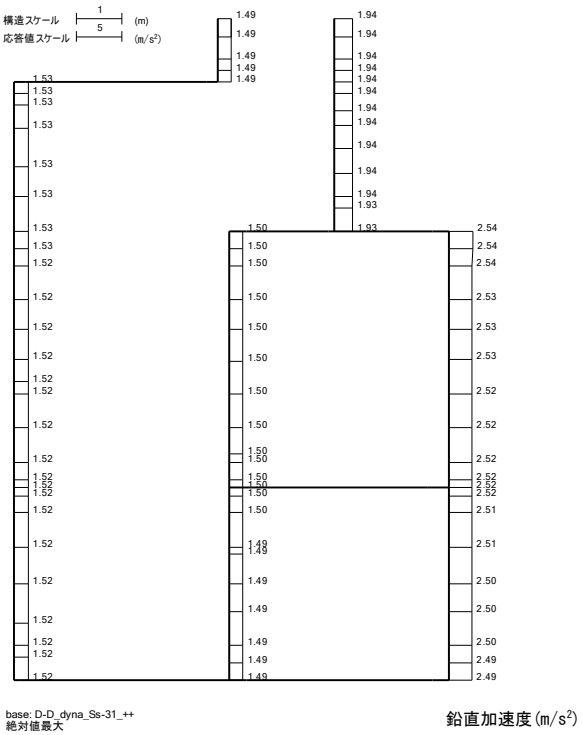


（Ｄ－Ｄ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－２２，鉛直）

第 4-2 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（10/17）

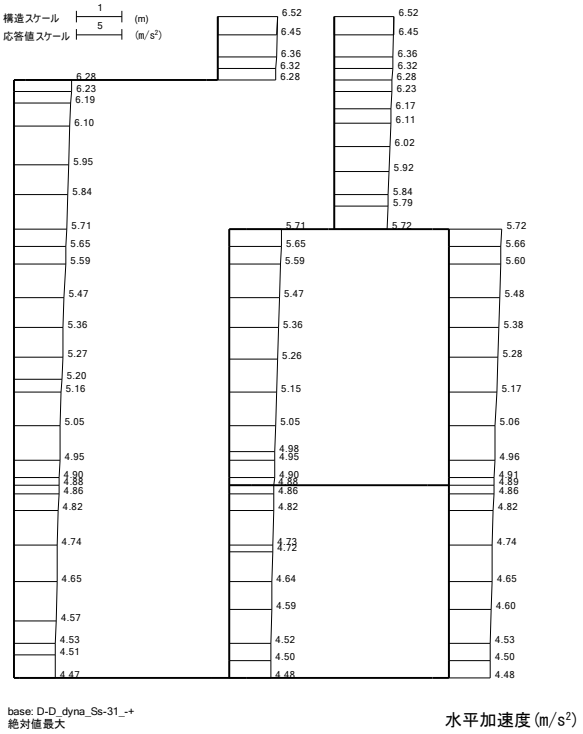


（Ｄ－Ｄ断面，鉄筋コンクリート，Ｓ$_s$－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

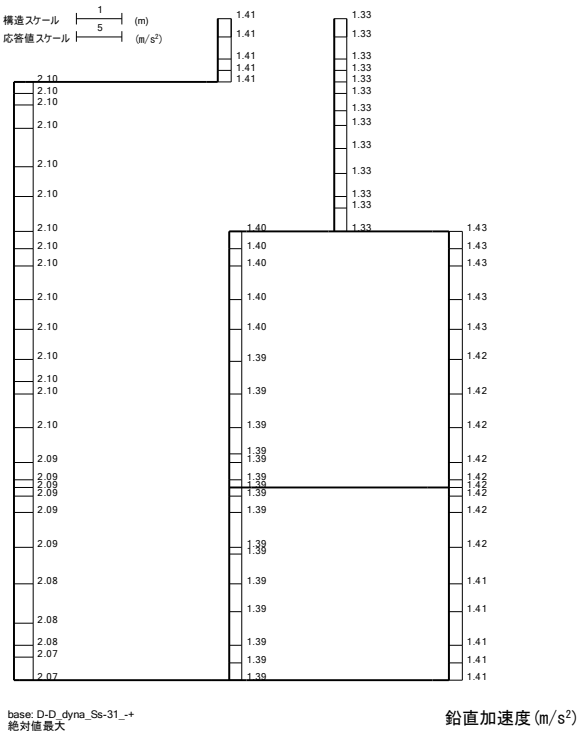


（Ｄ－Ｄ断面，鉄筋コンクリート，Ｓ$_s$－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4-2 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（11/17）

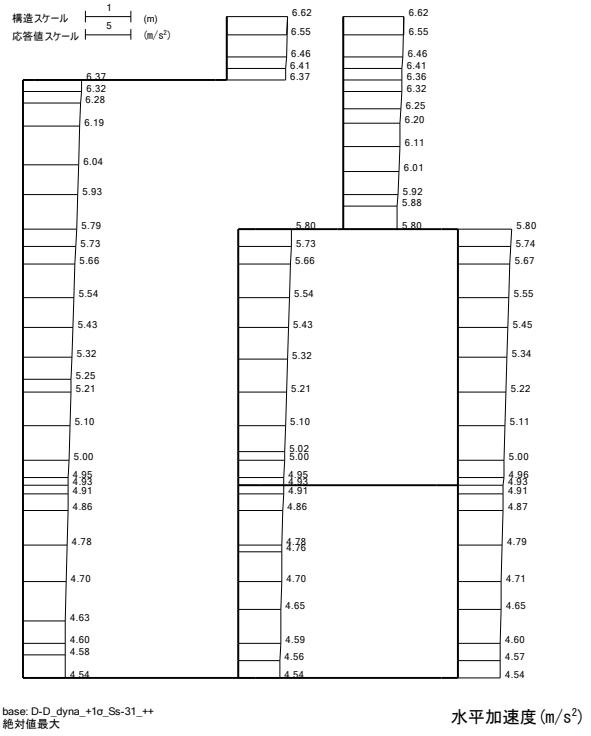


（D－D断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）

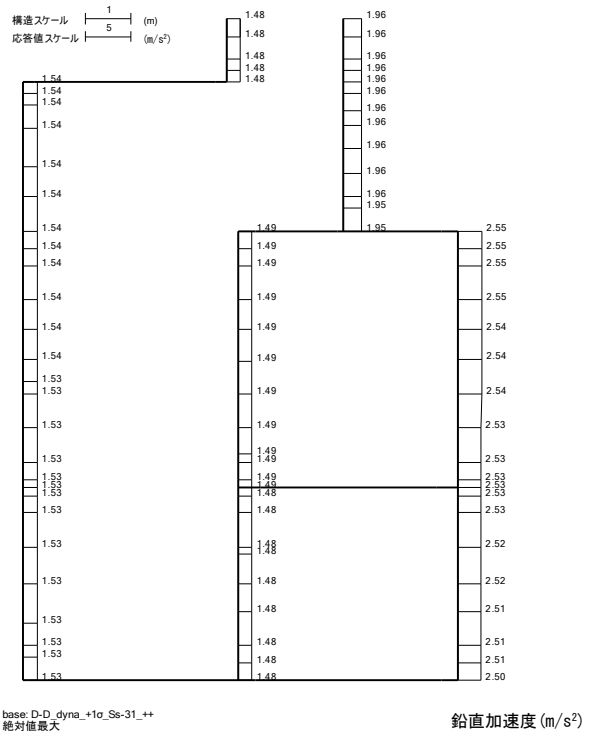


（D－D断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第 4-2 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（12/17）

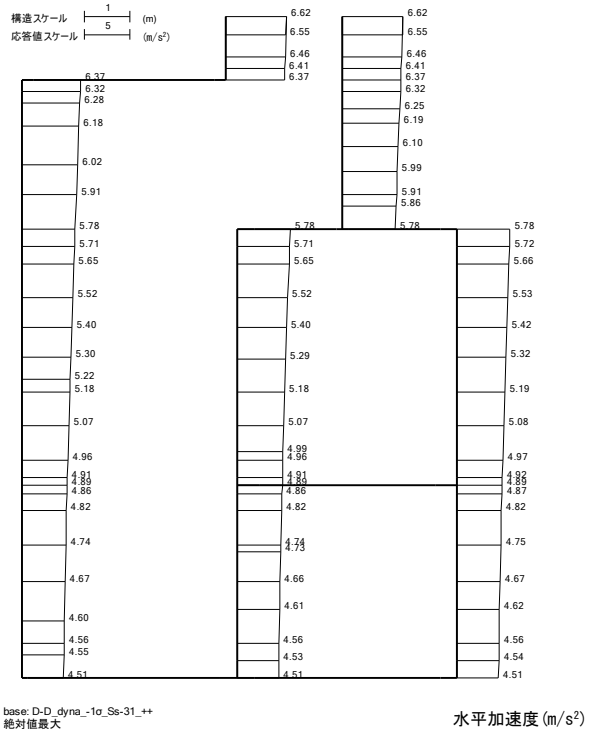


（Ｄ－Ｄ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

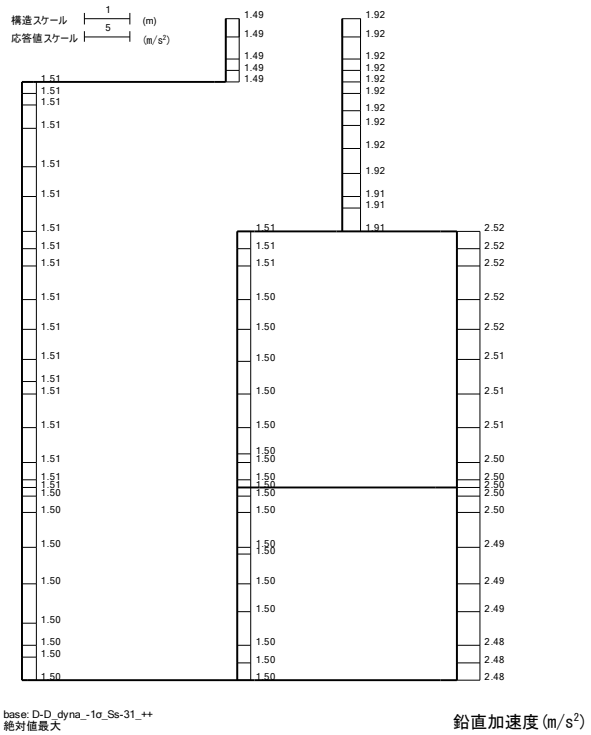


（Ｄ－Ｄ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4-2 図　②地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース　最大加速度分布（13/17）

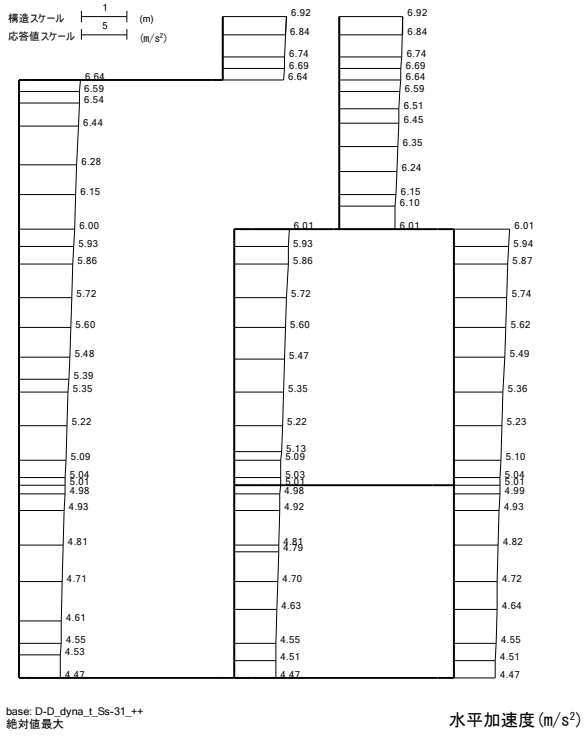


（D－D断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

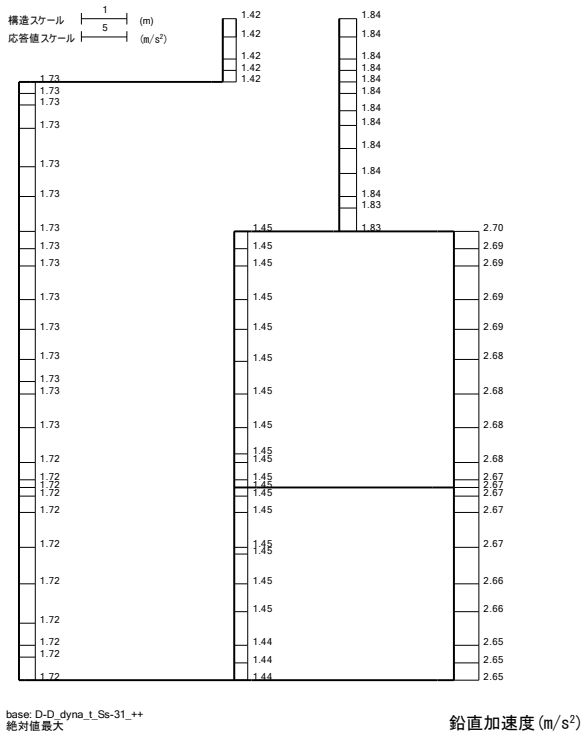


（D－D断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4-2 図　③地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース　最大加速度分布（14/17）

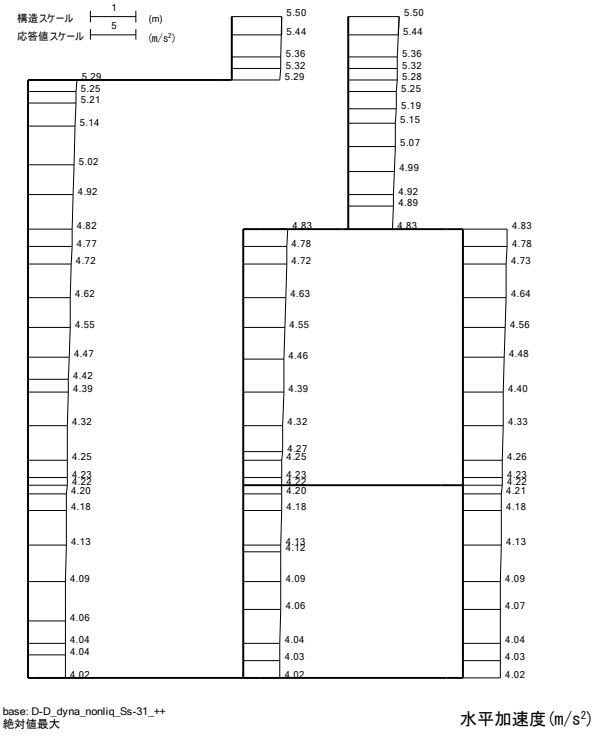


（D－D断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

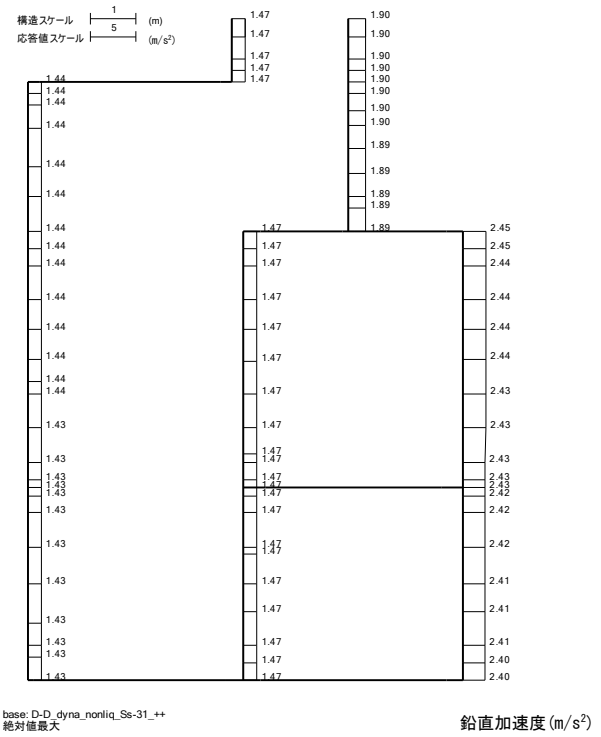


（D－D断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4-2 図　④敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース　最大加速度分（15/17）

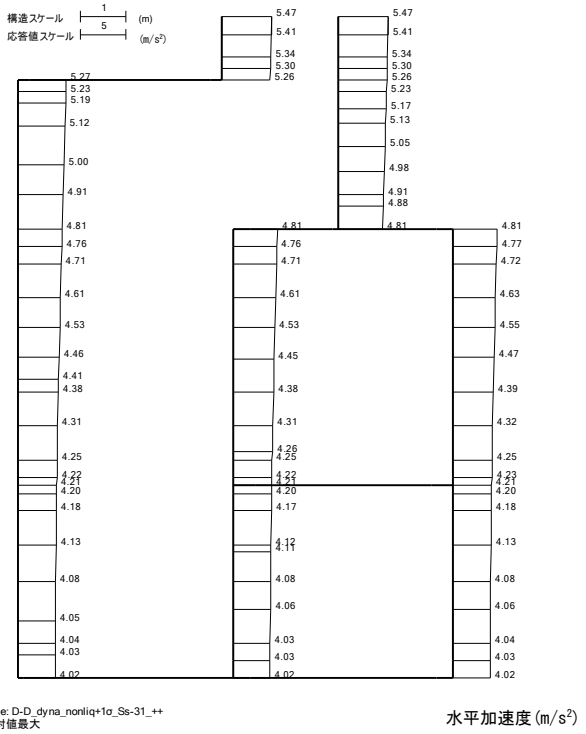


（Ｄ－Ｄ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

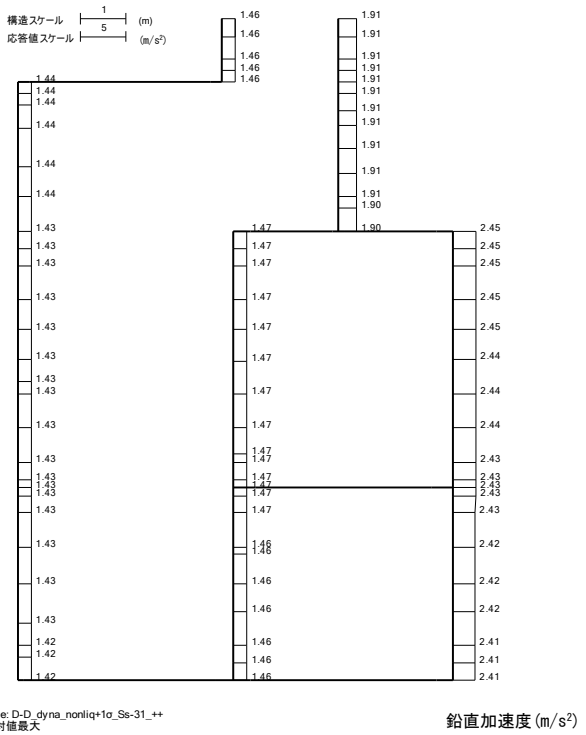


（Ｄ－Ｄ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4-2 図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布（16/17）



（Ｄ－Ｄ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）



（Ｄ－Ｄ断面，鉄筋コンクリート，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4-2 図　⑥地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
最大加速度分布（17/17）

Ⅴ-2-2-21　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 基本方針 ····· 2
2.1 位置 ····· 2
2.2 構造概要 ····· 3
2.3 評価方針 ····· 5
2.4 適用基準 ····· 7
3. 耐震評価 ····· 8
3.1 評価対象断面 ····· 8
3.2 許容限界 ····· 10
3.3 評価方法 ····· 15
4. 耐震評価結果 ····· 23
4.1 構造部材の健全性に対する評価結果 ····· 23
4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果 ····· 81

1. 概要

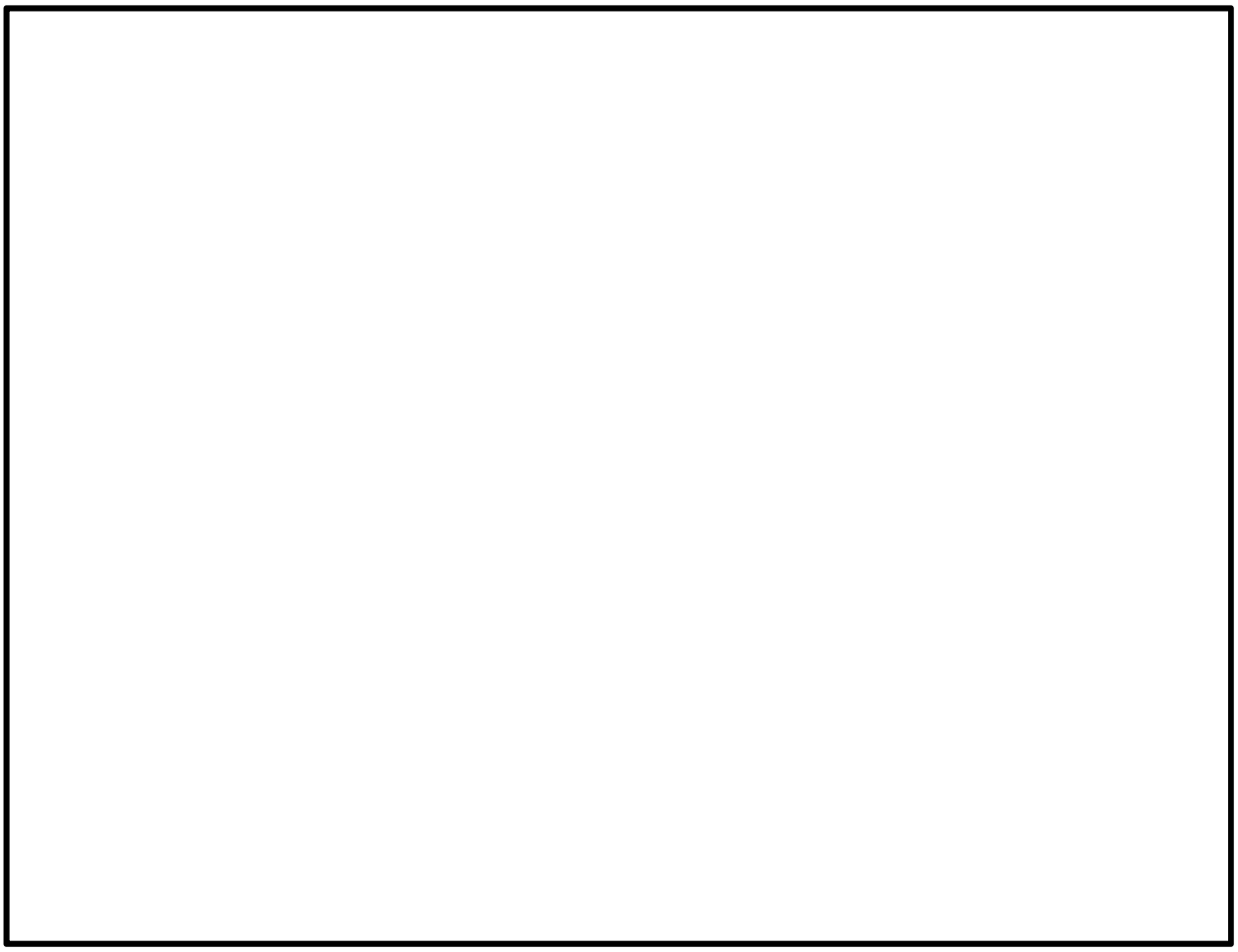
本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートが基準地震動Ｓｓに対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認するものである。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートに要求される機能の維持を確認するにあたっては，地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価により行う。

2.　基本方針

2.1　位置

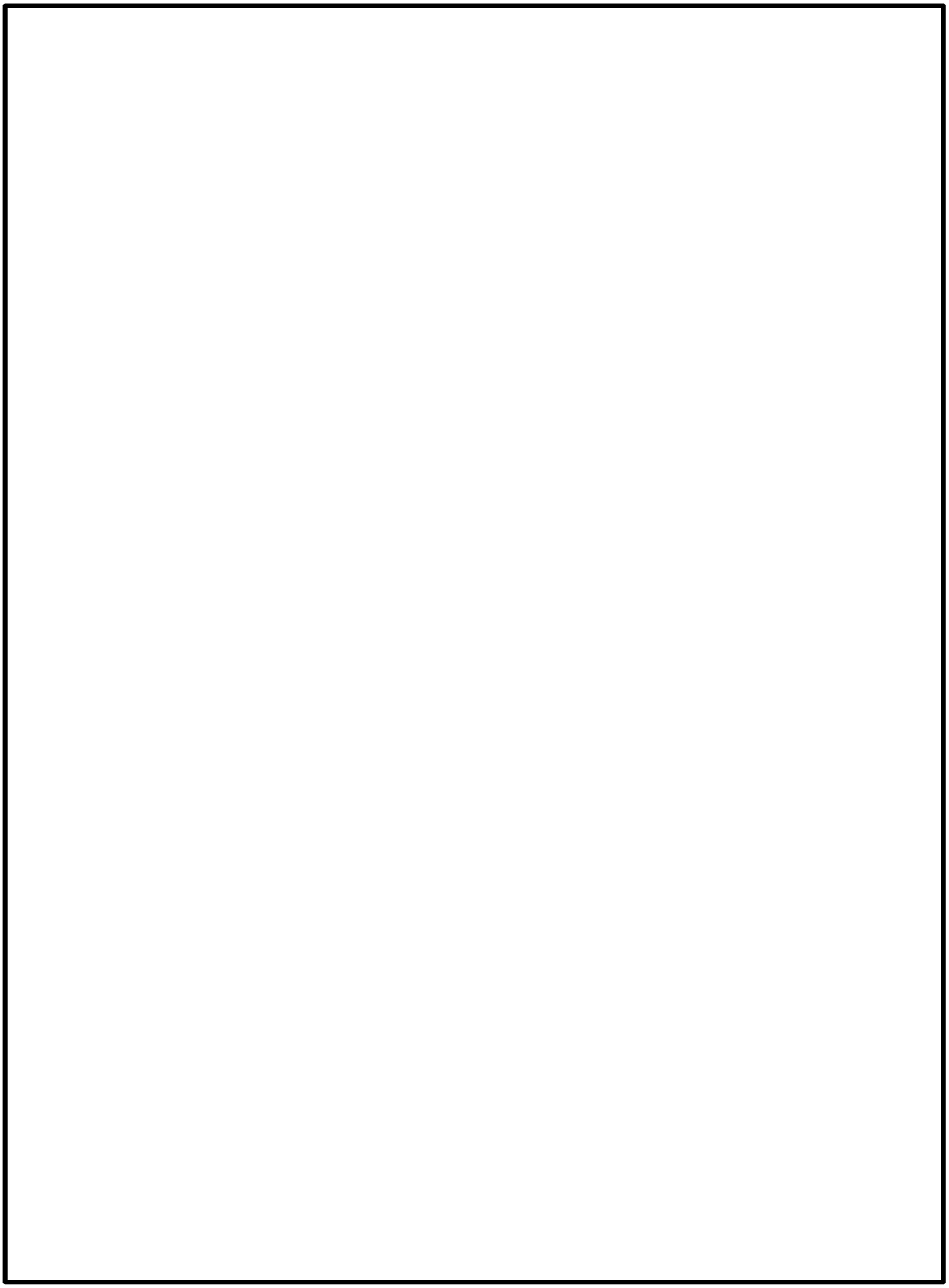
格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの平面配置図を第 2-1 図に示す。



第 2-1 図　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの平面配置図（全体平面図）

2.2　構造概要

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは，格納容器圧力逃がし装置用配管を間接支持する鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，内空寸法で延長約 37 m，幅約 3 m～9 m（東西方向），高さ約 8 m である。また，人工岩盤を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの構造図を第 2-2 図に示す。



第 2-2 図　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの構造図

2.3　評価方針

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは，常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設に分類される。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-2-20　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの地震応答計算書」により得られた解析結果に基づき，重大事故等対処施設の評価として，第 2-1 表に示すとおり，構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

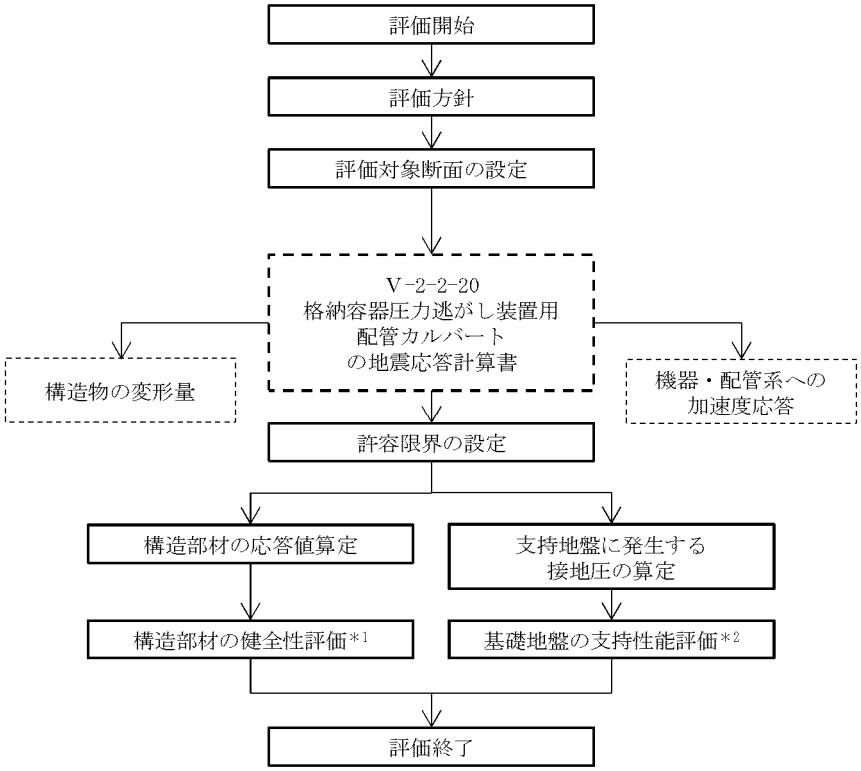
構造部材の健全性評価については，構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については，基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。人工岩盤の支持性能評価については，人工岩盤に生じる接地圧が支圧強度に基づく許容限界以下であることを確認する。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震評価フローを第 2-3 図に示す。

第 2-1 表　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	全構造部材	発生応力が許容限界以下である事を確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
	人工岩盤の支持性能	人工岩盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	支圧強度
ＳＡ施設を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	全構造部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度

注記　＊：妥当な安全余裕を考慮する。



＜耐震性評価＞

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

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

第 2-3 図　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

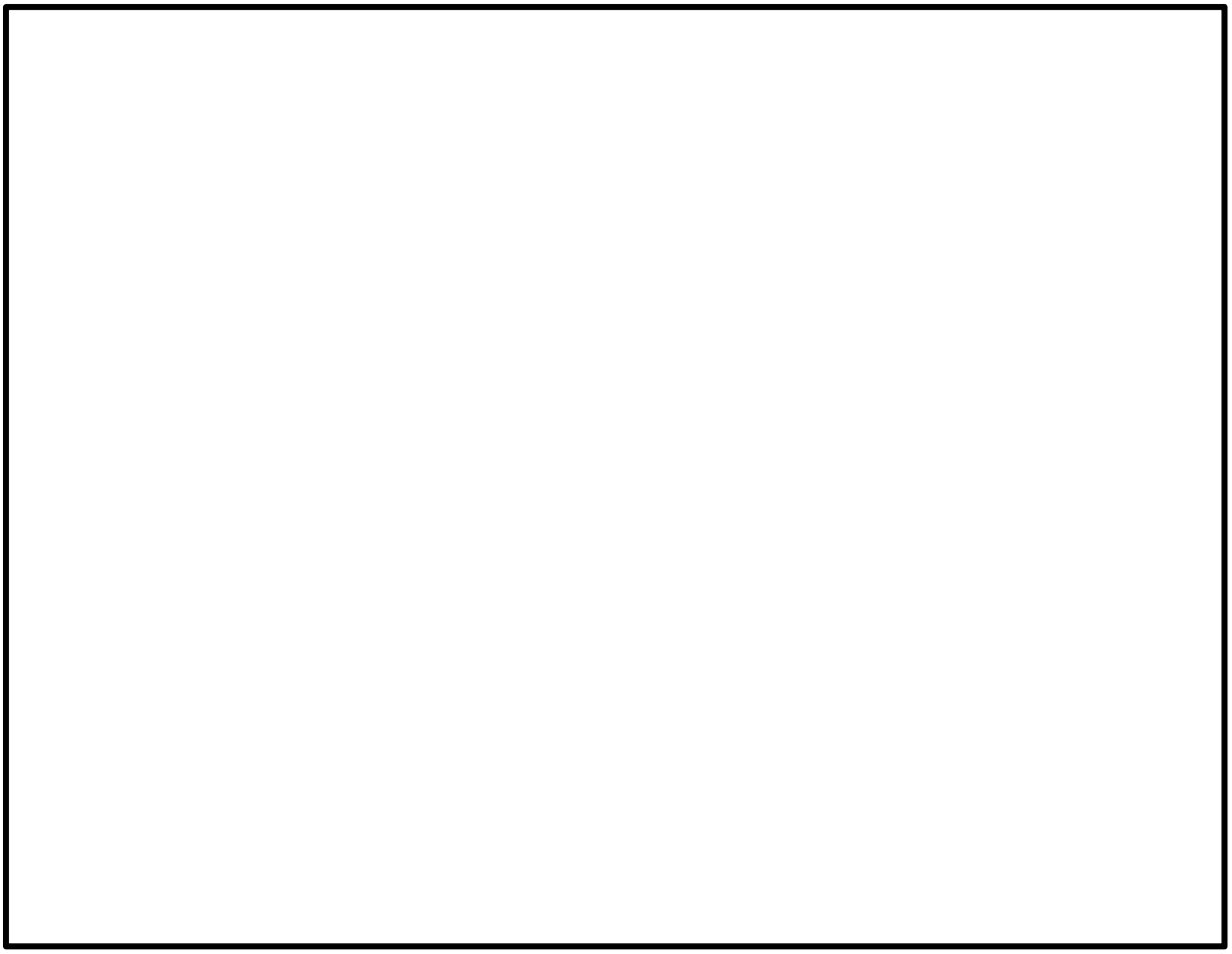
- コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（（社）土木学会，2002年制定）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（（社）日本電気協会）
- 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）
- 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）
- 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会，2005年）

3.　耐震評価

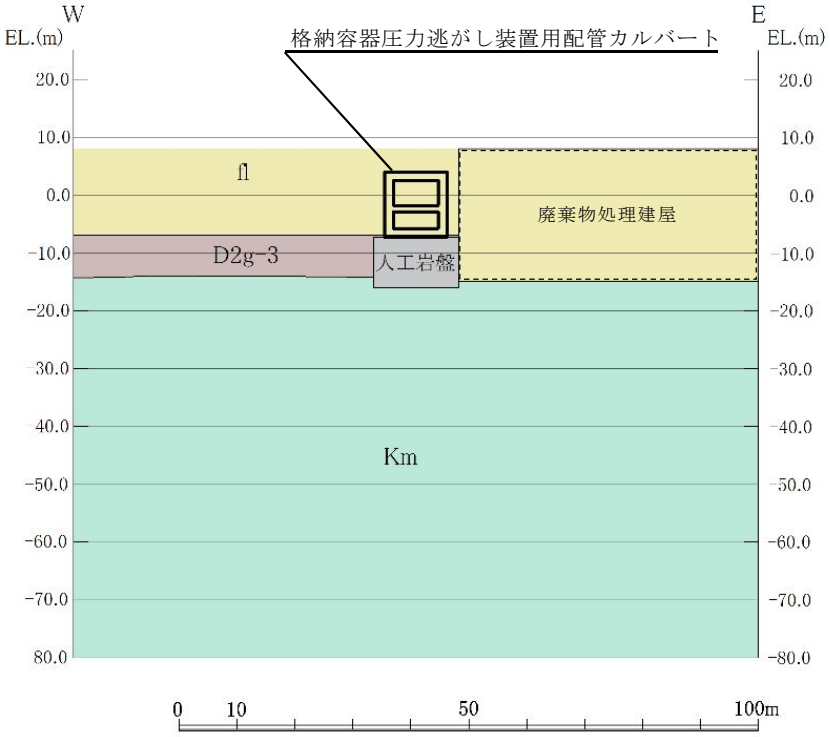
3.1　評価対象断面

評価対象断面は，格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの構造上の特徴等を踏まえて設定した。評価対象断面位置を第 3-1 図に，評価対象断面を第 3-2 図に示す。

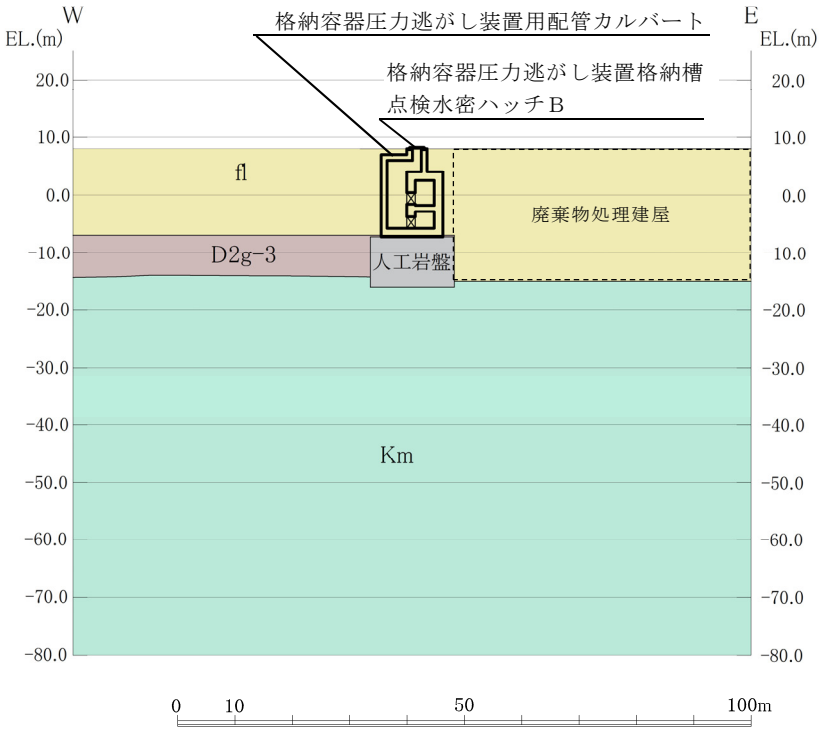
格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートのほぼ中央で一般部としては最もスパンが広いＡ－Ａ断面を代表断面として選定した。



第 3-1 図　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの評価対象断面位置



第 3-2 図（1）　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの評価対象断面図（Ａ－Ａ断面）



第 3-2 図（2）　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの評価対象断面図（Ｄ－Ｄ断面）

3.2　許容限界

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

(1)　構造部材の健全性に対する許容限界

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの構造部材は，許容応力度による照査を行う。評価位置においてコンクリートの圧縮応力度，鉄筋の引張応力度，コンクリートのせん断応力度が許容応力度以下であることを確認する。

短期許容応力度については，「コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（（社）土木学会，2002 年制定）」，「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に基づき，コンクリート及び鉄筋の許容応力度に対して割増係数 1.5 を考慮し，第 3-1 表のとおり設定する。

第 3-1 表　構造部材の健全性に対する許容限界

評価項目		許容限界 (N/mm^2)
コンクリート*1 (f'_{ck}=40 N/mm^2)	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	21.0
	短期許容せん断応力度 τ_{a1}	0.825*3
鉄筋(SD490)*2	短期許容引張応力度 σ_{sa}（曲げ）	435
	短期許容引張応力度 σ_{sa}（せん断）	300

注記　＊1：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002 年制定）

＊2：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）

＊3：斜め引張鉄筋を考慮する場合は，「コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（（社）土木学会，2002 年制定）」に基づき，次式により算定する短期許容せん断力（V_a）を許容限界とする。

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

ここで，

V_{ca}　：コンクリートの短期許容せん断力

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

V_{sa}　：斜め引張鉄筋の短期許容せん断力

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

τ_{a1}　：斜め引張鉄筋を考慮しない場合の短期許容せん断応力度

b_w　：有効幅

j　：1／1.15

d　：有効高さ

A_w　：斜め引張鉄筋断面積

σ_{sa2}　：鉄筋の短期許容引張応力度

s　：斜め引張鉄筋間隔

第 3-2 表　斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界

位置	断面形状				せん断補強鉄筋			許容せん断断力		短期許容せん断力 Va (=Vca+Vsa) (kN)
	部材幅 (mm)	部材高 (mm)	かぶり (mm)	有効高 (mm)	径	Sb (mm)	Ss (mm)	ｺﾝｸﾘｰﾄ Vca (kN)	鉄筋 Vsa (kN)	
底版	1000	1500	140	1360	D22	250	250	487.83	2197.38	2685
側壁	1000	1500	140	1360	D22	250	250	487.83	2197.38	2685
スラブ	1000	1100	140	960	D22	250	250	344.35	1551.09	1895
頂版	1000	1500	140	1360	D22	250	250	487.83	2197.38	2685

(2)　基礎地盤の支持性能に対する許容限界

a.　支持地盤（Km 層）

極限支持力は，添付書類「Ⅴ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき，道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）より設定する。

道路橋示方書によるケーソン基礎の支持力算定式を以下に示す。

$$q_d = \alpha c N_c + \frac{1}{2} \beta \gamma_1 B N_\gamma + \gamma_2 D_f N_q$$

ここで，

q_d　：基礎底面地盤の極限支持力度（kN/m^2）

c　：基礎底面より下にある地盤の粘着力（kN/m^2）

γ_1　：基礎底面より下にある地盤の単位体積重量（kN/m^2）ただし，地下水位以下では水中単位体積重量とする

γ_2　：基礎底面より上にある周辺地盤の単位体積重量（kN/m^2）ただし，地下水位以下では水中単位体積重量とする

α，β　：第 3-4 表に示す基礎底面の形状係数

B　：基礎幅（m）

D_f　：基礎の有効根入れ深さ（m）

N_c，N_q，N_γ：第 3-3 図に示す支持力係数

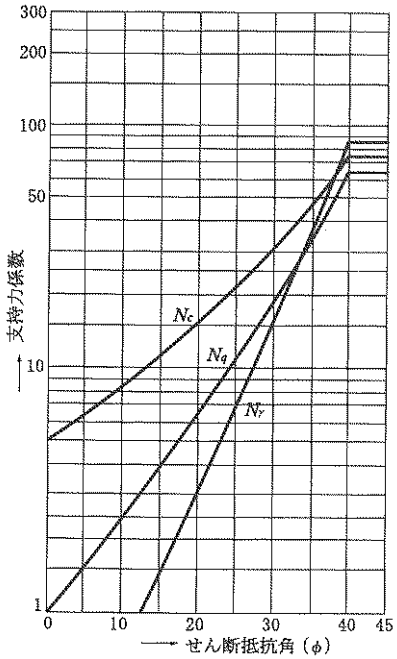
第 3-4 表　基礎底面の形状係数

基礎底面の形状 / 形状係数	帯　状	正方形，円形	長方形，小判形
α	1.0	1.3	$1+0.3\frac{B}{D}$
β	1.0	0.6	$1-0.4\frac{B}{D}$

D：ケーソン前面幅（m），B：ケーソン側面幅（m）

ただし，$B/D>1$ の場合，$B/D=1$ とする。

「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（(社)日本道路協会，平成 14 年 3 月）」より



「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（(社)日本道路協会，平成 14 年 3 月）」より

第 3-3 図　支持力係数を求めるグラフ

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの極限支持力の算定結果を第 3-5 表に示す。

第 3-5 表　極限支持力算定の諸元と算定結果

項目	算定結果	備考
極限支持力度 q_d (kN/m^2)	4461	
$\alpha c N_c$ (kN/m^2)	4461	
$\frac{1}{2}\beta \gamma'_1 B N_\gamma$ (kN/m^2)	0.0	
$\gamma'_2 D_f N_q$ (kN/m^2)	0	保守的な配慮として 0 と仮定
粘着力 c (kN/m^2)	892	非排水せん断強度*
せん断抵抗角 ϕ (°)	0	
地盤の単位体積重量 γ'_1 (kN/m^3)	7.077	
周辺地盤の単位体積重量 γ'_2 (kN/m^3)	－	
形状係数 α	1.0	
形状係数 β	1.0	
基礎幅 B (m)	14.65	
有効根入れ深さ D_f (m)	－	
N_c	5	第 3－3 図より
N_γ	0	第 3－3 図より
N_q	－	

注記　＊：非排水せん断強度 C_{CUU}＝（0.837－0.00346・Z）×1000 (kN/m^2)

基礎底面標高 Z ＝EL.－16.0 (m)

b.　人工岩盤

人工岩盤の支圧強度は，コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（（社）土木学会，2002 年制定）」に基づき設定する。

支圧強度　$f'_a = \eta \cdot f'_{ck}$

ただし，$\eta = \sqrt{A/A_a} \leq 2$

ここで

f'_{ck}：設計基準強度

A　：コンクリート面の支圧分布面積

A_a：接地圧を受ける面積

人工岩盤の支圧強度の算定結果を第 3-6 表に示す。

第 3-6 表　人工岩盤の支圧強度

項目	算定結果	備考
支圧強度 f'_a (kN/m^2)	18000	
$\eta = \sqrt{A/A_a}$	1.0	$A = A_a$ より，$\eta = 1.0$
人工岩盤の設計基準強度 f'_{ck} (N/mm^2)	18	

3.3　評価方法

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-2-20　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバー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「3.2　許容限界」において設定した許容限界以下であることを確認する。

(1)　構造部材の健全性評価

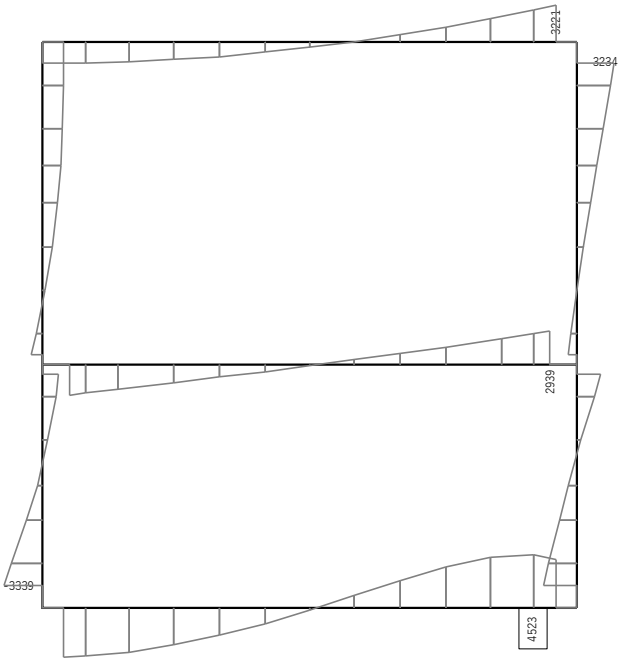
コンクリートの曲げ軸力に対する照査については，地震応答解析により算定した曲げ圧縮応力が許容限界以下であることを確認する。

鉄筋の曲げ軸力に対する照査については，地震応答解析により算定した曲げ引張応力が許容限界以下であることを確認する。

せん断力に対する照査については，地震応答解析により算定したせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

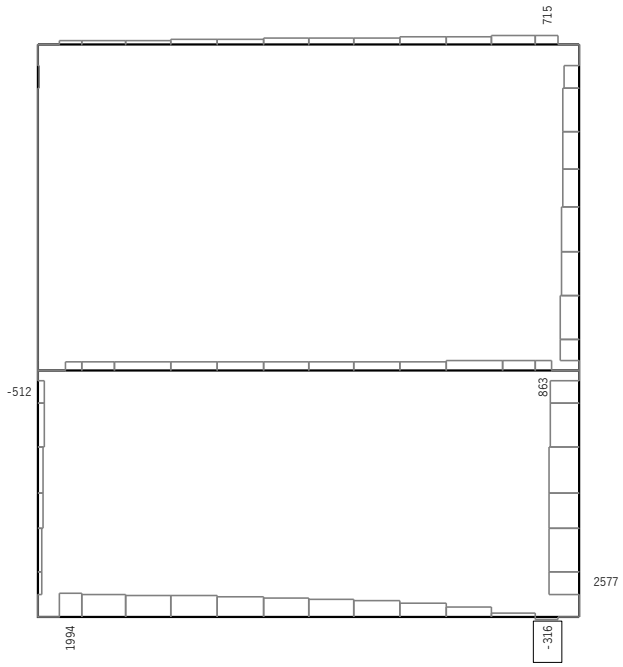
Ａ－Ａ断面における構造部材の健全性評価において最も厳しい照査結果となったのは，鉄筋の曲げ軸力に対する照査における最大照査値の評価時刻での最大照査値である。鉄筋の曲げ軸力に対する照査における断面力図を第 3-4 図に示す。

Ｄ－Ｄ断面における構造部材の健全性評価における最大照査値の評価時刻での最も厳しい照査結果となったのは，せん断力に対する照査における最大照査値である。せん断力に対する照査における断面力図を第 3-5 図に示す。



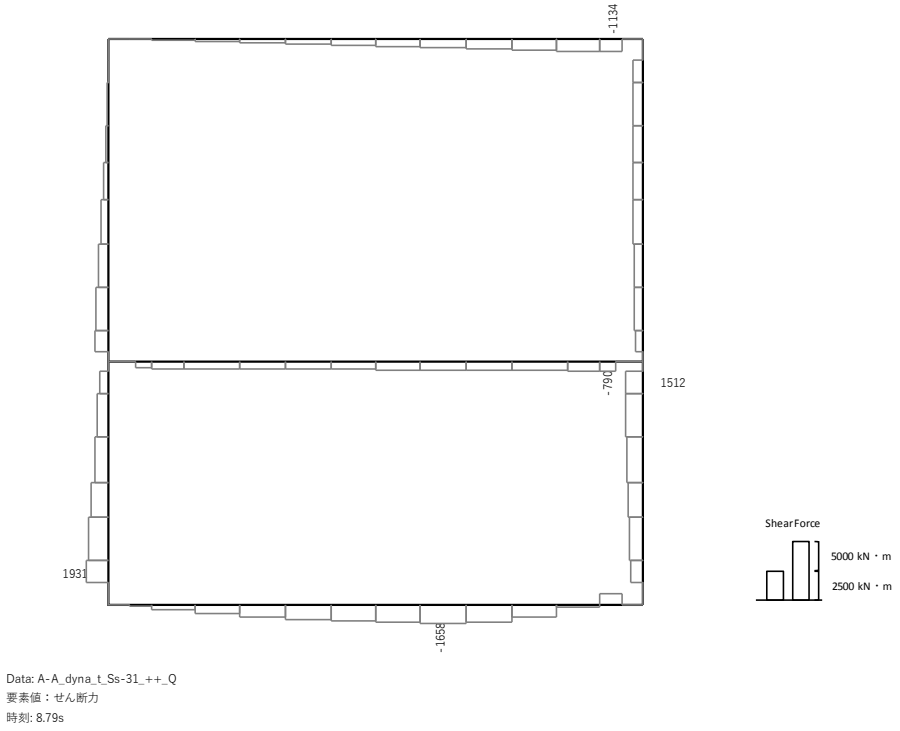
Data: A-A_dyna_t_Ss-31_++_M
要素値：曲げモーメント
時刻: 8.79s

曲げモーメント（kN・m）



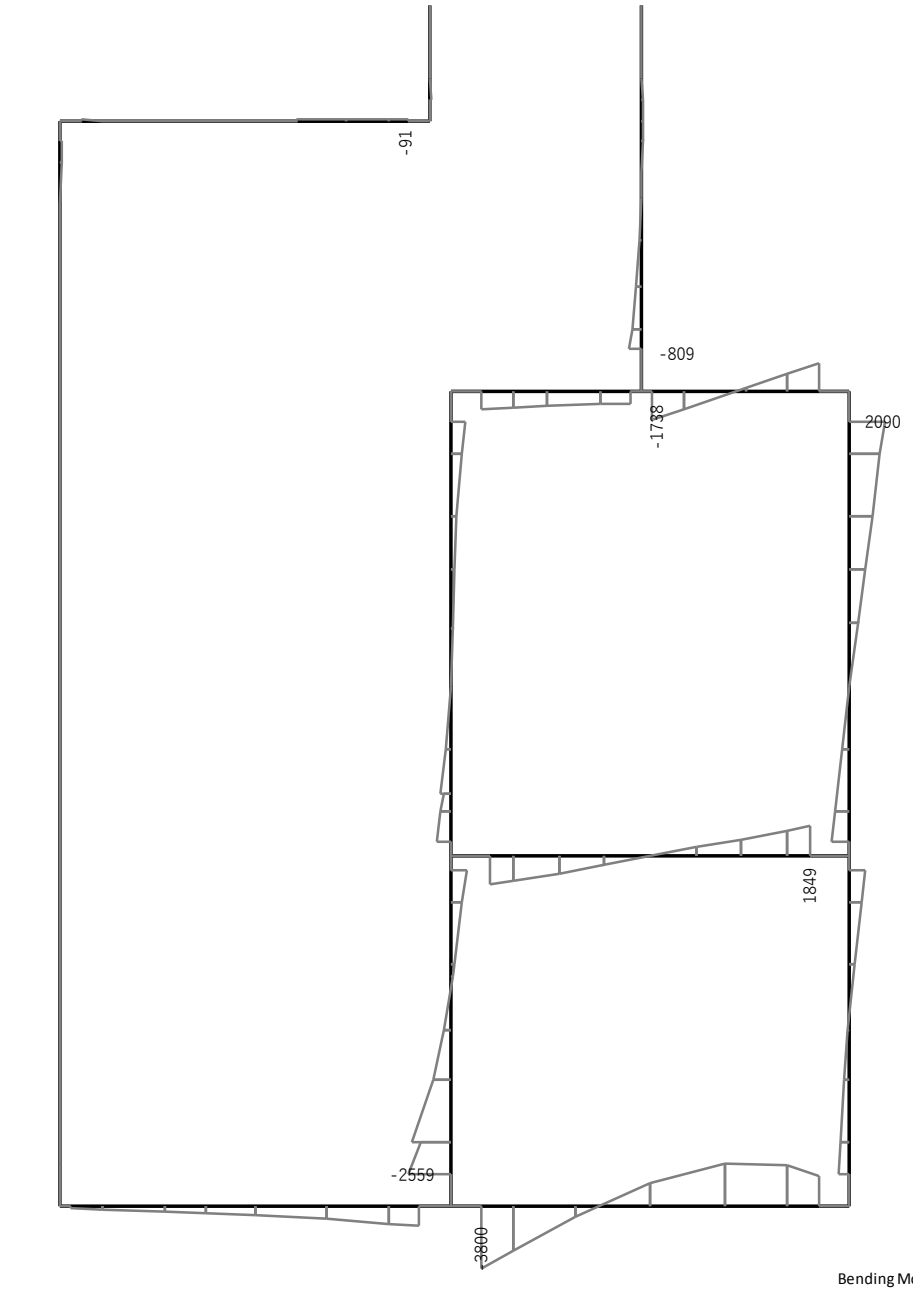
Data: A-A_dyna_t_Ss-31_++_N
要素値：軸力
時刻: 8.79s

軸力（kN）（＋：圧縮，－：引張）



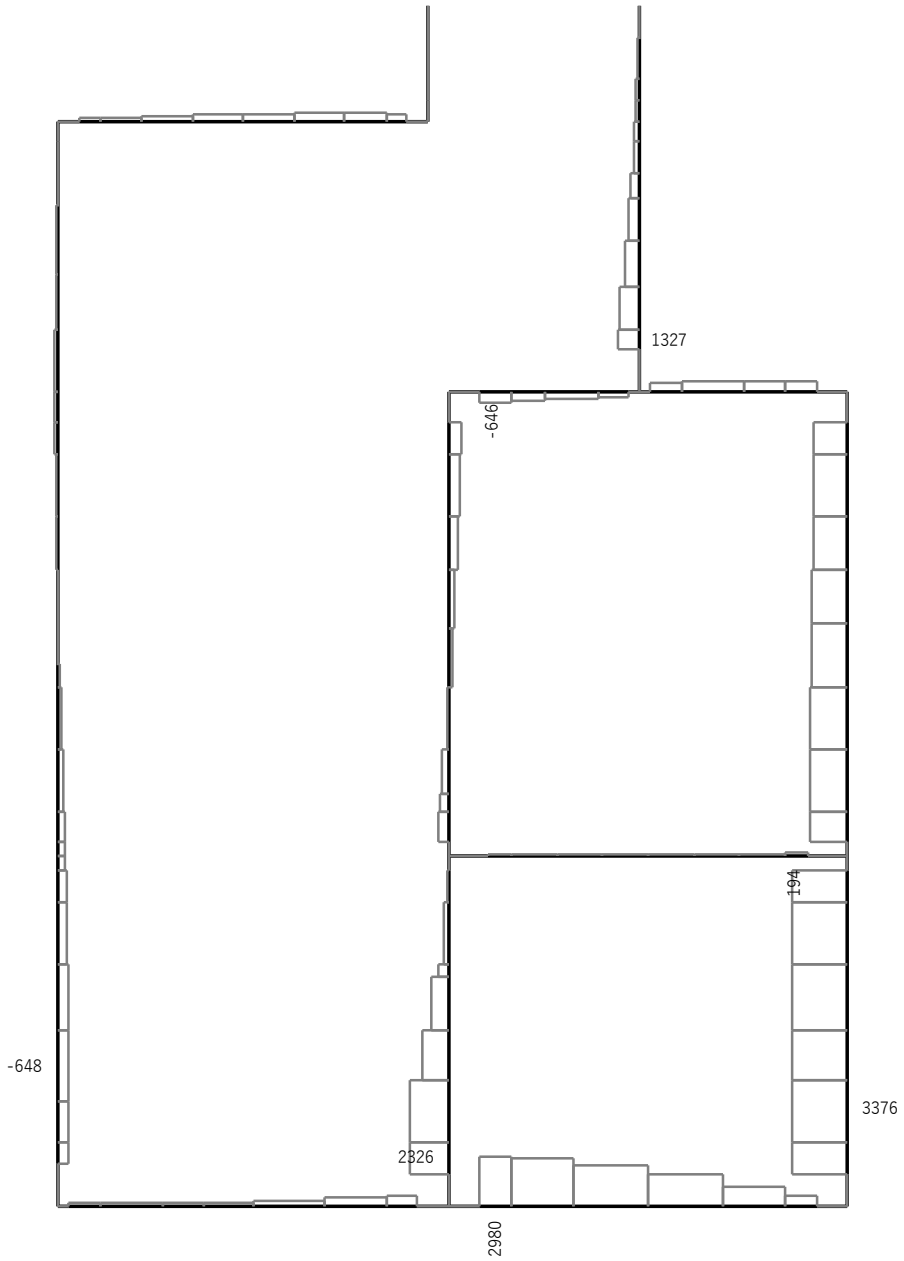
せん断力（kN）

第 3-4 図　Ａ－Ａ断面において照査値が最も厳しくなる部材（底版）の断面力
（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），ｔ＝8.79s）
（検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）

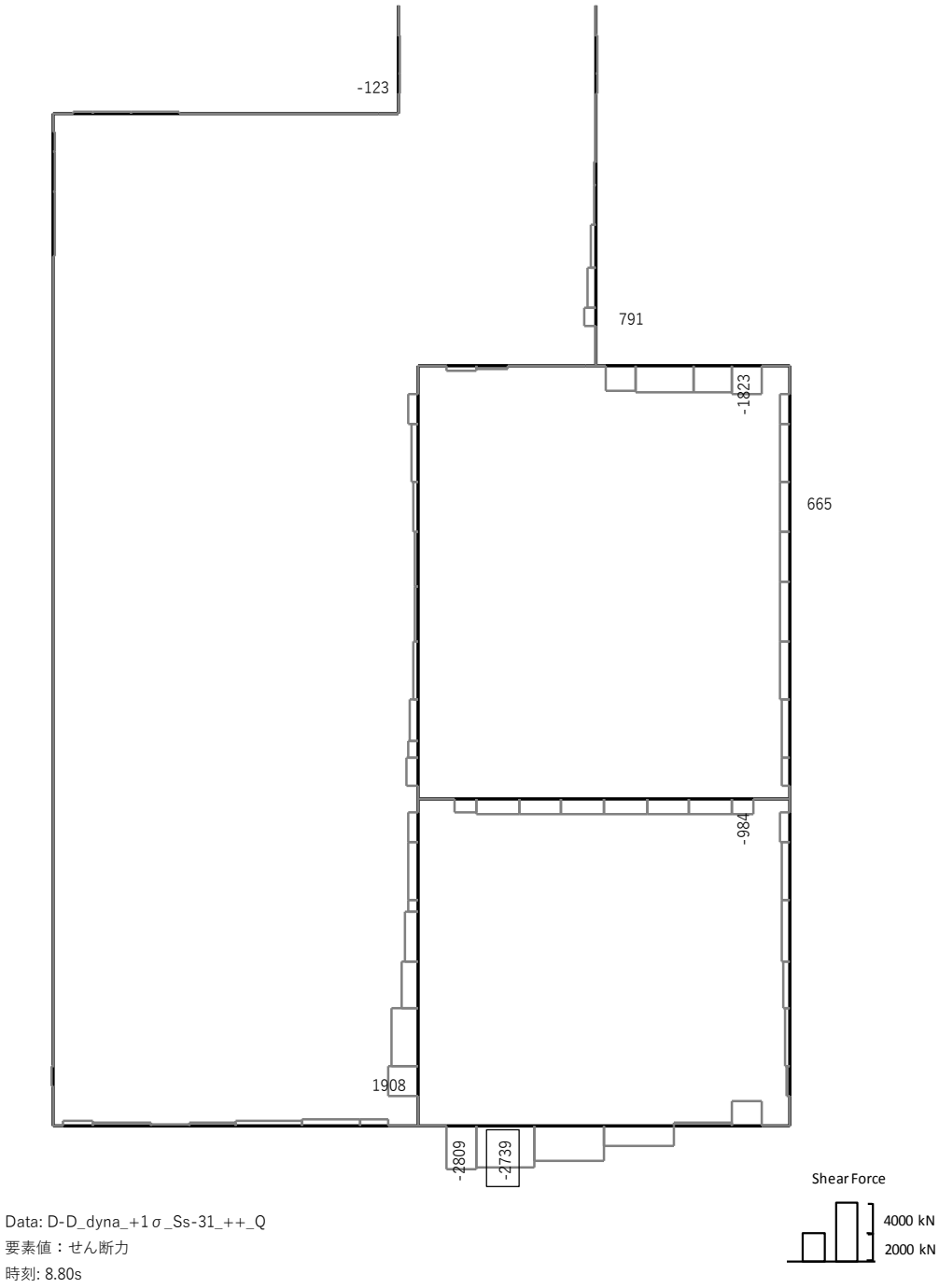


Data: D-D_dyna_+1σ_Ss-31_++_M
要素値：曲げモーメント
時刻: 8.80s

曲げモーメント（kN・m）


1327
-646
194
-648
3376
2326
2980
Data: D-D_dyna_+1σ_Ss-31_++_N
要素値：軸力
時刻: 8.80s
Axial Force
4000 kN
2000 kN

軸力（kN）（＋：圧縮，－：引張）



せん断力（kN）

第 3-5 図　Ｄ－Ｄ断面において照査値が最も厳しくなる部材（底版）の断面力

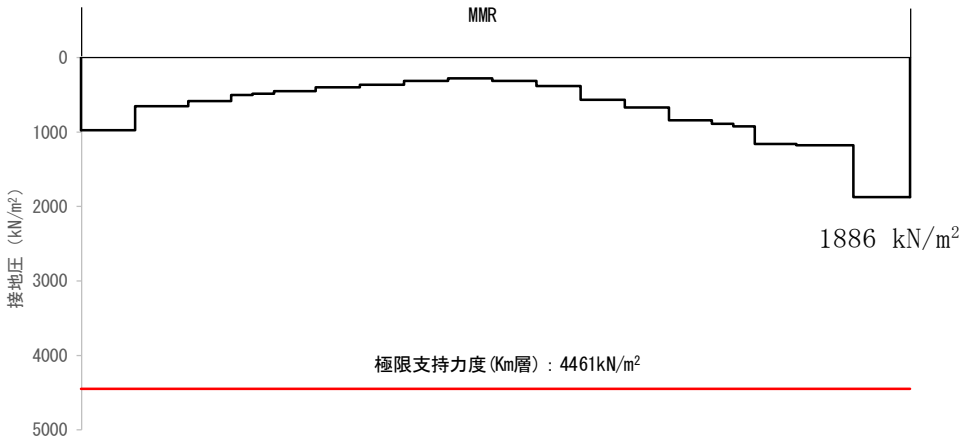
（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），ｔ＝8.80s）

（検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース）

(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，基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

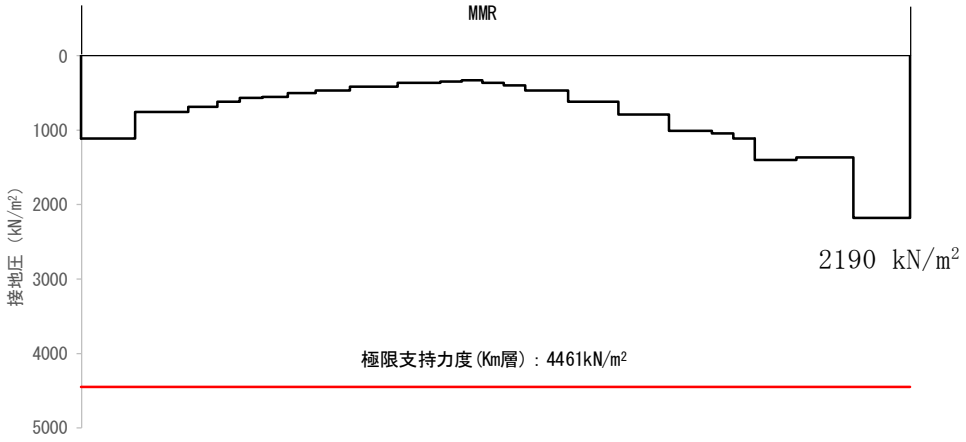
接地圧が許容限界に対して最も厳しくなる検討ケースにおいて，基礎地盤に生じる最大接地圧分布を第3－6図に示す。



第3-6図（1）　基礎地盤（Km層）における最大接地圧分布図

（Ａ－Ａ断面，Ｓ$_s$－３１（Ｈ＋，Ｖ＋））

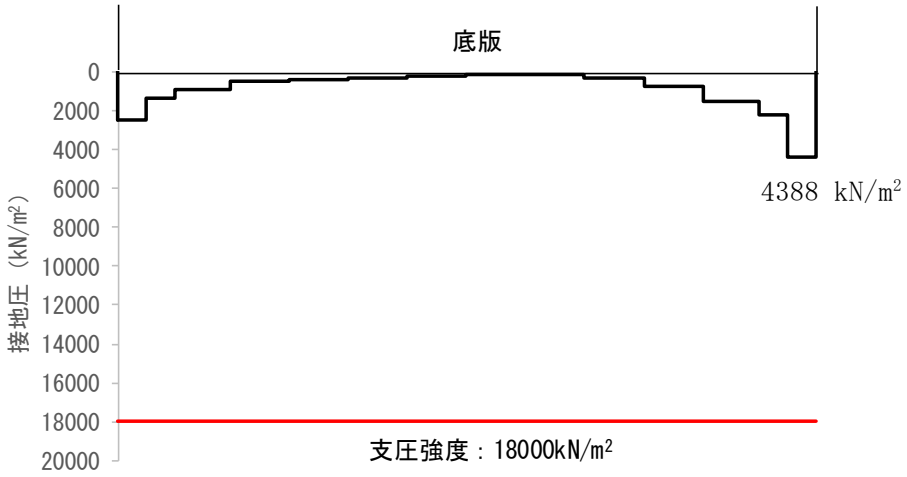
（検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）



第3-6図（2）　基礎地盤（Km層）における最大接地圧分布図

（Ｄ－Ｄ断面，Ｓ$_s$－３１（Ｈ＋，Ｖ＋））

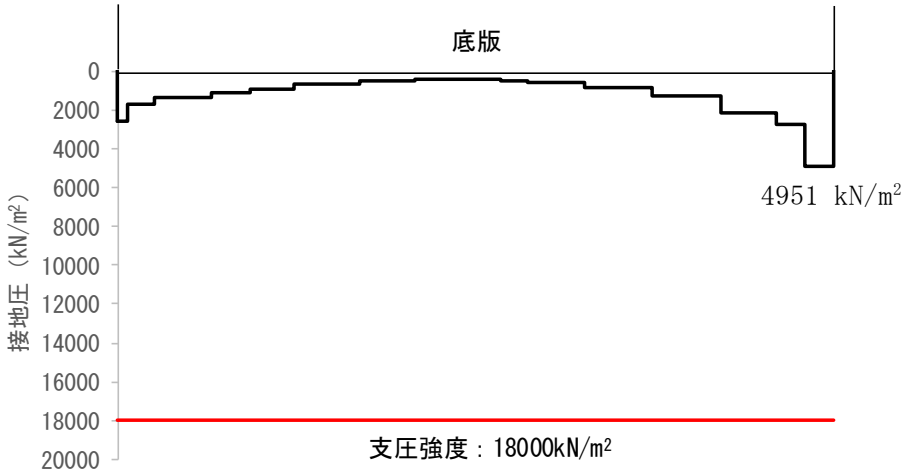
（検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）



第 3-6 図（3）　人工岩盤における最大接地圧分布図

（Ａ－Ａ断面，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋））

（検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）



第 3-6 図（4）　人工岩盤における最大接地圧分布図

（Ｄ－Ｄ断面，Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋））

（検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）

4.　耐震評価結果

4.1　構造部材の健全性に対する評価結果

コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を第 4－1 表及び第 4－2 表に，鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を第 4-3 表及び第 4-4 表に，せん断力に対する照査結果を第 4-5 表及び第 4-6 表に示す。また，概略配筋図を第 4-1 図及び第 4-2 図に示す。

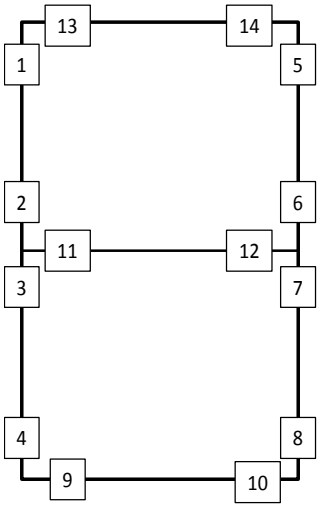
格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

第 4-1 表（1）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm)			引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
				部材幅	部材高	有効高						
①	Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	10	1000	1500	1360	10720	-3768	1714	10.2	21.0	0.49
		側壁	1	1000	1500	1360	9120	-2586	1225	7.6	21.0	0.37
		スラブ	11	1000	1100	960	9120	2398	793	11.9	21.0	0.57
		頂版	13	1000	1500	1360	9120	2552	735	7.3	21.0	0.35
①	Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－）	底版	10	1000	1500	1360	10720	-3848	1812	10.4	21.0	0.50
		側壁	1	1000	1500	1360	9120	-2663	1284	7.8	21.0	0.38
		スラブ	11	1000	1100	960	9120	2425	866	12.1	21.0	0.58
		頂版	13	1000	1500	1360	9120	2618	790	7.5	21.0	0.36

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

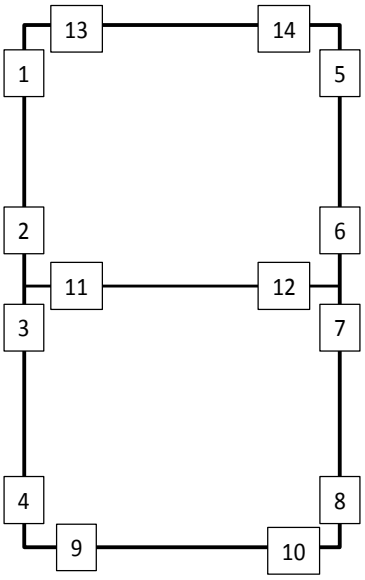


第 4-1 表（2）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋）	底版	9	1000	1500	1360	10720	-3893	1796	10.5	21.0	0.50
		側壁	5	1000	1500	1360	9120	2653	1285	7.8	21.0	0.38
		スラブ	12	1000	1100	960	9120	2427	746	12.1	21.0	0.58
		頂版	14	1000	1500	1360	9120	2601	711	7.4	21.0	0.36
①	Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－）	底版	9	1000	1500	1360	10720	-3987	1901	10.8	21.0	0.52
		側壁	5	1000	1500	1360	9120	2728	1347	8.0	21.0	0.39
		スラブ	12	1000	1100	960	9120	2458	819	12.2	21.0	0.59
		頂版	14	1000	1500	1360	9120	2661	765	7.6	21.0	0.37

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

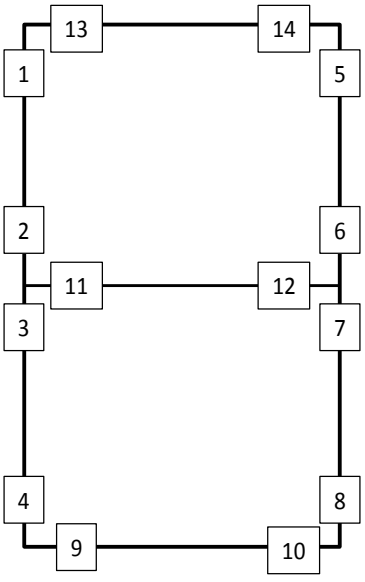


第 4-1 表（3）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	Ｓｓ－１１	底版	10	1000	1500	1360	10720	-1602	1177	4.5	21.0	0.22
		側壁	8	1000	1500	1360	9120	1411	839	4.2	21.0	0.20
		スラブ	11	1000	1100	960	9120	843	640	4.4	21.0	0.21
		頂版	13	1000	1500	1360	9120	1217	658	3.6	21.0	0.18
①	Ｓｓ－１２	底版	10	1000	1500	1360	10720	-2328	1505	6.5	21.0	0.31
		側壁	8	1000	1500	1360	9120	1843	740	5.4	21.0	0.26
		スラブ	11	1000	1100	960	9120	1258	823	6.5	21.0	0.31
		頂版	13	1000	1500	1360	9120	1645	791	4.9	21.0	0.24

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

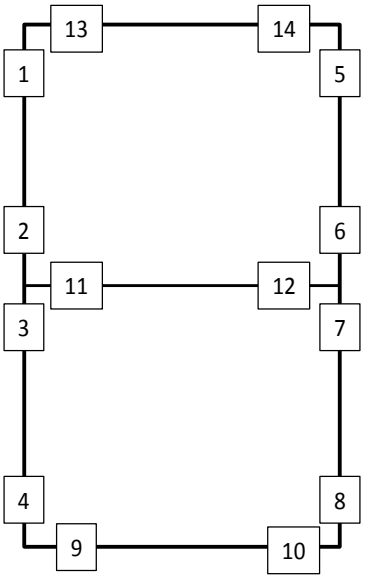


第 4-1 表（4）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	Ｓｓ－１３	底版	10	1000	1500	1360	10720	-2380	1493	6.6	21.0	0.32
		側壁	8	1000	1500	1360	9120	1852	696	5.4	21.0	0.26
		スラブ	11	1000	1100	960	9120	1314	805	6.8	21.0	0.33
		頂版	13	1000	1500	1360	9120	1677	771	4.9	21.0	0.24
①	Ｓｓ－１４	底版	10	1000	1500	1360	10720	-1778	1201	5.0	21.0	0.24
		側壁	8	1000	1500	1360	9120	1516	908	4.5	21.0	0.22
		スラブ	11	1000	1100	960	9120	988	660	5.1	21.0	0.25
		頂版	13	1000	1500	1360	9120	1354	682	4.0	21.0	0.20

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

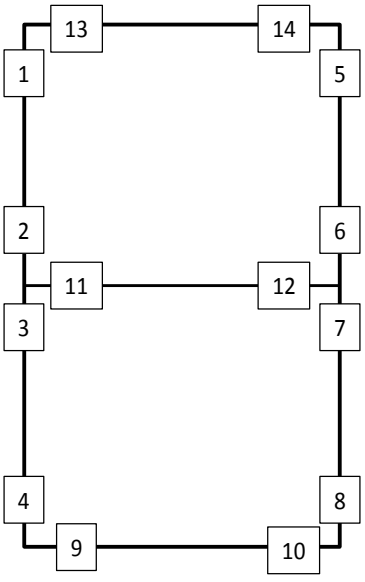


第 4-1 表（5）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm)			引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
				部材幅	部材高	有効高						
①	Ｓｓ－２１	底版	10	1000	1500	1360	10720	−2055	1300	5.7	21.0	0.28
		側壁	4	1000	1500	1360	9120	−1602	566	4.7	21.0	0.23
		スラブ	12	1000	1100	960	9120	1119	576	5.7	21.0	0.28
		頂版	13	1000	1500	1360	9120	1361	637	4.0	21.0	0.20
①	Ｓｓ－２２	底版	10	1000	1500	1360	10720	−2927	1514	8.0	21.0	0.39
		側壁	1	1000	1500	1360	9120	−1977	1030	5.9	21.0	0.29
		スラブ	11	1000	1100	960	9120	1725	719	8.7	21.0	0.42
		頂版	13	1000	1500	1360	9120	1944	677	5.6	21.0	0.27

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

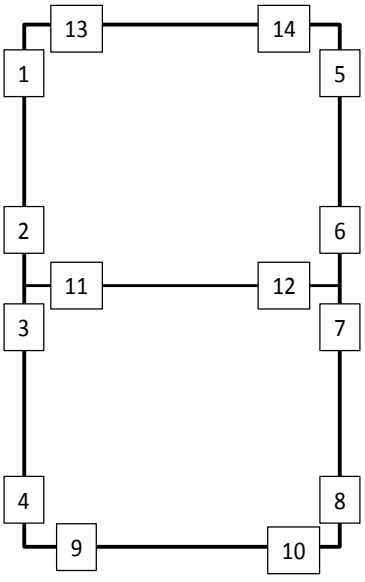


第 4-1 表（6）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN･m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	Ｓ$_s$－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	9	1000	1500	1360	10720	-4130	1940	11.2	21.0	0.54
		側壁	5	1000	1500	1360	9120	2859	1368	8.4	21.0	0.40
		スラブ	12	1000	1100	960	9120	2600	797	12.9	21.0	0.62
		頂版	14	1000	1500	1360	9120	2747	754	7.9	21.0	0.38
①	Ｓ$_s$－３１（Ｈ－，Ｖ＋）	底版	10	1000	1500	1360	10720	-3888	1851	10.5	21.0	0.50
		側壁	1	1000	1500	1360	9120	-2736	1292	8.0	21.0	0.39
		スラブ	11	1000	1100	960	9120	2501	874	12.5	21.0	0.60
		頂版	13	1000	1500	1360	9120	2642	785	7.6	21.0	0.37

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

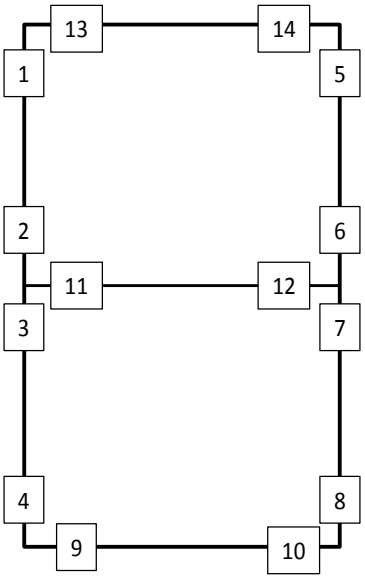


第 4-1 表（7）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN･m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
②	Ｓ$_s$－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	9	1000	1500	1360	10720	-4125	1939	11.2	21.0	0.54
		側壁	5	1000	1500	1360	9120	2859	1367	8.4	21.0	0.40
		スラブ	12	1000	1100	960	9120	2599	779	12.9	21.0	0.62
		頂版	14	1000	1500	1360	9120	2745	750	7.8	21.0	0.38
③	Ｓ$_s$－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	9	1000	1500	1360	10720	-4124	1934	11.2	21.0	0.54
		側壁	5	1000	1500	1360	9120	2864	1369	8.4	21.0	0.40
		スラブ	12	1000	1100	960	9120	2603	794	12.9	21.0	0.62
		頂版	14	1000	1500	1360	9120	2757	763	7.9	21.0	0.38

注記　②：地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
　　③：地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース

評価位置は下図に示す。

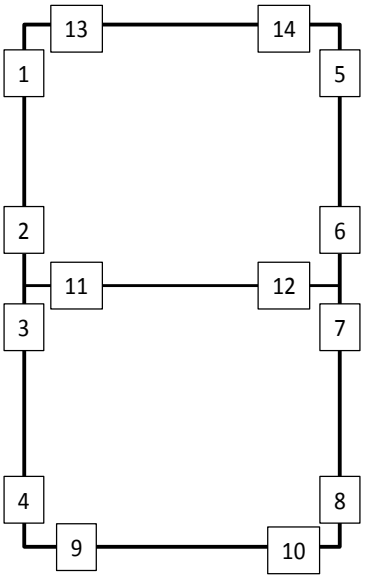


第 4-1 表（8）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN･m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
④	Ｓ$_s$－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	9	1000	1500	1360	10720	-4297	2029	11.6	21.0	0.56
		側壁	5	1000	1500	1360	9120	2922	1355	8.6	21.0	0.41
		スラブ	12	1000	1100	960	9120	2724	848	13.5	21.0	0.65
		頂版	14	1000	1500	1360	9120	2796	715	8.0	21.0	0.39
⑤	Ｓ$_s$－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	9	1000	1500	1360	10720	-3736	1794	10.1	21.0	0.49
		側壁	5	1000	1500	1360	9120	2688	1290	7.9	21.0	0.38
		スラブ	12	1000	1100	960	9120	2363	672	11.7	21.0	0.56
		頂版	14	1000	1500	1360	9120	2581	758	7.4	21.0	0.36

注記　④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

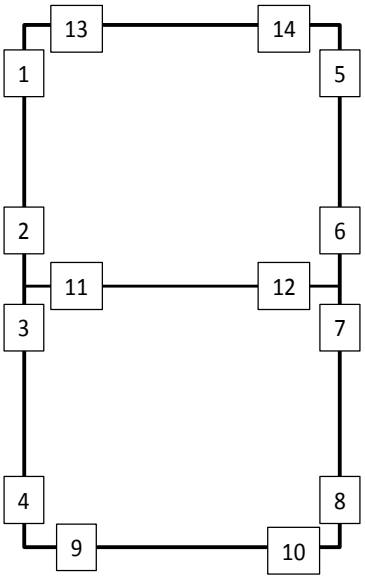


第 4-1 表（9）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN･m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
⑥	Ｓ$_s$－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	9	1000	1500	1360	10720	-3726	1788	10.1	21.0	0.49
		側壁	5	1000	1500	1360	9120	2686	1287	7.9	21.0	0.38
		スラブ	12	1000	1100	960	9120	2357	664	11.7	21.0	0.56
		頂版	14	1000	1500	1360	9120	2575	755	7.4	21.0	0.36

注記　⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

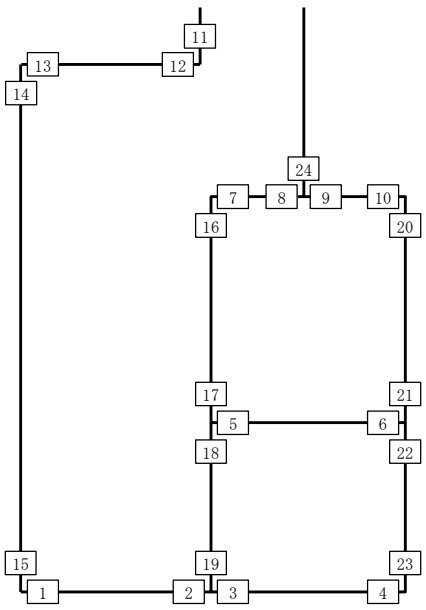


第 4-2 表（1）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	3	1000	1500	1360	10720	−1747	2070	5.1	21.0	0.25
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	−999	1460	5.5	21.0	0.27
		頂版	7	1000	1500	1360	9120	824	1082	2.6	21.0	0.13
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	−44	1594	1.7	21.0	0.09
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	−1522	1807	4.8	21.0	0.23
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	1191	1390	3.7	21.0	0.18
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	−383	736	3.4	21.0	0.17
①	Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－）	底版	3	1000	1500	1360	10720	−1749	2179	5.2	21.0	0.25
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	−1006	1553	5.5	21.0	0.27
		頂版	7	1000	1500	1360	9120	831	1108	2.6	21.0	0.13
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	−43	1572	1.7	21.0	0.09
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	−1577	2100	5.0	21.0	0.24
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	1261	1616	4.0	21.0	0.20
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	−398	796	3.5	21.0	0.17

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

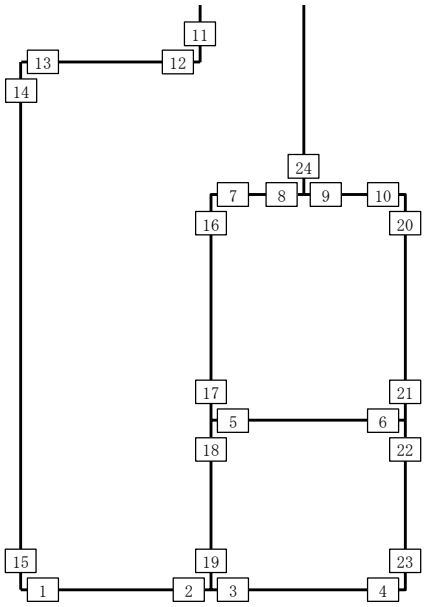


第 4-2 表（2）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋）	底版	3	1000	1500	1360	10720	-2430	2640	7.1	21.0	0.34
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	1360	394	6.8	21.0	0.33
		頂版	10	1000	1500	1360	9120	998	619	3.0	21.0	0.15
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	-41	1138	1.3	21.0	0.07
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	-2038	2255	6.3	21.0	0.30
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	1641	1919	5.1	21.0	0.25
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	-541	1050	4.8	21.0	0.23
①	Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－）	底版	3	1000	1500	1360	10720	-2419	2576	7.0	21.0	0.34
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	1365	265	6.7	21.0	0.32
		頂版	9	1000	1500	1360	9120	-997	536	3.0	21.0	0.15
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	-58	1265	1.5	21.0	0.08
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	-2059	2301	6.4	21.0	0.31
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	1626	1876	5.1	21.0	0.25
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	-540	1044	4.8	21.0	0.23

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

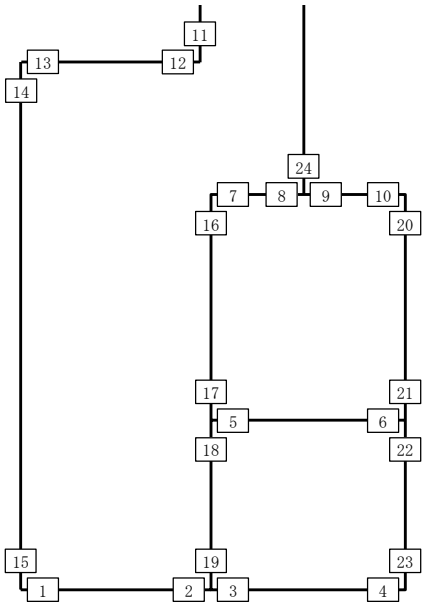


第 4-2 表（3）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	Ｓｓ－１１	底版	3	1000	1500	1360	10720	-764	1283	2.4	21.0	0.12
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	-431	1053	2.5	21.0	0.12
		頂版	10	1000	1500	1360	9120	458	459	1.4	21.0	0.07
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	-37	561	0.7	21.0	0.04
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	-819	1405	2.7	21.0	0.13
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	687	896	2.2	21.0	0.11
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	-203	409	1.8	21.0	0.09
①	Ｓｓ－１２	底版	3	1000	1500	1360	10720	-1276	1804	3.8	21.0	0.19
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	726	463	3.8	21.0	0.19
		頂版	10	1000	1500	1360	9120	588	459	1.8	21.0	0.09
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	-42	788	1.0	21.0	0.05
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	-1221	1650	3.9	21.0	0.19
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	964	1182	3.0	21.0	0.15
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	-300	589	2.7	21.0	0.13

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

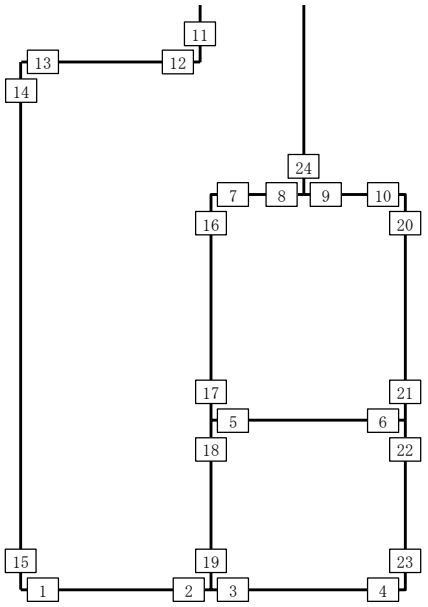


第 4-2 表（4）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	Ｓｓ－１３	底版	3	1000	1500	1360	10720	−1192	1730	3.6	21.0	0.18
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	678	482	3.5	21.0	0.17
		頂版	10	1000	1500	1360	9120	561	454	1.7	21.0	0.09
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	−40	806	1.0	21.0	0.05
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	−1164	1611	3.7	21.0	0.18
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	916	1135	2.9	21.0	0.14
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	−283	557	2.5	21.0	0.12
①	Ｓｓ－１４	底版	3	1000	1500	1360	10720	−683	1288	2.2	21.0	0.11
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	−423	1054	2.5	21.0	0.12
		頂版	10	1000	1500	1360	9120	432	442	1.4	21.0	0.07
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	−28	536	0.7	21.0	0.04
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	−750	1320	2.5	21.0	0.12
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	640	849	2.0	21.0	0.10
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	−184	376	1.7	21.0	0.09

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

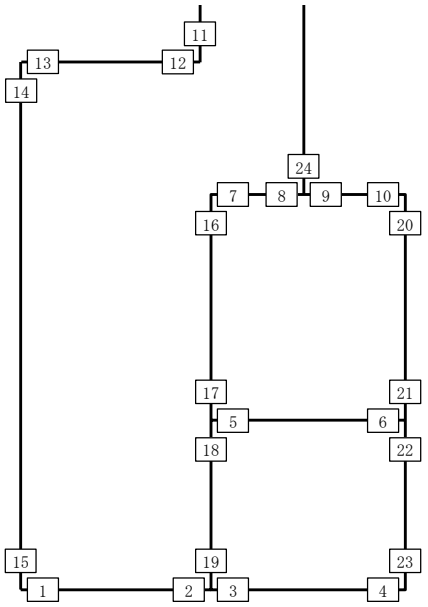


第 4-2 表（5）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	Ｓｓ－２１	底版	3	1000	1500	1360	10720	-1089	1667	3.3	21.0	0.16
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	609	475	3.2	21.0	0.16
		頂版	10	1000	1500	1360	9120	525	564	1.7	21.0	0.09
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	-39	830	1.0	21.0	0.05
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	-1068	1500	3.4	21.0	0.17
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	832	1050	2.6	21.0	0.13
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	-256	507	2.3	21.0	0.11
①	Ｓｓ－２２	底版	3	1000	1500	1360	10720	-1267	1781	3.8	21.0	0.19
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	-707	1224	3.9	21.0	0.19
		頂版	10	1000	1500	1360	9120	627	516	1.9	21.0	0.10
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	-37	1075	1.2	21.0	0.06
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	-1255	1882	4.0	21.0	0.20
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	982	1247	3.1	21.0	0.15
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	-307	612	2.7	21.0	0.13

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

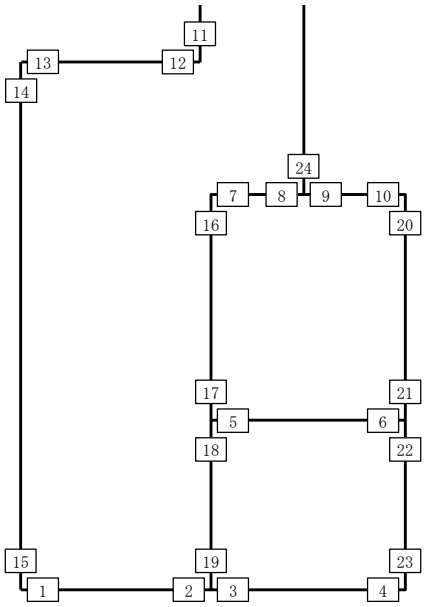


第 4-2 表（6）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	3	1000	1500	1360	10720	−2797	2987	8.1	21.0	0.39
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	1587	236	7.8	21.0	0.38
		頂版	9	1000	1500	1360	9120	−1124	559	3.3	21.0	0.16
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	−38	802	1.0	21.0	0.05
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	−2300	2382	7.1	21.0	0.34
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	1851	2056	5.8	21.0	0.28
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	−613	1163	5.4	21.0	0.26
①	Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋）	底版	4	1000	1500	1360	10720	−1586	866	4.4	21.0	0.21
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	−1106	1645	6.0	21.0	0.29
		頂版	7	1000	1500	1360	9120	896	1205	2.9	21.0	0.14
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	−29	1700	1.7	21.0	0.09
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	−1112	1669	3.6	21.0	0.18
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	910	1137	2.9	21.0	0.14
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	418	−747	2.9	21.0	0.14

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

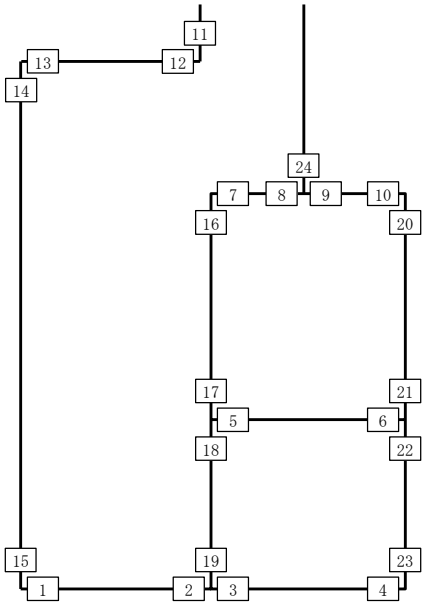


第 4-2 表（7）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
②	Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	3	1000	1500	1360	10720	-2798	2988	8.1	21.0	0.39
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	1588	215	7.8	21.0	0.38
		頂版	9	1000	1500	1360	9120	-1125	559	3.3	21.0	0.16
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	-38	802	1.0	21.0	0.05
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	-2305	2377	7.1	21.0	0.34
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	1852	2057	5.8	21.0	0.28
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	-614	1163	5.4	21.0	0.26
③	Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	3	1000	1500	1360	10720	-2791	2958	8.1	21.0	0.39
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	1582	235	7.7	21.0	0.37
		頂版	9	1000	1500	1360	9120	-1119	560	3.3	21.0	0.16
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	-38	799	1.0	21.0	0.05
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	-2289	2336	7.1	21.0	0.34
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	1846	2053	5.7	21.0	0.28
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	-611	1159	5.4	21.0	0.26

注記　②：地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
　　③：地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース

評価位置は下図に示す。

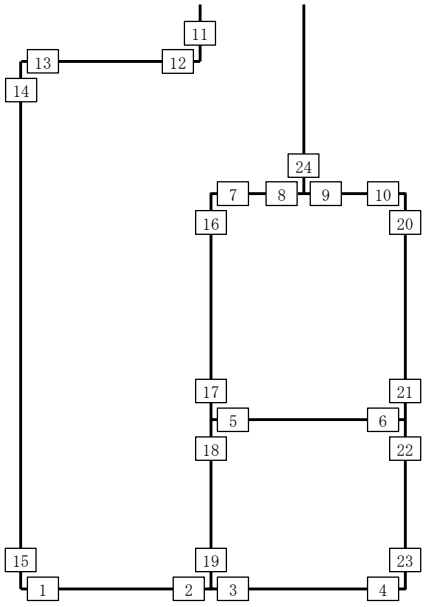


第 4-2 表（8）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
④	Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	3	1000	1500	1360	10720	-2802	2933	8.1	21.0	0.39
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	1557	290	7.6	21.0	0.37
		頂版	9	1000	1500	1360	9120	-1081	582	3.2	21.0	0.16
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	-46	954	1.1	21.0	0.06
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	-2220	2219	6.8	21.0	0.33
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	1798	1999	5.6	21.0	0.27
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	-595	1126	5.3	21.0	0.26
⑤	Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	3	1000	1500	1360	10720	-2146	2571	6.3	21.0	0.30
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	1250	317	6.2	21.0	0.30
		頂版	9	1000	1500	1360	9120	-909	504	2.7	21.0	0.13
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	-31	696	0.8	21.0	0.04
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	-1856	2134	5.8	21.0	0.28
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	1503	1693	4.7	21.0	0.23
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	-490	936	4.3	21.0	0.21

注記　④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

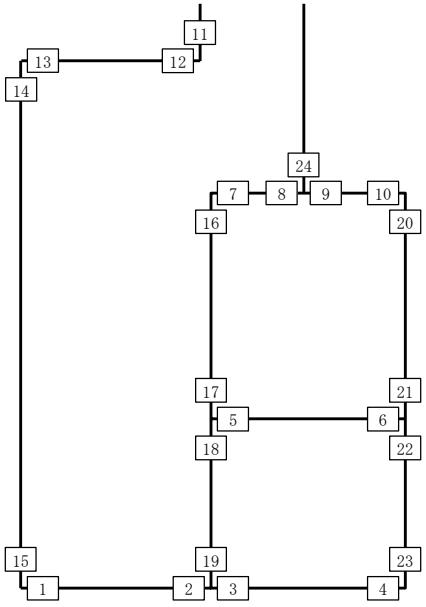


第 4-2 表（9）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
⑥	Ｓ$_s$－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	3	1000	1500	1360	10720	-2158	2581	6.3	21.0	0.30
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	1256	318	6.2	21.0	0.30
		頂版	9	1000	1500	1360	9120	-912	508	2.7	21.0	0.13
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	-33	687	0.8	21.0	0.04
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	-1859	2137	5.8	21.0	0.28
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	1509	1698	4.7	21.0	0.23
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	-492	940	4.4	21.0	0.21

注記　⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

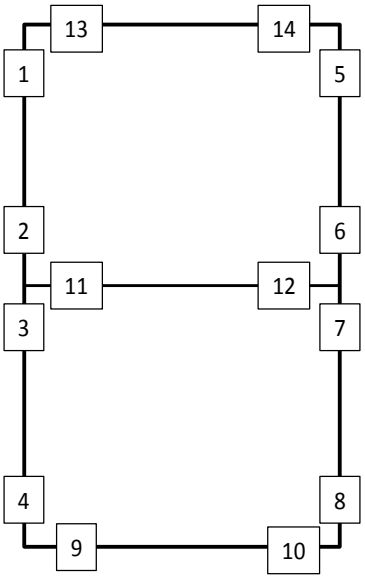


第 4-3 表（1）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN･m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	9	1000	1500	1360	10720	3881	-306	312	435	0.72
		側壁	8	1000	1500	1360	9120	2345	-371	230	435	0.53
		スラブ	11	1000	1100	960	9120	2398	788	274	435	0.63
		頂版	13	1000	1500	1360	9120	2549	668	196	435	0.46
①	Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－）	底版	9	1000	1500	1360	10720	3851	-223	306	435	0.71
		側壁	8	1000	1500	1360	9120	2432	-257	232	435	0.54
		スラブ	11	1000	1100	960	9120	2425	861	274	435	0.63
		頂版	13	1000	1500	1360	9120	2618	733	199	435	0.46

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

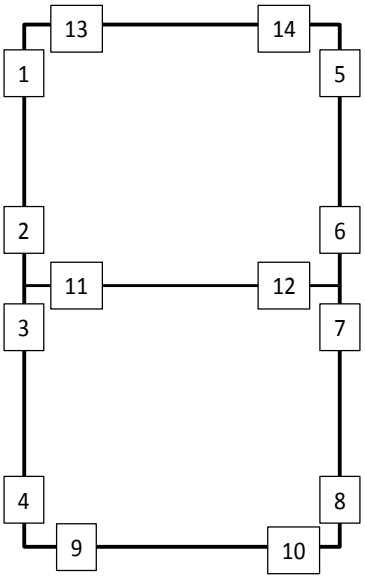


第 4-3 表（2）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋）	底版	10	1000	1500	1360	10720	3817	-265	305	435	0.71
		側壁	4	1000	1500	1360	9120	-2527	-187	237	435	0.55
		スラブ	12	1000	1100	960	9120	2427	741	280	435	0.65
		頂版	14	1000	1500	1360	9120	2601	646	202	435	0.47
①	Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－）	底版	10	1000	1500	1360	10720	3813	-162	300	435	0.69
		側壁	4	1000	1500	1360	9120	-2595	-122	240	435	0.56
		スラブ	12	1000	1100	960	9120	2458	814	280	435	0.65
		頂版	14	1000	1500	1360	9120	2660	694	205	435	0.48

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

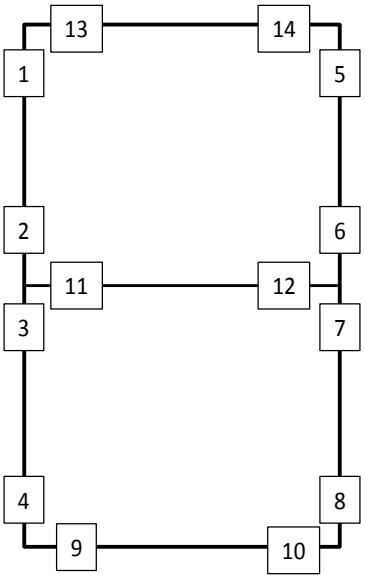


第 4-3 表（3）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	Ｓｓ－１１	底版	10	1000	1500	1360	10720	-1602	1128	78	435	0.18
		側壁	8	1000	1500	1360	9120	1410	770	90	435	0.21
		スラブ	11	1000	1100	960	9120	842	628	79	435	0.19
		頂版	13	1000	1500	1360	9120	1217	635	79	435	0.19
①	Ｓｓ－１２	底版	9	1000	1500	1360	10720	-2278	1345	120	435	0.28
		側壁	8	1000	1500	1360	9120	1837	668	133	435	0.31
		スラブ	12	1000	1100	960	9120	1247	653	130	435	0.30
		頂版	13	1000	1500	1360	9120	1645	768	111	435	0.26

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

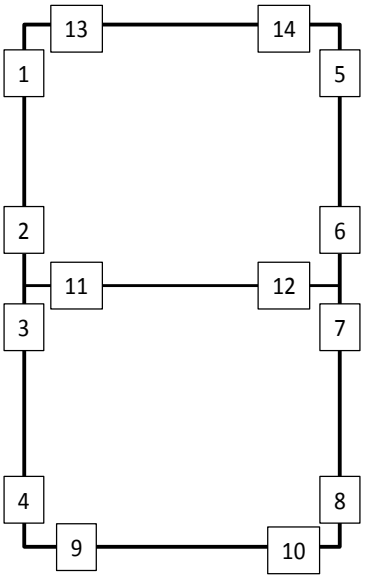


第 4-3 表（4）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	Ｓｓ－１３	底版	10	1000	1500	1360	10720	−2374	1474	123	435	0.29
		側壁	8	1000	1500	1360	9120	1844	593	137	435	0.32
		スラブ	11	1000	1100	960	9120	1310	789	132	435	0.31
		頂版	13	1000	1500	1360	9120	1677	748	115	435	0.27
①	Ｓｓ－１４	底版	10	1000	1500	1360	10720	−1773	1166	89	435	0.21
		側壁	8	1000	1500	1360	9120	1487	619	104	435	0.24
		スラブ	11	1000	1100	960	9120	988	642	97	435	0.23
		頂版	13	1000	1500	1360	9120	1350	632	91	435	0.21

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

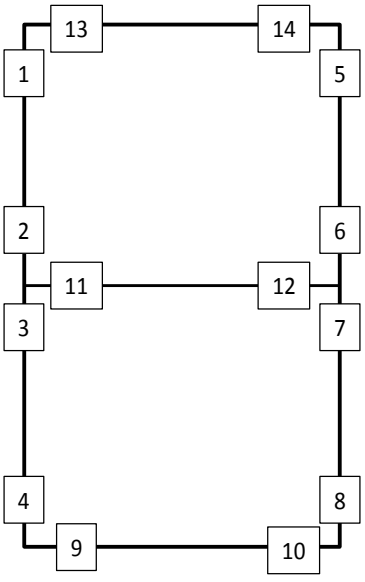


第 4-3 表（5）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	Ｓｓ－２１	底版	9	1000	1500	1360	10720	-2062	1194	110	435	0.26
		側壁	4	1000	1500	1360	9120	-1578	418	122	435	0.29
		スラブ	12	1000	1100	960	9120	1117	566	118	435	0.28
		頂版	14	1000	1500	1360	9120	1364	534	97	435	0.23
①	Ｓｓ－２２	底版	9	1000	1500	1360	10720	2498	5	192	435	0.45
		側壁	8	1000	1500	1360	9120	1997	127	174	435	0.40
		スラブ	11	1000	1100	960	9120	1721	695	190	435	0.44
		頂版	13	1000	1500	1360	9120	1940	623	144	435	0.34

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

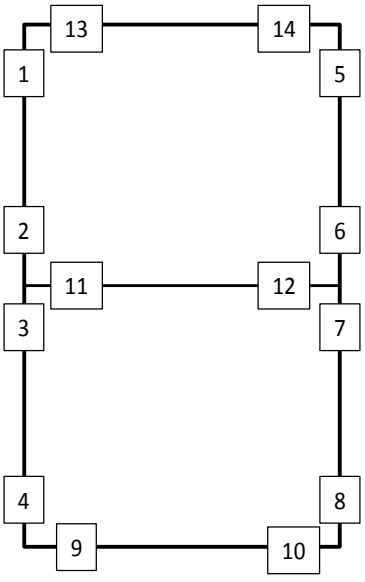


第 4-3 表（6）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm)			引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
				部材幅	部材高	有効高						
①	Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	10	1000	1500	1360	10720	4115	-249	327	435	0.76
		側壁	4	1000	1500	1360	9120	-2737	-168	255	435	0.59
		スラブ	12	1000	1100	960	9120	2600	774	301	435	0.70
		頂版	14	1000	1500	1360	9120	2747	686	213	435	0.49
①	Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋）	底版	9	1000	1500	1360	10720	4001	-195	316	435	0.73
		側壁	8	1000	1500	1360	9120	2485	-283	238	435	0.55
		スラブ	11	1000	1100	960	9120	2501	869	283	435	0.66
		頂版	13	1000	1500	1360	9120	2642	726	202	435	0.47

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

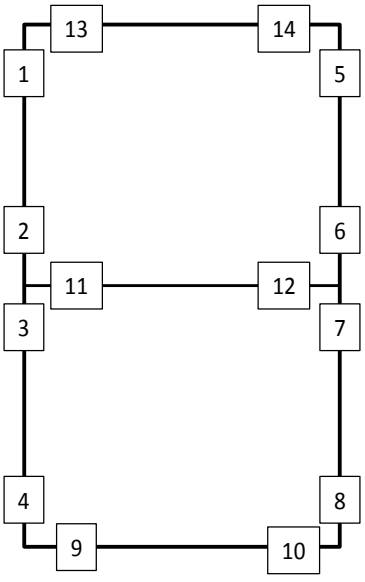


第 4-3 表（7）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
②	Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	10	1000	1500	1360	10720	4109	-244	327	435	0.76
		側壁	4	1000	1500	1360	9120	-2732	-170	255	435	0.59
		スラブ	12	1000	1100	960	9120	2599	774	301	435	0.70
		頂版	14	1000	1500	1360	9120	2745	682	213	435	0.49
③	Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	10	1000	1500	1360	10720	4111	-253	327	435	0.76
		側壁	4	1000	1500	1360	9120	-2741	-165	255	435	0.59
		スラブ	12	1000	1100	960	9120	2598	771	301	435	0.70
		頂版	14	1000	1500	1360	9120	2757	697	214	435	0.50

注記　②：地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
　　③：地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース

評価位置は下図に示す。

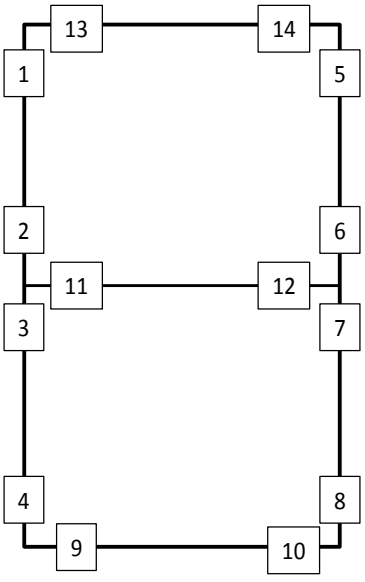


第 4-3 表（8）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN･m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
④	Ｓ$_s$－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	10	1000	1500	1360	10720	4523	-316	362	435	0.84
		側壁	4	1000	1500	1360	9120	-2719	-306	261	435	0.60
		スラブ	12	1000	1100	960	9120	2724	842	314	435	0.73
		頂版	14	1000	1500	1360	9120	2796	661	219	435	0.51
⑤	Ｓ$_s$－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	10	1000	1500	1360	10720	3447	-147	272	435	0.63
		側壁	4	1000	1500	1360	9120	-2668	132	234	435	0.54
		スラブ	12	1000	1100	960	9120	2363	667	275	435	0.64
		頂版	14	1000	1500	1360	9120	2581	700	198	435	0.46

注記　④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

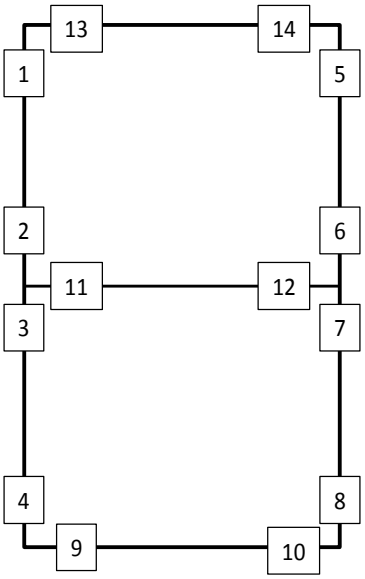


第 4-3 表（9）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
⑥	Ｓ$_s$－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	10	1000	1500	1360	10720	3432	-146	270	435	0.63
		側壁	4	1000	1500	1360	9120	-2669	141	233	435	0.54
		スラブ	12	1000	1100	960	9120	2357	660	275	435	0.64
		頂版	14	1000	1500	1360	9120	2575	696	197	435	0.46

注記　⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

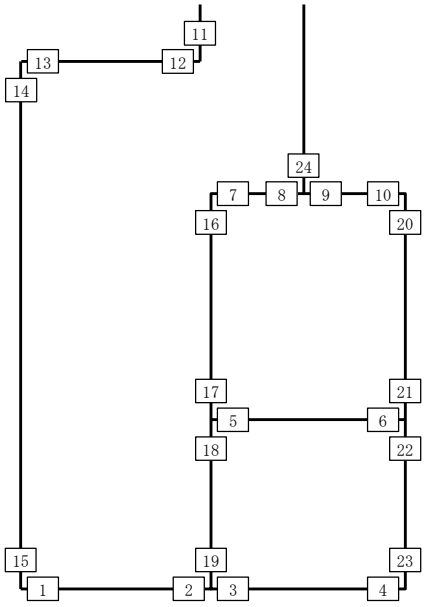


第 4-4 表（1）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	3	1000	1500	1360	10720	1238	38	94	435	0.22
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	937	218	112	435	0.26
		頂版	7	1000	1500	1360	9120	-594	-348	72	435	0.17
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	20	-461	64	435	0.15
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	1482	-1655	223	435	0.52
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	-910	-693	119	435	0.28
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	375	-775	220	435	0.51
①	Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－）	底版	3	1000	1500	1360	10720	1232	128	90	435	0.21
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	953	435	103	435	0.24
		頂版	7	1000	1500	1360	9120	-533	-272	63	435	0.15
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	11	-413	55	435	0.13
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	1490	-1651	223	435	0.52
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	-896	-689	118	435	0.28
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	375	-775	220	435	0.51

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

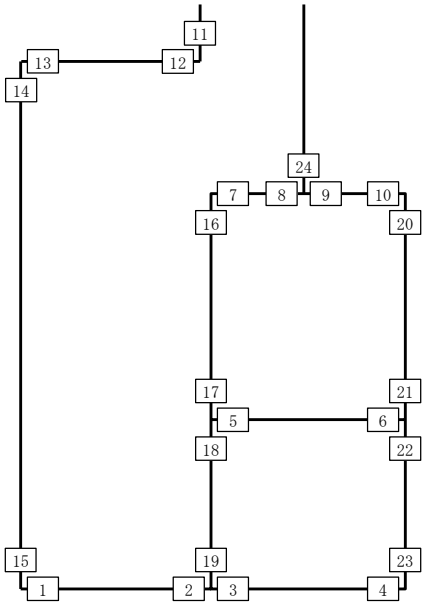


第 4-4 表（2）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋）	底版	4	1000	1500	1360	10720	2045	570	133	435	0.31
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	1350	289	162	435	0.38
		頂版	7	1000	1500	1360	9120	-834	-509	102	435	0.24
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	19	-634	85	435	0.20
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	1086	-1140	159	435	0.37
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	-651	-496	85	435	0.20
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	277	-569	162	435	0.38
①	Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－）	底版	4	1000	1500	1360	10720	2075	519	138	435	0.32
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	1365	262	166	435	0.39
		頂版	7	1000	1500	1360	9120	-846	-531	105	435	0.25
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	25	-618	85	435	0.20
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	1119	-943	151	435	0.35
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	-613	-360	75	435	0.18
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	278	-557	161	435	0.38

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

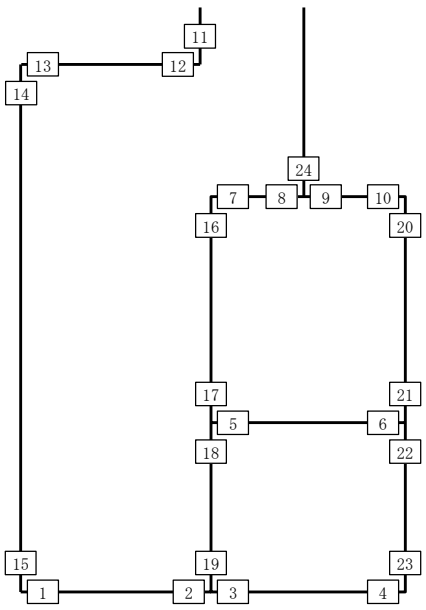


第 4-4 表（3）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	Ｓｓ－１１	底版	4	1000	1500	1360	10720	−732	816	25	435	0.06
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	447	498	35	435	0.09
		頂版	7	1000	1500	1360	9120	−247	−5	23	435	0.06
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	−16	−160	26	435	0.06
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	464	−11	43	435	0.10
		右側壁	23	1000	1500	1360	9120	449	220	30	435	0.07
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	135	−247	75	435	0.18
①	Ｓｓ－１２	底版	4	1000	1500	1360	10720	1010	539	56	435	0.13
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	726	461	72	435	0.17
		頂版	7	1000	1500	1360	9120	−410	−144	45	435	0.11
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	−4	−261	34	435	0.08
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	764	−449	93	435	0.22
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	−414	−126	44	435	0.11
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	195	−372	110	435	0.26

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

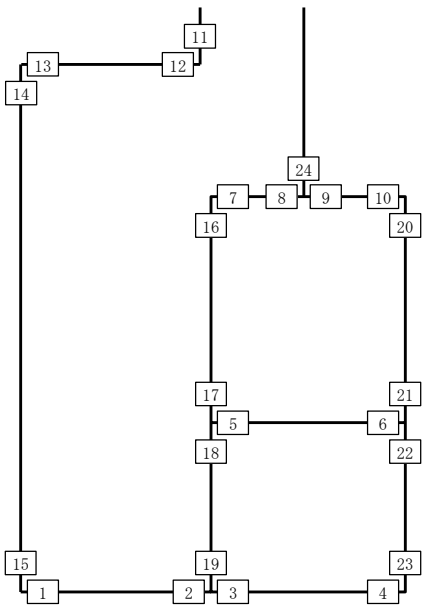


第 4-4 表（4）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	Ｓs－１３	底版	4	1000	1500	1360	10720	932	541	50	435	0.12
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	678	480	65	435	0.15
		頂版	7	1000	1500	1360	9120	-378	-113	40	435	0.10
		左側壁	13	1000	1000	860	4054	37	-157	32	435	0.08
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	748	-439	91	435	0.21
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	-405	-115	43	435	0.10
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	192	-364	108	435	0.25
①	Ｓs－１４	底版	4	1000	1500	1360	10720	-692	795	23	435	0.06
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	-420	1075	11	435	0.03
		頂版	10	1000	1500	1360	9120	431	433	19	435	0.05
		左側壁	13	1000	1000	860	4054	29	-113	24	435	0.06
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	480	-51	46	435	0.11
		右側壁	23	1000	1500	1360	9120	407	146	30	435	0.07
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	137	-252	76	435	0.18

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

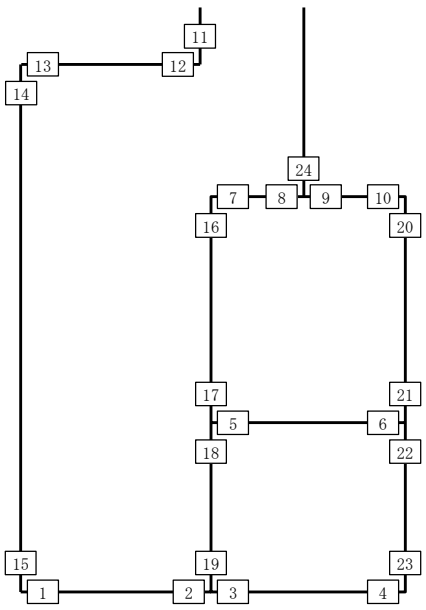


第 4-4 表（5）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	Ｓ$_s$－２１	底版	4	1000	1500	1360	10720	841	505	44	435	0.11
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	609	473	57	435	0.14
		頂版	7	1000	1500	1360	9120	-336	-81	35	435	0.09
		左側壁	13	1000	1000	860	4054	34	-153	31	435	0.08
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	759	-520	96	435	0.23
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	-398	-155	44	435	0.11
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	187	-359	106	435	0.25
①	Ｓ$_s$－２２	底版	4	1000	1500	1360	10720	-1075	632	57	435	0.14
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	723	481	71	435	0.17
		頂版	7	1000	1500	1360	9120	-427	-139	46	435	0.11
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	7	-312	41	435	0.10
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	1002	-914	139	435	0.32
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	-585	-385	73	435	0.17
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	256	-518	148	435	0.35

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

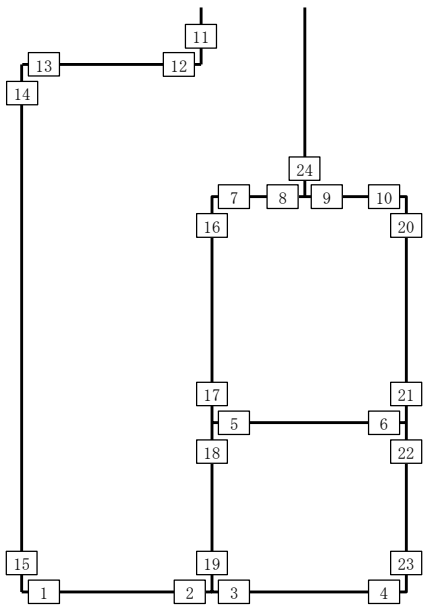


第 4-4 表（6）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	4	1000	1500	1360	10720	2428	593	162	435	0.38
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	1586	208	197	435	0.46
		頂版	7	1000	1500	1360	9120	-952	-645	120	435	0.28
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	11	-654	85	435	0.20
		隔壁	16	1000	1500	1360	9120	701	-774	105	435	0.25
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	1851	2007	76	435	0.18
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	219	-445	127	435	0.30
①	Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋）	底版	4	1000	1500	1360	10720	-1586	781	90	435	0.21
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	677	415	68	435	0.16
		頂版	9	1000	1500	1360	9120	740	383	48	435	0.12
		左側壁	13	1000	1000	860	4054	58	-309	58	435	0.14
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	1647	-1874	249	435	0.58
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	-1028	-742	132	435	0.31
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	418	-854	243	435	0.56

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

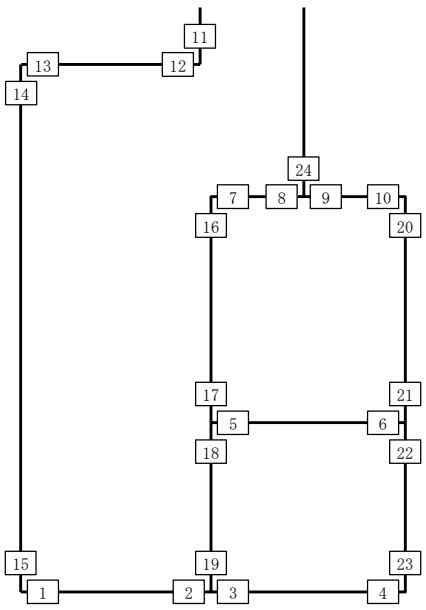


第 4-4 表（7）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
②	Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	4	1000	1500	1360	10720	2419	575	162	435	0.38
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	1588	210	197	435	0.46
		頂版	7	1000	1500	1360	9120	-952	-645	120	435	0.28
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	9	-657	84	435	0.20
		隔壁	16	1000	1500	1360	9120	703	-772	105	435	0.25
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	1852	2008	76	435	0.18
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	220	-447	128	435	0.30
③	Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋）	底版	4	1000	1500	1360	10720	2417	587	161	435	0.38
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	1577	210	196	435	0.46
		頂版	7	1000	1500	1360	9120	-948	-641	120	435	0.28
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	10	-652	84	435	0.20
		隔壁	16	1000	1500	1360	9120	699	-771	105	435	0.25
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	1846	2004	75	435	0.18
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	217	-441	126	435	0.29

注記　②：地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
　　③：地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース

評価位置は下図に示す。

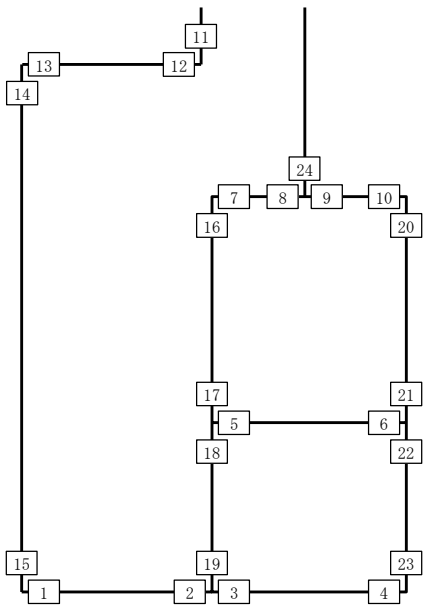


第 4-4 表（8）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
④	Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	4	1000	1500	1360	10720	2446	616	162	435	0.38
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	1555	269	190	435	0.44
		頂版	7	1000	1500	1360	9120	-927	-598	115	435	0.27
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	15	-629	83	435	0.20
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	926	-753	124	435	0.29
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	1798	1954	73	435	0.17
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	233	-481	137	435	0.32
⑤	Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋）	底版	4	1000	1500	1360	10720	1811	560	116	435	0.27
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	1250	295	149	435	0.35
		頂版	7	1000	1500	1360	9120	-746	-467	92	435	0.22
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	-10	-451	59	435	0.14
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	694	-451	87	435	0.20
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	1503	1655	61	435	0.15
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	202	-410	117	435	0.27

注記　④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

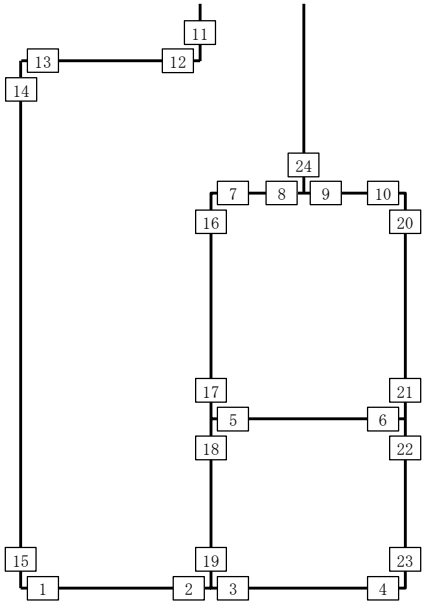


第 4-4 表（9）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	引張鉄筋量 (mm^2)	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	圧縮応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
⑥	Ｓ$_s$－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	4	1000	1500	1360	10720	1827	577	117	435	0.27
		スラブ	6	1000	1100	960	9120	1255	296	149	435	0.35
		頂版	7	1000	1500	1360	9120	-750	-468	93	435	0.22
		左側壁	15	1000	1000	860	4054	-9	-454	60	435	0.14
		隔壁	19	1000	1500	1360	9120	691	-442	86	435	0.20
		右側壁	20	1000	1500	1360	9120	1509	1661	61	435	0.15
		右上側壁	24	1000	1000	860	4054	202	-410	117	435	0.27

注記　⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

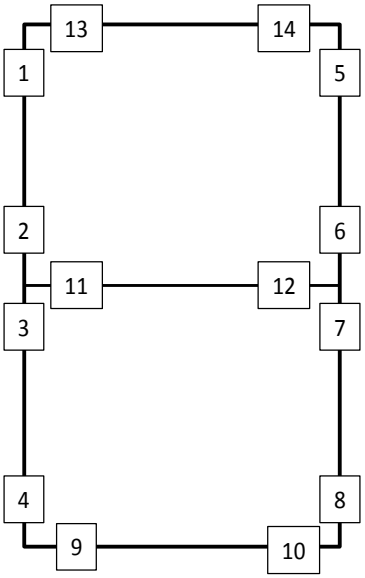


第 4-5 表（1）　せん断力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm)			せん断補強筋	発生せん断力	短期許容せん断力	照査値
				部材幅	部材高	有効高	(mm)	(kN)	(kN)	
①	Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	9	1000	1500	1360	D22	945	2685	0.36
		側壁	8	1000	1500	1360	D22	-1496	2685	0.56
		スラブ	11	1000	1100	960	D22	685	1895	0.37
		頂版	13	1000	1500	1360	D22	968	2685	0.37
①	Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－）	底版	10	1000	1500	1360	D22	960	2685	0.36
		側壁	8	1000	1500	1360	D22	-1548	2685	0.58
		スラブ	11	1000	1100	960	D22	701	1895	0.37
		頂版	13	1000	1500	1360	D22	1007	2685	0.38

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

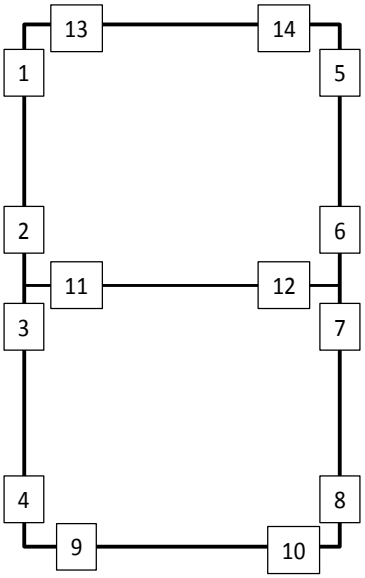


第 4-5 表（2）　せん断力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm)			せん断補強筋	発生せん断力	短期許容せん断力	照査値
				部材幅	部材高	有効高	(mm)	(kN)	(kN)	
①	Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	9	1000	1500	1360	D22	-987	2685	0.37
		側壁	4	1000	1500	1360	D22	1565	2685	0.59
		スラブ	12	1000	1100	960	D22	-697	1895	0.37
		頂版	14	1000	1500	1360	D22	-999	2685	0.38
①	Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－）	底版	9	1000	1500	1360	D22	-1026	2685	0.39
		側壁	4	1000	1500	1360	D22	1626	2685	0.61
		スラブ	12	1000	1100	960	D22	-714	1895	0.38
		頂版	14	1000	1500	1360	D22	-1040	2685	0.39

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

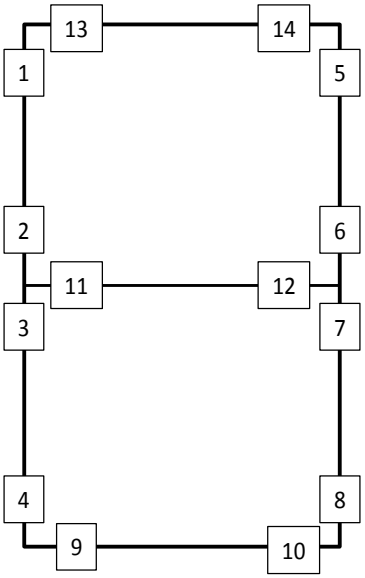


第 4-5 表（3）　せん断力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm)			せん断補強筋	発生せん断力	短期許容せん断力	照査値
				部材幅	部材高	有効高	(mm)	(kN)	(kN)	
①	Ｓ$_s$－１１	底版	10	1000	1500	1360	D22	801	2685	0.30
		側壁	8	1000	1500	1360	D22	-857	2685	0.32
		スラブ	11	1000	1100	960	D22	301	1895	0.16
		頂版	13	1000	1500	1360	D22	671	2685	0.25
①	Ｓ$_s$－１２	底版	10	1000	1500	1360	D22	866	2685	0.33
		側壁	8	1000	1500	1360	D22	-1134	2685	0.43
		スラブ	11	1000	1100	960	D22	419	1895	0.23
		頂版	13	1000	1500	1360	D22	840	2685	0.32

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

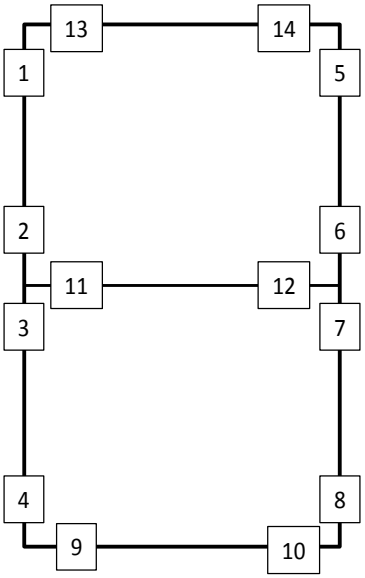


第 4-5 表（4）　せん断力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm)			せん断補強筋	発生せん断力	短期許容せん断力	照査値
				部材幅	部材高	有効高	(mm)	(kN)	(kN)	
①	Ｓｓ－１３	底版	10	1000	1500	1360	D22	834	2685	0.32
		側壁	8	1000	1500	1360	D22	-1139	2685	0.43
		スラブ	11	1000	1100	960	D22	430	1895	0.23
		頂版	13	1000	1500	1360	D22	842	2685	0.32
①	Ｓｓ－１４	底版	10	1000	1500	1360	D22	840	2685	0.32
		側壁	8	1000	1500	1360	D22	-920	2685	0.35
		スラブ	11	1000	1100	960	D22	334	1895	0.18
		頂版	13	1000	1500	1360	D22	724	2685	0.27

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

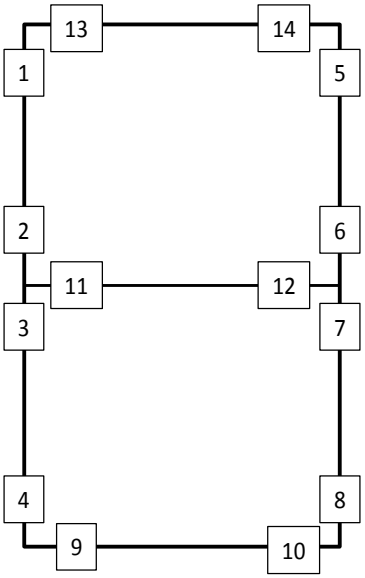


第 4-5 表（5）　せん断力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm)			せん断補強筋	発生せん断力	短期許容せん断力	照査値
				部材幅	部材高	有効高	(mm)	(kN)	(kN)	
①	Ｓ$_s$－２１	底版	10	1000	1500	1360	D22	857	2685	0.32
		側壁	8	1000	1500	1360	D22	-1003	2685	0.38
		スラブ	11	1000	1100	960	D22	358	1895	0.19
		頂版	13	1000	1500	1360	D22	696	2685	0.26
①	Ｓ$_s$－２２	底版	9	1000	1500	1360	D22	-960	2685	0.36
		側壁	8	1000	1500	1360	D22	-1260	2685	0.47
		スラブ	11	1000	1100	960	D22	518	1895	0.28
		頂版	14	1000	1500	1360	D22	-843	2685	0.32

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

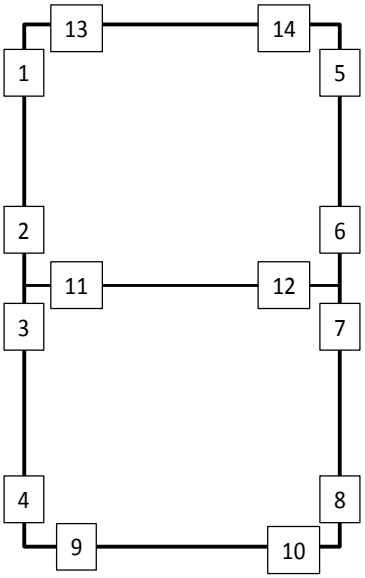


第 4-5 表（6）　せん断力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm)			せん断補強筋	発生せん断力	短期許容せん断力	照査値
				部材幅	部材高	有効高	(mm)	(kN)	(kN)	
①	Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	9	1000	1500	1360	D22	-1012	2685	0.38
		側壁	4	1000	1500	1360	D22	1695	2685	0.64
		スラブ	12	1000	1100	960	D22	-748	1895	0.40
		頂版	14	1000	1500	1360	D22	-1057	2685	0.40
①	Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋）	底版	9	1000	1500	1360	D22	994	2685	0.38
		側壁	8	1000	1500	1360	D22	-1591	2685	0.60
		スラブ	11	1000	1100	960	D22	717	1895	0.38
		頂版	13	1000	1500	1360	D22	1009	2685	0.38

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

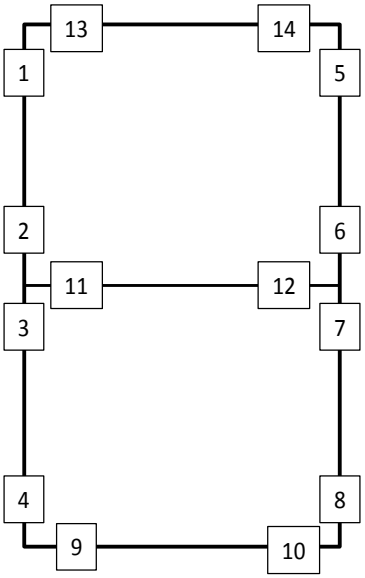


第 4-5 表（7）　せん断力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm)			せん断補強筋	発生せん断力	短期許容せん断力	照査値
				部材幅	部材高	有効高	(mm)	(kN)	(kN)	
②	Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	9	1000	1500	1360	D22	-1011	2685	0.38
		側壁	4	1000	1500	1360	D22	1693	2685	0.64
		スラブ	12	1000	1100	960	D22	-748	1895	0.40
		頂版	14	1000	1500	1360	D22	-1056	2685	0.40
③	Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	9	1000	1500	1360	D22	-1010	2685	0.38
		側壁	4	1000	1500	1360	D22	1691	2685	0.63
		スラブ	12	1000	1100	960	D22	-749	1895	0.40
		頂版	14	1000	1500	1360	D22	-1060	2685	0.40

注記　②：地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース

評価位置は下図に示す。

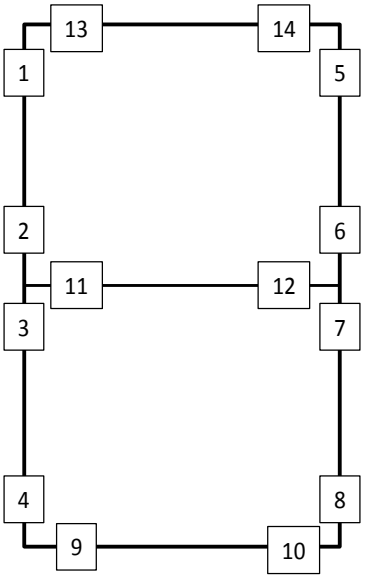


第 4-5 表（8）　せん断力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm)			せん断補強筋	発生せん断力	短期許容せん断力	照査値
				部材幅	部材高	有効高	(mm)	(kN)	(kN)	
④	Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	10	1000	1500	1360	D22	-1154	2685	0.43
		側壁	4	1000	1500	1360	D22	1756	2685	0.66
		スラブ	12	1000	1100	960	D22	-778	1895	0.42
		頂版	14	1000	1500	1360	D22	-1061	2685	0.40
⑤	Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	9	1000	1500	1360	D22	-1028	2685	0.39
		側壁	4	1000	1500	1360	D22	1555	2685	0.58
		スラブ	12	1000	1100	960	D22	-687	1895	0.37
		頂版	14	1000	1500	1360	D22	-1013	2685	0.38

注記　④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

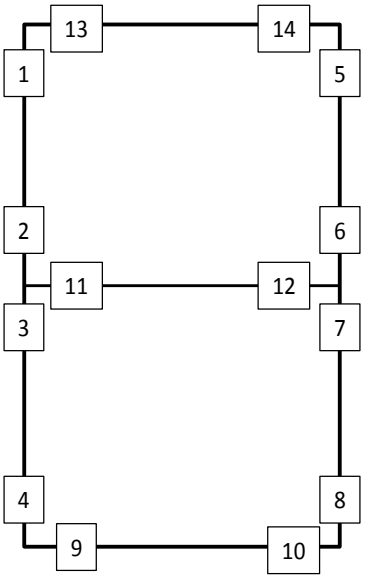


第 4-5 表（9）　せん断力照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm)			せん断補強筋	発生せん断力	短期許容せん断力	照査値
				部材幅	部材高	有効高	(mm)	(kN)	(kN)	
⑥	Ｓ$_s$－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	9	1000	1500	1360	D22	-1031	2685	0.39
		側壁	4	1000	1500	1360	D22	1551	2685	0.58
		スラブ	12	1000	1100	960	D22	-686	1895	0.37
		頂版	14	1000	1500	1360	D22	-1011	2685	0.38

注記　⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

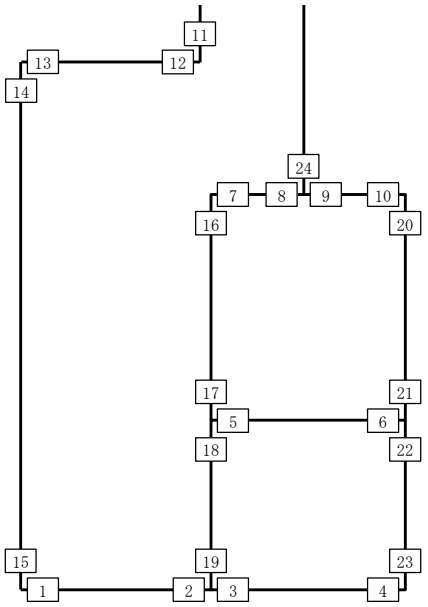


第 4-6 表（1）　せん断力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm)			せん断補強筋	発生せん断力	短期許容せん断力	照査値
				部材幅	部材高	有効高	(mm)	(kN)	(kN)	
①	Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	3	1000	1500	1360	D25	-1838	3364	0.55
		スラブ	5	1000	1100	960	D22	635	1895	0.34
		頂版	9	1000	1500	1360	D22	-1178	2685	0.44
		左側壁	15	1000	1000	860	D16	71	1021	0.07
		隔壁	19	1000	1500	1360	D22	1149	2685	0.43
		右側壁	21	1000	1500	1360	D22	-826	2685	0.31
		右上側壁	24	1000	1000	860	D16	381	1021	0.38
①	Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－）	底版	3	1000	1500	1360	D25	-1975	3364	0.59
		スラブ	5	1000	1100	960	D22	643	1895	0.34
		頂版	9	1000	1500	1360	D22	-1326	2685	0.50
		左側壁	15	1000	1000	860	D16	64	1021	0.07
		隔壁	19	1000	1500	1360	D22	1188	2685	0.45
		右側壁	21	1000	1500	1360	D22	-848	2685	0.32
		右上側壁	24	1000	1000	860	D16	399	1021	0.40

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

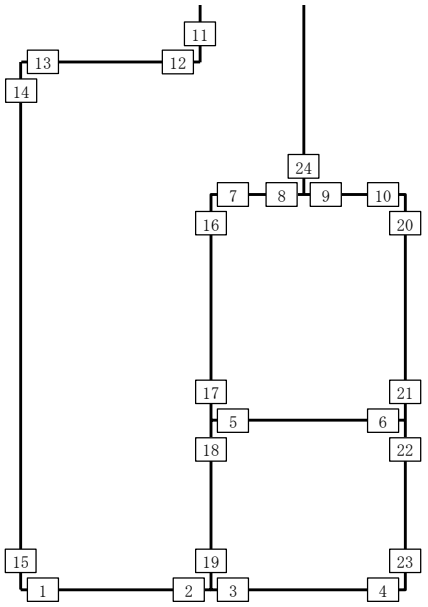


第 4-6 表（2）　せん断力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm)			せん断補強筋	発生せん断力	短期許容せん断力	照査値
				部材幅	部材高	有効高	(mm)	(kN)	(kN)	
①	Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	3	1000	1500	1360	D25	-2481	3364	0.74
		スラブ	6	1000	1100	960	D22	-845	1895	0.45
		頂版	9	1000	1500	1360	D22	-1637	2685	0.61
		左側壁	15	1000	1000	860	D16	68	1021	0.07
		隔壁	19	1000	1500	1360	D22	1512	2685	0.57
		右側壁	21	1000	1500	1360	D22	-684	2685	0.26
		右上側壁	24	1000	1000	860	D16	536	1021	0.53
①	Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－）	底版	3	1000	1500	1360	D25	-2486	3364	0.74
		スラブ	6	1000	1100	960	D22	-845	1895	0.45
		頂版	9	1000	1500	1360	D22	-1611	2685	0.60
		左側壁	15	1000	1000	860	D16	69	1021	0.07
		隔壁	19	1000	1500	1360	D22	1522	2685	0.57
		右側壁	21	1000	1500	1360	D22	-741	2685	0.28
		右上側壁	24	1000	1000	860	D16	534	1021	0.53

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

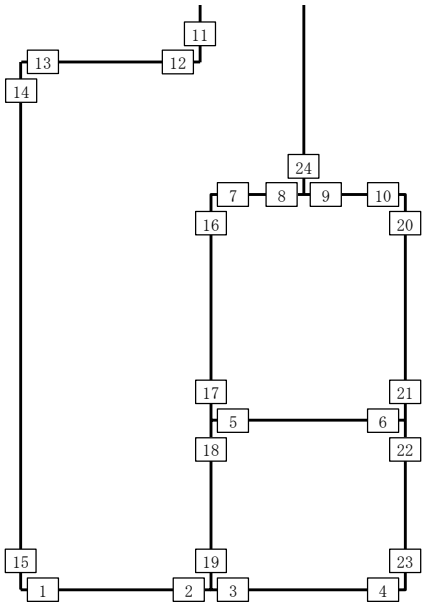


第 4-6 表（3）　せん断力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm)			せん断補強筋	発生せん断力	短期許容せん断力	照査値
				部材幅	部材高	有効高	(mm)	(kN)	(kN)	
①	Ｓｓ－１１	底版	3	1000	1500	1360	D25	-1008	3364	0.30
		スラブ	5	1000	1100	960	D22	303	1895	0.16
		頂版	9	1000	1500	1360	D22	-721	2685	0.27
		左側壁	15	1000	1000	860	D16	51	1021	0.05
		隔壁	19	1000	1500	1360	D22	640	2685	0.24
		右側壁	23	1000	1500	1360	D22	-495	2685	0.19
		右上側壁	24	1000	1000	860	D16	208	1021	0.21
①	Ｓｓ－１２	底版	3	1000	1500	1360	D25	-1481	3364	0.45
		スラブ	6	1000	1100	960	D22	-465	1895	0.25
		頂版	9	1000	1500	1360	D22	-962	2685	0.36
		左側壁	15	1000	1000	860	D16	57	1021	0.06
		隔壁	19	1000	1500	1360	D22	933	2685	0.35
		右側壁	21	1000	1500	1360	D22	-634	2685	0.24
		右上側壁	24	1000	1000	860	D16	301	1021	0.30

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

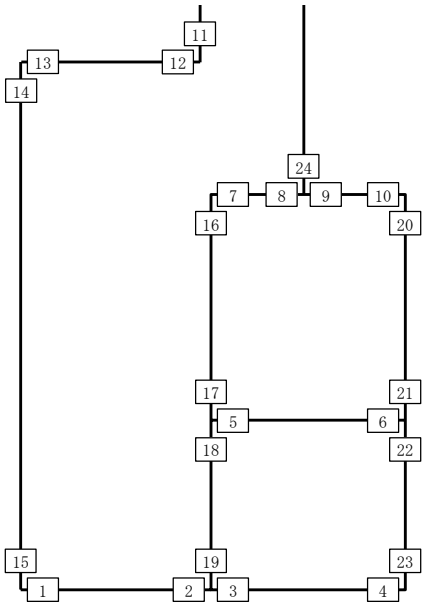


第 4-6 表（4）　せん断力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm)			せん断補強筋	発生せん断力	短期許容せん断力	照査値
				部材幅	部材高	有効高	(mm)	(kN)	(kN)	
①	Ｓｓ－１３	底版	3	1000	1500	1360	D25	-1412	3364	0.42
		スラブ	6	1000	1100	960	D22	-437	1895	0.24
		頂版	9	1000	1500	1360	D22	-917	2685	0.35
		左側壁	15	1000	1000	860	D16	56	1021	0.06
		隔壁	19	1000	1500	1360	D22	892	2685	0.34
		右側壁	21	1000	1500	1360	D22	-634	2685	0.24
		右上側壁	24	1000	1000	860	D16	284	1021	0.28
①	Ｓｓ－１４	底版	3	1000	1500	1360	D25	-933	3364	0.28
		スラブ	5	1000	1100	960	D22	295	1895	0.16
		頂版	9	1000	1500	1360	D22	-669	2685	0.25
		左側壁	15	1000	1000	860	D16	48	1021	0.05
		隔壁	19	1000	1500	1360	D22	596	2685	0.23
		右側壁	23	1000	1500	1360	D22	-511	2685	0.20
		右上側壁	24	1000	1000	860	D16	189	1021	0.19

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

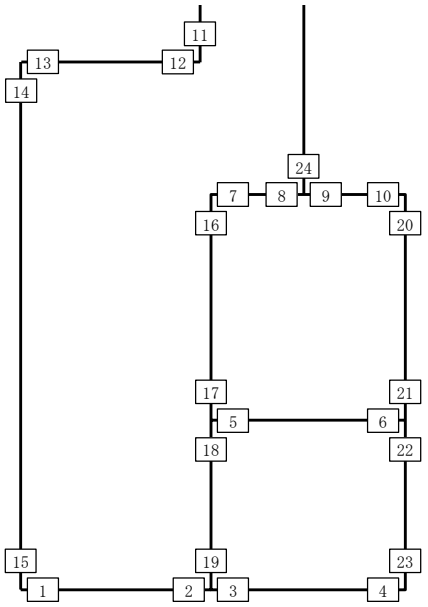


第 4-6 表（5）　せん断力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm)			せん断補強筋	発生せん断力	短期許容せん断力	照査値
				部材幅	部材高	有効高	(mm)	(kN)	(kN)	
①	Ｓｓ－２１	底版	3	1000	1500	1360	D25	-1308	3364	0.39
		スラブ	6	1000	1100	960	D22	-395	1895	0.21
		頂版	9	1000	1500	1360	D22	-850	2685	0.32
		左側壁	15	1000	1000	860	D16	55	1021	0.06
		隔壁	19	1000	1500	1360	D22	822	2685	0.31
		右側壁	21	1000	1500	1360	D22	-578	2685	0.22
		右上側壁	24	1000	1000	860	D16	257	1021	0.26
①	Ｓｓ－２２	底版	3	1000	1500	1360	D25	-1545	3364	0.46
		スラブ	6	1000	1100	960	D22	-468	1895	0.25
		頂版	9	1000	1500	1360	D22	-1016	2685	0.38
		左側壁	15	1000	1000	860	D16	63	1021	0.07
		隔壁	19	1000	1500	1360	D22	953	2685	0.36
		右側壁	21	1000	1500	1360	D22	-683	2685	0.26
		右上側壁	24	1000	1000	860	D16	308	1021	0.31

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

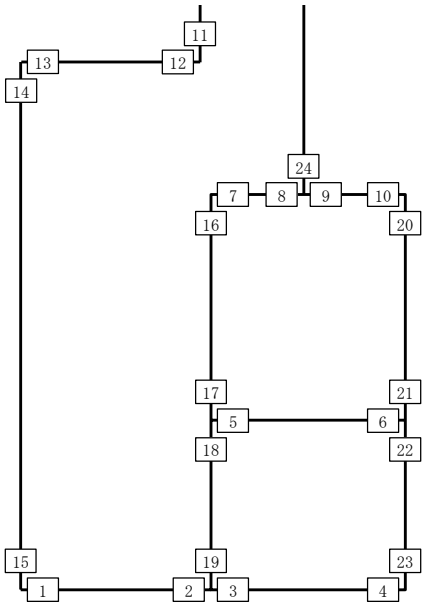


第 4-6 表（6）　せん断力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm)			せん断補強筋	発生せん断力	短期許容せん断力	照査値
				部材幅	部材高	有効高	(mm)	(kN)	(kN)	
①	Ｓ$_s$－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	3	1000	1500	1360	D25	-2736	3364	0.82
		スラブ	6	1000	1100	960	D22	-974	1895	0.52
		頂版	9	1000	1500	1360	D22	-1776	2685	0.67
		左側壁	11	1000	1000	860	D16	-63	1021	0.07
		隔壁	19	1000	1500	1360	D22	1713	2685	0.64
		右側壁	20	1000	1500	1360	D22	668	2685	0.25
		右上側壁	24	1000	1000	860	D16	607	1021	0.60
①	Ｓ$_s$－３１（Ｈ－，Ｖ＋）	底版	3	1000	1500	1360	D25	1536	3364	0.46
		スラブ	5	1000	1100	960	D22	703	1895	0.38
		頂版	9	1000	1500	1360	D22	-969	2685	0.37
		左側壁	15	1000	1000	860	D16	61	1021	0.06
		隔壁	19	1000	1500	1360	D22	-967	2685	0.37
		右側壁	21	1000	1500	1360	D22	-931	2685	0.35
		右上側壁	24	1000	1000	860	D16	-399	1021	0.40

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

評価位置は下図に示す。

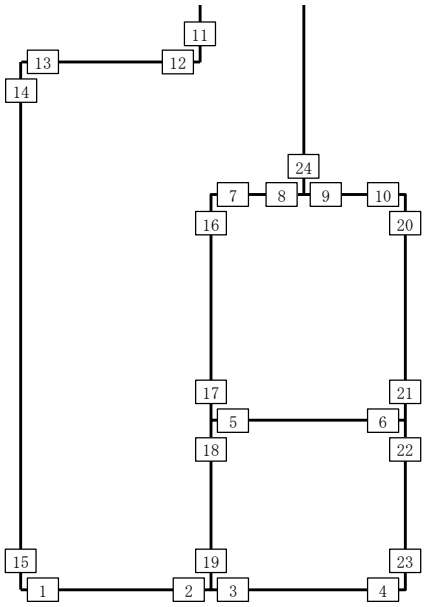


第 4-6 表（7）　せん断力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm)			せん断補強筋	発生せん断力	短期許容せん断力	照査値
				部材幅	部材高	有効高	(mm)	(kN)	(kN)	
②	Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	3	1000	1500	1360	D25	-2739	3364	0.82
		スラブ	6	1000	1100	960	D22	-975	1895	0.52
		頂版	9	1000	1500	1360	D22	-1776	2685	0.67
		左側壁	11	1000	1000	860	D16	-63	1021	0.07
		隔壁	19	1000	1500	1360	D22	1714	2685	0.64
		右側壁	20	1000	1500	1360	D22	668	2685	0.25
		右上側壁	24	1000	1000	860	D16	607	1021	0.60
③	Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	3	1000	1500	1360	D25	-2723	3364	0.81
		スラブ	6	1000	1100	960	D22	-971	1895	0.52
		頂版	9	1000	1500	1360	D22	-1771	2685	0.66
		左側壁	15	1000	1000	860	D16	63	1021	0.07
		隔壁	19	1000	1500	1360	D22	1704	2685	0.64
		右側壁	20	1000	1500	1360	D22	668	2685	0.25
		右上側壁	24	1000	1000	860	D16	605	1021	0.60

注記　②：地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース

評価位置は下図に示す。

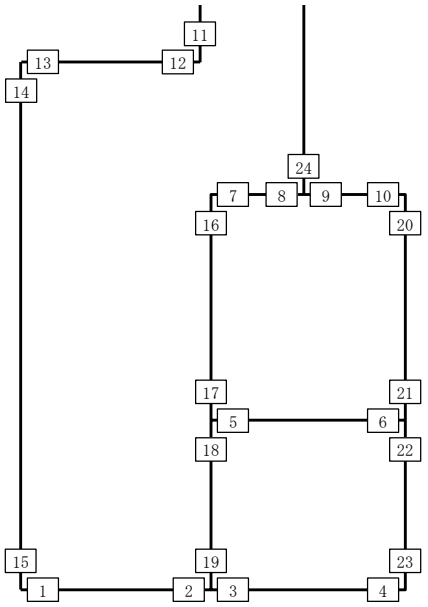


第 4-6 表（8）　せん断力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm)			せん断補強筋	発生せん断力	短期許容せん断力	照査値
				部材幅	部材高	有効高	(mm)	(kN)	(kN)	
④	Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	3	1000	1500	1360	D25	-2656	3364	0.79
		スラブ	6	1000	1100	960	D22	-956	1895	0.51
		頂版	9	1000	1500	1360	D22	-1744	2685	0.65
		左側壁	15	1000	1000	860	D16	70	1021	0.07
		隔壁	19	1000	1500	1360	D22	1662	2685	0.62
		右側壁	20	1000	1500	1360	D22	667	2685	0.25
		右上側壁	24	1000	1000	860	D16	589	1021	0.58
⑤	Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	3	1000	1500	1360	D25	-2206	3364	0.66
		スラブ	6	1000	1100	960	D22	-775	1895	0.41
		頂版	9	1000	1500	1360	D22	-1459	2685	0.55
		左側壁	15	1000	1000	860	D16	58	1021	0.06
		隔壁	19	1000	1500	1360	D22	1396	2685	0.52
		右側壁	20	1000	1500	1360	D22	575	2685	0.22
		右上側壁	24	1000	1000	860	D16	488	1021	0.48

注記　④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

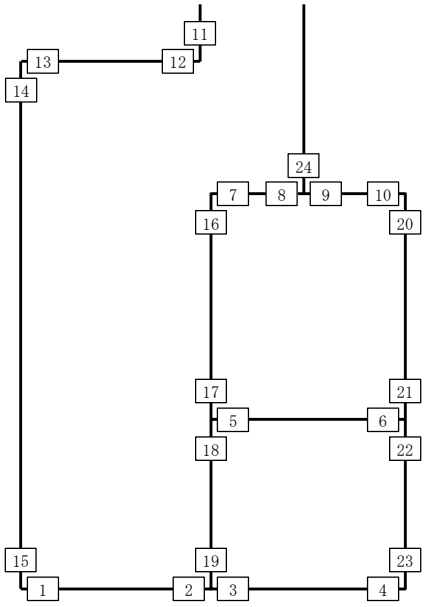


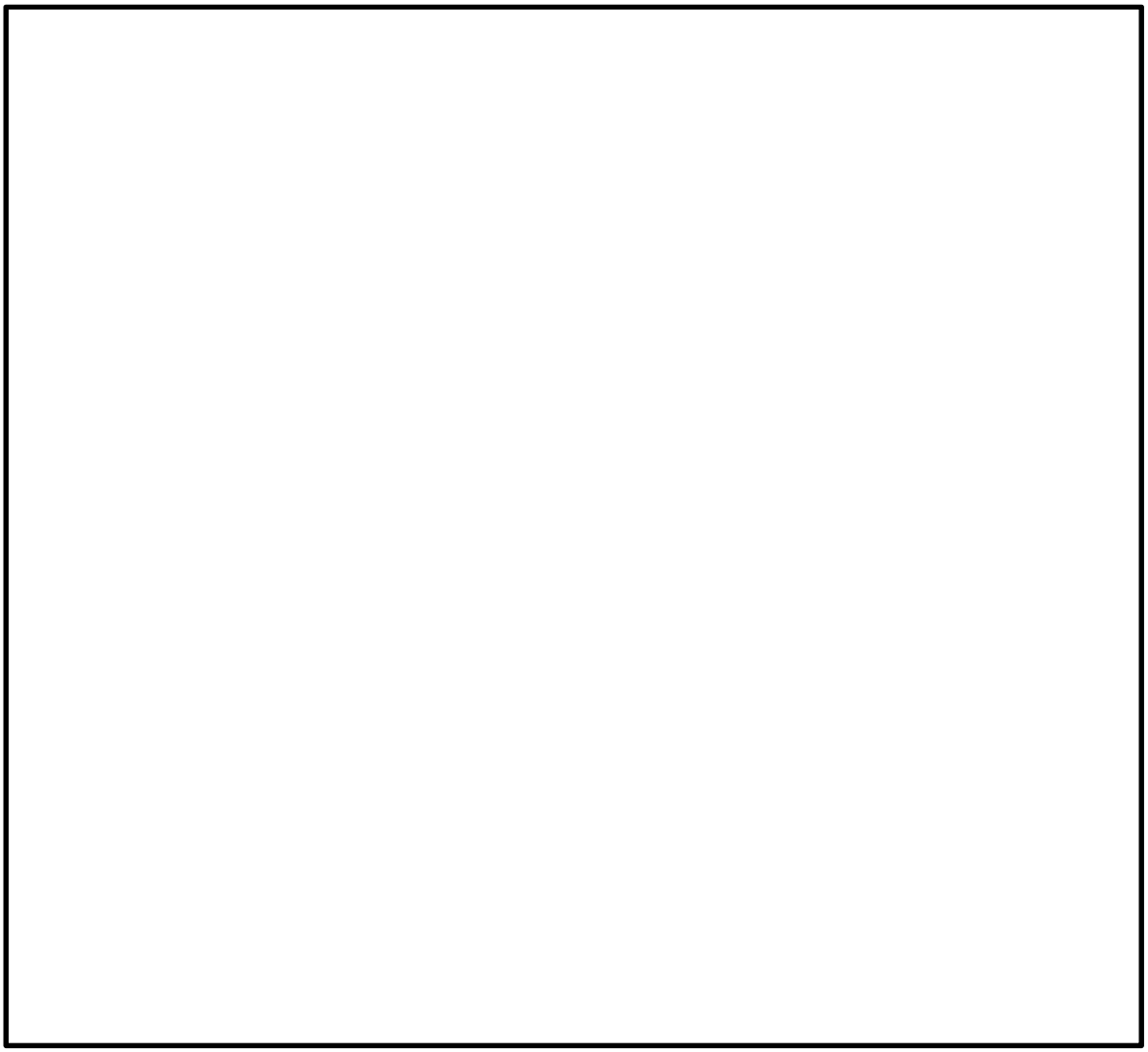
第 4-6 表（9）　せん断力照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動	評価位置		断面形状(mm) 部材幅	部材高	有効高	せん断補強筋 (mm)	発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力 (kN)	照査値
⑥	Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	底版	3	1000	1500	1360	D25	-2211	3364	0.66
		スラブ	6	1000	1100	960	D22	-778	1895	0.42
		頂版	9	1000	1500	1360	D22	-1465	2685	0.55
		左側壁	15	1000	1000	860	D16	58	1021	0.06
		隔壁	19	1000	1500	1360	D22	1400	2685	0.53
		右側壁	20	1000	1500	1360	D22	578	2685	0.22
		右上側壁	24	1000	1000	860	D16	490	1021	0.48

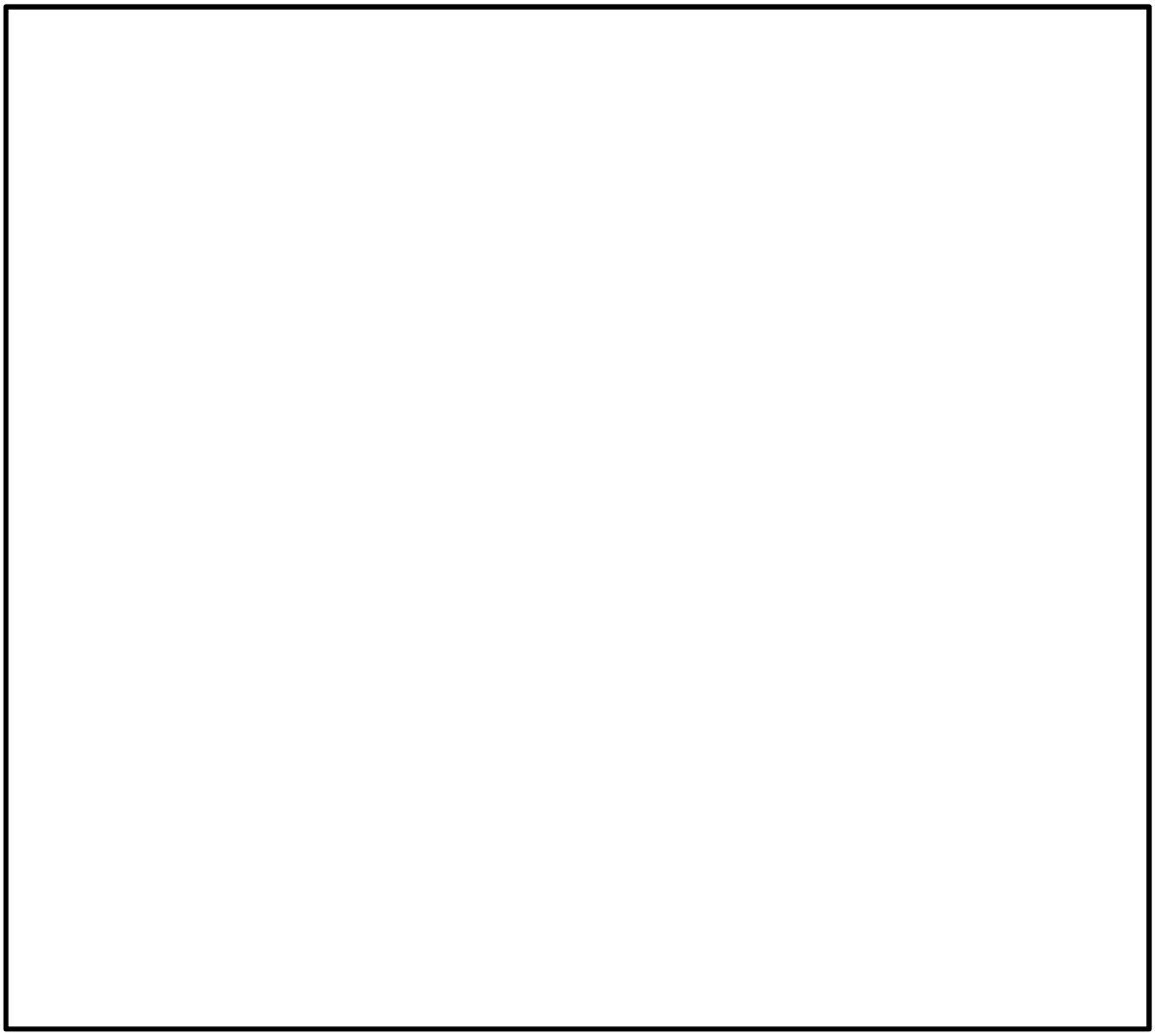
注記　⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

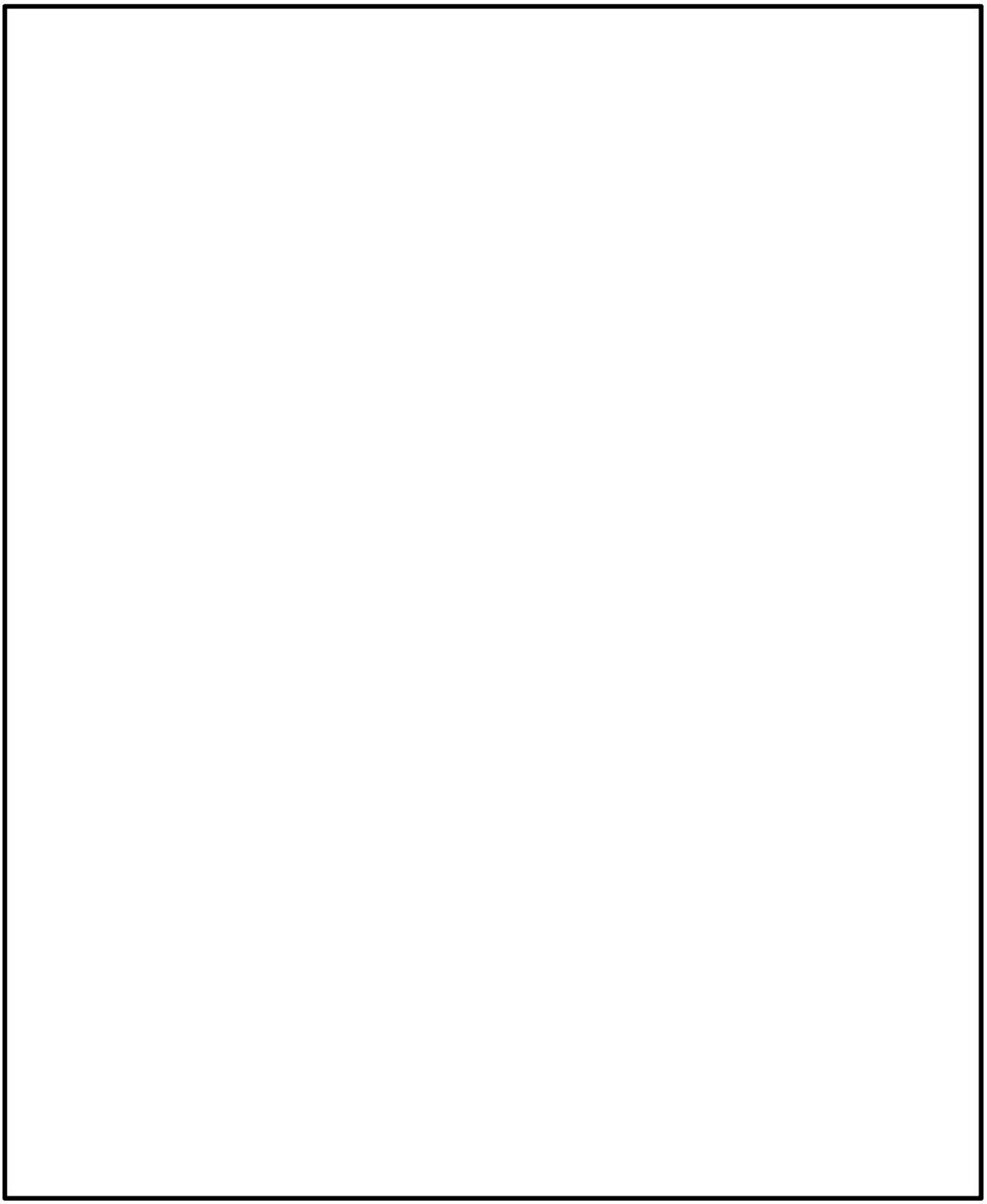




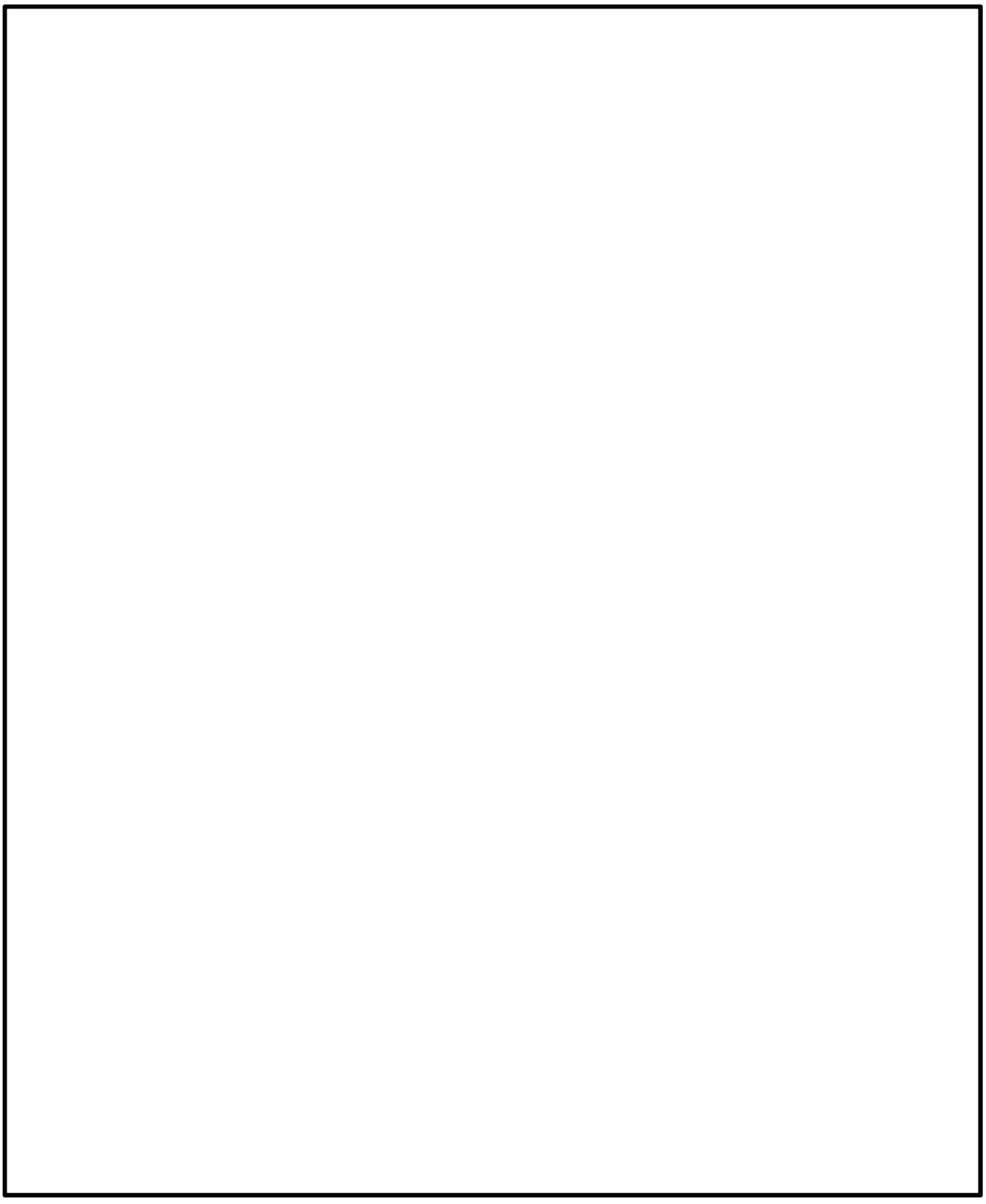
第 4-1 図（1）　概略配筋図（Ａ－Ａ断面，主筋）



第 4-1 図（2）　概略配筋図（Ａ－Ａ断面，せん断補強筋）



第 4-2 図（1）　概略配筋図（Ｄ－Ｄ断面，主筋）



第 4-2 図（2）　概略配筋図（Ｄ－Ｄ断面，せん断補強筋）

4.2　基礎地盤の支持性能に対する評価結果

(1) 支持地盤（Km 層）

基礎地盤の支持性能照査結果を第 4-7 表に示す。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの基礎地盤に生じる最大接地圧が極限支持力度以下であることを確認した。

第 4-7 表（1）　基礎地盤（Km 層）の支持性能照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動		最大接地圧 (kN/m^2)	極限支持力度 (kN/m^2)
①	Ｓｓ－Ｄ１	Ｈ＋，Ｖ＋	1183	4461
		Ｈ＋，Ｖ－	1237	4461
		Ｈ－，Ｖ＋	1504	4461
		Ｈ－，Ｖ－	1590	4461
	Ｓｓ－１１		570	4461
	Ｓｓ－１２		808	4461
	Ｓｓ－１３		777	4461
	Ｓｓ－１４		527	4461
	Ｓｓ－２１		706	4461
	Ｓｓ－２２		1034	4461
	Ｓｓ－３１	Ｈ＋，Ｖ＋	1454	4461
		Ｈ－，Ｖ＋	1050	4461
②	Ｓｓ－３１	Ｈ＋，Ｖ＋	1439	4461
③			1489	4461
④			1886	4461
⑤			1284	4461
⑥			1263	4461

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

第 4-7 表（2）　基礎地盤（Km 層）の支持性能照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動		最大接地圧 (kN/m^2)	極限支持力度 (kN/m^2)
①	Ｓ$_s$－Ｄ１	Ｈ＋，Ｖ＋	1553	4461
		Ｈ＋，Ｖ－	1564	4461
		Ｈ－，Ｖ＋	1881	4461
		Ｈ－，Ｖ－	1908	4461
	Ｓ$_s$－１１		760	4461
	Ｓ$_s$－１２		1100	4461
	Ｓ$_s$－１３		1067	4461
	Ｓ$_s$－１４		702	4461
	Ｓ$_s$－２１		1002	4461
	Ｓ$_s$－２２		1254	4461
	Ｓ$_s$－３１	Ｈ＋，Ｖ＋	1838	4461
		Ｈ－，Ｖ＋	1362	4461
②	Ｓ$_s$－３１	Ｈ＋，Ｖ＋	1817	4461
③			1863	4461
④			2190	4461
⑤			1597	4461
⑥			1573	4461

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

(2) 人工岩盤

人工岩盤の支持性能照査結果を第 4-8 表に示す。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの人工岩盤に生じる最大接地圧が支圧強度以下であることを確認した。

第 4-8 表 (1)　人工岩盤の支持性能照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動		最大接地圧 (kN/m^2)	極限支持力度 (kN/m^2)
①	Ｓｓ－Ｄ１	Ｈ＋，Ｖ＋	3782	18000
		Ｈ＋，Ｖ－	3821	18000
		Ｈ－，Ｖ＋	3759	18000
		Ｈ－，Ｖ－	3791	18000
	Ｓｓ－１１		1412	18000
	Ｓｓ－１２		2129	18000
	Ｓｓ－１３		2198	18000
	Ｓｓ－１４		1510	18000
	Ｓｓ－２１		1810	18000
	Ｓｓ－２２		2646	18000
	Ｓｓ－３１	Ｈ＋，Ｖ＋	3967	18000
		Ｈ－，Ｖ＋	3973	18000
②	Ｓｓ－３１	Ｈ＋，Ｖ＋	3962	18000
③			3975	18000
④			4388	18000
⑤			3348	18000
⑥			3332	18000

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

第 4-8 表（2）　人工岩盤の支持性能照査結果（Ｄ－Ｄ断面）

検討ケース	地震動		最大接地圧 (kN/m^2)	極限支持力 (kN/m^2)
①	Ｓ$_s$－Ｄ１	Ｈ＋，Ｖ＋	4631	18000
		Ｈ＋，Ｖ－	4577	18000
		Ｈ－，Ｖ＋	4259	18000
		Ｈ－，Ｖ－	4186	18000
	Ｓ$_s$－１１		1501	18000
	Ｓ$_s$－１２		2329	18000
	Ｓ$_s$－１３		2296	18000
	Ｓ$_s$－１４		1505	18000
	Ｓ$_s$－２１		2321	18000
	Ｓ$_s$－２２		3113	18000
	Ｓ$_s$－３１	Ｈ＋，Ｖ＋	4795	18000
		Ｈ－，Ｖ＋	5256	18000
②	Ｓ$_s$－３１	Ｈ＋，Ｖ＋	4789	18000
③			4784	18000
④			4951	18000
⑤			3658	18000
⑥			3636	18000

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

Ⅴ-2-2-22-1 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の地震応答計算書

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 …… 9
2.4 適用基準 …… 10
3. 解析方法 …… 11
3.1 評価対象断面 …… 11
3.2 解析方法 …… 15
3.3 荷重及び荷重の組合せ …… 17
3.4 入力地震動 …… 19
3.5 解析モデル及び諸元 …… 52
4. 解析結果 …… 57
4.1 南北方向⑤－⑤断面の解析結果 …… 57
4.2 東西方向断面の解析結果 …… 75

1. 概要

本資料は，添付資料「Ⅴ-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき実施する常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備（以下，「電源装置置場」という。）の地震応答解析について説明するものである。

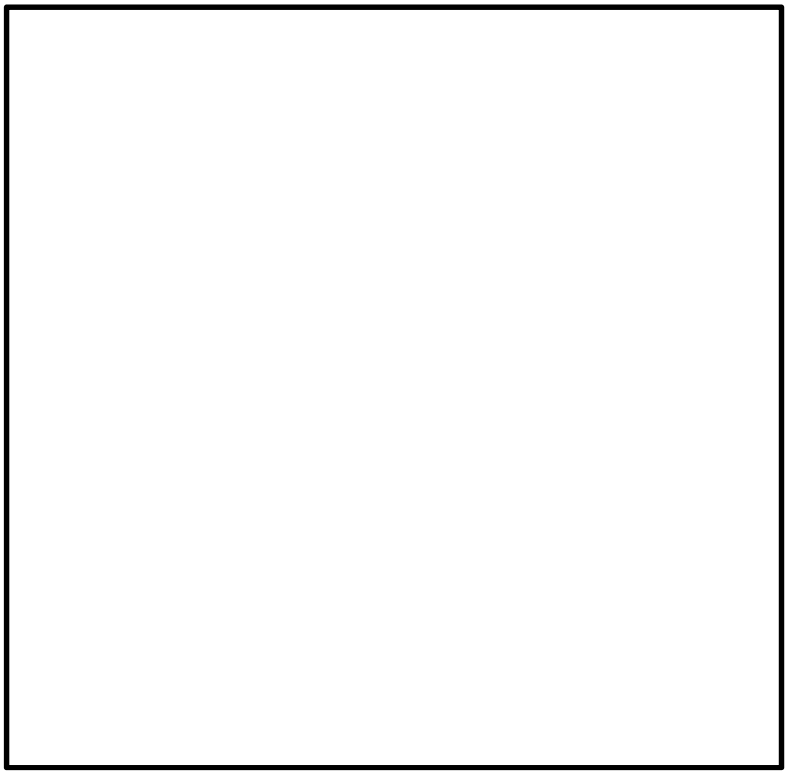
本地震応答解析は，機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。

また，電源装置置場が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値の抽出を行う。その際，耐震設計に用いる応答値は，この地震応答解析による断面力及び基礎地盤に生じる接地圧とする。

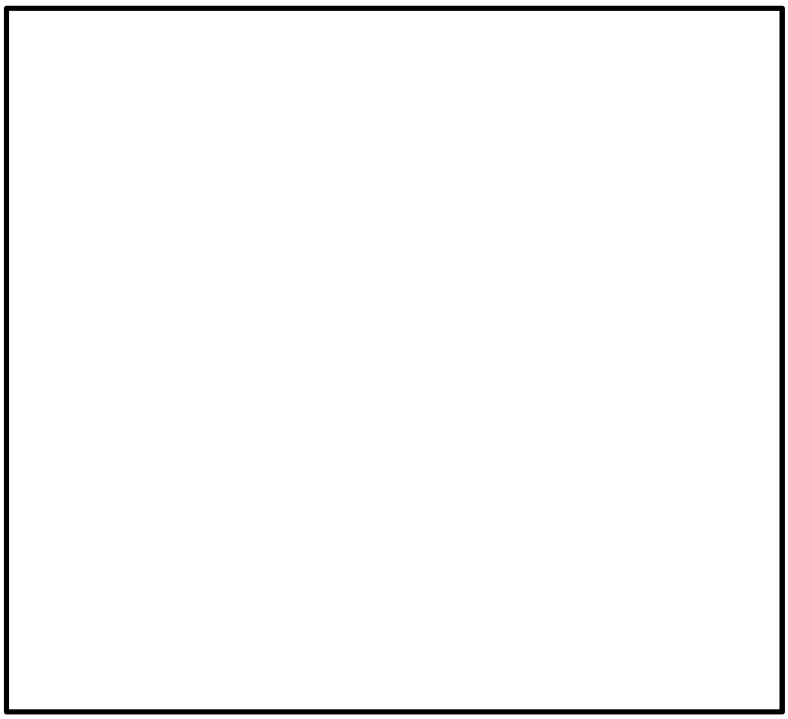
2.　基本方針

2.1　位置

電源装置置場の位置を第2－1図に示す。



第2－1図（1）　電源装置置場の位置図（全体平面図）

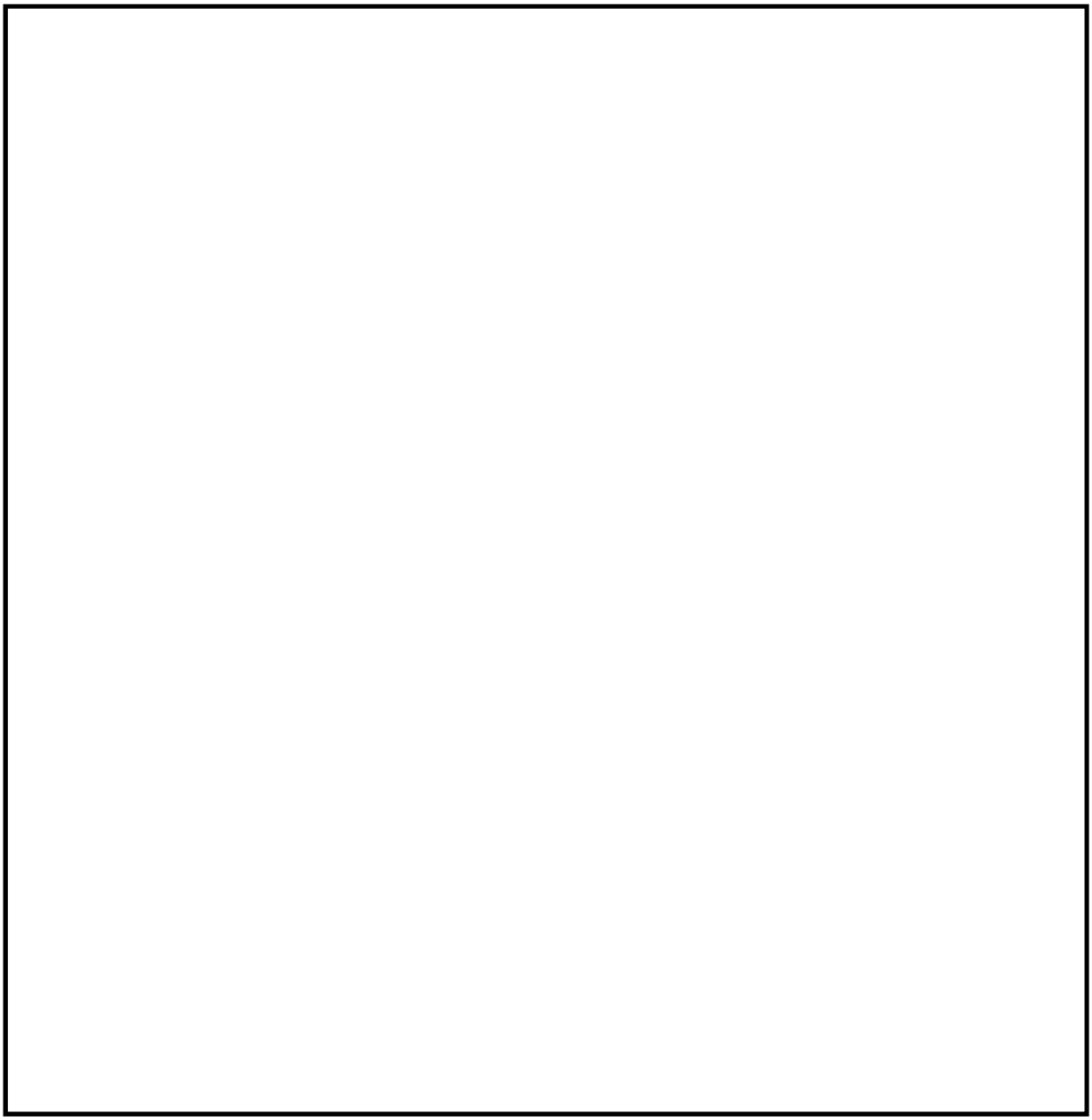


第2－1図（2）　電源装置置場の位置図（拡大図）

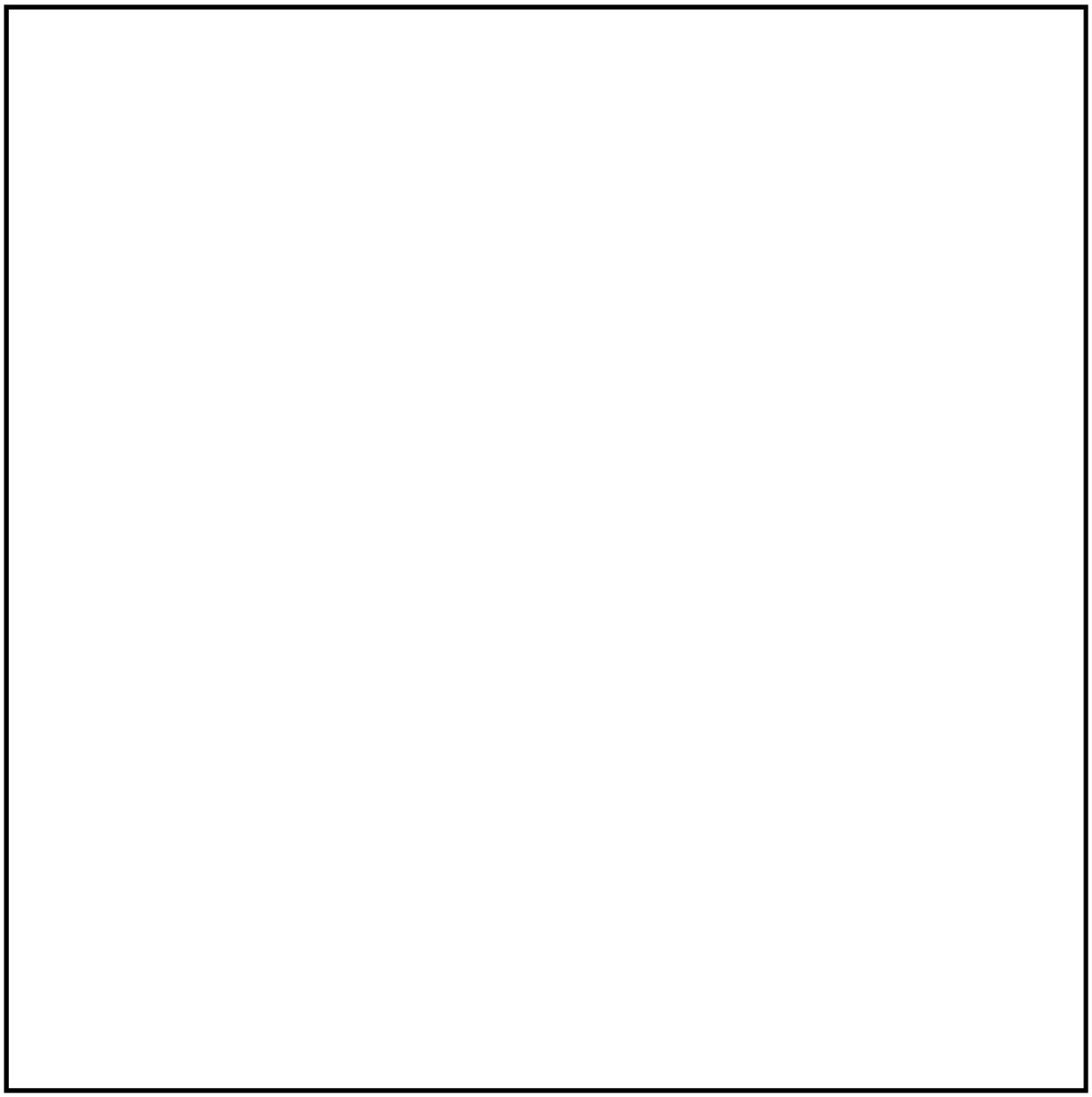
2.2　構造概要

第 2－2 図及び第 2－3 図に電源装置置場の平面図及び断面図を示す。

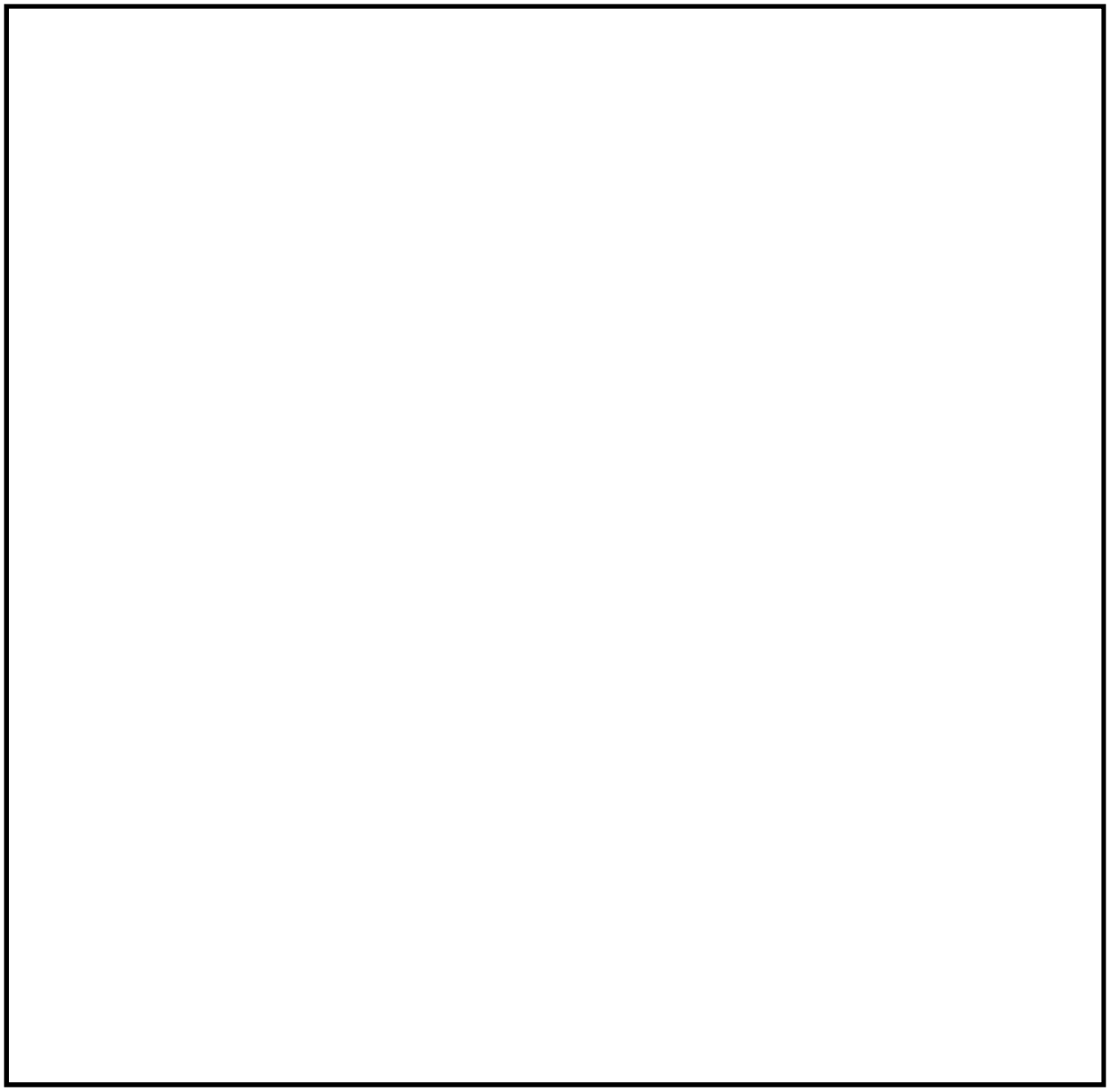
電源装置置場は，延長 56.5 m の鉄筋コンクリート造である。東西方向に対して複数の断面形状を示すが，基本的には多層多連ボックスカルバート状のラーメン構造にて構成されている。



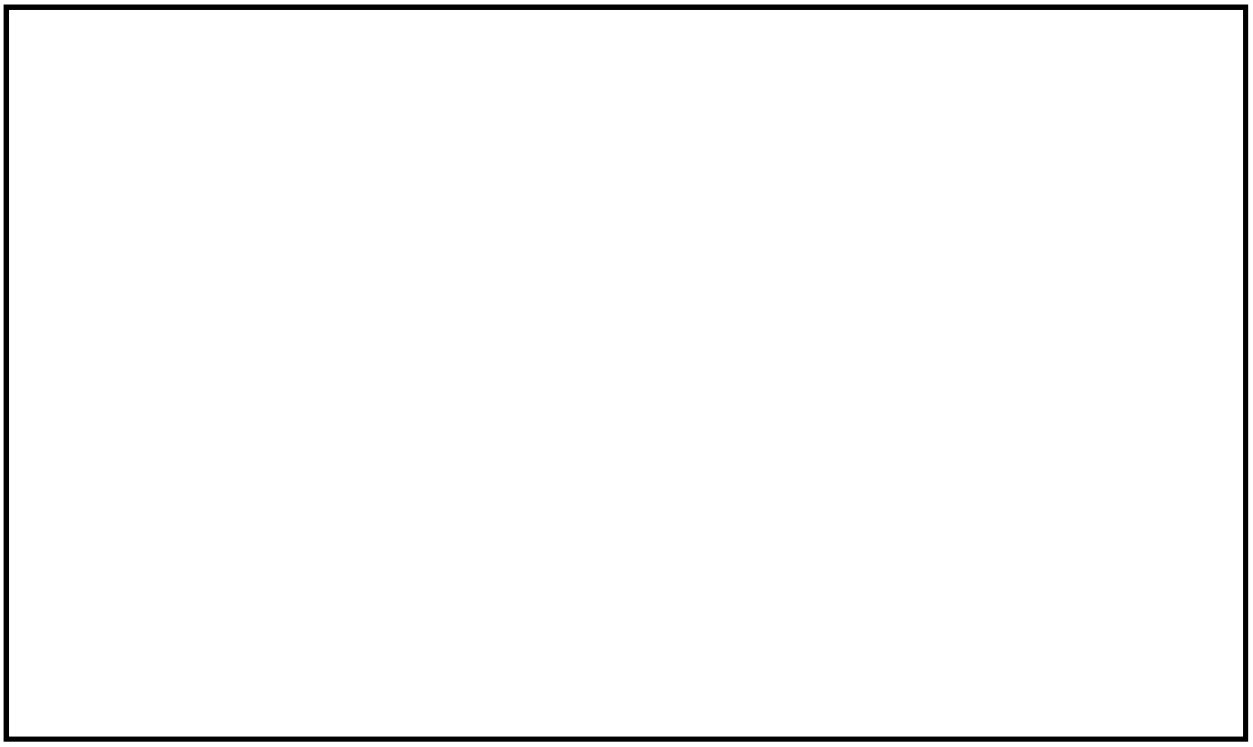
第 2－2 図 (1)　電源装置置場の平面図
(EL.＋11.0 m，常設代替高圧電源装置及び水密扉)



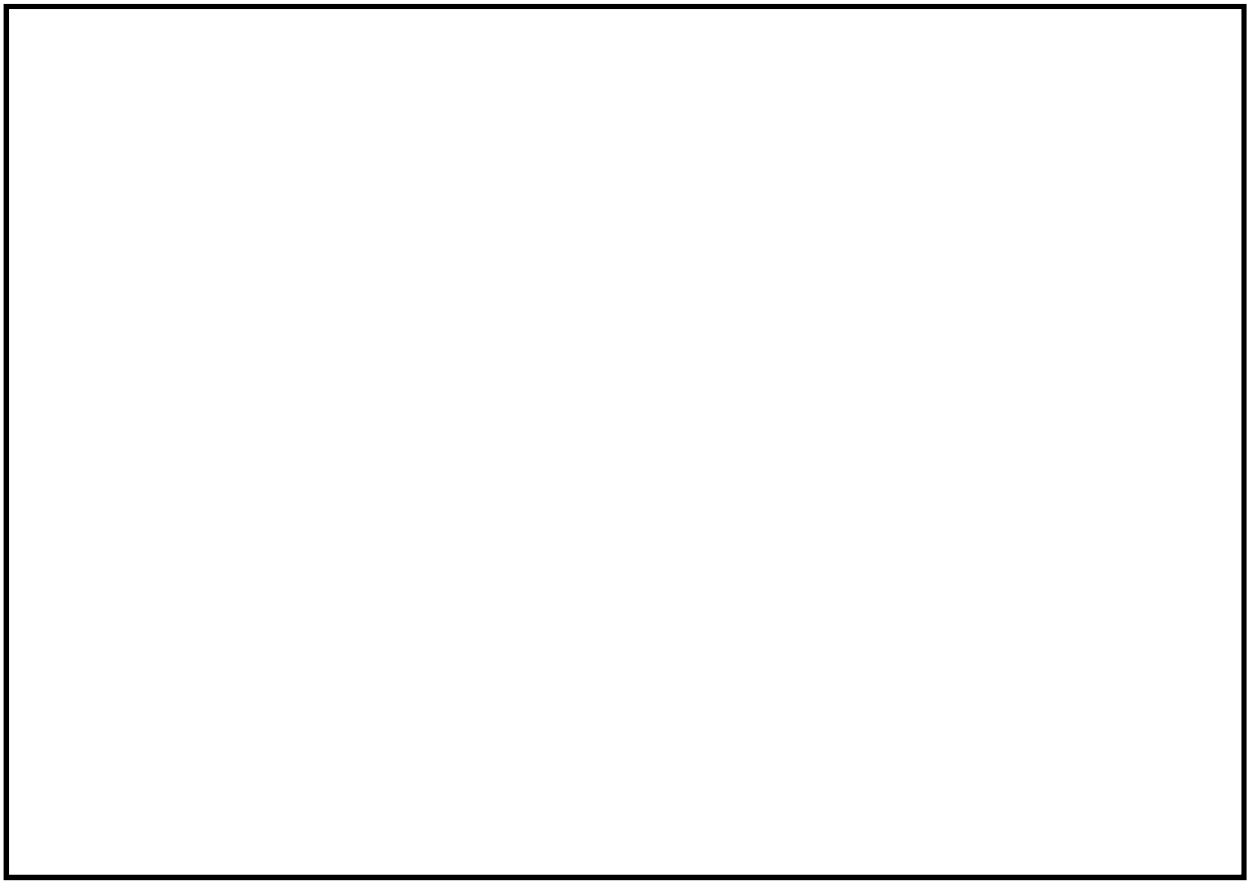
第２－２図（2）　電源装置置場の平面図
（EL.＋2.0 m，軽油貯蔵タンク）



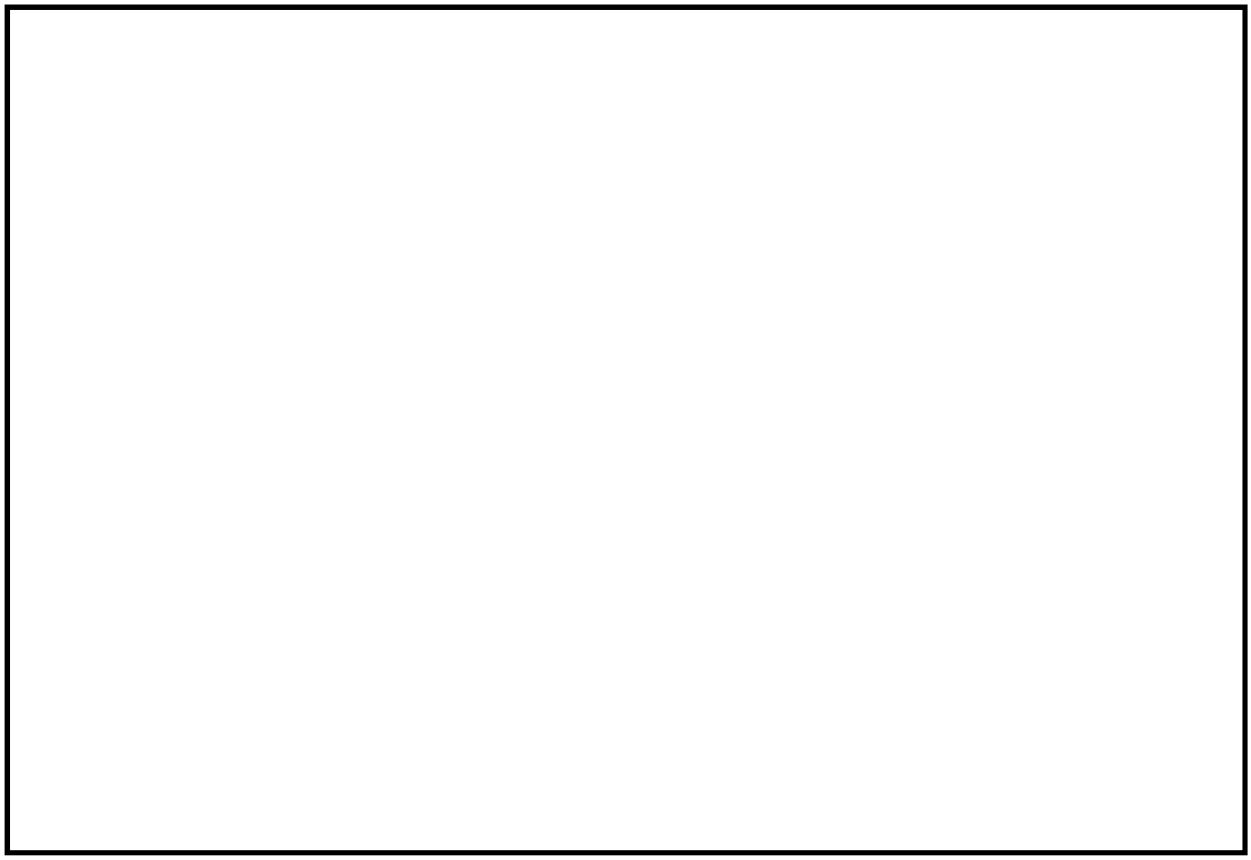
第2－2図（3）　電源装置置場の平面図
（EL.－21.0 m，西側淡水貯水設備）



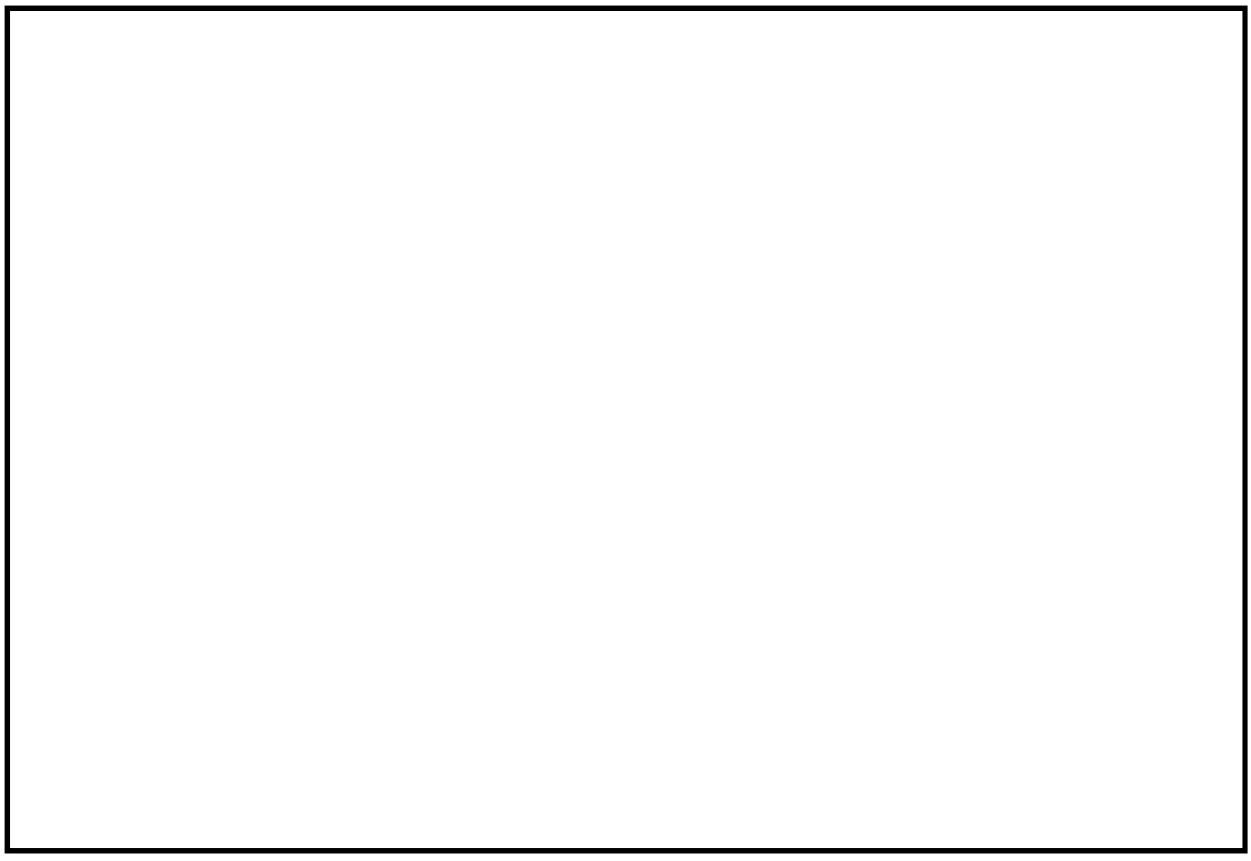
第 2－3 図 (1)　電源装置置場の断面図（①－①断面）



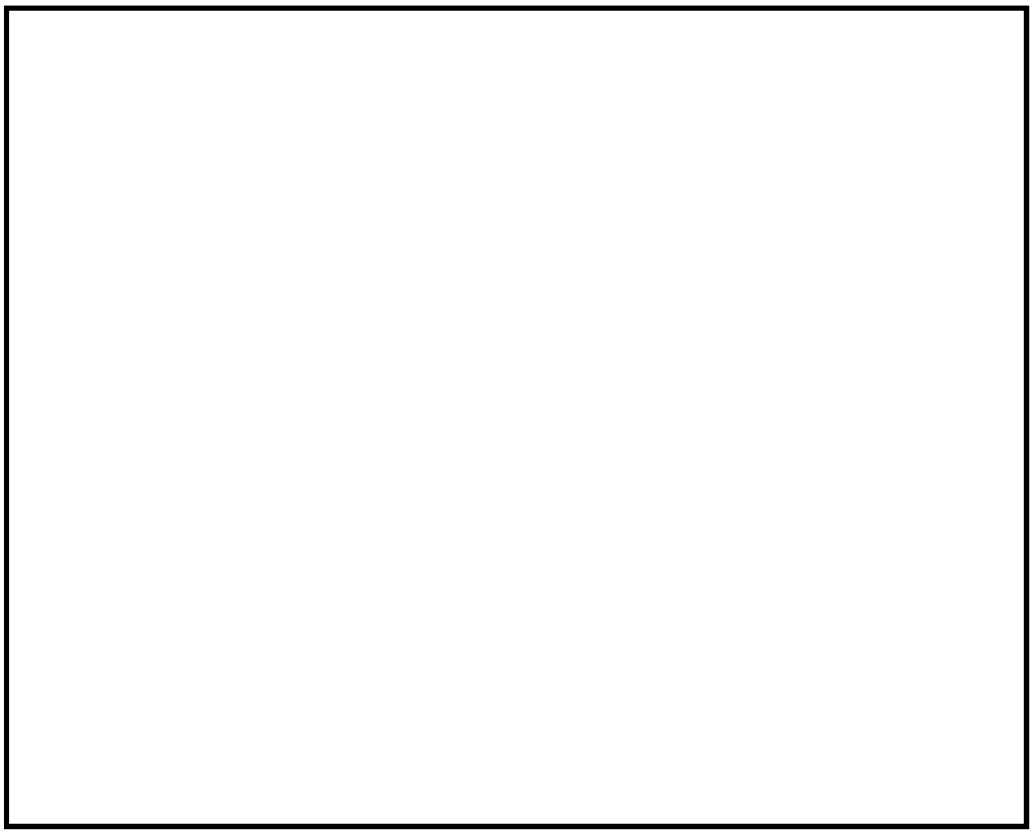
第 2－3 図 (2)　電源装置置場の断面図（②－②断面）



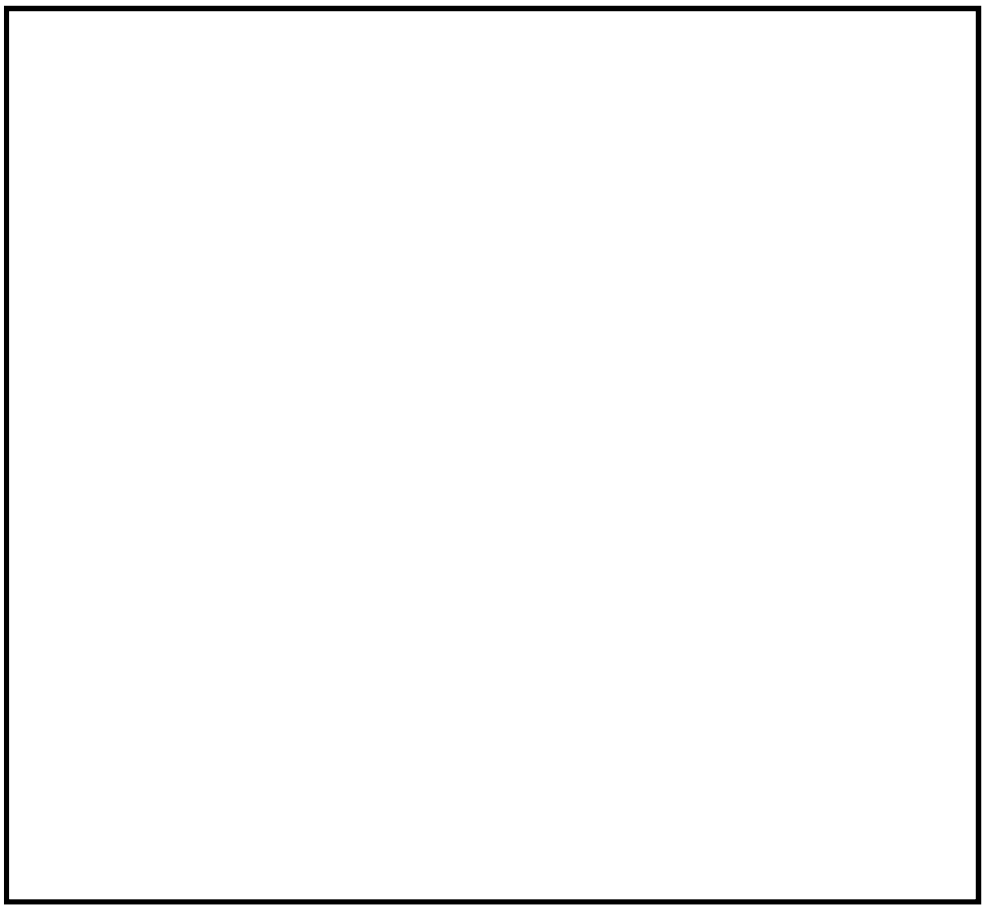
第 2－3 図 (3)　 電源装置置場の断面図（③－③断面）



第 2－3 図 (4)　 電源装置置場の断面図（④－④断面）



第 2－3 図（5）　電源装置置場の断面図（⑤－⑤断面）



第 2－3 図（6）　電源装置置場の断面図（⑥－⑥断面）

2.3　解析方針

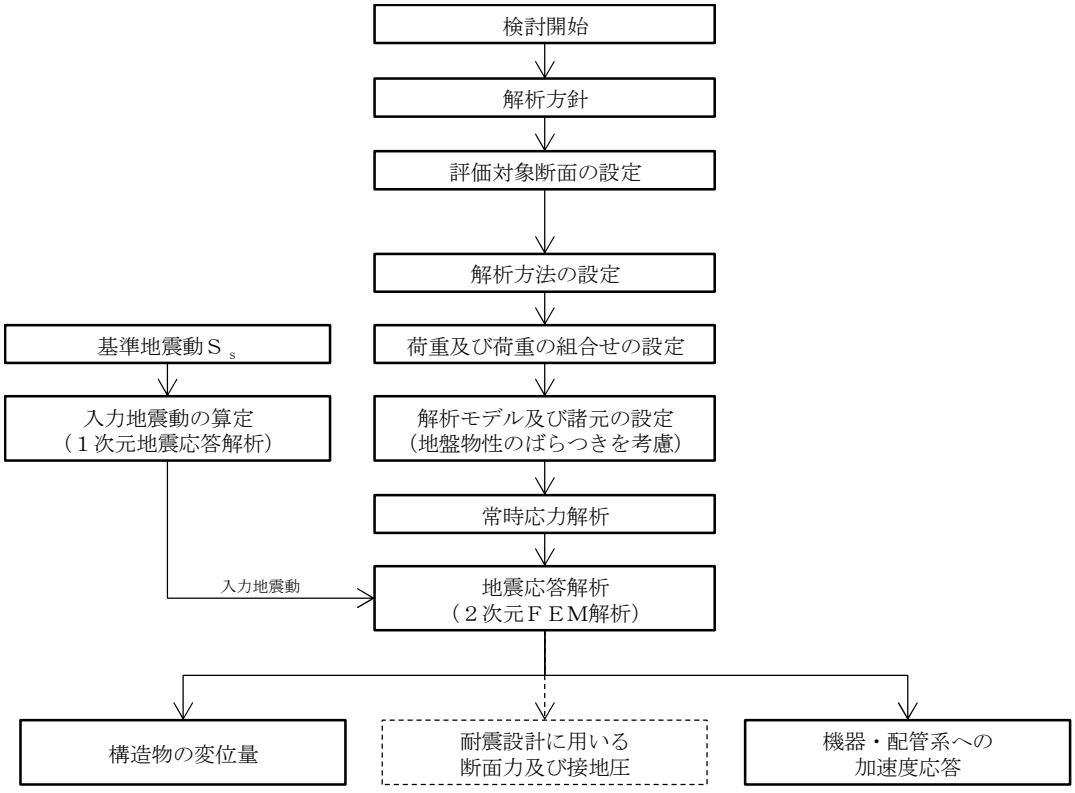
電源装置置場は，添付資料「Ⅴ-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき，基準地震動Ｓ$_s$に対して解析を実施する。

第 2－4 図に電源装置置場の地震応答解析フローを示す。

地震応答計算は，「2.　基本方針」に基づき，「3.1　評価対象断面」にて設定する断面において，「3.2　解析方法」に示す水平地震動と鉛直地震動の同時加振による時刻歴非線形解析にて行う。

時刻歴非線形解析は，「3.3　荷重及び荷重の組合せ」及び「3.5　解析モデル及び諸元」に示す条件を基に，「3.4　入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施する。

地震応答解析による加速度応答は，機器・配管系の設計用床応答曲線の作成に用い，断面力及び接地圧は，電源装置置場の耐震評価に用いる。



＜地震応答計算＞

第 2－4 図　電源装置置場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。

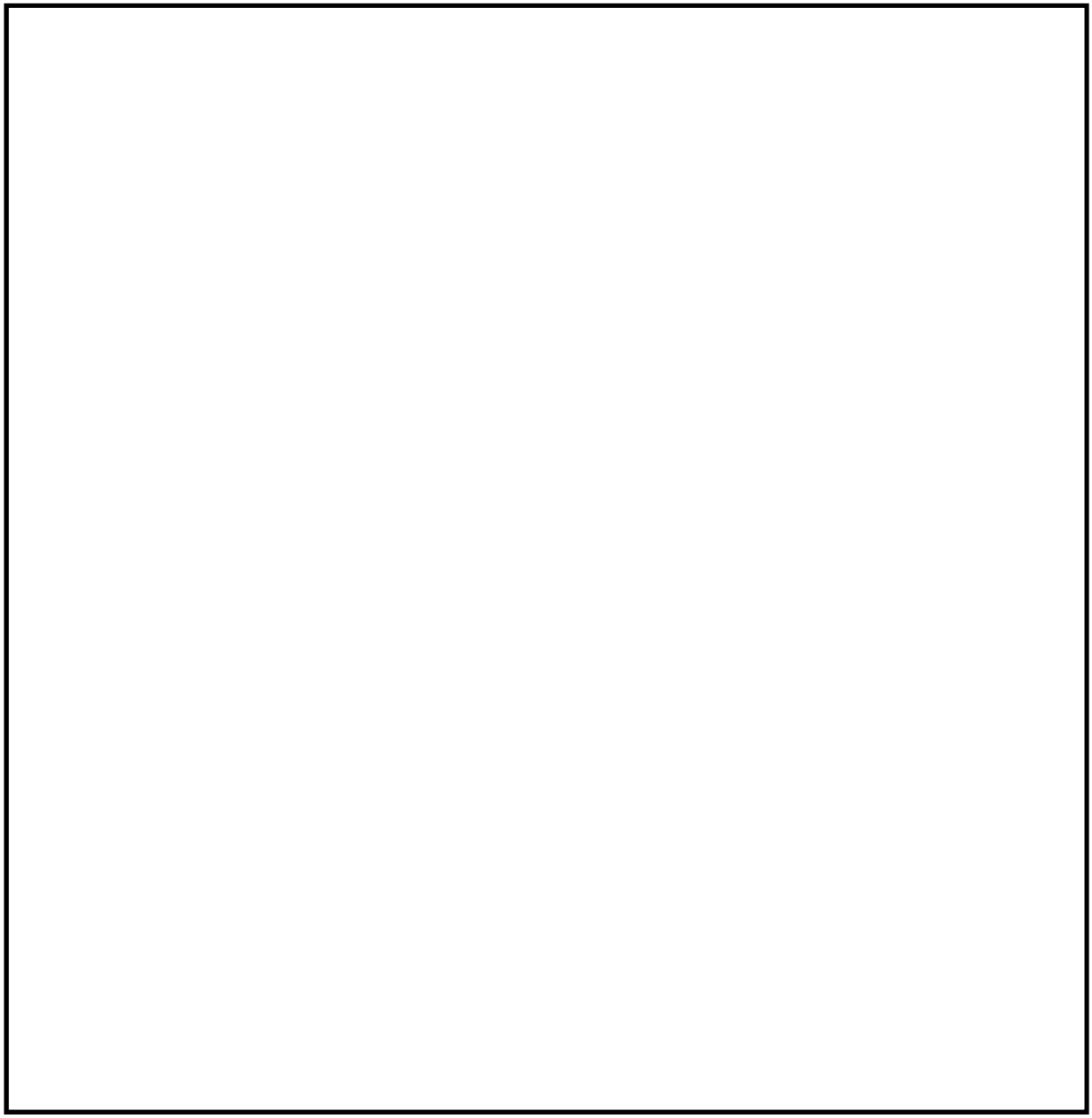
- コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（（社）土木学会，2002年制定）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（（社）日本電気協会）
- 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）

3. 解析方法

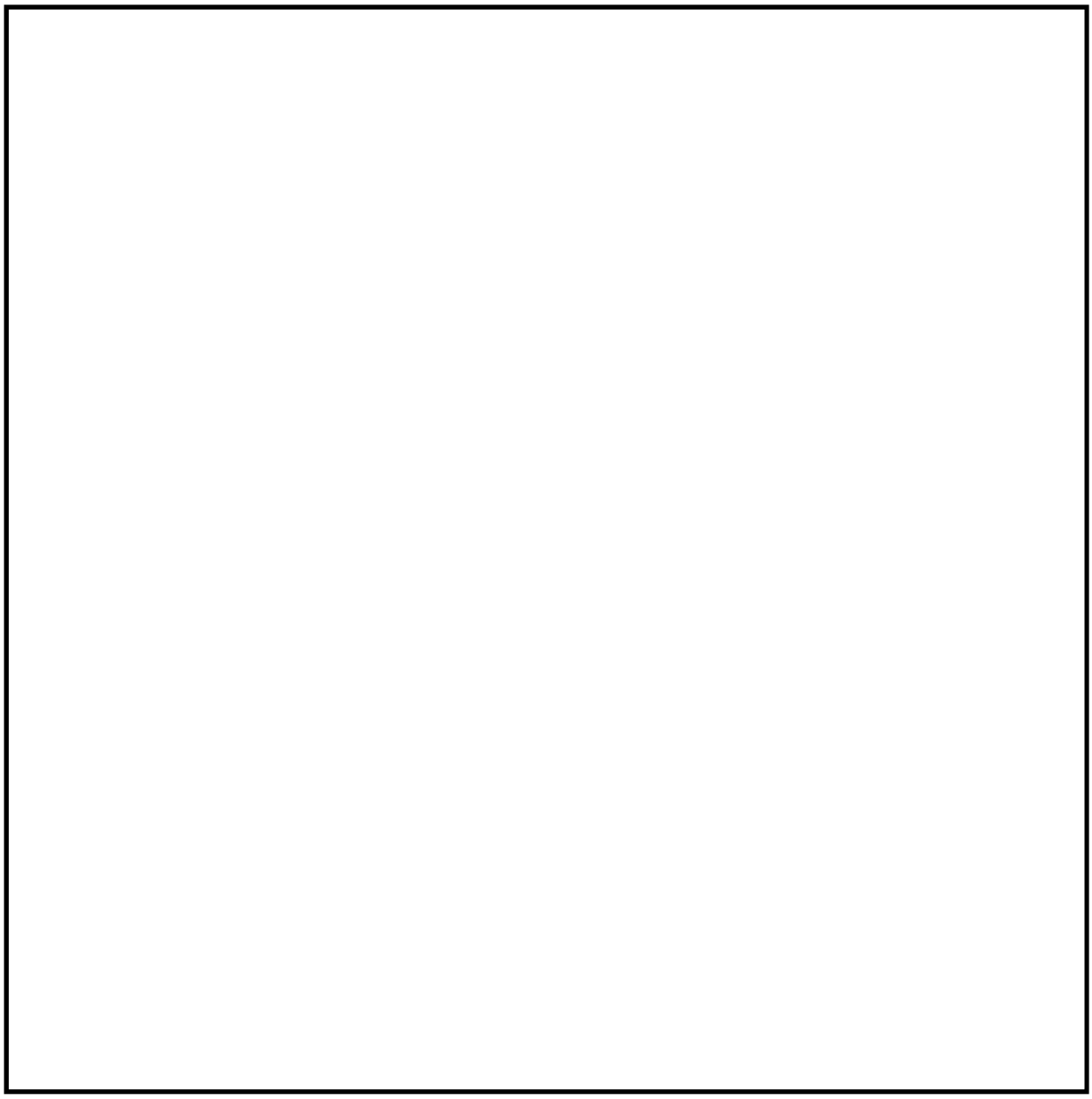
3.1 評価対象断面

評価対象断面は，電源装置置場の構造上の特徴及び機器・配管系の配置を踏まえて，地震荷重による影響が大きく，構造的にも弱軸断面方向となる構造物に直行する南北方向の⑤－⑤断面とする。なお，①－①断面，②－②断面，③－③断面及び④－④断面の中から側壁及び隔壁の耐震壁として効果を見込んだ1断面（東西方向断面）についても，設備の床応答算出の観点から地震応答解析を実施する。

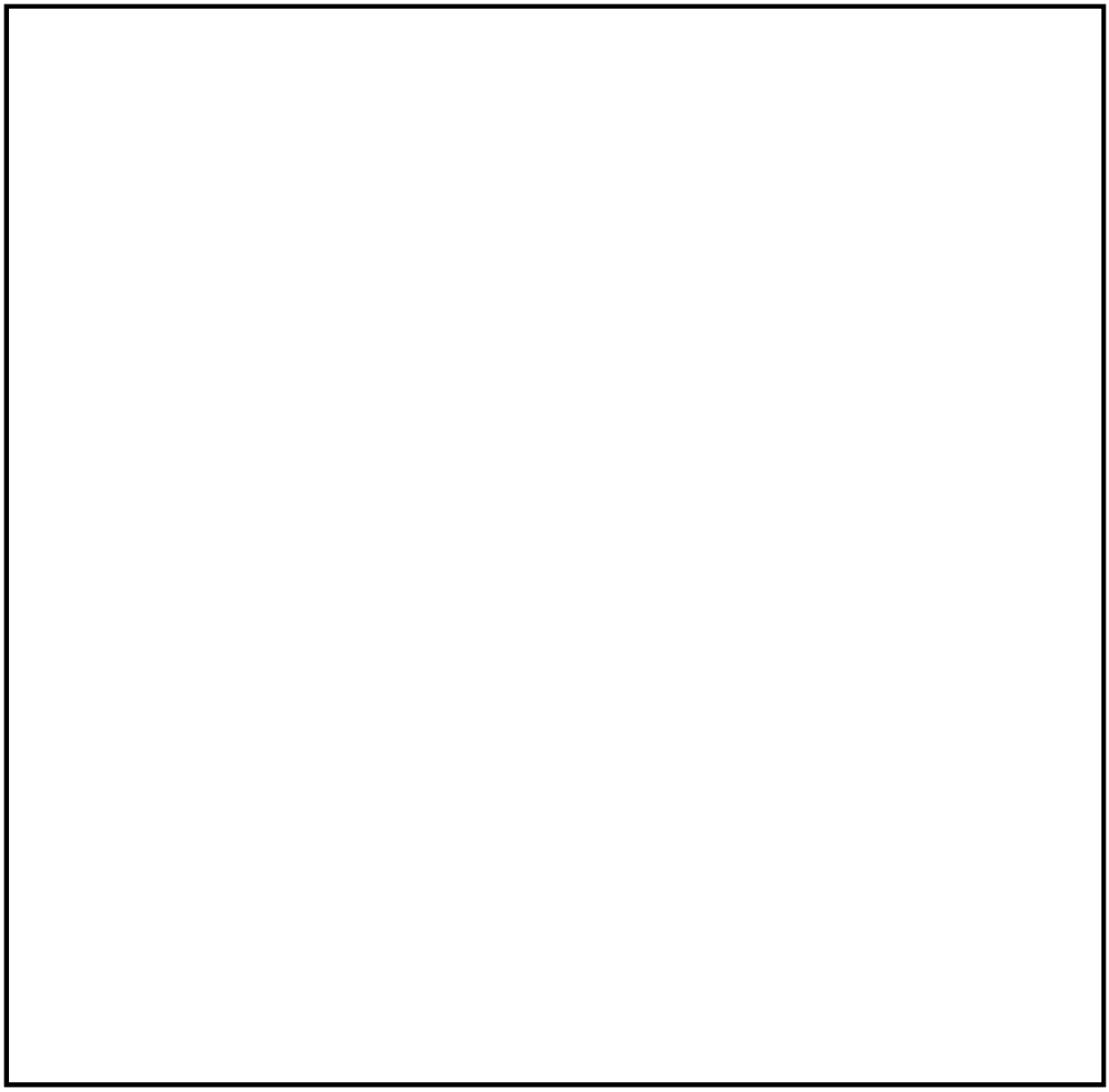
電源装置置場の評価対象断面位置を第3－1図に，評価対象断面を第3－2図に示す。また，設備の床応答算出の観点から地震応答解析を実施する評価対象断面を第3－3図に示す。



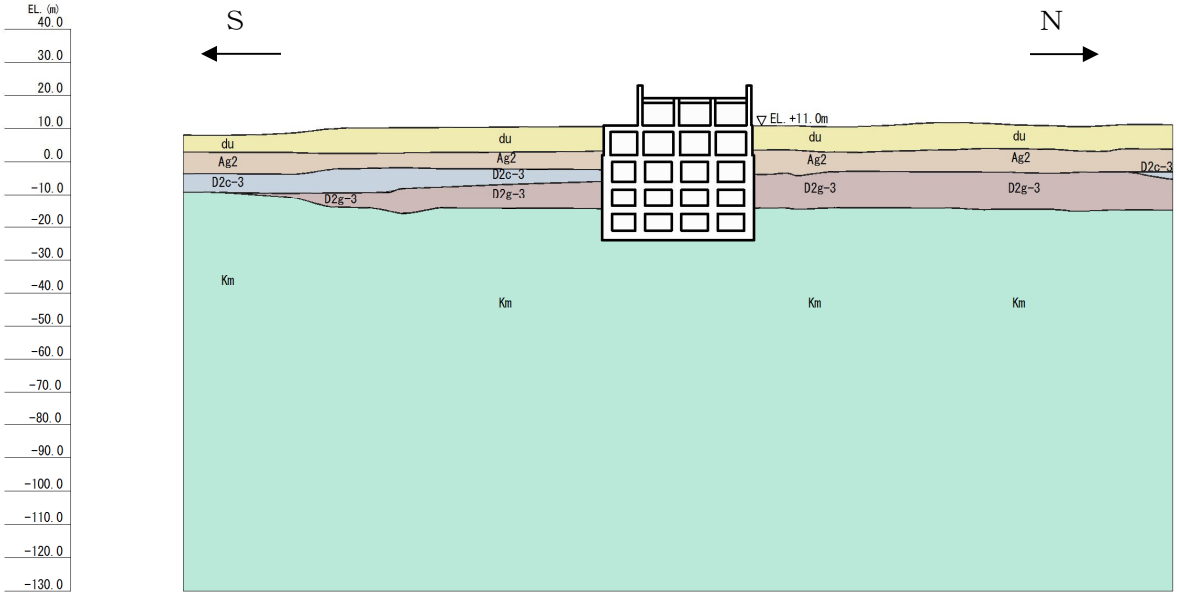
第3－1図（1）電源装置置場の評価対象断面位置図
（EL.＋11.0 m，常設代替高圧電源装置及び水密扉）



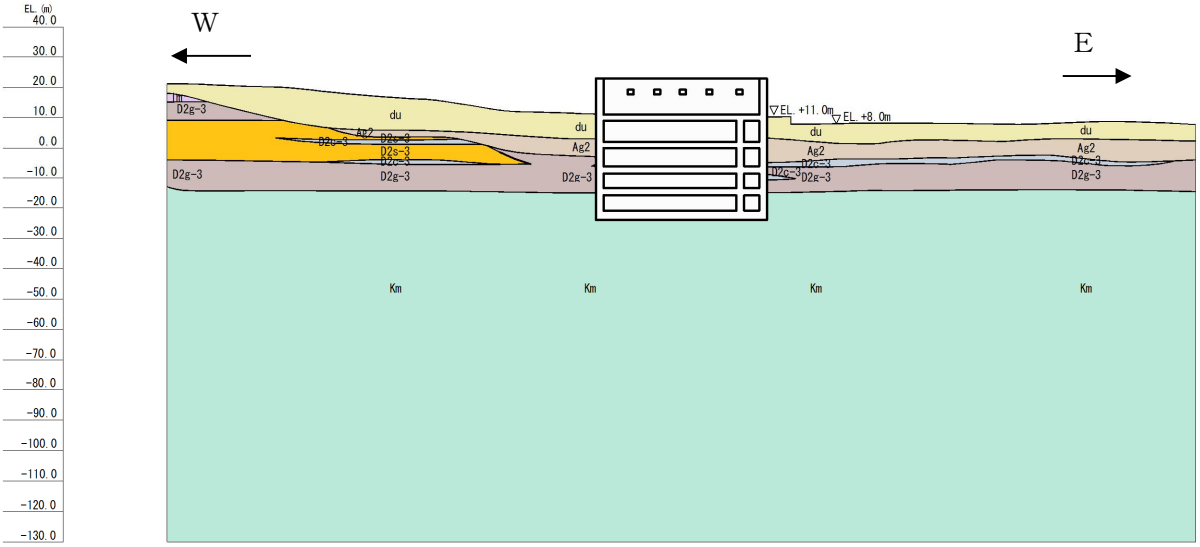
第3－1図（2）電源装置置場の評価対象断面位置図
（EL.＋2.0 m，軽油貯蔵タンク）



第3－1図（3）電源装置置場の評価対象断面位置図
（EL.－21.0 m，西側淡水貯水設備）



第 3－2 図　電源装置置場の評価対象断面図（南北方向 ⑤－⑤断面）



第 3－3 図　電源装置置場の評価対象断面図（東西方向断面）

3.2　解析方法

地震応答解析は，添付資料「Ⅴ-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち，「2.3　屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

電源装置置場の地震応答解析は，地盤と構造物の相互作用を考慮できる２次元有限要素法を用いて，基準地震動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にて行う。構造部材については，線形はり要素及び平面ひずみ要素を用いる。また，地盤については，有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析については，解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。なお，解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付資料「Ⅴ-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・ＦＬＩＰ」に示す。

3.2.1　構造部材

構造部材は，線形はり要素及び平面ひずみ要素を用いる。

3.2.2　地盤

地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則を有効応力解析へ適用する際は，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できるモデルを用いる必要がある。

一般に，地盤は荷重を与えることによりせん断ひずみを増加させていくと，地盤のせん断応力は上限値に達し，それ以上はせん断応力が増加しなくなる特徴がある。また，地盤のせん断応力の上限値は有効応力に応じて変化する特徴がある。

よって，耐震評価における有効応力解析では，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則として，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じたこれら２つの特徴を表現できる双曲線モデル（H-D モデル）を選定する。

3.2.3　減衰定数

固有値解析により求められる固有振動数及び初期減衰定数に基づく要素剛性比例型減衰を考慮する。また，非線形特性をモデル化する地盤の履歴減衰を考慮する。

3.2.4　地震応答解析の検討ケース

(1)　耐震評価における検討ケース

耐震評価における検討ケースを第3－1表に示す。

耐震評価においては，全ての基準地震動Ｓ$_s$に対して実施する①の検討ケース（基本ケース）において，せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての評価項目について，各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い，②～⑥より追加検討ケースを実施する。

第3－1表　耐震評価における検討ケース

検討ケース	① 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	② 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース	③ 地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

構造物間の相対変位の算定を行う場合は，上記の実施ケースにおいて変位量が厳しいケースで行う。

(2)　機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

機器・配管系に対する加速度応答の抽出における検討ケースを第3－2表に示す。

全ての基準地震動Ｓ$_s$に対して実施する⑤の検討ケース（原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース）において，上載される機器・配管系の固有振動数帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用い，④及び⑥より追加検討ケースを実施する。

第3－2表　機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

検討ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定	敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

3.3　荷重及び荷重の組合せ

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

3.3.1　耐震評価上考慮する状態

電源装置置場の地震応答解析において，地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1)　運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり，通常の条件下におかれている状態。ただし，運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2)　設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3)　設計用自然条件

積雪を考慮する。

(4)　重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2　荷重

電源装置置場の地震応答解析において，考慮する荷重を以下に示す。

(1)　固定荷重（G）

固定荷重として，躯体自重を考慮する。

(2)　積載荷重（P）

積載荷重として，機器・配管荷重，土圧及び水圧による荷重を考慮する。

(3)　地震荷重（K_s）

基準地震動S_sによる荷重を考慮する。

(4)　積雪荷重（P_s）

積雪荷重として 30 cm の積雪を考慮する。

(5)　風荷重（P_k）

風荷重として，風速 30 m/s の風圧力を考慮する。

なお，風荷重の影響は軽微であるため，最も厳しい照査結果の地震波に対して別途検討する。

3.3.3　荷重の組合せ

荷重の組合せを第3－3表に示す。

第3－3表　荷重の組合せ

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

ここで，G　：固定荷重

P　：積載荷重

K_s　：地震荷重

P_s　：積雪荷重

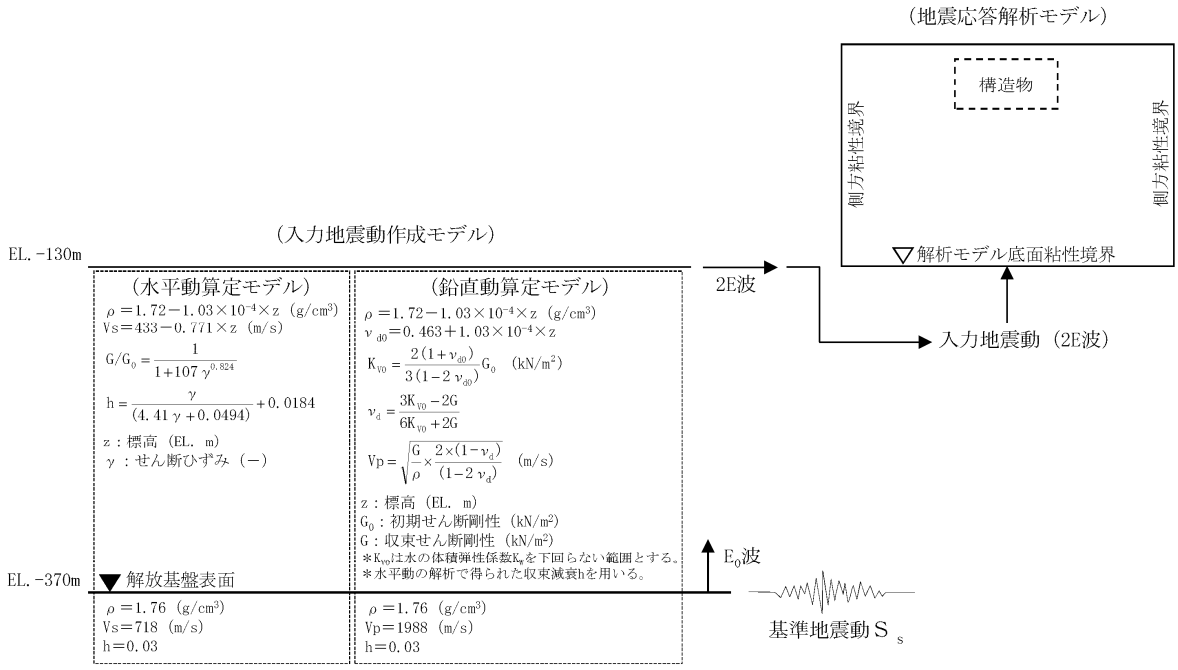
P_k　：風荷重

3.4　入力地震動

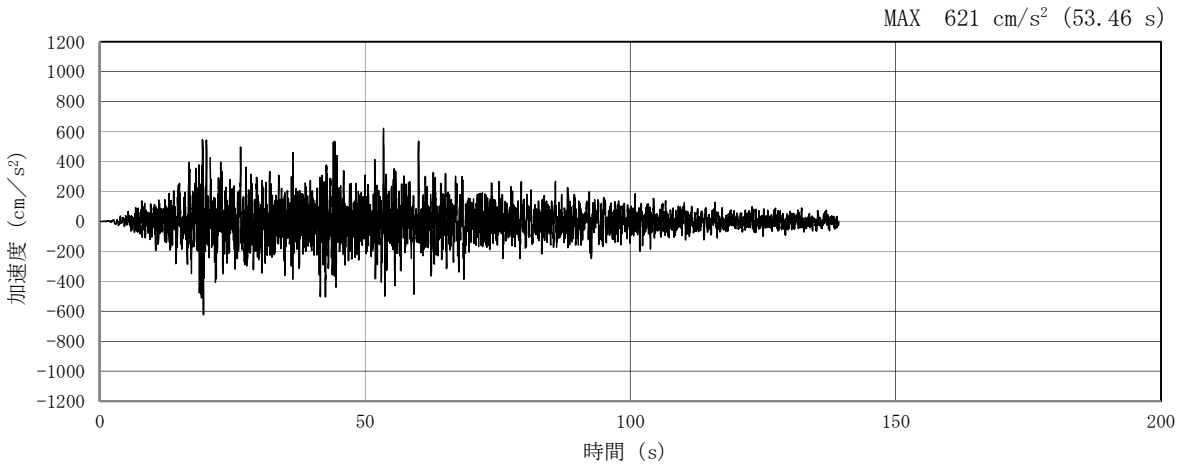
入力地震動は，添付資料「Ⅴ-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち，「2.3　屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

第 3－4 図に入力地震動算定の概念図を，第 3－5 図に入力地震動の加速度時刻歴波形と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「microSHAKE/3D Ver. 2.2.3.311」を使用する。

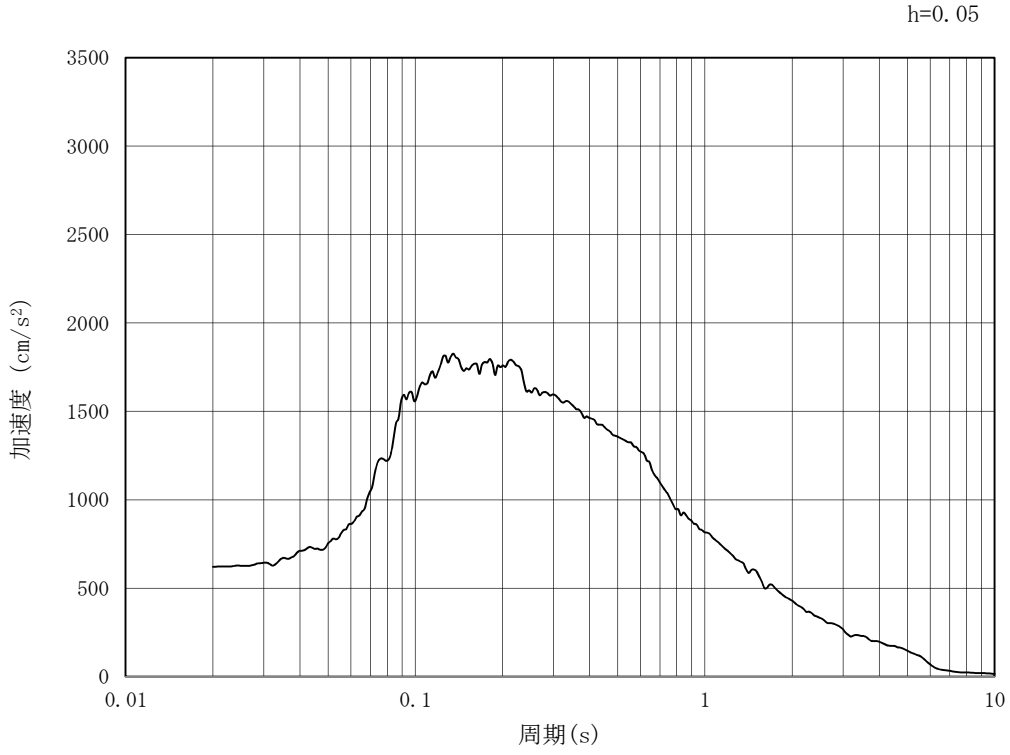
解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付資料「Ⅴ-5-20 計算機プログラム（解析コード）の概要・ｍｉｃｒｏＳＨＡＫＥ／３Ｄ」に示す。



第 3－4 図　入力地震動算定の概念図

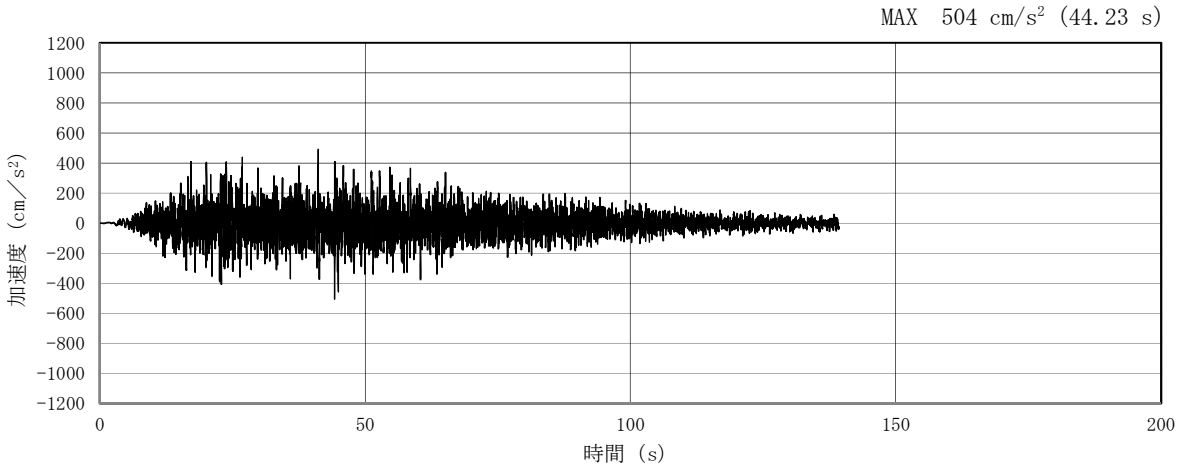


(a) 加速度時刻歴波形

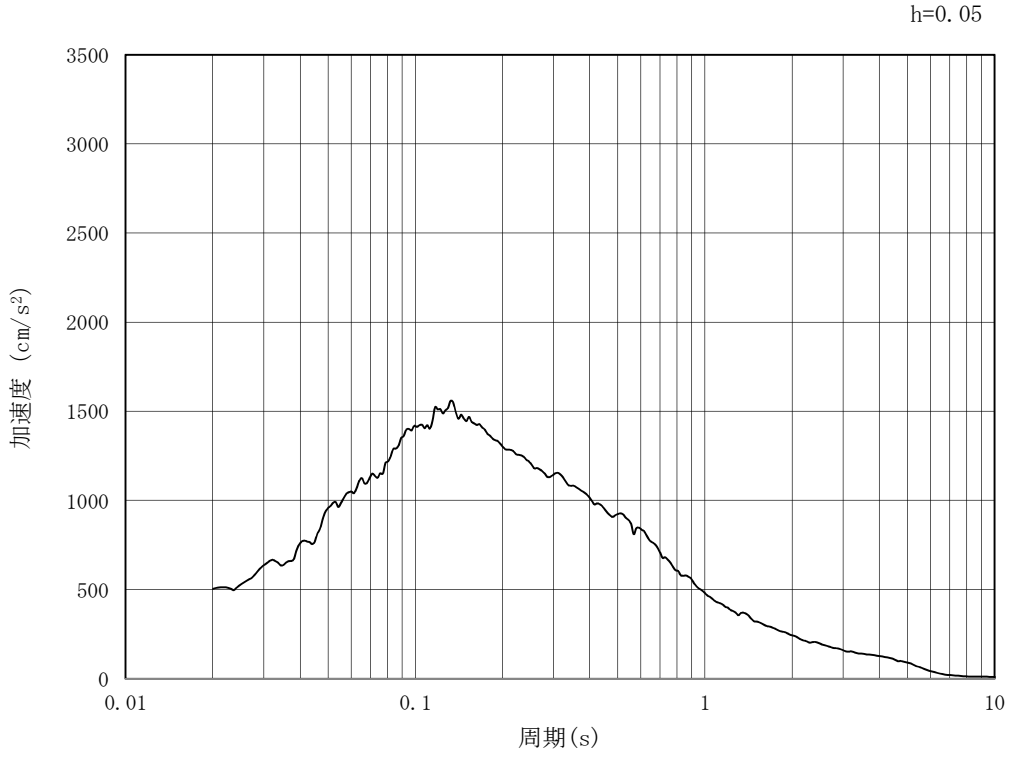


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (1)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－Ｄ１）

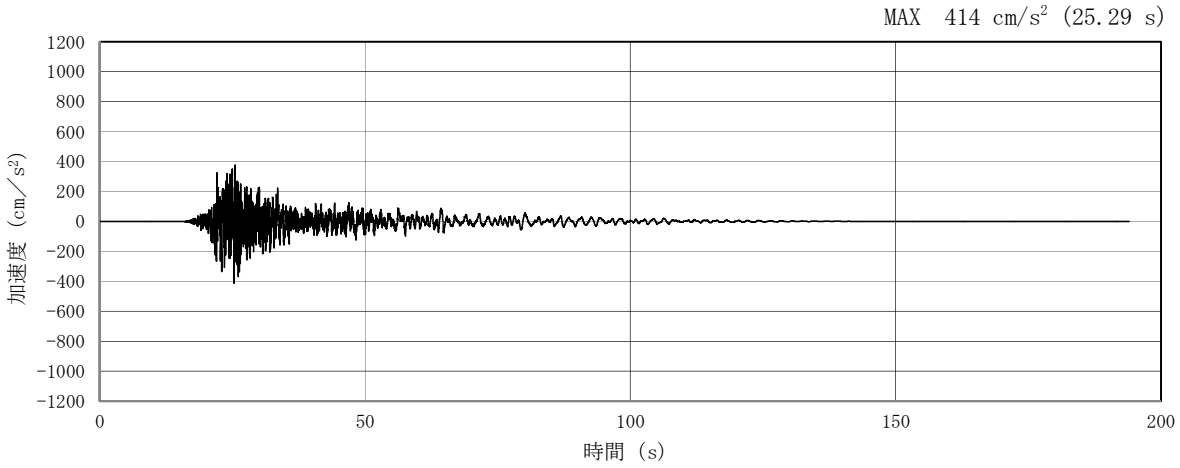


(a) 加速度時刻歴波形

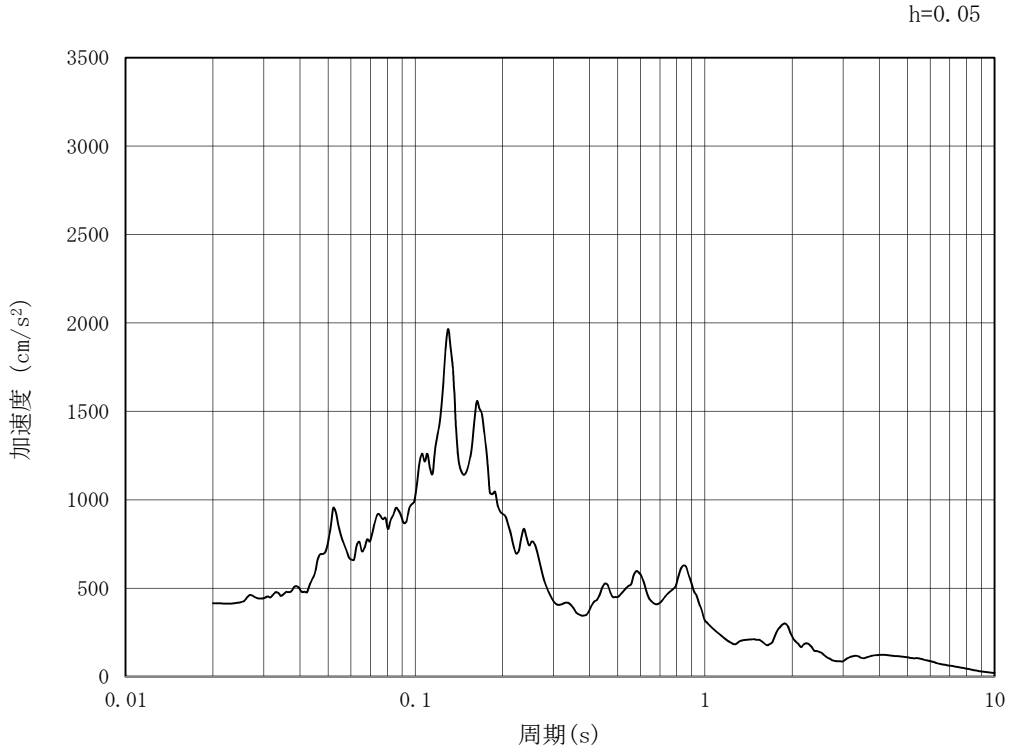


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (2)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－Ｄ１）

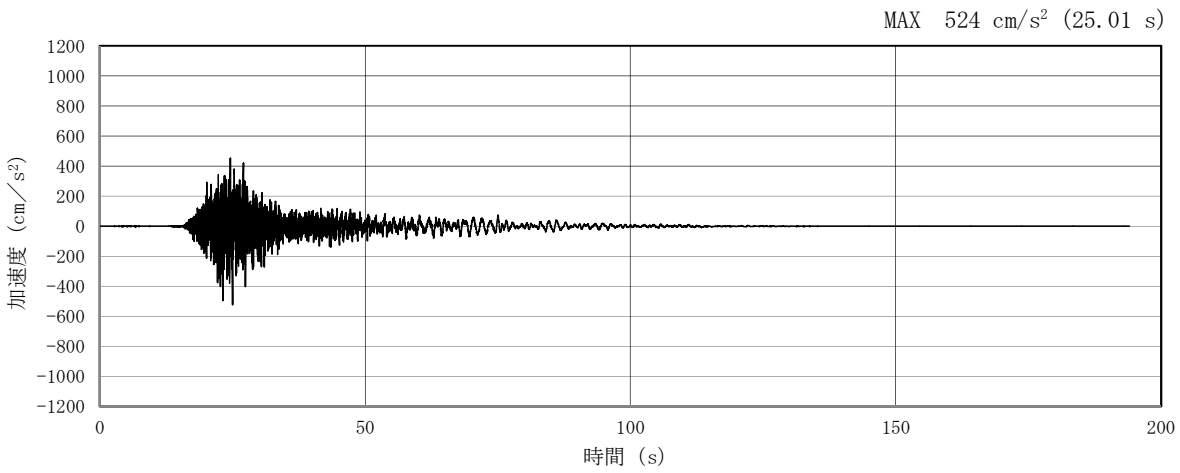


(a) 加速度時刻歴波形

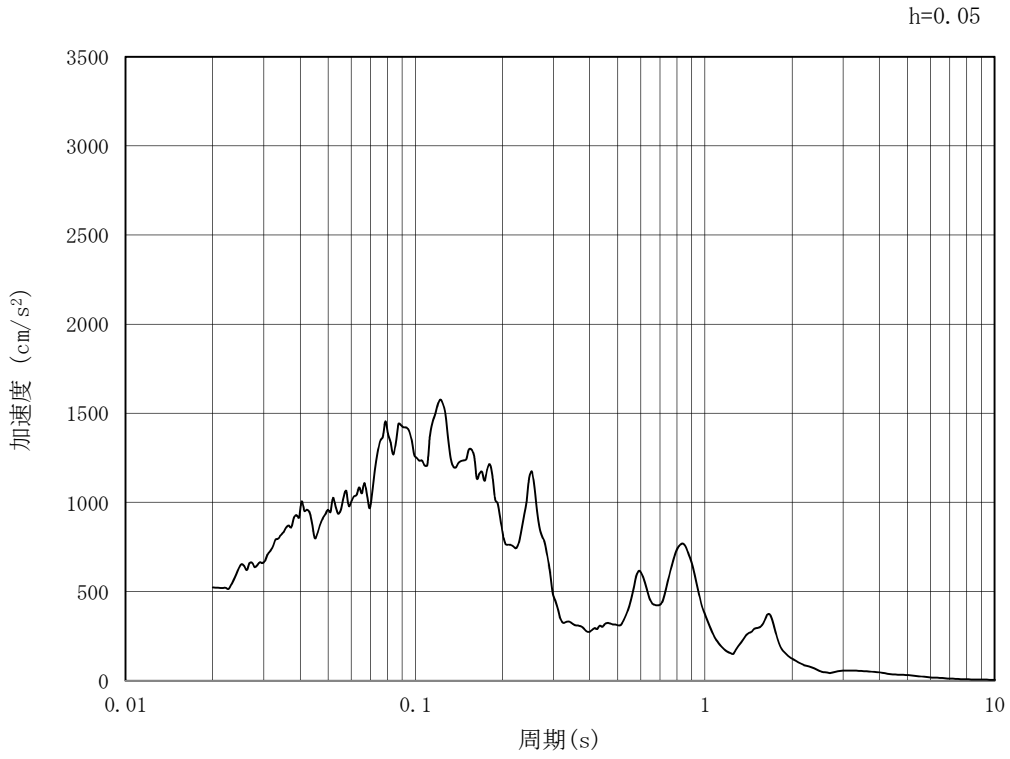


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (3)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１１）

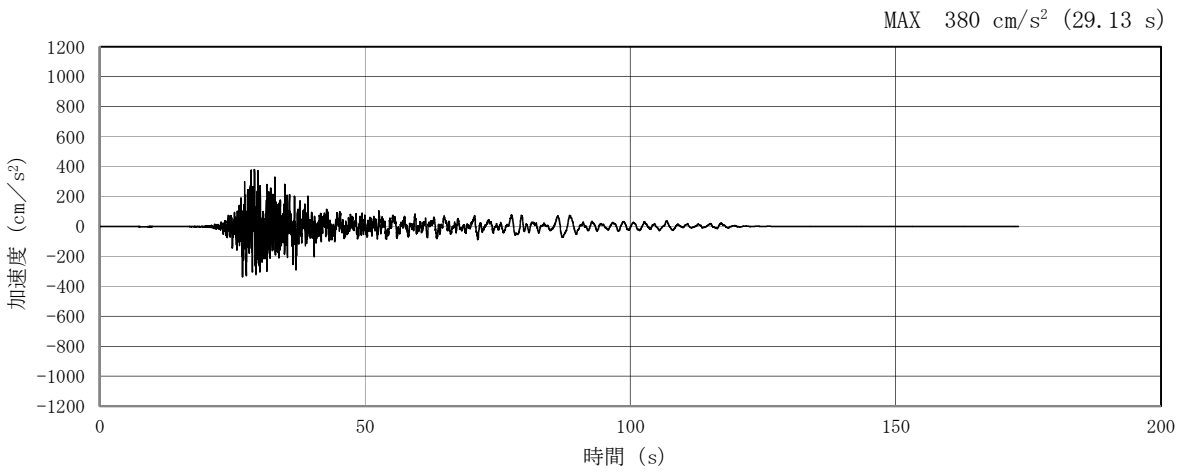


(a) 加速度時刻歴波形

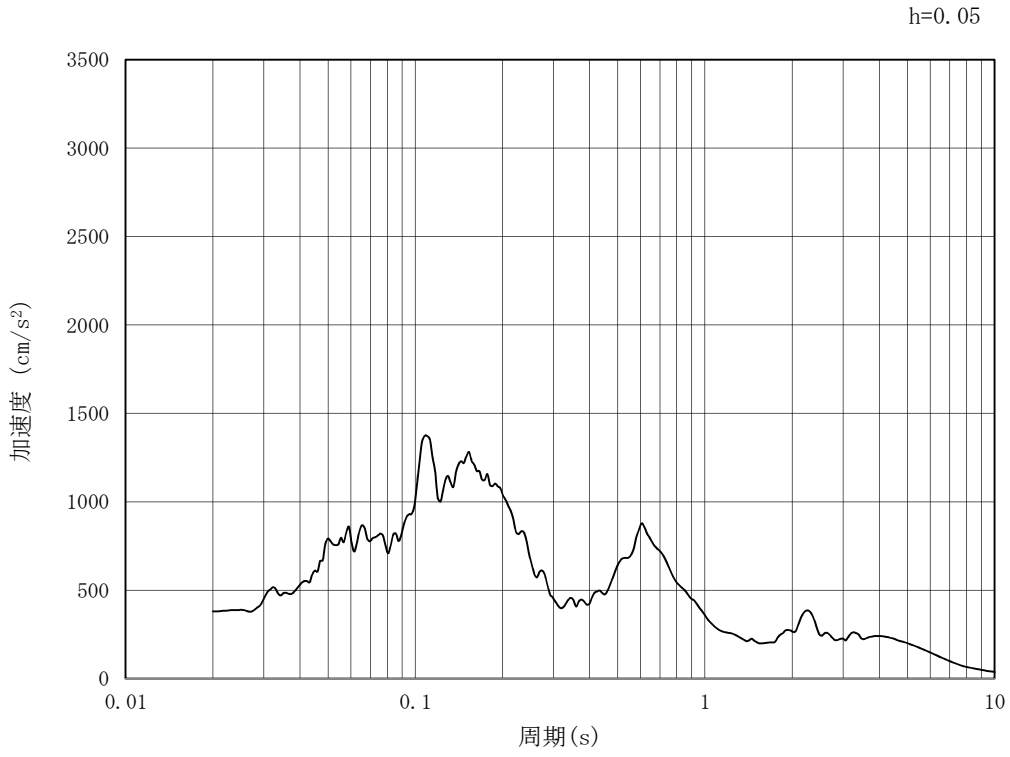


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (4)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１１）

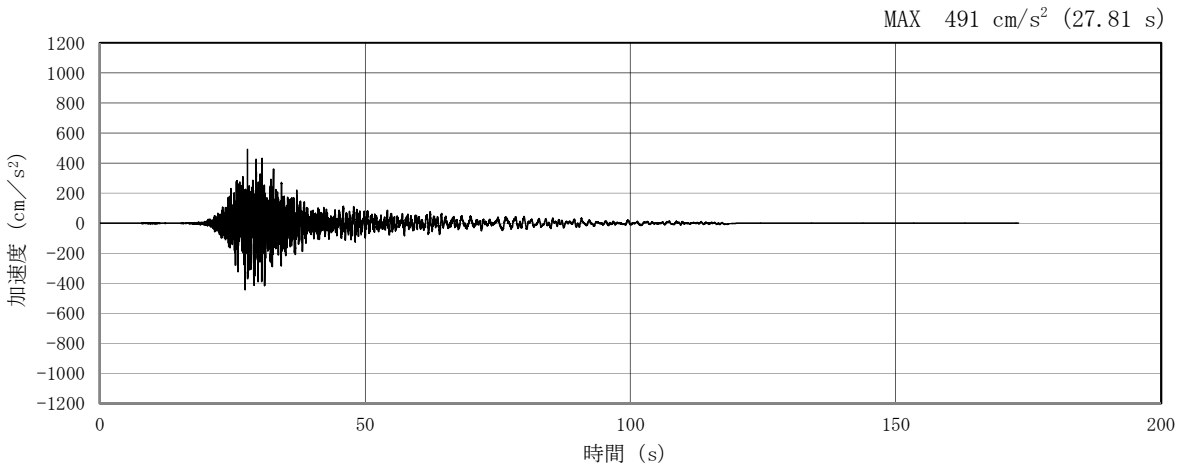


(a) 加速度時刻歴波形

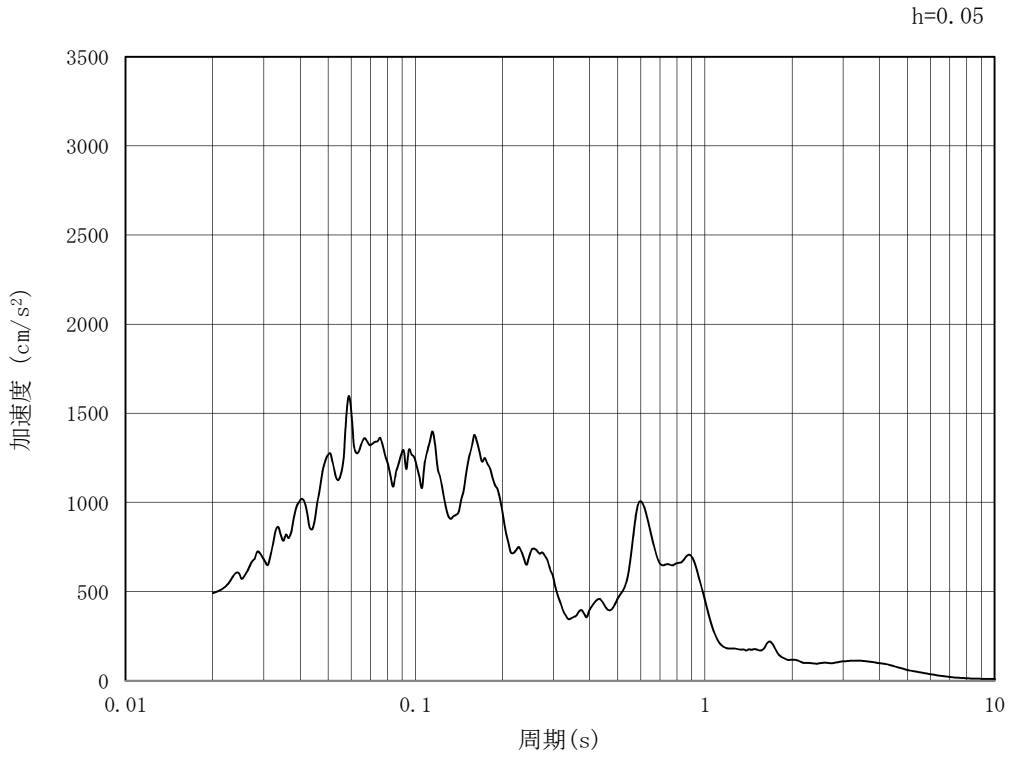


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (5)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１２）

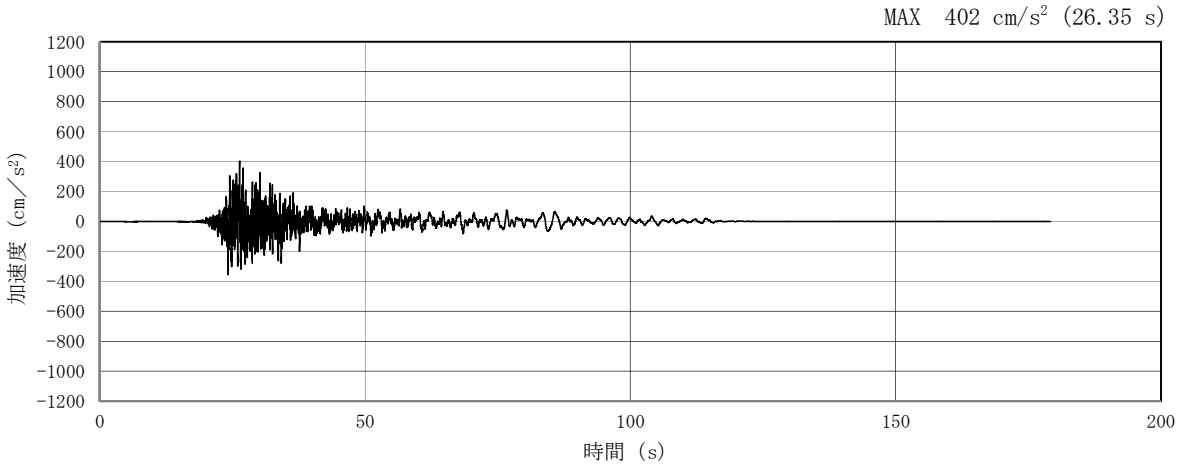


(a) 加速度時刻歴波形

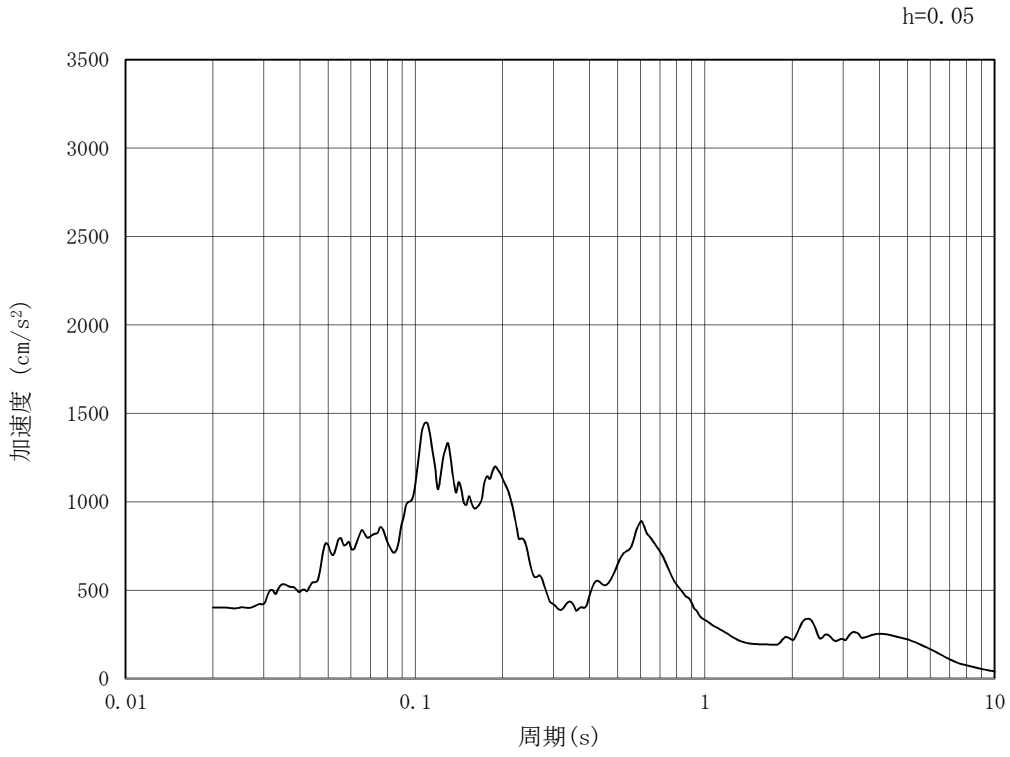


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (6)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１２）

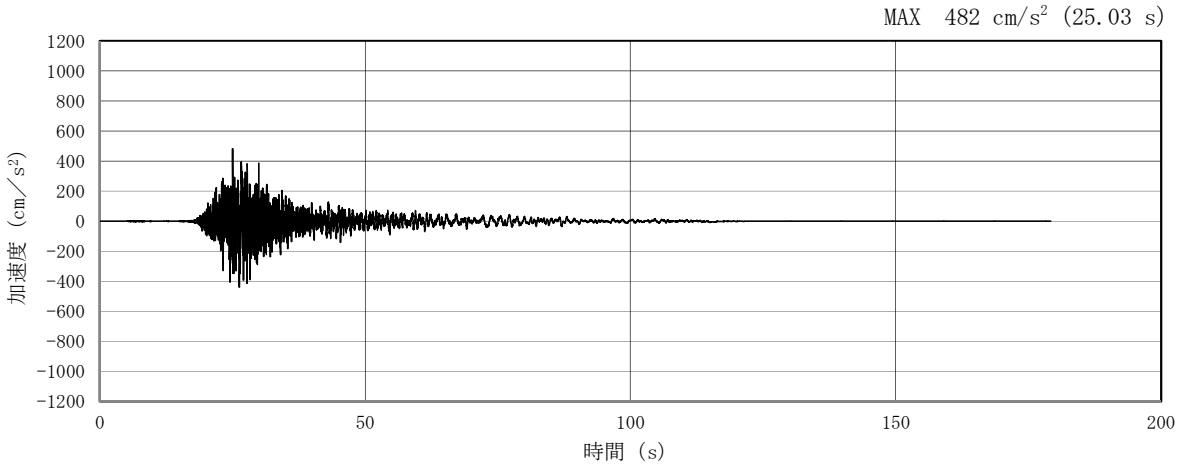


(a) 加速度時刻歴波形

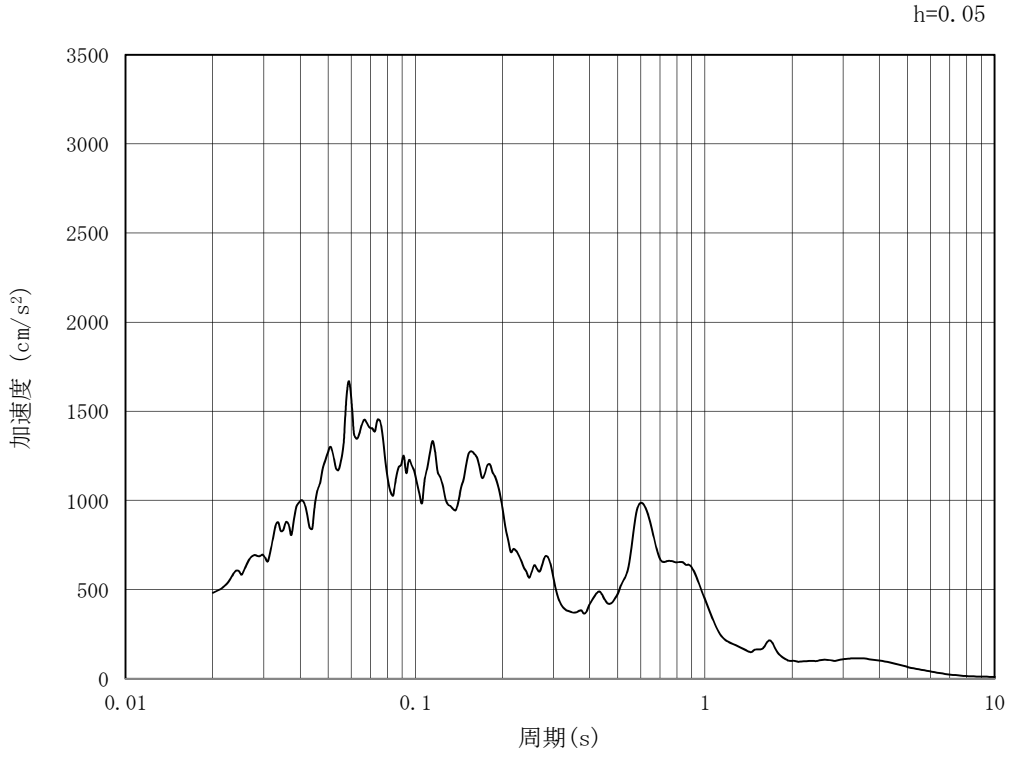


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (7)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１３）

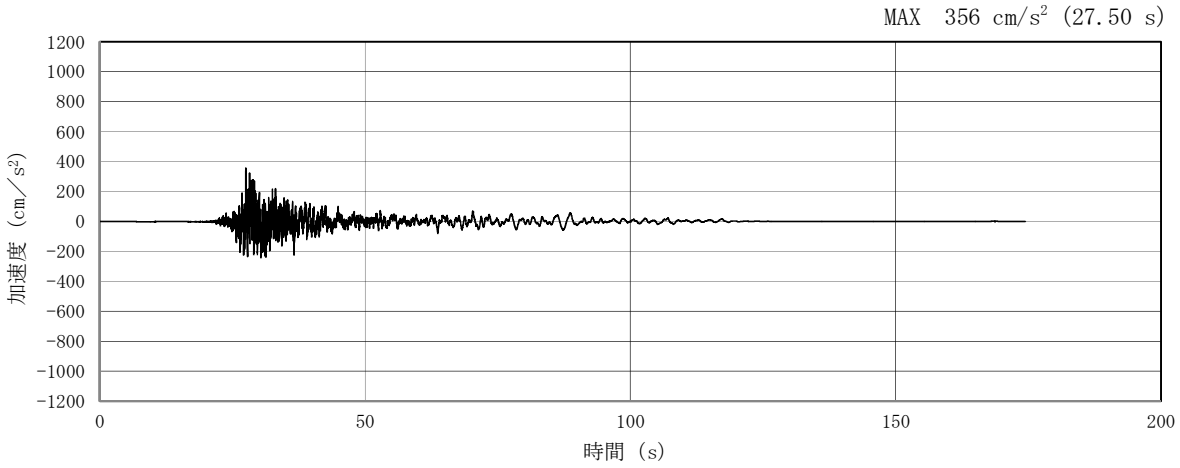


(a) 加速度時刻歴波形

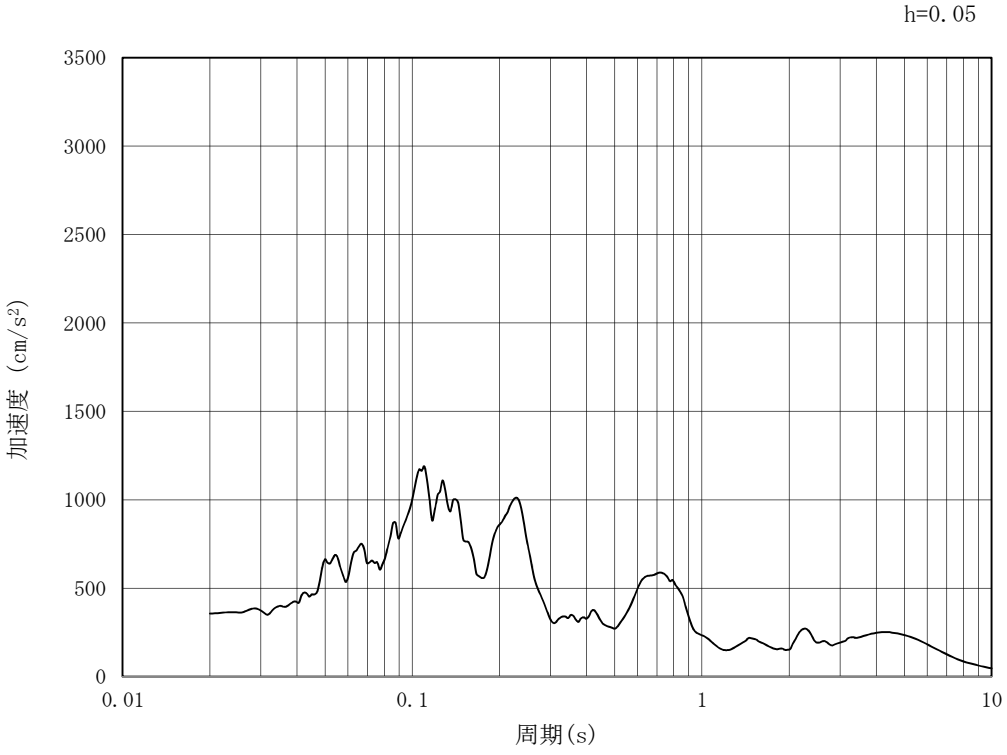


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (8)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１３）

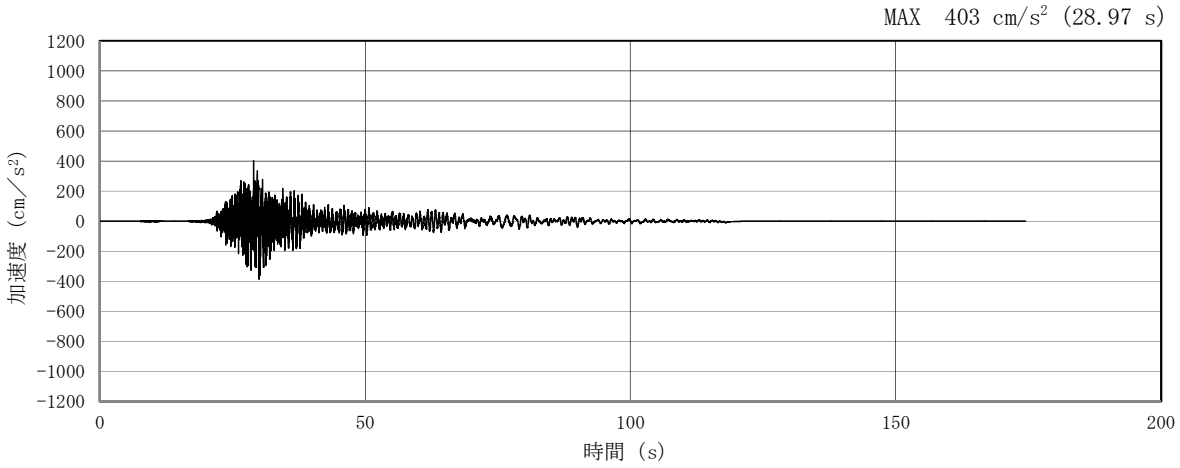


(a) 加速度時刻歴波形

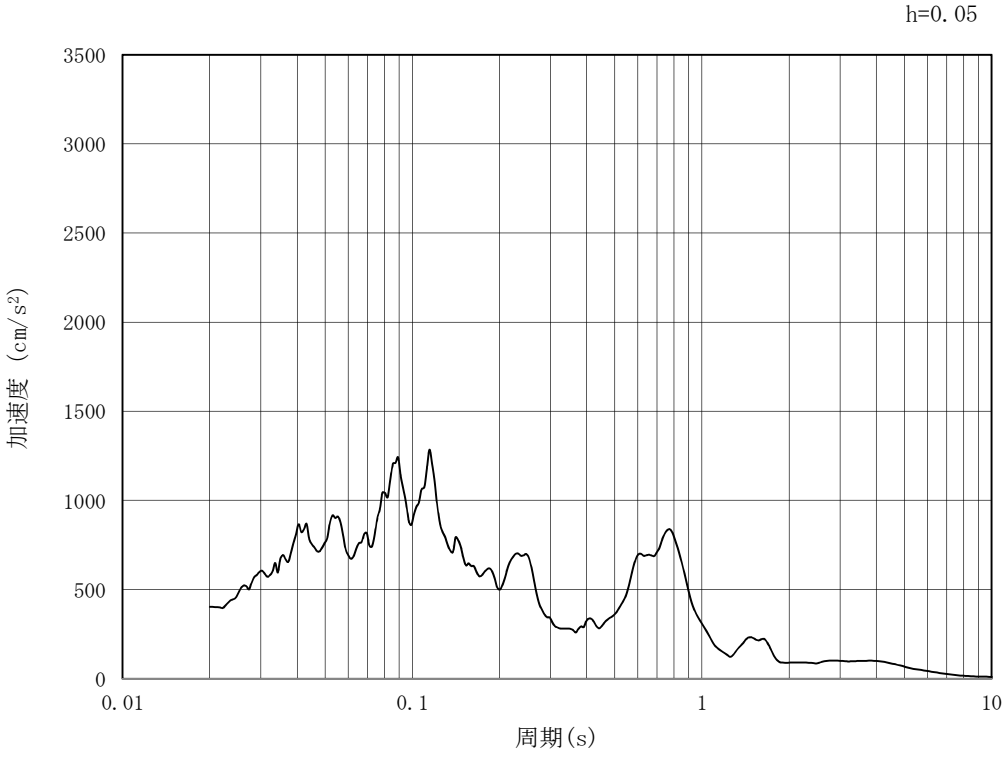


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (9)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１４）

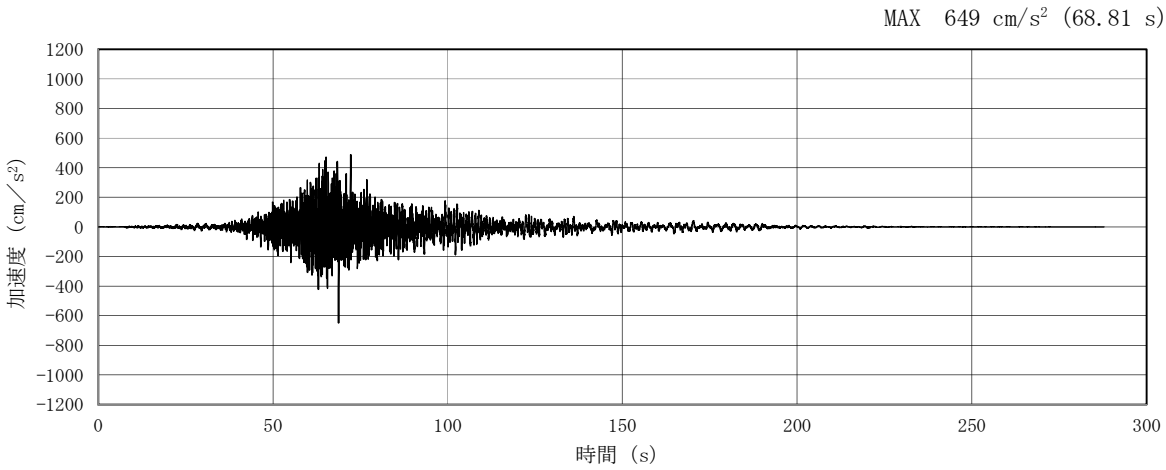


(a) 加速度時刻歴波形

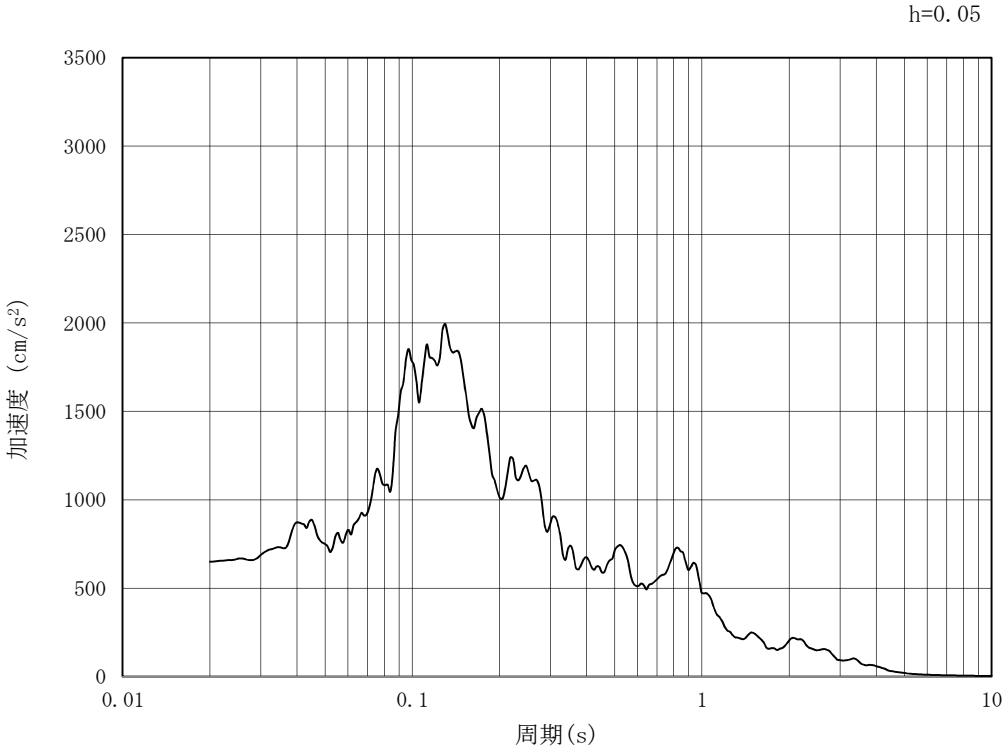


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図（10）　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１４）

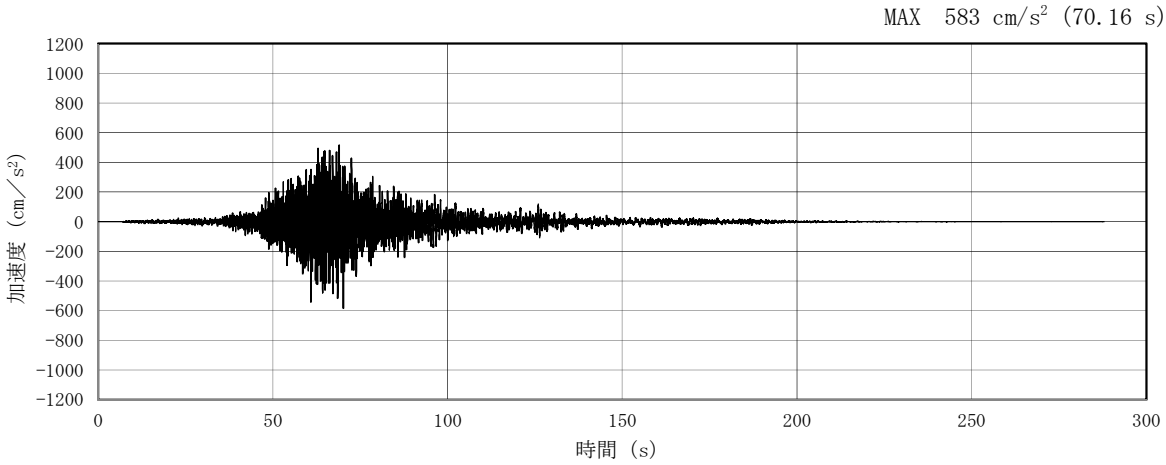


(a) 加速度時刻歴波形

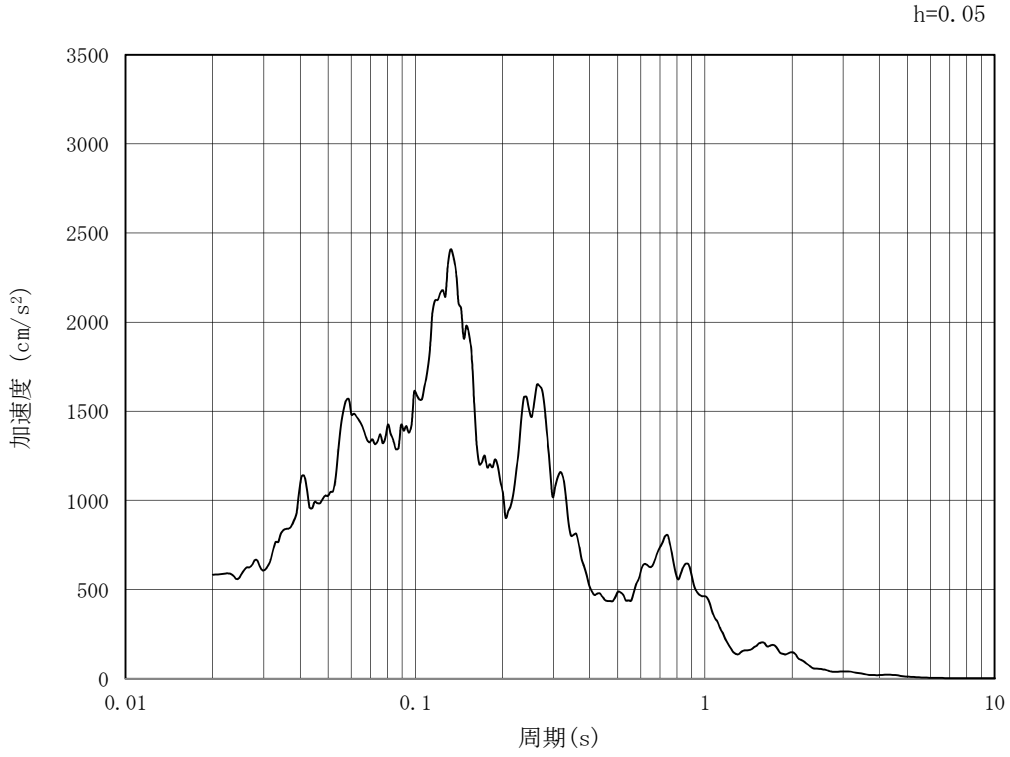


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図（11） 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－２１）

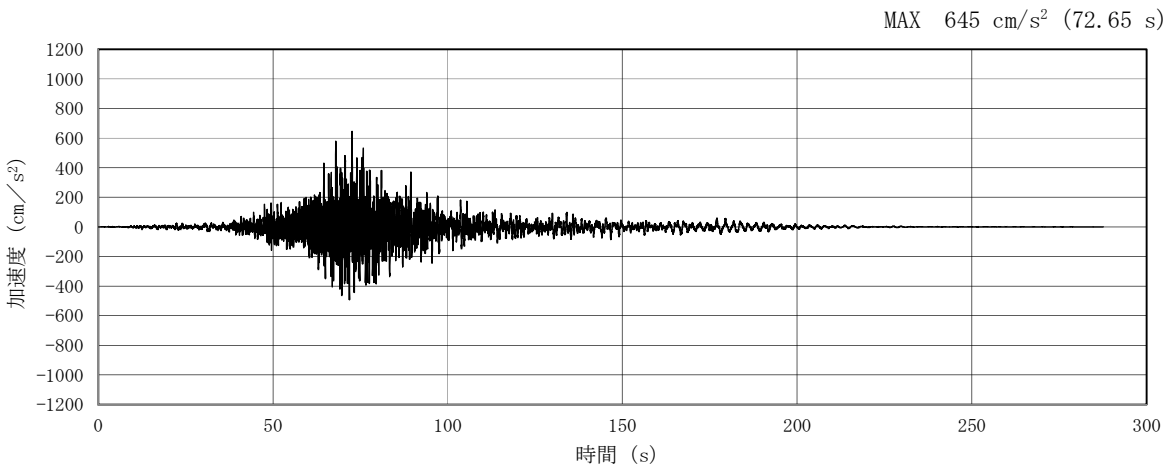


(a) 加速度時刻歴波形

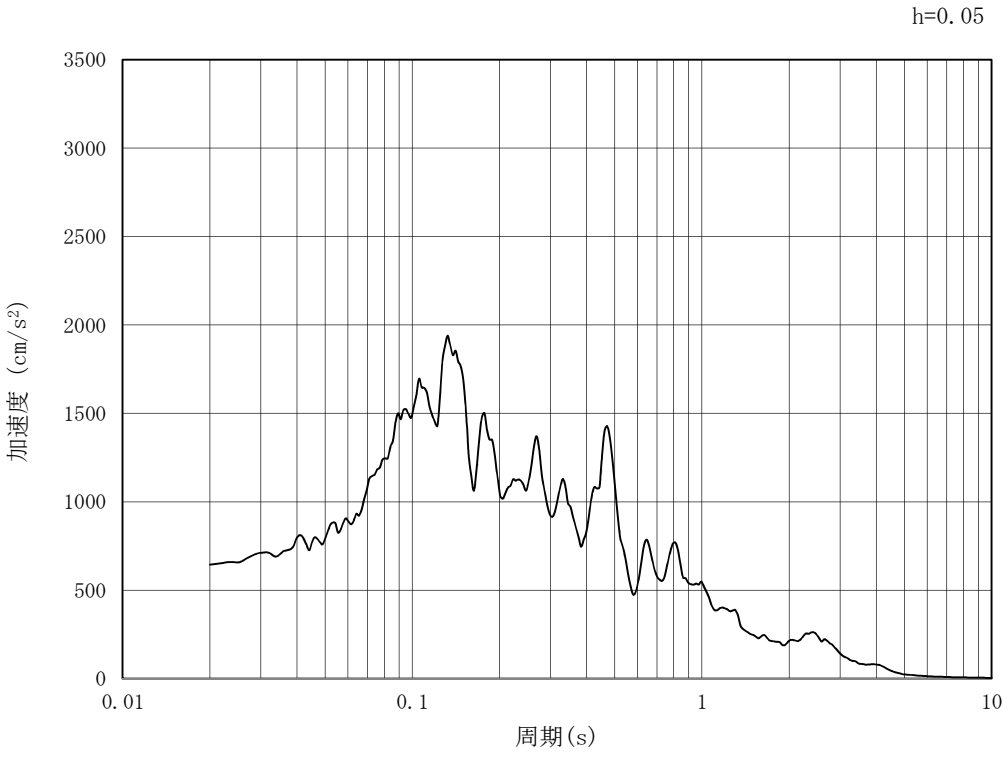


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (12)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－２１）

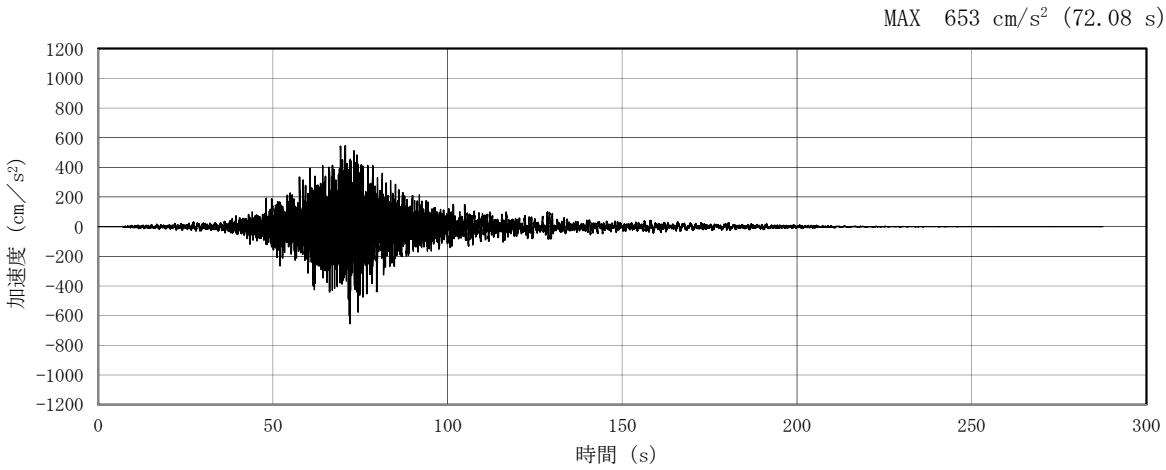


(a) 加速度時刻歴波形

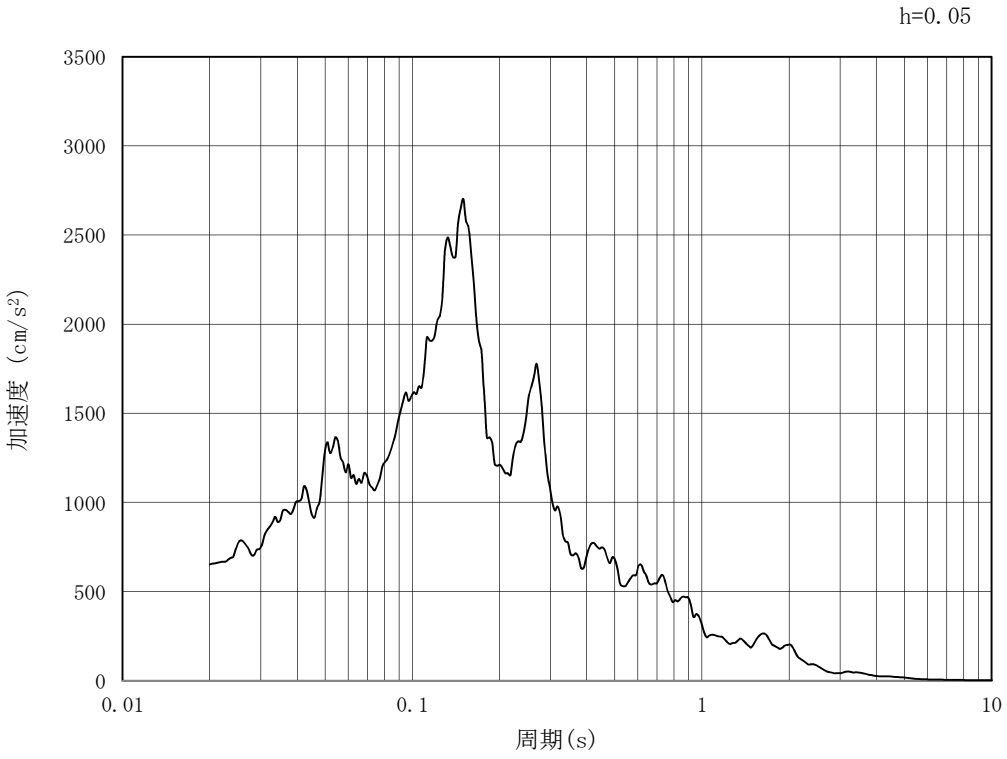


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (13)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－２２）

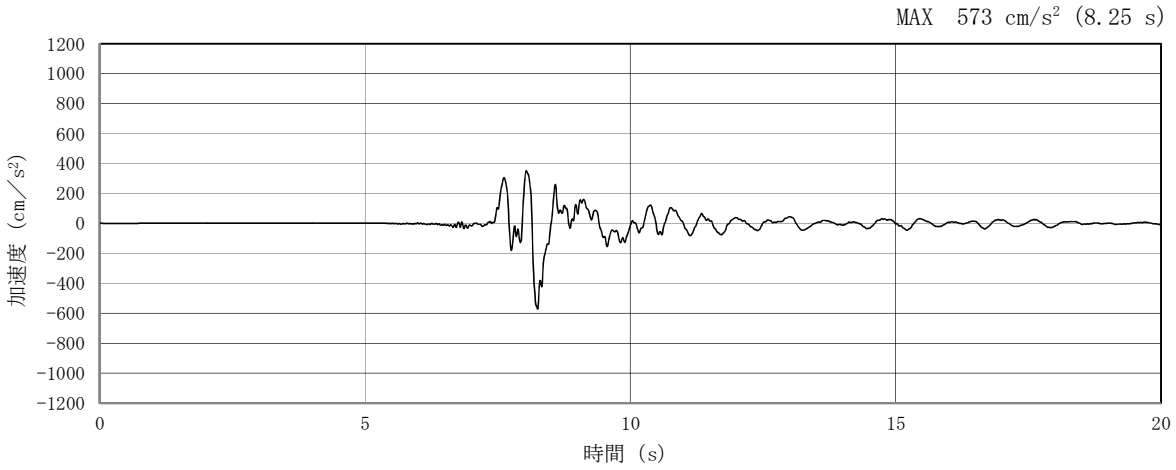


(a) 加速度時刻歴波形

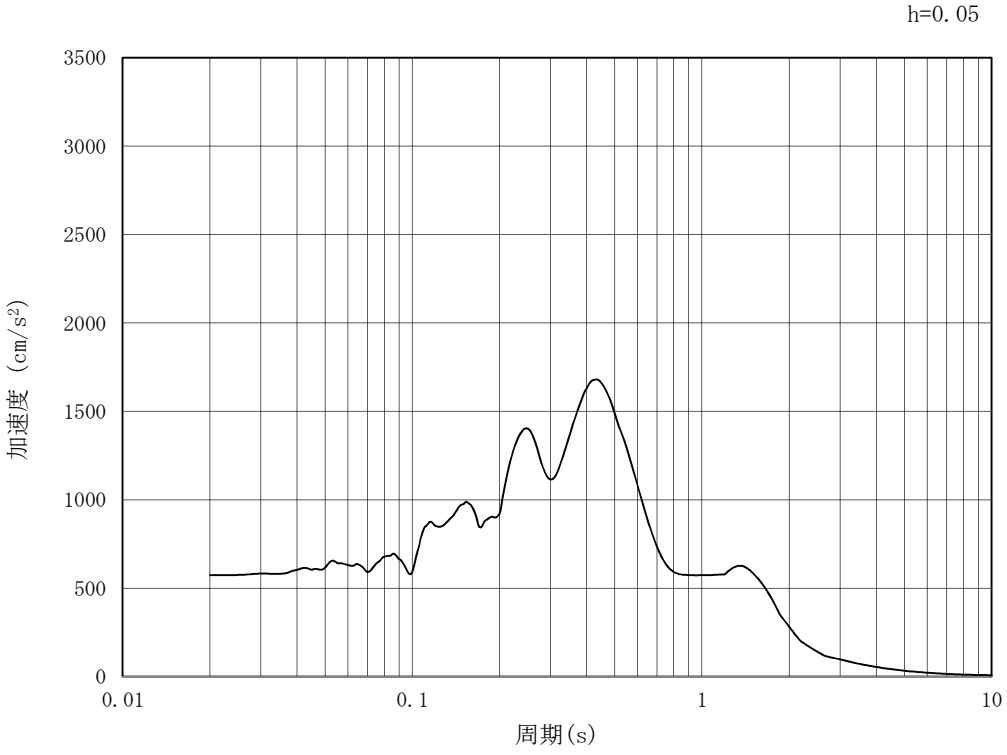


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (14)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－２２）

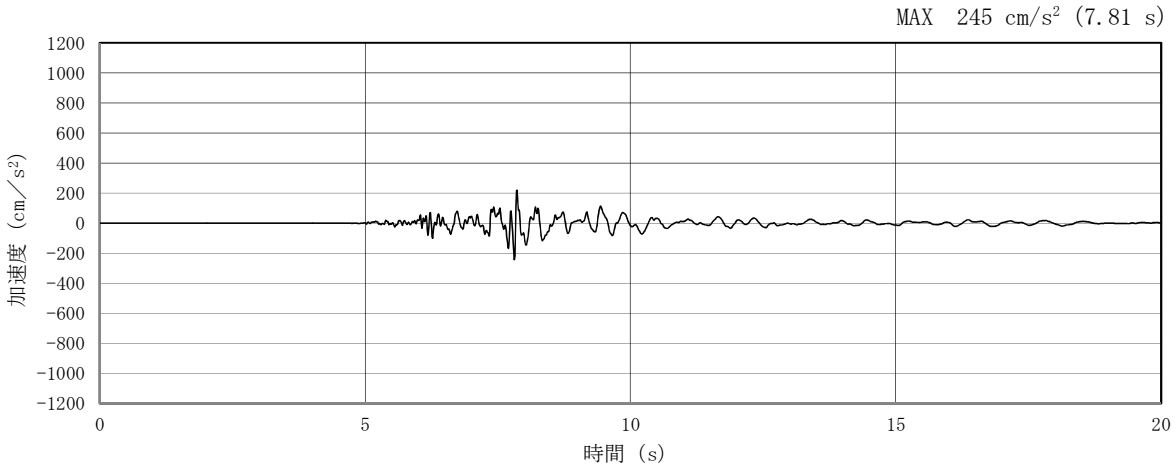


(a) 加速度時刻歴波形

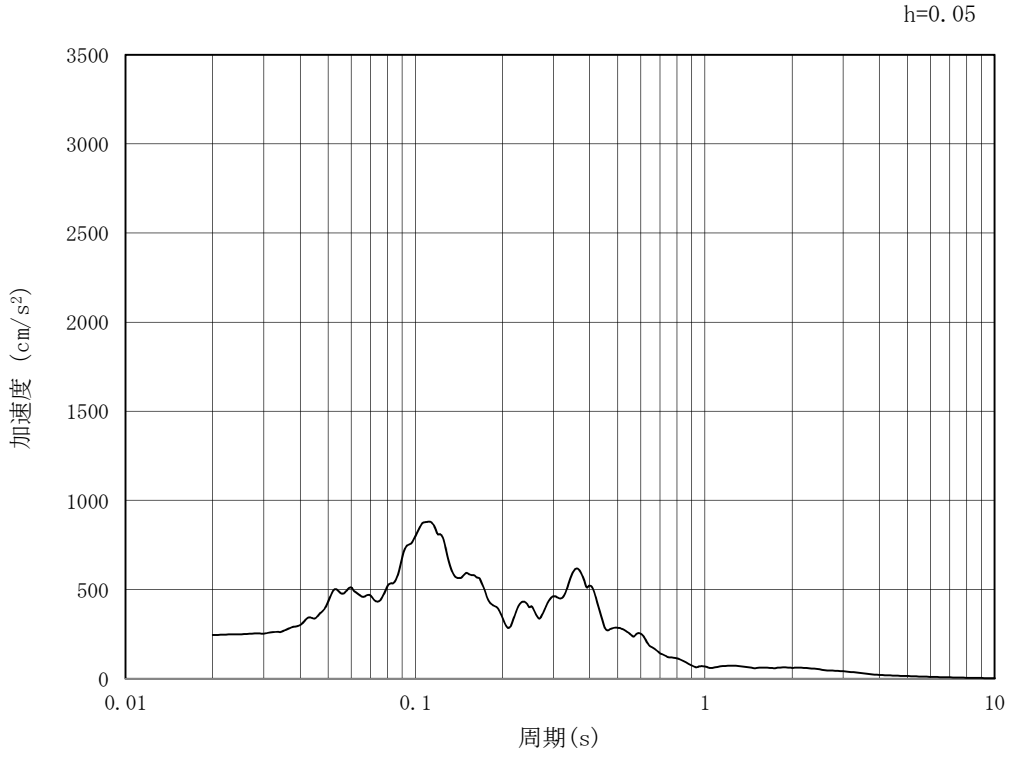


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図（15）　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－３１）

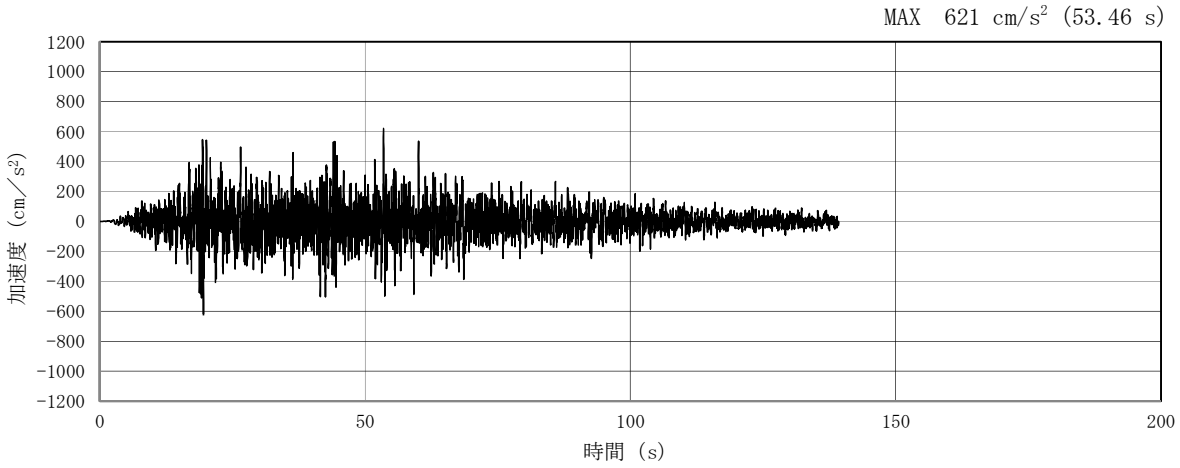


(a) 加速度時刻歴波形

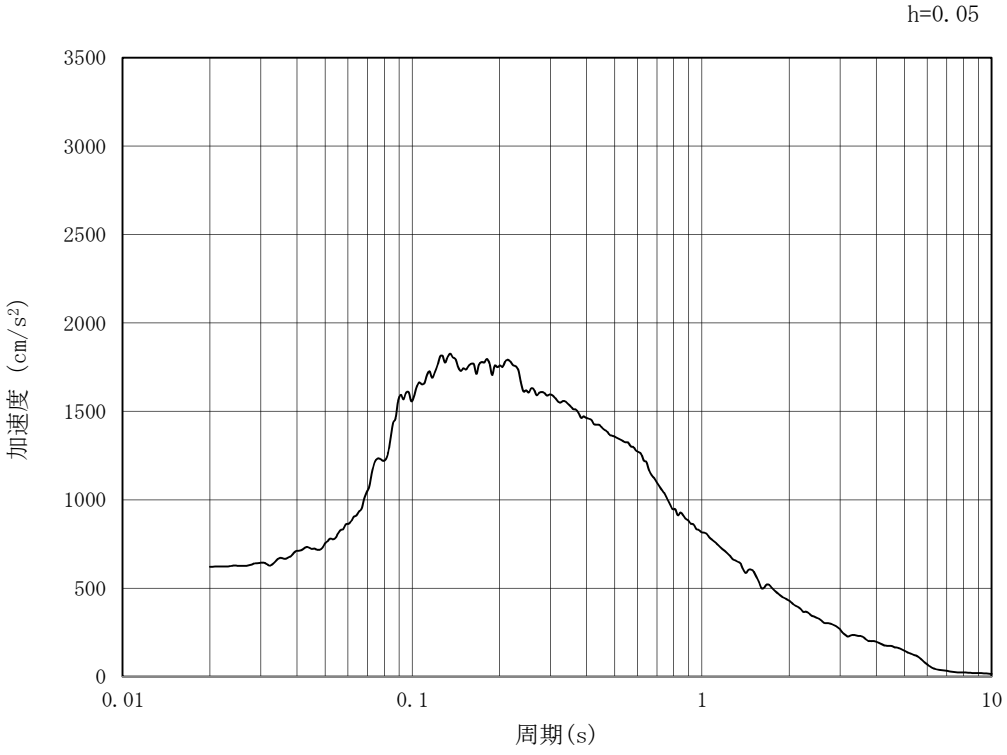


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (16)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－３１）

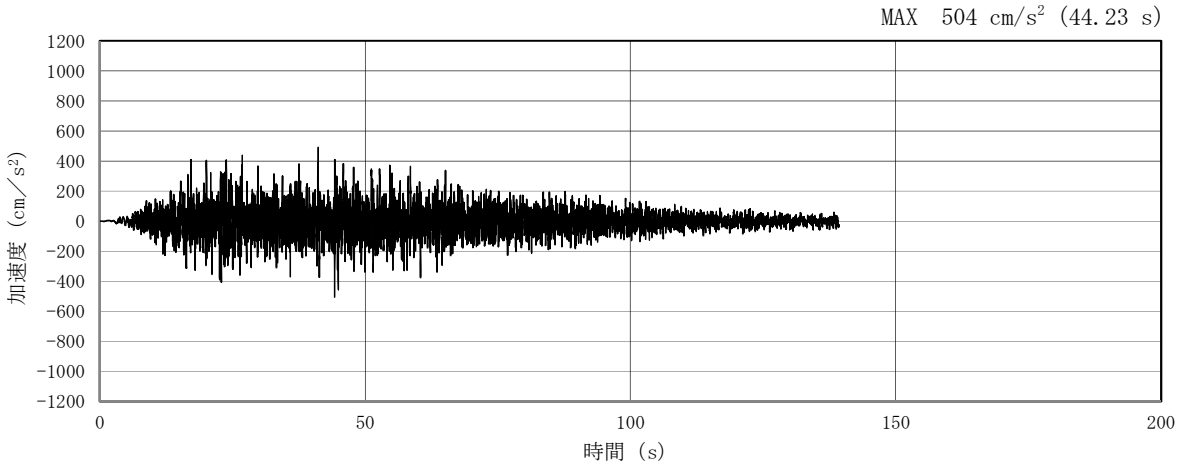


(a) 加速度時刻歴波形

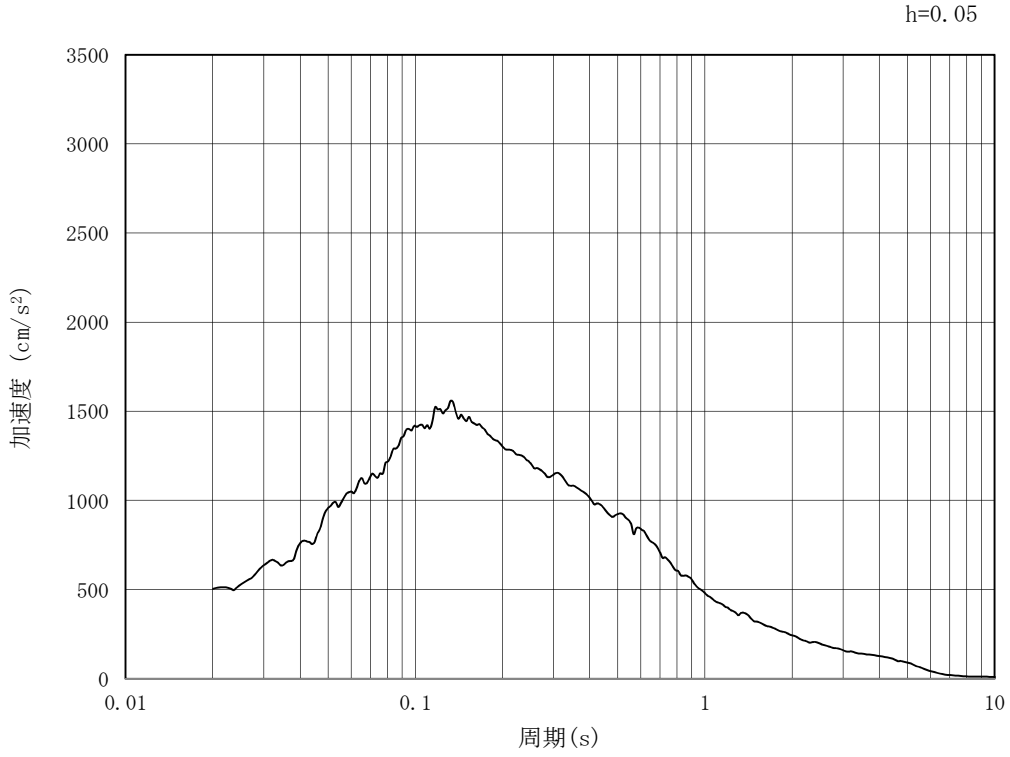


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図（17） 南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－Ｄ１）

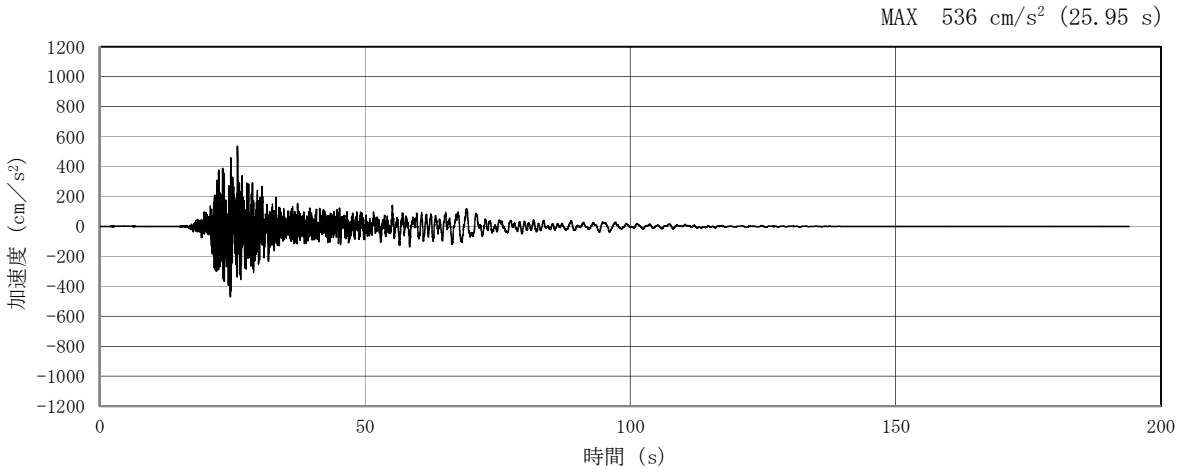


(a) 加速度時刻歴波形

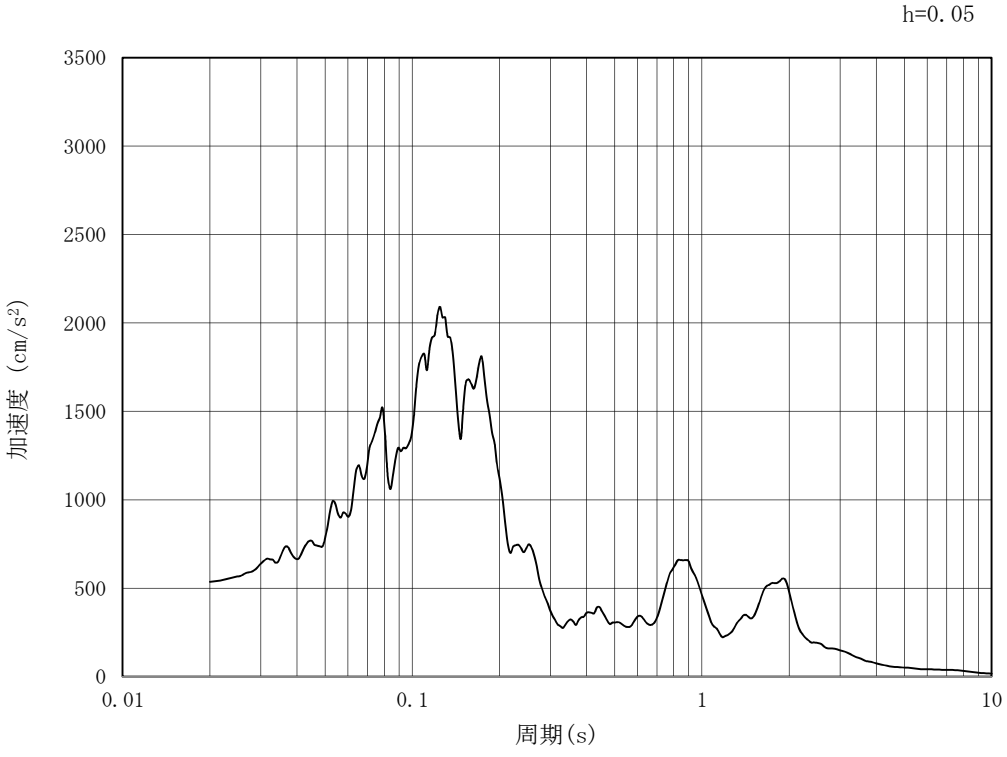


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図（18）　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：S_s－D１）

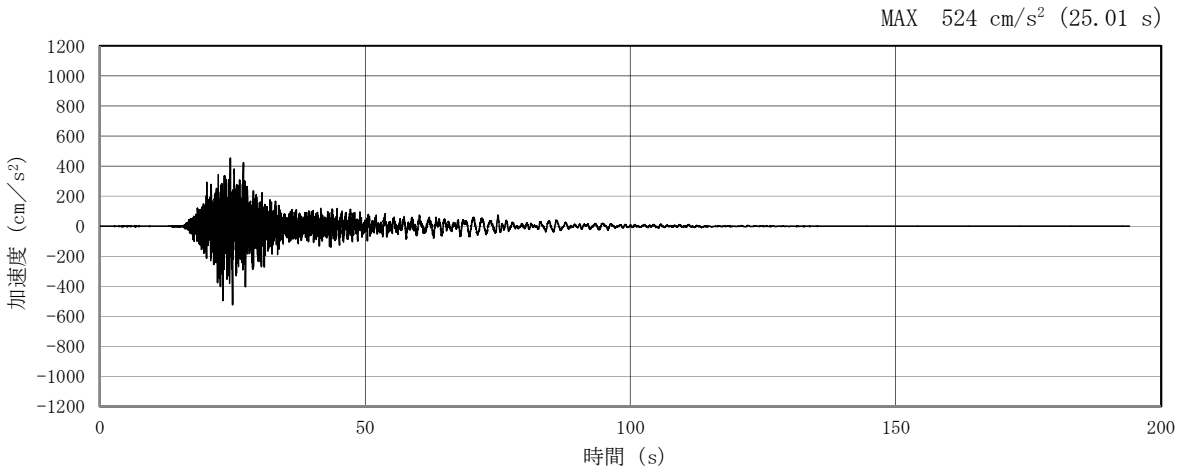


(a) 加速度時刻歴波形

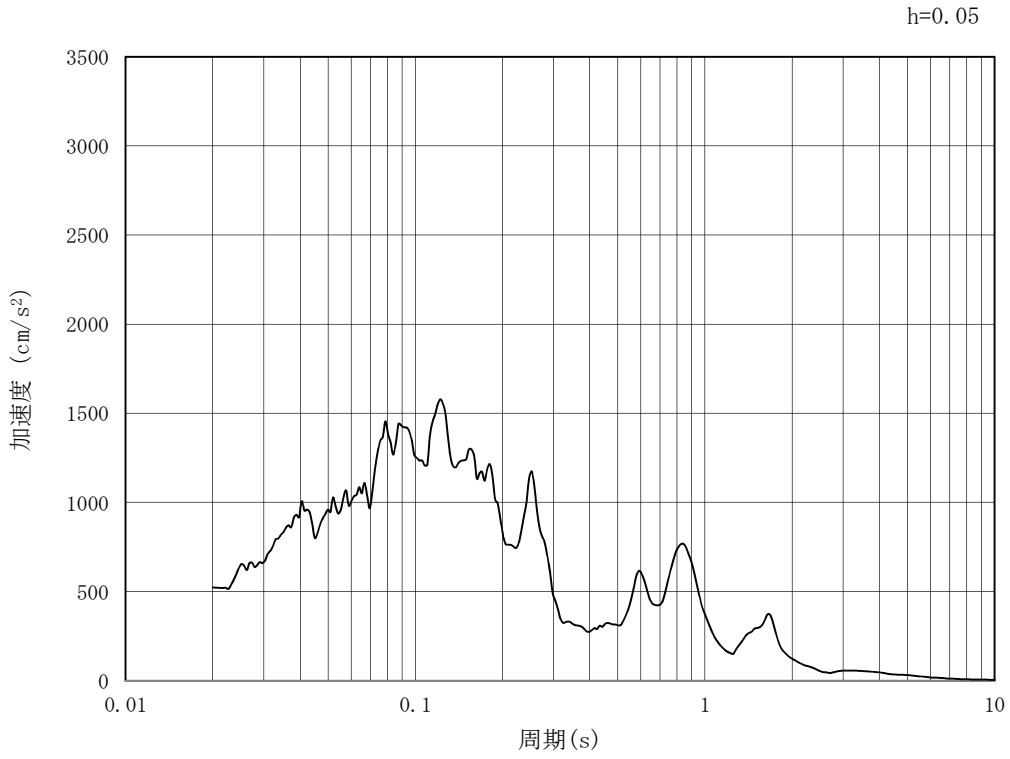


(b) 加速度応答スペクトル

第 3－5 図 (19)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ ｓ－１１）

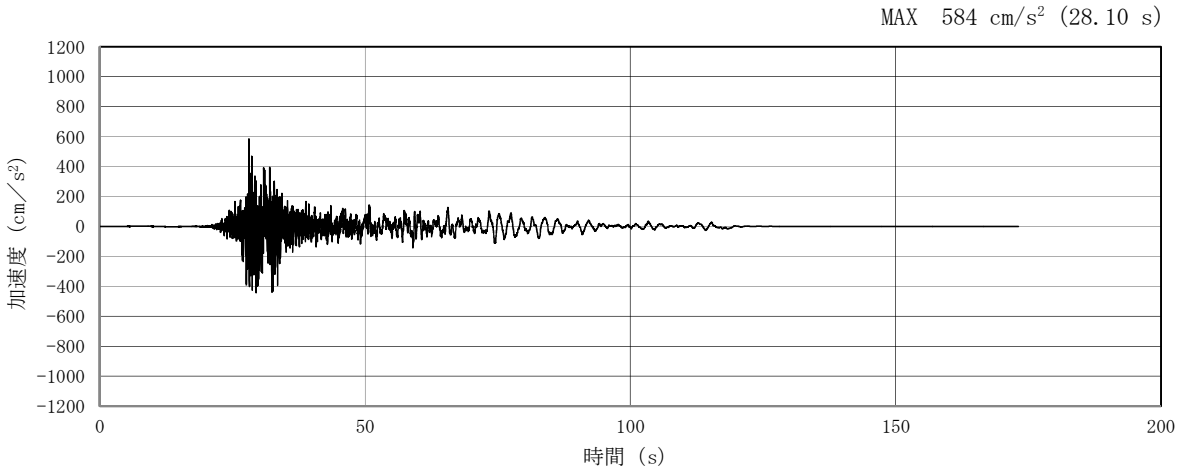


(a) 加速度時刻歴波形

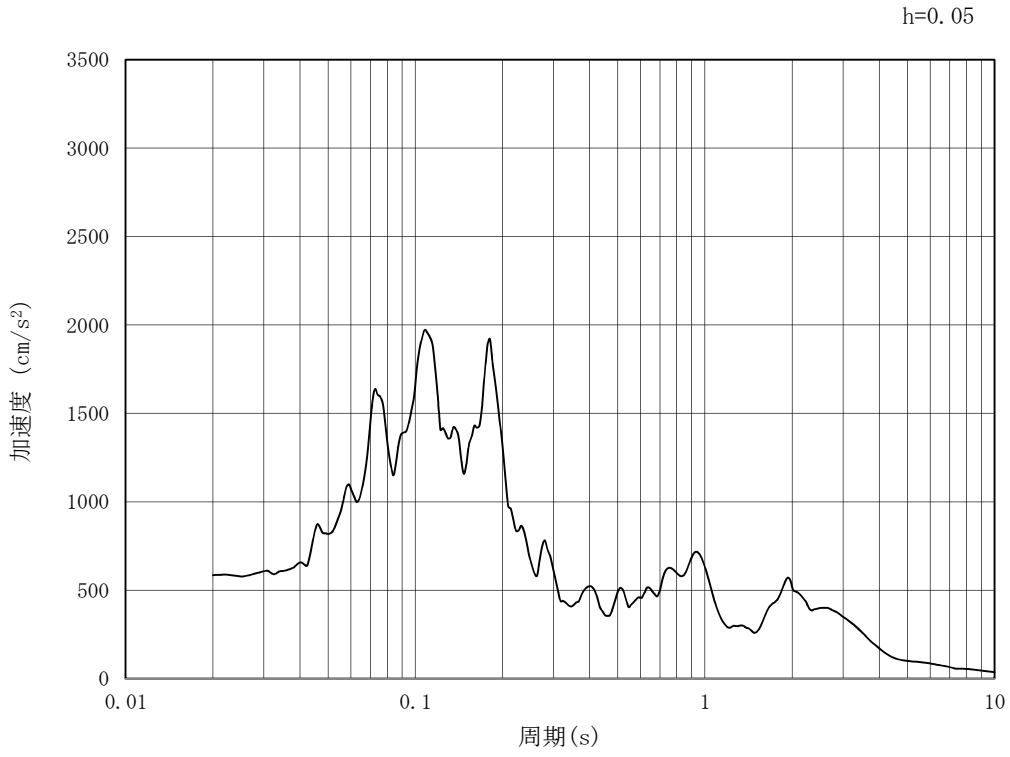


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (20)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１１）

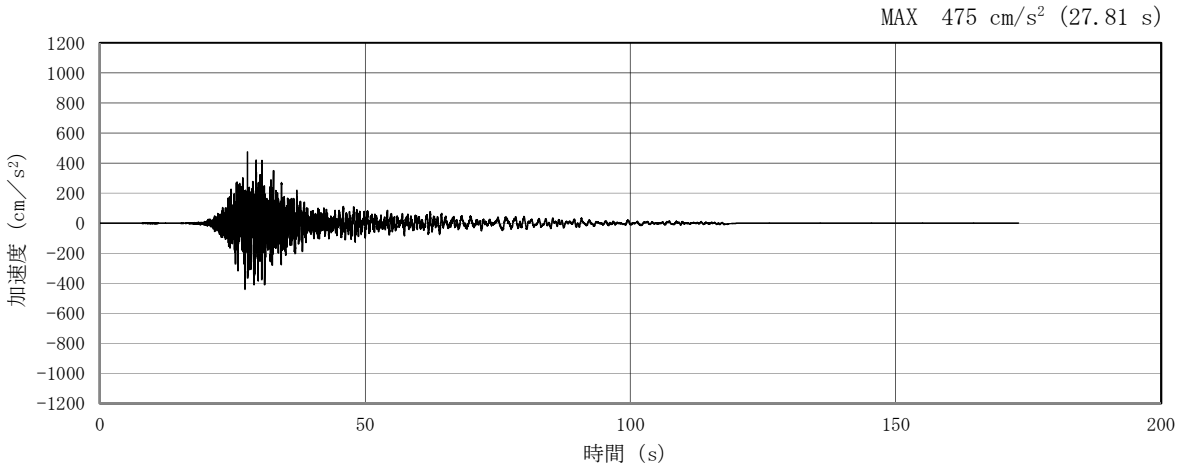


(a) 加速度時刻歴波形

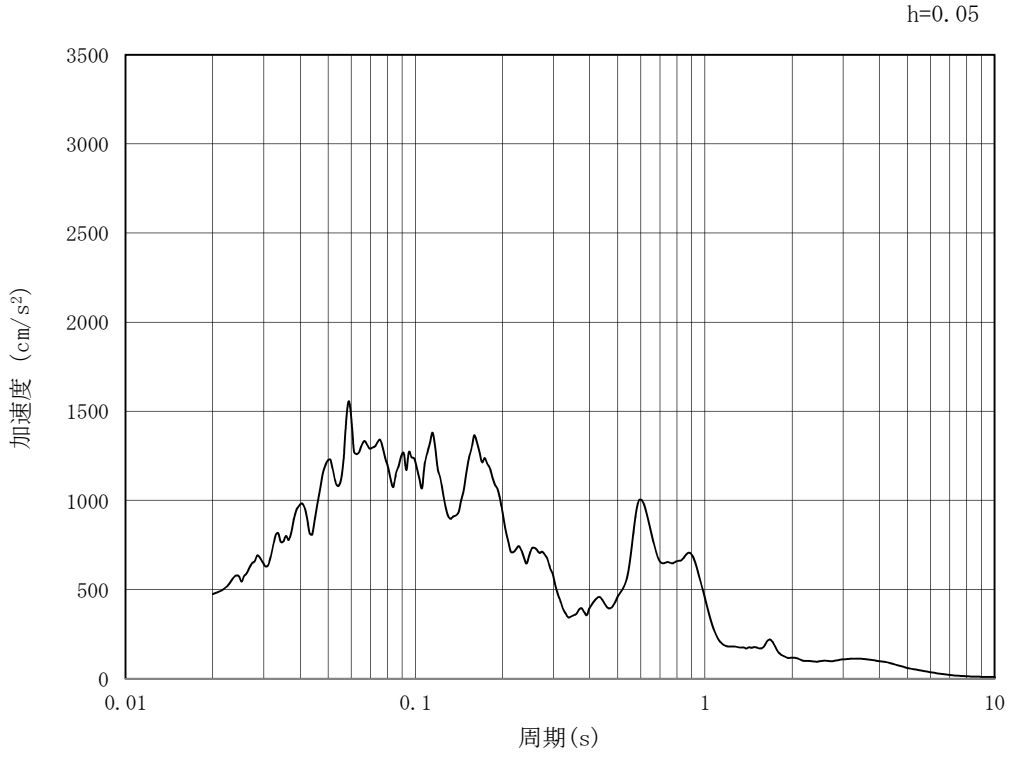


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (21)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１２）

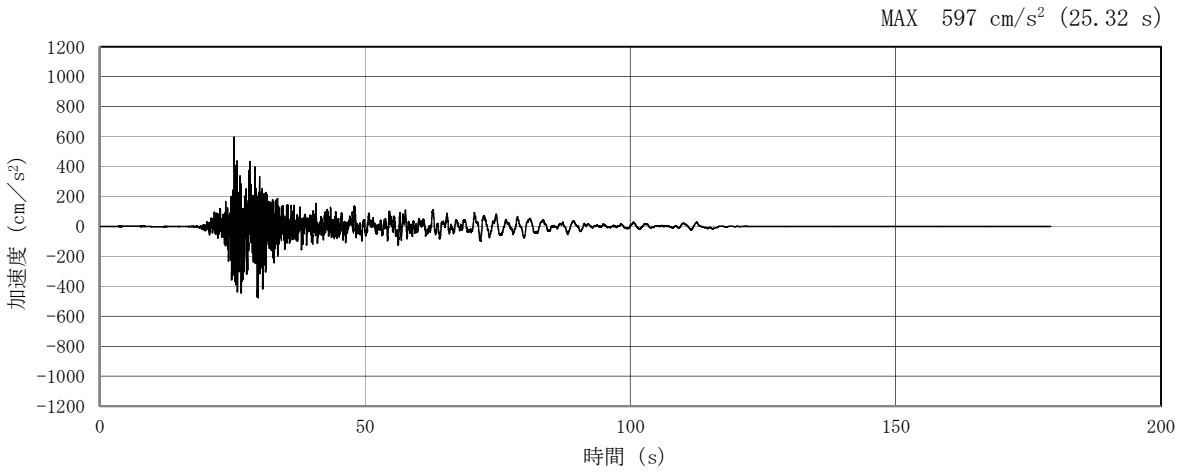


(a) 加速度時刻歴波形

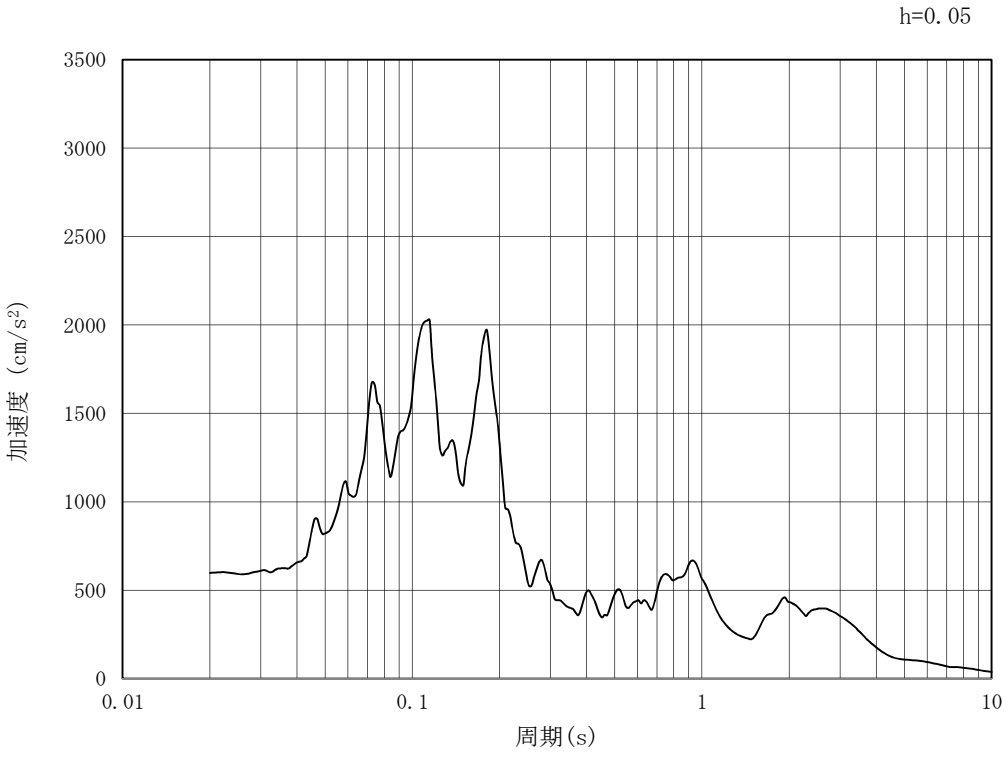


(b) 加速度応答スペクトル

第 3－5 図 (22)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１２）

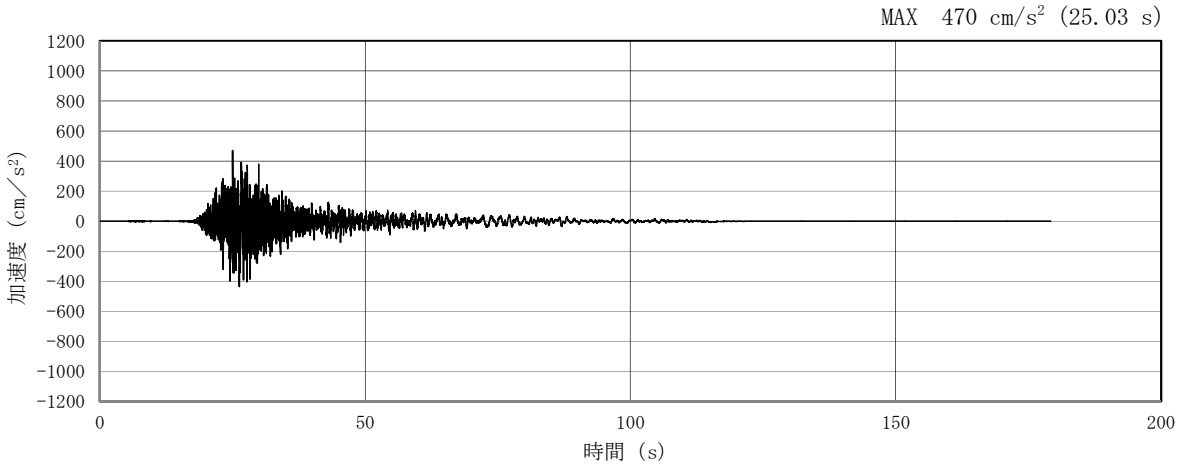


(a) 加速度時刻歴波形

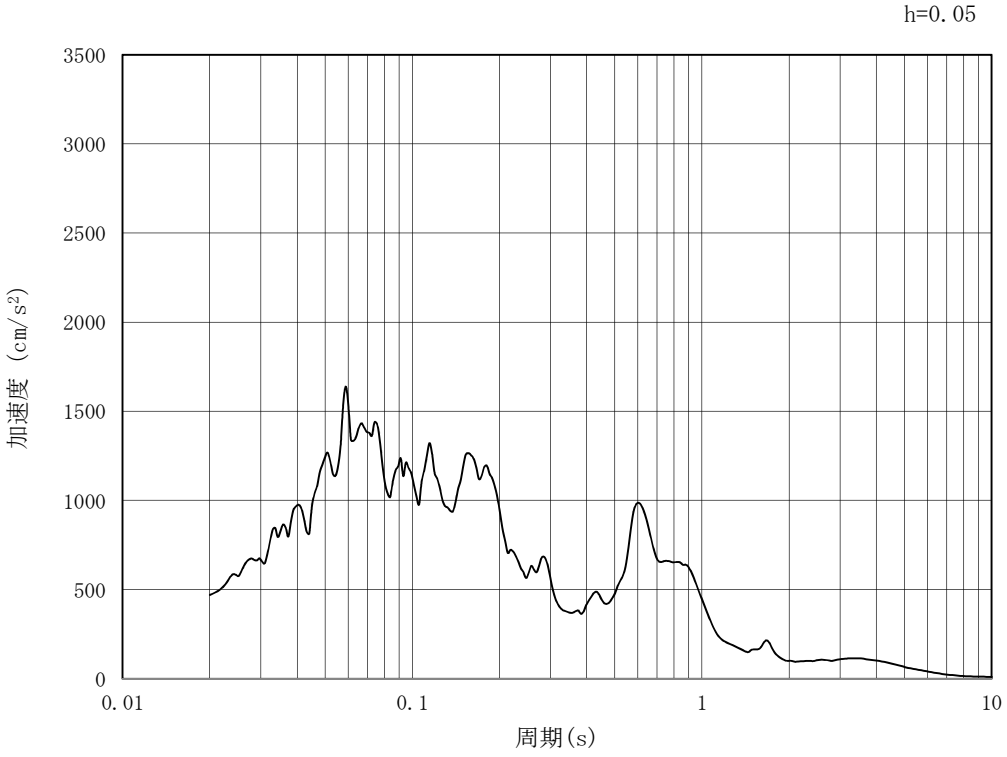


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (23)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１３）

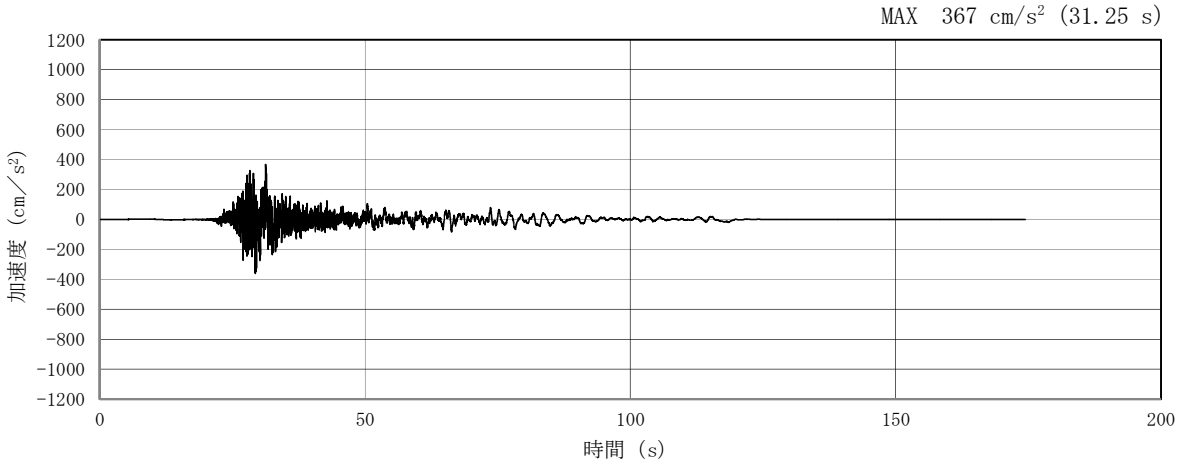


(a) 加速度時刻歴波形

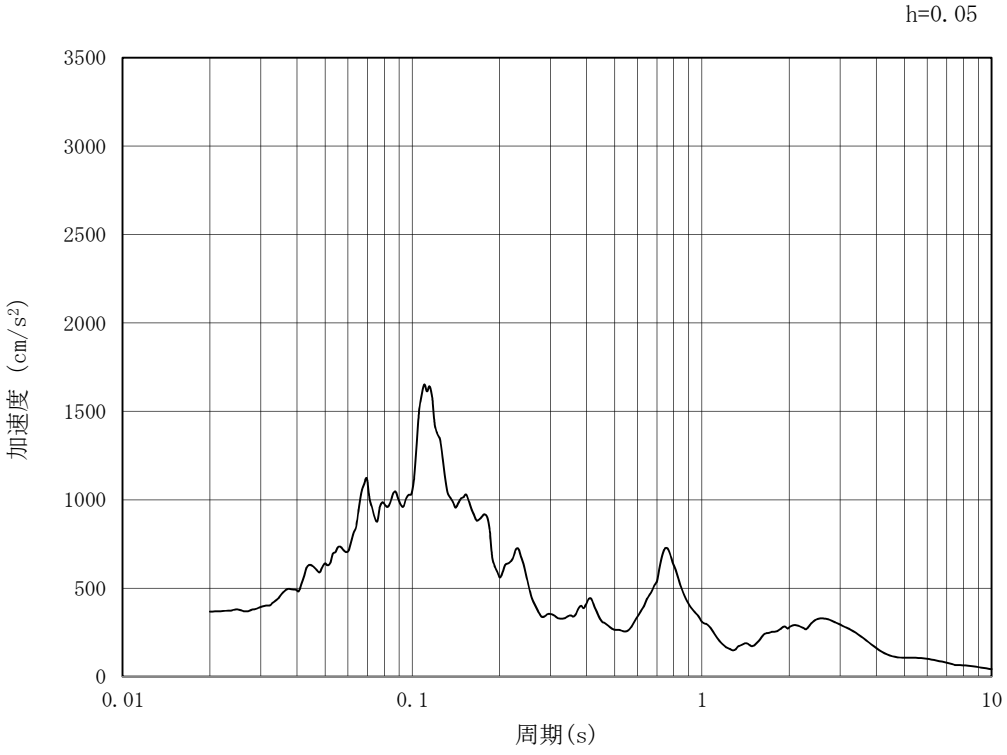


(b) 加速度応答スペクトル

第 3－5 図 (24)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１３）

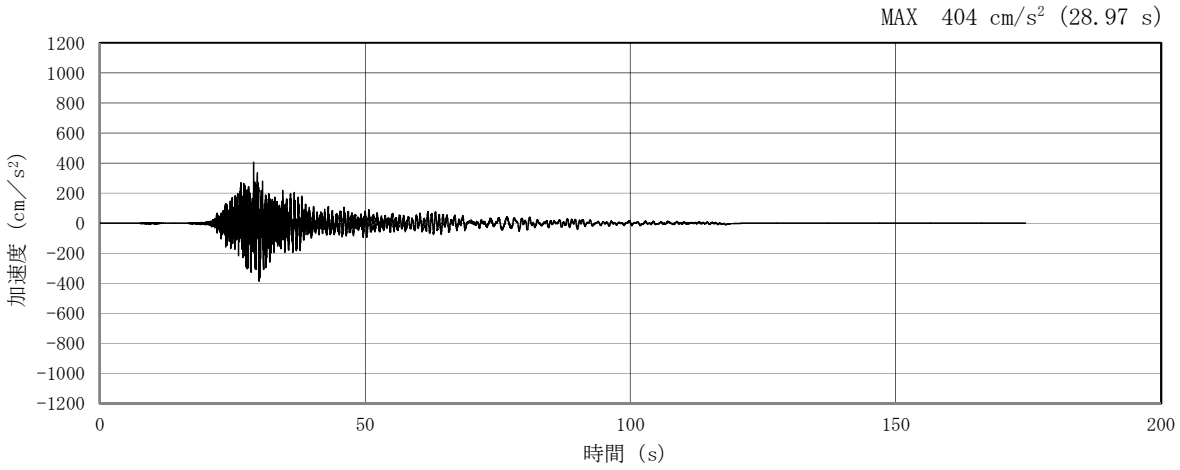


(a) 加速度時刻歴波形

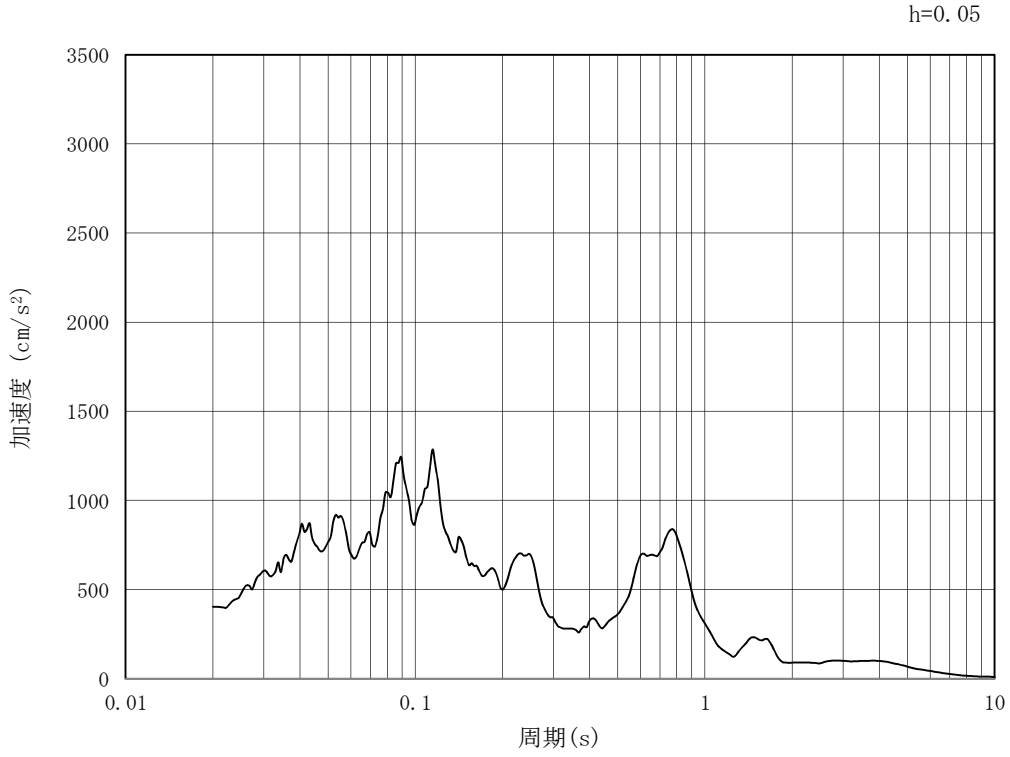


(b) 加速度応答スペクトル

第 3－5 図 (25)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ ｓ－１４）

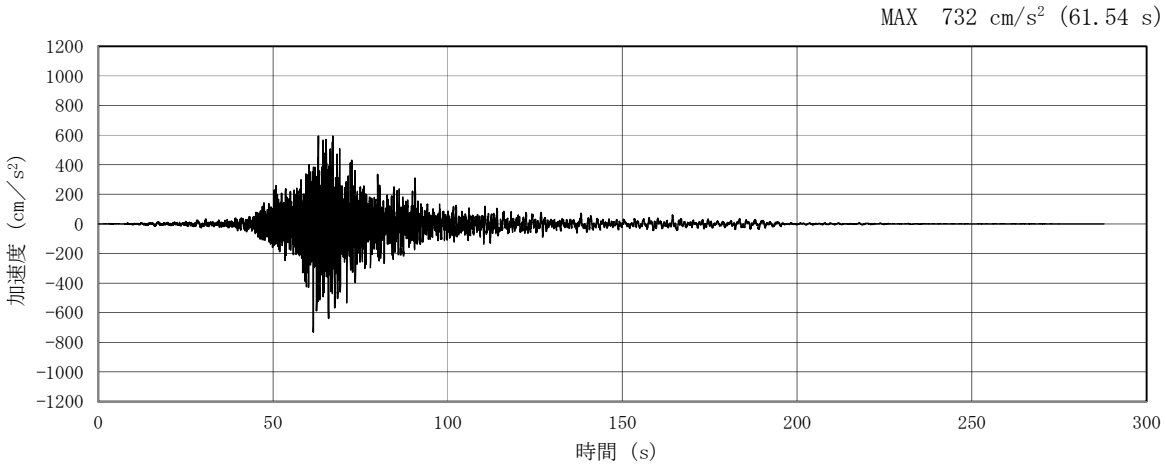


(a) 加速度時刻歴波形

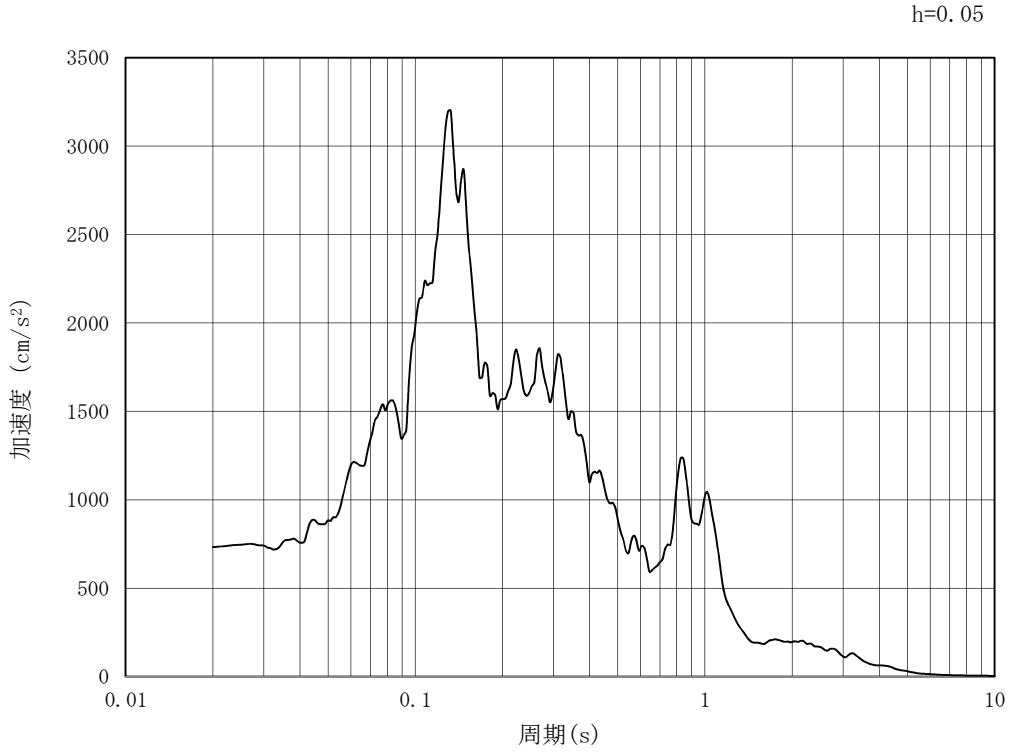


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (26)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１４）

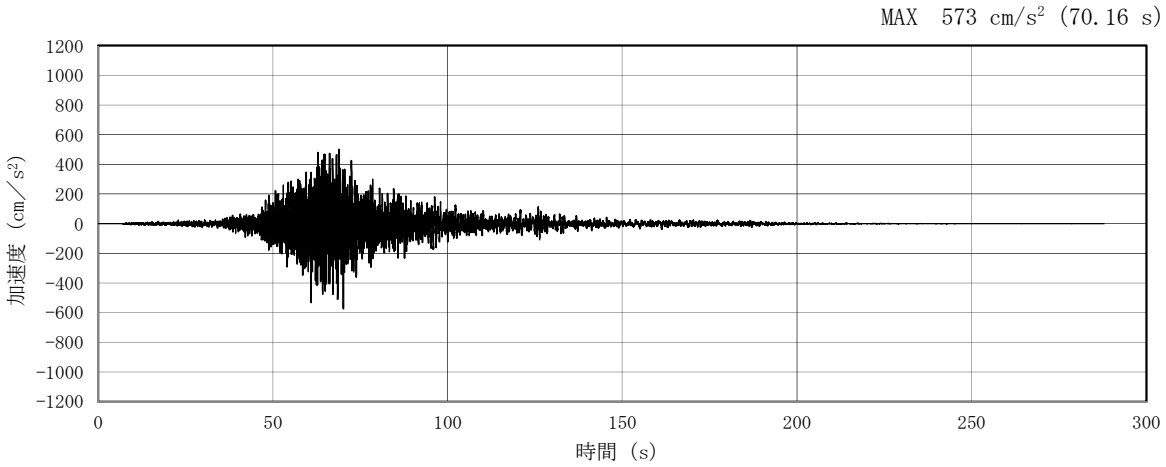


(a) 加速度時刻歴波形

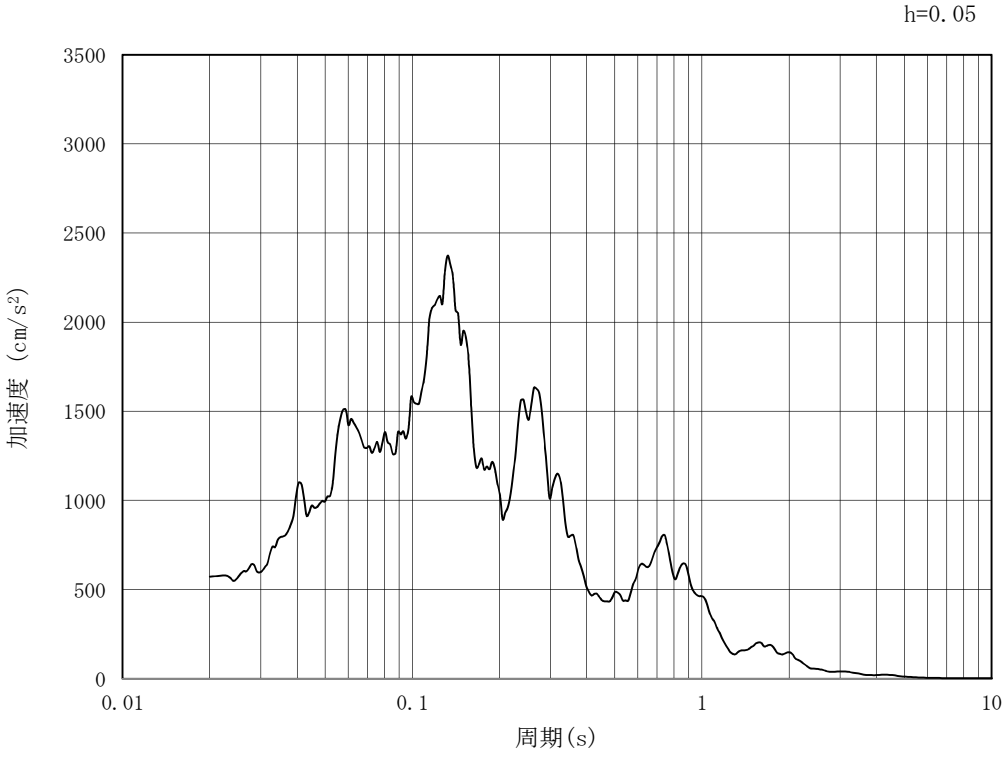


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (27)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－２１）

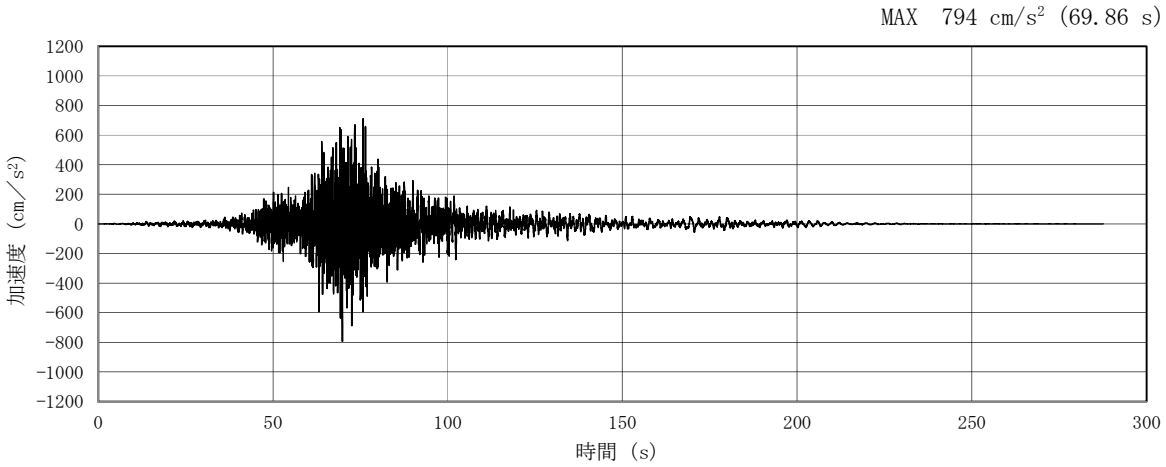


(a) 加速度時刻歴波形

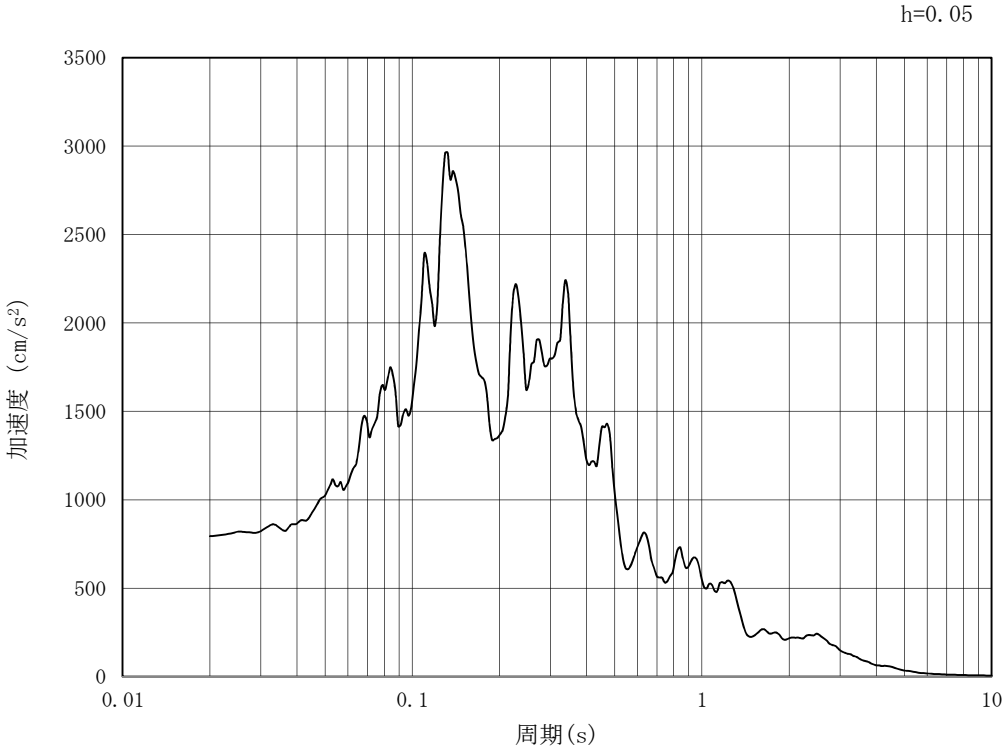


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (28)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－２１）

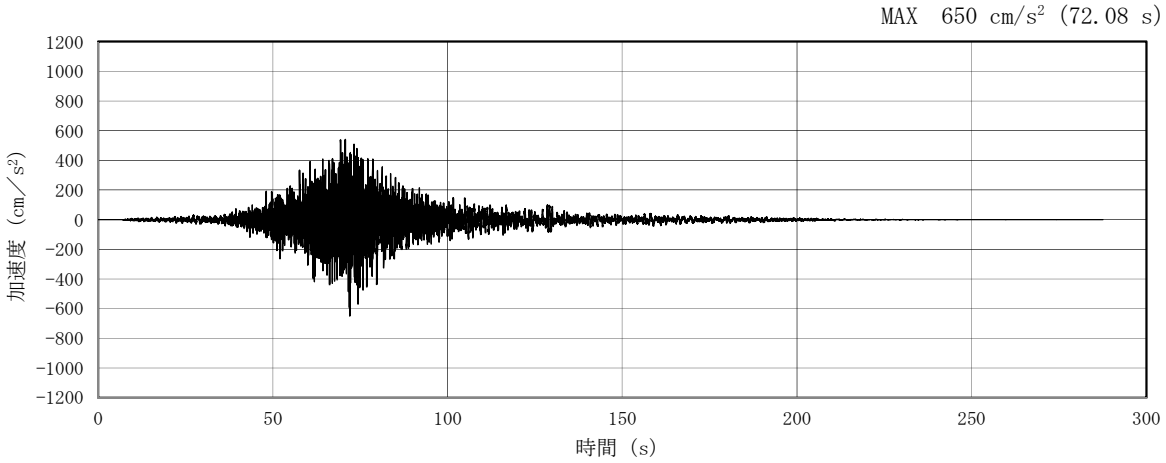


(a) 加速度時刻歴波形

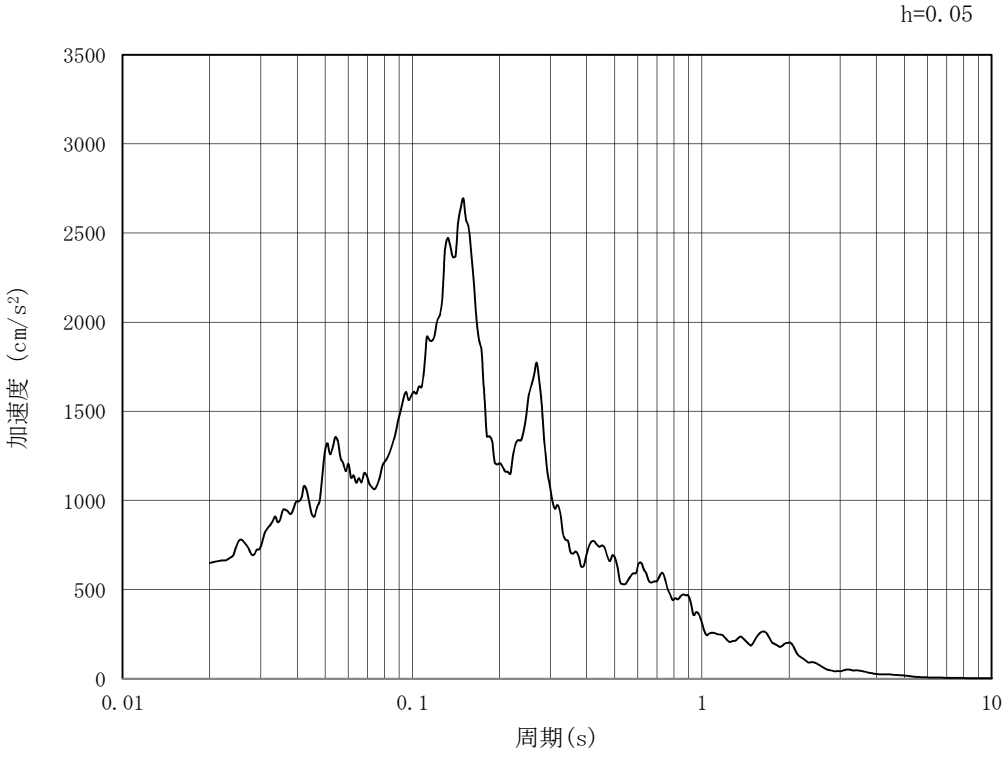


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図（29）　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－２２）

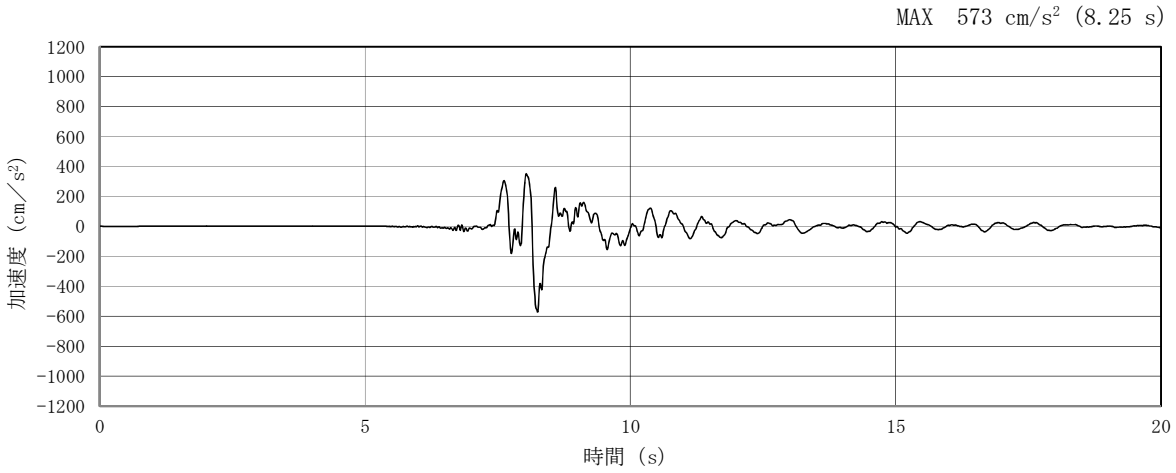


(a) 加速度時刻歴波形

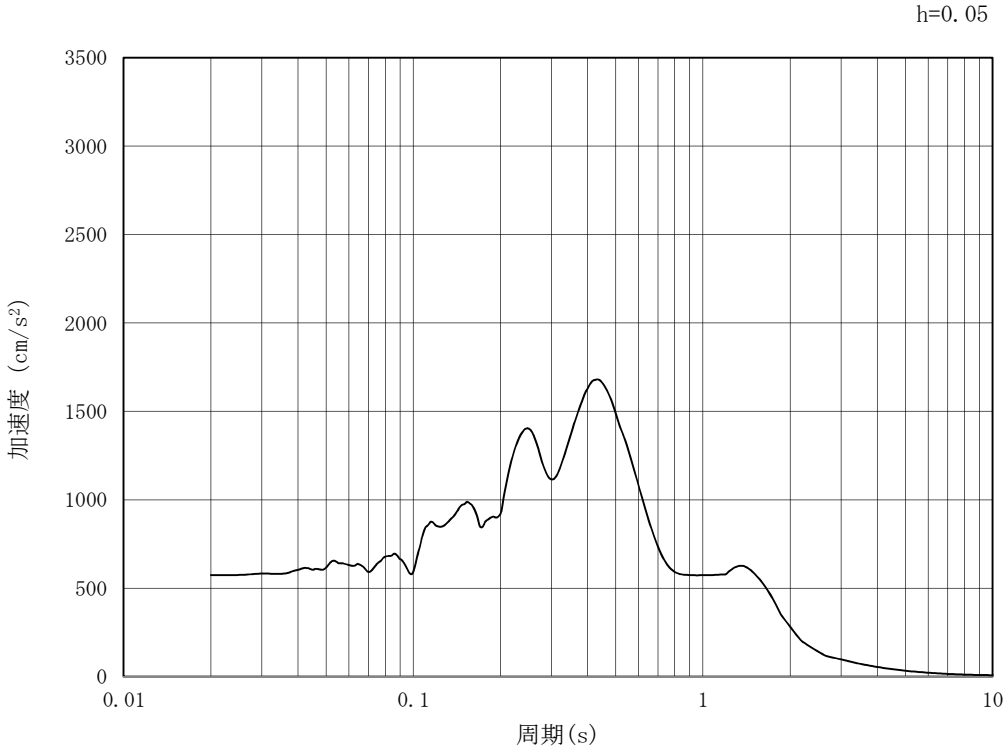


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (30)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－２２）

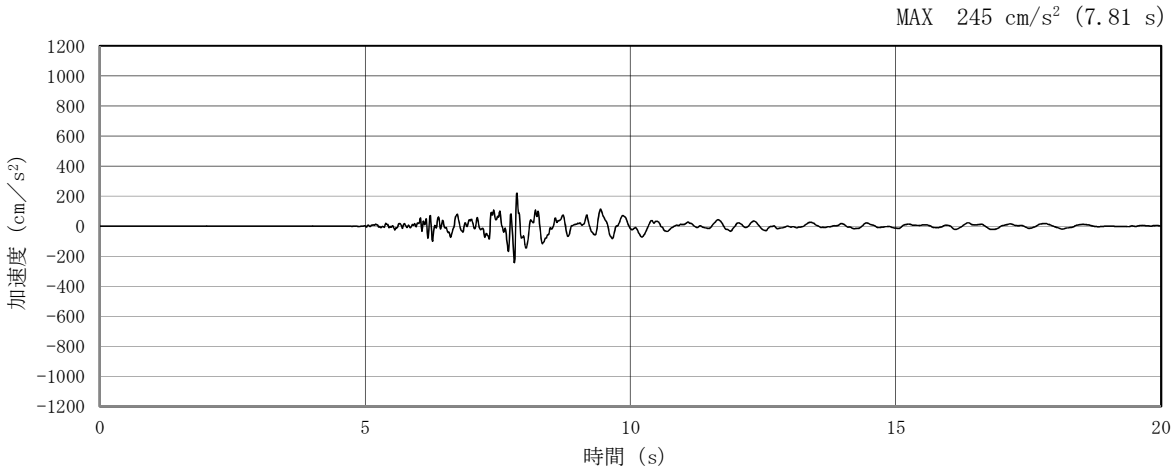


(a) 加速度時刻歴波形

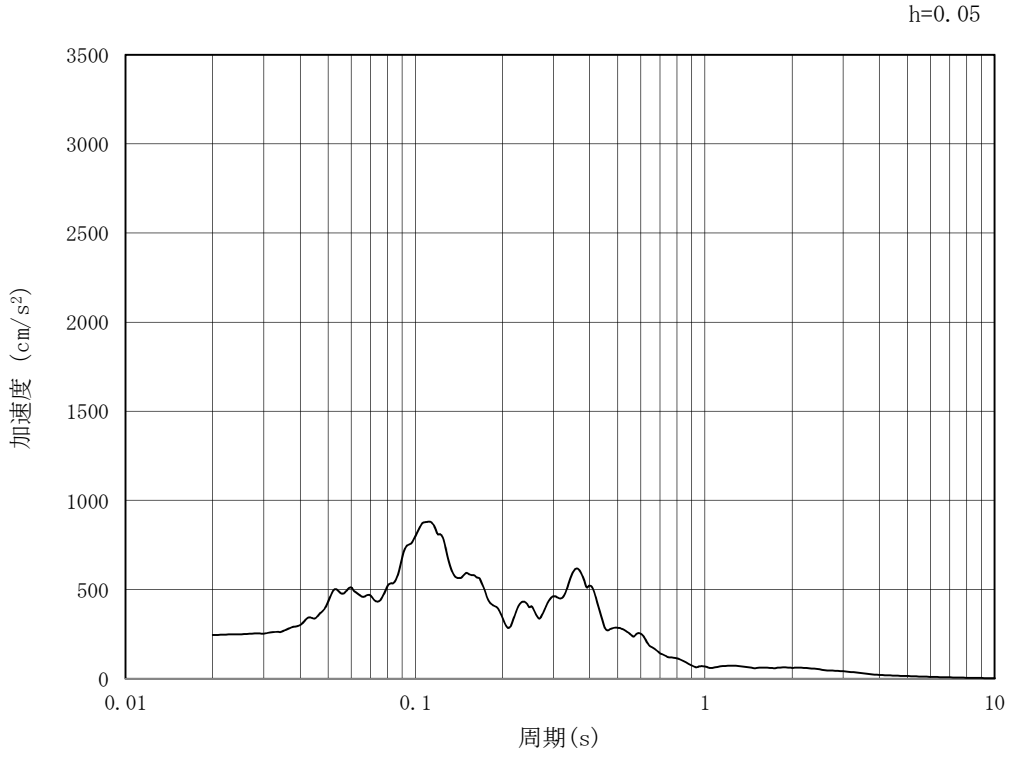


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (31)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－３１）



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (32)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－３１）

3.5　解析モデル及び諸元

3.5.1　解析モデル

電源装置置場の地震応答解析モデルを第3－6図に示す。

(1)　解析領域

地震応答解析モデルは，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，十分広い領域とする。

(2)　境界条件

地震応答解析時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。

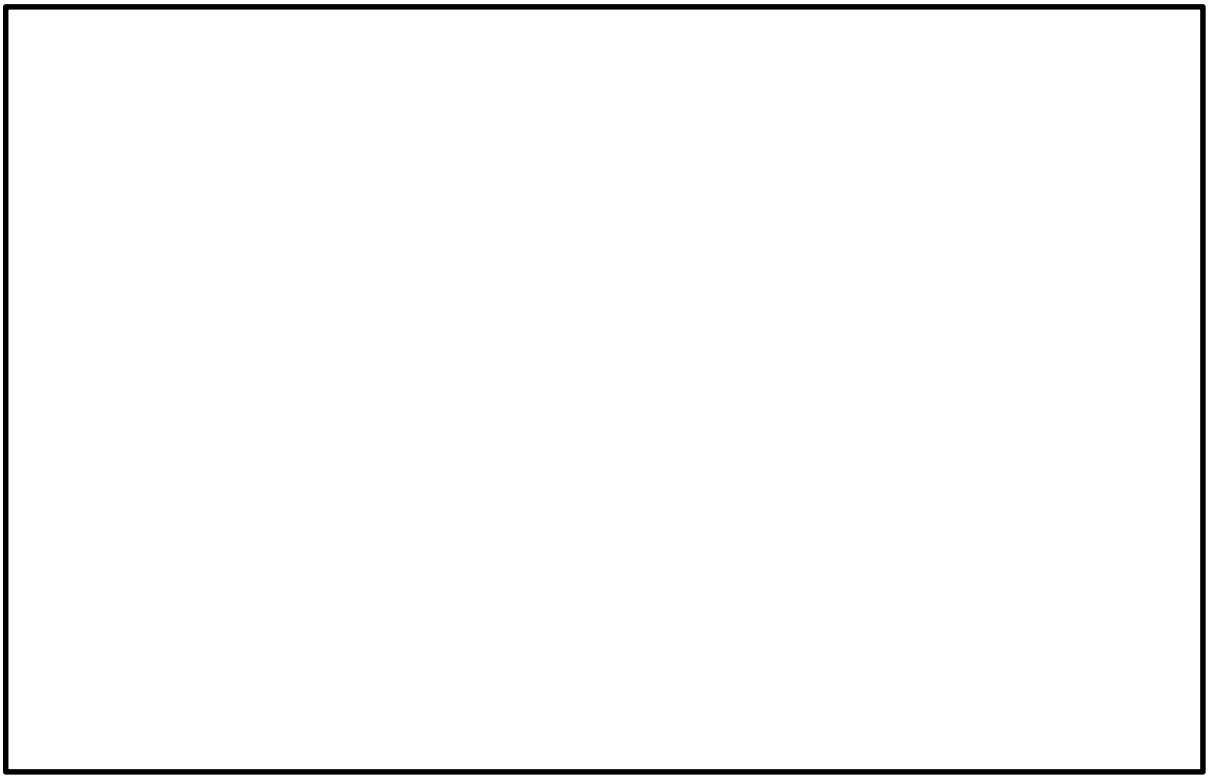
(3)　構造物のモデル化

南北方向⑤－⑤断面については，鉄筋コンクリートの部材は線形はり要素によりモデル化する。

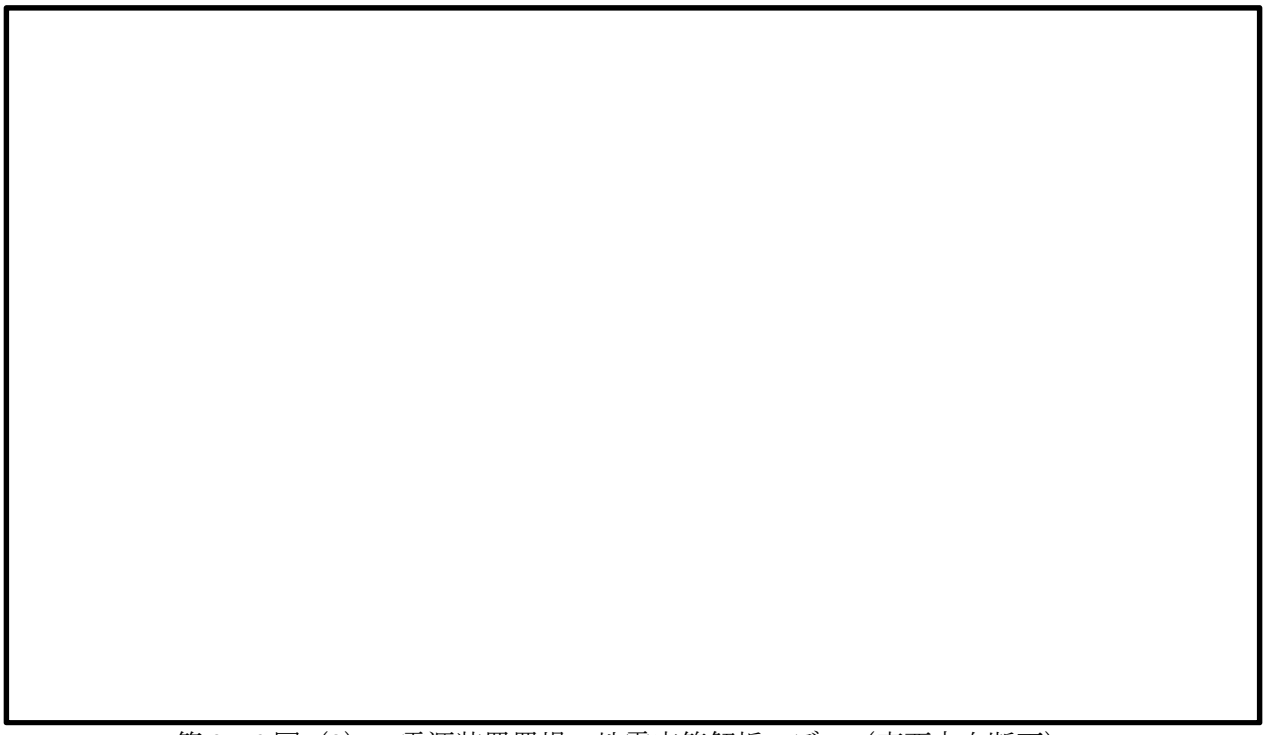
東西方向断面については，鉄筋コンクリートのスラブ部材等は線形はり要素によりモデル化し，耐震壁の効果を見込む側壁及び隔壁は平面ひずみ要素によりモデル化する。

(4)　地盤のモデル化

地盤は，マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し，地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。



第 3－6 図 (1)　 電源装置置場の地震応答解析モデル（南北方向 ⑤－⑤断面）



第 3－6 図 (2)　 電源装置置場の地震応答解析モデル（東西方向断面）

3.5.2　使用材料及び材料の物性値

耐震評価に用いる材料定数は，適用基準類を基に設定する。構造物の使用材料を第3－4表に，材料の物性値を第3－5表に示す。

第3－4表　使用材料

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

第3－5表　材料の物性値

材料		単位体積重量 (kN/m^3)	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比	減衰定数 (%)
鉄筋コンクリート	設計基準強度　40 N/mm^2 *1	24.5*1	3.1×10^4 *1	0.2*1	5*2

注記　＊1：コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（（社）土木学会，2002年制定）

＊2：ＪＥＡＧ４６０１－1987（（社）日本電気協会）

3.5.3　地盤の物性値

地盤の物性値は，添付資料「Ⅴ-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

地盤の物性値を第3－6表～第3－8表に示す。

第3－6表　地盤の解析用物性値一覧（液状化検討対象層）

パラメータ				原地盤								豊浦標準砂
				埋戻土	第四系（液状化検討対象層）							
				fl	du	Ag2	As	Ag1	D2s-3	D2g-3	D1g-1	
物理特性	密度 （）は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	1.98 (1.82)	1.98 (1.82)	2.01 (1.89)	1.74	2.01 (1.89)	1.92	2.15 (2.11)	2.01 (1.89)	1.958
	間隙比	e	－	0.75	0.75	0.67	1.2	0.67	0.79	0.43	0.67	0.702
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	－	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.19	0.26	0.25	0.333
	基準平均有効主応力 （）は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	358 (312)	358 (312)	497 (299)	378	814 (814)	966	1167 (1167)	1695 (1710)	12.6
	基準初期せん断剛性 （）は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m^2	253529 (220739)	253529 (220739)	278087 (167137)	143284	392073 (392073)	650611	1362035 (1362035)	947946 (956776)	18975
	最大履歴減衰率	h_{max}	－	0.220	0.220	0.233	0.216	0.221	0.192	0.130	0.233	0.287
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm^2	0	0	0	0.012	0	0.01	0	0	0
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	37.3	37.3	37.4	41	37.4	35.8	44.4	37.4	30
液状化特性	液状化パラメータ	ϕ_p	－	34.8	34.8	34.9	38.3	34.9	33.4	41.4	34.9	28
	液状化パラメータ	S_1	－	0.047	0.047	0.028	0.046	0.029	0.048	0.030	0.020	0.005
	液状化パラメータ	W_1	－	6.5	6.5	56.5	6.9	51.6	17.6	45.2	10.5	5.06
	液状化パラメータ	P_1	－	1.26	1.26	9.00	1.00	12.00	4.80	8.00	7.00	0.57
	液状化パラメータ	P_2	－	0.80	0.80	0.60	0.75	0.60	0.96	0.60	0.50	0.80
	液状化パラメータ	C_1	－	2.00	2.00	3.40	2.27	3.35	3.15	3.82	2.83	1.44

第3－7表　地盤の解析用物性値一覧（非液状化層）

パラメータ				原地盤					
				第四系（非液状化層）				新第三系	捨石
				Ac	D2c-3	lm	D1c-1*1	Km	
物理特性	密度 （）は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	1.65	1.77	1.47 (1.43)	－	1.72-1.03×10^{-4}・z	2.04 (1.84)
	間隙比	e	－	1.59	1.09	2.8	－	1.16	0.82
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	－	0.10	0.22	0.14	－	0.16+0.00025・z	0.33
	基準平均有効主応力 （）は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	480	696	249 (223)	－	動的変形特性に基づきz（標高）毎に物性値を設定	98
	基準初期せん断剛性 （）は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m^2	121829	285223	38926 (35783)	－		180000
	最大履歴減衰率	h_{max}	－	0.200	0.186	0.151	－		0.24
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm^2	0.025	0.026	0.042	－	0.358-0.00603・z	0.02
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	29.1	35.6	27.3	－	23.2+0.0990・z	35

注記　＊1：施設の耐震評価に影響を与えるものではないことから，解析用物性値として本表には記載しない。

第3－8表　地盤の解析用物性値一覧(新第三系 Km 層)

区分番号	設定深度 TP(m) Z	適用深度 TP(m)	密度 ρ (g/cm³)	静ポアソン比 ν_{CD}	粘着力 C_{CD} (kN/m²)	内部摩擦角 ϕ_{CD} (°)	せん断波速度Vs (m/s)	基準初期せん断剛性 Gma (kN/m²)	基準体積弾性係数 Kma (kN/m²)	基準平均有効主応力 σ'ma (kN/m²)	拘束圧依存係数 mG,mK	最大履歴減衰率 hmax(-)	動ポアソン比 ν_d	疎密波速度Vp (m/s)
1	10	9.5 ～ 10.5	1.72	0.16	298	24.2	425	310,675	353,317	504	0.0	0.105	0.464	1,640
2	9	8.5 ～ 9.5	1.72	0.16	304	24.1	426	312,139	354,982	504	0.0	0.105	0.464	1,644
3	8	7.5 ～ 8.5	1.72	0.16	310	24.0	427	313,606	356,650	504	0.0	0.105	0.464	1,648
4	7	6.5 ～ 7.5	1.72	0.16	316	23.9	428	315,076	358,322	504	0.0	0.105	0.464	1,651
5	6	5.5 ～ 6.5	1.72	0.16	322	23.8	428	315,076	358,322	504	0.0	0.106	0.464	1,651
6	5	4.5 ～ 5.5	1.72	0.16	328	23.7	429	316,551	359,999	504	0.0	0.106	0.464	1,655
7	4	3.5 ～ 4.5	1.72	0.16	334	23.6	430	318,028	361,679	504	0.0	0.106	0.463	1,638
8	3	2.5 ～ 3.5	1.72	0.16	340	23.5	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642
9	2	1.5 ～ 2.5	1.72	0.16	346	23.4	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642
10	1	0.5 ～ 1.5	1.72	0.16	352	23.3	432	320,993	365,051	504	0.0	0.107	0.463	1,646
11	0	-0.5 ～ 0.5	1.72	0.16	358	23.2	433	322,481	366,743	504	0.0	0.107	0.463	1,650
12	-1	-1.5 ～ -0.5	1.72	0.16	364	23.1	434	323,972	368,439	504	0.0	0.108	0.463	1,653
13	-2	-2.5 ～ -1.5	1.72	0.16	370	23.0	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657
14	-3	-3.5 ～ -2.5	1.72	0.16	376	22.9	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657
15	-4	-4.5 ～ -3.5	1.72	0.16	382	22.8	436	326,965	371,843	504	0.0	0.108	0.463	1,661
16	-5	-5.5 ～ -4.5	1.72	0.16	388	22.7	437	328,467	373,551	504	0.0	0.109	0.462	1,644
17	-6	-6.5 ～ -5.5	1.72	0.16	394	22.6	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648
18	-7	-7.5 ～ -6.5	1.72	0.16	400	22.5	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648
19	-8	-8.5 ～ -7.5	1.72	0.16	406	22.4	439	331,480	376,977	504	0.0	0.109	0.462	1,652
20	-9	-9.5 ～ -8.5	1.72	0.16	412	22.3	440	332,992	378,697	504	0.0	0.110	0.462	1,656
21	-10	-11 ～ -9.5	1.72	0.16	418	22.2	441	334,507	380,420	504	0.0	0.110	0.462	1,659
22	-12	-13 ～ -11	1.72	0.16	430	22.0	442	336,026	382,147	504	0.0	0.110	0.462	1,663
23	-14	-15 ～ -13	1.72	0.16	442	21.8	444	339,074	385,614	504	0.0	0.111	0.462	1,671
24	-16	-17 ～ -15	1.72	0.16	454	21.6	445	340,603	387,352	504	0.0	0.111	0.461	1,654
25	-18	-19 ～ -17	1.72	0.16	467	21.4	447	343,671	390,842	504	0.0	0.112	0.461	1,662
26	-20	-21 ～ -19	1.72	0.16	479	21.2	448	345,211	392,593	504	0.0	0.112	0.461	1,665
27	-22	-23 ～ -21	1.72	0.15	491	21.0	450	348,300	381,471	498	0.0	0.112	0.461	1,673
28	-24	-25 ～ -23	1.72	0.15	503	20.8	452	351,403	384,870	498	0.0	0.113	0.461	1,680
29	-26	-27 ～ -25	1.72	0.15	515	20.6	453	352,959	386,574	498	0.0	0.113	0.460	1,664
30	-28	-29 ～ -27	1.72	0.15	527	20.4	455	356,083	389,996	498	0.0	0.114	0.460	1,672
31	-30	-31 ～ -29	1.72	0.15	539	20.2	456	357,650	391,712	498	0.0	0.114	0.460	1,675
32	-32	-33 ～ -31	1.72	0.15	551	20.0	458	360,794	395,155	498	0.0	0.115	0.460	1,683
33	-34	-35 ～ -33	1.72	0.15	563	19.8	459	362,371	396,883	498	0.0	0.115	0.459	1,667
34	-36	-37 ～ -35	1.72	0.15	575	19.6	461	365,536	400,349	498	0.0	0.115	0.459	1,675
35	-38	-39 ～ -37	1.72	0.15	587	19.4	462	367,124	402,088	498	0.0	0.116	0.459	1,678
36	-40	-41 ～ -39	1.72	0.15	599	19.2	464	370,309	405,577	498	0.0	0.116	0.459	1,685
37	-42	-43 ～ -41	1.72	0.15	611	19.0	465	371,907	407,327	498	0.0	0.117	0.459	1,689
38	-44	-45 ～ -43	1.72	0.15	623	18.8	467	375,113	410,838	498	0.0	0.117	0.458	1,678
39	-46	-47 ～ -45	1.72	0.15	635	18.6	468	376,721	412,599	498	0.0	0.117	0.458	1,681
40	-48	-49 ～ -47	1.72	0.15	647	18.4	470	379,948	416,134	498	0.0	0.118	0.458	1,688
41	-50	-51 ～ -49	1.73	0.15	660	18.3	472	385,416	422,122	498	0.0	0.118	0.458	1,696
42	-52	-53 ～ -51	1.73	0.15	672	18.1	473	387,051	423,913	498	0.0	0.118	0.458	1,699
43	-54	-55 ～ -53	1.73	0.15	684	17.9	475	390,331	427,505	498	0.0	0.118	0.457	1,688
44	-56	-57 ～ -55	1.73	0.15	696	17.7	476	391,976	429,307	498	0.0	0.119	0.457	1,692
45	-58	-59 ～ -57	1.73	0.15	708	17.5	478	395,277	432,922	498	0.0	0.119	0.457	1,699
46	-60	-61 ～ -59	1.73	0.15	720	17.3	479	396,933	434,736	498	0.0	0.120	0.457	1,702
47	-62	-63 ～ -61	1.73	0.14	732	17.1	481	400,255	422,491	492	0.0	0.120	0.457	1,709
48	-64	-65 ～ -63	1.73	0.14	744	16.9	482	401,921	424,250	492	0.0	0.120	0.456	1,695
49	-66	-67 ～ -65	1.73	0.14	756	16.7	484	405,263	427,778	492	0.0	0.120	0.456	1,702
50	-68	-69 ～ -67	1.73	0.14	768	16.5	485	406,939	429,547	492	0.0	0.121	0.456	1,705
51	-70	-71 ～ -69	1.73	0.14	780	16.3	487	410,302	433,097	492	0.0	0.121	0.456	1,712
52	-72	-73 ～ -71	1.73	0.14	792	16.1	489	413,679	436,661	492	0.0	0.121	0.456	1,719
53	-74	-75 ～ -73	1.73	0.14	804	15.9	490	415,373	438,449	492	0.0	0.122	0.455	1,705
54	-76	-77 ～ -75	1.73	0.14	816	15.7	492	418,771	442,036	492	0.0	0.122	0.455	1,712
55	-78	-79 ～ -77	1.73	0.14	828	15.5	493	420,475	443,835	492	0.0	0.122	0.455	1,716
56	-80	-81 ～ -79	1.73	0.14	840	15.3	495	423,893	447,443	492	0.0	0.122	0.455	1,723
57	-82	-85 ～ -81	1.73	0.14	852	15.1	496	425,608	449,253	492	0.0	0.123	0.455	1,726
58	-88	-90 ～ -85	1.73	0.14	889	14.5	501	434,232	458,356	492	0.0	0.124	0.454	1,726
59	-92	-95 ～ -90	1.73	0.14	913	14.1	504	439,448	463,862	492	0.0	0.124	0.454	1,736
60	-98	-101 ～ -95	1.73	0.14	949	13.5	509	448,210	473,111	492	0.0	0.125	0.453	1,736
61	-104	-108 ～ -101	1.73	0.13	985	12.9	513	455,282	463,485	486	0.0	0.126	0.452	1,733
62	-112	-115 ～ -108	1.73	0.13	1,033	12.1	519	465,995	474,391	486	0.0	0.127	0.451	1,737
63	-118	-122 ～ -115	1.73	0.13	1,070	11.5	524	475,016	483,575	486	0.0	0.127	0.451	1,754
64	-126	-130 ～ -122	1.73	0.13	1,118	10.7	530	485,957	494,713	486	0.0	0.128	0.450	1,758

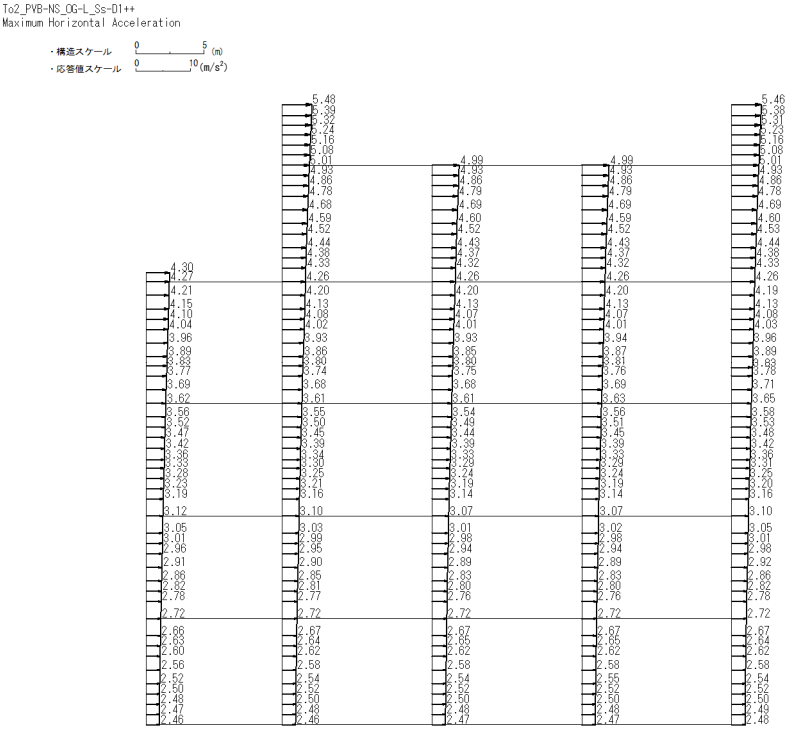
3.5.4　地下水位

地下水位は地表面として設定する。

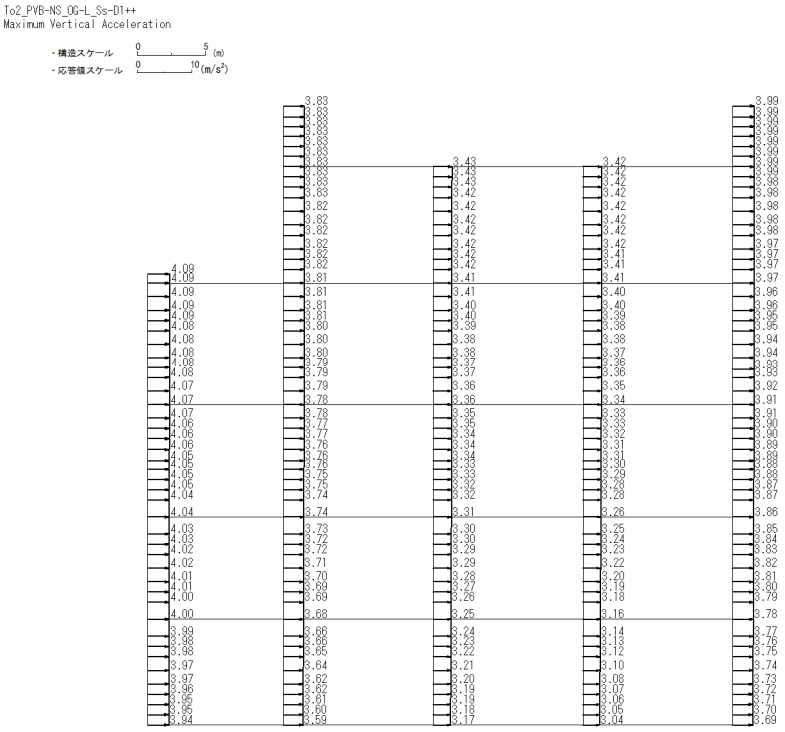
4. 解析結果

4.1 南北方向⑤－⑤断面の解析結果

南北方向⑤－⑤断面の最大加速度分布を第 4－1 図に示す。

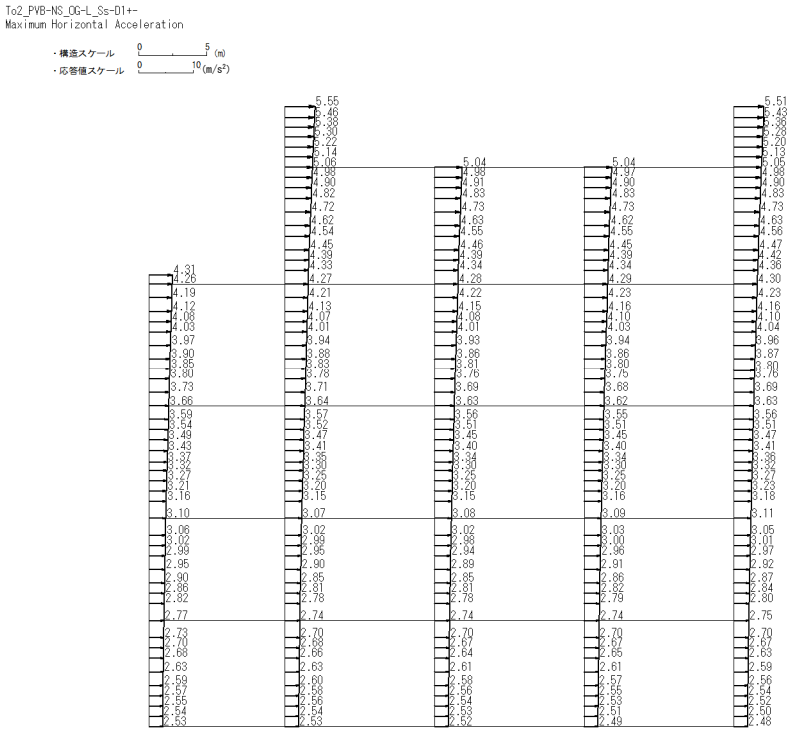


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

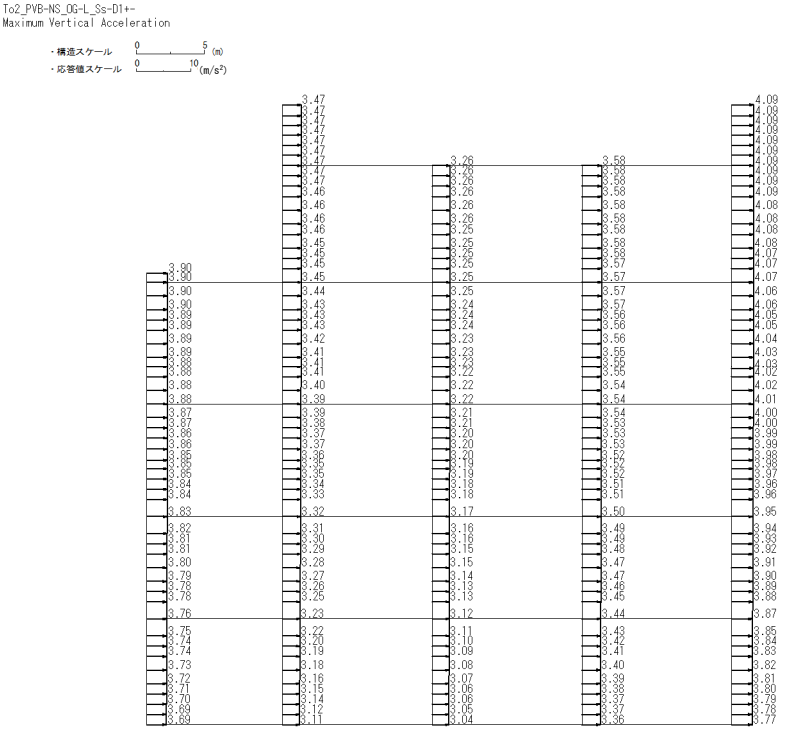


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（1/18）

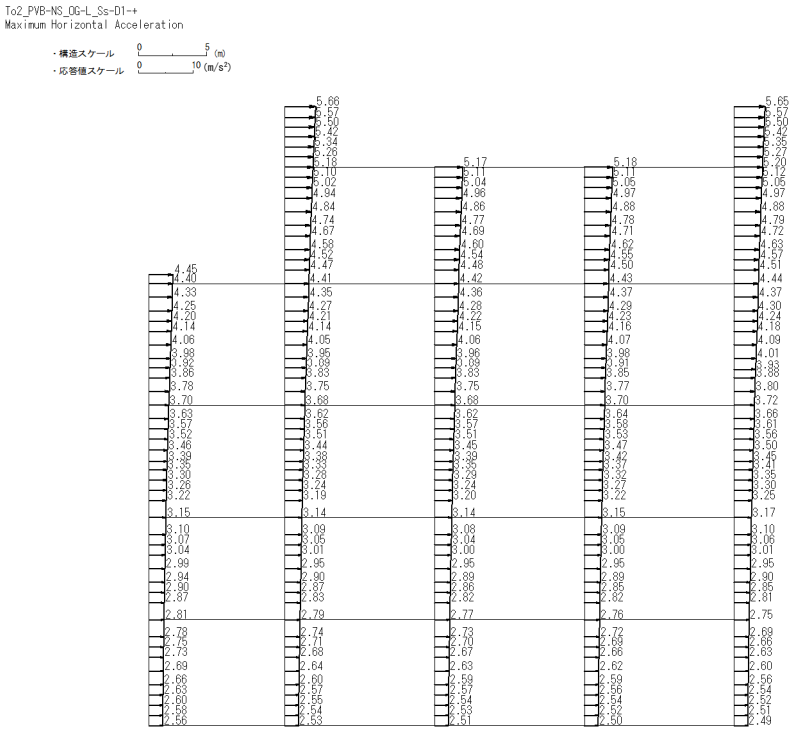


（S_s－D１（H＋，V－），水平）

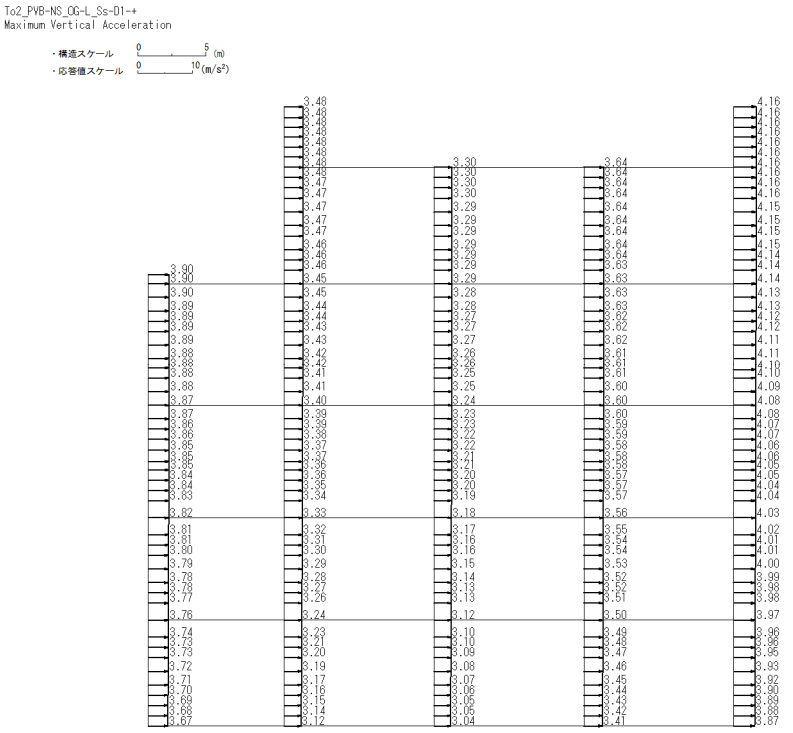


（S_s－D１（H＋，V－），鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（2/18）

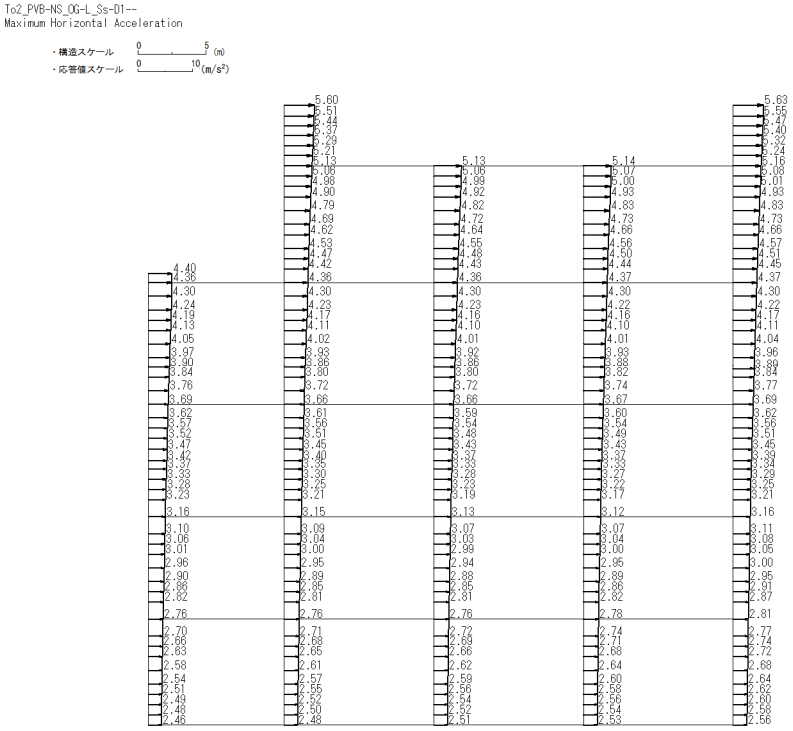


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）

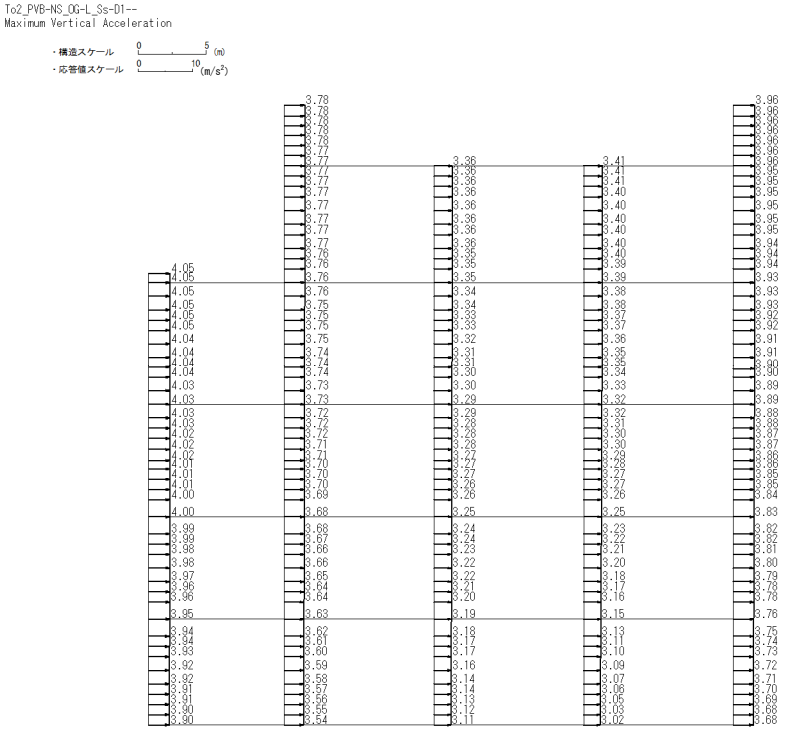


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（3/18）

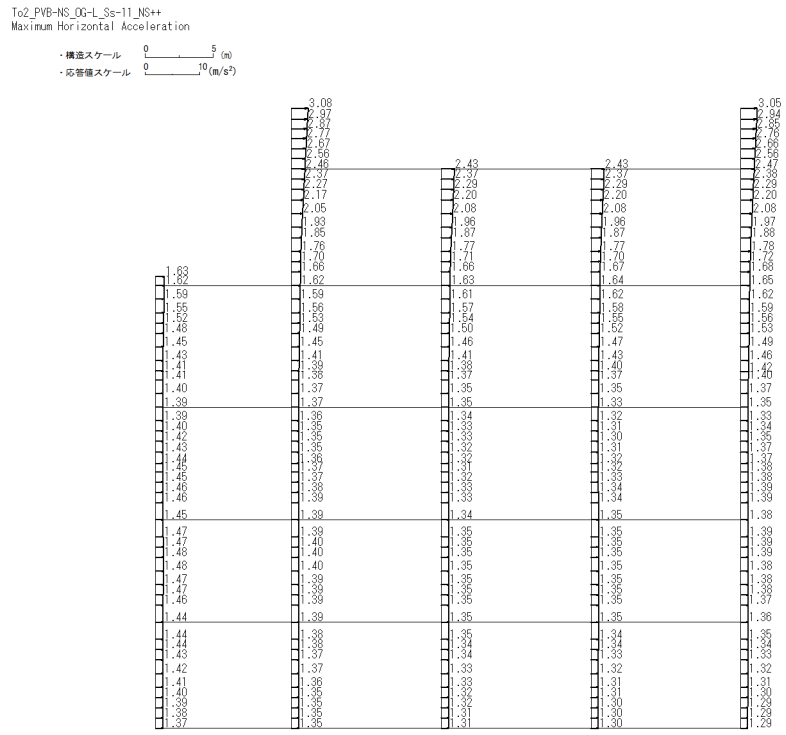


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－），水平）

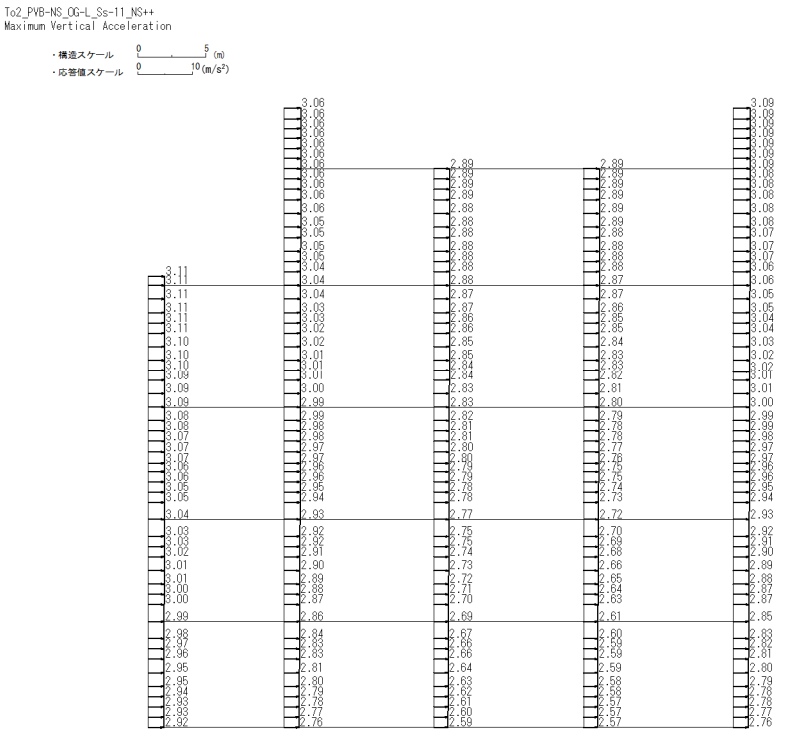


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－），鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（4/18）

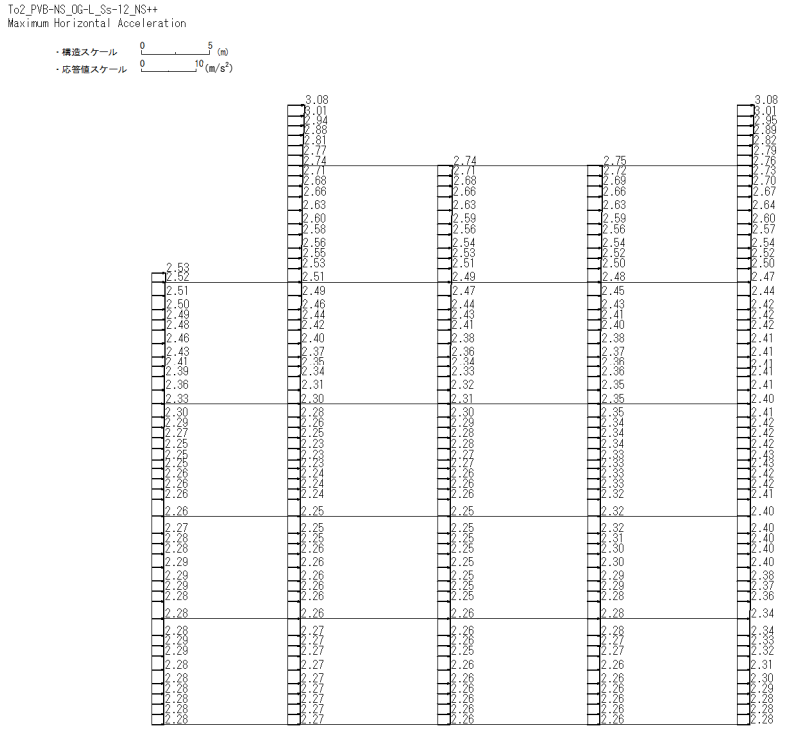


（Ｓｓ－１１，水平）

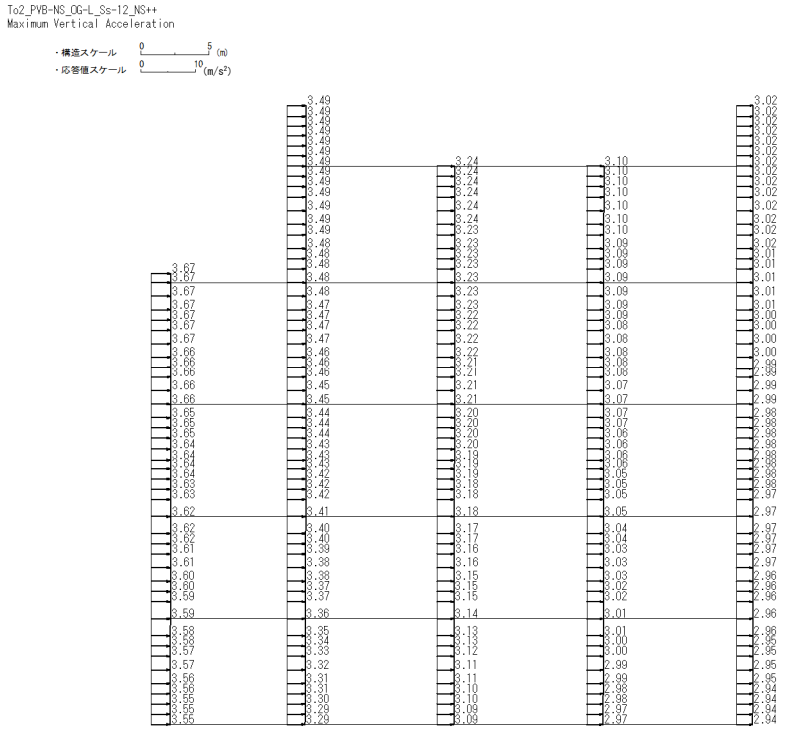


（Ｓｓ－１１，鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（5/18）

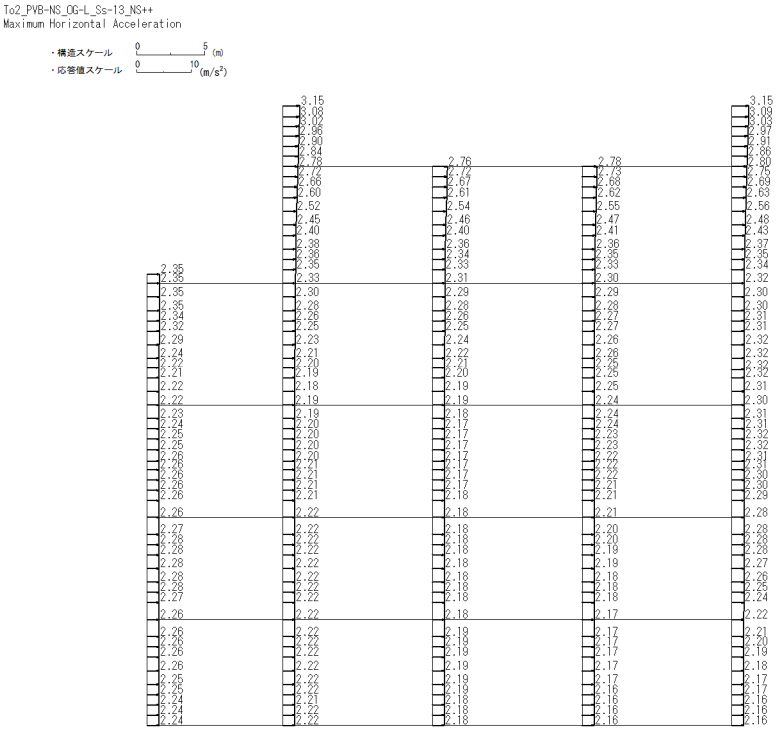


（Ｓｓ－１２，水平）

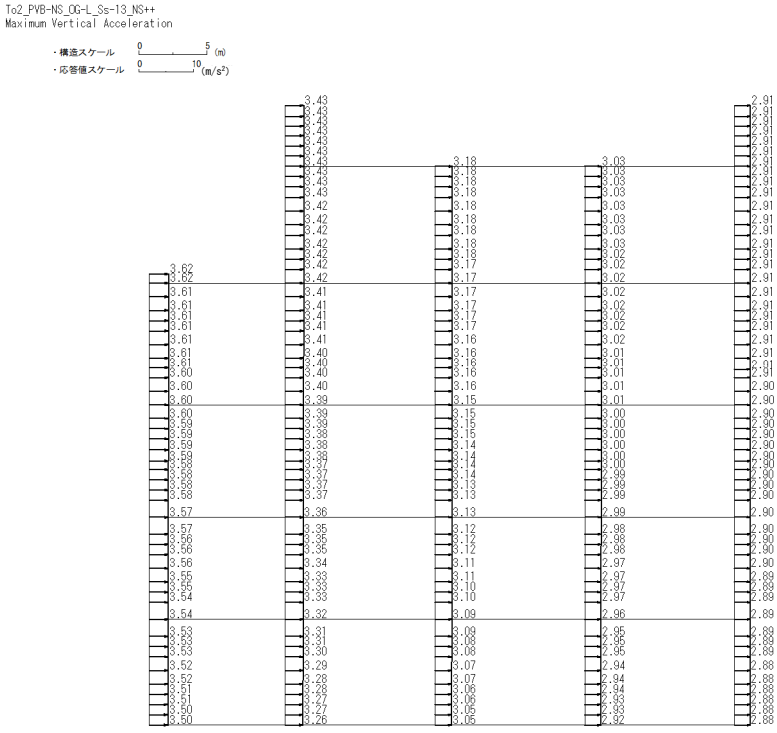


（Ｓｓ－１２，鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（6/18）

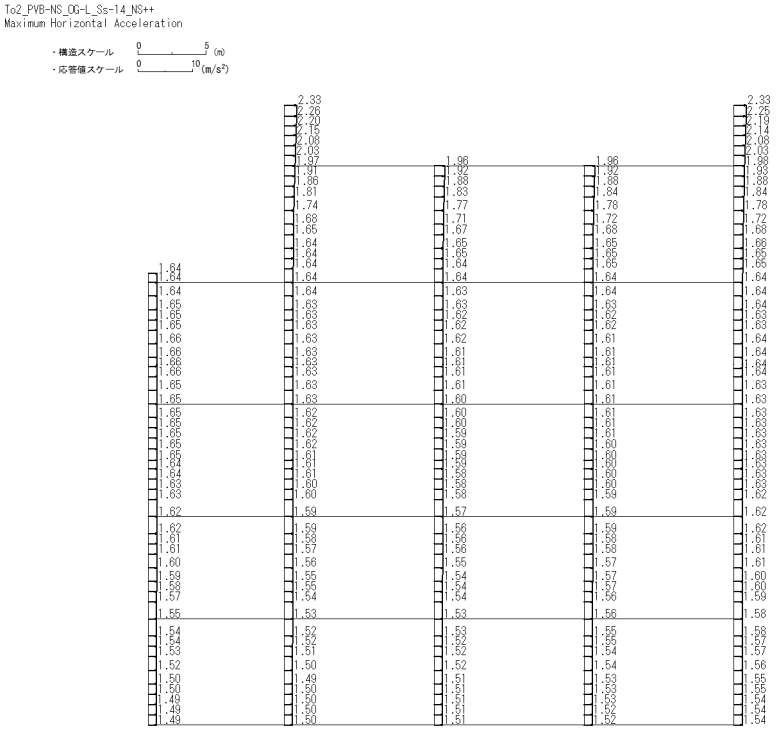


（Ｓｓ－１３，水平）

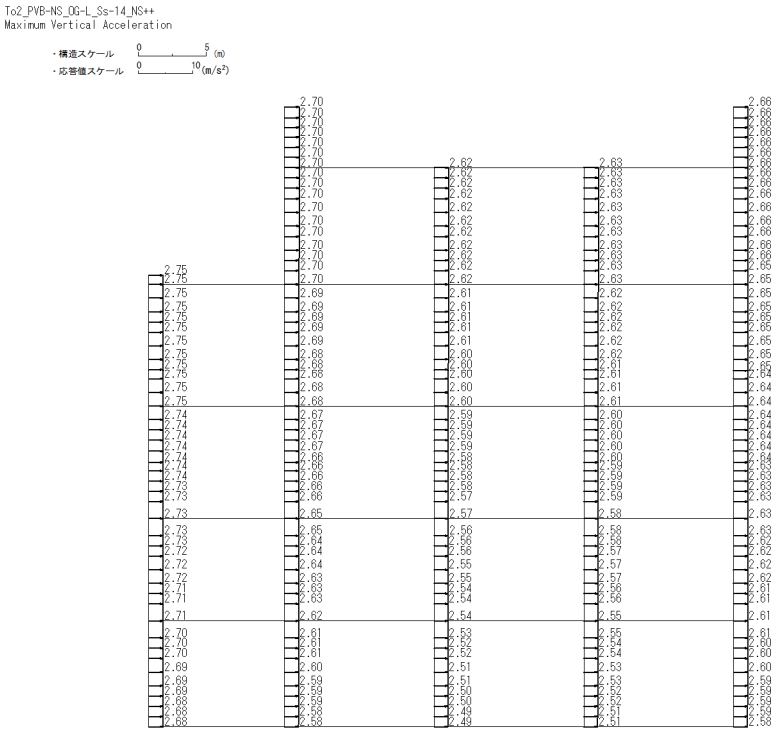


（Ｓｓ－１３，鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（7/18）

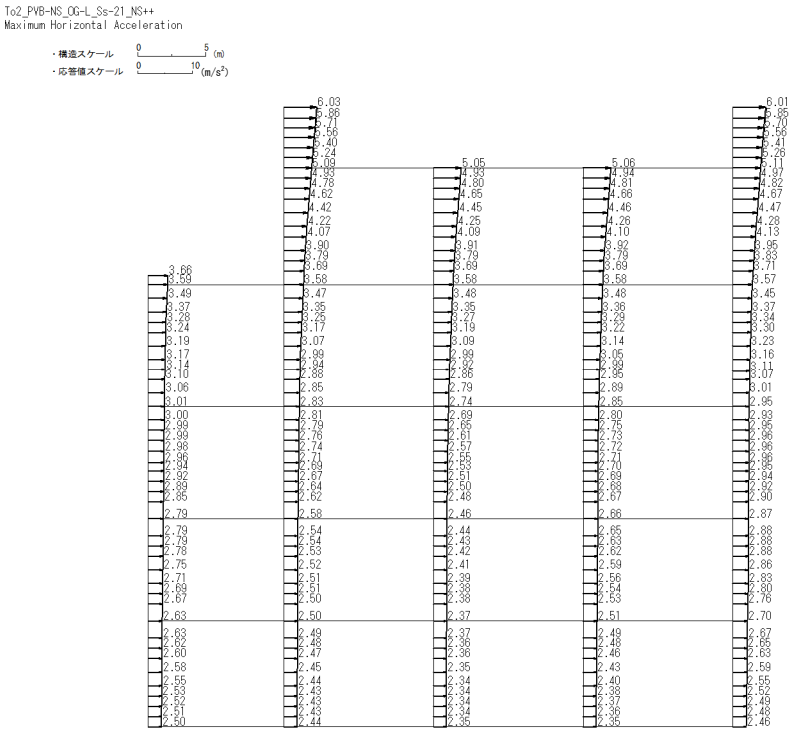


（Ｓｓ－１４，水平）

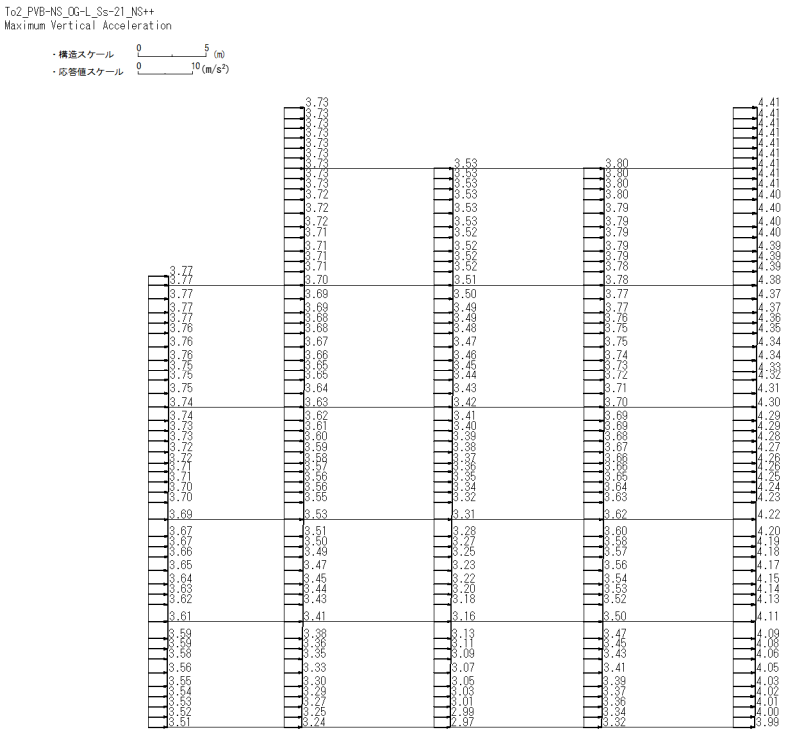


（Ｓｓ－１４，鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（8/18）

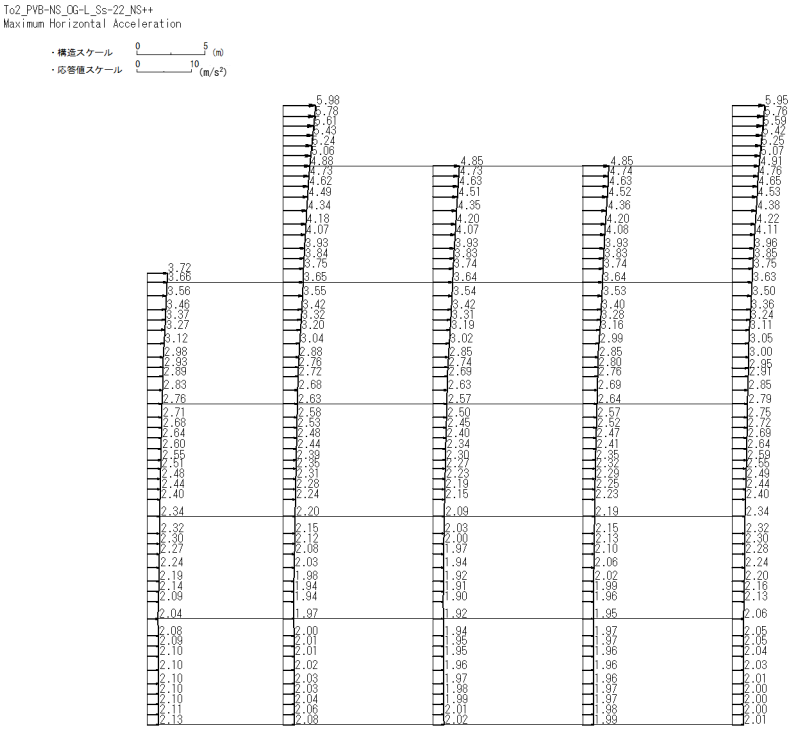


（Ｓｓ－２１，水平）

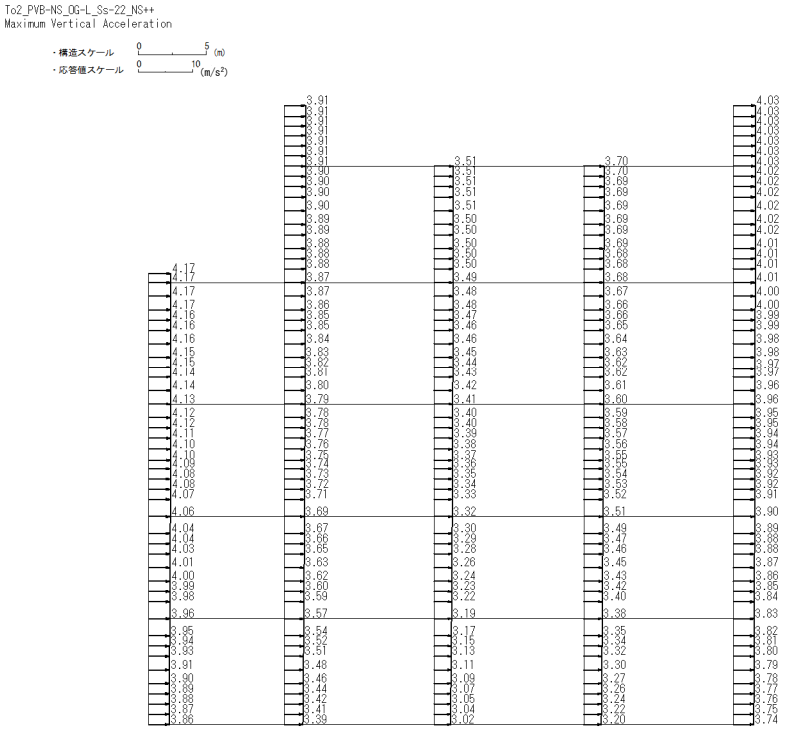


（Ｓｓ－２１，鉛直）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（9/18）

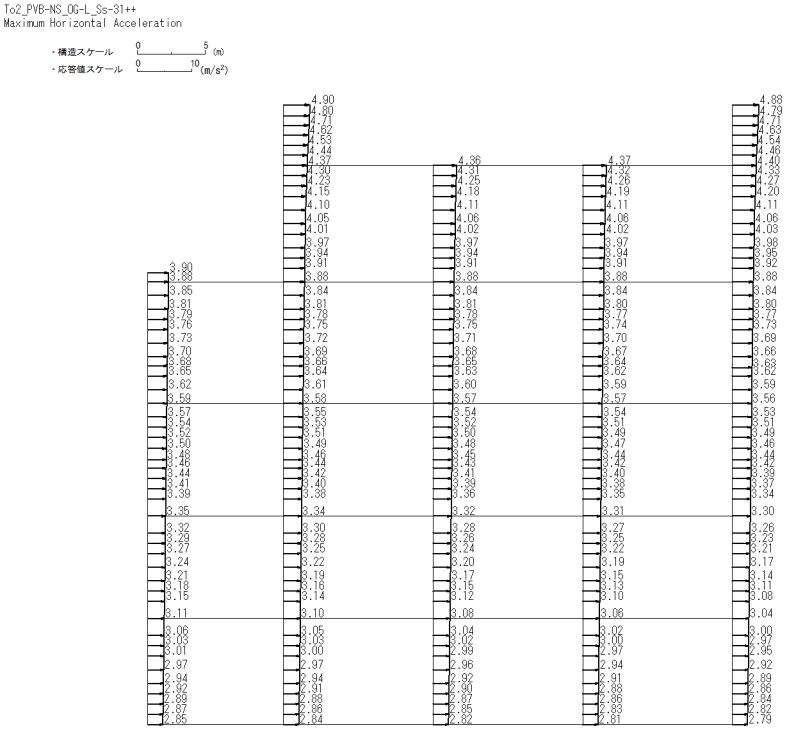


（Ｓｓ－２２，水平）

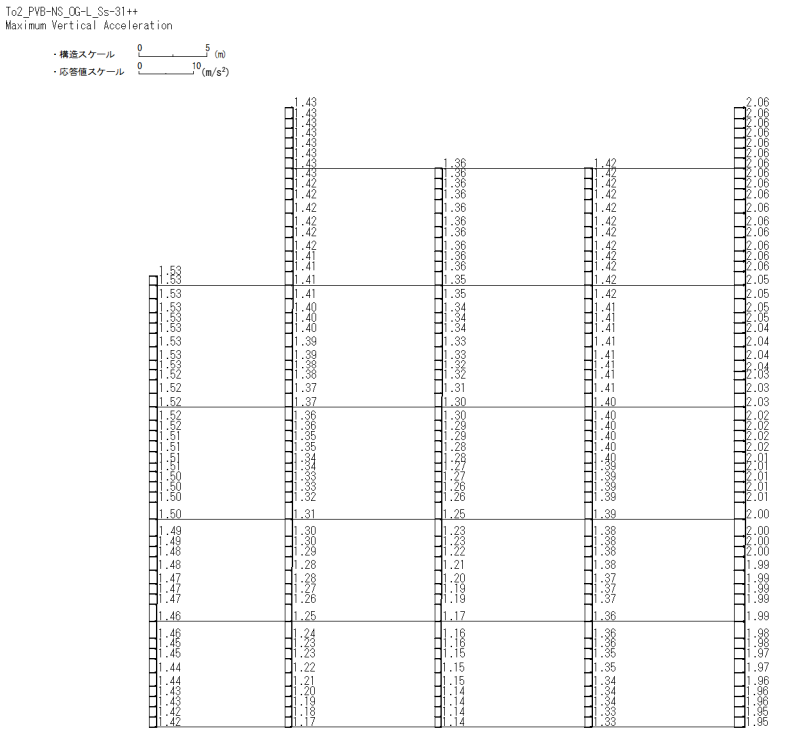


（Ｓｓ－２２，鉛直）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（10/18）

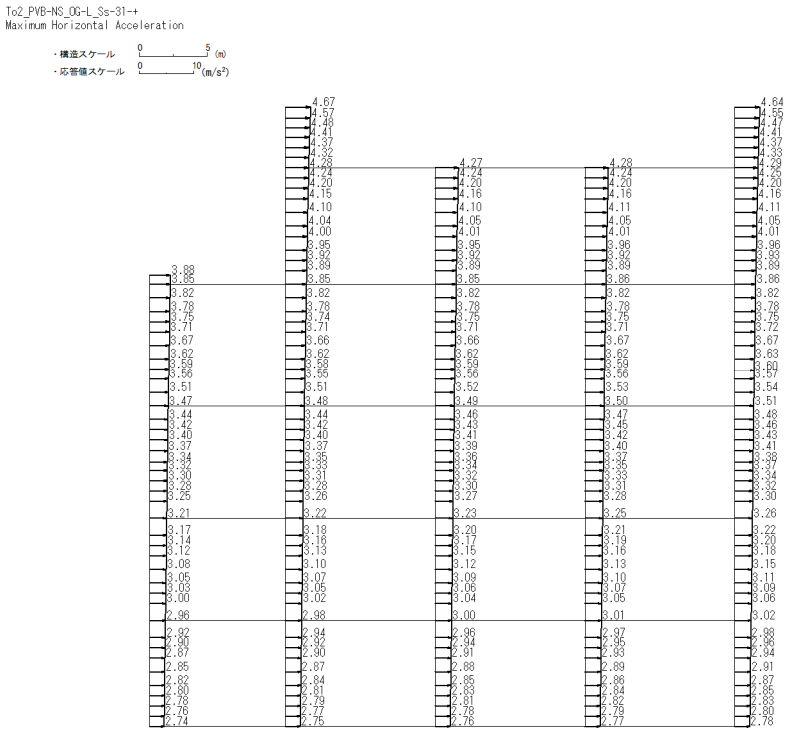


（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

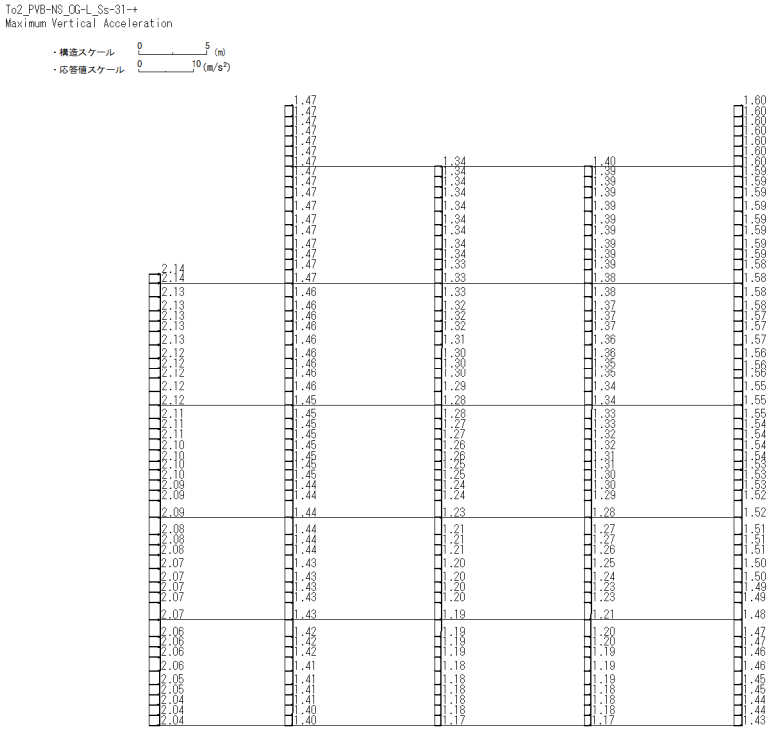


（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（11/18）

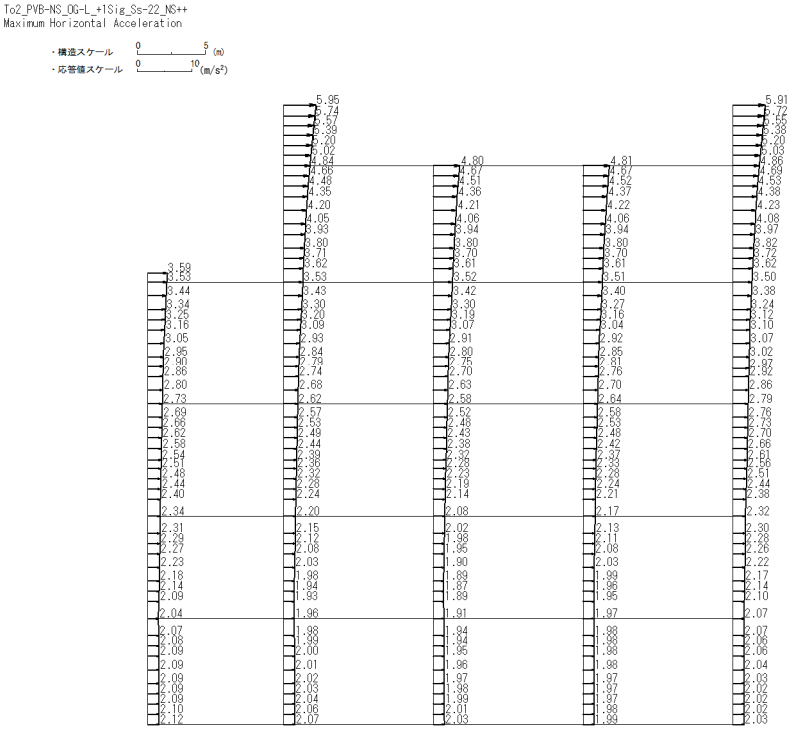


（S_s－３１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）

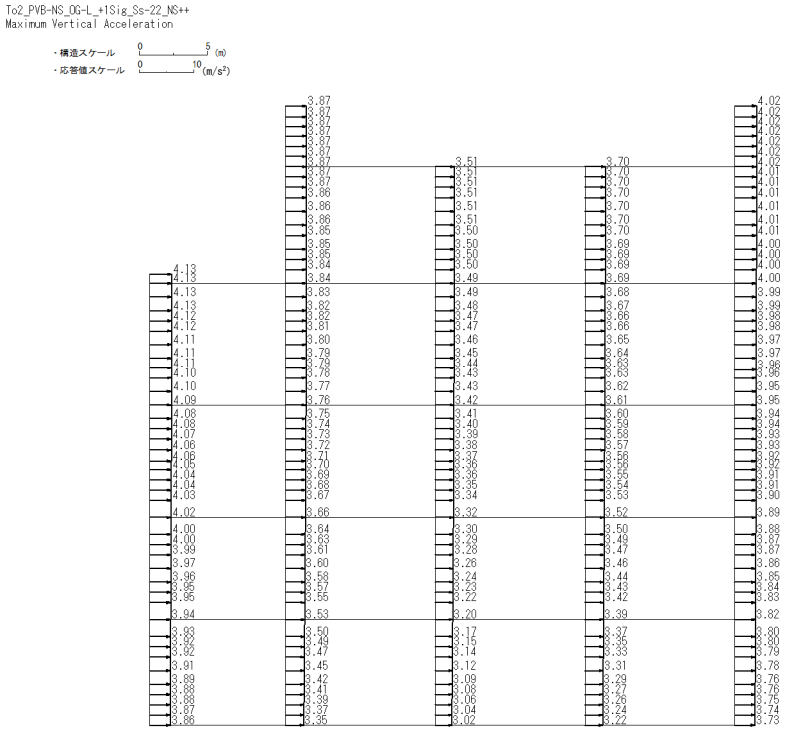


（S_s－３１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（12/18）

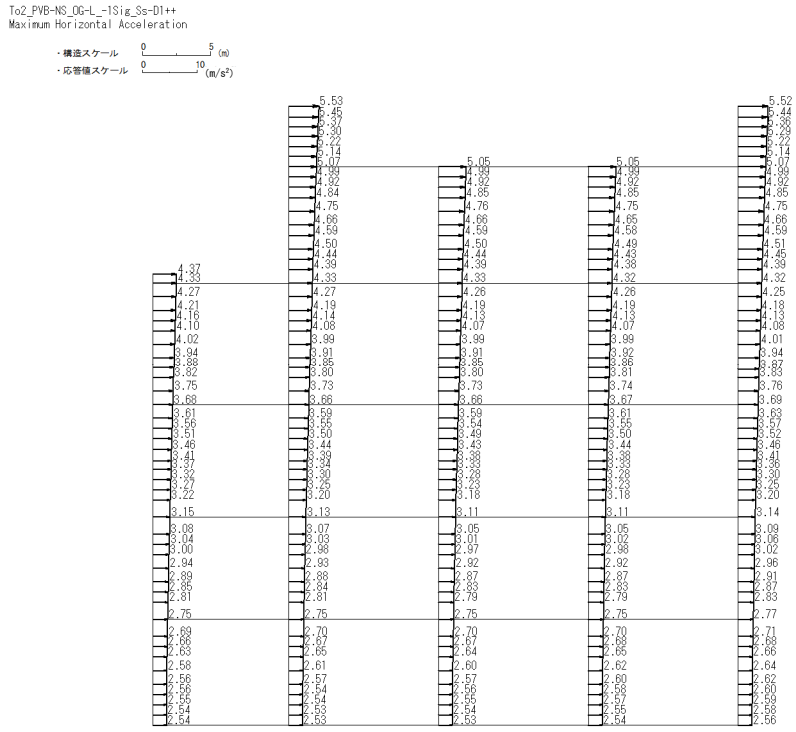


（Ｓｓ－２２，水平）

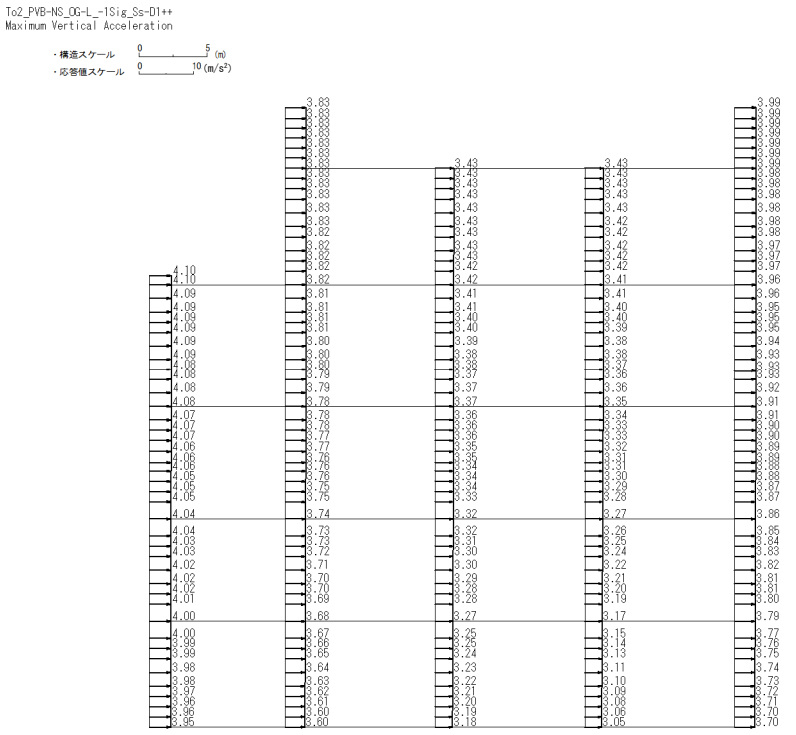


（Ｓｓ－２２，鉛直）

第 4－1 図　②地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース　最大加速度分布（13/18）
（②で最大照査値となる解析ケース）

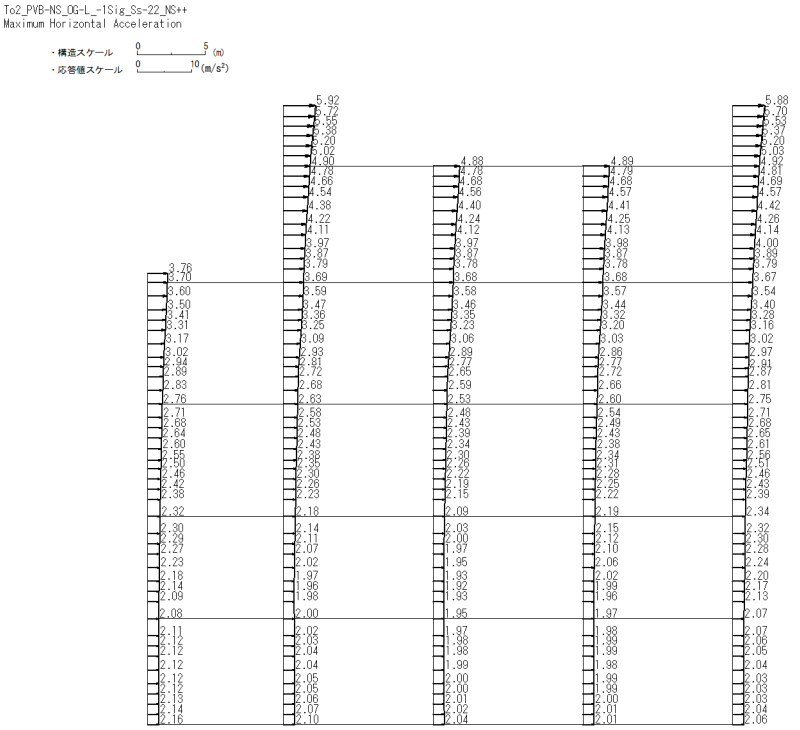


（Ｓｓ－Ｄ１，水平）

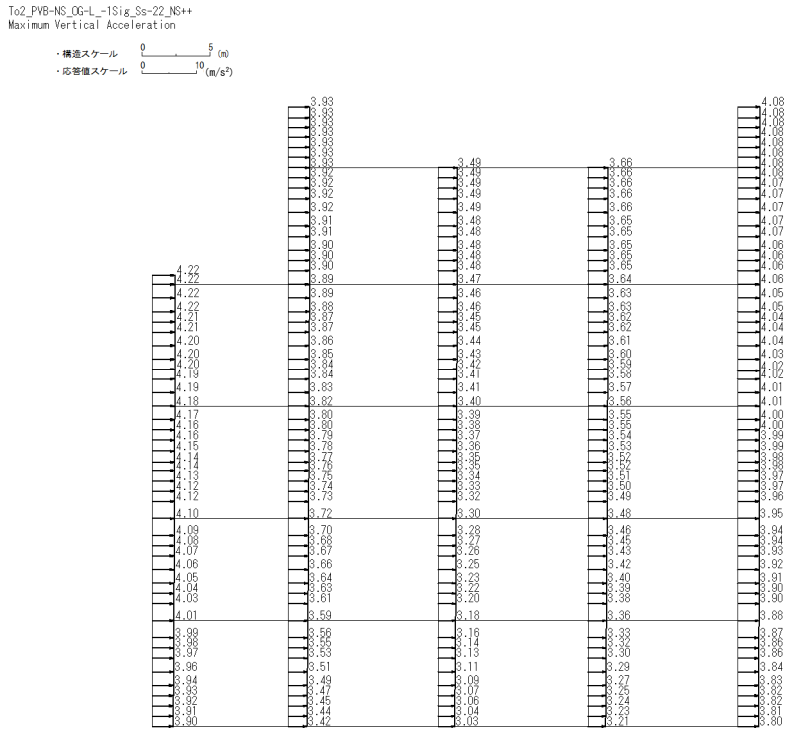


（Ｓｓ－Ｄ１，鉛直）

第 4－1 図　③地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース　最大加速度分布（14/18）
（③で最大照査値となる解析ケース）

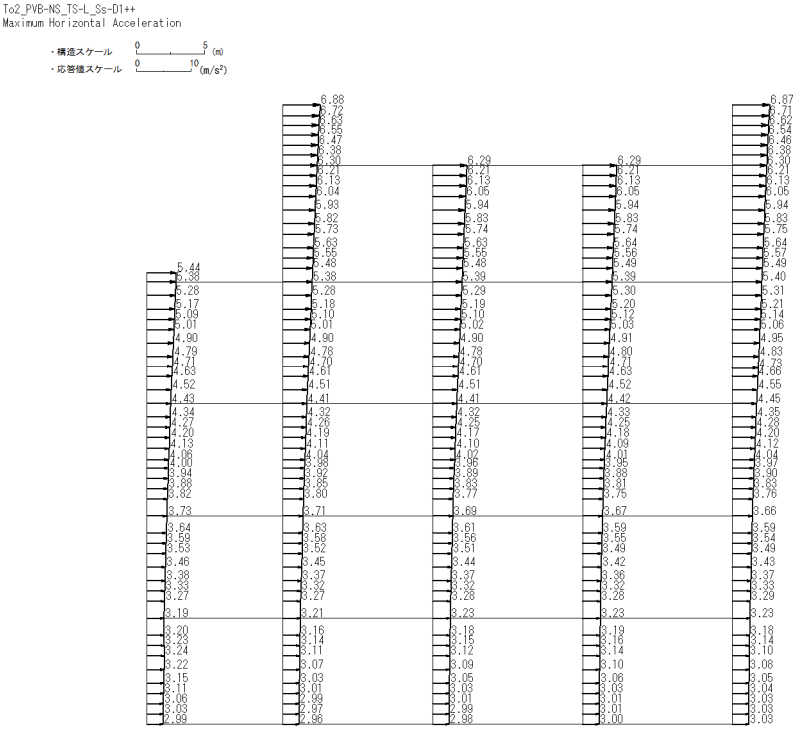


（Ｓｓ－２２，水平）

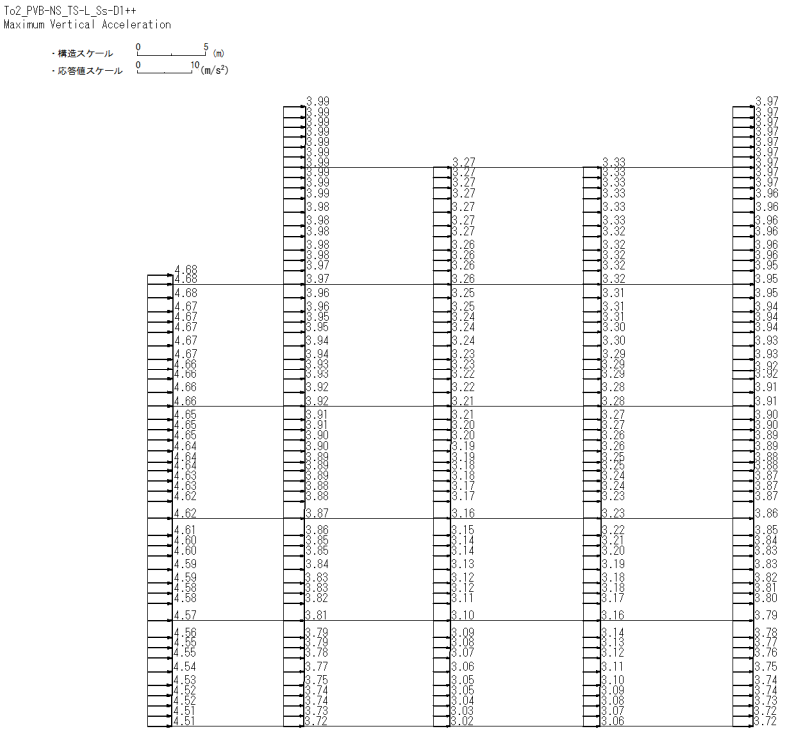


（Ｓｓ－２２，鉛直）

第 4－1 図　③地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース　最大加速度分布（15/18）
（③で最大照査値となる解析ケース）

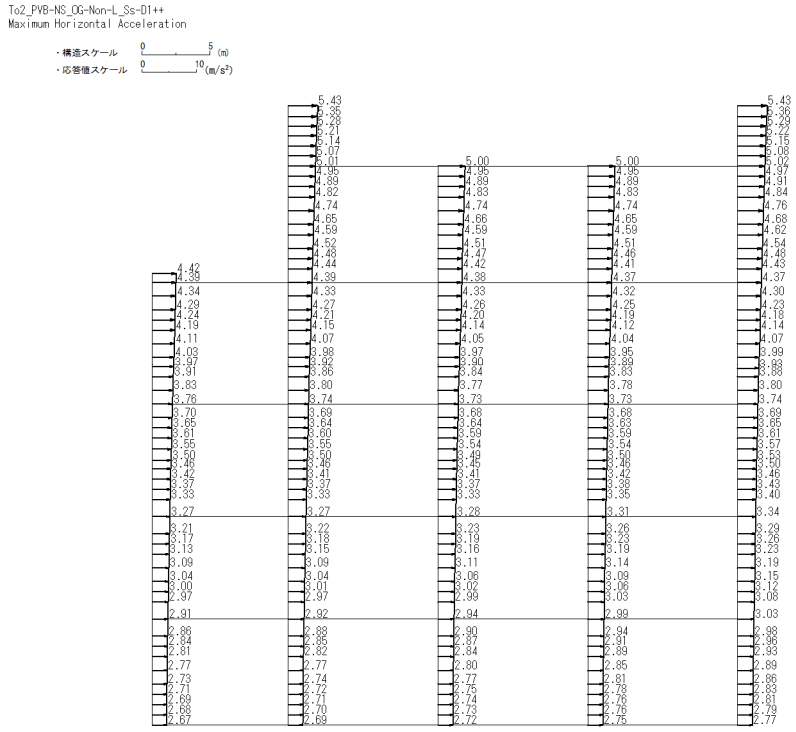


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

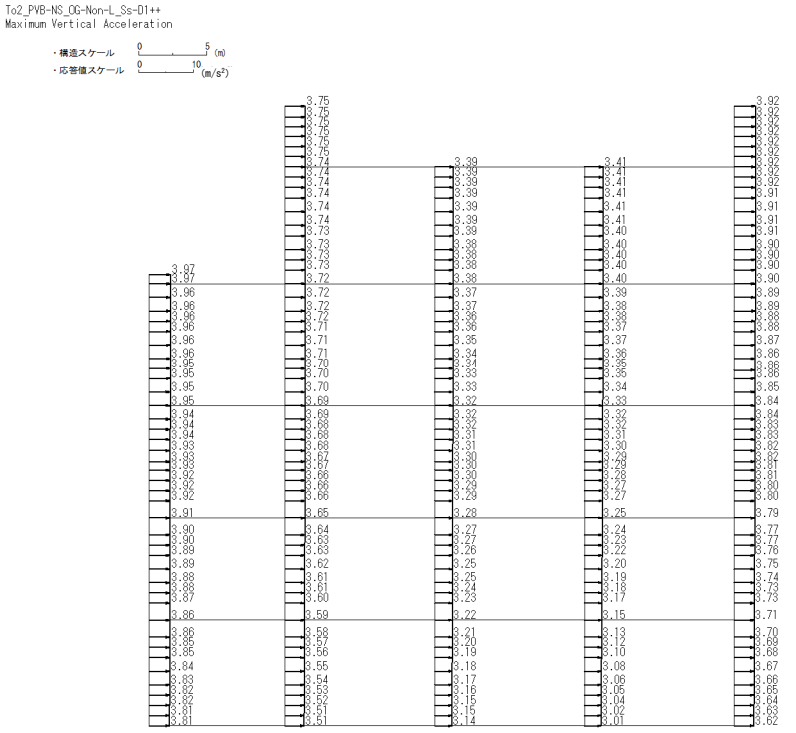


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4－1 図　④敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース　最大加速度分布（16/18）
（④で最大照査値となる解析ケース）

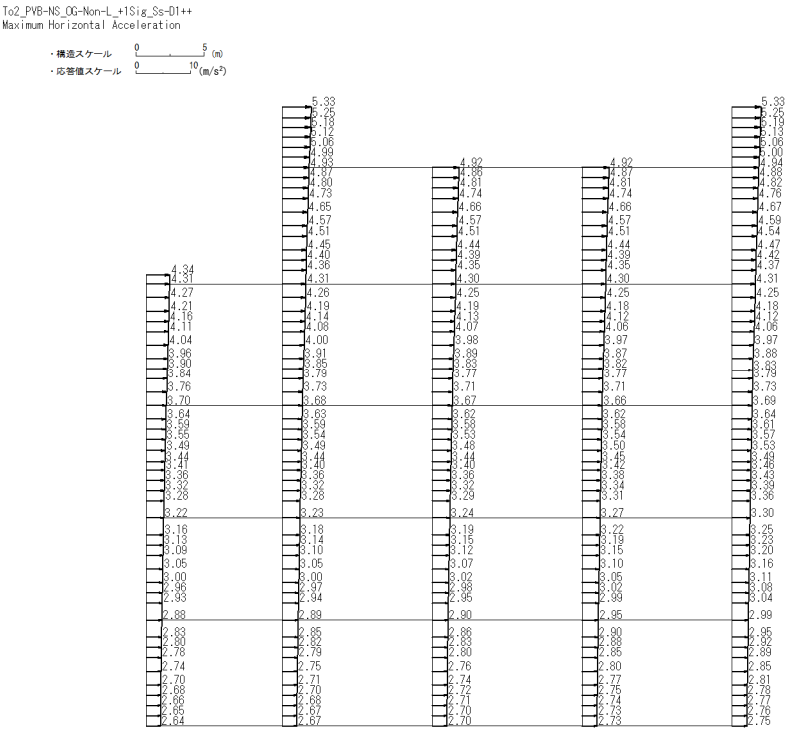


（S_s－D１（H＋，V＋），水平）

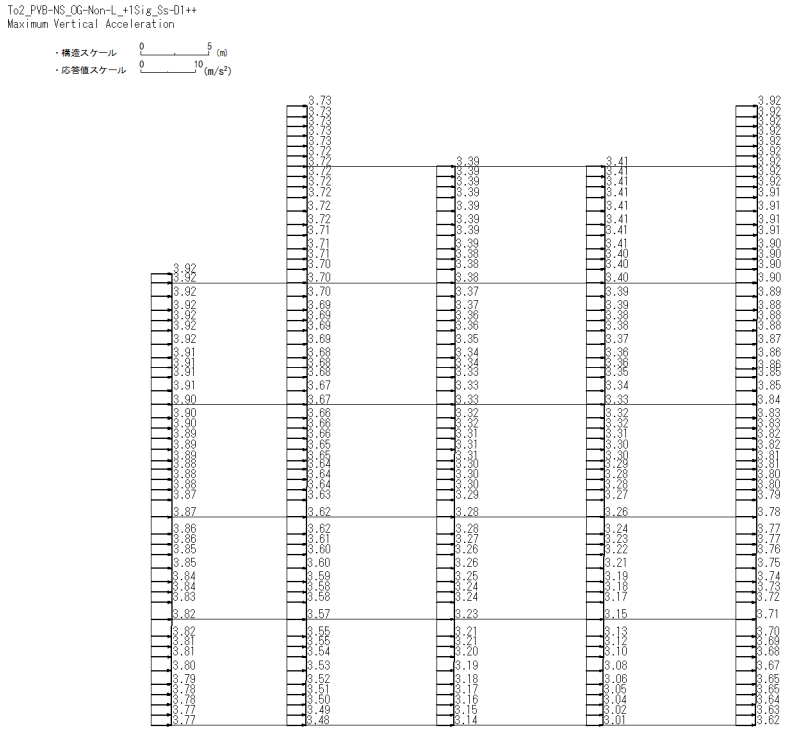


（S_s－D１（H＋，V＋），鉛直）

第 4－1 図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布（17/18）
（⑤で最大照査値となる解析ケース）



（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

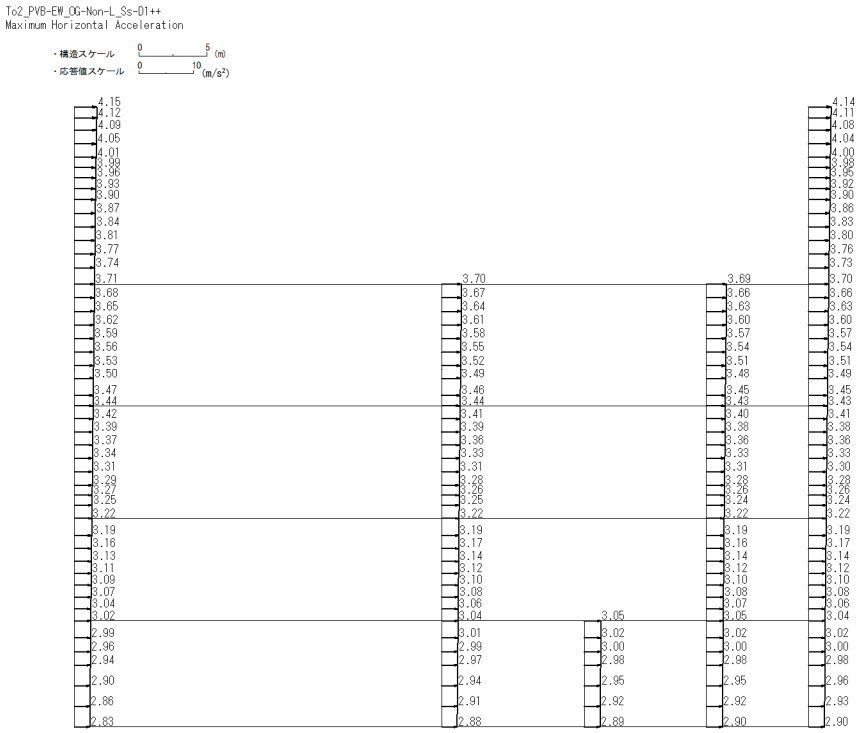


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

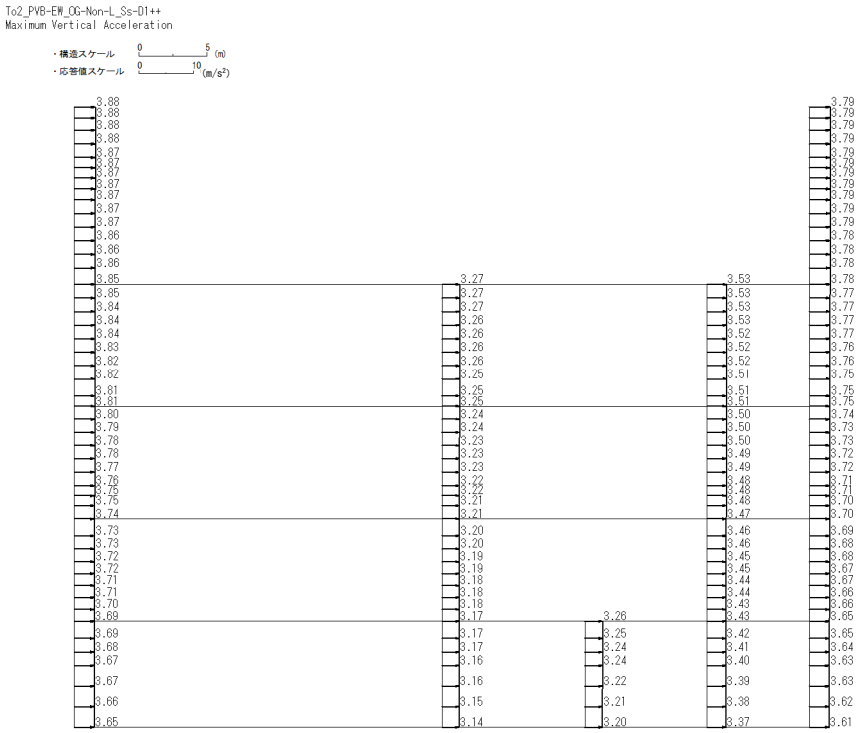
第 4－1 図　⑥地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
最大加速度分布（18/18）
（⑥で最大照査値となる解析ケース）

4.2　東西方向断面の解析結果

東西方向断面の最大加速度分布を第 4－2 図に示す。

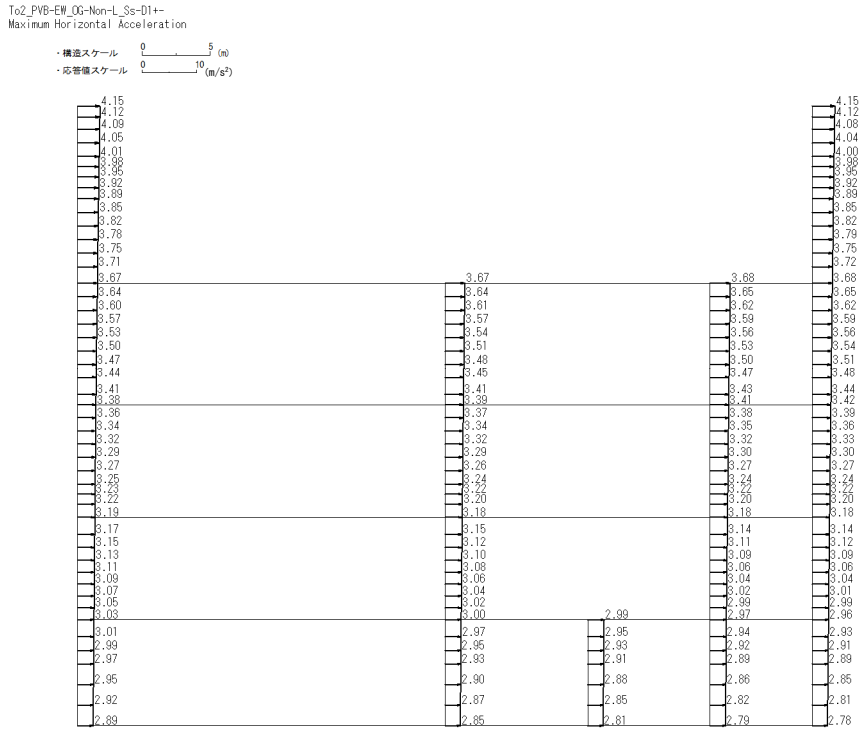


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

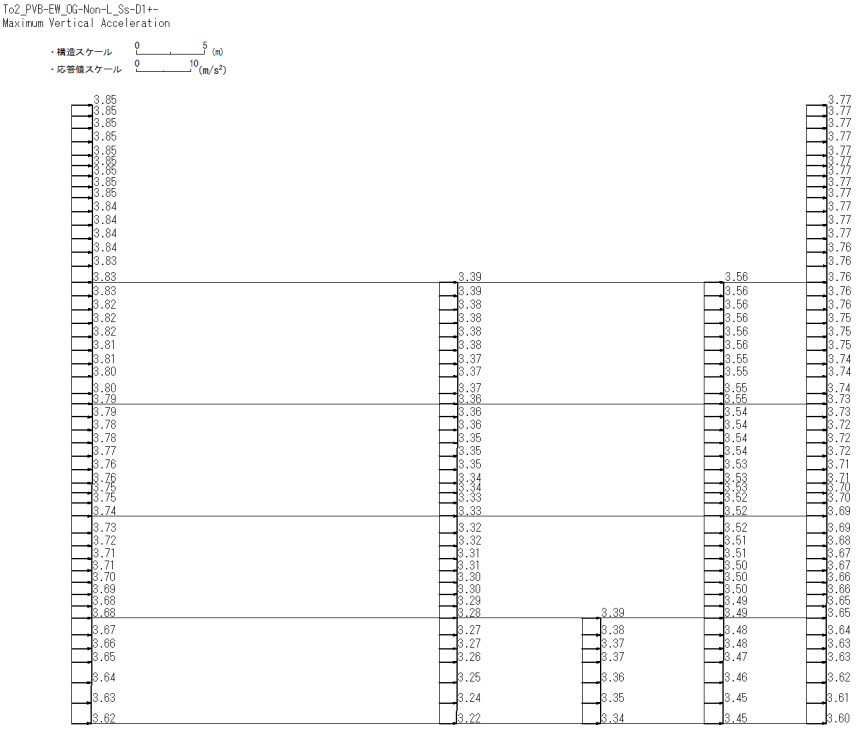


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4－2 図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（1/18）

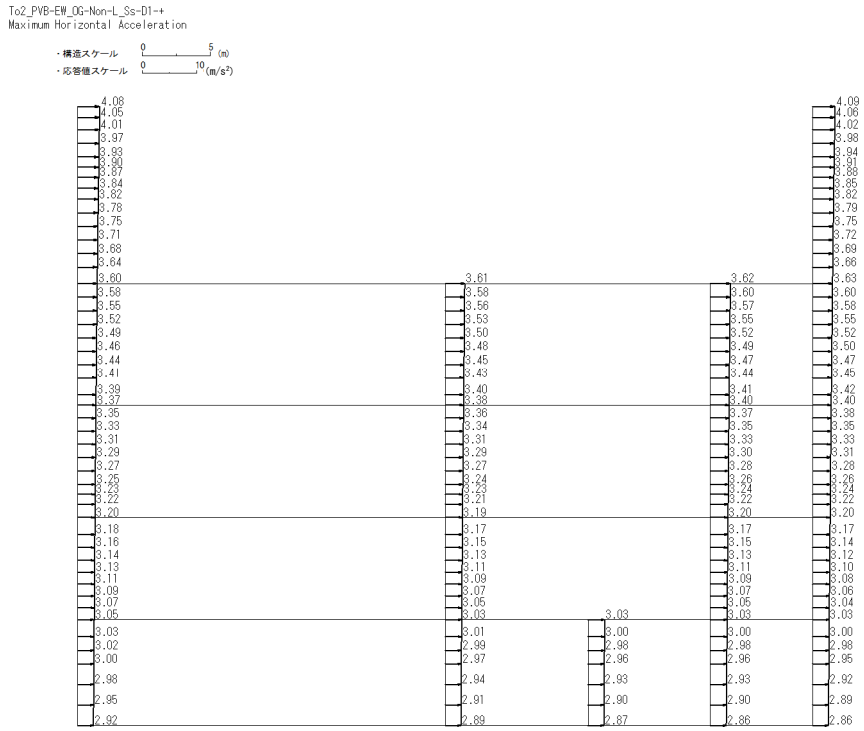


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－），水平）

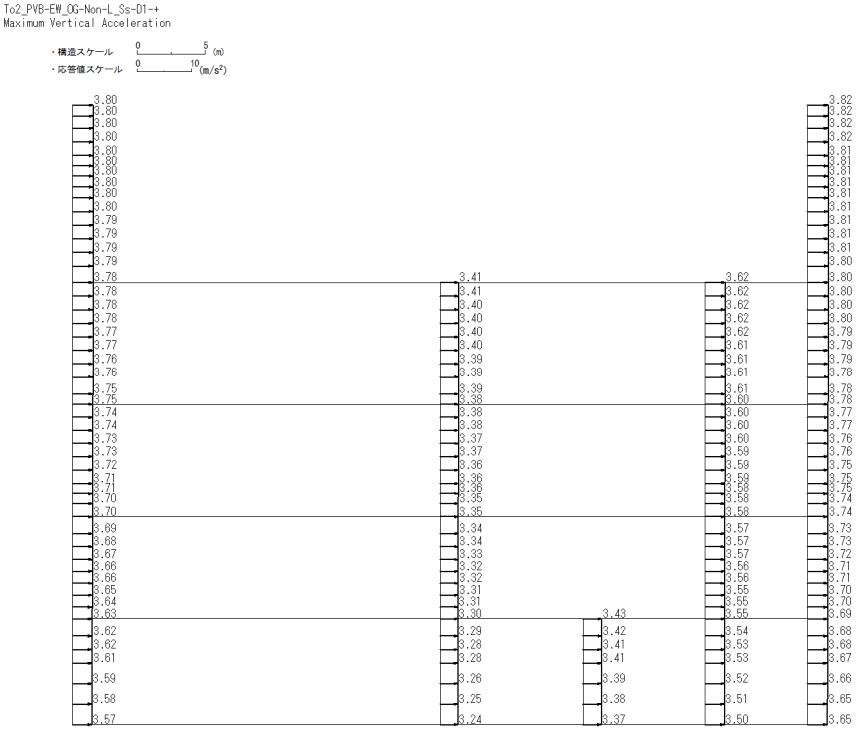


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－），鉛直）

第 4－2 図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（2/18）

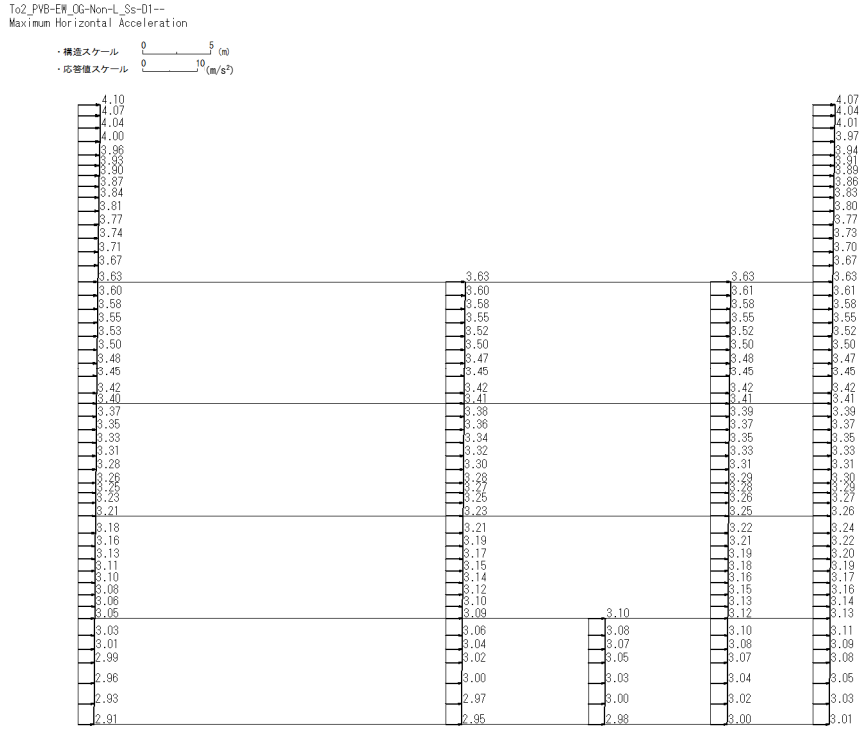


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）

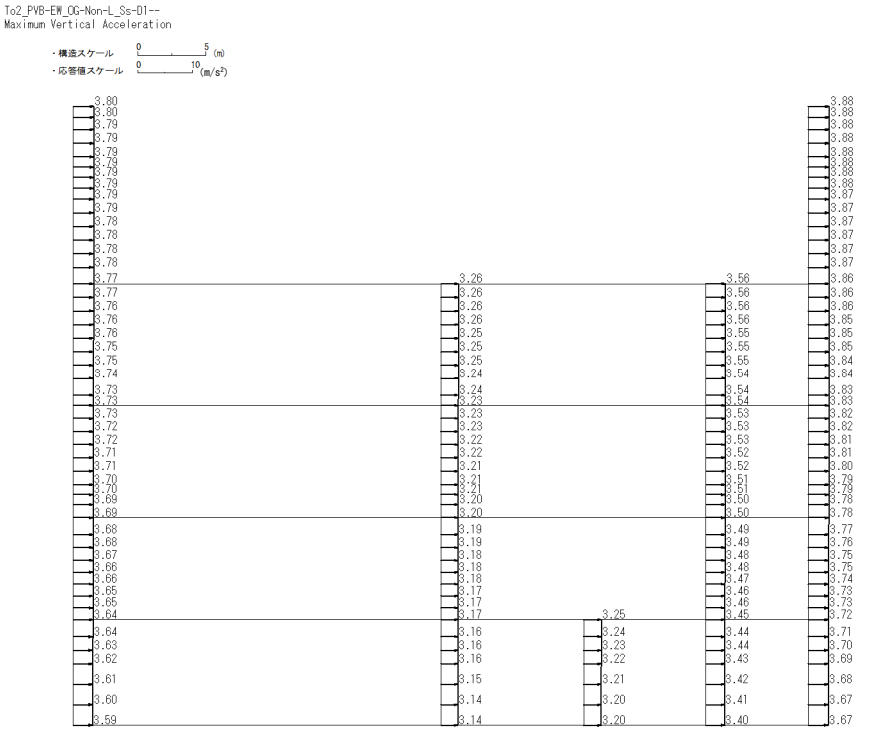


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第 4－2 図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（3/18）

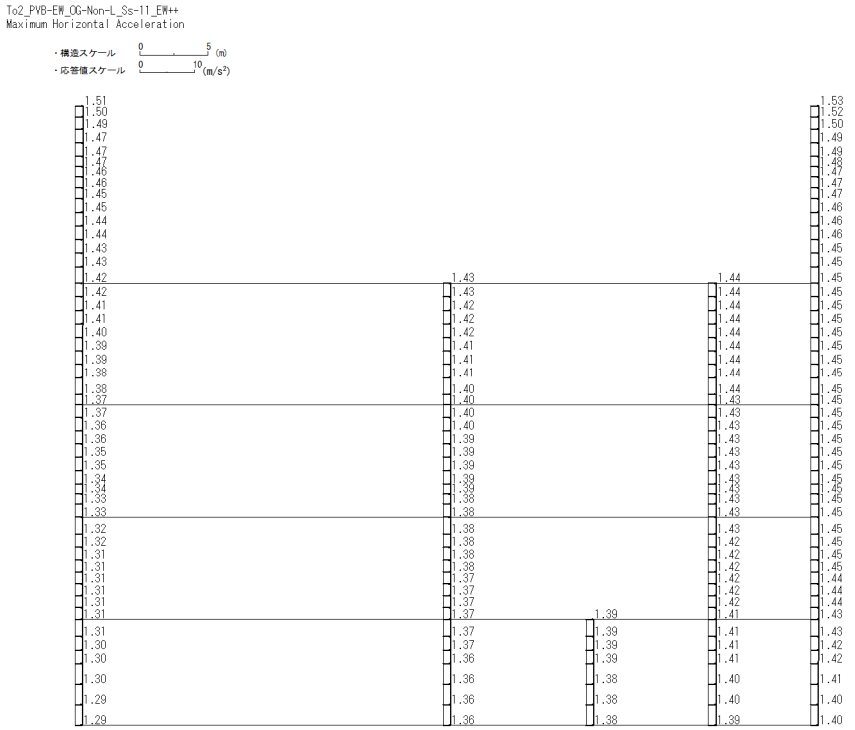


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－），水平）

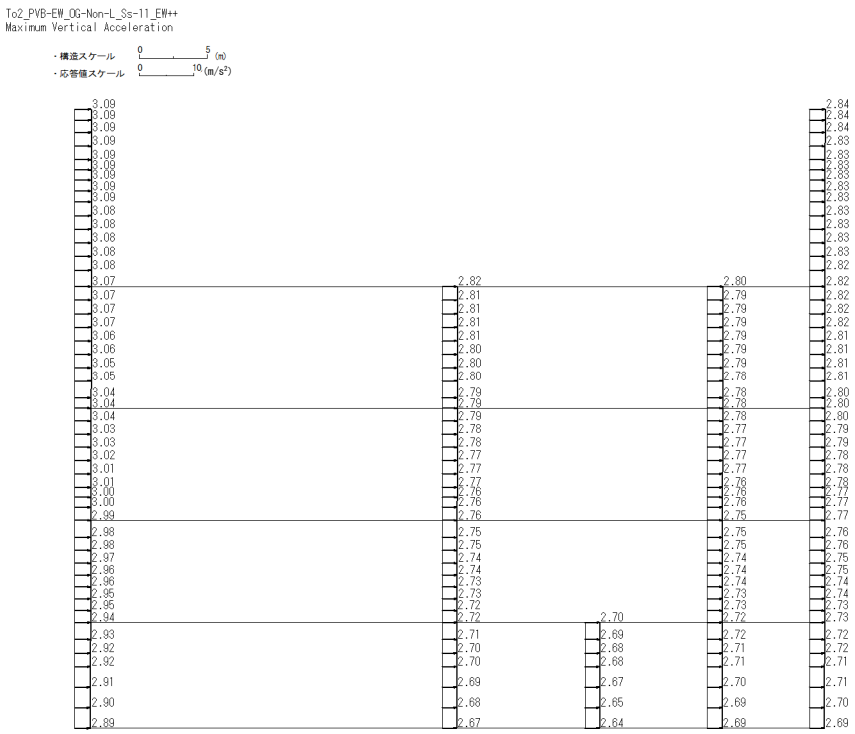


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－），鉛直）

第 4－2 図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（4/18）

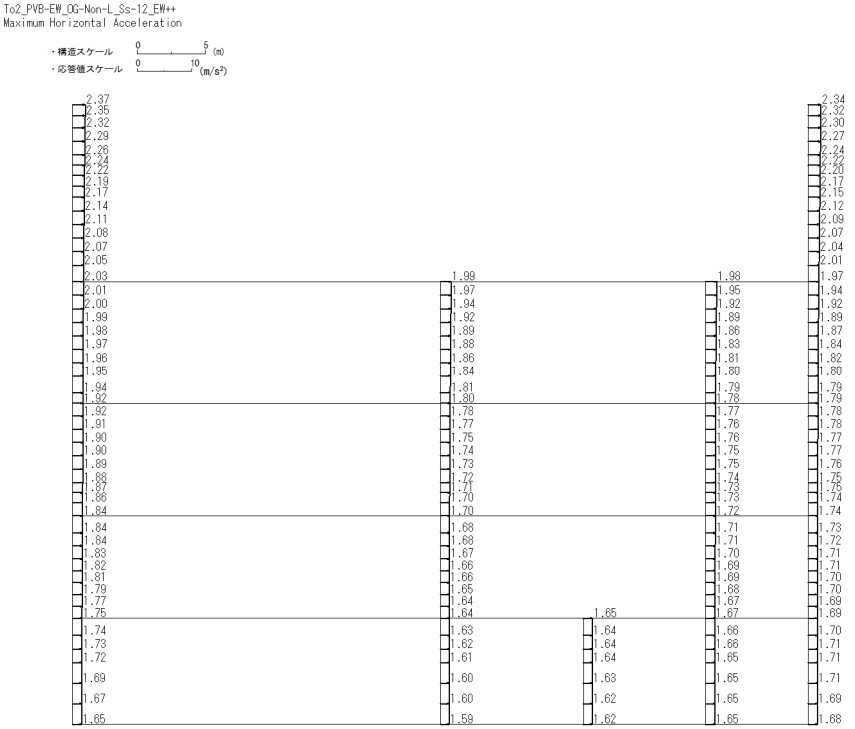


（Ｓｓ－１１，水平）

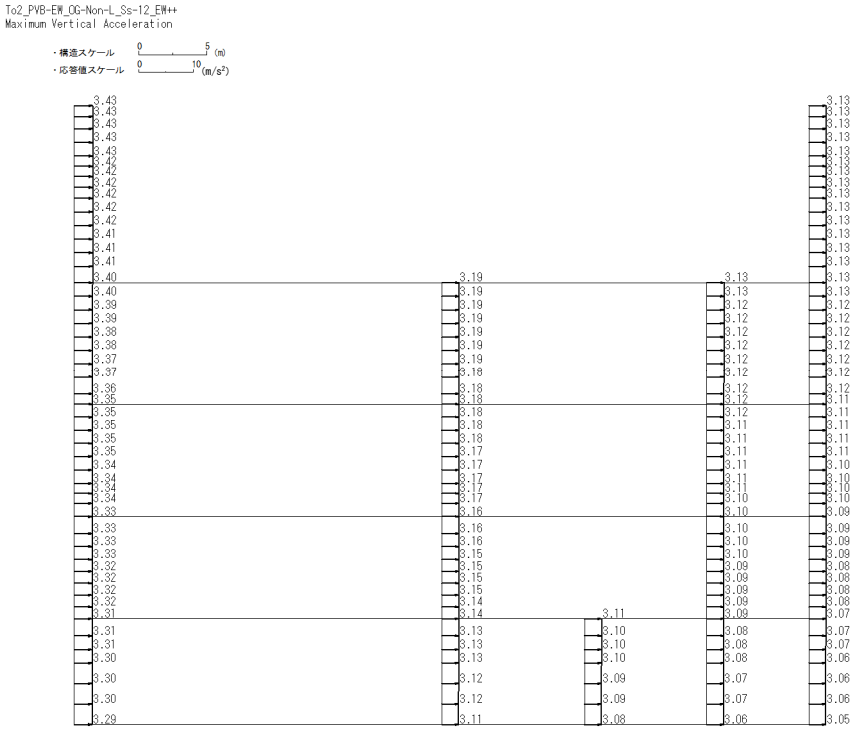


（Ｓｓ－１１，鉛直）

第 4－2 図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（5/18）

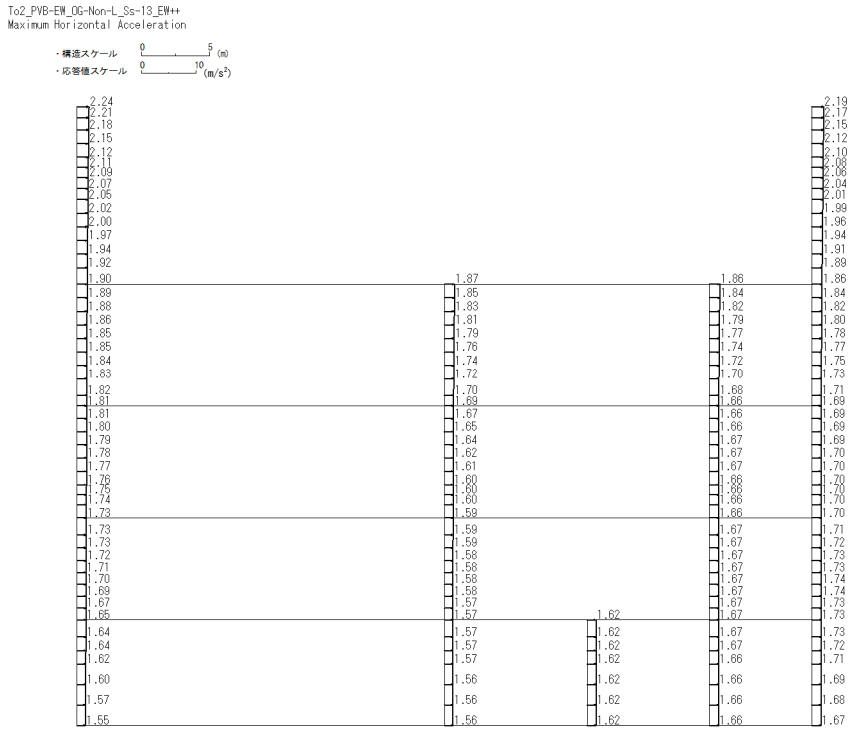


（Ｓｓ－１２，水平）

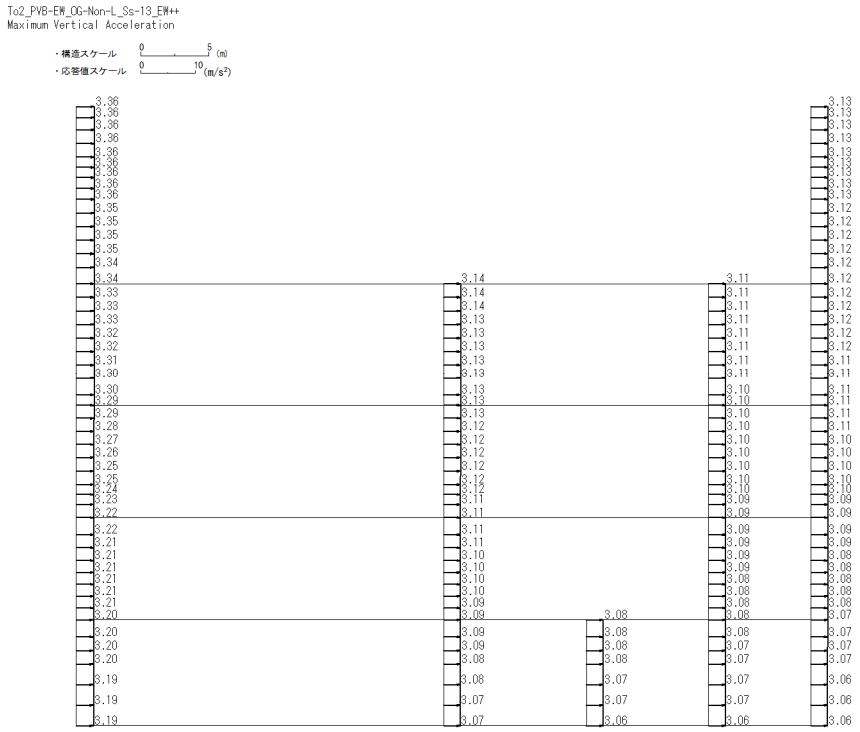


（Ｓｓ－１２，鉛直）

第４－２図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（6/18）

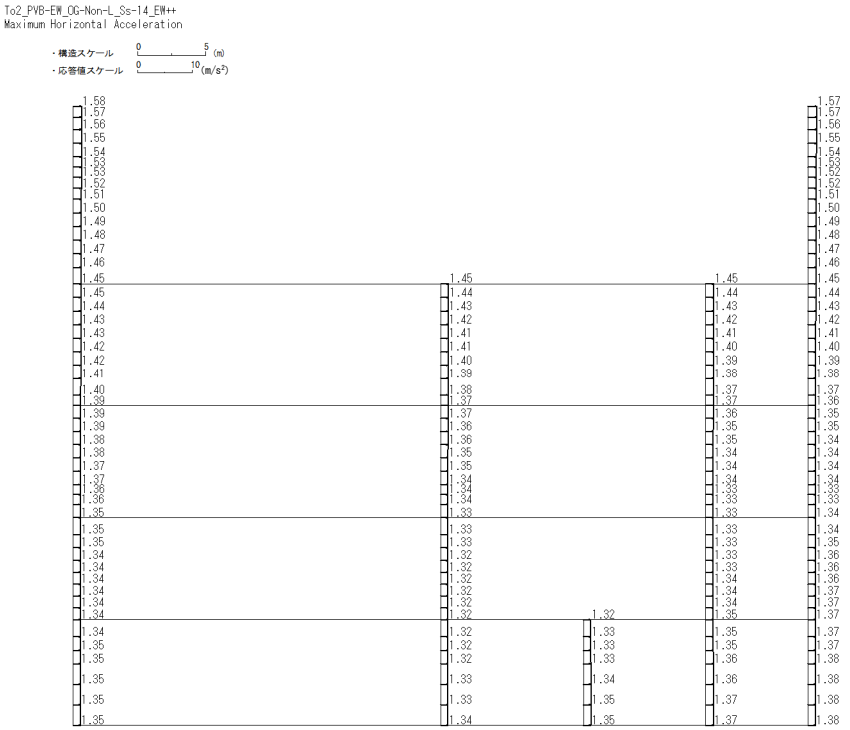


（Ｓｓ－１３，水平）

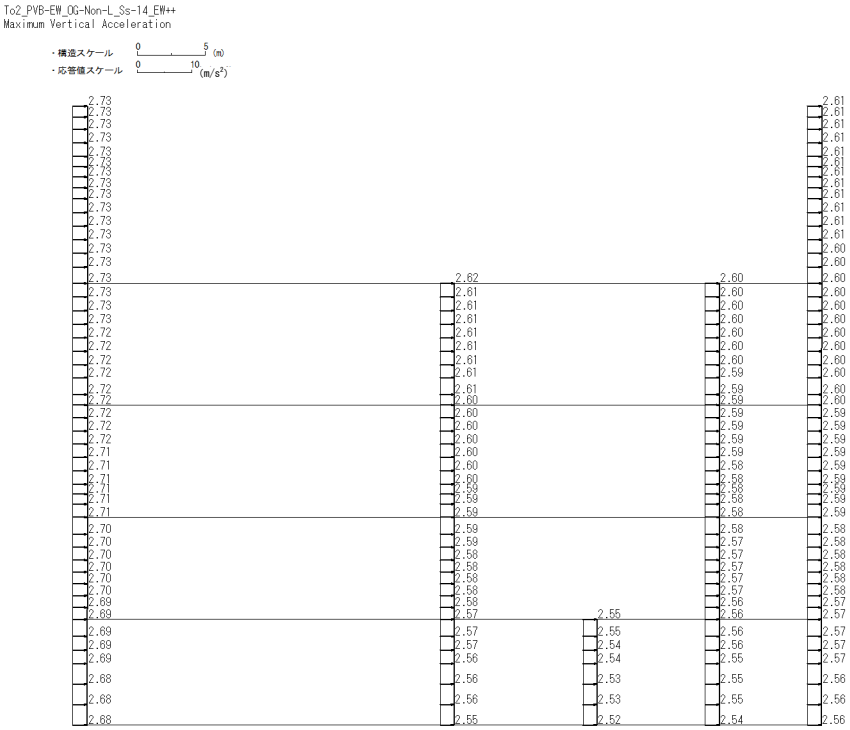


（Ｓｓ－１３，鉛直）

第 4－2 図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（7/18）

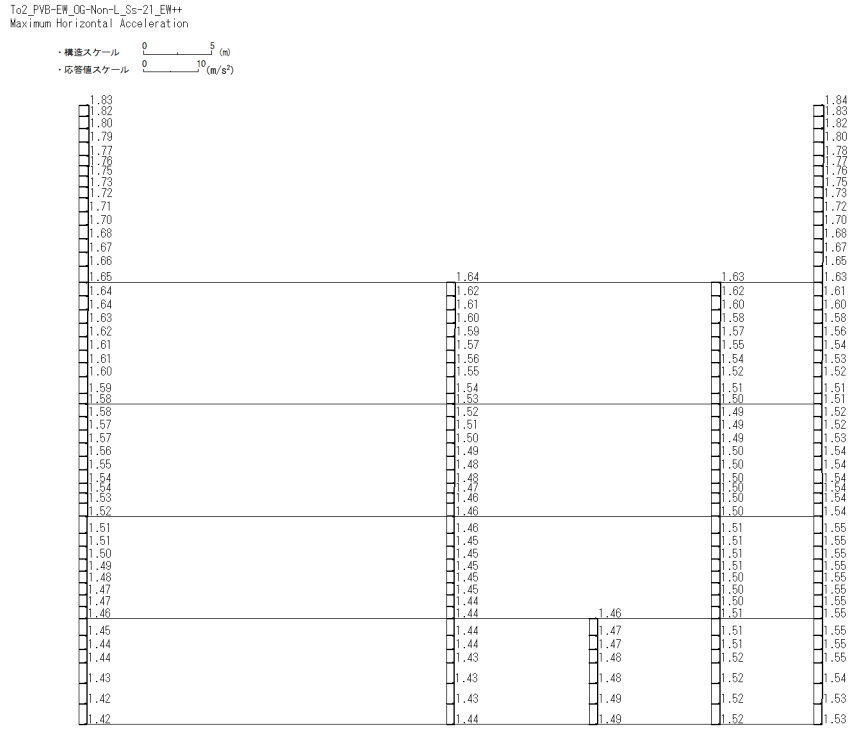


（Ｓｓ－１４，水平）

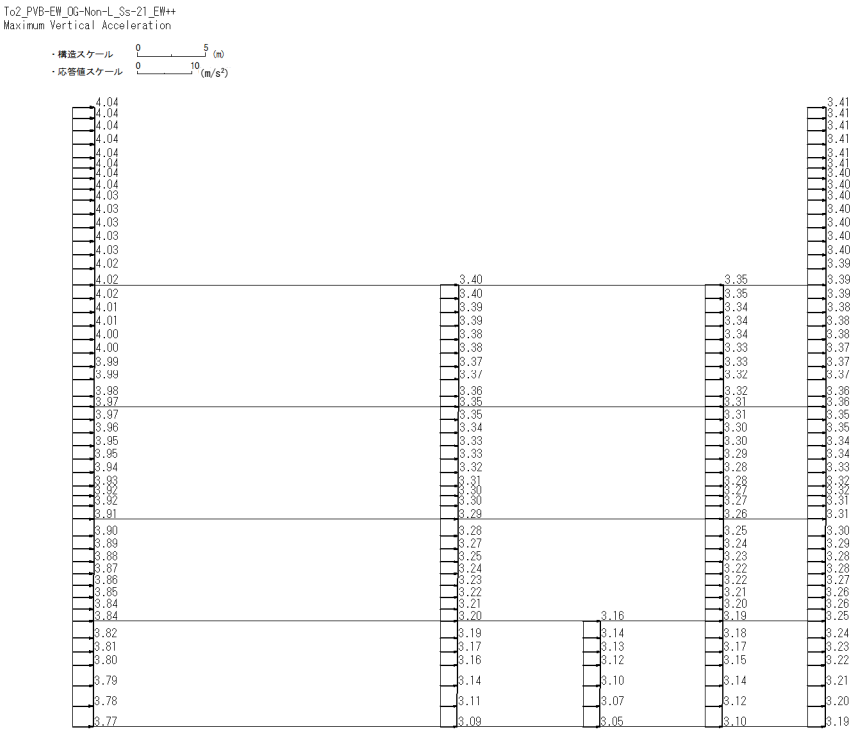


（Ｓｓ－１４，鉛直）

第４－２図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（8/18）

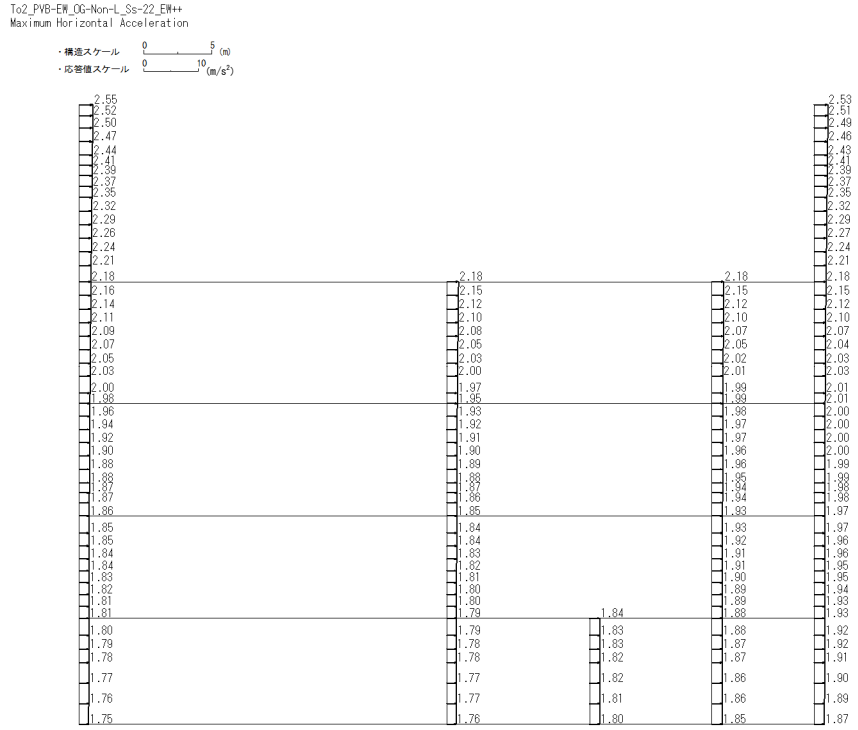


（Ｓｓ－２１，水平）

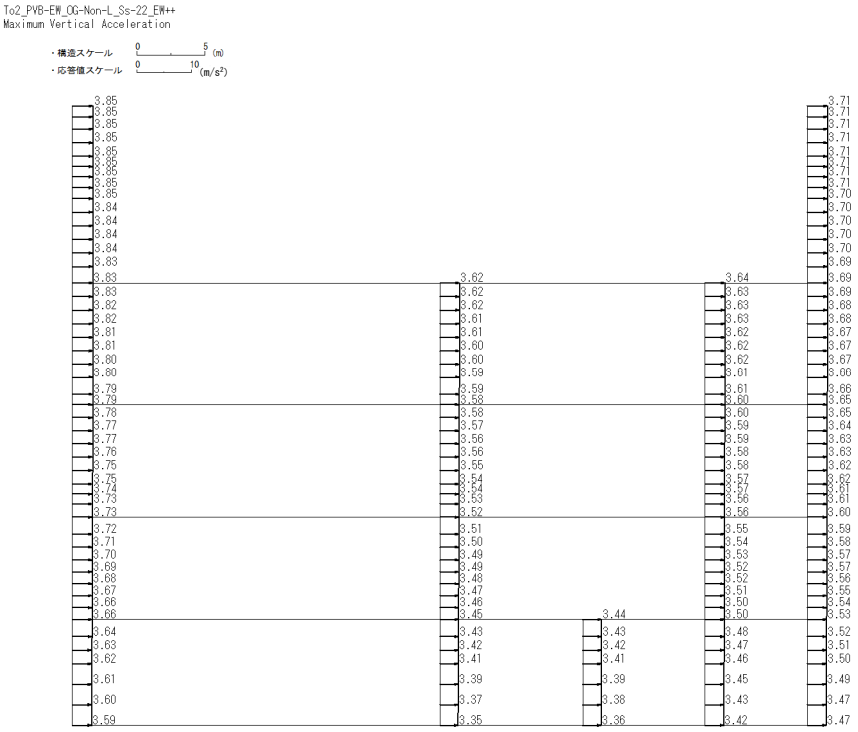


（Ｓｓ－２１，鉛直）

第４－２図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（9/18）

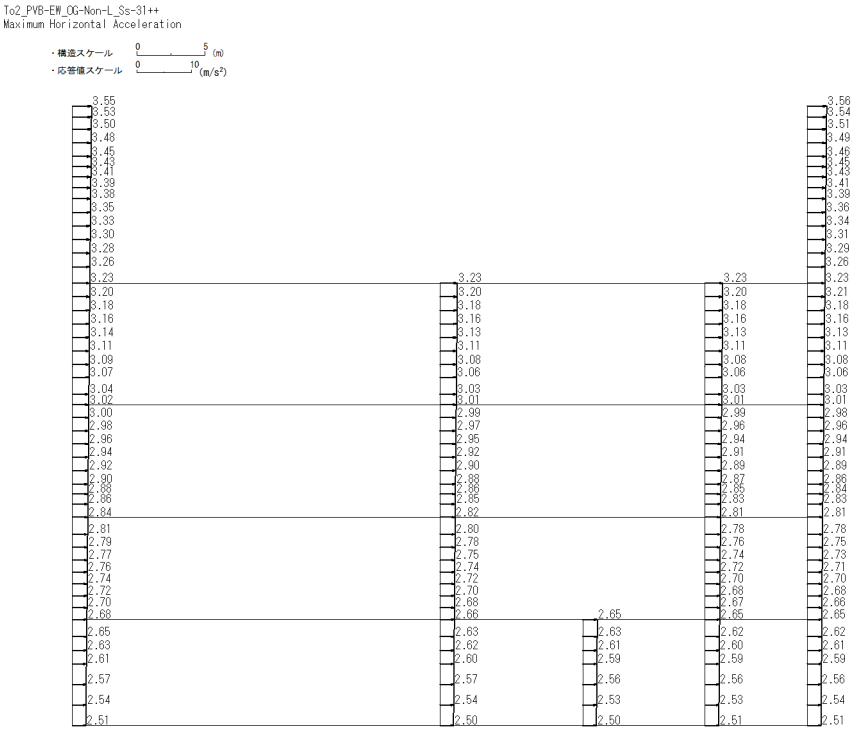


（Ｓｓ－２２，水平）

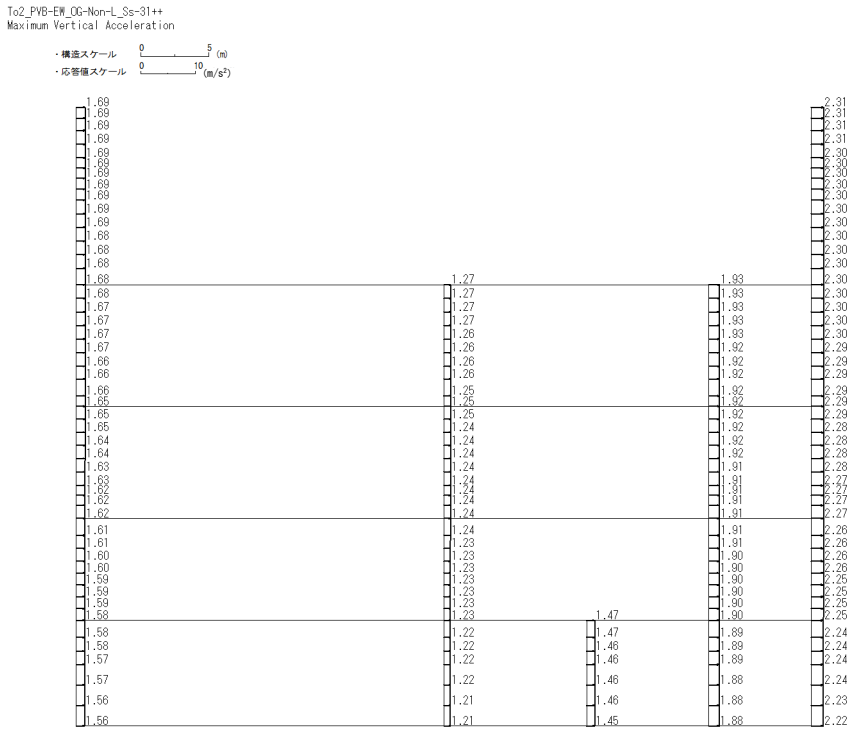


（Ｓｓ－２２，鉛直）

第４－２図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（10/18）

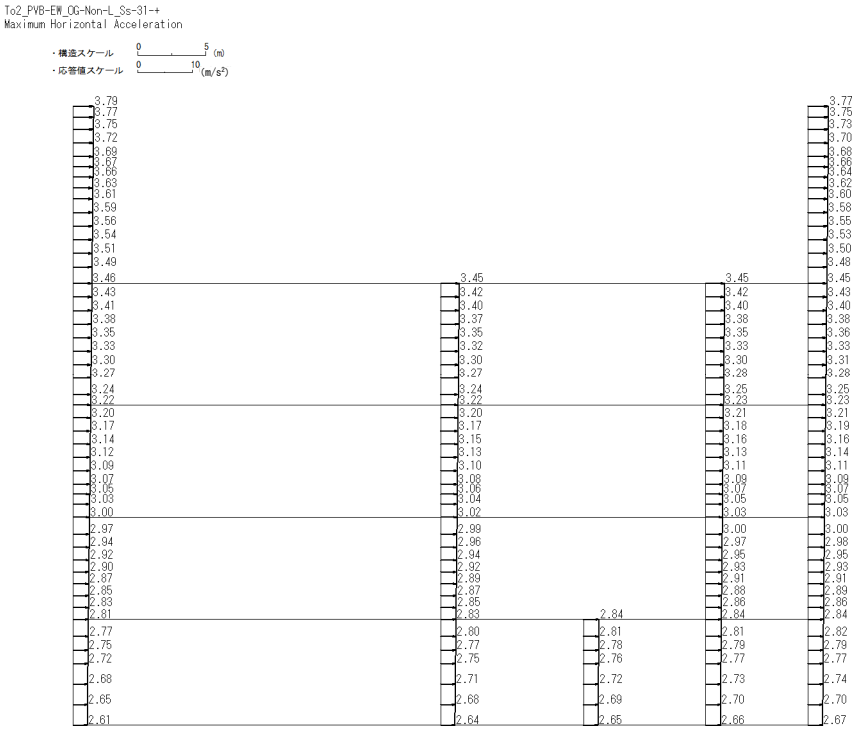


（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

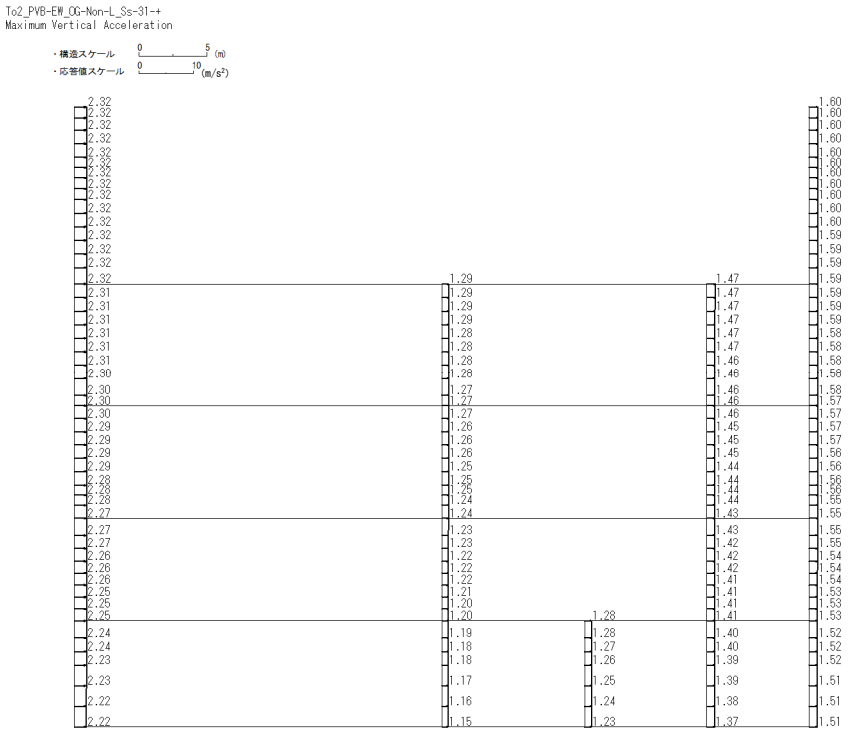


（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第４－２図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（11/18）

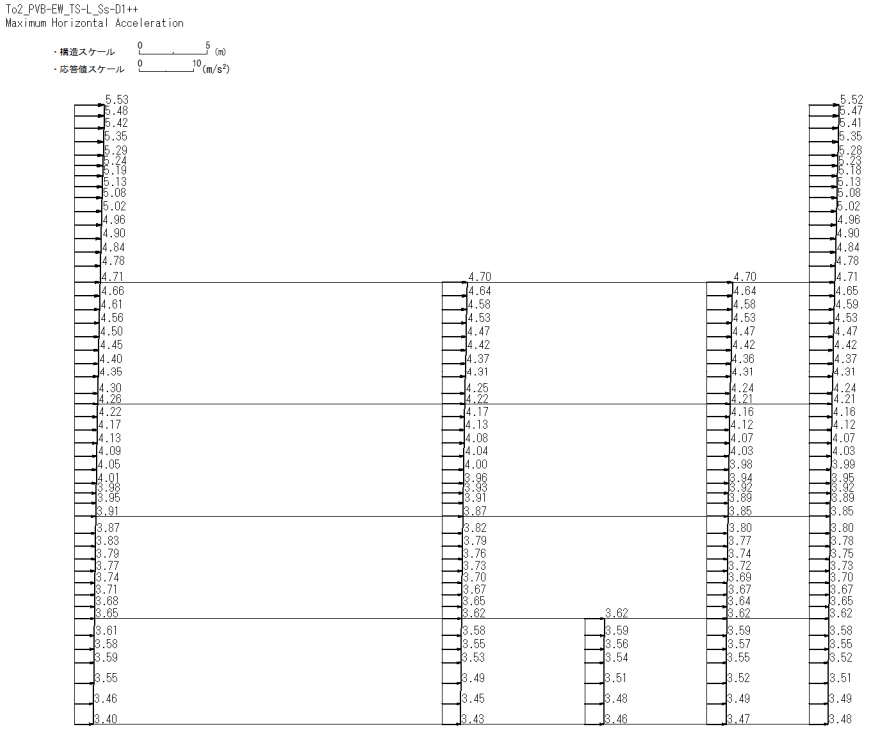


（Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）

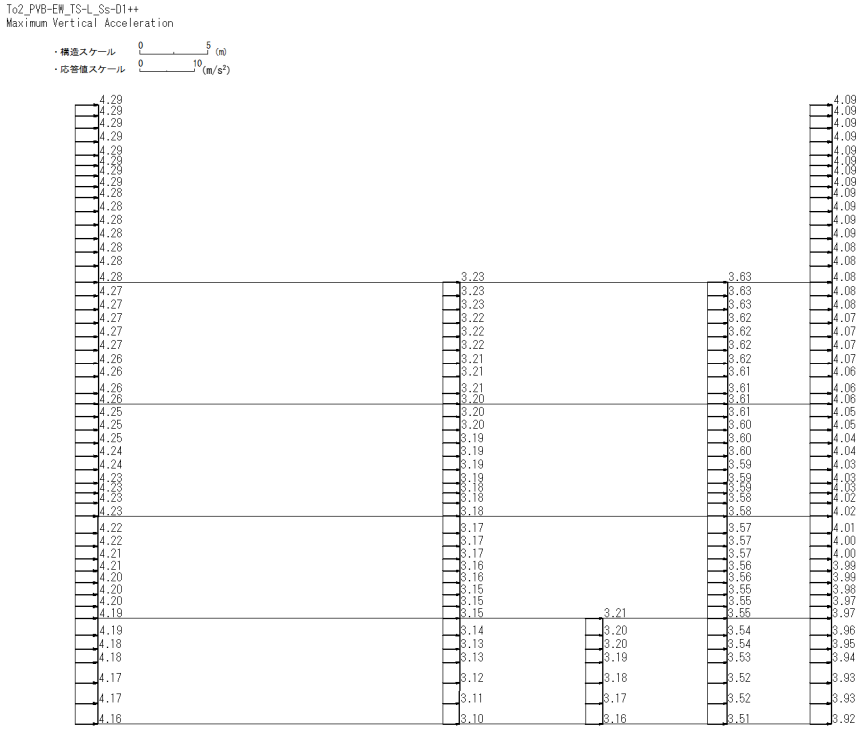


（Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第４－２図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（12/18）

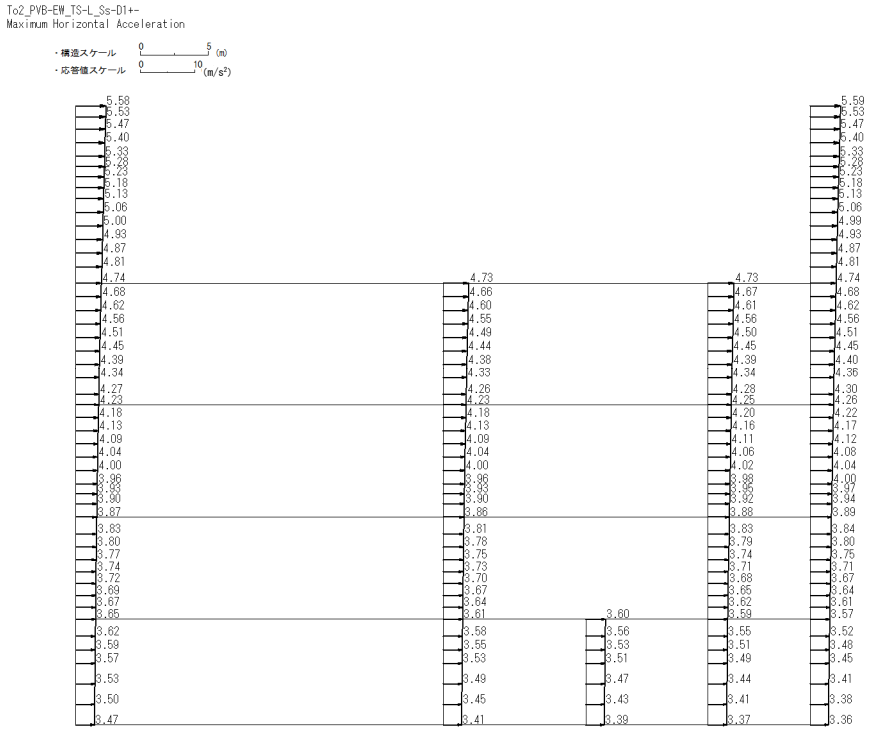


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

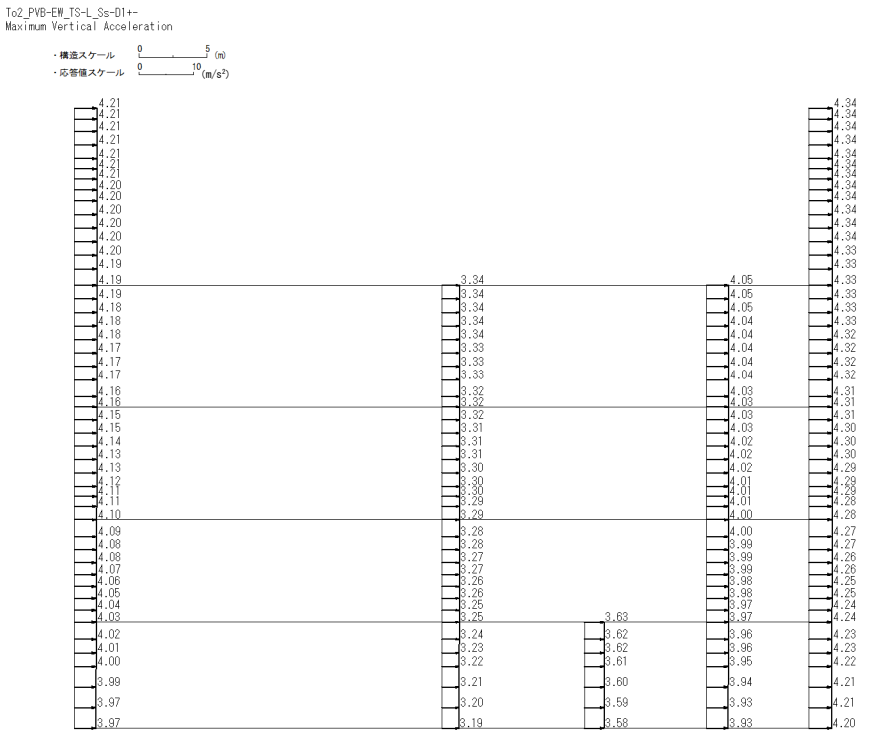


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4－2 図　④敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース　最大加速度分布図（13/18）

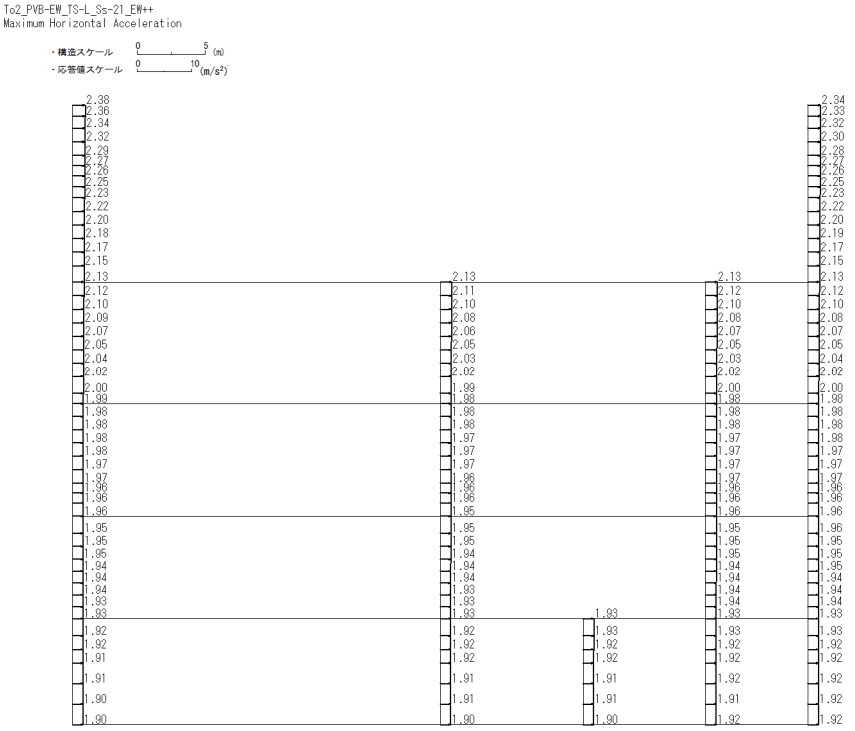


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－），水平）

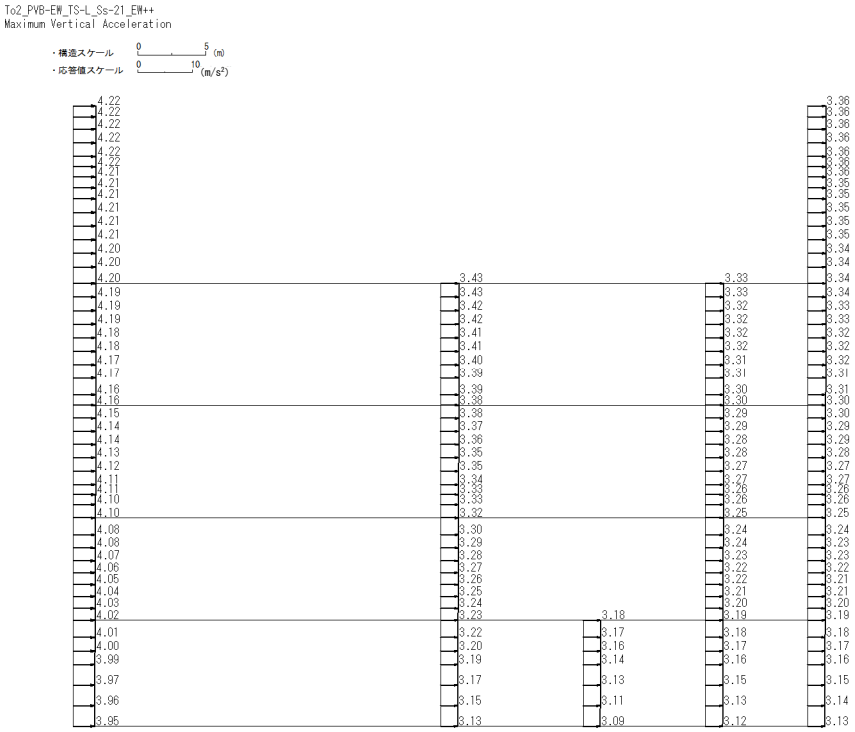


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－），鉛直）

第 4－2 図　④敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース　最大加速度分布図（14/18）

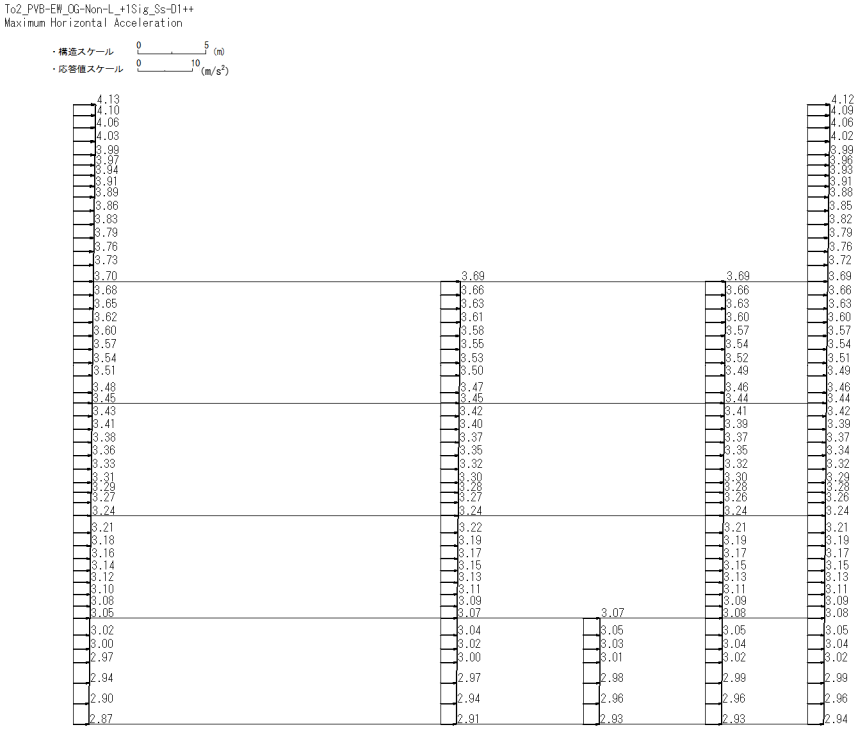


（Ｓｓ－２１，水平）

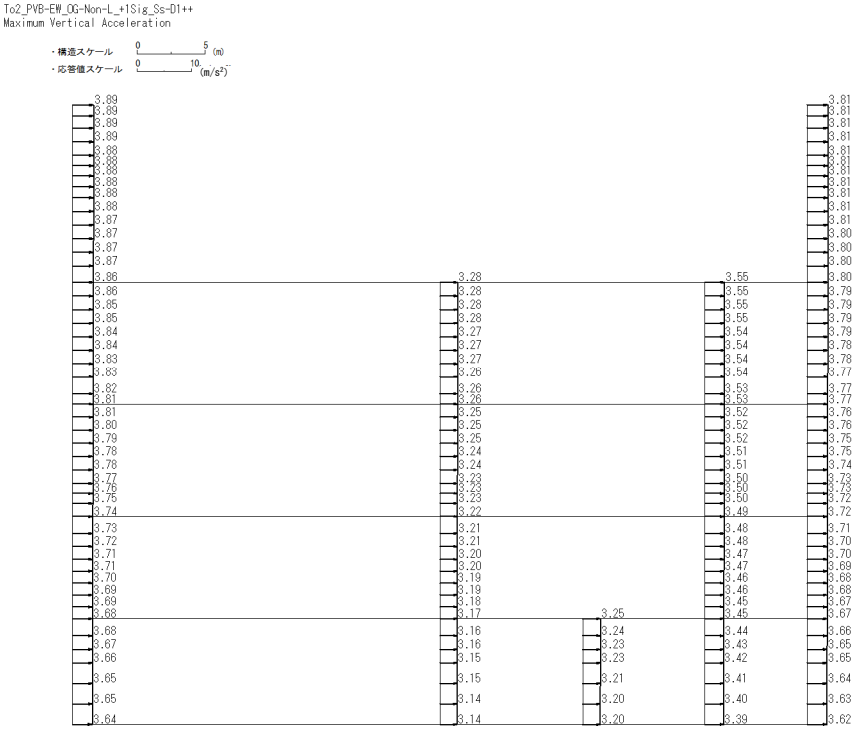


（Ｓｓ－２１，鉛直）

第 4－2 図　④敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース　最大加速度分布図（15/18）

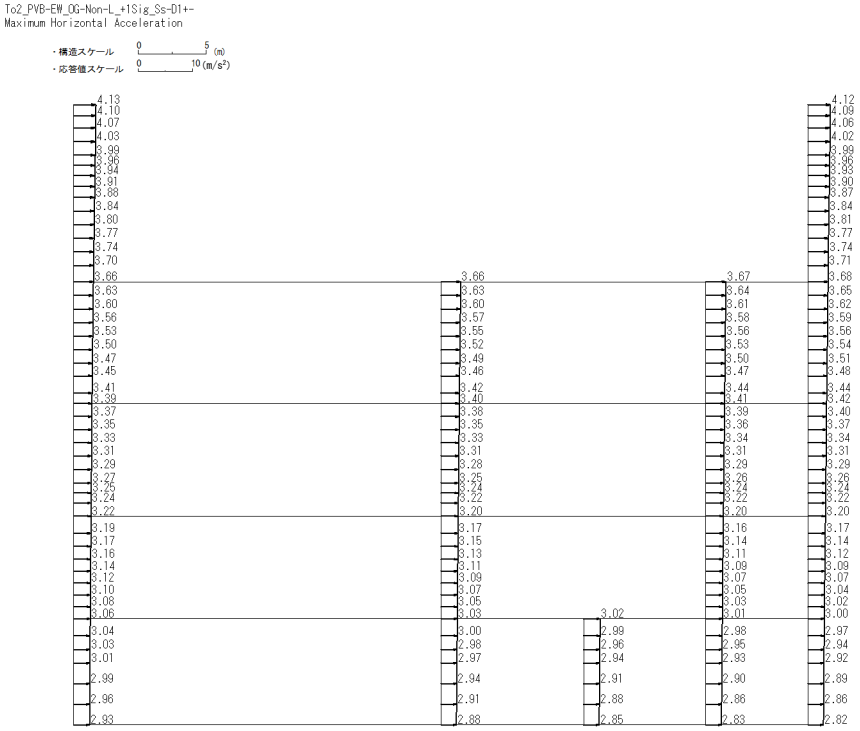


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

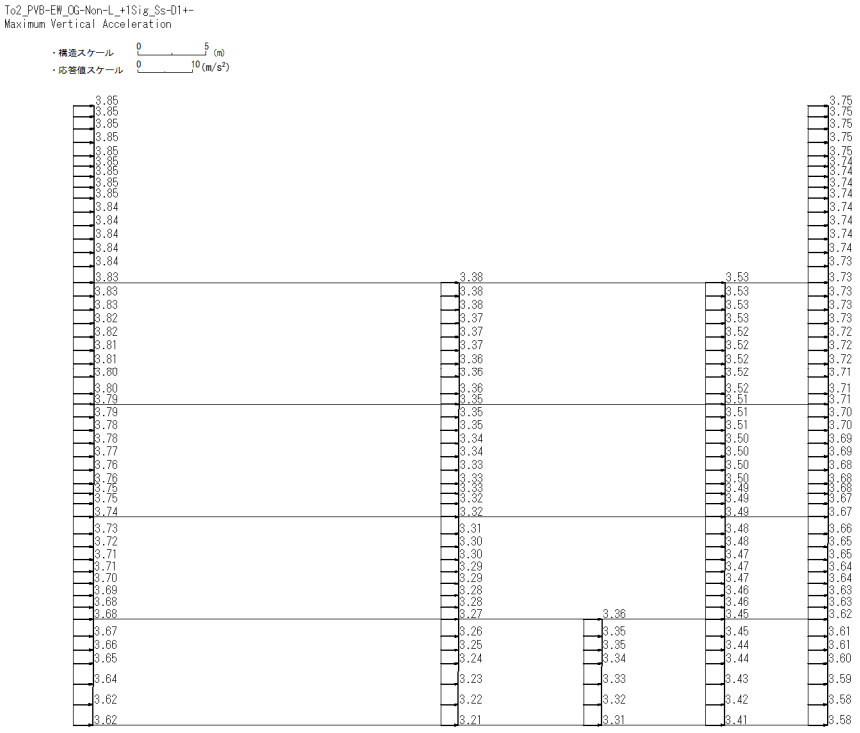


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4－2 図　⑥地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
最大加速度分布図（16/18）

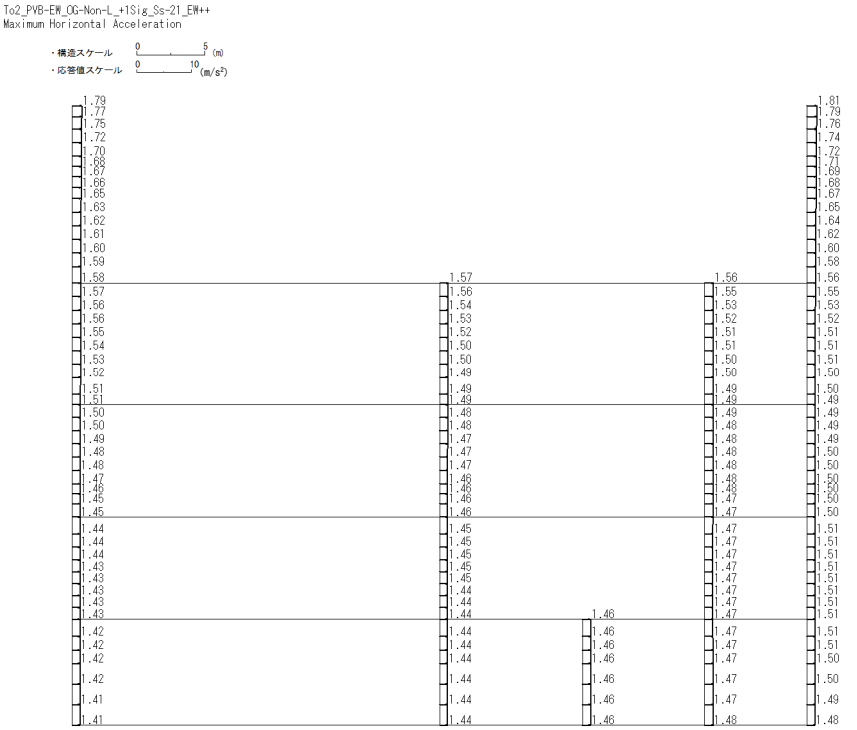


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－），水平）

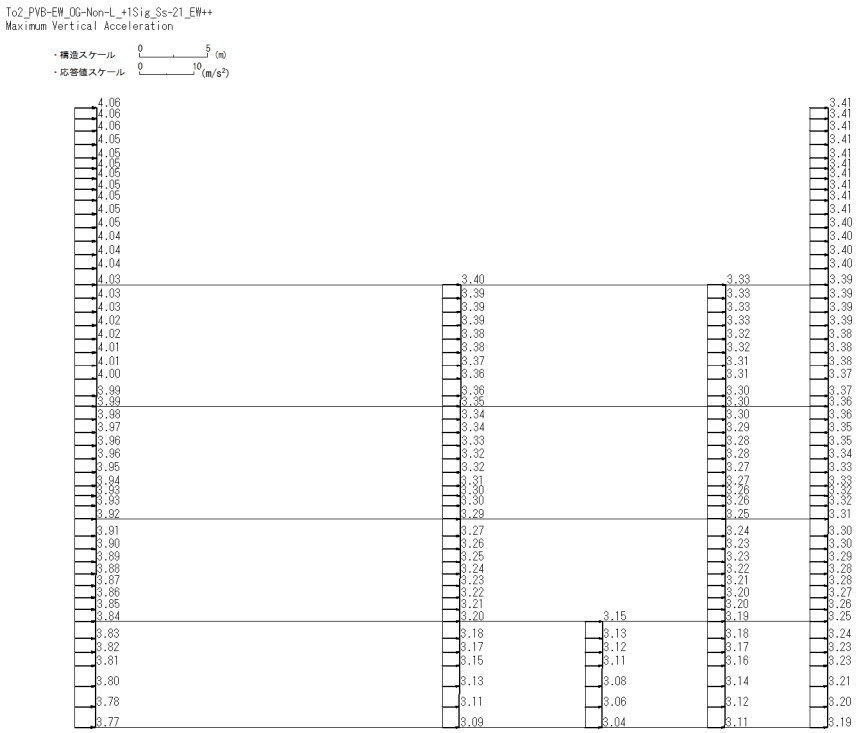


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－），鉛直）

第 4－2 図　⑥地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
最大加速度分布図（17/18）



（Ｓｓ－２１，水平）



（Ｓｓ－２１，鉛直）

第 4－2 図　⑥地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
最大加速度分布図（18/18）

Ⅴ-2-2-22-2 常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の地震応答計算書

目次

1. 概要……1
2. 基本方針……2
2.1 位置……2
2.2 構造概要……3
2.3 解析方針……5
2.4 適用基準……6
3. 解析方法……7
3.1 評価対象断面……7
3.2 解析方法……8
3.3 荷重及び荷重の組合せ……10
3.4 入力地震動……11
3.5 解析モデル及び諸元……28
4. 解析結果……33
4.1 解析結果……33

1. 概要

本資料は，添付資料「Ⅴ-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき実施する常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）（以下，「カルバート」という。）の地震応答解析について説明するものである。

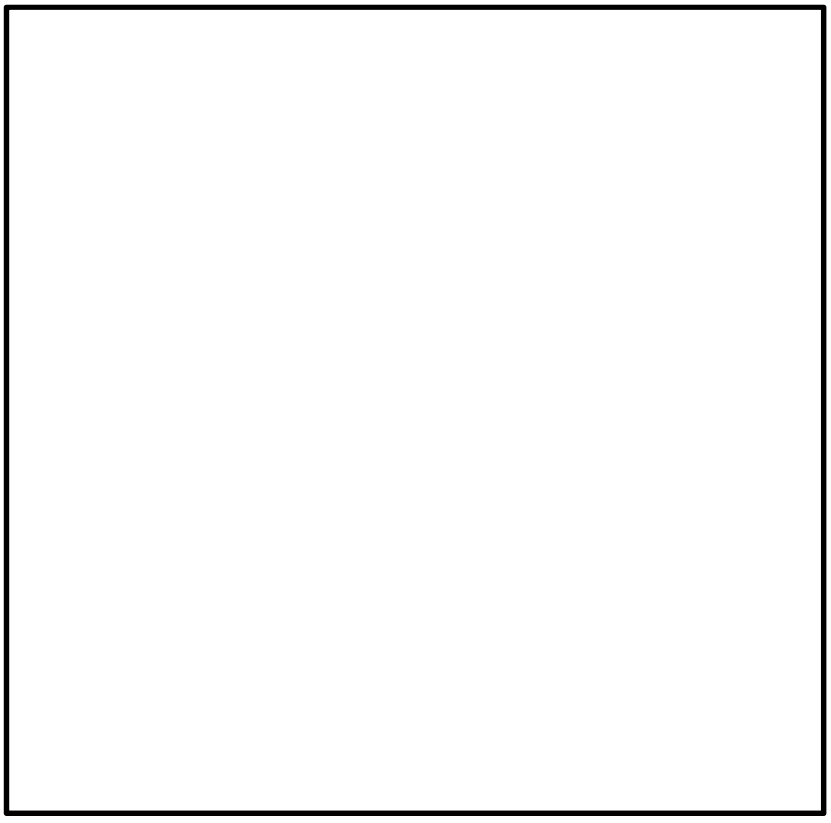
本地震応答解析は，機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。

また，カルバートが耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値の抽出を行う。その際，耐震設計に用いる応答値は，この地震応答解析による断面力及び基礎地盤に生じる接地圧とする。

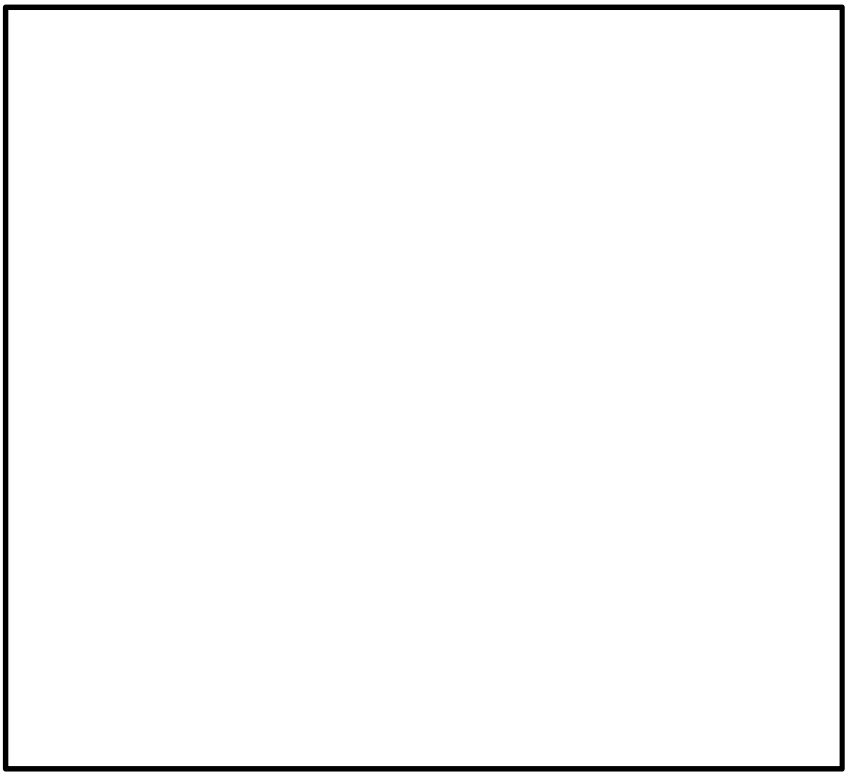
2. 基本方針

2.1 位置

カルバートの位置を第2－1図に示す。



第2－1図（1） カルバートの位置図（全体平面図）



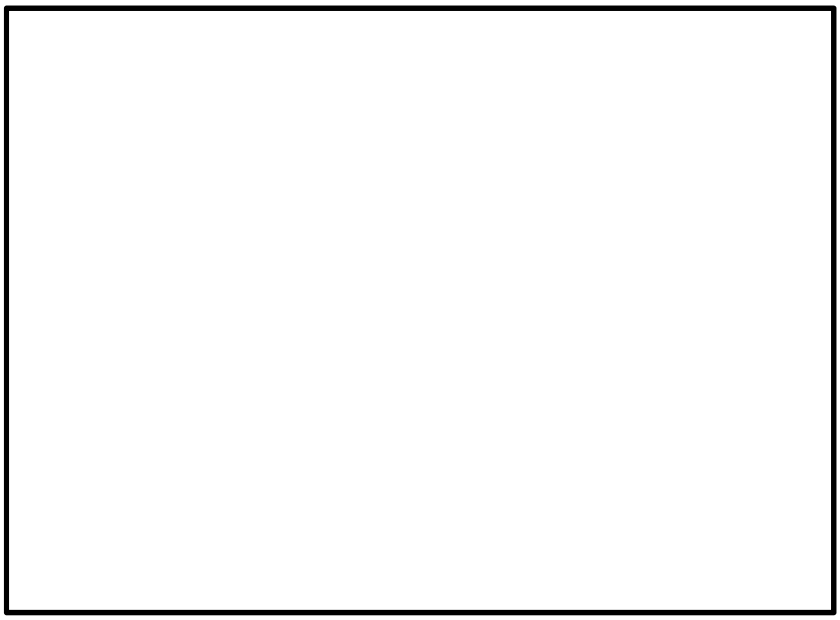
第2－1図（2） カルバートの位置図（拡大図）

2.2　構造概要

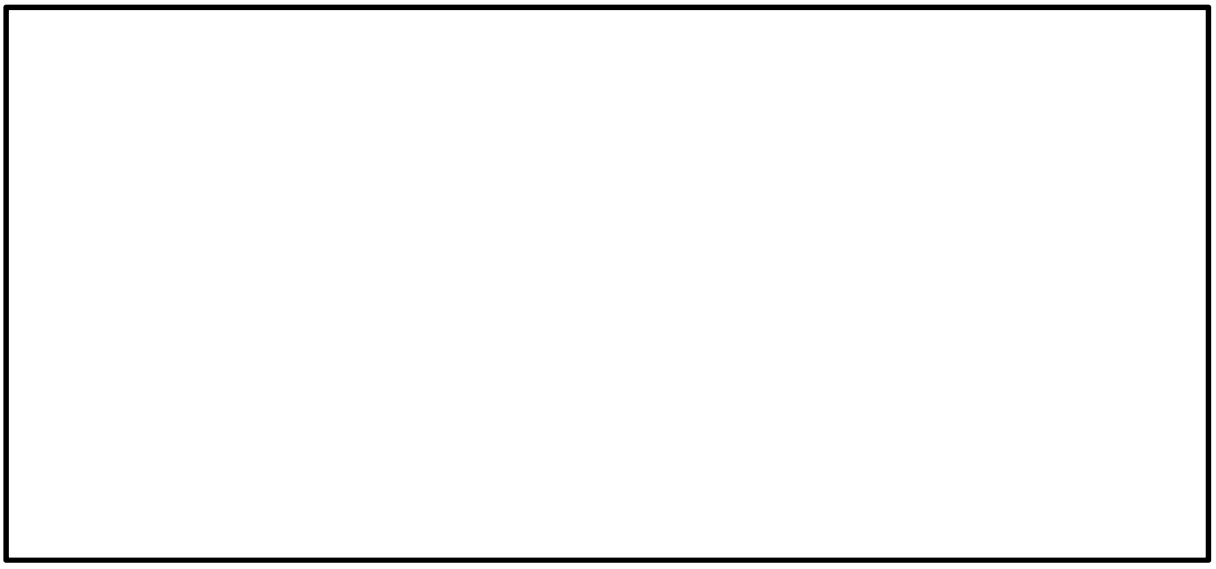
カルバートは2つの構造物に大別される。軽油移送配管を支持するカルバート（以下，「軽油カルバート」という。）は，延長5.0 m，幅5.5 m，高さ7.5 mの鉄筋コンクリート造である。

電源ケーブル及び水配管を支持するカルバート（以下，「水電気カルバート」という。）は，延長約35 m，幅13.9 m，高さ6.7 mの鉄筋コンクリート造である。

カルバートの平面図を第2－2図，断面図を第2－3図に示す。



第 2－2 図　カルバートの平面図



第 2－3 図　カルバートの断面図（①－①断面）

2.3　解析方針

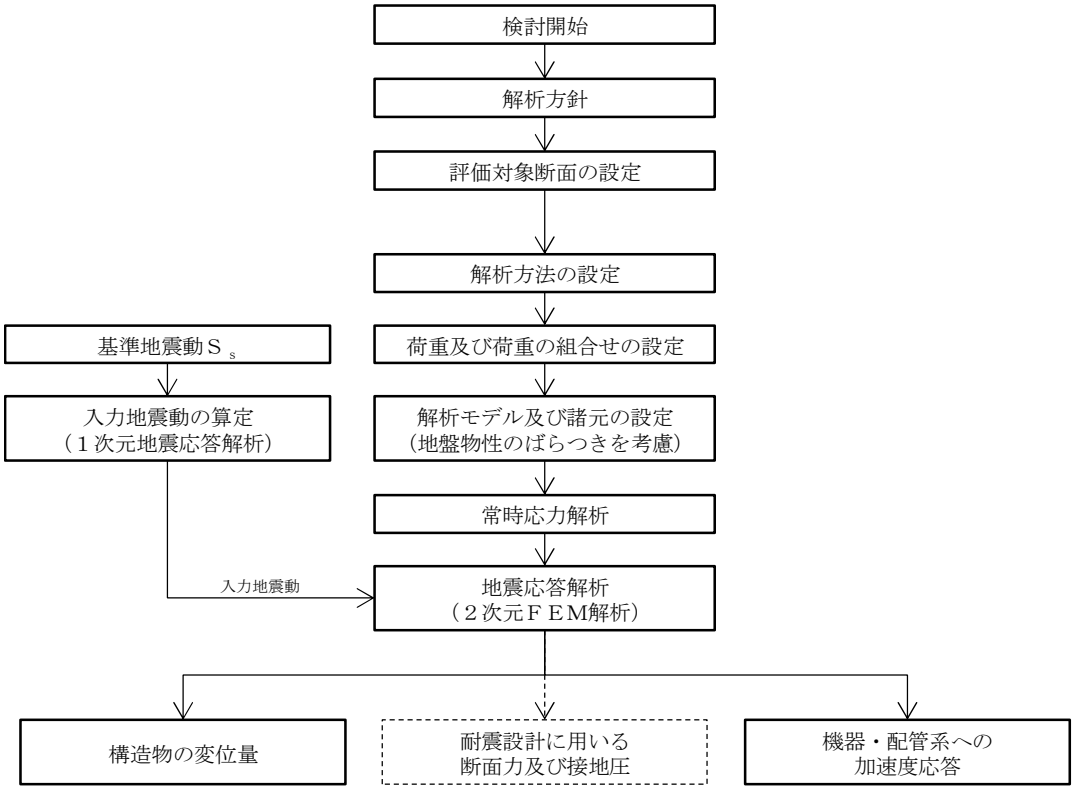
カルバートは，添付資料「Ｖ-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき，基準地震動Ｓ$_s$に対して解析を実施する。

第 2－4 図にカルバートの地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は，「2.　基本方針」に基づき，「3.1　評価対象断面」にて設定する断面において，「3.2　解析方法」に示す水平地震動と鉛直地震動の同時加振による時刻歴非線形解析にて行う。

時刻歴非線形解析は，「3.3　荷重及び荷重の組合せ」及び「3.5　解析モデル及び諸元」に示す条件を基に，「3.4　入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施する。

地震応答解析による加速度応答は，機器・配管系の設計用床応答曲線の作成に用い，断面力及び接地圧は，カルバートの耐震評価に用いる。



＜地震応答計算＞

第 2－4 図　カルバー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。

- コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（（社）土木学会，2002年制定）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（（社）日本電気協会）
- 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）

3. 解析方法

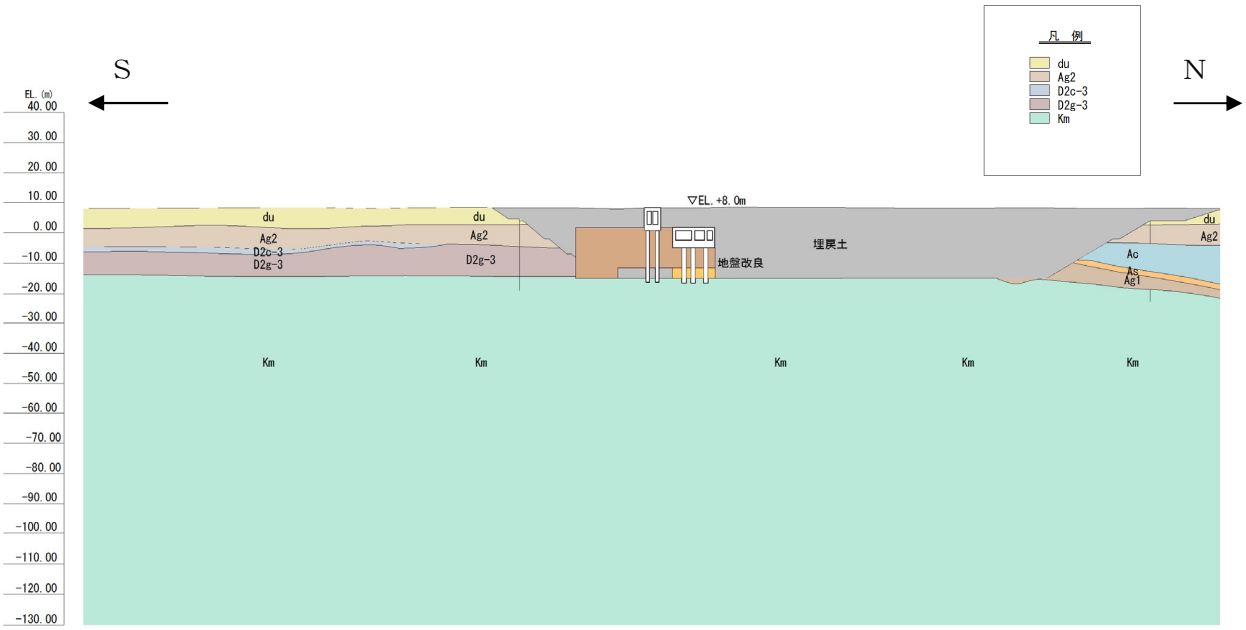
3.1 評価対象断面

評価対象断面は，カルバートの構造上の特徴及び機器・配管系の配置を踏まえて，カルバートを評価するために軽油移送配管，電気ケーブル及び水配管が設置される横断方向の①－①断面とする。

カルバートの評価対象断面位置を第3－1図に，評価対象断面を第3－2図に示す。



第3－1図　カルバートの評価対象断面位置図



第3－2図　カルバートの評価対象断面図（①－①断面）

3.2　解析方法

地震応答解析は，添付資料「Ⅴ-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち，「2.3　屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は，地盤と構造物の相互作用を考慮できる２次元有限要素法解析を用いて，基準地震動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にて行う。構造部材については，線形はり要素を用いる。また，地盤については，有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析については，解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。なお，解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付資料「Ⅴ-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・ＦＬＩＰ」に示す。

3.2.1　構造部材

構造部材は，線形はり要素によりモデル化する。

3.2.2　地盤

地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則を有効応力解析へ適用する際は，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できるモデルを用いる必要がある。

一般に，地盤は荷重を与えることによりせん断ひずみを増加させていくと，地盤のせん断応力は上限値に達し，それ以上はせん断応力が増加しなくなる特徴がある。また，地盤のせん断応力の上限値は有効応力に応じて変化する特徴がある。

よって，耐震評価における有効応力解析では，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則として，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じたこれら２つの特徴を表現できる双曲線モデル（H-D モデル）を選定する。

3.2.3　減衰定数

固有値解析により求められる固有振動数及び初期減衰定数に基づく要素剛性比例型減衰を考慮する。また，非線形特性をモデル化する地盤の履歴減衰を考慮する。

3.2.4　地震応答解析の検討ケース

(1)　耐震評価における検討ケース

耐震評価における検討ケースを第3－1表に示す。

耐震評価においては，全ての基準地震動Ｓ$_s$に対して実施する①の検討ケース（基本ケース）において，せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての評価項目について，各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い，②～⑥より追加検討ケースを実施する。

第3－1表　耐震評価における検討ケース

検討ケース	① 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	② 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース	③ 地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

構造物間の相対変位の算定を行う場合は，上記の実施ケースにおいて変位量が厳しいケースで行う。

(2)　機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

機器・配管系に対する加速度応答の抽出における検討ケースを第3－2表に示す。

全ての基準地震動Ｓ$_s$に対して実施する⑤の検討ケース（原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース）において，上載される機器・配管系の固有振動数帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用い，④及び⑥より追加検討ケースを実施する。

第3－2表　機器・配管系に対する加速度応答の抽出のための検討ケース

検討ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定	敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

3.3　荷重及び荷重の組合せ

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

3.3.1　耐震評価上考慮する状態

トンネルの地震応答解析において，地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1)　運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり，通常の条件下におかれている状態。ただし，運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2)　設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3)　設計用自然条件

埋設構造物であるため，積雪及び風荷重は考慮しない。

(4)　重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2　荷重

カルバートの地震応答解析において，考慮する荷重を以下に示す。

(1)　固定荷重（G）

固定荷重として，躯体自重を考慮する。

(2)　積載荷重（P）

積載荷重として機器・配管荷重，土圧及び水圧による荷重を考慮する。

(3)　地震荷重（K_s）

基準地震動S_sによる荷重を考慮する。

(4)　積雪荷重（P_s）

積雪荷重として 30 cm の積雪を考慮する。

3.3.3　荷重の組合せ

荷重の組合せを第 3－3 表に示す。

第 3－3 表　荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時（S_s）	$G+P+K_s+P_s$

G　：固定荷重

P　：積載荷重

K_s：地震荷重

P_s：積雪荷重

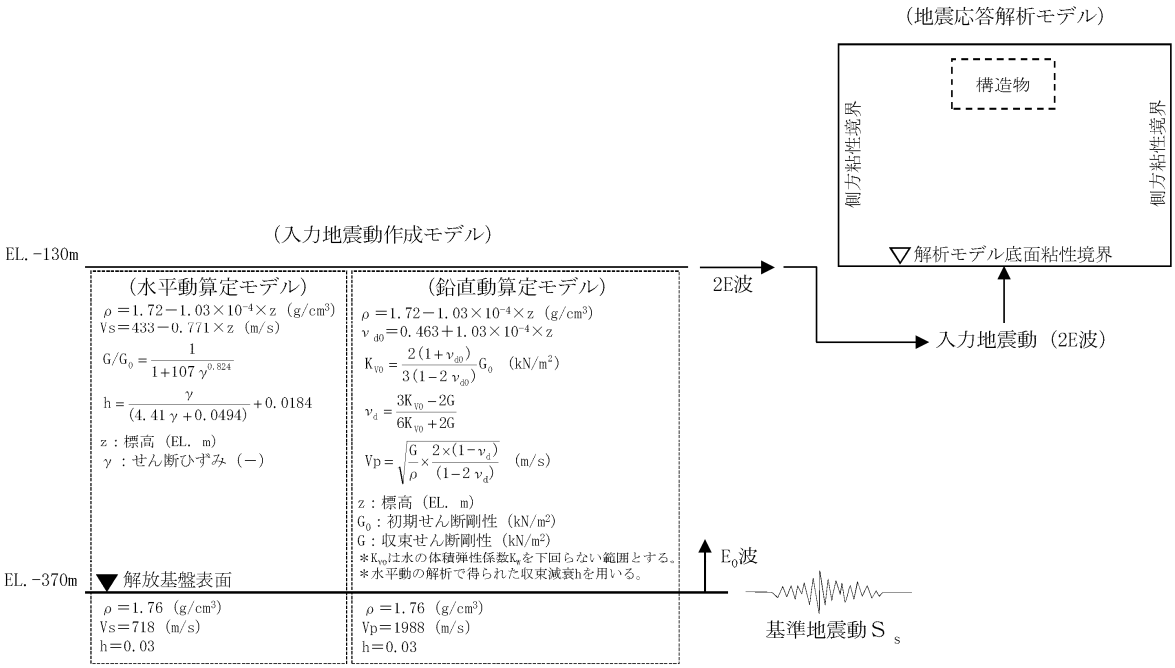
3.4　入力地震動

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

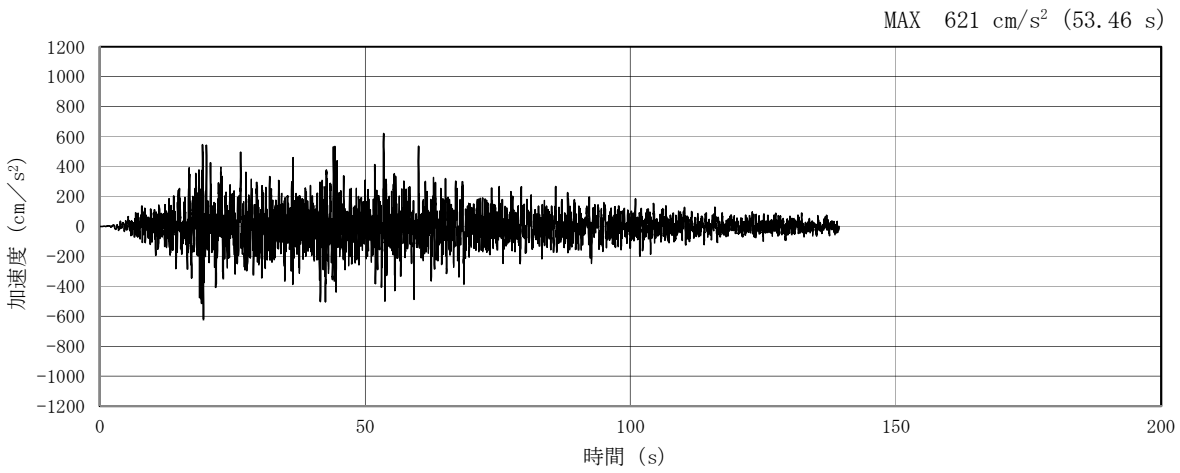
地震応答解析に用いる入力地震動は，解放基盤表面で定義される基準地震動Ｓ$_s$を１次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものを用いる。

第 3－3 図に入力地震動算定の概念図を，第 3－4 図に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には，解析コード「microSHAKE/3D Ver. 2.2.3.311」を使用する。

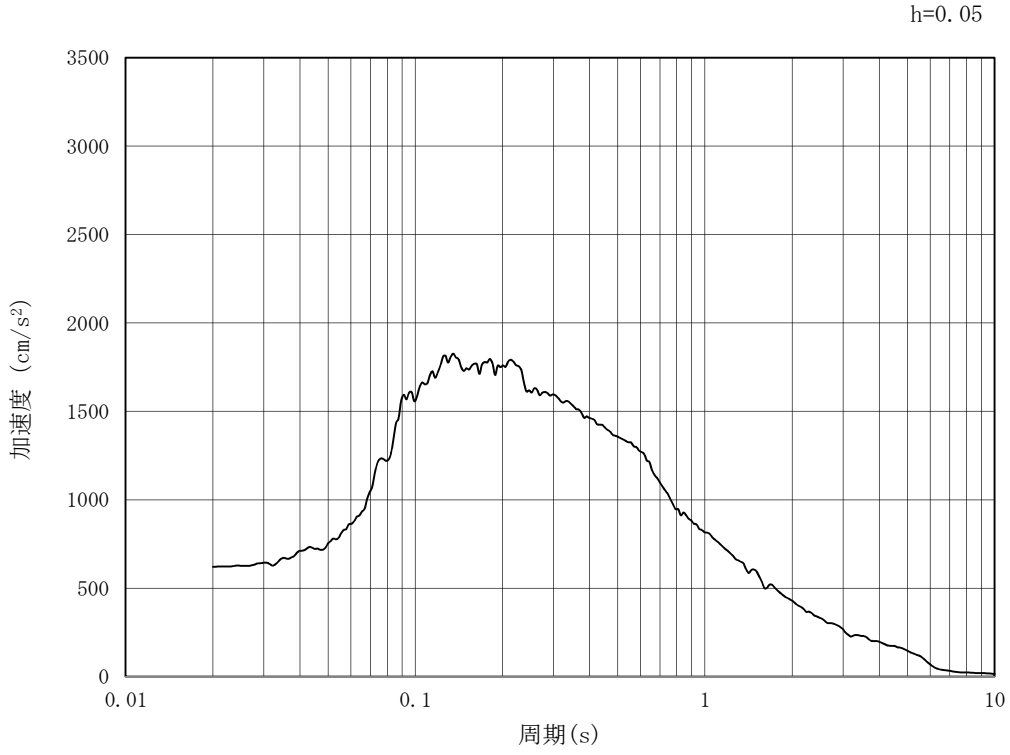
解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付資料「Ｖ-5-20 計算機プログラム（解析コード）の概要・ｍｉｃｒｏＳＨＡＫＥ／３Ｄ」に示す。



第 3－3 図　入力地震動算定の概念図

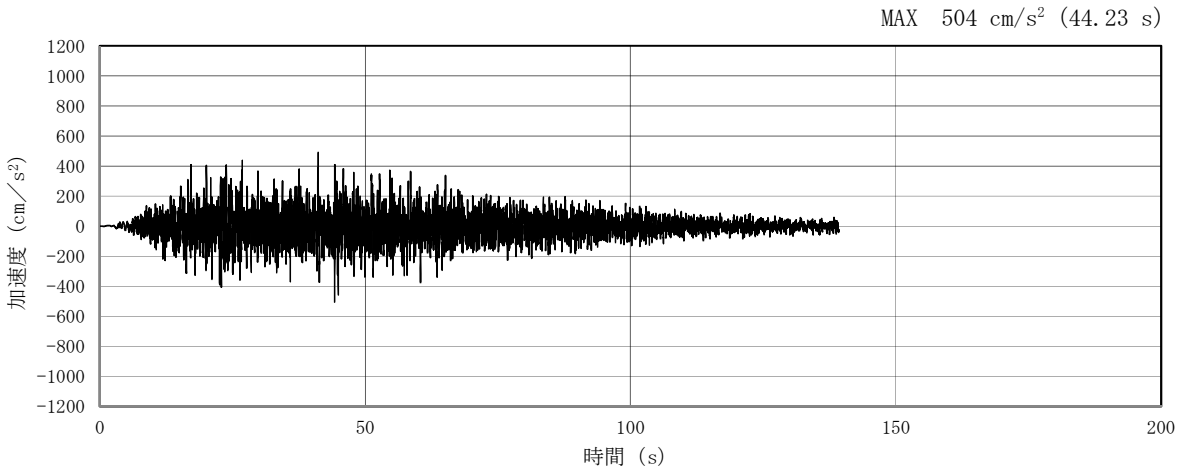


(a) 加速度時刻歴波形

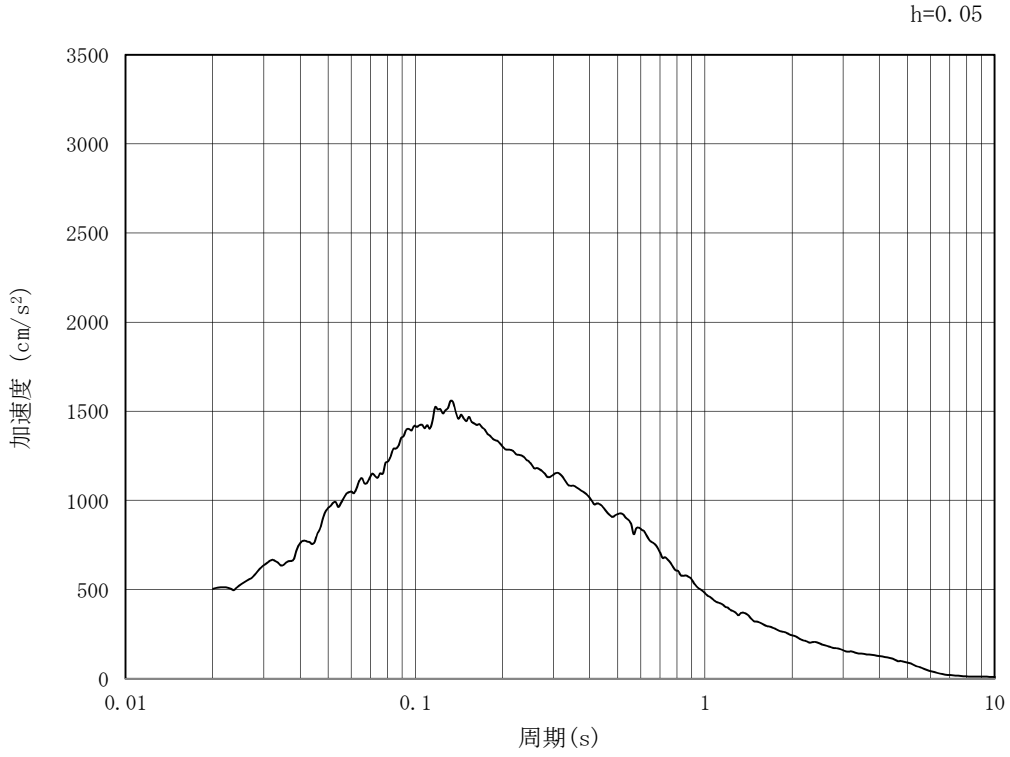


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (1)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－Ｄ１）

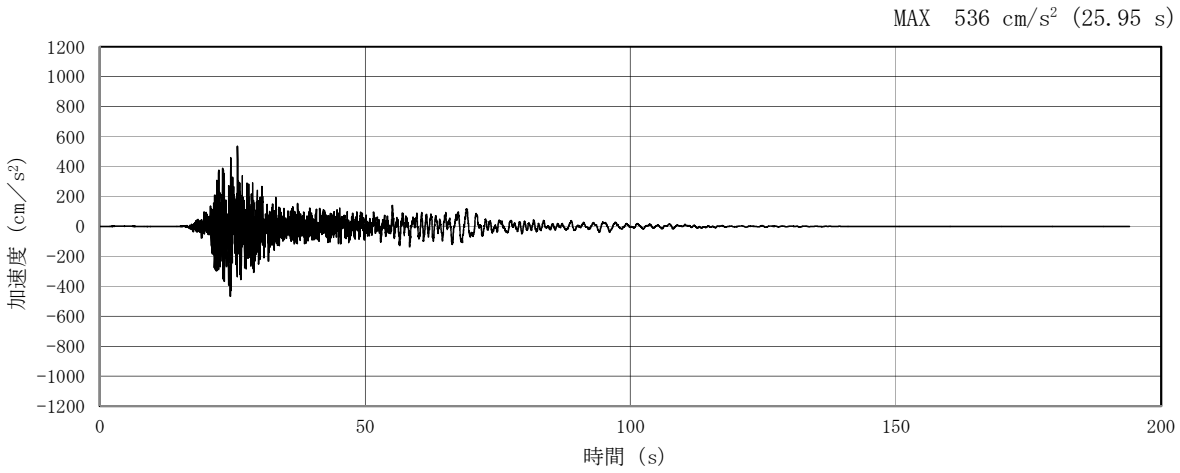


(a) 加速度時刻歴波形

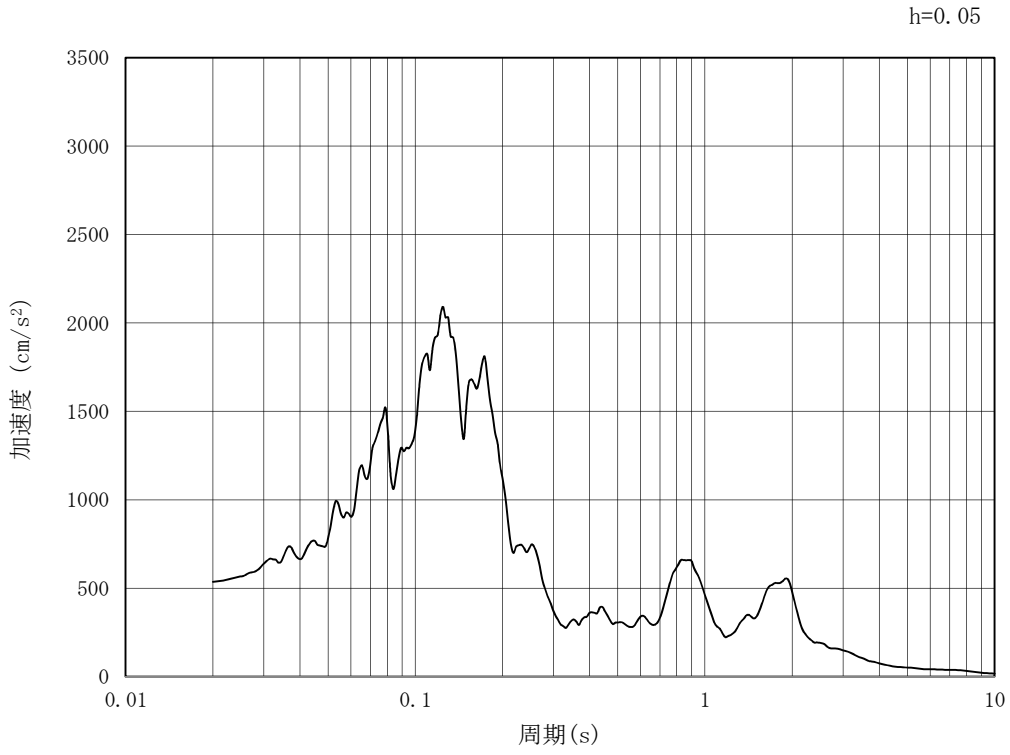


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (2)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－Ｄ１）

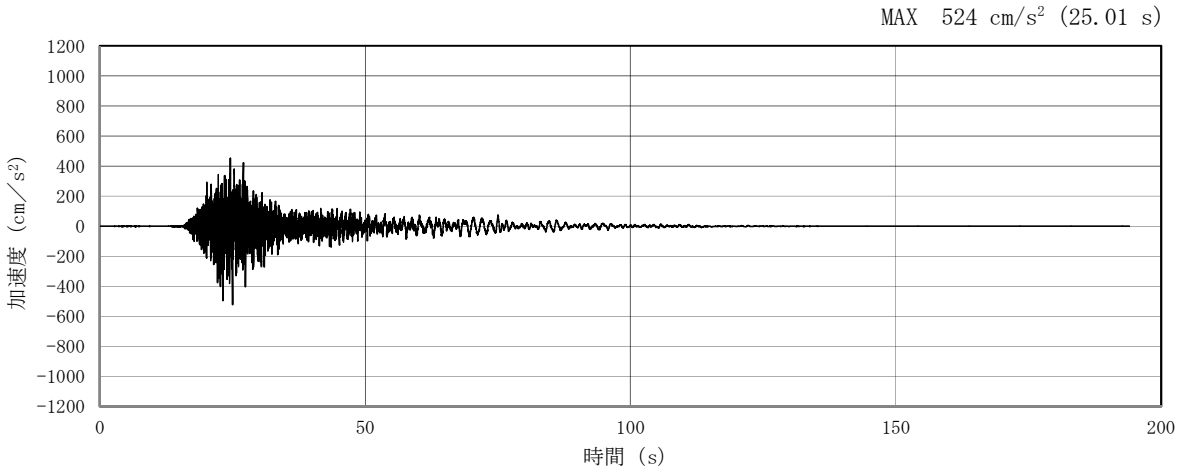


(a) 加速度時刻歴波形

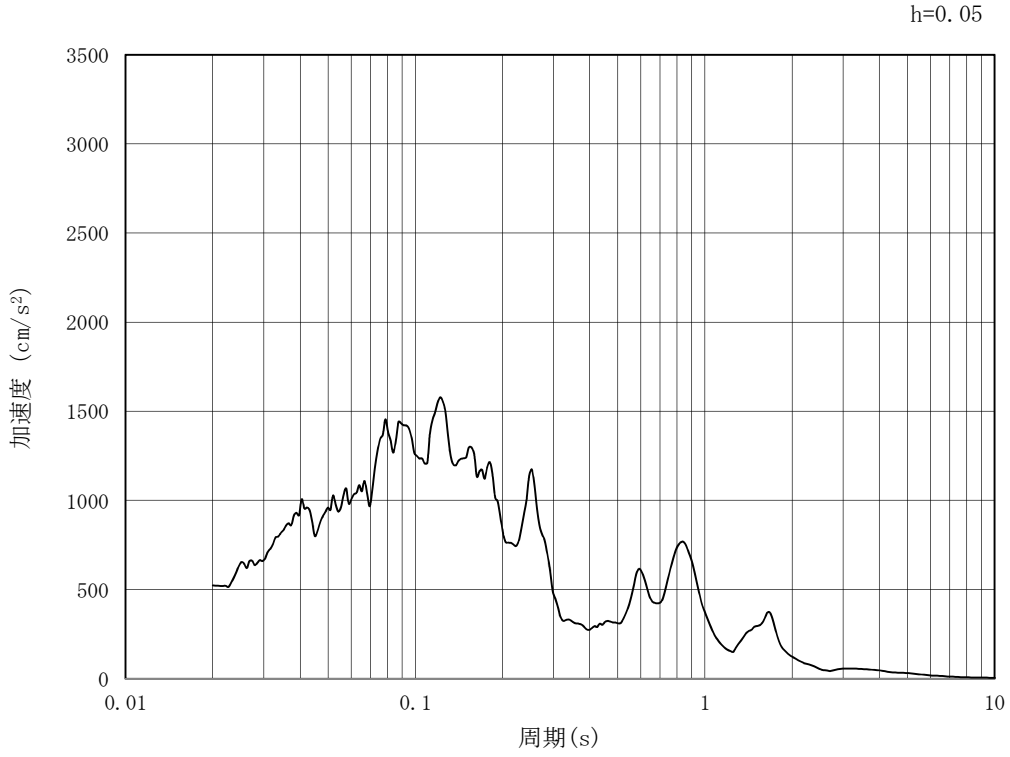


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (3)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１１）

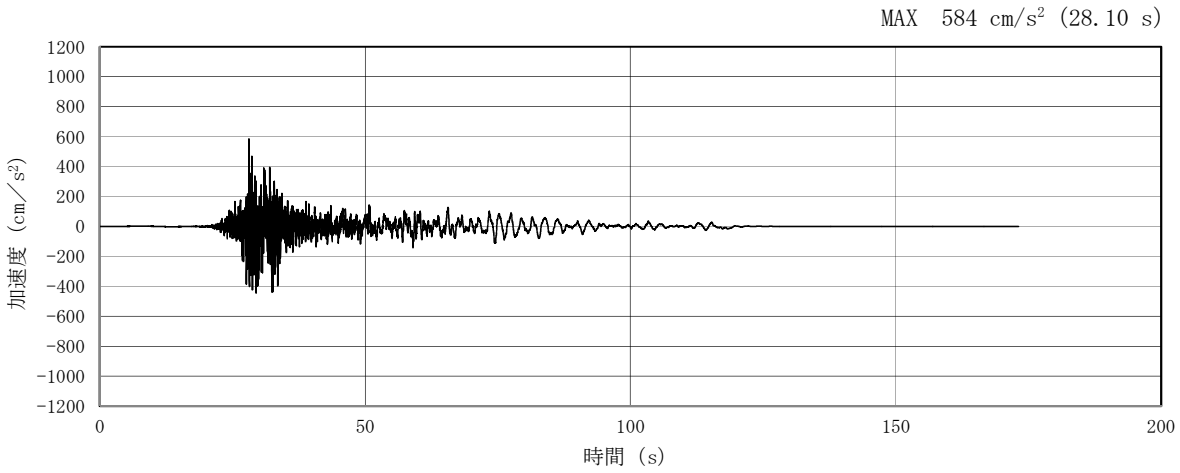


(a) 加速度時刻歴波形

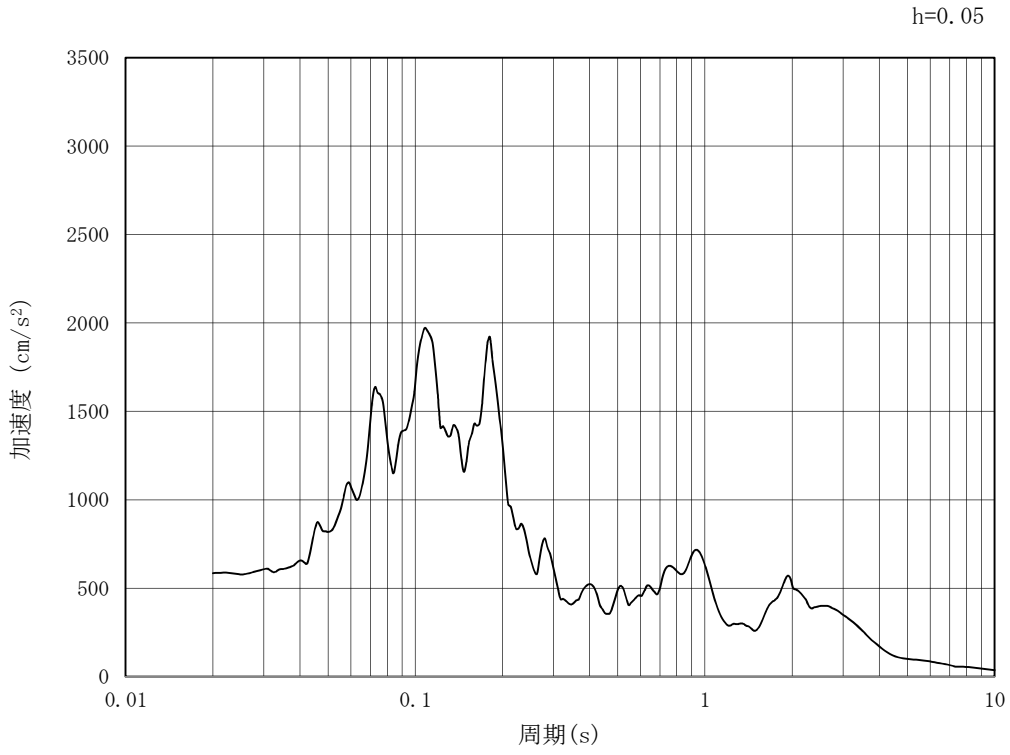


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (4)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１１）

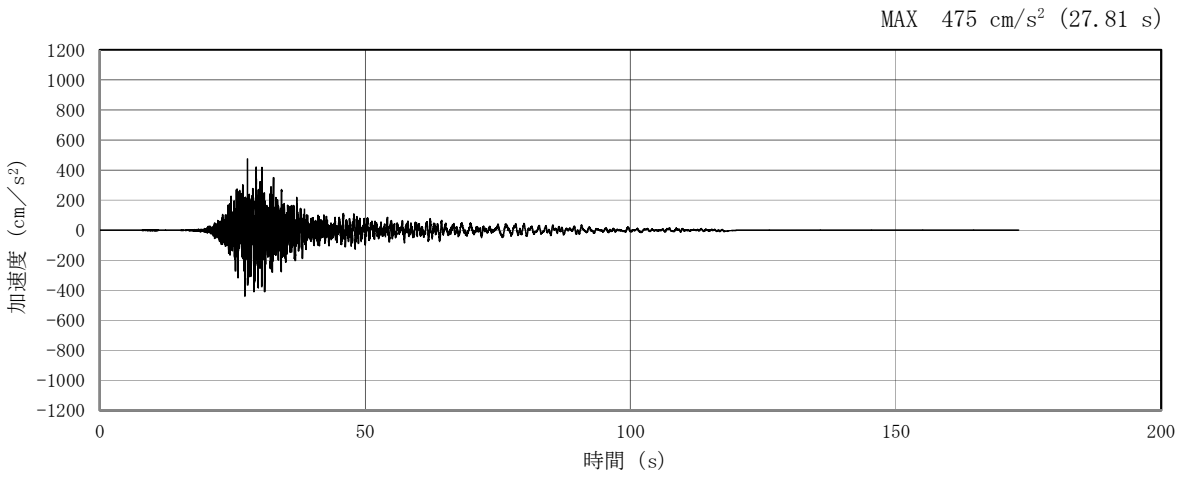


(a) 加速度時刻歴波形

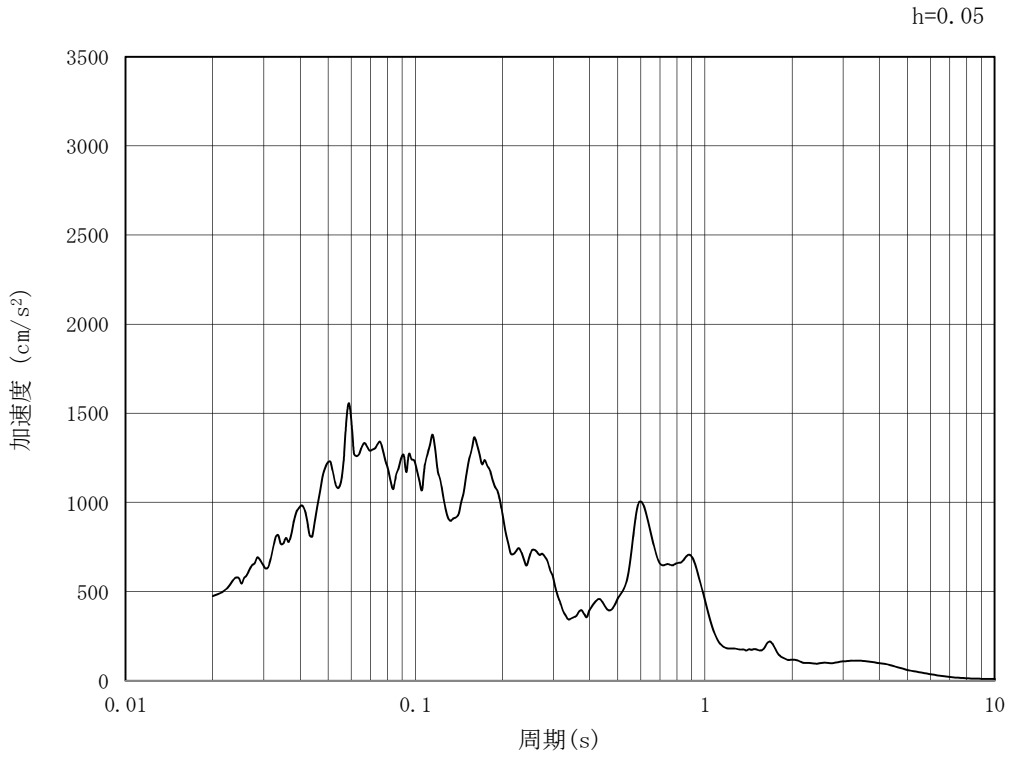


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (5)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１２）

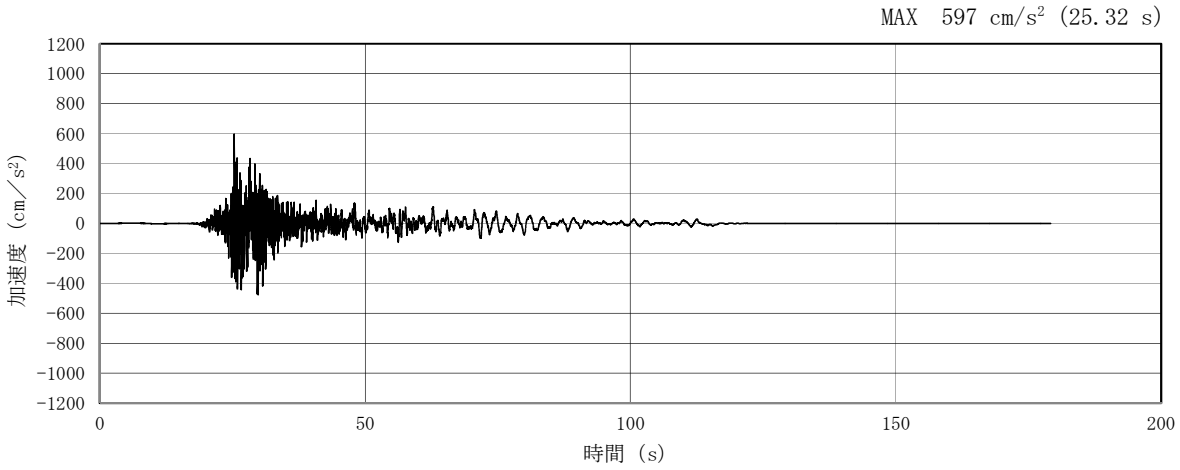


(a) 加速度時刻歴波形

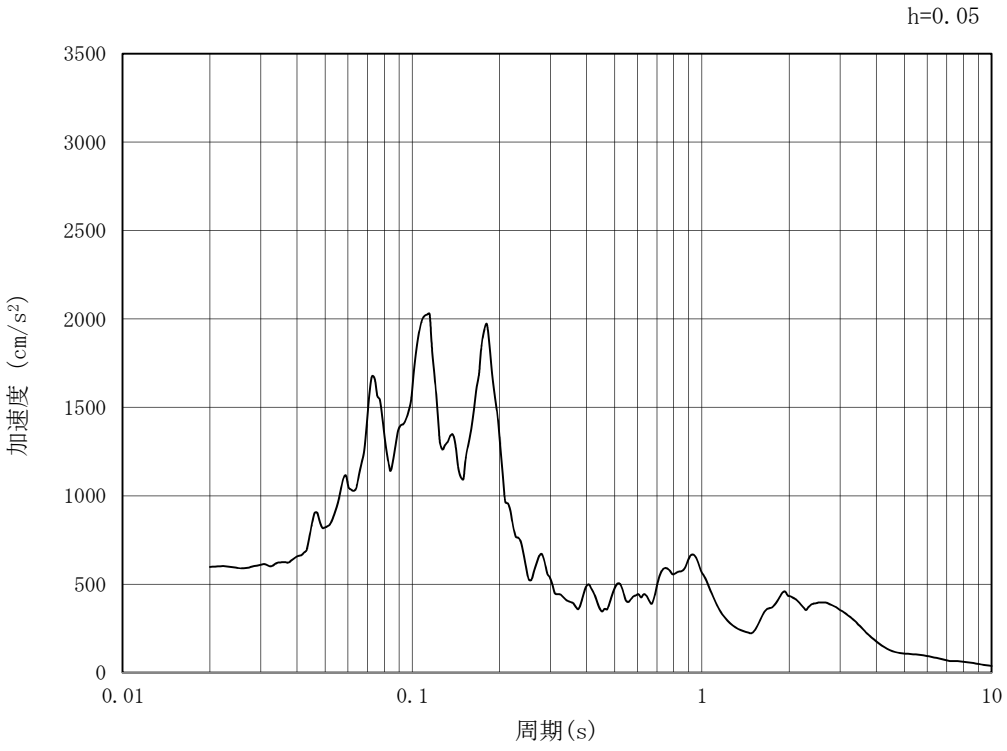


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (6)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１２）

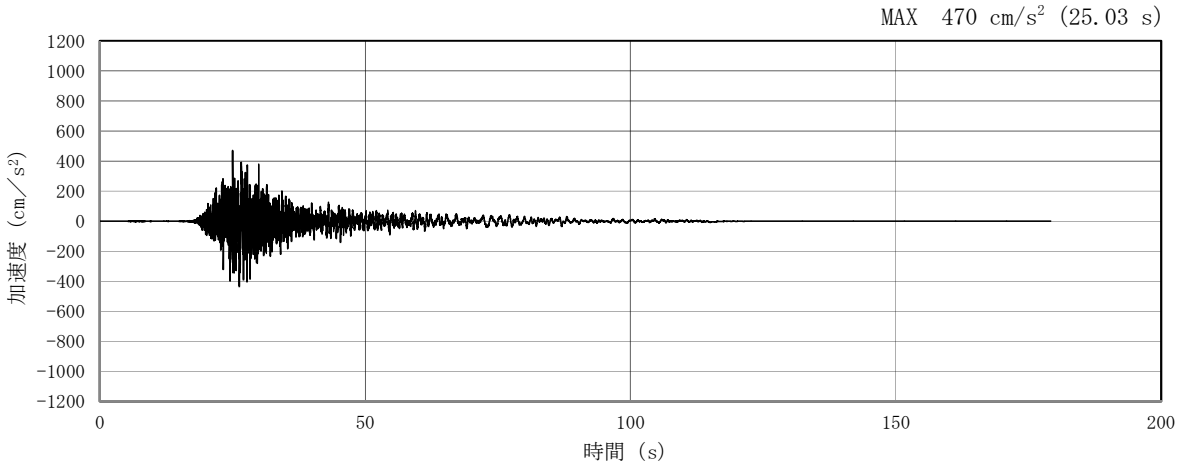


(a) 加速度時刻歴波形

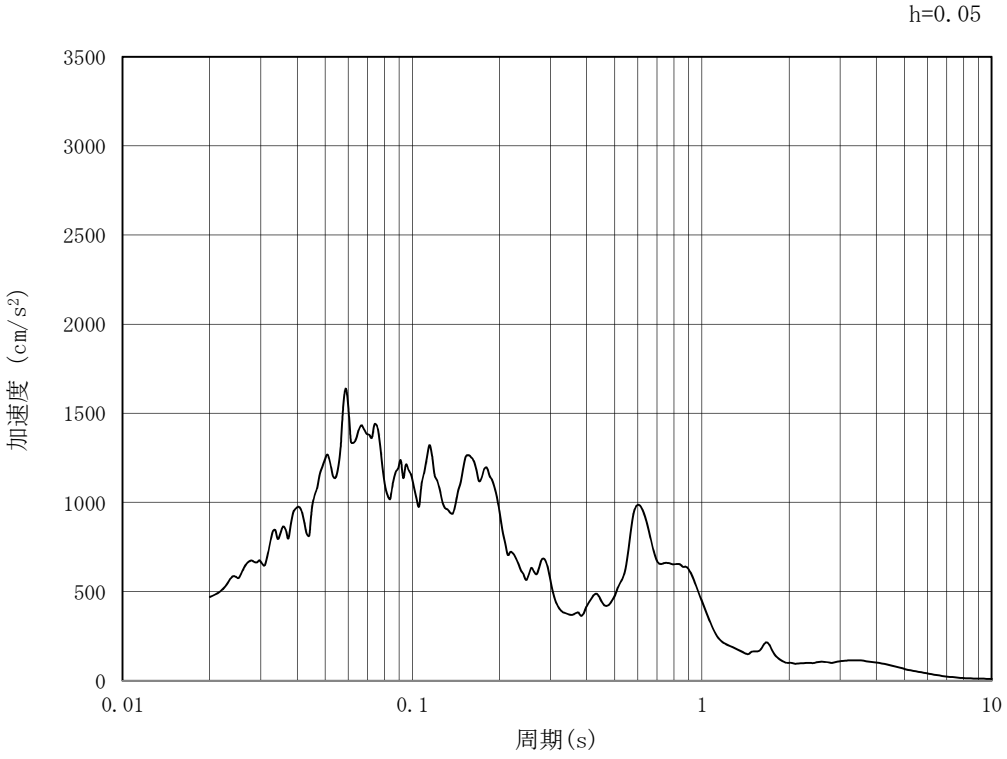


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (7)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１３）

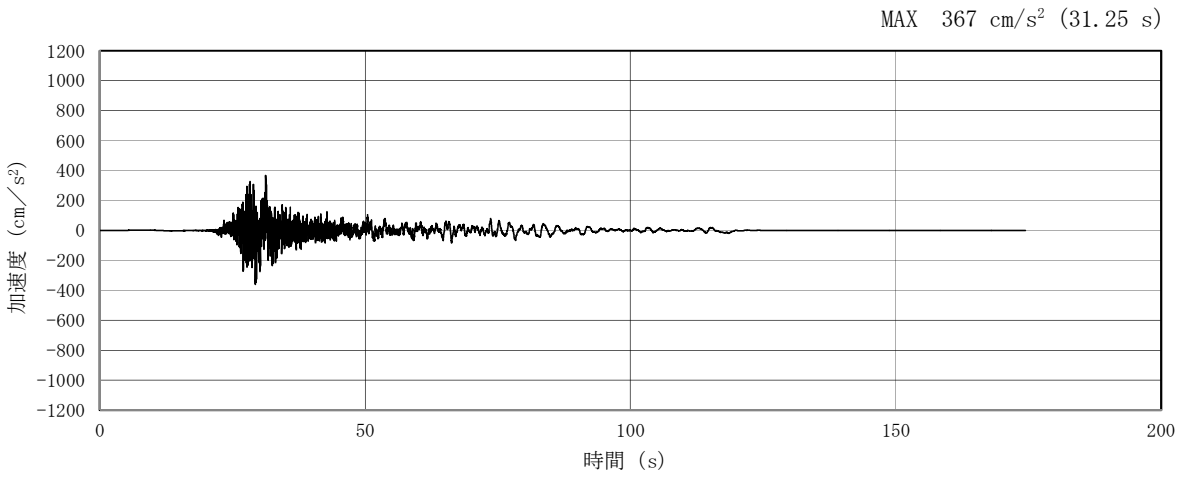


(a) 加速度時刻歴波形

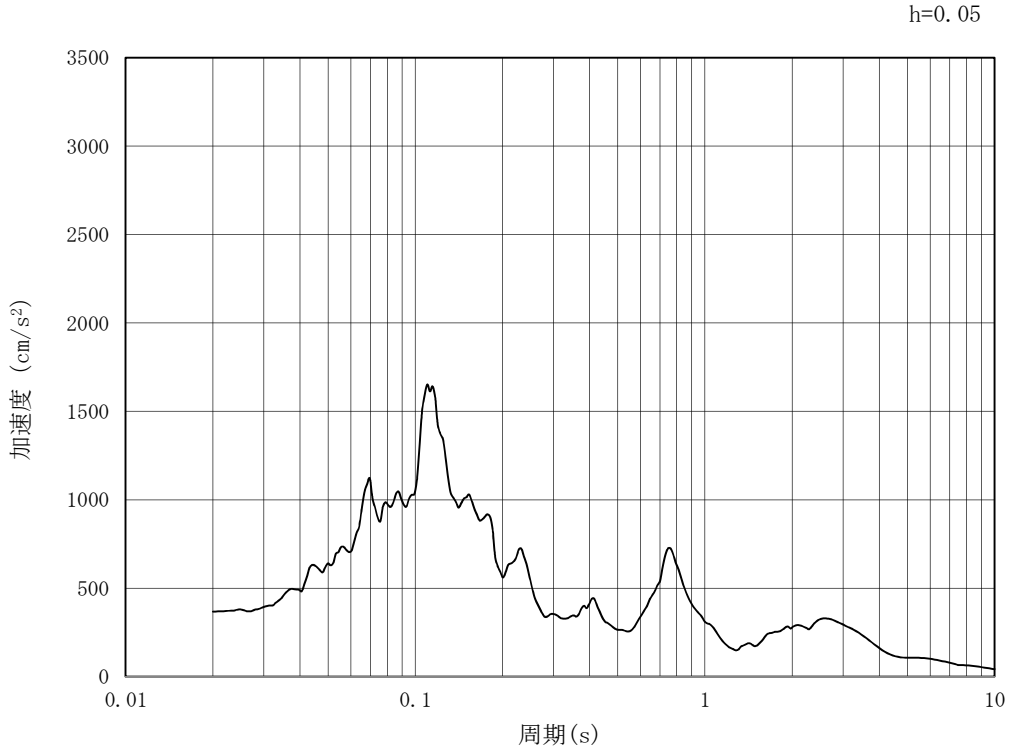


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (8)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１３）

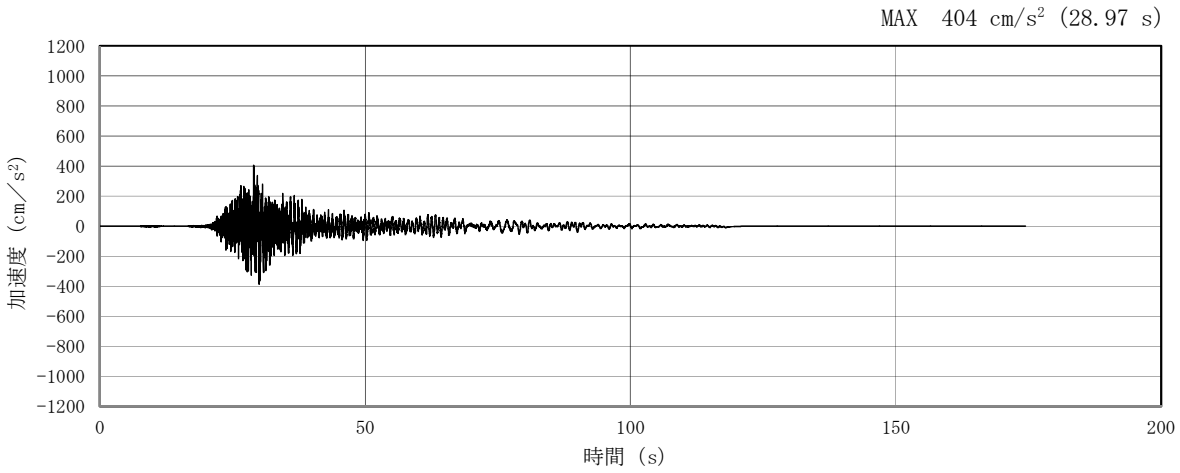


(a) 加速度時刻歴波形

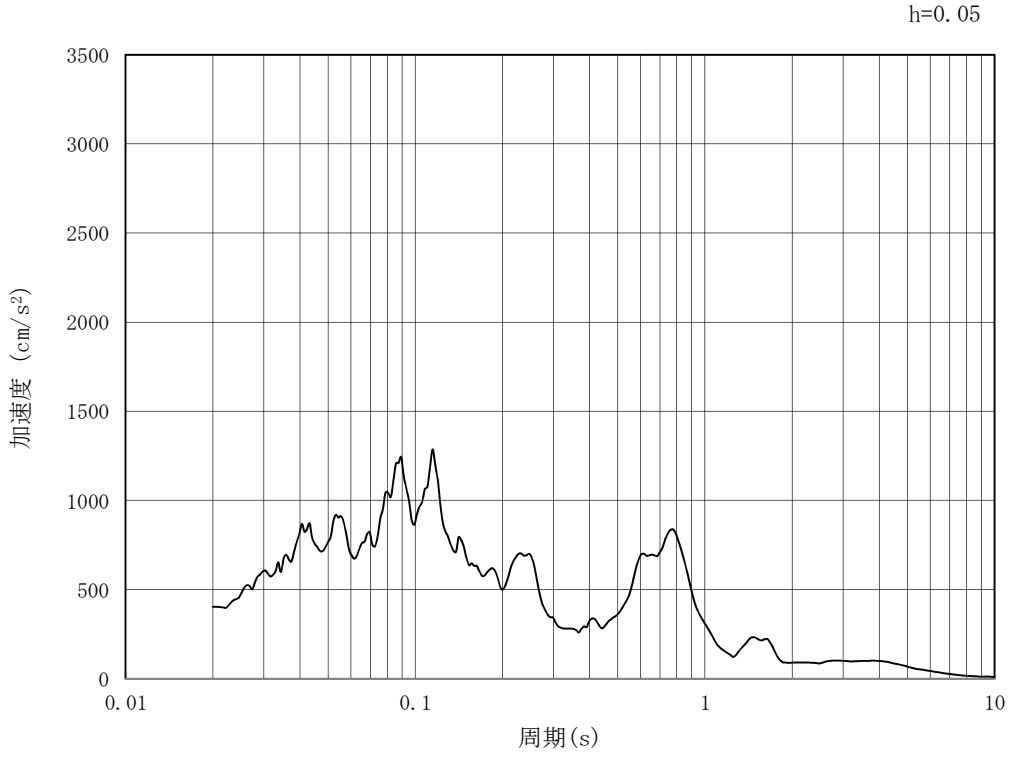


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (9)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１４）

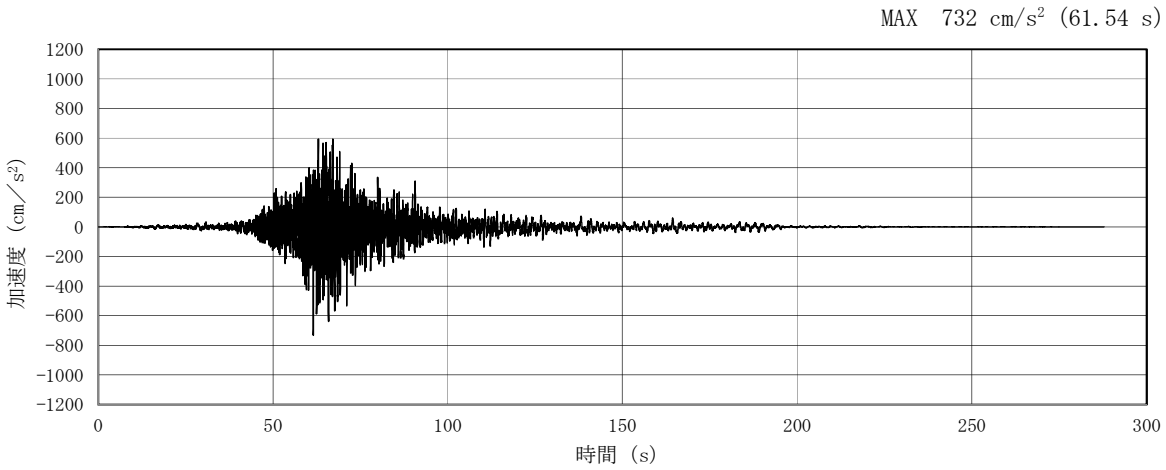


(a) 加速度時刻歴波形

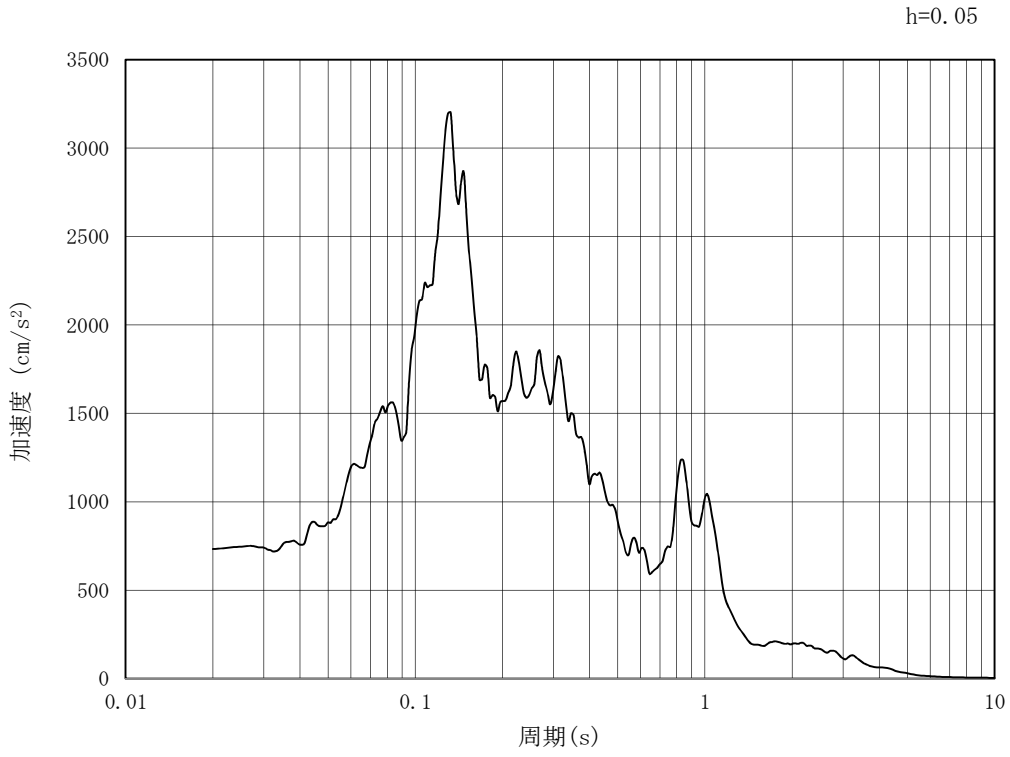


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (10)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１４）

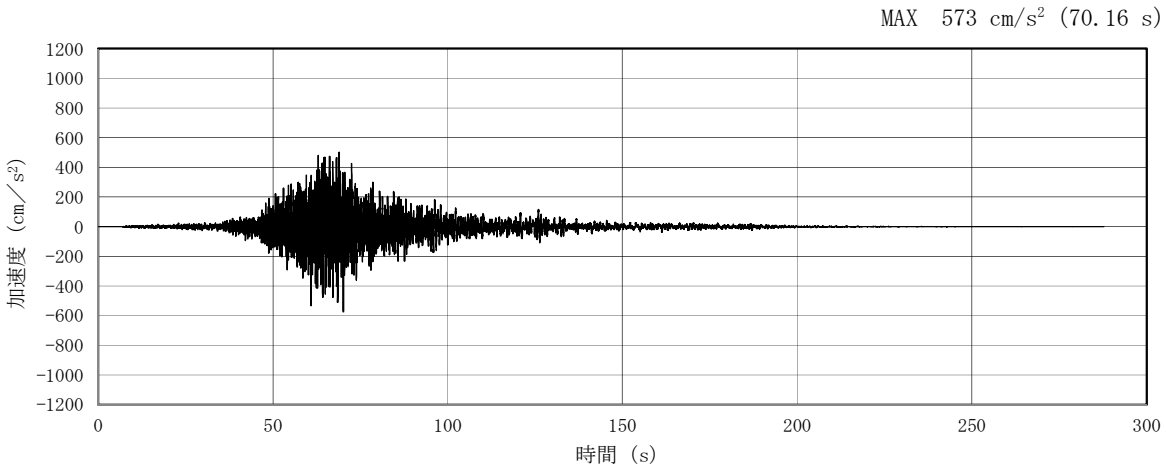


(a) 加速度時刻歴波形

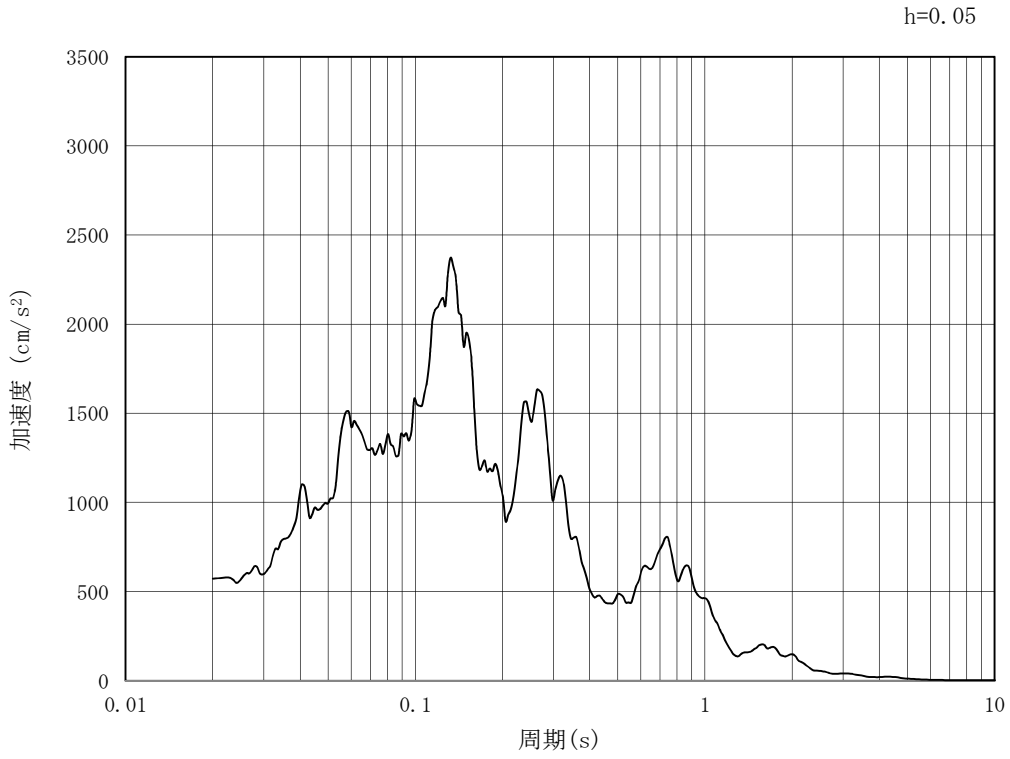


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図（11）　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－２１）

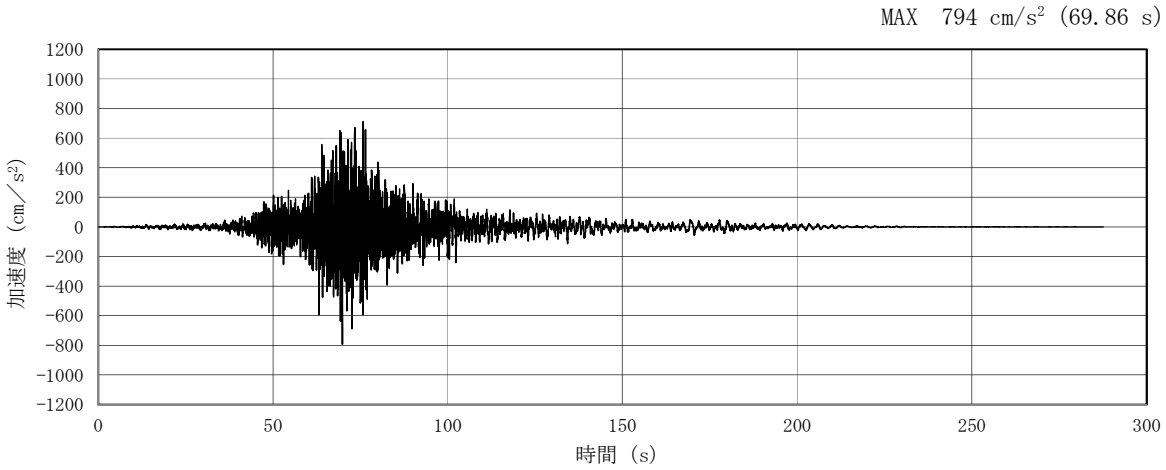


(a) 加速度時刻歴波形

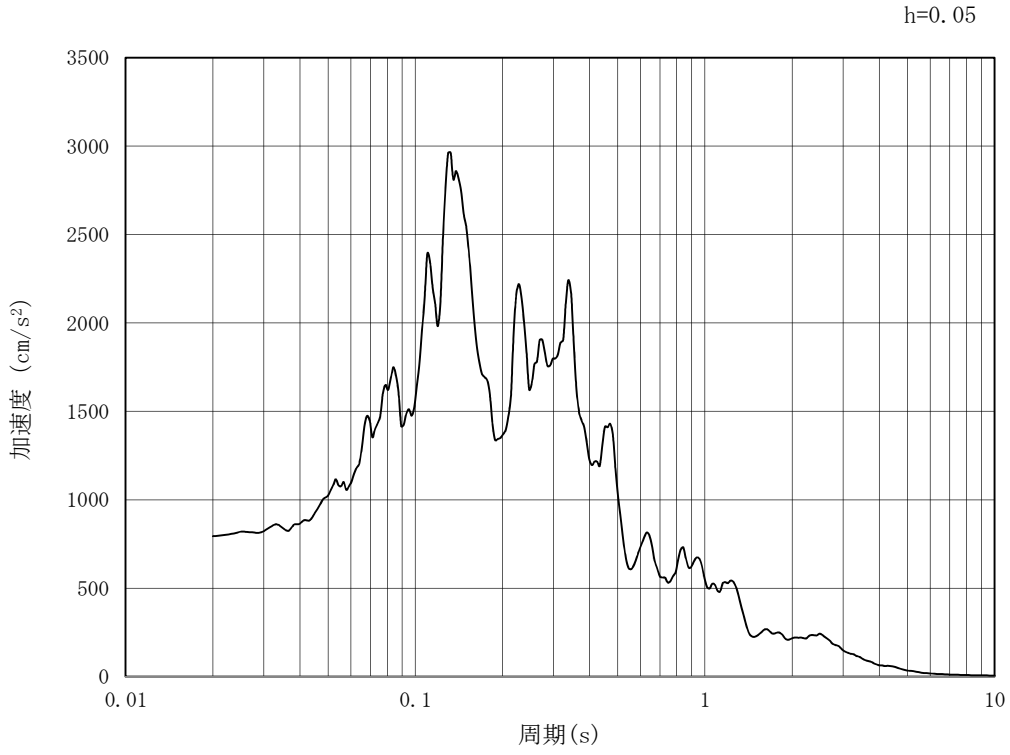


(b) 加速度応答スペクトル

第 3－4 図 (12)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－２１）

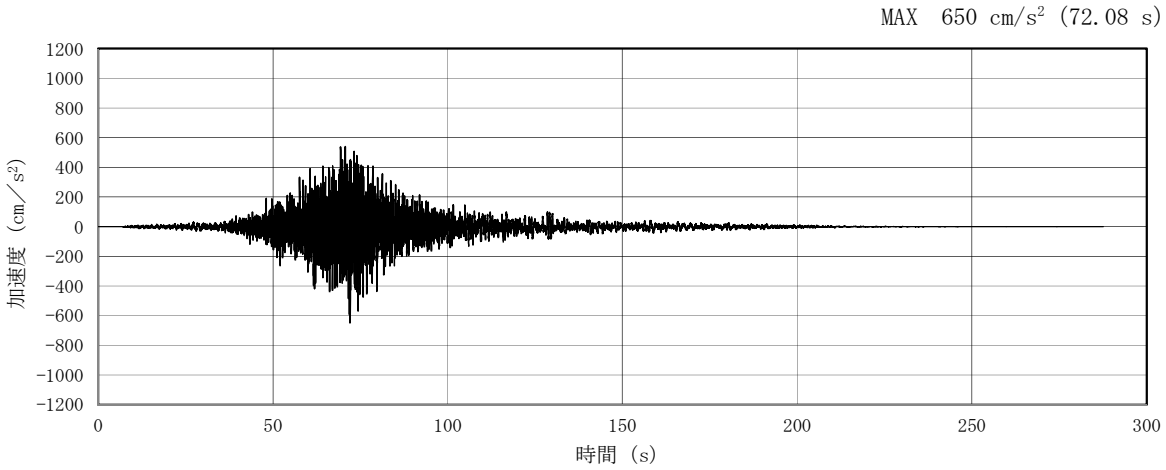


(a) 加速度時刻歴波形

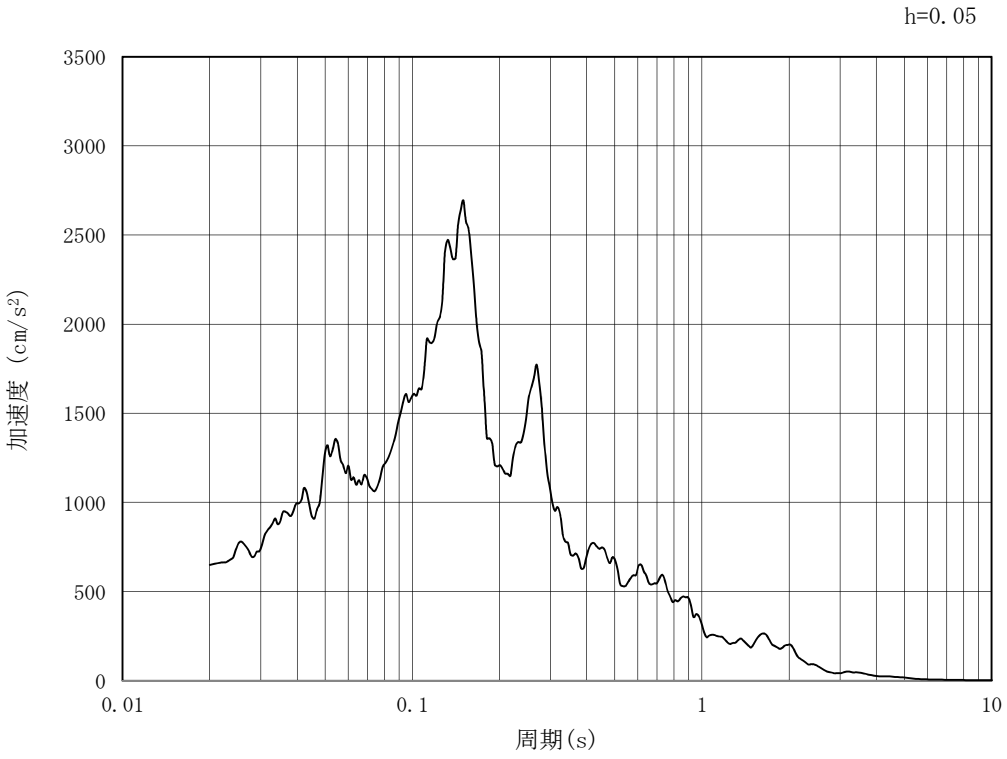


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (13)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－２２）

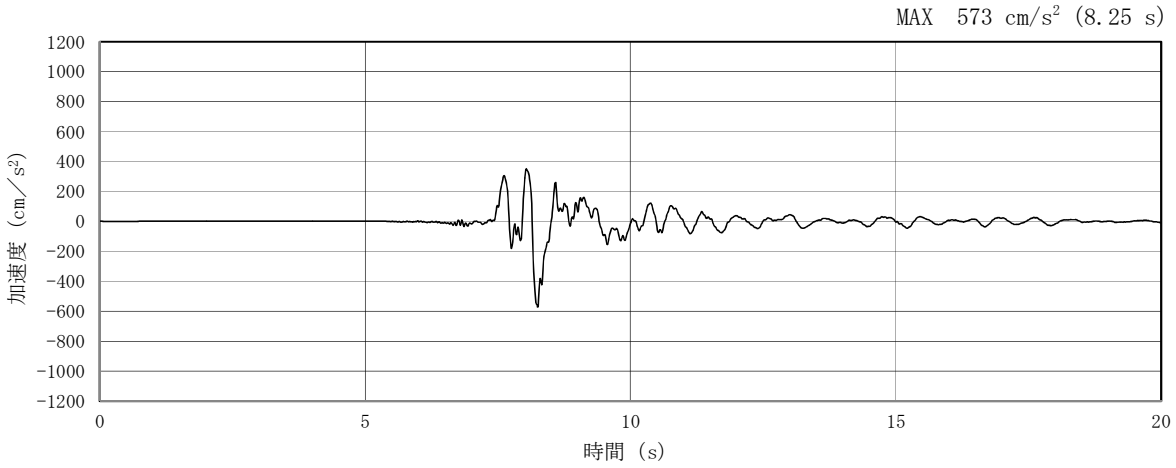


(a) 加速度時刻歴波形

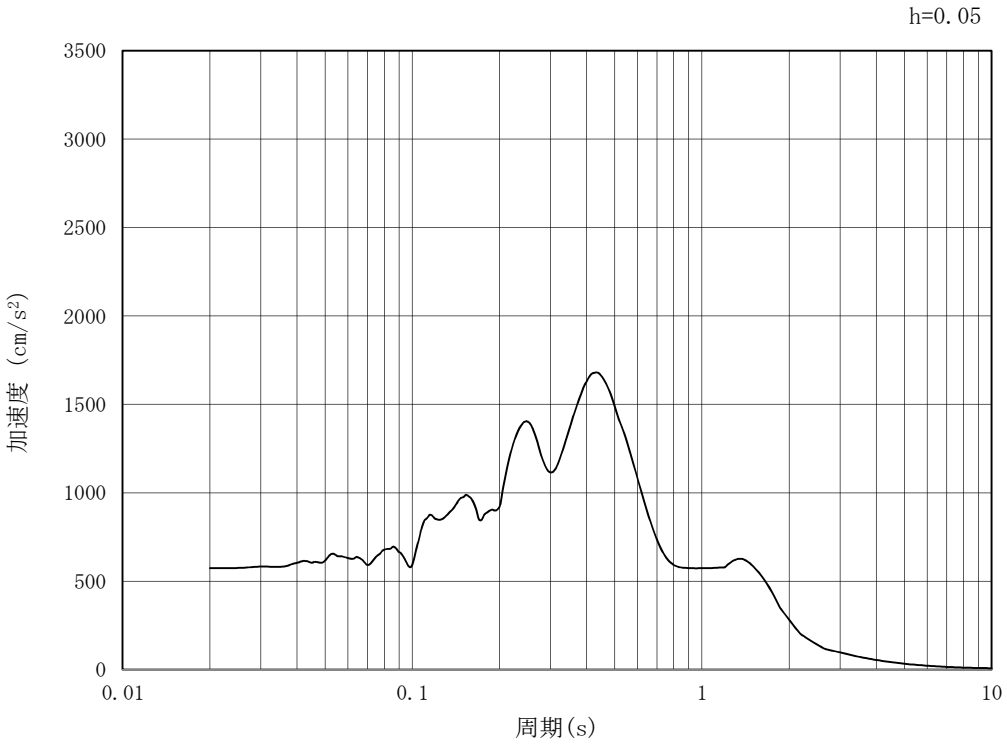


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (14)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－２２）

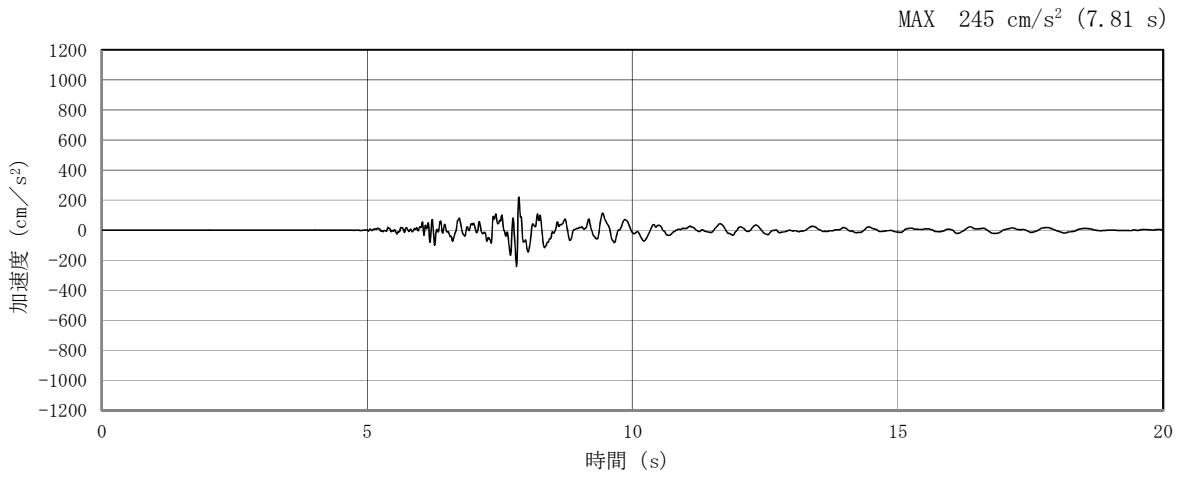


(a) 加速度時刻歴波形

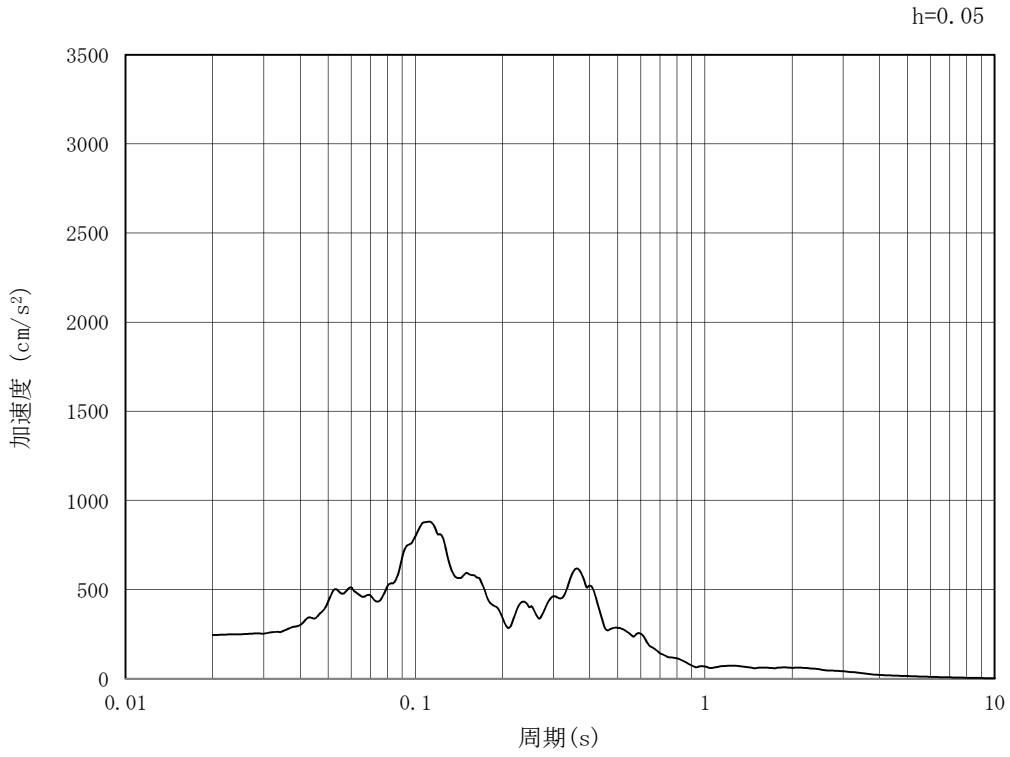


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (15)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－３１）



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

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

3.5　解析モデル及び諸元

3.5.1　解析モデル

カルバートの地震応答解析モデルを第3－5図に示す。

(1)　解析領域

地震応答解析モデルは，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，十分広い領域とする。

(2)　境界条件

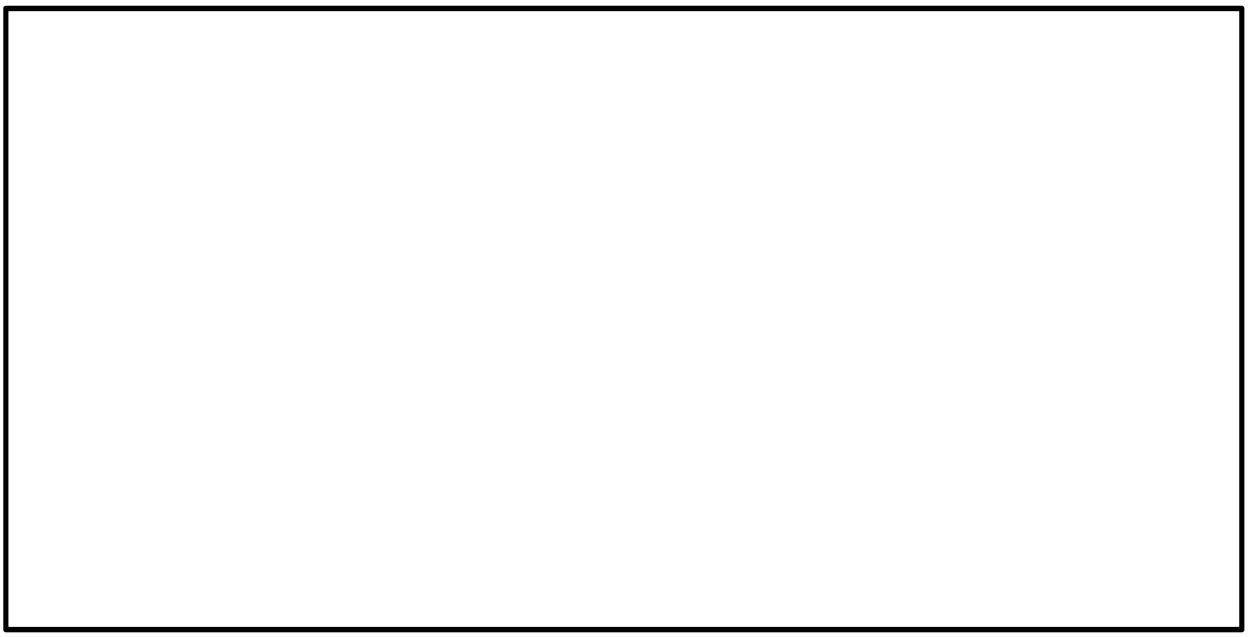
地震応答解析時の境界条件については，有限要素解析における半無限地盤を模擬するため，粘性境界を設ける。

(3)　構造物のモデル化

構造物は，線形はり要素でモデル化する。

(4)　地盤のモデル化

地盤は，マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し，地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。



第3－5図　カルバートの地震応答解析モデル

3.5.2　使用材料及び材料の物性値

使用材料を第3－4表に，材料の物性値を第3－5表に示す。

第3－4表　使用材料

諸元	
コンクリート	設計基準強度　40 N/mm^2
鉄筋	SD345，SD490
鋼管杭	SM570　φ1200 mm t50 mm（軽油カルバート）
	SM570　φ1500 mm t25 mm（水電気カルバート）

第3－5表　材料の物性値

材料		単位体積重量 (kN/m^3)	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比	減衰定数 (%)
鉄筋コンクリート	設計基準強度　40 N/mm^2 *1	24.5*1	3.1×10^4 *1	0.2*1	5*2
鋼材	SM570	77.0*3	2.0×10^5 *3	0.3*3	3*4

注記　＊1：コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（（社）土木学会，2002年制定）

＊2：ＪＥＡＧ４６０１－1987（（社）日本電気協会）

＊3：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）

＊4：道路橋示方書（Ⅴ耐震設計編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）

3.5.3　地盤の物性値

地盤の物性値は，添付資料「Ⅴ-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

地盤の物性値を第3－6表～第3－9表に示す。

第3－6表　地盤の解析用物性値一覧（液状化検討対象層）

パラメータ				原地盤								豊浦標準砂
				埋戻土	第四系（液状化検討対象層）							
				fl	du	Ag2	As	Ag1	D2s-3	D2g-3	D1g-1	
物理特性	密度 （）は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	1.98 (1.82)	1.98 (1.82)	2.01 (1.89)	1.74	2.01 (1.89)	1.92	2.15 (2.11)	2.01 (1.89)	1.958
	間隙比	e	－	0.75	0.75	0.67	1.2	0.67	0.79	0.43	0.67	0.702
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	－	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.19	0.26	0.25	0.333
	基準平均有効主応力 （）は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	358 (312)	358 (312)	497 (299)	378	814 (814)	966	1167 (1167)	1695 (1710)	12.6
	基準初期せん断剛性 （）は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m^2	253529 (220739)	253529 (220739)	278087 (167137)	143284	392073 (392073)	650611	1362035 (1362035)	947946 (956776)	18975
	最大履歴減衰率	h_{max}	－	0.220	0.220	0.233	0.216	0.221	0.192	0.130	0.233	0.287
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm^2	0	0	0	0.012	0	0.01	0	0	0
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	37.3	37.3	37.4	41	37.4	35.8	44.4	37.4	30
液状化特性	液状化パラメータ	ϕ_p	－	34.8	34.8	34.9	38.3	34.9	33.4	41.4	34.9	28
	液状化パラメータ	S_1	－	0.047	0.047	0.028	0.046	0.029	0.048	0.030	0.020	0.005
	液状化パラメータ	W_1	－	6.5	6.5	56.5	6.9	51.6	17.6	45.2	10.5	5.06
	液状化パラメータ	P_1	－	1.26	1.26	9.00	1.00	12.00	4.80	8.00	7.00	0.57
	液状化パラメータ	P_2	－	0.80	0.80	0.60	0.75	0.60	0.96	0.60	0.50	0.80
	液状化パラメータ	C_1	－	2.00	2.00	3.40	2.27	3.35	3.15	3.82	2.83	1.44

第3－7表　地盤の解析用物性値一覧（非液状化層）

パラメータ				原地盤					
				第四系（非液状化層）				新第三系	捨石
				Ac	D2c-3	lm	D1c-1*1	Km	
物理特性	密度 （）は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	1.65	1.77	1.47 (1.43)	－	1.72-1.03×10^{-4}・z	2.04 (1.84)
	間隙比	e	－	1.59	1.09	2.8	－	1.16	0.82
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	－	0.10	0.22	0.14	－	0.16+0.00025・z	0.33
	基準平均有効主応力 （）は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	480	696	249 (223)	－	動的変形特性に基づきz（標高）毎に物性値を設定	98
	基準初期せん断剛性 （）は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m^2	121829	285223	38926 (35783)	－		180000
	最大履歴減衰率	h_{max}	－	0.200	0.186	0.151	－		0.24
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm^2	0.025	0.026	0.042	－	0.358-0.00603・z	0.02
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	29.1	35.6	27.3	－	23.2+0.0990・z	35

注記　＊1：施設の耐震評価に影響を与えるものではないことから，解析用物性値として本表には記載しない。

第3－8表　地盤の解析用物性値一覧(新第三系 Km 層)

区分番号	設定深度 TP(m) Z	適用深度 TP(m)	密度 ρ (g/cm^3)	静ポアソン比 ν_{CD}	粘着力 C_{CD} (kN/m^2)	内部摩擦角 ϕ_{CD} (°)	せん断波速度Vs (m/s)	基準初期せん断剛性 Gma (kN/m^2)	基準体積弾性係数 Kma (kN/m^2)	基準平均有効主応力 σ'ma (kN/m^2)	拘束圧依存係数 mG,mK	最大履歴減衰率 hmax(-)	動ポアソン比 ν_d	疎密波速度Vp (m/s)
1	10	9.5 ～ 10.5	1.72	0.16	298	24.2	425	310,675	353,317	504	0.0	0.105	0.464	1,640
2	9	8.5 ～ 9.5	1.72	0.16	304	24.1	426	312,139	354,982	504	0.0	0.105	0.464	1,644
3	8	7.5 ～ 8.5	1.72	0.16	310	24.0	427	313,606	356,650	504	0.0	0.105	0.464	1,648
4	7	6.5 ～ 7.5	1.72	0.16	316	23.9	428	315,076	358,322	504	0.0	0.105	0.464	1,651
5	6	5.5 ～ 6.5	1.72	0.16	322	23.8	428	315,076	358,322	504	0.0	0.106	0.464	1,651
6	5	4.5 ～ 5.5	1.72	0.16	328	23.7	429	316,551	359,999	504	0.0	0.106	0.464	1,655
7	4	3.5 ～ 4.5	1.72	0.16	334	23.6	430	318,028	361,679	504	0.0	0.106	0.463	1,638
8	3	2.5 ～ 3.5	1.72	0.16	340	23.5	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642
9	2	1.5 ～ 2.5	1.72	0.16	346	23.4	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642
10	1	0.5 ～ 1.5	1.72	0.16	352	23.3	432	320,993	365,051	504	0.0	0.107	0.463	1,646
11	0	-0.5 ～ 0.5	1.72	0.16	358	23.2	433	322,481	366,743	504	0.0	0.107	0.463	1,650
12	-1	-1.5 ～ -0.5	1.72	0.16	364	23.1	434	323,972	368,439	504	0.0	0.108	0.463	1,653
13	-2	-2.5 ～ -1.5	1.72	0.16	370	23.0	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657
14	-3	-3.5 ～ -2.5	1.72	0.16	376	22.9	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657
15	-4	-4.5 ～ -3.5	1.72	0.16	382	22.8	436	326,965	371,843	504	0.0	0.108	0.463	1,661
16	-5	-5.5 ～ -4.5	1.72	0.16	388	22.7	437	328,467	373,551	504	0.0	0.109	0.462	1,644
17	-6	-6.5 ～ -5.5	1.72	0.16	394	22.6	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648
18	-7	-7.5 ～ -6.5	1.72	0.16	400	22.5	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648
19	-8	-8.5 ～ -7.5	1.72	0.16	406	22.4	439	331,480	376,977	504	0.0	0.109	0.462	1,652
20	-9	-9.5 ～ -8.5	1.72	0.16	412	22.3	440	332,992	378,697	504	0.0	0.110	0.462	1,656
21	-10	-11 ～ -9.5	1.72	0.16	418	22.2	441	334,507	380,420	504	0.0	0.110	0.462	1,659
22	-12	-13 ～ -11	1.72	0.16	430	22.0	442	336,026	382,147	504	0.0	0.110	0.462	1,663
23	-14	-15 ～ -13	1.72	0.16	442	21.8	444	339,074	385,614	504	0.0	0.111	0.462	1,671
24	-16	-17 ～ -15	1.72	0.16	454	21.6	445	340,603	387,352	504	0.0	0.111	0.461	1,654
25	-18	-19 ～ -17	1.72	0.16	467	21.4	447	343,671	390,842	504	0.0	0.112	0.461	1,662
26	-20	-21 ～ -19	1.72	0.16	479	21.2	448	345,211	392,593	504	0.0	0.112	0.461	1,665
27	-22	-23 ～ -21	1.72	0.15	491	21.0	450	348,300	381,471	498	0.0	0.112	0.461	1,673
28	-24	-25 ～ -23	1.72	0.15	503	20.8	452	351,403	384,870	498	0.0	0.113	0.461	1,680
29	-26	-27 ～ -25	1.72	0.15	515	20.6	453	352,959	386,574	498	0.0	0.113	0.460	1,664
30	-28	-29 ～ -27	1.72	0.15	527	20.4	455	356,083	389,996	498	0.0	0.114	0.460	1,672
31	-30	-31 ～ -29	1.72	0.15	539	20.2	456	357,650	391,712	498	0.0	0.114	0.460	1,675
32	-32	-33 ～ -31	1.72	0.15	551	20.0	458	360,794	395,155	498	0.0	0.115	0.460	1,683
33	-34	-35 ～ -33	1.72	0.15	563	19.8	459	362,371	396,883	498	0.0	0.115	0.459	1,667
34	-36	-37 ～ -35	1.72	0.15	575	19.6	461	365,536	400,349	498	0.0	0.115	0.459	1,675
35	-38	-39 ～ -37	1.72	0.15	587	19.4	462	367,124	402,088	498	0.0	0.116	0.459	1,678
36	-40	-41 ～ -39	1.72	0.15	599	19.2	464	370,309	405,577	498	0.0	0.116	0.459	1,685
37	-42	-43 ～ -41	1.72	0.15	611	19.0	465	371,907	407,327	498	0.0	0.117	0.459	1,689
38	-44	-45 ～ -43	1.72	0.15	623	18.8	467	375,113	410,838	498	0.0	0.117	0.458	1,678
39	-46	-47 ～ -45	1.72	0.15	635	18.6	468	376,721	412,599	498	0.0	0.117	0.458	1,681
40	-48	-49 ～ -47	1.72	0.15	647	18.4	470	379,948	416,134	498	0.0	0.118	0.458	1,688
41	-50	-51 ～ -49	1.73	0.15	660	18.3	472	385,416	422,122	498	0.0	0.118	0.458	1,696
42	-52	-53 ～ -51	1.73	0.15	672	18.1	473	387,051	423,913	498	0.0	0.118	0.458	1,699
43	-54	-55 ～ -53	1.73	0.15	684	17.9	475	390,331	427,505	498	0.0	0.118	0.457	1,688
44	-56	-57 ～ -55	1.73	0.15	696	17.7	476	391,976	429,307	498	0.0	0.119	0.457	1,692
45	-58	-59 ～ -57	1.73	0.15	708	17.5	478	395,277	432,922	498	0.0	0.119	0.457	1,699
46	-60	-61 ～ -59	1.73	0.15	720	17.3	479	396,933	434,736	498	0.0	0.120	0.457	1,702
47	-62	-63 ～ -61	1.73	0.14	732	17.1	481	400,255	422,491	492	0.0	0.120	0.457	1,709
48	-64	-65 ～ -63	1.73	0.14	744	16.9	482	401,921	424,250	492	0.0	0.120	0.456	1,695
49	-66	-67 ～ -65	1.73	0.14	756	16.7	484	405,263	427,778	492	0.0	0.120	0.456	1,702
50	-68	-69 ～ -67	1.73	0.14	768	16.5	485	406,939	429,547	492	0.0	0.121	0.456	1,705
51	-70	-71 ～ -69	1.73	0.14	780	16.3	487	410,302	433,097	492	0.0	0.121	0.456	1,712
52	-72	-73 ～ -71	1.73	0.14	792	16.1	489	413,679	436,661	492	0.0	0.121	0.456	1,719
53	-74	-75 ～ -73	1.73	0.14	804	15.9	490	415,373	438,449	492	0.0	0.122	0.455	1,705
54	-76	-77 ～ -75	1.73	0.14	816	15.7	492	418,771	442,036	492	0.0	0.122	0.455	1,712
55	-78	-79 ～ -77	1.73	0.14	828	15.5	493	420,475	443,835	492	0.0	0.122	0.455	1,716
56	-80	-81 ～ -79	1.73	0.14	840	15.3	495	423,893	447,443	492	0.0	0.122	0.455	1,723
57	-82	-85 ～ -81	1.73	0.14	852	15.1	496	425,608	449,253	492	0.0	0.123	0.455	1,726
58	-88	-90 ～ -85	1.73	0.14	889	14.5	501	434,232	458,356	492	0.0	0.124	0.454	1,726
59	-92	-95 ～ -90	1.73	0.14	913	14.1	504	439,448	463,862	492	0.0	0.124	0.454	1,736
60	-98	-101 ～ -95	1.73	0.14	949	13.5	509	448,210	473,111	492	0.0	0.125	0.453	1,736
61	-104	-108 ～ -101	1.73	0.13	985	12.9	513	455,282	463,485	486	0.0	0.126	0.452	1,733
62	-112	-115 ～ -108	1.73	0.13	1,033	12.1	519	465,995	474,391	486	0.0	0.127	0.451	1,737
63	-118	-122 ～ -115	1.73	0.13	1,070	11.5	524	475,016	483,575	486	0.0	0.127	0.451	1,754
64	-126	-130 ～ -122	1.73	0.13	1,118	10.7	530	485,957	494,713	486	0.0	0.128	0.450	1,758

第 3－9 表　地盤の解析用物性値一覧（地盤改良）

パラメータ				地盤改良
物理特性	密度 () は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	2.18 (2.00)
	間隙比	e	－	0.75
変形特性	ポアソン比	ν_{cp}	－	0.26
	基準平均有効主応力 () は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	1 (1)
	基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m^2	822662 (756184)
	最大履歴減衰率	h_{max}	－	0.152
強度特性	粘着力	C_{cp}	kN/m^2	1500
	内部摩擦角	ϕ_{cp}	度	0
液状化特性	変相角	ϕ_p	度	－
	液状化パラメータ	S_1	－	－
		w_1	－	－
		p_1	－	－
		p_2	－	－
		c_1	－	－

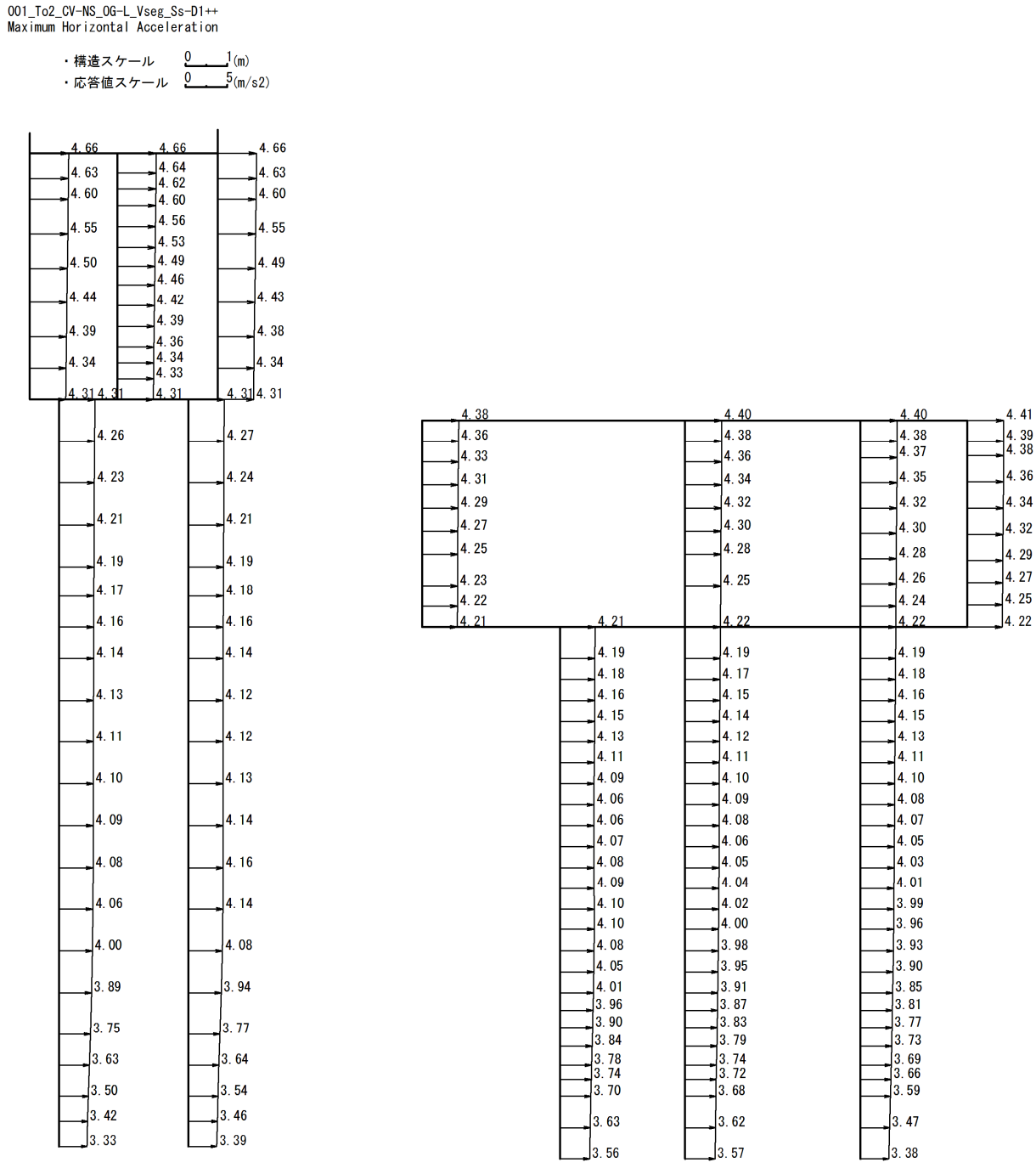
3.5.4　地下水位

地下水位は地表面として設定する。

4. 解析結果

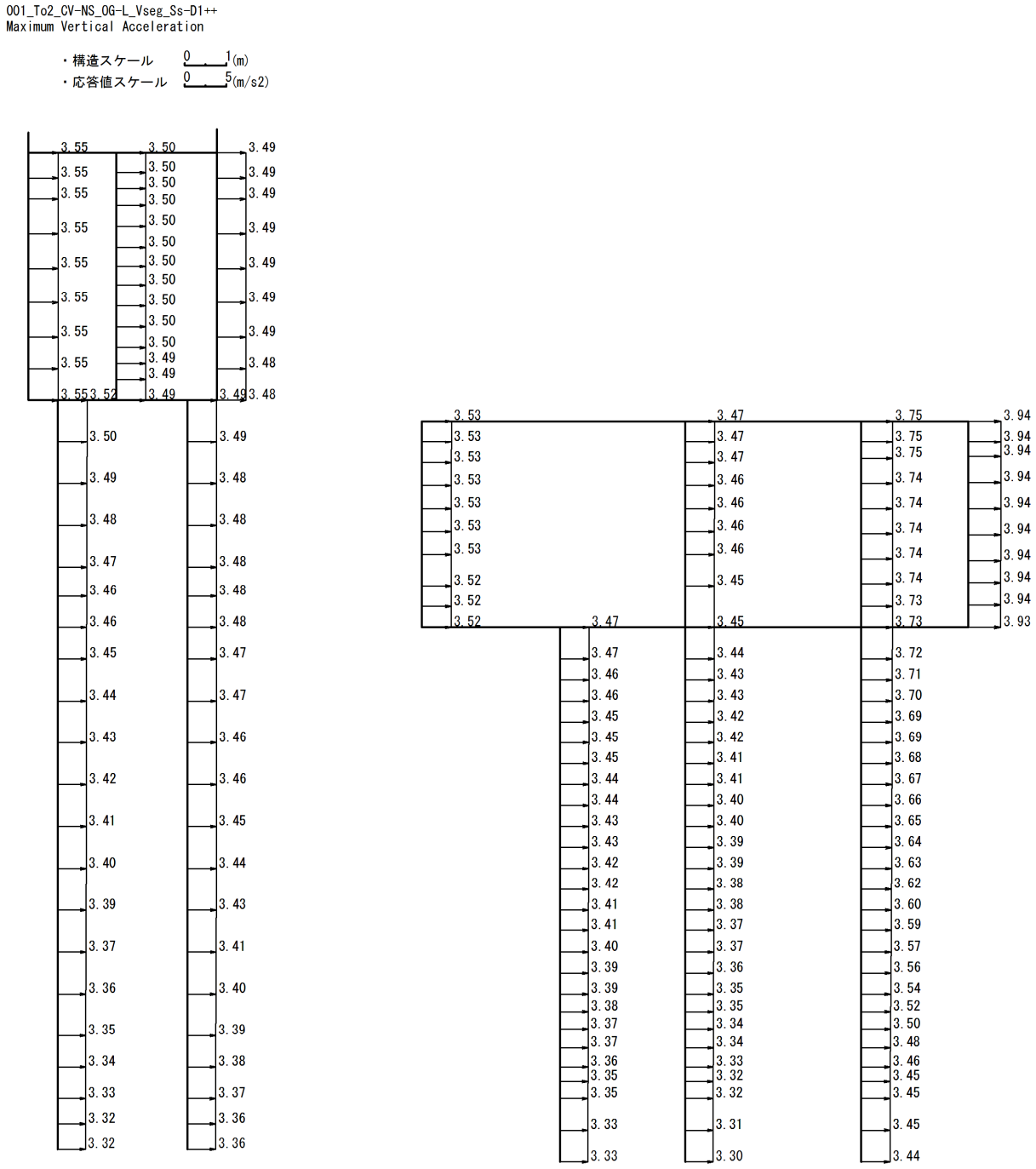
4.1 解析結果

最大加速度分布を第 4－1 図に示す。



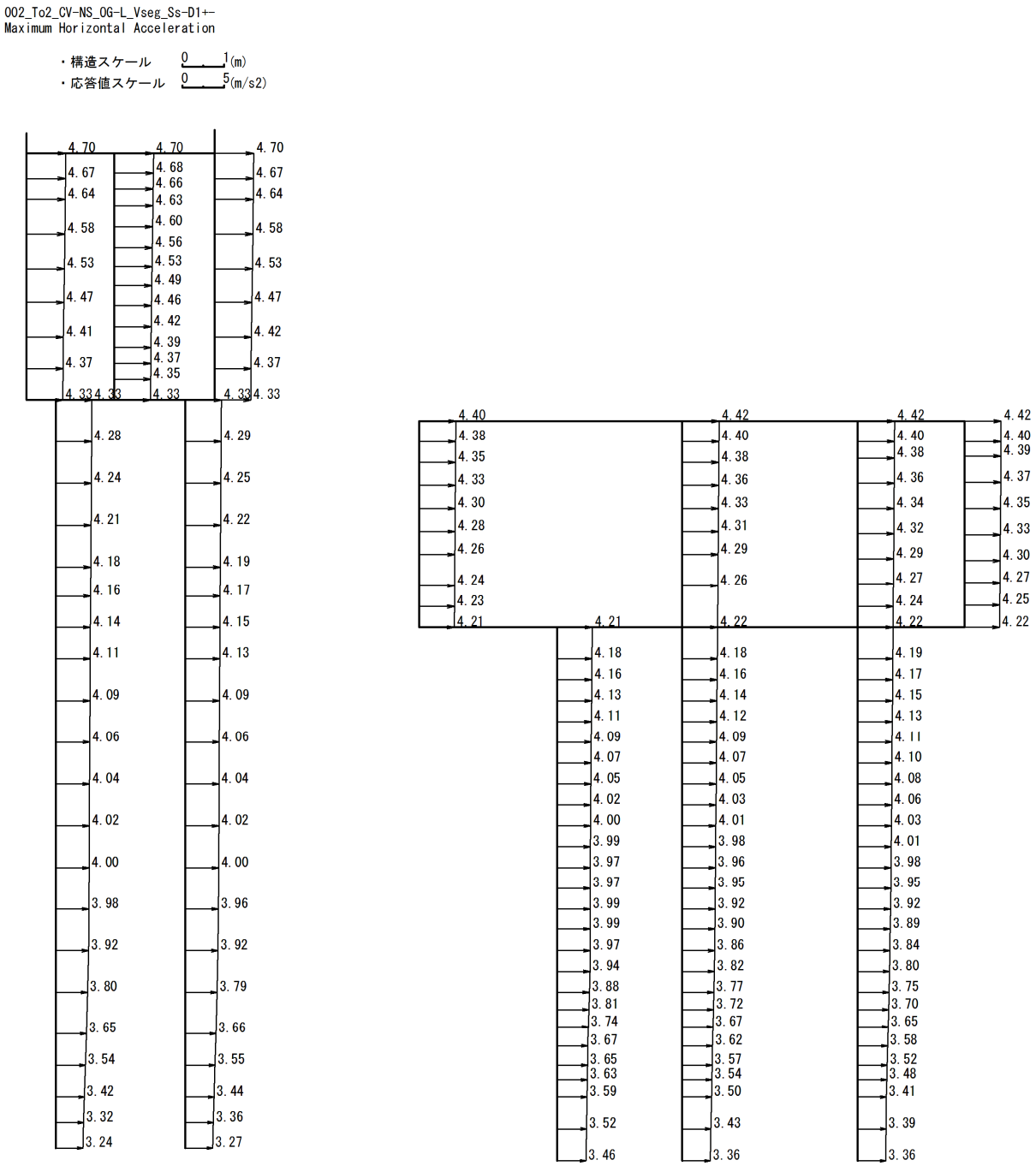
（S_s－D１（H＋，V＋），水平）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図　(1/46)



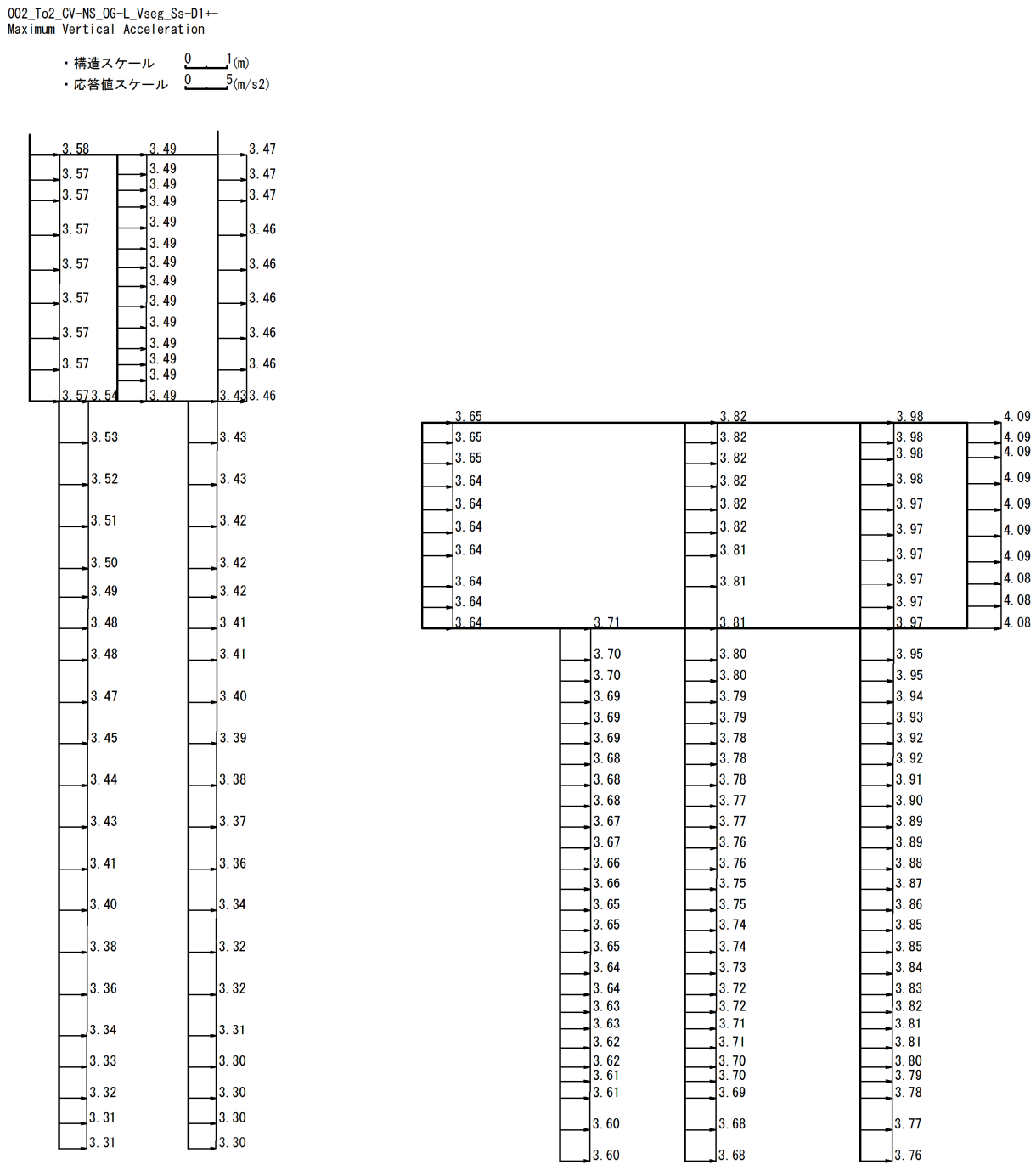
（S_s－D１（H＋，V＋），鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図　(2/46)



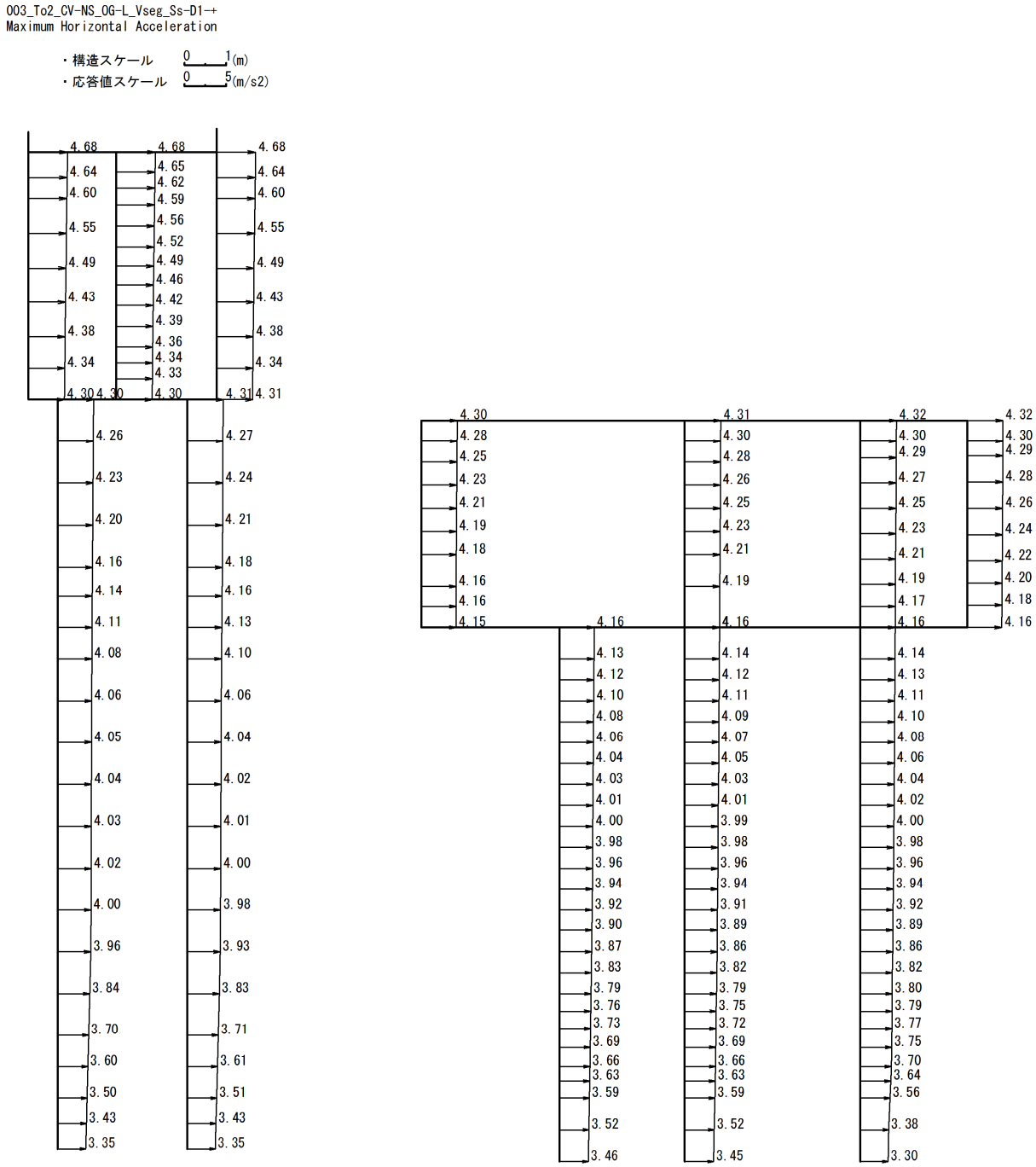
（S_s－D１（H＋，V－），水平）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（3/46）



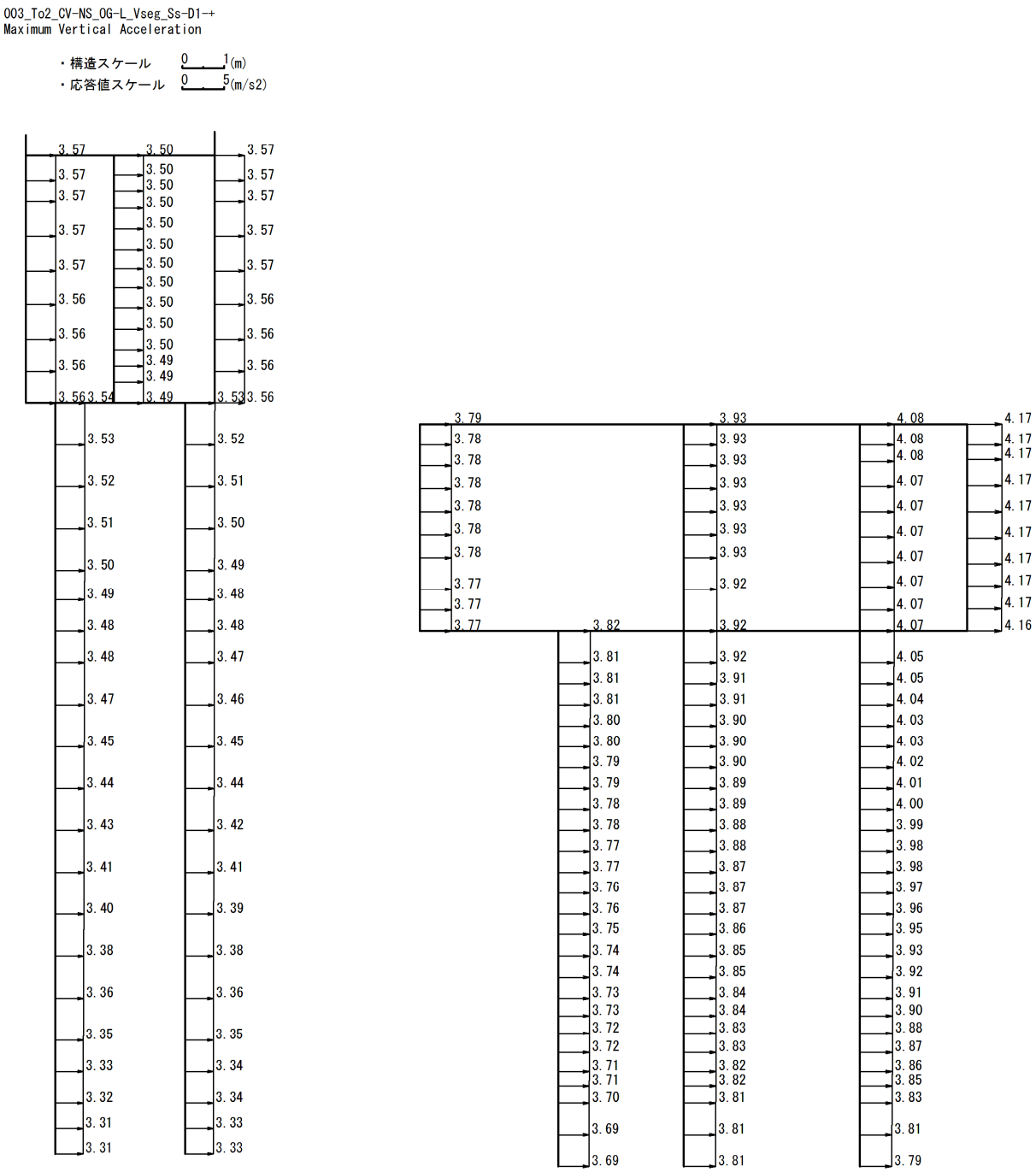
（S_s－D１（H＋，V－），鉛直）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（4/46）



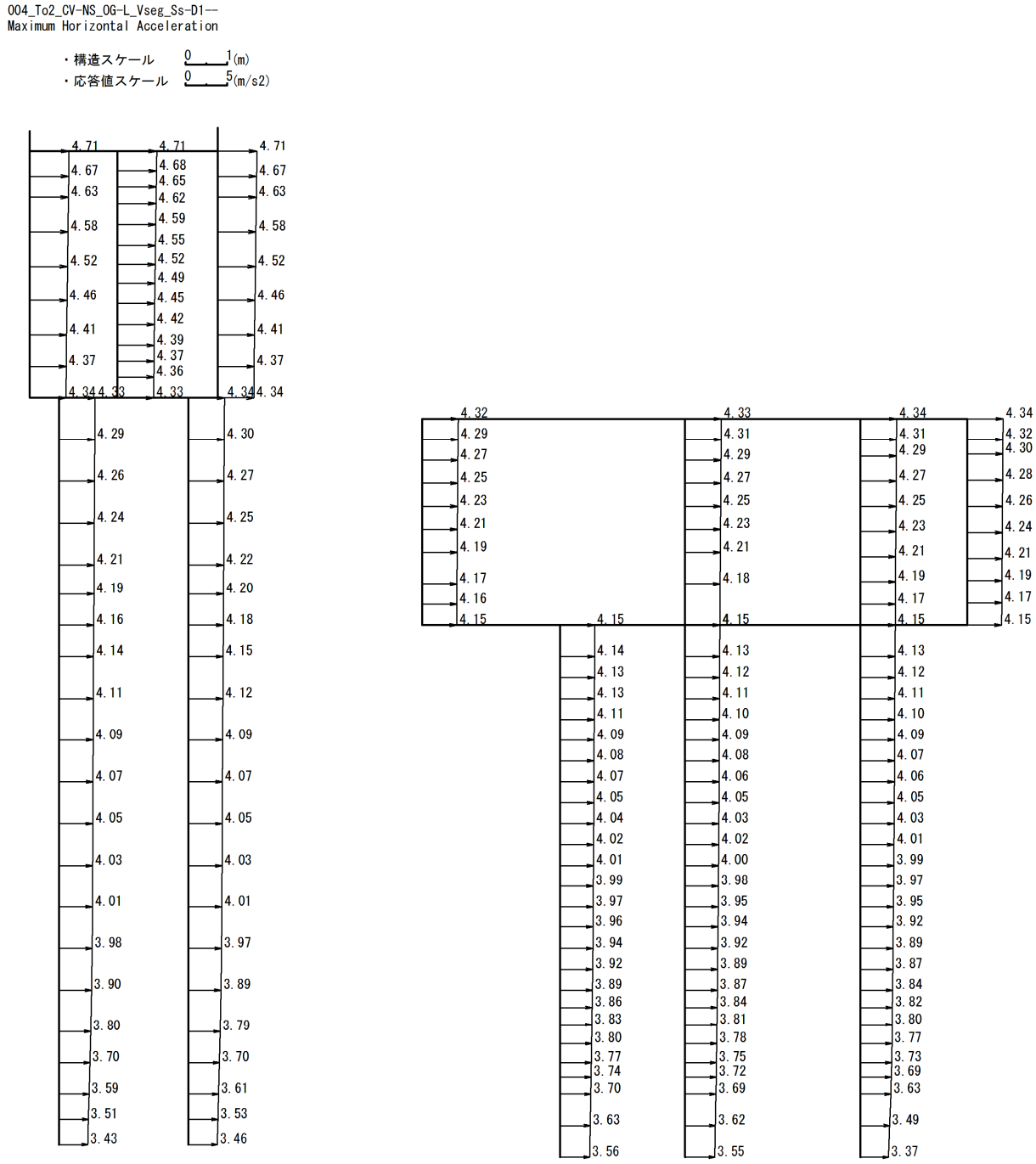
（S_s－D１（H－，V＋），水平）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（5/46）



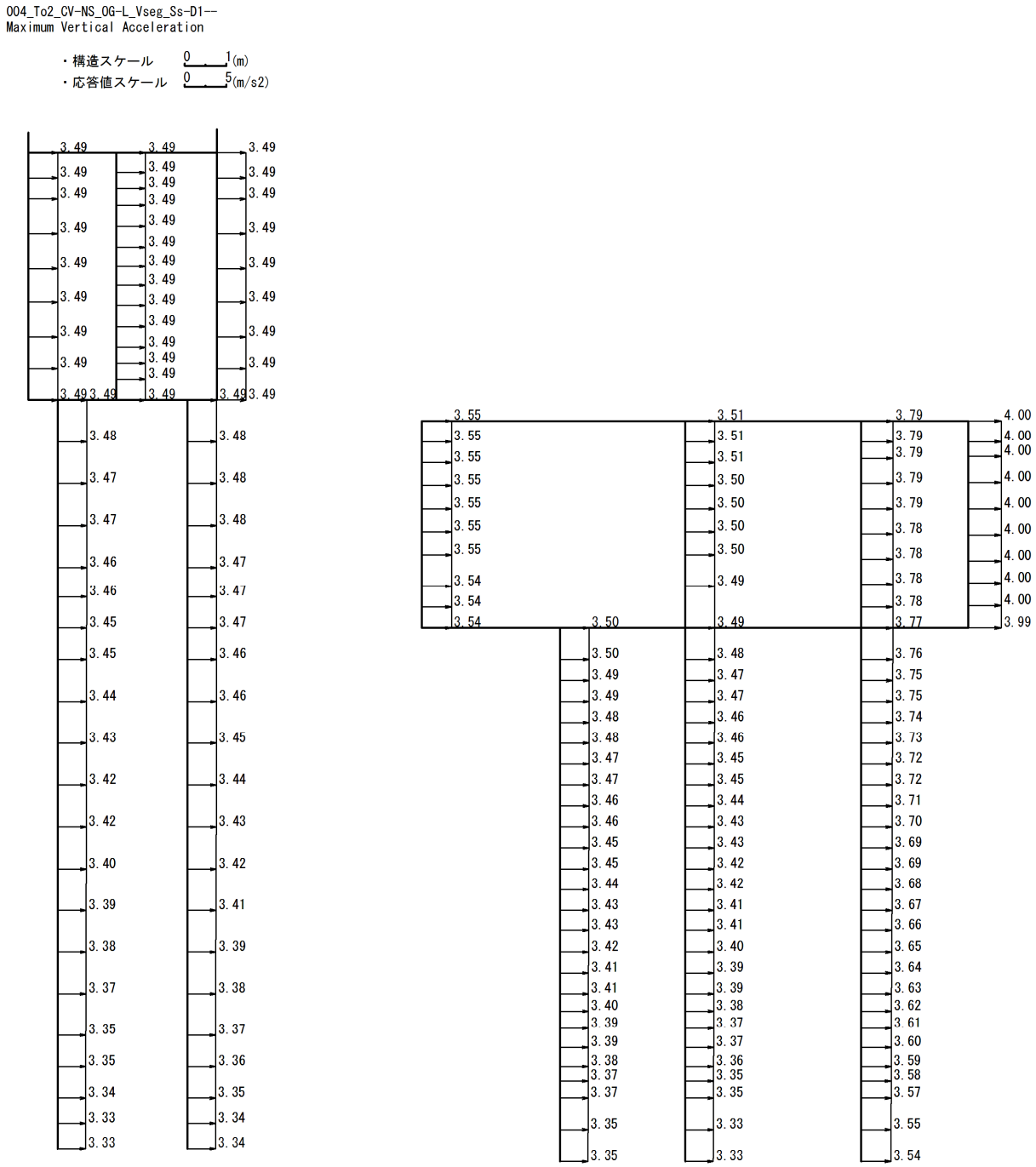
（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（6/46）



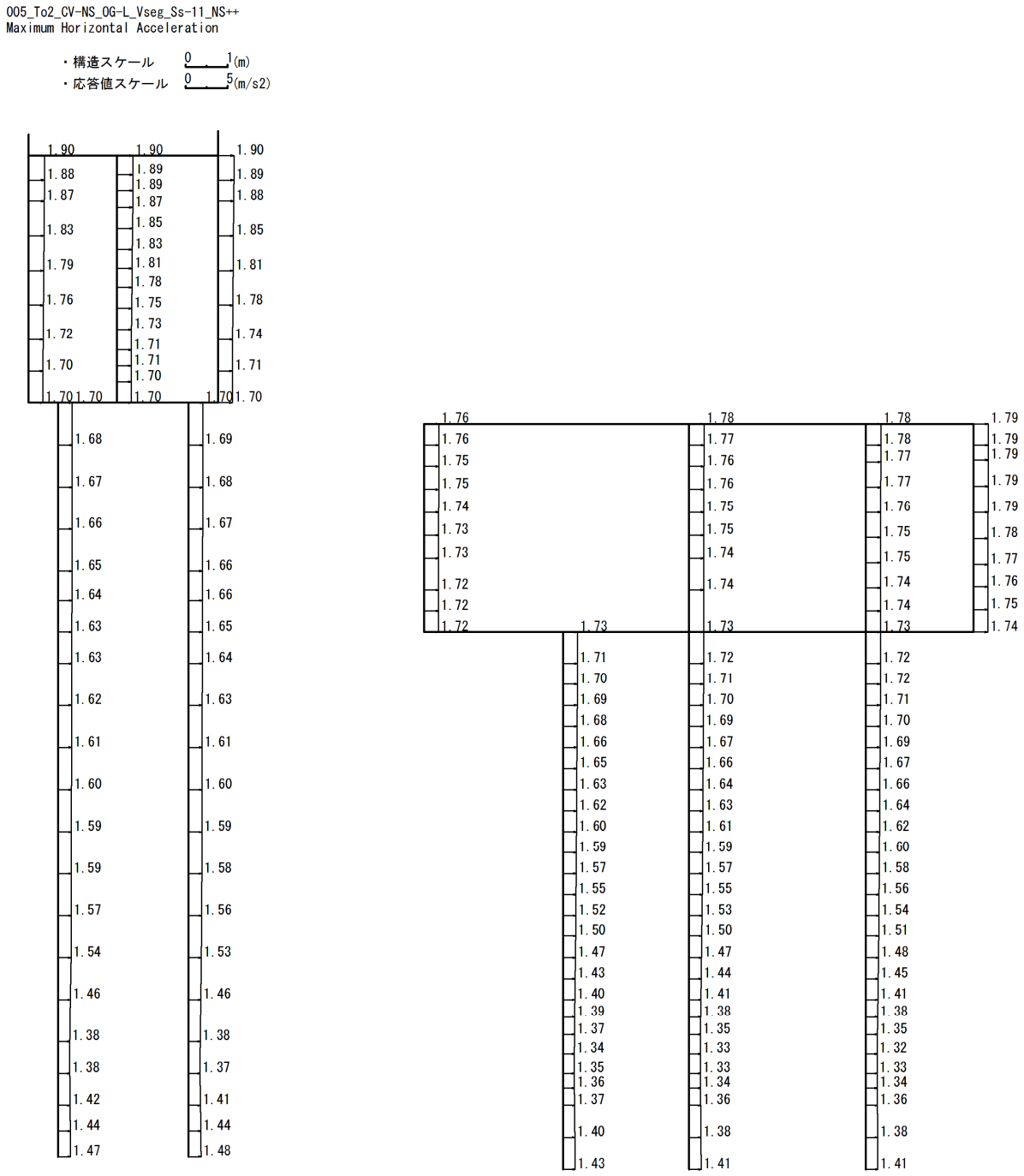
（S_s－D１（H－，V－），水平）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（7/46）



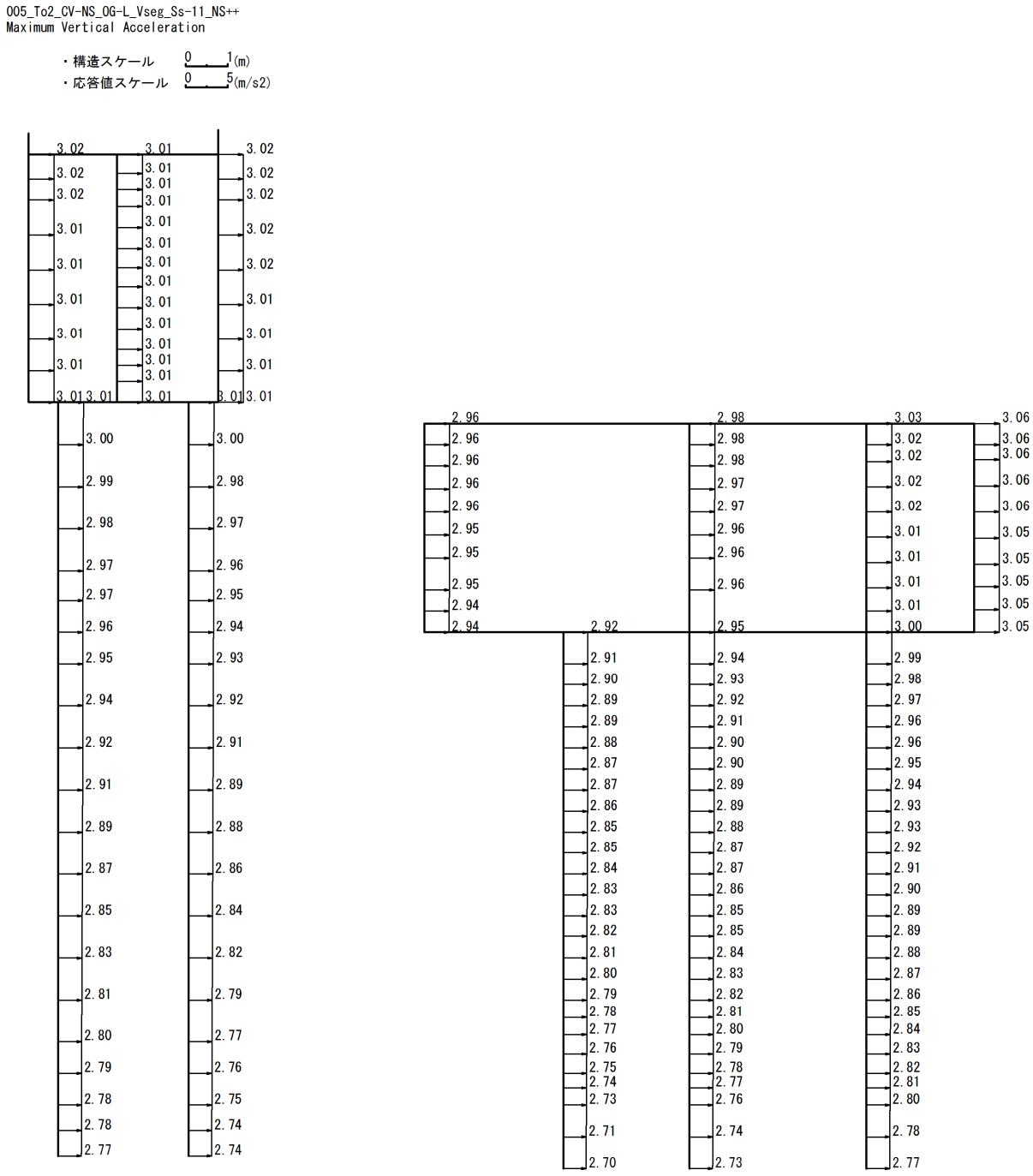
（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－），鉛直）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（8/46）



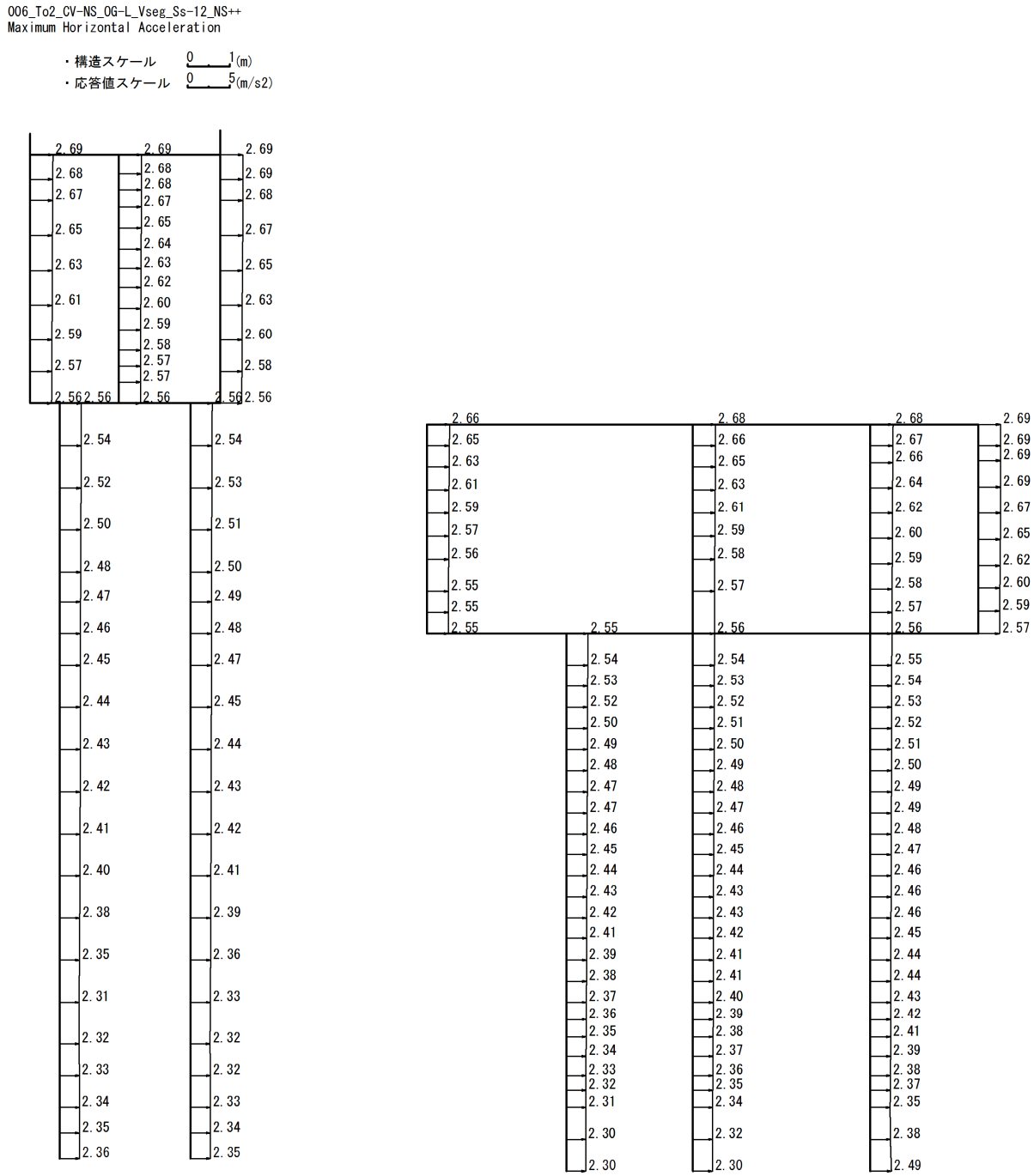
（Ｓｓ－１１，水平）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（9/46）



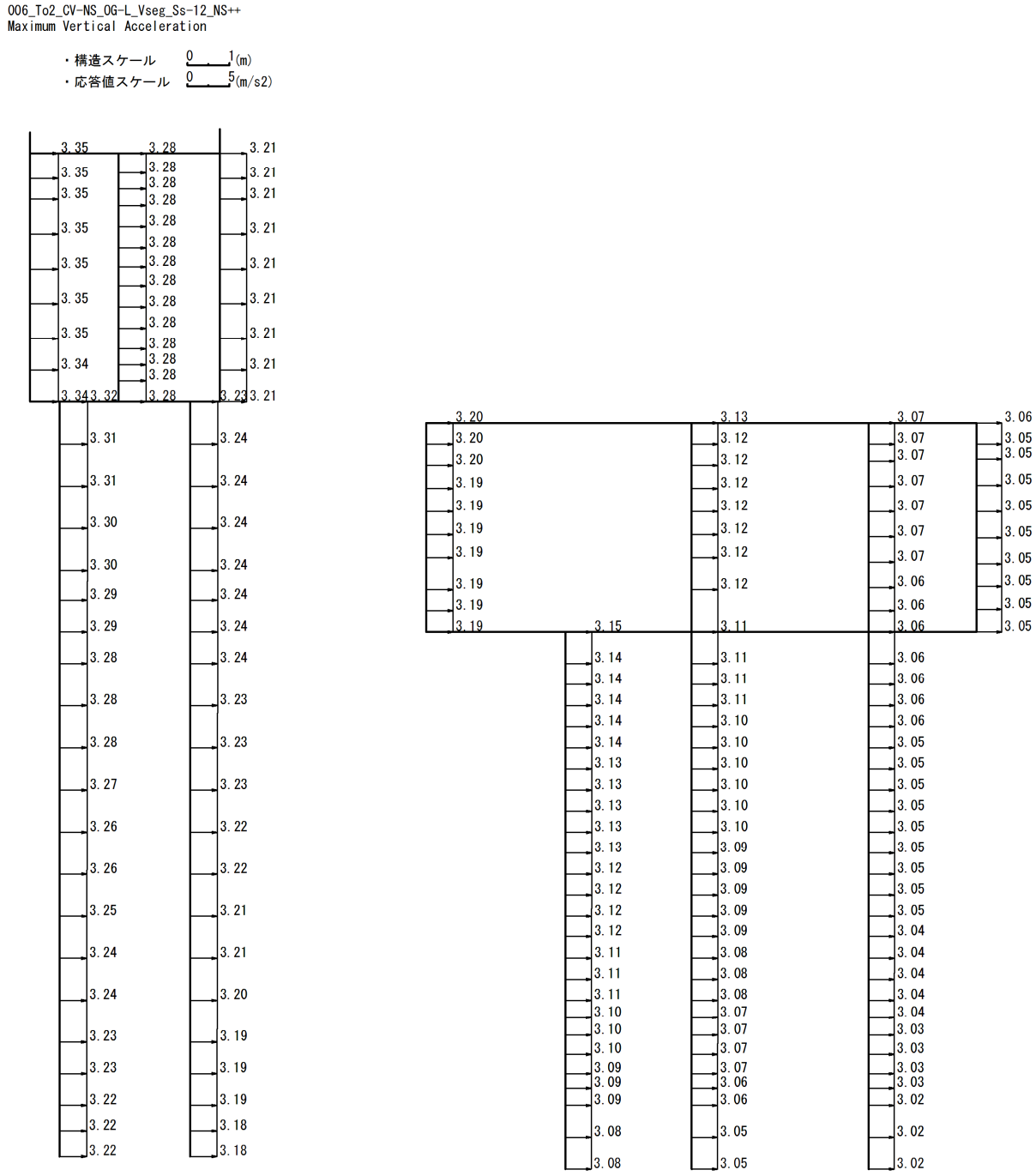
（Ｓｓ－１１，鉛直）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（10/46）



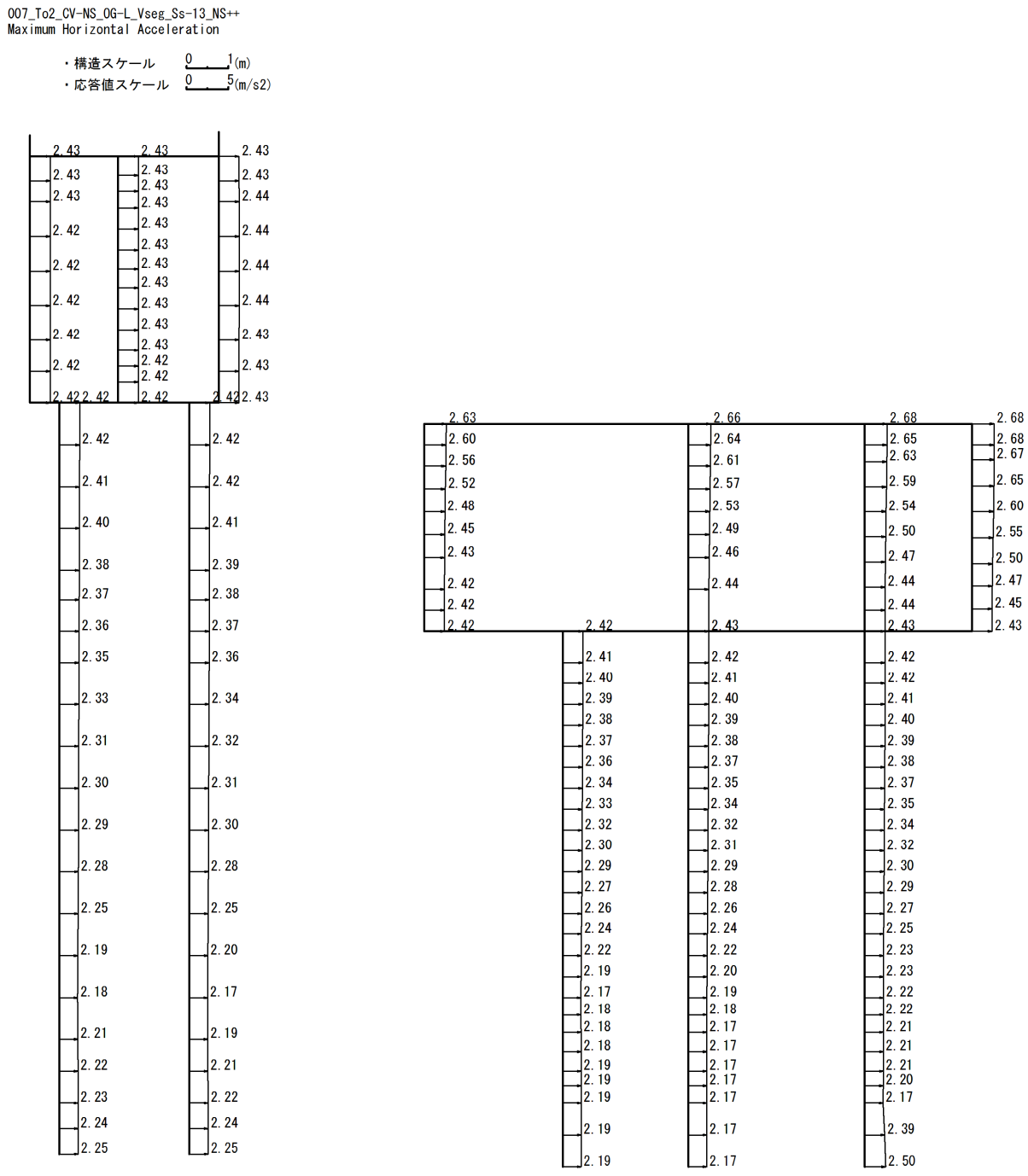
（Ｓｓ－１２，水平）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（11/46）



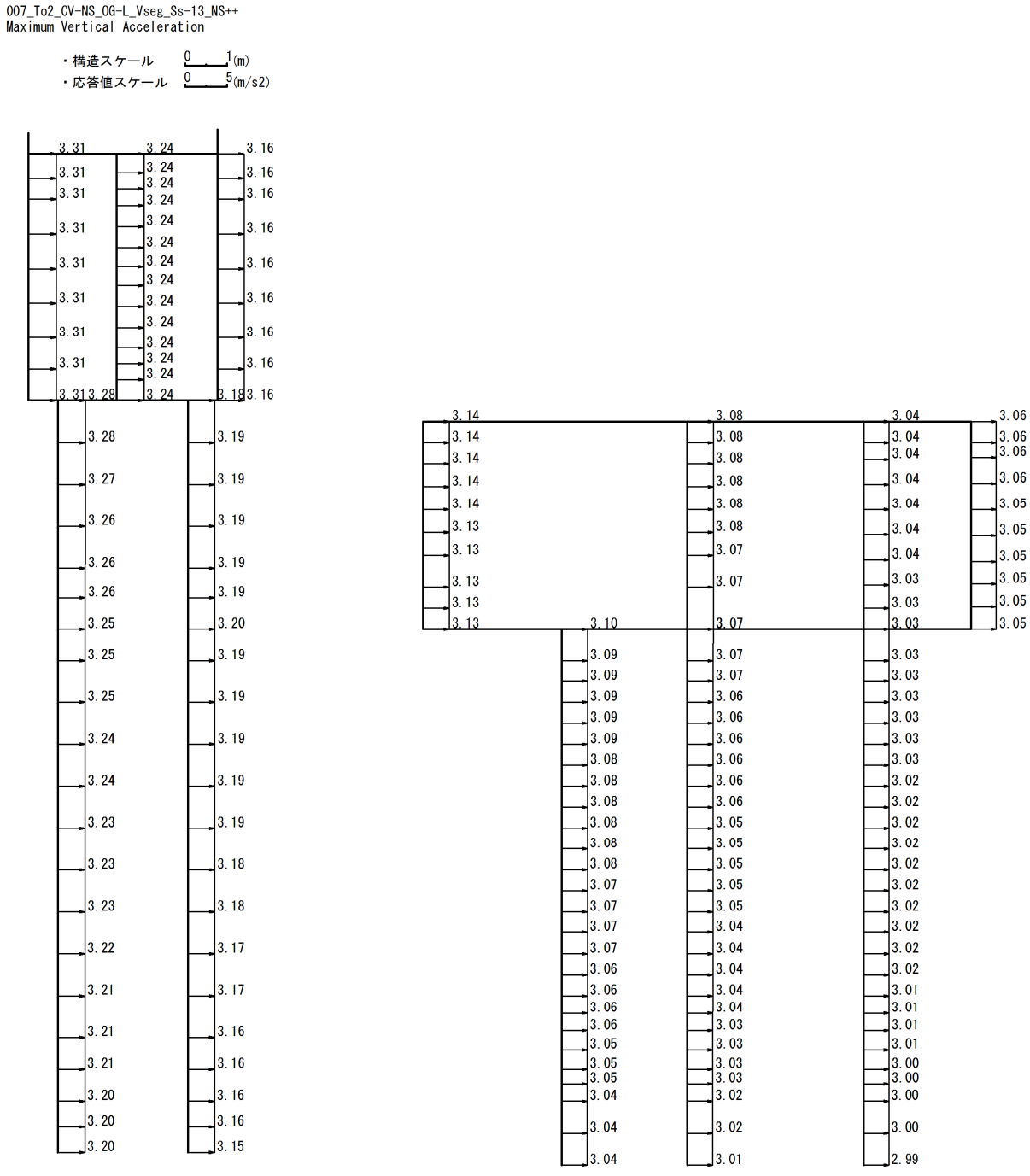
（Ｓｓ－１２，鉛直）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（12/46）



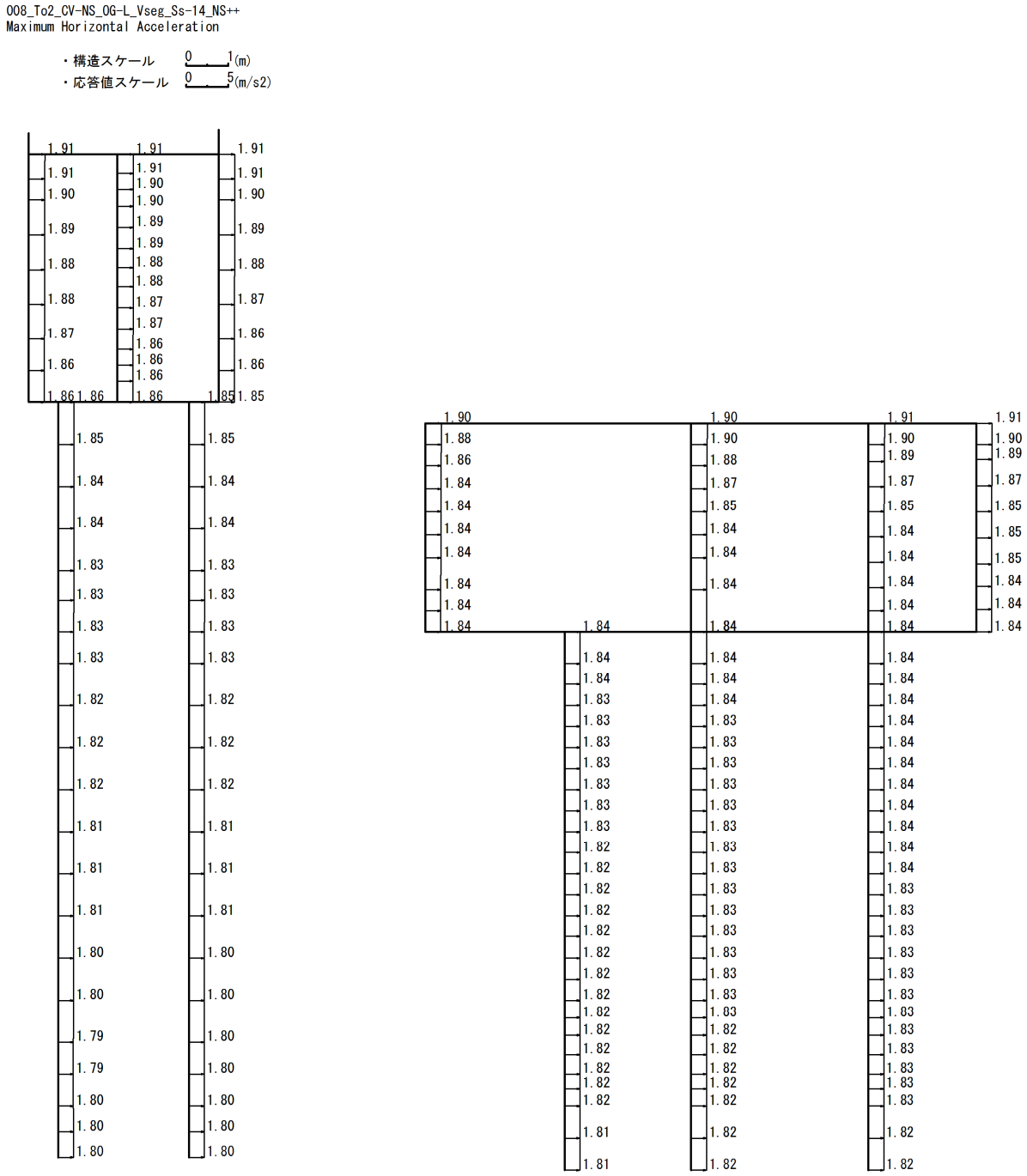
（Ｓｓ－１３，水平）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（13/46）



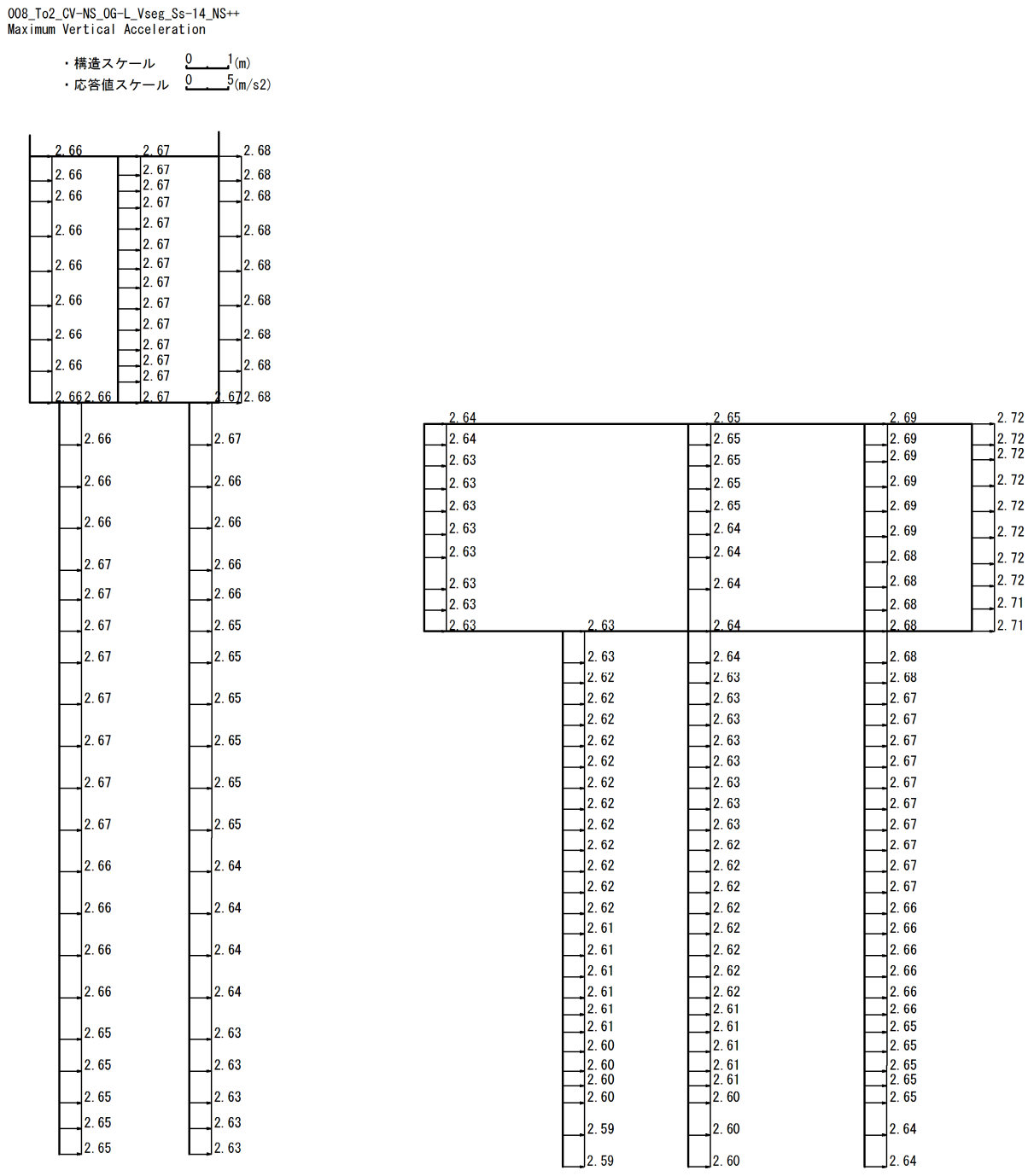
（Ｓｓ－１３，鉛直）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（14/46）



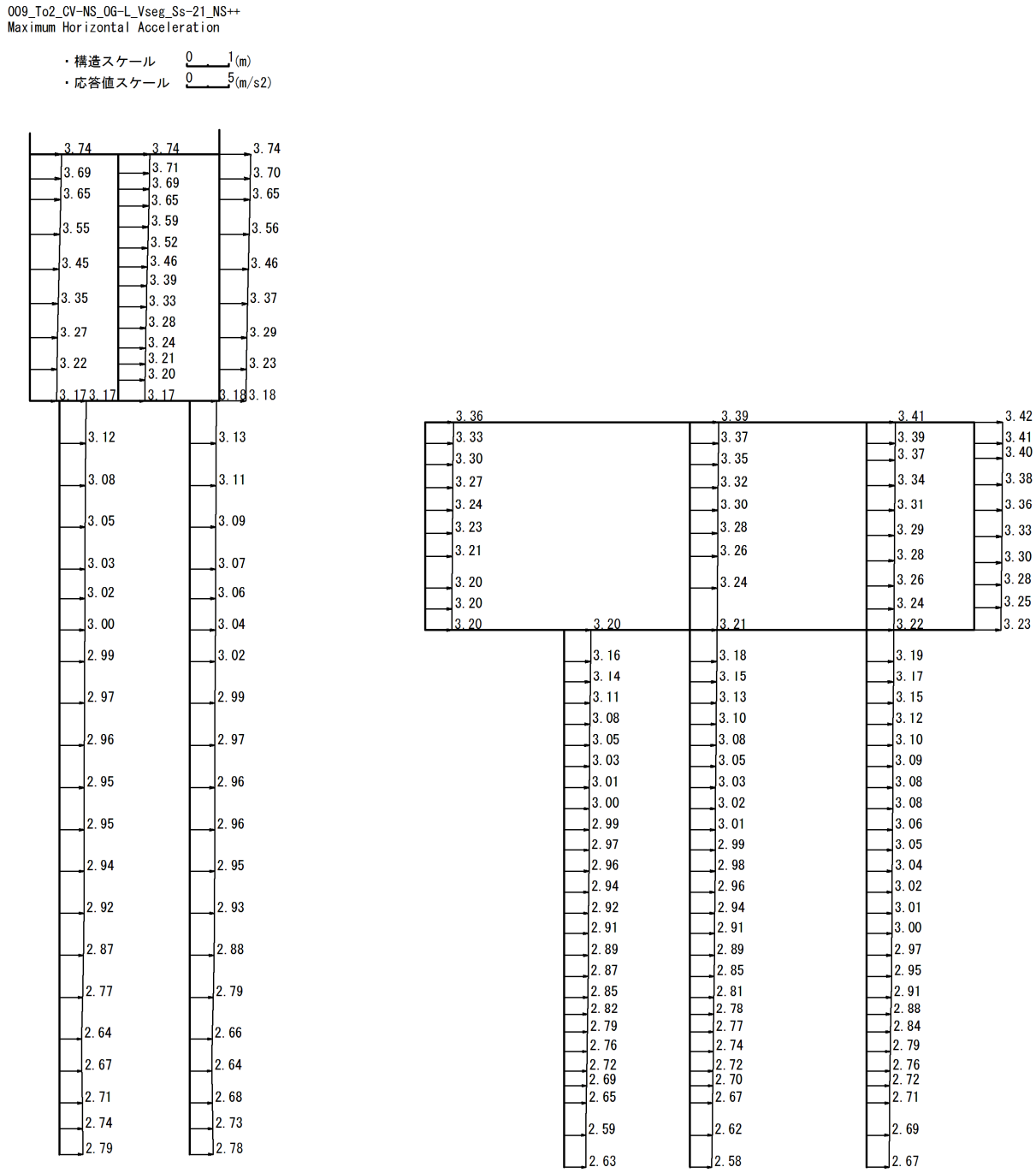
（Ｓｓ－１４，水平）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（15/46）



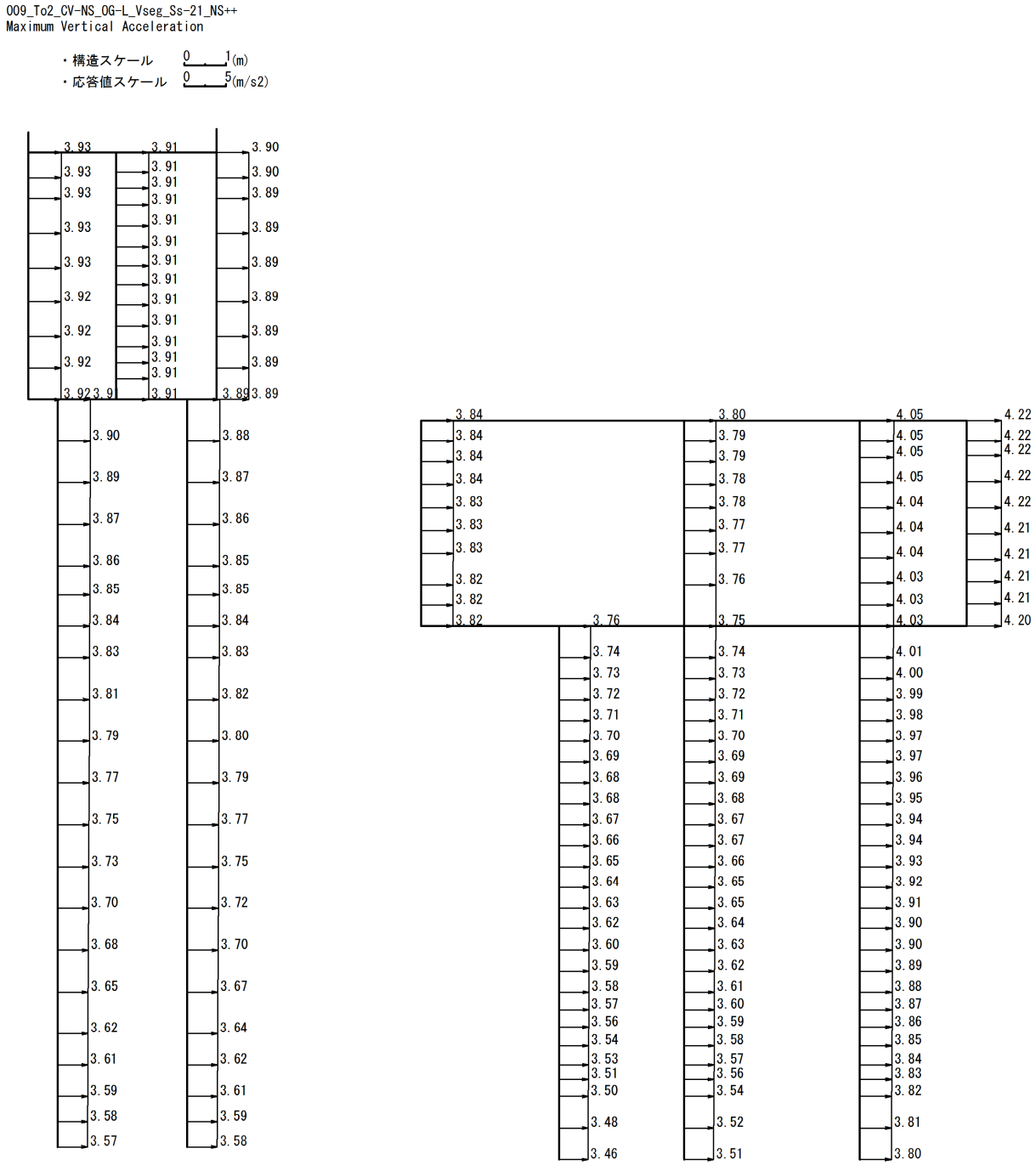
（Ｓｓ－１４，鉛直）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（16/46）



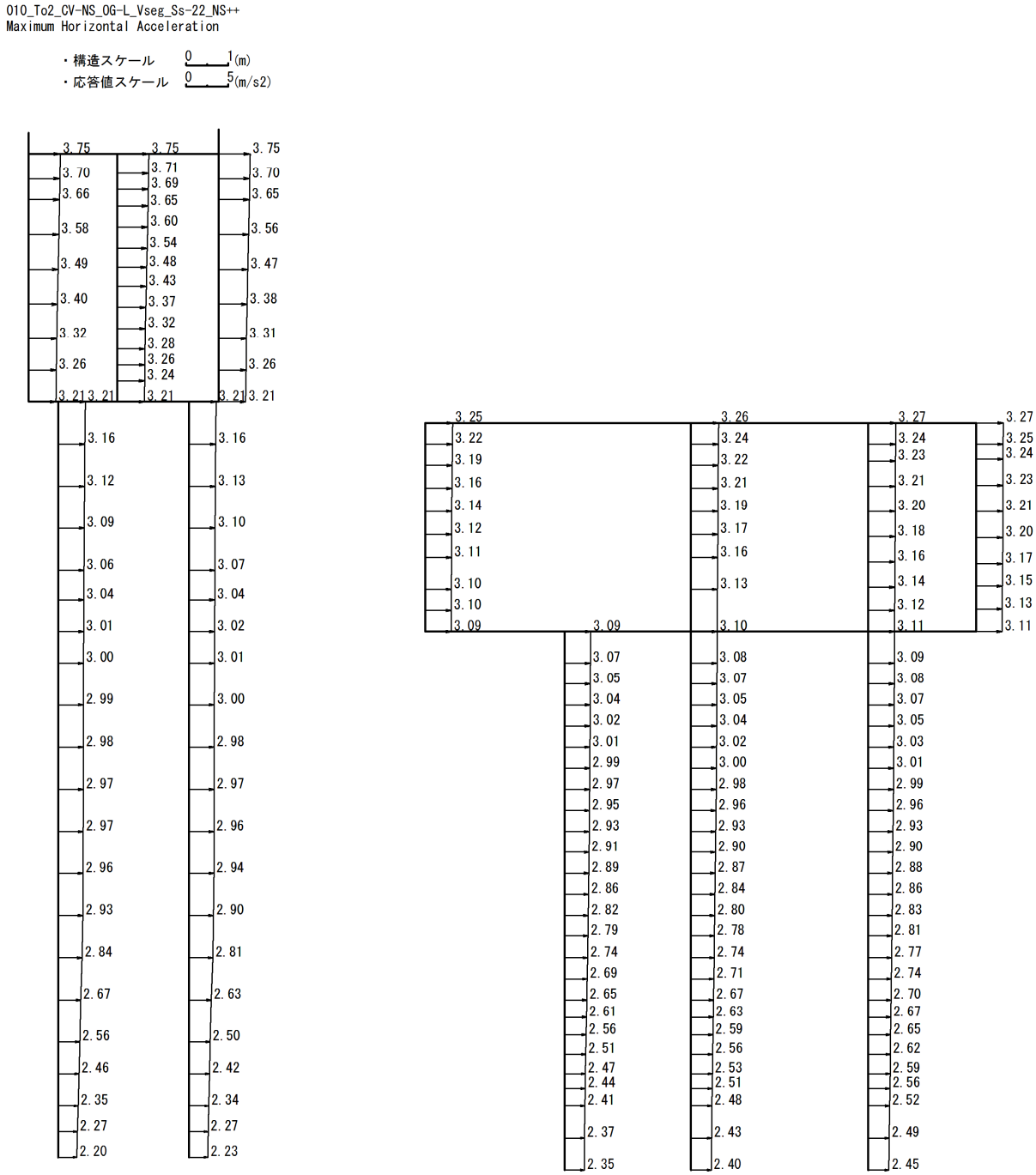
（S_s－２１，水平）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（17/46）



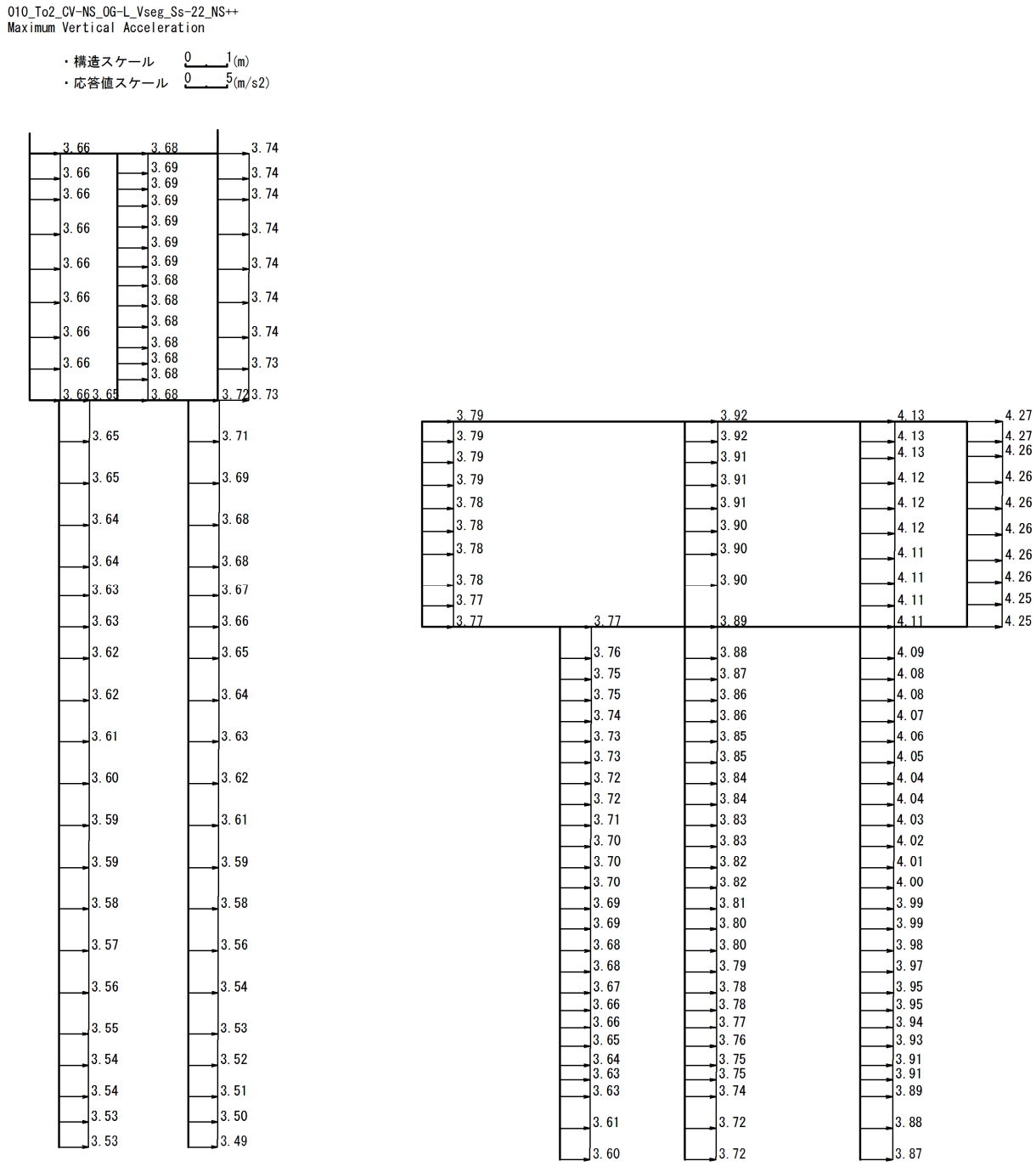
（Ｓｓ－２１，鉛直）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（18/46）



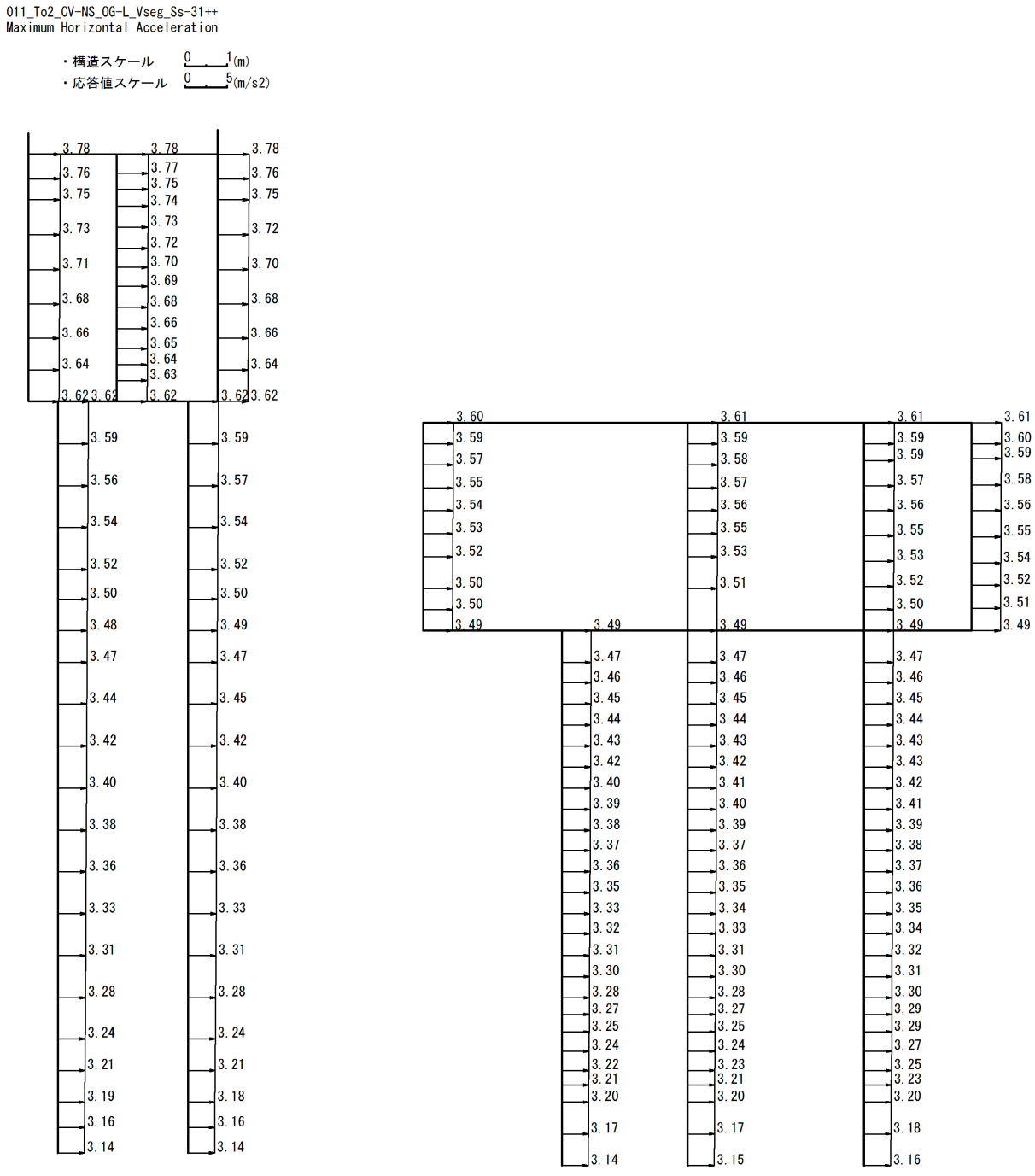
（Ｓｓ－２２，水平）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（19/46）



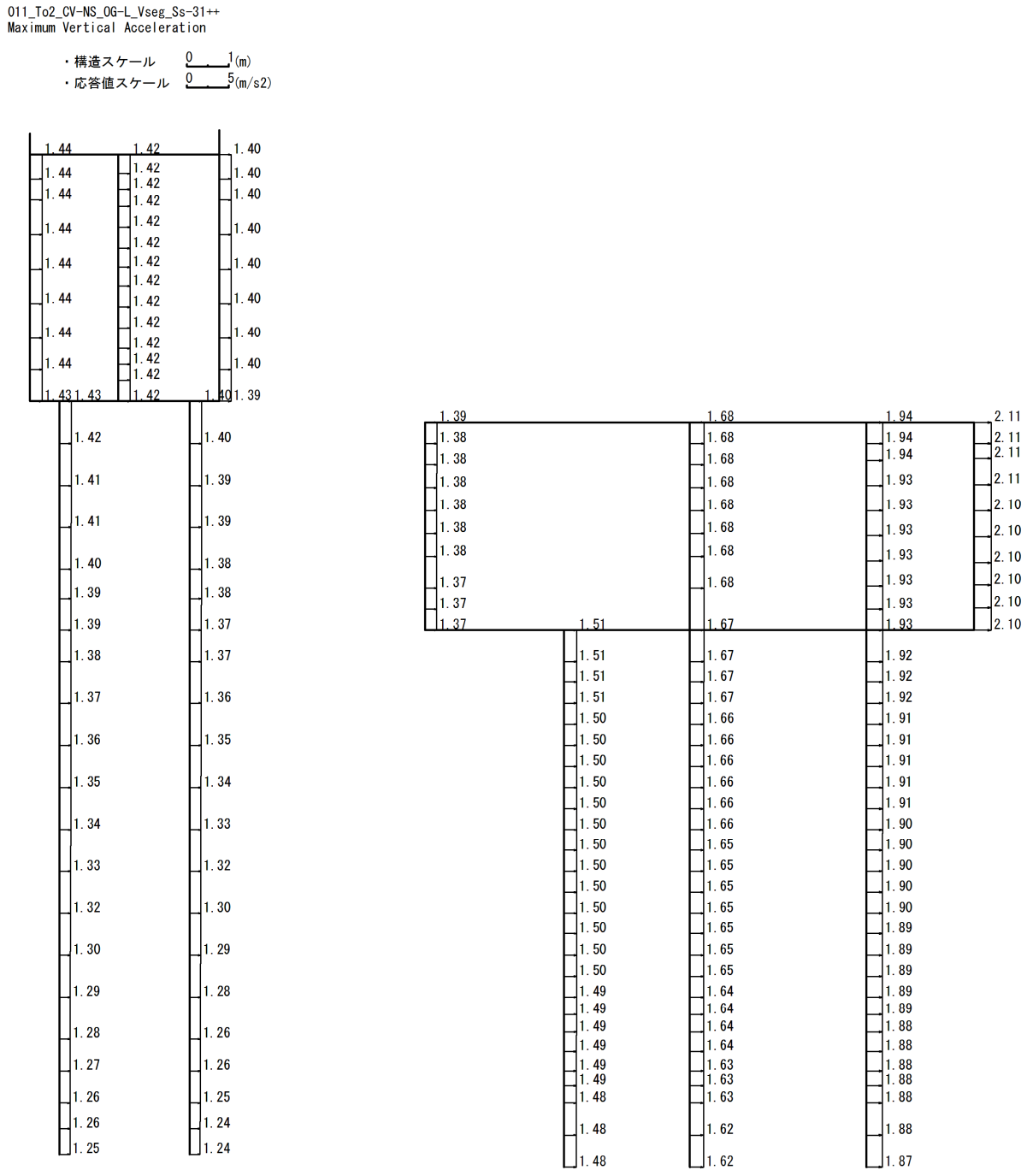
（Ｓｓ－２２，鉛直）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（20/46）



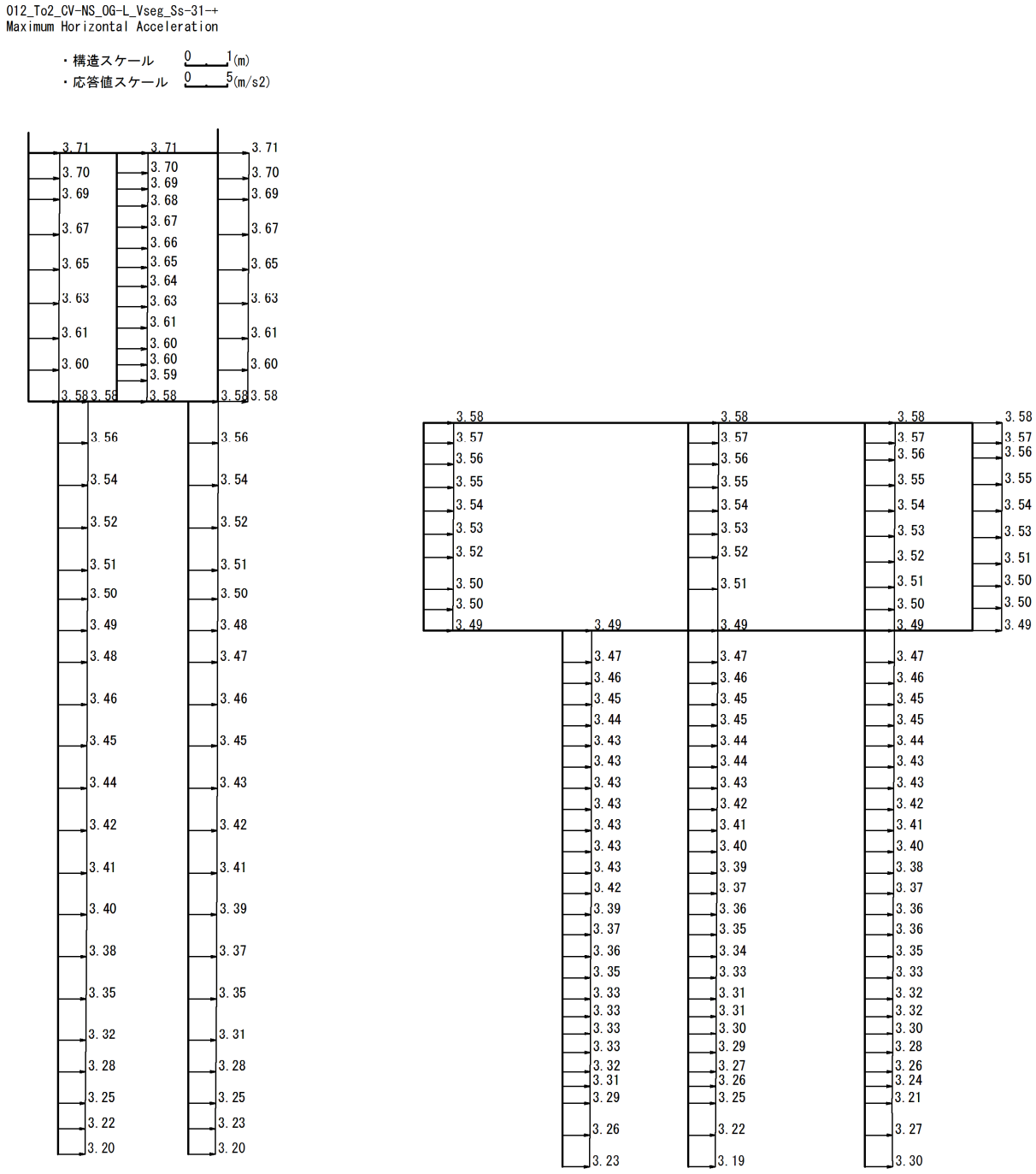
（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（21/46）



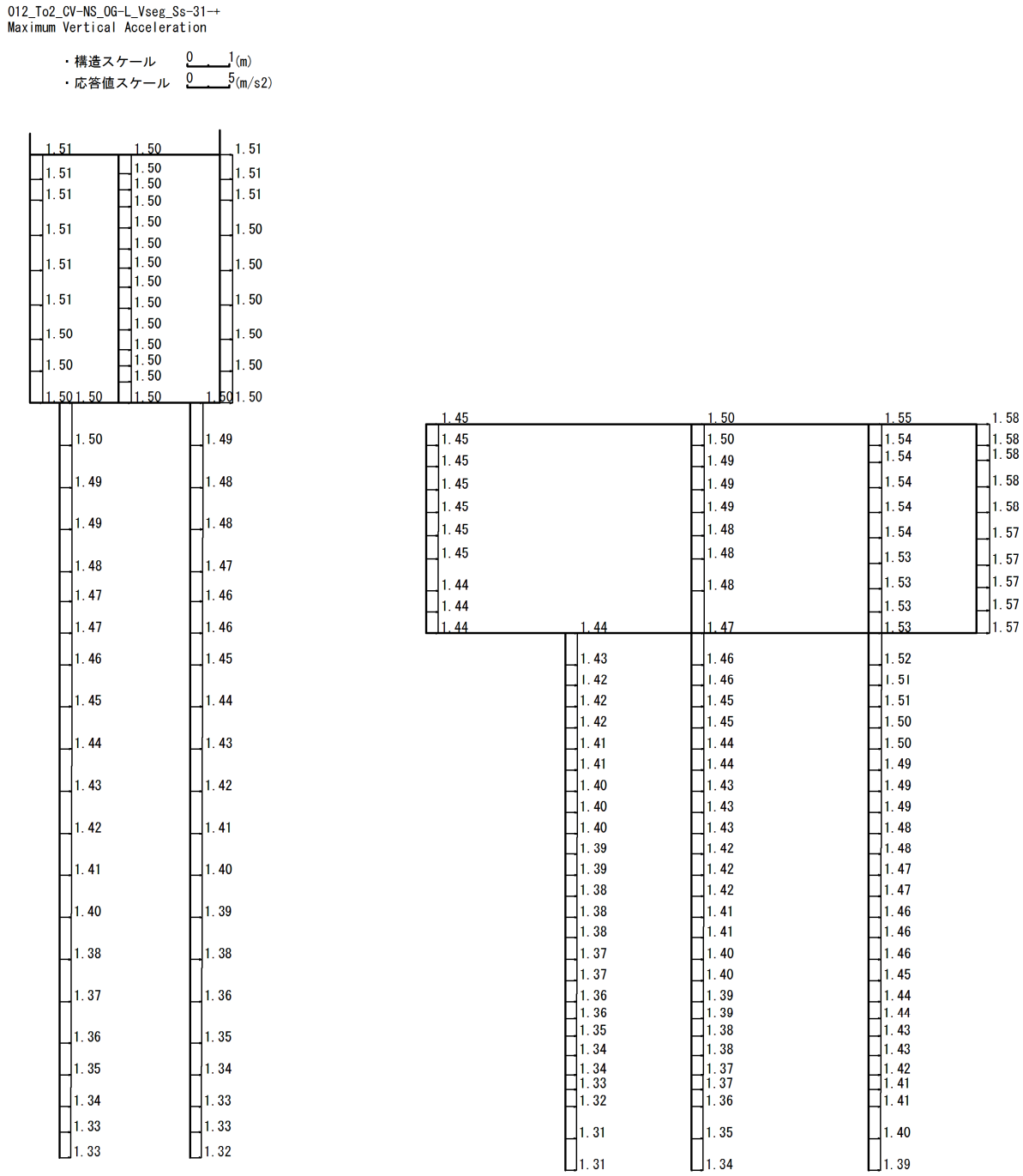
（Ｓ ｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（22/46）



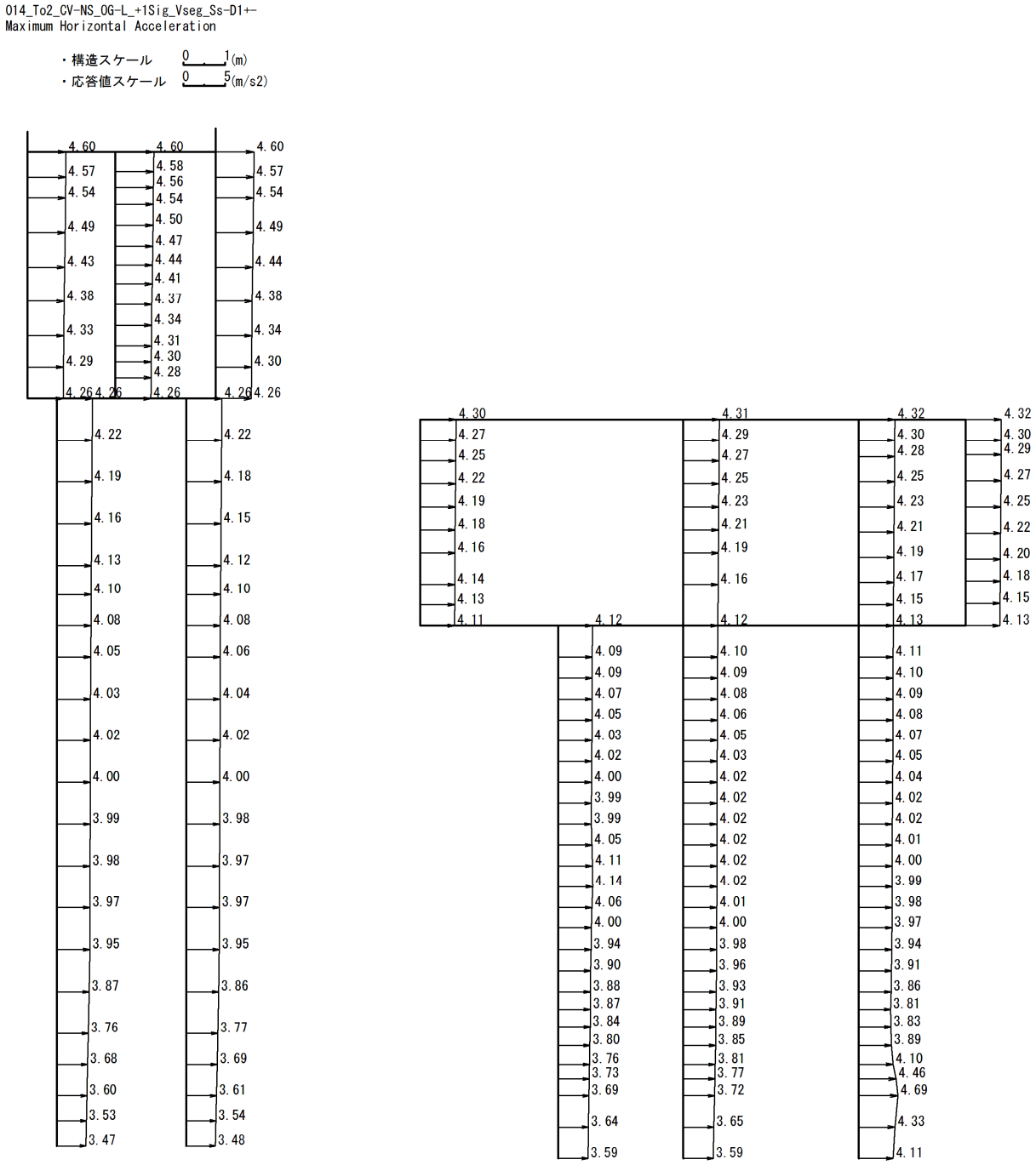
（Ｓ ｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（23/46）



（Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

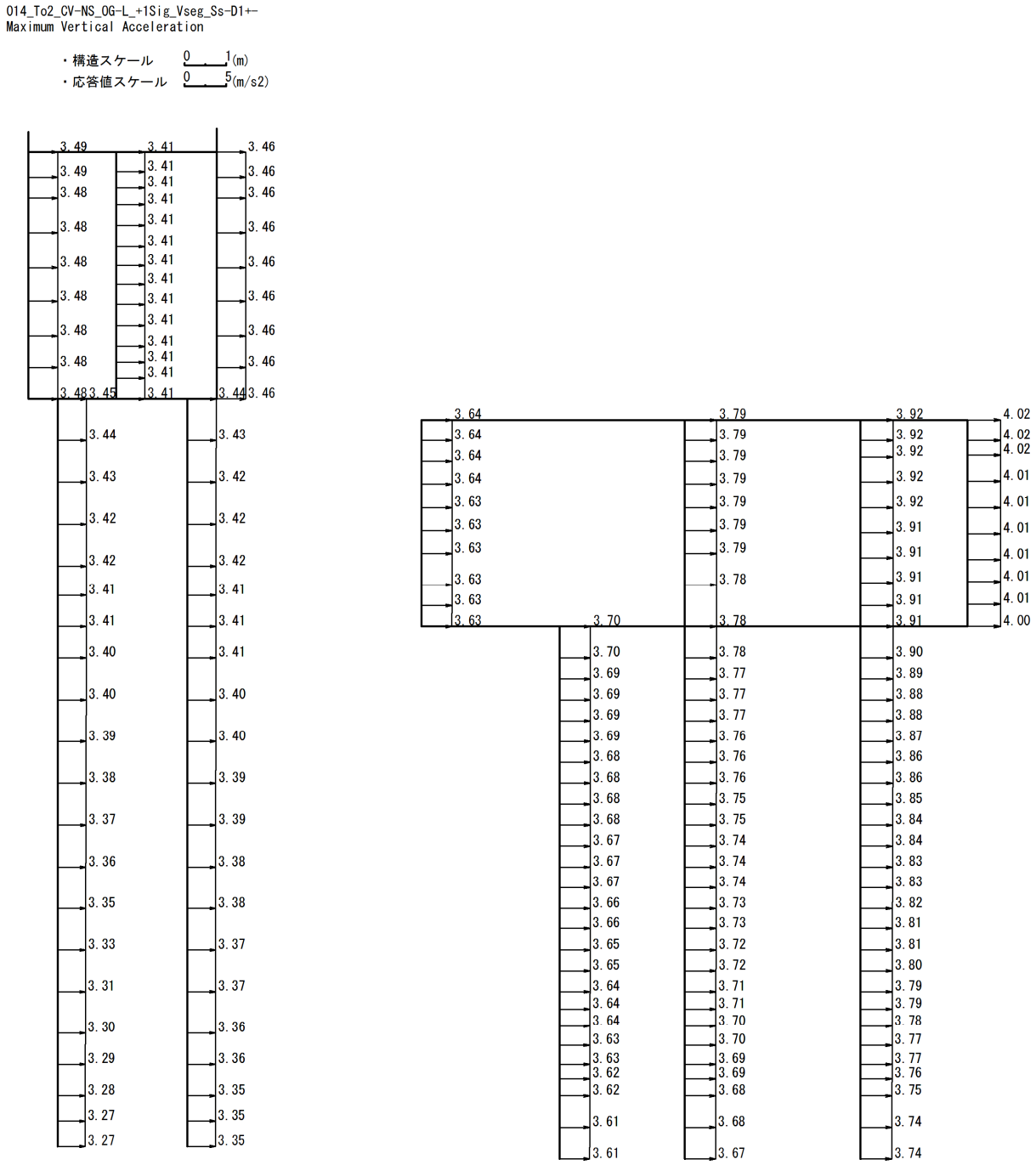
第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（24/46）



（S_s－D１（H＋，V－），水平）

第４－１図　②地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース　最大加速度分布図（25/46）

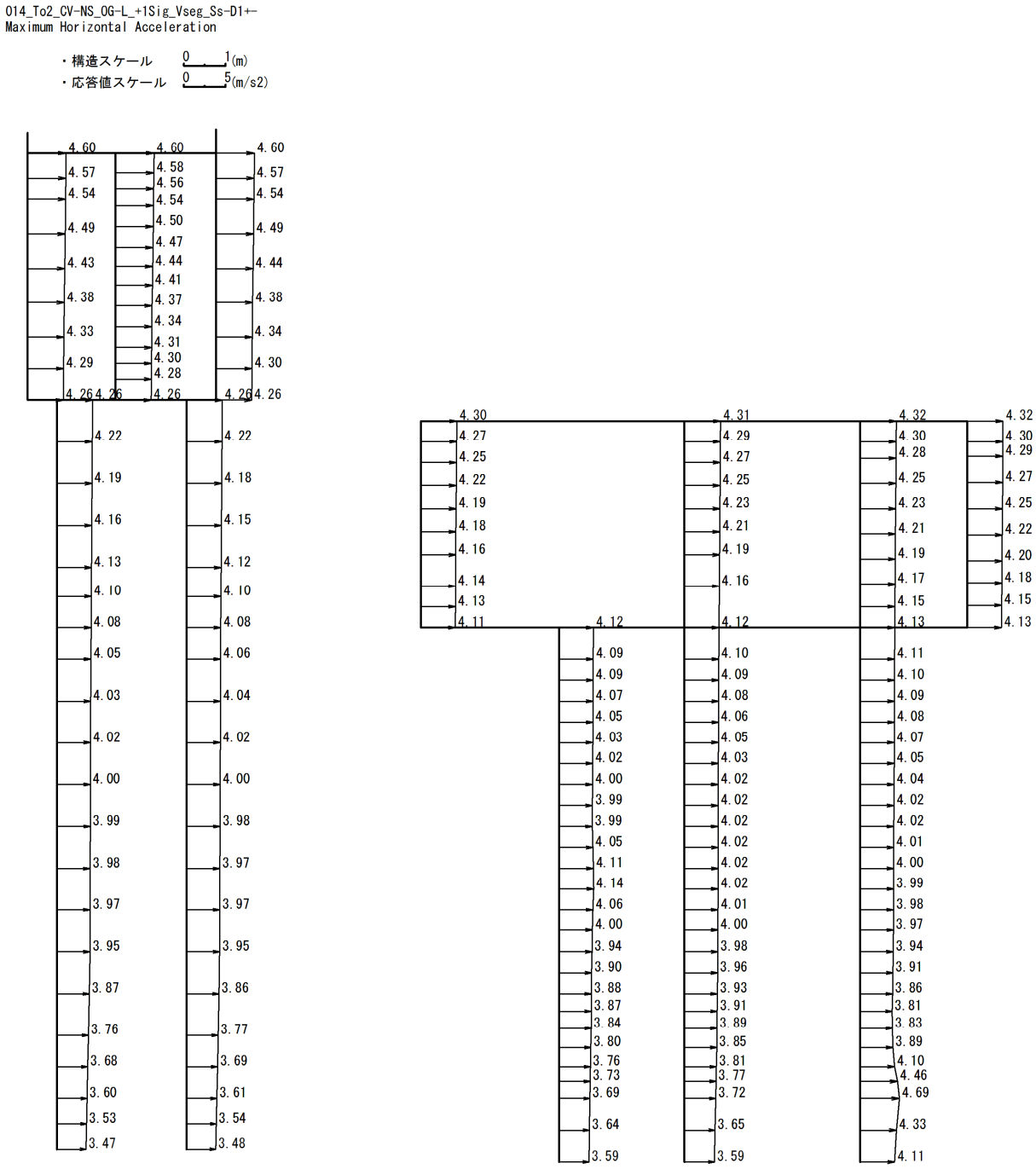
（軽油カルバートで最大照査値となる解析ケース）



（S_s－D１（H＋，V－），鉛直）

第４－１図　②地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース　最大加速度分布図（26/46）

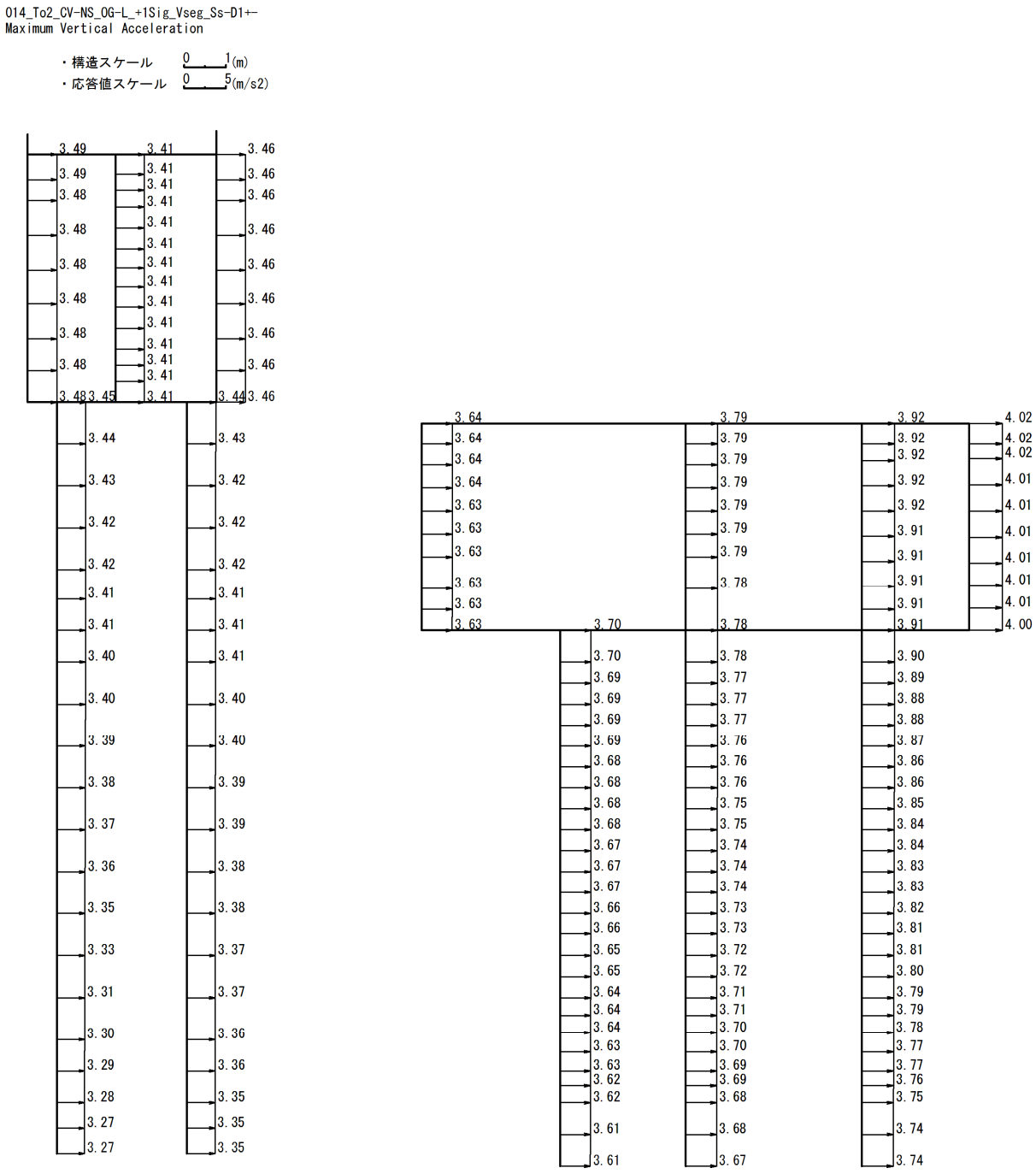
（軽油カルバートで最大照査値となる解析ケース）



（S_s－D１（H＋，V－），水平）

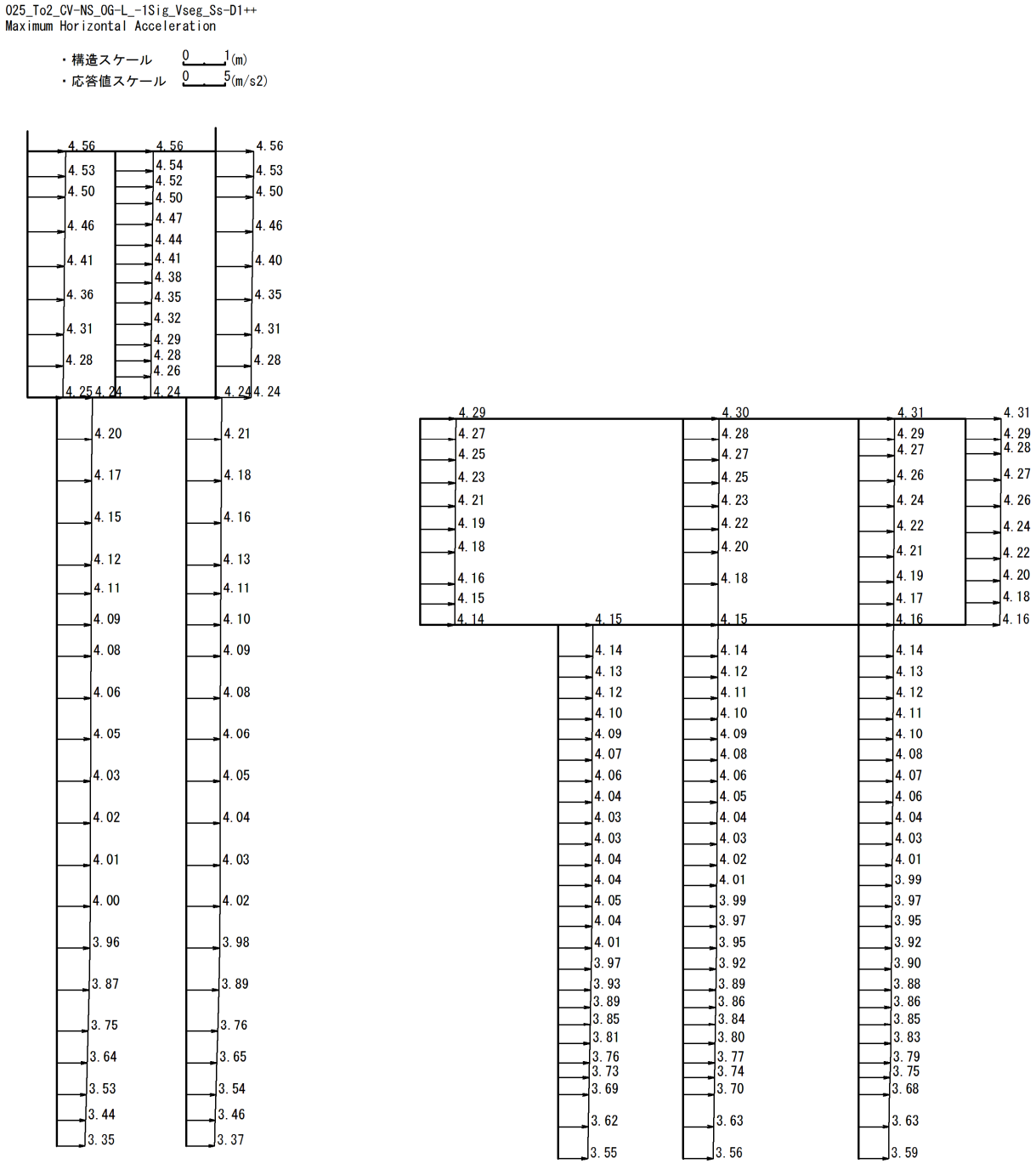
第４－１図　②地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース　最大加速度分布図（27/46）

（水電気カルバートで最大照査値となる解析ケース）



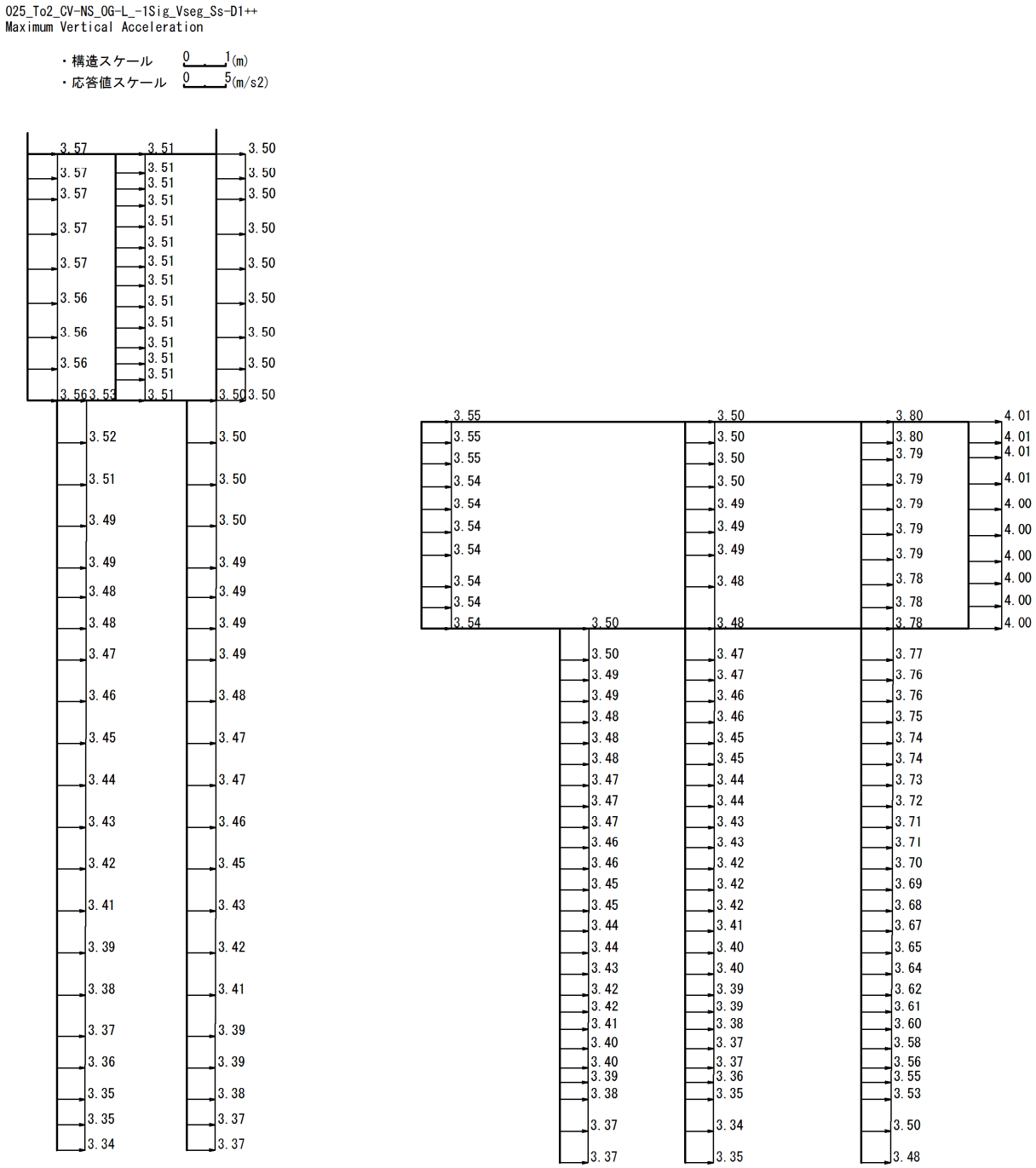
（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－），鉛直）

第４－１図　②地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース　最大加速度分布図（28/46）
（水電気カルバートで最大照査値となる解析ケース）



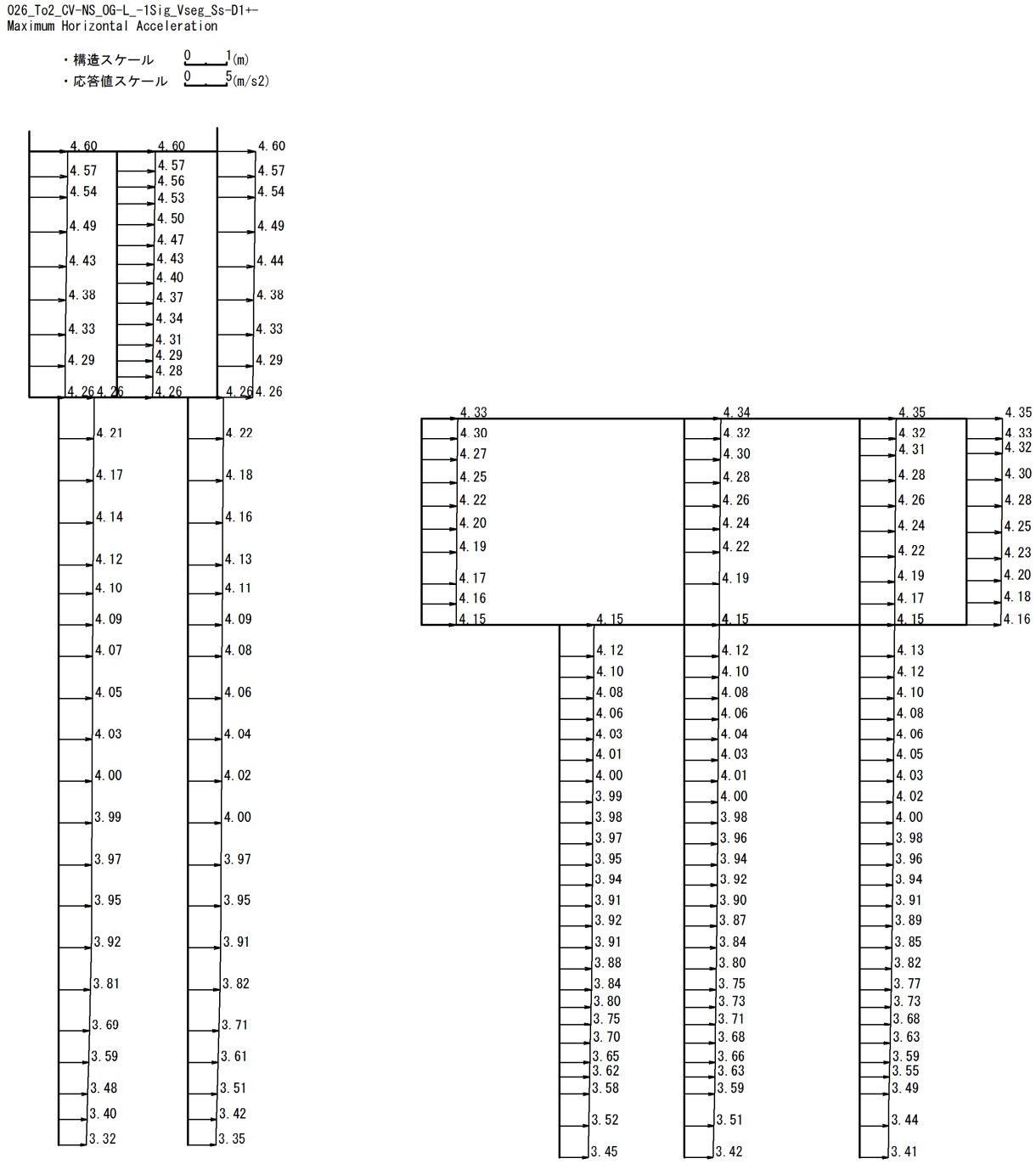
（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

第４－１図　③地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース　最大加速度分布図（29/46）
（軽油カルバートで最大照査値となる解析ケース）



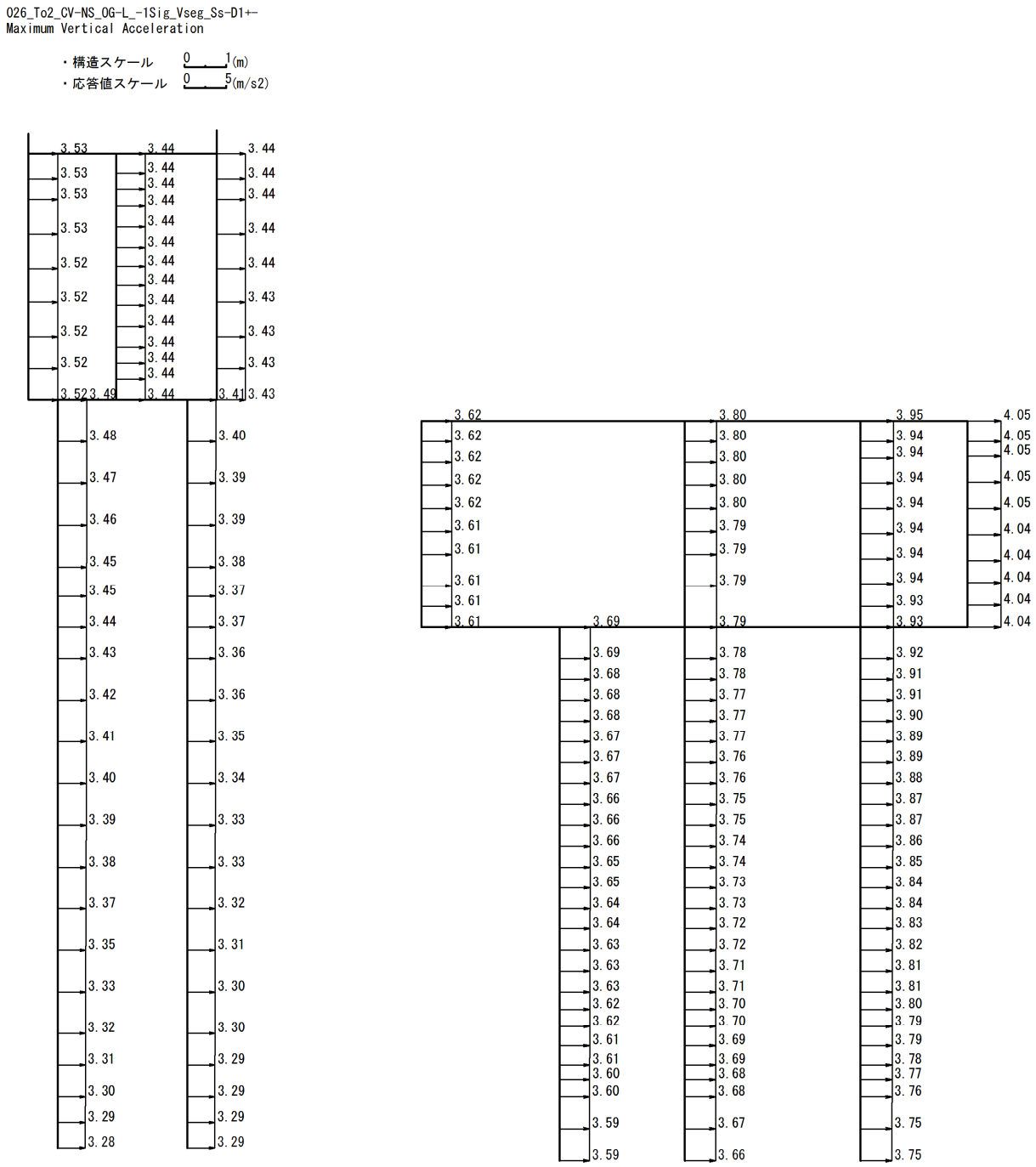
（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第４－１図　③地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース　最大加速度分布図（30/46）
（軽油カルバートで最大照査値となる解析ケース）



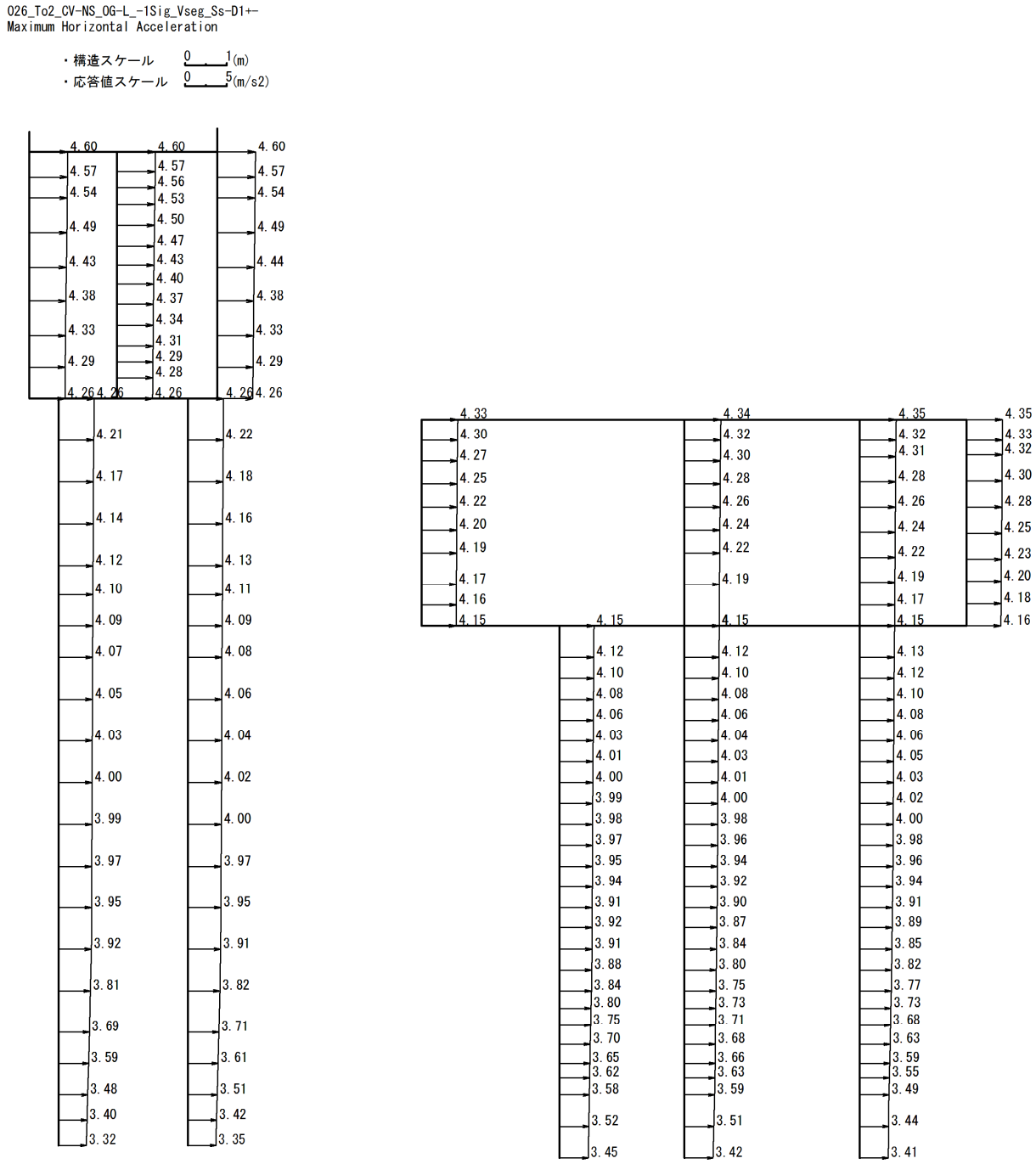
（S_s－D１（H＋，V－），水平）

第４－１図　③地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース　最大加速度分布図（31/46）
（軽油カルバートで最大照査値となる解析ケース）



（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－），鉛直）

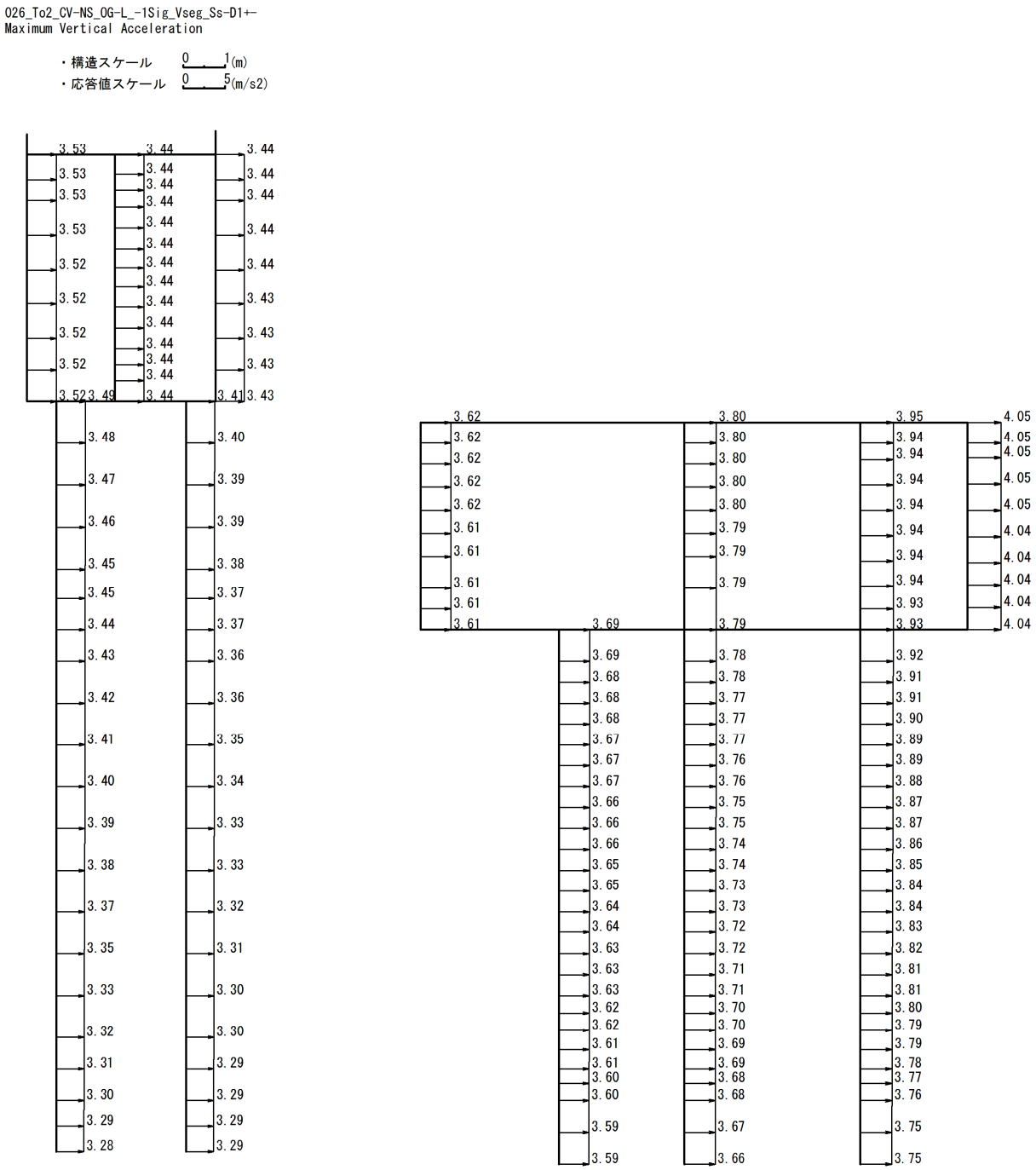
第４－１図　③地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース　最大加速度分布図（32/46）
（軽油カルバートで最大照査値となる解析ケース）



（S_s－D１（H＋，V－），水平）

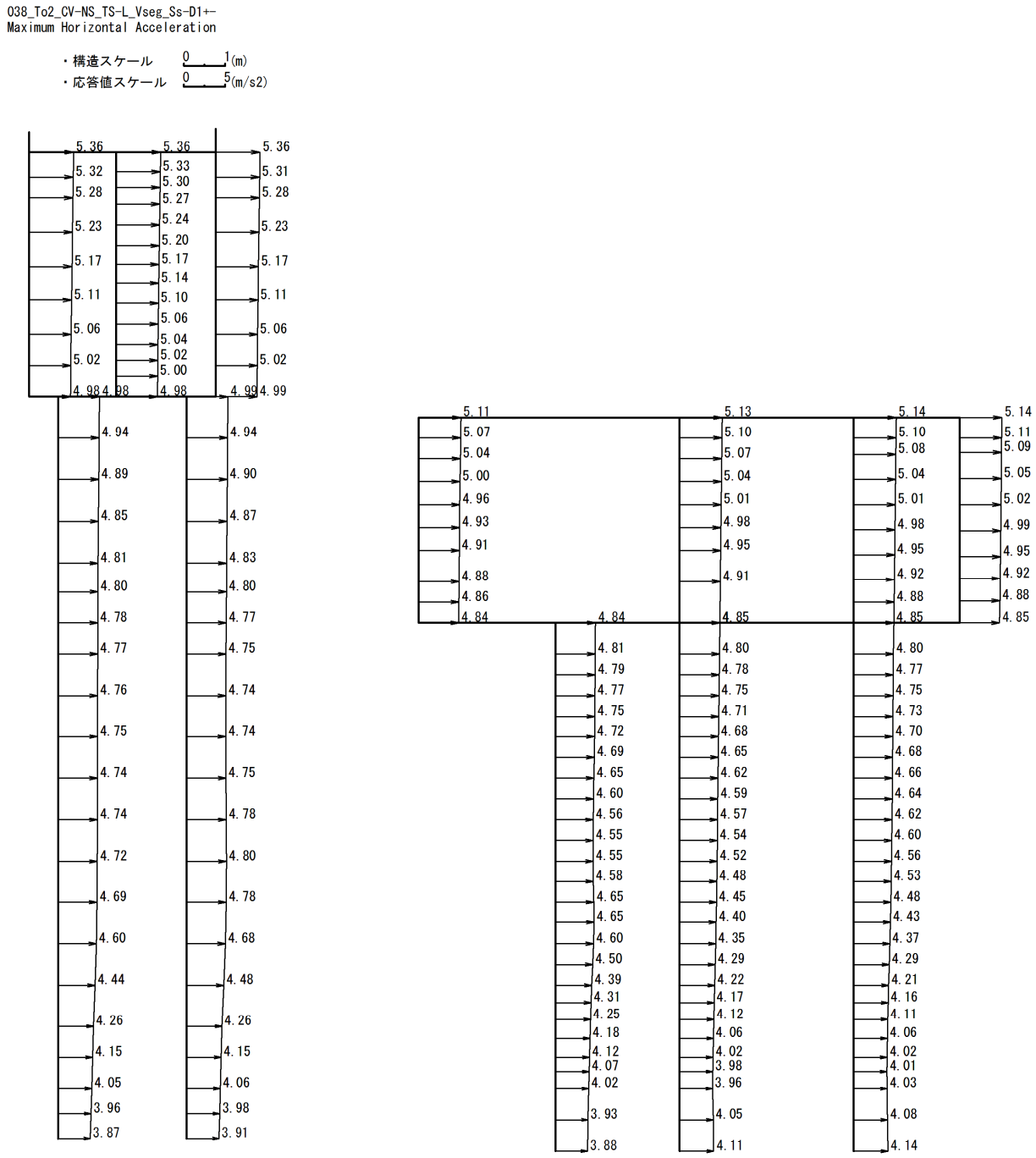
第４－１図　③地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース　最大加速度分布図（33/46）

（水電気カルバートで最大照査値となる解析ケース）



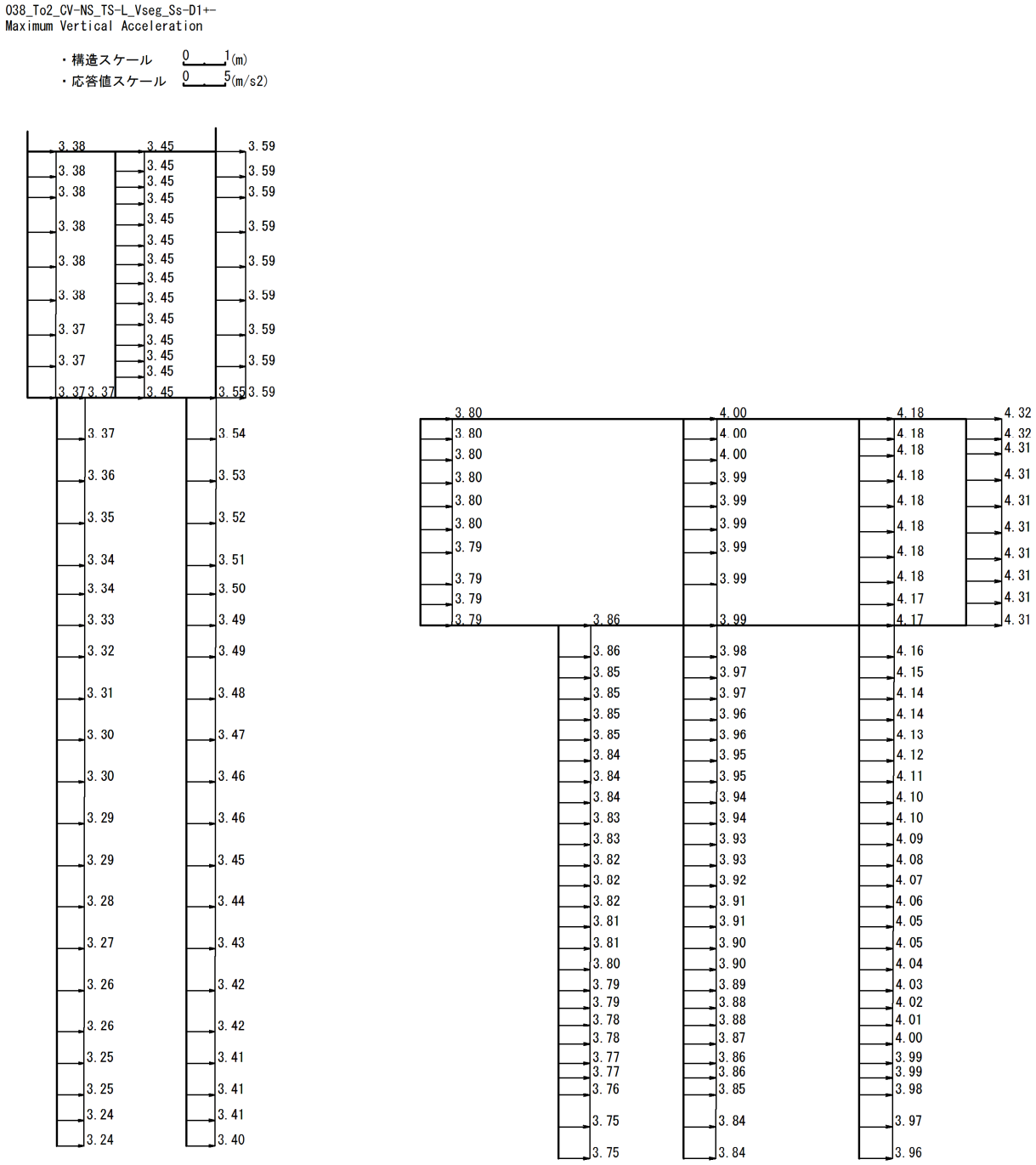
（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－），鉛直）

第４－１図　③地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース　最大加速度分布図（34/46）
（水電気カルバートで最大照査値となる解析ケース）



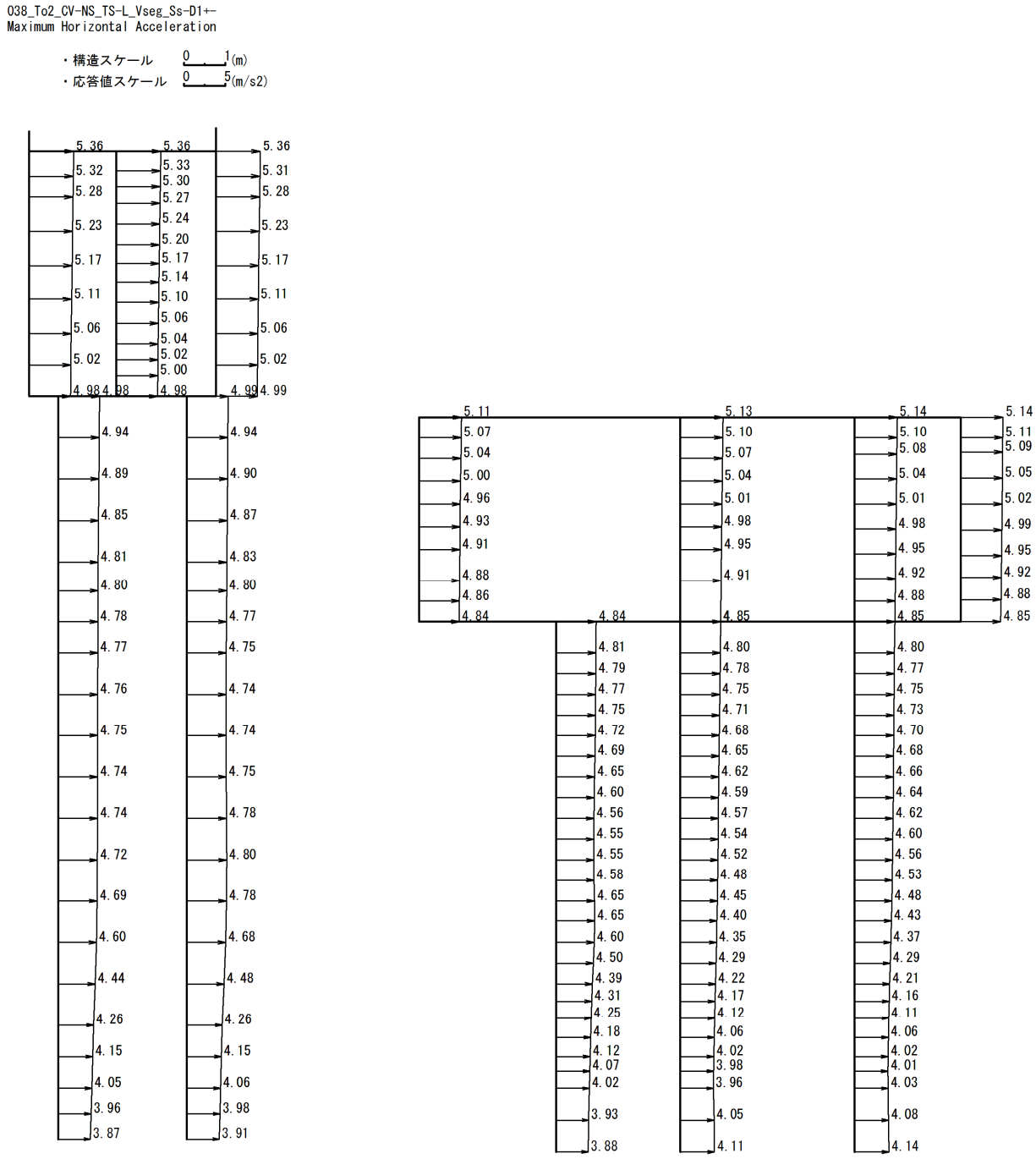
（S_s－D１（H＋，V－），水平）

第 4－1 図　④敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース　最大加速度分布図（35/46）
（軽油カルバートで最大照査値となる解析ケース）



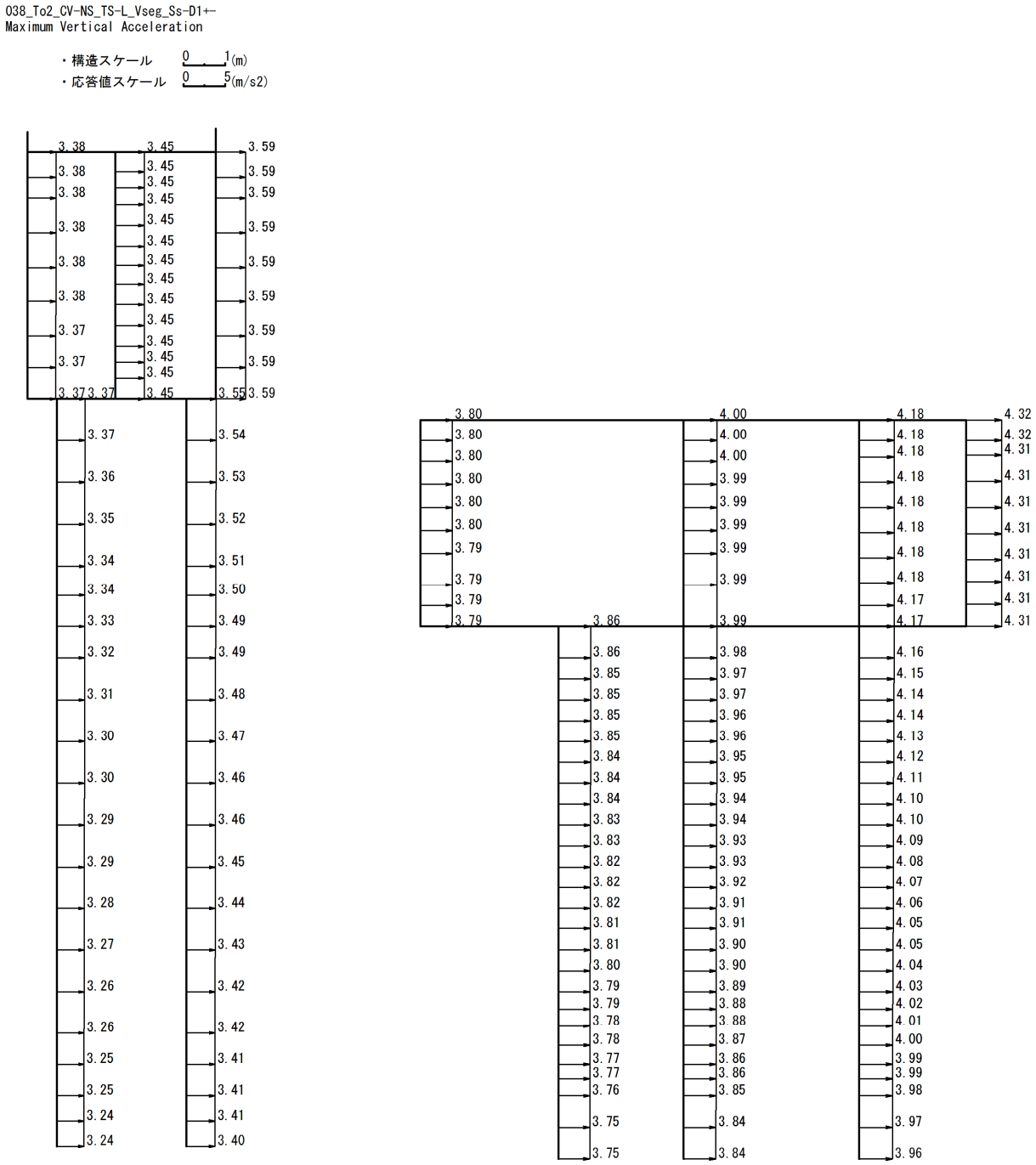
（S_s－D１（H＋，V－），鉛直）

第 4－1 図　④敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース　最大加速度分布図（36/46）
（軽油カルバートで最大照査値となる解析ケース）



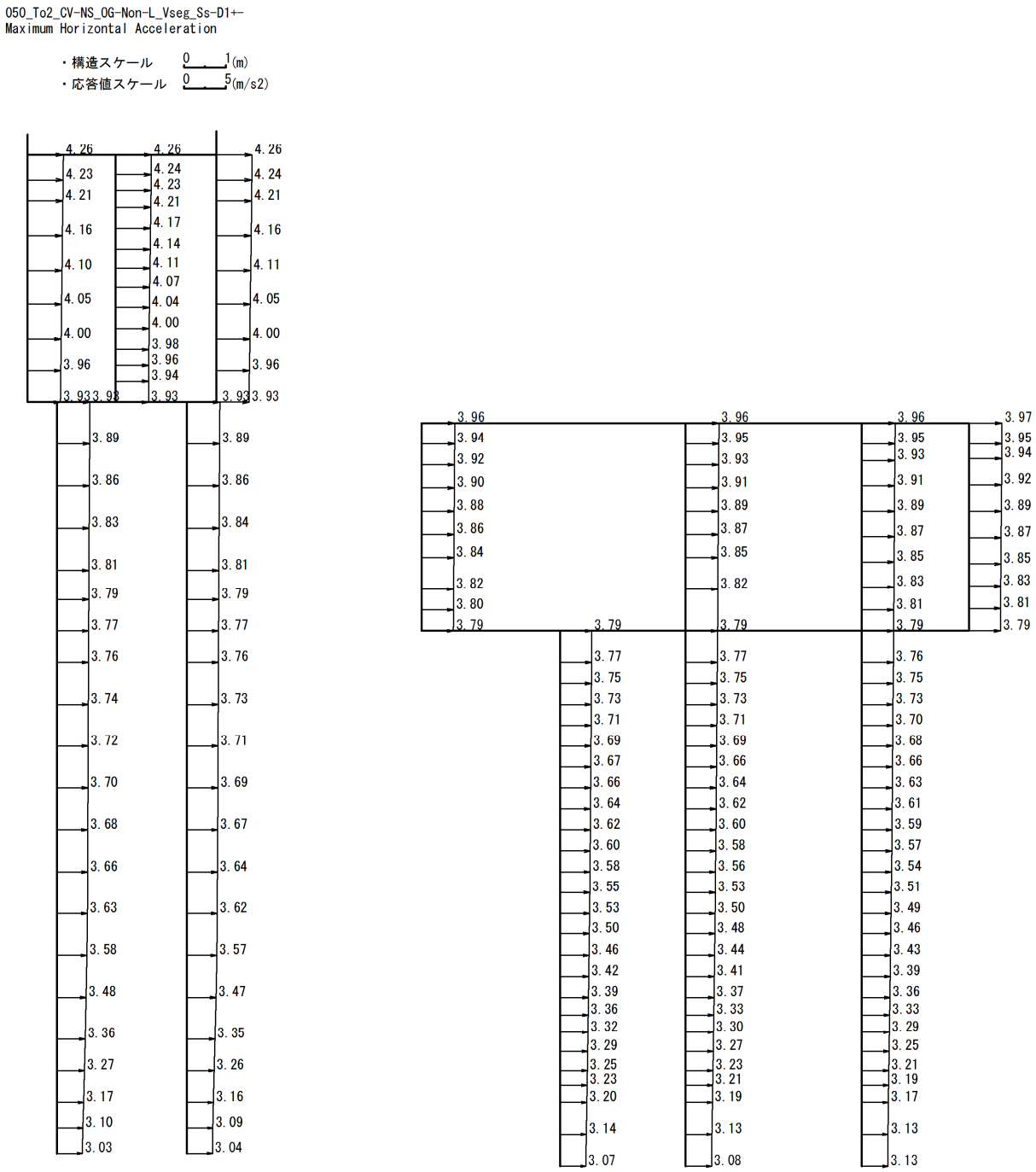
（S_s－D１（H＋，V－），水平）

第 4－1 図　④敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース　最大加速度分布図（37/46）
（水電気カルバートで最大照査値となる解析ケース）



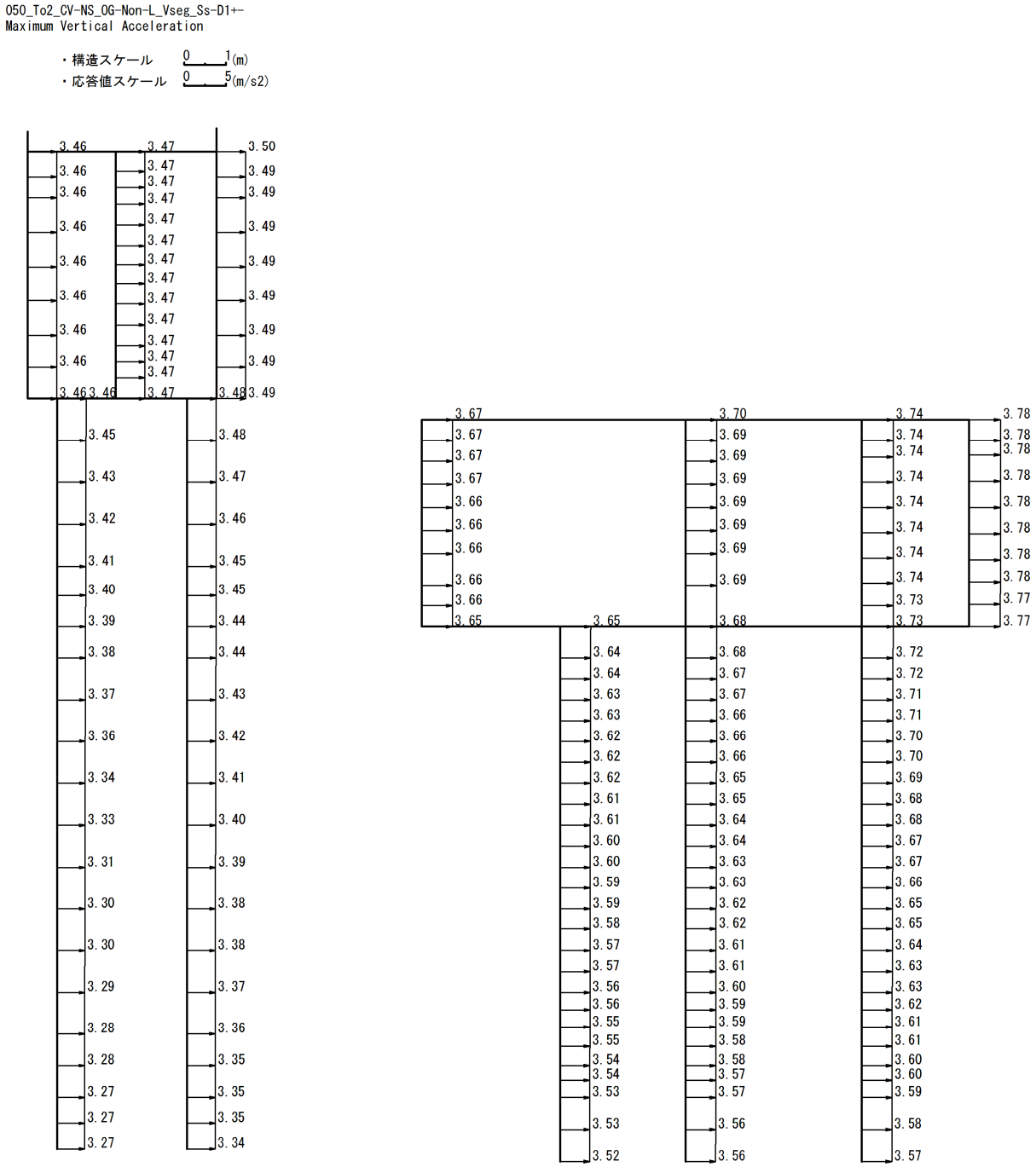
（S_s－D１（H＋，V－），鉛直）

第 4－1 図　④敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース　最大加速度分布図（38/46）
（水電気カルバートで最大照査値となる解析ケース）



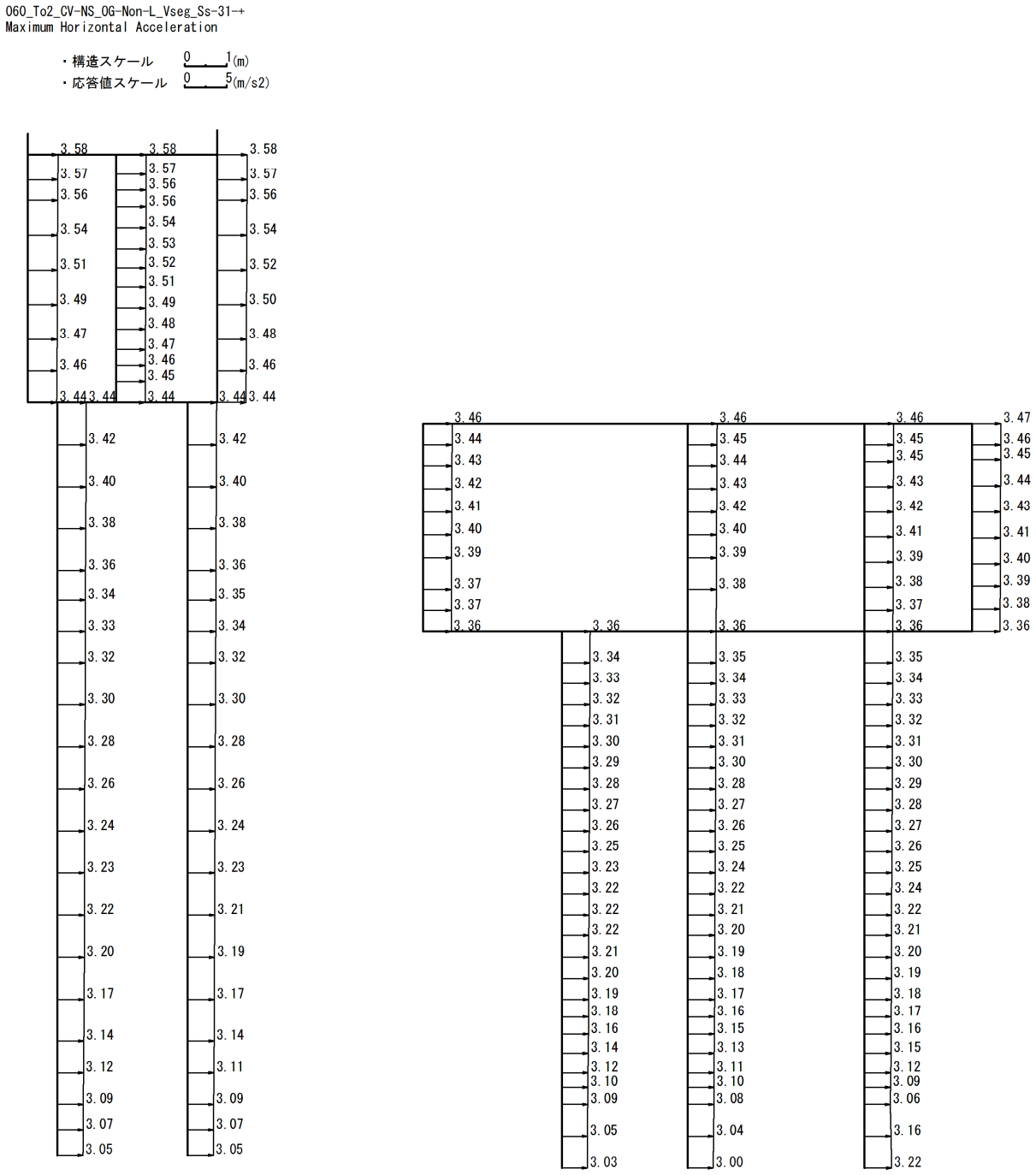
（S_s－D１（H＋，V－），水平）

第４－１図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（39/46）
（軽油カルバートで最大照査値となる解析ケース）



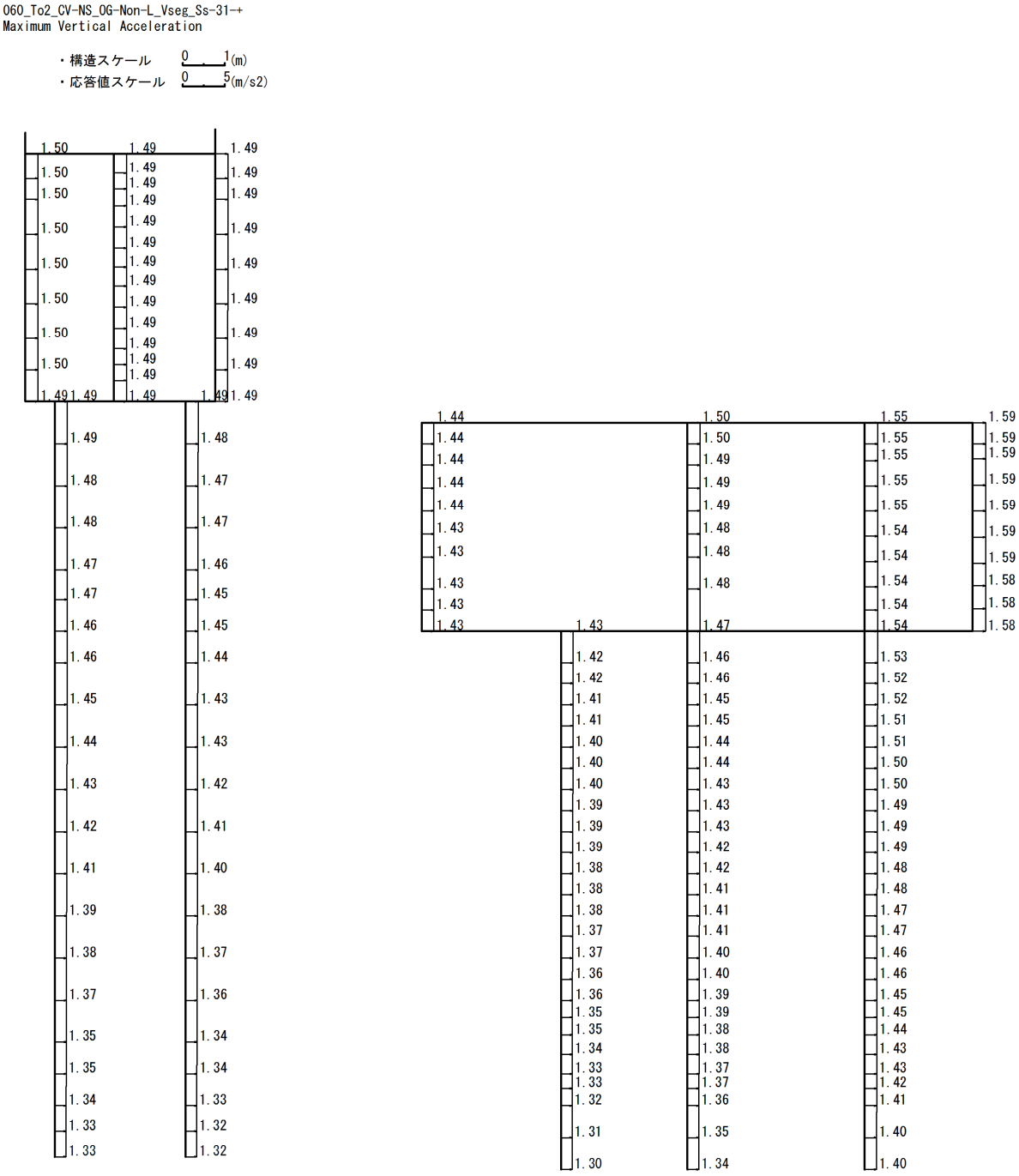
（S_s－D１（H＋，V－），鉛直）

第４－１図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（40/46）
（軽油カルバートで最大照査値となる解析ケース）



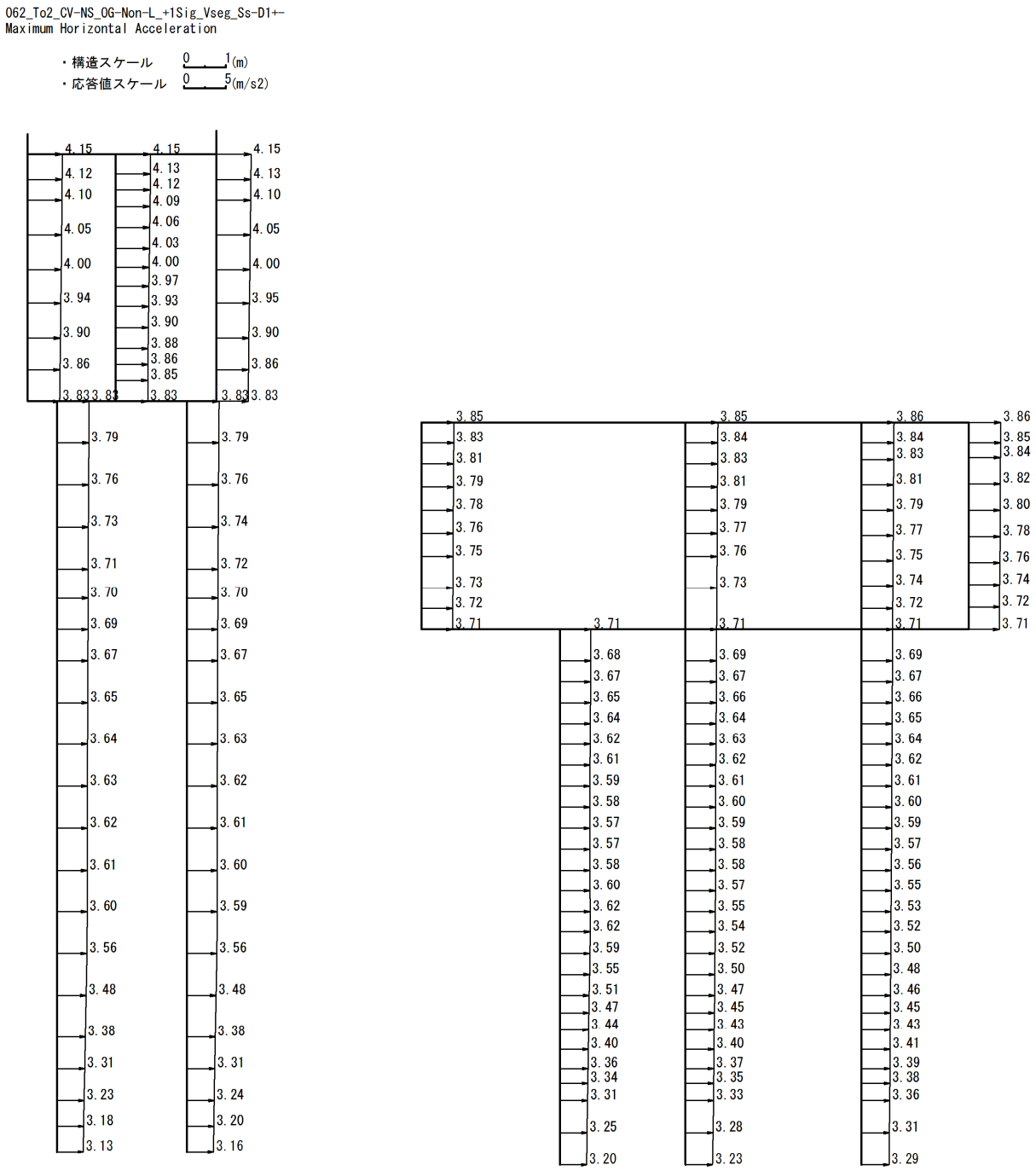
（Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）

第４－１図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（41/46）
（水電気カルバートで最大照査値となる解析ケース）



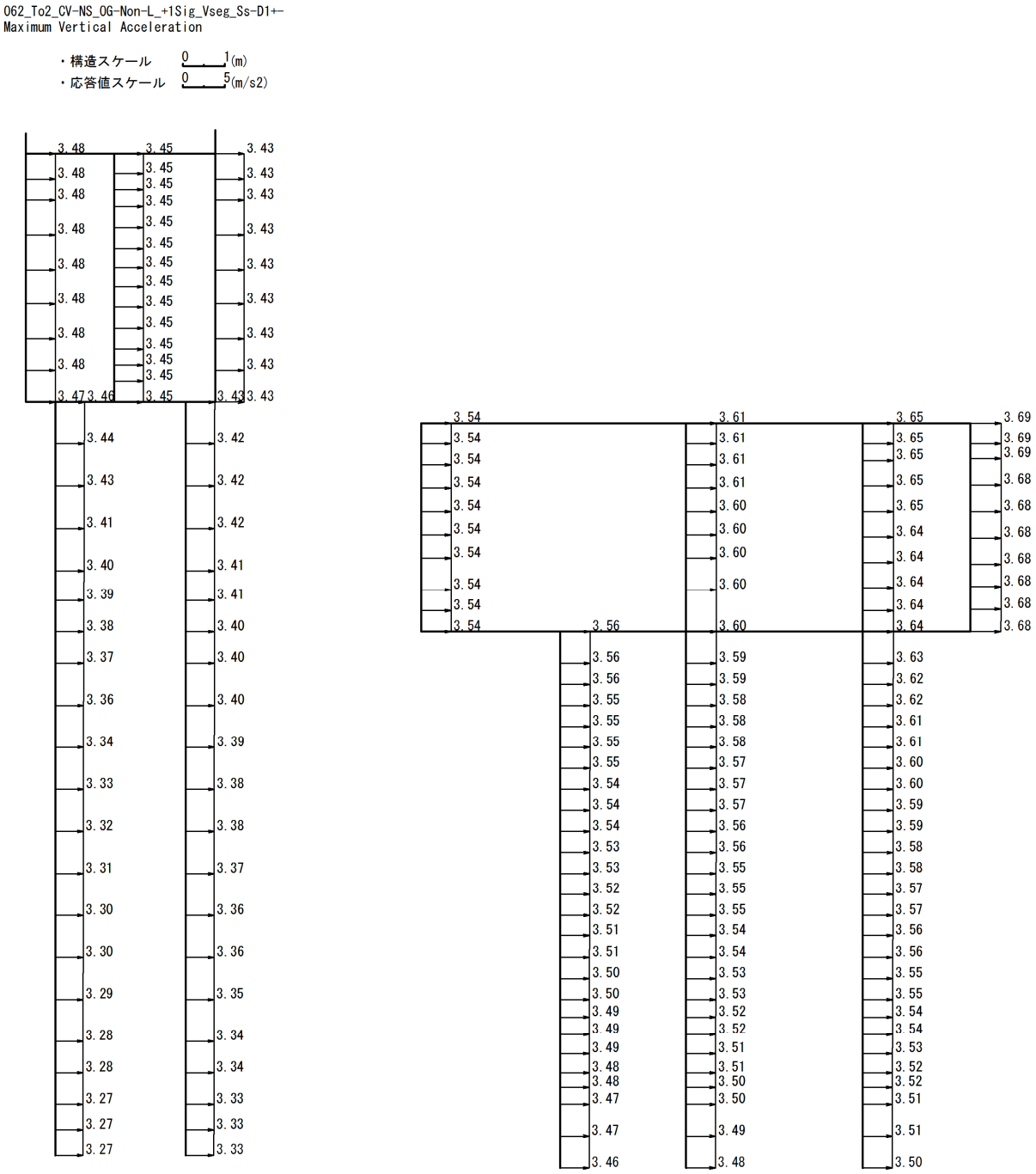
（Ｓ$_s$－３１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第４－１図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（42/46）
（水電気カルバートで最大照査値となる解析ケース）



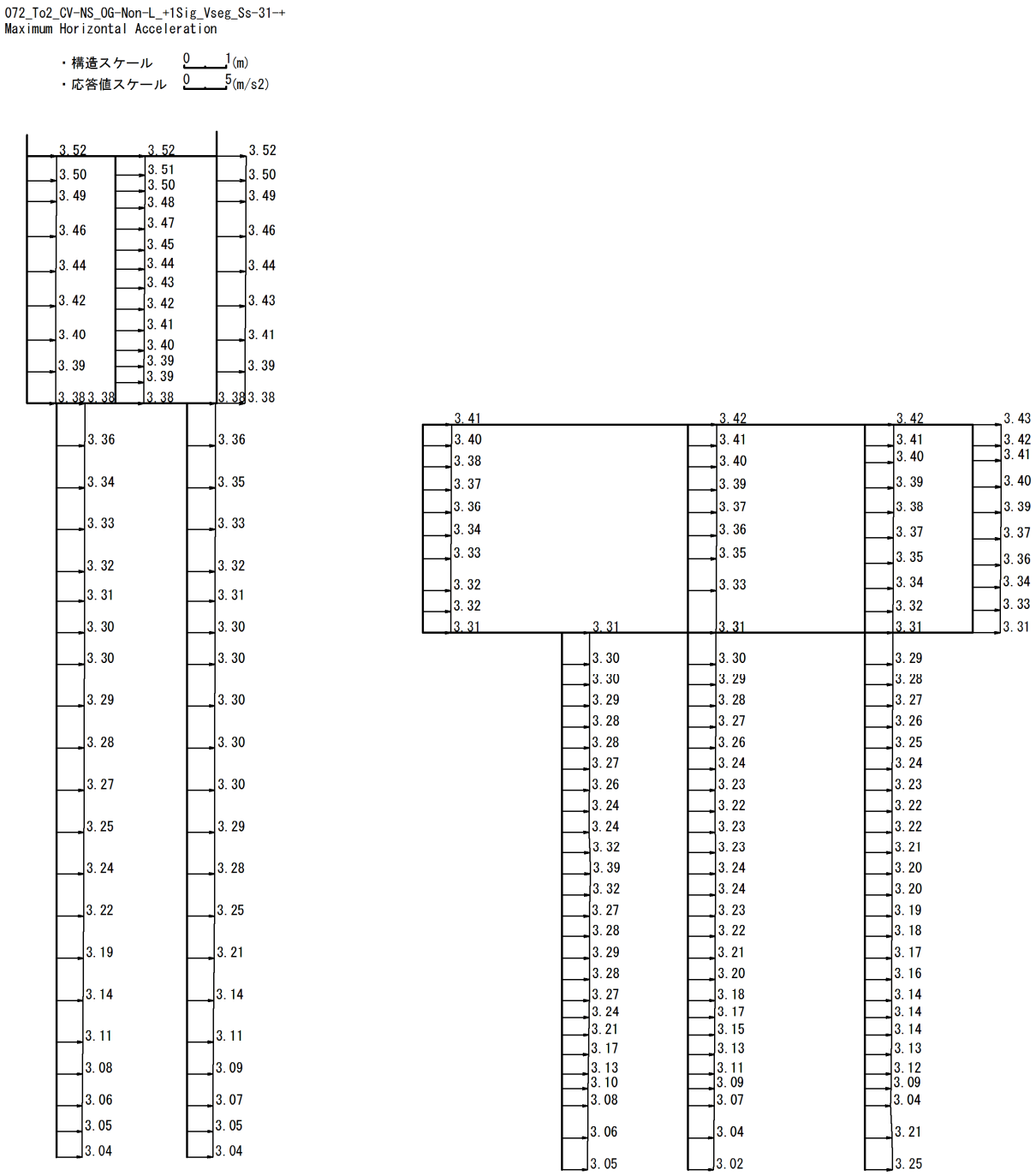
（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－），水平）

第 4－1 図　⑥地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
最大加速度分布図（43/46）
（軽油カルバートで最大照査値となる解析ケース）



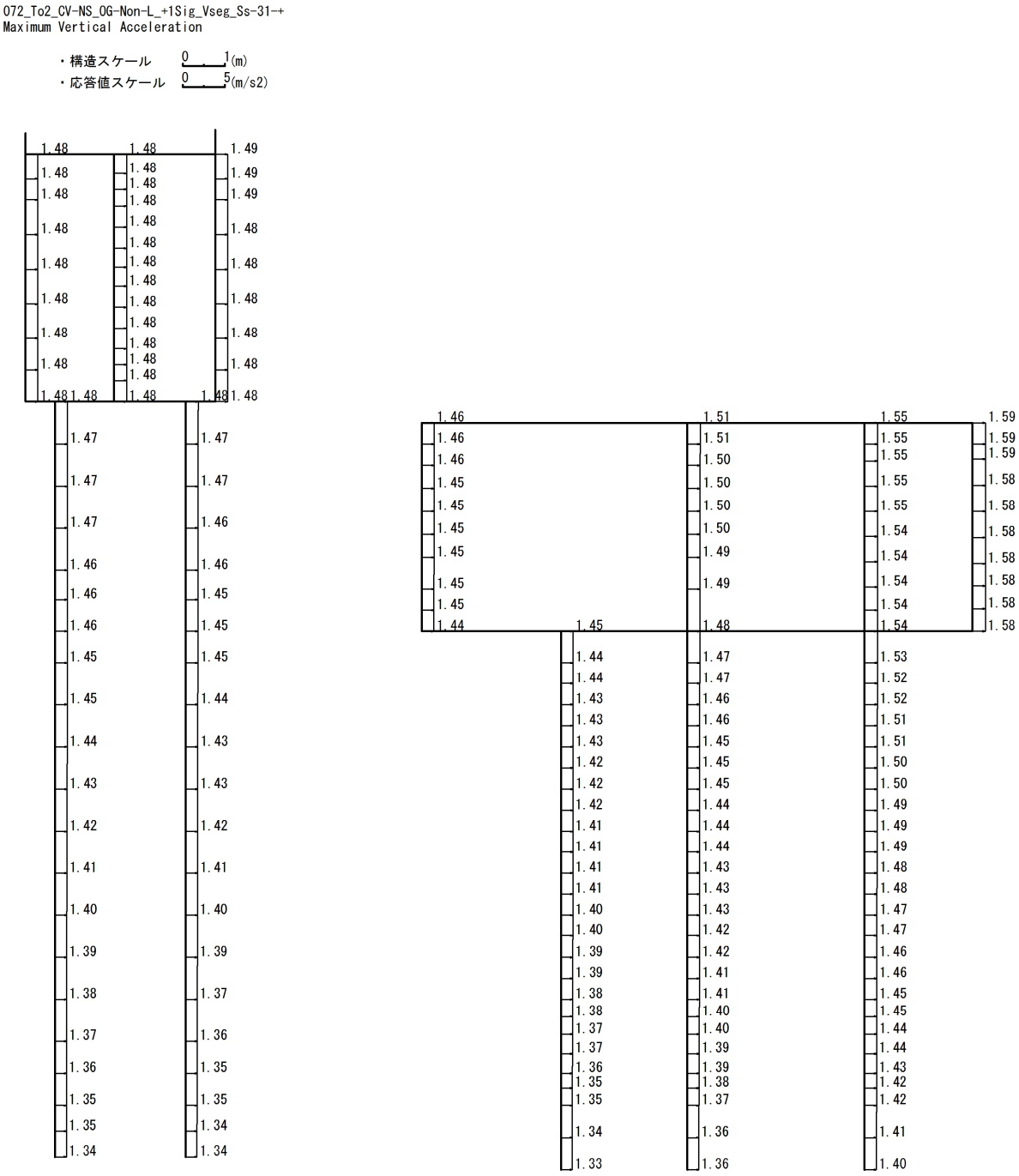
（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－），鉛直）

第 4－1 図　⑥地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
最大加速度分布図（44/46）
（軽油カルバートで最大照査値となる解析ケース）



（Ｓ$_s$－３１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）

第４－１図　⑥地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
最大加速度分布図（45/46）
（水電気カルバートで最大照査値となる解析ケース）



（Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第 4－1 図　⑥地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
最大加速度分布図（46/46）
（水電気カルバートで最大照査値となる解析ケース）

Ⅴ-2-2-22-3 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の地震応答計算書

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 5
3. 解析方法 6
3.1 評価対象断面 6
3.2 解析方法 8
3.3 荷重及び荷重の組合せ 10
3.4 入力地震動 11
3.5 解析モデル及び諸元 28
4. 解析結果 32
4.1 解析結果 32

1. 概要

本資料は，添付資料「Ⅴ-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき実施する常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）（以下，「トンネル」という。）の地震応答解析について説明するものである。

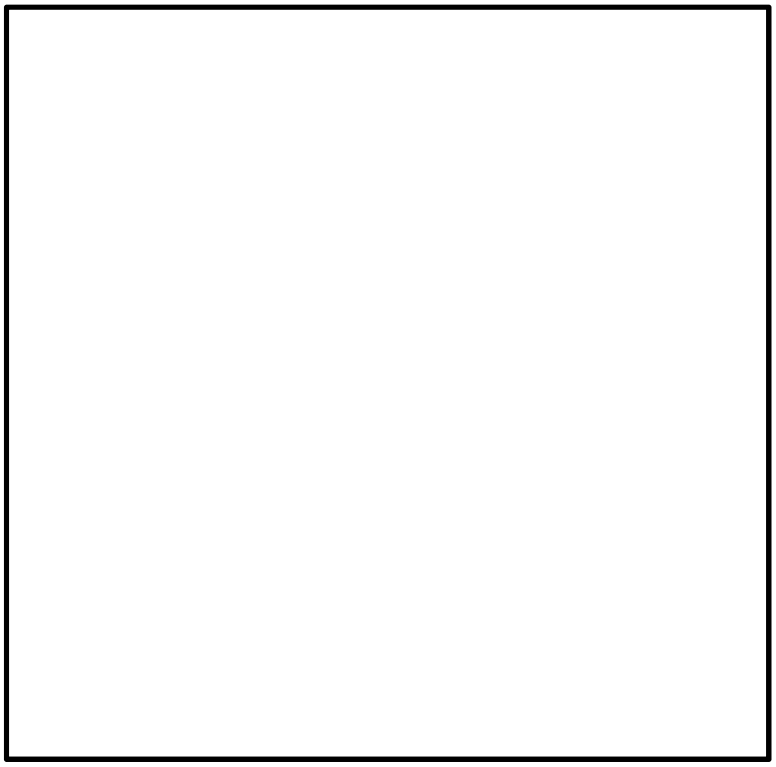
本地震応答解析は，機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。

また，トンネルが耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値の抽出を行う。その際，耐震設計に用いる応答値は，この地震応答解析による断面力及び基礎地盤に生じる接地圧とする。

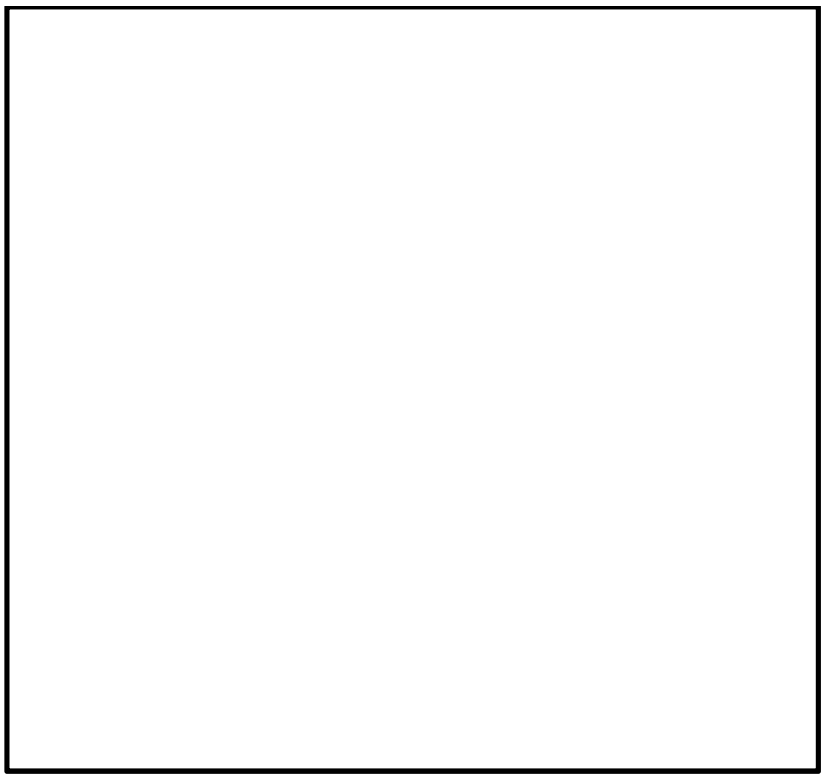
2. 基本方針

2.1 位置

トンネルの位置を第2－1図に示す。



第2－1図（1） トンネルの位置図（全体平面図）

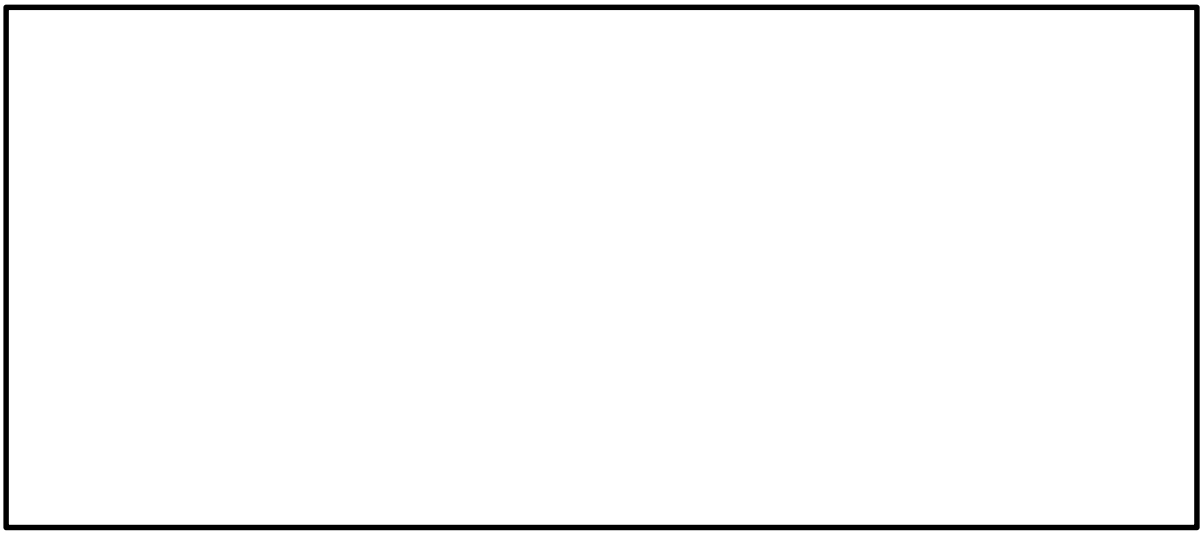


第2－1図（2） トンネルの位置図（拡大図）

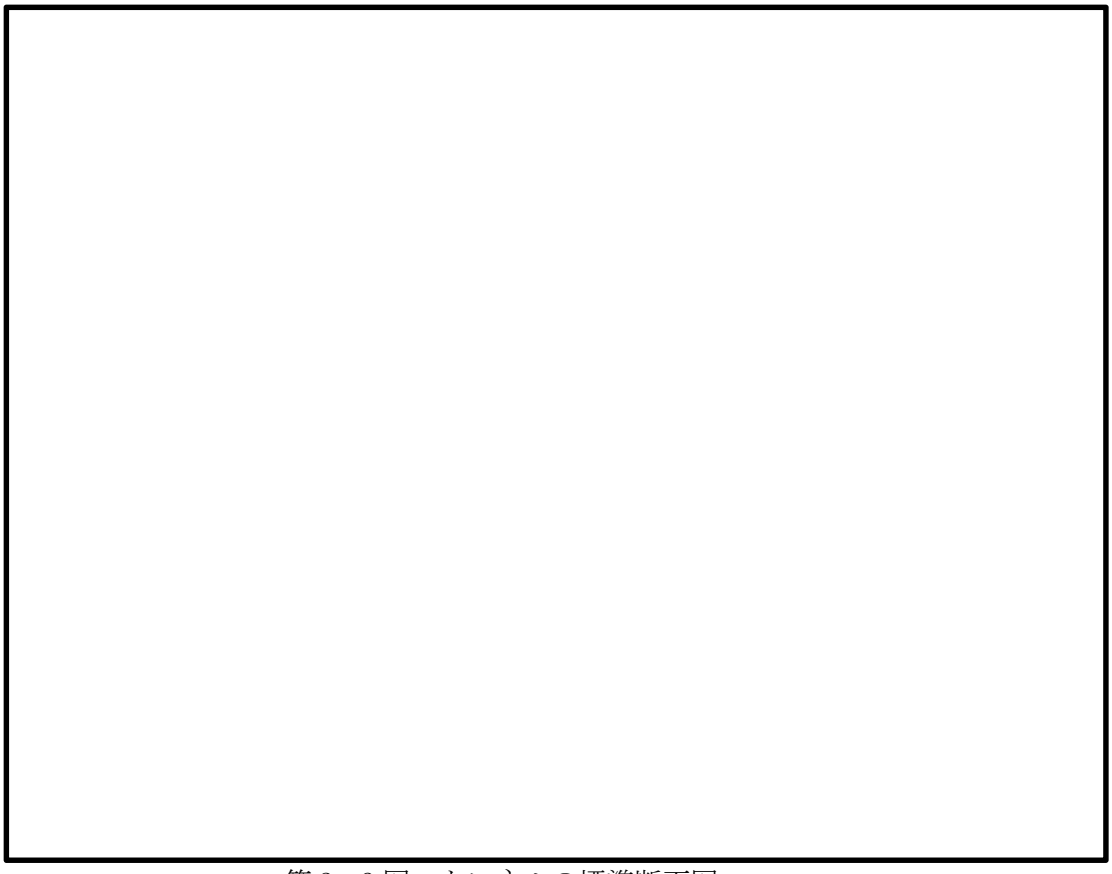
2.2　構造概要

第 2－2 図及び第 2－3 図にトンネルの縦断断面図及び標準断面図を示す。

トンネルは，延長約 140 m の鉄筋コンクリート造である。内径 4.6 m，覆工厚 1.2 m であり縦断方向に対して一様な断面形状を示す。また，間接支持する設備が縦断方向に一様に設置されている。



第 2－2 図　トンネルの縦断断面図



第 2－3 図　トンネルの標準断面図

2.3　解析方針

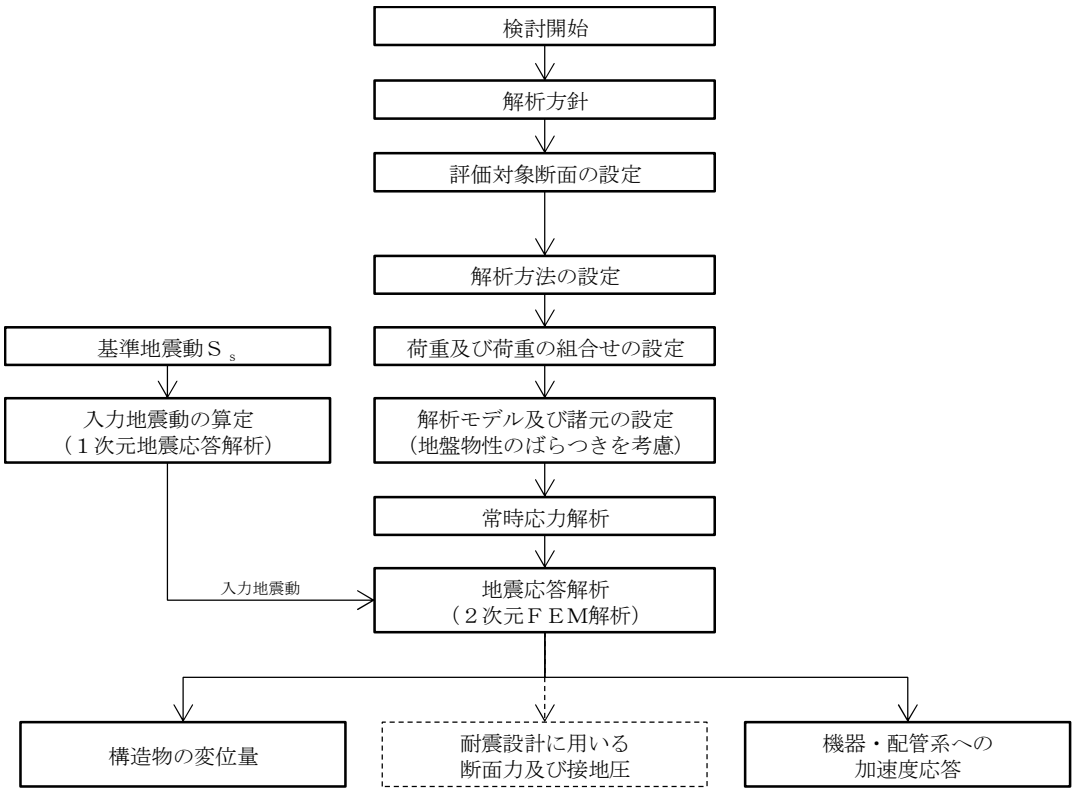
トンネルは，添付資料「Ⅴ-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき，基準地震動Ｓ$_s$に対して解析を実施する。

第 2－4 図にトンネルの地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は，「2.　基本方針」に基づき，「3.1　評価対象断面」にて設定する断面において，「3.2　解析方法」に示す水平地震動と鉛直地震動の同時加振による時刻歴非線形解析にて行う。

時刻歴非線形解析は，「3.3　荷重及び荷重の組合せ」及び「3.5　解析モデル及び諸元」に示す条件を基に，「3.4　入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施する。

地震応答解析による加速度応答は，機器・配管系の設計用床応答曲線の作成に用い，断面力及び接地圧は，トンネルの耐震評価に用いる。



＜地震応答計算＞

第 2－4 図　トンネル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。

・コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（（社）土木学会，2002年制定）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（（社）日本電気協会）

・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）

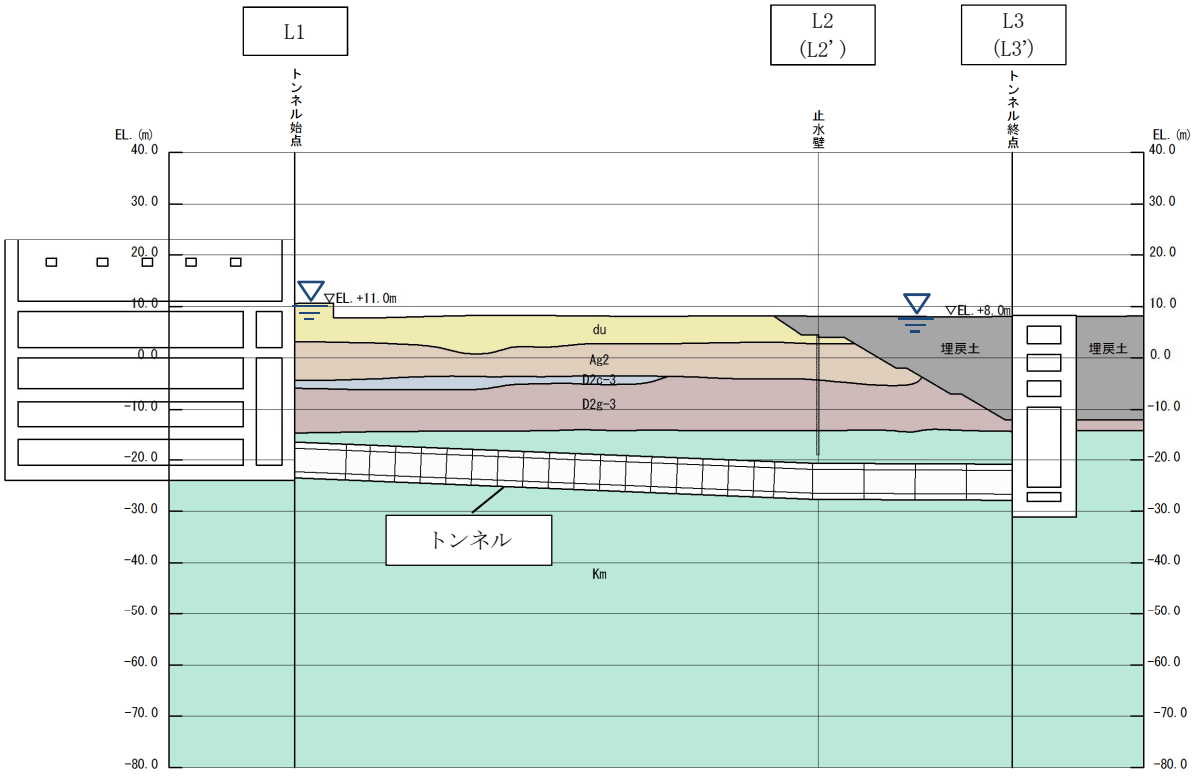
3.　解析方法

3.1　評価対象断面

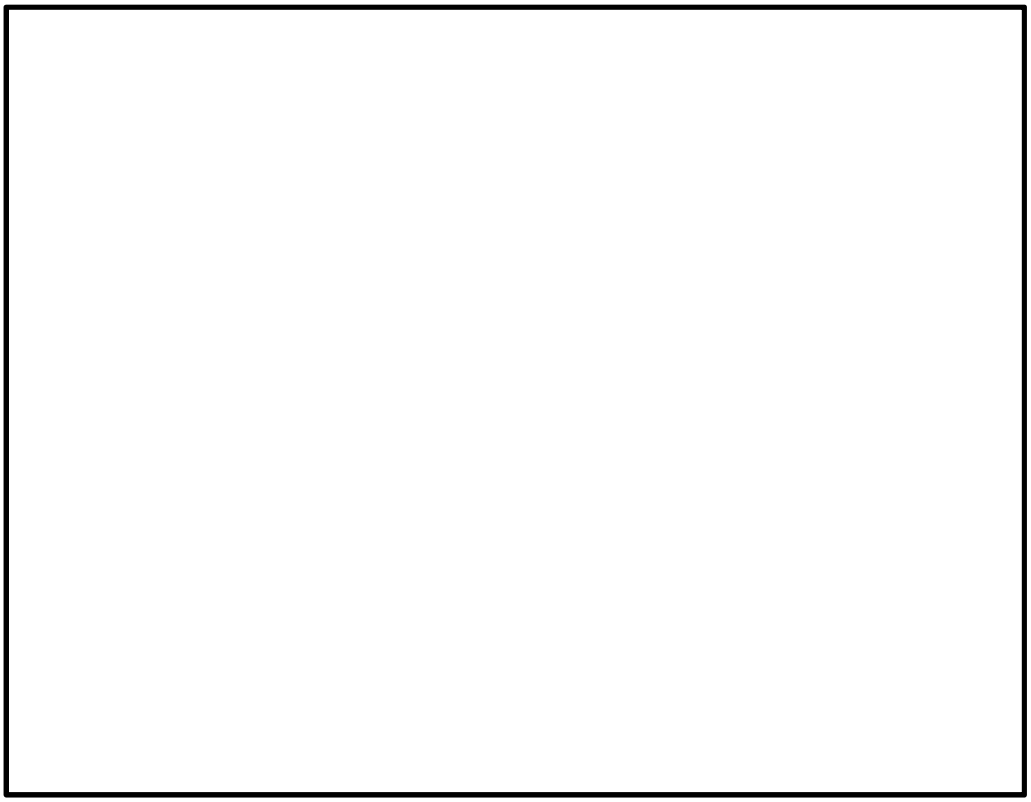
トンネルの評価対象断面位置を第 3－1 図に示す。

評価対象断面は，トンネルの設置標高及び周辺地質を踏まえて，第 3－1 図に示す L3’断面位置において埋戻土の層厚を最も薄く設定した断面とする。

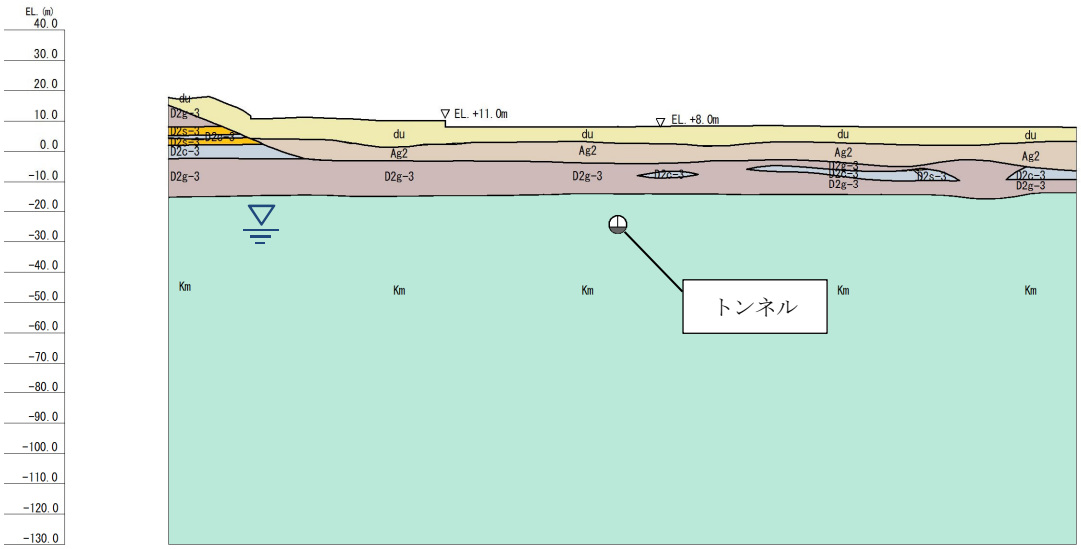
トンネルの断面図を第 3－2 図に，評価対象断面を第 3－3 図に示す。



第 3－1 図　トンネルの評価対象断面位置図



第 3－2 図　トンネルの断面図



第 3－3 図　トンネルの評価対象断面図（L3’断面）

3.2　解析方法

地震応答解析は，添付資料「Ⅴ-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち，「2.3　屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は，地盤と構造物の相互作用を考慮できる２次元有限要素法解析を用いて，基準地震動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にて行う。部材については，線形はり要素を用いることとする。また，地盤については，有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析については，解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。なお，解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付資料「Ⅴ-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・ＦＬＩＰ」に示す。

3.2.1　構造部材

構造部材は，線形はり要素及び平面ひずみ要素によりモデル化する。

3.2.2　地盤

地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則を有効応力解析へ適用する際は，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できるモデルを用いる必要がある。

一般に，地盤は荷重を与えることによりせん断ひずみを増加させていくと，地盤のせん断応力は上限値に達し，それ以上はせん断応力が増加しなくなる特徴がある。また，地盤のせん断応力の上限値は有効応力に応じて変化する特徴がある。

よって，耐震評価における有効応力解析では，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則として，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じたこれら２つの特徴を表現できる双曲線モデル（H-D モデル）を選定する。

3.2.3　減衰定数

固有値解析により求められる固有振動数及び初期減衰定数に基づく要素剛性比例型減衰を考慮する。また，非線形特性をモデル化する地盤の履歴減衰を考慮する。

3.2.4　地震応答解析の検討ケース

(1)　耐震評価における検討ケース

耐震評価における検討ケースを第3－1表に示す。

耐震評価においては，全ての基準地震動Ｓ$_s$に対して実施する①の検討ケース（基本ケース）において，せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての評価項目について，各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い，②～⑥より追加検討ケースを実施する。

第3－1表　耐震評価における検討ケース

検討ケース	① 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	② 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース	③ 地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

構造物間の相対変位の算定を行う場合は，上記の実施ケースにおいて変位量が厳しいケースで行う。

(2)　機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

機器・配管系に対する加速度応答の抽出における検討ケースを第3－2表に示す。

全ての基準地震動Ｓ$_s$に対して実施する⑤の検討ケース（原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース）において，上載される機器・配管系の固有振動数帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用い，④及び⑥より追加検討ケースを実施する。

第3－2表　機器・配管系に対する加速度応答の抽出のための検討ケース

検討ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定	敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

3.3　荷重及び荷重の組合せ

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

3.3.1　耐震評価上考慮する状態

トンネルの地震応答解析において，地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1)　運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり，通常の条件下におかれている状態。ただし，運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2)　設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3)　設計用自然条件

埋設構造物であるため，積雪及び風荷重は考慮しない。

(4)　重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2　荷重

トンネルの地震応答解析において，考慮する荷重を以下に示す。

(1)　固定荷重（G）

固定荷重として，躯体自重を考慮する。

(2)　積載荷重（P）

積載荷重として機器・配管荷重，土圧及び水圧による荷重を考慮する。

(3)　地震荷重（K_s）

基準地震動S_sによる荷重を考慮する。

3.3.3　荷重の組合せ

荷重の組合せを第 3－3 表に示す。

第 3－3 表　荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時（S_s）	G＋P＋K_s

G　：固定荷重

P　：積載荷重

K_s：地震荷重

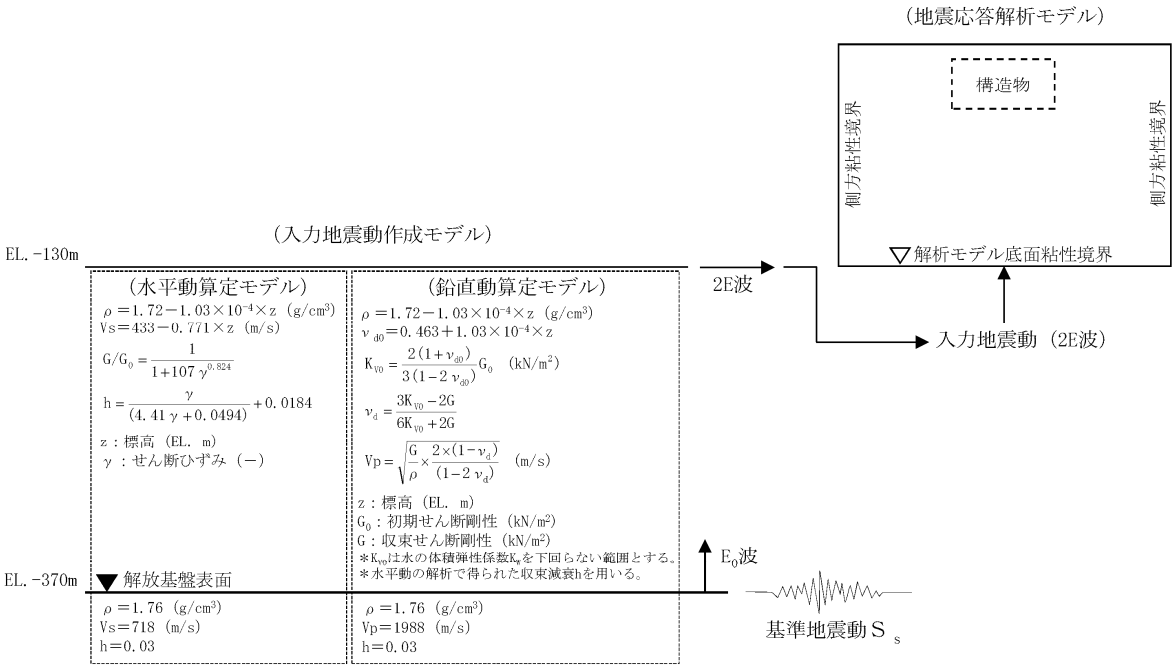
3.4　入力地震動

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

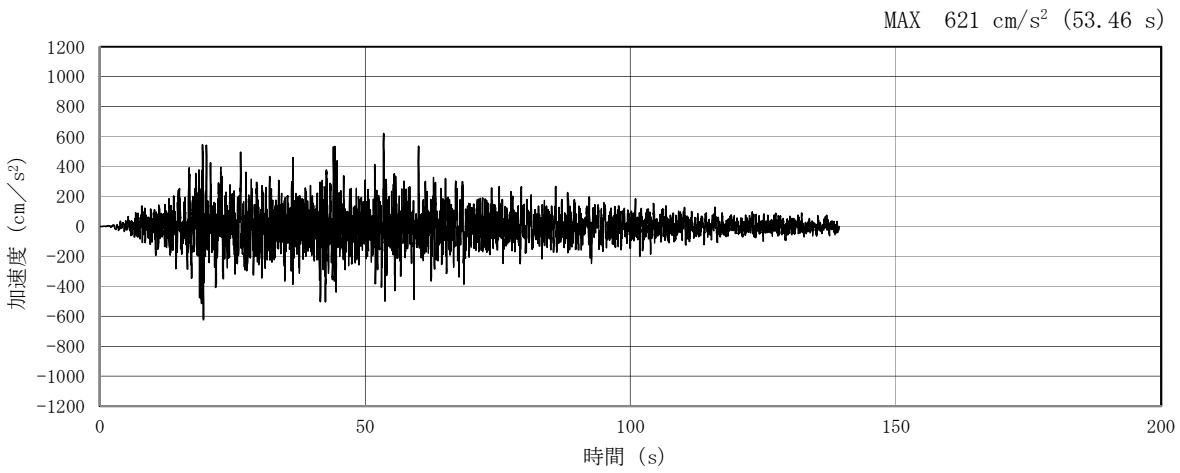
地震応答解析に用いる入力地震動は，解放基盤表面で定義される基準地震動Ｓ$_s$を１次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものを用いる。

第 3－4 図に入力地震動算定の概念図を，第 3－5 図に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には，解析コード「microSHAKE/3D Ver. 2.2.3.311」を使用する。

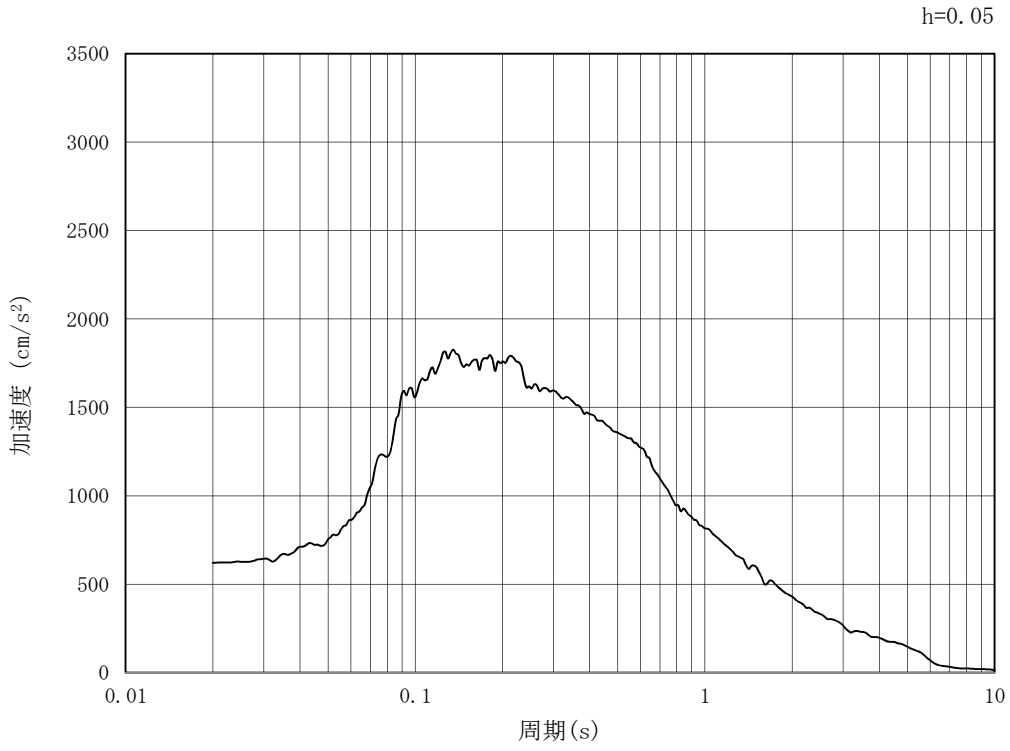
解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付資料「Ⅴ-5-20 計算機プログラム（解析コード）の概要・ｍｉｃｒｏＳＨＡＫＥ／３Ｄ」に示す。



第 3－4 図　入力地震動算定の概念図

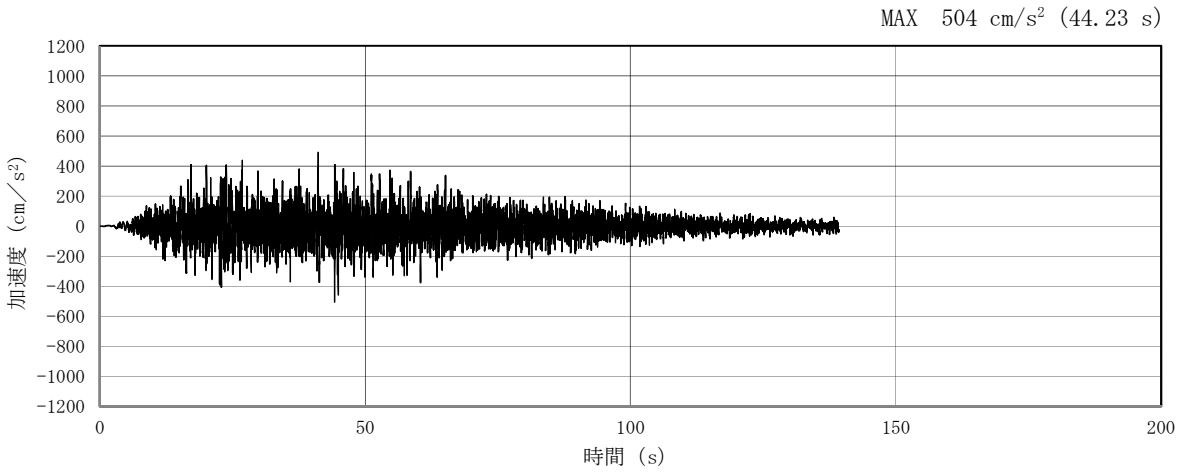


(a) 加速度時刻歴波形

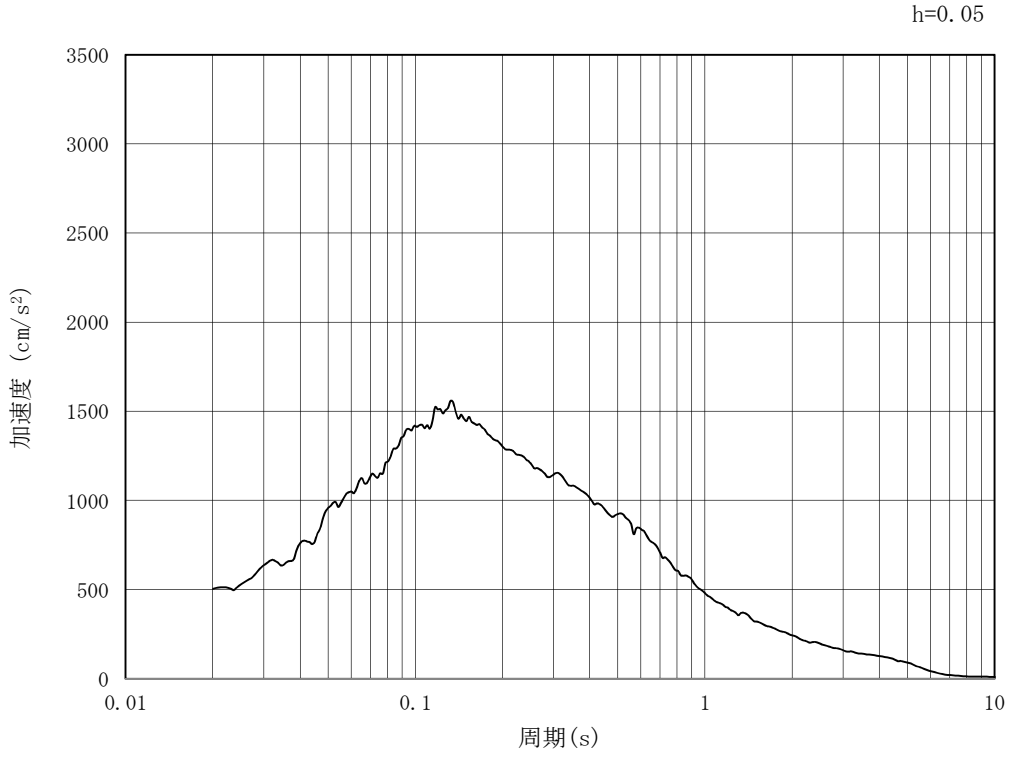


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (1)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－Ｄ１）

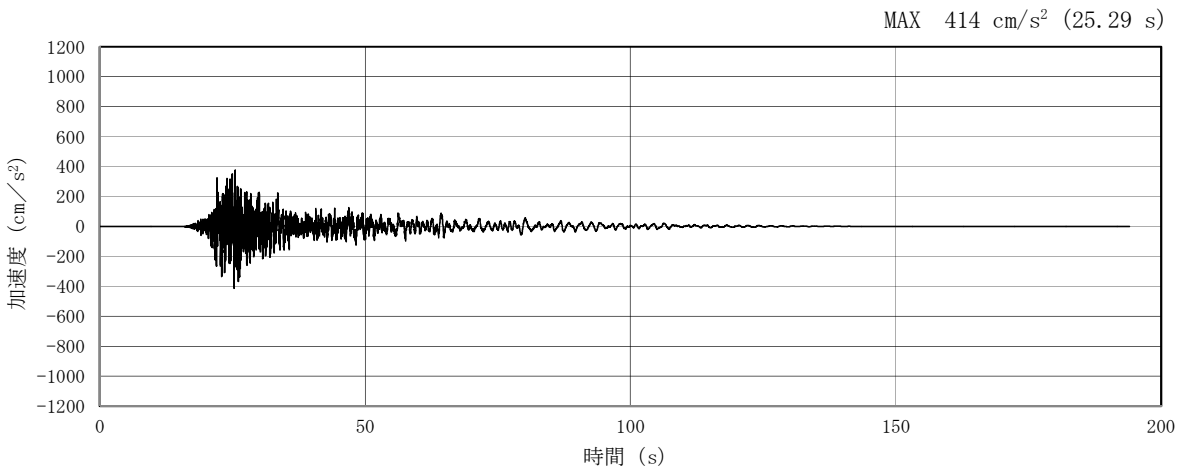


(a) 加速度時刻歴波形

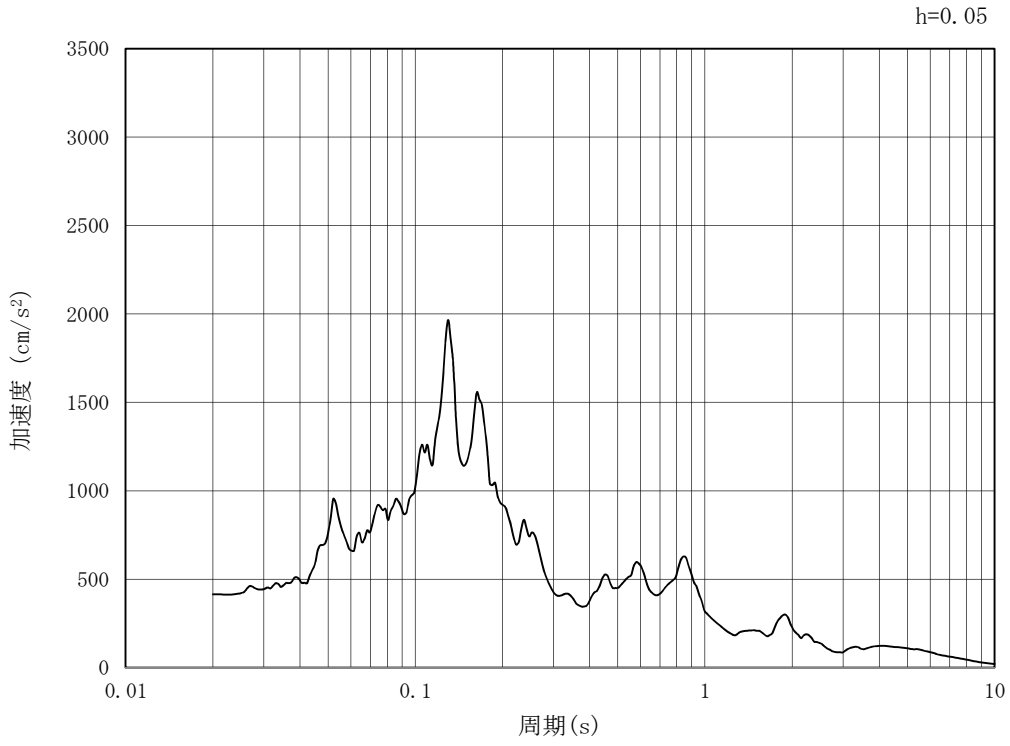


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (2)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－Ｄ１）

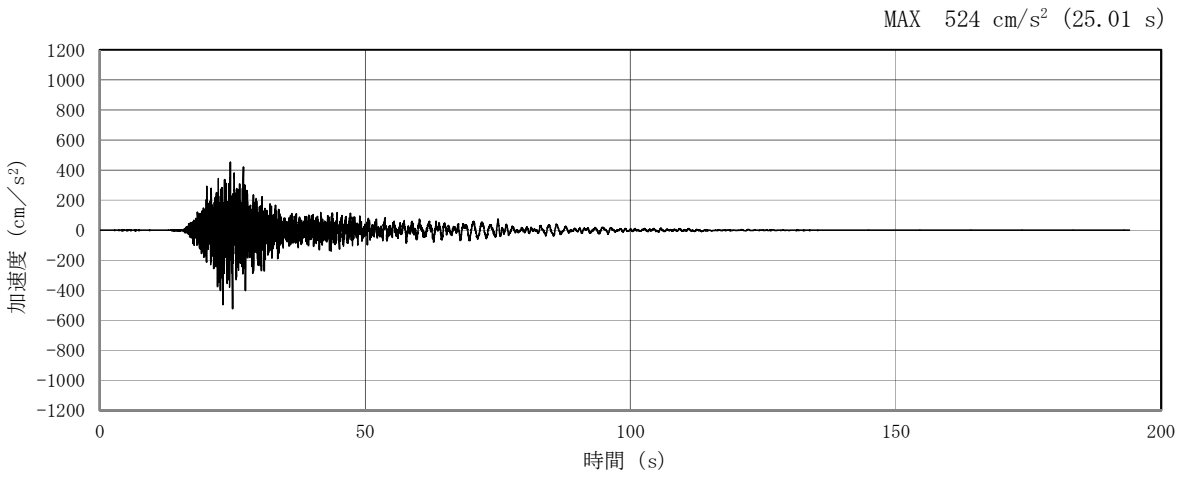


(a) 加速度時刻歴波形

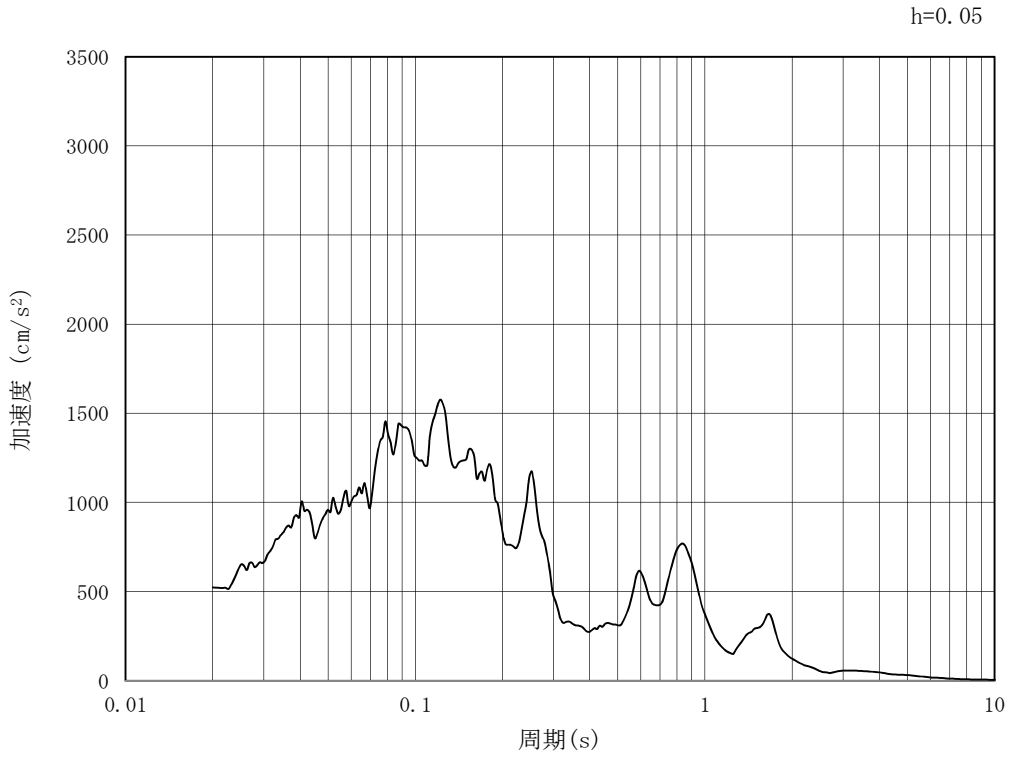


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (3)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１１）

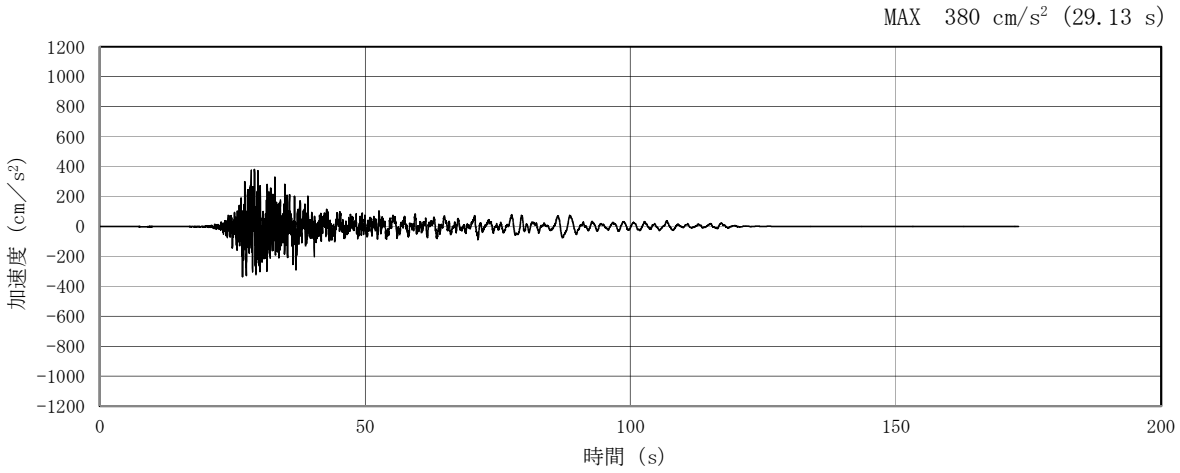


(a) 加速度時刻歴波形

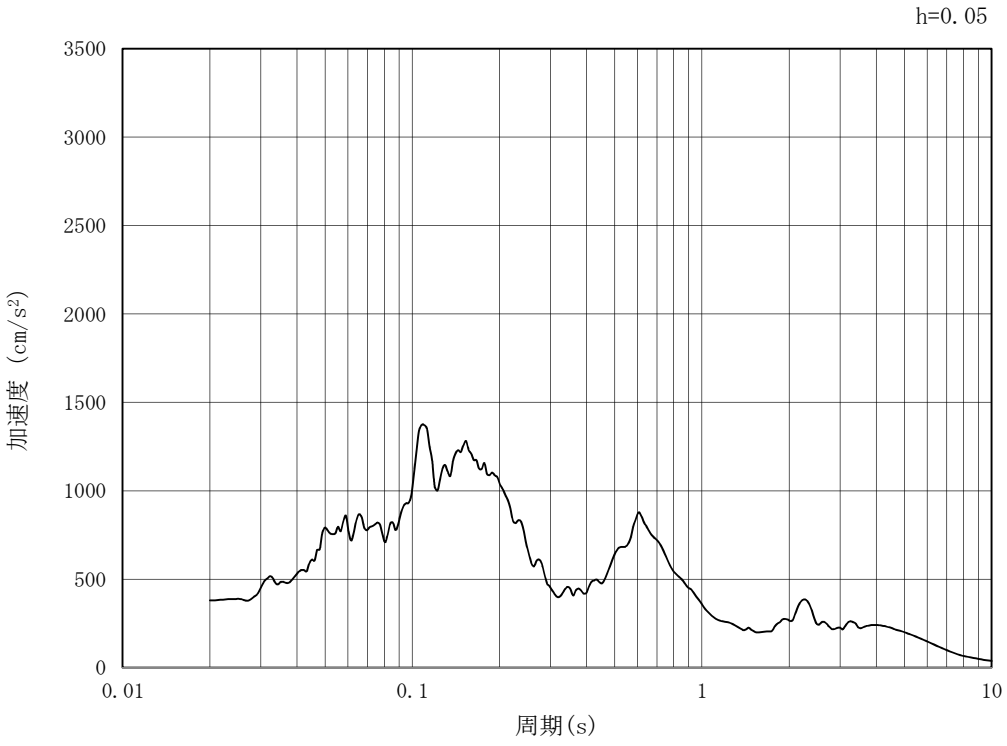


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (4)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１１）

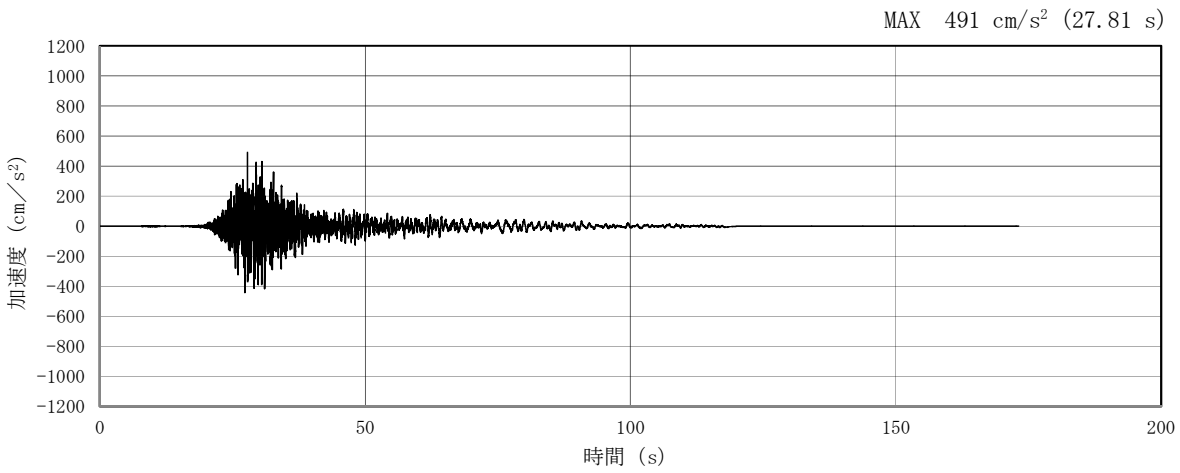


(a) 加速度時刻歴波形

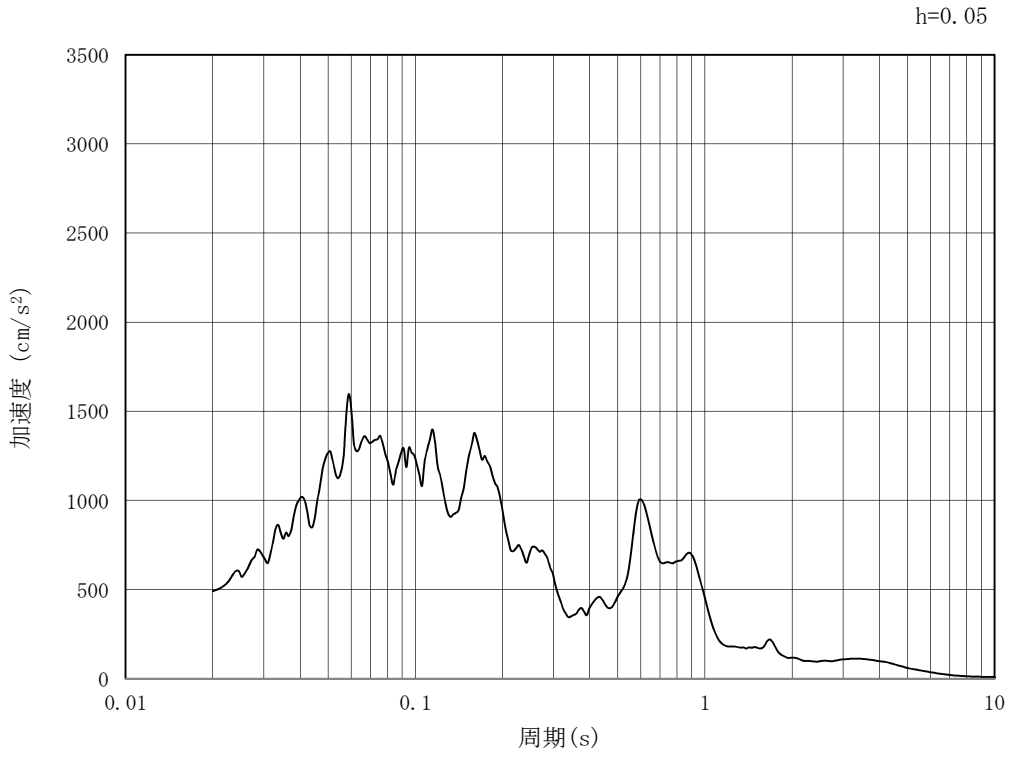


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (5)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１２）

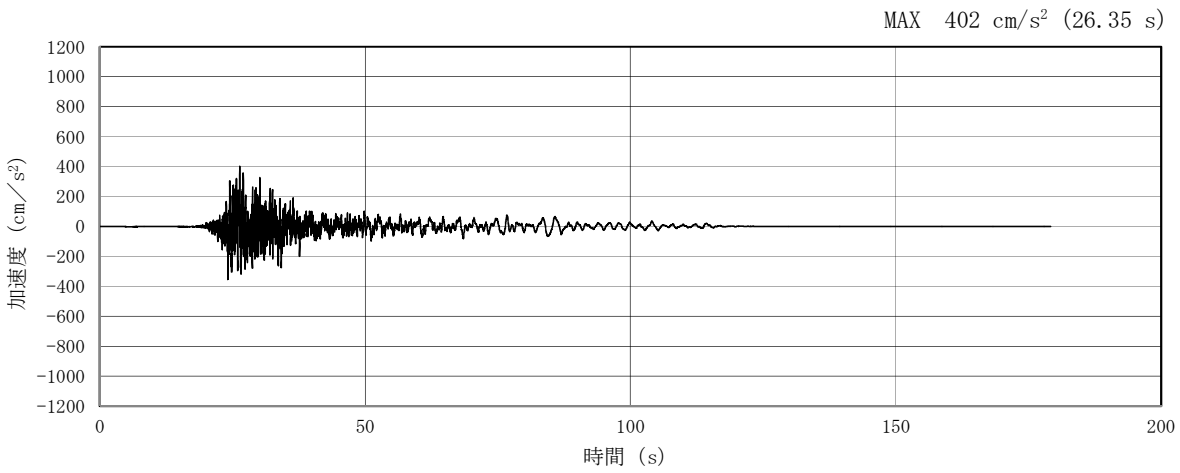


(a) 加速度時刻歴波形

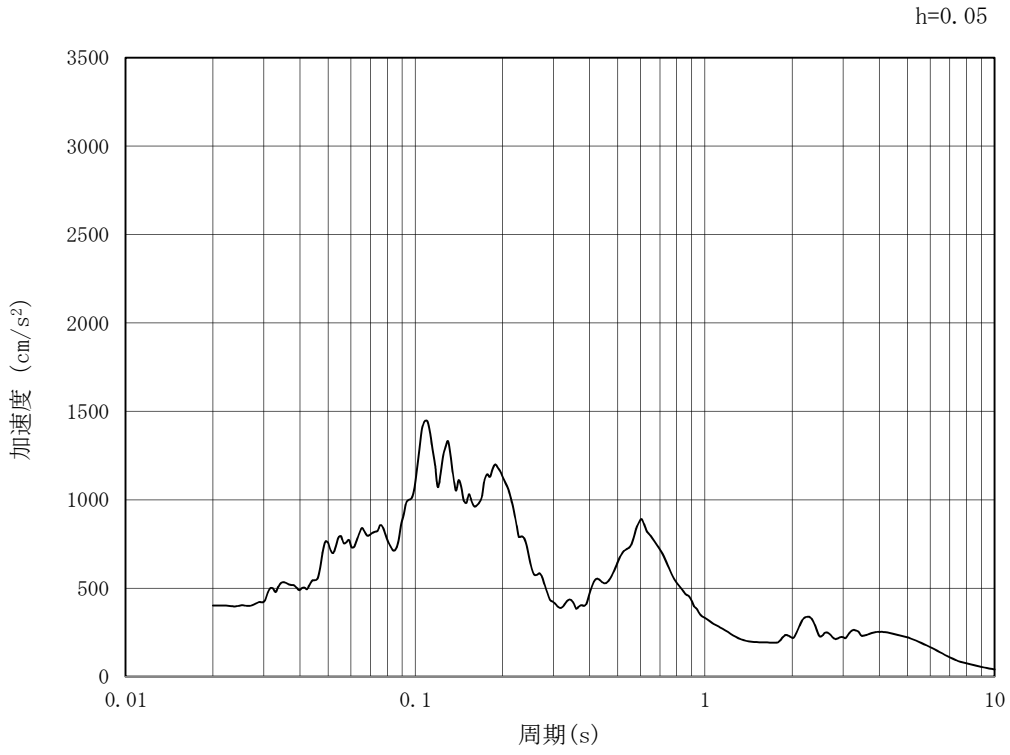


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (6)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１２）

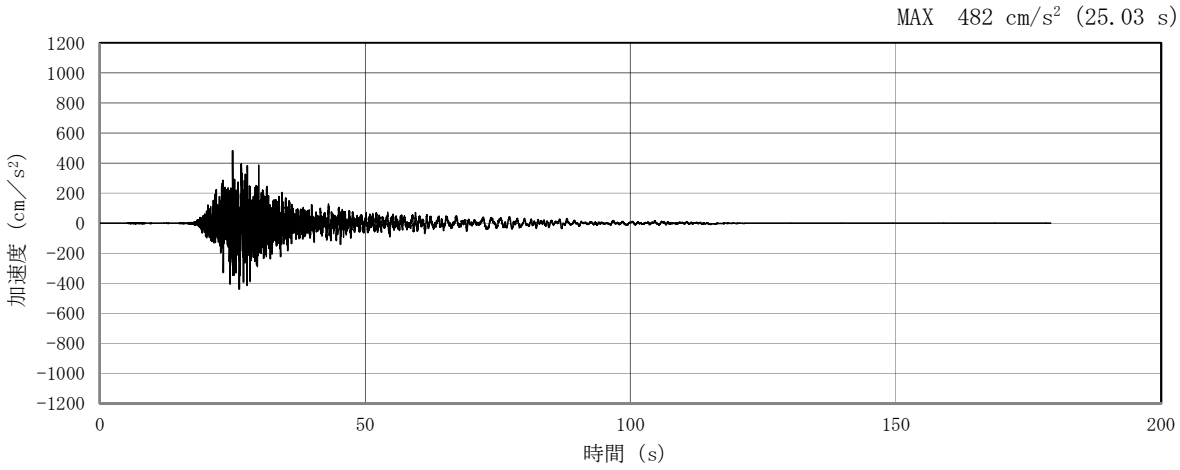


(a) 加速度時刻歴波形

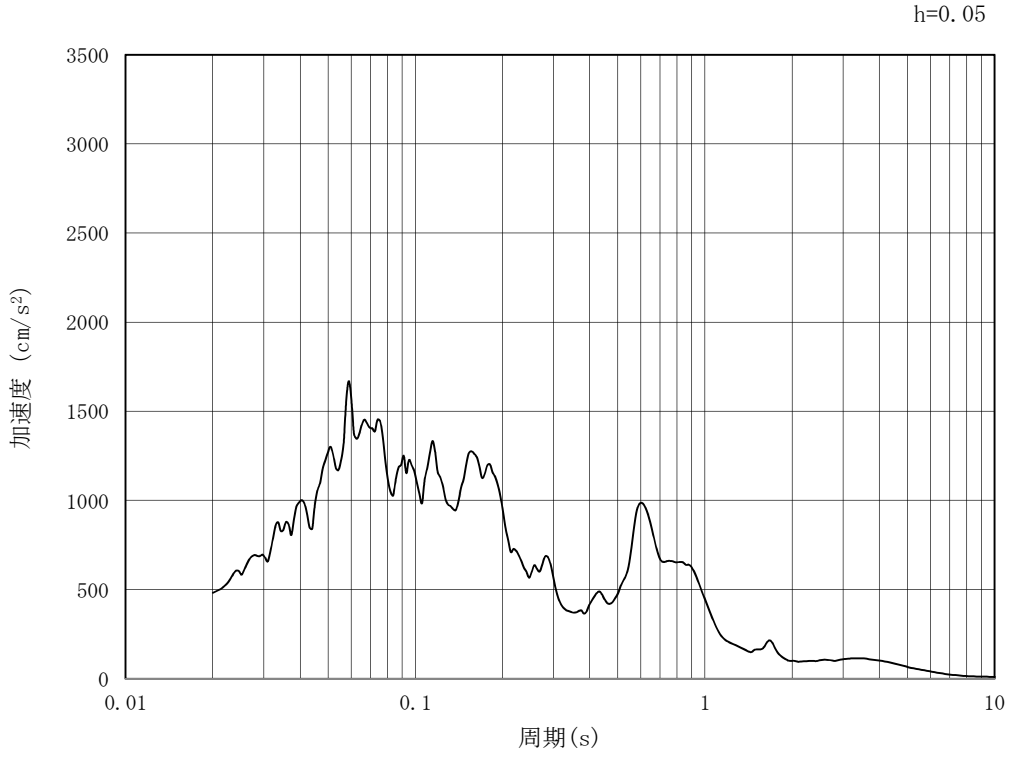


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (7)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１３）

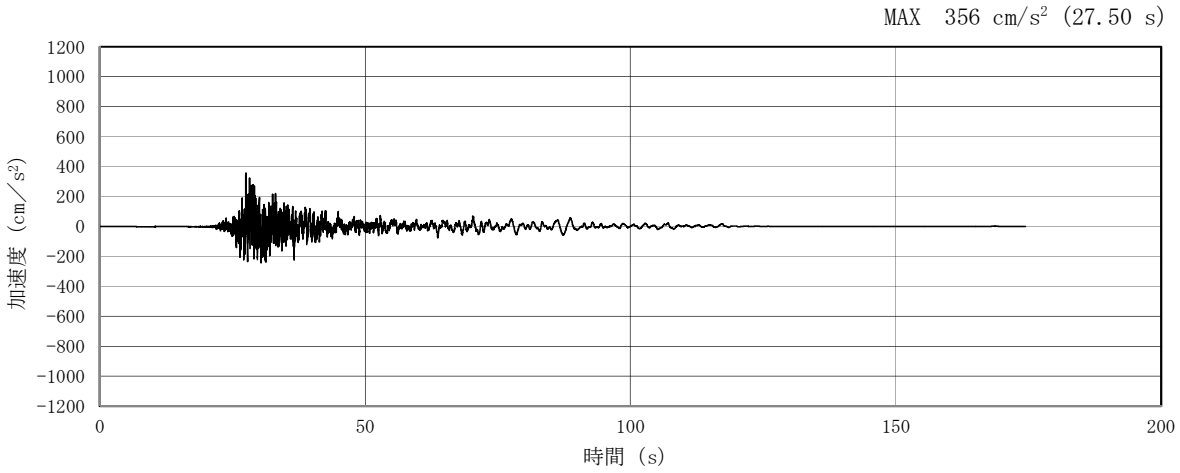


(a) 加速度時刻歴波形

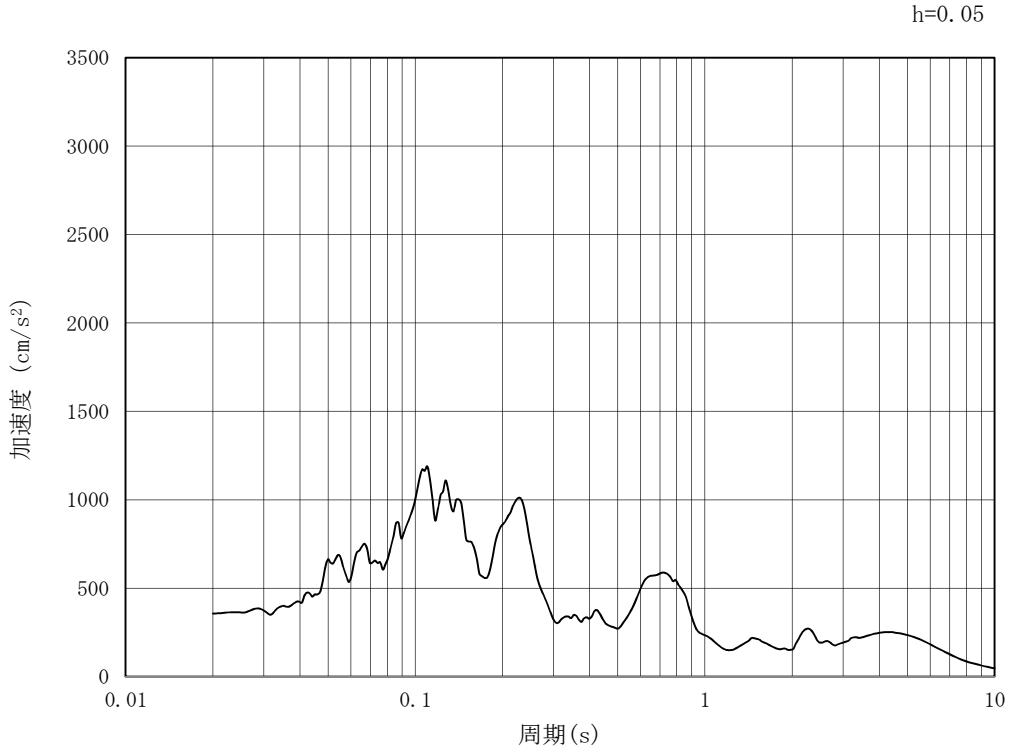


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (8)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１３）

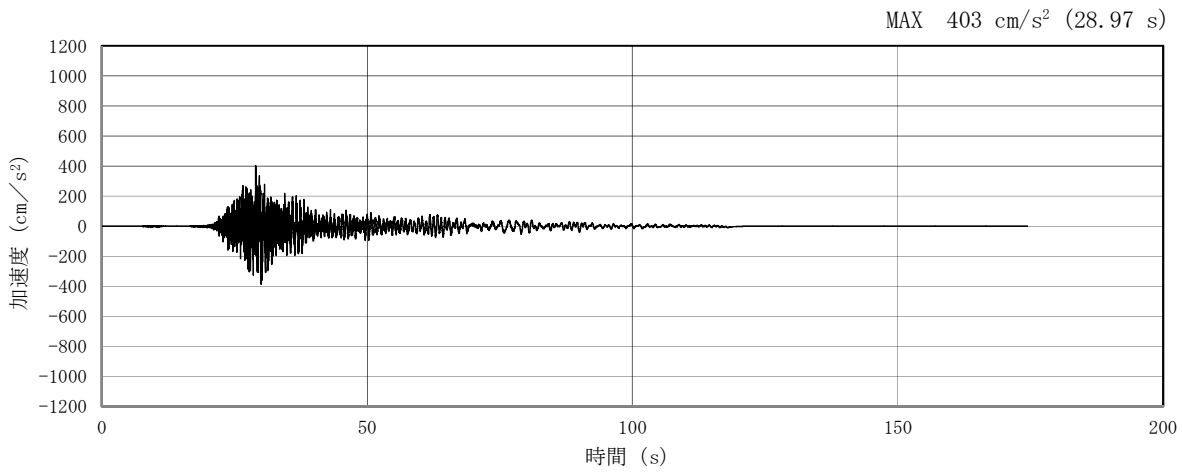


(a) 加速度時刻歴波形

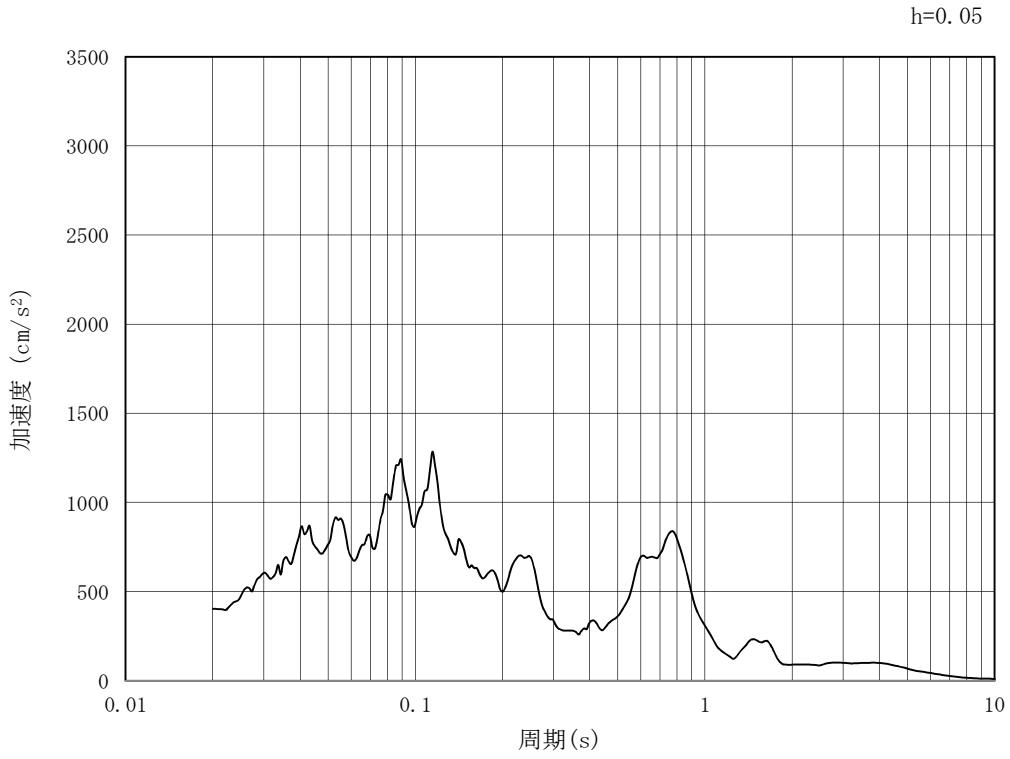


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (9)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１４）

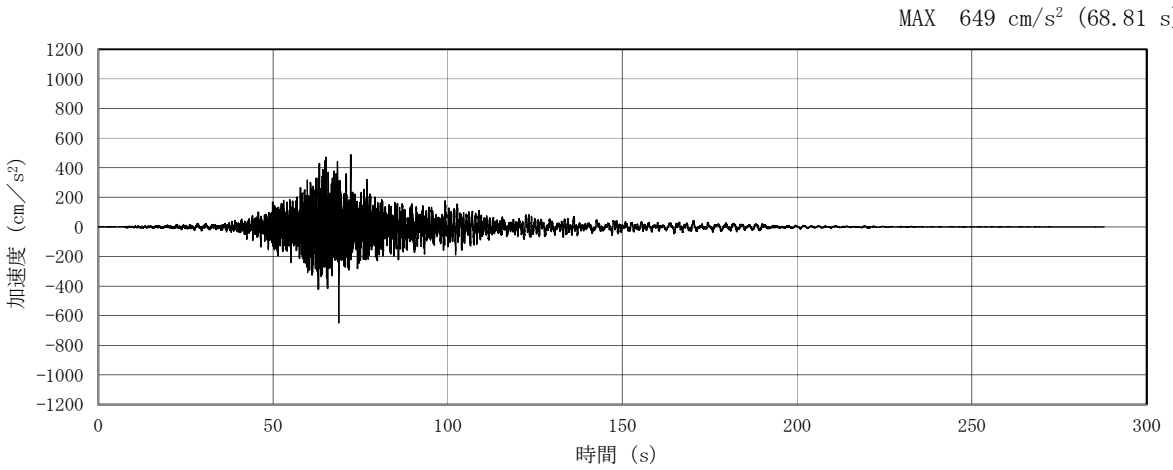


(a) 加速度時刻歴波形

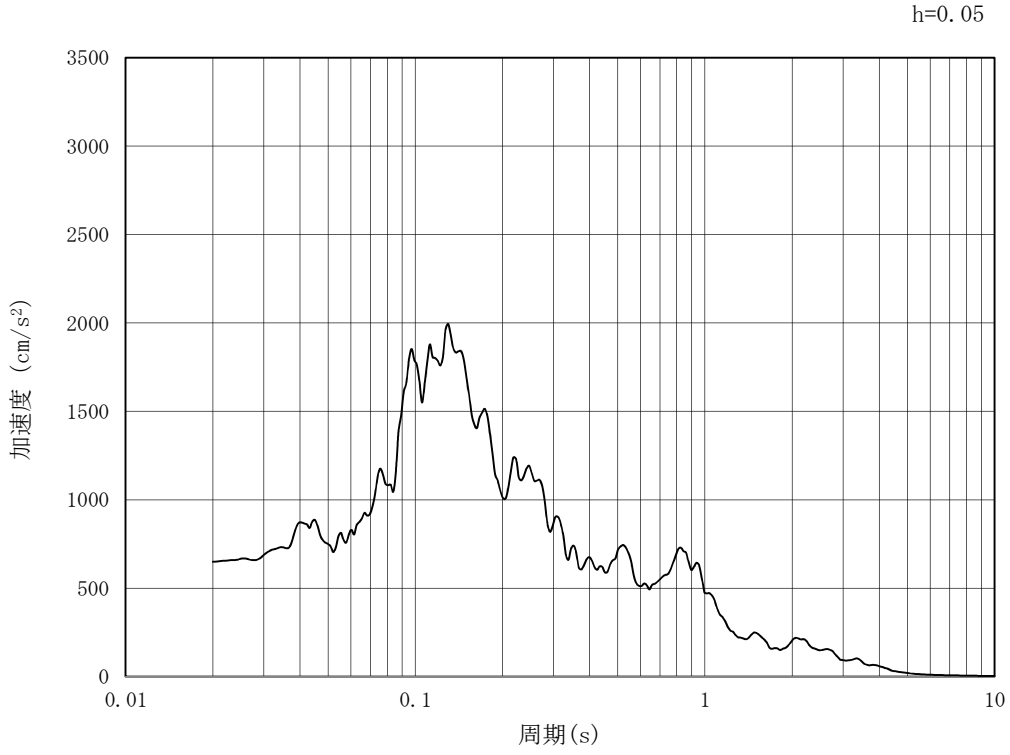


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図（10）　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１４）

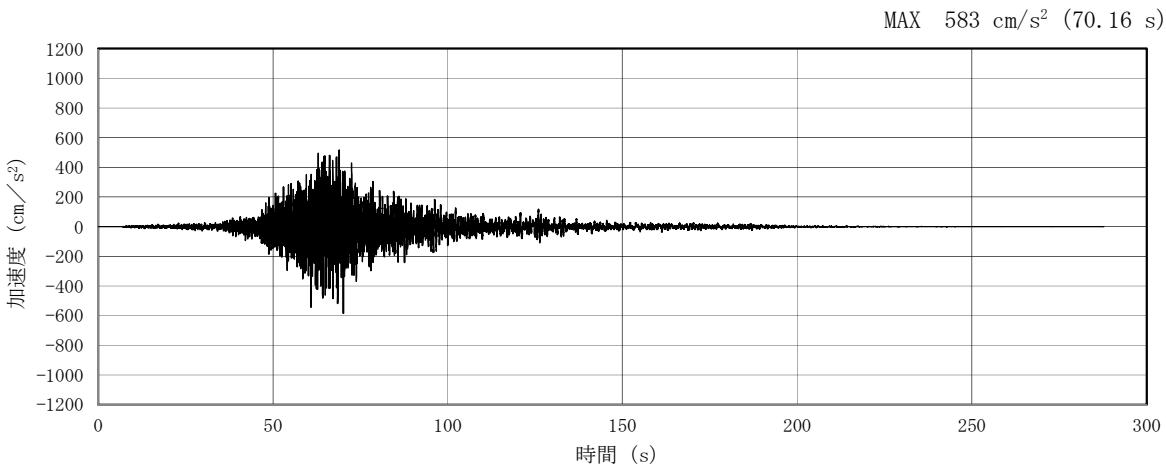


(a) 加速度時刻歴波形

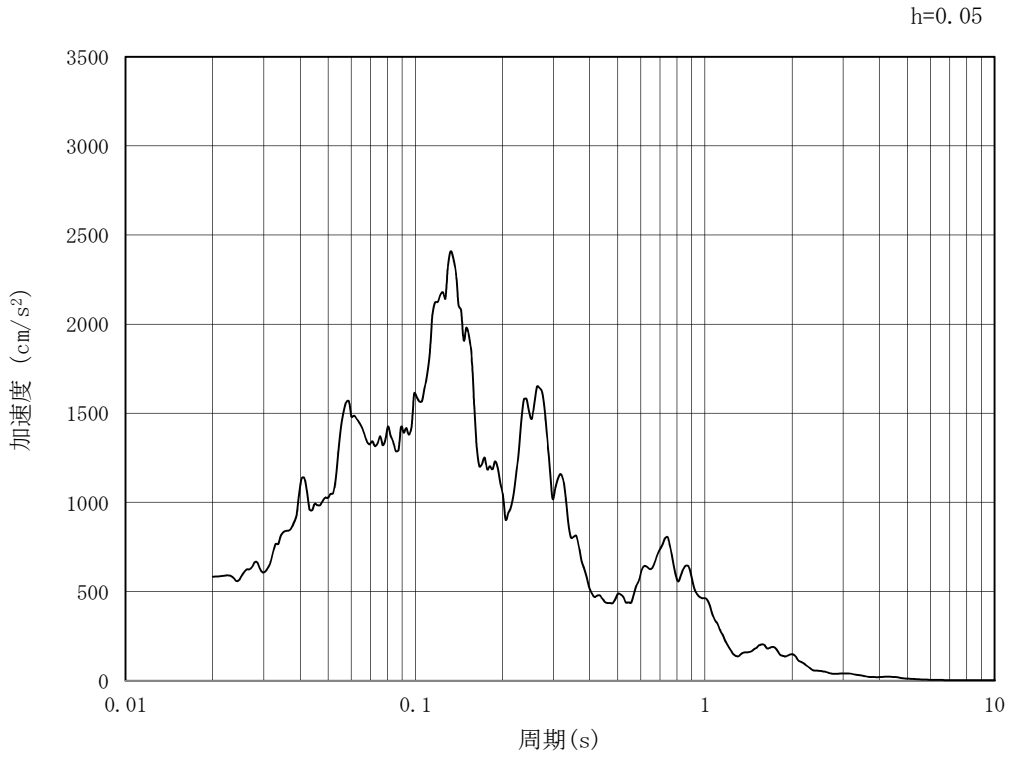


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図（11）　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－２１）

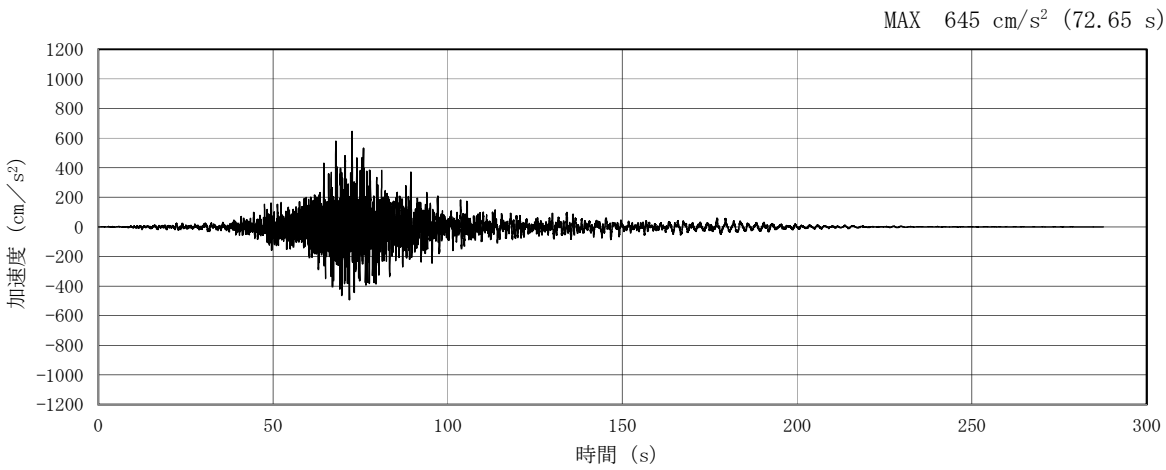


(a) 加速度時刻歴波形

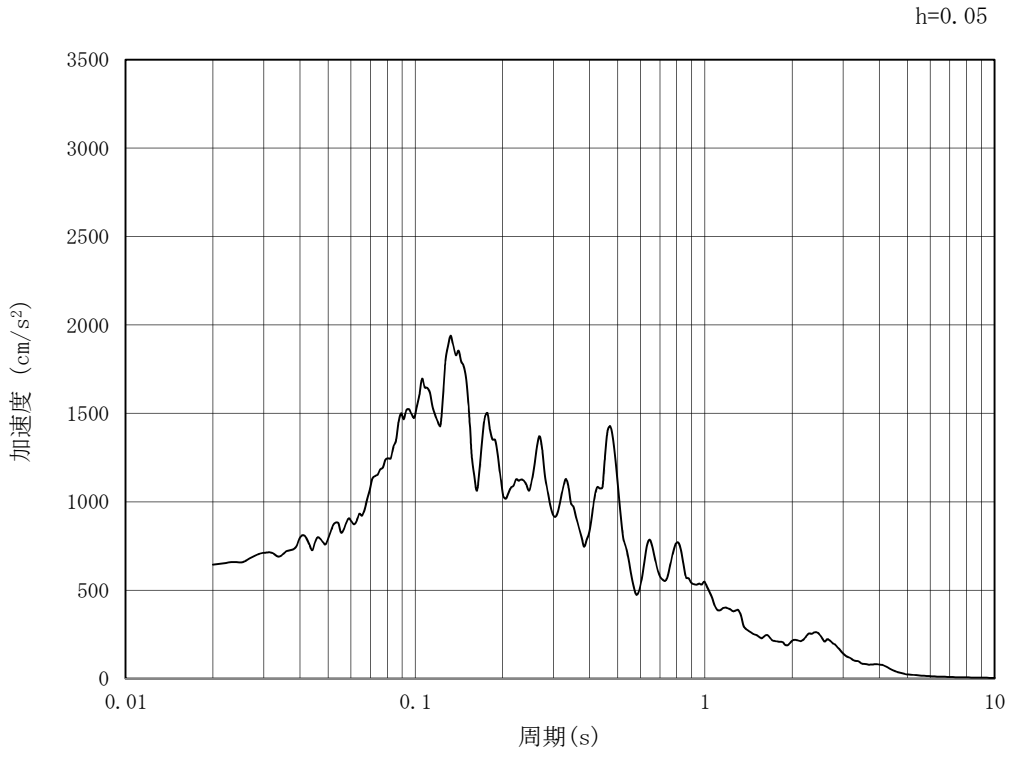


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (12)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－２１）

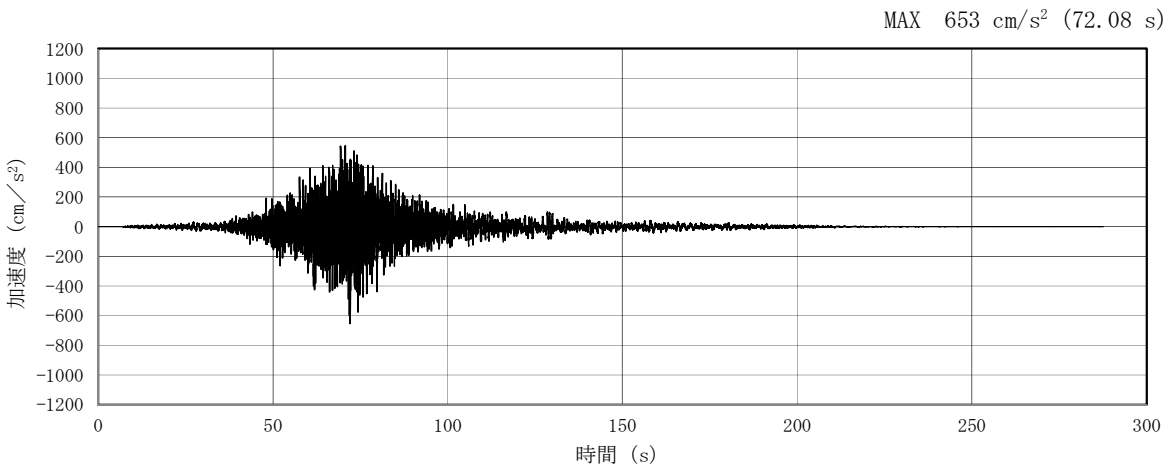


(a) 加速度時刻歴波形

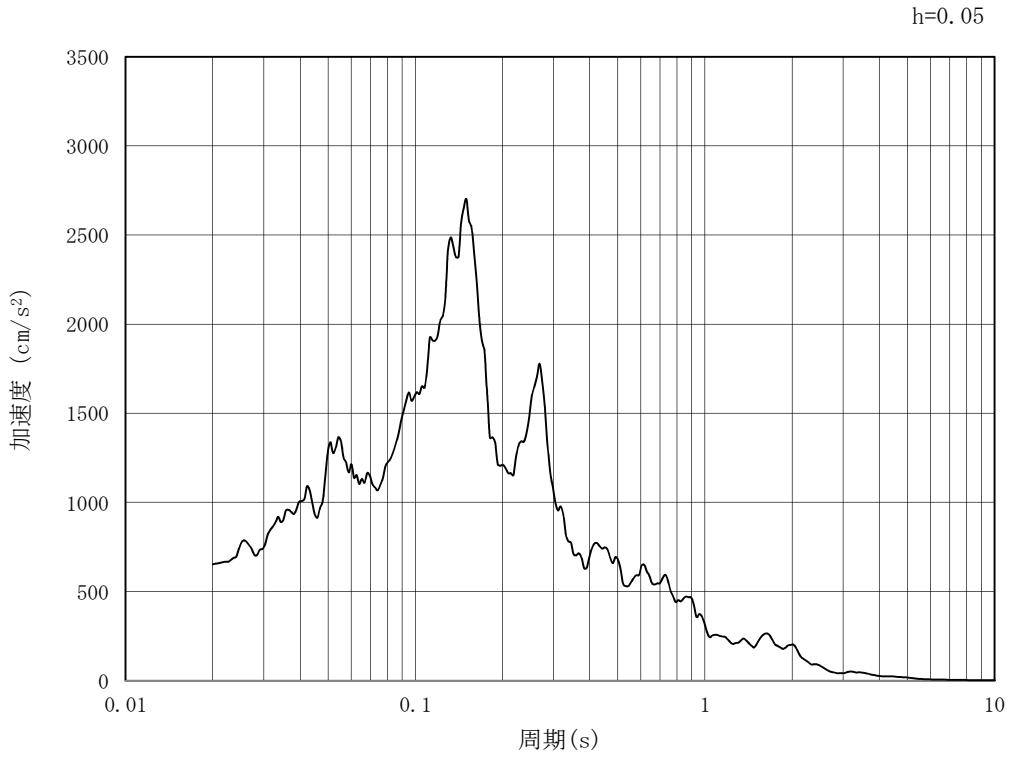


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (13)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－２２）

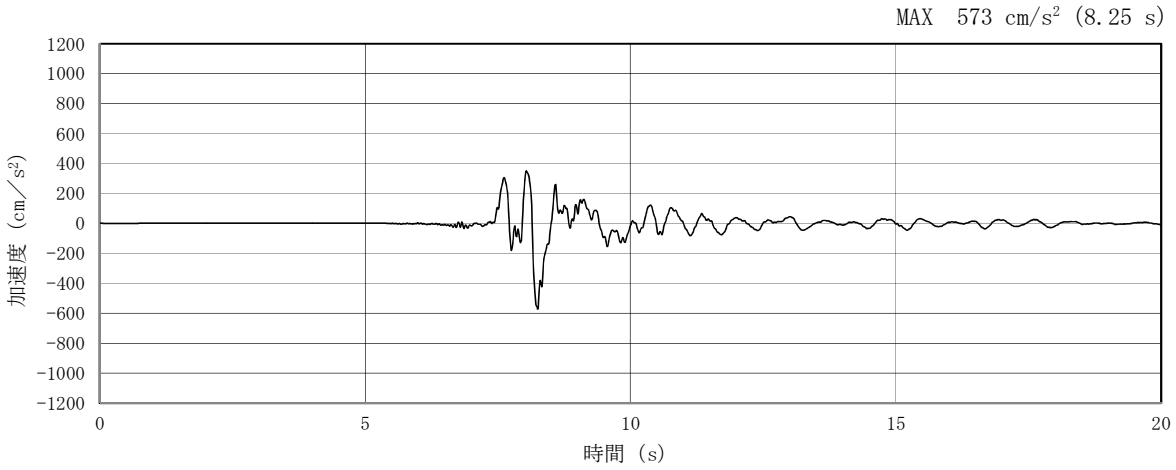


(a) 加速度時刻歴波形

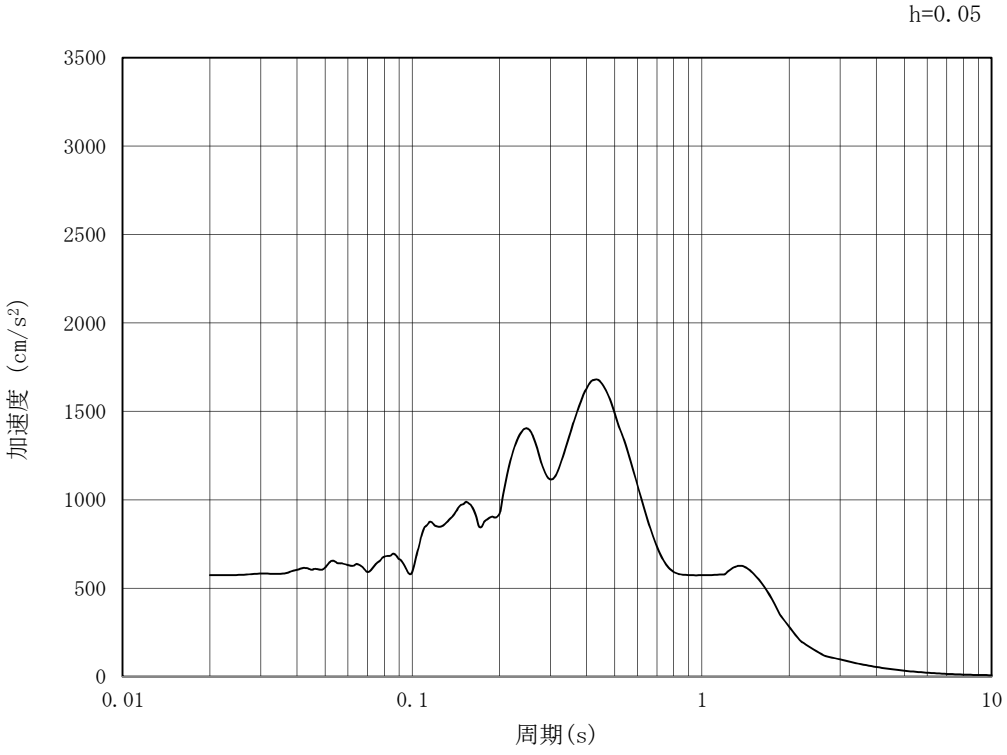


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (14)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－２２）

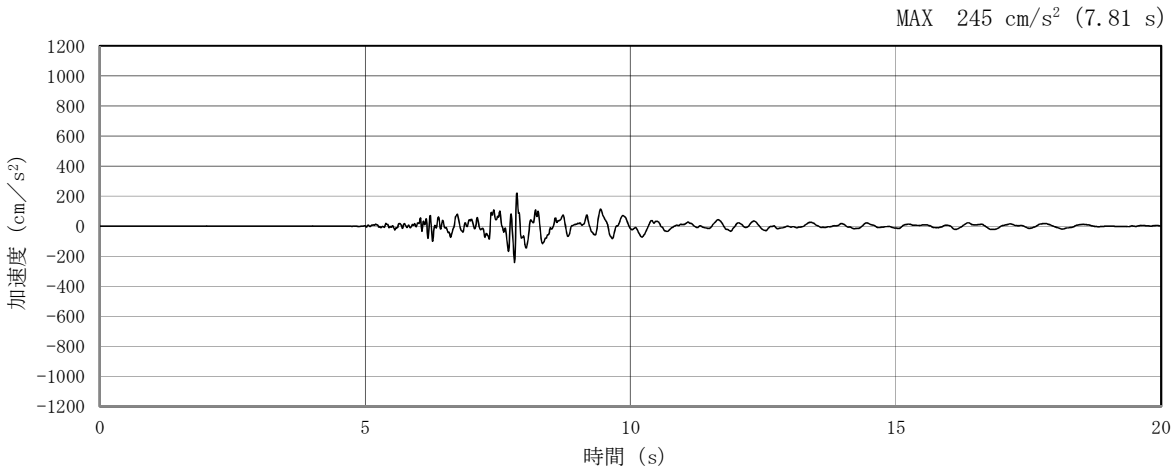


(a) 加速度時刻歴波形

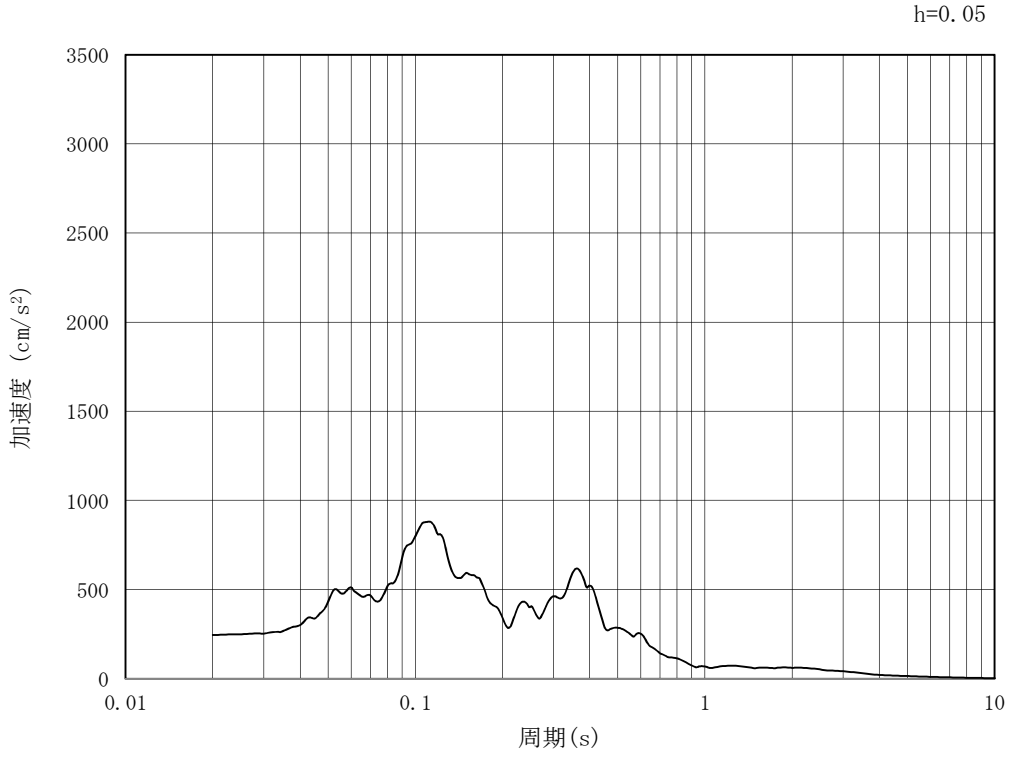


(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図（15）　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－３１）



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

第3－5図 (16)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－３１）

3.5　解析モデル及び諸元

3.5.1　解析モデル

トンネルの地震応答解析モデルを第3－6図に示す。

(1)　解析領域

地震応答解析モデルは，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，十分広い領域とする。

(2)　境界条件

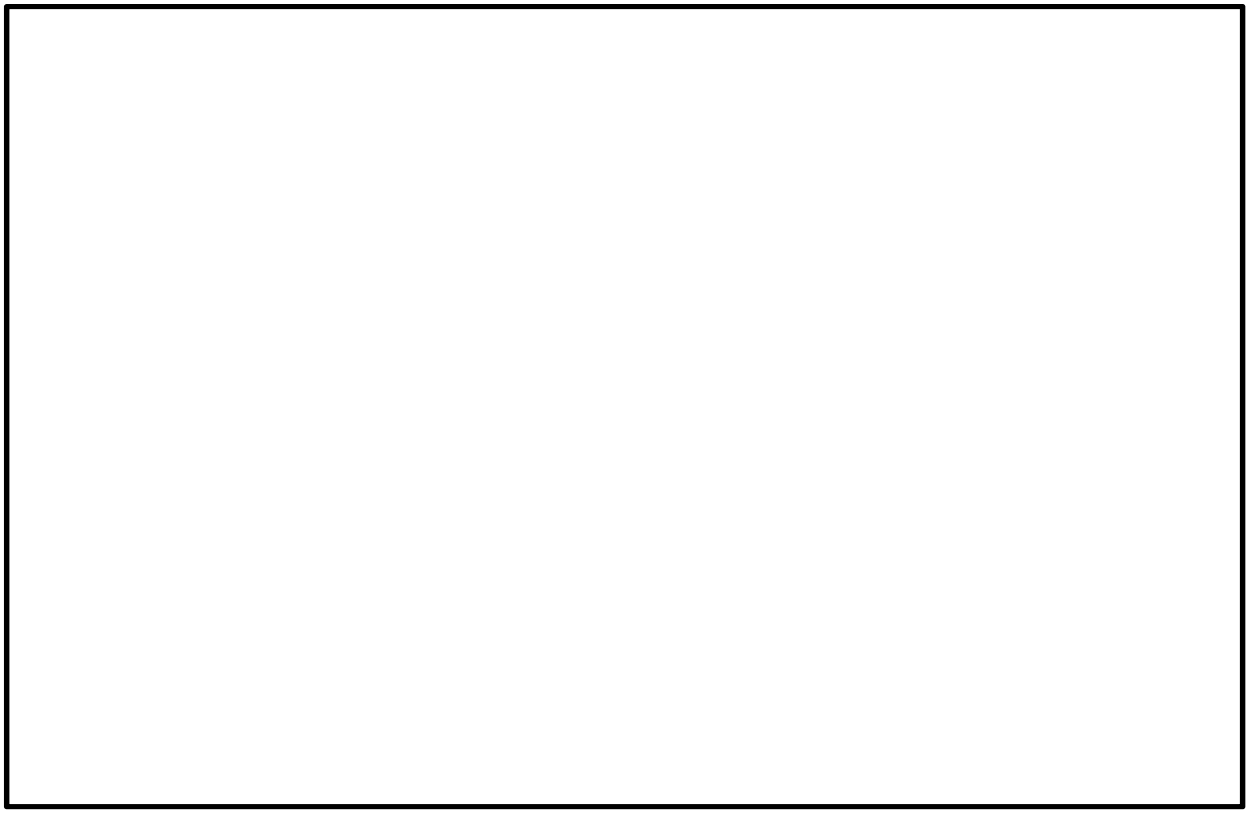
地震応答解析時の境界条件については，有限要素解析における半無限地盤を模擬するため，粘性境界を設ける。

(3)　構造物のモデル化

鉄筋コンクリートの部材は，線形はり要素によりモデル化する。

(4)　地盤のモデル化

地盤は，マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し，地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。



第3－6図　トンネルの地震応答解析モデル

3.5.2　使用材料及び材料の物性値

使用材料を第3－4表に，材料の物性値を第3－5表に示す。

第3－4表　使用材料

諸元	
コンクリート	設計基準強度　30 N/mm^2
鉄筋	SD345，SD490

第3－5表　材料の物性値

材料		単位体積重量 (kN/m^3)	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比	減衰定数 (%)
鉄筋コンクリート	設計基準強度　30 N/mm^2 *1	24.5*1	2.8×10^4 *1	0.2*1	5*2

注記　＊1：コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（（社）土木学会，2002年制定）

＊2：ＪＥＡＧ４６０１－1987（（社）日本電気協会）

NT2 補② V-2-2-22-3 R1

3.5.3　地盤の物性値

地盤の物性値は，添付資料「Ⅴ-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

地盤の物性値を第3－6表～第3－8表に示す。

第3－6表　地盤の解析用物性値一覧（液状化検討対象層）

パラメータ				原地盤								豊浦標準砂
				埋戻土	第四系（液状化検討対象層）							
				fl	du	Ag2	As	Ag1	D2s-3	D2g-3	D1g-1	
物理特性	密度 （）は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	1.98 (1.82)	1.98 (1.82)	2.01 (1.89)	1.74	2.01 (1.89)	1.92	2.15 (2.11)	2.01 (1.89)	1.958
	間隙比	e	－	0.75	0.75	0.67	1.2	0.67	0.79	0.43	0.67	0.702
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	－	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.19	0.26	0.25	0.333
	基準平均有効主応力 （）は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	358 (312)	358 (312)	497 (299)	378	814 (814)	966	1167 (1167)	1695 (1710)	12.6
	基準初期せん断剛性 （）は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m^2	253529 (220739)	253529 (220739)	278087 (167137)	143284	392073 (392073)	650611	1362035 (1362035)	947946 (956776)	18975
	最大履歴減衰率	h_{max}	－	0.220	0.220	0.233	0.216	0.221	0.192	0.130	0.233	0.287
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm^2	0	0	0	0.012	0	0.01	0	0	0
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	37.3	37.3	37.4	41	37.4	35.8	44.4	37.4	30
液状化特性	液状化パラメータ	ϕ_p	－	34.8	34.8	34.9	38.3	34.9	33.4	41.4	34.9	28
	液状化パラメータ	S_1	－	0.047	0.047	0.028	0.046	0.029	0.048	0.030	0.020	0.005
	液状化パラメータ	W_1	－	6.5	6.5	56.5	6.9	51.6	17.6	45.2	10.5	5.06
	液状化パラメータ	P_1	－	1.26	1.26	9.00	1.00	12.00	4.80	8.00	7.00	0.57
	液状化パラメータ	P_2	－	0.80	0.80	0.60	0.75	0.60	0.96	0.60	0.50	0.80
	液状化パラメータ	C_1	－	2.00	2.00	3.40	2.27	3.35	3.15	3.82	2.83	1.44

第3－7表　地盤の解析用物性値一覧（非液状化層）

パラメータ				原地盤					
				第四系（非液状化層）				新第三系	捨石
				Ac	D2c-3	lm	D1c-1*1	Km	
物理特性	密度 （）は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	1.65	1.77	1.47 (1.43)	－	1.72-1.03×10^{-4}・z	2.04 (1.84)
	間隙比	e	－	1.59	1.09	2.8	－	1.16	0.82
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	－	0.10	0.22	0.14	－	0.16+0.00025・z	0.33
	基準平均有効主応力 （）は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	480	696	249 (223)	－	動的変形特性に基づきz（標高）毎に物性値を設定	98
	基準初期せん断剛性 （）は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m^2	121829	285223	38926 (35783)	－		180000
	最大履歴減衰率	h_{max}	－	0.200	0.186	0.151	－		0.24
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm^2	0.025	0.026	0.042	－	0.358-0.00603・z	0.02
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	29.1	35.6	27.3	－	23.2+0.0990・z	35

注記　＊1：施設の耐震評価に影響を与えるものではないことから，解析用物性値として本表には記載しない。

第3－8表　地盤の解析用物性値一覧(新第三系 Km 層)

区分番号	設定深度 TP(m) Z	適用深度 TP(m)	密度 ρ (g/cm³)	静ポアソン比 ν_{CD}	粘着力 C_{CD} (kN/m²)	内部摩擦角 ϕ_{CD} (°)	せん断波速度Vs (m/s)	基準初期せん断剛性 Gma (kN/m²)	基準体積弾性係数 Kma (kN/m²)	基準平均有効主応力 σ'ma (kN/m²)	拘束圧依存係数 mG, mK	最大履歴減衰率 hmax(-)	動ポアソン比 ν_d	疎密波速度Vp (m/s)
1	10	9.5 ～ 10.5	1.72	0.16	298	24.2	425	310,675	353,317	504	0.0	0.105	0.464	1,640
2	9	8.5 ～ 9.5	1.72	0.16	304	24.1	426	312,139	354,982	504	0.0	0.105	0.464	1,644
3	8	7.5 ～ 8.5	1.72	0.16	310	24.0	427	313,606	356,650	504	0.0	0.105	0.464	1,648
4	7	6.5 ～ 7.5	1.72	0.16	316	23.9	428	315,076	358,322	504	0.0	0.105	0.464	1,651
5	6	5.5 ～ 6.5	1.72	0.16	322	23.8	428	315,076	358,322	504	0.0	0.106	0.464	1,651
6	5	4.5 ～ 5.5	1.72	0.16	328	23.7	429	316,551	359,999	504	0.0	0.106	0.464	1,655
7	4	3.5 ～ 4.5	1.72	0.16	334	23.6	430	318,028	361,679	504	0.0	0.106	0.463	1,638
8	3	2.5 ～ 3.5	1.72	0.16	340	23.5	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642
9	2	1.5 ～ 2.5	1.72	0.16	346	23.4	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642
10	1	0.5 ～ 1.5	1.72	0.16	352	23.3	432	320,993	365,051	504	0.0	0.107	0.463	1,646
11	0	-0.5 ～ 0.5	1.72	0.16	358	23.2	433	322,481	366,743	504	0.0	0.107	0.463	1,650
12	-1	-1.5 ～ -0.5	1.72	0.16	364	23.1	434	323,972	368,439	504	0.0	0.108	0.463	1,653
13	-2	-2.5 ～ -1.5	1.72	0.16	370	23.0	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657
14	-3	-3.5 ～ -2.5	1.72	0.16	376	22.9	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657
15	-4	-4.5 ～ -3.5	1.72	0.16	382	22.8	436	326,965	371,843	504	0.0	0.108	0.463	1,661
16	-5	-5.5 ～ -4.5	1.72	0.16	388	22.7	437	328,467	373,551	504	0.0	0.109	0.462	1,644
17	-6	-6.5 ～ -5.5	1.72	0.16	394	22.6	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648
18	-7	-7.5 ～ -6.5	1.72	0.16	400	22.5	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648
19	-8	-8.5 ～ -7.5	1.72	0.16	406	22.4	439	331,480	376,977	504	0.0	0.109	0.462	1,652
20	-9	-9.5 ～ -8.5	1.72	0.16	412	22.3	440	332,992	378,697	504	0.0	0.110	0.462	1,656
21	-10	-11 ～ -9.5	1.72	0.16	418	22.2	441	334,507	380,420	504	0.0	0.110	0.462	1,659
22	-12	-13 ～ -11	1.72	0.16	430	22.0	442	336,026	382,147	504	0.0	0.110	0.462	1,663
23	-14	-15 ～ -13	1.72	0.16	442	21.8	444	339,074	385,614	504	0.0	0.111	0.462	1,671
24	-16	-17 ～ -15	1.72	0.16	454	21.6	445	340,603	387,352	504	0.0	0.111	0.461	1,654
25	-18	-19 ～ -17	1.72	0.16	467	21.4	447	343,671	390,842	504	0.0	0.112	0.461	1,662
26	-20	-21 ～ -19	1.72	0.16	479	21.2	448	345,211	392,593	504	0.0	0.112	0.461	1,665
27	-22	-23 ～ -21	1.72	0.15	491	21.0	450	348,300	381,471	498	0.0	0.112	0.461	1,673
28	-24	-25 ～ -23	1.72	0.15	503	20.8	452	351,403	384,870	498	0.0	0.113	0.461	1,680
29	-26	-27 ～ -25	1.72	0.15	515	20.6	453	352,959	386,574	498	0.0	0.113	0.460	1,664
30	-28	-29 ～ -27	1.72	0.15	527	20.4	455	356,083	389,996	498	0.0	0.114	0.460	1,672
31	-30	-31 ～ -29	1.72	0.15	539	20.2	456	357,650	391,712	498	0.0	0.114	0.460	1,675
32	-32	-33 ～ -31	1.72	0.15	551	20.0	458	360,794	395,155	498	0.0	0.115	0.460	1,683
33	-34	-35 ～ -33	1.72	0.15	563	19.8	459	362,371	396,883	498	0.0	0.115	0.459	1,667
34	-36	-37 ～ -35	1.72	0.15	575	19.6	461	365,536	400,349	498	0.0	0.115	0.459	1,675
35	-38	-39 ～ -37	1.72	0.15	587	19.4	462	367,124	402,088	498	0.0	0.116	0.459	1,678
36	-40	-41 ～ -39	1.72	0.15	599	19.2	464	370,309	405,577	498	0.0	0.116	0.459	1,685
37	-42	-43 ～ -41	1.72	0.15	611	19.0	465	371,907	407,327	498	0.0	0.117	0.459	1,689
38	-44	-45 ～ -43	1.72	0.15	623	18.8	467	375,113	410,838	498	0.0	0.117	0.458	1,678
39	-46	-47 ～ -45	1.72	0.15	635	18.6	468	376,721	412,599	498	0.0	0.117	0.458	1,681
40	-48	-49 ～ -47	1.72	0.15	647	18.4	470	379,948	416,134	498	0.0	0.118	0.458	1,688
41	-50	-51 ～ -49	1.73	0.15	660	18.3	472	385,416	422,122	498	0.0	0.118	0.458	1,696
42	-52	-53 ～ -51	1.73	0.15	672	18.1	473	387,051	423,913	498	0.0	0.118	0.458	1,699
43	-54	-55 ～ -53	1.73	0.15	684	17.9	475	390,331	427,505	498	0.0	0.118	0.457	1,688
44	-56	-57 ～ -55	1.73	0.15	696	17.7	476	391,976	429,307	498	0.0	0.119	0.457	1,692
45	-58	-59 ～ -57	1.73	0.15	708	17.5	478	395,277	432,922	498	0.0	0.119	0.457	1,699
46	-60	-61 ～ -59	1.73	0.15	720	17.3	479	396,933	434,736	498	0.0	0.120	0.457	1,702
47	-62	-63 ～ -61	1.73	0.14	732	17.1	481	400,255	422,491	492	0.0	0.120	0.457	1,709
48	-64	-65 ～ -63	1.73	0.14	744	16.9	482	401,921	424,250	492	0.0	0.120	0.456	1,695
49	-66	-67 ～ -65	1.73	0.14	756	16.7	484	405,263	427,778	492	0.0	0.120	0.456	1,702
50	-68	-69 ～ -67	1.73	0.14	768	16.5	485	406,939	429,547	492	0.0	0.121	0.456	1,705
51	-70	-71 ～ -69	1.73	0.14	780	16.3	487	410,302	433,097	492	0.0	0.121	0.456	1,712
52	-72	-73 ～ -71	1.73	0.14	792	16.1	489	413,679	436,661	492	0.0	0.121	0.456	1,719
53	-74	-75 ～ -73	1.73	0.14	804	15.9	490	415,373	438,449	492	0.0	0.122	0.455	1,705
54	-76	-77 ～ -75	1.73	0.14	816	15.7	492	418,771	442,036	492	0.0	0.122	0.455	1,712
55	-78	-79 ～ -77	1.73	0.14	828	15.5	493	420,475	443,835	492	0.0	0.122	0.455	1,716
56	-80	-81 ～ -79	1.73	0.14	840	15.3	495	423,893	447,443	492	0.0	0.122	0.455	1,723
57	-82	-85 ～ -81	1.73	0.14	852	15.1	496	425,608	449,253	492	0.0	0.123	0.455	1,726
58	-88	-90 ～ -85	1.73	0.14	889	14.5	501	434,232	458,356	492	0.0	0.124	0.454	1,726
59	-92	-95 ～ -90	1.73	0.14	913	14.1	504	439,448	463,862	492	0.0	0.124	0.454	1,736
60	-98	-101 ～ -95	1.73	0.14	949	13.5	509	448,210	473,111	492	0.0	0.125	0.453	1,736
61	-104	-108 ～ -101	1.73	0.13	985	12.9	513	455,282	463,485	486	0.0	0.126	0.452	1,733
62	-112	-115 ～ -108	1.73	0.13	1,033	12.1	519	465,995	474,391	486	0.0	0.127	0.451	1,737
63	-118	-122 ～ -115	1.73	0.13	1,070	11.5	524	475,016	483,575	486	0.0	0.127	0.451	1,754
64	-126	-130 ～ -122	1.73	0.13	1,118	10.7	530	485,957	494,713	486	0.0	0.128	0.450	1,758

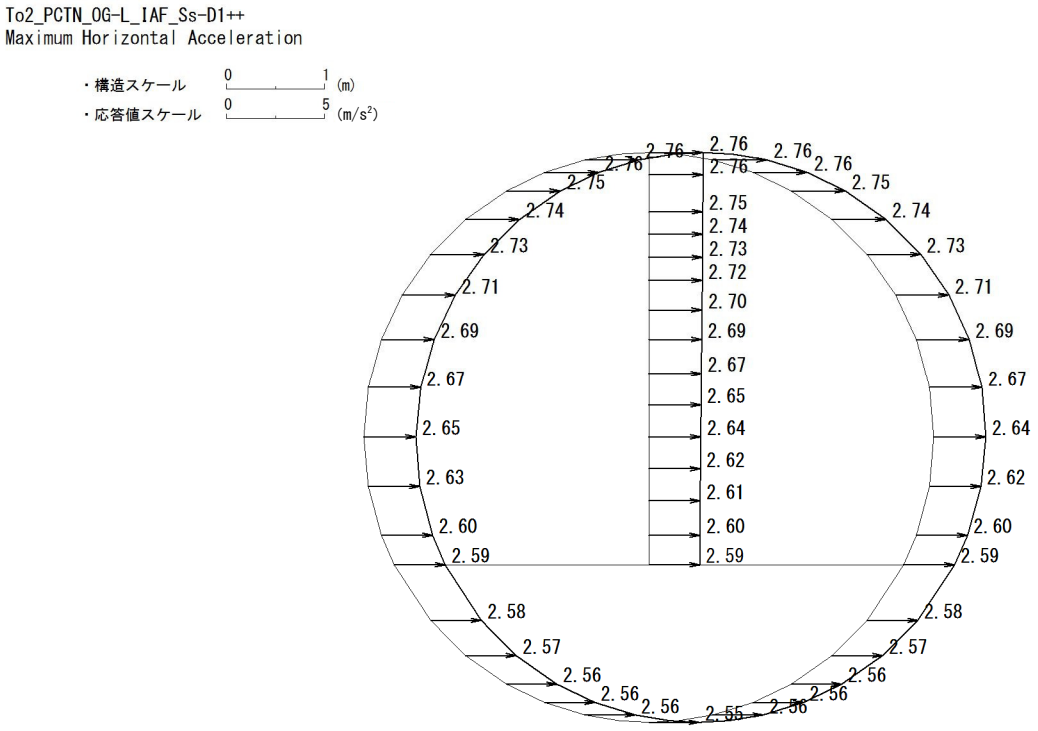
3.5.4　地下水位

地下水位は地表面として設定する。

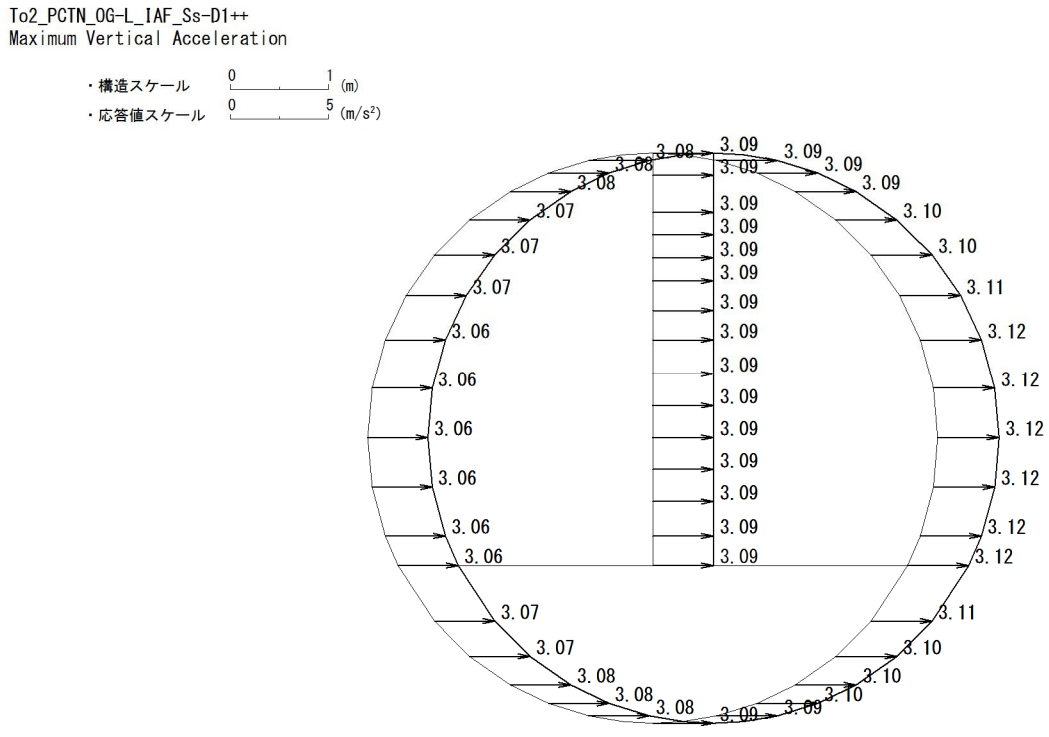
4. 解析結果

4.1 解析結果

最大加速度分布を第4－1図に示す。

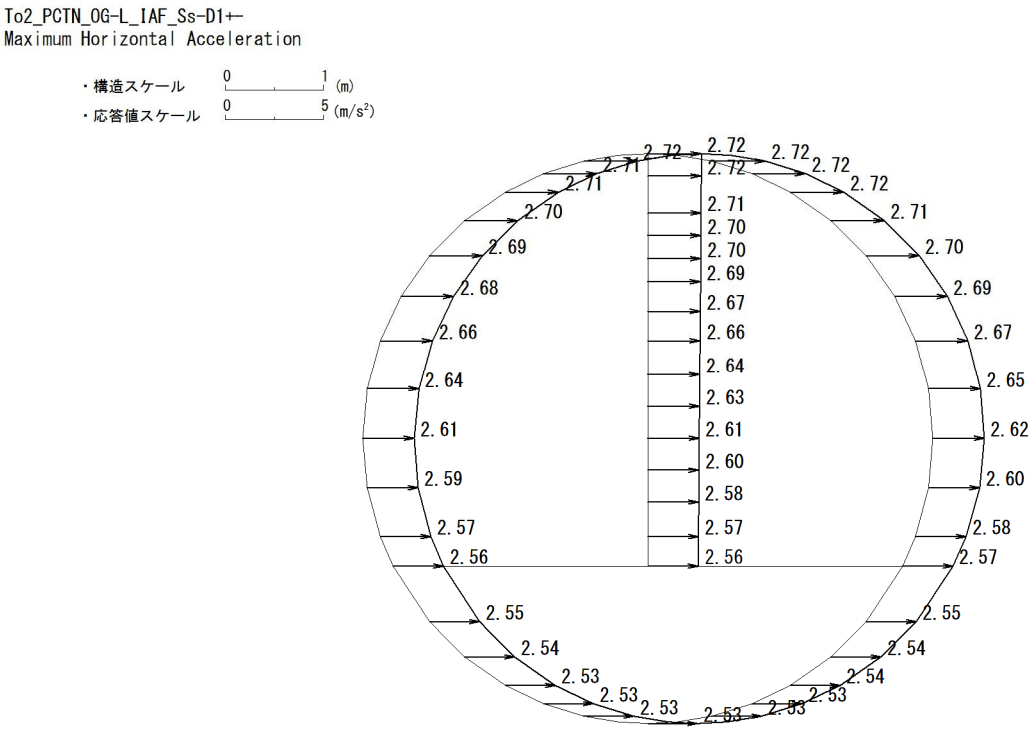


（S_s－D１（H＋，V＋），水平）

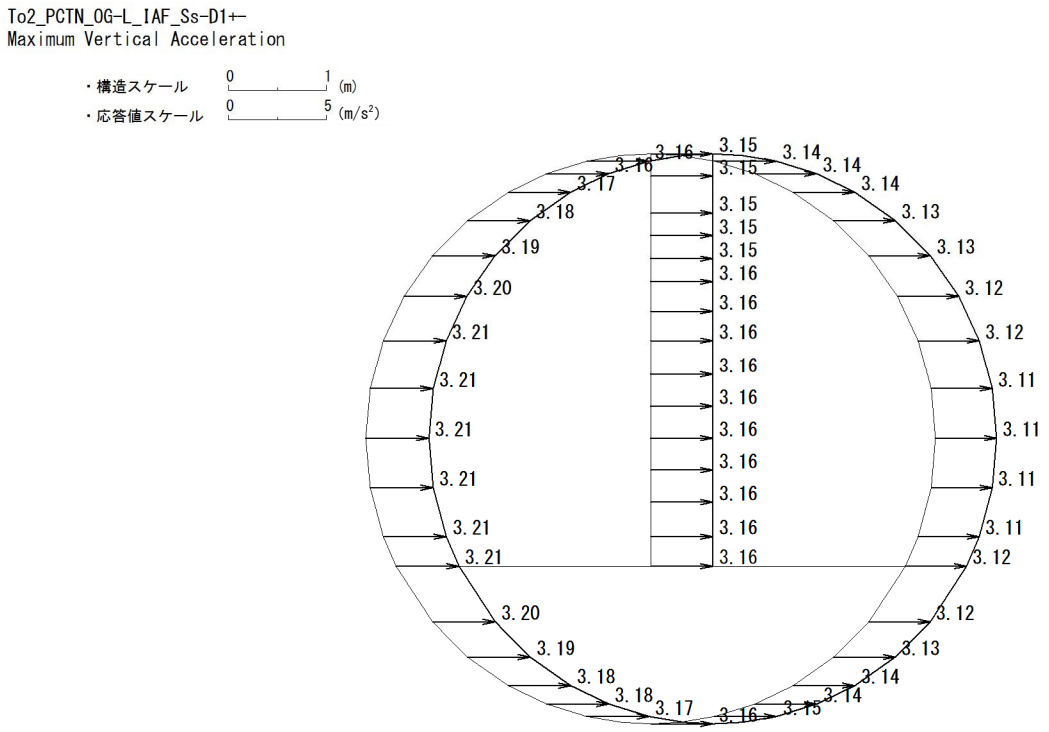


（S_s－D１（H＋，V＋），鉛直）

第4－1図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図　(1/17)

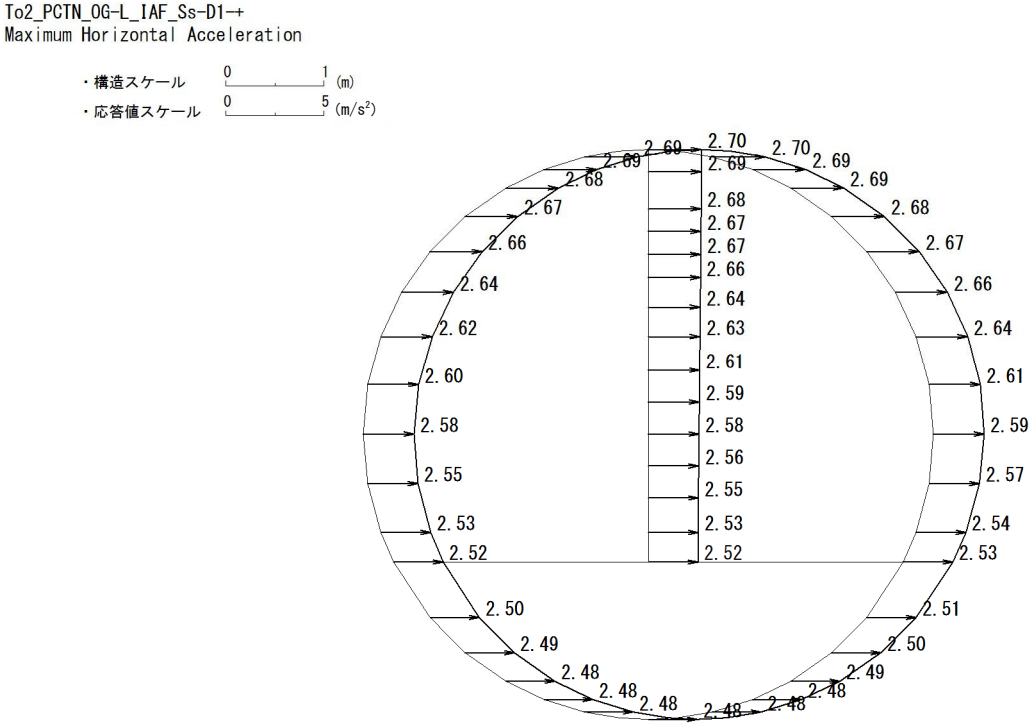


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－），水平）

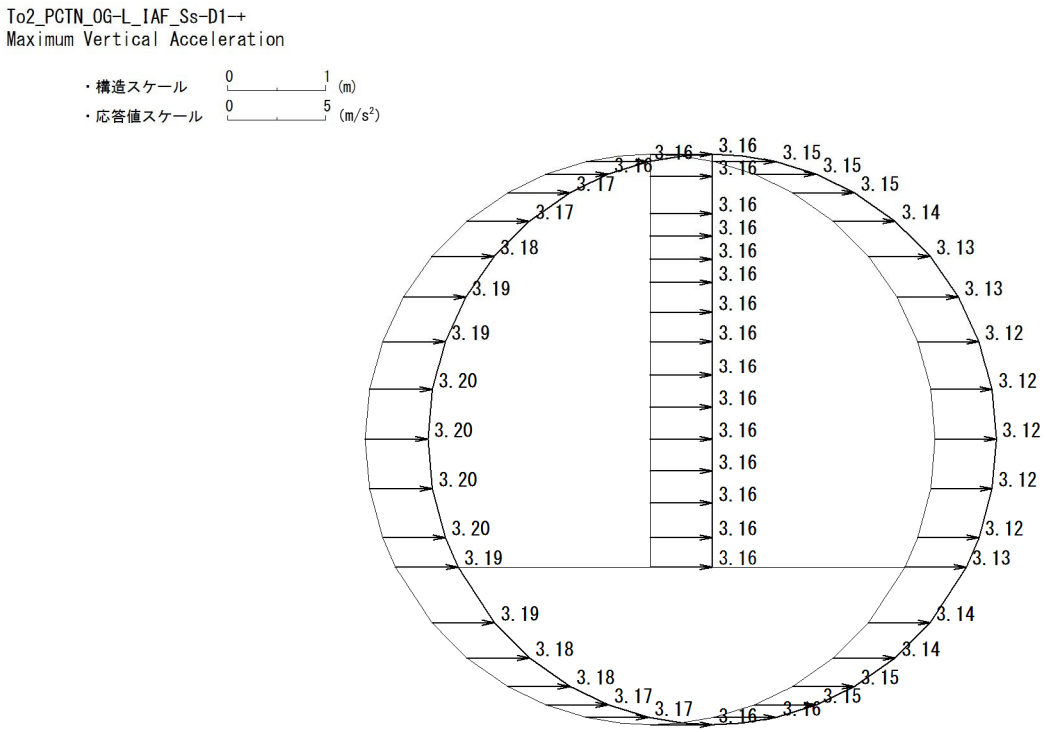


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－），鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（2/17）

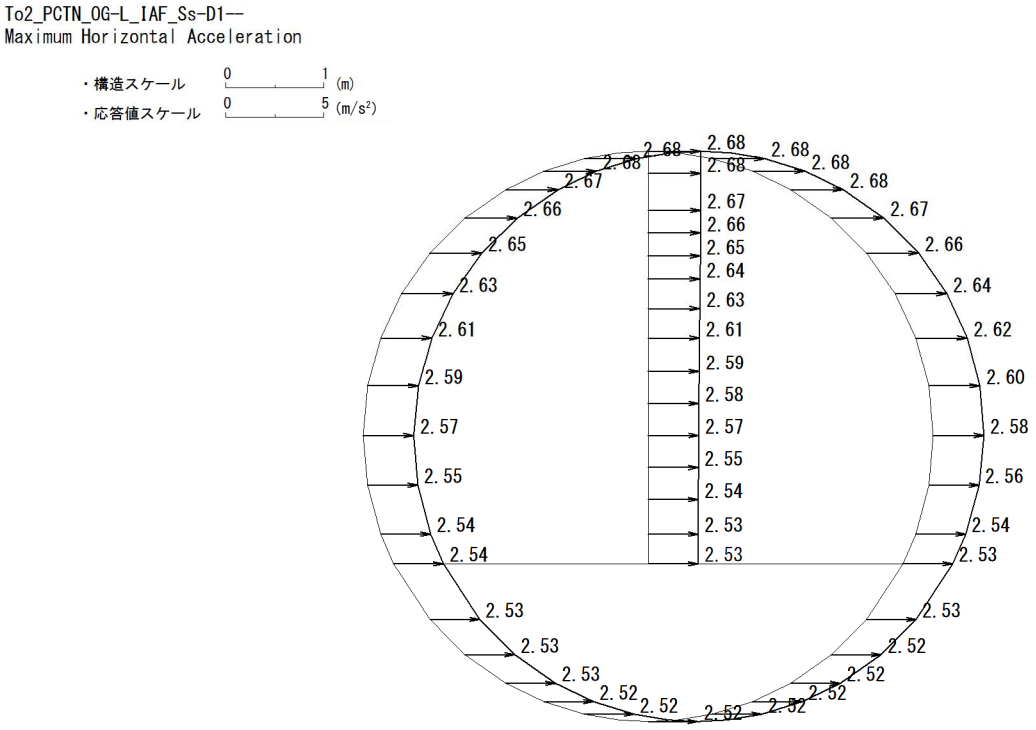


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）

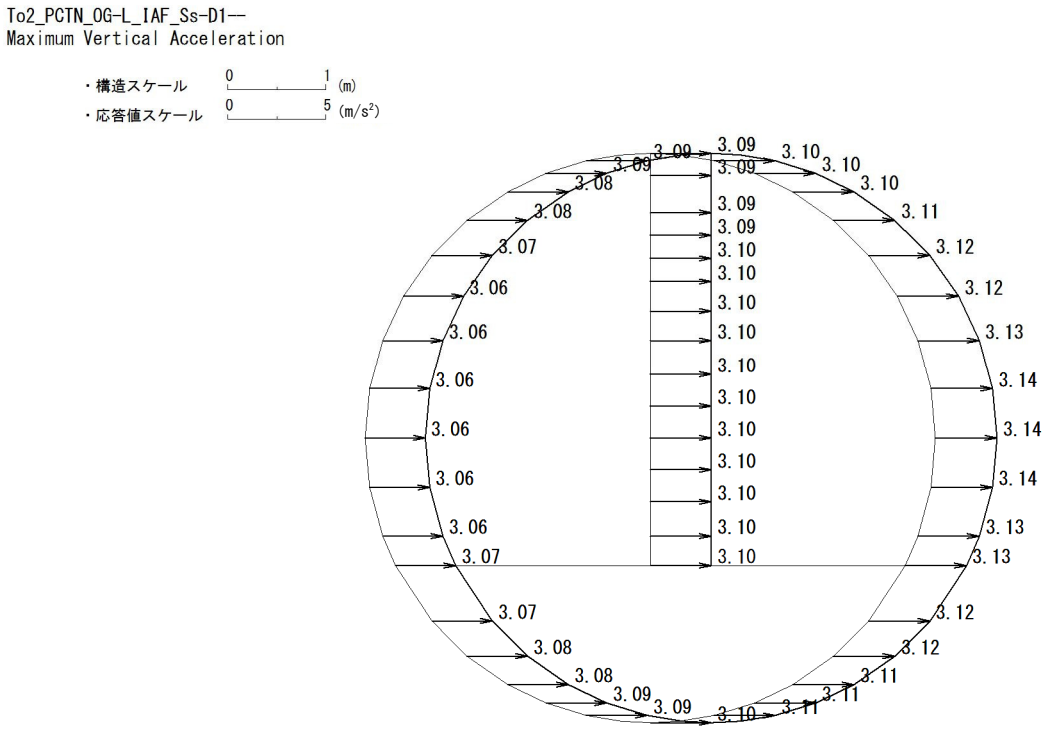


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（3/17）

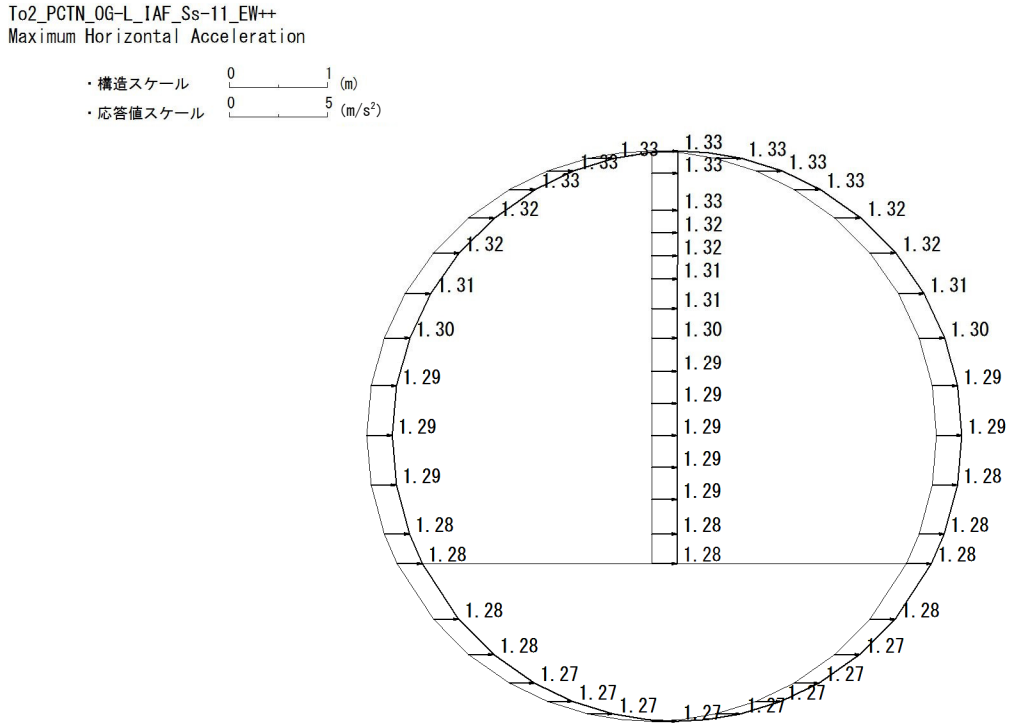


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－），水平）

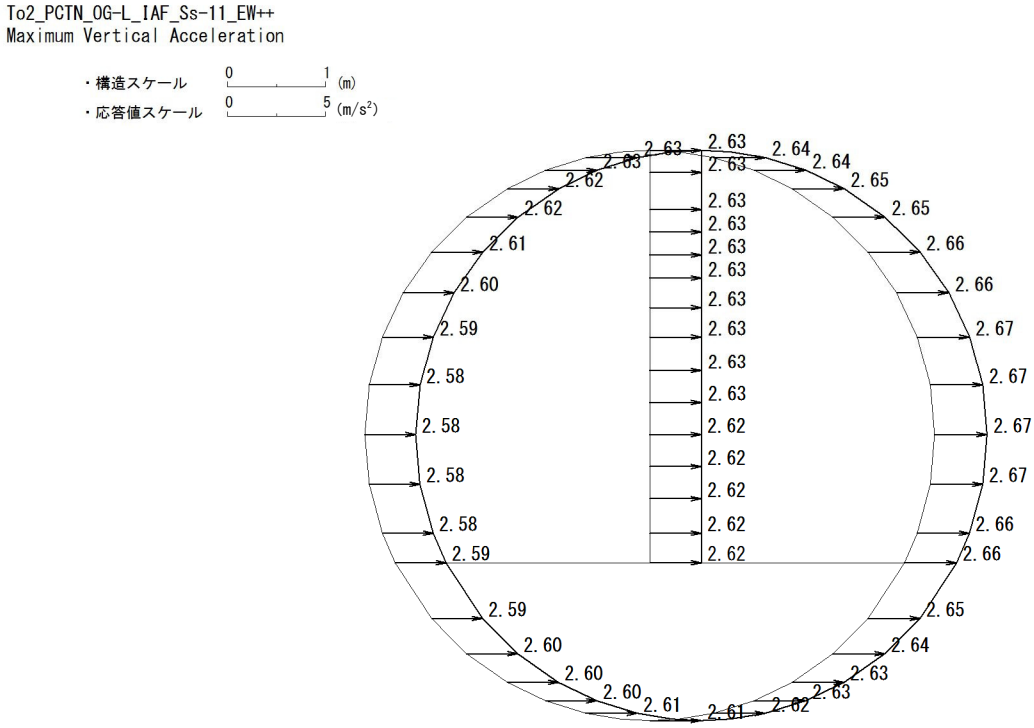


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－），鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（4/17）

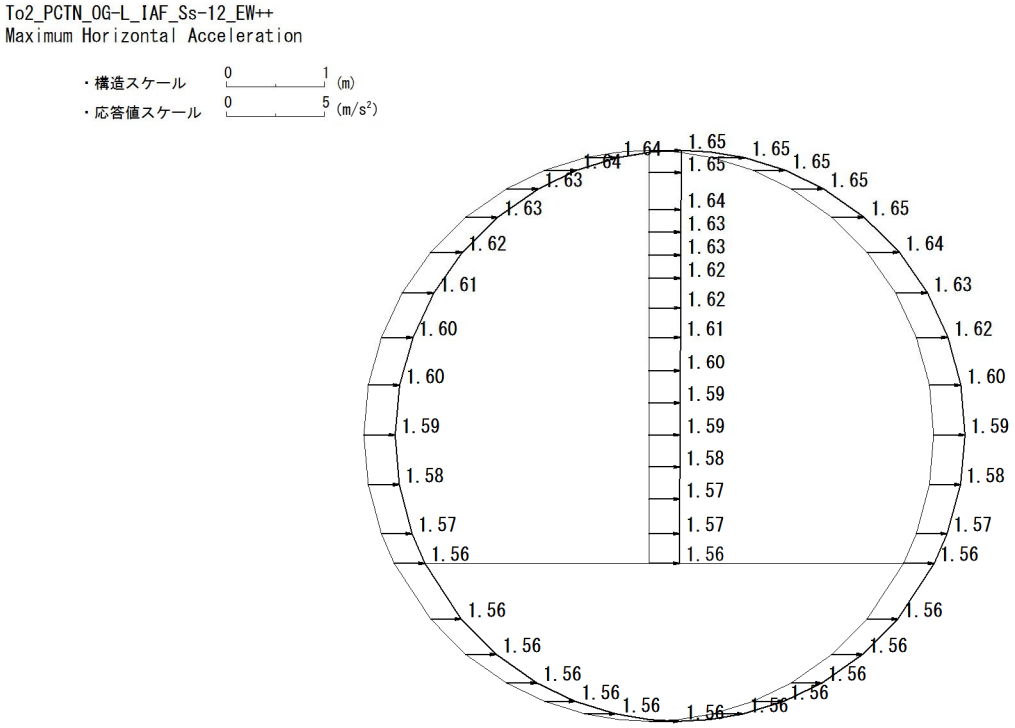


（Ｓｓ－１１，水平）

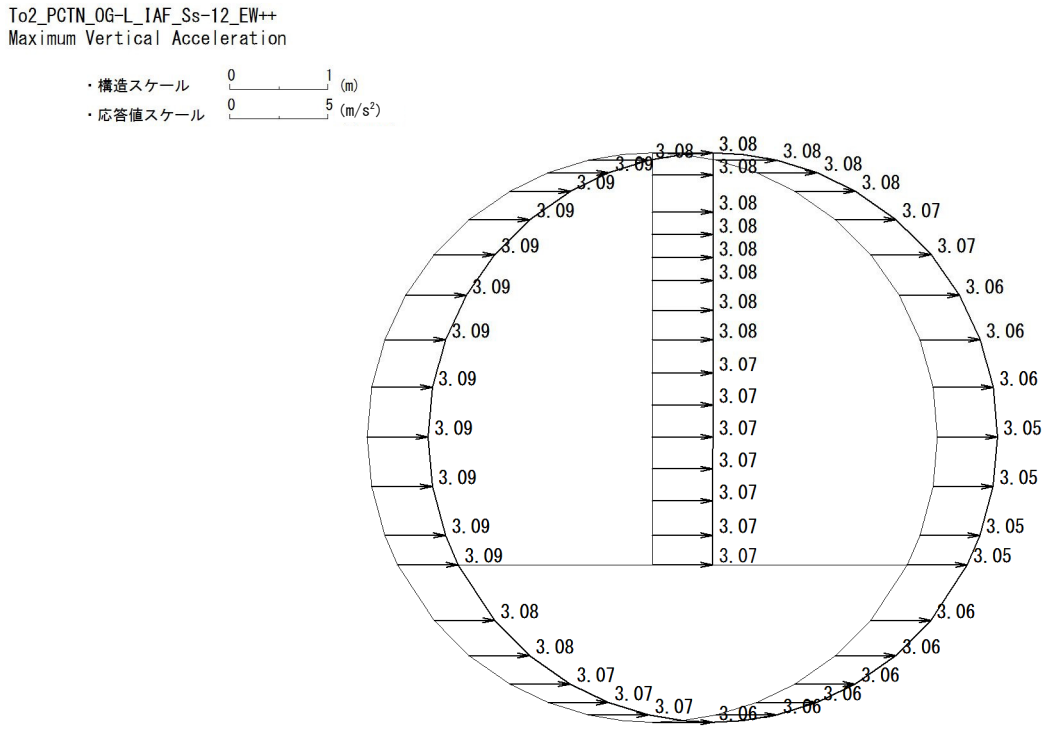


（Ｓｓ－１１，鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（5/17）

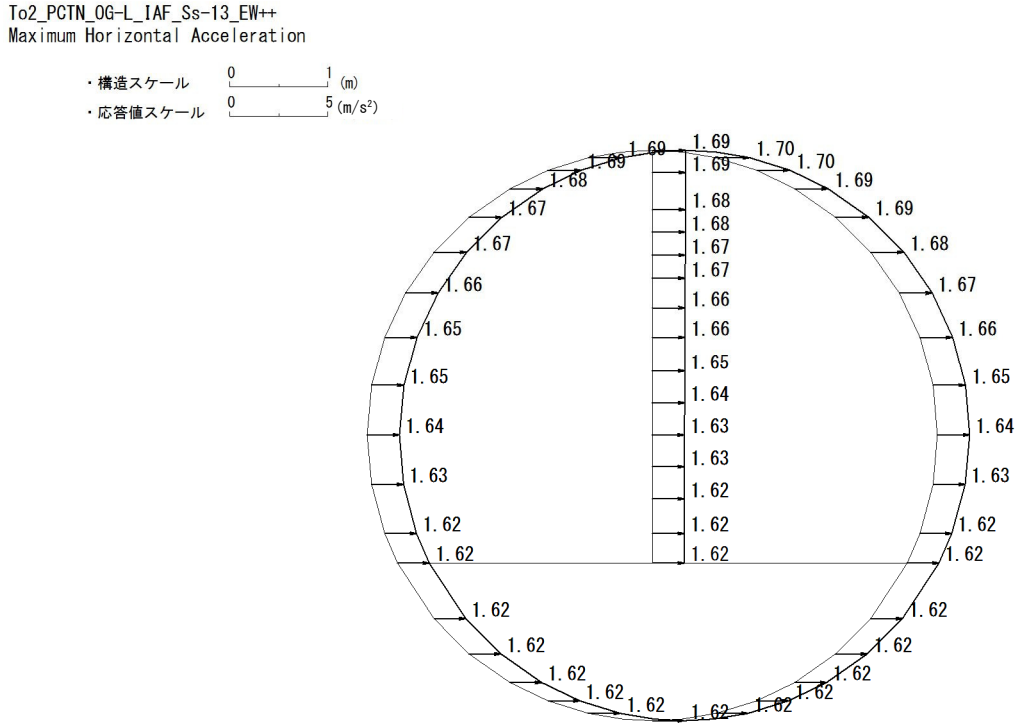


（Ｓｓ－１２，水平）

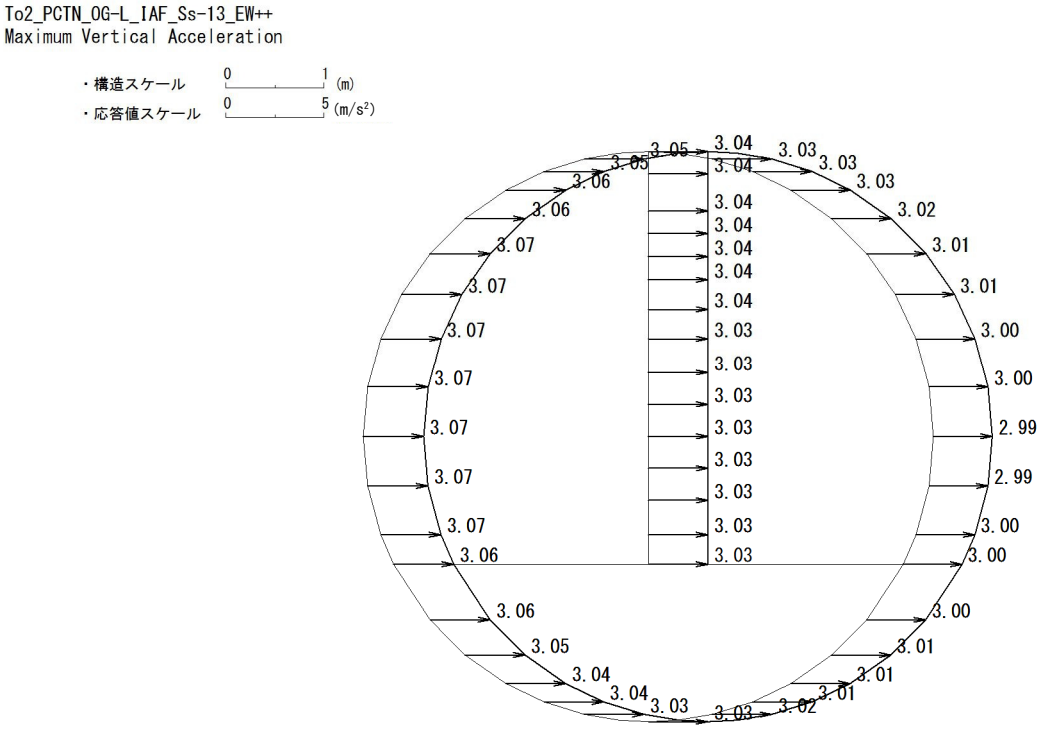


（Ｓｓ－１２，鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（6/17）

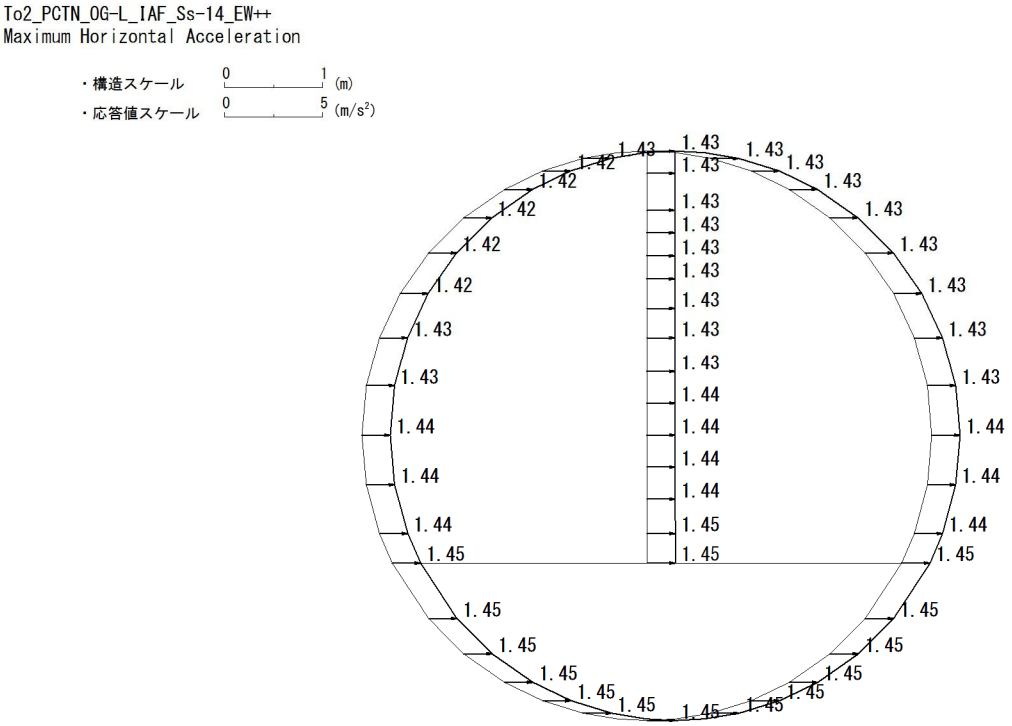


（Ｓｓ－１３，水平）

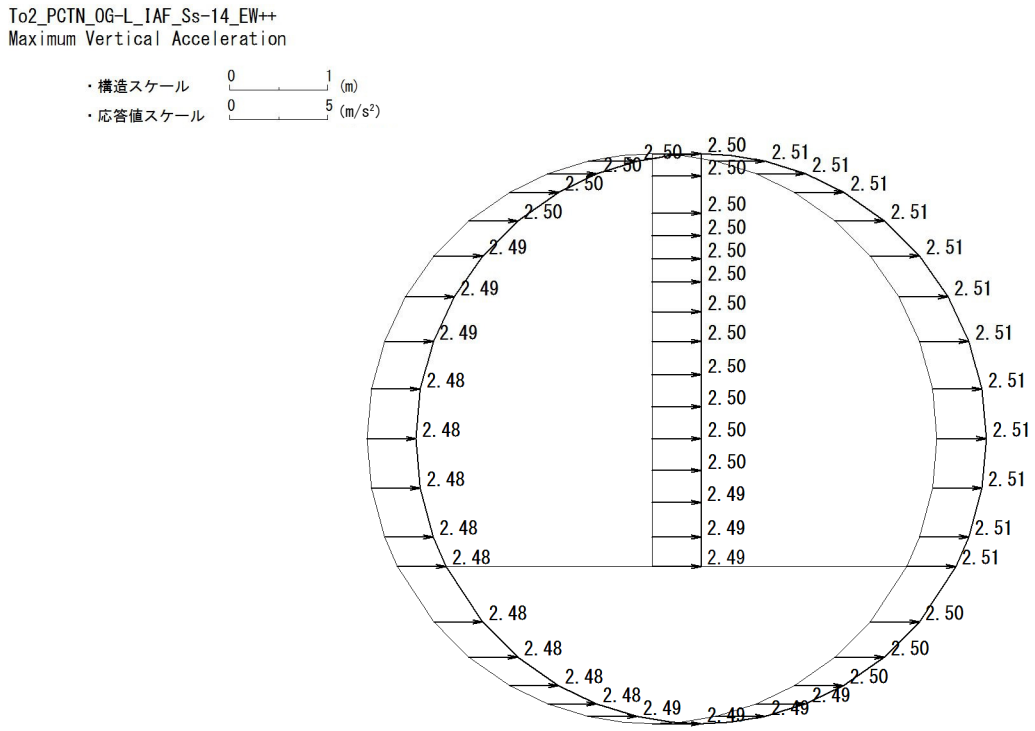


（Ｓｓ－１３，鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（7/17）

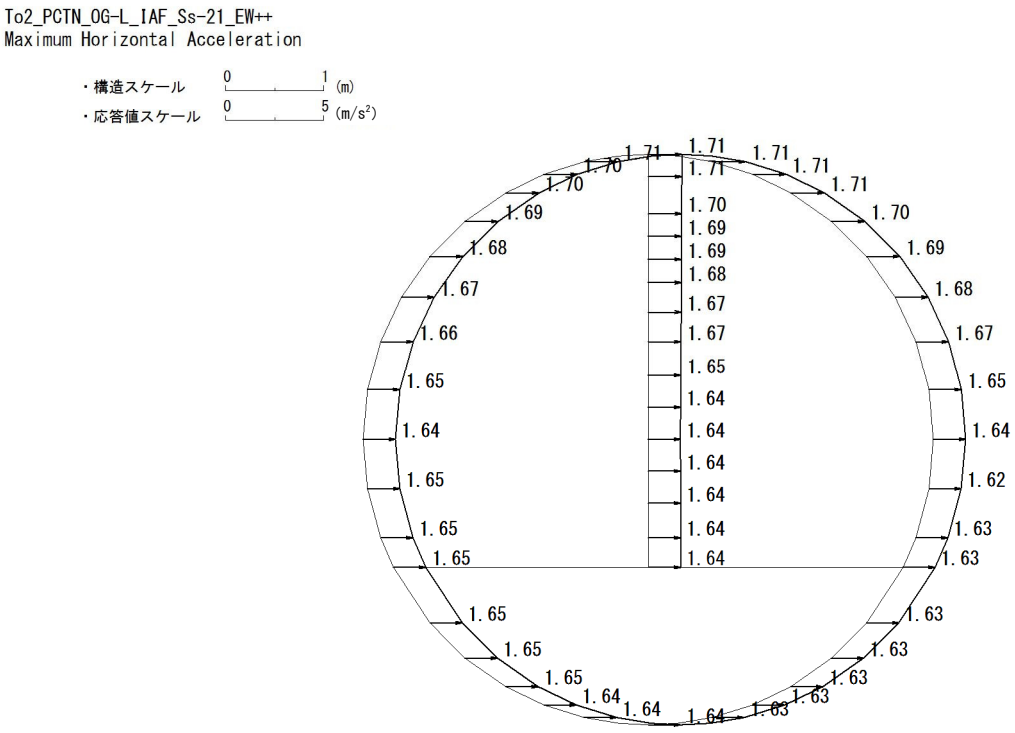


（Ｓｓ－１４，水平）

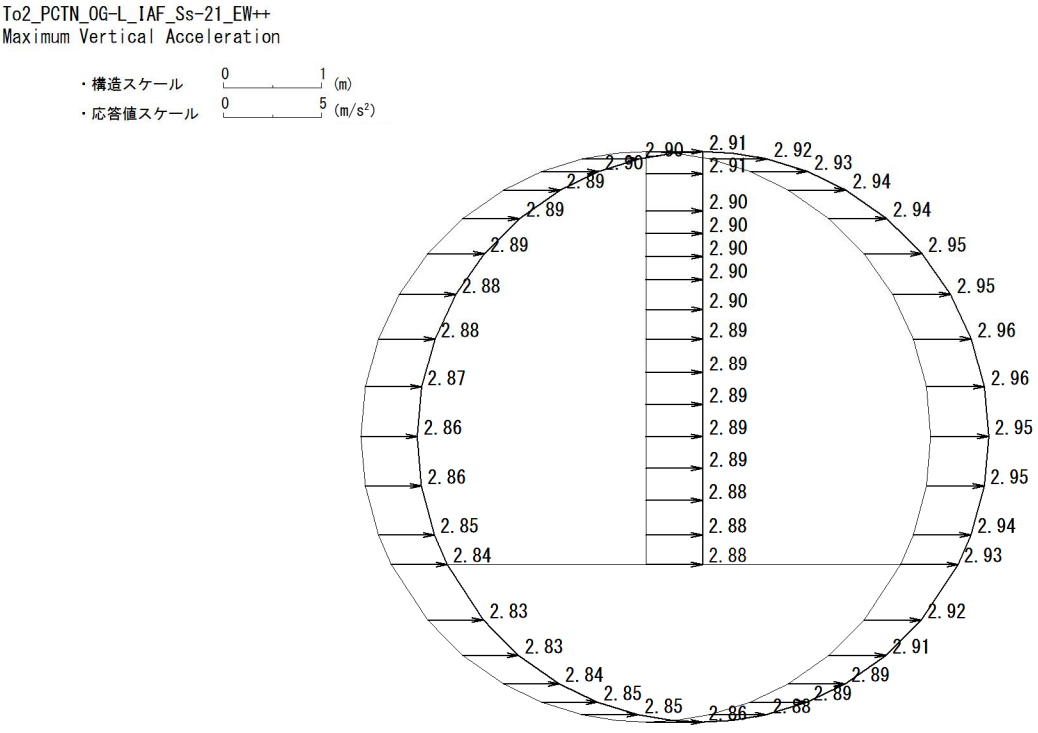


（Ｓｓ－１４，鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（8/17）

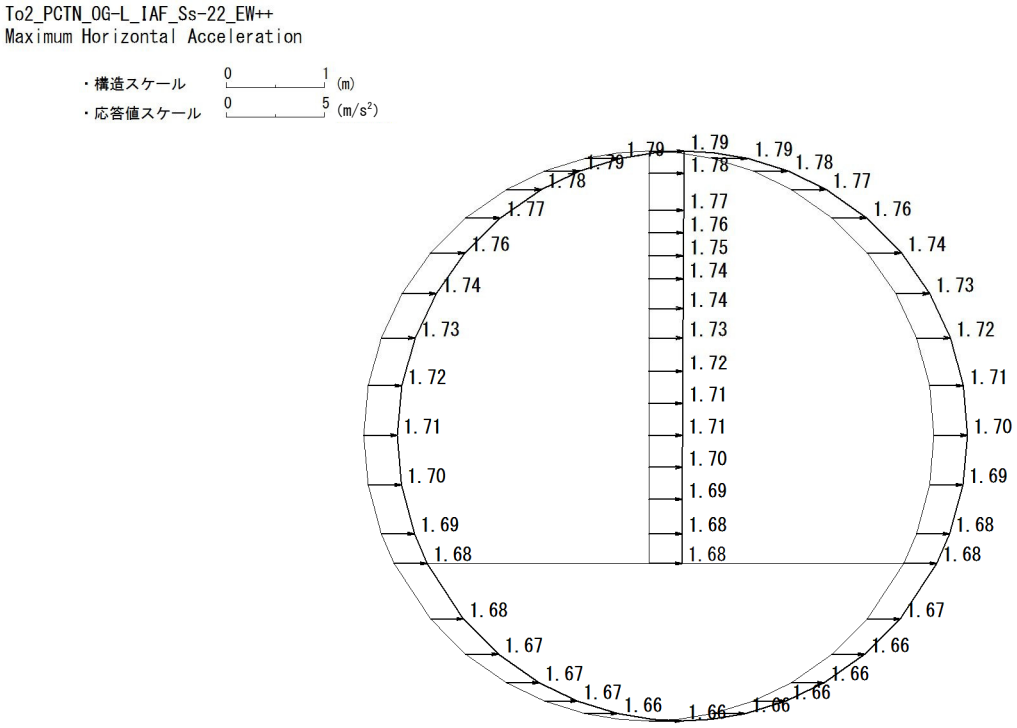


（Ｓｓ－２１，水平）

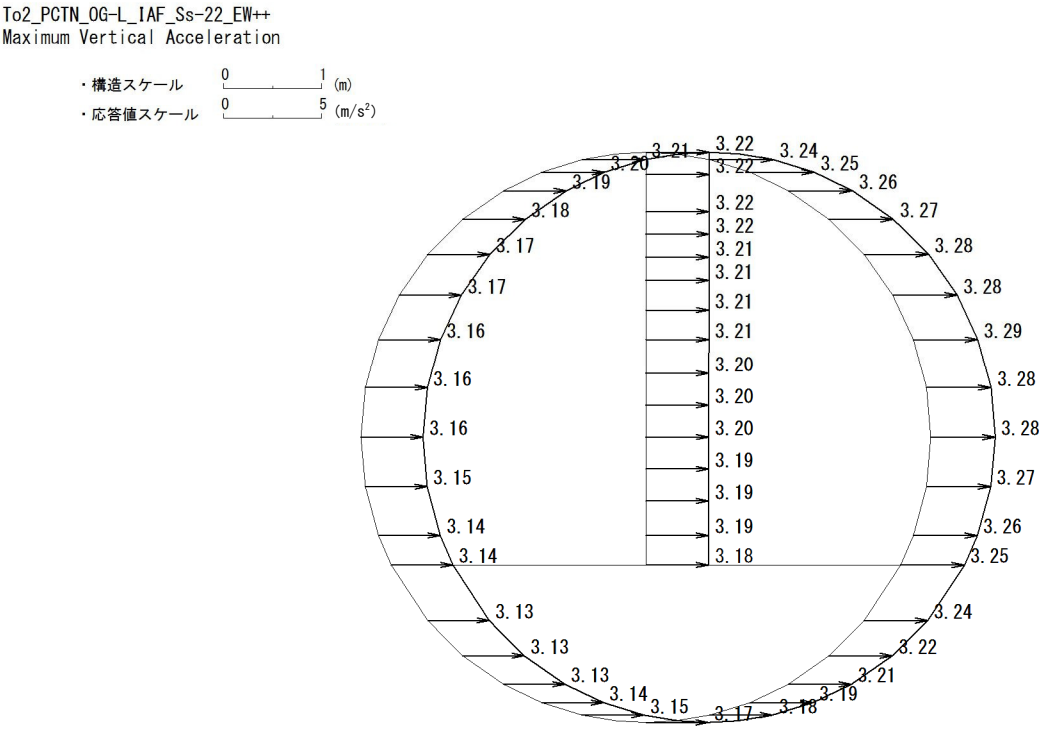


（Ｓｓ－２１，鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（9/17）

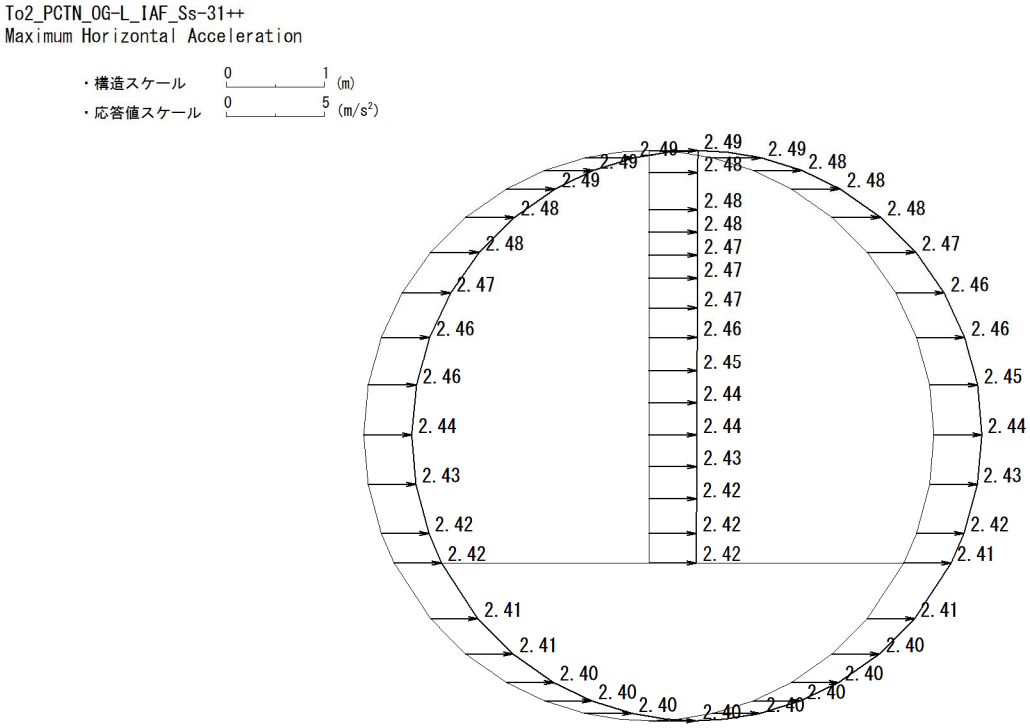


（Ｓｓ－２２，水平）

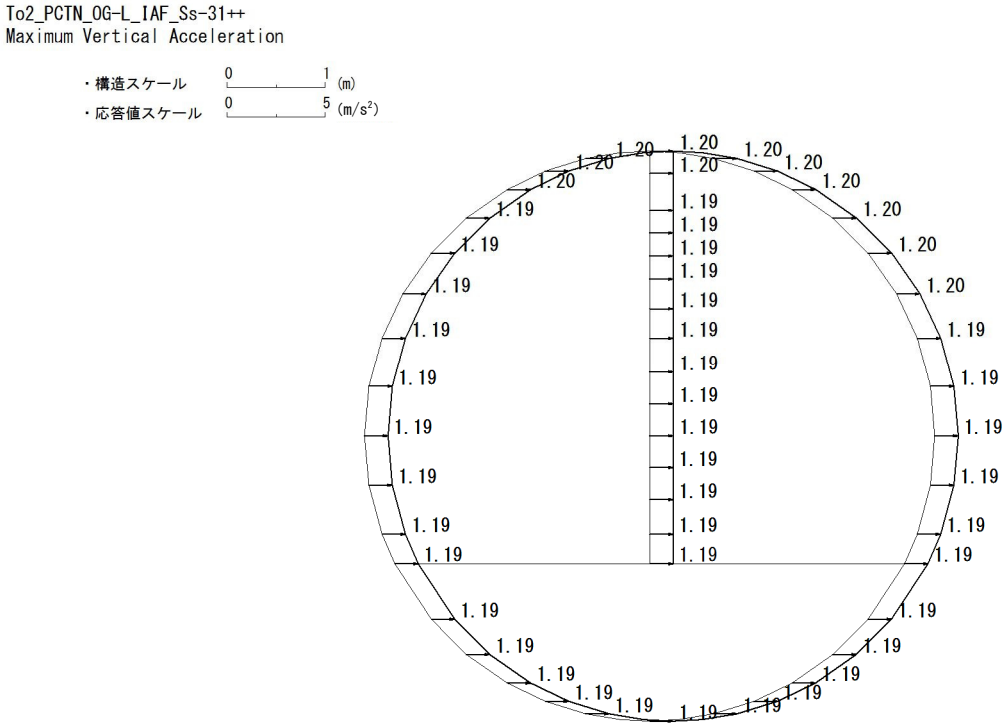


（Ｓｓ－２２，鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（10/17）

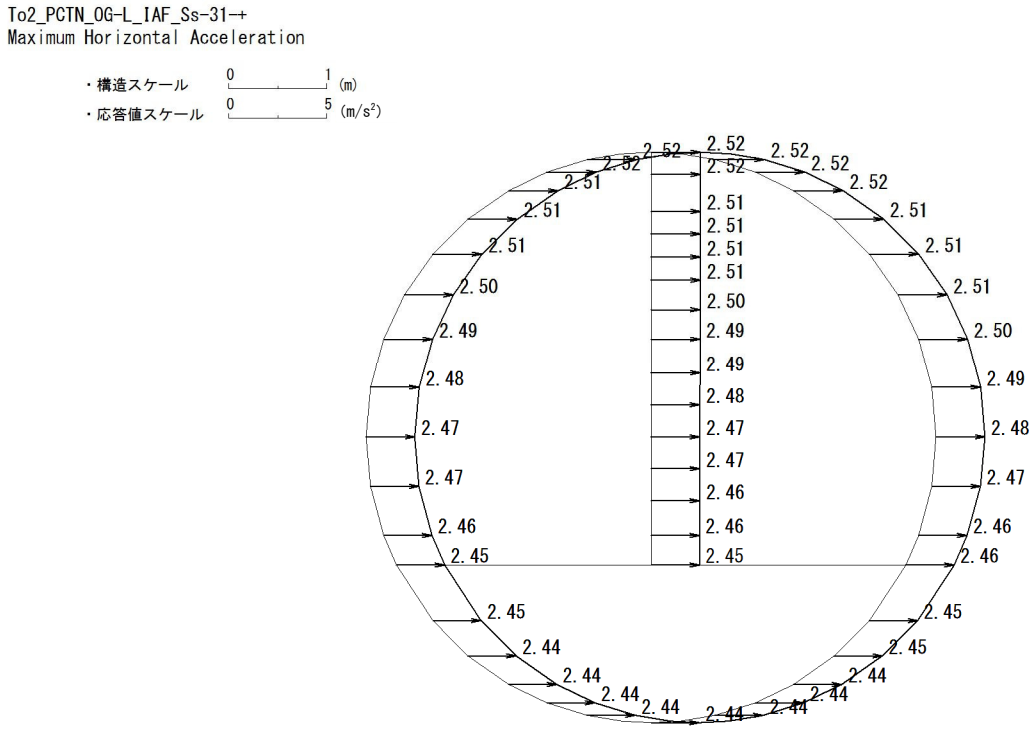


（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

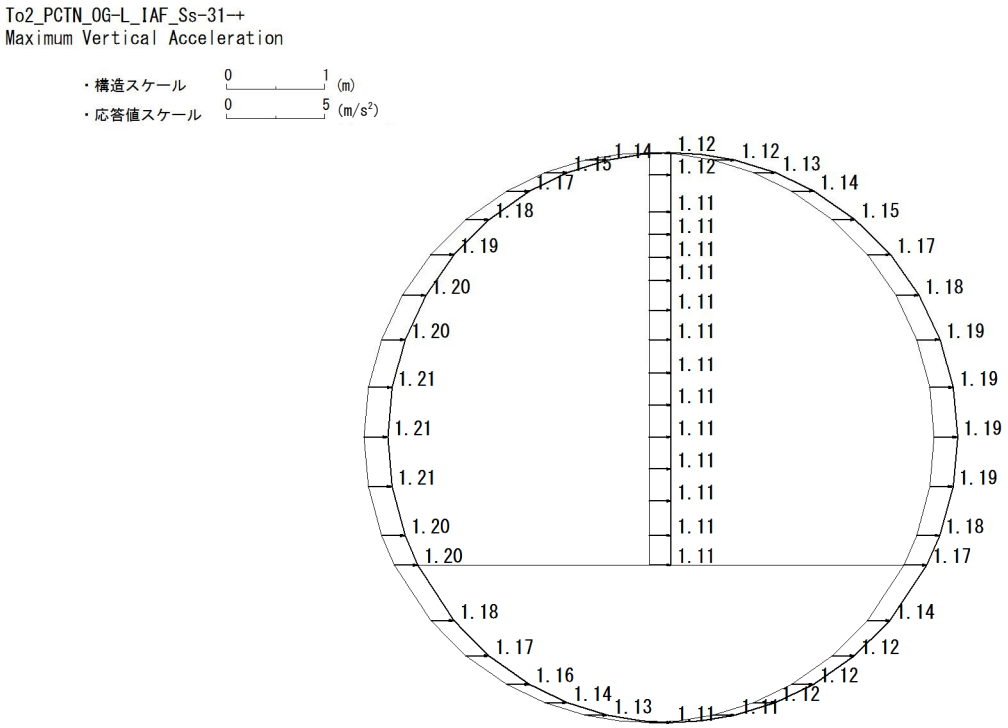


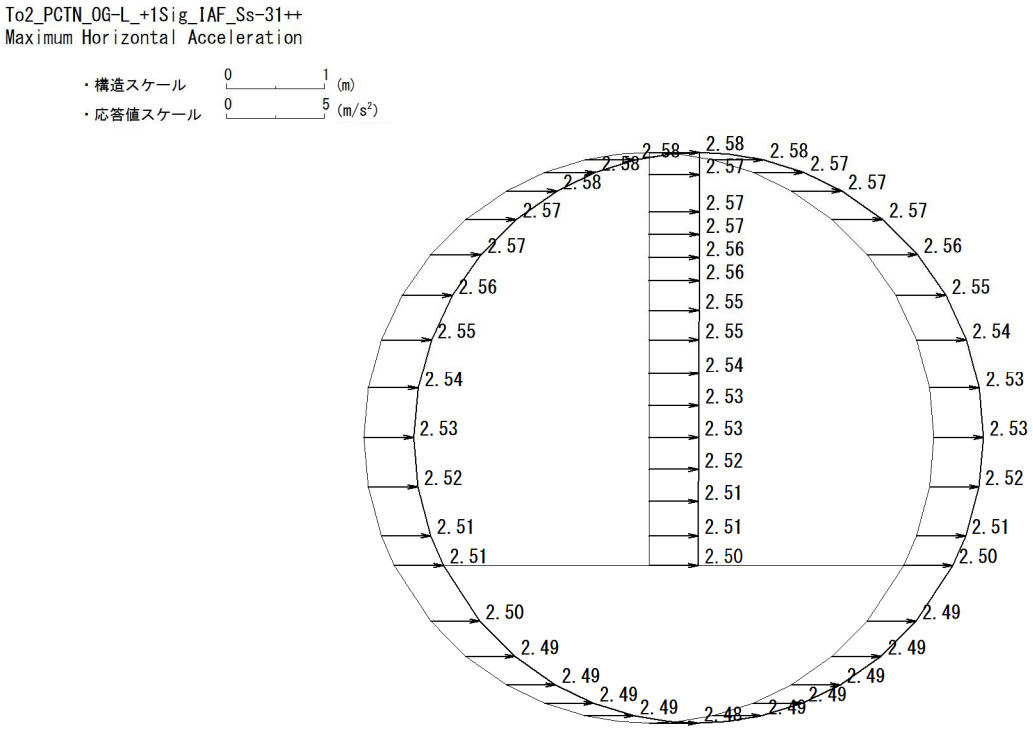
（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（11/17）

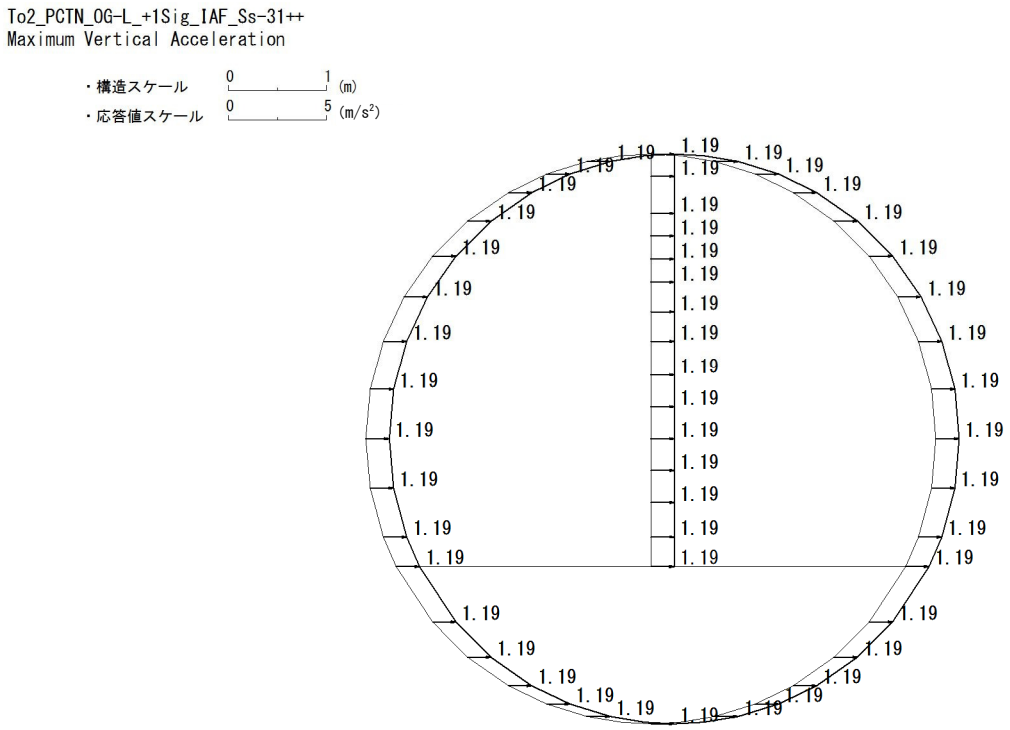


（Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）


To2_PCTN_OG-L_IAF_Ss-31-+
Maximum Vertical Acceleration
・構造スケール 0 1 (m)
・応答値スケール 0 5 (m/s²)
1.14
1.15
1.17
1.18
1.19
1.20
1.20
1.21
1.21
1.21
1.20
1.20
1.18
1.17
1.16
1.14
1.13
1.11
1.11
1.12
1.12
1.12
1.14
1.12
1.13
1.14
1.15
1.17
1.18
1.19
1.19
1.19
1.19
1.18
1.17
1.12
1.12
1.11
1.11
1.11

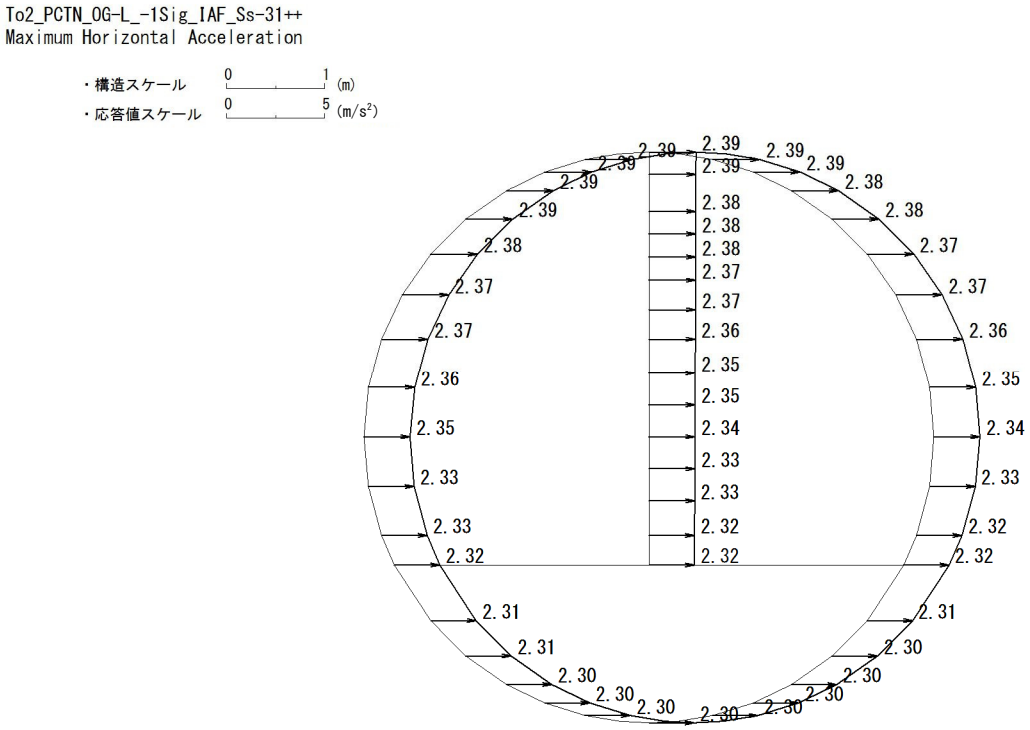


（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

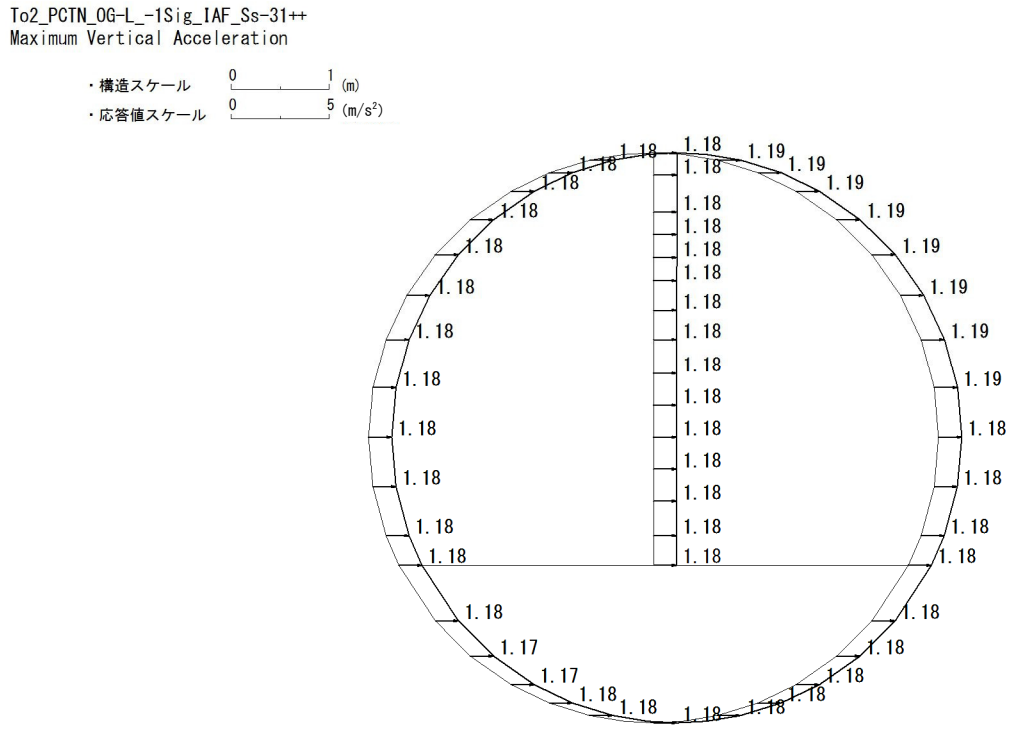


（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第４－１図　②地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース　最大加速度分布図（13/17）

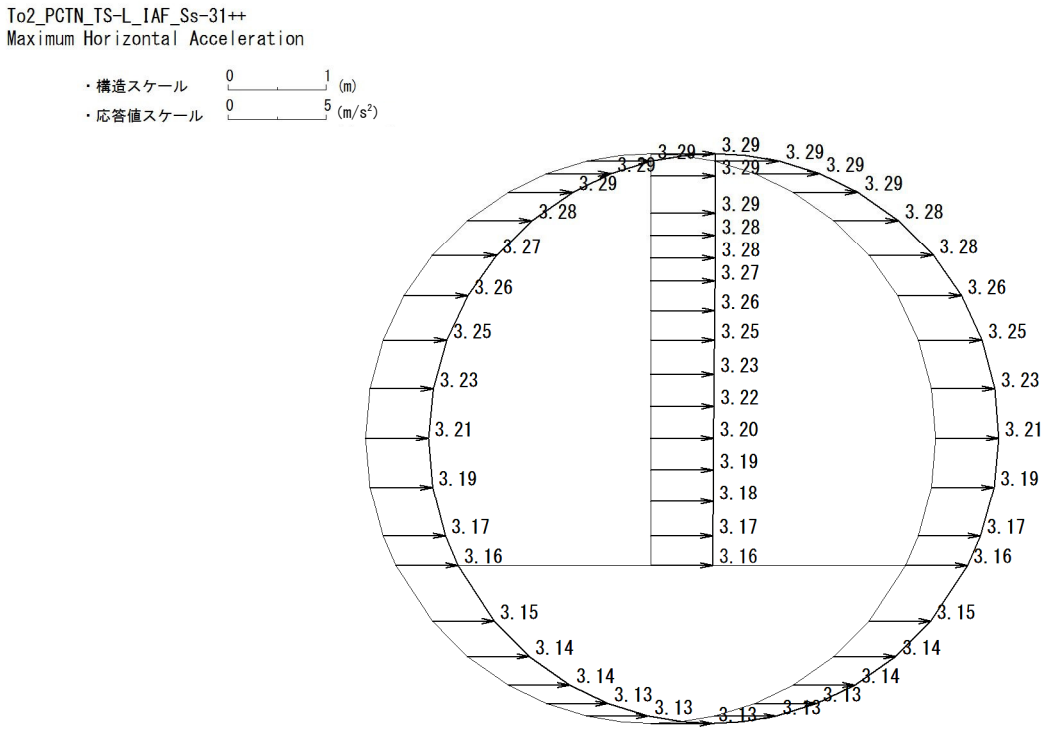


（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

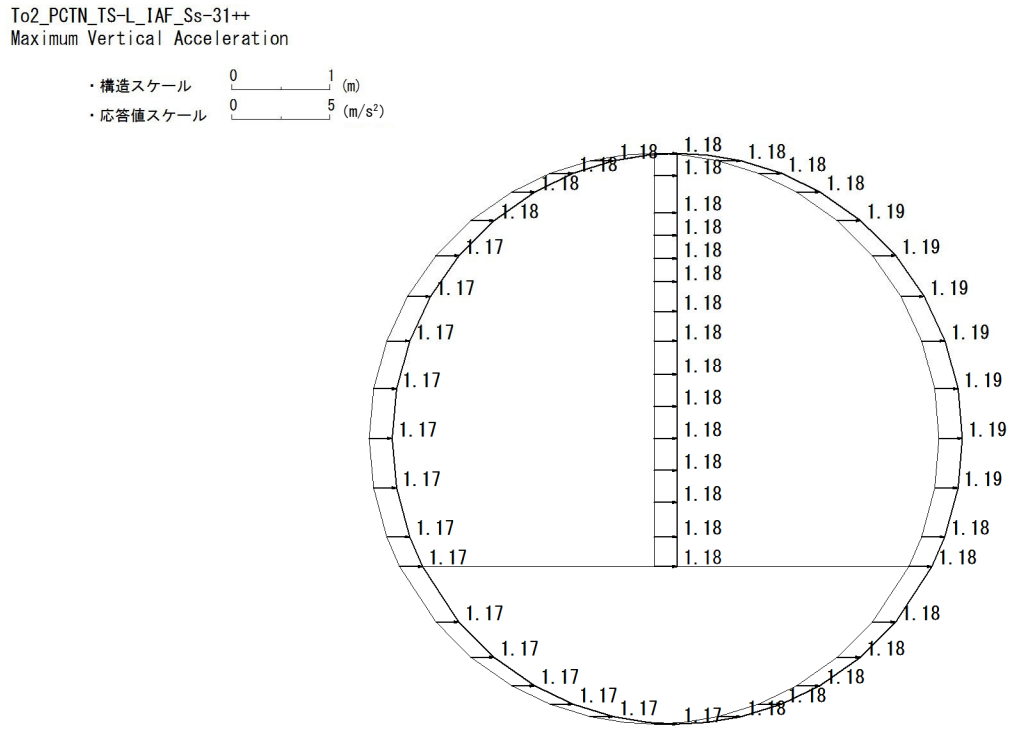


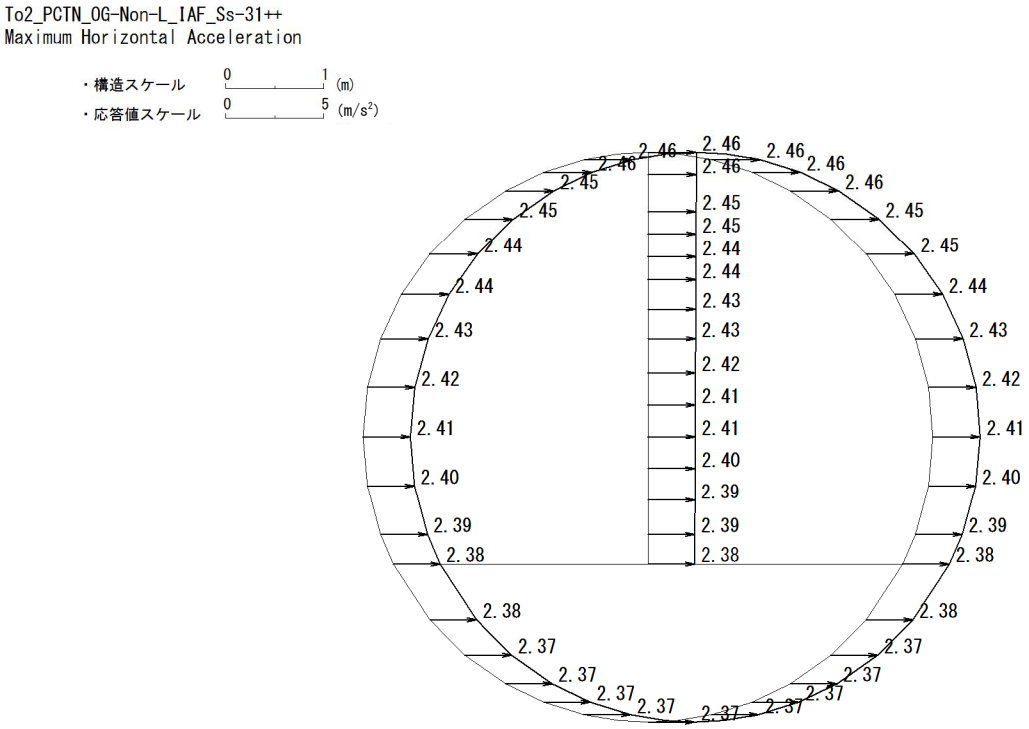
（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第４－１図　③地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース　最大加速度分布図（14/17）

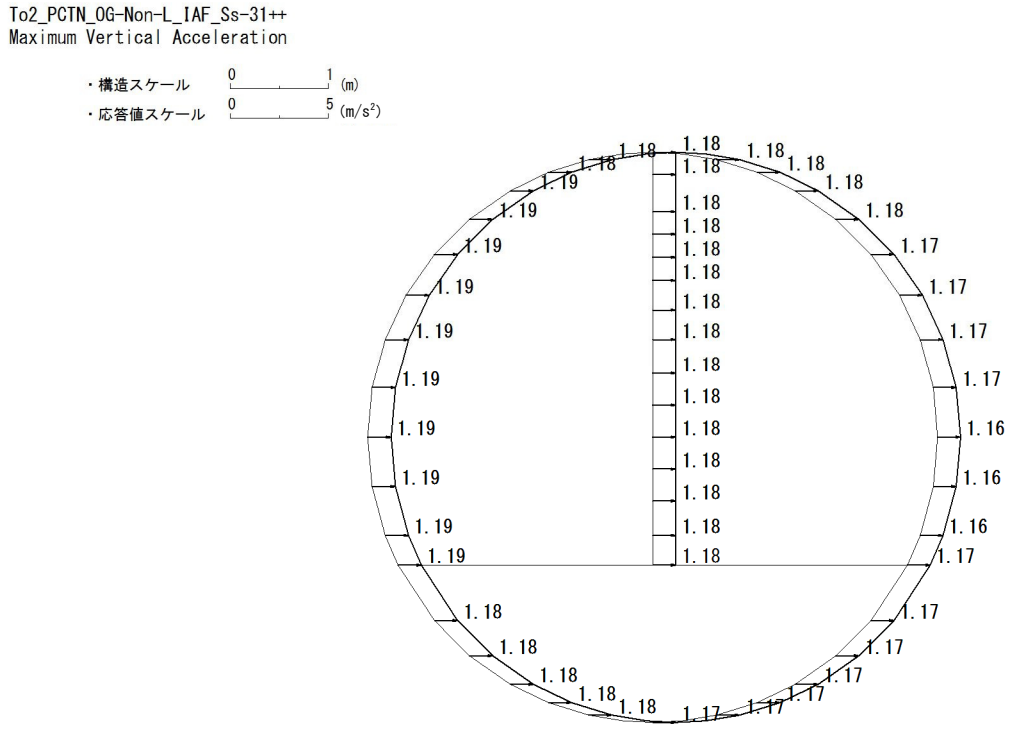


（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）


To2_PCTN_TS-L_IAF_Ss-31++
Maximum Vertical Acceleration
・構造スケール 0 1 (m)
・応答値スケール 0 5 (m/s²)
1.18
1.18
1.18

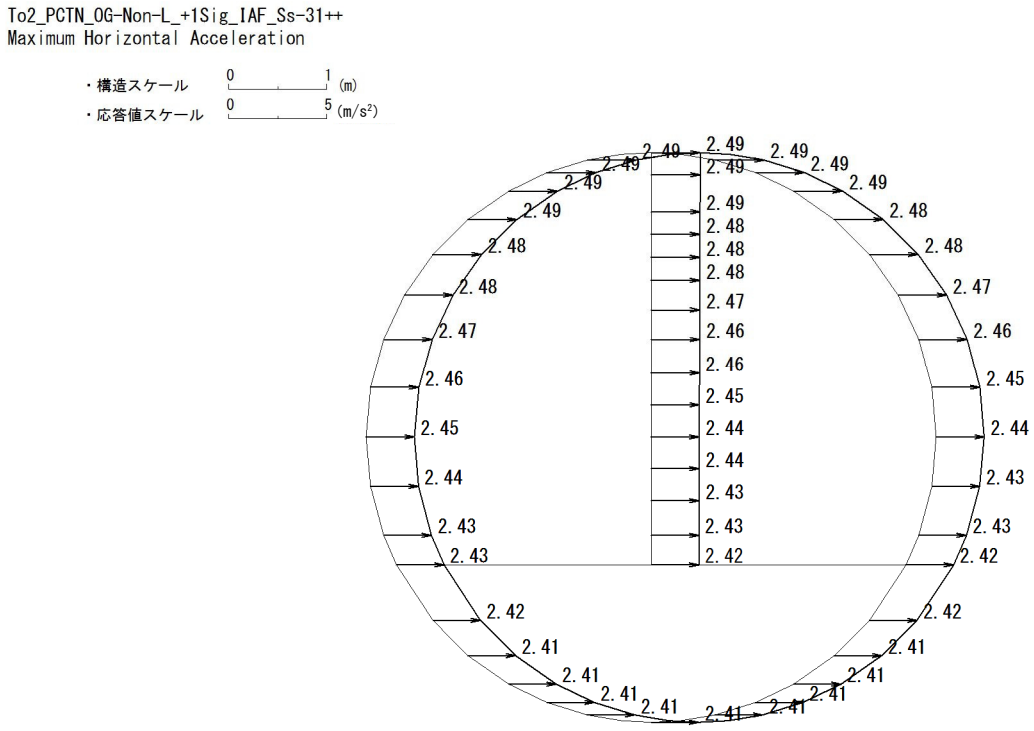


（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

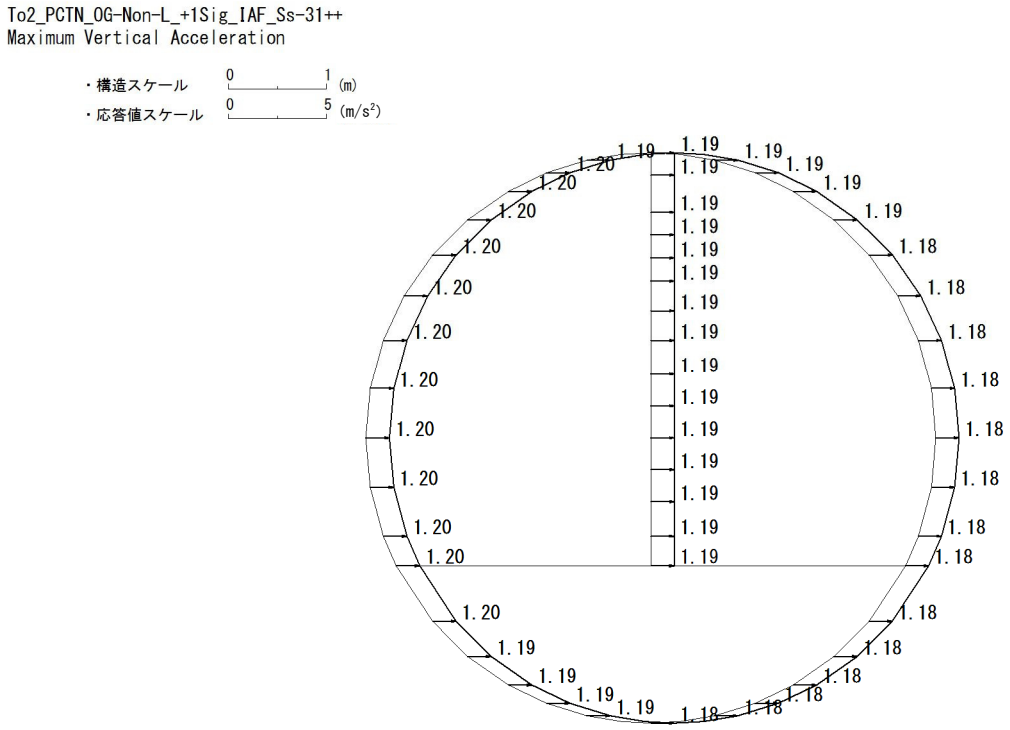


（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第４－１図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（16/17）



（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）



（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4－1 図　⑥地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
最大加速度分布図（17/17）

Ⅴ-2-2-22-4 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の地震応答計算書

目次

1. 概要……1
2. 基本方針……2
2.1 位置……2
2.2 構造概要……3
2.3 解析方針……5
2.4 適用基準……6
3. 解析方法……7
3.1 評価対象断面……7
3.2 解析方法……9
3.3 荷重及び荷重の組合せ……11
3.4 入力地震動……12
3.5 解析モデル及び諸元……45
4. 解析結果……51
4.1 解析結果（南北方向断面）……51
4.2 解析結果（東西方向断面）……73

1. 概要

本資料は，添付資料「Ⅴ-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき実施する常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）（以下，「立坑」という。）の地震応答解析について説明するものである。

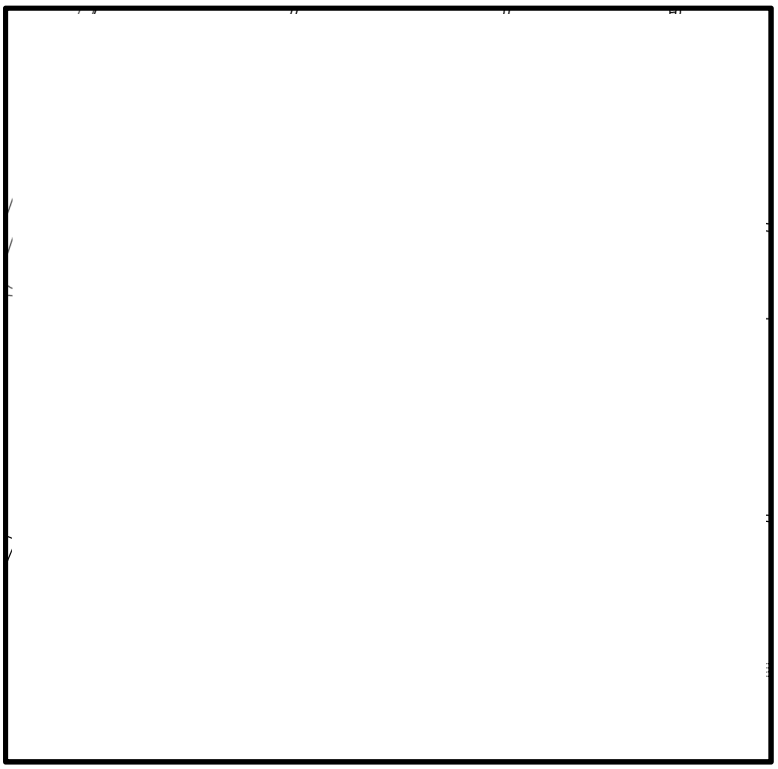
本地震応答解析は，機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。

また，立坑が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値の抽出を行う。その際，耐震設計に用いる応答値はこの地震応答解析による断面力及び基礎地盤に生じる接地圧とする。

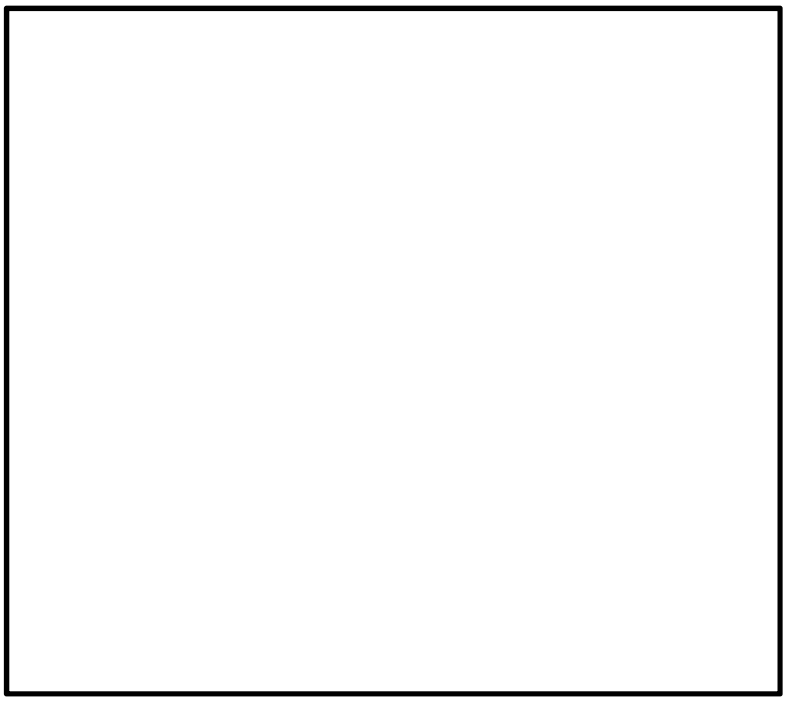
2.　基本方針

2.1　位置

立坑の平面配置図を第2－1図に示す。



第2－1図（1）　立坑の平面配置図（全体平面図）

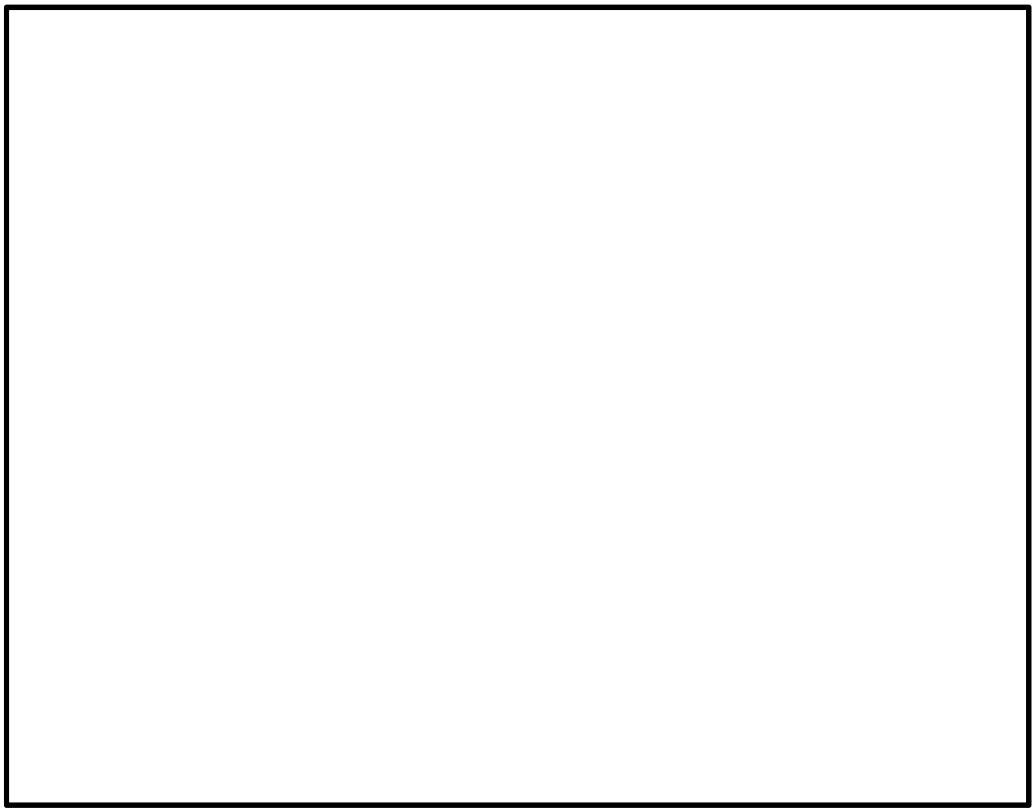


第2－1図（2）　立坑の平面配置図（拡大図）

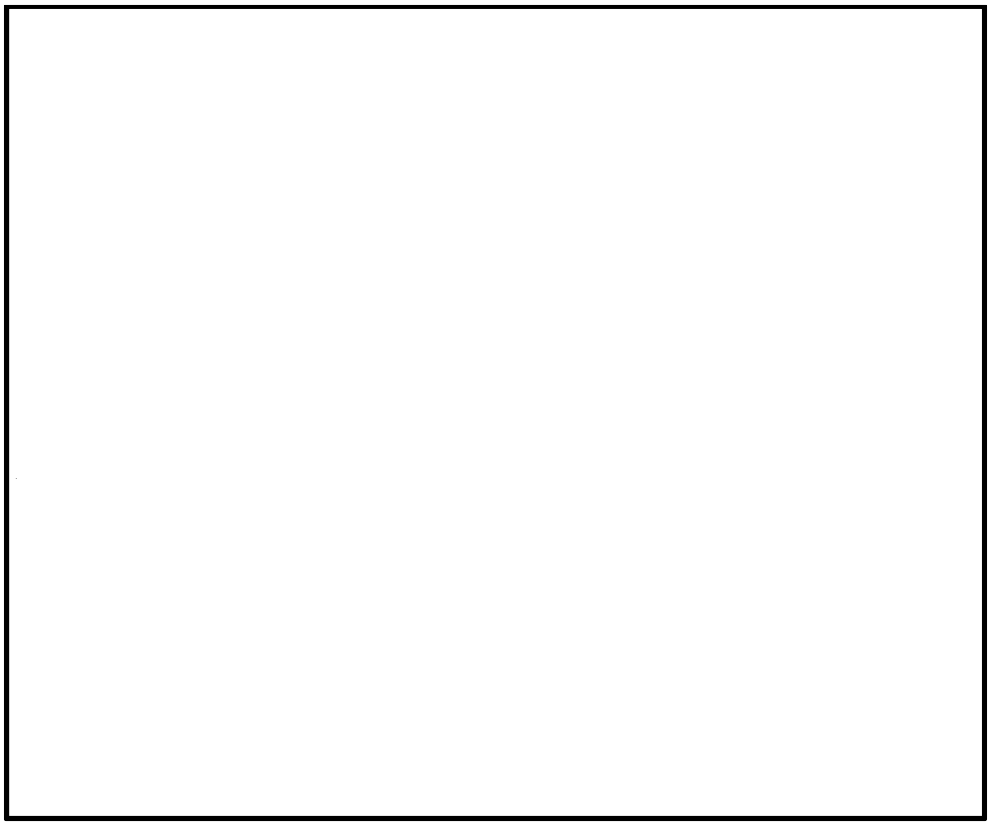
2.2　構造概要

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

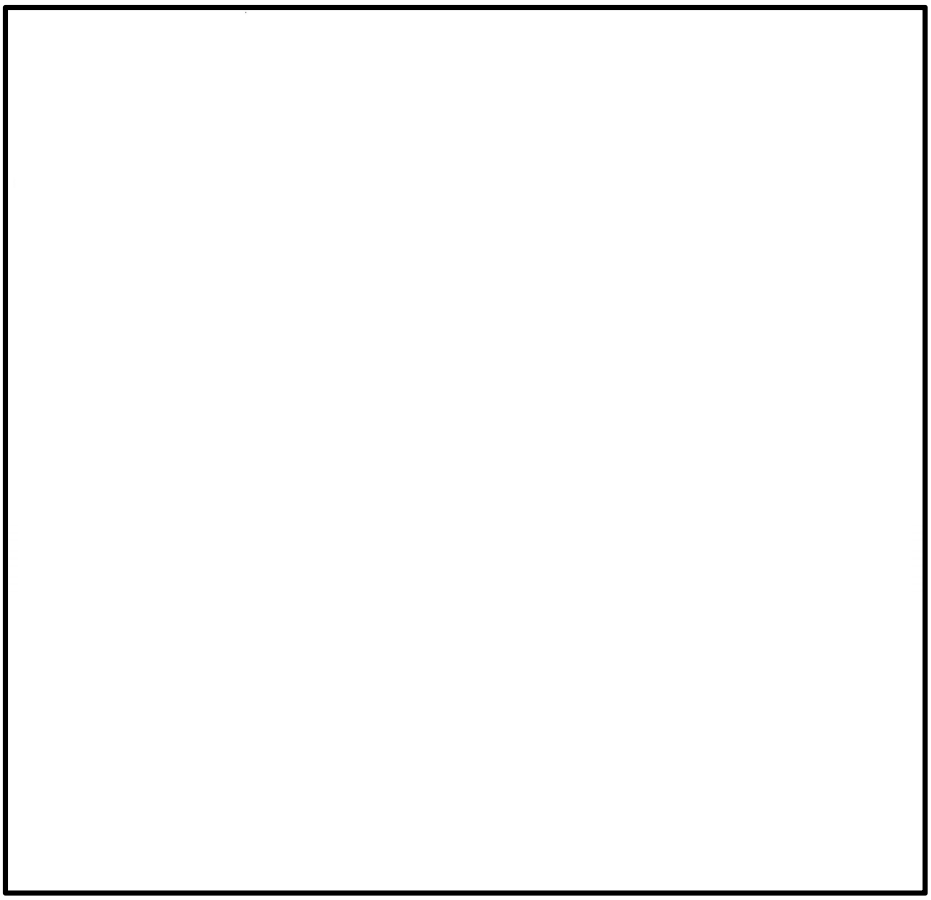
立坑の平面図を第 2－2 図，断面図（南北方向）を第 2－3 図，断面図（東西方向）を第 2－4 図に示す。



第 2－2 図　立坑の平面図



第 2－3 図　立坑の断面図（南北方向 ①－①断面）



第 2－4 図　立坑の断面図（東西方向 ②－②断面）

2.3　解析方針

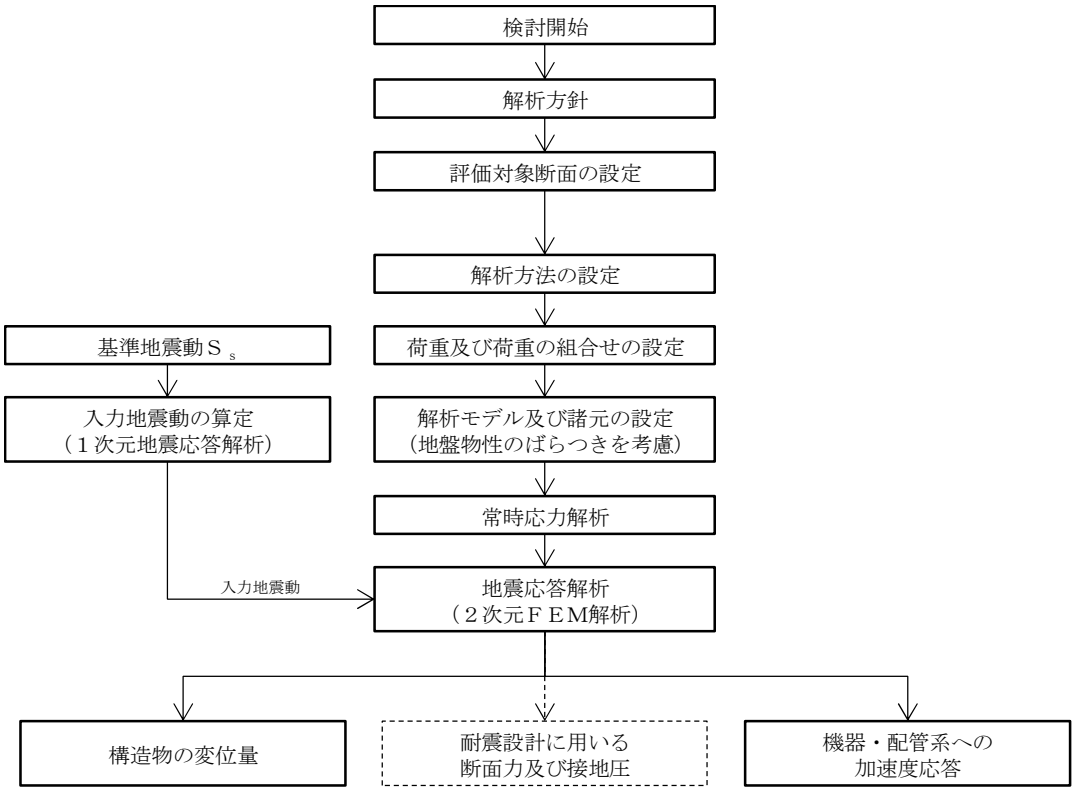
立坑は，添付資料「Ｖ-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき，基準地震動Ｓ$_s$に対して解析を実施する。

第 2－5 図に立坑の地震応答解析フローを示す。

地震応答計算は，「2.　基本方針」に基づき，「3.1　評価対象断面」にて設定する断面において，「3.2　解析方法」に示す水平地震動と鉛直地震動の同時加振による時刻歴非線形解析にて行う。

時刻歴非線形解析は，「3.3　荷重及び荷重の組合せ」及び「3.5　解析モデル及び諸元」に示す条件を基に，「3.4　入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施する。

地震応答解析による加速度応答は，機器・配管系の設計用床応答曲線の作成に用い，断面力及び接地圧は，立坑の耐震評価に用いる。



＜地震応答計算＞

第 2－5 図　立坑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。

・コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（（社）土木学会，2002年制定）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（（社）日本電気協会）

・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）

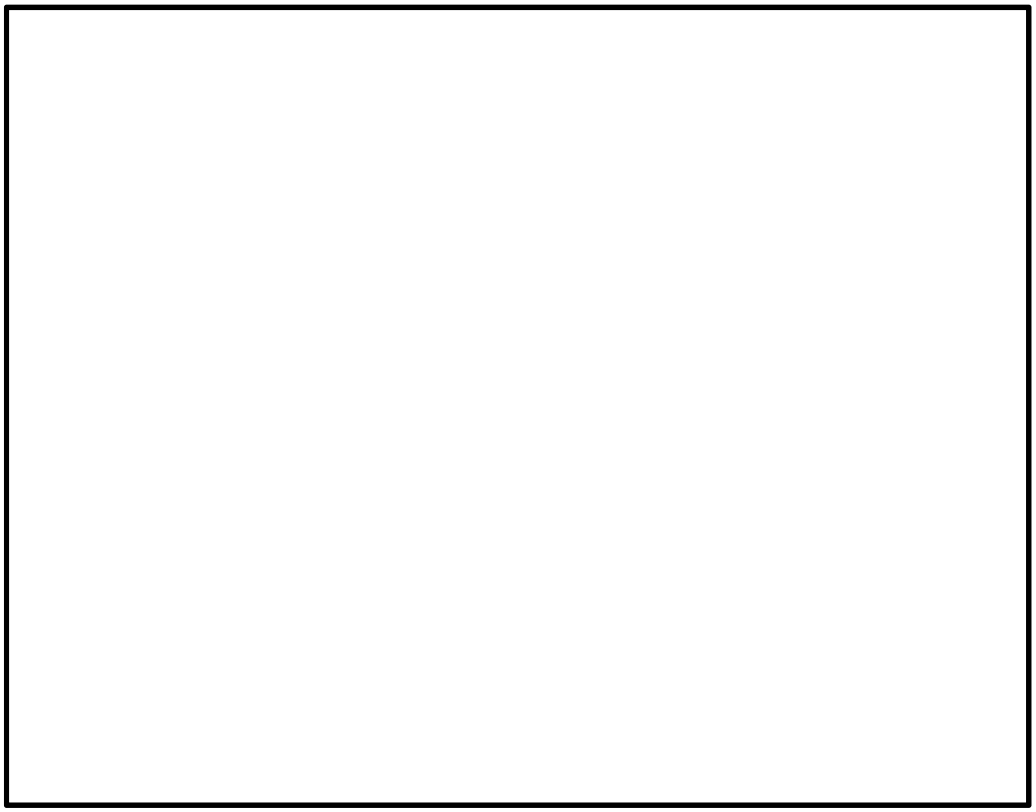
3.　解析方法

3.1　評価対象断面

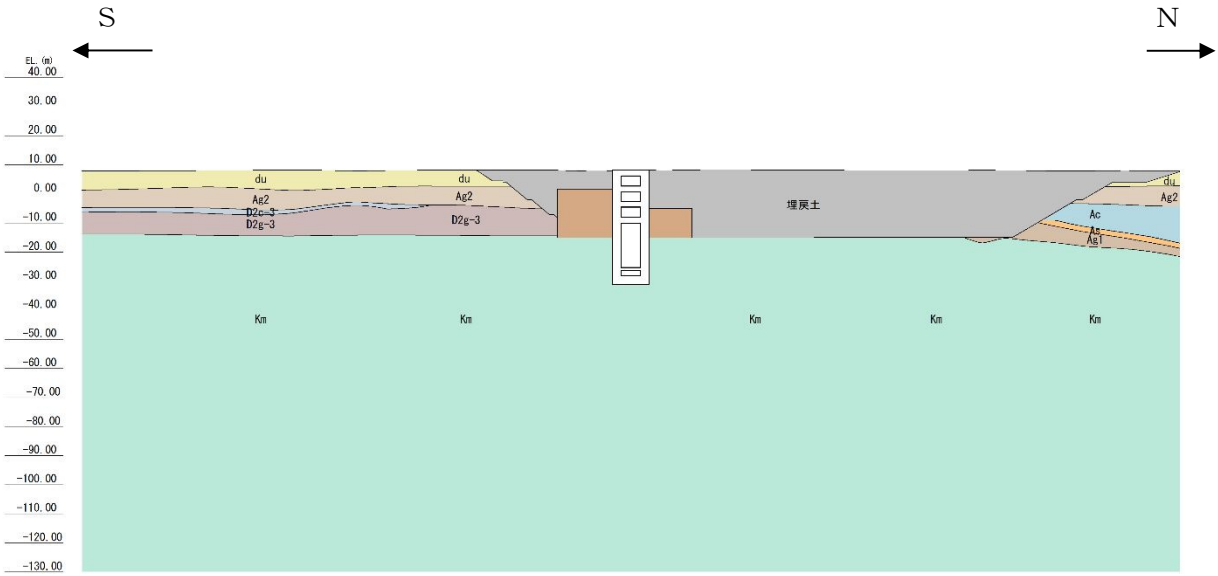
立坑は幅 12.5 m（南北方向），16.5 m（東西方向）の箱形構造物であることから，加振方向の側壁又は中壁を耐震壁として考慮することができる。よって，強軸断面方向及び弱軸断面方向の区別が明確でない構造物であるため，評価対象断面は立坑南北方向及び東西方向の 2 方向とする。

立坑は，立坑中心位置において，各構造部材と等価な剛性を有する線形はり要素によりモデル化する。

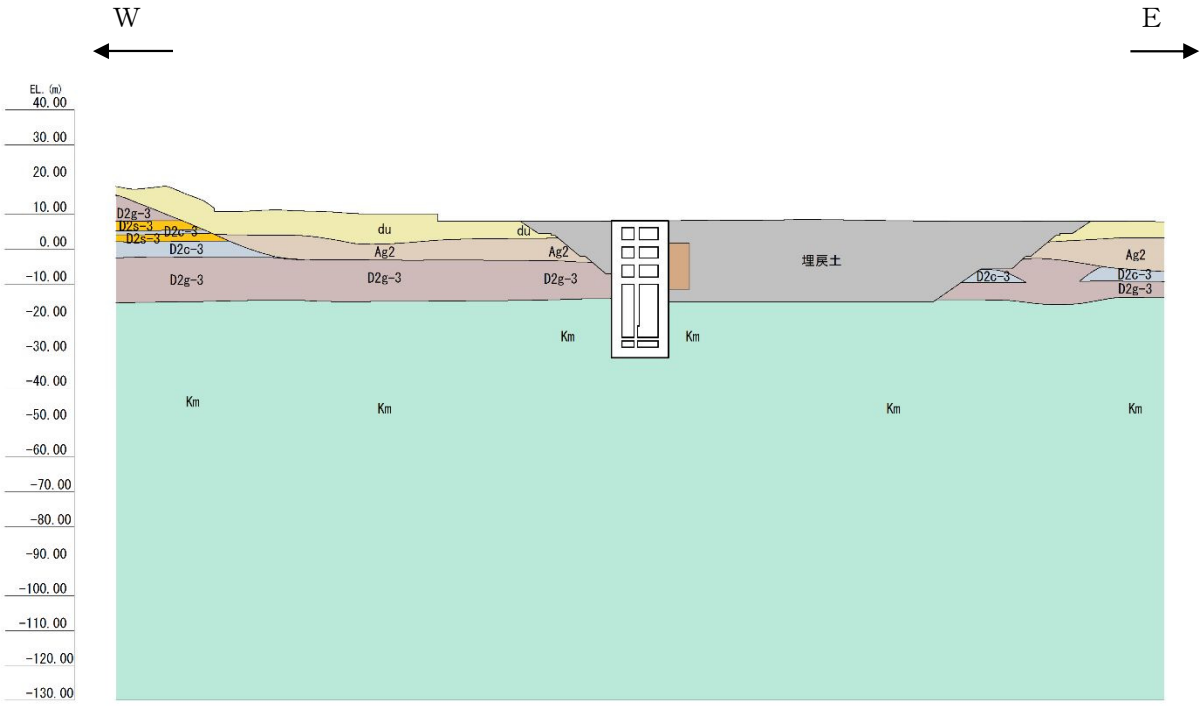
立坑の評価対象断面位置を第 3－1 図，評価対象断面を第 3－2 図に示す。



第 3－1 図　立坑の評価対象断面位置図



第 3－2 図（1）　立坑の評価対象断面図（南北方向 ①－①断面）



第 3－2 図（2）　立坑の評価対象断面図（東西方向 ②－②断面）

3.2　解析方法

地震応答解析は，添付資料「Ⅴ-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち，「2.3　屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は，地盤と構造物の相互作用を考慮できる２次元有限要素法を用いて，基準地震動Ｓ$_s$に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。構造部材については，線形はり要素を用いる。また，地盤については，有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。地震応答解析については，解析コード「FLIP　Ver.7.3.0_2」を使用する。なお，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付資料「Ⅴ-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・ＦＬＩＰ」に示す。

3.2.1　構造部材

構造部材は，線形はり要素によりモデル化する。

3.2.2　地盤

地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則を有効応力解析へ適用する際は，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できるモデルを用いる必要がある。

一般に，地盤は荷重を与えることによりせん断ひずみを増加させていくと，地盤のせん断応力は上限値に達し，それ以上はせん断応力が増加しなくなる特徴がある。また，地盤のせん断応力の上限値は有効応力に応じて変化する特徴がある。

よって，耐震評価における有効応力解析では，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則として，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じたこれら２つの特徴を表現できる双曲線モデル（H-D モデル）を選定する。

3.2.3　減衰定数

固有値解析により求められる固有振動数及び初期減衰定数に基づく要素剛性比例型減衰を考慮する。また，非線形特性をモデル化する地盤の履歴減衰を考慮する。

3.2.1　地震応答解析の検討ケース

(1)　耐震評価における検討ケース

耐震評価における検討ケースを第3－1表に示す。

耐震評価においては，全ての基準地震動Ｓ$_s$に対して実施する①の検討ケース（基本ケース）において，せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての評価項目について，各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い，②～⑥より追加検討ケースを実施する。

第3－1表　耐震評価における検討ケース

検討ケース	① 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	② 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース	③ 地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

構造物間の相対変位の算定を行う場合は，上記の実施ケースにおいて変位量が厳しいケースで行う。

(2)　機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

機器・配管系に対する加速度応答の抽出における検討ケースを第3－2表に示す。

全ての基準地震動Ｓ$_s$に対して実施する⑤の検討ケース（原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース）において，上載される機器・配管系の固有振動数帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用い，④及び⑥より追加検討ケースを実施する。

第3－2表　機器・配管系に対する加速度応答の抽出のための検討ケース

検討ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定	敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

3.3　荷重及び荷重の組合せ

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

3.3.1　耐震評価上考慮する状態

立坑の地震応答解析において，地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1)　運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり，通常の条件下におかれている状態。ただし，運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2)　設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3)　設計用自然条件

積雪を考慮する。埋設構造物であるため，風荷重は考慮しない。

(4)　重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2　荷重

立坑の地震応答解析において，考慮する荷重を以下に示す。

(1)　固定荷重（G）

固定荷重として，躯体自重を考慮する。

(2)　積載荷重（P）

積載荷重として機器・配管荷重，土圧及び水圧による荷重を考慮する。

(3)　地震荷重（K_s）

基準地震動S_sによる荷重を考慮する。

(4)　積雪荷重（P_s）

積雪荷重として 30 cm の積雪を考慮する。

3.3.3　荷重の組合せ

荷重の組合せを第 3－3 表に示す。

第 3－3 表　荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時（S_s）	$G+P+K_s+P_s$

G　：固定荷重

P　：積載荷重

K_s：地震荷重

P_s：積雪荷重

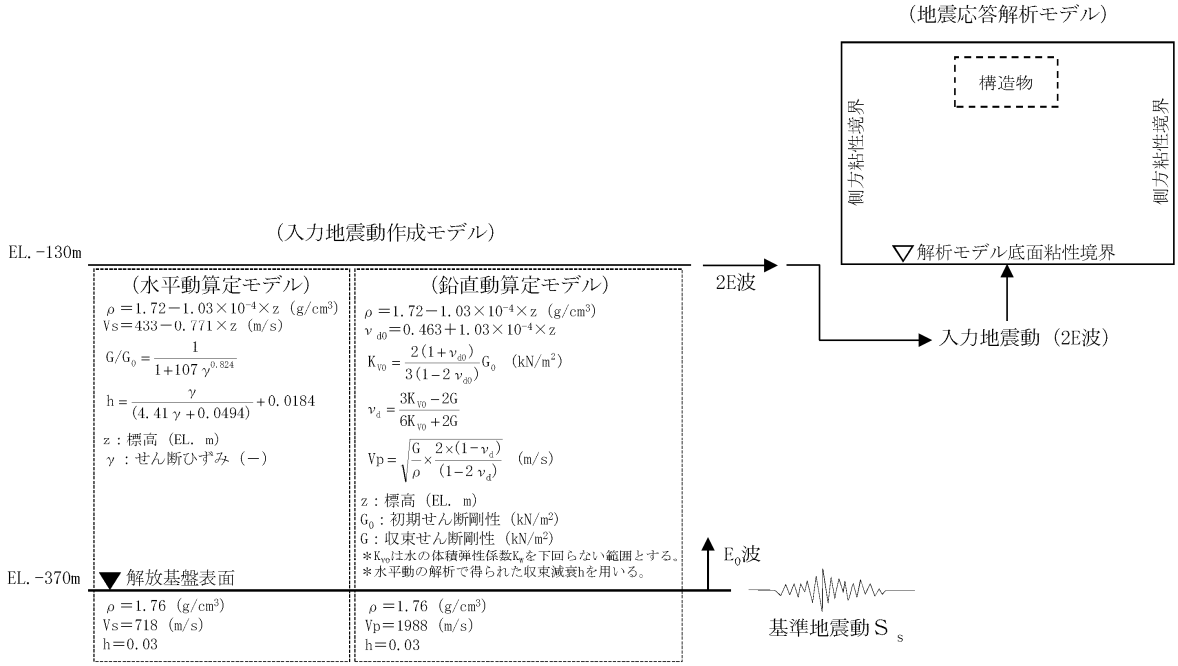
3.4　入力地震動

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

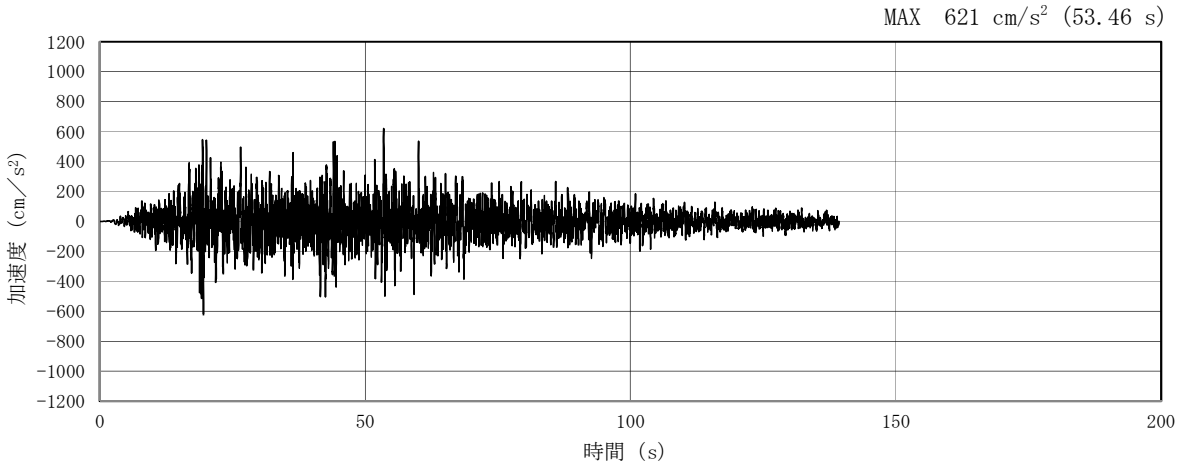
地震応答解析に用いる入力地震動は，解放基盤表面で定義される基準地震動Ｓ$_s$を１次元波動論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものを用いる。

第 3－3 図に入力地震動算定の概念図を，第 3－4 図に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には，解析コード「microSHAKE/3D Ver. 2.2.3.311」を使用する。

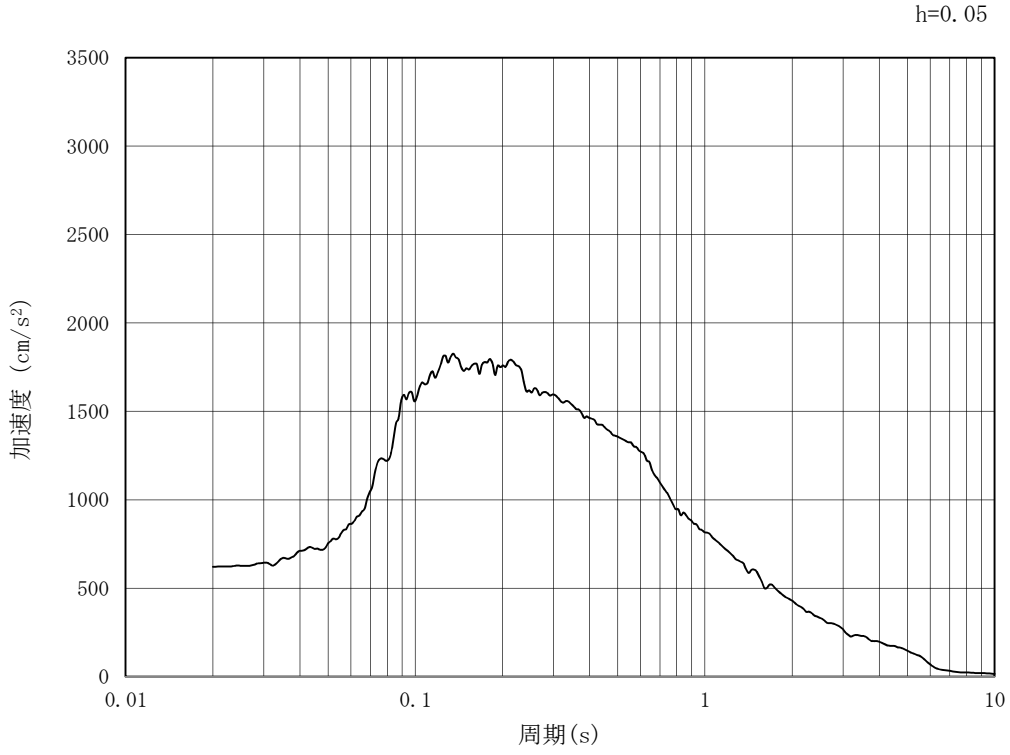
解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付資料「Ⅴ-5-20 計算機プログラム（解析コード）の概要・ｍｉｃｒｏＳＨＡＫＥ／３Ｄ」に示す。



第 3－3 図　入力地震動算定の概念図

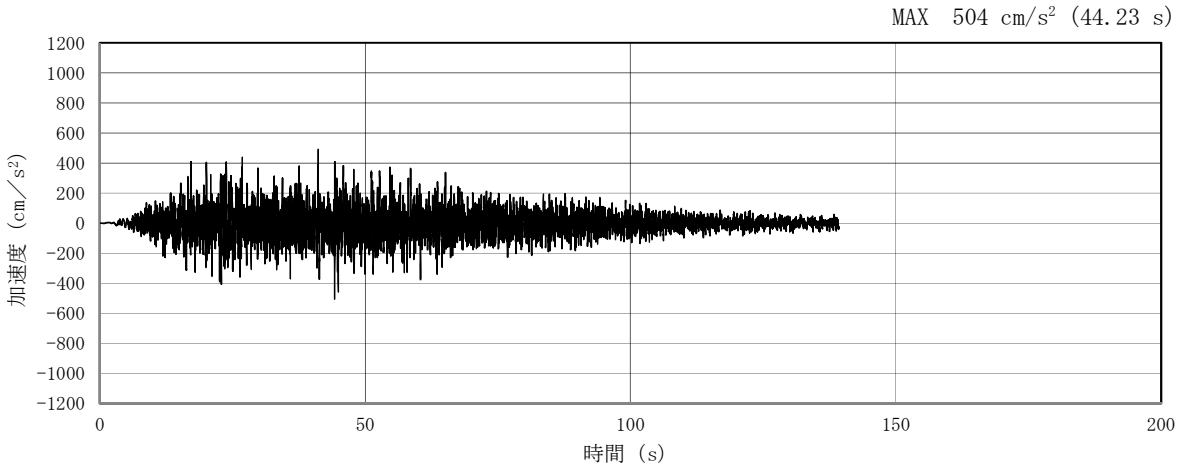


(a) 加速度時刻歴波形

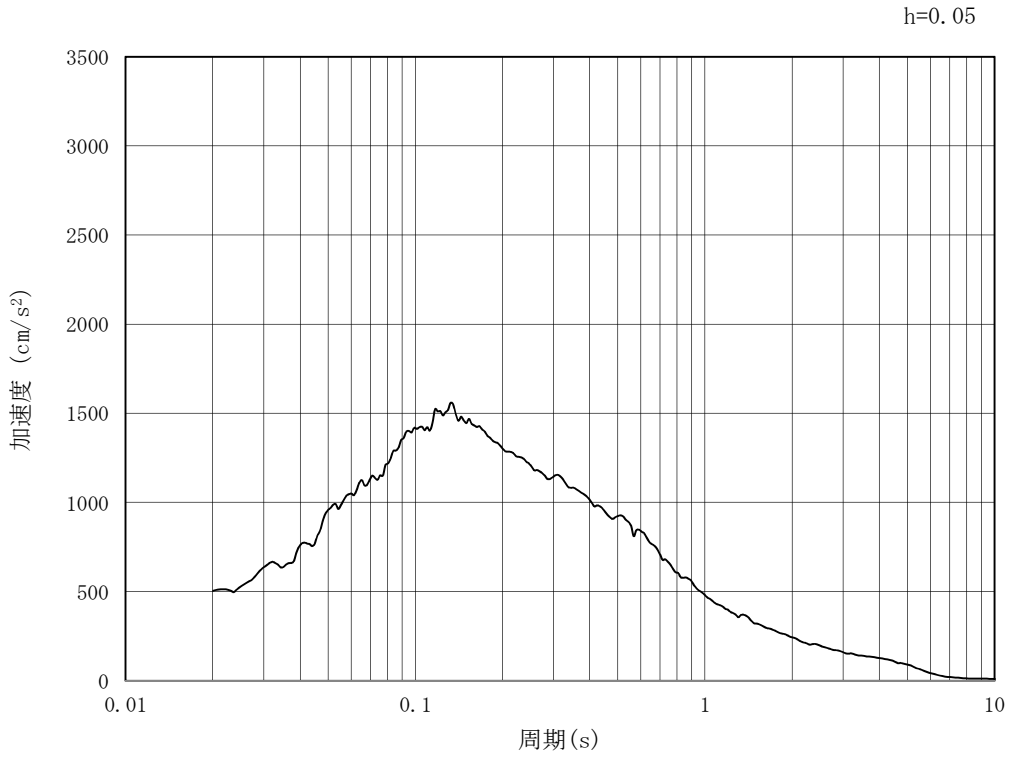


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (1)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－Ｄ１）

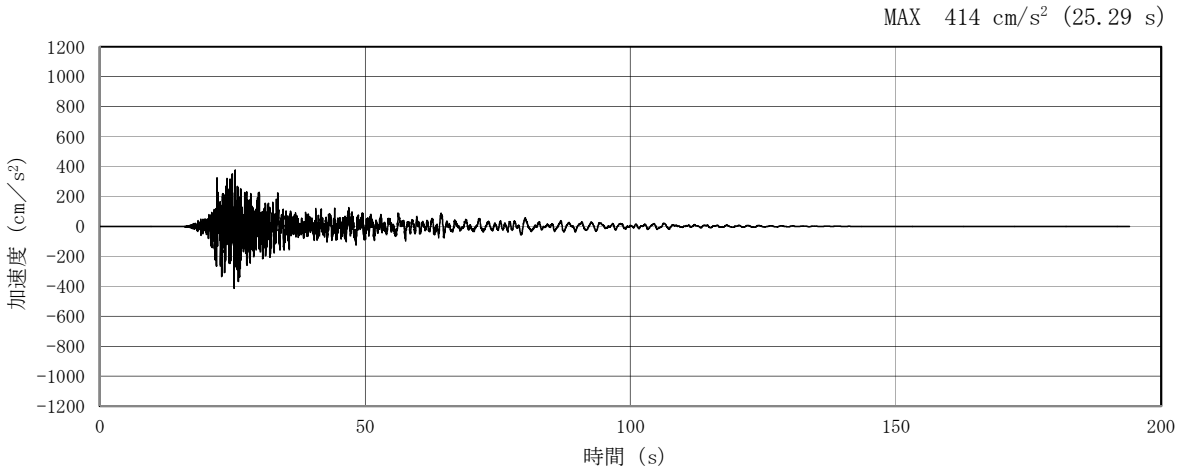


(a) 加速度時刻歴波形

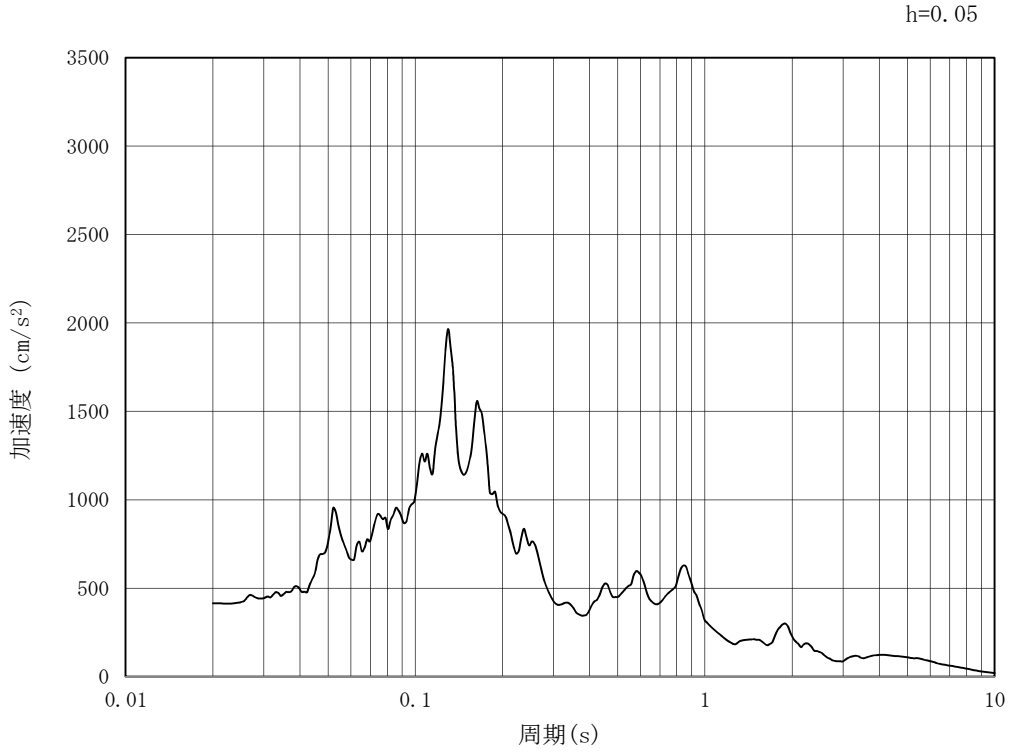


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (2)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－Ｄ１）

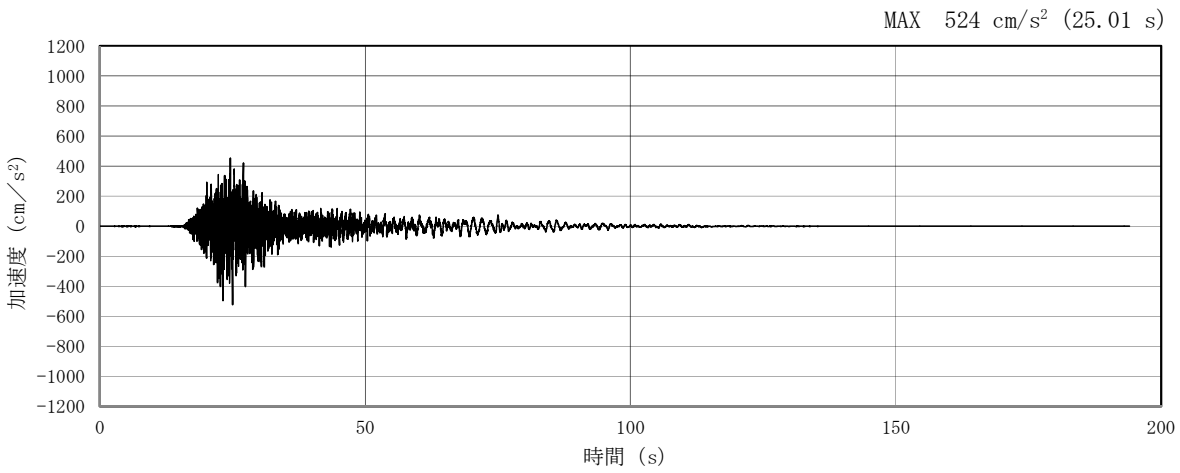


(a) 加速度時刻歴波形

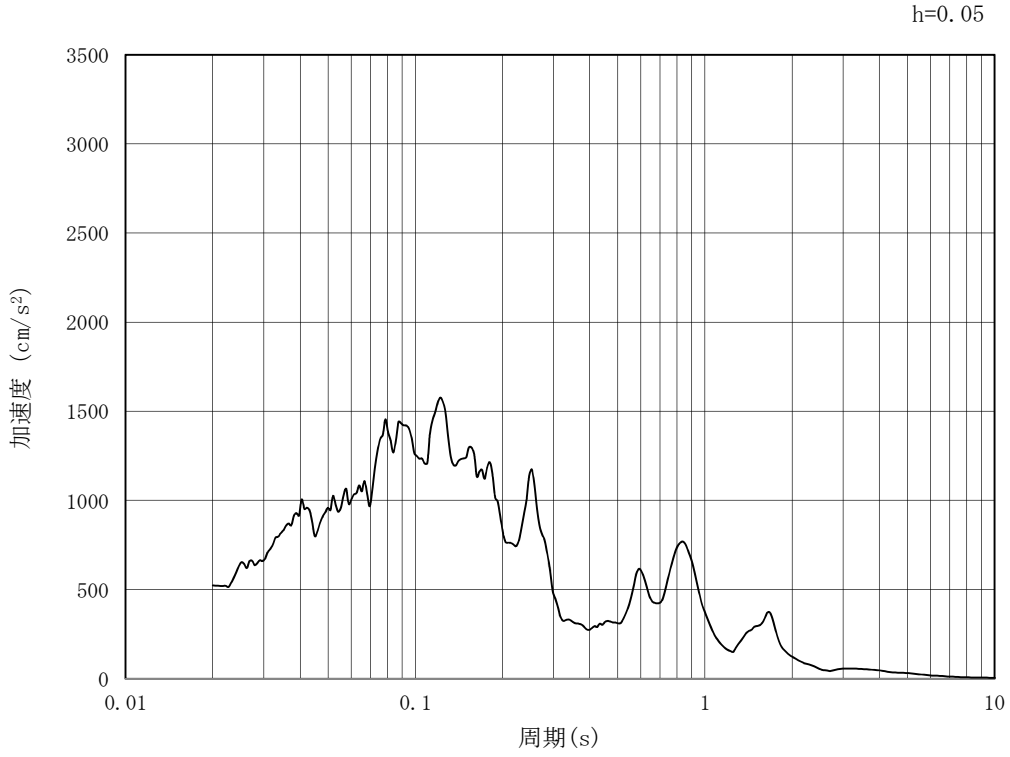


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (3)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１１）

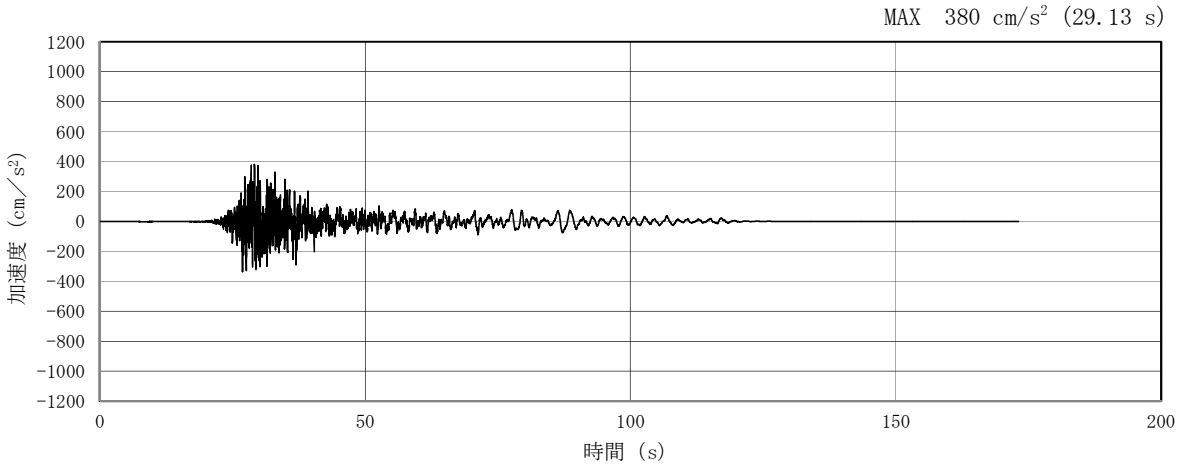


(a) 加速度時刻歴波形

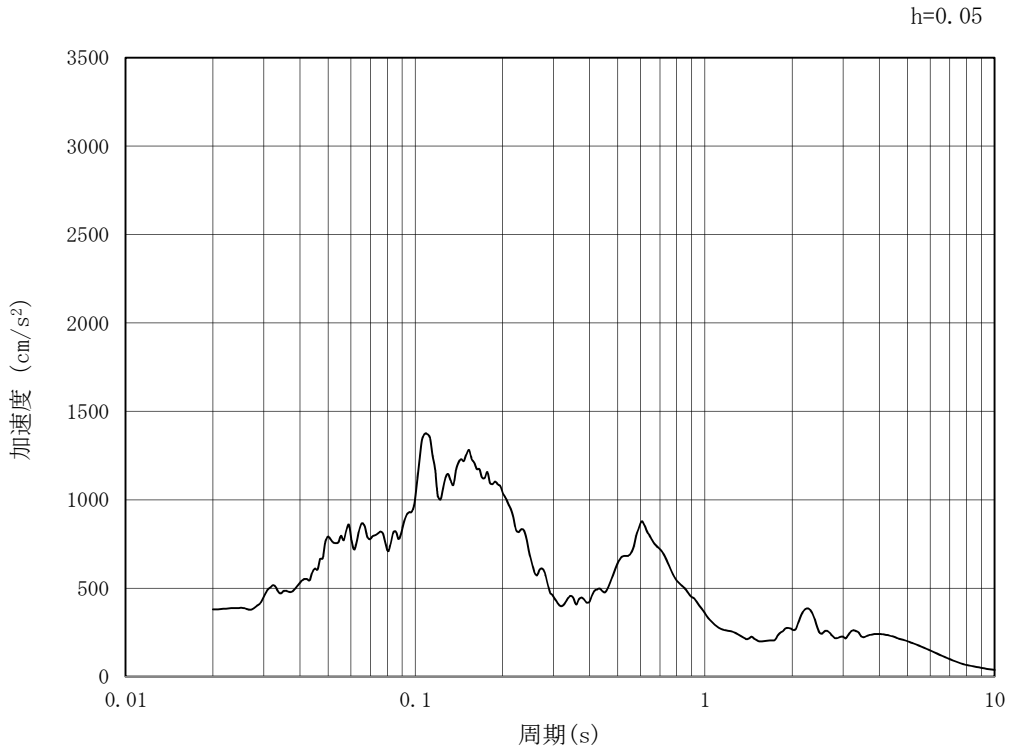


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (4)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１１）

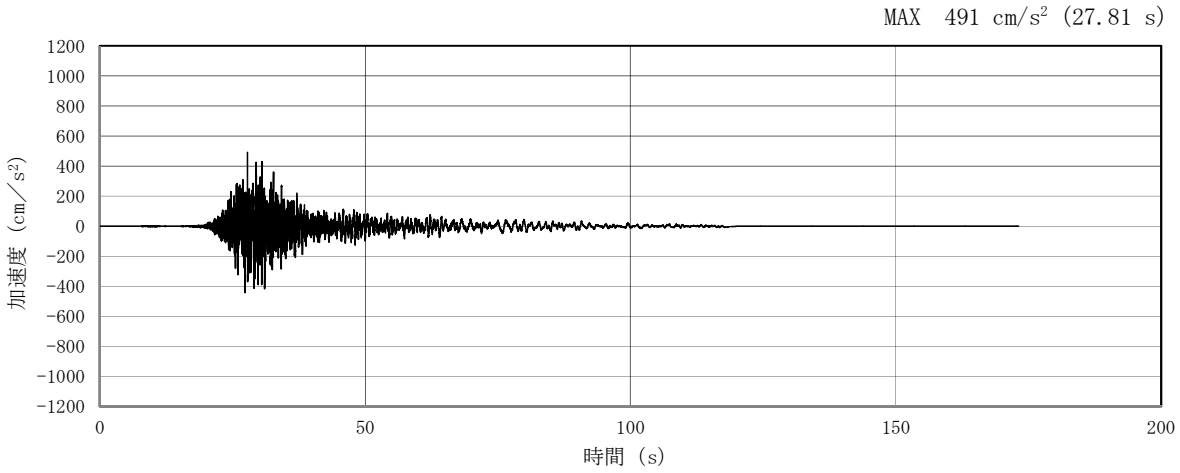


(a) 加速度時刻歴波形

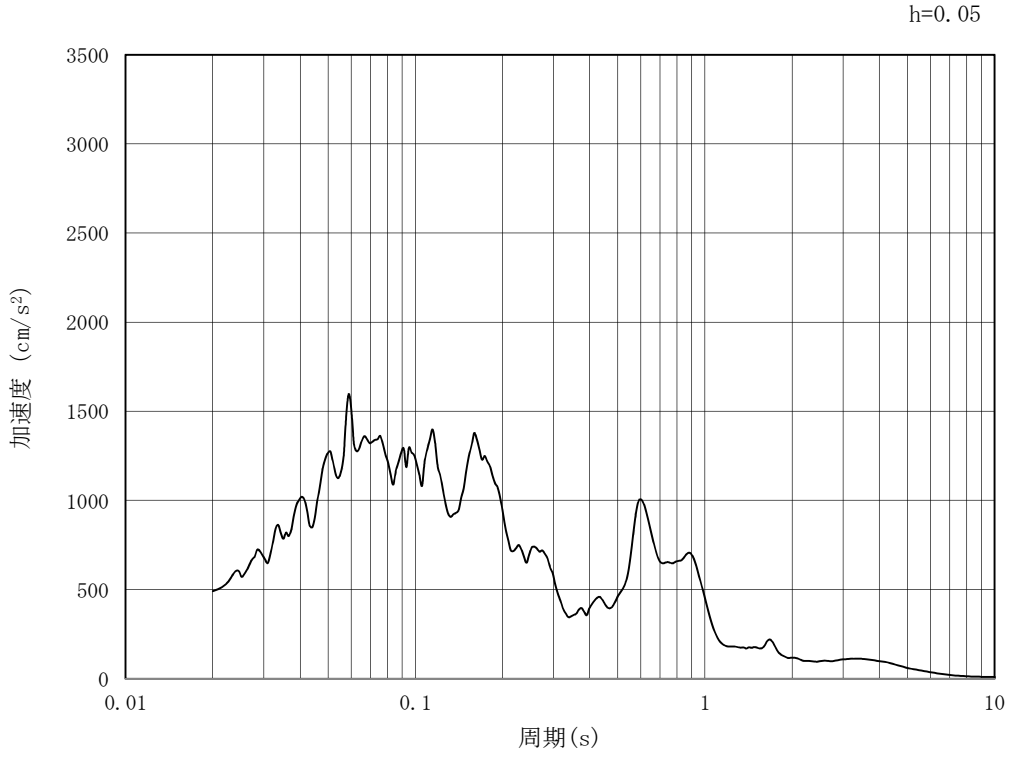


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (5)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１２）

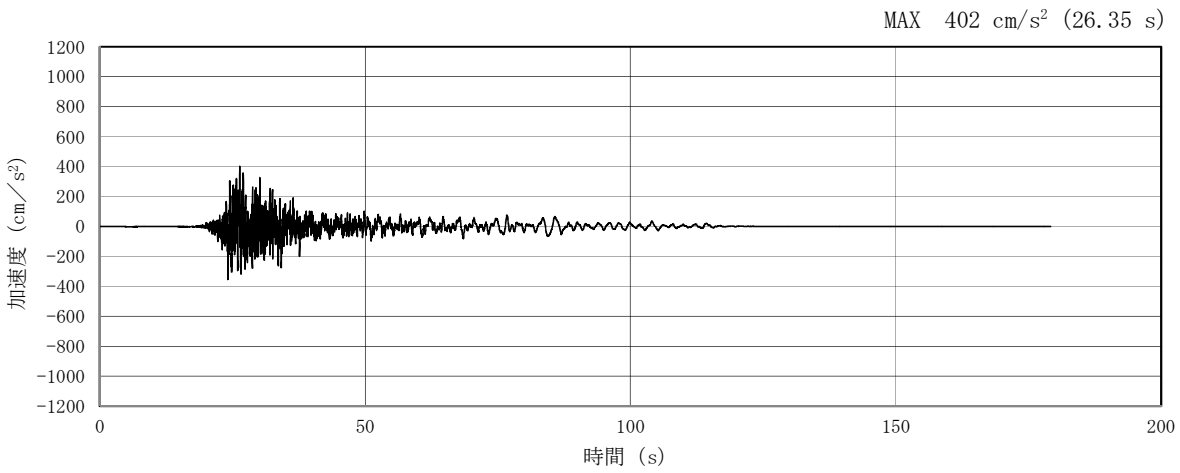


(a) 加速度時刻歴波形

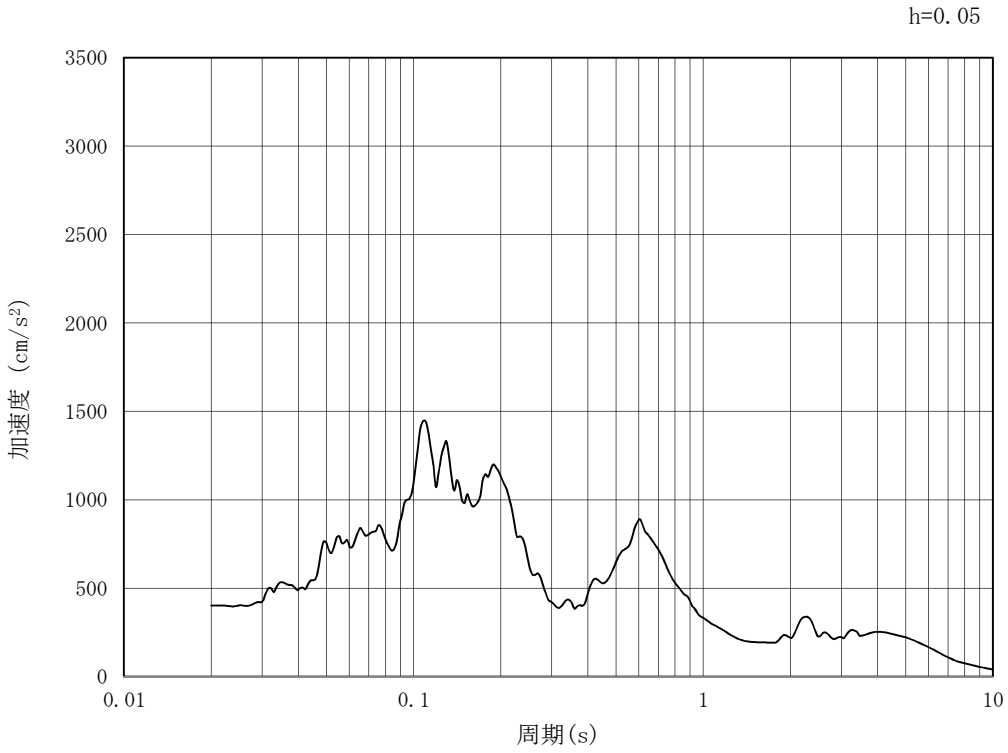


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (6)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１２）

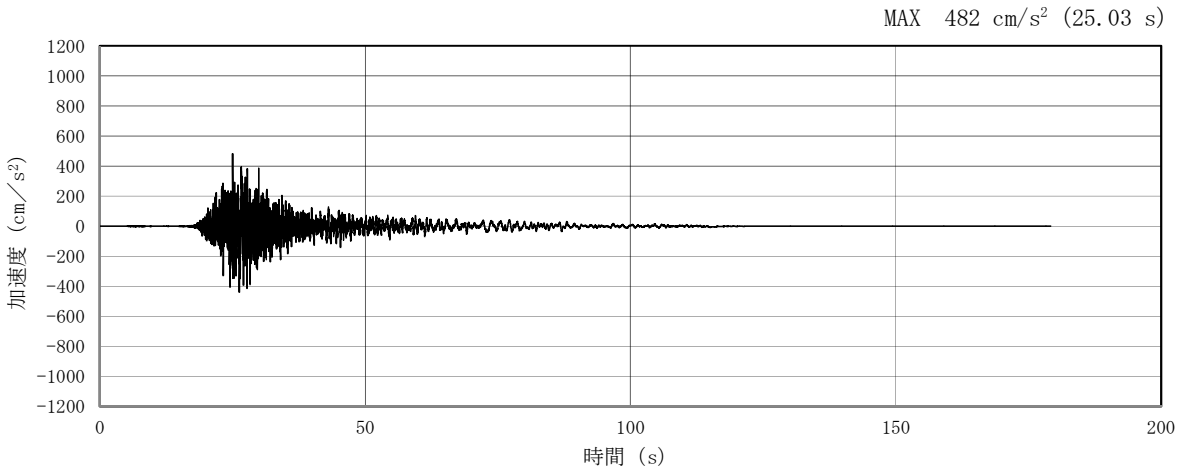


(a) 加速度時刻歴波形

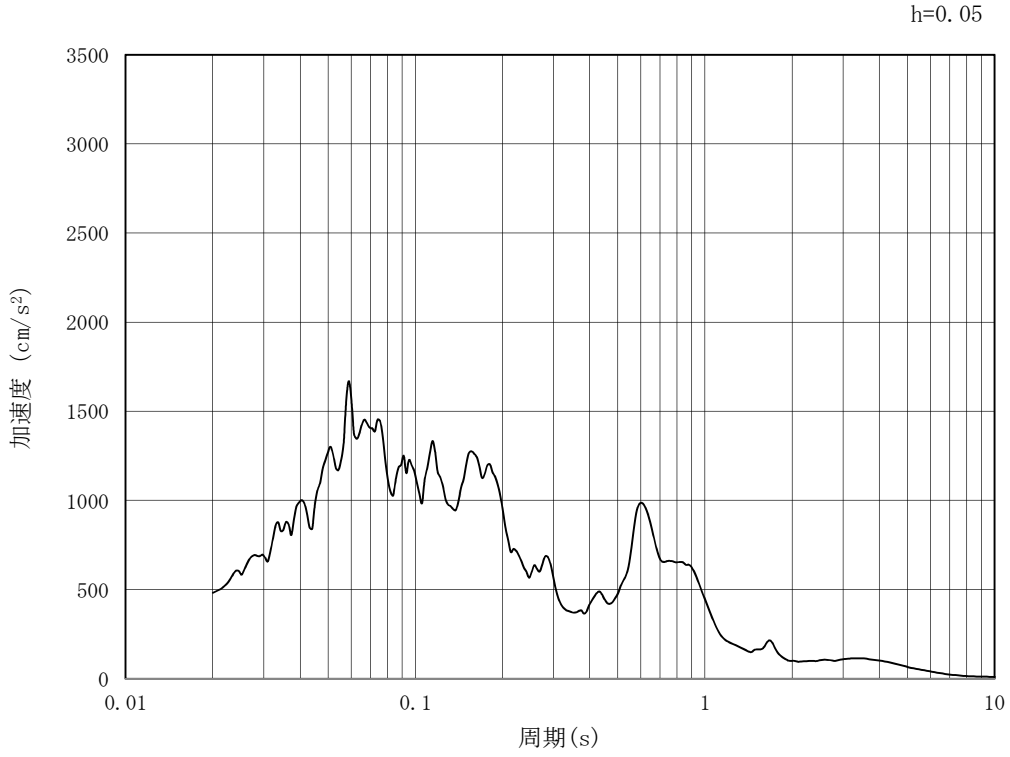


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (7)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１３）

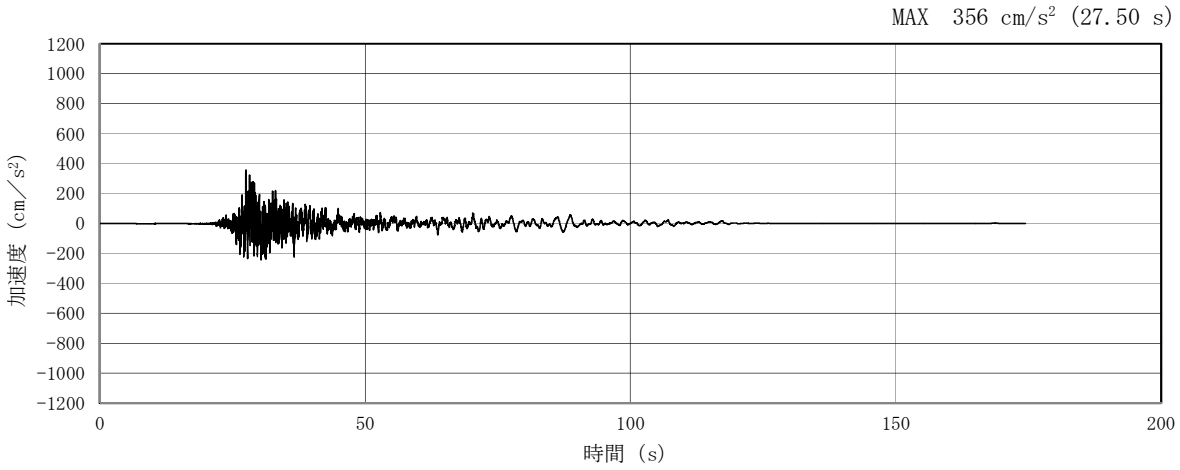


(a) 加速度時刻歴波形

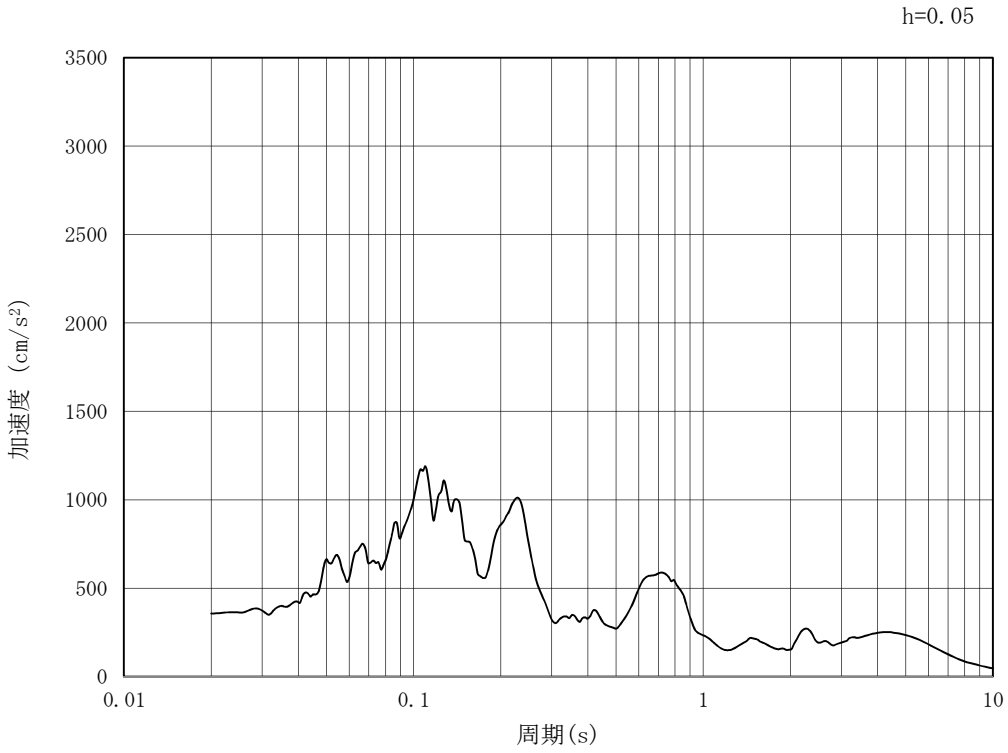


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (8)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１３）

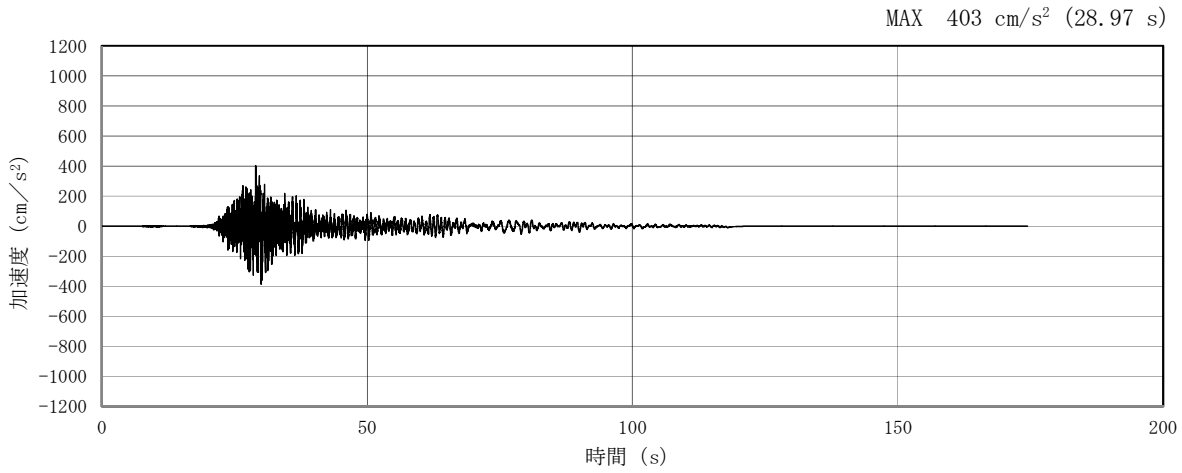


(a) 加速度時刻歴波形

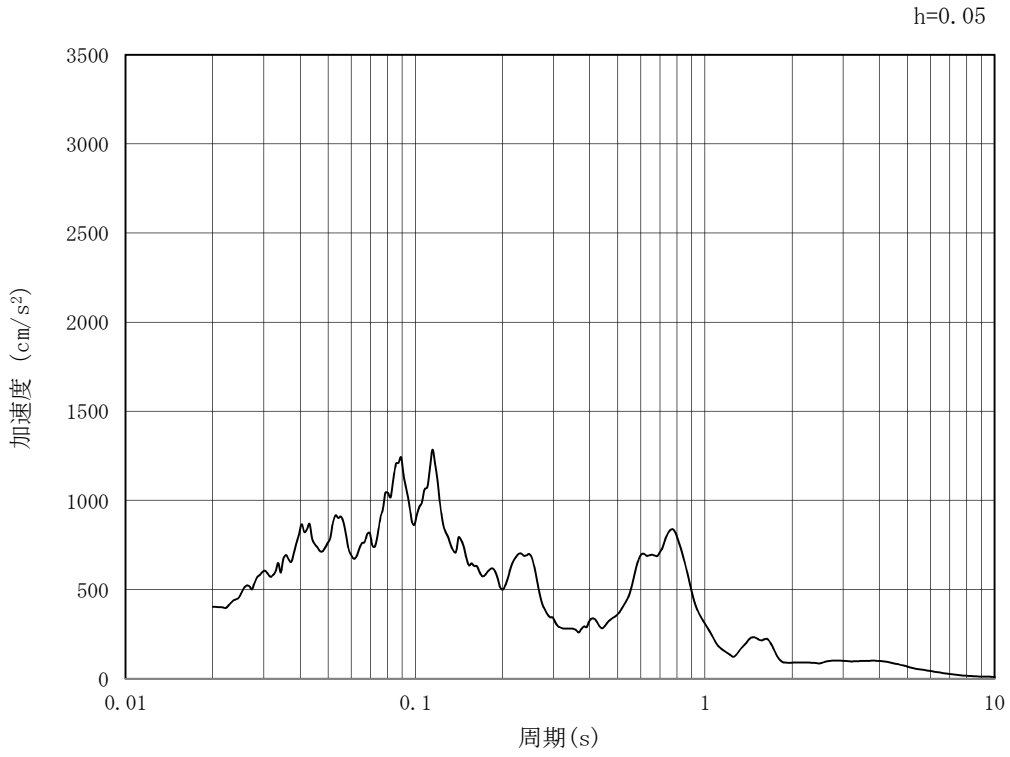


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (9)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１４）

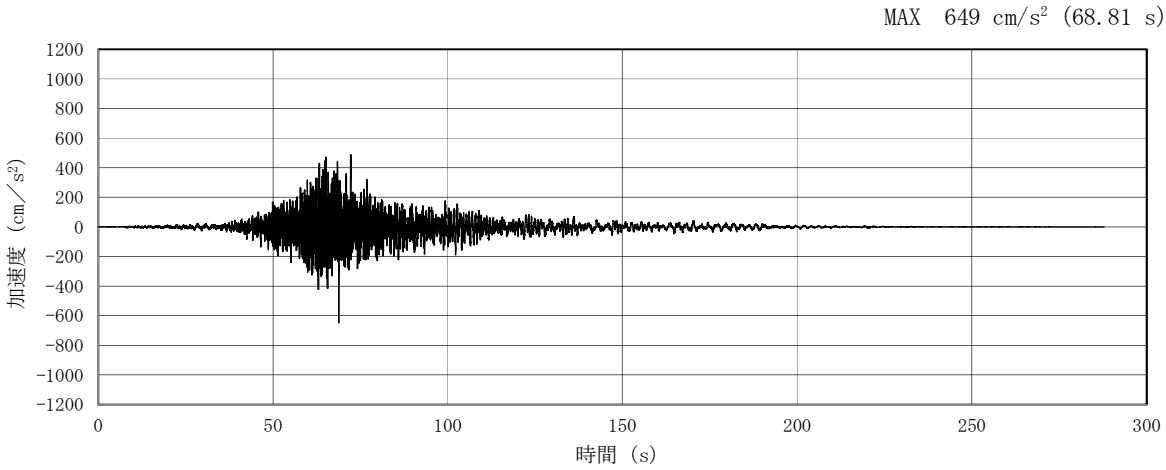


(a) 加速度時刻歴波形

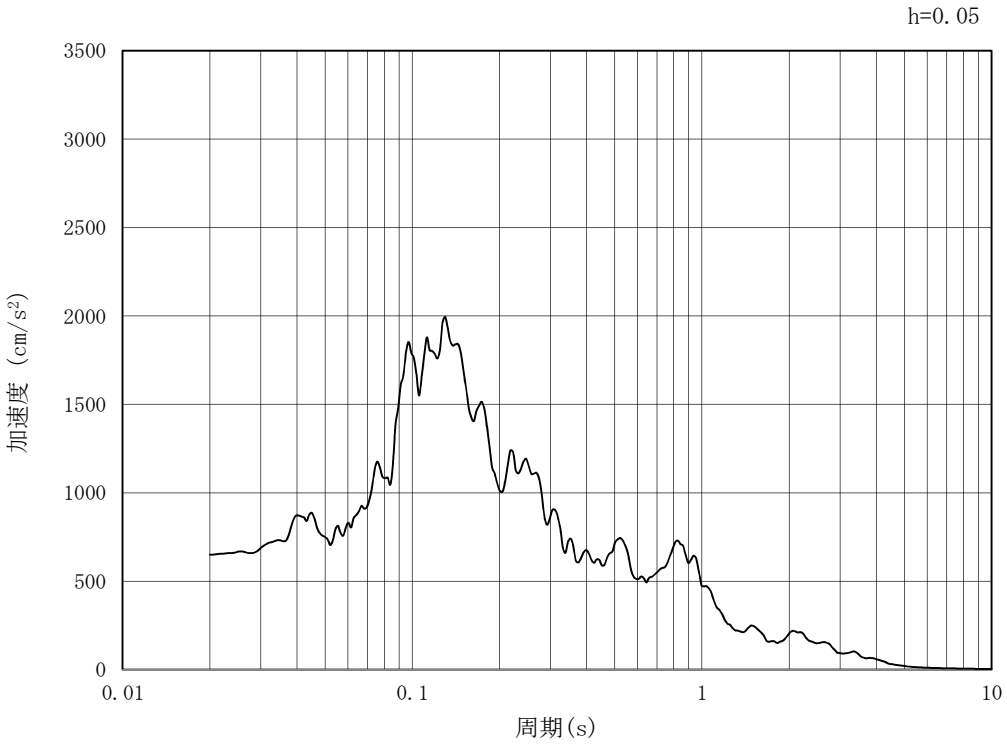


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (10)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１４）

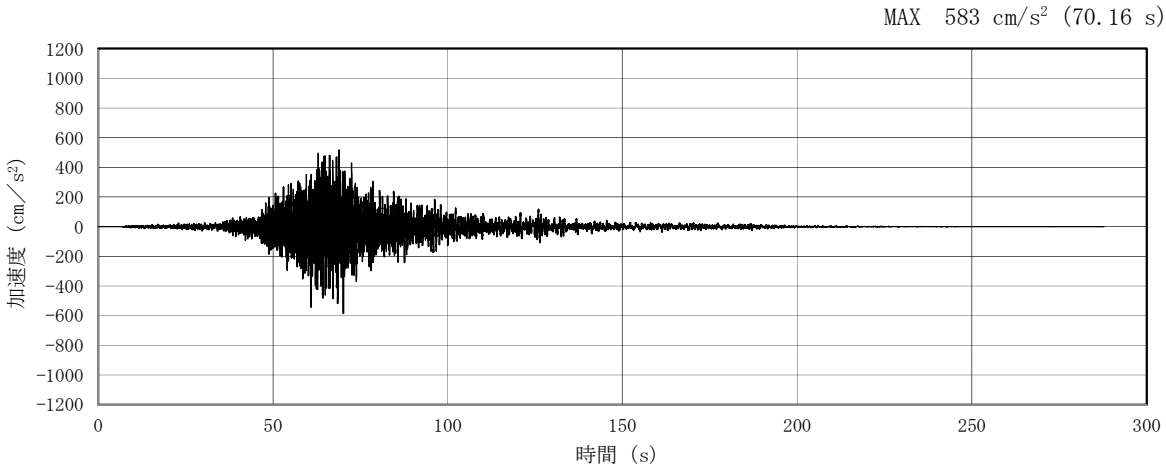


(a) 加速度時刻歴波形

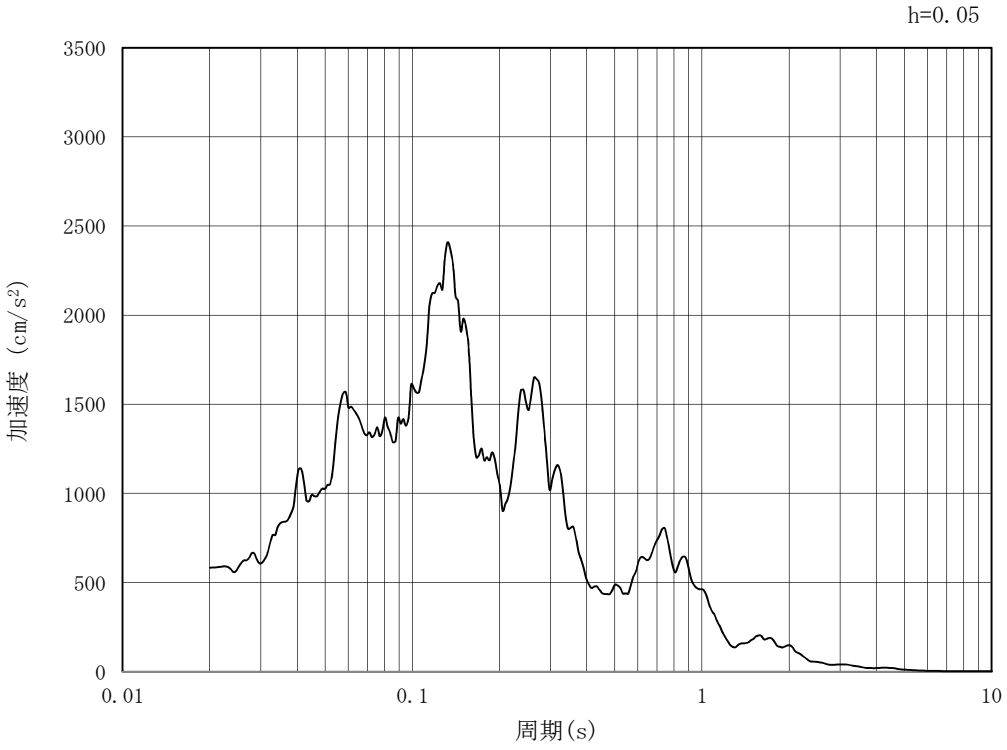


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図（11） 東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－２１）

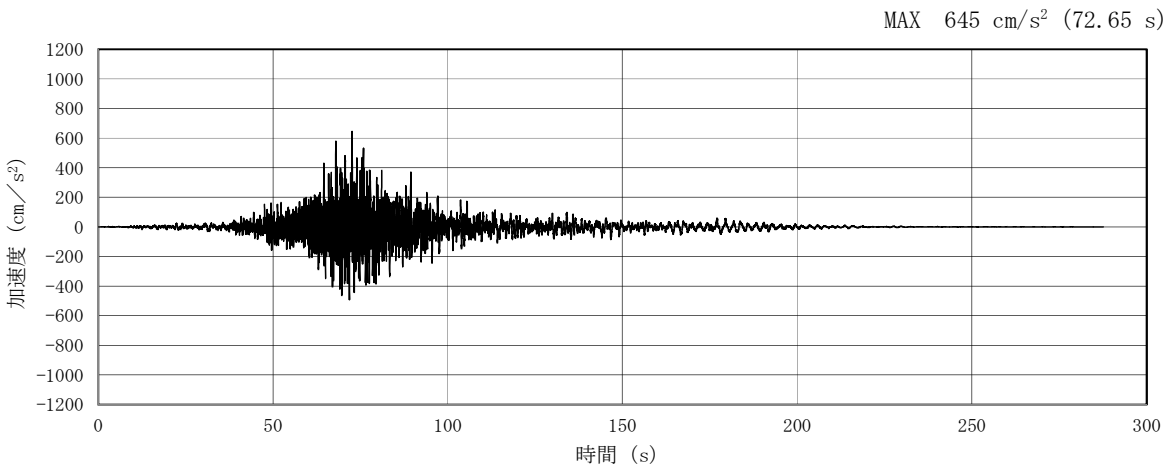


(a) 加速度時刻歴波形

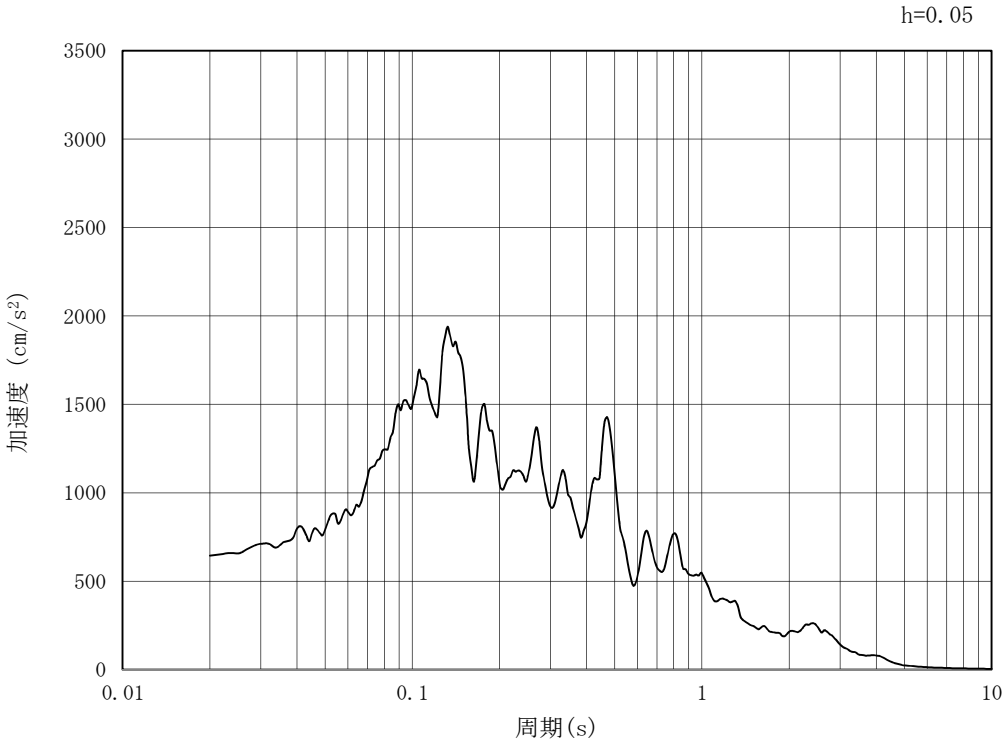


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (12)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－２１）

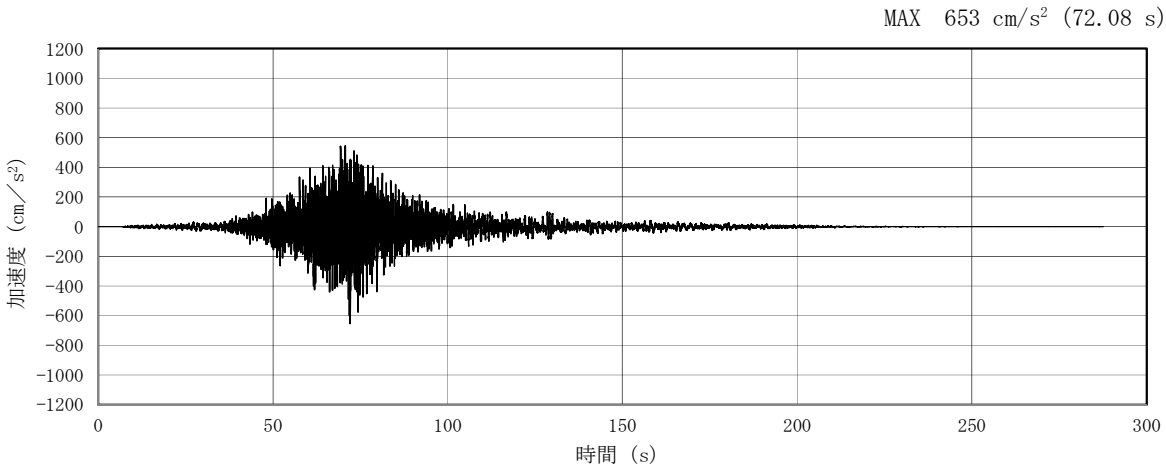


(a) 加速度時刻歴波形

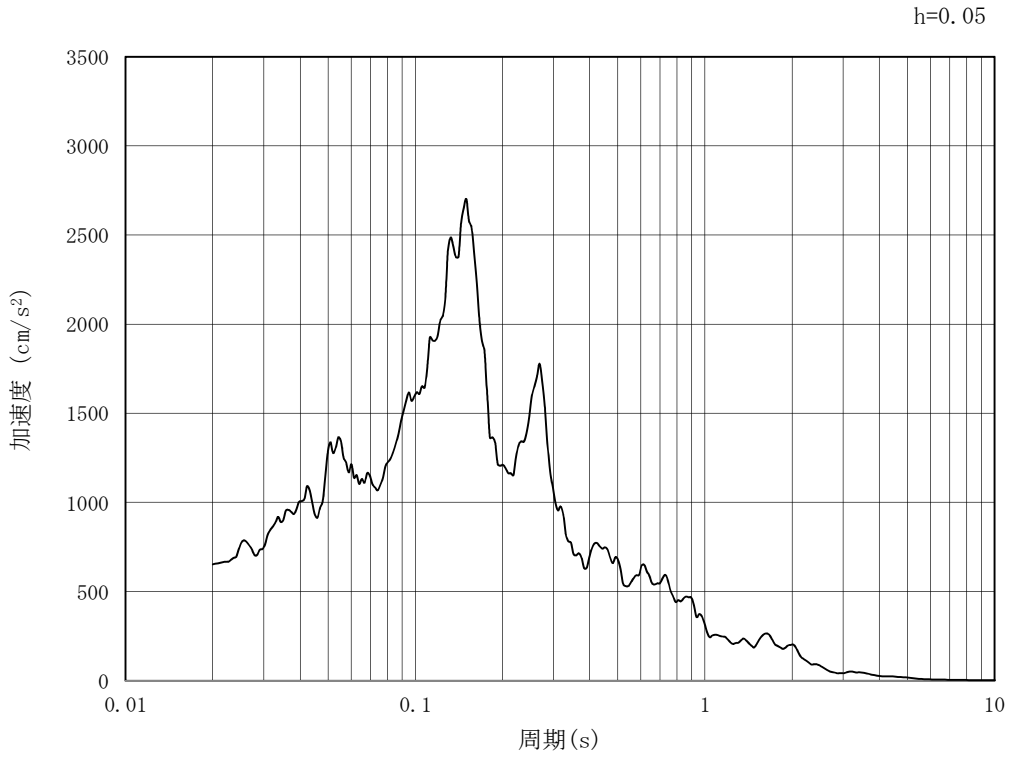


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (13)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－２２）

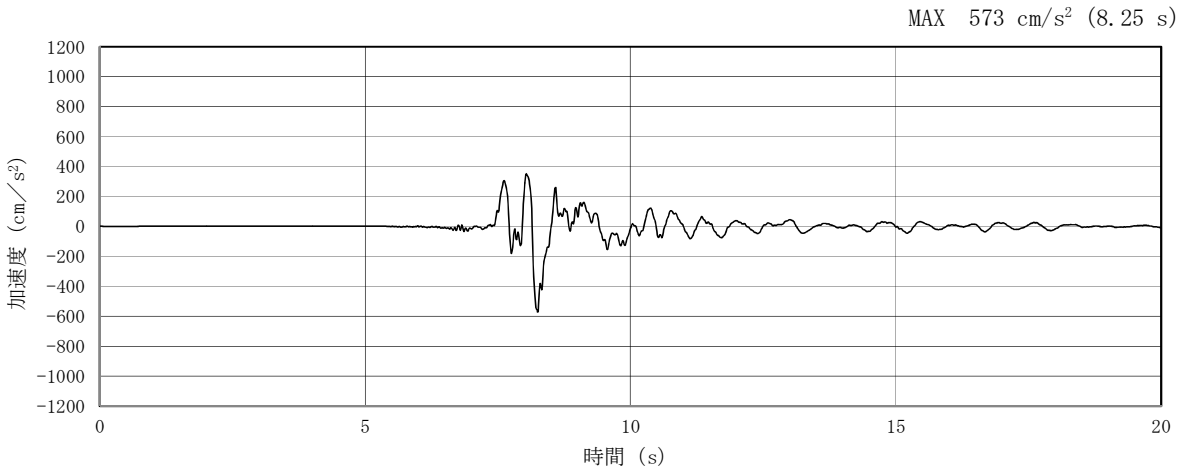


(a) 加速度時刻歴波形

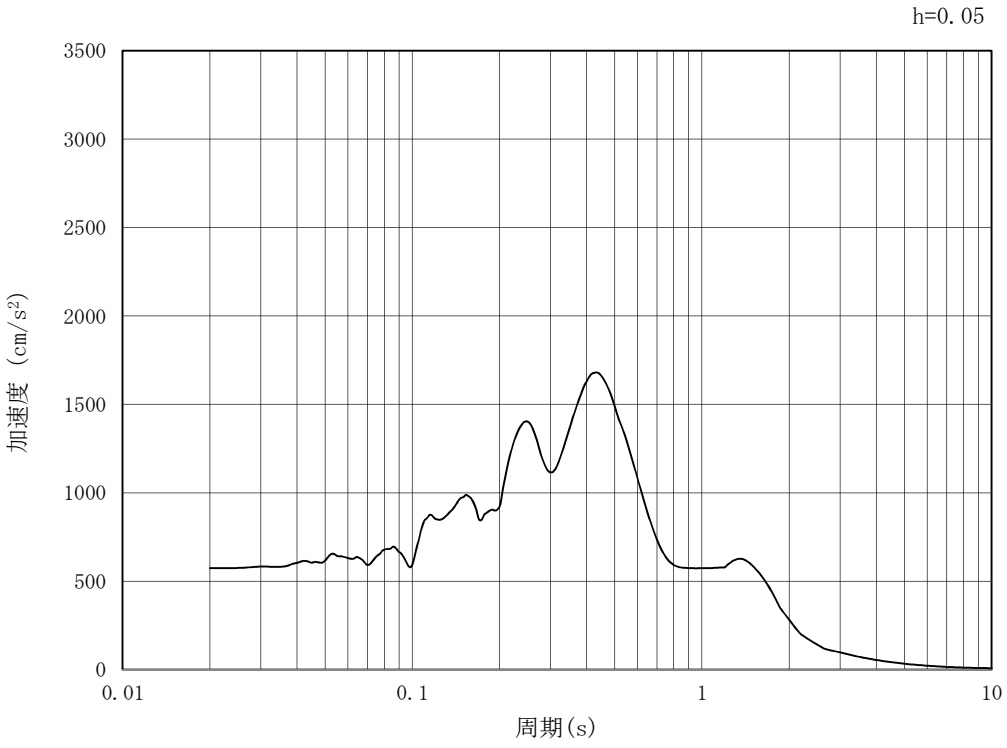


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (14)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－２２）

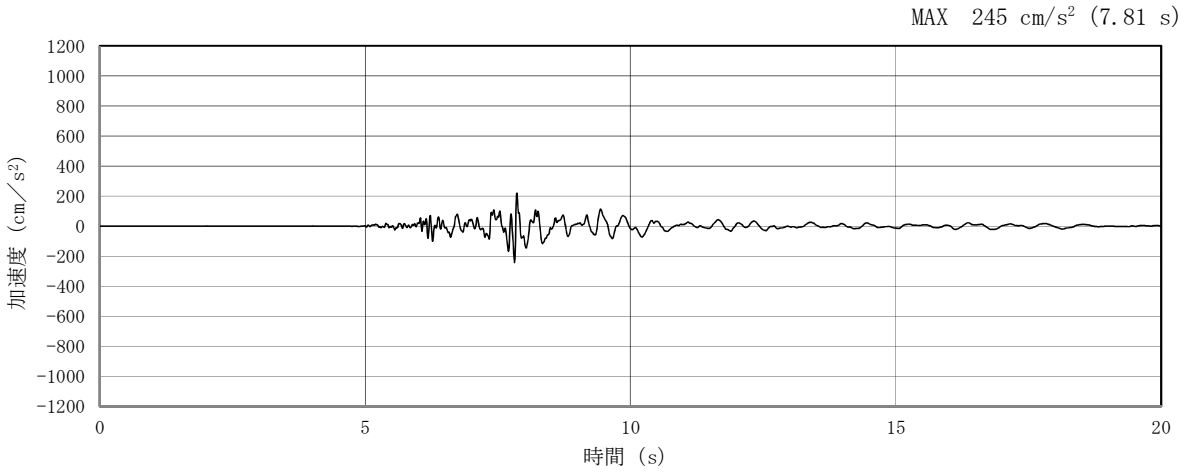


(a) 加速度時刻歴波形

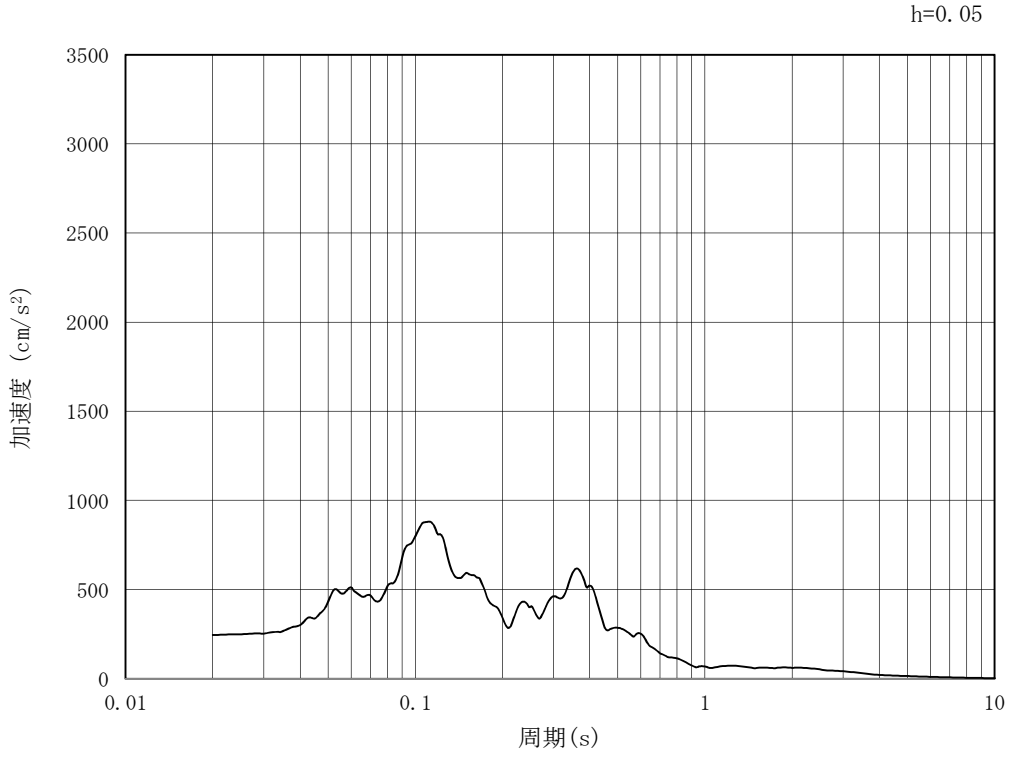


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (15)　東西方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－３１）

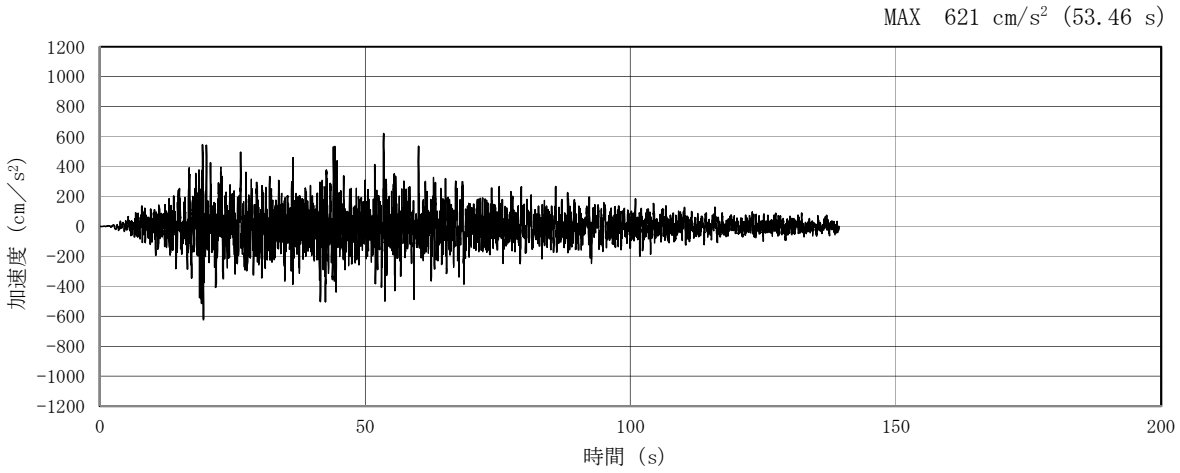


(a) 加速度時刻歴波形

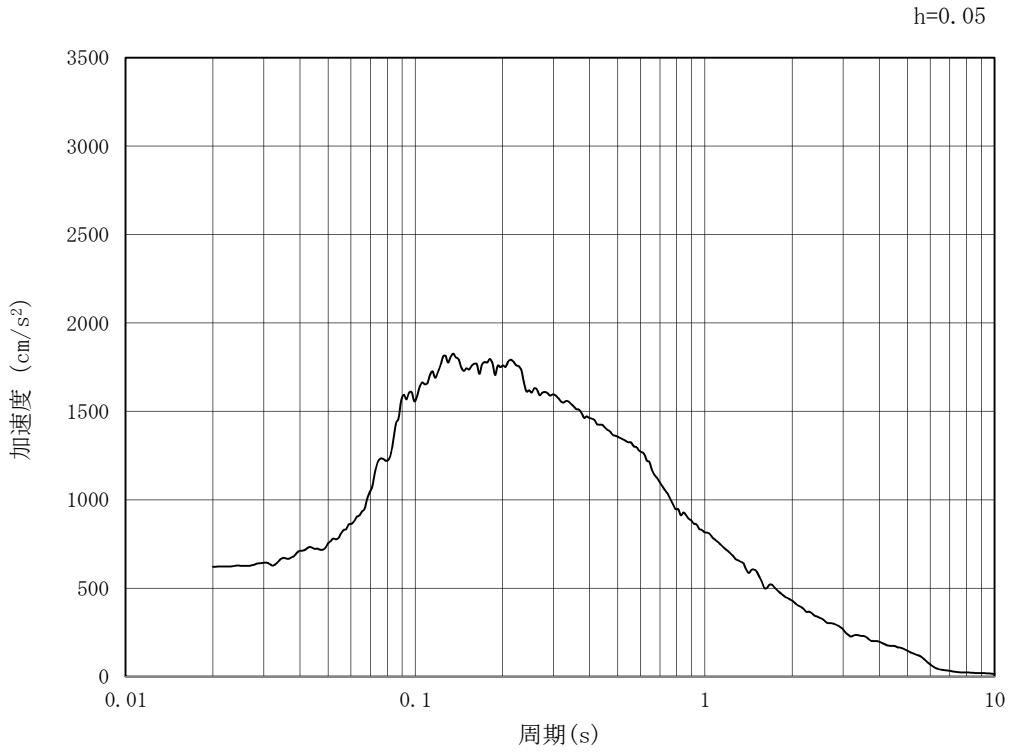


(b) 加速度応答スペクトル

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

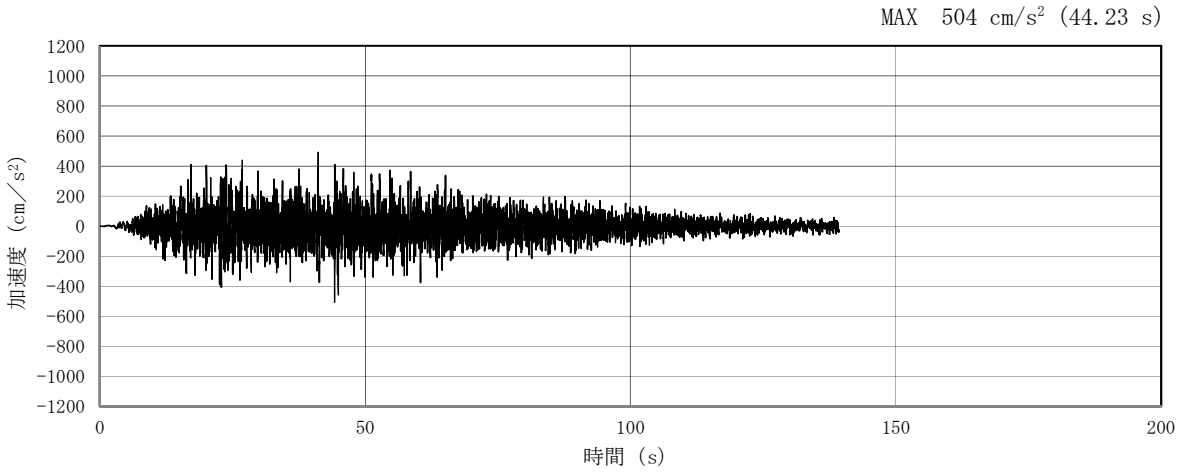


(a) 加速度時刻歴波形

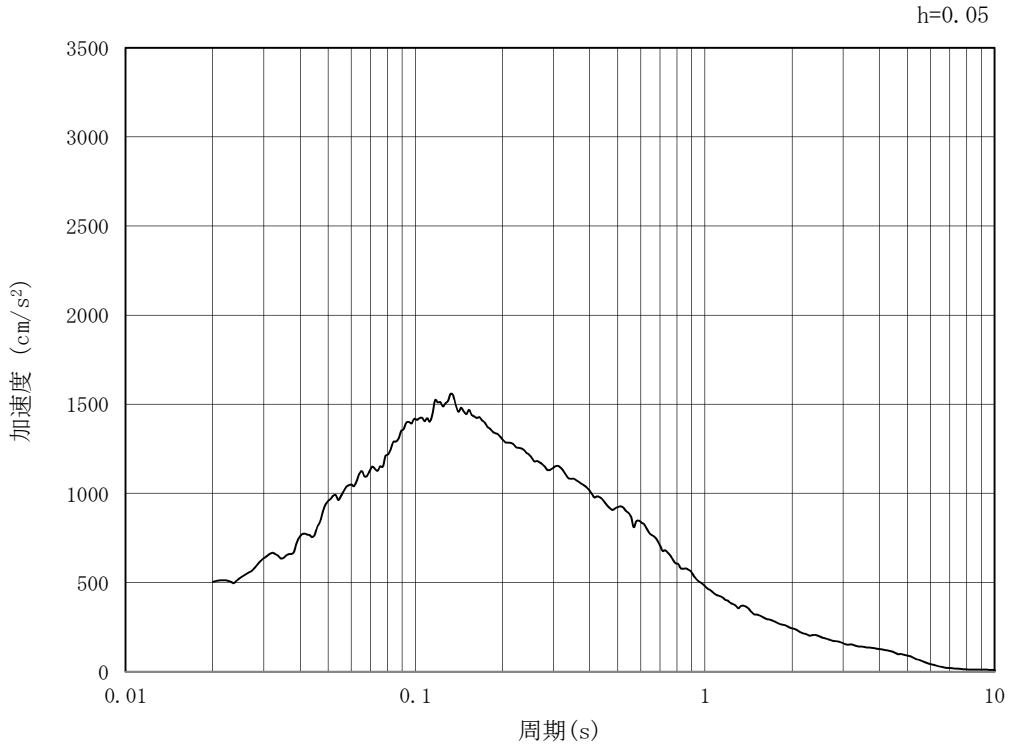


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図（17）　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－Ｄ１）

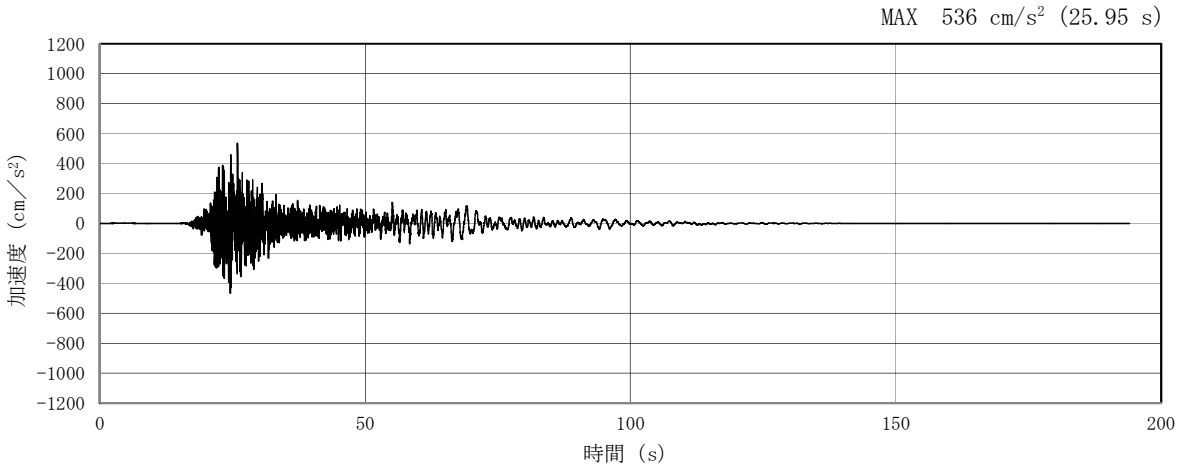


(a) 加速度時刻歴波形

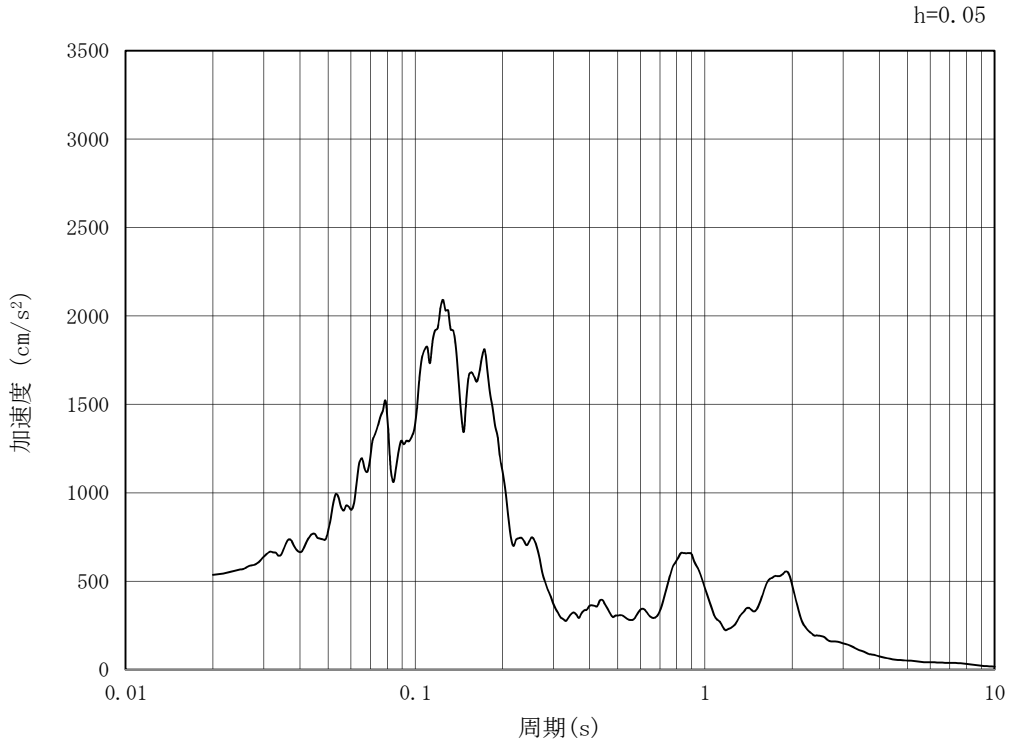


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図（18）　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－Ｄ１）

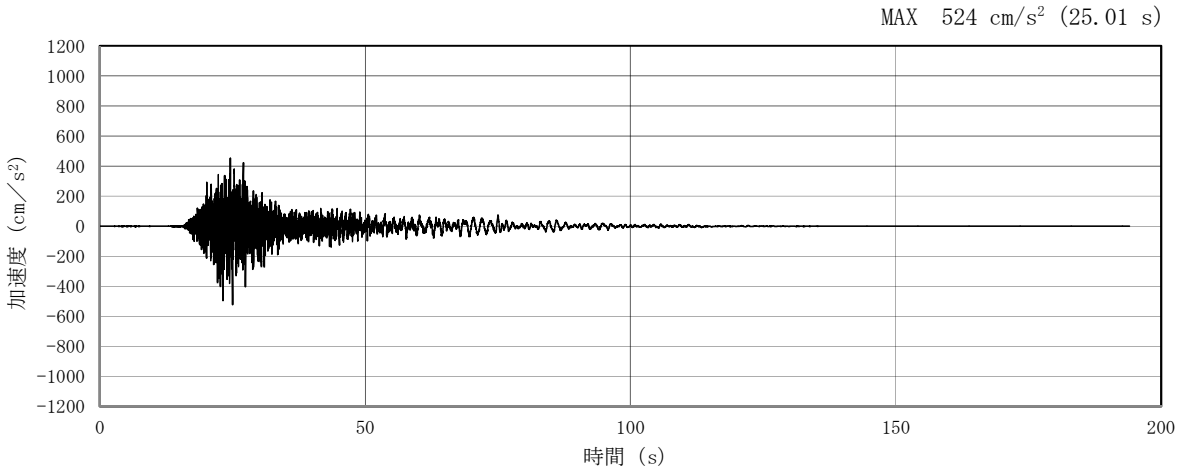


(a) 加速度時刻歴波形

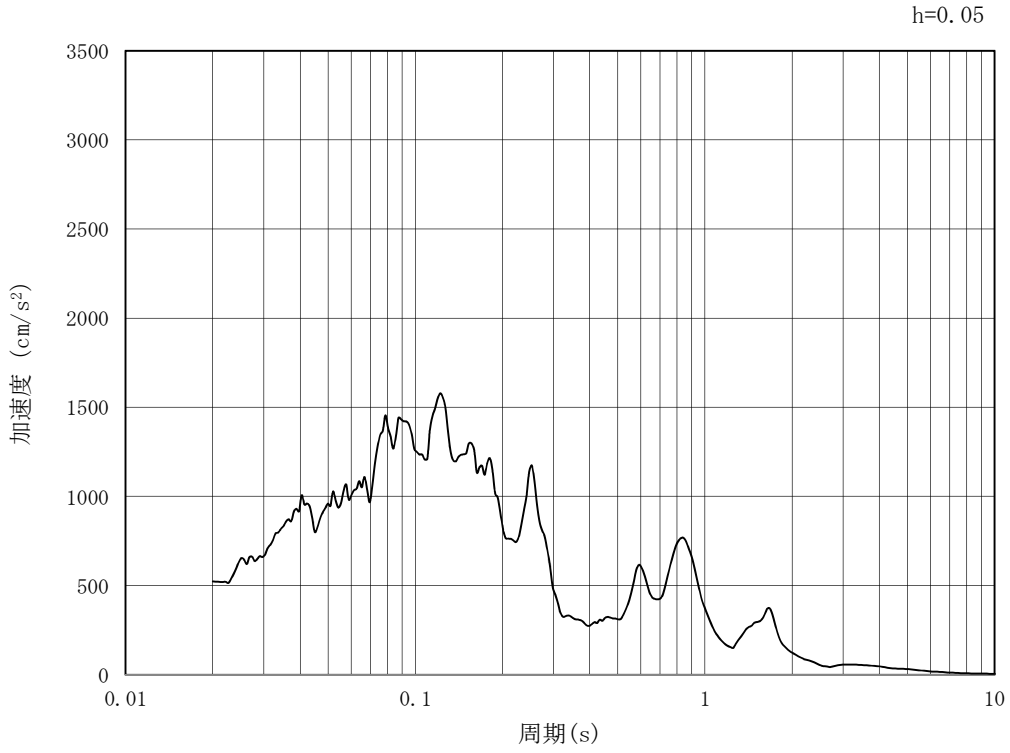


(b) 加速度応答スペクトル

第 3－4 図 (19)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１１）

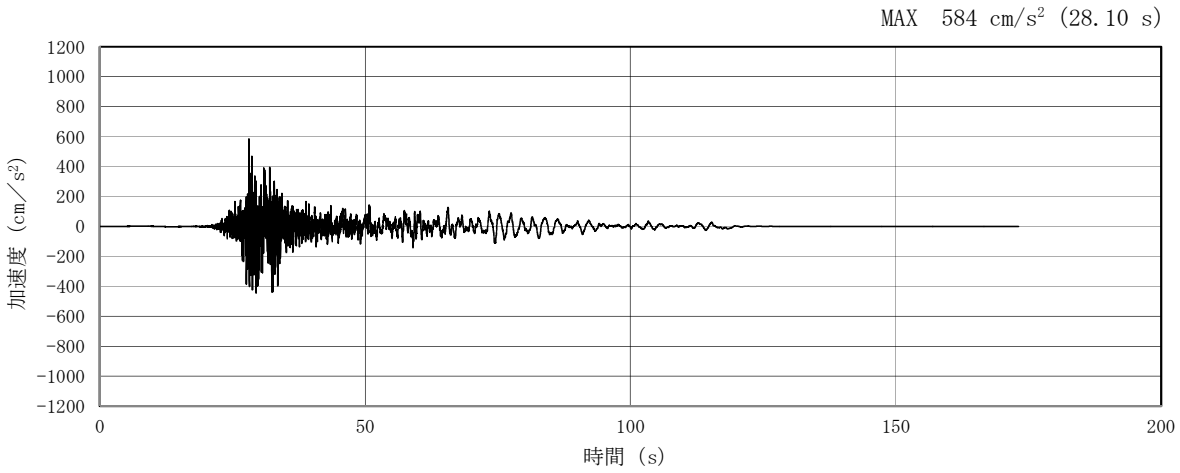


(a) 加速度時刻歴波形

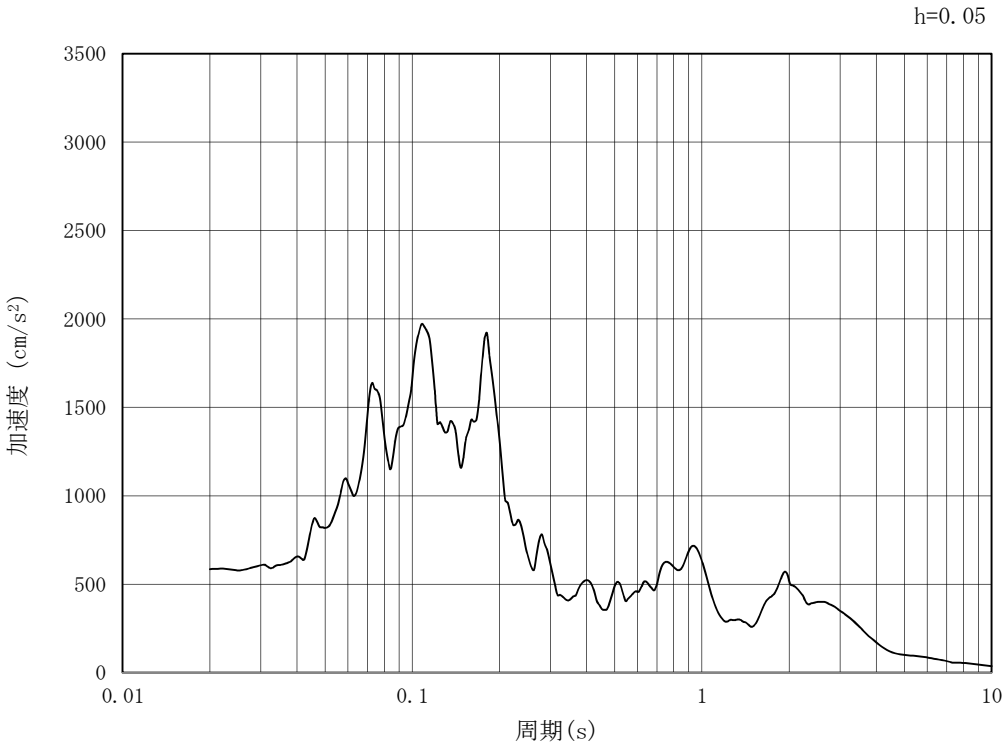


(b) 加速度応答スペクトル

第 3－4 図 (20)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１１）

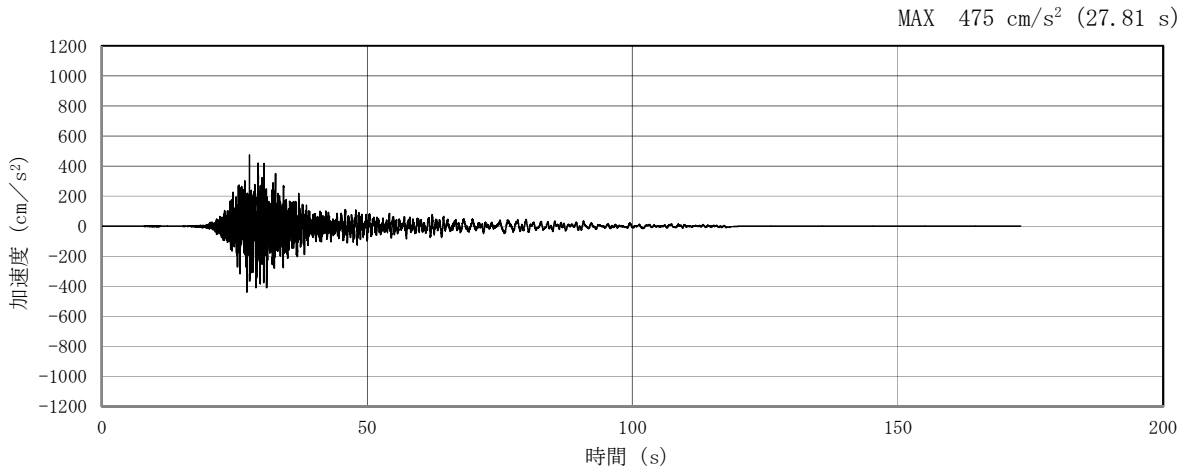


(a) 加速度時刻歴波形

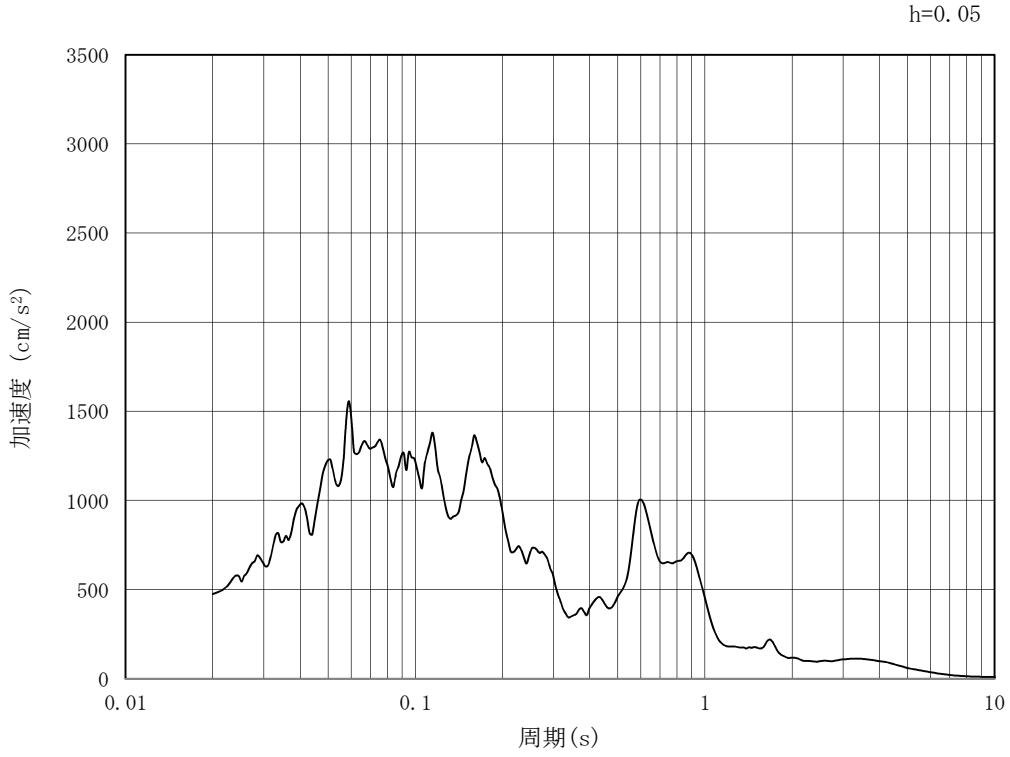


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (21)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１２）

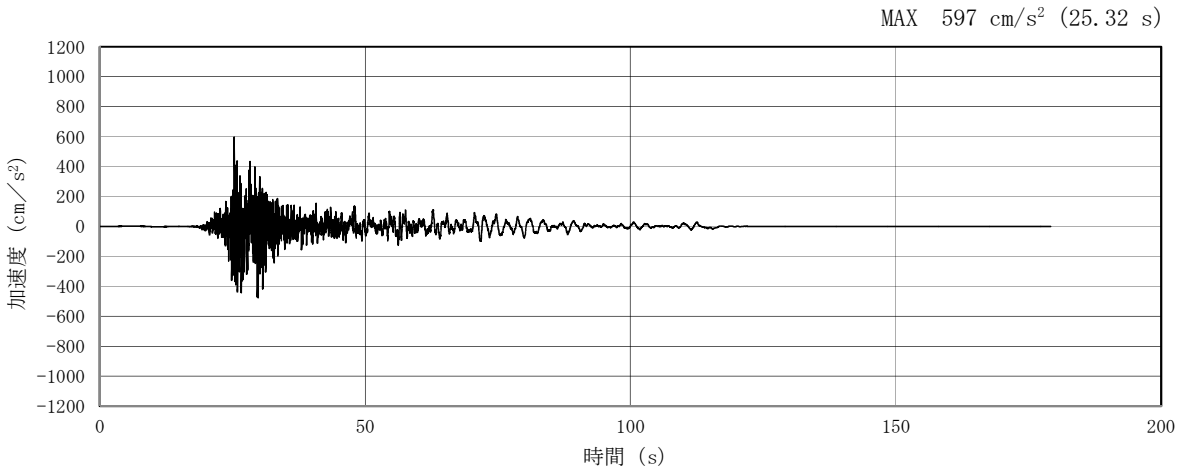


(a) 加速度時刻歴波形

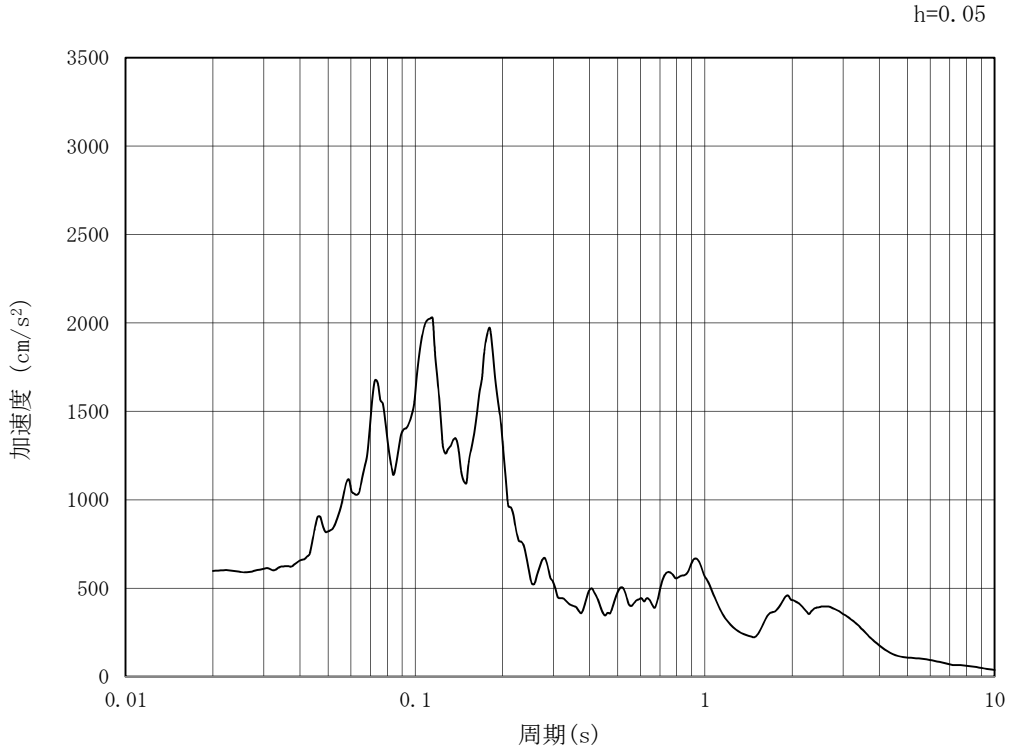


(b) 加速度応答スペクトル

第 3－4 図 (22)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１２）

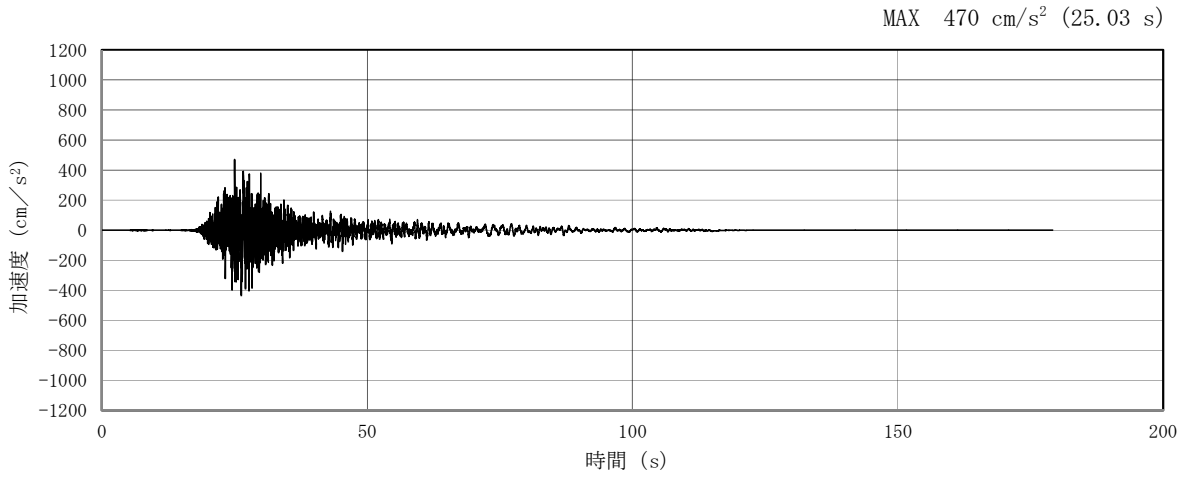


(a) 加速度時刻歴波形

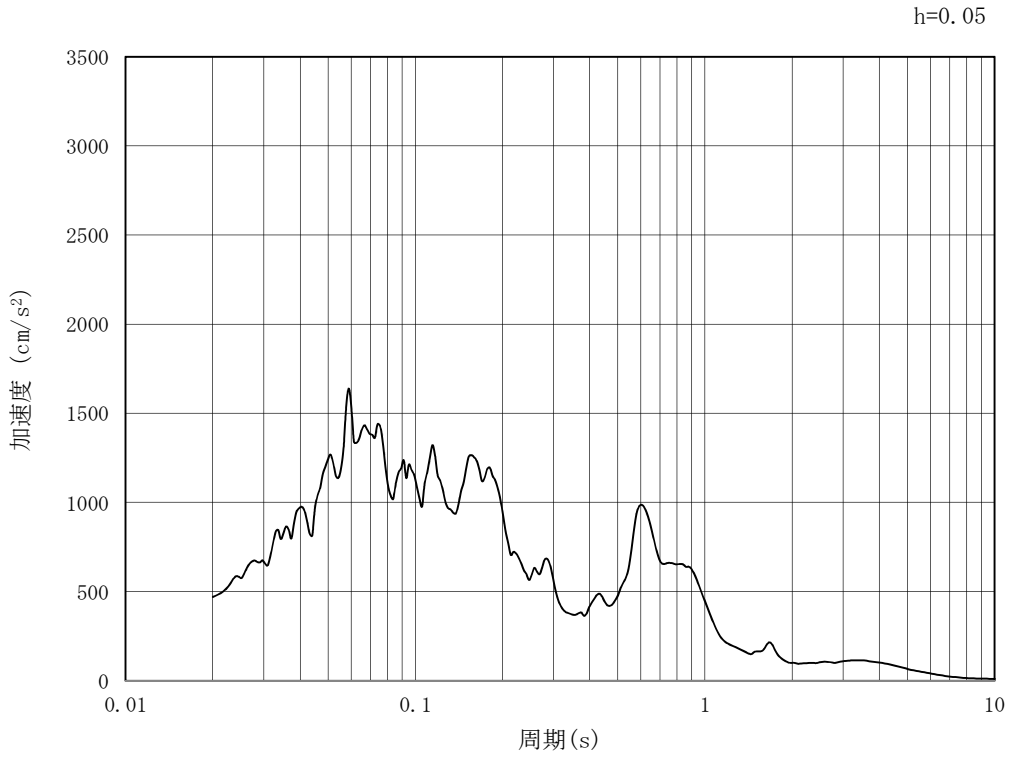


(b) 加速度応答スペクトル

第 3－4 図 (23)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１３）

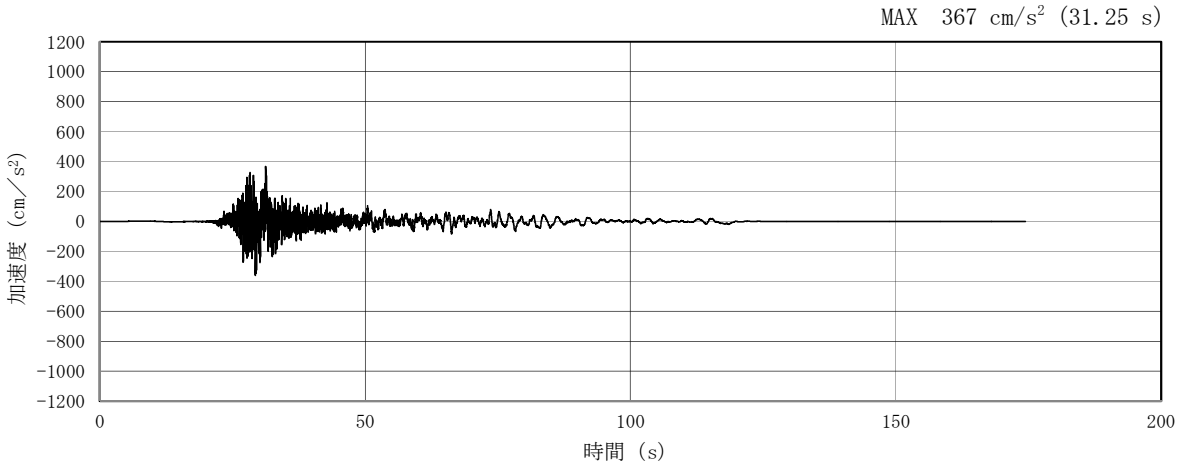


(a) 加速度時刻歴波形

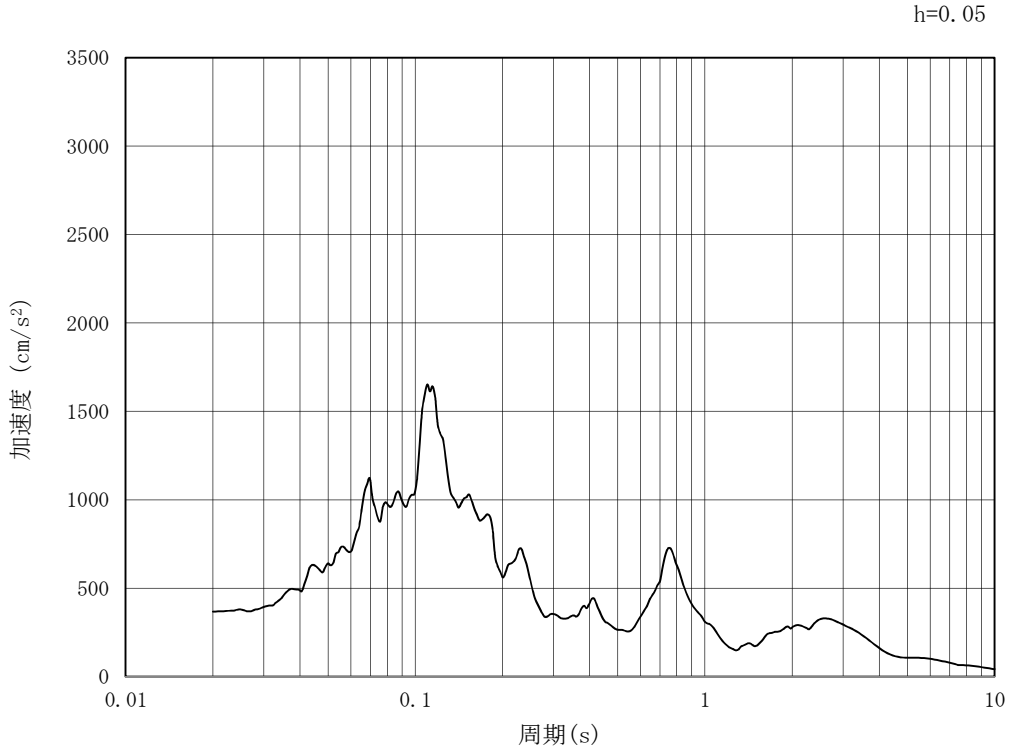


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (24)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１３）

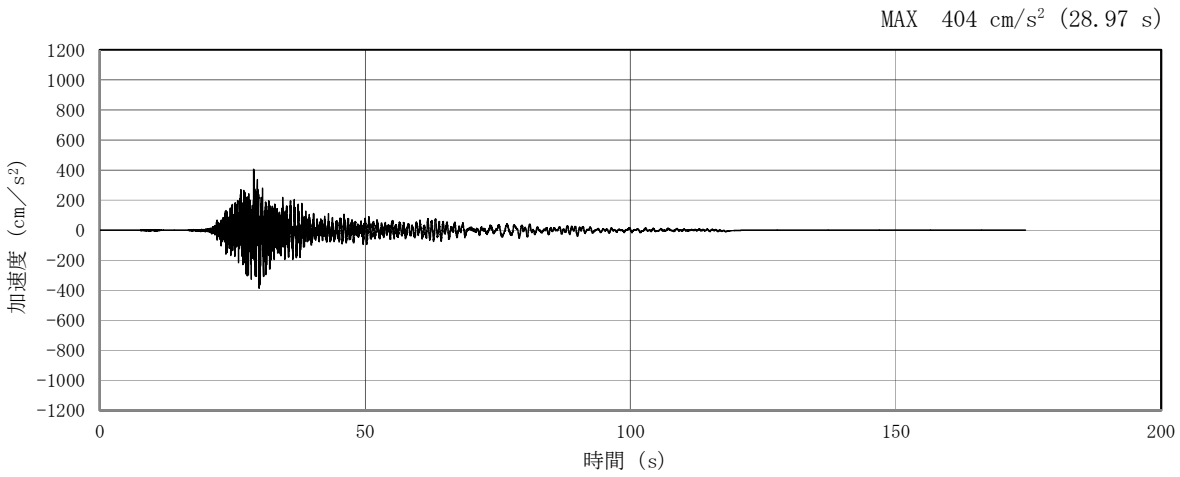


(a) 加速度時刻歴波形

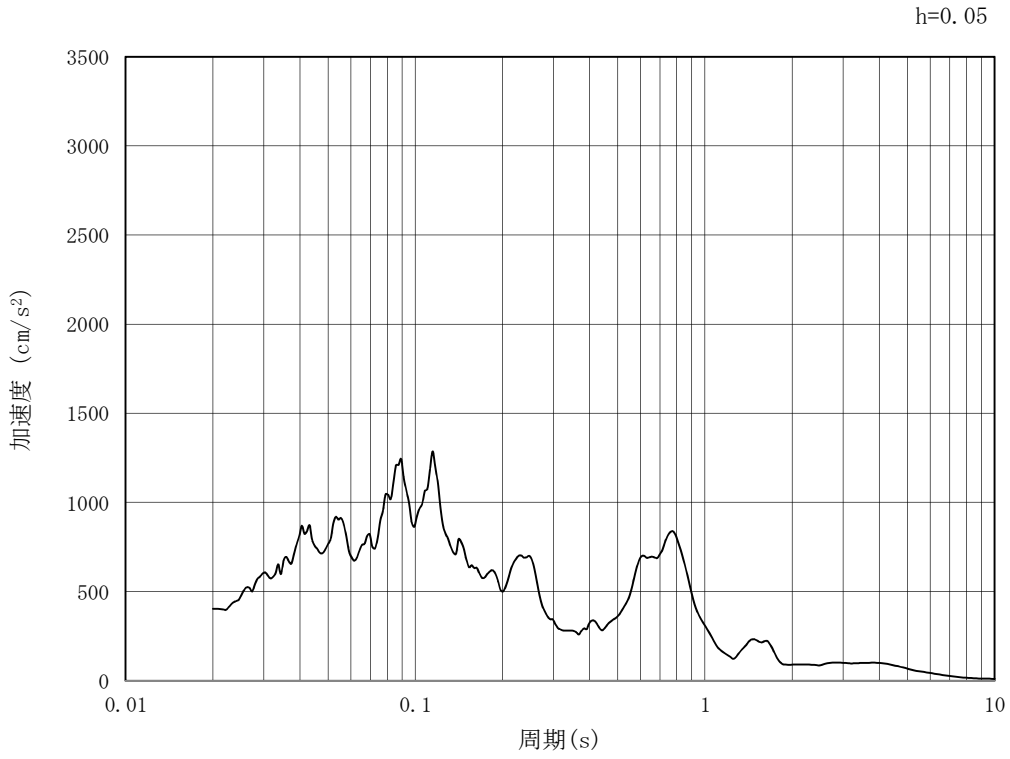


(b) 加速度応答スペクトル

第 3－4 図 (25)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ ｓ－１４）

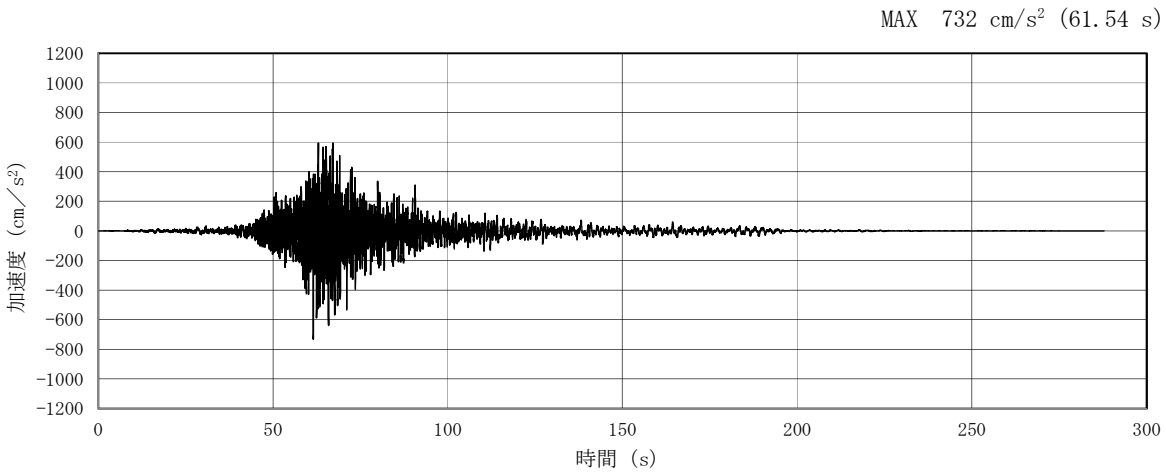


(a) 加速度時刻歴波形

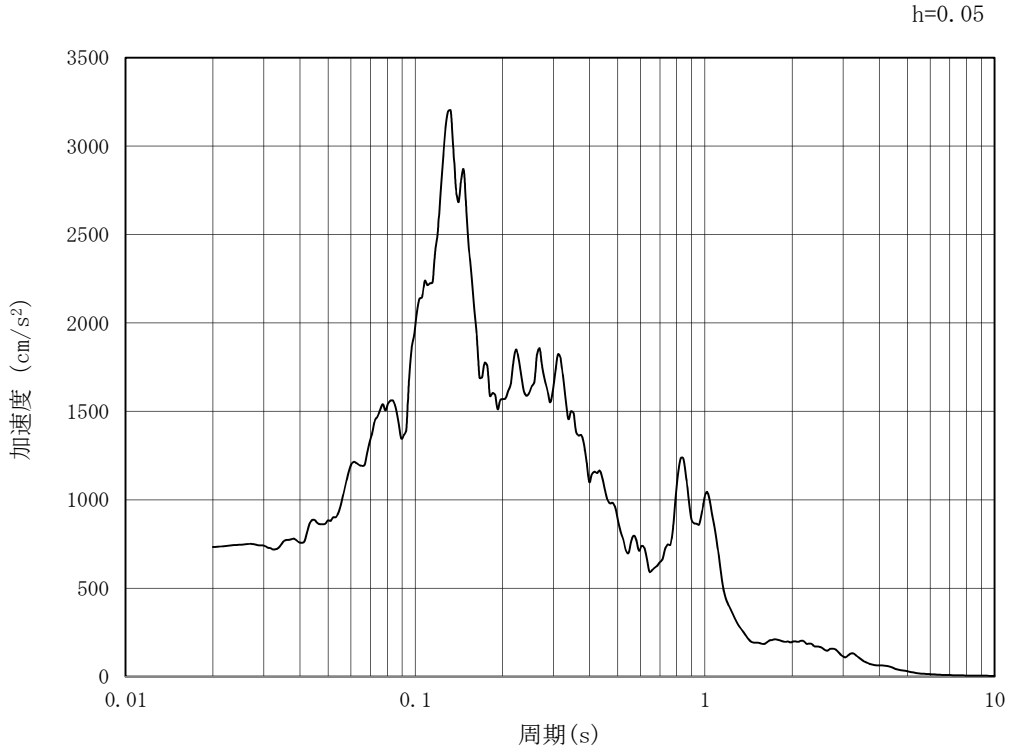


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (26)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１４）

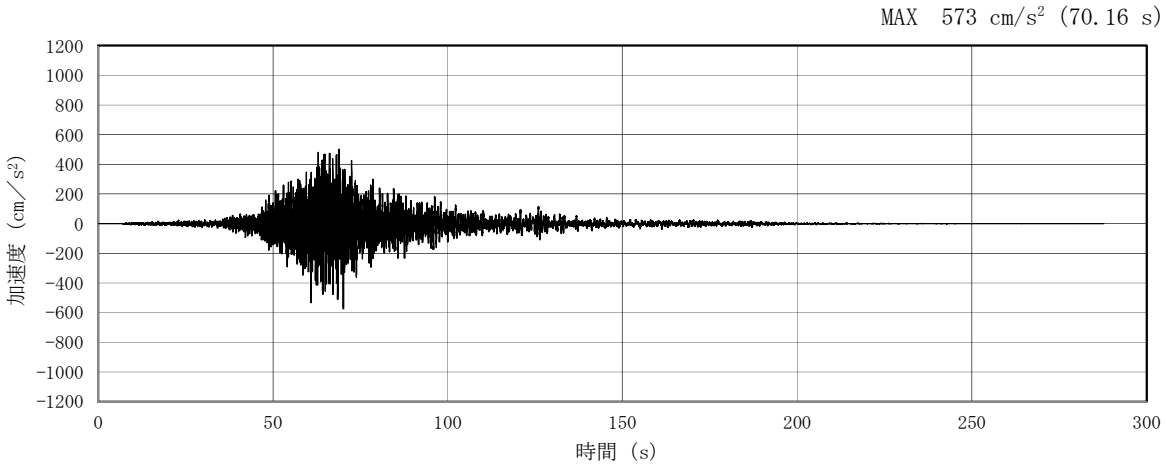


(a) 加速度時刻歴波形

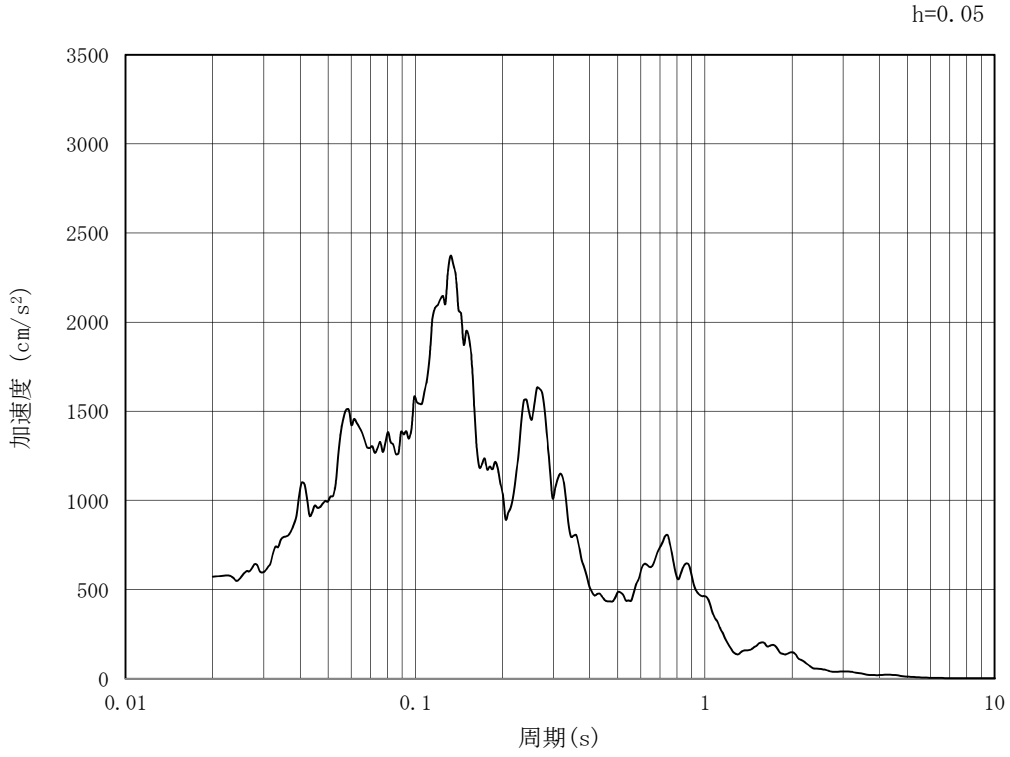


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (27)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－２１）

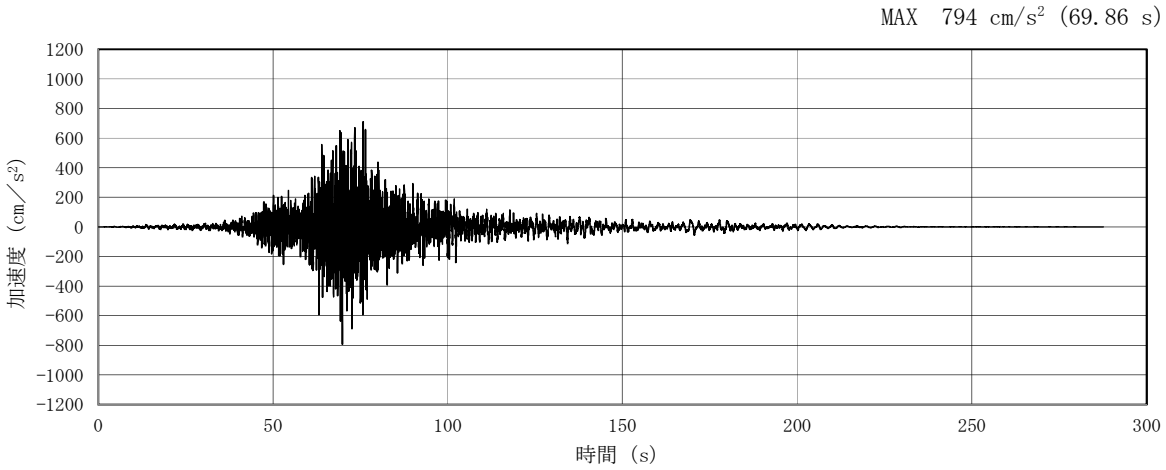


(a) 加速度時刻歴波形

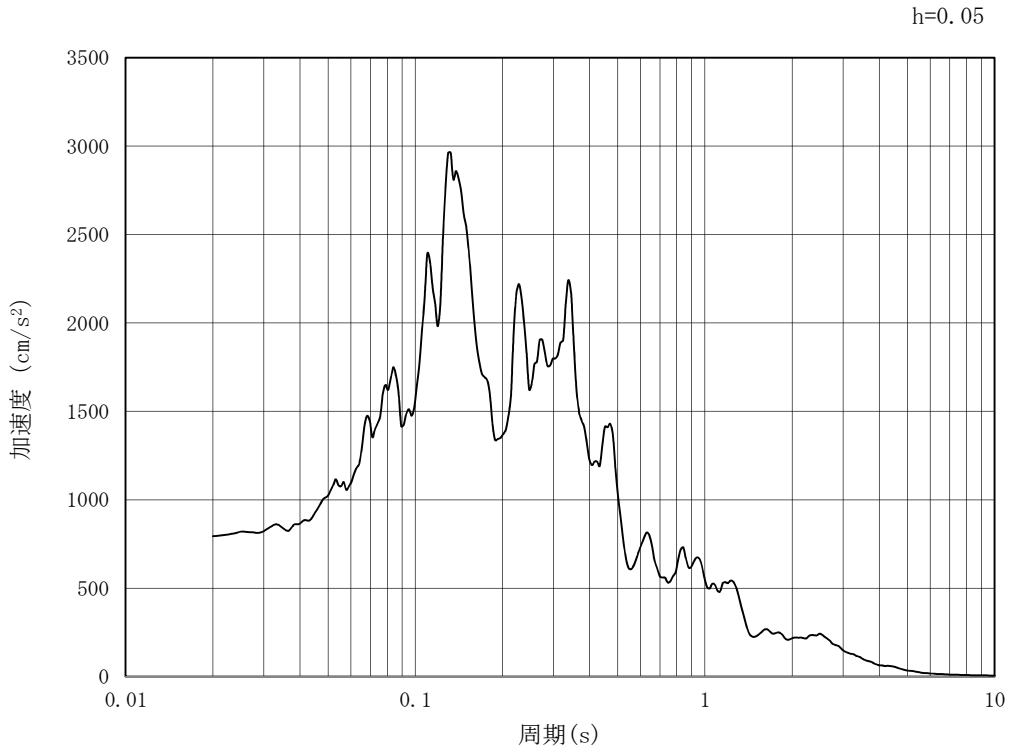


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (28)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－２１）

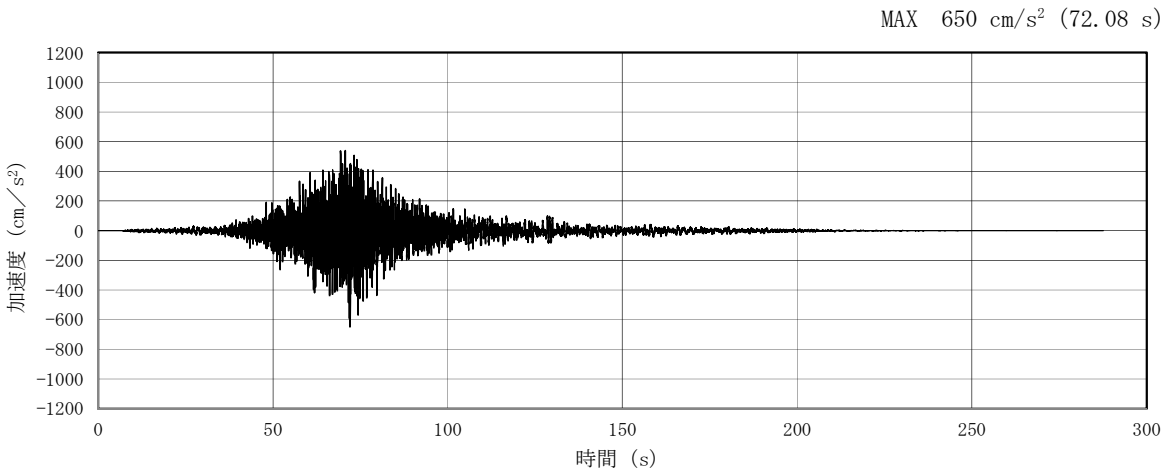


(a) 加速度時刻歴波形

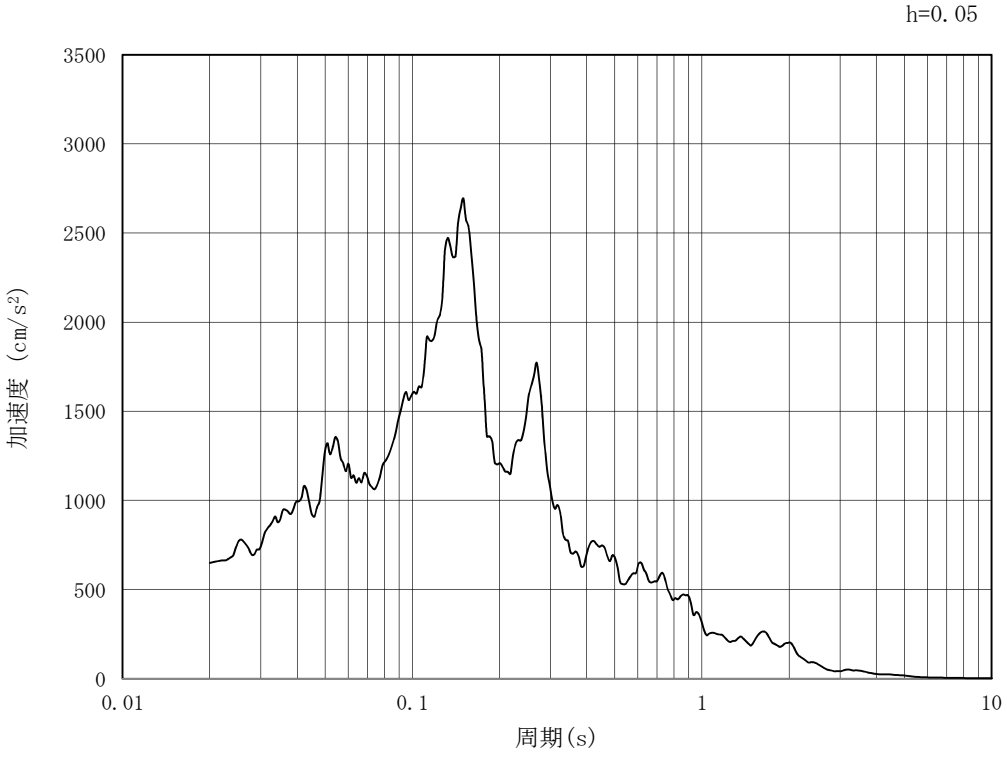


(b) 加速度応答スペクトル

第 3－4 図 (29)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ ｓ－２２）

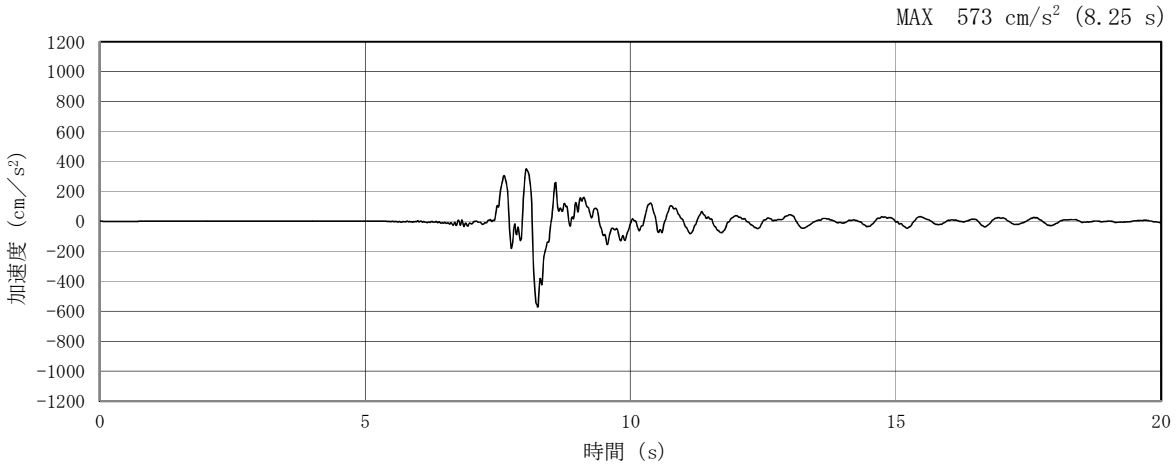


(a) 加速度時刻歴波形

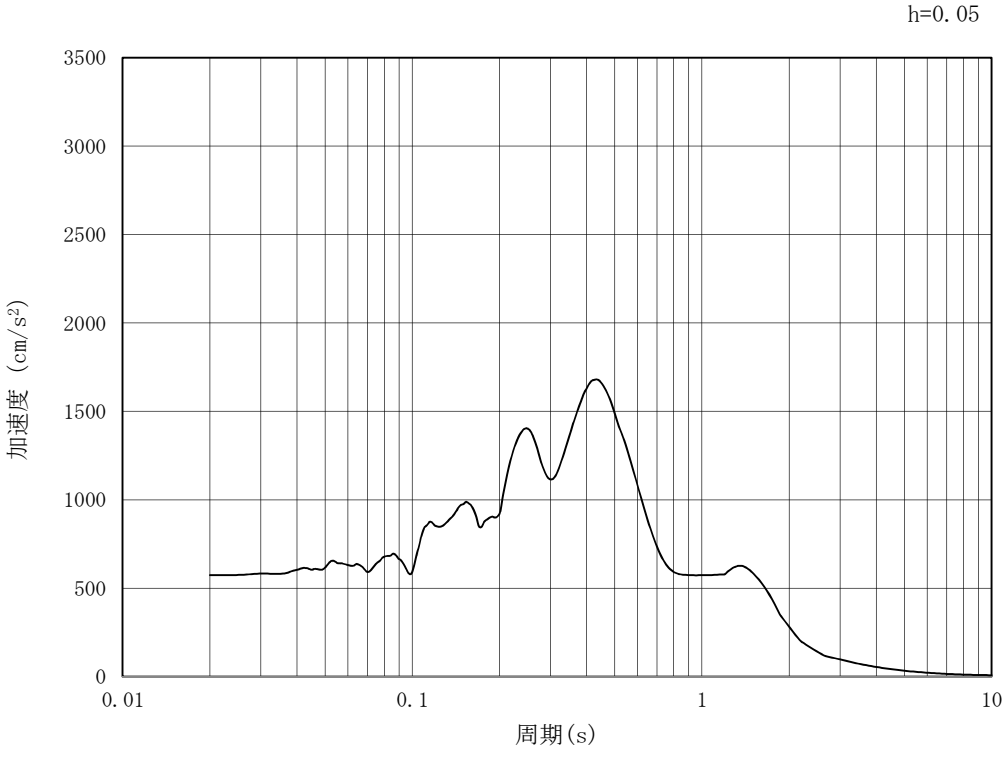


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (30)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－２２）

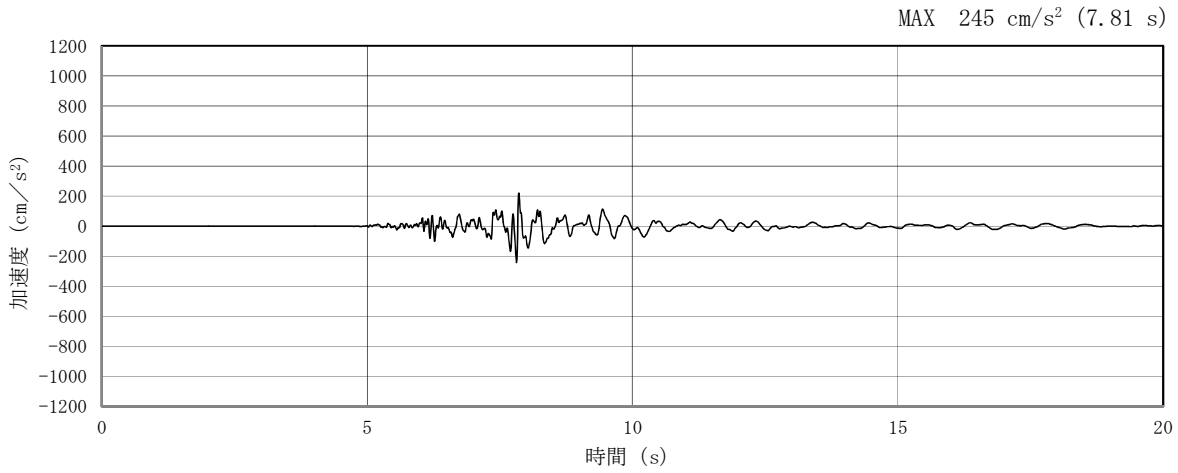


(a) 加速度時刻歴波形

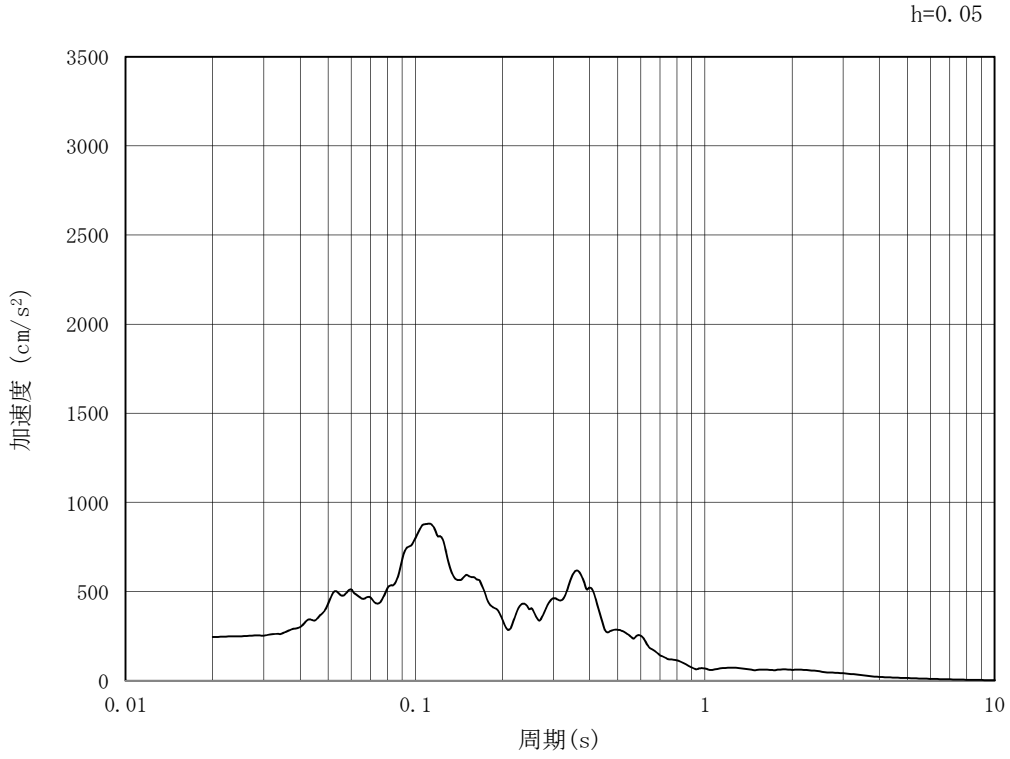


(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図（31）　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－３１）



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

第3－4図 (32)　南北方向断面の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－３１）

3.5　解析モデル及び諸元

3.5.1　解析モデル

立坑の地震応答解析モデルを第3－5図に示す。

(1)　解析領域

地震応答解析モデルは，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，十分広い領域とする。

(2)　境界条件

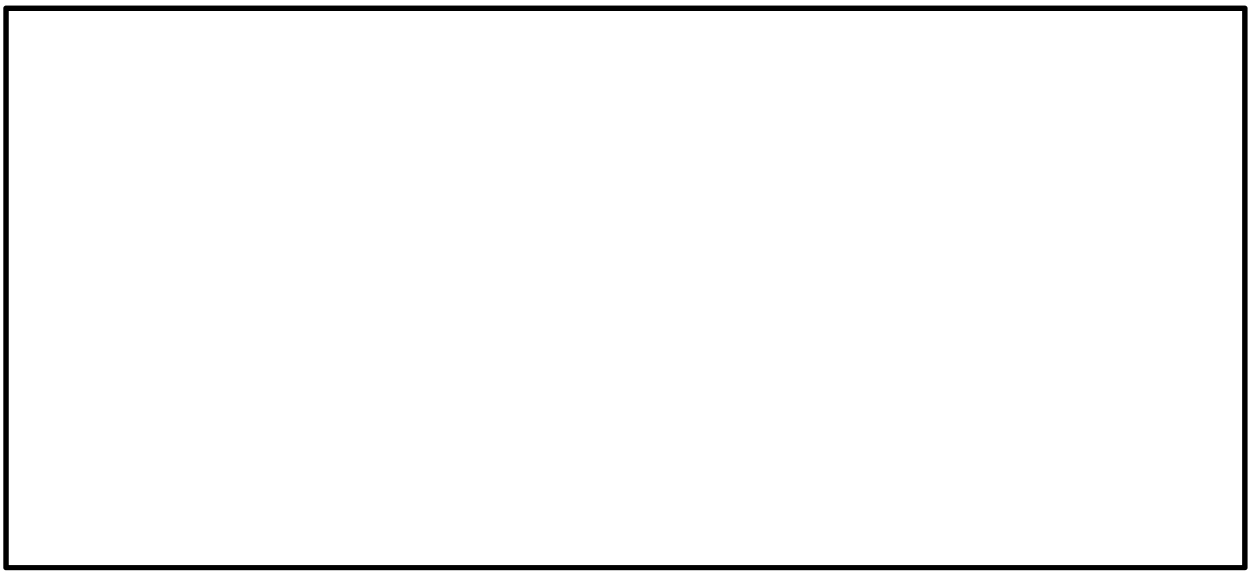
地震応答解析時の境界条件については，有限要素解析における半無限地盤を模擬するため，粘性境界を設ける。

(3)　構造物のモデル化

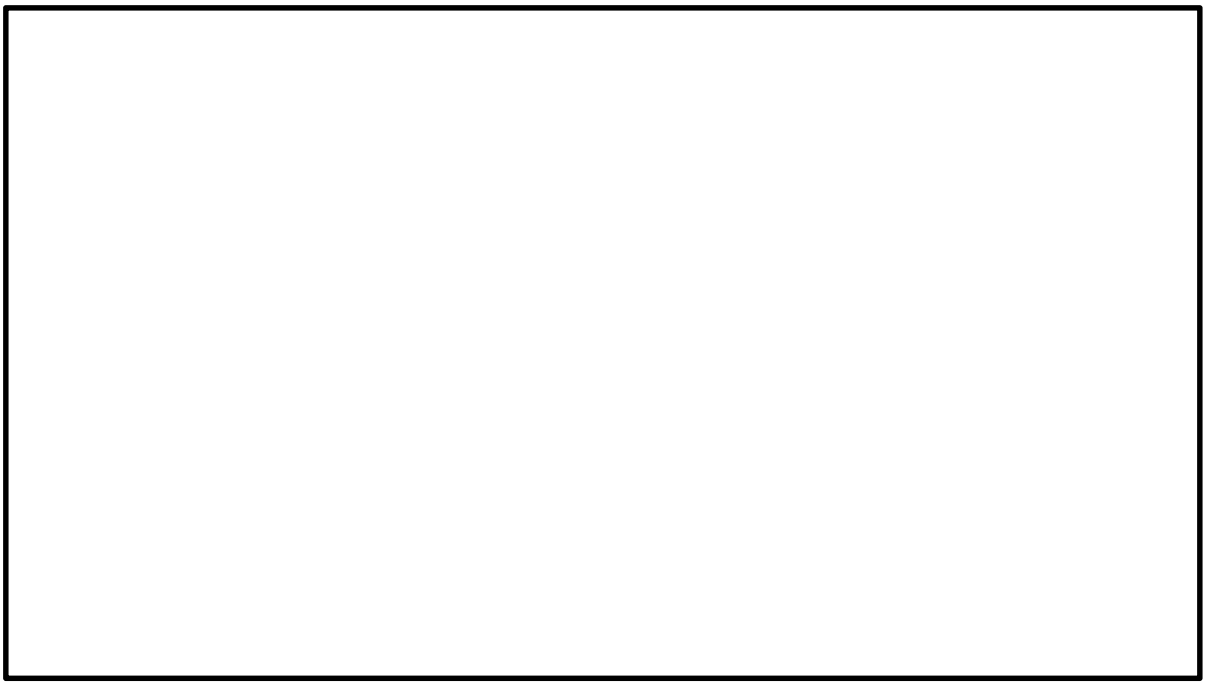
立坑は，立坑中心位置において各構造部材と等価な剛性を有する線形はり要素にてモデル化する。

(4)　地盤のモデル化

地盤は，マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し，地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。



第 3－5 図（1）　立坑の地震応答解析モデル（南北方向）



第 3－5 図（2）　立坑の地震応答解析モデル（東西方向）

3.5.2　使用材料及び材料の物性値

使用材料を第3－4表に，材料の物性値を第3－5表に示す。

第3－4表　使用材料

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

第3－5表　材料の物性値

材料		単位体積重量 (kN/m^3)	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比	減衰定数 (%)
鉄筋コンクリート	設計基準強度　40 N/mm^2 *1	24.5*1	3.1×10^4 *1	0.2*1	5*2

注記　＊1：コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（（社）土木学会，2002年制定）

＊2：ＪＥＡＧ４６０１－1987（（社）日本電気協会）

3.5.3　地盤の物性値

地盤の物性値は，添付資料「Ⅴ-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

地盤の物性値を第3－6表～第3－9表に示す。

第3－6表　地盤の解析用物性値一覧（液状化検討対象層）

パラメータ				原地盤								豊浦標準砂
				埋戻土	第四系（液状化検討対象層）							
				fl	du	Ag2	As	Ag1	D2s-3	D2g-3	D1g-1	
物理特性	密度 （）は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	1.98 (1.82)	1.98 (1.82)	2.01 (1.89)	1.74	2.01 (1.89)	1.92	2.15 (2.11)	2.01 (1.89)	1.958
	間隙比	e	－	0.75	0.75	0.67	1.2	0.67	0.79	0.43	0.67	0.702
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	－	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.19	0.26	0.25	0.333
	基準平均有効主応力 （）は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	358 (312)	358 (312)	497 (299)	378	814 (814)	966	1167 (1167)	1695 (1710)	12.6
	基準初期せん断剛性 （）は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m^2	253529 (220739)	253529 (220739)	278087 (167137)	143284	392073 (392073)	650611	1362035 (1362035)	947946 (956776)	18975
	最大履歴減衰率	h_{max}	－	0.220	0.220	0.233	0.216	0.221	0.192	0.130	0.233	0.287
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm^2	0	0	0	0.012	0	0.01	0	0	0
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	37.3	37.3	37.4	41	37.4	35.8	44.4	37.4	30
液状化特性	液状化パラメータ	ϕ_p	－	34.8	34.8	34.9	38.3	34.9	33.4	41.4	34.9	28
	液状化パラメータ	S_1	－	0.047	0.047	0.028	0.046	0.029	0.048	0.030	0.020	0.005
	液状化パラメータ	W_1	－	6.5	6.5	56.5	6.9	51.6	17.6	45.2	10.5	5.06
	液状化パラメータ	P_1	－	1.26	1.26	9.00	1.00	12.00	4.80	8.00	7.00	0.57
	液状化パラメータ	P_2	－	0.80	0.80	0.60	0.75	0.60	0.96	0.60	0.50	0.80
	液状化パラメータ	C_1	－	2.00	2.00	3.40	2.27	3.35	3.15	3.82	2.83	1.44

第3－7表　地盤の解析用物性値一覧（非液状化層）

パラメータ				原地盤					
				第四系（非液状化層）				新第三系	捨石
				Ac	D2c-3	lm	D1c-1*1	Km	
物理特性	密度 （）は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	1.65	1.77	1.47 (1.43)	－	1.72-1.03×10^{-4}・z	2.04 (1.84)
	間隙比	e	－	1.59	1.09	2.8	－	1.16	0.82
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	－	0.10	0.22	0.14	－	0.16+0.00025・z	0.33
	基準平均有効主応力 （）は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	480	696	249 (223)	－	動的変形特性に基づきz（標高）毎に物性値を設定	98
	基準初期せん断剛性 （）は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m^2	121829	285223	38926 (35783)	－		180000
	最大履歴減衰率	h_{max}	－	0.200	0.186	0.151	－		0.24
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm^2	0.025	0.026	0.042	－	0.358-0.00603・z	0.02
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	29.1	35.6	27.3	－	23.2+0.0990・z	35

注記　＊1：施設の耐震評価に影響を与えるものではないことから，解析用物性値として本表には記載しない。

第3－8表　地盤の解析用物性値一覧(新第三系 Km 層)

区分番号	設定深度 TP(m) Z	適用深度 TP(m)	密度 ρ (g/cm³)	静ポアソン比 ν_{CD}	粘着力 C_{CD} (kN/m²)	内部摩擦角 ϕ_{CD} (°)	せん断波速度Vs (m/s)	基準初期せん断剛性 Gma (kN/m²)	基準体積弾性係数 Kma (kN/m²)	基準平均有効主応力 σ'ma (kN/m²)	拘束圧依存係数 mG,mK	最大履歴減衰率 hmax(-)	動ポアソン比 ν_d	疎密波速度Vp (m/s)
1	10	9.5 ～ 10.5	1.72	0.16	298	24.2	425	310,675	353,317	504	0.0	0.105	0.464	1,640
2	9	8.5 ～ 9.5	1.72	0.16	304	24.1	426	312,139	354,982	504	0.0	0.105	0.464	1,644
3	8	7.5 ～ 8.5	1.72	0.16	310	24.0	427	313,606	356,650	504	0.0	0.105	0.464	1,648
4	7	6.5 ～ 7.5	1.72	0.16	316	23.9	428	315,076	358,322	504	0.0	0.105	0.464	1,651
5	6	5.5 ～ 6.5	1.72	0.16	322	23.8	428	315,076	358,322	504	0.0	0.106	0.464	1,651
6	5	4.5 ～ 5.5	1.72	0.16	328	23.7	429	316,551	359,999	504	0.0	0.106	0.464	1,655
7	4	3.5 ～ 4.5	1.72	0.16	334	23.6	430	318,028	361,679	504	0.0	0.106	0.463	1,638
8	3	2.5 ～ 3.5	1.72	0.16	340	23.5	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642
9	2	1.5 ～ 2.5	1.72	0.16	346	23.4	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642
10	1	0.5 ～ 1.5	1.72	0.16	352	23.3	432	320,993	365,051	504	0.0	0.107	0.463	1,646
11	0	-0.5 ～ 0.5	1.72	0.16	358	23.2	433	322,481	366,743	504	0.0	0.107	0.463	1,650
12	-1	-1.5 ～ -0.5	1.72	0.16	364	23.1	434	323,972	368,439	504	0.0	0.108	0.463	1,653
13	-2	-2.5 ～ -1.5	1.72	0.16	370	23.0	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657
14	-3	-3.5 ～ -2.5	1.72	0.16	376	22.9	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657
15	-4	-4.5 ～ -3.5	1.72	0.16	382	22.8	436	326,965	371,843	504	0.0	0.108	0.463	1,661
16	-5	-5.5 ～ -4.5	1.72	0.16	388	22.7	437	328,467	373,551	504	0.0	0.109	0.462	1,644
17	-6	-6.5 ～ -5.5	1.72	0.16	394	22.6	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648
18	-7	-7.5 ～ -6.5	1.72	0.16	400	22.5	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648
19	-8	-8.5 ～ -7.5	1.72	0.16	406	22.4	439	331,480	376,977	504	0.0	0.109	0.462	1,652
20	-9	-9.5 ～ -8.5	1.72	0.16	412	22.3	440	332,992	378,697	504	0.0	0.110	0.462	1,656
21	-10	-11 ～ -9.5	1.72	0.16	418	22.2	441	334,507	380,420	504	0.0	0.110	0.462	1,659
22	-12	-13 ～ -11	1.72	0.16	430	22.0	442	336,026	382,147	504	0.0	0.110	0.462	1,663
23	-14	-15 ～ -13	1.72	0.16	442	21.8	444	339,074	385,614	504	0.0	0.111	0.462	1,671
24	-16	-17 ～ -15	1.72	0.16	454	21.6	445	340,603	387,352	504	0.0	0.111	0.461	1,654
25	-18	-19 ～ -17	1.72	0.16	467	21.4	447	343,671	390,842	504	0.0	0.112	0.461	1,662
26	-20	-21 ～ -19	1.72	0.16	479	21.2	448	345,211	392,593	504	0.0	0.112	0.461	1,665
27	-22	-23 ～ -21	1.72	0.15	491	21.0	450	348,300	381,471	498	0.0	0.112	0.461	1,673
28	-24	-25 ～ -23	1.72	0.15	503	20.8	452	351,403	384,870	498	0.0	0.113	0.461	1,680
29	-26	-27 ～ -25	1.72	0.15	515	20.6	453	352,959	386,574	498	0.0	0.113	0.460	1,664
30	-28	-29 ～ -27	1.72	0.15	527	20.4	455	356,083	389,996	498	0.0	0.114	0.460	1,672
31	-30	-31 ～ -29	1.72	0.15	539	20.2	456	357,650	391,712	498	0.0	0.114	0.460	1,675
32	-32	-33 ～ -31	1.72	0.15	551	20.0	458	360,794	395,155	498	0.0	0.115	0.460	1,683
33	-34	-35 ～ -33	1.72	0.15	563	19.8	459	362,371	396,883	498	0.0	0.115	0.459	1,667
34	-36	-37 ～ -35	1.72	0.15	575	19.6	461	365,536	400,349	498	0.0	0.115	0.459	1,675
35	-38	-39 ～ -37	1.72	0.15	587	19.4	462	367,124	402,088	498	0.0	0.116	0.459	1,678
36	-40	-41 ～ -39	1.72	0.15	599	19.2	464	370,309	405,577	498	0.0	0.116	0.459	1,685
37	-42	-43 ～ -41	1.72	0.15	611	19.0	465	371,907	407,327	498	0.0	0.117	0.459	1,689
38	-44	-45 ～ -43	1.72	0.15	623	18.8	467	375,113	410,838	498	0.0	0.117	0.458	1,678
39	-46	-47 ～ -45	1.72	0.15	635	18.6	468	376,721	412,599	498	0.0	0.117	0.458	1,681
40	-48	-49 ～ -47	1.72	0.15	647	18.4	470	379,948	416,134	498	0.0	0.118	0.458	1,688
41	-50	-51 ～ -49	1.73	0.15	660	18.3	472	385,416	422,122	498	0.0	0.118	0.458	1,696
42	-52	-53 ～ -51	1.73	0.15	672	18.1	473	387,051	423,913	498	0.0	0.118	0.458	1,699
43	-54	-55 ～ -53	1.73	0.15	684	17.9	475	390,331	427,505	498	0.0	0.118	0.457	1,688
44	-56	-57 ～ -55	1.73	0.15	696	17.7	476	391,976	429,307	498	0.0	0.119	0.457	1,692
45	-58	-59 ～ -57	1.73	0.15	708	17.5	478	395,277	432,922	498	0.0	0.119	0.457	1,699
46	-60	-61 ～ -59	1.73	0.15	720	17.3	479	396,933	434,736	498	0.0	0.120	0.457	1,702
47	-62	-63 ～ -61	1.73	0.14	732	17.1	481	400,255	422,491	492	0.0	0.120	0.457	1,709
48	-64	-65 ～ -63	1.73	0.14	744	16.9	482	401,921	424,250	492	0.0	0.120	0.456	1,695
49	-66	-67 ～ -65	1.73	0.14	756	16.7	484	405,263	427,778	492	0.0	0.120	0.456	1,702
50	-68	-69 ～ -67	1.73	0.14	768	16.5	485	406,939	429,547	492	0.0	0.121	0.456	1,705
51	-70	-71 ～ -69	1.73	0.14	780	16.3	487	410,302	433,097	492	0.0	0.121	0.456	1,712
52	-72	-73 ～ -71	1.73	0.14	792	16.1	489	413,679	436,661	492	0.0	0.121	0.456	1,719
53	-74	-75 ～ -73	1.73	0.14	804	15.9	490	415,373	438,449	492	0.0	0.122	0.455	1,705
54	-76	-77 ～ -75	1.73	0.14	816	15.7	492	418,771	442,036	492	0.0	0.122	0.455	1,712
55	-78	-79 ～ -77	1.73	0.14	828	15.5	493	420,475	443,835	492	0.0	0.122	0.455	1,716
56	-80	-81 ～ -79	1.73	0.14	840	15.3	495	423,893	447,443	492	0.0	0.122	0.455	1,723
57	-82	-85 ～ -81	1.73	0.14	852	15.1	496	425,608	449,253	492	0.0	0.123	0.455	1,726
58	-88	-90 ～ -85	1.73	0.14	889	14.5	501	434,232	458,356	492	0.0	0.124	0.454	1,726
59	-92	-95 ～ -90	1.73	0.14	913	14.1	504	439,448	463,862	492	0.0	0.124	0.454	1,736
60	-98	-101 ～ -95	1.73	0.14	949	13.5	509	448,210	473,111	492	0.0	0.125	0.453	1,736
61	-104	-108 ～ -101	1.73	0.13	985	12.9	513	455,282	463,485	486	0.0	0.126	0.452	1,733
62	-112	-115 ～ -108	1.73	0.13	1,033	12.1	519	465,995	474,391	486	0.0	0.127	0.451	1,737
63	-118	-122 ～ -115	1.73	0.13	1,070	11.5	524	475,016	483,575	486	0.0	0.127	0.451	1,754
64	-126	-130 ～ -122	1.73	0.13	1,118	10.7	530	485,957	494,713	486	0.0	0.128	0.450	1,758

第3－9表　地盤の解析用物性値一覧（地盤改良）

パラメータ				地盤改良
物理特性	密度 （）は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	2.18 (2.00)
	間隙比	e	－	0.75
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	－	0.26
	基準平均有効主応力 （）は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	1 (1)
	基準初期せん断剛性 （）は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m^2	822662 (756184)
	最大履歴減衰率	h_{max}	－	0.152
強度特性	粘着力	C_{CD}	kN/m^2	1500
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	0
液状化特性	変相角	ϕ_p	度	－
	液状化パラメータ	S_1	－	－
		w_1	－	－
		p_1	－	－
		p_2	－	－
		c_1	－	－

3.5.4　地下水位

地下水位は地表面として設定する。

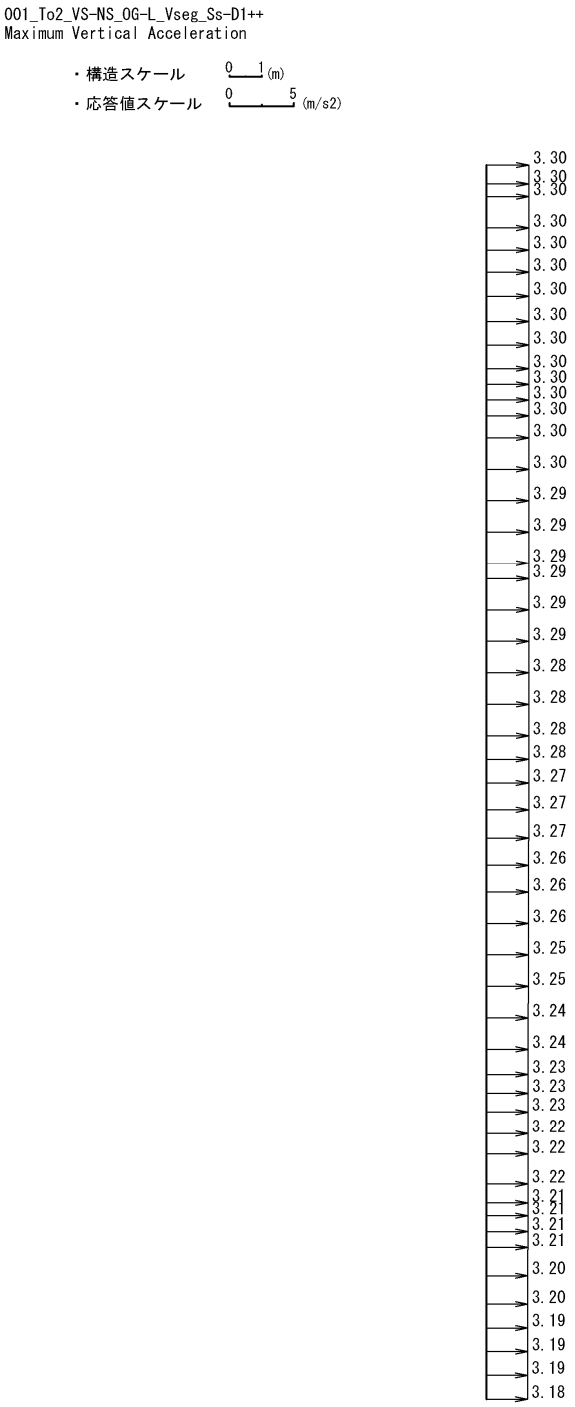
4. 解析結果

4.1 解析結果（南北方向断面）

最大加速度分布を第 4－1 図に示す。

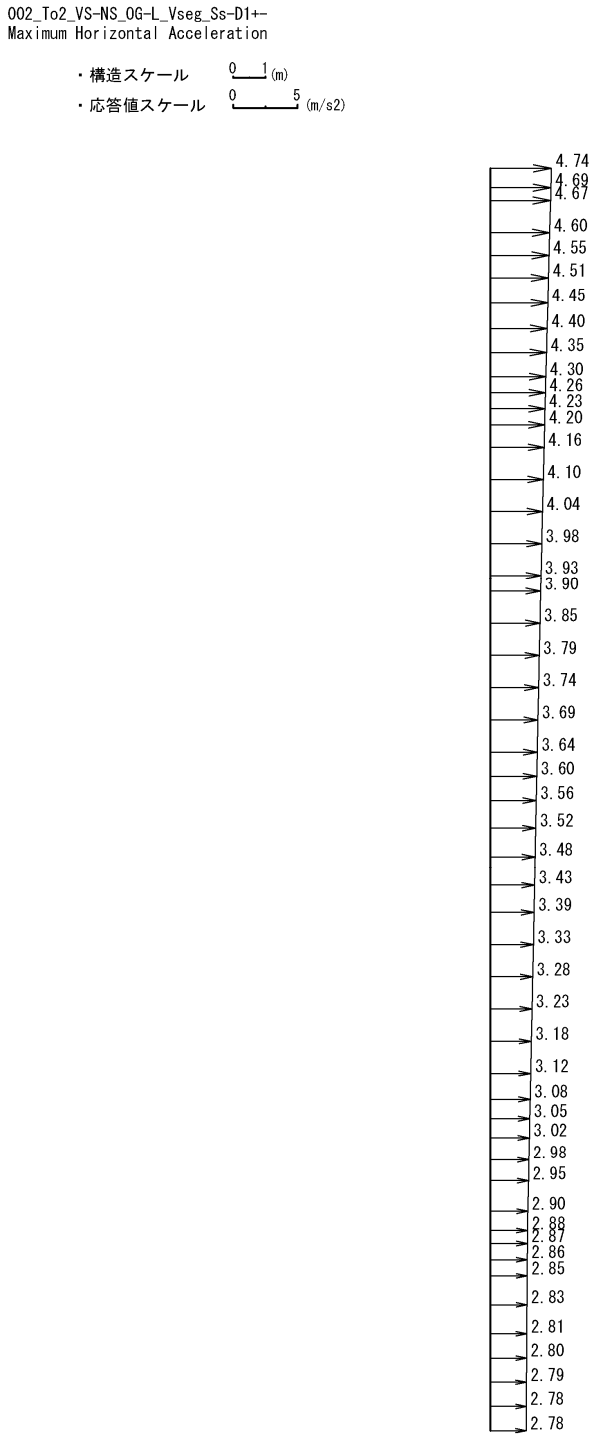


（S_s－D１（H＋，V＋），水平）

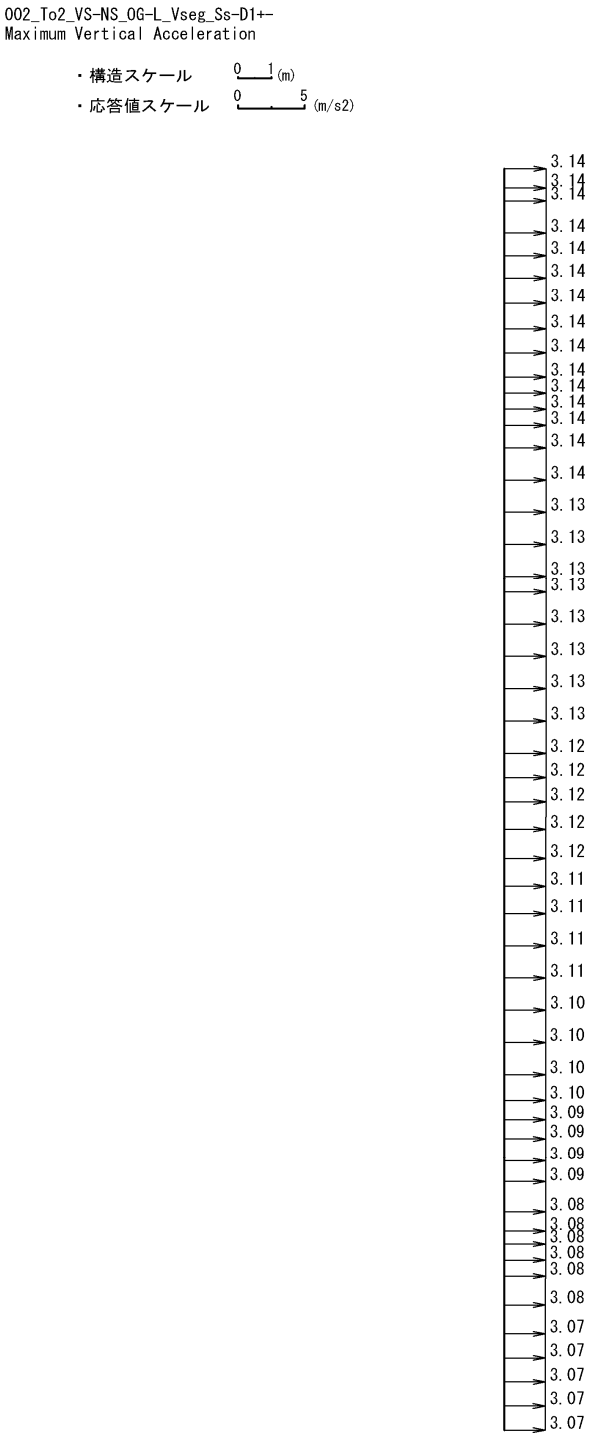


（S_s－D１（H＋，V＋），鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（1/22）

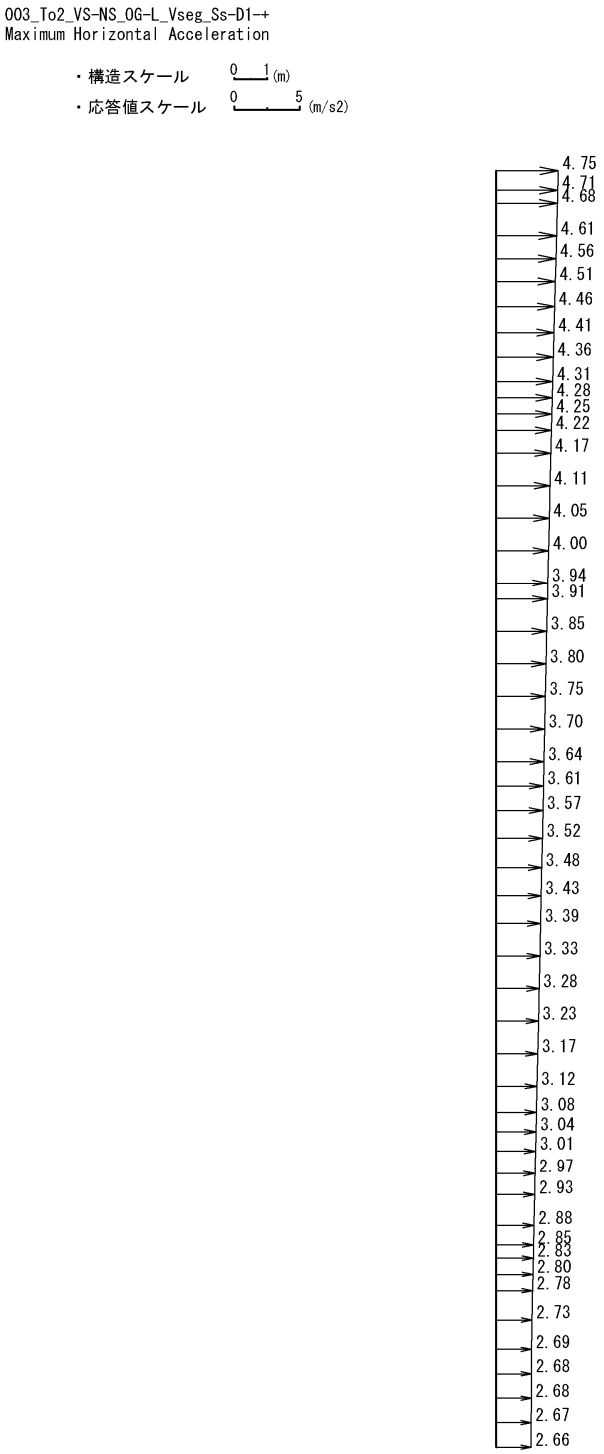


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－），水平）

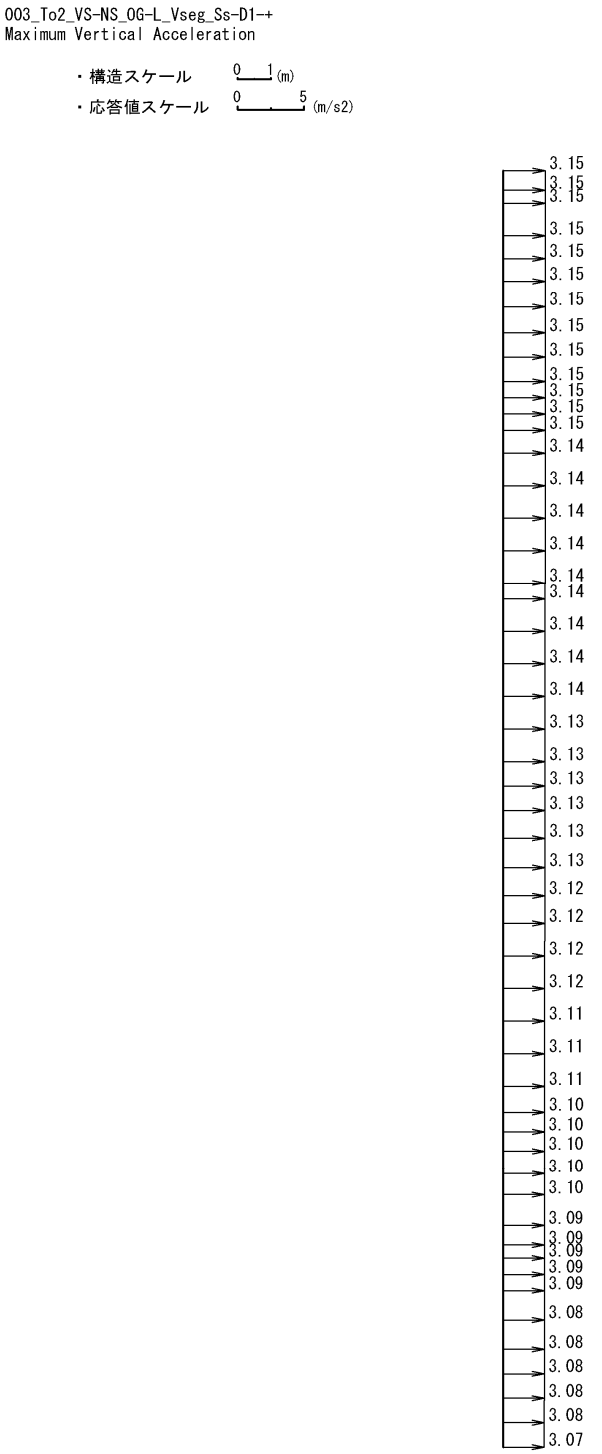


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－），鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（2/22）

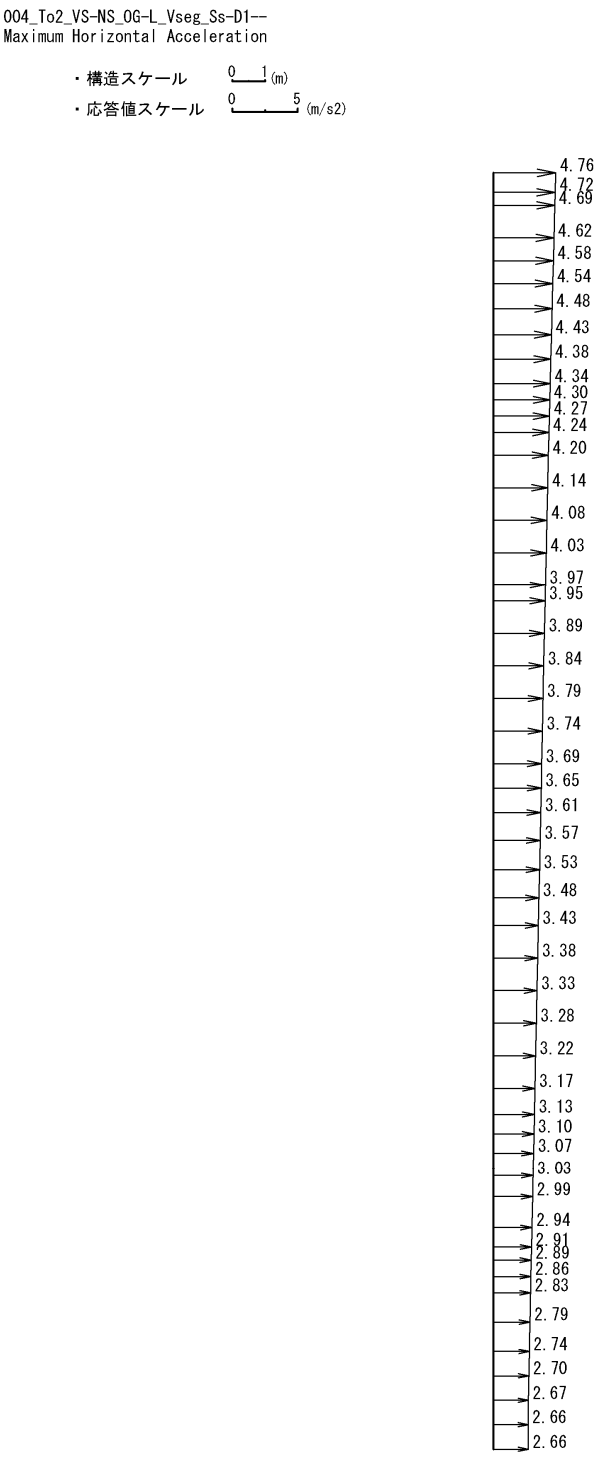


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）

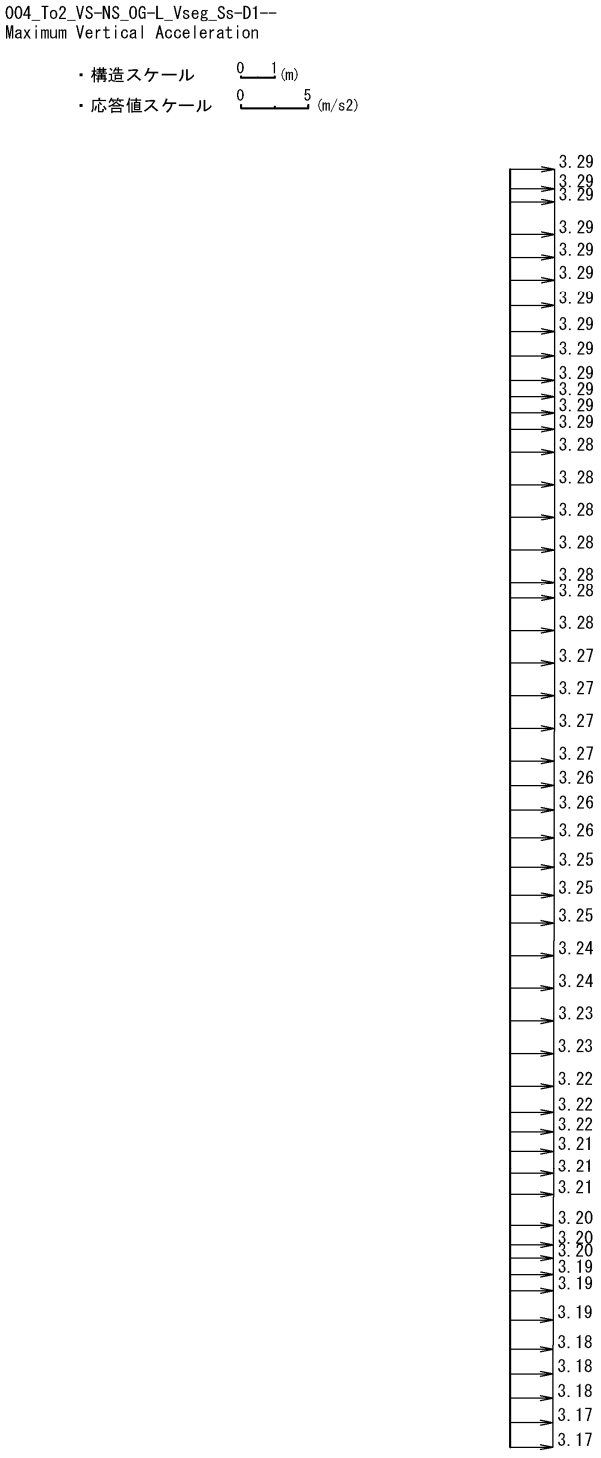


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（3/22）

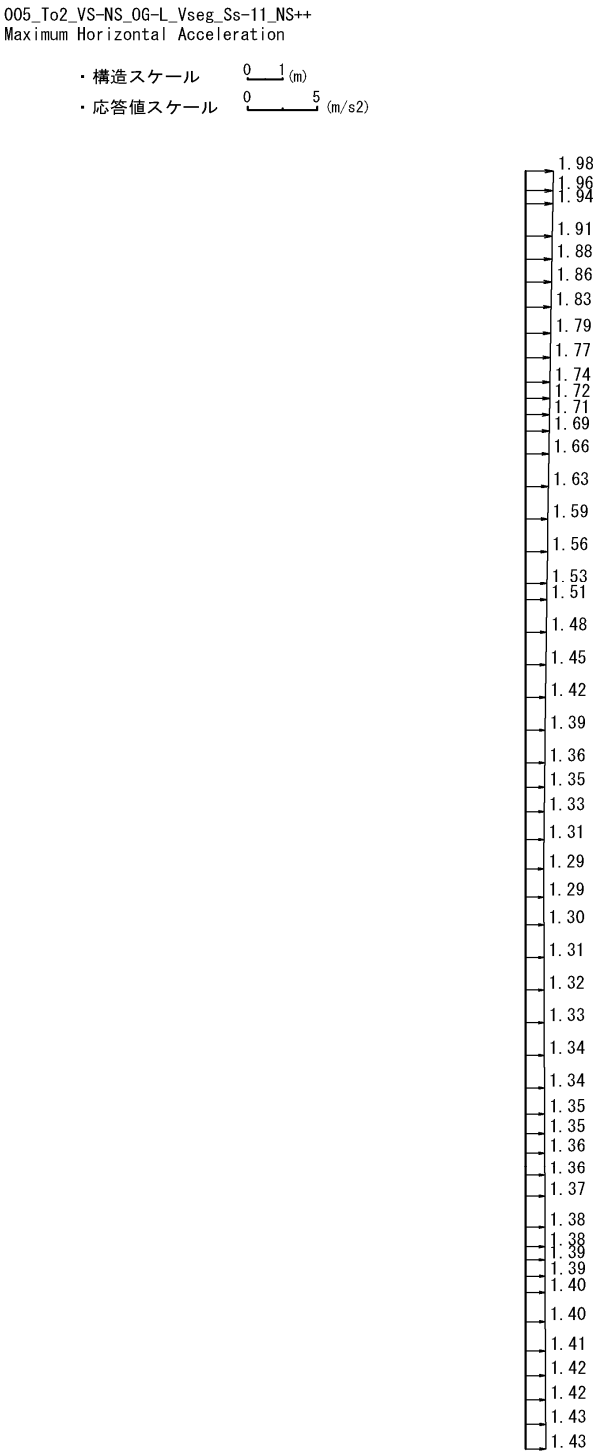


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－），水平）

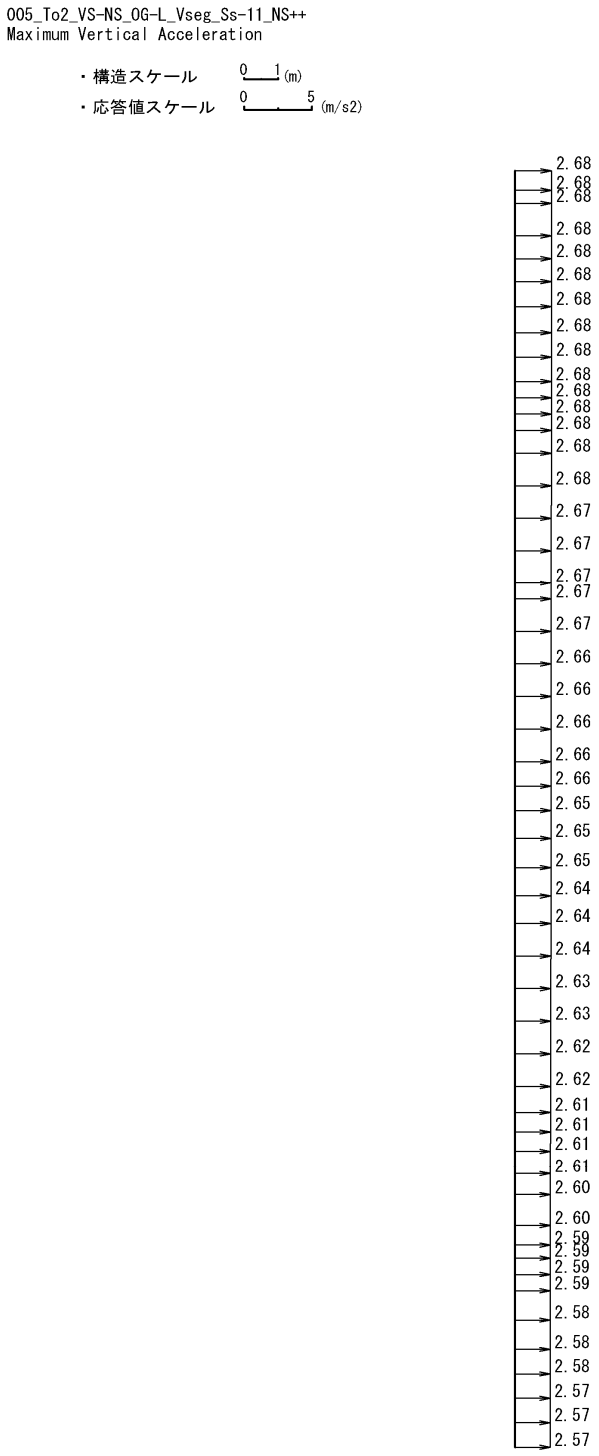


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－），鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（4/22）

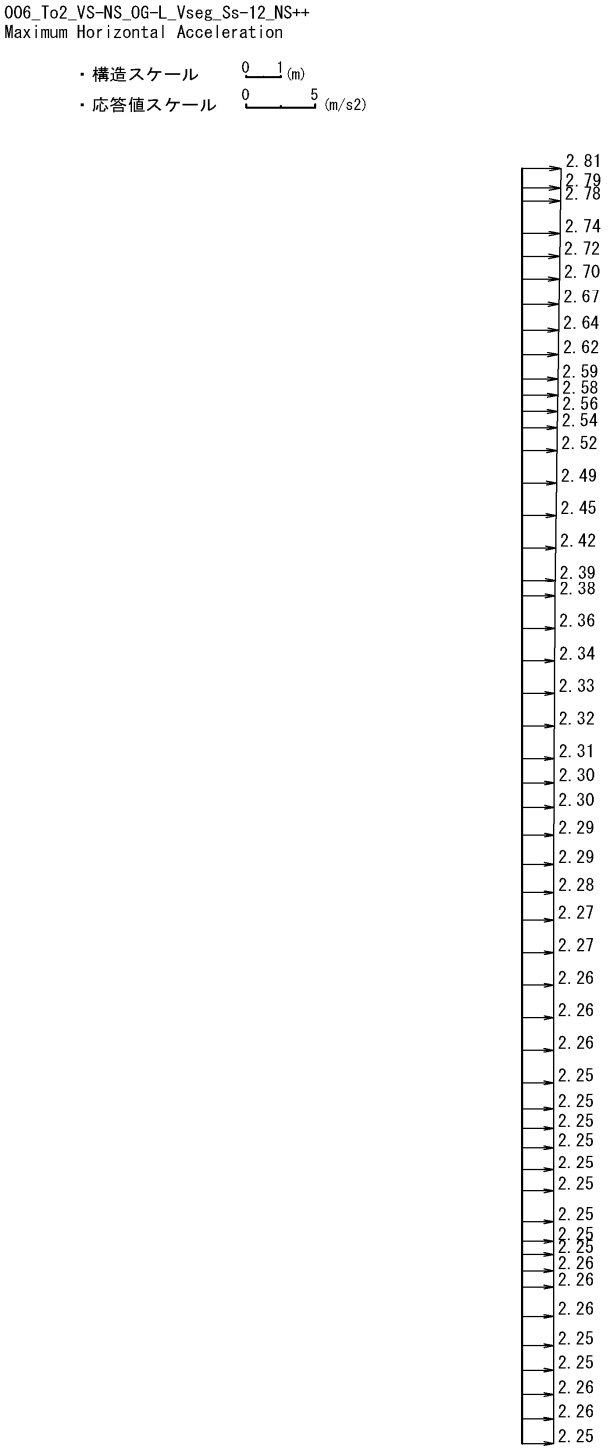


（Ｓｓ－１１，水平）

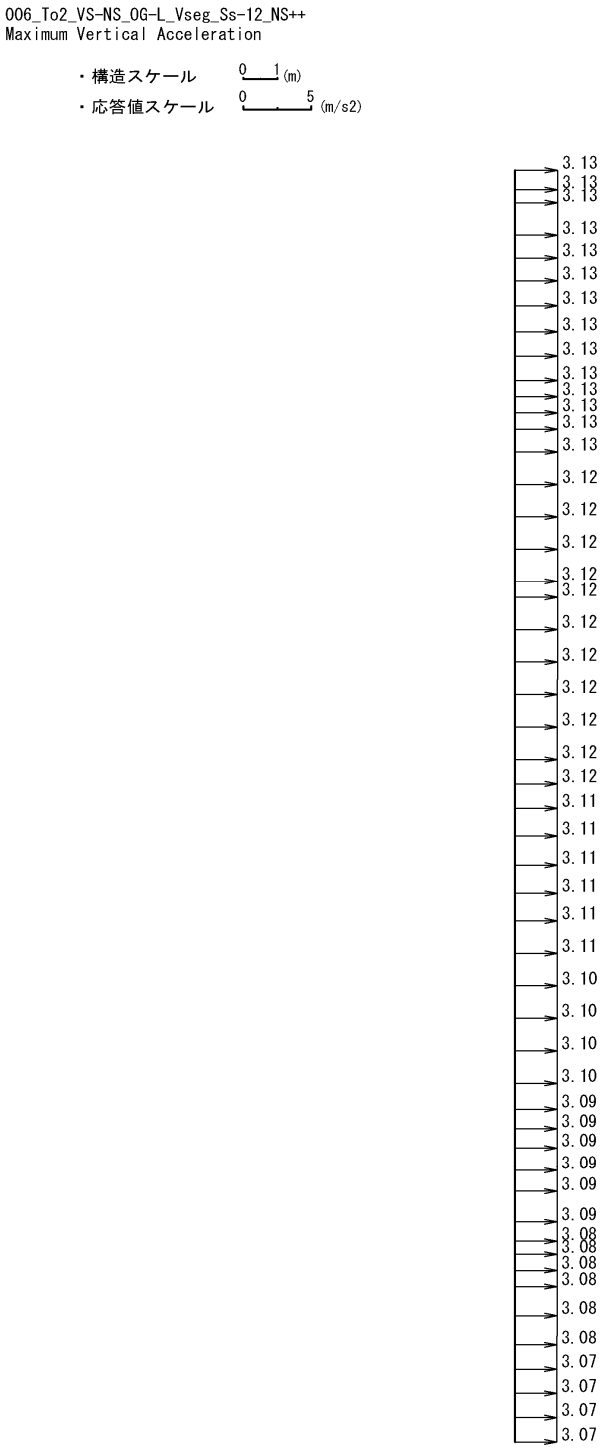


（Ｓｓ－１１，鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（5/22）

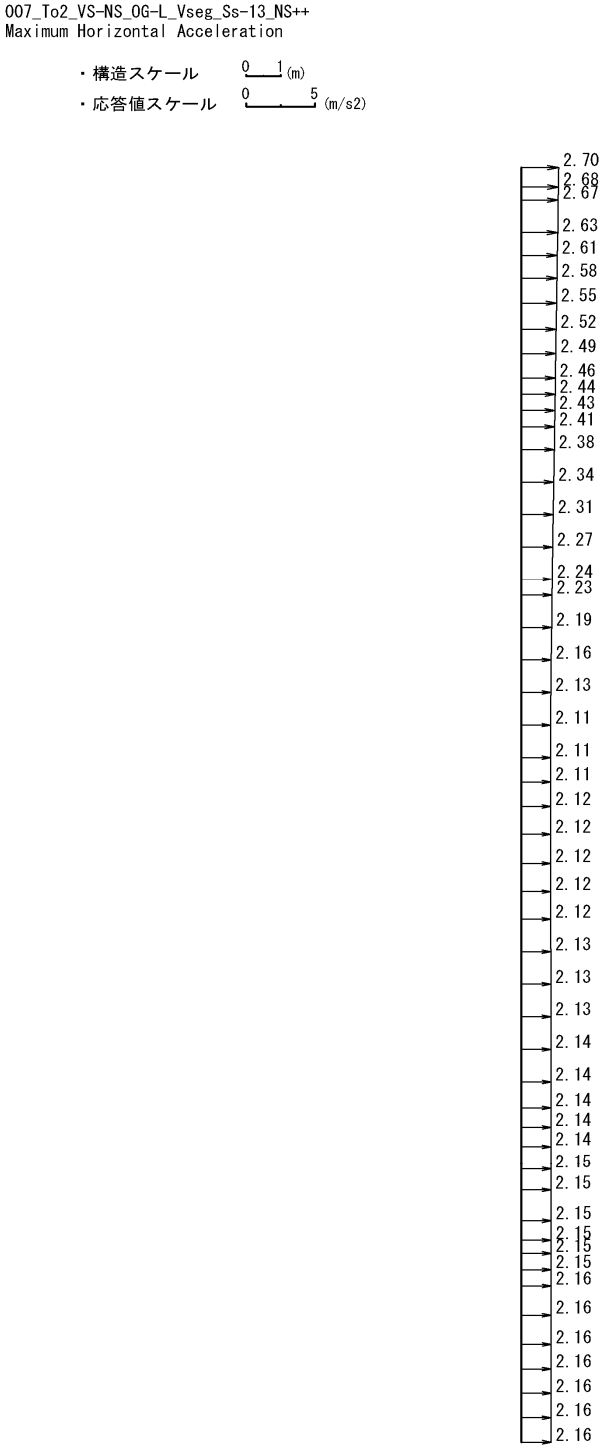


（Ｓｓ－１２，水平）

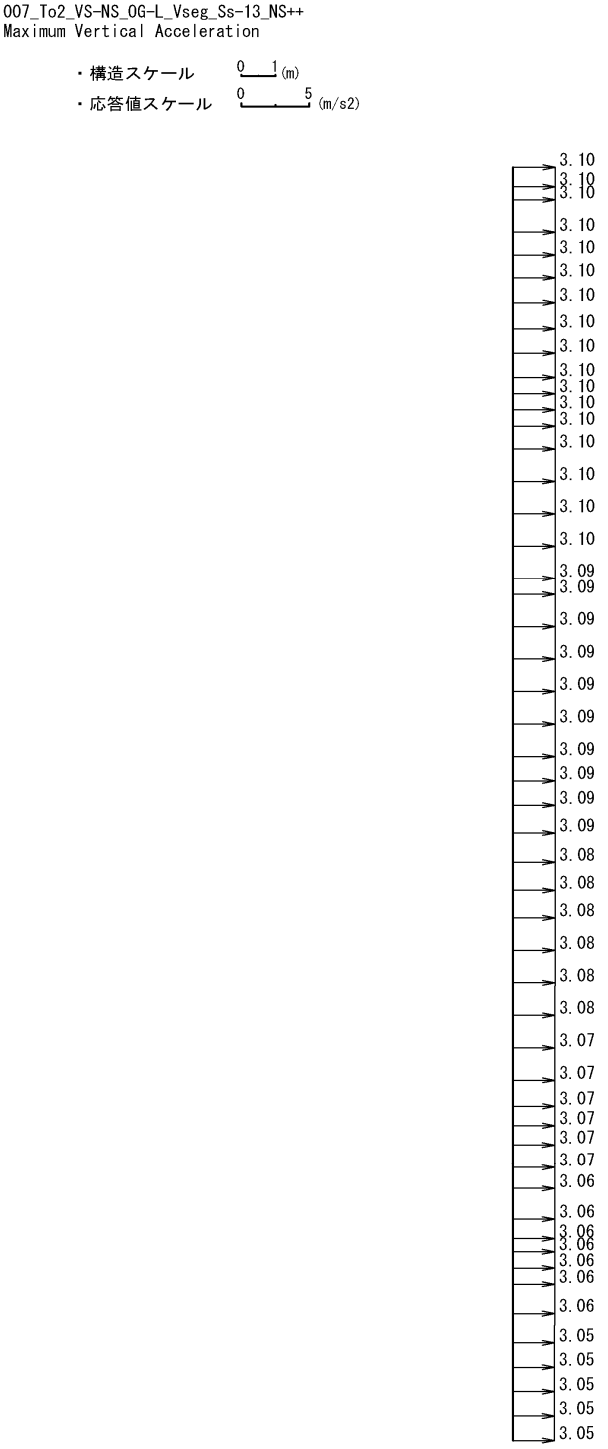


（Ｓｓ－１２，鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（6/22）

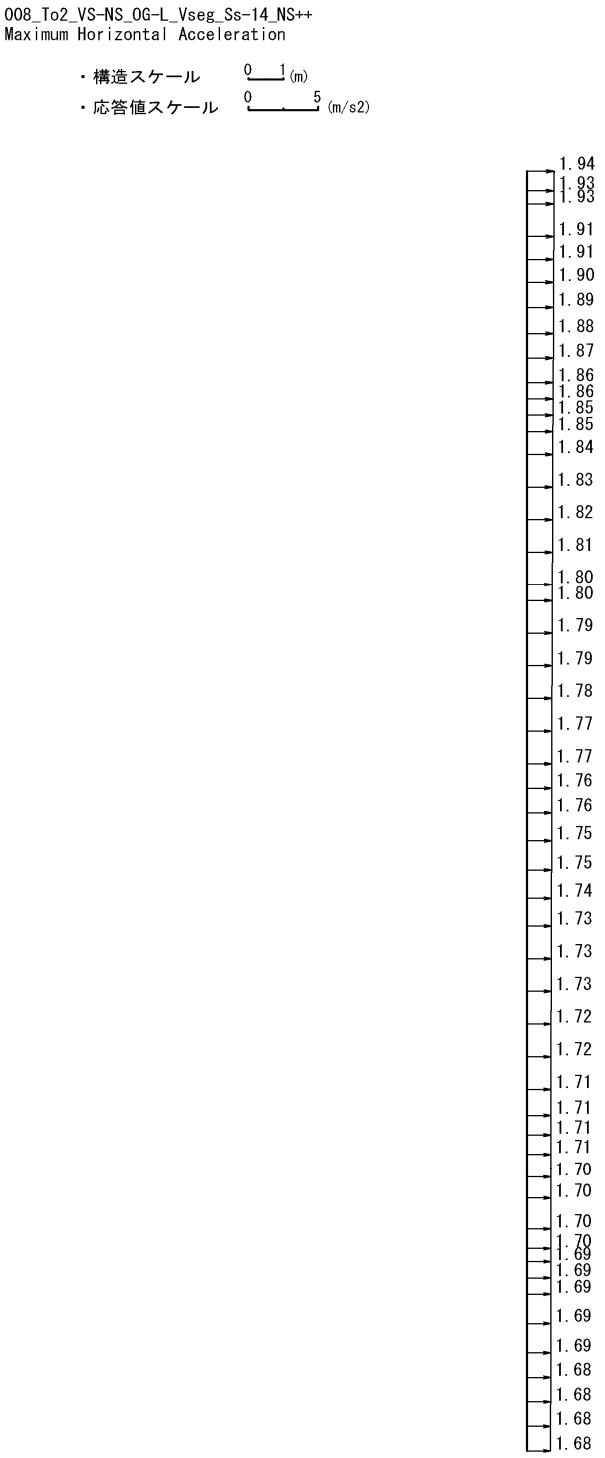


（Ｓｓ－１３，水平）

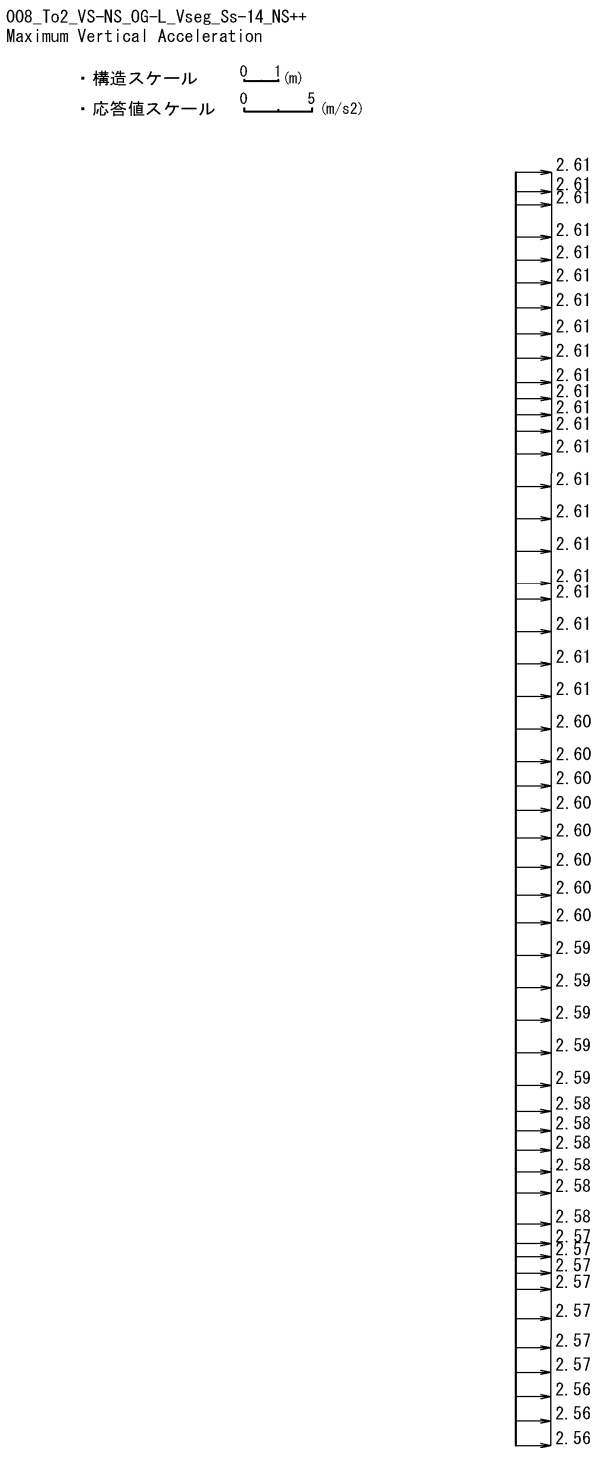


（Ｓｓ－１３，鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（7/22）

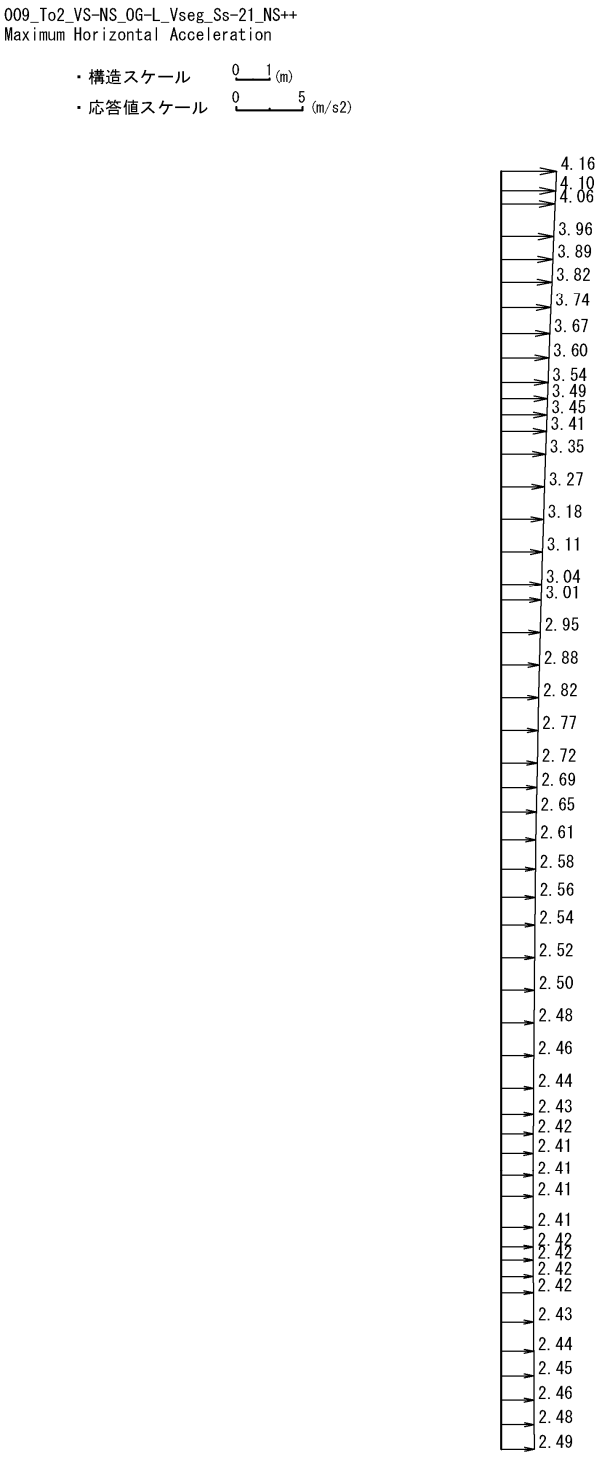


（Ｓｓ－１４，水平）

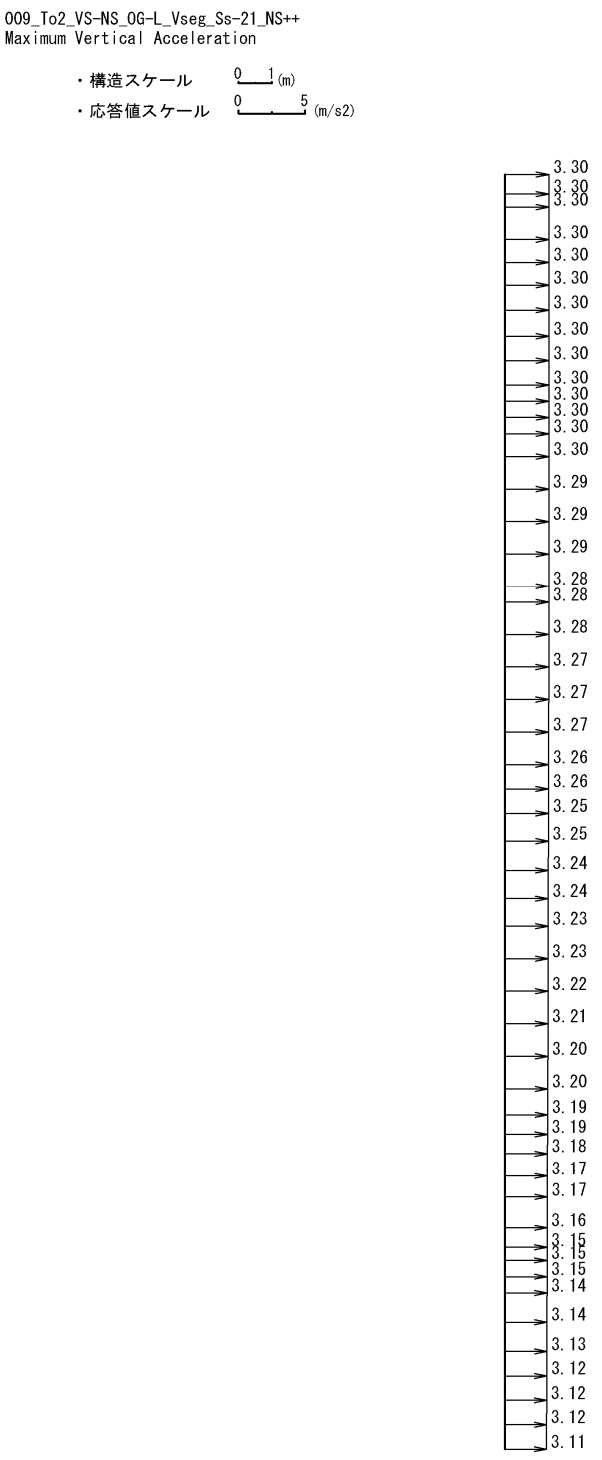


（Ｓｓ－１４，鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（8/22）

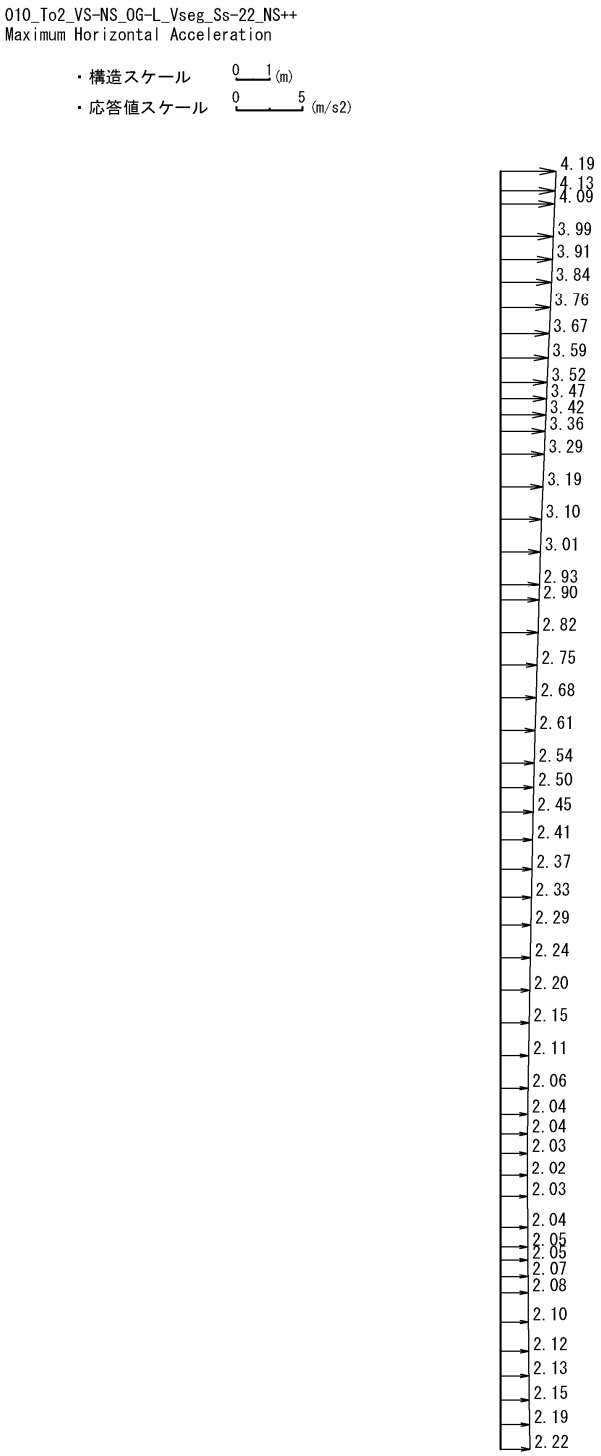


（Ｓｓ－２１，水平）

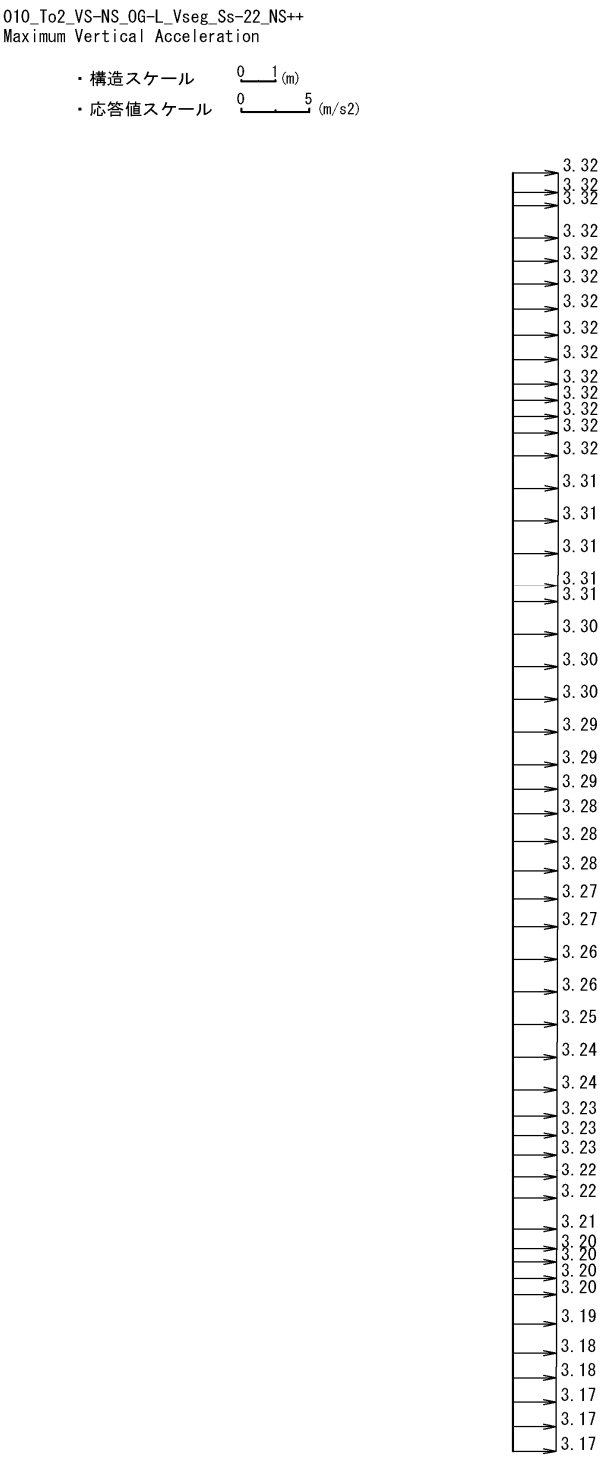


（Ｓｓ－２１，鉛直）

第 4－1 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（9/22）

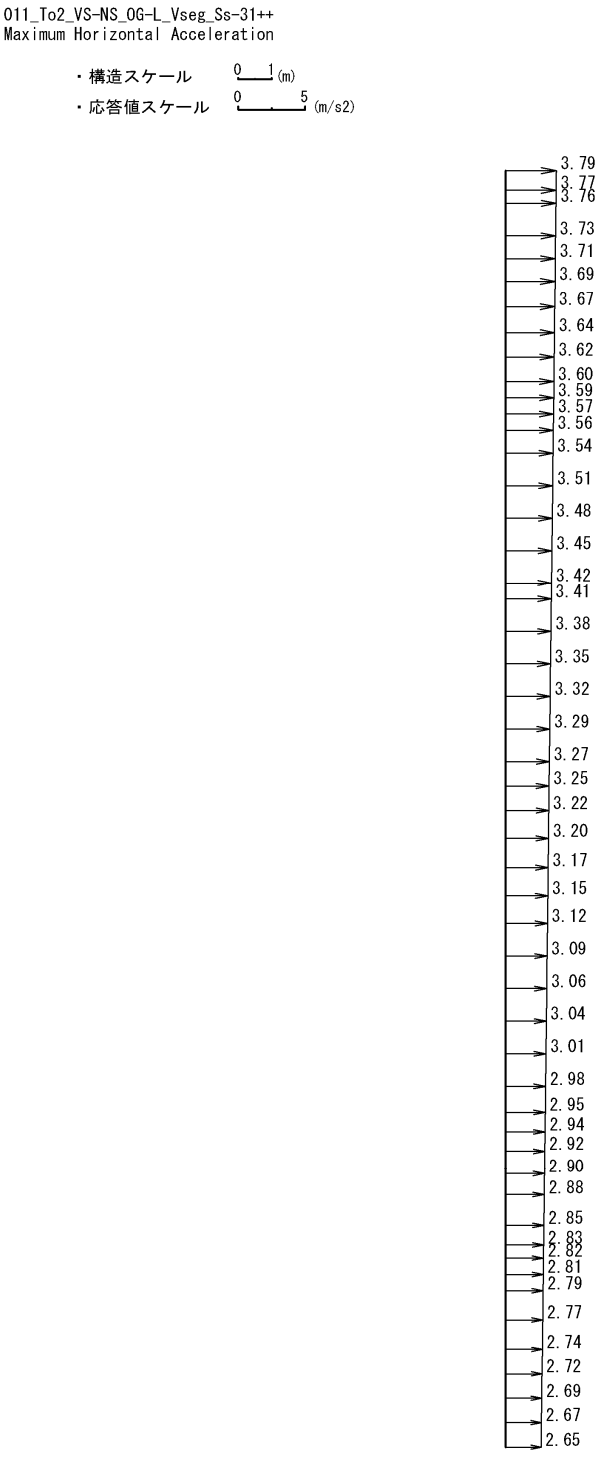


（Ｓｓ－２２，水平）

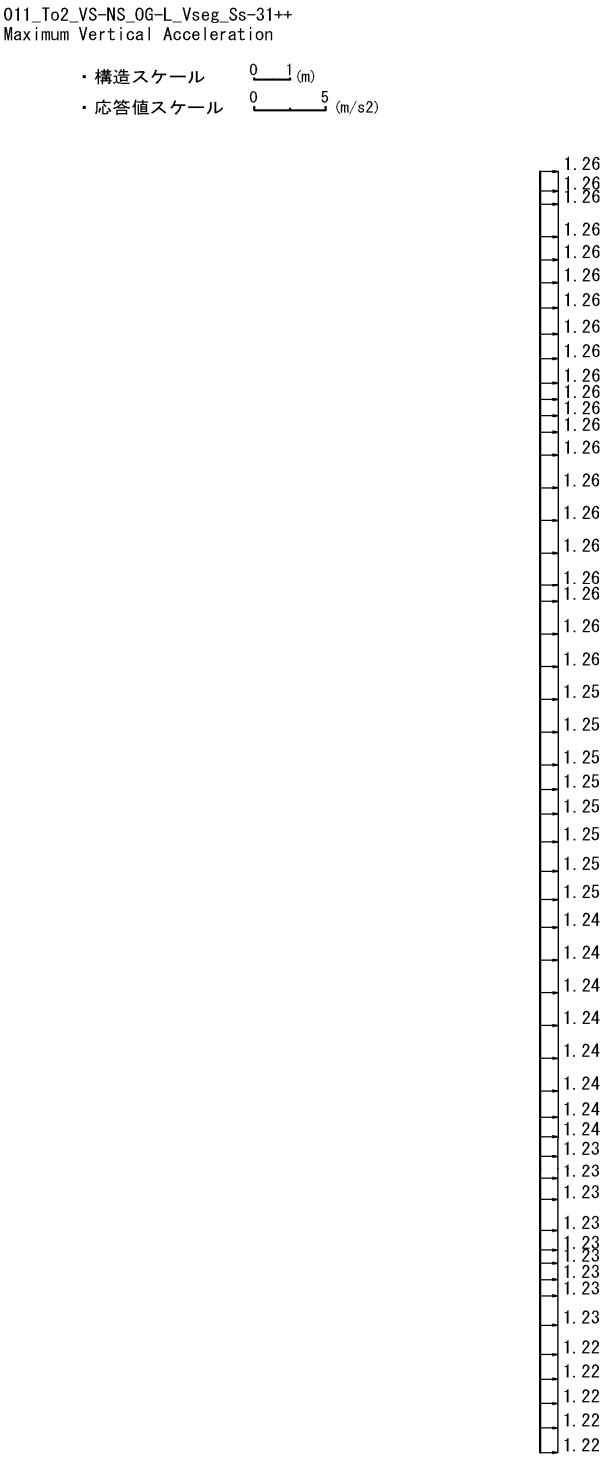


（Ｓｓ－２２，鉛直）

第４－１図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（10/22）

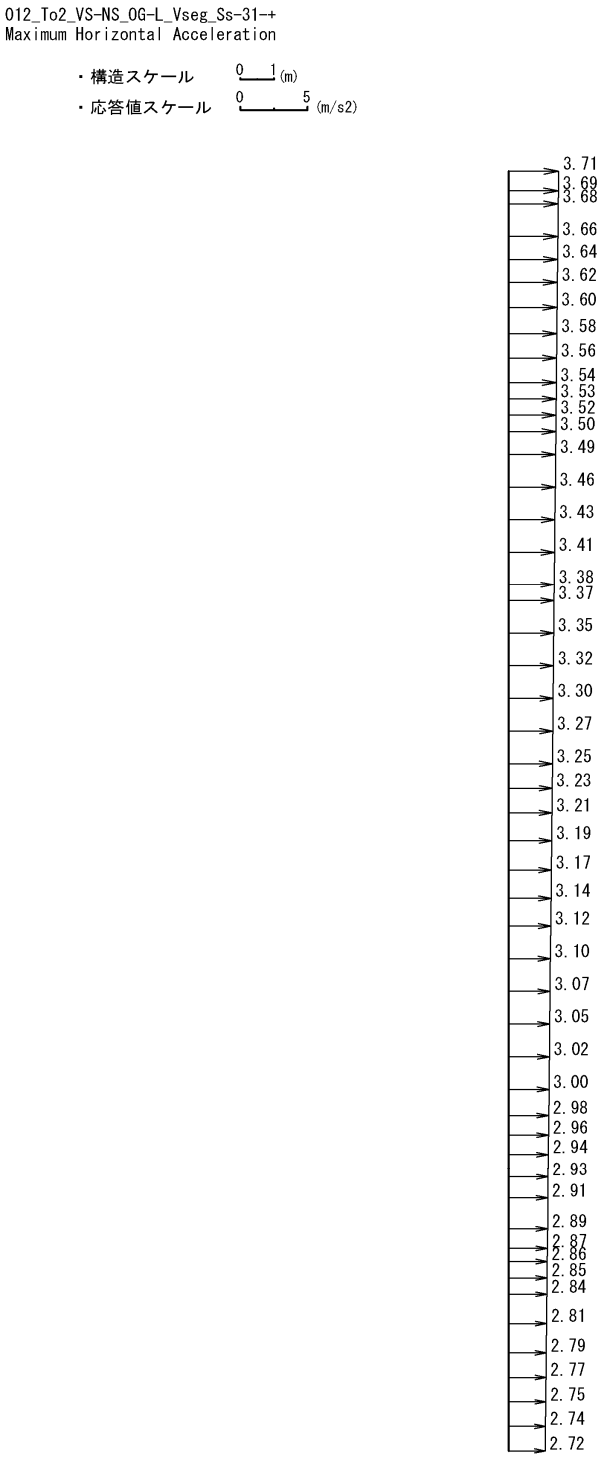


（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

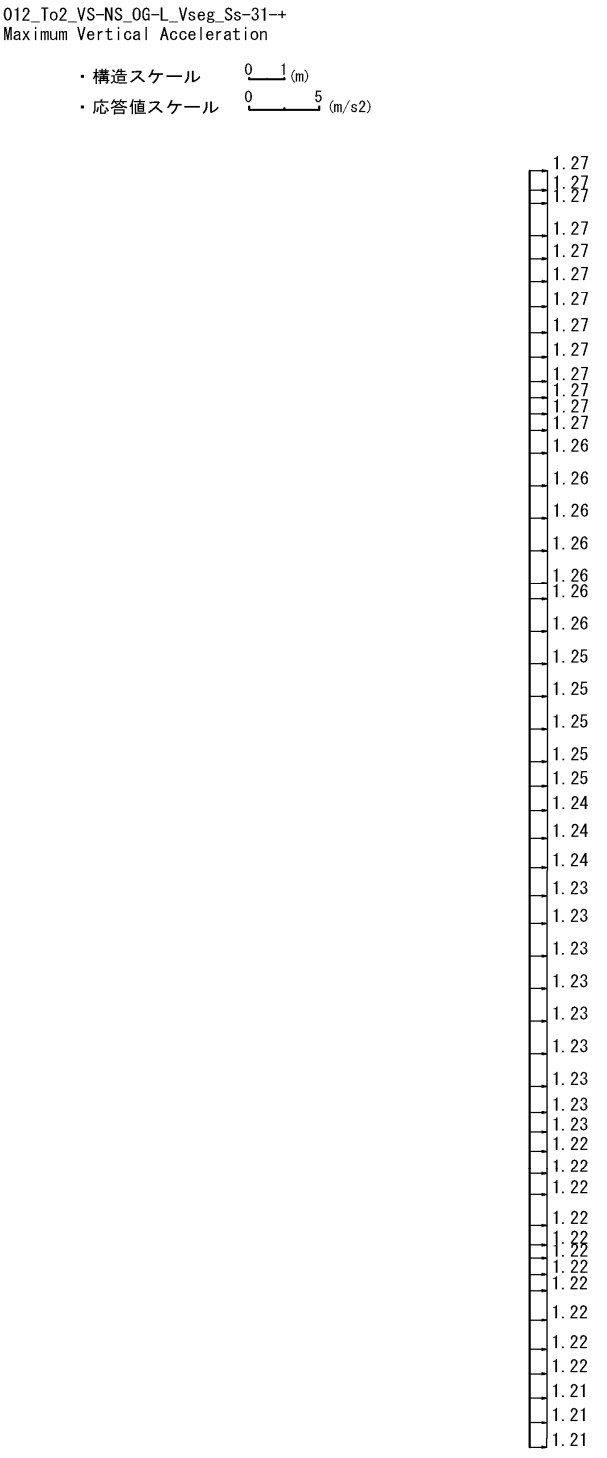


（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第4－1図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（11/22）

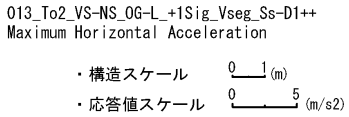


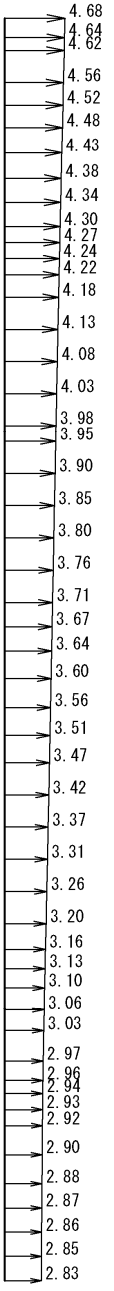
（Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）



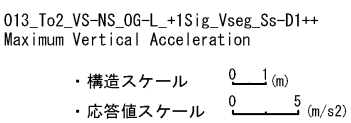
（Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

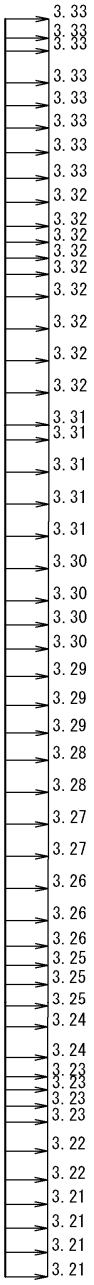
第4－1図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（12/22）





（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）





（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第４－１図　②地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース　最大加速度分布図（13/22）



（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）

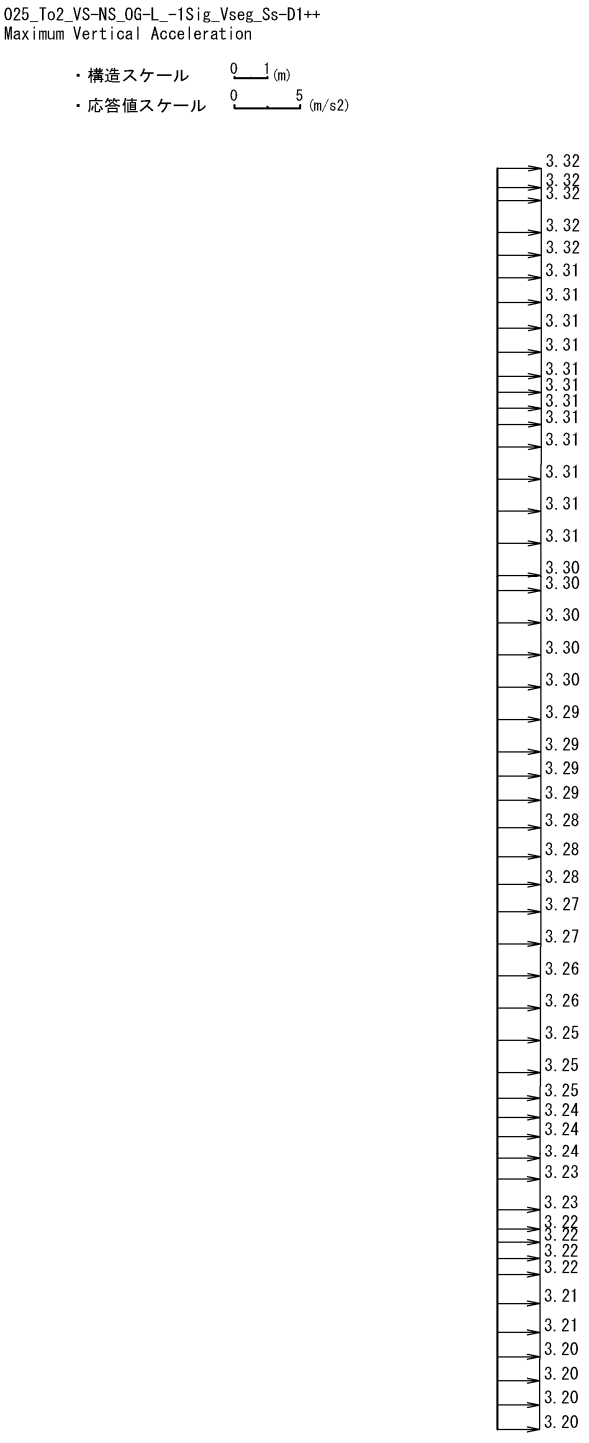


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第４－１図　②地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース　最大加速度分布図（14/22）

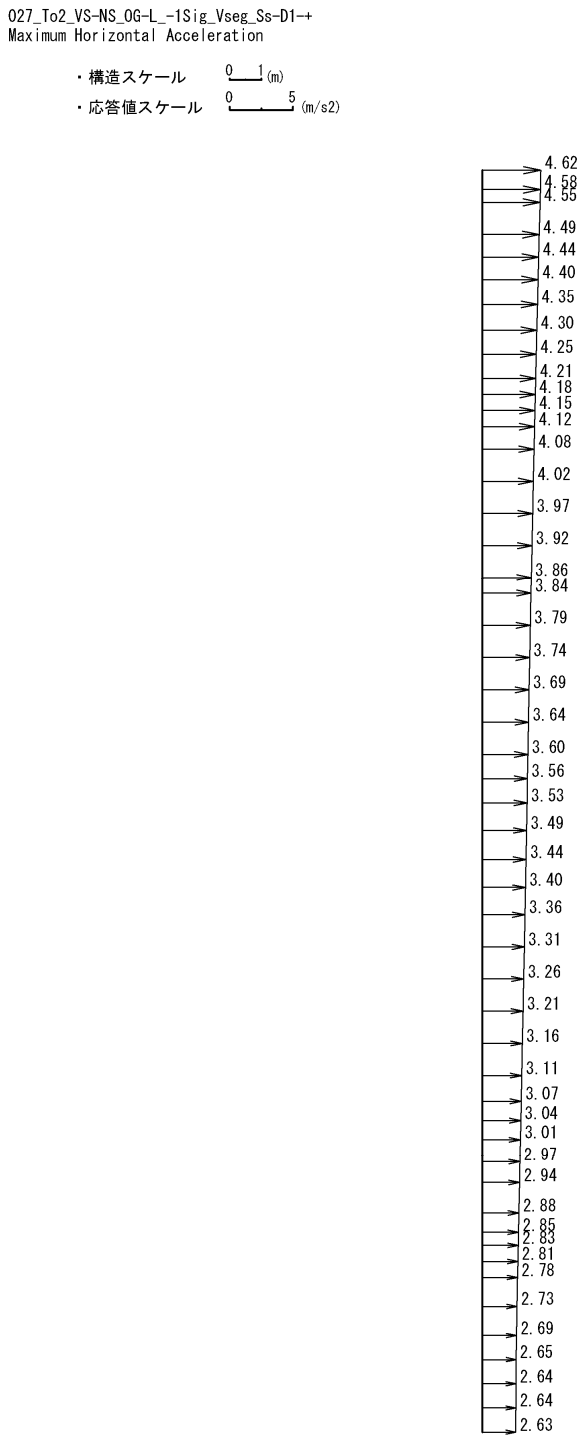


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

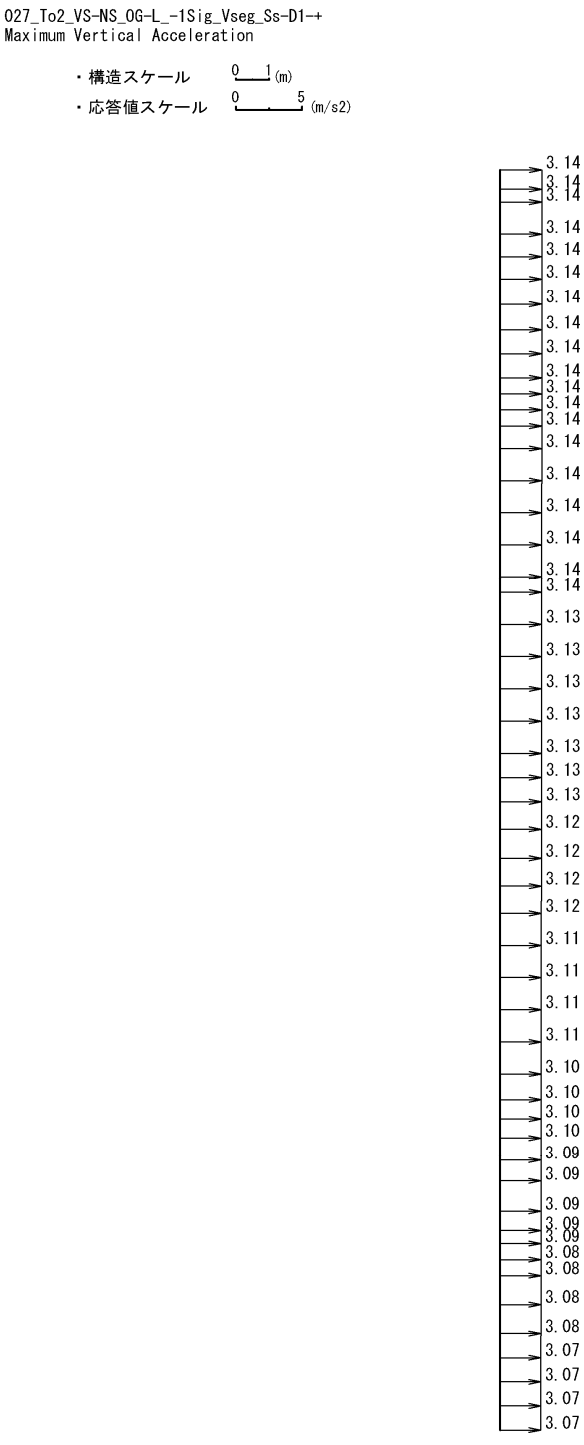


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第４－１図　③地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース　最大加速度分布図（15/22）



（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）

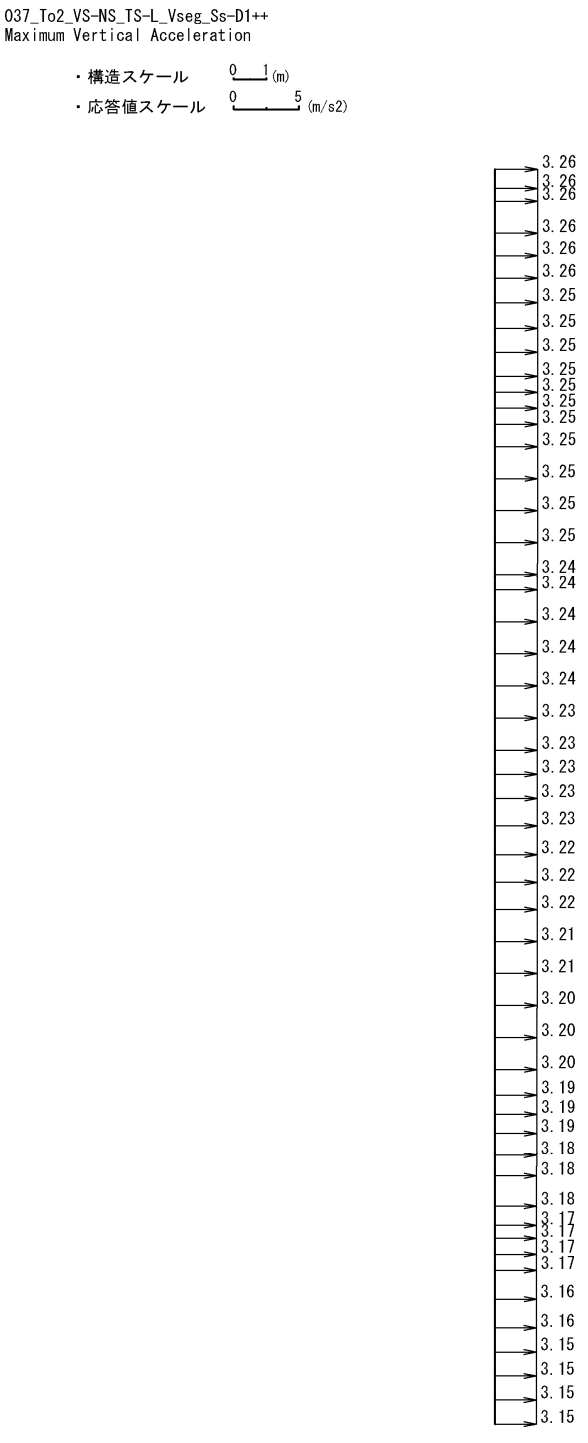


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第４－１図　③地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース　最大加速度分布図（16/22）



（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）



（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第4－1図　④敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース　最大加速度分布図（17/22）

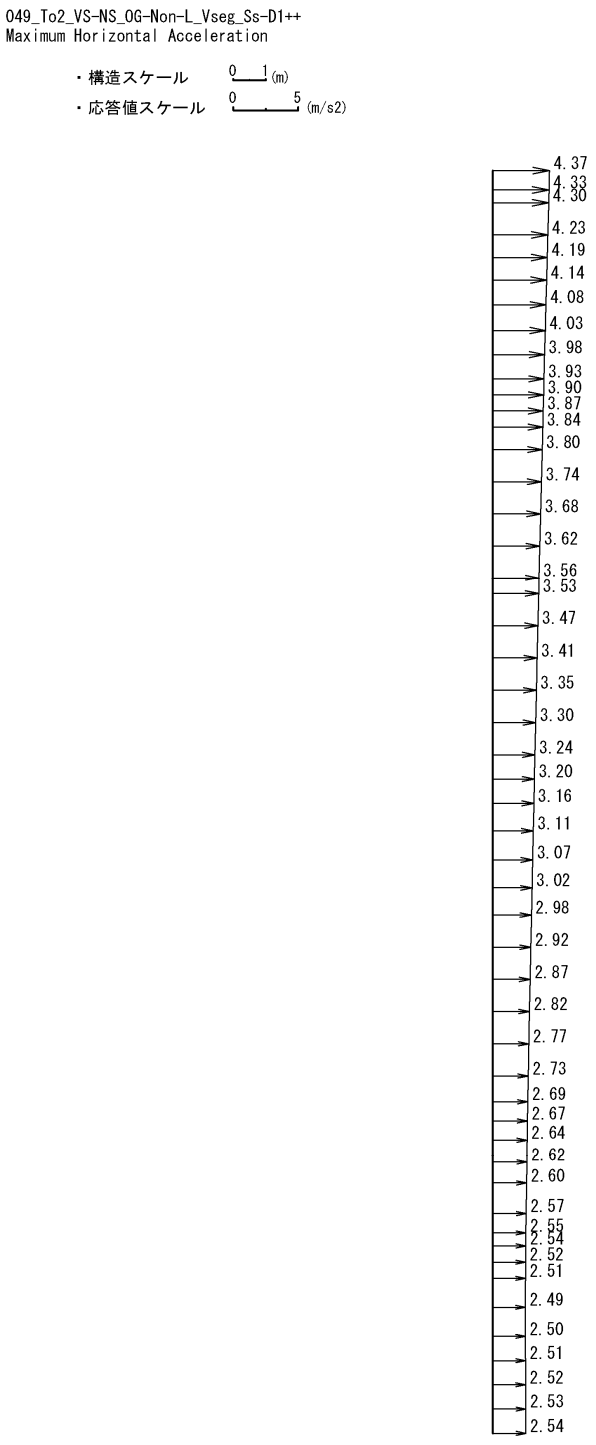


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）

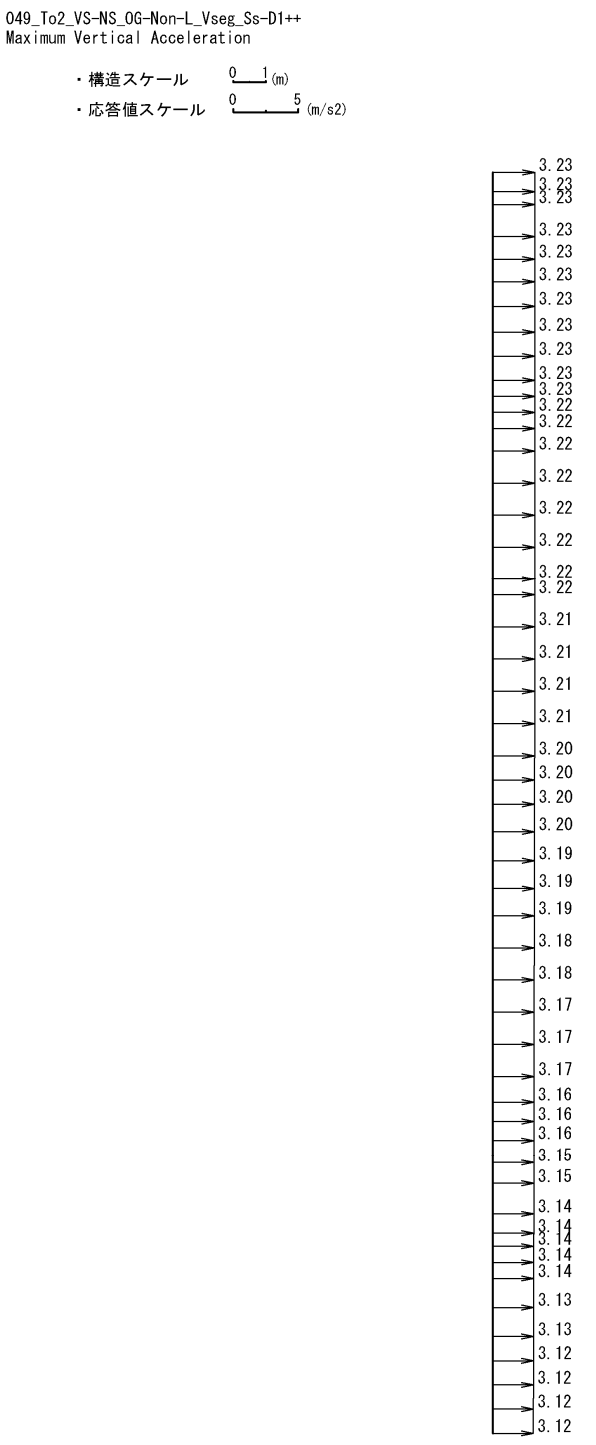


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第4－1図　④敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース　最大加速度分布図（18/22）

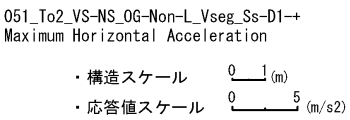


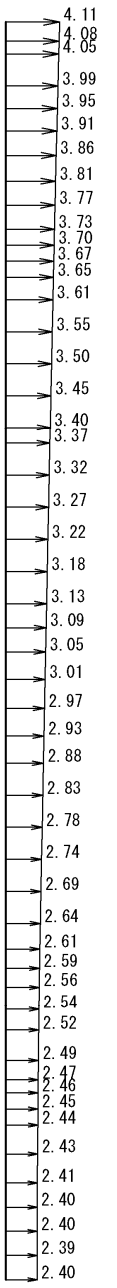
（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）



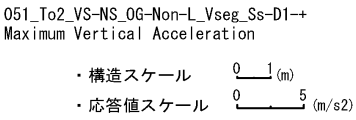
（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

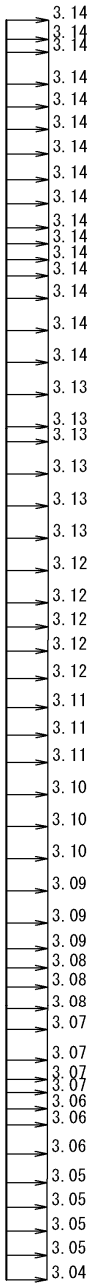
第４－１図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（19/22）





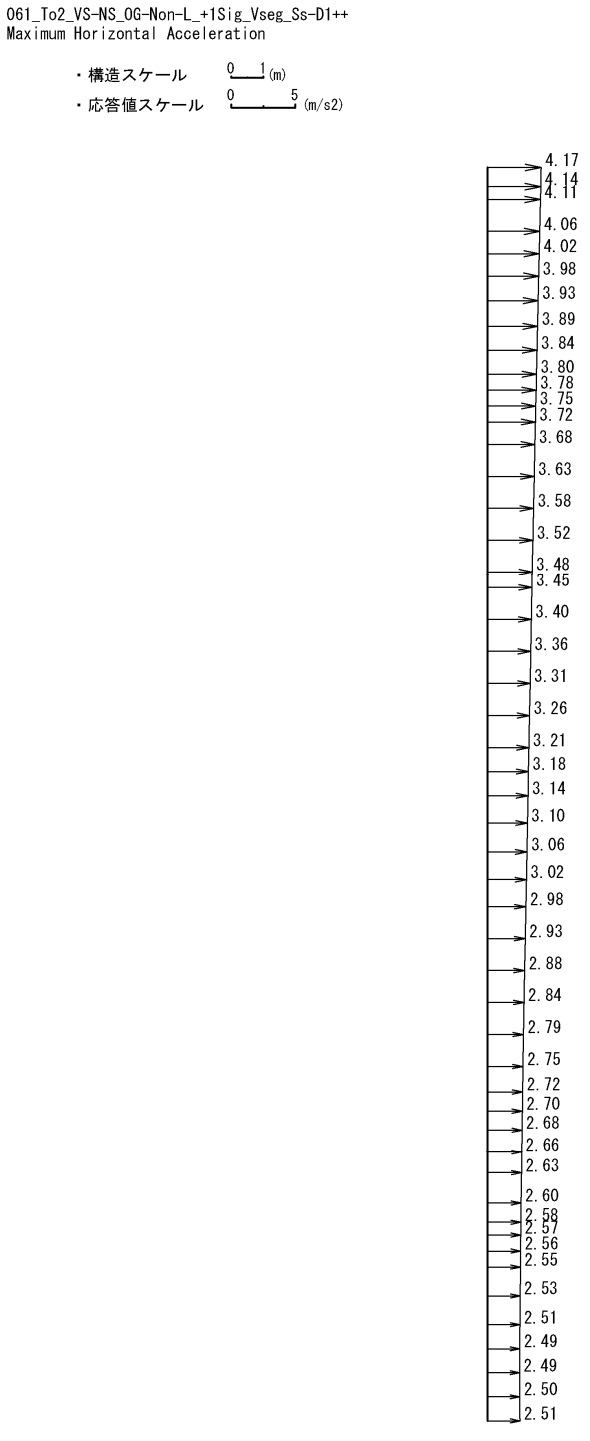
（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）



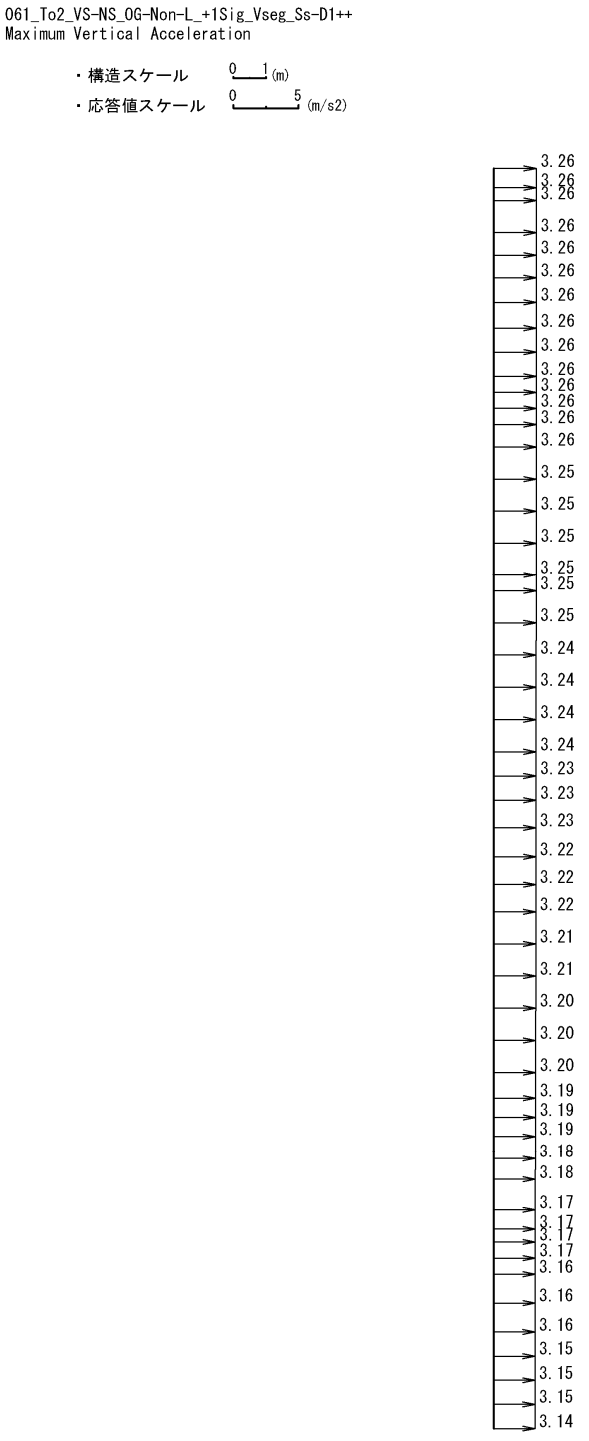


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第４－１図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（20/22）



（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

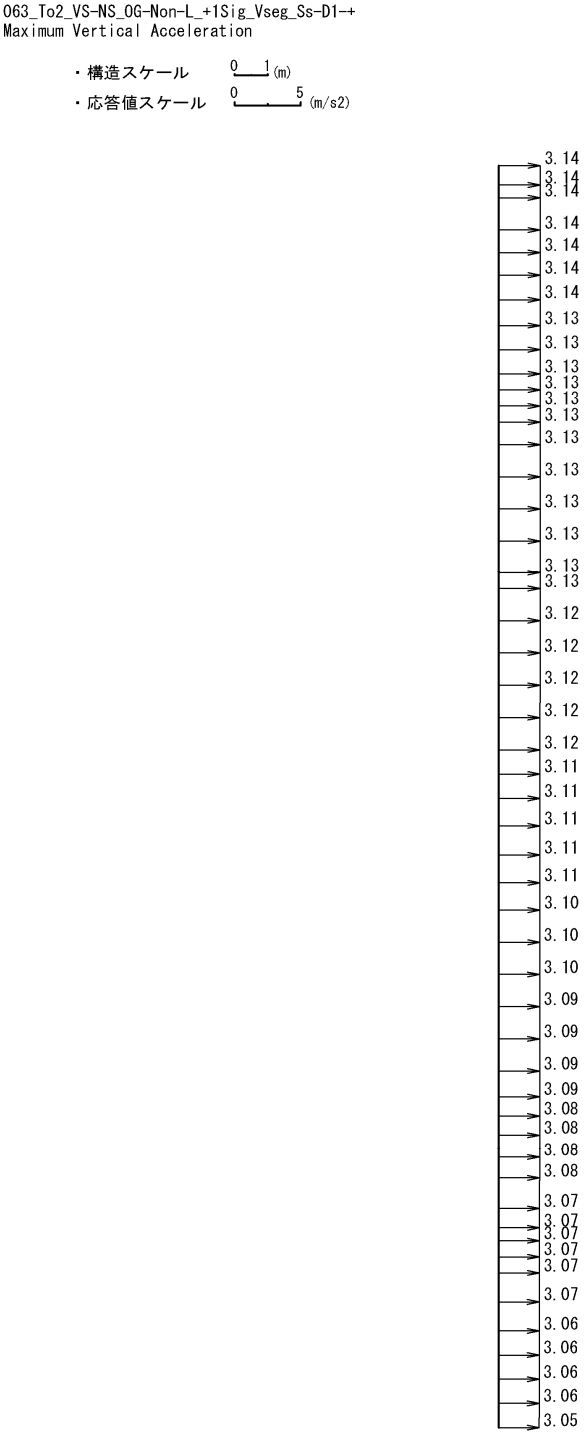


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第４－１図　⑥地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して
非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（21/22）



（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）

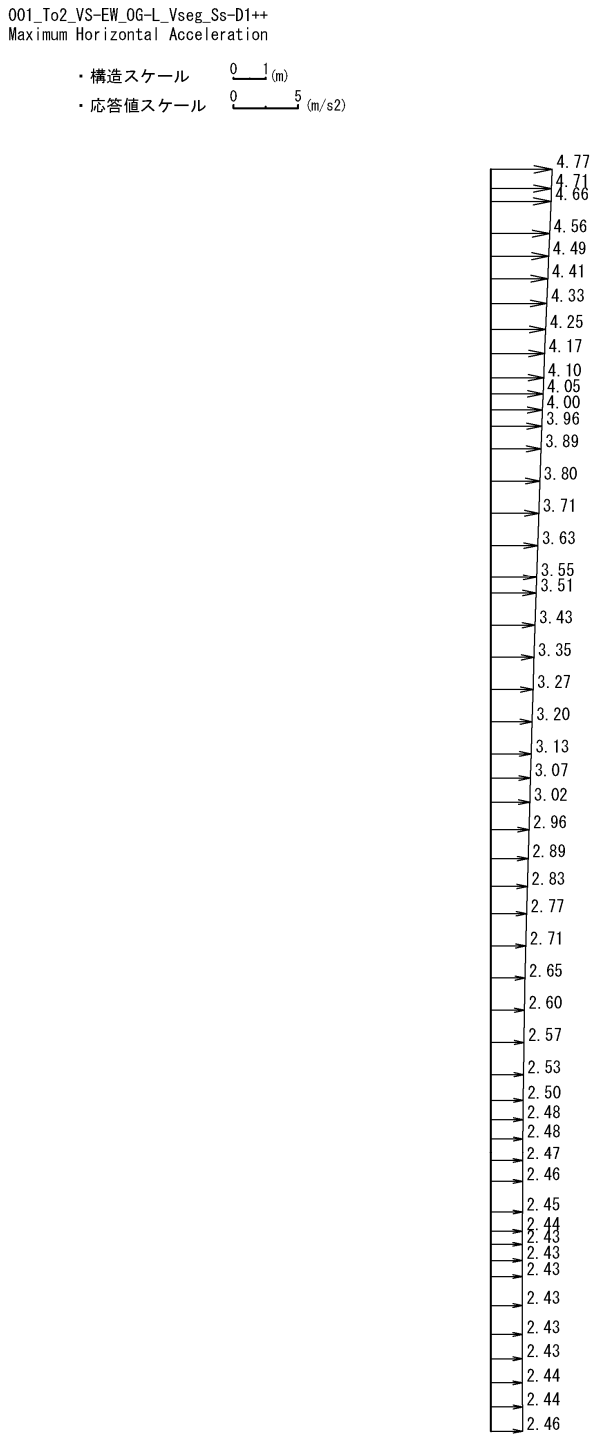


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

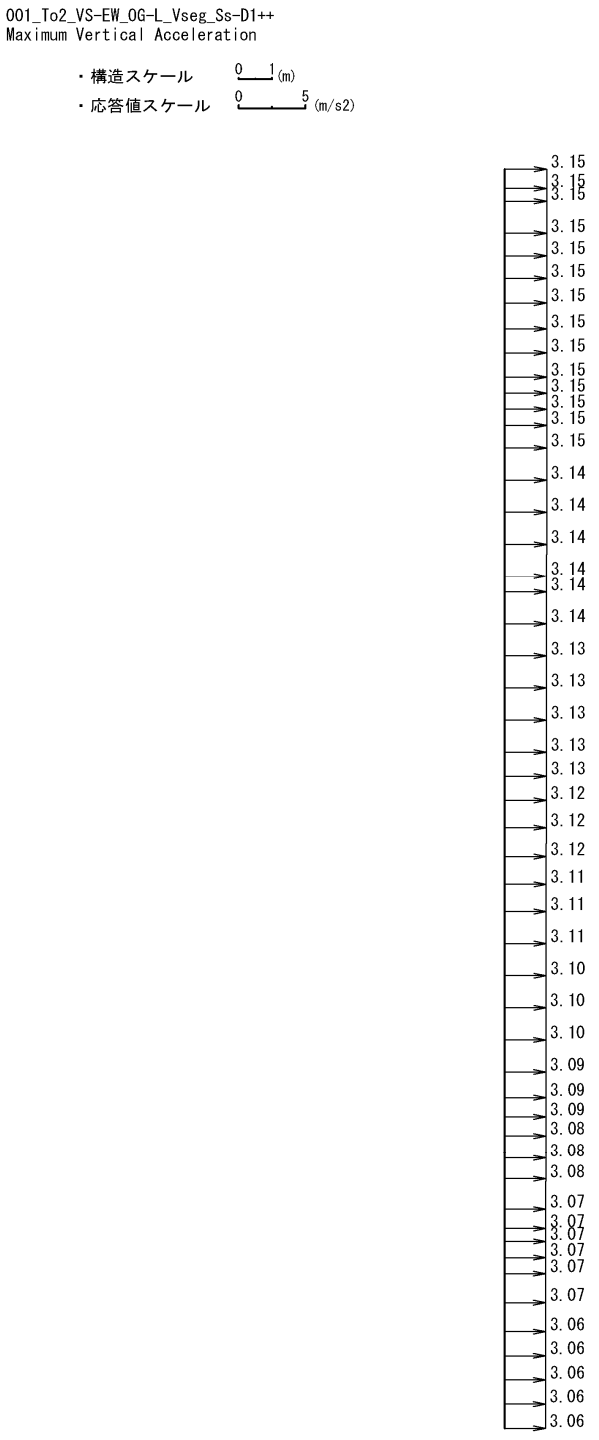
第４－１図　⑥地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して
非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（22/22）

4.2　解析結果（東西方向断面）

最大加速度分布を第 4－2 図に示す。

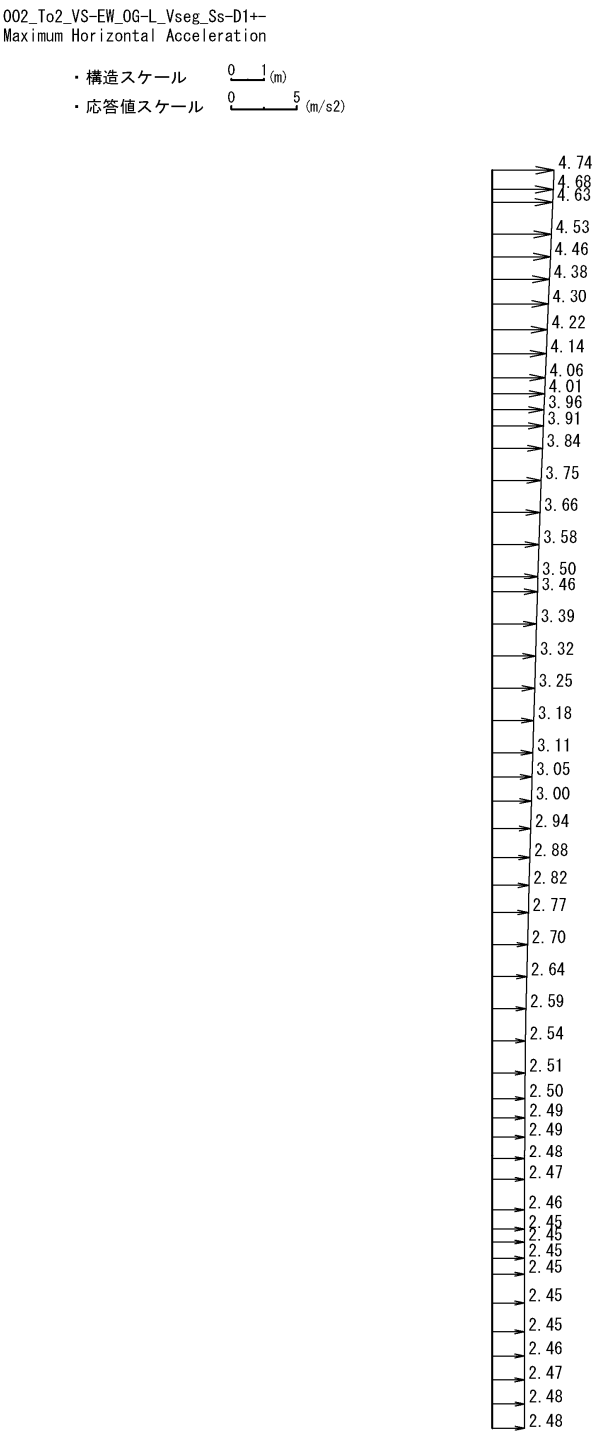


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

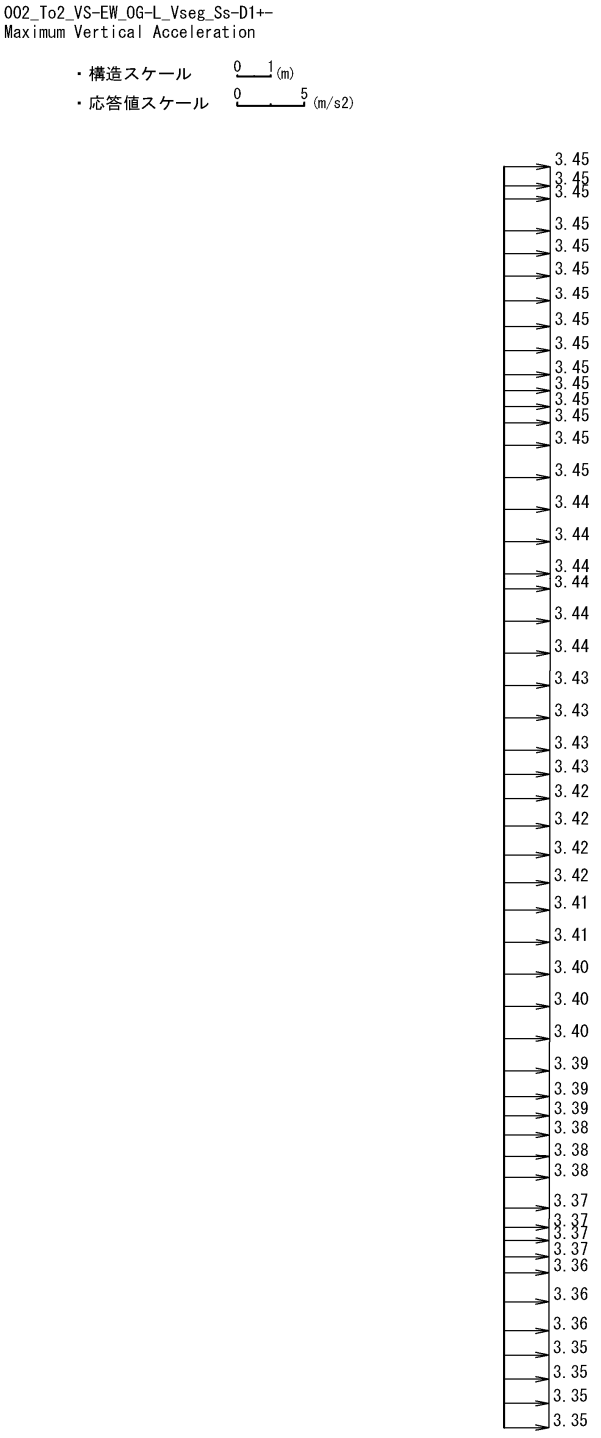


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第 4－2 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（1/22）

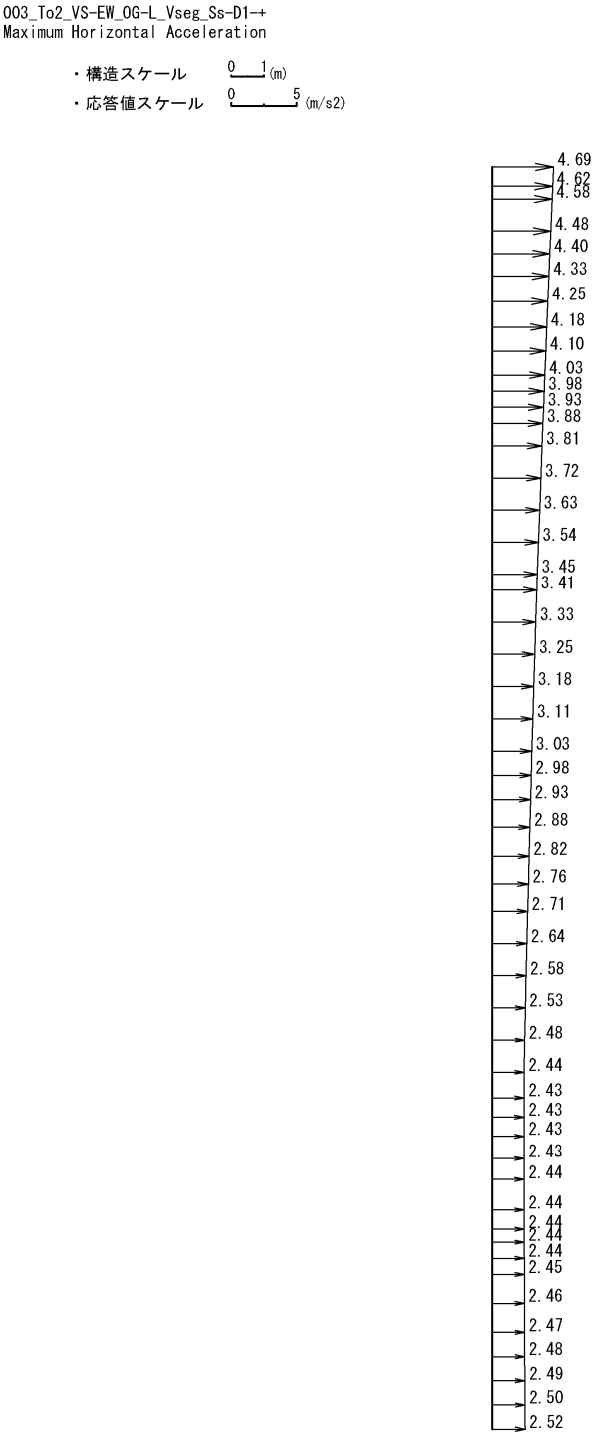


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－），水平）

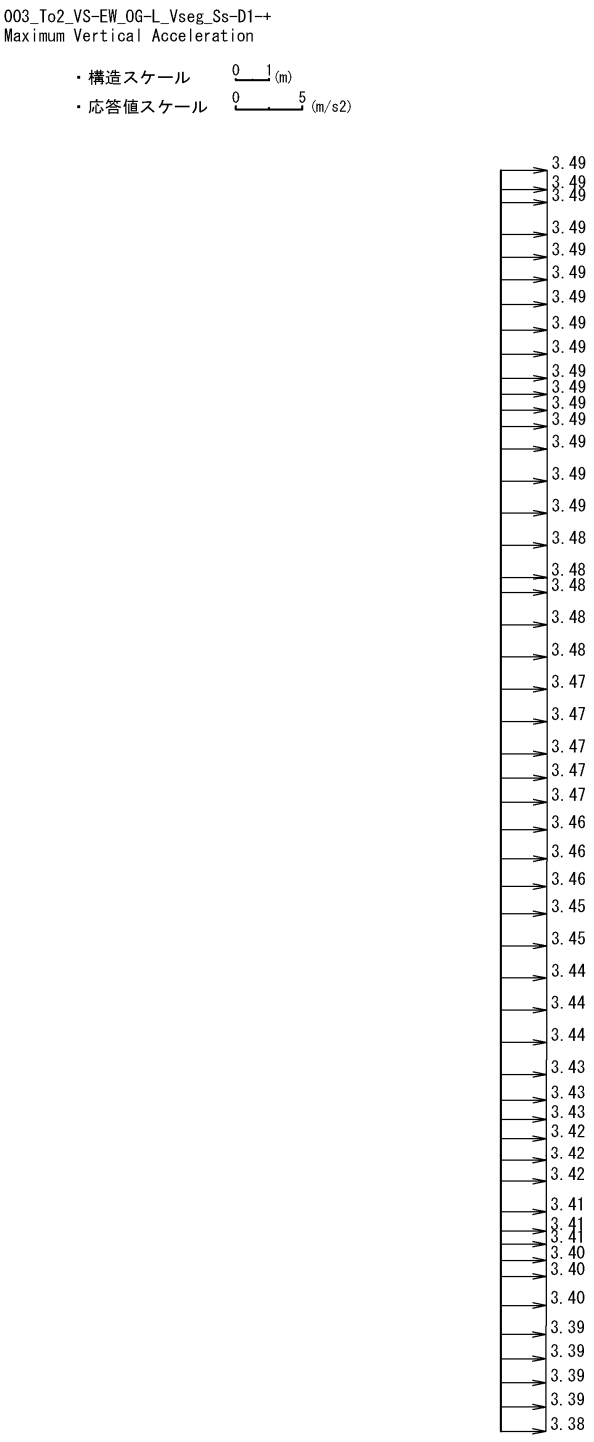


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－），鉛直）

第 4－2 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（2/22）

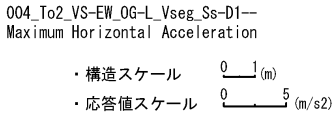


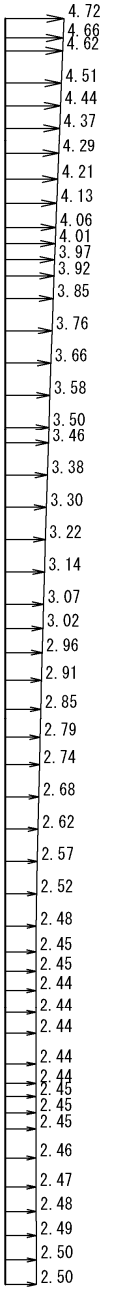
（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）



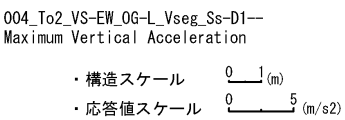
（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

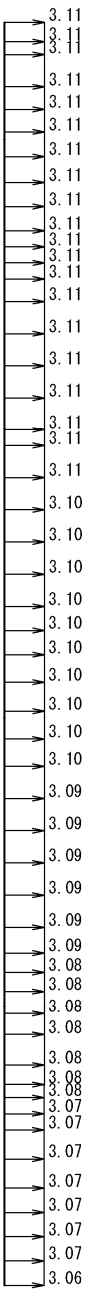
第 4－2 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（3/22）





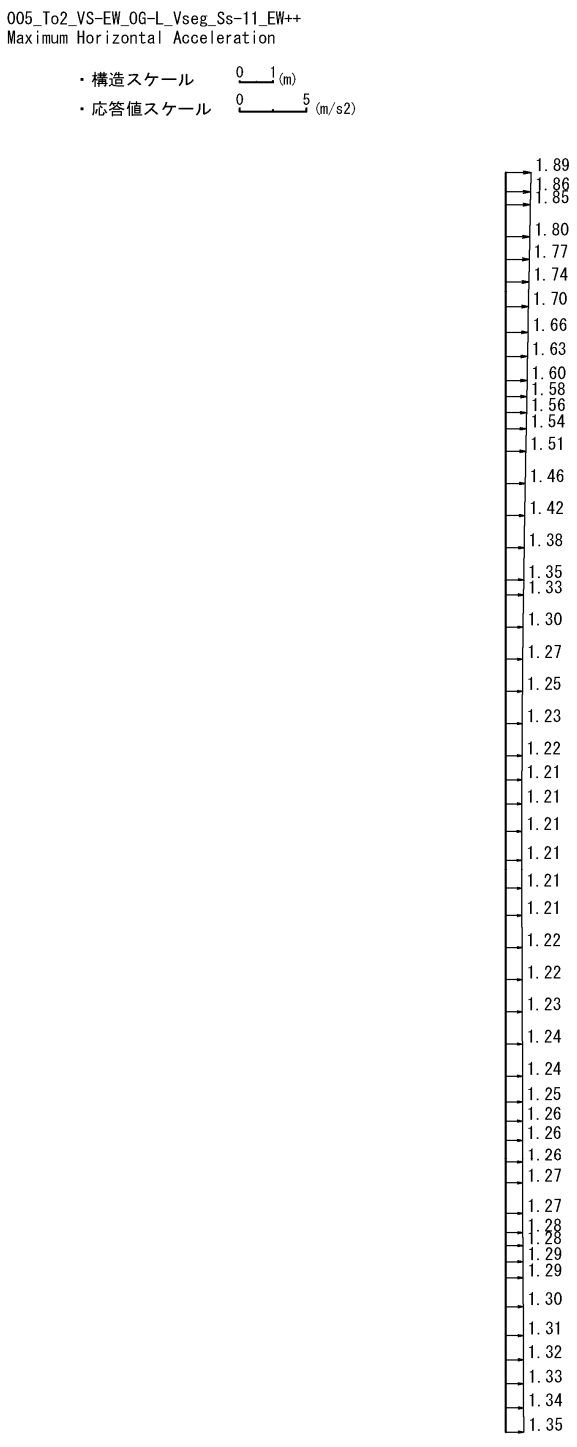
（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－），水平）



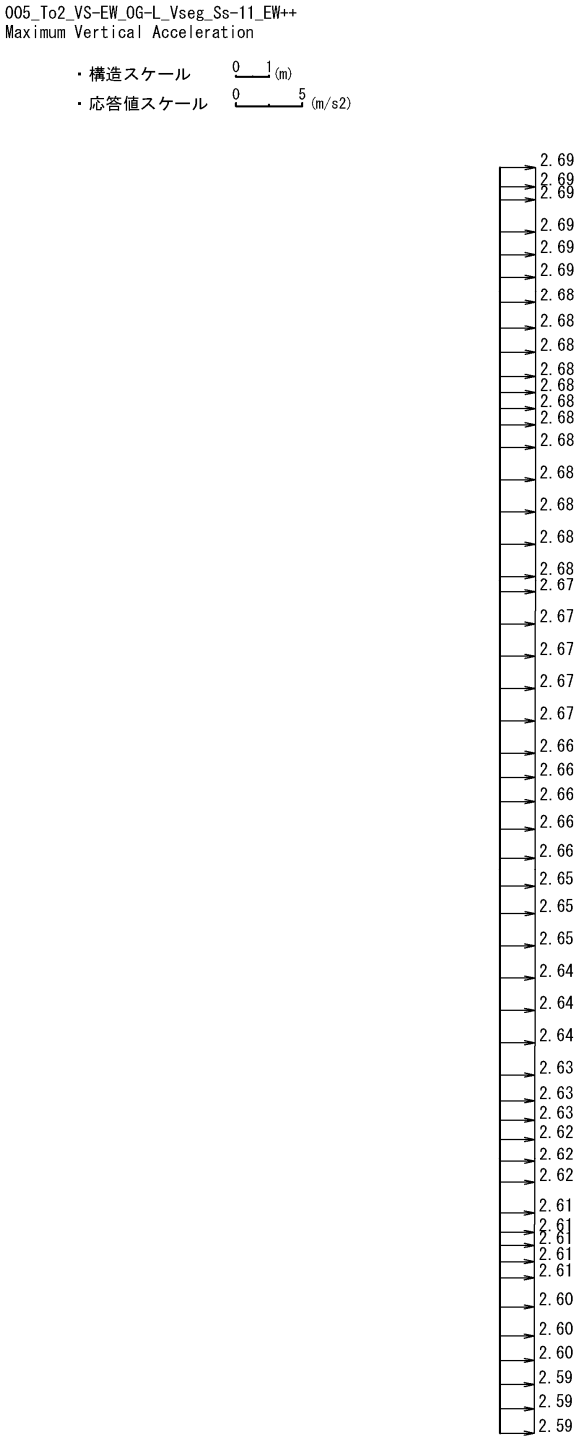


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－），鉛直）

第 4－2 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（4/22）

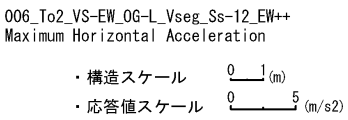


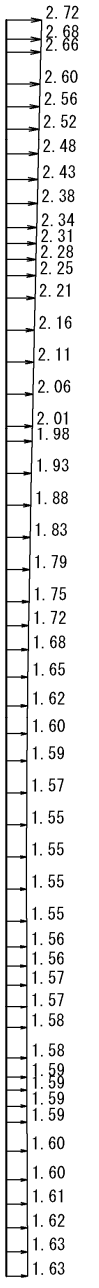
（Ｓｓ－１１，水平）



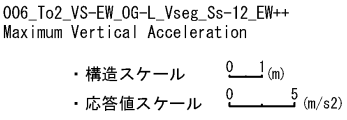
（Ｓｓ－１１，鉛直）

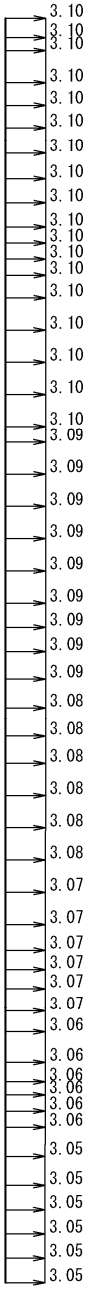
第４－２図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（5/22）





（Ｓｓ－１２，水平）





（Ｓｓ－１２，鉛直）

第 4－2 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（6/22）

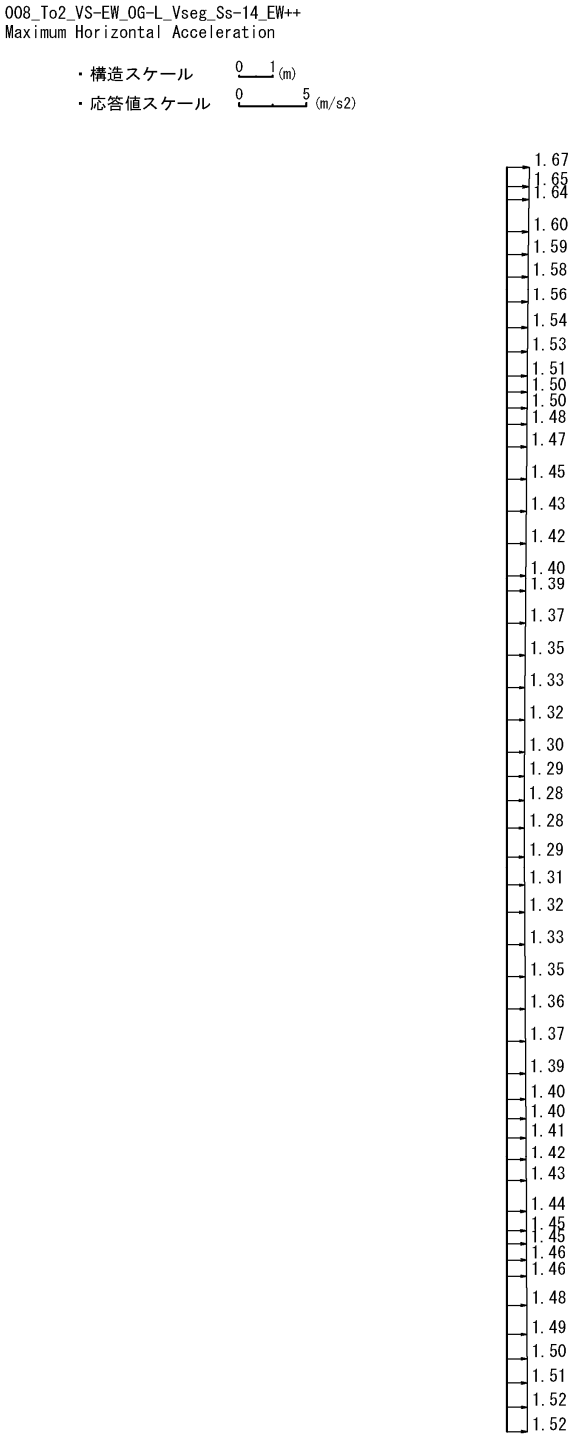


（Ｓｓ－１３，水平）

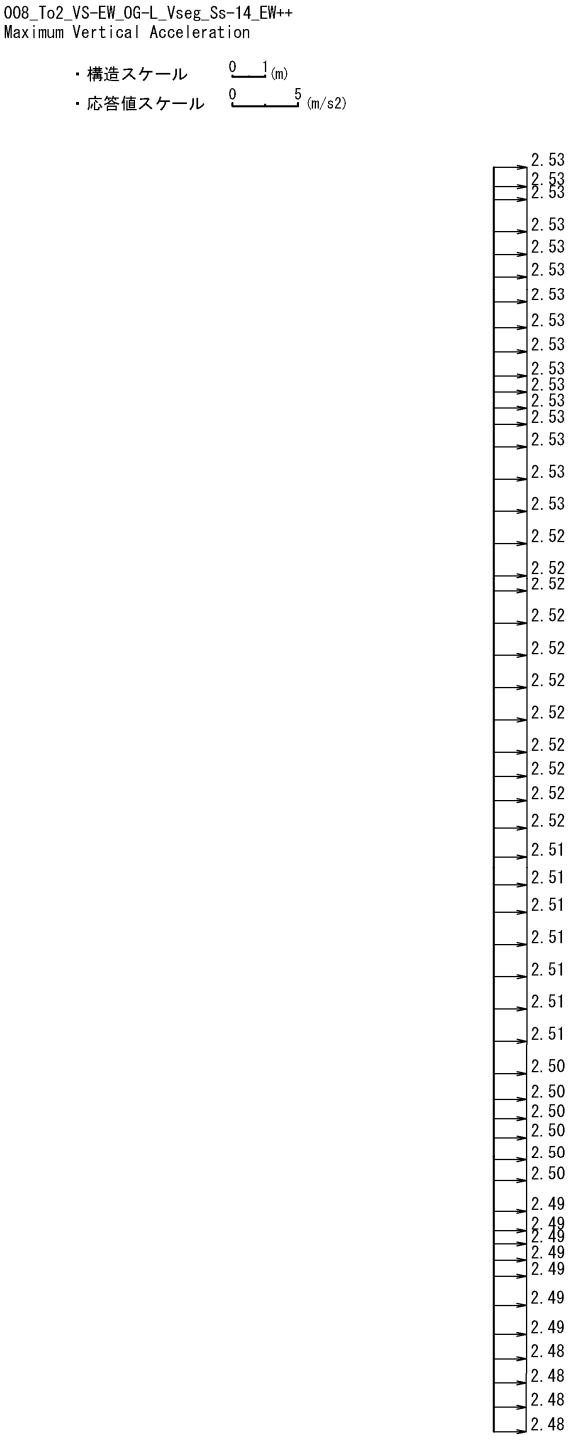


（Ｓｓ－１３，鉛直）

第 4－2 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（7/22）

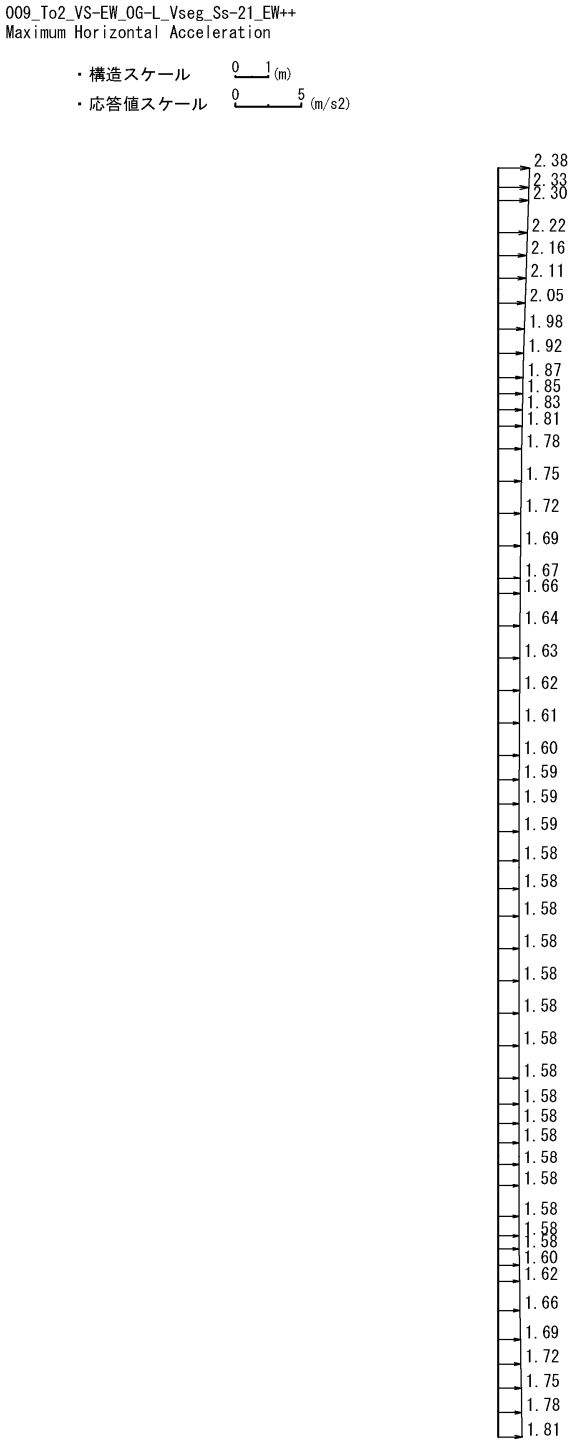


（Ｓｓ－１４，水平）

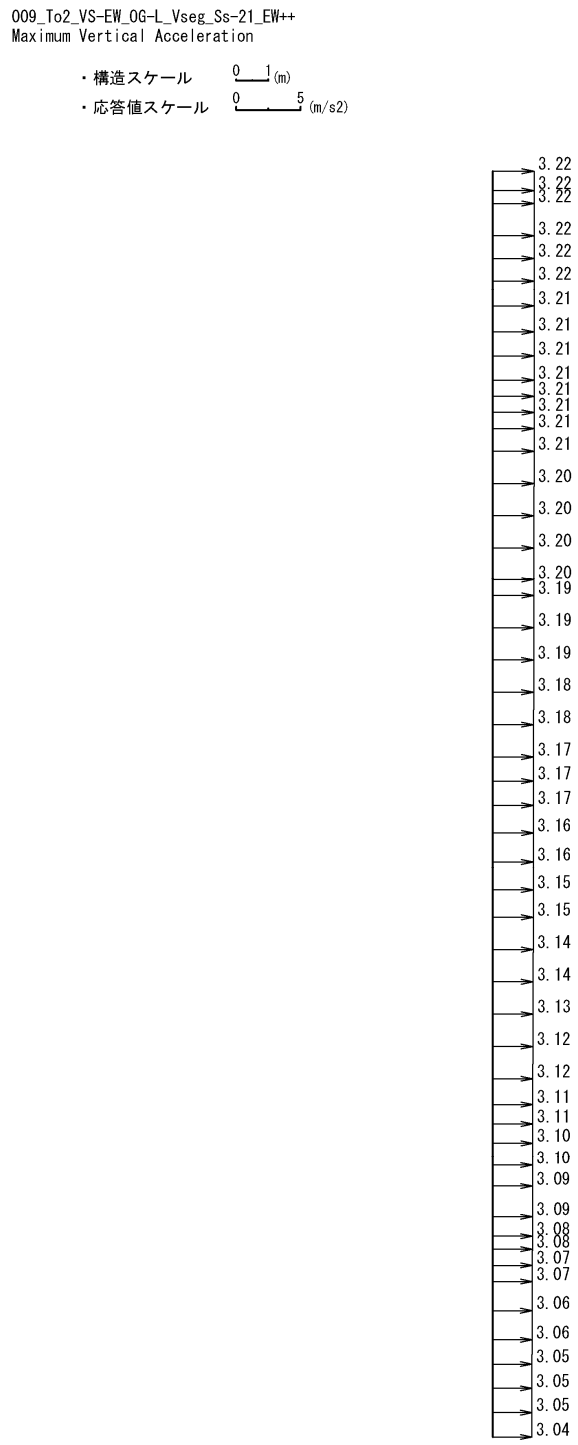


（Ｓｓ－１４，鉛直）

第 4－2 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（8/22）

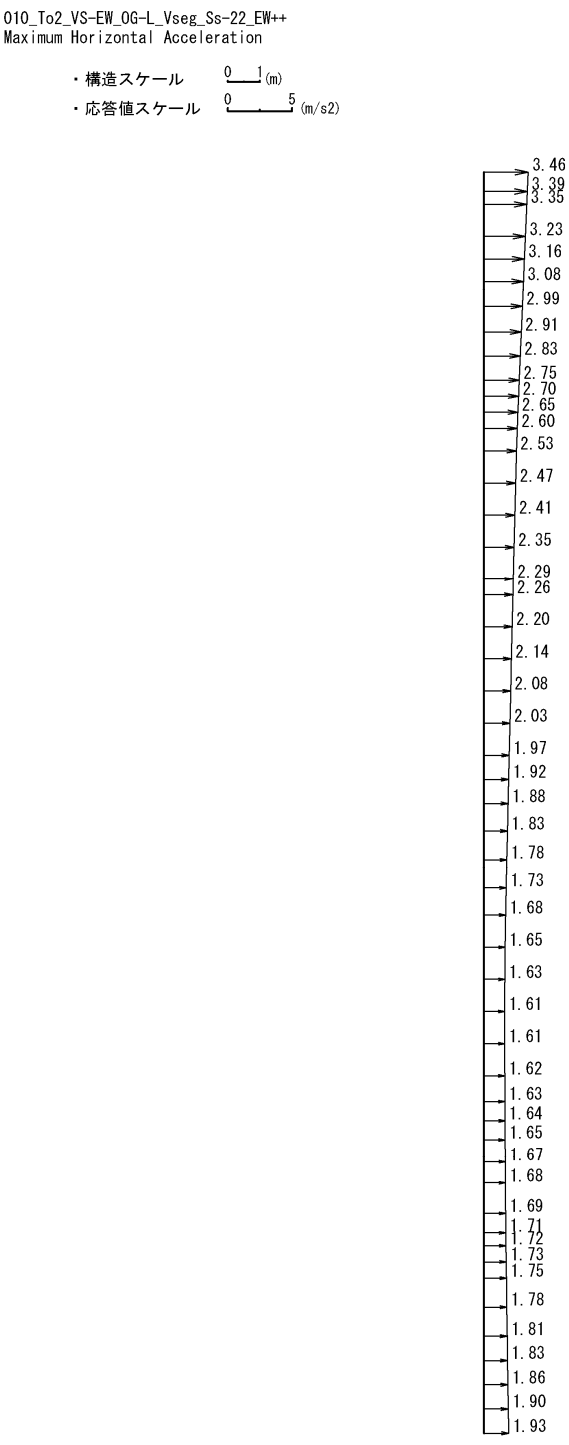


（Ｓｓ－２１，水平）

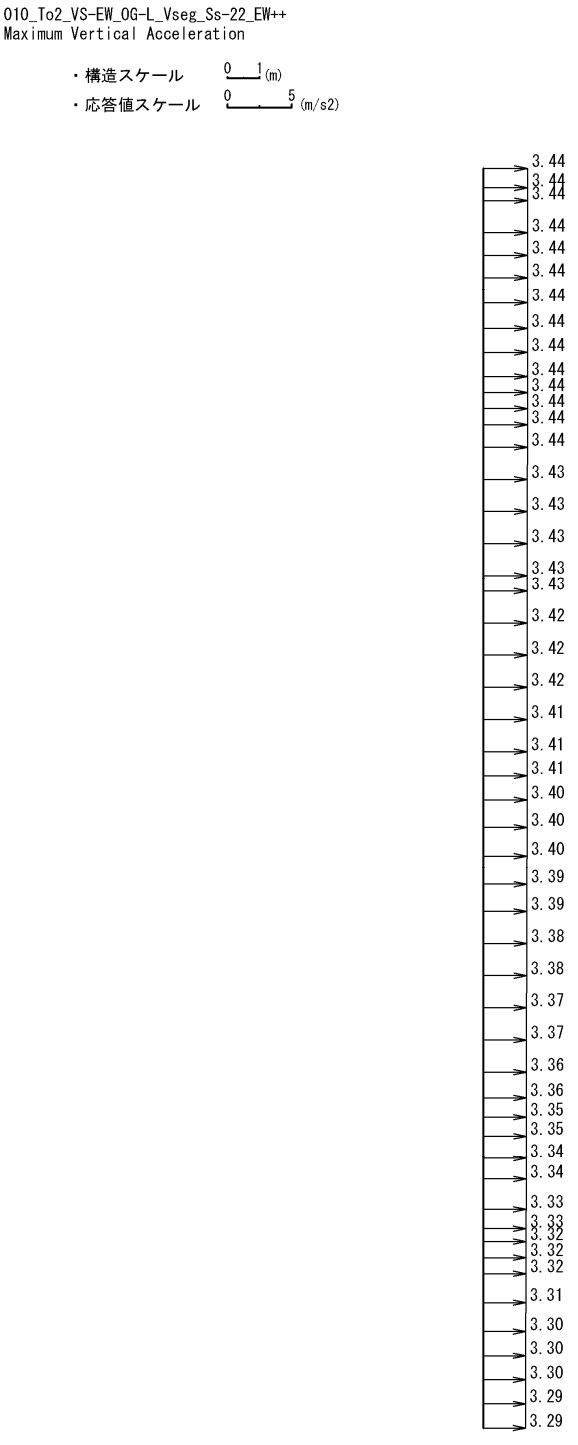


（Ｓｓ－２１，鉛直）

第 4－2 図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（9/22）

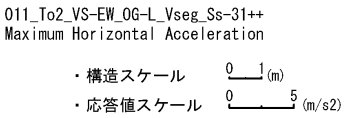


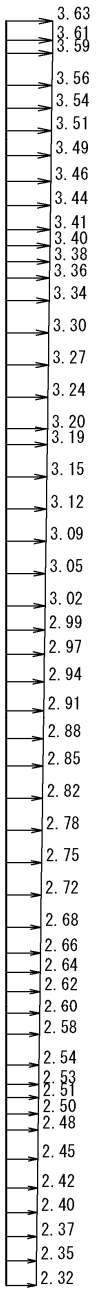
（Ｓｓ－２２，水平）



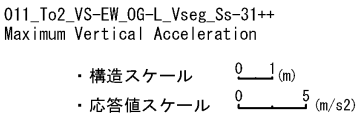
（Ｓｓ－２２，鉛直）

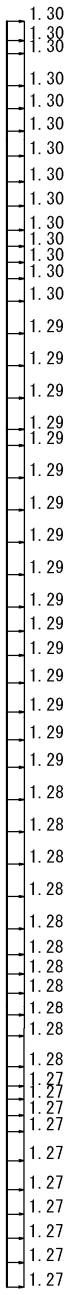
第４－２図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（10/22）





（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）



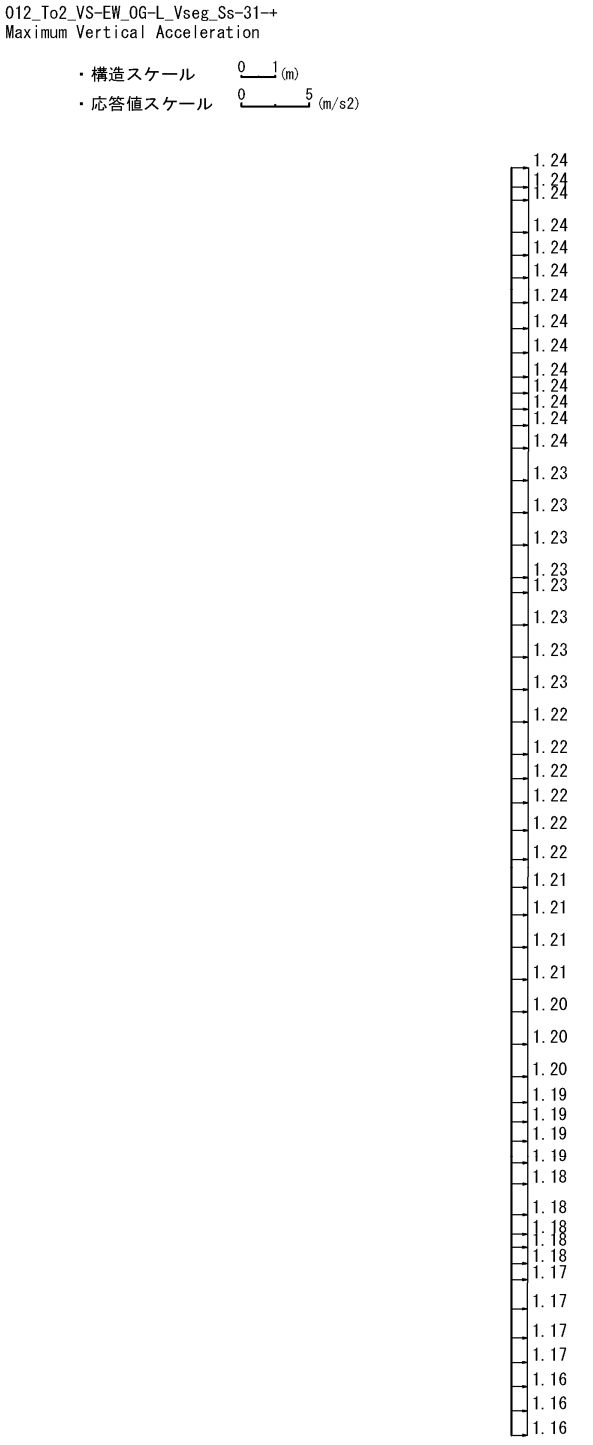


（Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第4－2図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（11/22）



（Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）

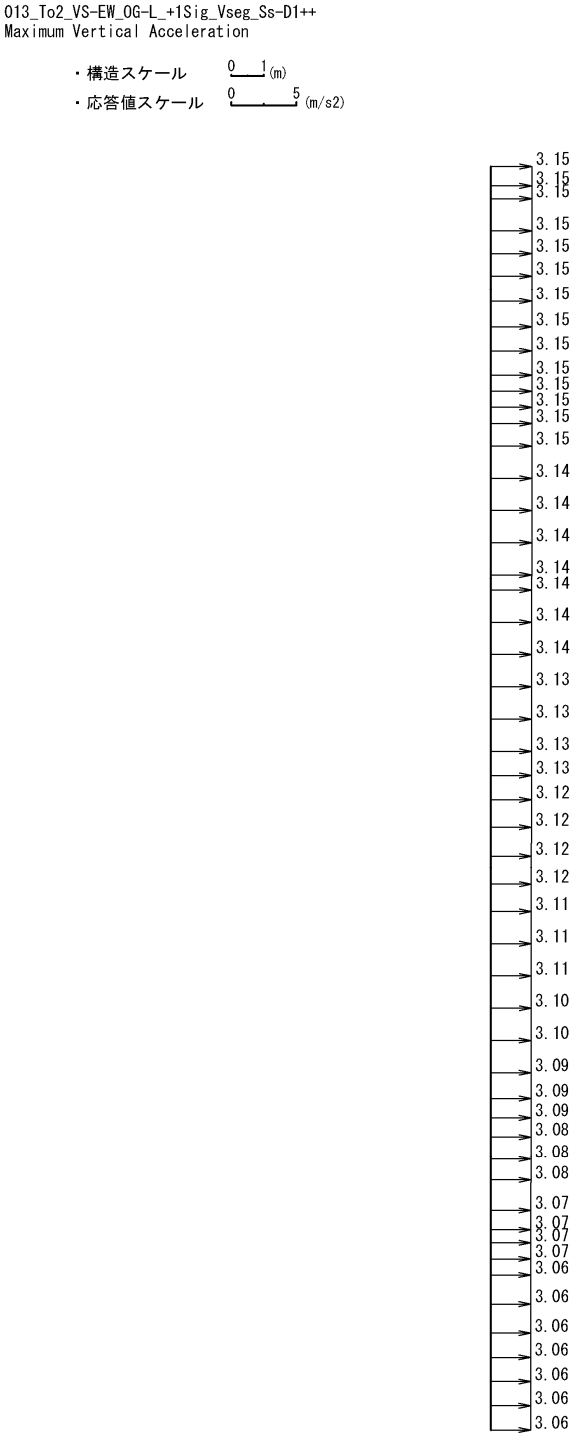


（Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第4－2図　①原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース　最大加速度分布図（12/22）



（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）



（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第４－２図　②地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース　最大加速度分布図（13/22）



（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）

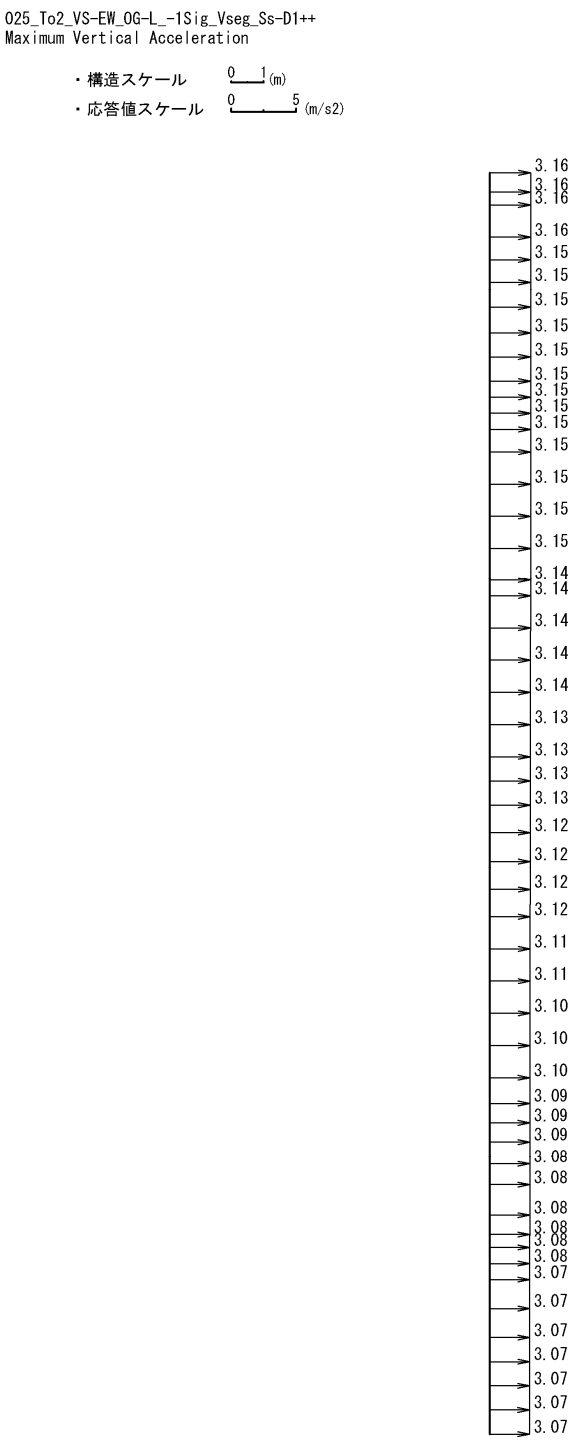


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第４－２図　②地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース　最大加速度分布図（14/22）

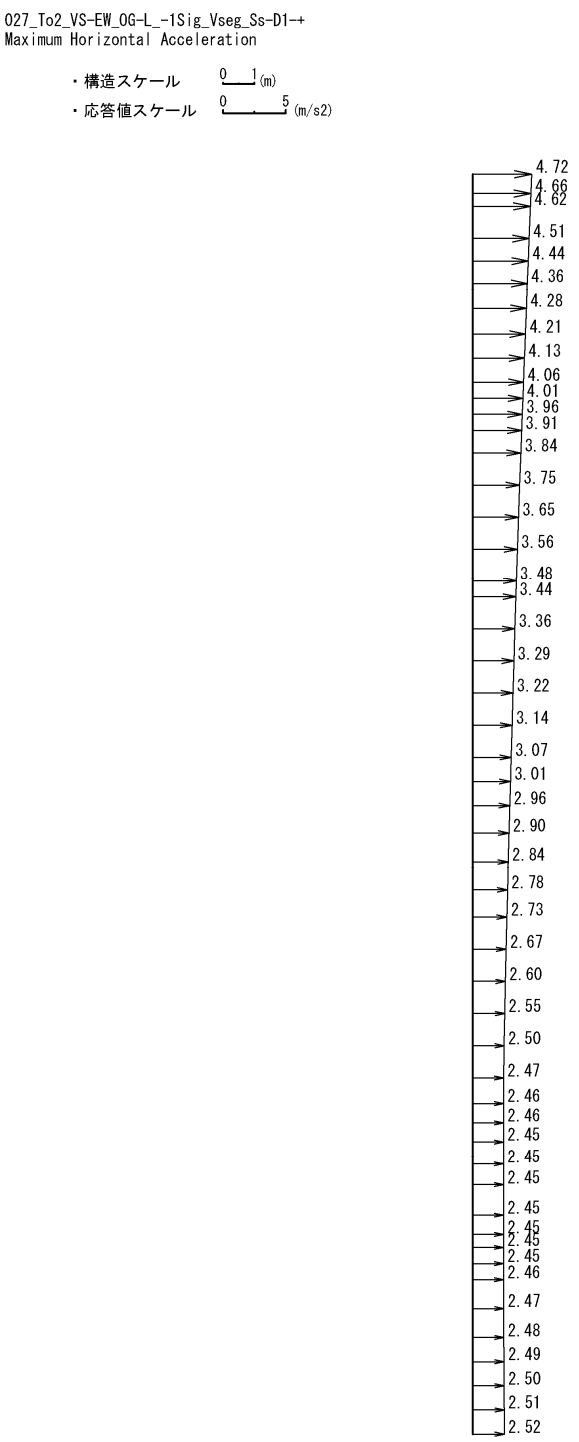


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

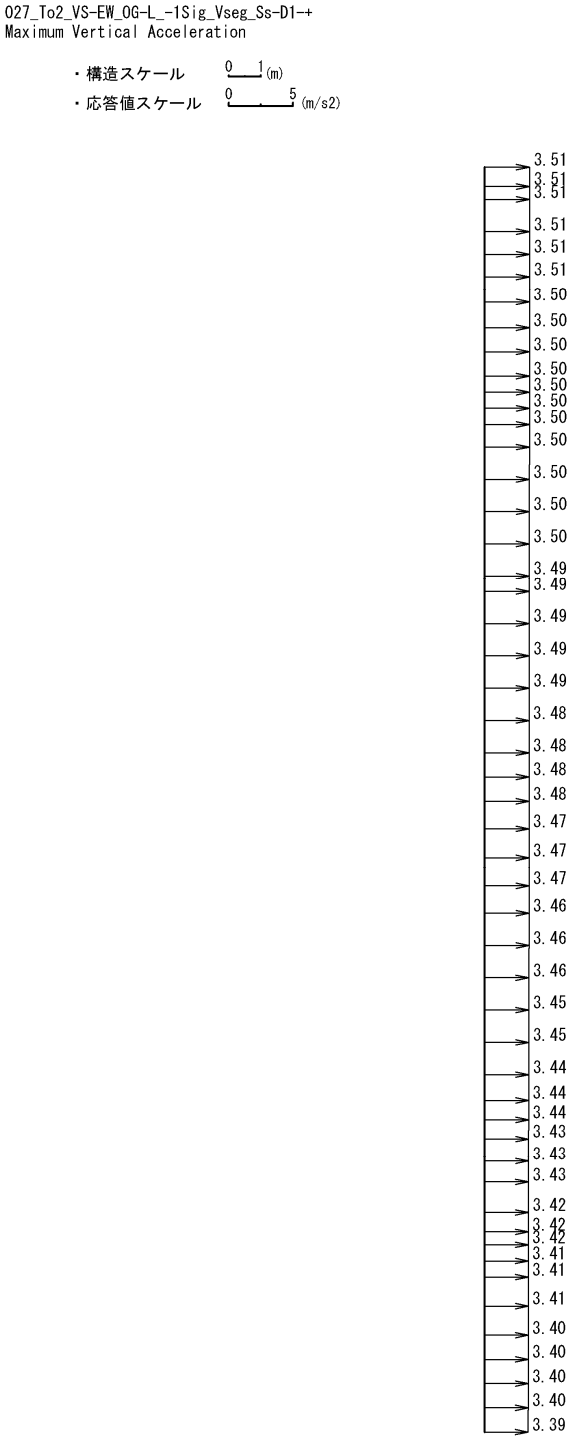


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第４－２図　③地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース　最大加速度分布図（15/22）



（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）

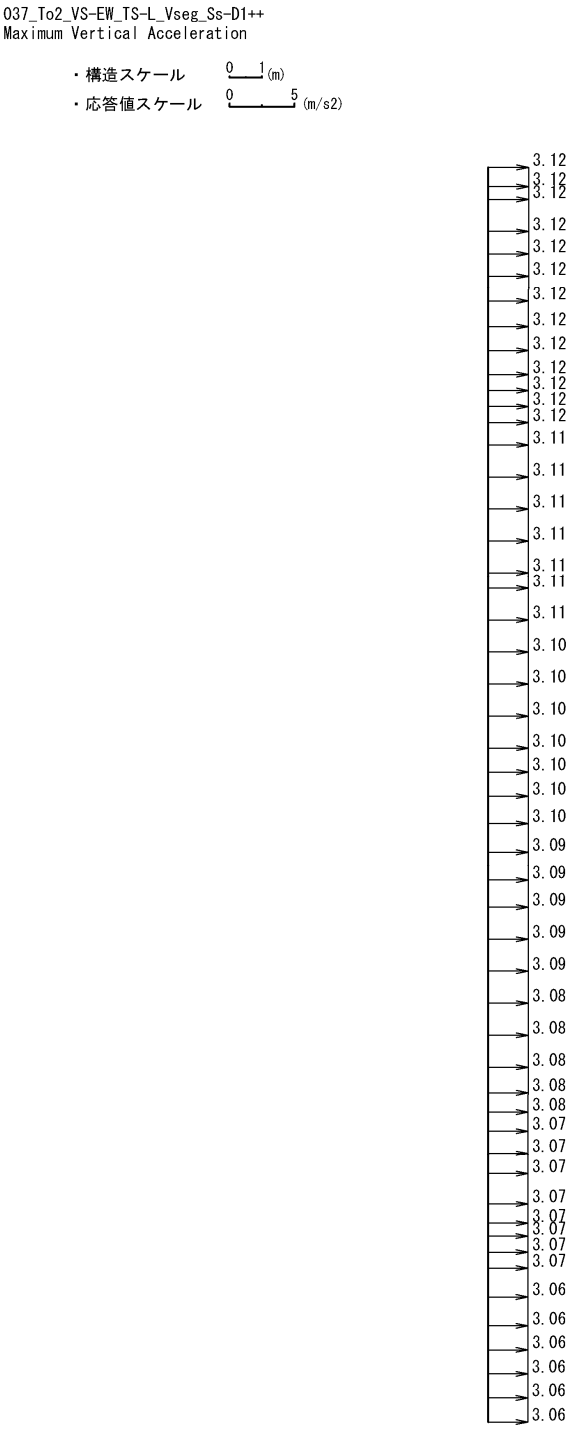


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第４－２図　③地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース　最大加速度分布図（16/22）

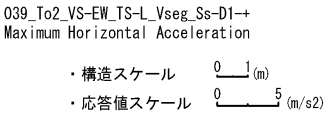


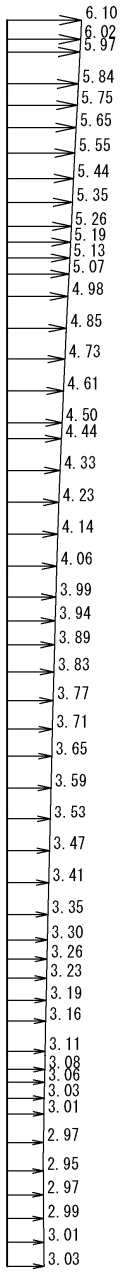
（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）



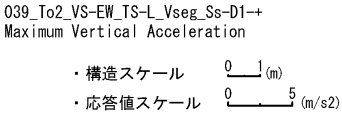
（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

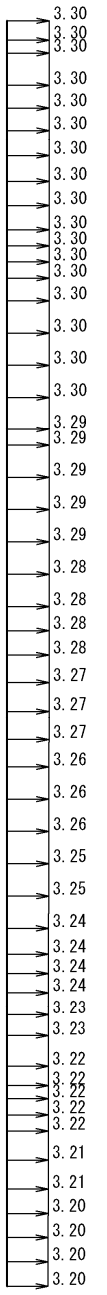
第４－２図　④敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース　最大加速度分布図（17/22）





（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）



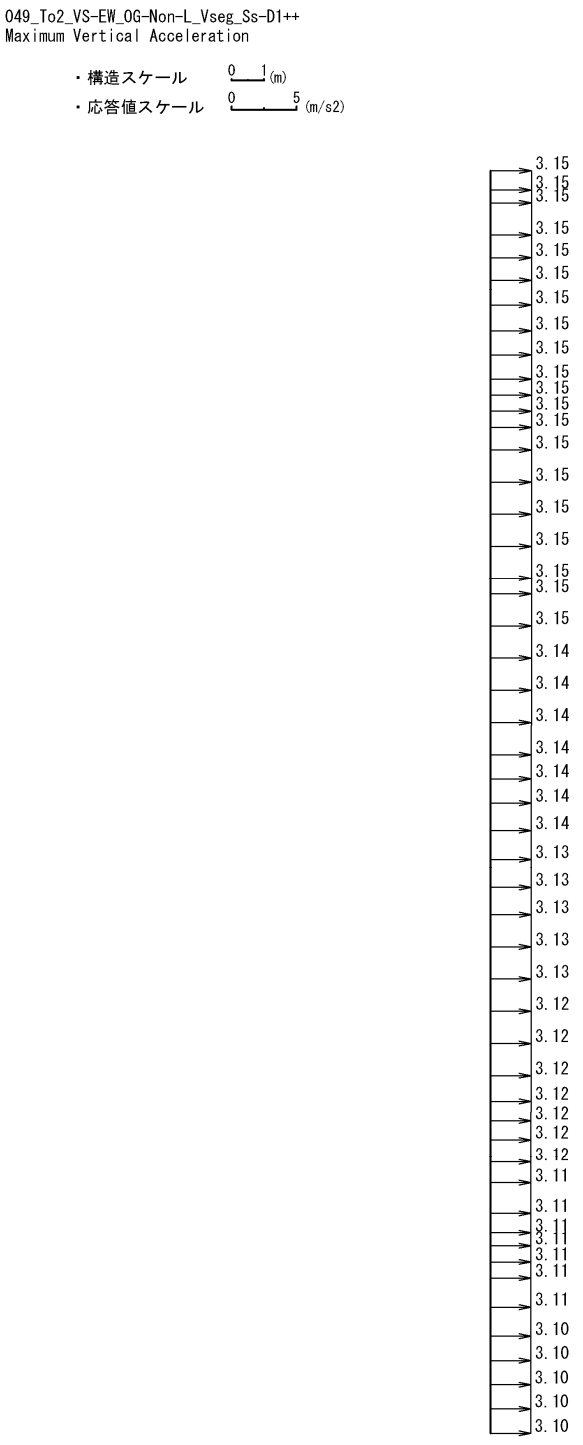


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第４－２図　④敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース　最大加速度分布図（18/22）

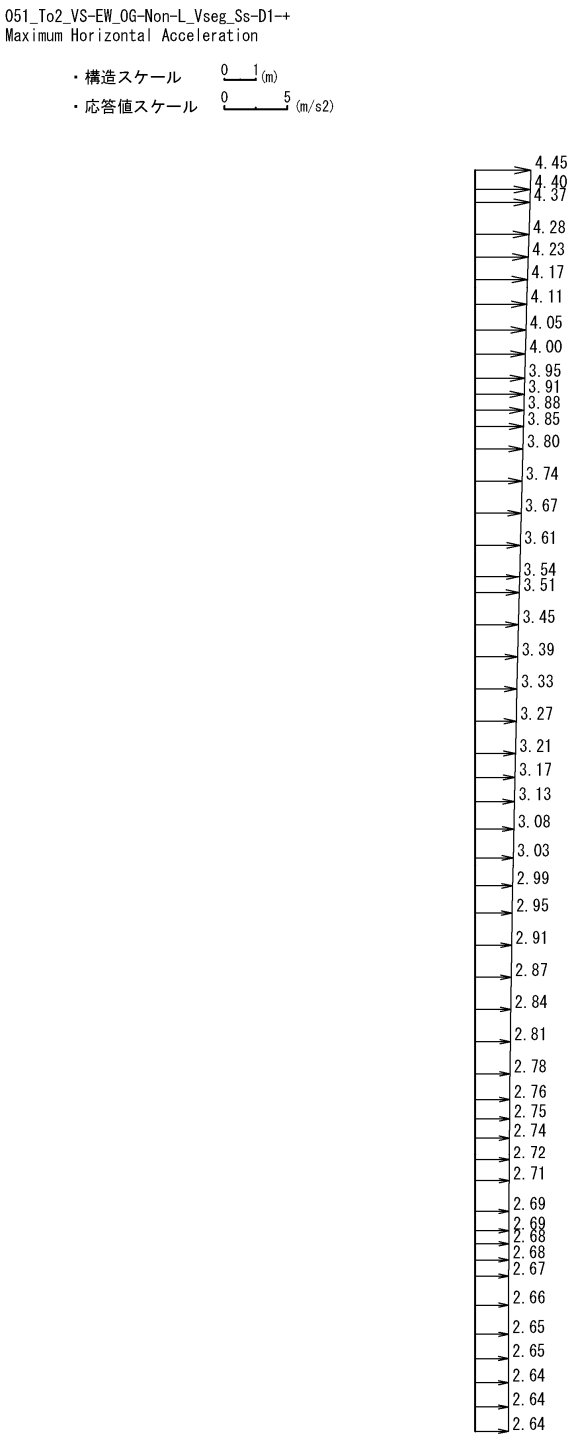


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

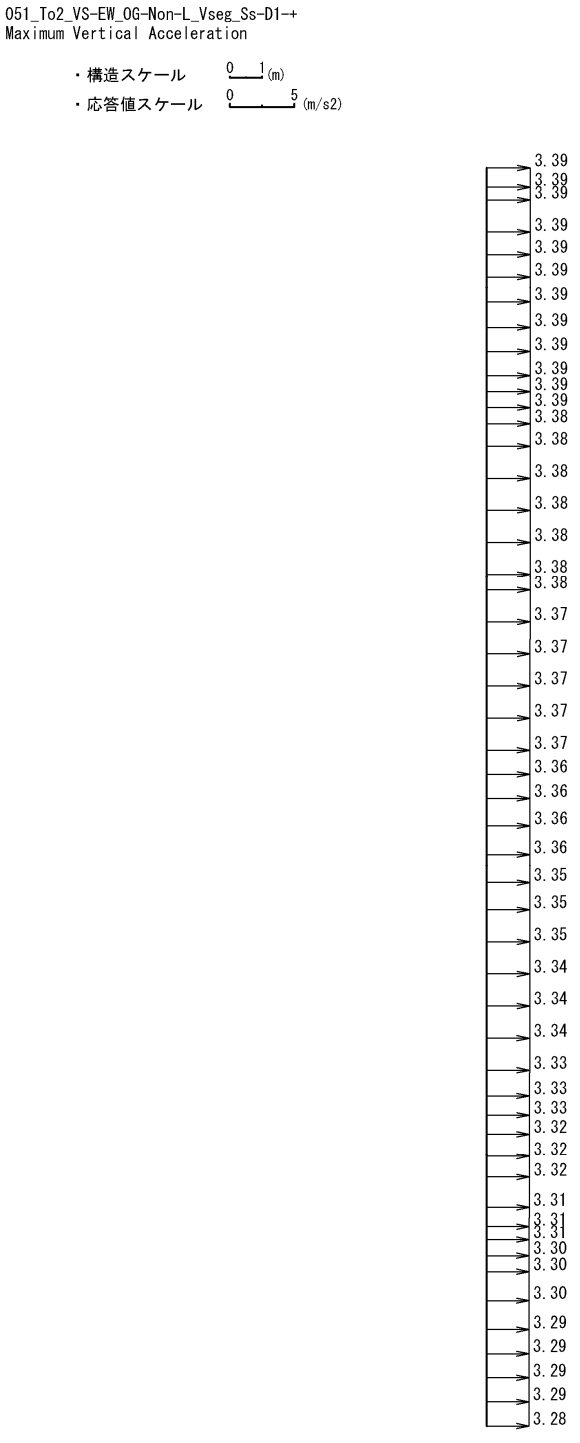


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第４－２図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（19/22）

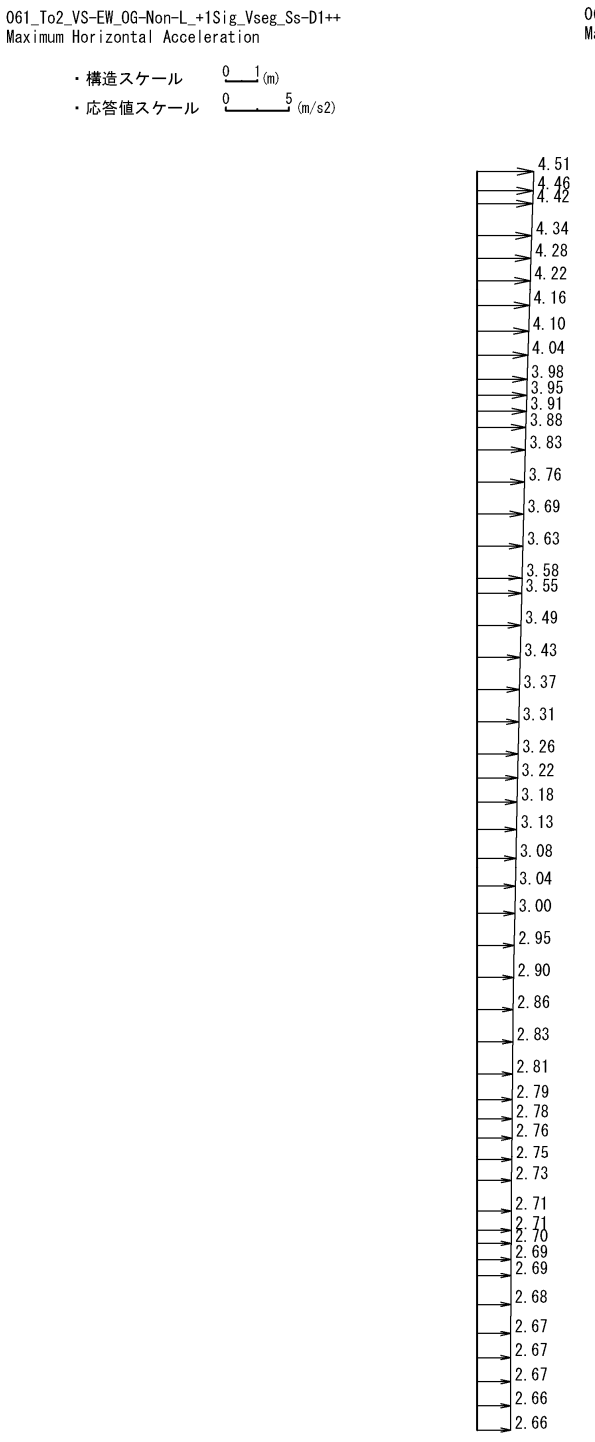


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）

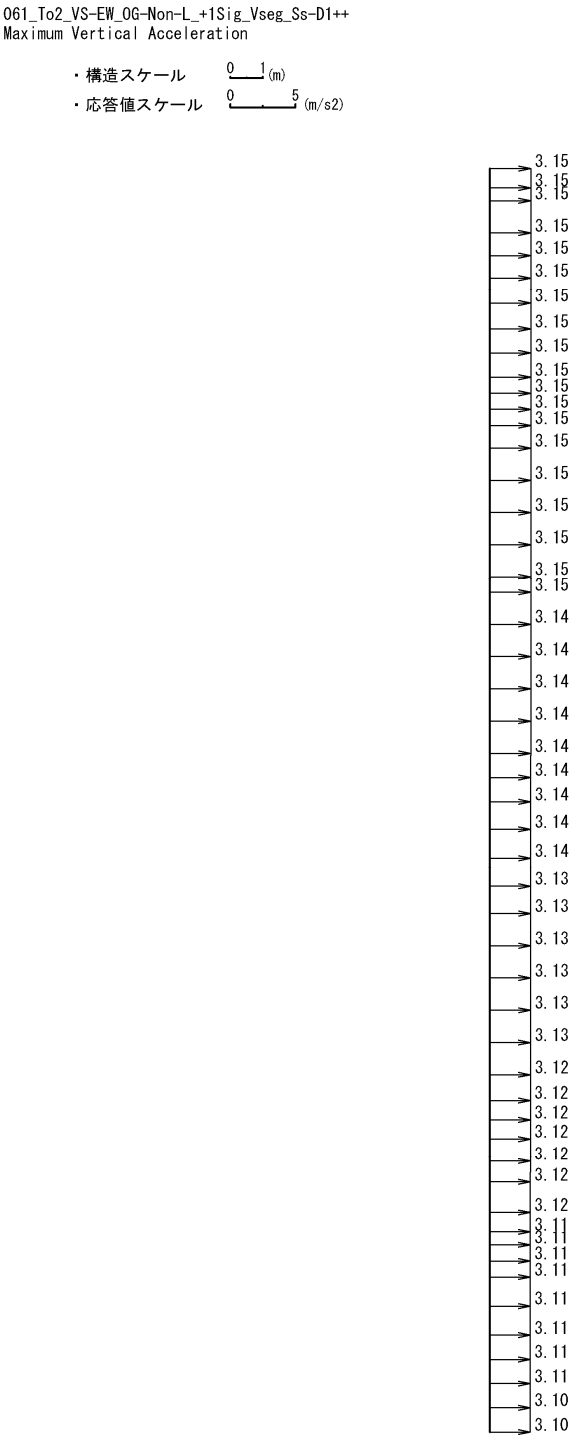


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第４－２図　⑤原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（20/22）

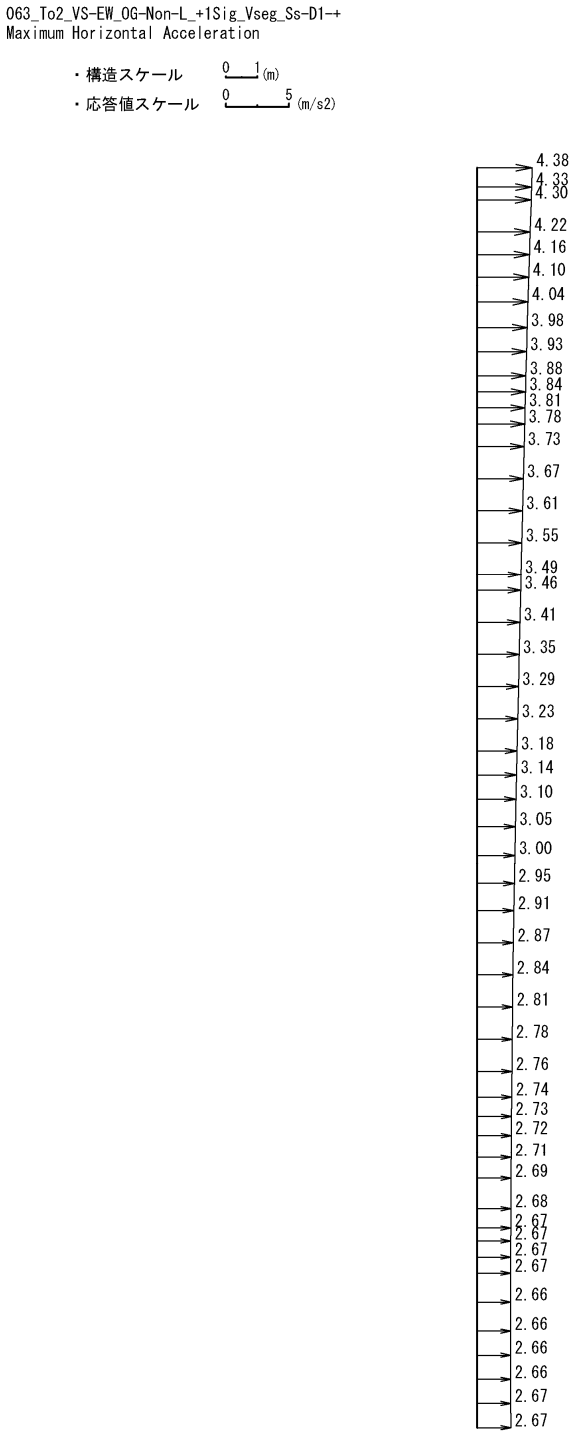


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），水平）

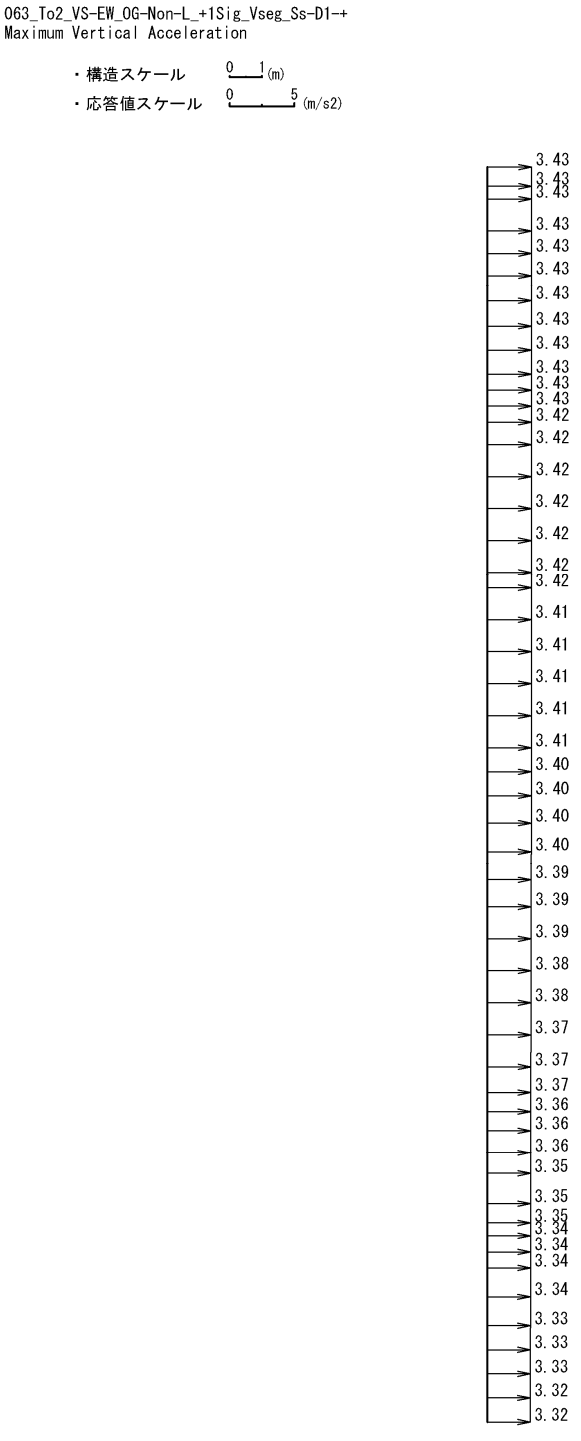


（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），鉛直）

第４－２図　⑥地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して
非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（21/22）



（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），水平）



（Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋），鉛直）

第4－2図　⑥地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して
非液状化の条件を仮定した解析ケース　最大加速度分布図（22/22）