

1-4 粗いメッシュによる解析

(1) 解析メッシュの概要

メッシュによる解析結果への影響を検討するため、図-5に示す粗いメッシュを作成しました。粗いメッシュは、鉛直方向の目安内に収まる範囲で、盛土内のメッシュ間隔を約2倍(2m~4m)として設定し、節点数は、計4336点、従来の計9344点に比べ半分程度となりました。なお、解析パラメータは、1-3で示した値を用いました。

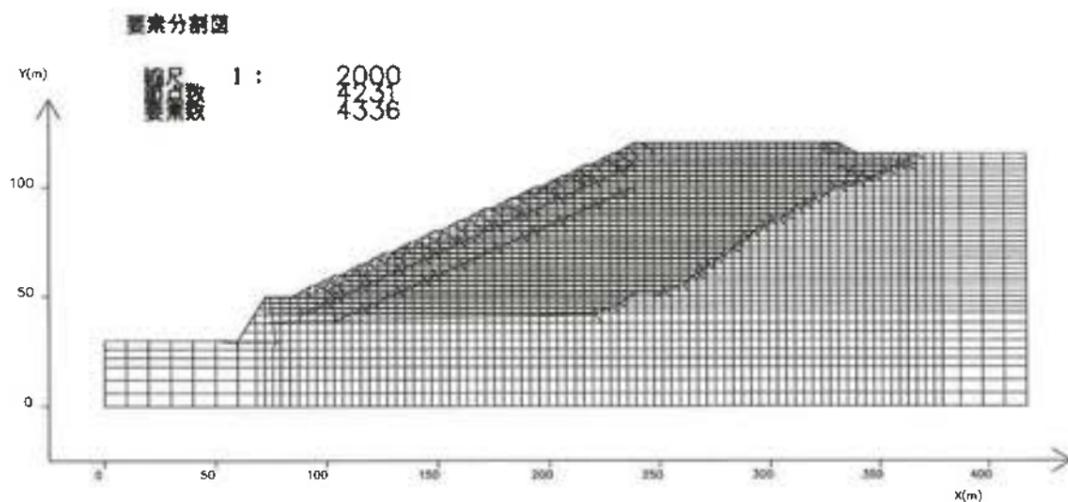


図-5 粗いメッシュ図

(2) 解析結果

粗いメッシュによる解析結果を図-6に示します。加速度分布、せん断ひずみ分布、変位メッシュ図において、メッシュの粗密による影響は極めて少なく、同様の傾向を示すことが確認されました。

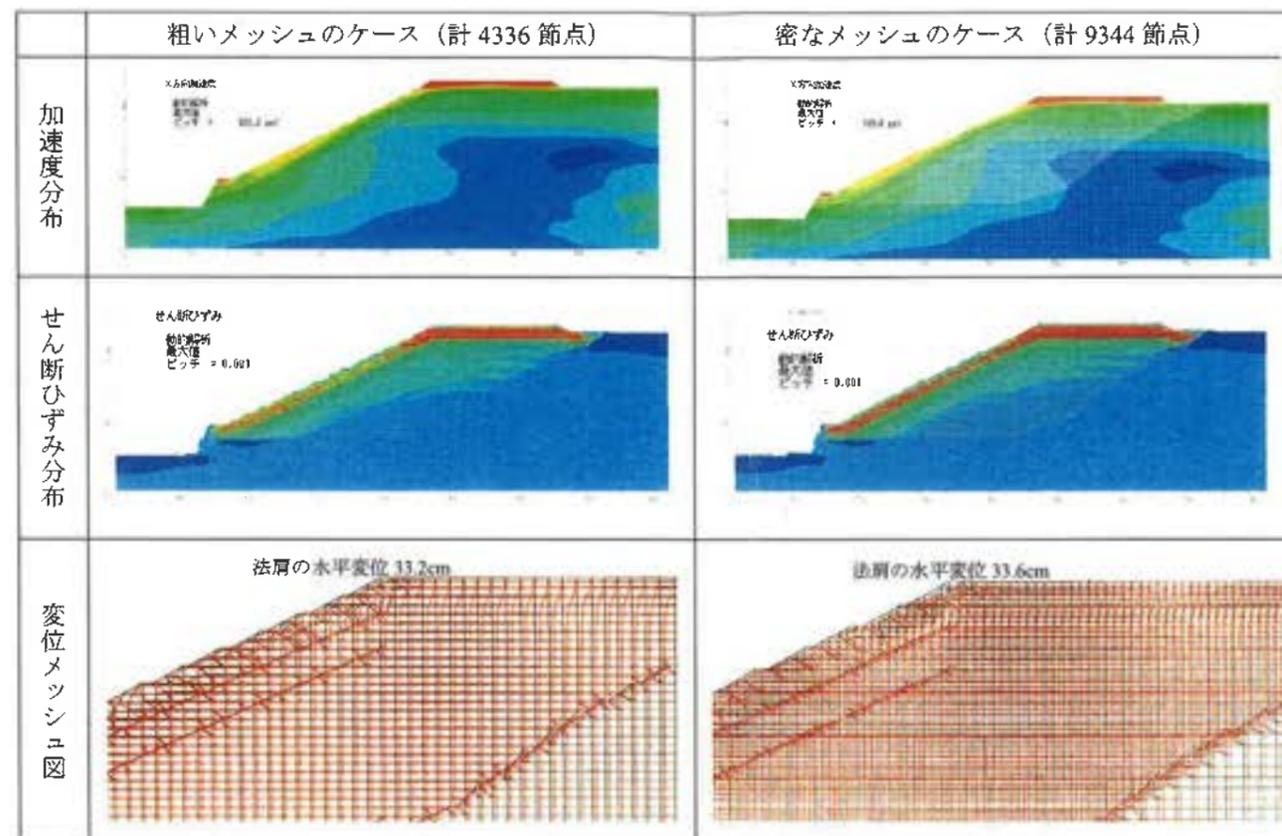


図-6 粗密メッシュによる各結果図一覧

1-5 動的解析の結果

パラメータ変更による解析結果を図-7、図-8に示します。

■大きく短い地震動（タイプII地震動）（兵庫県南部地震）

- ・各波形による最大加速度は、埋立法面から天端にかけて、表層部で大きくなる傾向がみられます
- ・各波形による最大せん断ひずみ分布は、埋立法面から天端にかけて、浅層部で大きくなる傾向がみられます
- ・各波形による変位メッシュ図は、最大せん断ひずみが得られる時刻のもので、法肩でやや変位が発生する傾向がみられます
- ・各波形による局所安全率は、法面表層部と盛土内部で瞬間的に小さな安全率を示します

■変位メッシュ図

- ・せん断ひずみが最大となる時刻での変位を示します

■局所安全率

- ・せん断ひずみが最大となる時刻での安全率を示します

・局所安全率 F_s は、 $\frac{\tau_f}{\tau_s + \tau_d}$ により求めます

ここに、 τ_s ：静的解析によるせん断応力、 τ_d ：動的解析によるせん断応力、 τ_f ：モールクーロンの破壊規準によるせん断強度 ($\tau_f = c + \sigma_v' \tan \phi$)

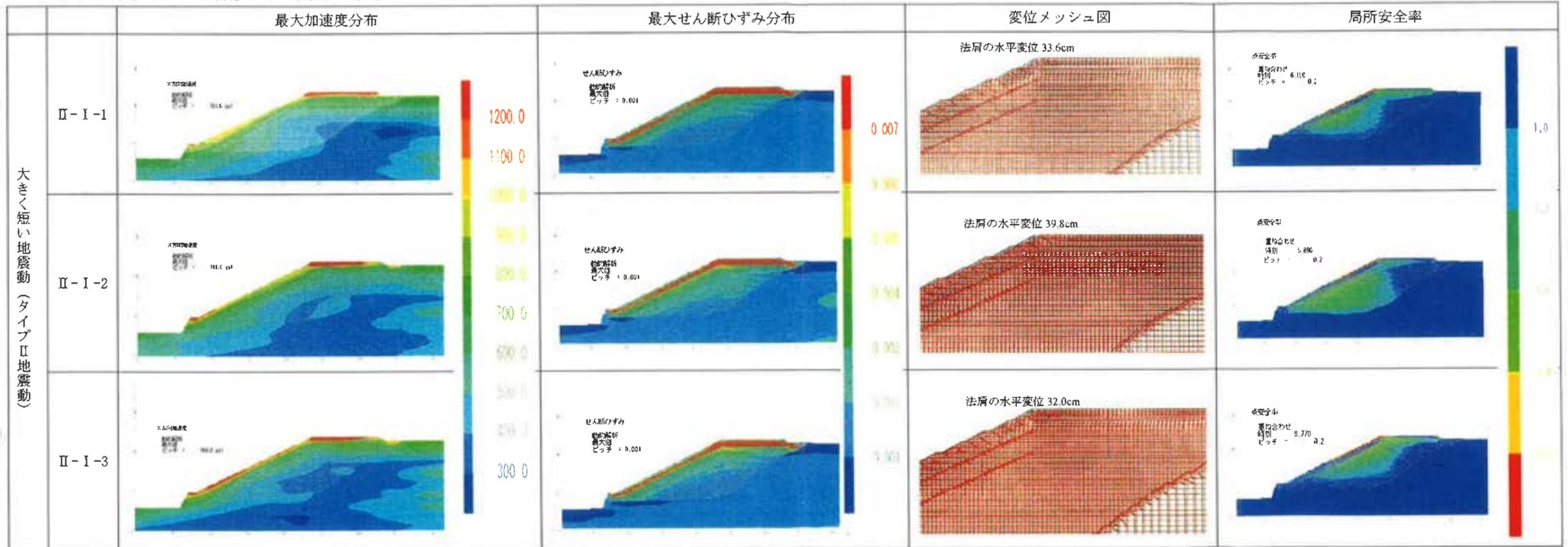
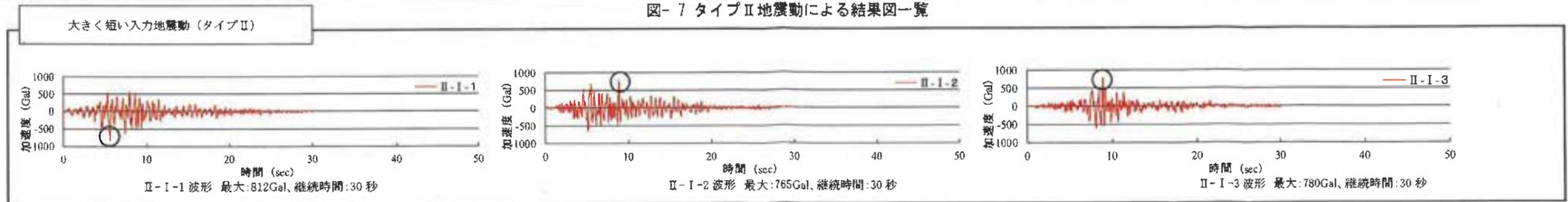


図-7 タイプII地震動による結果図一覧



■大きく長い地震動（タイプI地震動）（十勝沖地震、東北地方太平洋沖地震）

- ・各波形による最大加速度は、埋立法面から天端にかけて、表層部で大きくなる傾向がみられます
- ・各波形による最大せん断ひずみ分布は、埋立法面から天端にかけて、浅層部で大きくなる傾向がみられます
- ・各波形による変位メッシュ図は、天端から法肩にかけて、やや変位が発生する傾向がみられます
- ・各波形による局所安全率は、法面表層部と盛土内部で瞬間的に小さい安全率を示します

■変位メッシュ図

- ・せん断ひずみが最大となる時刻での変位を示します

■局所安全率

- ・せん断ひずみが最大となる時刻での安全率を示します

・局所安全率 F_s は、 $\frac{\tau_f}{\tau_s + \tau_d}$ により求めます

ここに、 τ_s ：静的解析によるせん断応力、 τ_d ：動的解析によるせん断応力、 τ_f ：モールクーロンの破壊規準によるせん断強度（ $\tau_f = c + \sigma_v' \tan \phi$ ）

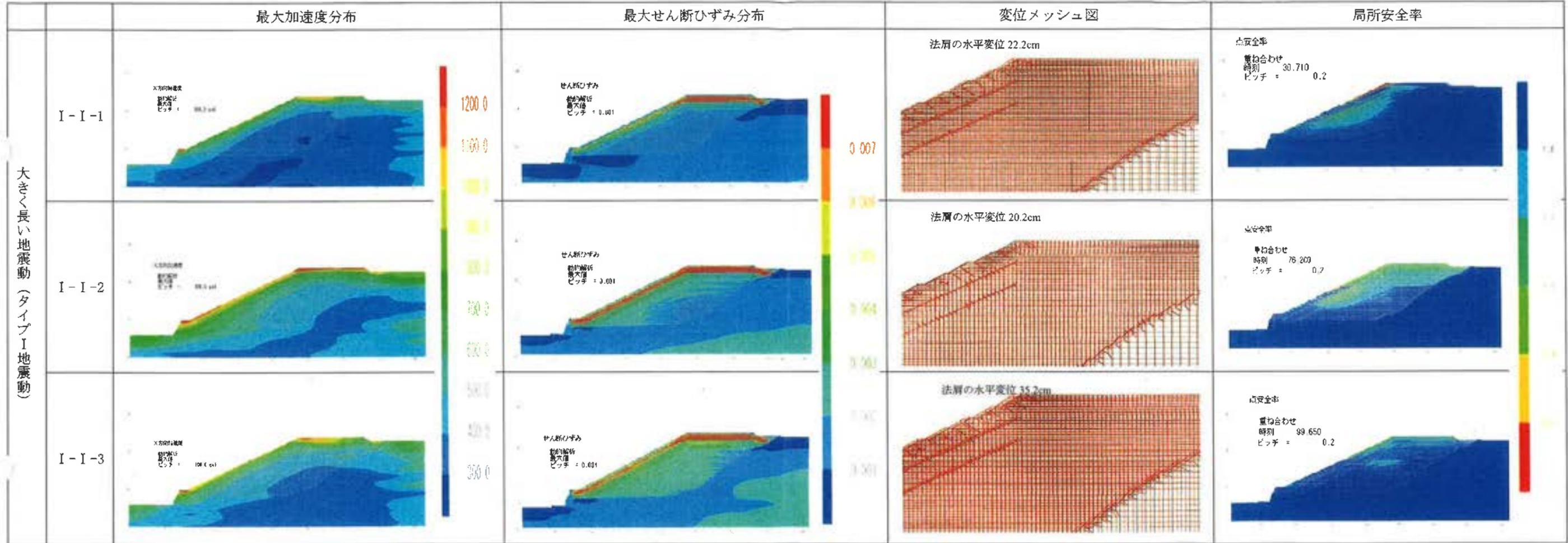
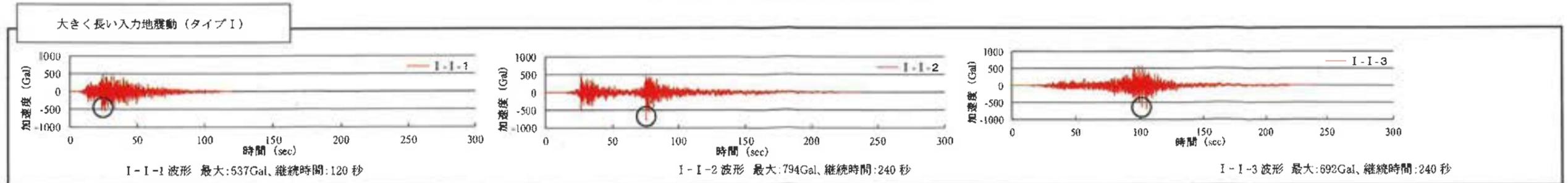


図-8 タイプI地震動による結果図一覧



■大きく短い地震動（タイプII）と大きく長い地震動（タイプI）の比較

- ・タイプII入力地震動の最大加速度（765～812Gal）は、タイプI入力地震動の最大加速度（537～794Gal）より大きい値を示します。
- ・解析による最大加速度分布、最大せん断ひずみ分布及び、変位メッシュ図では、タイプII地震動において、タイプI地震動よりも大きな加速度、大きなひずみや変位が広く発生しています。
- ・解析による局所安全率では、タイプII地震動において、小さい安全率を示す範囲が、タイプI地震動よりも広く示されています。

1-6 円弧すべり面の設定

円弧すべり面は、最大加速度が大きい部分、最大せん断ひずみが大きい部分が円弧を通ることで、残留変位量が大きく算出されるような位置を7ケース設定しました。

応答解析結果と設定した円弧の状況を図-9、図-10に示します。

※追加調査を踏まえた解析結果では、大きく加速度を示す部分が、以前までの天端部分から法肩に変化しています。

ニューマーク法で大きな残留変位量が算出されるように、やや浅い部分を通る円弧⑥を設定しました。

せん断ひずみの中央部を通る円弧⑦を設定しました。

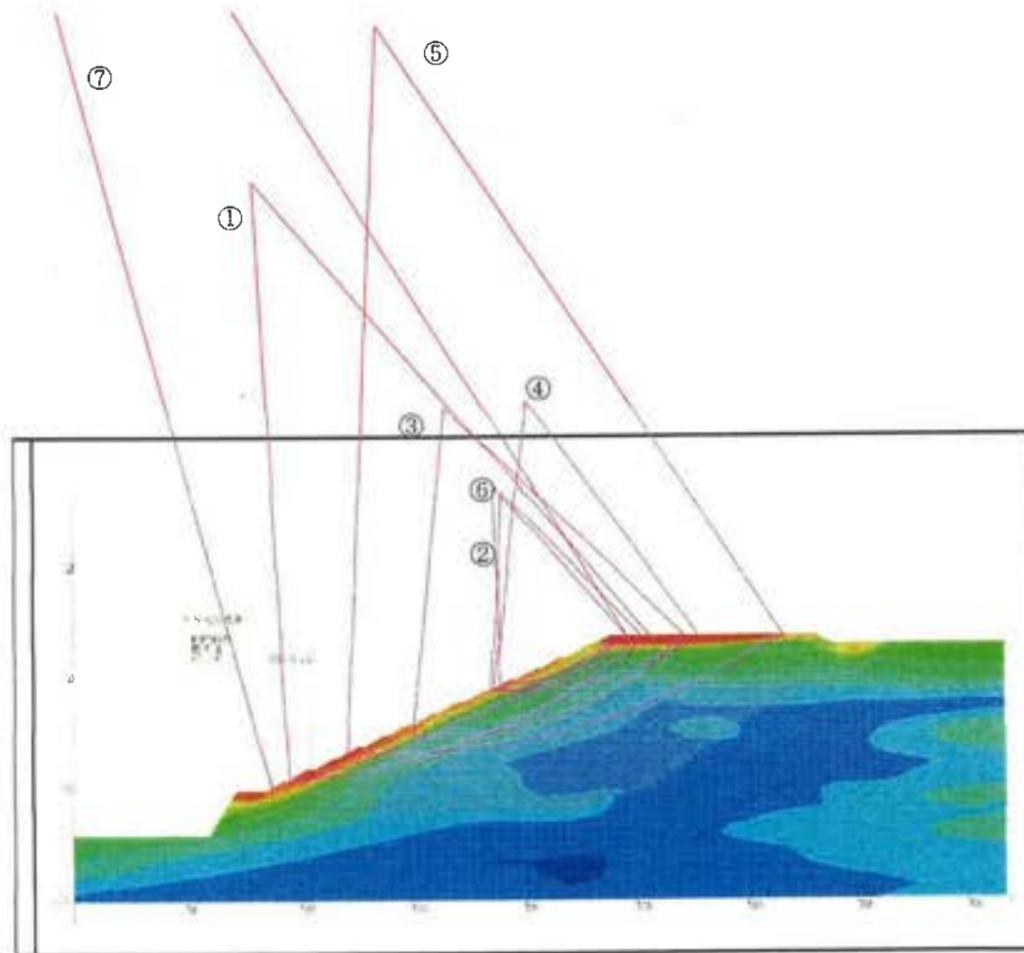


図-9 最大加速度分布と設定円弧

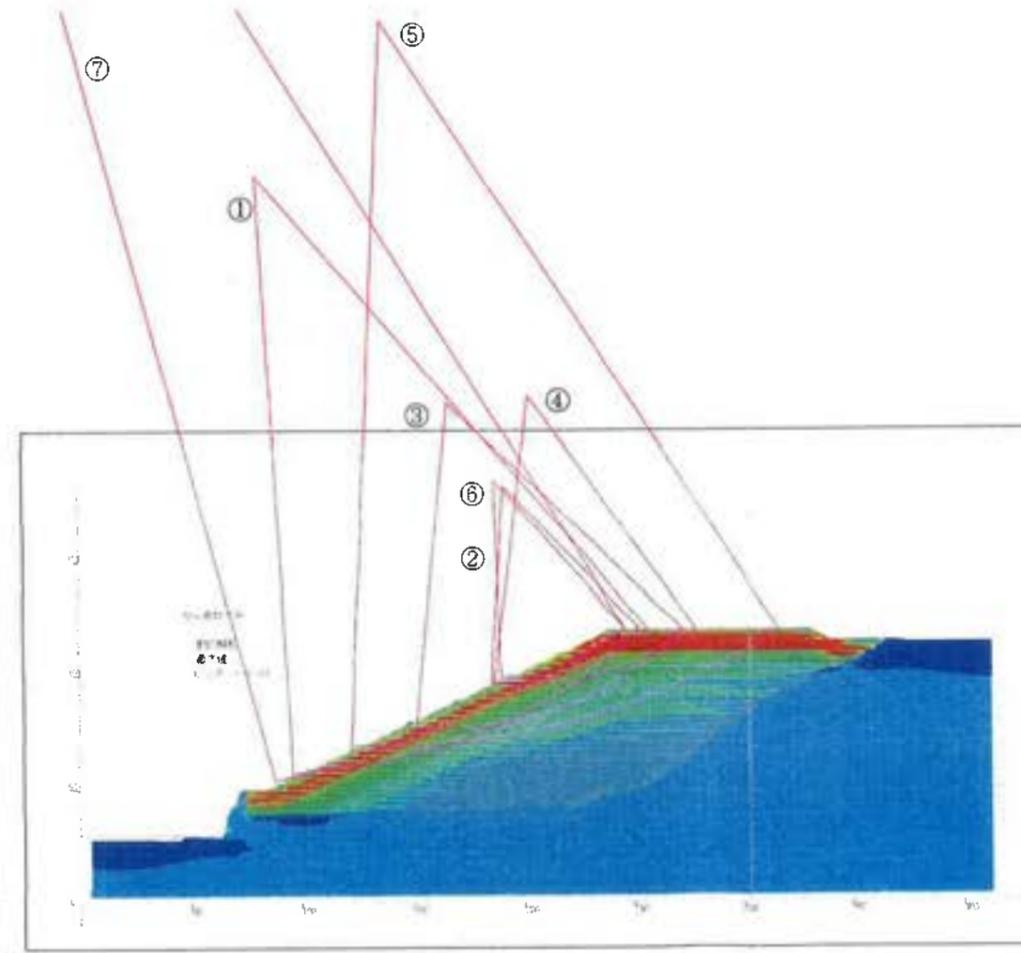
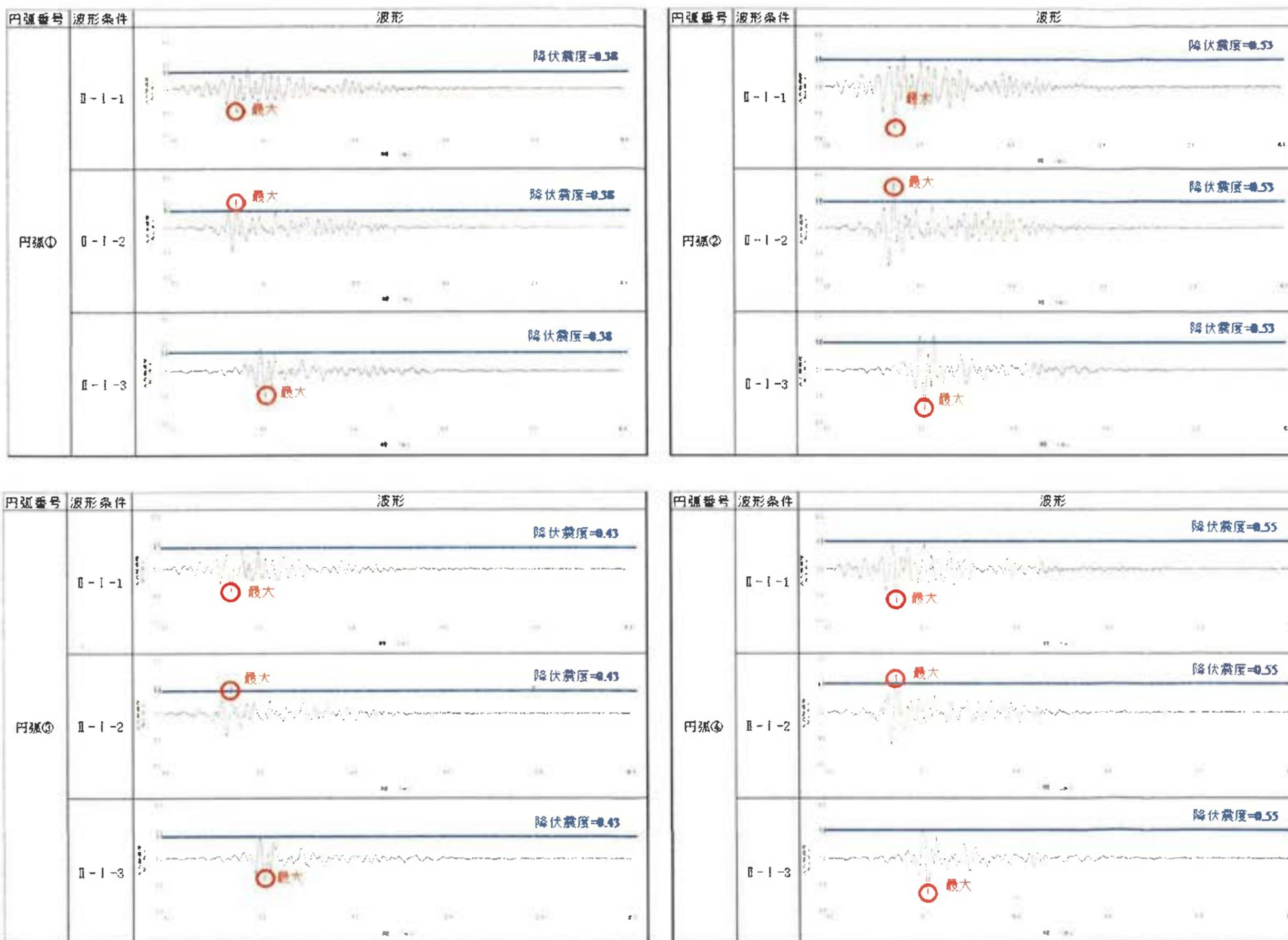
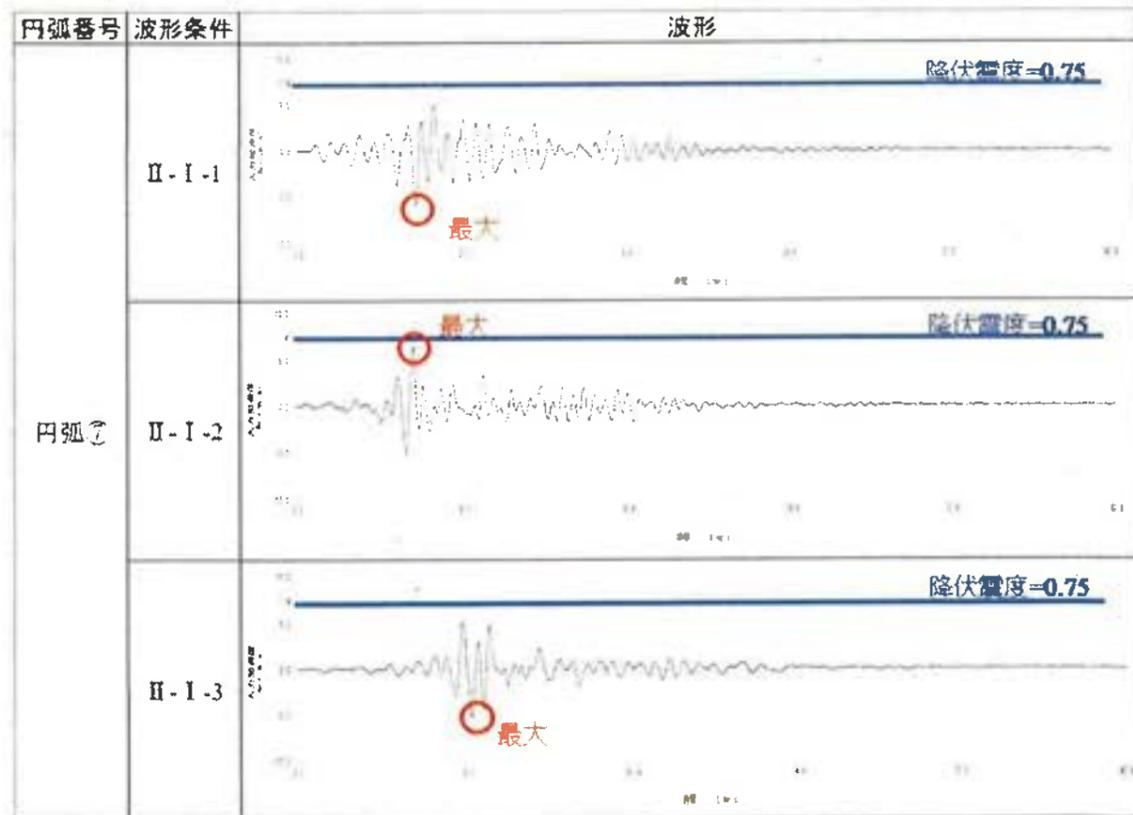
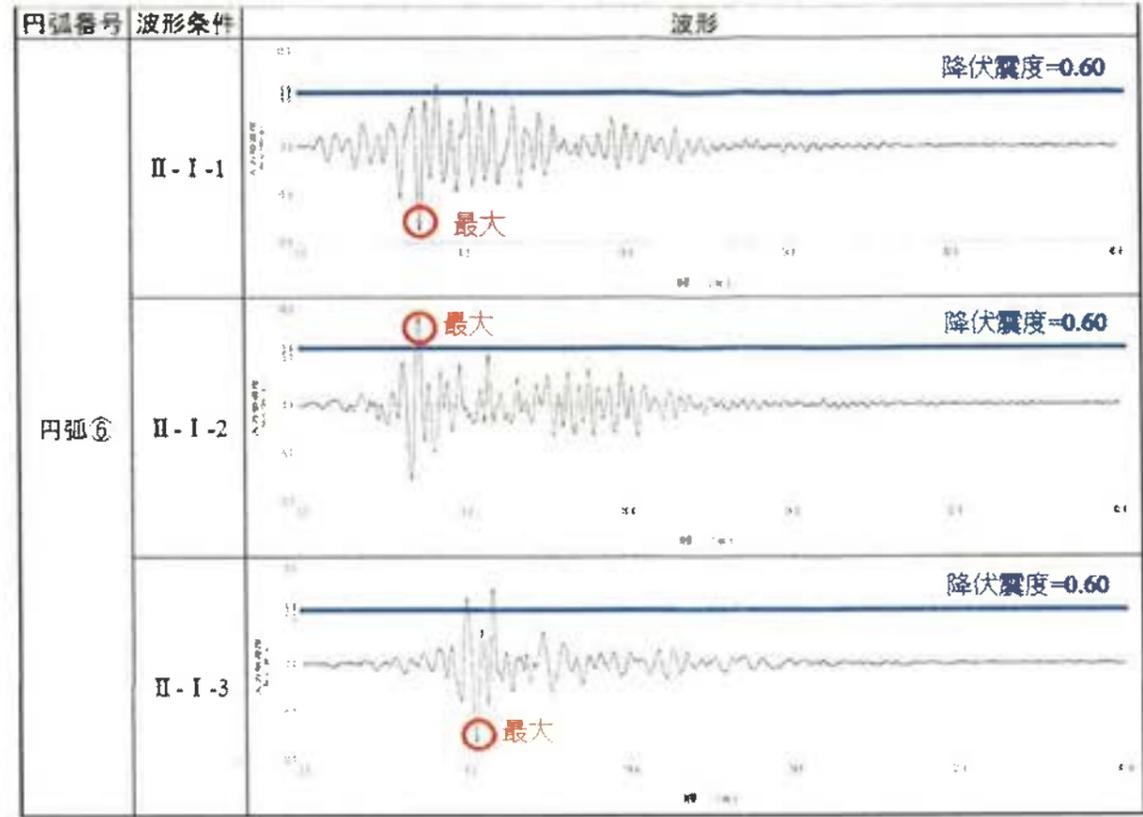
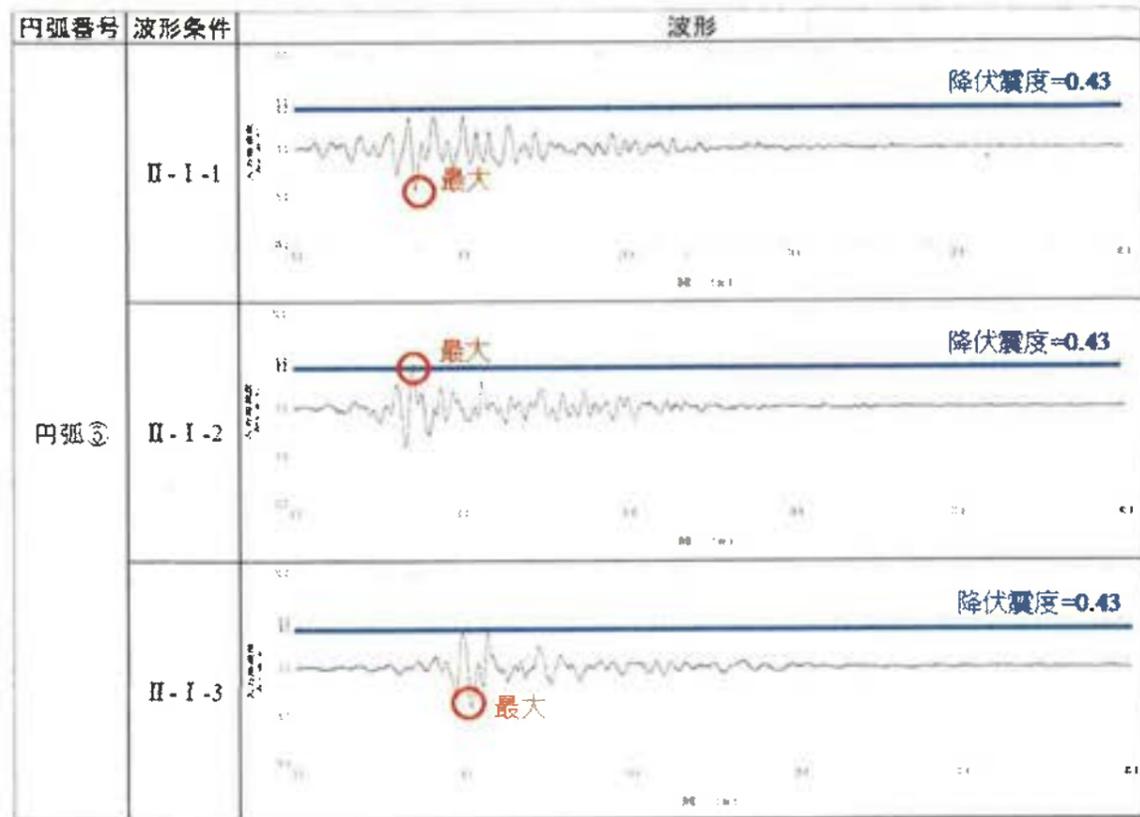


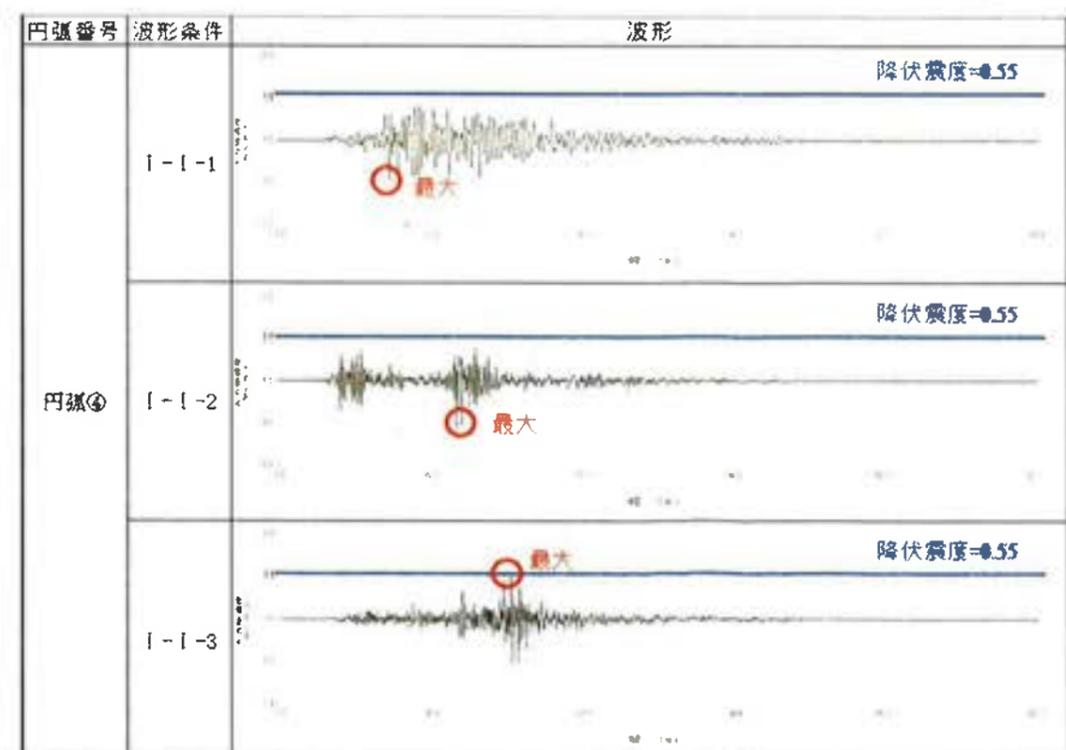
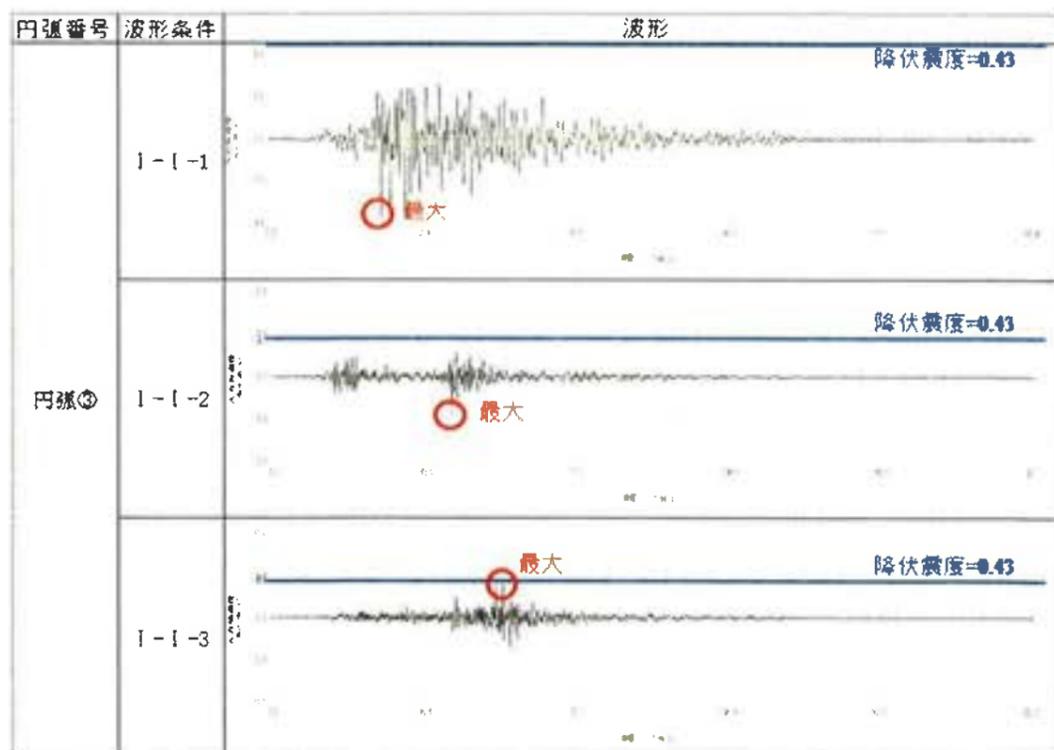
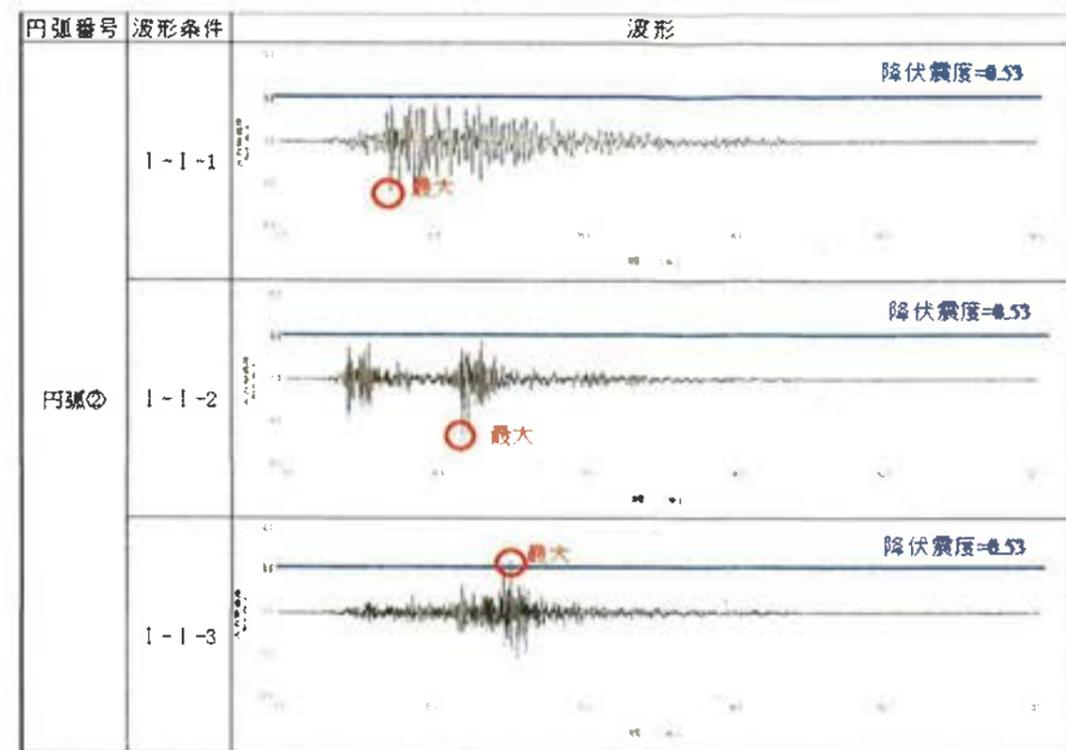
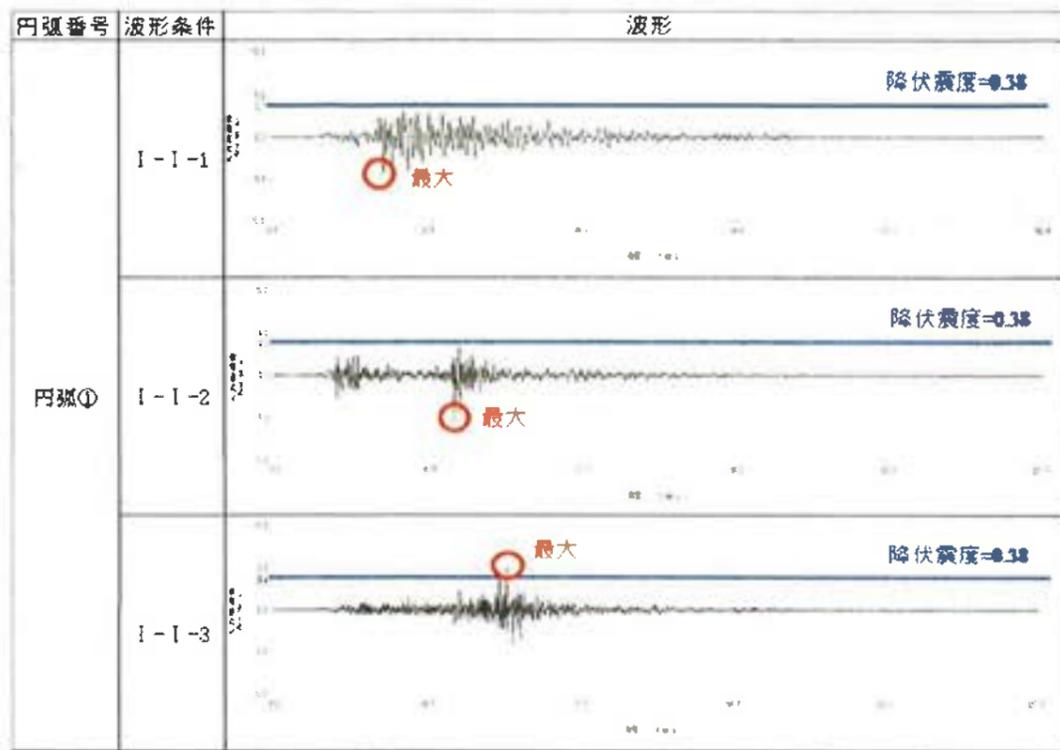
図-10 最大せん断ひずみと設定円弧

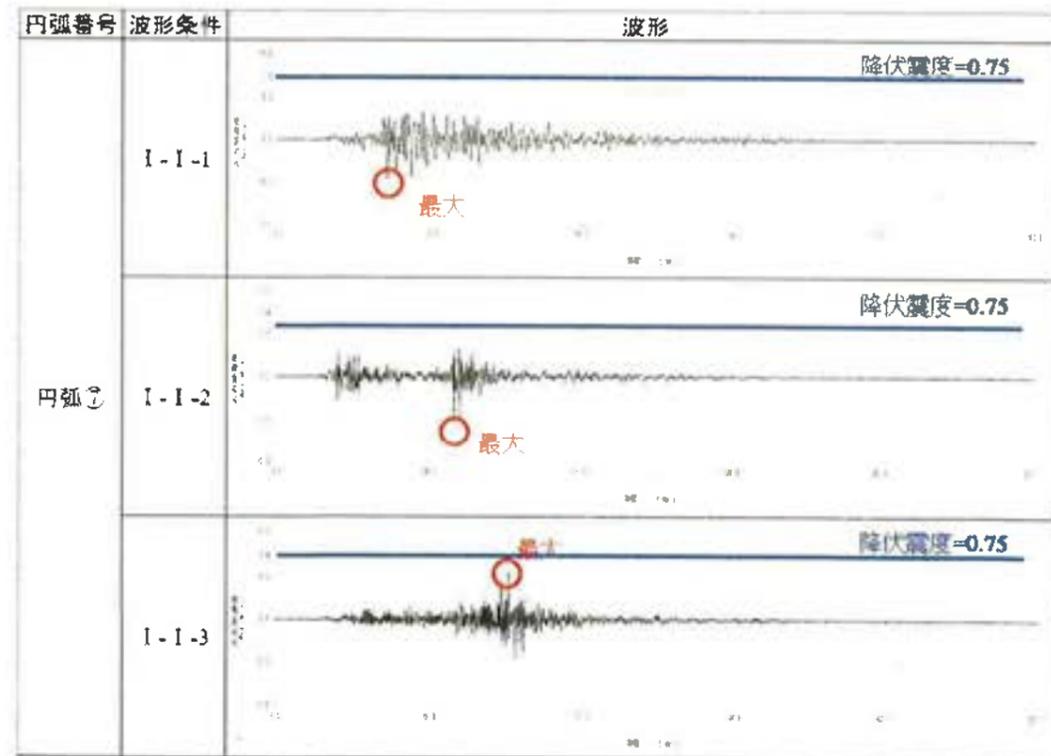
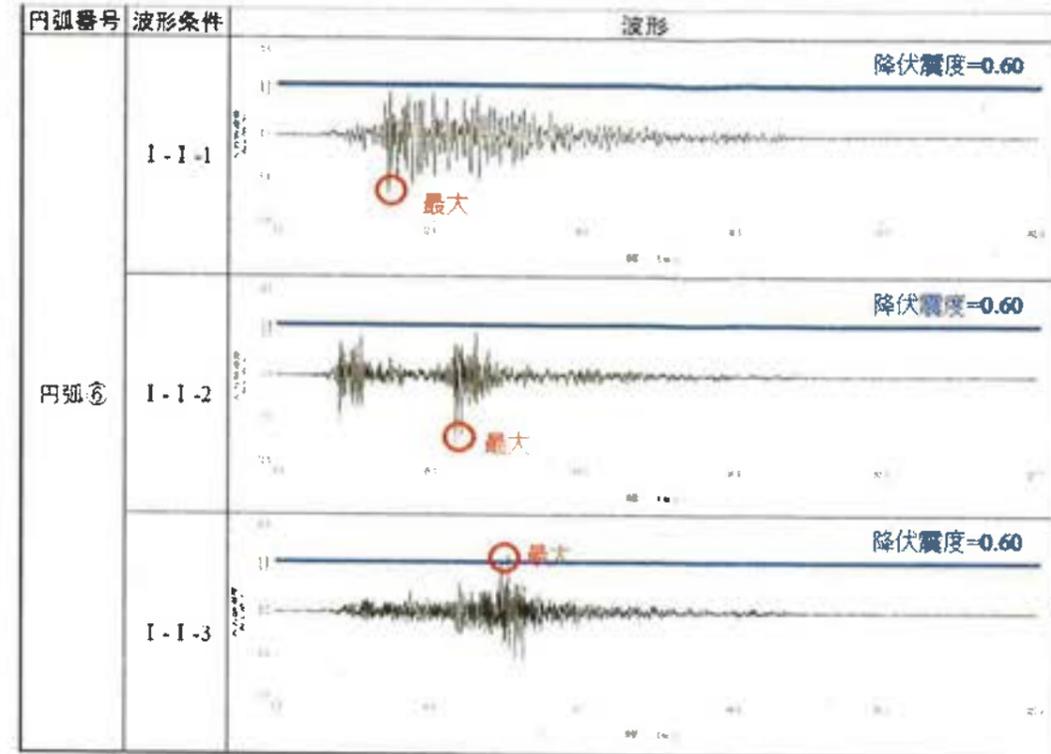
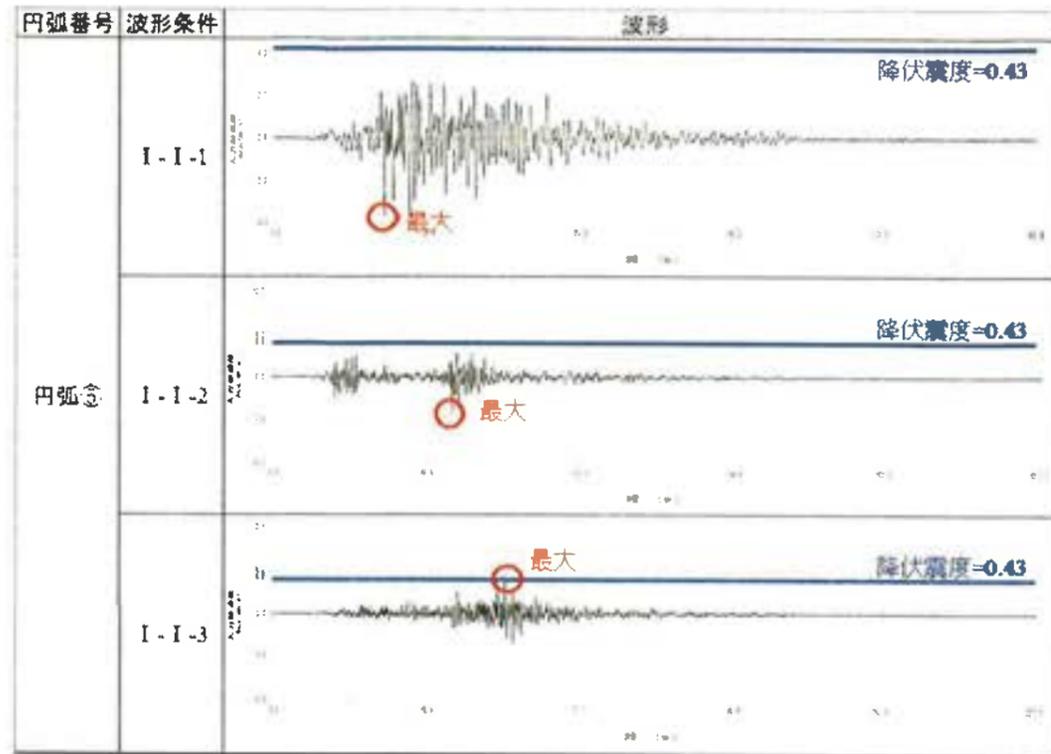
1-7 ニューマーク法による残留変位量の算定結果

ニューマーク法による等価加速度波形と降伏震度を以下に、残留変位量の算定結果を表-2に示します。









■結果

- ・大きく短い地震波形で検討した結果、降伏水平震度は、0.38～0.75 となり、計画時に想定した水平震度 0.2 よりも大きな値となりました
- ・残留変位量は、正方向 0～10.265cm、負方向 0～5.966cm となりました
- ・大きく長い地震波形で検討した結果、降伏水平震度は、0.38～0.75 となり、計画時に想定した水平震度 0.2 よりも大きな値となりました
- ・残留変位量は、正方向 0～7.618cm、負方向 0～6.070cm となりました
- ・大地震時における盛土の変形による限界値は、「大規模盛土造成地の滑動崩落対策推進ガイドライン及び同解説、平成 27 年 5 月、国土交通省」を参考に算出すると 4.25m（盛土斜面長（170m）の 2.5%）であり、解析による変位量はそれよりも小さい結果となりました。 ※出典：p.1-125

表- 2 ニューマーク法による残留変位量の算定結果一覧

円弧番号	降伏震度	大きく短い地震動				大きく長い地震動			
		波形パターン	残留変位量 cm		波形パターン	残留変位量 cm			
			正方向	負方向		正方向	負方向		
①	0.38	Ⅱ-I-1	2.228	3.487	I-I-1	十勝沖地震	0	1.829	
		Ⅱ-I-2	5.787	2.387	I-I-2	東北地方太平洋沖地震	0	5.419	
		Ⅱ-I-3	1.775	3.310	I-I-3	東北地方太平洋沖地震	7.618	1.258	
②	0.53	Ⅱ-I-1	0.334	5.477	I-I-1	十勝沖地震	0	0.434	
		Ⅱ-I-2	9.574	3.549	I-I-2	東北地方太平洋沖地震	0	5.133	
		Ⅱ-I-3	1.866	4.926	I-I-3	東北地方太平洋沖地震	1.648	0.042	
③	0.43	Ⅱ-I-1	0	0	I-I-1	十勝沖地震	0	0	
		Ⅱ-I-2	0.311	0	I-I-2	東北地方太平洋沖地震	0	0.001	
		Ⅱ-I-3	0	0.001	I-I-3	東北地方太平洋沖地震	0.031	0	
④	0.55	Ⅱ-I-1	0	1.275	I-I-1	十勝沖地震	0	0	
		Ⅱ-I-2	2.983	0.523	I-I-2	東北地方太平洋沖地震	0	0.305	
		Ⅱ-I-3	0	2.082	I-I-3	東北地方太平洋沖地震	0.011	0	
⑤	0.43	Ⅱ-I-1	0	0	I-I-1	十勝沖地震	0	0	
		Ⅱ-I-2	0.054	0	I-I-2	東北地方太平洋沖地震	0	0	
		Ⅱ-I-3	0	0	I-I-3	東北地方太平洋沖地震	0.021	0	
⑥	0.60	Ⅱ-I-1	0	5.966	I-I-1	十勝沖地震	0	0.456	
		Ⅱ-I-2	10.265	3.505	I-I-2	東北地方太平洋沖地震	0	6.070	
		Ⅱ-I-3	3.053	4.914	I-I-3	東北地方太平洋沖地震	1.359	0	
⑦	0.75	Ⅱ-I-1	0	0	I-I-1	十勝沖地震	0	0	
		Ⅱ-I-2	0	0	I-I-2	東北地方太平洋沖地震	0	0	
		Ⅱ-I-3	0	0	I-I-3	東北地方太平洋沖地震	0	0	

1-8 テンションクラックを考慮した残留変位量の計算

盛土の天端にクラックが発生した場合、安定性が劣ることで、大きな残留変位量が発生することも考えられます。ここでは、天端にクラックが発生した場合を想定して、盛土部分に鉛直なテンションクラック（盛土のせん断抵抗を無視する部分）を仮定しました。クラックの深さは、「道路土工—軟弱地盤対策」I.指針、平成 24 年 8 月、日本道路協会」に示される式-I 及び、NEXCO 設計要領に示されるテンションクラックの最大値 2.5m を参考として算出し、 $Z_f=4.09m$ を示すことから最大の 2.5m としました。

$$Z_f = \frac{2 \cdot c}{\gamma_E} \cdot \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \quad \text{式-I}$$

ここに、

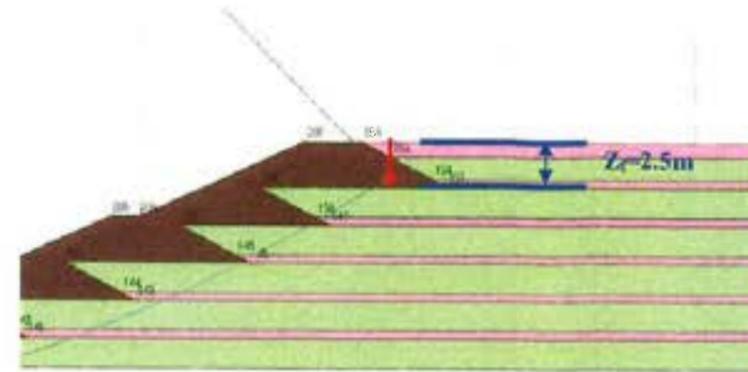
Z_f : テンションクラックの深さ (m)

ただし、最大で 2.5m

γ_E : 盛土の単位体積重量 (kN/m^3)

c : 盛土の粘着力 (kN/m^2)

ϕ : 盛土のせん断抵抗角 ($^\circ$)



テンションクラックの概念図 (円弧⑥)

■結果

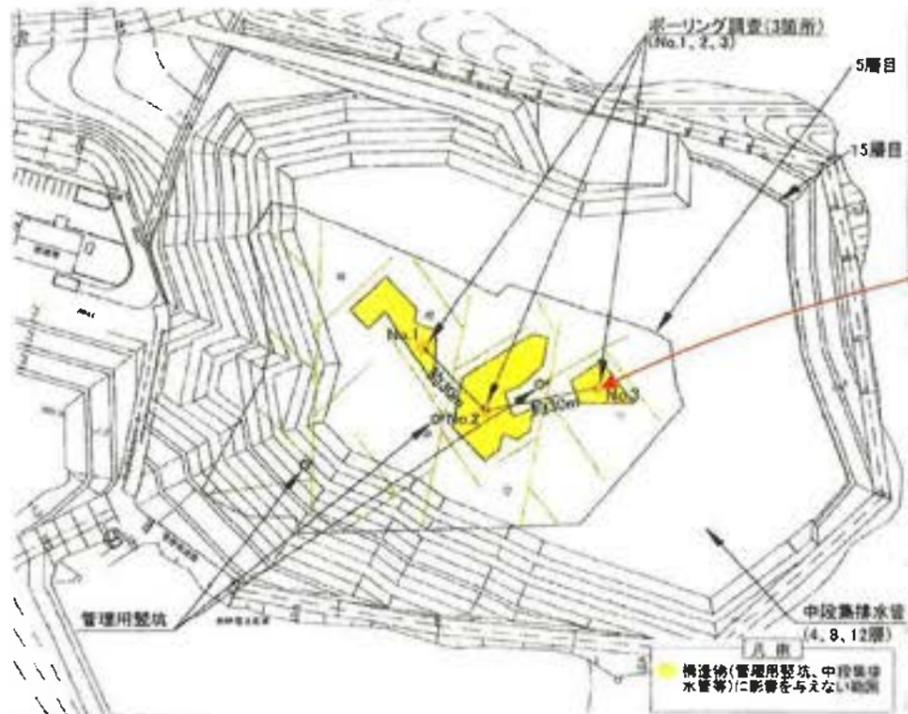
- ・テンションクラックを考慮したことによって、表層部で設定した円弧のうち円弧②・円弧⑥の残留変位量が、僅かに大きくなることを確認しました。また円弧⑦は変化しないことを確認しました。
- ・テンションクラックを考慮した残留変位量は、最大でも 12.984cm であり、盛土の変形による限界値に対して十分に余裕のある結果だと考えます。

円弧番号	降伏震度	大きく短い地震動				大きく長い地震動			
		波形パターン		残留変位量		波形パターン		残留変位量	
				cm				cm	
				正方向	負方向			正方向	負方向
①	0.38	II-I-1		2.228	3.487	I-I-1	十勝沖地震	0	1.829
		II-I-2		5.787	2.387	I-I-2	東北地方太平洋沖地震	0	5.419
		II-I-3		1.775	3.310	I-I-3	東北地方太平洋沖地震	7.618	1.258
②	0.53	II-I-1		1.115	7.832	I-I-1	十勝沖地震	0	1.514
		II-I-2		12.984	5.598	I-I-2	東北地方太平洋沖地震	0	8.602
		II-I-3		4.348	7.532	I-I-3	東北地方太平洋沖地震	4.429	0.556
③	0.43	II-I-1		0	0	I-I-1	十勝沖地震	0	0
		II-I-2		0.311	0	I-I-2	東北地方太平洋沖地震	0	0.001
		II-I-3		0	0.001	I-I-3	東北地方太平洋沖地震	0.031	0
④	0.55	II-I-1	兵庫県南部地震	0	1.275	I-I-1	十勝沖地震	0	0
		II-I-2		2.983	0.523	I-I-2	東北地方太平洋沖地震	0	0.305
		II-I-3		0	2.082	I-I-3	東北地方太平洋沖地震	0.011	0
⑤	0.43	II-I-1		0	0	I-I-1	十勝沖地震	0	0
		II-I-2		0.054	0	I-I-2	東北地方太平洋沖地震	0	0
		II-I-3		0	0	I-I-3	東北地方太平洋沖地震	0.021	0
⑥	0.60	II-I-1		0	5.969	I-I-1	十勝沖地震	0	0.456
		II-I-2		10.271	3.507	I-I-2	東北地方太平洋沖地震	0	6.074
		II-I-3		3.054	4.916	I-I-3	東北地方太平洋沖地震	1.359	0
⑦	0.75	II-I-1		0	0	I-I-1	十勝沖地震	0	0
		II-I-2		0	0	I-I-2	東北地方太平洋沖地震	0	0
		II-I-3		0	0	I-I-3	東北地方太平洋沖地震	0	0

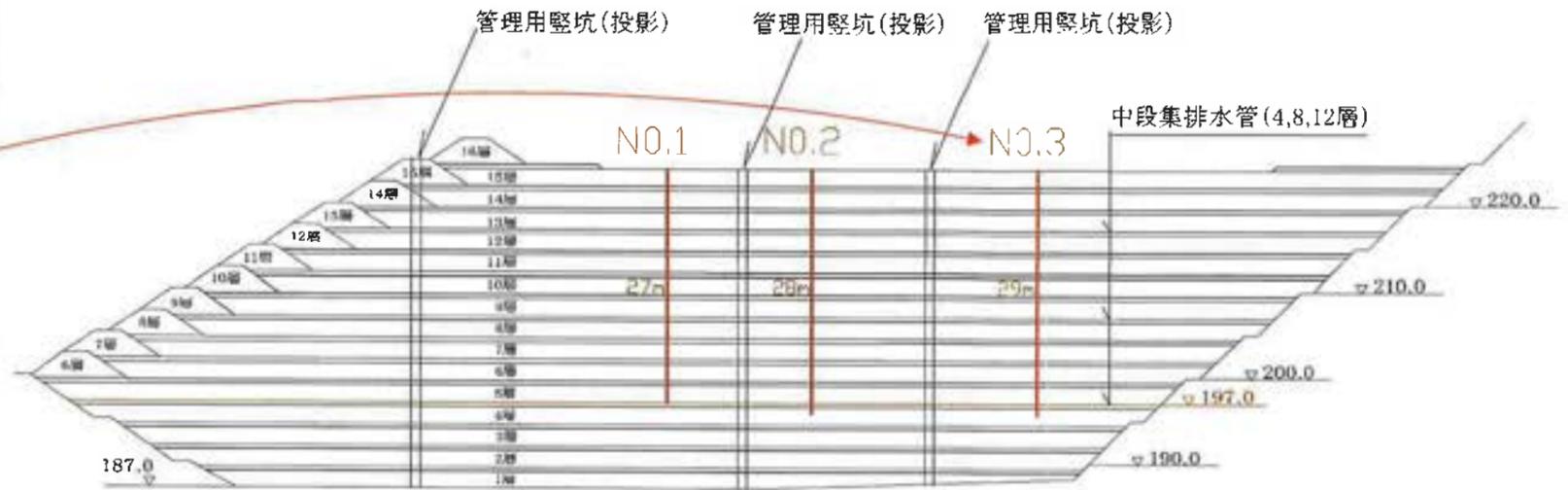
2 ボーリング調査位置及び断面図

解析に用いる V_s は、 G_0 が小さく評価される No.3 地点の PS 検層結果を解析物性値として採用しました。

位置図



断面図



H29. 9. 1 撮影



3-2 表層部法面の直線すべりに対する検討について(土堰堤)

□検討内容

①直線すべりの設定方法

- 1) 最大せん断ひずみ分布*を比較「大きく短い地震動」、「大きく長い地震動」の各3波形(計6波形)
 - 2) 参考にした地震波形 「大きく短い地震動タイプⅡ-I-2」…最もひずみが大きく出ている
 - 3) すべり線の設定/8本
 - ・最大せん断ひずみの中央部を通るすべり線を1本設定
 - ・土堰堤を通るすべり線を1本設定
 - ・中央部を通るすべり線から埋立物側に10m毎にすべり線を6本設定
- ※最大せん断ひずみ分布を用いました ※出典:資料-6p参照

②用いたデータ

定数…第Ⅱ埋立地の試料採取した結果の値

対象	湿潤重量	粘着力	内部摩擦角
基礎地盤	19.6	101	39.9
土堰堤・覆土	15.8	19.2	28.6
廃棄物層	12.6	34.5	35.4

③用いた設計水平震度 「0.2」 ※道路土工 切土工・斜面安定工指針

④計算モデル 高さが最大70mとなる第Ⅲ-2埋立地の埋立完了断面

□計算方法

有効応力法による複合すべり計算 ※道路土工 切土工・斜面安定工指針

□評価

①評価基準

安全率…常時「1.2」、地震時「1.0」 ※道路土工 切土工・斜面安定工指針

②計算結果

安全率…常時「2.189~3.296」、地震時「1.351~2.192」

→いずれのすべり線においても、基準を満足することを確認しました

No.	すべり線	安全率	
		常時	地震時
1	土堰堤を通るすべり線	3.296	2.192
2	最大せん断ひずみの中央部を通るすべり線	2.611	1.682
3	埋立物側に10m毎にすべり線	2.221	1.400
4	〃	2.189	1.360
5	〃	2.207	1.351
6	〃	2.251	1.359
7	〃	2.316	1.377
8	〃	2.398	1.403

③考察

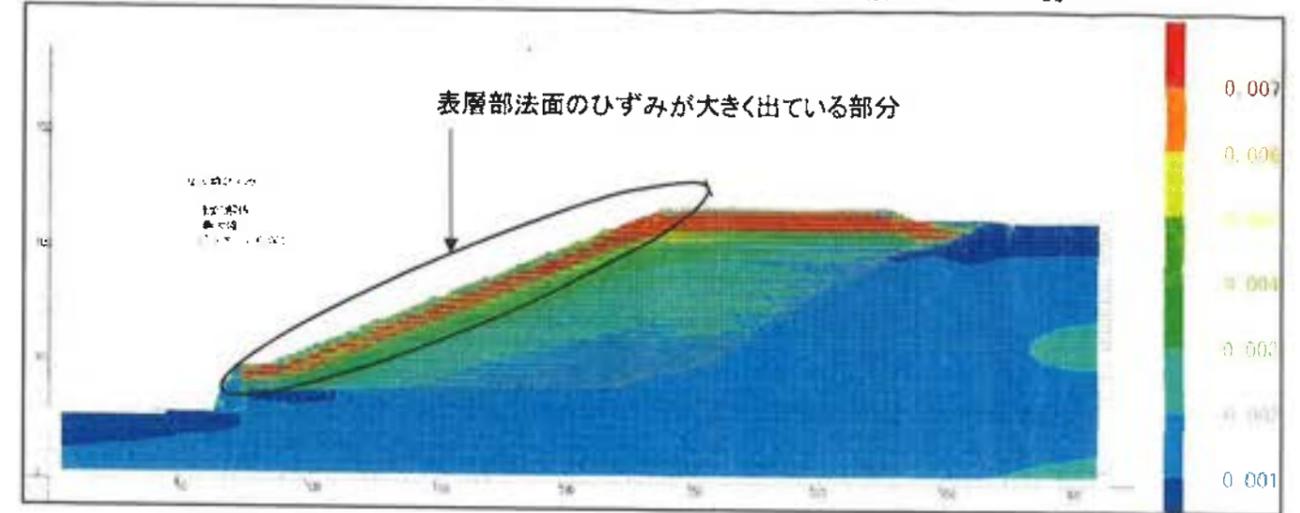
常時の最小安全率はNo.4とNo.5の間No.9を設定し確認しました。

地震時の最小安全率はNo.5であることを確認しました。

No.	すべり線	安全率	
		常時	地震時
9	常時の最小安全率を確認したすべり線	2.189	1.358

※No.4から水平方向に1m移動させた場所にすべり線No.9を設定し安全率を確認しました。

→【参考にした地震波形での最もひずみが大きく出ている分布「大きく短い地震動タイプⅡ-I-2」】



【設定したすべり線】

→■すべり線の設定/8本

No.1 …土堰堤を通るすべり線を1本設定

No.2 …最大せん断ひずみの中央部を通るすべり線を1本設定

No.3~8…中央部を通るすべり線から埋立物側に10m毎にすべり線を6本設定

→■常時の最小安全率を確認したすべり線/1本

No.9 …No.4から埋立物側に1m移動したすべり線を1本設定

→■地震時の最小安全率を確認したすべり線/1本

No.5

