

柏崎刈羽原子力発電所における平成19年新潟県中越沖地震時に 取得された地震観測データの分析に関する補足説明（その5）

解放基盤表面における地震動の推定および
解放基盤以浅における一次元波動解析の適用性について

平成20年7月23日
東京電力株式会社



東京電力

本日のご説明内容

- (1) 解放基盤表面における地震動の推定
- (2) 解放基盤以浅における一次元波動解析の適用性について
- (3) サービスホールでの解放基盤表面相当における地震動の推定（追加検討）

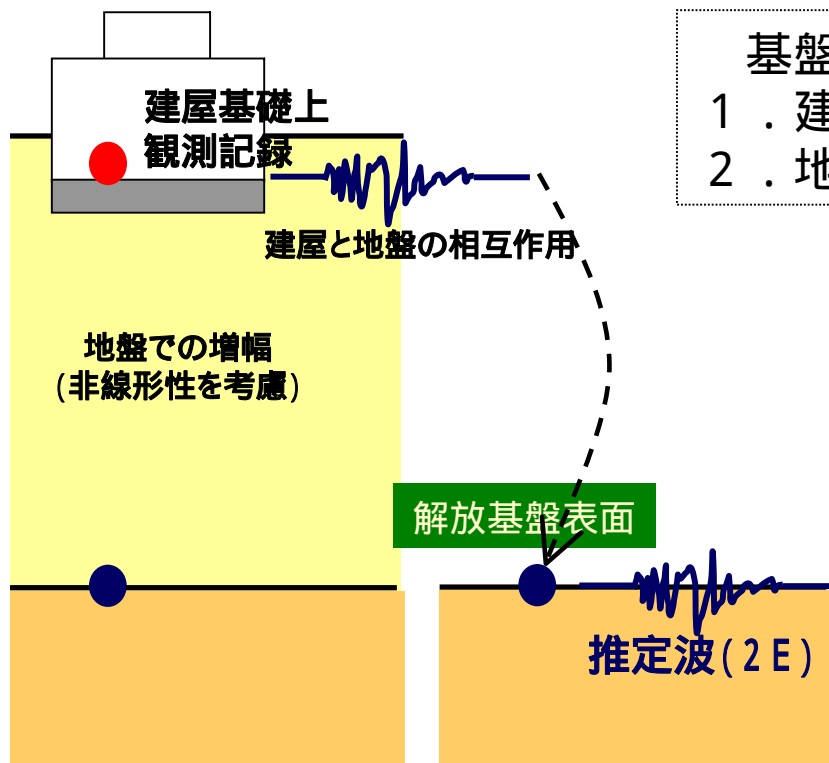
(1) 解放基盤表面における地震動の推定

解放基盤表面における地震動の推定

- 各号機の原子炉建屋基盤上の観測記録に基づいて、解放基盤表面における地震動の推定方法と結果について説明する。

水平方向の地震動の推定について

原子炉建屋基礎版上の記録による地震動の推定



基盤波の推定の基本方針

1. 建屋と地盤の相互作用を考慮する。
2. 地盤の非線形性 (等価線形) を考慮する。

建屋基礎記録による基盤波の想定概念

水平方向の地震動の推定について

原子炉建屋の地震応答解析モデルについて

(1) 1～7号機原子炉建屋に共通の条件を設定

建屋及び地盤ばねともに線形

水平及び鉛直3成分(NS,EW,UD)を独立に解析

(2) 解析モデル

建屋質点系モデル

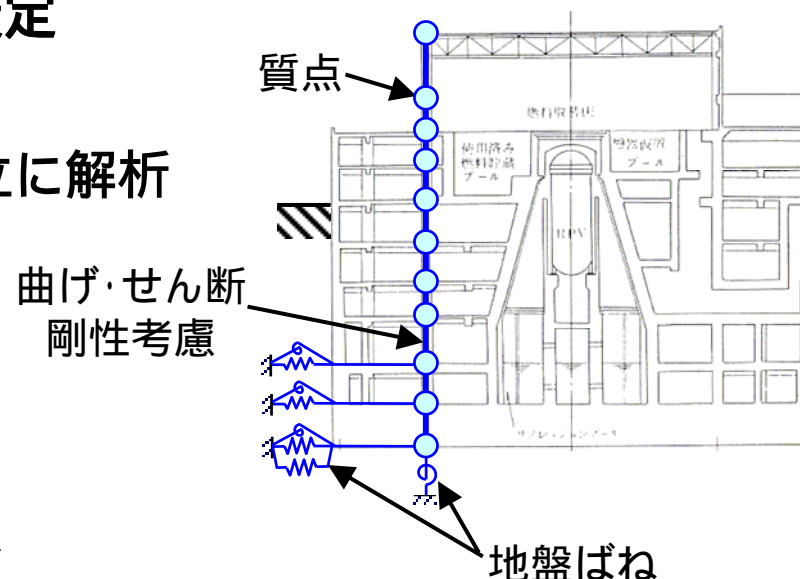
- ・重量：各床位置の質点に重量を集中
- ・剛性：曲げ・せん断剛性(水平)を考慮

地盤ばね

- ・底面ばね(水平、回転)及び側面ばね(水平、回転)を考慮

構造WGと同様

質点系モデル(水平)



構造W6 - 2 「新潟県中越沖地震による柏崎刈羽原子力発電所原子炉建屋の応答評価について」平成19年10月23日より、関連部分を抜粋

水平方向の地震動の推定について

(3) 実情に応じて、設計条件を変更

構造WGと同様

建屋のモデル化の考え方

今回の解析

		設計時	シミュレーション解析時
建屋剛性	コンクリートのヤング係数	設計基準強度を用いて算出 1,2,5号機 : 240kgf/cm ² 3,4,6,7号機 : 330kgf/cm ²	実強度*を用いて算出 1,2,5号機 : 450kgf/cm ² 3,4,6,7号機 : 500kgf/cm ²
	剛性を考慮する部位	耐震壁のみ (弾性)	耐震壁 + 補助壁** (弾性)
建屋減衰 (減衰定数)		5 %	5 %

* 圧縮強度試験結果の平均値を用いて設定

** 設計時には考慮していないが、「日本建築学会 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 - 1999」の規定に照らして耐震壁として評価可能な壁

構造W6 - 2 「新潟県中越沖地震による柏崎刈羽原子力発電所原子炉建屋の応答評価について」平成19年10月23日より、関連部分を抜粋

水平方向の地震動の推定について

地盤のモデル化に関する条件

今回の解析

構造WGと同様

	設計時	シミュレーション解析時
底面ばね	水平・回転* 〔振動アドミタンスに基づく定数化ばね〕	水平・回転 〔振動アドミタンスに基づく定数化ばね〕
側面ばね	水平* 〔NOVAKの方法による定数化ばね〕	水平・ 回転 〔NOVAKの方法による定数化ばね〕
埋込み効果	建屋周辺地盤全層の埋込みを考慮	建屋周辺地盤を考慮 (埋め戻し土を除く)
地盤物性	室内試験結果に基づく剛性低下率及び減衰定数の歪依存性を考慮	室内試験結果に基づく剛性低下率及び減衰定数の歪依存性を考慮
基礎浮上り	線形	線形

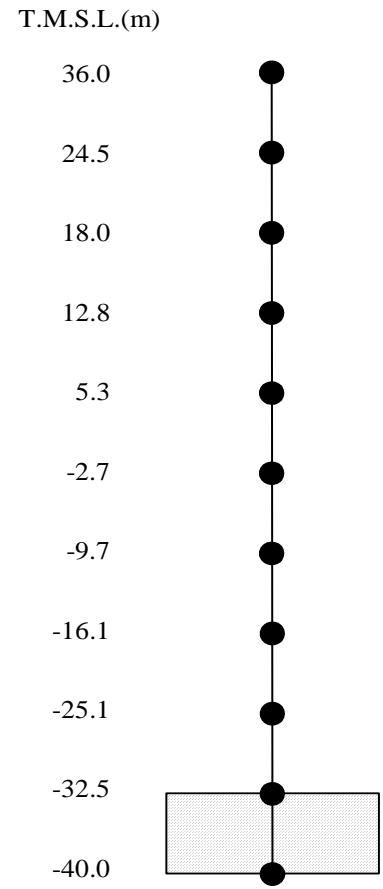
* 最新の工認設計で用いている設計時の条件を示す

構造W6 - 2 「新潟県中越沖地震による柏崎刈羽原子力発電所原子炉建屋の応答評価について」平成19年10月23日より、関連部分を抜粋

水平方向の地震動の推定について

原子炉建屋解析モデル諸元 (1号機 NS方向)

構造WGのシミュレーション解析と
同じモデル諸元

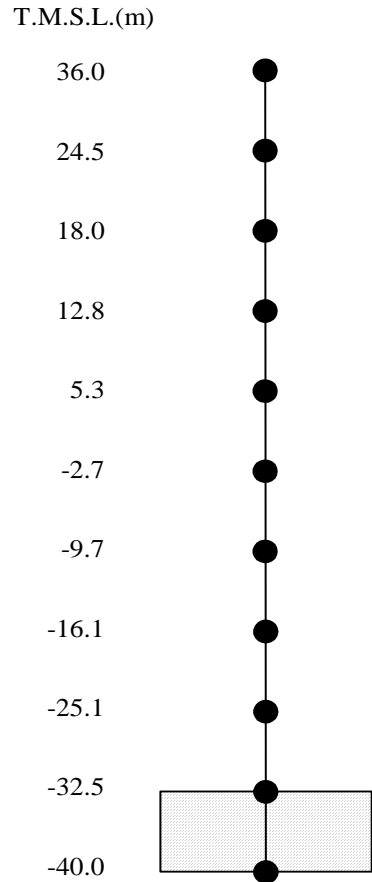


質点番号	質点重量 W(kN)	回転慣性重量 $I_R (\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}^2)$	部材番号	せん断断面積 $A_s (\text{m}^2)$	断面2次モーメント $I_B (\text{m}^4)$
	38,622	6.02			
	71,957	15.62	1	48.0	31,000
	239,485	154.59	2	104.0	70,000
	330,948	213.68	3	572.2	482,000
	436,814	282.08	4	587.6	438,000
	457,760	295.57	5	697.9	525,000
	507,740	328.01	6	782.6	685,000
	656,310	424.24	7	974.5	830,000
	779,300	504.11	8	1,137.5	973,000
	1,000,190	647.78	9	1,101.2	1,087,000
	697,960	451.19	10	7,744.0	4,997,000
計	5,217,086	$E_c = 2.90 \times 10^7 (\text{kN/m}^2)$ =0.2 基礎底面積	$G = 1.21 \times 10^7 (\text{kN/m}^2)$ h=5% 88.0m(NS) × 88.0m(EW) = 7744m ²		

水平方向の地震動の推定について

原子炉建屋解析モデル諸元 (1号機 EW方向)

構造WGのシミュレーション解析と
同じモデル諸元



質点番号	質点重量 W(kN)	回転慣性重量 $I_R (\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}^2)$	部材番号	せん断断面積 $A_s (\text{m}^2)$	断面2次モーメント $I_B (\text{m}^4)$
	38,622	9.68			
	71,957	18.21	1	58.0	43,000
	239,485	154.59	2	101.0	86,000
	330,948	213.68	3	603.4	279,000
	436,814	282.08	4	585.2	260,000
	457,760	295.57	5	672.8	564,000
	507,740	328.01	6	858.5	686,000
	656,310	424.24	7	1,055.8	859,000
	779,300	504.11	8	1,186.2	998,000
	1,000,190	647.78	9	1,230.6	1,119,000
	697,960	451.19	10	7,744.0	4,997,000
計	5,217,086	$E_c = 2.90 \times 10^7 (\text{kN/m}^2)$ =0.2 基礎底面積	$G = 1.21 \times 10^7 (\text{kN/m}^2)$ h=5% $88.0\text{m(NS)} \times 88.0\text{m(EW)} = 7744\text{m}^2$		

水平方向の地震動の推定について

初期地盤物性（1号機）

構造WGのシミュレーション解析に
使用した初期地盤物性

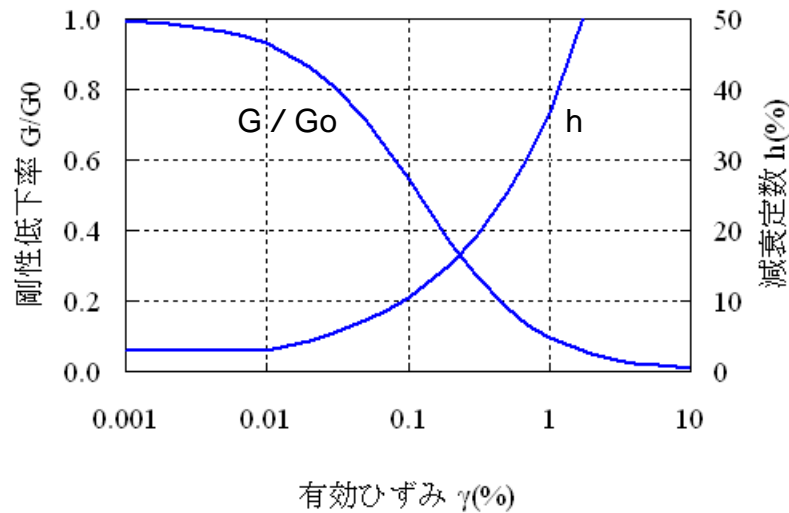
標高 TMSL (m)	層厚 (m)	地質	初期S波 速度 Vs (m/s)	初期P波 速度 Vp (m/s)	単位体積重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比	初期せん断弾性係数 Go (kN/m ²)			
5.0										
1.2	3.8	埋 戻 し 土	107	212	18.6	0.33	21,700			
-2.7	3.9		154	305			45,000			
-6.2	3.5		182	361			62,800			
-9.7	3.5		201	399			76,600			
-12.9	3.2		217	430			89,300			
-16.1	3.2		230	456			100,000			
-21.2	5.1		246	488			115,000			
-25.1	3.9	西 山 層	540	1540	16.9	0.43	503,000			
-32.5	7.4									
-40.0	7.5									
-62.0	22							540	1540	503,000
-77.0	15							590	1680	600,000
-103.0	26							620	1760	662,000
-128.0	25							650	1850	728,000
-192.0	64	670	1910	774,000						
-284.0	92	690	1960	820,000						
		解放 基盤	730	1900	16.9	0.43	918,000			

埋戻土：予備転圧試験データ 西山層：原子炉建屋直下のボーリング調査データ

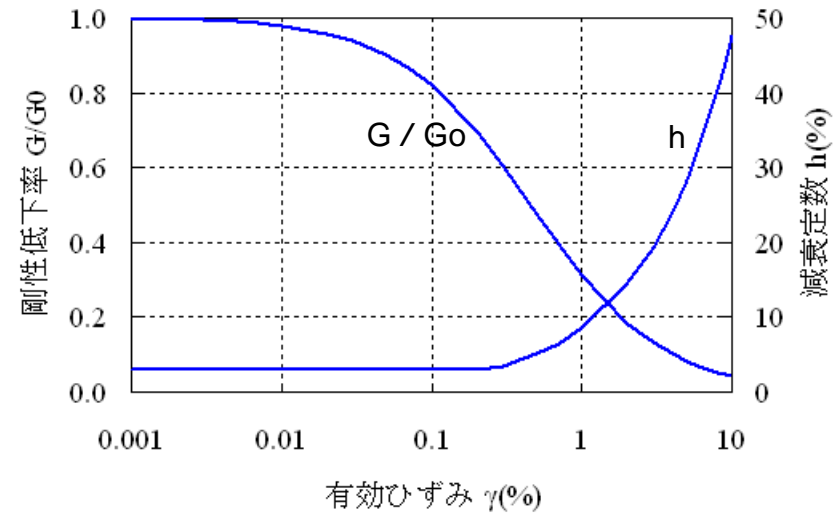
水平方向の地震動の推定について

ひずみ依存特性（1号機地盤）

構造WGのシミュレーション解析に
使用したひずみ依存特性



埋戻土

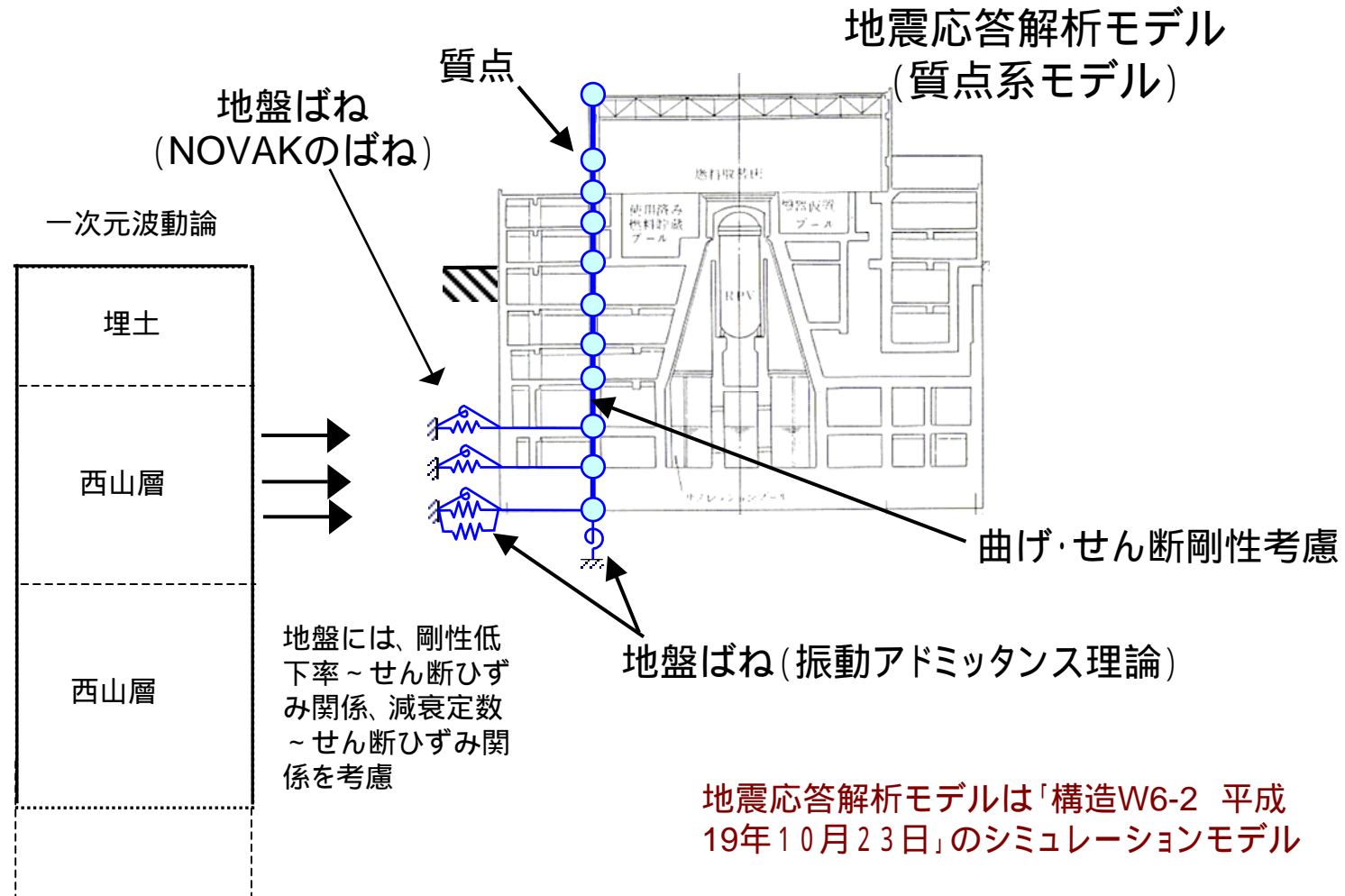


西山層

ひずみ依存特性は、次のデータに基づく
埋戻土: 予備転圧試験データ
西山層: 原子炉建屋直下のボーリング調査データ

水平方向の地震動の推定について

水平方向の地震動の推定に用いる地震応答解析モデル



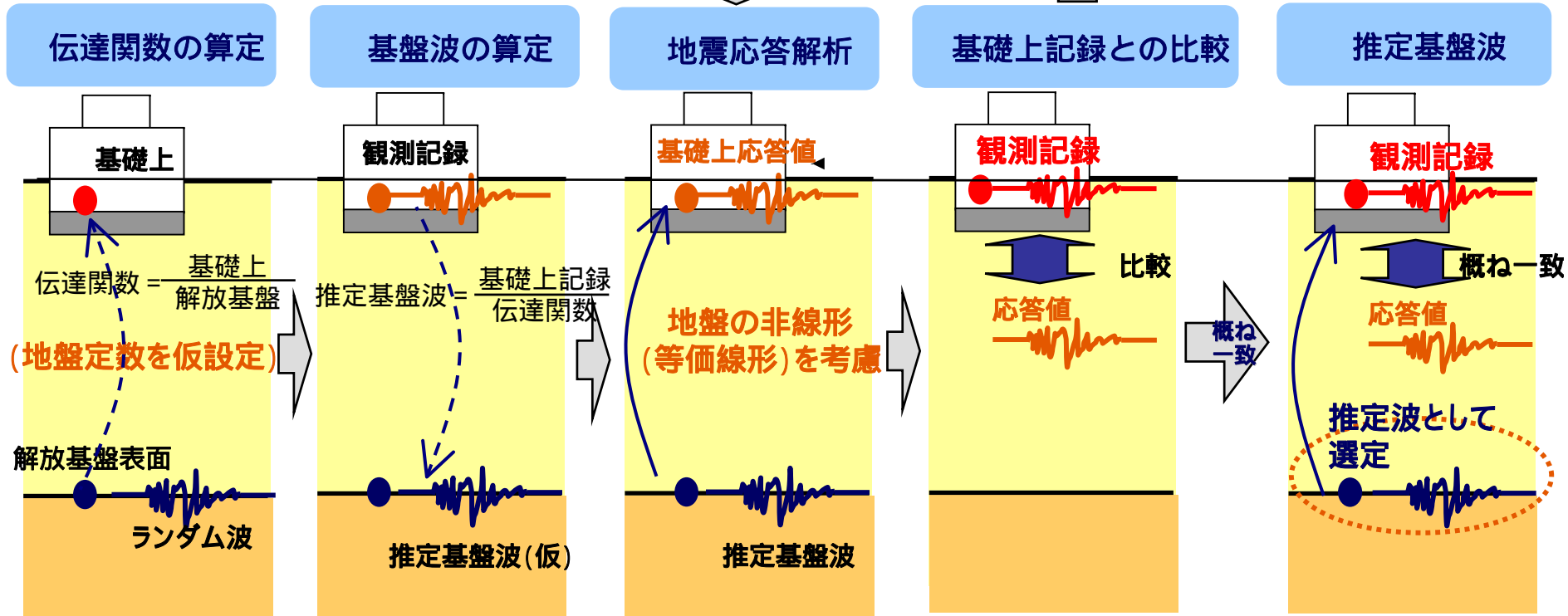
水平方向の地震動の推定について

基盤波の推定フロー

地盤の非線形を考慮した反復計算により、
基盤波を推定する。

基盤波の補正

基礎上の観測記録と応答波形の比を推定基盤波に
乗じることにより、推定基盤波を補正する。



ランダム波を解放基盤面に入力し基礎上と解放基盤面の伝達関数を算定する。

基礎上記録を伝達関数で除し推定基盤波(仮)を算定する。

推定基盤波を入力し地盤の非線形を考慮して基礎上記答を算定する。

基礎上記答を観測記録と比較する。応答と観測に差がある場合は、推定基盤波を補正する。

観測記録と概ね整合するまで繰り返し、整合した状態の入力波を最終的な推定基盤波として選定する。

水平方向の地震動の推定について

原子炉建屋基礎版上での観測記録と推定された解放基盤表面での加速度の比較

< NS方向 >

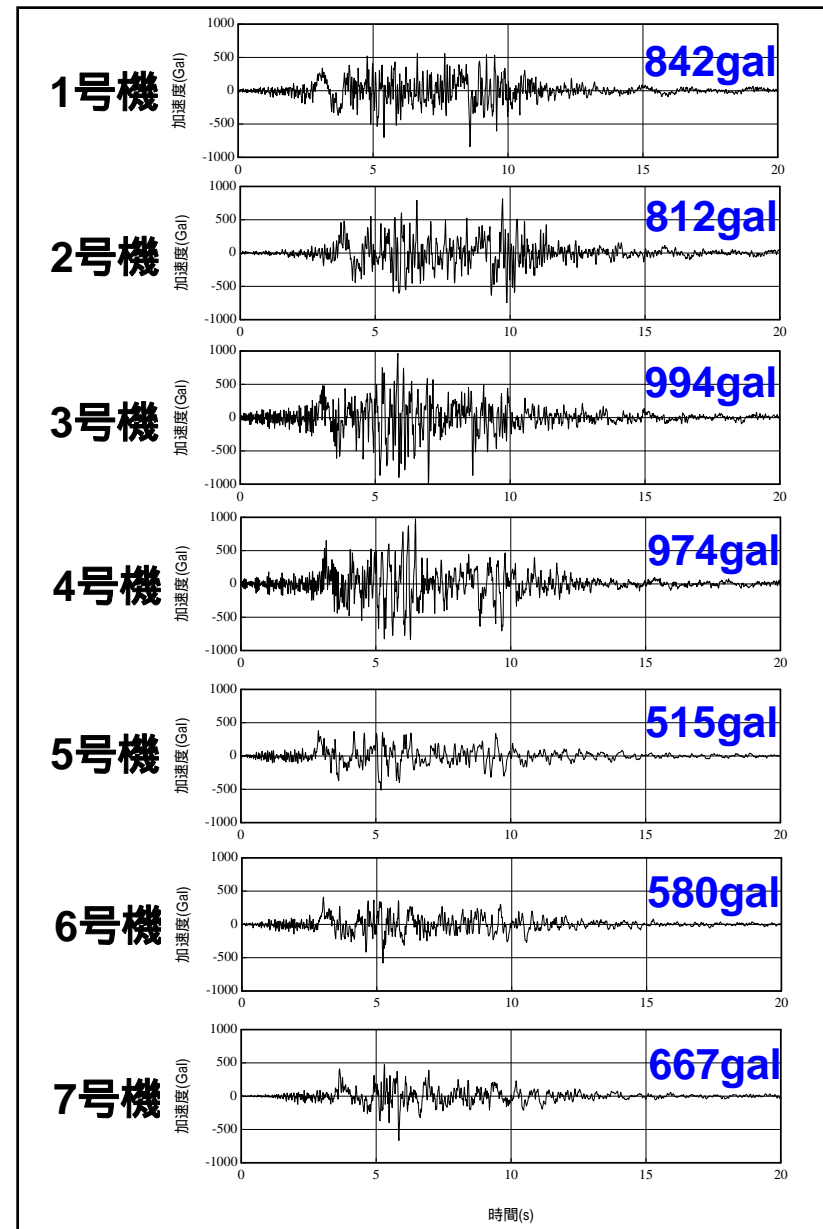
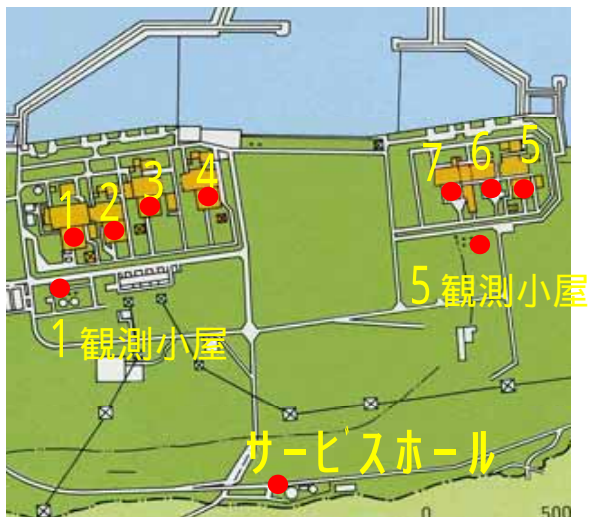
	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
原子炉建屋基礎版上での 観測記録 (Gal)	311	304	308	310	277	271	267
推定された解放基盤 表面での加速度 (Gal)	842	812	994	974	515	580	667

< EW方向 >

	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
原子炉建屋基礎版上での 観測記録 (Gal)	680	606	384	492	442	322	356
推定された解放基盤 表面での加速度 (Gal)	1699	1011	1113	1478	766	539	613

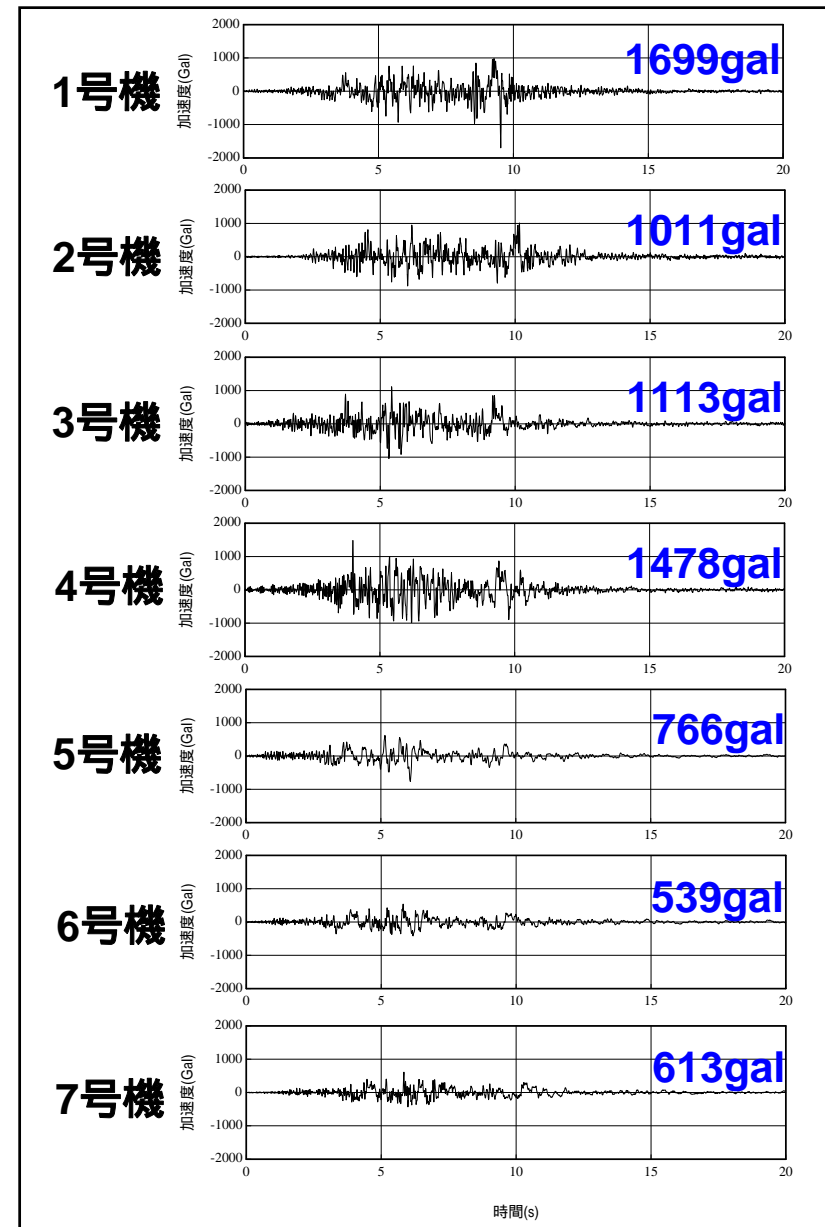
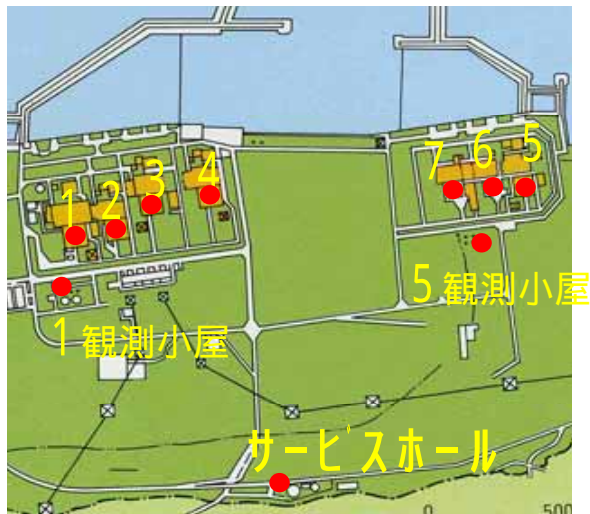
水平方向の地震動の推定について

解放基盤表面の推定波
加速度時刻歴波形（NS成分）



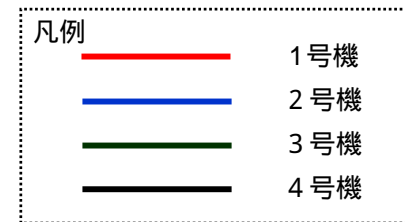
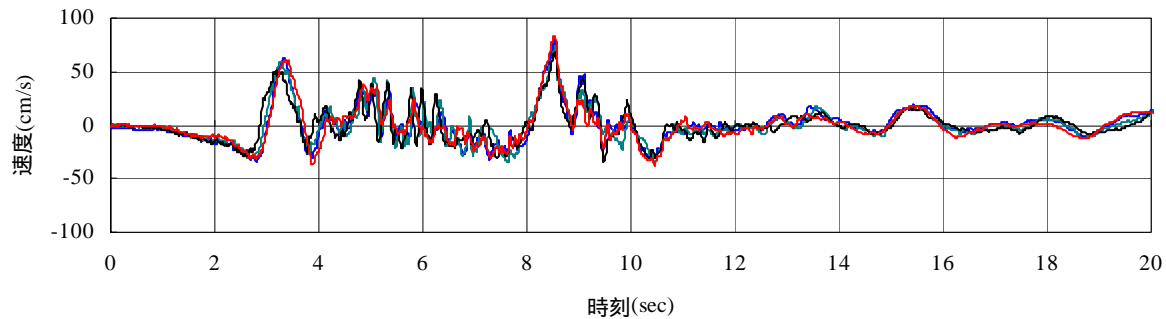
水平方向の地震動の推定について

解放基盤表面の推定波
加速度時刻歴波形（EW成分）

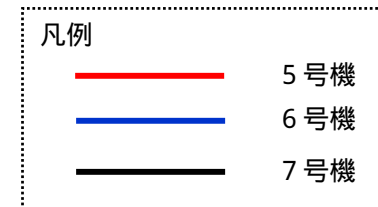
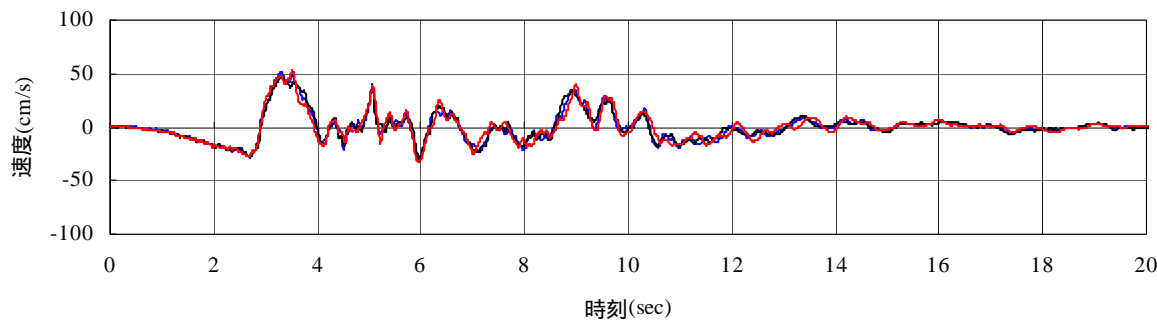


水平方向の地震動の推定について

解放基盤表面の推定波 速度時刻歴波形（NS成分）



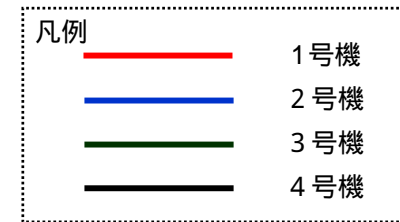
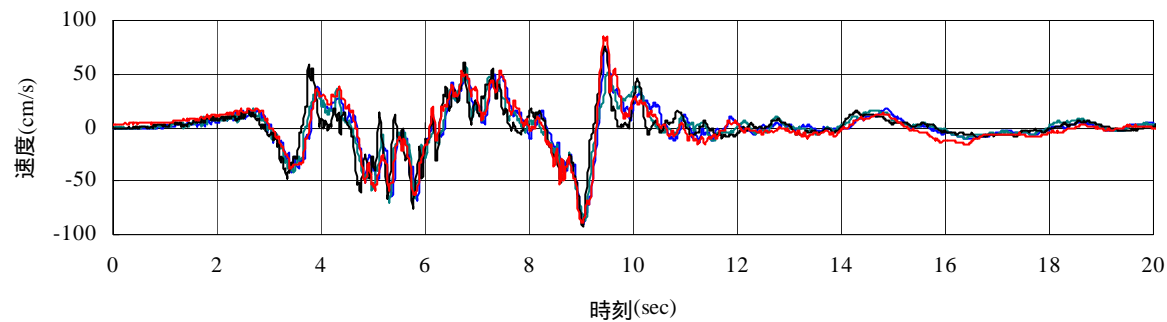
1 ~ 4号機



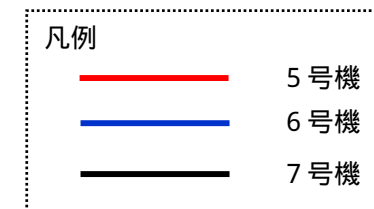
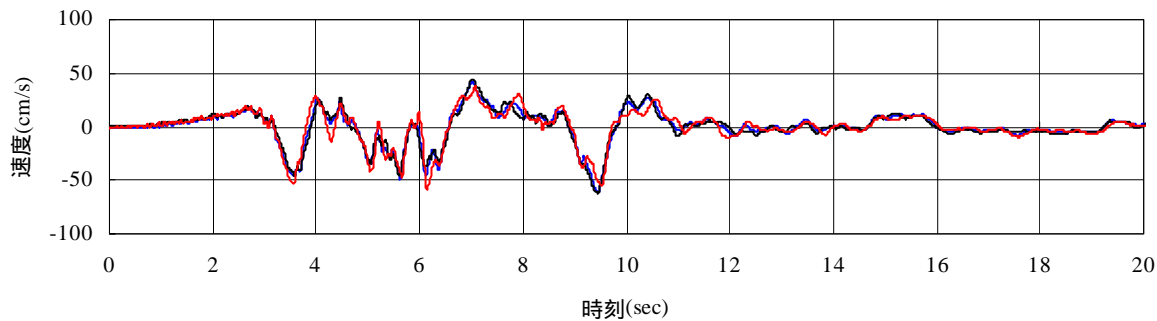
5 ~ 7号機

水平方向の地震動の推定について

解放基盤表面の推定波 速度時刻歴波形（EW成分）



1 ~ 4号機

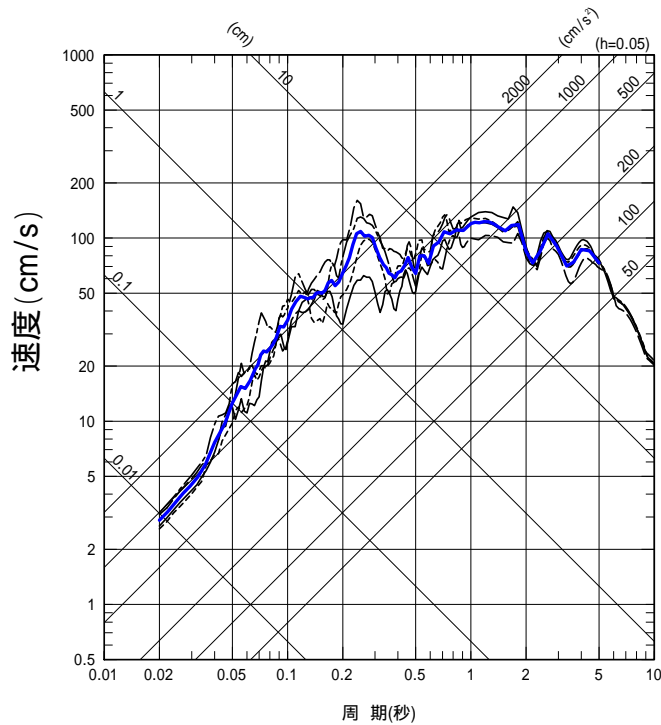


5 ~ 7号機

水平方向の地震動の推定について

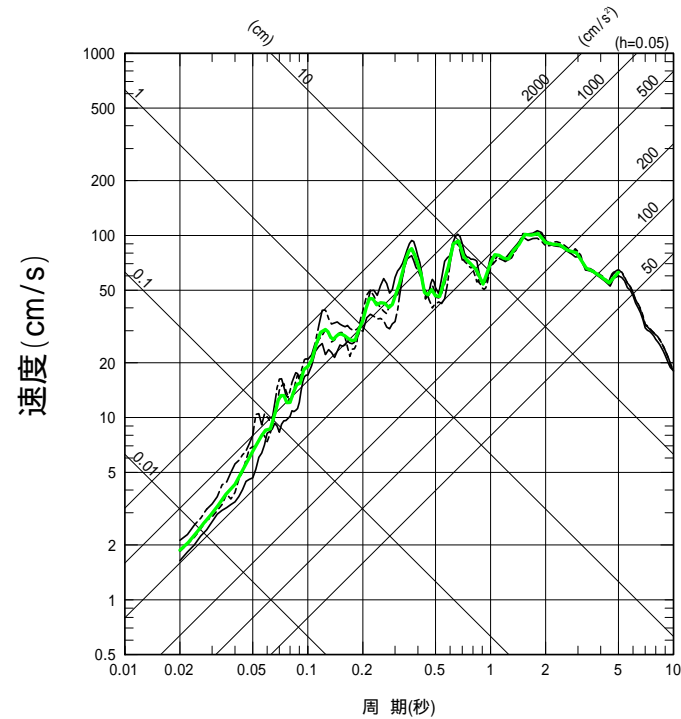
推定波の応答スペクトル (NS方向)

- 1号機(NS方向)
- - - 2号機(NS方向)
- · - 3号機(NS方向)
- - - 4号機(NS方向)
- 1~4号機平均(NS方向)



1号機側

- 5号機(NS方向)
- - - 6号機(NS方向)
- · - 7号機(NS方向)
- 5~7号機平均(NS方向)



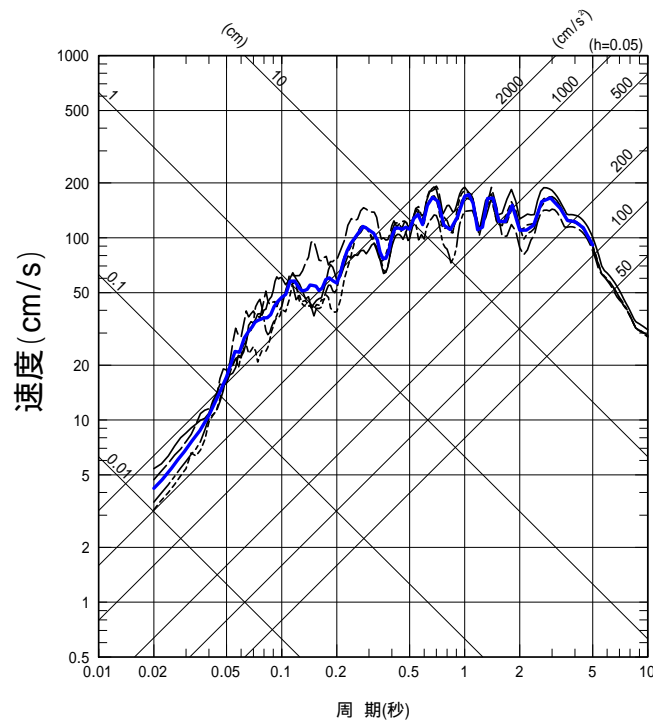
5号機側

水平方向の地震動の推定について

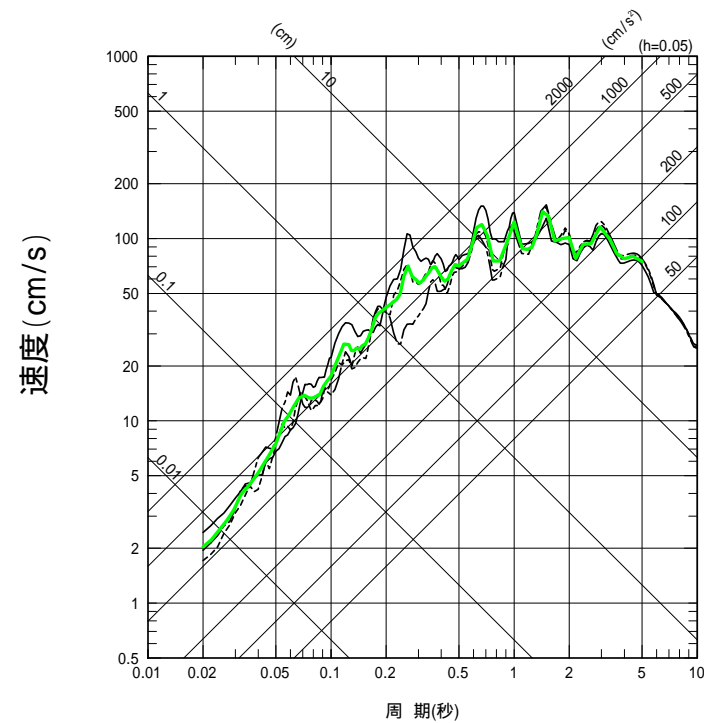
推定波の応答スペクトル (EW方向)

- 1号機 (EW方向)
- - - 2号機 (EW方向)
- · - 3号機 (EW方向)
- - - 4号機 (EW方向)
- 1~4号機平均 (EW方向)

- 5号機 (EW方向)
- - - 6号機 (EW方向)
- · - 7号機 (EW方向)
- 5~7号機平均 (EW方向)



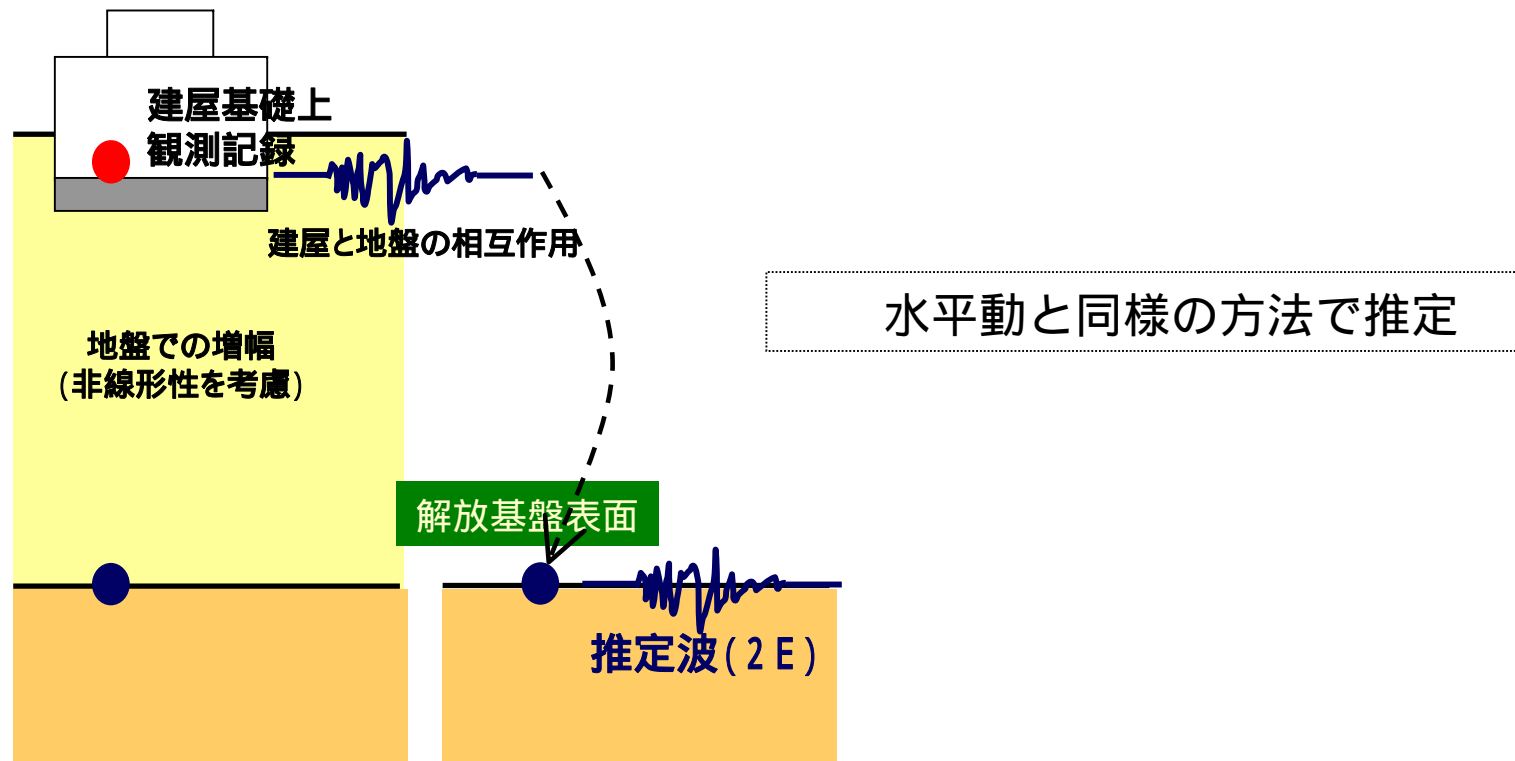
1号機側



5号機側

鉛直方向の地震動の推定について

原子炉建屋基礎版上の記録による地震動の推定

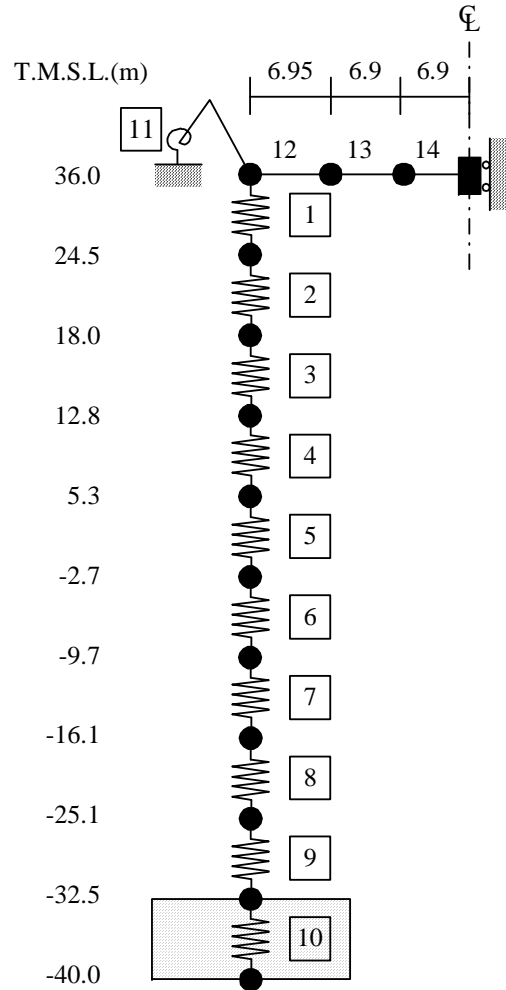


建屋基礎記録による基盤波の想定概念

鉛直方向の地震動の推定について

建屋解析モデル諸元 (1号機 鉛直方向)

構造WGと同様

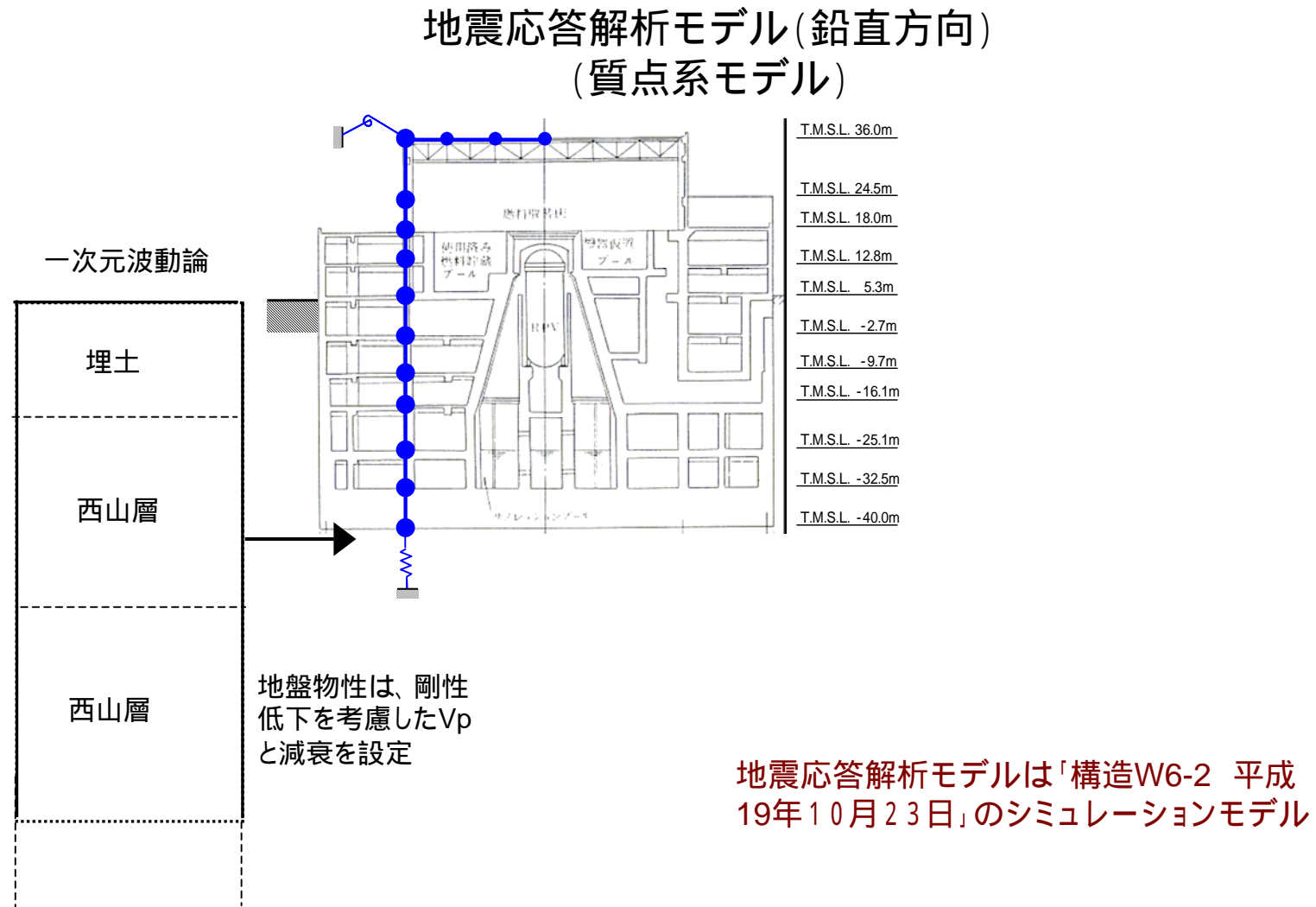


質点番号				
質点重量(kN)	-	3,406	3,394	1,697
部材番号		12	13	14
せん断断面積(m ²)		0.207	0.124	0.085
断面2次モーメント(m ⁴)		2.876	2.876	2.876
質点重量	質点重量 (kN)	ばね番号	軸断面積 (m ²)	
	30,125	1	97.80	
	71,957	2	213.91	
	239,485	3	1,175.6	
	330,948	4	1,172.80	
	436,814	5	1,370.70	
	457,760	6	1,641.10	
	507,740	7	2,030.30	
	656,310	8	2,323.70	
	779,300	9	2,331.80	
	1,000,190	10	7,744.00	
	697,960			
コンクリート : $E_c=2.90 \times 10^7$ (kN/m ²) $G_c=1.21 \times 10^7$ (kN/m ²) $\nu=0.2$ $h=5\%$ 鉄骨 : $E_s=2.05 \times 10^8$ (kN/m ²) $G_s=7.90 \times 10^7$ (kN/m ²) $\nu=0.3$ $h=2\%$				

11 : トラス端部回転拘束ばね 7.029×10^7 kN·m/rad

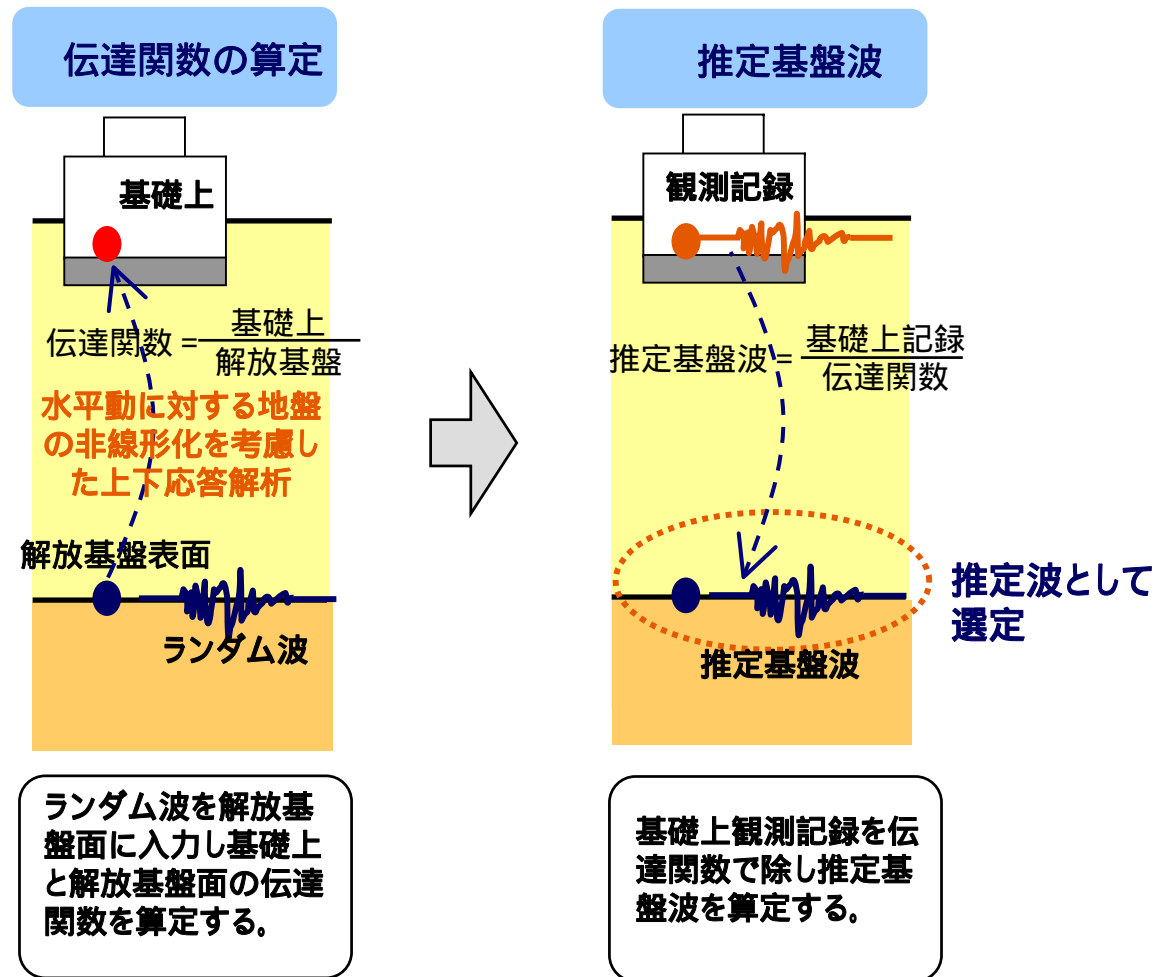
鉛直方向の地震動の推定について

地震動の推定に用いる地震応答解析モデル（鉛直方向）



鉛直方向の地震動の推定について

鉛直方向の基盤波の推定フロー



鉛直方向の地震動の推定について

原子炉建屋基礎版上での観測記録と推定された解放基盤表面での加速度の比較

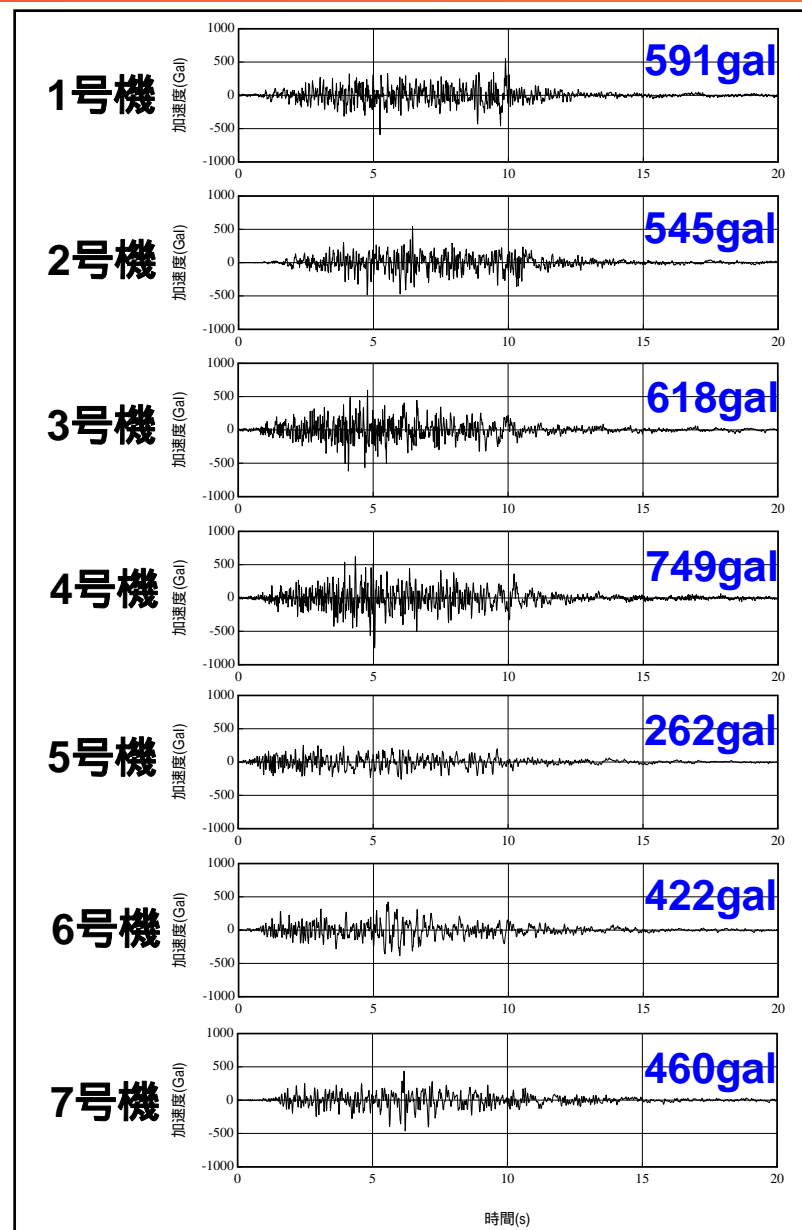
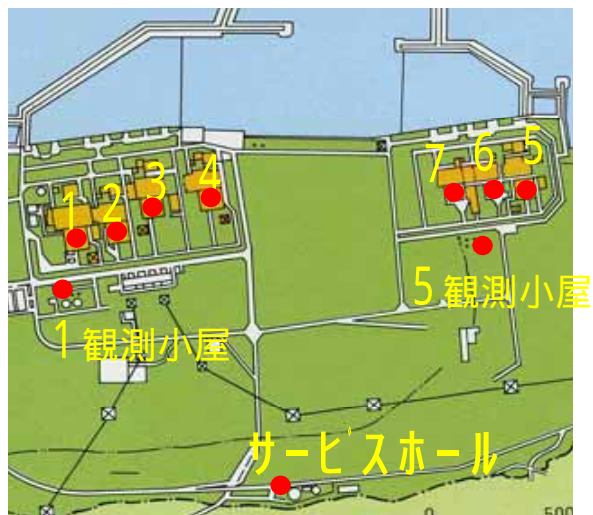
<UD方向>

	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
原子炉建屋基礎版上での観測記録 (Gal)	408	282	311	337	205	488	355
推定された解放基盤表面での加速度 (Gal)	591	545	618	749	262	422	460

鉛直方向の地震動の推定について

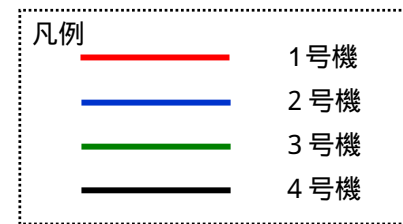
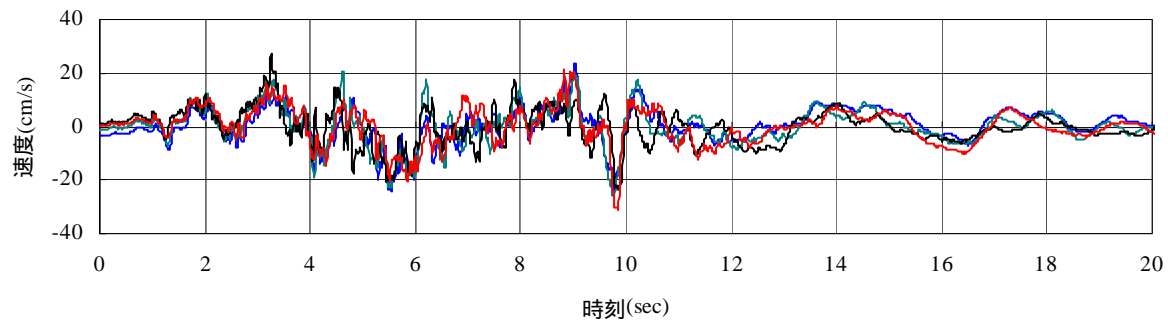
解放基盤波

加速度時刻歴波形（UD成分）

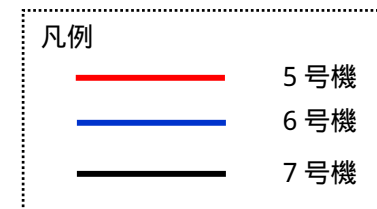
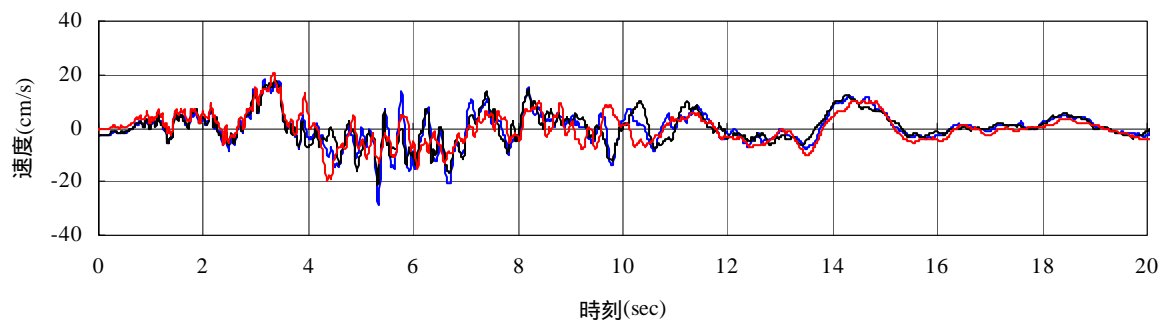


解放基盤表面における地震動の推定

解放基盤表面の推定波 速度時刻歴波形（UD成分）



1 ~ 4号機



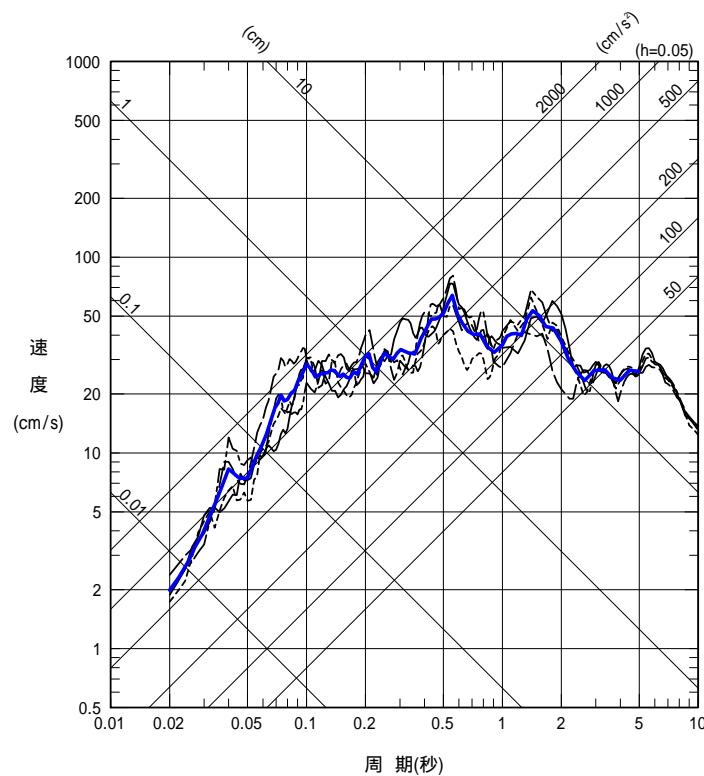
5 ~ 7号機

鉛直方向の地震動の推定について

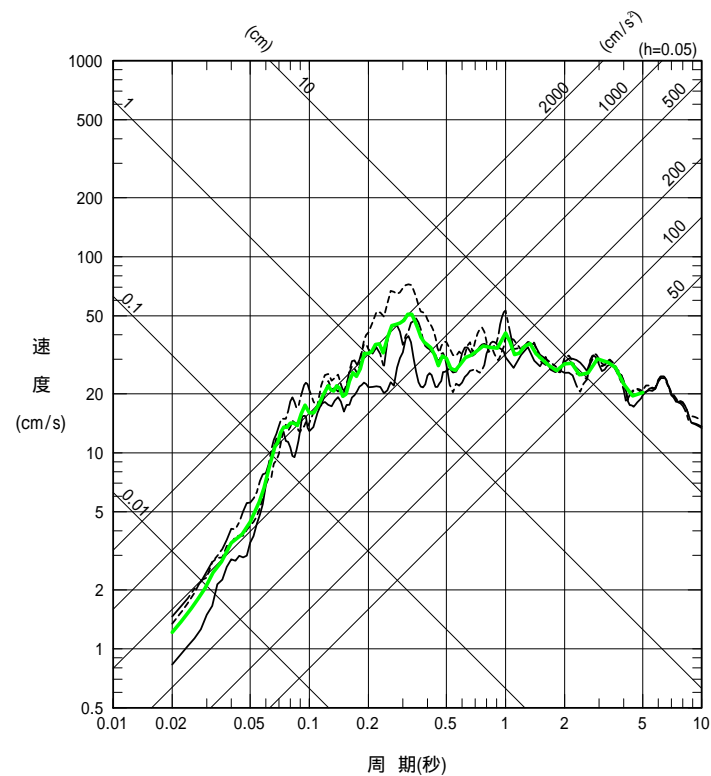
推定波の応答スペクトル (UD方向)

- 1号機 (UD方向)
- - - 2号機 (UD方向)
- · - 3号機 (UD方向)
- - - 4号機 (UD方向)
- 1～4号機平均

- 5号機 (UD方向)
- - - 6号機 (UD方向)
- · - 7号機 (UD方向)
- 5～7号機平均



1号機側



5号機側

まとめ

原子炉建屋の解放基盤表面における地震動を推定した方法と推定した地震動について説明した。

建屋への入力動に直接関係する基礎部の応答が、観測記録に一致するように、地盤系及び建屋系トータルのシステムとして地震動を評価。
(建屋と地盤の相互作用を考慮した原子炉建屋の解析モデルは、構造W6 - 2 (平成19年10月23日)で審議され、観測記録を説明できる地震応答解析モデルを使用。)

従来から設計で使用されている一次元波動解析を用いて地盤応答解析を実施

地盤が非線形化している可能性を踏まえて、ひずみレベルに応じた剛性や減衰を考慮できる等価線形解析を実施

地盤物性は、原子炉建屋直下のボーリング調査結果に基づき、初期地盤物性とひずみ依存特性を設定

基礎版および地中の観測記録の両者が存在する適切な地震を設定し、今回の手法の妥当性を検討する計画である。

(2) 解放基盤以浅における一次元波動解析の適用性について

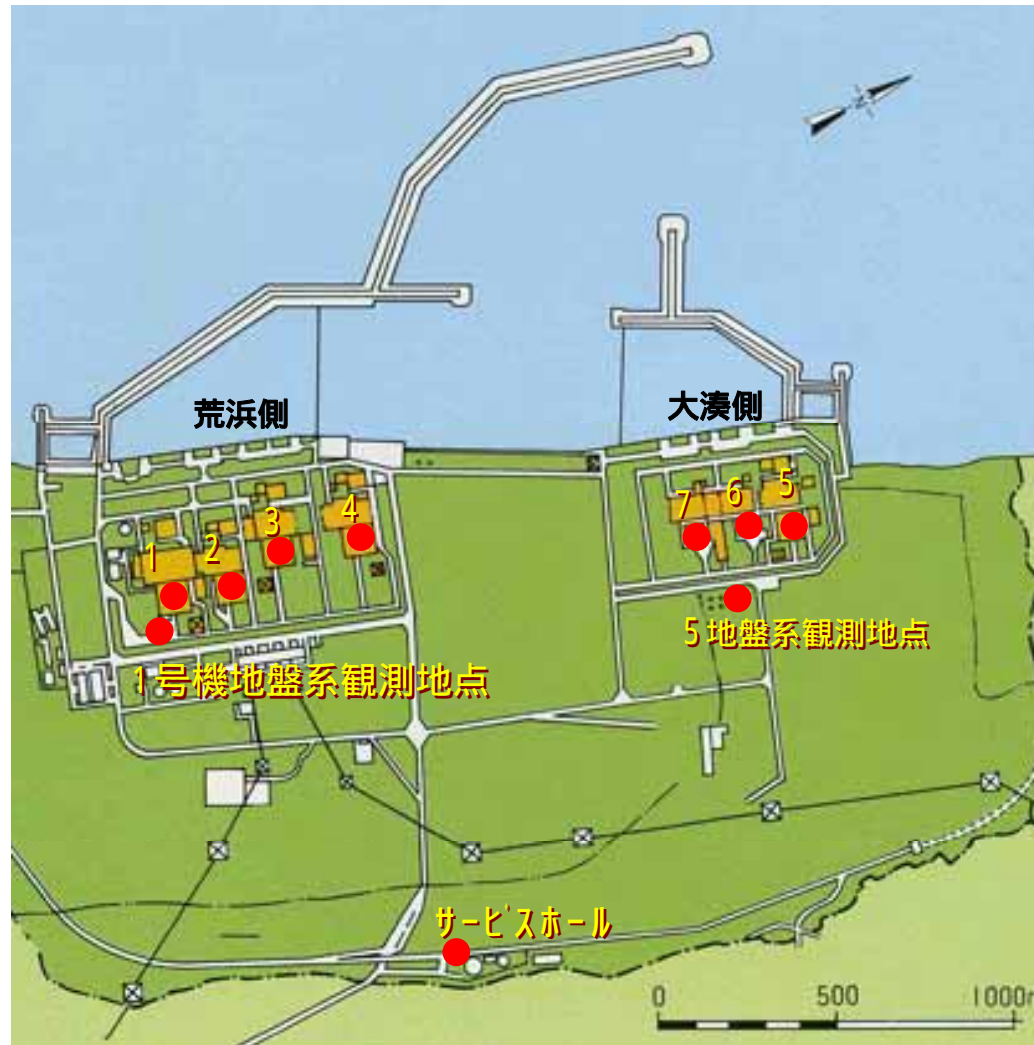
解放基盤以浅における一次元波動解析の適用性について

目的

- 各号機の原子炉建屋基盤上の観測記録に基づいて、解放基盤表面の地震動を推定する場合に用いる一次元波動解析の適用性を確認するため、地震観測記録と解析結果の比較を実施する。

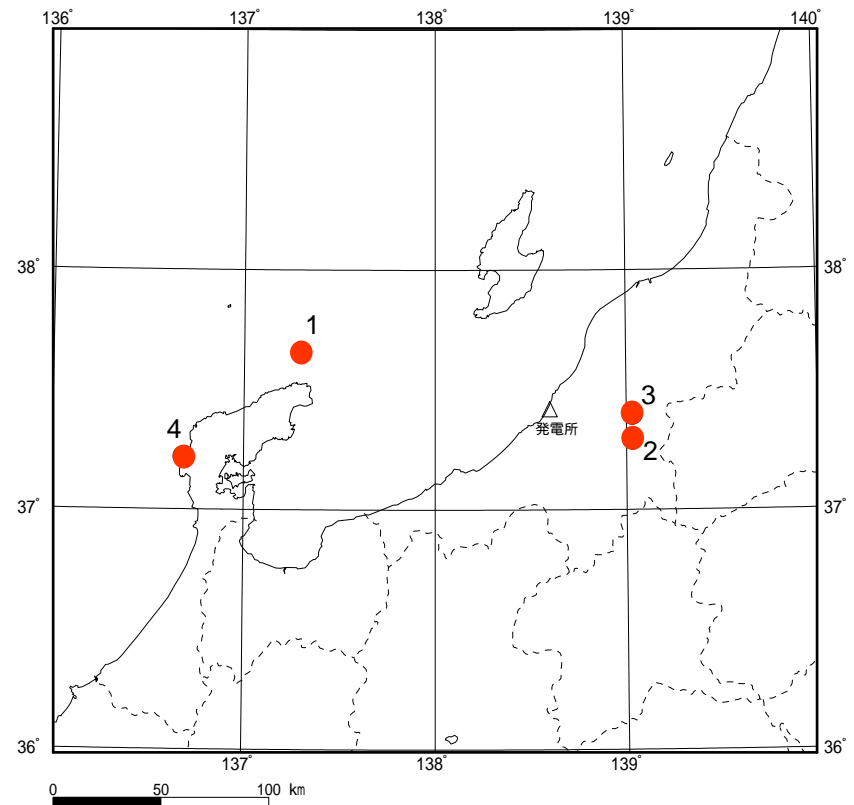
地盤系観測記録のシミュレーション - 対象とした観測地点 -

1号機地盤系の観測記録を用いて，1号機の地盤応答解析を実施

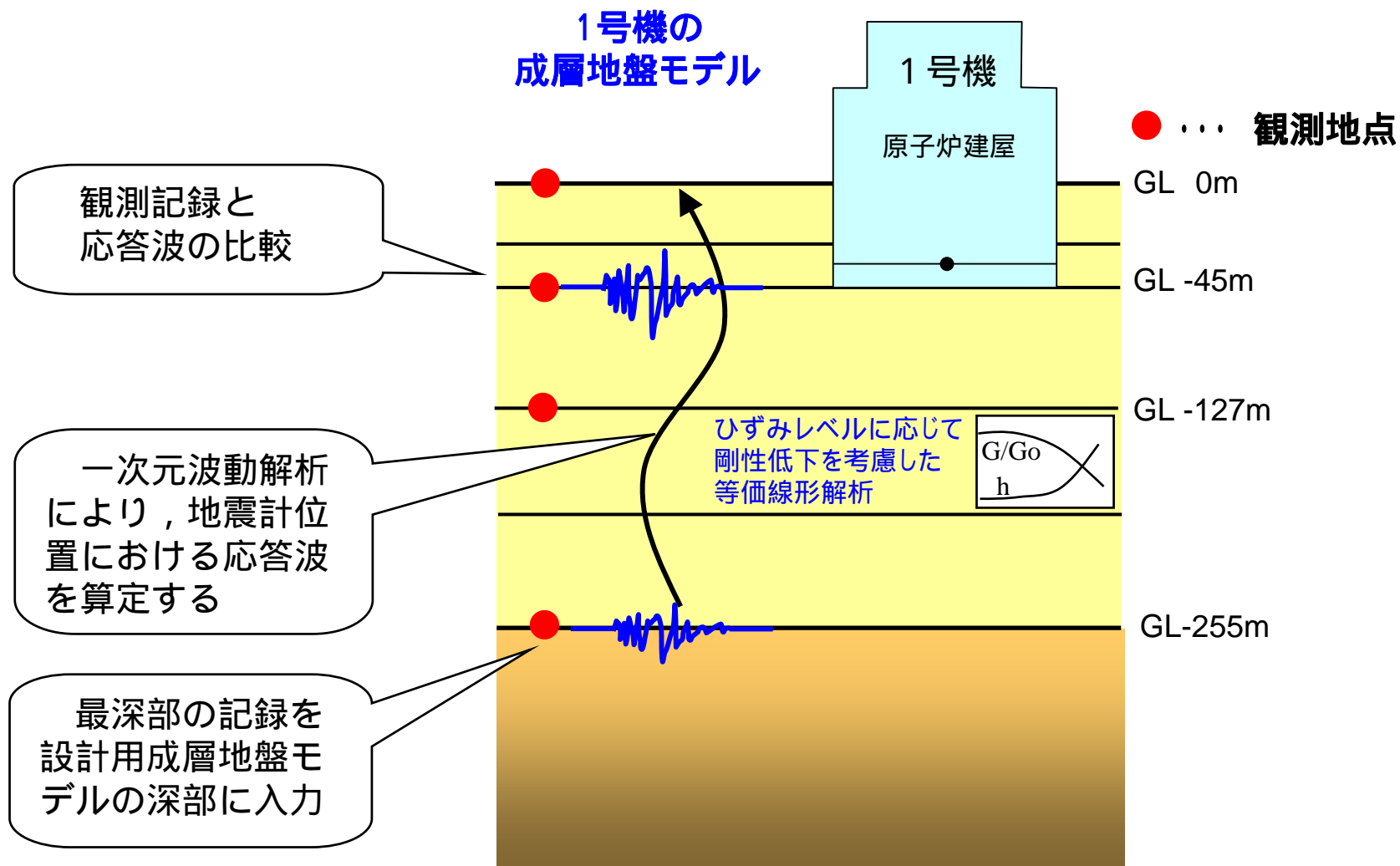


地盤系観測記録のシミュレーション - 対象とした地震 -

No.	発震月日	Mj	震源深さ (km)	発生 場所
1	1993. 02. 07 22: 27	6.6	24.8	海 域
2	2004. 10. 27 10: 40	6.1	11.6	陸域 中越地域
3	2004. 11. 08 11: 15	5.9	0	陸域 中越地域
4	2007. 03. 25 9: 41	6.9	11	海 域



シミュレーション手法



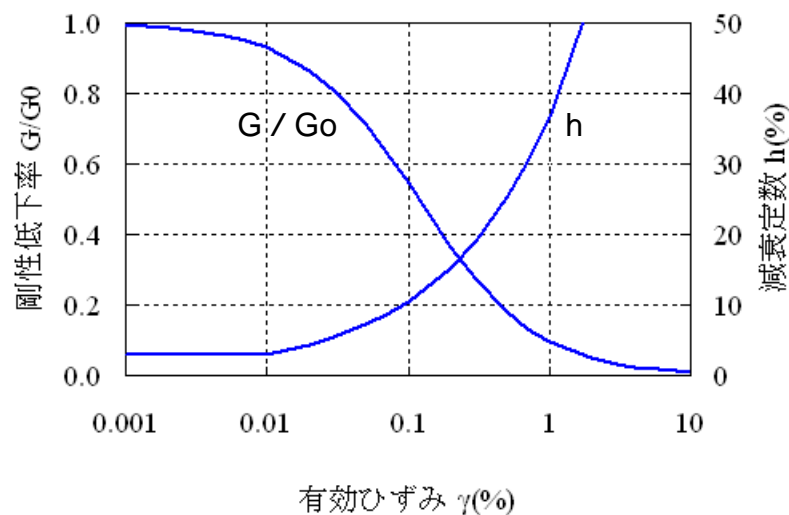
初期地盤モデル（1号機）

構造WGのシミュレーション解析に
使用したひずみ初期地盤物性

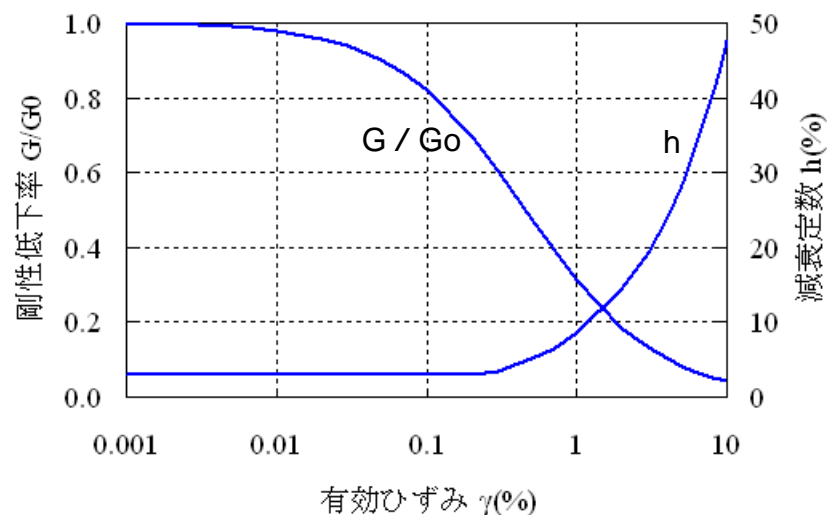
標高 TMSL (m)	層厚 (m)	地質	初期S波 速度 Vs (m/s)	初期P波 速度 Vp (m/s)	単位体積重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比	初期せん断弾性係数 Go (kN/m ²)
5.0							
1.2	3.8	埋戻し土	107	212	18.6	0.33	21,700
-2.7	3.9		154	305			45,000
-6.2	3.5		182	361			62,800
-9.7	3.5		201	399			76,600
-12.9	3.2		217	430			89,300
-16.1	3.2		230	456			100,000
-21.2	5.1		246	488			115,000
-25.1	3.9						
-32.5	7.4	西山層	540	1540	16.9	0.43	503,000
-40.0	7.5		540	1540			503,000
-62.0	22		590	1680			600,000
-77.0	15		620	1760			662,000
-103.0	26		650	1850			728,000
-128.0	25		670	1910			774,000
-192.0	64		690	1960			820,000
-284.0	92						
		解放基盤	730	1900	16.9	0.43	918,000

ひずみ依存特性（1号機地盤）

構造WGのシミュレーション解析に
使用したひずみ依存特性



埋戻土



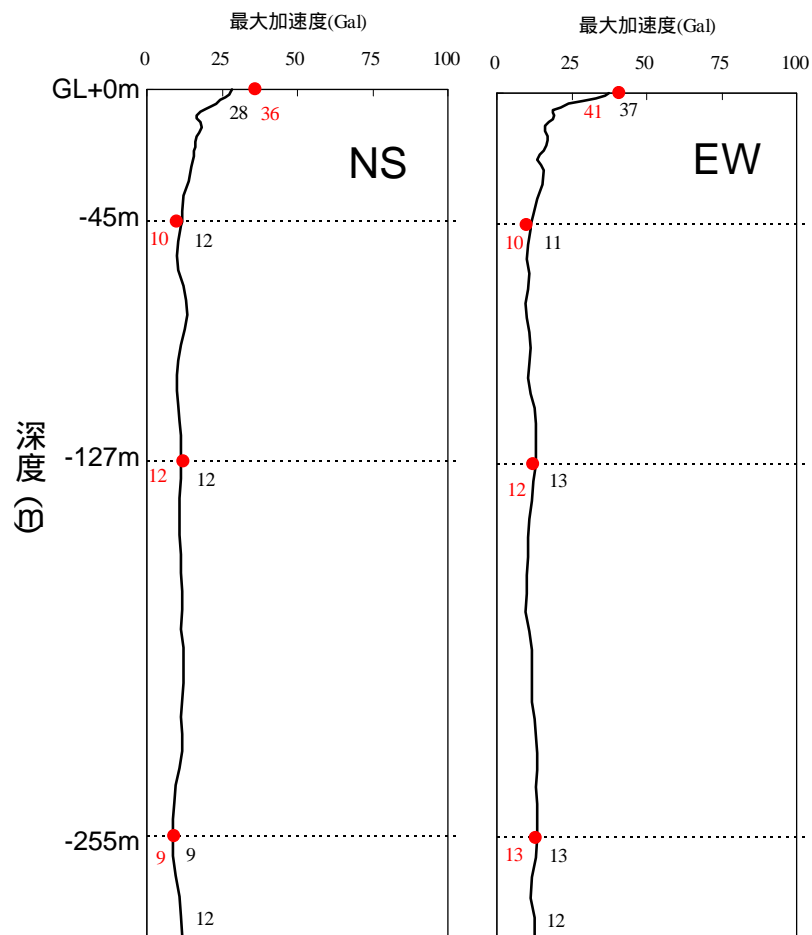
西山層

ひずみ依存特性は、次のデータに基づく
埋戻土: 予備転圧試験データ
西山層: 原子炉建屋直下のボーリング調査データ

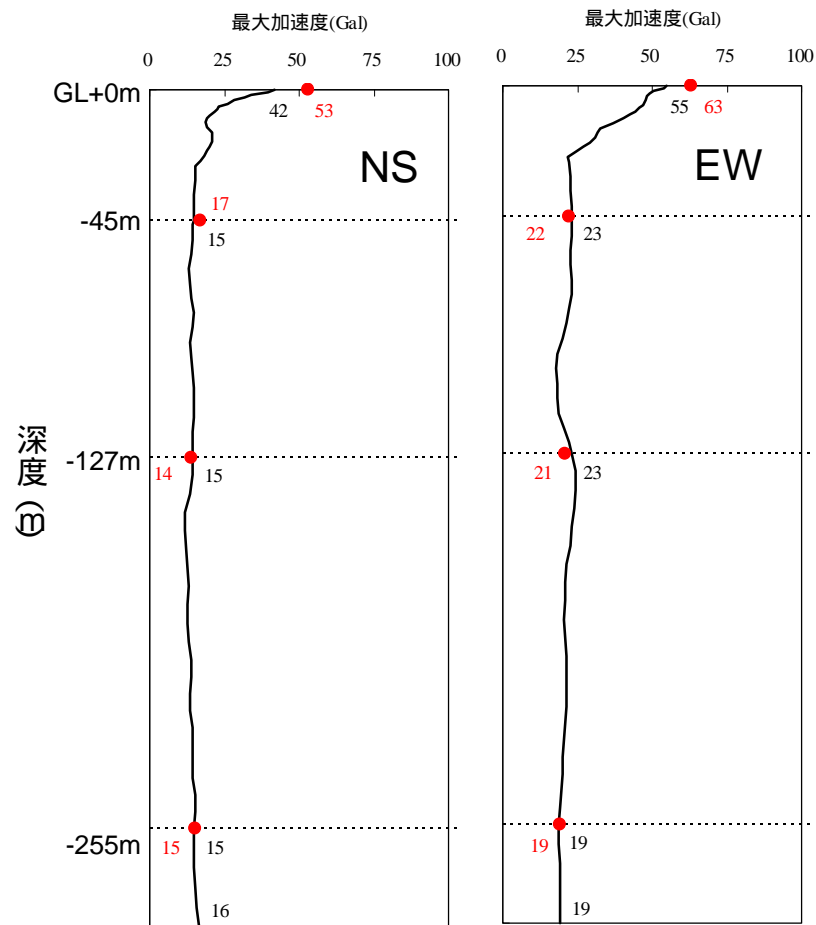
シミュレーション結果

- 最大加速度分布(NO.1 , NO.2地震) -

観測値とよく対応



No.1地震

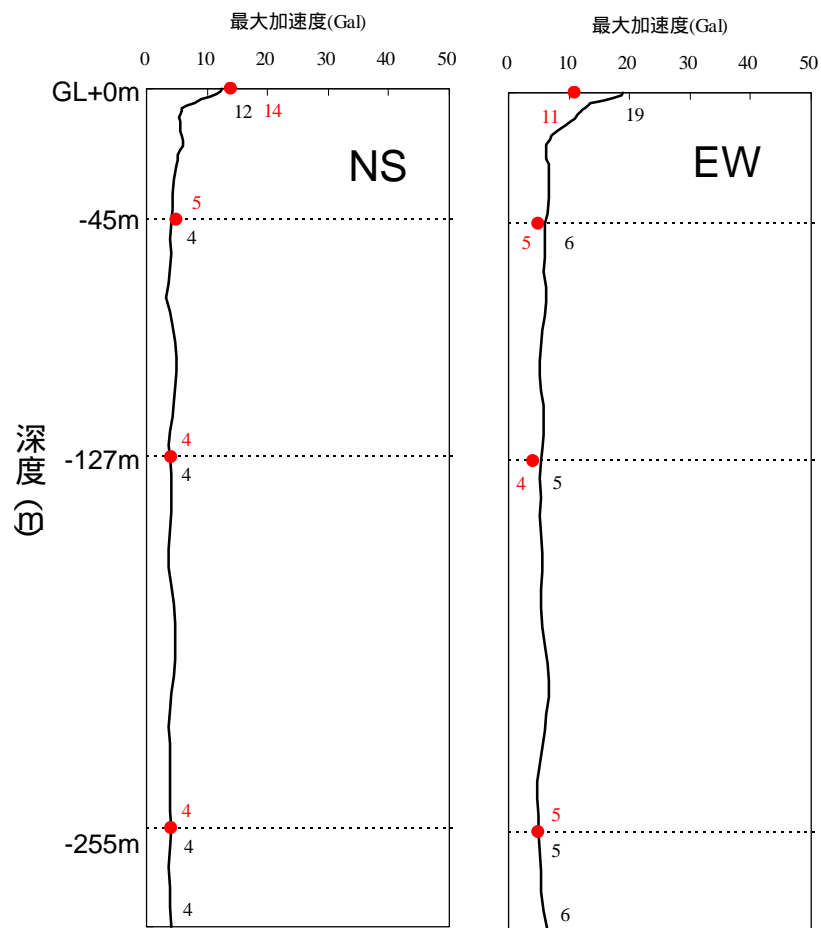


No.2地震

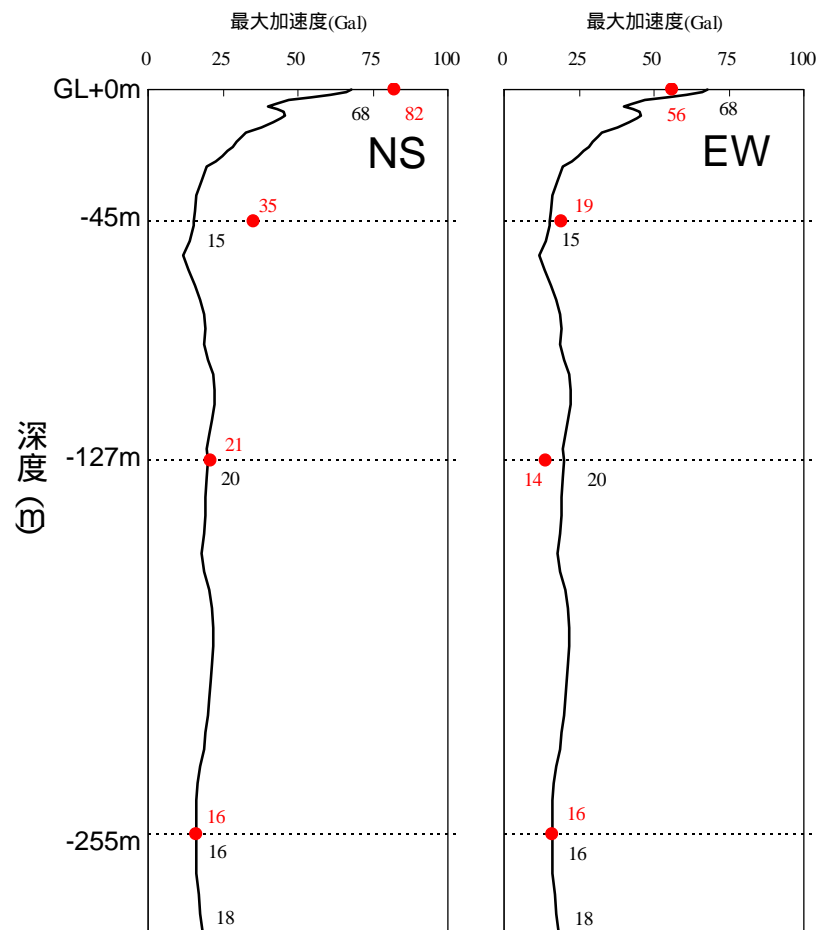
シミュレーション結果

- 最大加速度分布(NO.3 , NO. 4地震) -

観測値とよく対応



No.3地震



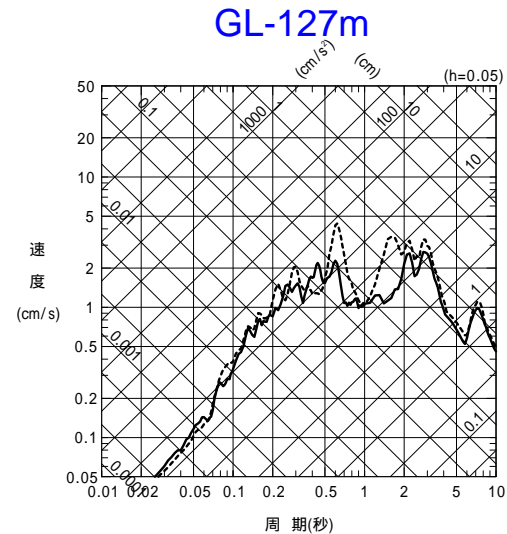
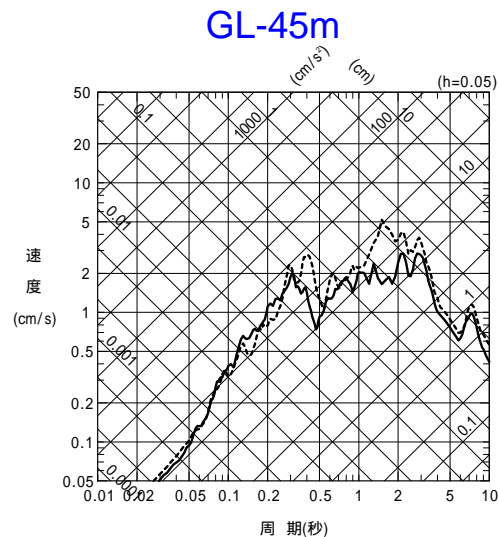
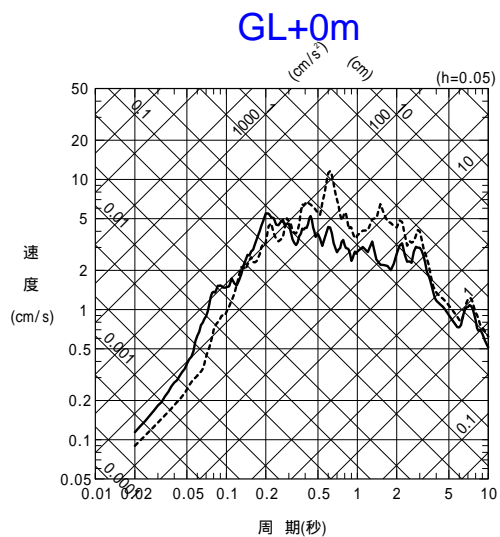
No.4地震

シミュレーション結果

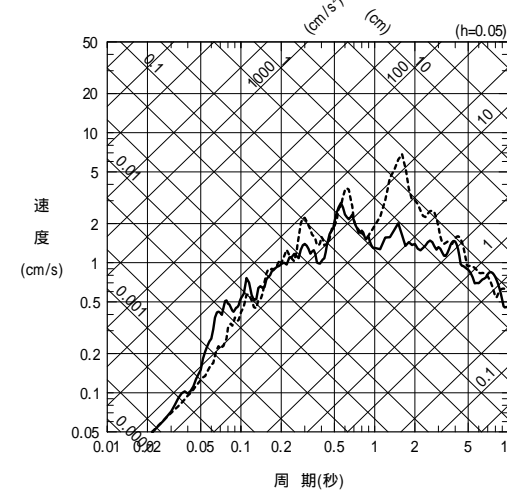
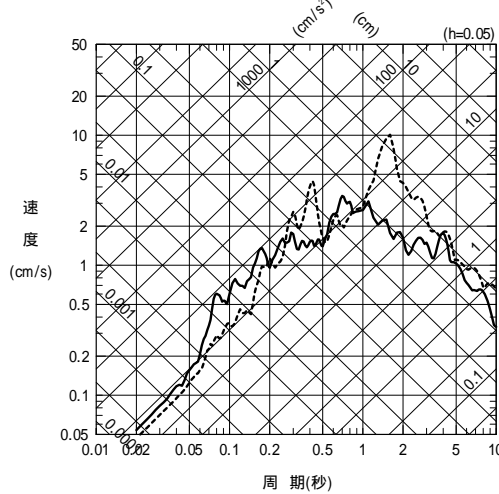
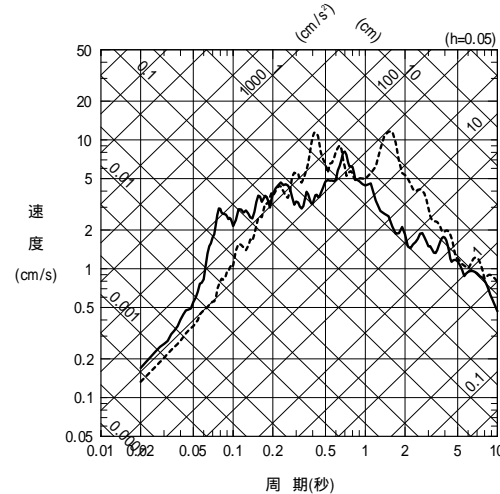
- 応答スペクトル(NO.1 , NO.2地震 NS方向) -

----- 解析結果
 ———— 観測記録

No.1
地震



No.2
地震



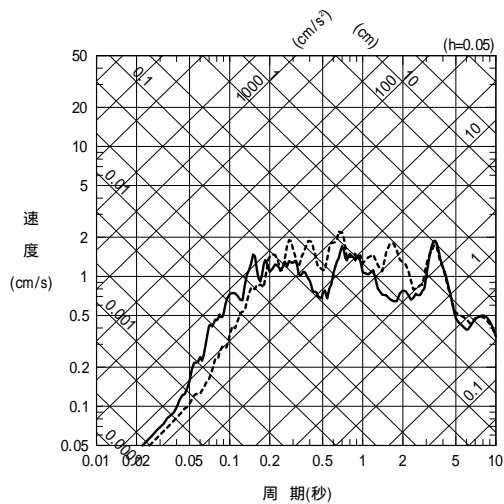
シミュレーション結果

- 応答スペクトル(NO.3 , NO. 4地震 NS方向) -

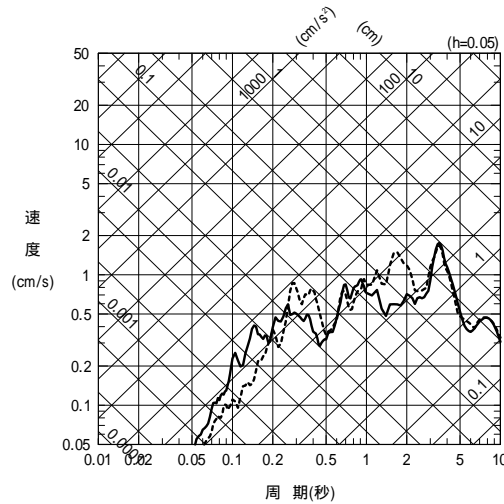
--- 解析結果
— 観測記録

No.3
地震

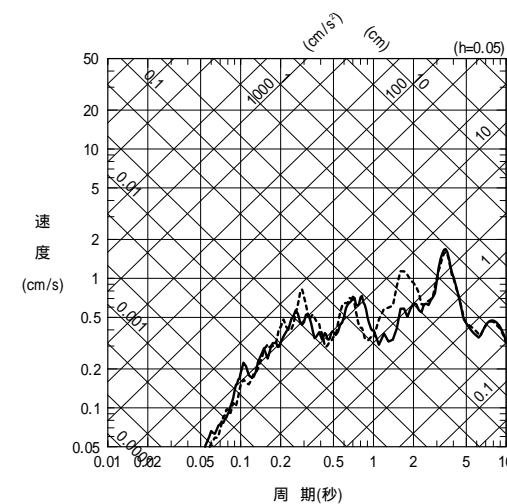
GL+0m



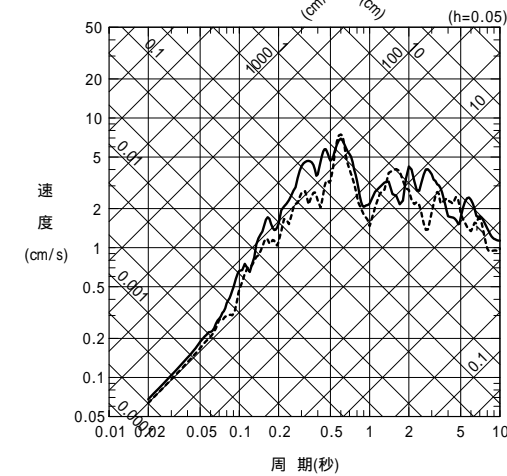
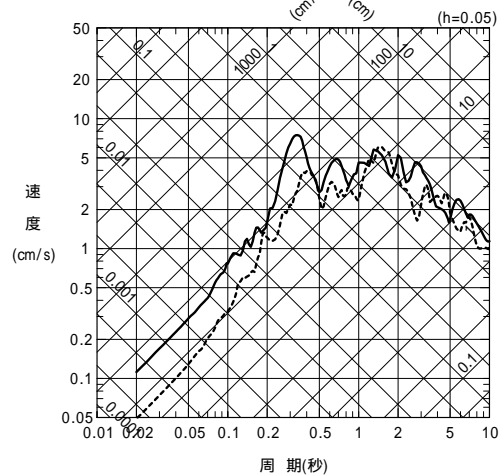
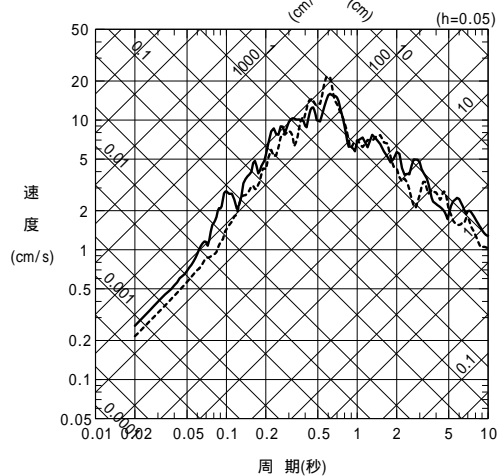
GL-45m



GL-127m



No.4
地震



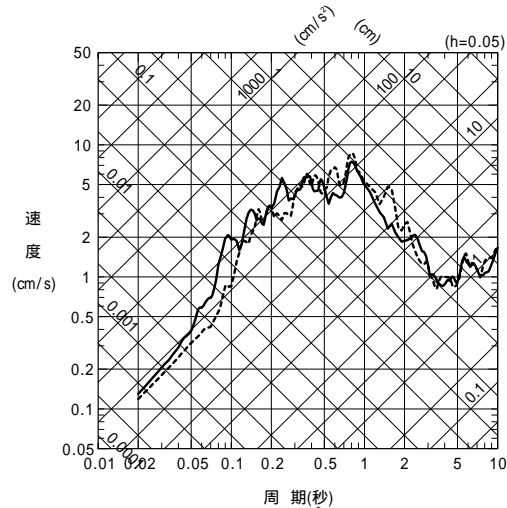
シミュレーション結果

- 応答スペクトル(NO.1 , NO. 2地震 EW方向) -

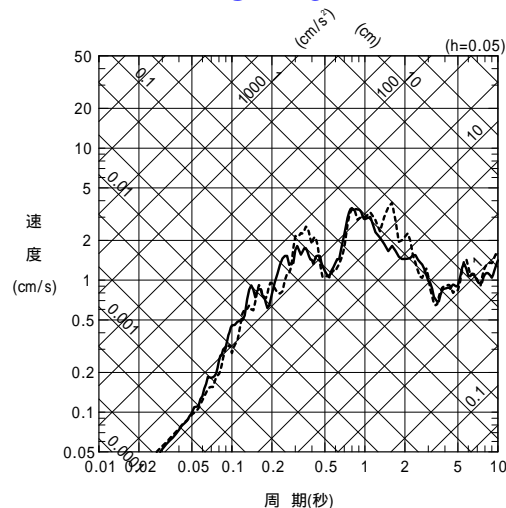
- - - - 解析結果
 ——— 観測記録

No.1
地震

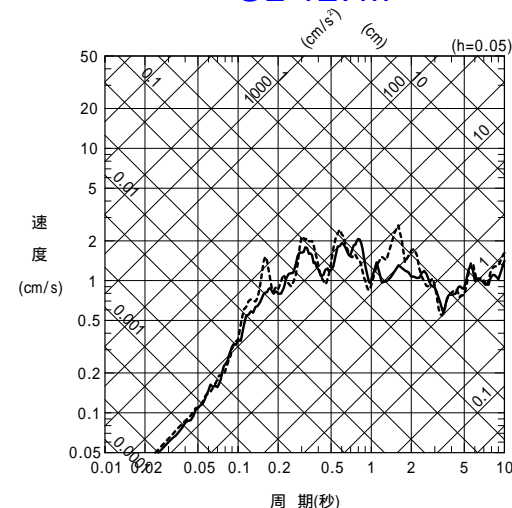
GL+0m



GL-45m

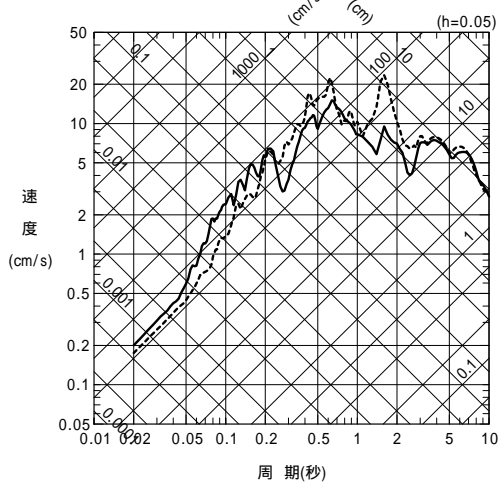


GL-127m

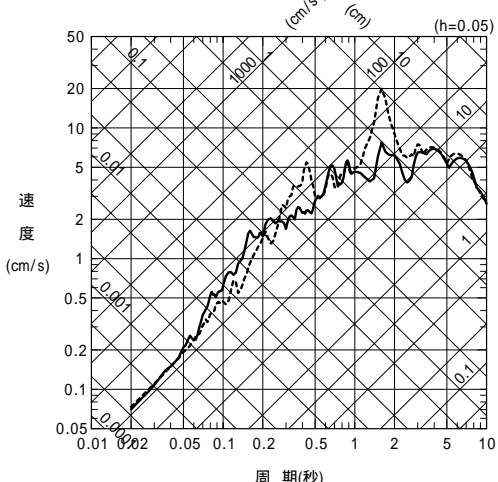


No.2
地震

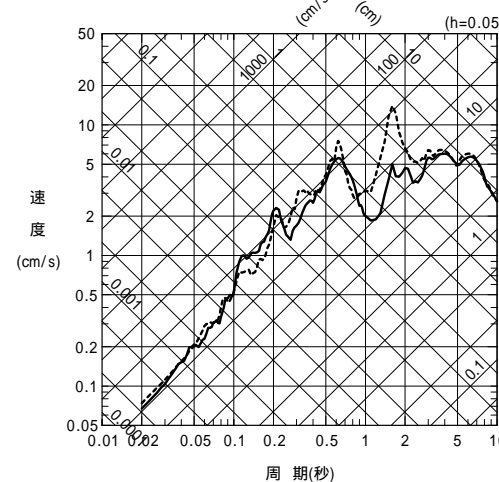
GL+0m



GL-45m



GL-127m

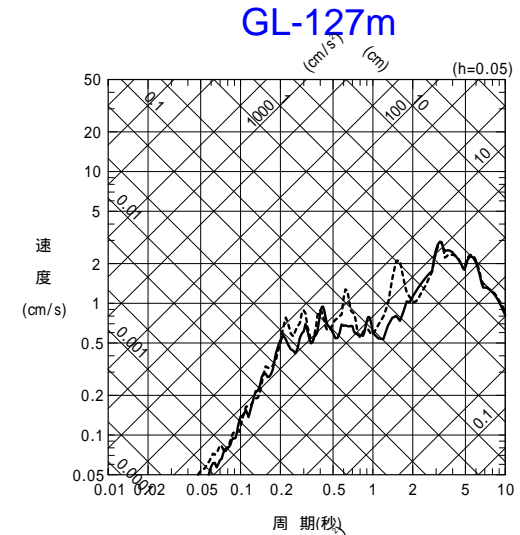
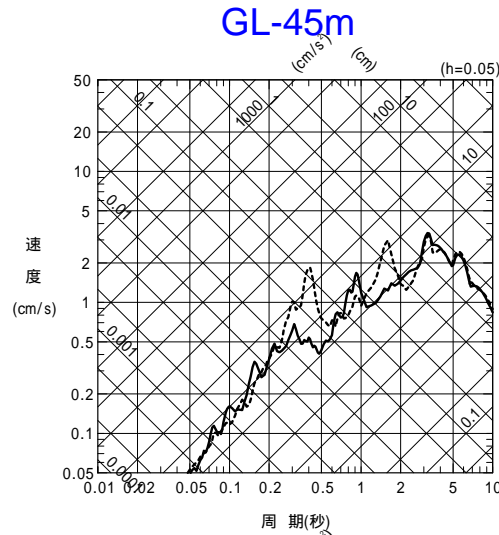
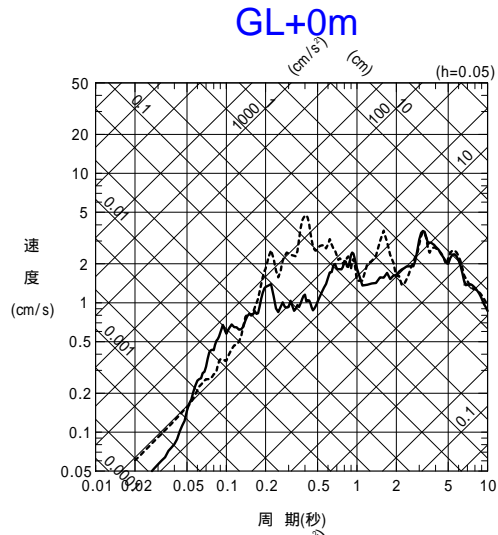


シミュレーション結果

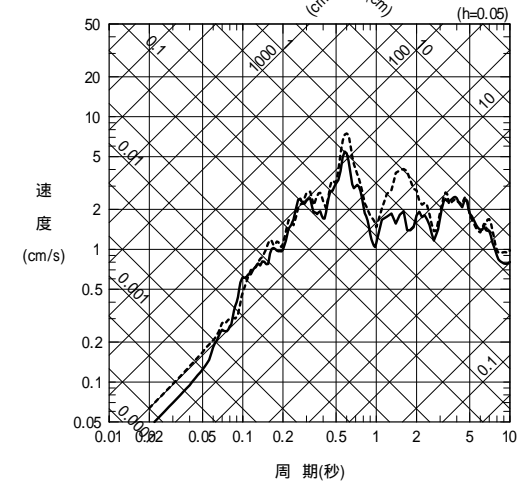
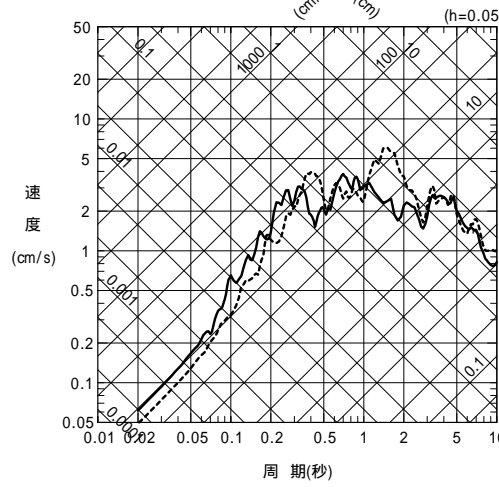
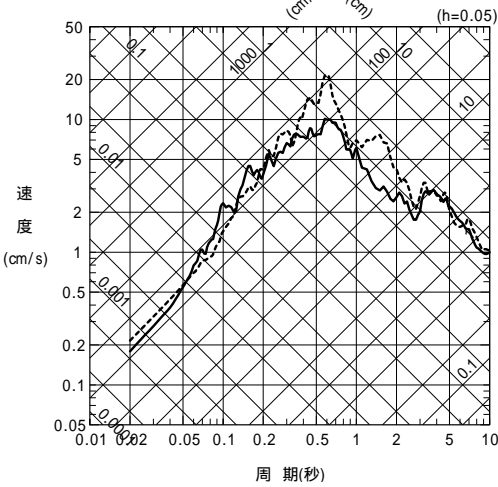
- 応答スペクトル(NO.3 , NO. 4地震 EW方向) -

- - - - 解析結果
 ——— 観測記録

No.3
地震



No.4
地震



まとめ

1号機の設計で用いている成層地盤モデルに基づき，地盤系観測記録のシミュレーション解析を行った。

対象とした観測記録は，海域2地震，陸域2地震の計4地震とした。

地中最深部で得られた観測記録を入力し，等価線形解析を行った結果，地中各観測点の最大加速度振幅値を，良く説明できる結果であった。

応答スペクトルについて比較しても，解析結果は，全体的な傾向をよくとらえる結果であった。

(3) サービスホールでの解放基盤表面相当における
地震動の推定 (追加検討)

サービスホールでの解放基盤表面相当における地震動の推定（追加検討）

第9回合同WG（5/22）でのご説明

- サービスホールでの解放基盤表面相当における地震動を推定した際、地盤系における観測記録（GL - 2.4m , 50m , 100m , 250m）を用いて地盤モデルの同定を行った。

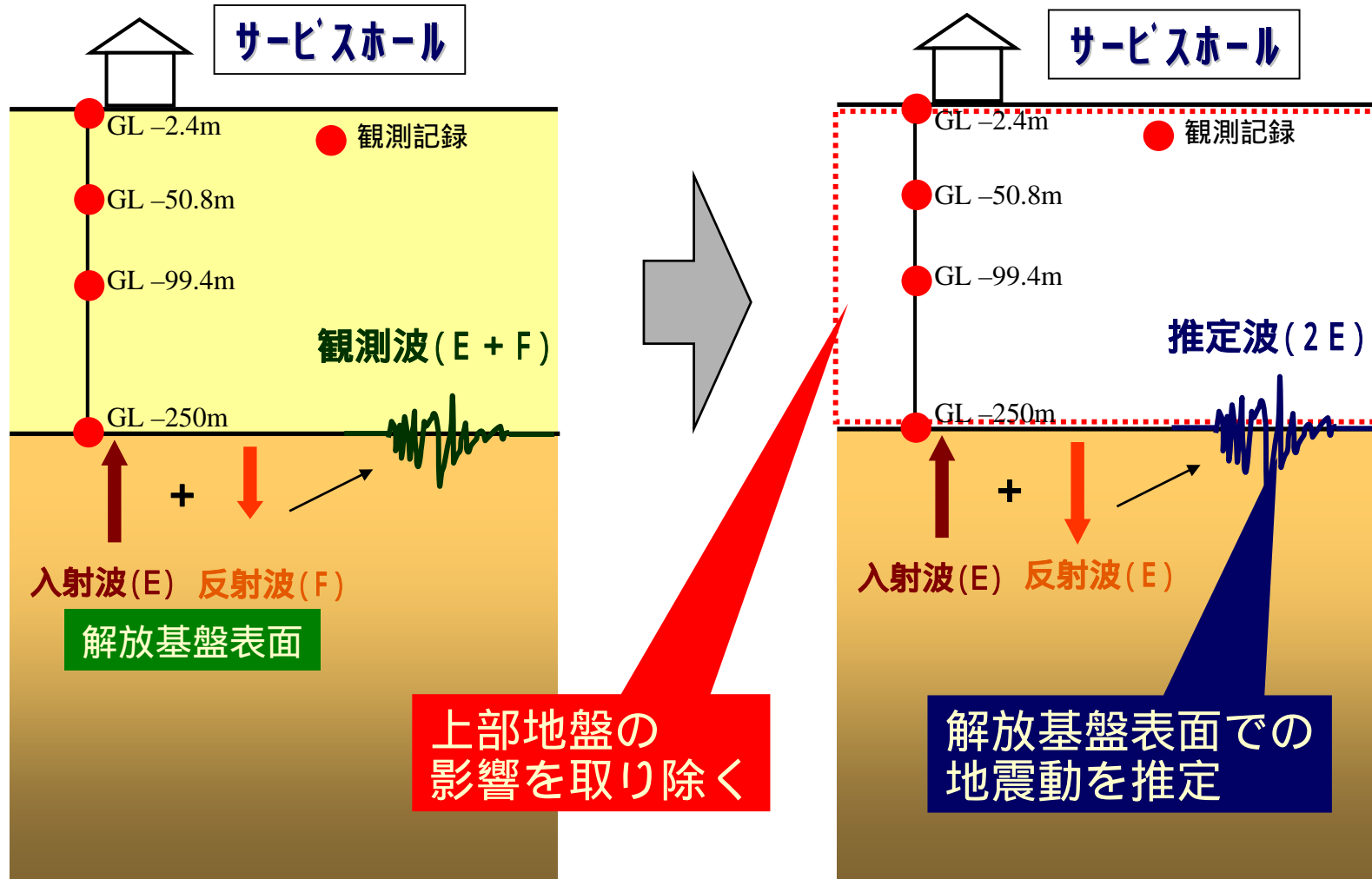
追加検討の内容

- 表層（GL - 2.4m）の観測記録は、非線形性の影響が大きいため、この影響を確認するため、これまでの検討結果と、表層の観測記録を用いないで地盤モデルの同定を行った検討結果を比較する。

検討は、非線形化の影響がNS成分より大きいEW成分について実施

表層の観測記録を含めた推定（これまでの検討結果）

解放基盤表面における地震動の推定方法（サービスホール）



推定方法の概念

表層の観測記録を含めた推定（これまでの検討結果）

解放基盤表面における地震動の推定方法（サービソール）

地盤モデル同定

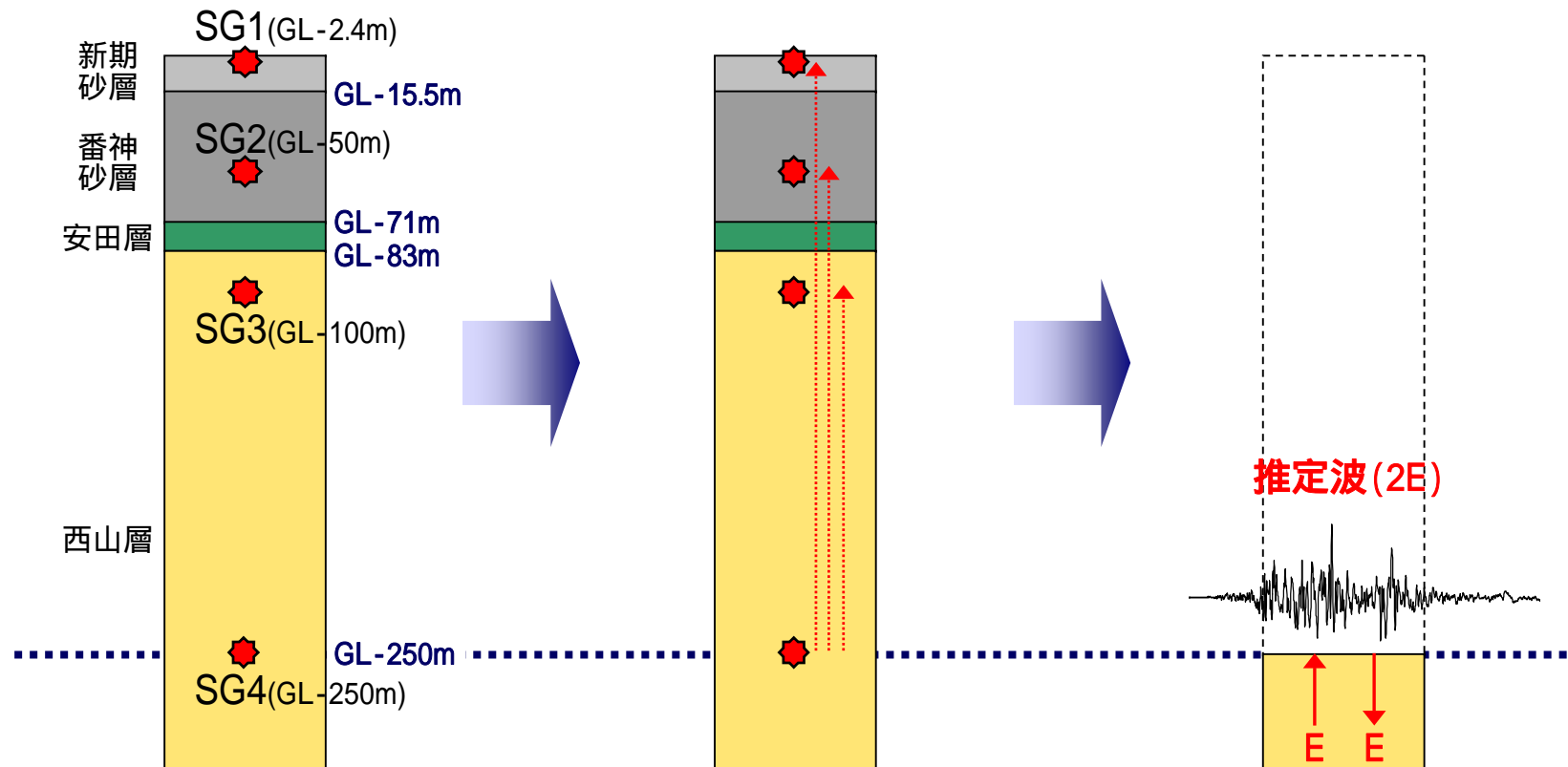
各区間の伝達関数と各深度の観測最大加速度値を同時逆解析して同定

妥当性確認

GL-250m記録を入力とした観測波形のシミュレーション解析により確認

解放基盤波推定

解析によりGL-250m位置の解放基盤波を推定(推定にはGL-250m記録を使用)

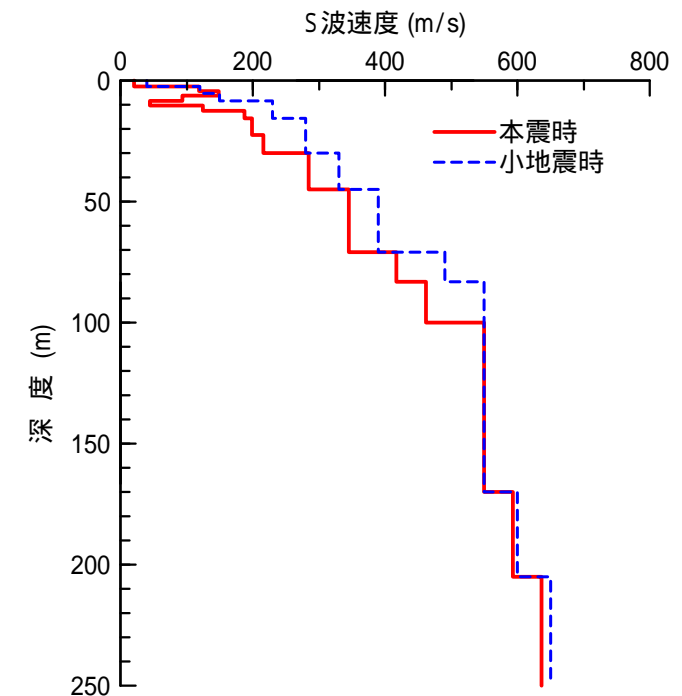


表層の観測記録を含めた推定（これまでの検討結果）

地盤モデルの同定結果（NS方向）（サビ・ホール）

——— 地震計の設置位置

土質区分	層No.	深度GL (m)	層厚 (m)	(t/m ³)	Vs (m/s)	Qo	n		小地震時 Vs (m/s)
		0							
新期砂層	1	-2.4	2.4	1.57	20	1.9	0.53	2.6	40
	2	-4.4	2	1.57	120	2.4	1.07	1.9	120
	3	-6.4	2	1.57	150	1.5	0.66	1.7	150
	4	-8.4	2	1.57	93	1.5	1.04	1.3	
	5	-10.4	2	1.57	45	0.50	0.65	0.50	230
	6	-12.4	2	1.57	120	1.1	0.87	1.3	
	7	-15.5	3.1	1.57	190				
番神砂層	8	-22.5	7	1.57	200	1.5	1.10	2.0	280
	9	-30	7.5	1.57	220				
	10	-45	15	1.57	280	1.0	0.21	4.1	330
	11a	-50	5	1.65	350				390
	11b	-71	21	1.65					
安田層	12	-83	12	1.65	420	1.1	1.17	10	490
西山層	13	-100	17	1.64	460				550
	14	-170	70	1.64	550				600
	15	-205	35	1.67	590				650
	16	-250	45	1.74	640				



・仮定したQ値モデル: $Q(f) = Q_0 f^n$

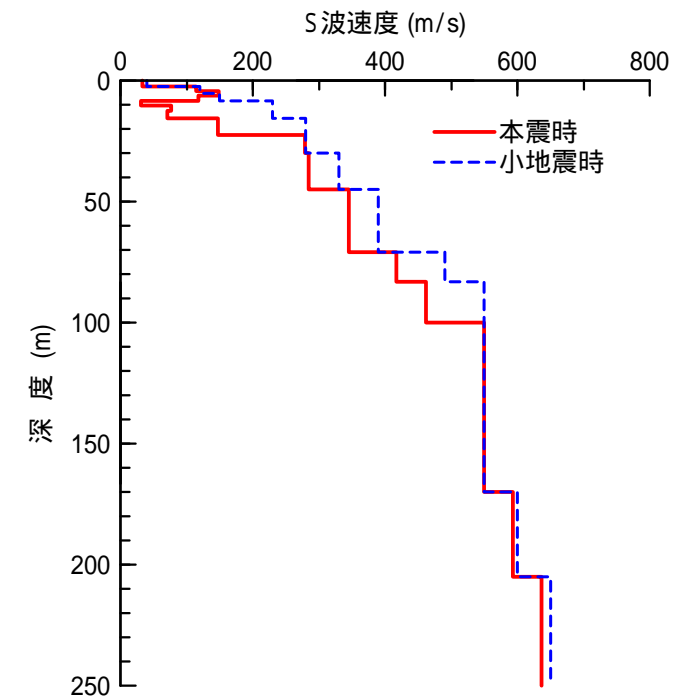
・小地震時Vs=小地震の伝達関数の逆解析から得られたS波速度

表層の観測記録を含めた推定（これまでの検討結果）

地盤モデルの同定結果（EW方向）（サビ・スール）

——— 地震計の設置位置

土質区分	層 No.	深度 GL (m)	層厚 (m)	(t/m ³)	Vs (m/s)	Qo	n		小地震時 Vs (m/s)
		0							
新期砂層	1	-2.4	2.4	1.57	33	1.6	0.77	2.1	40
	2	-4.4	2	1.57	110	5.4	0.83	4.4	120
	3	-6.4	2	1.57	150	3.9	0.90	3.2	150
	4	-8.4	2	1.57	120	2.9	0.95	0.86	
	5	-10.4	2	1.57	31	0.51	1.11	0.52	230
	6	-12.4	2	1.57	77	7.1	1.04	2.7	
	7	-15.5	3.1	1.57	71				
番神砂層	8	-22.5	7	1.57	150	1.4	1.09	1.3	280
	9	-30	7.5	1.57	280				
	10	-45	15	1.57	280	1.0	0.21	4.1	330
	11a	-50	5	1.65	350				390
	11b	-71	21	1.65					
安田層	12	-83	12	1.65	420	1.1	1.17	10	490
西山層	13	-100	17	1.64	460				550
	14	-170	70	1.64	550				600
	15	-205	35	1.67	590				650
	16	-250	45	1.74	640				

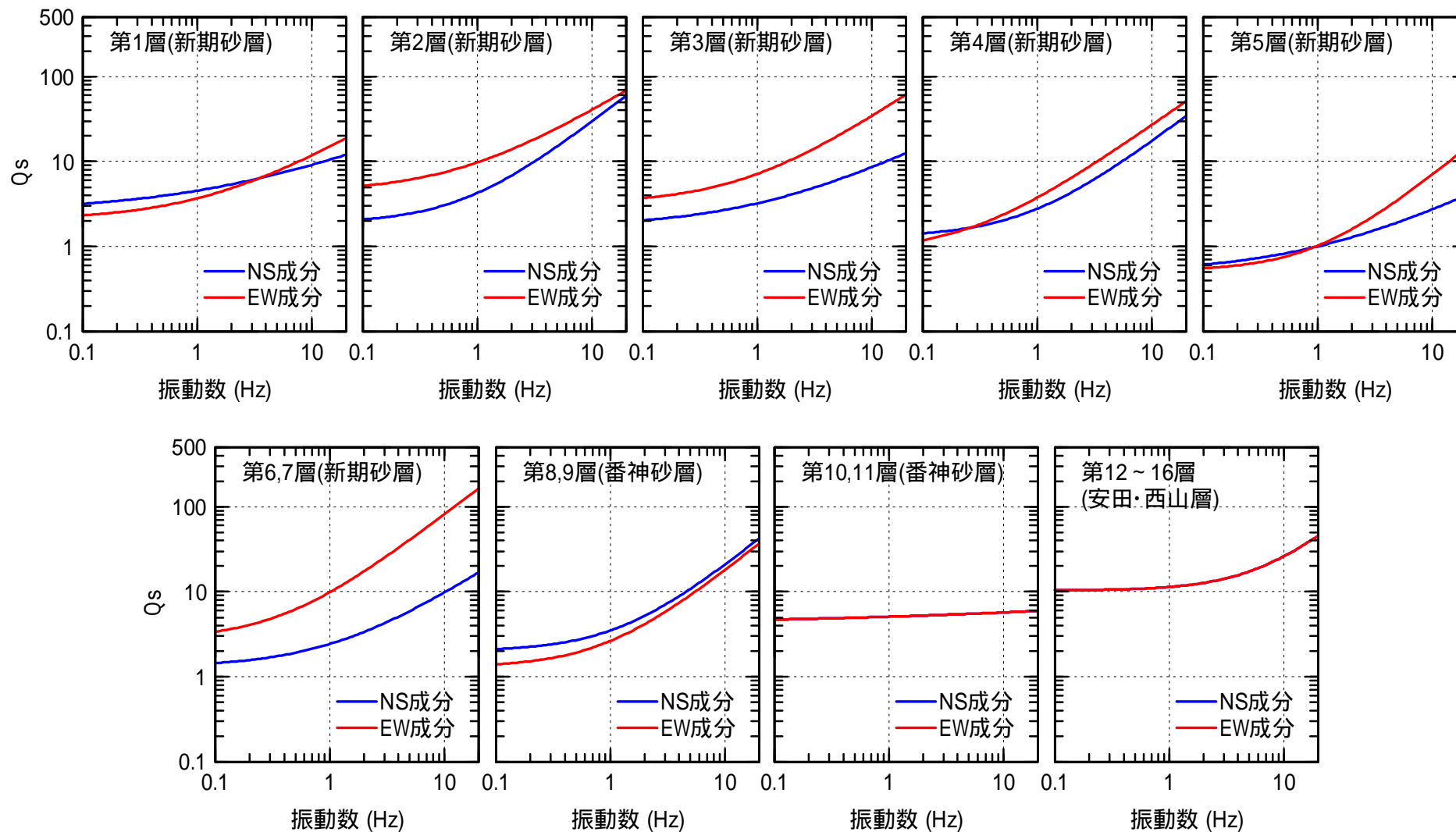


・仮定したQ値モデル: $Q(f) = Q_0 f^n$

・小地震時Vs=小地震の伝達関数の逆解析から得られたS波速度

表層の観測記録を含めた推定（これまでの検討結果）

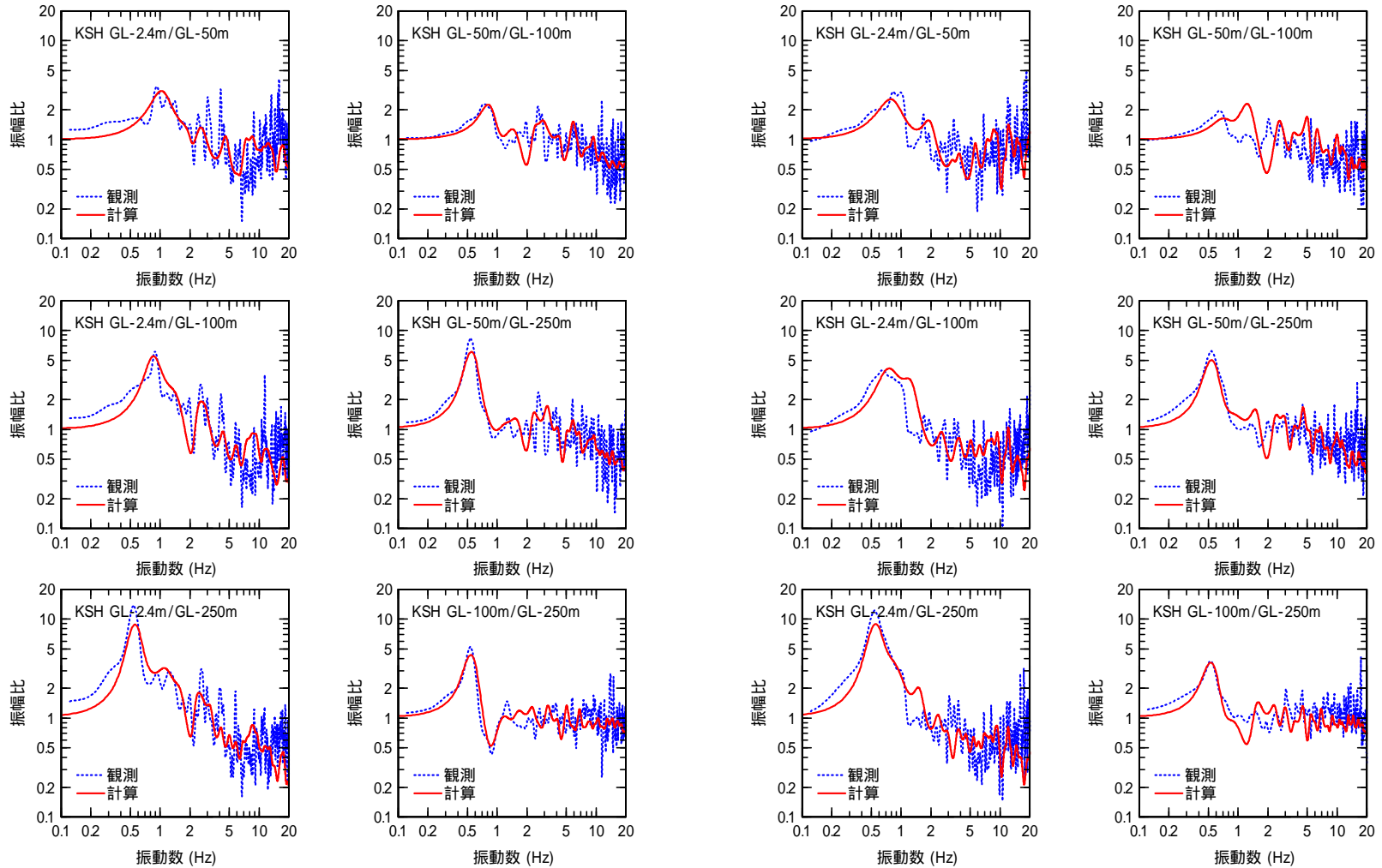
Q値の同定結果（サービソール）



表層の観測記録を含めた推定（これまでの検討結果）

伝達関数の観測値と計算値の比較（サービッスール）

各区間とも計算値は観測値の特徴をよく説明

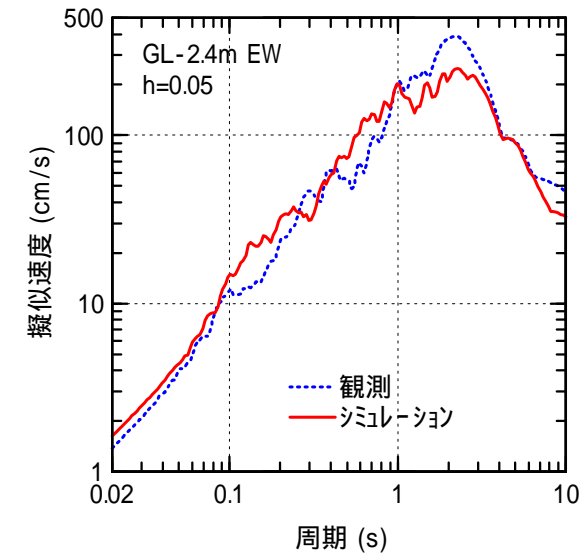
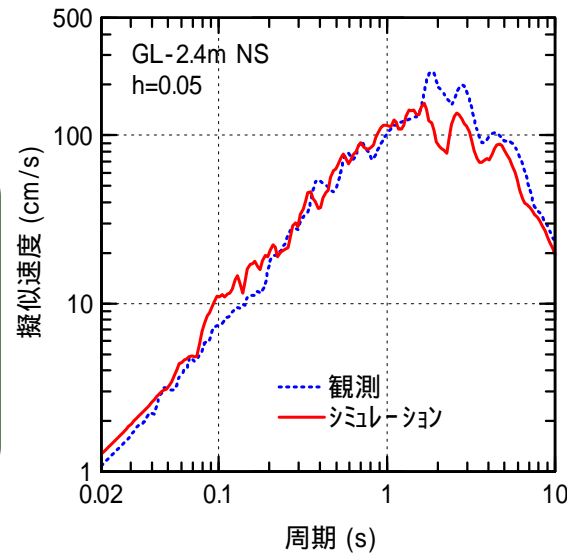
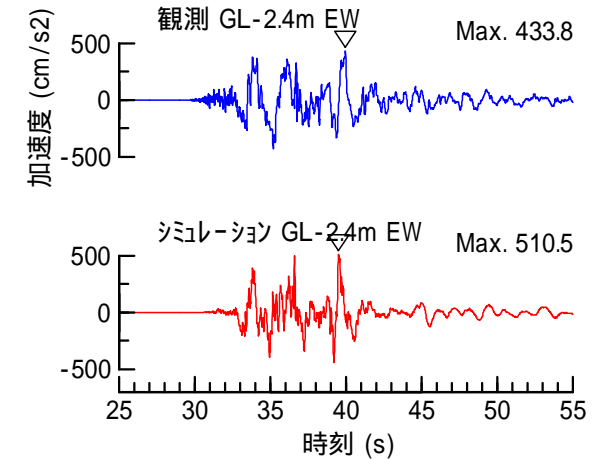
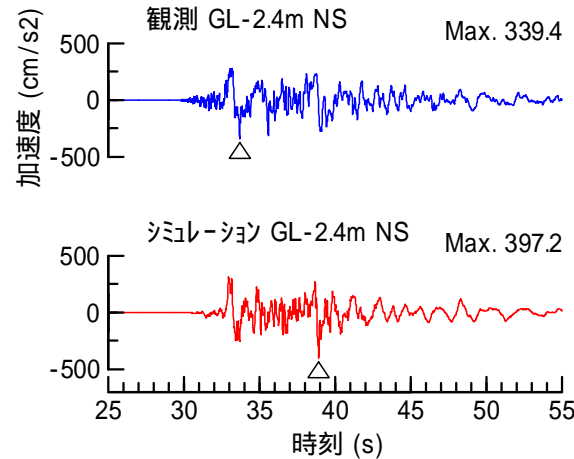
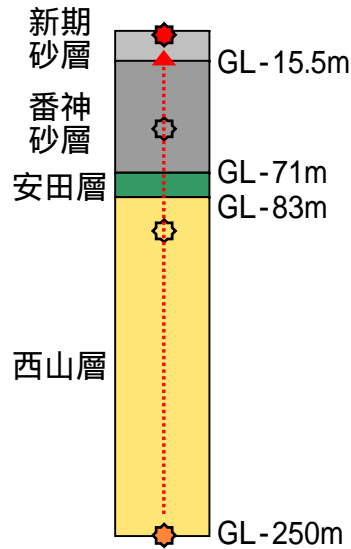


NS成分の比較

EW成分の比較

表層の観測記録を含めた推定（これまでの検討結果）

GL-2.4m観測波形のシミュレーション結果



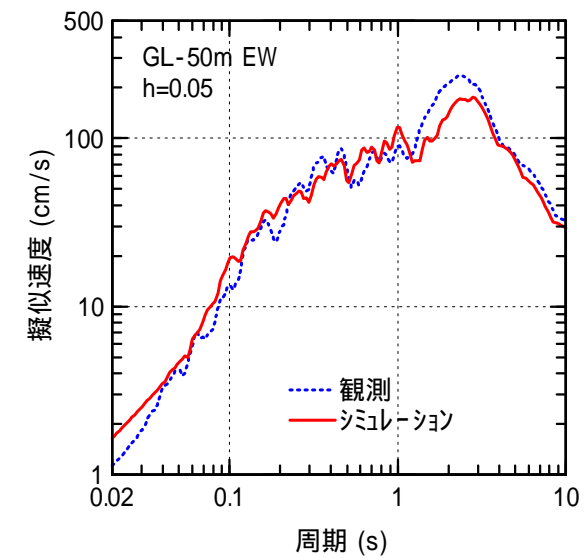
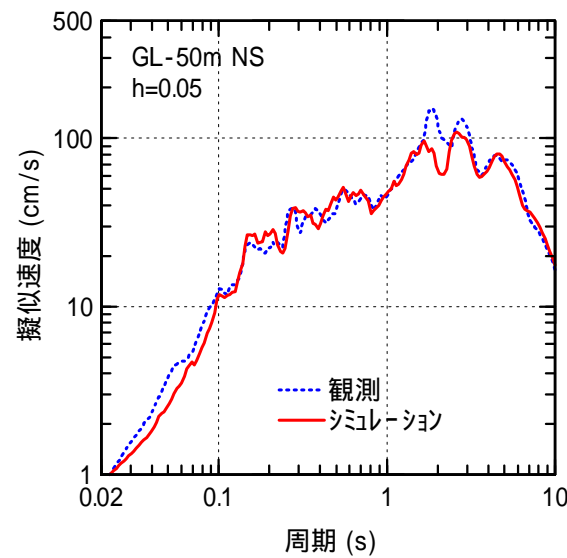
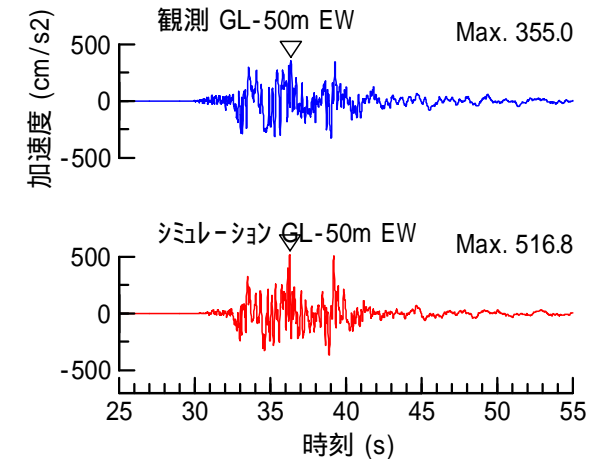
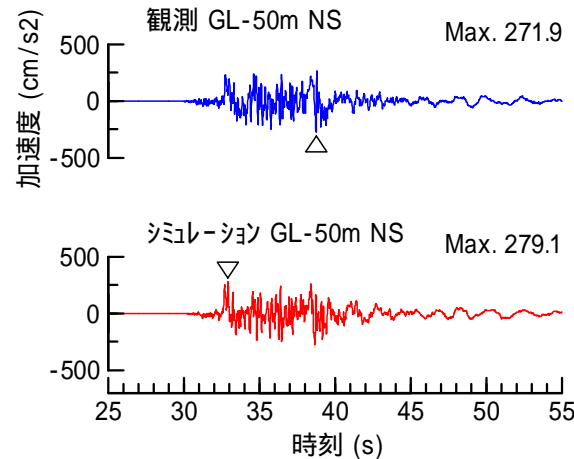
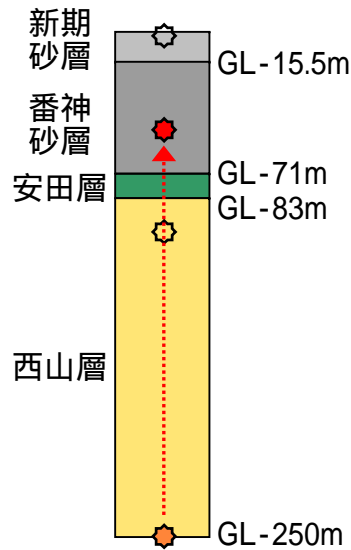
GL-2.4mの記録は地盤の非線形化の影響を強く受けているが、波形・応答スペクトルとも観測値と計算値はおおむね対応

NS方向

EW方向

表層の観測記録を含めた推定（これまでの検討結果）

GL-50m観測波形のシミュレーション結果



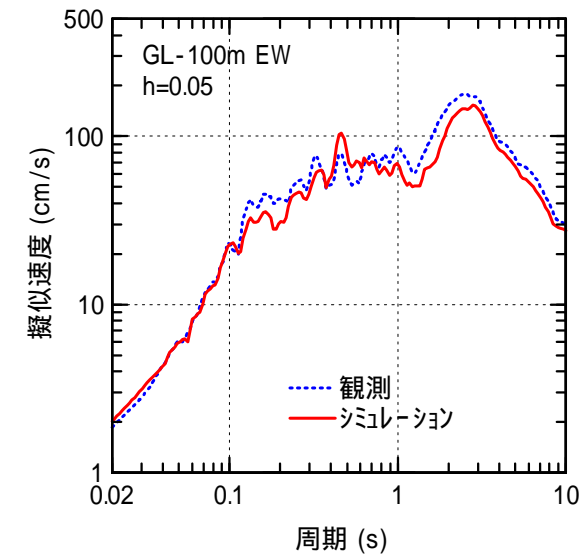
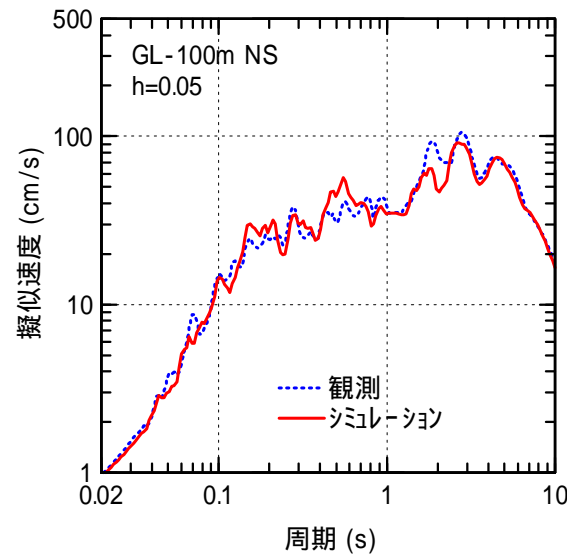
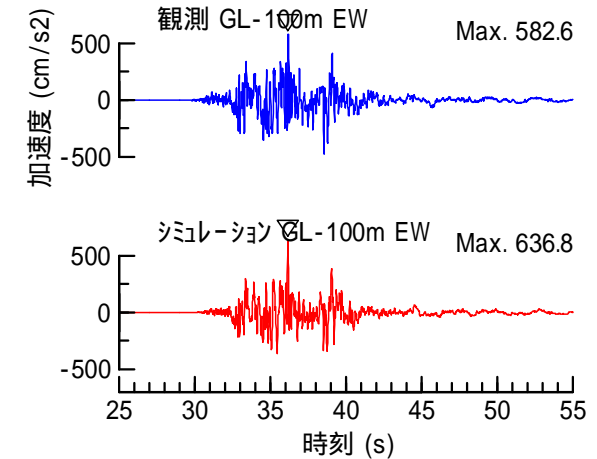
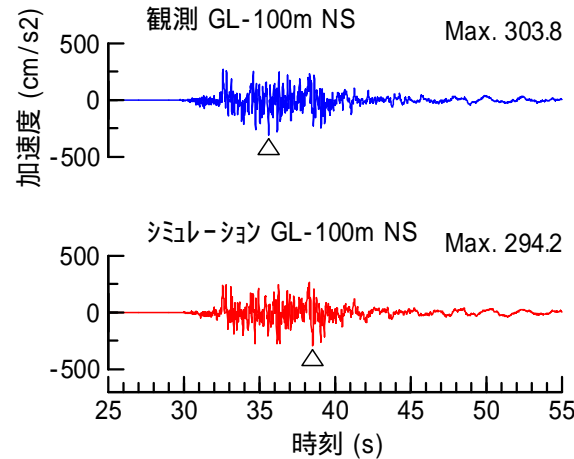
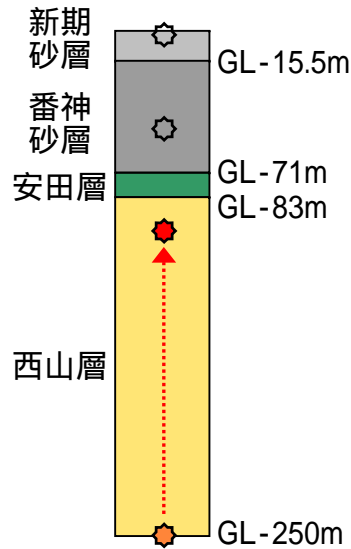
波形・応答スペクトルとも観測値と計算値はよく対応

NS方向

EW方向

表層の観測記録を含めた推定（これまでの検討結果）

GL-100m観測波形のシミュレーション結果



波形・応答スペクトルとも観測値と計算値はよく対応

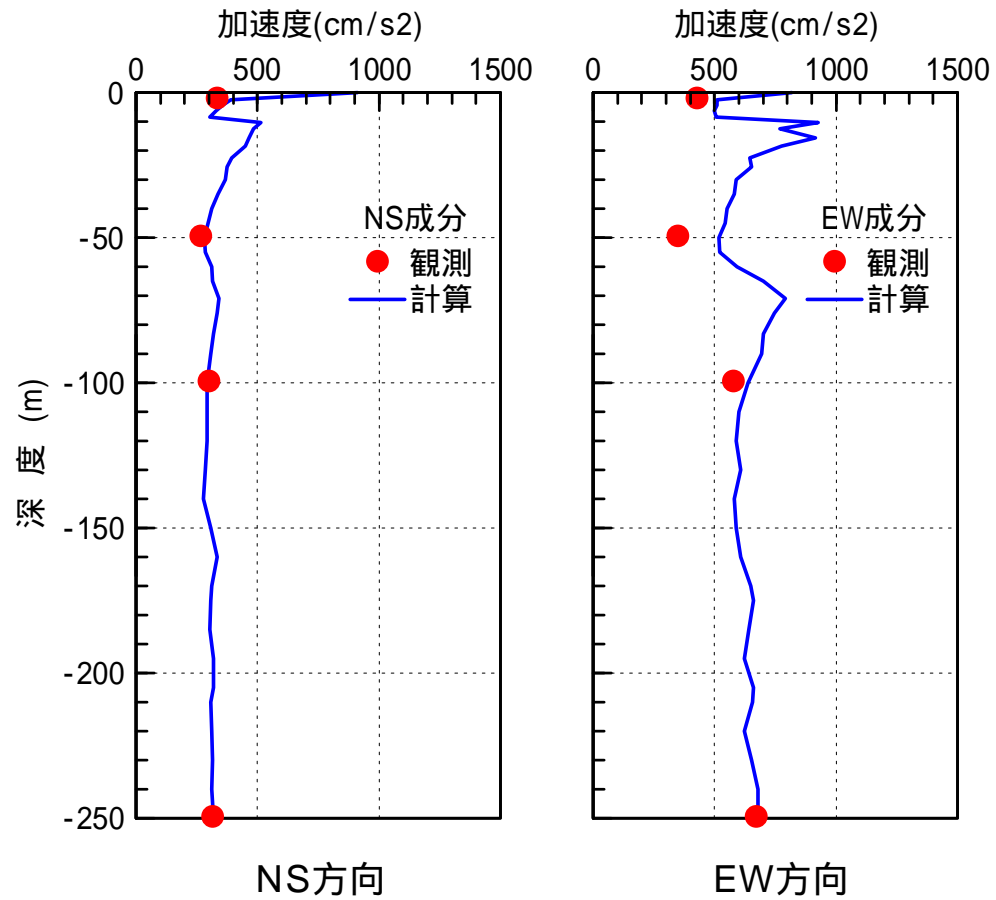
NS方向

EW方向

表層の観測記録を含めた推定（これまでの検討結果）

最大加速度のシミュレーション結果

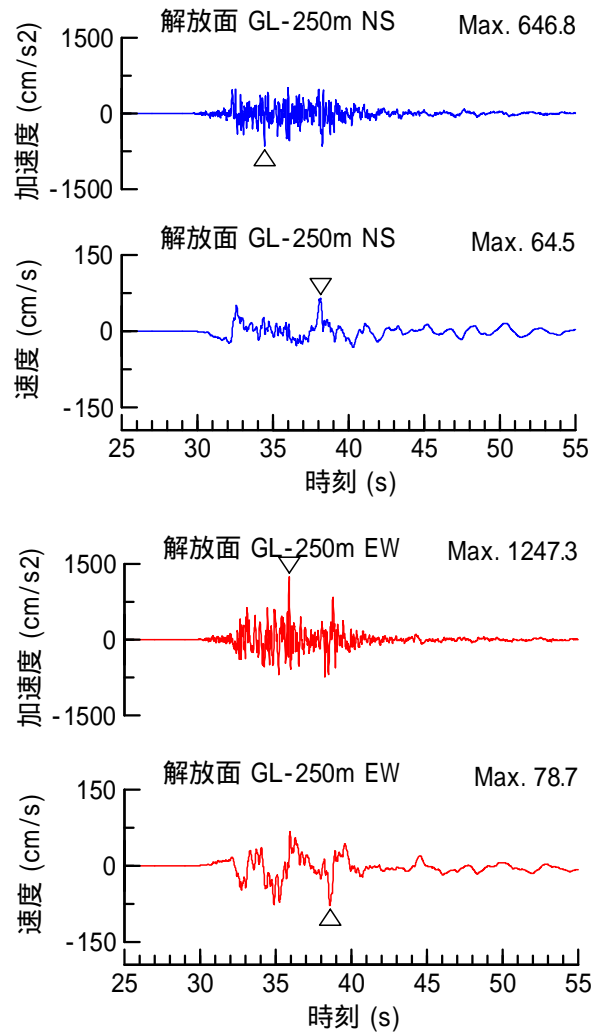
観測値と計算値が概ね一致



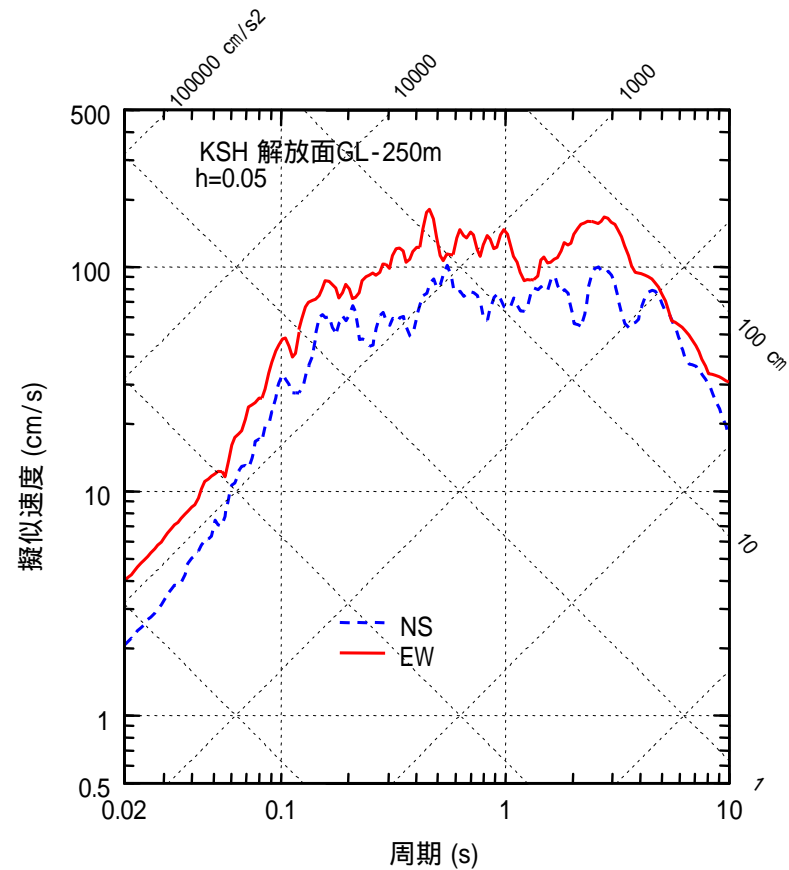
* 入力波 = GL-250m記録

表層の観測記録を含めた推定（これまでの検討結果）

解放基盤表面における地震動の推定（サービソール）



GL-250m位置における
解放基盤表面の推定波



表層の観測記録を除いた場合の推定（追加検討）

解放基盤表面における地震動の推定方法（サービ'ス-ル）【追加検討】

表層の観測記録を除いて地盤モデルを同定

地盤モデル同定

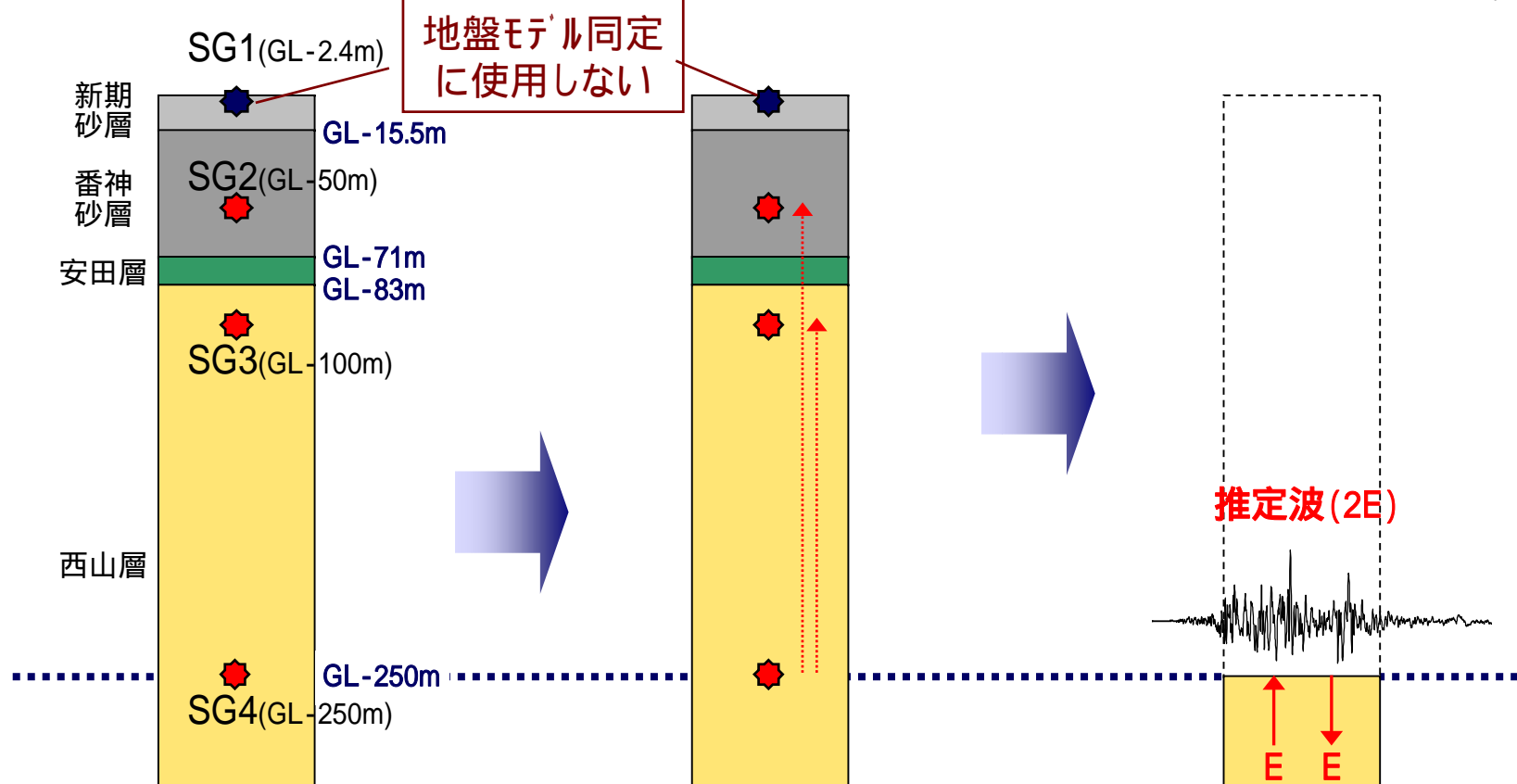
各区間の伝達関数と各深度の観測最大加速度値を同時逆解析して同定

妥当性確認

GL-250m記録を入力とした観測波形のシミュレーション解析により確認

解放基盤波推定

解析によりGL-250m位置の解放基盤波を推定(推定にはGL-250m記録を使用)



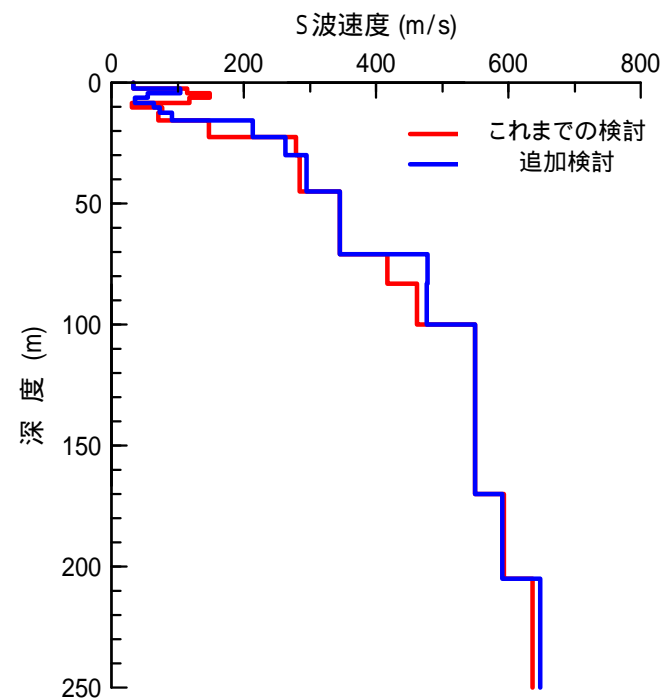
表層の観測記録を除いた場合の推定（追加検討）

地盤モデルの同定結果（EW方向）【追加検討】

——— 地震計の設置位置

土質区分	層 No.	深度 GL (m)	層厚 (m)	(t/m ³)	Vs (m/s)	Qo	n	
		0						
新期砂層	1	-2.4	2.4	1.57	33	3.0	1.13	4.5
	2	-4.4	2	1.57	100	2.3	0.79	5.2
	3	-6.4	2	1.57	55	1.6	1.01	4.6
	4	-8.4	2	1.57	35	0.5	0.95	0.51
	5	-10.4	2	1.57	64	1.2	1.04	1.1
	6	-12.4	2	1.57	73	6.8	1.17	2.7
	7	-15.5	3.1	1.57	91			
番神砂層	8	-22.5	7	1.57	210	6.8	0.98	4.1
	9	-30	7.5	1.57	260			
	10	-45	15	1.57	300			
	11a	-50	5	1.65	350	1.0	0.47	10
	11b	-71	21	1.65				
安田層	12	-83	12	1.65	480	1.1	1.15	10
西山層	13	-100	17	1.64	480			
	14	-170	70	1.64	550			
	15	-205	35	1.67	590			
	16	-250	45	1.74	650			

S波モデルの比較

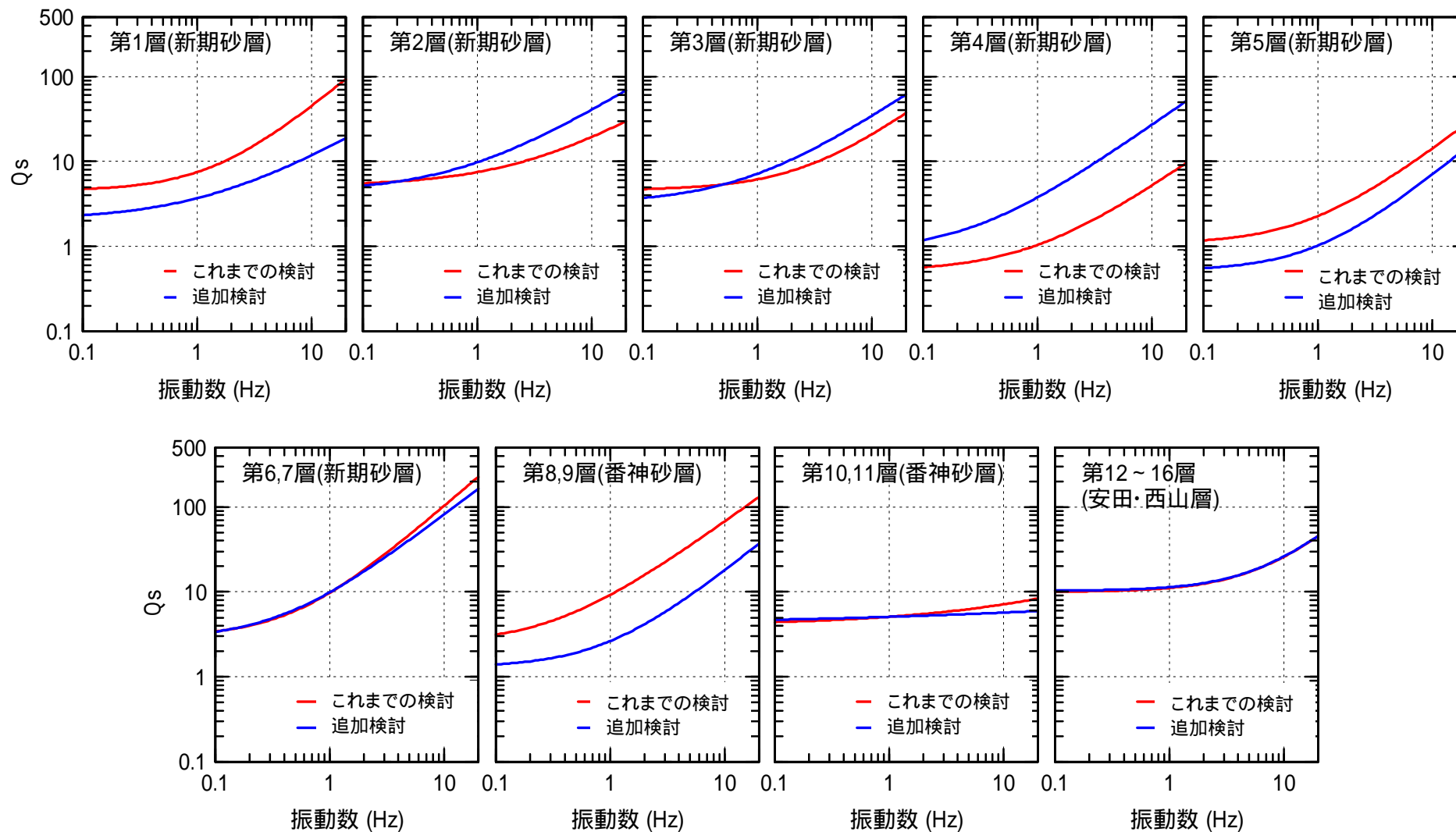


追加検討と大局的には類似

- ・仮定したQ値モデル: $Q(f) = Q_0 f^{n+1}$
- ・小地震時Vs=小地震の伝達関数の逆解析から得られたS波速度

表層の観測記録を除いた場合の推定（追加検討）

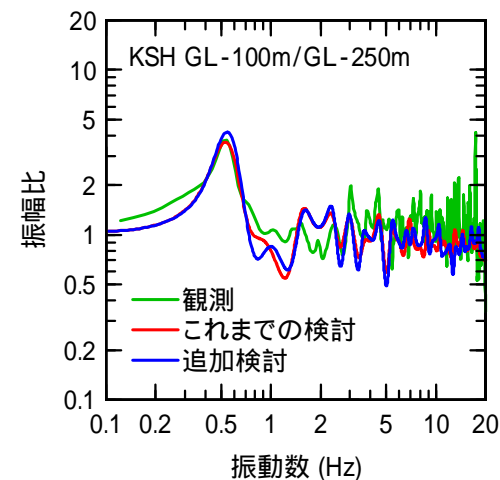
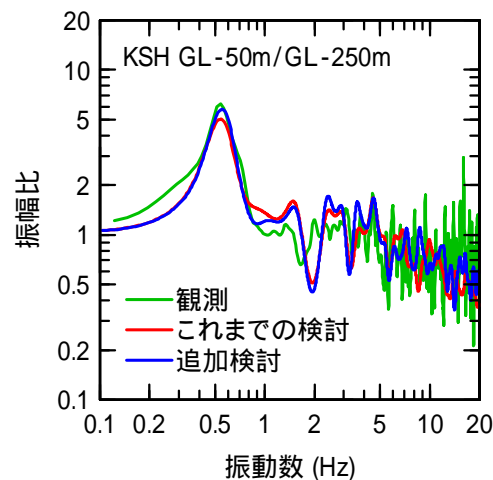
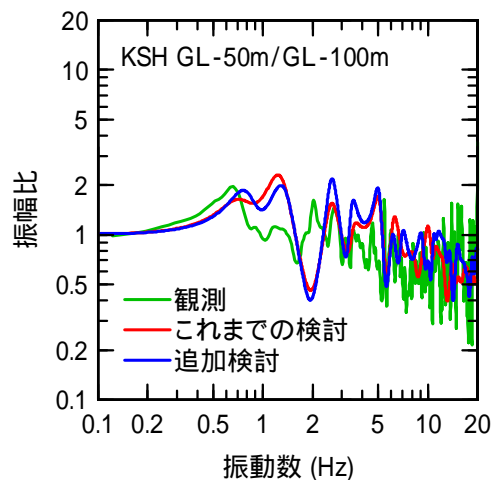
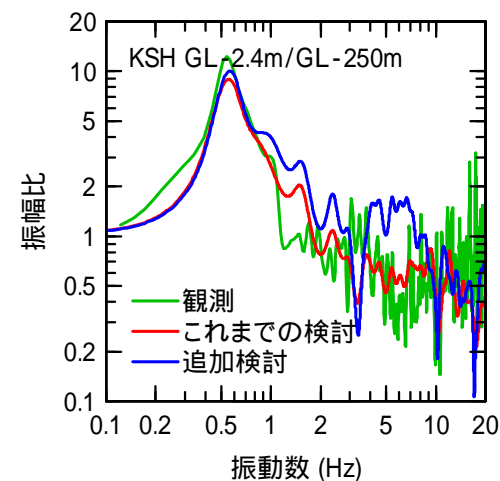
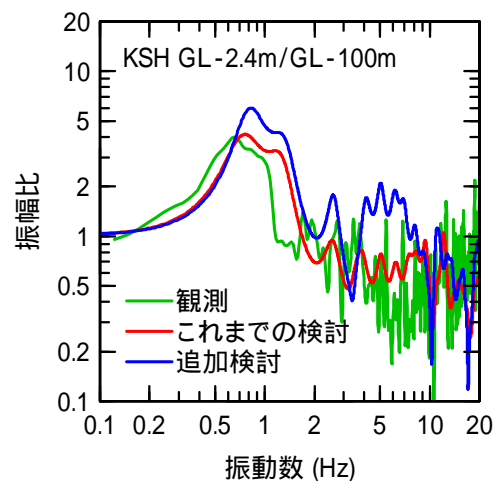
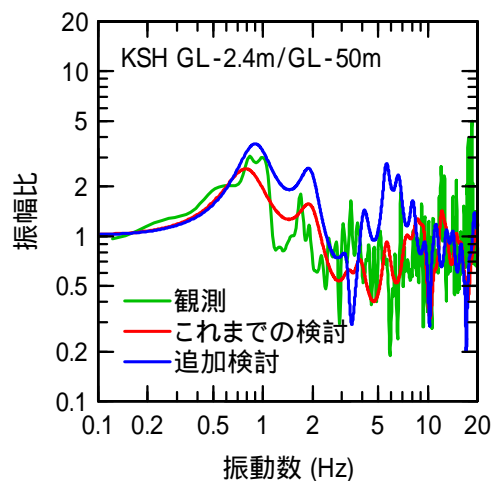
Q値の比較



表層の観測記録を除いた場合の推定（追加検討）

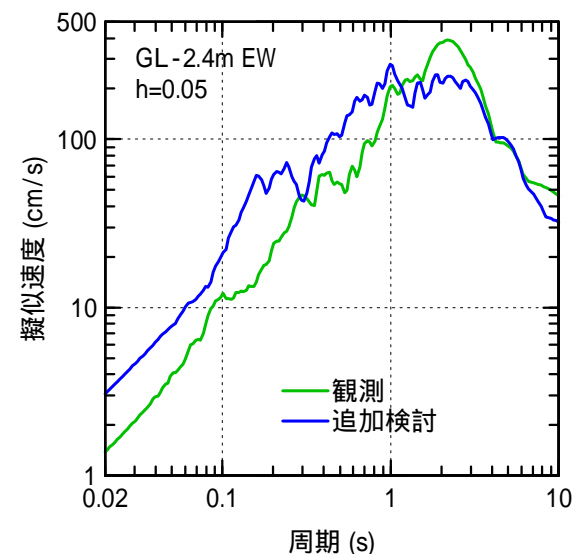
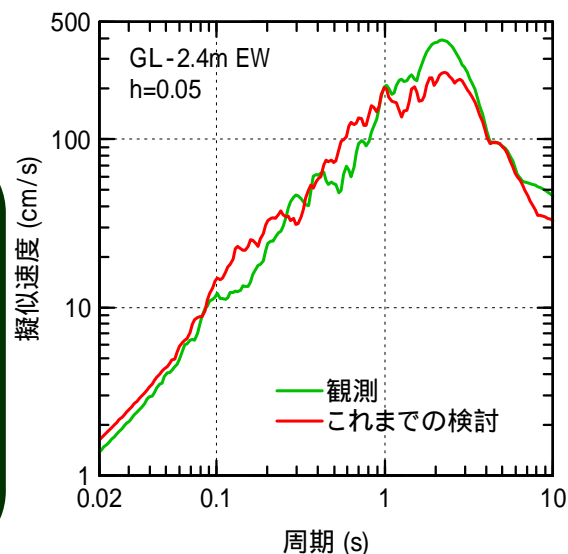
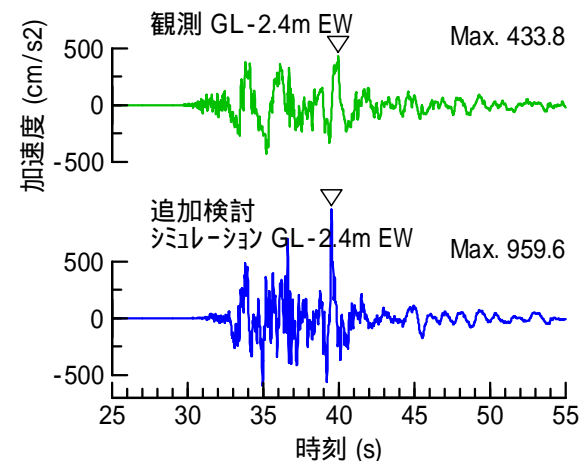
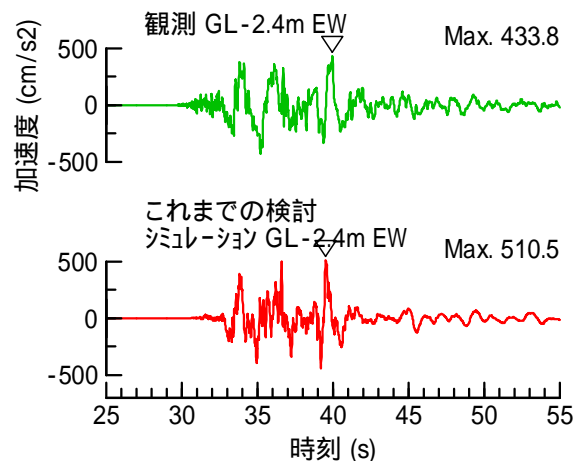
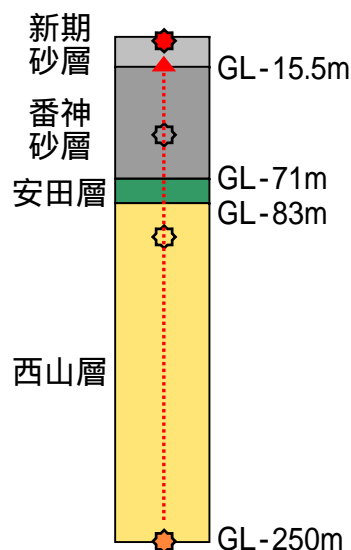
伝達関数の観測値と計算値の比較

下段のGL-50m/GL-100m、GL-50m/GL-250m及びGL-100m/GL-250mについては、これまでの検討結果と、追加検討の結果はほぼ同等



表層の観測記録を除いた場合の推定（追加検討）

GL-2.4m観測波形のシミュレーション結果



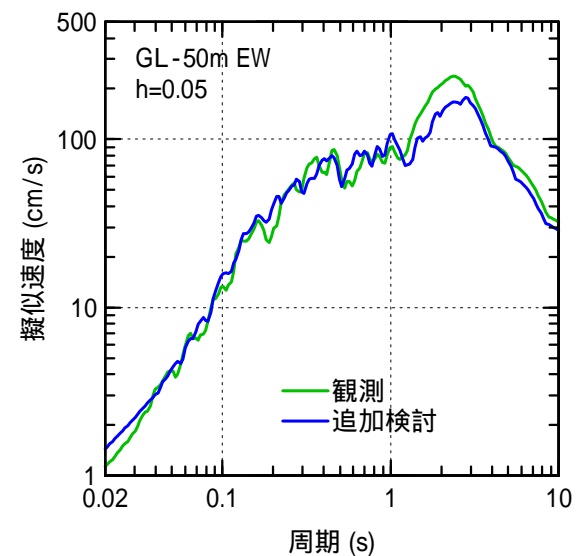
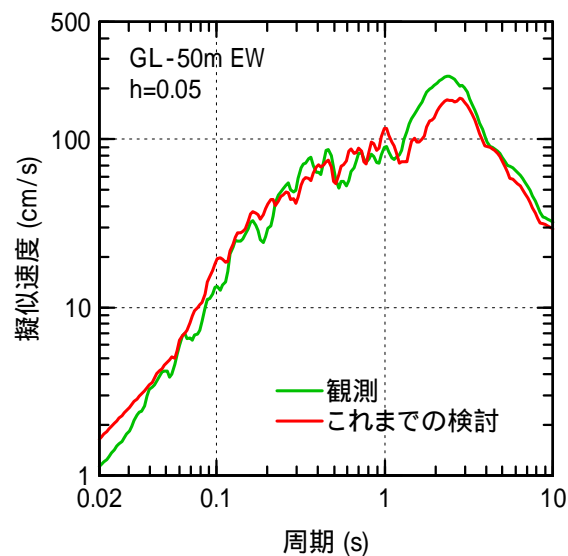
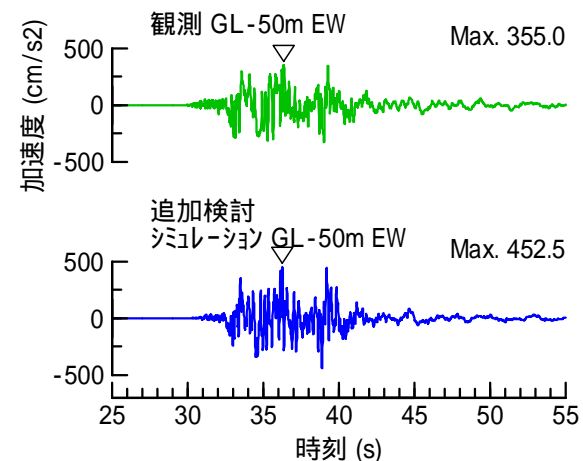
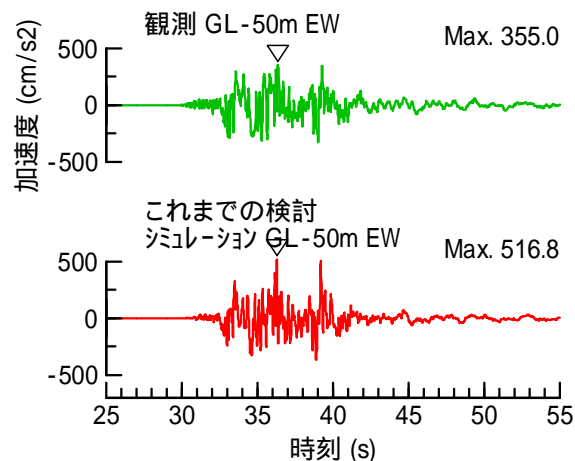
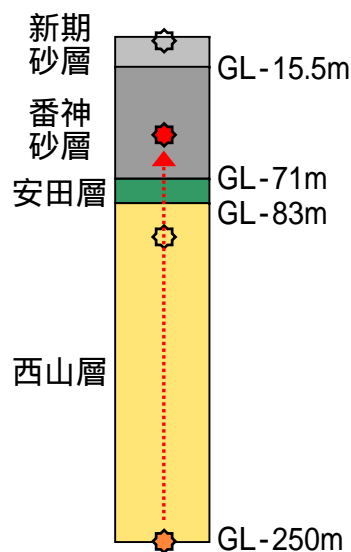
追加検討の地盤モデルはGL-2.4m記録を使用しないで得られている。そのため、本検討のGL-2.4m記録のシミュレーション結果はよくない

これまでの検討

追加検討

表層の観測記録を除いた場合の推定（追加検討）

GL-50m観測波形のシミュレーション結果



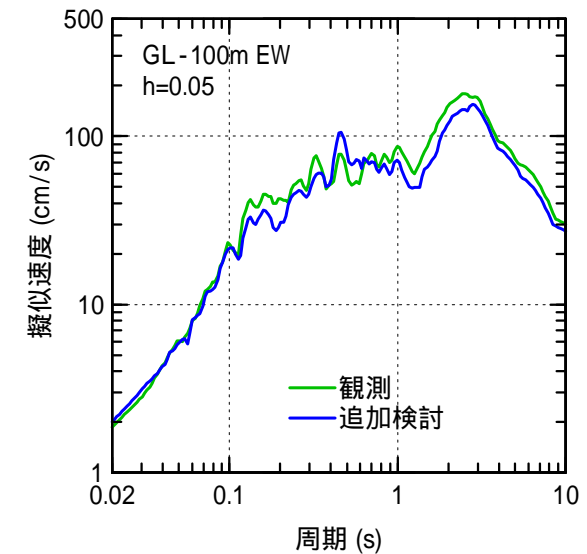
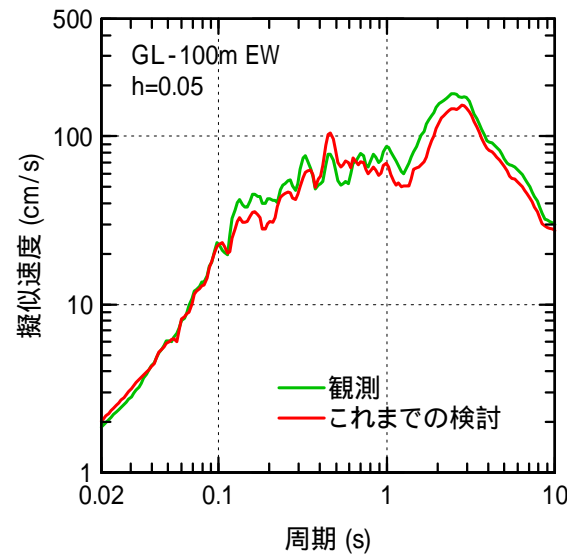
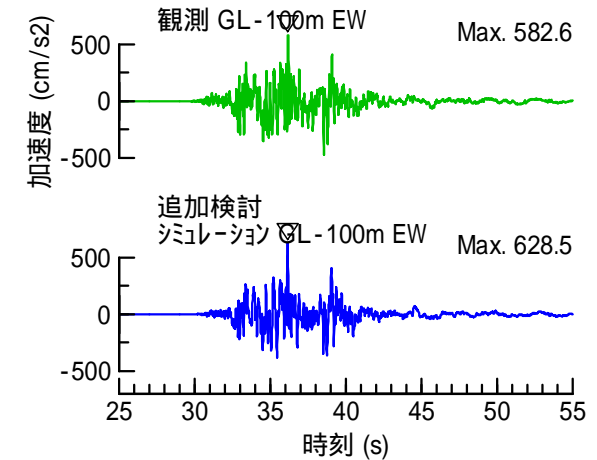
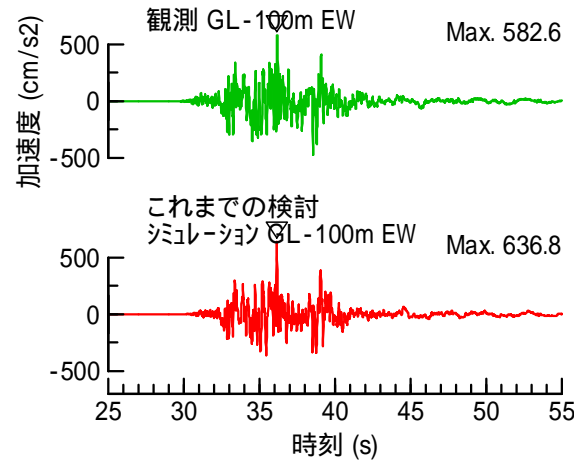
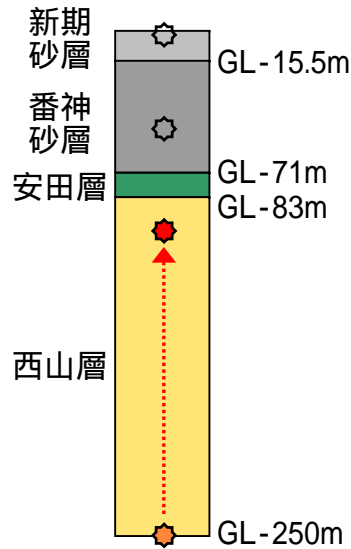
これまでの検討と追加検討のシミュレーションの結果に大きな違いは見られない

これまでの検討

追加検討

表層の観測記録を除いた場合の推定（追加検討）

GL-100m観測波形のシミュレーション結果



これまでの検討と追加検討のシミュレーションの結果に大きな違いは見られない

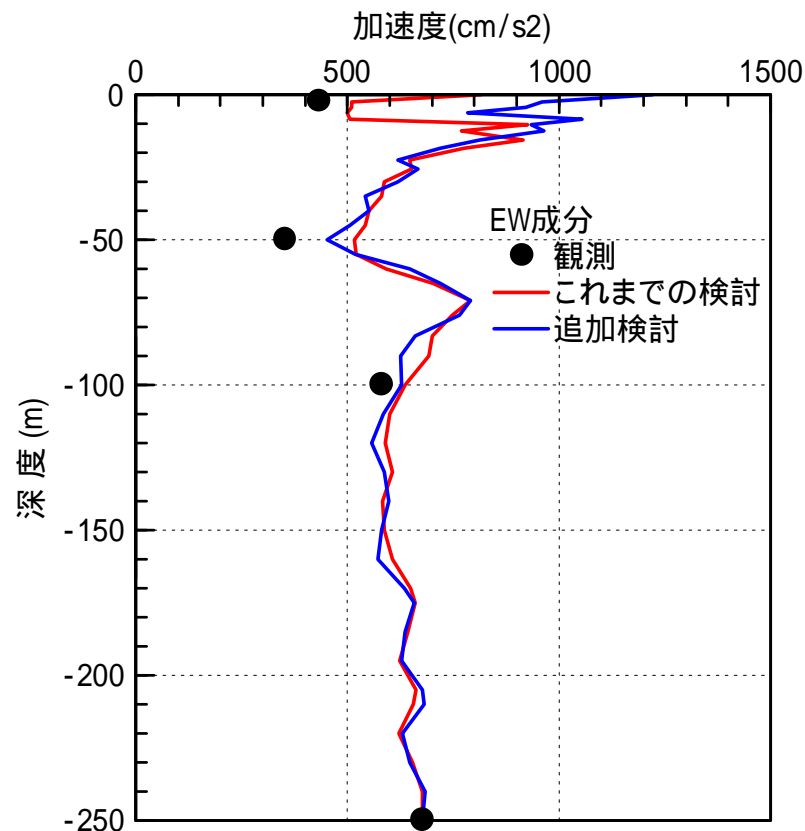
これまでの検討

追加検討

表層の観測記録を除いた場合の推定（追加検討）

最大加速度のシミュレーション結果

GL-50m以深：これまでの検討 追加検討
GL-50m以浅：これまでの検討 < 追加検討

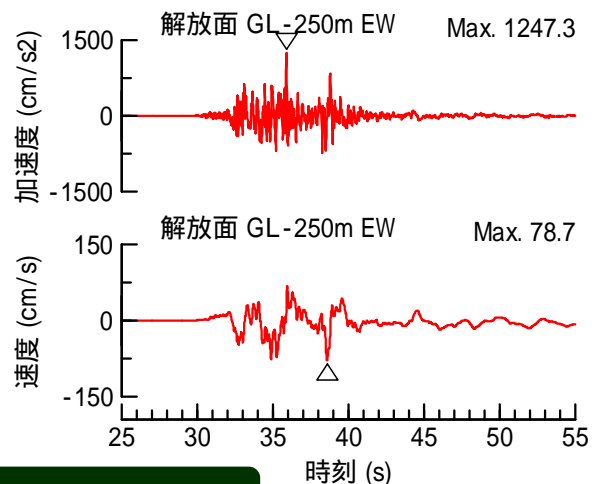


* 入力波 = GL-250m記録

表層の観測記録を除いた場合の推定（追加検討）

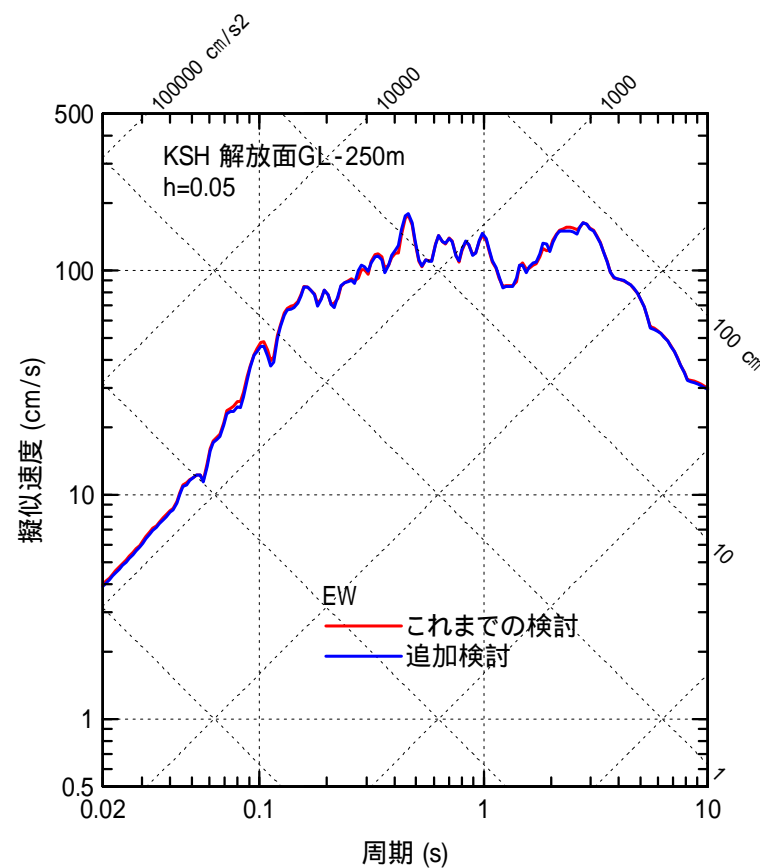
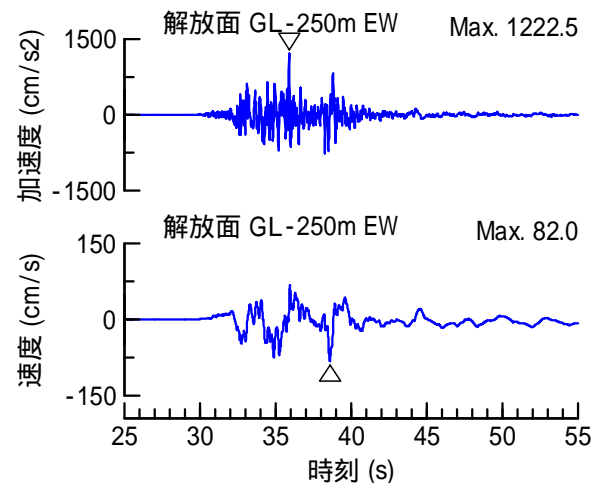
GL-250m位置を解放基盤表面とした解析結果の比較

これまでの検討



これまでの検討と追加検討の解析結果はほぼ一致

追加検討



まとめ

これまでの検討（第9回合同WGでご説明した内容）に加えて、非線形性の影響が大きい表層（GL - 2.4m）の観測記録を除いて地盤モデルの同定を行った結果を説明した。

表層の観測記録を除いて地盤モデルの同定をした結果を用いて、解放基盤表面相当（GL - 250m）を推定した地震動は、これまでの検討で説明した地震動とほぼ一致した。