Ⅴ-2-2-15　緊急時対策所の地震応答計算書

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 16
2.4　適用規格・基準等 18
3.　解析方法 19
3.1　設計用模擬地震波 19
3.2　地震応答解析モデル 31
3.2.1　水平方向モデル 32
3.2.2　鉛直方向モデル 34
3.3　解析方法 57
3.3.1　動的解析 57
3.3.2　必要保有水平耐力 58
3.4　解析条件 59
3.4.1　建物・構築物の復元力特性 59
3.4.2　地盤の回転ばねの復元力特性 66
3.4.3　材料物性の不確かさ等 67
4.　解析結果 68
4.1　動的解析 68
4.1.1　固有値解析結果 68
4.1.2　応答解析結果 68
4.2　必要保有水平耐力 98

1. 概要

一次冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊その他の異常が発生した場合に適切な措置をとるため，緊急時対策所機能（「6,7 号機共用，5 号機に設置」）を備えた 5 号機原子炉建屋内緊急時対策所（対策本部・高気密室）（「6,7 号機共用，5 号機に設置」）及び 5 号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）（「6,7 号機共用，5 号機に設置」）で構成する 5 号機原子炉建屋内緊急時対策所（「6,7 号機共用，5 号機に設置」）（以下「緊急時対策所」という。）が，中央制御室以外の場所として 5 号機原子炉建屋付属棟内（T.M.S.L.27.8m）に設置されている。緊急時対策所の概略配置図を図 1－1 に示す。

本資料は，Ⅴ-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」，Ⅴ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」及びⅤ-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちⅤ-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」に基づく緊急時対策所の地震応答解析について説明するものである。

地震応答解析により算出した各種応答値は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に示す建物・構築物及び機器・配管系の設計用地震力として用いる。また，必要保有水平耐力については建物・構築物の構造強度の確認に用いる。

注：東京湾平均海面（以下「T.M.S.L.」という。）

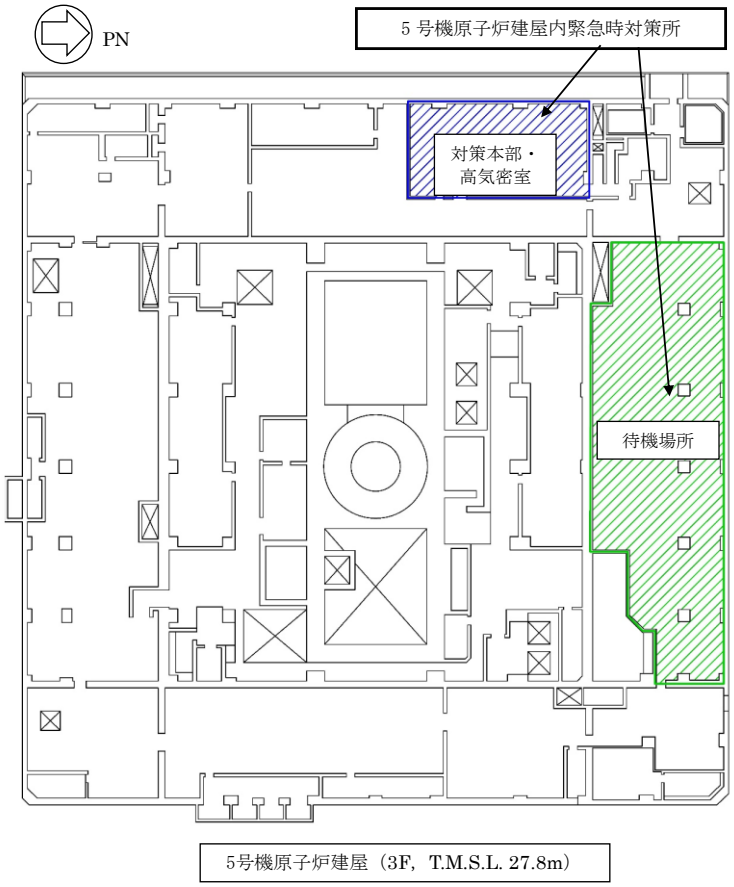


図 1－1　緊急時対策所の概略配置図

2.　基本方針

2.1　位置

5 号機原子炉建屋の設置位置を図 2－1 に示す。

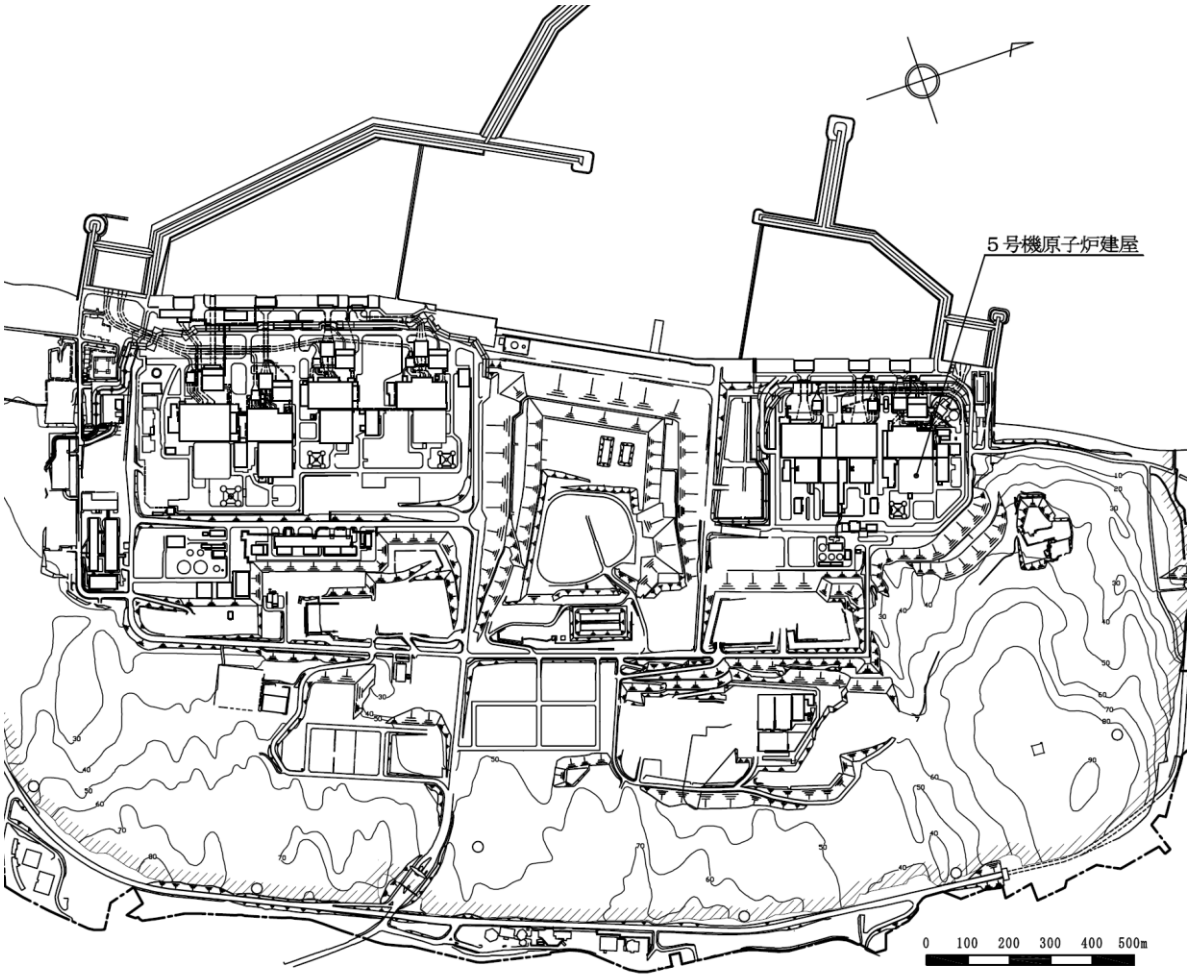


図 2－1　5 号機原子炉建屋の設置位置

2.2　構造概要

5号機原子炉建屋は主体構造が鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造）で，鉄骨造陸屋根をもつ建物である。中央部には平面が51.0m（NS方向）×53.0m（EW方向）で地下4階，地上4階の原子炉建屋原子炉棟（以下「原子炉棟」という。）があり，その周囲には地下4階，地上3階の原子炉建屋付属棟（以下「付属棟」という。）を配置している。

原子炉棟とその付属棟とは同一基礎スラブ上に配置した一体構造であり，5 号機原子炉建屋の平面は下部で 83.0m×83.0m の正方形をなしている。基礎スラブ底面からの高さは 75.0m であり，地上高さは 39.0m である。また，5 号機原子炉建屋は隣接する他の建屋と構造的に分離している。5 号機原子炉建屋の概略平面図及び概略断面図を図 2－2 及び図 2－3 に示す。

5 号機原子炉建屋の基礎は厚さ 6.5m のべた基礎で，支持地盤である泥岩上に設置している。

5 号機原子炉建屋の主な耐震要素は，原子炉格納容器の周りを囲んでいる原子炉一次遮蔽，原子炉棟の外壁及び付属棟の外壁であり，開口部も少なく，建屋は全体として非常に剛性の高い構造となっている。

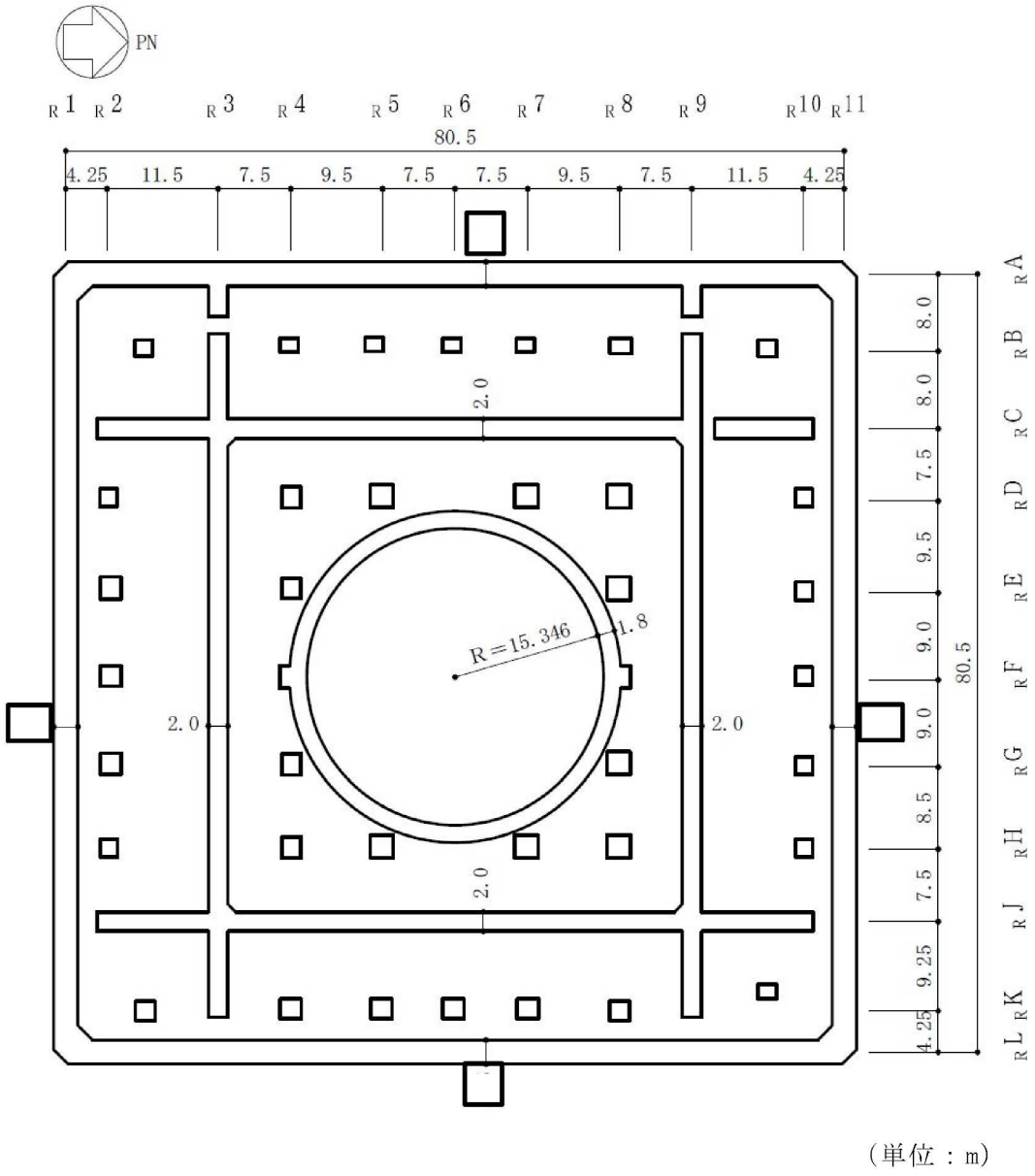
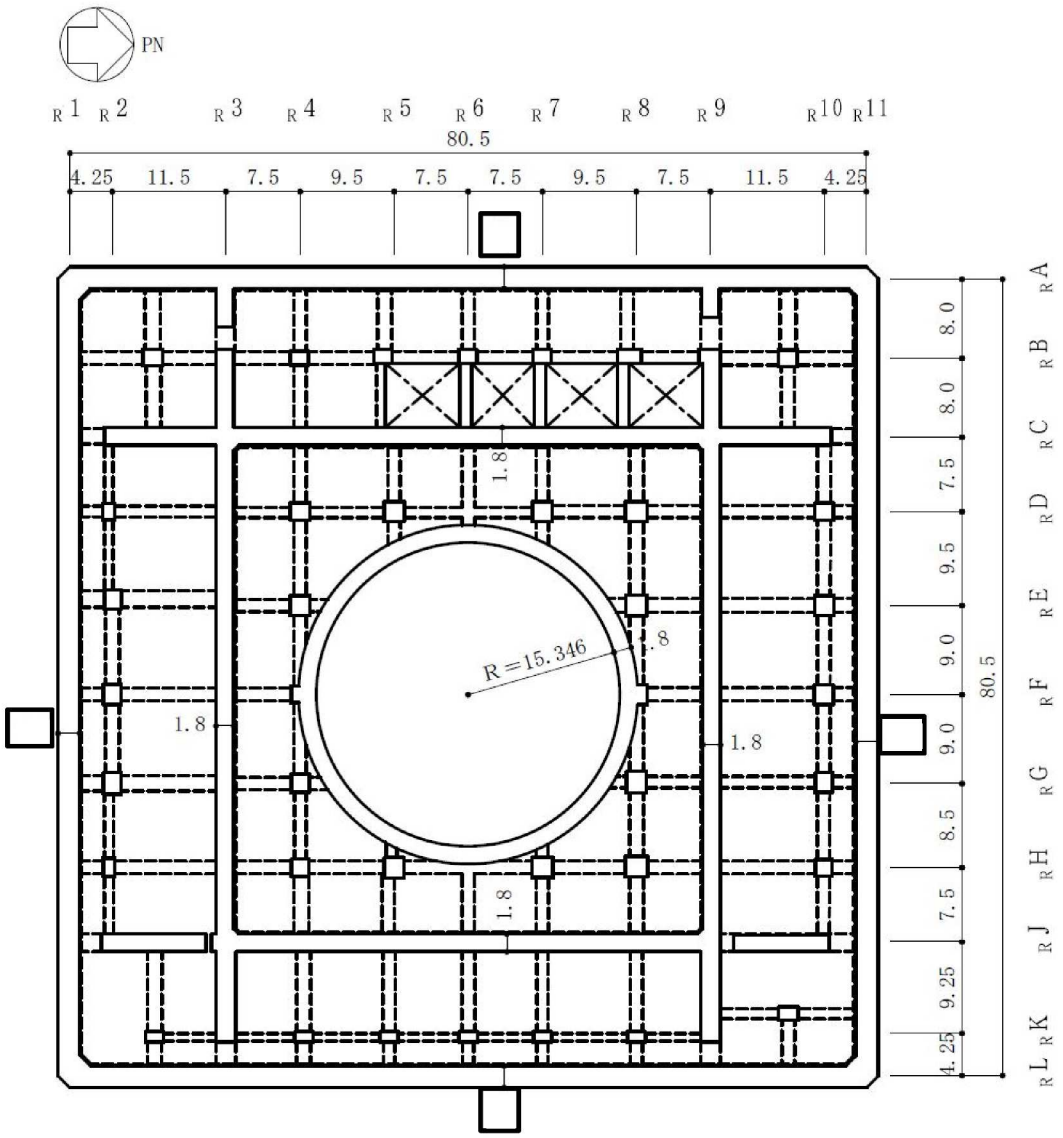
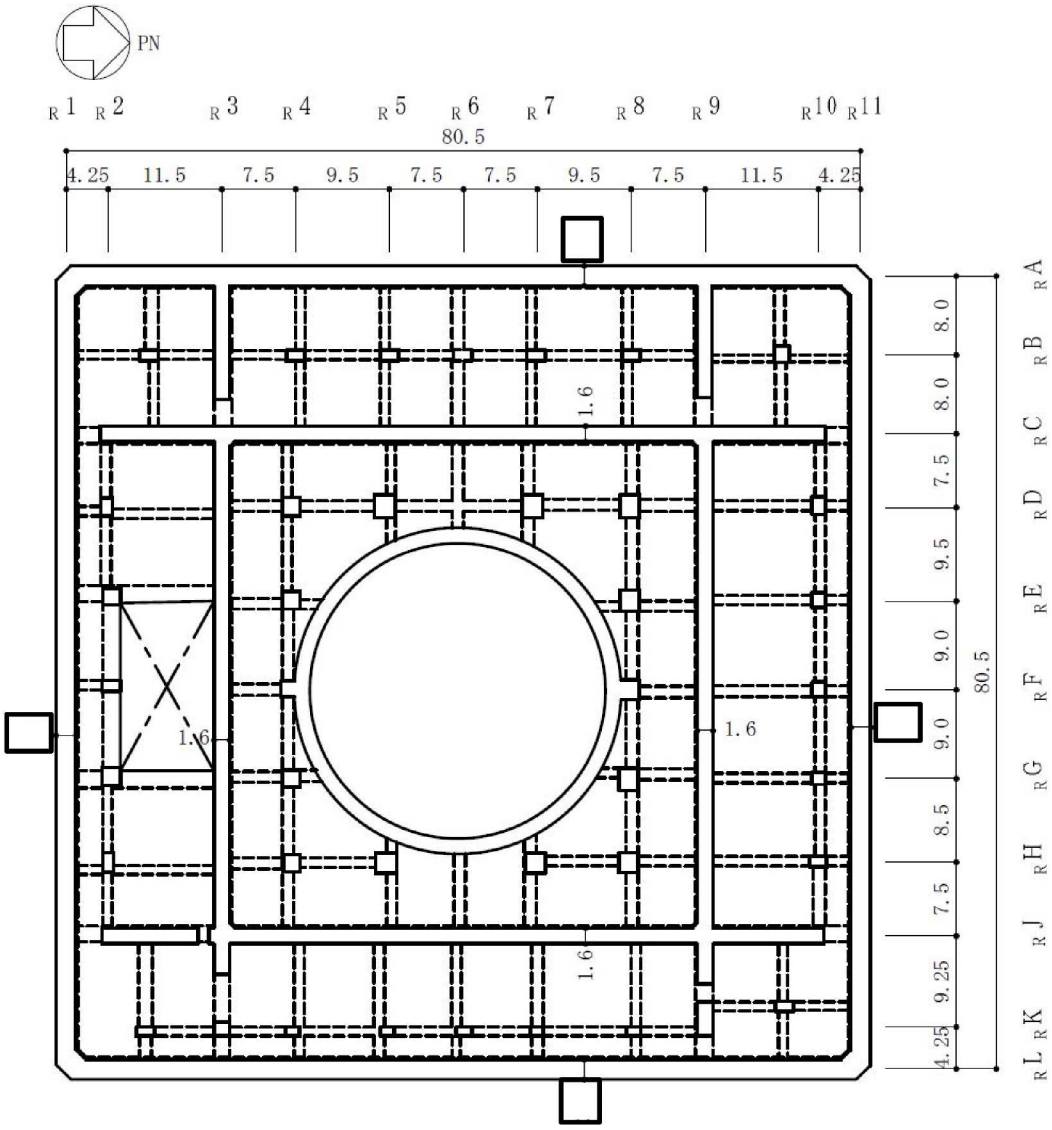


図 2－2　5 号機原子炉建屋の概略平面図（B4F，T.M.S.L. -17.5m）(1/10)



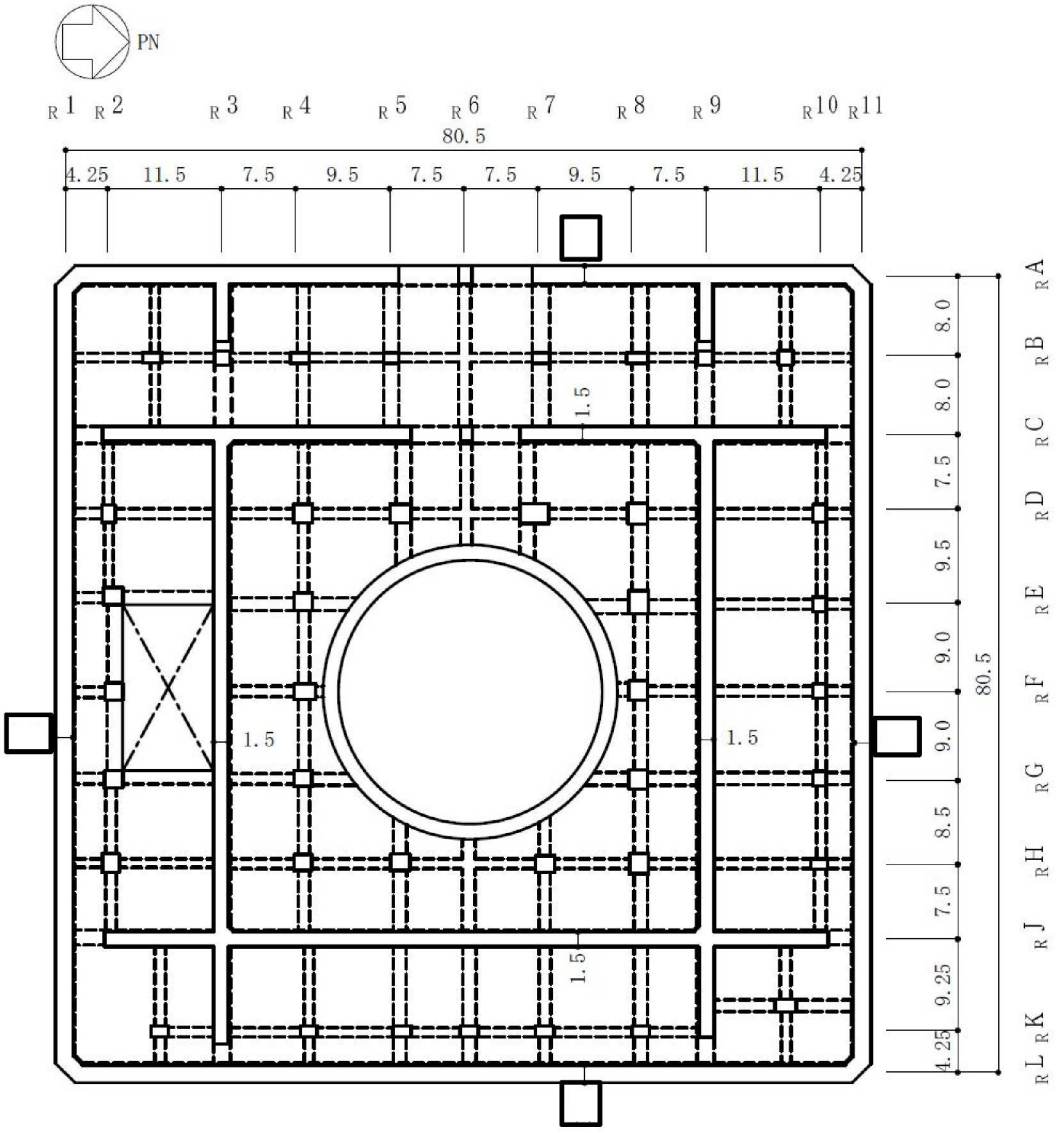
（単位：m）

図 2－2　5 号機原子炉建屋の概略平面図（B3F，T.M.S.L. -10.1m）(2/10)



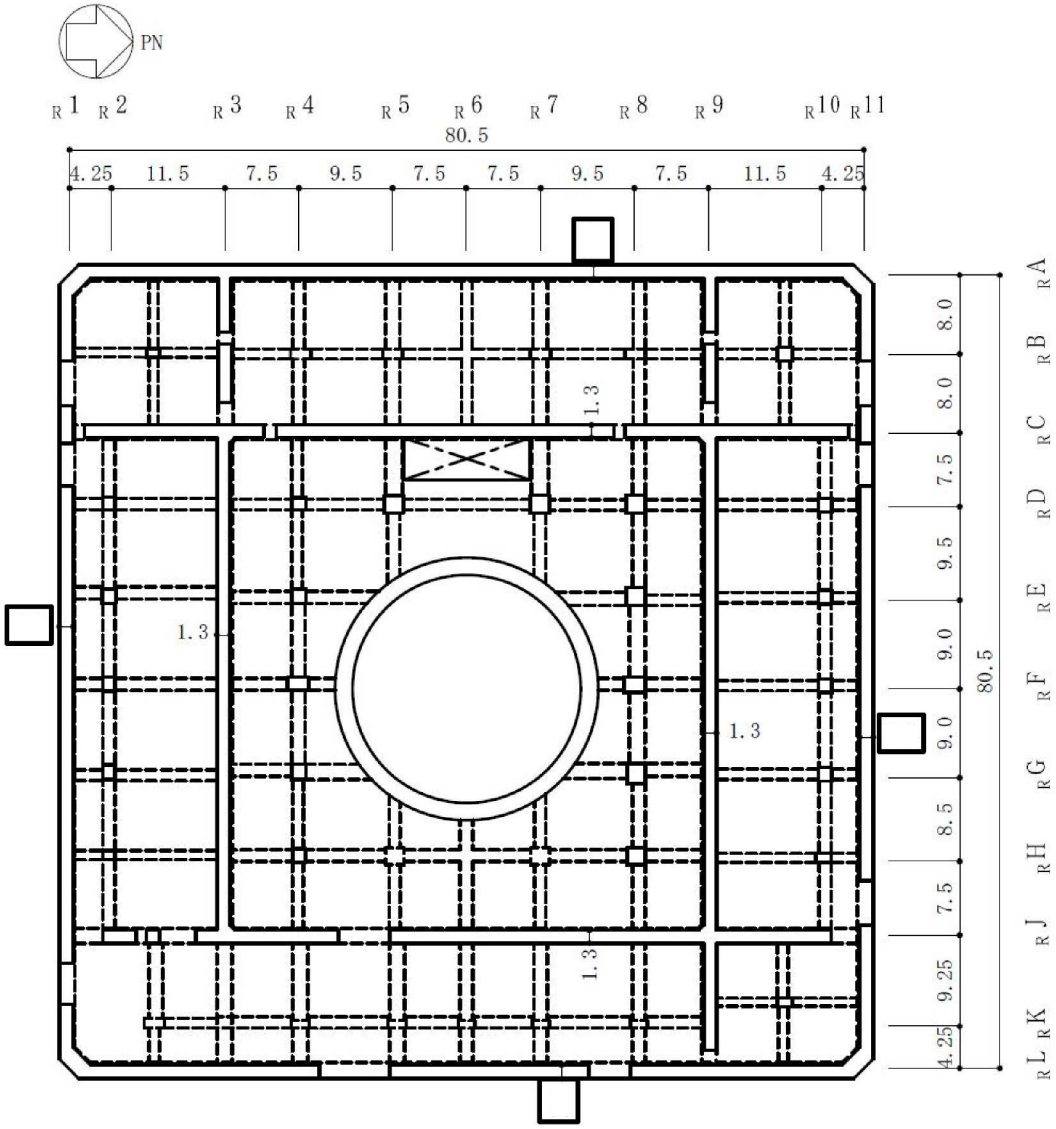
（単位：m）

図 2－2　5 号機原子炉建屋の概略平面図（B2F，T.M.S.L. -1.1m）(3/10)



（単位：m）

図 2－2　5 号機原子炉建屋の概略平面図（B1F，T.M.S.L. 5.3m）（4/10）



（単位：m）

図 2－2　5 号機原子炉建屋の概略平面図（1F，T.M.S.L. 12.3m）(5/10)

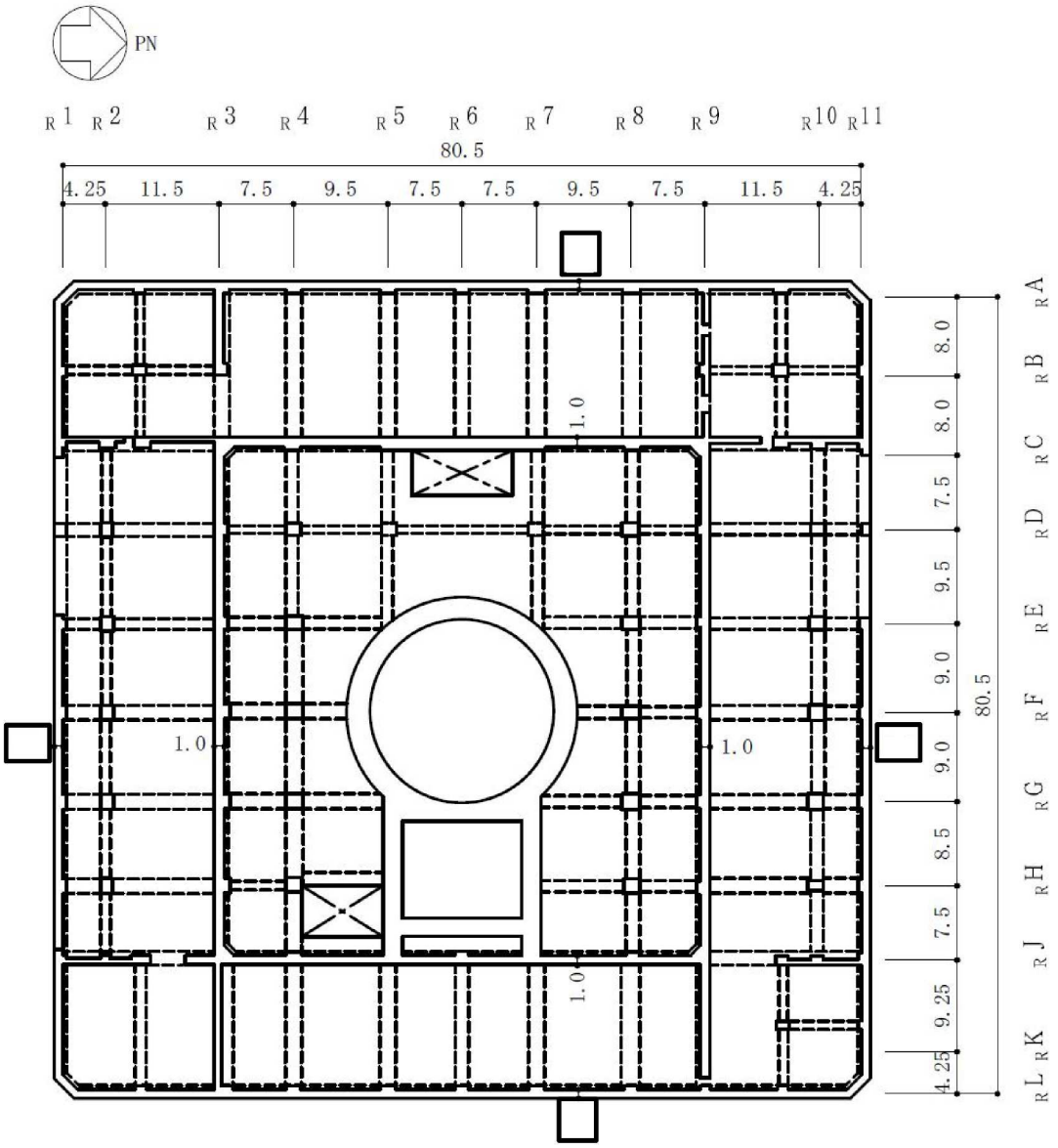


図 2－2　5 号機原子炉建屋の概略平面図（2F，T.M.S.L. 20.3m）(6/10)

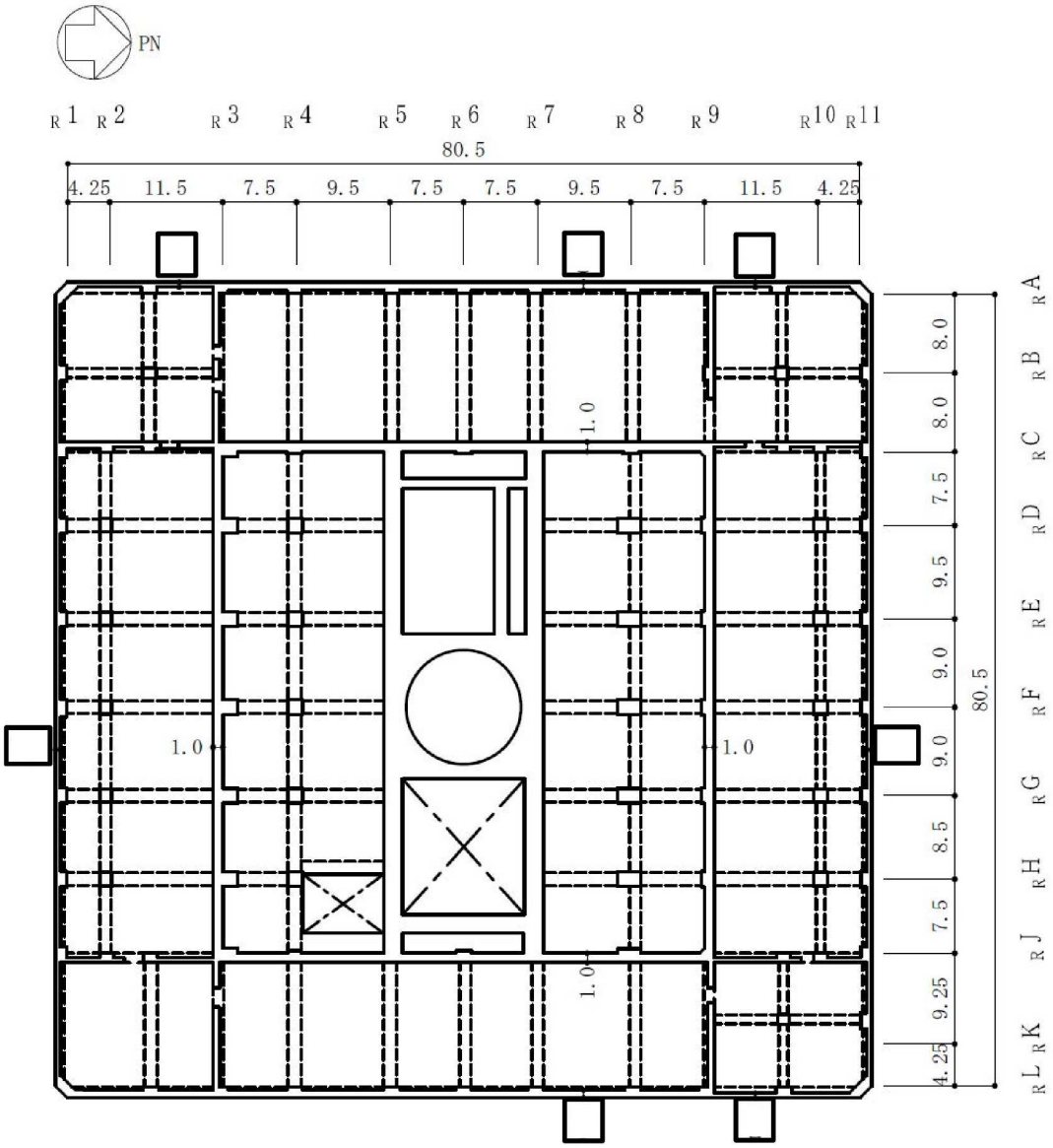
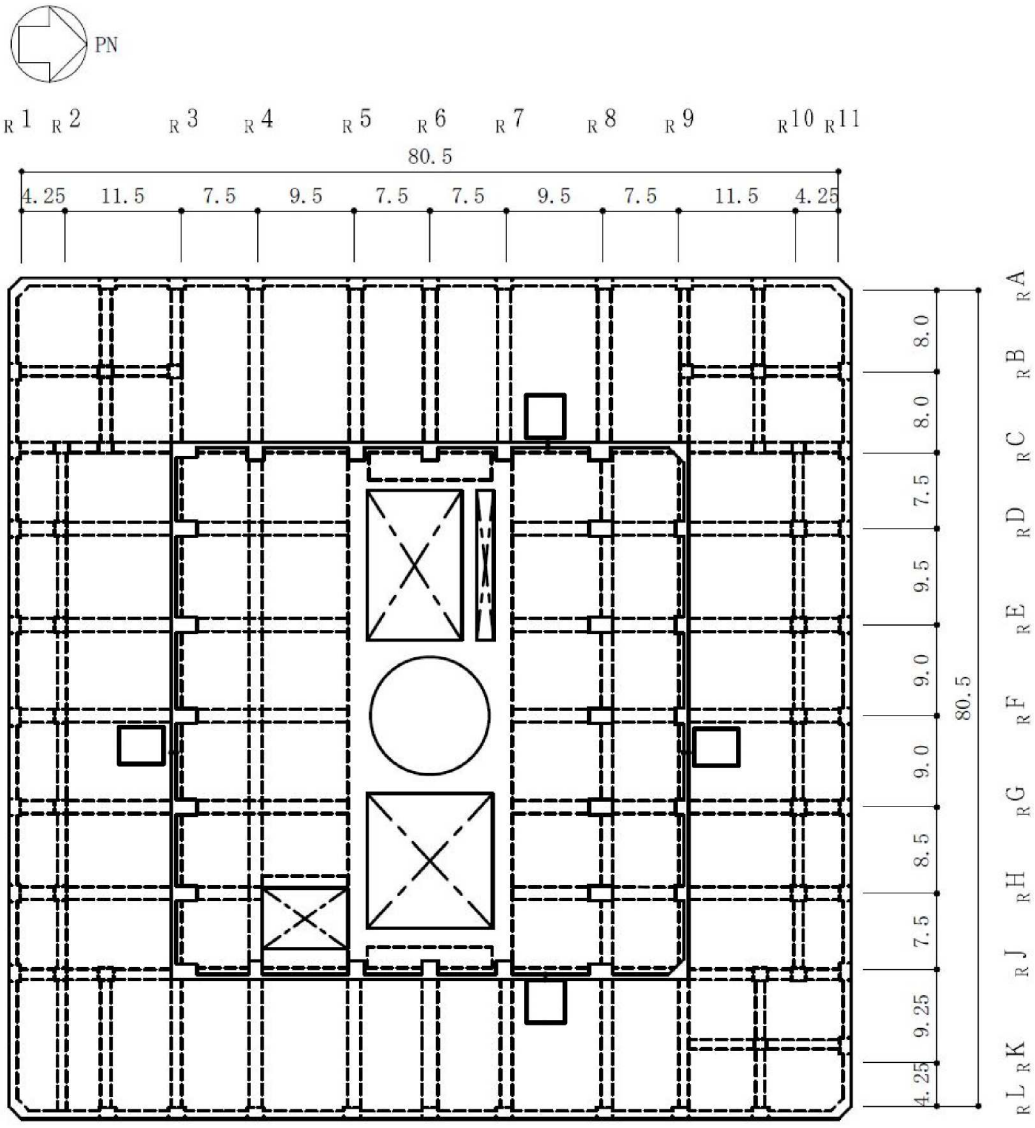


図 2－2　5 号機原子炉建屋の概略平面図（3F，T.M.S.L. 27.8m）(7/10)



（単位：m）

図 2－2　5 号機原子炉建屋の概略平面図（4F，T.M.S.L. 33.0m）（8/10）

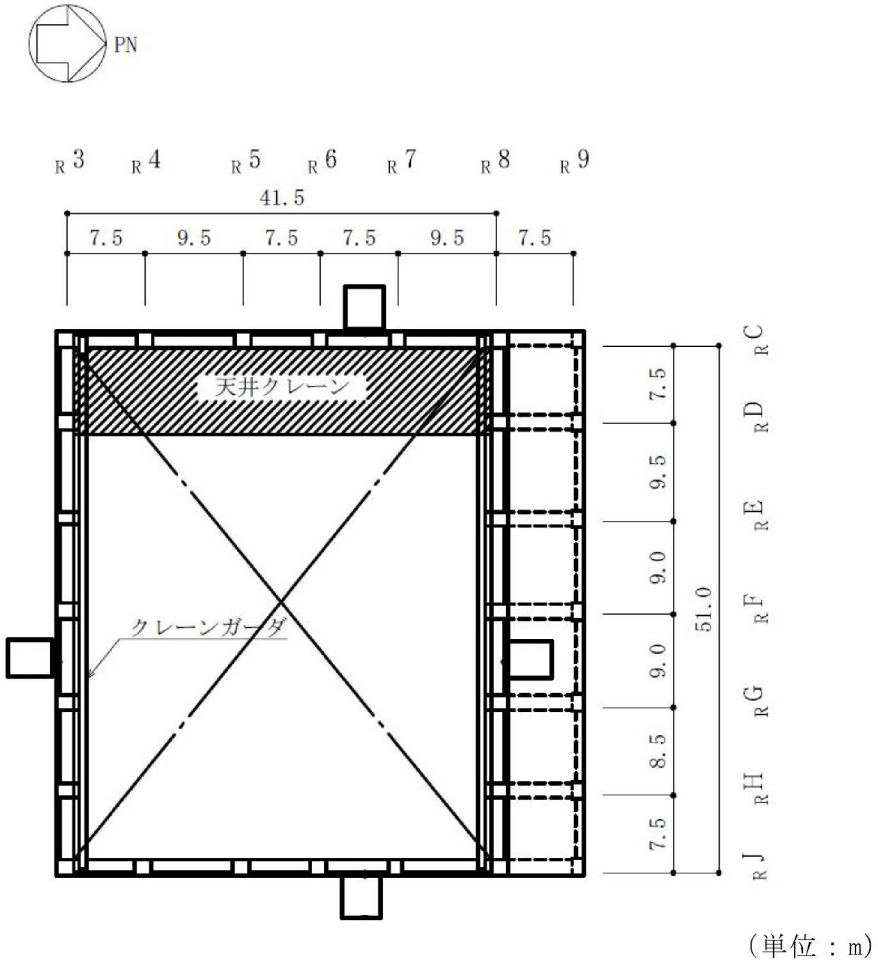
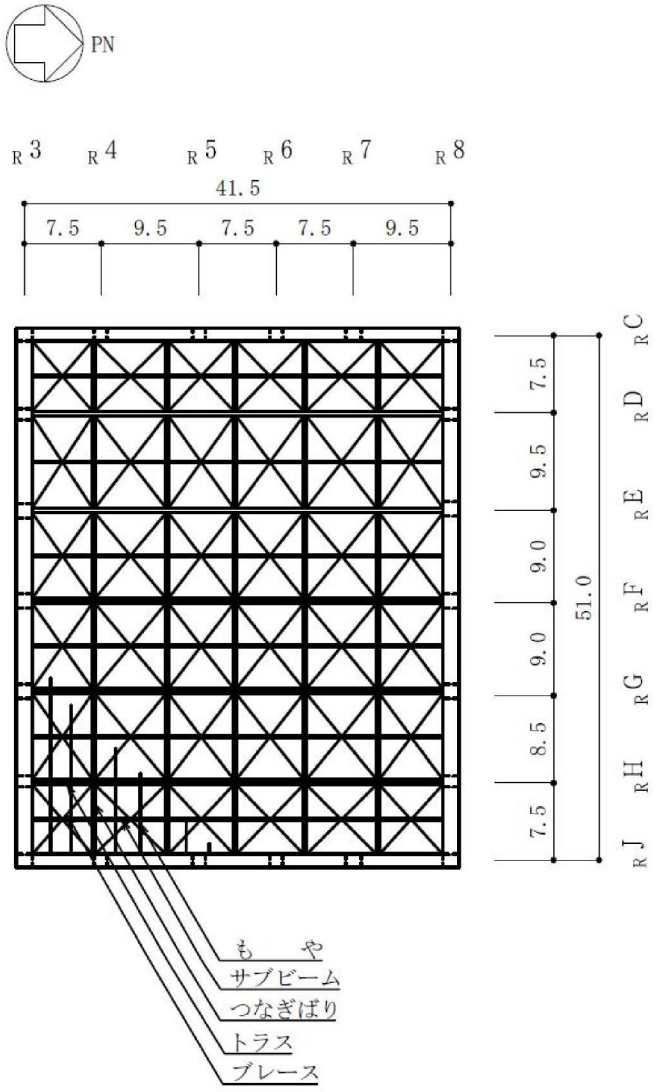
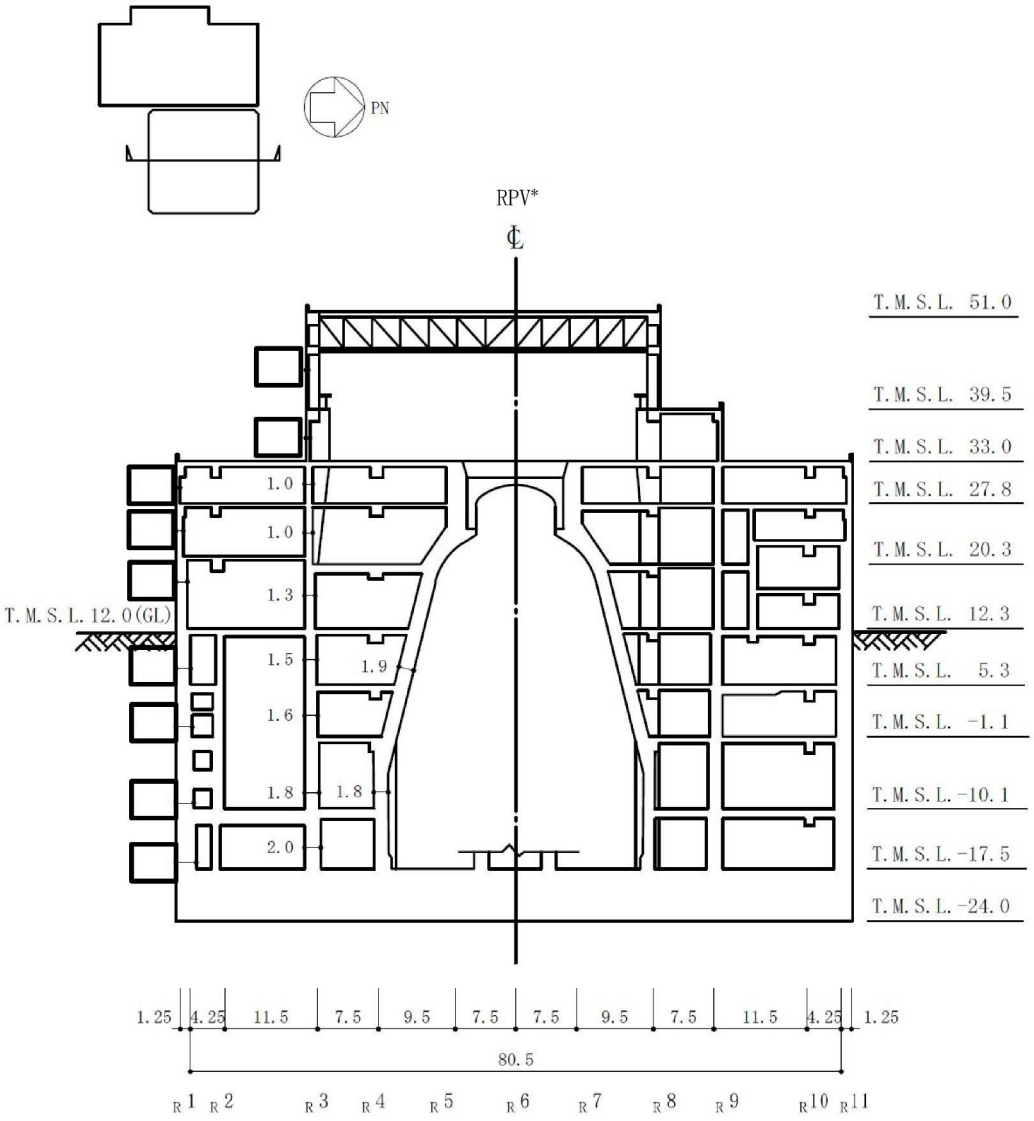


図 2－2　5 号機原子炉建屋の概略平面図（CRF，T.M.S.L. 39.5m）(9/10)



（単位：m）

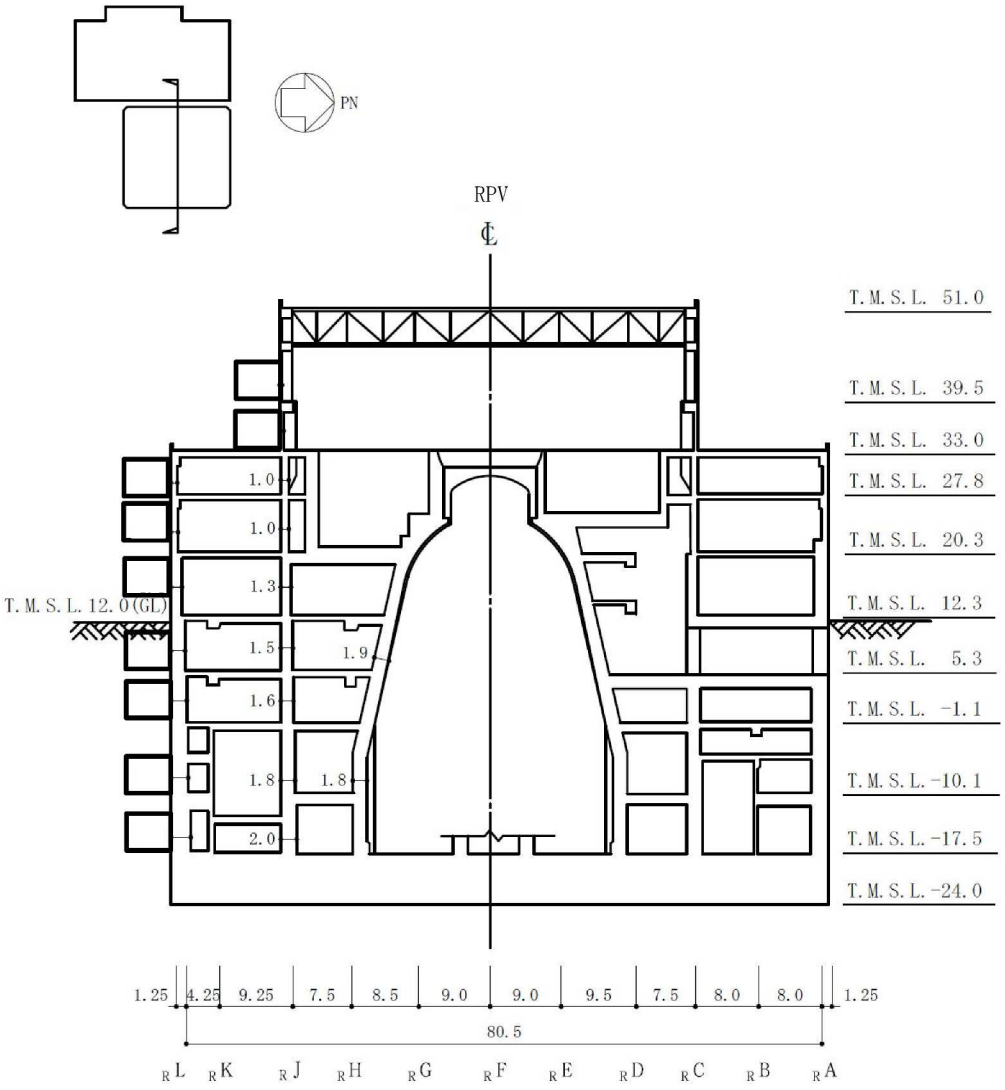
図 2－2　5 号機原子炉建屋の概略平面図（RF，T.M.S.L. 51.0m）（10/10）



（単位：m）

注記＊：原子炉圧力容器（以下「RPV」という。）

図2－3　5号機原子炉建屋の概略断面図（NS方向）（1/2）



（単位：m）

図 2－3　5 号機原子炉建屋の概略断面図（EW 方向）(2/2)

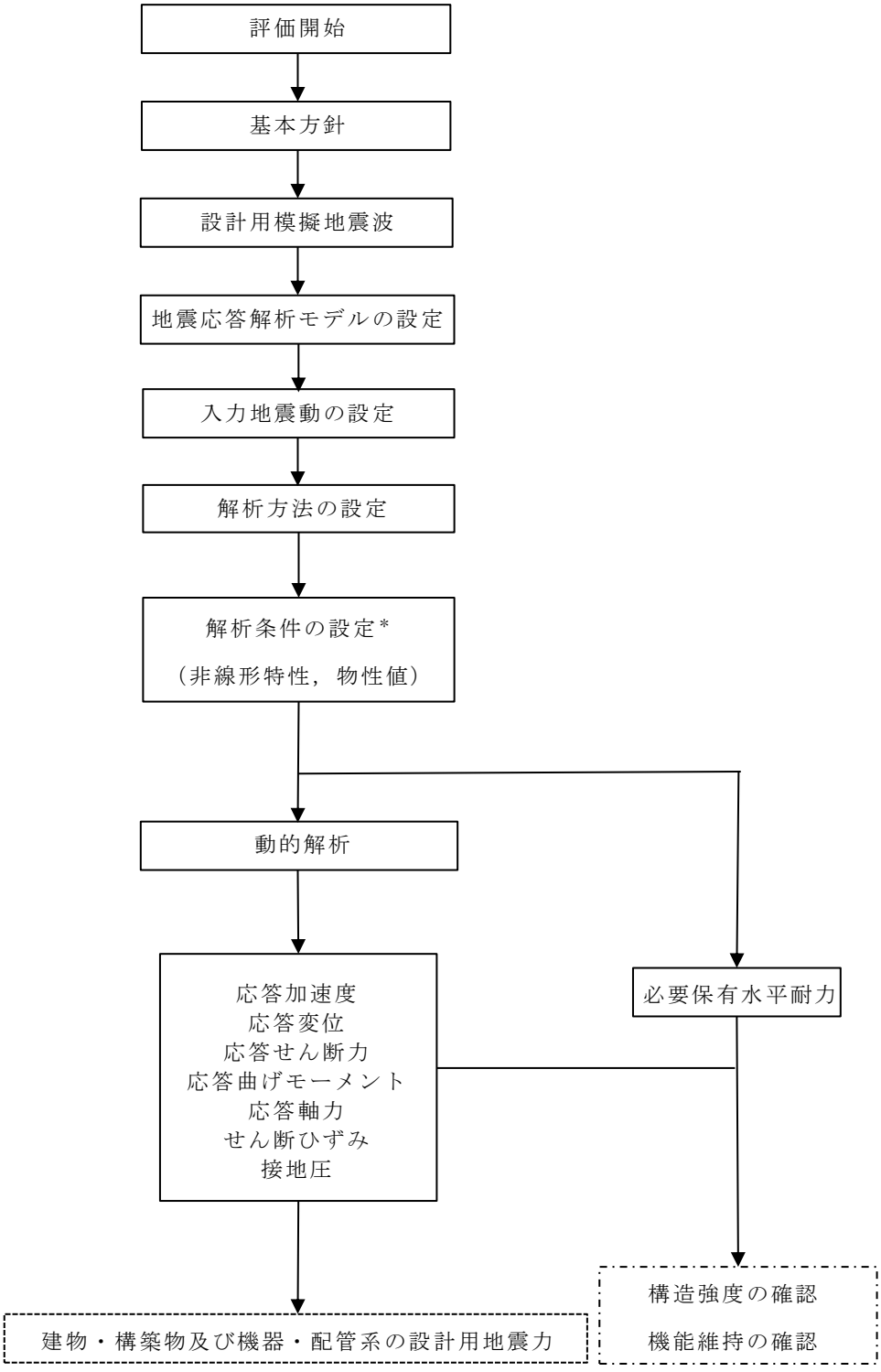
2.3　解析方針

5 号機原子炉建屋の地震応答解析は，Ⅴ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。

図 2－4 に 5 号機原子炉建屋の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は，「3.1　設計用模擬地震波」及び「3.2　地震応答解析モデル」において設定した地震応答解析モデルを用いて実施することとし，「3.3　解析方法」及び「3.4　解析条件」に基づき，「4.1　動的解析」においては，材料物性の不確かさを考慮し，加速度，変位，せん断ひずみ，接地圧等を含む各種応答値を算出する。

「4.2　必要保有水平耐力」においては必要保有水平耐力を算出する。



注記＊：材料物性の不確かさを考慮する。

図 2－4　5 号機原子炉建屋の地震応答解析フロー

2.4 適用規格・基準等

地震応答解析において適用する規格・基準等を以下に示す。

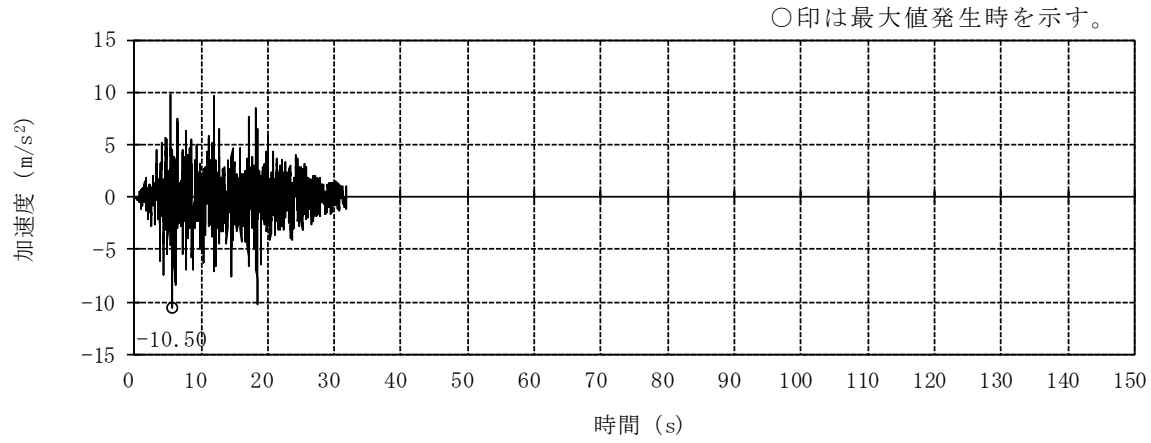
- 建築基準法・同施行令
- 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説　－許容応力度設計法－（(社) 日本建築学会，1999改定）
- 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（(社) 日本建築学会，2005制定）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社) 日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（(社) 日本電気協会）
- 鋼構造設計規準　－許容応力度設計法－（(社) 日本建築学会，2005 改定）

3. 解析方法

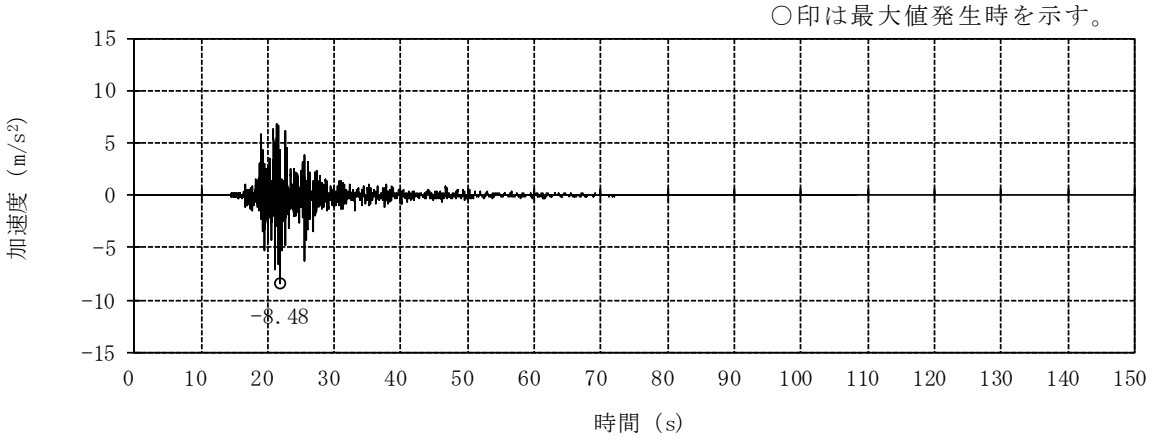
3.1 設計用模擬地震波

5 号機原子炉建屋の地震応答解析モデルは，建屋と地盤の相互作用を評価した建屋－地盤連成モデルとする。この建屋－地盤連成モデルへの入力地震動は，Ⅴ-2-1-2「基準地震動Ｓｓ及び弾性設計用地震動Ｓｄの策定概要」に示す解放基盤表面レベルに想定する設計用模擬地震波の内，基準地震動Ｓｓを用いることとする。

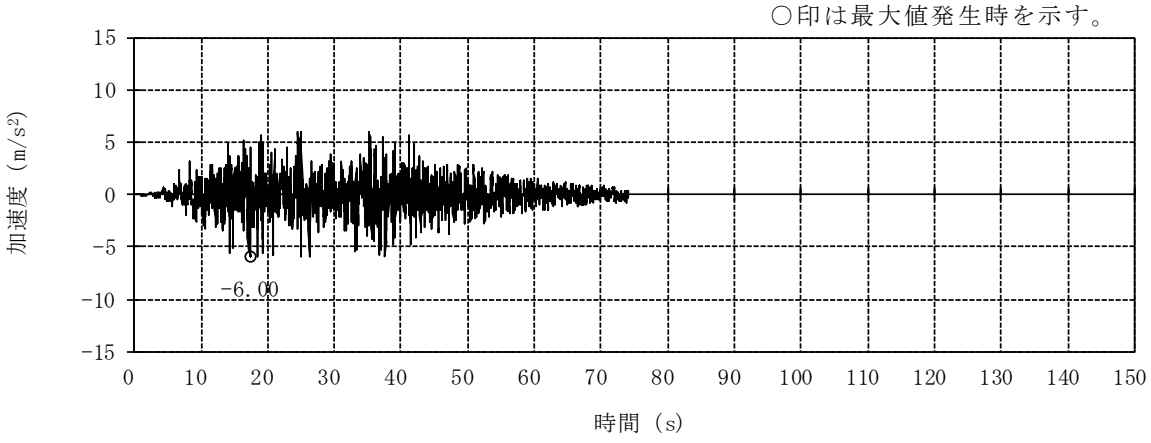
基準地震動Ｓｓとして作成した設計用模擬地震波の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトルを図 3－1～図 3－4 に示す。



（a） Ss-1H

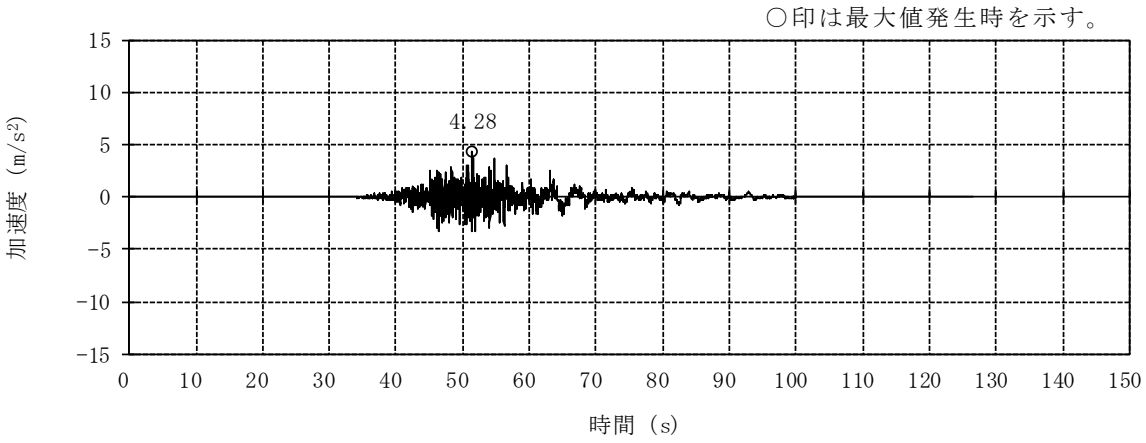


（b） Ss-2NS

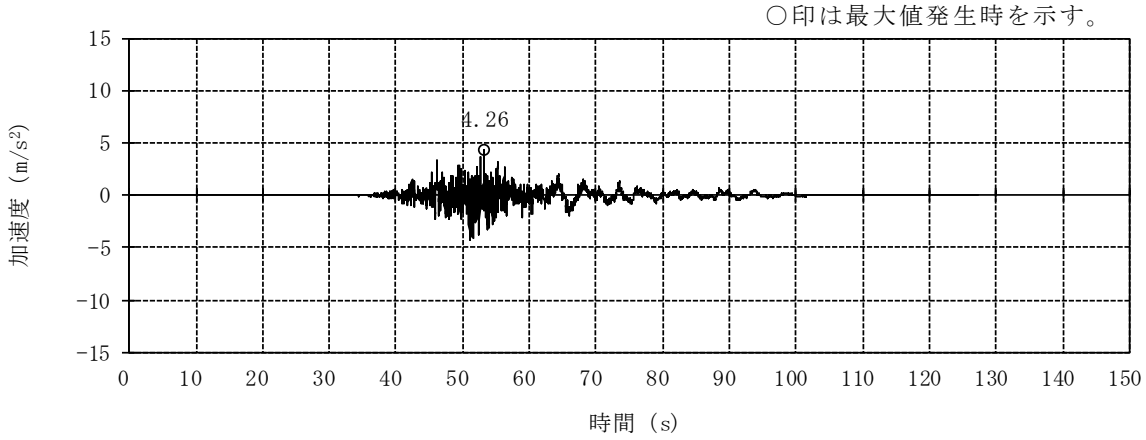


（c） Ss-3H

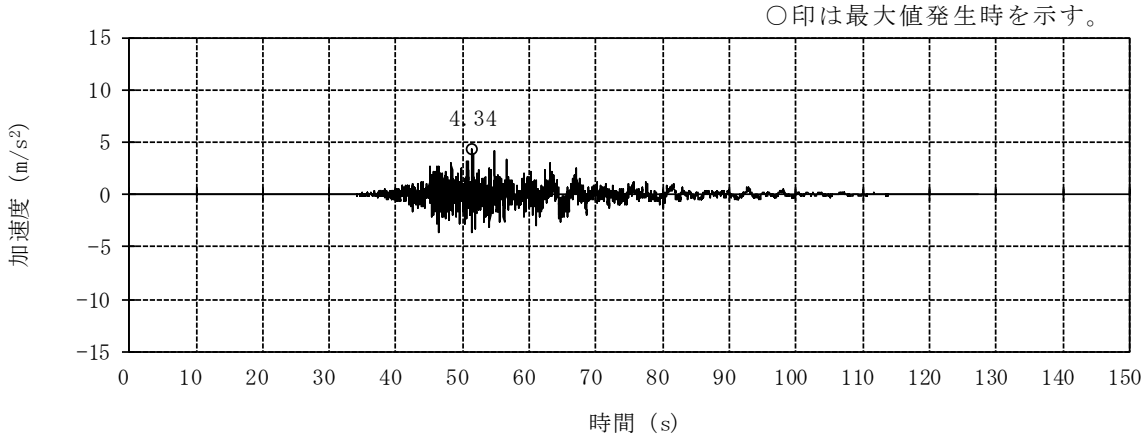
図3－1　加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，NS方向）（1/3）



(d) Ss-4NS

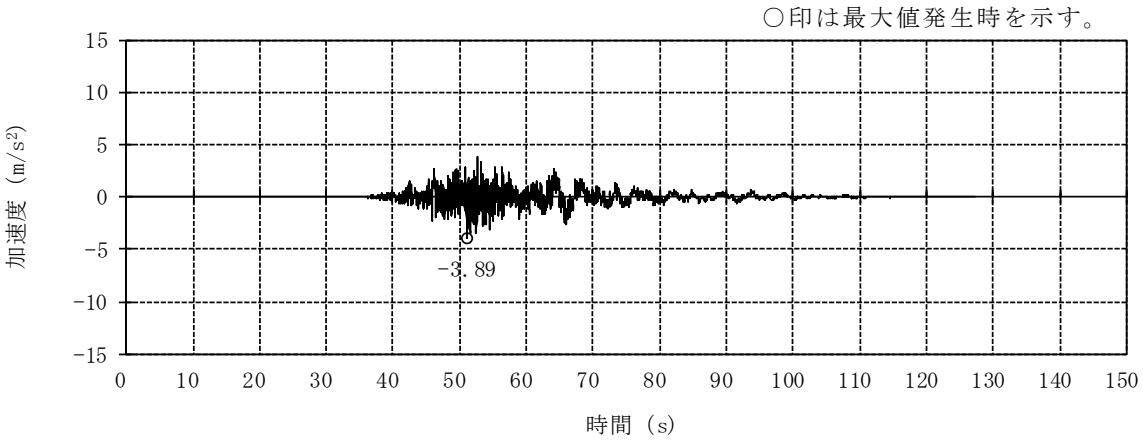


(e) Ss-5NS

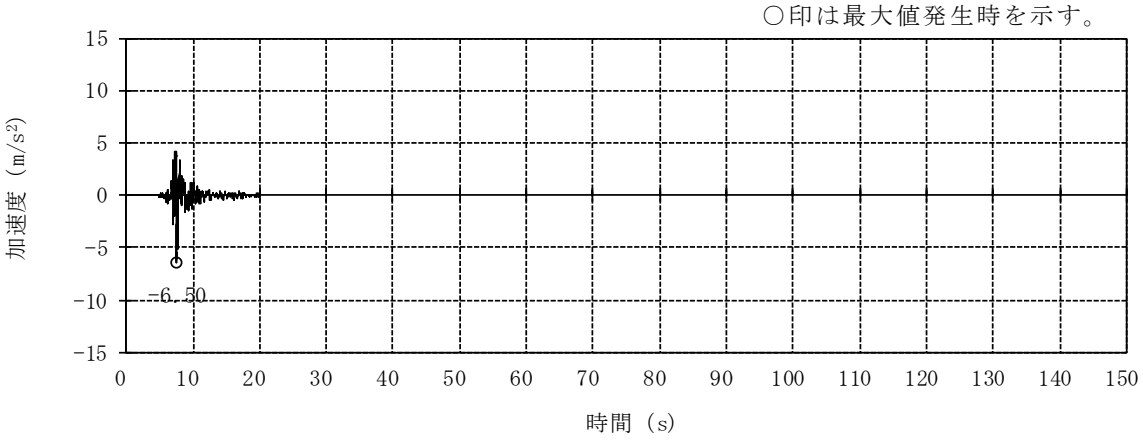


(f) Ss-6NS

図3－1　加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，NS方向）(2/3)

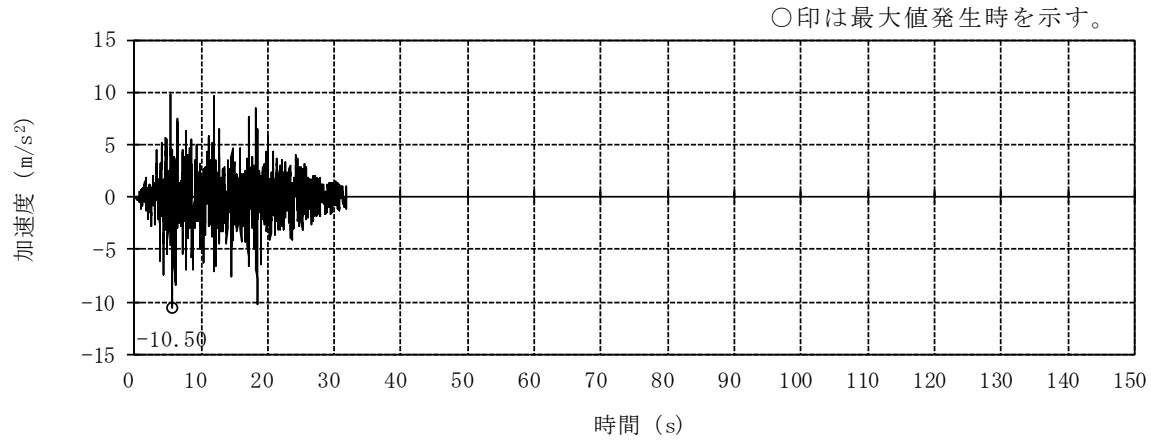


（g） Ss-7NS

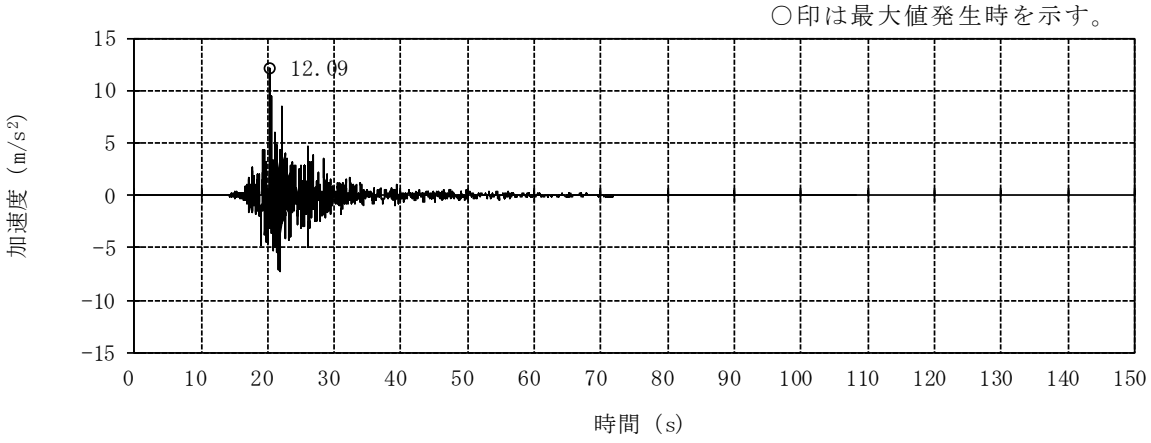


（h） Ss-8H

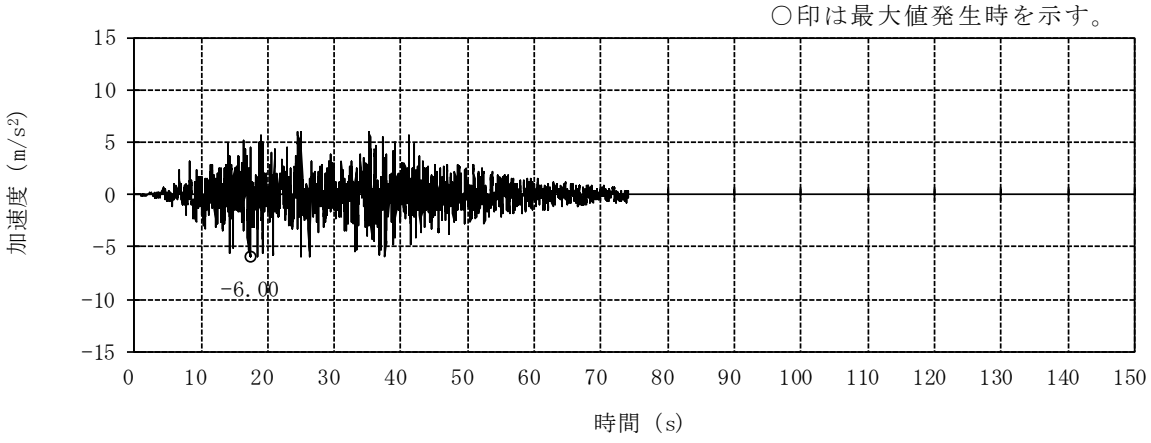
図3－1　加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，NS方向）（3/3）



（a） Ss-1H

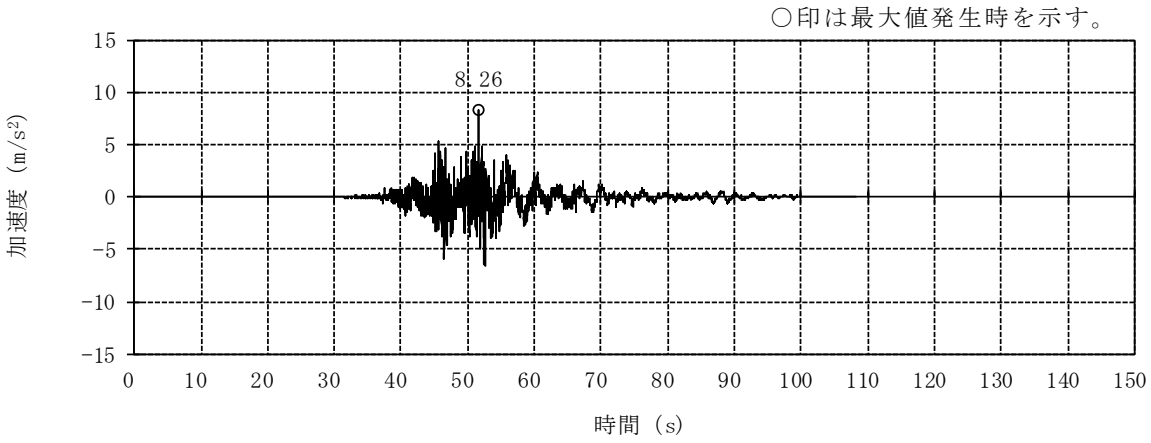


（b） Ss-2EW

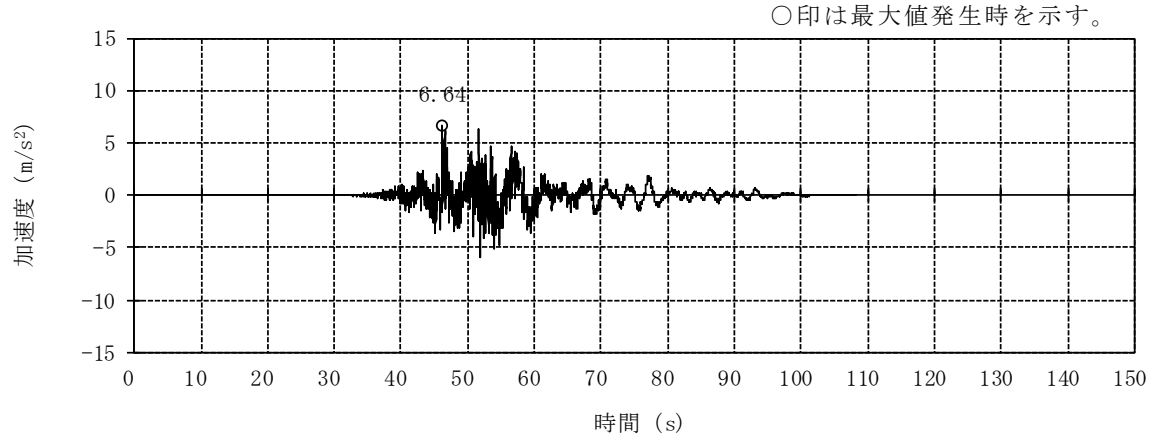


（c） Ss-3H

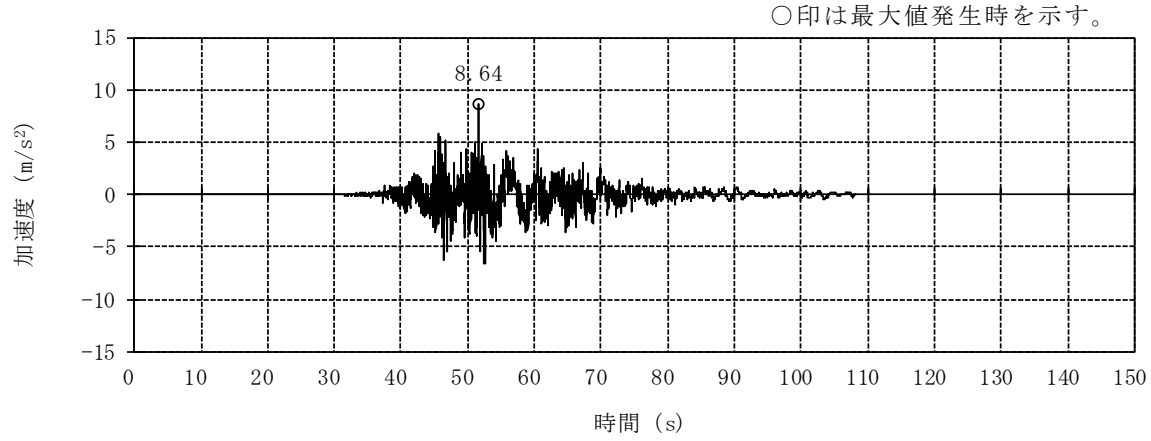
図3－2　加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，EW方向）(1/3)



(d) Ss-4EW

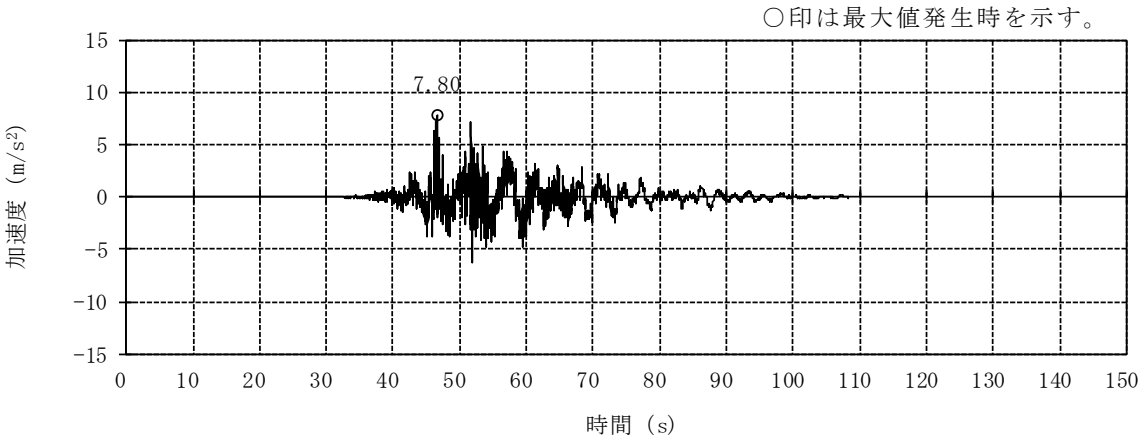


(e) Ss-5EW

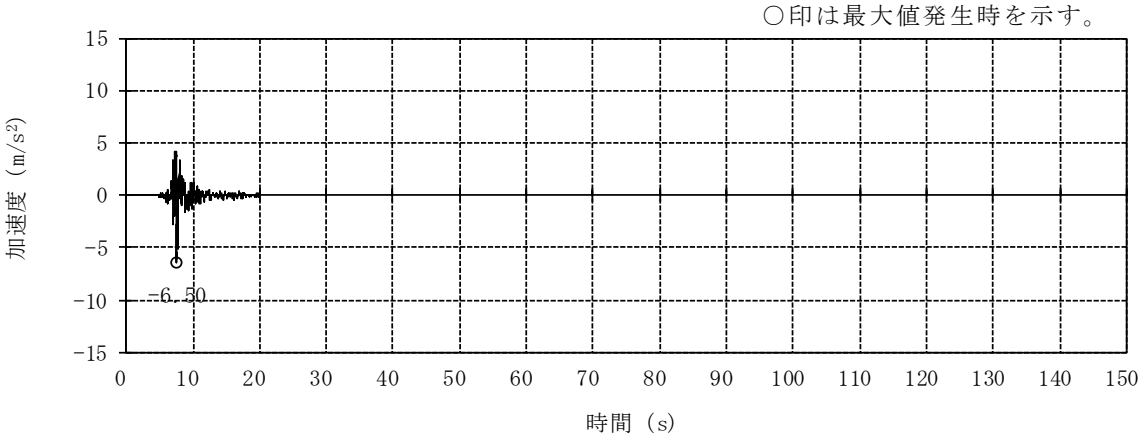


(f) Ss-6EW

図3－2　加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，EW方向）(2/3)

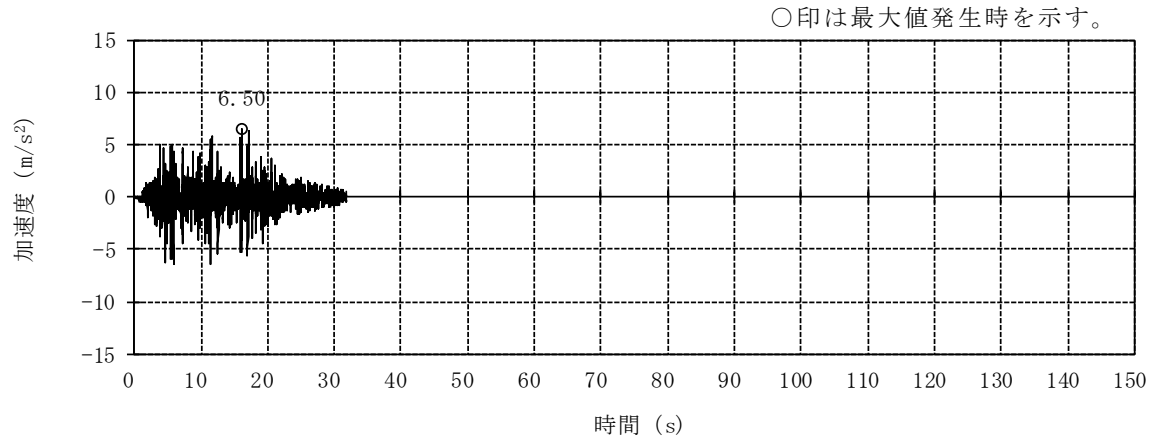


(g) Ss-7EW

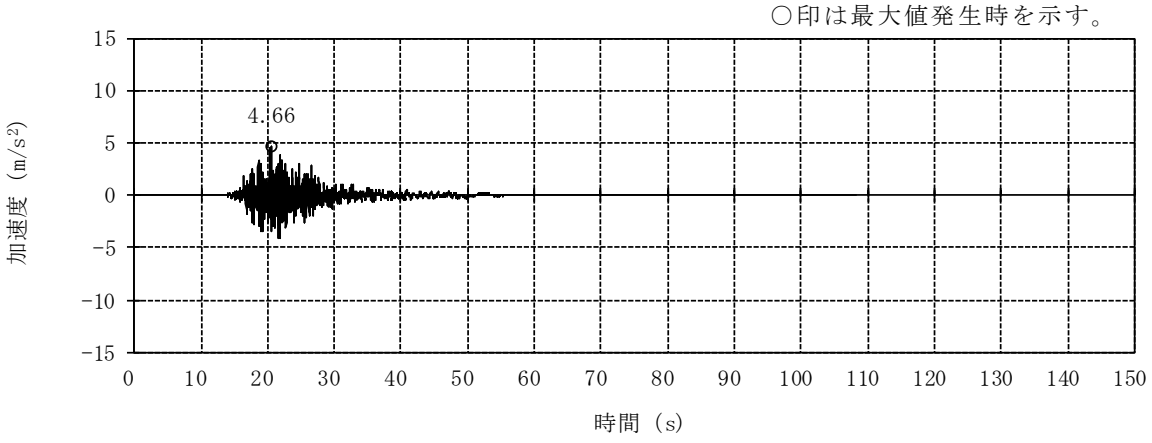


(h) Ss-8H

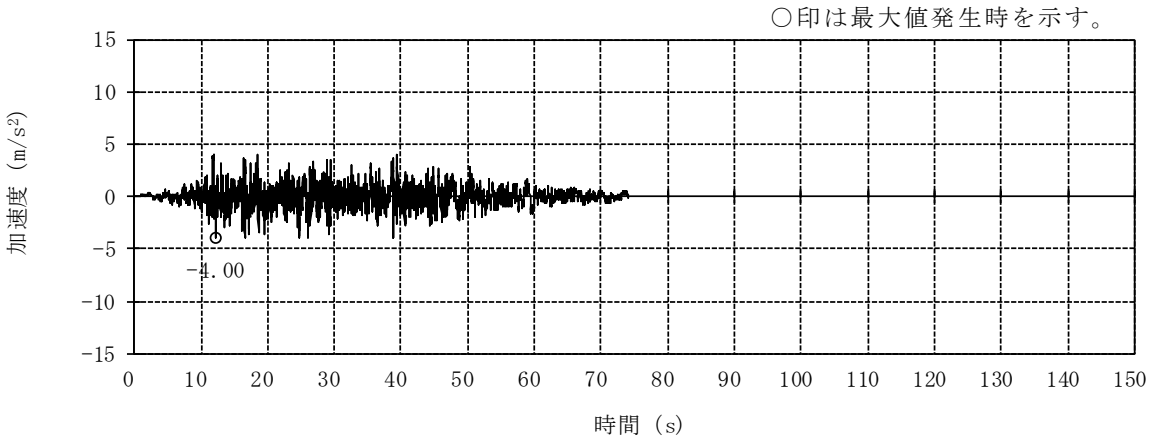
図3－2　加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，EW方向）(3/3)



（a） Ss-1V

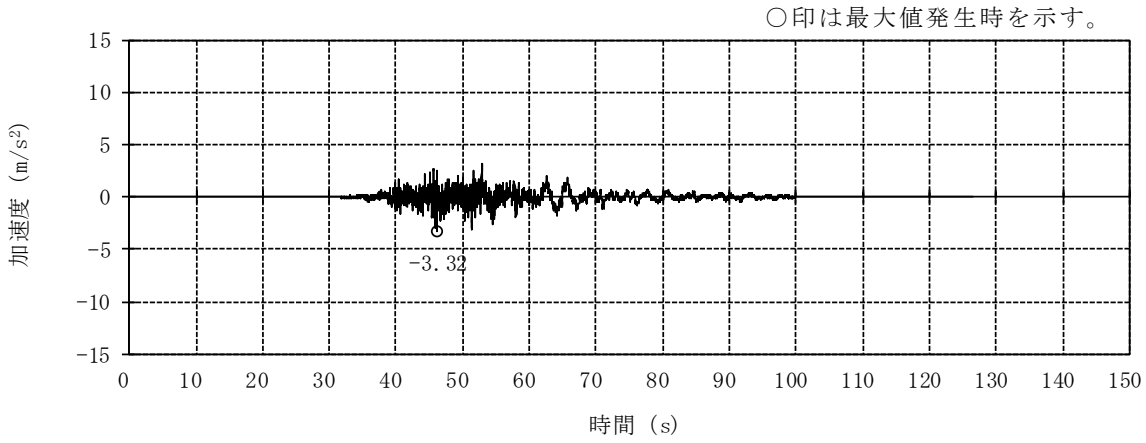


（b） Ss-2UD

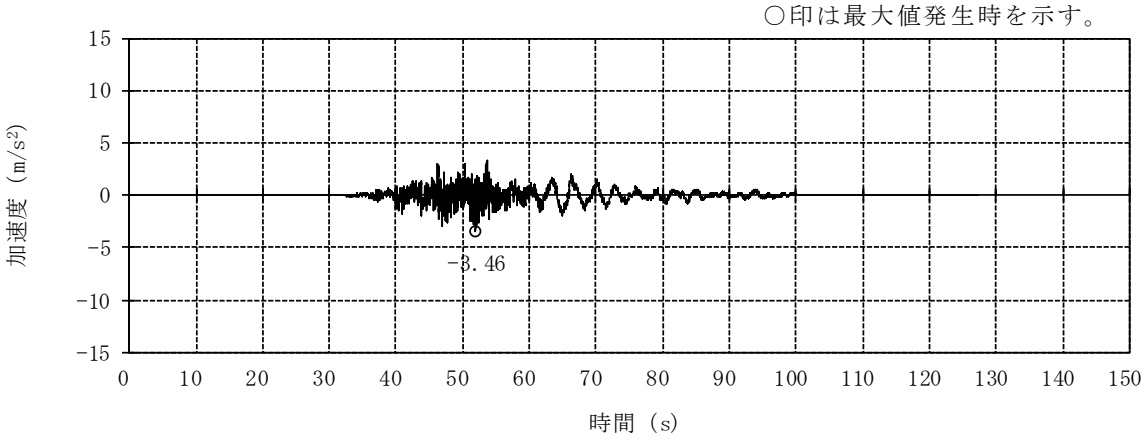


（c） Ss-3V

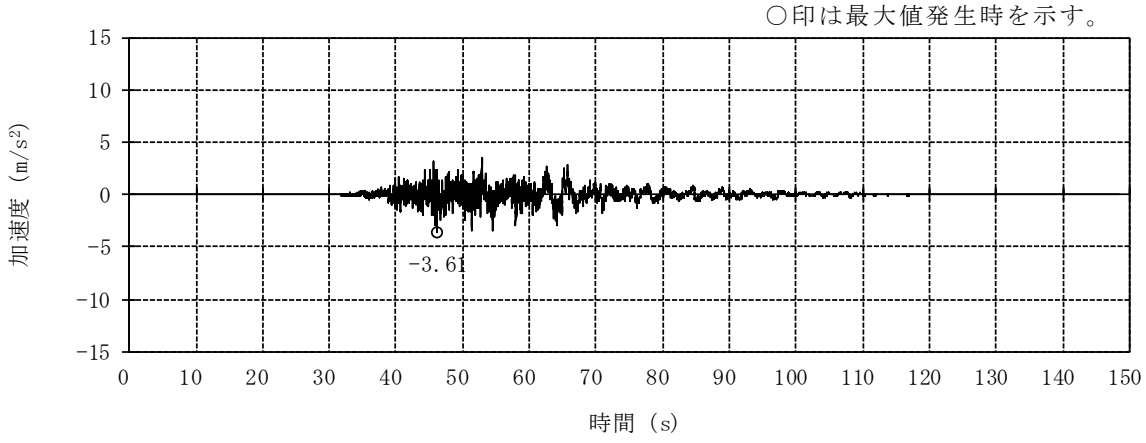
図 3－3　加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，鉛直方向）（1/3）



(d) Ss-4UD

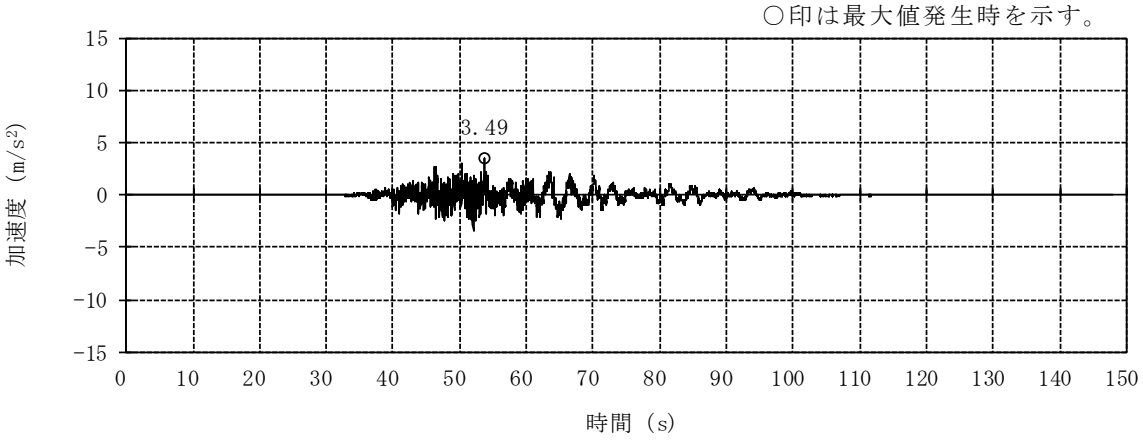


(e) Ss-5UD

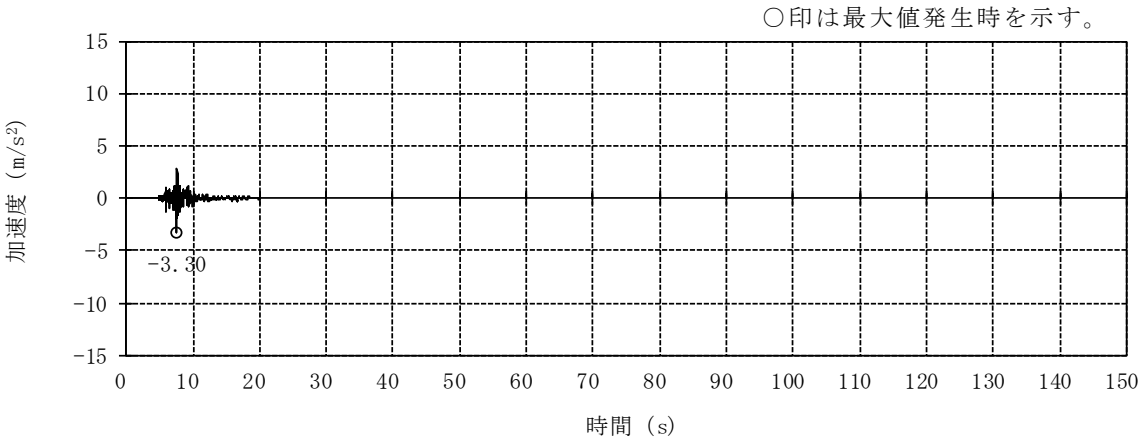


(f) Ss-6UD

図 3－3　加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，鉛直方向）(2/3)

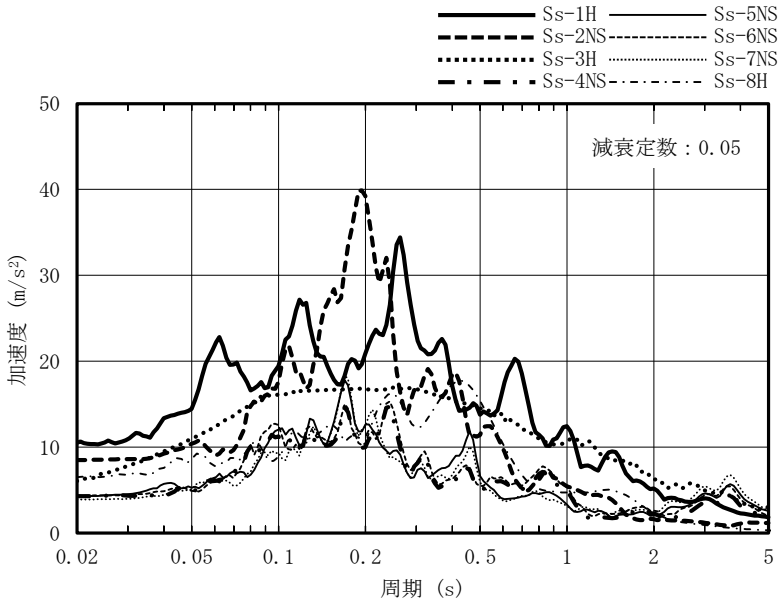


（g） Ss-7UD

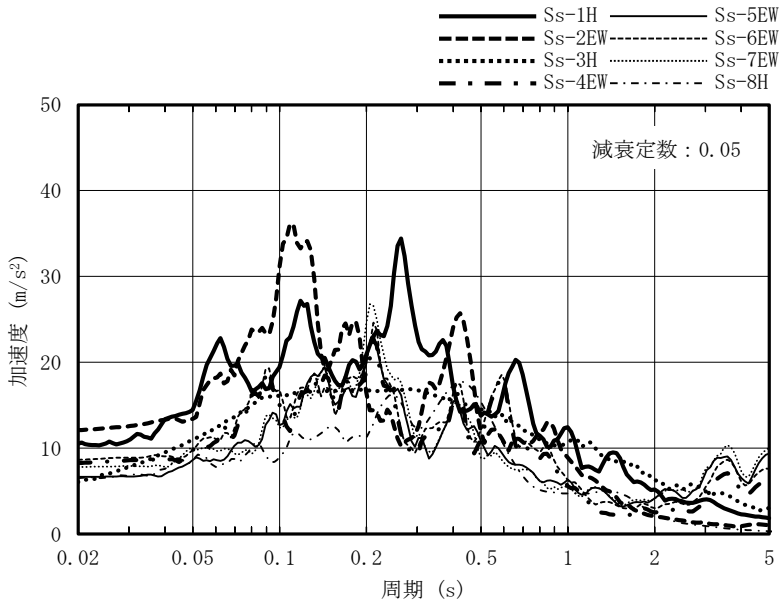


（h） Ss-8V

図 3－3　加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，鉛直方向）(3/3)

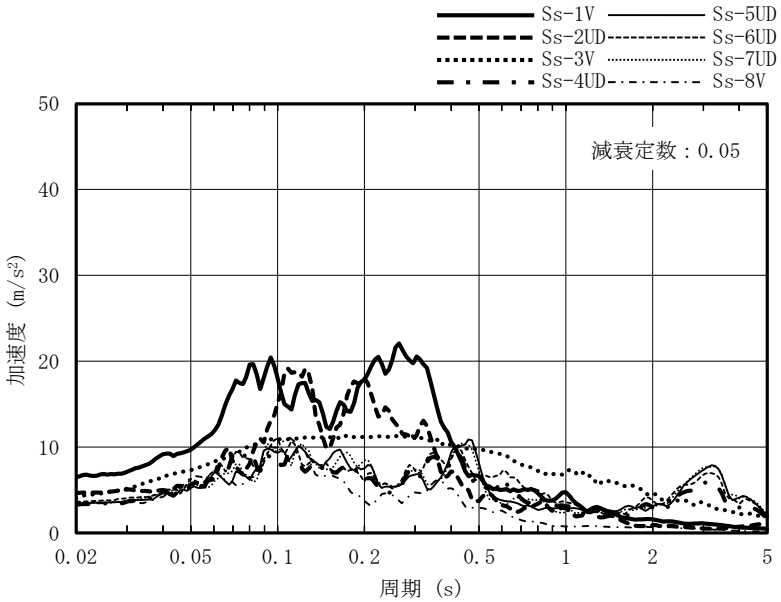


（a）NS方向



（b）EW方向

図 3－4　加速度応答スペクトル（基準地震動Ｓｓ）（1/2）



（c）鉛直方向

図 3－4　加速度応答スペクトル（基準地震動Ｓｓ）(2/2)

3.2　地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは，Ⅴ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき，水平方向及び鉛直方向それぞれについて設定する。

地震応答解析モデルの設定に用いた建物・構築物の物性値を表 3－1 に示す。

ここで，コンクリート剛性については，実現象に近い応答を模擬するという観点から，建設時コンクリートの 28 日強度データを基に設定した実強度を用いて算定する。

表 3－1　建物・構築物の物性値

部位	使用材料	ヤング係数 E (N/mm^2)	せん断弾性係数 G (N/mm^2)	減衰定数 h (%)
建屋部 基礎スラブ	コンクリート* σ_c＝31.3(N/mm^2) （σ_c＝320(kgf/cm^2) 鉄筋：SD35 （SD345相当）	2.48×10^4	1.03×10^4	5
屋根トラス部	鉄骨SS41　（SS400相当）	2.05×10^5	0.79×10^5	2
	鉄骨SM41A（SM400A相当）	2.05×10^5	0.79×10^5	2
	鉄骨SM50A（SM490A相当）	2.05×10^5	0.79×10^5	2

注記＊：実強度に基づくコンクリート強度。

3.2.1　水平方向モデル

水平方向の地震応答解析モデルは，地盤との相互作用を考慮し，曲げ及びせん断剛性を考慮した質点系モデルとし，弾塑性時刻歴応答解析を行う。

建屋のモデル化はNS方向，EW方向それぞれについて行っている。また，設計時には考慮していなかった補助壁を，実現象に近い応答を模擬するという観点から，耐震要素と位置づけ，地震応答解析モデルに取り込む。地震応答解析モデルを図3－5に，地震応答解析モデルの諸元を表3－2及び表3－3に示す。

地盤は，地盤調査に基づき水平成層地盤とし，基礎底面地盤ばねについては，「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)」（以下「ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版」という。）により，成層補正を行ったのち，振動アドミッタンス理論に基づき求めたスウェイ及びロッキングの地盤ばねを，近似法により定数化して用いる。このうち，基礎底面のロッキング地盤ばねには，基礎浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。基礎底面地盤ばねの評価には解析コード「ＳＴ－ＣＲＯＳＳ」を用いる。

また，埋込み部分の建屋側面地盤ばねについては，建屋側面位置の地盤定数を用いて，「ＪＥＡＧ４６０１-1991 追補版」により，Novak の方法に基づき求めた水平ばねを，基礎底面地盤ばねと同様に，近似法により定数化して用いる。なお，地盤表層部（埋戻土）については，基準地震動Ｓｓによる地盤応答レベルを踏まえ，表層部では建屋－地盤相互作用が見込めないと判断し，この部分の地盤ばねは考慮しない。建屋側面の水平ばねの評価には，解析コード「ＮＯＶＡＫ」を用いる。

水平方向モデルへの入力地震動は，一次元波動論に基づき，解放基盤表面レベルに想定する基準地震動Ｓｓに対する地盤の応答として評価する。また，基礎底面レベルにおけるせん断力（以下「切欠き力」という。）を入力地震動に付加することにより，地盤の切欠き効果を考慮する。図 3－6 に，地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を示す。入力地震動の算定には，解析コード「ＴＤＡＳ」を用いる。

基準地震動Ｓｓに対する地盤定数を表 3－4～表 3－11 に示す。なお，地盤定数は地盤のひずみ依存特性を考慮して求めた等価地盤物性値を用いる。ひずみ依存特性については，Ⅴ-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づく。設定した地盤定数に基づき算定した基礎底面位置（T.M.S.L.-24.0m）における入力地震動の加速度応答スペクトルを図 3－7 に示す。地震応答解析に用いる地盤のばね定数と減衰係数を表 3－12～表 3－19 に示す。

復元力特性は，建屋の方向別に，層を単位とした水平断面形状より「ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版」に基づいて設定する。

なお，水平方向の解析に用いる解析コードの検証，妥当性確認等の概要につい

ては，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2.2　鉛直方向モデル

鉛直方向の地震応答解析モデルは，耐震壁の軸剛性及び屋根トラスの曲げせん断剛性を考慮した質点系モデルとし，弾性時刻歴応答解析を行う。水平方向モデルと同様に，補助壁を地震応答解析モデルに取り込む。鉛直方向の地震応答解析モデルを図 3－8 に，地震応答解析モデルの諸元を表 3－20 に示す。

地盤は，地盤調査に基づき水平成層地盤とし，基礎底面地盤ばねについては，スウェイ及びロッキングばね定数の評価法と同様，成層補正を行ったのち，振動アドミッタンス理論に基づき求めた鉛直ばねを近似法により定数化して用いる。基礎底面地盤ばねの評価には解析コード「ＳＴ－ＣＲＯＳＳ」を用いる。

鉛直方向モデルへの入力地震動は，一次元波動論に基づき，解放基盤表面レベルに想定する基準地震動Ｓｓに対する地盤の応答として評価したものであり，基礎底面レベルに直接入力する。

図 3－9 に，地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を示す。入力地震動の算定には，解析コード「ＳＨＡＫＥ」を用いる。

設定した地盤定数に基づき算定した基礎底面位置（T.M.S.L.-24.0m）における入力地震動の加速度応答スペクトルを図 3－10 に示す。なお，地盤定数は表 3－4～表 3－11 に示すとおりである。地震応答解析に用いる地盤のばね定数と減衰係数を表 3－21～表 3－28 に示す。

なお,鉛直方向の解析に用いる解析コードの検証，妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

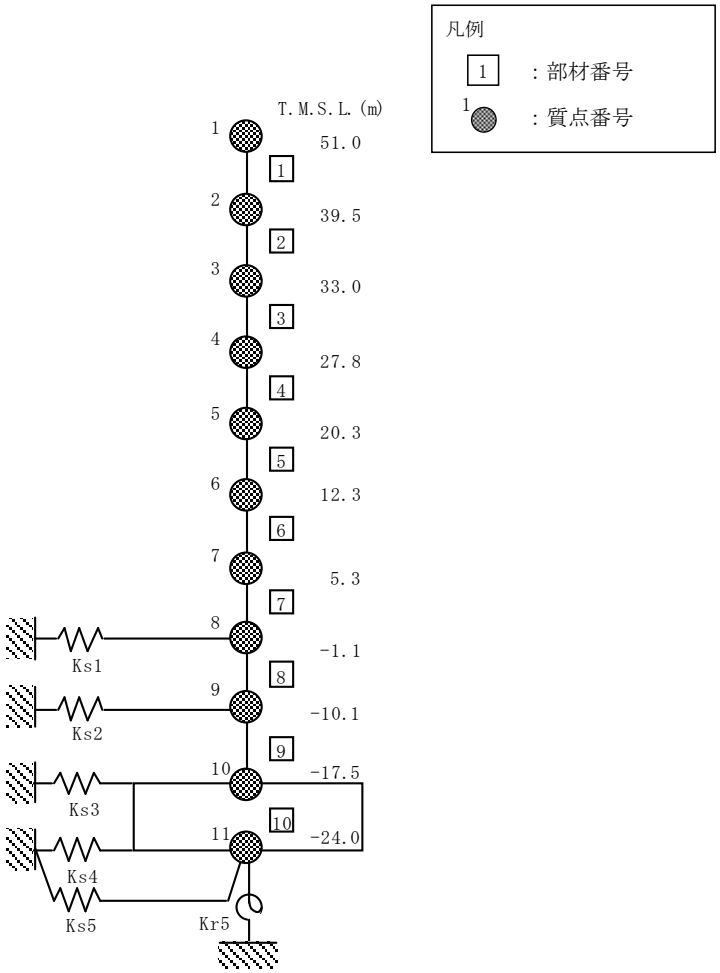


図 3－5　地震応答解析モデル（水平方向）

表3－2　地震応答解析モデル諸元（NS方向）

質点番号	質点重量 W(kN)	回転慣性重量 I_G($\times 10^6$kN・m^2)	部材番号	せん断断面積 A_S(m^2)	断面2次モーメント I(m^4)
①	39440	10.5			
②	50840	20.4	1	42.6	29000
③	249590	146.1	2	61.0	53000
④	341850	187.1	3	336.1	260100
⑤	477550	262.7	4	411.7	331700
⑥	471970	300.9	5	562.4	470700
⑦	454390	299.4	6	700.7	599000
⑧	608920	373.9	7	834.9	656800
⑨	637660	436.1	8	919.7	730500
⑩	815450	472.1	9	1079.7	801400
⑪	526750	304.0	10	6889.0	3955000
合計	4674410				

①建屋部
ヤング係数Ｅ 2.48×10^4 (N/mm^2)
せん断弾性係数Ｇ 1.03×10^4 (N/mm^2)
ポアソン比 ν 0.20
減衰ｈ 5%

②基礎スラブ
ヤング係数Ｅ 2.48×10^4 (N/mm^2)
せん断弾性係数Ｇ 1.03×10^4 (N/mm^2)
ポアソン比 ν 0.20
減衰ｈ 5%

基礎形状 83.0m（NS方向）×83.0m（EW方向）×6.5m（厚さ）

表3－3　地震応答解析モデル諸元（EW方向）

質点番号	質点重量 W(kN)	回転慣性重量 I_G($\times 10^6$kN・m^2)	部材番号	せん断断面積 A_S(m^2)	断面2次モーメント I(m^4)
①	39440	14.3			
②	50840	18.0	1	54.5	38000
③	249590	153.1	2	67.6	55500
④	341850	192.5	3	396.5	263600
⑤	477550	268.4	4	429.9	338300
⑥	471970	293.0	5	519.8	474400
⑦	454390	285.8	6	765.7	602200
⑧	608920	365.3	7	813.2	667000
⑨	637660	432.1	8	951.2	741800
⑩	815450	476.9	9	1033.9	813800
⑪	526750	304.0	10	6889.0	3955000
合計	4674410				

①建屋部
ヤング係数Ｅ 2.48×10^4 (N/mm^2)
せん断弾性係数Ｇ 1.03×10^4 (N/mm^2)
ポアソン比 ν 0.20
減衰ｈ 5%

②基礎スラブ
ヤング係数Ｅ 2.48×10^4 (N/mm^2)
せん断弾性係数Ｇ 1.03×10^4 (N/mm^2)
ポアソン比 ν 0.20
減衰ｈ 5%

基礎形状 83.0m（NS方向）×83.0m（EW方向）×6.5m（厚さ）

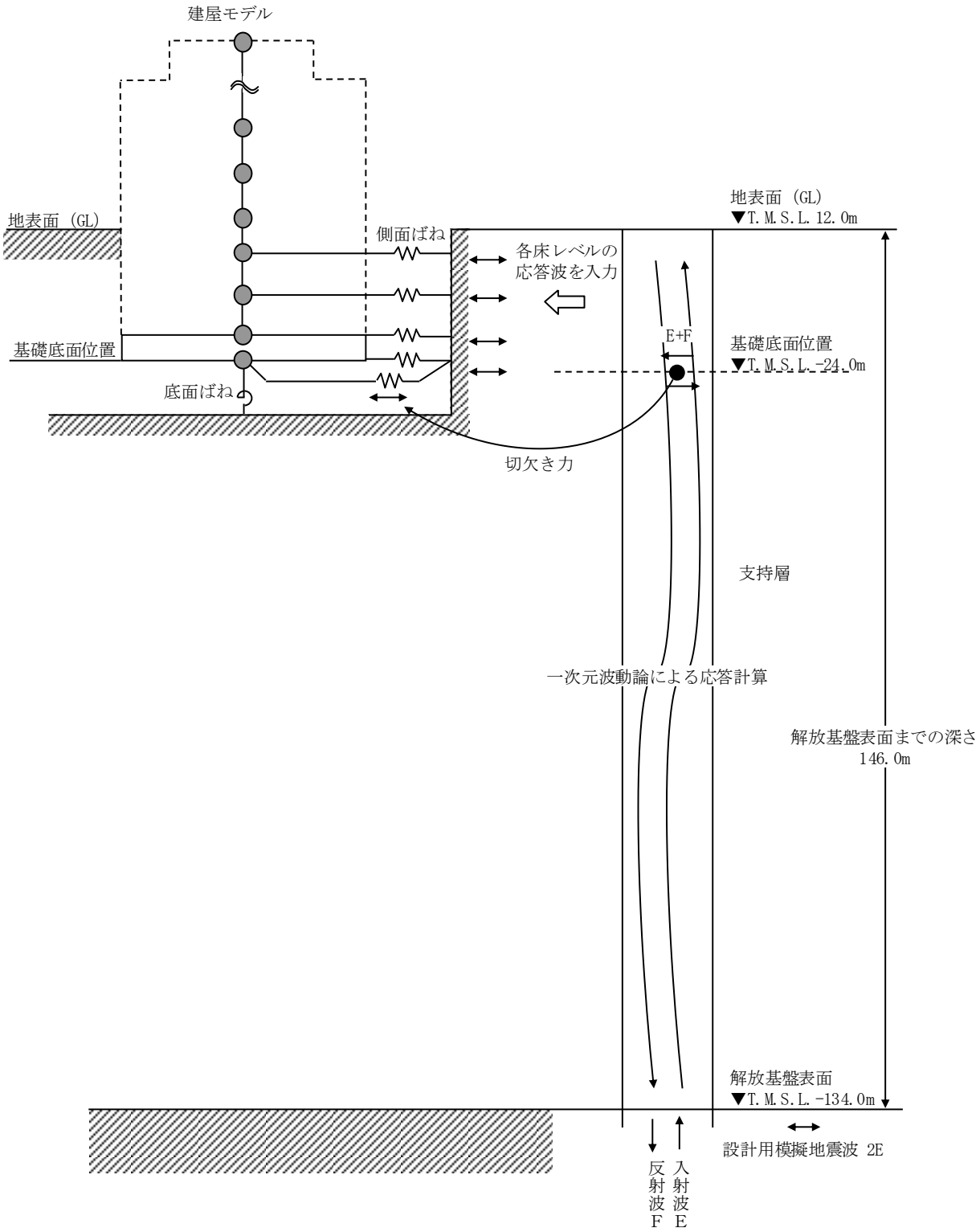


図 3－6　地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図（水平方向）

表 3－4　地盤定数（Ss-1）

標高 T.M.S.L. (m)	地質	せん断波速度 V_S (m/s)	単位体積重量 γ_t (kN/m^3)	ポアソン比 ν	せん断弾性係数 G ($\times 10^5$kN/m^2)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^5$kN/m^2)	剛性低下率 G/G_0	減衰定数 h (%)
+12.0	埋戻土	182	17.6	0.415	0.213	0.592	0.36	13
+8.0		230	17.6	0.415	0.123	0.949	0.13	18
+4.0		256	17.6	0.415	0.129	1.18	0.11	19
0.0	古安田層	310	17.5	0.48	1.23	1.71	0.72	4
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	3.35	4.09	0.82	3
-60.0		560	17.2	0.44	4.45	5.50	0.81	3
-100.0		610	18.0	0.43	5.32	6.83	0.78	3
-134.0 ∞	椎谷層	710	19.9	0.42	10.2	10.2	1.00	－

表 3－5　地盤定数（Ss-2）

標高 T.M.S.L. (m)	地質	せん断波速度 V_S (m/s)	単位体積重量 γ_t (kN/m^3)	ポアソン比 ν	せん断弾性係数 G ($\times 10^5$kN/m^2)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^5$kN/m^2)	剛性低下率 G/G_0	減衰定数 h (%)
+12.0	埋戻土	182	17.6	0.415	0.236	0.592	0.40	11
+8.0		230	17.6	0.415	0.132	0.949	0.14	15
+4.0		256	17.6	0.415	0.106	1.18	0.09	17
0.0	古安田層	310	17.5	0.48	1.24	1.71	0.73	4
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	3.35	4.09	0.82	3
-60.0		560	17.2	0.44	4.67	5.50	0.85	3
-100.0		610	18.0	0.43	5.87	6.83	0.86	3
-134.0 ∞	椎谷層	710	19.9	0.42	10.2	10.2	1.00	－

表 3－6　地盤定数（Ss-3）

標高 T.M.S.L. (m)	地質	せん断波速度 V_S (m/s)	単位体積重量 γ_t (kN/m^3)	ポアソン比 ν	せん断弾性係数 G (×10^{5}kN/m^2)	初期せん断弾性係数 G_0 (×10^{5}kN/m^2)	剛性低下率 G/G_0	減衰定数 h (%)
+12.0	埋戻土	182	17.6	0.415	0.266	0.592	0.45	10
+8.0		230	17.6	0.415	0.170	0.949	0.18	17
+4.0		256	17.6	0.415	0.129	1.18	0.11	19
0.0	古安田層	310	17.5	0.48	1.21	1.71	0.71	4
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	3.19	4.09	0.78	3
-60.0		560	17.2	0.44	4.12	5.50	0.75	4
-100.0		610	18.0	0.43	5.19	6.83	0.76	3
-134.0 ∞	椎谷層	710	19.9	0.42	10.2	10.2	1.00	－

表 3－7　地盤定数（Ss-4）

標高 T.M.S.L. (m)	地質	せん断波速度 V_S (m/s)	単位体積重量 γ_t (kN/m^3)	ポアソン比 ν	せん断弾性係数 G (×10^{5}kN/m^2)	初期せん断弾性係数 G_0 (×10^{5}kN/m^2)	剛性低下率 G/G_0	減衰定数 h (%)
+12.0	埋戻土	182	17.6	0.415	0.242	0.592	0.41	8
+8.0		230	17.6	0.415	0.170	0.949	0.18	13
+4.0		256	17.6	0.415	0.177	1.18	0.15	14
0.0	古安田層	310	17.5	0.48	1.31	1.71	0.77	4
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	3.55	4.09	0.87	3
-60.0		560	17.2	0.44	4.78	5.50	0.87	3
-100.0		610	18.0	0.43	5.94	6.83	0.87	3
-134.0 ∞	椎谷層	710	19.9	0.42	10.2	10.2	1.00	－

表 3－8　地盤定数（Ss-5）

標高 T.M.S.L. (m)	地質	せん断波速度 V_S (m/s)	単位体積重量 γ_t (kN/m^3)	ポアソン比 ν	せん断弾性係数 G (×10^{5}kN/m^2)	初期せん断弾性係数 G_0 (×10^{5}kN/m^2)	剛性低下率 G/G_0	減衰定数 h (%)
+12.0	埋戻土	182	17.6	0.415	0.242	0.592	0.41	7
+8.0		230	17.6	0.415	0.161	0.949	0.17	11
+4.0		256	17.6	0.415	0.188	1.18	0.16	14
0.0	古安田層	310	17.5	0.48	1.33	1.71	0.78	4
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	3.51	4.09	0.86	3
-60.0		560	17.2	0.44	4.56	5.50	0.83	3
-100.0		610	18.0	0.43	5.60	6.83	0.82	3
-134.0 ∞	椎谷層	710	19.9	0.42	10.2	10.2	1.00	－

表 3－9　地盤定数（Ss-6）

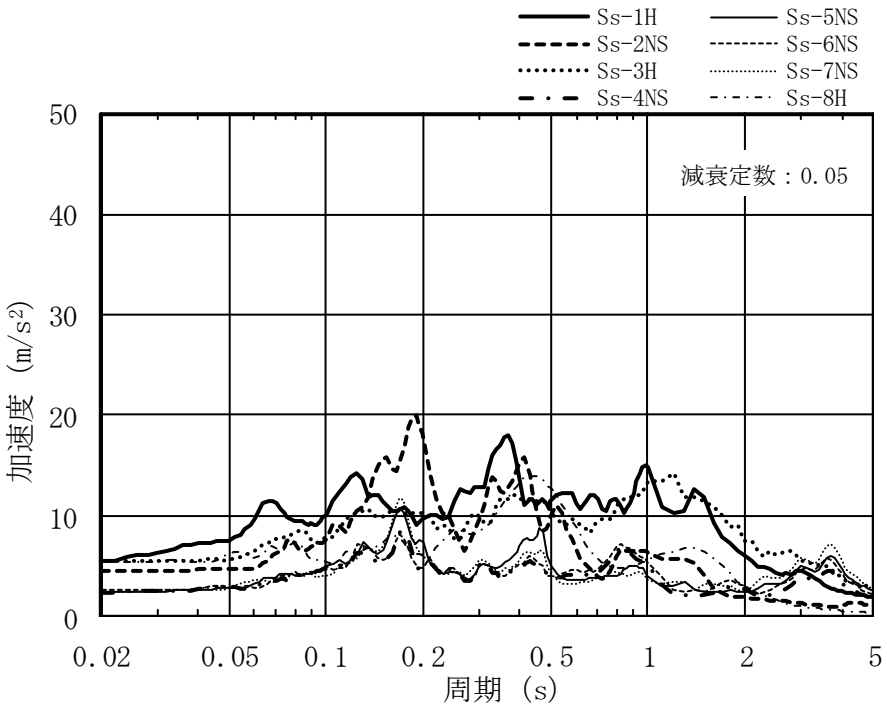
標高 T.M.S.L. (m)	地質	せん断波速度 V_S (m/s)	単位体積重量 γ_t (kN/m^3)	ポアソン比 ν	せん断弾性係数 G (×10^{5}kN/m^2)	初期せん断弾性係数 G_0 (×10^{5}kN/m^2)	剛性低下率 G/G_0	減衰定数 h (%)
+12.0	埋戻土	182	17.6	0.415	0.230	0.592	0.39	9
+8.0		230	17.6	0.415	0.161	0.949	0.17	14
+4.0		256	17.6	0.415	0.153	1.18	0.13	15
0.0	古安田層	310	17.5	0.48	1.29	1.71	0.76	3
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	3.51	4.09	0.86	3
-60.0		560	17.2	0.44	4.62	5.50	0.84	3
-100.0		610	18.0	0.43	5.66	6.83	0.83	3
-134.0 ∞	椎谷層	710	19.9	0.42	10.2	10.2	1.00	－

表 3－10　地盤定数（Ss-7）

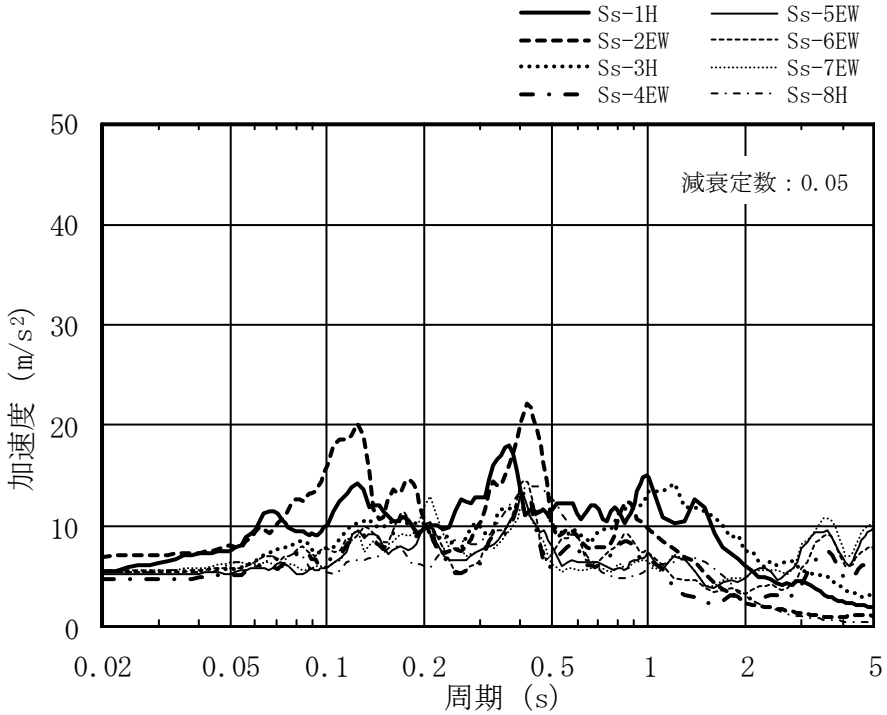
標高 T.M.S.L. (m)	地質	せん断波速度 V_S (m/s)	単位体積重量 γ_t (kN/m^3)	ポアソン比 ν	せん断弾性係数 G ($\times 10^5$kN/m^2)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^5$kN/m^2)	剛性低下率 G/G_0	減衰定数 h (%)
+12.0	埋戻土	182	17.6	0.415	0.230	0.592	0.39	8
+8.0		230	17.6	0.415	0.170	0.949	0.18	11
+4.0		256	17.6	0.415	0.224	1.18	0.19	12
0.0	古安田層	310	17.5	0.48	1.35	1.71	0.79	4
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	3.47	4.09	0.85	3
-60.0		560	17.2	0.44	4.45	5.50	0.81	3
-100.0		610	18.0	0.43	5.46	6.83	0.80	3
-134.0 ∞	椎谷層	710	19.9	0.42	10.2	10.2	1.00	－

表 3－11　地盤定数（Ss-8）

標高 T.M.S.L. (m)	地質	せん断波速度 V_S (m/s)	単位体積重量 γ_t (kN/m^3)	ポアソン比 ν	せん断弾性係数 G ($\times 10^5$kN/m^2)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^5$kN/m^2)	剛性低下率 G/G_0	減衰定数 h (%)
+12.0	埋戻土	182	17.6	0.415	0.272	0.592	0.46	10
+8.0		230	17.6	0.415	0.161	0.949	0.17	17
+4.0		256	17.6	0.415	0.118	1.18	0.10	19
0.0	古安田層	310	17.5	0.48	1.31	1.71	0.77	4
-9.0	西山層	490	16.7	0.45	3.47	4.09	0.85	3
-60.0		560	17.2	0.44	4.56	5.50	0.83	3
-100.0		610	18.0	0.43	6.01	6.83	0.88	3
-134.0 ∞	椎谷層	710	19.9	0.42	10.2	10.2	1.00	－



（a）NS方向



（b）EW方向

図 3－7　入力地震動の加速度応答スペクトル

（基準地震動Ｓｓ，T.M.S.L.-24.0m）

表 3－12　地盤のばね定数と減衰係数（Ss-1）

（a）NS方向

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数*1	減衰係数*2
Ks1	8	側面・並進	3.01×10^{6}	1.65×10^{6}
Ks2	9	側面・並進	8.56×10^{6}	2.99×10^{6}
Ks3	10	側面・並進	1.00×10^{7}	2.88×10^{6}
Ks4	11	側面・並進	4.68×10^{6}	1.34×10^{6}
Ks5	11	底面・並進	9.77×10^{7}	5.61×10^{6}
Kr5	11	底面・回転	2.06×10^{11}	3.31×10^{9}

注記*1：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN/m　Kr5はkN･m/rad
　　*2：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN･s/m　Kr5はkN･m･s/rad

（b）EW方向

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数*1	減衰係数*2
Ks1	8	側面・並進	3.01×10^{6}	1.65×10^{6}
Ks2	9	側面・並進	8.56×10^{6}	2.99×10^{6}
Ks3	10	側面・並進	1.00×10^{7}	2.88×10^{6}
Ks4	11	側面・並進	4.68×10^{6}	1.34×10^{6}
Ks5	11	底面・並進	9.77×10^{7}	5.61×10^{6}
Kr5	11	底面・回転	2.06×10^{11}	3.31×10^{9}

注記*1：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN/m　Kr5はkN･m/rad
　　*2：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN･s/m　Kr5はkN･m･s/rad

表 3－13　地盤のばね定数と減衰係数（Ss-2）

（a）NS方向

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数*1	減衰係数*2
Ks1	8	側面・並進	3.04×10^{6}	1.66×10^{6}
Ks2	9	側面・並進	8.57×10^{6}	2.99×10^{6}
Ks3	10	側面・並進	1.00×10^{7}	2.88×10^{6}
Ks4	11	側面・並進	4.68×10^{6}	1.35×10^{6}
Ks5	11	底面・並進	9.93×10^{7}	5.66×10^{6}
Kr5	11	底面・回転	2.10×10^{11}	3.33×10^{9}

注記*1：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN/m　Kr5はkN･m/rad
*2：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN･s/m　Kr5はkN･m･s/rad

（b）EW方向

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数*1	減衰係数*2
Ks1	8	側面・並進	3.04×10^{6}	1.66×10^{6}
Ks2	9	側面・並進	8.57×10^{6}	2.99×10^{6}
Ks3	10	側面・並進	1.00×10^{7}	2.88×10^{6}
Ks4	11	側面・並進	4.68×10^{6}	1.35×10^{6}
Ks5	11	底面・並進	9.93×10^{7}	5.66×10^{6}
Kr5	11	底面・回転	2.10×10^{11}	3.33×10^{9}

注記*1：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN/m　Kr5はkN･m/rad
*2：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN･s/m　Kr5はkN･m･s/rad

表 3－14　地盤のばね定数と減衰係数（Ss-3）

（a）NS方向

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数*1	減衰係数*2
Ks1	8	側面・並進	2.97×10^{6}	1.63×10^{6}
Ks2	9	側面・並進	8.20×10^{6}	2.93×10^{6}
Ks3	10	側面・並進	9.51×10^{6}	2.80×10^{6}
Ks4	11	側面・並進	4.45×10^{6}	1.31×10^{6}
Ks5	11	底面・並進	9.29×10^{7}	5.47×10^{6}
Kr5	11	底面・回転	1.95×10^{11}	3.23×10^{9}

注記*1：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN/m　Kr5はkN･m/rad
*2：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN･s/m　Kr5はkN･m･s/rad

（b）EW方向

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数*1	減衰係数*2
Ks1	8	側面・並進	2.97×10^{6}	1.63×10^{6}
Ks2	9	側面・並進	8.20×10^{6}	2.93×10^{6}
Ks3	10	側面・並進	9.51×10^{6}	2.80×10^{6}
Ks4	11	側面・並進	4.45×10^{6}	1.31×10^{6}
Ks5	11	底面・並進	9.29×10^{7}	5.47×10^{6}
Kr5	11	底面・回転	1.95×10^{11}	3.23×10^{9}

注記*1：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN/m　Kr5はkN･m/rad
*2：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN･s/m　Kr5はkN･m･s/rad

表 3－15　地盤のばね定数と減衰係数（Ss-4）

（a）NS方向

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数*1	減衰係数*2
Ks1	8	側面・並進	3.20×10^{6}	1.70×10^{6}
Ks2	9	側面・並進	9.07×10^{6}	3.07×10^{6}
Ks3	10	側面・並進	1.06×10^{7}	2.96×10^{6}
Ks4	11	側面・並進	4.96×10^{6}	1.38×10^{6}
Ks5	11	底面・並進	1.04×10^{8}	5.78×10^{6}
Kr5	11	底面・回転	2.20×10^{11}	3.40×10^{9}

注記*1：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN/m　Kr5はkN･m/rad
*2：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN･s/m　Kr5はkN･m･s/rad

（b）EW方向

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数*1	減衰係数*2
Ks1	8	側面・並進	3.20×10^{6}	1.70×10^{6}
Ks2	9	側面・並進	9.07×10^{6}	3.07×10^{6}
Ks3	10	側面・並進	1.06×10^{7}	2.96×10^{6}
Ks4	11	側面・並進	4.96×10^{6}	1.38×10^{6}
Ks5	11	底面・並進	1.04×10^{8}	5.78×10^{6}
Kr5	11	底面・回転	2.20×10^{11}	3.40×10^{9}

注記*1：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN/m　Kr5はkN･m/rad
*2：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN･s/m　Kr5はkN･m･s/rad

表 3－16　地盤のばね定数と減衰係数（Ss-5）

（a）NS方向

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数*1	減衰係数*2
Ks1	8	側面・並進	3.27×10^{6}	1.71×10^{6}
Ks2	9	側面・並進	9.03×10^{6}	3.07×10^{6}
Ks3	10	側面・並進	1.05×10^{7}	2.94×10^{6}
Ks4	11	側面・並進	4.89×10^{6}	1.38×10^{6}
Ks5	11	底面・並進	1.02×10^{8}	5.72×10^{6}
Kr5	11	底面・回転	2.14×10^{11}	3.36×10^{9}

注記*1：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN/m　Kr5はkN･m/rad
*2：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN･s/m　Kr5はkN･m･s/rad

（b）EW方向

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数*1	減衰係数*2
Ks1	8	側面・並進	3.27×10^{6}	1.71×10^{6}
Ks2	9	側面・並進	9.03×10^{6}	3.07×10^{6}
Ks3	10	側面・並進	1.05×10^{7}	2.94×10^{6}
Ks4	11	側面・並進	4.89×10^{6}	1.38×10^{6}
Ks5	11	底面・並進	1.02×10^{8}	5.72×10^{6}
Kr5	11	底面・回転	2.14×10^{11}	3.36×10^{9}

注記*1：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN/m　Kr5はkN･m/rad
*2：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN･s/m　Kr5はkN･m･s/rad

表 3－17　地盤のばね定数と減衰係数（Ss-6）

（a）NS方向

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数*1	減衰係数*2
Ks1	8	側面・並進	3.15×10^{6}	1.68×10^{6}
Ks2	9	側面・並進	8.95×10^{6}	3.05×10^{6}
Ks3	10	側面・並進	1.05×10^{7}	2.94×10^{6}
Ks4	11	側面・並進	4.89×10^{6}	1.38×10^{6}
Ks5	11	底面・並進	1.02×10^{8}	5.73×10^{6}
Kr5	11	底面・回転	2.16×10^{11}	3.37×10^{9}

注記*1：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN/m　Kr5はkN･m/rad
*2：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN･s/m　Kr5はkN･m･s/rad

（b）EW方向

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数*1	減衰係数*2
Ks1	8	側面・並進	3.15×10^{6}	1.69×10^{6}
Ks2	9	側面・並進	8.95×10^{6}	3.05×10^{6}
Ks3	10	側面・並進	1.05×10^{7}	2.94×10^{6}
Ks4	11	側面・並進	4.89×10^{6}	1.38×10^{6}
Ks5	11	底面・並進	1.02×10^{8}	5.74×10^{6}
Kr5	11	底面・回転	2.16×10^{11}	3.38×10^{9}

注記*1：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN/m　Kr5はkN･m/rad
*2：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN･s/m　Kr5はkN･m･s/rad

表 3－18　地盤のばね定数と減衰係数（Ss-7）

（a）NS方向

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数*1	減衰係数*2
Ks1	8	側面・並進	3.32×10^{6}	1.72×10^{6}
Ks2	9	側面・並進	9.00×10^{6}	3.06×10^{6}
Ks3	10	側面・並進	1.04×10^{7}	2.93×10^{6}
Ks4	11	側面・並進	4.85×10^{6}	1.37×10^{6}
Ks5	11	底面・並進	1.01×10^{8}	5.69×10^{6}
Kr5	11	底面・回転	2.11×10^{11}	3.35×10^{9}

注記*1：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN/m　Kr5はkN･m/rad
*2：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN･s/m　Kr5はkN･m･s/rad

（b）EW方向

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数*1	減衰係数*2
Ks1	8	側面・並進	3.32×10^{6}	1.72×10^{6}
Ks2	9	側面・並進	9.00×10^{6}	3.06×10^{6}
Ks3	10	側面・並進	1.04×10^{7}	2.93×10^{6}
Ks4	11	側面・並進	4.85×10^{6}	1.37×10^{6}
Ks5	11	底面・並進	1.01×10^{8}	5.69×10^{6}
Kr5	11	底面・回転	2.11×10^{11}	3.35×10^{9}

注記*1：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN/m　Kr5はkN･m/rad
*2：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN･s/m　Kr5はkN･m･s/rad

表 3－19　地盤のばね定数と減衰係数（Ss-8）

（a）NS方向

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数*1	減衰係数*2
Ks1	8	側面・並進	3.20×10^{6}	1.69×10^{6}
Ks2	9	側面・並進	8.92×10^{6}	3.05×10^{6}
Ks3	10	側面・並進	1.04×10^{7}	2.93×10^{6}
Ks4	11	側面・並進	4.85×10^{6}	1.37×10^{6}
Ks5	11	底面・並進	1.01×10^{8}	5.71×10^{6}
Kr5	11	底面・回転	2.14×10^{11}	3.36×10^{9}

注記*1：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN/m　Kr5はkN･m/rad
　　*2：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN･s/m　Kr5はkN･m･s/rad

（b）EW方向

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数*1	減衰係数*2
Ks1	8	側面・並進	3.20×10^{6}	1.69×10^{6}
Ks2	9	側面・並進	8.92×10^{6}	3.05×10^{6}
Ks3	10	側面・並進	1.04×10^{7}	2.93×10^{6}
Ks4	11	側面・並進	4.85×10^{6}	1.37×10^{6}
Ks5	11	底面・並進	1.01×10^{8}	5.71×10^{6}
Kr5	11	底面・回転	2.14×10^{11}	3.36×10^{9}

注記*1：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN/m　Kr5はkN･m/rad
　　*2：　Ks1，Ks2，Ks3，Ks4，Ks5はkN･s/m　Kr5はkN･m･s/rad

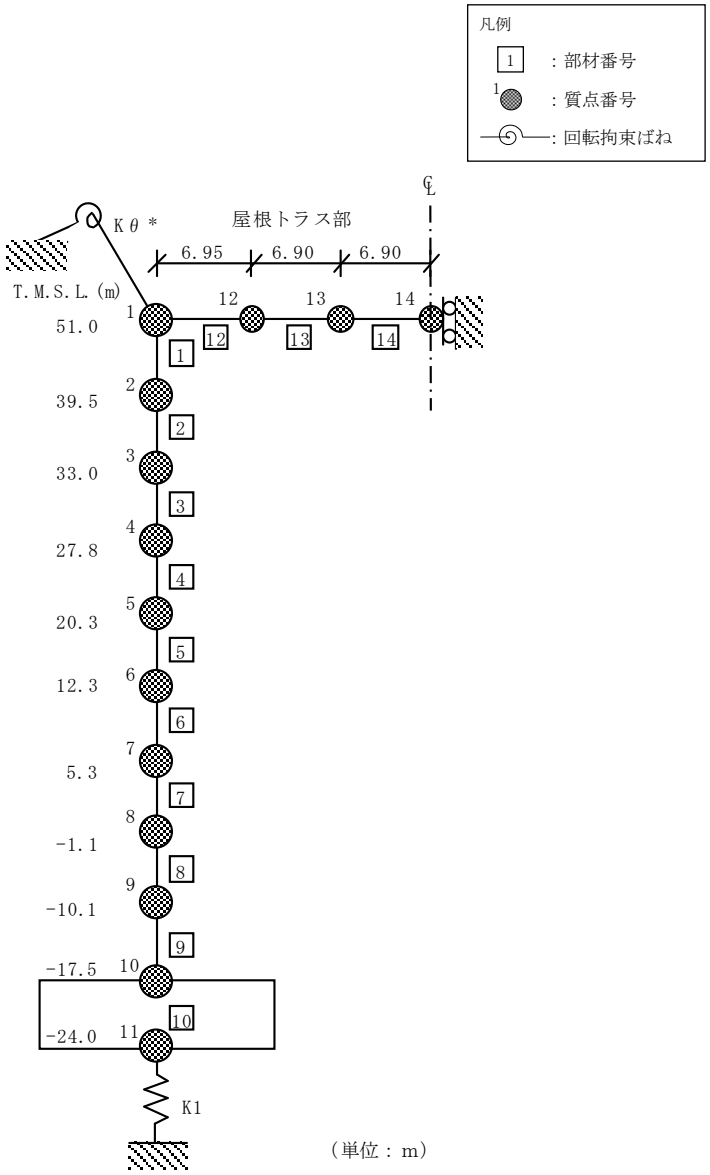


図 3－8　地震応答解析モデル（鉛直方向）

表 3－20　地震応答解析モデルの諸元（鉛直方向）

質点番号	①	⑫	⑬	⑭
質点重量 W(kN)	－	3680	3670	1830

部材番号		12	13	14	
せん断断面積 A_S($\times10^{-2}m^2$)		20.70	12.40	8.50	
断面二次 モーメント I_B(m^4)		2.88	2.88	2.88	

質点 番号	質点重量 W(kN)	部材 番号	軸断面積 A(m^2)
①	30260		
②	50840	1	99.5
③	249590	2	173.2
④	341850	3	869.8
⑤	443140	4	862.4
⑥	471970	5	1076.5
⑦	454390	6	1419.5
⑧	547990	7	1598.2
⑨	637660	8	1829.8
⑩	910790	9	2025.1
⑪	526750	10	6889.0
合計	4674410		

①建屋部
ヤング係数Ｅ 2.48×10^4 (N/mm^2)
せん断弾性係数Ｇ 1.03×10^4 (N/mm^2)
ポアソン比 ν 0.20
減衰ｈ 5%

②基礎スラブ
ヤング係数Ｅ 2.48×10^4 (N/mm^2)
せん断弾性係数Ｇ 1.03×10^4 (N/mm^2)
ポアソン比 ν 0.20
減衰ｈ 5%

③鉄骨部
ヤング係数Ｅ 2.05×10^5 (N/mm^2)
せん断弾性係数Ｇ 7.90×10^4 (N/mm^2)
ポアソン比 ν 0.30
減衰ｈ 2%

屋根トラス端部回転拘束ばね K_θ
5.37×10^7 (kN･m/rad)

基礎形状 83.0m（NS方向）×83.0m（EW方向）×6.5m（厚さ）

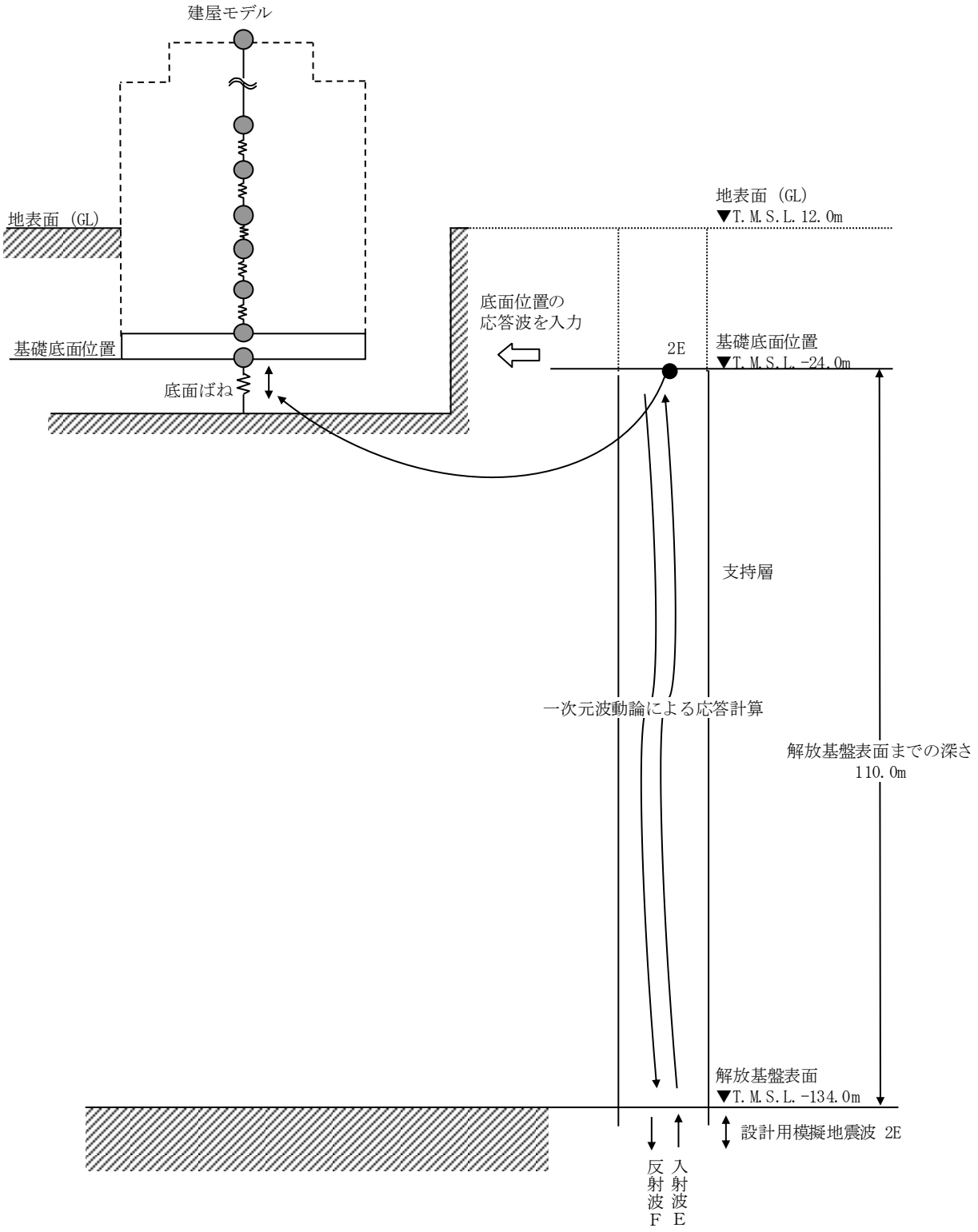


図 3－9　地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図（鉛直方向）

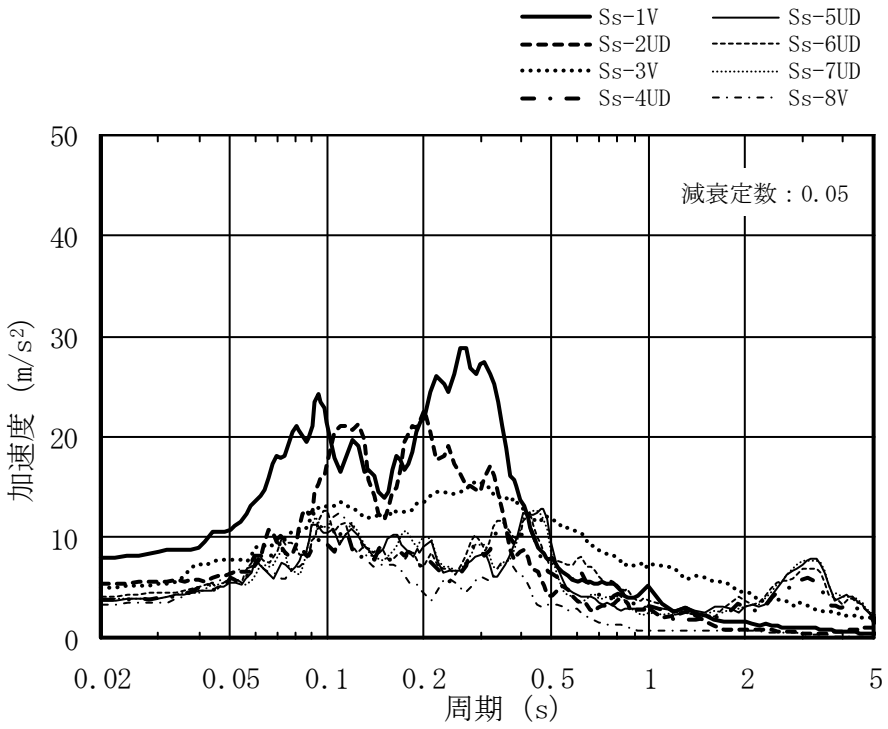


図 3－10　入力地震動の加速度応答スペクトル
（基準地震動Ｓｓ，鉛直方向，T.M.S.L.-24.0m）

表 3－21　地盤のばね定数と減衰係数（鉛直方向，Ss-1）

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN･s/m)
K1	11	底面・鉛直	1.79×10^{8}	1.36×10^{7}

表 3－22　地盤のばね定数と減衰係数（鉛直方向，Ss-2）

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN･s/m)
K1	11	底面・鉛直	1.84×10^{8}	1.38×10^{7}

表 3－23　地盤のばね定数と減衰係数（鉛直方向，Ss-3）

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN･s/m)
K1	11	底面・鉛直	1.71×10^{8}	1.33×10^{7}

表 3－24　地盤のばね定数と減衰係数（鉛直方向，Ss-4）

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN･s/m)
K1	11	底面・鉛直	1.89×10^{8}	1.40×10^{7}

表 3－25　地盤のばね定数と減衰係数（鉛直方向，Ss-5）

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN･s/m)
K1	11	底面・鉛直	1.85×10^{8}	1.38×10^{7}

表 3－26　地盤のばね定数と減衰係数（鉛直方向，Ss-6）

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN･s/m)
K1	11	底面・鉛直	1.85×10^{8}	1.39×10^{7}

表 3－27　地盤のばね定数と減衰係数（鉛直方向，Ss-7）

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN･s/m)
K1	11	底面・鉛直	1.82×10^{8}	1.37×10^{7}

表 3－28　地盤のばね定数と減衰係数（鉛直方向，Ss-8）

ばね番号	質点番号	地盤ばね成分	ばね定数 (kN/m)	減衰係数 (kN･s/m)
K1	11	底面・鉛直	1.85×10^{8}	1.39×10^{7}

3.3　解析方法

5 号機原子炉建屋の地震応答解析には，解析コード「ＴＤＡＳ」を用いる。なお，解析に用いる解析コードの検証，妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.3.1　動的解析

建物・構築物の動的解析は，V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき，時刻歴応答解析により実施する。

3.3.2　必要保有水平耐力

各層の必要保有水平耐力Q_{un}は，次式により算定する。

$$Q_{un}＝D_s・F_{es}・Q_{ud}$$

ここで，

D_s　：各層の構造特性係数

F_{es}　：各層の形状特性係数

地震力によって各層に生じる水平力Q_{ud}は，次式により算定する。

$$Q_{ud}＝n・C_i・W_i$$

ここで，

n　：施設の重要度分類に応じた係数（1.0）

C_i　：第ｉ層の地震層せん断力係数

W_i　：第ｉ層が支える重量

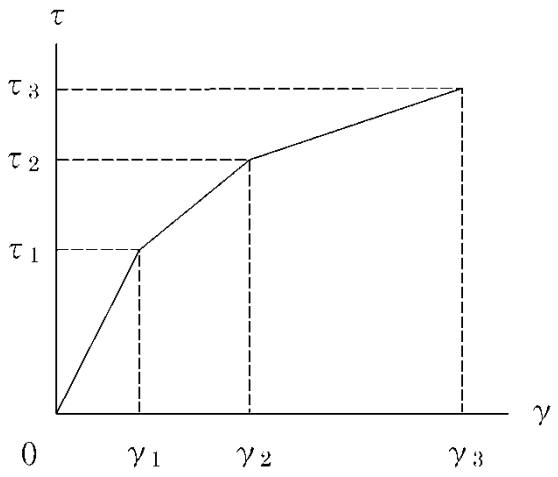
各層の必要保有水平耐力Q_{un}は，昭和58年8月22日付け58資庁第9522号にて認可された工事計画の添付資料「Ⅳ-3-6　原子炉建屋の強度計算書」にて算出した値を用いる。

3.4　解析条件

3.4.1　建物・構築物の復元力特性

(1)　耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（τ－γ関係）

耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（τ－γ関係）は，「ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版」に基づき，トリリニア型スケルトン曲線とする。耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係を図 3－11 に示す。



τ_1：第 1 折点のせん断応力度

τ_2：第 2 折点のせん断応力度

τ_3：終局点のせん断応力度

γ_1：第 1 折点のせん断ひずみ

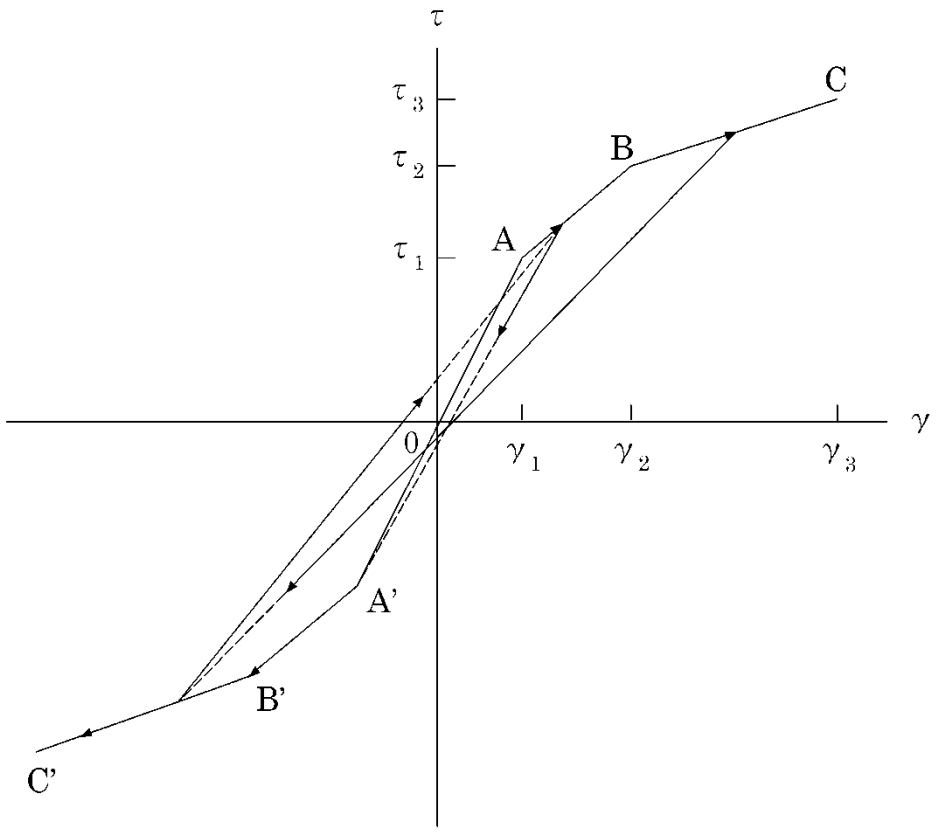
γ_2：第 2 折点のせん断ひずみ

γ_3：終局点のせん断ひずみ（4.0×10^{-3}）

図 3－11　耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係

(2)　耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性は，「ＪＥＡＧ４６０１－1991　追補版」に基づき，最大点指向型モデルとする。耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性を図 3－12 に示す。



a．0－A 間 ：弾性範囲。

b．A－B 間 ：負側スケルトンが経験した最大点に向う。ただし，負側最大点が第 1 折点を超えていなければ，負側第 1 折点に向う。

c．B－C 間 ：負側最大点指向。

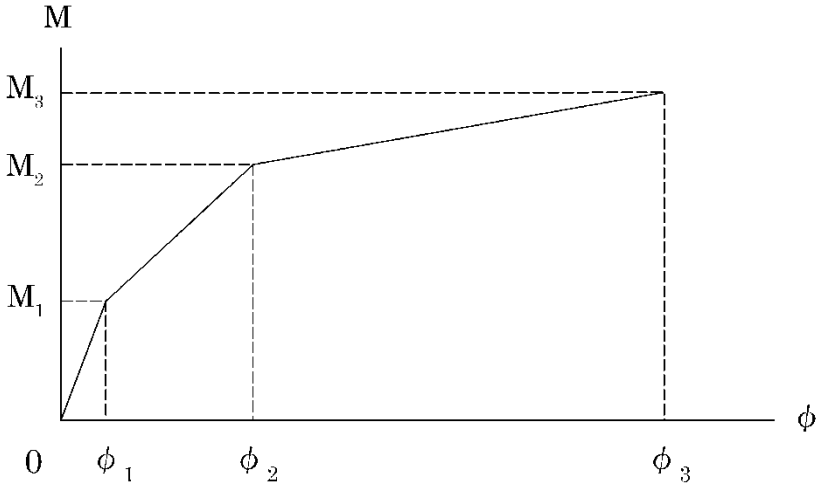
d．各最大点は，スケルトン上を移動することにより更新される。

e．安定ループは面積を持たない。

図 3－12　耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

(3)　耐震壁の曲げモーメント－曲率関係（Ｍ－φ関係）

耐震壁の曲げモーメント－曲率関係（Ｍ－φ関係）は，「ＪＥＡＧ４６０１－1991　追補版」に基づき，トリリニア型スケルトン曲線とする。耐震壁の曲げモーメント－曲率関係を図 3－13 に示す。



M_1：第 1 折点の曲げモーメント

M_2：第 2 折点の曲げモーメント

M_3：終局点の曲げモーメント

ϕ_1：第 1 折点の曲率

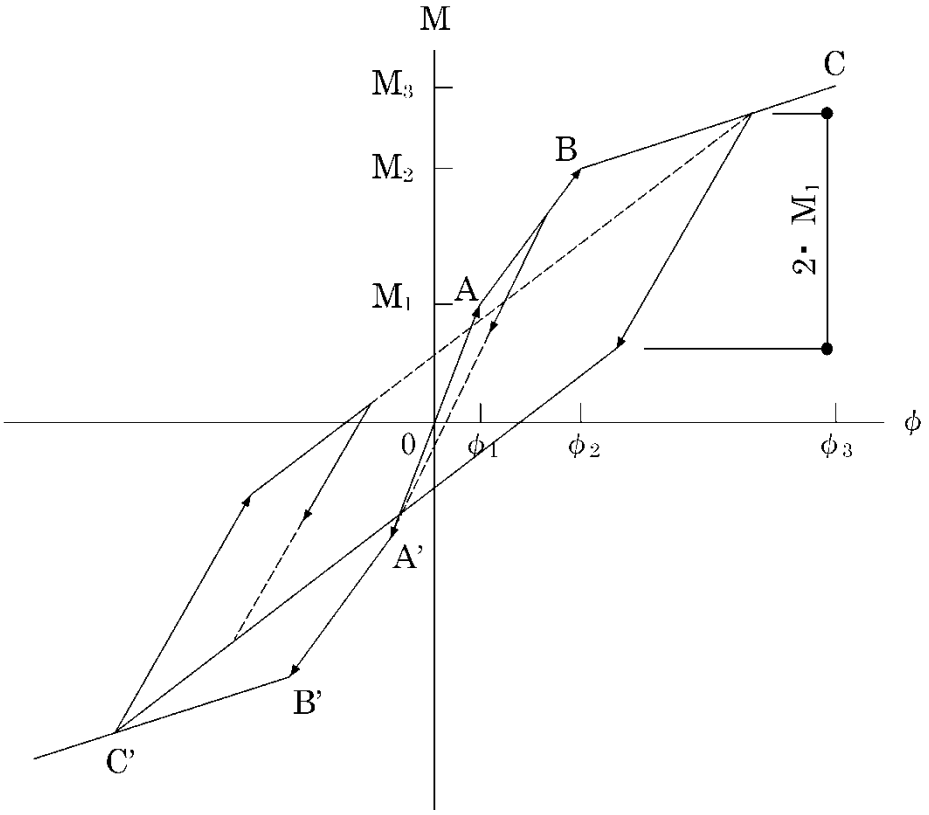
ϕ_2：第 2 折点の曲率

ϕ_3：終局点の曲率

図 3－13　耐震壁の曲げモーメント－曲率関係

(4)　耐震壁の曲げモーメント－曲率関係の履歴特性

耐震壁の曲げモーメント－曲率関係の履歴特性は，「ＪＥＡＧ４６０１-1991追補版」に基づき，ディグレイディングトリリニア型モデルとする。耐震壁の曲げモーメント－曲率関係の履歴特性を図3－14に示す。



a．0－A 間 ：弾性範囲。

b．A－B 間 ：負側スケルトンが経験した最大点に向う。ただし，負側最大点が第1折点を超えていなければ，負側第1折点に向う。

c．B－C 間 ：負側最大点指向型で，安定ループは最大曲率に応じた等価粘性減衰を与える平行四辺形をしたディグレイディングトリリニア型とする。平行四辺形の折点は最大値から $2\cdot M_1$ を減じた点とする。ただし，負側最大点が第2折点を超えていなければ，負側第2折点を最大点とする安定ループを形成する。また，安定ループ内部での繰り返しに用いる剛性は安定ループの戻り剛性に同じとする。

d．各最大点は，スケルトン上を移動することにより更新される。

図3－14　耐震壁の曲げモーメント－曲率関係の履歴特性

(5)　スケルトン曲線の諸数値

5 号機原子炉建屋の耐震壁について算定したせん断力及び曲げモーメントのスケルトン曲線の諸数値を表 3－29～表 3－32 に示す。

表3－29　せん断力のスケルトン曲線（τ－γ関係）（NS方向）

部材番号	第1折点		第2折点		終局点	
	τ_1 (N/mm^2)	γ_1 ($\times10^{-3}$)	τ_2 (N/mm^2)	γ_2 ($\times10^{-3}$)	τ_3 (N/mm^2)	γ_3 ($\times10^{-3}$)
1	1.94	0.189	2.62	0.564	5.62	4.00
2	2.03	0.197	2.74	0.588	5.86	4.00
3	2.04	0.198	2.68	0.539	5.64	4.00
4	2.18	0.212	2.82	0.580	5.49	4.00
5	2.17	0.211	2.83	0.605	5.42	4.00
6	2.20	0.213	2.84	0.617	5.31	4.00
7	2.24	0.217	2.88	0.636	5.17	4.00
8	2.31	0.224	2.98	0.654	5.50	4.00
9	2.35	0.228	3.00	0.676	5.39	4.00

表3－30　せん断力のスケルトン曲線（τ－γ関係）（EW方向）

部材番号	第1折点		第2折点		終局点	
	τ_1 (N/mm^2)	γ_1 ($\times10^{-3}$)	τ_2 (N/mm^2)	γ_2 ($\times10^{-3}$)	τ_3 (N/mm^2)	γ_3 ($\times10^{-3}$)
1	1.94	0.188	2.62	0.564	5.71	4.00
2	2.02	0.197	2.73	0.588	5.88	4.00
3	1.88	0.182	2.37	0.539	4.76	4.00
4	2.02	0.197	2.60	0.580	4.96	4.00
5	2.17	0.211	2.86	0.605	5.54	4.00
6	2.19	0.213	2.81	0.617	5.14	4.00
7	2.25	0.218	2.91	0.636	5.33	4.00
8	2.31	0.224	2.97	0.654	5.57	4.00
9	2.37	0.230	3.05	0.676	5.61	4.00

表3－31　曲げモーメントのスケルトン曲線（Ｍ－φ関係）（NS方向）

部材番号	第1折点		第2折点		終局点	
	M_1 ($\times 10^6$kN･m)	ϕ_1 ($\times 10^{-6}$/m)	M_2 ($\times 10^6$kN･m)	ϕ_2 ($\times 10^{-6}$/m)	M_3 ($\times 10^6$kN･m)	ϕ_3 ($\times 10^{-6}$/m)
1	3.79	5.27	5.13	47.5	5.45	951
2	6.14	4.67	9.49	41.6	10.2	833
3	22.7	3.52	36.1	26.1	44.0	521
4	30.8	3.74	52.5	26.8	62.8	535
5	46.5	3.98	83.7	27.3	101	547
6	61.6	4.14	114	27.7	138	554
7	72.5	4.45	137	28.2	166	563
8	86.8	4.79	183	29.0	223	580
9	101	5.06	213	29.5	261	590

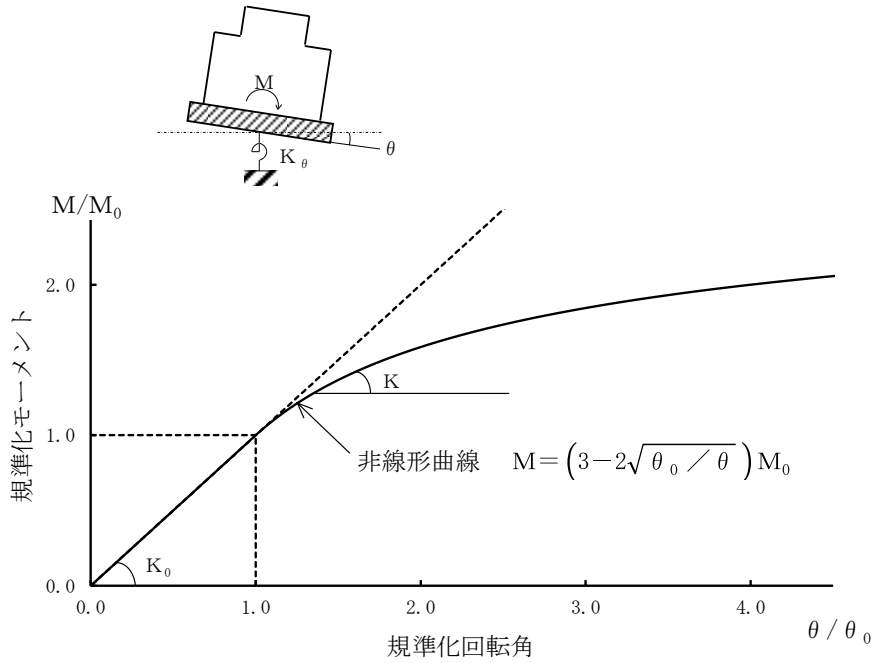
表3－32　曲げモーメントのスケルトン曲線（Ｍ－φ関係）（EW方向）

部材番号	第1折点		第2折点		終局点	
	M_1 ($\times 10^6$kN･m)	ϕ_1 ($\times 10^{-6}$/m)	M_2 ($\times 10^6$kN･m)	ϕ_2 ($\times 10^{-6}$/m)	M_3 ($\times 10^6$kN･m)	ϕ_3 ($\times 10^{-6}$/m)
1	4.10	4.35	5.94	39.6	6.64	792
2	6.07	4.41	9.65	40.3	10.6	807
3	23.6	3.61	36.9	25.8	45.3	516
4	32.0	3.81	53.5	26.5	62.6	529
5	48.0	4.08	85.0	27.2	102	544
6	61.5	4.12	115	27.8	139	555
7	73.5	4.45	139	28.2	169	564
8	87.4	4.75	185	29.1	230	582
9	102	5.05	216	29.5	264	590

3.4.2　地盤の回転ばねの復元力特性

地盤の回転ばねに関する曲げモーメントー回転角の関係は，「ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版」に基づき，浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。回転ばねの曲げモーメントー回転角の関係を図 3－15 に示す。

浮上り時の地盤の回転ばねの剛性は，図 3－15 の曲線で表され，減衰係数は，回転ばねの接線剛性に比例するものとして考慮する。



M　　：転倒モーメント

M_0　　：浮上り限界転倒モーメント

θ　　：回転角

θ_0　　：浮上り限界回転角

K_0　　：底面回転ばねのばね定数（浮上り前）

K　　：底面回転ばねのばね定数（浮上り後）

図 3－15　回転ばねの曲げモーメントと回転角の関係

3.4.3　材料物性の不確かさ等

解析においては，「3.2　地震応答解析モデル」に示す物性値及び定数を基本ケースとし，材料物性の不確かさを考慮する。材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析は，建屋応答への影響の大きい地震動に対して実施することとし，基本ケースの地震応答解析の応答値のいずれかが最大となる地震動（Ss-1～Ss-3，Ss-8）に対して実施することとする。

材料物性の不確かさのうち，建屋剛性については，建設時コンクリートの28日強度の平均値程度の31.3N/mm^{2}を基本とし，28日強度の±1σを考慮する。更にマイナス側については，28日強度の値として95%信頼区間の下限値に相当する値を考慮し，プラス側については，実機の経年後のコア強度の平均値を考慮する。

地盤剛性については，地盤調査結果の平均値を基に設定した数値を基本ケースとし，地盤剛性の不確かさ検討にあたっては，標準偏差に相当するばらつき（±1σ）を考慮する。

材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを表3－33に示す。

表3－33　材料物性の不確かさを考慮する解析ケース

検討ケース	コンクリート剛性	地盤剛性	備考
①ケース1 （工認モデル）	実強度 （31.3N/mm^2）	標準地盤	基本ケース
②ケース2 （建屋剛性＋σ， 地盤剛性＋σ）	実強度＋σ （34.3N/mm^2）	標準地盤＋σ （初期せん断弾性係数：埋戻土＋54% せん断波速度： 古安田層＋11%，西山層＋11%）	
③ケース3 （建屋剛性－σ， 地盤剛性－σ）	実強度－σ （28.4N/mm^2）	標準地盤－σ （初期せん断弾性係数：埋戻土－35% せん断波速度： 古安田層－11%，西山層－11%）	
④ケース4 （建屋剛性コア平均）	実強度 （コア平均） （49.0N/mm^2）	標準地盤	
⑤ケース5 （建屋剛性－2σ）	実強度－2σ （25.4N/mm^2）	標準地盤	

4. 解析結果

4.1 動的解析

本資料においては，代表として基準地震動Ｓｓの基本ケースの地震応答解析結果を示す。

4.1.1 固有値解析結果

基準地震動Ｓｓの基本ケースの固有値解析結果（固有周期及び固有振動数）を表 4－1～表 4－8 に示す。刺激関数図を Ss-1 の結果を代表として図 4－1 に示す。

なお，刺激係数は，モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に規準化して得られる値を示す。

4.1.2 応答解析結果

基準地震動Ｓｓの基本ケースの地震応答解析結果を図 4－2～図 4－14 及び表 4－9 に示す。

表 4－1　固有値解析結果（Ss-1）

（a）NS方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.514	1.95	1.568	建屋－地盤連成1次
2	0.251	3.98	-0.609	
3	0.101	9.89	-0.102	
4	0.087	11.55	0.233	
5	0.069	14.58	-0.094	

（b）EW方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.514	1.95	1.559	建屋－地盤連成1次
2	0.251	3.99	-0.595	
3	0.100	10.03	-0.087	
4	0.084	11.94	0.204	
5	0.066	15.19	-0.085	

（c）鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.332	3.01	5.010	建屋－地盤連成1次
2	0.286	3.49	-4.057	
3	0.081	12.29	0.091	
4	0.059	17.01	0.316	
5	0.057	17.42	0.324	

注記＊：モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に規準化して得られる刺激係数を示す。

表 4－2　固有値解析結果（Ss-2）

（a）NS方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.511	1.96	1.569	建屋－地盤連成1次
2	0.249	4.01	-0.612	
3	0.101	9.90	-0.103	
4	0.087	11.56	0.237	
5	0.069	14.58	-0.096	

（b）EW方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.510	1.96	1.560	建屋－地盤連成1次
2	0.249	4.02	-0.598	
3	0.100	10.04	-0.088	
4	0.084	11.95	0.208	
5	0.066	15.20	-0.086	

（c）鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.328	3.05	5.440	建屋－地盤連成1次
2	0.286	3.49	-4.488	
3	0.081	12.29	0.093	
4	0.059	17.01	0.322	
5	0.057	17.43	0.329	

注記＊：モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に規準化して得られる刺激係数を示す。

表 4－3　固有値解析結果（Ss-3）

（a）NS方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.525	1.90	1.562	建屋－地盤連成1次
2	0.257	3.89	-0.600	
3	0.101	9.86	-0.098	
4	0.087	11.55	0.221	
5	0.069	14.57	-0.089	

（b）EW方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.525	1.90	1.554	建屋－地盤連成1次
2	0.257	3.90	-0.588	
3	0.100	10.00	-0.084	
4	0.084	11.93	0.194	
5	0.066	15.18	-0.080	

（c）鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.340	2.94	4.432	建屋－地盤連成1次
2	0.287	3.49	-3.476	
3	0.081	12.29	0.087	
4	0.059	17.01	0.307	
5	0.057	17.41	0.314	

注記＊：モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に規準化して得られる刺激係数を示す。

表 4－4　固有値解析結果（Ss-4）

（a）NS方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.500	2.00	1.574	建屋－地盤連成1次
2	0.244	4.10	-0.620	
3	0.101	9.92	-0.107	
4	0.086	11.56	0.249	
5	0.069	14.60	-0.101	

（b）EW方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.500	2.00	1.565	建屋－地盤連成1次
2	0.244	4.10	-0.606	
3	0.099	10.07	-0.092	
4	0.084	11.96	0.218	
5	0.066	15.21	-0.091	

（c）鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.324	3.09	5.935	建屋－地盤連成1次
2	0.286	3.49	-4.985	
3	0.081	12.29	0.096	
4	0.059	17.01	0.327	
5	0.057	17.44	0.335	

注記＊：モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に規準化して得られる刺激係数を示す。

表 4－5　固有値解析結果（Ss-5）

（a）NS方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.504	1.98	1.573	建屋－地盤連成1次
2	0.246	4.06	-0.617	
3	0.101	9.91	-0.106	
4	0.086	11.56	0.244	
5	0.069	14.59	-0.099	

（b）EW方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.504	1.98	1.564	建屋－地盤連成1次
2	0.246	4.06	-0.602	
3	0.099	10.05	-0.091	
4	0.084	11.95	0.214	
5	0.066	15.20	-0.089	

（c）鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.327	3.06	5.533	建屋－地盤連成1次
2	0.286	3.49	-4.581	
3	0.081	12.29	0.094	
4	0.059	17.01	0.323	
5	0.057	17.43	0.330	

注記＊：モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に規準化して得られる刺激係数を示す。

表 4－6　固有値解析結果（Ss-6）

（a）NS方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.504	1.98	1.572	建屋－地盤連成1次
2	0.246	4.06	-0.617	
3	0.101	9.91	-0.106	
4	0.086	11.56	0.244	
5	0.069	14.59	-0.099	

（b）EW方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.504	1.99	1.563	建屋－地盤連成1次
2	0.246	4.07	-0.603	
3	0.099	10.06	-0.090	
4	0.084	11.95	0.214	
5	0.066	15.20	-0.089	

（c）鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.327	3.06	5.533	建屋－地盤連成1次
2	0.286	3.49	-4.581	
3	0.081	12.29	0.094	
4	0.059	17.01	0.323	
5	0.057	17.43	0.330	

注記＊：モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に規準化して得られる刺激係数を示す。

表 4－7　固有値解析結果（Ss-7）

（a）NS方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.507	1.97	1.572	建屋－地盤連成1次
2	0.248	4.04	-0.615	
3	0.101	9.90	-0.106	
4	0.087	11.56	0.242	
5	0.069	14.59	-0.097	

（b）EW方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.506	1.97	1.563	建屋－地盤連成1次
2	0.247	4.04	-0.601	
3	0.100	10.04	-0.090	
4	0.084	11.95	0.212	
5	0.066	15.20	-0.088	

（c）鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.330	3.03	5.260	建屋－地盤連成1次
2	0.286	3.49	-4.308	
3	0.081	12.29	0.092	
4	0.059	17.01	0.320	
5	0.057	17.43	0.327	

注記＊：モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に規準化して得られる刺激係数を示す。

表 4－8　固有値解析結果（Ss-8）

（a）NS方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.506	1.98	1.572	建屋－地盤連成1次
2	0.247	4.05	-0.615	
3	0.101	9.91	-0.105	
4	0.087	11.56	0.242	
5	0.069	14.59	-0.098	

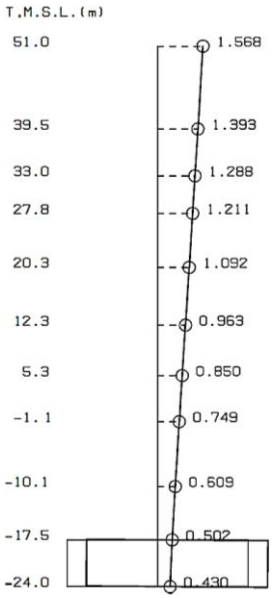
（b）EW方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.505	1.98	1.562	建屋－地盤連成1次
2	0.247	4.05	-0.601	
3	0.099	10.05	-0.090	
4	0.084	11.95	0.212	
5	0.066	15.20	-0.088	

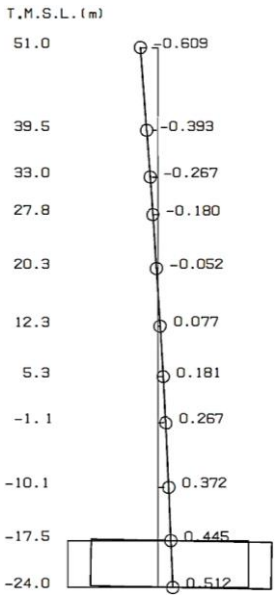
（c）鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*	備考
1	0.327	3.06	5.533	建屋－地盤連成1次
2	0.286	3.49	-4.581	
3	0.081	12.29	0.094	
4	0.059	17.01	0.323	
5	0.057	17.43	0.330	

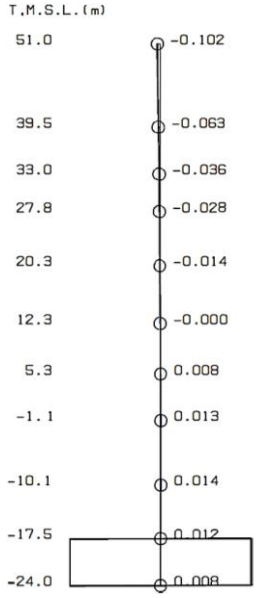
注記＊：モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に規準化して得られる刺激係数を示す。



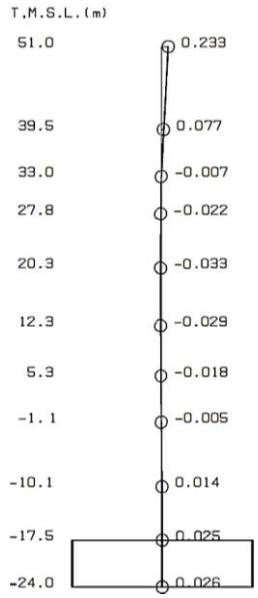
1 次



2 次

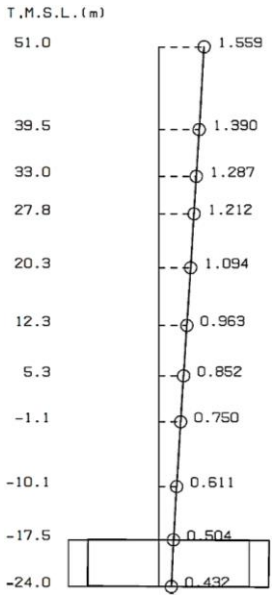


3 次

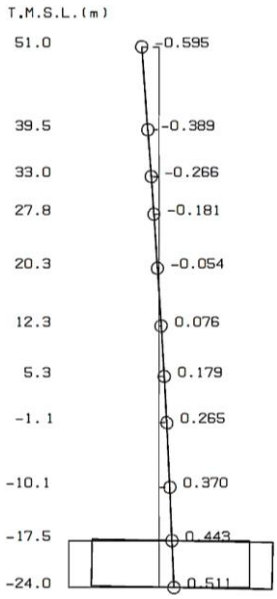


4 次

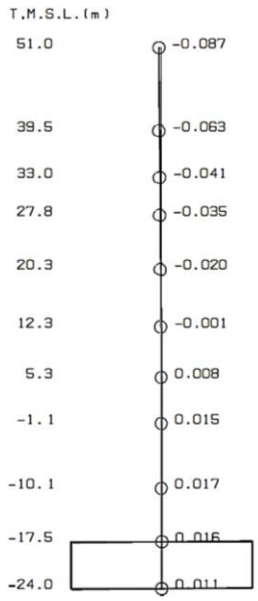
図4－1　刺激関数図（Ss-1，NS方向）（1/3）



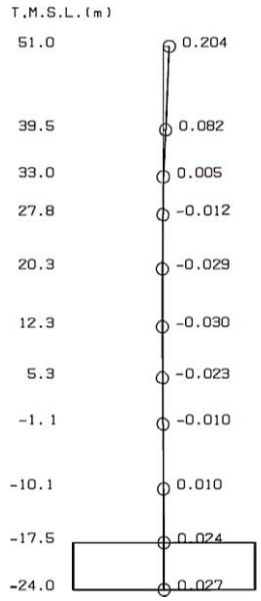
1 次



2 次

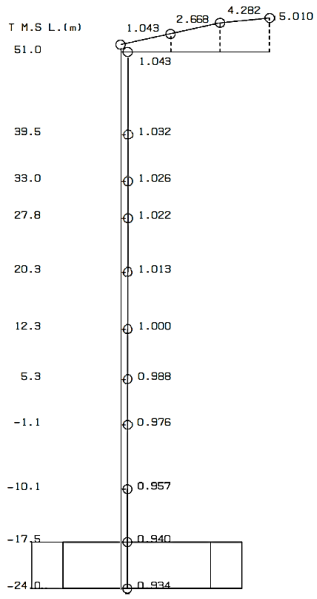


3 次

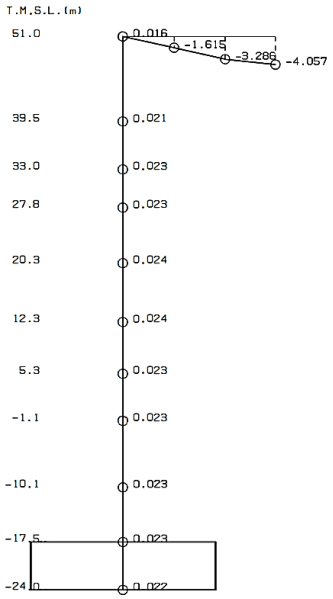


4 次

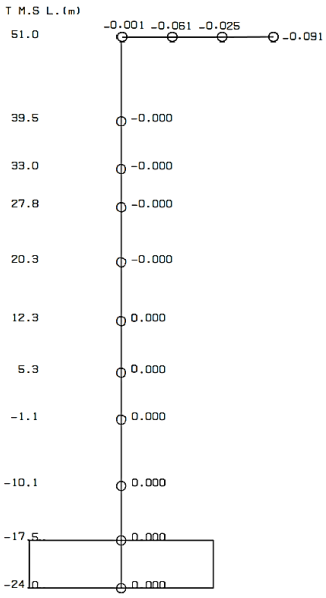
図4－1　刺激関数図（Ss-1，EW方向）（2/3）



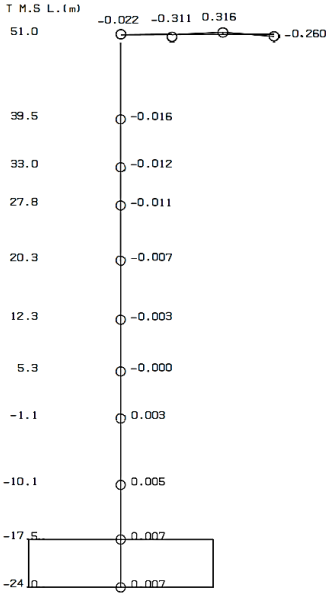
1 次



2 次

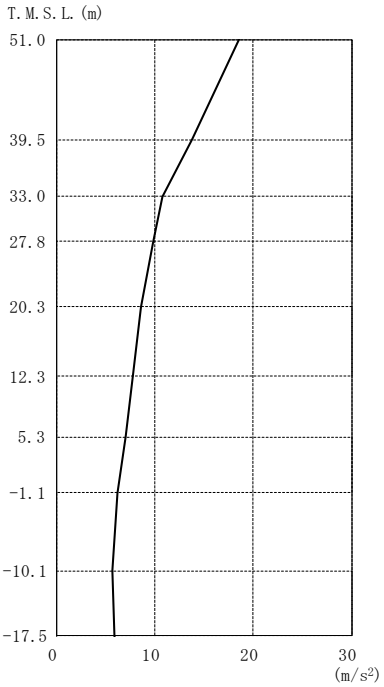


3 次



4 次

図 4－1　刺激関数図（Ss-1，UD 方向）(3/3)

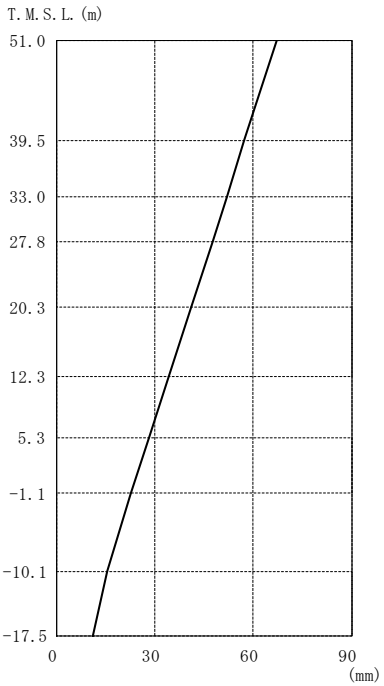


(m/s²)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
18.5	11.7	12.3	7.51	6.43	7.60	6.31	14.9	18.5
13.8	9.17	9.59	5.92	5.14	6.02	4.64	11.9	13.8
10.7	8.05	8.23	4.95	4.69	5.10	4.21	10.4	10.7
9.80	7.47	7.46	4.31	4.38	4.47	3.96	9.58	9.80
8.53	6.60	6.69	3.49	3.94	3.58	3.51	8.42	8.53
7.51	5.71	5.91	2.91	3.63	2.93	2.94	7.72	7.72
6.59	4.95	5.38	2.51	3.35	2.52	2.80	6.99	6.99
5.98	4.78	5.08	2.39	3.06	2.66	2.66	6.21	6.21
5.51	4.20	5.61	2.46	2.60	2.74	2.36	5.20	5.61
5.15	3.97	5.90	2.38	2.25	2.67	2.30	4.57	5.90

注1：分布図はSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示
注2：ハッチングはSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示

図4－2　最大応答加速度（基準地震動Ｓｓ，NS方向）

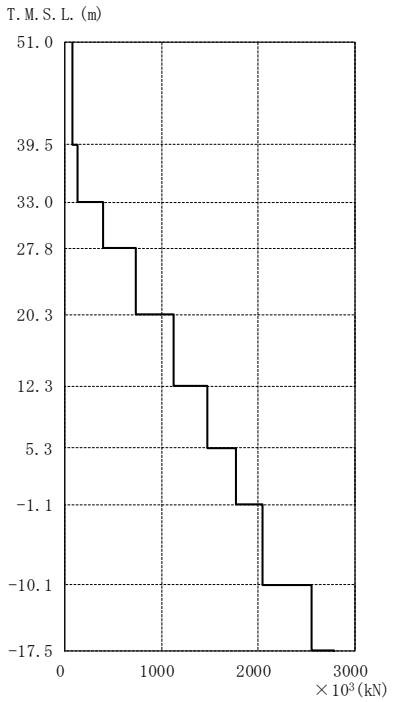


(mm)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
67.2	46.1	51.3	26.8	28.8	27.9	24.1	66.7	67.2
57.0	39.4	43.5	22.5	24.9	23.5	20.5	57.3	57.3
50.9	35.4	38.9	19.9	22.6	20.8	18.4	51.8	51.8
46.4	32.4	35.6	18.1	20.8	18.9	17.1	47.5	47.5
39.7	27.9	30.8	15.3	18.2	16.0	15.1	41.1	41.1
32.4	23.0	25.7	12.4	15.2	13.0	12.9	34.1	34.1
26.2	18.7	21.4	9.85	12.6	10.4	10.9	28.1	28.1
21.5	15.0	17.6	7.68	10.3	8.18	9.16	22.7	22.7
15.5	11.4	12.5	4.89	7.07	5.41	6.52	15.2	15.5
11.1	9.02	8.73	3.50	4.57	3.90	4.37	9.50	11.1

注1：分布図はSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示
注2：ハッチングはSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示

図4－3　最大応答変位（基準地震動Ｓｓ，NS方向）

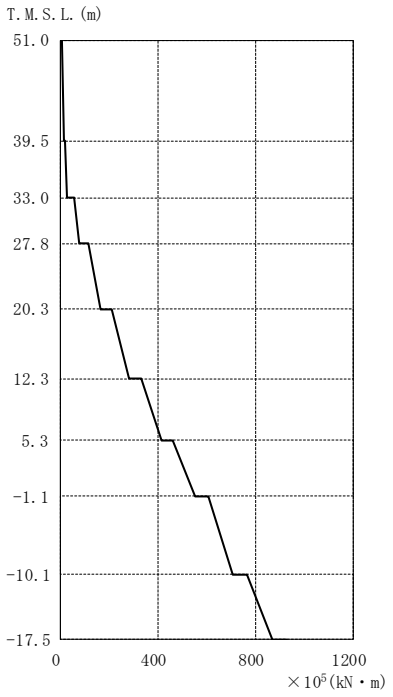


×10³(kN)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
74.7	47.0	49.4	29.8	26.2	30.2	25.5	60.3	74.7
132	94.0	98.3	60.4	51.6	61.3	49.4	122	132
400	300	305	186	169	191	148	384	400
735	561	562	337	321	347	283	719	735
1130	882	869	502	512	519	451	1130	1130
1470	1150	1140	626	681	646	590	1470	1470
1760	1380	1360	722	832	740	699	1770	1770
2050	1470	1670	820	1060	811	915	1990	2050
2550	1600	2020	878	1170	981	1100	1940	2550

注1：分布図はSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示
注2：ハッチングはSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示

図4－4　最大応答せん断力（基準地震動Ｓｓ，NS方向）

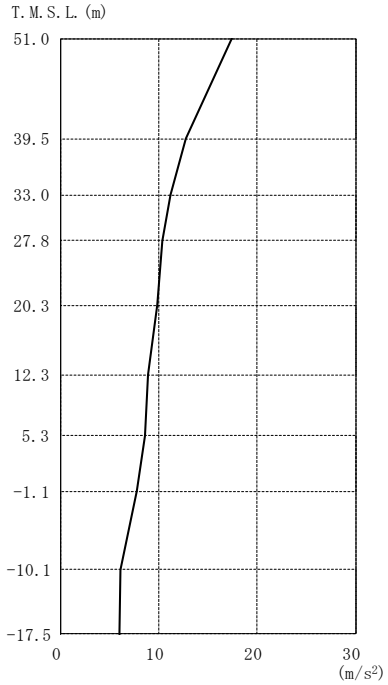


×10⁵(kN･m)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
3.26	2.23	1.80	1.16	1.02	1.16	0.897	1.66	3.26
11.7	7.61	7.20	4.52	3.80	4.63	3.60	8.14	11.7
17.0	11.8	10.3	6.67	5.34	6.80	4.99	10.4	17.0
25.3	17.6	16.3	10.5	8.47	10.8	8.00	18.2	25.3
57.3	46.5	39.1	25.7	19.7	25.8	19.1	34.5	57.3
76.1	59.3	54.0	35.1	26.8	35.6	25.1	54.2	76.1
114	95.6	82.4	54.1	40.8	54.5	39.4	74.6	114
162	127	122	78.7	59.1	79.9	54.5	128	162
209	176	159	104	77.7	105	73.6	153	209
282	222	221	143	109	145	103	242	282
331	274	262	169	126	172	118	266	331
413	319	328	211	169	215	158	367	413
460	368	366	235	181	240	173	385	460
552	420	436	278	233	285	217	495	552
604	467	480	306	247	313	235	514	604
706	573	581	366	333	375	303	677	706
762	604	619	394	348	403	323	708	762
867	695	708	439	426	450	372	850	867

注1：分布図はSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示
注2：ハッチングはSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示

図4－5　最大応答曲げモーメント（基準地震動Ｓｓ，NS方向）

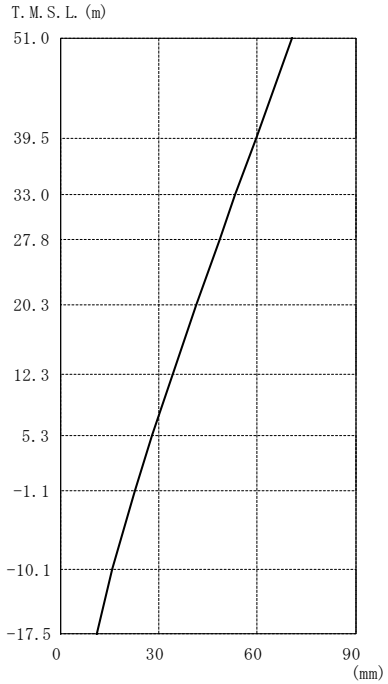


(m/s²)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
17.4	14.1	12.0	12.0	11.3	12.3	12.1	14.9	17.4
12.7	12.1	9.58	8.60	9.00	9.01	9.71	12.0	12.7
10.7	11.2	8.18	6.81	7.62	7.32	8.35	10.4	11.2
9.75	10.3	7.41	6.31	6.90	6.87	7.54	9.58	10.3
8.40	9.81	6.70	6.03	5.98	6.60	6.40	8.39	9.81
7.42	8.92	5.94	5.71	5.21	6.22	5.65	7.76	8.92
6.66	8.57	5.36	5.34	4.77	5.81	5.41	7.00	8.57
6.00	7.70	5.09	4.87	4.60	5.30	5.46	6.17	7.70
5.55	6.05	5.62	3.99	4.45	4.35	5.47	5.21	6.05
5.15	5.59	5.92	3.47	4.38	3.75	5.50	4.60	5.92

注1：分布図はSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示
注2：ハッチングはSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示

図4－6　最大応答加速度（基準地震動Ｓｓ，EW方向）

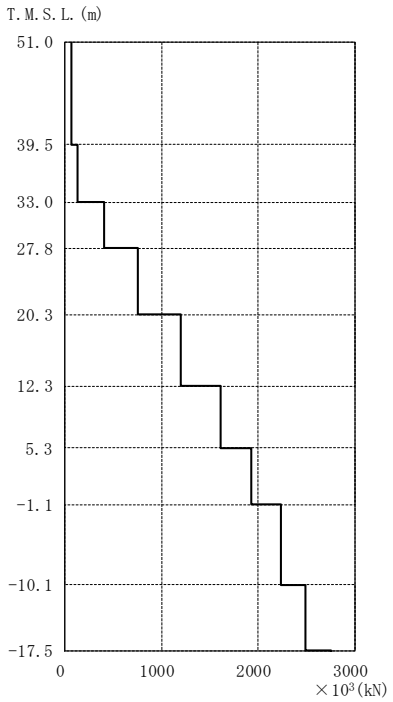


(mm)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
66.2	70.5	50.6	42.4	43.8	47.0	48.1	66.4	70.5
56.5	59.7	43.2	36.4	37.2	40.5	40.9	57.1	59.7
50.7	53.3	38.7	32.8	33.2	36.6	36.4	51.6	53.3
46.4	48.6	35.5	30.3	30.3	33.8	33.2	47.4	48.6
39.7	41.3	30.7	26.4	25.9	29.5	28.3	41.0	41.3
32.3	32.9	25.6	22.1	21.0	24.8	22.9	34.0	34.0
26.2	26.2	21.4	18.6	17.0	20.9	18.4	28.0	28.0
21.4	19.8	17.6	15.4	13.4	17.4	14.4	22.6	22.6
15.6	12.7	12.5	10.8	8.61	12.4	9.23	15.2	15.6
11.0	8.67	8.72	7.32	5.57	8.52	5.68	9.50	11.0

注1：分布図はSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示
注2：ハッチングはSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示

図4－7　最大応答変位（基準地震動Ｓｓ，EW方向）

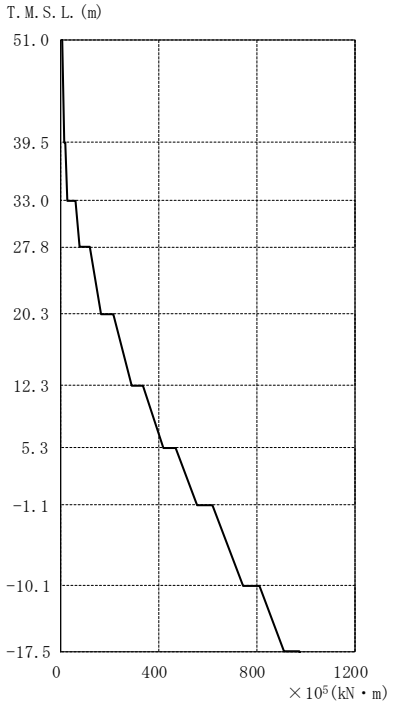


×10³(kN)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
70.6	57.7	48.4	48.1	45.1	49.3	48.9	60.0	70.6
133	118	97.6	92.5	91.6	95.7	98.9	122	133
403	400	305	261	285	277	313	386	403
742	754	561	470	525	505	576	720	754
1140	1200	866	730	808	797	884	1130	1200
1470	1610	1130	975	1040	1070	1130	1470	1610
1750	1930	1360	1200	1240	1320	1340	1760	1930
2040	2230	1660	1690	1480	1830	1560	1990	2230
2490	2470	2020	1810	1670	1930	1750	1940	2490

注1：分布図はSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示
注2：ハッチングはSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示

図4－8　最大応答せん断力（基準地震動Ｓｓ，EW方向）

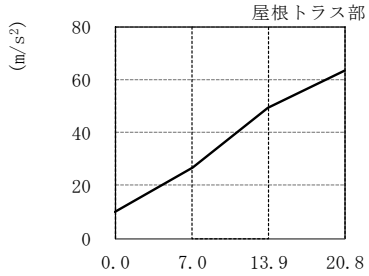


×10⁵(kN･m)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
4.33	3.10	2.47	2.56	2.62	2.74	3.09	2.30	4.33
12.2	9.15	7.71	7.90	7.00	7.94	8.68	8.74	12.2
16.8	12.6	10.6	10.6	10.2	11.2	12.4	10.9	16.8
25.4	19.2	16.5	16.6	15.1	16.8	18.6	18.7	25.4
59.2	49.6	40.5	40.5	41.0	43.4	49.6	36.1	59.2
78.1	66.1	55.4	51.8	51.4	55.6	63.7	56.0	78.1
118	103	84.8	82.1	83.5	88.0	102	77.0	118
165	150	124	110	109	118	137	130	165
215	197	163	150	152	161	188	156	215
288	275	224	195	197	206	241	245	288
336	329	264	232	233	249	293	267	336
418	414	330	282	297	295	346	368	418
463	466	367	312	326	334	393	385	466
554	556	436	368	398	382	444	495	556
606	619	479	403	434	424	501	514	619
708	744	578	499	543	526	594	677	744
760	811	617	532	581	560	640	704	811
868	909	706	624	673	663	723	846	909

注1：分布図はSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示
注2：ハッチングはSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示

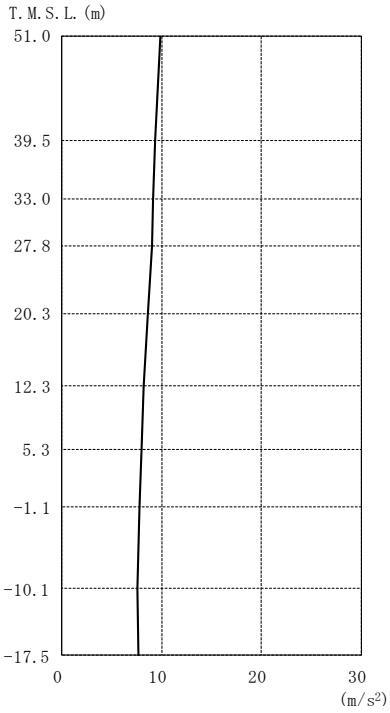
図4－9　最大応答曲げモーメント（基準地震動Ｓｓ，EW方向）



屋根トラス部

(m/s²)

Ss-1	9.90	26.8	49.5	63.3
Ss-2	6.08	16.7	27.8	36.0
Ss-3	7.59	15.9	27.2	33.7
Ss-4	5.91	11.5	20.4	22.4
Ss-5	4.75	11.8	14.8	22.3
Ss-6	5.70	12.1	22.5	23.8
Ss-7	4.87	11.8	17.6	24.7
Ss-8	4.50	6.48	9.58	13.0
最大値	9.90	26.8	49.5	63.3

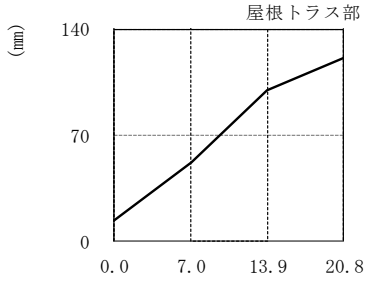


(m/s²)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
9.90	6.08	7.59	5.91	4.75	5.70	4.87	4.50	9.90
9.35	5.81	6.83	5.35	4.74	5.32	4.79	3.98	9.35
9.15	5.72	6.34	4.95	4.69	5.03	4.67	3.59	9.15
9.02	5.67	6.12	4.75	4.62	4.88	4.59	3.40	9.02
8.64	5.55	5.93	4.28	4.40	4.46	4.33	2.89	8.64
8.16	5.37	5.88	3.81	4.15	4.17	4.02	2.45	8.16
7.95	5.21	5.83	3.84	4.00	4.10	3.77	2.29	7.95
7.74	5.05	5.82	3.83	3.88	4.00	3.53	2.28	7.74
7.57	4.77	5.81	3.76	3.67	3.84	3.34	2.30	7.57
7.67	4.51	5.84	3.73	3.49	3.69	3.29	2.40	7.67

注1：分布図はSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示
注2：ハッチングはSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示

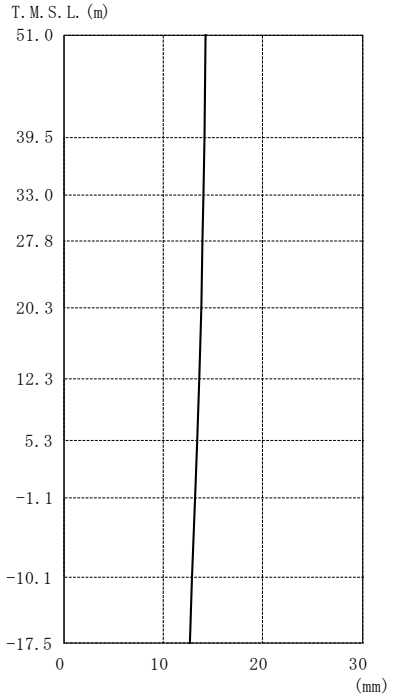
図 4－10　最大応答加速度（基準地震動Ｓｓ，鉛直方向）



屋根トラス部

(mm)

Ss-1	14.2	52.5	100	121
Ss-2	7.56	30.5	58.0	70.9
Ss-3	13.5	32.9	58.4	71.5
Ss-4	6.24	22.9	42.6	51.1
Ss-5	7.22	20.4	35.2	42.1
Ss-6	7.43	25.1	46.8	56.0
Ss-7	6.86	23.4	41.8	50.4
Ss-8	3.83	13.4	23.8	28.7
最大値	14.2	52.5	100	121

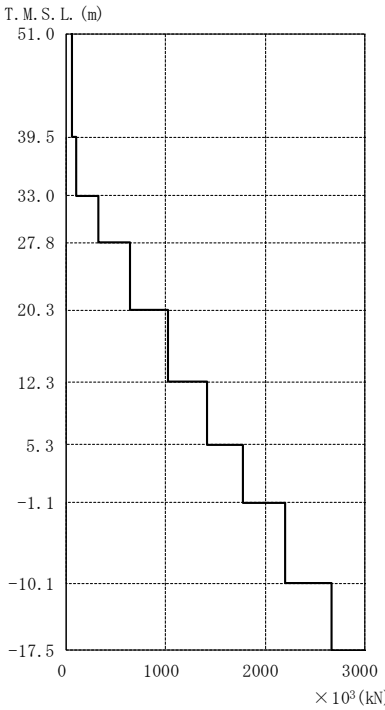


(mm)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
14.2	7.56	13.5	6.24	7.22	7.43	6.86	3.83	14.2
14.1	7.44	13.4	6.17	7.17	7.35	6.82	3.78	14.1
14.0	7.38	13.3	6.12	7.12	7.30	6.78	3.74	14.0
13.9	7.35	13.3	6.10	7.10	7.27	6.75	3.73	13.9
13.8	7.27	13.1	6.02	7.02	7.19	6.68	3.68	13.8
13.6	7.16	13.0	5.91	6.91	7.07	6.58	3.62	13.6
13.4	7.06	12.8	5.81	6.82	6.96	6.48	3.57	13.4
13.2	6.96	12.6	5.70	6.72	6.87	6.38	3.51	13.2
12.9	6.81	12.4	5.57	6.57	6.74	6.25	3.43	12.9
12.6	6.68	12.2	5.47	6.44	6.61	6.14	3.35	12.6

注1：分布図はSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示
注2：ハッチングはSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示

図 4－11　最大応答変位（基準地震動Ｓｓ，鉛直方向）



×10³(kN)

Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
48.9	28.1	32.8	30.6	23.2	31.6	25.5	14.6	48.9
91.8	49.7	68.1	58.6	47.1	59.3	50.3	35.0	91.8
318	191	230	186	167	188	170	126	318
634	390	444	354	329	359	330	243	634
1030	642	697	549	528	562	527	372	1030
1420	902	970	732	728	752	721	481	1420
1780	1140	1240	890	911	915	896	568	1780
2200	1430	1560	1060	1120	1120	1090	672	2200
2670	1730	1940	1240	1360	1360	1300	768	2670

注1：分布図はSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示
注2：ハッチングはSs-1～Ss-8の最大応答値のうち最も大きい値を表示

図 4－12　最大応答軸力（基準地震動Ｓｓ，鉛直方向）

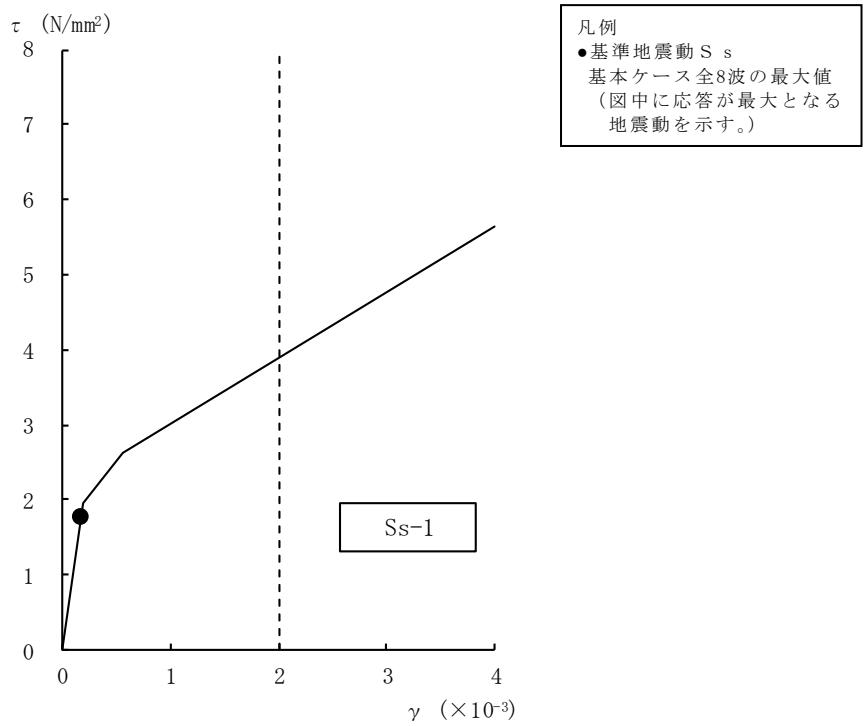


図4－13　せん断スケルトン曲線上の最大応答値（基準地震動Ｓｓ，NS方向，CRF）（1/9）

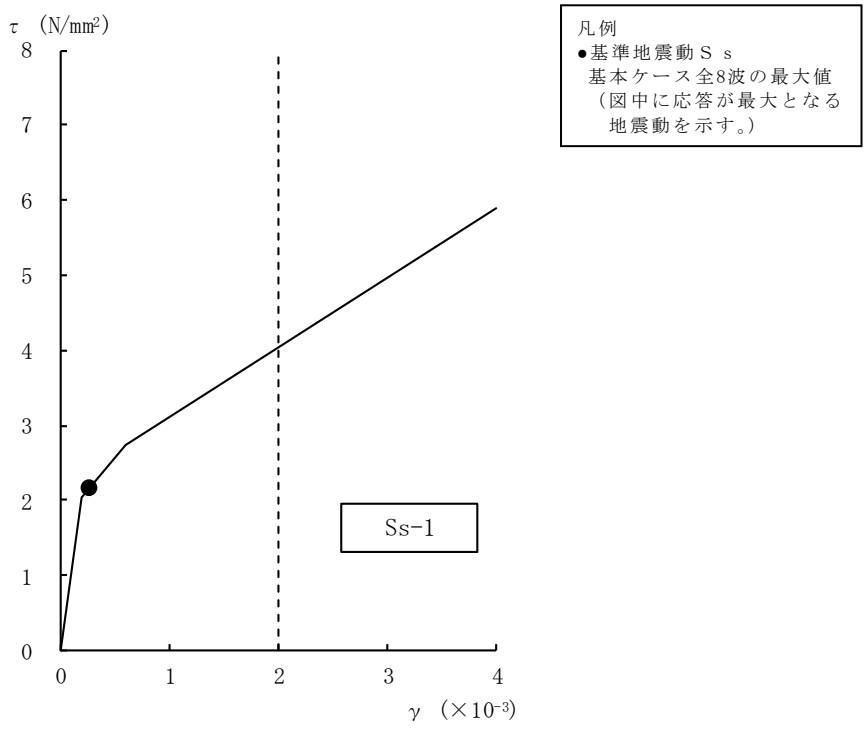


図4－13　せん断スケルトン曲線上の最大応答値（基準地震動Ｓｓ，NS方向，4F）（2/9）

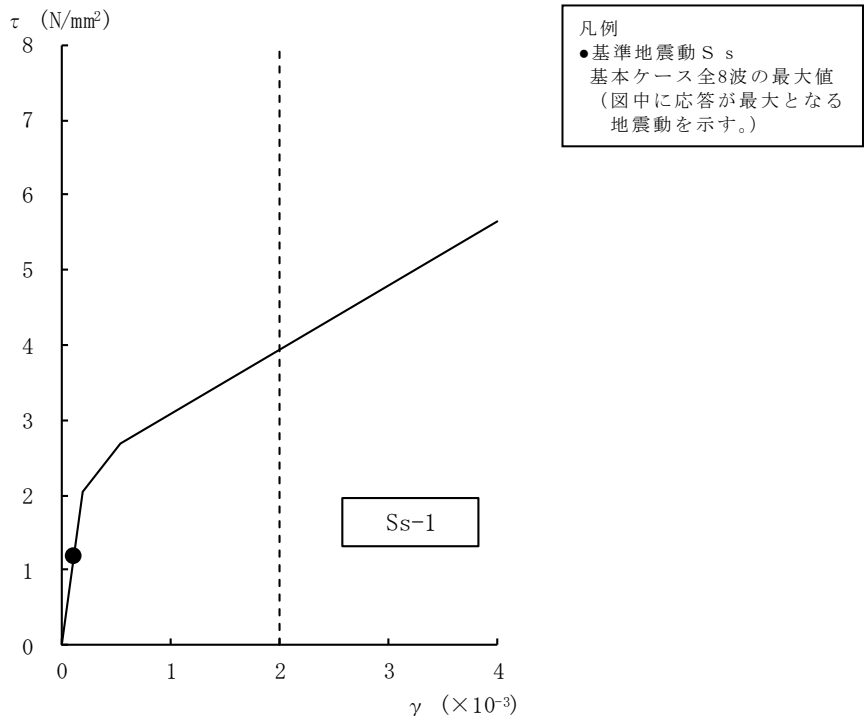


図4－13　せん断スケルトン曲線上の最大応答値（基準地震動Ｓｓ，NS方向，3F）（3/9）

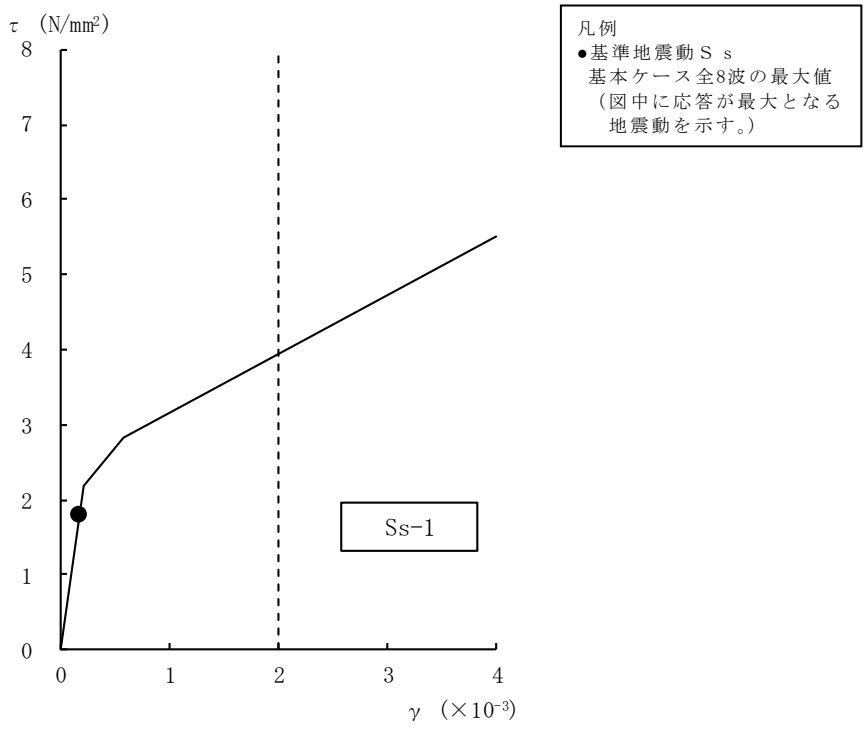


図4－13　せん断スケルトン曲線上の最大応答値（基準地震動Ｓｓ，NS方向，2F）（4/9）

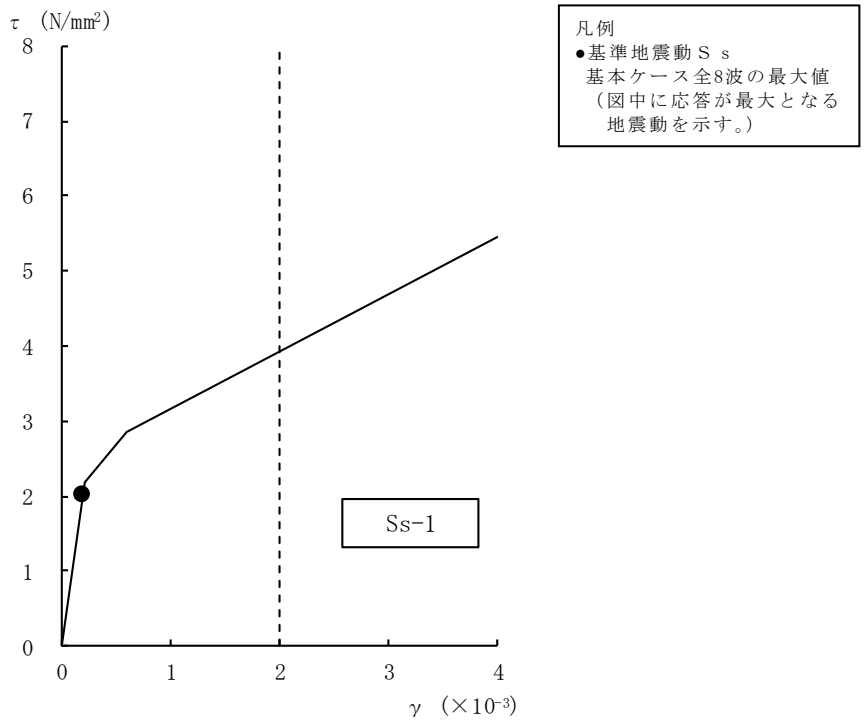


図4－13　せん断スケルトン曲線上の最大応答値（基準地震動Ｓｓ，NS方向，1F）（5/9）

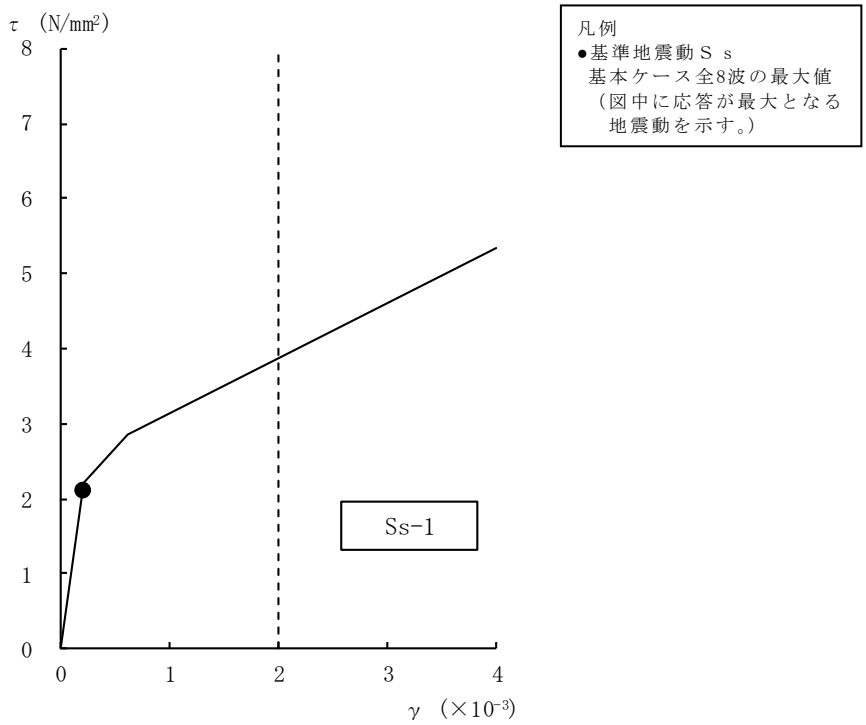


図4－13　せん断スケルトン曲線上の最大応答値（基準地震動Ｓｓ，NS方向，B1F）（6/9）

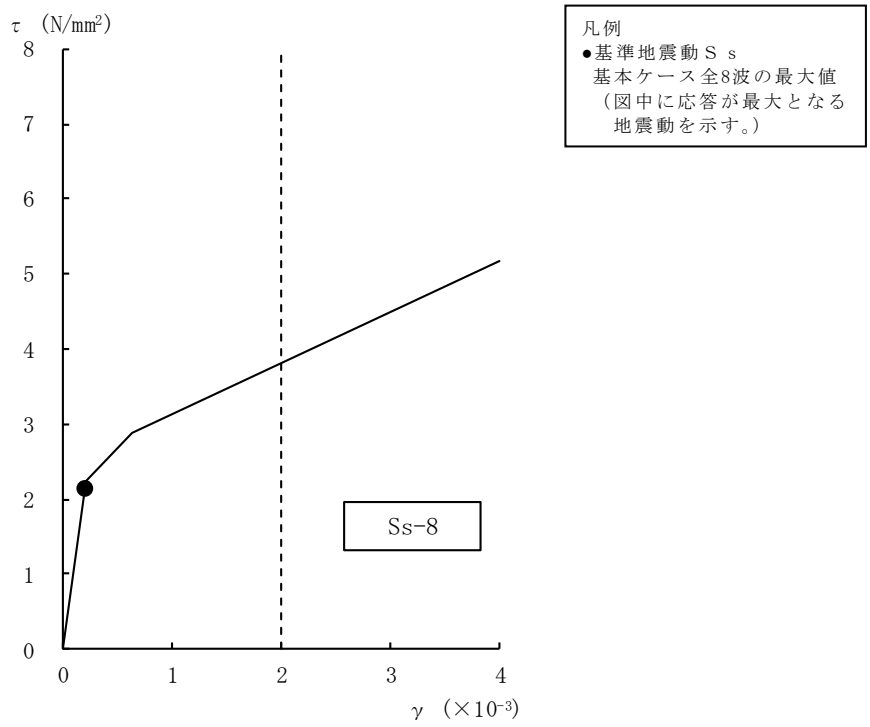


図4－13　せん断スケルトン曲線上の最大応答値（基準地震動Ｓｓ，NS方向，B2F）（7/9）

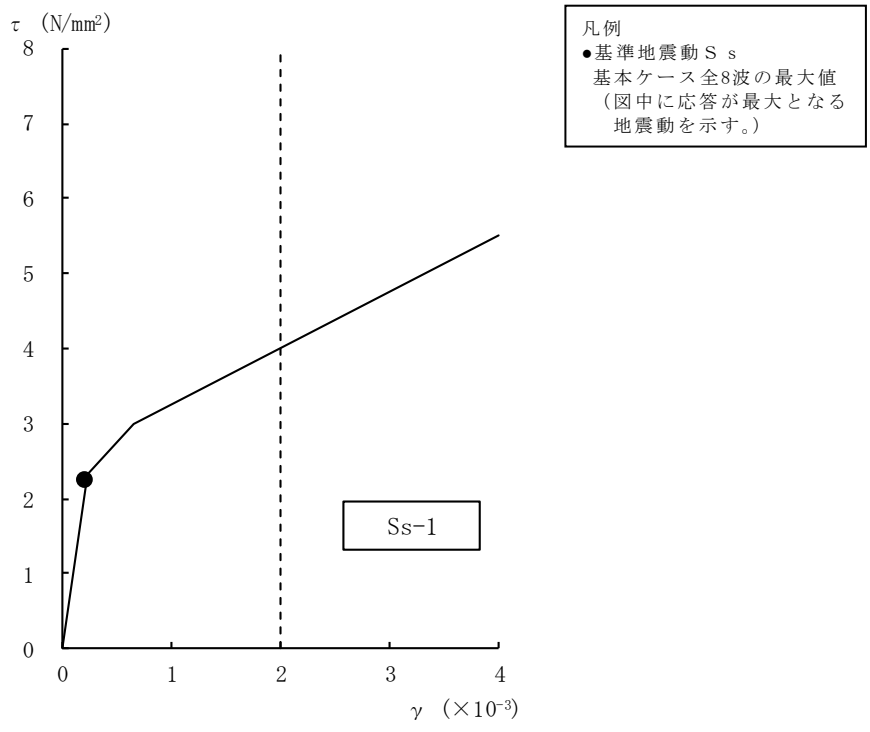


図4－13　せん断スケルトン曲線上の最大応答値（基準地震動Ｓｓ，NS方向，B3F）（8/9）

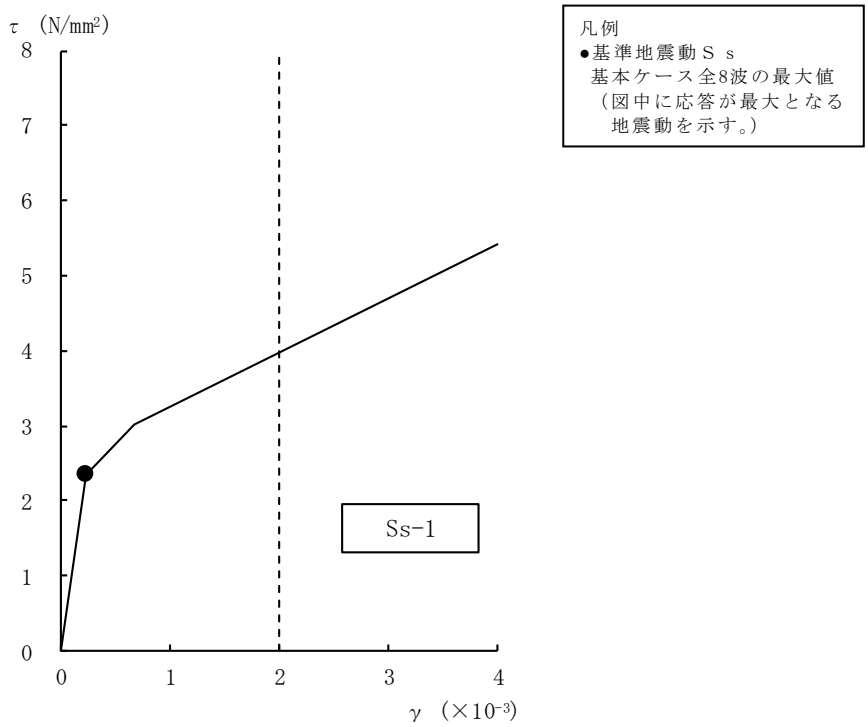


図4－13　せん断スケルトン曲線上の最大応答値（基準地震動Ｓｓ，NS方向，B4F）（9/9）

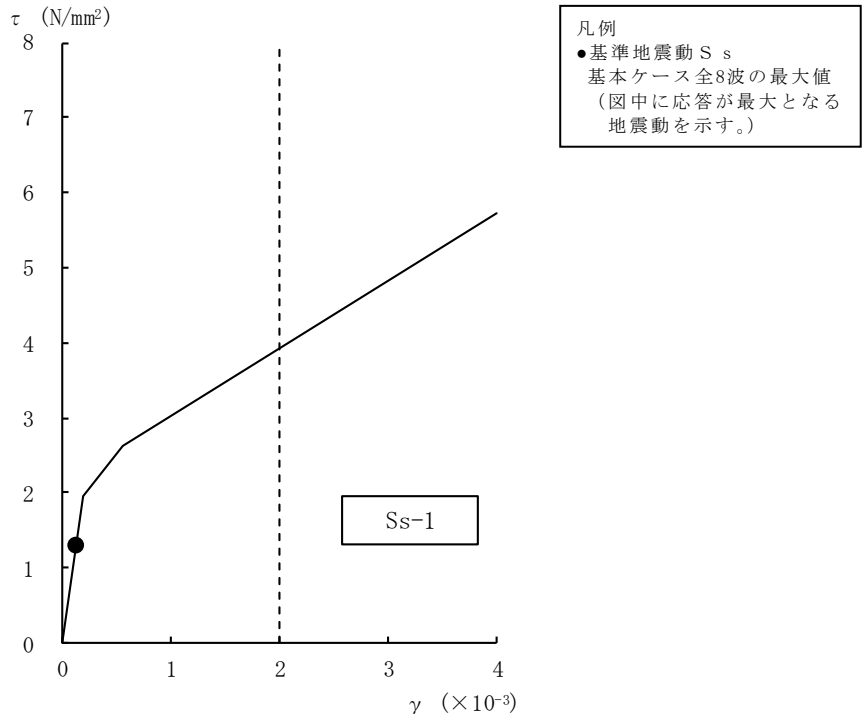


図4－14　せん断スケルトン曲線上の最大応答値（基準地震動Ｓｓ，EW方向，CRF）（1/9）

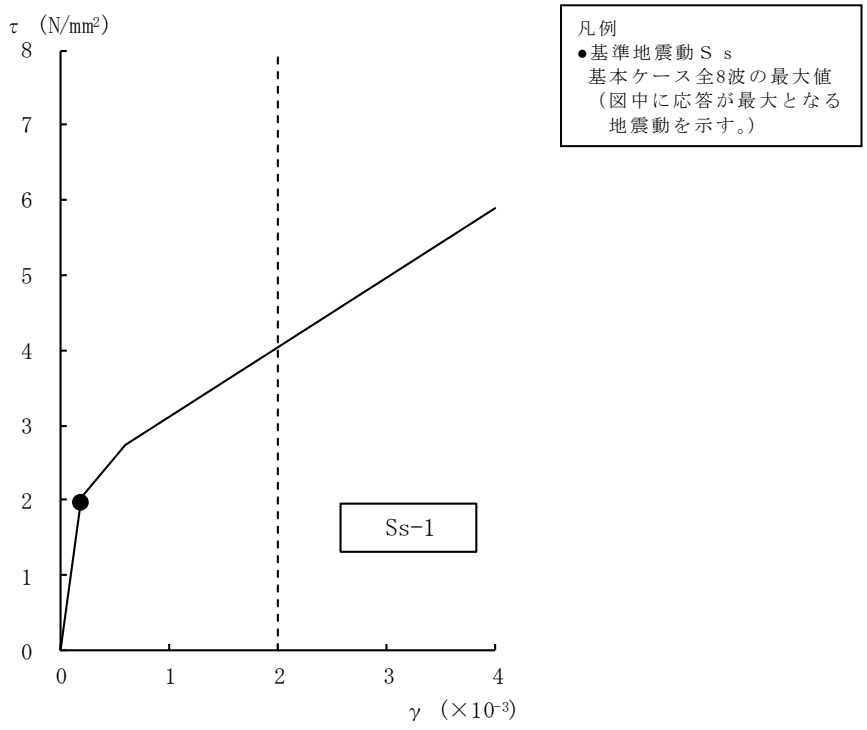


図4－14　せん断スケルトン曲線上の最大応答値（基準地震動Ｓｓ，EW方向，4F）（2/9）

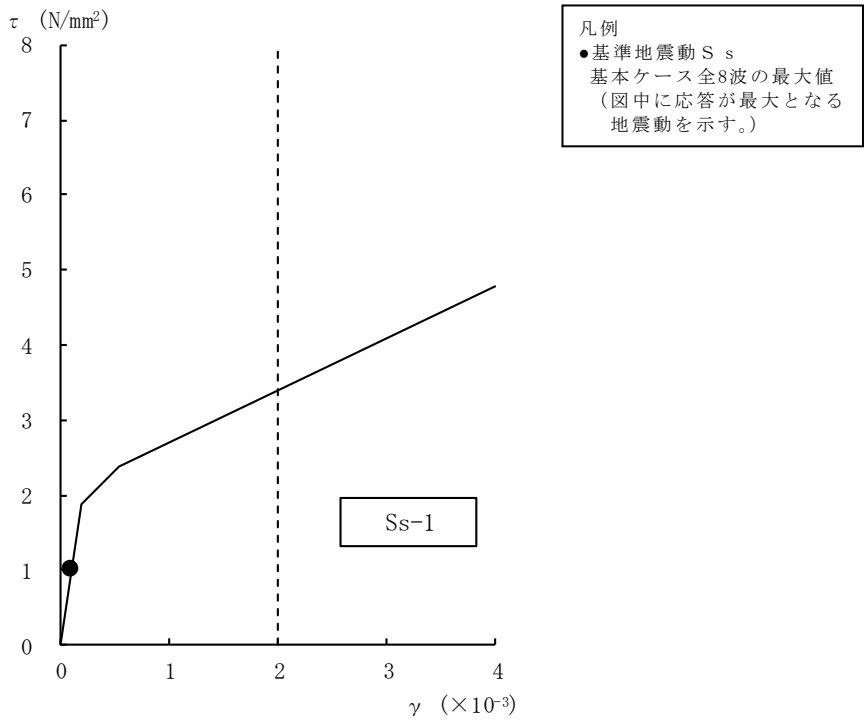


図4－14　せん断スケルトン曲線上の最大応答値（基準地震動Ｓｓ，EW方向，3F）(3/9)

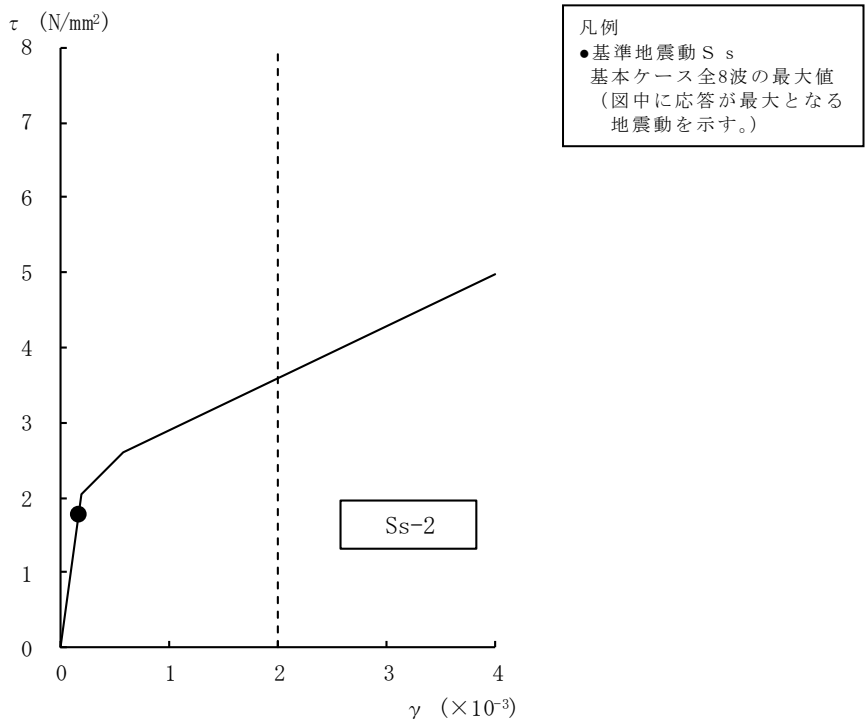


図4－14　せん断スケルトン曲線上の最大応答値（基準地震動Ｓｓ，EW方向，2F）(4/9)

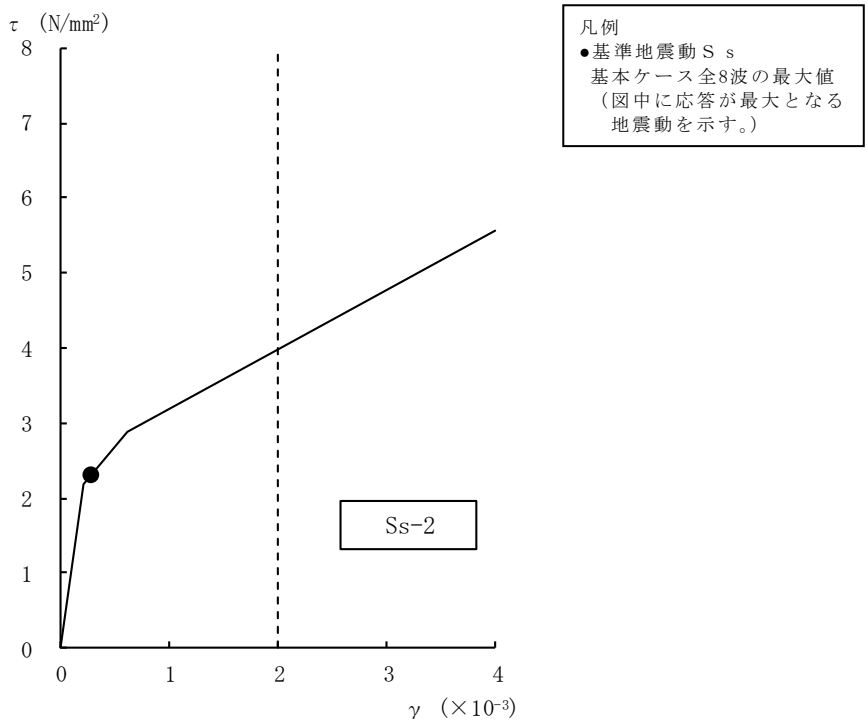


図4－14　せん断スケルトン曲線上の最大応答値（基準地震動Ｓｓ，EW方向，1F）（5/9）

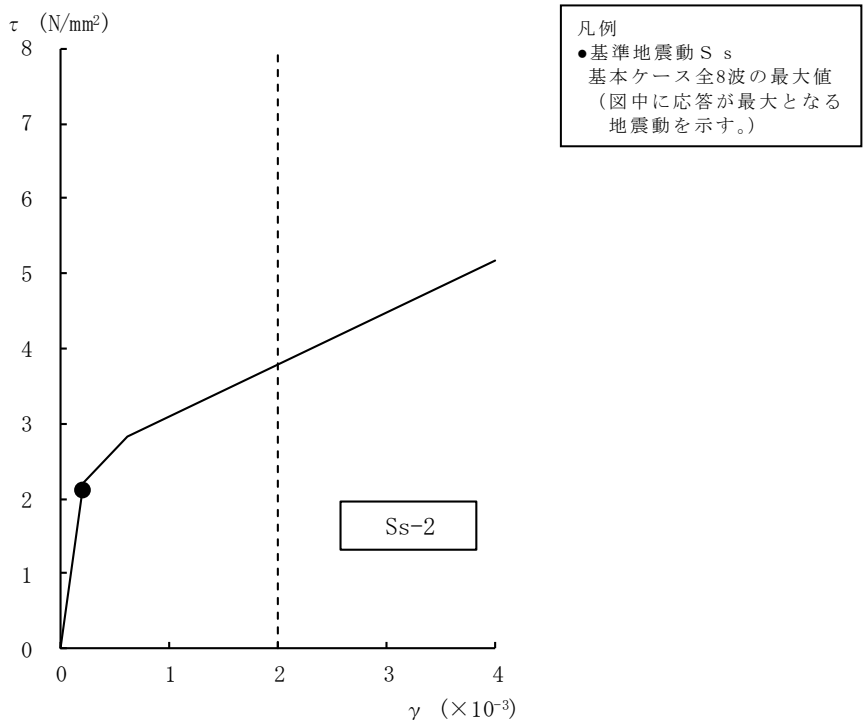


図4－14　せん断スケルトン曲線上の最大応答値（基準地震動Ｓｓ，EW方向，B1F）（6/9）

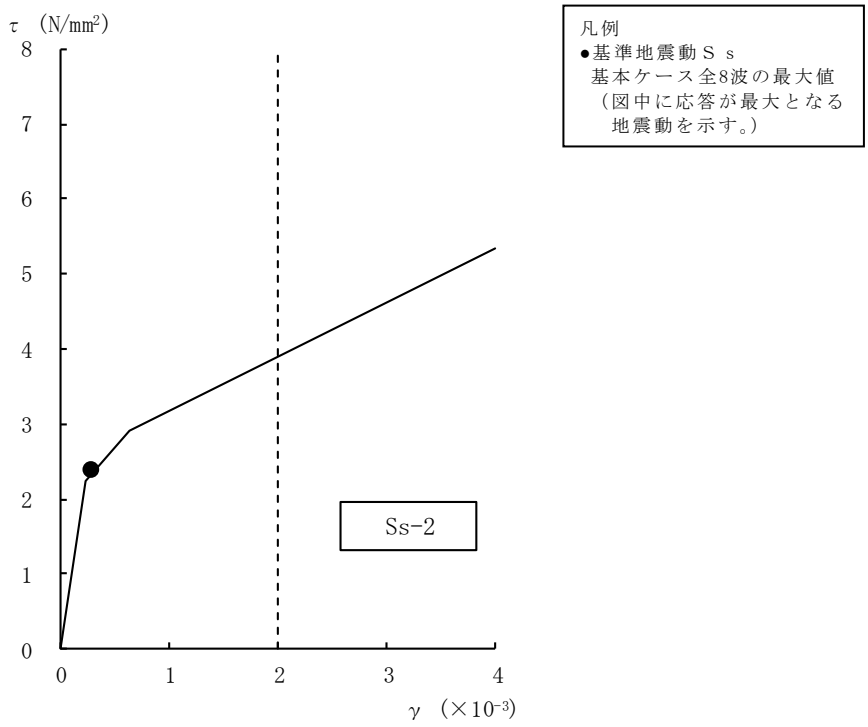


図4－14　せん断スケルトン曲線上の最大応答値（基準地震動Ｓｓ，EW方向，B2F）（7/9）

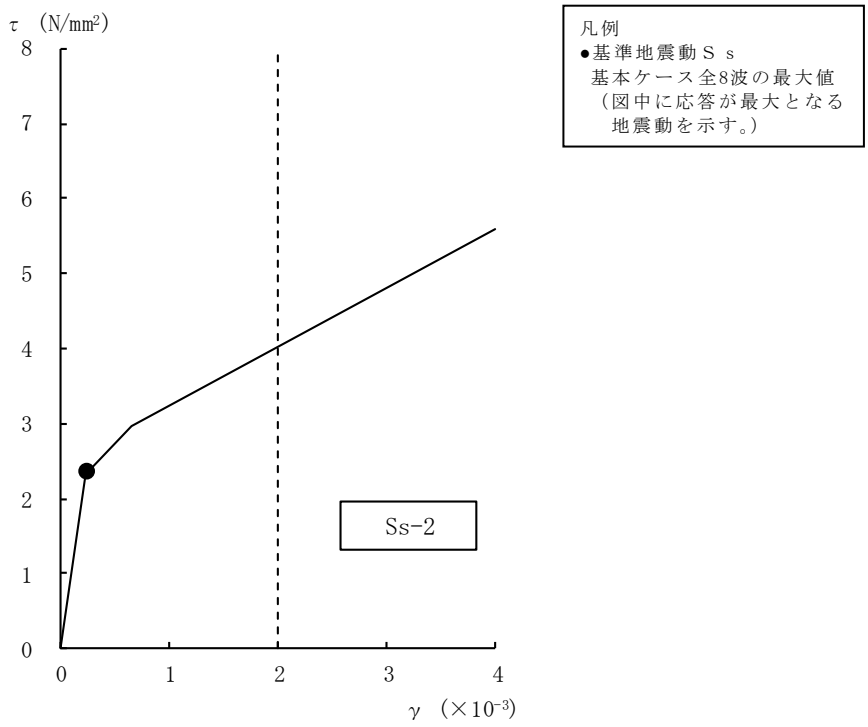


図4－14　せん断スケルトン曲線上の最大応答値（基準地震動Ｓｓ，EW方向，B3F）（8/9）

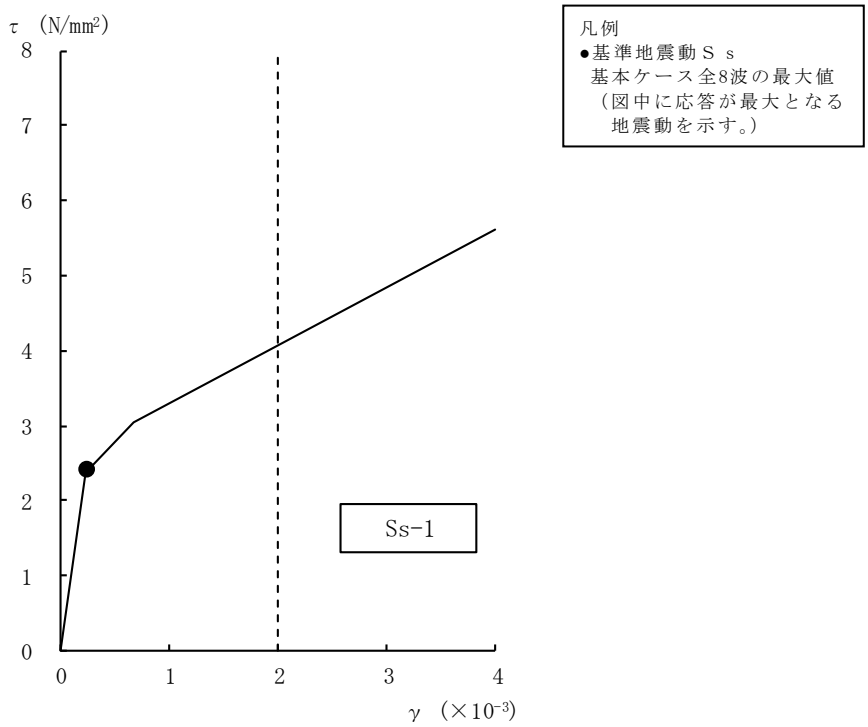


図4－14　せん断スケルトン曲線上の最大応答値（基準地震動Ｓｓ，EW方向，B4F）(9/9)

表 4－9　基準地震動Ｓｓによる地震応答解析結果に基づく接地率

(a) NS方向

基準地震動Ｓｓ	最大接地圧 (kN/m^2)	最大転倒モーメント ($\times 10^6$ kN･m)	最小接地率 (%)
Ss-1	2200	104.0	69.5
Ss-2	1720	81.3	87.1
Ss-3	1780	83.6	85.3
Ss-4	1330	50.7	100.0
Ss-5	1350	52.0	100.0
Ss-6	1350	52.0	100.0
Ss-7	1250	43.5	100.0
Ss-8	2030	104.0	69.6

(b) EW方向

基準地震動Ｓｓ	最大接地圧 (kN/m^2)	最大転倒モーメント ($\times 10^6$ kN･m)	最小接地率 (%)
Ss-1	2200	104.0	69.5
Ss-2	2220	108.0	66.3
Ss-3	1780	83.5	85.4
Ss-4	1590	74.3	92.5
Ss-5	1680	80.3	87.9
Ss-6	1670	79.4	88.5
Ss-7	1750	85.6	83.7
Ss-8	2030	104.0	69.7

4.2　必要保有水平耐力

必要保有水平耐力については，「3.3　解析方法」に示すとおり，昭和58年8月22日付け58資庁第9522号にて認可された工事計画の添付資料「Ⅳ-3-6　原子炉建屋の強度計算書」にて算出した値を用いる。必要保有水平耐力Q_{un}を図4－15及び図4－16に示す。

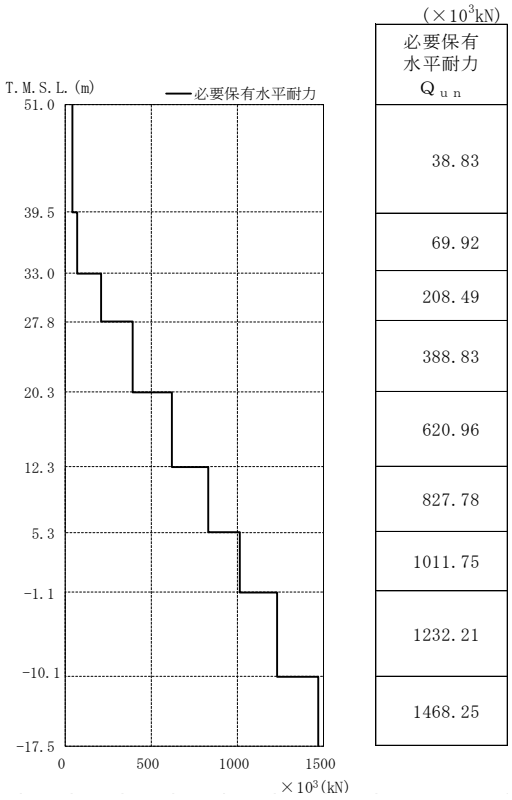


図4－15　必要保有水平耐力Ｑｕｎ（NS方向）

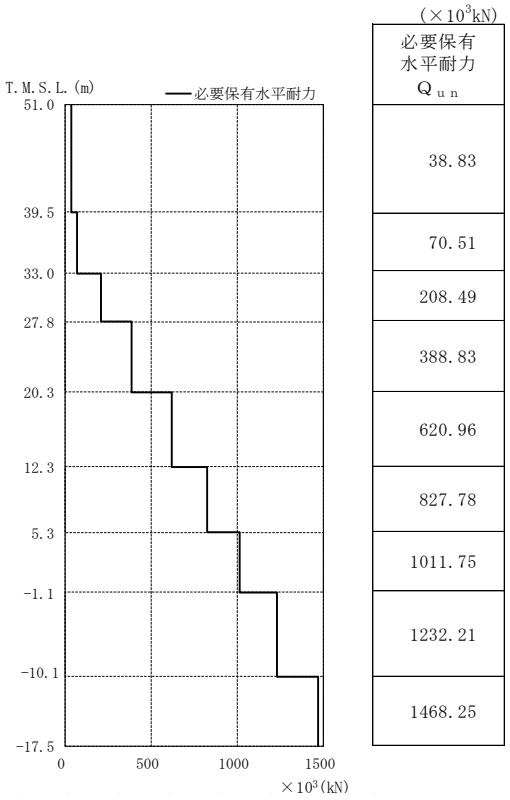


図4－16　必要保有水平耐力Ｑｕｎ（EW方向）

Ⅴ-2-2-16　緊急時対策所の耐震性についての計算書

目　次

1.　概要 …… 1
2.　基本方針 …… 3
2.1　位置 …… 3
2.2　構造概要 …… 4
2.3　評価方針 …… 17
2.4　適用規格・基準等 …… 19
3.　地震応答解析による評価方法 …… 20
4.　応力解析による評価方針 …… 22
4.1　評価対象部位及び評価方針 …… 22
4.2　荷重及び荷重の組合せ …… 23
4.2.1　荷重 …… 23
4.2.2　荷重の組合せ …… 25
4.3　許容限界 …… 26
4.4　解析モデル及び諸元 …… 27
4.4.1　モデル化の基本方針 …… 27
4.4.2　解析諸元 …… 29
4.5　評価方法 …… 30
4.5.1　応力解析方法 …… 30
4.5.2　断面の評価方法 …… 32
5.　地震応答解析による評価結果 …… 34
5.1　耐震壁のせん断ひずみの評価結果 …… 34
5.2　接地圧の評価結果 …… 36
5.3　保有水平耐力の評価結果 …… 37
6.　応力解析による評価結果 …… 39

1. 概要

一次冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊その他の異常が発生した場合に適切な措置をとるため，緊急時対策所機能（「6,7 号機共用，5 号機に設置」）を備えた 5 号機原子炉建屋内緊急時対策所（対策本部・高気密室）（「6,7 号機共用，5 号機に設置」）及び 5 号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）（「6,7 号機共用，5 号機に設置」）で構成する 5 号機原子炉建屋内緊急時対策所（「6,7 号機共用，5 号機に設置」）（以下「緊急時対策所」という。）が，中央制御室以外の場所として 5 号機原子炉建屋付属棟内（T.M.S.L.27.8m）に設置されている。緊急時対策所の概略配置図を図 1－1 に示す。

本資料は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，緊急時対策所が設置される 5 号機原子炉建屋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より行う。

5 号機原子炉建屋は建屋内部の一部に基準地震動Ｓｓに対して機能維持が要求される施設が収納されており，設計基準対象施設においては「Ｂ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。また，5 号機原子炉建屋を構成する壁及びスラブの一部は緊急時対策所遮蔽に該当し，その緊急時対策所遮蔽は，重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類される。

以下，5 号機原子炉建屋の「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」としての分類に応じた耐震評価を示す。

なお，緊急時対策所遮蔽の「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」としての分類に応じた耐震評価はⅤ-2-8-4-5「緊急時対策所遮蔽の耐震性についての計算書」にて実施する。

注：東京湾平均海面（以下「T.M.S.L.」という。）

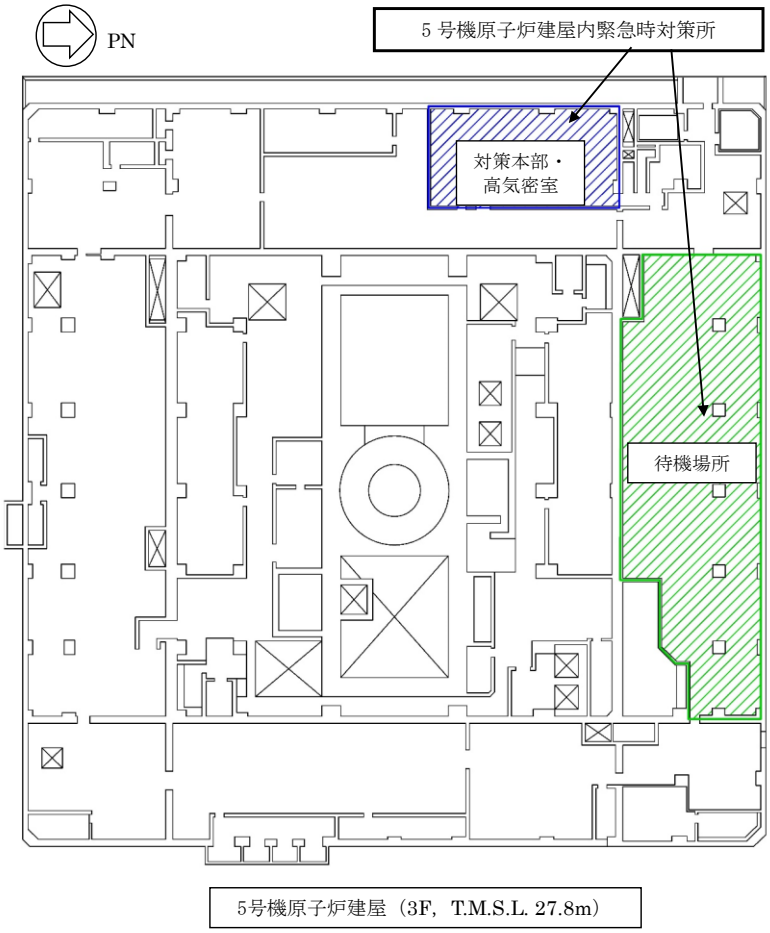


図 1－1　緊急時対策所の概略配置図

2.　基本方針

2.1　位置

5 号機原子炉建屋の設置位置を図 2－1 に示す。

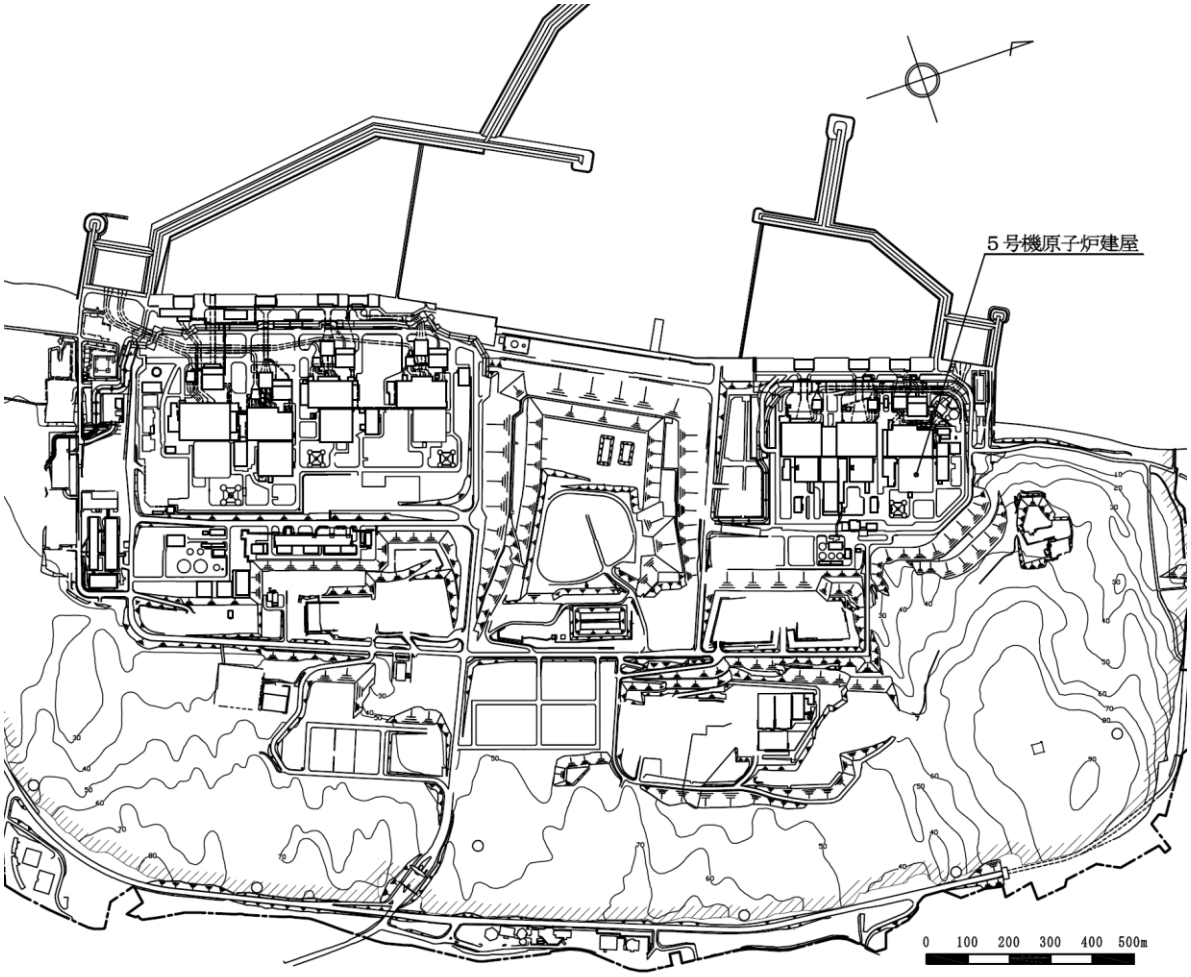


図 2－1　5 号機原子炉建屋の設置位置

2.2　構造概要

5 号機原子炉建屋は主体構造が鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造）で，鉄骨造陸屋根をもつ建物である。中央部には平面が 51.0m（NS 方向）×53.0m（EW 方向）で地下 4 階，地上 4 階の原子炉建屋原子炉棟（以下「原子炉棟」という。）があり，その周囲には地下 4 階，地上 3 階の原子炉建屋付属棟（以下「付属棟」という。）を配置している。

原子炉棟とその付属棟とは同一基礎スラブ上に配置した一体構造であり，5 号機原子炉建屋の平面は下部で 83.0m×83.0m の正方形をなしている。基礎スラブ底面からの高さは 75.0m であり，地上高さは 39.0m である。また，5 号機原子炉建屋は隣接する他の建屋と構造的に分離している。5 号機原子炉建屋の概略平面図及び概略断面図を図 2－2 及び図 2－3 に示す。

5 号機原子炉建屋の基礎は厚さ 6.5m のべた基礎で，支持地盤である泥岩上に設置している。

5 号機原子炉建屋の主な耐震要素は，原子炉格納容器の周りを囲んでいる原子炉一次遮蔽，原子炉棟の外壁及び付属棟の外壁であり，開口部も少なく，建屋は全体として非常に剛性の高い構造となっている。

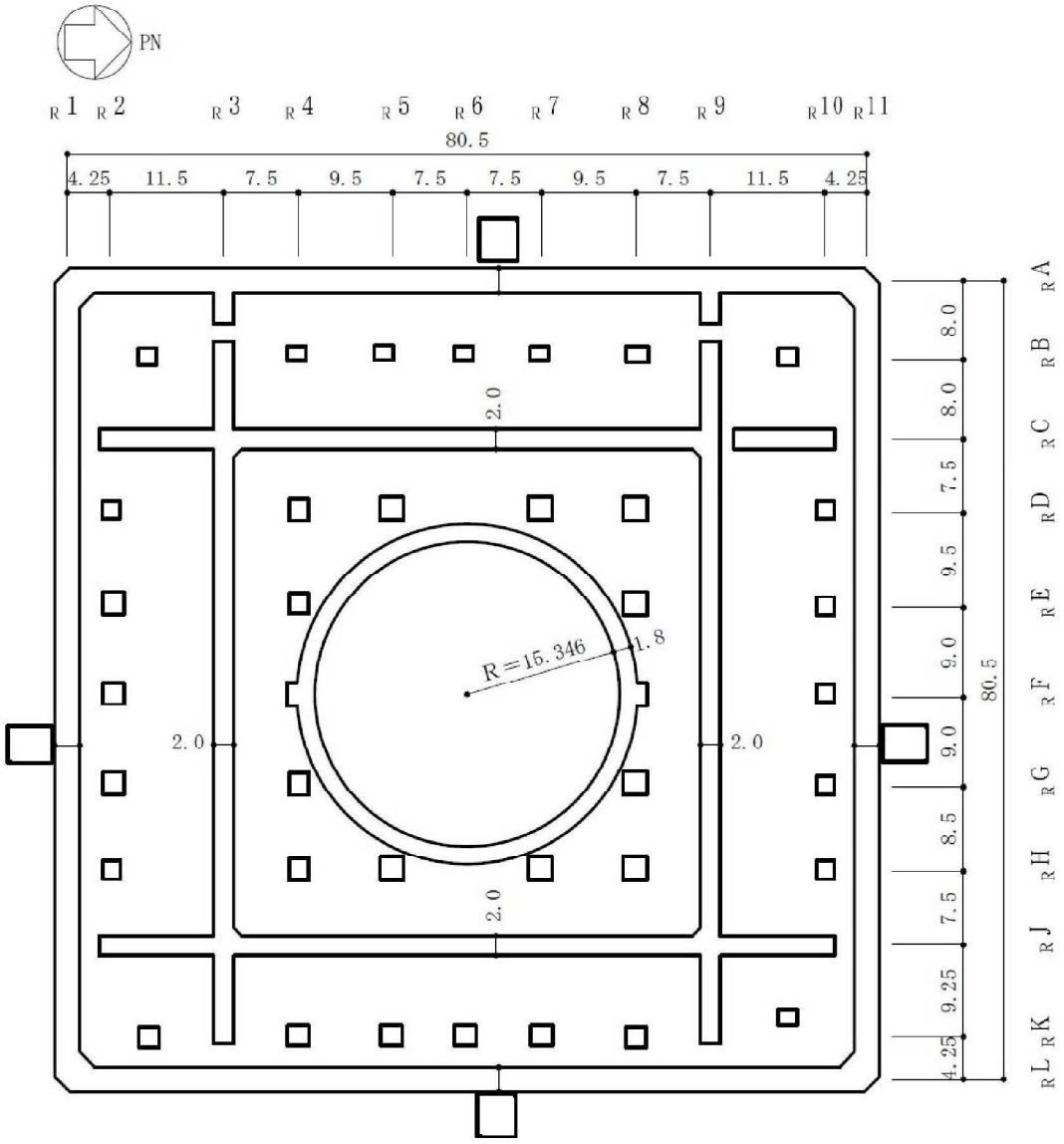


図 2－2　5 号機原子炉建屋の概略平面図（B4F，T.M.S.L. -17.5m）（1/10）

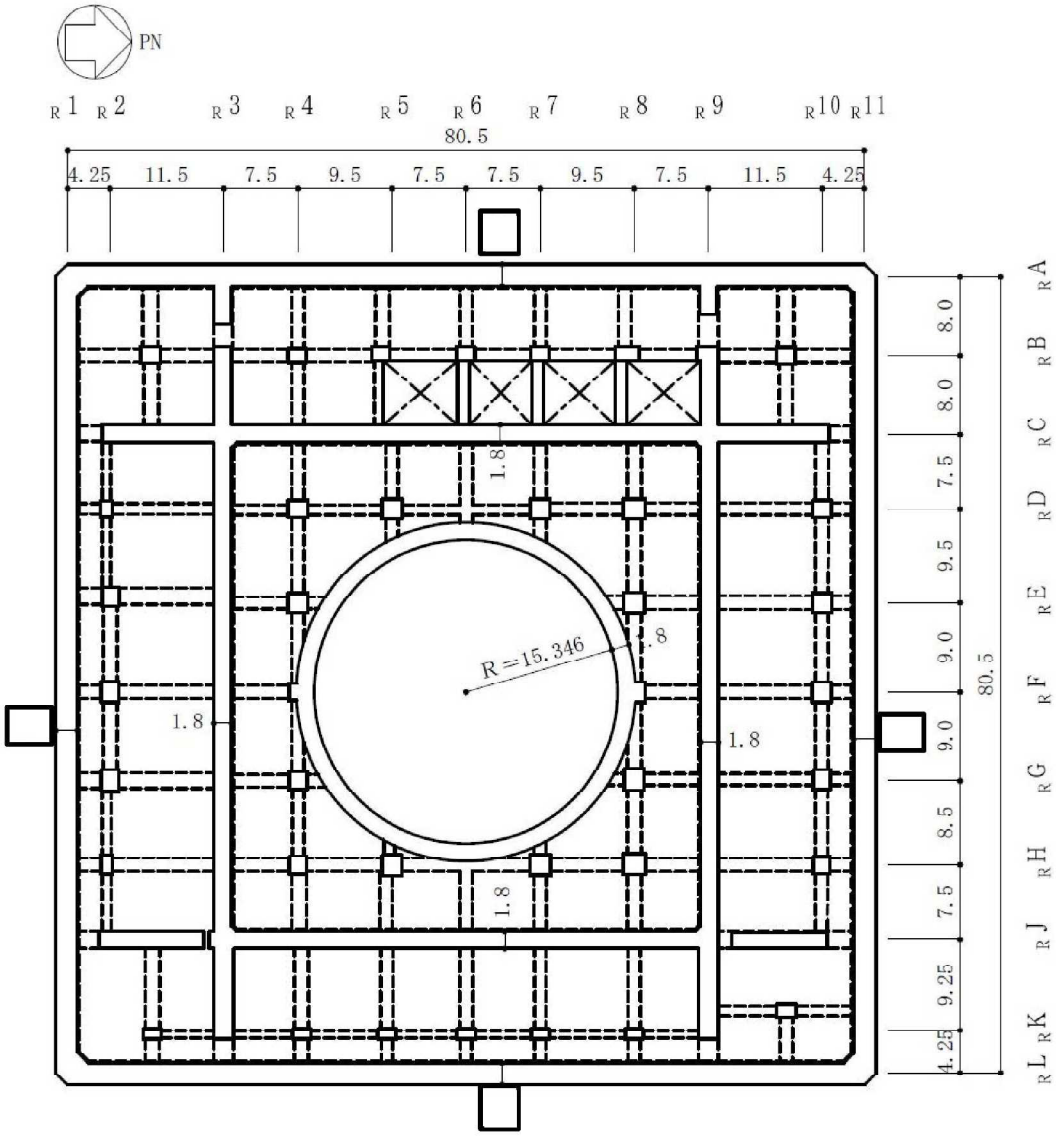
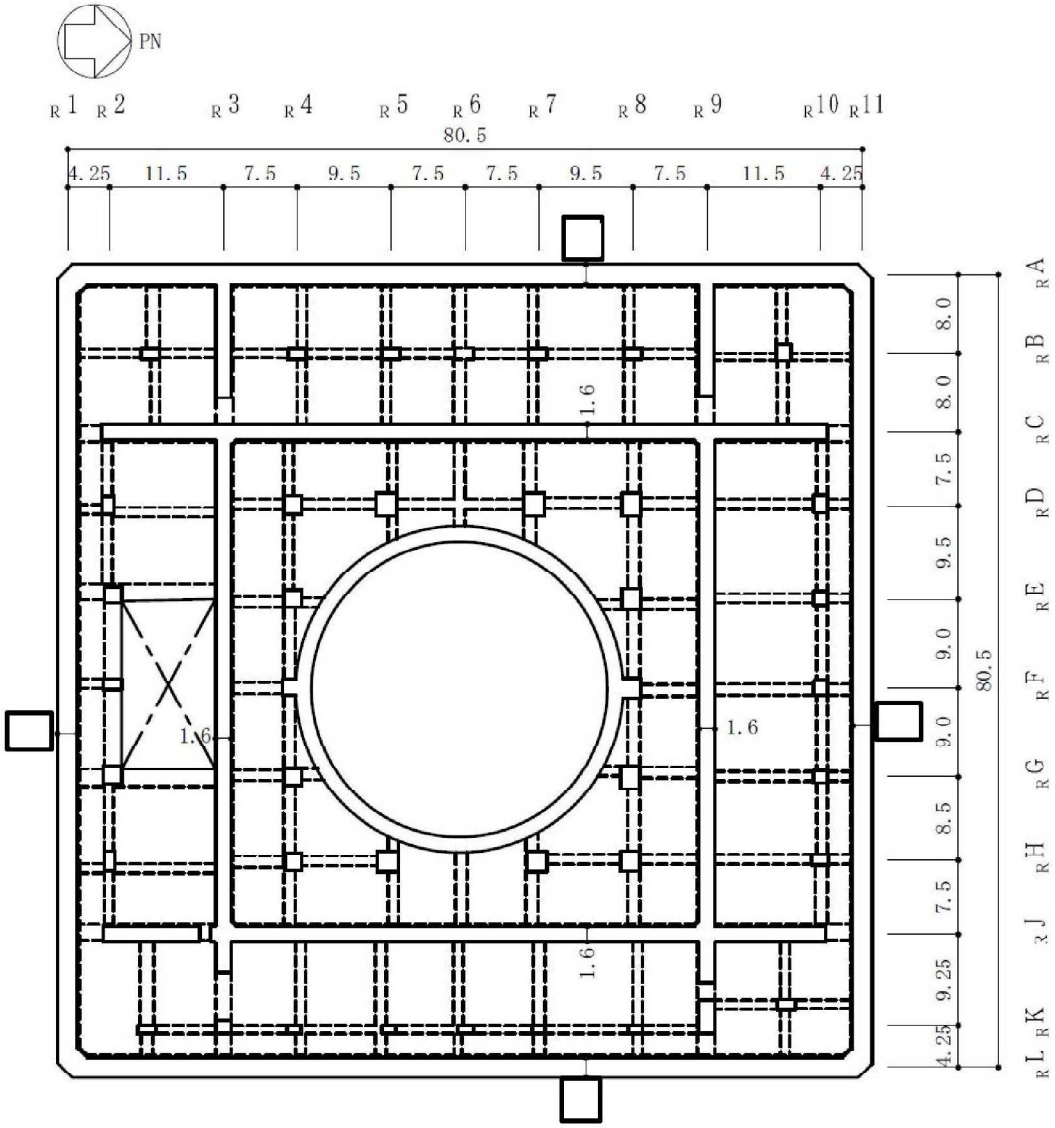
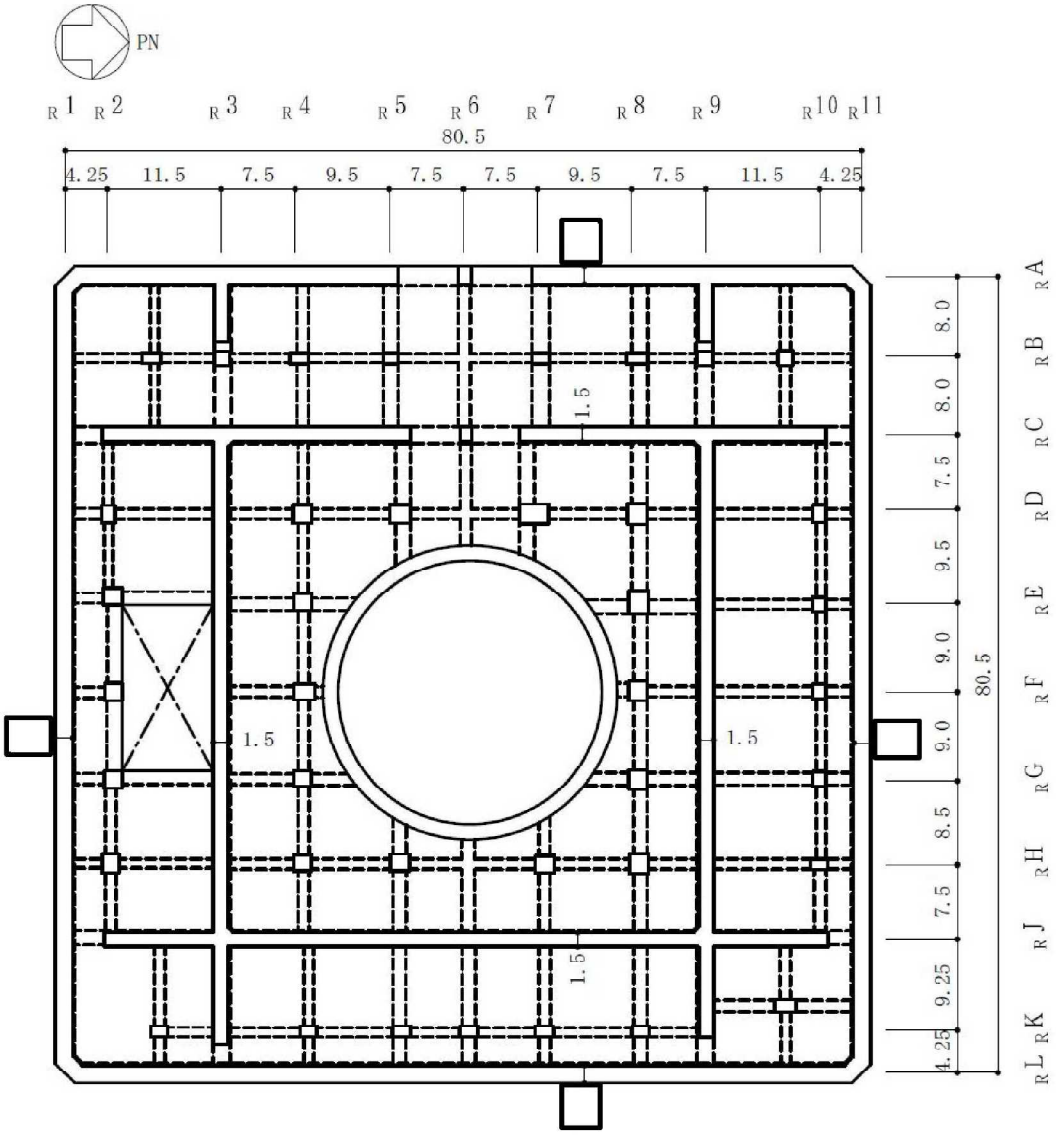


図２－２　５号機原子炉建屋の概略平面図（B3F，T.M.S.L. -10.1m）（2/10）



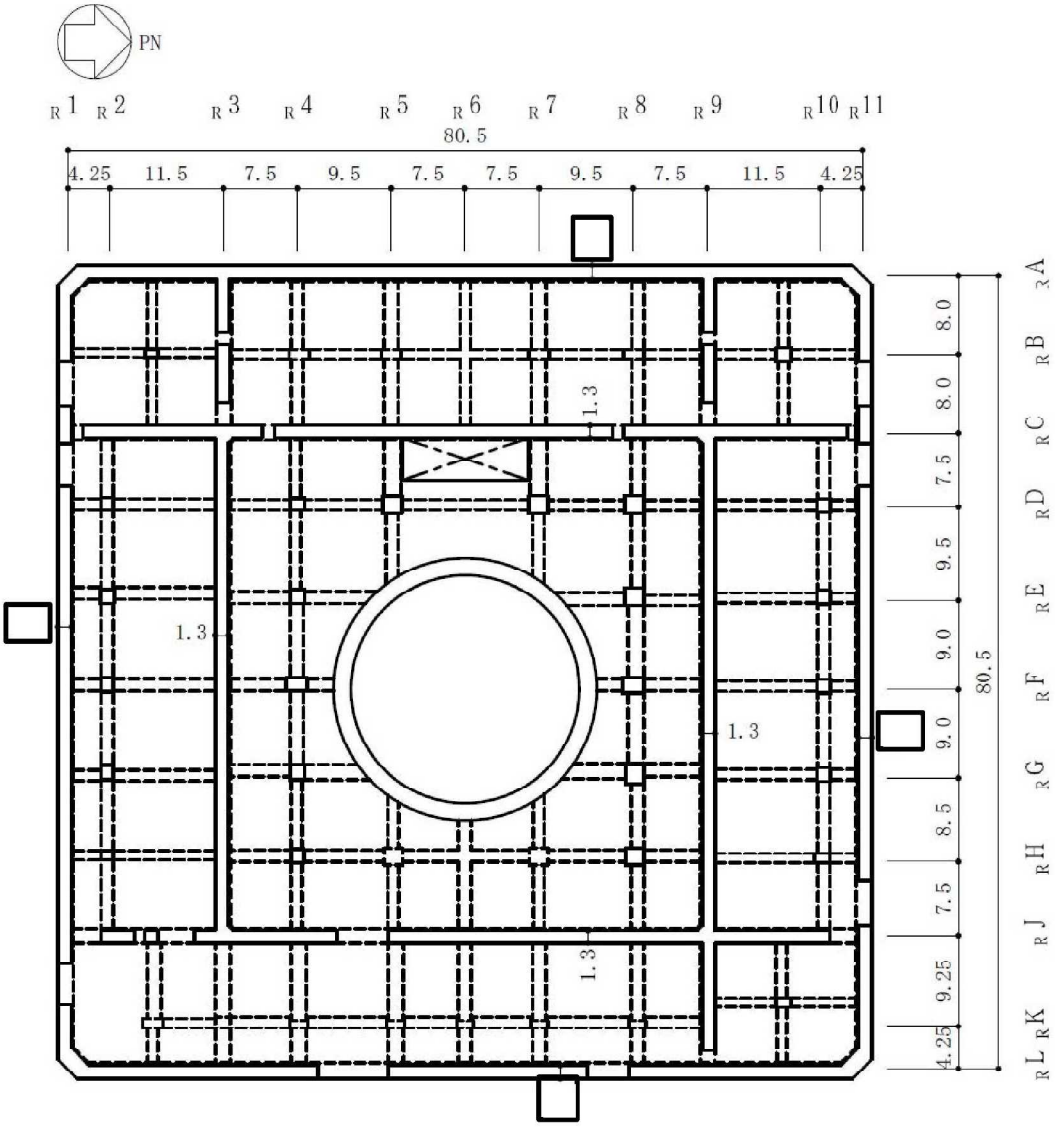
（単位：m）

図 2－2　5 号機原子炉建屋の概略平面図（B2F，T.M.S.L. -1.1m）(3/10)



（単位：m）

図 2－2　5 号機原子炉建屋の概略平面図（B1F，T.M.S.L. 5.3m）（4/10）



（単位：m）

図 2－2　5 号機原子炉建屋の概略平面図（1F，T.M.S.L. 12.3m）（5/10）

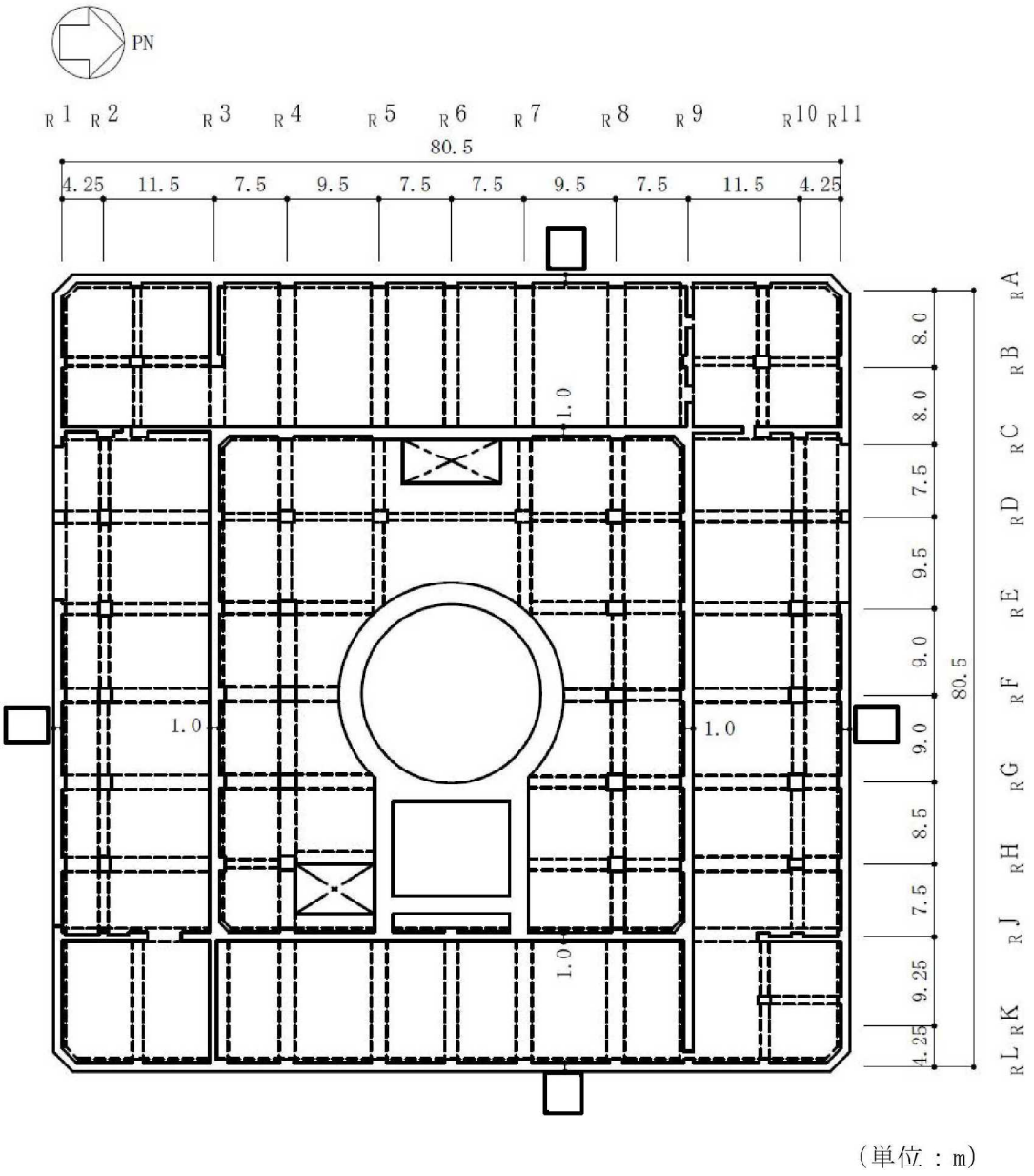


図 2－2　5 号機原子炉建屋の概略平面図（2F，T.M.S.L. 20.3m）（6/10）

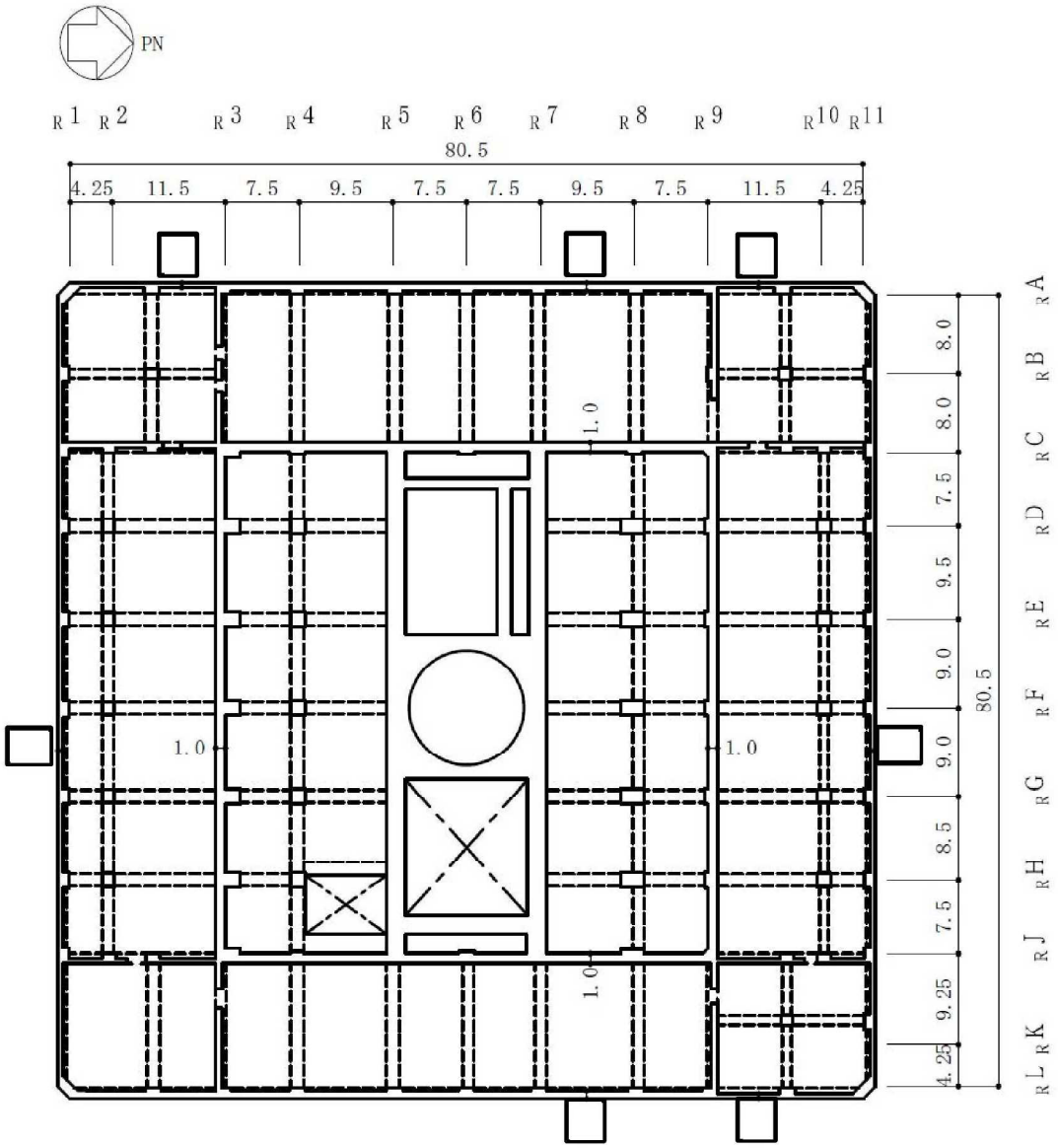
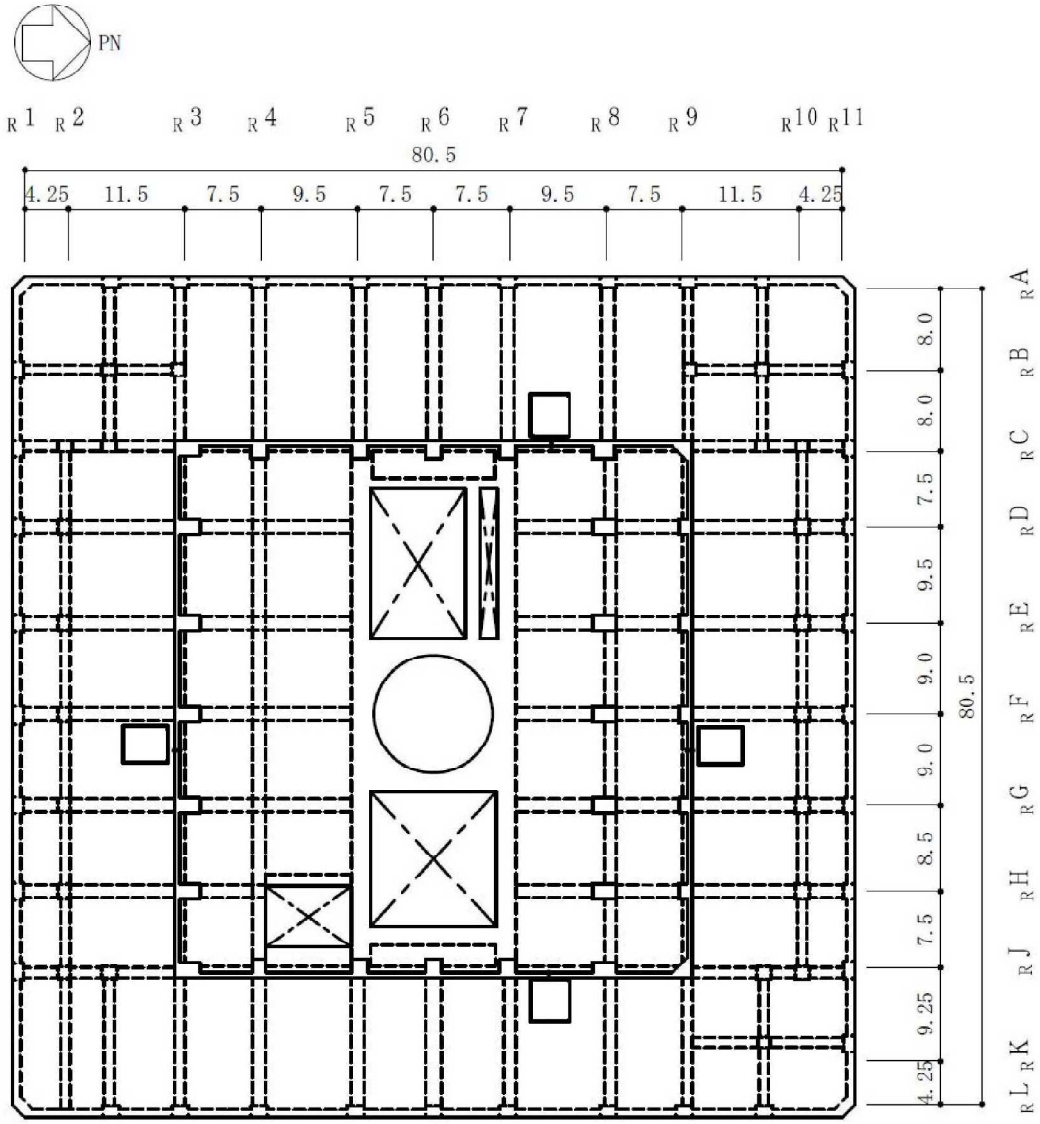


図 2－2　5 号機原子炉建屋の概略平面図（3F，T.M.S.L. 27.8m）（7/10）



（単位：m）

図 2－2　5 号機原子炉建屋の概略平面図（4F，T.M.S.L. 33.0m）（8/10）

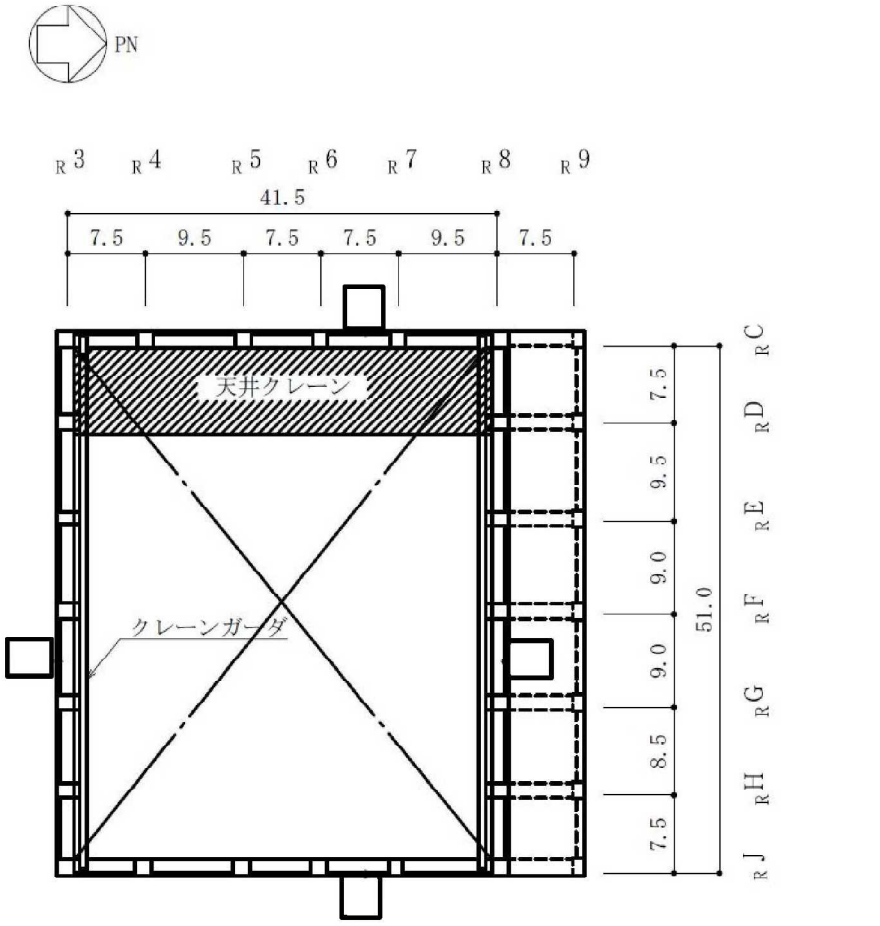
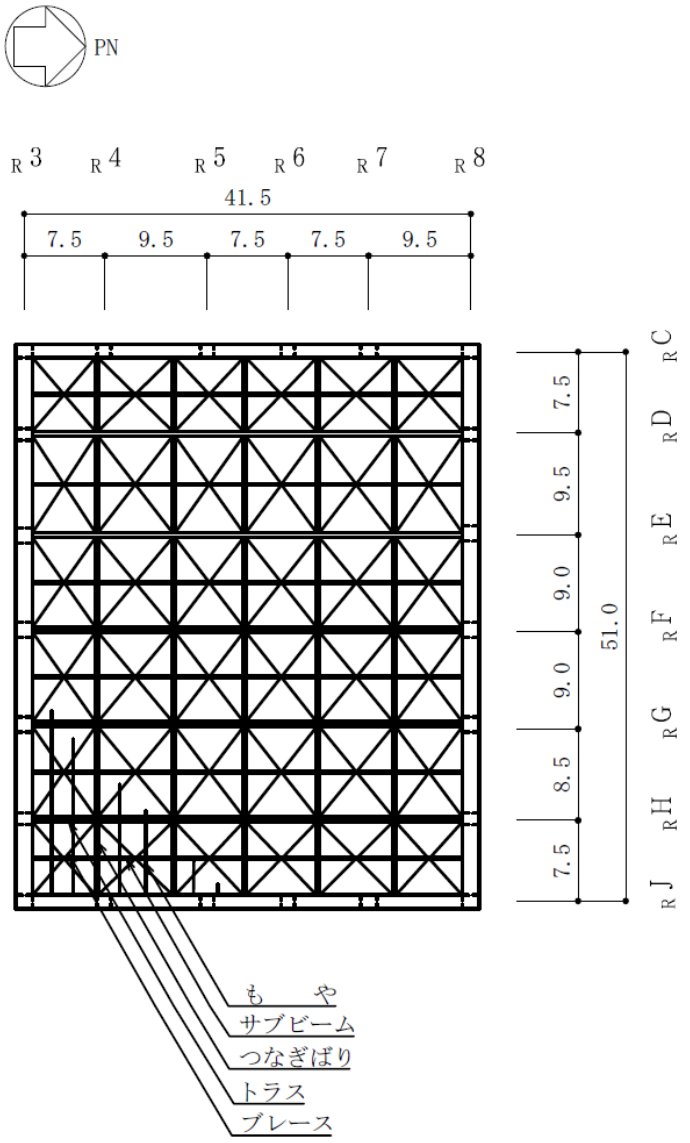
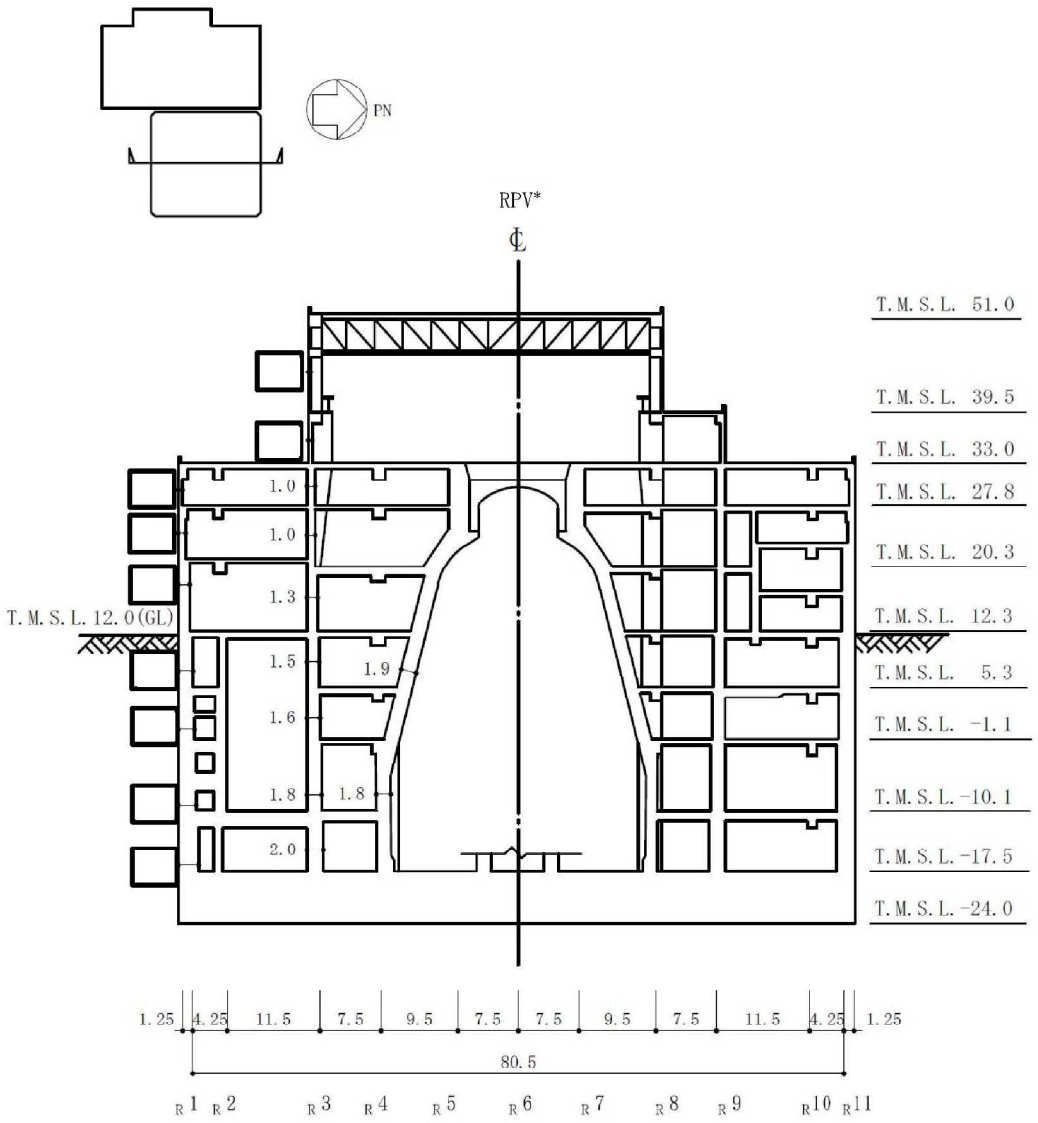


図 2－2　5 号機原子炉建屋の概略平面図（CRF，T.M.S.L. 39.5m）(9/10)



（単位：m）

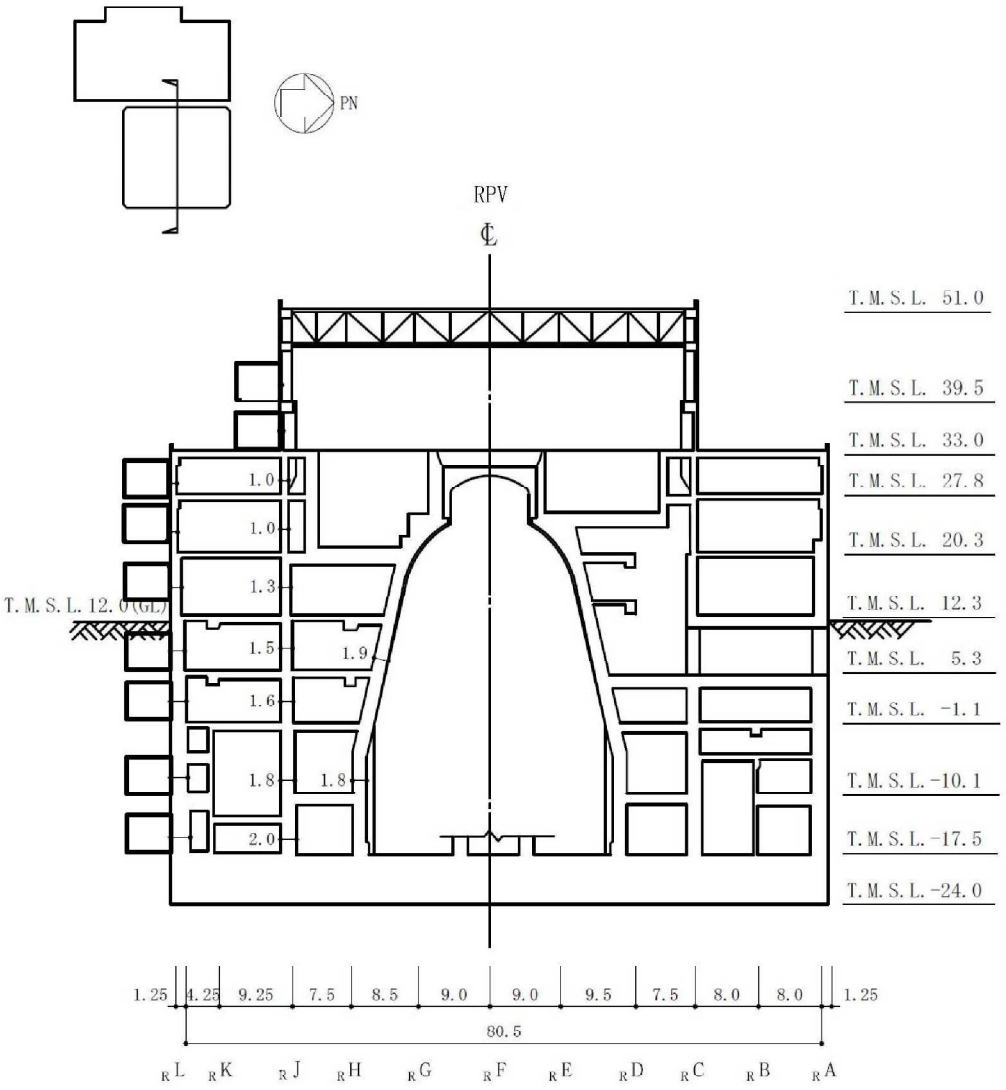
図 2－2　5 号機原子炉建屋の概略平面図（RF，T.M.S.L. 51.0m）（10/10）



（単位：m）

注記＊：原子炉圧力容器（以下「RPV」という。）

図 2－3　5 号機原子炉建屋の概略断面図（NS 方向）（1/2）



（単位：m）

図 2－3　5 号機原子炉建屋の概略断面図（EW 方向）（2/2）

2.3 評価方針

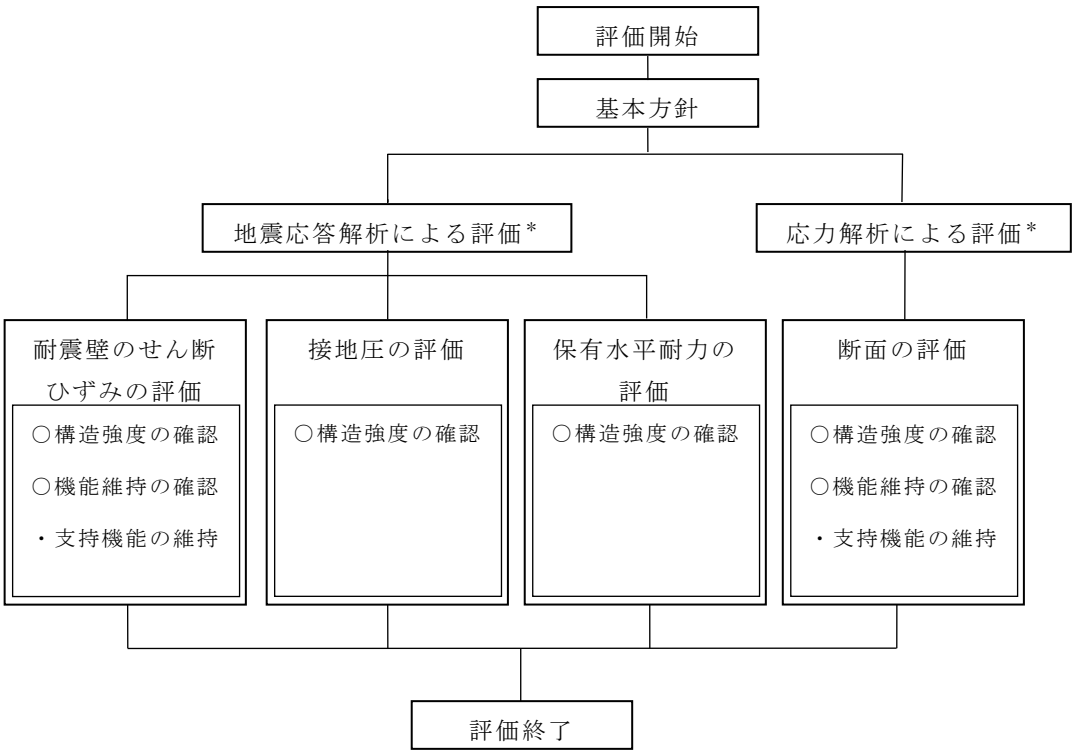
5 号機原子炉建屋は，建屋内部の一部に基準地震動Ｓｓに対して機能維持が要求される施設が収納されており，重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

5 号機原子炉建屋の評価においては，基準地震動Ｓｓによる地震力に対する評価（以下「Ｓｓ地震時に対する評価」という。）及び保有水平耐力の評価を行うこととし，それぞれの評価は，Ⅴ-2-2-15「緊急時対策所の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。5 号機原子炉建屋の評価は，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耐震壁のせん断ひずみ，接地圧及び保有水平耐力の評価を，応力解析による評価においては，基礎スラブの断面の評価を行うことで，5 号機原子炉建屋の地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。なお，Ｓｓ地震時に対する評価による間接支持機能が要求される範囲は T.M.S.L.33.0m 以下である。評価にあたっては，材料物性の不確かさを考慮する。表 2－1 に材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを示す。

図 2－4 に 5 号機原子炉建屋の評価フローを示す。

表 2－1　材料物性の不確かさを考慮する解析ケース

検討ケース	コンクリート剛性	地盤剛性	備考
①ケース 1 （工認モデル）	実強度 （31.3N/mm^2）	標準地盤	基本ケース
②ケース 2 （建屋剛性＋σ， 地盤剛性＋σ）	実強度＋σ （34.3N/mm^2）	標準地盤＋σ （初期せん断弾性係数：埋戻土＋54% せん断波速度： 古安田層＋11%，西山層＋11%）	
③ケース 3 （建屋剛性－σ， 地盤剛性－σ）	実強度－σ （28.4N/mm^2）	標準地盤－σ （初期せん断弾性係数：埋戻土－35% せん断波速度： 古安田層－11%，西山層－11%）	
④ケース 4 （建屋剛性コア平均）	実強度 （コア平均） （49.0N/mm^2）	標準地盤	
⑤ケース 5 （建屋剛性－2σ）	実強度－2σ （25.4N/mm^2）	標準地盤	



注記＊：V-2-2-15「緊急時対策所の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2－4　5 号機原子炉建屋の評価フロー

2.4　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- 建築基準法・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改定）
- 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制定）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(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）
- 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（(社)日本機械学会，2003）

3. 地震応答解析による評価方法

5 号機原子炉建屋の構造強度については，Ⅴ-2-2-15「緊急時対策所の地震応答計算書」に基づき，材料物性の不確かさを考慮した耐震壁の最大せん断ひずみ及び最大接地圧が許容限界を超えないこと並びに保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認する。

また，支持機能の維持については，Ⅴ-2-2-15「緊急時対策所の地震応答計算書」に基づき，材料物性の不確かさを考慮し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 5 号機原子炉建屋の許容限界は，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方針に基づき，表 3－1 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

（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（評価基準値）
－	構造強度を有すること	基準地震動Ｓｓ	耐震壁*1	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	せん断ひずみ 2.0×10^{-3}
			基礎地盤	最大接地圧が地盤の極限支持力度を超えないことを確認	極限支持力度*2 4410 kN/m^2
		保有水平耐力	構造物全体	保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認	必要保有水平耐力
支持機能*3	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Ｓｓ	耐震壁*1	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	せん断ひずみ 2.0×10^{-3}

注記＊1：建屋全体としては，地震力を主に耐震壁で負担する構造となっており，柱，はり，間仕切壁等が耐震壁の変形に追従すること，また，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変形が抑えられるため，各層の耐震壁の最大せん断ひずみが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。また，Ⅴ-2-2-15「緊急時対策所の地震応答計算書」にて補助壁を耐震要素とした地震応答解析を行っているため，評価対象部位には補助壁を含む。

＊2：地盤の支持力試験の最大荷重に基づき設定する。

＊3：「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。

4. 応力解析による評価方針

4.1 評価対象部位及び評価方針

5 号機原子炉建屋の応力解析による評価対象部位は，基礎スラブとし，Ｓｓ地震時に対して以下の方針に基づき評価を行う。

Ｓｓ地震時に対する評価は，3 次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析によることとし，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「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（（社）日本機械学会，2003）」（以下「CCV 規格」という。）及び「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 制定）」（以下「RC-N 規準」という。）に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

3 次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析にあたっては，Ⅴ-2-2-15「緊急時対策所の地震応答計算書」より得られた結果を用いて，荷重の組合せを行う。また，断面の評価については，材料物性の不確かさを考慮した断面力に対して行うこととする。図 4－1 に応力解析による評価フローを示す。

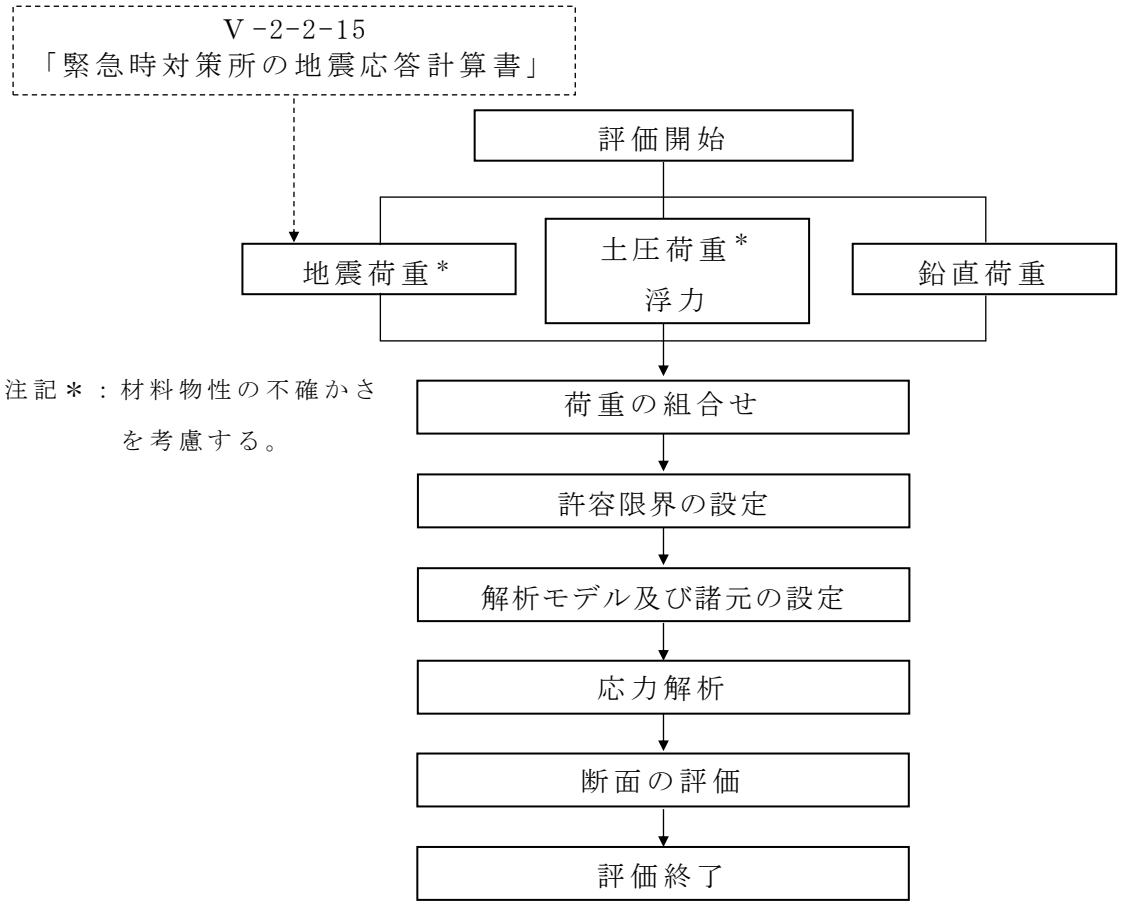


図 4－1　応力解析による評価フロー

4.2　荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，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)　鉛直荷重

鉛直荷重は固定荷重，機器荷重，配管荷重，積載荷重及び積雪荷重とする。なお，積雪量は 217cm とし，地震荷重と組み合わせるため，その 0.35 倍の積雪荷重を考慮する。

(2)　水平地震荷重

水平地震荷重は，基準地震動Ｓｓによる地震応答解析結果より設定する。なお，水平地震荷重は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。表 4－1 に応力解析で考慮した基準地震動Ｓｓ時の水平地震荷重を示す。

表 4－1　水平地震荷重

標高 T.M.S.L. (m)	NS 方向 層せん断力 ($\times 10^3$kN)	EW 方向 層せん断力 ($\times 10^3$kN)
-10.1～-17.5	2550	2570

注：表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

(3)　鉛直地震荷重

鉛直地震荷重は，基準地震動Ｓｓによる地震応答解析結果による基礎スラブ部分の最大鉛直震度を用いる。なお，最大鉛直震度は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。表 4－2 に応力解析で考慮した基準地震動Ｓｓ時の鉛直地震荷重を示す。

表 4－2　鉛直地震荷重

標高 T.M.S.L. (m)	鉛直震度
-24.0	0.83

注：表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

(4)　地震時土圧

地震時土圧は，常時土圧に地震時増分土圧を加えて算出する。地震時増分土圧は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を基にして「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）」の地震時増分土圧算定式から加力側増分土圧及び支持側増分土圧を包絡したものとする。図 4－2 に地震時土圧を示す。

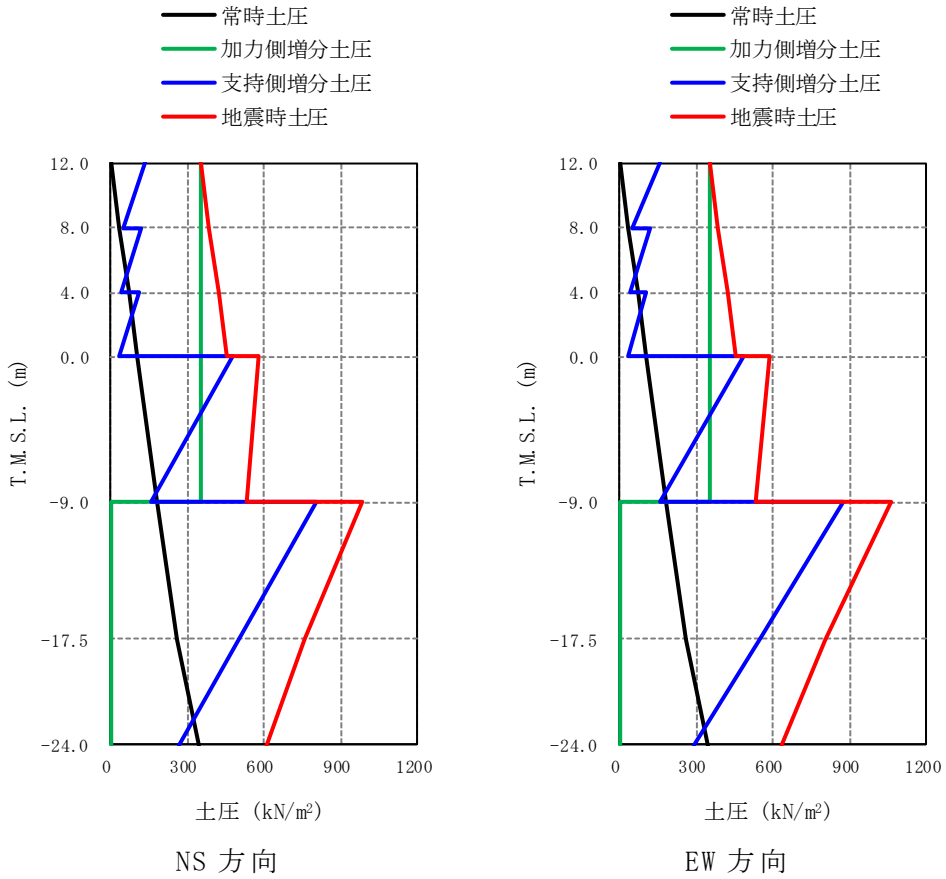


図 4－2　地震時土圧

(5)　浮力

浮力は，地下水位面を基礎スラブ上端（T.M.S.L.-17.5m）とし，基礎スラブに上向きの等分布荷重として入力する。

4.2.2　荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4－3 に示す。

表 4－3　荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
Ｓｓ地震時	ＶＬ＋Ｓｓ＋ＳＯＥ＋ＢＬ

ＶＬ　　：鉛直荷重

Ｓｓ　　：地震荷重

ＳＯＥ　：土圧荷重

ＢＬ　　：浮力

4.3　許容限界

応力解析による評価における 5 号機原子炉建屋の基礎スラブの許容限界は，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 4－4 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 4－5 及び表 4－6 に示す。

表 4－4　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（評価基準値）
－	構造強度を有すること	基準地震動Ｓｓ	基礎スラブ	部材に生じるひずみ及び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	・ひずみ*1 コンクリート 3.0×10^{-3}（圧縮） 鉄筋 5.0×10^{-3} ・面外せん断力*2 短期許容せん断力
支持機能*3	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Ｓｓ	基礎スラブ	部材に生じるひずみ及び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	・ひずみ*1 コンクリート 3.0×10^{-3}（圧縮） 鉄筋 5.0×10^{-3} ・面外せん断力*2 短期許容せん断力

注記＊1 ：CCV 規格に基づく。

＊2 ：RC-N 規準に基づく。

＊3 :「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。

表 4－5　コンクリートの許容応力度

（単位：N/mm^2）

設計基準強度Ｆｃ	圧縮	せん断
23.5	15.6	1.08

表 4－6　鉄筋の許容応力度

（単位：N/mm^2）

種別	引張及び圧縮	面外せん断補強
SD35 （SD345 相当）	345	345

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。解析には，解析コード「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

基礎スラブについては，T.M.S.L.-17.5m～T.M.S.L.-24.0m をモデル化する。基礎スラブのモデル図を図 4－3 に示す。

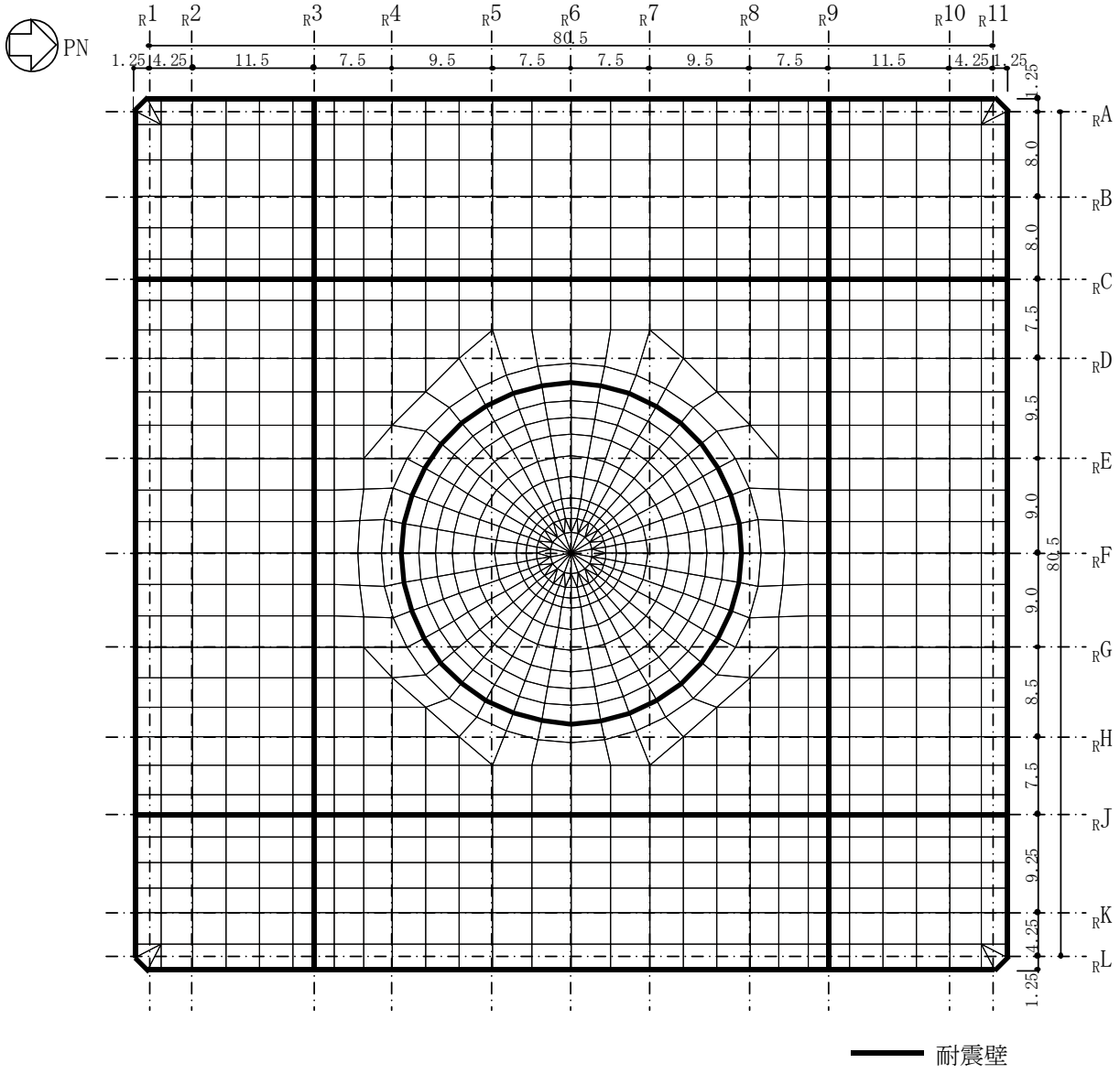
(2)　使用要素

解析モデルに使用する FEM 要素は，基礎スラブについてはシェル要素とする。また，基礎スラブより立ち上がっている耐震壁については，はり要素として剛性を考慮する。解析モデルの節点数は 1163，要素数は 1424 である。

(3)　境界条件

3 次元 FEM モデルの基礎スラブ底面に，Ⅴ-2-2-15「緊急時対策所の地震応答計算書」に示す地盤ばねを離散化して，水平方向及び鉛直方向のばねを設ける。3次元FEMモデルの水平方向のばねについては，地震応答解析モデルのスウェイばねを，鉛直方向のばねについては，地震応答解析モデルのロッキングばねを基に設定を行う。

なお，基礎スラブ底面の地盤ばねについては，引張力が発生した時に浮上りを考慮する。



（単位：m）

図 4－3　基礎スラブの解析モデル図

4.4.2　解析諸元

使用材料の物性値を表 4－7 及び表 4－8 に示す。

表 4－7　コンクリートの物性値

諸元	物性値
ヤング係数	2.48×10^{4} N/mm^{2}
ポアソン比	0.2

注：剛性はコンクリートの実強度（31.3N/mm^{2}）に基づく。

表 4－8　鉄筋の物性値

諸元	物性値
鋼材種	SD35（SD345 相当）
ヤング係数	2.05×10^{5} N/mm^{2}

4.5 評価方法

4.5.1 応力解析方法

5号機原子炉建屋基礎スラブについて，Ｓｓ地震時に対して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地震時の応力は，次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

ＶＬ　　：鉛直荷重
$Ｓｓ_{SN}$　：水平地震荷重（S→N入力，NS方向）
$Ｓｓ_{NS}$　：水平地震荷重（N→S入力，NS方向）
$Ｓｓ_{EW}$　：水平地震荷重（E→W入力，EW方向）
$Ｓｓ_{WE}$　：水平地震荷重（W→E入力，EW方向）
Ｋｖ　　：鉛直震度
ＳＯＥ　：土圧荷重
ＢＬ　　：浮力

(2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4－9 に示す。

水平方向と鉛直方向の荷重の組合せは，「原子力発電所耐震設計技術規定　ＪＥＡＣ４６０１-2008（（社）日本電気協会）」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。また，基礎スラブの応力は，水平方向の地震力に対して得られる応力及び鉛直方向の地震力に対して得られる応力を個別に算定し，それらを組み合わせることにより算定する。

表 4－9　荷重の組合せケース

ケース No.	水平：鉛直	鉛直震度	荷重の組合せケース
1	1.0：0.4	下向き	（1.0＋0.4Ｋｖ）ＶＬ＋Ｓｓ$_{SN}$＋ＳＯＥ＋ＢＬ
2		上向き	（1.0－0.4Ｋｖ）ＶＬ＋Ｓｓ$_{SN}$＋ＳＯＥ＋ＢＬ
3		下向き	（1.0＋0.4Ｋｖ）ＶＬ＋Ｓｓ$_{NS}$＋ＳＯＥ＋ＢＬ
4		上向き	（1.0－0.4Ｋｖ）ＶＬ＋Ｓｓ$_{NS}$＋ＳＯＥ＋ＢＬ
5		下向き	（1.0＋0.4Ｋｖ）ＶＬ＋Ｓｓ$_{EW}$＋ＳＯＥ＋ＢＬ
6		上向き	（1.0－0.4Ｋｖ）ＶＬ＋Ｓｓ$_{EW}$＋ＳＯＥ＋ＢＬ
7		下向き	（1.0＋0.4Ｋｖ）ＶＬ＋Ｓｓ$_{WE}$＋ＳＯＥ＋ＢＬ
8		上向き	（1.0－0.4Ｋｖ）ＶＬ＋Ｓｓ$_{WE}$＋ＳＯＥ＋ＢＬ
9	0.4：1.0	下向き	（1.0＋Ｋｖ）ＶＬ＋0.4Ｓｓ$_{SN}$＋0.4ＳＯＥ＋ＢＬ
10		上向き	（1.0－Ｋｖ）ＶＬ＋0.4Ｓｓ$_{SN}$＋0.4ＳＯＥ＋ＢＬ
11		下向き	（1.0＋Ｋｖ）ＶＬ＋0.4Ｓｓ$_{NS}$＋0.4ＳＯＥ＋ＢＬ
12		上向き	（1.0－Ｋｖ）ＶＬ＋0.4Ｓｓ$_{NS}$＋0.4ＳＯＥ＋ＢＬ
13		下向き	（1.0＋Ｋｖ）ＶＬ＋0.4Ｓｓ$_{EW}$＋0.4ＳＯＥ＋ＢＬ
14		上向き	（1.0－Ｋｖ）ＶＬ＋0.4Ｓｓ$_{EW}$＋0.4ＳＯＥ＋ＢＬ
15		下向き	（1.0＋Ｋｖ）ＶＬ＋0.4Ｓｓ$_{WE}$＋0.4ＳＯＥ＋ＢＬ
16		上向き	（1.0－Ｋｖ）ＶＬ＋0.4Ｓｓ$_{WE}$＋0.4ＳＯＥ＋ＢＬ

(3) 荷重の入力方法

a. 地震荷重

地震荷重は，上部構造物の基礎スラブへの地震時反力を考慮する。基礎スラブ底面に生じる反力が，基準地震動Ｓｓに対する地震応答解析結果と等価になるように設定する。基礎スラブ内に作用する荷重は，Ｓｓ地震時の上部構造による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，節点荷重として入力する。

b. 地震荷重以外の荷重

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

4.5.2 断面の評価方法

(1) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は，軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として評価する。Ｓｓ地震時において，軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみを評価する際は，「CCV 規格」に基づいた許容限界を超えないことを確認する。ここで，鉄筋のひずみ算定において，発生応力が鉄筋の降伏応力度を超える場合は，エネルギ一定則に基づいた等価ひずみを算定する。

(2)　面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は，「RC-N 規準」に基づき，評価対象部位に生じる面外せん断力が，次式を基に算定した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{\alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot {}_w f_t \cdot (p_w - 0.002)\}$$

ここで，

Q_A　：許容面外せん断力（N）

b　：断面の幅（mm）

j　：断面の応力中心間距離で，断面の有効せいの 7/8 倍の値（mm）

f_s　：コンクリートの短期許容せん断応力度で，表 4－5 に示す値（N/mm^2）

α　：許容せん断力の割増し係数

（2 を超える場合は 2，1 未満の場合は 1 とする。また，引張軸力が $2N/mm^2$ を超える場合は 1 とする。）

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$$

M　：曲げモーメント（N･mm）

Q　：せん断力（N）

d　：断面の有効せい（mm）

${}_w f_t$　：せん断補強筋の短期許容引張応力度で，表 4－6 に示す値（N/mm^2）

p_w　：せん断補強筋比で，次式による。（0.002 以上とする。*）

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

a_w　：せん断補強筋の断面積（mm^2）

x　：せん断補強筋の間隔（mm）

注記＊：せん断補強筋がない領域については，第 2 項を 0 とする。

5. 地震応答解析による評価結果

5.1 耐震壁のせん断ひずみの評価結果

鉄筋コンクリート造耐震壁について，Ｓｓ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。

材料特性の不確かさを考慮した最大せん断ひずみは 0.393×10^{-3}（EW 方向，Ss-2，ケース 5）であり，許容限界（2.0×10^{-3}）を超えないことを確認した。各階の耐震壁の最大せん断ひずみ一覧を表 5－1 に示す。各表において，各階の最大せん断ひずみのうち最も大きい値について，せん断スケルトン曲線上にプロットした図を図 5－1 に示す。

表 5－1 耐震壁の最大せん断ひずみ

(a) NS 方向

T.M.S.L. (m)	階	地震応答解析モデルの部材番号	最大せん断ひずみ ($\times10^{-3}$)	許容限界 ($\times10^{-3}$)
33.0～27.8	3F	3	0.121	2.0
27.8～20.3	2F	4	0.183	
20.3～12.3	1F	5	0.208	
12.3～5.3	B1F	6	0.246	
5.3～-1.1	B2F	7	0.238	
-1.1～-10.1	B3F	8	0.229	
-10.1～-17.5	B4F	9	0.296	

注：ハッチングは各階の最大せん断ひずみのうち最も大きい値を表示。

(b) EW 方向

T.M.S.L. (m)	階	地震応答解析モデルの部材番号	最大せん断ひずみ ($\times10^{-3}$)	許容限界 ($\times10^{-3}$)
33.0～27.8	3F	3	0.104	2.0
27.8～20.3	2F	4	0.184	
20.3～12.3	1F	5	0.393	
12.3～5.3	B1F	6	0.227	
5.3～-1.1	B2F	7	0.385	
-1.1～-10.1	B3F	8	0.303	
-10.1～-17.5	B4F	9	0.329	

注：ハッチングは各階の最大せん断ひずみのうち最も大きい値を表示。

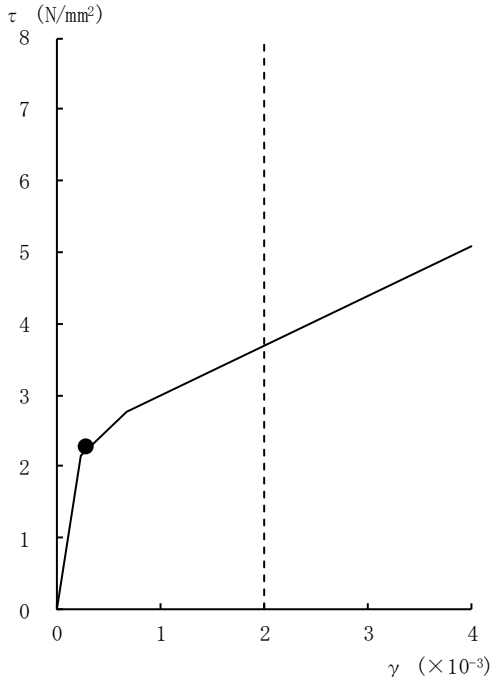


図 5－1　せん断スケルトン曲線上の最大せん断ひずみ(1/2)
(NS 方向，Ss-1，ケース 5，部材 9)

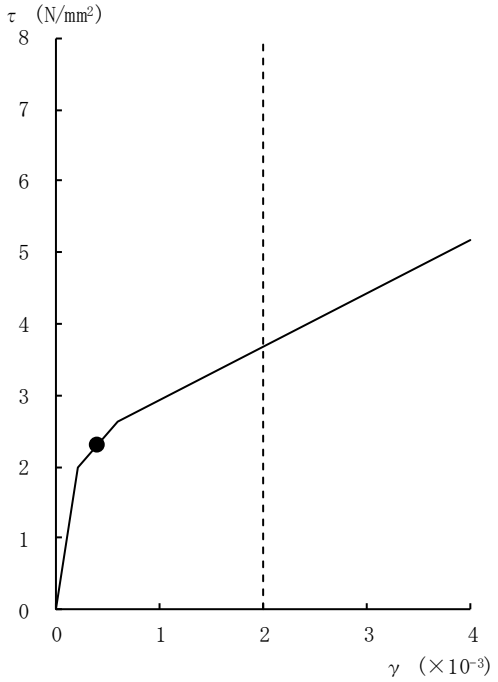


図 5－1　せん断スケルトン曲線上の最大せん断ひずみ(2/2)
(EW 方向，Ss-2，ケース 5，部材 5)

5.2　接地圧の評価結果

Ｓｓ地震時の最大接地圧が，地盤の極限支持力度（4410kN/m^2）を超えないことを確認する。

材料特性の不確かさを考慮したＳｓ地震時の最大接地圧は 2220kN/m^2 であることから，地盤の極限支持力度を超えないことを確認した。

地震時の最大接地圧を表 5－2 に示す。

表 5－2　最大接地圧

	NS 方向	EW 方向
検討ケース	Ss-1，ケース 1	Ss-2，ケース 1
鉛直力 N（×10^5 kN）	61.5	56.2
転倒モーメント M（×10^6 kN・m）	105	109
最大接地圧 （kN/m^2）	2200	2220

5.3　保有水平耐力の評価結果

各層において，保有水平耐力Q_uが必要保有水平耐力Q_{un}に対して妥当な安全余裕を有していることを確認する。なお，各要素の保有水平耐力Q_u及び必要保有水平耐力Q_{un}は昭和58年8月22日付け58資庁第9522号にて認可された工事計画の添付資料「Ⅳ-3-6　原子炉建屋の強度計算書」（以下「既工認」という。）によるものとする。

今回工認の地震応答解析モデルにおいては建屋重量の変更，補助壁の考慮等の変更点があるが，保有水平耐力Q_uについては補助壁を考慮しない既工認の値を用いることは保守的な評価となる。また，必要保有水平耐力Q_{un}の算定における形状特性係数F_{es}及び高さ方向の分布係数A_iについては，既工認と今回工認の値はおおむね同等である。以上より，保有水平耐力の評価において既工認の値を用いることは妥当である。

必要保有水平耐力Q_{un}と保有水平耐力Q_uの比較結果を表5－3に示す。各層において保有水平耐力Q_uが必要保有水平耐力Q_{un}に対して妥当な安全余裕を有していることを確認した。なお，必要保有水平耐力Q_{un}に対する保有水平耐力Q_uの比は最小で2.07である。

表 5－3　必要保有水平耐力Q_{un}と保有水平耐力Q_uの比較結果

T.M.S.L. (m)	NS 方向			EW 方向		
	Q_{un} ($\times 10^3$ kN)	Q_u ($\times 10^3$ kN)	Q_u / Q_{un}	Q_{un} ($\times 10^3$ kN)	Q_u ($\times 10^3$ kN)	Q_u / Q_{un}
51.0 ～ 39.5	38.83	118.46	3.05	38.83	139.74	3.60
39.5 ～ 33.0	69.92	195.64	2.80	70.51	219.67	3.12
33.0 ～ 27.8	208.49	1025.78	4.92	208.49	1011.26	4.85
27.8 ～ 20.3	388.83	1187.88	3.06	388.83	1141.79	2.94
20.3 ～ 12.3	620.96	1697.83	2.73	620.96	1616.53	2.60
12.3 ～ 5.3	827.78	2064.59	2.49	827.78	2128.24	2.57
5.3 ～ -1.1	1011.75	2362.62	2.34	1011.75	2368.80	2.34
-1.1 ～ -10.1	1232.21	2731.64	2.22	1232.21	2773.52	2.25
-10.1 ～ -17.5	1468.25	3041.14	2.07	1468.25	3047.42	2.08

6. 応力解析による評価結果

5号機原子炉建屋の基礎スラブの配筋領域図を図6－1～図6－9に，配筋一覧を表6－1～表6－9に示す。

断面の評価結果を記載する要素を，以下のとおり選定する。

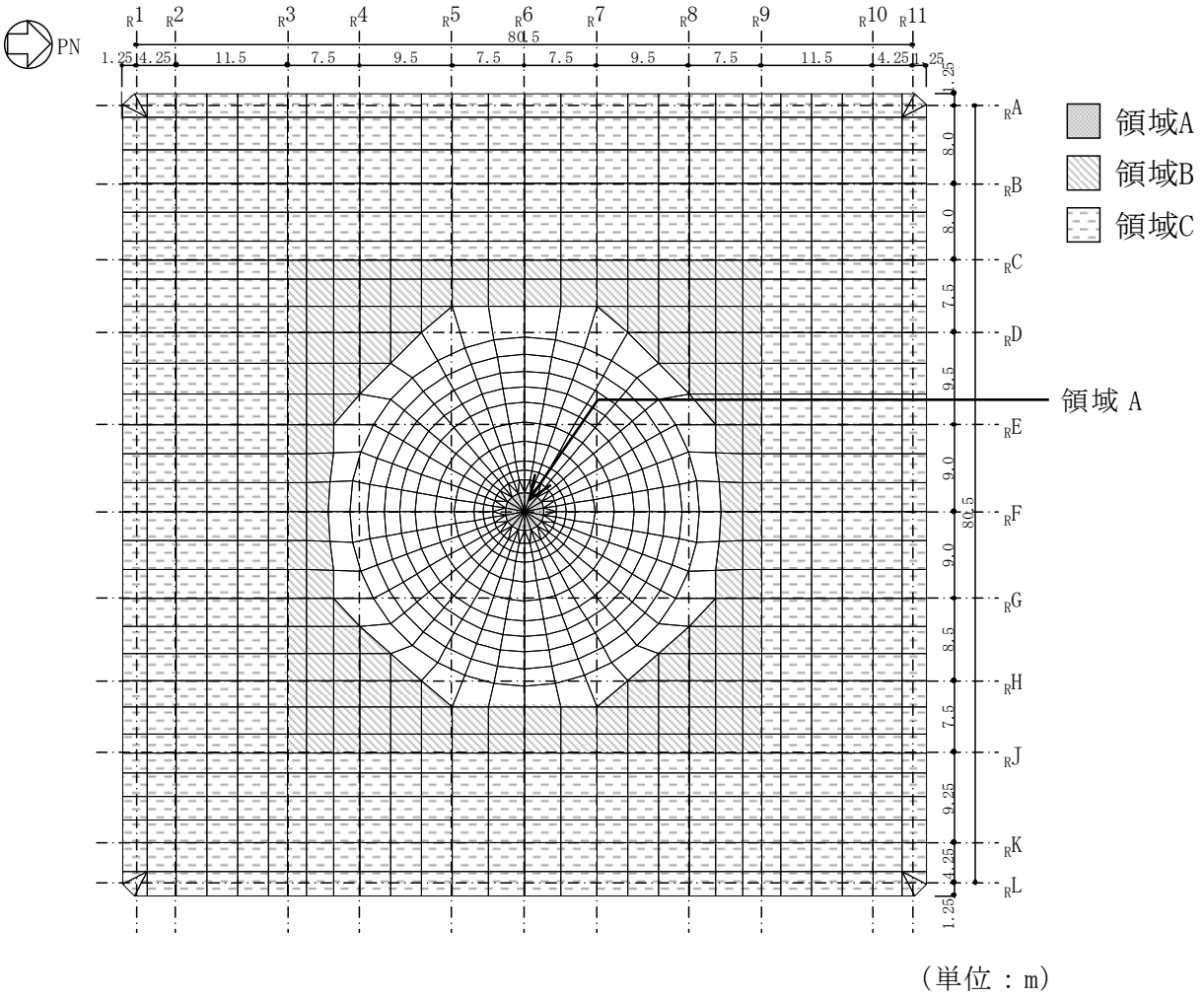
軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力に対する評価については，発生値に対する許容値の割合が最小となる要素をそれぞれ選定する。

選定した要素の位置を図6－10に，評価結果を表6－10に示す。

Ｓｓ地震時において，軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力が，各許容限界を超えないことを確認した。

表 6－1　基礎スラブの配筋一覧（NS 方向，上ば筋）

	一段目	二段目	三段目	四段目	五段目	六段目	七段目	断面積 (mm^2/m)
領域A	D38@130	D38@260	D38@260	D38@260	－	－	－	21920
領域B	D38@200	D38@200	D38@200	－	－	－	－	17100
領域C	D38@200	D38@200	D38@400	－	－	－	－	14250

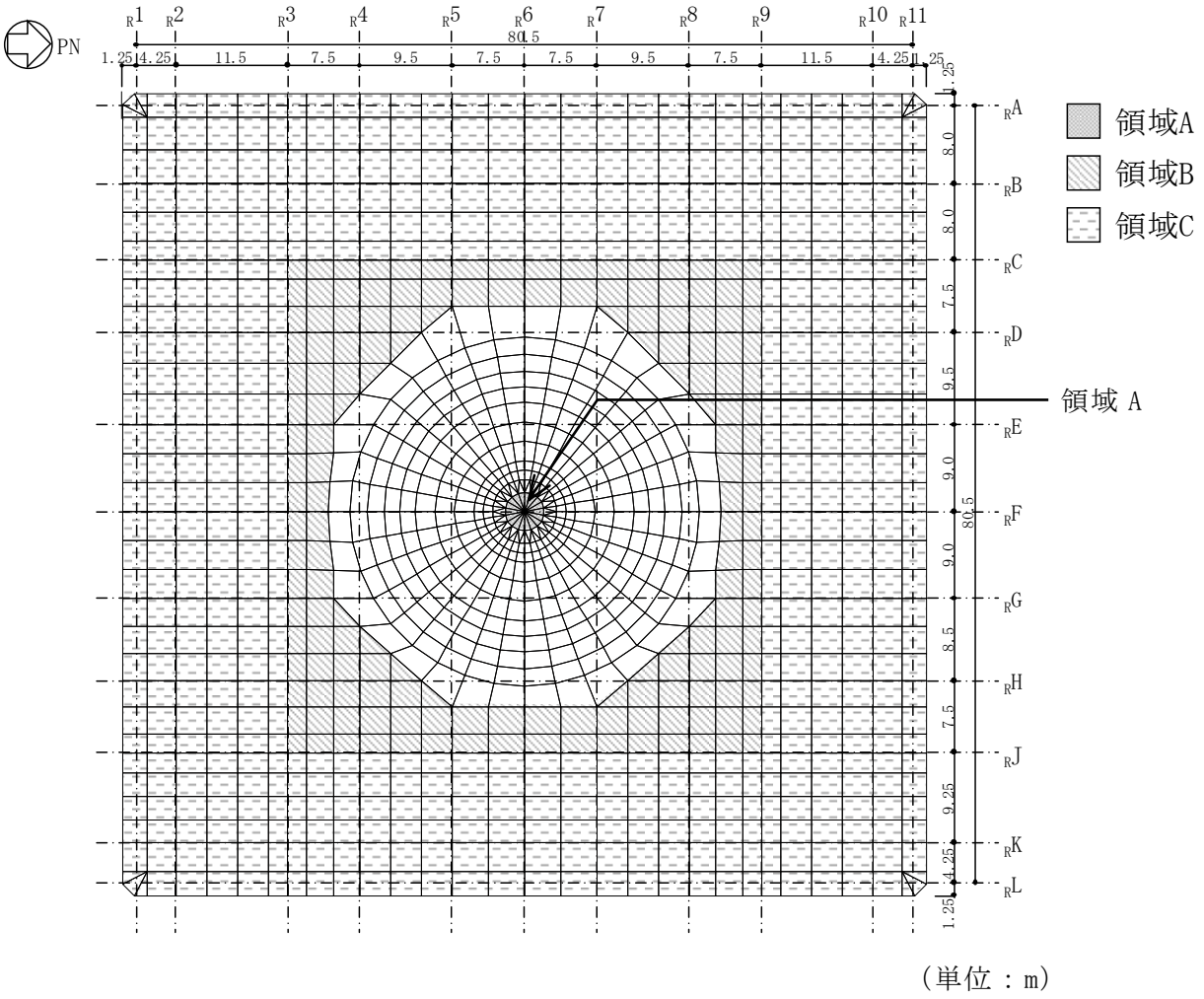


（単位：m）

図 6－1　基礎スラブの配筋領域図（NS 方向，上ば筋）

表 6－2　基礎スラブの配筋一覧（NS 方向，下ば筋）

	一段目	二段目	三段目	四段目	五段目	六段目	七段目	断面積 (mm^2/m)
領域A	D38@130	D38@260	D38@260	D38@260	D38@260	－	－	26310
領域B	D38@200	D38@200	D38@200	D38@400	－	－	－	19950
領域C	D38@200	D38@200	D38@200	－	－	－	－	17100

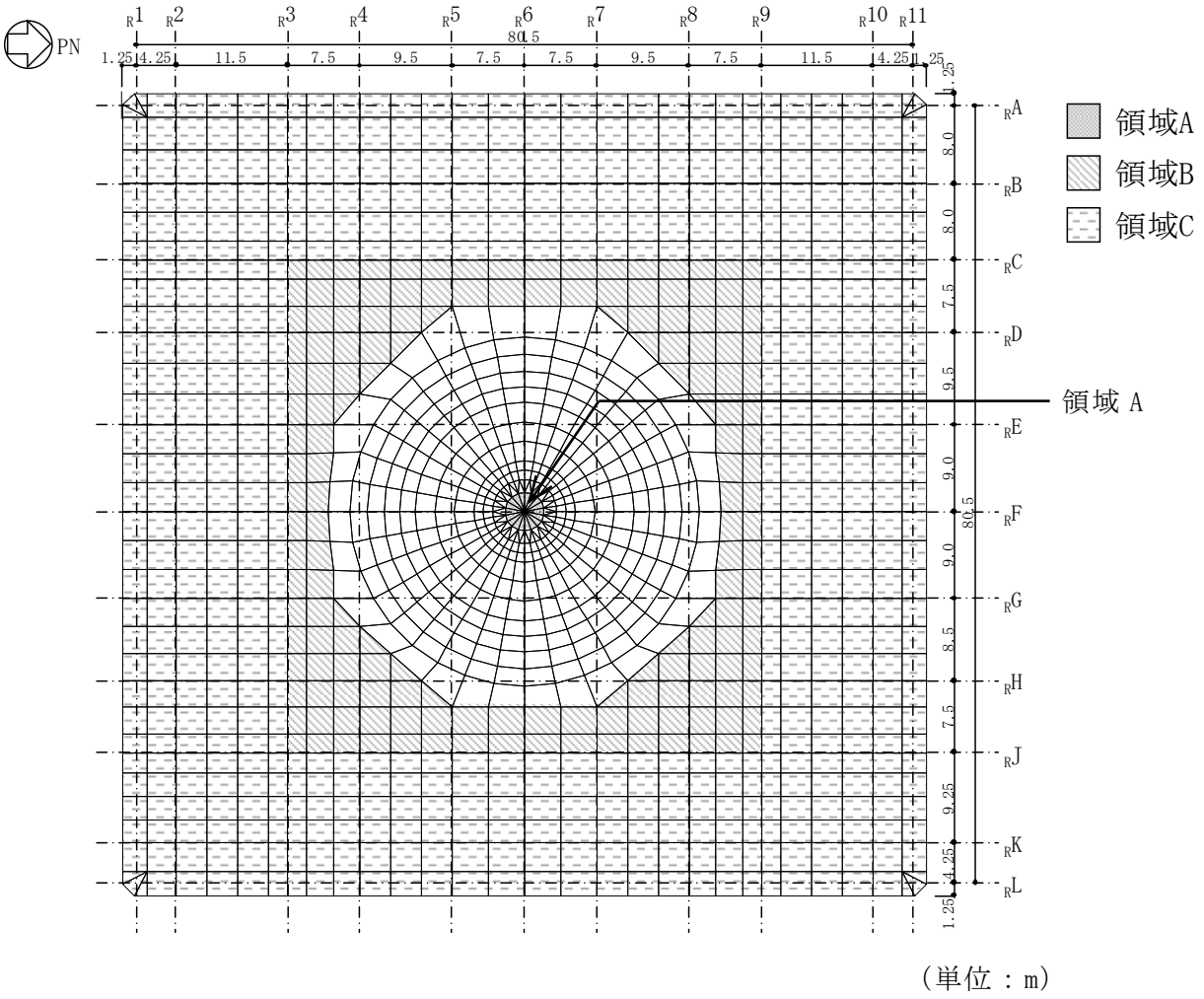


（単位：m）

図 6－2　基礎スラブの配筋領域図（NS 方向，下ば筋）

表 6－3　基礎スラブの配筋一覧（EW 方向，上ば筋）

	一段目	二段目	三段目	四段目	五段目	六段目	七段目	断面積 (mm^2/m)
領域A	D38@130	D38@260	D38@260	D38@260	－	－	－	21920
領域B	D38@200	D38@200	D38@200	－	－	－	－	17100
領域C	D38@200	D38@200	D38@400	－	－	－	－	14250

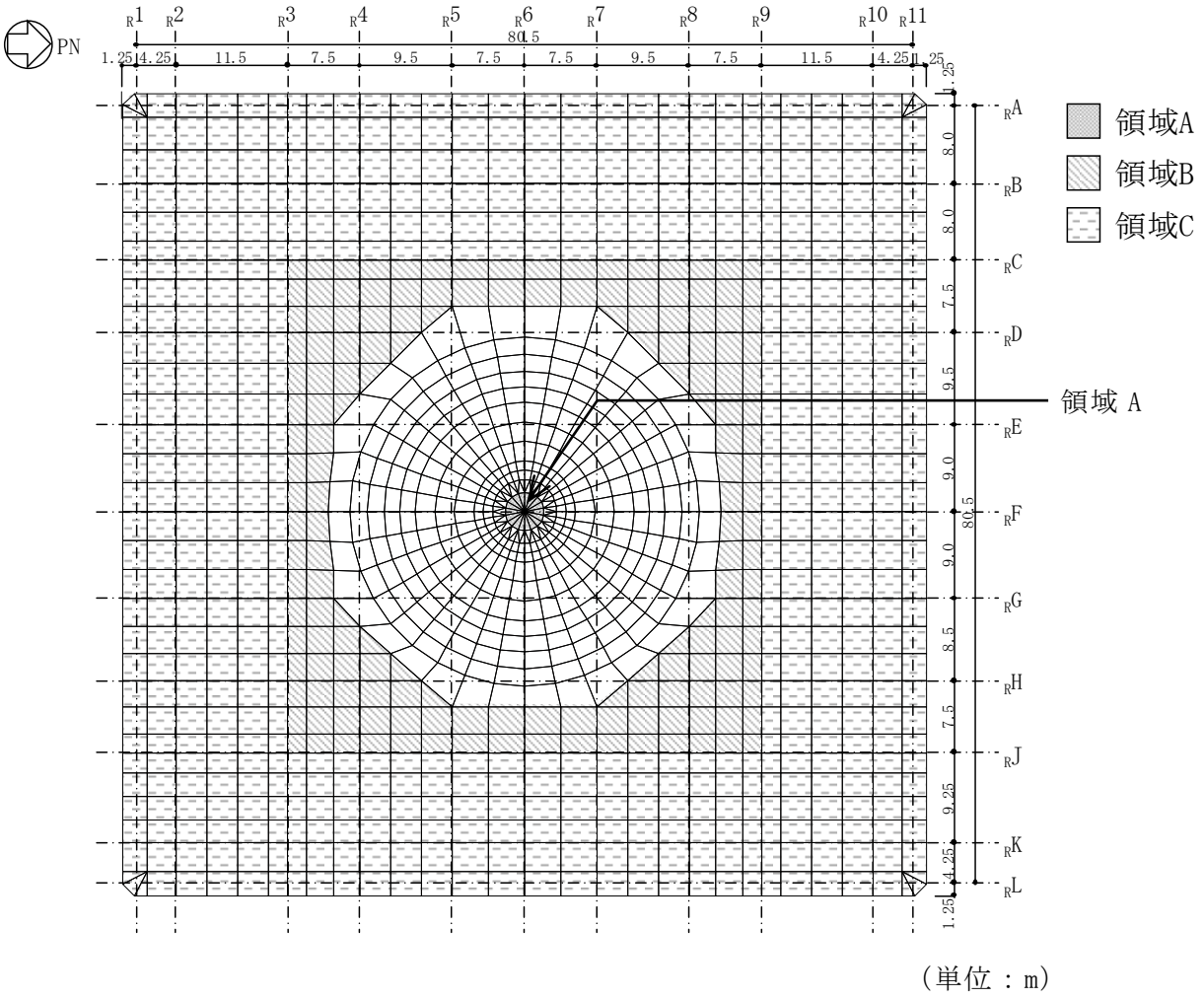


（単位：m）

図 6－3　基礎スラブの配筋領域図（EW 方向，上ば筋）

表 6－4　基礎スラブの配筋一覧（EW 方向，下ば筋）

	一段目	二段目	三段目	四段目	五段目	六段目	七段目	断面積 (mm^2/m)
領域A	D38@130	D38@260	D38@260	D38@260	D38@260	－	－	26310
領域B	D38@200	D38@200	D38@200	D38@400	－	－	－	19950
領域C	D38@200	D38@200	D38@200	－	－	－	－	17100

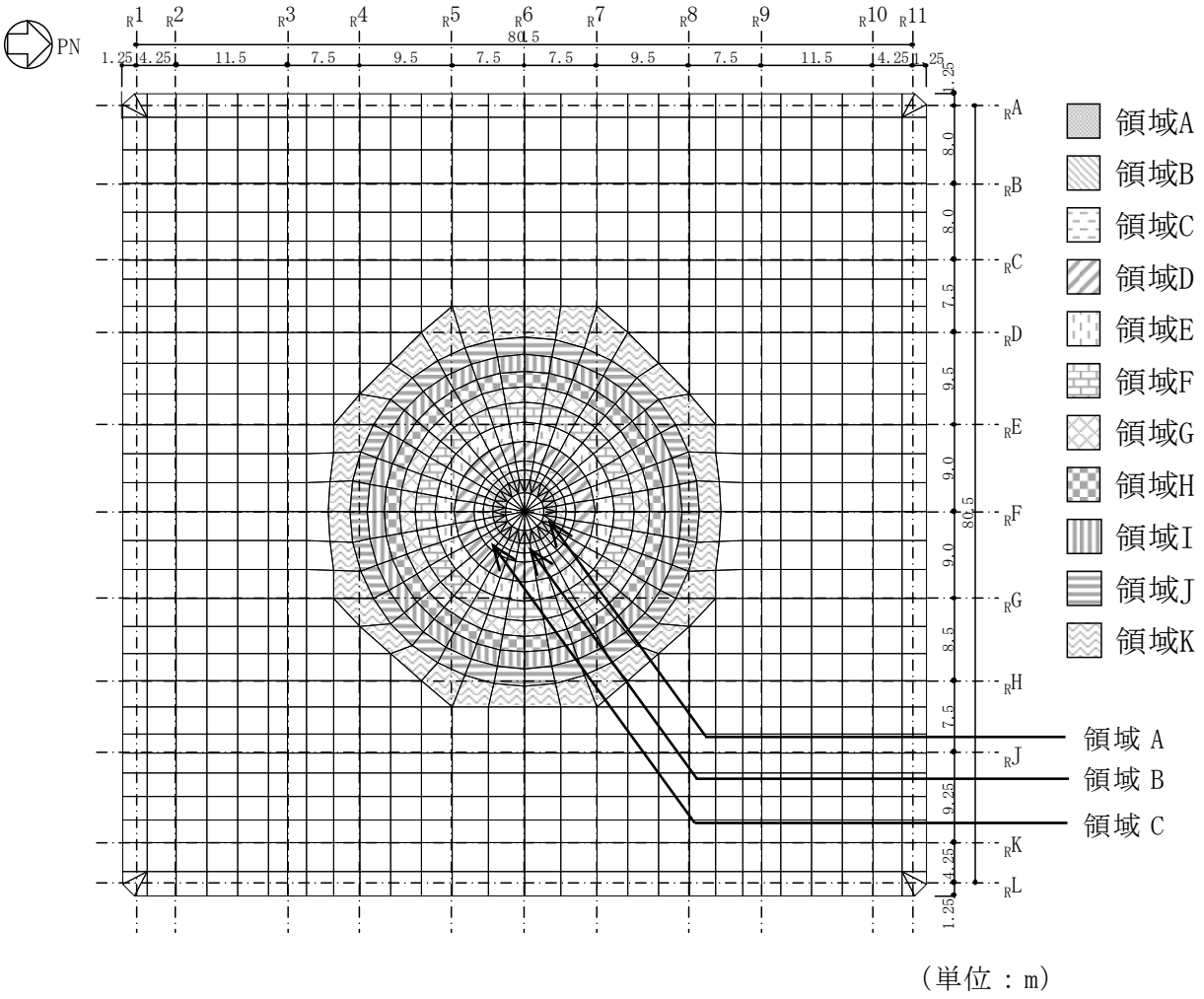


（単位：m）

図 6－4　基礎スラブの配筋領域図（EW 方向，下ば筋）

表 6－5　基礎スラブの配筋一覧（半径方向，上ば筋）

	一段目	二段目	三段目	四段目	五段目	六段目	七段目	断面積 (mm^2/m)
領域A	108-D38	108-D38	108-D38	108-D38	－	－	－	23610
領域B	108-D38	108-D38	108-D38	108-D38	108-D38	－	－	23000
領域C	216-D38	216-D38	216-D38	216-D38	216-D38	－	－	37680
領域D	216-D38	216-D38	216-D38	216-D38	216-D38	－	－	27030
領域E	216-D38	216-D38	216-D38	216-D38	216-D38	－	－	21180
領域F	432-D38	432-D38	432-D38	216-D38	216-D38	－	－	27750
領域G	432-D38	432-D38	432-D38	216-D38	216-D38	－	－	24300
領域H	432-D38	432-D38	432-D38	216-D38	216-D38	－	－	21620
領域I	432-D38	432-D38	432-D38	432-D38	432-D38	－	－	24120
領域J	432-D38	432-D38	432-D38	432-D38	432-D38	－	－	21720
領域K	432-D38	432-D38	432-D38	432-D38	432-D38	－	－	19600

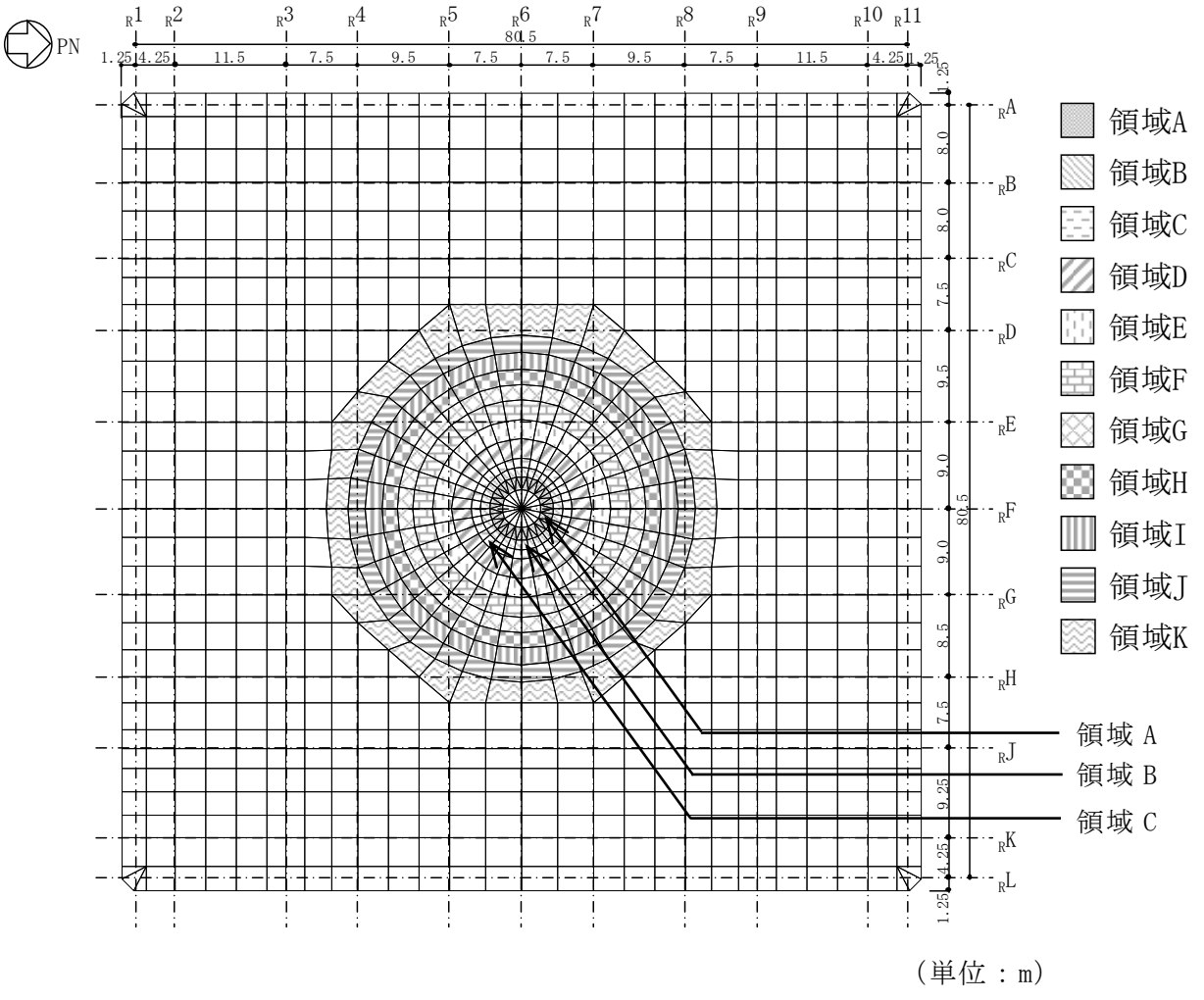


（単位：m）

図 6－5　基礎スラブの配筋領域図（半径方向，上ば筋）

表 6－6　基礎スラブの配筋一覧（半径方向，下ば筋）

	一段目	二段目	三段目	四段目	五段目	六段目	七段目	断面積 (mm^2/m)
領域A	108-D38	108-D38	108-D38	108-D38	108-D38	－	－	29510
領域B	108-D38	108-D38	108-D38	108-D38	108-D38	108-D38	108-D38	32200
領域C	216-D38	216-D38	216-D38	216-D38	216-D38	216-D38	108-D38	48990
領域D	216-D38	216-D38	216-D38	216-D38	216-D38	216-D38	108-D38	35140
領域E	216-D38	216-D38	216-D38	216-D38	216-D38	216-D38	－	25420
領域F	432-D38	432-D38	432-D38	216-D38	216-D38	216-D38	－	31210
領域G	432-D38	432-D38	432-D38	216-D38	216-D38	216-D38	－	27340
領域H	432-D38	432-D38	432-D38	432-D38	432-D38	432-D38	－	32430
領域I	432-D38	432-D38	432-D38	432-D38	432-D38	432-D38	－	28950
領域J	432-D38	432-D38	432-D38	432-D38	432-D38	432-D38	－	26060
領域K	432-D38	432-D38	432-D38	432-D38	432-D38	432-D38	－	23510

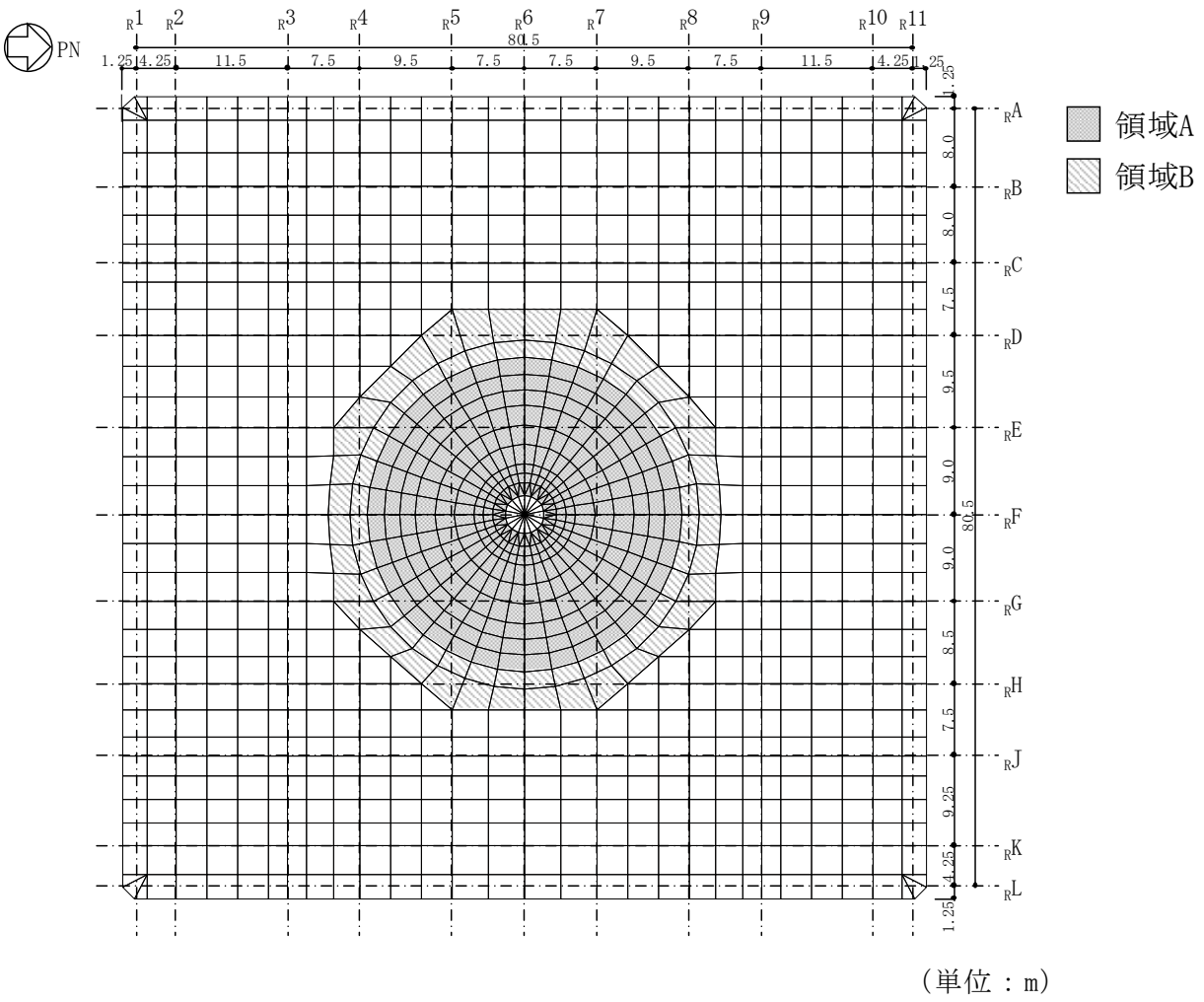


（単位：m）

図 6－6　基礎スラブの配筋領域図（半径方向，下ば筋）

表 6－7　基礎スラブの配筋一覧（円周方向，上ば筋）

	一段目	二段目	三段目	四段目	五段目	六段目	七段目	断面積 (mm^2/m)
領域A	D38@200	D38@200	D38@200	－	－	－	－	17100
領域B	D38@200	D38@200	D38@200	D38@200	D38@200	－	－	28500

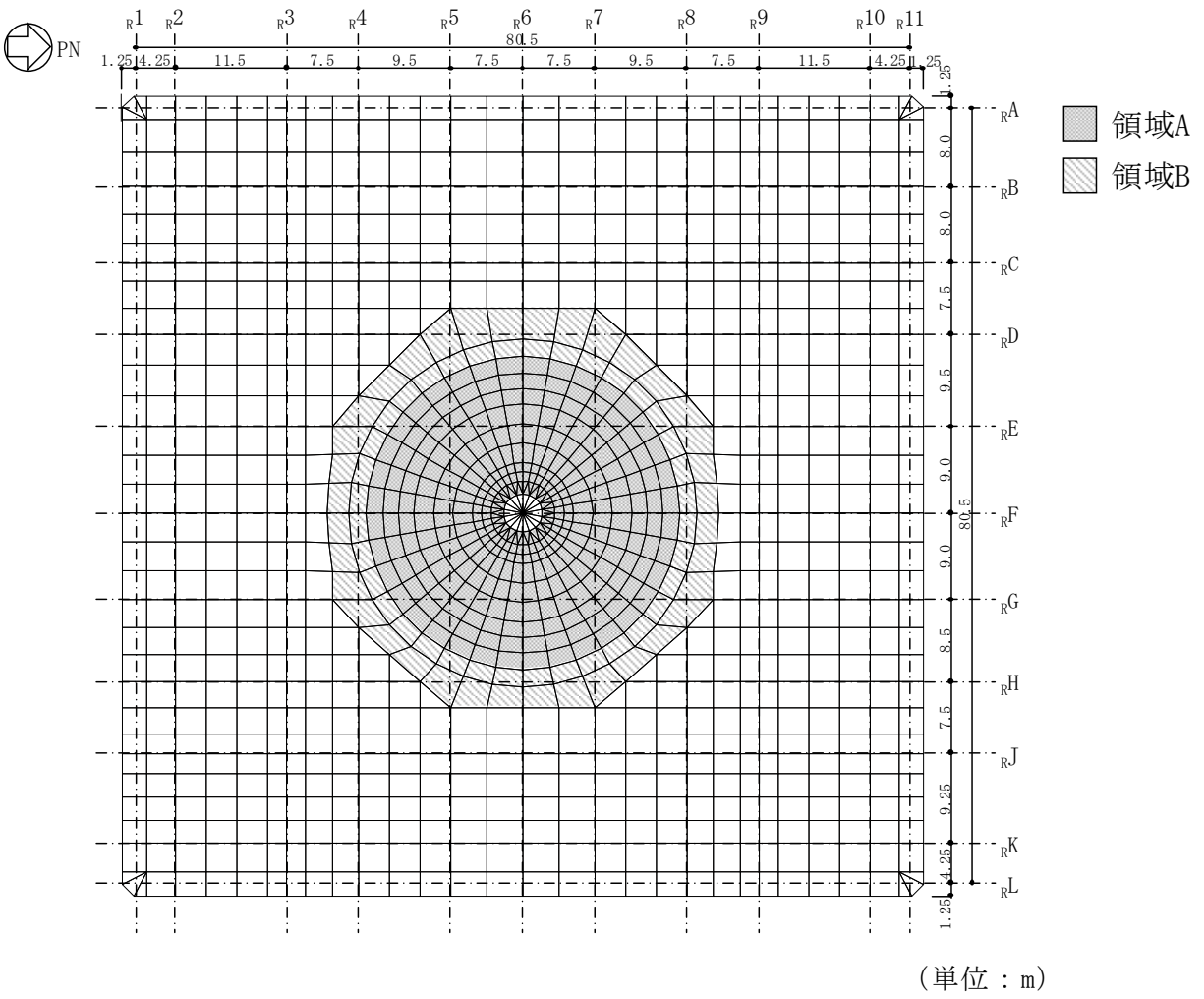


（単位：m）

図 6－7　基礎スラブの配筋領域図（円周方向，上ば筋）

表 6－8　基礎スラブの配筋一覧（円周方向，下ば筋）

	一段目	二段目	三段目	四段目	五段目	六段目	七段目	断面積 (mm^2/m)
領域A	D38@200	D38@200	D38@200	D38@400	D38@400	－	－	22800
領域B	D38@200	D38@200	D38@200	D38@200	D38@400	－	－	25650

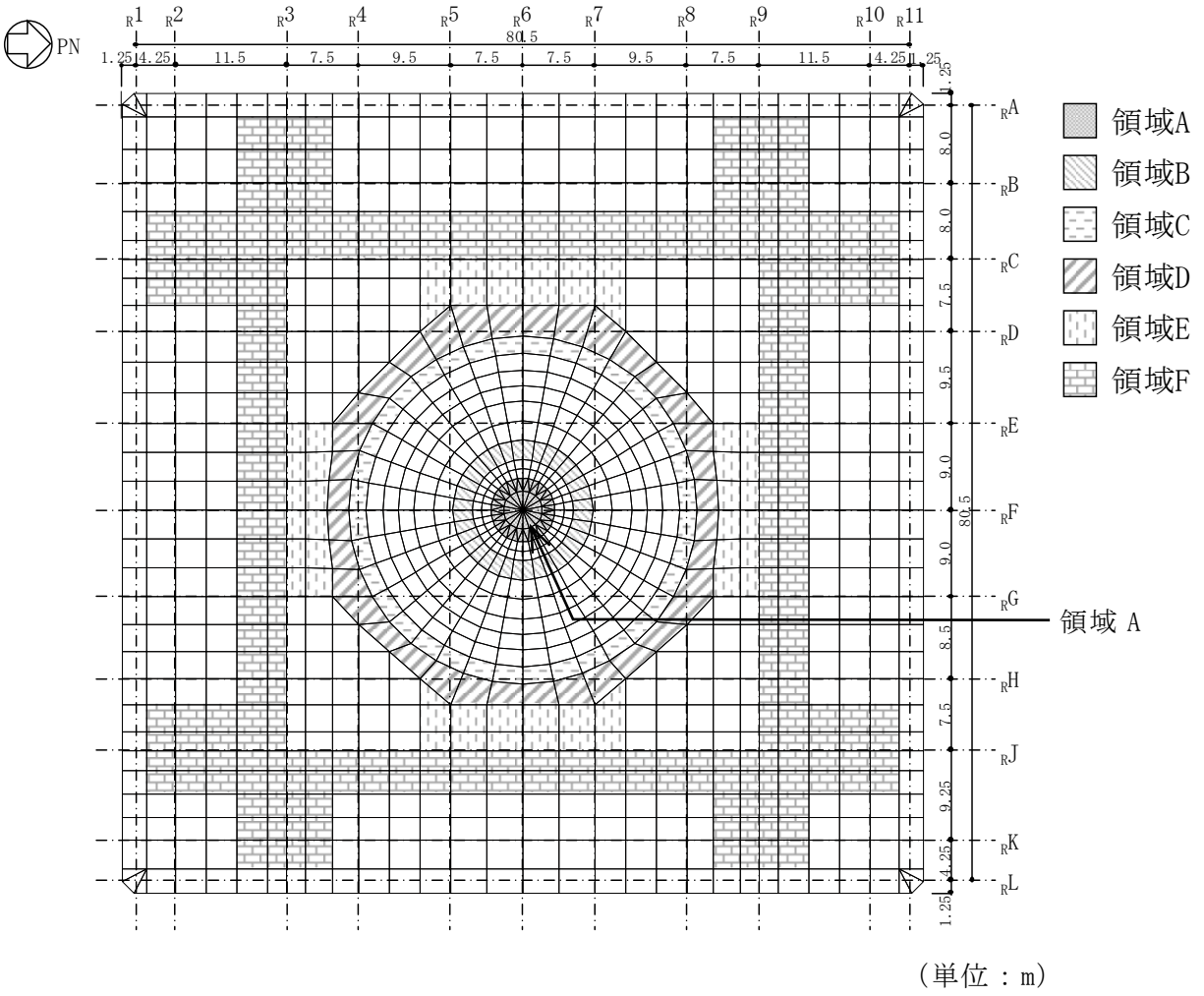


（単位：m）

図 6－8　基礎スラブの配筋領域図（円周方向，下ば筋）

表 6－9　基礎スラブの配筋一覧（せん断補強筋）

	鉄筋	ピッチ	断面積 (mm^2/m)
領域A	D32	@520×@520	2937
領域B	D32	@400×72/周	3138
領域C	D32	@200×216/周	7565
領域D	D32	@200×216/周	6826
領域E	D32	@600×@400	3309
領域F	D32	@600×@600	2206



（単位：m）

図 6－9　基礎スラブの配筋領域図（せん断補強筋）

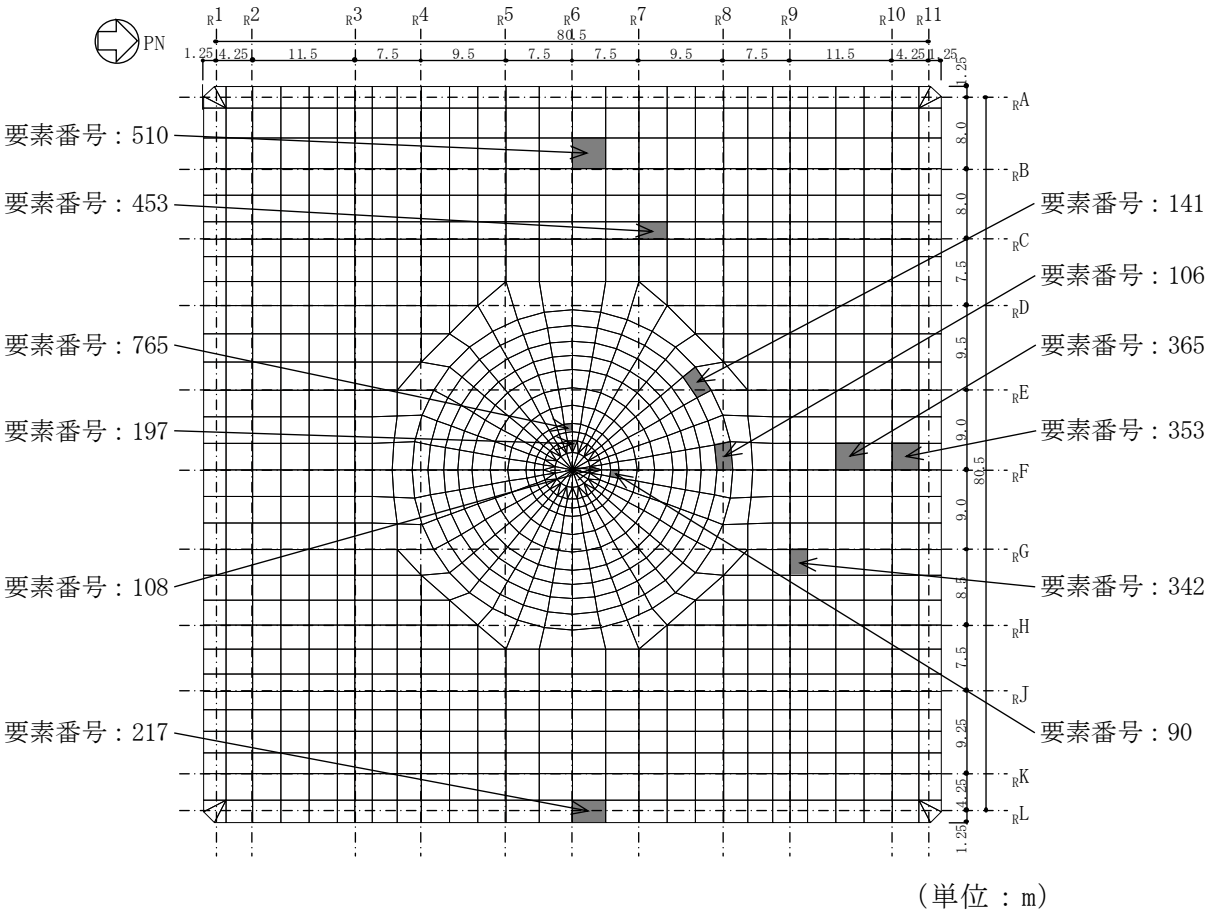


図 6－10　最大値発生位置

表 6－10　最大値一覧

項目	方向	要素番号	荷重ケース	解析結果	許容限界
コンクリート 最大圧縮ひずみ ($\times 10^{-6}$)	NS	365	1	304	3000
	EW	510	5	308	3000
	半径	106	1	530	3000
	円周	765	6	183	3000
鉄筋最大ひずみ ($\times 10^{-6}$)	NS	217	6	826	5000
	EW	353	3	900	5000
	半径	141	5	1018	5000
	円周	90	3	953	5000
面外せん断力 (kN/m)	NS	342	1	8955	11682
	EW	453	5	8947	11682
	半径	197	5	8093	9977
	円周	108	5	7385	10161

Ⅴ-2-2-17　軽油タンク基礎の地震応答計算書

目　次

1. 概要 …… 1
2. 基本方針 …… 2
2.1 位置 …… 2
2.2 構造概要 …… 3
2.3 解析方針 …… 6
2.4 適用基準 …… 8
3. 解析方法 …… 9
3.1 評価対象断面 …… 9
3.2 解析方法 …… 12
3.2.1 鉄筋コンクリート部材 …… 12
3.2.2 鋼管杭 …… 12
3.2.3 地盤 …… 14
3.2.4 減衰定数 …… 15
3.2.5 地震応答解析の解析ケースの選定 …… 15
3.3 荷重及び荷重の組合せ …… 15
3.3.1 耐震評価上考慮する状態 …… 15
3.3.2 荷重 …… 16
3.3.3 荷重の組合せ …… 16
3.4 入力地震動 …… 17
3.5 解析モデル及び諸元 …… 70
3.5.1 解析モデル …… 70
3.5.2 使用材料及び材料物性値 …… 73
3.5.3 地盤，マンメイドロック及び地盤改良体の物性値 …… 73
3.5.4 地下水位 …… 74
4. 解析結果 …… 75
4.1 Ａ－Ａ断面解析結果 …… 75
4.2 Ｂ－Ｂ断面解析結果 …… 128

1. 概要

本資料は，Ⅴ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施する軽油タンク基礎の地震応答解析について説明するものである。

本地震応答解析は，軽油タンク基礎が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。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り構造物に発生する応答加速度，曲率，断面力及び杭頭に発生する鉛直力とする。

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

2.　基本方針

2.1　位置

軽油タンク基礎の位置図を図 2－1 に示す。

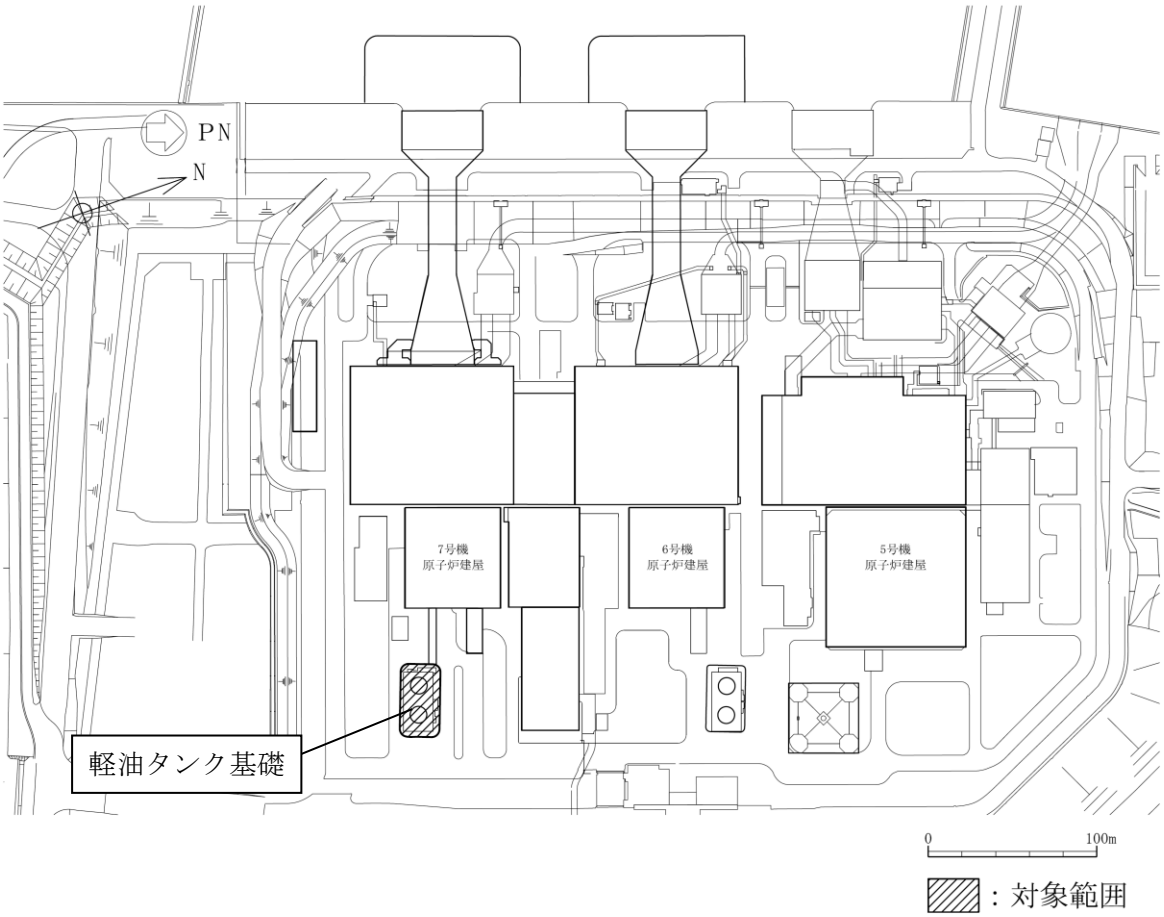
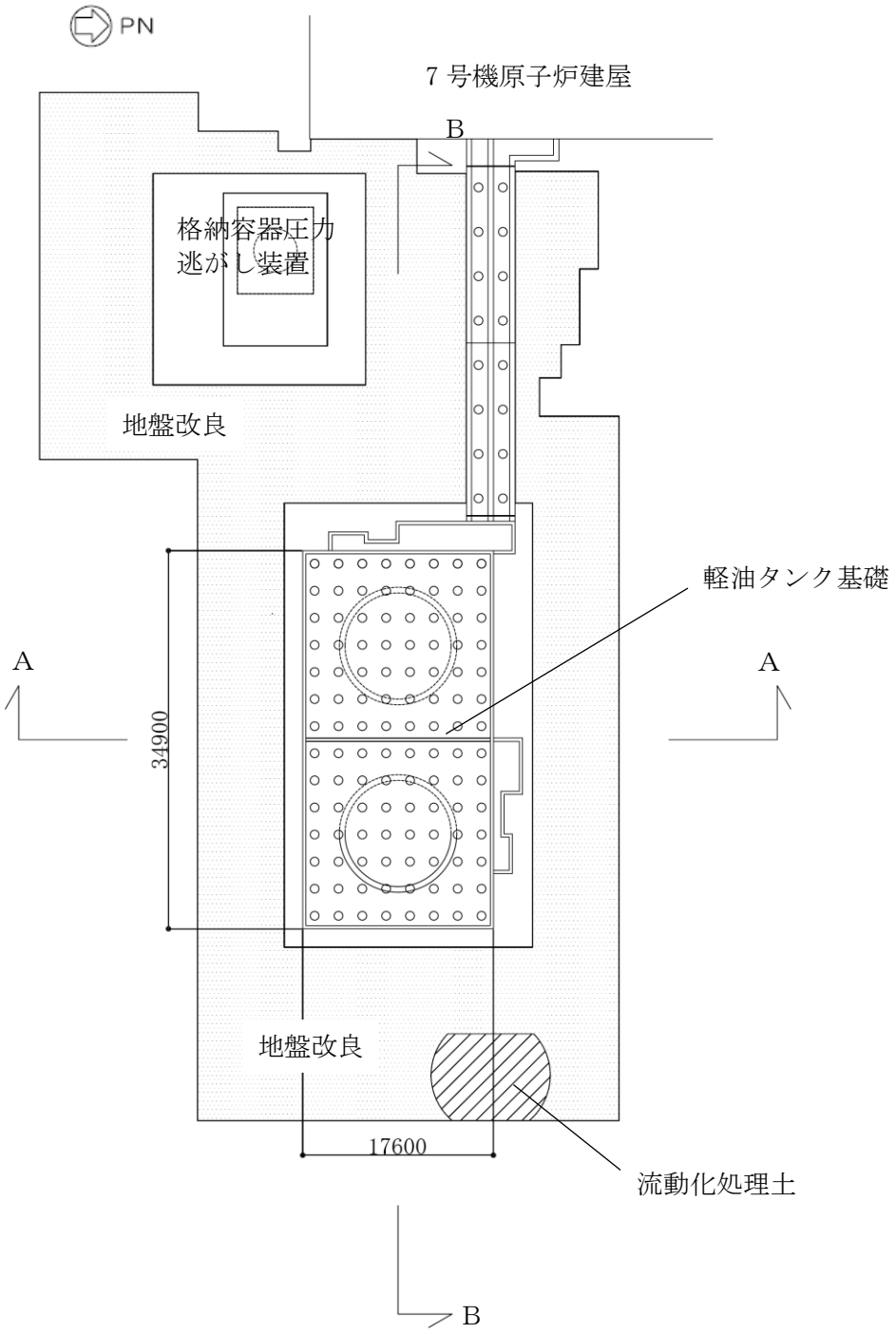


図 2－1　軽油タンク基礎の位置図（全体平面図）

2.2　構造概要

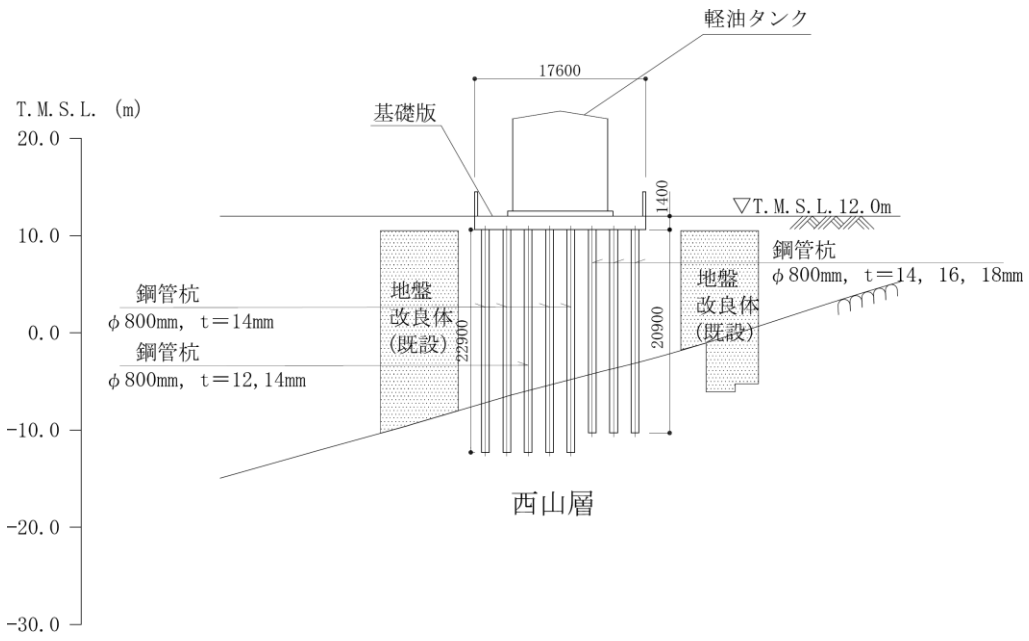
軽油タンク基礎の平面図を図 2－2，断面図を図 2－3 に示す。

軽油タンク基礎は，軽油タンクを間接支持する幅約 18m（NS 方向）×約 35m（EW 方向），高さ約 1.4m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，杭を介して十分な支持性能を有する西山層に支持される。



（単位：mm）

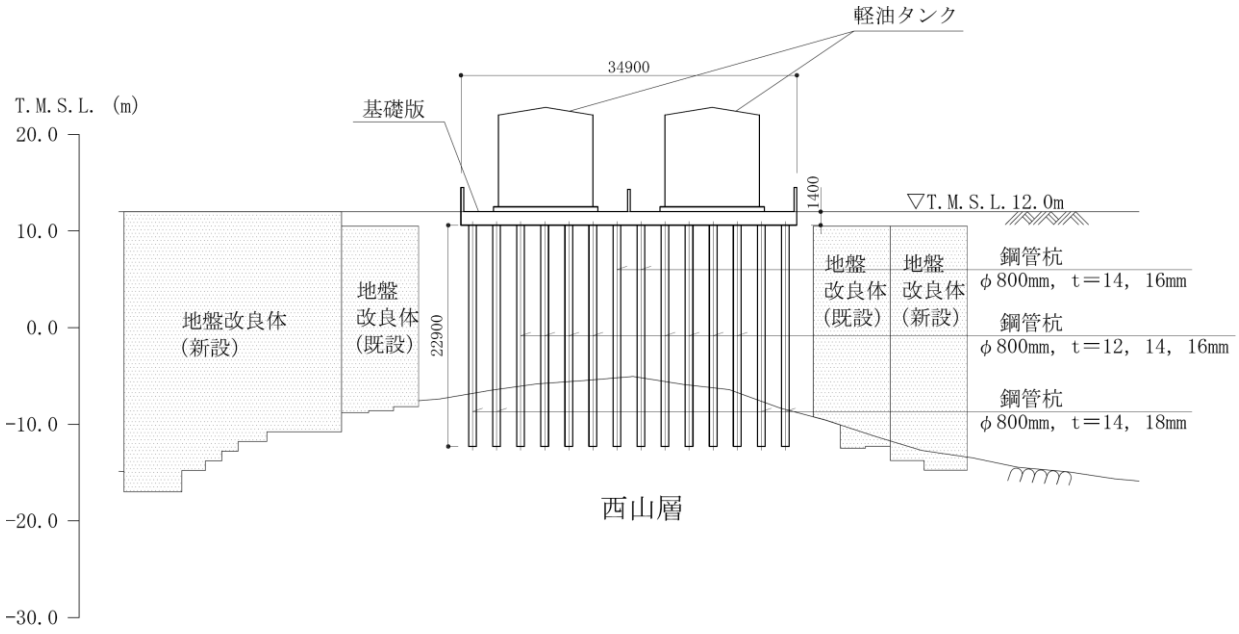
図 2－2　軽油タンク基礎の平面図



（単位：mm）

注 ：東京湾平均海面（以下「T.M.S.L.」という。）

図 2－3（1） 軽油タンク基礎の断面図（Ａ－Ａ断面）



（単位：mm）

図 2－3（2） 軽油タンク基礎の断面図（Ｂ－Ｂ断面）

軽油タンク基礎には，基礎版と剛結された付帯設備が設置されている。付帯設備の配置図を図　2－4 に示す。付帯設備のうち，張出しダクト及び防油堤の一部はＳクラス施設である非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管を，張出し基礎はＳクラス施設である燃料移送ポンプを間接支持する構造物である。

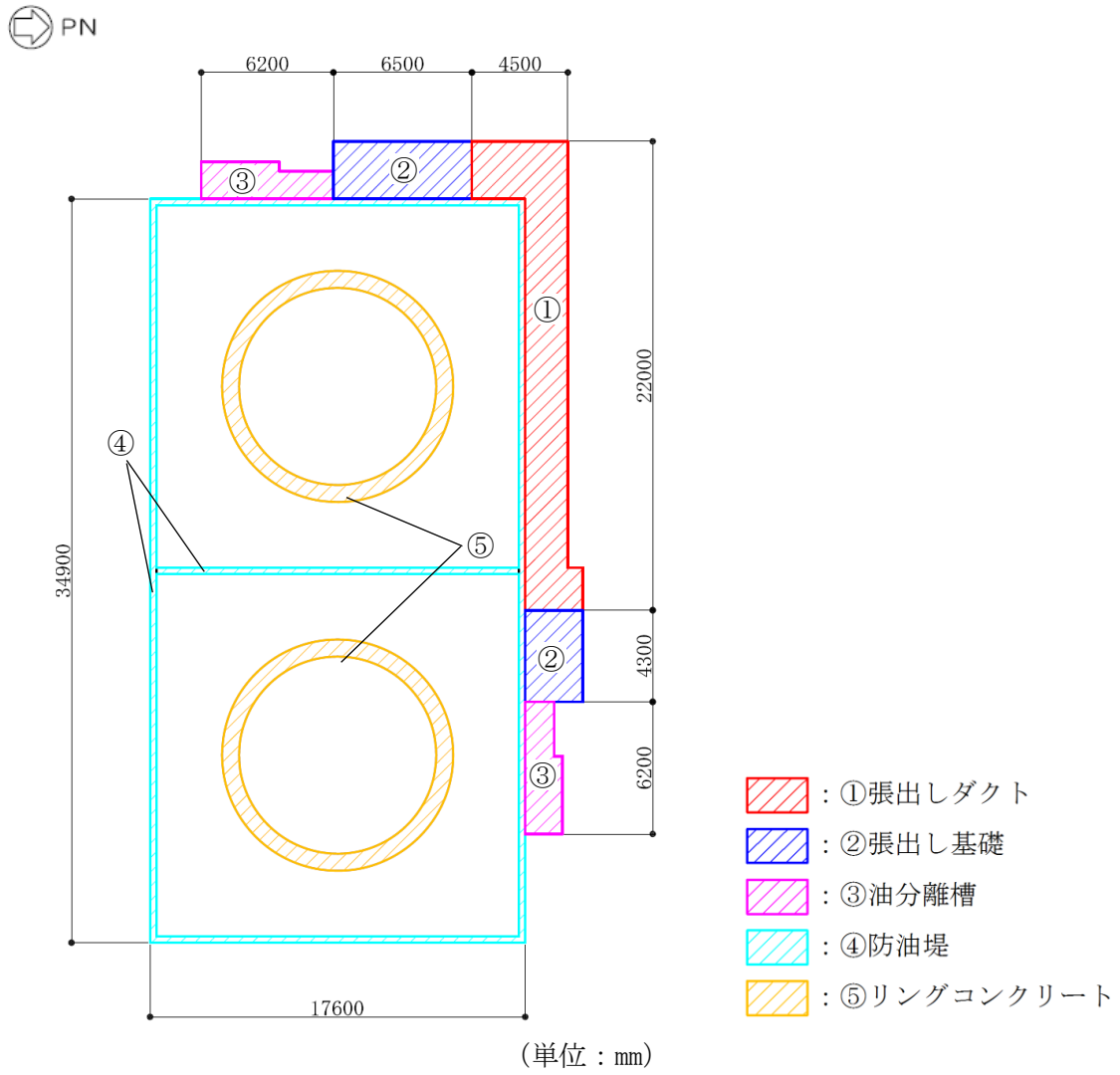


図 2－4　付帯設備の配置図

2.3　解析方針

軽油タンク基礎は，Ⅴ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき，基準地震動Ｓｓ及び弾性設計用地震動Ｓｄに対して地震応答解析を実施する。

地震応答解析においては，地震時の地盤の有効応力の変化に応じた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地盤剛性及び液状化強度特性は，地盤の代表性及び網羅性を踏まえた上で，ばらつき等を考慮して設定する。

構造物及び機器・配管系への応答加速度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。

図 2－5 に軽油タンク基礎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る。

また，地震応答解析による応答値のうち，鋼管杭に生じる曲率，断面力及び杭頭に発生する鉛直力は，鋼管杭の耐震評価及び基礎地盤の支持性能評価に用いる。応答加速度，土水圧及び軽油タンクの断面力は，鉄筋コンクリート部材及び付帯設備の耐震評価に用いる入力荷重の算定に用いる。

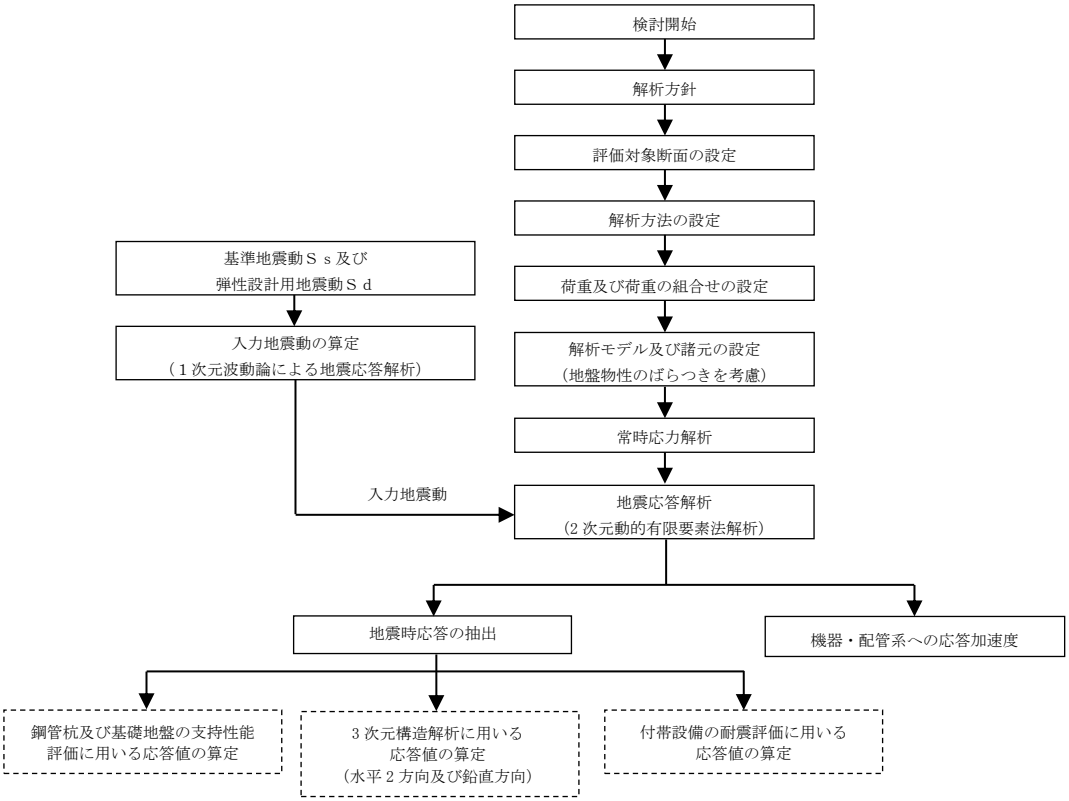


図 2－5　軽油タンク基礎の地震応答解析フロー

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］（土木学会，2002 年制定）

・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005年）

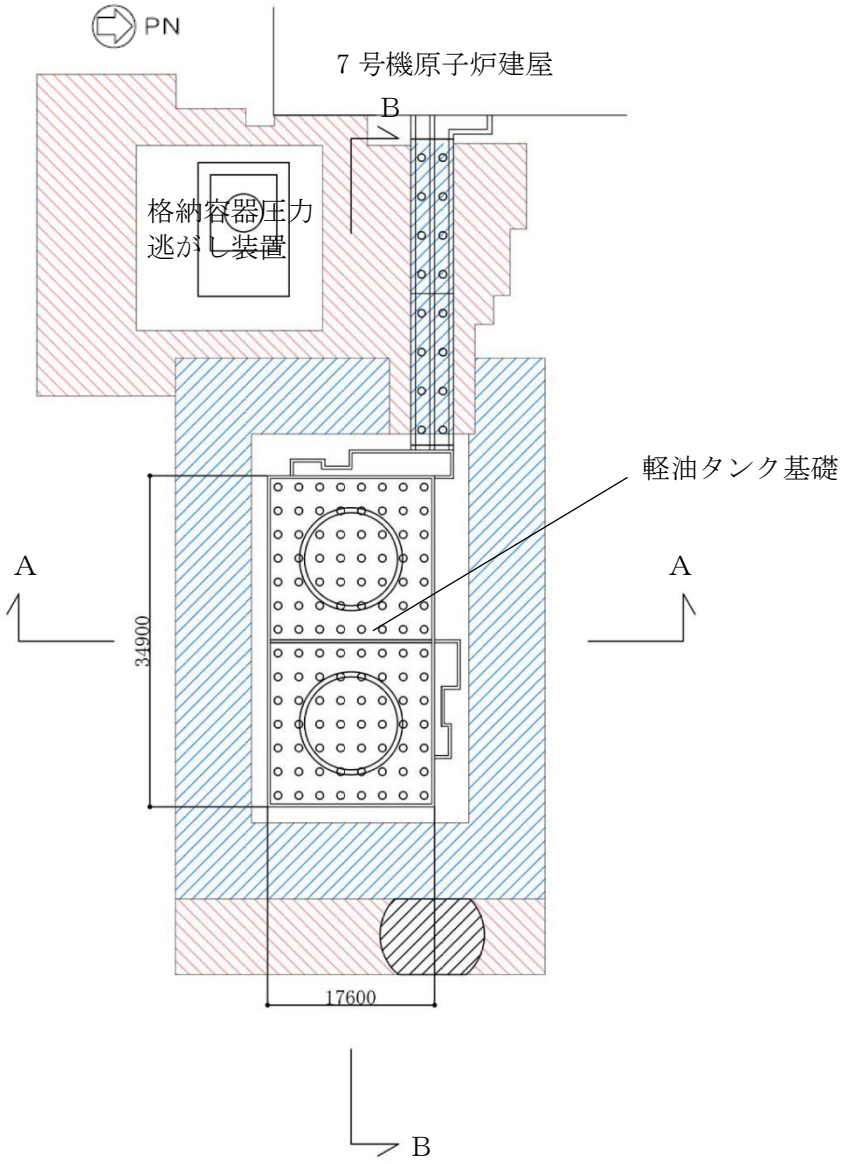
・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（日本電気協会）

3. 解析方法

3.1 評価対象断面

軽油タンク基礎の評価対象断面位置を図 3－1 に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面及び機器・配管系の床応答抽出断面は，図 3－1 のＡ－Ａ断面及びＢ－Ｂ断面とする。

評価対象断面図を図 3－2 に示す。

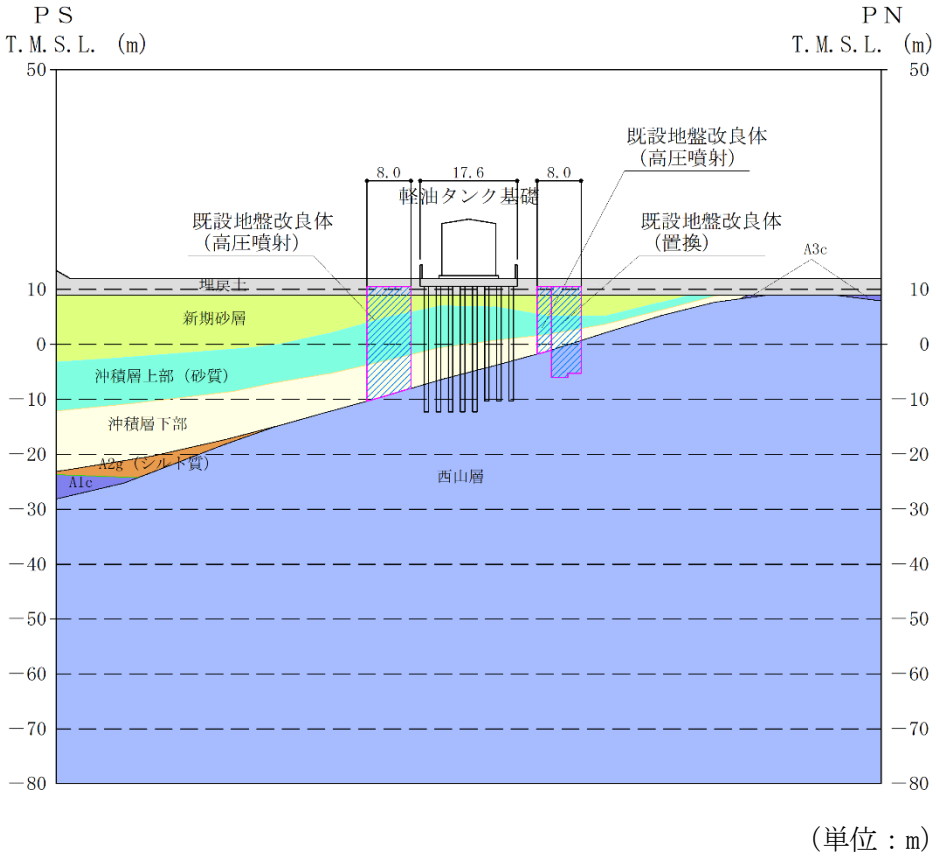


（単位：mm）

既設／新設	凡例	地 盤 改 良 工 法
既設地盤改良体		置換(CD掘削)
新設地盤改良体		置換(CD掘削)

注 ：置換工法(CD 掘削)の施工範囲の内，地上構造物及び埋設構造物がある箇所では，高圧噴射または置換（開削）を適用

図 3－1 軽油タンク基礎の評価対象断面位置図

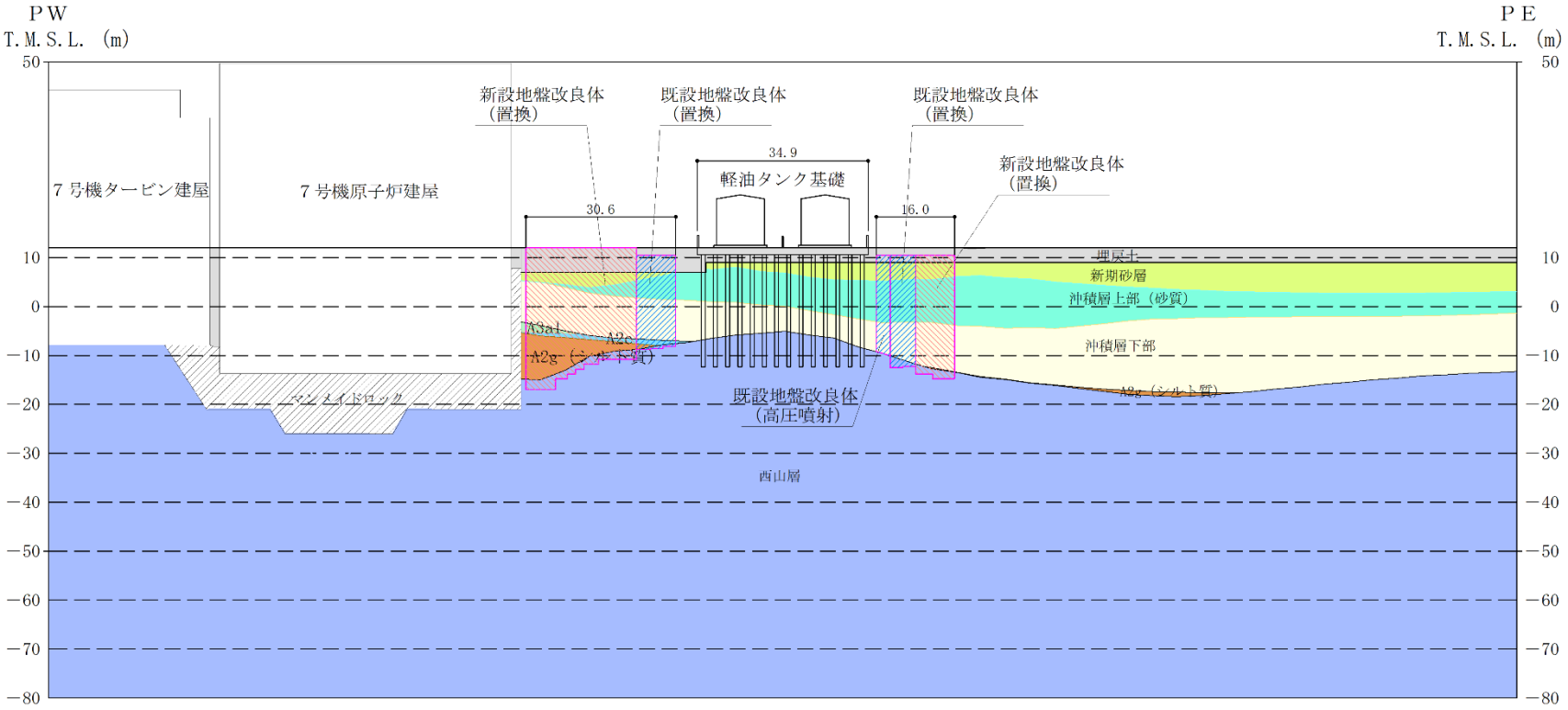


（単位：m）

既設／新設	凡例	地 盤 改 良 工 法
既設地盤改良体		置換(CD掘削)
新設地盤改良体		置換(CD掘削)

注 ：置換工法(CD 掘削)の施工範囲の内，地上構造物及び埋設構造物がある箇所では，高圧噴射または置換（開削）を適用

図 3－2（1） 軽油タンク基礎の評価対象断面図（Ａ－Ａ断面）



(単位：m)

既設／新設	凡例	地盤改良工法
既設地盤改良体		置換(CD掘削)
新設地盤改良体		置換(CD掘削)

注 ：置換工法(CD掘削)の施工範囲の内，地上構造物及び埋設構造物がある箇所では，高圧噴射または置換（開削）を適用

図 3−2 (2) 軽油タンク基礎の評価対象断面図（Ｂ－Ｂ断面）

3.2　解析方法

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

地震応答解析は，構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元動的有限要素法解析を用いて，基準地震動Ｓｓ又は弾性設計用地震動Ｓｄ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。軽油タンク基礎を構成する部材のうち，鉄筋コンクリート部材については線形平面ひずみ要素で，鋼管杭については非線形はり要素でモデル化する。非線形はり要素の非線形特性については鋼管杭のM－φ関係を適切にモデル化する。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」を使用する。

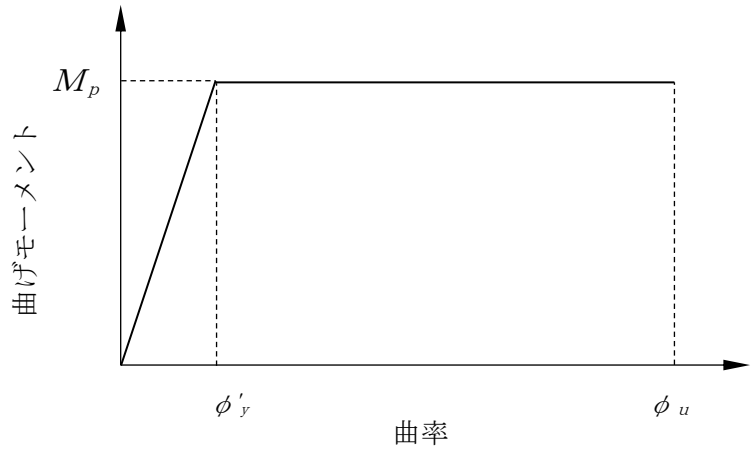
なお，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2.1　鉄筋コンクリート部材

鉄筋コンクリート部材は，線形平面ひずみ要素でモデル化する。

3.2.2　鋼管杭

鋼管杭は，非線形はり要素でモデル化し，図　3－3及び図　3－4に示す非線形性を考慮する。

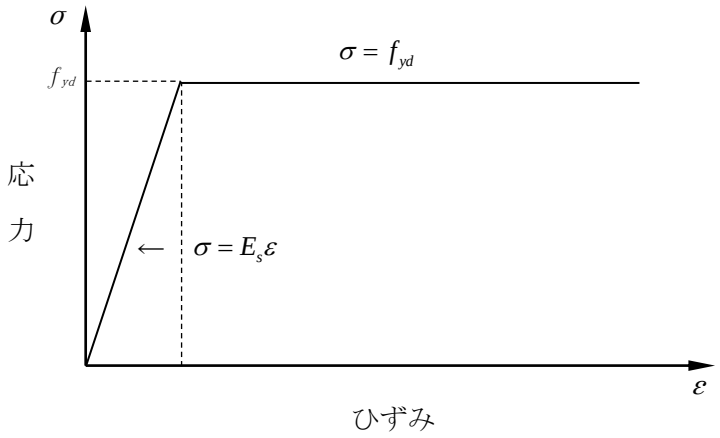


M_p　：終局時の曲げ強度（全塑性モーメント）

ϕ'_y　：全塑性モーメントに至る時の曲率

ϕ_u　：局部座屈が発生する時の曲率

図 3－3　鋼管杭のM－φ関係



f_{yd}：鋼材の降伏応力

E_S ：鋼材のヤング係数

図 3－4　鋼管杭の応力－ひずみ関係

3.2.3　地盤

地盤については，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双曲線モデル（H-D モデル）を用いる。

また，地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特性のばらつきの影響を考慮するため，表 3－1 に示す解析ケース（①～⑤）を設定する。

表 3－1　耐震評価における解析ケース

	①	②	③	④	⑤
解析ケース	基本ケース	地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき（－1σ）を考慮した解析ケース	非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	地盤剛性（平均値）	地盤剛性（＋1σ）	地盤剛性（－1σ）	地盤剛性（平均値）	地盤剛性（＋1σ）
液状化強度特性の設定	液状化強度特性（－1σ）	液状化強度特性（－1σ）	液状化強度特性（－1σ）	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため，地表付近で地下水面をまたぐ地層（埋戻土及び新期砂層）のばらつきは，初期せん断弾性係数と有効拘束圧の関係から初期せん断弾性係数の標準偏差σを用いて，せん断波速度のばらつきとして設定する。地下水以深の飽和土層（沖積層及び古安田層）のばらつきは，各地層の PS 検層の結果からせん断波速度の標準偏差σを求め，せん断波速度のばらつきとして設定する（解析ケース②，③，⑤）。

地盤の液状化強度特性は，代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し，液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と，その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて，液状化強度特性を（－1σ）にて設定する（解析ケース①，②，③）。

また，構造物及び機器・配管系への応答加速度に対する保守的な配慮として，地盤の非液状化の条件を仮定した解析ケースを設定する（解析ケース④，⑤）。

上記の地盤剛性及び液状化強度特性の設定を組み合わせた解析ケース（①～⑤）を実施することにより，地盤物性のばらつきの影響を網羅的に考慮する。

3.2.4　減衰定数

減衰特性は，柏崎刈羽原子力発電所における新潟県中越沖地震の地震記録を入力波とした再現解析等を踏まえ，Rayleigh 減衰として，α＝0，β＝0.005 を設定する。

3.2.5　地震応答解析の解析ケースの選定

(1)　耐震評価における解析ケース

耐震評価においては，全ての基準地震動Ｓｓに対し，解析ケース①（基本ケース）を実施する。また，解析ケース①において，曲げ軸力，せん断力及び基礎地盤の支持性能の全ての評価項目について，各照査値が最も厳しい地震動を用い，解析ケース②～⑤を実施する。最も厳しい照査値の選定は，照査値 1.0 に対して 2 倍の余裕となる照査値 0.5 以上を相対的に厳しい地震動の選定の目安として実施する。なお，解析ケースの結果を踏まえ，さらに照査値が大きくなる可能性がある場合は，追加解析を実施する。

(2)　機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース

機器・配管系に対する応答加速度の抽出においては，全ての基準地震動Ｓｓ及び弾性設計用地震動Ｓｄに対し，解析ケース③～⑤を実施する。

3.3　荷重及び荷重の組合せ

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

3.3.1　耐震評価上考慮する状態

軽油タンク基礎の地震応答解析において，地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1)　運転時の状態

発電用原子炉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

Ⅴ-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちⅤ-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷防止に関する基本方針」に基づく積雪を考慮する。

(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

軽油タンク基礎の地震応答解析において，考慮する荷重を以下に示す。

(1)　固定荷重（G）

固定荷重として，躯体自重を考慮する。

(2)　積載荷重（P）

積載荷重として，付帯設備自重，機器・配管荷重，土圧及び水圧による荷重並びに積雪荷重を考慮する。

(3)　地震荷重（Ｓｓ）

基準地震動Ｓｓによる荷重を考慮する。

(4)　地震荷重（Ｓｄ）

弾性設計用地震動Ｓｄによる荷重を考慮する。

3.3.3　荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3－2 に示す。

表 3－2　荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時（Ｓｓ）	Ｇ＋Ｐ＋Ｓｓ
地震時（Ｓｄ）＊	Ｇ＋Ｐ＋Ｓｄ

Ｇ　：固定荷重

Ｐ　：積載荷重

Ｓｓ，Ｓｄ：地震荷重

注記＊　：機器・配管系の耐震設計に用いる入力地震動の算定のための地震応答解析に適用する。

3.4　入力地震動

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

地震応答解析に用いる入力地震動は，解放基盤表面で定義される基準地震動Ｓｓ又は弾性設計用地震動Ｓｄ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。

図 3－5 に入力地震動算定の概念図を，図 3－6 及び図 3－7 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「ＳＬＯＫ」を使用する。

解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

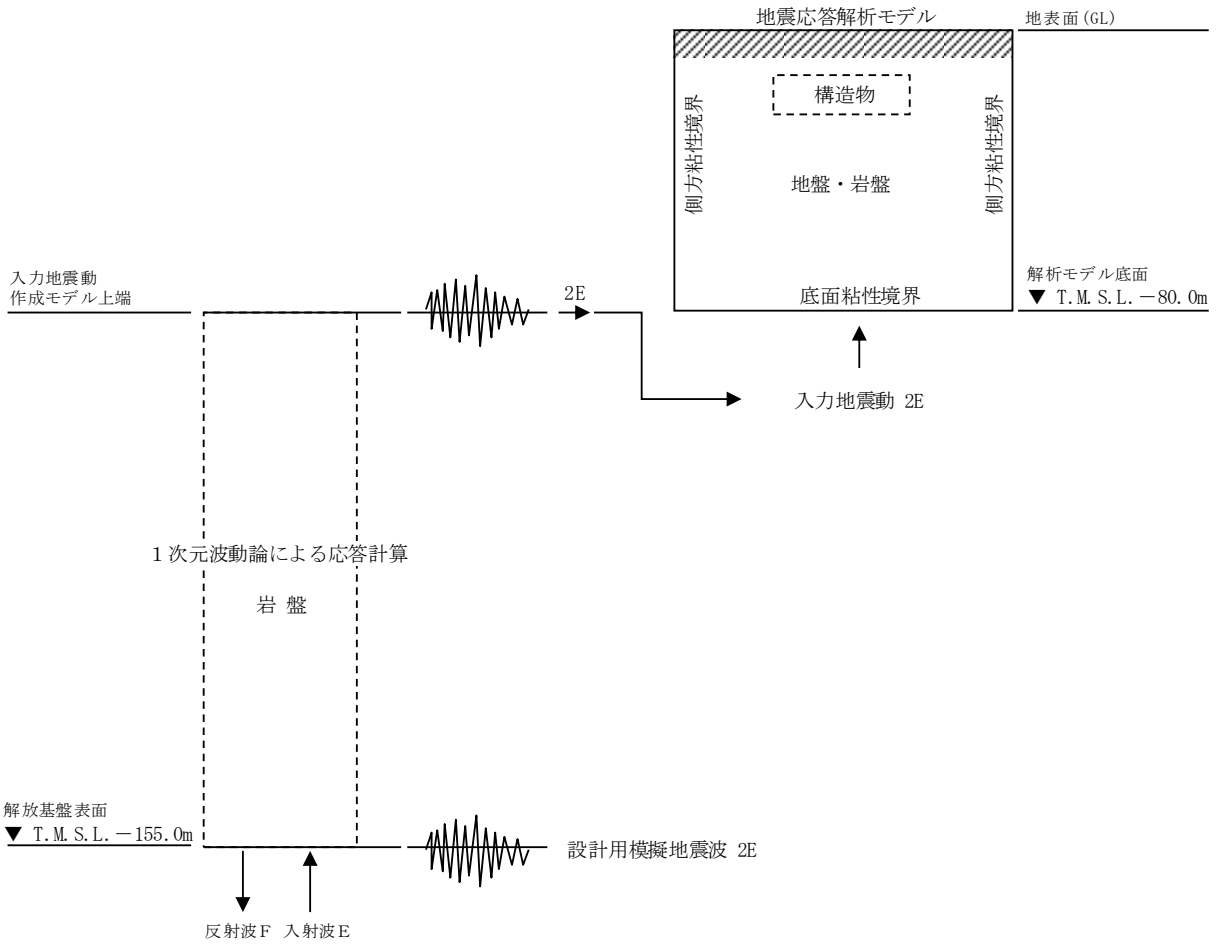
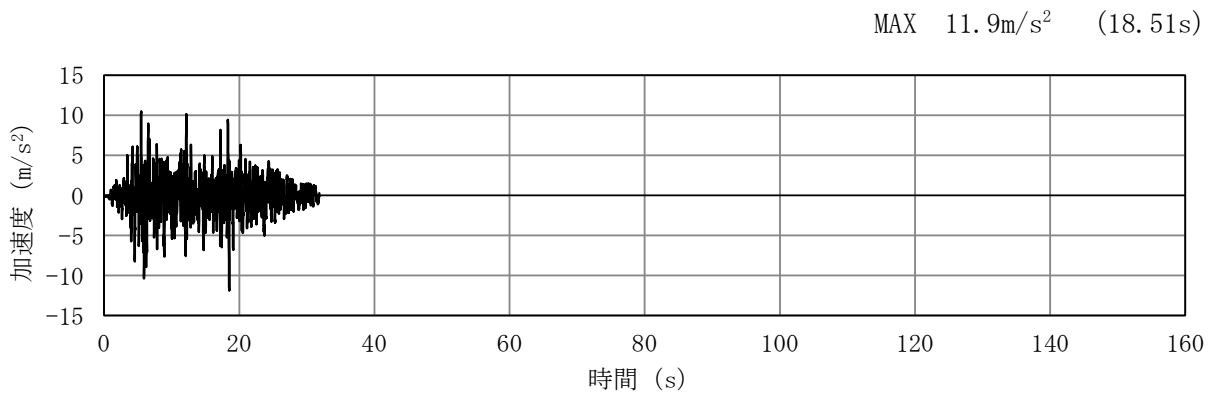
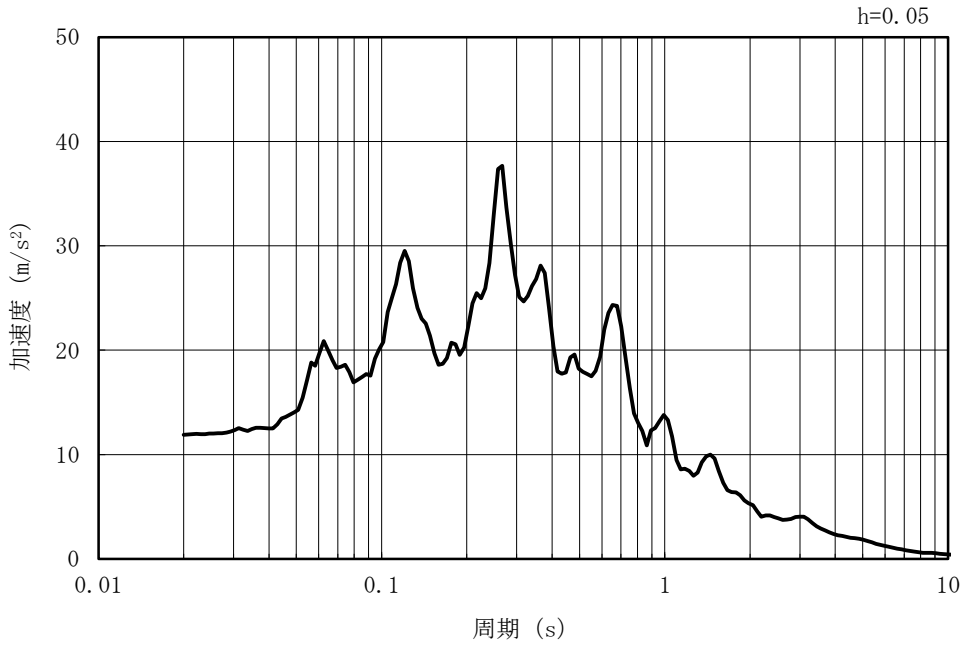


図 3－5　入力地震動算定の概念図

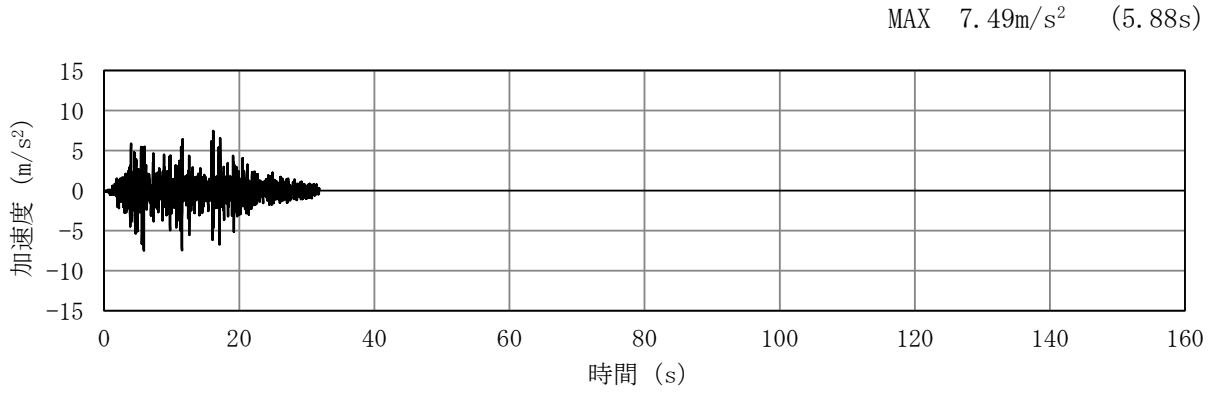


(a) 加速度時刻歴波形

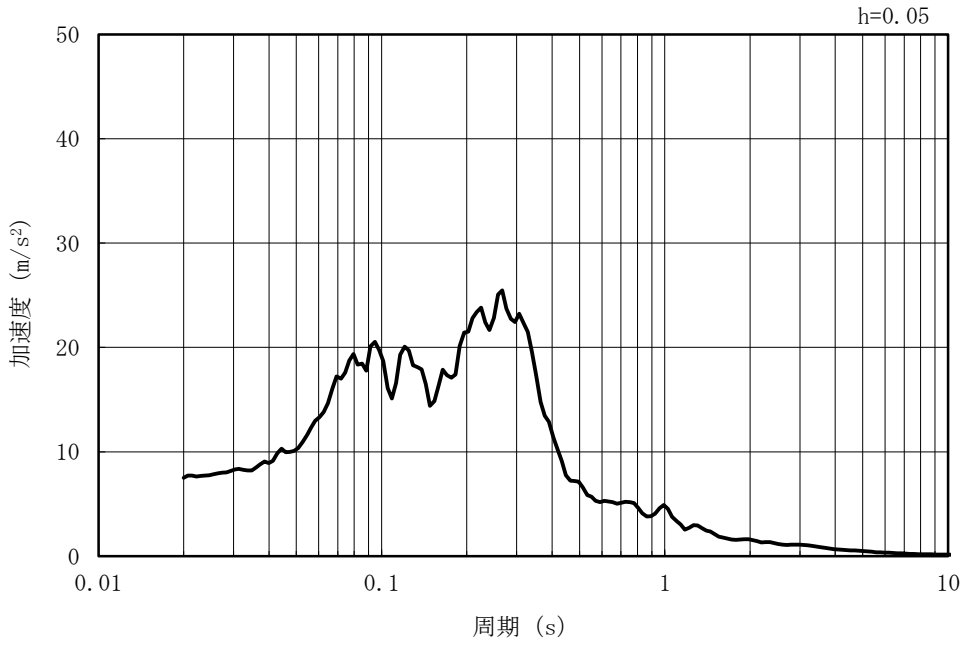


(b) 加速度応答スペクトル

図 3−6 (1) 入力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-1)

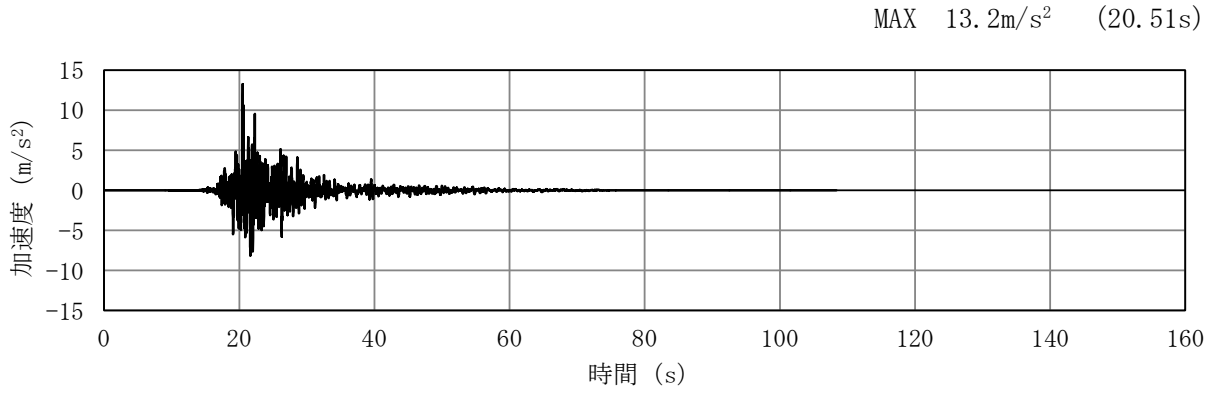


(a)　加速度時刻歴波形

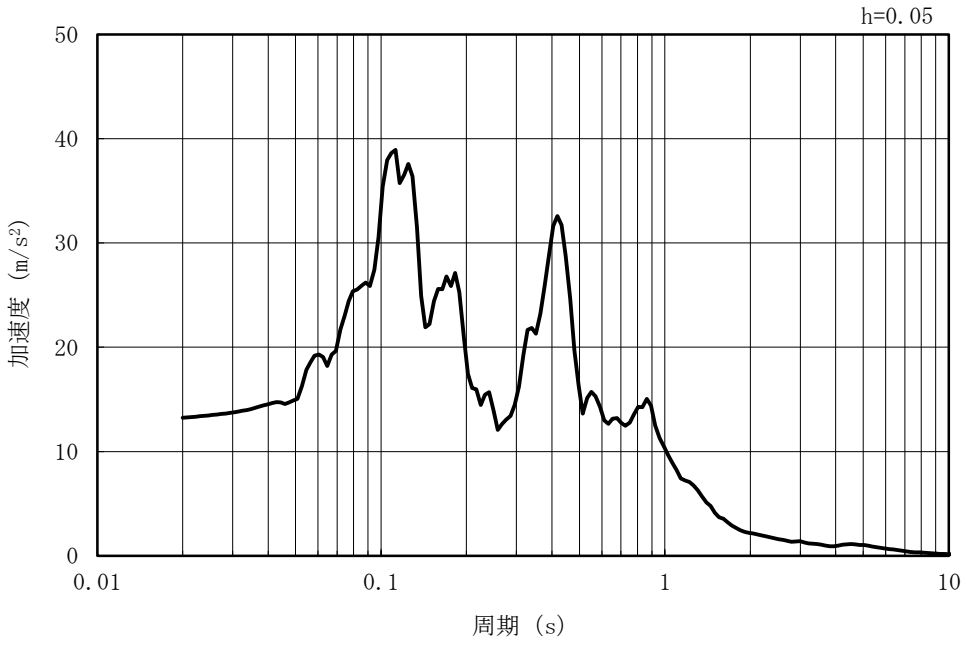


(b)　加速度応答スペクトル

図 3－6 (2)　入力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-1）

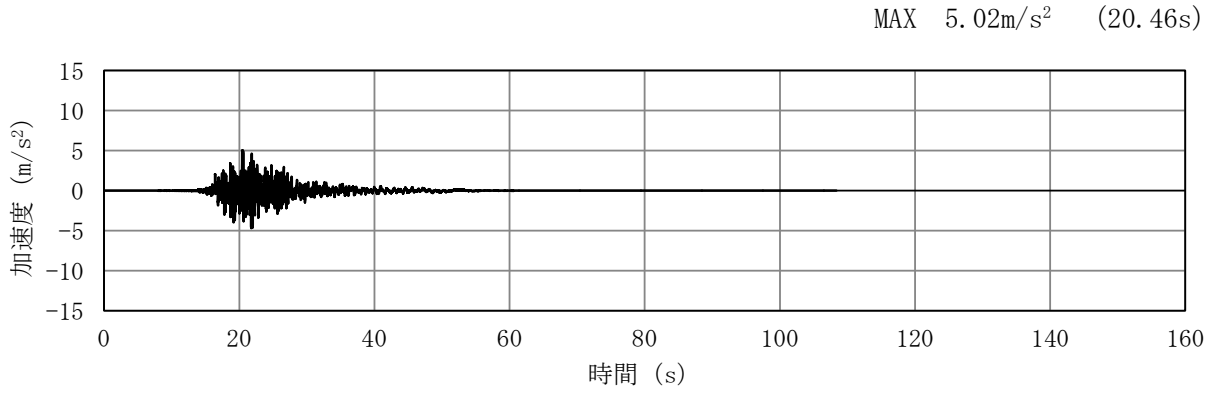


(a)　加速度時刻歴波形

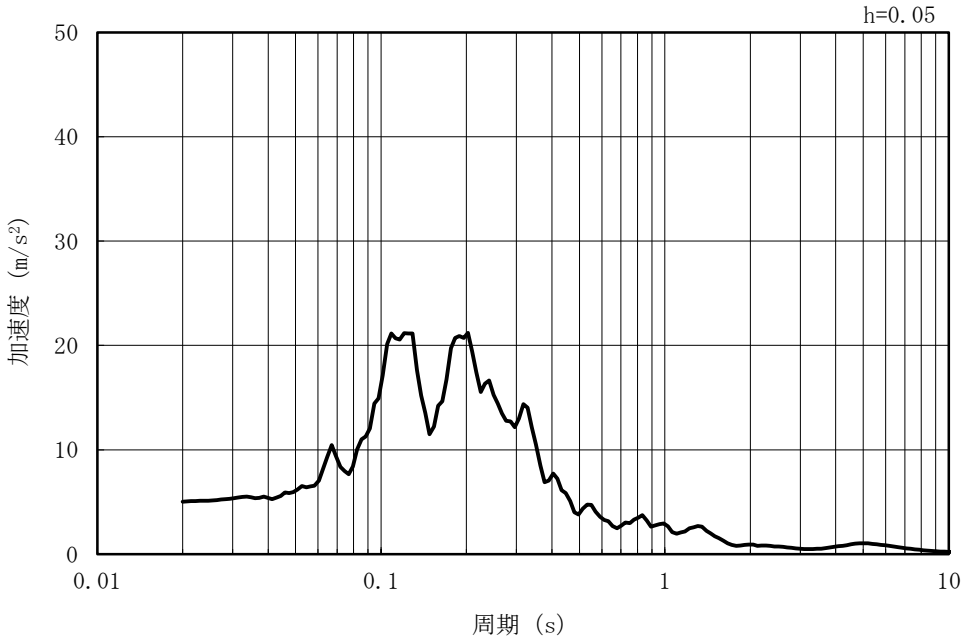


(b)　加速度応答スペクトル

図 3－6 (3)　入力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-2EW）

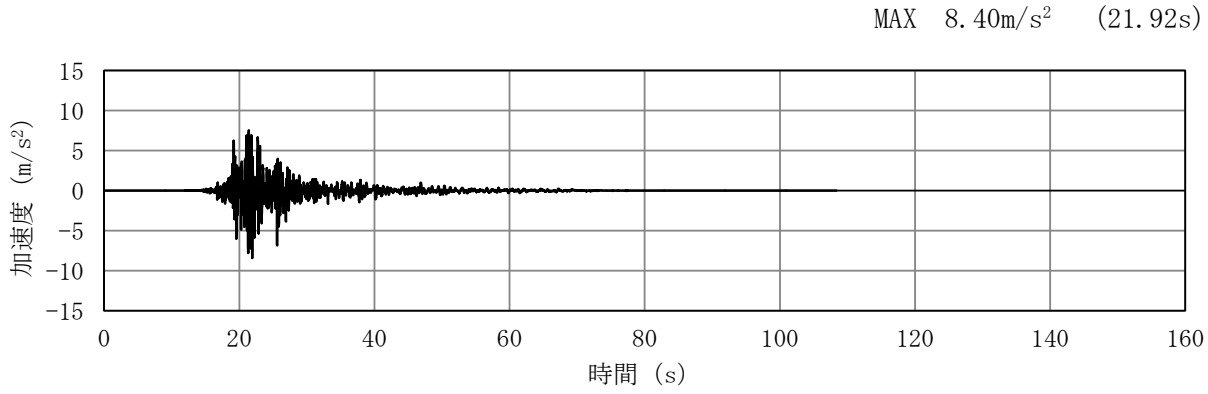


(a)　加速度時刻歴波形

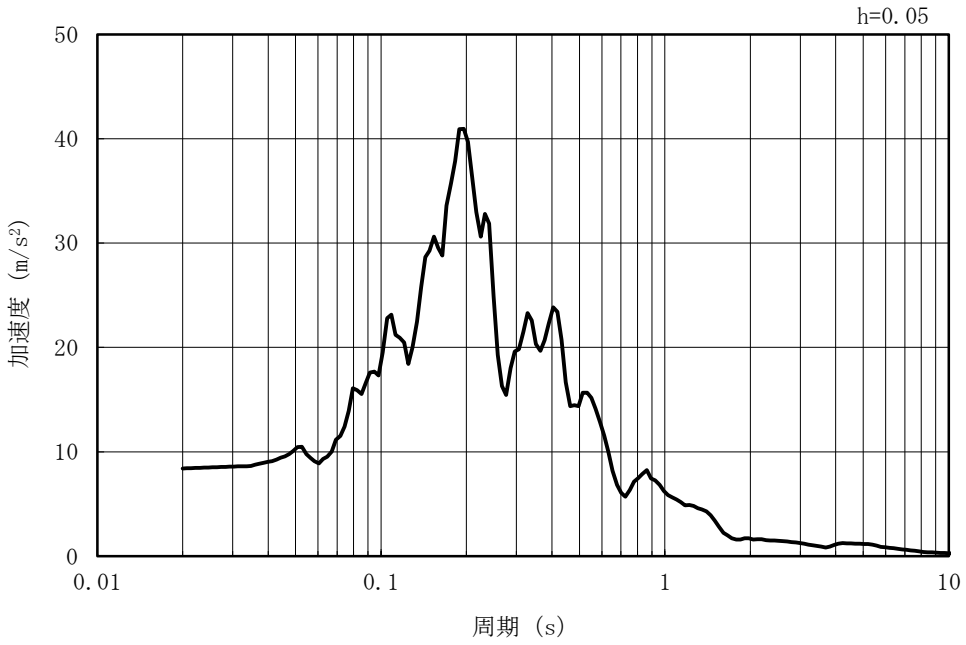


(b)　加速度応答スペクトル

図 3－6 (4)　入力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-2EW)

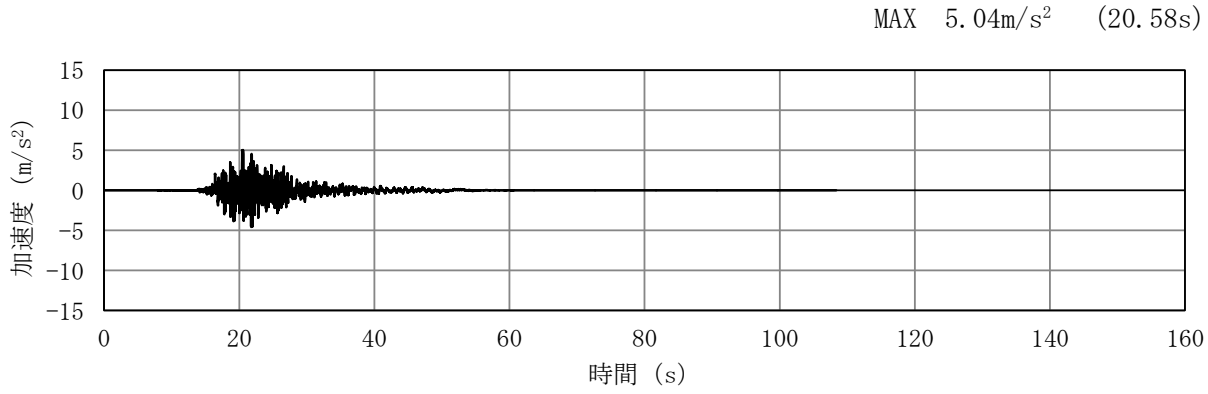


(a)　加速度時刻歴波形

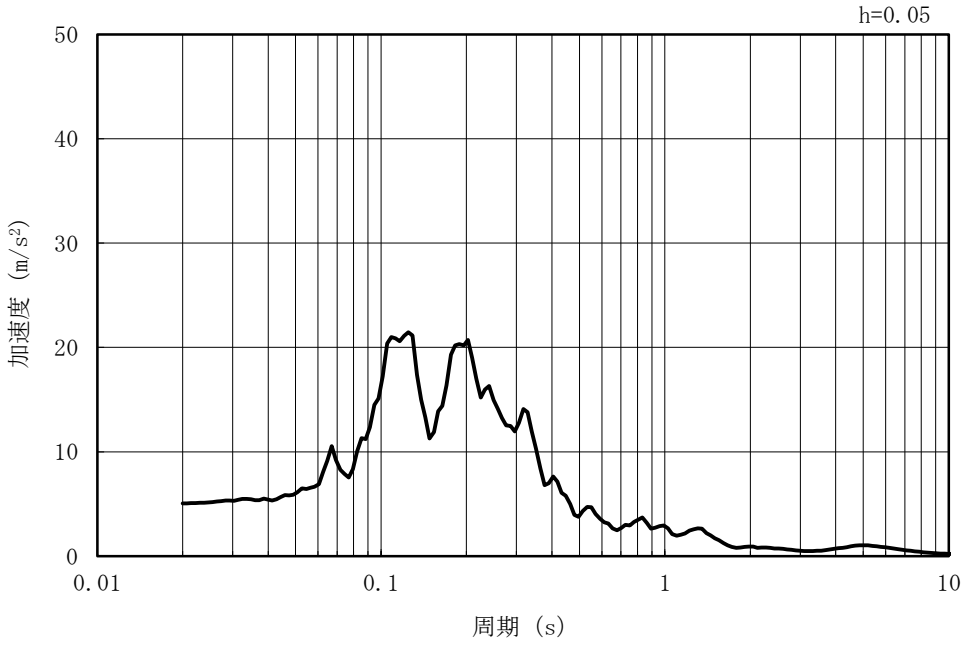


(b)　加速度応答スペクトル

図 3－6 (5)　入力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-2NS）

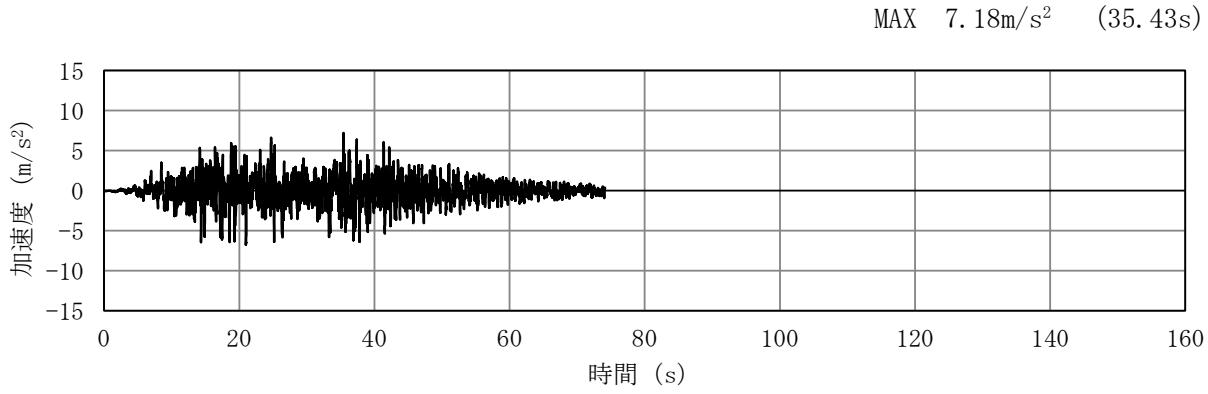


(a)　加速度時刻歴波形

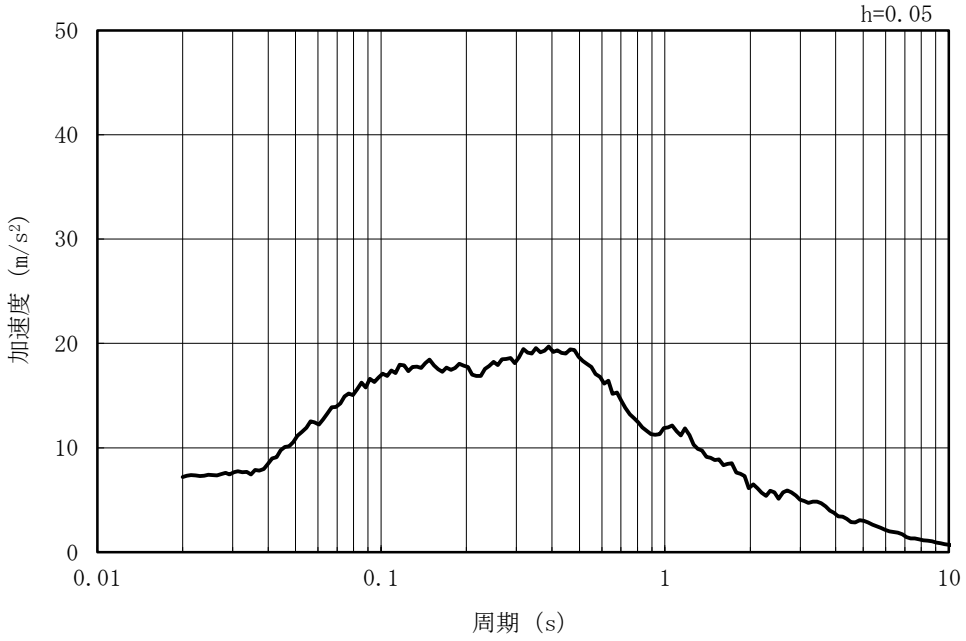


(b)　加速度応答スペクトル

図 3－6 (6)　入力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-2NS)

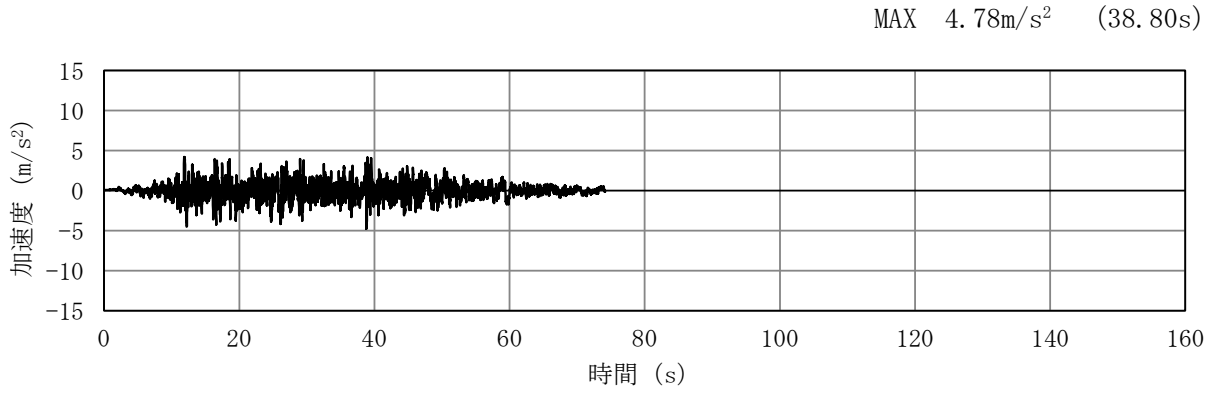


(a)　加速度時刻歴波形

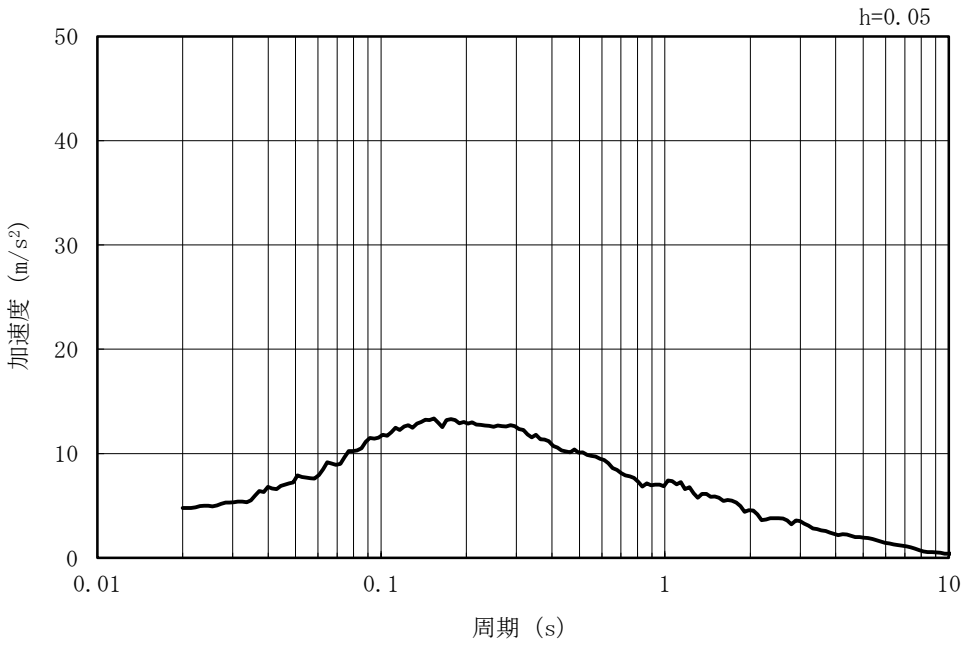


(b)　加速度応答スペクトル

図 3－6（7）　入力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-3）

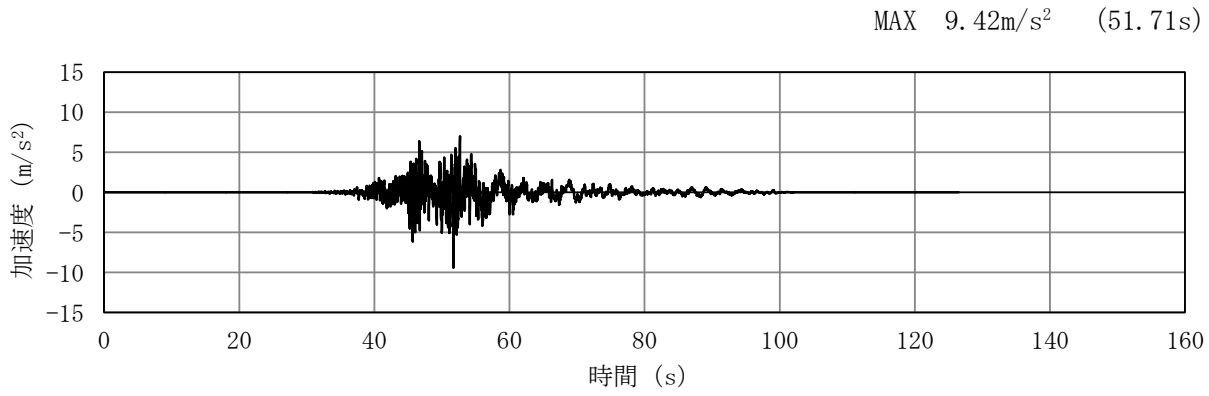


(a)　加速度時刻歴波形

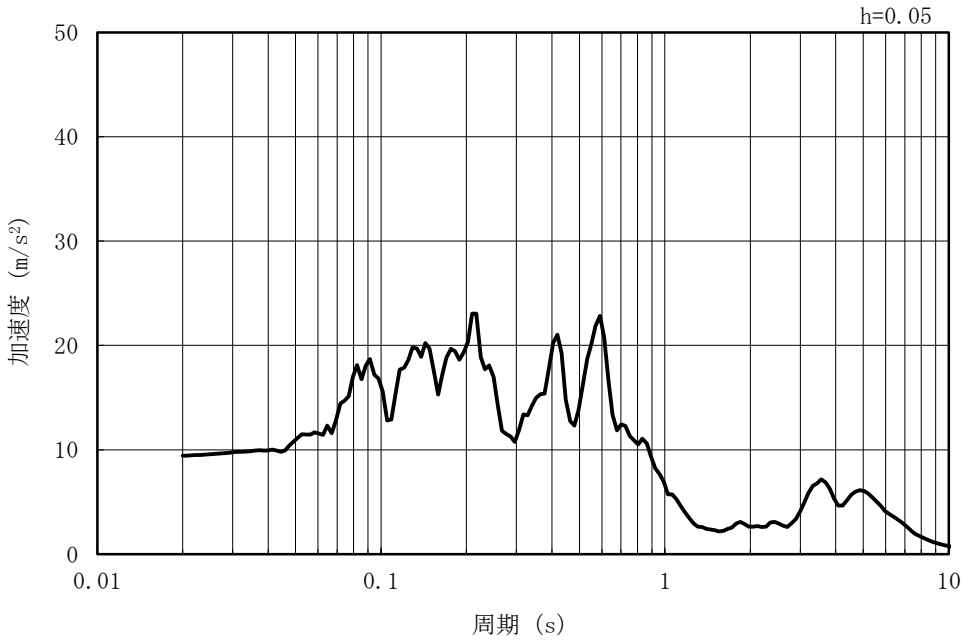


(b)　加速度応答スペクトル

図 3－6 (8)　入力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-3）

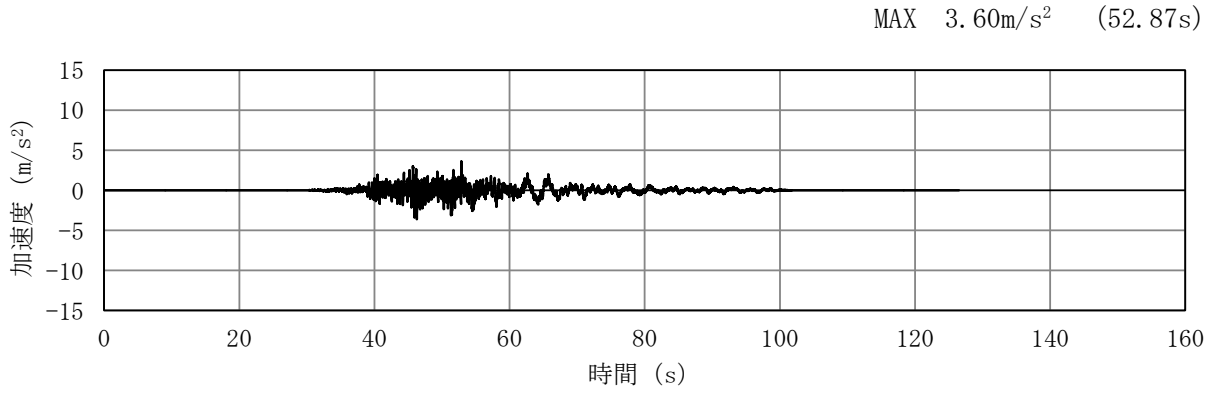


(a)　加速度時刻歴波形

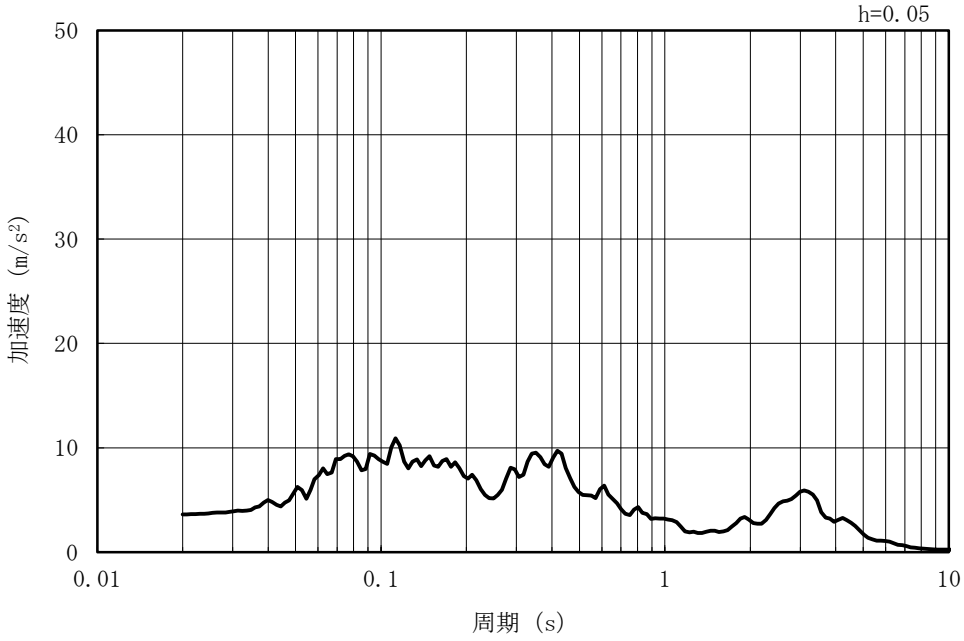


(b)　加速度応答スペクトル

図 3－6 (9)　入力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-4EW)

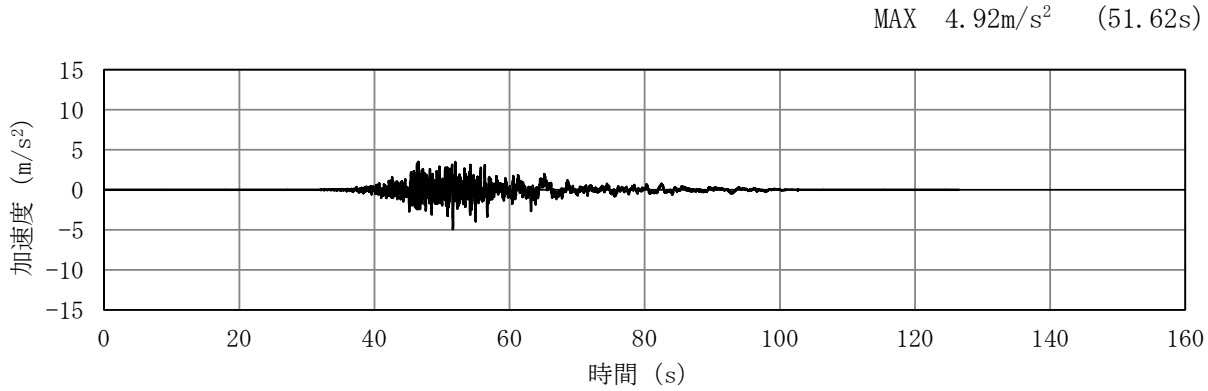


(a)　加速度時刻歴波形

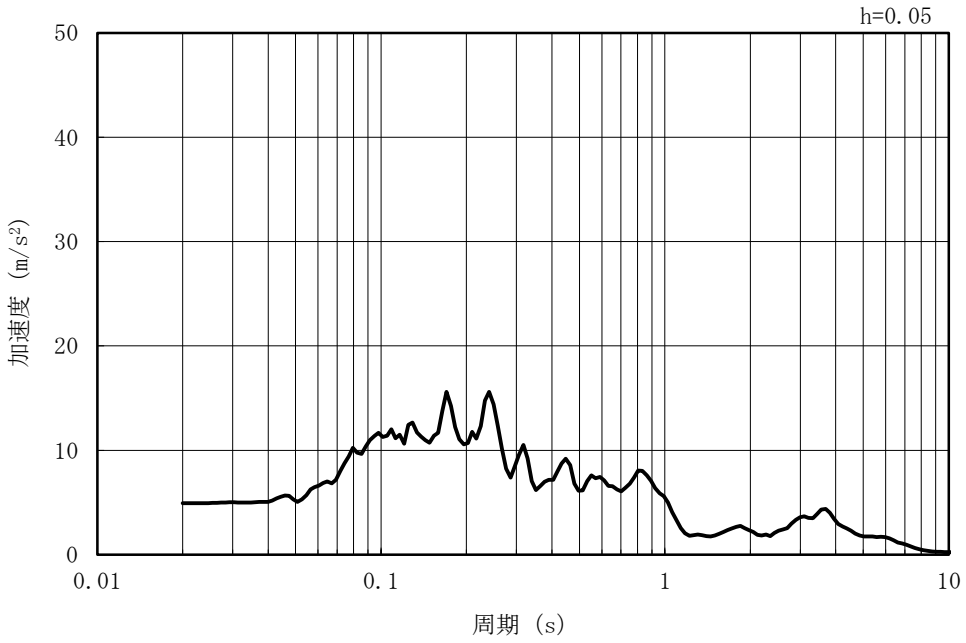


(b)　加速度応答スペクトル

図 3－6（10）　入力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-4EW）

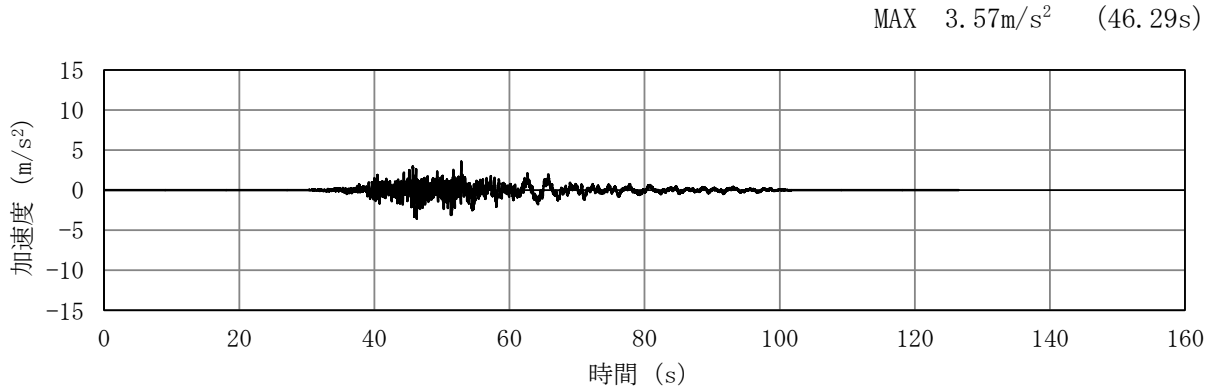


(a) 加速度時刻歴波形

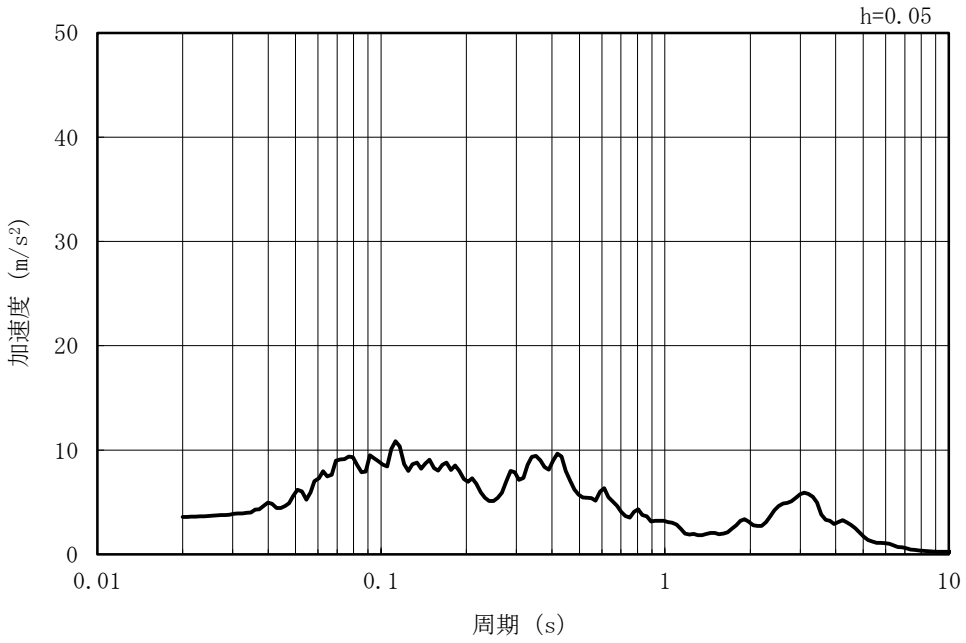


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（11） 入力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-4NS）

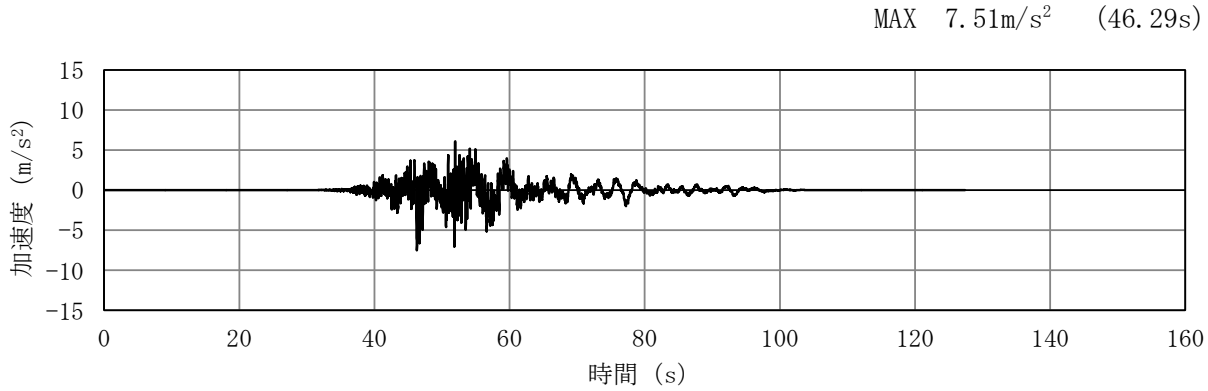


(a)　加速度時刻歴波形

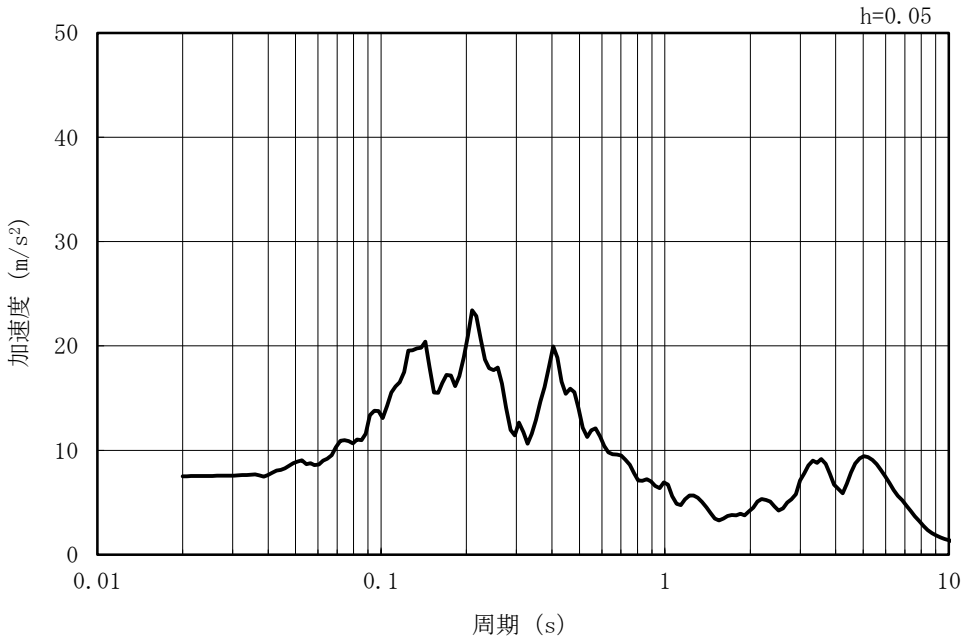


(b)　加速度応答スペクトル

図 3－6（12）　入力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-4NS）

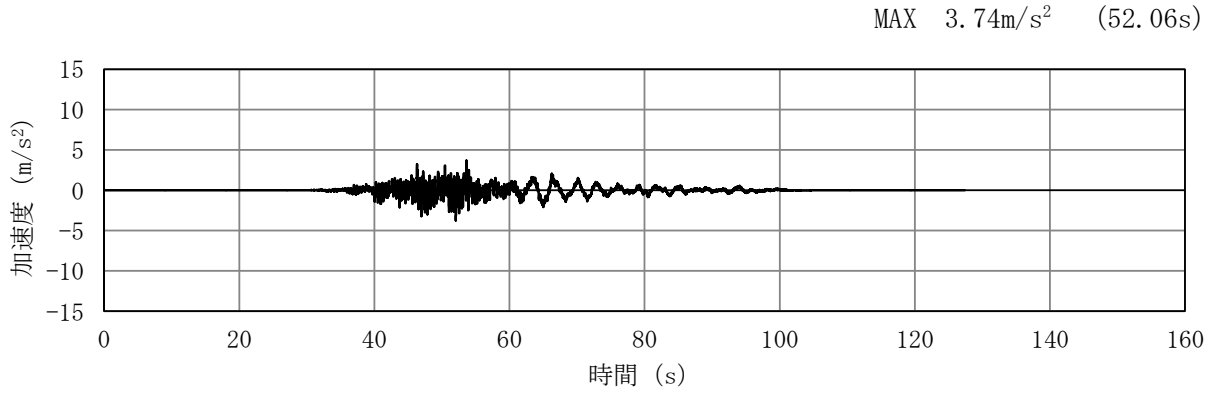


(a) 加速度時刻歴波形

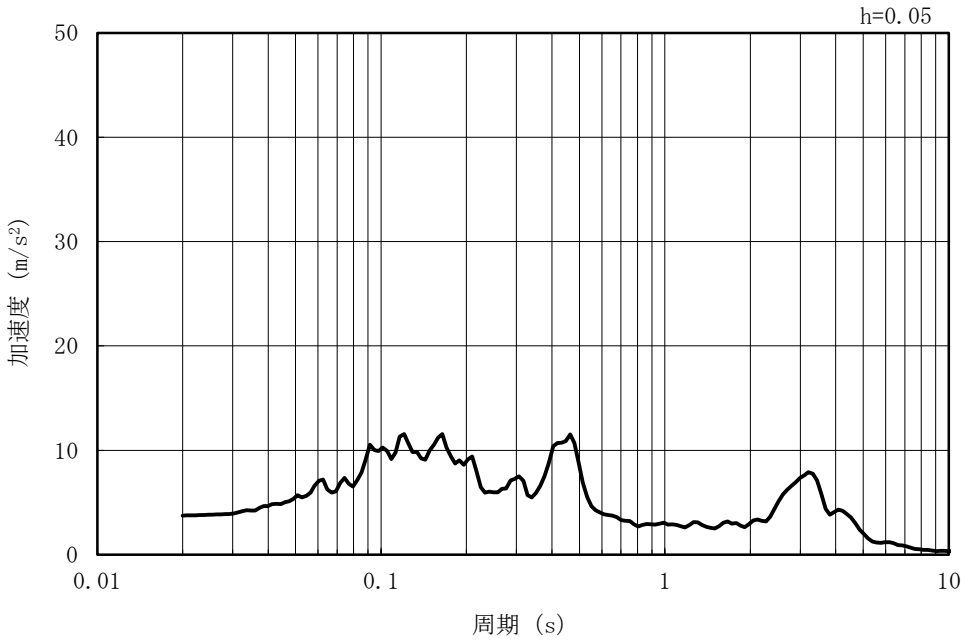


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（13） 入力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-5EW）

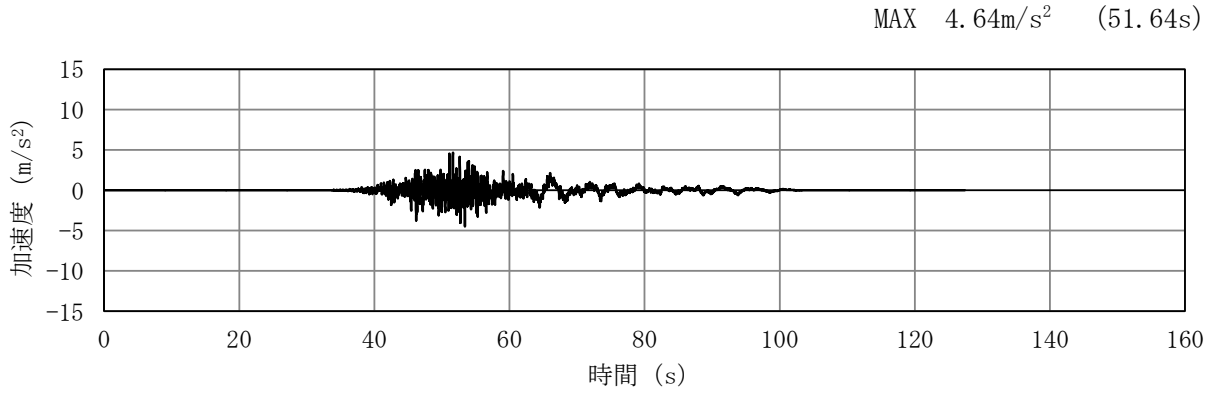


(a) 加速度時刻歴波形

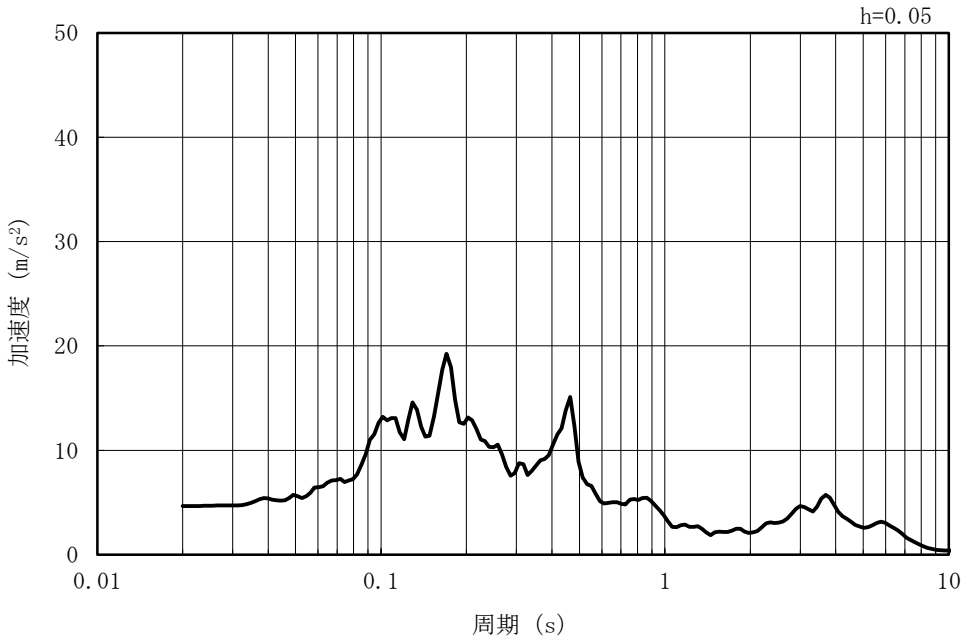


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（14） 入力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-5EW）

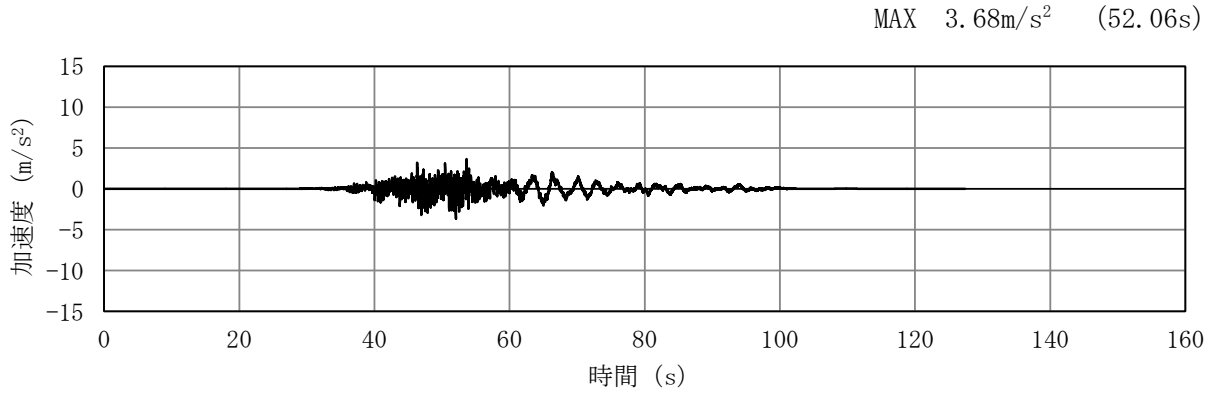


(a) 加速度時刻歴波形

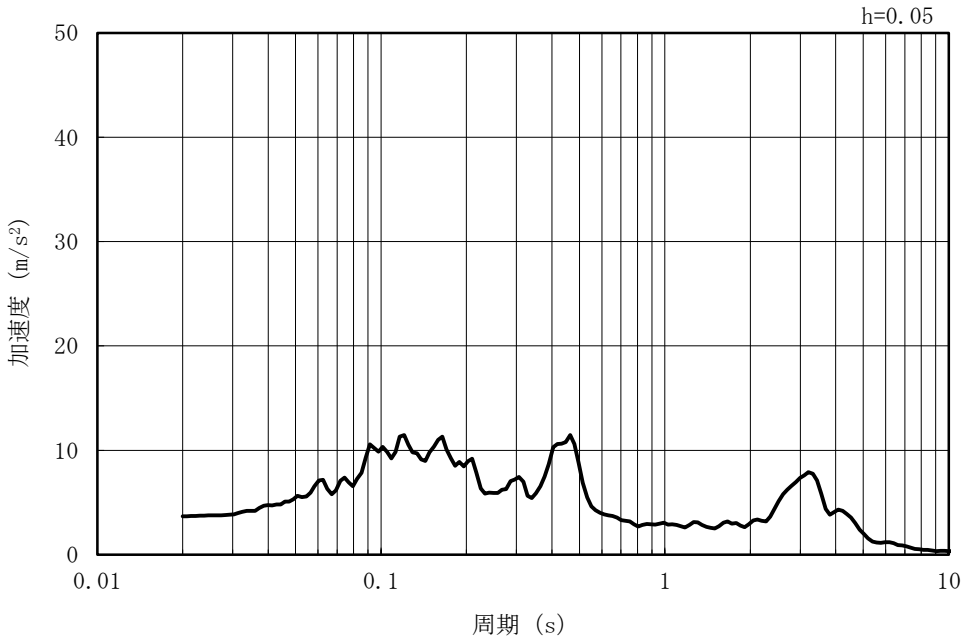


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（15） 入力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-5NS）

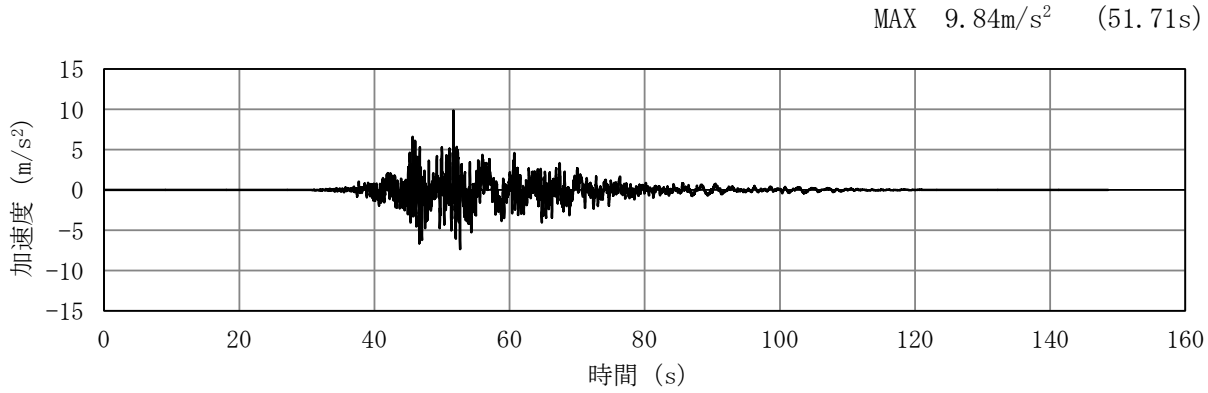


(a) 加速度時刻歴波形

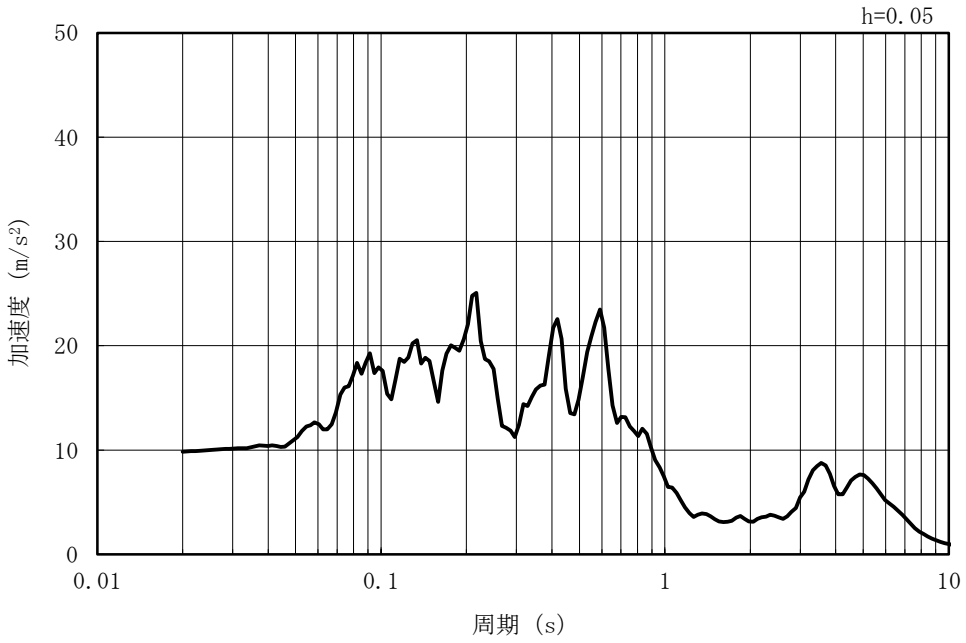


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（16） 入力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-5NS）

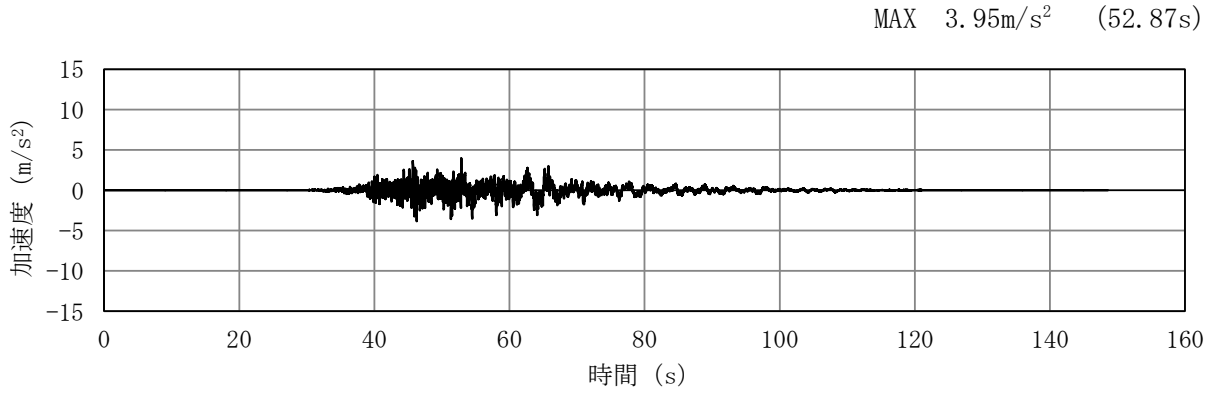


(a) 加速度時刻歴波形

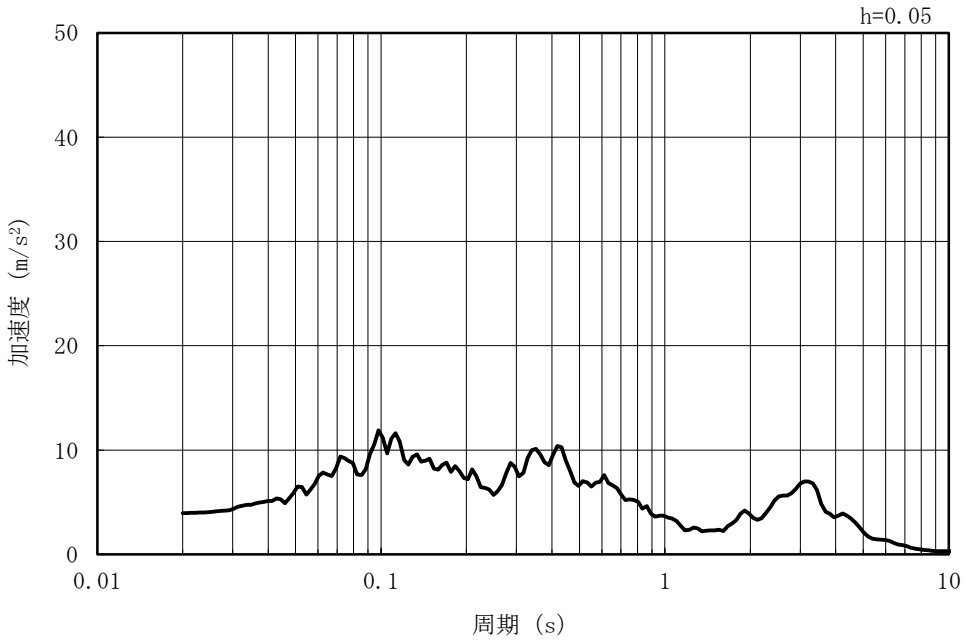


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（17） 入力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-6EW）

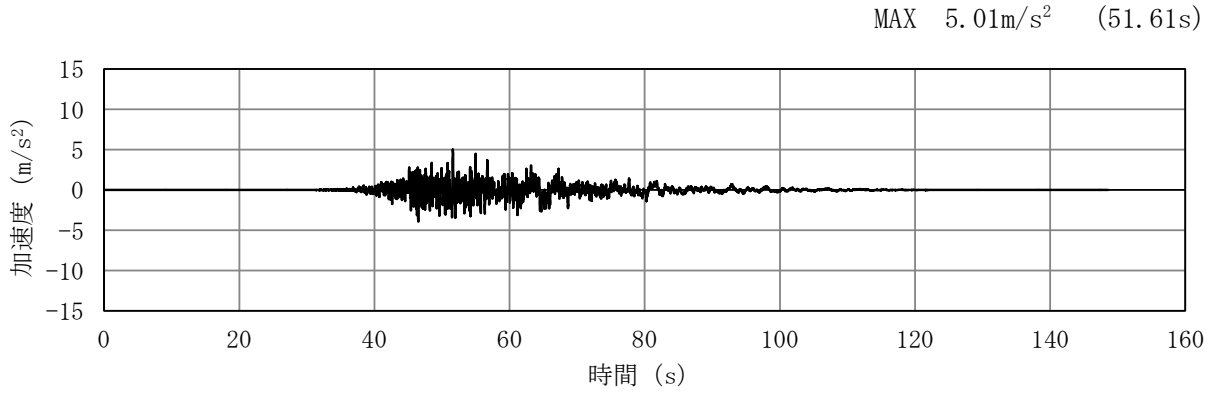


(a) 加速度時刻歴波形

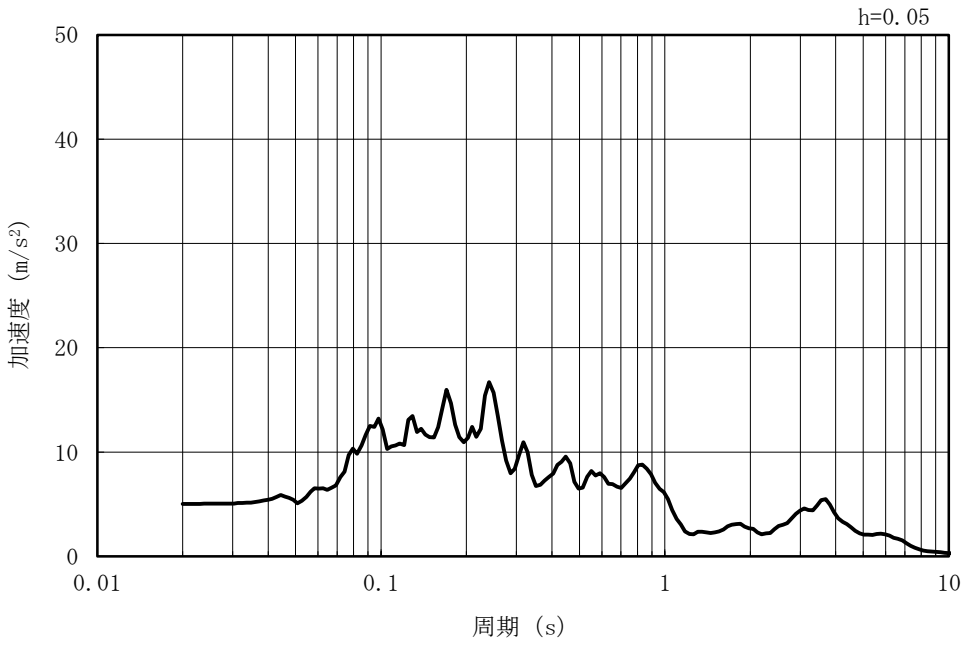


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（18） 入力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-6EW）

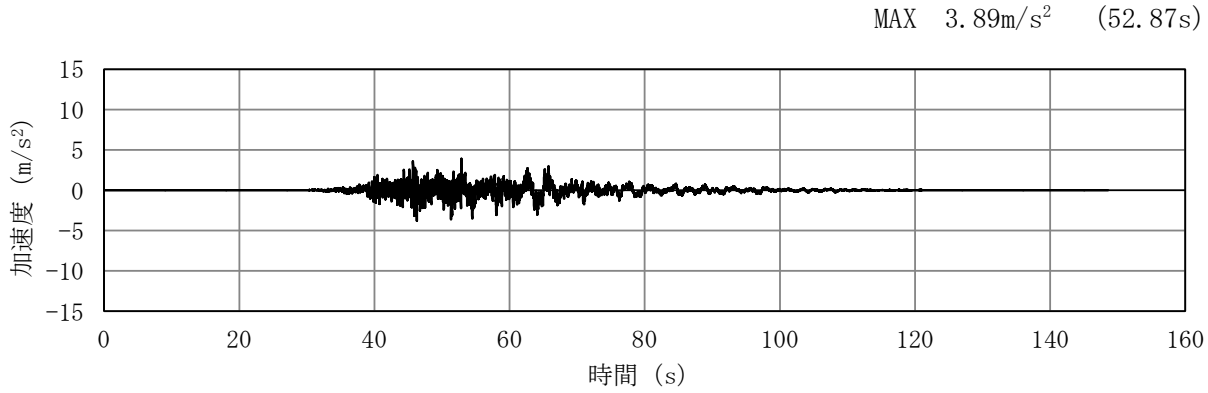


(a) 加速度時刻歴波形

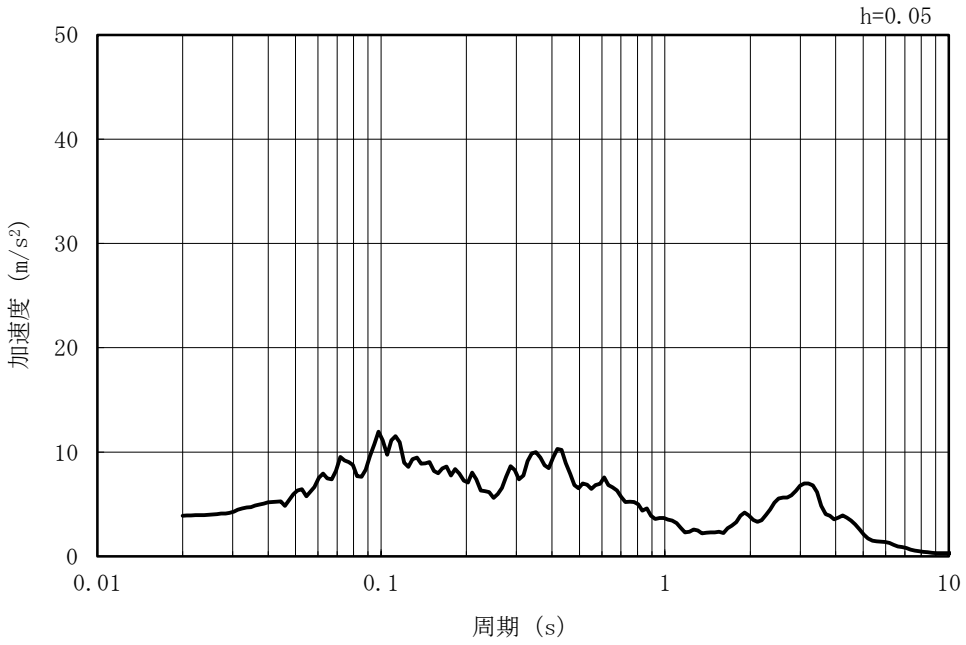


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（19） 入力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-6NS）

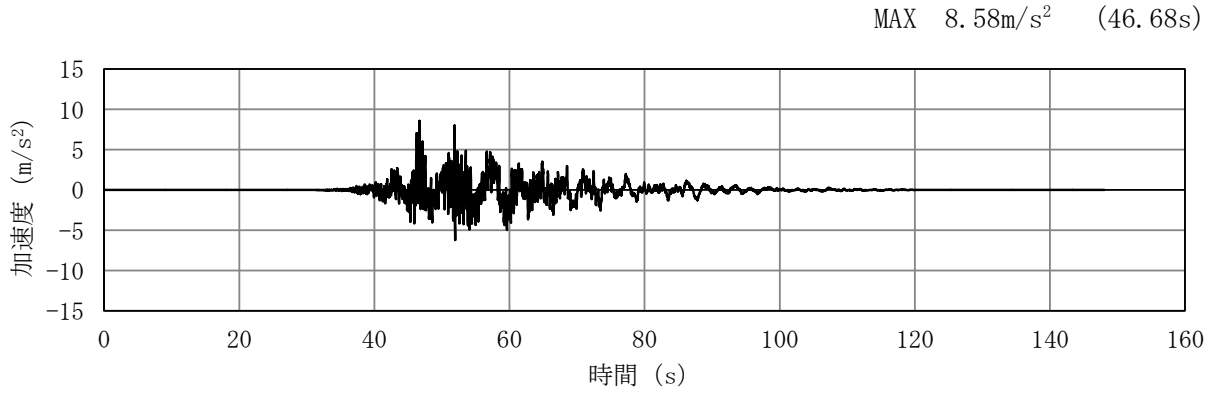


(a) 加速度時刻歴波形

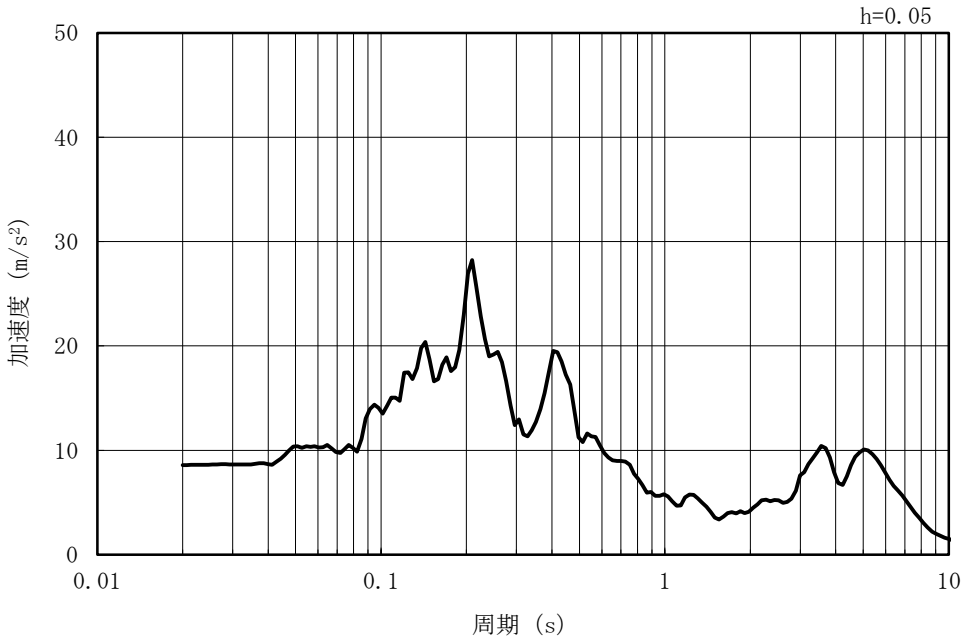


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（20） 入力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-6NS）

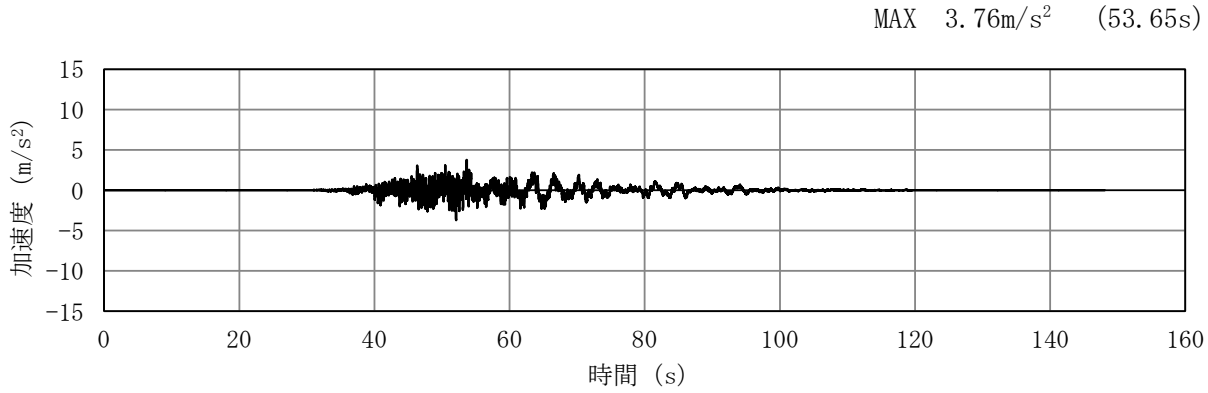


(a) 加速度時刻歴波形

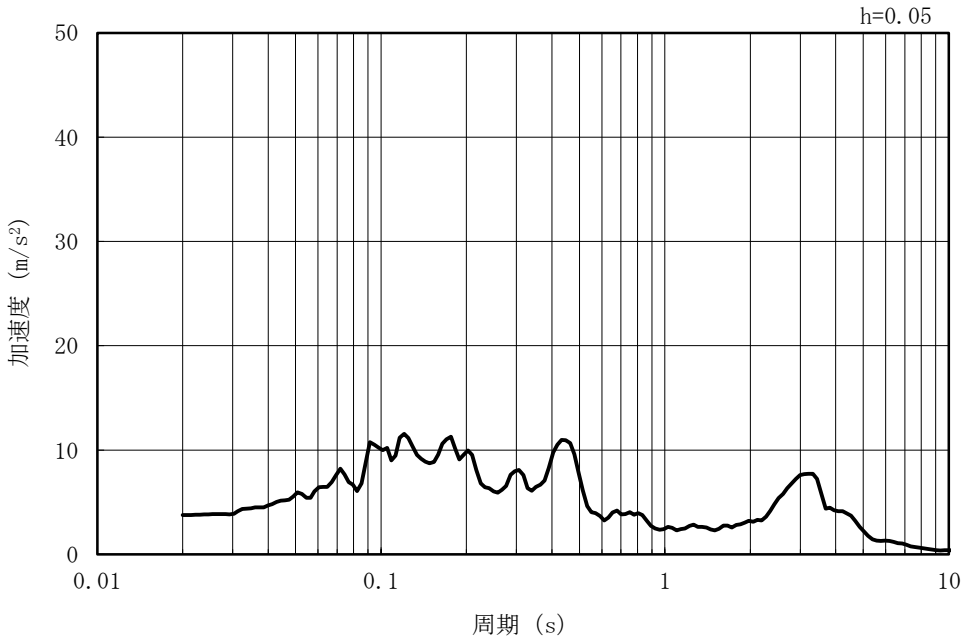


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（21） 入力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-7EW）

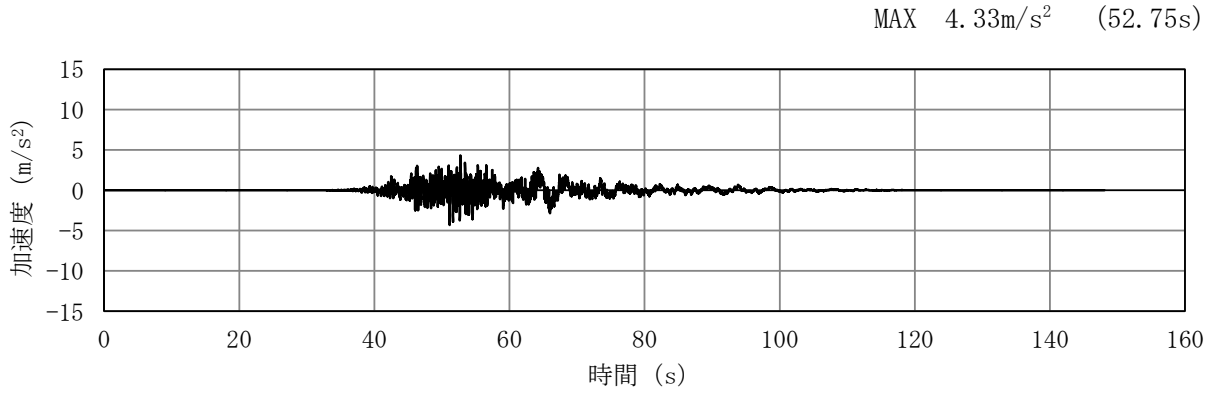


(a) 加速度時刻歴波形

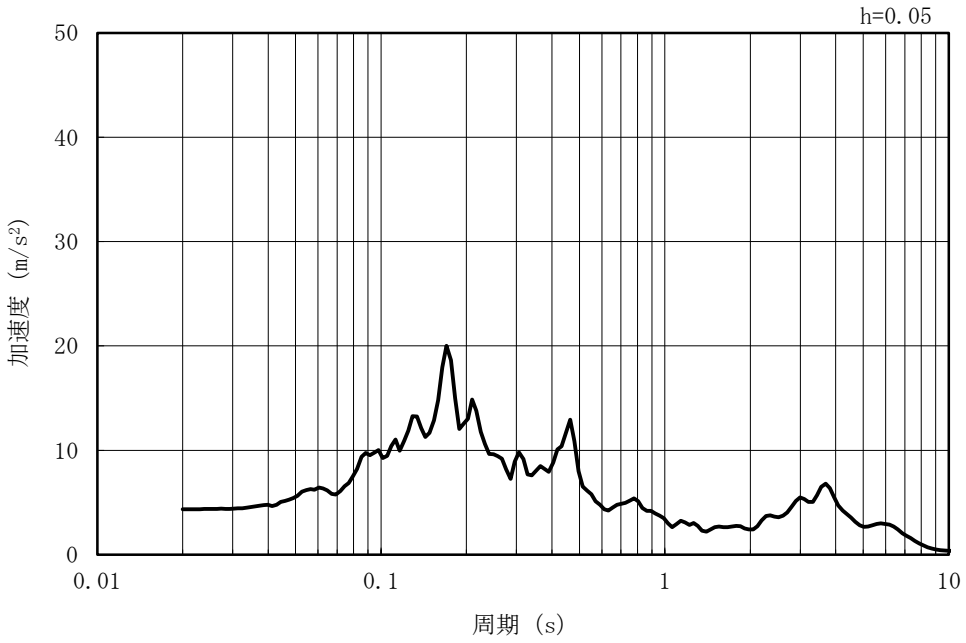


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（22） 入力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-7EW）

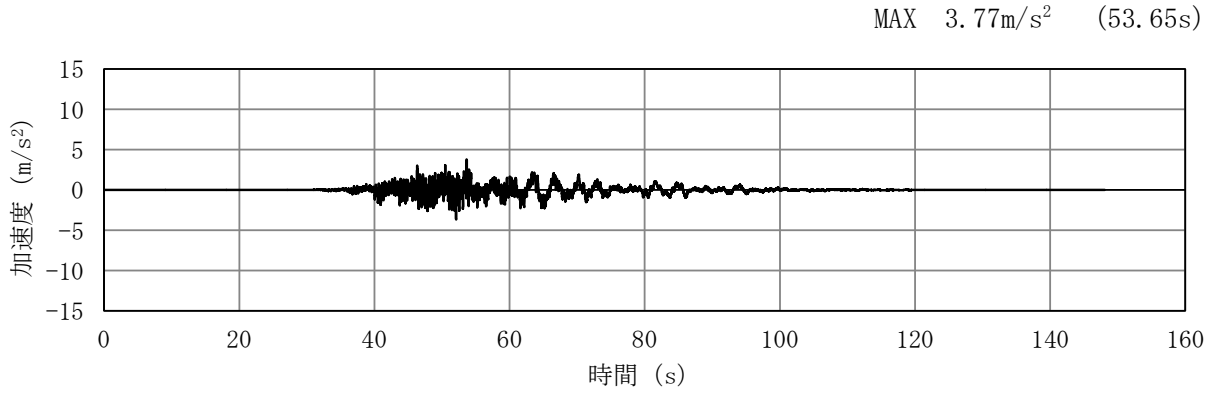


(a) 加速度時刻歴波形

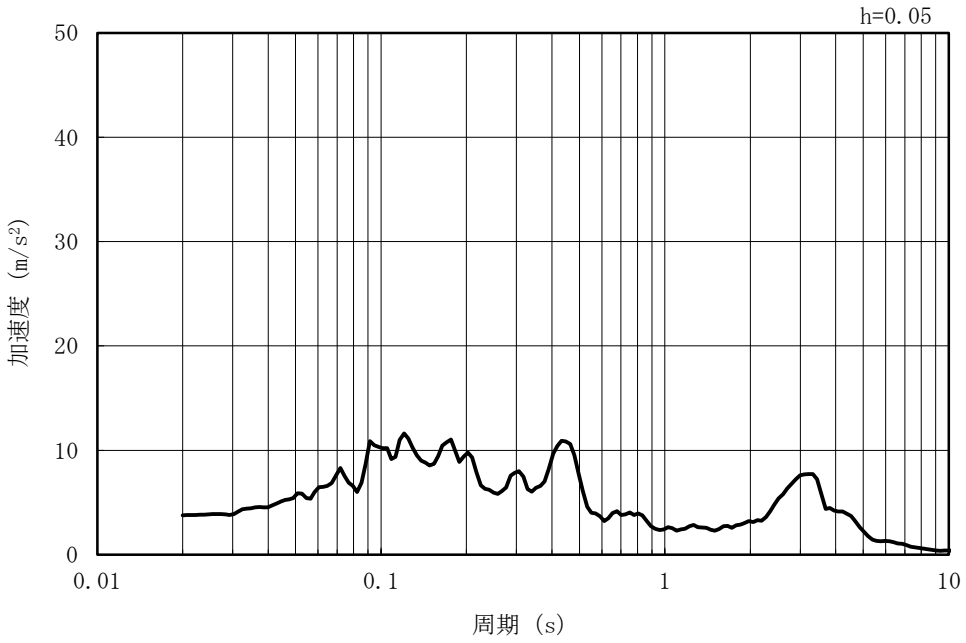


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（23） 入力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-7NS）

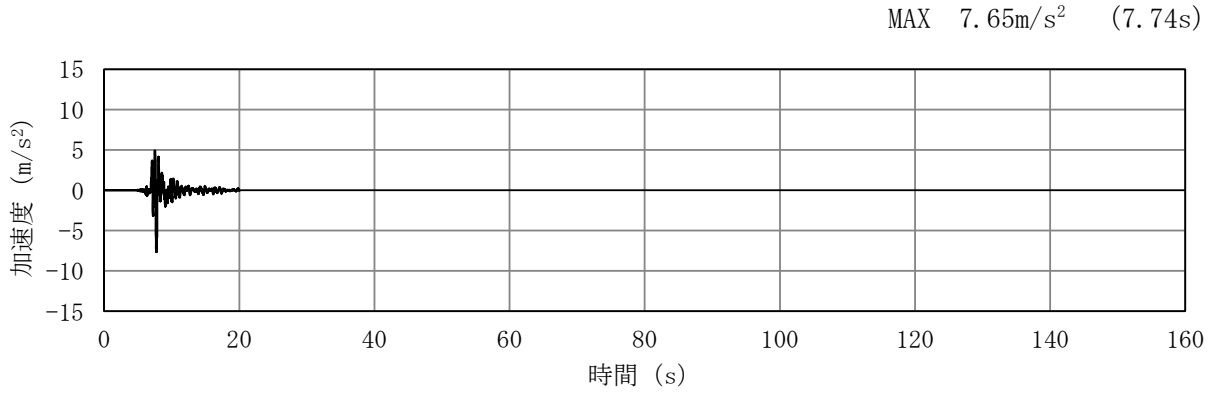


(a) 加速度時刻歴波形

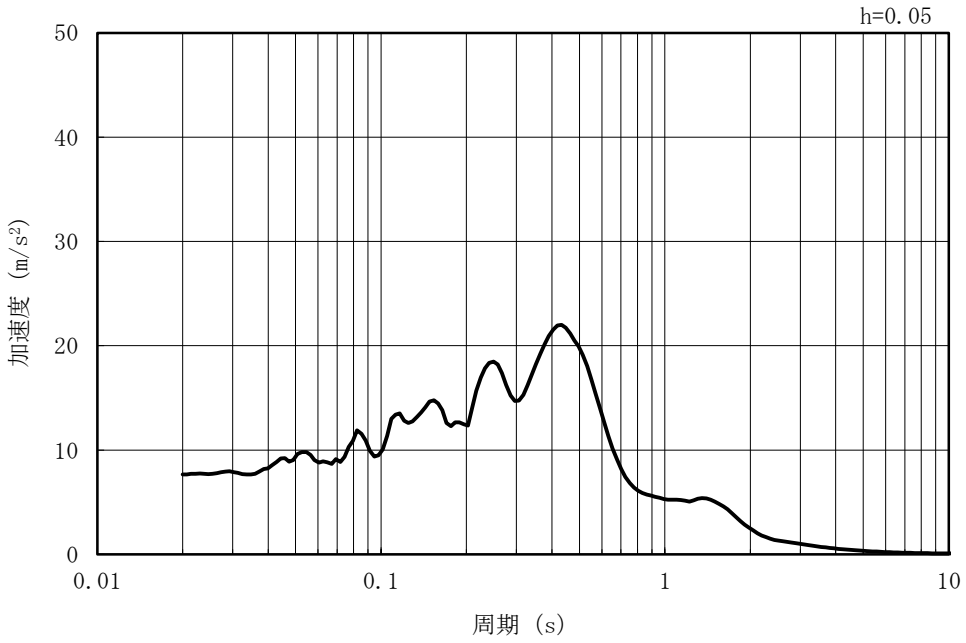


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（24） 入力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-7NS）

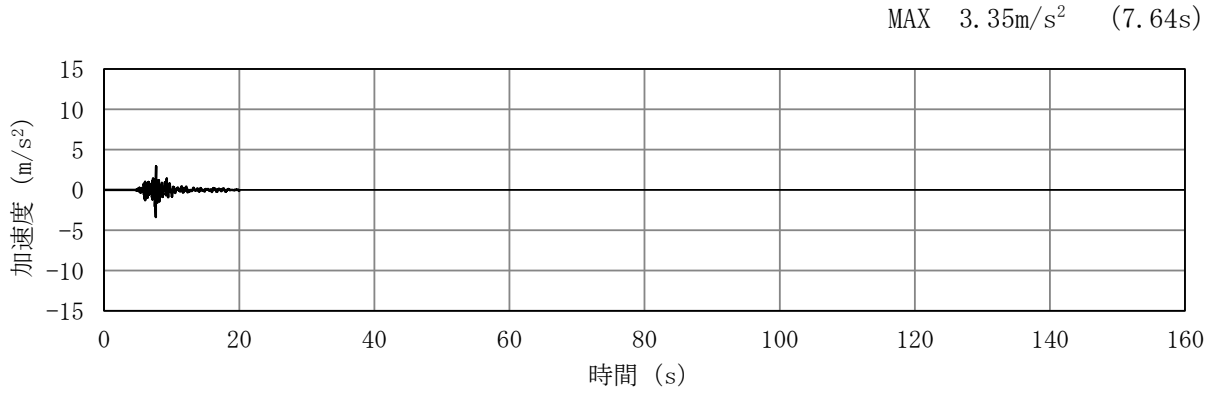


(a) 加速度時刻歴波形

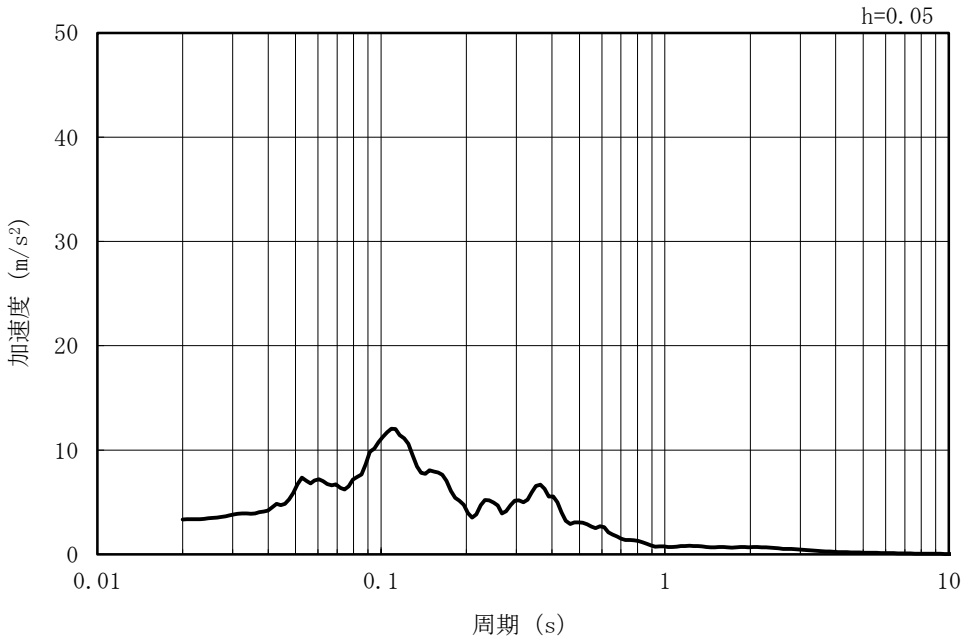


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（25） 入力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-8）

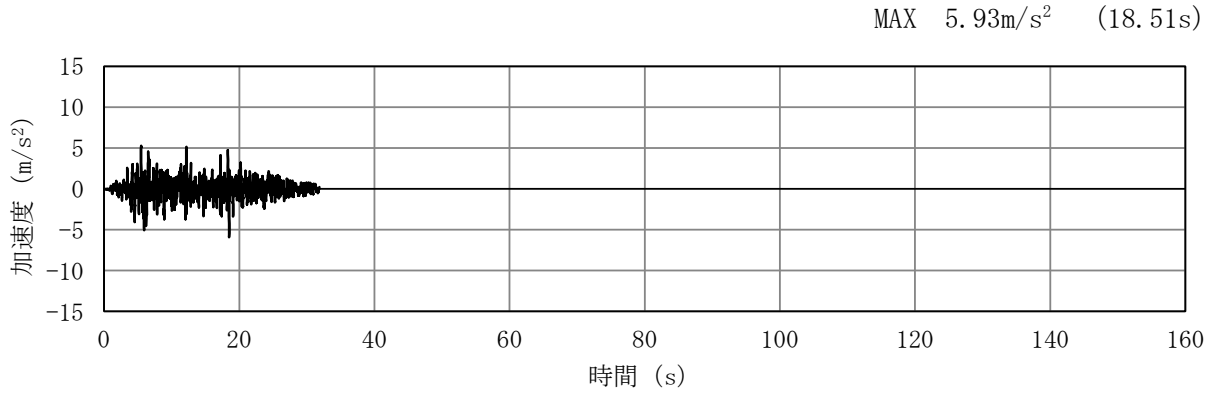


(a) 加速度時刻歴波形

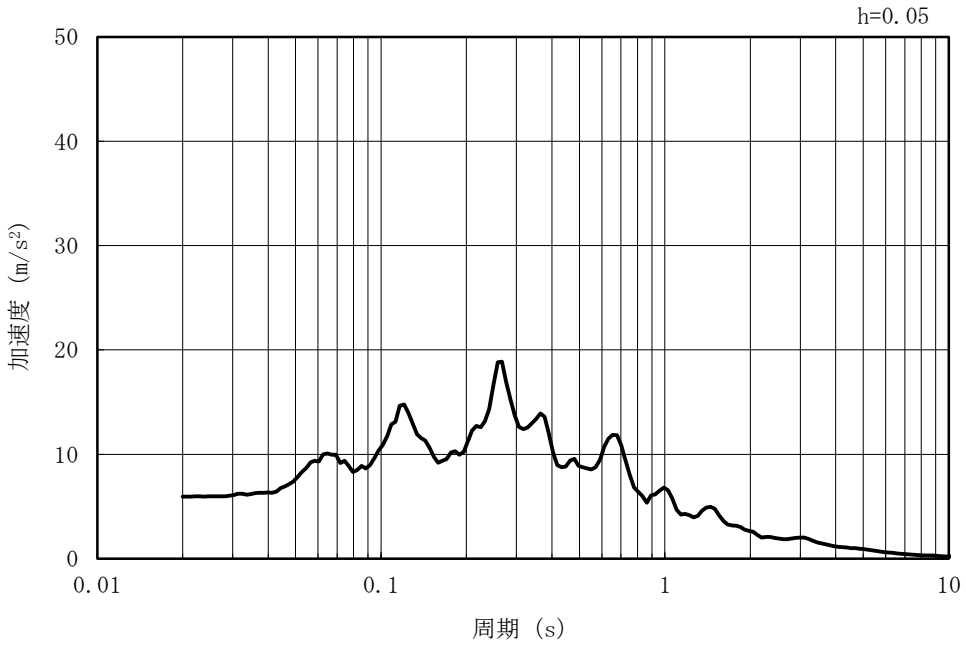


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－6（26） 入力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-8）

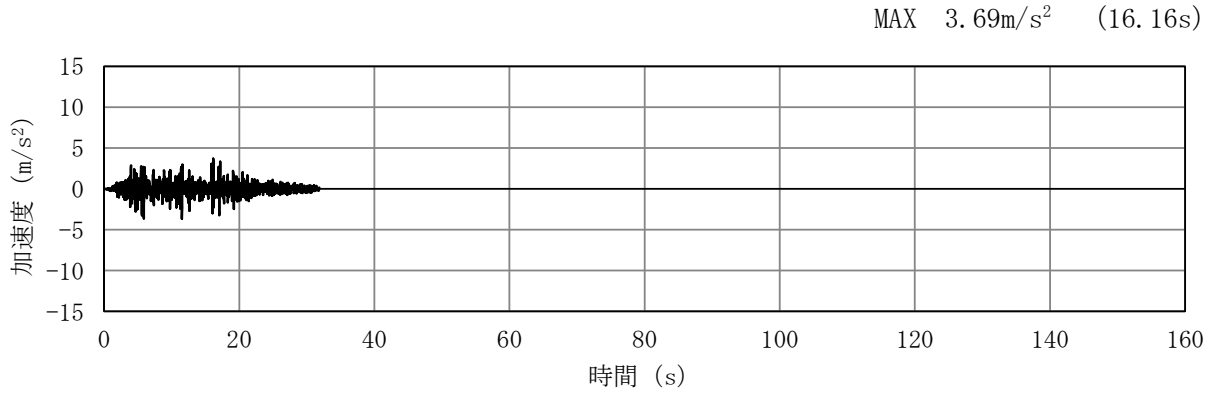


(a) 加速度時刻歴波形

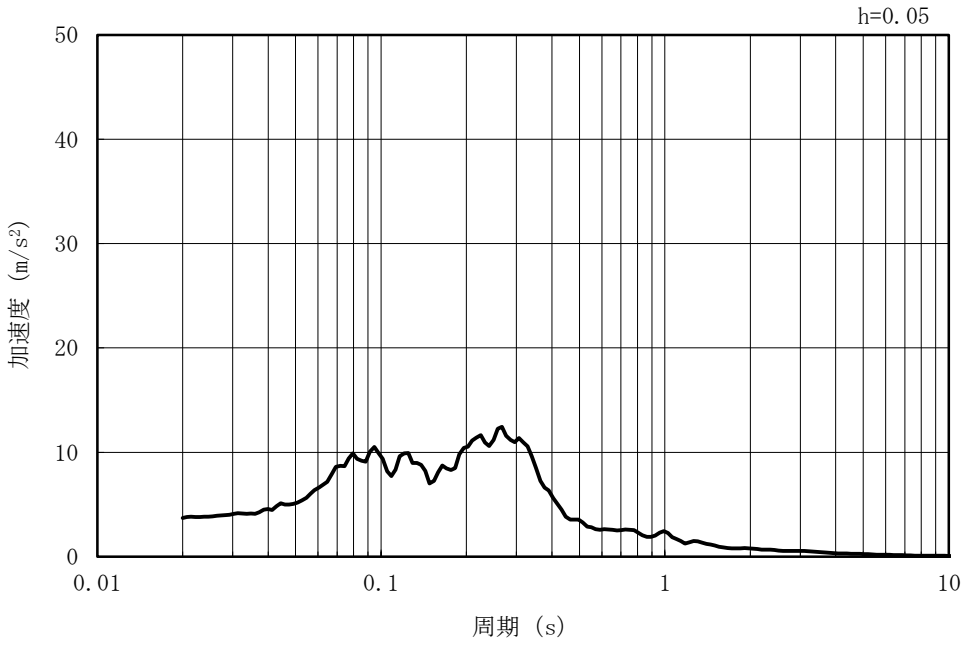


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7 (1) 入力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：Sd-1）

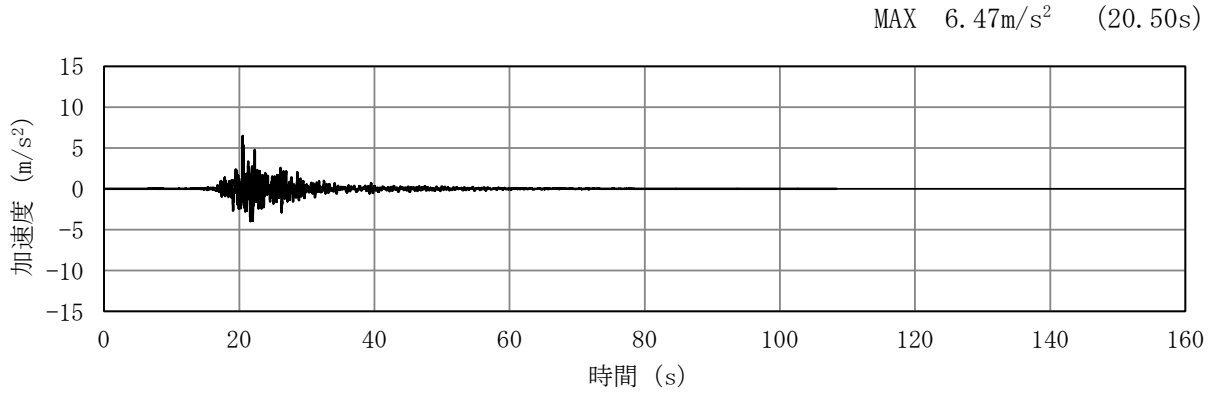


(a) 加速度時刻歴波形

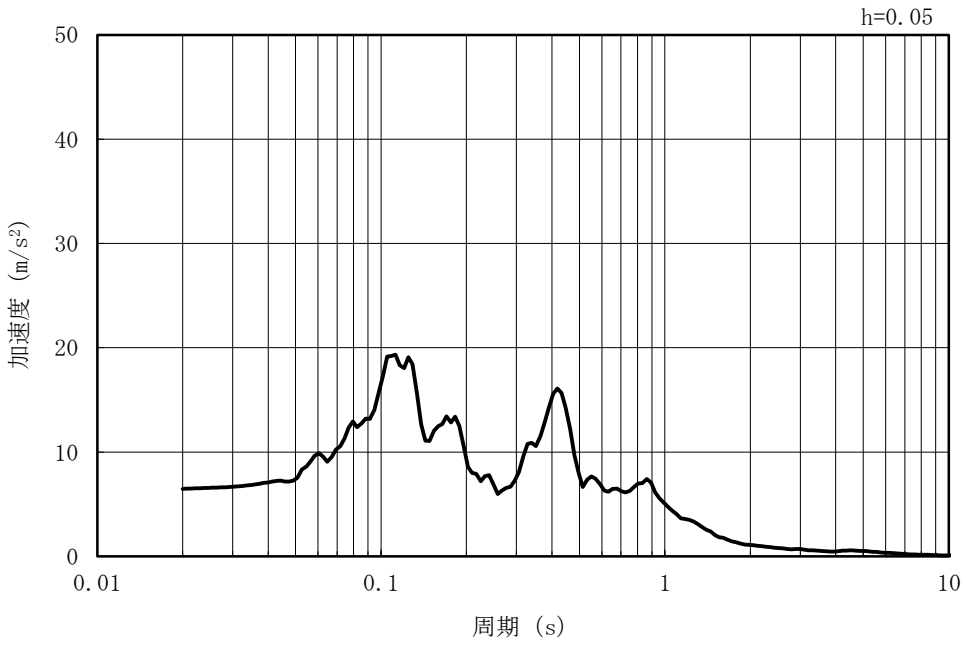


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7 (2) 入力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：Sd-1)

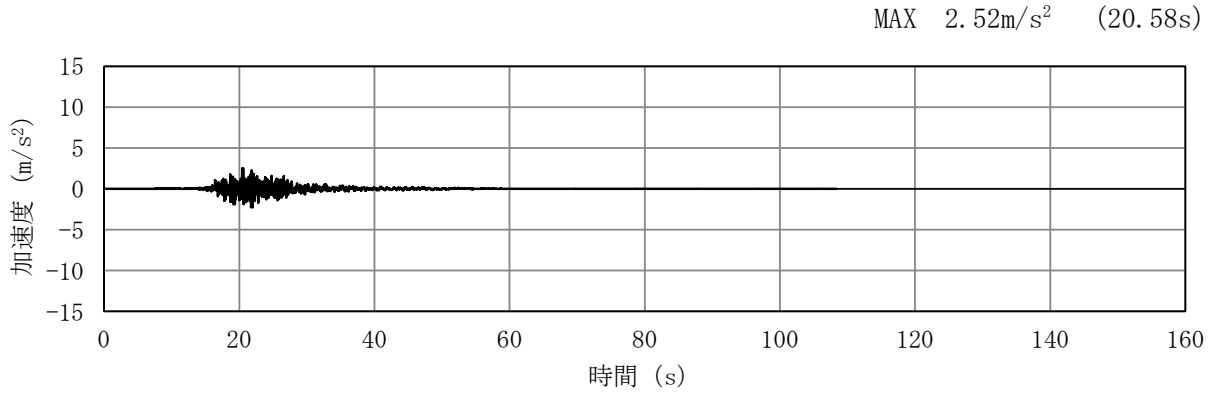


(a) 加速度時刻歴波形

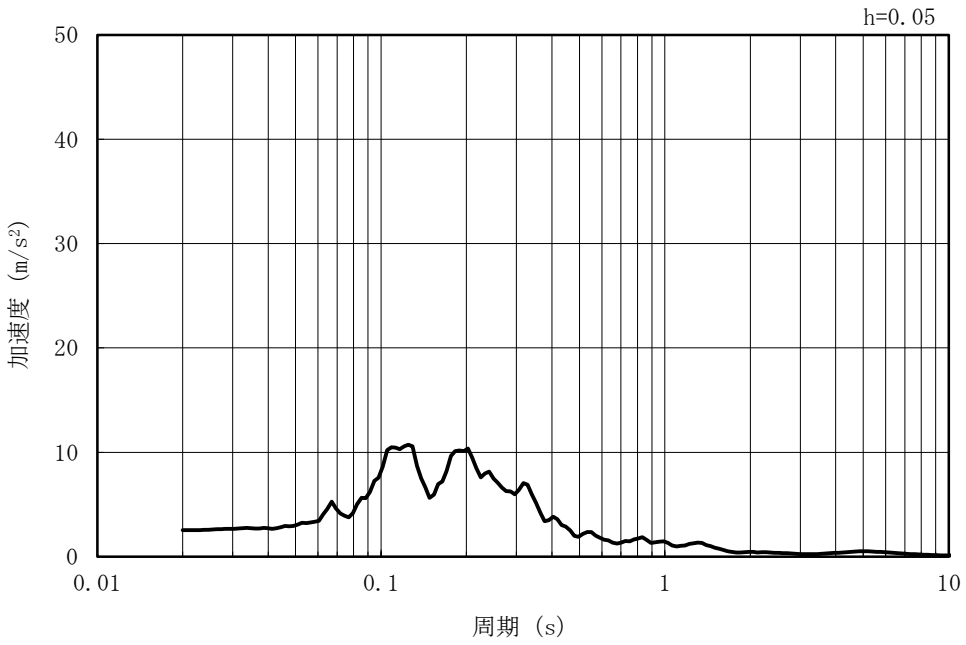


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7 (3) 入力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：Sd-2EW）

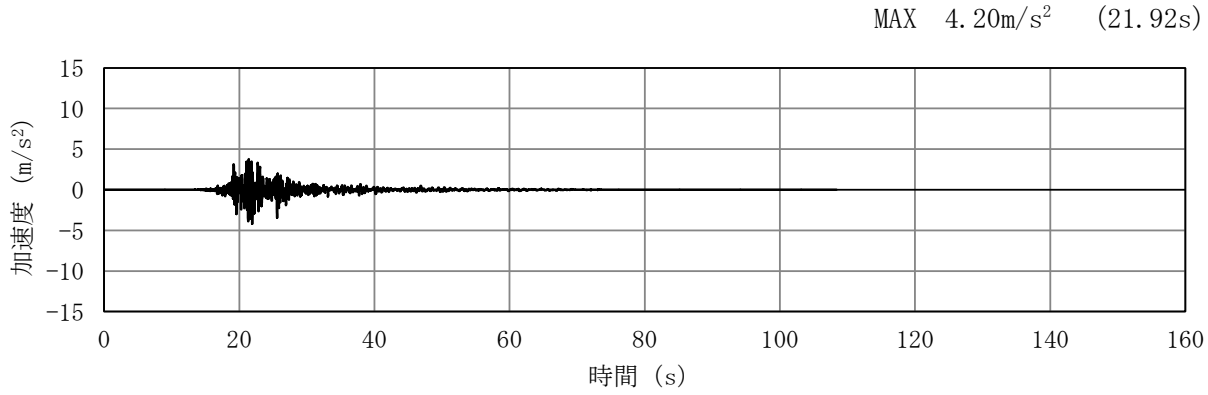


(a) 加速度時刻歴波形

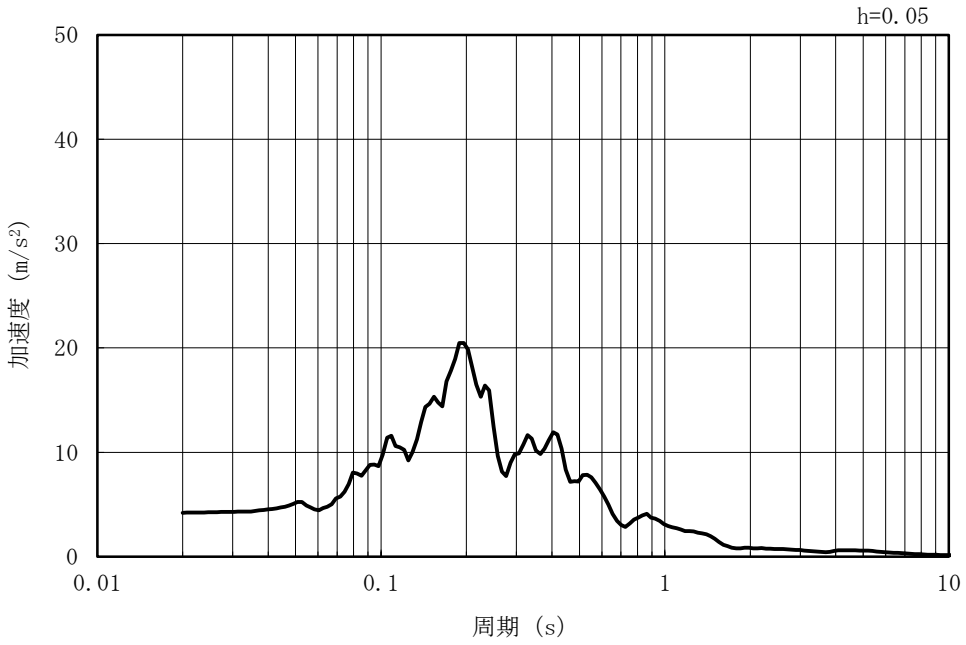


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7 (4) 入力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：Sd-2EW)

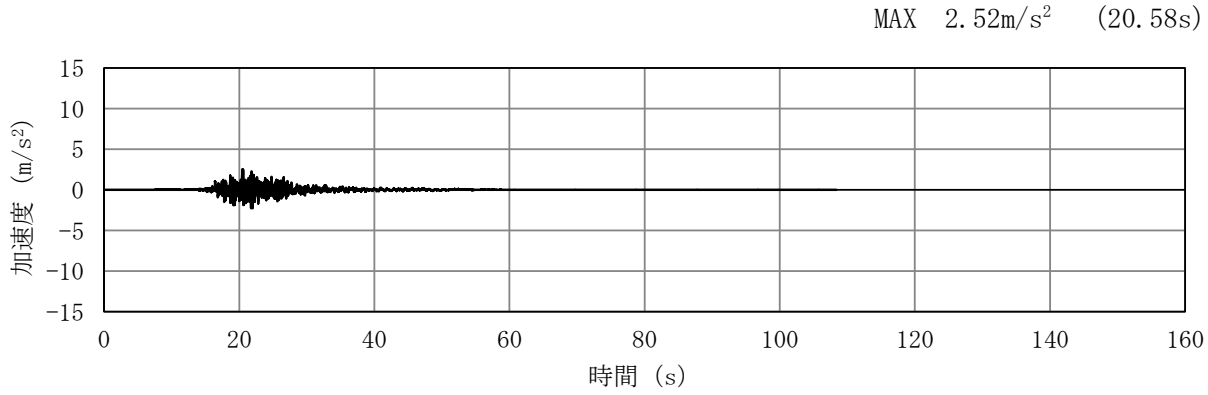


(a) 加速度時刻歴波形

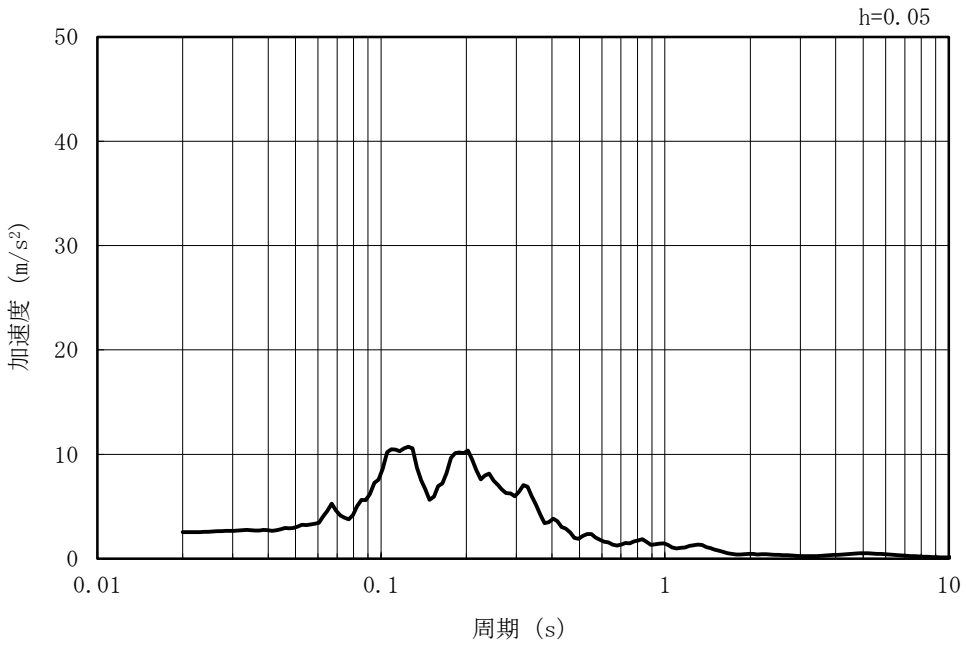


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7 (5) 入力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：Sd-2NS)

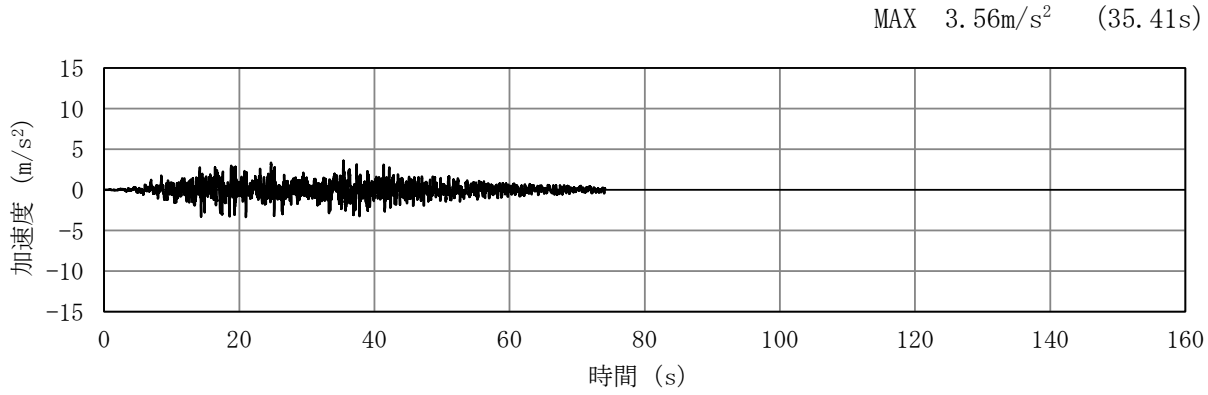


(a) 加速度時刻歴波形

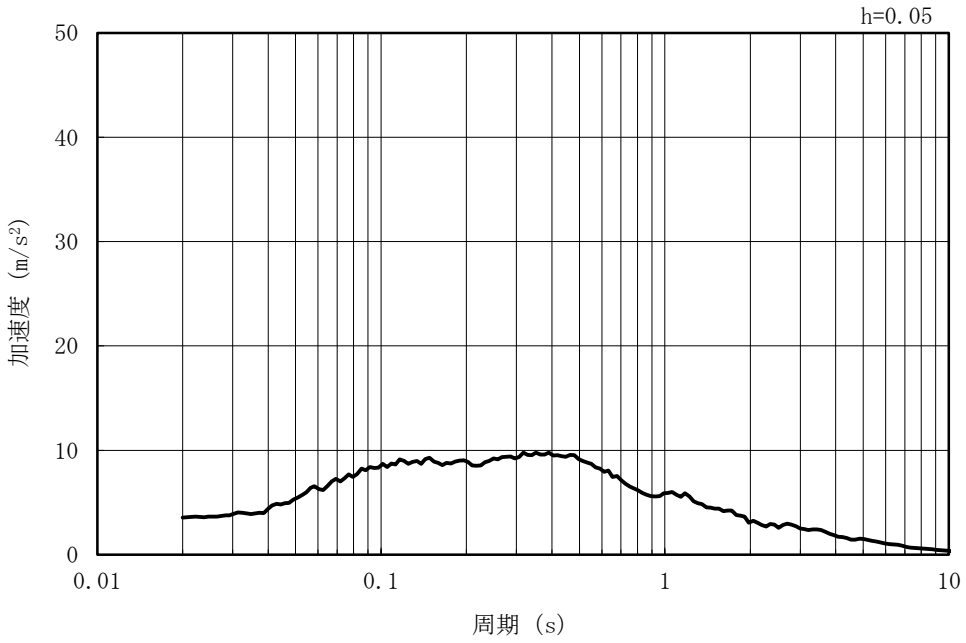


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7 (6) 入力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：Sd-2NS)

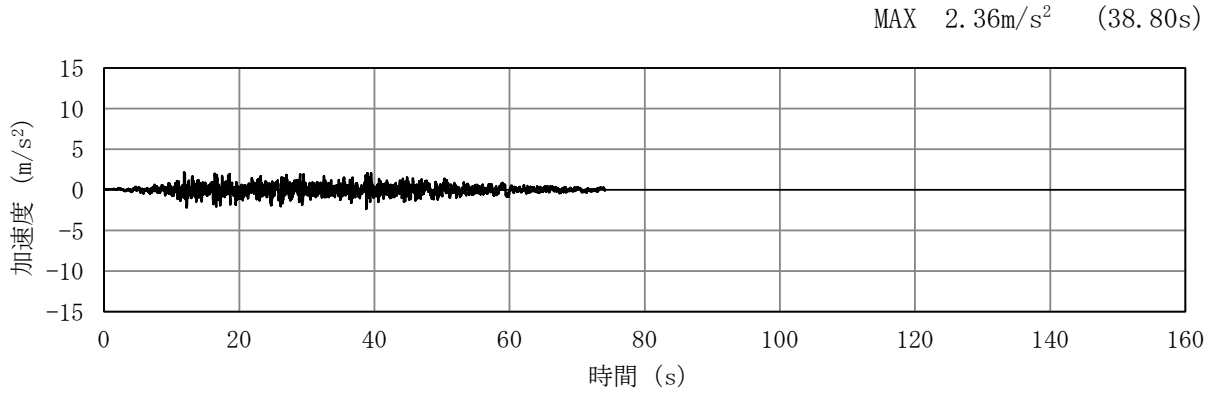


(a) 加速度時刻歴波形

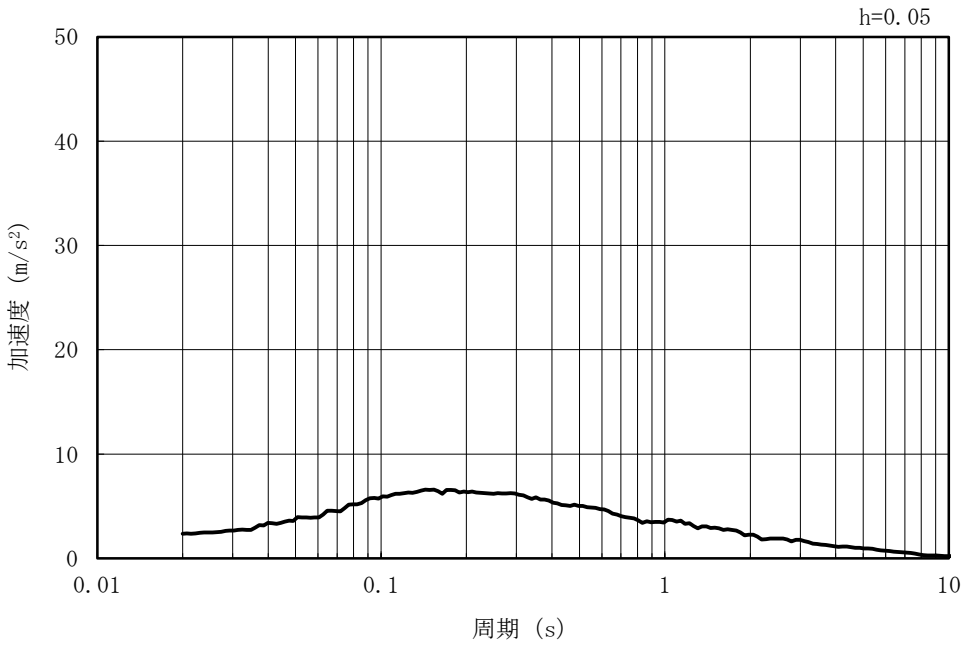


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7 (7) 入力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：Sd-3）

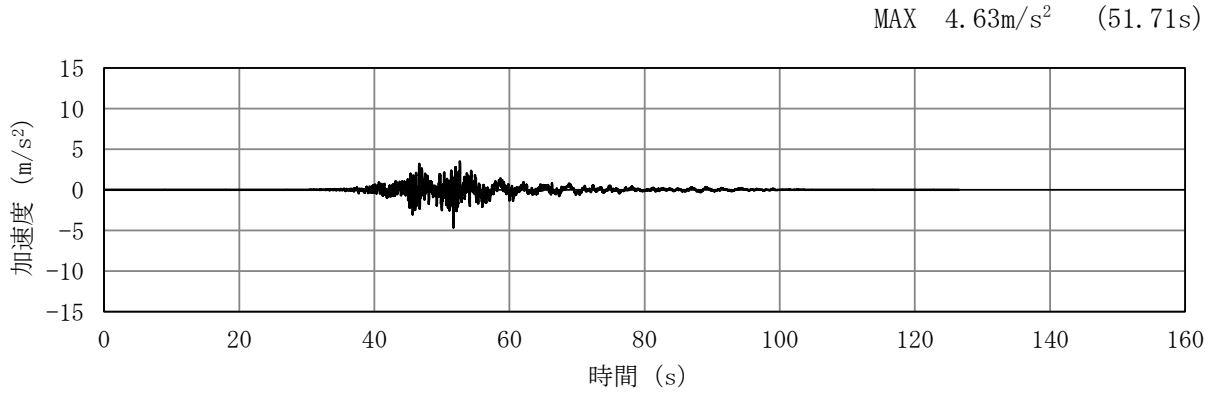


(a) 加速度時刻歴波形

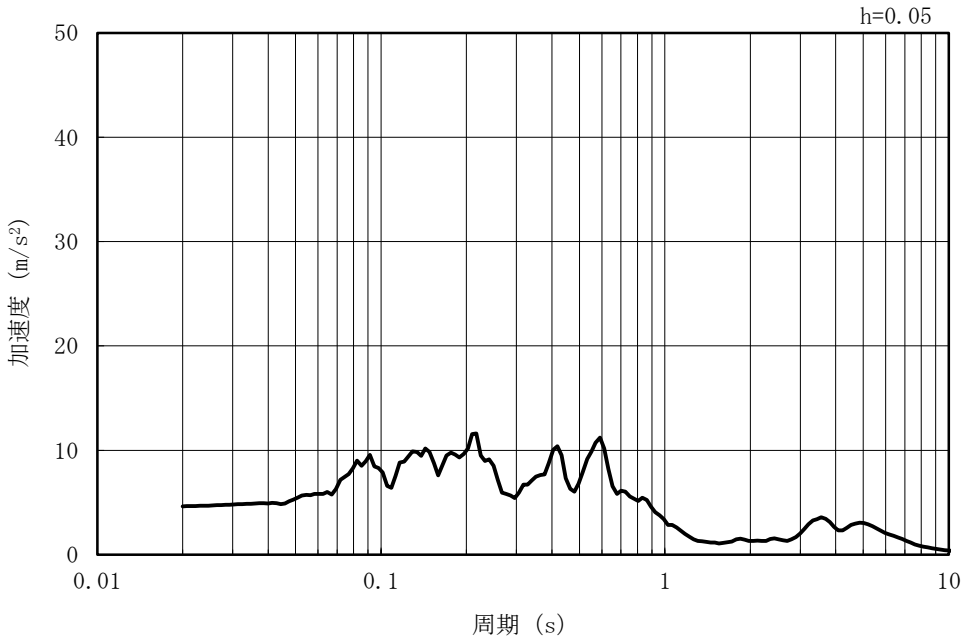


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7 (8) 入力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：Sd-3)

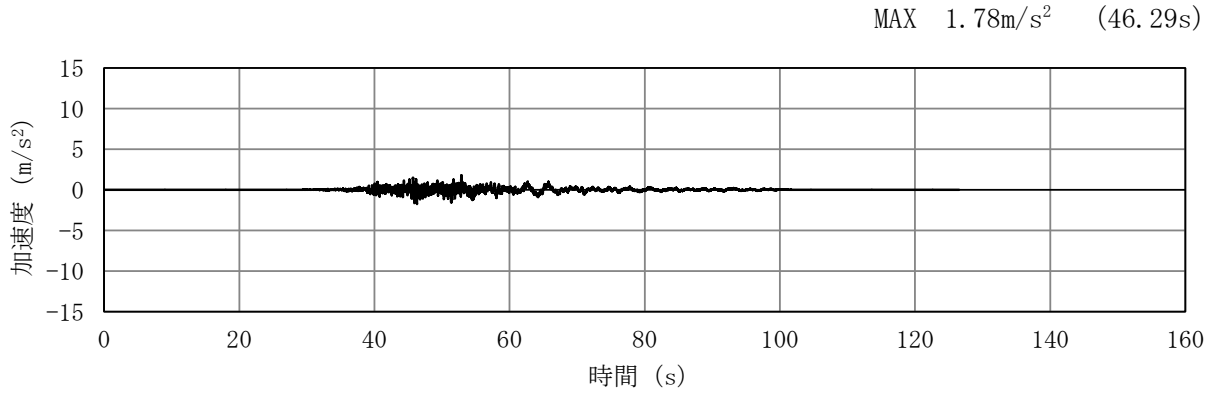


(a) 加速度時刻歴波形

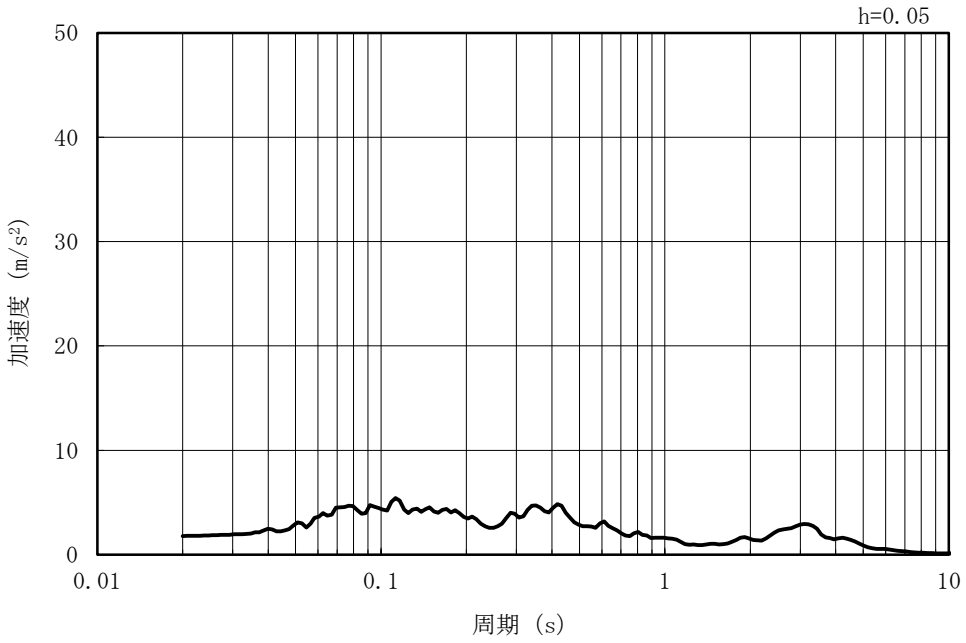


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7 (9) 入力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：Sd-4EW）

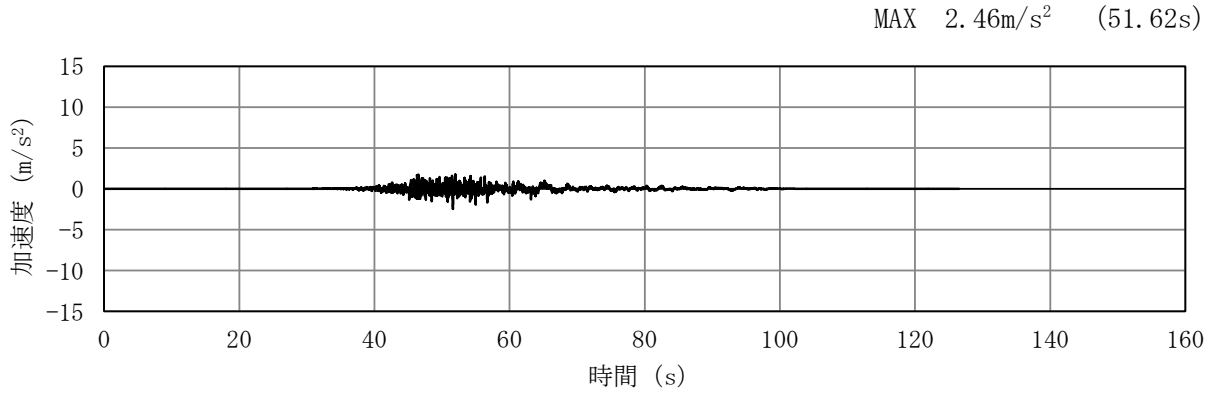


(a) 加速度時刻歴波形

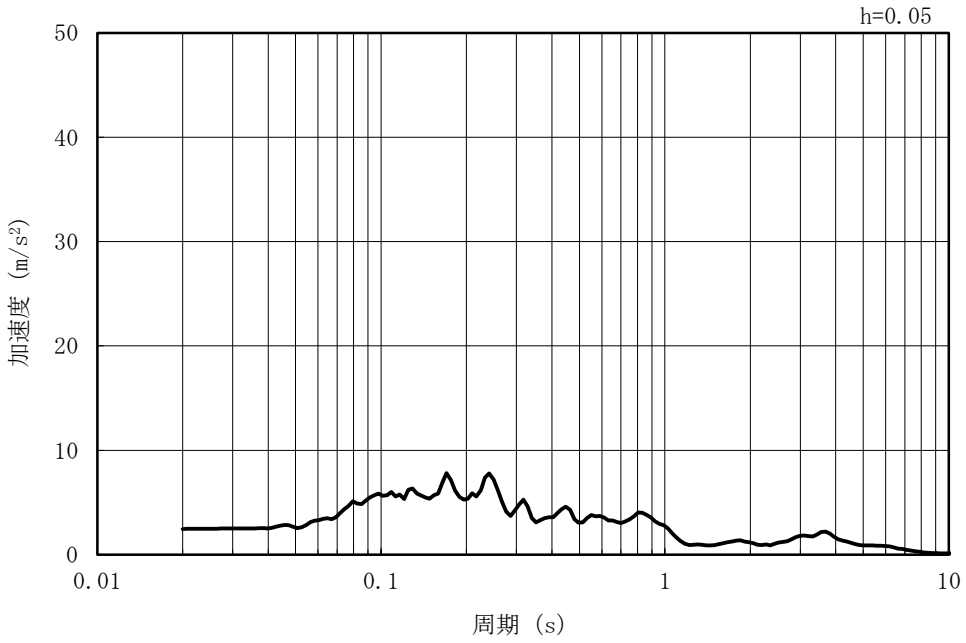


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（10） 入力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：Sd-4EW）

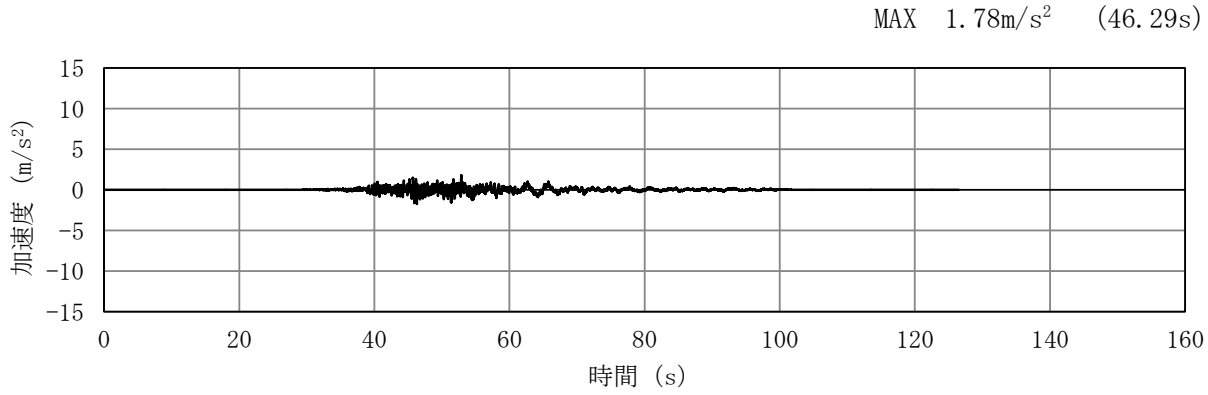


(a) 加速度時刻歴波形

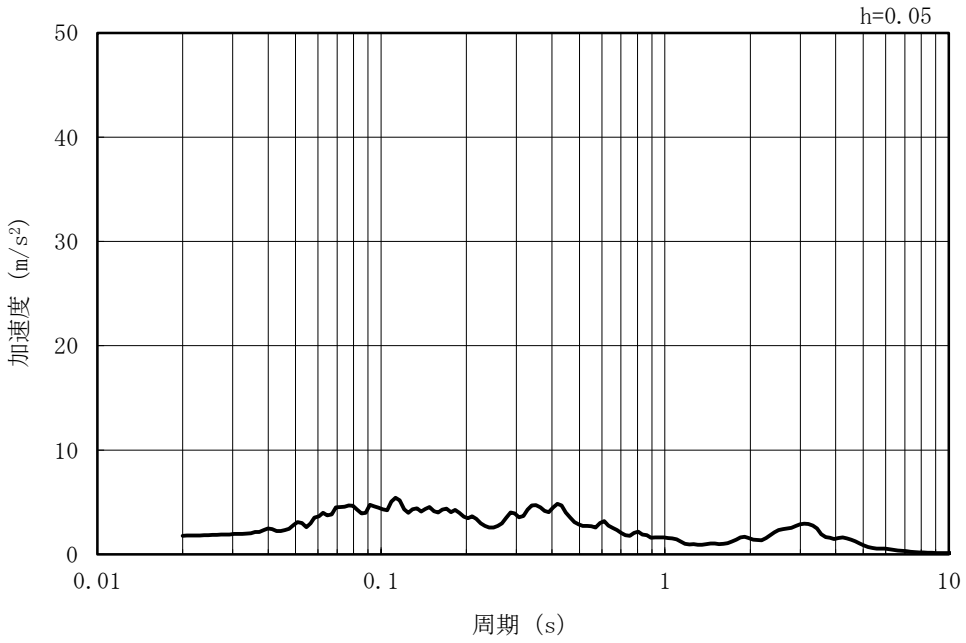


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（11） 入力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：Sd-4NS）

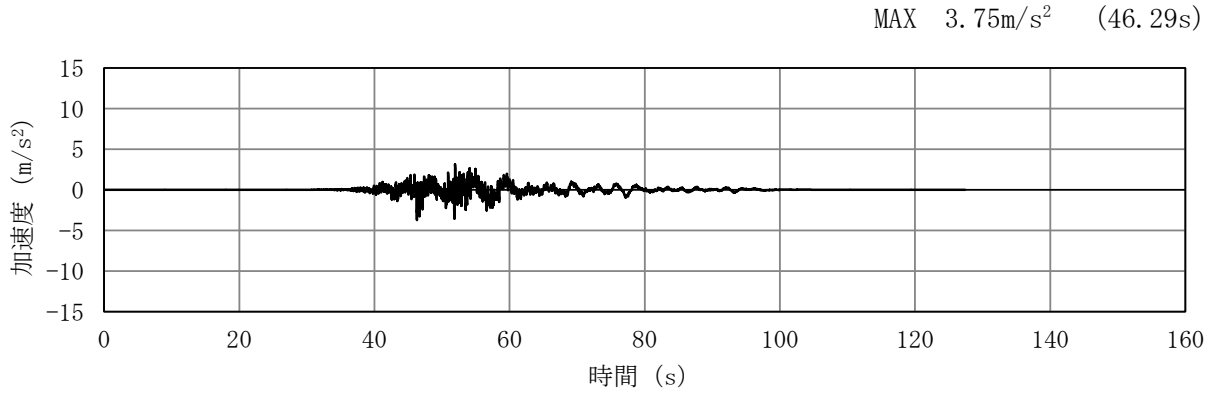


(a) 加速度時刻歴波形

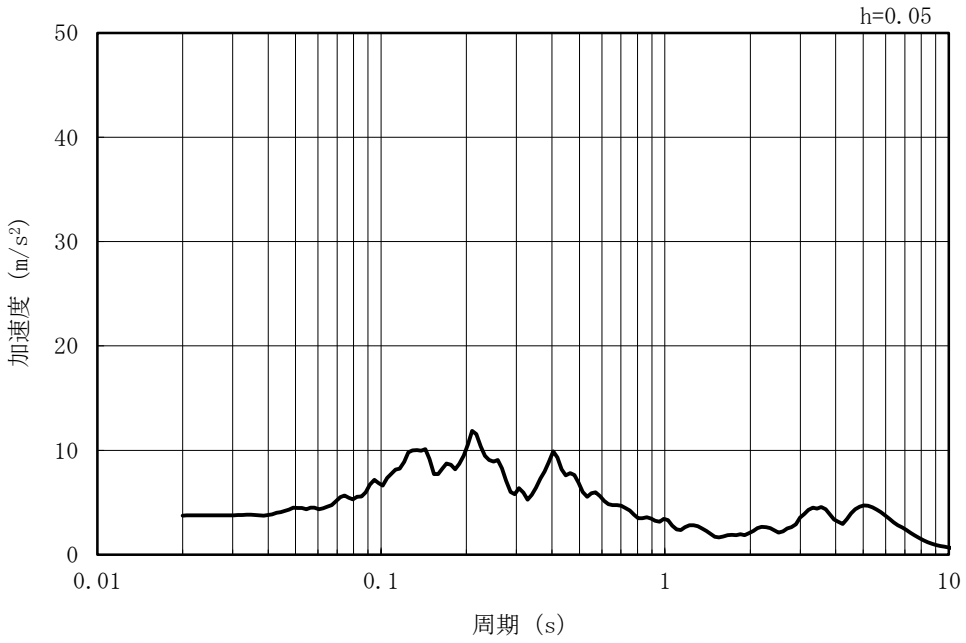


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（12） 入力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：Sd-4NS）

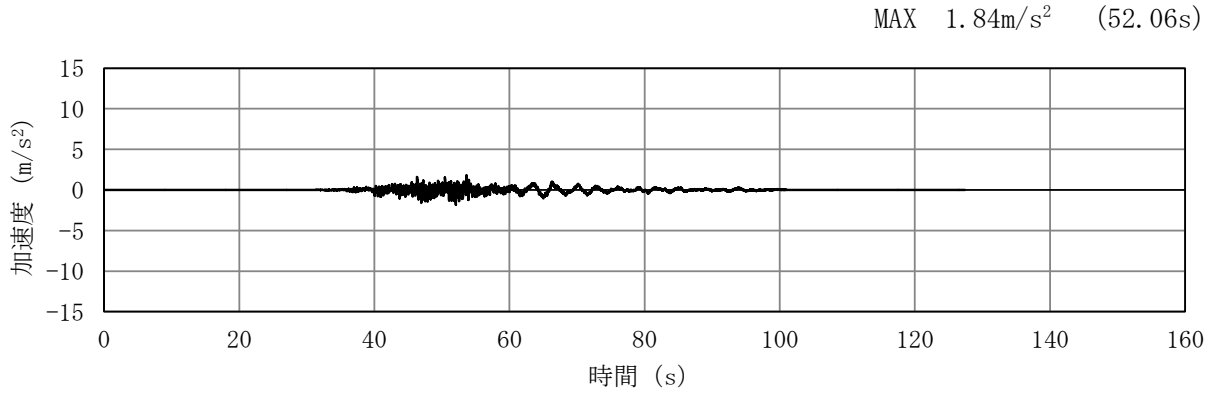


(a) 加速度時刻歴波形

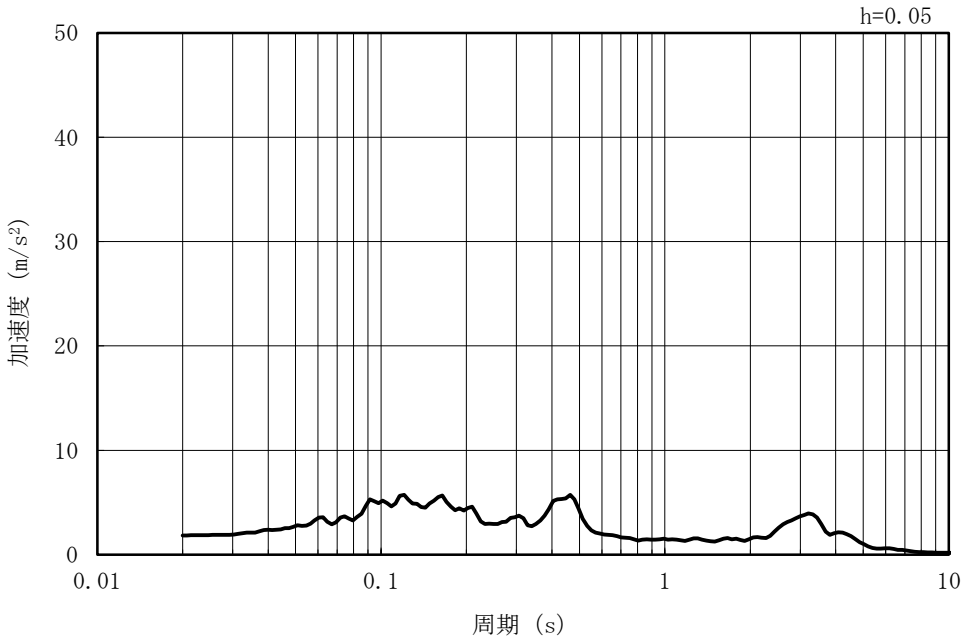


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（13） 入力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：Sd-5EW）

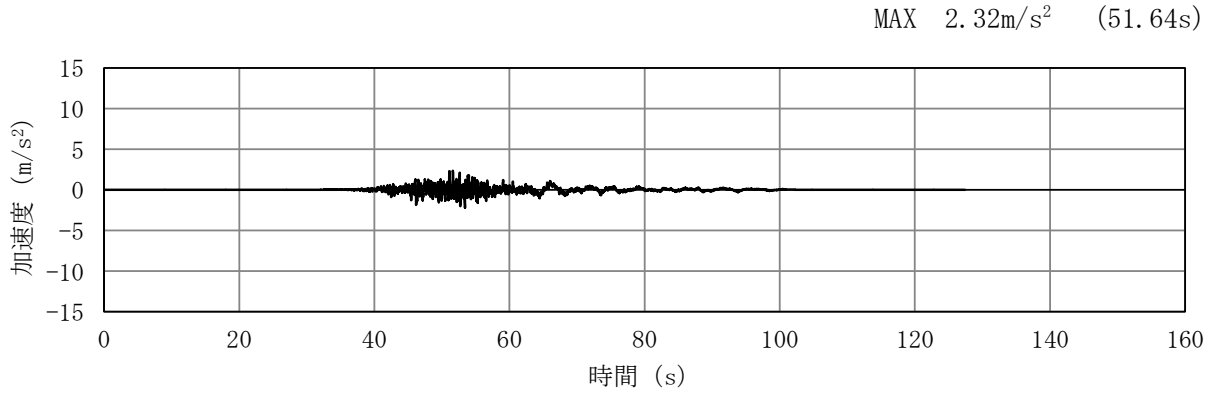


(a) 加速度時刻歴波形

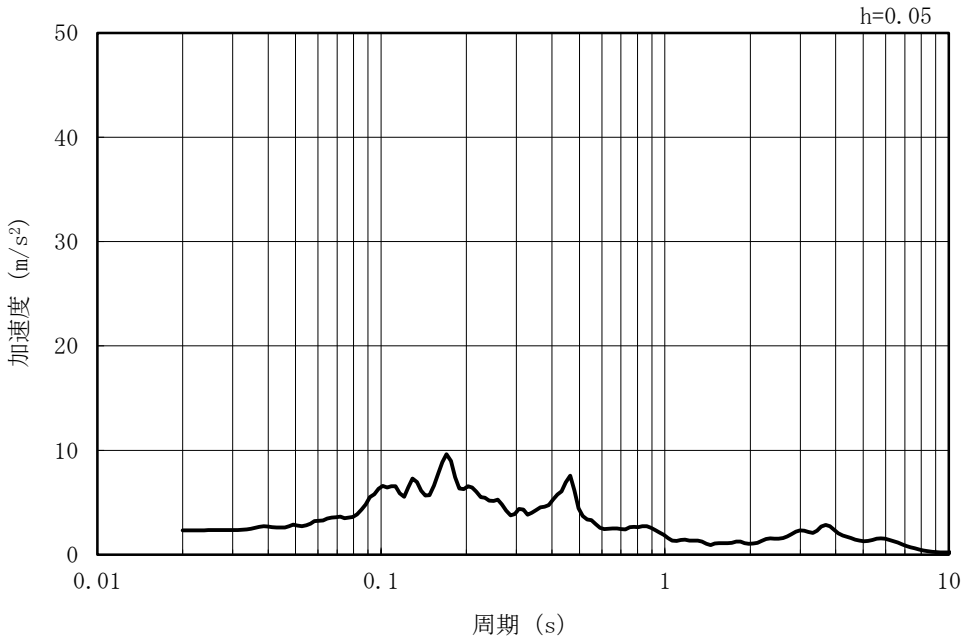


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（14） 入力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：Sd-5EW）

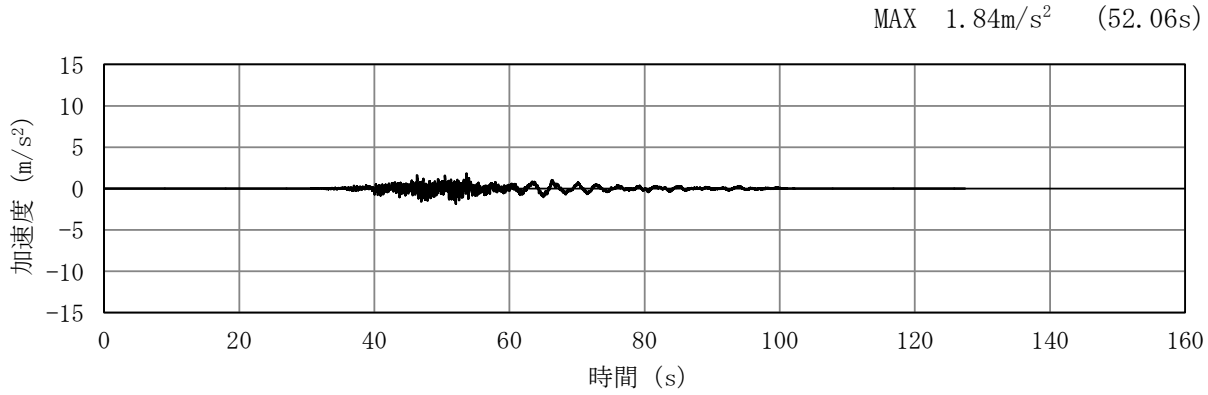


(a) 加速度時刻歴波形

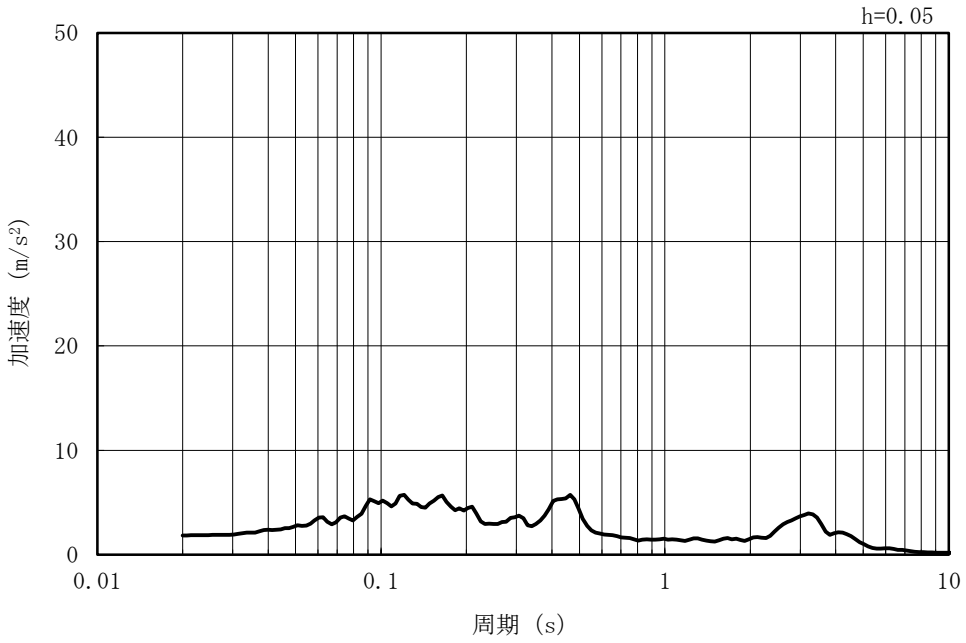


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（15） 入力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：Sd-5NS）

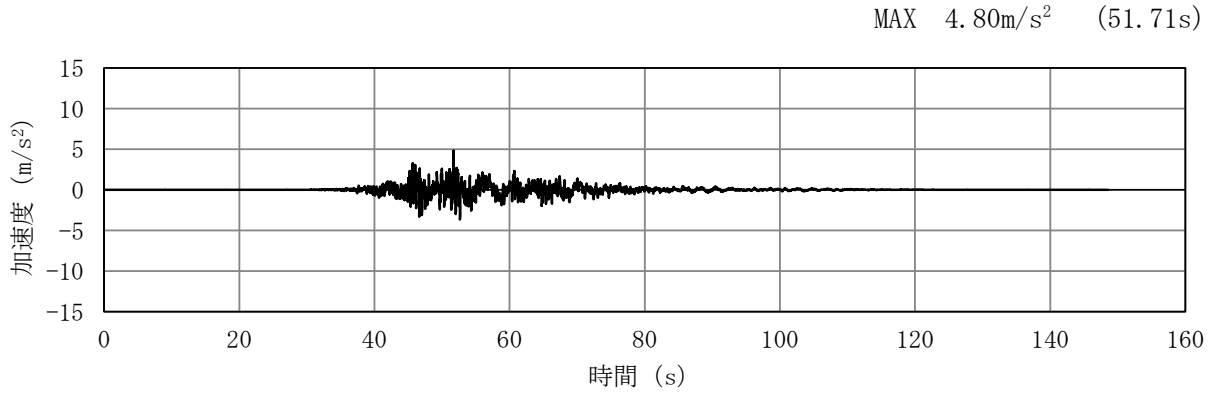


(a) 加速度時刻歴波形

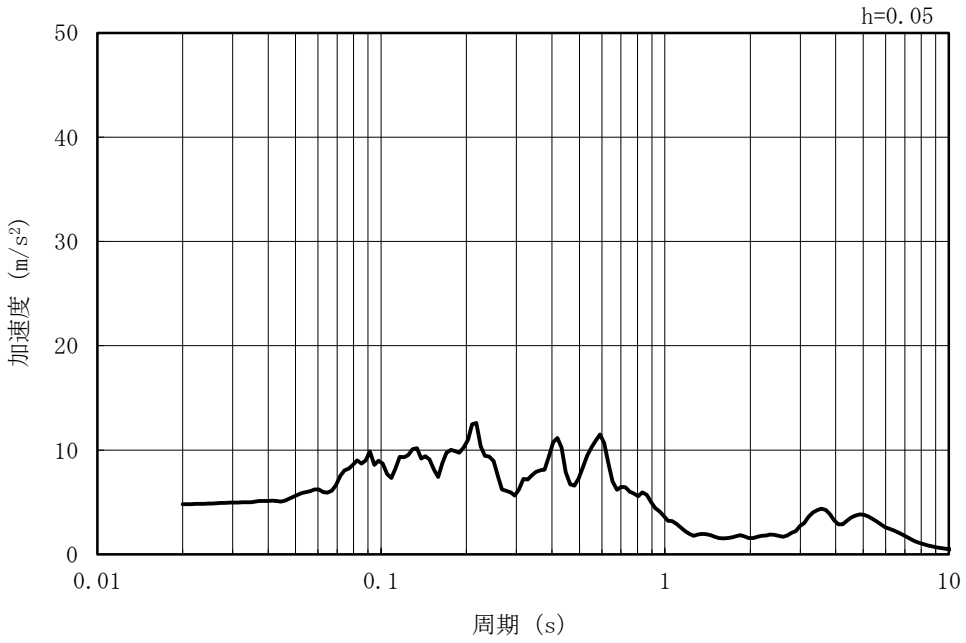


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（16） 入力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：Sd-5NS）

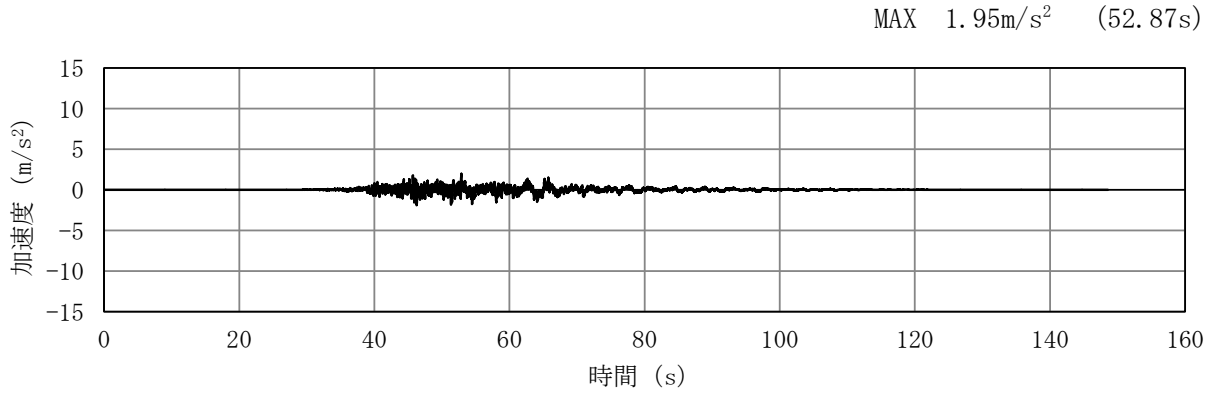


(a) 加速度時刻歴波形

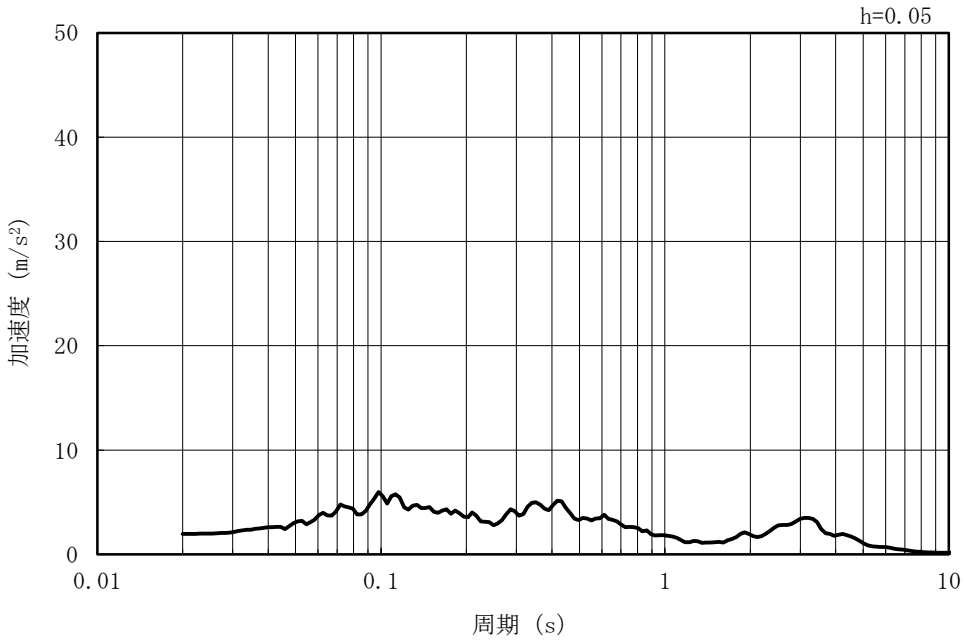


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（17） 入力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：Sd-6EW）

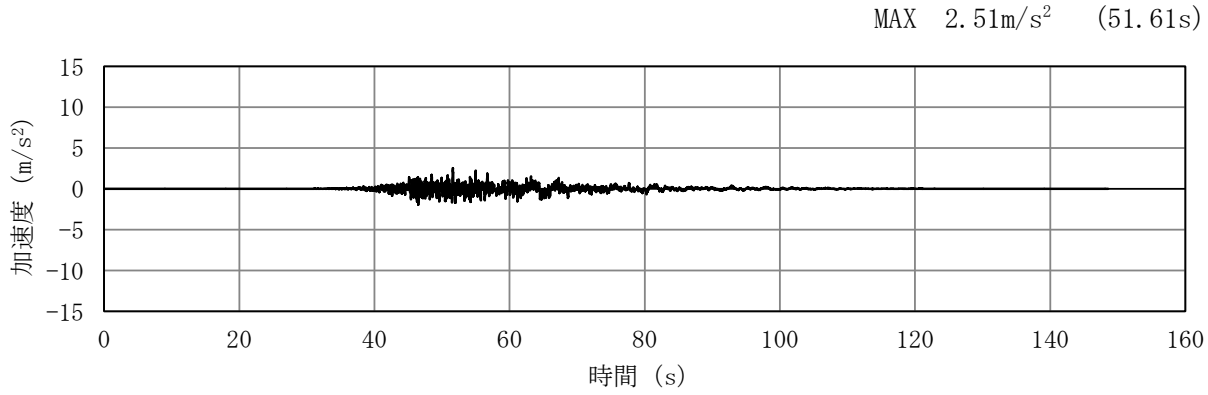


(a) 加速度時刻歴波形

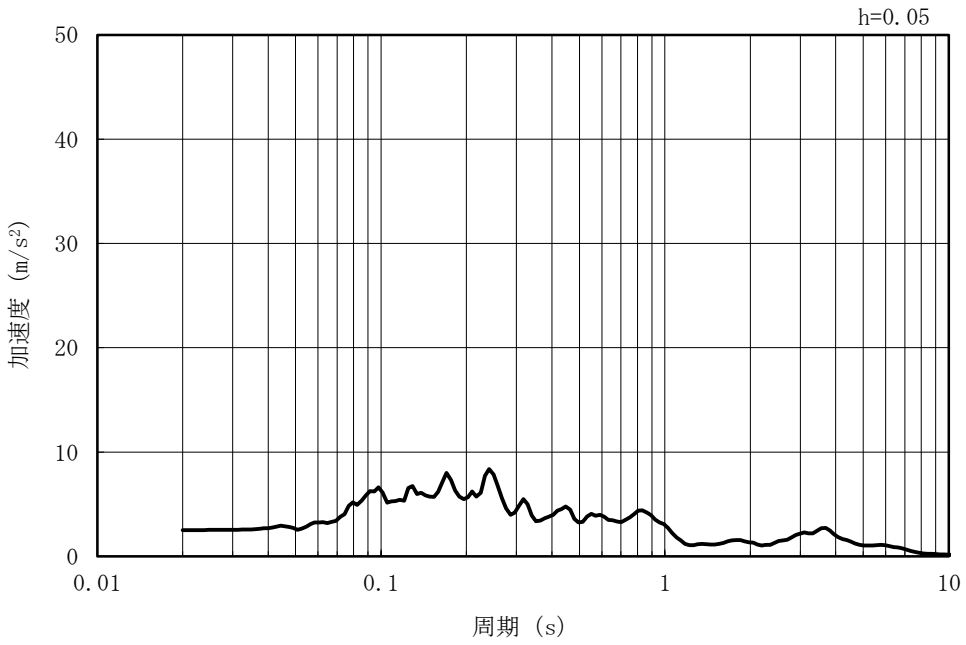


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（18） 入力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：Sd-6EW）

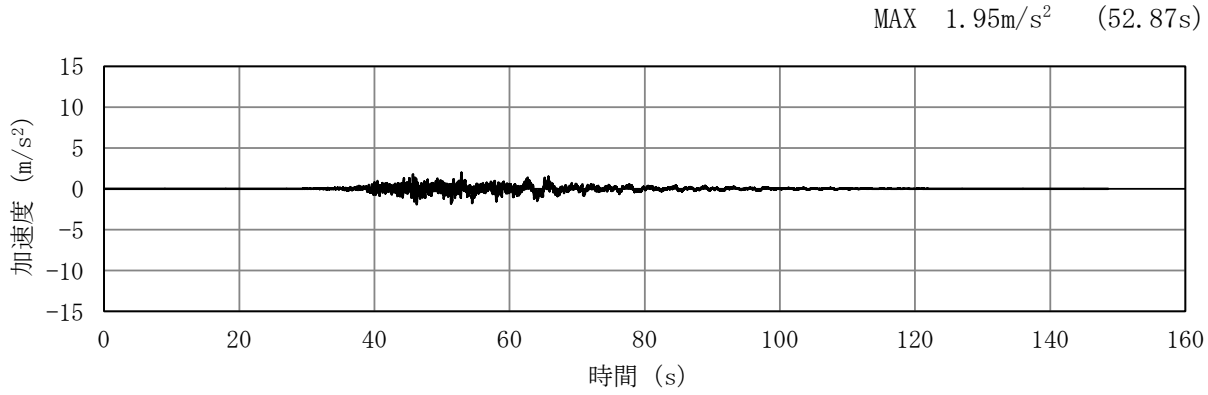


(a) 加速度時刻歴波形

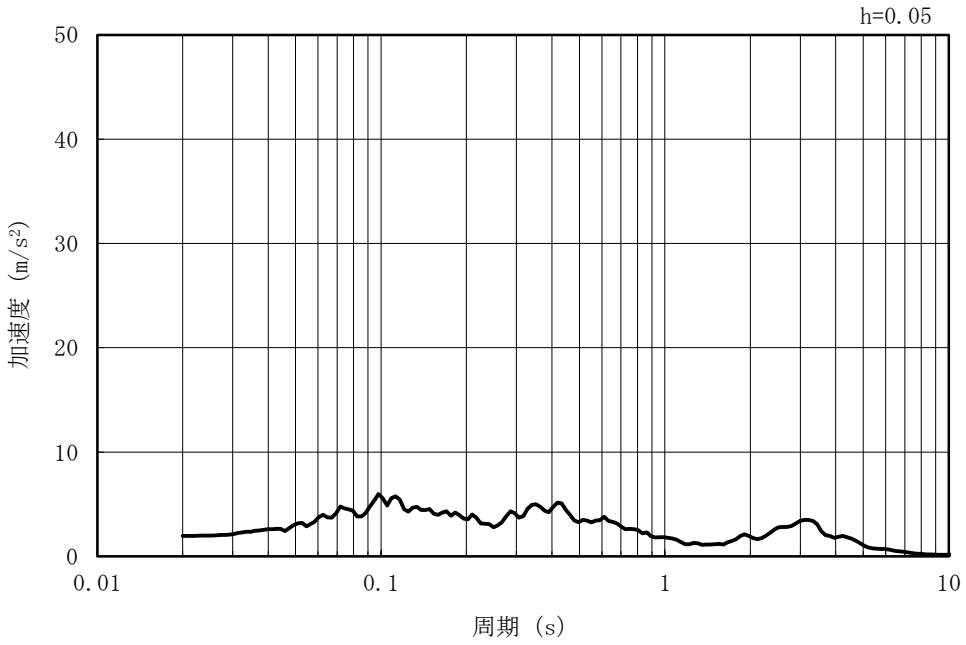


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（19） 入力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：Sd-6NS）

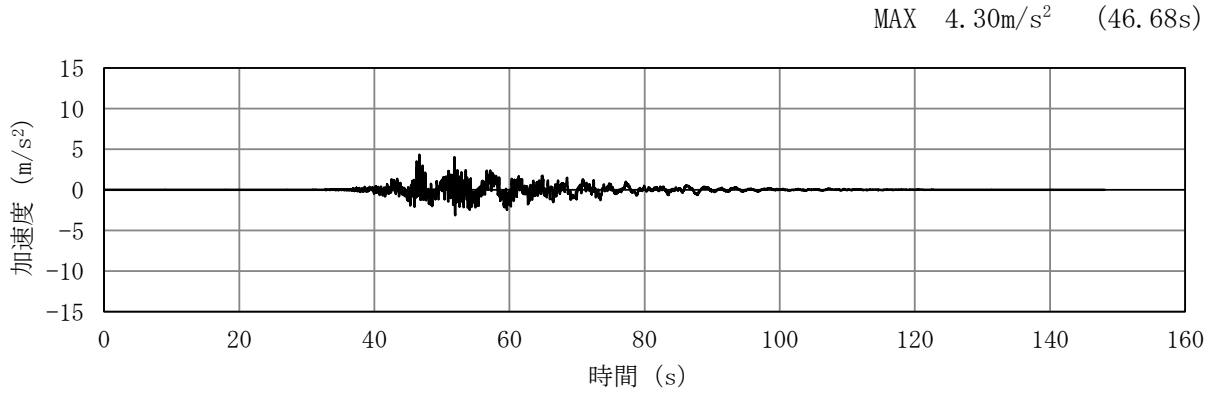


(a) 加速度時刻歴波形

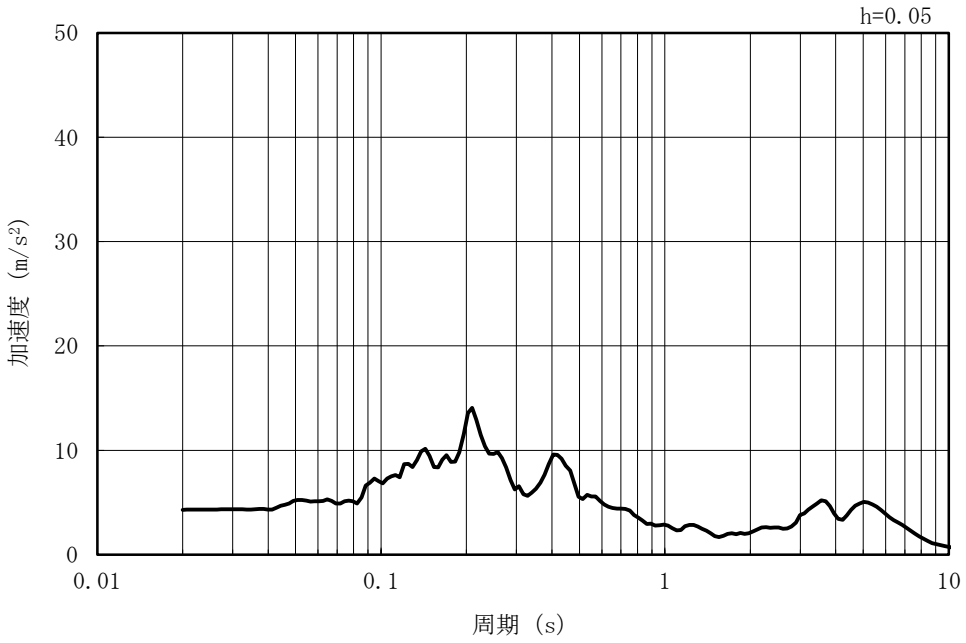


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（20） 入力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：Sd-6NS）

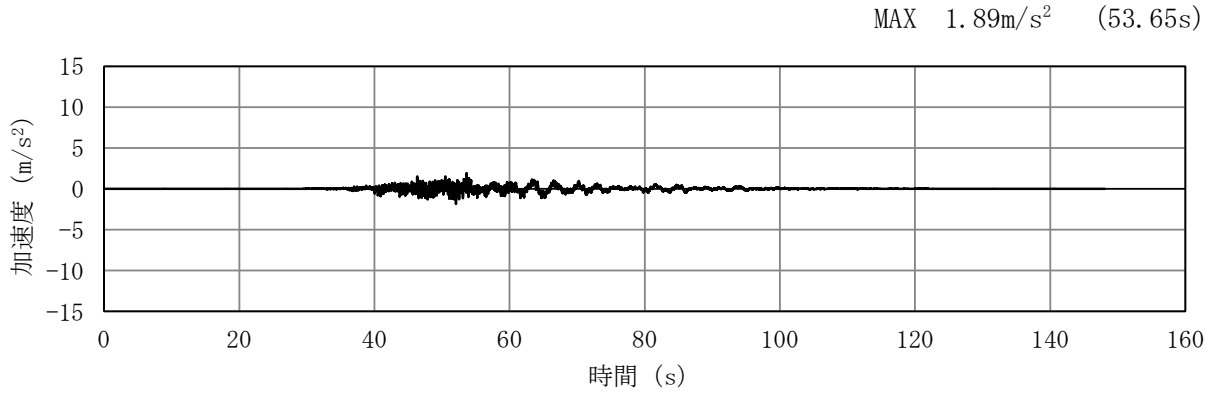


(a) 加速度時刻歴波形

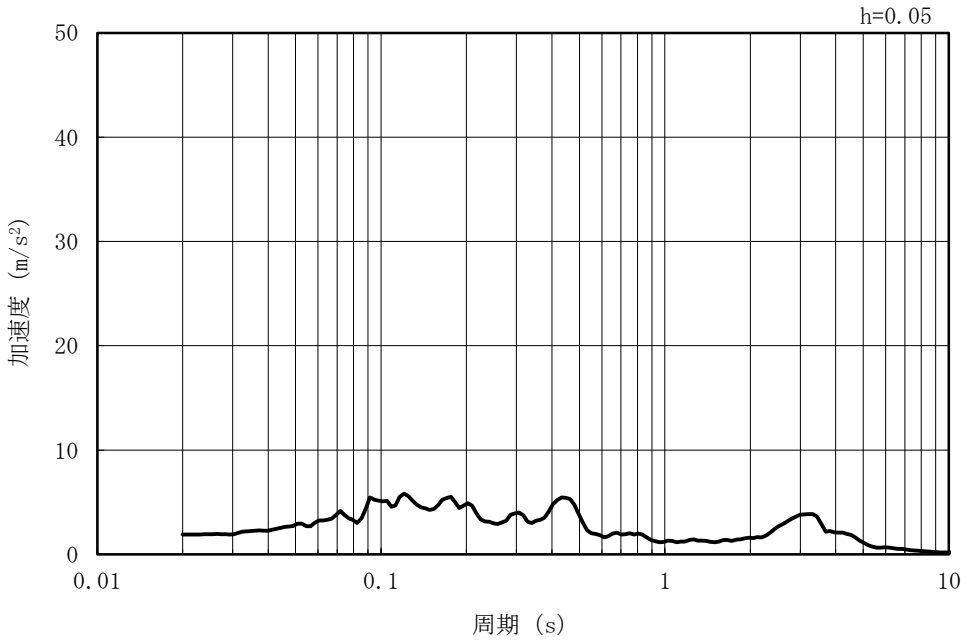


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（21） 入力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：Sd-7EW）

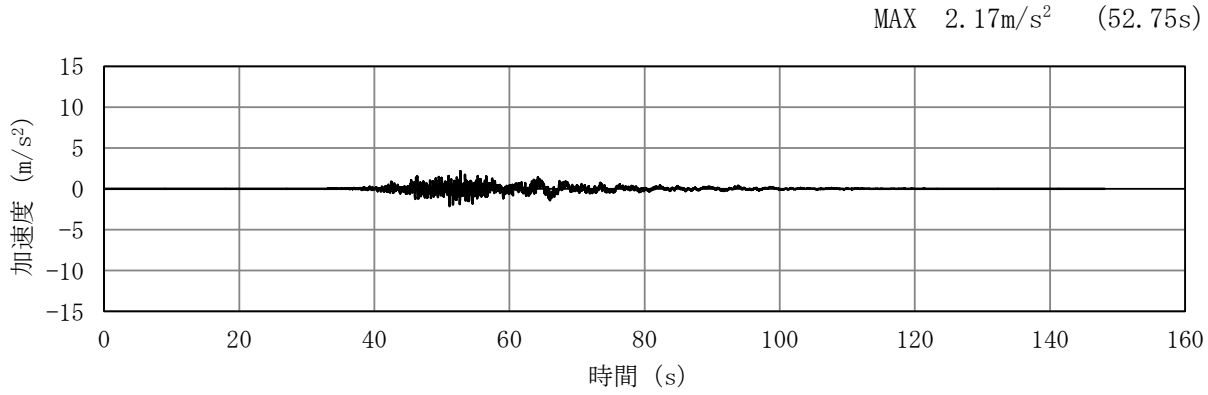


(a) 加速度時刻歴波形

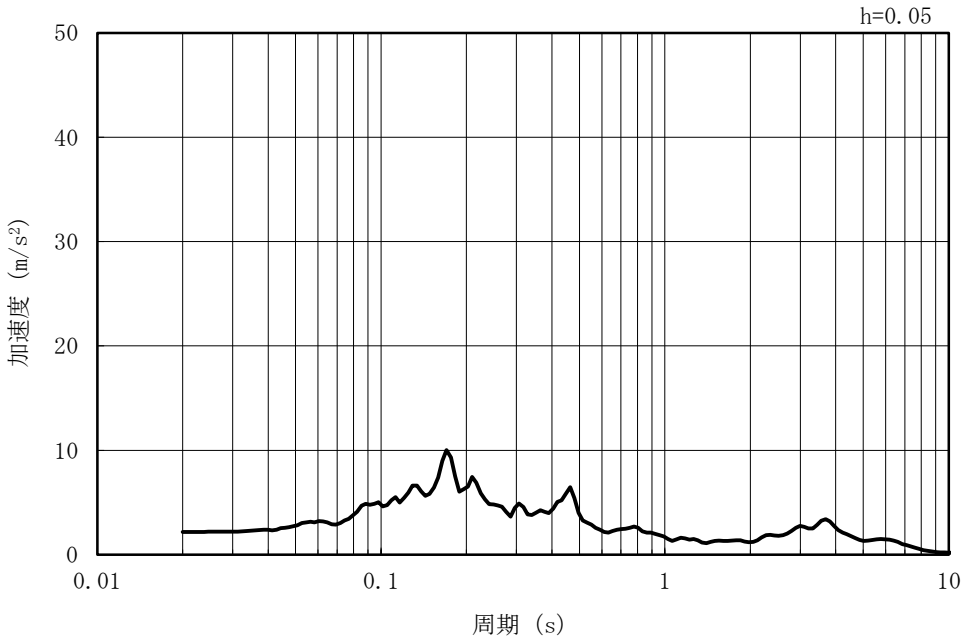


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（22） 入力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：Sd-7EW）

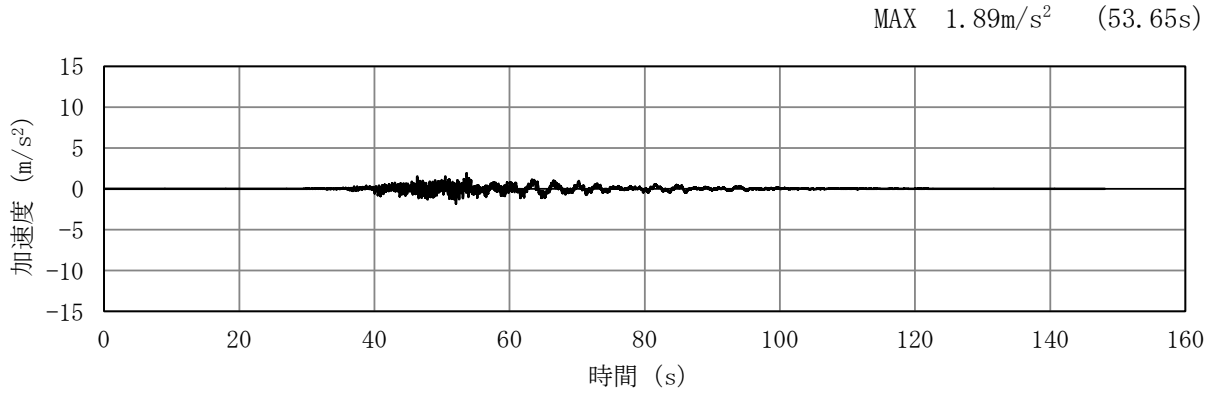


(a) 加速度時刻歴波形

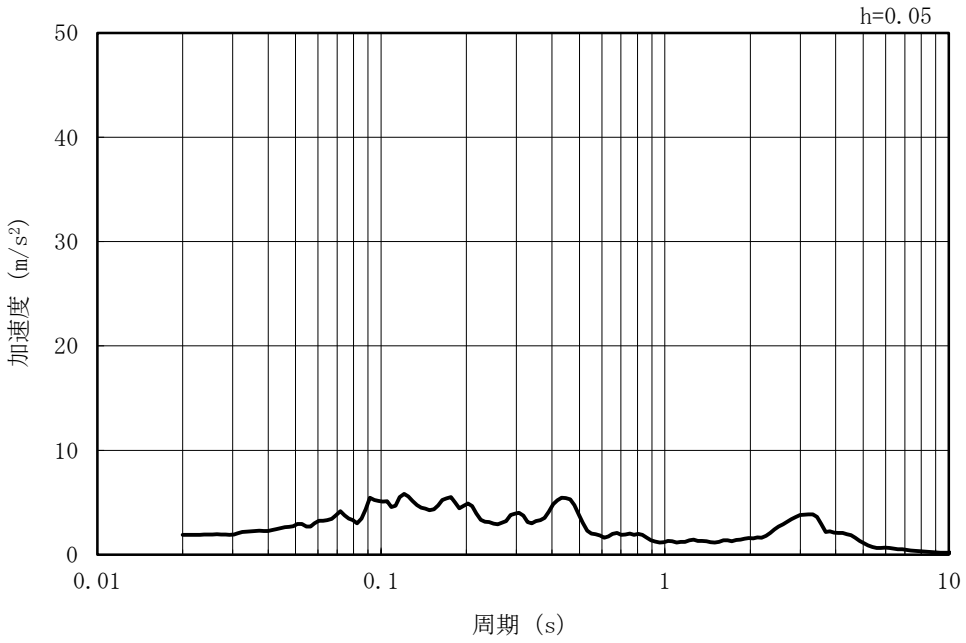


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（23） 入力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：Sd-7NS）

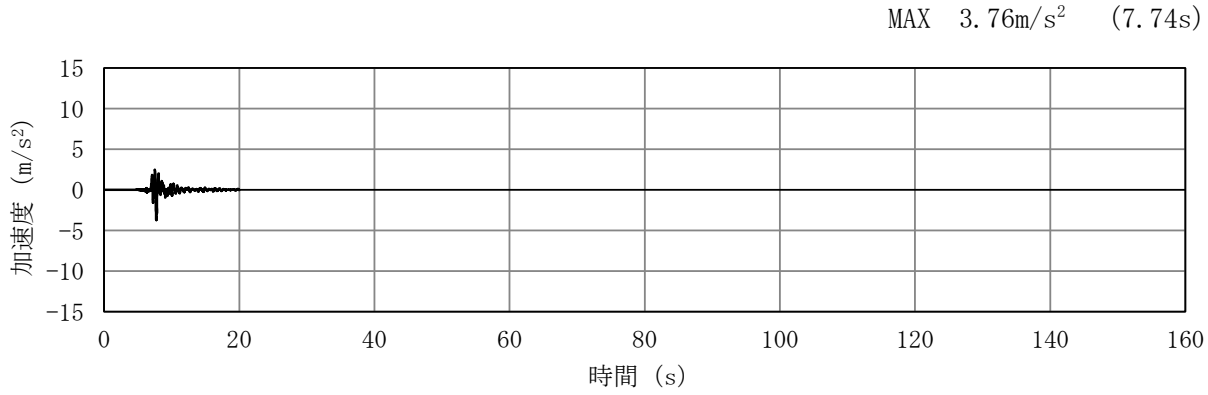


(a) 加速度時刻歴波形

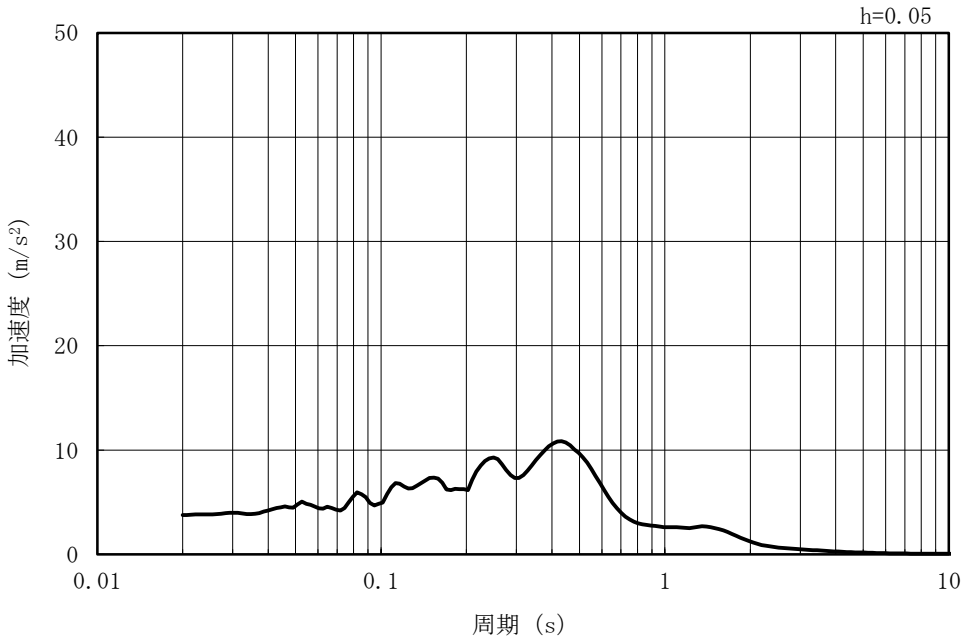


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（24） 入力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：Sd-7NS）

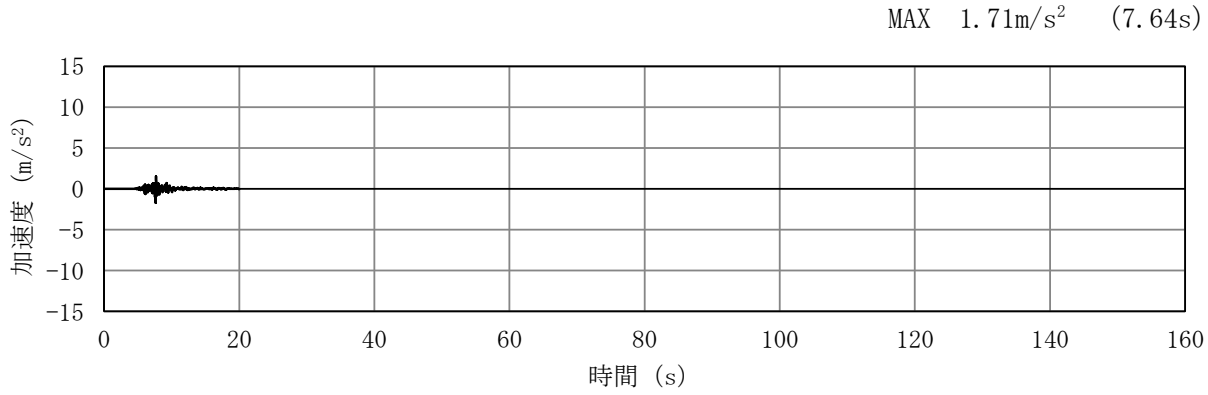


(a) 加速度時刻歴波形

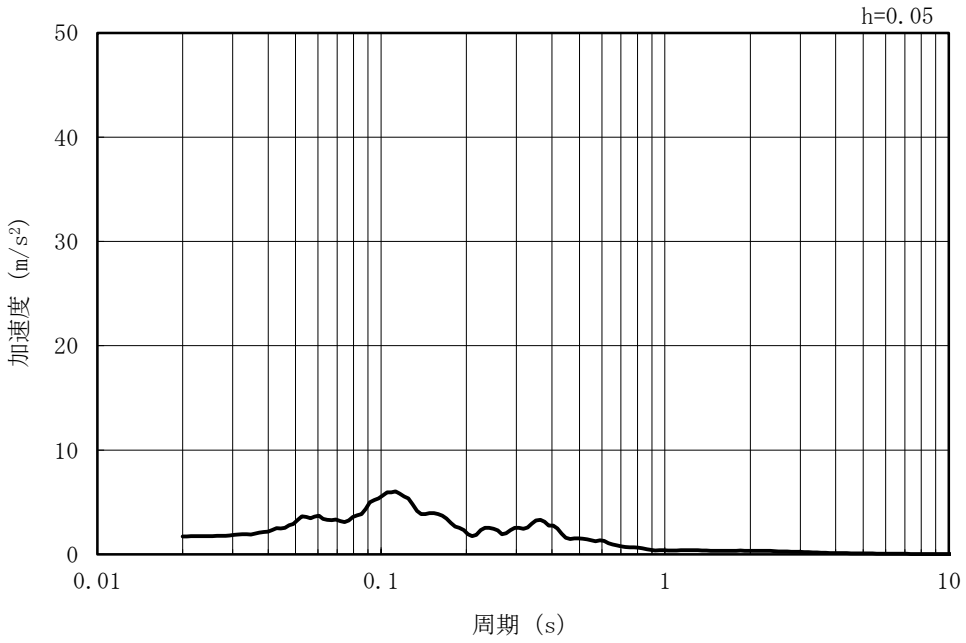


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（25） 入力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：Sd-8）



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－7（26） 入力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：Sd-8）

3.5　解析モデル及び諸元

3.5.1　解析モデル

軽油タンク基礎の地震応答解析モデルを図 3－8 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

鉄筋コンクリート部材は，線形平面ひずみ要素によりモデル化する。

鋼管杭は，非線形はり要素によりモデル化する。

また，軽油タンクは一質点でモデル化し，その他の機器・配管荷重及び付帯設備の荷重は解析モデルに付加質量として与えることで考慮する。

(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。

(5)　マンメイドロックのモデル化

マンメイドロックは，マルチスプリング要素及び間隙水要素によりモデル化する。

(6)　地盤改良体のモデル化

構造物周辺の地盤改良体は,マルチスプリング要素及び間隙水要素によりモデル化する。

(7)　ジョイント要素の設定

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

(8)　杭－地盤相互作用ばねの設定

地震時の地盤と杭の接合面における相互作用の 3 次元効果を 2 次元モデルで考慮するため，地盤と杭の接合面に杭－地盤相互作用ばねを設定する。

(9)　杭先端ばねの設定

地震時の杭先端における地盤と杭の相互作用を考慮するため，杭先端と地盤間に杭先端ばねを設定する。

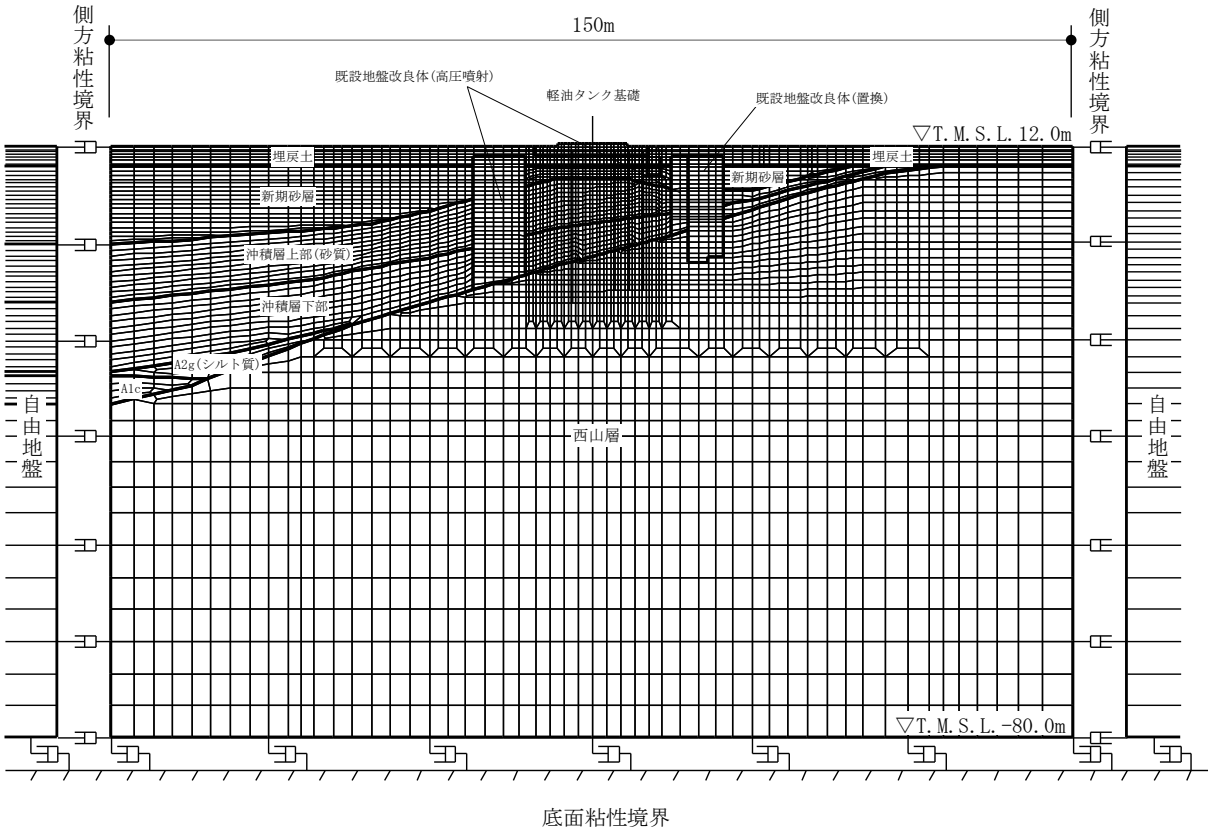


図 3－8（1） 軽油タンク基礎の地震応答解析モデル（Ａ－Ａ断面）

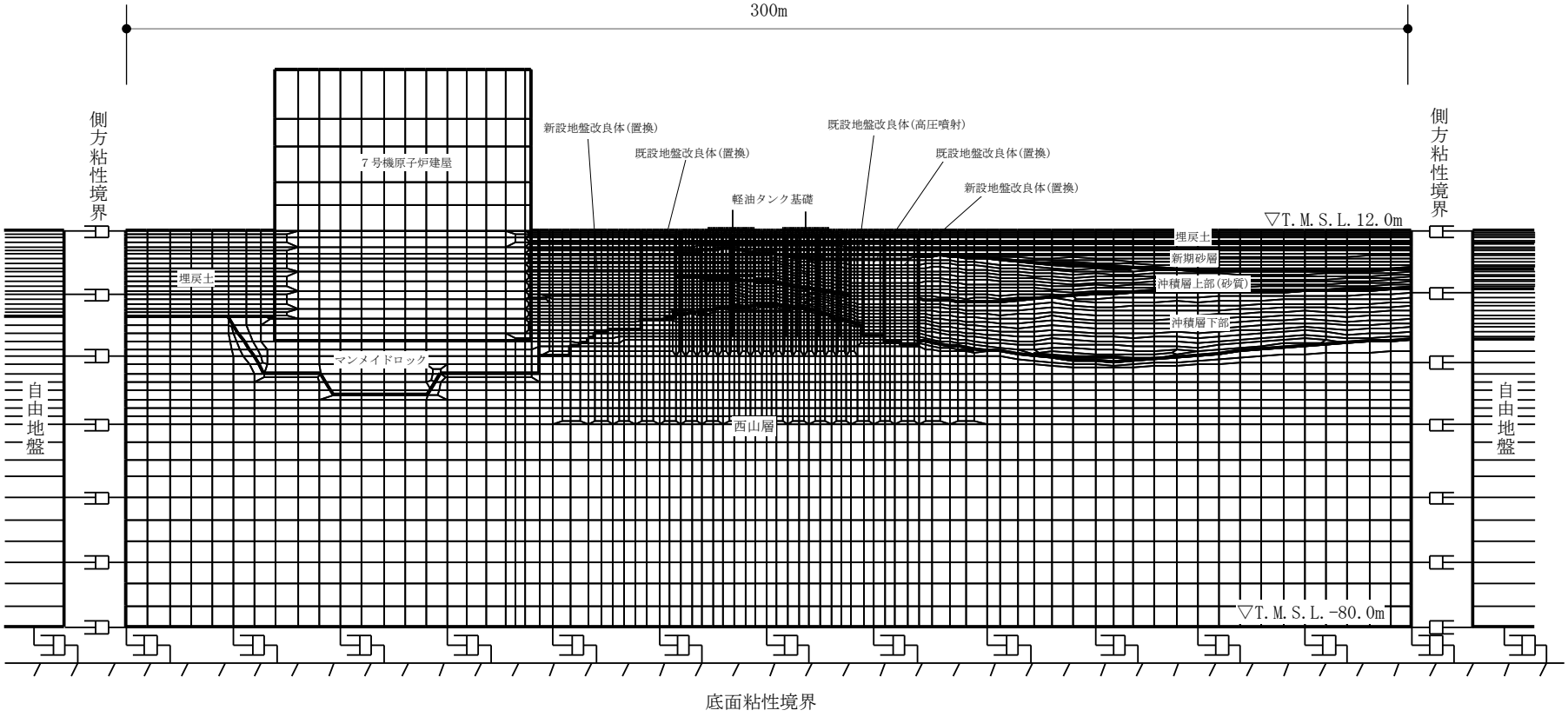


図 3－8 (2)　軽油タンク基礎の地震応答解析モデル（Ｂ－Ｂ断面）

3.5.2　使用材料及び材料物性値

構造物の使用材料を表 3－3，材料物性値を表 3－4 に示す。

表 3－3　使用材料

材料	諸元
コンクリート	設計基準強度　23.5 N/mm^2
鉄筋	SD35（SD345 相当）
鋼管杭	SKK400（SKK41 相当）

表 3－4　材料物性値

材料	単位体積重量 (kN/m^3)	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比
鉄筋コンクリート	23.5*	2.45×10^4*	0.2*
鋼管杭	77*	2.06×10^5*	0.3*

注記＊　：建設時の設計値に基づく

3.5.3　地盤，マンメイドロック及び地盤改良体の物性値

地盤及びマンメイドロックの物性値は，Ⅴ-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。地盤改良体については，Ⅴ-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値に基づき，地盤改良体の配置を考慮した物性値を設定する。地盤改良体の配置を考慮した物性値を表 3－5 に示す。

表 3－5　地盤改良体の配置を考慮した物性値

既設／新設				既設地盤改良体		新設 地盤改良体
種別 (地盤種別)				置換	高圧噴射 (砂質土)	置換
物理特性	密度	ρ	(g/cm^3)	1.87	1.76	1.87
	間隙率	n		0.49	0.51	0.48
変形特性	動せん断弾性係数	G_{ma}	(kN/m^2)	2.87×10^6	1.20×10^6	1.19×10^6
	基準平均有効拘束圧	σ_{ma}'	(kN/m^2)	98.0	98.0	98.0
	ポアソン比	ν		0.33	0.33	0.33
	減衰定数の上限値	h_{max}		0.060	0.100	0.050
強度特性	粘着力	c	(kN/m^2)	2117	1580	3640

3.5.4　地下水位

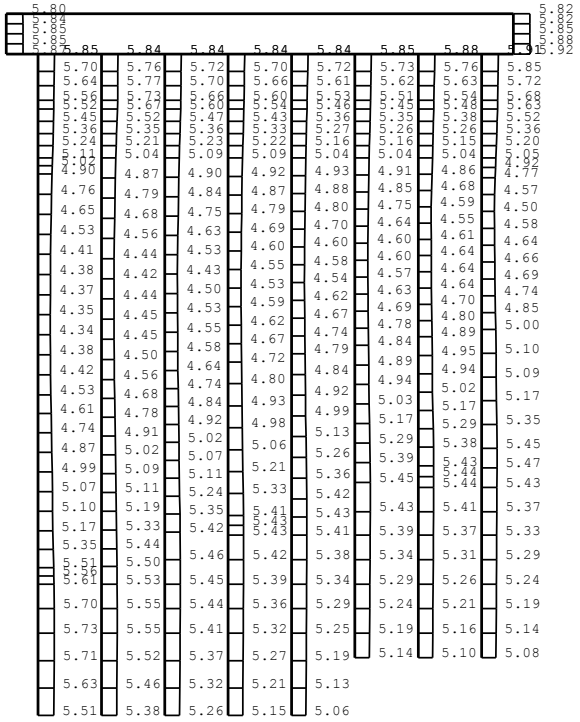
地下水位はⅤ-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき，T.M.S.L.12.0m（地表面）として設定する。

4. 解析結果

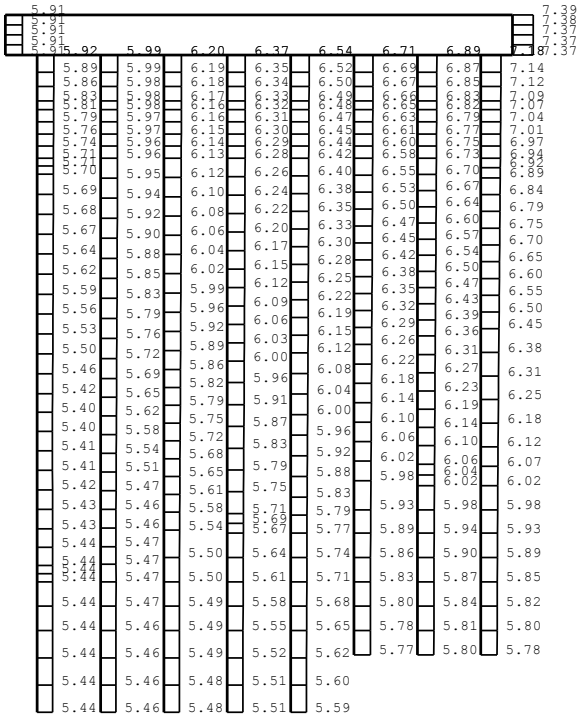
4.1 Ａ－Ａ断面解析結果

Ａ－Ａ断面の解析結果のうち，解析ケース①（基本ケース）の全ての基準地震動Ｓｓに対する最大加速度分布図並びに解析ケース①において，各照査のうち照査値が最大となる地震動に対する解析ケース②，③，⑤での最大加速度分布図を図 4－1 に示す。

また，解析ケース④の全ての基準地震動Ｓｓ及び弾性設計用地震動Ｓｄに対する最大加速度分布図並びに解析ケース④において，鉄筋コンクリート部材の加速度が最大となる地震動に対する解析ケース③，⑤での最大加速度分布図を図 4－2 に示す。



(a) Ss-1＋＋，水平

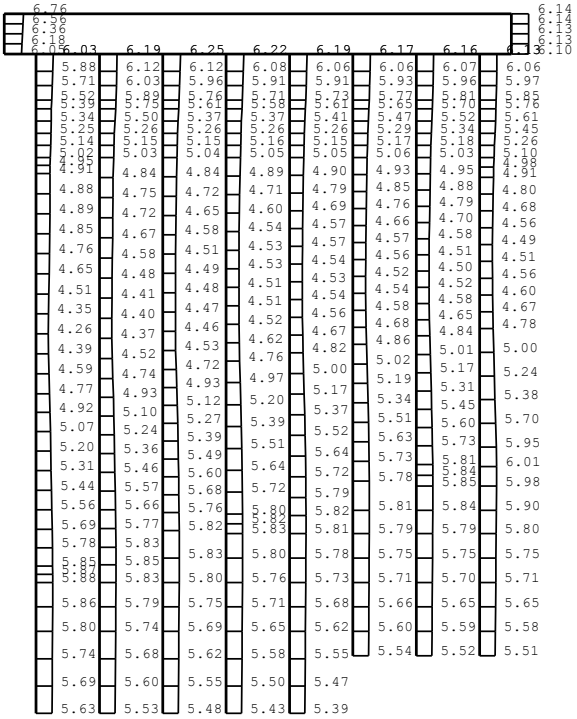


(b) Ss-1＋＋，鉛直

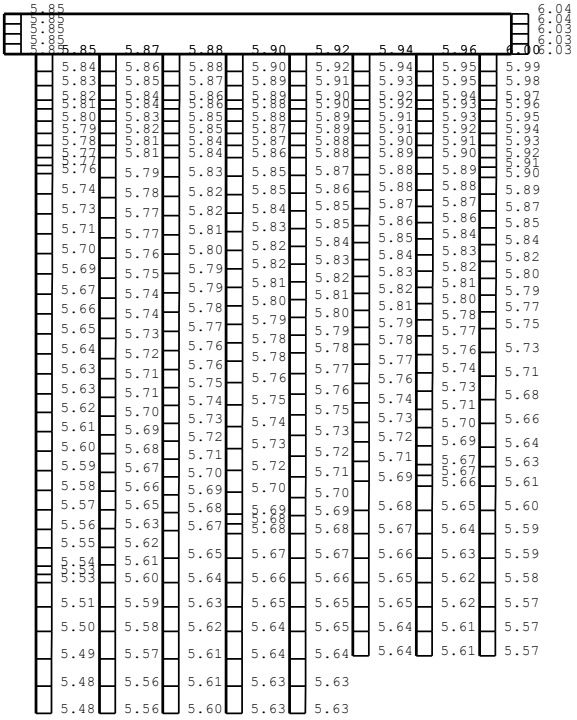


図 4－1（1） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（1/18）

（①基本ケース）



(a) Ss-1－＋，水平

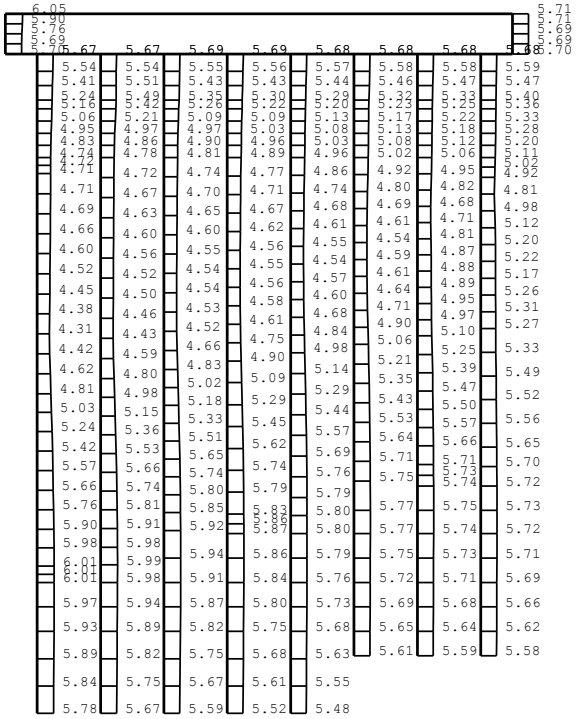


(b) Ss-1－＋，鉛直

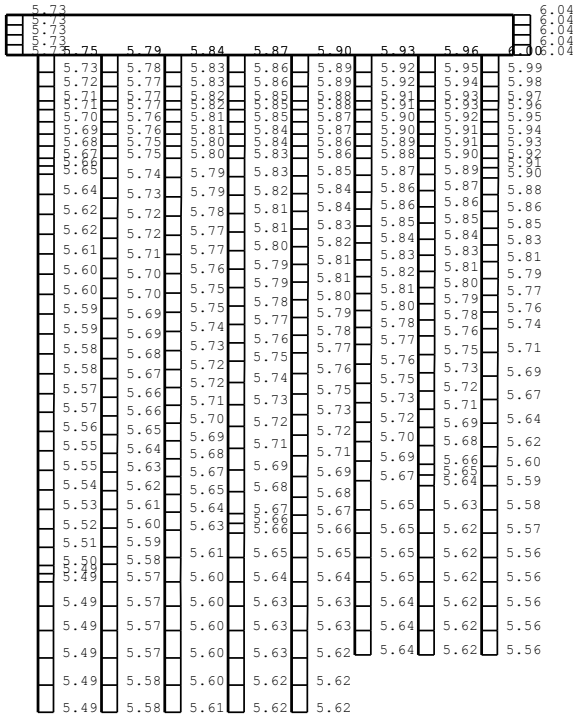


図 4－1 (2)　A－A断面の最大加速度分布図 (2/18)

(①基本ケース)



(a) Ss-1＋－，水平

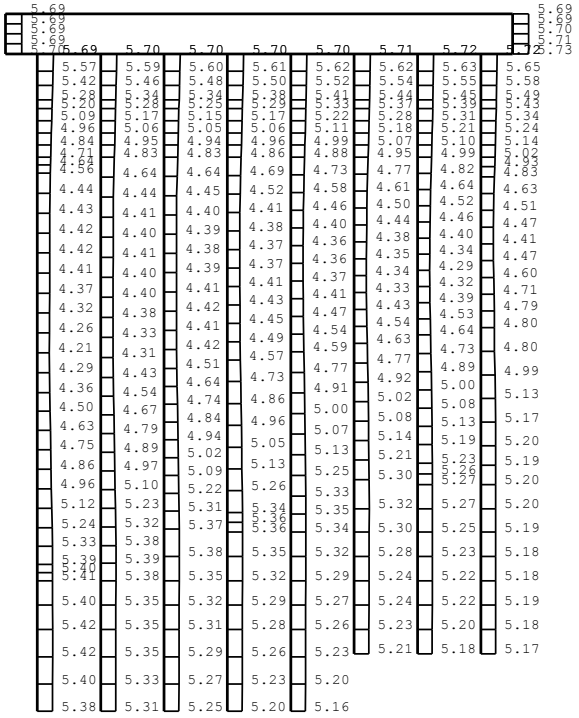


(b) Ss-1＋－，鉛直

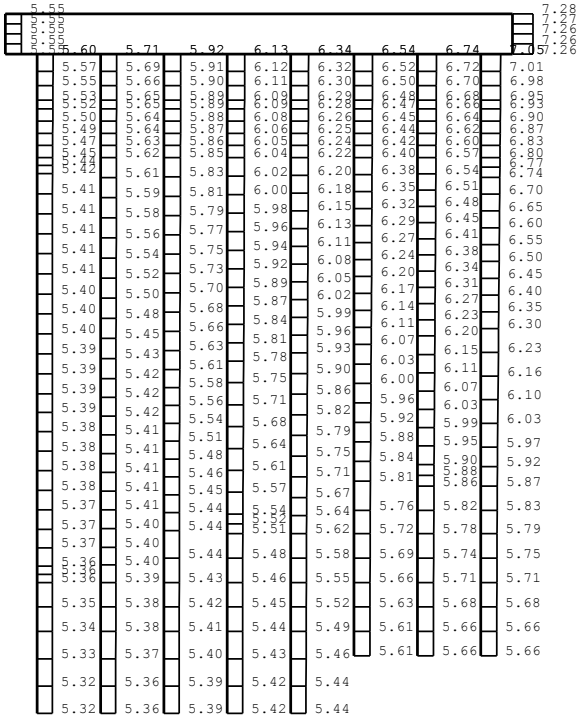


図 4－1（3） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（3/18）

（①基本ケース）



(a) Ss-1－－，水平

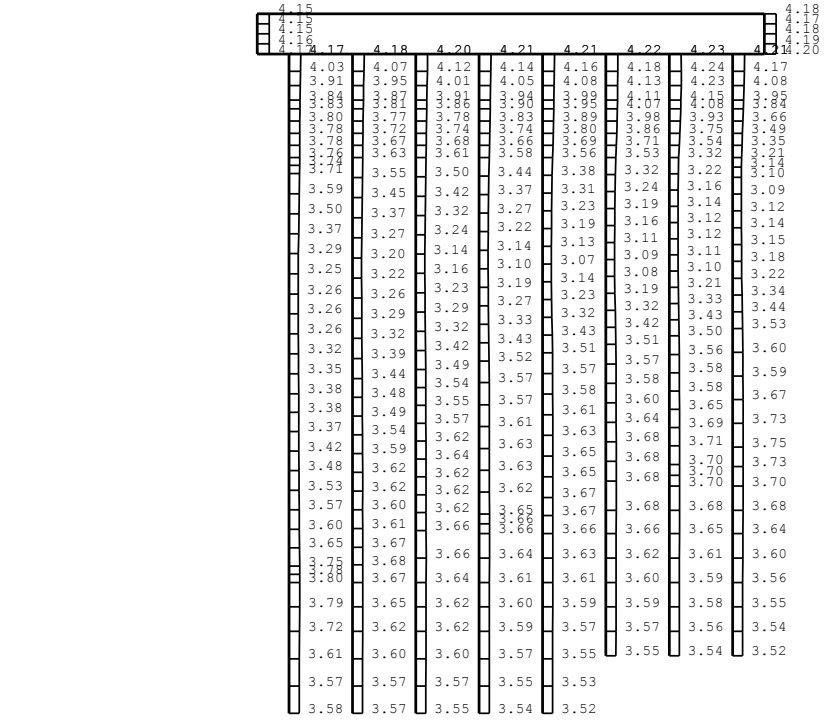


(b) Ss-1－－，鉛直

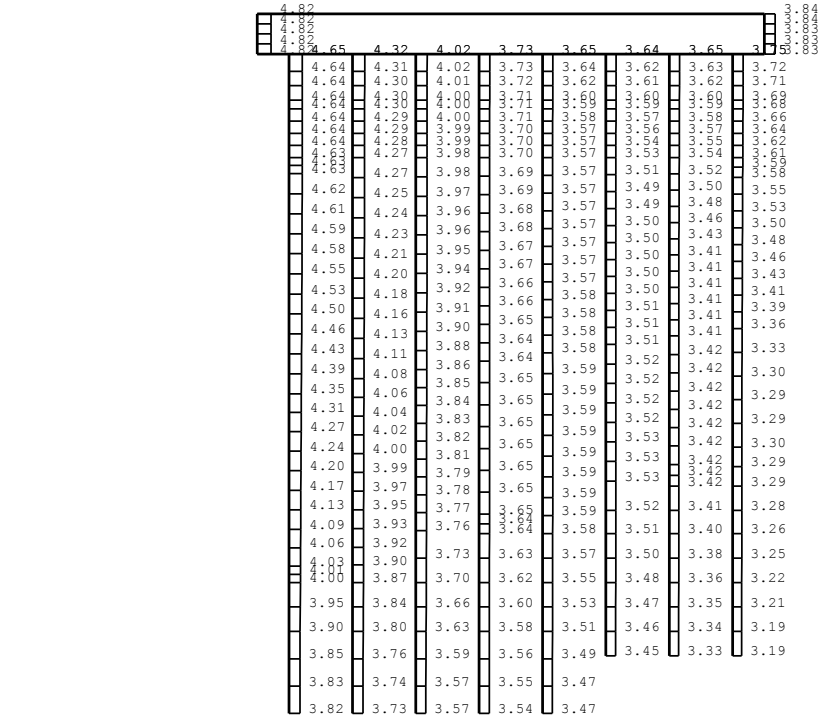


図 4－1（4） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（4/18）

（①基本ケース）



(a) Ss-2NS，水平

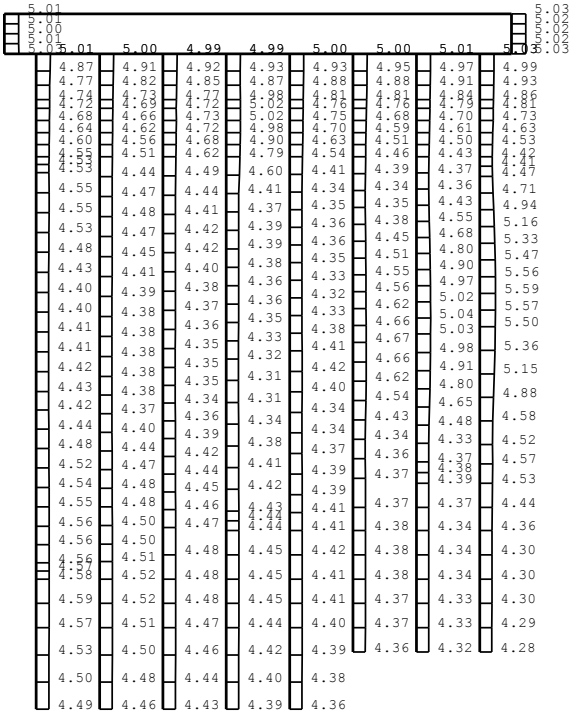


(b) Ss-2NS，鉛直

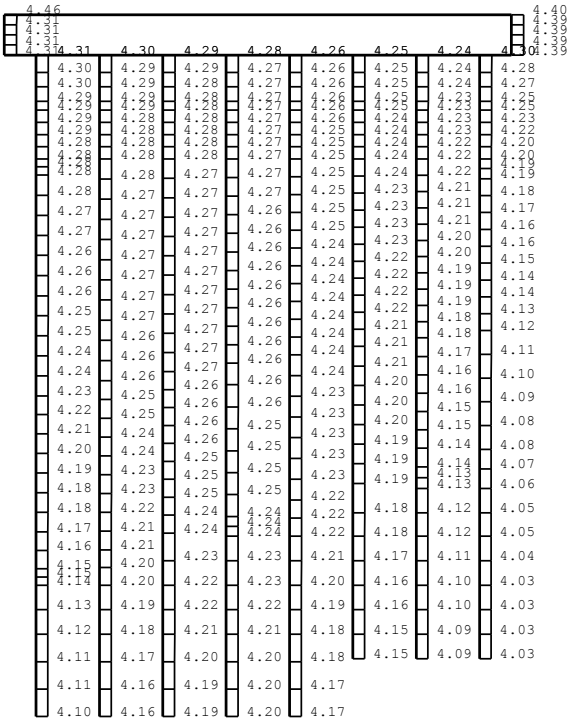


図 4－1 (5)　A－A断面の最大加速度分布図 (5/18)

(①基本ケース)



(a) Ss-3＋＋，水平



(b) Ss-3＋＋，鉛直

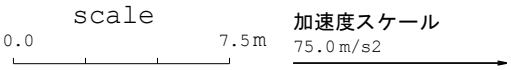
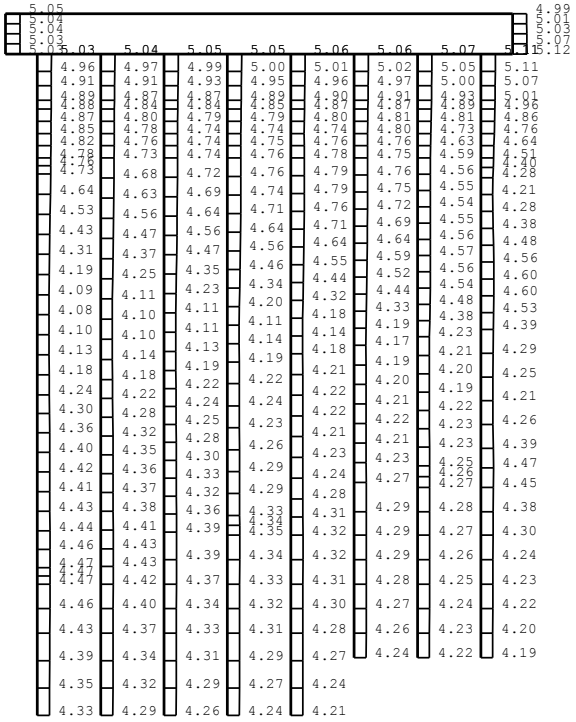
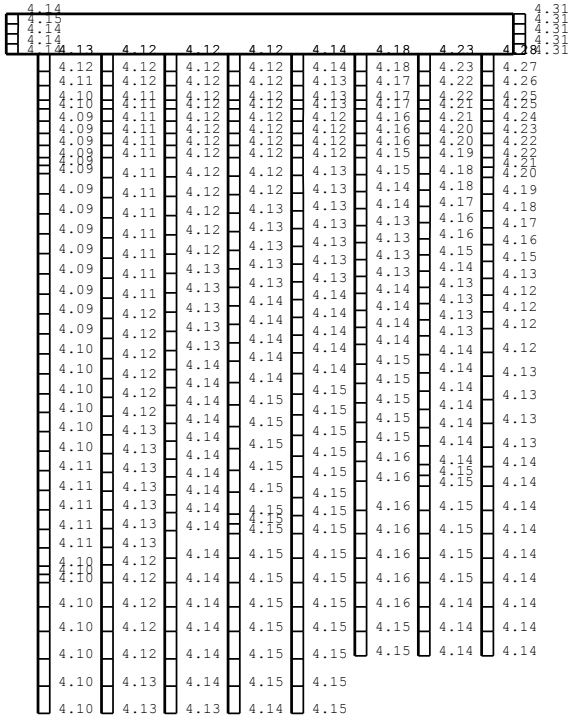


図 4－1（6） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（6/18）

（①基本ケース）



(a) Ss-3－＋，水平



(b) Ss-3－＋，鉛直

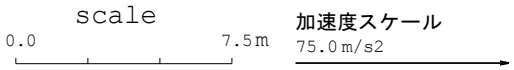
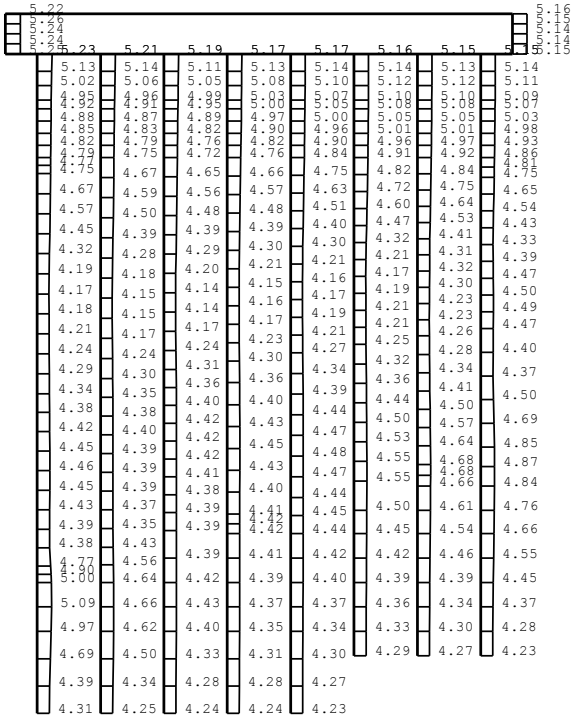
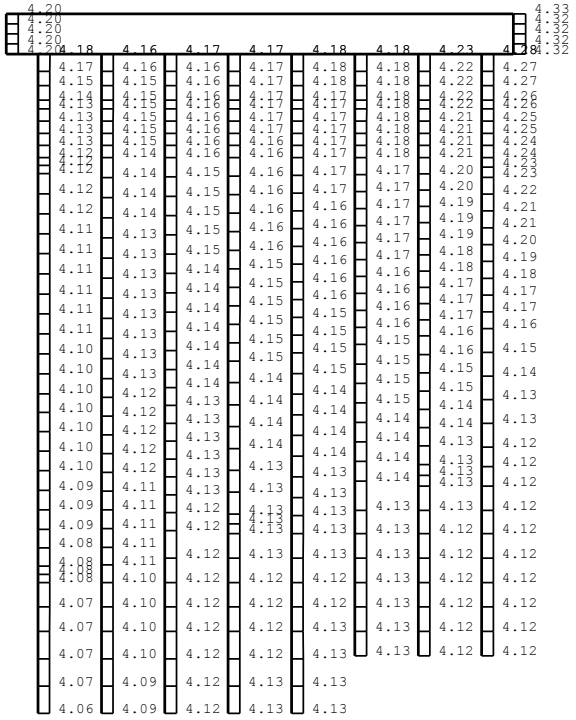


図 4－1（7） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（7/18）

（①基本ケース）



(a) Ss-3＋－，水平

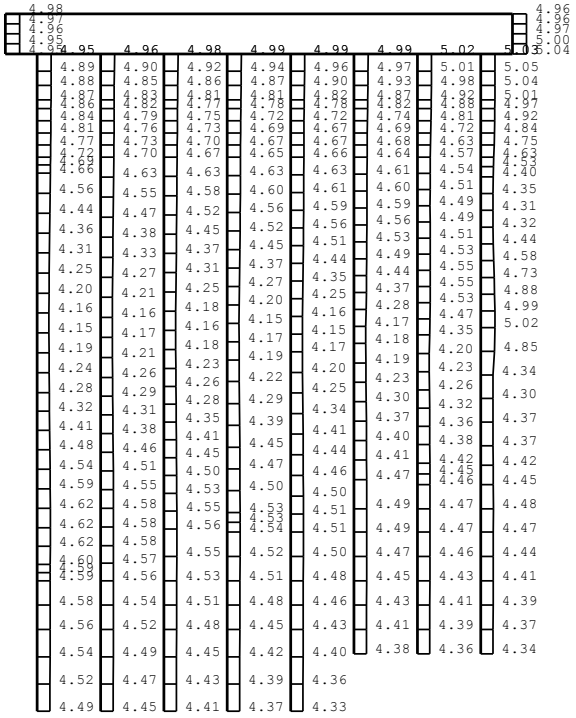


(b) Ss-3＋－，鉛直

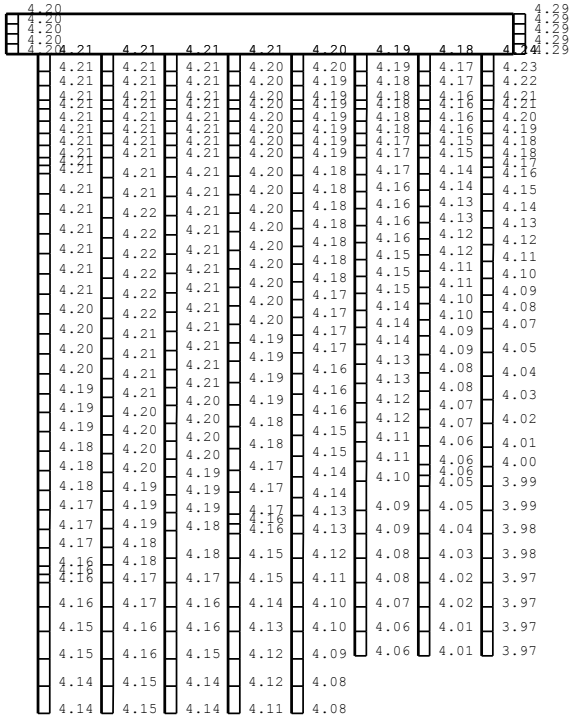


図 4－1（8） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（8/18）

（①基本ケース）



(a) Ss-3－－，水平

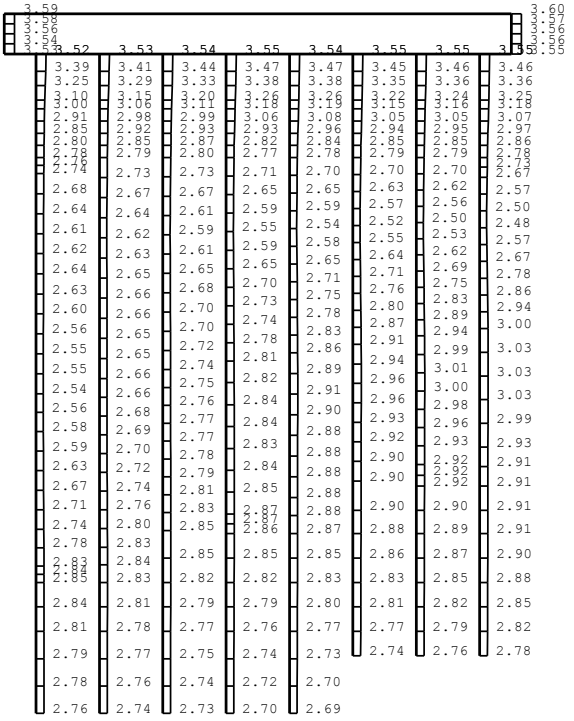


(b) Ss-3－－，鉛直

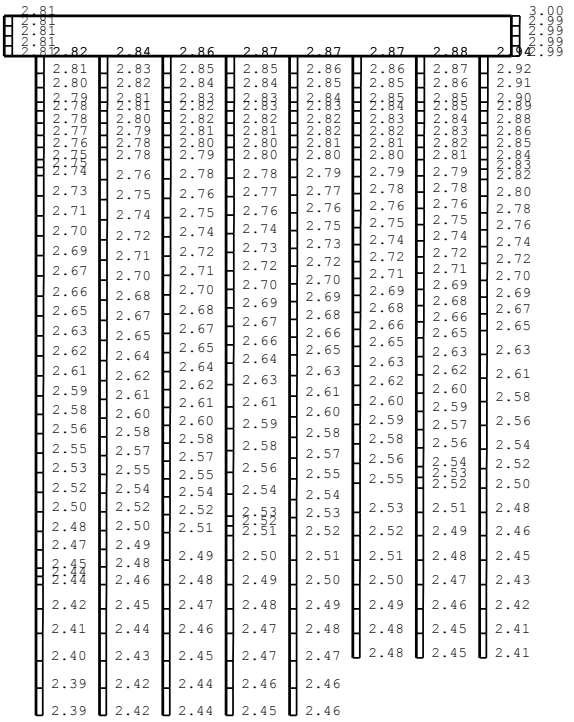


図 4－1（9） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（9/18）

（①基本ケース）



(a) Ss-4NS，水平

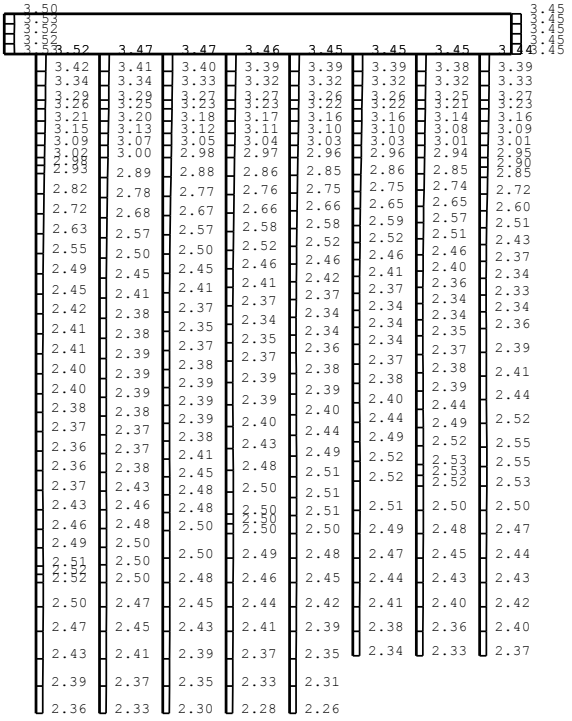


(b) Ss-4NS，鉛直

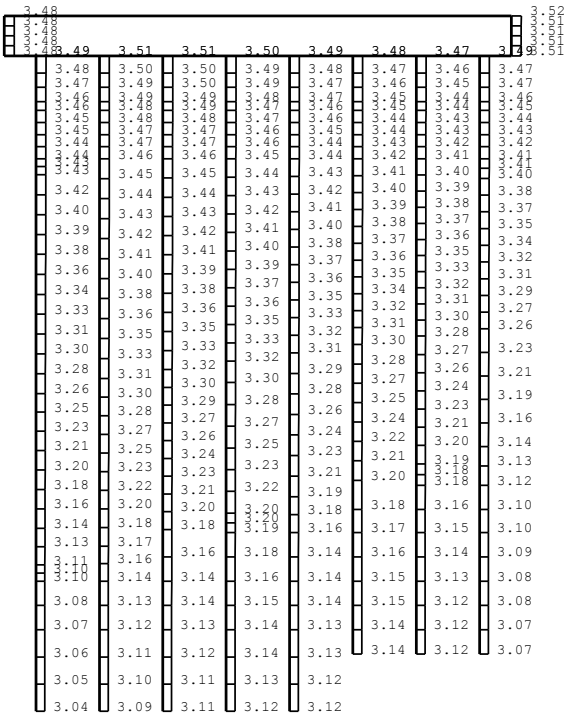


図 4－1（10） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（10/18）

（①基本ケース）



(a) Ss-5NS，水平

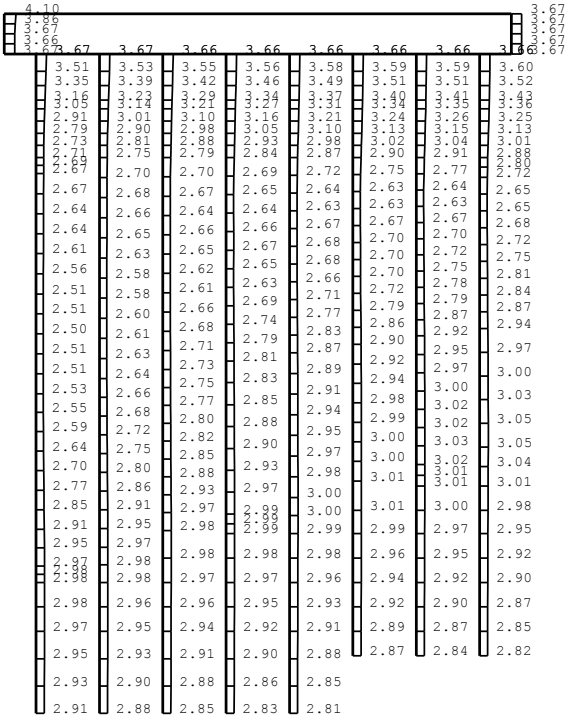


(b) Ss-5NS，鉛直

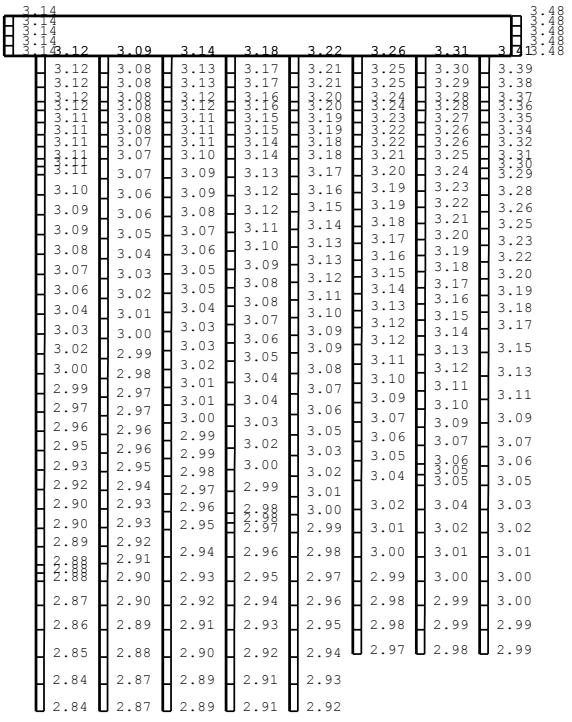


図 4－1（11） A－A断面の最大加速度分布図（11/18）

（①基本ケース）



(a) Ss-6NS，水平

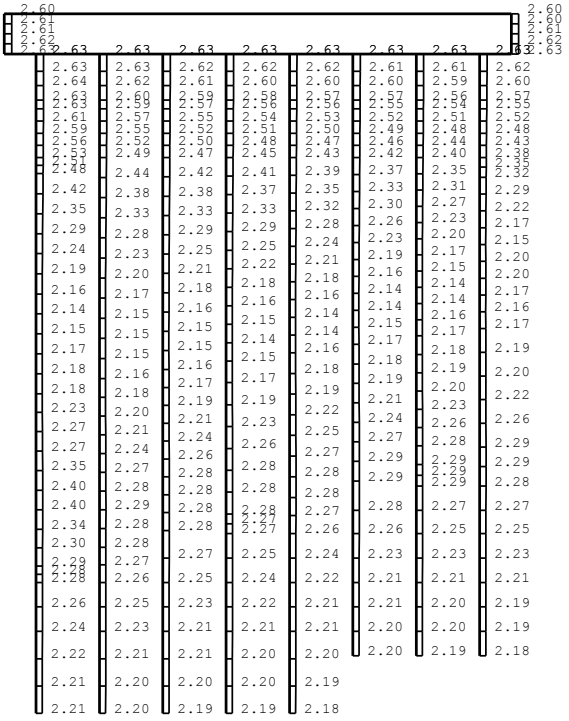


(b) Ss-6NS，鉛直

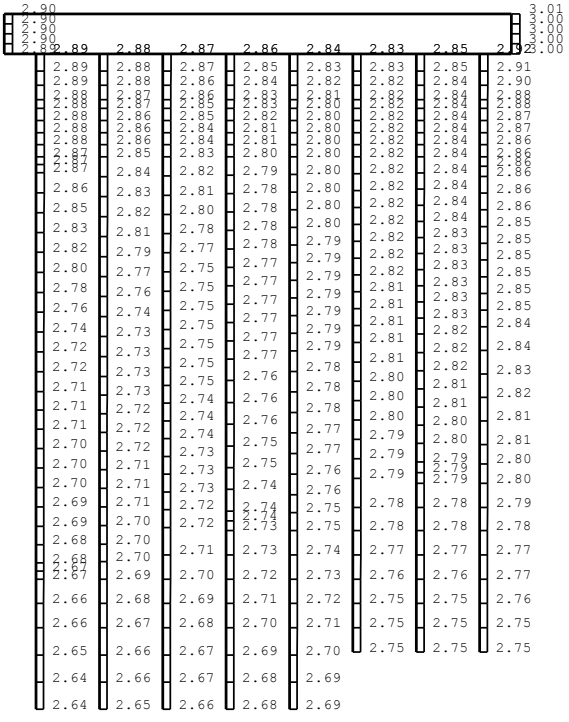


図 4－1（12） A－A断面の最大加速度分布図（12/18）

（①基本ケース）



(a) Ss-7NS，水平



(b) Ss-7NS，鉛直

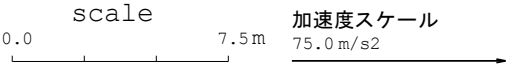
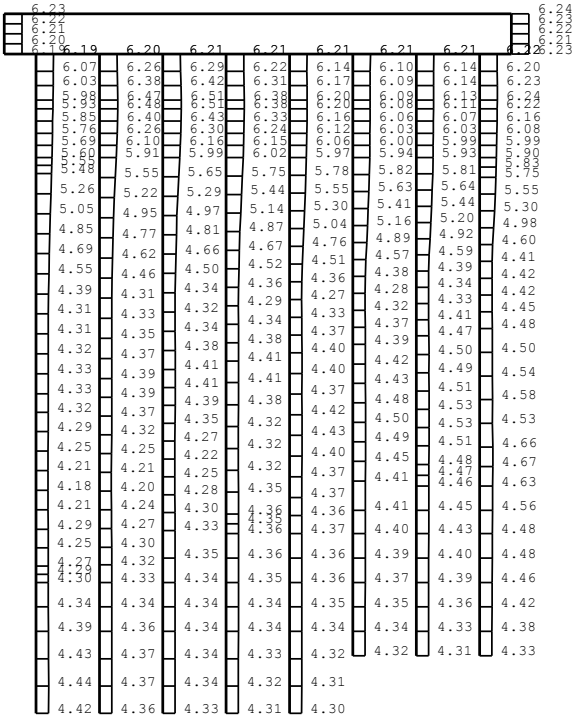
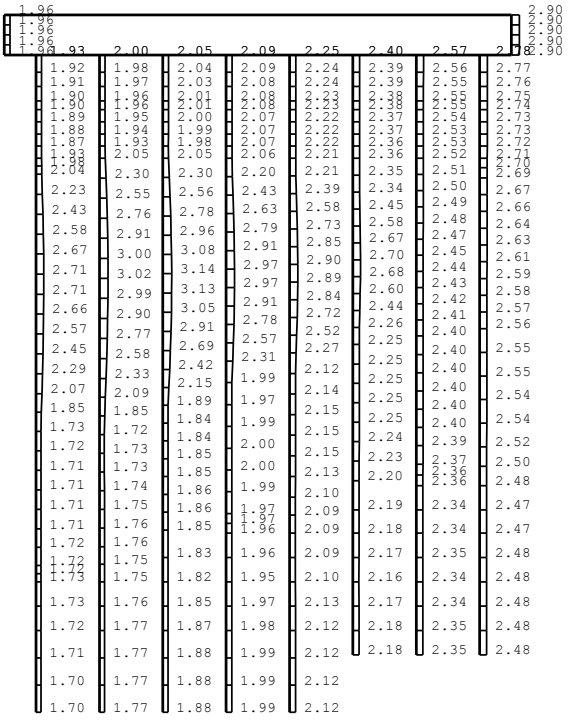


図 4－1（13） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（13/18）

（①基本ケース）



(a) Ss-8＋＋，水平



(b) Ss-8＋＋，鉛直

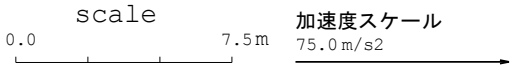
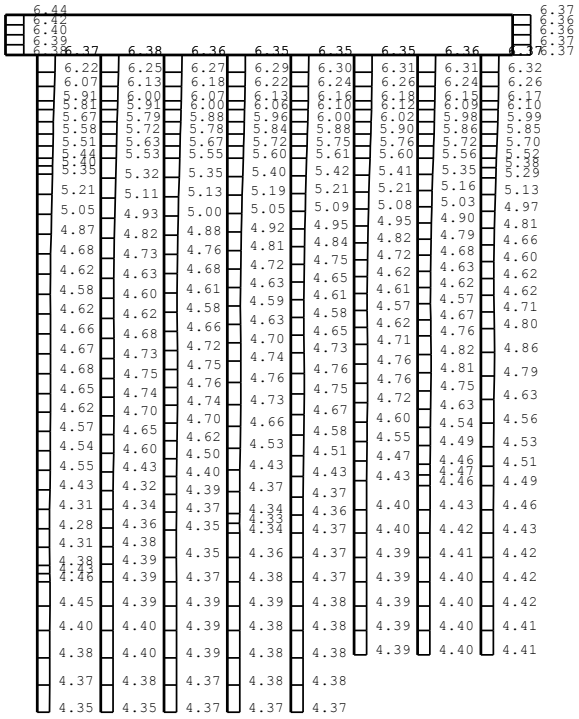
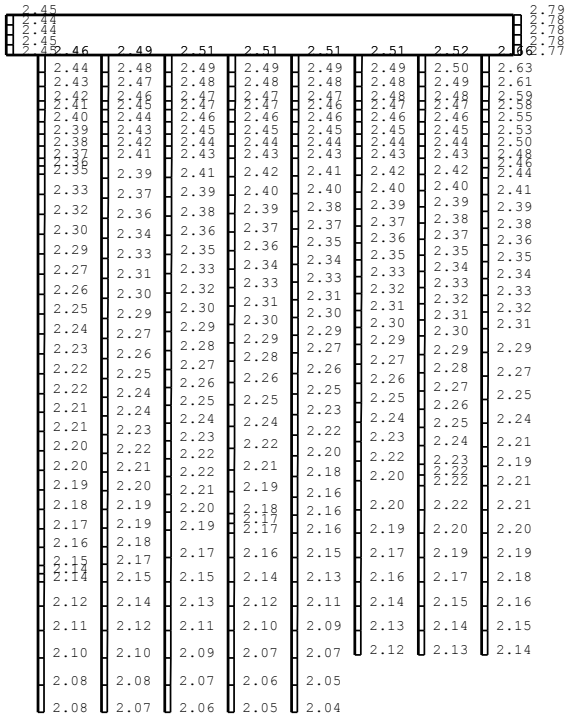


図 4－1（14） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（14/18）

（①基本ケース）



(a) Ss-8－＋，水平

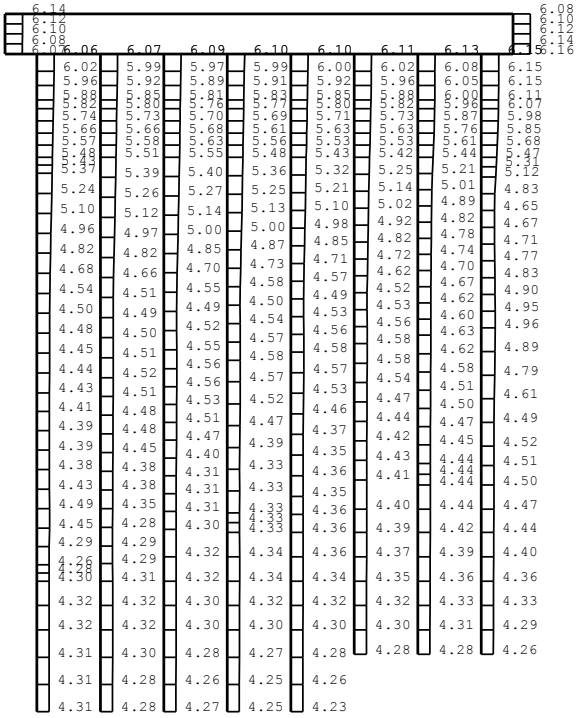


(b) Ss-8－＋，鉛直

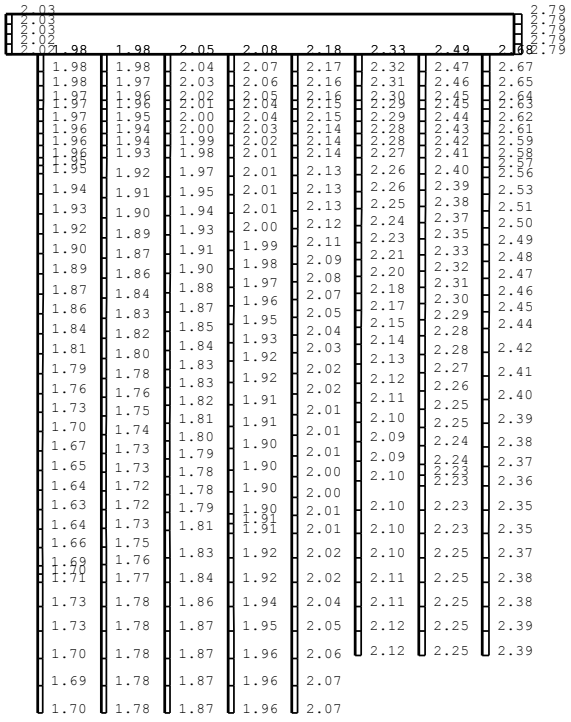


図 4－1（15） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（15/18）

（①基本ケース）



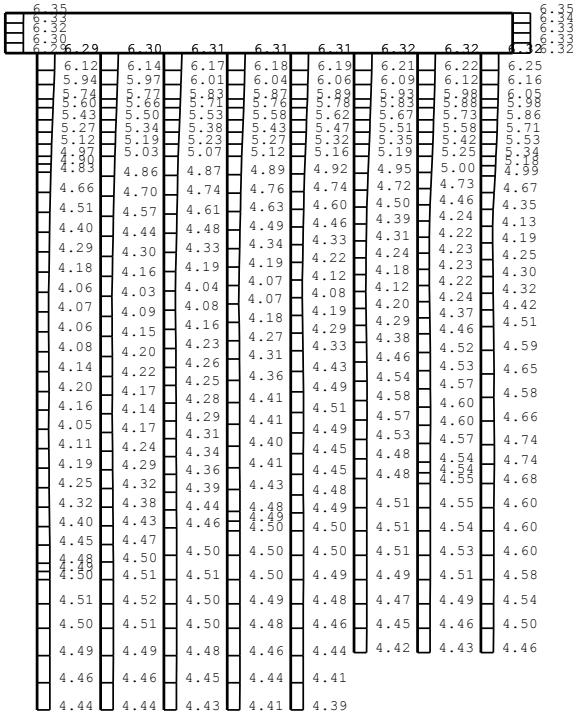
(a) Ss-8＋＋，水平



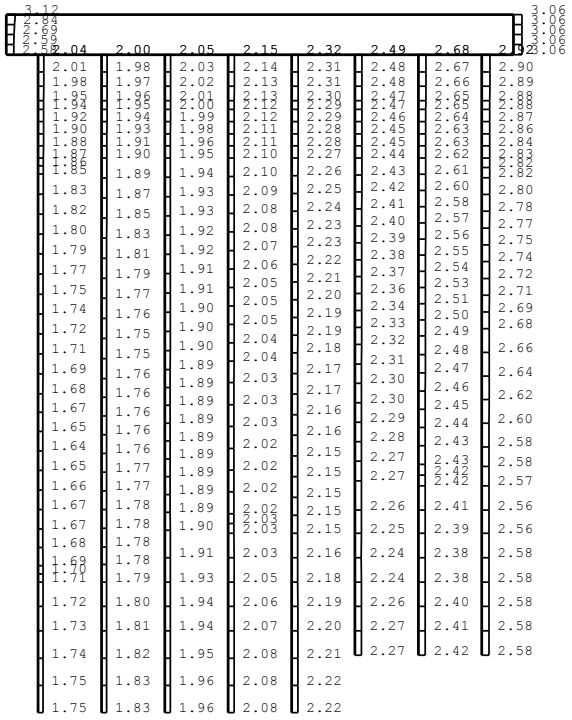
(b) Ss-8＋＋，鉛直



図 4－1（16） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（16/18）
（②地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮した解析ケース）



(a) Ss-8＋＋，水平



(b) Ss-8＋＋，鉛直

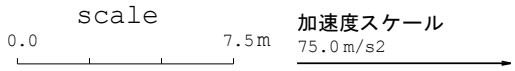
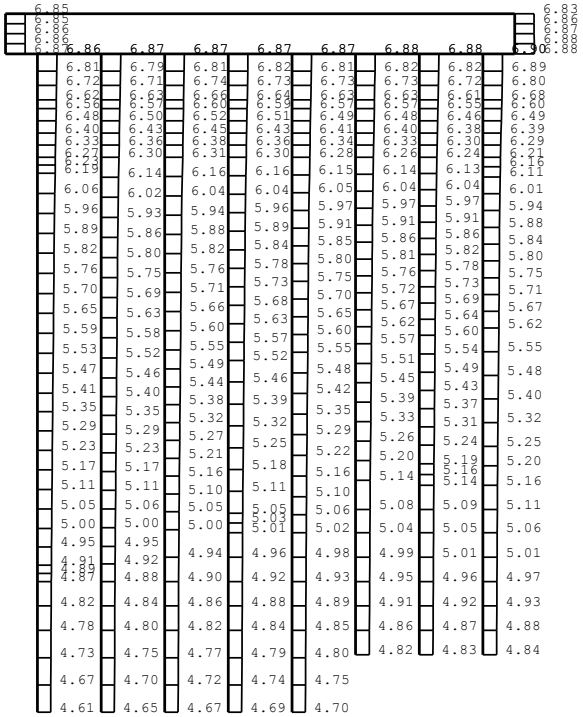
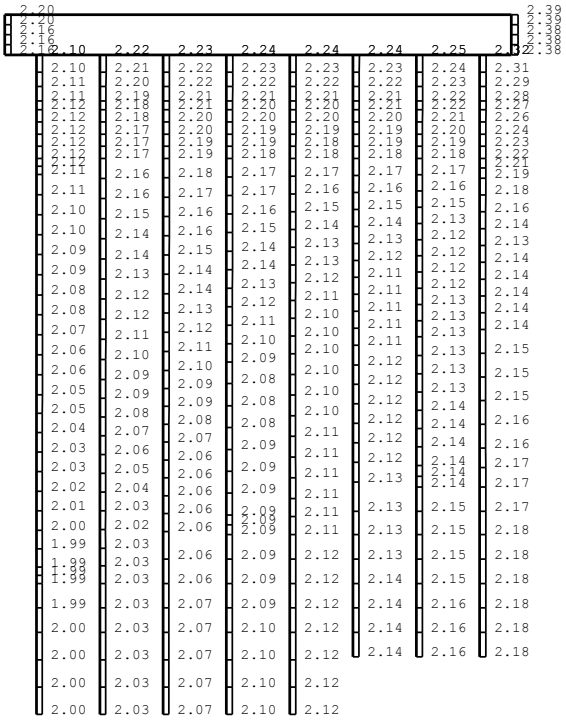


図 4－1（17） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（17/18）
（③地盤物性のばらつき（－1σ）を考慮した解析ケース）



(a) Ss-8＋＋，水平



(b) Ss-8＋＋，鉛直

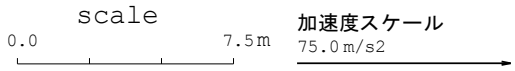
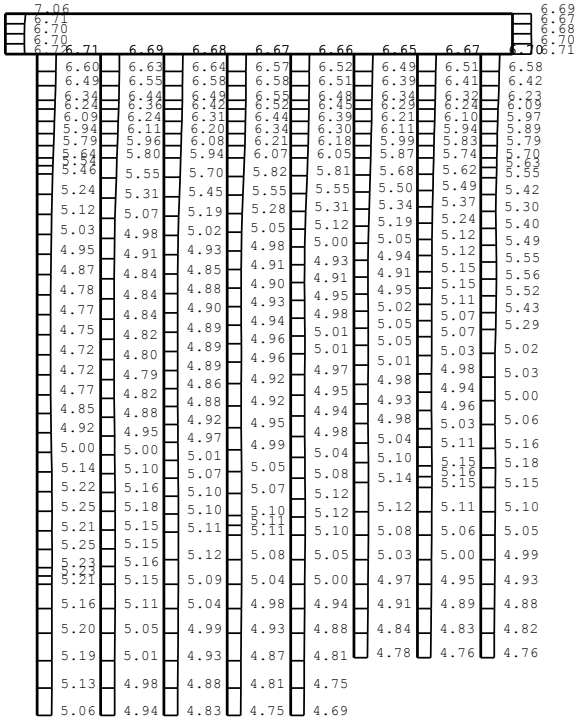
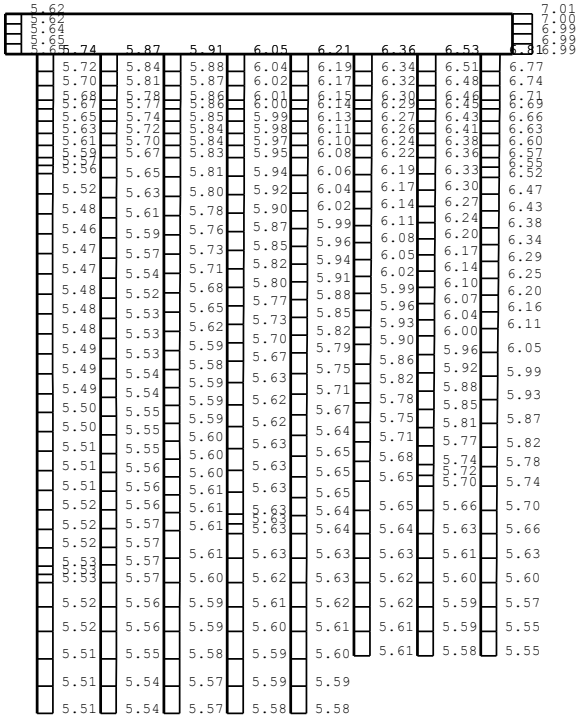


図 4－1（18） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（18/18）

（⑤地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮して非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-1＋＋，水平

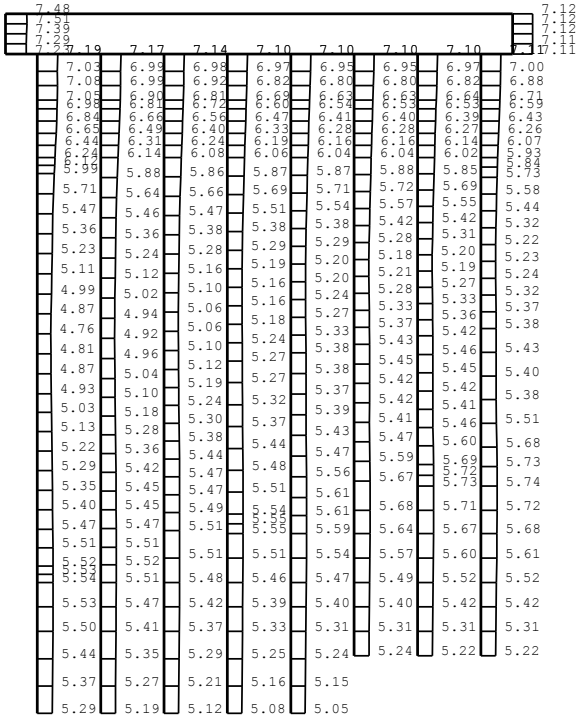


(b) Ss-1＋＋，鉛直

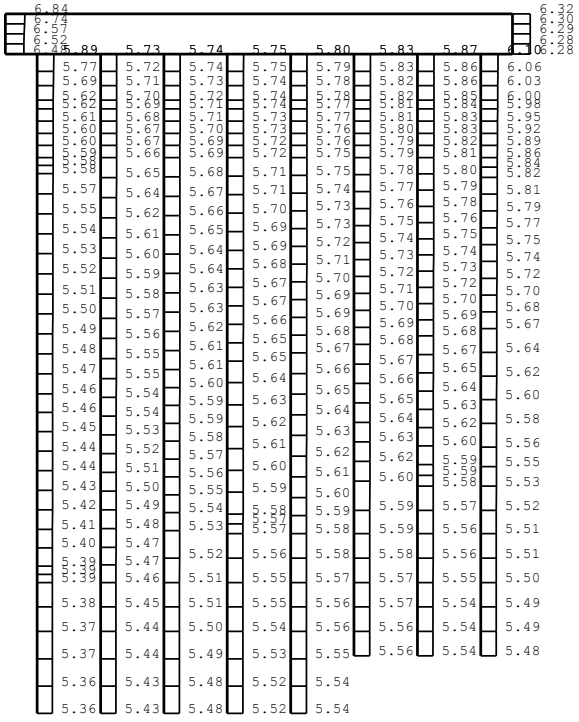


図 4－2（1） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（1/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-1－＋，水平



(b) Ss-1－＋，鉛直

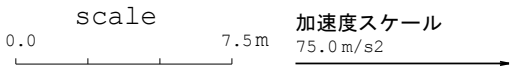
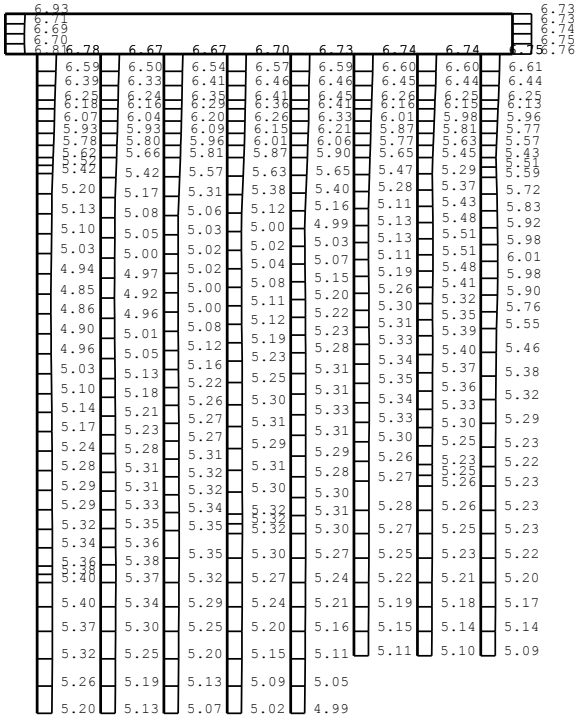
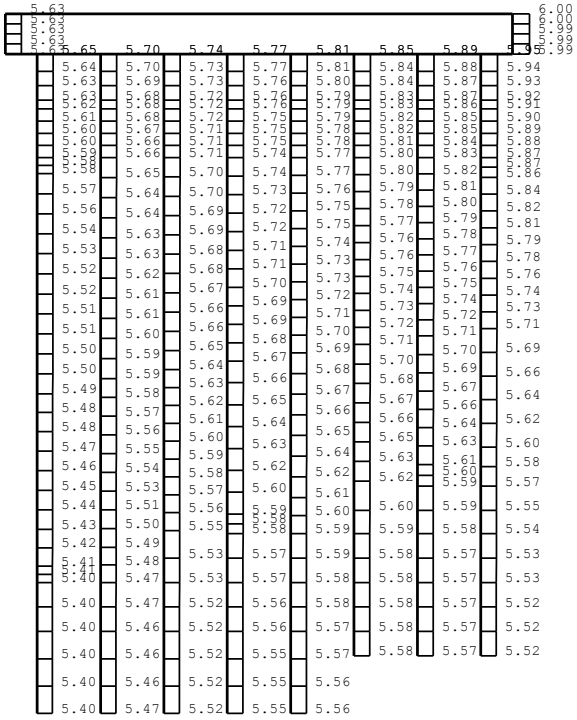


図 4－2 (2)　A－A断面の最大加速度分布図 (2/34)

(④非液状化の条件を仮定した解析ケース)



(a) Ss-1＋－，水平



(b) Ss-1＋－，鉛直

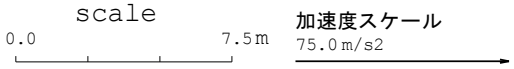
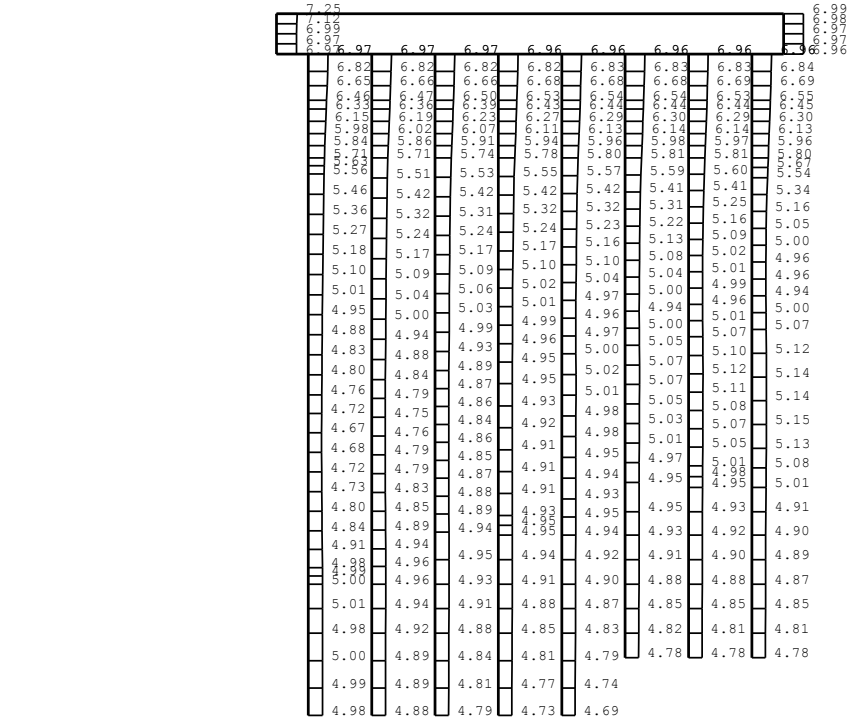
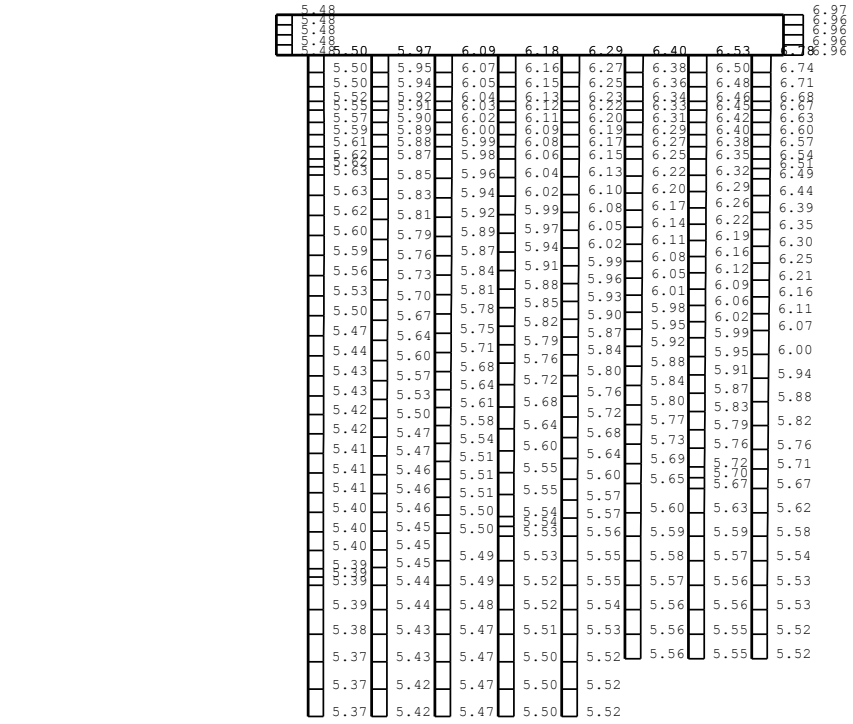


図 4－2（3） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（3/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-1－－，水平

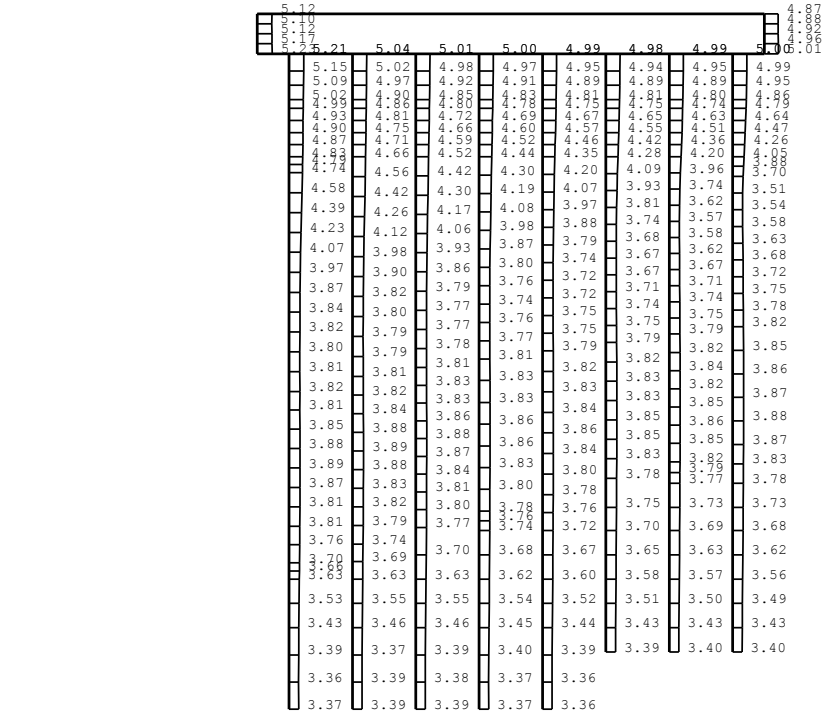


(b) Ss-1－－，鉛直

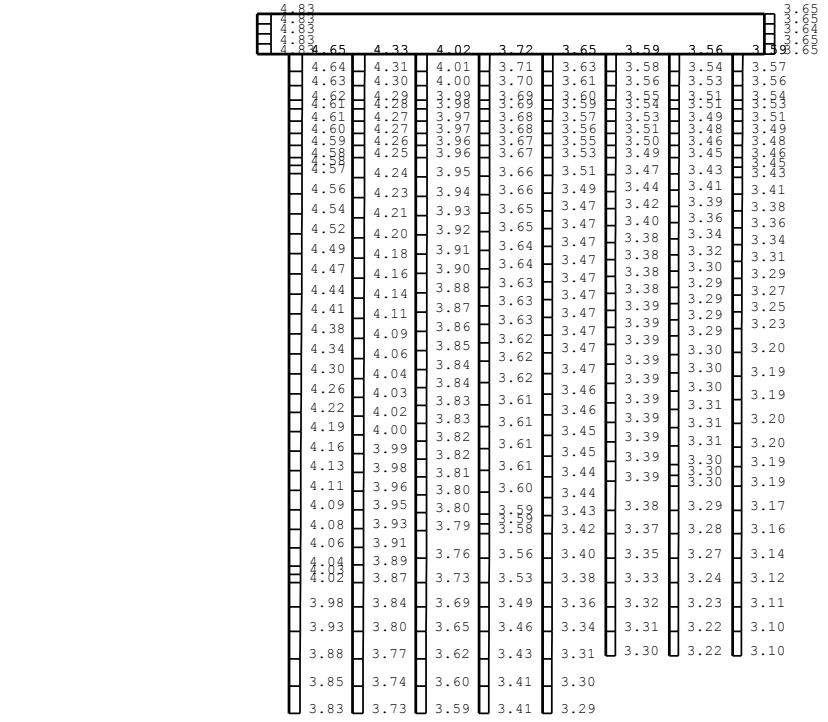


図 4－2（4） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（4/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-2NS，水平

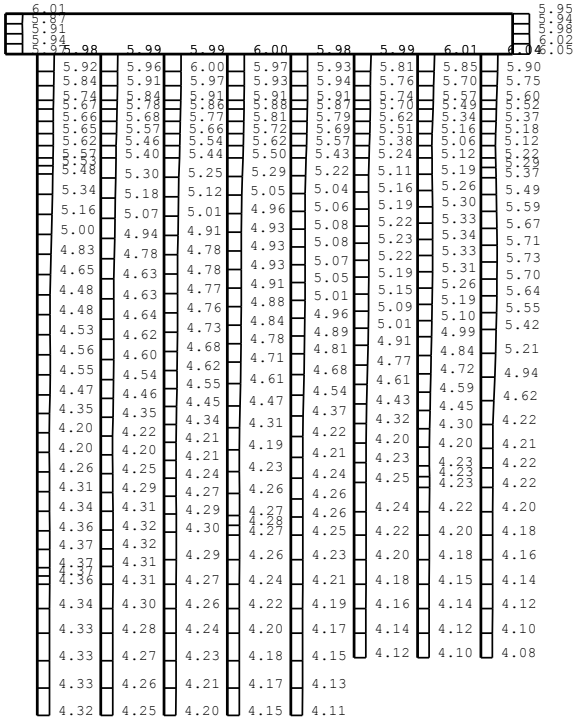


(b) Ss-2NS，鉛直

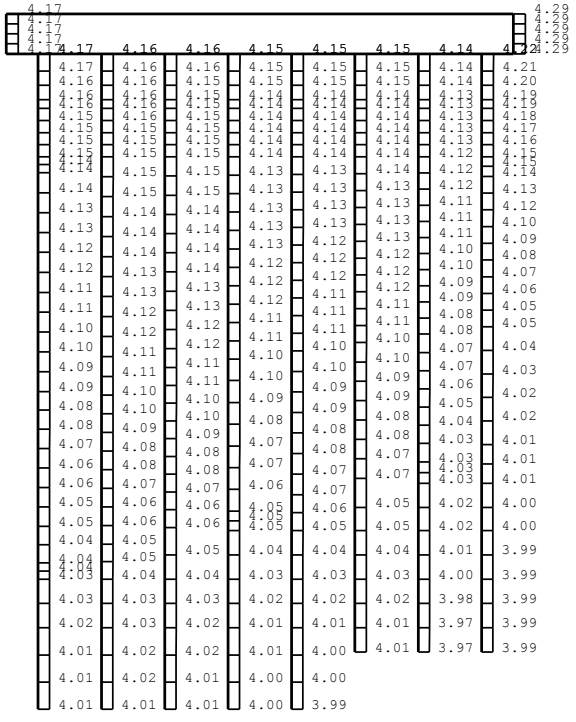


図 4－2（5） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（5/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-3＋＋，水平



(b) Ss-3＋＋，鉛直

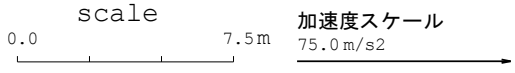
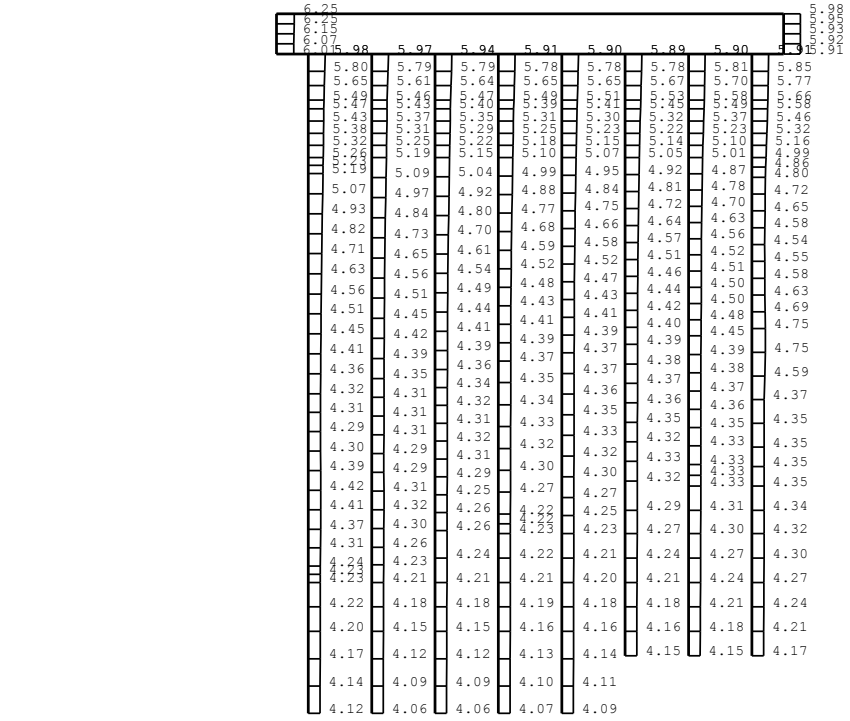
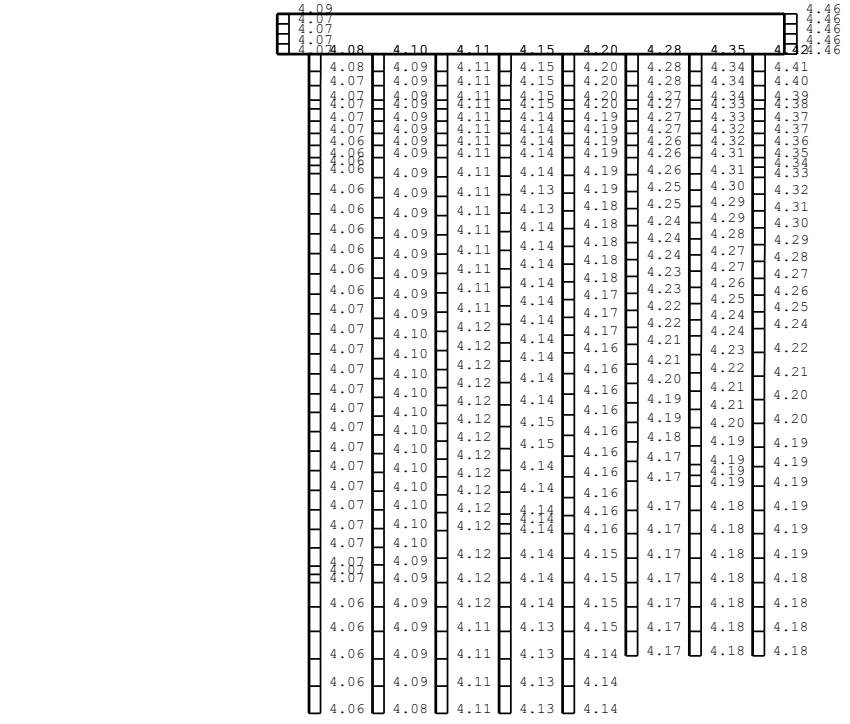


図 4－2（6） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（6/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-3－＋，水平



(b) Ss-3－＋，鉛直

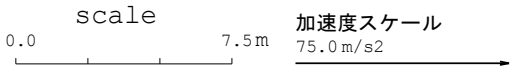
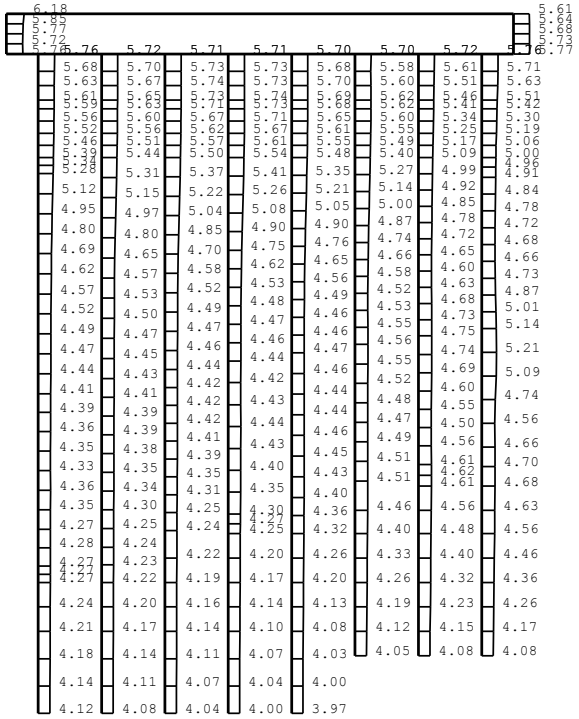
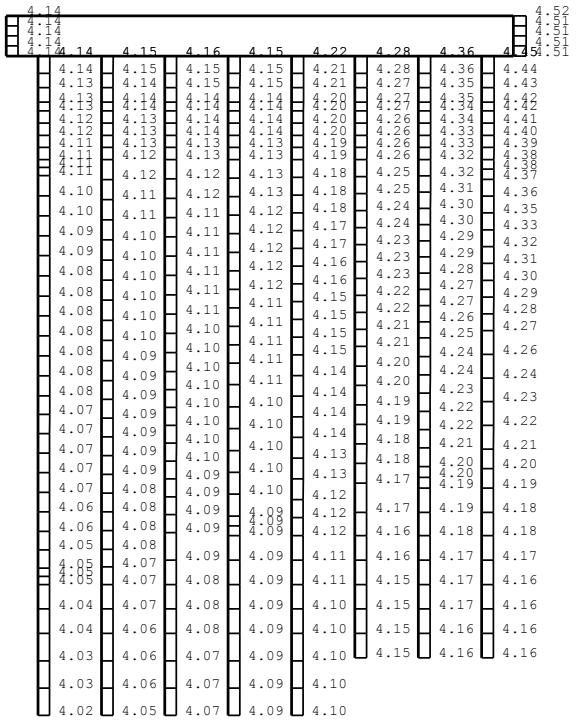


図 4－2（7） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（7/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-3＋－，水平



(b) Ss-3＋－，鉛直

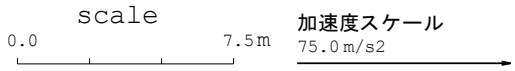
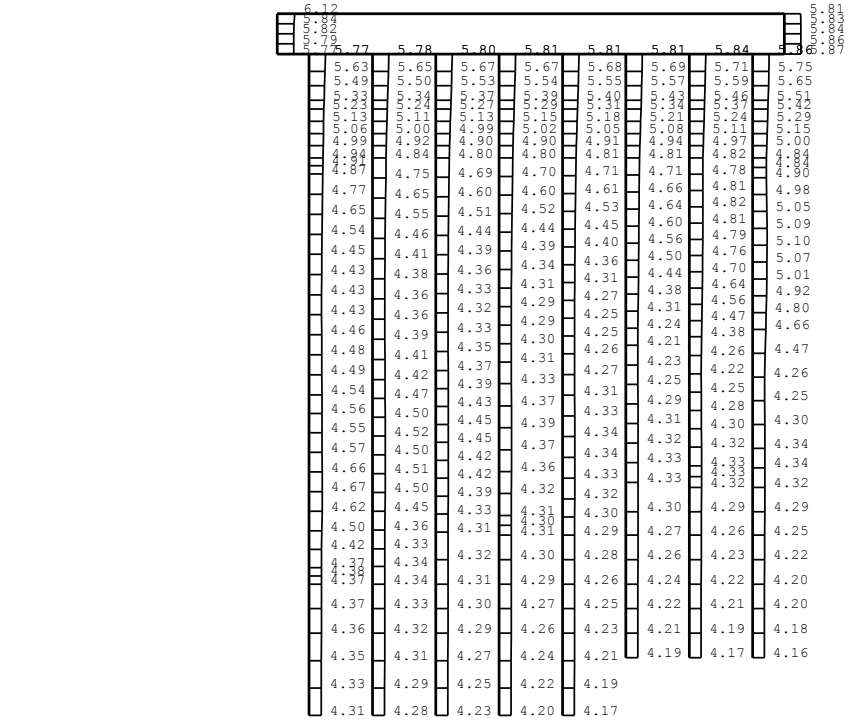
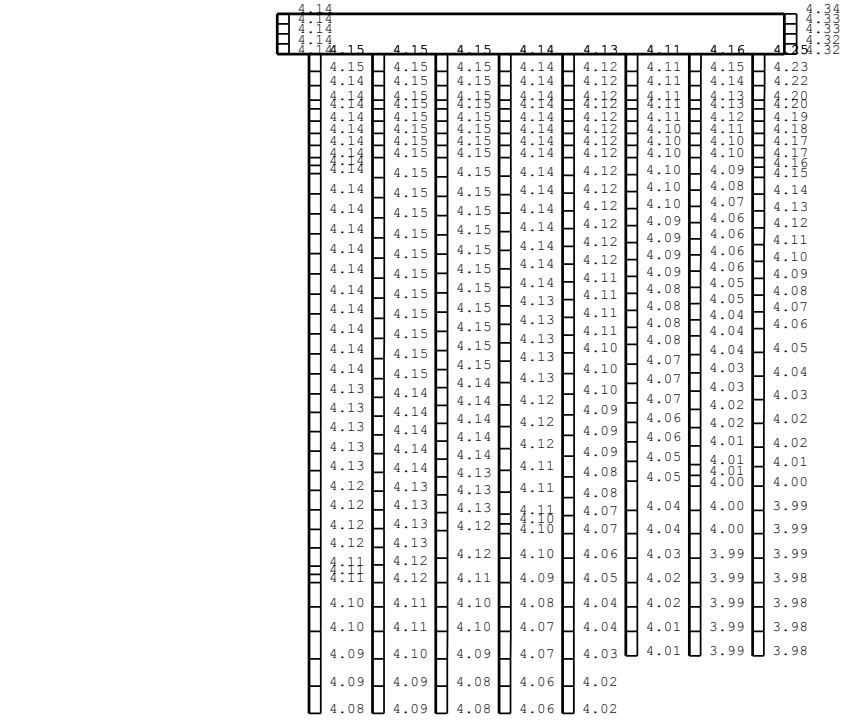


図 4－2（8） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（8/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-3－－，水平



(b) Ss-3－－，鉛直

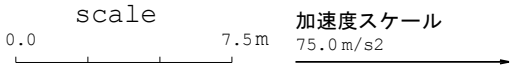
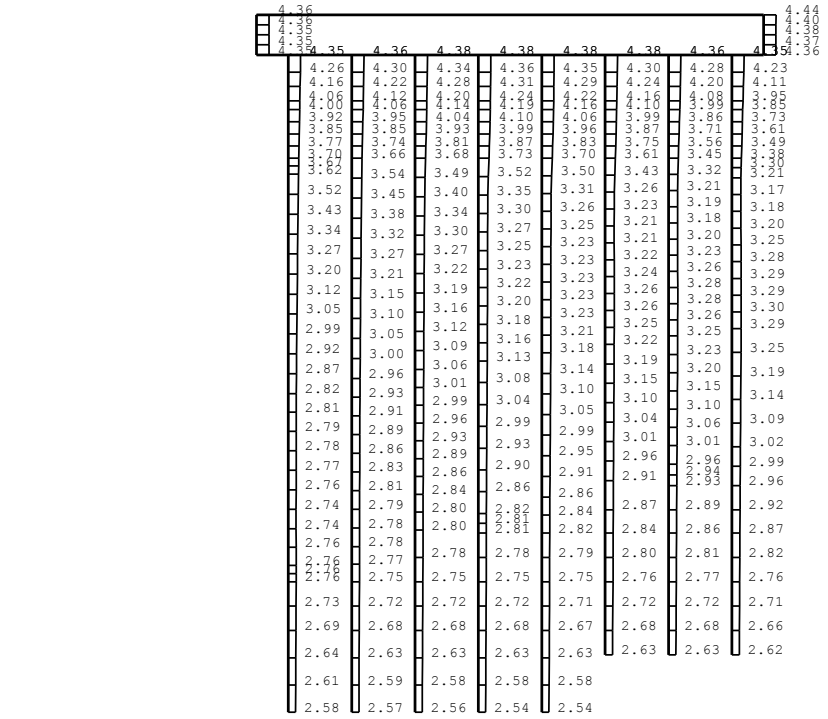
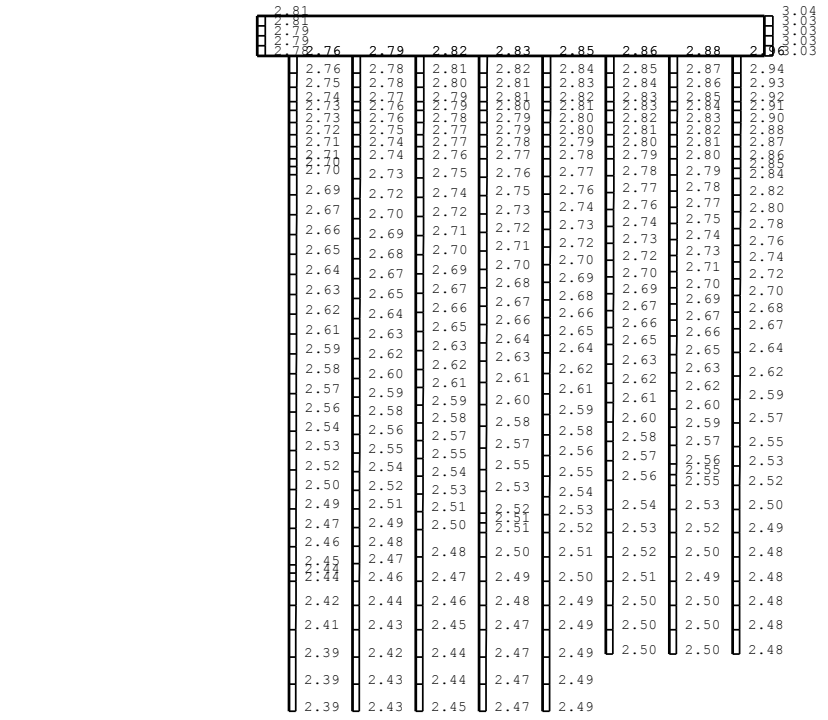


図 4－2（9） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（9/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-4NS，水平

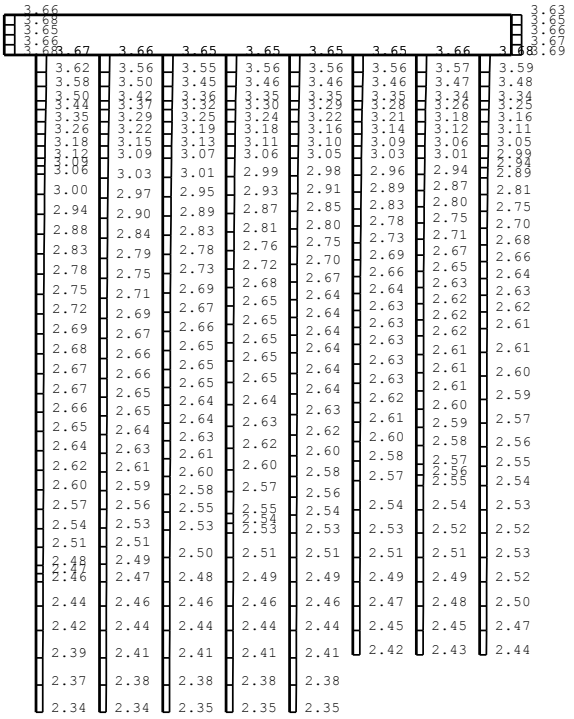


(b) Ss-4NS，鉛直

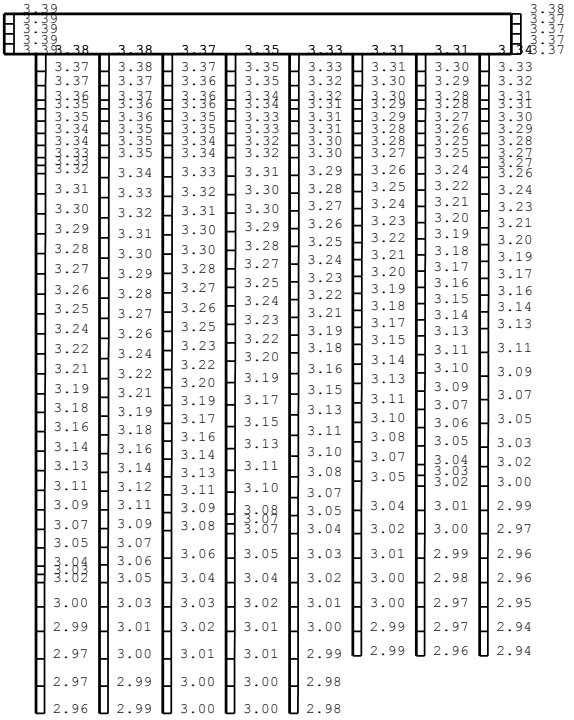


図 4－2（10） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（10/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-5NS，水平

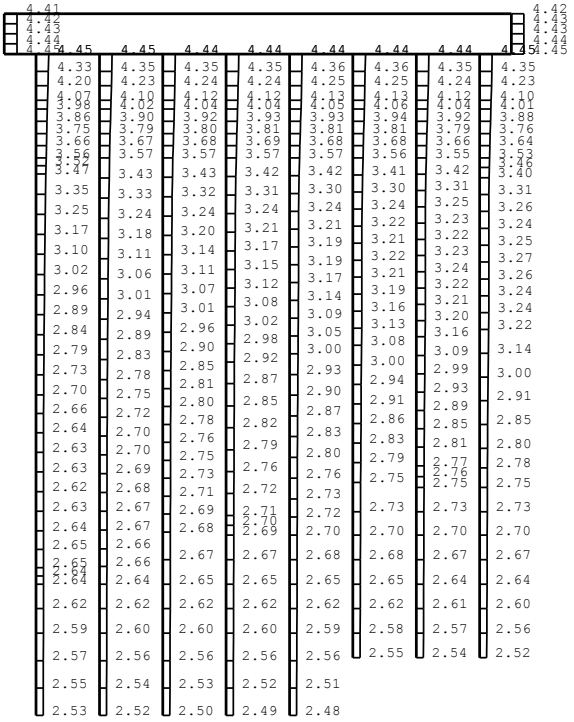


(b) Ss-5NS，鉛直

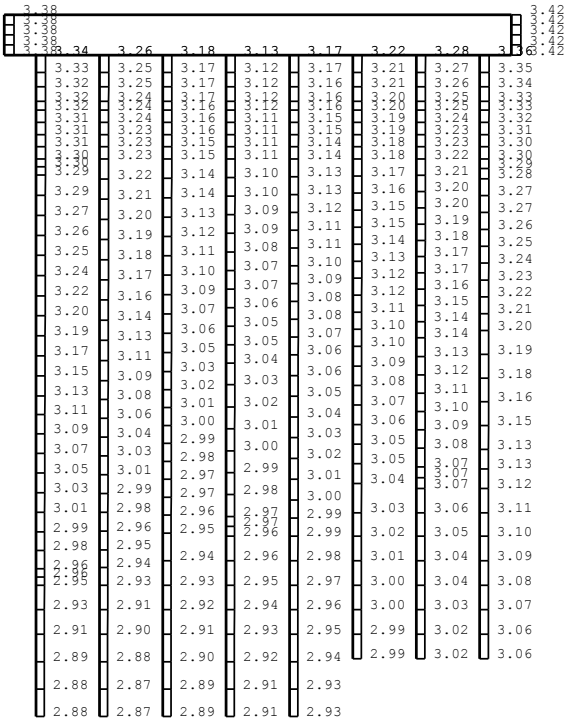


図 4－2（11） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（11/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-6NS，水平

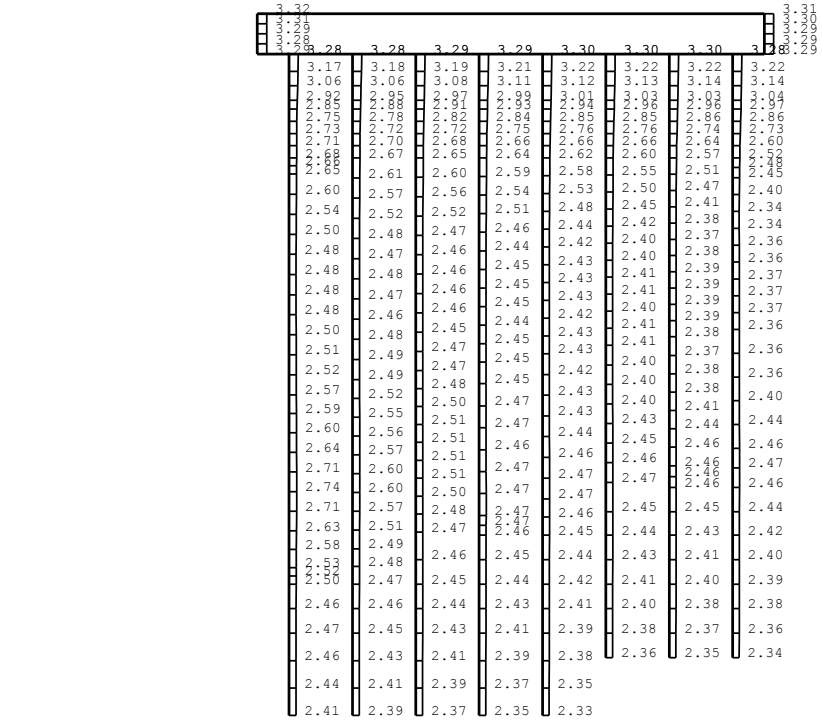


(b) Ss-6NS，鉛直

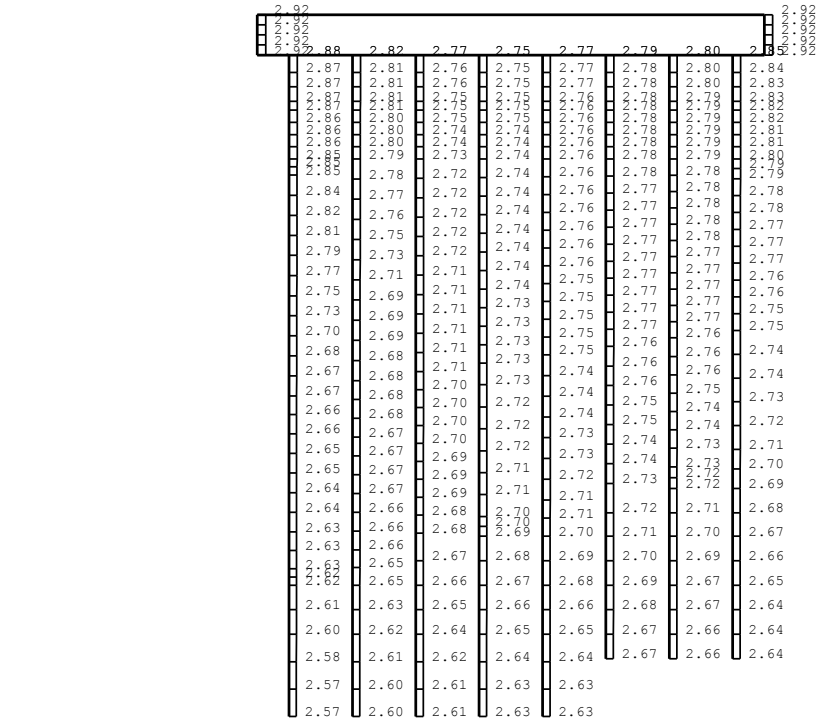


図 4－2（12） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（12/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-7NS，水平



(b) Ss-7NS，鉛直

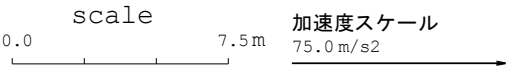
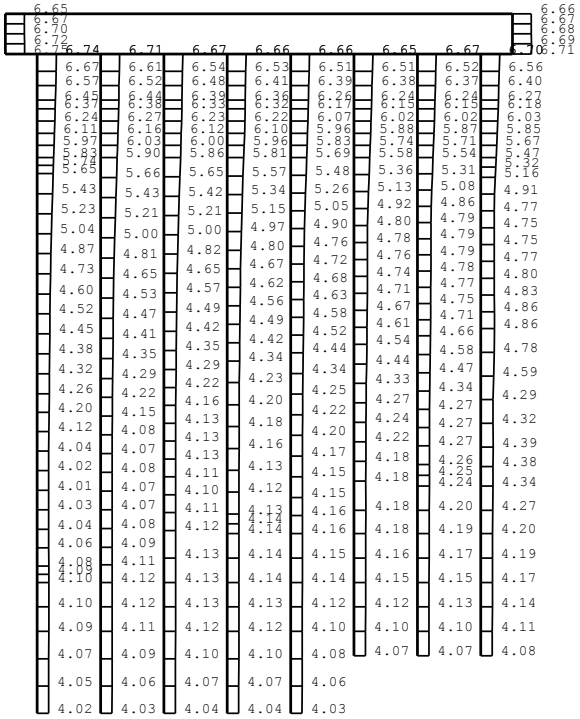
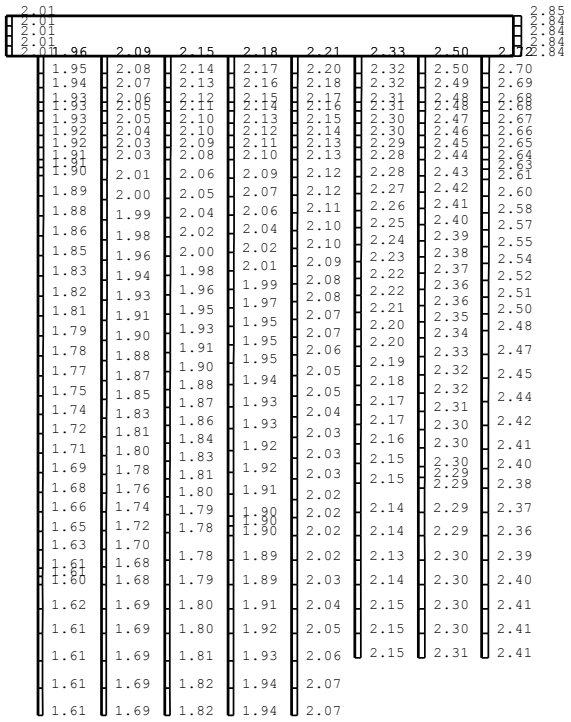


図 4－2（13） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（13/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-8＋＋，水平

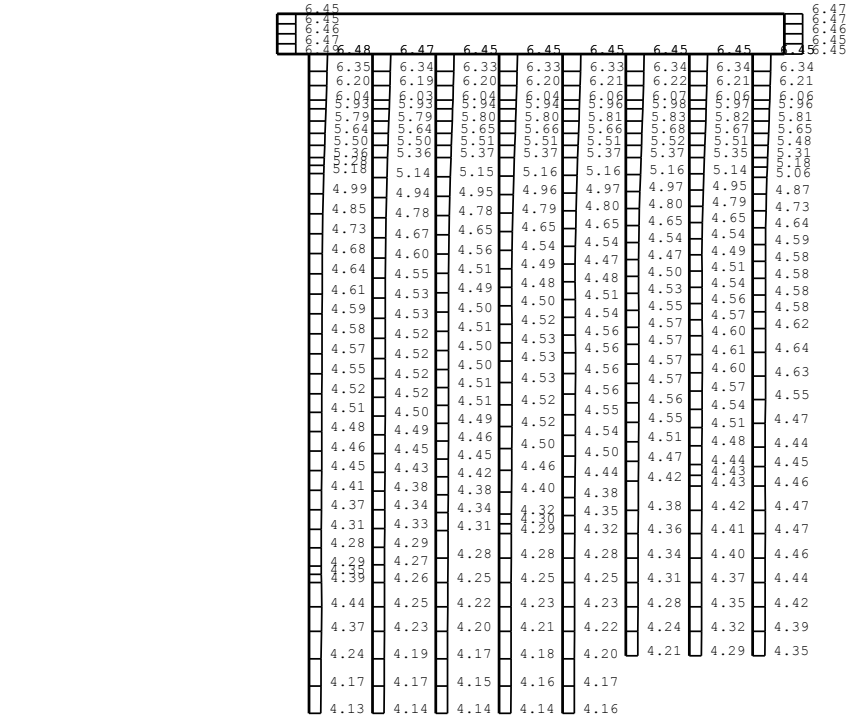


(b) Ss-8＋＋，鉛直

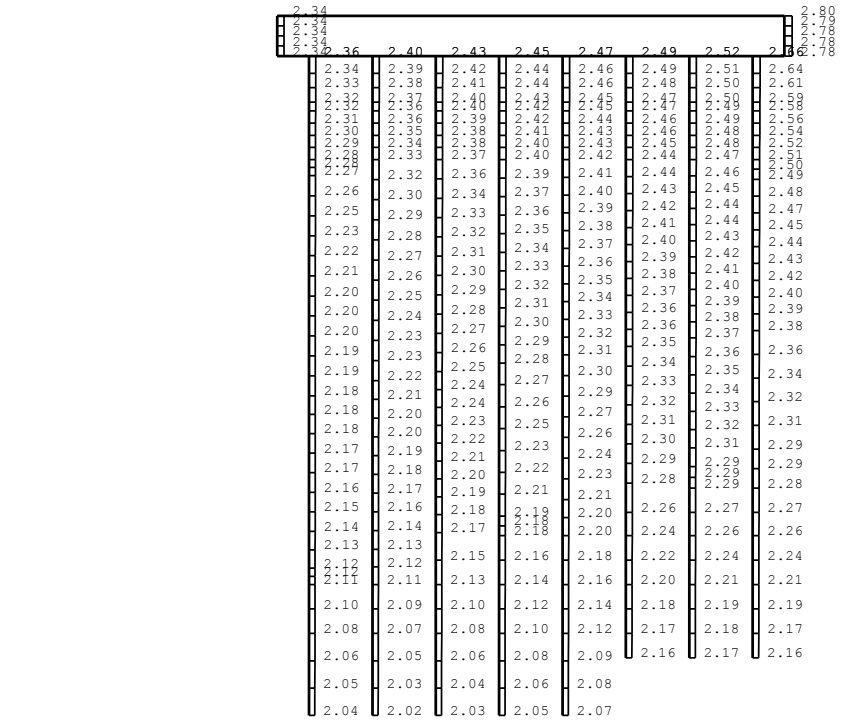


図 4－2（14） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（14/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-8－＋，水平



(b) Ss-8－＋，鉛直

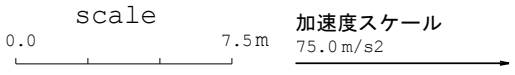
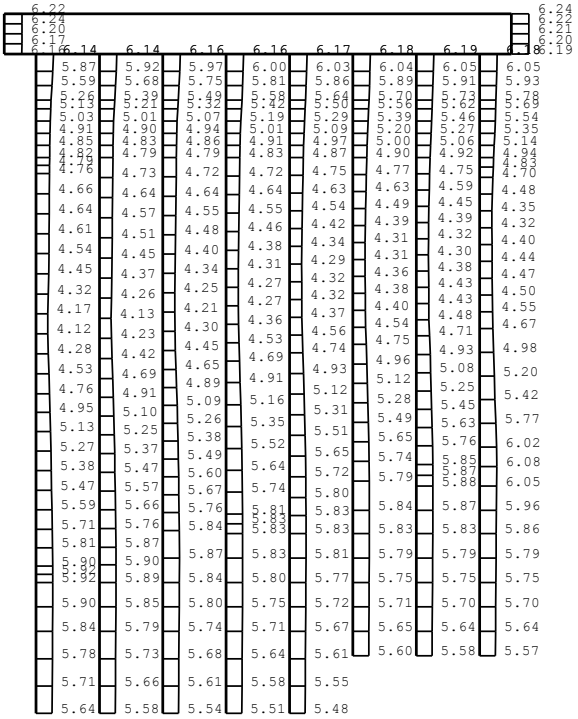
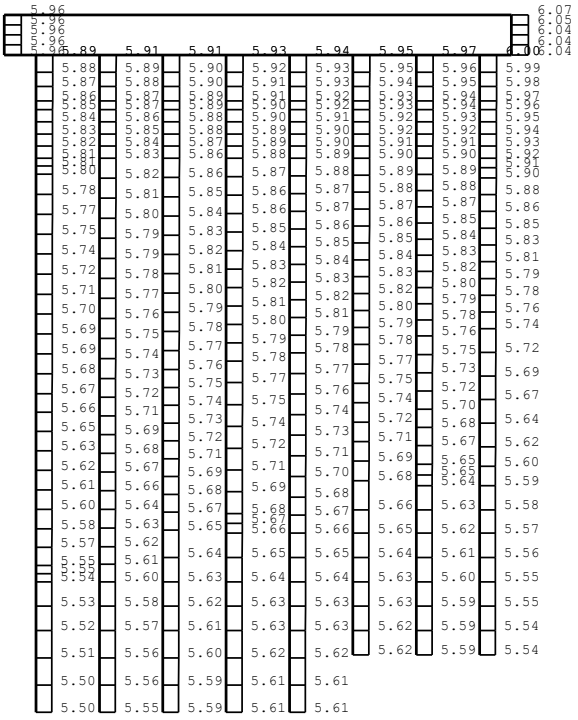


図 4－2（15） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（15/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



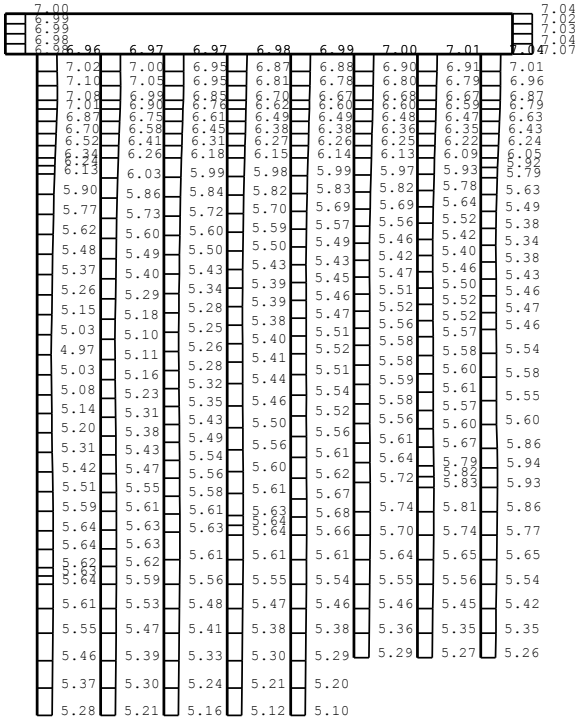
(a) Ss-1－＋，水平



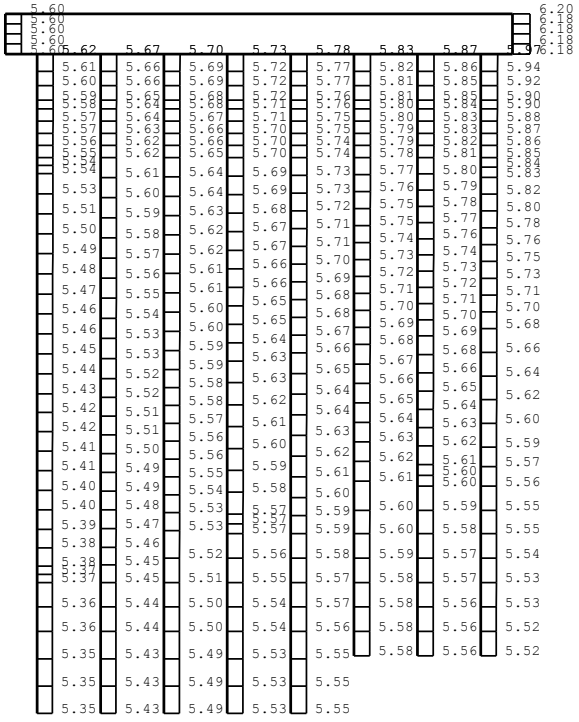
(b) Ss-1－＋，鉛直



図 4－2（16） A－A断面の最大加速度分布図（16/34）
（③地盤物性のばらつき（－1σ）を考慮した解析ケース）



(a) Ss-1－＋，水平

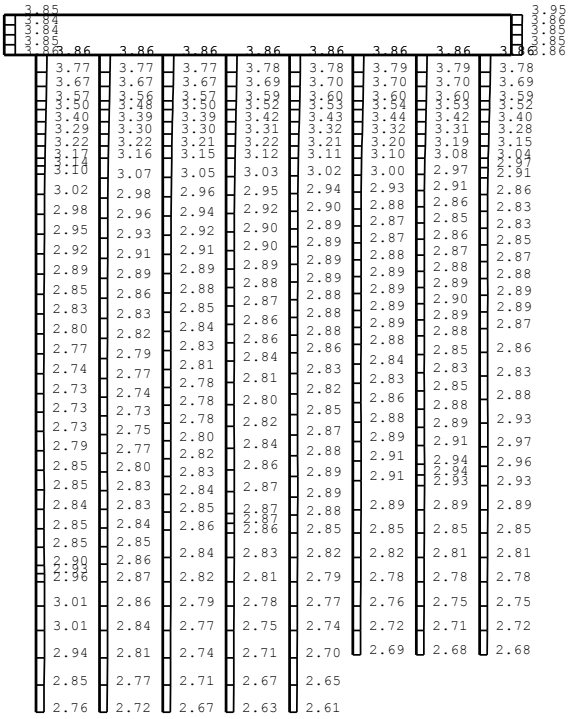


(b) Ss-1－＋，鉛直

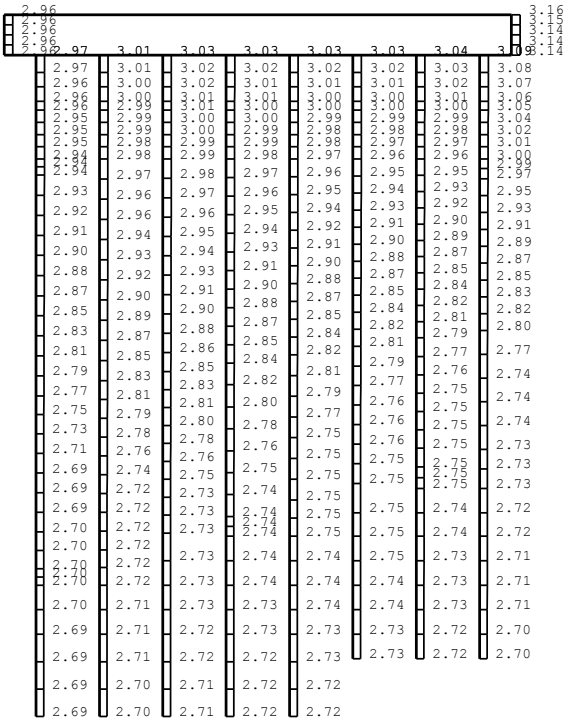


図 4－2（17） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（17/34）

（⑤地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮して非液状化の条件を仮定したケース）



(a) Sd-1＋＋，水平

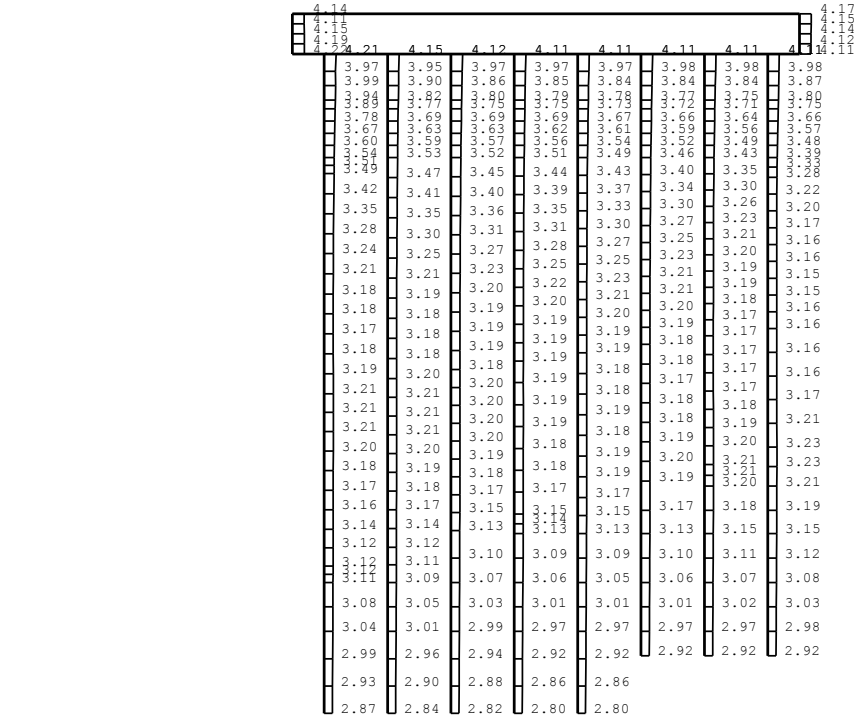


(b) Sd-1＋＋，鉛直

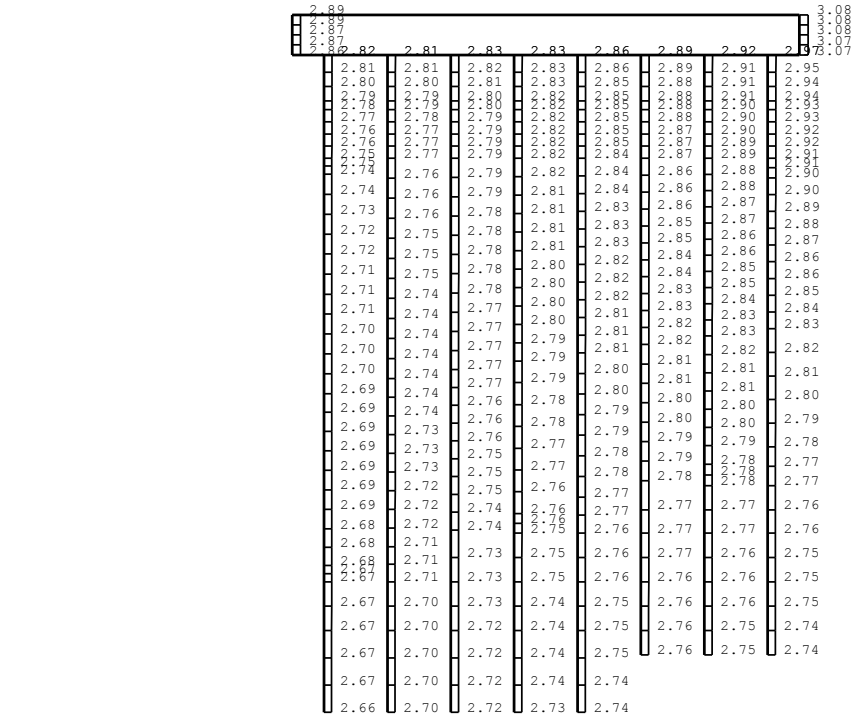


図 4－2（18） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（18/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-1－＋，水平



(b) Sd-1－＋，鉛直

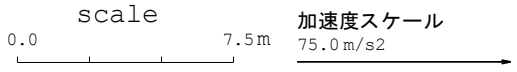
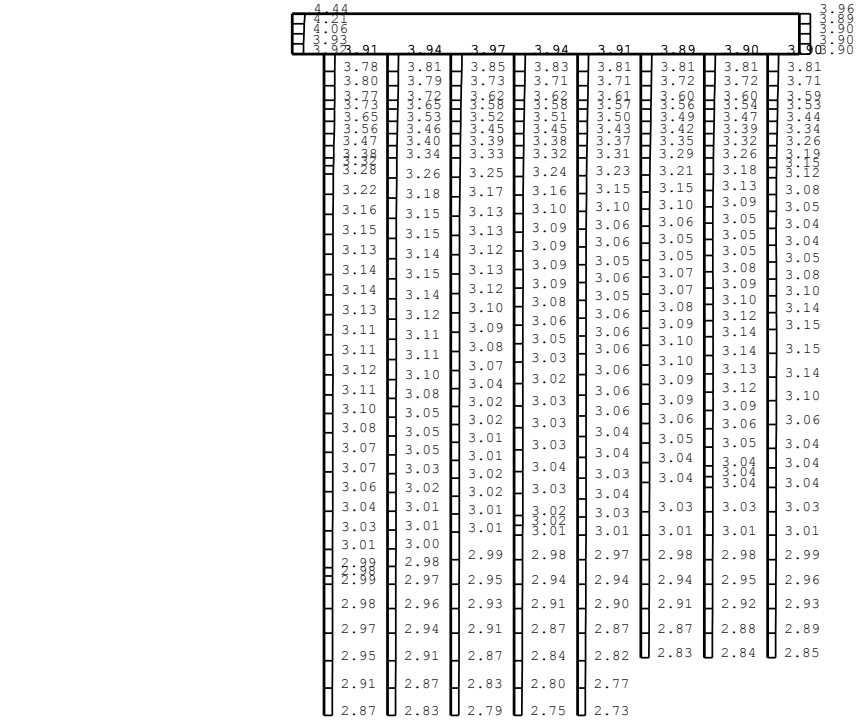
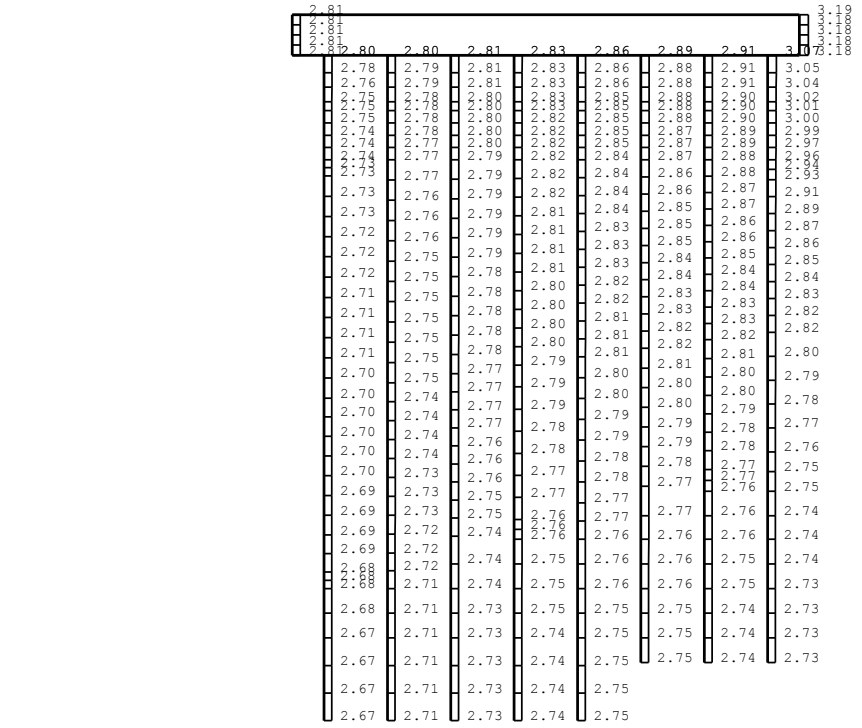


図 4－2（19） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（19/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-1＋－，水平

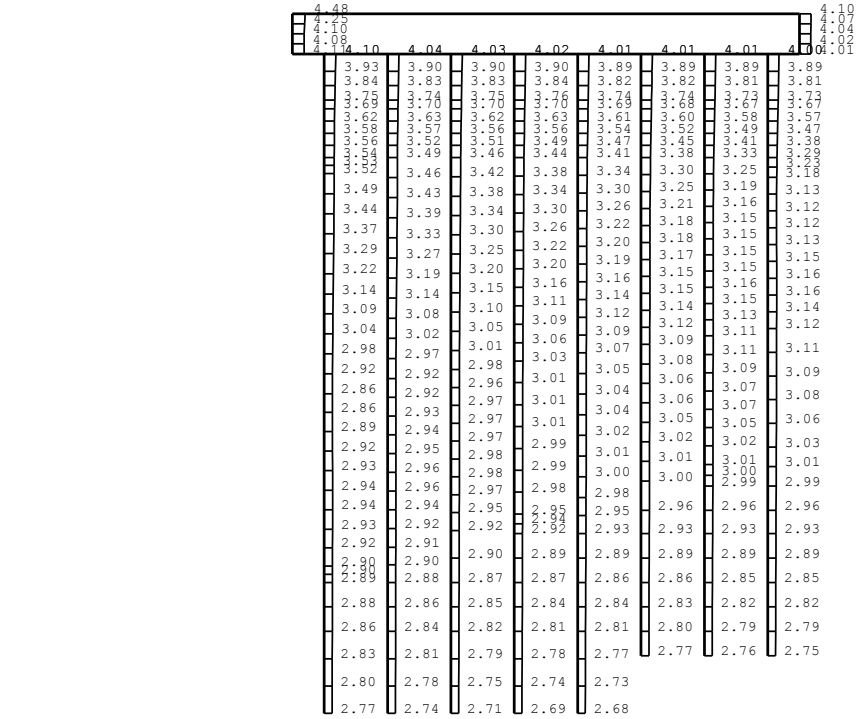


(b) Sd-1＋－，鉛直

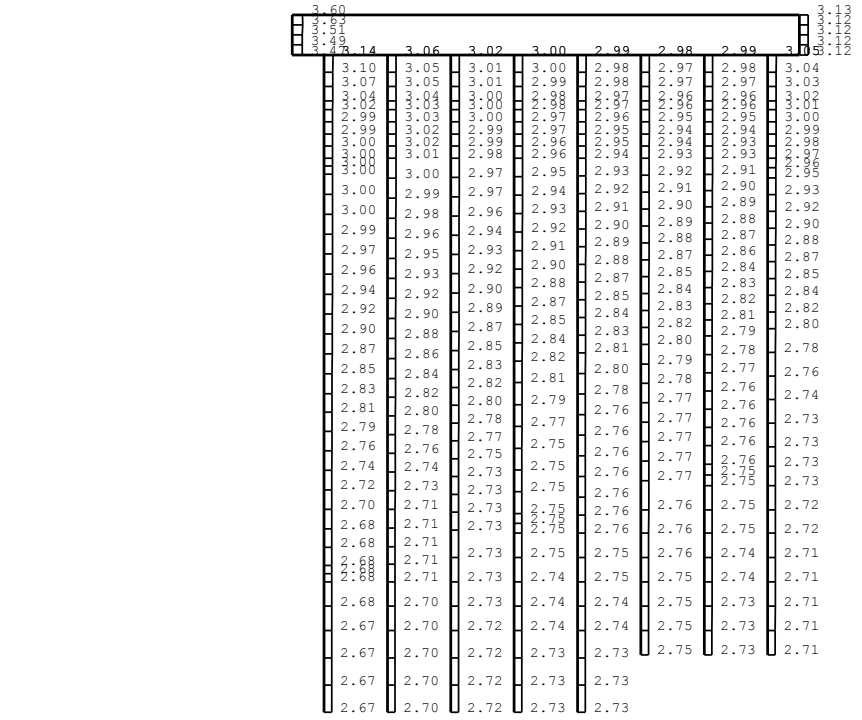


図 4－2（20） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（20/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-1－－，水平

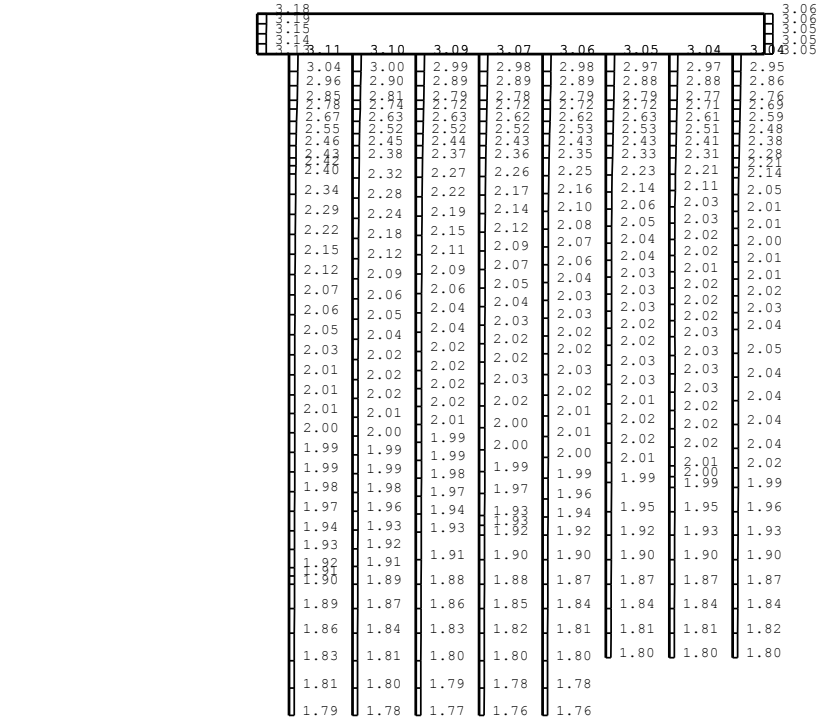


(b) Sd-1－－，鉛直

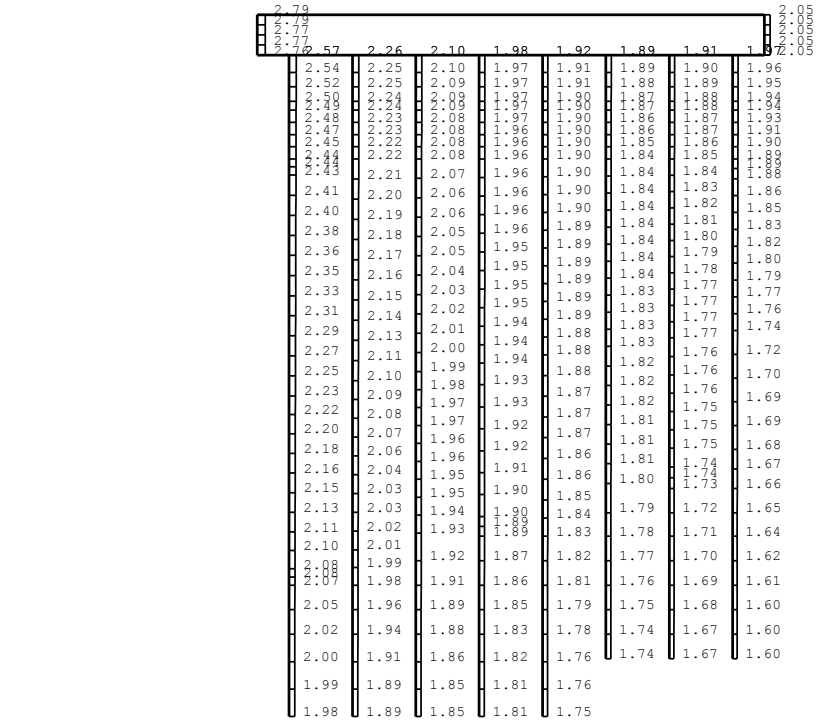


図 4－2（21） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（21/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-2NS，水平

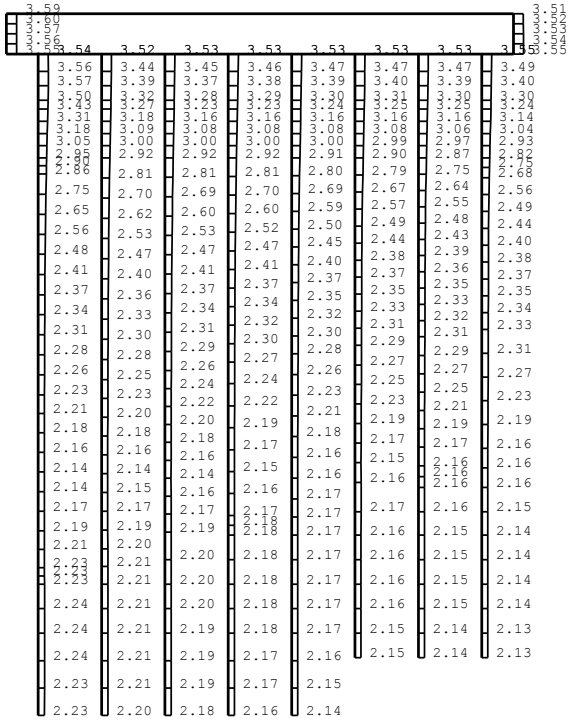


(b) Sd-2NS，鉛直

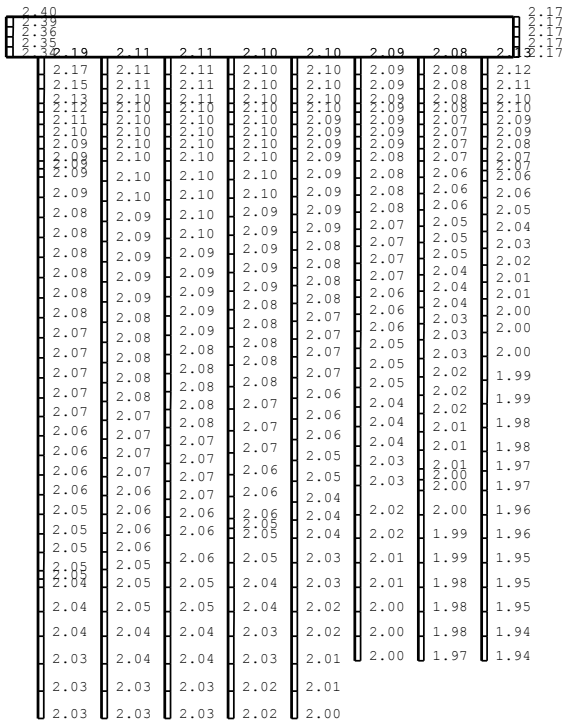


図 4－2（22） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（22/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-3＋＋，水平

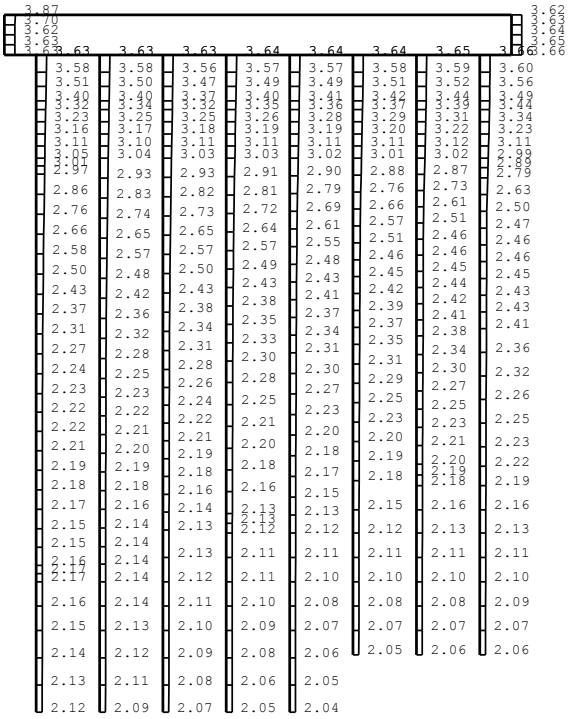


(b) Sd-3＋＋，鉛直

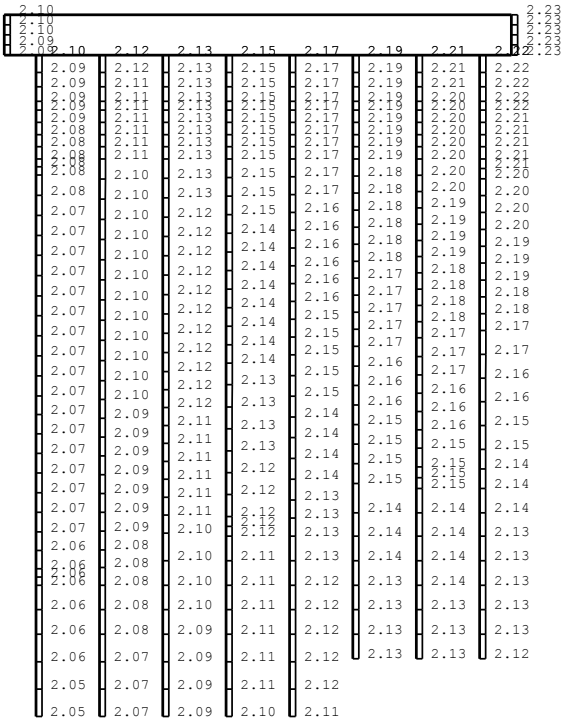


図 4－2（23） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（23/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-3－＋，水平

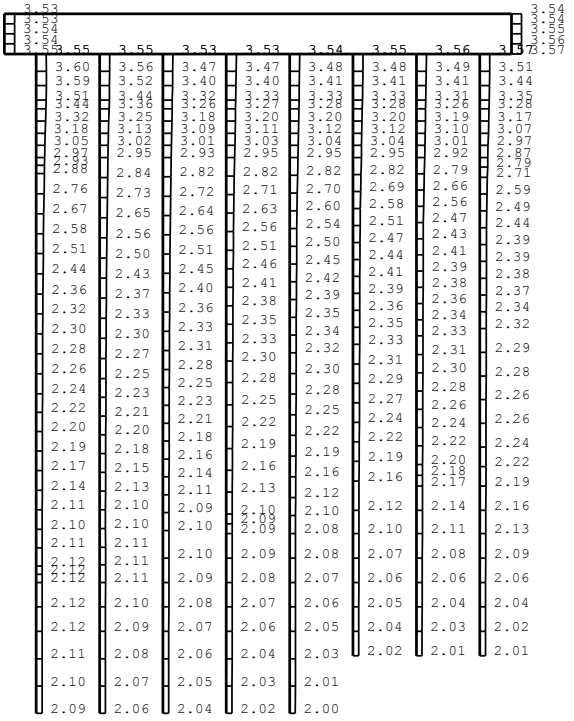


(b) Sd-3－＋，鉛直

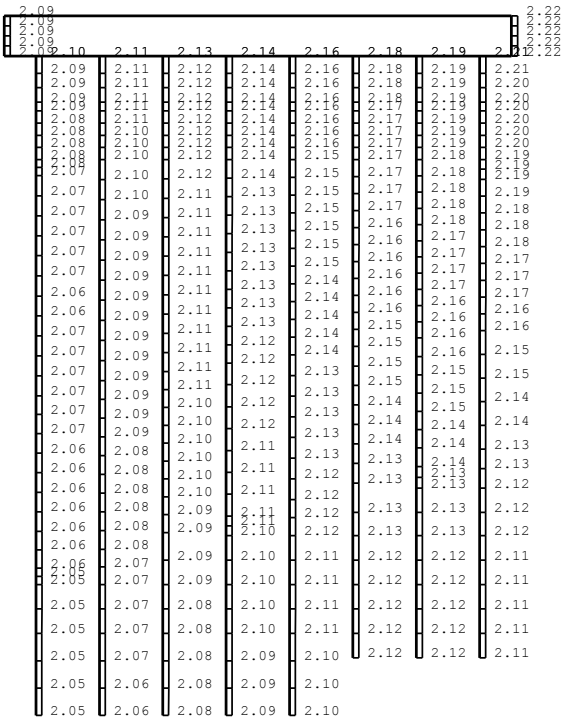


図 4－2（24） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（24/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-3＋－，水平



(b) Sd-3＋－，鉛直

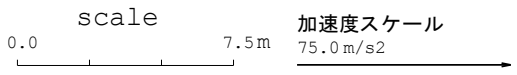
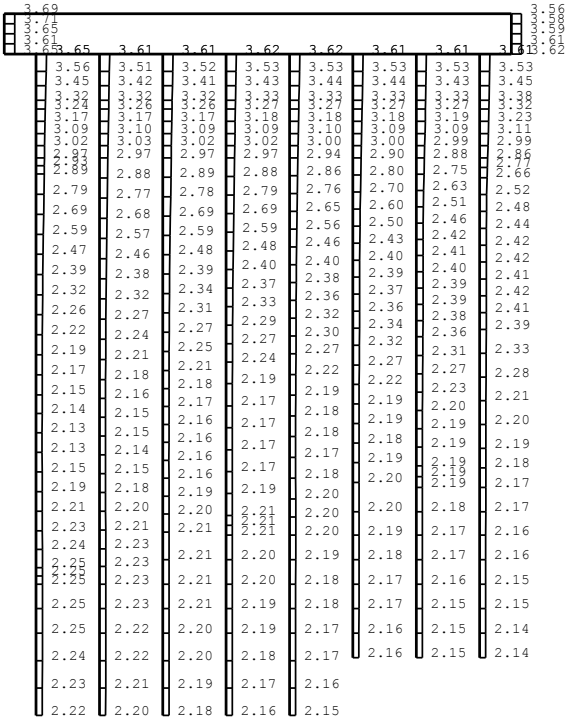
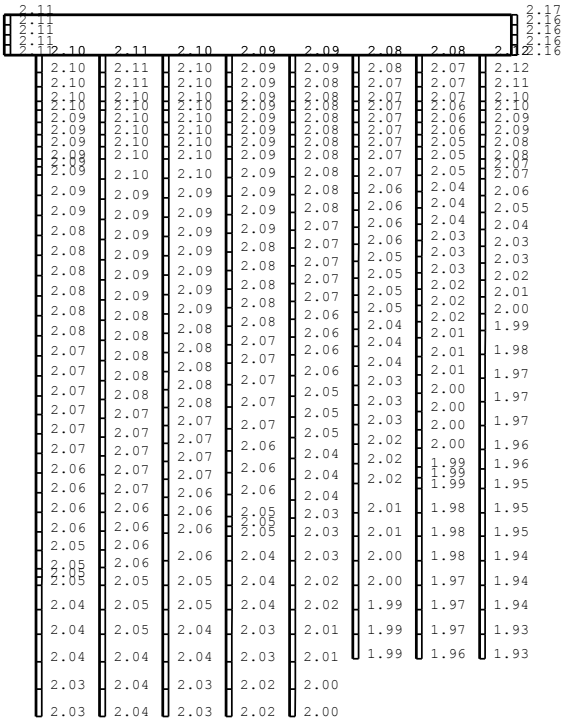


図 4－2（25） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（25/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-3－－，水平

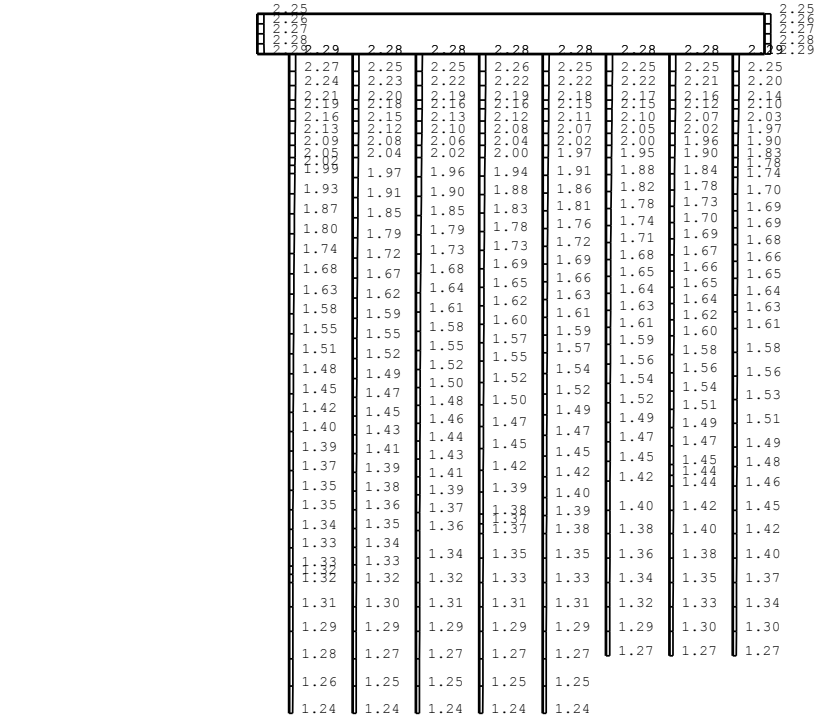


(b) Sd-3－－，鉛直

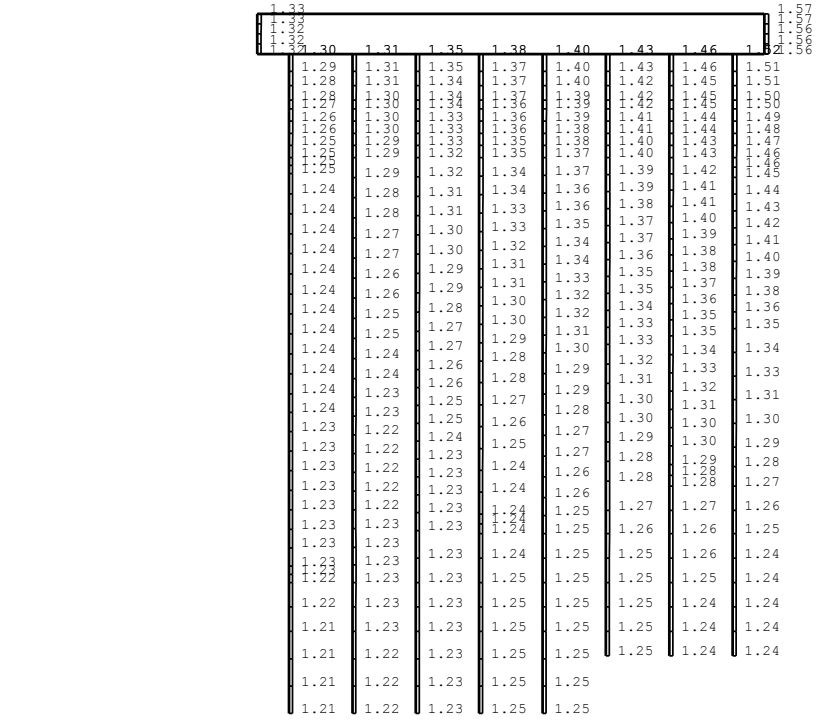


図 4－2（26） A－A断面の最大加速度分布図（26/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-4NS，水平



(b) Sd-4NS，鉛直

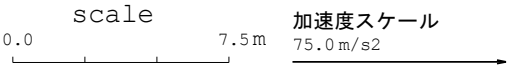
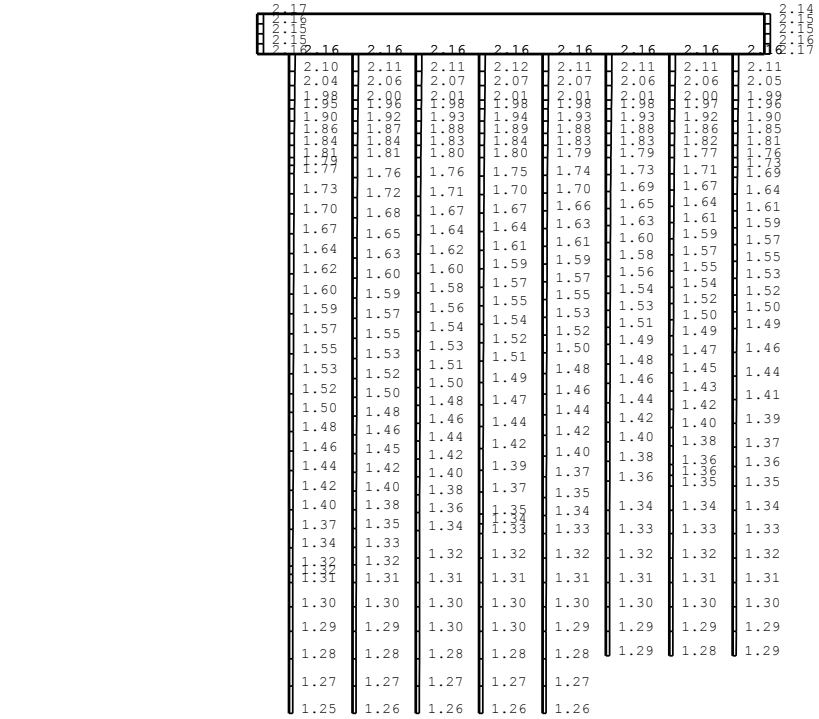
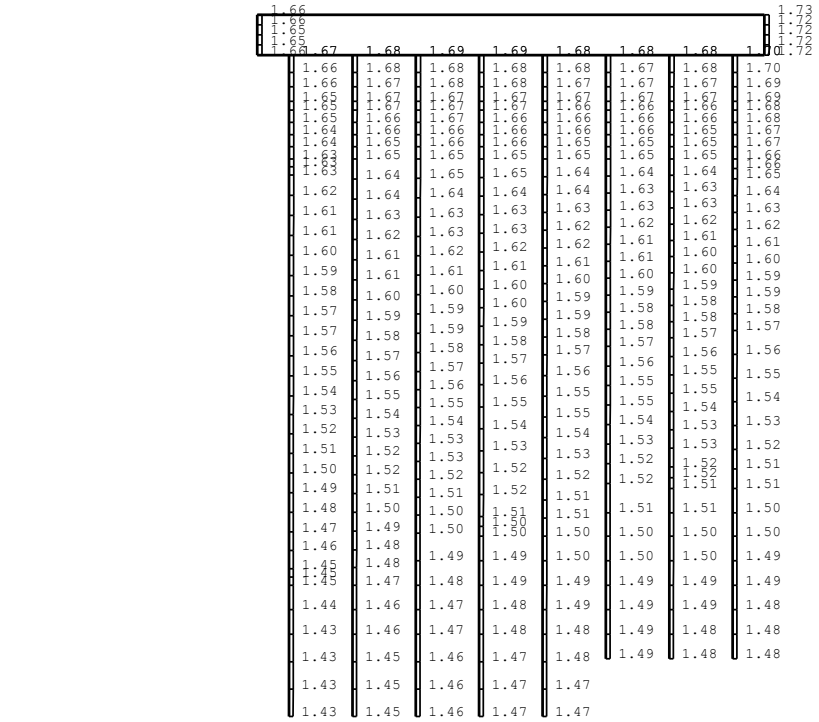


図 4－2（27） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（27/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-5NS，水平

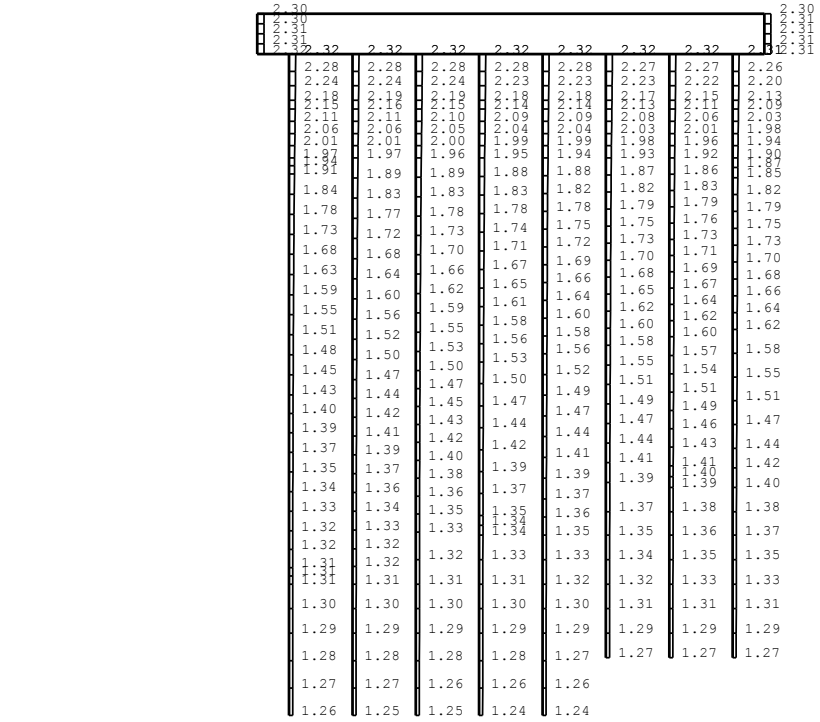


(b) Sd-5NS，鉛直

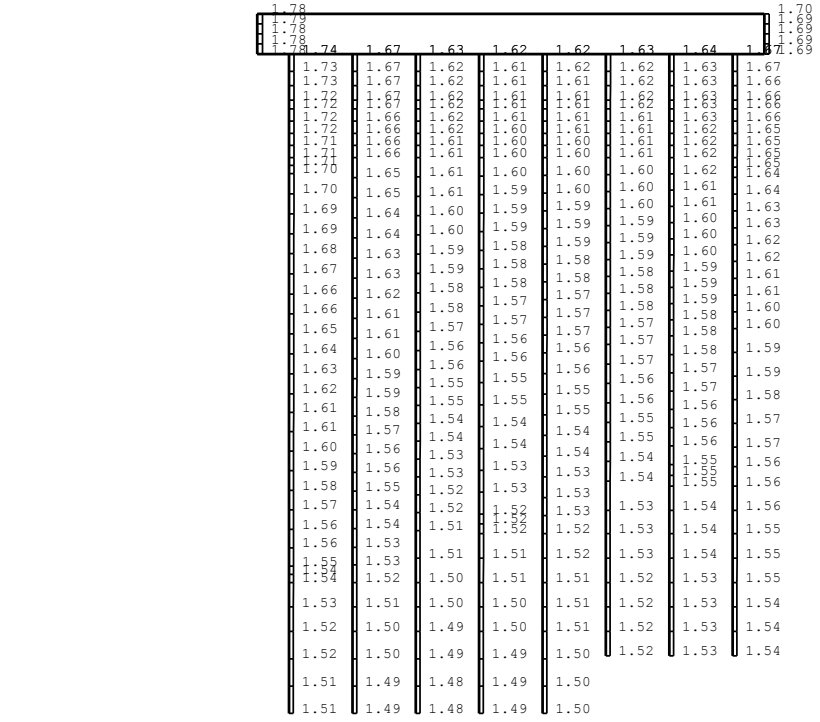


図 4－2（28） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（28/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-6NS，水平

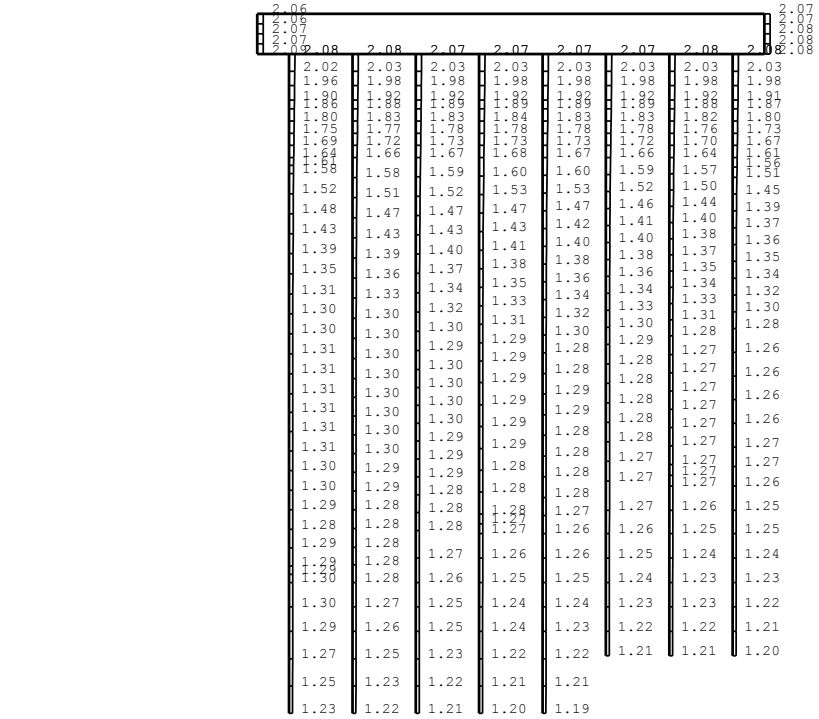


(b) Sd-6NS，鉛直

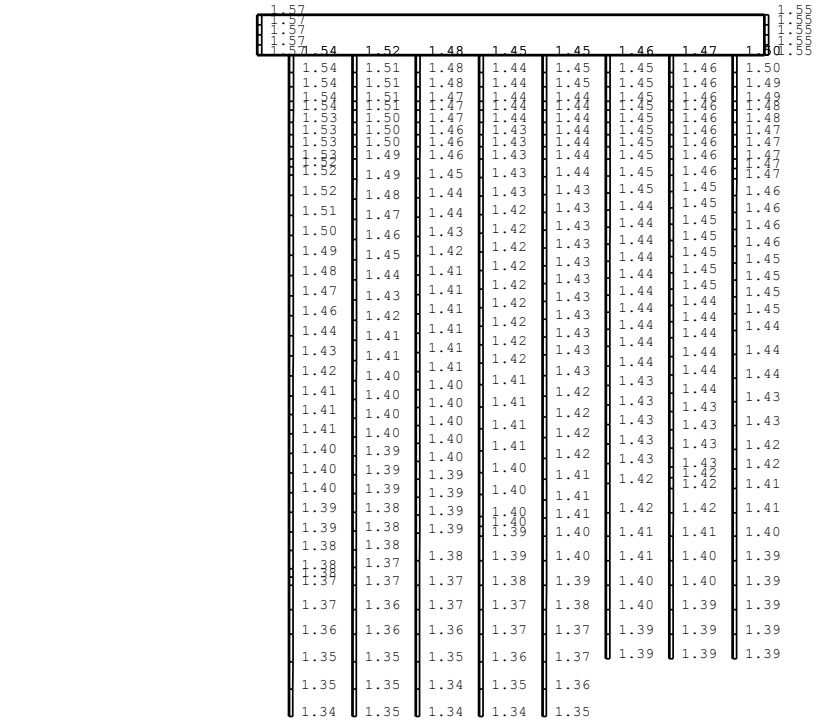


図 4－2（29） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（29/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-7NS，水平



(b) Sd-7NS，鉛直

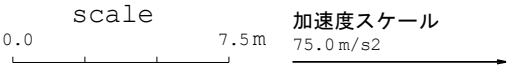
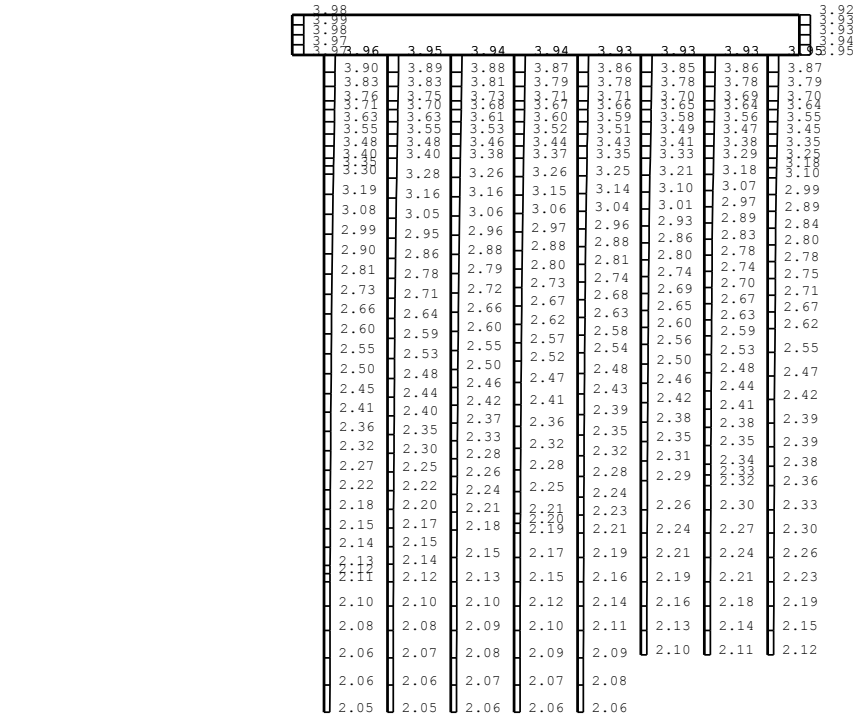
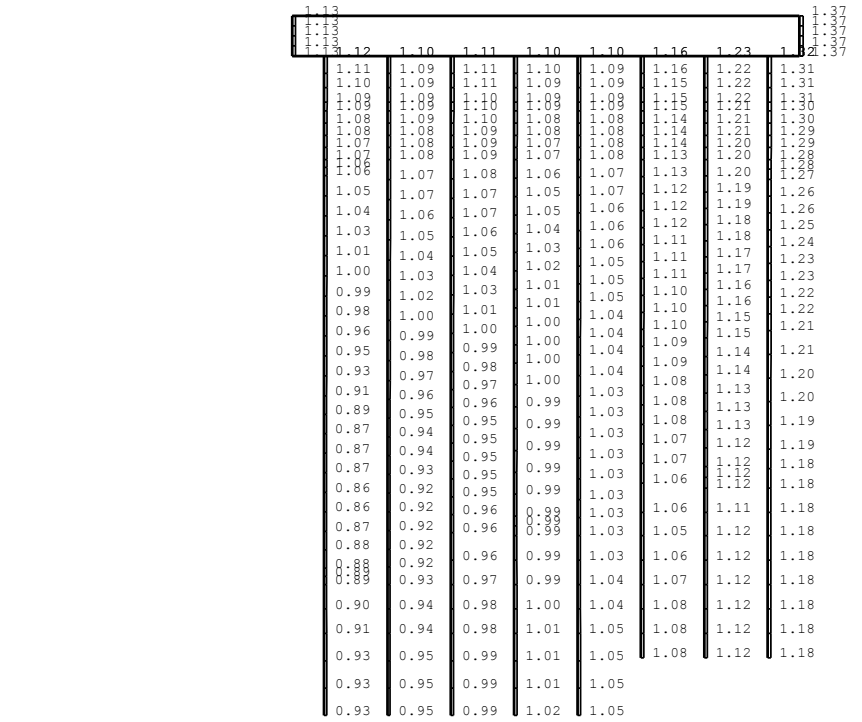


図 4－2（30） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（30/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-8＋＋，水平



(b) Sd-8＋＋，鉛直

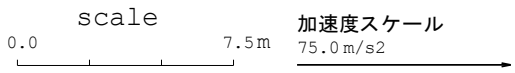
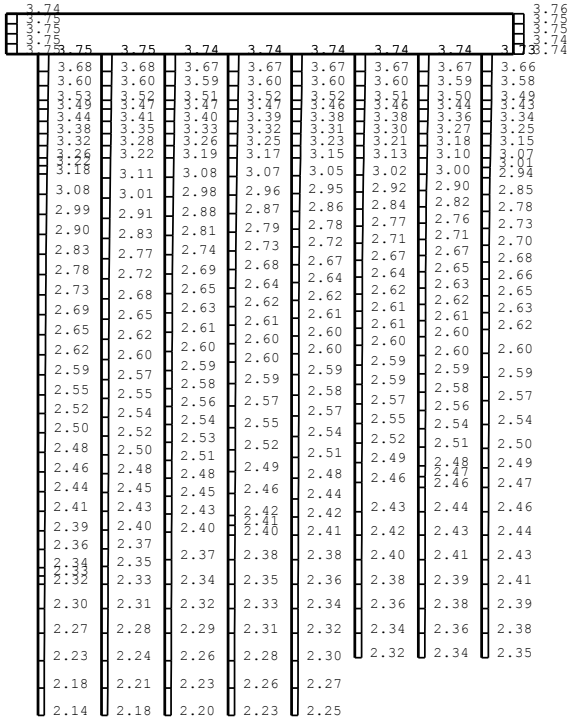
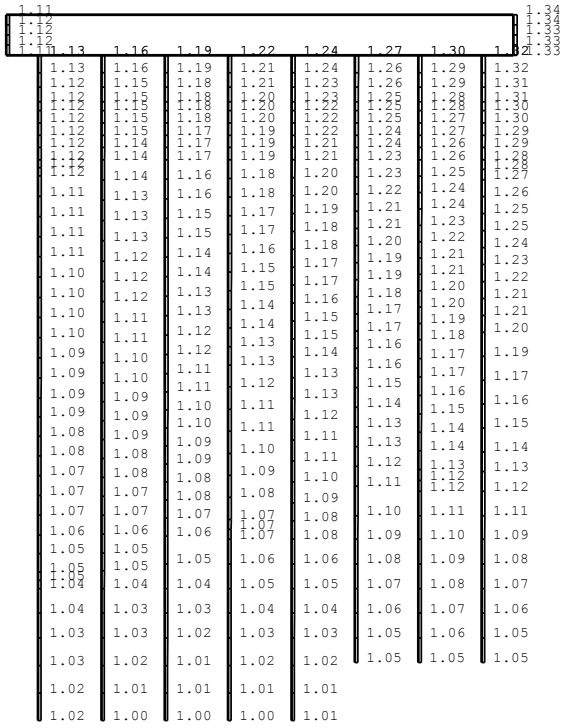


図 4－2（31） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（31/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-8－＋，水平



(b) Sd-8－＋，鉛直

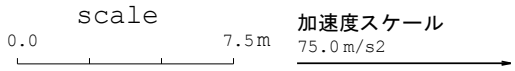
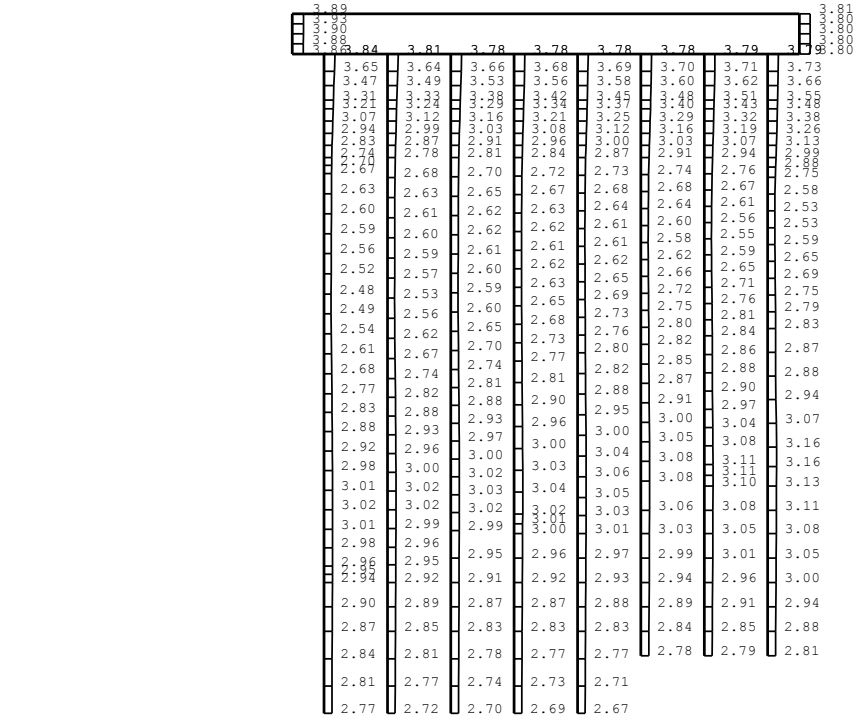
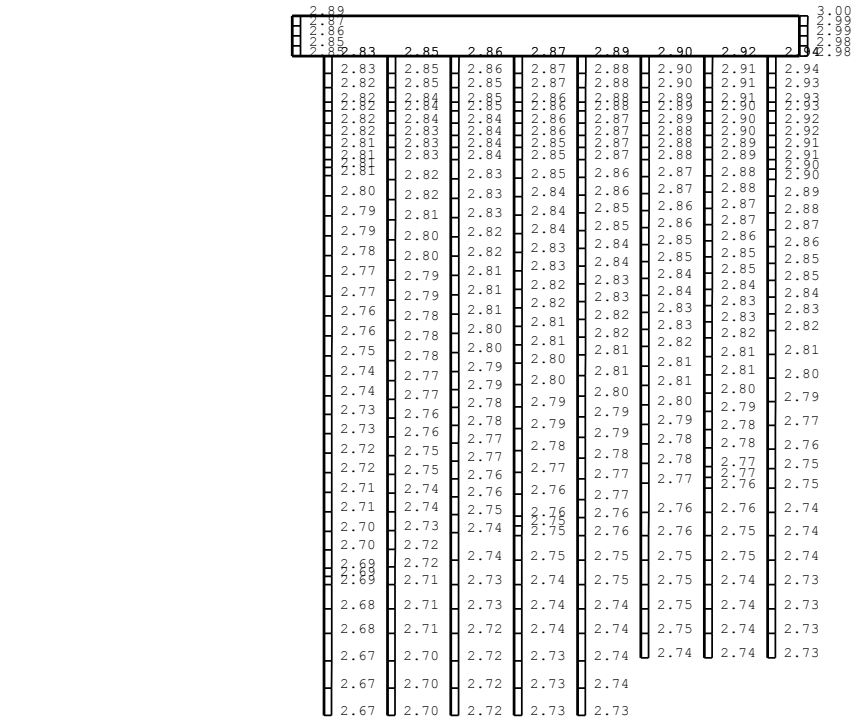


図 4－2（32） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（32/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



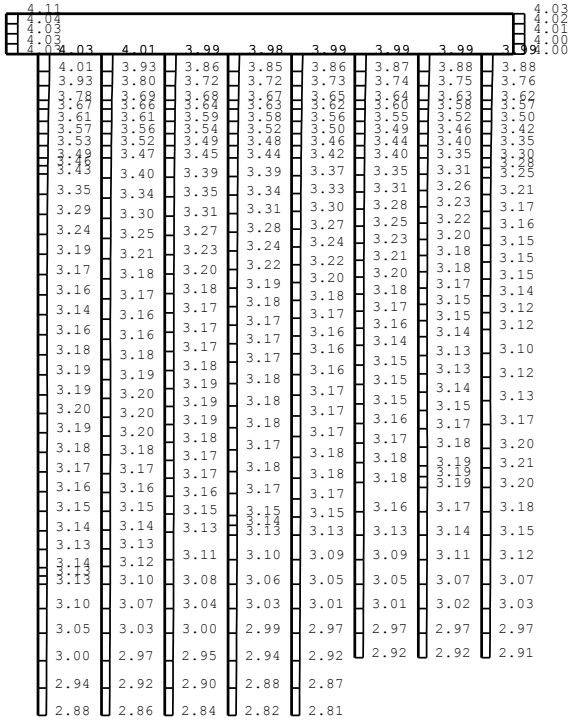
(a) Sd-1－＋，水平



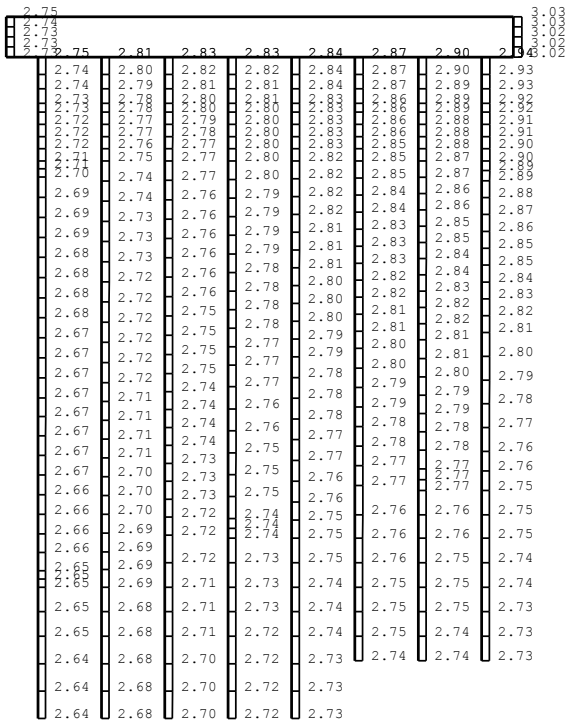
(b) Sd-1－＋，鉛直



図 4－2（33） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（33/34）
（③地盤物性のばらつき（－1σ）を考慮した解析ケース）



(a) Sd-1－＋，水平



(b) Sd-1－＋，鉛直



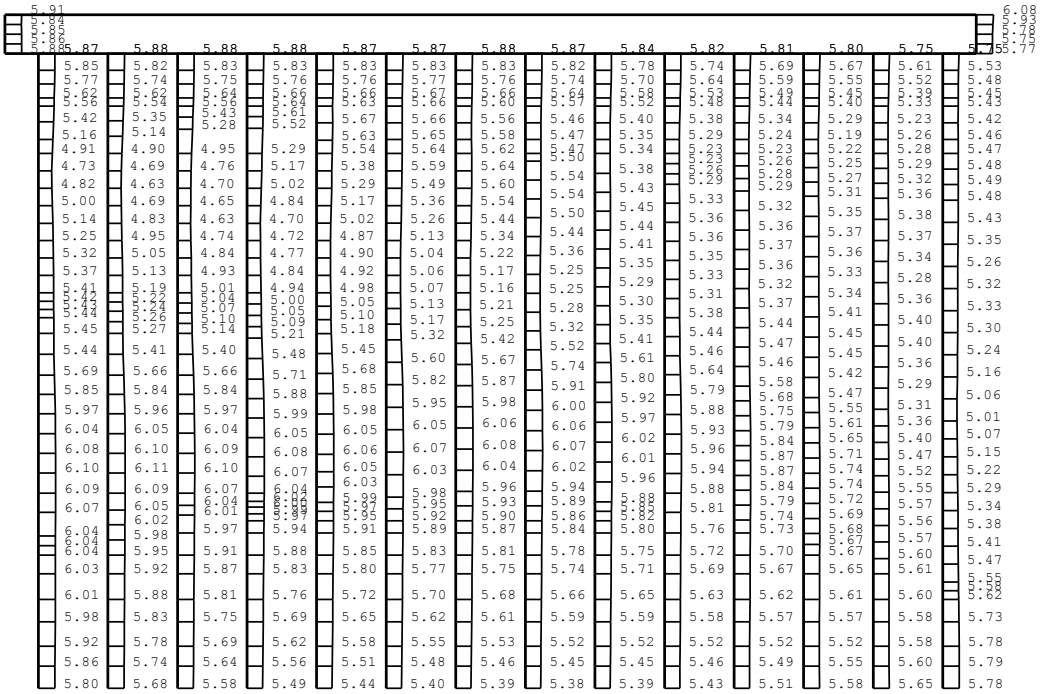
図 4－2（34） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（34/34）

（⑤地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮して非液状化の条件を仮定したケース）

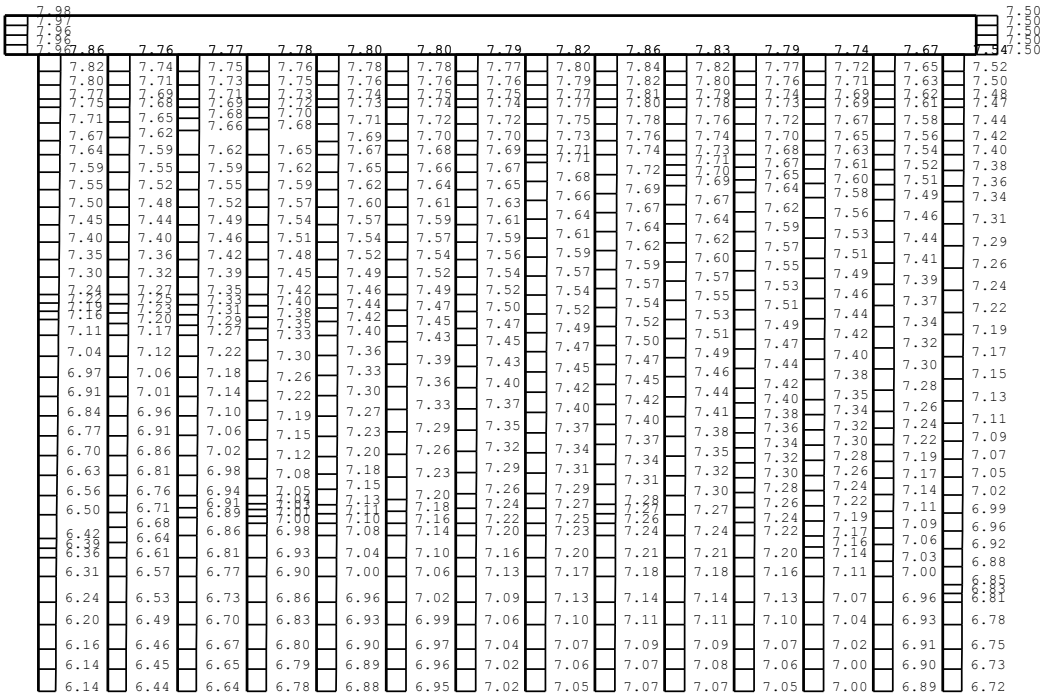
4.2　Ｂ－Ｂ断面解析結果

Ｂ－Ｂ断面の解析結果のうち，解析ケース①（基本ケース）の全ての基準地震動Ｓｓに対する最大加速度分布図並びに解析ケース①において各照査のうち照査値が最大となる地震動に対する解析ケース②，③，⑤での最大加速度分布図を図 4－3 に示す。

また，解析ケース④の全ての基準地震動Ｓｓ及び弾性設計用地震動Ｓｄに対する最大加速度分布図並びに解析ケース④において鉄筋コンクリート部材の加速度が最大となる地震動に対する解析ケース③，⑤での最大加速度分布図を図 4－4 に示す。



(a) Ss-1＋＋，水平

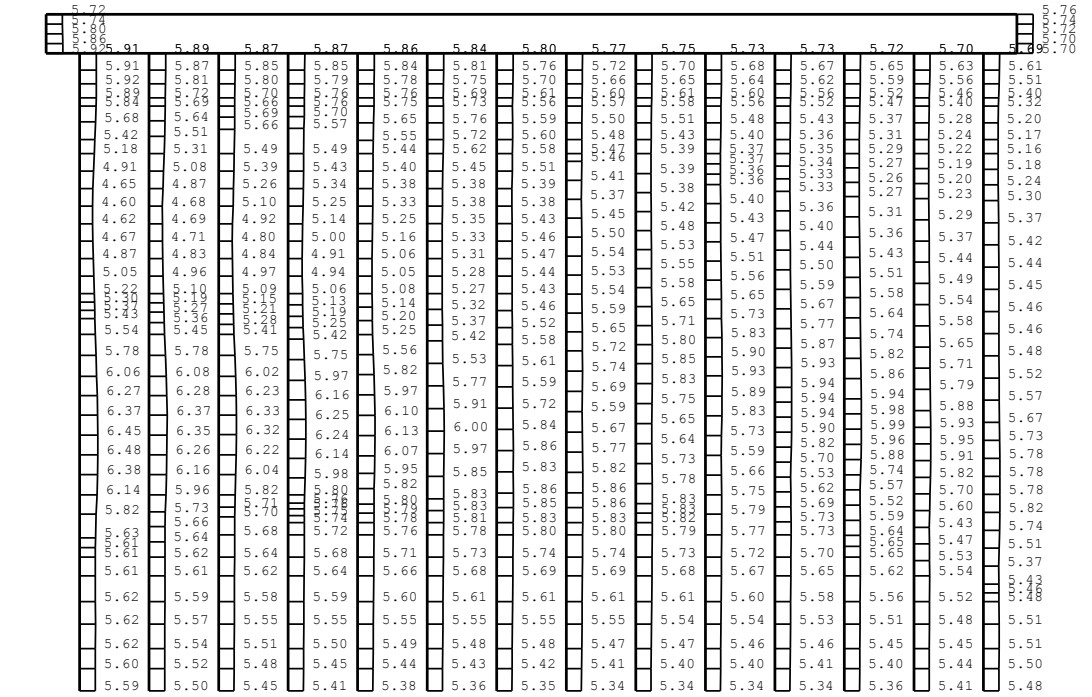


(b) Ss-1＋＋，鉛直

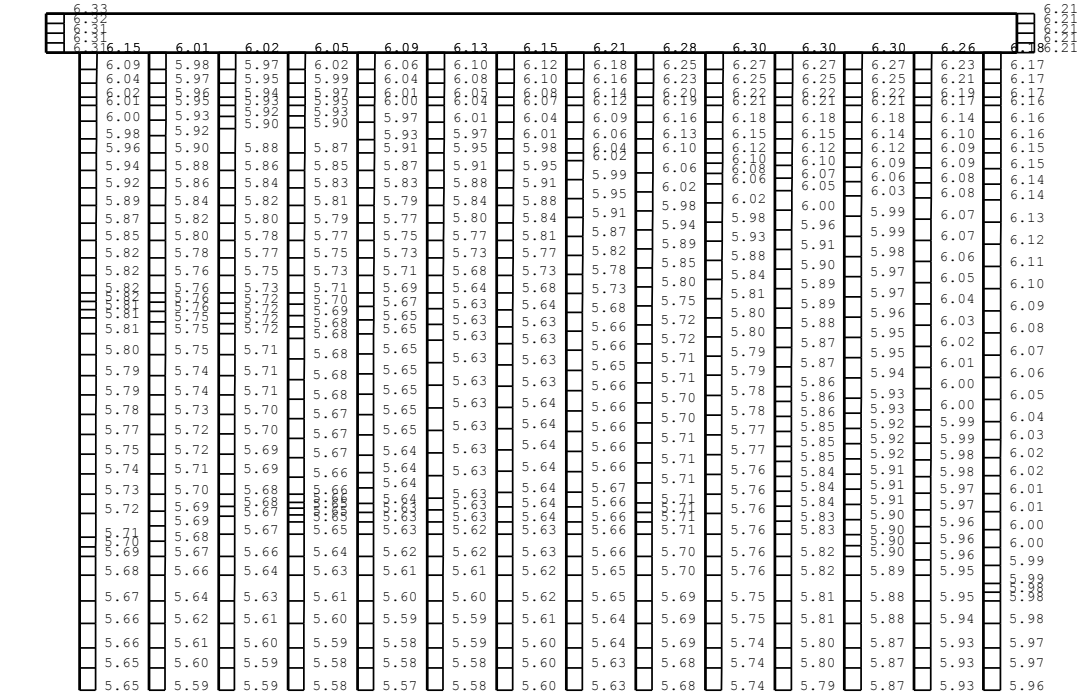


図 4－3（1）　B－B断面の最大加速度分布図（1/21）

（①基本ケース）



(a) Ss-1－＋，水平

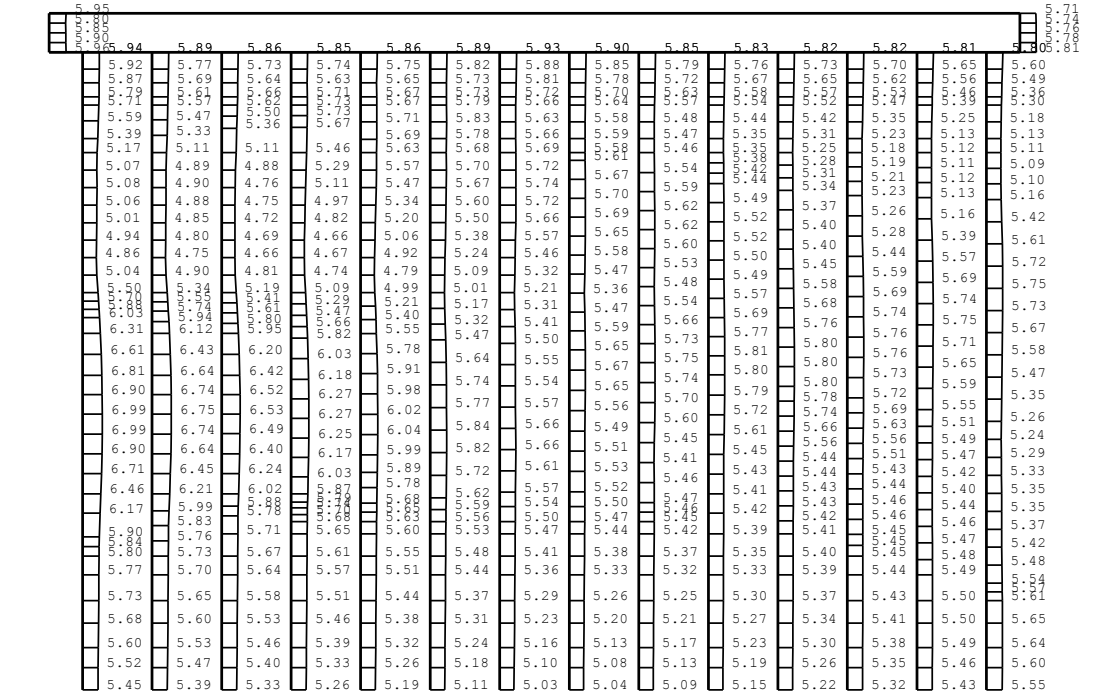


(b) Ss-1－＋，鉛直

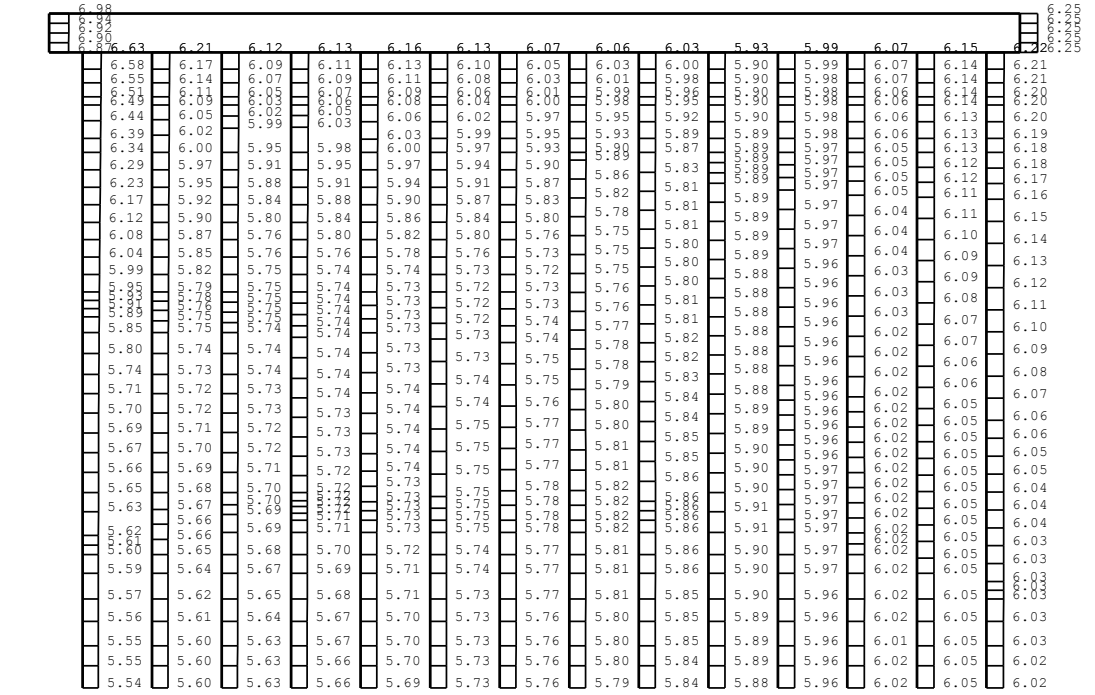


図 4－3（2） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（2/21）

（①基本ケース）



(a) Ss-1＋－，水平

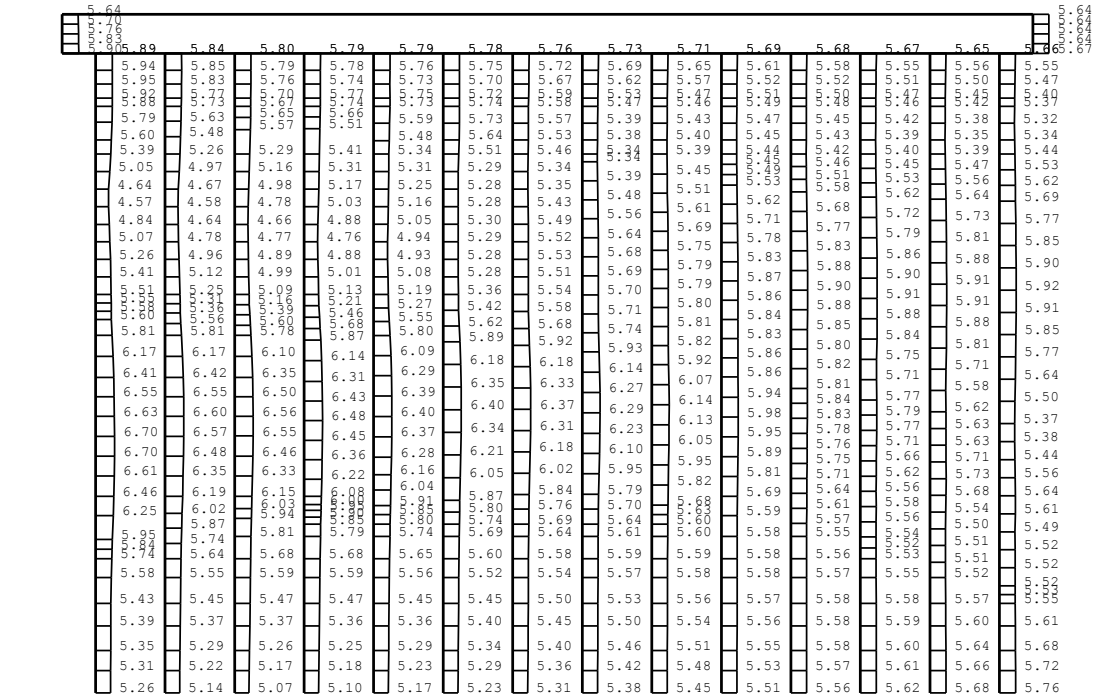


(b) Ss-1＋－，鉛直

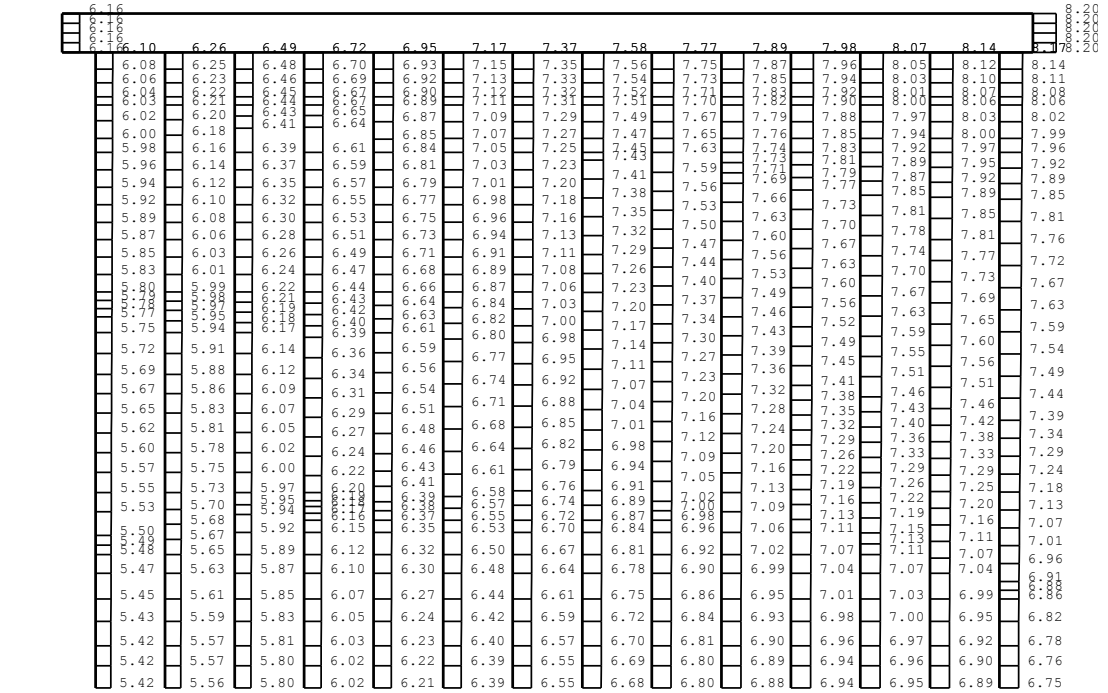


図 4－3 (3)　B－B断面の最大加速度分布図 (3/21)

(①基本ケース))



(a) Ss-1－－，水平



(b) Ss-1－－，鉛直

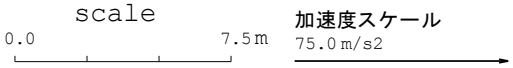
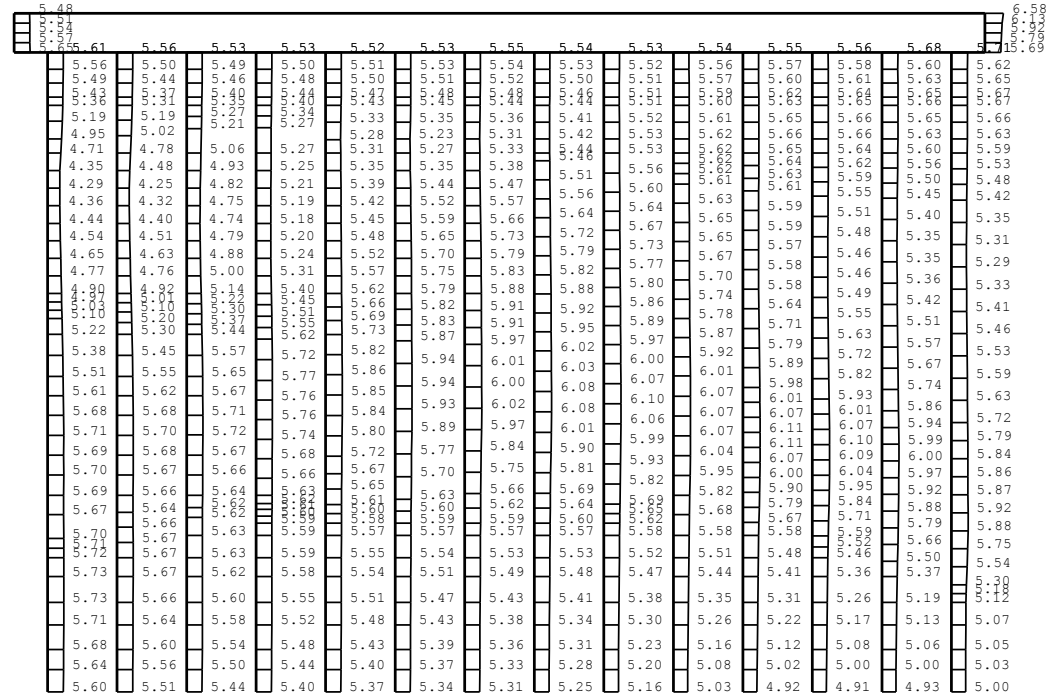
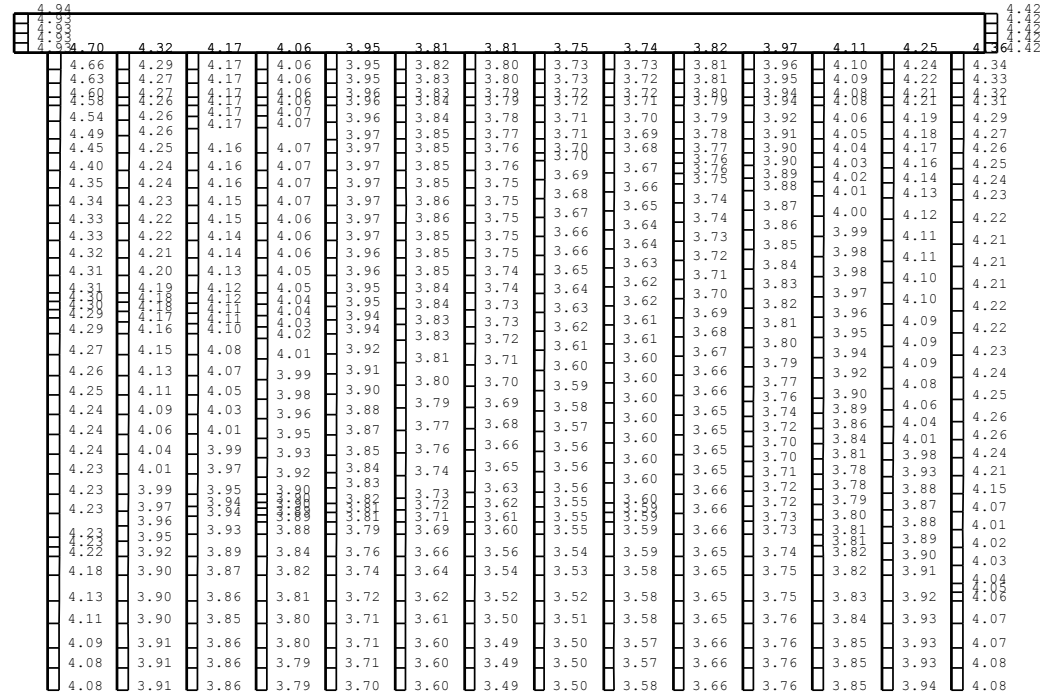


図 4－3（4） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（4/21）

（①基本ケース）



(a) Ss-2EW, 水平



(b) Ss-2 EW, 鉛直

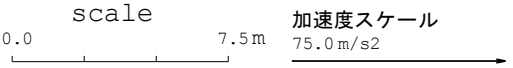
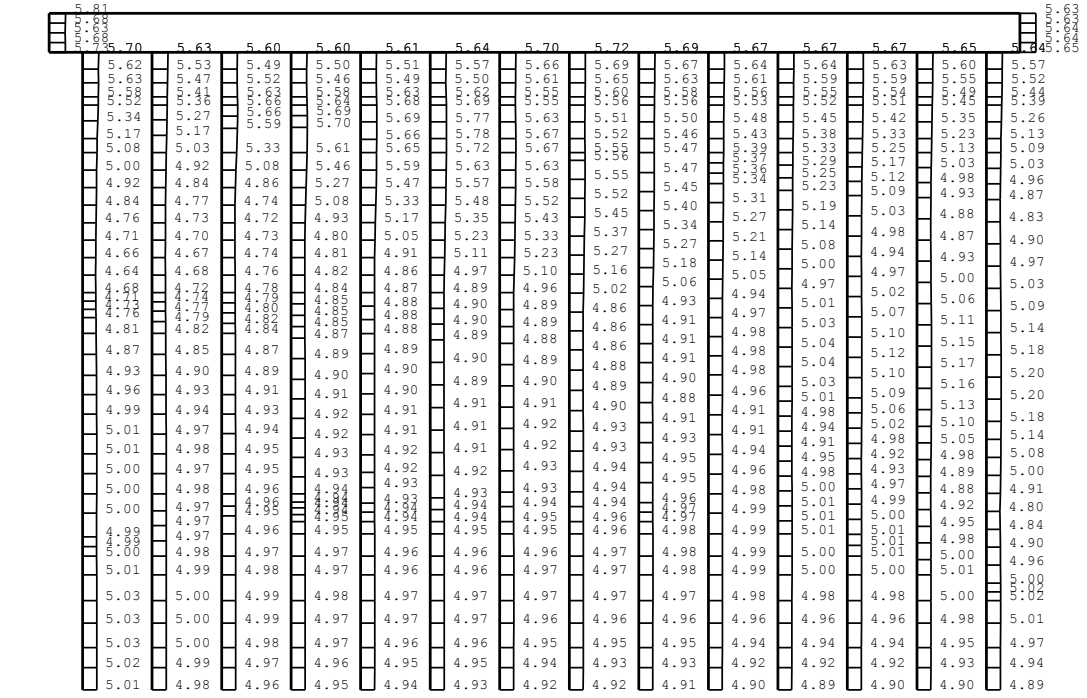
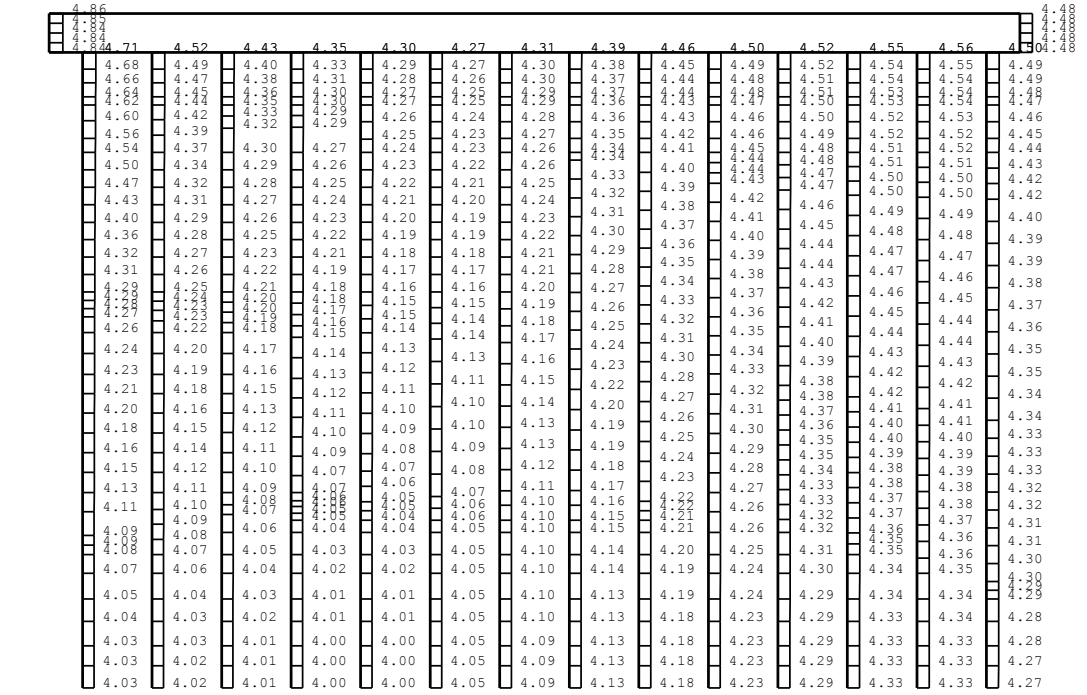


図 4－3 (5)　B－B断面の最大加速度分布図 (5/21)

(①基本ケース)



(a) Ss-3＋＋，水平



(b) Ss-3＋＋，鉛直

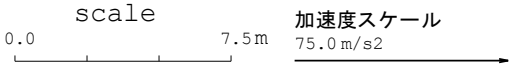
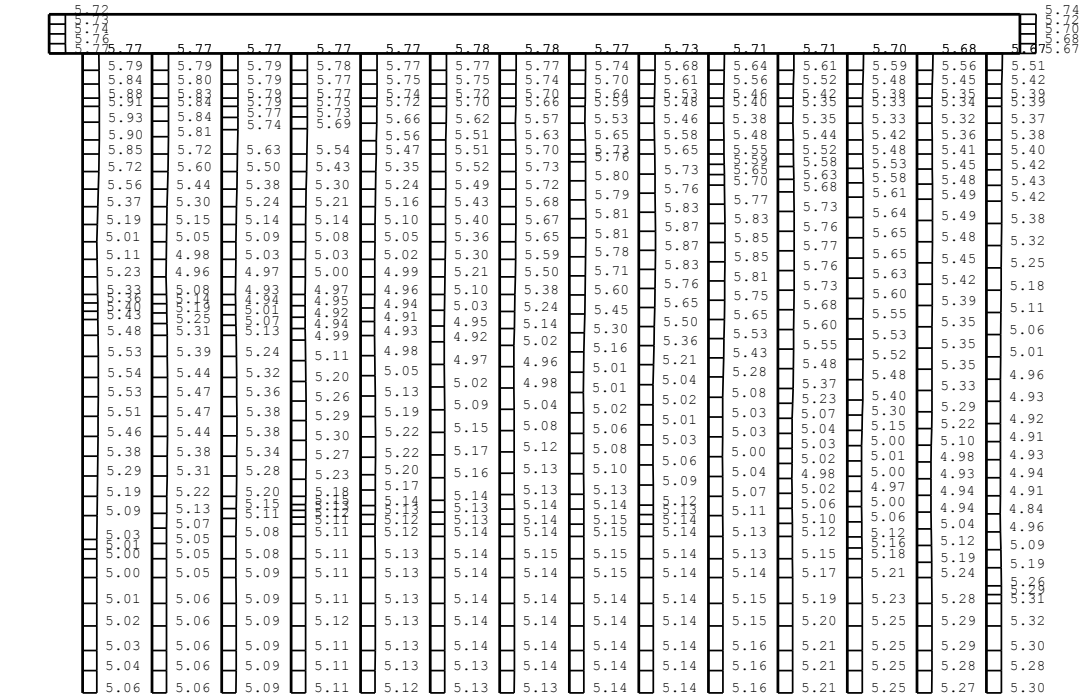
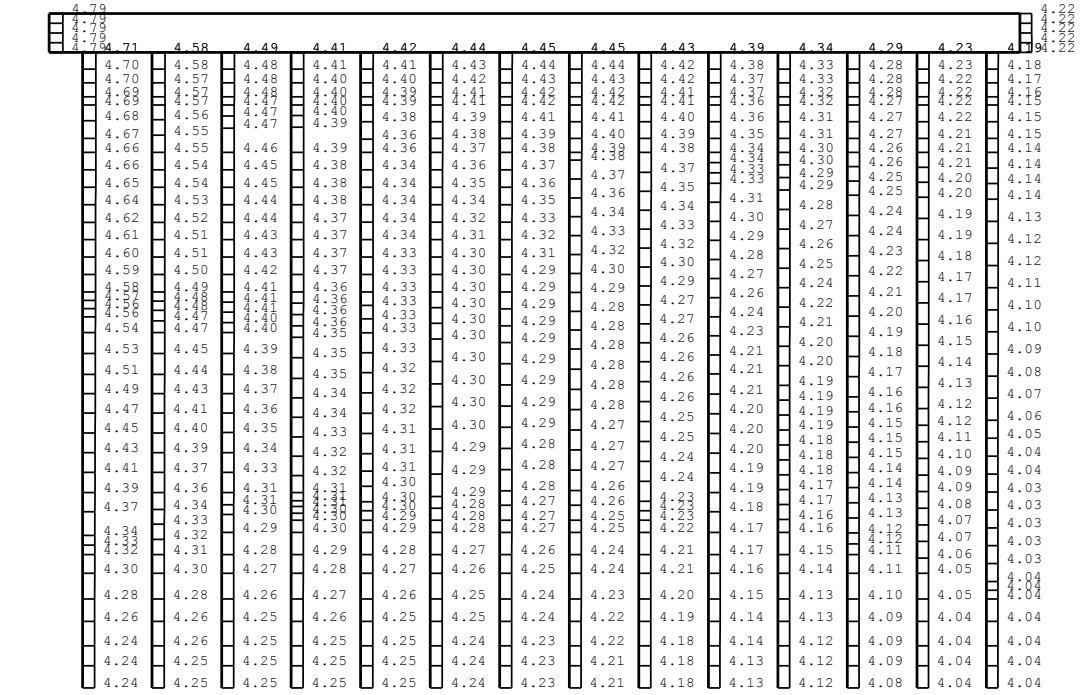


図 4－3（6） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（6/21）

（①基本ケース）



(a) Ss-3－＋，水平

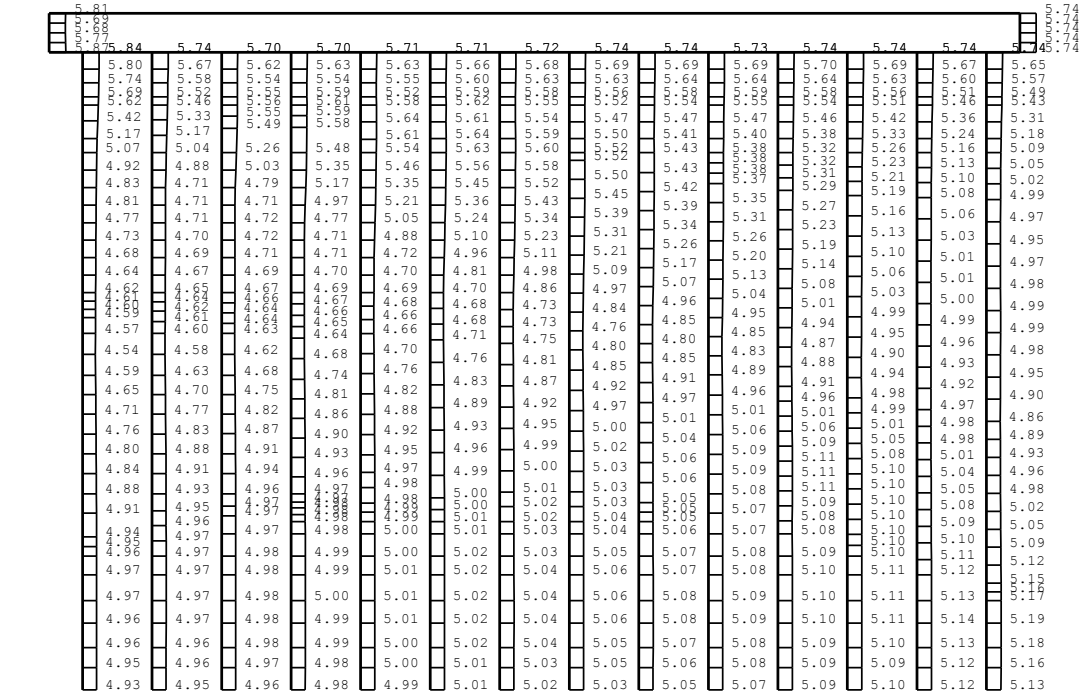


(b) Ss-3－＋，鉛直

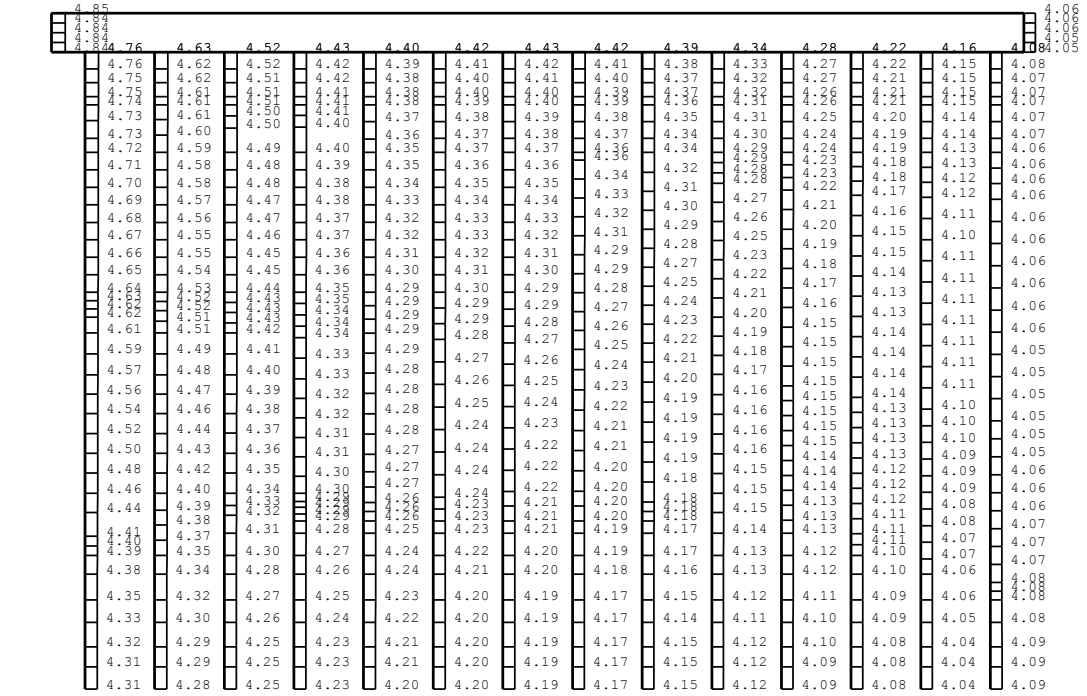


図 4－3（7） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（7/21）

（①基本ケース）



(a) Ss-3＋－，水平



(b) Ss-3＋－，鉛直

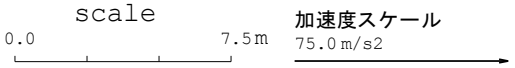
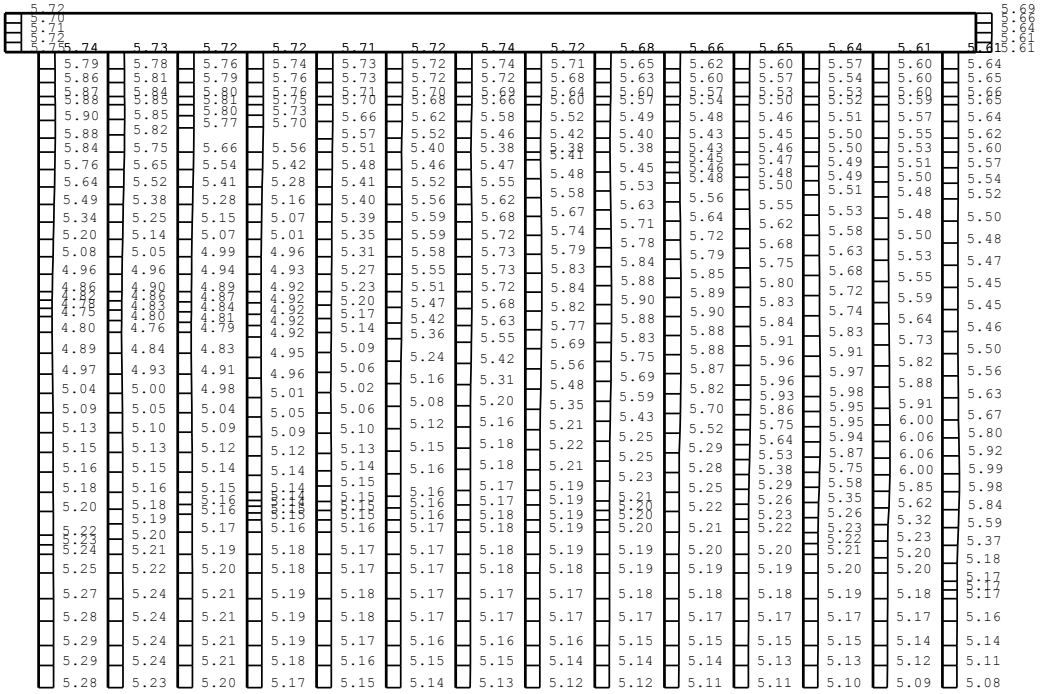
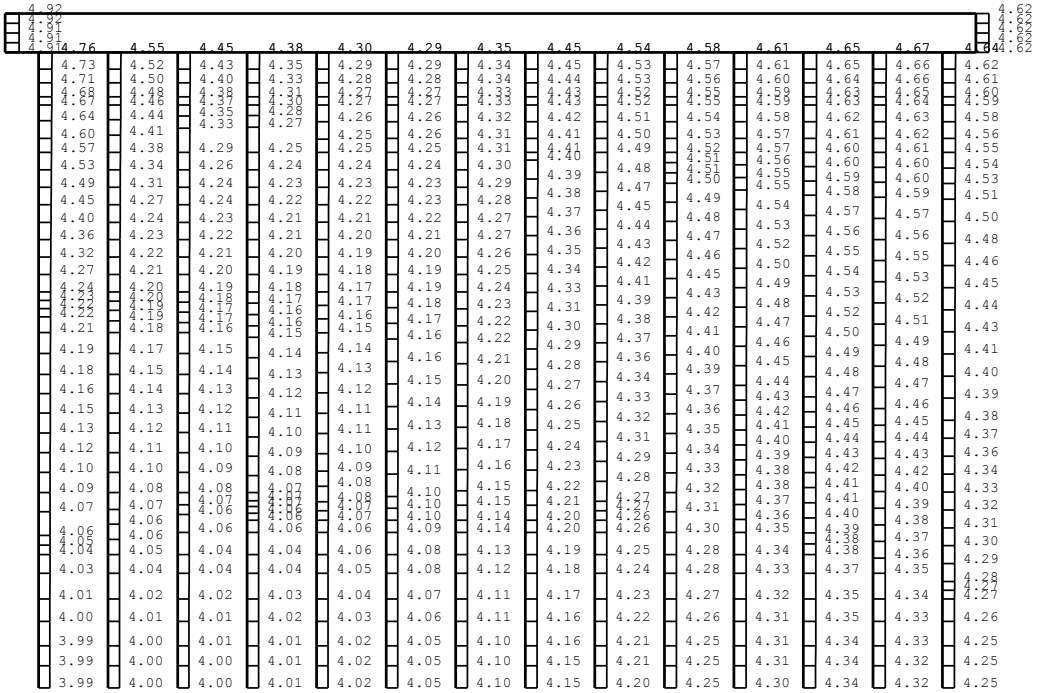


図 4－3（8） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（8/21）

（①基本ケース）



(a) Ss-3－－，水平



(b) Ss-3－－，鉛直

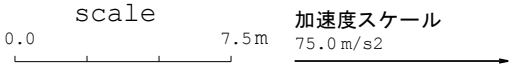
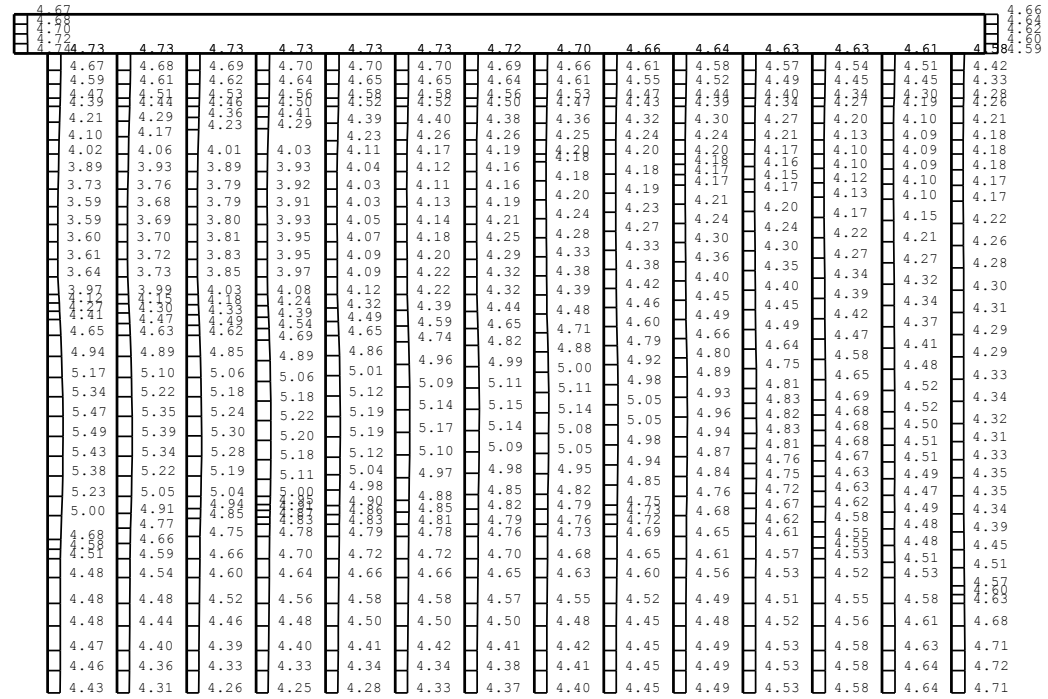
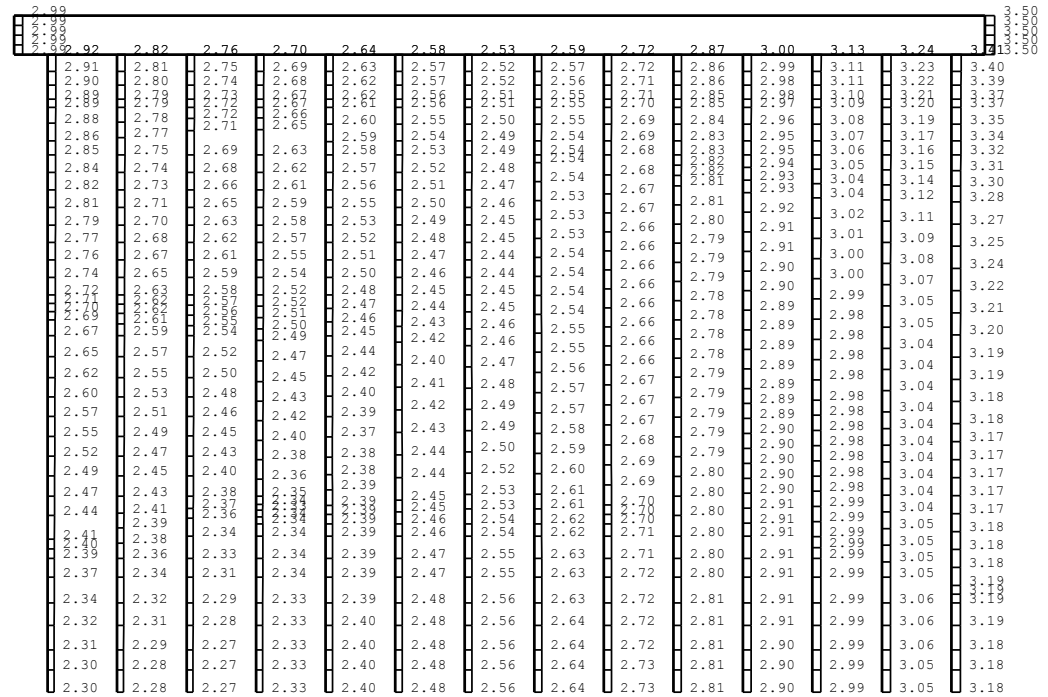


図 4－3（9） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（9/21）

（①基本ケース）



(a) Ss-4EW，水平



(b) Ss-4EW，鉛直

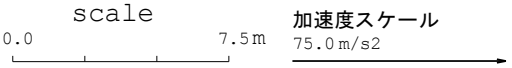
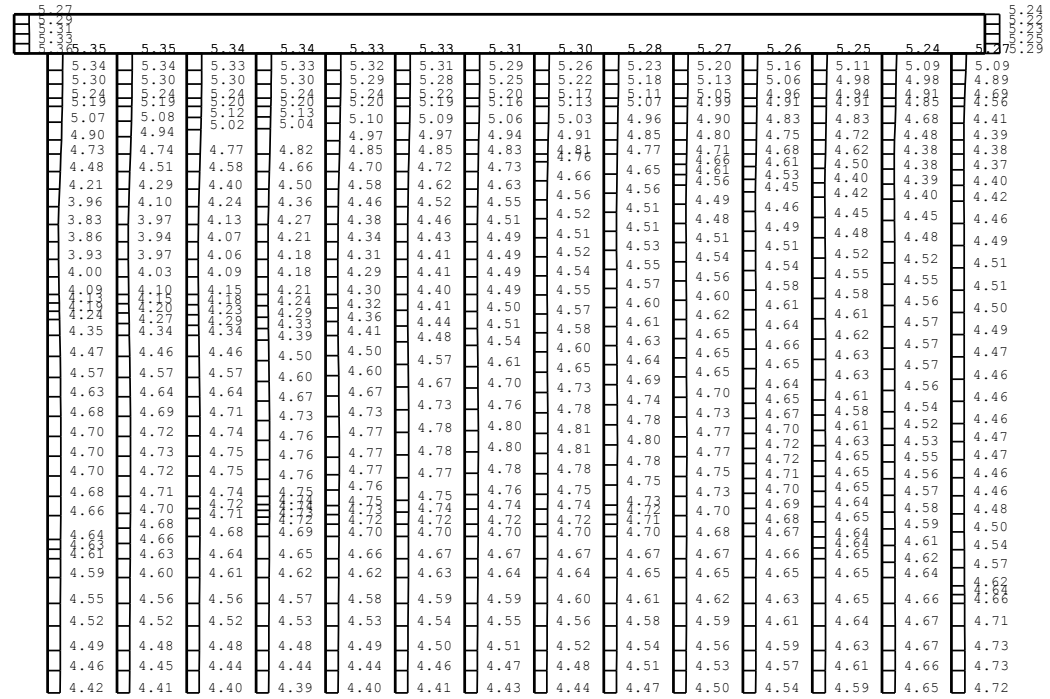
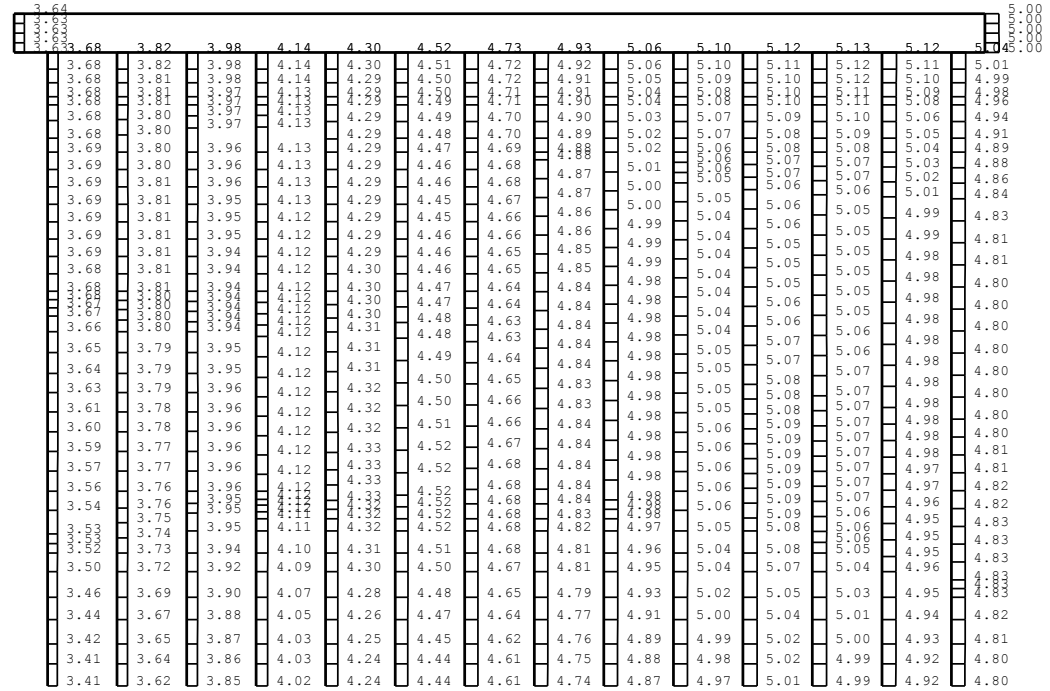


図 4－3（10） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（10/21）

（①基本ケース）



(a) Ss-5EW，水平



(b) Ss-5EW，鉛直

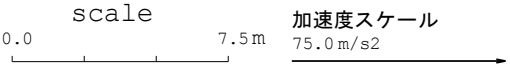
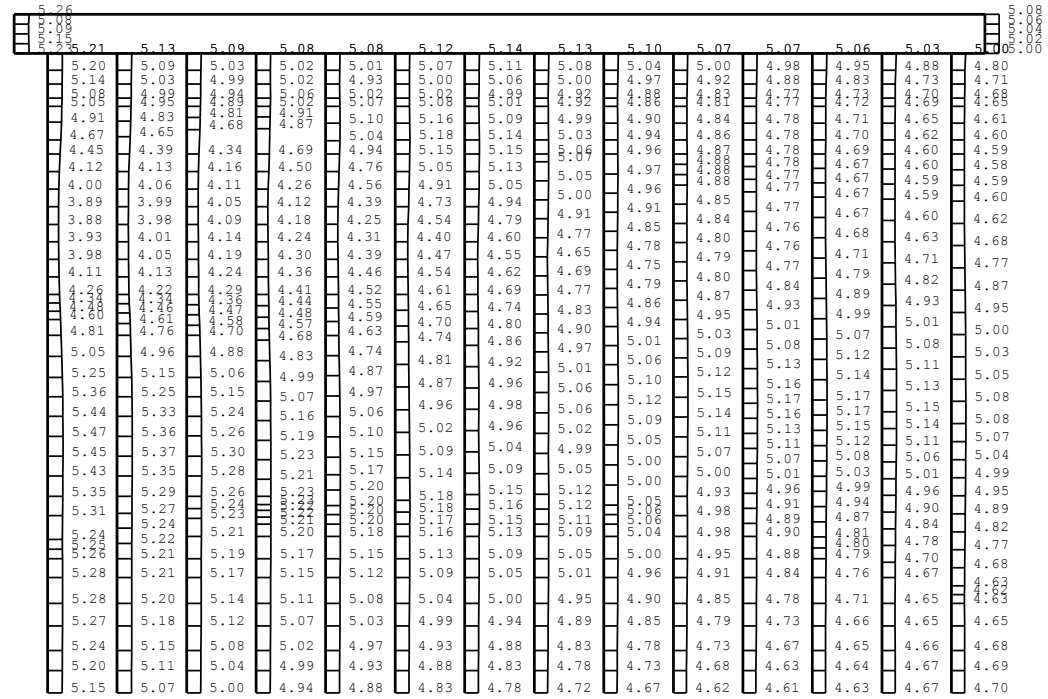
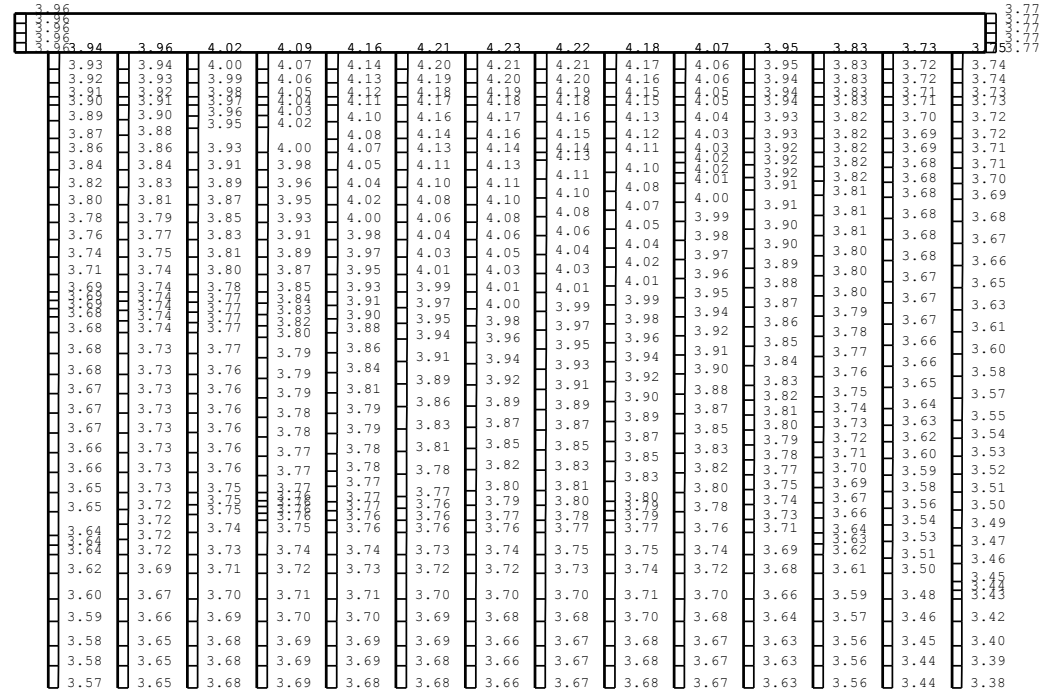


図 4－3（11） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（11/21）

（①基本ケース）



(a) Ss-6EW，水平

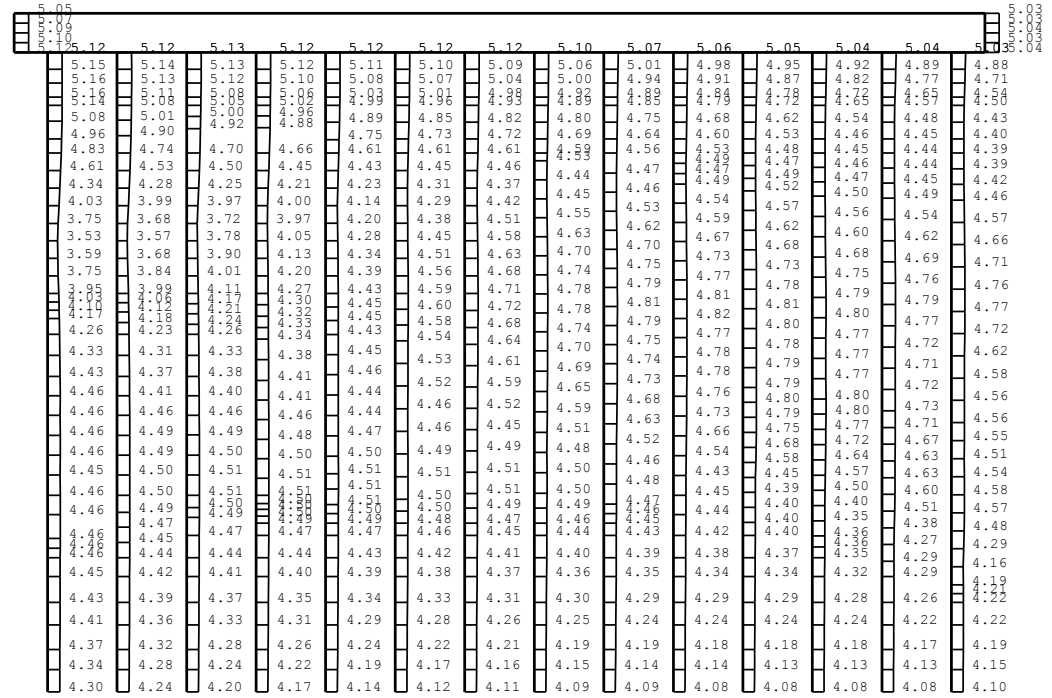


(b) Ss-6EW，鉛直

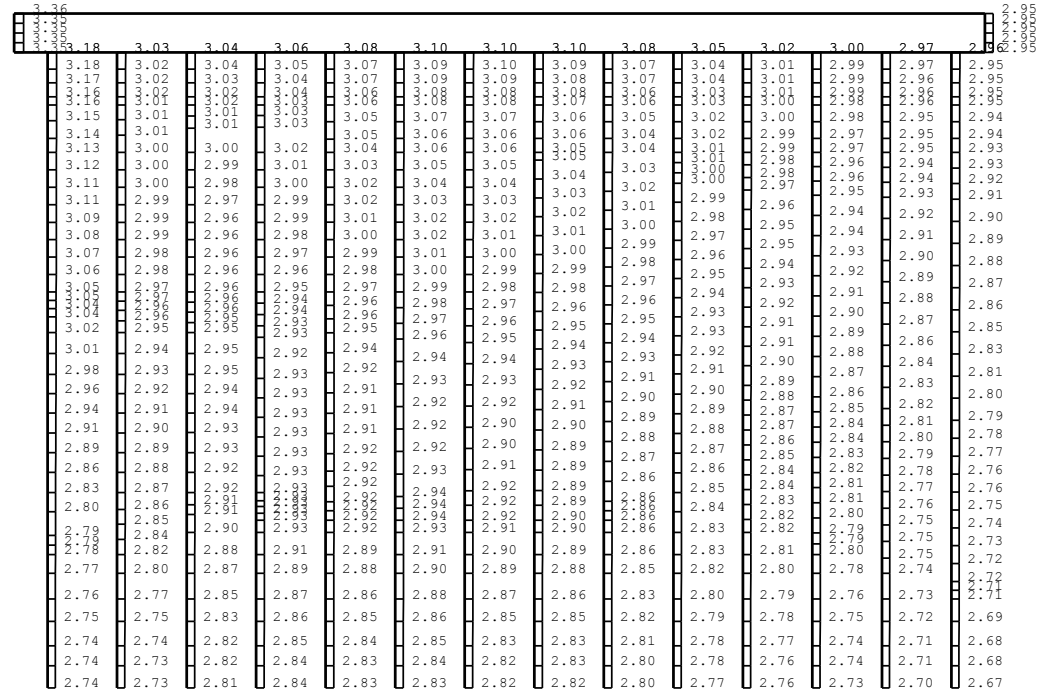


図 4－3（12） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（12/21）

（①基本ケース）



(a) Ss-7EW，水平

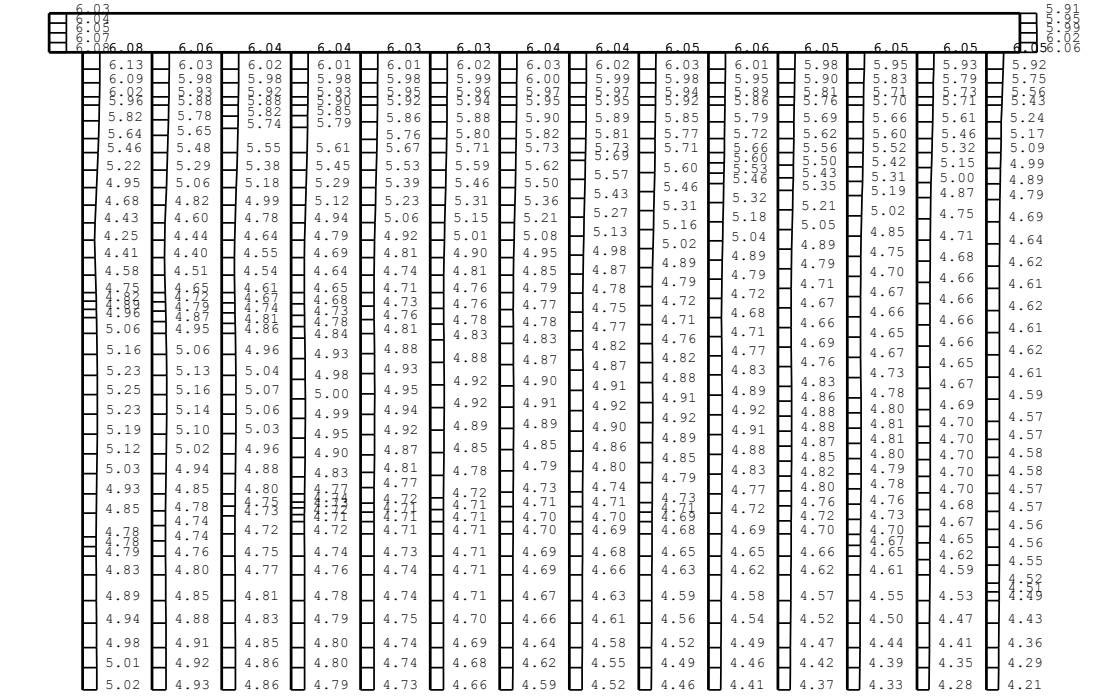


(b) Ss-7EW，鉛直

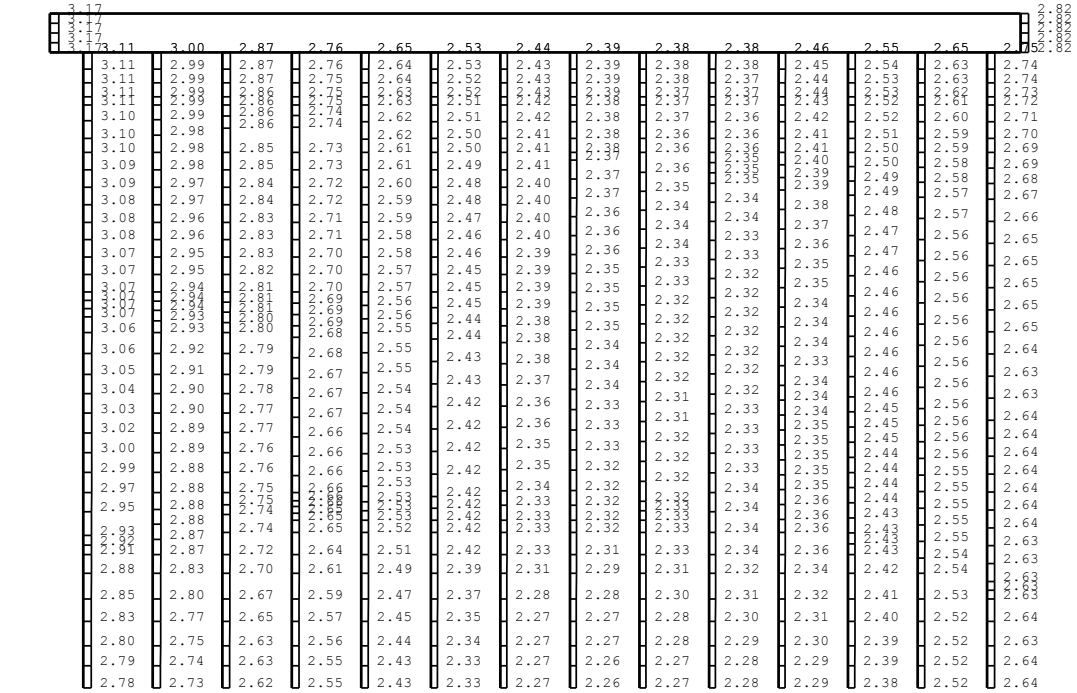


図 4－3（13） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（13/21）

（①基本ケース）



(a) Ss-8＋＋，水平

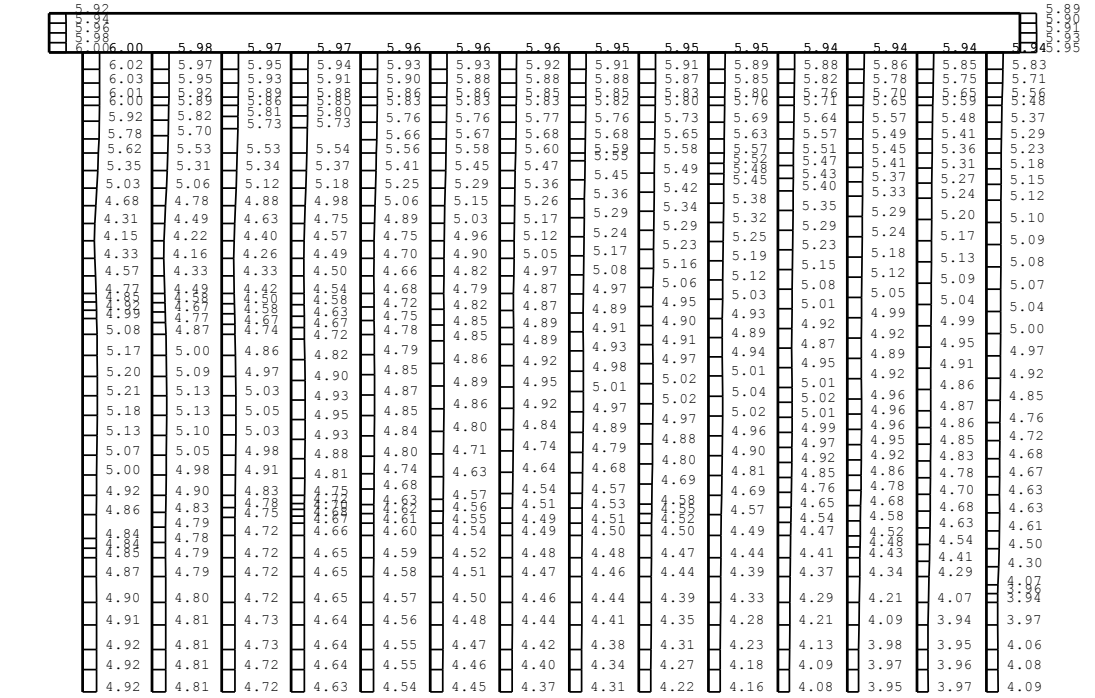


(b) Ss-8＋＋，鉛直

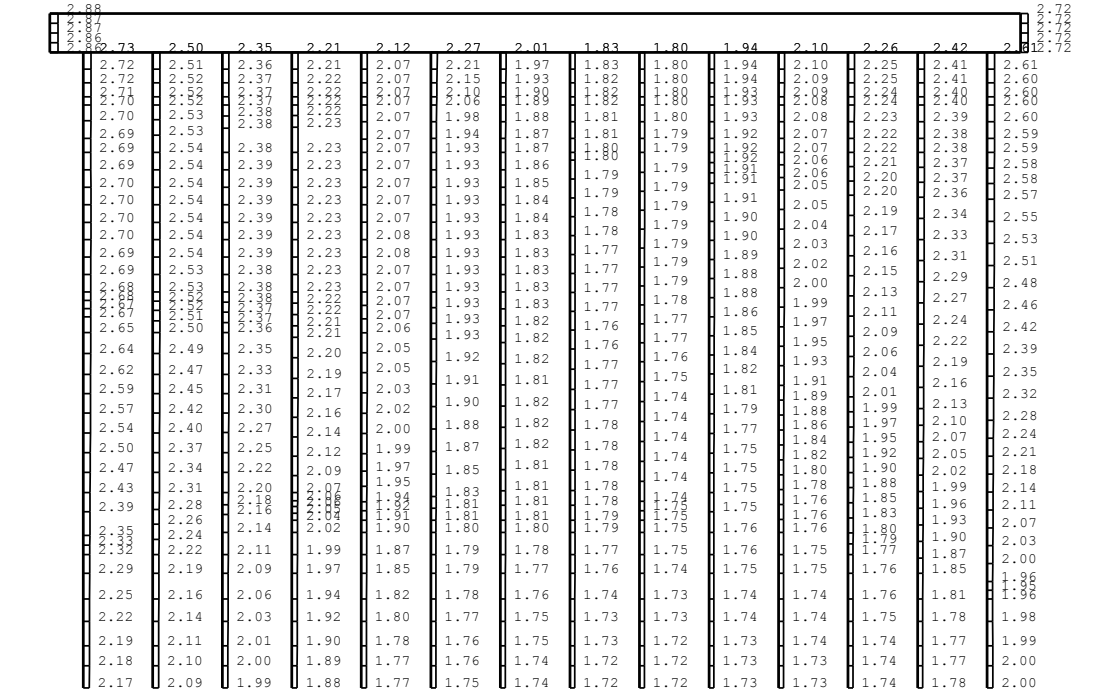


図 4－3（14） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（14/21）

（①基本ケース）



(a) Ss-8－＋，水平

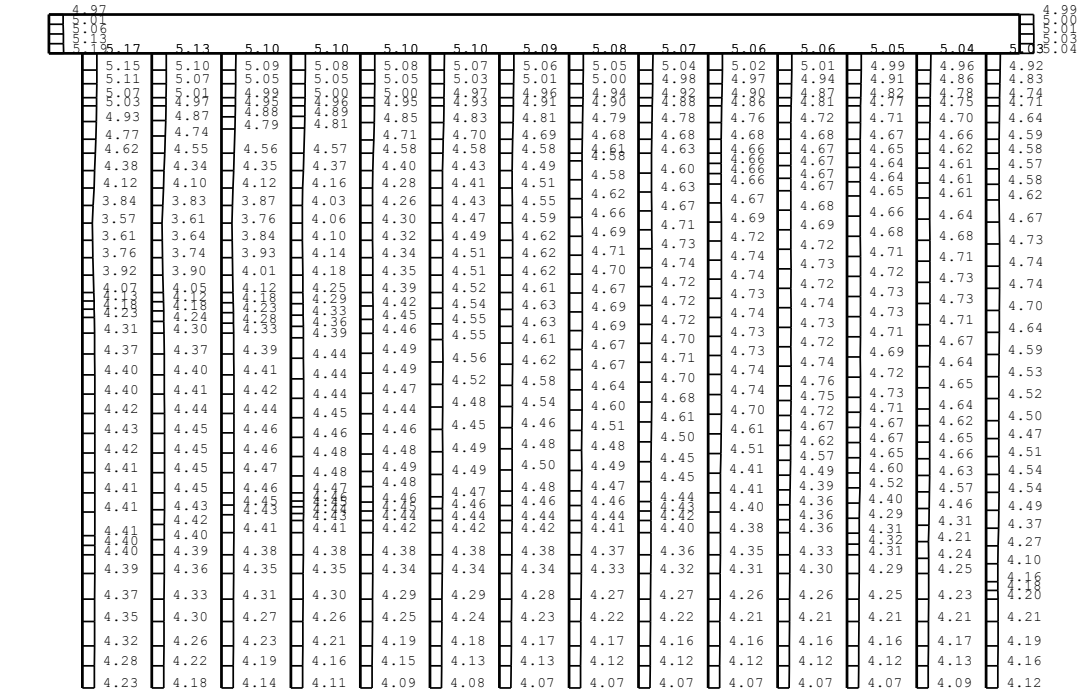


(b) Ss-8－＋，鉛直

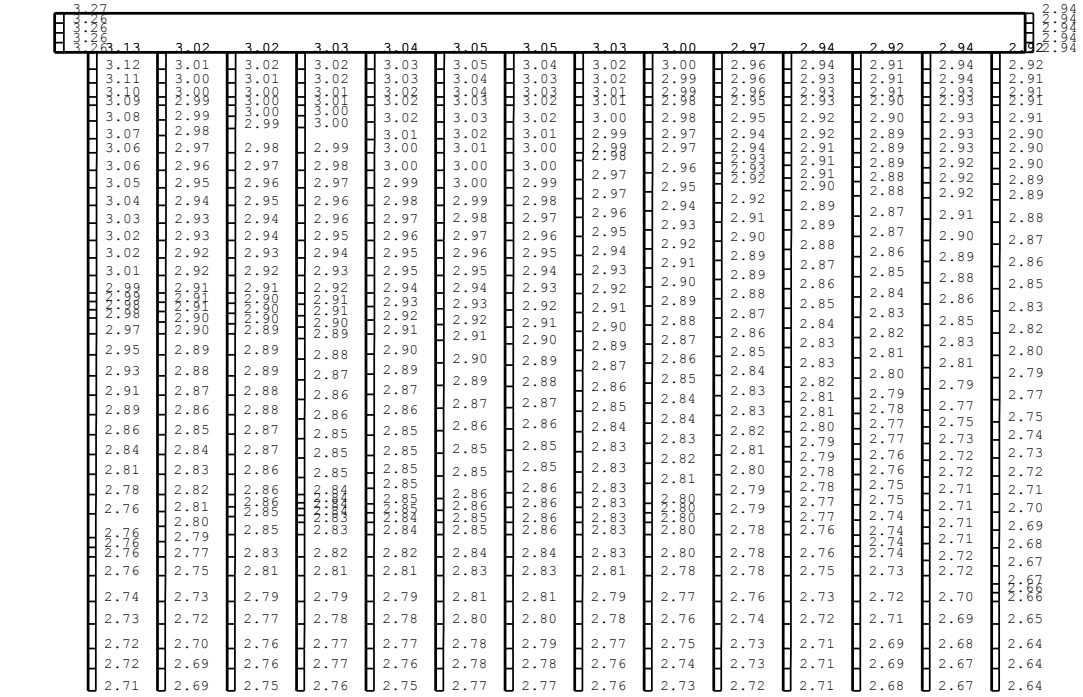


図 4－3（15） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（15/21）

（①基本ケース）



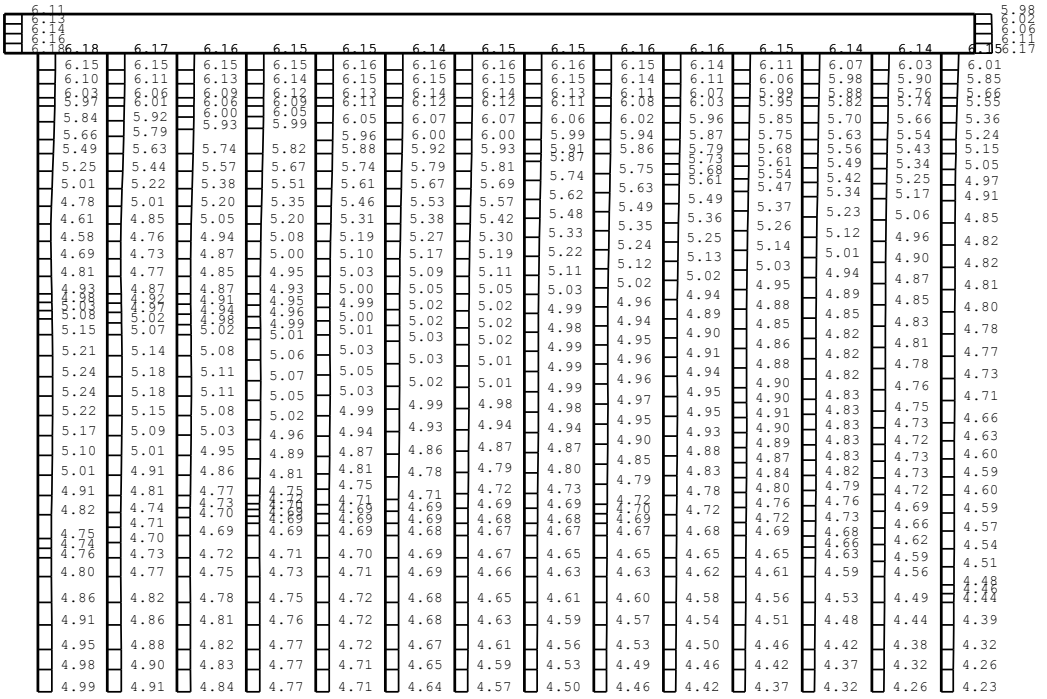
(a) Ss-7EW, 水平



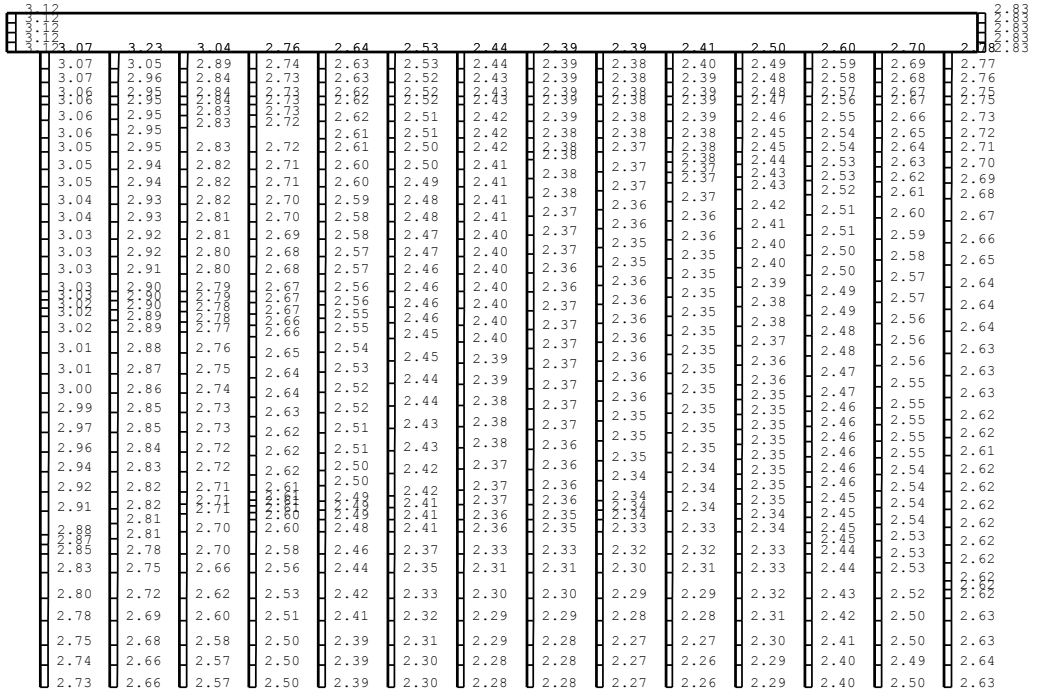
(b) Ss-7EW, 鉛直



図 4－3（16） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（16/21）
（②地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮した解析ケース）



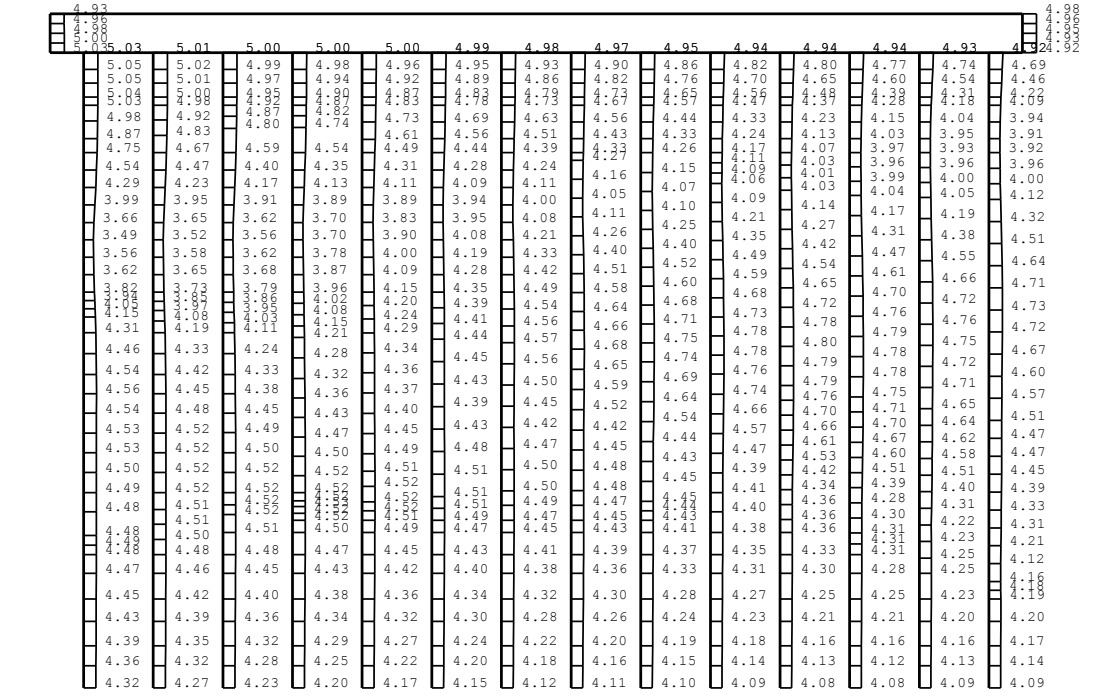
(a) Ss-8＋＋，水平



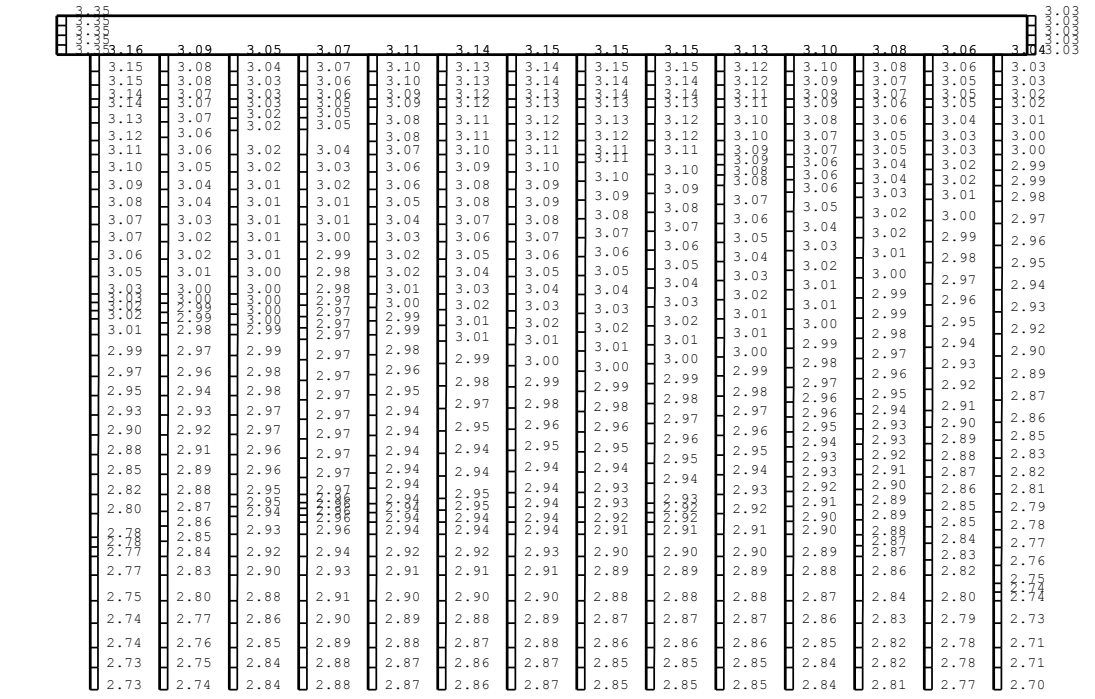
(b) Ss-8＋＋，鉛直



図 4－3（17） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（17/21）
（②地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮した解析ケース）



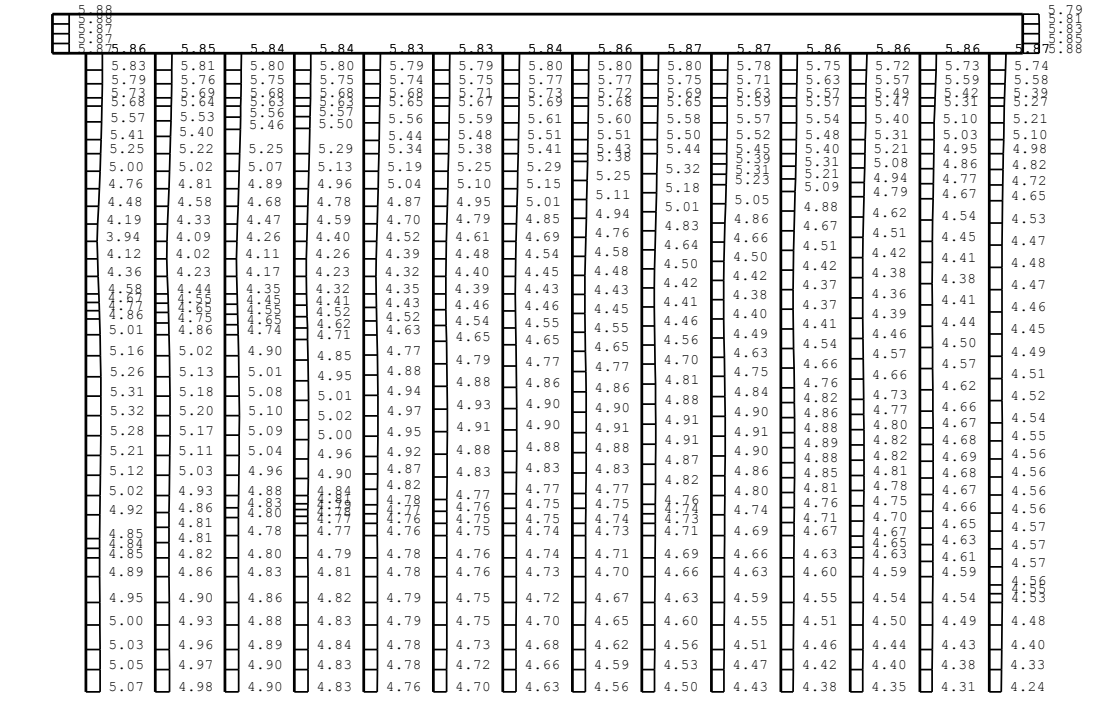
(a) Ss-7EW，水平



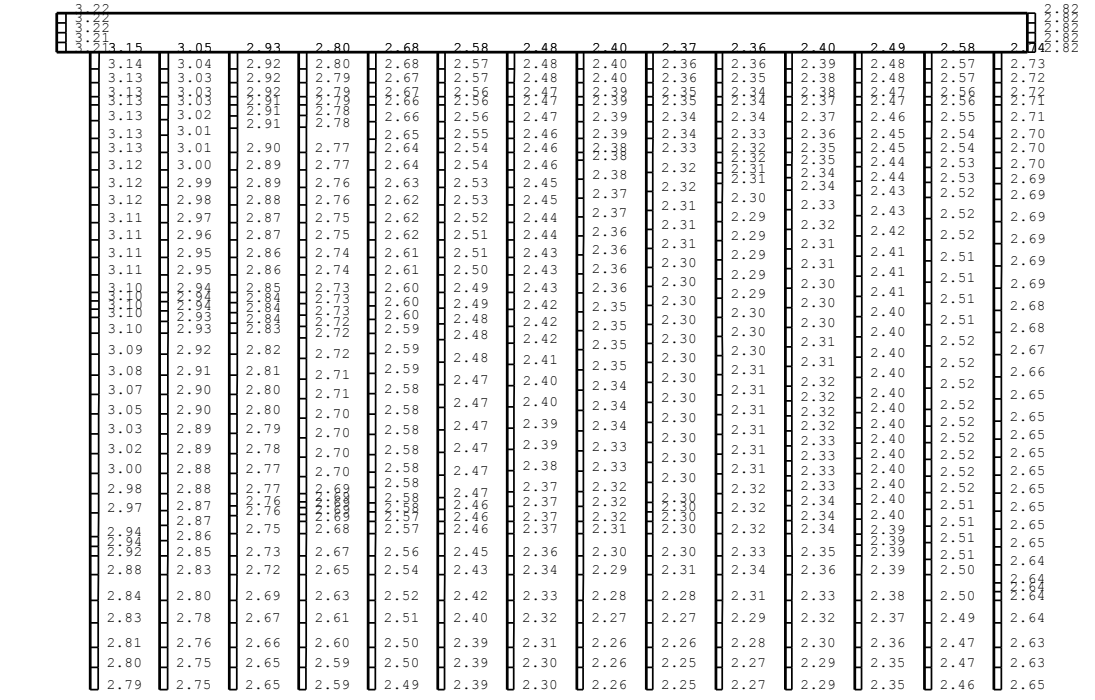
(b) Ss-7EW，鉛直



図 4－3（18） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（18/21）
（③地盤物性のばらつき（－1σ）を考慮した解析ケース）



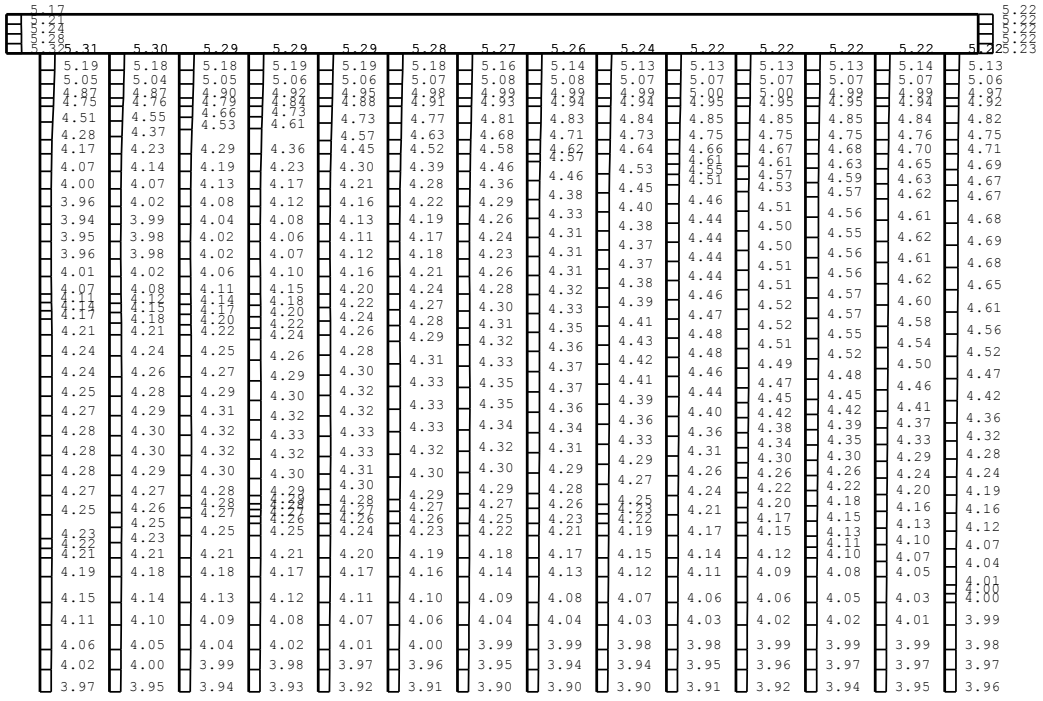
(a) Ss-8＋＋，水平



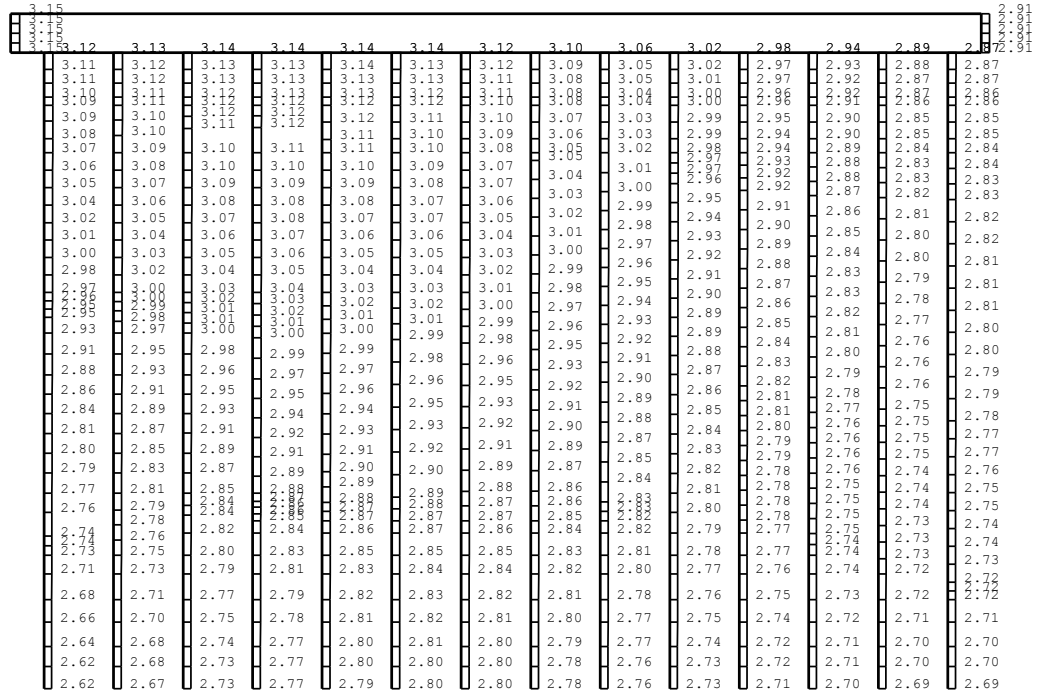
(b) Ss-8＋＋，鉛直



図 4－3（19） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（19/21）
（③地盤物性のばらつき（－1σ）を考慮した解析ケース）



(a) Ss-7EW，水平

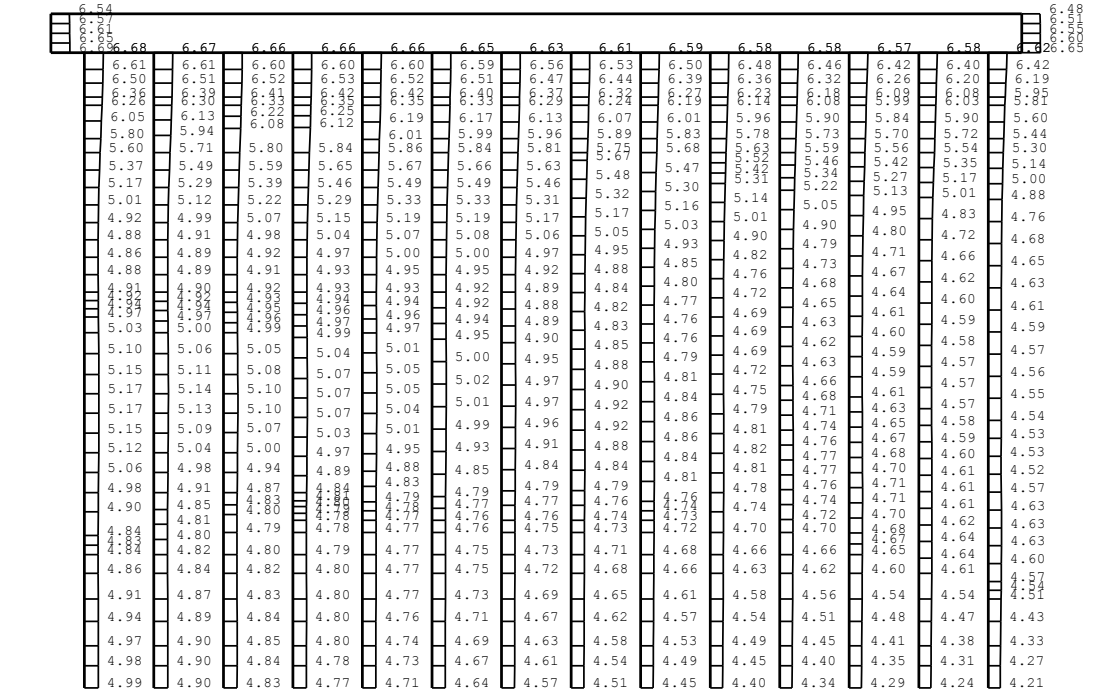


(b) Ss-7EW，鉛直

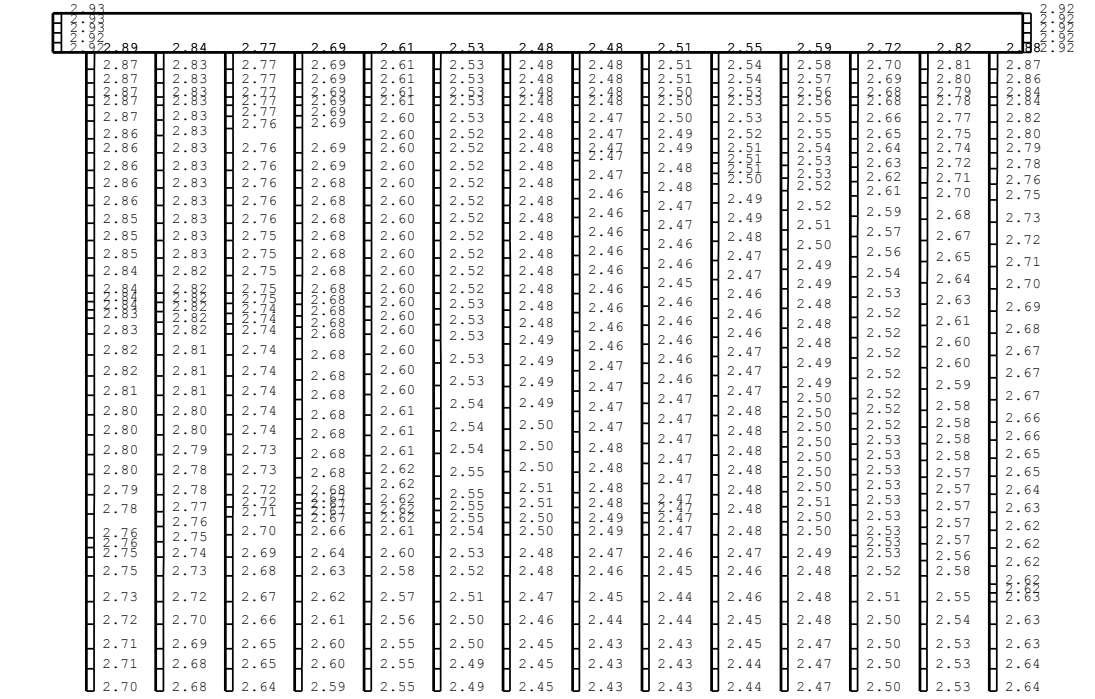


図 4－3（20） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（20/21）

（⑤地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮して非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-8＋＋，水平

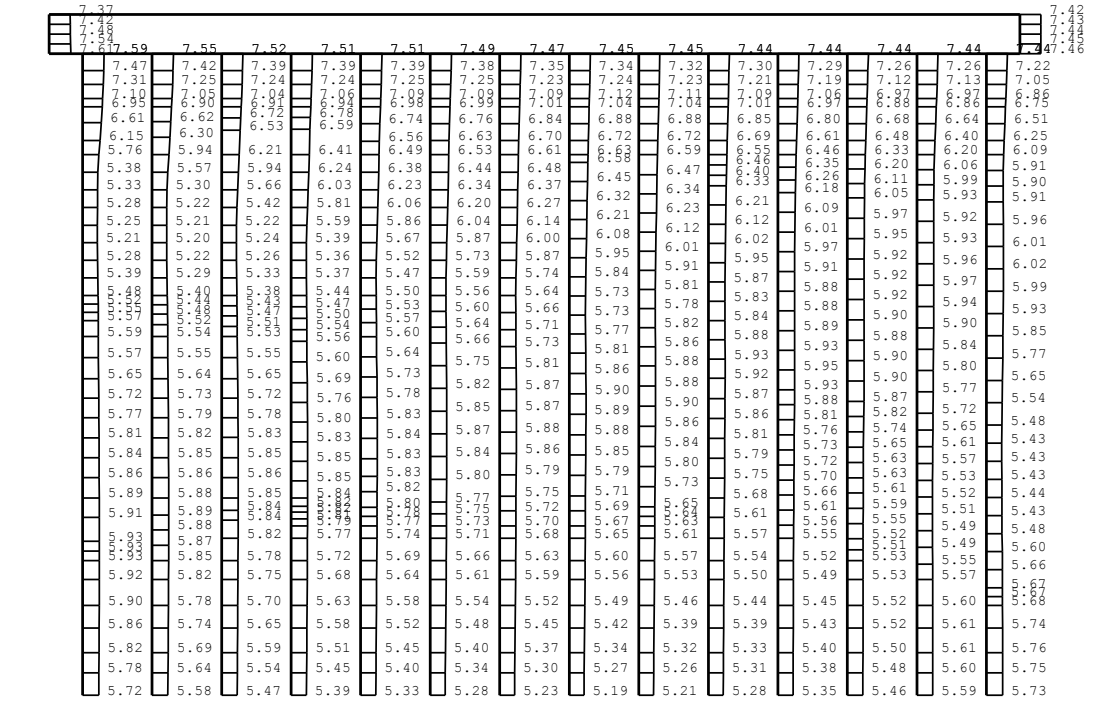


(b) Ss-8＋＋，鉛直

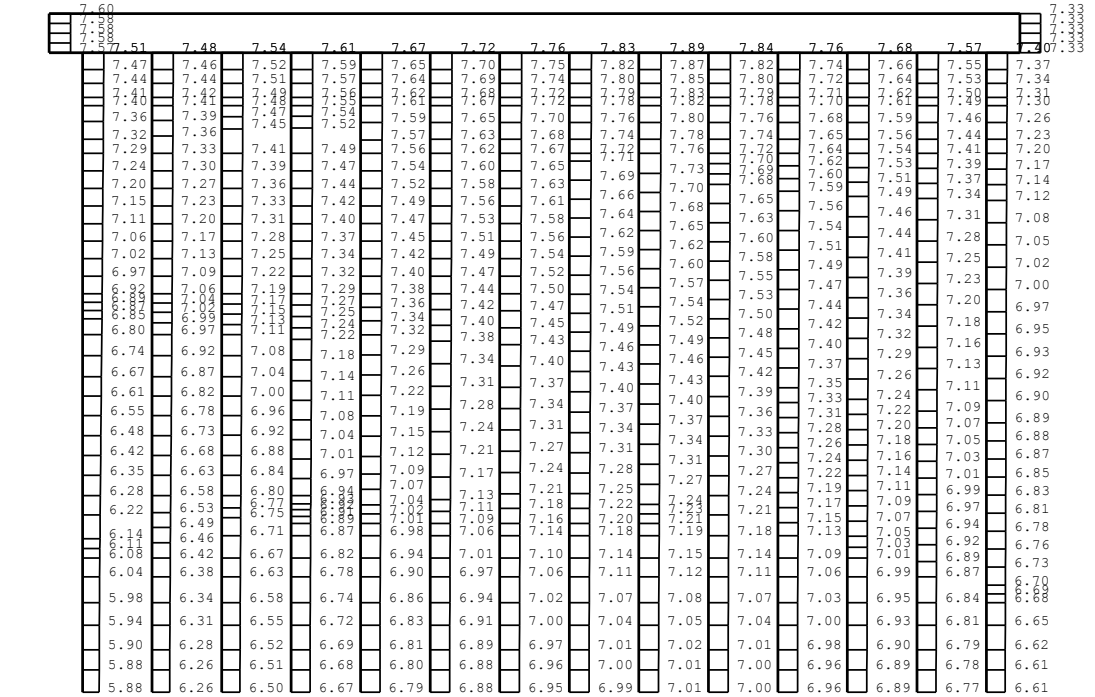


図 4－3（21） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（21/21）

（⑤地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮して非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-1＋＋，水平

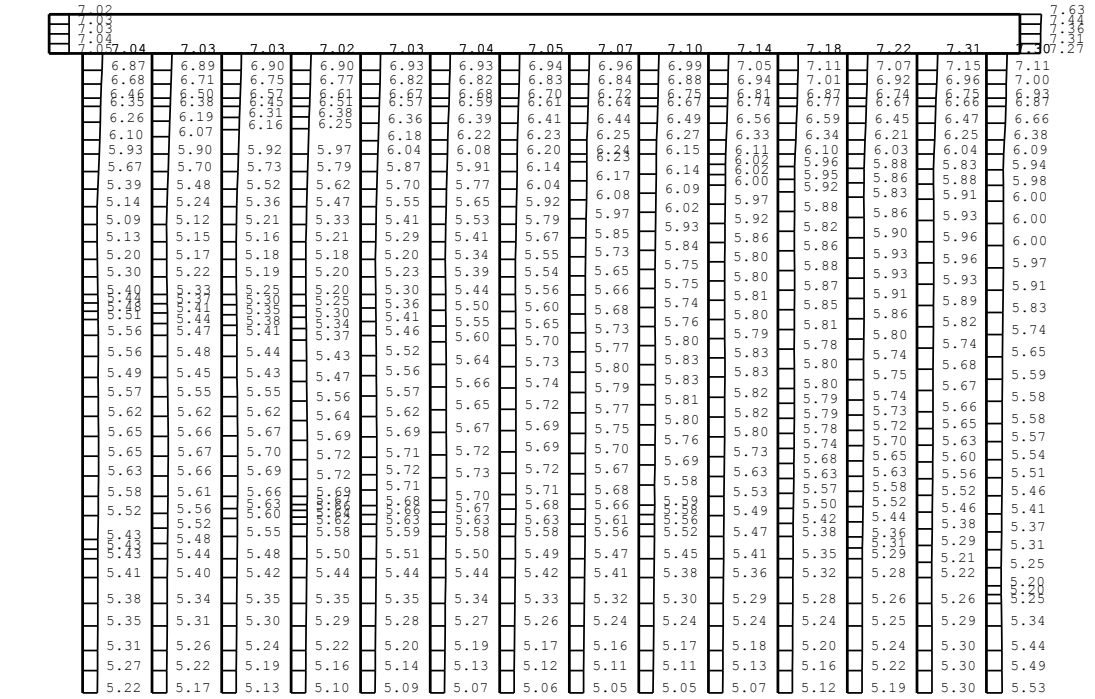


(b) Ss-1＋＋，鉛直

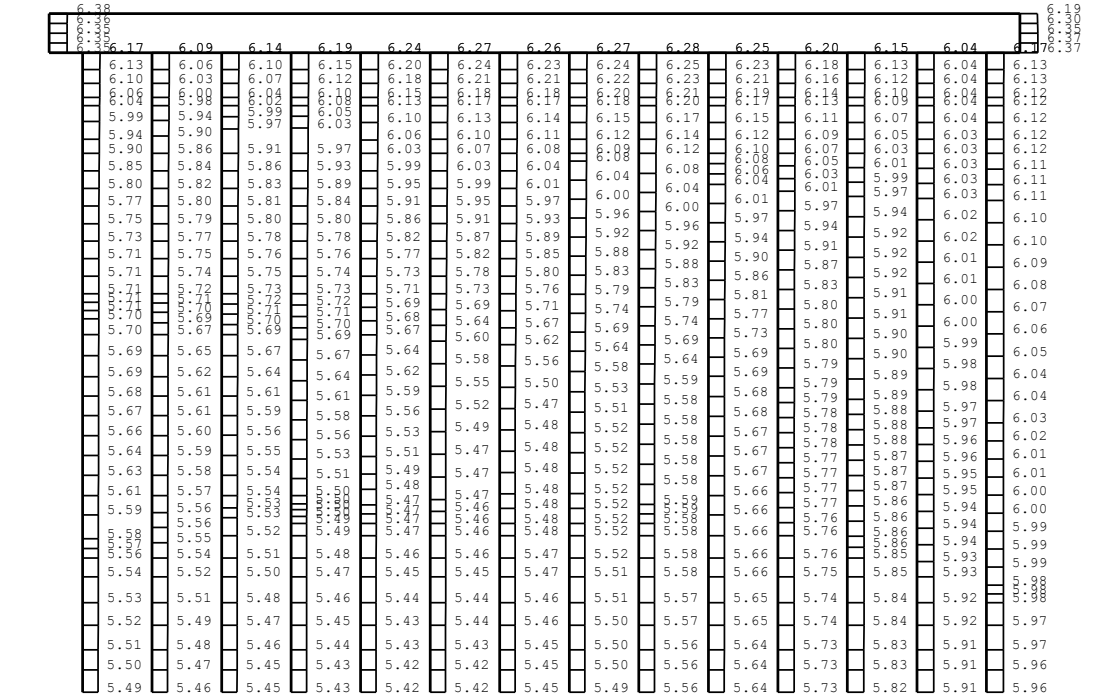


図 4－4（1） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（1/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-1－＋，水平

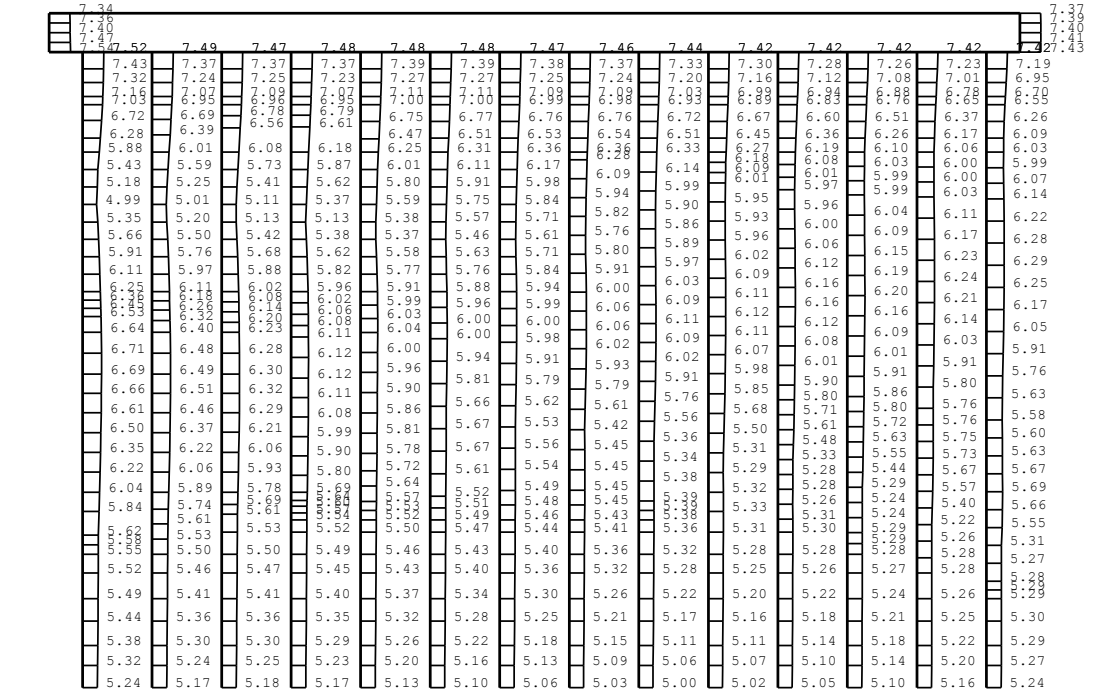


(b) Ss-1－＋，鉛直

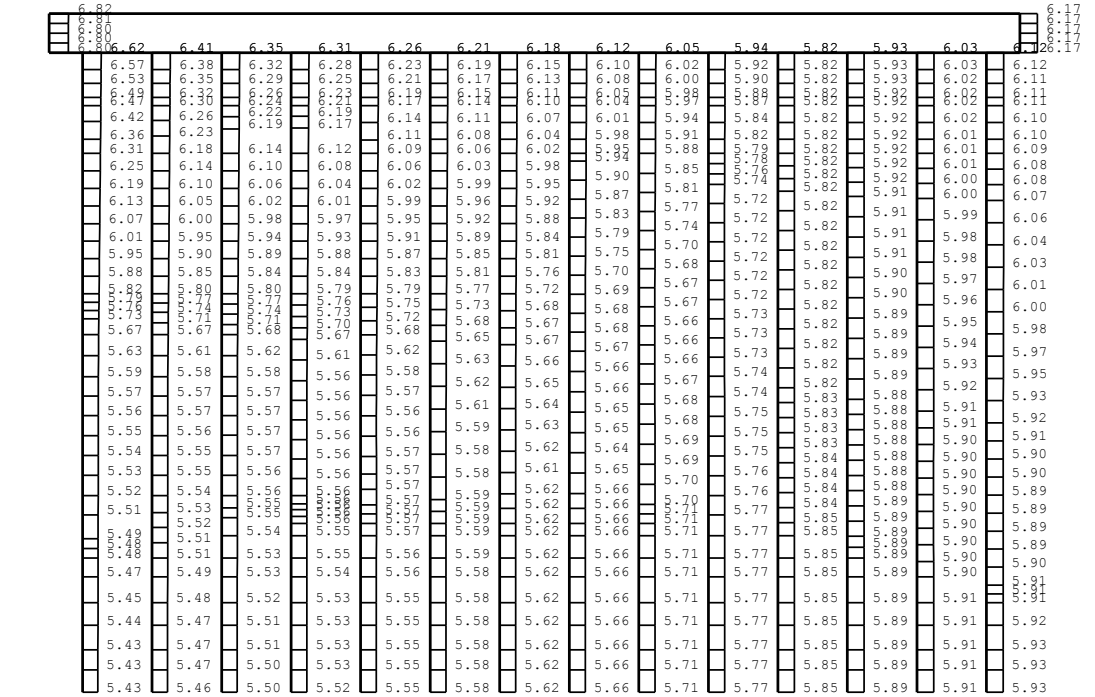


図 4－4（2） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（2/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-1＋－，水平



(b) Ss-1＋－，鉛直

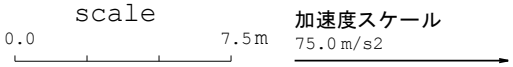
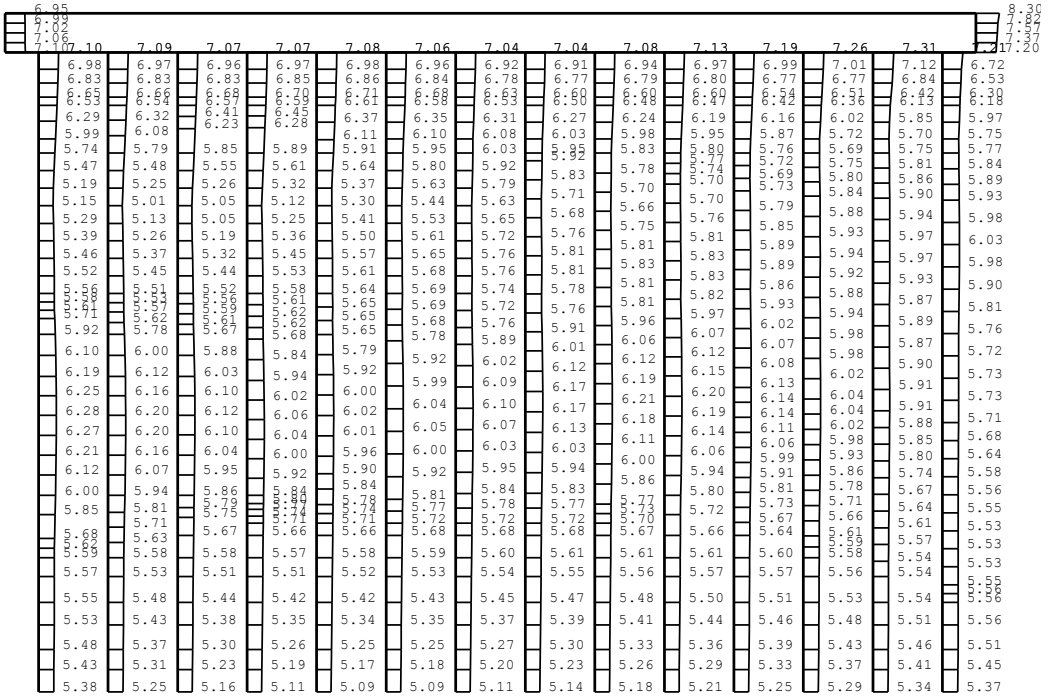
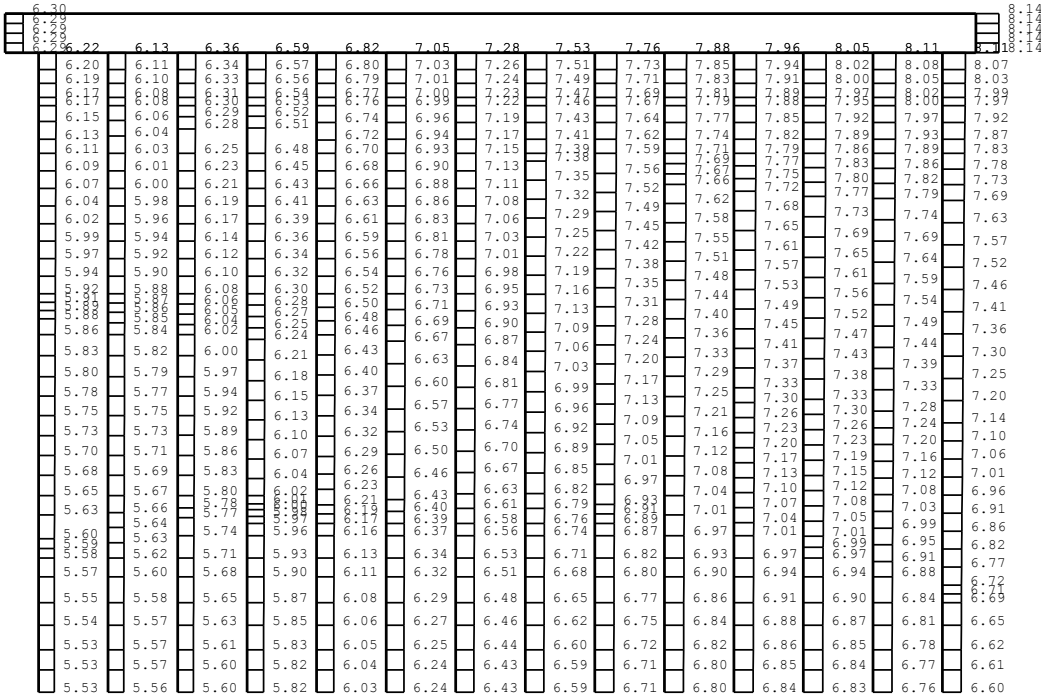


図 4－4（3） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（3/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-1－－，水平



(b) Ss-1－－，鉛直）

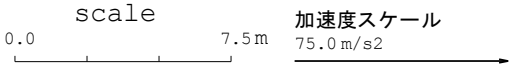
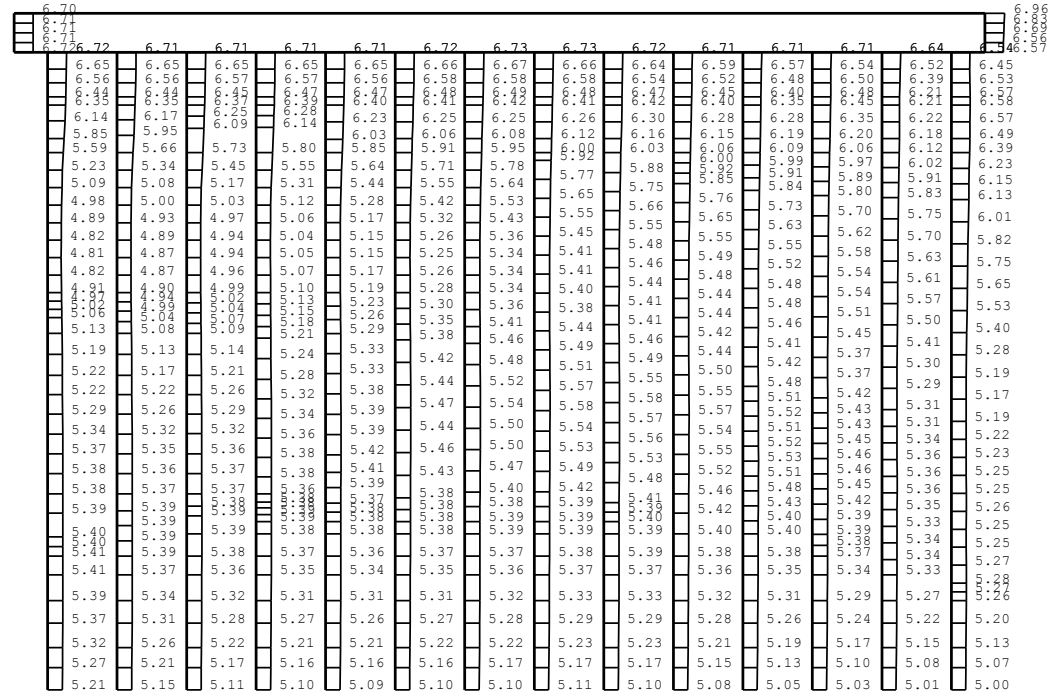
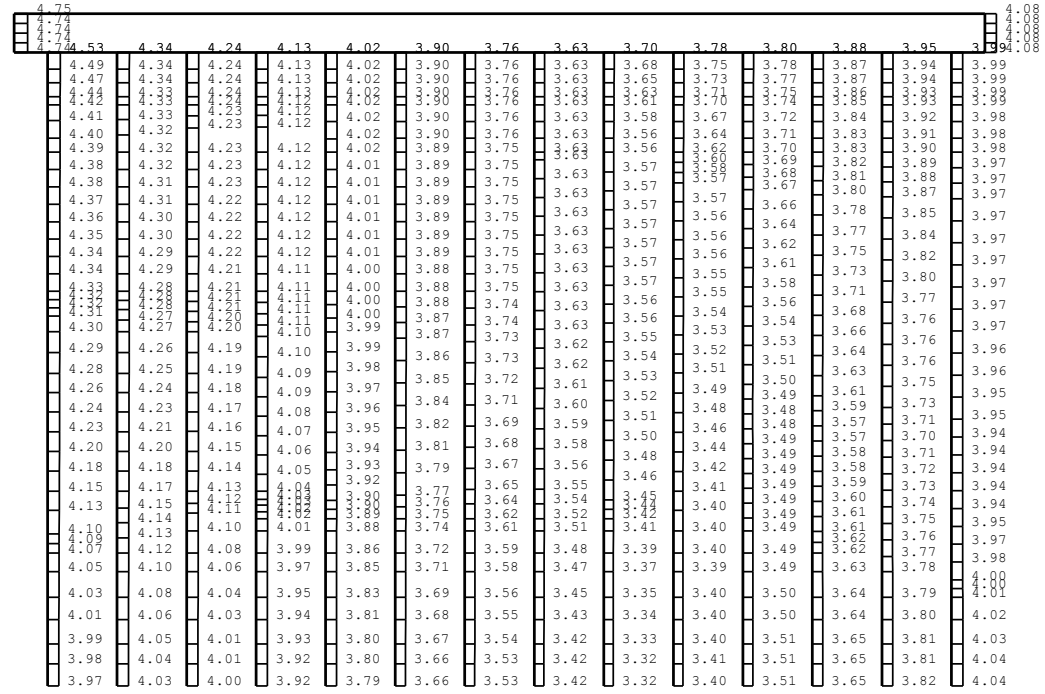


図 4－4（4）　B－B断面の最大加速度分布図（4/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-2EW，水平



(b) Ss-2EW，鉛直

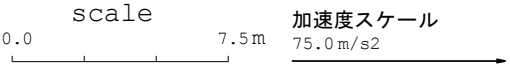
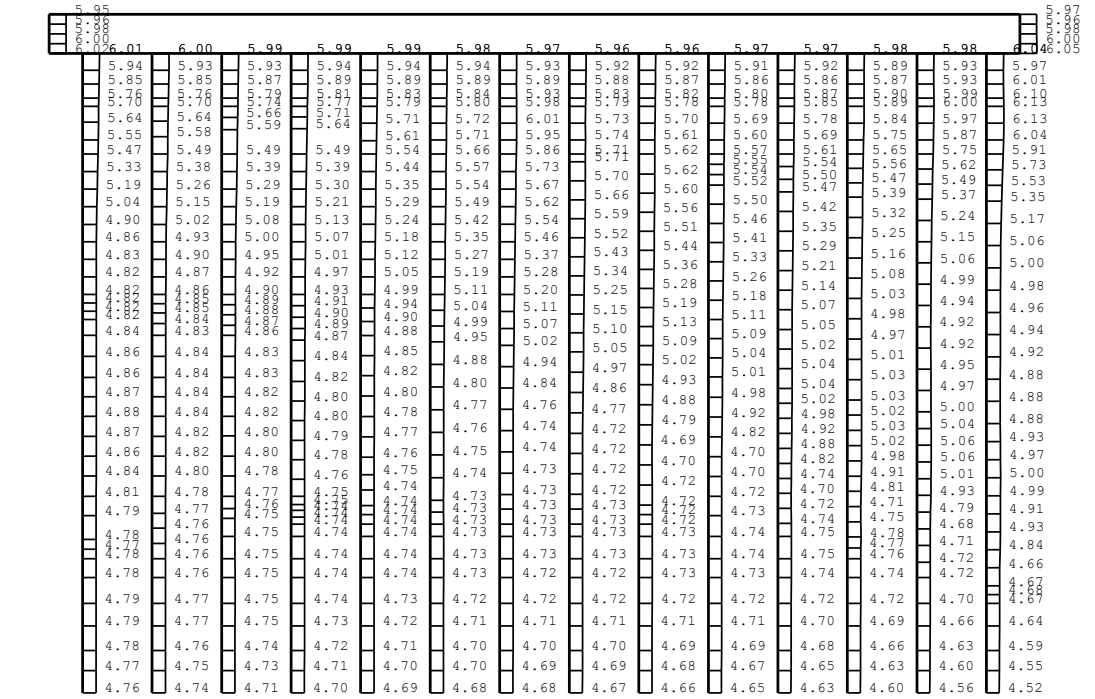
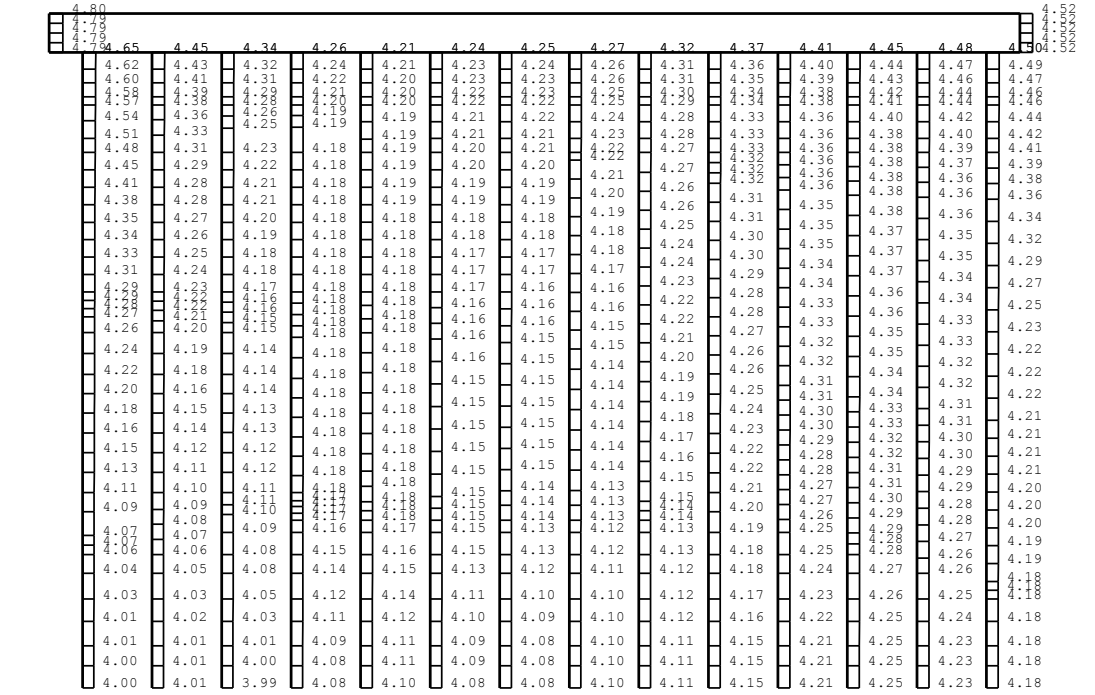


図 4－4 (5)　B－B断面の最大加速度分布図 (5/34)

(④非液状化の条件を仮定した解析ケース)



(a) Ss-3＋＋，水平

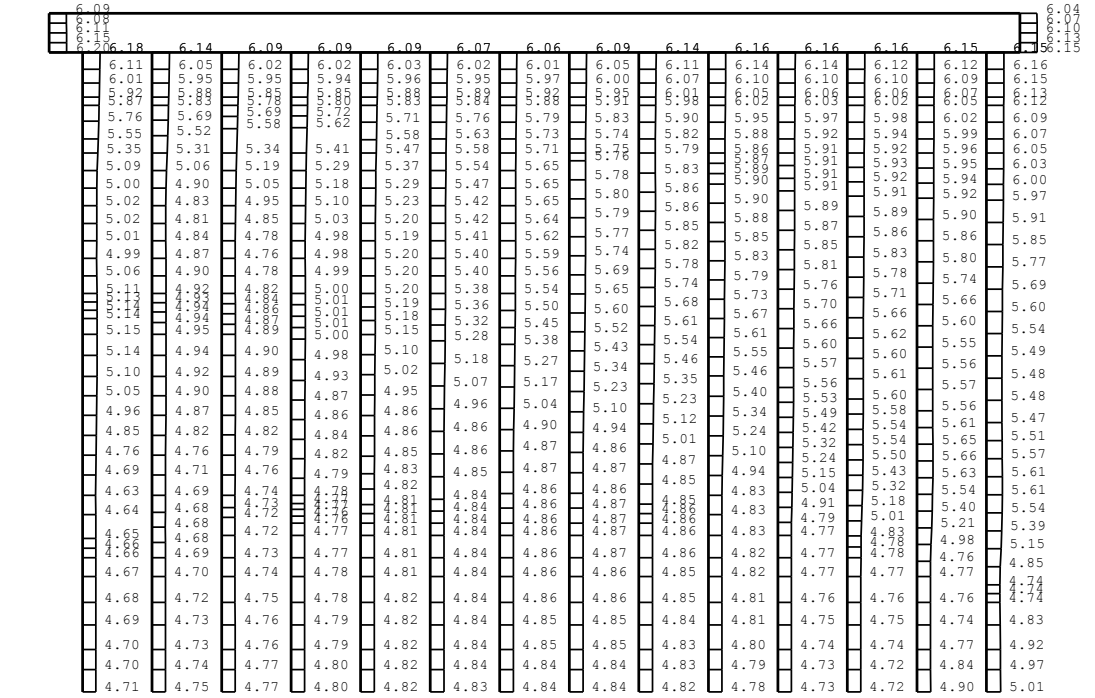


(b) Ss-3＋＋，鉛直

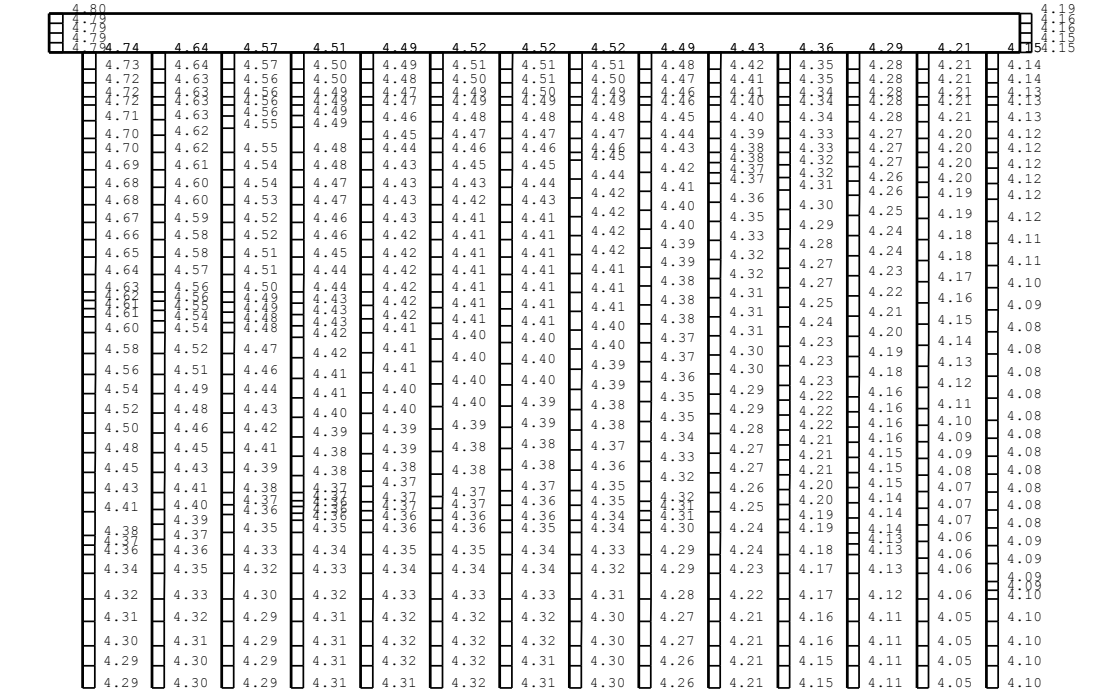


図 4－4（6） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（6/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-3－＋，水平

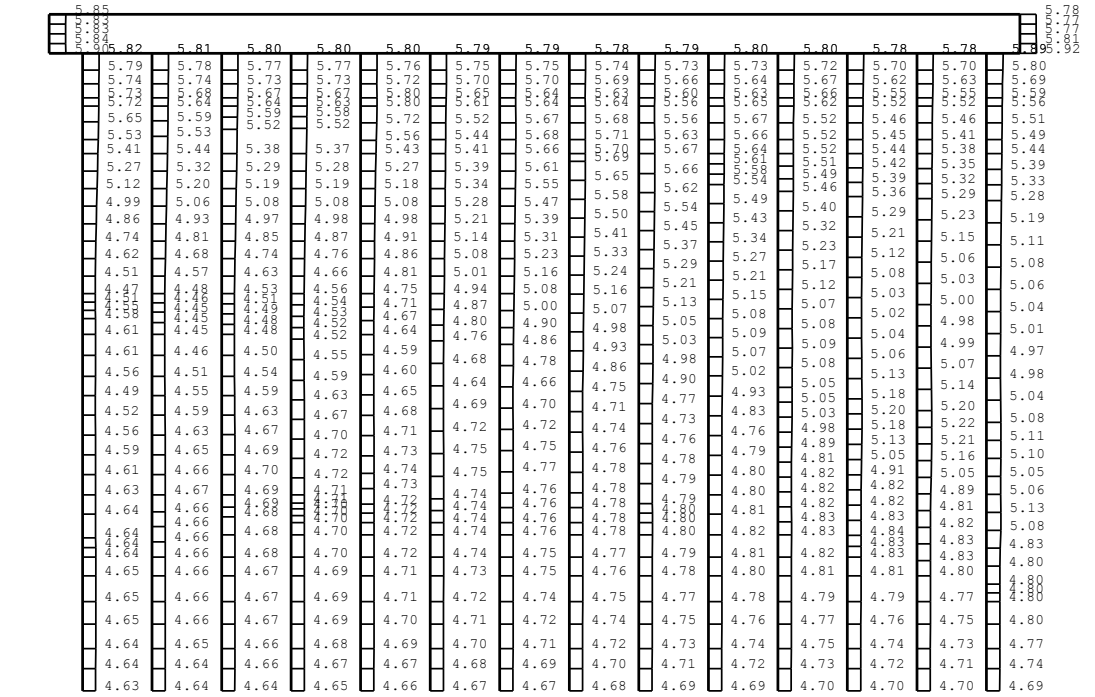


(b) Ss-3－＋，鉛直

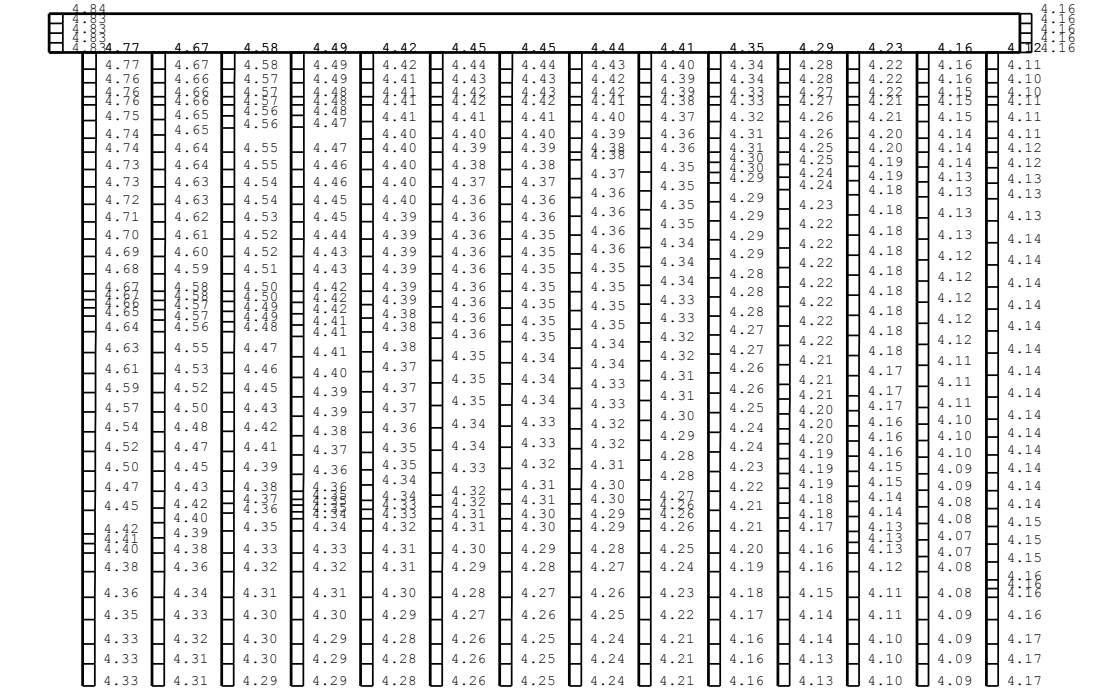


図 4－4（7） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（7/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-3＋－，水平

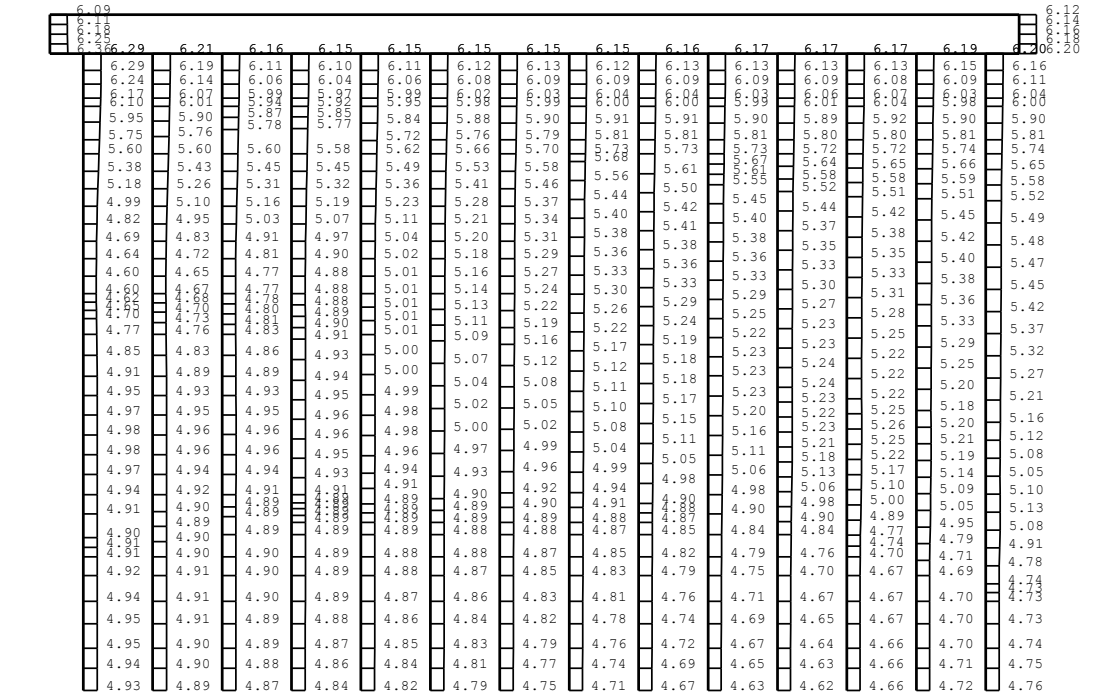


(b) Ss-3＋－，鉛直

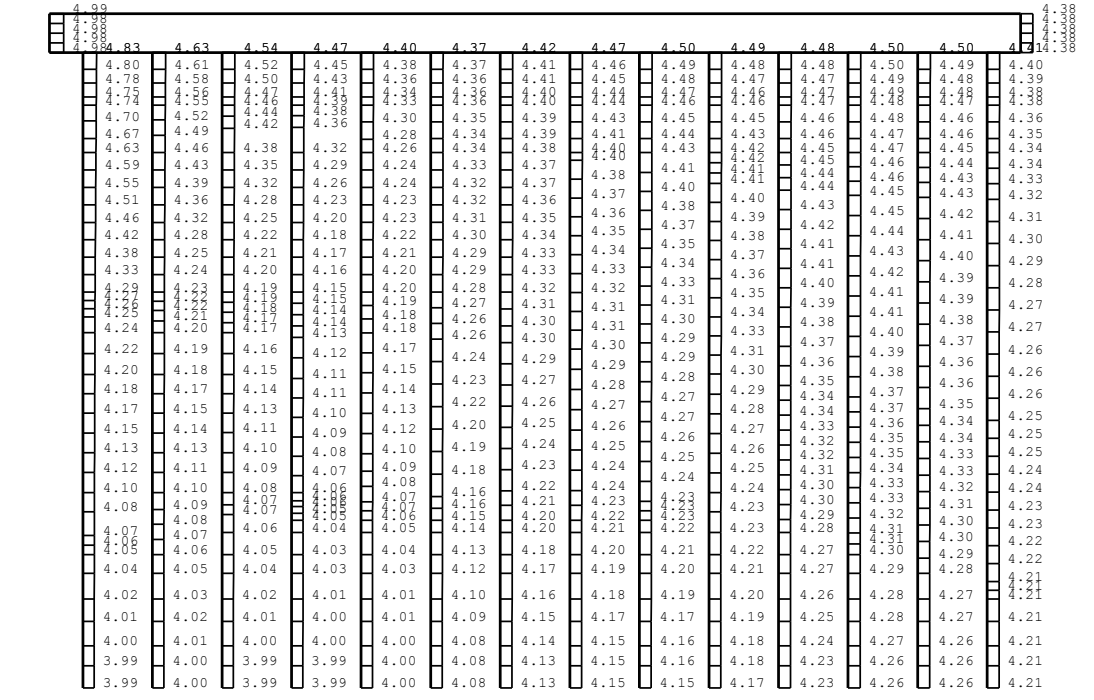


図 4－4（8） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（8/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-3－－，水平

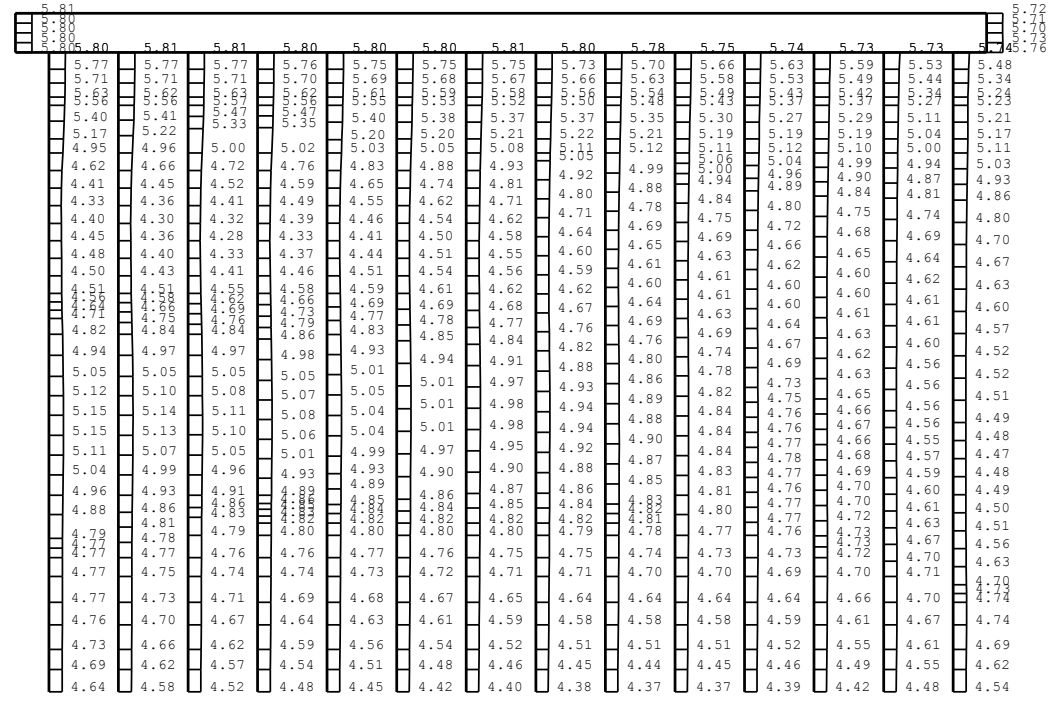


(b) Ss-3－－，鉛直

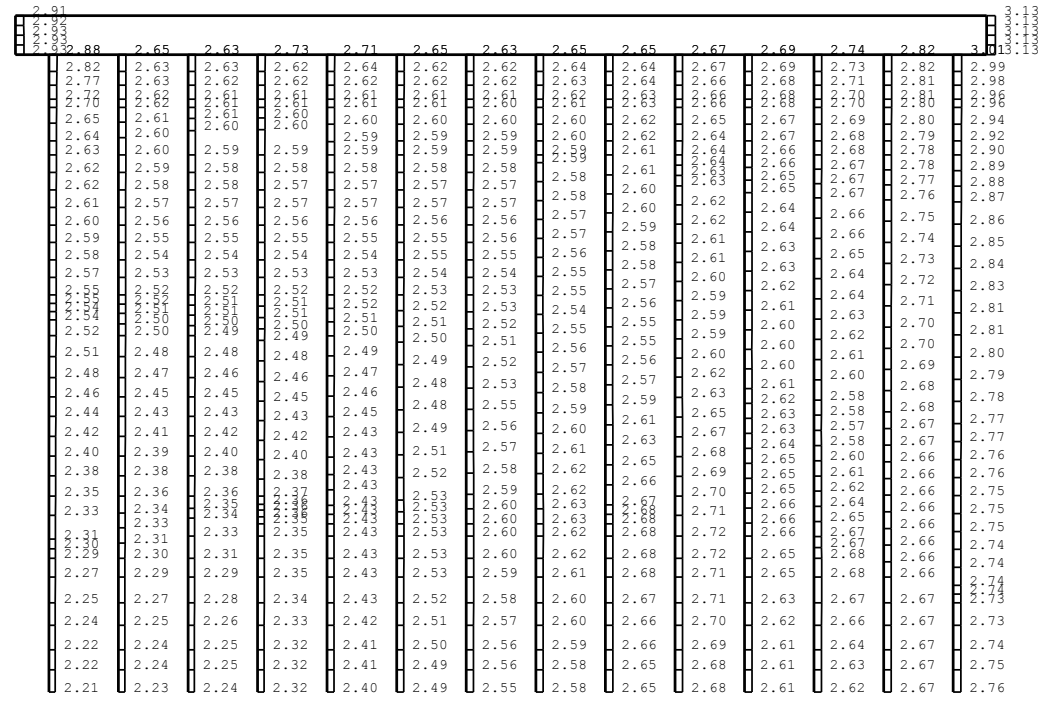


図 4－4（9） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（9/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-4EW，水平



(b) Ss-4EW，鉛直

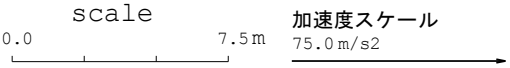
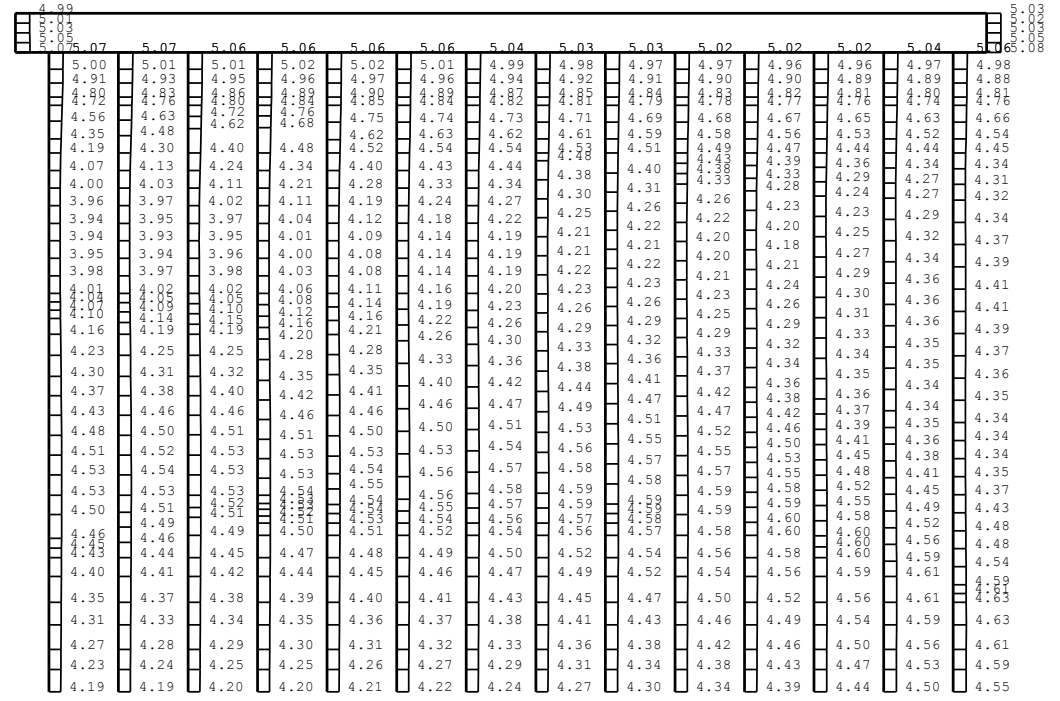
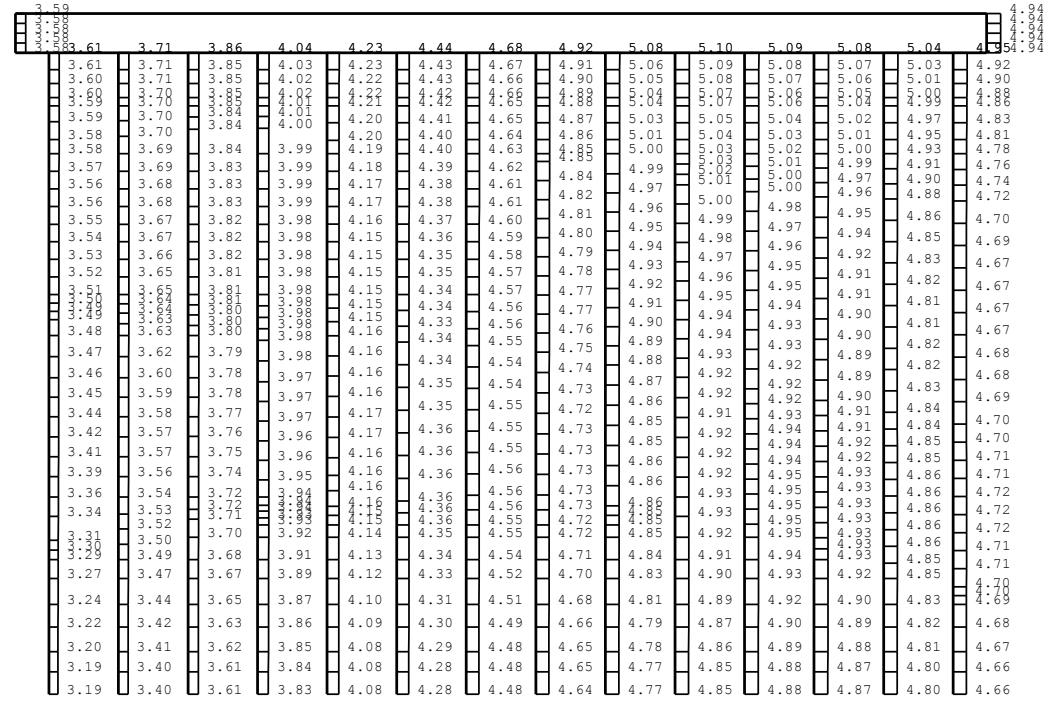


図 4－4（10） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（10/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-5EW，水平



(b) Ss-5EW，鉛直

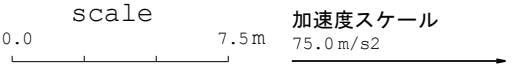
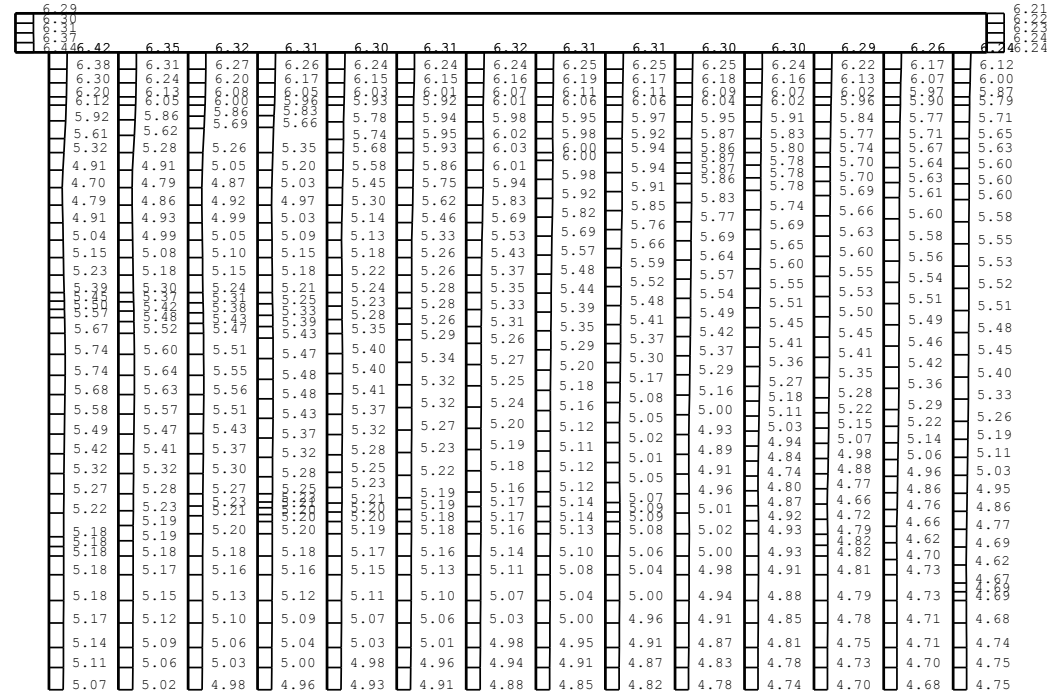
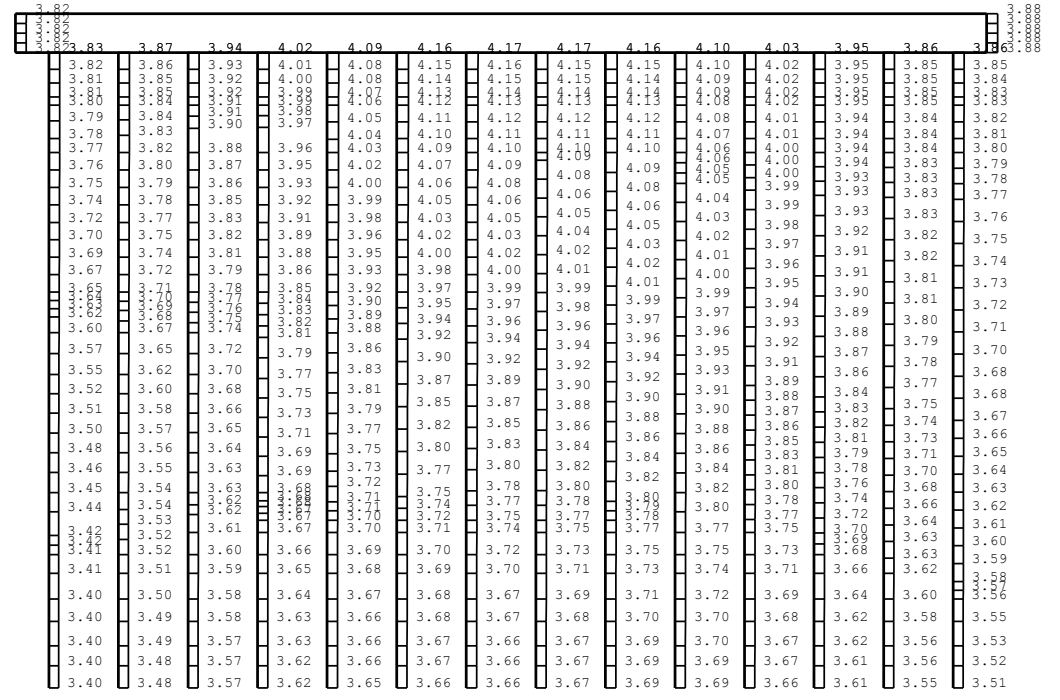


図 4－4（11） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（11/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-6EW, 水平

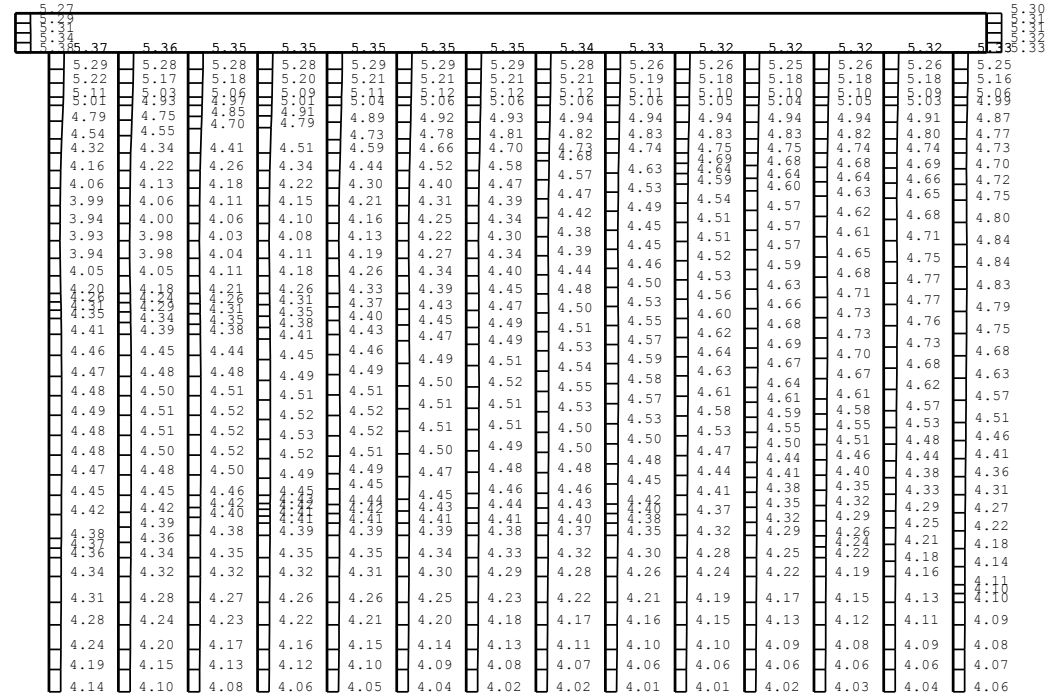


(b) Ss-6EW, 鉛直

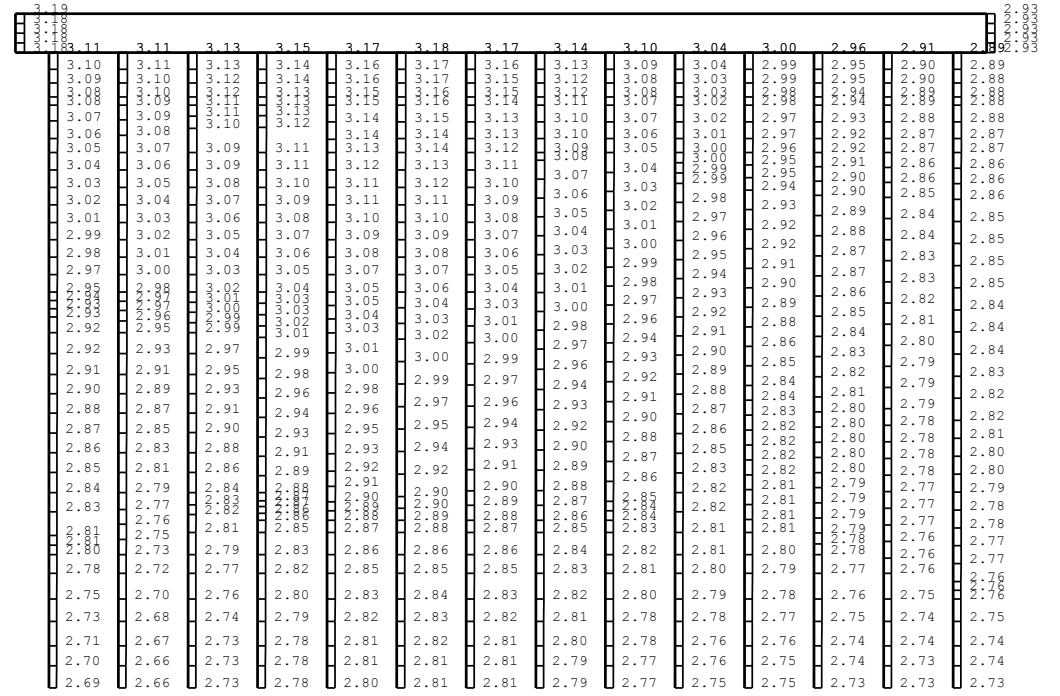


図 4－4（12） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（12/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-7EW，水平

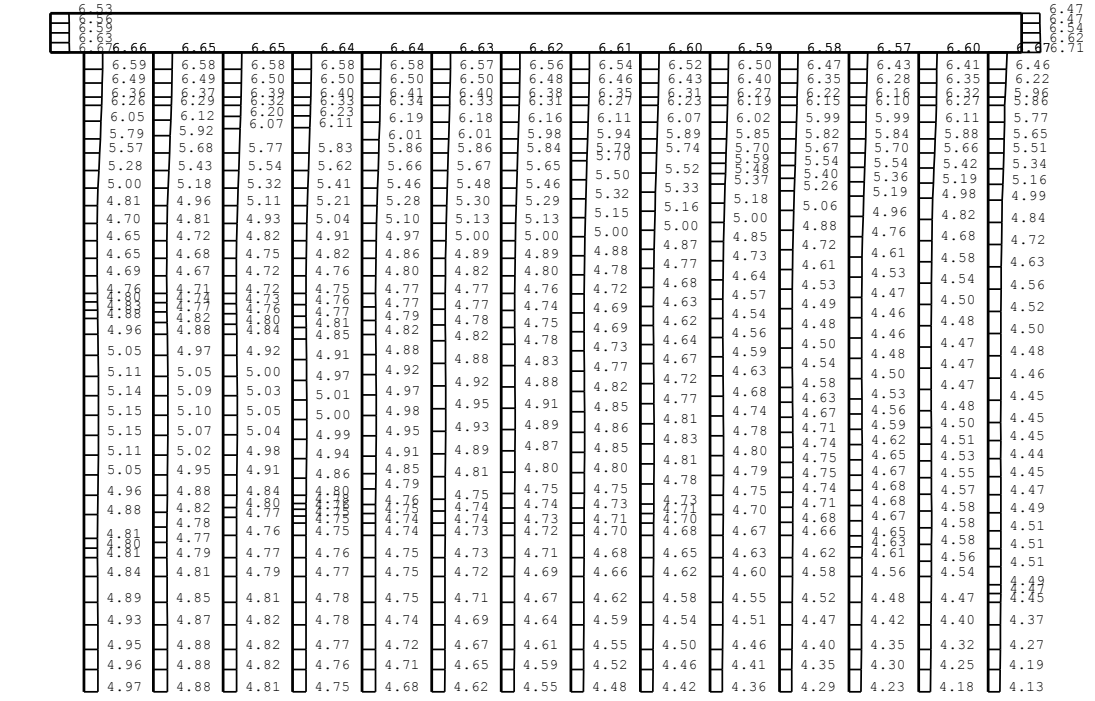


(b) Ss-7EW，鉛直

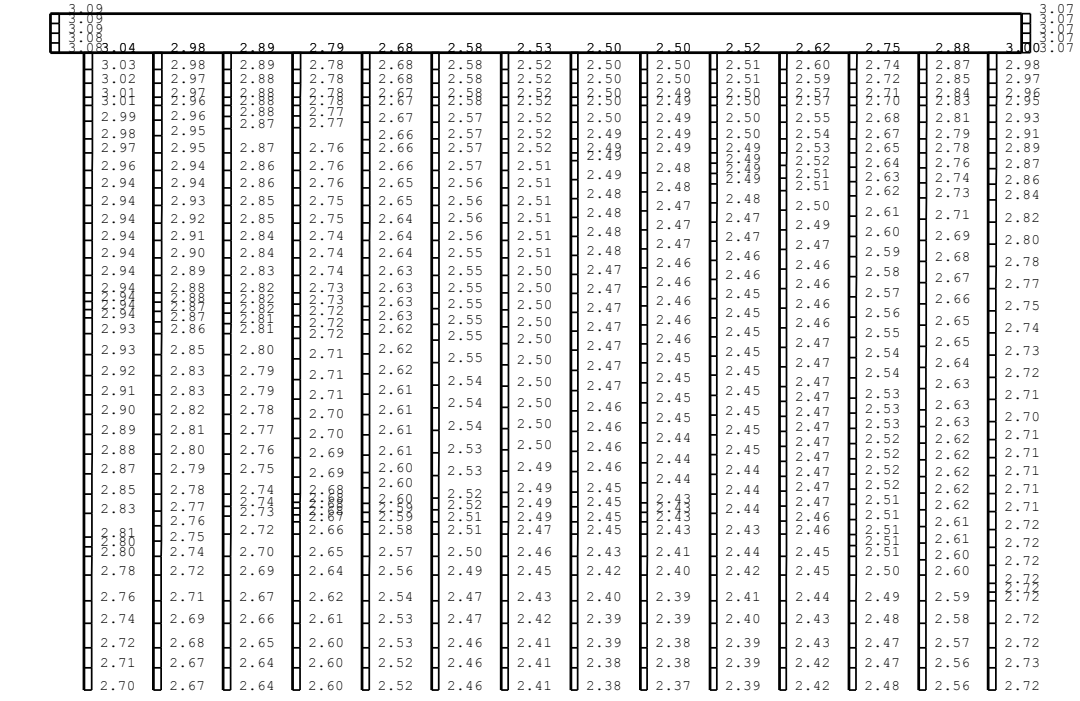


図 4－4（13） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（13/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-8＋＋，水平

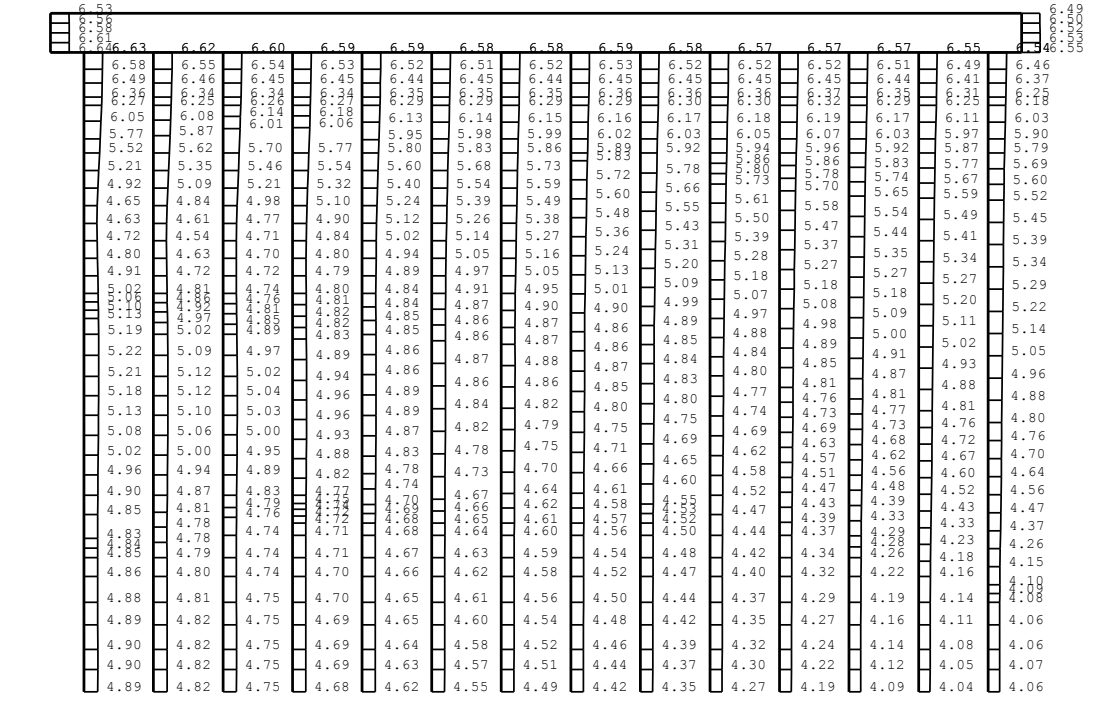


(b) Ss-8＋＋，鉛直

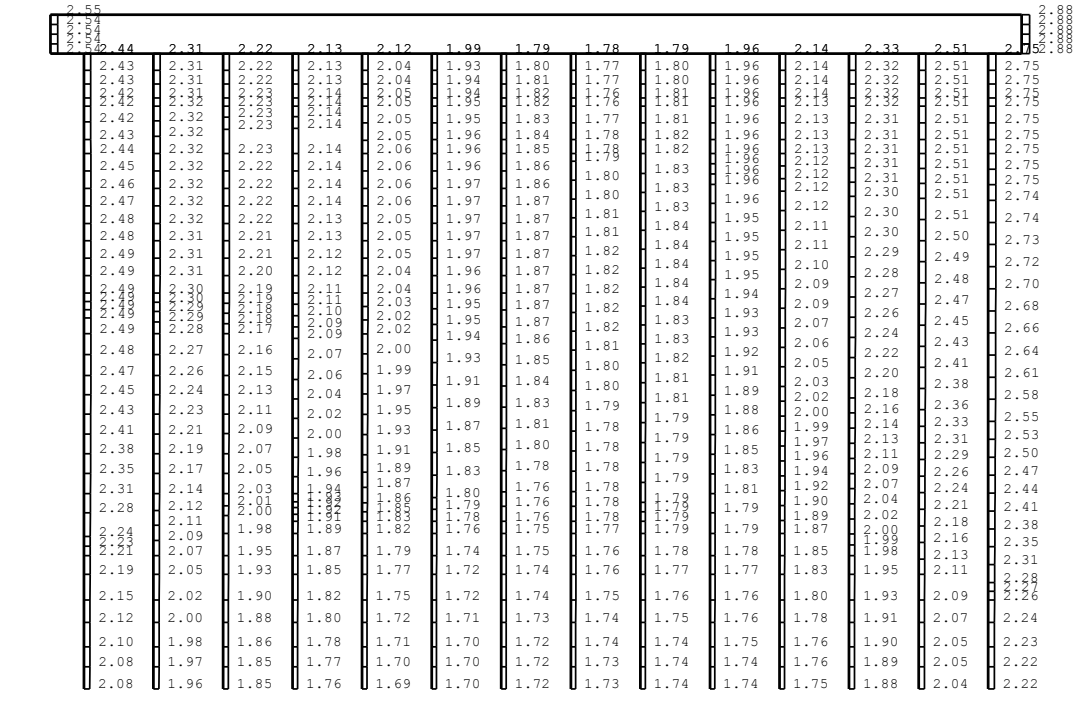


図 4－4（14）　B－B断面の最大加速度分布図（14/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-8－＋，水平

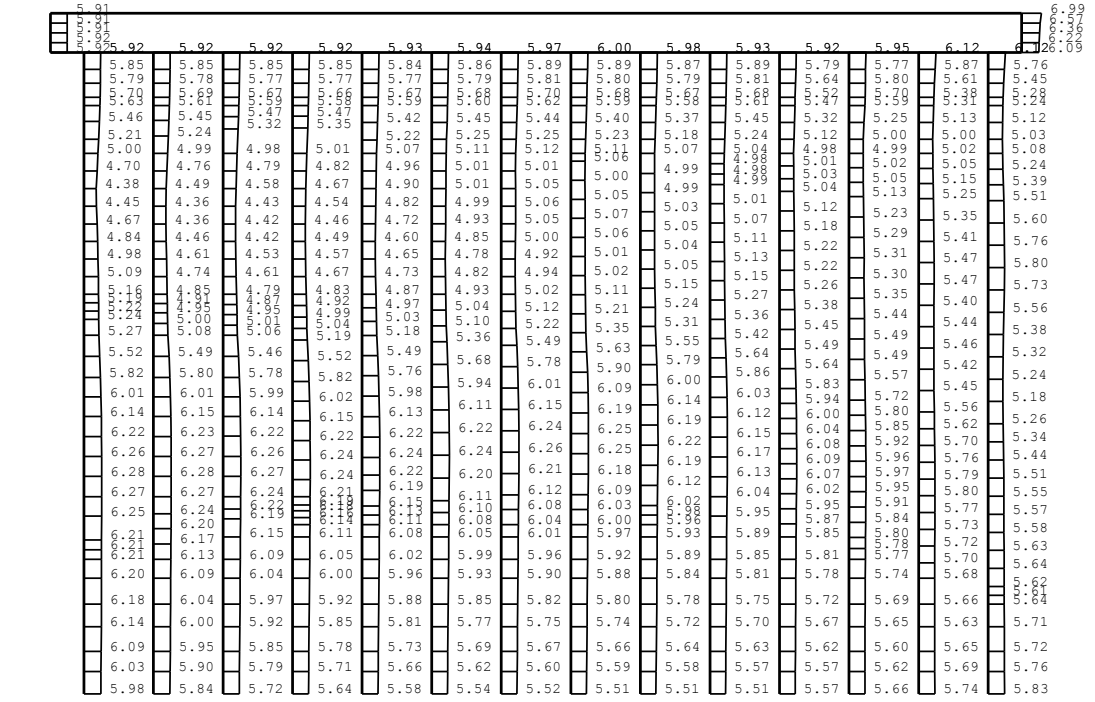


(b) Ss-8－＋，鉛直

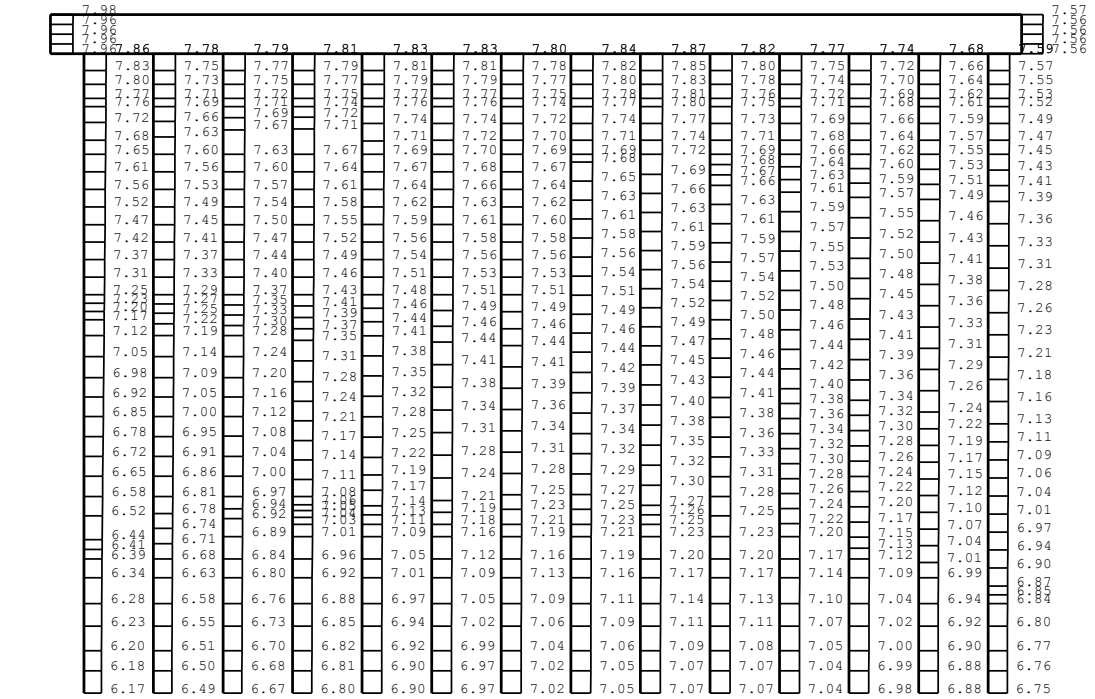


図 4－4（15） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（15/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



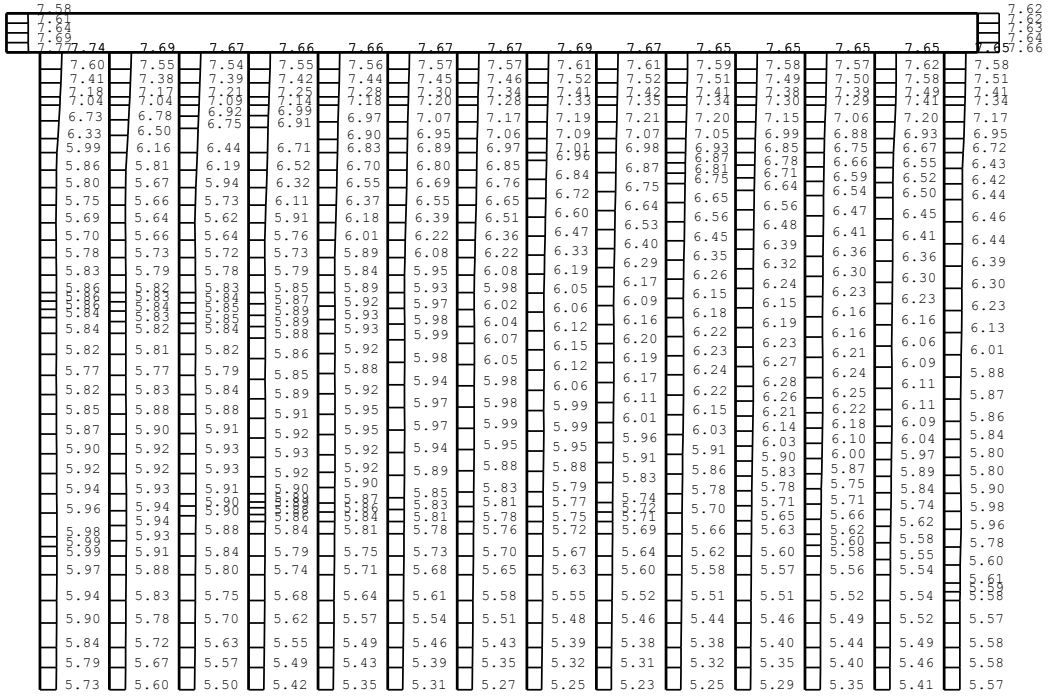
(a) Ss-1＋＋，水平



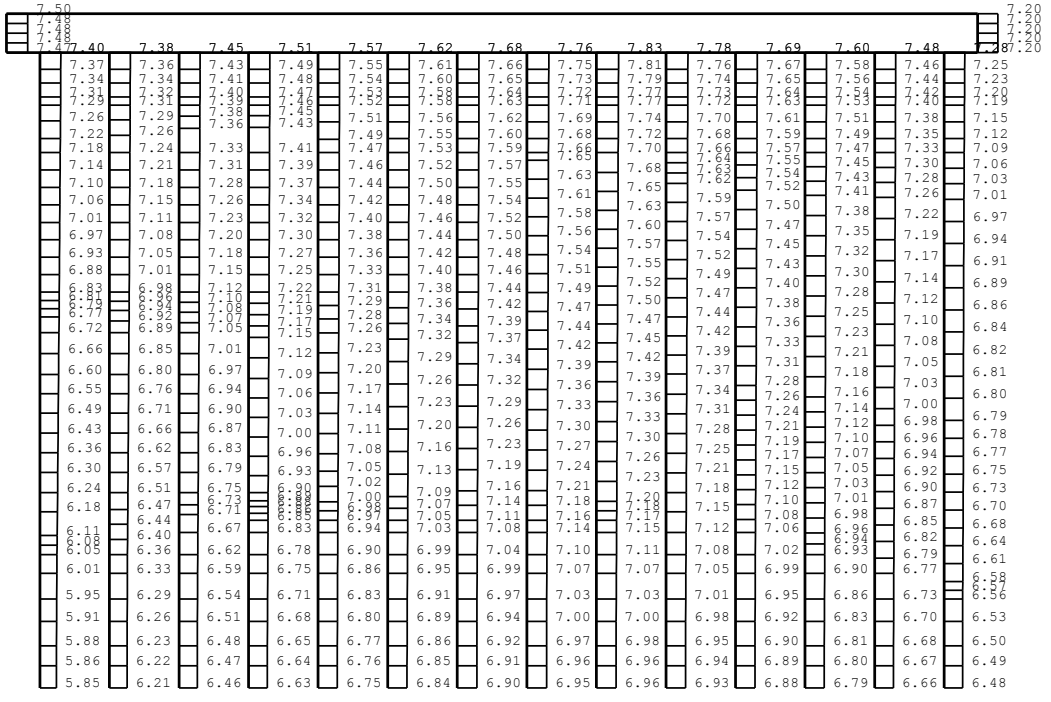
(b) Ss-1＋＋，鉛直



図 4－4（16） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（16/34）
（③地盤物性のばらつき（－1σ）を考慮した解析ケース）



(a) Ss-1＋＋，水平



(b) Ss-1＋＋，鉛直

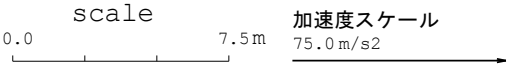
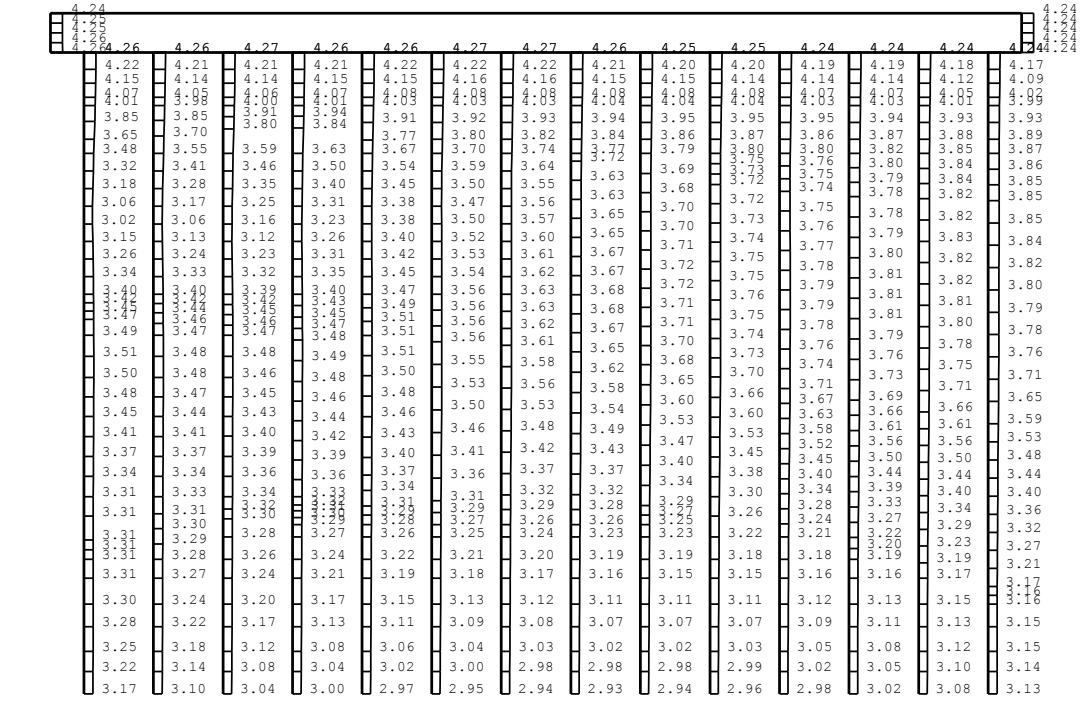
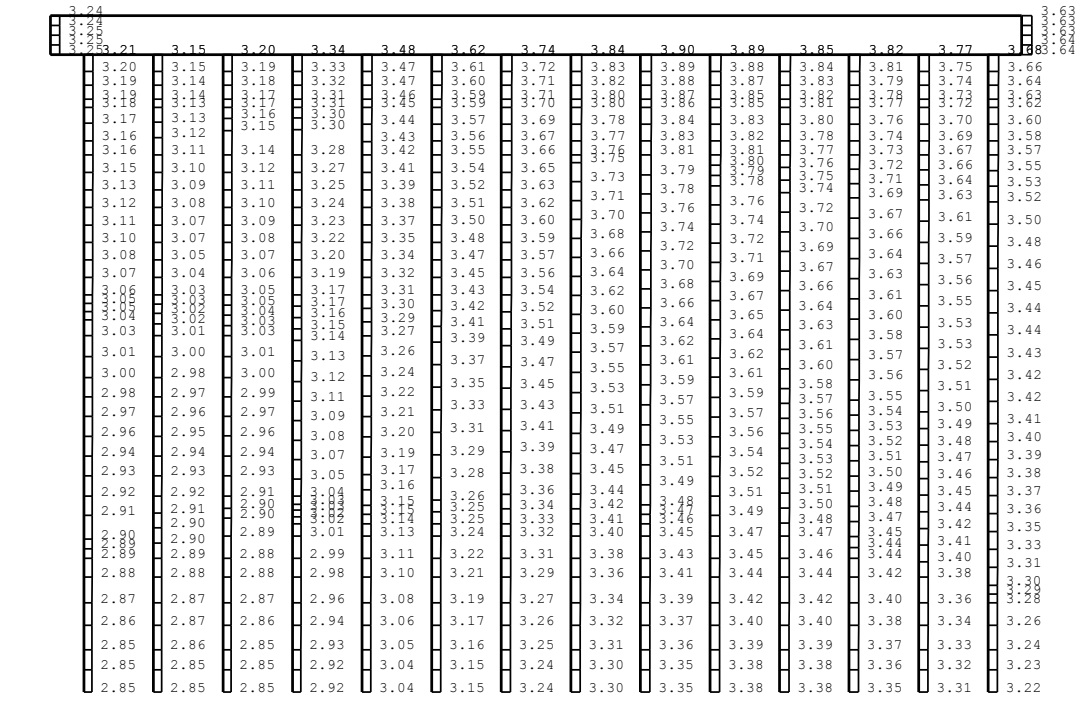


図 4－4（17） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（17/34）

（⑤地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮して非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-1＋＋，水平

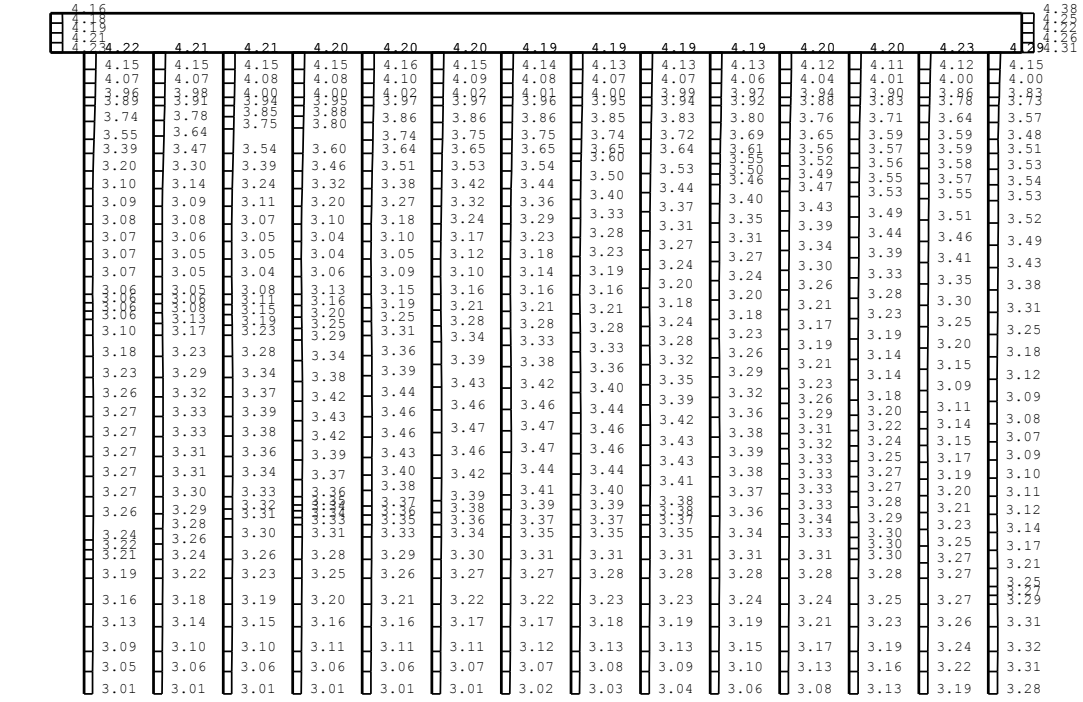


(b) Sd-1＋＋，鉛直

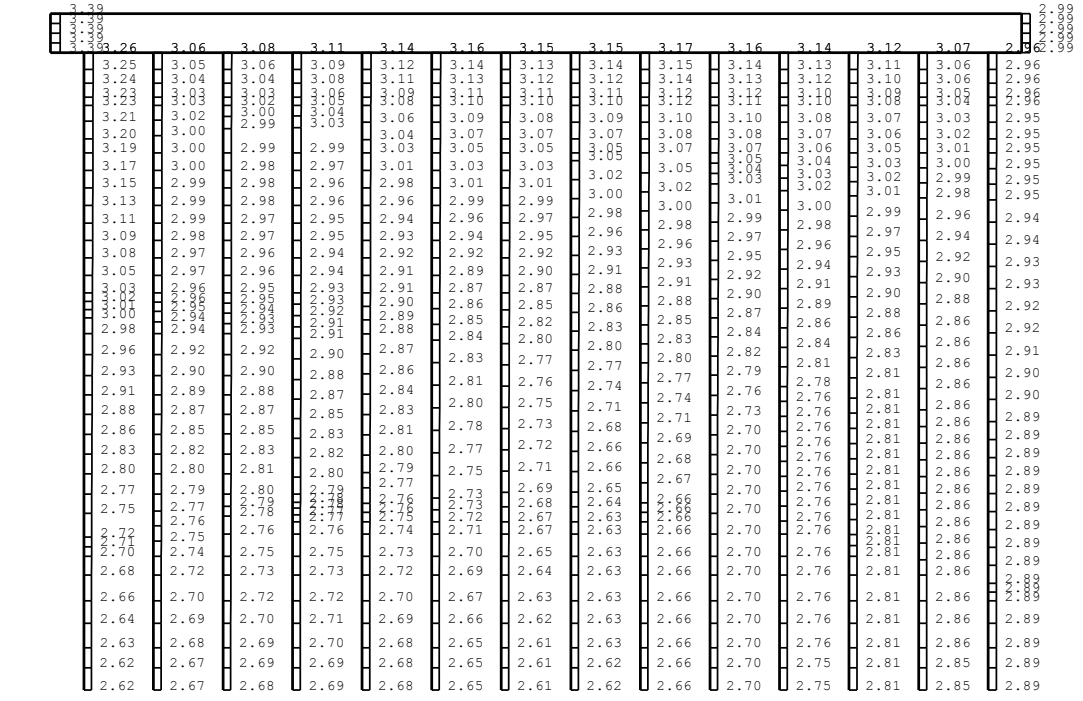


図 4－4（18） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（18/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-1－＋，水平

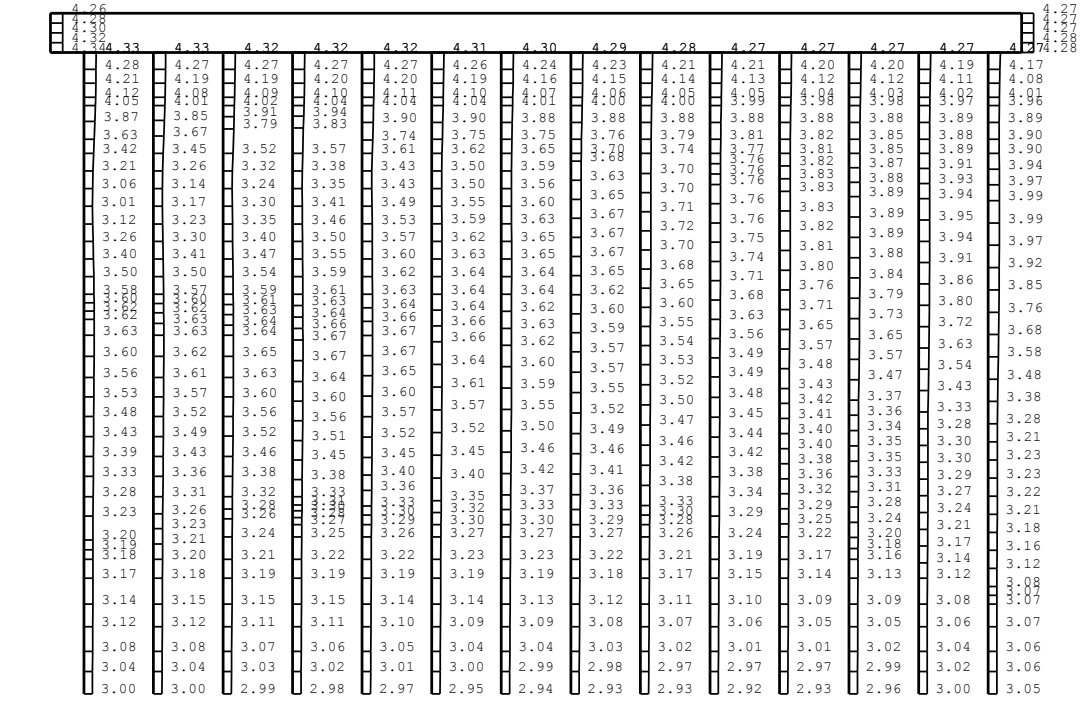


(b) Sd-1－＋，鉛直

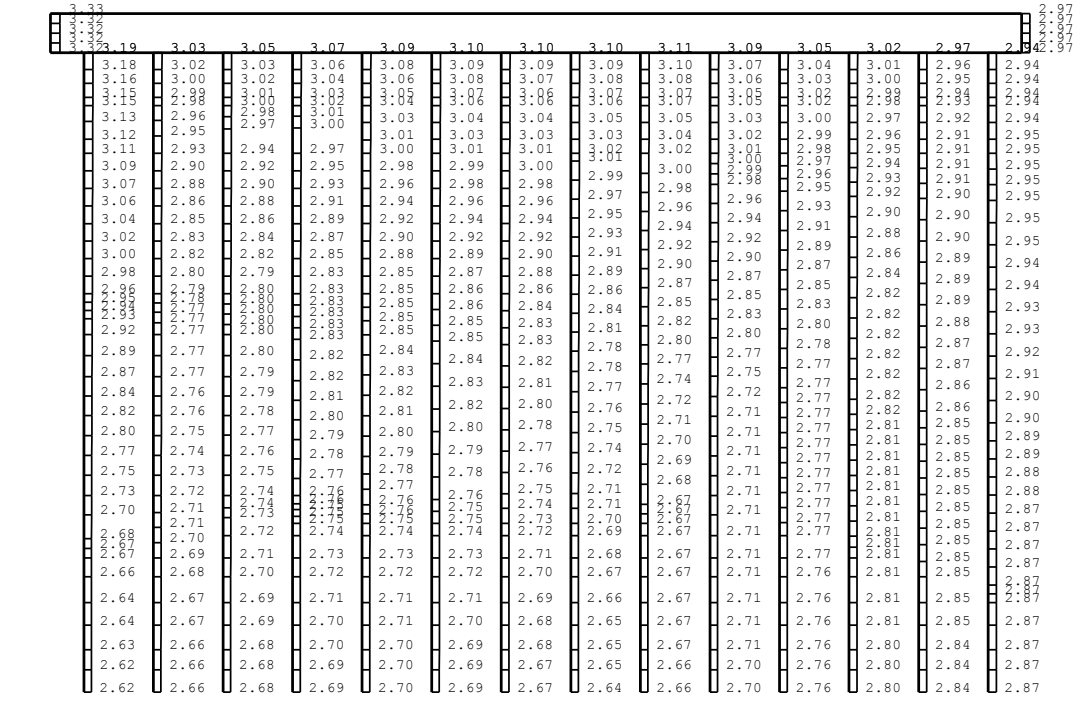


図 4－4（19） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（19/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-1＋－，水平

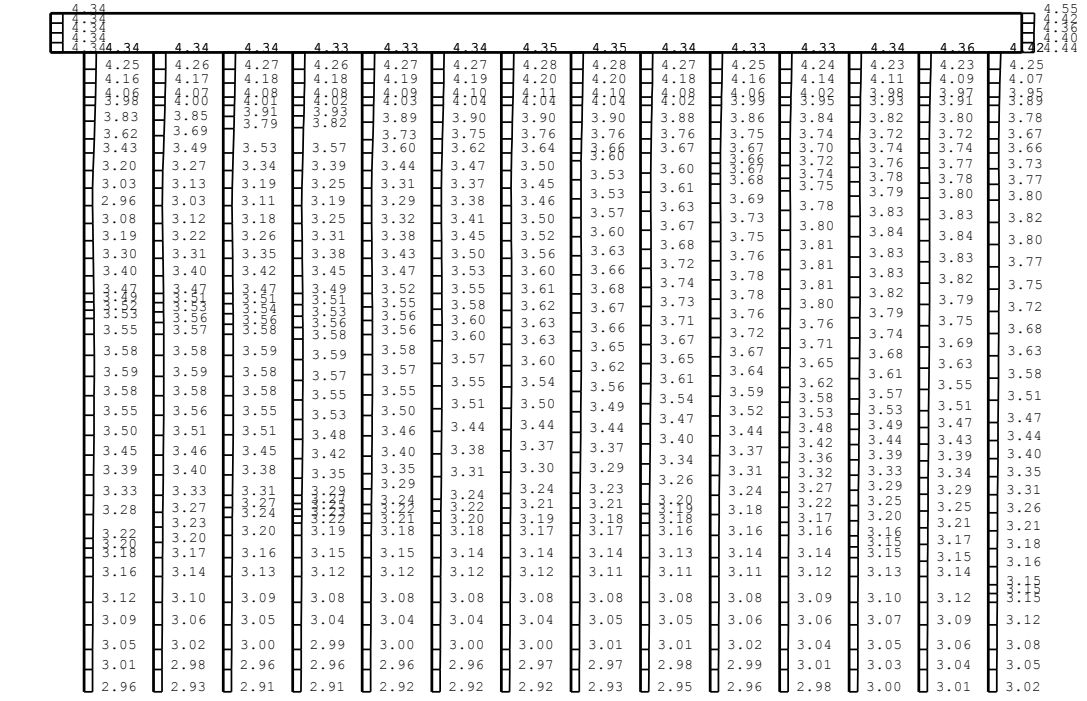


(b) Sd-1＋－，鉛直

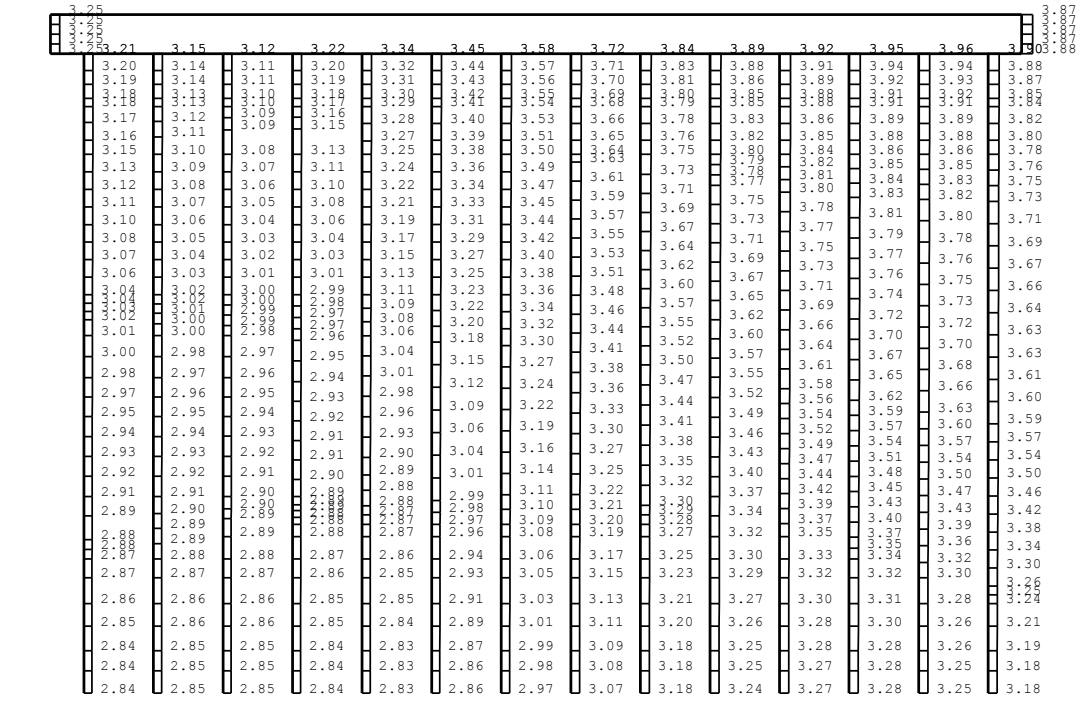


図 4－4（20） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（20/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-1－－，水平

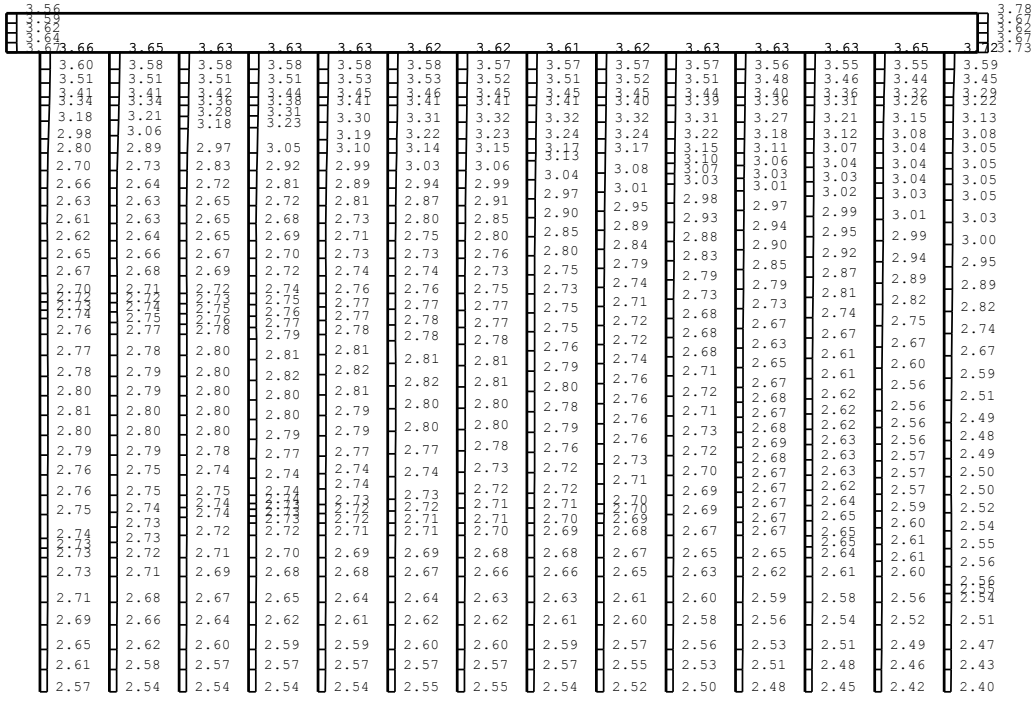


(b) Sd-1－－，鉛直

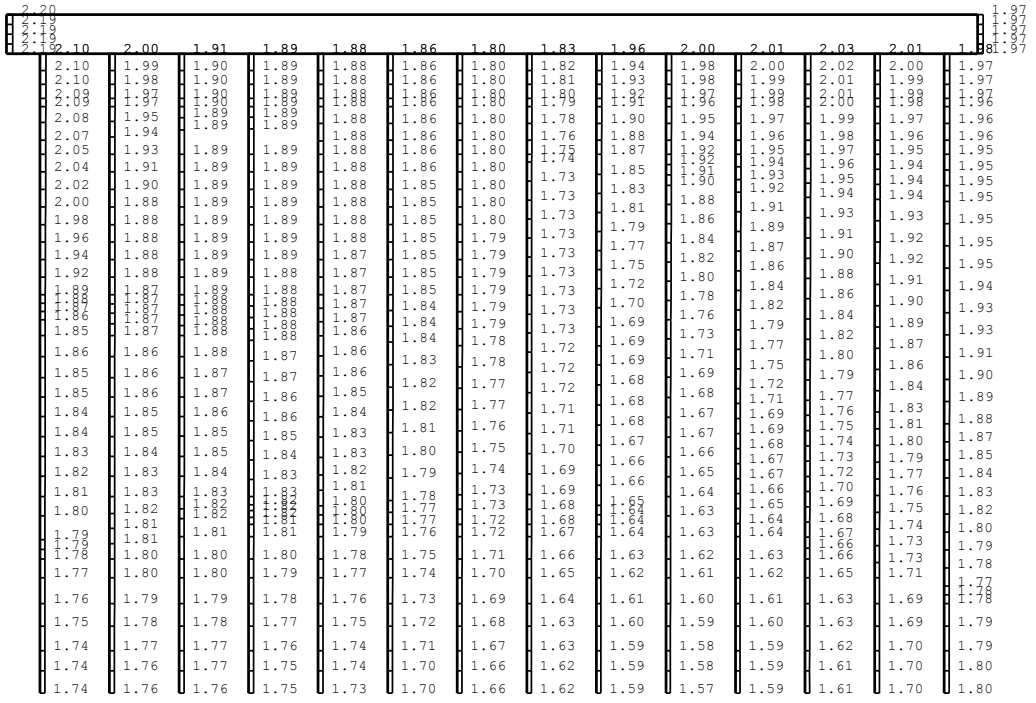


図 4－4（21） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（21/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-2EW，水平

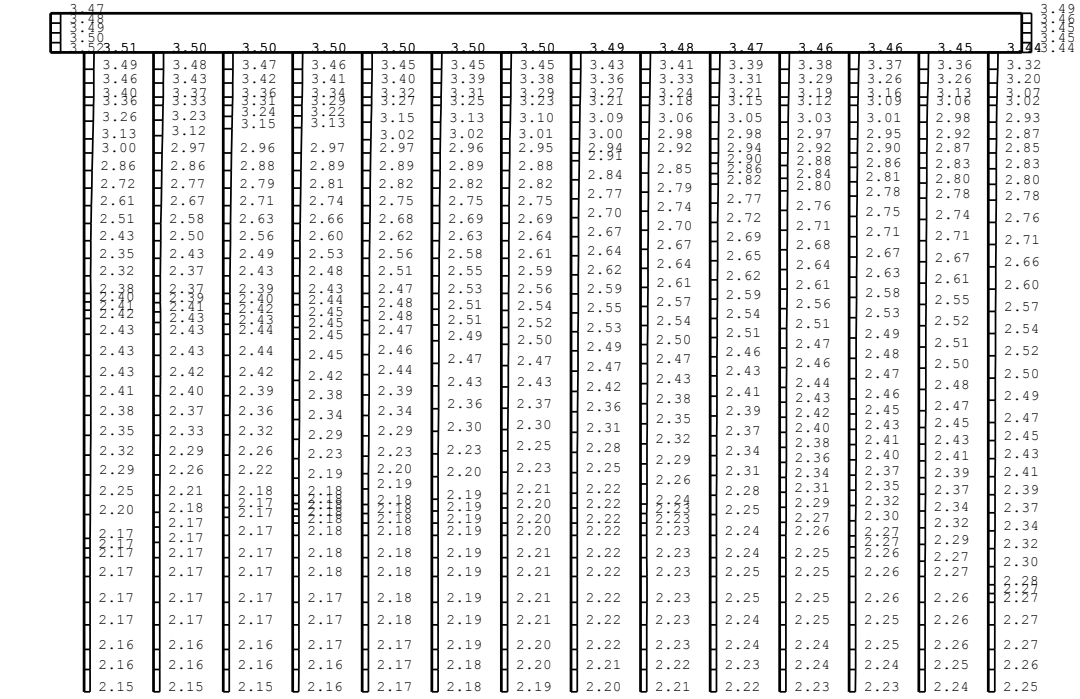


(b) Sd-2EW，鉛直

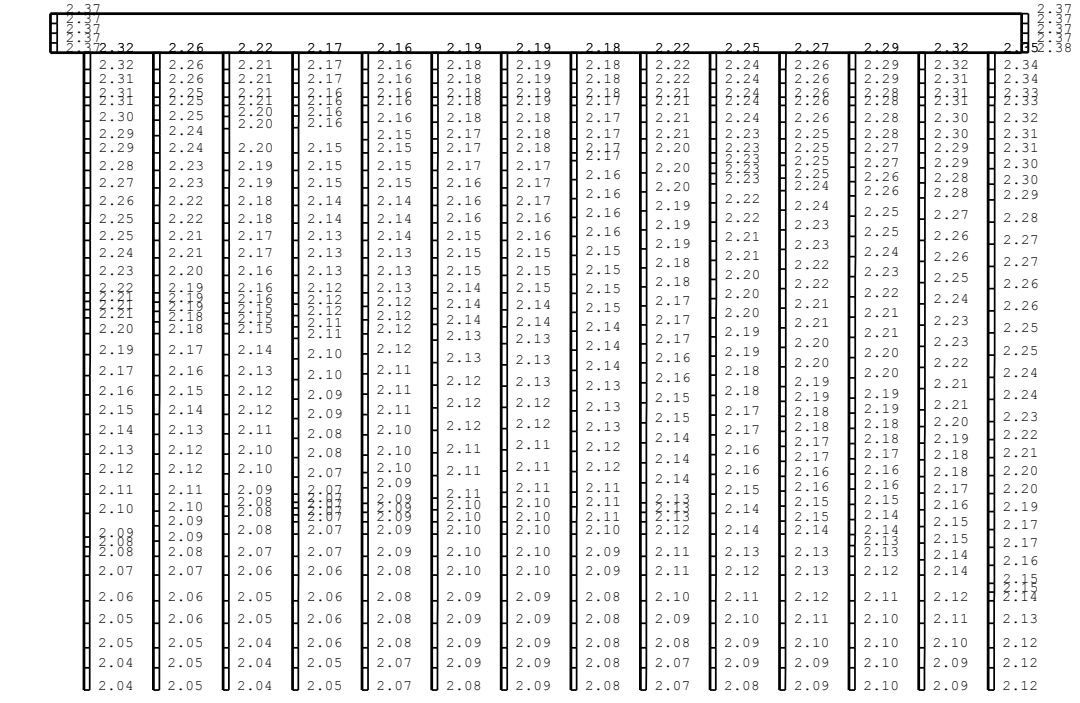


図 4－4（22） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（22/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-3＋＋，水平



(b) Sd-3＋＋，鉛直

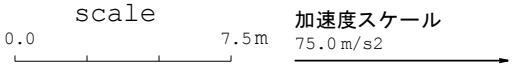
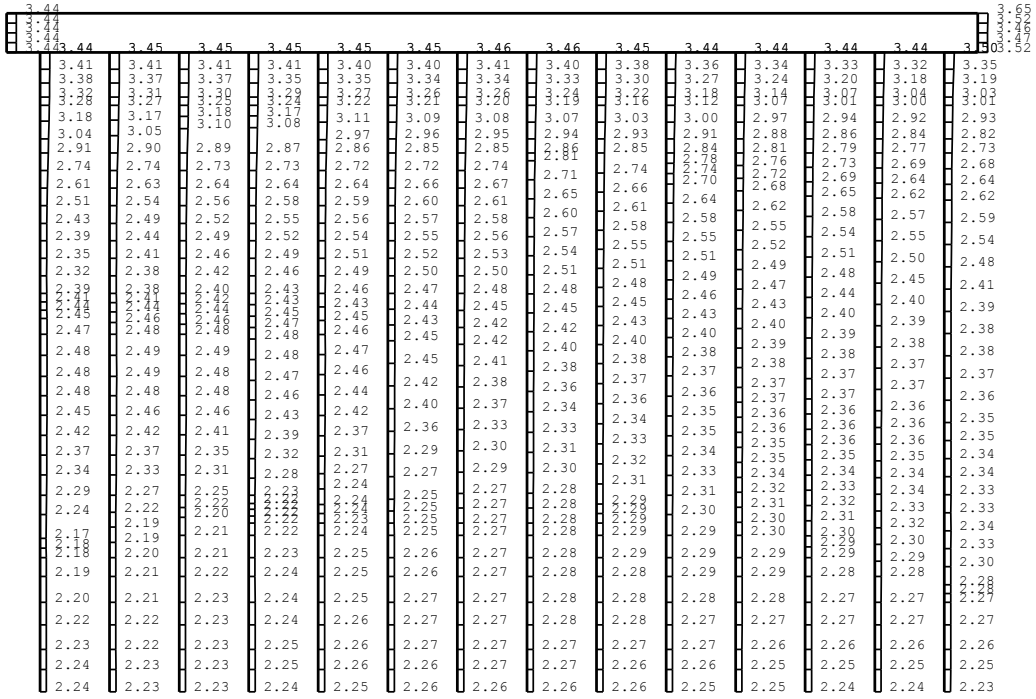
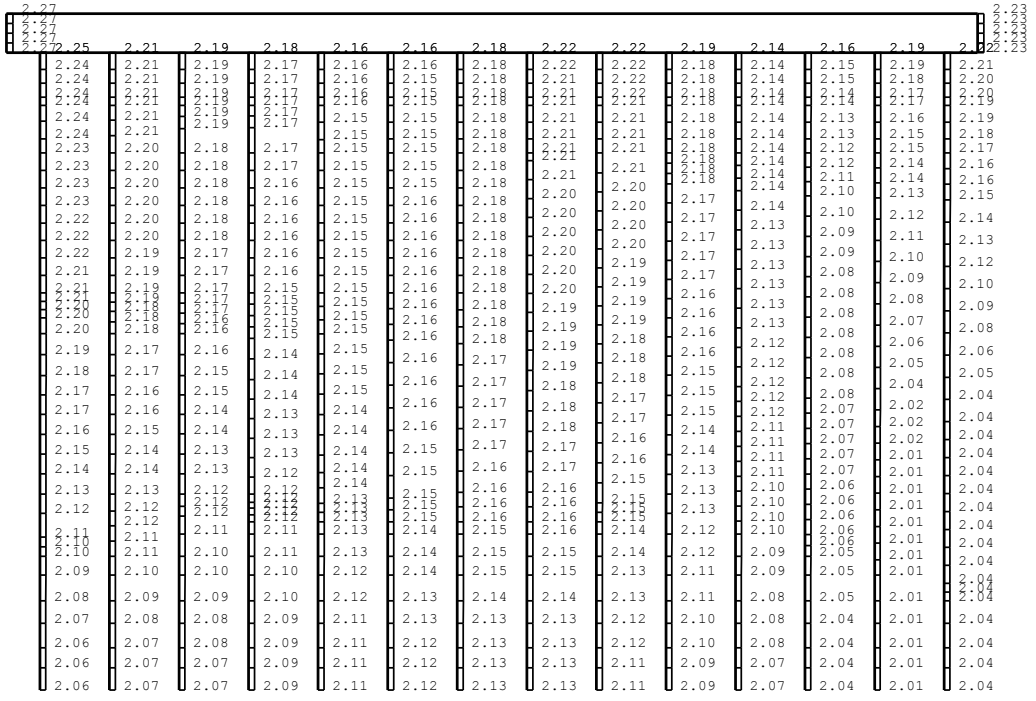


図 4－4（23） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（23/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-3－＋，水平

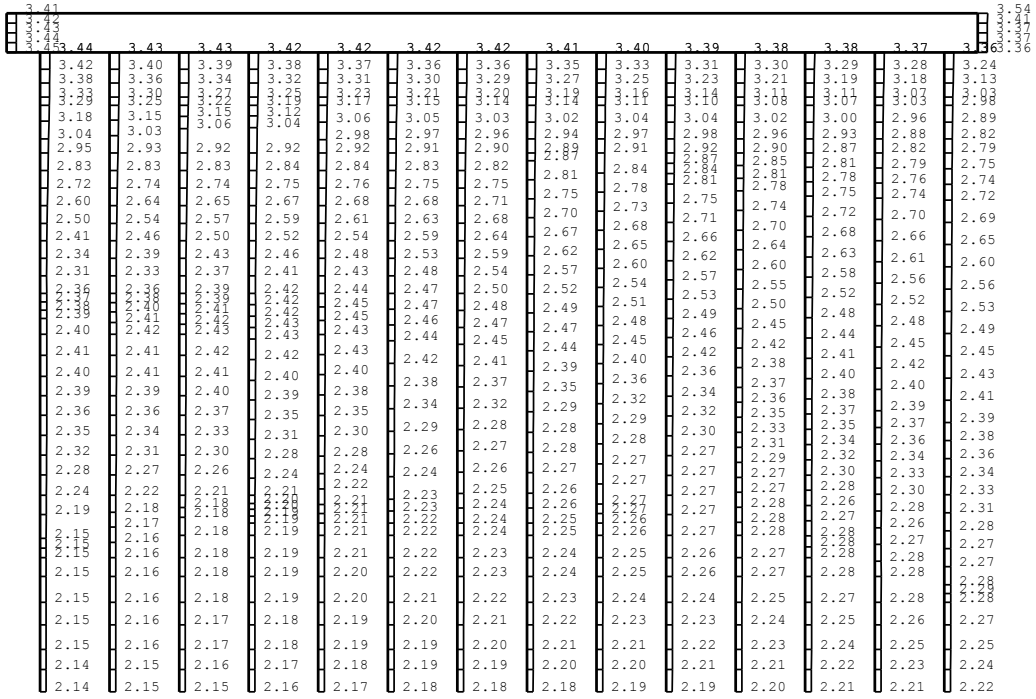


(b) Sd-3－＋，鉛直

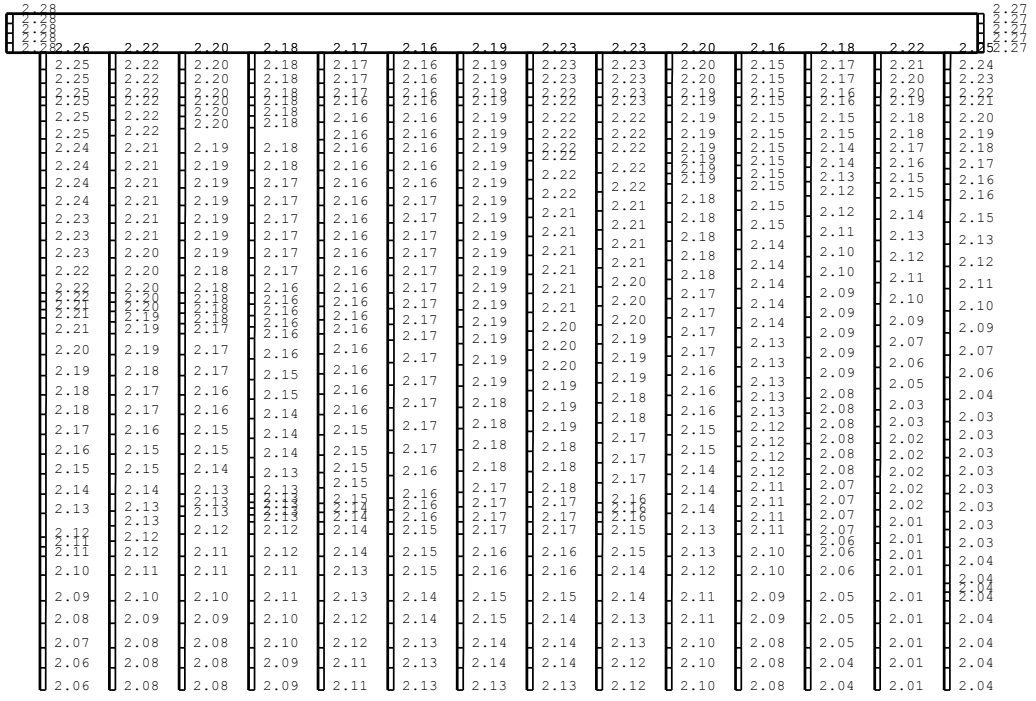


図 4－4（24）　B－B断面の最大加速度分布図（24/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-3＋－，水平



(b) Sd-3＋－，鉛直

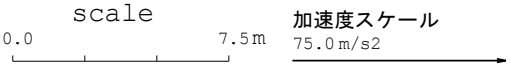
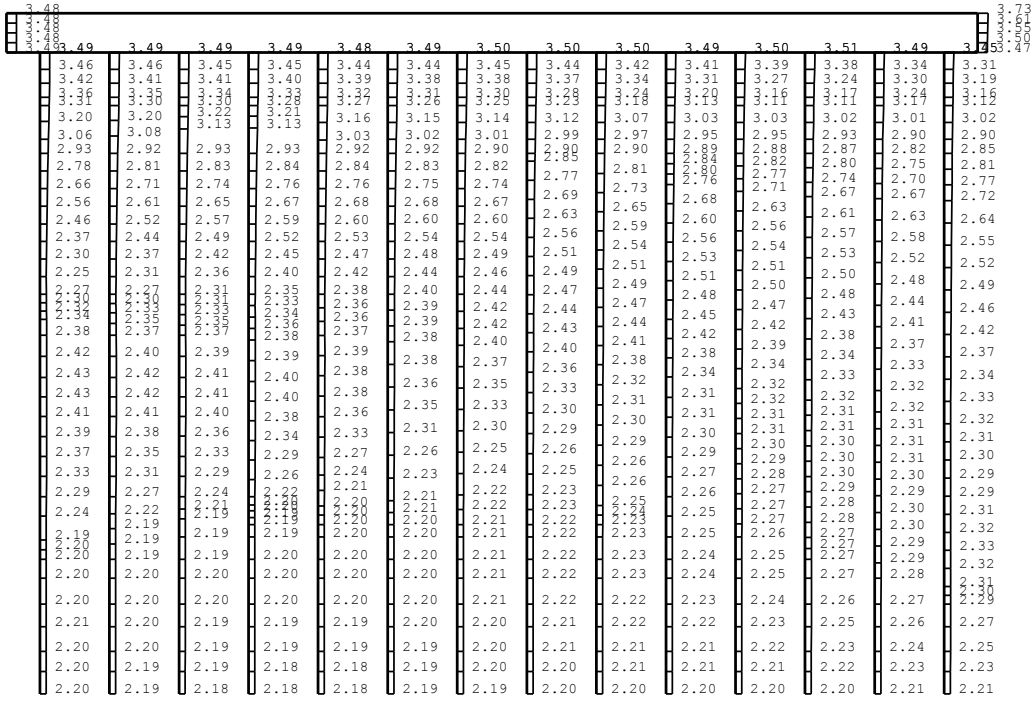
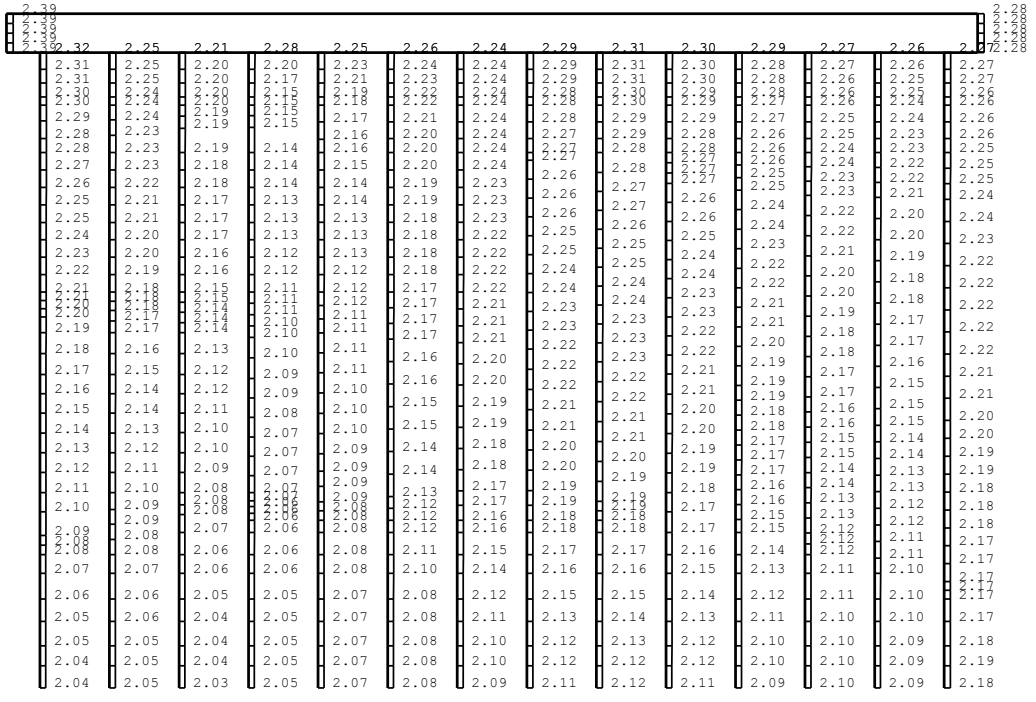


図 4－4（25） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（25/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-3－－，水平

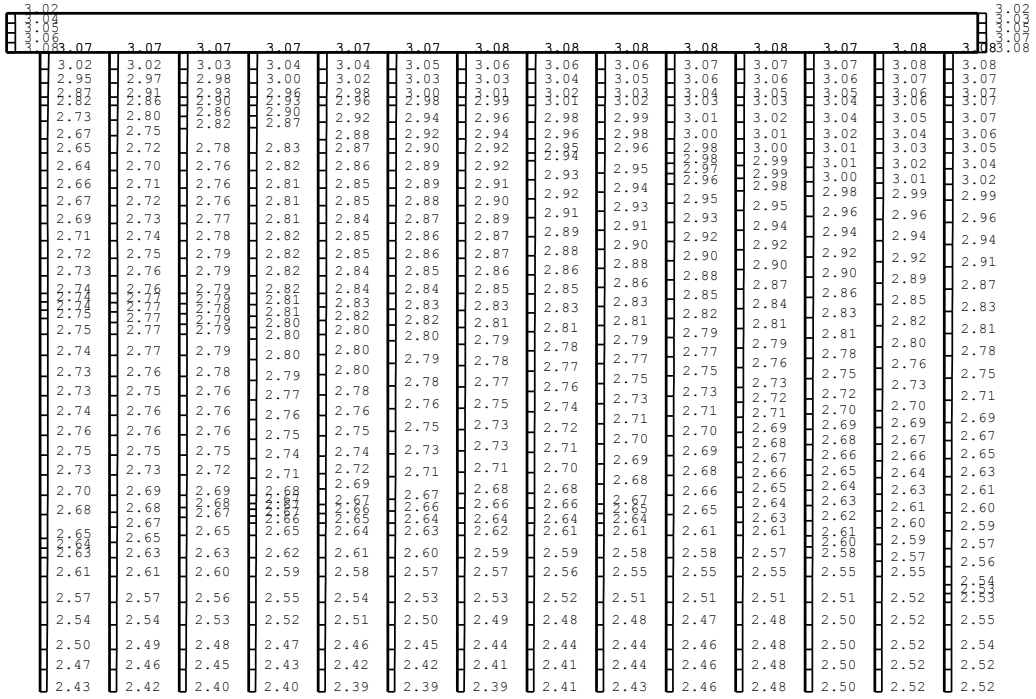


(b) Sd-3－－，鉛直

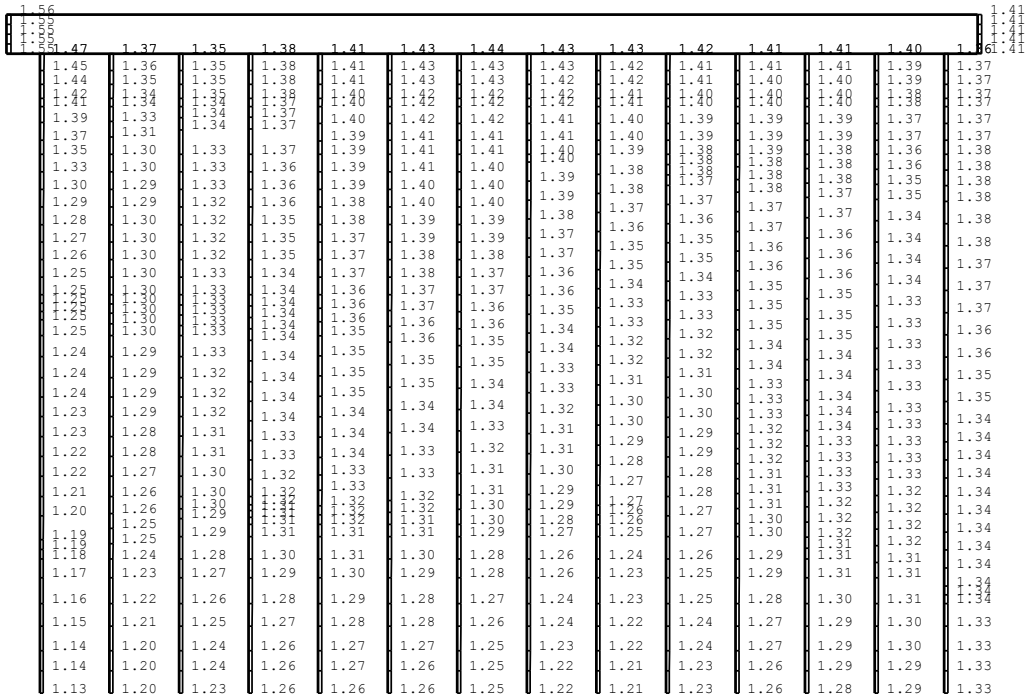


図 4－4（26） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（26/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-4EW，水平



(b) Sd-4EW，鉛直

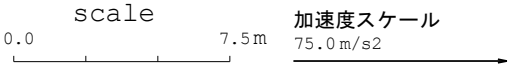
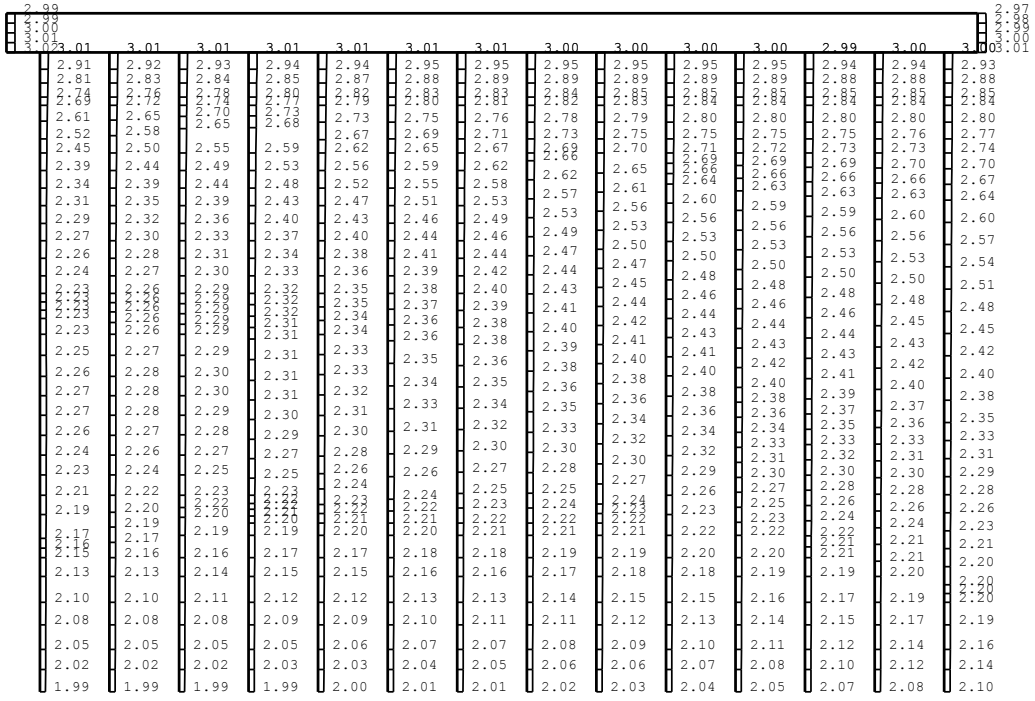
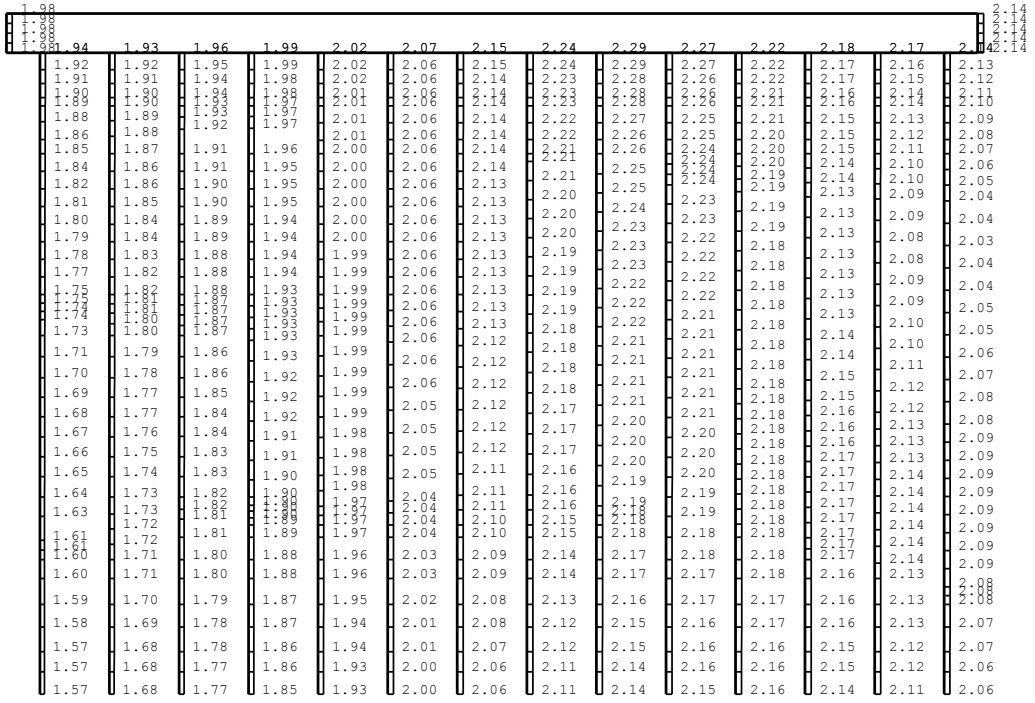


図 4－4（27） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（27/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-5EW, 水平

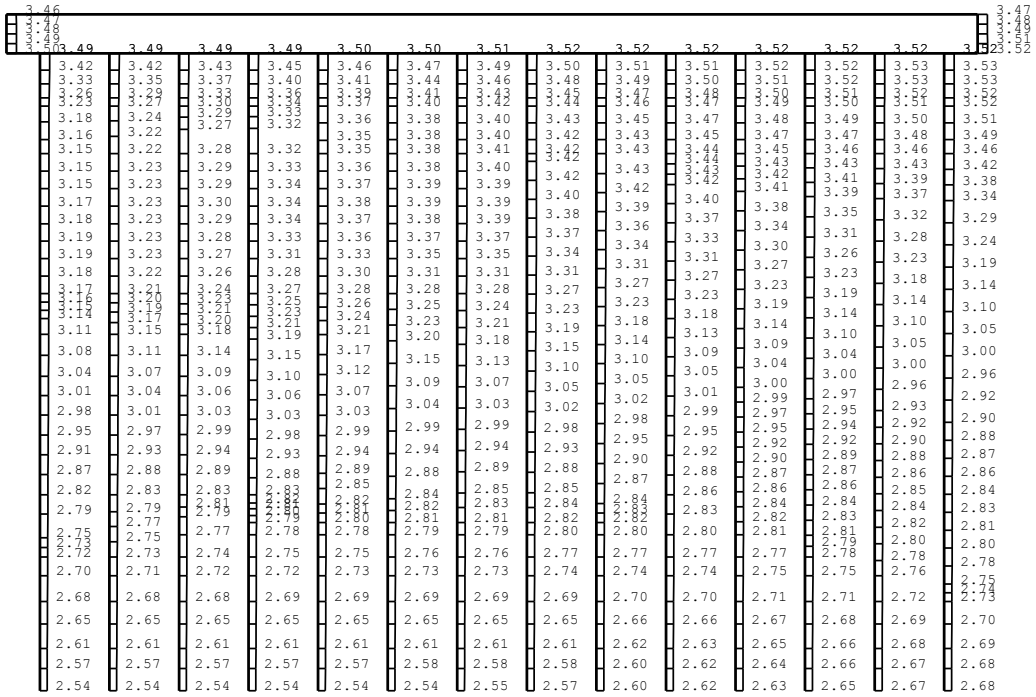


(b) Sd-5EW, 鉛直

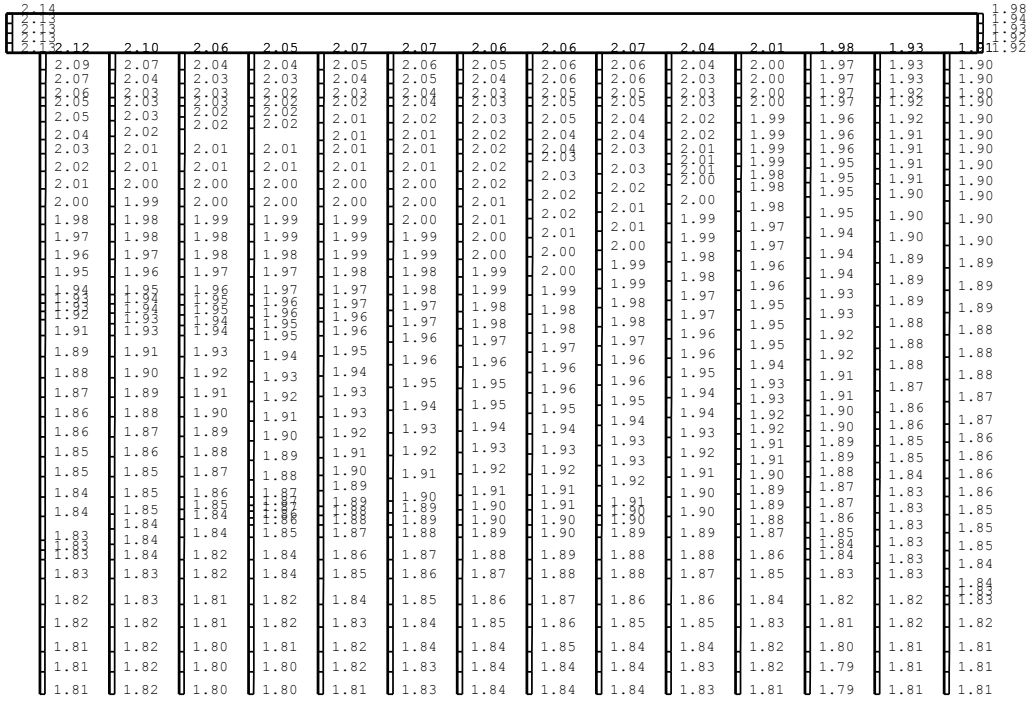


図 4－4（28） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（28/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-6EW, 水平



(b) Sd-6EW, 鉛直

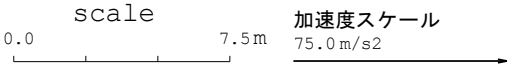
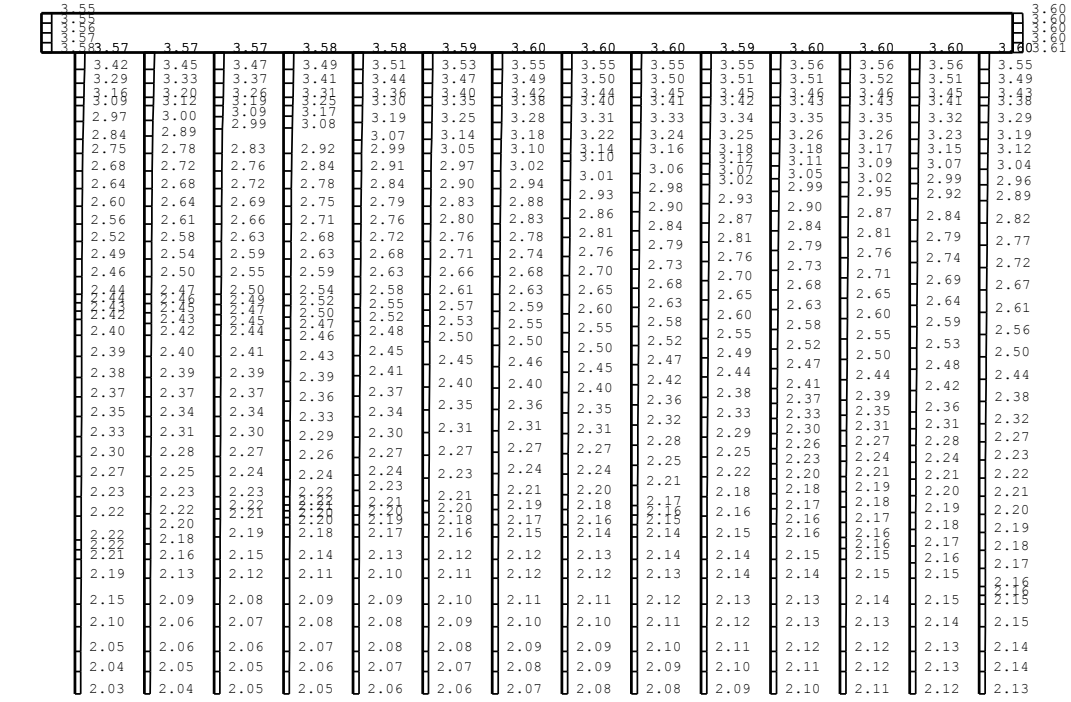
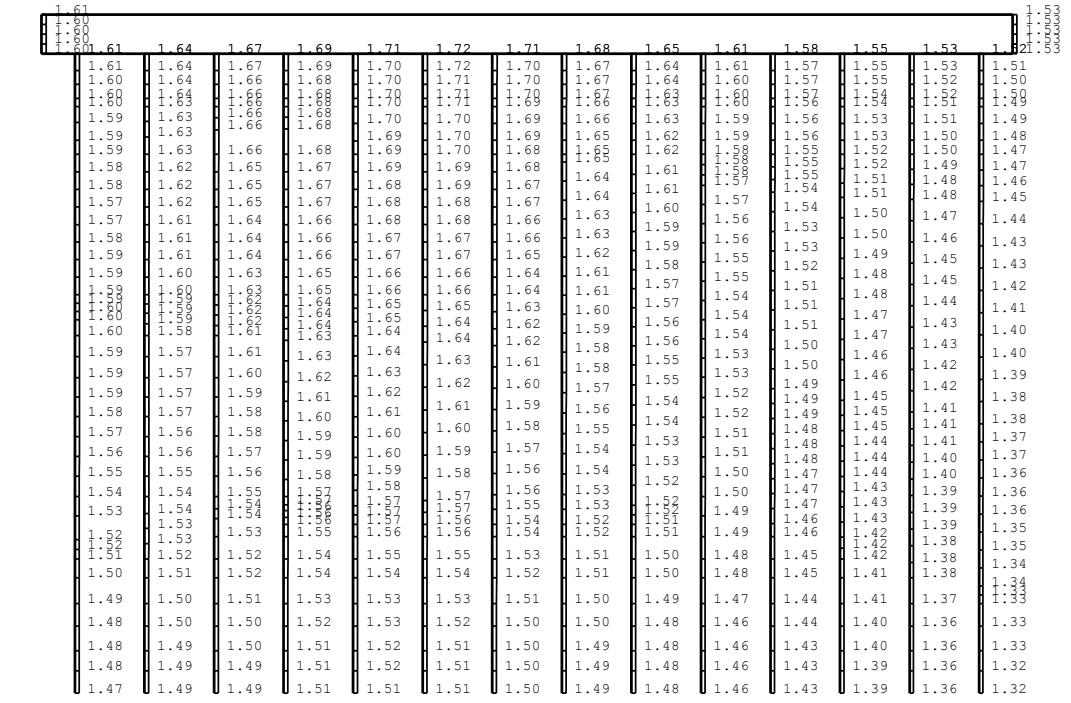


図 4－4（29） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（29/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-7EW，水平



(b) Sd-7EW，鉛直

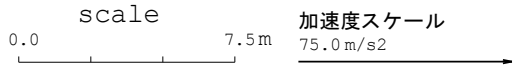
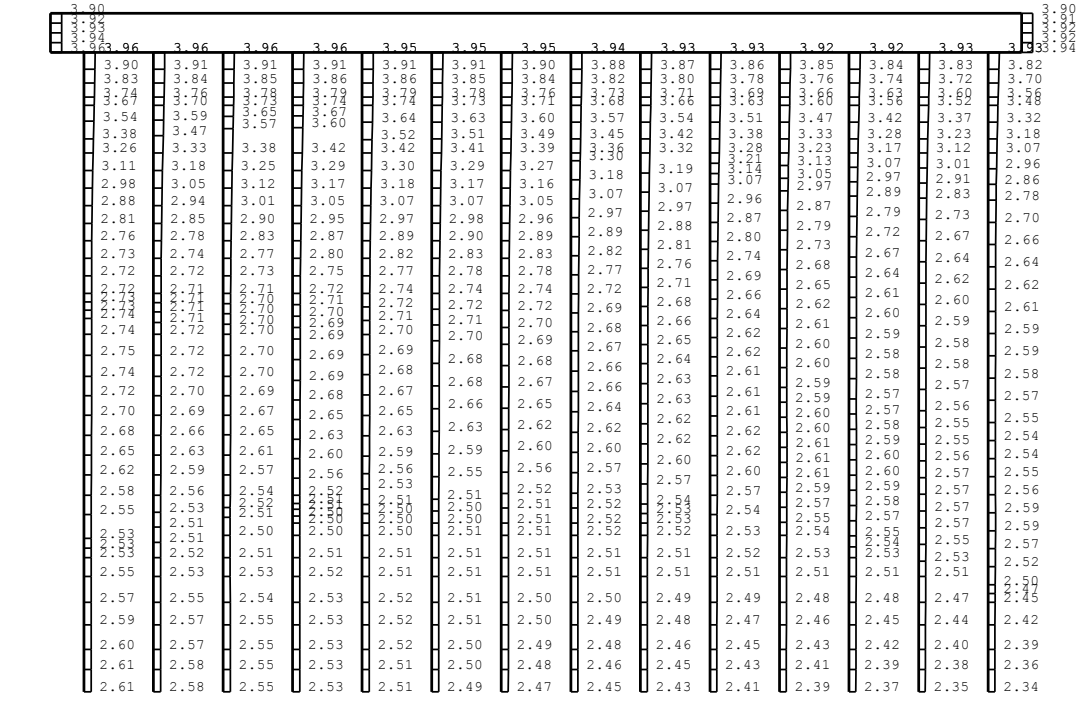
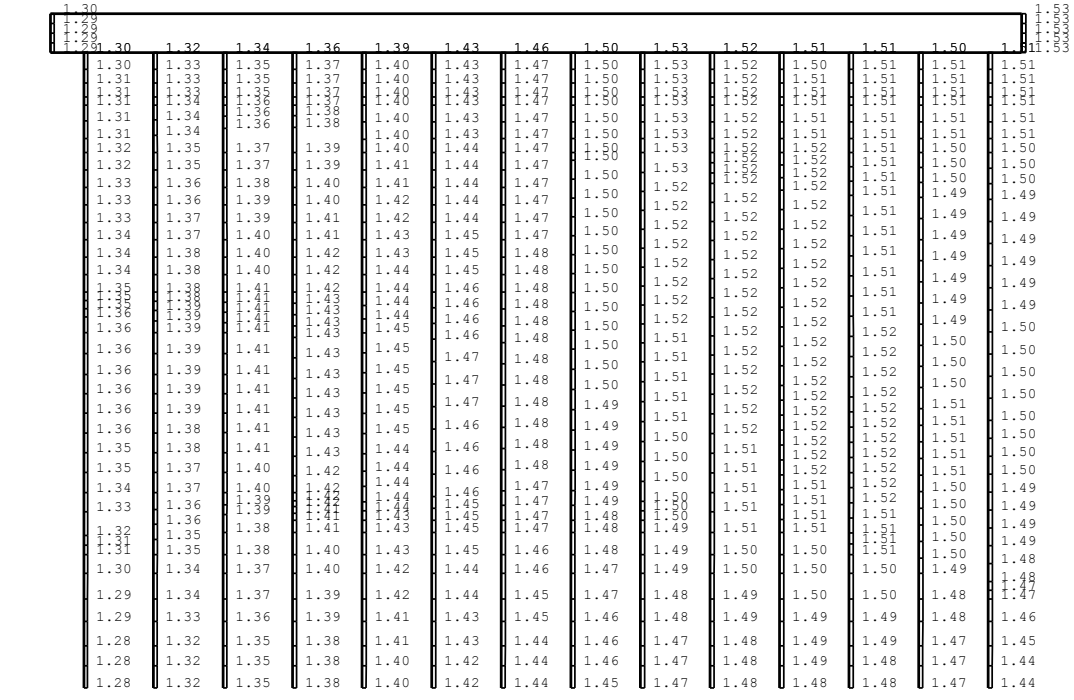


図 4－4（30） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（30/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-8＋＋，水平

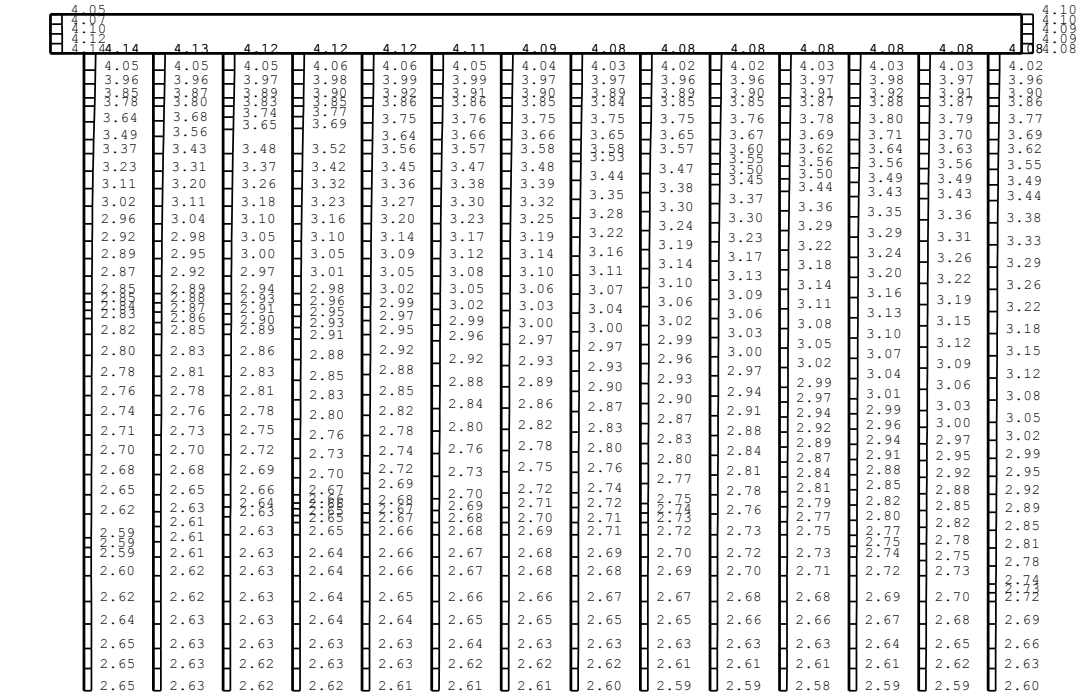


(b) Sd-8＋＋，鉛直

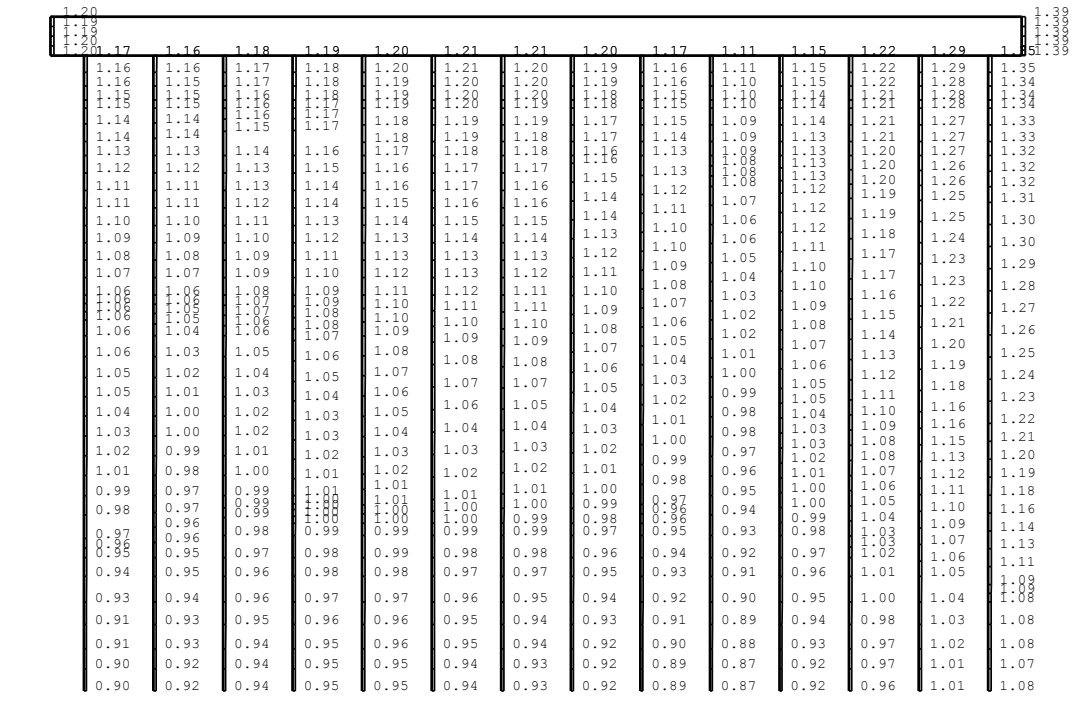


図 4－4（31） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（31/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-8－＋，水平

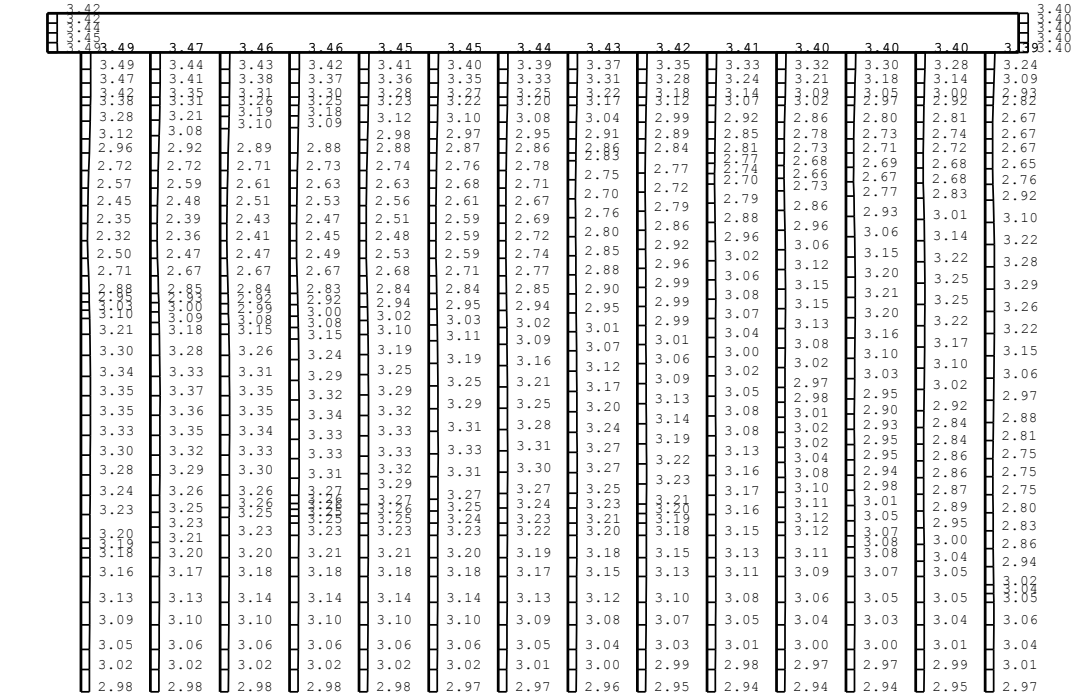


(b) Sd-8－＋，鉛直

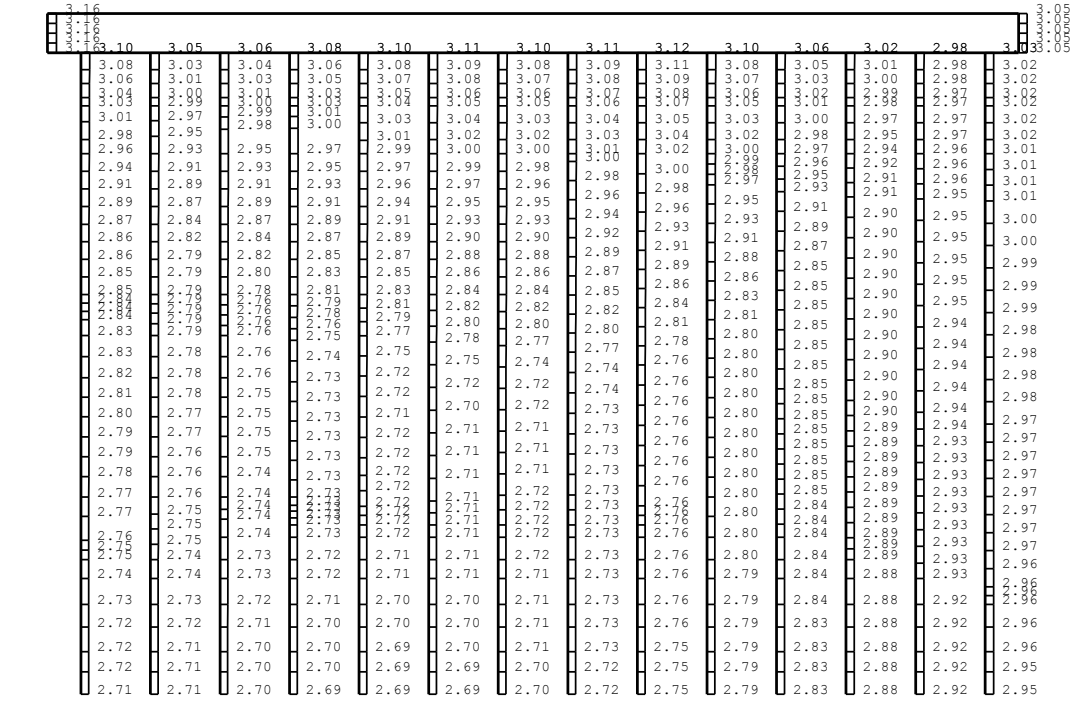


図 4－4（32）　B－B断面の最大加速度分布図（32/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



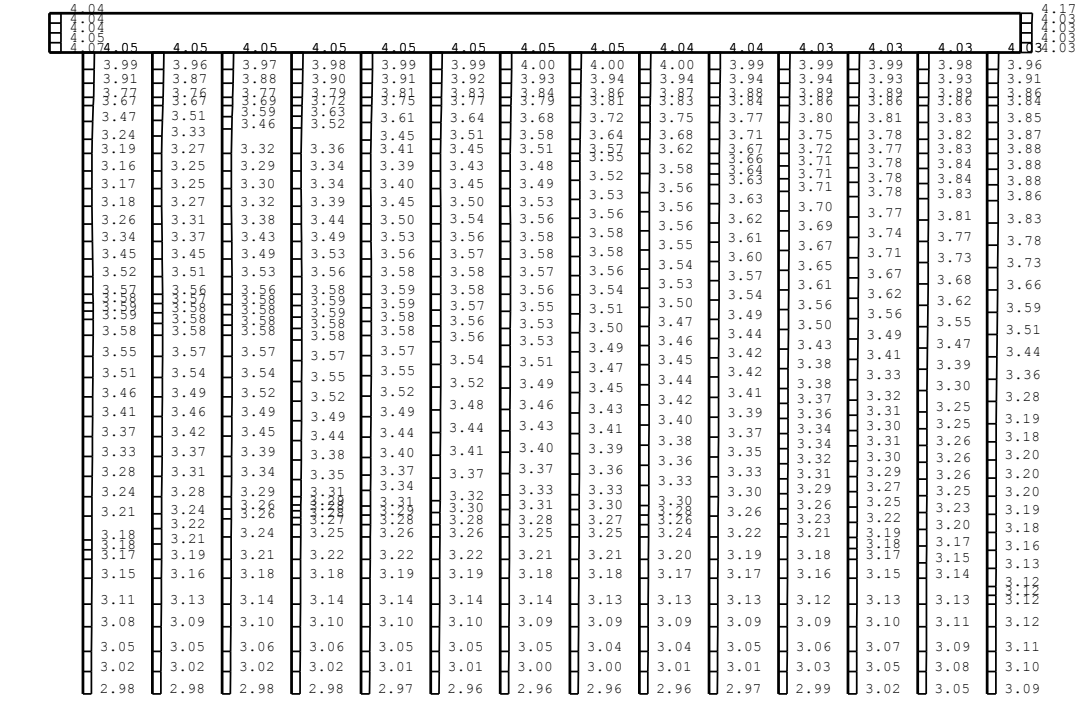
(a) Sd-1＋－，水平



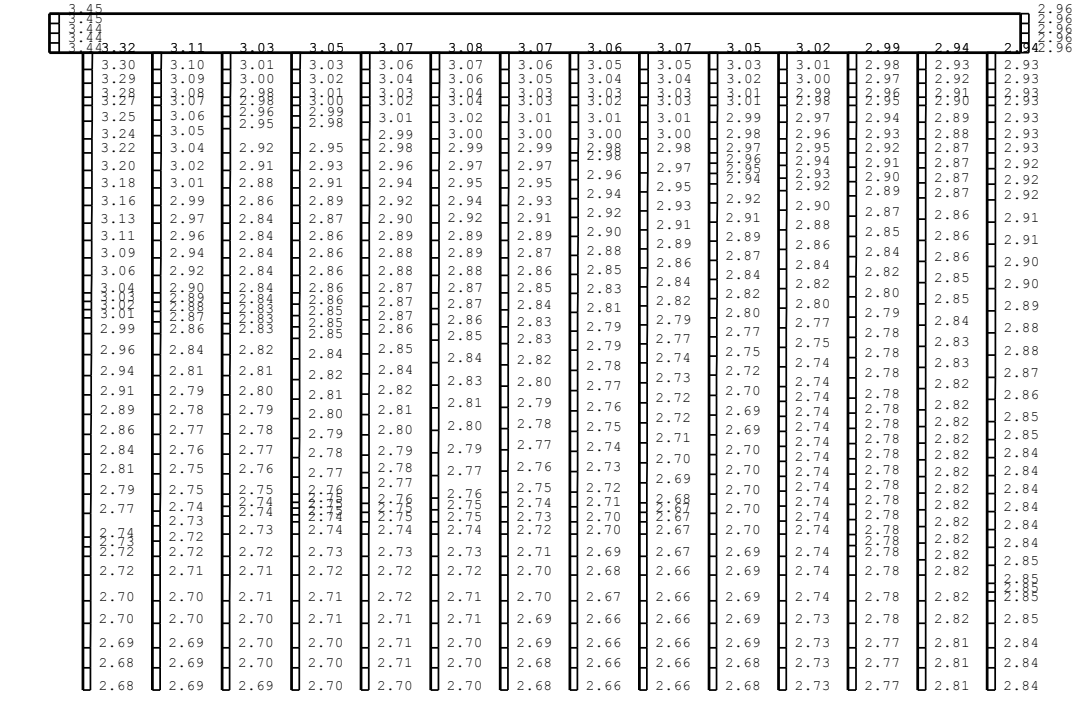
(b) Sd-1＋－，鉛直



図 4－4（33） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（33/34）
（③地盤物性のばらつき（－1σ）を考慮した解析ケース）



(a) Sd-1＋－，水平



(b) Sd-1＋－，鉛直



図 4－4（34）　B－B断面の最大加速度分布図（34/34）

（⑤地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮して非液状化の条件を仮定したケース）

Ⅴ-2-2-18　軽油タンク基礎の耐震性についての計算書

目　次

1. 概要 …… 1
2. 基本方針 …… 2
2.1 位置 …… 2
2.2 構造概要 …… 3
2.3 評価方針 …… 7
2.4 適用基準 …… 10
3. 耐震評価 …… 11
3.1 評価対象断面 …… 11
3.2 使用材料及び材料物性値 …… 14
3.3 許容限界 …… 14
3.3.1 鉄筋コンクリート部材に対する許容限界 …… 14
3.3.2 鋼管杭に対する許容限界 …… 15
3.3.3 基礎地盤の支持性能に対する許容限界 …… 15
3.4 評価方法 …… 16
3.4.1 鉄筋コンクリート部材の評価 …… 16
3.4.2 鋼管杭の評価 …… 19
3.4.3 基礎地盤の支持性能評価 …… 19
4. 構造部材の地震時応答 …… 19
4.1 鉄筋コンクリート部材 …… 19
4.2 鋼管杭 …… 23
5. 耐震評価結果 …… 27
5.1 鉄筋コンクリート部材に対する評価結果 …… 27
5.2 鋼管杭に対する評価結果 …… 28
5.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果 …… 30

別紙　付帯設備の耐震評価

1. 概要

本資料は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，軽油タンク基礎が基準地震動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。

軽油タンク基礎に要求される機能の維持を確認するにあたっては，地震応答解析並びに水平 2 方向及び鉛直方向の荷重を考慮した 3 次元構造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

軽油タンク基礎の位置図を図 2－1 に示す。

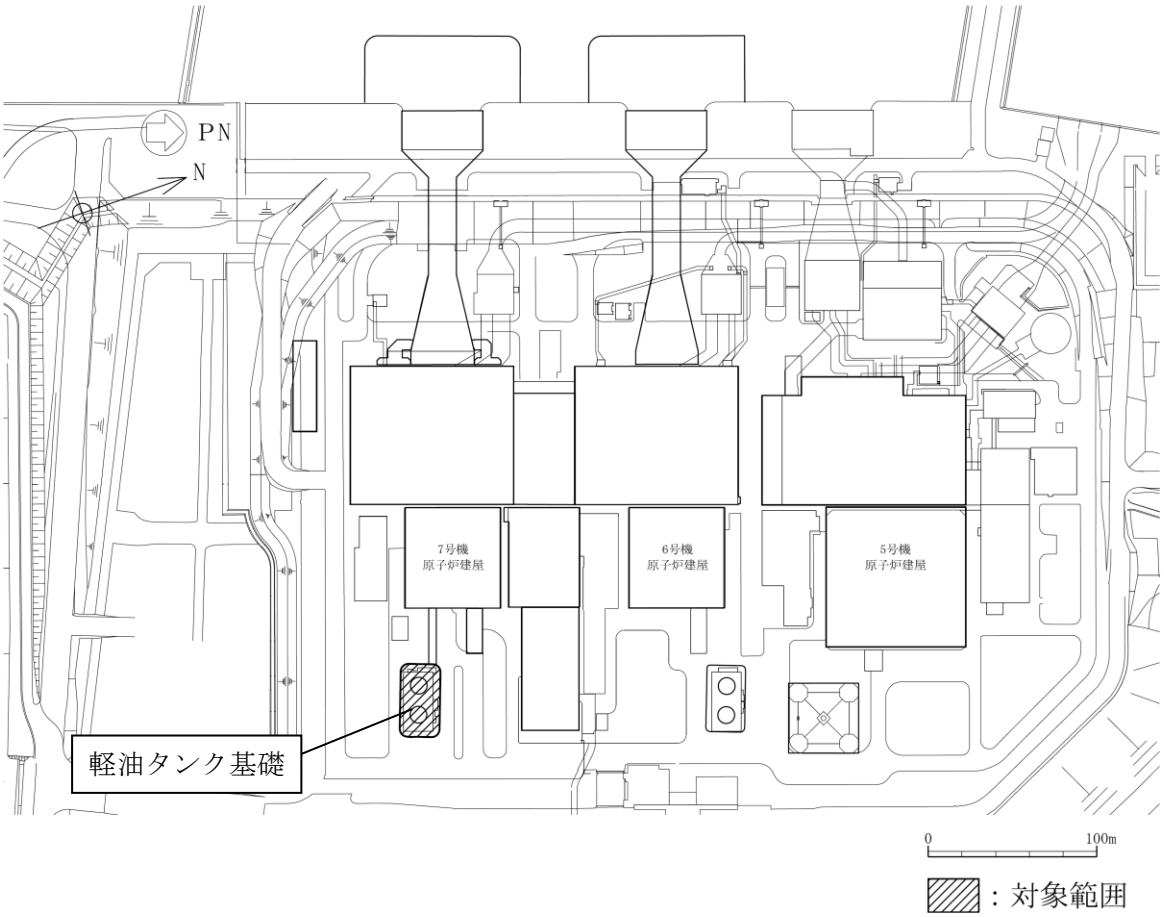


図 2－1　軽油タンク基礎の位置図（全体平面図）

2.2　構造概要

軽油タンク基礎の平面図を図 2－2，断面図を図 2－3，概略配筋図を図 2－4 に示す。

軽油タンク基礎は，軽油タンクを間接支持する幅約 18m（NS 方向）×約 35m（EW 方向），高さ約 1.4m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，杭を介して十分な支持性能を有する西山層に支持される。

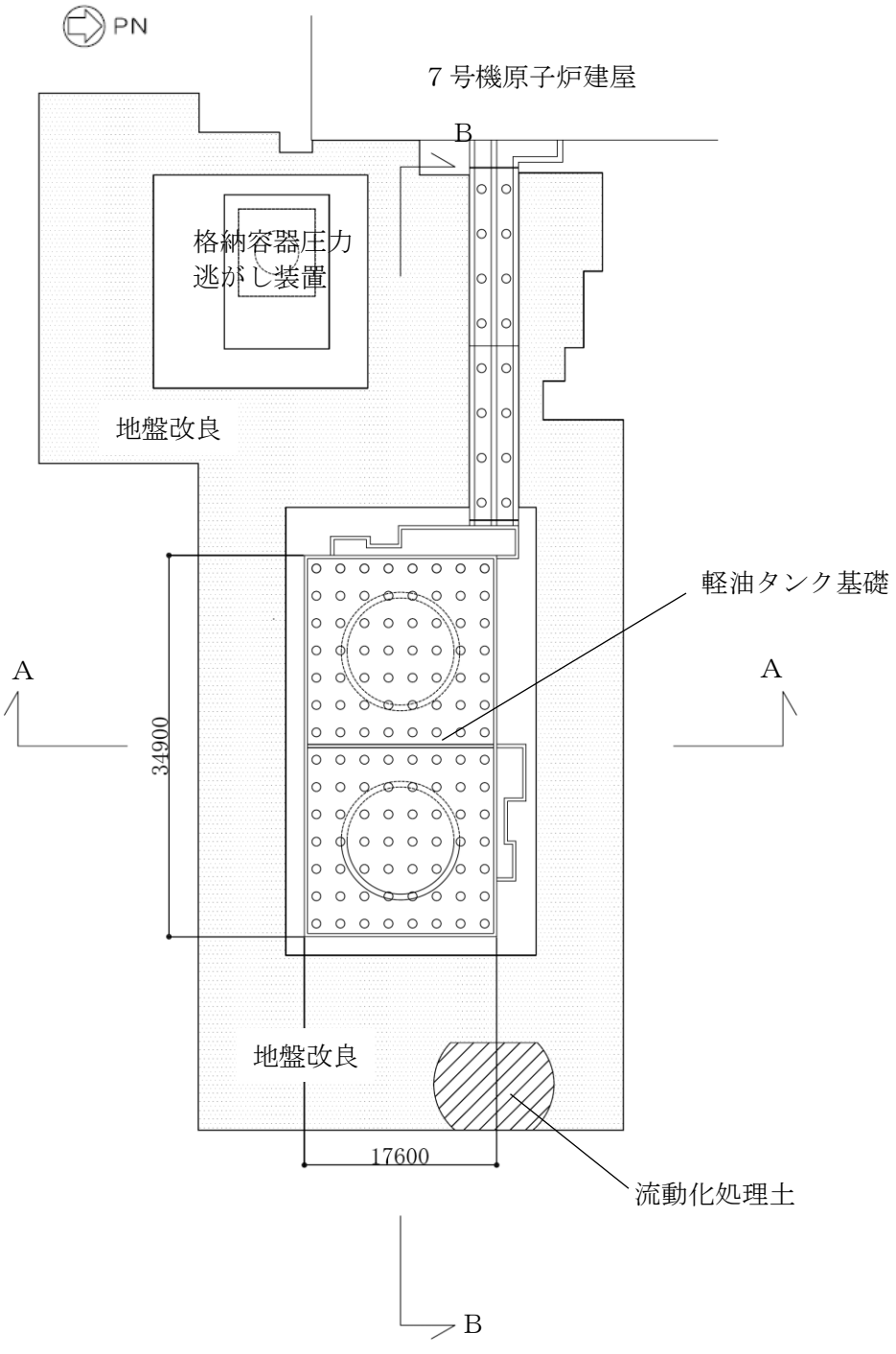
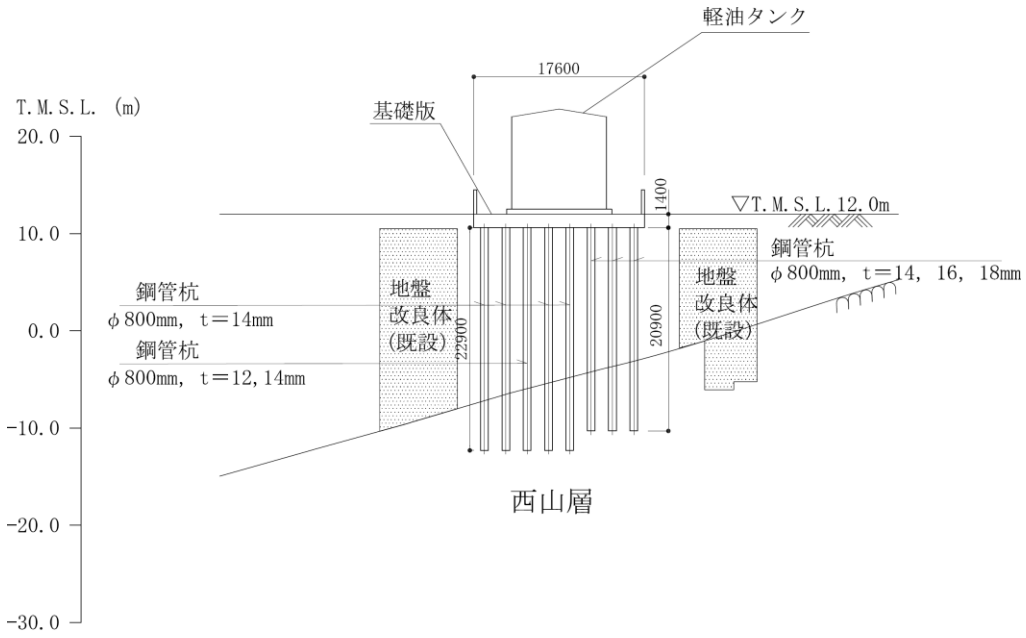


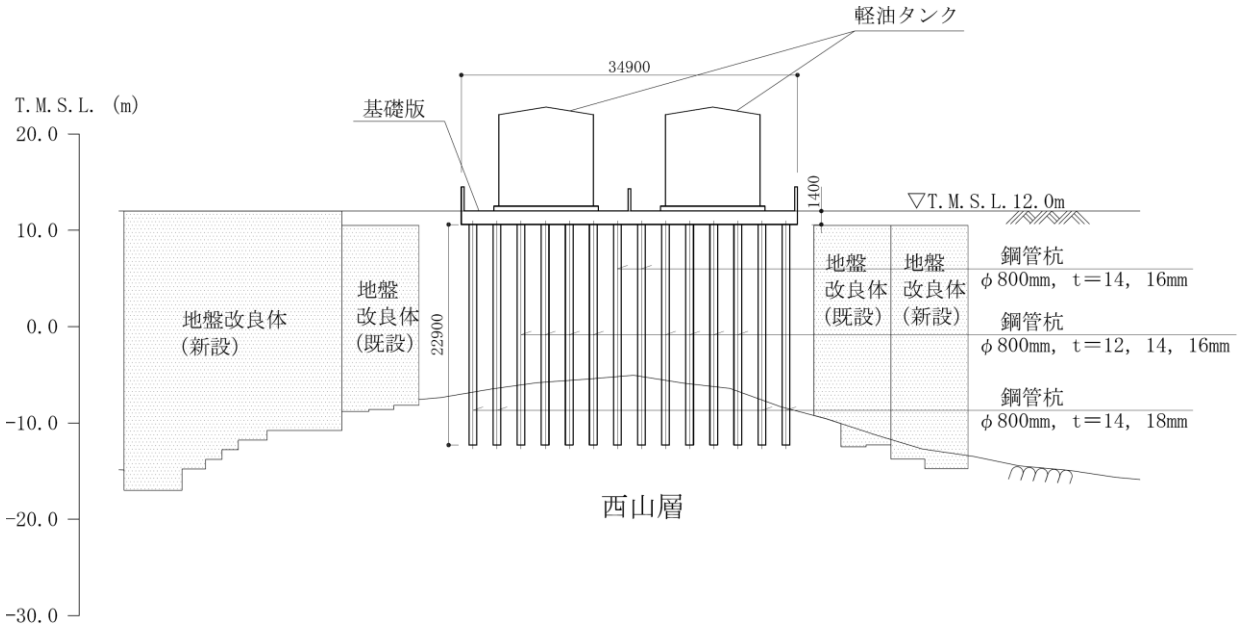
図 2－2　軽油タンク基礎の平面図



（単位：mm）

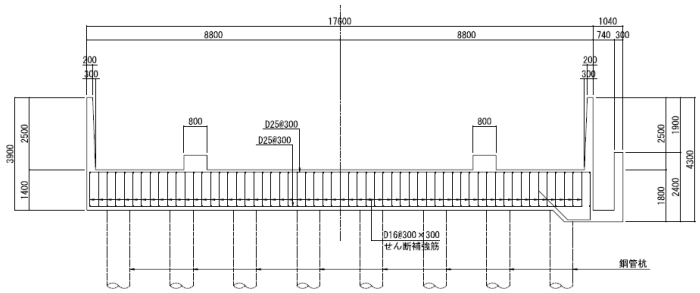
注 ：東京湾平均海面（以下「T.M.S.L.」という。）

図 2－3（1） 軽油タンク基礎の断面図（Ａ－Ａ断面）



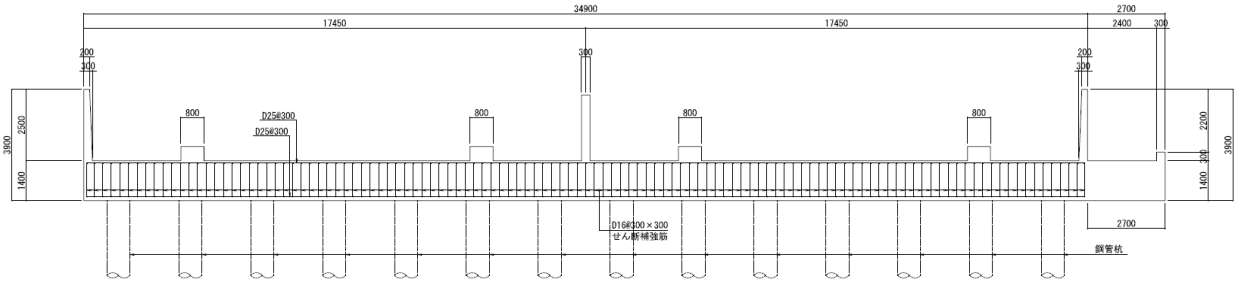
（単位：mm）

図 2－3（2） 軽油タンク基礎の断面図（Ｂ－Ｂ断面）



（単位：mm）

図 2－4（1）　軽油タンク基礎の概略配筋図（Ａ－Ａ断面）



（単位：mm）

図 2－4（2）　軽油タンク基礎の概略配筋図（Ｂ－Ｂ断面）

軽油タンク基礎には，基礎版と剛結された付帯設備が設置されている。付帯設備の配置図を図　2－5 に示す。付帯設備のうち，張出しダクト及び防油堤の一部はＳクラス施設である非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管を，張出し基礎はＳクラス施設である燃料移送ポンプを間接支持する構造物である。

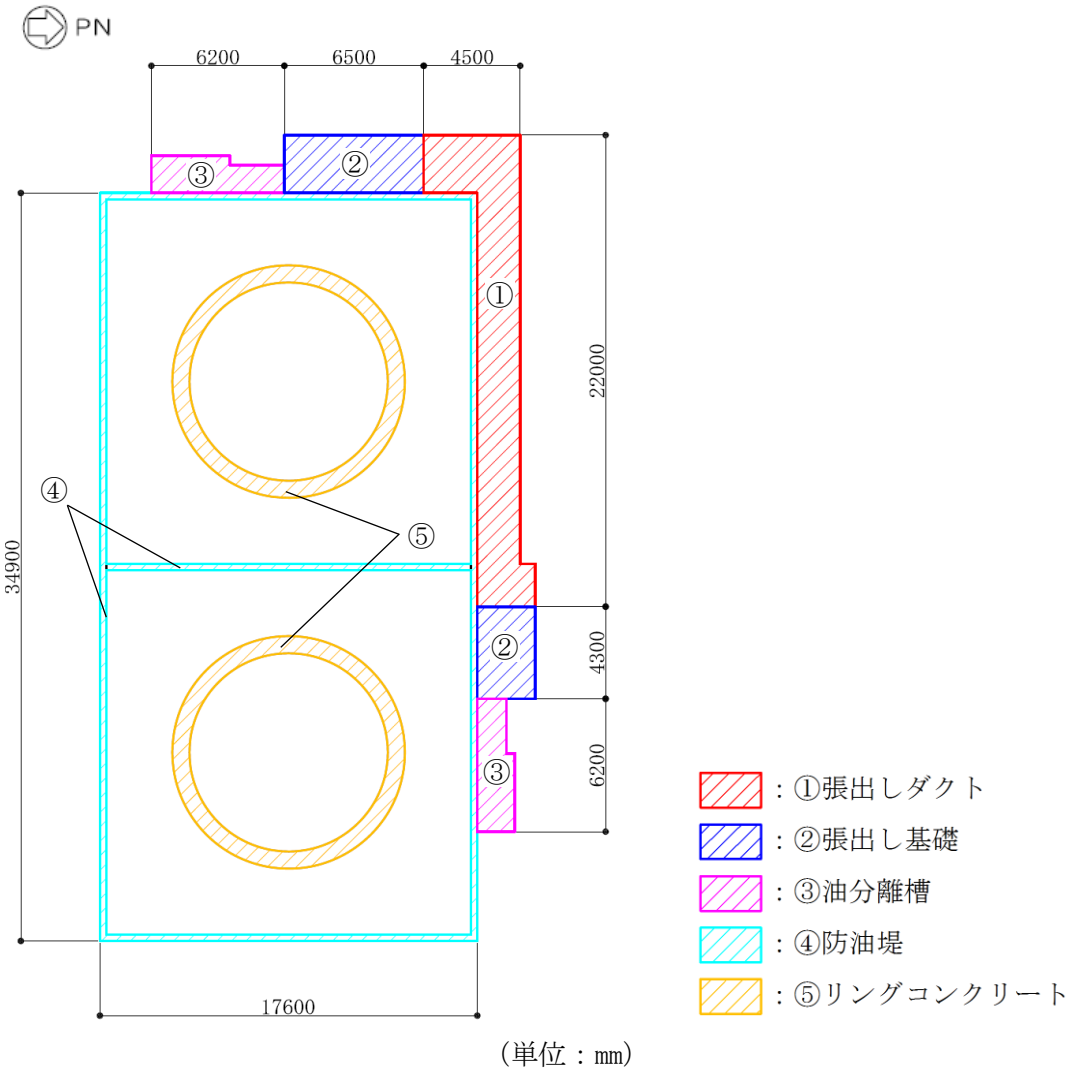


図 2－5　付帯設備の配置図

2.3　評価方針

軽油タンク基礎は，設計基準対象施設においては，Ｓクラス施設の間接支持構造物である屋外重要土木構造物に，重大事故等対処施設においては，常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設に分類される。

軽油タンク基礎の耐震評価フローを図 2－6 に示す。

軽油タンク基礎の耐震評価は，Ⅴ-2-2-17「軽油タンク基礎の地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき，設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の評価として，表 2－1 に示すとおり，構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで，構造強度を有すること及びＳクラスの施設を支持する機能を損なわないことを確認する。

また，軽油タンク基礎の付帯設備のうち，Ｓクラス施設を間接支持する張出しダクト，張出し基礎及び防油堤について，耐震評価を実施する。付帯設備の耐震評価については，別紙に示す。

軽油タンク基礎を構成する部材のうち，鉄筋コンクリート部材の耐震評価については，軽油タンク及び付帯設備の荷重の平面的な偏りを踏まえ，水平 2 方向及び鉛直方向の荷重を考慮した 3 次元静的有限要素法解析（以下「3 次元構造解析」という。）を実施し，圧縮縁コンクリートひずみ及びせん断力が許容限界以下であることを確認する。3 次元構造解析の入力荷重は，Ⅴ-2-2-17「軽油タンク基礎の地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき算定する。

鋼管杭の耐震評価については，Ⅴ-2-2-17「軽油タンク基礎の地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき，鋼管杭に生じる曲率及びせん断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，Ⅴ-2-2-17「軽油タンク基礎の地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき，杭頭に生じる鉛直力が許容限界以下であることを確認する。

ここで，軽油タンク基礎は，運転時，設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力，温度等について，耐震評価における手法及び条件に有意な差異はなく，評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから，設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

表 2－1　軽油タンク基礎の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界	
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート部材	圧縮縁コンクリートひずみ及びせん断力が許容限界以下であることを確認	曲げ軸力	限界ひずみ*
				せん断力	せん断耐力*
		鋼管杭	曲率及びせん断力が許容限界以下であることを確認	曲げ軸力	終局曲率*
				せん断力	終局せん断強度*
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	杭頭に発生する鉛直力が許容限界以下であることを確認	終局鉛直支持力*	
Ｓクラスの施設を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート部材	圧縮縁コンクリートひずみ及びせん断力が許容限界以下であることを確認	曲げ軸力	限界ひずみ*
				せん断力	せん断耐力*
		鋼管杭	曲率及びせん断力が許容限界以下であることを確認	曲げ軸力	終局曲率*
				せん断力	終局せん断強度*
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	杭頭に発生する鉛直力が許容限界以下であることを確認	終局鉛直支持力*	

注記＊　：妥当な安全余裕を考慮する。

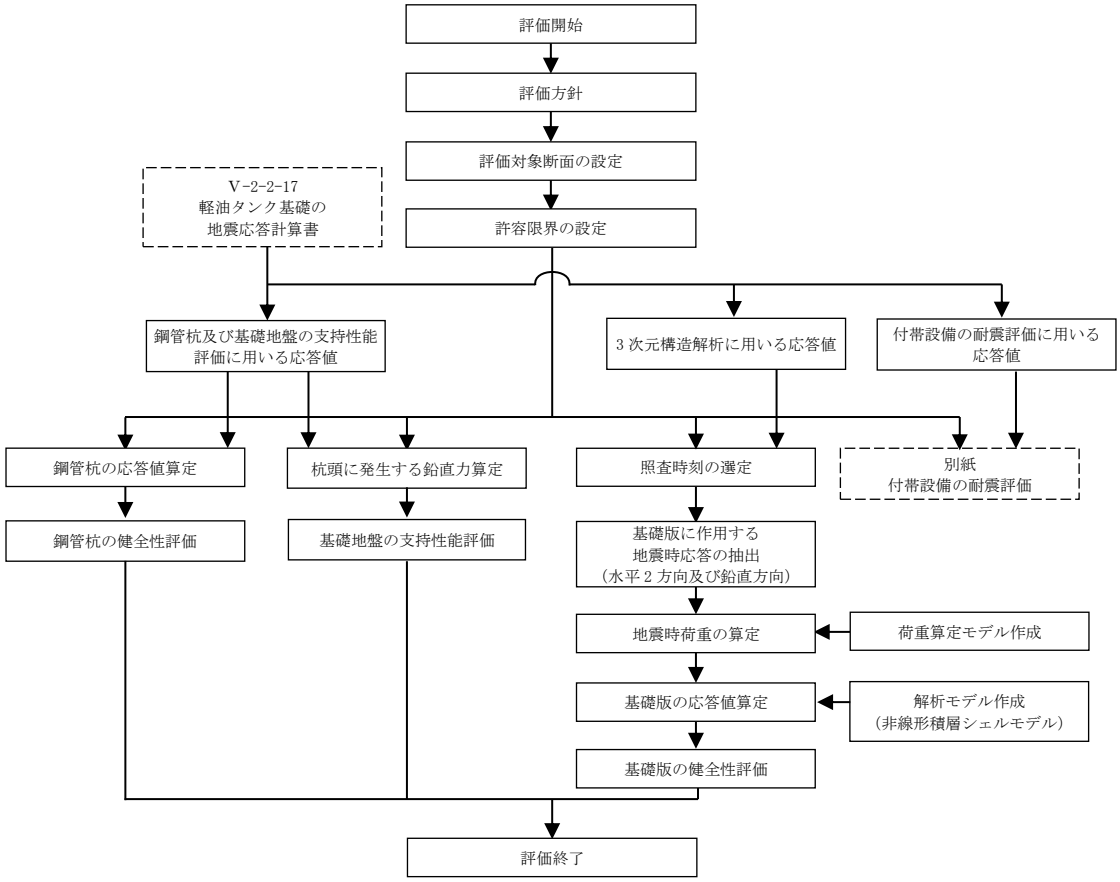


図 2－6　軽油タンク基礎の耐震評価フロー

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］（土木学会，2002年制定）

・コンクリート標準示方書［設計編］（土木学会，2012年制定）

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

・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005年）

・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（日本電気協会）

・乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程　ＪＥＡＣ４６１６-2009（日本電気協会）

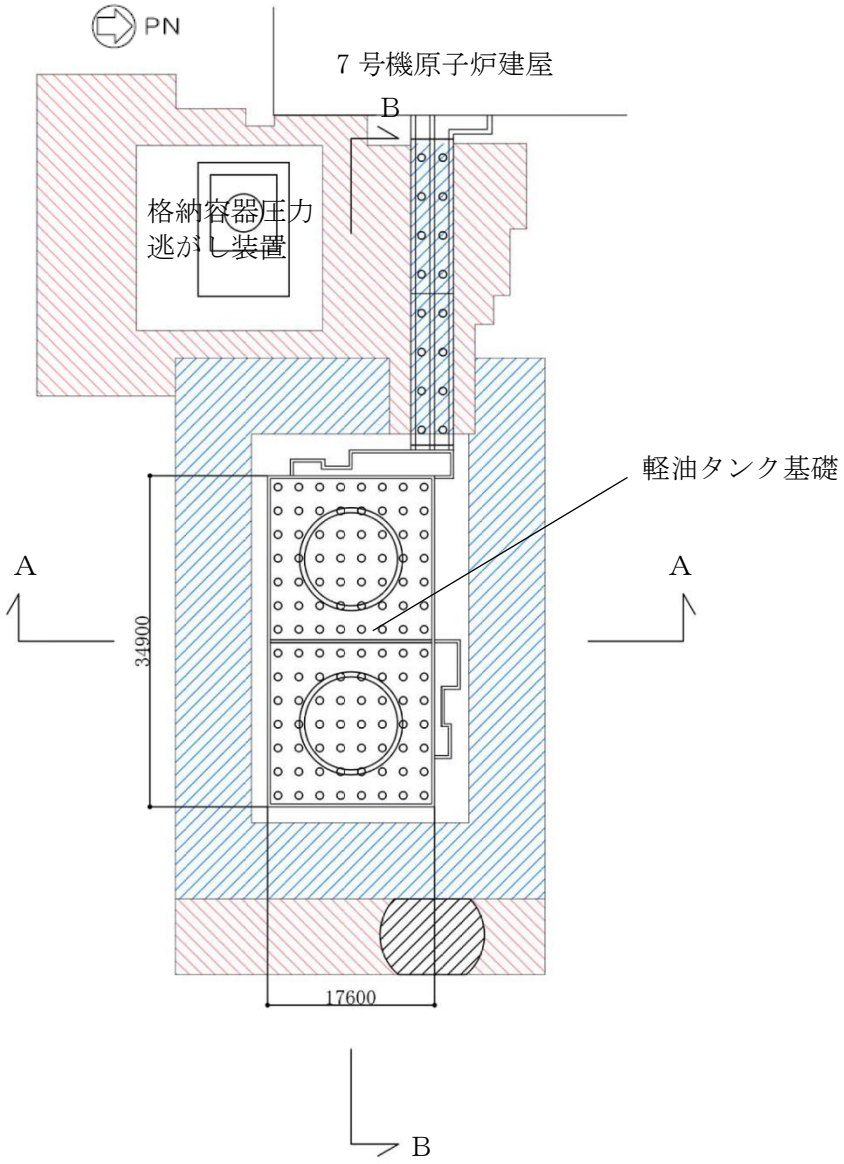
・鋼・合成構造標準示方書［耐震設計編］（土木学会，2008年）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

軽油タンク基礎の評価対象断面位置を図 3－1 に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面は図 3－1 のＡ－Ａ断面及びＢ－Ｂ断面とする。

評価対象断面図を図 3－2 に示す。

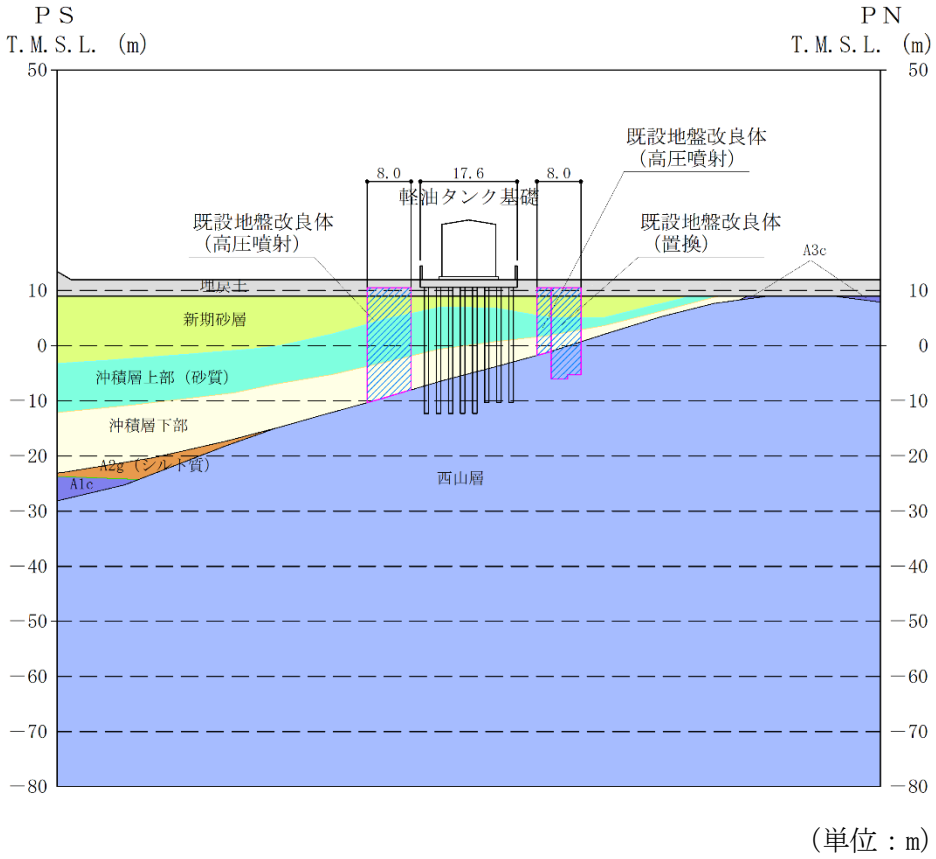


（単位：mm）

既設／新設	凡例	地 盤 改 良 工 法
既設地盤改良体		置換(CD掘削)
新設地盤改良体		置換(CD掘削)

注 ：置換工法(CD 掘削)の施工範囲の内，地上構造物及び埋設構造物がある箇所では，高圧噴射または置換（開削）を適用

図 3－1 軽油タンク基礎の評価対象断面位置図

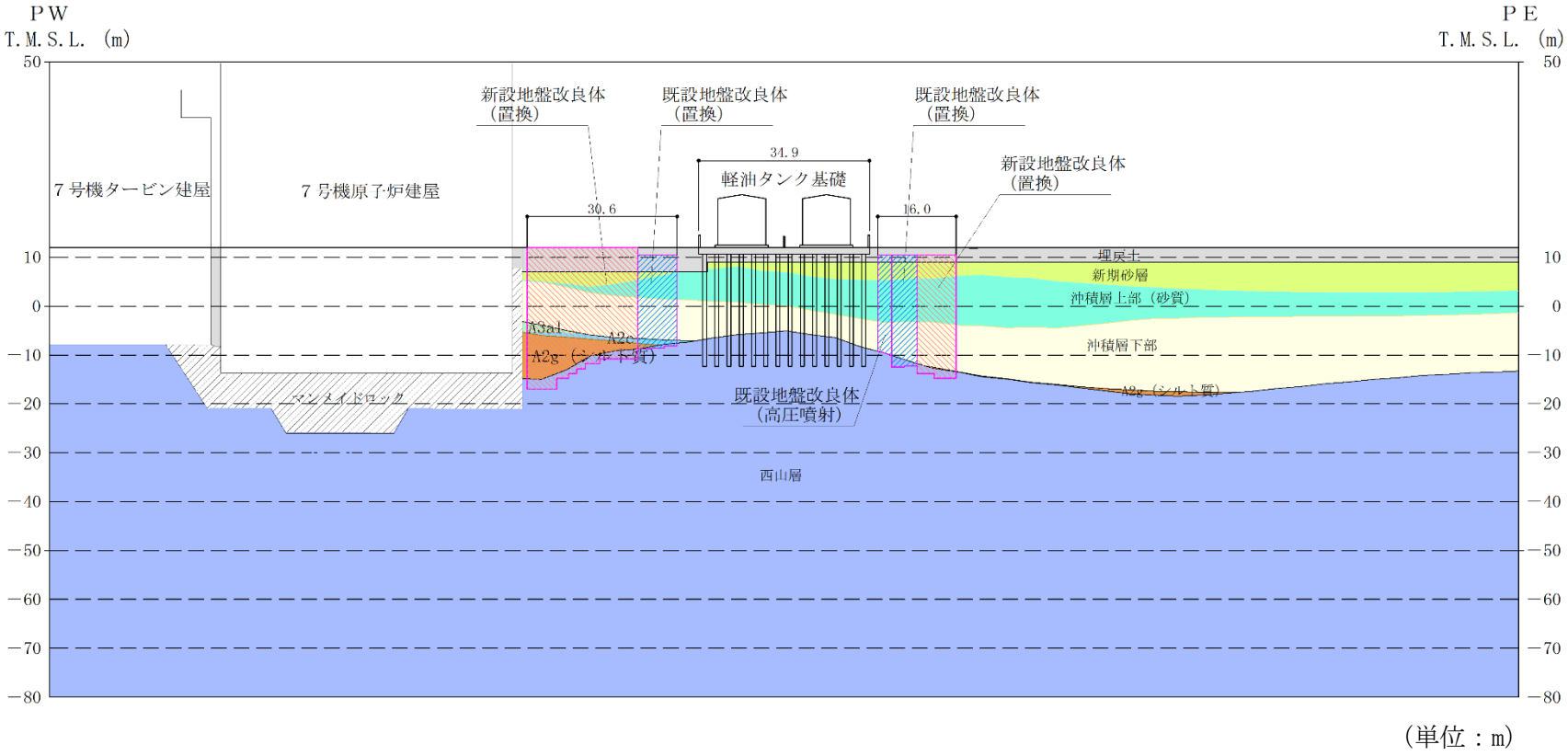


（単位：m）

既設／新設	凡例	地 盤 改 良 工 法
既設地盤改良体		置換(CD掘削)
新設地盤改良体		置換(CD掘削)

注 ：置換工法(CD 掘削)の施工範囲の内，地上構造物及び埋設構造物がある箇所では，高圧噴射または置換（開削）を適用

図 3－2（1） 軽油タンク基礎の評価対象断面図（Ａ－Ａ断面）



（単位：m）

既設／新設	凡例	地盤改良工法
既設地盤改良体		置換(CD掘削)
新設地盤改良体		置換(CD掘削)

注 ：置換工法(CD掘削)の施工範囲の内，地上構造物及び埋設構造物がある箇所では，高圧噴射または置換（開削）を適用

図 3−2 (2) 軽油タンク基礎の評価対象断面図（B－B断面）

3.2　使用材料及び材料物性値

構造物の使用材料を表 3－1，材料物性値を表 3－2 に示す。

表 3－1　使用材料

材料	諸元
コンクリート	設計基準強度　23.5 N/mm^2
鉄筋	SD35（SD345 相当）
鋼管杭	SKK400（SKK41 相当）

表 3－2　材料物性値

材料	単位体積重量 (kN/m^3)	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比
鉄筋コンクリート	23.5*	2.45×10^4*	0.2*
鋼管杭	77*	2.06×10^5*	0.3*

注記＊　：建設時の設計値に基づく

3.3　許容限界

許容限界は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1　鉄筋コンクリート部材に対する許容限界

(1)　曲げ軸力に対する許容限界

鉄筋コンクリート部材の曲げ軸力に対する許容限界は，原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005 年）（以下「土木学会マニュアル」という。）に基づき，限界ひずみ（圧縮縁コンクリートひずみ 1.0%）とする。

土木学会マニュアルでは，曲げ系の破壊に対する限界状態は，コンクリートの圧縮縁のかぶりが剥落しないこととされている。

圧縮縁コンクリートひずみ 1.0%の状態は，かぶりコンクリートの剥落が発生する前の状態であることが，屋外重要土木構造物を模したラーメン構造の破壊実験及び数値シミュレーション等の結果より確認されている。この状態を限界値とすることで構造全体としての安定性が確保できるとして設定されたものである。

(2)　せん断力に対する許容限界

鉄筋コンクリート部材のせん断力に対する許容限界は，土木学会マニュアルに基づき，棒部材式又はディープビーム式で求まるせん断耐力とする。

3.3.2　鋼管杭に対する許容限界

(1)　曲げ軸力に対する許容限界

鋼管杭の曲げ軸力に対する許容限界は，乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程　ＪＥＡＣ４６１６-2009（日本電気協会）（以下「キャスク指針」という。）に基づき，終局曲率とする。

(2)　せん断力に対する許容限界

鋼管杭のせん断力に対する許容限界は，キャスク指針に基づき，終局せん断強度とする。

3.3.3　基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤に発生する鉛直力に対する許容限界は，Ⅴ-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき，道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）（以下「道路橋示方書」という。）の杭基礎（中掘り杭工法）より設定する極限支持力に，キャスク指針に基づく安全率を考慮した終局鉛直支持力とする。

3.4　評価方法

3.4.1　鉄筋コンクリート部材の評価

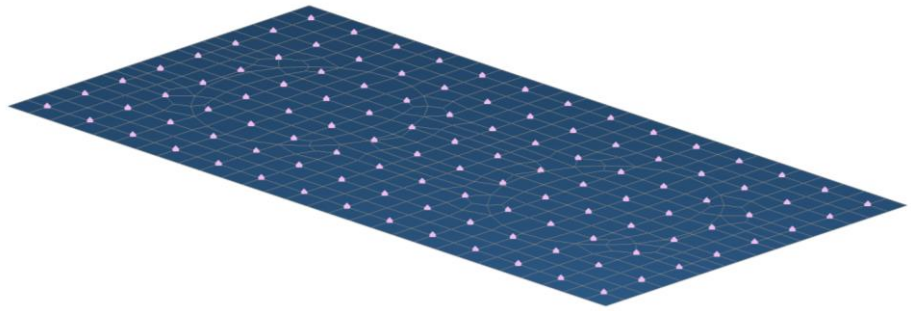
鉄筋コンクリート部材の評価は，軽油タンク及び付帯設備の荷重の平面的な偏りを考慮するため，鉄筋コンクリート部材を非線形積層シェル要素でモデル化し，水平2方向及び鉛直方向の荷重に対する評価を，3次元構造解析を用いて行う。3次元構造解析には，解析コード「Ｅｎｇｉｎｅｅｒ’ｓ　Ｓｔｕｄｉｏ」を用いる。なお，解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3次元構造解析の入力荷重は，V-2-2-17「軽油タンク基礎の地震応答計算書」に基づく地震応答解析において鉄筋コンクリート部材の評価に支配的な荷重が最大となる時刻を選定し，当該時刻における地震時応答から設定する。

3 次元構造解析より算定した鉄筋コンクリート部材の圧縮縁コンクリートひずみ及びせん断力が，「3.3.1　鉄筋コンクリート部材に対する許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

(1)　解析モデル

鉄筋コンクリート部材は，材料の非線形特性を考慮した非線形積層シェル要素でモデル化する。鋼管杭は道路橋示方書に基づき剛性を設定した杭頭バネ要素でモデル化する。モデル概念図を図 3－3，要素分割図を図 3－4，鉄筋コンクリート部材の材料特性を図 3－5 及び図 3－6 に示す。



＜凡例＞
非線形積層シェル要素：
杭頭ばね要素：

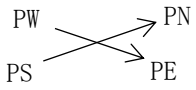
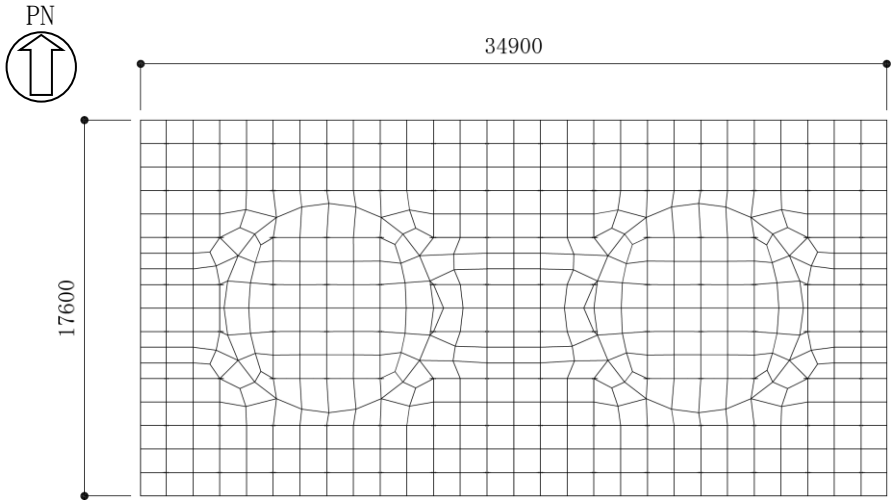
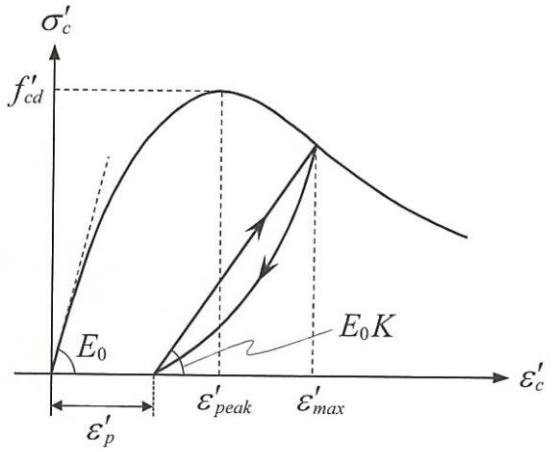


図 3－3　モデル概念図



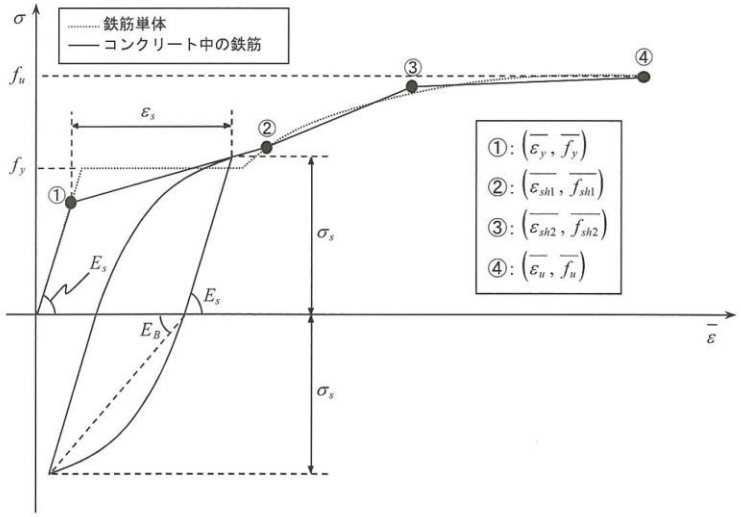
（単位：mm）

図 3－4　要素分割図



（コンクリート標準示方書［設計編］（土木学会，2012 年）より引用）

図 3－5　コンクリートの非線形特性



（コンクリート標準示方書［設計編］（土木学会，2012 年）より引用）

図 3－6　鉄筋の非線形特性

(2)　照査時刻

軽油タンク基礎は軽油タンクを間接支持する構造物であり，その耐震評価には軽油タンクからの外力が大きく影響する。

鉄筋コンクリート部材の照査時刻は，V-2-2-17「軽油タンク基礎の地震応答計算書」に基づく地震応答解析において軽油タンクの圧縮軸力及びモーメントがそれぞれ最大となる時刻とする。

(3)　入力荷重

3 次元構造解析の入力荷重は，設計値及びV-2-2-17「軽油タンク基礎の地震応答計算書」より得られた地震応答解析に基づく「(2)　照査時刻」で選定した照査時刻における応答値を用いて算定する。入力荷重の一覧を表 3－3 に示す。

表 3－3　3 次元構造解析における入力荷重

区分	種別	考慮する荷重
主荷重	固定荷重	躯体自重
	積載荷重	付帯設備自重，機器・配管荷重
	常時土圧	基礎版側面に作用する常時土圧
	常時水圧	基礎版側面，底面に作用する常時水圧
地震時の影響	地震荷重	躯体に作用する慣性力
		付帯設備，機器・配管に作用する慣性力
		軽油タンクによる荷重
	地震時土圧	基礎版側面に作用する地震時土圧
	地震時水圧	基礎版側面に作用する地震時水圧

3.4.2　鋼管杭の評価

Ⅴ-2-2-17「軽油タンク基礎の地震応答計算書」に基づく地震応答解析により算定した鋼管杭の照査用曲率及び照査用せん断力が，「3.3.2　鋼管杭に対する許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

3.4.3　基礎地盤の支持性能評価

Ⅴ-2-2-17「軽油タンク基礎の地震応答計算書」に基づく地震応答解析により算定した杭頭に生じる鉛直力が，「3.3.3　基礎地盤の支持性能に対する許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

4.　構造部材の地震時応答

4.1　鉄筋コンクリート部材

3 次元構造解析に基づく鉄筋コンクリート部材の曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻でのひずみ分布を図 4－1，せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力分布を図 4－2 に示す。

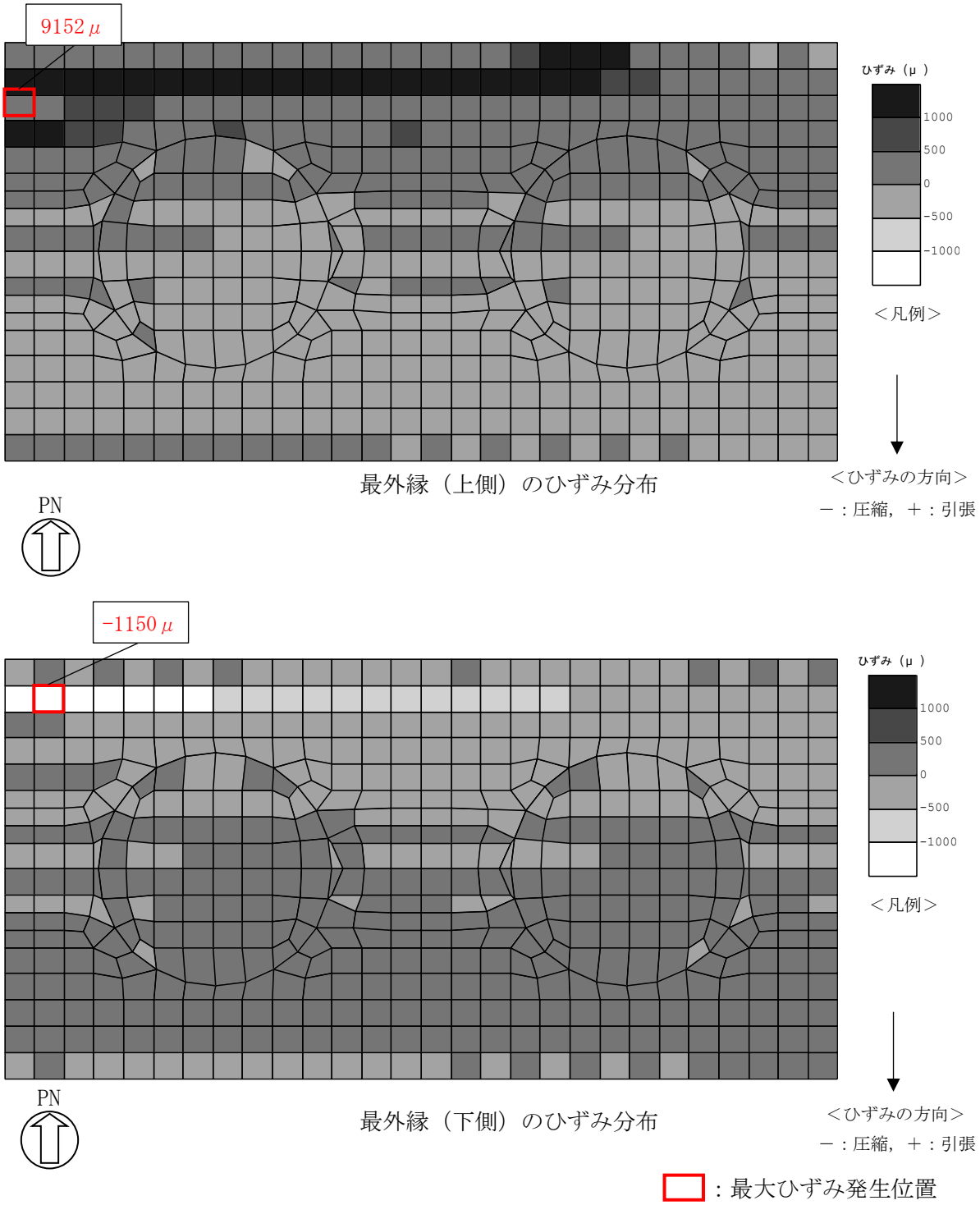
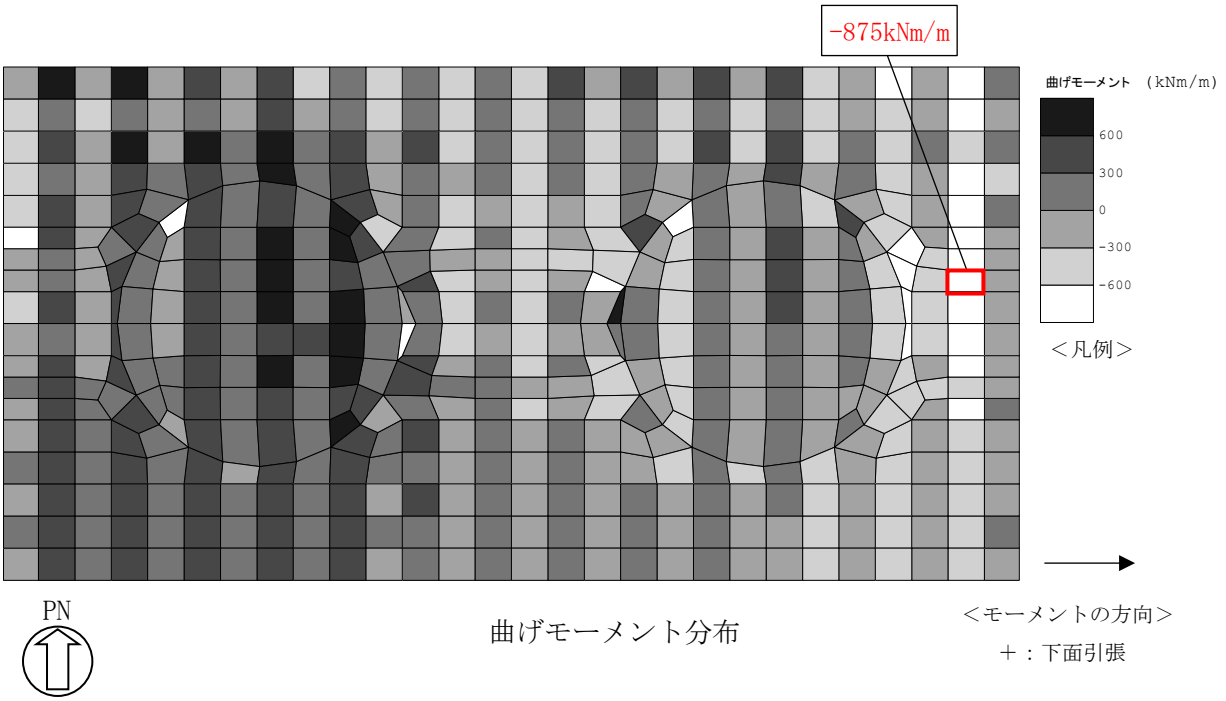


図 4－1　鉄筋コンクリート部材の曲げ軸力照査値最大時のひずみ分布図
（解析ケース①，Ss-1－＋，t＝5.83s）



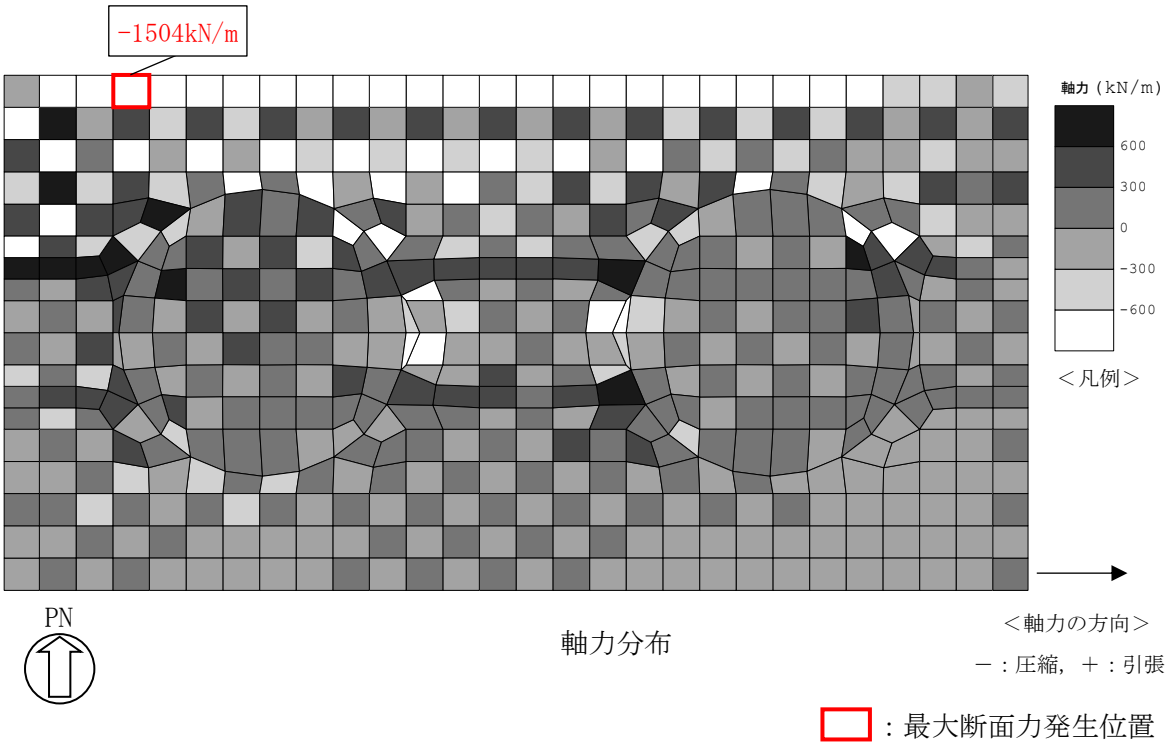


図 4－2（1） 鉄筋コンクリート部材のせん断力照査値最大時の断面力分布図
（解析ケース③，Ss-8＋＋，t＝8.12s）

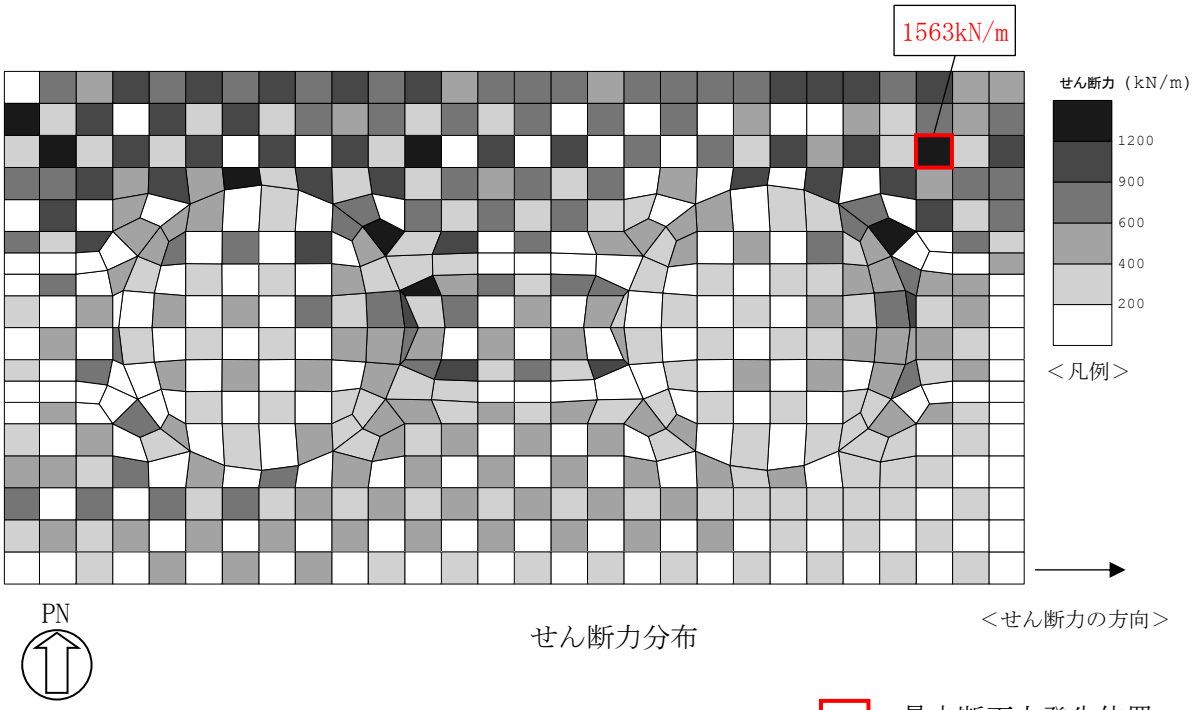
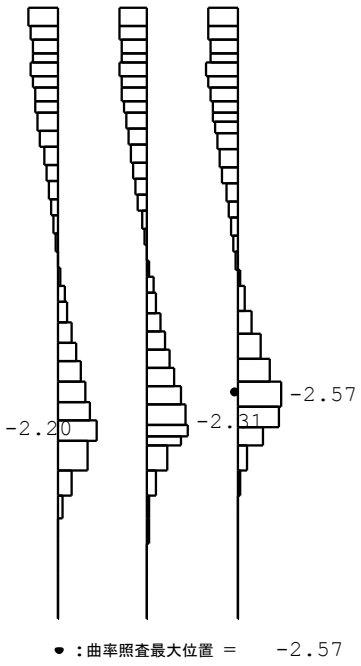


図 4－2（2） 鉄筋コンクリート部材のせん断力照査値最大時の断面力分布図
（解析ケース③，Ss-8＋＋，t＝8.12s）

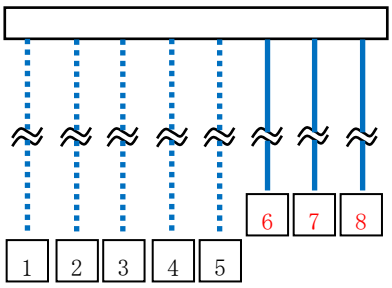
4.2　鋼管杭

地震応答解析結果に基づく鋼管杭の曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での曲率分布を図 4－3，せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力分布を図 4－4 に示す。



曲率（×10^{-3} 1／m）

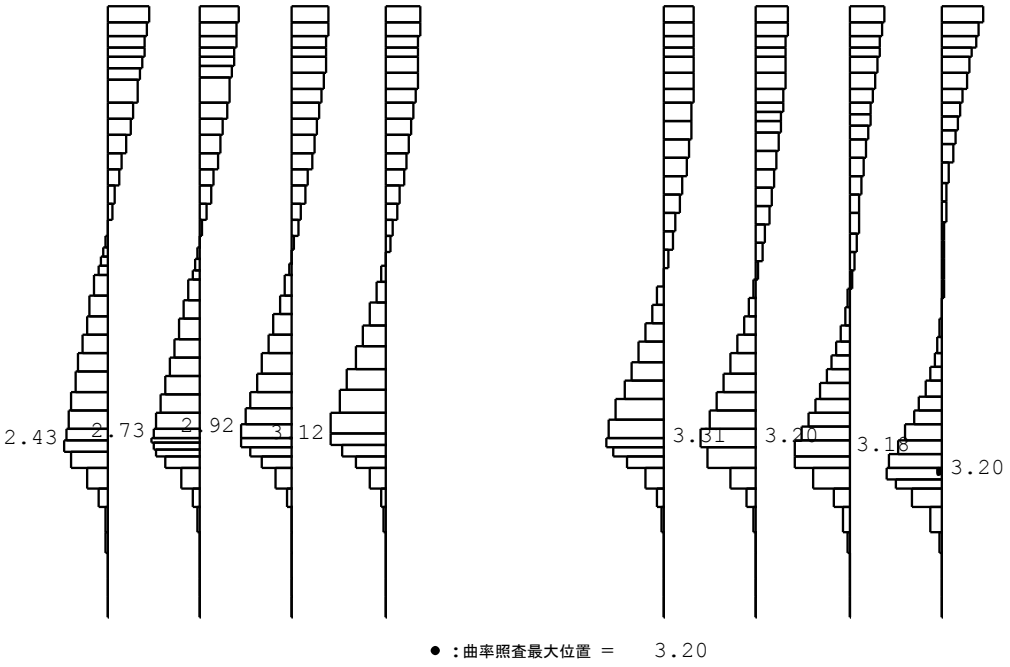
照査値が最大となる肉厚 14mm（杭頭部 16mm）の杭



評価位置（赤字：評価対象）

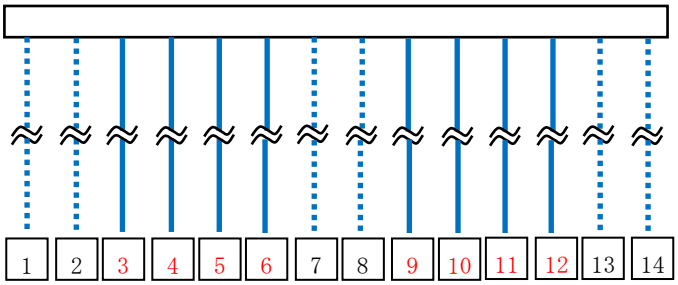
図 4－3（1）　鋼管杭の曲げ軸力照査値最大時の曲率分布図

（Ａ－Ａ断面，解析ケース①，Ss-3＋－，ｔ＝36.64s）



曲率（$\times 10^{-3}$ 1／m）

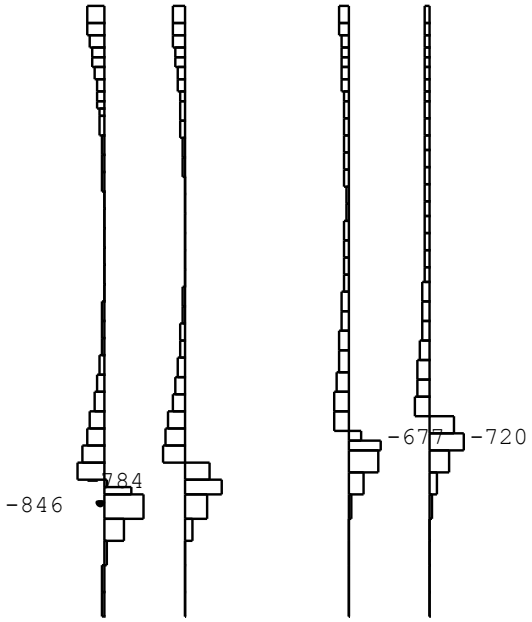
照査値が最大となる肉厚 12mm の杭



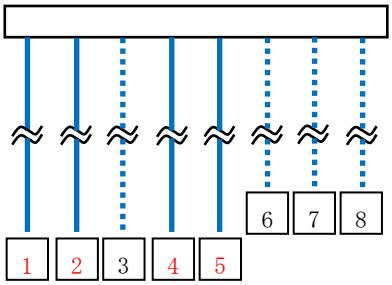
評価位置（赤字：評価対象）

図 4－3（2） 鋼管杭の曲げ軸力照査値最大時の曲率分布図

（Ｂ－Ｂ断面，解析ケース③，Ss-7EW，ｔ＝60.07s）

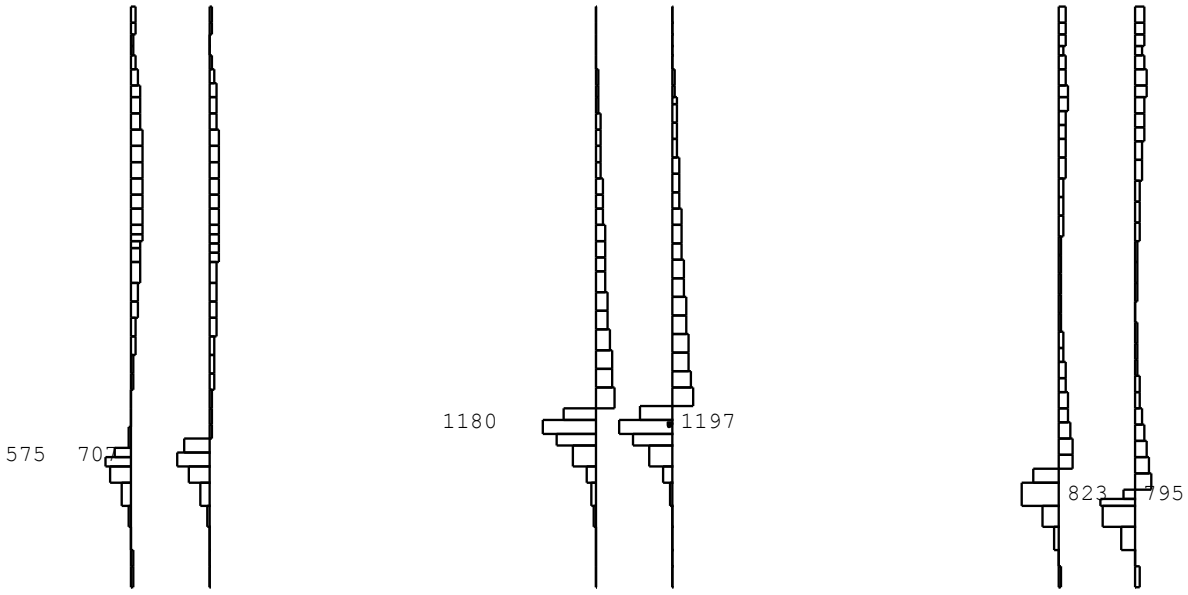


せん断力（kN）
照査値が最大となる肉厚 14mm の杭



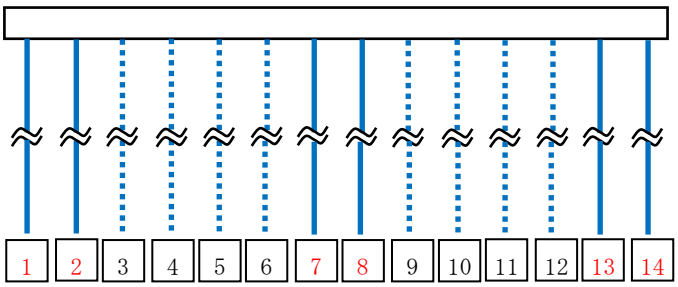
評価位置（赤字：評価対象）

図 4－4（1） 鋼管杭のせん断力照査値最大時の断面力分布図
（A－A断面，解析ケース①，Ss-3－＋，t＝36.62s）



せん断力（kN）

照査値が最大となる肉厚 14mm の杭



評価位置（赤字：評価対象）

図 4－4（2） 鋼管杭のせん断力照査値最大時の断面力

（Ｂ－Ｂ断面，解析ケース③，Ss-7EW，ｔ＝58.33s）

5.　耐震評価結果

5.1　鉄筋コンクリート部材に対する評価結果

鉄筋コンクリート部材の曲げ軸力照査における最大照査値を表 5－1，鉄筋コンクリート部材のせん断力照査における最大照査値を表 5－2 に示す。鉄筋コンクリート部材の照査用圧縮ひずみ及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 5－1　鉄筋コンクリート部材の曲げ軸力照査における最大照査値

解析ケース	地震動	照査用圧縮ひずみ* ε_d（μ）	限界ひずみ ε_r（μ）	照査値 $\varepsilon_d / \varepsilon_r$
①	Ss-1－＋	1381	10000	0.14

注記＊　：照査用圧縮ひずみ ε_d＝圧縮縁の発生ひずみ ε ×構造解析係数 γ_a

表 5－2　鉄筋コンクリート部材のせん断力照査における最大照査値

解析ケース	地震動	照査用せん断力* V_d（kN）	せん断耐力 V_{yd}（kN）	照査値 V_d / V_{yd}
③	Ss-8＋＋	1641	2195	0.75

注記＊　：照査用せん断力 V_d＝発生せん断力×構造解析係数 γ_a

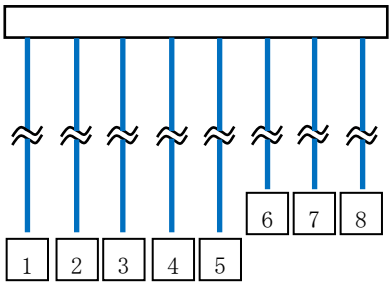
5.2　鋼管杭に対する評価結果

鋼管杭の曲げ軸力照査における最大照査値を表　5－3，鋼管杭のせん断力照査における最大照査値を表　5－4 に示す。鋼管杭の照査用曲率及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 5－3（1）　鋼管杭の曲げ軸力照査における最大照査値（Ａ－Ａ断面）

評価位置	解析ケース	地震動	照査用曲率* ϕ_d（1／m）	終局曲率 ϕ_u（1／m）	照査値 ϕ_d / ϕ_u
8（肉厚 14mm［杭頭部 16mm］の杭）	①	Ss-3＋－	2.71×10^{-3}	1.24×10^{-2}	0.22

注記＊　：照査用曲率 ϕ_d ＝発生曲率×構造解析係数 γ_a

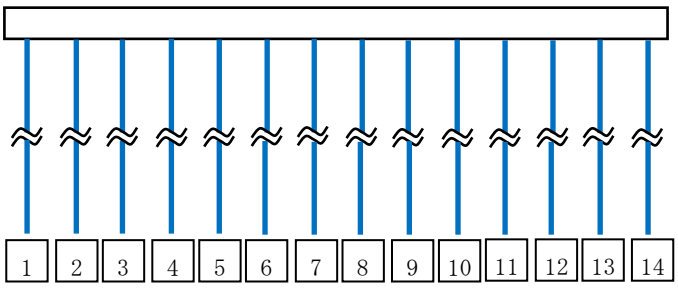


評価位置

表 5－3（2）　鋼管杭の曲げ軸力照査における最大照査値（Ｂ－Ｂ断面）

評価位置	解析ケース	地震動	照査用曲率* ϕ_d（1／m）	終局曲率 ϕ_u（1／m）	照査値 ϕ_d / ϕ_u
12（肉厚 12mm の杭）	③	Ss-7EW	3.37×10^{-3}	1.16×10^{-2}	0.30

注記＊　：照査用曲率 ϕ_d ＝発生曲率×構造解析係数 γ_a

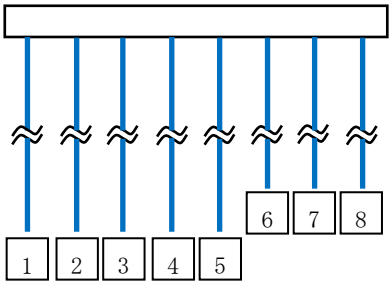


評価位置

表 5－4（1） 鋼管杭のせん断力照査における最大照査値（Ａ－Ａ断面）

評価位置	解析ケース	地震動	照査用せん断力* Q_d (kN)	終局せん断強度 Q_u (kN)	照査値 Q_d / Q_u
1 （肉厚 14mm の杭）	①	Ss-3－＋	889	1977	0.45

注記＊ ：照査用せん断力Q_d＝発生せん断力×構造解析係数γ_a

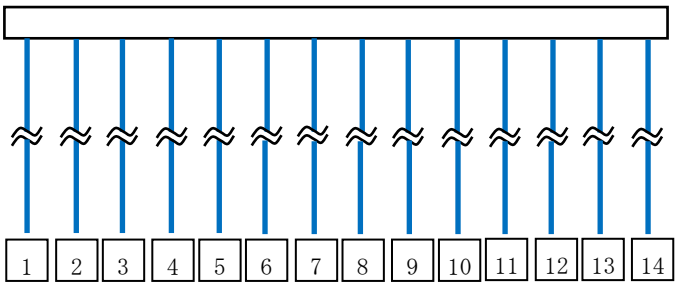


評価位置

表 5－4（2） 鋼管杭のせん断力照査における最大照査値（Ｂ－Ｂ断面）

評価位置	解析ケース	地震動	照査用せん断力* Q_d (kN)	終局せん断強度 Q_u (kN)	照査値 Q_d / Q_u
8 （肉厚 14mm の杭）	③	Ss-7EW	1257	1977	0.64

注記＊ ：照査用せん断力Q_d＝発生せん断力×構造解析係数γ_a



評価位置

5.3　基礎地盤の支持性能に対する評価結果

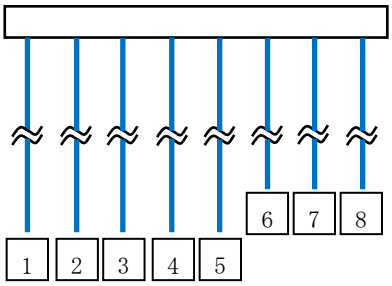
基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 5－5 に示す。

軽油タンク基礎の基礎地盤に発生する最大鉛直力が許容限界以下であることを確認した。

表 5－5（1）　基礎地盤の支持性能照査における最大照査値（Ａ－Ａ断面）

評価位置	解析ケース	地震動	最大鉛直力 R_a（kN）	終局鉛直支持力* R_{ua}（kN）	照査値 $R_a／R_{ua}$
8（肉厚 14mm［杭頭部 18mm］の杭）	①	Ss-1＋＋	1499	6426	0.24

注記＊　：終局鉛直支持力R_{ua}＝極限支持力R_u÷安全率

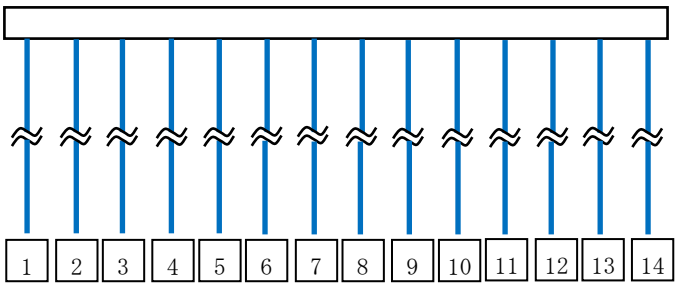


評価位置

表 5－5（2）　基礎地盤の支持性能照査における最大照査値（Ｂ－Ｂ断面）

評価位置	解析ケース	地震動	最大鉛直力 R_a（kN）	終局鉛直支持力* R_{ua}（kN）	照査値 $R_a／R_{ua}$
1（肉厚 14mm［杭頭部 18mm］の杭）	①	Ss-2EW	1991	6356	0.32

注記＊　：終局鉛直支持力R_{ua}＝極限支持力R_u÷安全率



評価位置

別紙　付帯設備の耐震評価

目　次

1. 概要 …… 1
2. 基本方針 …… 1
2.1 構造概要 …… 1
2.2 評価方針 …… 3
3. 耐震評価 …… 5
3.1 張出しダクト …… 5
3.1.1 評価対象断面 …… 5
3.1.2 解析モデル …… 7
3.1.3 材料特性 …… 8
3.1.4 照査用震度 …… 10
3.1.5 入力荷重 …… 10
3.1.6 許容限界 …… 10
3.1.7 評価結果 …… 11
3.2 張出し基礎 …… 12
3.2.1 評価対象断面 …… 12
3.2.2 解析モデル …… 13
3.2.3 材料特性 …… 13
3.2.4 照査用震度 …… 16
3.2.5 入力荷重 …… 16
3.2.6 許容限界 …… 16
3.2.7 評価結果 …… 17
3.3 防油堤の耐震評価 …… 18
3.3.1 評価対象断面 …… 18
3.3.2 解析モデル …… 19
3.3.3 材料特性 …… 20
3.3.4 照査用震度 …… 22
3.3.5 入力荷重 …… 22
3.3.6 許容限界 …… 22
3.3.7 評価結果 …… 23
4. まとめ …… 24

1. 概要

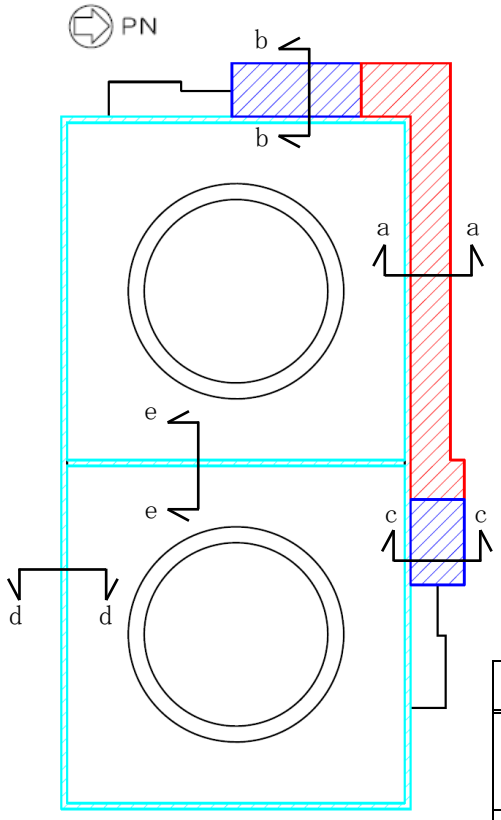
本資料は，軽油タンク基礎の付帯設備のうち，Ｓクラス施設を間接支持する張出しダクト，張出し基礎及び防油堤が，基準地震動Ｓｓに対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認するものである。

軽油タンク基礎の付帯設備に要求される機能の維持を確認するにあたっては，V-2-2-17「軽油タンク基礎の地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき，2 次元静的応力解析による構造部材の健全性評価により行う。

2. 基本方針

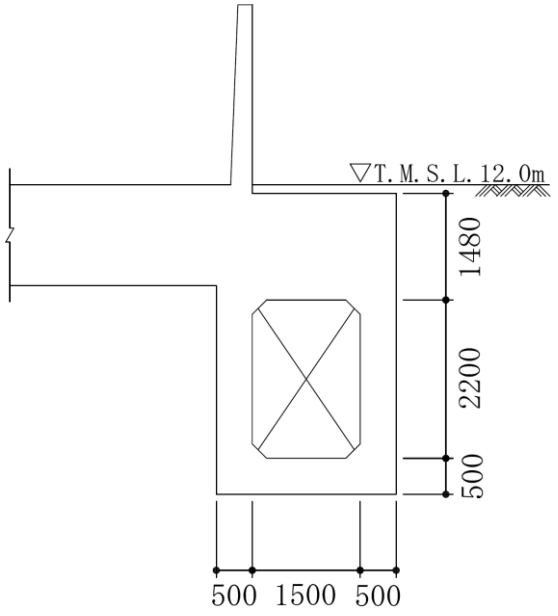
2.1 構造概要

評価対象とする付帯設備の配置図を図 2－1，各付帯設備の断面図を図 2－2～図 2－4 に示す。



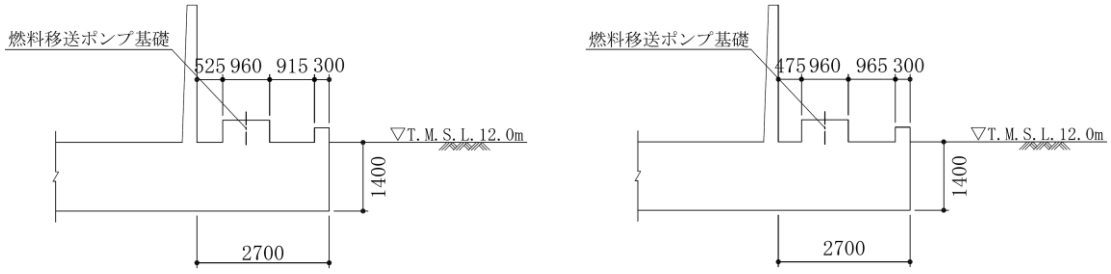
凡例	設備名称	Ｓクラス施設
	張出しダクト	非常用ディーゼル発電設備 燃料油系配管
	張出し基礎	燃料移送ポンプ
	防油堤	非常用ディーゼル発電設備 燃料油系配管

図 2－1　評価対象とする付帯設備の配置図



（単位：mm）

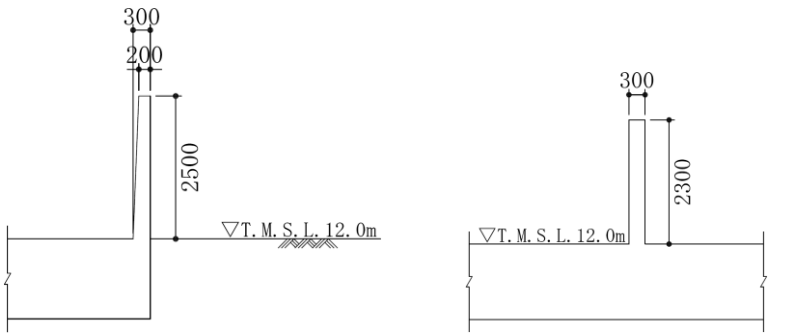
図 2－2　張出しダクト断面図（a－a 断面）



（b－b 断面）　（c－c 断面）

（単位：mm）

図 2－3　張出し基礎断面図



（d－d 断面）　（e－e 断面）

（単位：mm）

図 2－4　防油堤断面図

2.2　評価方針

付帯設備の耐震評価フローを図 2－5，各付帯設備の評価項目を表 2－1 に示す。

軽油タンク基礎の付帯設備の耐震評価は，Ⅴ-2-2-17「軽油タンク基礎の地震応答計算書」に基づく地震応答解析の応答値を用いて 2 次元静的応力解析を実施し，鉄筋コンクリート部材の照査用層間変形角，照査用曲げモーメント及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確認する。

2 次元静的応力解析には解析コード「ＴＤＡＰⅢ」を用いる。なお，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

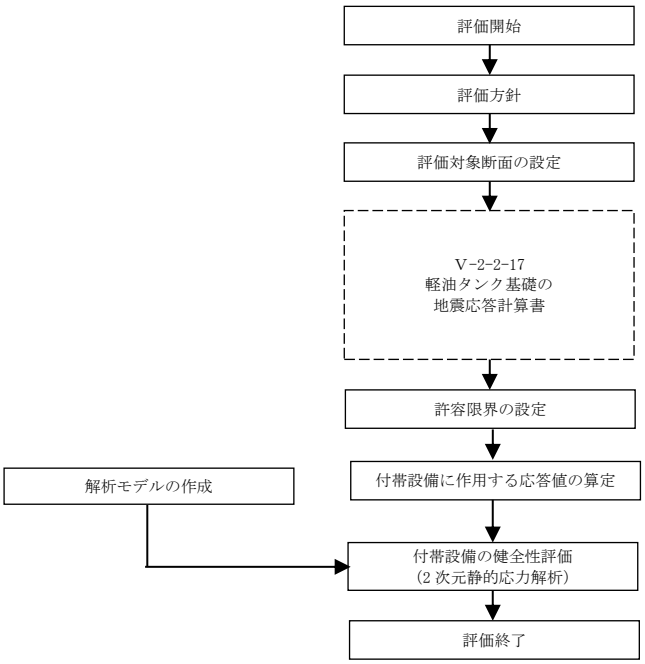


図 2－5　付帯設備の耐震評価フロー

表 2－1　付帯設備の評価項目

付帯設備	評価項目	適用規格	評価内容
張出しダクト	曲げ軸力	原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005 年）	限界層間変形角を設定した上で，発生層間変形角が限界層間変形角以下であることを確認する*。
	せん断力	コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（土木学会，2002 年）	発生せん断力が終局せん断強度以下であることを確認する*。
張出し基礎	曲げ軸力	コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（土木学会，2002 年）	発生曲げモーメントが終局曲げ耐力以下であることを確認する*。
	せん断力		発生せん断力が終局せん断強度以下であることを確認する*。
防油堤	曲げ軸力	コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（土木学会，2002 年）	発生曲げモーメントが終局曲げ耐力以下であることを確認する*。
	せん断力		発生せん断力が終局せん断強度以下であることを確認する*。

注記　＊：妥当な安全余裕を考慮する。

3.　耐震評価

3.1　張出しダクト

3.1.1　評価対象断面

張出しダクトは，Ｓクラス施設である非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管を間接支持する構造物である。張出しダクトは，耐震補強工事として頂版と軽油タンク基礎版との間に増厚を実施している。

張出しダクトの評価対象断面を図 3－1，概略配筋図を図 3－2 に示す。

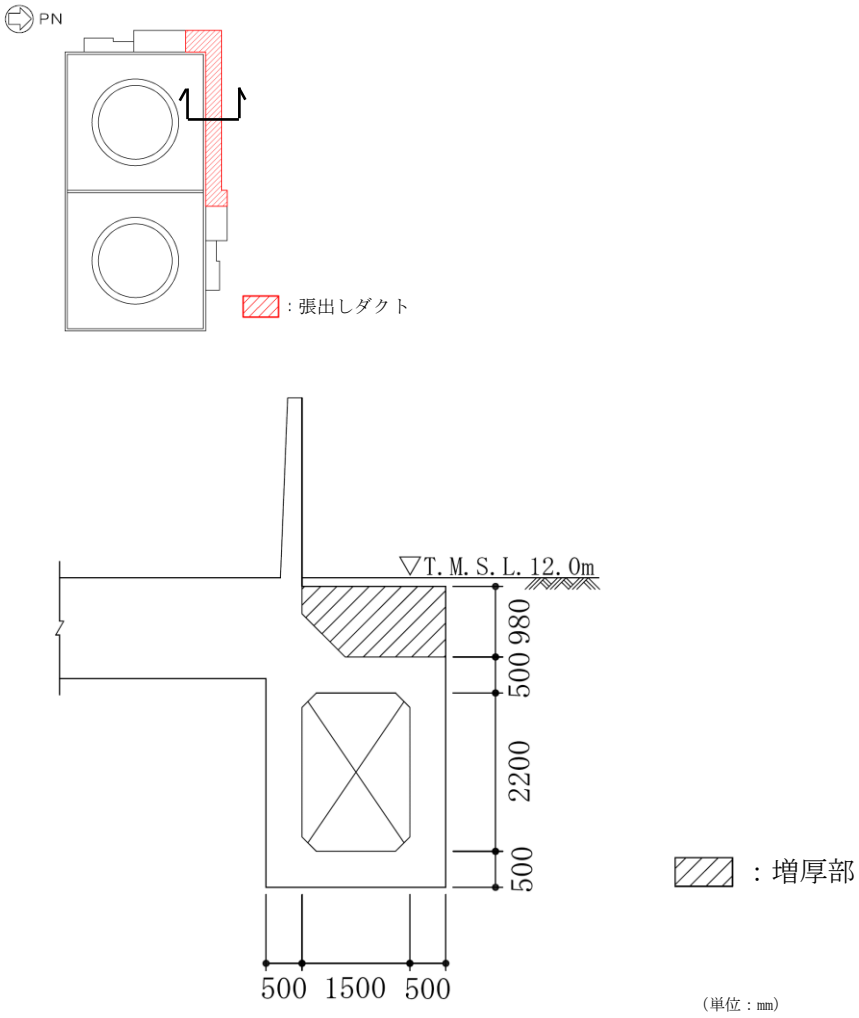


図 3－1　張出しダクトの評価対象断面

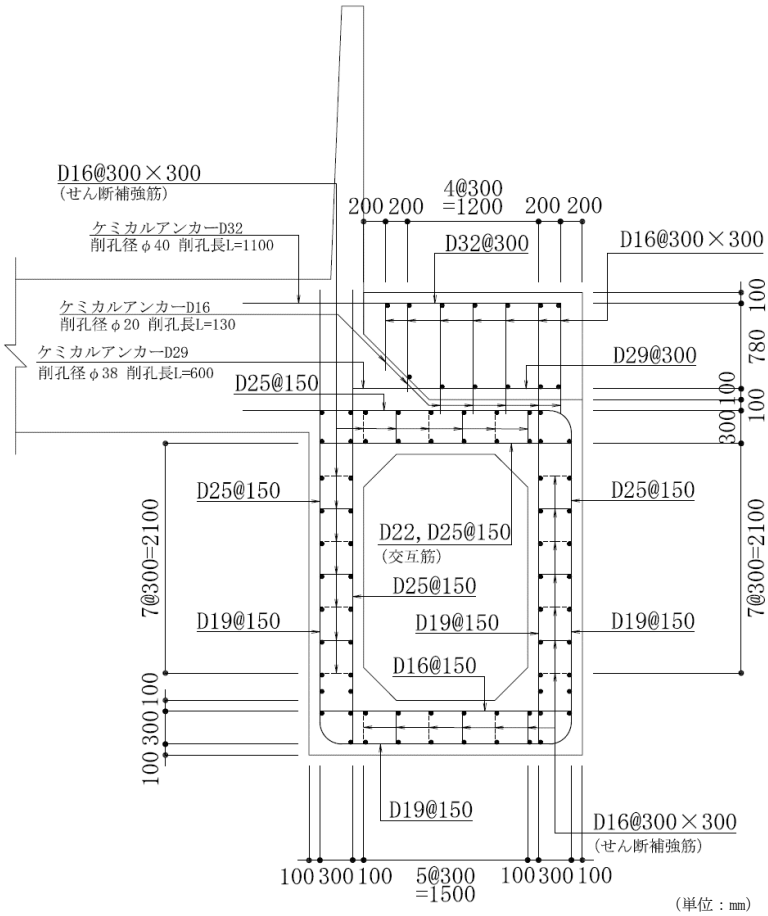


図 3－2　張出しダクトの概略配筋図

3.1.2　解析モデル

図 3－1 に示す評価対象断面に基づき，張出しダクトの解析モデルを図 3－3 に示すとおり設定する。ダクト躯体を非線形はり要素でモデル化し，隅角部にはコンクリート標準示方書［構造性能照査編］（土木学会，2002 年）（以下「コンクリート標準示方書」という。）に基づき剛域を設定する。また，軽油タンク基礎版と結合している範囲は剛域とし，上端部は固定とする。

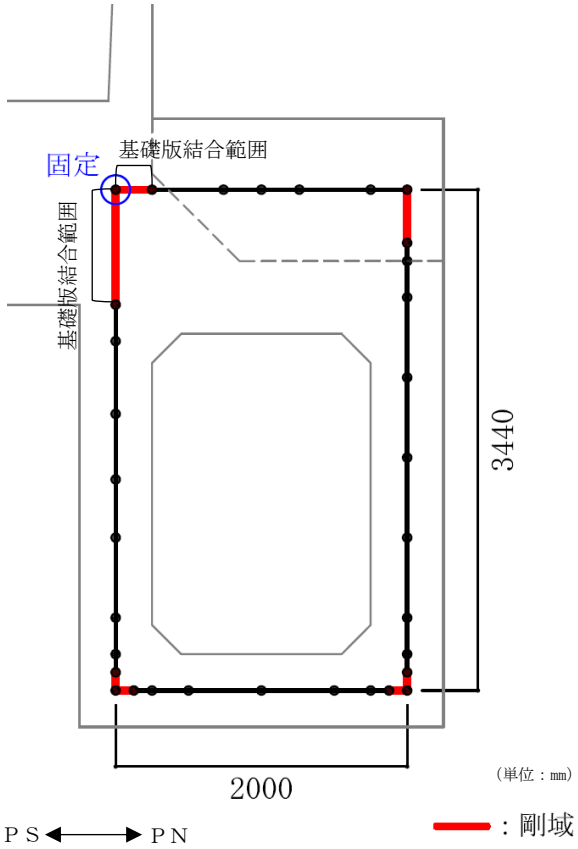


図 3－3　張出しダクトの解析モデル

3.1.3　材料特性

(1)　使用材料及び材料物性値

使用材料を表 3－1，材料物性値を表 3－2 に示す。

表 3－1　使用材料

材料	諸元
コンクリート	設計基準強度　23.5 N/mm^2
鉄筋	SD35（SD345 相当）

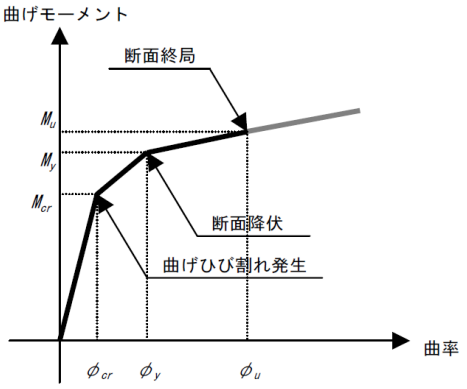
表 3－2　材料物性値

材料	単位体積重量 (kN/m^3)	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比
鉄筋コンクリート	23.5*	2.45×10^4*	0.2*

注記＊　：建設時の設計値に基づく

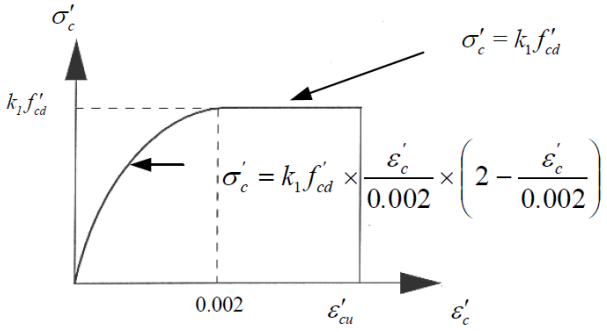
(2)　鉄筋コンクリートの非線形特性

鉄筋コンクリート部材は，図 3－4～図 3－6 に示す非線形特性及び履歴特性を考慮する。



（原子力発電所屋外重要構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005 年）より引用）

図 3－4　鉄筋コンクリート部材のM-φ関係

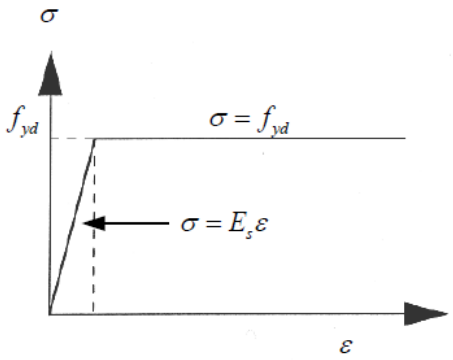


$$k_1 = 1 - 0.003 f'_{ck} \leq 0.85$$

$$\varepsilon'_{cu} = \frac{155 - f'_{ck}}{30000} \qquad 0.0025 \leq \varepsilon'_{cu} \leq 0.0035$$

ここで，f'_{ck} の単位は $\mathrm{N/mm^2}$

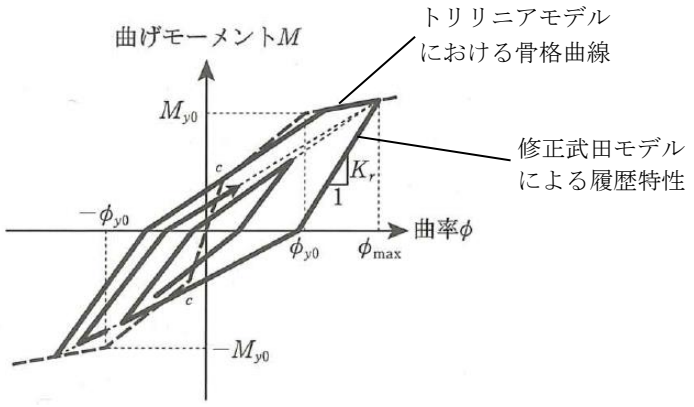
(1)　コンクリートの応力－ひずみ関係



(2)　鉄筋の応力－ひずみ関係

（原子力発電所屋外重要構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005 年）より引用）

図 3－5　構造部材の非線形特性



（道路橋示方書（Ⅴ耐震設計編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）より引用（一部加筆））

図 3－6　鉄筋コンクリート部材の履歴特性

3.1.4　照査用震度

張出しダクトの照査用震度は，V-2-2-17「軽油タンク基礎の地震応答計算書」に基づく地震応答解析の結果より，軽油タンク基礎の張出しダクト設置位置における応答加速度から算定する。設定した照査用震度を表 3－3 に示す。

表 3－3　照査用震度の設定

加振方向	解析ケース	地震動	照査用震度
水平	⑤	Ss-8＋＋	0.71
鉛直	⑤	Ss-8＋＋	0.25

3.1.5　入力荷重

張出しダクトの耐震評価における入力荷重を表 3－4 に示す。張出しダクトの入力荷重は，「3.1.4　照査用震度」で設定した照査用震度，固定荷重，積載荷重及びV-2-2-17「軽油タンク基礎の地震応答計算書」に基づく地震応答解析の応答値を用いて算定する。

なお，張出しダクトは埋設構造物であるため，積雪は考慮しない。

表 3－4　張出しダクトの耐震評価における入力荷重

区分	種別	考慮する荷重
主荷重	固定荷重	自重
	積載荷重	配管荷重
	常時土圧	ダクト側壁に作用する常時土圧
	常時水圧	ダクト側壁，底版に作用する常時水圧
地震時の影響	地震荷重	ダクト躯体，配管に作用する慣性力
	地震時土圧	ダクト側壁に作用する地震時土圧
	地震時水圧	ダクト側壁に作用する地震時水圧

3.1.6　許容限界

(1)　曲げ軸力に対する許容限界

曲げ軸力に対する許容限界は，原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005 年）に基づき限界層間変形角（層間変形角 1/100）とする。

(2)　せん断力に対する許容限界

せん断力に対する許容限界は，コンクリート標準示方書に基づき，終局せん断強度とする。

3.1.7　評価結果

(1)　曲げ軸力に対する評価結果

張出しダクトの曲げ軸力照査における最大照査値を表 3－5 に示す。照査結果より，張出しダクトの照査用層間変形角が許容限界以下であることを確認した。

表 3－5　曲げ軸力照査結果

照査用層間変形角* R_d	限界層間変形角 R_u	照査値 R_d/R_u
8.40×10^{-4}	1.0×10^{-2}	0.09

注記＊　：照査用層間変形角R_d＝最大層間変形角R×構造解析係数γ_a

(2)　せん断力に対する評価結果

張出しダクトのせん断力照査における最大照査値を表 3－6，評価位置を図 3－7 に示す。照査結果より，張出しダクトの照査用せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 3－6　せん断力照査結果

評価位置		照査用せん断力* V_d (kN)	終局せん断強度 V_{yd} (kN)	照査値 V_d/V_{yd}
頂版	1	164	803	0.21
側壁上部	2	222	801	0.28
側壁下部	3	130	419	0.32
底版	6	99	421	0.24

注記＊　：照査用せん断力V_d＝発生せん断力×構造解析係数γ_a

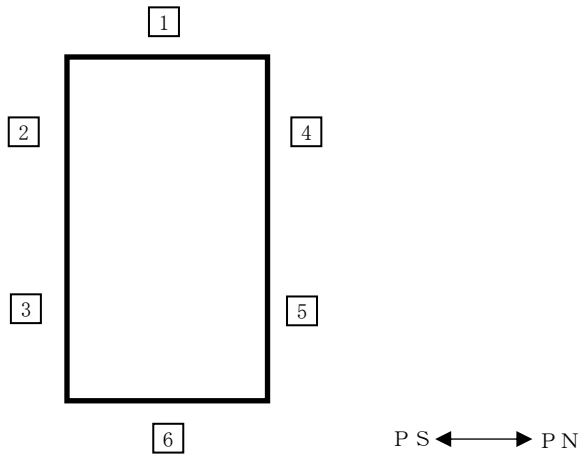
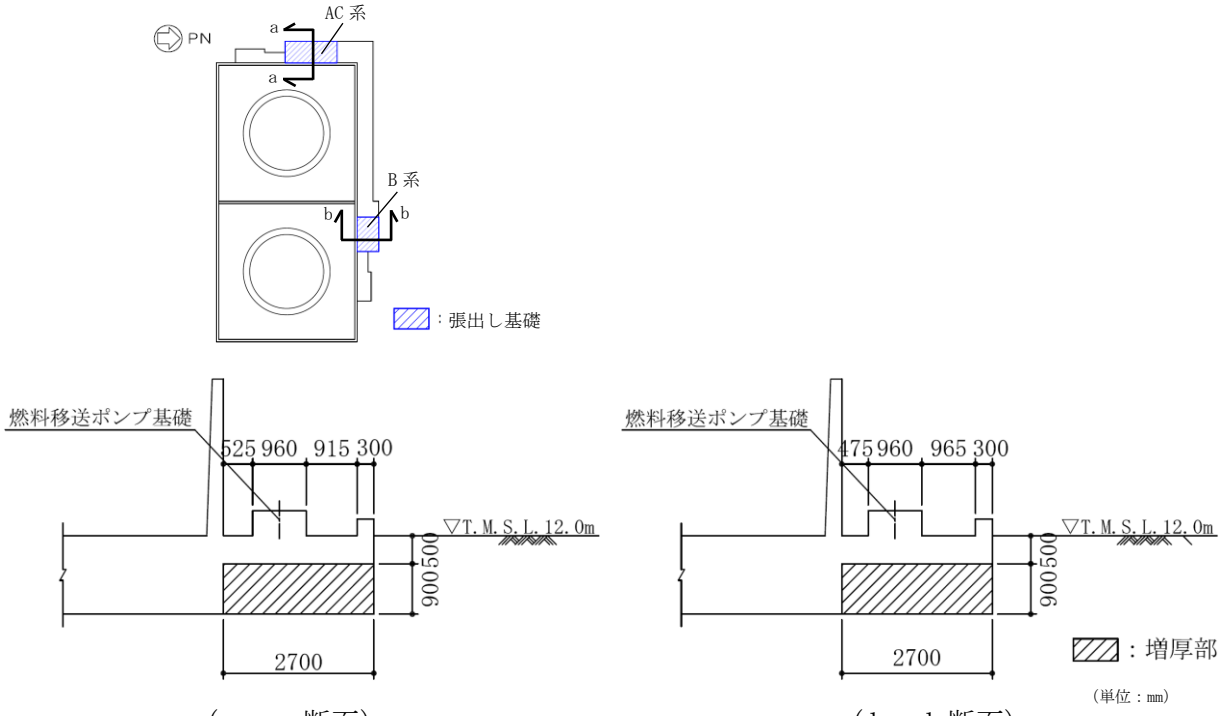


図 3－7　評価位置

3.2　張出し基礎

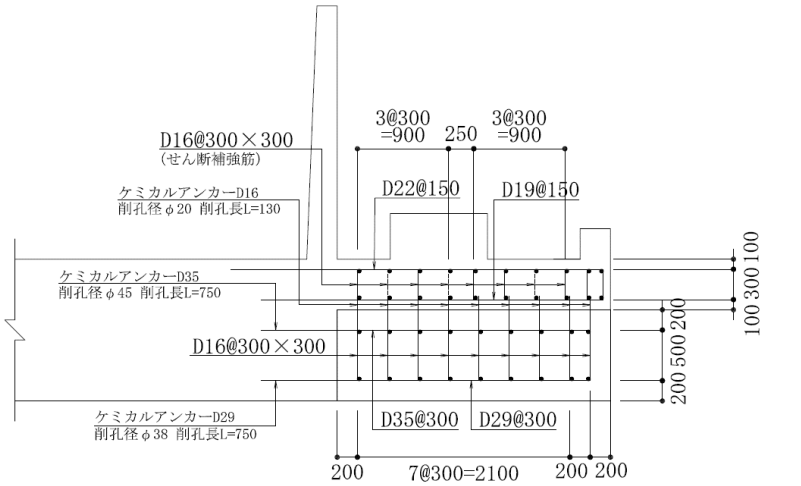
3.2.1　評価対象断面

張出し基礎は，Ｓクラス施設である燃料移送ポンプを間接支持する構造物である。張出し基礎の評価対象断面を図 3－8，概略配筋図を図 3－9 に示す。張出し基礎は軽油タンク基礎西面にＡＣ系，北面にＢ系が設置されている。張出し基礎は，耐震補強工事としてＡＣ系及びＢ系ともに増厚を実施している。



（ａ－ａ断面）　　（ｂ－ｂ断面）

図 3－8　張出し基礎の評価対象断面



（ａ－ａ断面）

図 3－9　張出し基礎の概略配筋図＊

注記＊　：増厚部の配筋の仕様はａ－ａ断面とｂ－ｂ断面で同様である。

3.2.2　解析モデル

図 3－8 に示す評価対象断面に基づき，張出し基礎の解析モデルを図 3－10 に示すとおり設定する。張出し基礎は，非線形はり要素を用いた片持ちばりでモデル化する。

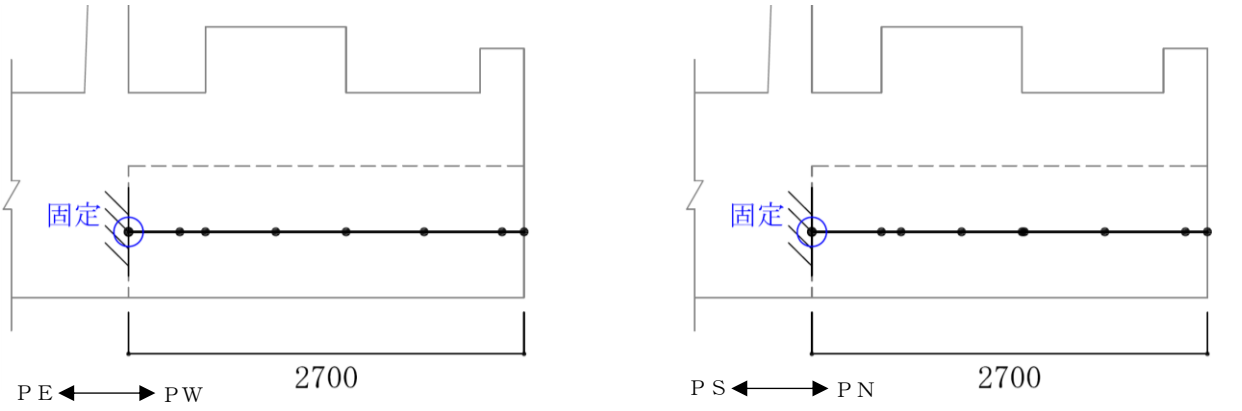


図 3－10　張出し基礎の解析モデル

3.2.3　材料特性

(1)　使用材料及び材料物性値

使用材料を表 3－7，材料物性値を表 3－8 に示す。

表 3－7　使用材料

材料	諸元
コンクリート	設計基準強度　23.5 N/mm^2
鉄筋	SD35（SD345 相当）

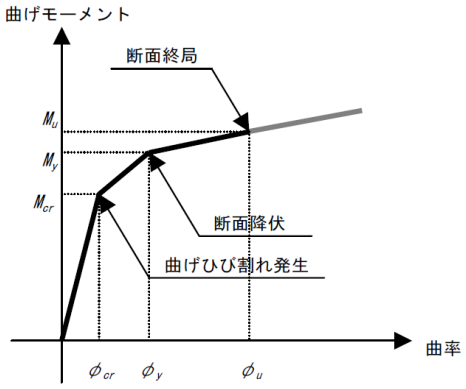
表 3－8　材料物性値

材料	単位体積重量 (kN/m^3)	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比
鉄筋コンクリート	23.5*	2.45×10^4*	0.2*

注記＊　：建設時の設計値に基づく

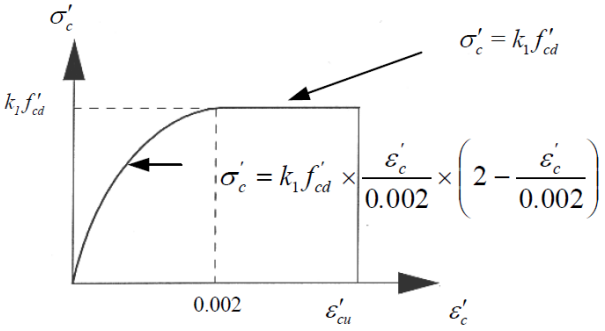
(2)　鉄筋コンクリートの非線形特性

鉄筋コンクリート部材は，図 3－11～図 3－13 に示す非線形特性及び履歴特性を考慮する。



（原子力発電所屋外重要構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005 年）より引用）

図 3－11　張出し基礎のM－φ関係

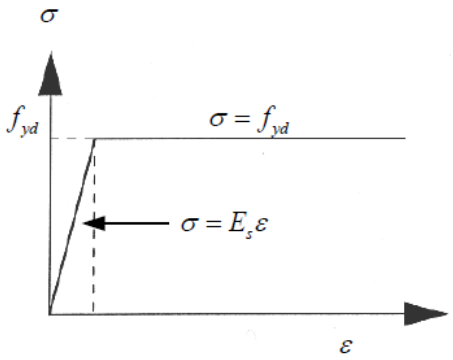


$$k_1 = 1 - 0.003 f_{ck}' \leq 0.85$$

$$\varepsilon_{cu}' = \frac{155 - f_{ck}'}{30000} \qquad 0.0025 \leq \varepsilon_{cu}' \leq 0.0035$$

ここで，f_{ck}' の単位は $\mathrm{N/mm^2}$

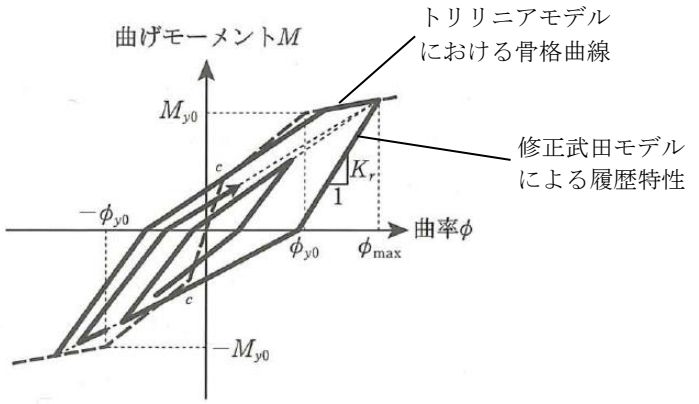
(1)　コンクリートの応力－ひずみ関係



(2)　鉄筋の応力－ひずみ関係

（原子力発電所屋外重要構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005 年）より引用）

図 3－12　構造部材の非線形特性



（道路橋示方書（Ⅴ耐震設計編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）より引用（一部加筆））

図 3－13　鉄筋コンクリート部材の履歴特性

3.2.4　照査用震度

張出し基礎の照査用震度は，V-2-2-17「軽油タンク基礎の地震応答計算書」に基づく地震応答解析の結果より，軽油タンク基礎の張出し基礎設置位置における応答加速度から算定する。設定した照査用震度を表 3－9 に示す。

表 3－9　照査用震度

位置	加振方向	解析ケース	地震動	照査用震度
ＡＣ系	水平	⑤	Ss-8＋＋	0.68
	鉛直	①	Ss-1＋＋	0.82
Ｂ系	水平	⑤	Ss-8＋＋	0.71
	鉛直	①	Ss-1＋＋	0.76

3.2.5　入力荷重

張出し基礎の耐震評価における入力荷重を表 3－10 に示す。張出し基礎の入力荷重は，「3.2.4　照査用震度」で設定した照査用震度，固定荷重，積載荷重及びV-2-2-17「軽油タンク基礎の地震応答計算書」に基づく地震応答解析の応答値を用いて算定する。

なお，張出し基礎はV-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，積載荷重として積雪を考慮する。

表 3－10　張出し基礎の耐震評価における入力荷重

区分	種別	考慮する荷重
主荷重	固定荷重	自重
	積載荷重	非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ， 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板（積雪荷重を含む）
	常時土圧	躯体側面に作用する常時土圧
	常時水圧	躯体側面，底面に作用する常時水圧
地震時の影響	地震荷重	躯体，燃料移送ポンプ，燃料移送ポンプ防護板に作用する慣性力
	地震時土圧	躯体側面に作用する地震時土圧
	地震時水圧	躯体側面に作用する地震時水圧

3.2.6　許容限界

(1)　曲げ軸力に対する許容限界

曲げ軸力に対する許容限界は，コンクリート標準示方書に基づき，終局曲げ耐力とする。

(2)　せん断力に対する許容限界

せん断力に対する許容限界は，コンクリート標準示方書に基づき，終局せん断強度とする。

K7 ① V-2-2-18 別紙 R1

3.2.7　評価結果

(1)　曲げ軸力に対する評価結果

張出し基礎の曲げ軸力照査における最大照査値を表 3－11 に示す。照査結果より，張出し基礎の照査用曲げモーメントが許容限界以下であることを確認した。

表 3－11　曲げ軸力照査結果

位置	照査用曲げモーメント* M_d (kNm)	終局曲げ耐力 M_{ud} (kNm)	照査値 M_d / M_{ud}
ＡＣ系	312	696	0.45
Ｂ系	253	731	0.35

注記＊　：照査用曲げモーメントM_d＝発生曲げモーメント×構造解析係数γ_a

(2)　せん断力に対する評価結果

張出し基礎のせん断力照査における最大照査値を表 3－12 に示す。照査結果より，張出し基礎の照査用せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 3－12　せん断力照査結果

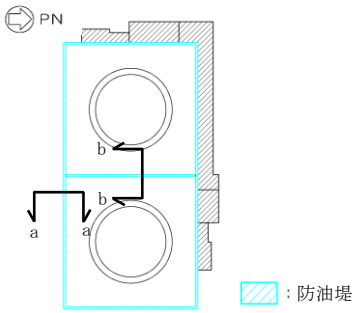
位置	照査用せん断力* V_d (kN)	終局せん断強度 V_{yd} (kN)	照査値 V_d / V_{yd}
ＡＣ系	223	646	0.35
Ｂ系	176	662	0.27

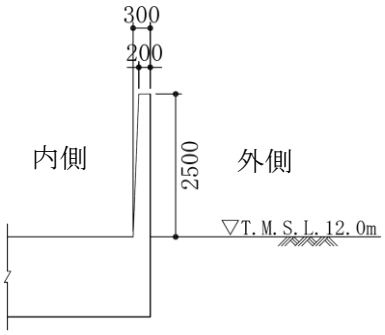
注記＊　：照査用せん断力V_d＝発生せん断力×構造解析係数γ_a

3.3　防油堤の耐震評価

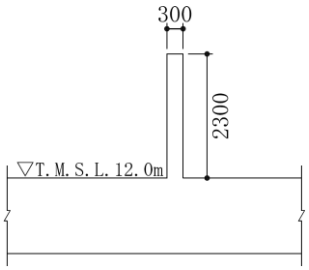
3.3.1　評価対象断面

防油堤は，Ｓクラス施設である非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管を間接支持する構造物である。防油堤の評価対象断面を図 3－14，概略配筋図を図 3－15 に示す。防油堤は軽油タンク基礎の周囲（ａ － ａ 断面）及び中央（ｂ － ｂ 断面）に設置されている。





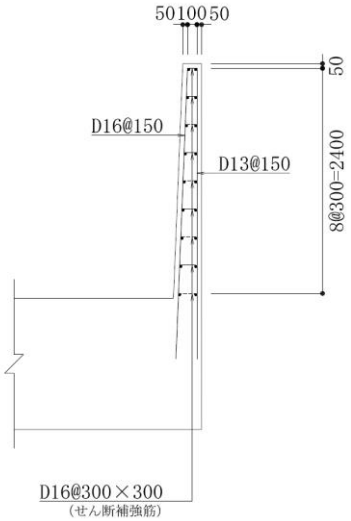
（ａ － ａ 断面）



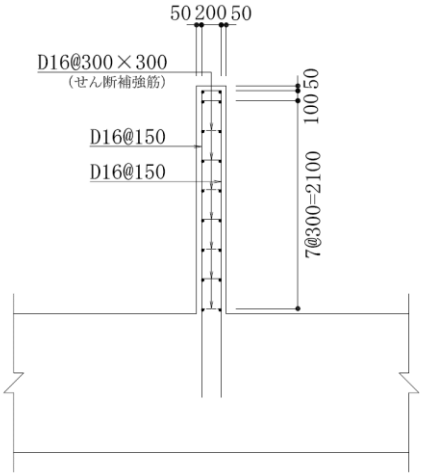
（ｂ － ｂ 断面）

（単位：mm）

図 3－14　防油堤の評価対象断面



（ａ － ａ 断面）



（ｂ － ｂ 断面）

（単位：mm）

図 3－15　防油堤の概略配筋図

3.3.2　解析モデル

図 3－14 に示す評価対象断面に基づき，防油堤の解析モデルを図 3－16 に示すとおり設定する。防油堤は，非線形はり要素を用いた片持ちばりでモデル化する。

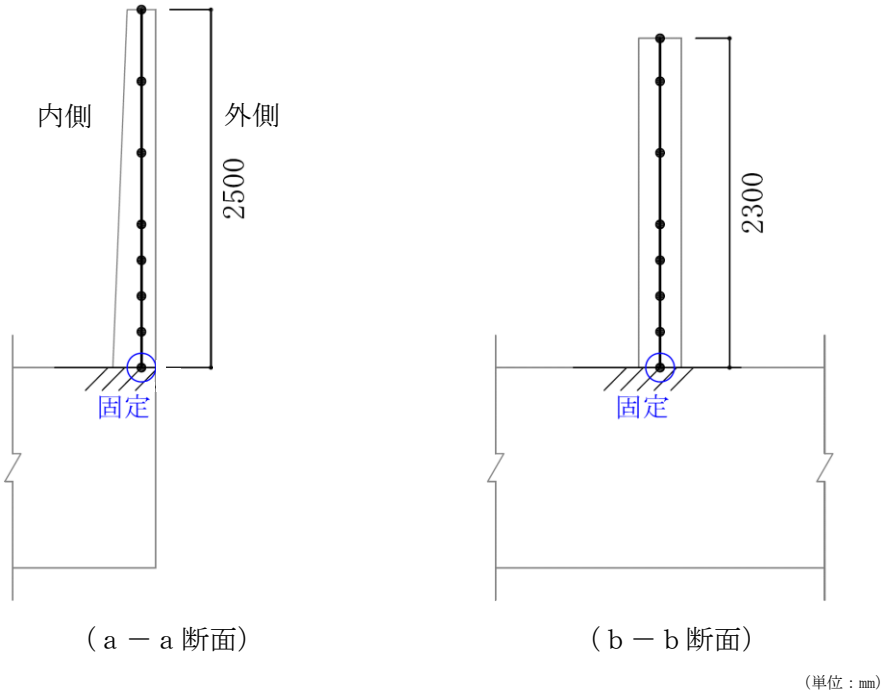


図 3－16　防油堤の解析モデル

3.3.3　材料特性

(1)　使用材料及び材料物性値

使用材料を表 3－13，材料物性値を表 3－14 に示す。

表 3－13　使用材料

材料	諸元
コンクリート	設計基準強度　23.5 N/mm^2
鉄筋	SD35（SD345 相当）

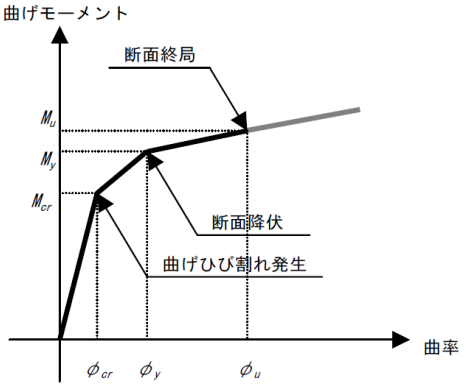
表 3－14　材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m^3)	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比
鉄筋コンクリート	23.5*	2.45×10^4*	0.2*

注記＊　：建設時の設計値に基づく

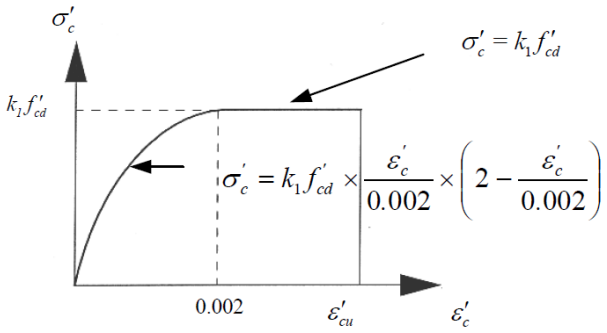
(2)　鉄筋コンクリートの非線形特性

鉄筋コンクリート部材は，図 3－17～図 3－19 に示す非線形特性及び履歴特性を考慮する。

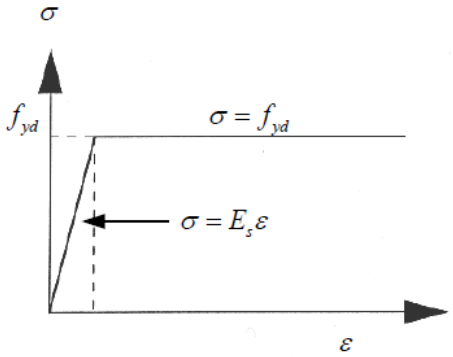


（原子力発電所屋外重要構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005 年）より引用）

図 3－17　防油堤のM-φ関係



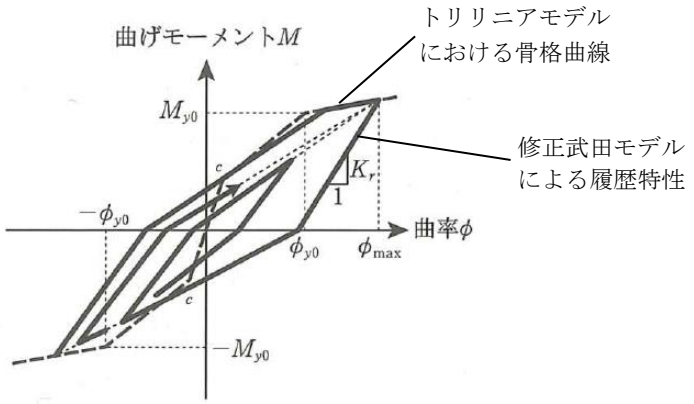
(1)　コンクリートの応力－ひずみ関係



(2)　鉄筋の応力－ひずみ関係

（原子力発電所屋外重要構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005 年）より引用）

図 3－18　構造部材の非線形特性



（道路橋示方書（Ⅴ耐震設計編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）より引用（一部加筆））

図 3－19　鉄筋コンクリート部材の履歴特性

3.3.4　照査用震度

防油堤の照査用震度は，V-2-2-17「軽油タンク基礎の地震応答計算書」に基づく地震応答解析の結果より，軽油タンク基礎の防油堤設置位置における応答加速度から算定する。設定した照査用震度を表 3－15 に示す。

表 3－15　照査用震度の設定

位置	加振方向	解析ケース	地震動	照査用震度
基礎版周囲	水平	⑤ （Ａ－Ａ断面）	Ss-8＋＋	0.70
	鉛直	① （Ｂ－Ｂ断面）	Ss-1－－	0.84
基礎版中央	水平	⑤	Ss-8＋＋	0.67
	鉛直	①	Ss-1＋＋	0.81

3.3.5　入力荷重

防油堤の耐震評価における入力荷重を表 3－16 に示す。防油堤の入力荷重は，「3.3.4 照査用震度」で設定した照査用震度，固定荷重，積載荷重及びV-2-2-17「軽油タンク基礎の地震応答計算書」に基づく地震応答解析の応答値を用いて算定する。

なお，防油堤は積雪による受圧面積が小さいため，積雪は考慮しない。

表 3－16　防油堤の耐震評価における入力荷重

区分	種別	考慮する荷重
主荷重	固定荷重	自重
	積載荷重	配管荷重（基礎版周囲のみ）
地震時の影響	地震荷重	躯体，配管に作用する慣性力

3.3.6　許容限界

(1)　曲げ軸力に対する許容限界

曲げ軸力に対する許容限界は,コンクリート標準示方書に基づき,終局曲げ耐力とする。

(2)　せん断力に対する許容限界

せん断力に対する許容限界は，コンクリート標準示方書に基づき，終局せん断強度とする。

3.3.7　評価結果

(1)　曲げ軸力に対する評価結果

防油堤の曲げ軸力に対する照査結果を表 3－17 に示す。照査結果より，防油堤の照査用曲げモーメントが許容限界以下であることを確認した。

表 3－17　曲げ軸力照査結果

位置	照査用曲げモーメント* M_d (kNm)	終局曲げ耐力 M_{ud} (kNm)	照査値 M_d / M_{ud}
基礎版周囲	13	62	0.21
基礎版中央	12	94	0.13

注記＊　：照査用曲げモーメントM_d＝発生曲げモーメント×構造解析係数γ_a

(2)　せん断力に対する評価結果

防油堤のせん断力に対する照査結果を表 3－18 に示す。照査結果より，防油堤の照査用せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 3－18　せん断力照査結果

位置	照査用せん断力* V_d (kN)	終局せん断強度 V_{yd} (kN)	照査値 V_d / V_{yd}
基礎版周囲	11	250	0.05
基礎版中央	11	267	0.05

注記＊　：照査用せん断力V_d＝発生せん断力×構造解析係数γ_a

4. まとめ

本資料では，軽油タンク基礎の付帯設備のうち，Ｓクラス施設を間接支持する機能を有する張出しダクト，張出し基礎及び防油堤に関して耐震評価を行った。評価の結果，各付帯設備は基準地震動Ｓｓに対して十分な耐震性を有していることを確認した。

Ⅴ-2-2-19　燃料移送系配管ダクトの地震応答計算書

目　次

1. 概要 …… 1
2. 基本方針 …… 2
2.1 位置 …… 2
2.2 構造概要 …… 3
2.3 解析方針 …… 6
2.4 適用基準 …… 8
3. 解析方法 …… 9
3.1 評価対象断面 …… 9
3.2 解析方法 …… 13
3.2.1 鉄筋コンクリート部材 …… 13
3.2.2 鋼管杭 …… 15
3.2.3 地盤 …… 16
3.2.4 減衰定数 …… 17
3.2.5 地震応答解析の解析ケースの選定 …… 17
3.3 荷重及び荷重の組合せ …… 17
3.3.1 耐震評価上考慮する状態 …… 17
3.3.2 荷重 …… 18
3.3.3 荷重の組合せ …… 18
3.4 入力地震動 …… 19
3.5 解析モデル及び諸元 …… 72
3.5.1 解析モデル …… 72
3.5.2 使用材料及び材料物性値 …… 75
3.5.3 地盤，マンメイドロック及び地盤改良体の物性値 …… 75
3.5.4 地下水位 …… 76
4. 解析結果 …… 77
4.1 Ａ－Ａ断面解析結果 …… 77
4.2 Ｂ－Ｂ断面解析結果 …… 130
4.3 Ｃ－Ｃ断面解析結果 …… 183

1. 概要

本資料は，Ⅴ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施する燃料移送系配管ダクトの地震応答解析について説明するものである。

本地震応答解析は，燃料移送系配管ダクトが耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。その際，耐震設計に用いる応答値は，この地震応答解析により構造物に発生する層間変形角，断面力，曲率及び杭頭に発生する鉛直力とする。

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

2.　基本方針

2.1　位置

燃料移送系配管ダクトの位置図を図 2－1 に示す。

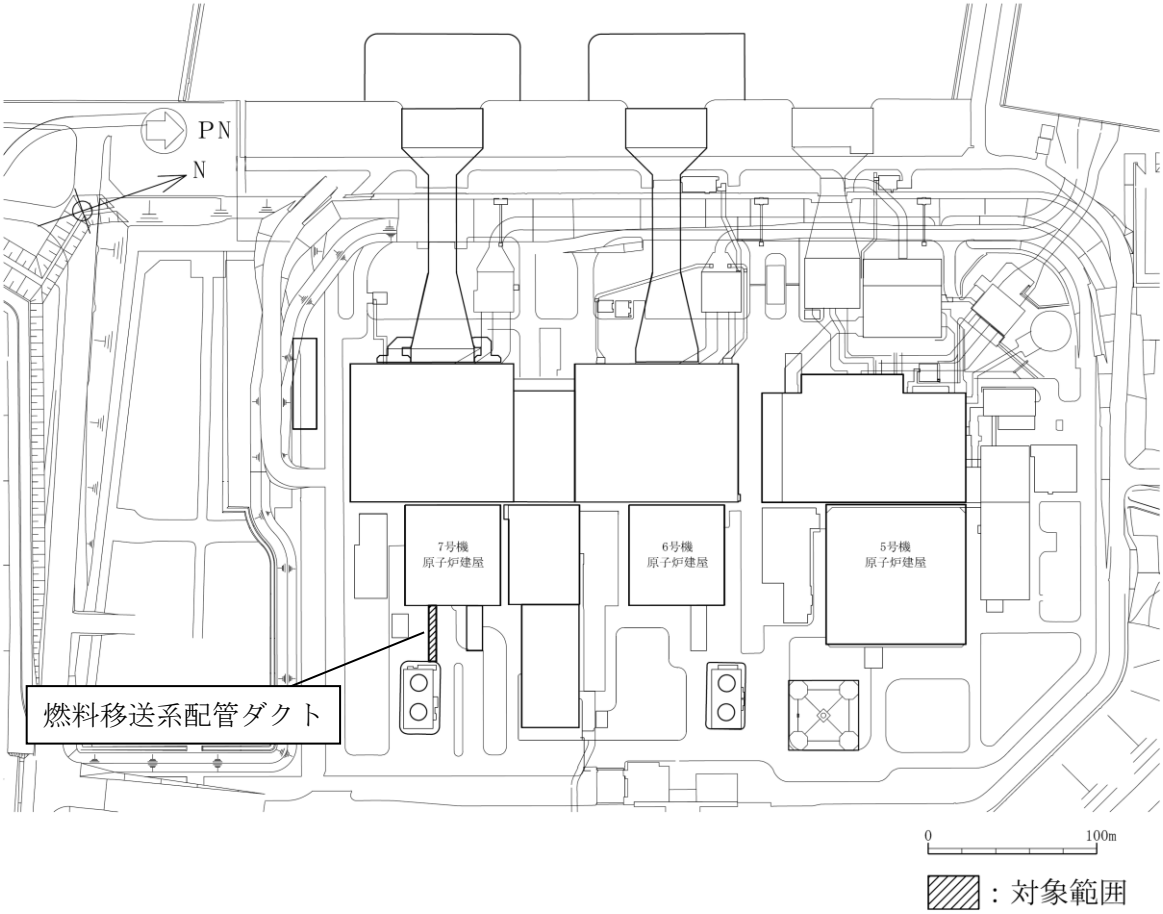


図 2－1　燃料移送系配管ダクトの位置図

2.2　構造概要

燃料移送系配管ダクトの平面図を図 2－2，断面図を図 2－3，縦断図を図 2－4 に示す。

燃料移送系配管ダクトは，非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管を間接支持する延長約 32m，幅 4.5m，高さ 3.3m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，杭を介して十分な支持性能を有する西山層に支持される。

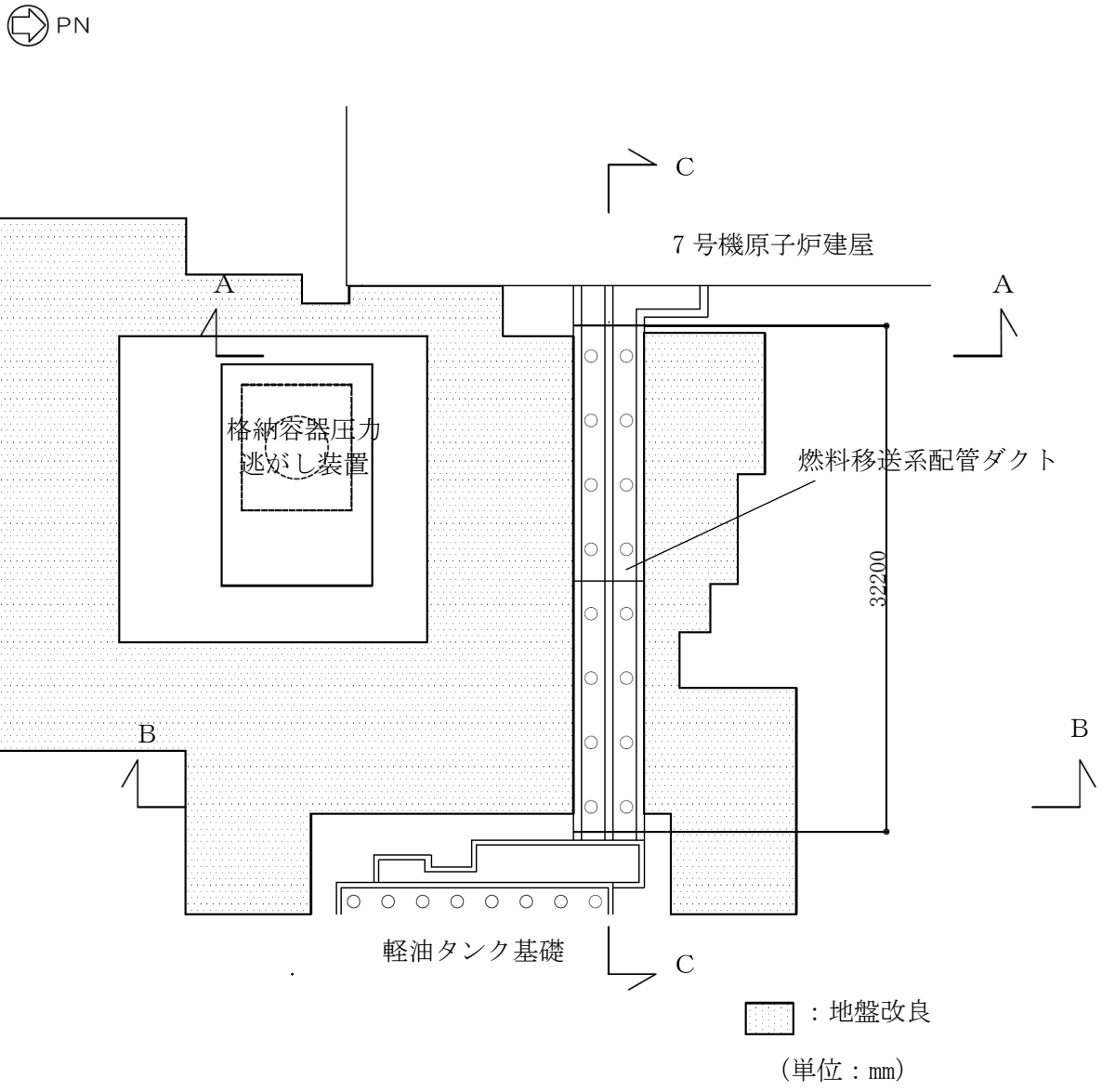
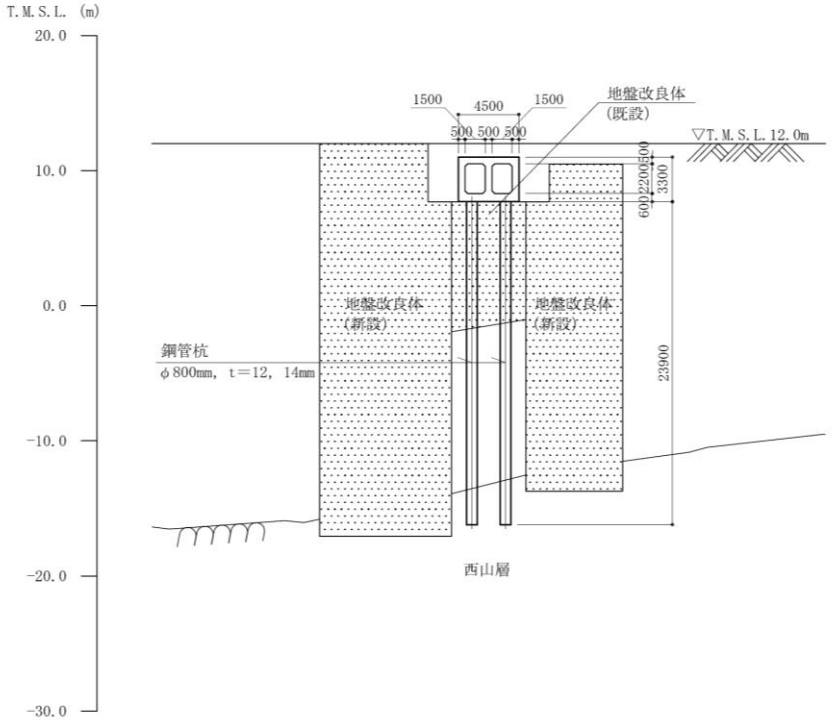


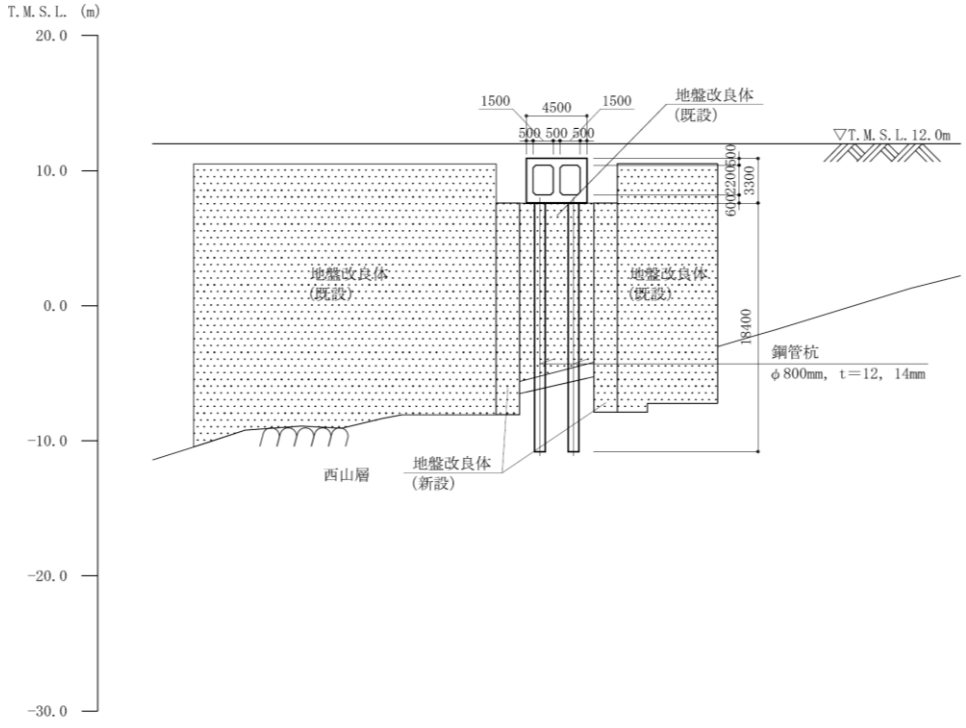
図 2－2　燃料移送系配管ダクトの平面図



（単位：mm）

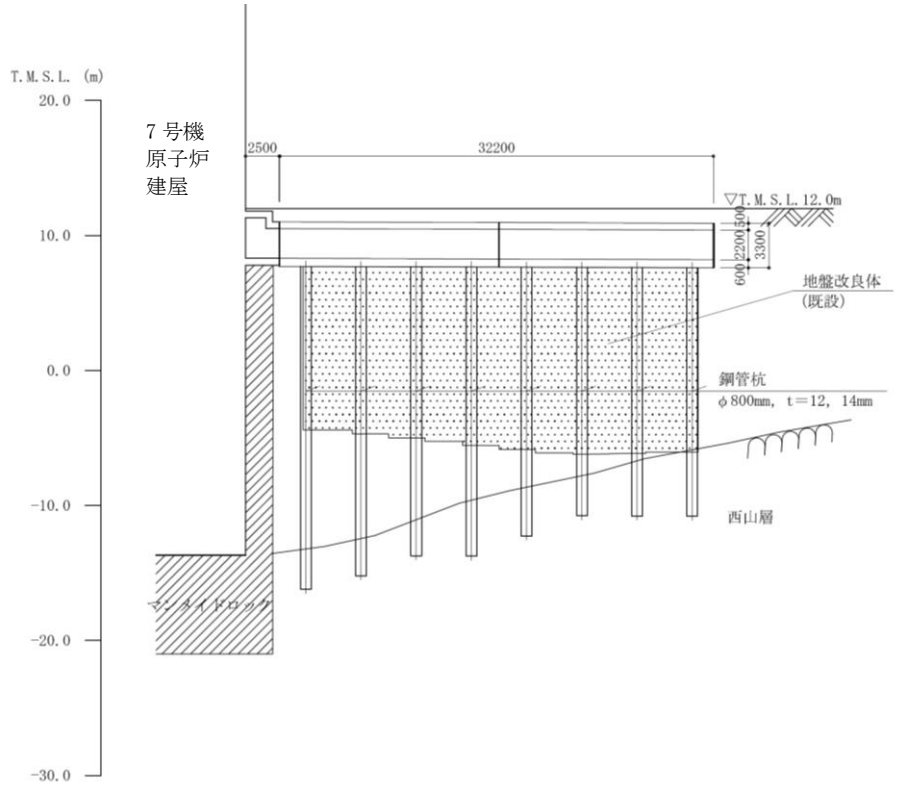
注 ：東京湾平均海面（以下「T.M.S.L.」という。）

図 2－3（1） 燃料移送系配管ダクトの断面図（Ａ－Ａ断面）



（単位：mm）

図 2－3（2） 燃料移送系配管ダクトの断面図（Ｂ－Ｂ断面）



（単位：mm）

図 2－4　燃料移送系配管ダクトの縦断図（Ｃ－Ｃ断面）

2.3　解析方針

燃料移送系配管ダクトは，Ⅴ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき，基準地震動Ｓｓ及び弾性設計用地震動Ｓｄに対して地震応答解析を実施する。

地震応答解析においては，地震時の地盤の有効応力の変化に応じた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地盤剛性及び液状化強度特性は，地盤の代表性及び網羅性を踏まえた上で，ばらつき等を考慮して設定する。

構造物及び機器・配管系への応答加速度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。

図 2－5 に燃料移送系配管ダクトの地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は，「2.　基本方針」に基づき，「3.1　評価対象断面」に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る。

また，地震応答解析による応答値のうち，鉄筋コンクリート部材に生じる層間変形角及び断面力，鋼管杭に生じる曲率及び断面力，並びに杭頭に発生する鉛直力は，燃料移送系配管ダクトの耐震評価に用いる。

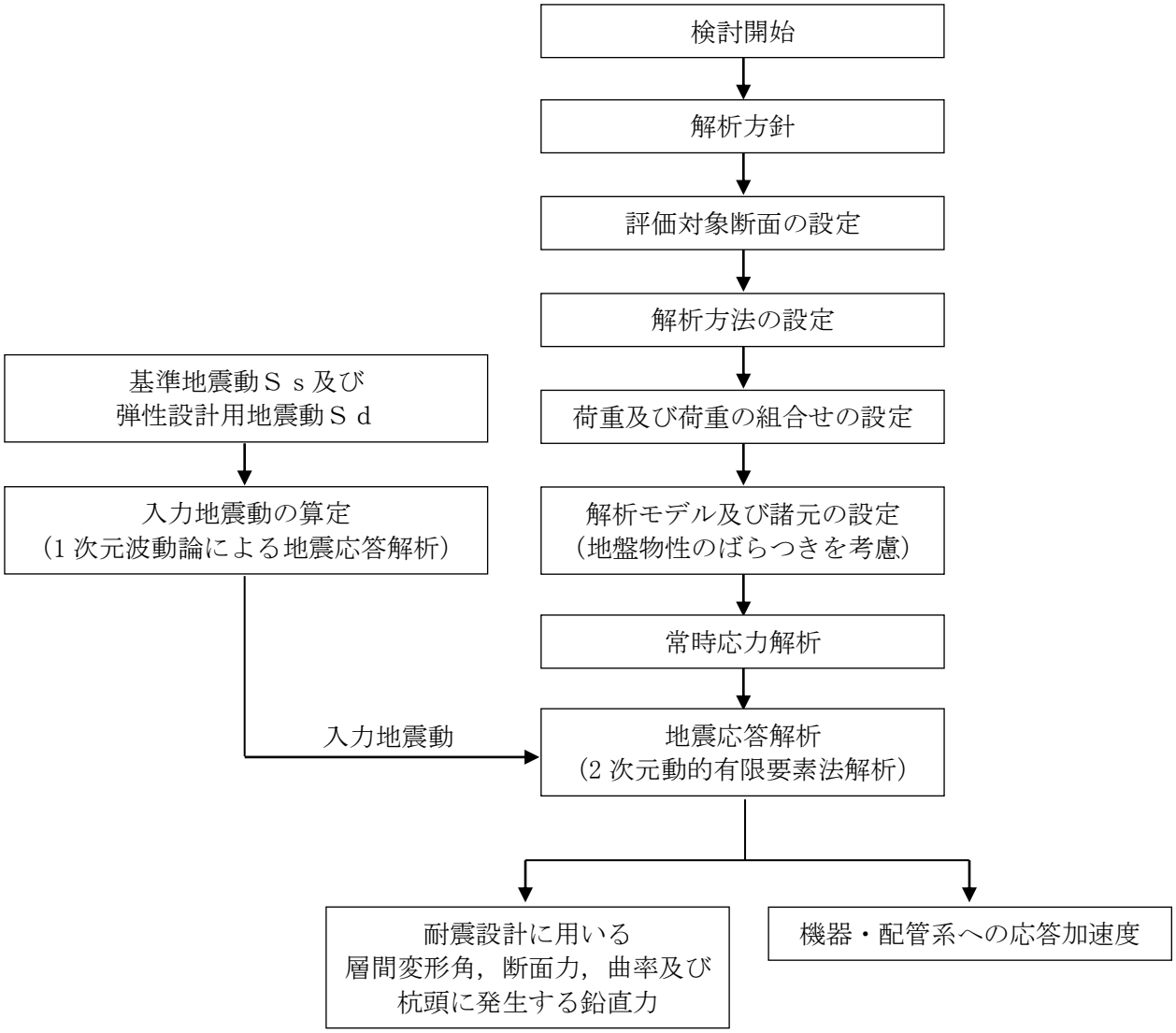


図 2－5　燃料移送系配管ダクトの地震応答解析フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

・コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（土木学会，2002 年制定）

・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005 年）

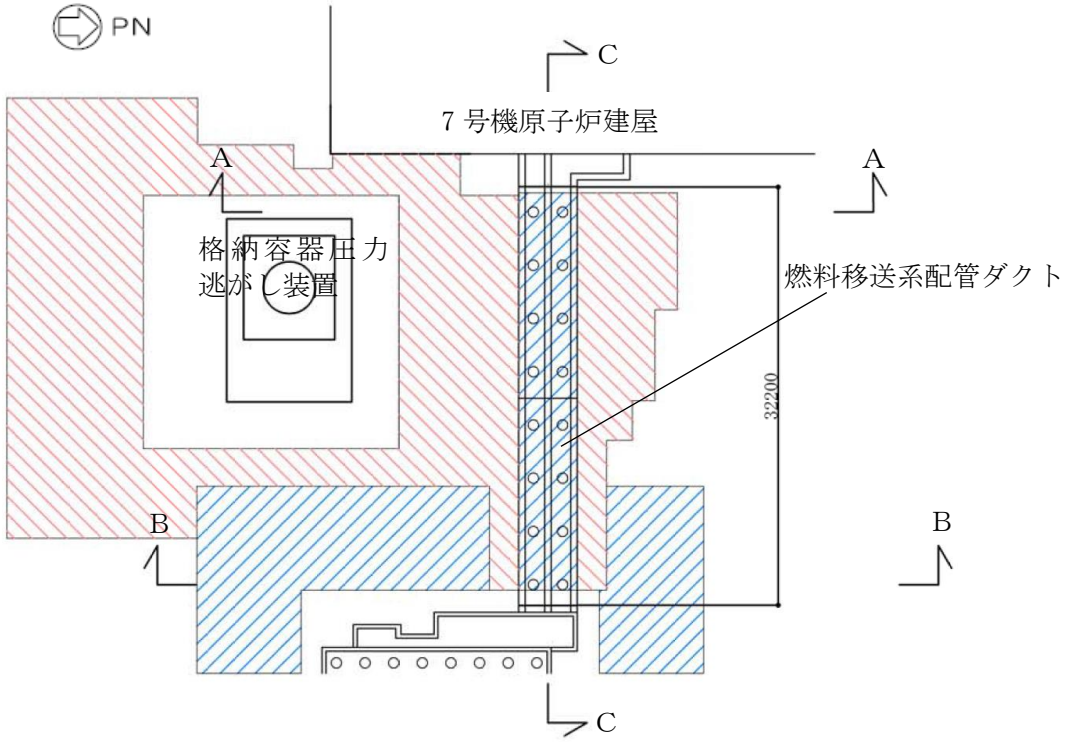
・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（日本電気協会）

3.　解析方法

3.1　評価対象断面

燃料移送系配管ダクトの評価対象断面位置を図 3－1 に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面は，図 3－1 のＡ－Ａ断面及びＢ－Ｂ断面とする。また，機器・配管系に対する応答加速度抽出断面は図 3－1 のＡ－Ａ断面，Ｂ－Ｂ断面及びＣ－Ｃ断面とする。

評価対象断面図を図 3－2 に示す。

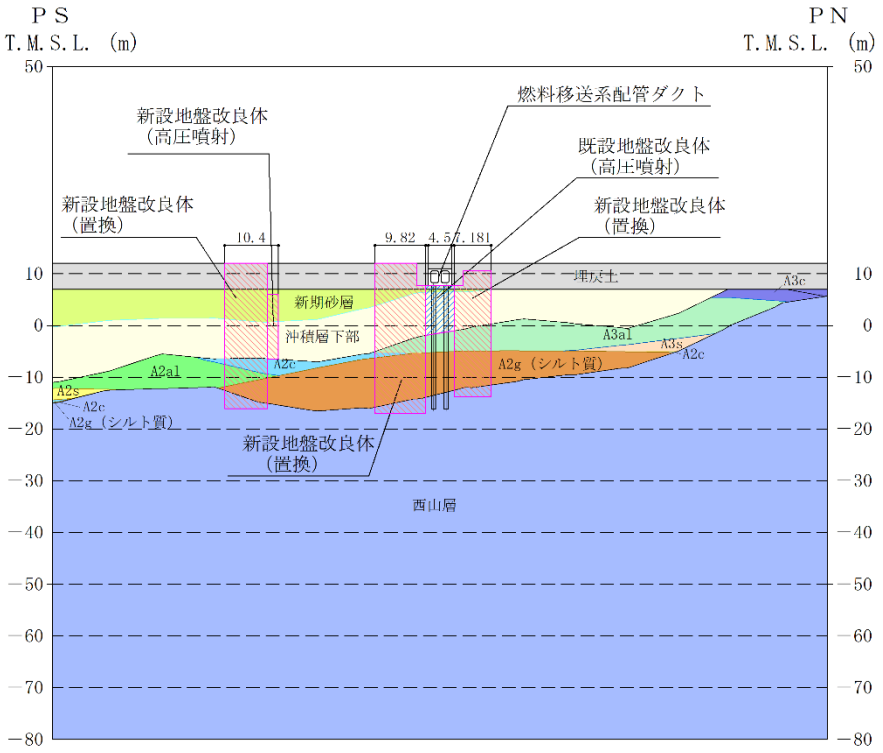


（単位：mm）

既設／新設	凡例	地 盤 改 良 工 法
既設地盤改良体		置換(CD掘削)
新設地盤改良体		置換(CD掘削)

注　：置換工法(CD 掘削)の施工範囲の内，地上構造物及び埋設構造物がある箇所では，高圧噴射または置換（開削）を適用

図 3－1　燃料移送系配管ダクトの評価対象断面位置図

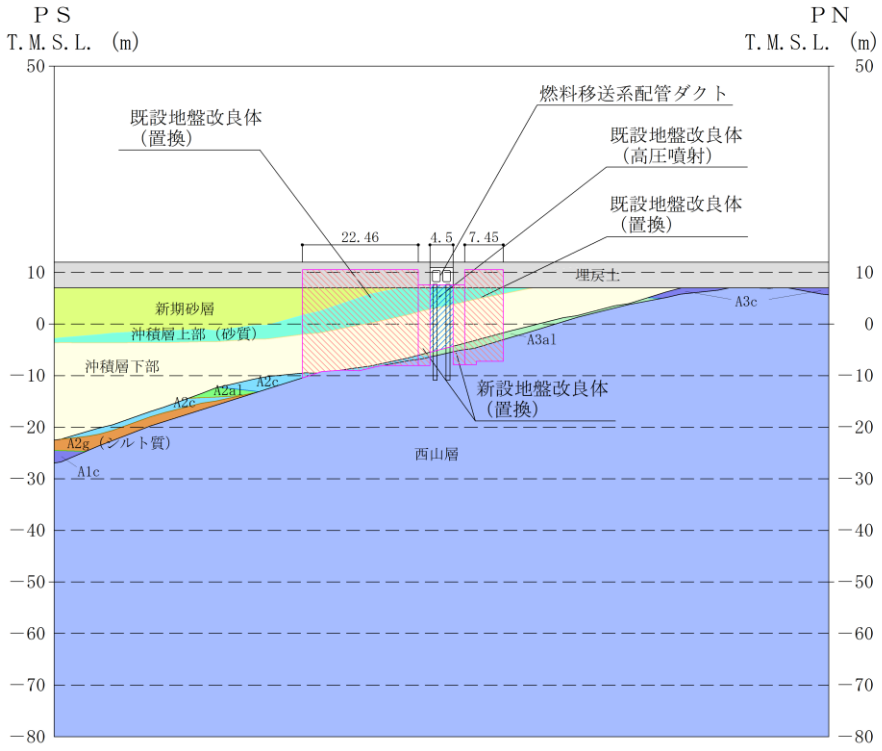


(単位：m)

既設／新設	凡例	地 盤 改 良 工 法
既設地盤改良体		置換(CD掘削)
新設地盤改良体		置換(CD掘削)

注 ：置換工法(CD 掘削)の施工範囲の内，地上構造物及び埋設構造物がある箇所では，高圧噴射または置換（開削）を適用

図 3－2（1） 燃料移送系配管ダクトの評価対象断面図（Ａ－Ａ断面）

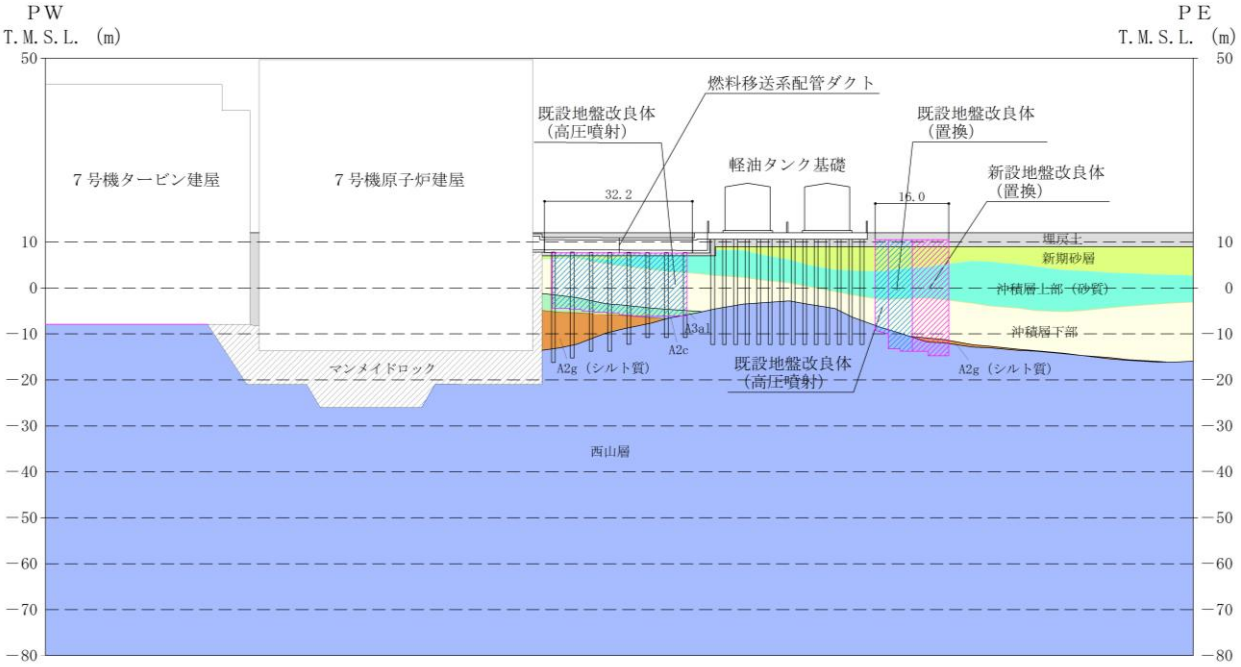


（単位：m）

既設／新設	凡例	地 盤 改 良 工 法
既設地盤改良体		置換(CD掘削)
新設地盤改良体		置換(CD掘削)

注 ：置換工法(CD 掘削)の施工範囲の内，地上構造物及び埋設構造物がある箇所では，高圧噴射または置換（開削）を適用

図 3－2（2） 燃料移送系配管ダクトの評価対象断面図（Ｂ－Ｂ断面）



(単位：m)

既設／新設	凡例	地 盤 改 良 工 法
既設地盤改良体		置換(CD掘削)
新設地盤改良体		置換(CD掘削)

注 ：置換工法(CD 掘削)の施工範囲の内，地上構造物及び埋設構造物がある箇所では，高圧噴射または置換（開削）を適用

図 3－2（3） 燃料移送系配管ダクトの評価対象断面図（Ｃ－Ｃ断面）

3.2　解析方法

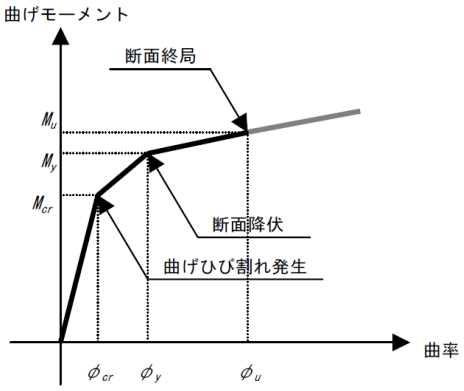
燃料移送系配管ダクトの地震応答解析は，V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち，「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は，構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元動的有限要素法解析を用いて，基準地震動Ｓｓ又は弾性設計用地震動Ｓｄ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，Ａ－Ａ断面及びＢ－Ｂ断面では全ての部材を非線形はり要素でモデル化する。Ｃ－Ｃ断面では鉄筋コンクリート部材を線形平面ひずみ要素で，鋼管杭を非線形はり要素でモデル化する。非線形はり要素の非線形特性についてはコンクリート及び鋼管杭のＭ－φ関係を適切にモデル化する。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」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，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

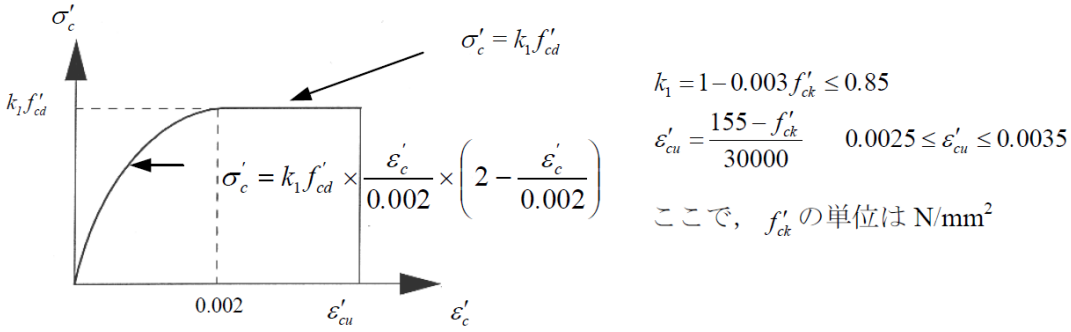
3.2.1　鉄筋コンクリート部材

Ａ－Ａ断面及びＢ－Ｂ断面において，鉄筋コンクリート部材は非線形はり要素でモデル化し，図 3－3～図 3－5 に示す非線形特性及び履歴特性を考慮する。Ｃ－Ｃ断面において，鉄筋コンクリート部材は平面ひずみ要素でモデル化する。



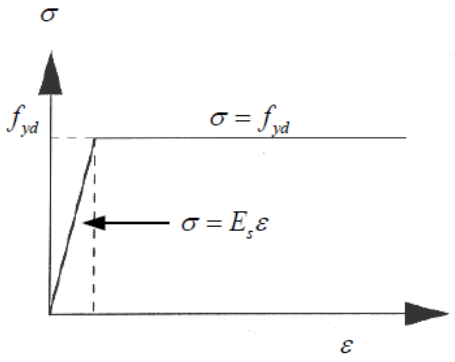
（原子力発電所屋外重要構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005 年）より引用）

図 3－3　鉄筋コンクリート部材のＭ－φ関係



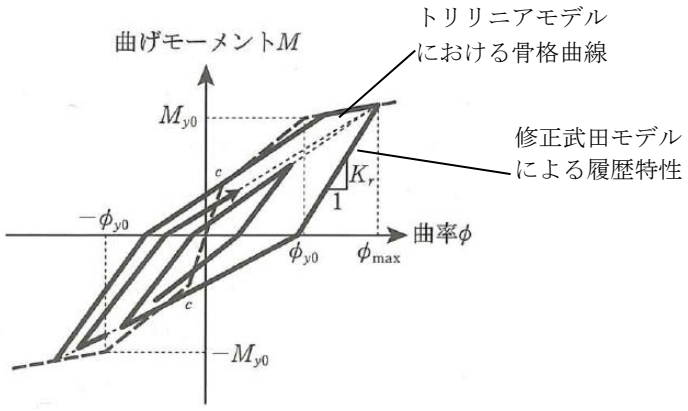
（原子力発電所屋外重要構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005 年）より引用）

図 3－4（1） 構造部材の非線形特性（コンクリートの応力－ひずみ関係）



（原子力発電所屋外重要構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005 年）より引用）

図 3－4（2） 構造部材の非線形特性（鉄筋の応力－ひずみ関係）

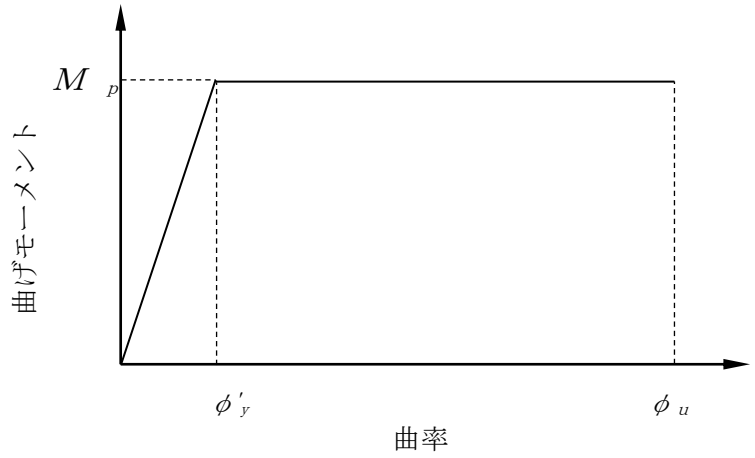


（道路橋示方書（Ⅴ耐震設計編）・同解説（平成 14 年 3 月）より引用（一部加筆））

図 3－5 鉄筋コンクリート部材の履歴特性

3.2.2　鋼管杭

鋼管杭は，非線形はり要素でモデル化し，図 3－6 及び図 3－7 に示す非線形性を考慮する。

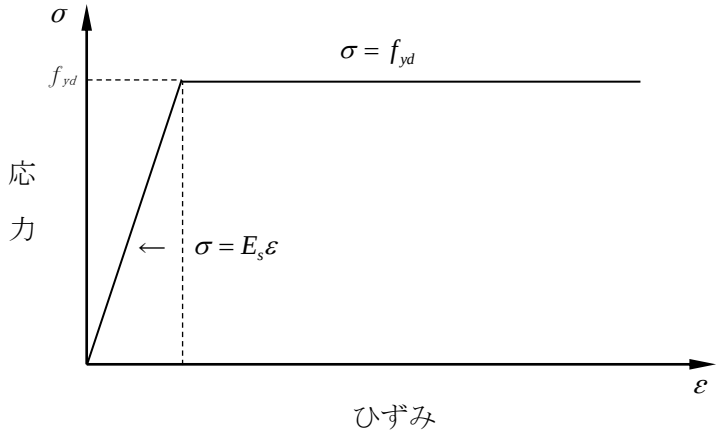


M_p　：終局時の曲げ強度（全塑性モーメント）

ϕ'_y　：全塑性モーメントに至る時の曲率

ϕ_u　：局部座屈が発生する時の曲率

図 3－6　鋼管杭のM－φ関係



f_{yd}：鋼材の降伏応力

E_S　：鋼材のヤング係数

図 3－7　鋼管杭の応力－ひずみ関係

3.2.3　地盤

地盤については，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双曲線モデル（H-D モデル）を用いる。

また，地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特性のばらつきの影響を考慮するため，表 3－1 に示す解析ケース（①～⑤）を設定する。

表 3－1　耐震評価における解析ケース

	①	②	③	④	⑤
解析ケース	基本ケース	地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき（－1σ）を考慮した解析ケース	非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	地盤剛性（平均値）	地盤剛性（＋1σ）	地盤剛性（－1σ）	地盤剛性（平均値）	地盤剛性（＋1σ）
液状化強度特性の設定	液状化強度特性（－1σ）	液状化強度特性（－1σ）	液状化強度特性（－1σ）	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため，地表付近で地下水面をまたぐ地層（埋戻土及び新期砂層）のばらつきは，初期せん断弾性係数と有効拘束圧の関係から初期せん断弾性係数の標準偏差σを用いて，せん断波速度のばらつきとして設定する。地下水以深の飽和土層（沖積層及び古安田層）のばらつきは，各地層の PS 検層の結果からせん断波速度の標準偏差σを求め，せん断波速度のばらつきとして設定する（解析ケース②，③，⑤）。

地盤の液状化強度特性は，代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し，液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と，その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差σを用いて，液状化強度特性を（－1σ）にて設定する（解析ケース①，②，③）。

また，構造物及び機器・配管系への応答加速度に対する保守的な配慮として，地盤の非液状化の条件を仮定した解析ケースを設定する（解析ケース④，⑤）。

上記の地盤剛性及び液状化強度特性の設定を組み合わせた解析ケース（①～⑤）を実施することにより，地盤物性のばらつきの影響を網羅的に考慮する。

3.2.4　減衰定数

減衰特性は，柏崎刈羽原子力発電所における新潟県中越沖地震の地震記録を入力波とした再現解析等を踏まえ，Rayleigh 減衰として，$\alpha=0$，$\beta=0.005$ を設定する。

3.2.5　地震応答解析の解析ケースの選定

(1)　耐震評価における解析ケース

耐震評価においては，全ての基準地震動Ｓｓに対し，解析ケース①（基本ケース）を実施する。また，解析ケース①において，曲げ軸力，せん断力及び基礎地盤の支持性能の全ての評価項目について，各照査値が最も厳しい地震動を用い，解析ケース②～⑤を実施する。最も厳しい照査値の選定は，照査値 1.0 に対して 2 倍の余裕となる照査値 0.5 以上を相対的に厳しい地震動の選定の目安として実施する。なお，解析ケースの結果を踏まえ，さらに照査値が大きくなる可能性がある場合は，追加解析を実施する。

(2)　機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース

機器・配管系に対する応答加速度の抽出においては，全ての基準地震動Ｓｓ及び弾性設計用地震動Ｓｄに対し，解析ケース③～⑤を実施する。

3.3　荷重及び荷重の組合せ

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

3.3.1　耐震評価上考慮する状態

燃料移送系配管ダクトの地震応答解析において，地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1)　運転時の状態

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

(2)　設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3)　設計用自然条件

埋設構造物であるため，積雪を考慮しない。

(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

燃料移送系配管ダクトの地震応答解析において，考慮する荷重を以下に示す。

(1)　固定荷重（G）

固定荷重として，躯体自重を考慮する。

(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（Ｓｓ）

基準地震動Ｓｓによる荷重を考慮する。

(4)　地震荷重（Ｓｄ）

弾性設計用地震動Ｓｄによる荷重を考慮する。

3.3.3　荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3－2 に示す。

表 3－2　荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時（Ｓｓ）	Ｇ＋Ｐ＋Ｓｓ
地震時（Ｓｄ）＊	Ｇ＋Ｐ＋Ｓｄ

Ｇ　：固定荷重

Ｐ　：積載荷重

Ｓｓ，Ｓｄ：地震荷重

注記＊　：機器・配管系の耐震設計に用いる入力地震動の算定のための地震応答解析に適用する。

3.4　入力地震動

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

地震応答解析に用いる入力地震動は，解放基盤表面で定義される基準地震動Ｓｓ又は弾性設計用地震動Ｓｄ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。

図 3－8 に入力地震動算定の概念図を，図 3－9 及び図 3－10 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「ＳＬＯＫ」を使用する。

解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

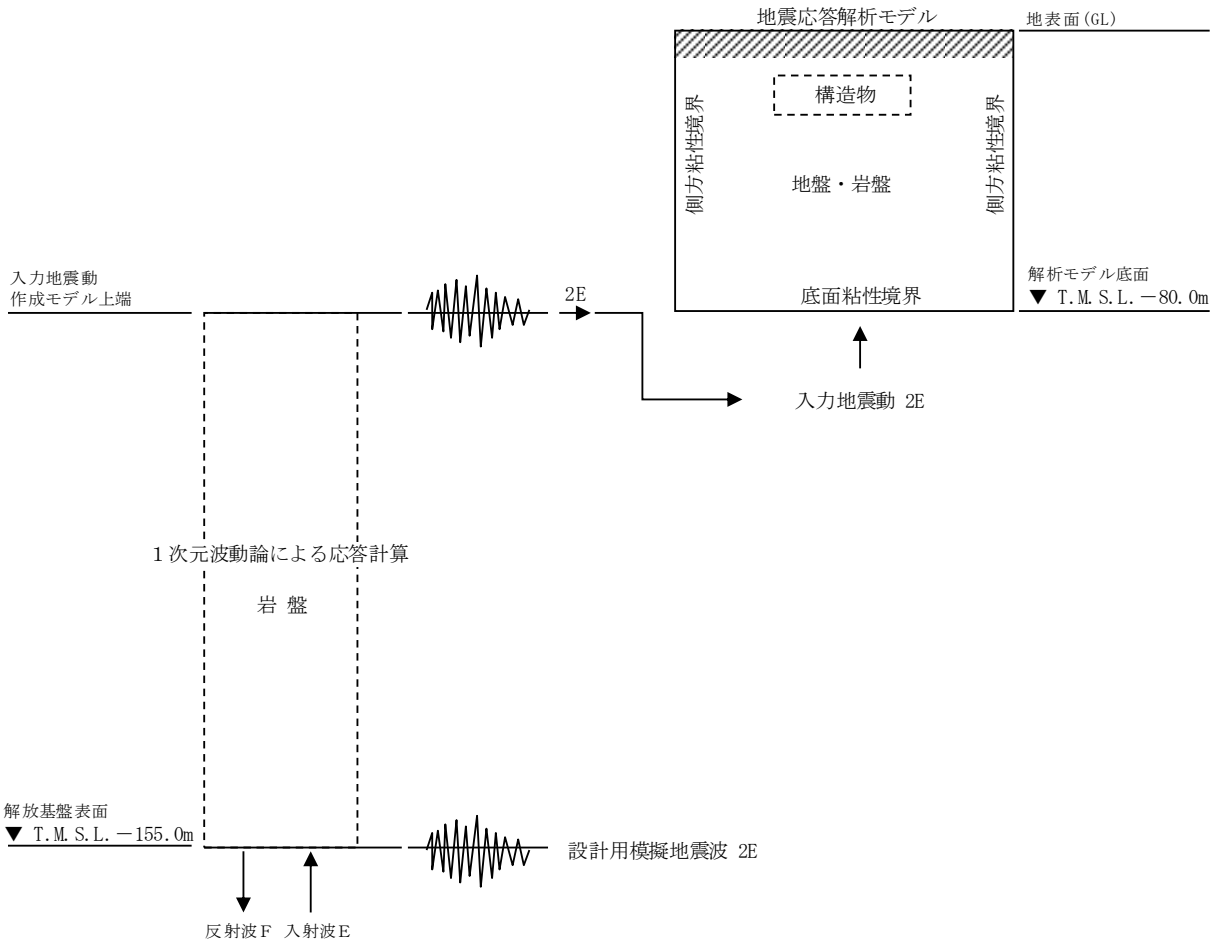
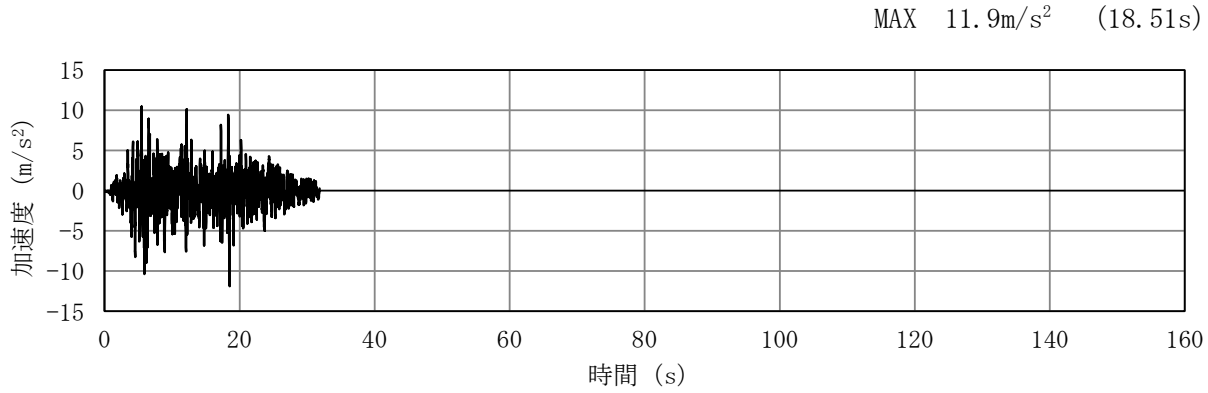
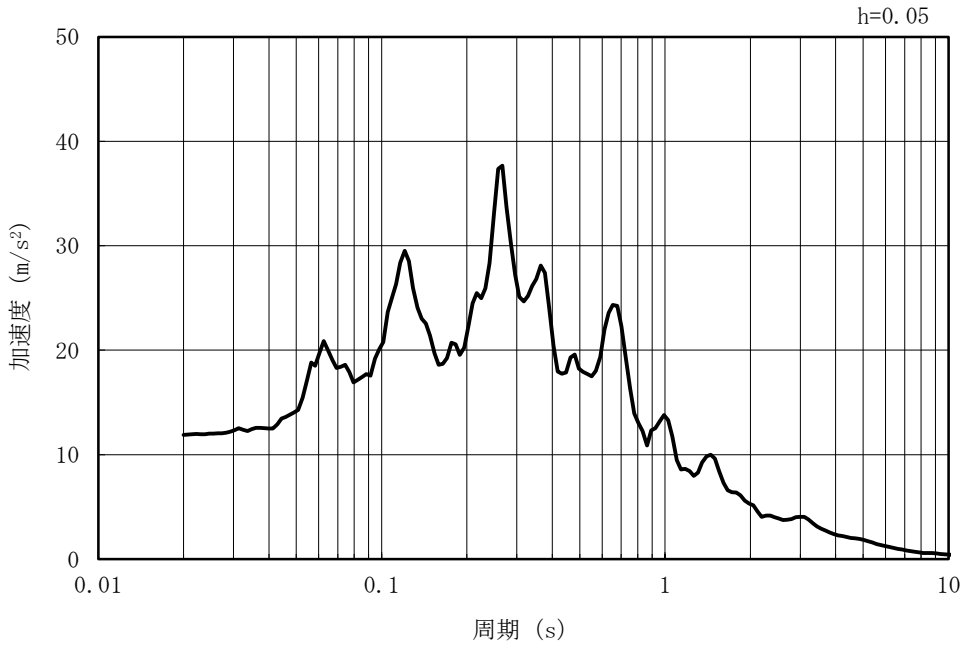


図 3－8　入力地震動算定の概念図

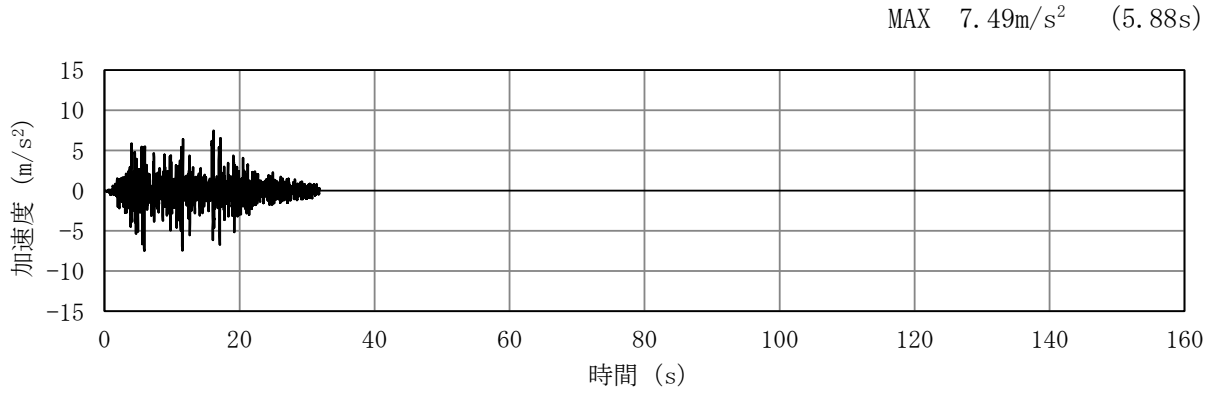


(a) 加速度時刻歴波形

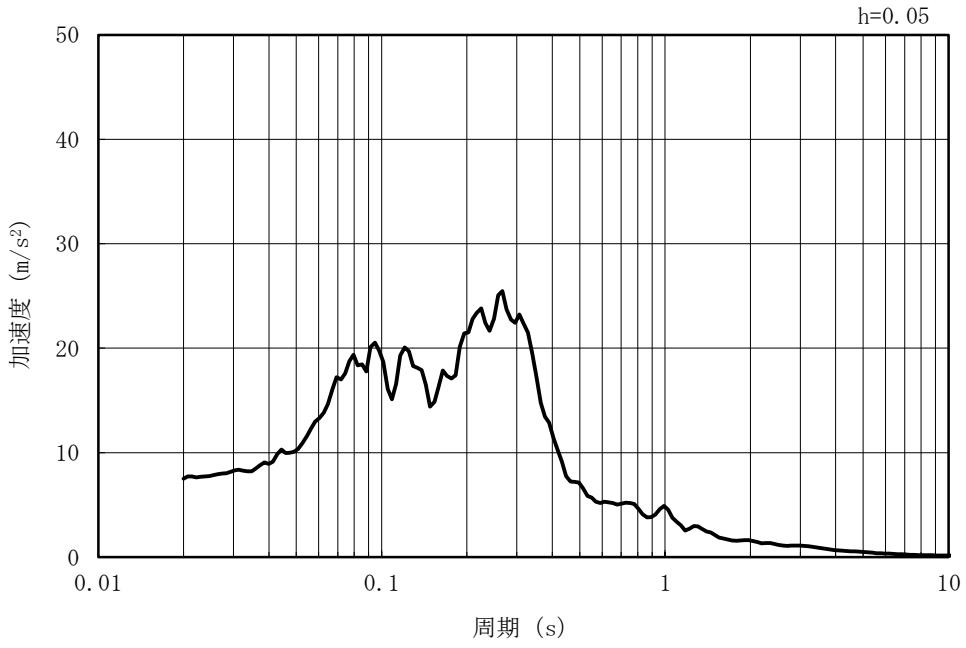


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9（1） 入力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-1）

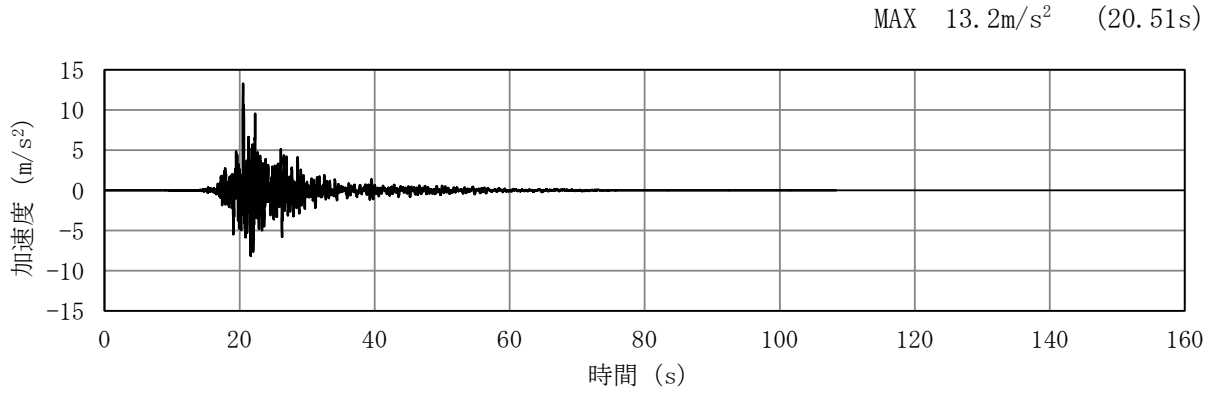


(a) 加速度時刻歴波形

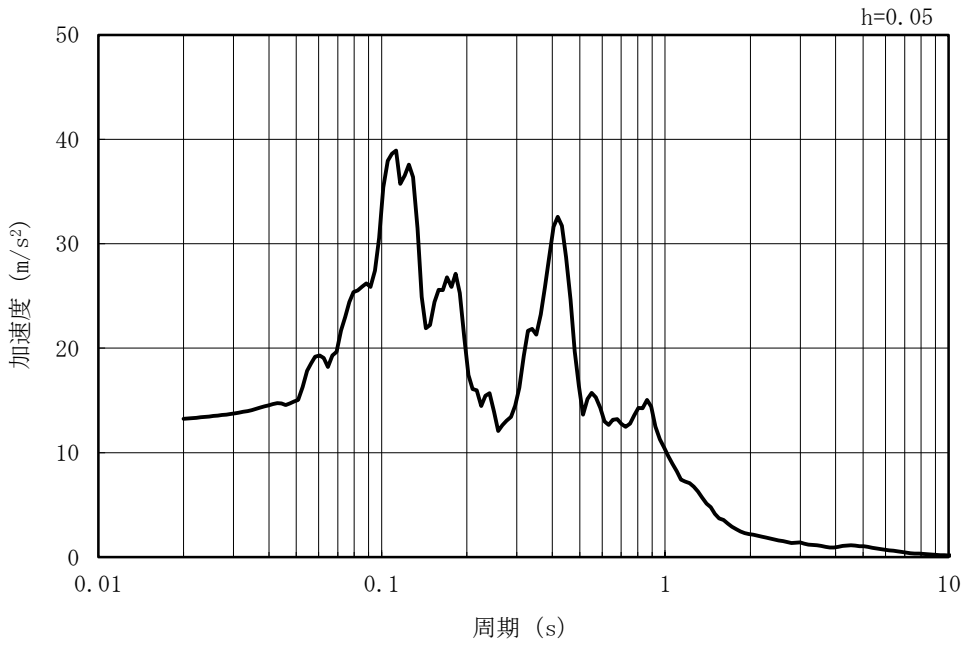


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9 (2) 入力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-1)

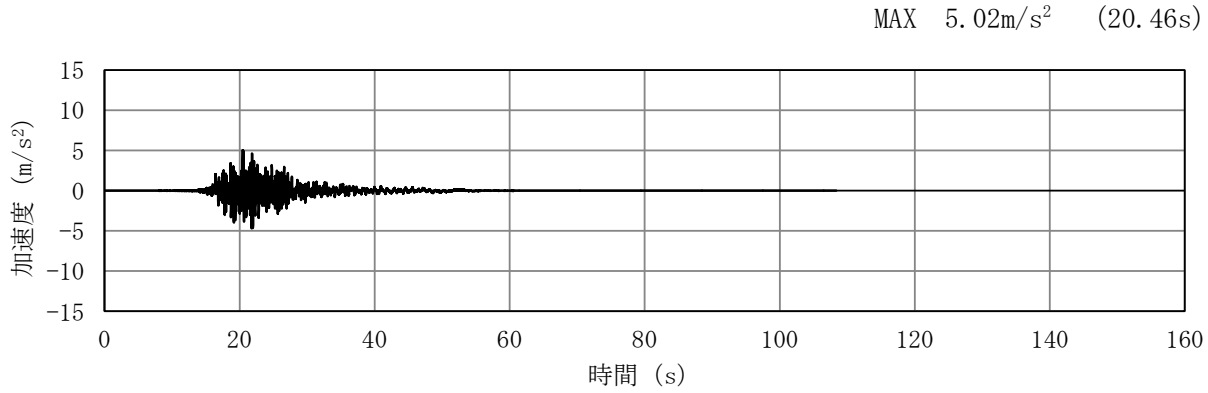


(a) 加速度時刻歴波形

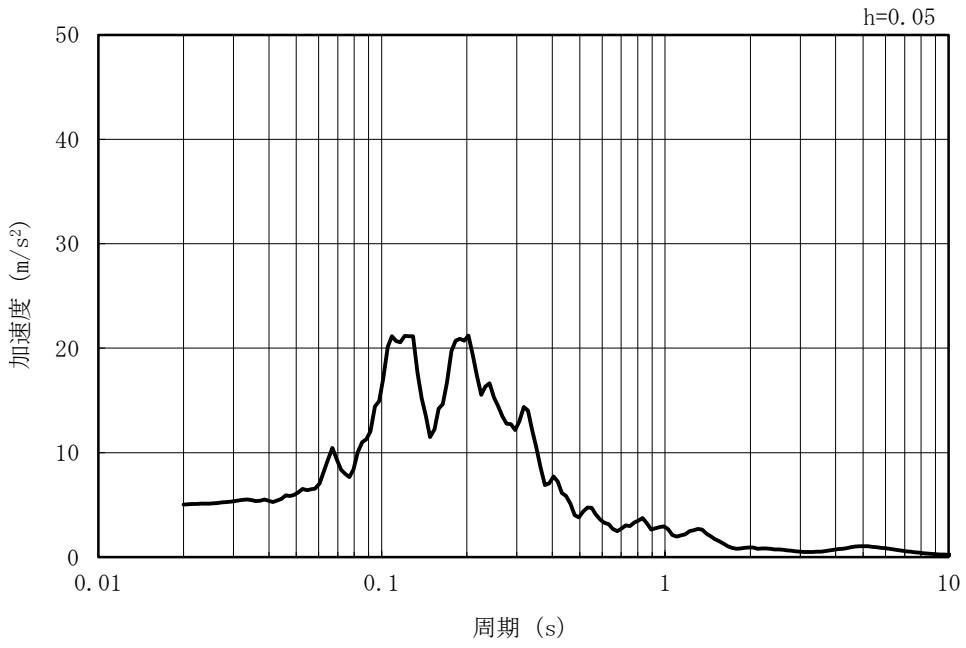


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9 (3) 入力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-2EW)

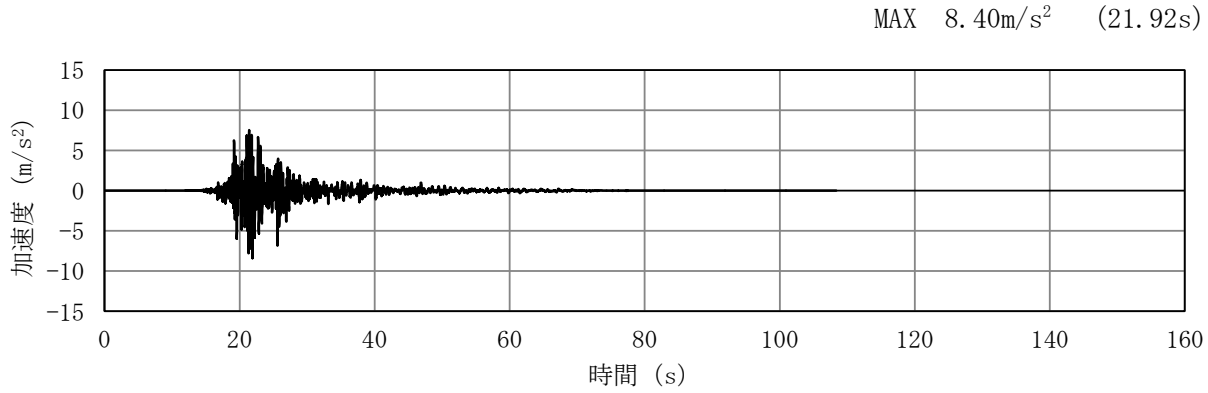


(a) 加速度時刻歴波形

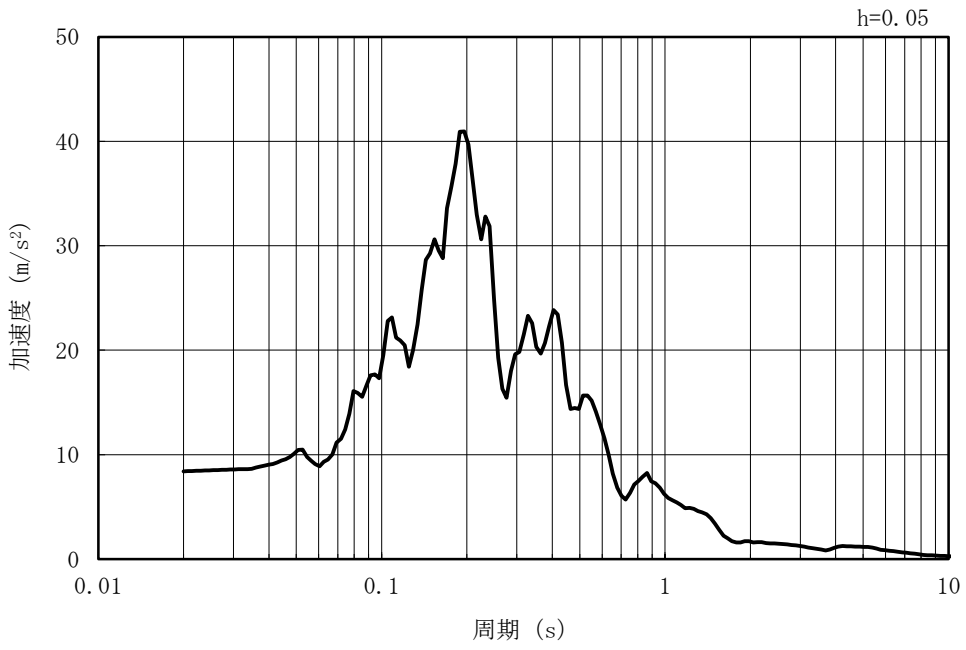


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9 (4) 入力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-2EW)

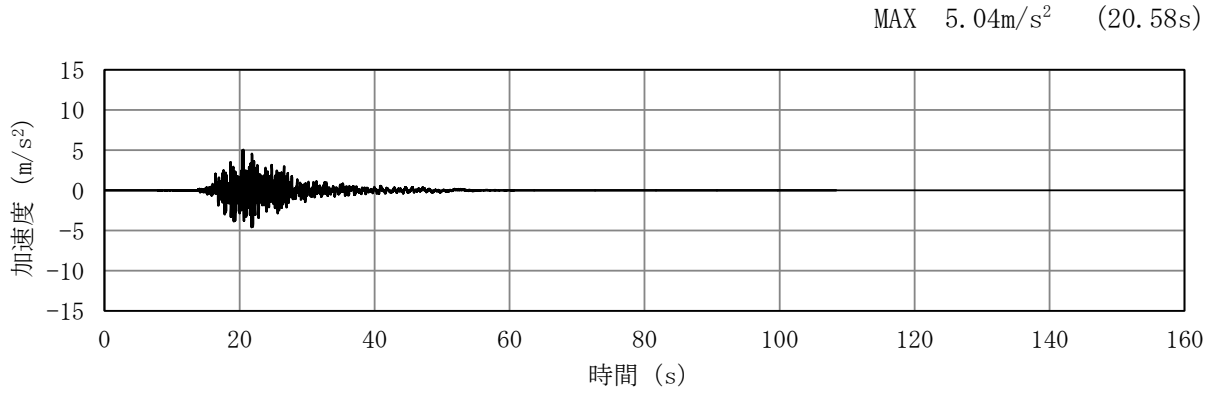


(a) 加速度時刻歴波形

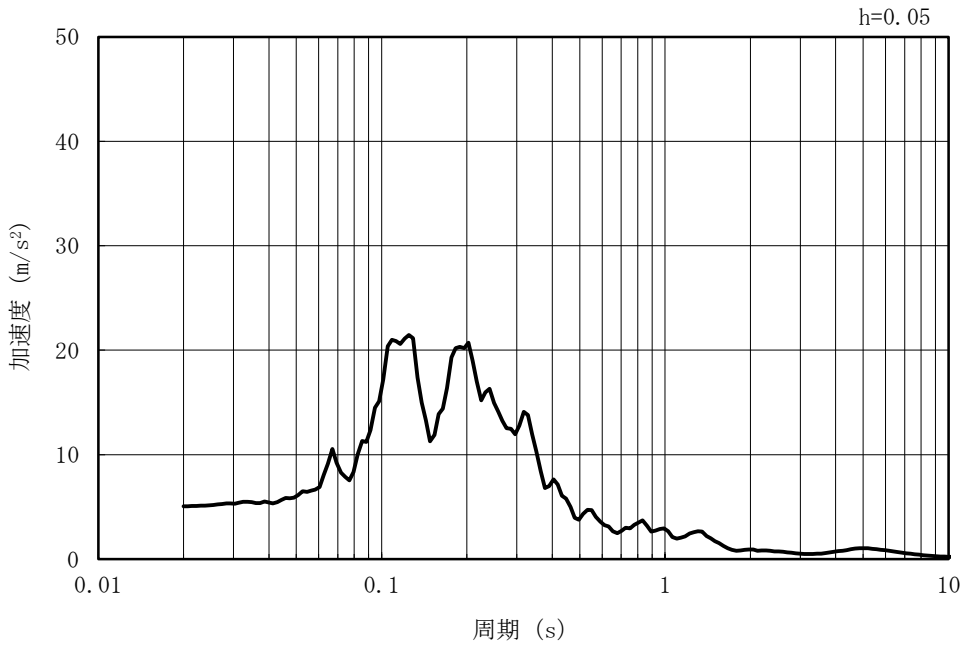


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9 (5) 入力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-2NS)

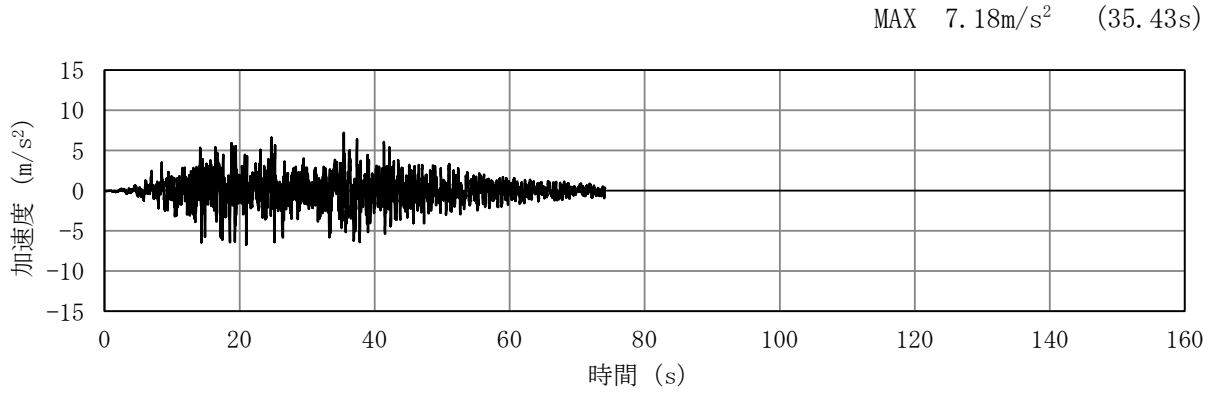


(a) 加速度時刻歴波形

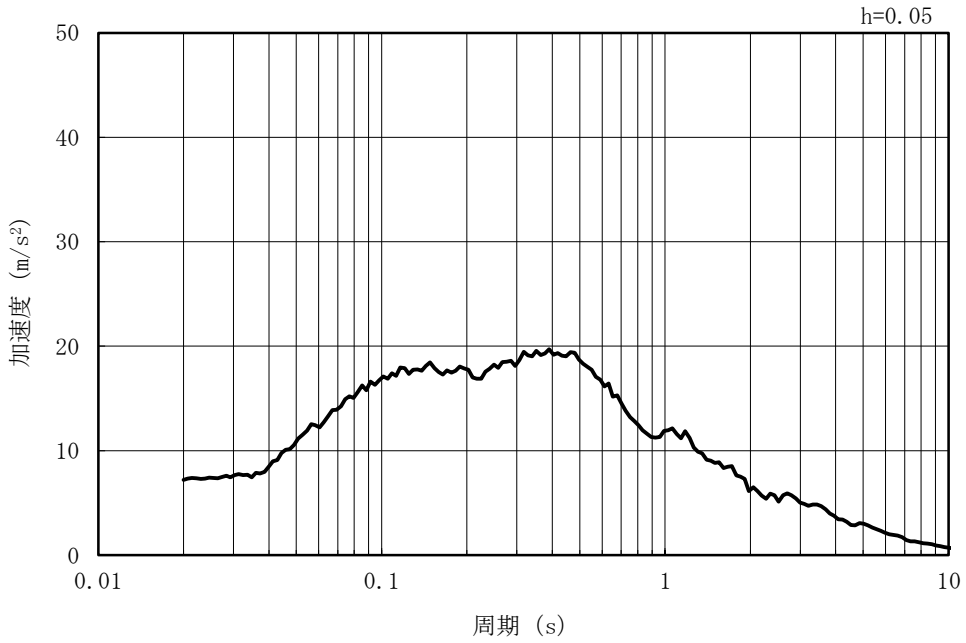


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9 (6) 入力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-2NS)

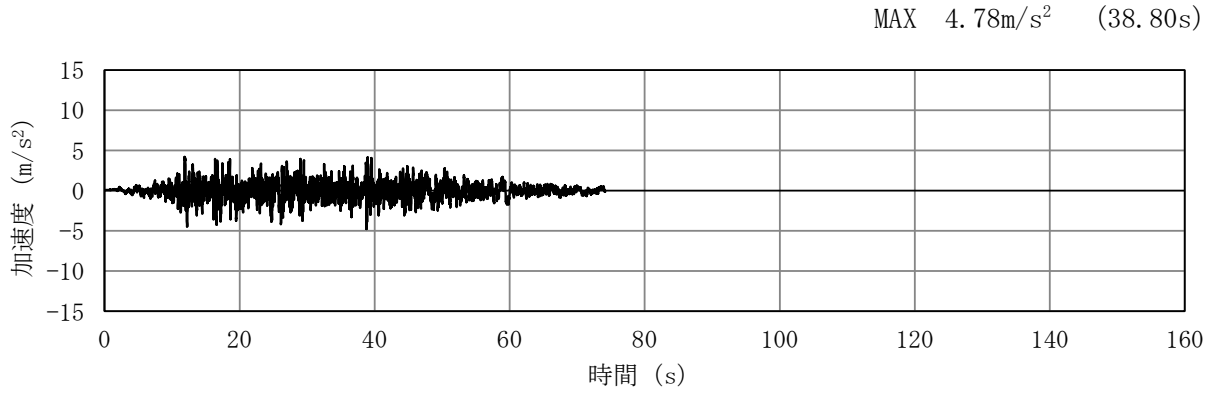


(a) 加速度時刻歴波形

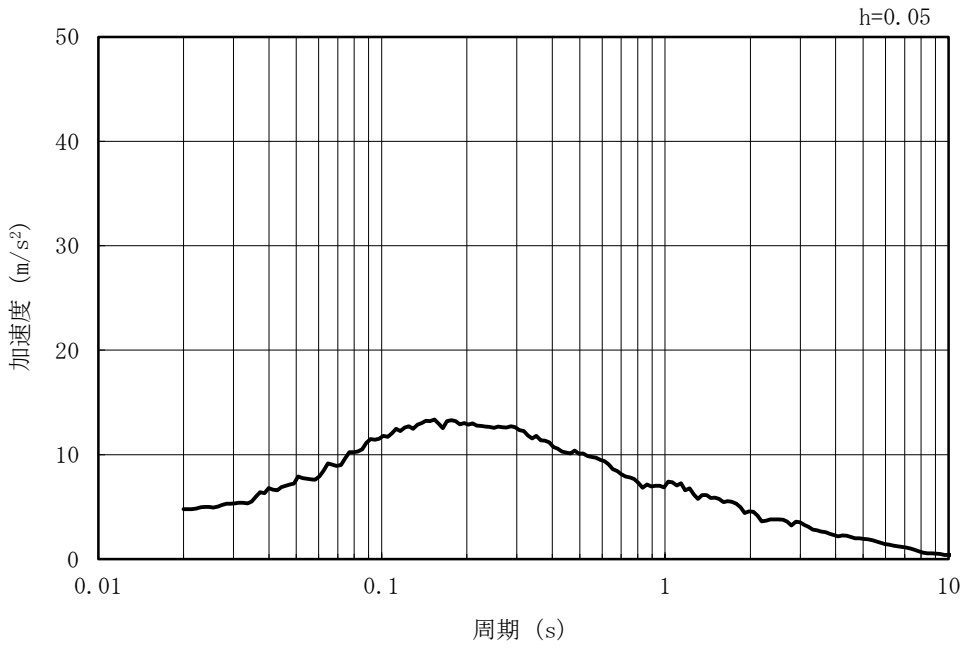


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9（7） 入力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-3）

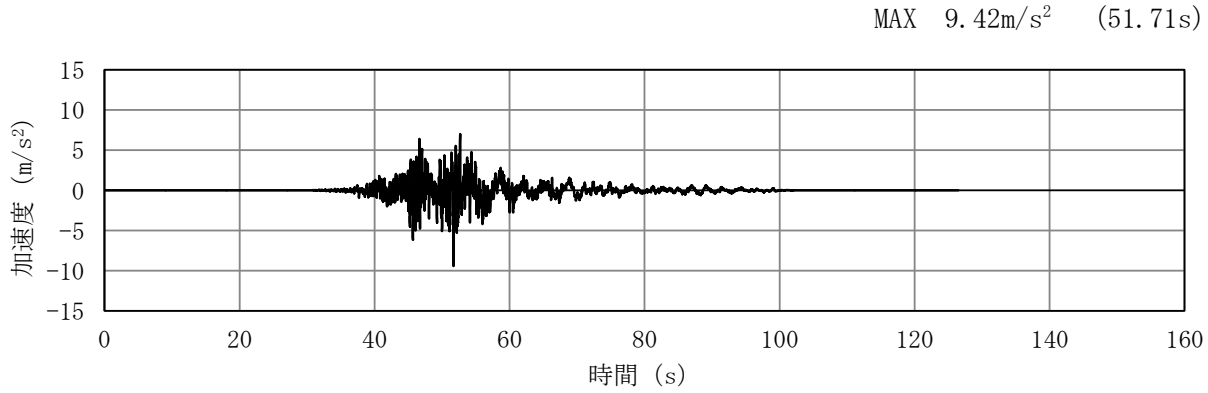


(a) 加速度時刻歴波形

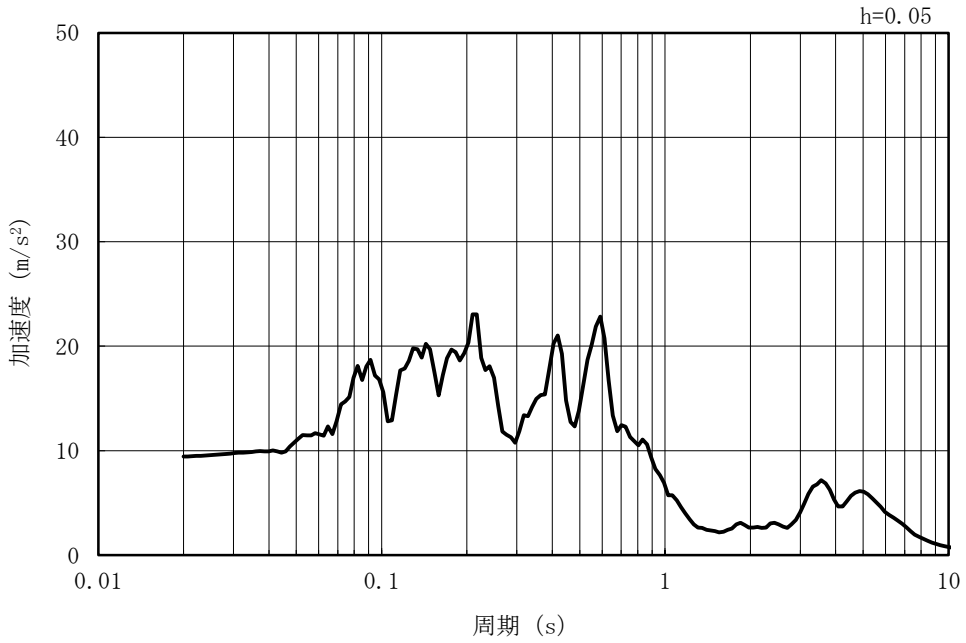


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9 (8) 入力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-3)

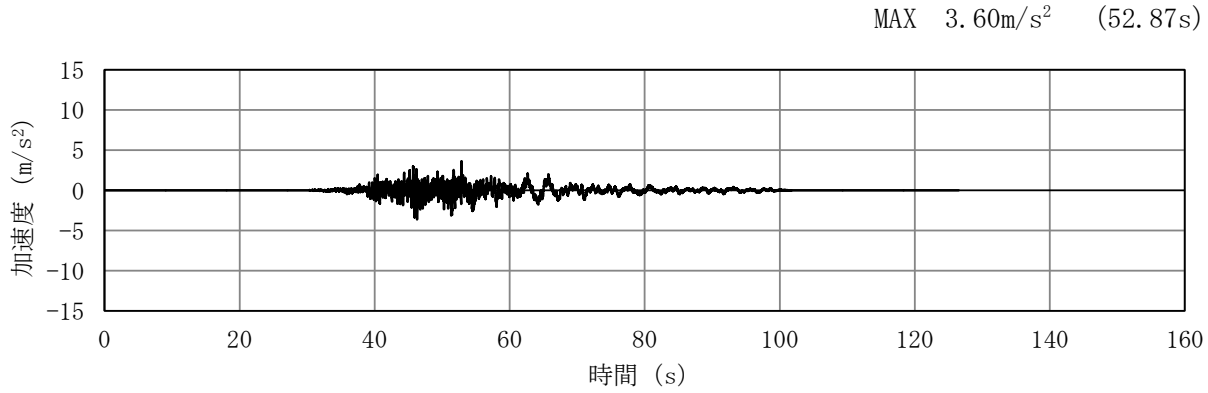


(a) 加速度時刻歴波形

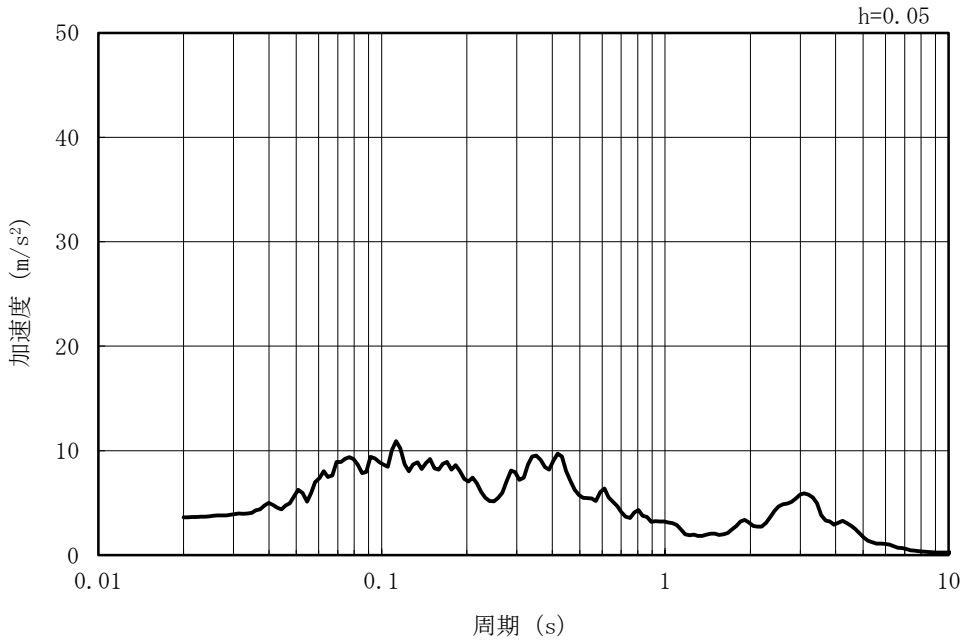


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9 (9) 入力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-4EW）

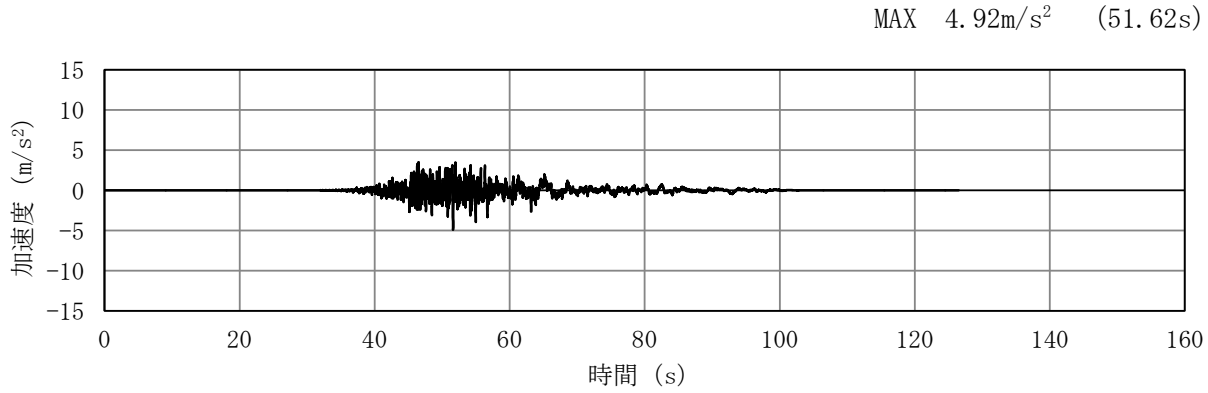


(a) 加速度時刻歴波形

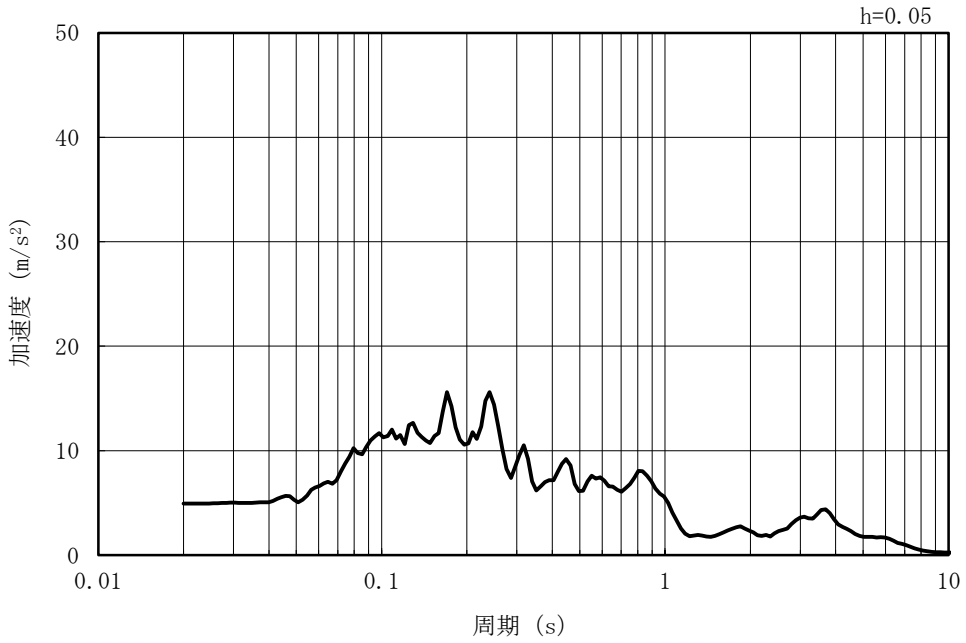


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9（10） 入力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-4EW）

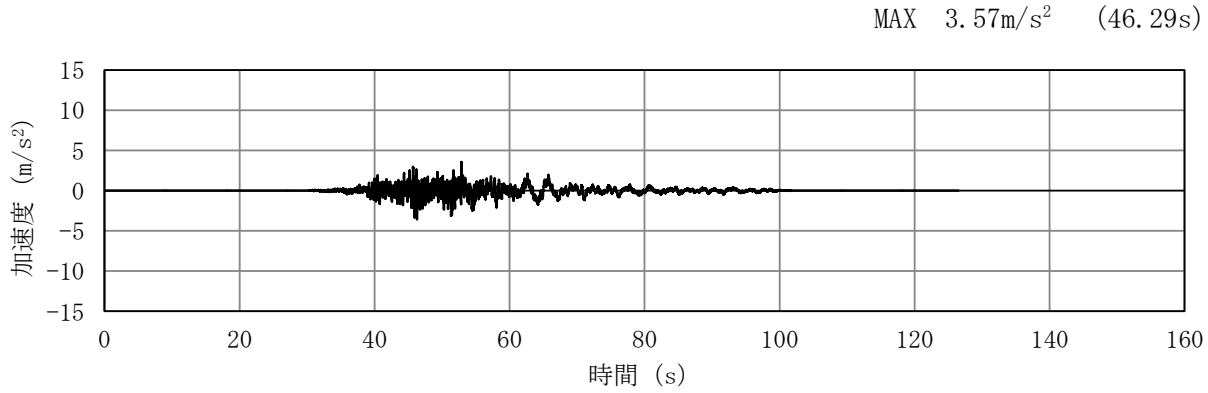


(a) 加速度時刻歴波形

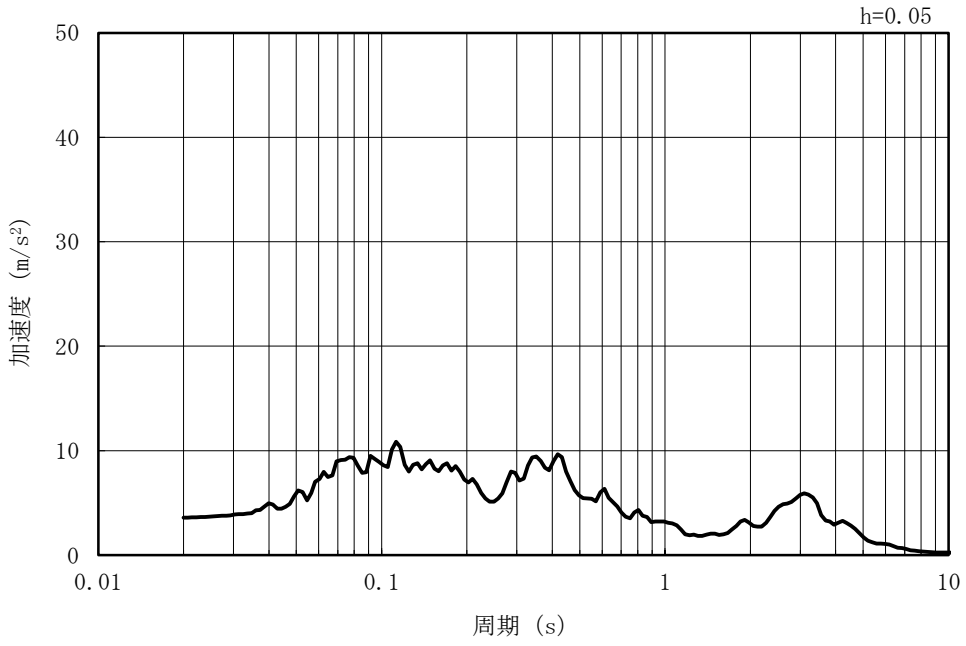


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9（11） 入力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-4NS）

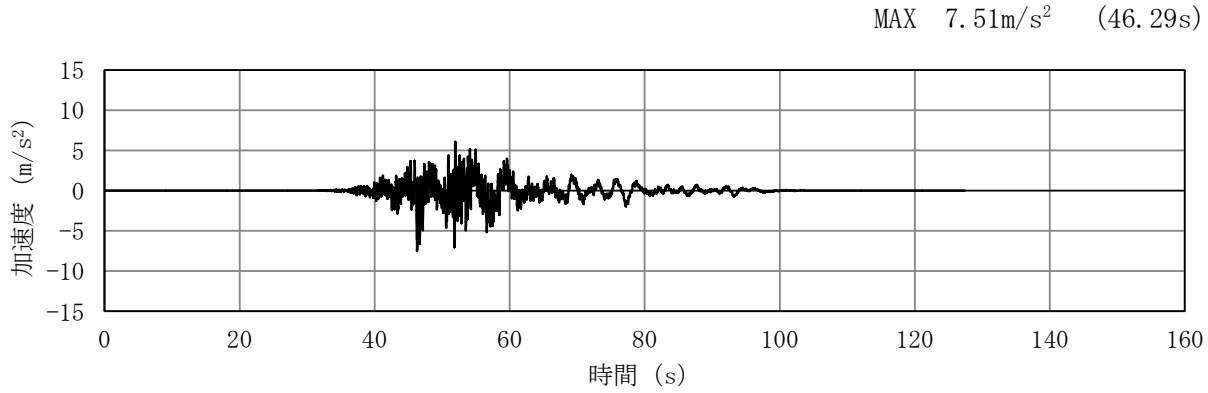


(a) 加速度時刻歴波形

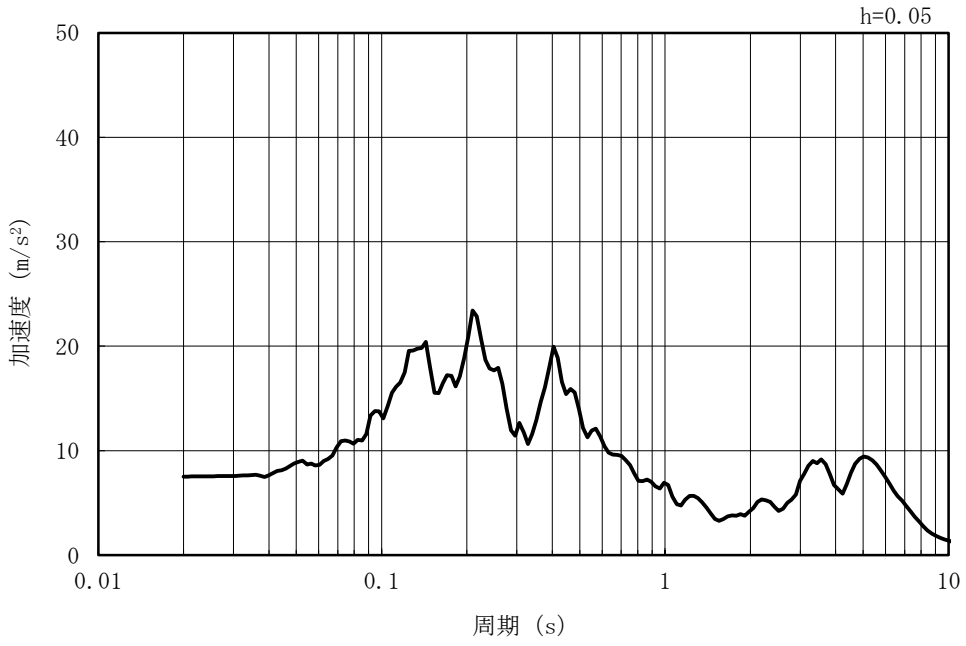


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9（12） 入力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-4NS）

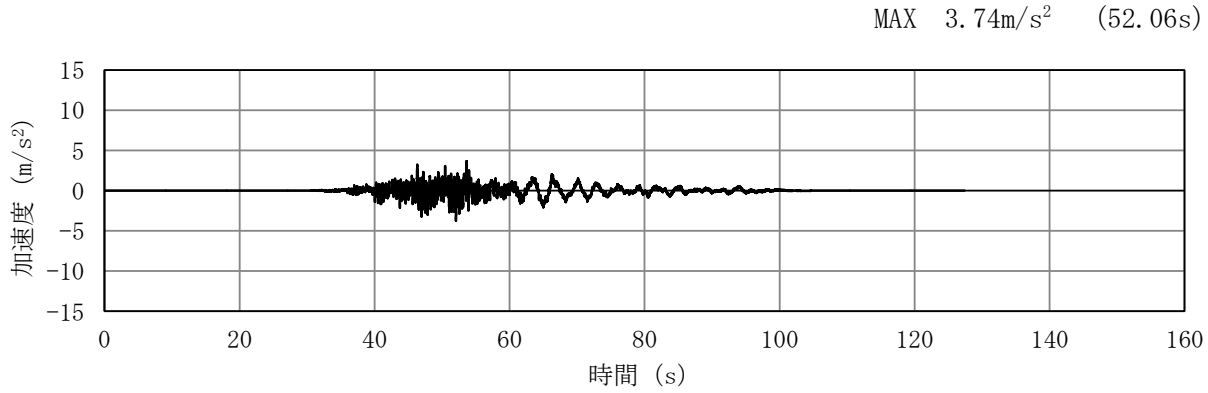


(a) 加速度時刻歴波形

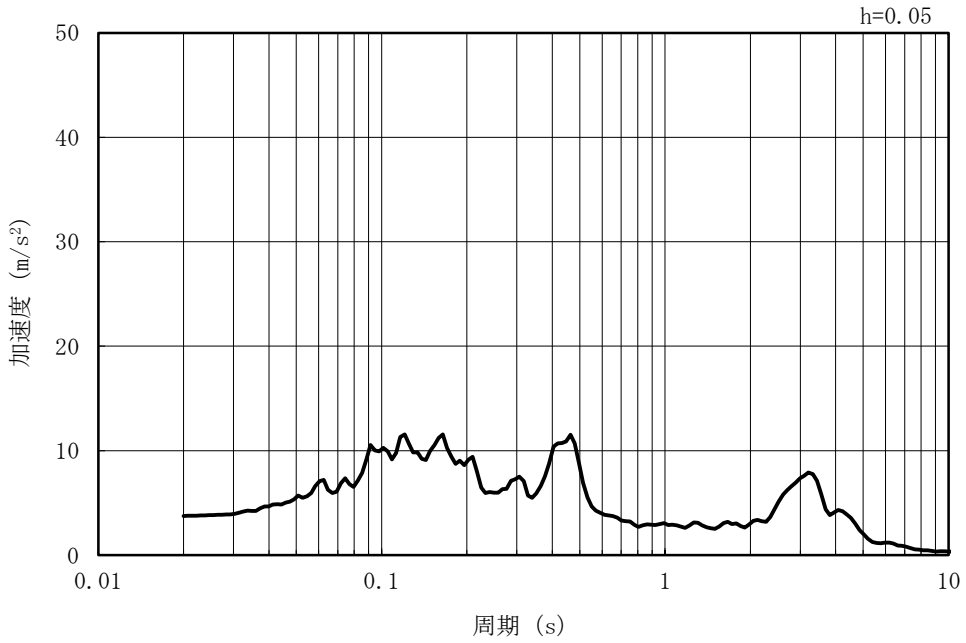


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9（13） 入力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-5EW）

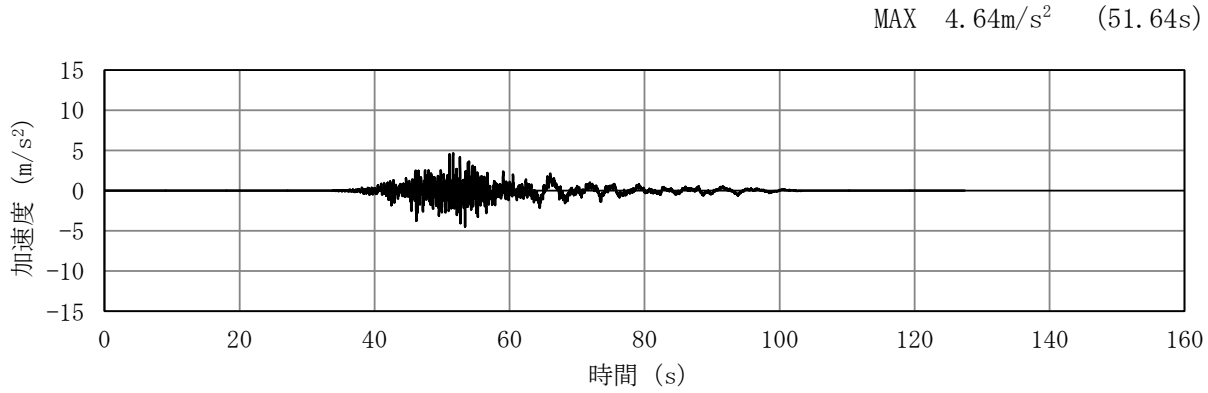


(a) 加速度時刻歴波形

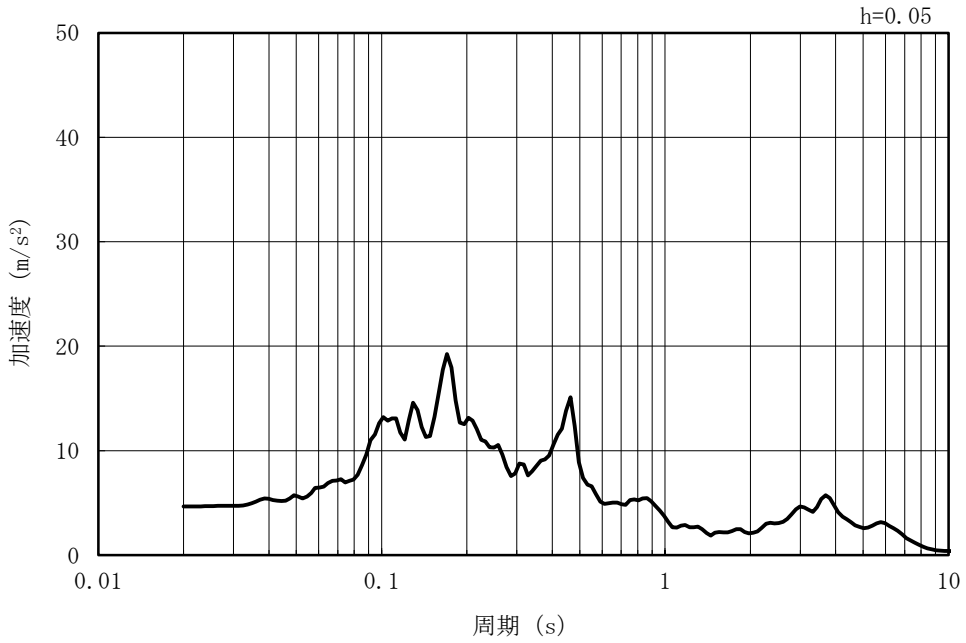


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9（14） 入力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-5EW）

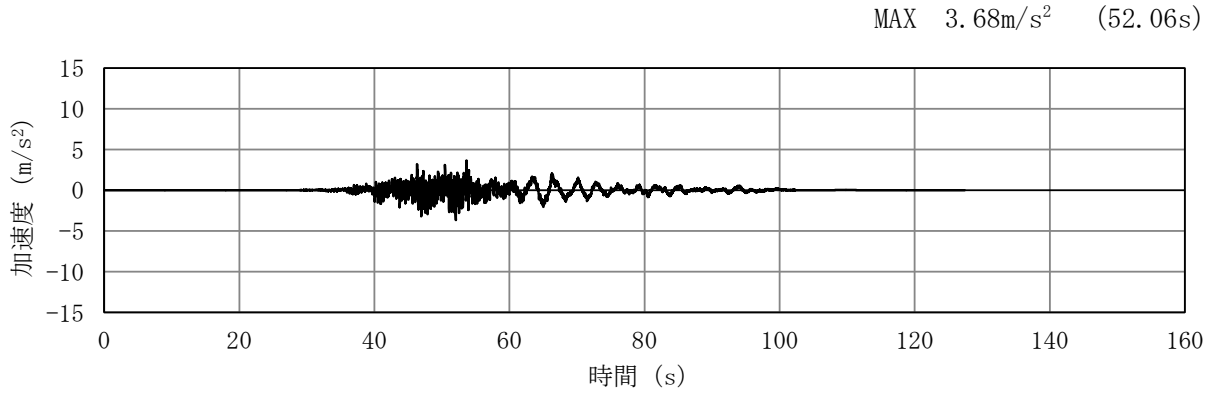


(a) 加速度時刻歴波形

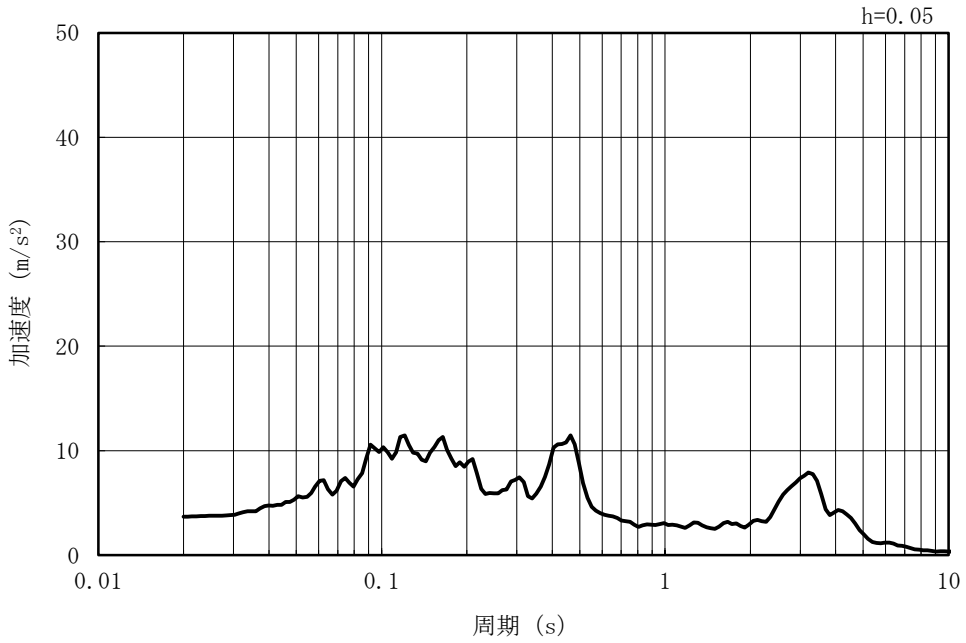


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9（15） 入力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-5NS）

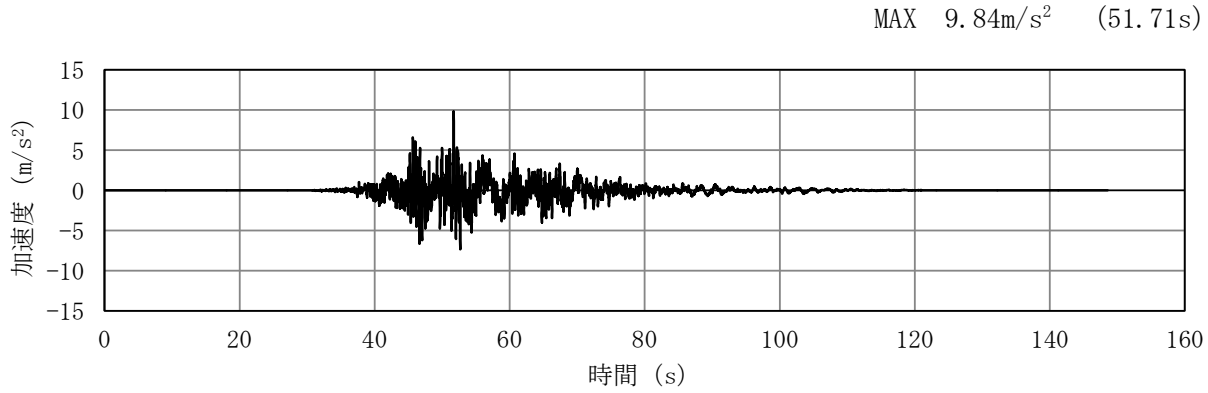


(a) 加速度時刻歴波形

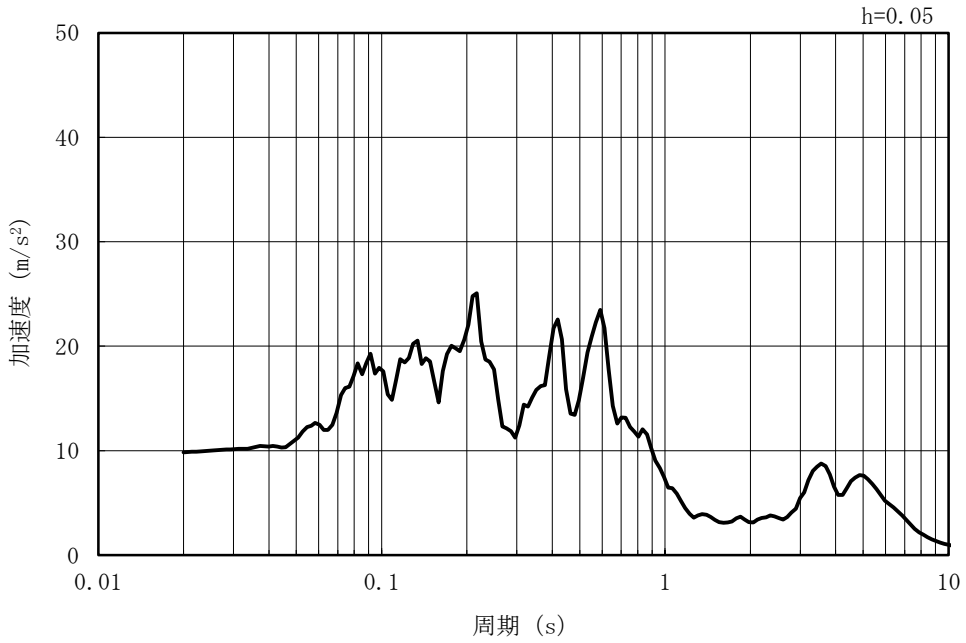


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9（16） 入力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-5NS）

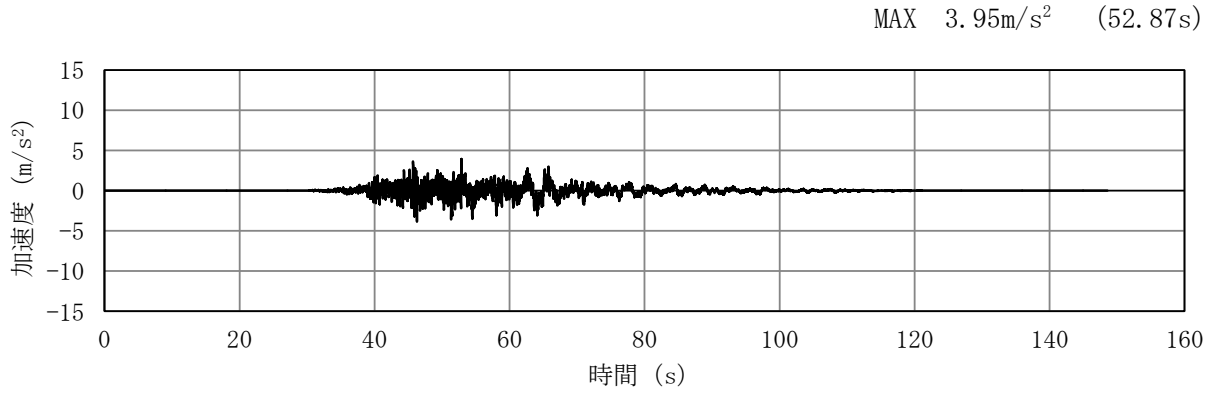


(a) 加速度時刻歴波形

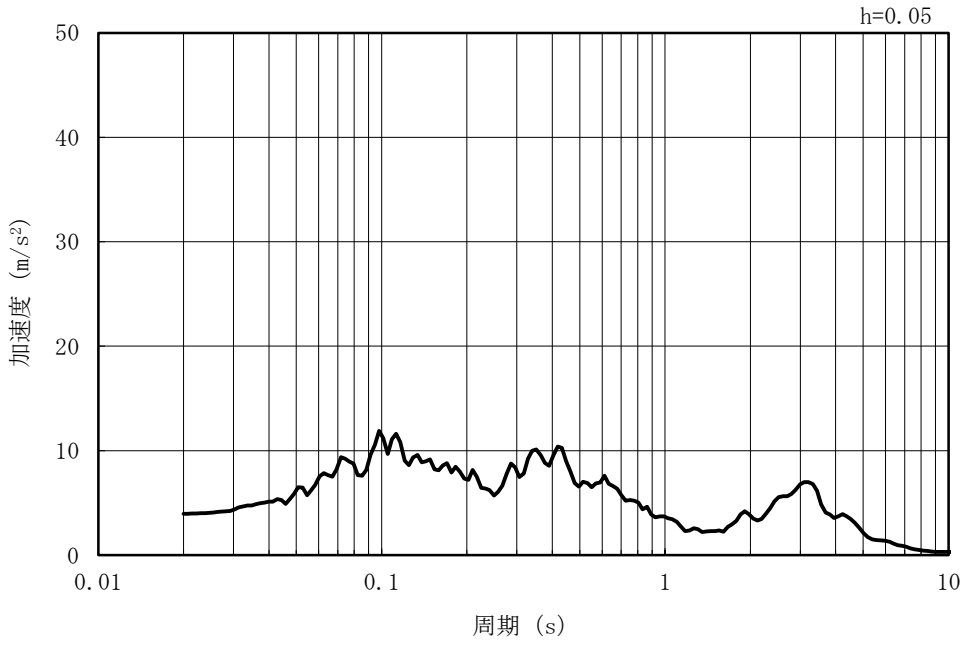


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9（17） 入力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-6EW）

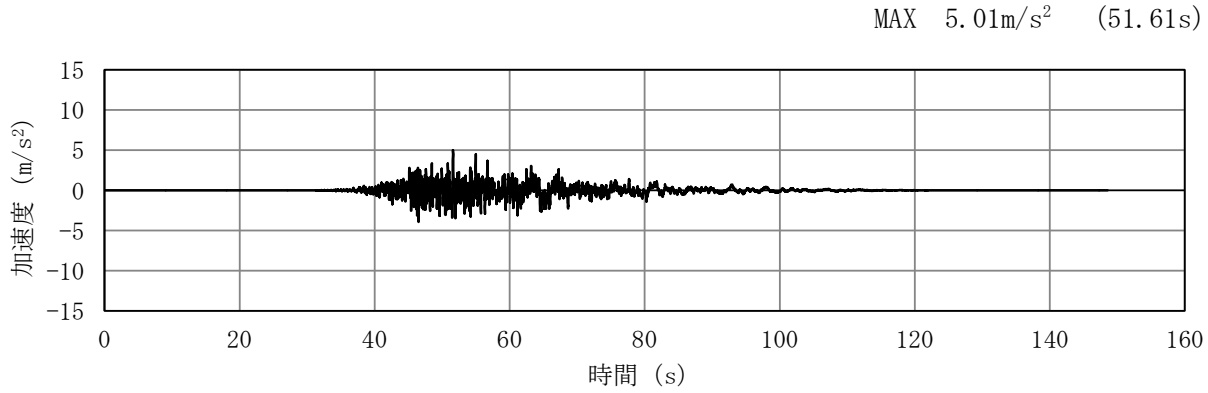


(a) 加速度時刻歴波形

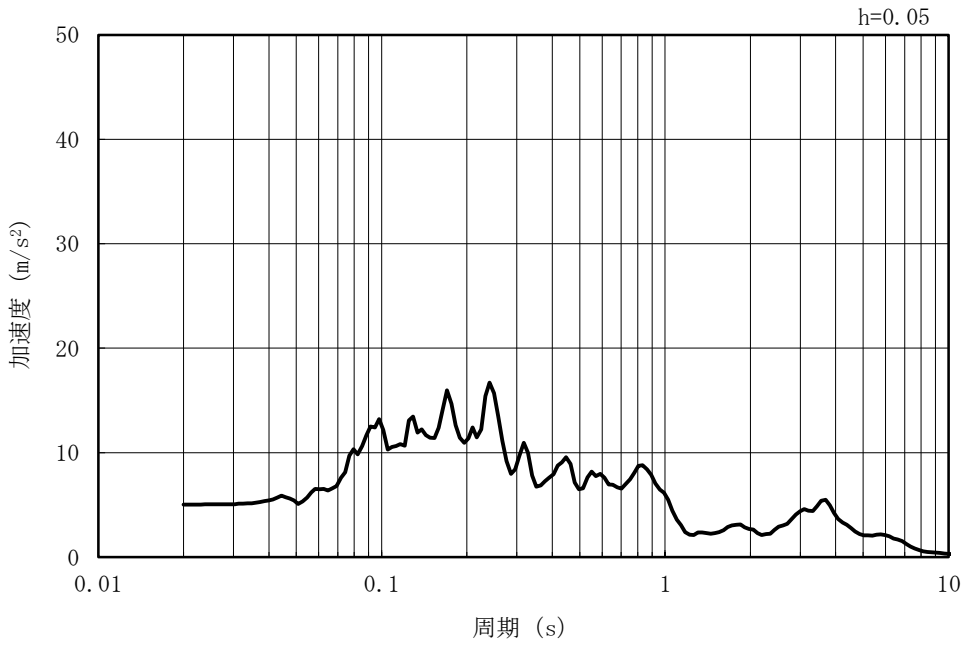


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9（18） 入力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-6EW）

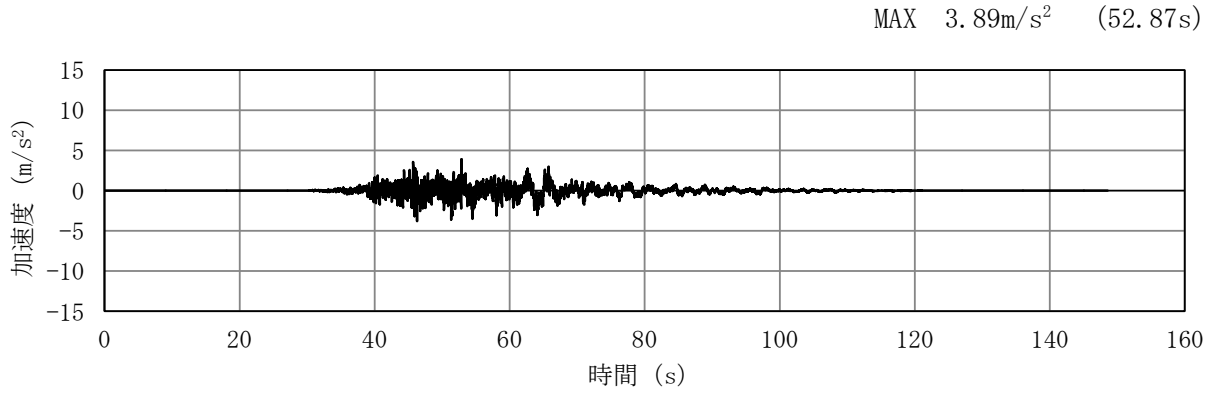


(a) 加速度時刻歴波形

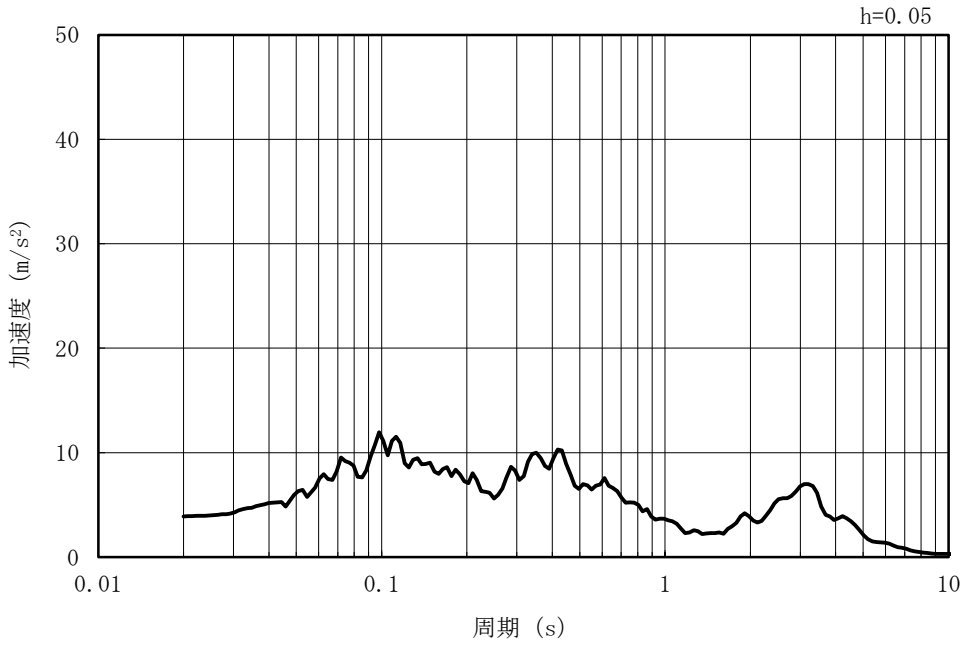


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9（19） 入力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-6NS）

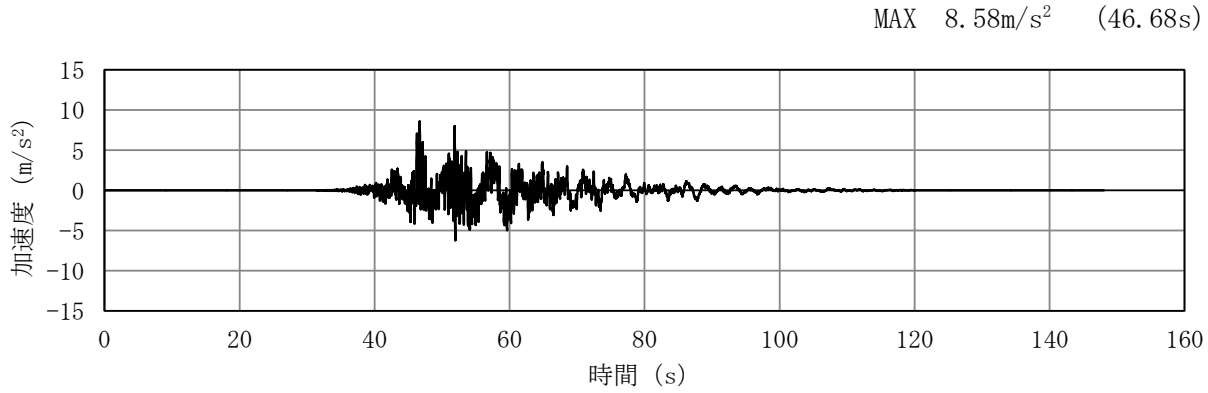


(a) 加速度時刻歴波形

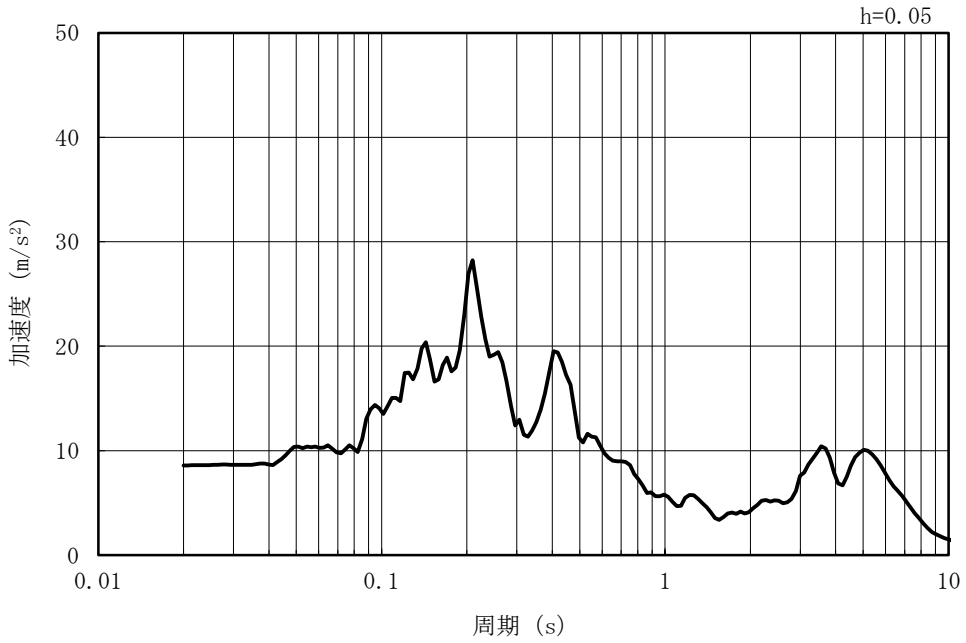


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9（20） 入力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-6NS）

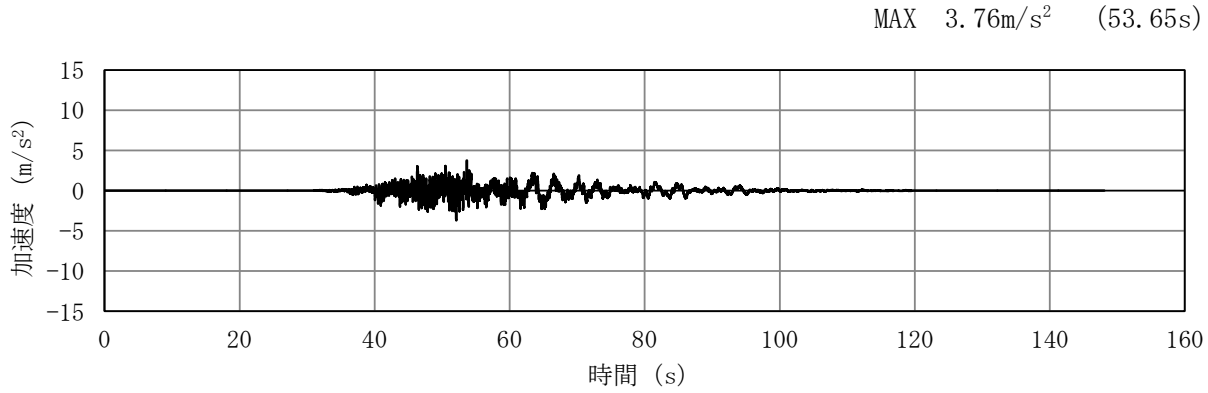


(a) 加速度時刻歴波形

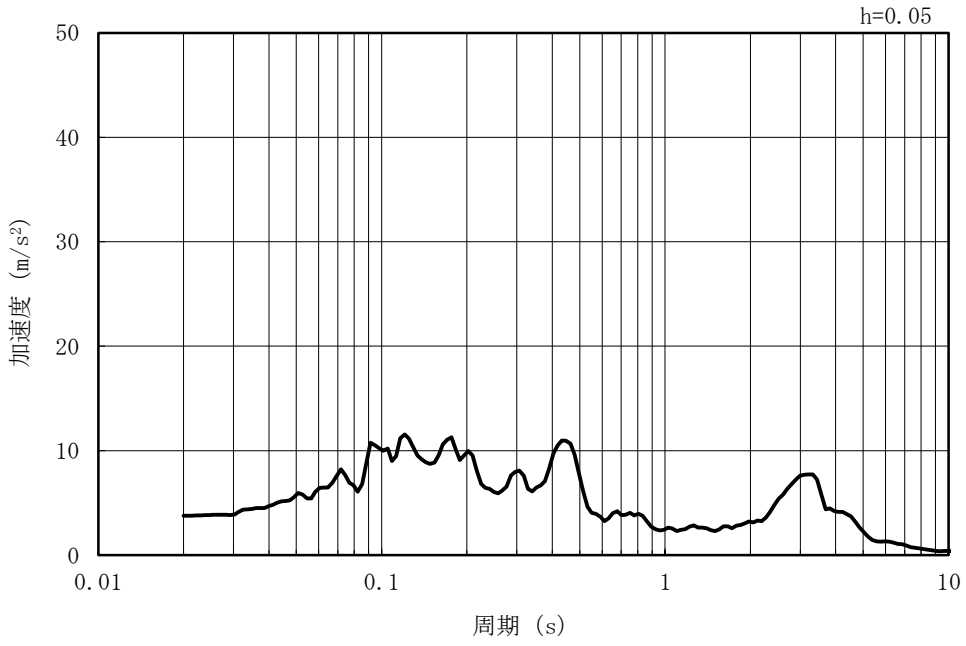


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9（21） 入力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-7EW）

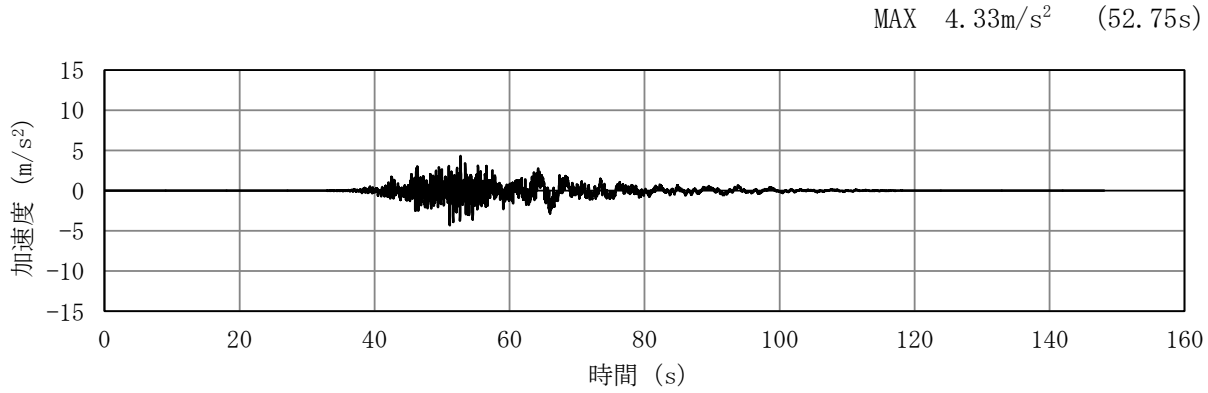


(a) 加速度時刻歴波形

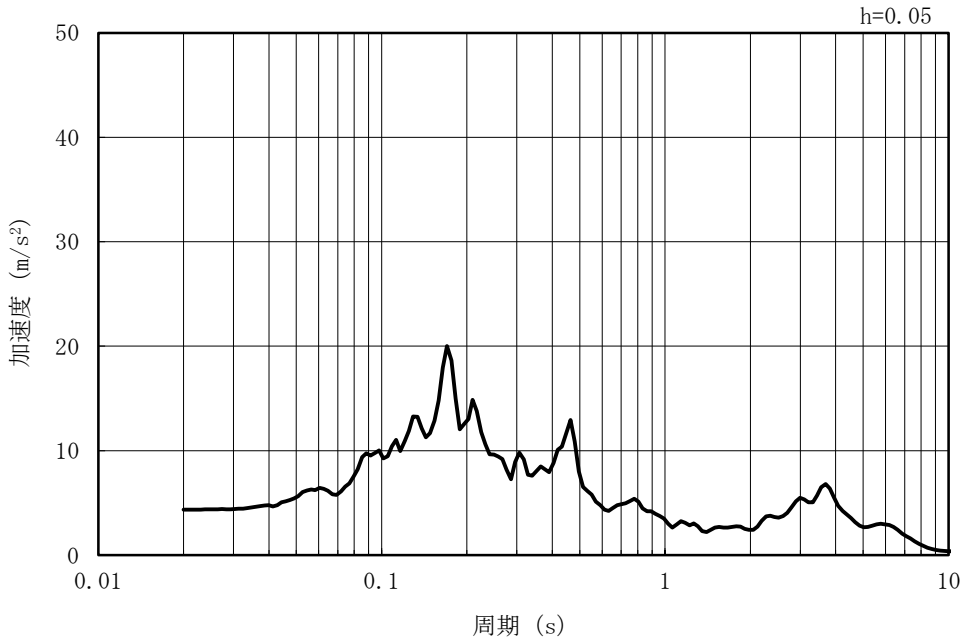


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9（22） 入力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-7EW）

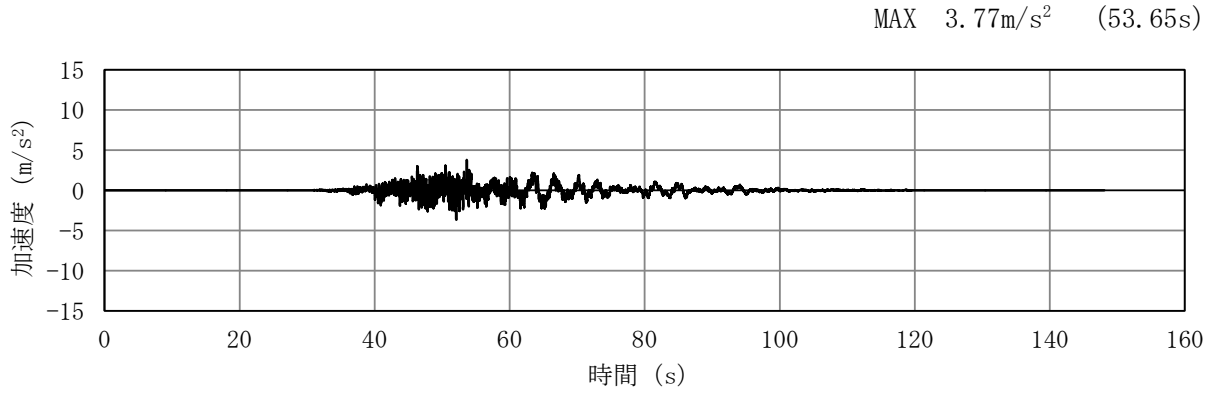


(a) 加速度時刻歴波形

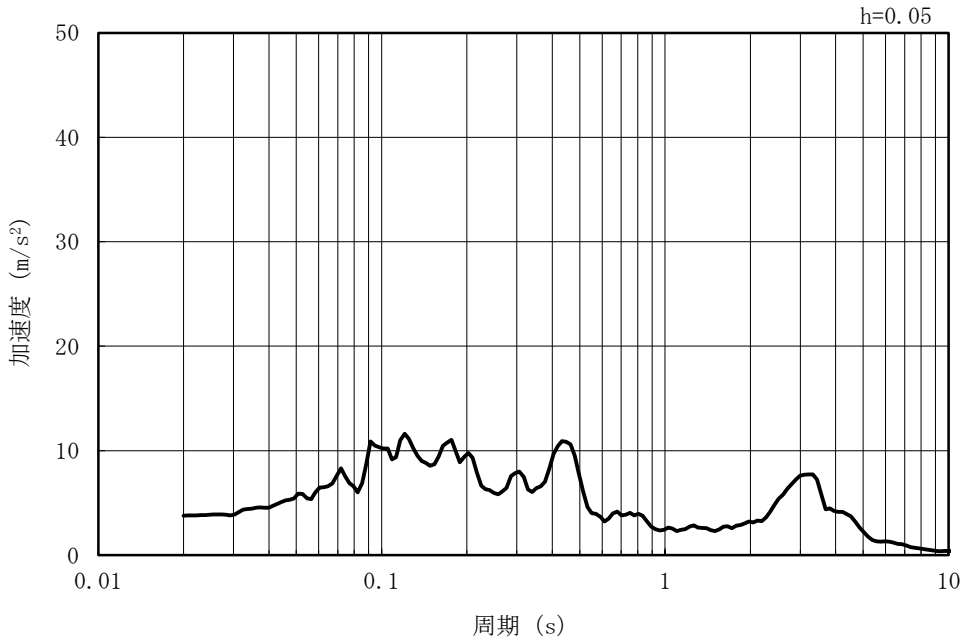


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9（23） 入力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-7NS）

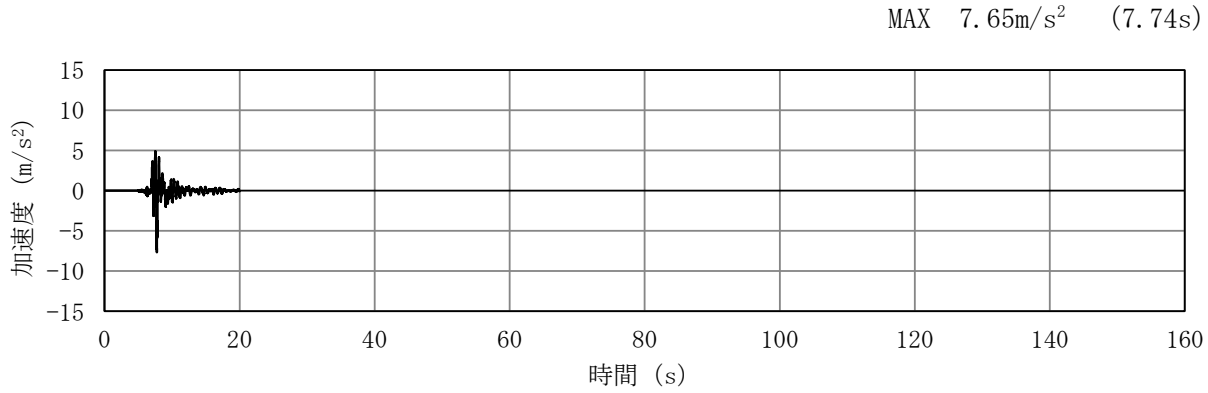


(a) 加速度時刻歴波形

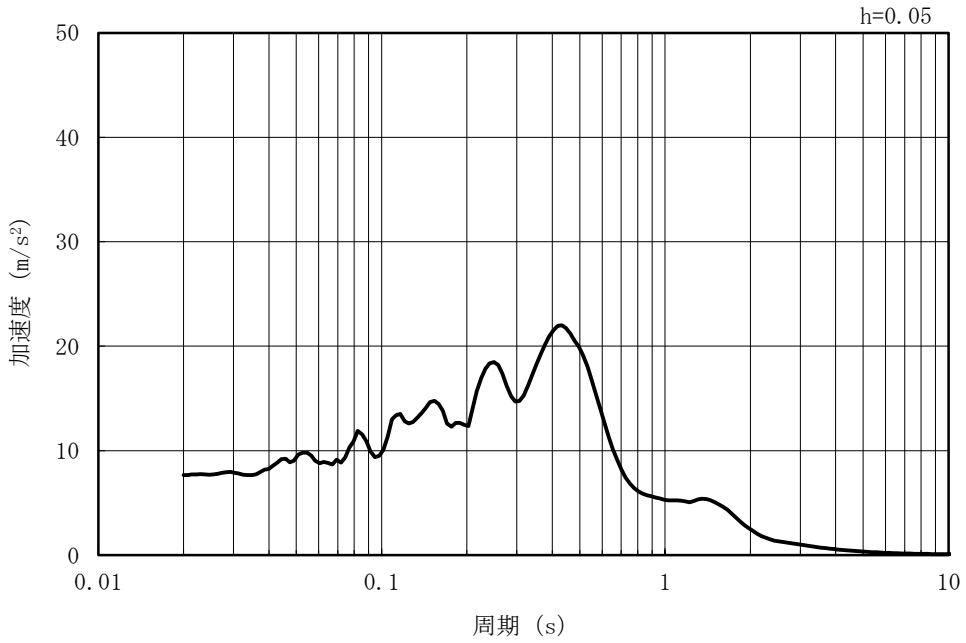


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9（24） 入力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-7NS）

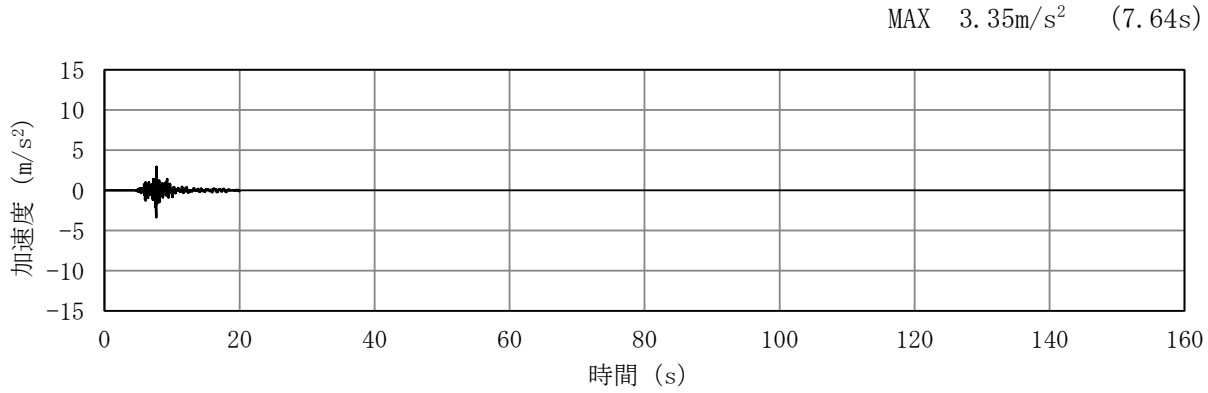


(a) 加速度時刻歴波形

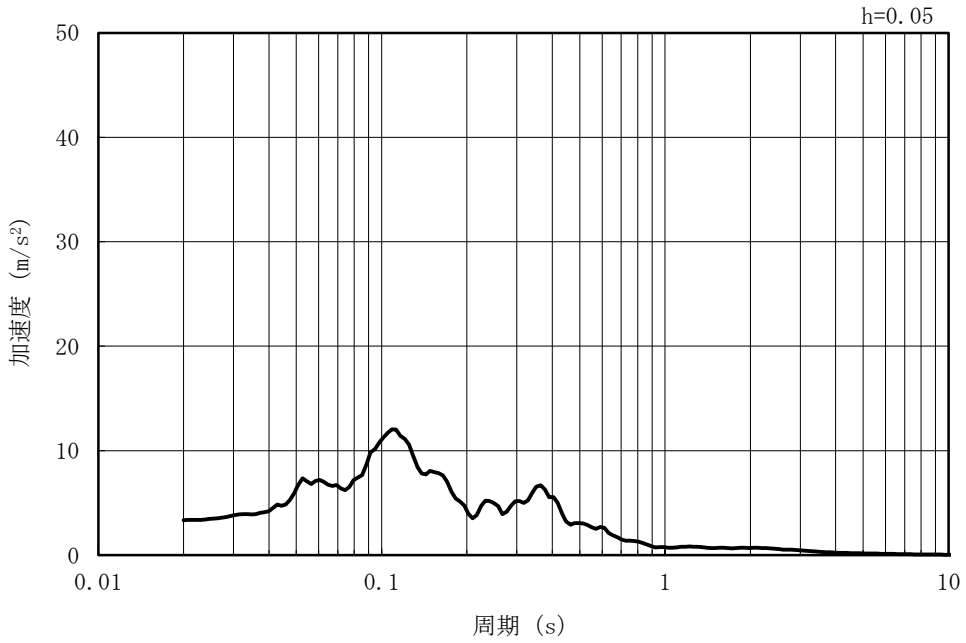


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9（25） 入力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-8）

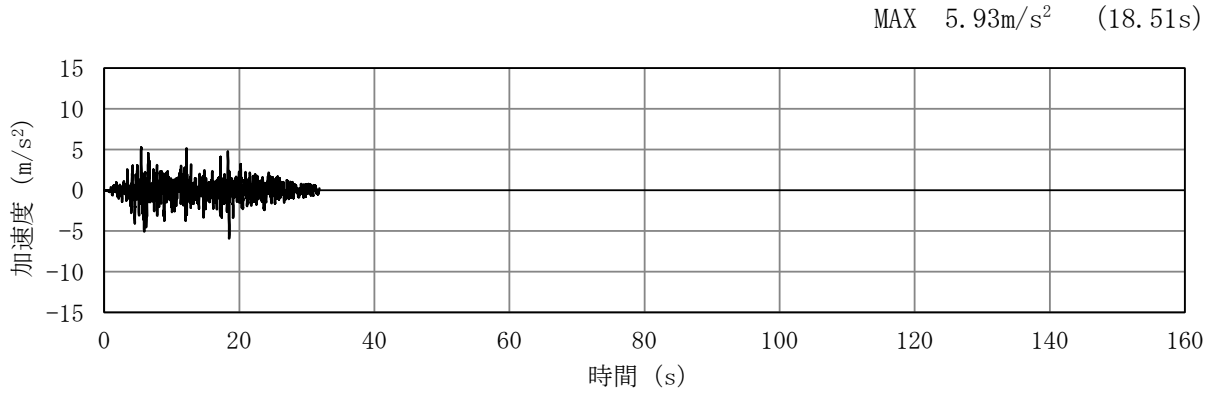


(a) 加速度時刻歴波形

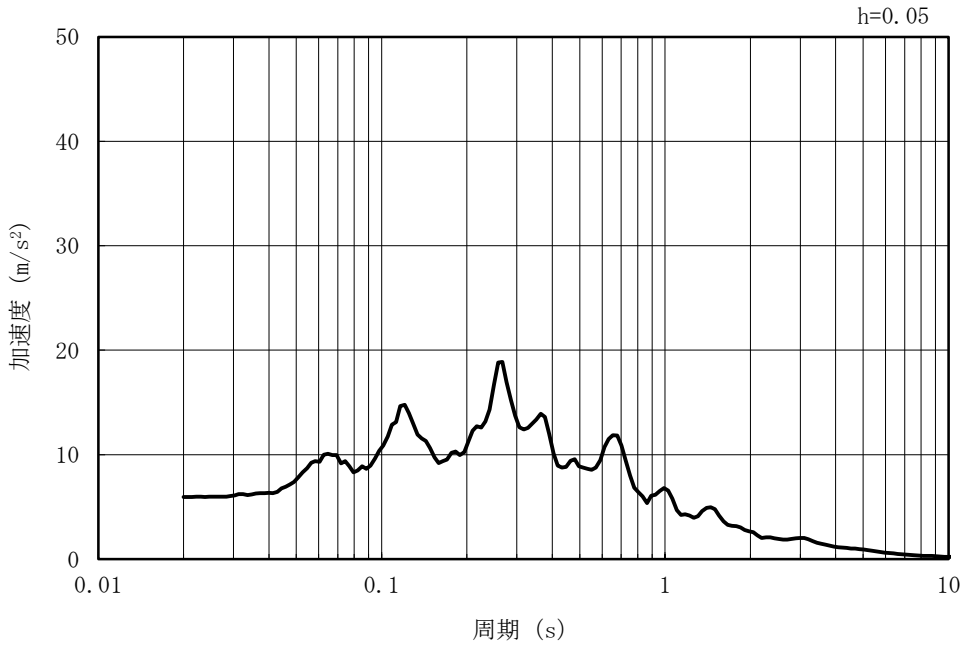


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－9（26） 入力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-8）

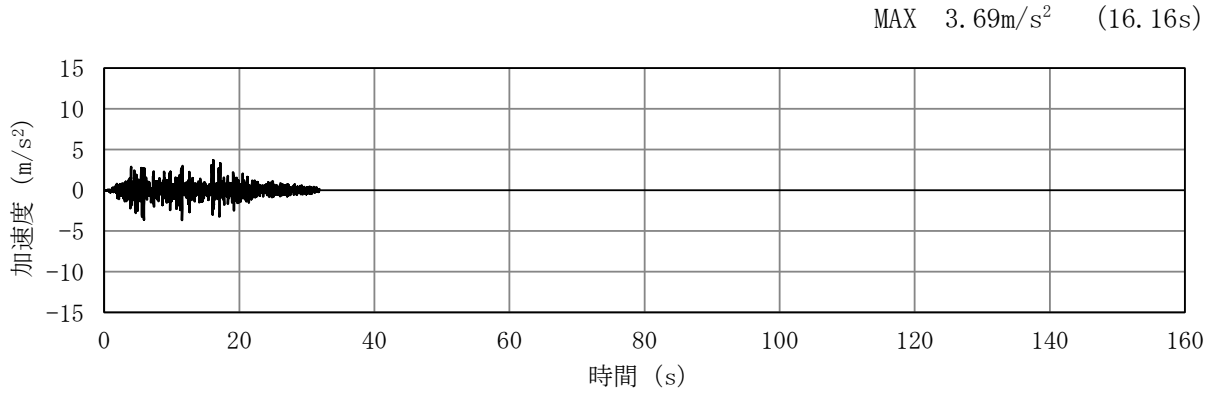


(a) 加速度時刻歴波形

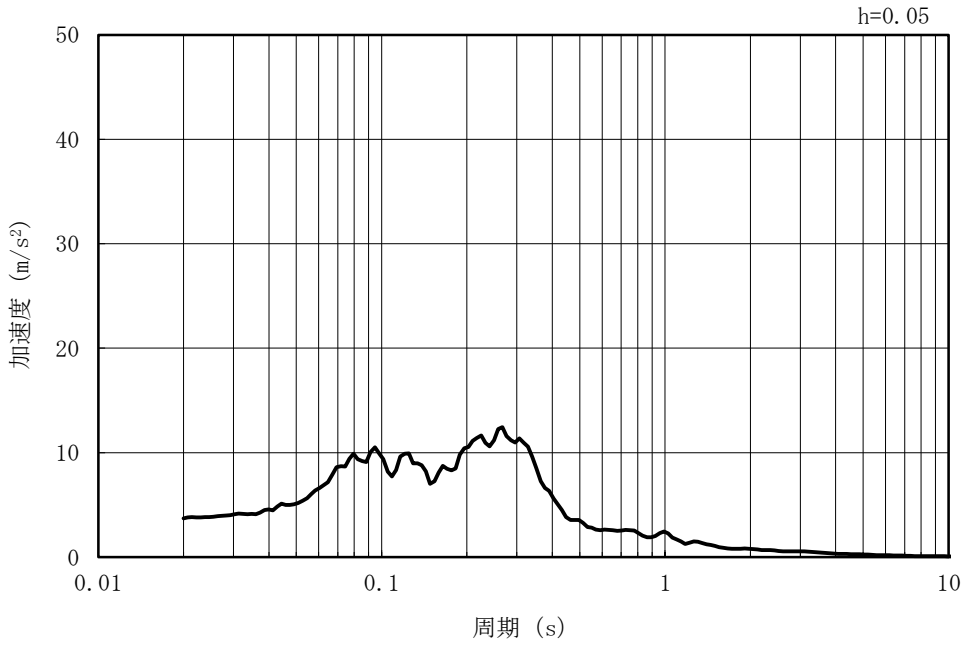


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10（1） 入力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：Sd-1）

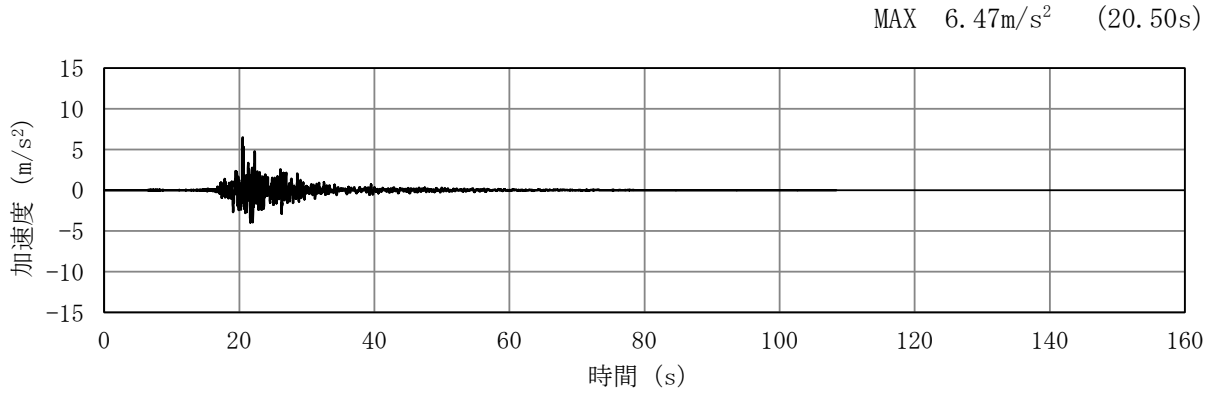


(a) 加速度時刻歴波形

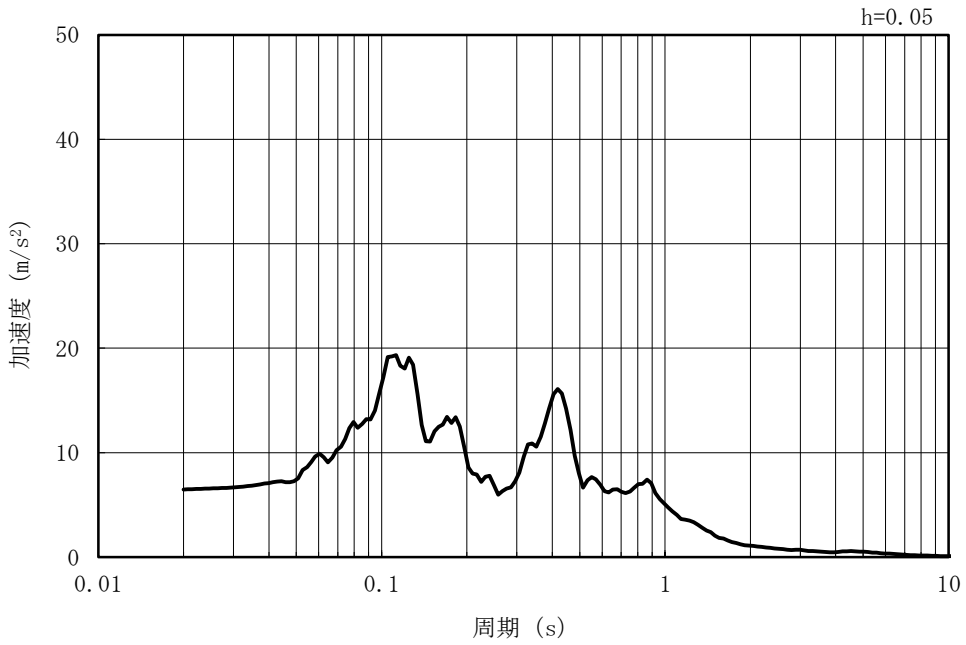


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10 (2) 入力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：Sd-1)

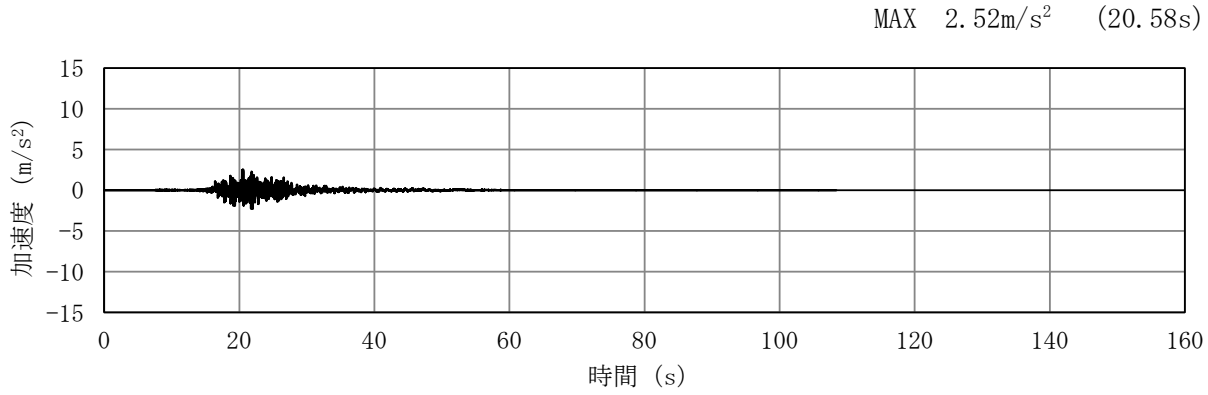


(a) 加速度時刻歴波形

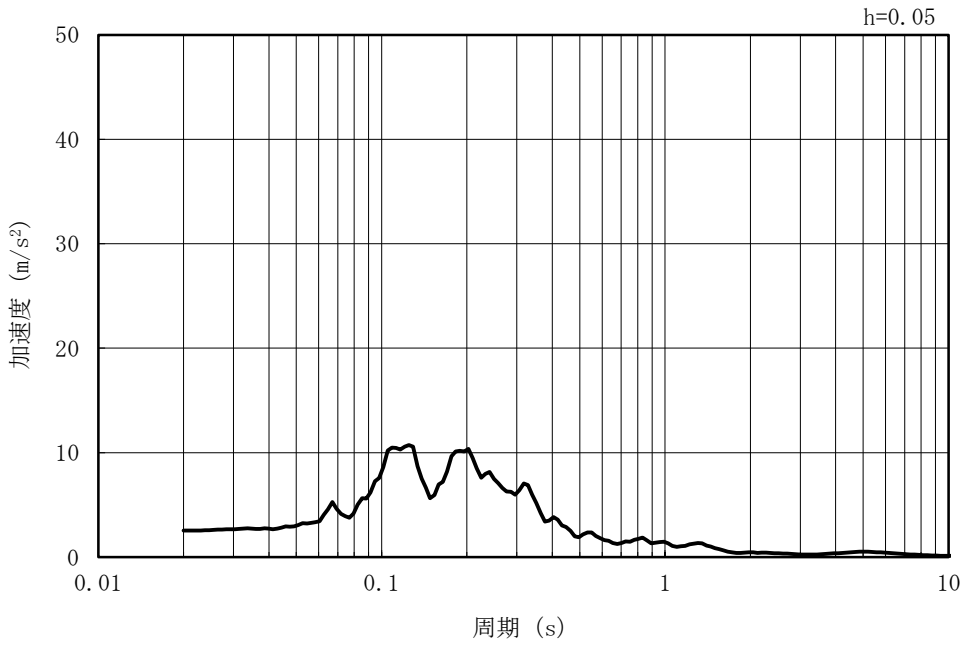


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10 (3) 入力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：Sd-2EW)

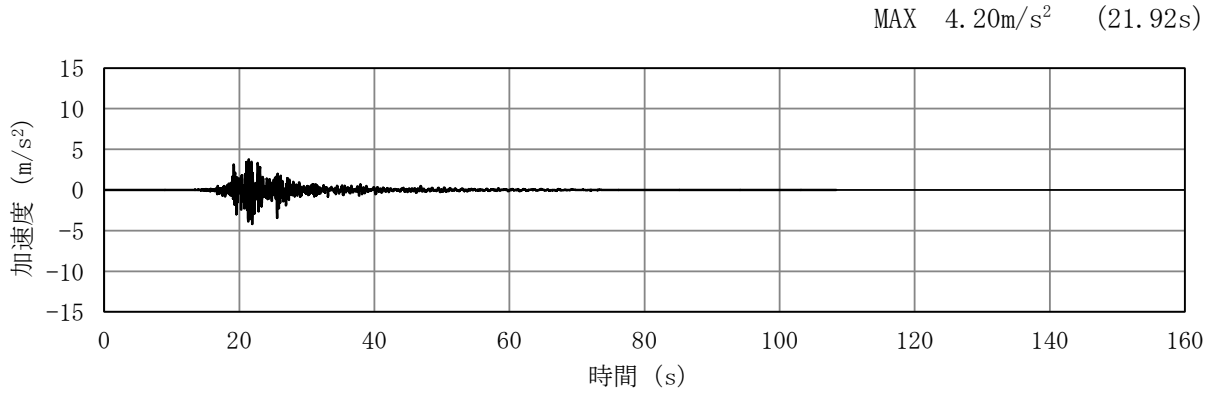


(a) 加速度時刻歴波形

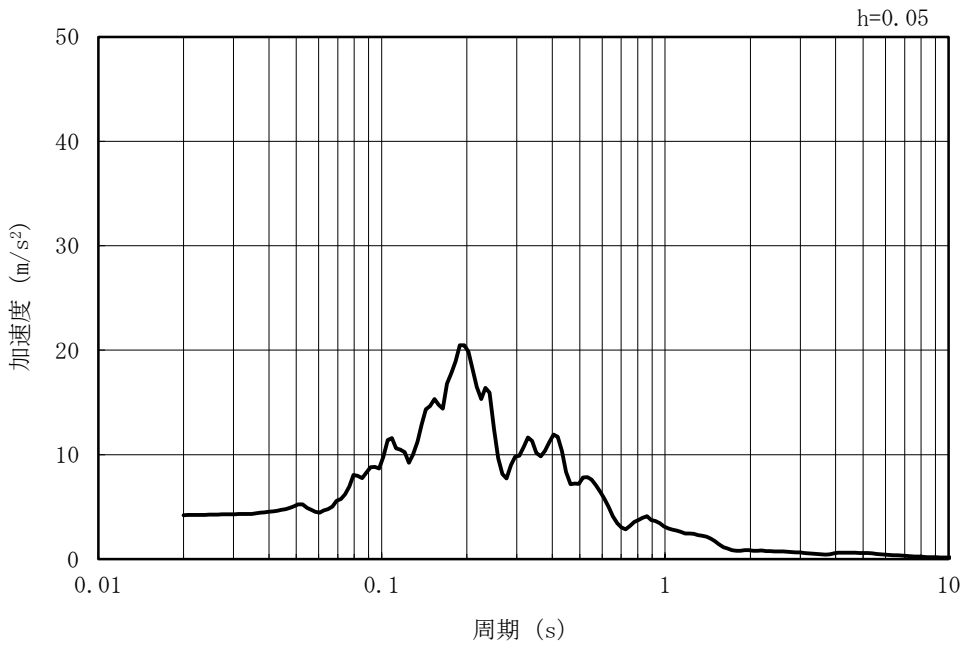


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10 (4) 入力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：Sd-2EW)

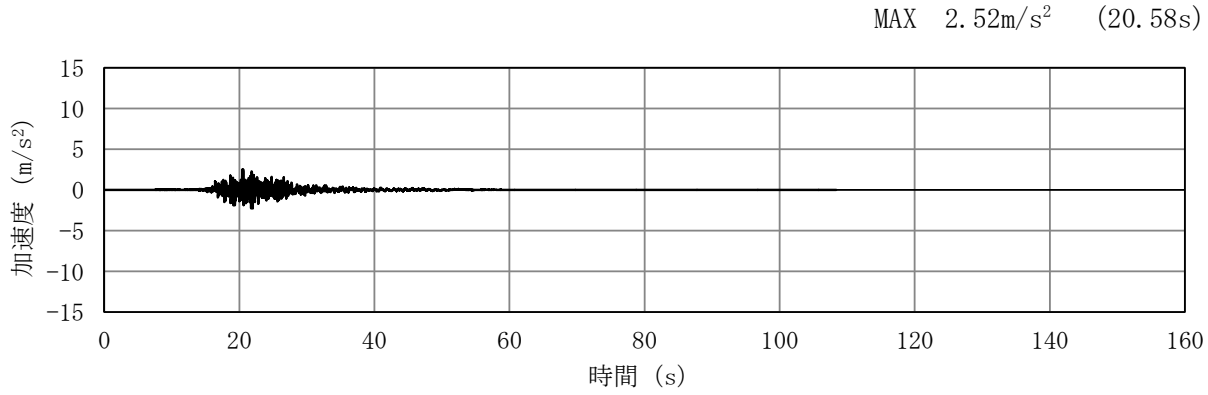


(a) 加速度時刻歴波形

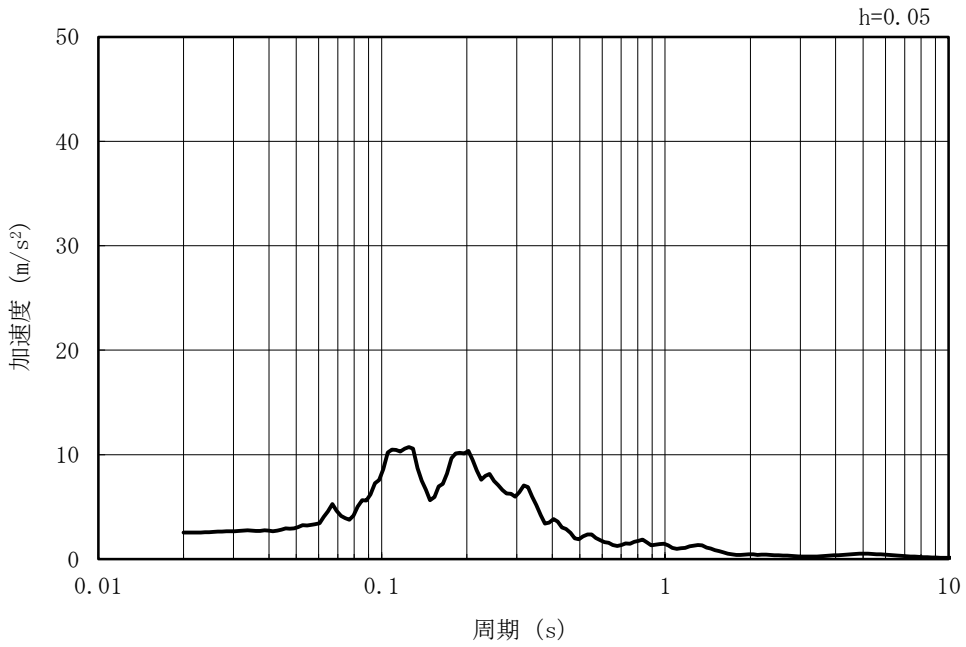


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10 (5) 入力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：Sd-2NS)

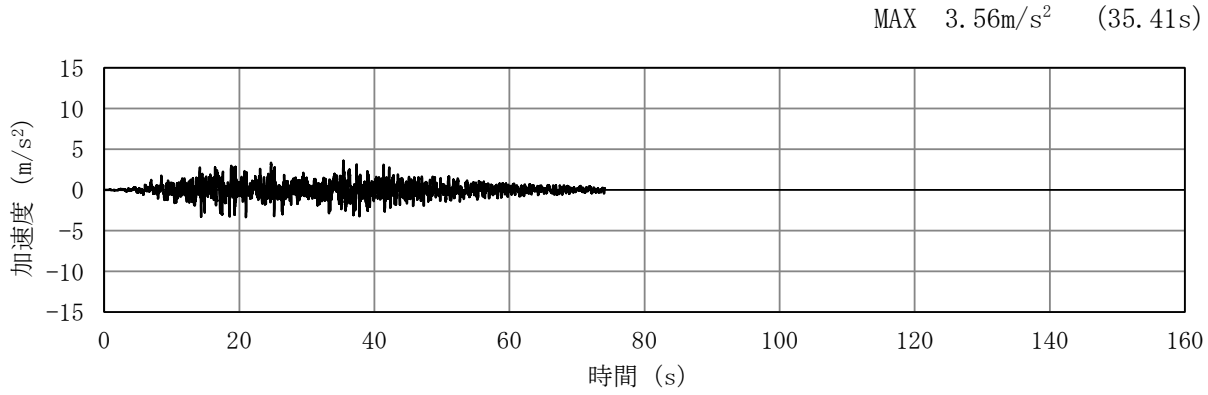


(a) 加速度時刻歴波形

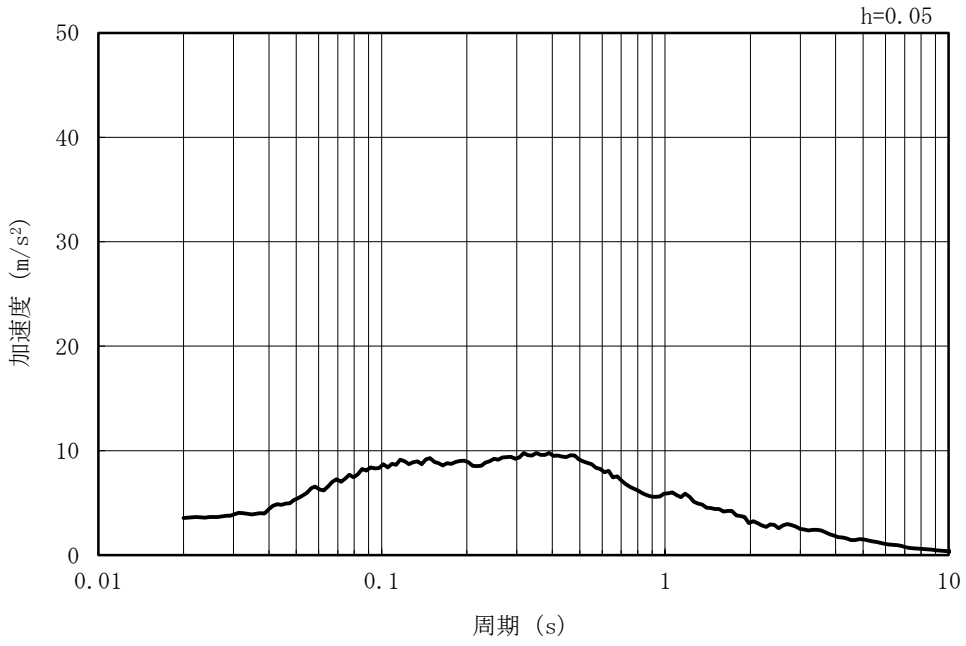


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10 (6) 入力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：Sd-2NS)

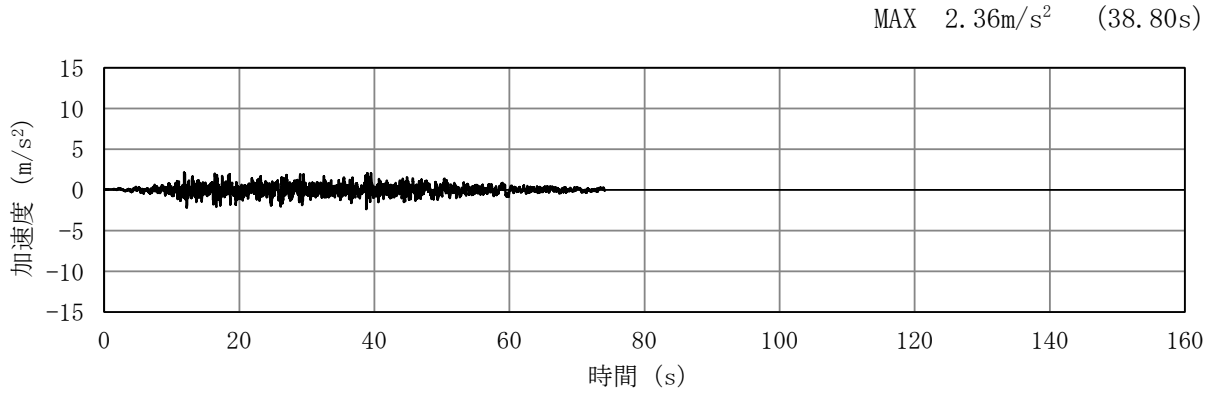


(a) 加速度時刻歴波形

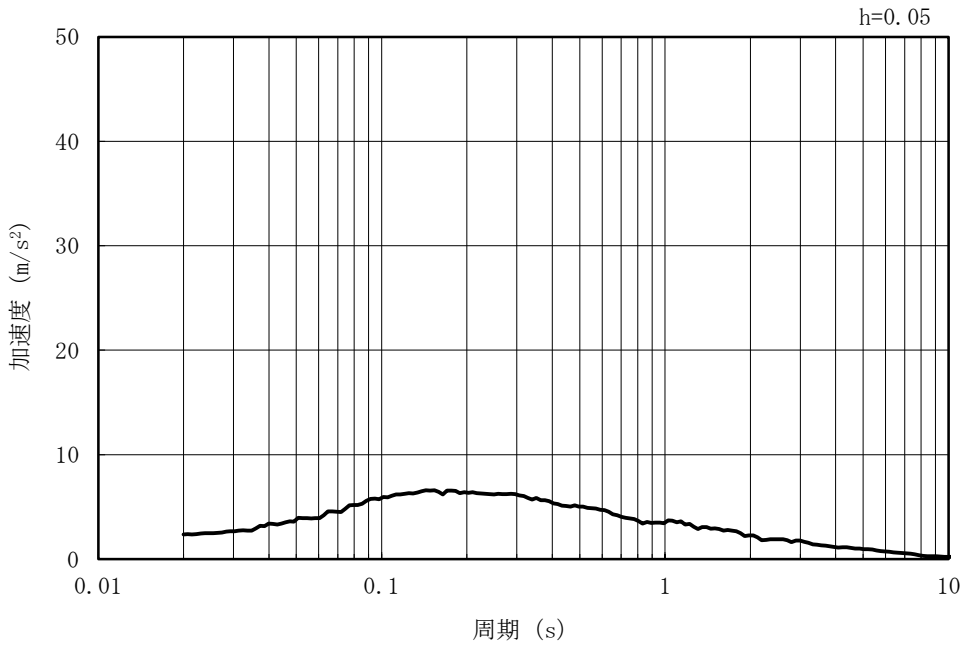


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10（7） 入力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：Sd-3）

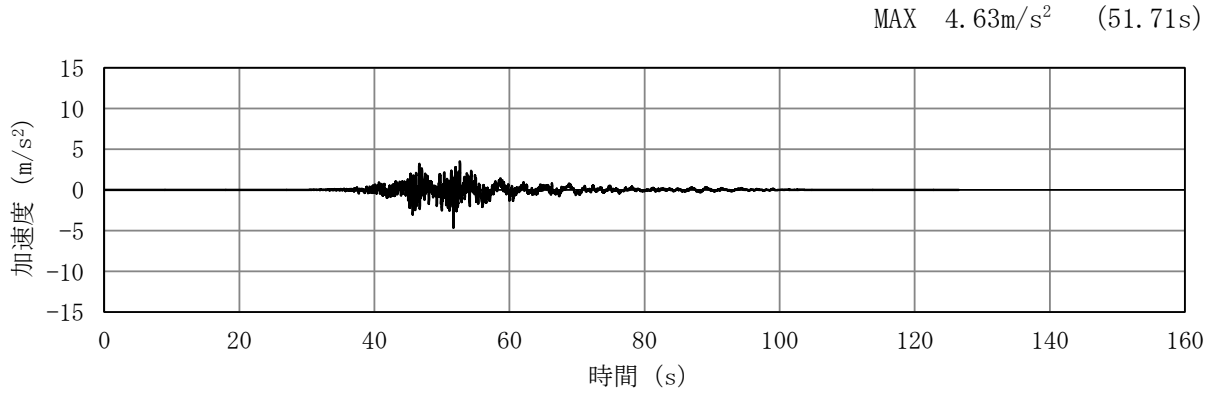


(a) 加速度時刻歴波形

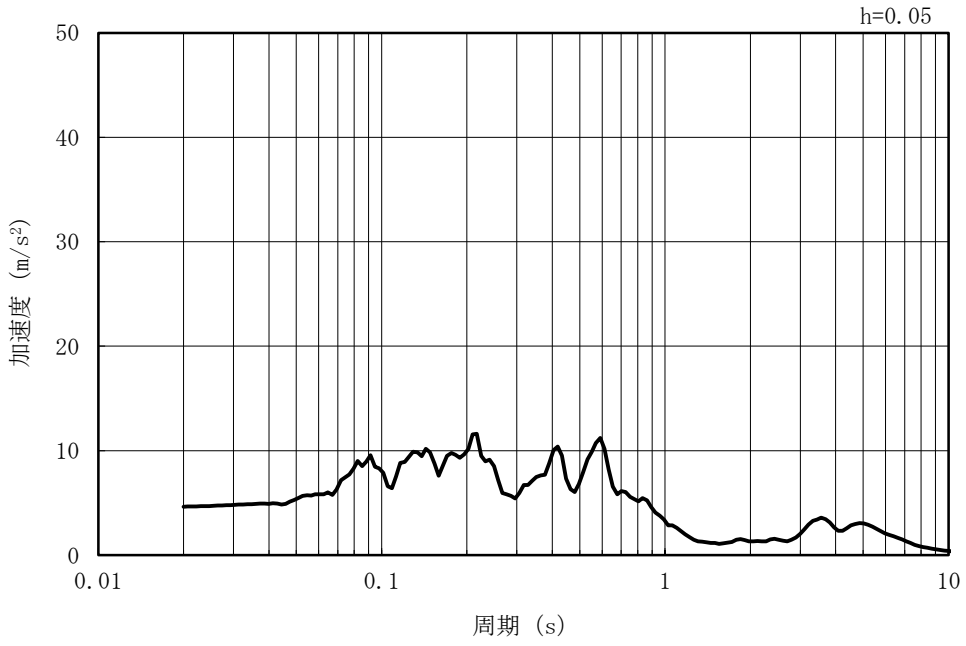


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10 (8) 入力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：Sd-3)

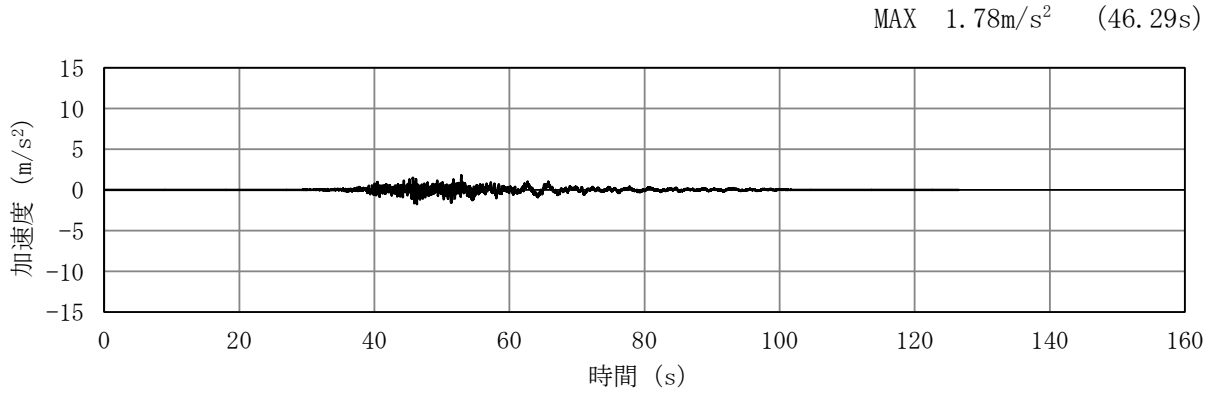


(a) 加速度時刻歴波形

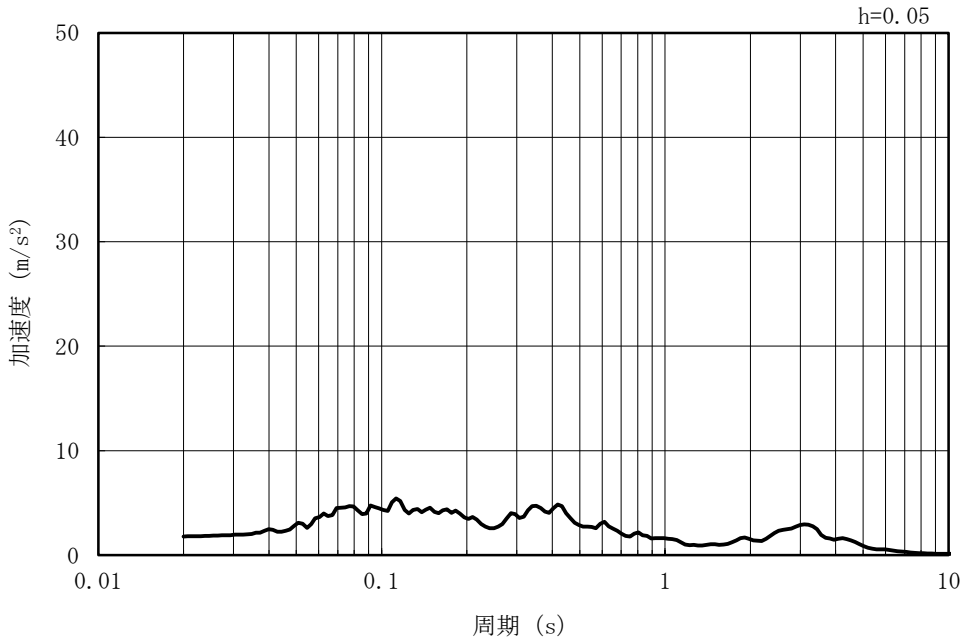


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10 (9) 入力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：Sd-4EW)

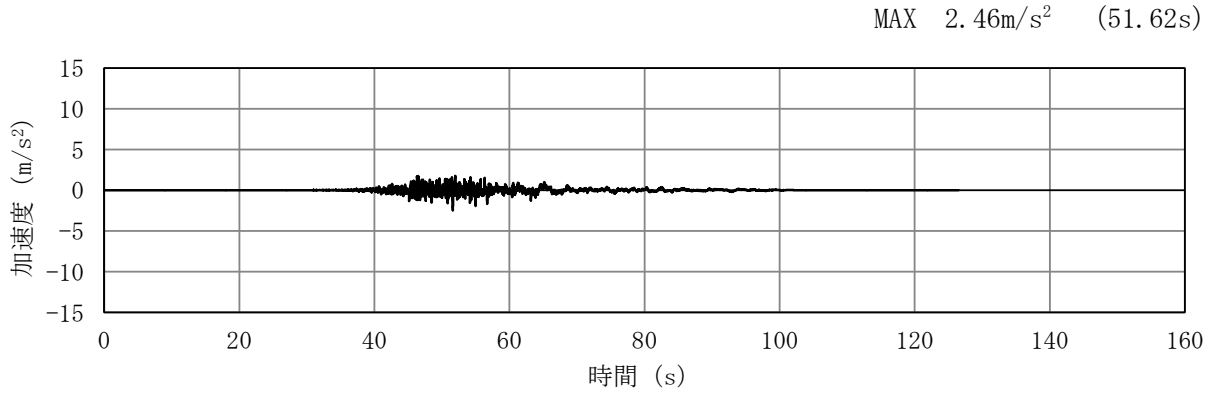


(a) 加速度時刻歴波形

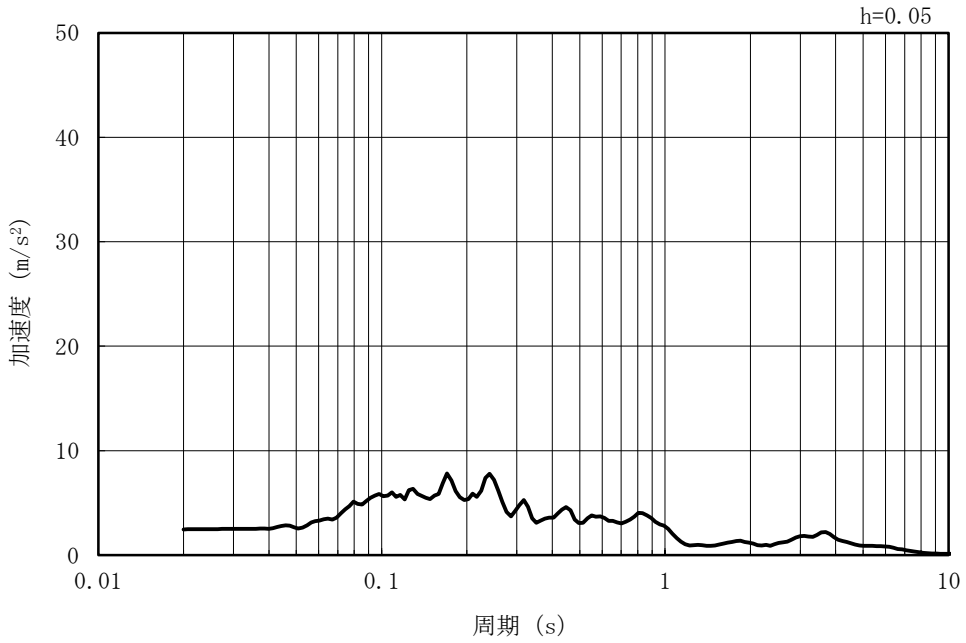


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10（10） 入力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：Sd-4EW）

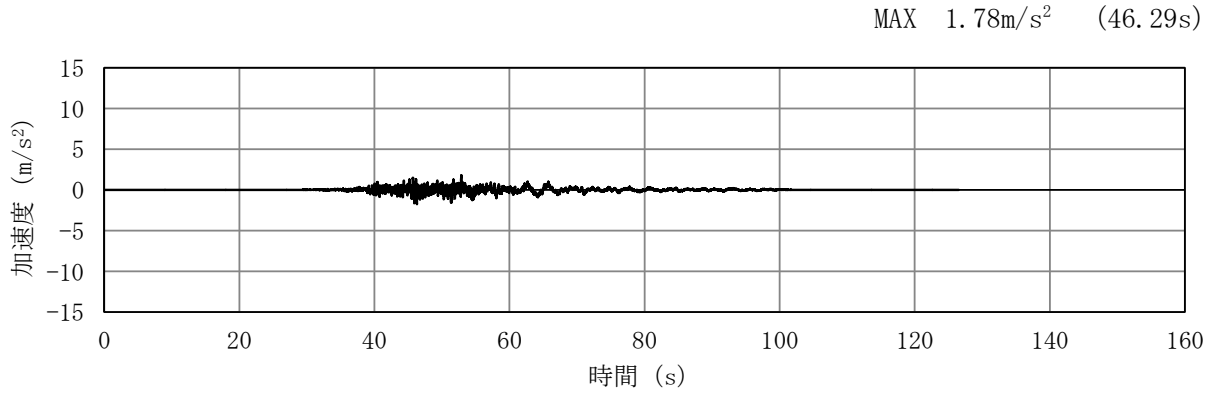


(a) 加速度時刻歴波形

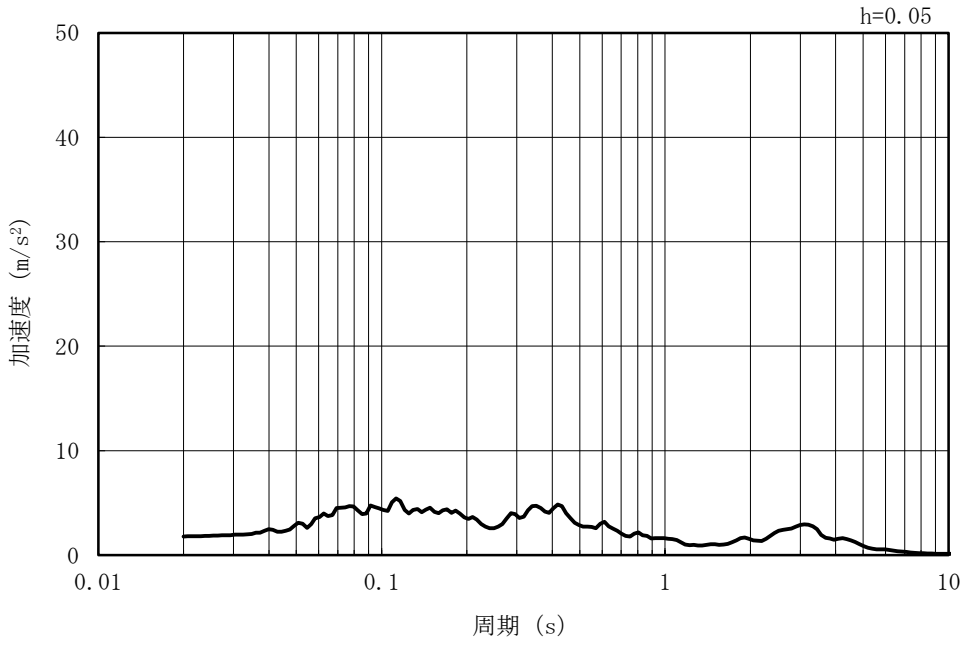


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10（11） 入力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：Sd-4NS）

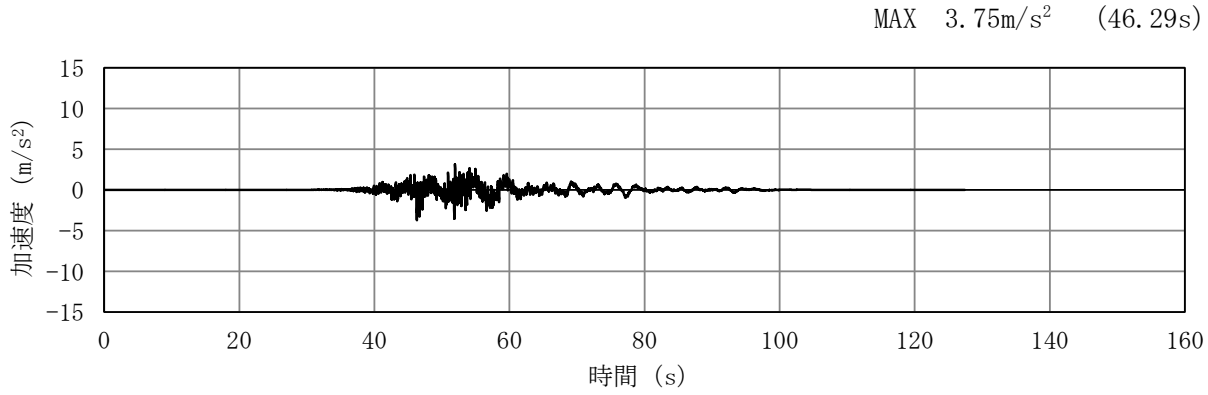


(a) 加速度時刻歴波形

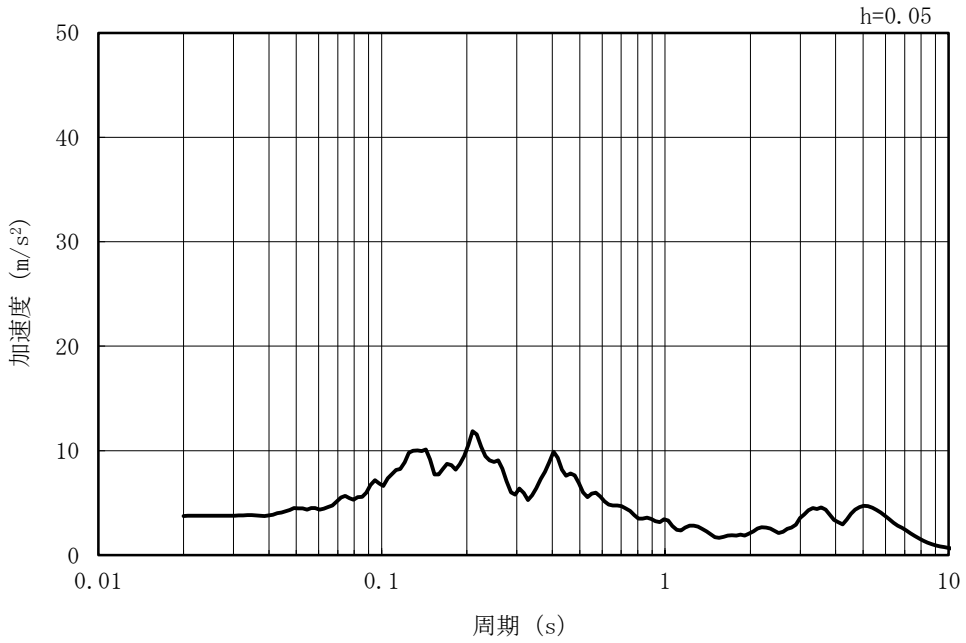


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10（12） 入力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：Sd-4NS）

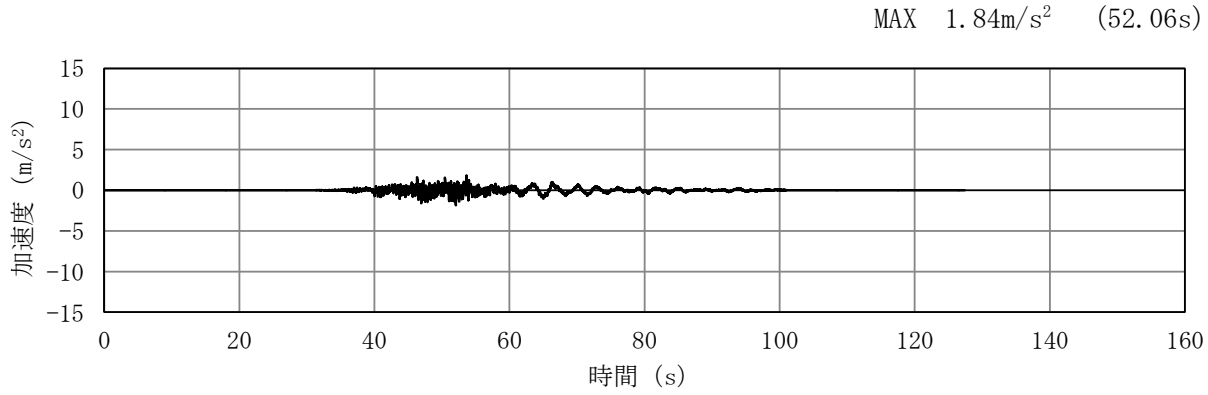


(a) 加速度時刻歴波形

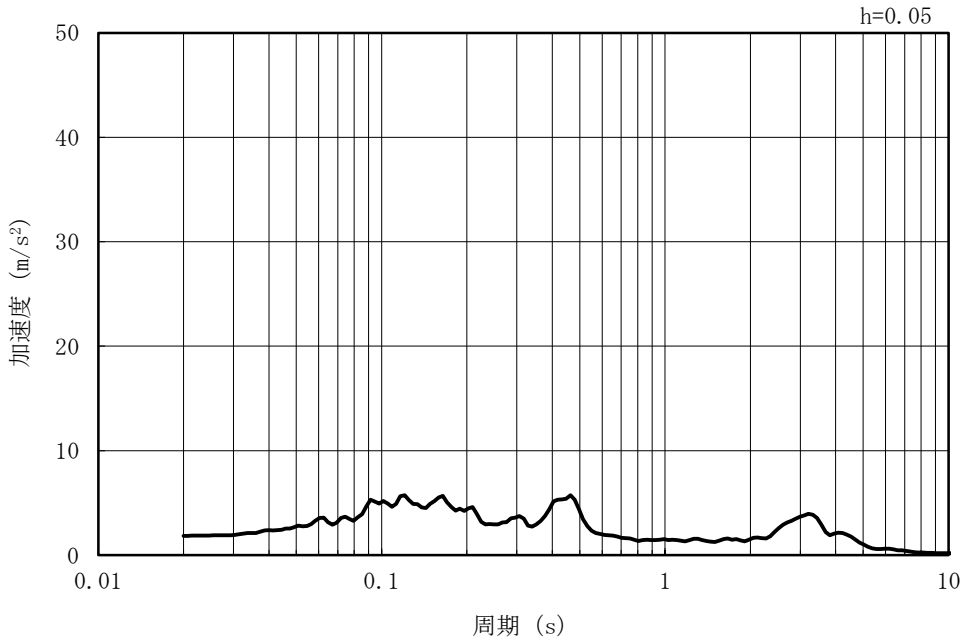


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10（13） 入力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：Sd-5EW）

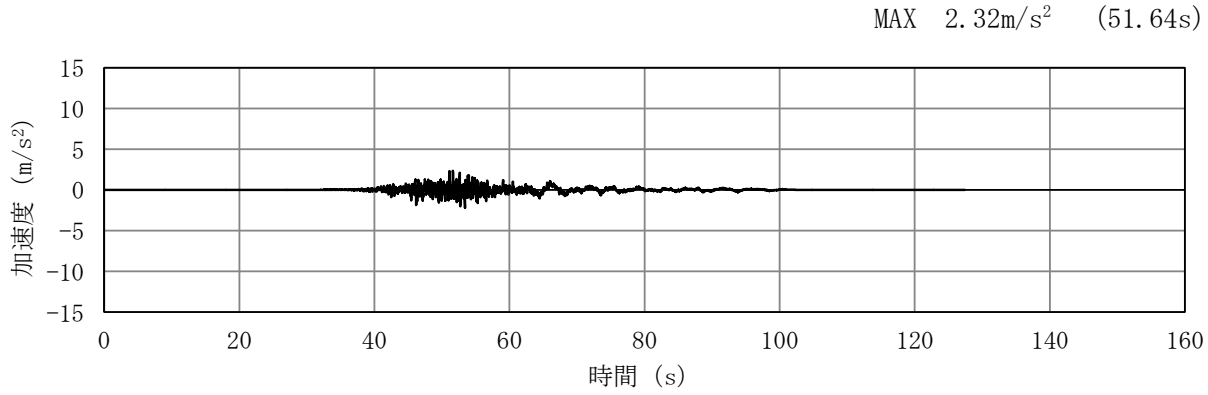


(a) 加速度時刻歴波形

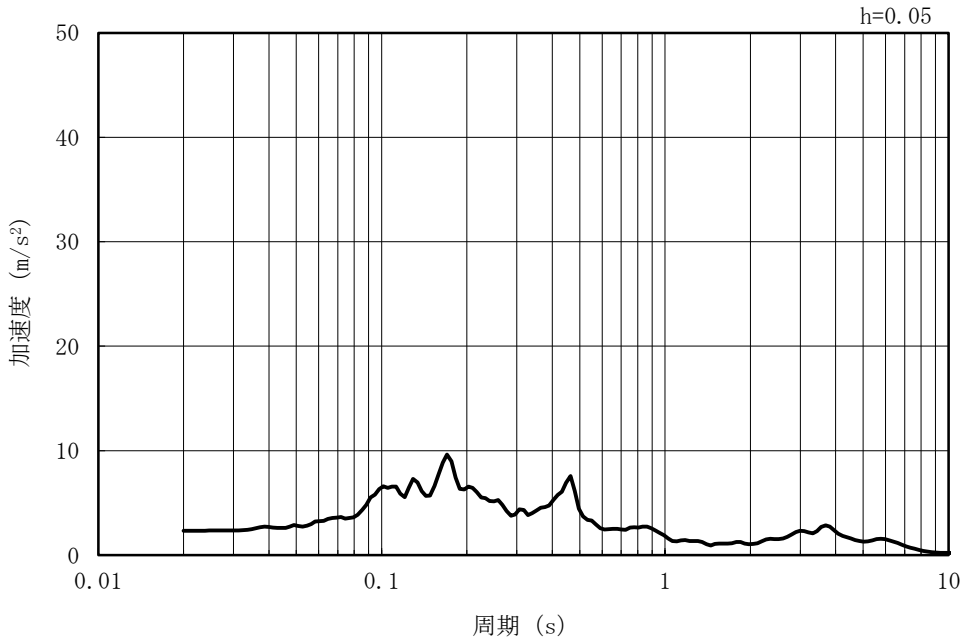


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10（14） 入力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：Sd-5EW）

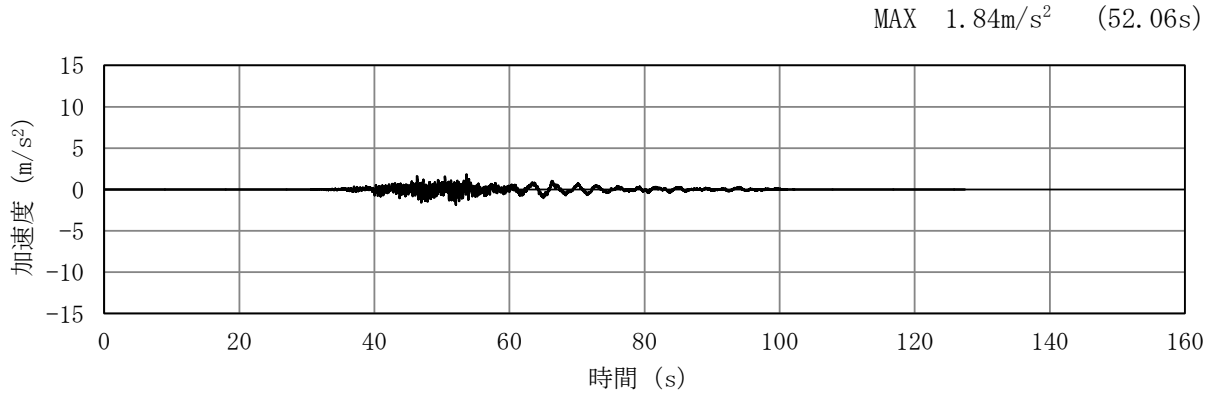


(a) 加速度時刻歴波形

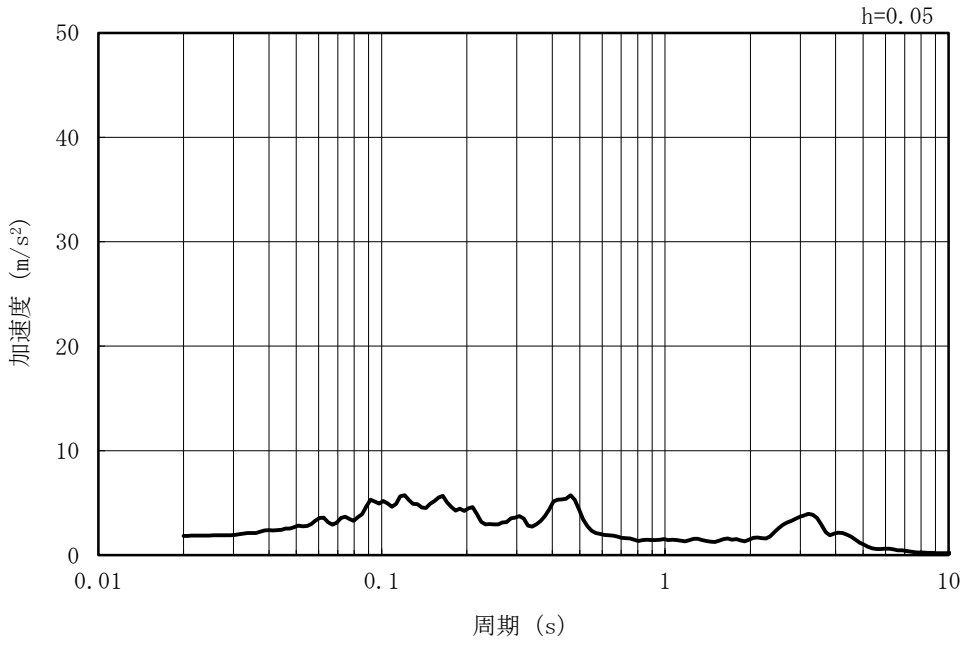


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10（15） 入力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：Sd-5NS）

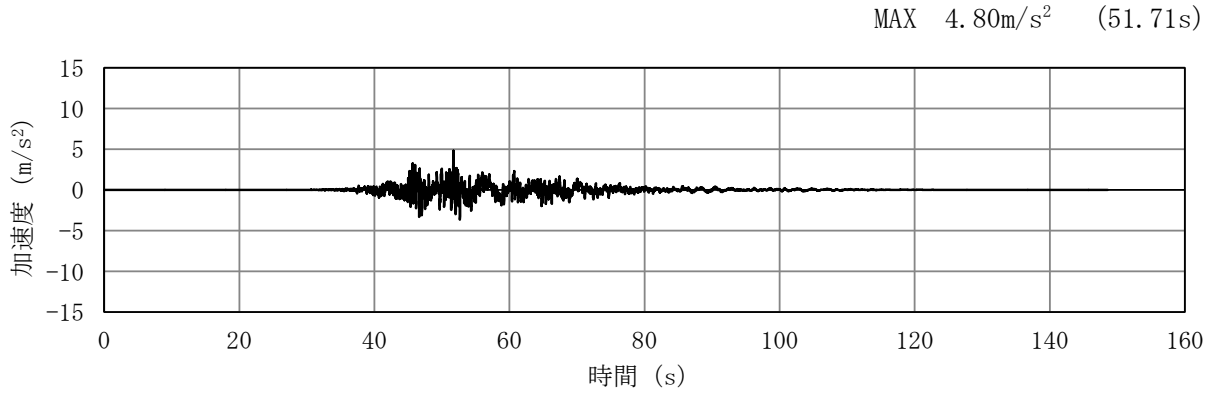


(a) 加速度時刻歴波形

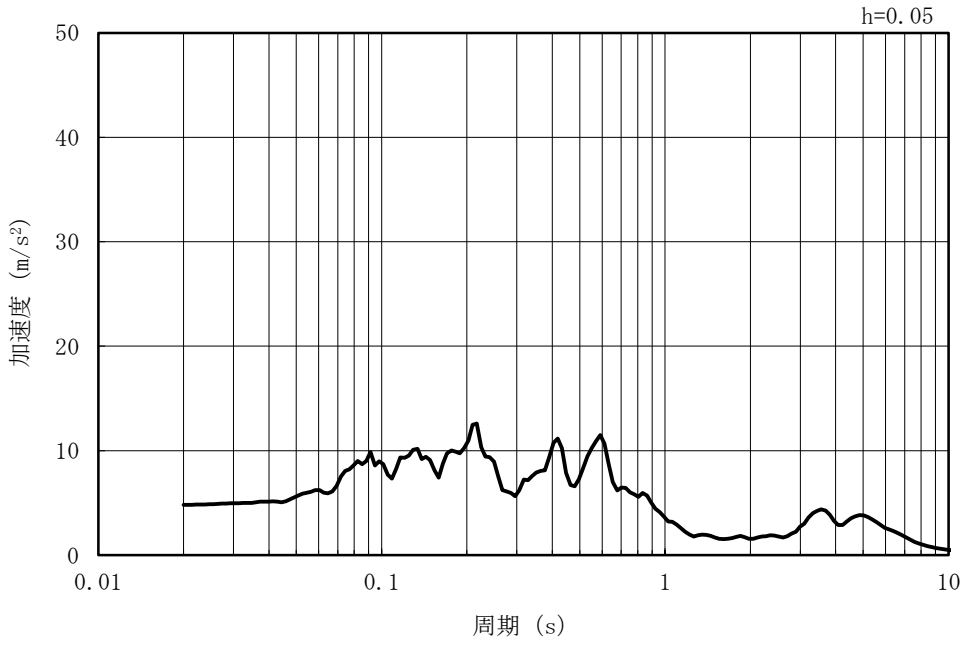


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10（16） 入力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：Sd-5NS）

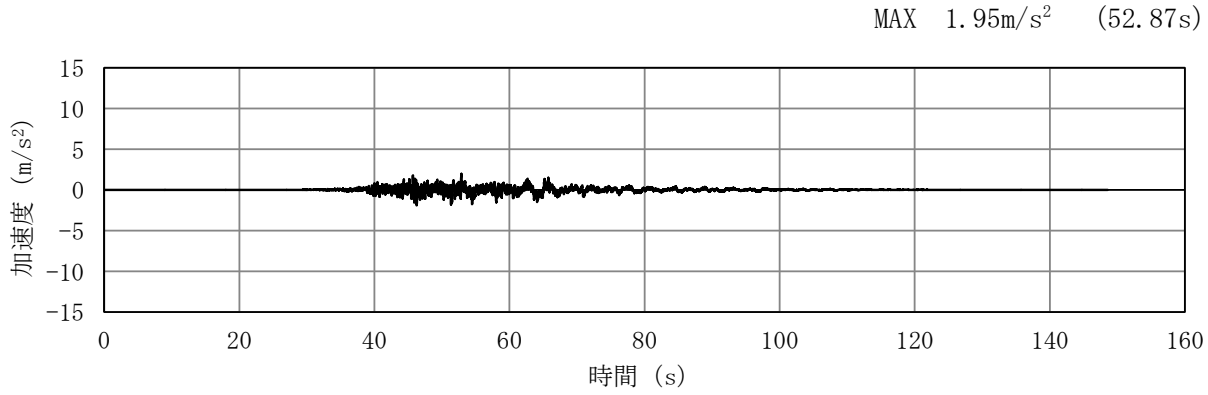


(a) 加速度時刻歴波形

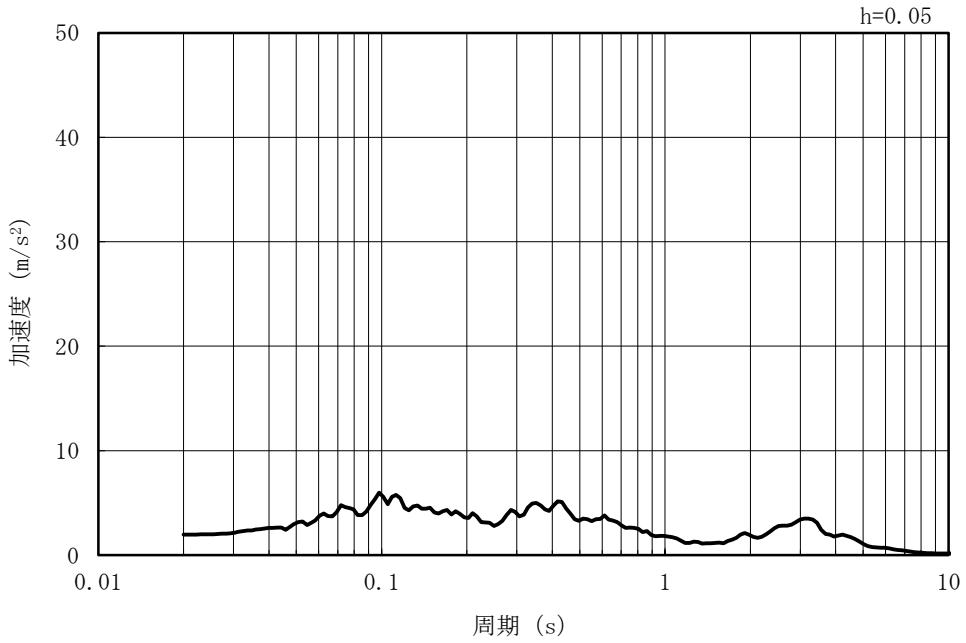


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10（17） 入力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：Sd-6EW）

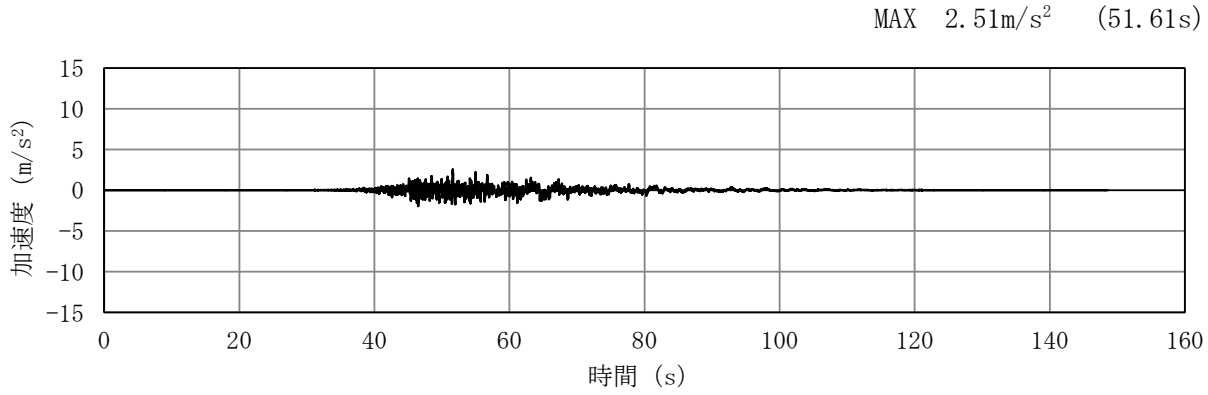


(a) 加速度時刻歴波形

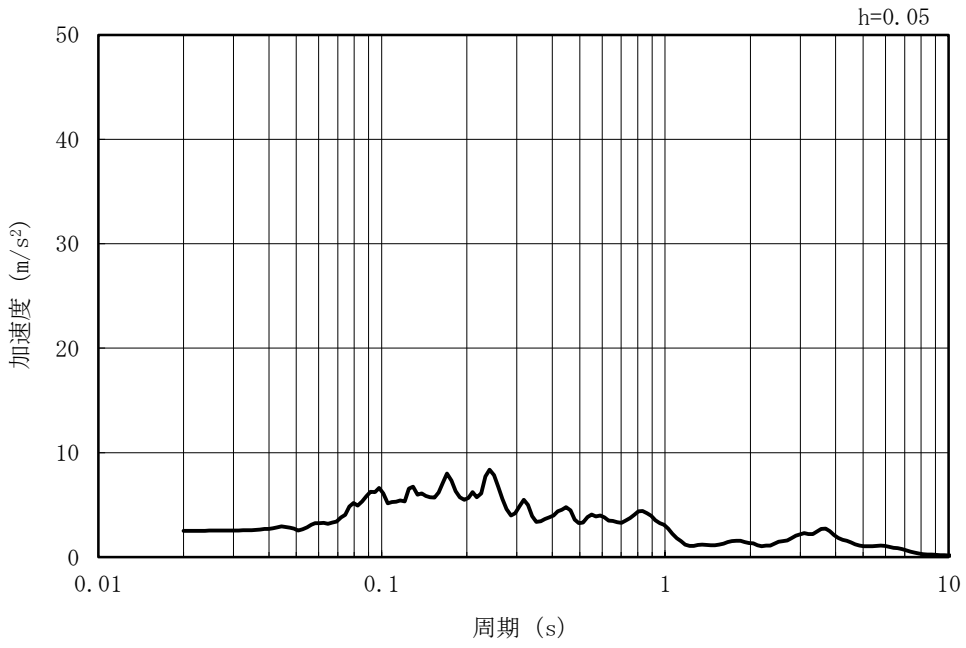


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10（18） 入力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：Sd-6EW）

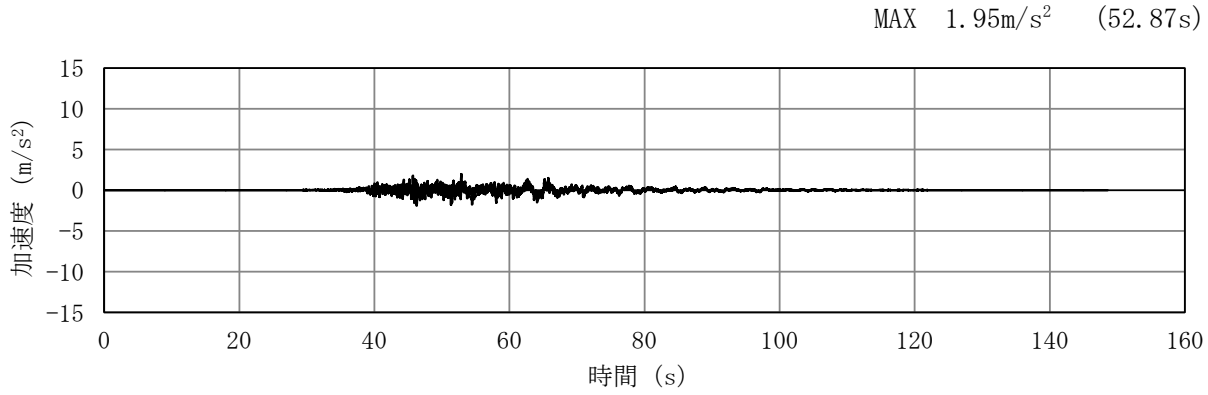


(a) 加速度時刻歴波形

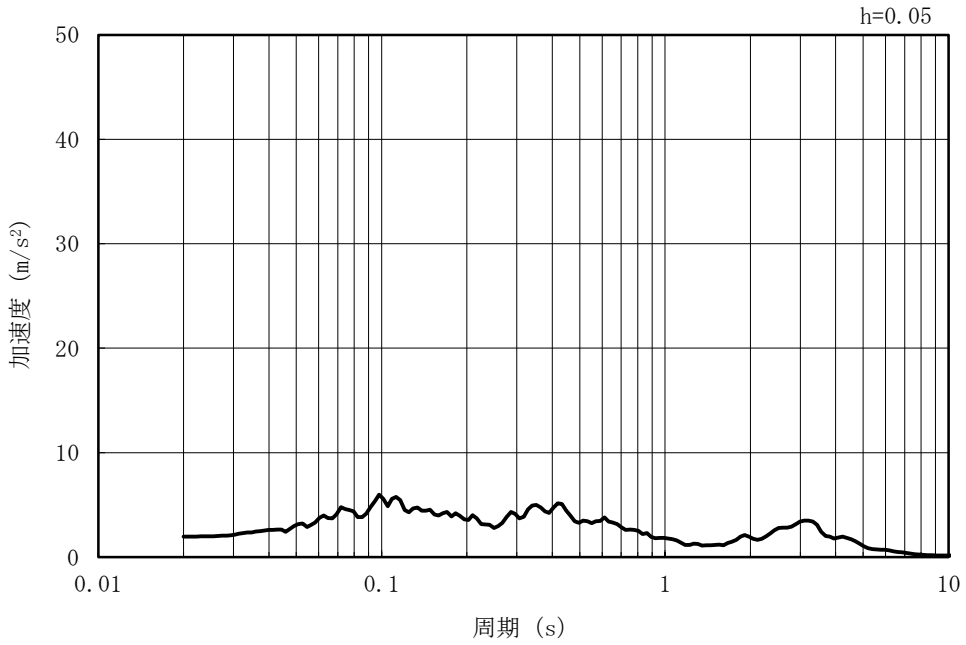


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10（19） 入力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：Sd-6NS）

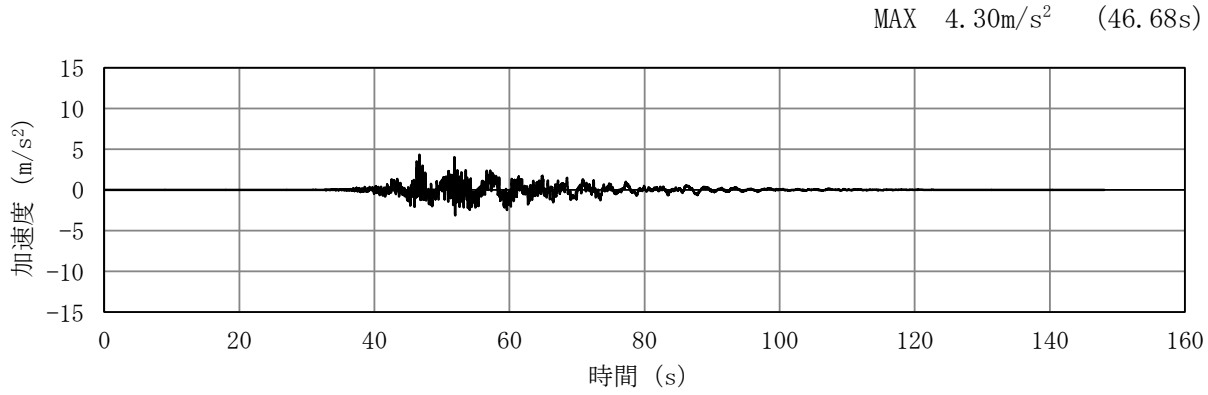


(a) 加速度時刻歴波形

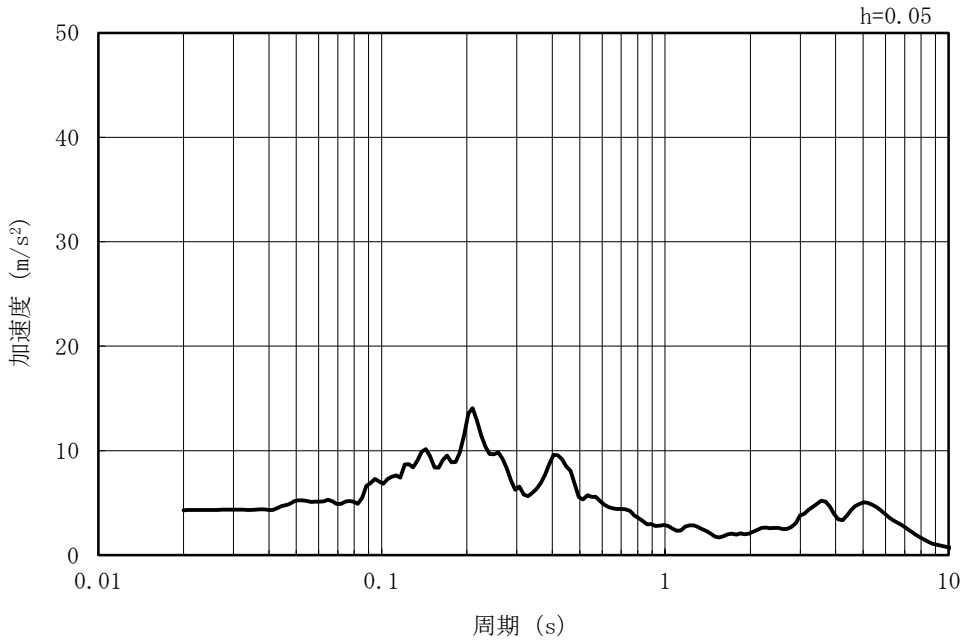


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10（20） 入力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：Sd-6NS）

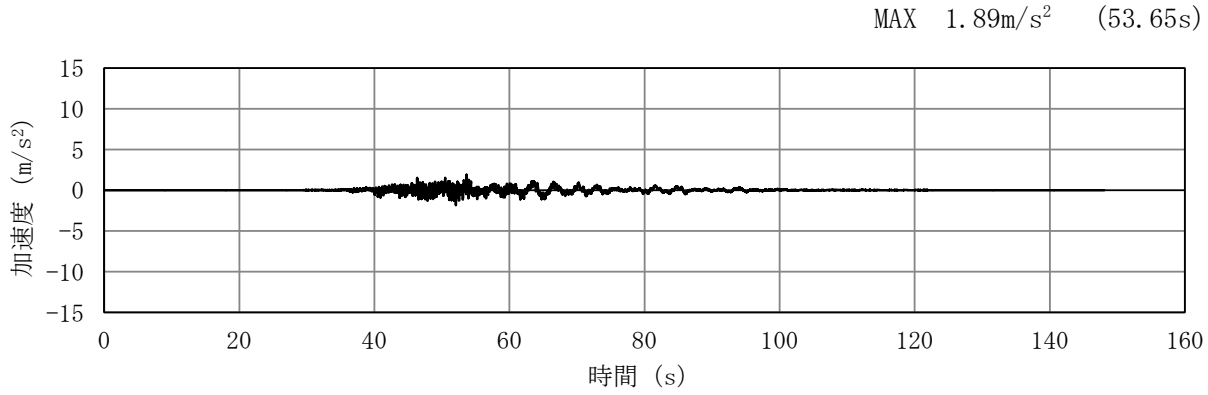


(a) 加速度時刻歴波形

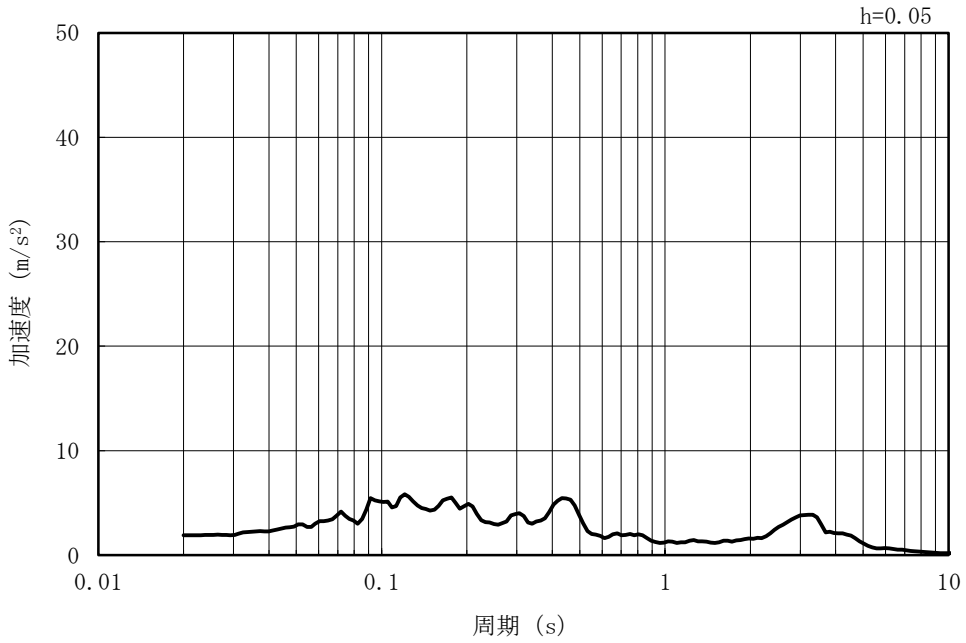


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10（21） 入力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：Sd-7EW）

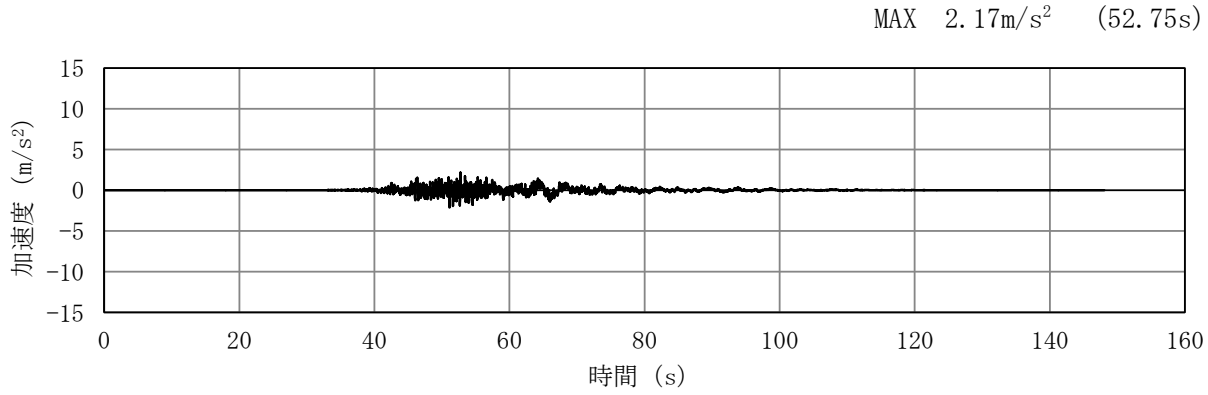


(a) 加速度時刻歴波形

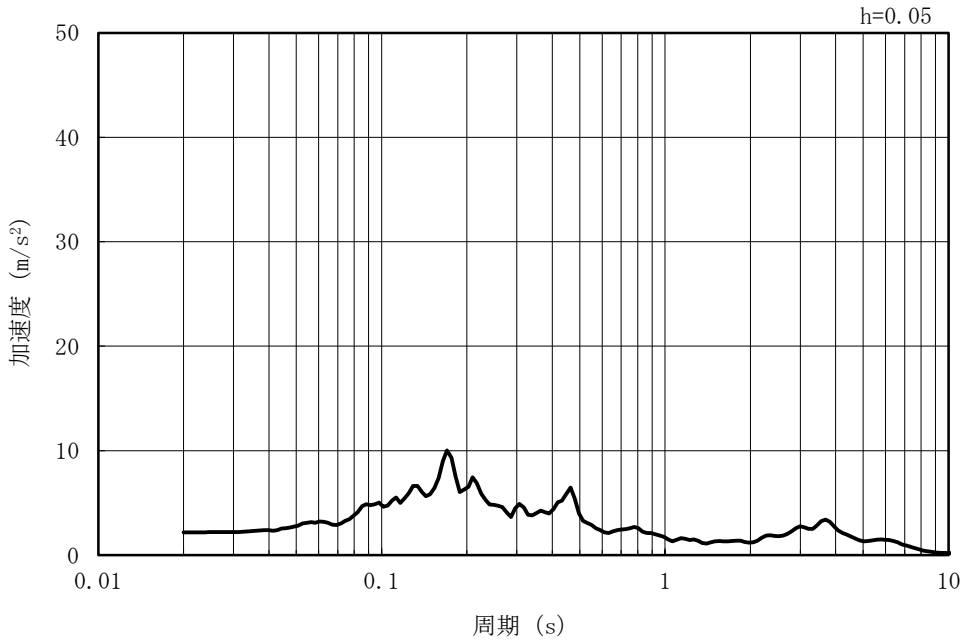


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10（22） 入力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：Sd-7EW）

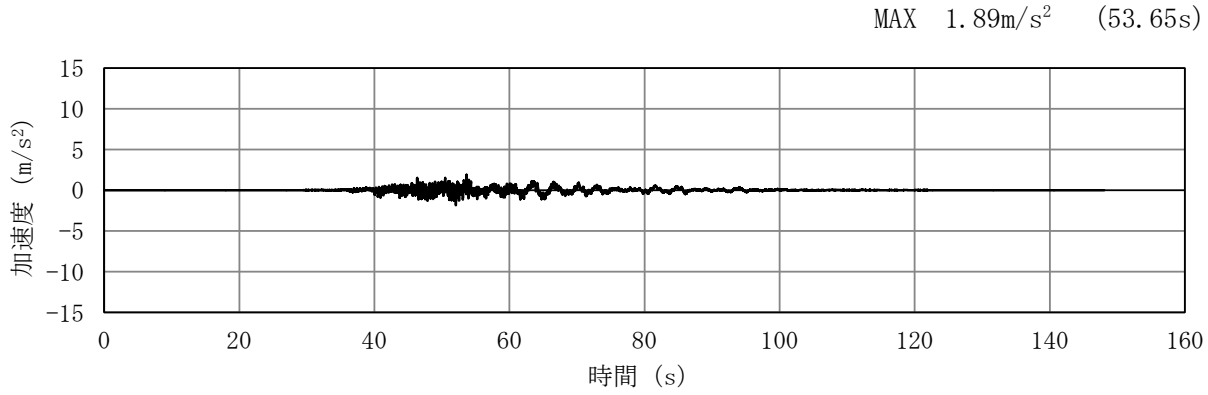


(a) 加速度時刻歴波形

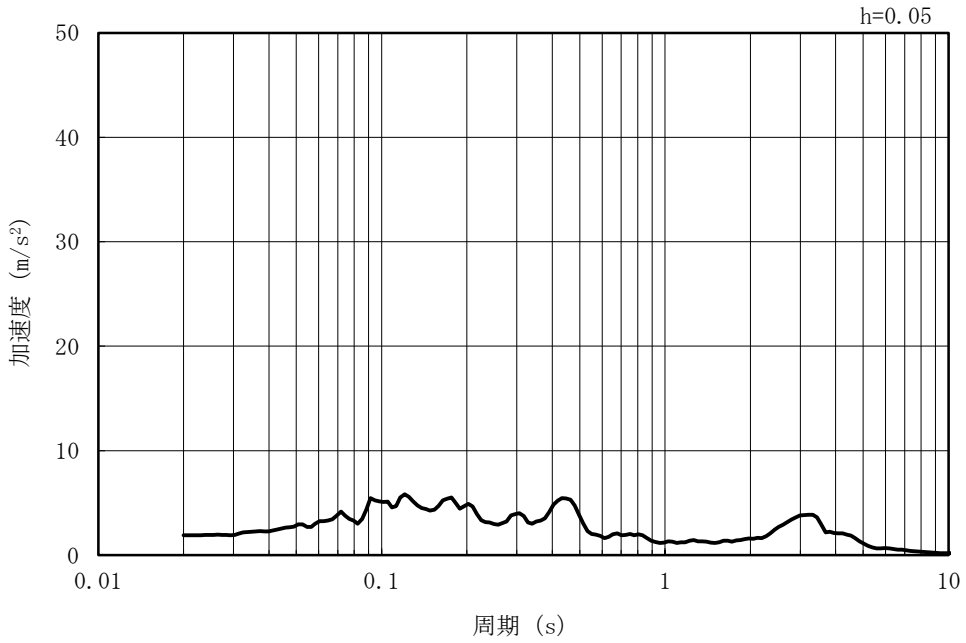


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10（23） 入力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：Sd-7NS）

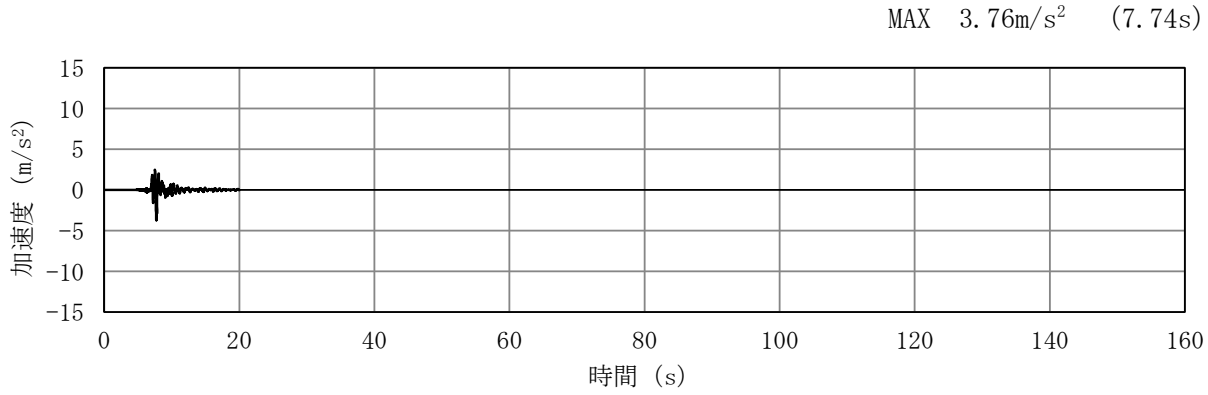


(a) 加速度時刻歴波形

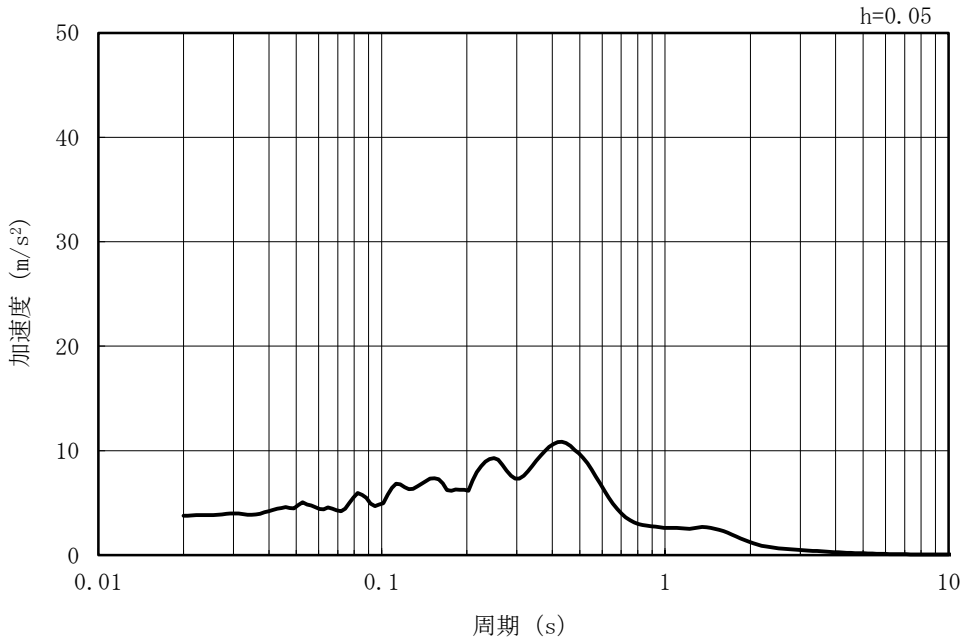


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10（24） 入力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：Sd-7NS）

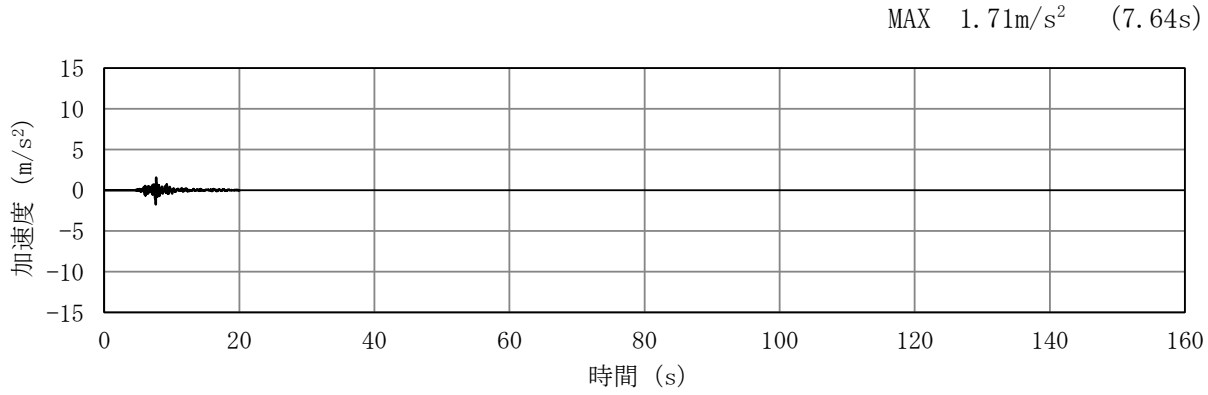


(a) 加速度時刻歴波形

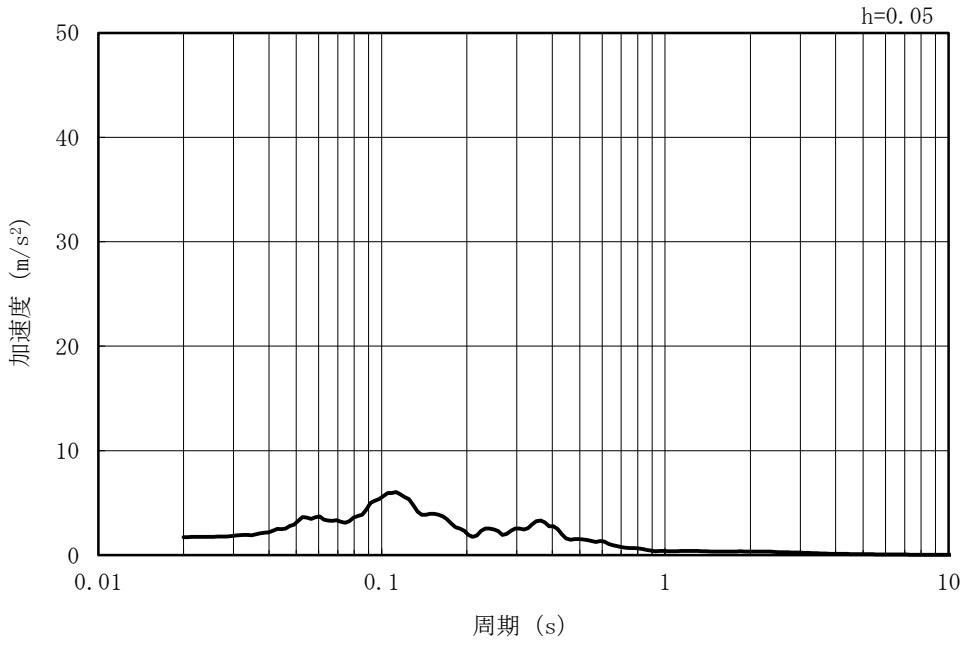


(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10（25） 入力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：Sd-8）



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3－10（26） 入力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：Sd-8）

3.5　解析モデル及び諸元

3.5.1　解析モデル

燃料移送系配管ダクトの地震応答解析モデルを図 3－11 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

Ａ－Ａ断面及びＢ－Ｂ断面において，鉄筋コンクリート部材及び鋼管杭は非線形はり要素でモデル化する。

Ｃ－Ｃ断面において，鉄筋コンクリート部材は平面ひずみ要素で，鋼管杭は非線形はり要素でモデル化する。

また，機器・配管荷重は解析モデルに付加質量として与えることで考慮する。

(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。

(5)　マンメイドロックのモデル化

マンメイドロックは，マルチスプリング要素及び間隙水要素によりモデル化する。

(6)　地盤改良体のモデル化

構造物周辺の地盤改良体は，マルチスプリング要素及び間隙水要素によりモデル化する。

(7)　ジョイント要素の設定

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

(8)　杭－地盤相互作用ばねの設定

地震時の地盤と杭の接合面における相互作用の 3 次元効果を 2 次元モデルで考慮するため，地盤と杭の接合面に杭－地盤相互作用ばねを設定する。

(9)　杭先端ばねの設定

地震時の杭先端における地盤と杭の相互作用を考慮するため，杭先端と地盤間に杭先端ばねを設定する。

(10)　非線形ばね要素の設定

Ｃ－Ｃ断面において，燃料移送系配管ダクト端部及び燃料移送系配管ダクトを構成するブロック間に設置されている緩衝材の影響を考慮するため，ダクト端部及びブロック間に非線形ばね要素を設定する。

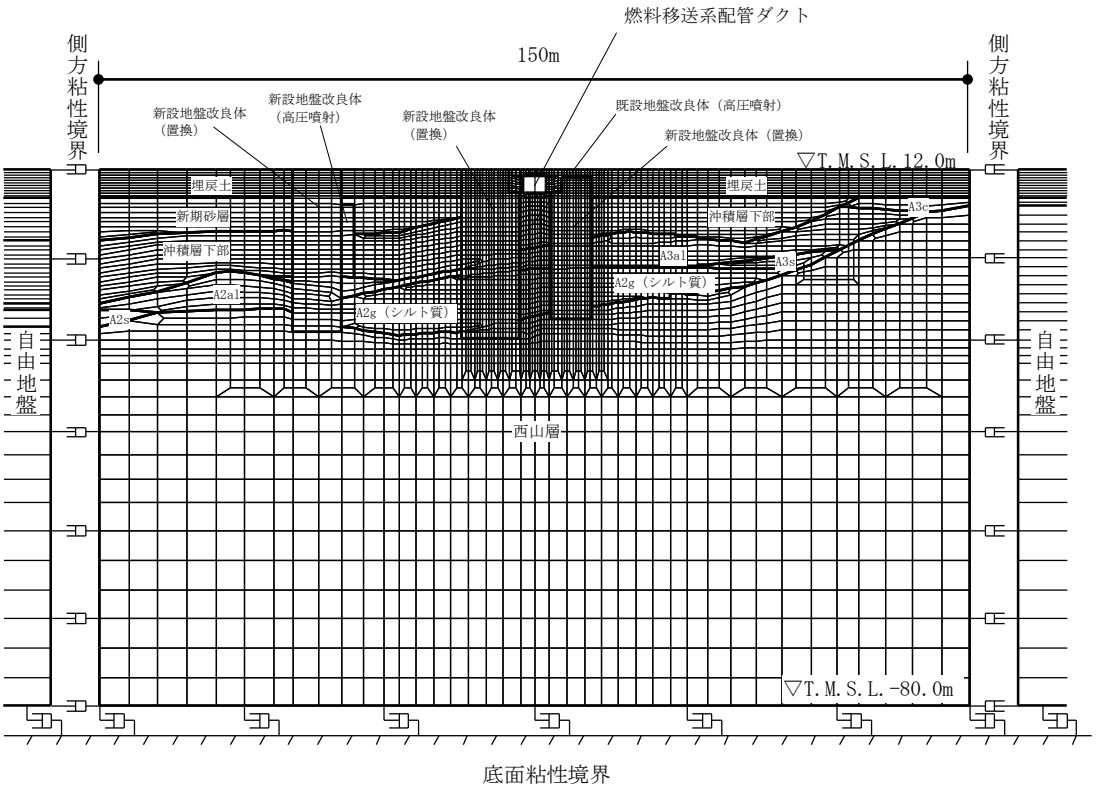


図 3－11（1） 燃料移送系配管ダクトの地震応答解析モデル（Ａ－Ａ断面）

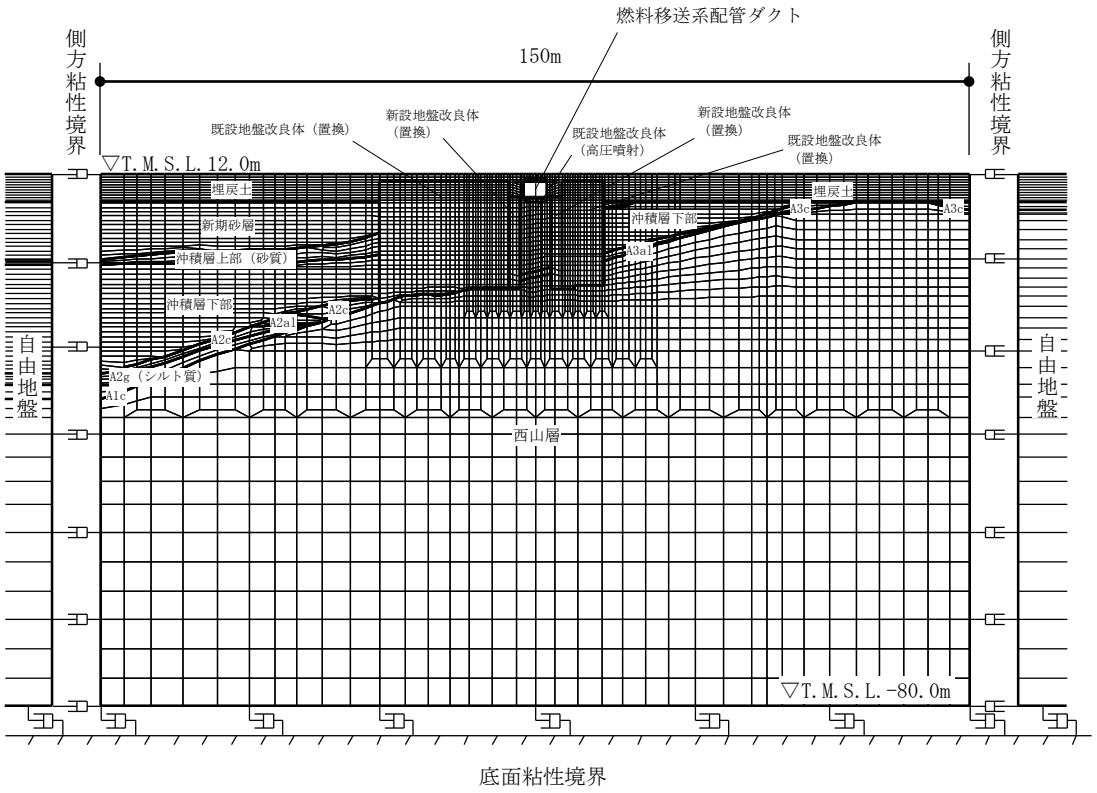


図 3－11（2） 燃料移送系配管ダクトの地震応答解析モデル（Ｂ－Ｂ断面）

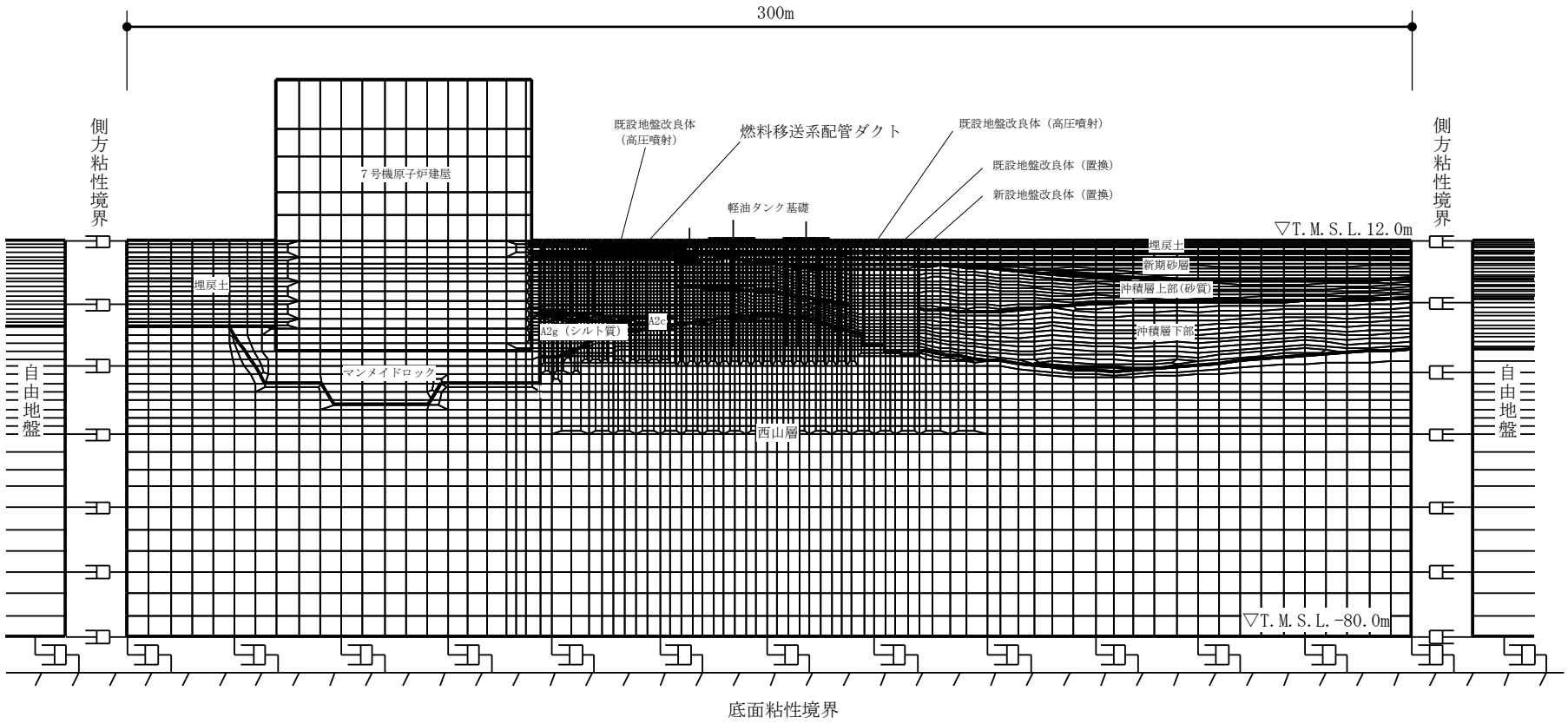


図 3－11（3） 燃料移送系配管ダクトの地震応答解析モデル

（Ｃ－Ｃ断面　機器・配管系に対する応答加速度抽出用）

3.5.2　使用材料及び材料物性値

構造物の使用材料を表 3－3，材料物性値を表 3－4 に示す。

表 3－3　使用材料

材料	諸元
コンクリート	設計基準強度　23.5 N/mm^2
鉄筋	SD35（SD345 相当）
鋼管杭	SKK400（SKK41 相当）

表 3－4　材料物性値

材料	単位体積重量 (kN/m^3)	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比
鉄筋コンクリート	23.5*	2.45×10^4*	0.2*
鋼管杭	77*	2.06×10^5*	0.3*

注記＊　：建設時の設計値に基づく

3.5.3　地盤，マンメイドロック及び地盤改良体の物性値

地盤及びマンメイドロックの物性値は，V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。地盤改良体については，V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値に基づき，地盤改良体の配置を考慮した物性値を設定する。地盤改良体の配置を考慮した物性値を表 3－5 に示す。

表 3－5　地盤改良体の配置を考慮した物性値

既設／新設				既設地盤改良体		新設地盤改良体	
種別（地盤種別）				置換	高圧噴射（砂質土）	置換	高圧噴射（砂質土）
物理特性	密度	ρ	(g/cm^3)	1.87	1.76	1.87	2.05
	間隙率	n		0.49	0.51	0.48	0.49
変形特性	動せん断弾性係数	G_{ma}	(kN/m^2)	2.87×10^6	1.20×10^6	1.19×10^6	1.32×10^6
	基準平均有効拘束圧	σ_{ma}'	(kN/m^2)	98.0	98.0	98.0	98.0
	ポアソン比	ν		0.33	0.33	0.33	0.33
	減衰定数の上限値	h_{max}		0.060	0.100	0.050	0.050
強度特性	粘着力	c	(kN/m^2)	2117	1580	3640	3640

3.5.4　地下水位

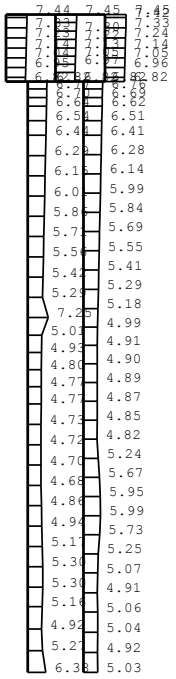
地下水位はⅤ-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき，T.M.S.L.12.0m（地表面）として設定する。

4. 解析結果

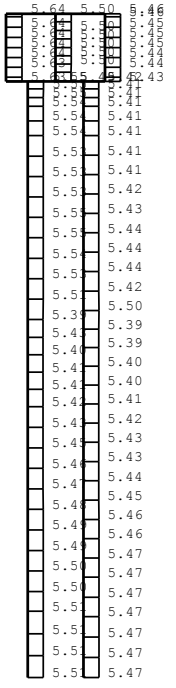
4.1 Ａ－Ａ断面解析結果

Ａ－Ａ断面の解析結果のうち，解析ケース①（基本ケース）の全ての基準地震動Ｓｓに対する最大加速度分布図並びに解析ケース①において各照査のうち照査値が最大となる地震動に対する解析ケース②，③，⑤での最大加速度分布図を図 4－1 に示す。

また，解析ケース④の全ての基準地震動Ｓｓ及び弾性設計用地震動Ｓｄに対する最大加速度分布図並びに解析ケース④において鉄筋コンクリート部材の加速度が最大となる地震動に対する解析ケース③，⑤での最大加速度分布図を図 4－2 に示す。



(a) Ss-1＋＋，水平



(b) Ss-1＋＋，鉛直

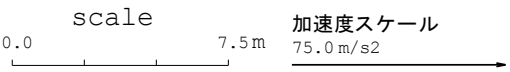
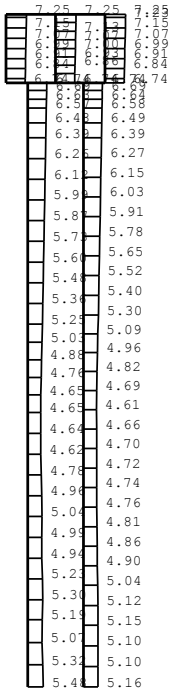
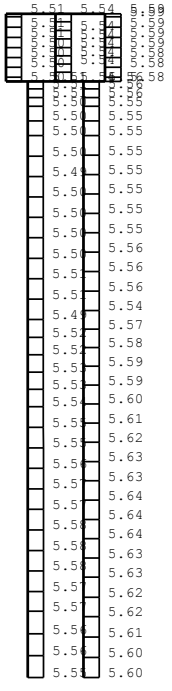


図 4－1（1） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（1/18）

（①基本ケース）



(a) Ss-1－＋，水平

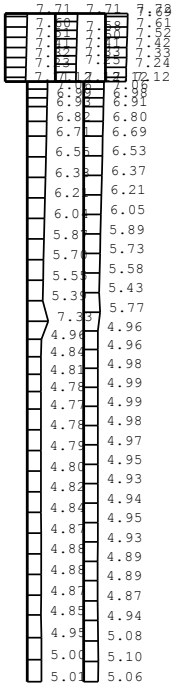


(b) Ss-1－＋，鉛直

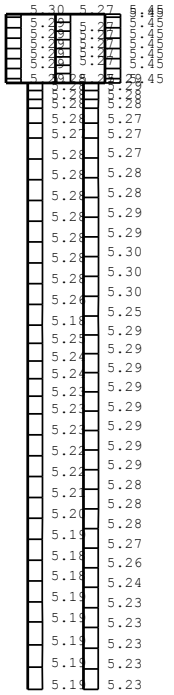


図 4－1（2） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（2/18）

（①基本ケース）



(a) Ss-1＋－，水平



(b) Ss-1＋－，鉛直

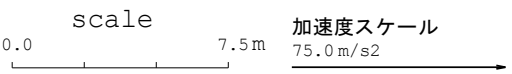
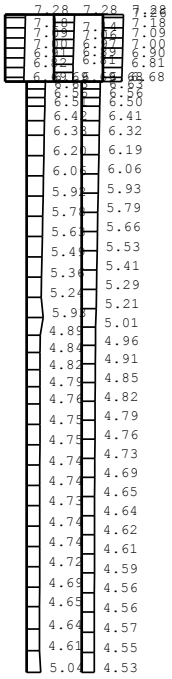
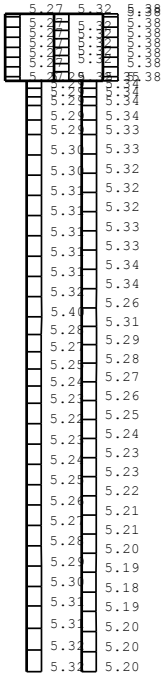


図 4－1（3） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（3/18）
（①基本ケース）



(a) Ss-1－－，水平



(b) Ss-1－－，鉛直

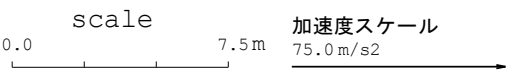
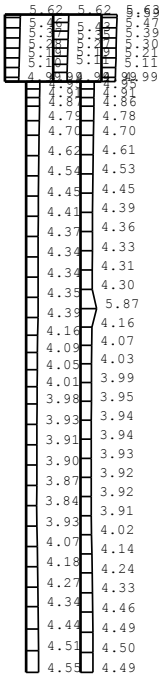
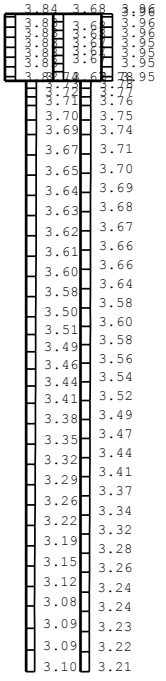


図 4－1（4） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（4/18）
（①基本ケース）



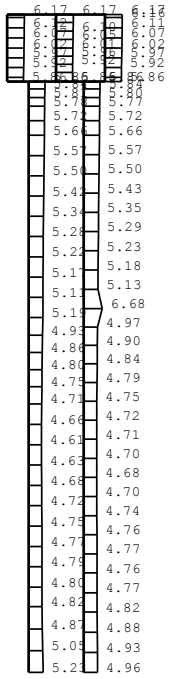
(a) Ss-2NS，水平



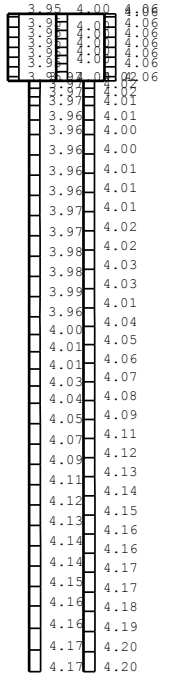
(b) Ss-2NS，鉛直



図 4－1（5） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（5/18）
（①基本ケース）



(a) Ss-3＋＋，水平



(b) Ss-3＋＋，鉛直

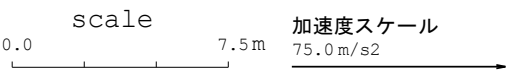
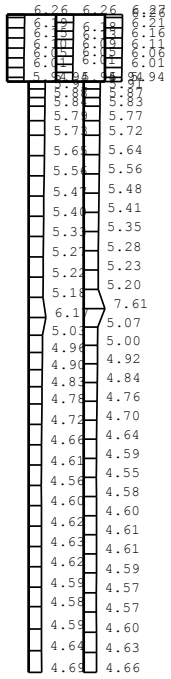
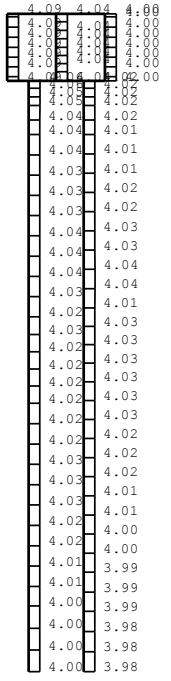


図 4－1（6） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（6/18）
（①基本ケース）



(a) Ss-3－＋，水平



(b) Ss-3－＋，鉛直

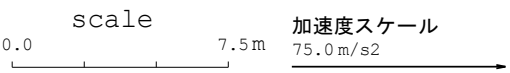
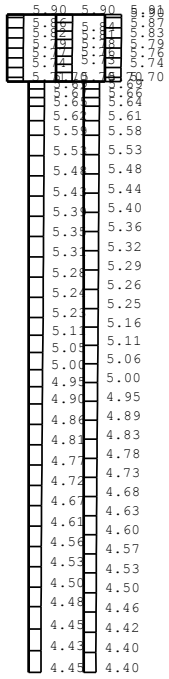
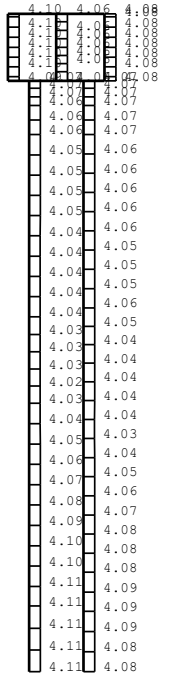


図 4－1（7） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（7/18）
（①基本ケース）



(a) Ss-3＋－，水平



(b) Ss-3＋－，鉛直

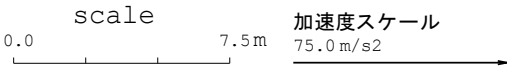
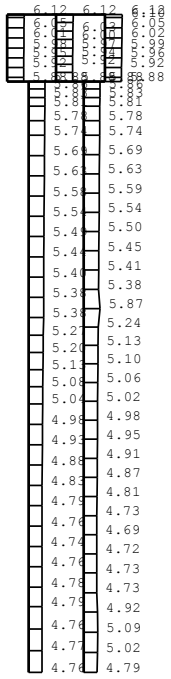
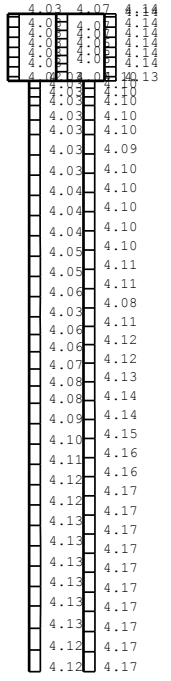


図 4－1（8） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（8/18）
（①基本ケース）



(a) Ss-3－－，水平



(b) Ss-3－－，鉛直

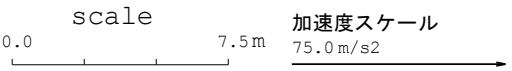
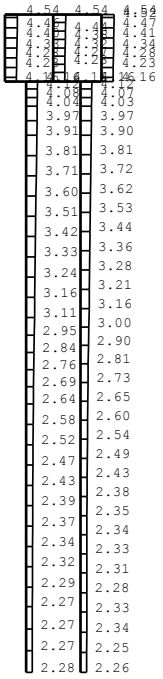
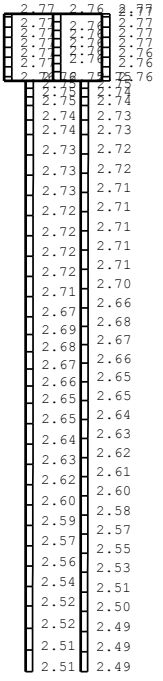


図 4－1（9） A－A断面の最大加速度分布図（9/18）

（①基本ケース）



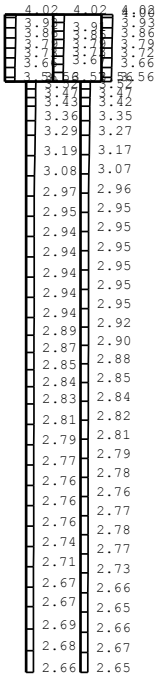
(a) Ss-4NS，水平



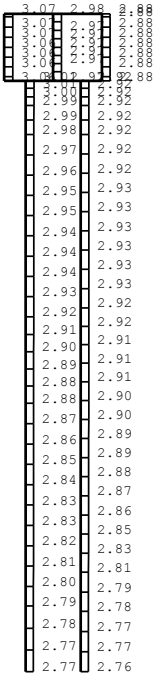
(b) Ss-4NS，鉛直



図 4－1（10） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（10/18）
（①基本ケース）



(a) Ss-5NS，水平



(b) Ss-5NS，鉛直

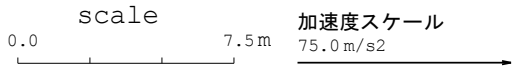
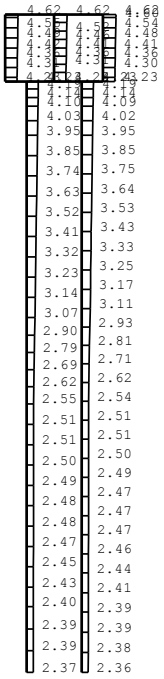
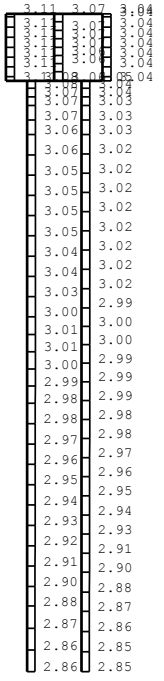


図 4－1（11） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（11/18）
（①基本ケース）



(a) Ss-6NS，水平



(b) Ss-6NS，鉛直

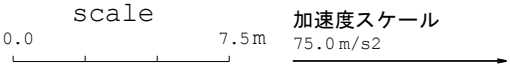
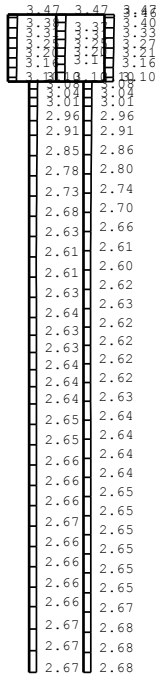
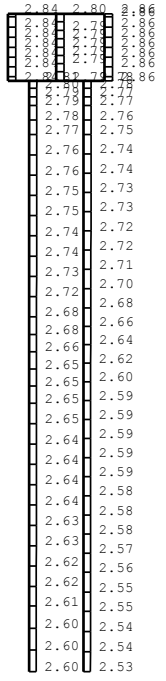


図 4－1（12） A－A断面の最大加速度分布図（12/18）
（①基本ケース）



(a) Ss-7NS，水平



(b) Ss-7NS，鉛直

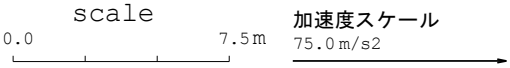
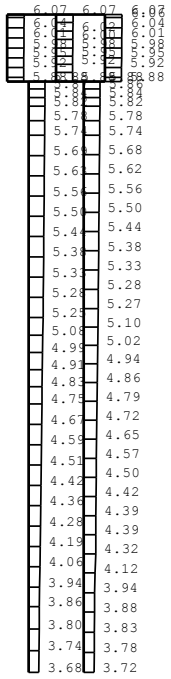
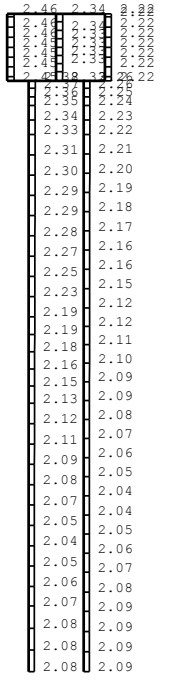


図 4－1（13） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（13/18）
（①基本ケース）



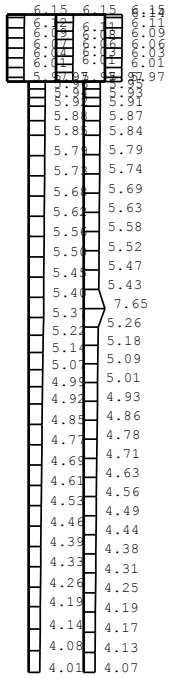
(a) Ss-8＋＋，水平



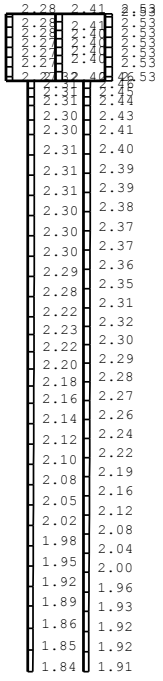
(b) Ss-8＋＋，鉛直



図 4－1（14） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（14/18）
（①基本ケース）



(a) Ss-8－＋，水平



(b) Ss-8－＋，鉛直

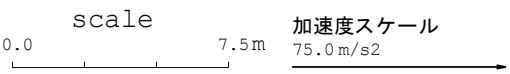
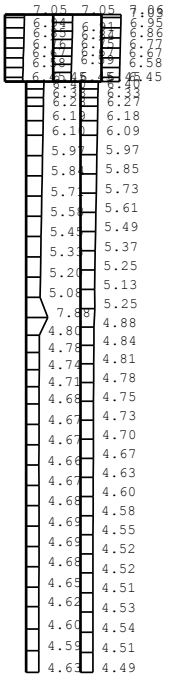
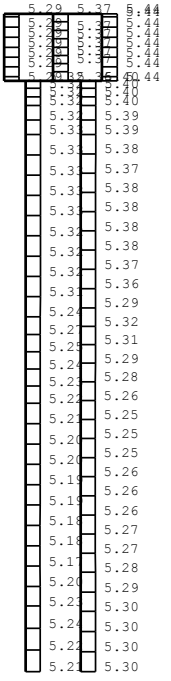


図 4－1（15） A－A断面の最大加速度分布図（15/18）
（①基本ケース）



(a) Ss-1－－，水平



(b) Ss-1－－，鉛直

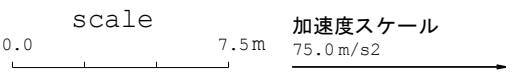
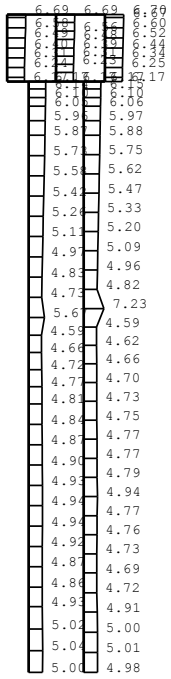
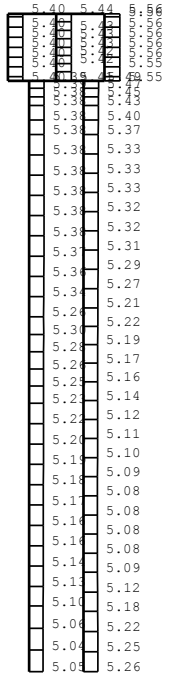


図 4－1（16） A－A断面の最大加速度分布図（16/18）
（②地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮した解析ケース）



(a) Ss-1－－，水平



(b) Ss-1－－，鉛直

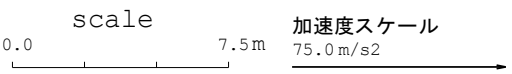
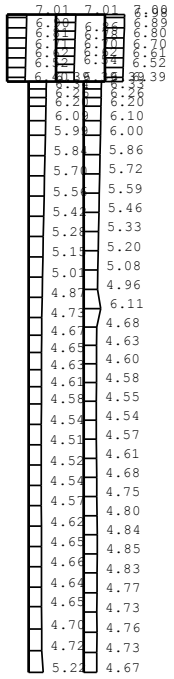
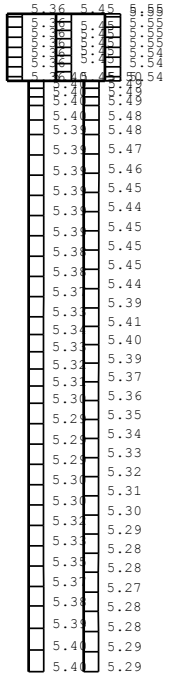


図 4－1（17） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（17/18）
（③地盤物性のばらつき（－1σ）を考慮した解析ケース）



(a) Ss-1－－，水平



(b) Ss-1－－，鉛直

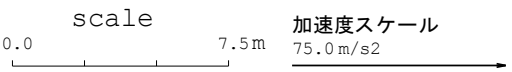
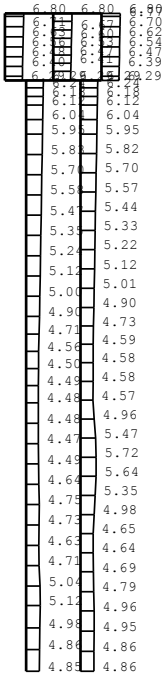
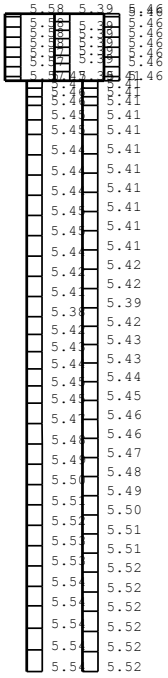


図 4－1（18） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（18/18）

（⑤地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮して非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-1＋＋，水平



(b) Ss-1＋＋，鉛直

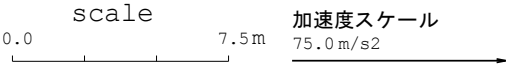
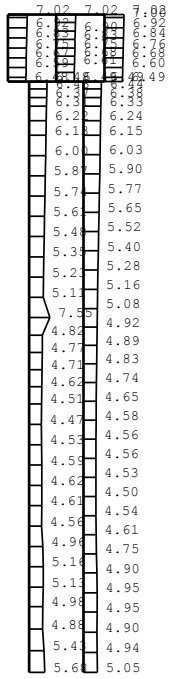
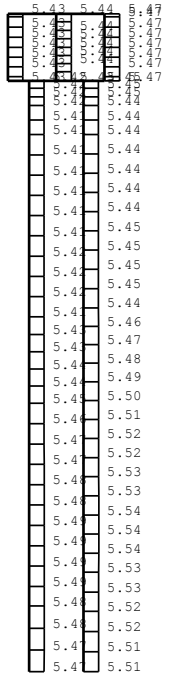


図 4－2（1） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（1/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



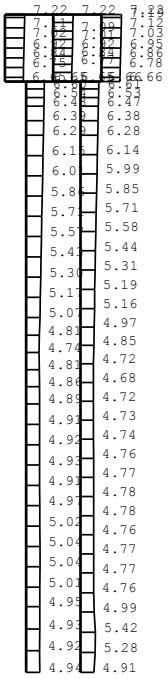
(a) Ss-1－＋，水平



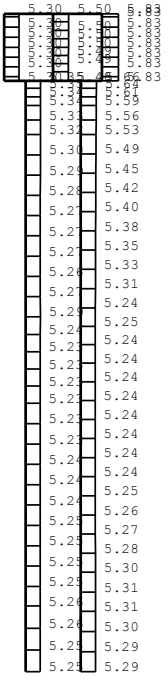
(b) Ss-1－＋，鉛直



図 4－2（2） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（2/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-1＋－，水平



(b) Ss-1＋－，鉛直

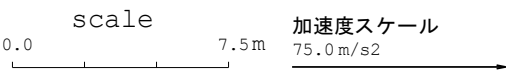
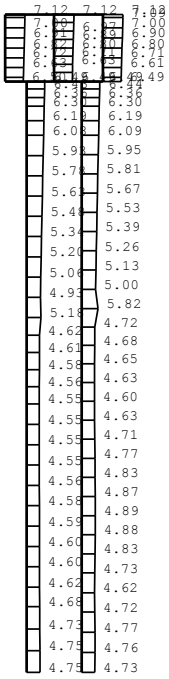
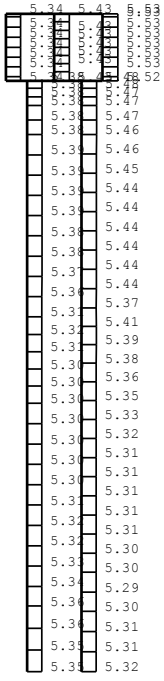


図 4－2（3） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（3/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-1－－，水平



(b) Ss-1－－，鉛直

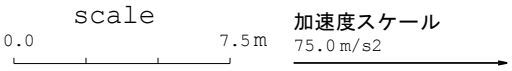
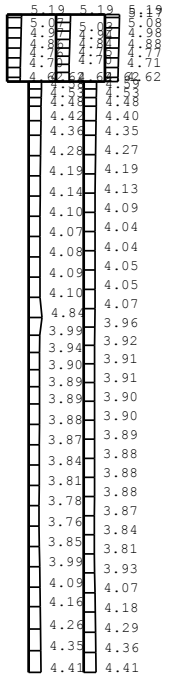
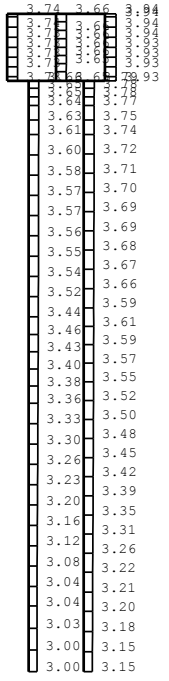


図 4－2（4） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（4/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-2NS, 水平



(b) Ss-2NS, 鉛直

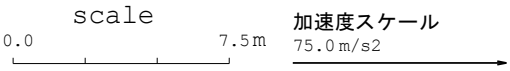
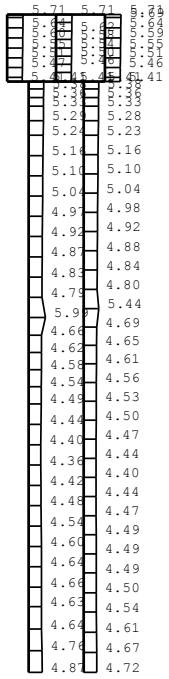
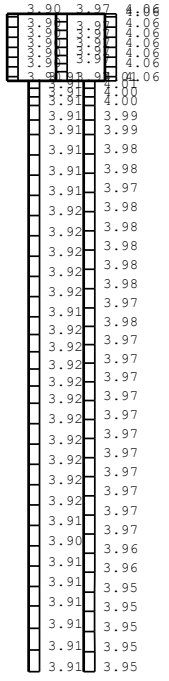


図 4－2 (5)　A－A断面の最大加速度分布図 (5/34)

(④非液状化の条件を仮定した解析ケース)



(a) Ss-3＋＋，水平



(b) Ss-3＋＋，鉛直

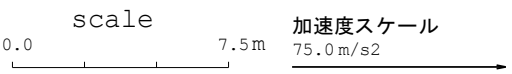
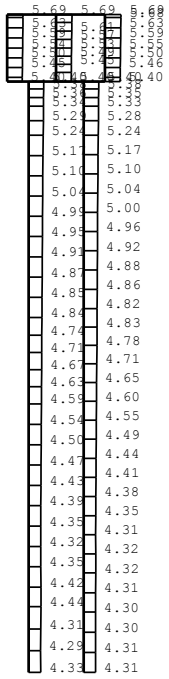
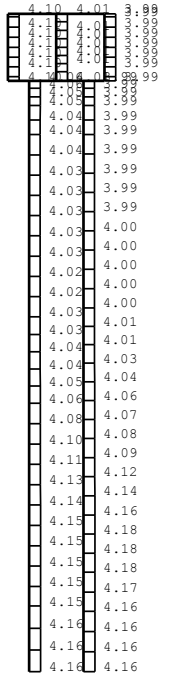


図 4－2（6） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（6/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



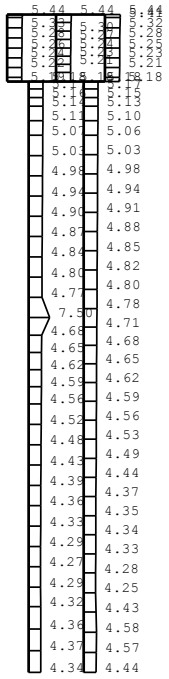
(a) Ss-3－＋，水平



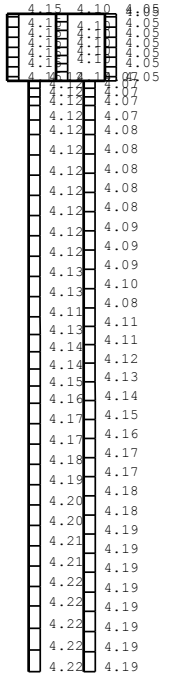
(b) Ss-3－＋，鉛直



図 4－2（7） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（7/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



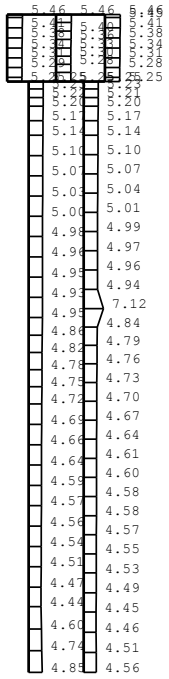
(a) Ss-3＋－，水平



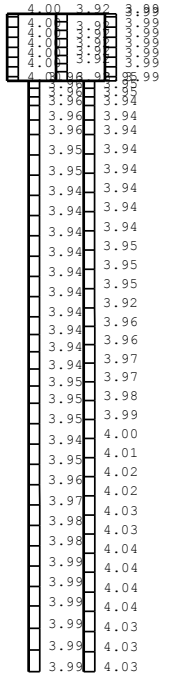
(b) Ss-3＋－，鉛直



図 4－2（8） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（8/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-3－－，水平

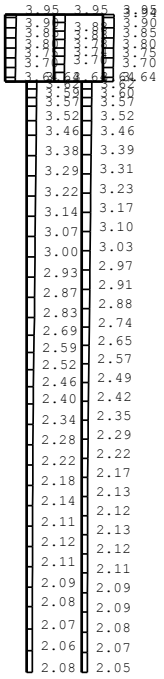


(b) Ss-3－－，鉛直

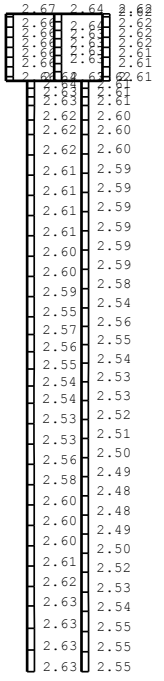


図 4－2（9） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（9/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-4NS，水平



(b) Ss-4NS，鉛直

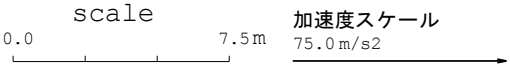
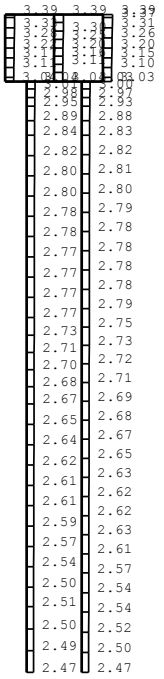
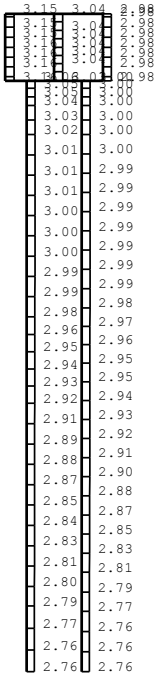


図 4－2（10） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（10/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-5NS，水平

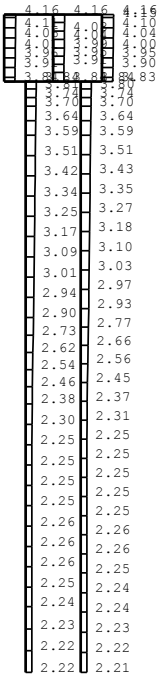


(b) Ss-5NS，鉛直

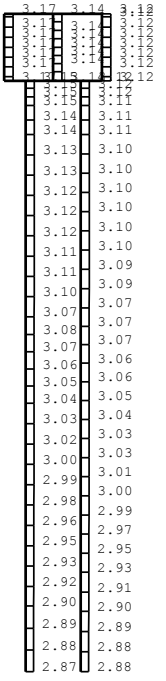


図 4－2（11） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（11/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-6NS，水平



(b) Ss-6NS，鉛直

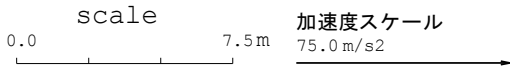
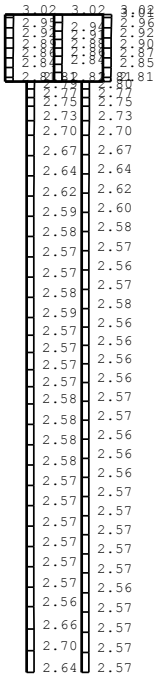
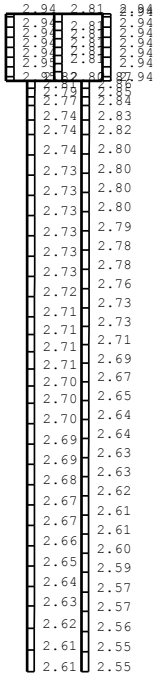


図 4－2（12） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（12/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



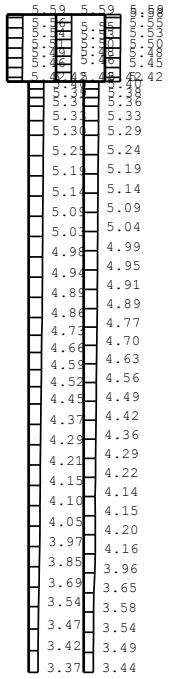
(a) Ss-7NS，水平



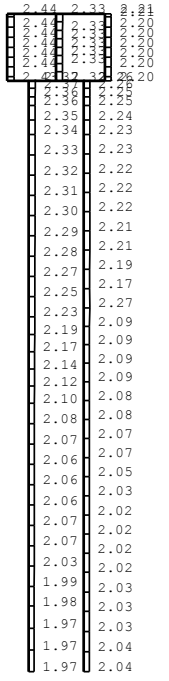
(b) Ss-7NS，鉛直



図 4－2（13） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（13/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-8＋＋，水平



(b) Ss-8＋＋，鉛直

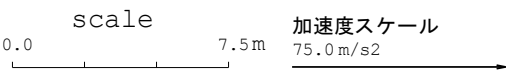
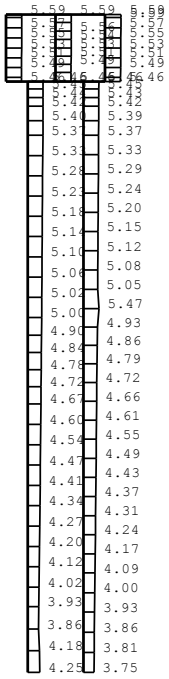
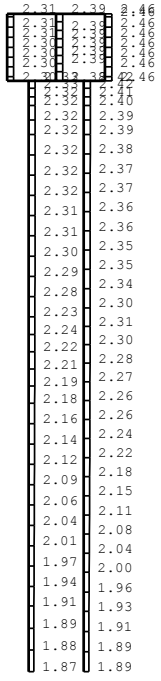


図 4－2（14） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（14/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-8－＋，水平



(b) Ss-8－＋，鉛直

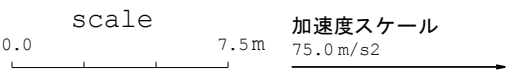
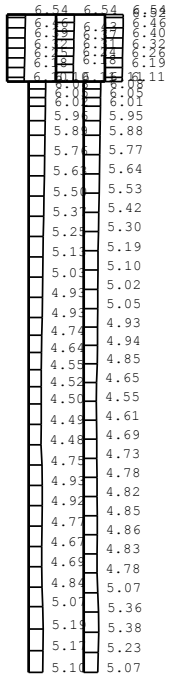
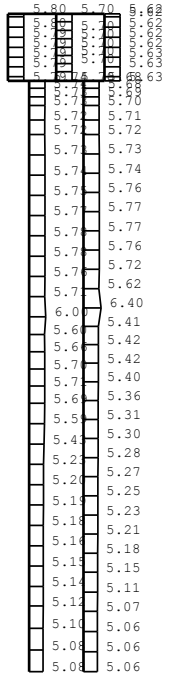


図 4－2（15） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（15/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-1＋－，水平



(b) Ss-1＋－，鉛直

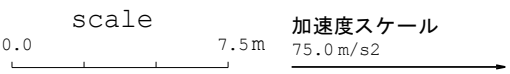
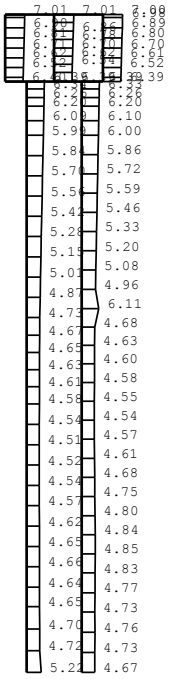
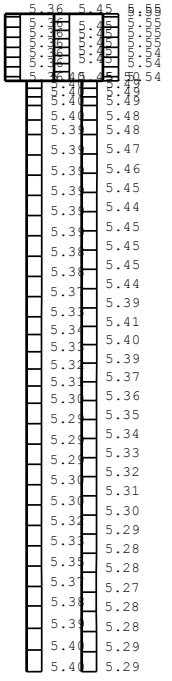


図 4－2（16） A－A断面の最大加速度分布図（16/34）
（③地盤物性のばらつき（－1σ）を考慮した解析ケース）



(a) Ss-1＋－，水平



(b) Ss-1＋－，鉛直

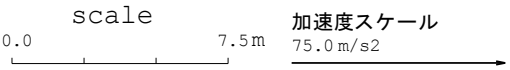
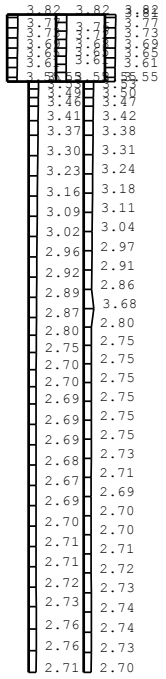
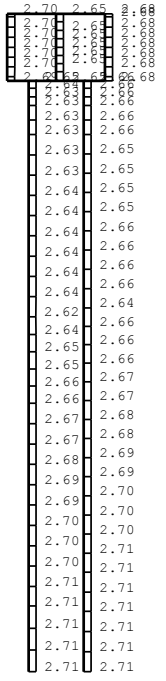


図 4－2（17） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（17/34）

（⑤地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮して非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-1＋＋，水平



(b) Sd-1＋＋，鉛直

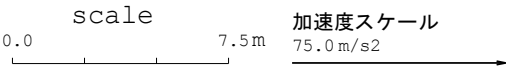
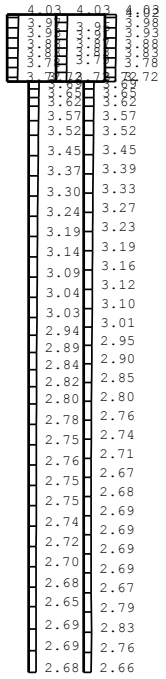
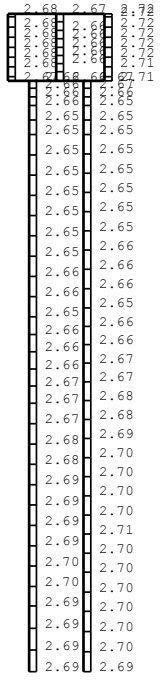


図 4－2（18） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（18/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-1－＋，水平



(b) Sd-1－＋，鉛直

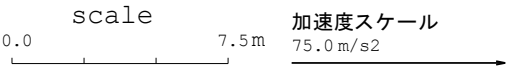
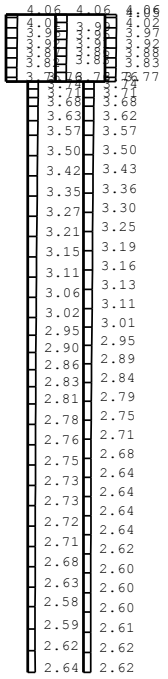
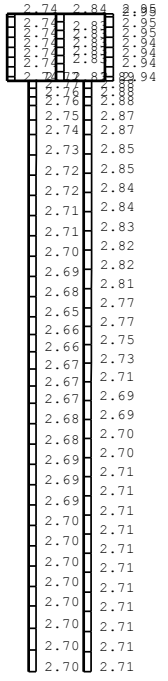
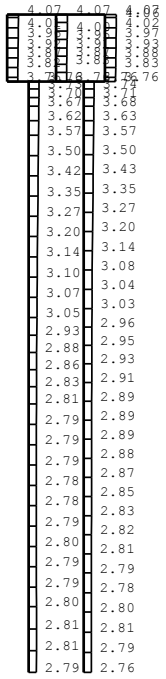


図 4－2（19） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（19/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）

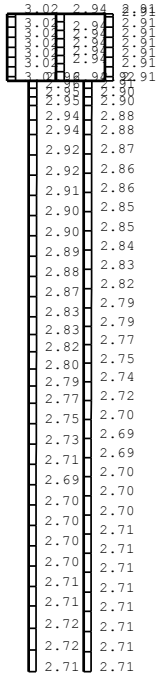


(a) Sd-1＋－，水平


2.74 2.84 2.95
2.74 2.84 2.95
2.74 2.84 2.95
2.74 2.84 2.94
2.74 2.84 2.94
2.74 2.84 2.94



(a) Sd-1－－，水平

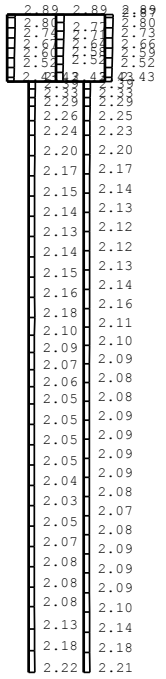


(b) Sd-1－－，鉛直

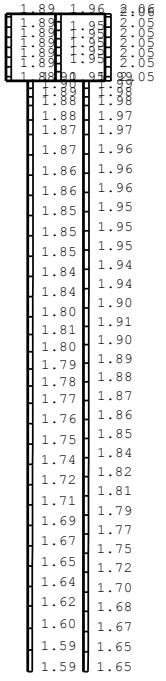


図 4－2（21） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（21/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-2NS，水平



(b) Sd-2NS，鉛直

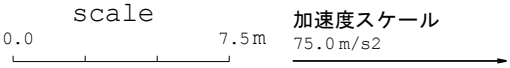
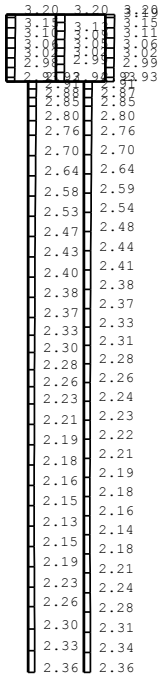
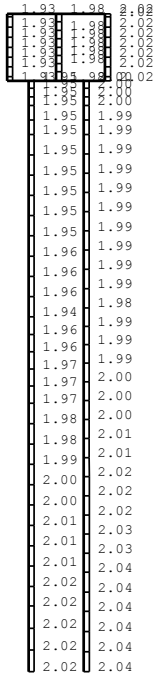


図 4－2（22） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（22/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-3＋＋，水平



(b) Sd-3＋＋，鉛直

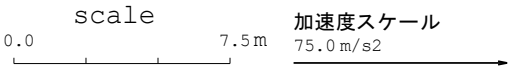
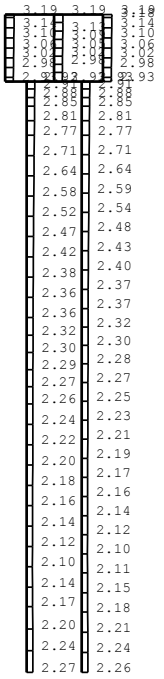
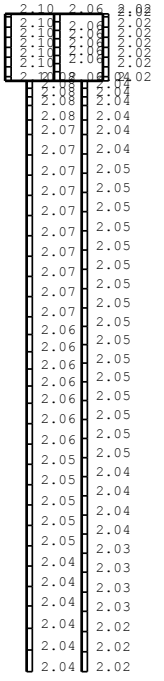


図 4－2（23） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（23/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-3－＋，水平



(b) Sd-3－＋，鉛直

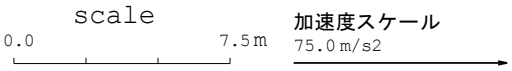
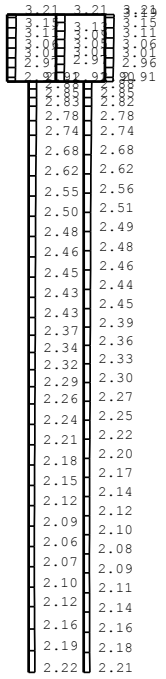
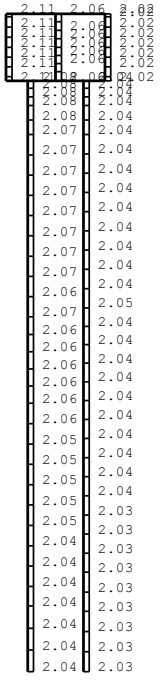


図 4－2（24） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（24/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-3＋－，水平

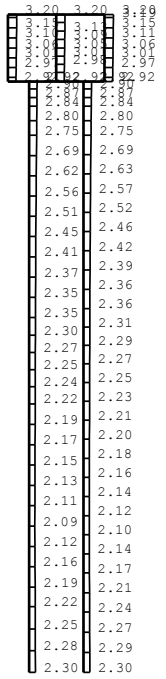


(b) Sd-3＋－，鉛直

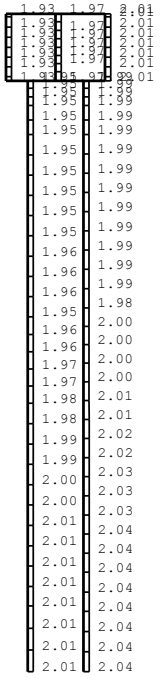


図 4－2（25） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（25/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-3－－，水平



(b) Sd-3－－，鉛直

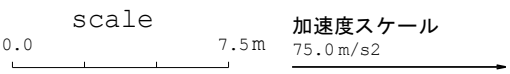
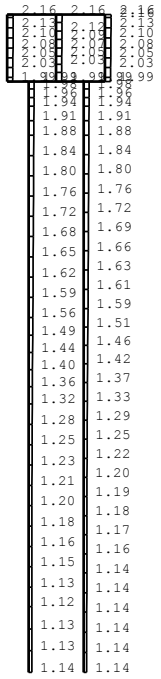
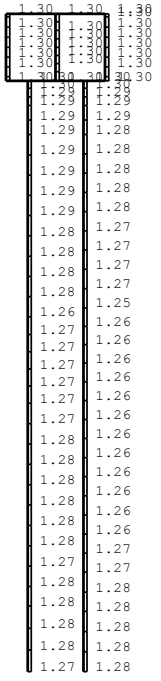


図 4－2（26） A－A断面の最大加速度分布図（26/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-4NS，水平



(b) Sd-4NS，鉛直

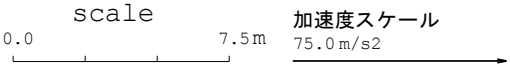
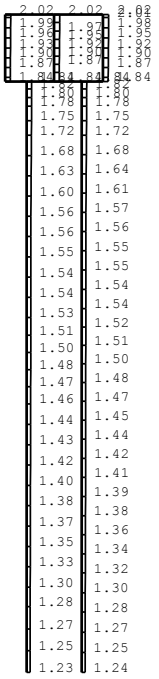
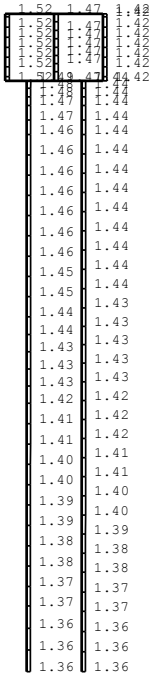


図 4－2（27） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（27/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-5NS，水平



(b) Sd-5NS，鉛直

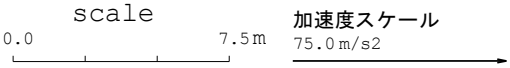
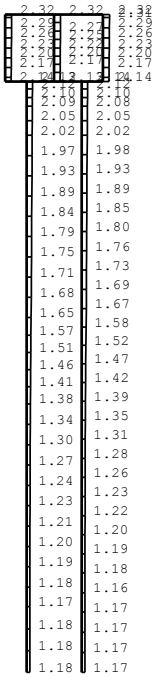
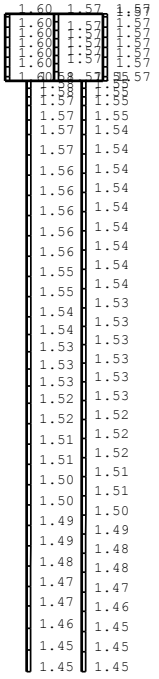


図 4－2（28） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（28/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-6NS，水平



(b) Sd-6NS，鉛直

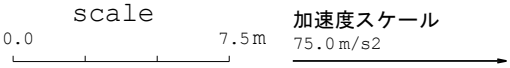
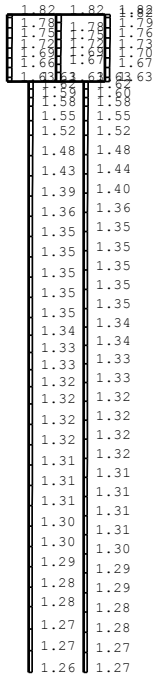
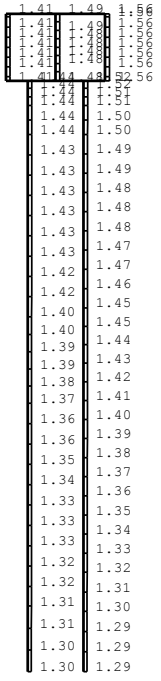


図 4－2（29） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（29/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-7NS，水平

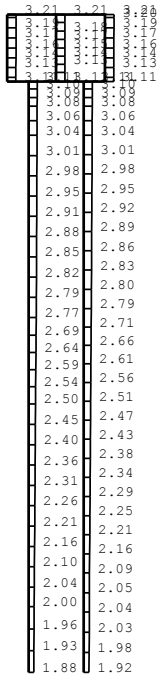


(b) Sd-7NS，鉛直

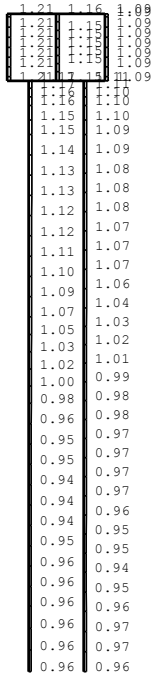


図 4－2（30） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（30/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-8＋＋，水平



(b) Sd-8＋＋，鉛直

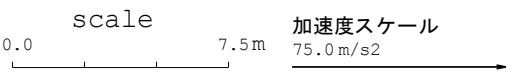
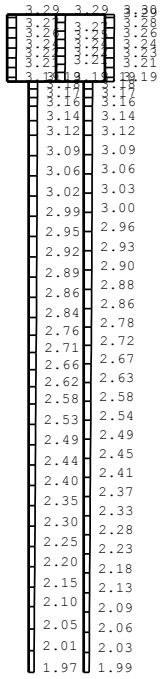
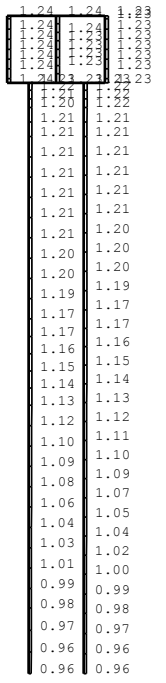


図 4－2（31） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（31/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-8－＋，水平



(b) Sd-8－＋，鉛直

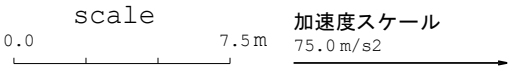
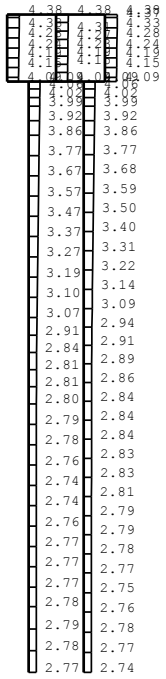
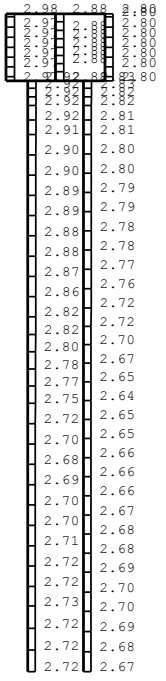


図 4－2（32） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（32/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-1－－，水平



(b) Sd-1－－，鉛直

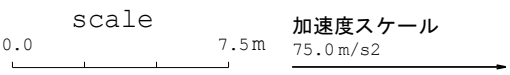
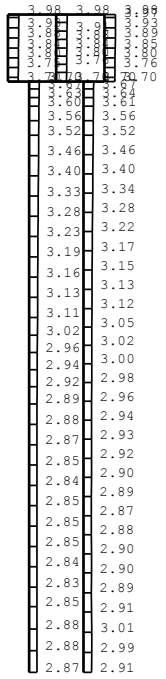
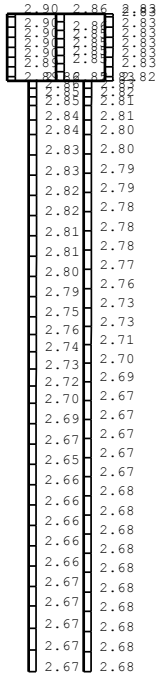


図 4－2（33） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（33/34）
（③地盤物性のばらつき（－1σ）を考慮した解析ケース）



(a) Sd-1－－，水平



(b) Sd-1－－，鉛直

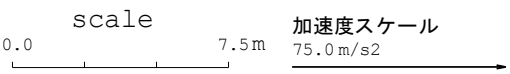


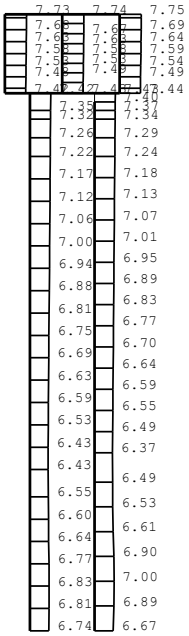
図 4－2（34） Ａ－Ａ断面の最大加速度分布図（34/34）

（⑤地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮して非液状化の条件を仮定したケース）

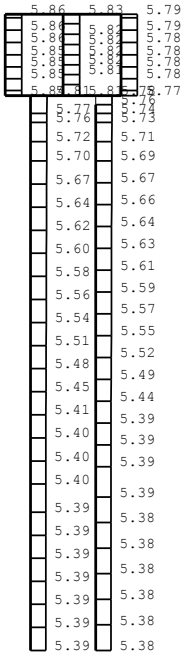
4.2　Ｂ－Ｂ断面解析結果

Ｂ－Ｂ断面の解析結果のうち，解析ケース①（基本ケース）の全ての基準地震動Ｓｓに対する最大加速度分布図並びに解析ケース①において各照査のうち照査値が最大となる地震動に対する解析ケース②，③，⑤での最大加速度分布図を図 4－3 に示す。

また，解析ケース④の全ての基準地震動Ｓｓ及び弾性設計用地震動Ｓｄに対する最大加速度分布図並びに解析ケース④において鉄筋コンクリート部材の加速度が最大となる地震動に対する解析ケース③，⑤での最大加速度分布図を図 4－4 に示す。



(a) Ss-1＋＋，水平



(b) Ss-1＋＋，鉛直

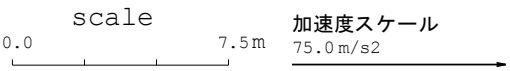
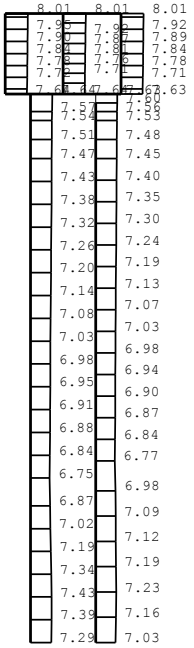
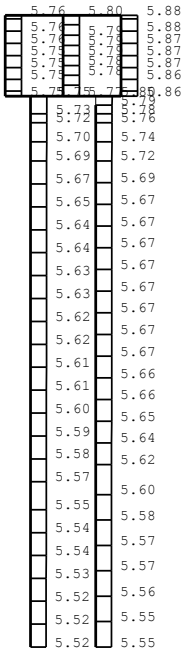


図 4－3（1）　Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（1/18）
（①基本ケース）



(a) Ss-1－＋，水平



(b) Ss-1－＋，鉛直

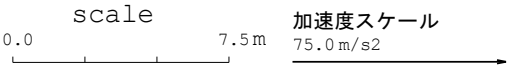
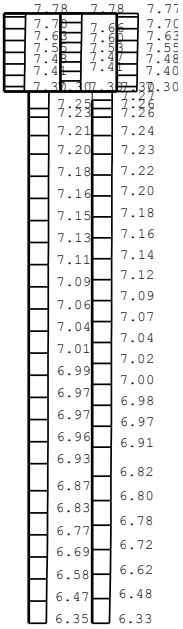
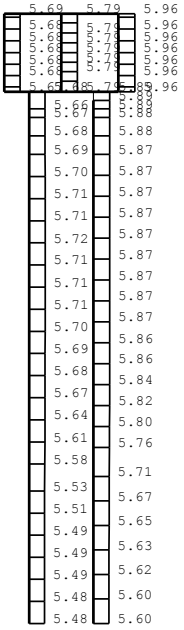


図 4－3（2）　B－B断面の最大加速度分布図（2/18）

（①基本ケース）



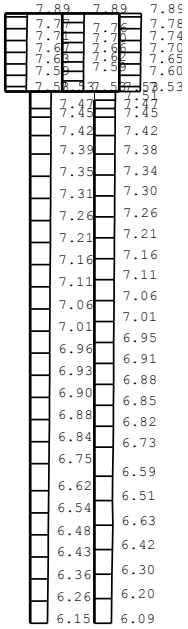
(a) Ss-1＋－，水平



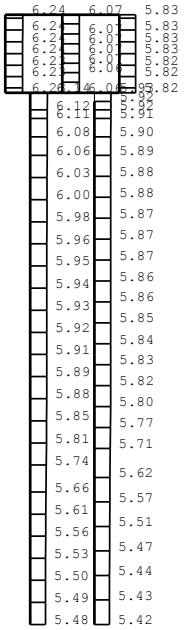
(b) Ss-1＋－，鉛直



図 4－3（3）　Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（3/18）
（①基本ケース）



(a) Ss-1－－，水平



(b) Ss-1－－，鉛直

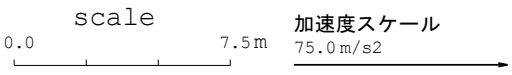
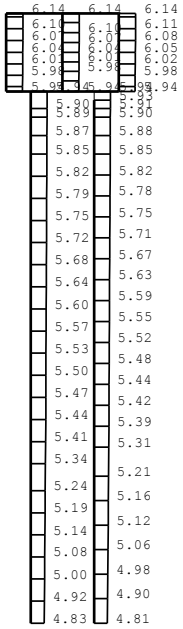
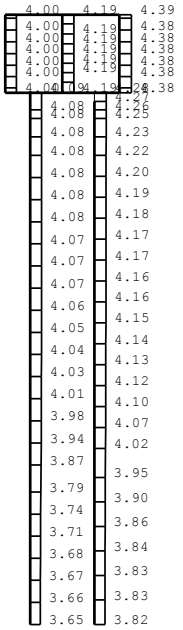


図 4－3（4） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（4/18）
（①基本ケース）



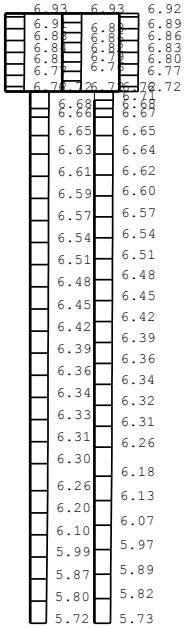
(a) Ss-2NS，水平



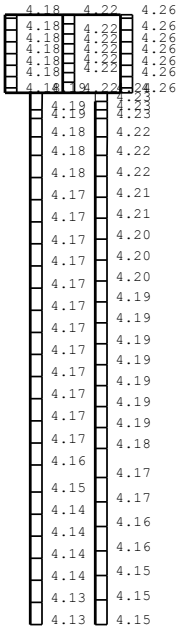
(b) Ss-2NS，鉛直



図 4－3 (5)　Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図 (5/18)
(①基本ケース)



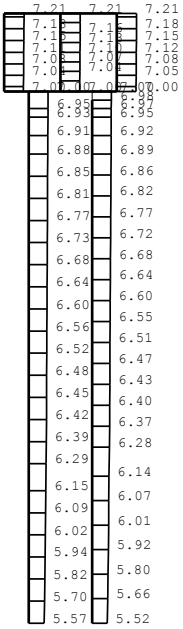
(a) Ss-3＋＋，水平



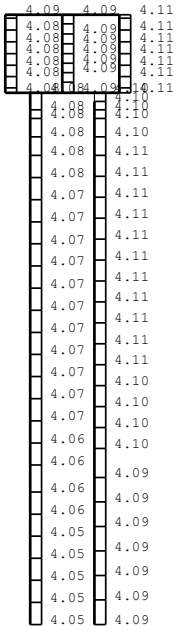
(b) Ss-3＋＋，鉛直



図 4－3（6）　Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（6/18）
（①基本ケース）



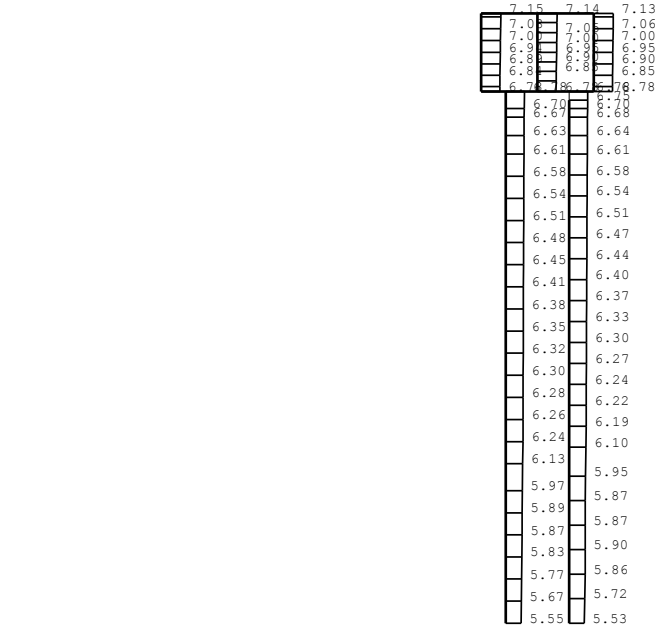
(a) Ss-3－＋，水平



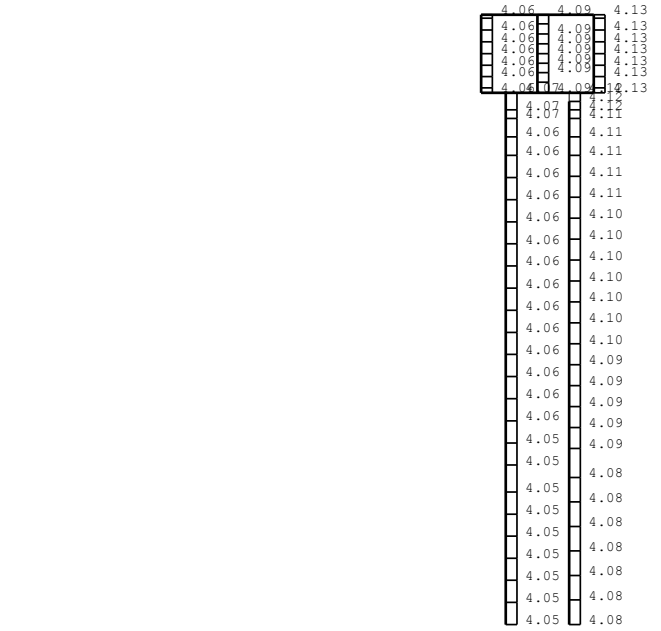
(b) Ss-3－＋，鉛直



図 4－3（7） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（7/18）
（①基本ケース）



(a) Ss-3＋－，水平



(b) Ss-3＋－，鉛直

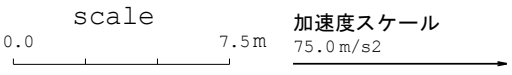
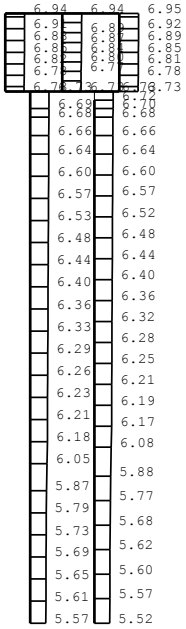
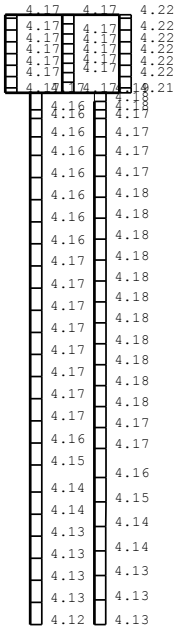


図 4－3（8）　Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（8/18）
（①基本ケース）



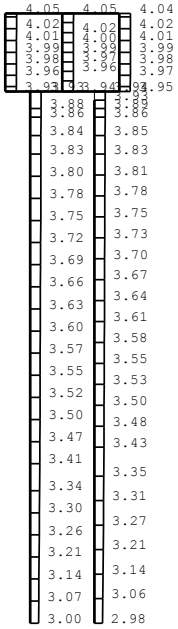
(a) Ss-3－－，水平



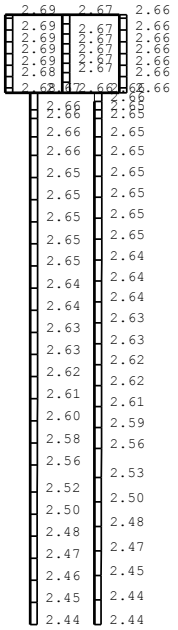
(b) Ss-3－－，鉛直



図 4－3（9） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（9/18）
（①基本ケース）



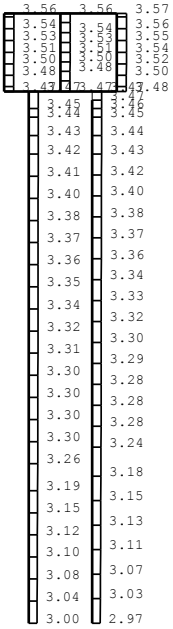
(a) Ss-4NS，水平



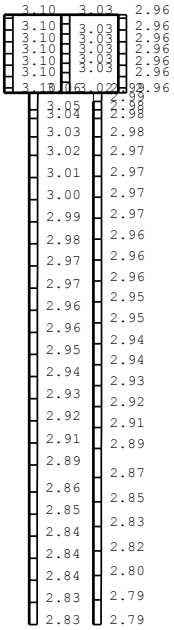
(b) Ss-4NS，鉛直



図 4－3（10） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（10/18）
（①基本ケース）



(a) Ss-5NS，水平



(b) Ss-5NS，鉛直

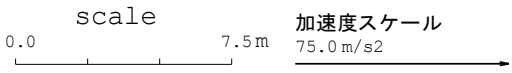
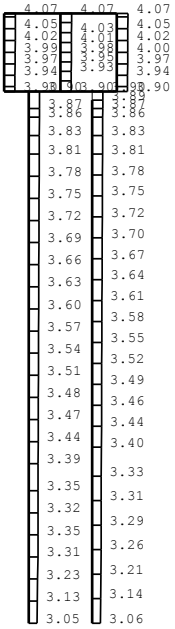
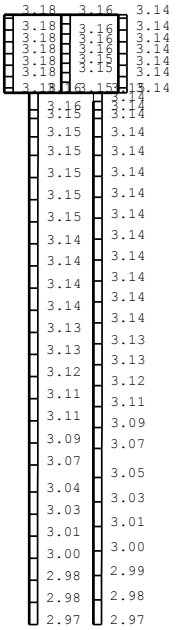


図 4－3（11） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（11/18）
（①基本ケース）



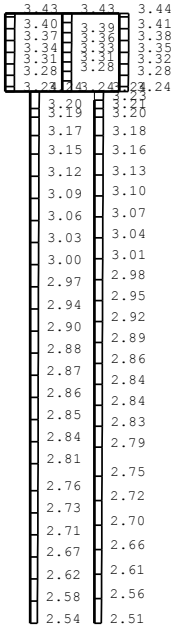
(a) Ss-6NS，水平



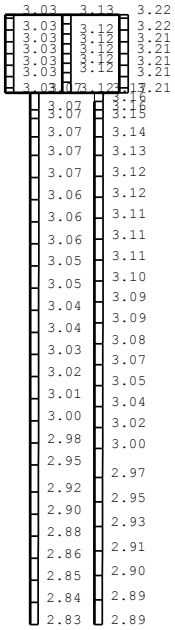
(b) Ss-6NS，鉛直



図 4－3（12） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（12/18）
（①基本ケース）



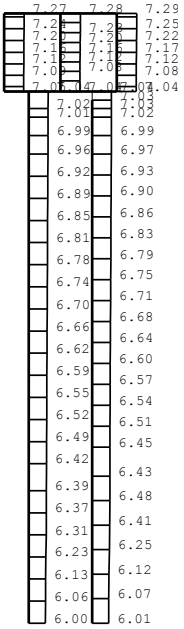
(a) Ss-7NS，水平



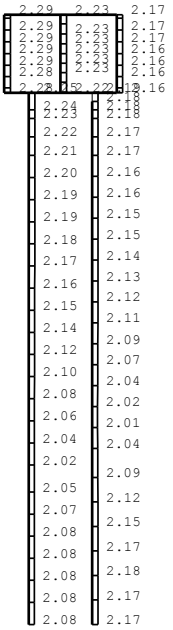
(b) Ss-7NS，鉛直



図 4－3（13） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（13/18）
（①基本ケース）



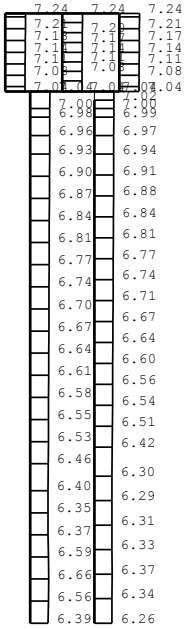
(a) Ss-8＋＋，水平



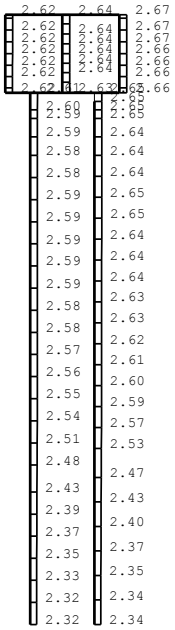
(b) Ss-8＋＋，鉛直



図 4－3（14） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（14/18）
（①基本ケース）



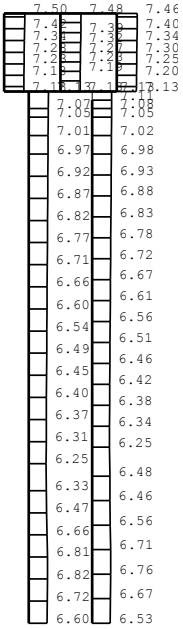
(a) Ss-8－＋，水平



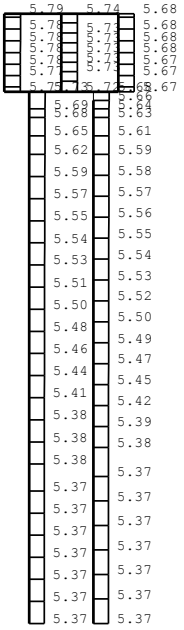
(b) Ss-8－＋，鉛直



図 4－3（15）　B－B断面の最大加速度分布図（15/18）
（①基本ケース）



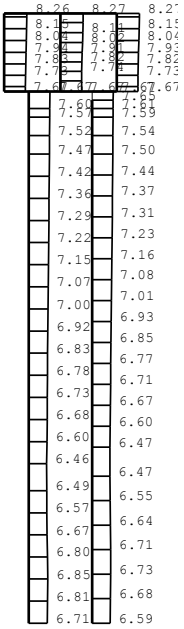
(a) Ss-1＋＋，水平



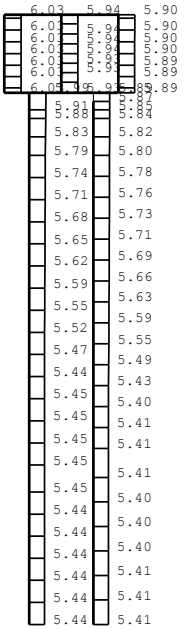
(b) Ss-1＋＋，鉛直



図 4－3（16） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（16/18）
（②地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮した解析ケース）



(a) Ss-1＋＋，水平



(b) Ss-1＋＋，鉛直

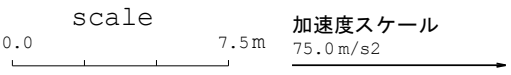
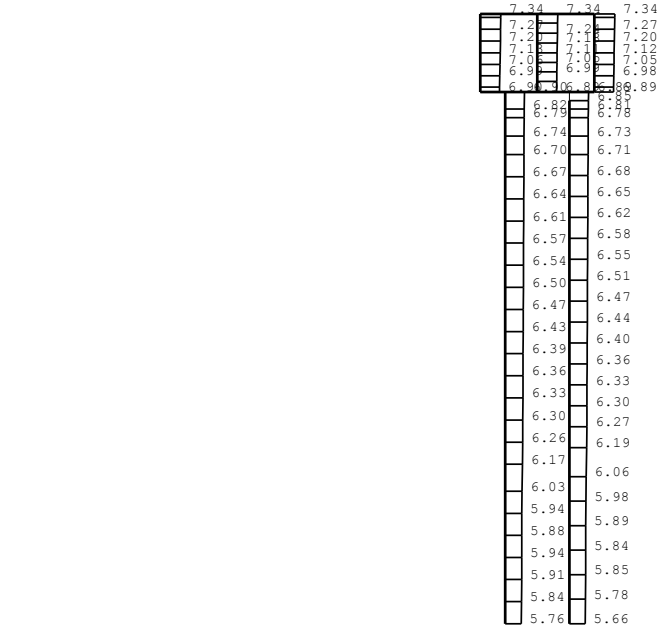
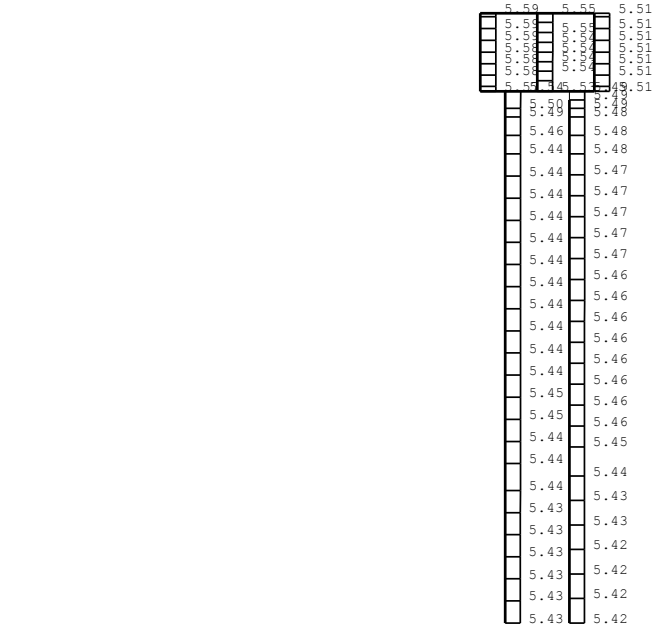


図 4－3（17）　Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（17/18）
（③地盤物性のばらつき（－1σ）を考慮した解析ケース）



(a) Ss-1＋＋，水平

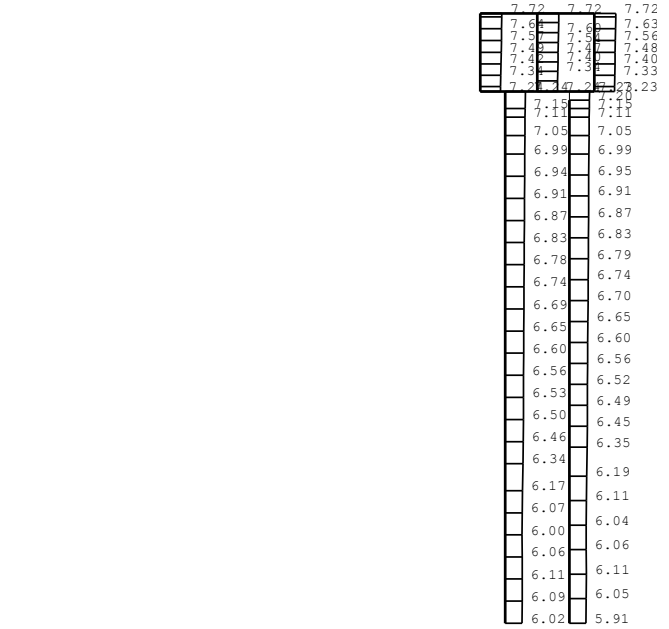


(b) Ss-1＋＋，鉛直

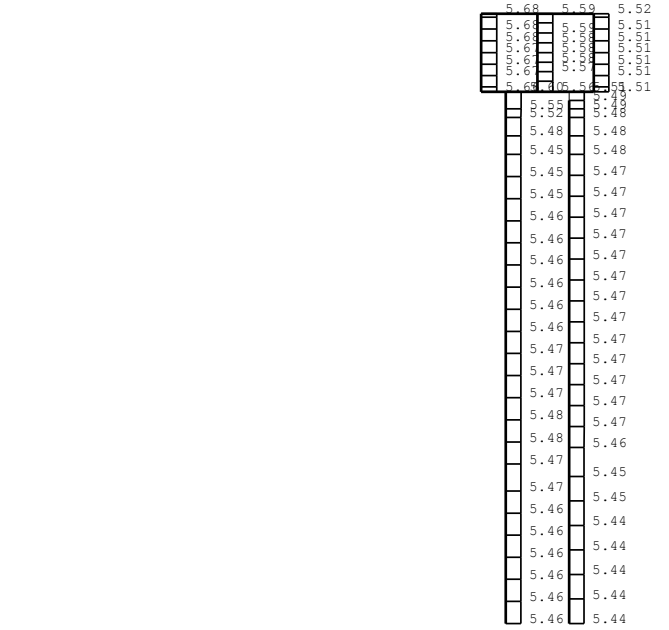


図 4－3（18） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（18/18）

（⑤地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮して非液状化の条件を仮定した解析ケース）



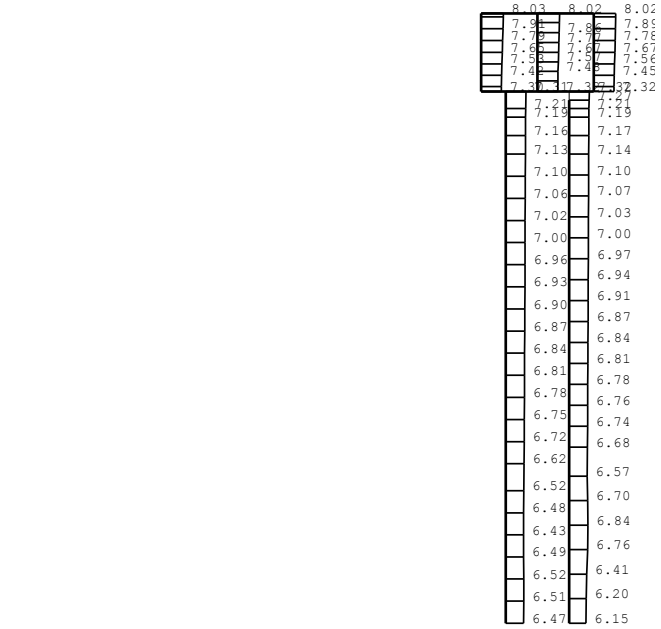
(a) Ss-1＋＋，水平



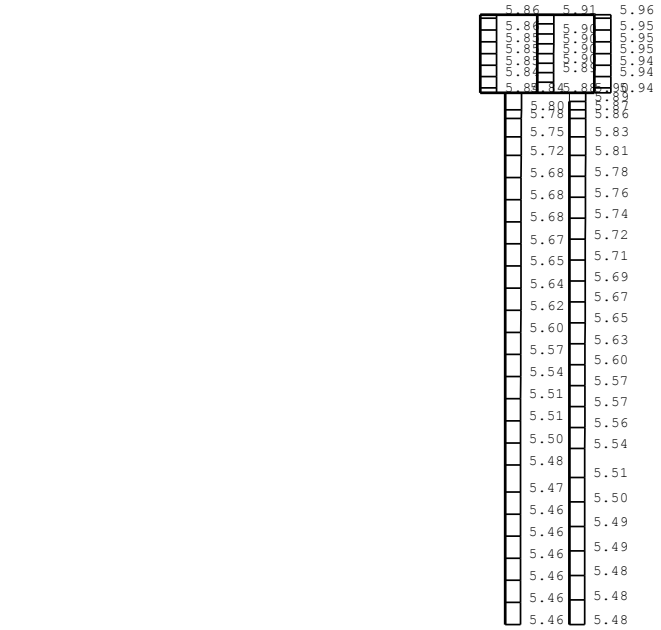
(b) Ss-1＋＋，鉛直



図 4－4（1） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（1/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-1－＋，水平



(b) Ss-1－＋，鉛直

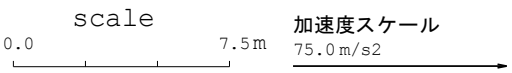
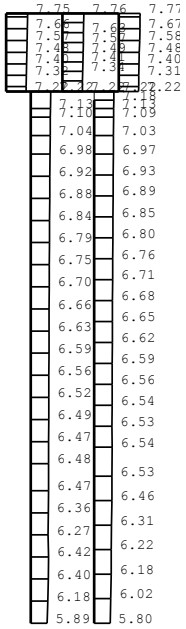
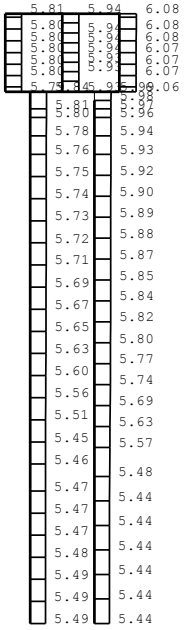


図 4－4（2） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（2/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



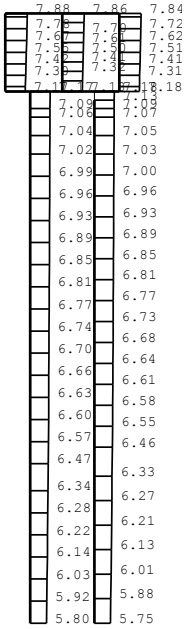
(a) Ss-1＋－，水平



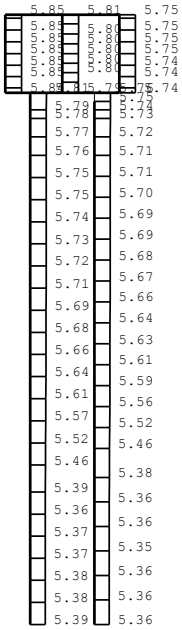
(b) Ss-1＋－，鉛直



図 4－4（3） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（3/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



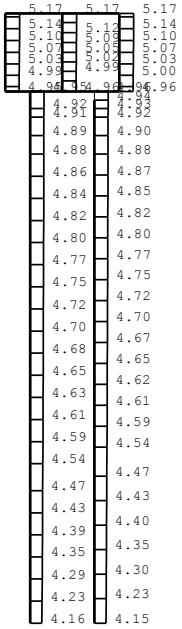
(a) Ss-1－－，水平



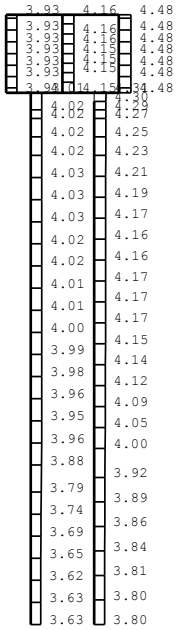
(b) Ss-1－－，鉛直



図 4－4（4） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（4/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-2NS，水平



(b) Ss-2NS，鉛直

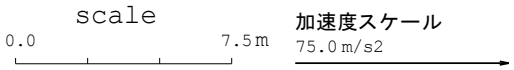
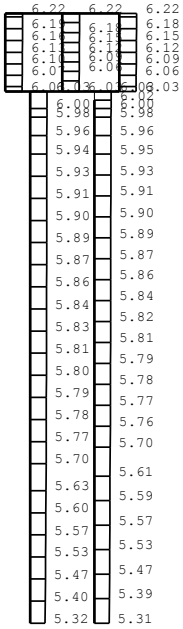
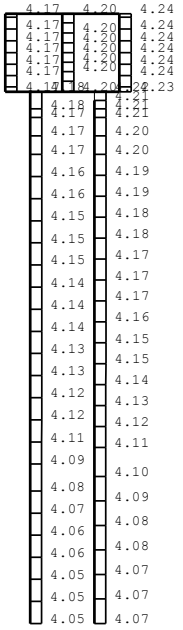


図 4－4（5） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（5/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



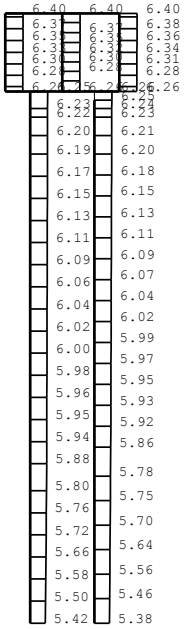
(a) Ss-3＋＋，水平



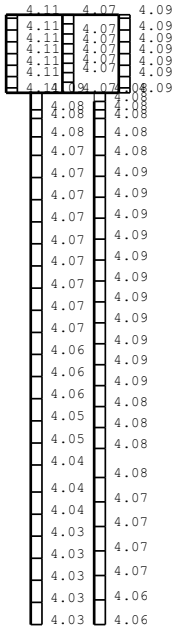
(b) Ss-3＋＋，鉛直



図 4－4（6） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（6/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-3－＋，水平



(b) Ss-3－＋，鉛直

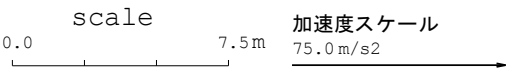
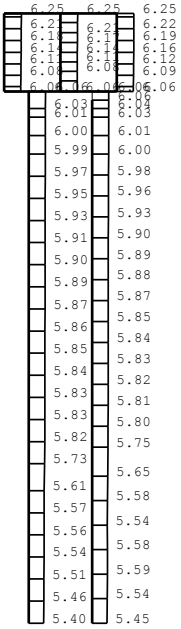
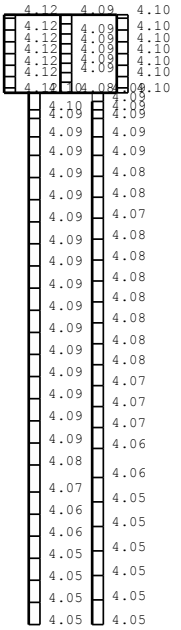


図 4－4（7） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（7/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



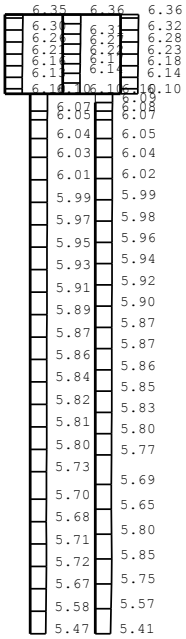
(a) Ss-3＋－，水平



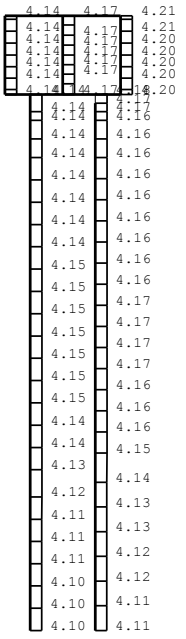
(b) Ss-3＋－，鉛直



図 4－4（8） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（8/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-3－－，水平



(b) Ss-3－－，鉛直

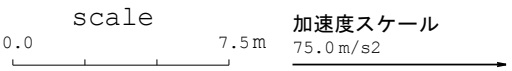
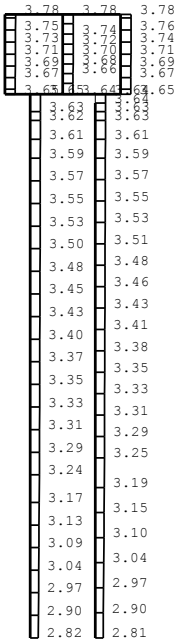
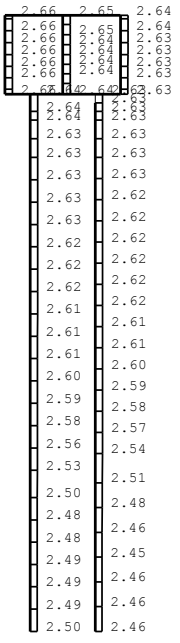


図 4－4（9） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（9/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



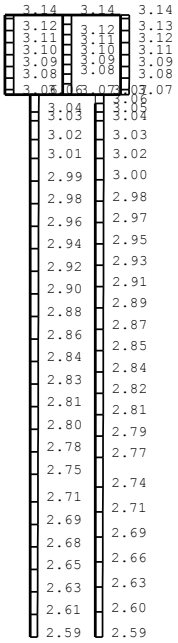
(a) Ss-4NS，水平



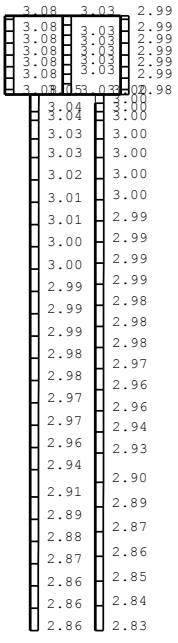
(b) Ss-4NS，鉛直



図 4－4（10） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（10/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



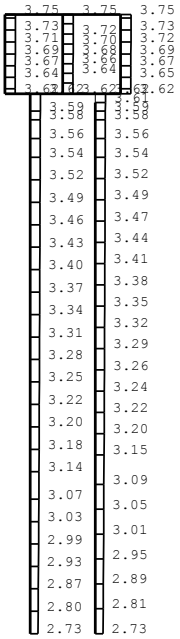
(a) Ss-5NS，水平



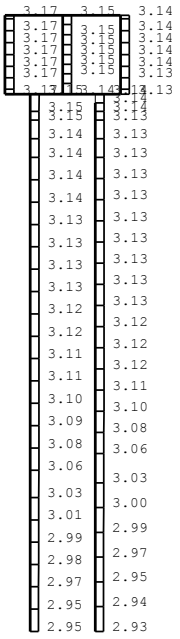
(b) Ss-5NS，鉛直



図 4－4（11） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（11/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



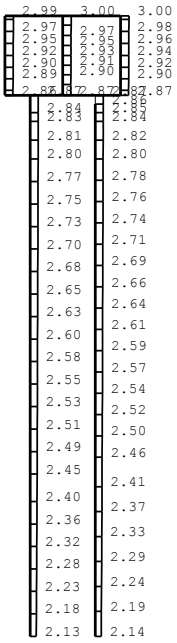
(a) Ss-6NS，水平



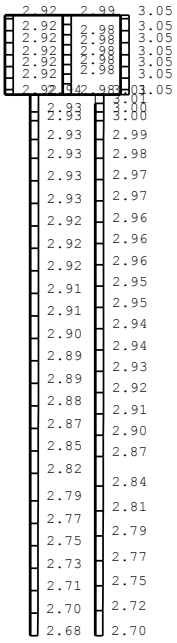
(b) Ss-6NS，鉛直



図 4－4（12） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（12/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



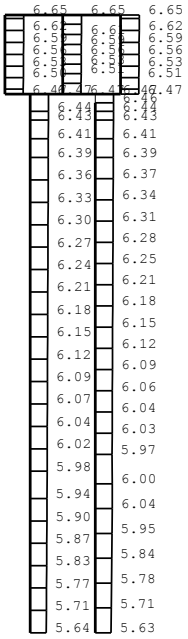
(a) Ss-7NS，水平



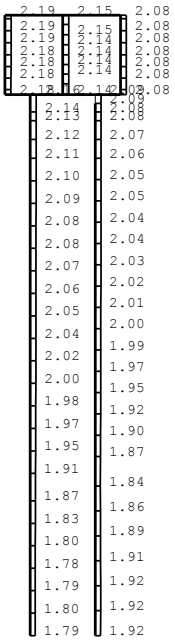
(b) Ss-7NS，鉛直



図 4－4（13） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（13/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-8＋＋，水平



(b) Ss-8＋＋，鉛直

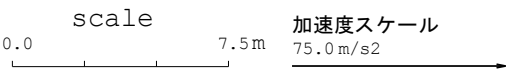
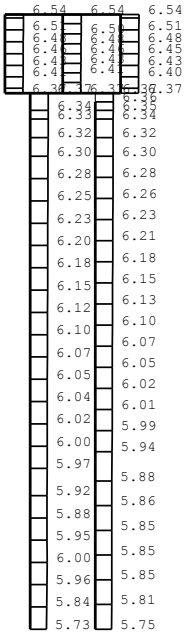
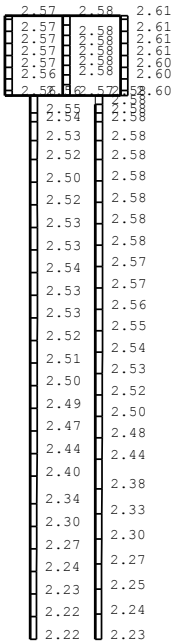


図 4－4（14） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（14/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



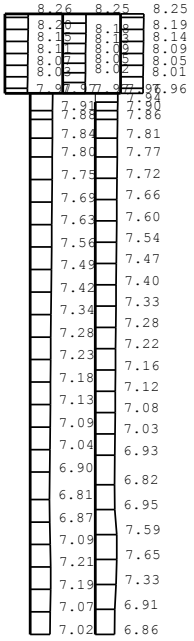
(a) Ss-8－＋，水平



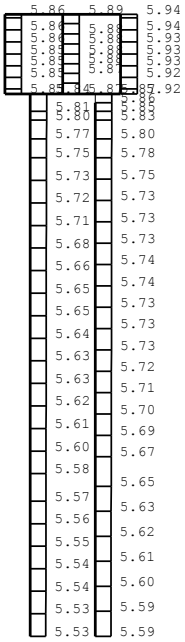
(b) Ss-8－＋，鉛直



図 4－4（15） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（15/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-1－＋，水平



(b) Ss-1－＋，鉛直

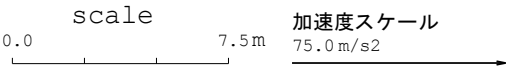
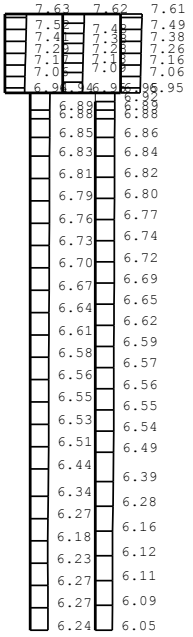
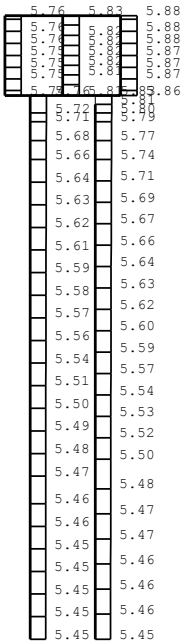


図 4－4（16） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（16/34）
（③地盤物性のばらつき（－1σ）を考慮した解析ケース）



(a) Ss-1－＋，水平

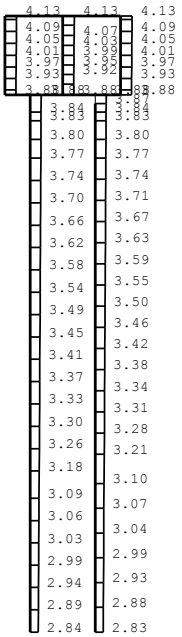


(b) Ss-1－＋，鉛直

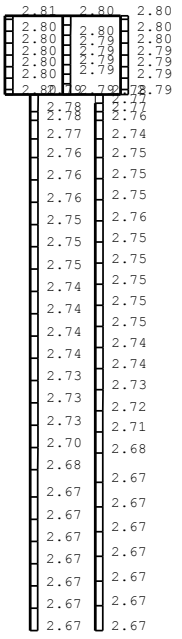


図 4－4（17）　Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（17/34）

（⑤地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮して非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-1＋＋，水平



(b) Sd-1＋＋，鉛直

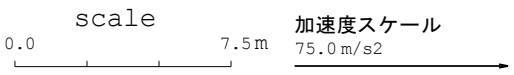
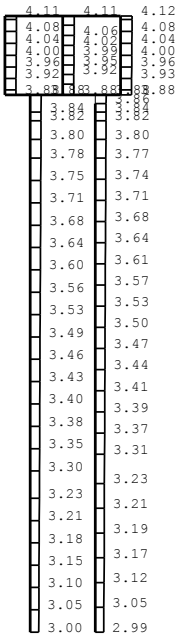
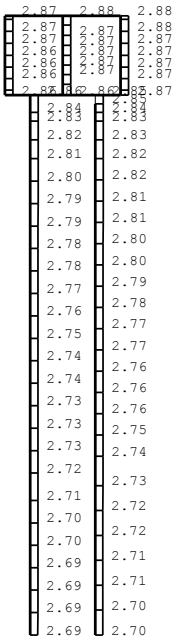


図 4－4（18） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（18/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



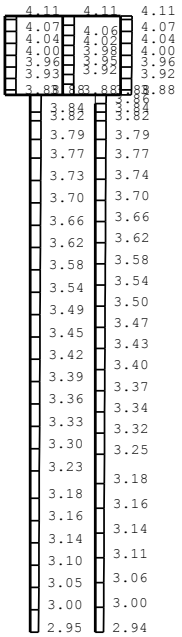
(a) Sd-1－＋，水平



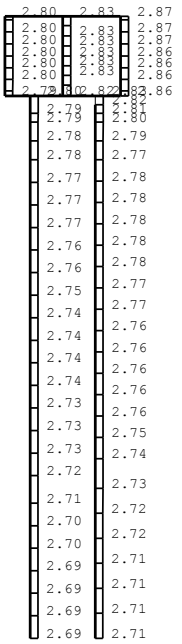
(b) Sd-1－＋，鉛直



図 4－4（19） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（19/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



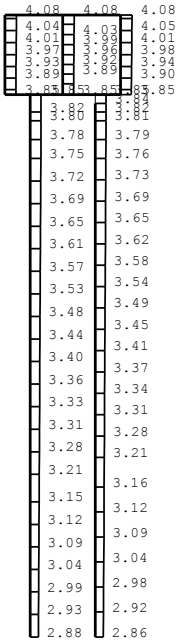
(a) Sd-1＋－，水平



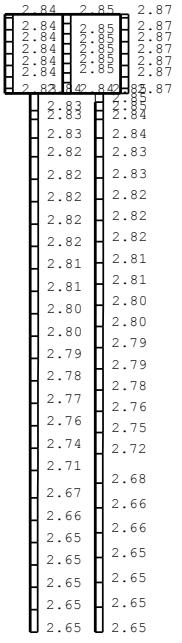
(b) Sd-1＋－，鉛直



図 4－4（20） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（20/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-1－－，水平



(b) Sd-1－－，鉛直

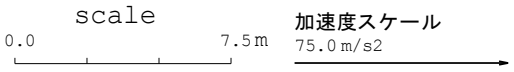
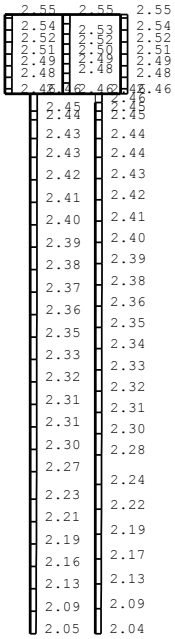
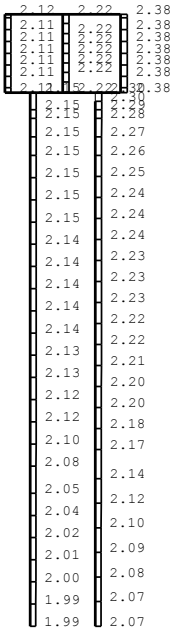


図 4－4（21） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（21/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-2NS，水平



(b) Sd-2NS，鉛直

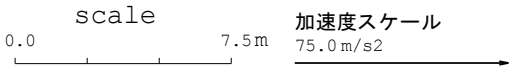
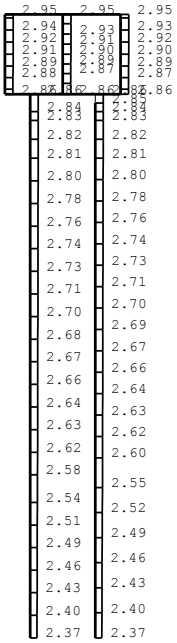
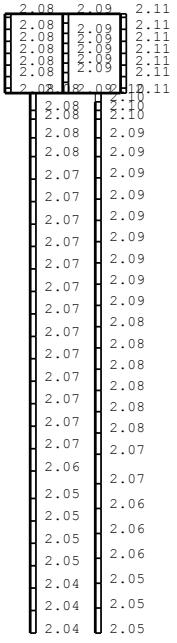


図 4－4（22） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（22/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-3＋＋，水平



(b) Sd-3＋＋，鉛直

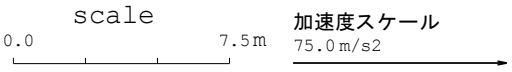
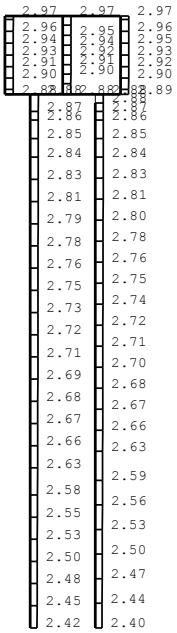
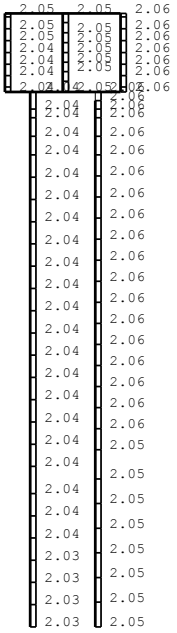


図 4－4（23） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（23/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-3－＋，水平



(b) Sd-3－＋，鉛直

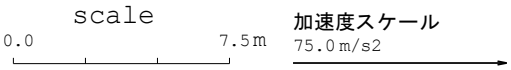
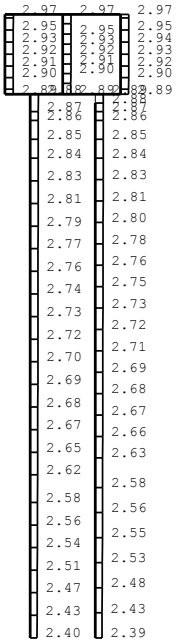
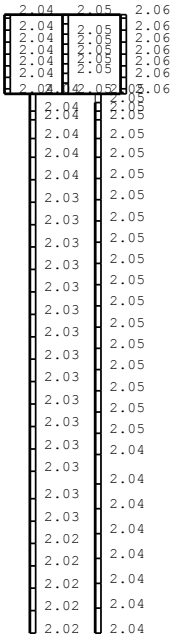


図 4－4（24）　B－B断面の最大加速度分布図（24/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



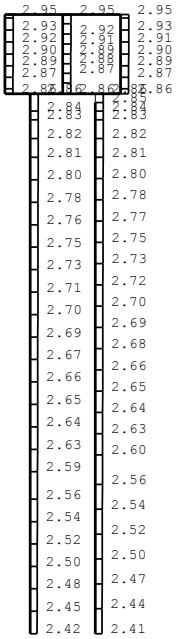
(a) Sd-3＋－，水平



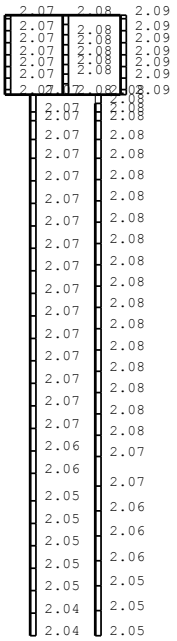
(b) Sd-3＋－，鉛直



図 4－4（25） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（25/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



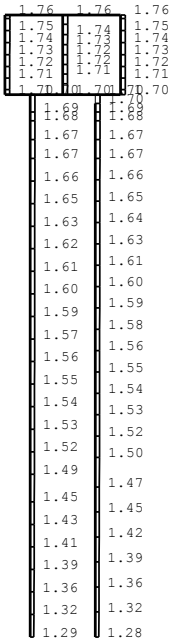
(a) Sd-3－－，水平



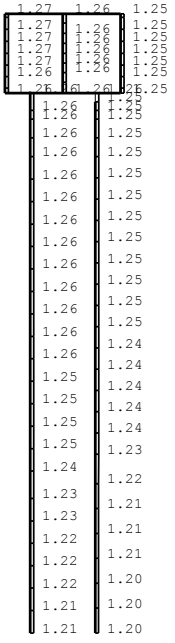
(b) Sd-3－－，鉛直



図 4－4（26） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（26/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-4NS，水平



(b) Sd-4NS，鉛直

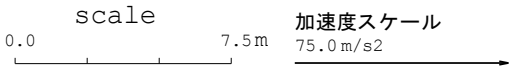
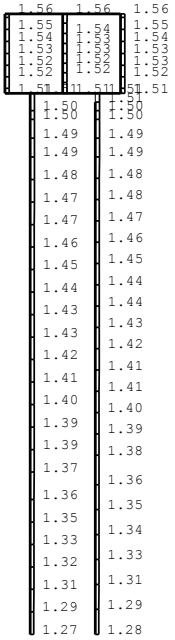
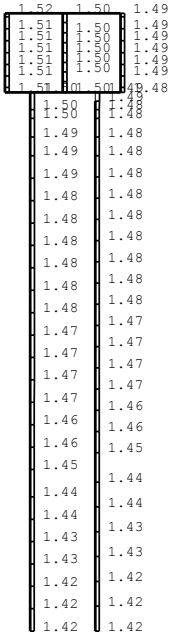


図 4－4（27） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（27/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



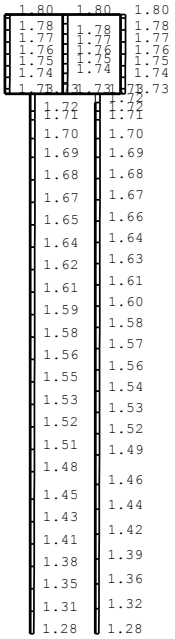
(a) Sd-5NS，水平



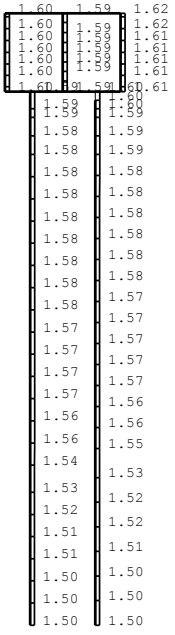
(b) Sd-5NS，鉛直



図 4－4（28） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（28/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-6NS，水平



(b) Sd-6NS，鉛直

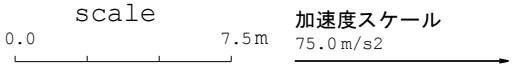
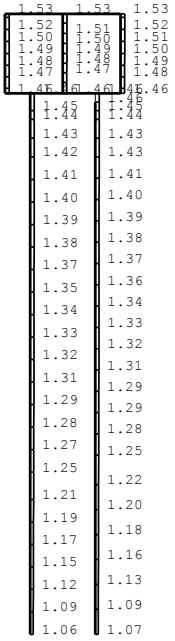
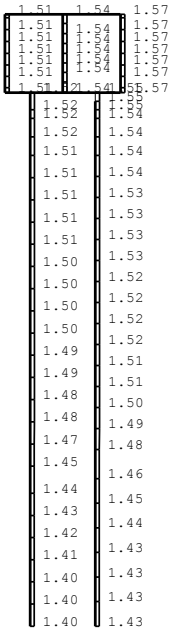


図 4－4（29） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（29/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



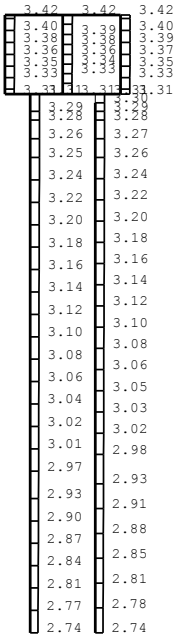
(a) Sd-7NS，水平



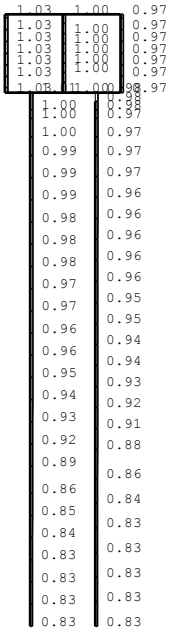
(b) Sd-7NS，鉛直



図 4－4（30） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（30/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-8＋＋，水平



(b) Sd-8＋＋，鉛直

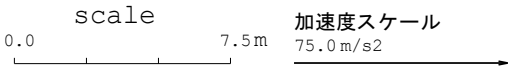
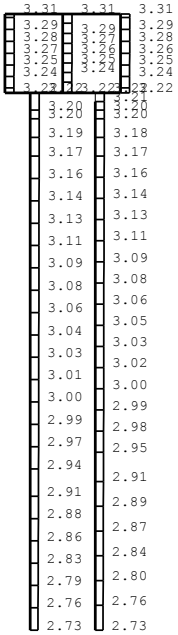
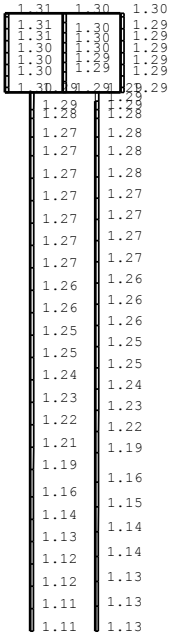


図 4－4（31） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（31/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



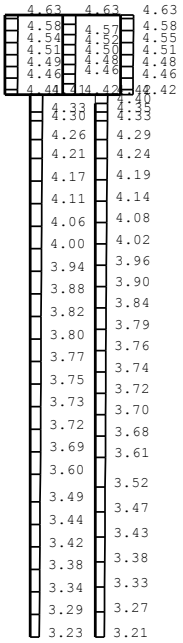
(a) Sd-8－＋，水平



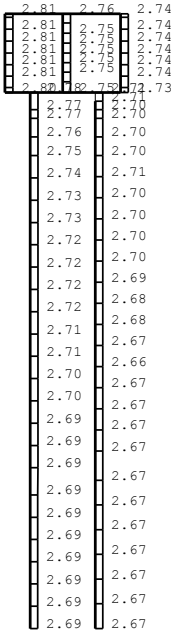
(b) Sd-8－＋，鉛直



図 4－4（32） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（32/34）
（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



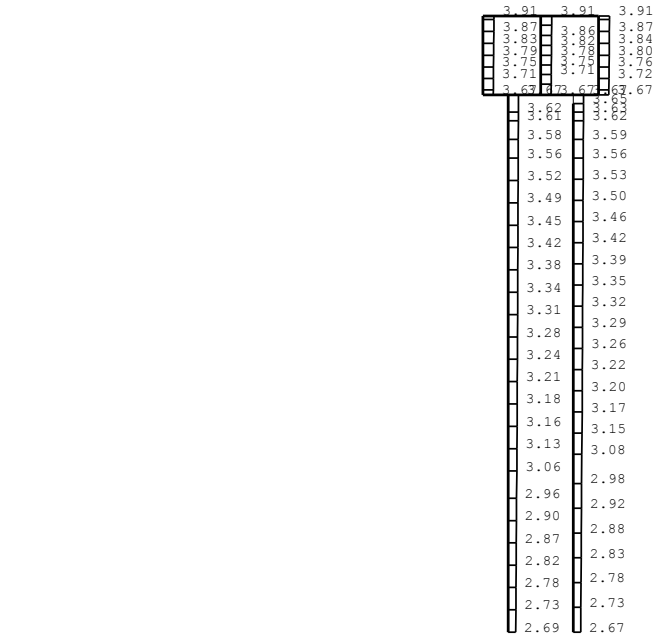
(a) Sd-1＋＋，水平



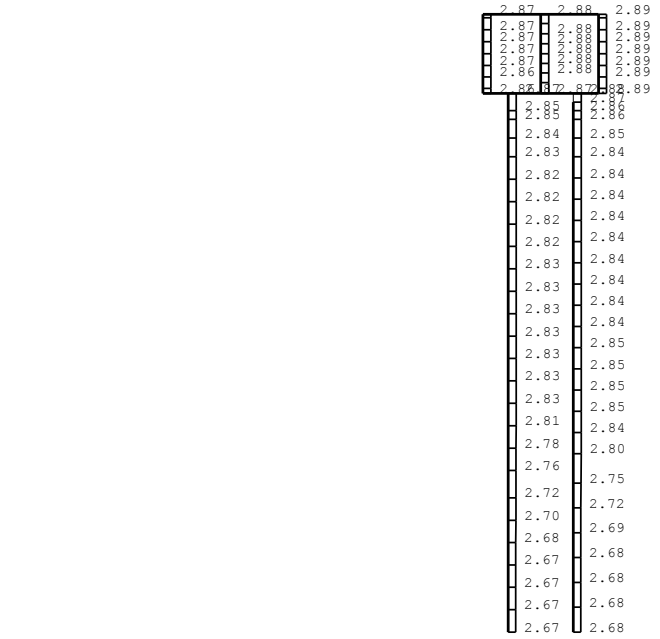
(b) Sd-1＋＋，鉛直



図 4－4（33） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（33/34）
（③地盤物性のばらつき（－1σ）を考慮した解析ケース）



(a) Sd-1＋＋，水平



(b) Sd-1＋＋，鉛直

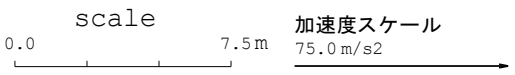
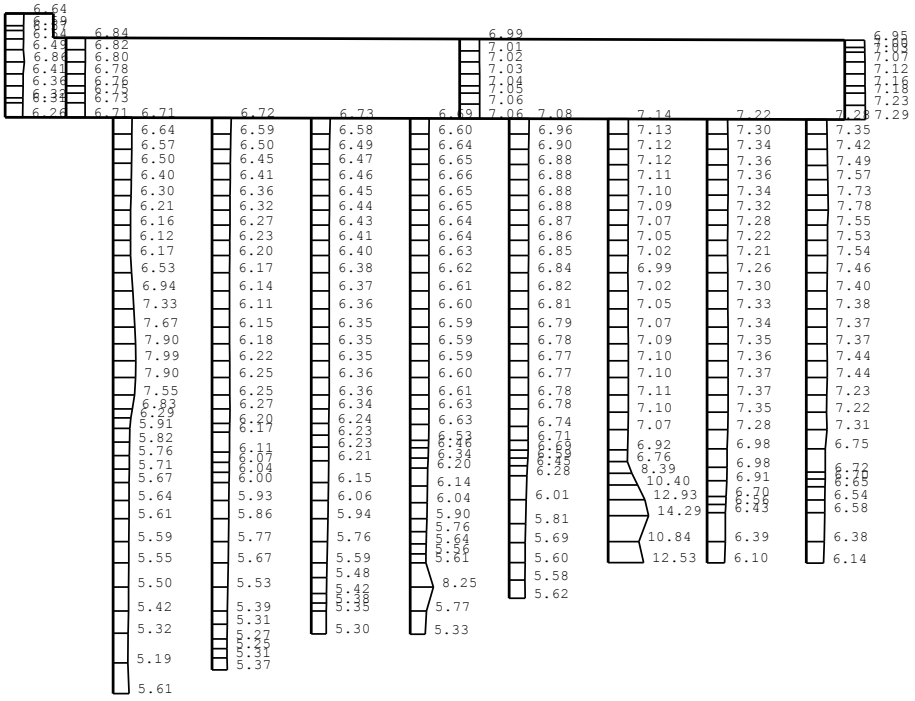


図 4－4（34） Ｂ－Ｂ断面の最大加速度分布図（34/34）

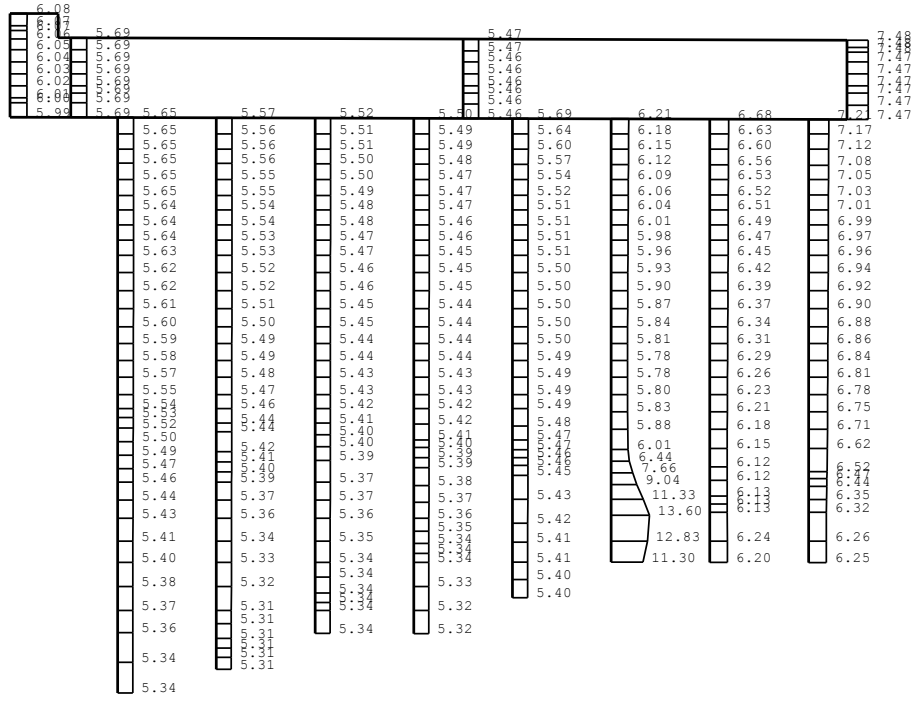
（⑤地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮して非液状化の条件を仮定したケース）

4.3　Ｃ－Ｃ断面解析結果

Ｃ－Ｃ断面の解析結果のうち，解析ケース④の全ての基準地震動Ｓｓ及び弾性設計用地震動Ｓｄに対する最大加速度分布図並びに解析ケース④において鉄筋コンクリート部材の加速度が最大となる地震動に対する解析ケース③，⑤での最大加速度分布図を図 4－5 に示す。



(a) Ss-1＋＋，水平



(b) Ss-1＋＋，鉛直

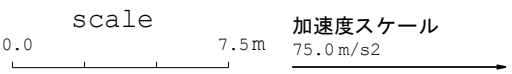
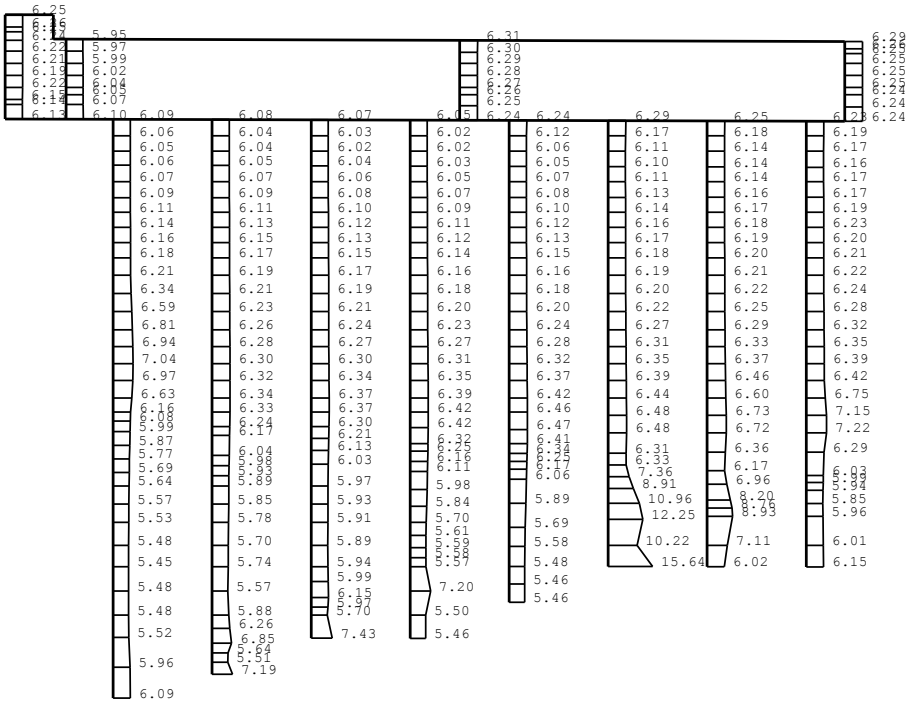
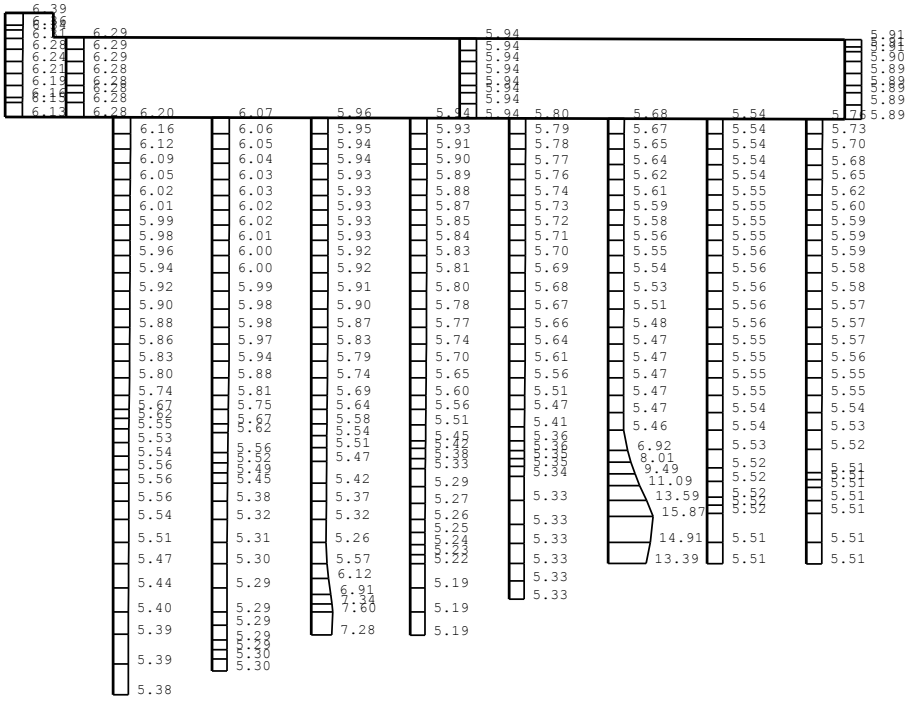


図 4－5（1） Ｃ－Ｃ断面の最大加速度分布図（1/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-1－＋，水平



(b) Ss-1－＋，鉛直

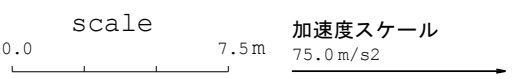
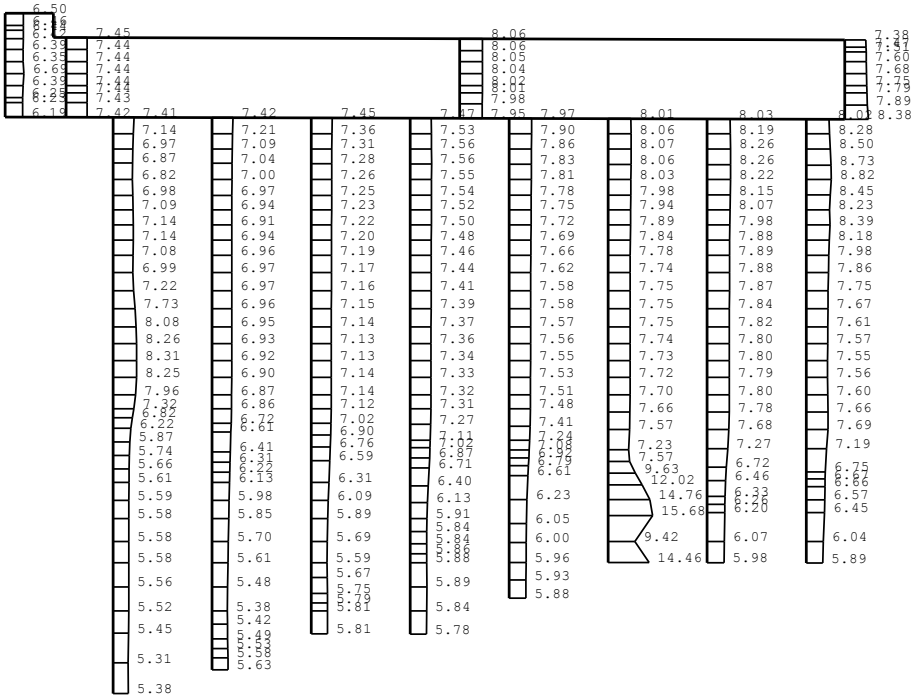
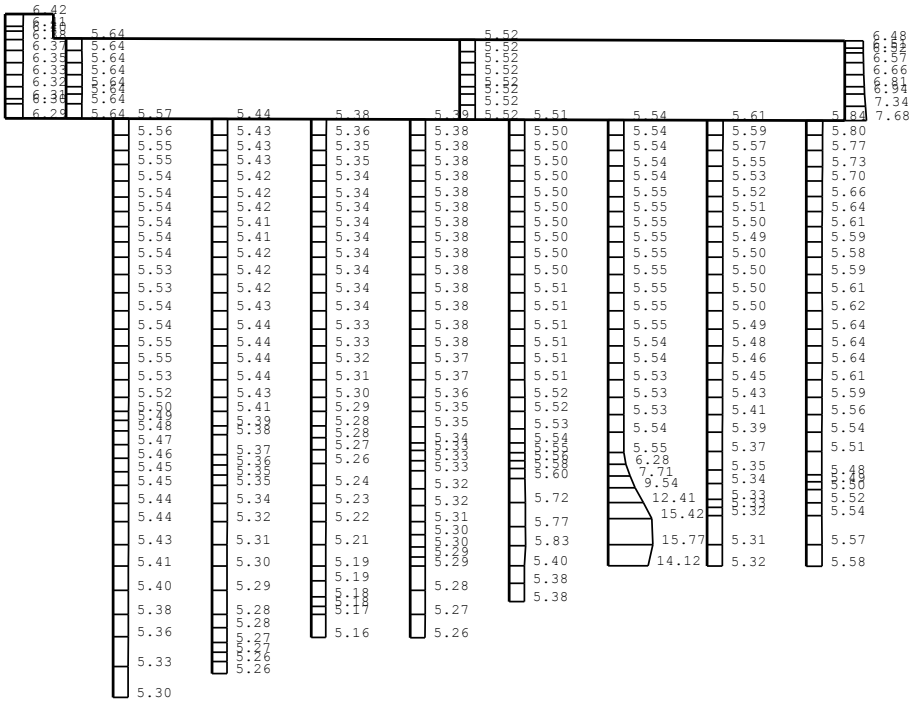


図 4－5（2） Ｃ－Ｃ断面の最大加速度分布図（2/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-1＋－，水平



(b) Ss-1＋－，鉛直

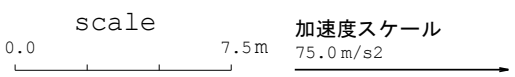
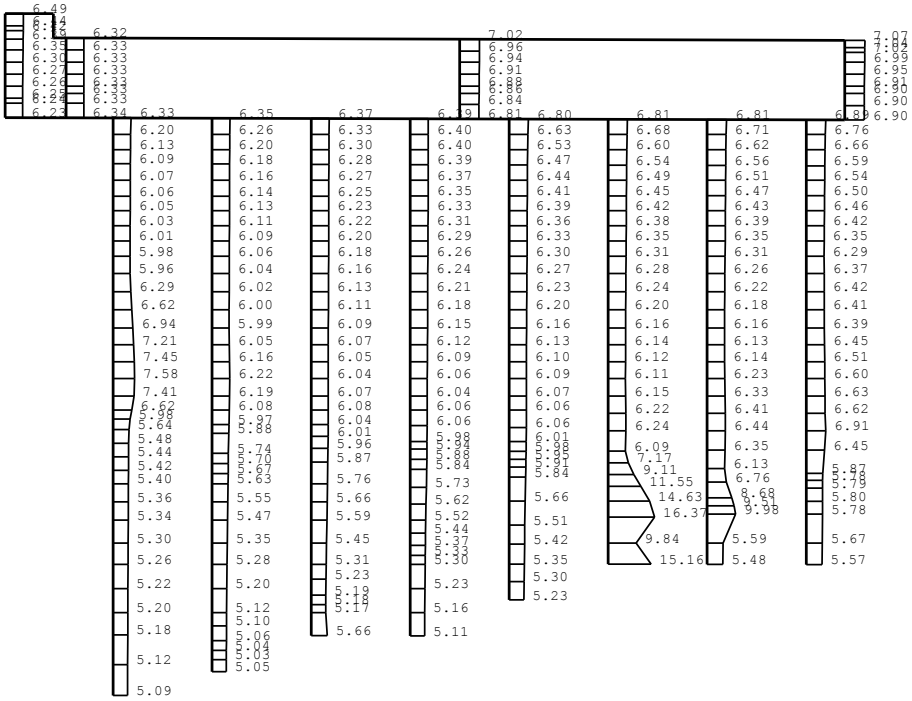
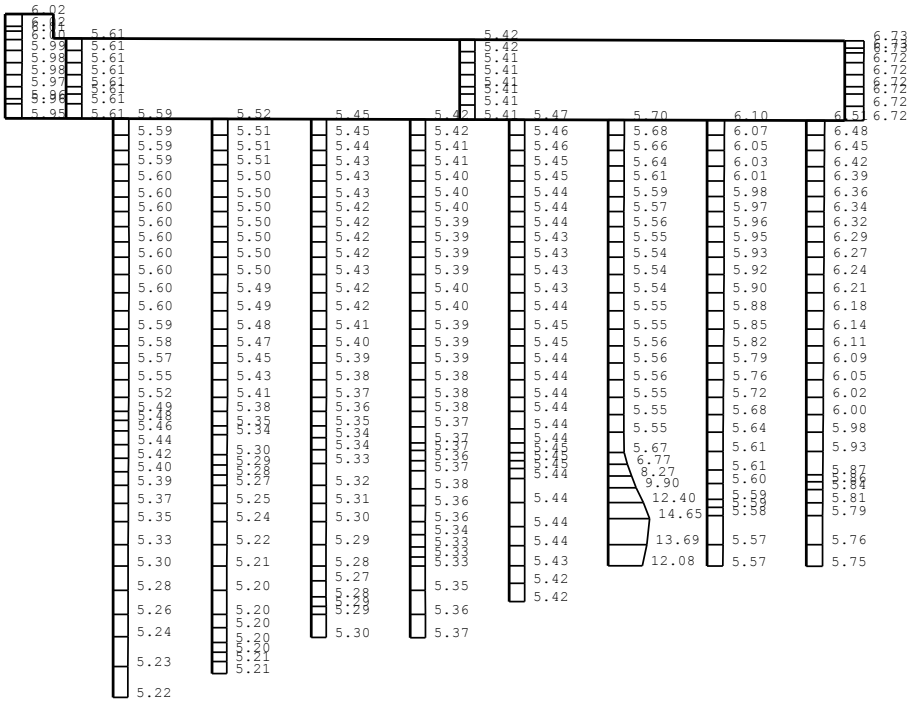


図 4－5（3） Ｃ－Ｃ断面の最大加速度分布図（3/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-1－－，水平



(b) Ss-1－－，鉛直

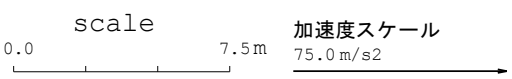
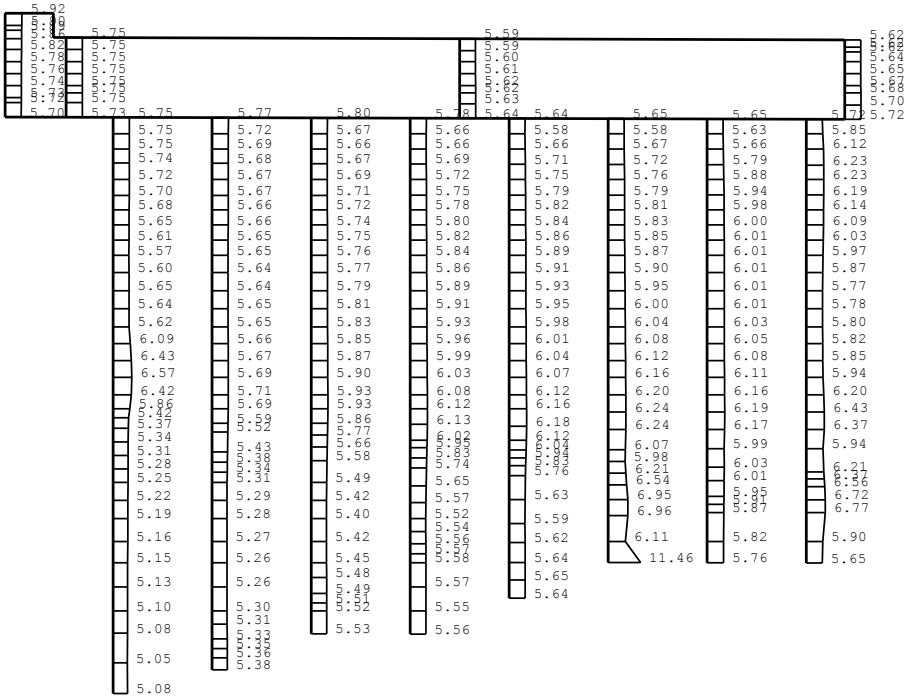
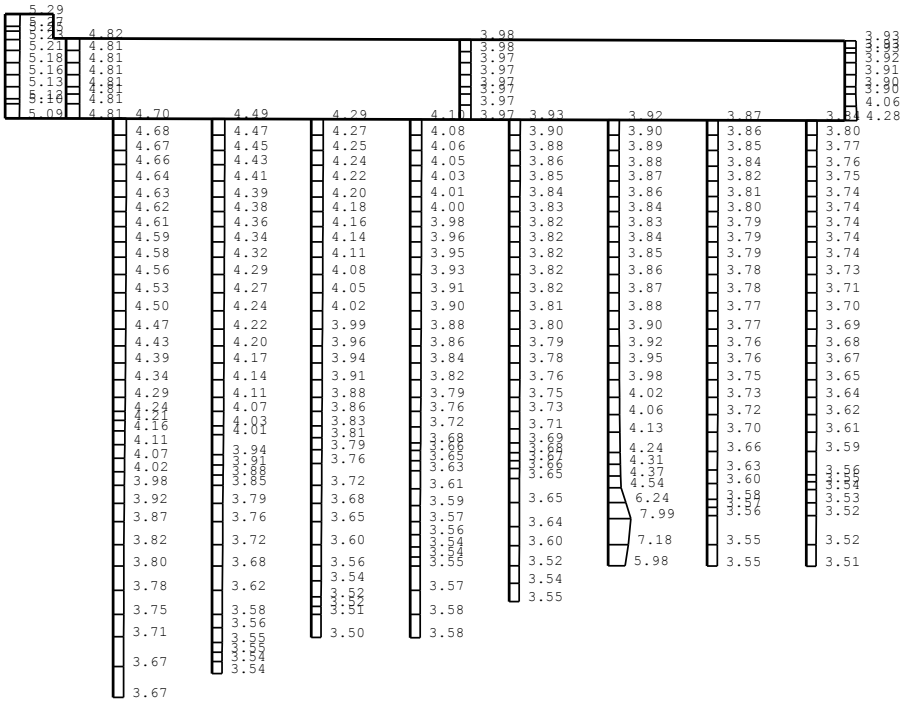


図 4－5（4）　C－C断面の最大加速度分布図（4/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-2EW，水平

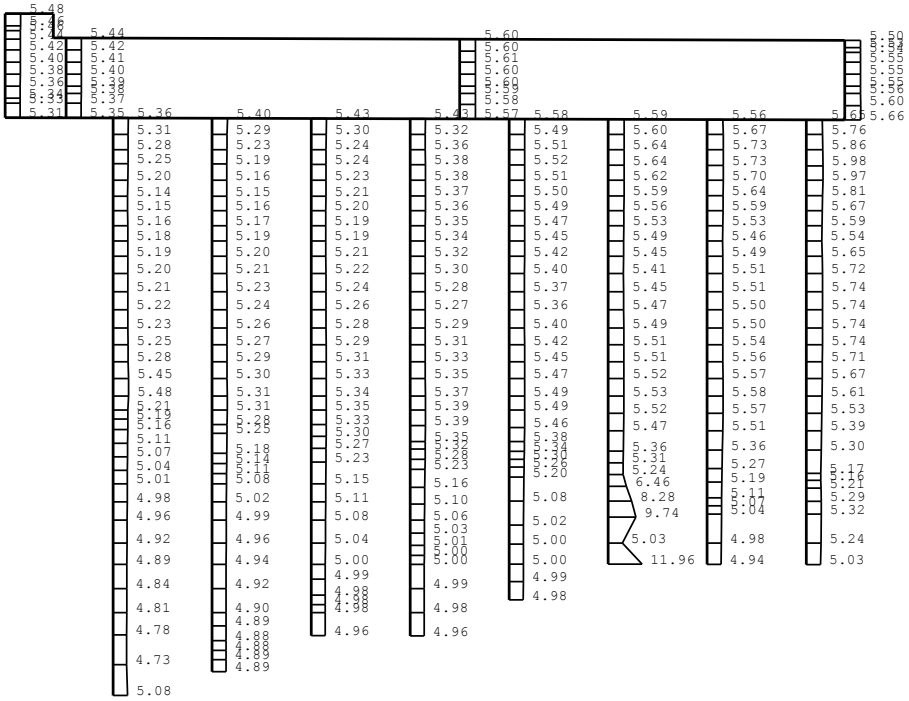


(b) Ss-2EW，鉛直

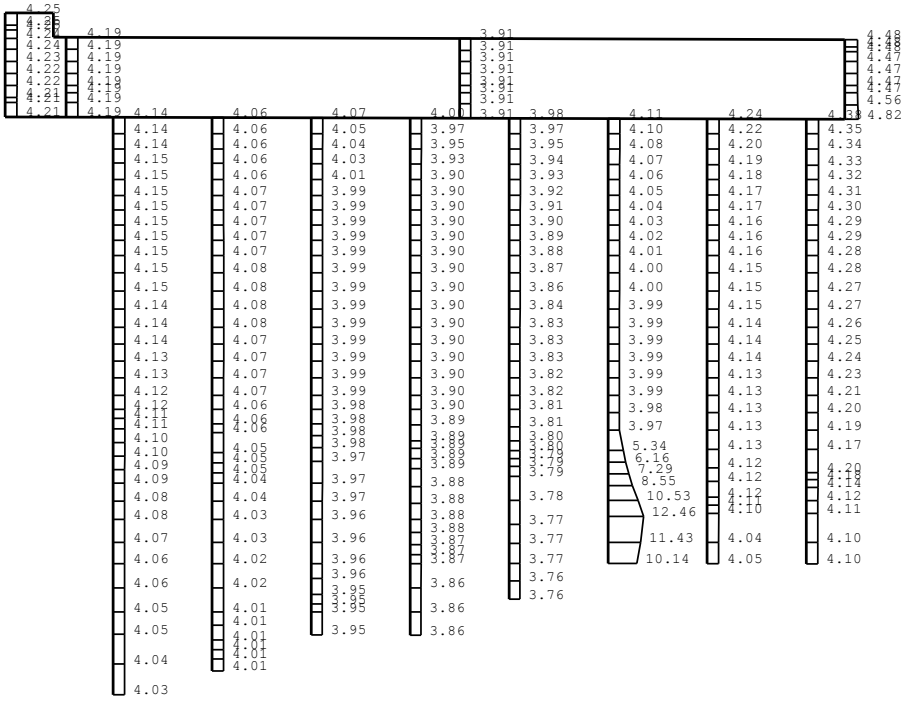


図 4－5（5）　C－C断面の最大加速度分布図（5/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-3＋＋，水平

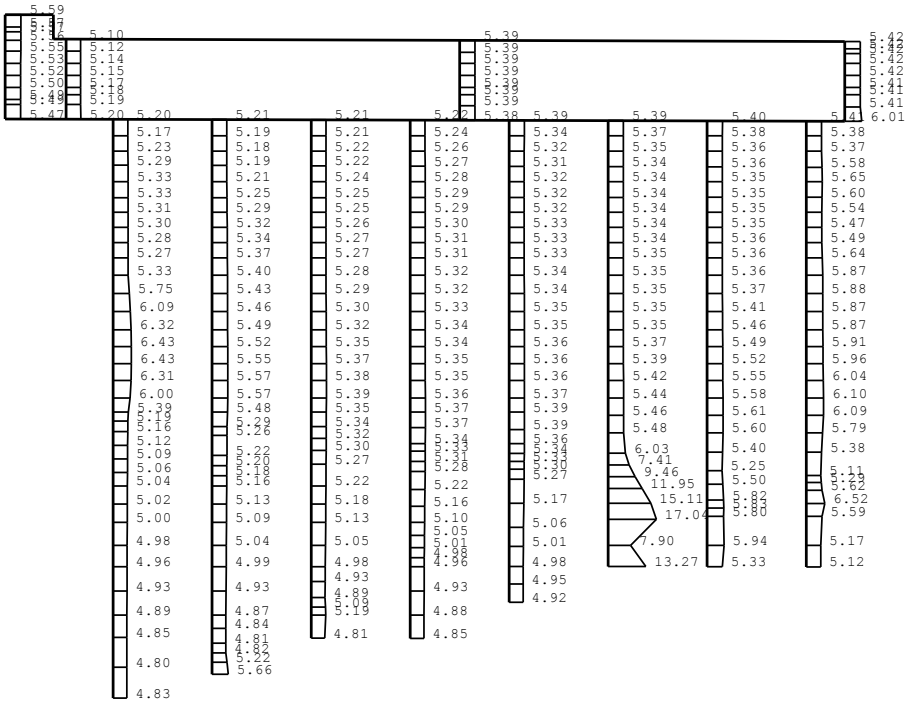


(b) Ss-3＋＋，鉛直

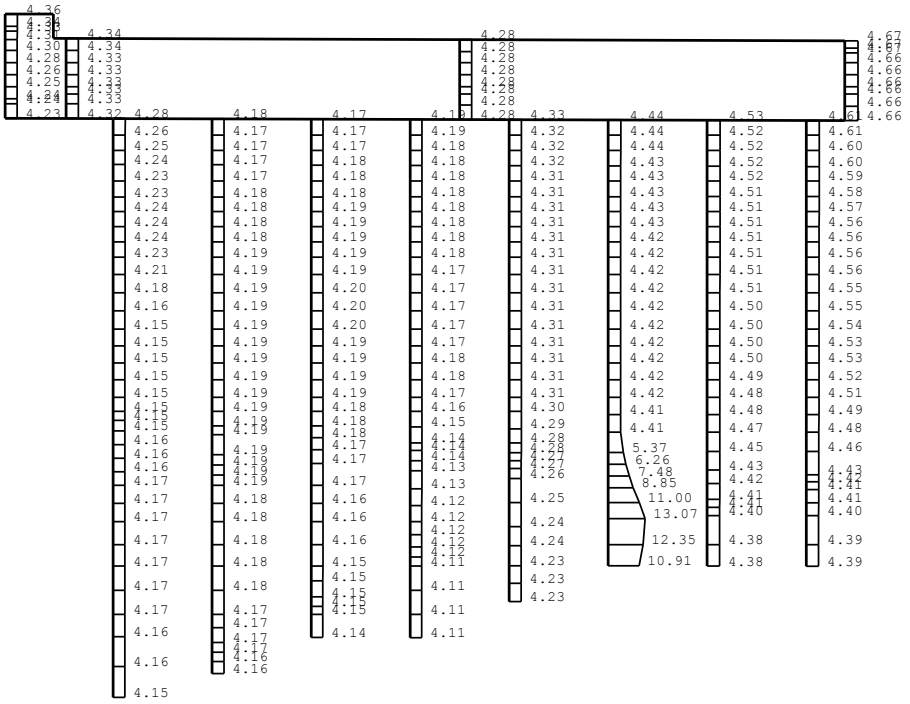


図 4－5（6） Ｃ－Ｃ断面の最大加速度分布図（6/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-3－＋，水平



(b) Ss-3－＋，鉛直

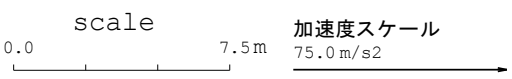
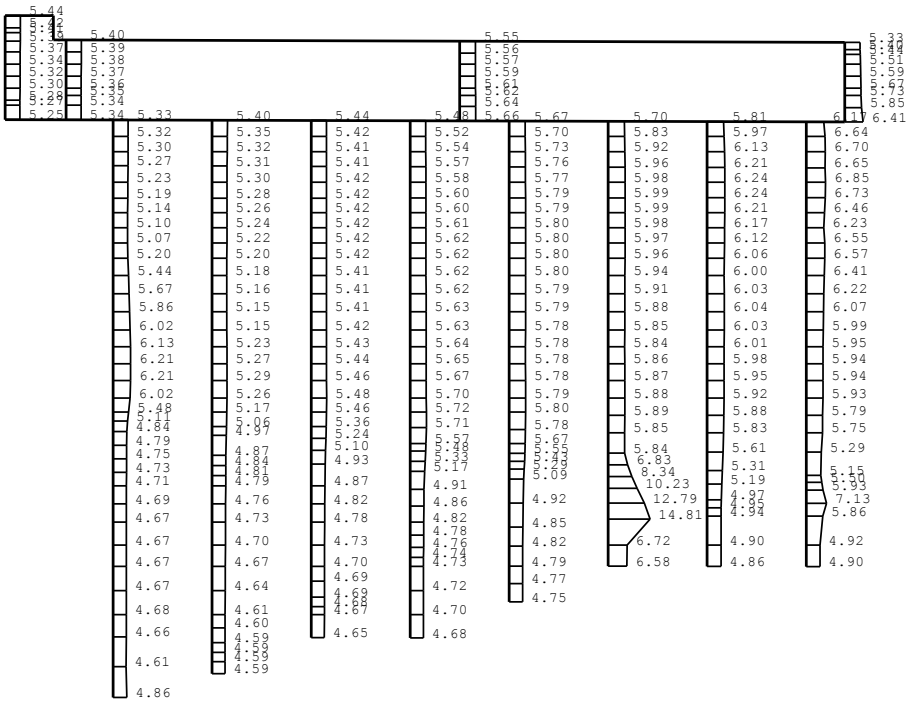
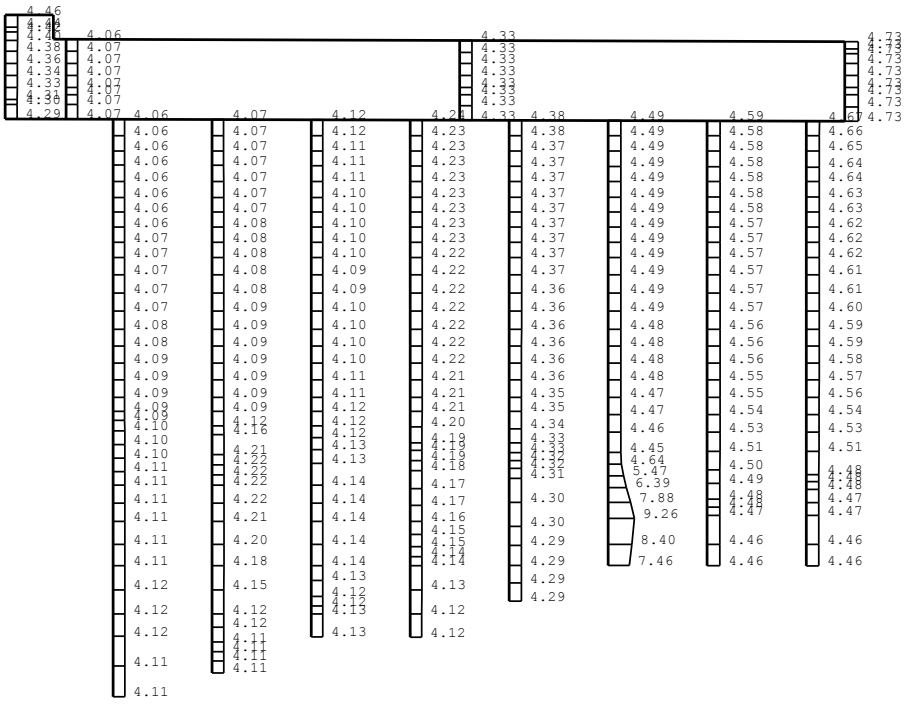


図 4－5（7） Ｃ－Ｃ断面の最大加速度分布図（7/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-3＋－，水平



(b) Ss-3＋－，鉛直

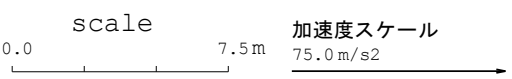
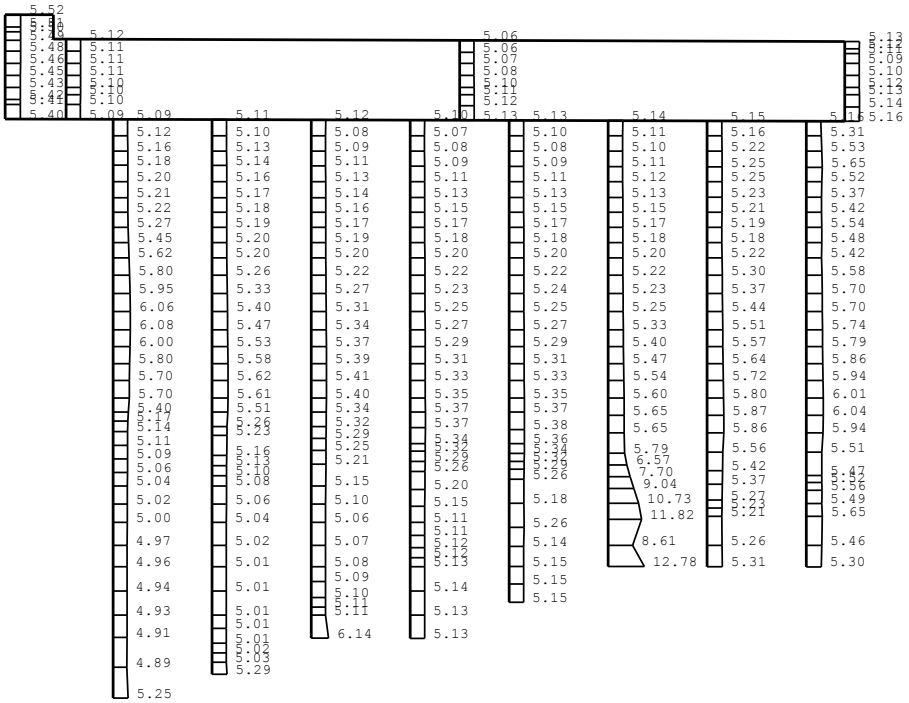
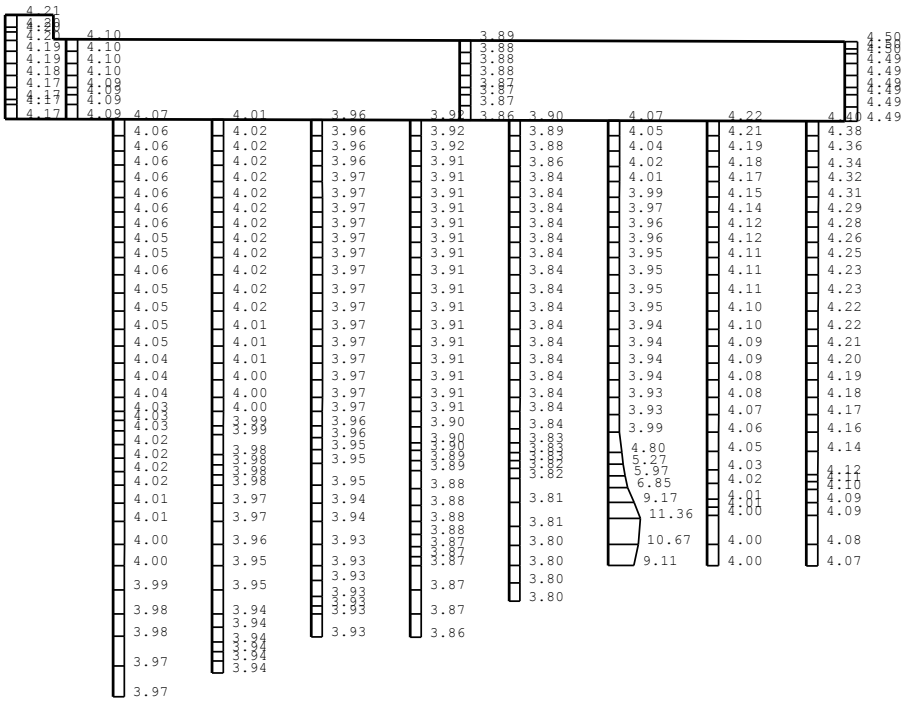


図 4－5（8） Ｃ－Ｃ断面の最大加速度分布図（8/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-3－－，水平

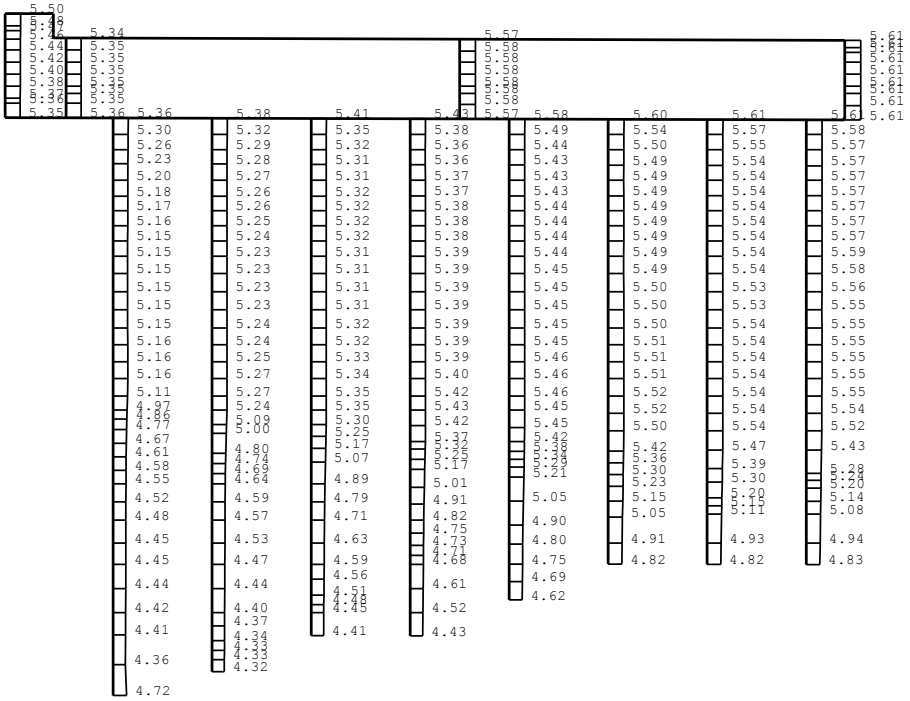


(b) Ss-3－－，鉛直

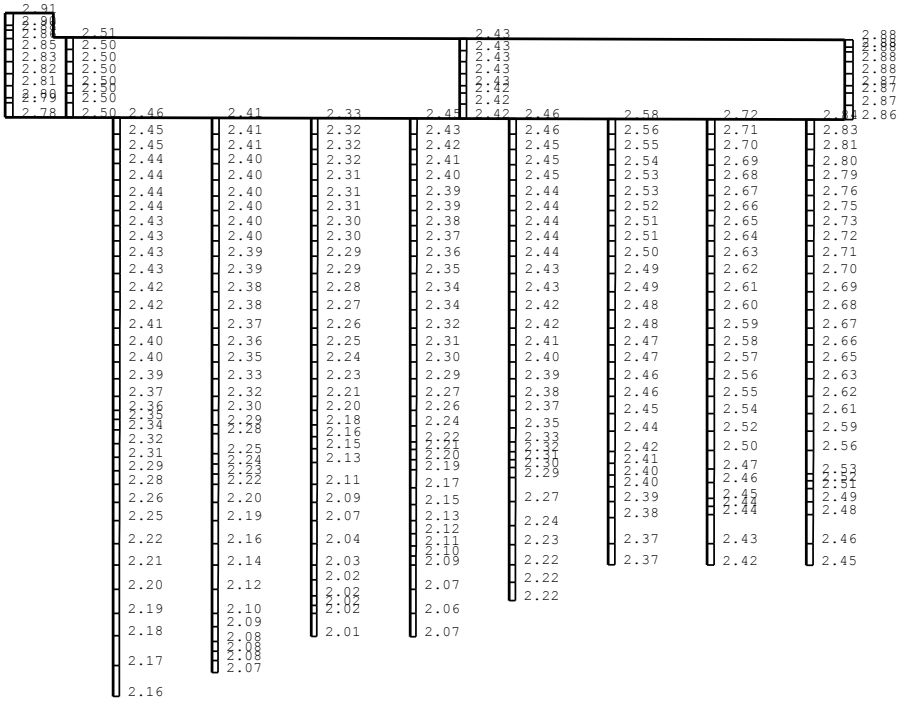


図 4－5（9） Ｃ－Ｃ断面の最大加速度分布図（9/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-4EW，水平

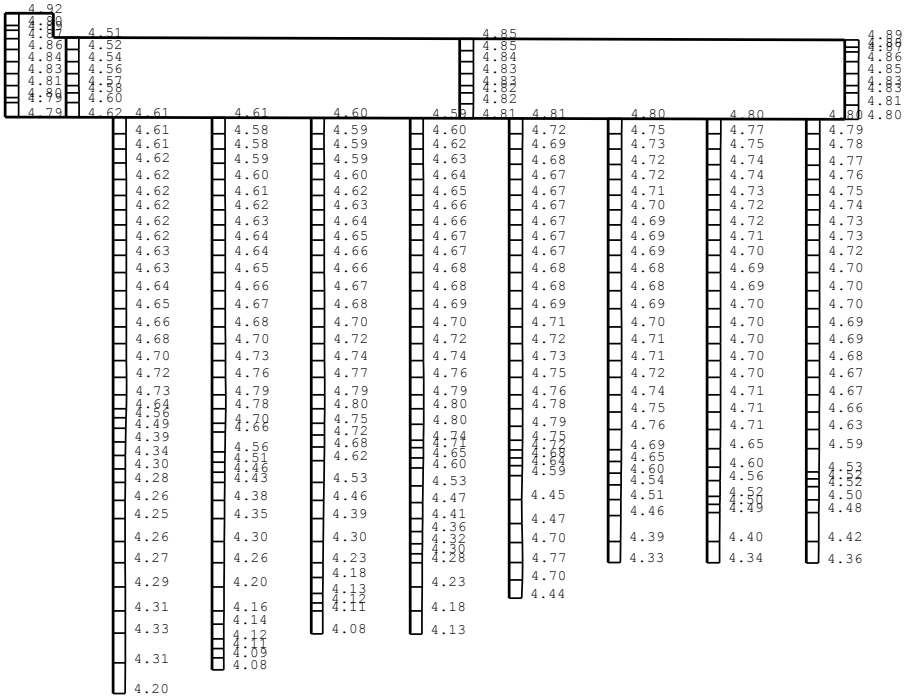


(b) Ss-4EW，鉛直

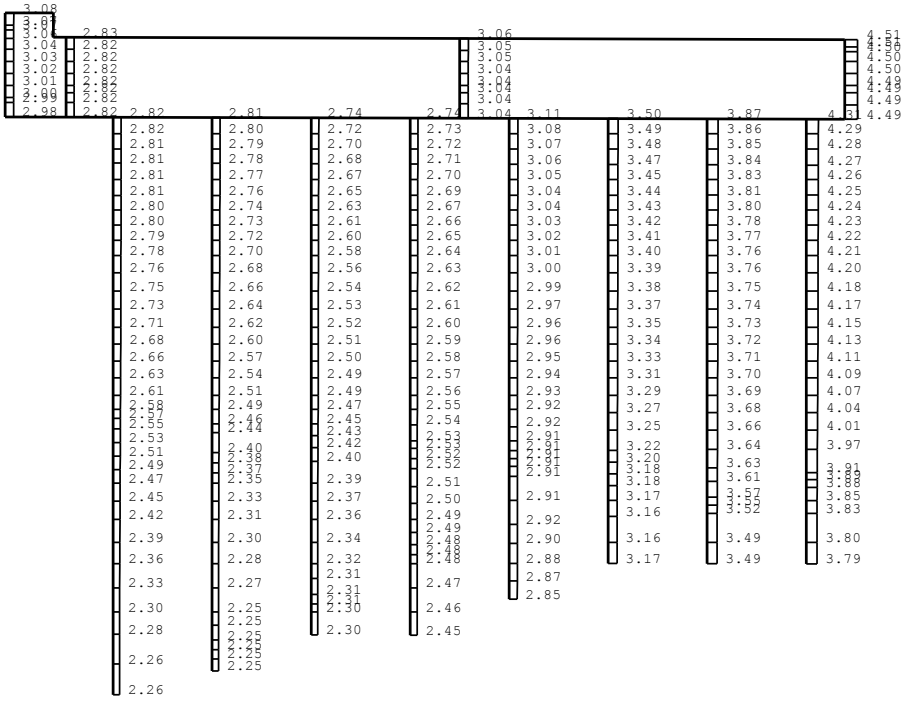


図 4－5（10） Ｃ－Ｃ断面の最大加速度分布図（10/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-5EW，水平



(b) Ss-5EW，鉛直

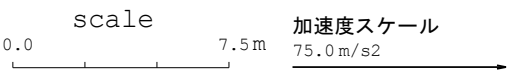
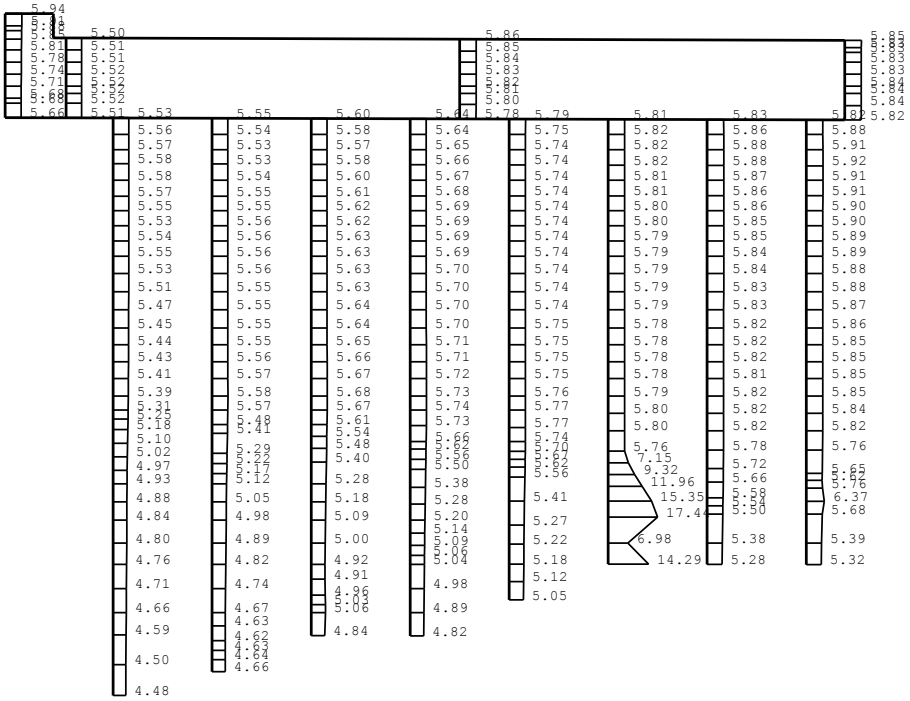
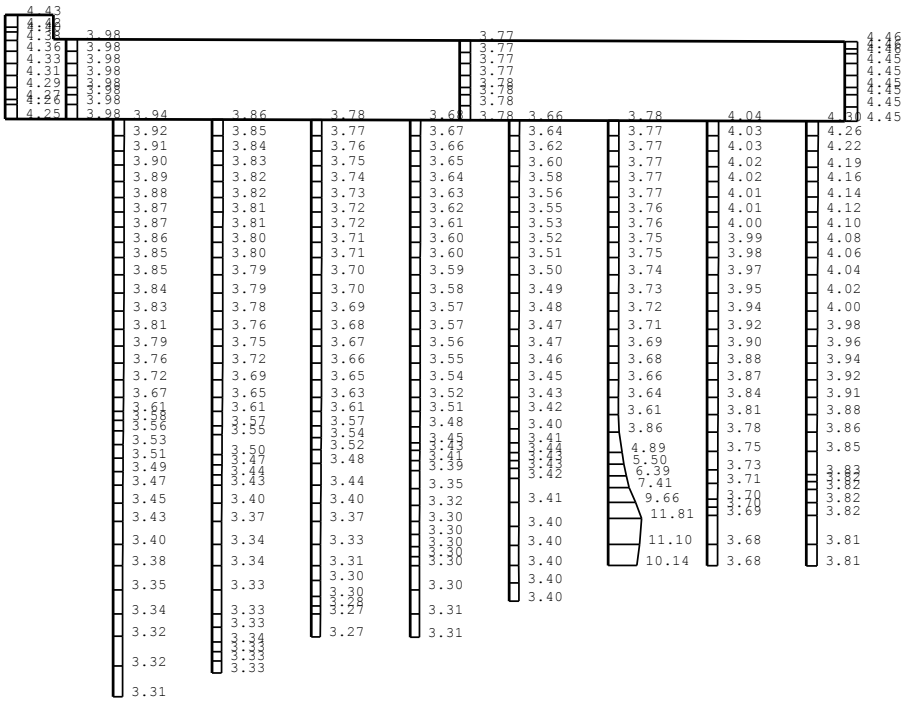


図 4－5（11） Ｃ－Ｃ断面の最大加速度分布図（11/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-6EW，水平



(b) Ss-6EW，鉛直

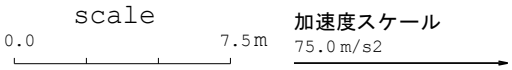
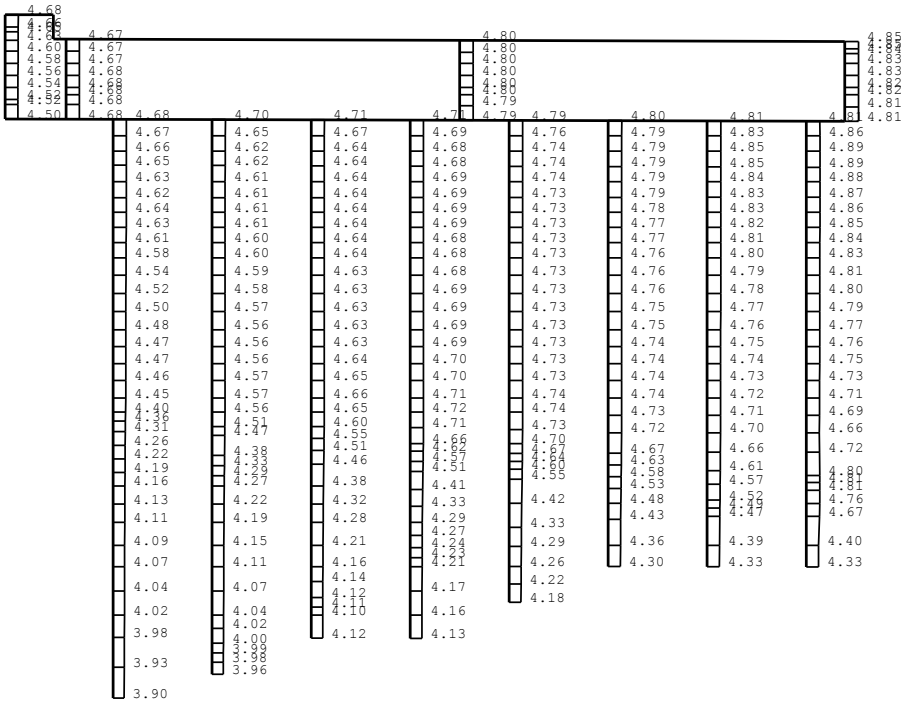
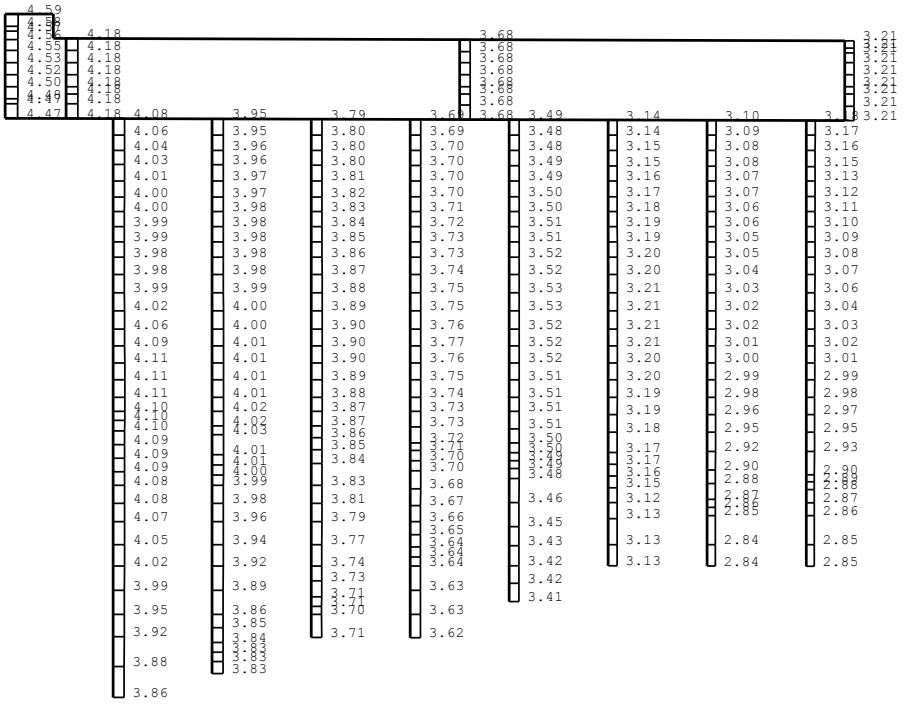


図 4－5（12）　C－C断面の最大加速度分布図（12/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-7EW, 水平

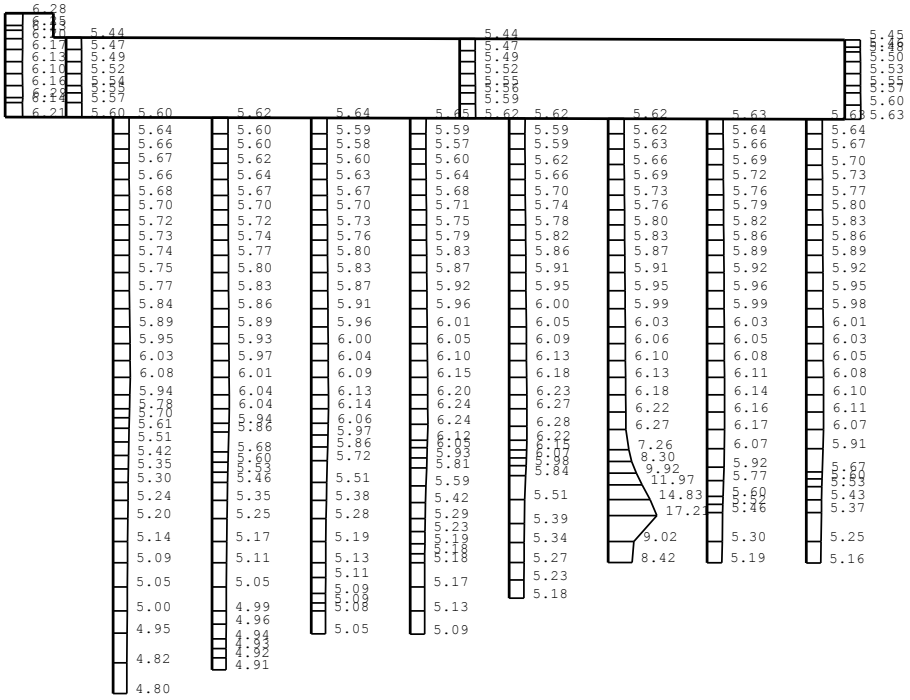


(b) Ss-7EW, 鉛直

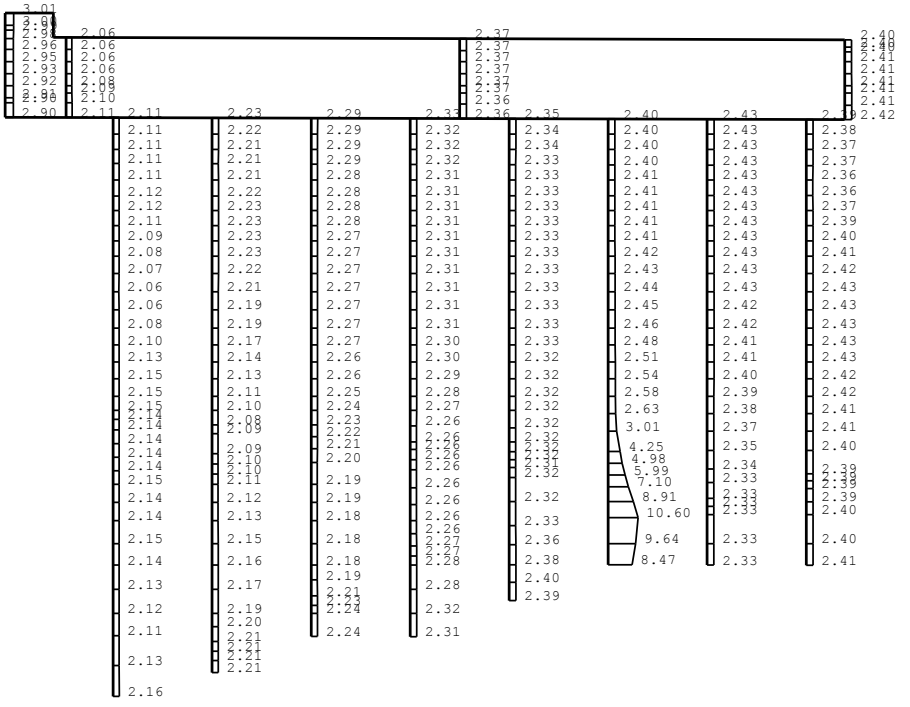


図 4－5（13） Ｃ－Ｃ断面の最大加速度分布図（13/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-8＋＋，水平



(b) Ss-8＋＋，鉛直

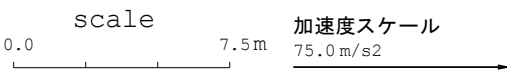
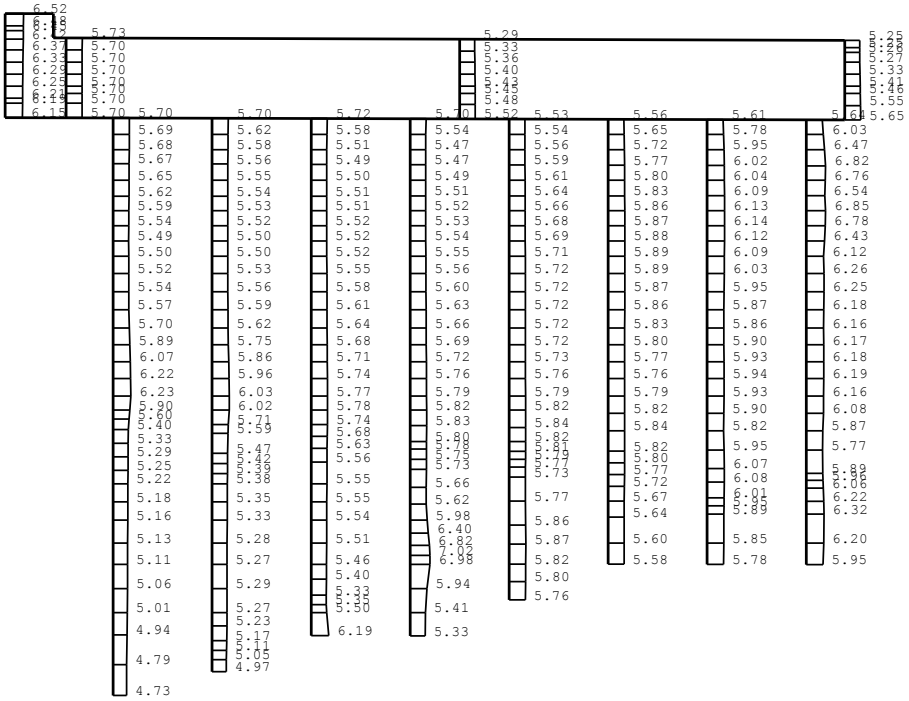
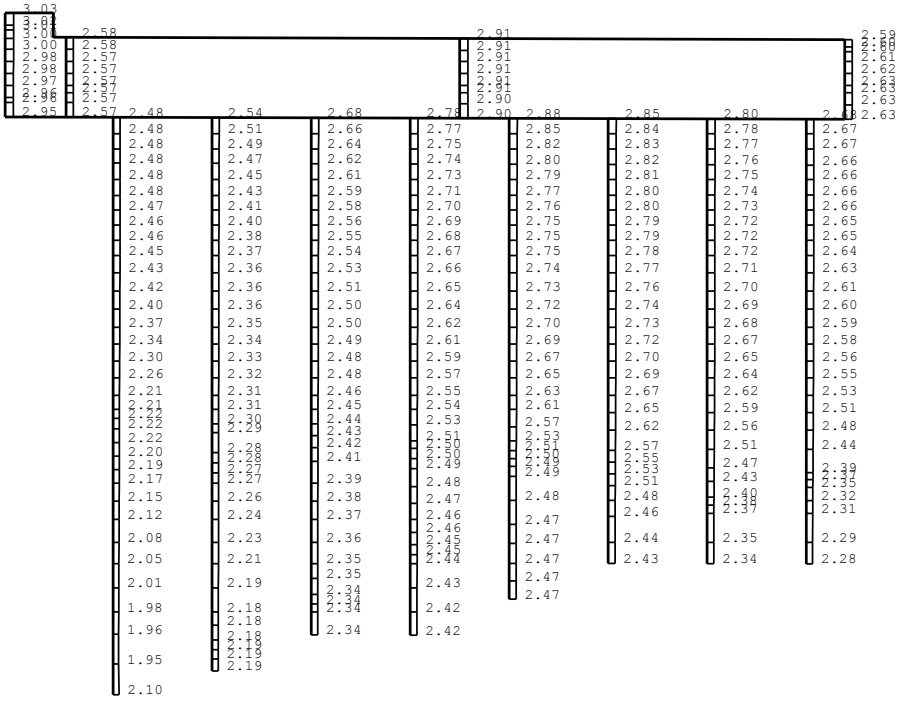


図 4－5（14） Ｃ－Ｃ断面の最大加速度分布図（14/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-8－＋，水平



(b) Ss-8－＋，鉛直

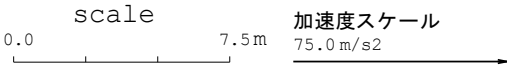
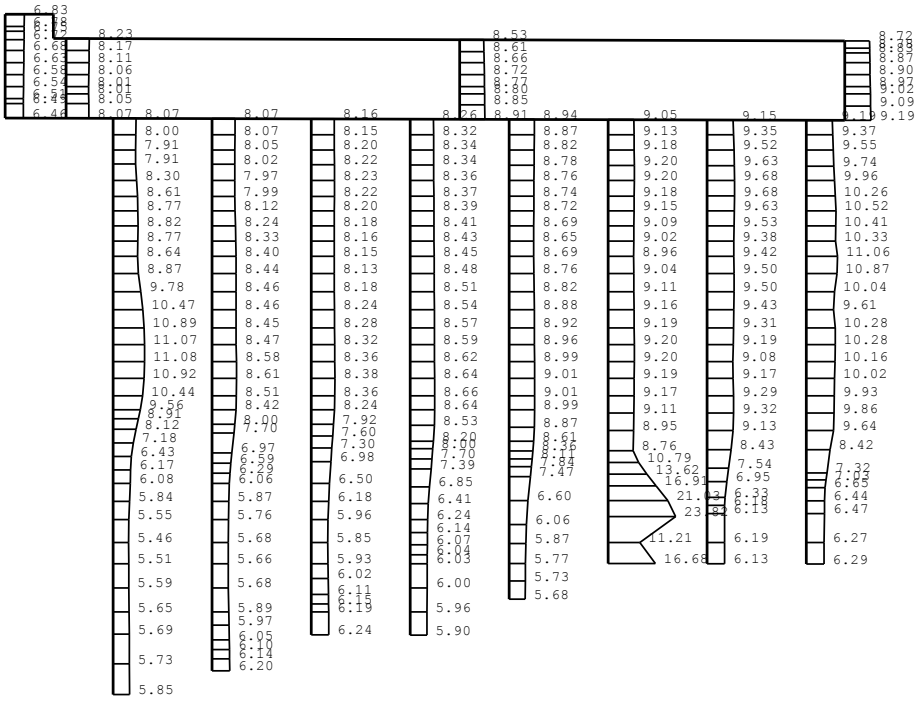
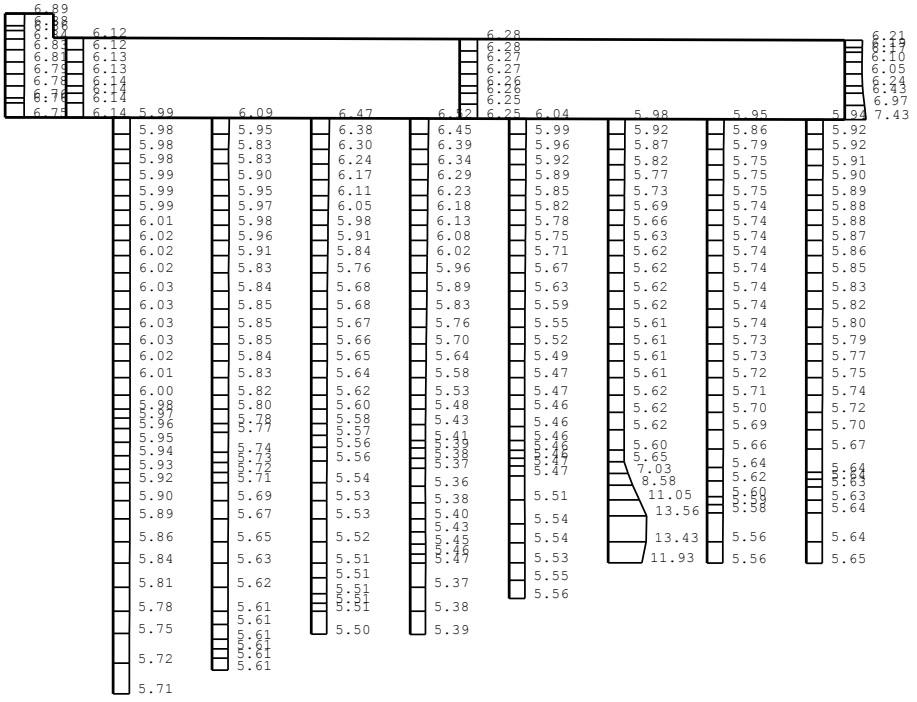


図 4－5（15）　C－C断面の最大加速度分布図（15/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Ss-1＋－，水平



(b) Ss-1＋－，鉛直

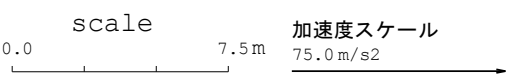
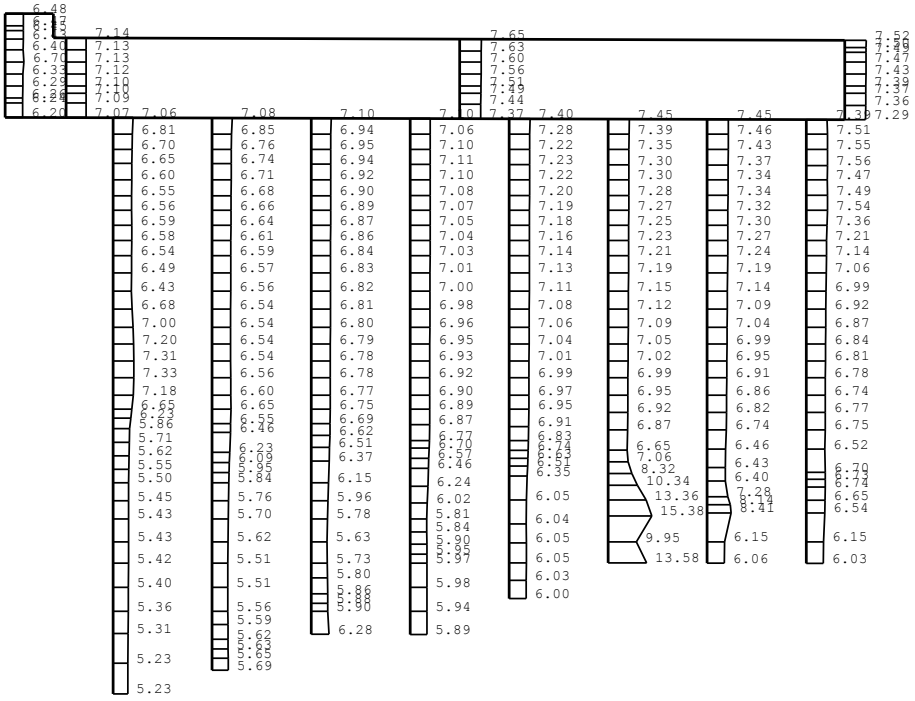
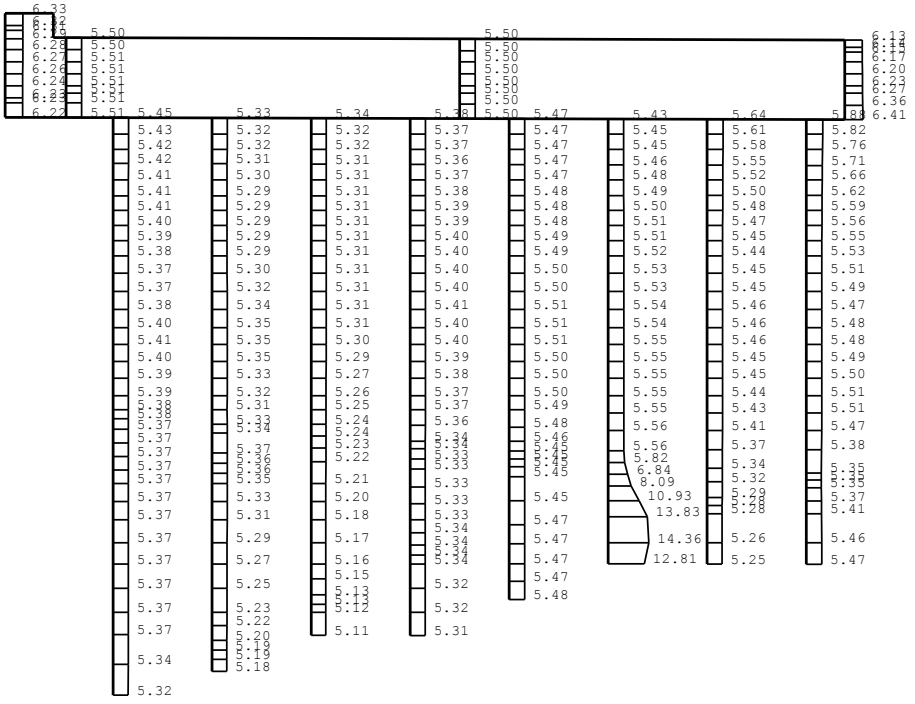


図 4－5（16）　C－C断面の最大加速度分布図（16/34）
（③地盤物性のばらつき（－1σ）を考慮した解析ケース）



(a) Ss-1＋－，水平

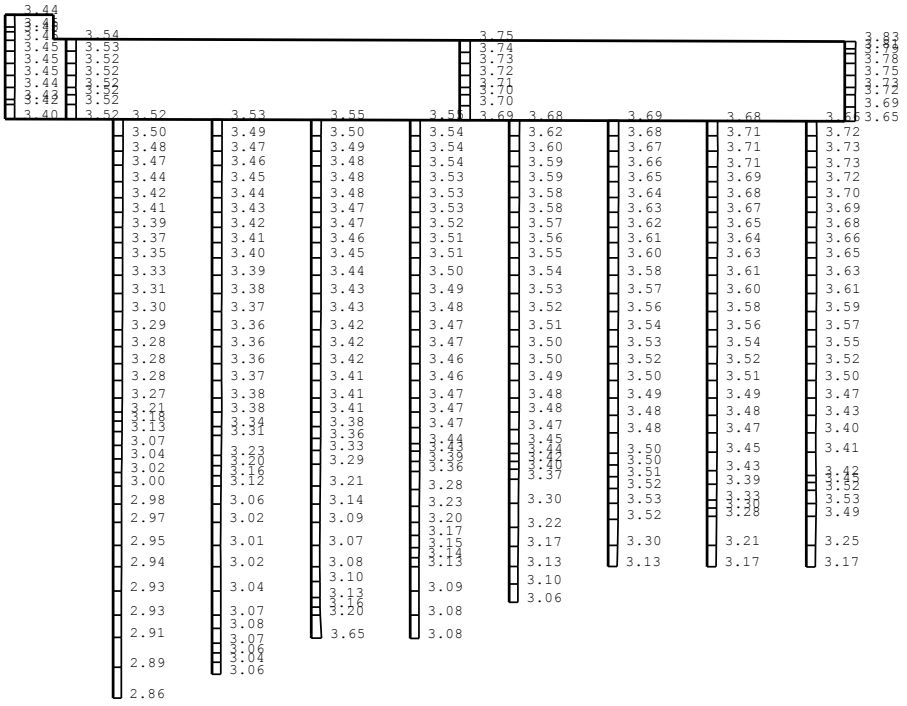


(b) Ss-1＋－，鉛直

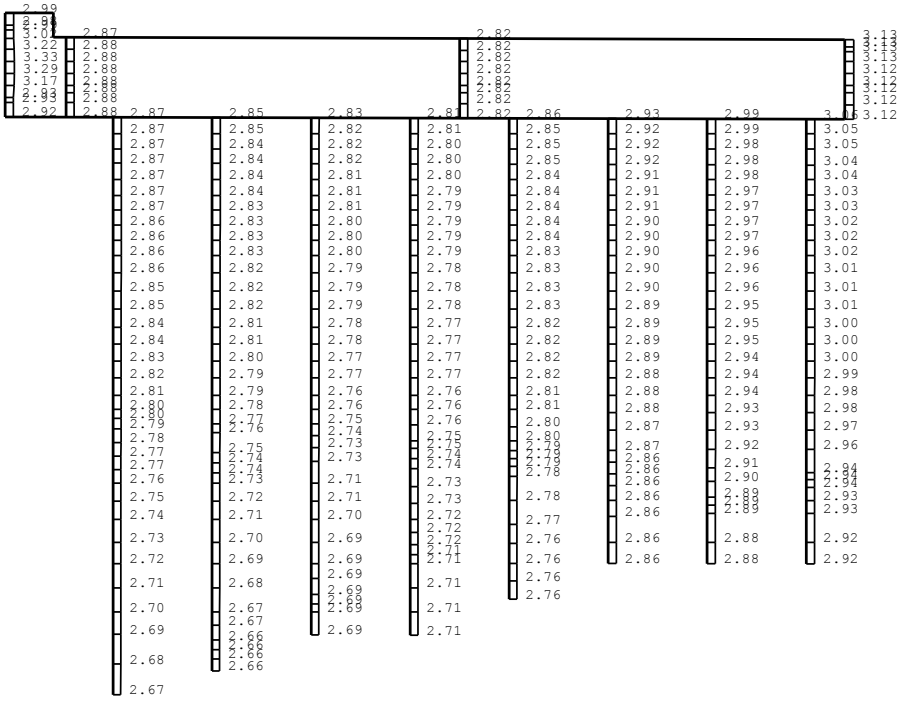


図 4－5（17） Ｃ－Ｃ断面の最大加速度分布図（17/34）

（⑤地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮して非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-1＋＋，水平



(b) Sd-1＋＋，鉛直

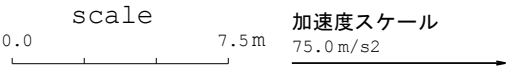
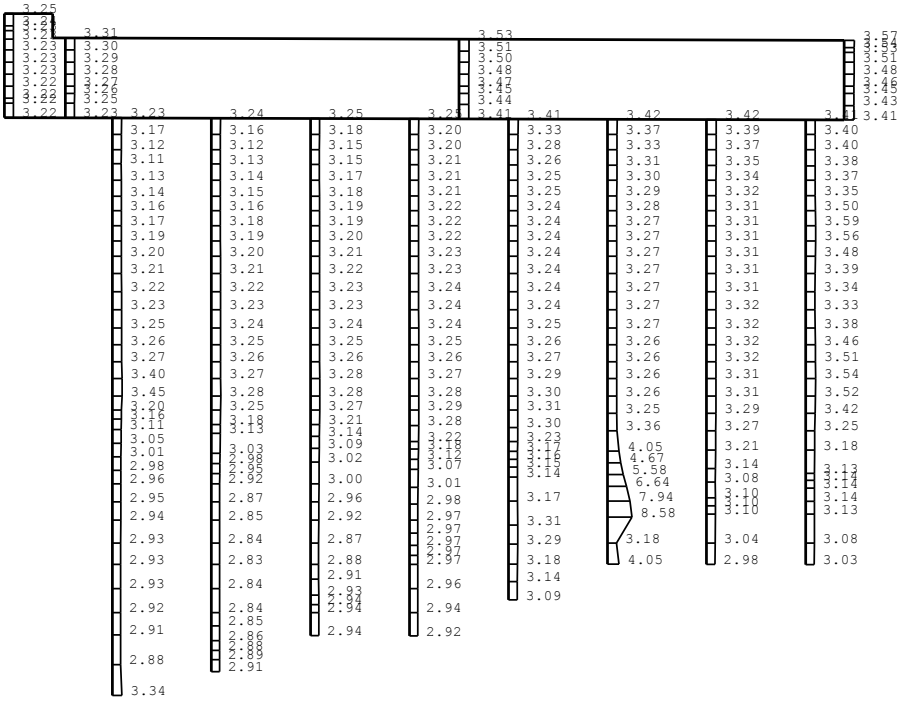
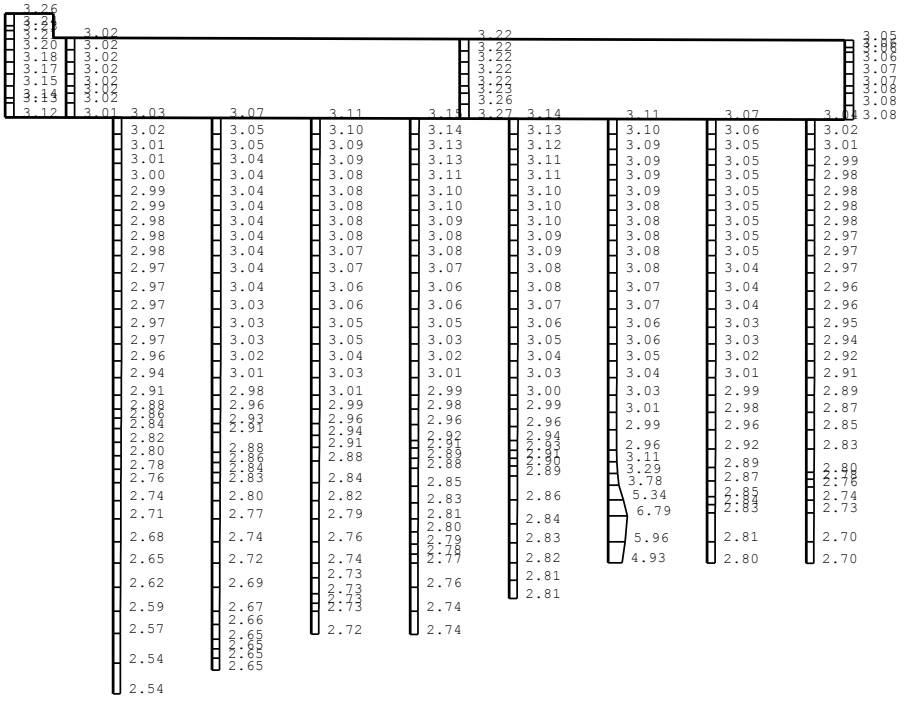


図 4－5（18） Ｃ－Ｃ断面の最大加速度分布図（18/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-1－＋，水平



(b) Sd-1－＋，鉛直

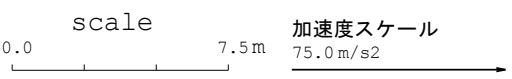
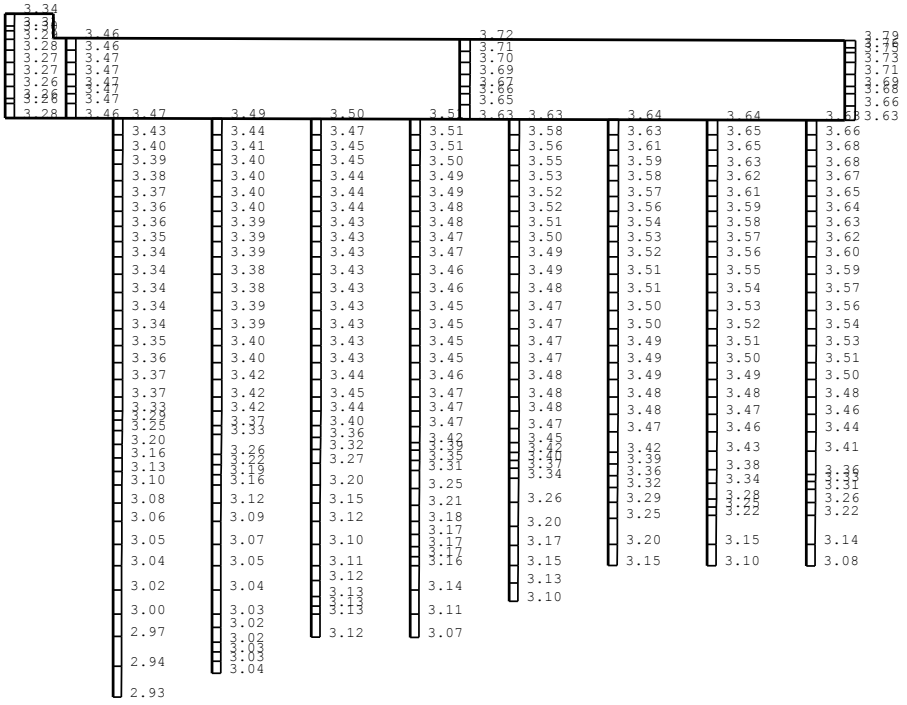
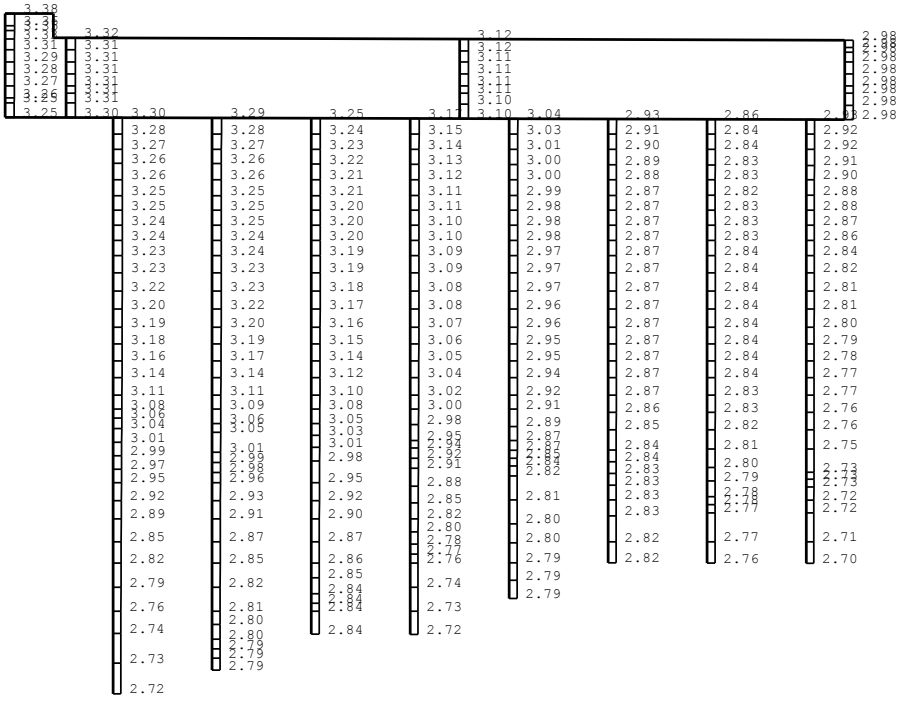


図 4－5（19）　C－C断面の最大加速度分布図（19/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-1＋－，水平



(b) Sd-1＋－，鉛直

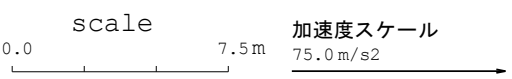
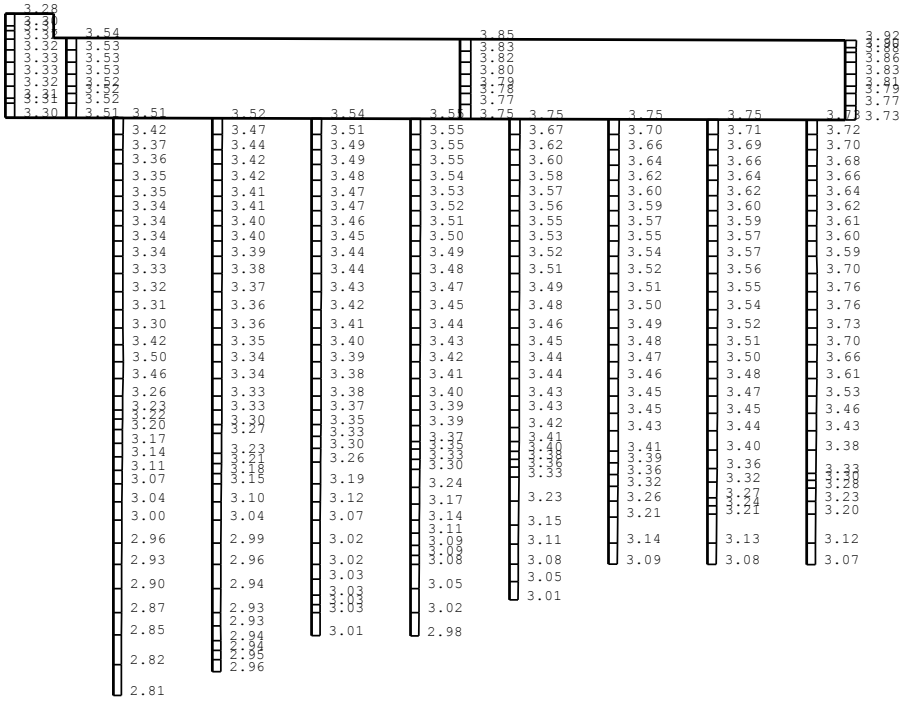
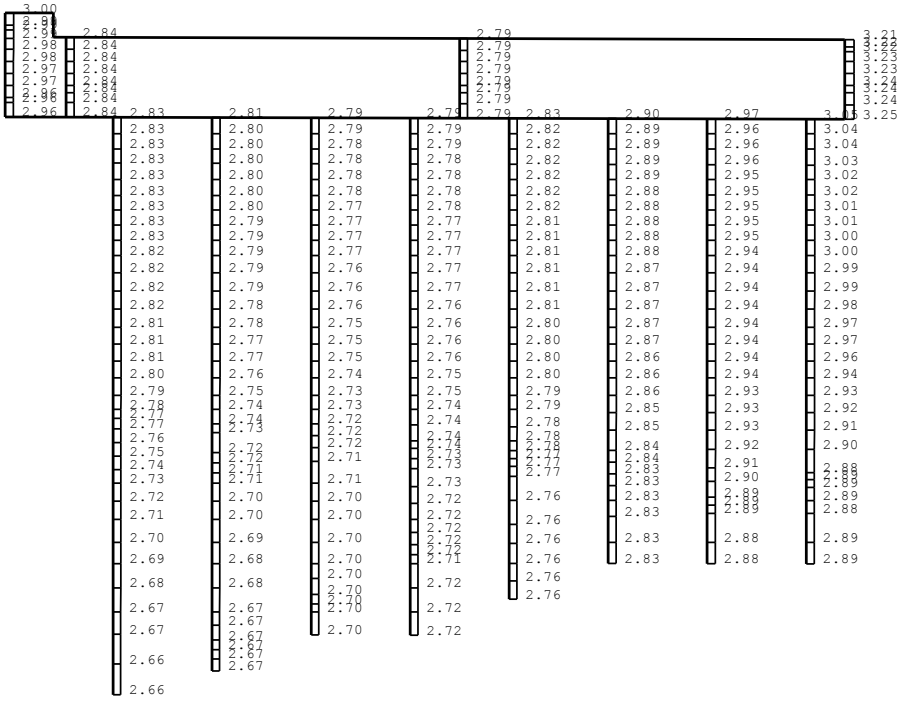


図 4－5（20） Ｃ－Ｃ断面の最大加速度分布図（20/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-1－－，水平



(b) Sd-1－－，鉛直

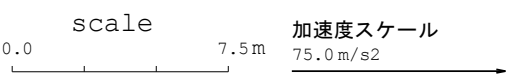
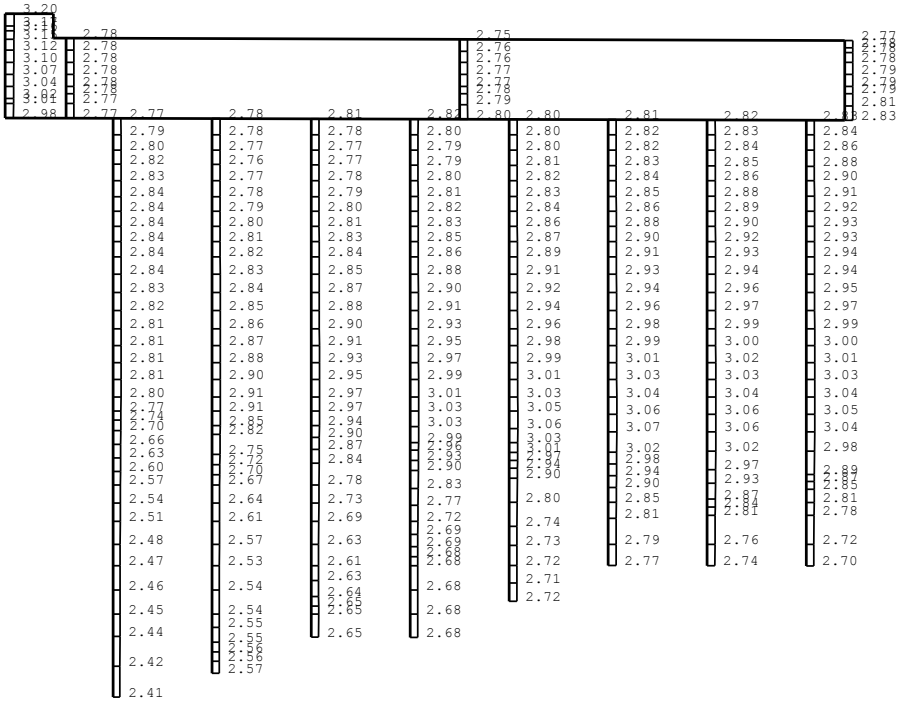
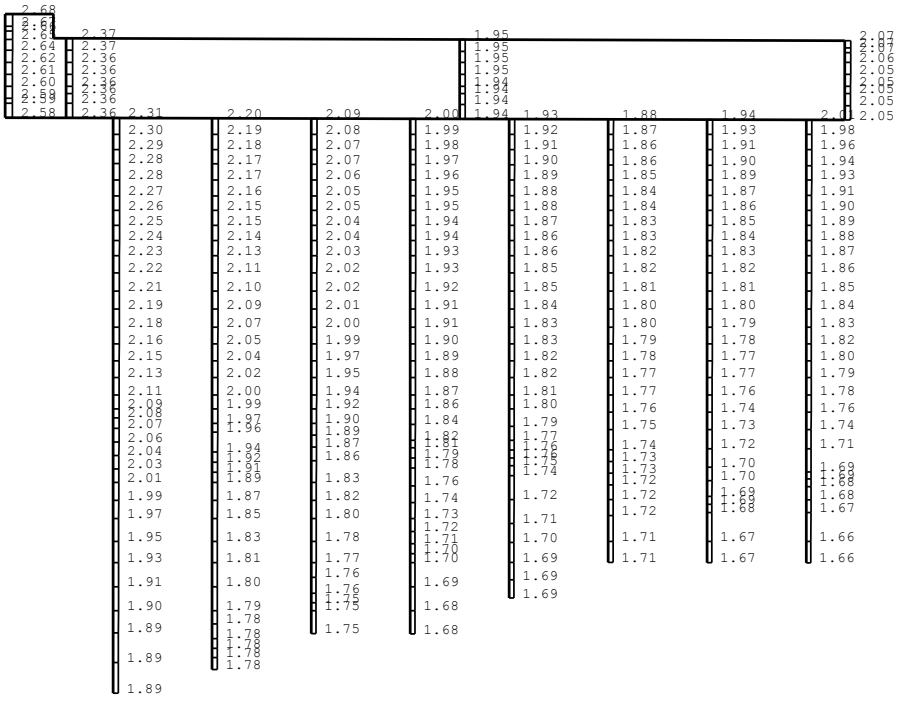


図 4－5（21）　C－C断面の最大加速度分布図（21/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-2NS，水平



(b) Sd-2NS，鉛直

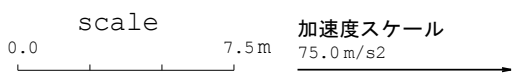
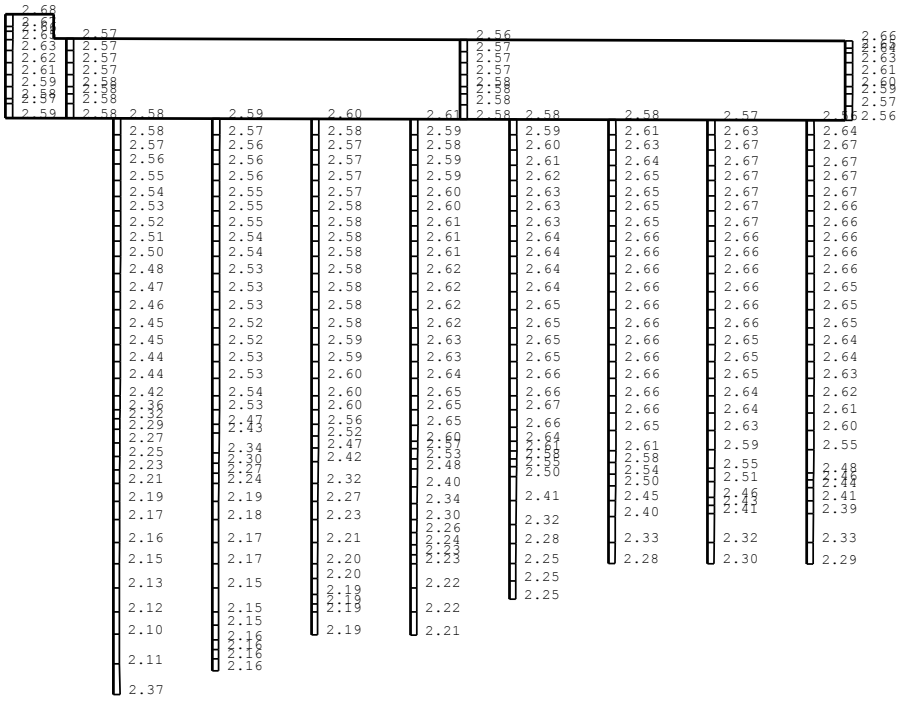
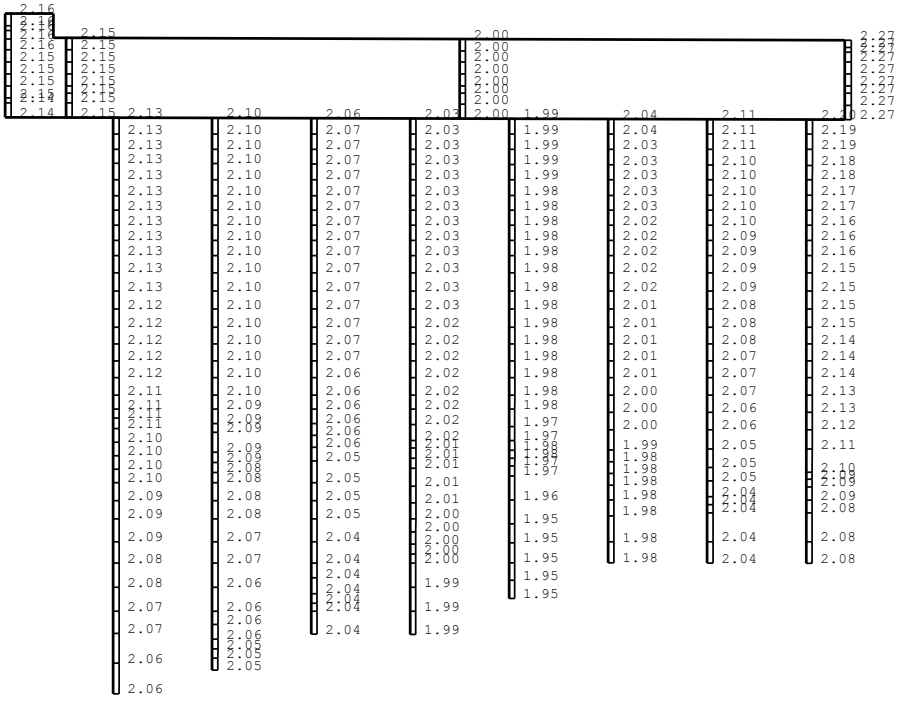


図 4－5（22）　C－C断面の最大加速度分布図（22/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-3＋＋，水平



(b) Sd-3＋＋，鉛直

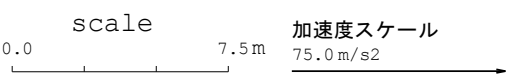
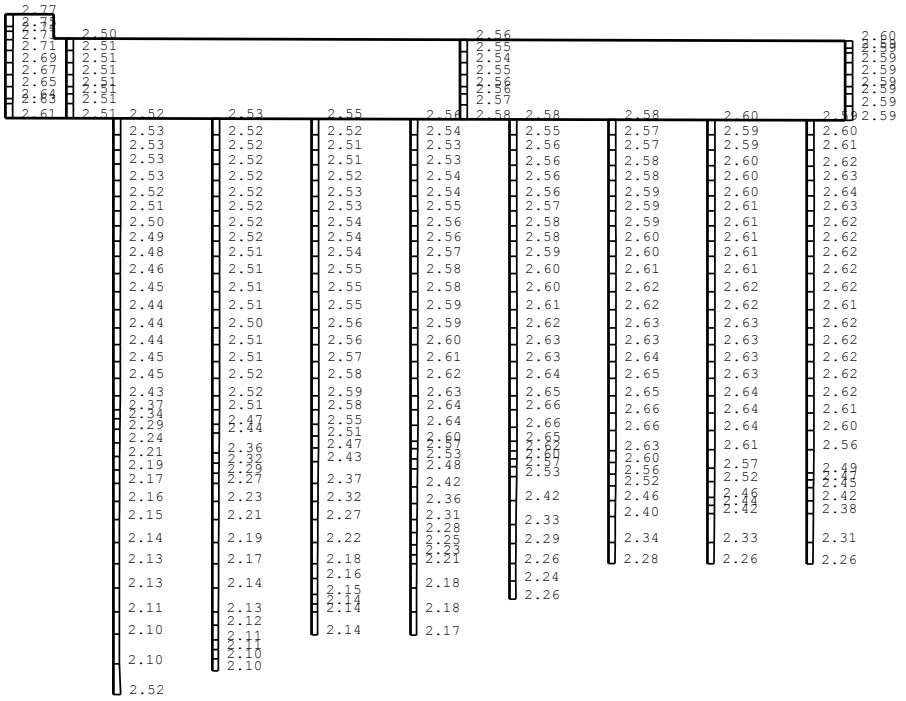
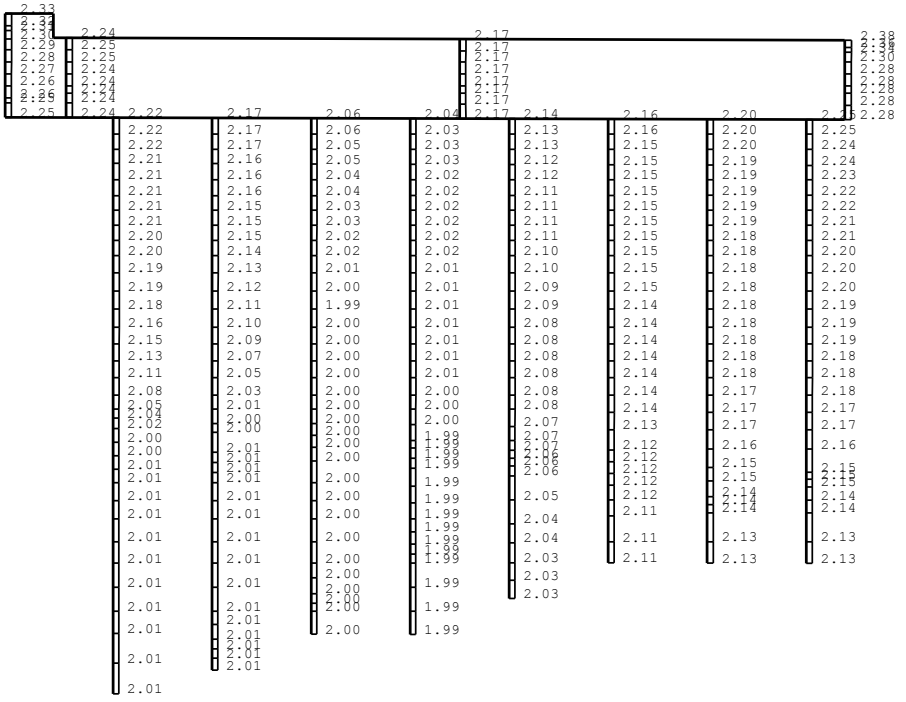


図 4－5（23） Ｃ－Ｃ断面の最大加速度分布図（23/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-3－＋，水平



(b) Sd-3－＋，鉛直

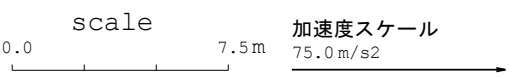
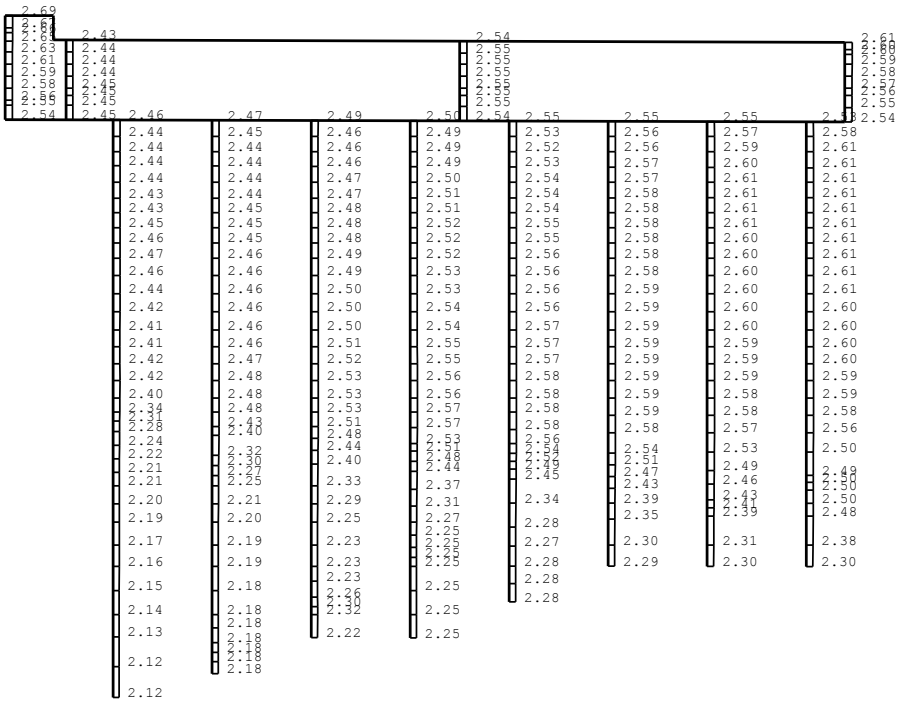
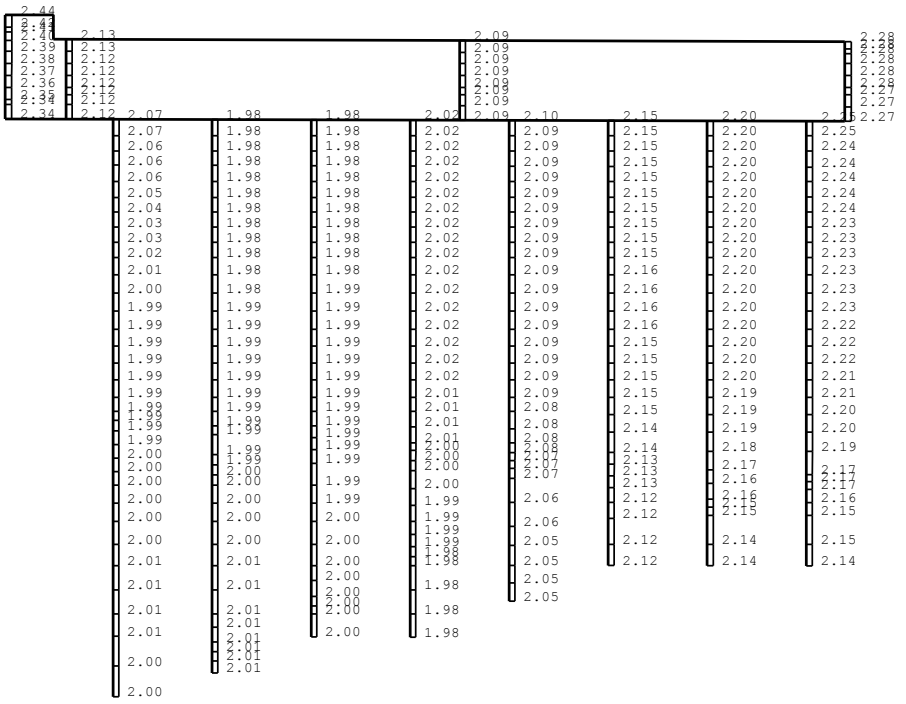


図 4－5（24）　C－C断面の最大加速度分布図（24/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-3＋－，水平



(b) Sd-3＋－，鉛直

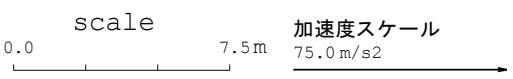
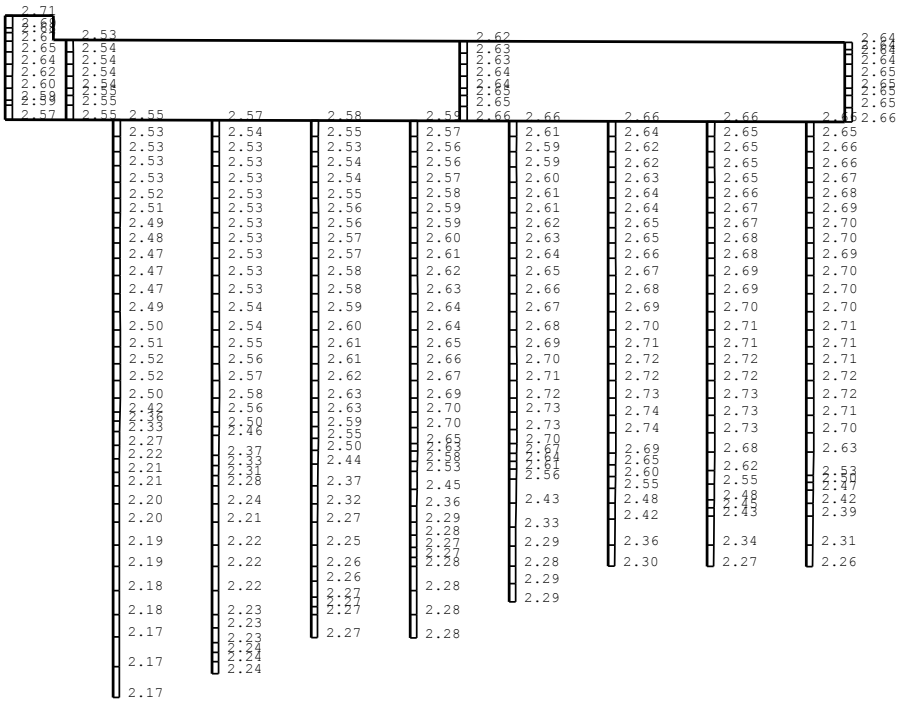
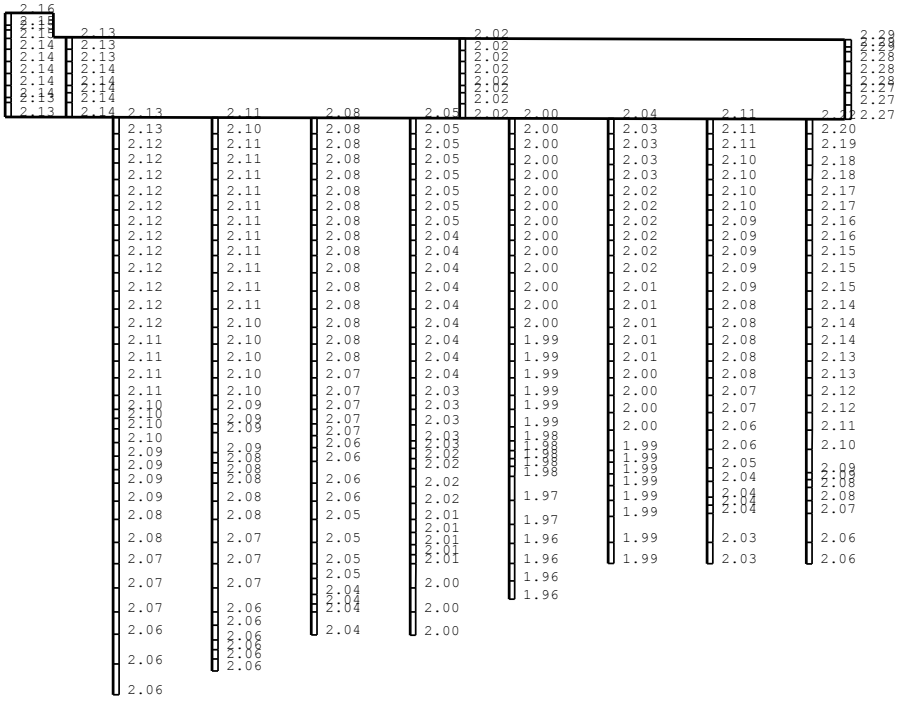


図 4－5（25）　C－C断面の最大加速度分布図（25/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-3－－，水平



(b) Sd-3－－，鉛直

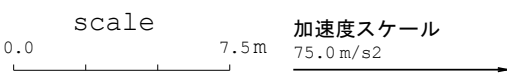
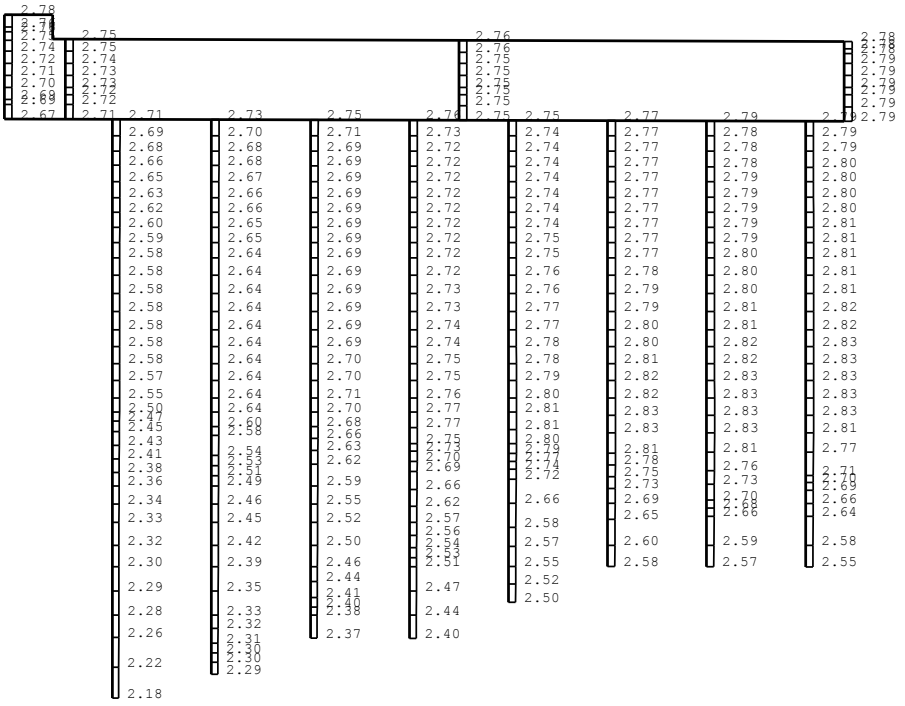
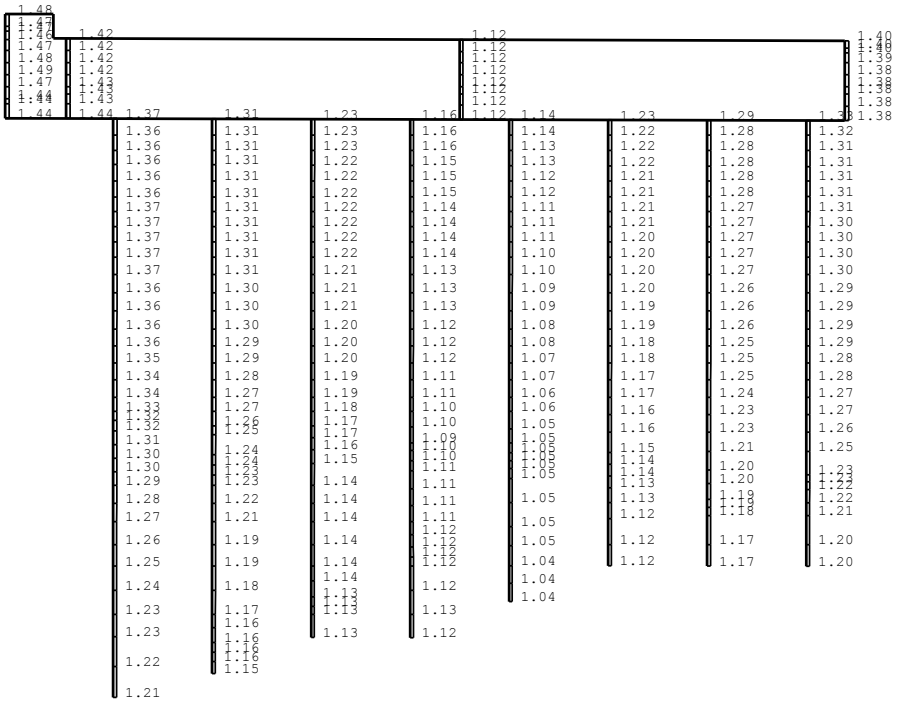


図 4－5（26）　C－C断面の最大加速度分布図（26/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-4EW，水平



(b) Sd-4EW，鉛直

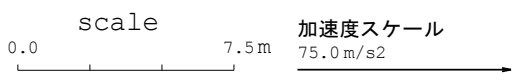
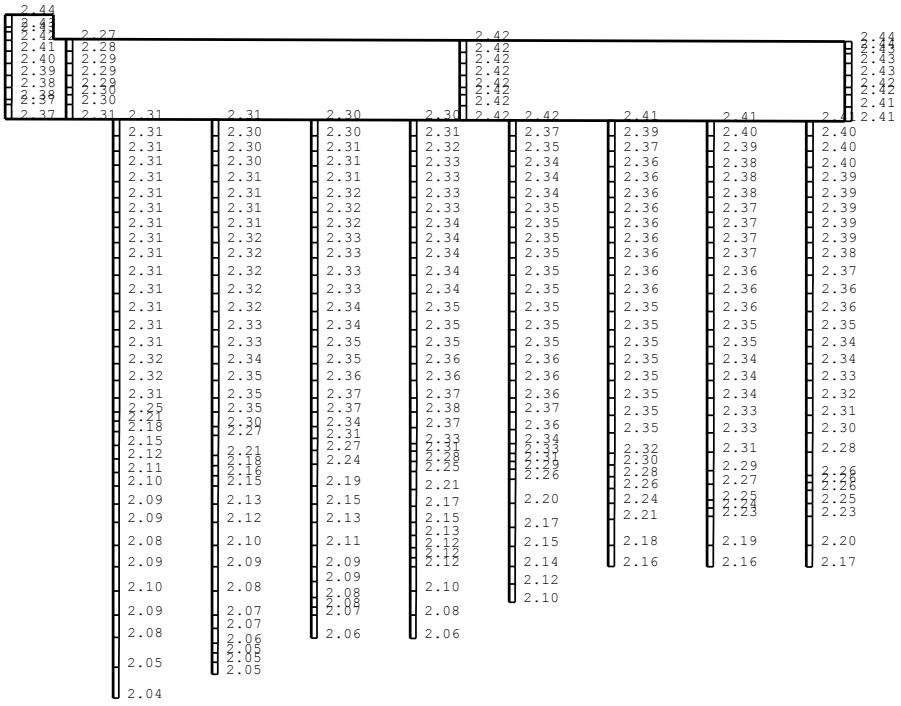
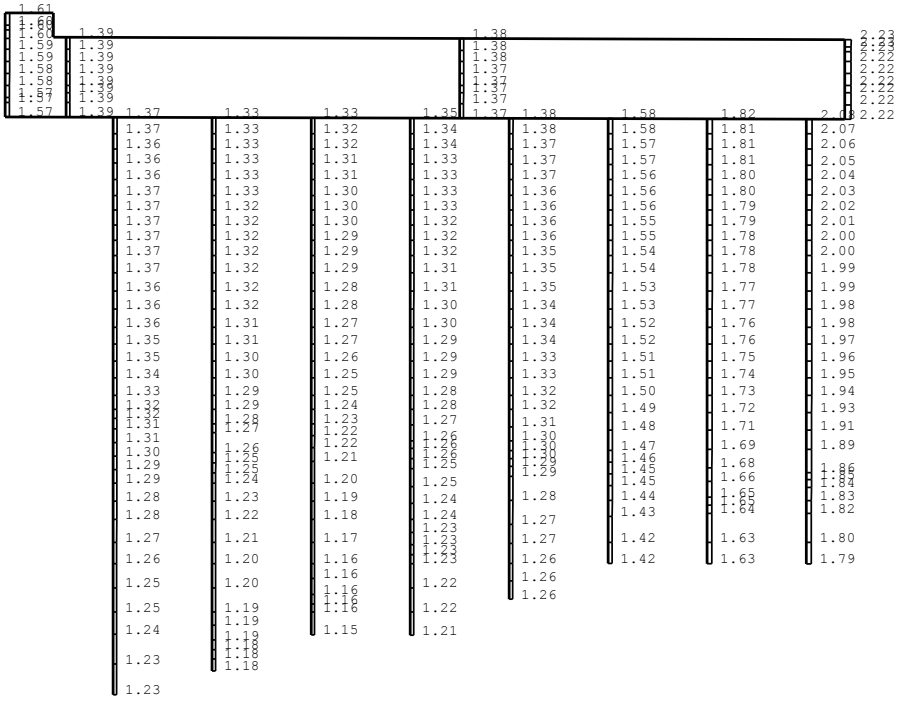


図 4－5（27） Ｃ－Ｃ断面の最大加速度分布図（27/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-5EW, 水平



(b) Sd-5EW, 鉛直

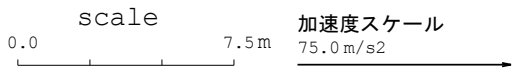
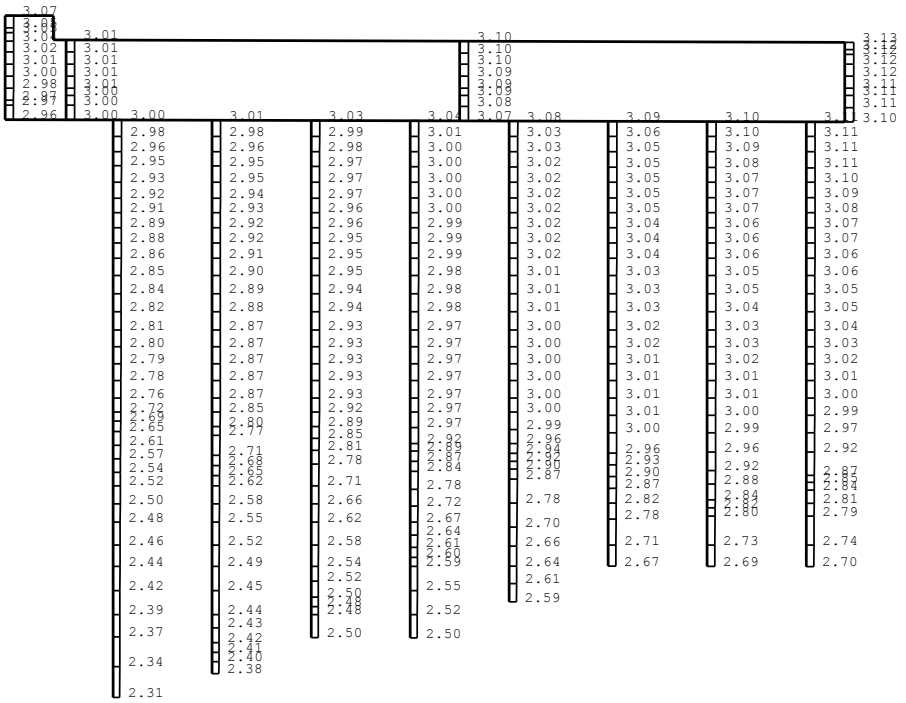
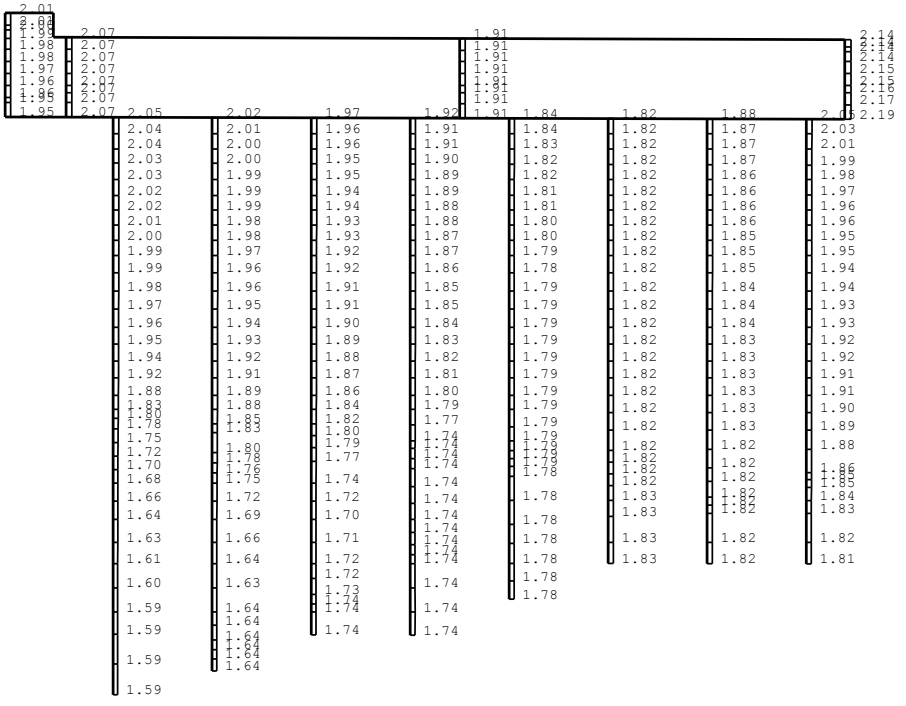


図 4－5（28） Ｃ－Ｃ断面の最大加速度分布図（28/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-6EW，水平



(b) Sd-6EW，鉛直

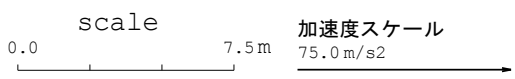
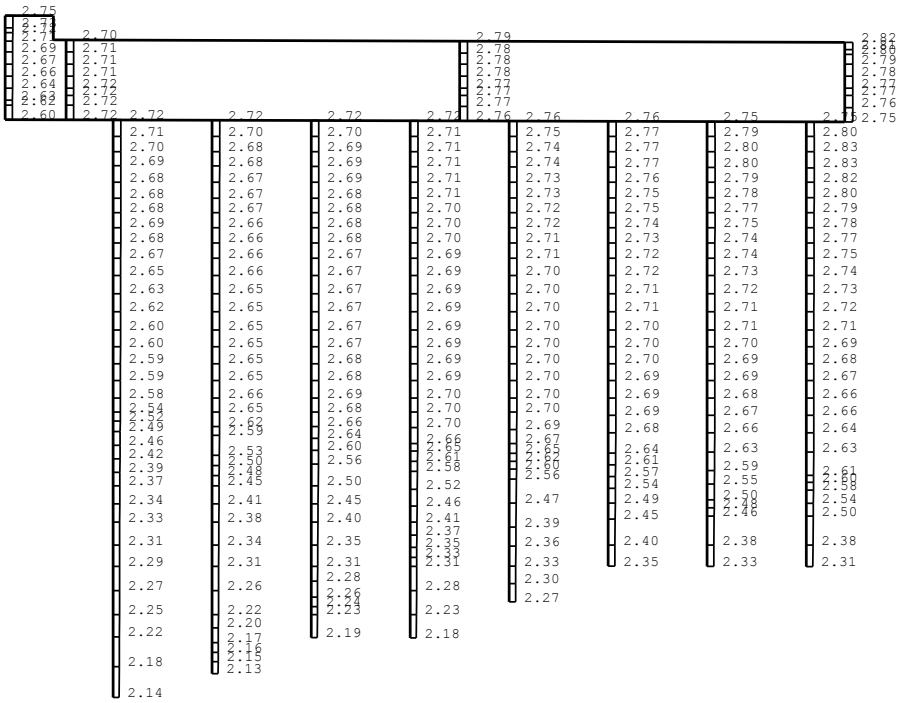
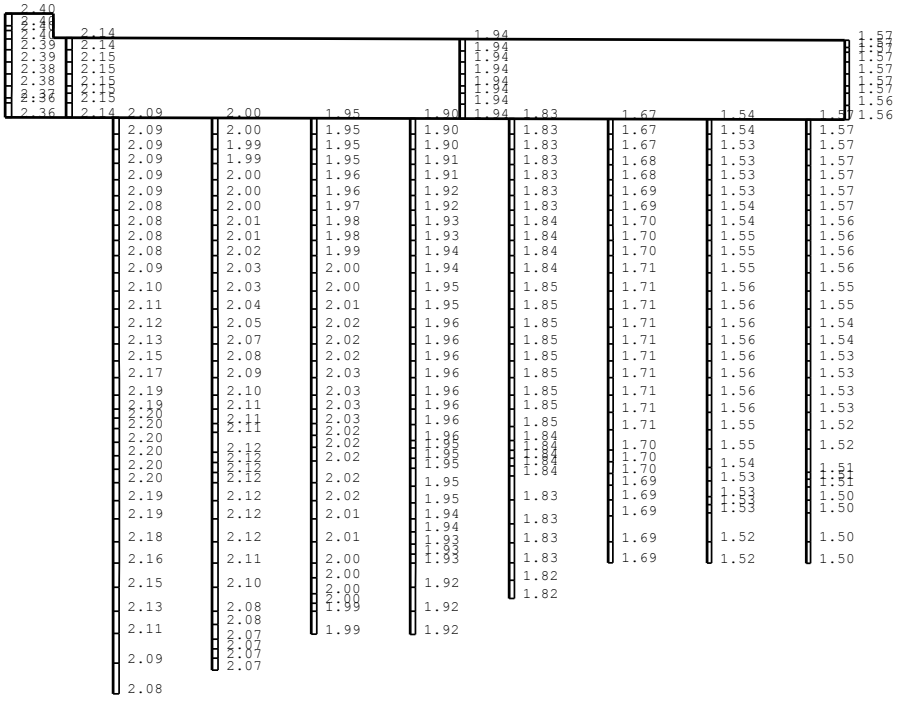


図 4－5（29） Ｃ－Ｃ断面の最大加速度分布図（29/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-7EW，水平



(b) Sd-7EW，鉛直

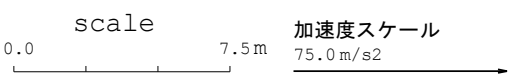
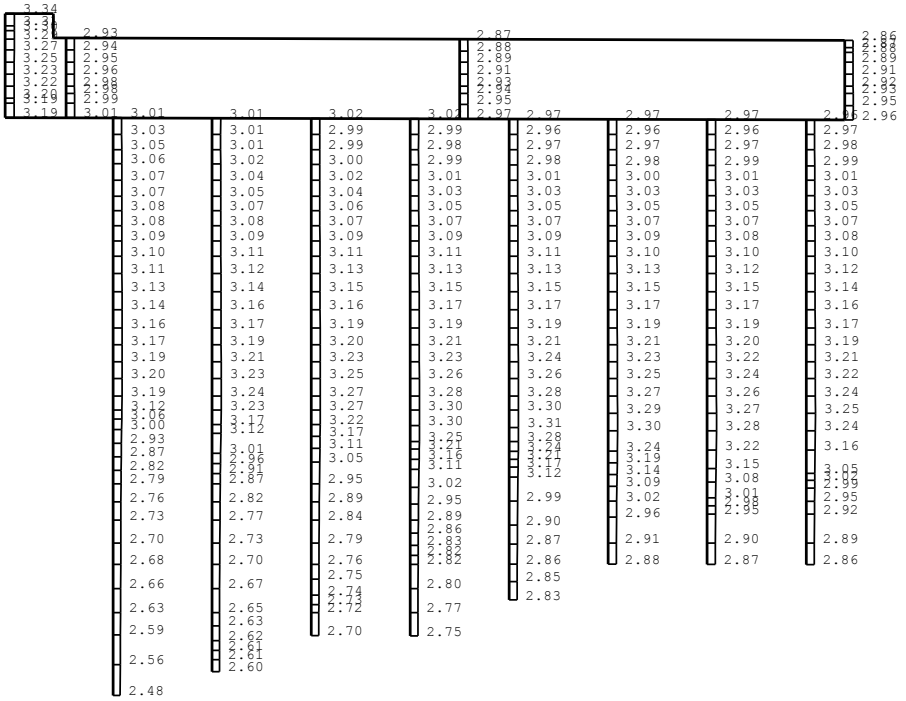
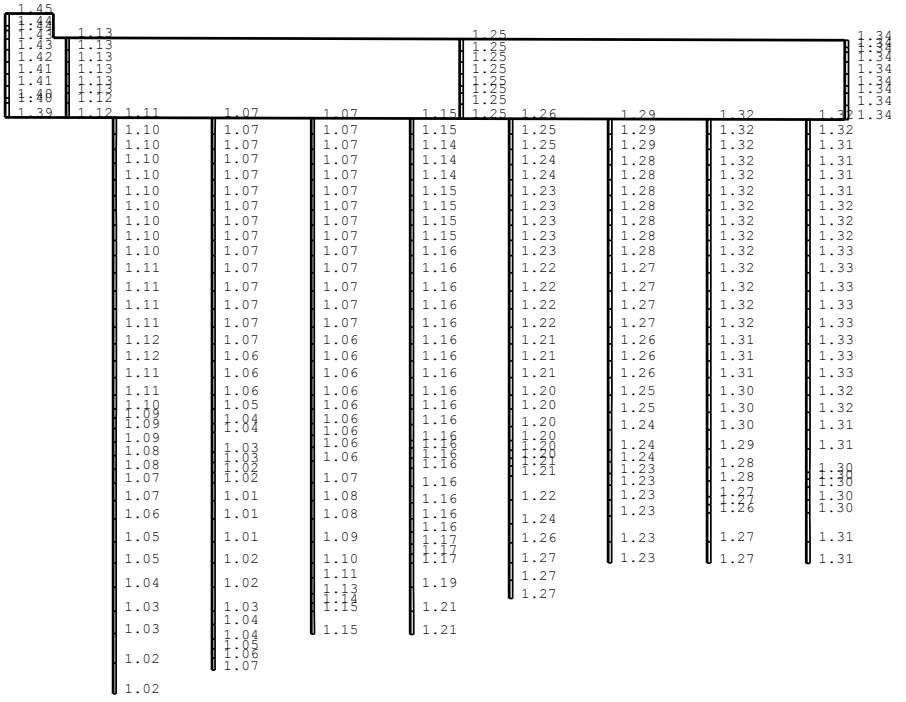


図 4－5（30） Ｃ－Ｃ断面の最大加速度分布図（30/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-8＋＋，水平



(b) Sd-8＋＋，鉛直

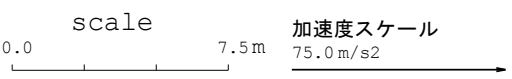
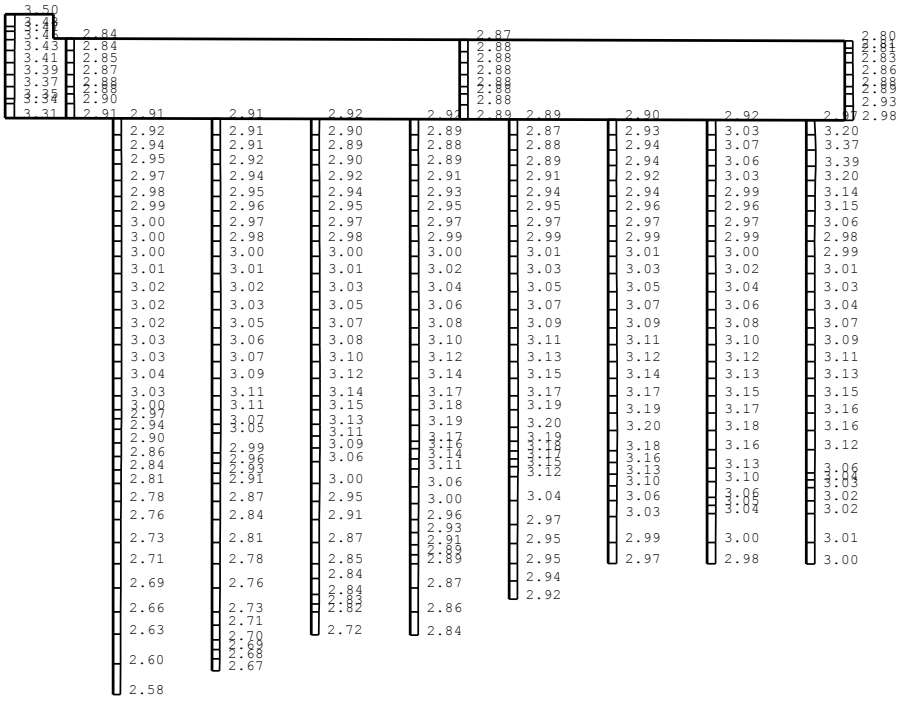
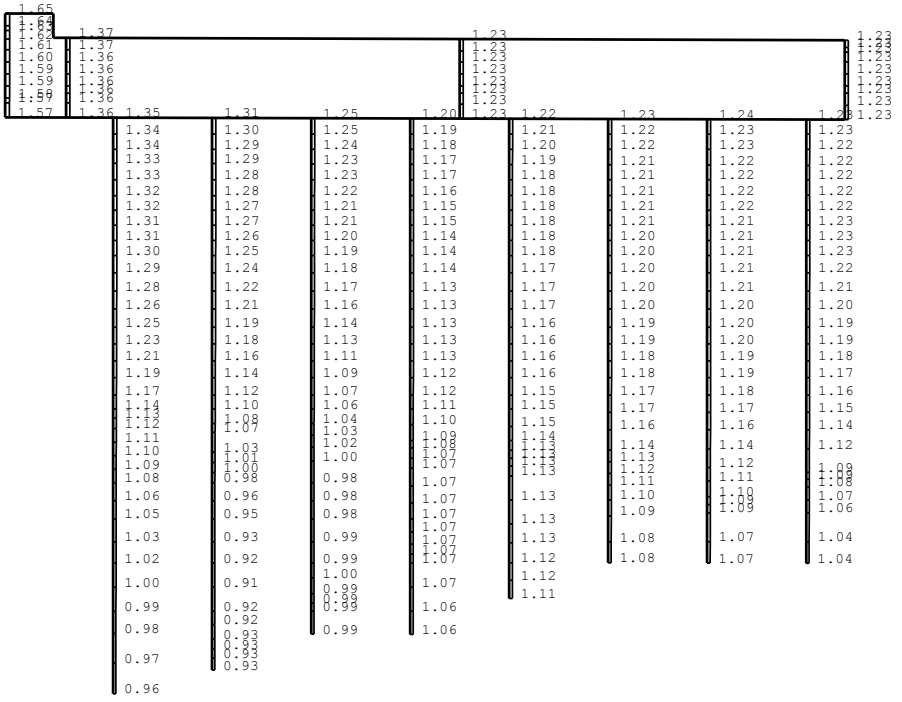


図 4－5（31）　C－C断面の最大加速度分布図（31/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-8－＋，水平



(b) Sd-8－＋，鉛直

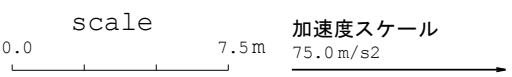
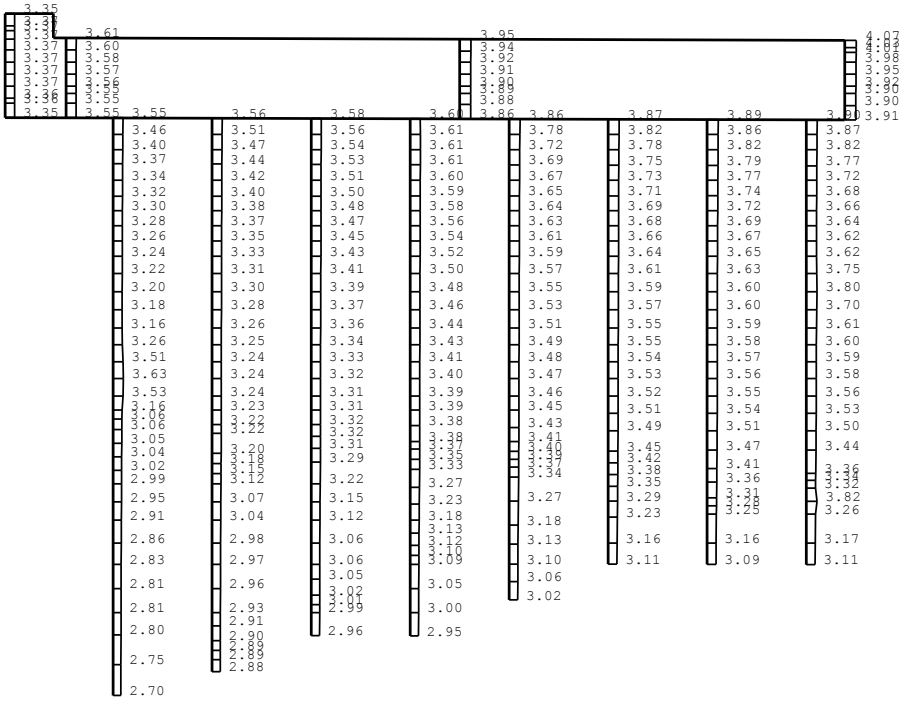
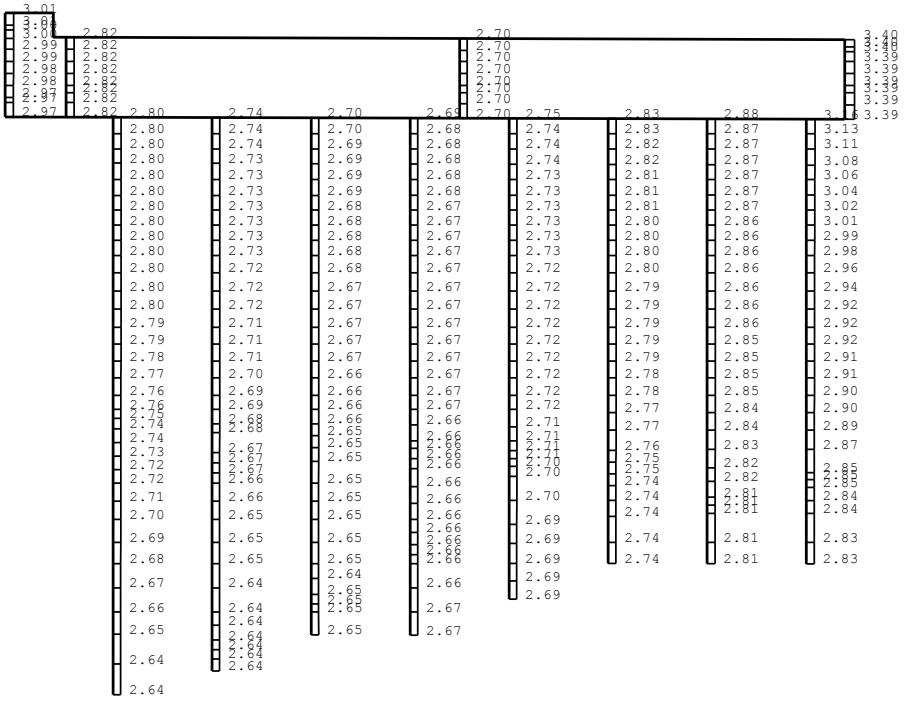


図 4－5（32）　C－C断面の最大加速度分布図（32/34）

（④非液状化の条件を仮定した解析ケース）



(a) Sd-1－－，水平



(b) Sd-1－－，鉛直

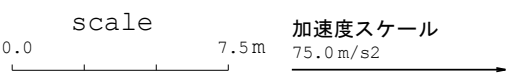
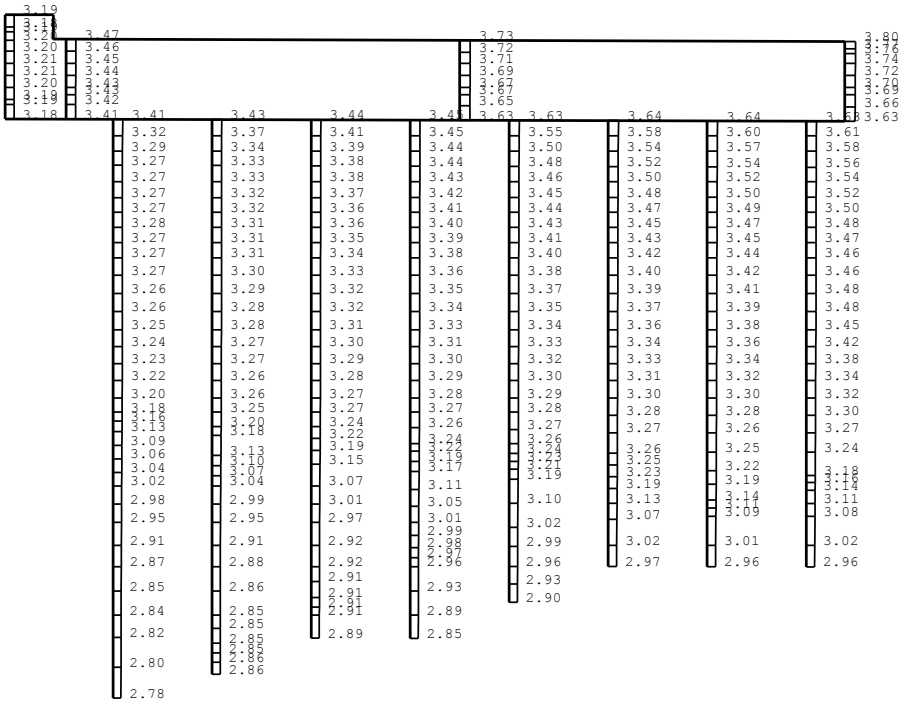
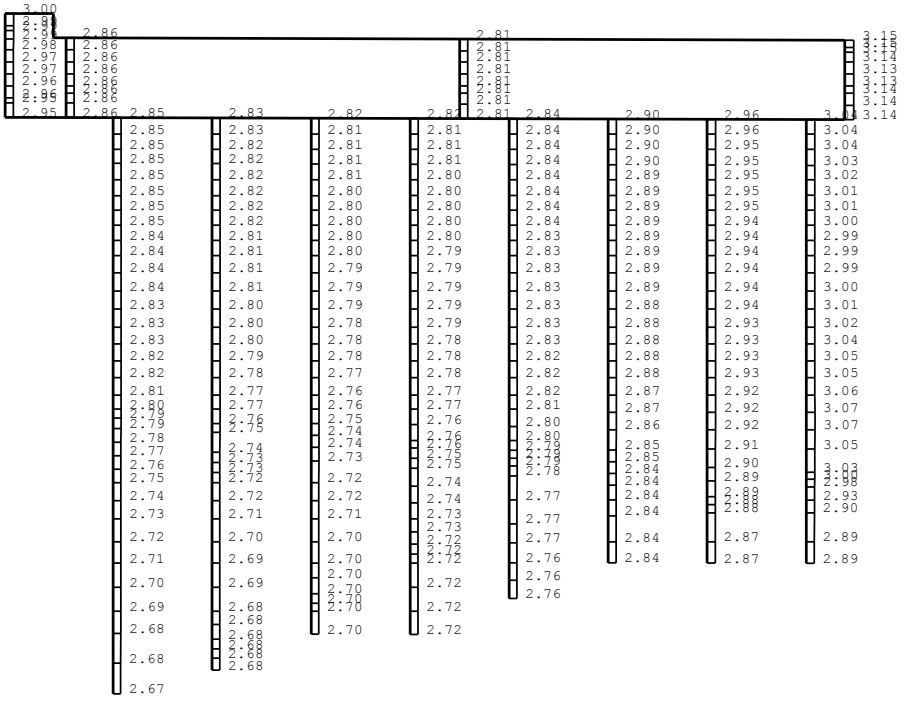


図 4－5（33） Ｃ－Ｃ断面の最大加速度分布図（33/34）
（③地盤物性のばらつき（－1σ）を考慮した解析ケース）



(a) Sd-1－－，水平



(b) Sd-1－－，鉛直

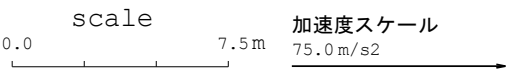


図 4－5（34）　C－C断面の最大加速度分布図（34/34）

（⑤地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮して非液状化の条件を仮定したケース）