

電源開発株式会社
大間原子力発電所

原子炉建屋基礎地盤の安定性検討の概要
比較解析の検討条件及び検討結果

平成16年11月
原子力発電安全審査課

表-1(1) 原子炉建屋基礎地盤の安定性検討（比較解析）の検討条件

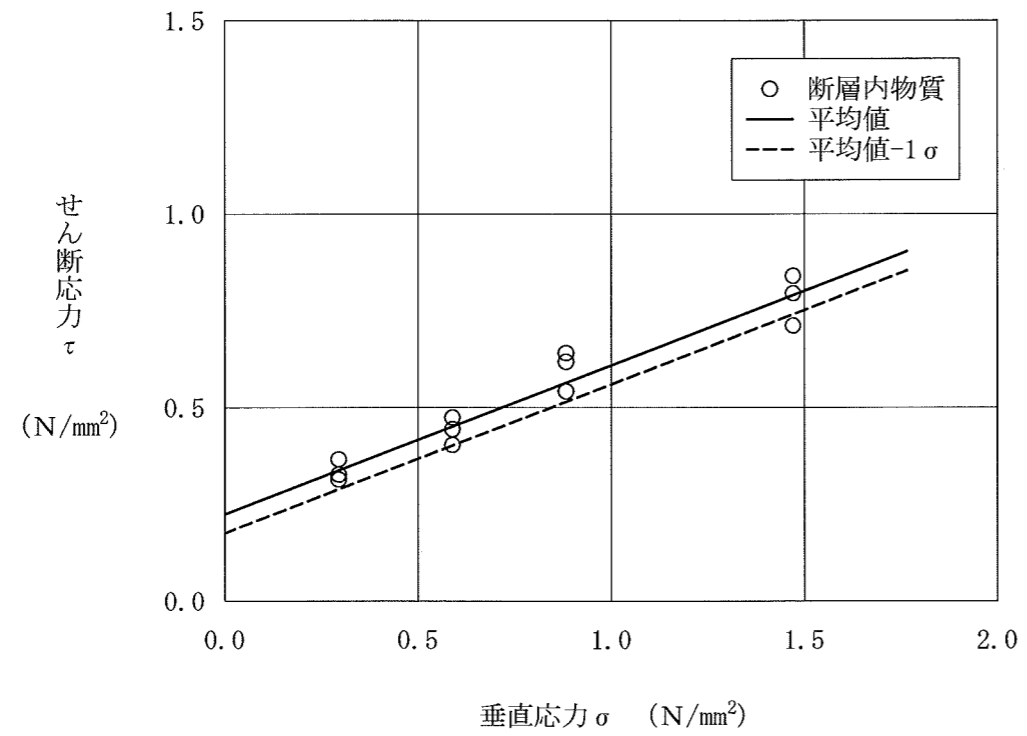
検討項目	検討条件	評価項目
①断層及びシームの強度特性を低減させた検討	<ul style="list-style-type: none"> ・解析断面：基本解析（動的FEM解析）で想定すべり線のすべり安全率が最小となる断面（X-X'断面） ・解析用物性値：断層及びシームの強度を基本解析で用いている平均値から1σ低減させた値に設定（図-1） ・地震力：基本解析（動的FEM解析）と同一 水平方向：基準地震動S₂-Dを炉心位置において、一次元応答解析により入力基盤面まで引戻した地震波 鉛直方向：地盤に0.1G、各建屋には基準地震動S₂-Dの最大加速度の1/2の震度 ・その他の解析条件：基本解析（動的FEM解析）と同一 	<ul style="list-style-type: none"> ・すべり安全率 ・原子炉建屋底面の傾斜
②シームの応力履歴を考慮して強度特性を低減させた検討	<ul style="list-style-type: none"> ・解析断面：基本解析（動的FEM解析）で想定すべり線のすべり安全率が最小となる断面（X-X'断面）（図-3） ・解析用物性値：応力履歴による影響を受けるシームS-10の範囲において、シームの強度を基本解析で用いているシームの平均値の0.7倍とし、低減させた値に設定（図-5） ・地震力：基本解析（動的FEM解析）と同一 ・その他の解析条件：基本解析（動的FEM解析）と同一 	<ul style="list-style-type: none"> ・すべり安全率 ・原子炉建屋底面の傾斜
③燃料補助建屋を付加したモデルによる検討	<ul style="list-style-type: none"> ・解析断面：炉心を通る東西方向断面（Y-Y'断面）（図-7） ・解析用建屋モデル：燃料補助建屋を基本解析の原子炉建屋及びタービン建屋と同様に平面ひずみ要素でモデル化 ・地震力：基本解析（動的FEM解析）と同一 ・その他の解析条件：基本解析（動的FEM解析）と同一 	<ul style="list-style-type: none"> ・すべり安全率 ・原子炉建屋底面の傾斜
④上下動を考慮した検討	<ul style="list-style-type: none"> ・解析断面：炉心直交2断面（X-X'断面，Y-Y'断面） ・地震力（図-9） 水平方向：基準地震動S₂-Dを炉心位置において、一次元応答解析により入力基盤面まで引戻した地震波 鉛直方向：基準地震動S₂-Dの2/3を炉心位置において、一次元応答解析により入力基盤面まで引戻した地震波 ・解析手法：動的FEM解析（水平動，上下動を同時入力） ・その他の解析条件：基本解析（動的FEM解析）と同一 	<ul style="list-style-type: none"> ・すべり安全率 ・原子炉建屋底面の傾斜

表-1(2) 原子炉建屋基礎地盤の安定性検討（比較解析）の検討条件

検討項目	検討条件	評価項目
<p>⑤シームの風化部を考慮して強度特性を低減させた検討 (現地調査における指摘事項)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・解析断面：炉心を通る南北方向断面（X-X'断面）（図-11） ・解析用物性値：想定されるシームの風化範囲において、シームの強度を $\tau = 0.0 \text{ N/mm}^2$ とし、低減させた値に設定 ・地震力：基本解析（動的FEM解析）と同一 ・その他の解析条件：基本解析（動的FEM解析）と同一 	<ul style="list-style-type: none"> ・すべり安全率 ・原子炉建屋底面の傾斜
<p>⑥淡灰色火山礫凝灰岩 (lltf) の変形特性を低減させた検討 (現地調査における指摘事項)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・解析断面：炉心を通る東西方向断面（Y-Y'断面）（図-14） ・解析用物性値：淡灰色火山礫凝灰岩の静弾性係数Eを岩盤変形試験の割線弾性係数の平均値とし、割れ目の分布する範囲においては、その平均値から 1σ 低減させた値（割れ目を対象とした試験値相当）に設定（図-15） 淡灰色火山礫凝灰岩の静弾性係数Eを岩盤変形試験の割線弾性係数の平均値とした解析と比較 ・地震力：基本解析（静的FEM解析）と同一 水平方向：地盤 0.2G, 建屋 3.0C_r 鉛直方向：地盤 0.1G, 建屋 0.24G ・その他の解析条件：基本解析（静的FEM解析）と同一 	<ul style="list-style-type: none"> ・すべり安全率 ・原子炉建屋底面の傾斜
<p>⑦3次元動的FEM解析 (現地調査における指摘事項)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・解析モデル 解析範囲：南北方向幅 800m, 東西方向幅 600m, 深さ T.P.-300m（図-17） 地盤モデル：原則として速度層区分ごとにモデル化を行っているが、速度層①は表土及び火山砕屑岩（風化部）に、速度層②は淡灰色火山礫凝灰岩及び凝灰角礫岩に区分しており、埋戻・盛土材もモデル化 断層及びシーム：主要な断層F-a, F-b及びF-c並びに分布範囲の広いシームS-1, S-2, S-6, S-8及びS-10をモデル化 要素数：53,197 節点数：31,273 ・地震力 水平方向：基準地震動S₂-Dを炉心位置において、一次元応答解析により入力基盤面まで引戻した地震波 鉛直方向：基準地震動S₂-Dの2/3を炉心位置において、一次元応答解析により入力基盤面まで引戻した地震波 ・解析手法：3次元動的FEM解析（水平動, 上下動を同時入力） ・解析ケース：南北方向加振と東西方向加振の2ケース 	<ul style="list-style-type: none"> ・最大加速度分布 ・加速度応答スペクトル

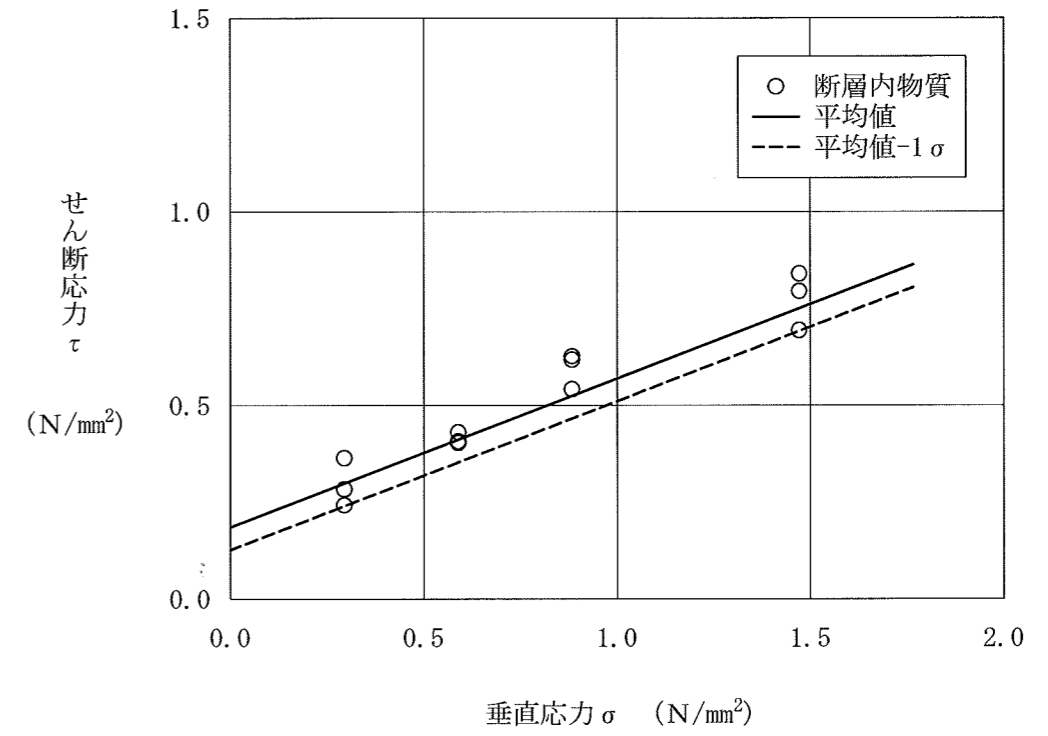
①断層及びシームの強度特性を低減させた検討

【解析条件】



静的単純せん断試験結果 (強度)

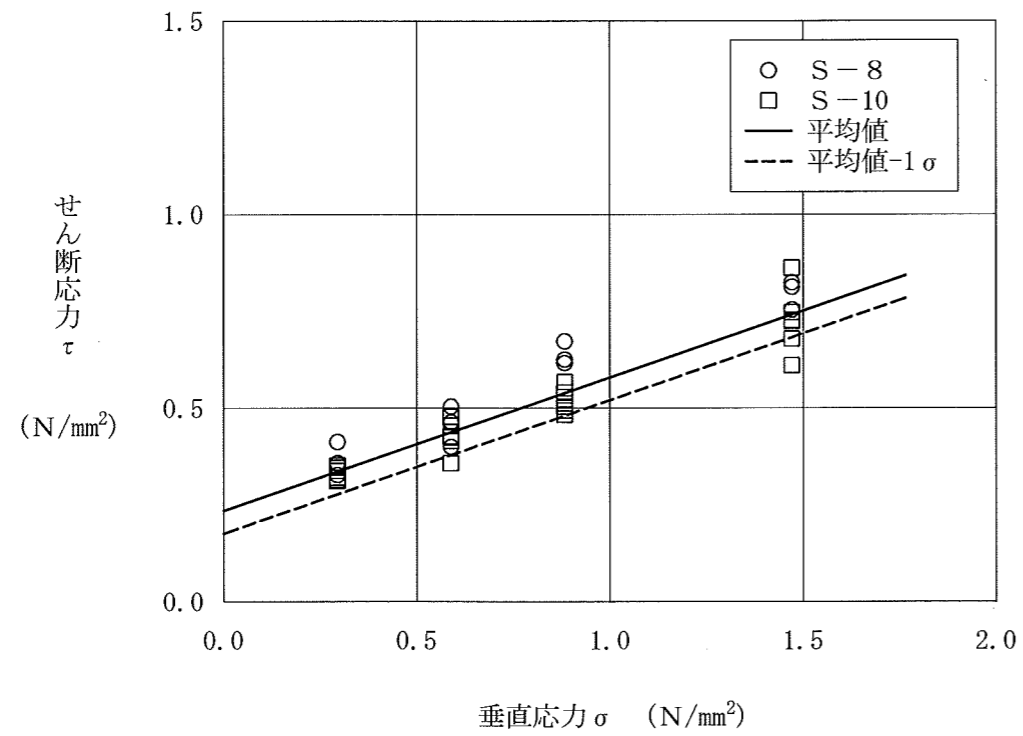
平均値 $\tau = 0.23 + \sigma \tan 21^\circ$ (N/mm²)
 平均値-1 σ $\tau = 0.18 + \sigma \tan 21^\circ$ (N/mm²)



静的単純せん断試験結果 (残留強度)

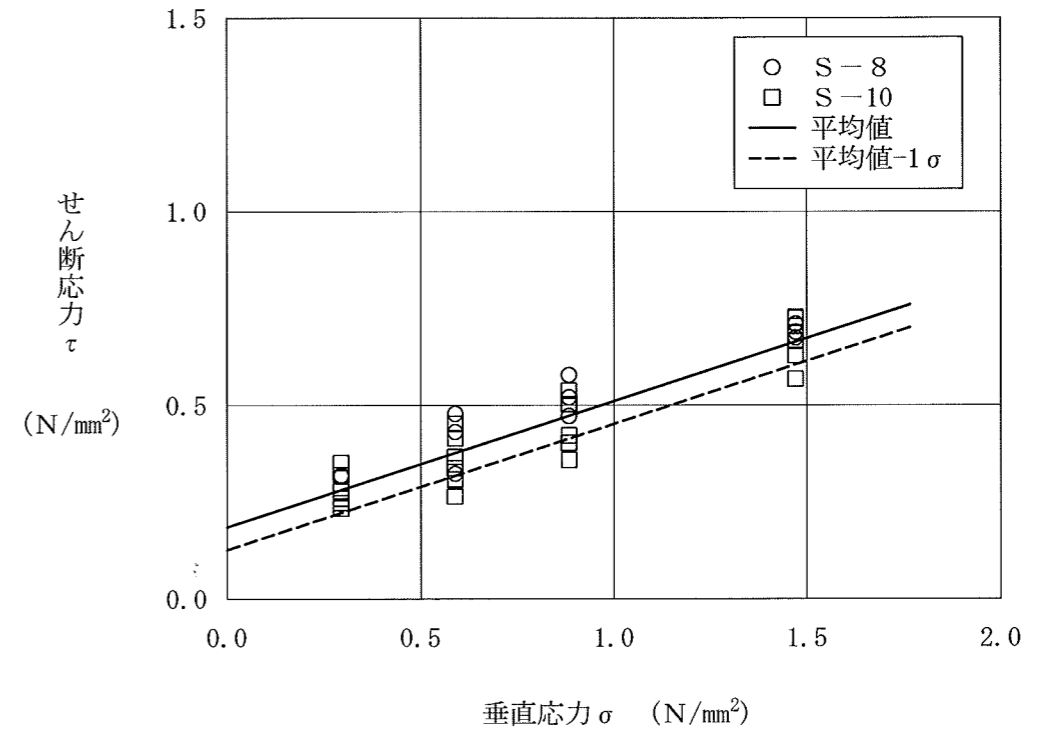
平均値 $\tau = 0.19 + \sigma \tan 21^\circ$ (N/mm²)
 平均値-1 σ $\tau = 0.13 + \sigma \tan 21^\circ$ (N/mm²)

図-1(1) 断層内物質の強度特性



静的単純せん断試験結果 (強度)

平均値 $\tau = 0.24 + \sigma \tan 19^\circ$ (N/mm²)
 平均値-1 σ $\tau = 0.18 + \sigma \tan 19^\circ$ (N/mm²)



静的単純せん断試験結果 (残留強度)

平均値 $\tau = 0.19 + \sigma \tan 18^\circ$ (N/mm²)
 平均値-1 σ $\tau = 0.13 + \sigma \tan 18^\circ$ (N/mm²)

図-1(2) シームの強度特性

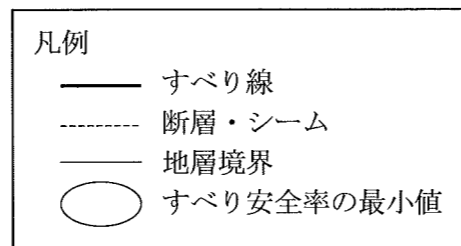
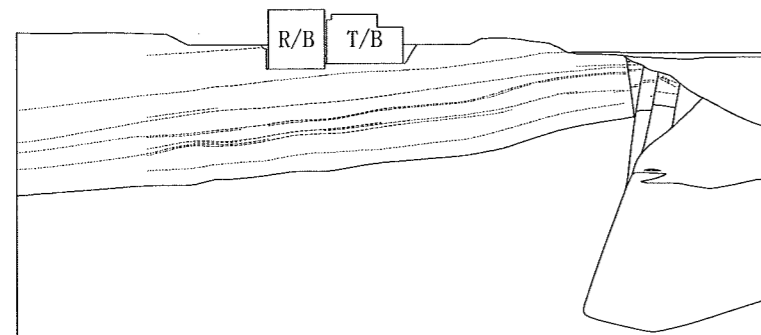
①断層及びシームの強度特性を低減させた検討

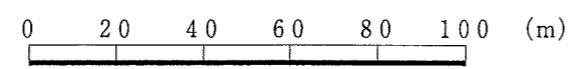
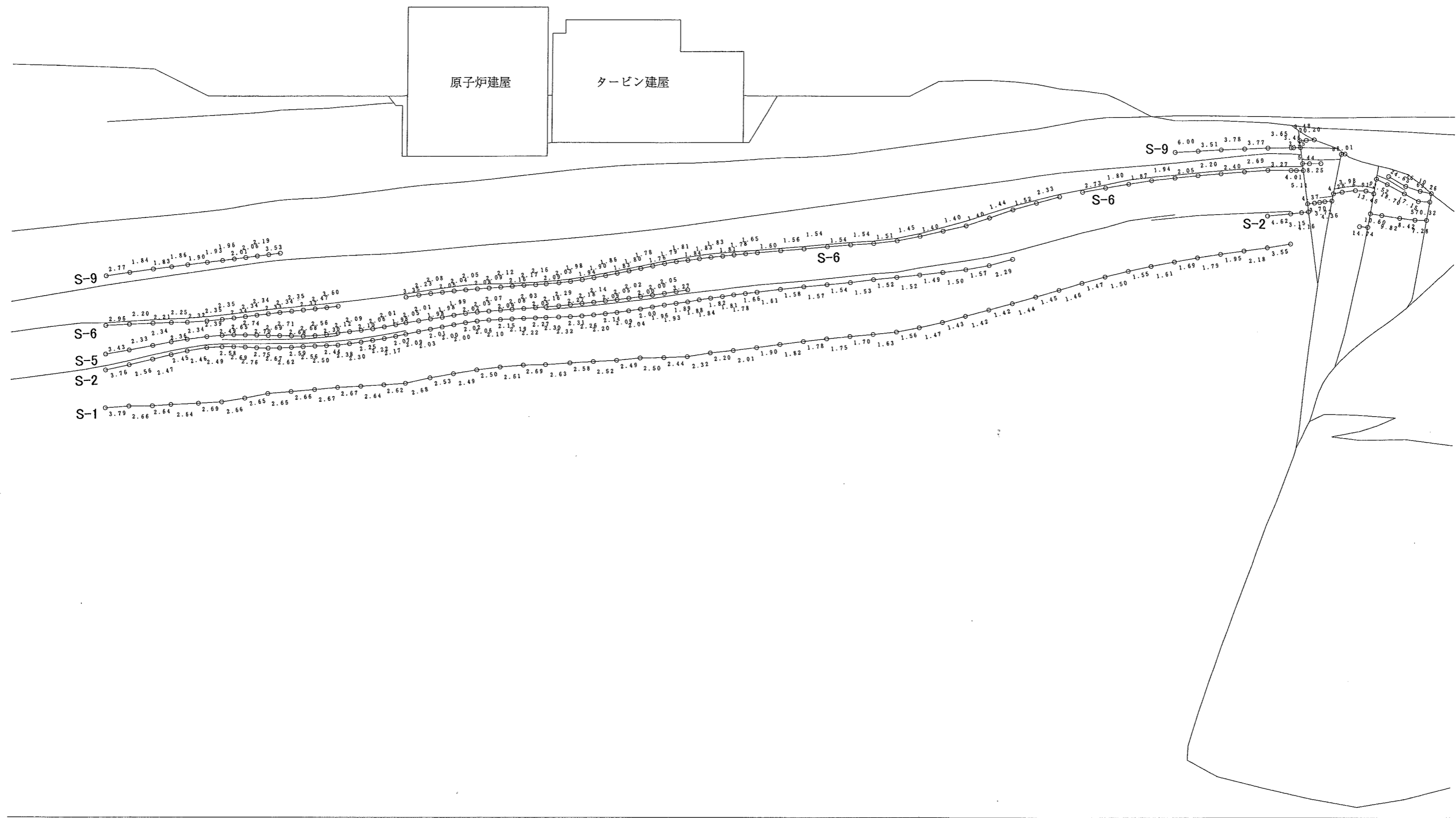
【解析結果】

表-2 すべり安全率（比較解析①，X-X'断面）

すべり線 番号	すべり線形状	地震力 方向	すべり安全率	
			基本解析 動的 FEM	①断層及びシ ームの強度 特性を低減 させた検討
4		↑	4.4	4.1
		↓	4.5	4.2
5		↑	4.6	4.3
		↓	4.8	4.5
6		↑	4.5	4.2
		↓	4.6	4.3

すべり線 番号	すべり線形状	地震力 方向	すべり安全率	
			基本解析 動的 FEM	①断層及びシ ームの強度 特性を低減 させた検討
7		↑	4.6	4.3
		↓	4.9	4.5
8		↑	3.6	3.1
		↓	3.7	3.2
9		↑	4.1	3.8
		↓	4.0	3.6





* : 引張応力が発生した要素
 # : せん断強度に達した要素

図-2(1) 要素ごとの安全率 (シーム 1/2)
 (比較解析① 断層及びシームの強度特性を低減させた検討,
 X-X' 断面, 鉛直地震力方向 ↑, t = 14.82 秒)

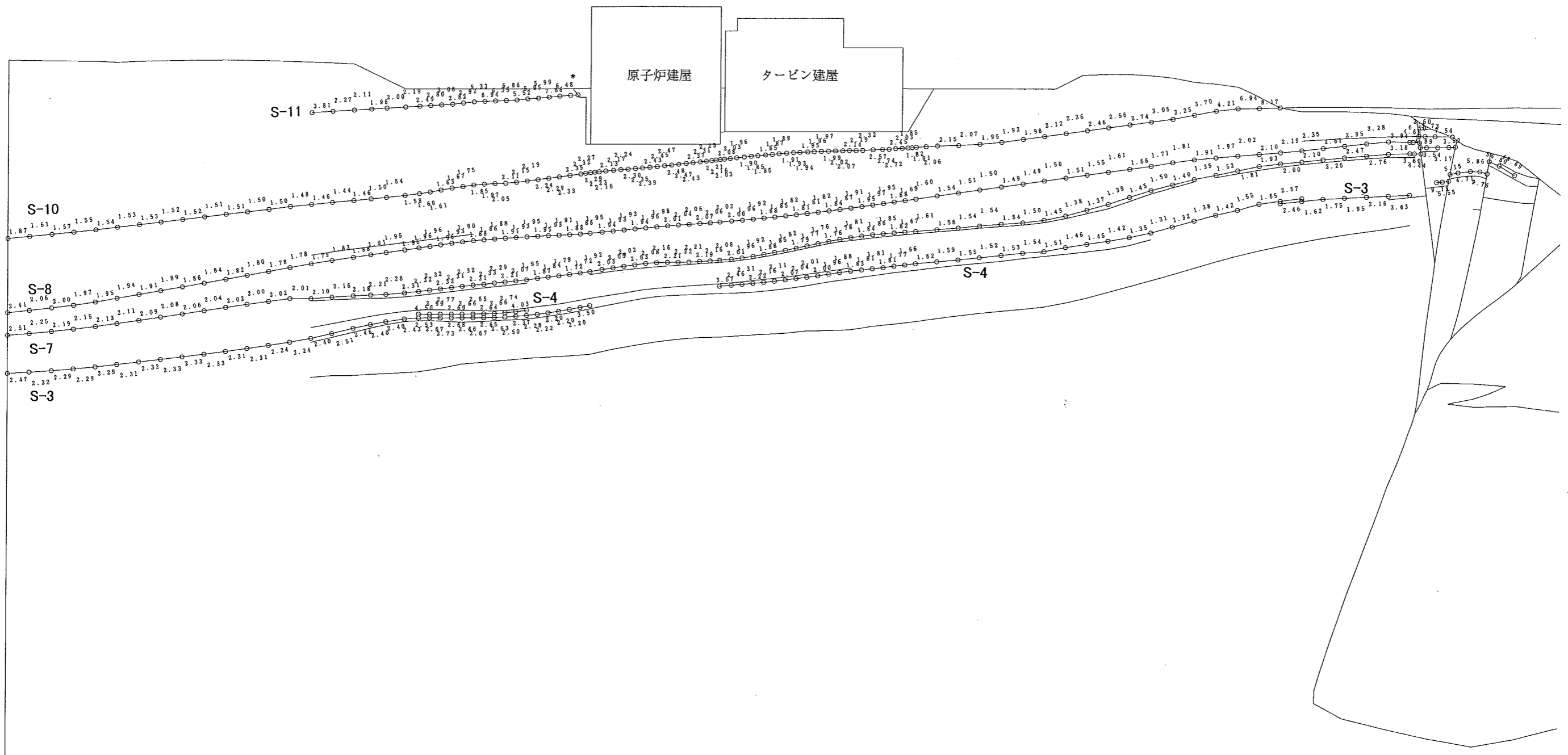


図-2(2) 要素ごとの安全率 (シーム 2/2)

(比較解析① 断層及びシームの強度特性を低減させた検討,
X-X'断面, 鉛直地震力方向↑, t=14.82秒)

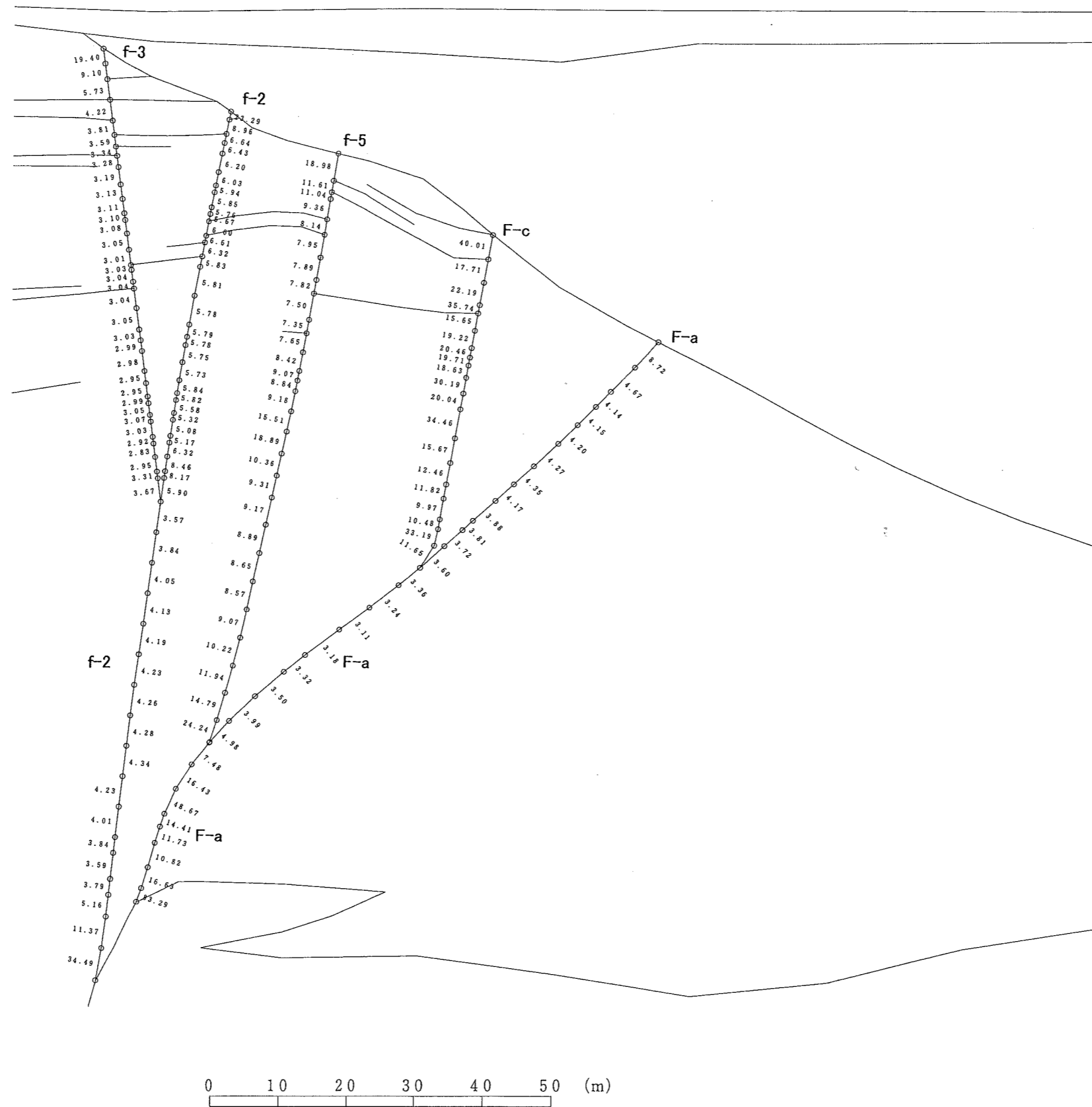


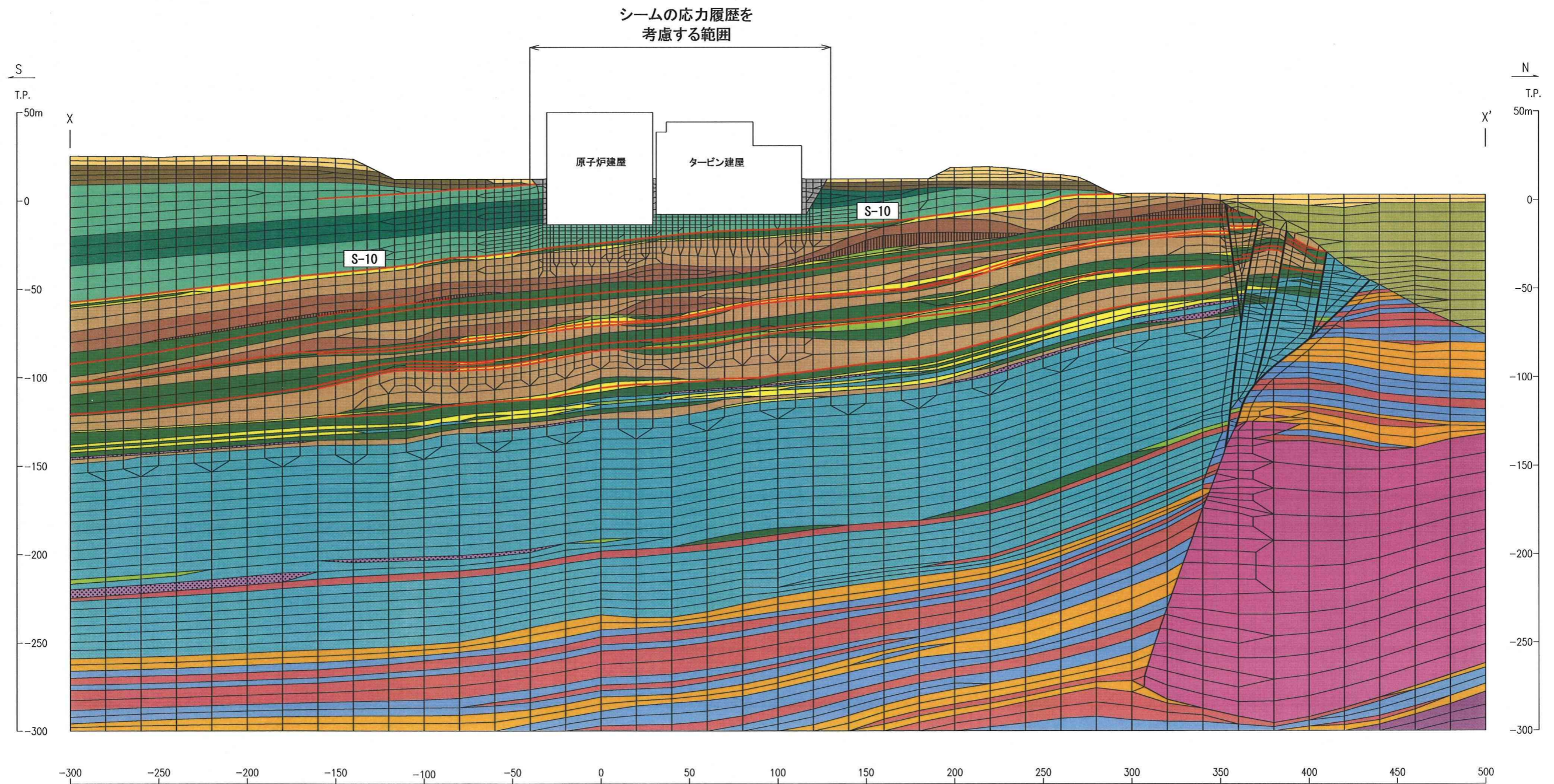
図-2(3) 要素ごとの安全率 (断層)
 (比較解析① 断層及びシームの強度特性を低減させた検討,
 X-X'断面, 鉛直地震力方向↑, t=14.82秒)

* : 引張応力が発生した要素
 # : せん断強度に達した要素

②シームの応力履歴を考慮して強度特性を低減させた検討

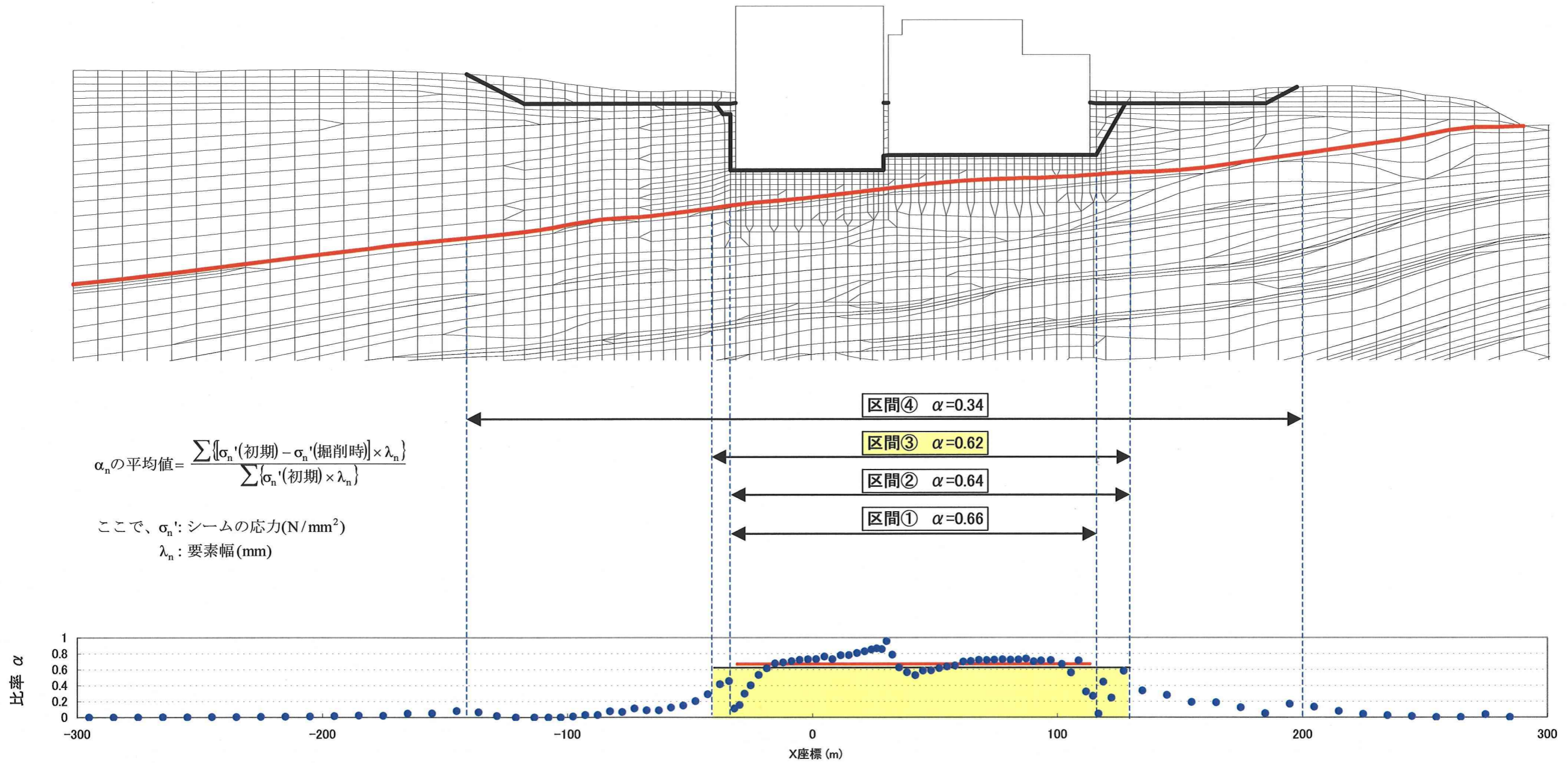
【解析条件】

- | | | | |
|----------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------------------|
| ctf 粗粒凝灰岩 | st シルト岩 | mlv(R) 安山岩溶岩(塊状・規則性節理部) | alt 細粒凝灰岩, 粗粒凝灰岩
暗灰色火山礫凝灰岩及びシルト岩 |
| lltf 淡灰色火山礫凝灰岩 | st(H) シルト岩(硬質部) | mlv(I) 安山岩溶岩(塊状・不規則性節理部) | |
| dltf 暗灰色火山礫凝灰岩 | sd(W) 堆積岩(風化部) | blv 安山岩溶岩(角礫状) | |
| tb 凝灰角礫岩 | | da デイサイト | 表土 |
| atf 酸性凝灰岩 | | ba 玄武岩(角礫状) | 埋戻・盛土材 |
| ptf 軽石凝灰岩 | | | |
| py(C) 火山碎屑岩(クリンカー質部) | | | |
| py(W) 火山碎屑岩(風化部) | | | |
- 断層
— シーム



※ 建屋構築の過程で、地山状態(初期)から基礎の掘削によってシームS-10の応力除荷される範囲(図-4)をシームの応力履歴を考慮する範囲として検討を行っている。

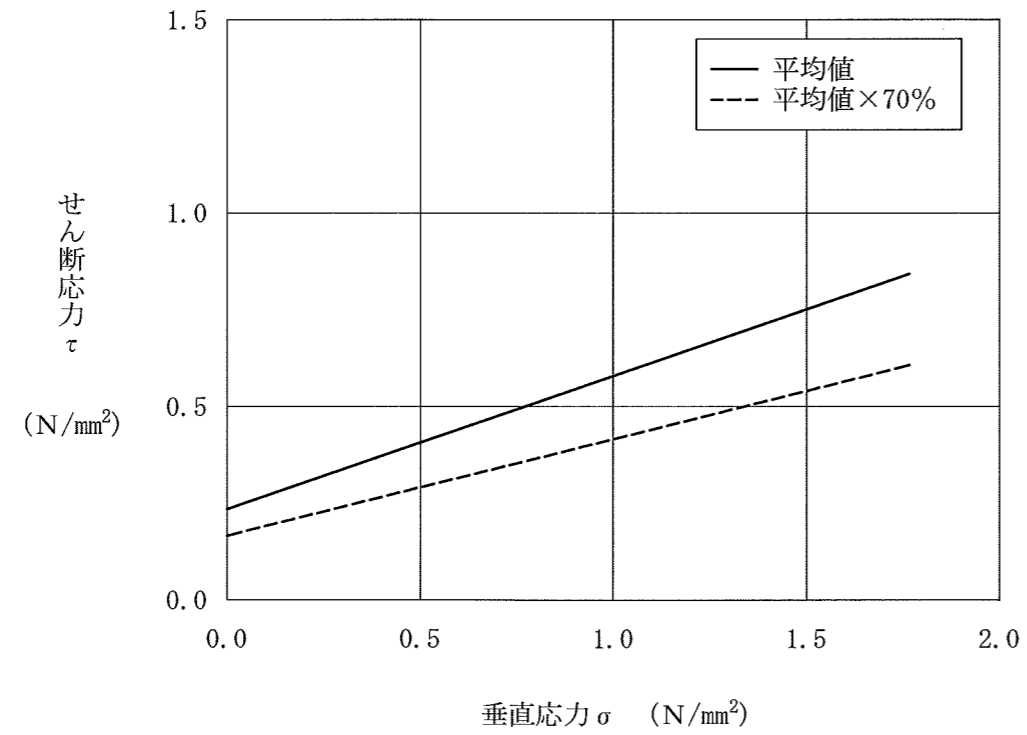
図-3 シームの応力履歴を考慮して強度特性を低減させた検討の解析用要素分割図 (X-X' 断面)



炉心位置におけるシームS-10の応力(σ_n')低減率 $\alpha = \frac{\sigma_{n0}'(\text{初期}) - \sigma_{n0}'(\text{掘削時})}{\sigma_{n0}'(\text{初期})} = \frac{0.3\text{N/mm}^2 - 0.1\text{N/mm}^2}{0.3\text{N/mm}^2} = 0.67$

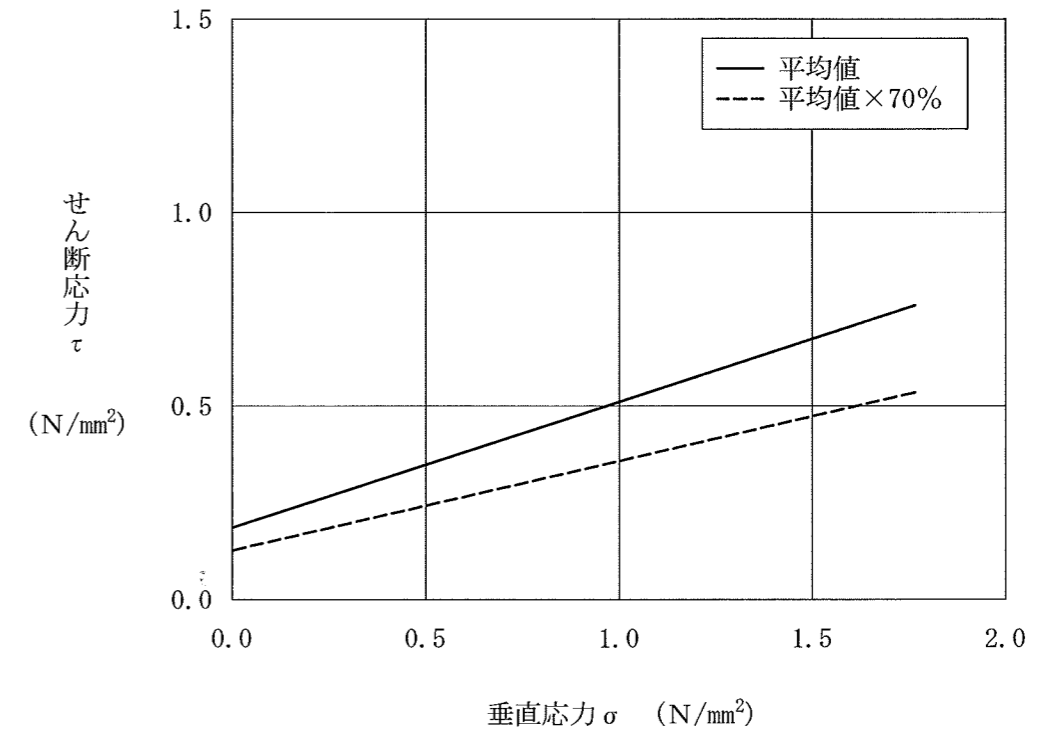
※建屋基礎の掘削幅で、低減率0.67を満足する区間③をシームの応力履歴を考慮する範囲とした。

図-4 シームの応力履歴を考慮する範囲の検討



静的単純せん断試験結果（強度）

平均値 $\tau = 0.24 + \sigma \tan 19^\circ$ (N/mm²)
 平均値×70% $\tau = 0.17 + \sigma \tan 14^\circ$ (N/mm²)



静的単純せん断試験結果（残留強度）

平均値 $\tau = 0.19 + \sigma \tan 18^\circ$ (N/mm²)
 平均値×70% $\tau = 0.13 + \sigma \tan 13^\circ$ (N/mm²)

図-5 応力履歴の影響を受けるシームの強度特性

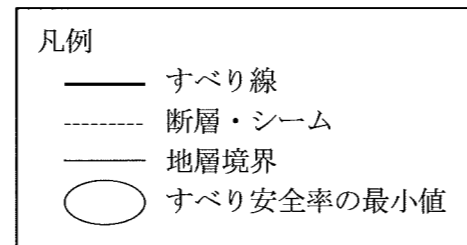
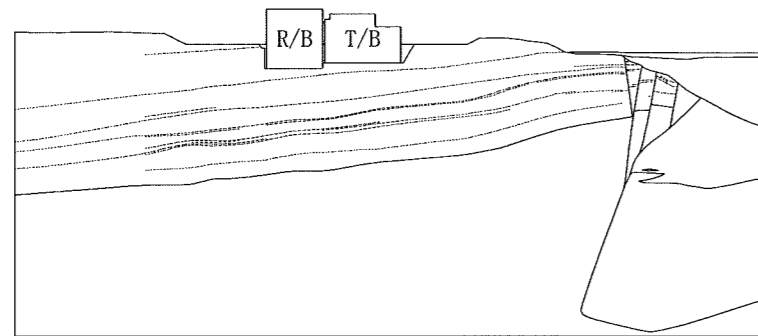
②シームの応力履歴を考慮して強度特性を低減させた検討

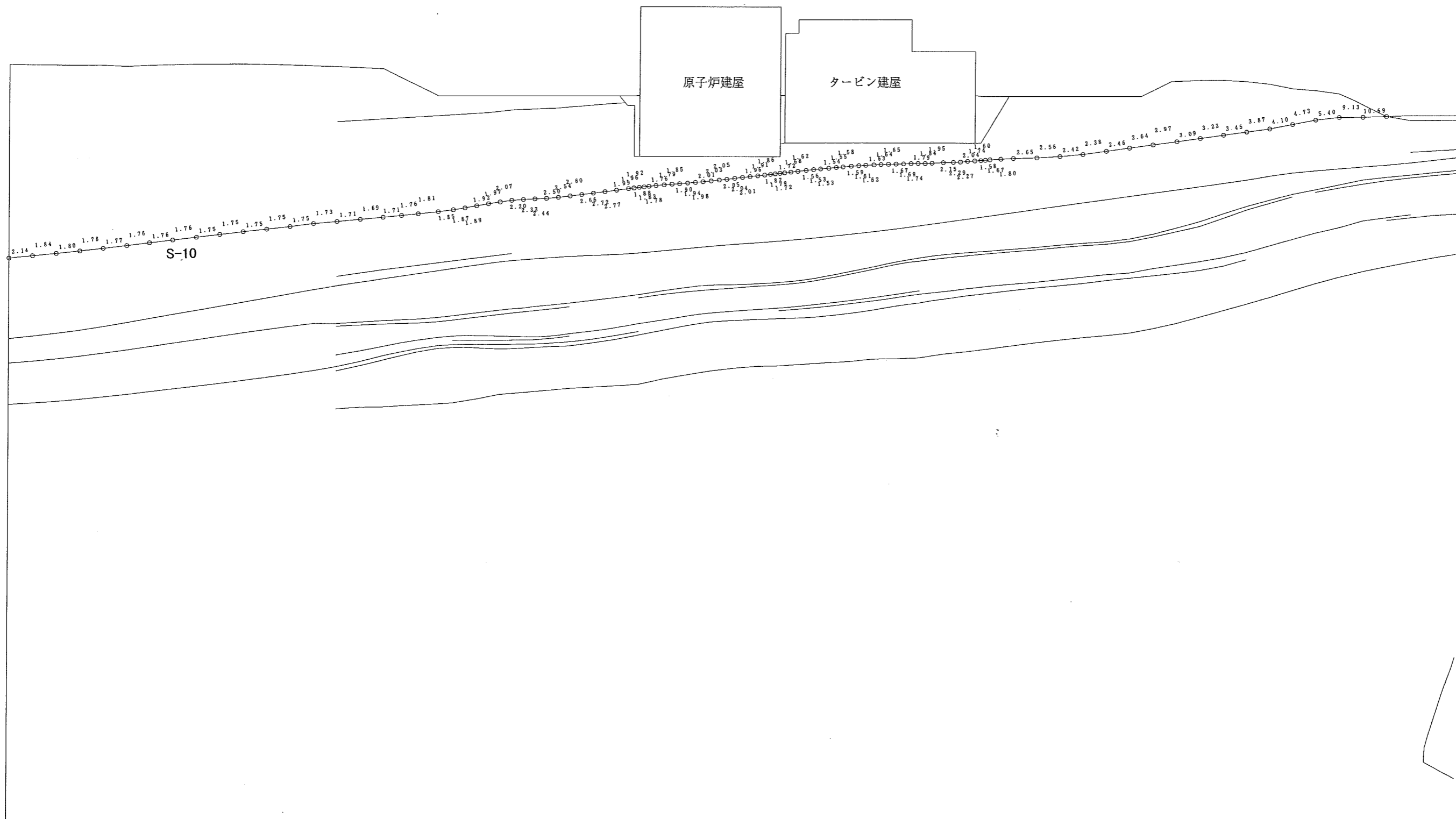
【解析結果】

表-3 すべり安全率（比較解析②，X-X'断面）

すべり線 番号	すべり線形状	地震力 方向	すべり安全率	
			基本解析 動的 FEM	②シームの応 力履歴を考 慮して強度 特性を低減 させた検討
4		↑	4.4	3.7
		↓	4.5	3.9
5		↑	4.6	3.9
		↓	4.8	4.2
6		↑	4.5	3.8
		↓	4.6	3.9

すべり線 番号	すべり線形状	地震力 方向	すべり安全率	
			基本解析 動的 FEM	②シームの応 力履歴を考 慮して強度 特性を低減 させた検討
7		↑	4.6	4.0
		↓	4.9	4.2
8		↑	3.6	3.2
		↓	3.7	3.2





0 20 40 60 80 100 (m)

図-6 要素ごとの安全率 (シーム)

(比較解析②) シームの応力履歴を考慮して強度特性を低減させた検討,
X-X' 断面, 鉛直地震力方向 ↑, t = 14.82 秒)

- * : 引張応力が発生した要素
- # : せん断強度に達した要素

③燃料補助建屋を付加したモデルによる検討

【解析条件】

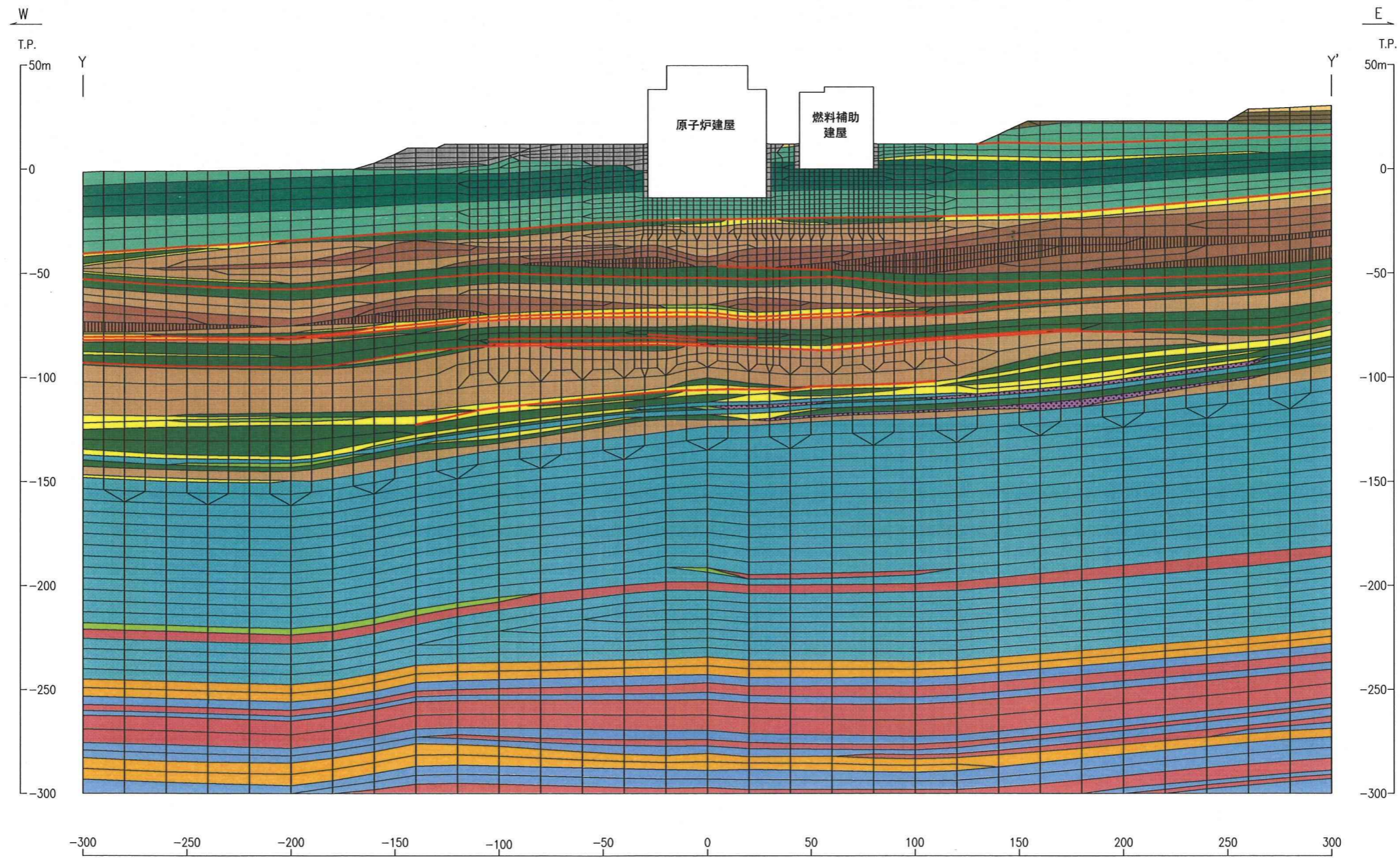
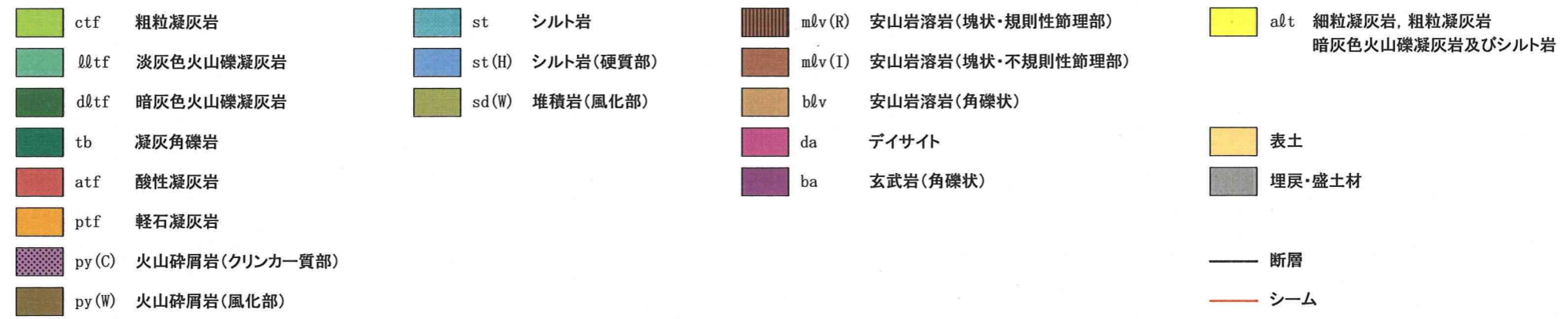
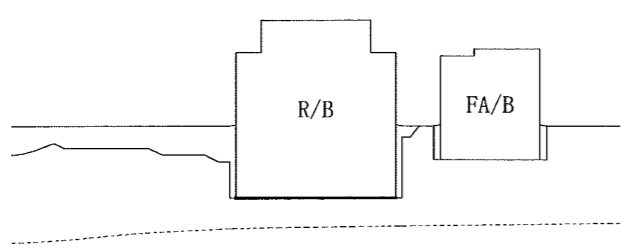
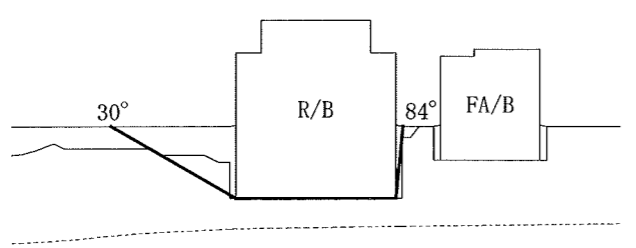
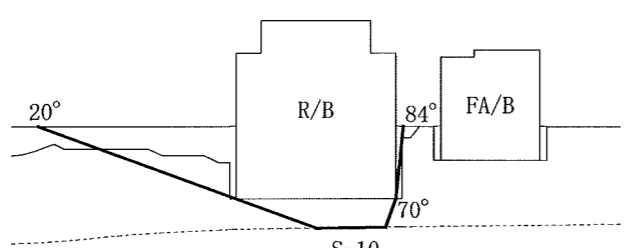


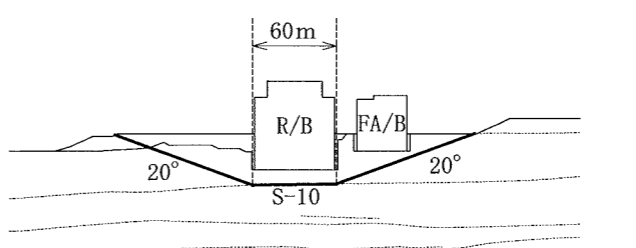
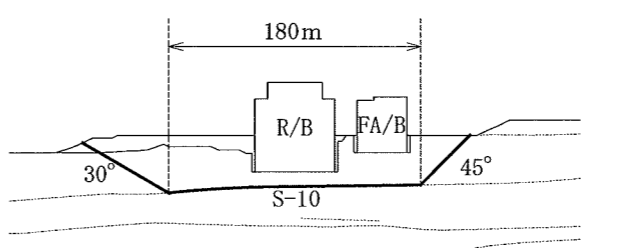
図-7 燃料補助建屋を付加したモデルによる検討の
解析用要素分割図 (Y-Y' 断面)

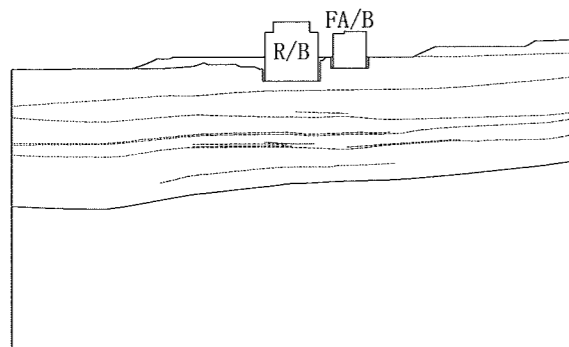
③燃料補助建屋を付加したモデルによる検討

【解析結果】

表-4 すべり安全率（比較解析③, Y-Y'断面）

すべり線 番号	すべり線形状	地震力 方向	すべり安全率	
			基本解析 動的 FEM	③燃料補助建 屋を付加し たモデルに よる検討
1		↑	7.3	7.6
		↓	7.4	7.8
2		↑	11.7	10.8
		↓	11.7	10.5
4		↑	15.1	14.4
		↓	14.4	14.9

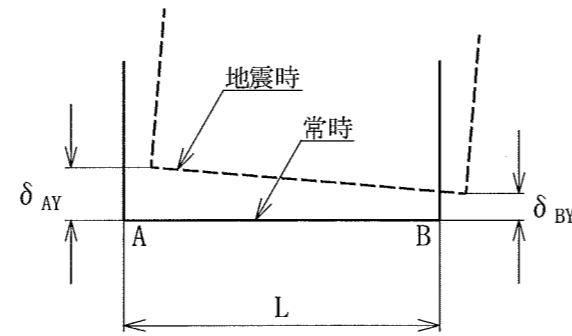
すべり線 番号	すべり線形状	地震力 方向	すべり安全率	
			基本解析 動的 FEM	③燃料補助建 屋を付加し たモデルに よる検討
7		↑	6.6	7.0
		↓	6.6	7.3
8		↑	3.9	4.1
		↓	4.0	4.2



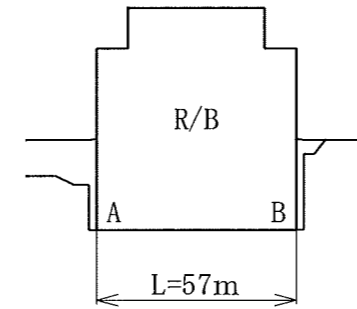
- 凡例
- すべり線
 - - - 断層・シーム
 - 地層境界
 - すべり安全率の最小値

表-5 原子炉建屋基礎底面の傾斜（比較解析③， Y-Y' 断面）

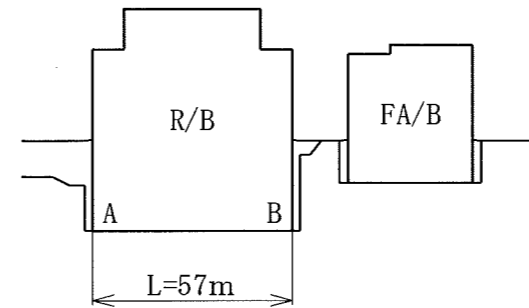
	発生時刻（秒）	最大相対変位量 （鉛直方向）	最大傾斜
		$\delta_{AY} - \delta_{BY}$ (cm)	$\frac{ \delta_{AY} - \delta_{BY} }{L}$
基本解析 動的FEM	14.89	0.36	1/16,000
③燃料補助建屋を付加したモデル による検討	29.52	0.32	1/18,000



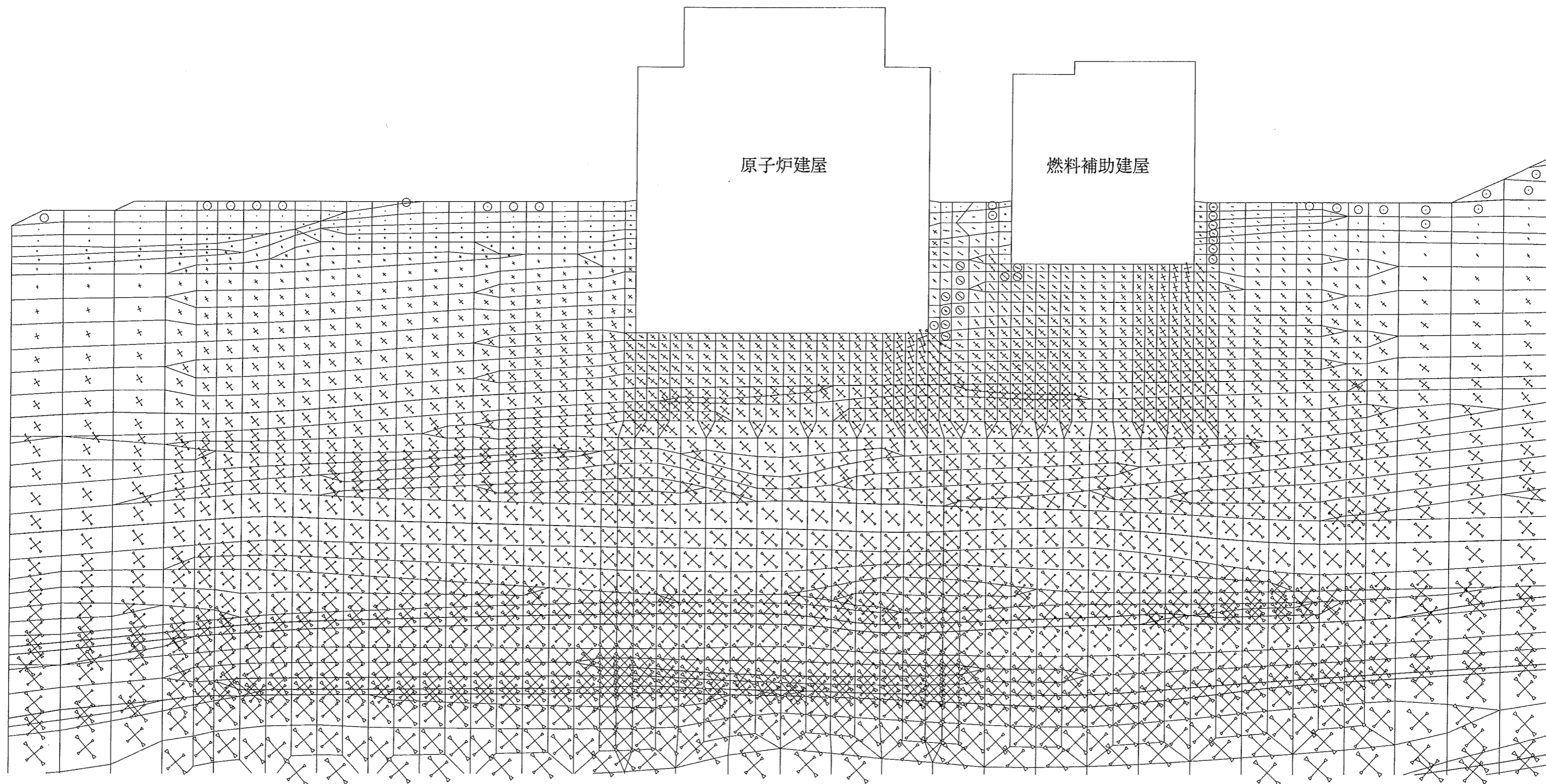
δ_{AY} , δ_{BY} は上向きを正とする。
鉛直方向相対変位は左上りを正とする。


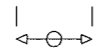


基本解析 動的FEM



③燃料補助建屋を付加したモデルによる検討



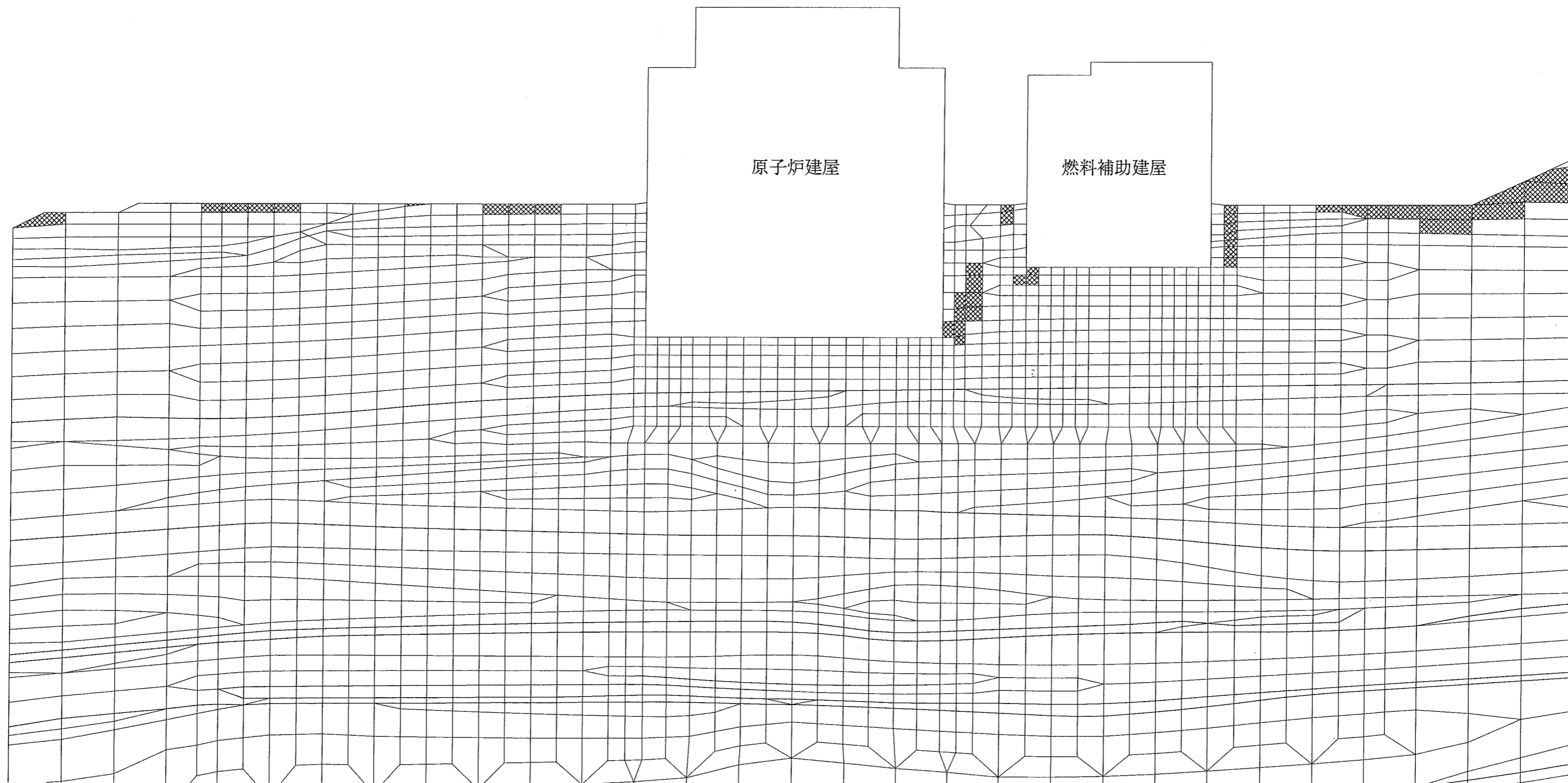
3.0 N/mm^2
 : 圧縮
 : 引張

0 10 20 30 40 50 (m)

図-8(1) 主応力図

(比較解析③ 燃料補助建屋を付加したモデルによる検討,

Y-Y' 断面, 鉛直地震力方向 ↑, t = 14.84 秒)



- : せん断強度に達した要素
- ▨ : 引張応力が発生した要素
- ▧ : $1.00 \leq f_s < 1.50$
- ▩ : $1.50 \leq f_s < 2.00$
- : $2.00 \leq f_s$

0 10 20 30 40 50 (m)

図-8(2) 要素ごとの安全率 (基礎岩盤)

(比較解析③ 燃料補助建屋を付加したモデルによる検討,
Y-Y' 断面, 鉛直地震力方向 ↑, t = 14.84 秒)

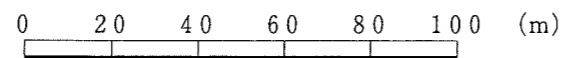
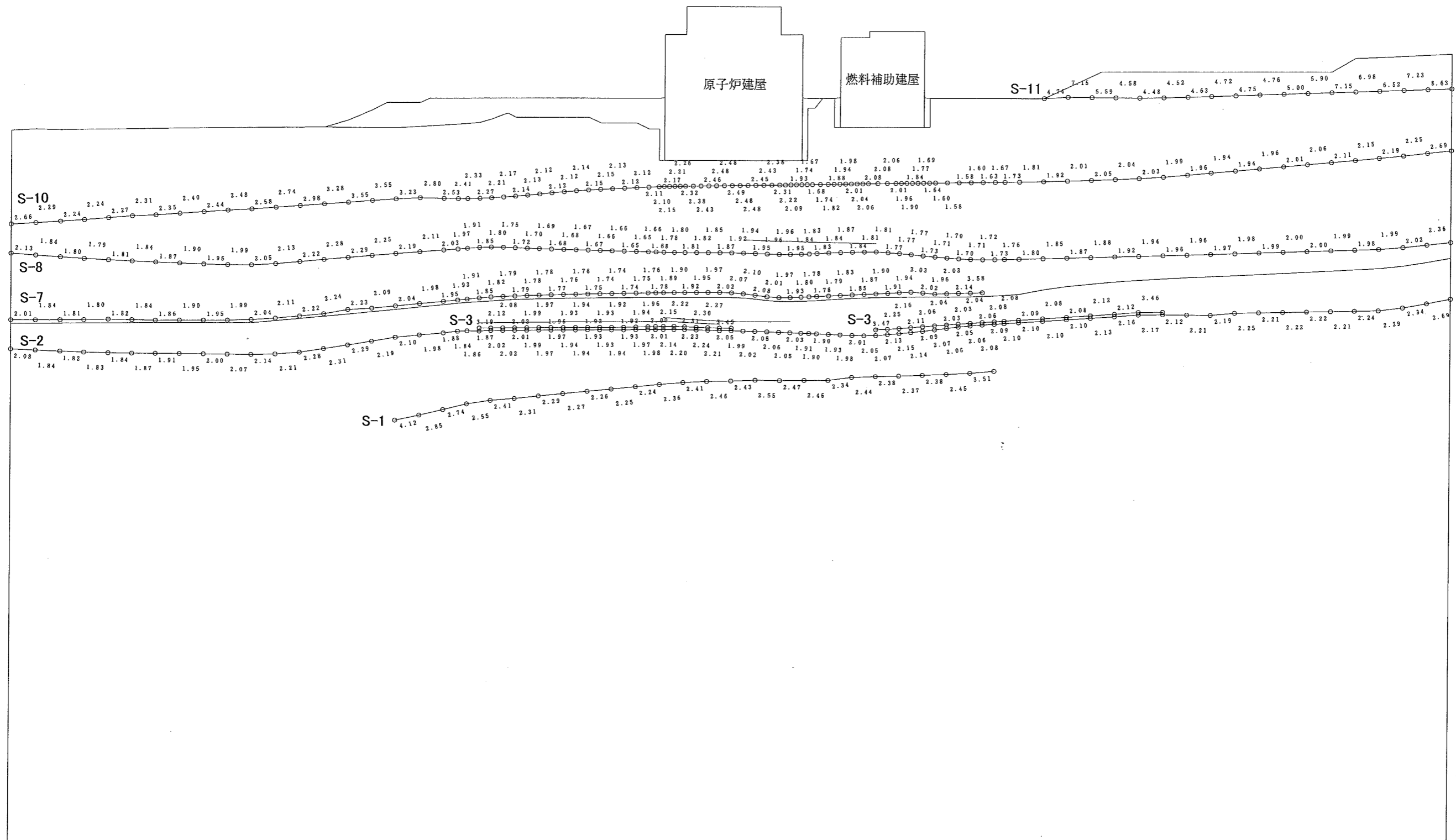
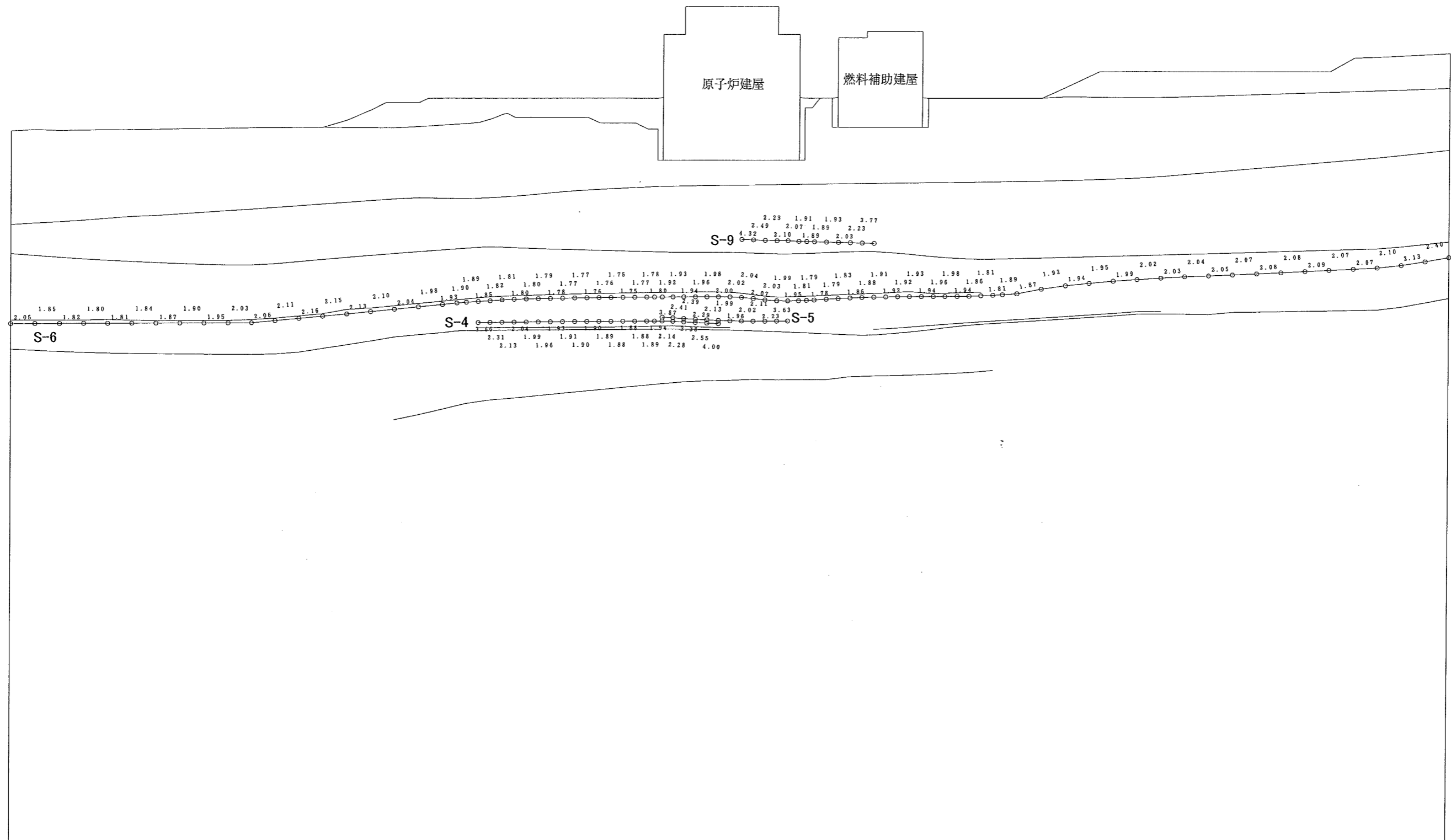


図-8(3) 要素ごとの安全率 (シーム 1/2)

(比較解析③ 燃料補助建屋を付加したモデルによる検討,
Y-Y' 断面, 鉛直地震力方向 ↑, t = 14.84 秒)

* : 引張応力が発生した要素
: せん断強度に達した要素

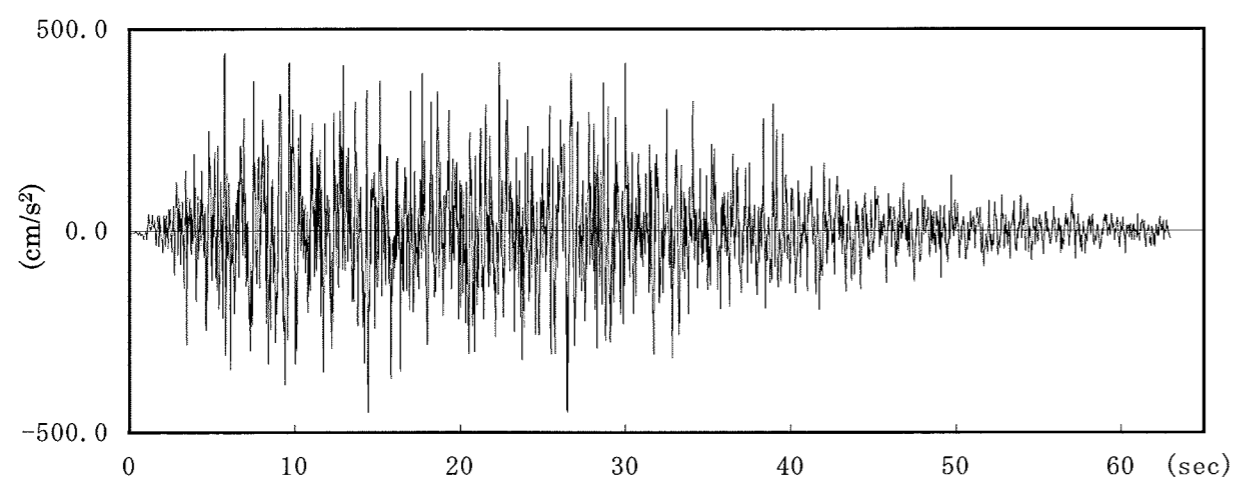


* : 引張応力が発生した要素
 # : せん断強度に達した要素

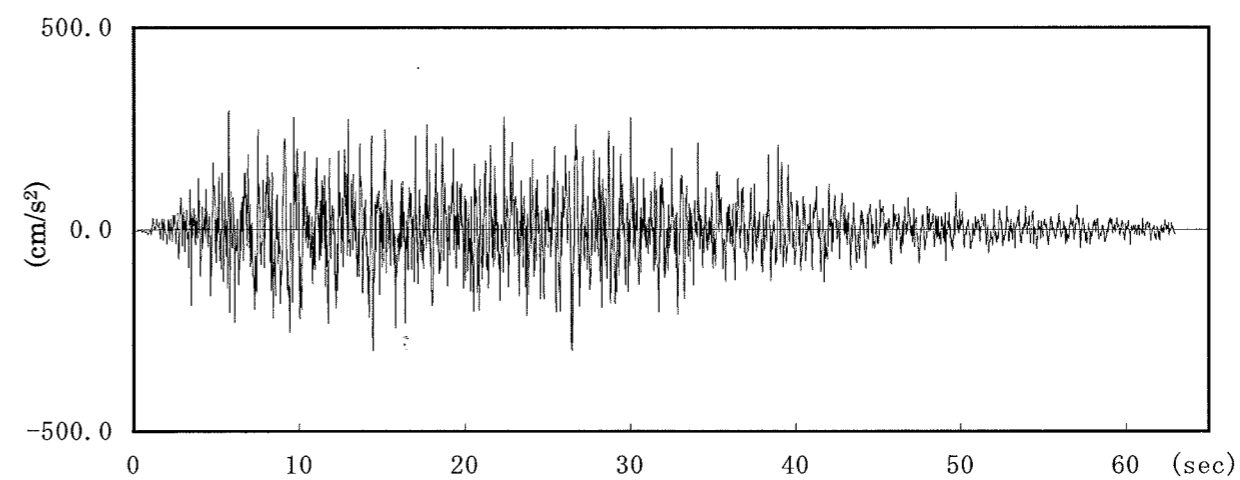
図-8(4) 要素ごとの安全率 (シーム 2/2)
 (比較解析③ 燃料補助建屋を付加したモデルによる検討,
 Y-Y' 断面, 鉛直地震力方向 ↑, t=14.84 秒)

④上下動を考慮した検討

【解析条件】



(a) 水平動 (基準地震動 S_2-D) 最大加速度 450cm/s^2



(b) 上下動 (基準地震動 S_2-D の $2/3$) 最大加速度 300cm/s^2

図-9 水平動及び上下動の加速度時刻歴

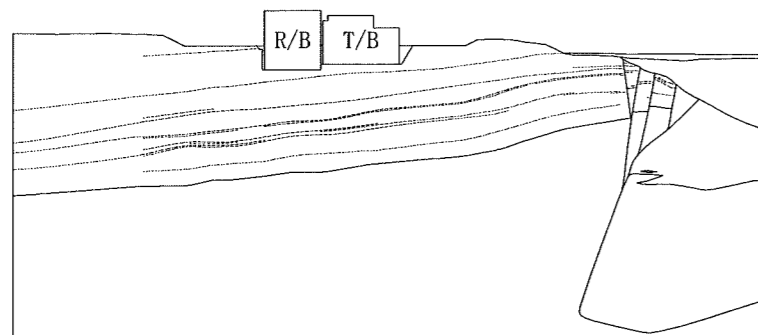
④上下動を考慮した検討

【解析結果】

表-6(1) すべり安全率 (比較解析④, X-X' 断面)

すべり線 番号	すべり線形状	地震力 方向	すべり安全率	
			基本解析 動的 FEM	④上下動を考 慮した検討
1		↑	8.2	6.7
		↓	8.1	
2		↑	9.5	7.8
		↓	9.5	
3		↑	6.7	5.9
		↓	6.9	
4		↑	4.4	3.9
		↓	4.5	

すべり線 番号	すべり線形状	地震力 方向	すべり安全率	
			基本解析 動的 FEM	④上下動を考 慮した検討
5		↑	4.6	4.1
		↓	4.8	
6		↑	4.5	4.0
		↓	4.6	
7		↑	4.6	4.1
		↓	4.9	
8		↑	3.6	3.3
		↓	3.7	
9		↑	4.1	3.6
		↓	4.0	



- 凡例
- すべり線
 - - - 断層・シーム
 - 地層境界
 - すべり安全率の最小値

表-6(2) すべり安全率 (比較解析④, Y-Y'断面)

すべり線 番号	すべり線形状	地震力 方向	すべり安全率	
			基本解析 動的 FEM	④上下動を考 慮した検討
1		↑	7.3	7.3
		↓	7.4	
2		↑	11.7	11.0
		↓	11.7	
3		↑	9.4	9.0
		↓	9.4	
4		↑	15.1	15.2
		↓	14.4	

すべり線 番号	すべり線形状	地震力 方向	すべり安全率	
			基本解析 動的 FEM	④上下動を考 慮した検討
5		↑	9.9	9.5
		↓	9.9	
6		↑	10.9	10.6
		↓	10.8	
7		↑	6.6	6.4
		↓	6.6	
8		↑	3.9	3.9
		↓	4.0	

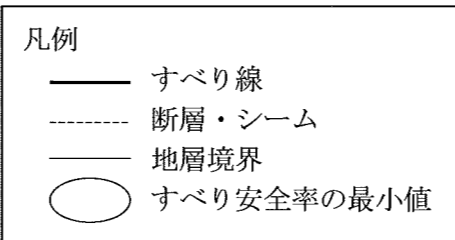
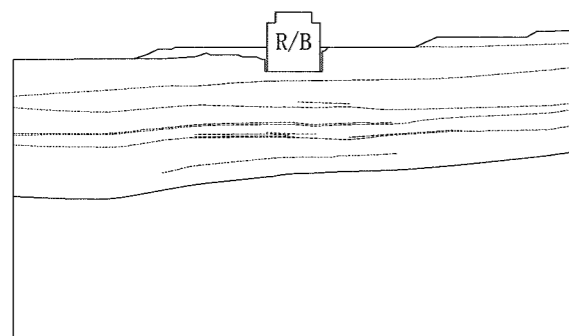
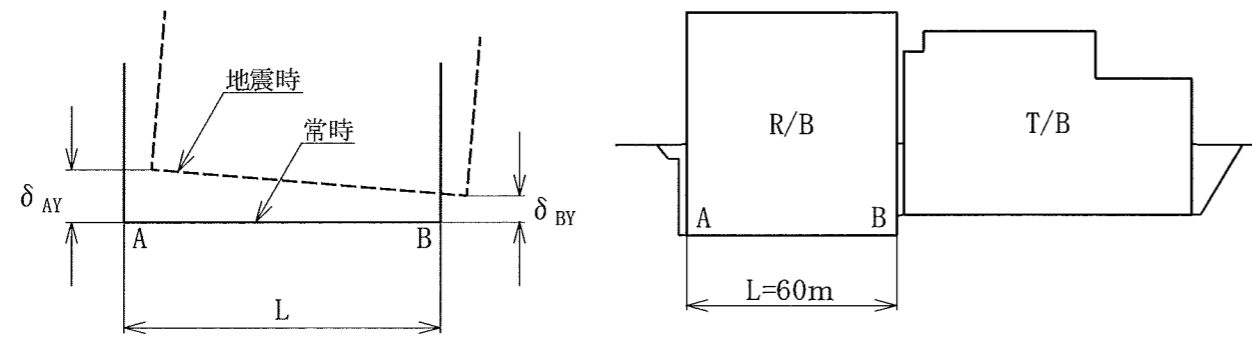


表-7(1) 原子炉建屋基礎底面の傾斜（比較解析④，X-X'断面）

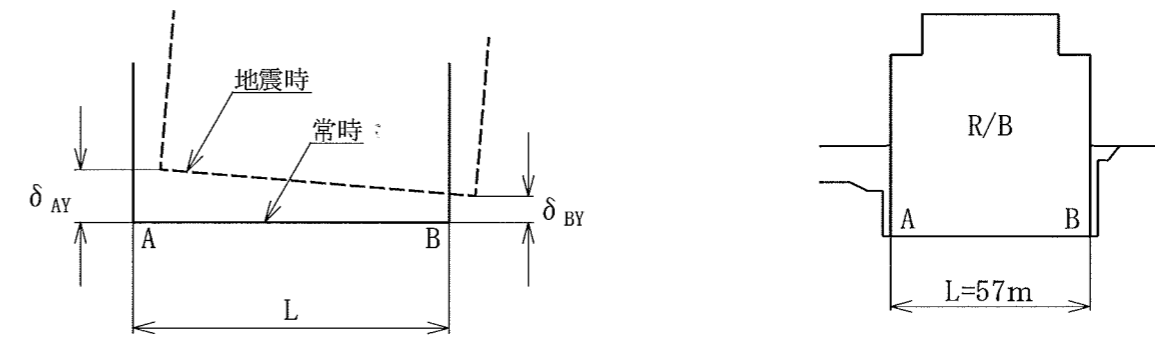
	発生時刻（秒）	最大相対変位量 （鉛直方向）	最大傾斜
		$\delta_{AY} - \delta_{BY}$ (cm)	$\frac{ \delta_{AY} - \delta_{BY} }{L}$
基本解析 動的FEM	10.47	0.50	1/12,000
④上下動を考慮した検討	26.88	0.60	1/10,000



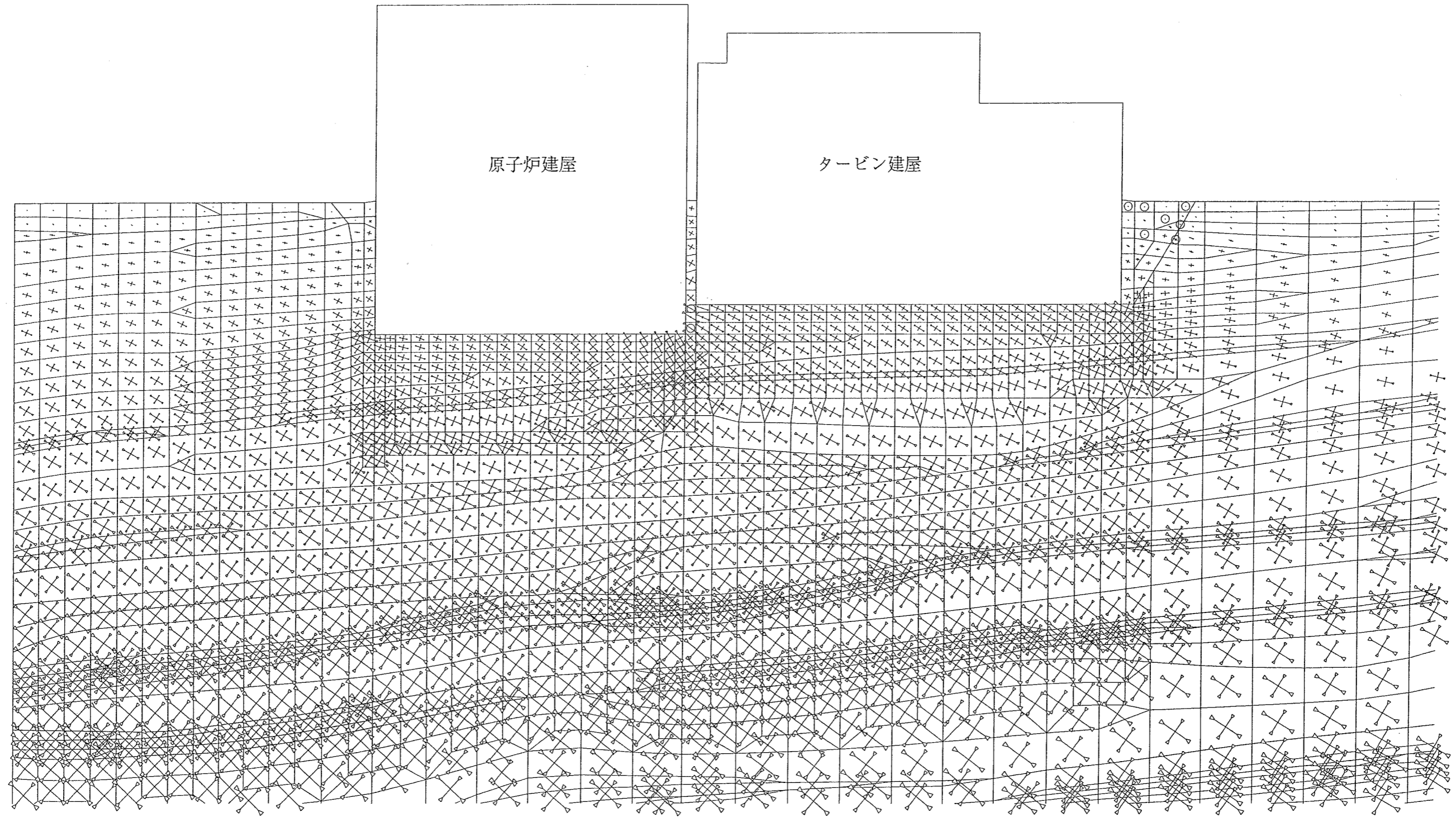
δ_{AY} , δ_{BY} は上向きを正とする。
鉛直方向相対変位は左上りを正とする。

表-7(2) 原子炉建屋基礎底面の傾斜（比較解析④，Y-Y'断面）

	発生時刻（秒）	最大相対変位量 （鉛直方向）	最大傾斜
		$\delta_{AY} - \delta_{BY}$ (cm)	$\frac{ \delta_{AY} - \delta_{BY} }{L}$
基本解析 動的FEM	14.89	0.36	1/16,000
④上下動を考慮した検討	14.89	0.36	1/16,000



δ_{AY} , δ_{BY} は上向きを正とする。
鉛直方向相対変位は左上りを正とする。



原子炉建屋

タービン建屋

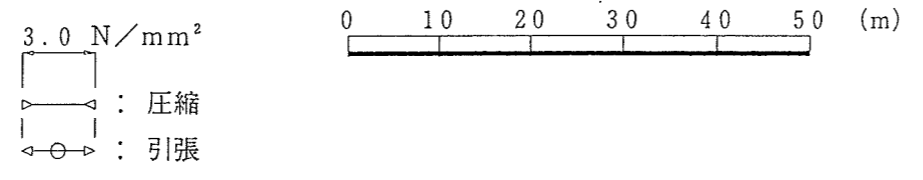
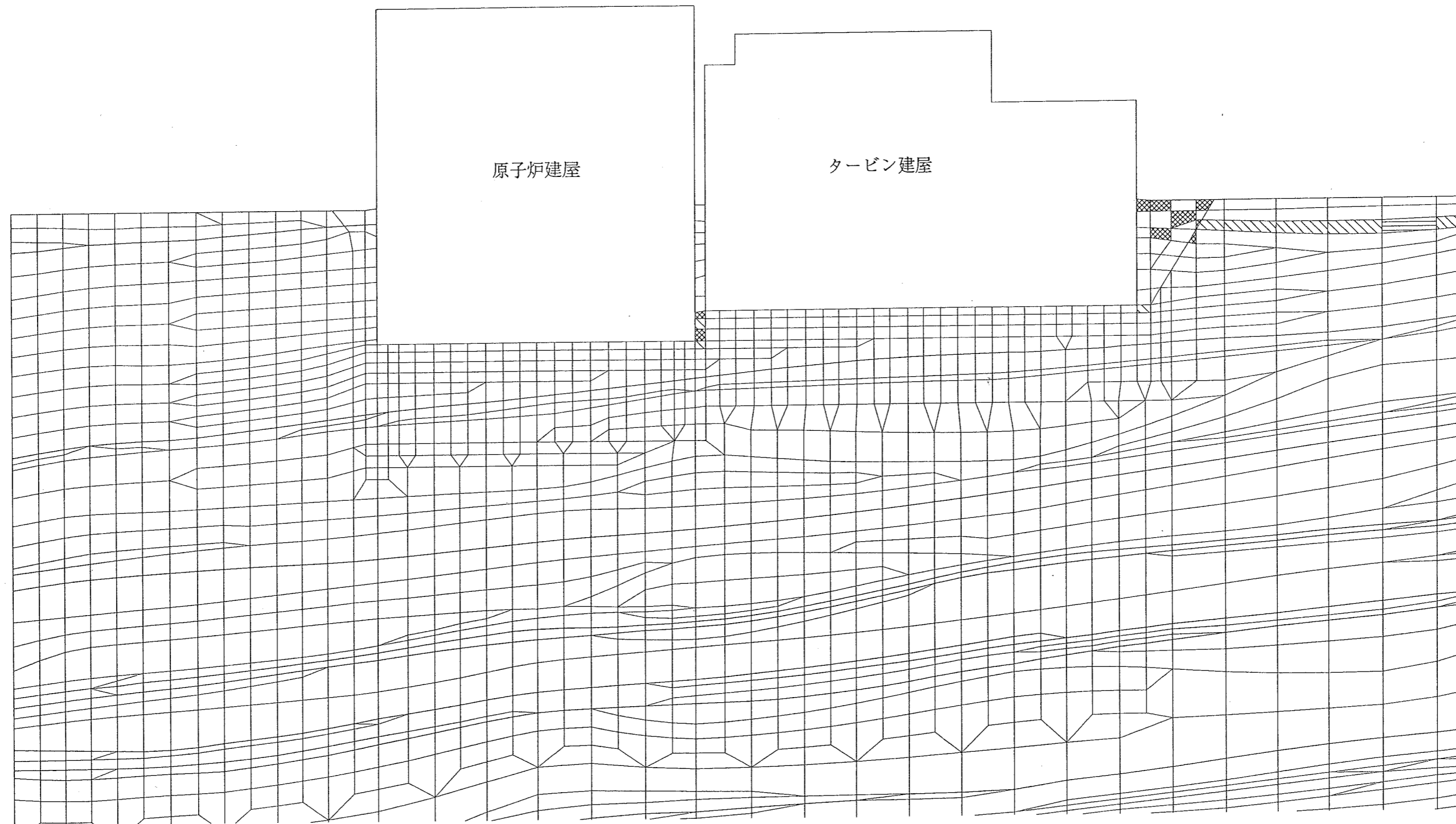


図-10(1) 主応力図
 (比較解析④ 上下動を考慮した検討, X-X'断面, t=14.86秒)



- : せん断強度に達した要素
- ▨ : 引張応力が発生した要素
- ▧ : $1.00 \leq f_s < 1.50$
- ▩ : $1.50 \leq f_s < 2.00$
- : $2.00 \leq f_s$

0 10 20 30 40 50 (m)

図-10(2) 要素ごとの安全率 (基礎岩盤)

(比較解析④ 上下動を考慮した検討, X-X' 断面, $t = 14.86$ 秒)

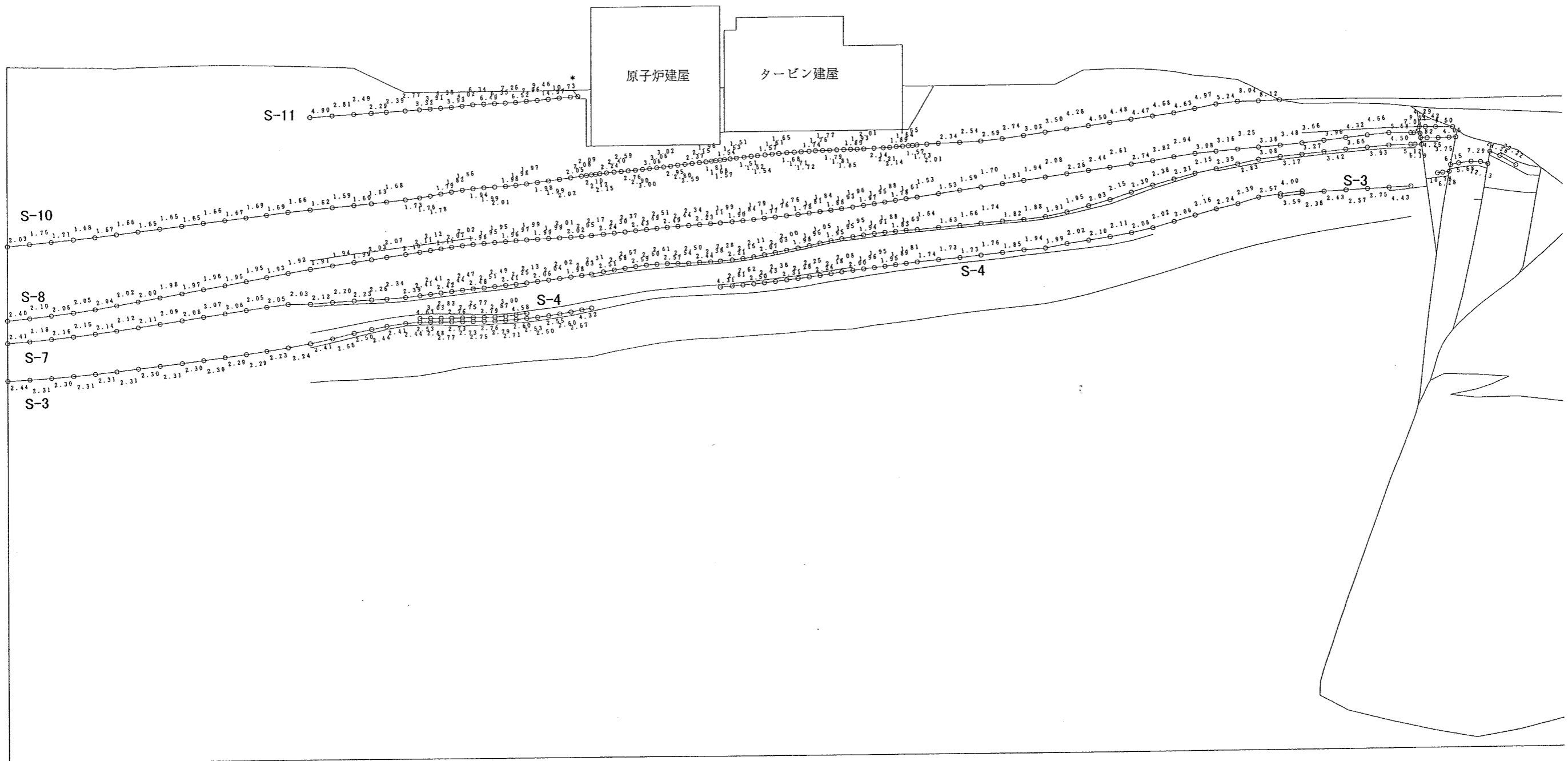


図-10(4) 要素ごとの安全率 (シーム 2/2)

(比較解析④ 上下動を考慮した検討, X-X' 断面, t = 14.86 秒)

- * : 引張応力が発生した要素
- # : セン断強度に達した要素

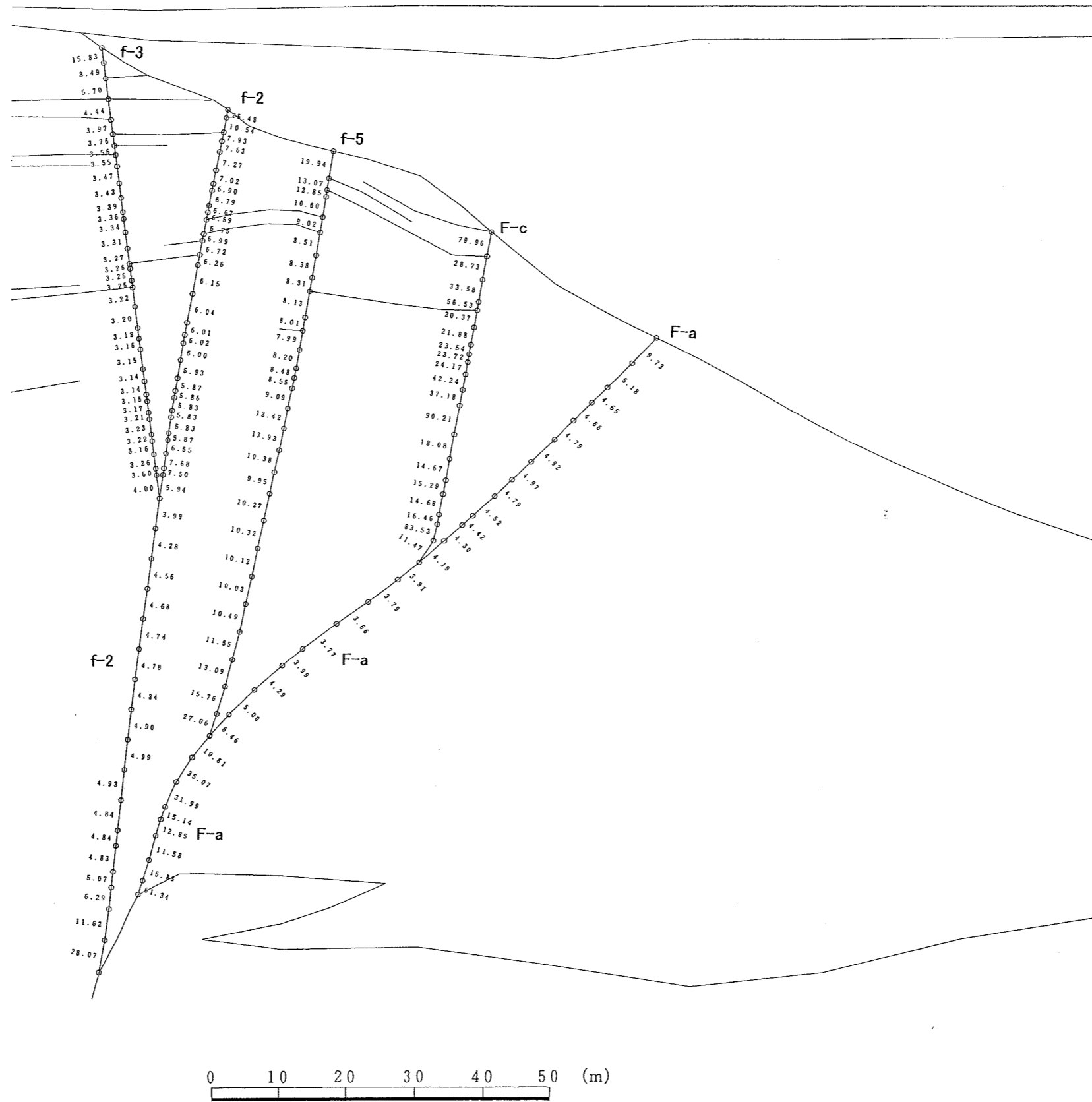
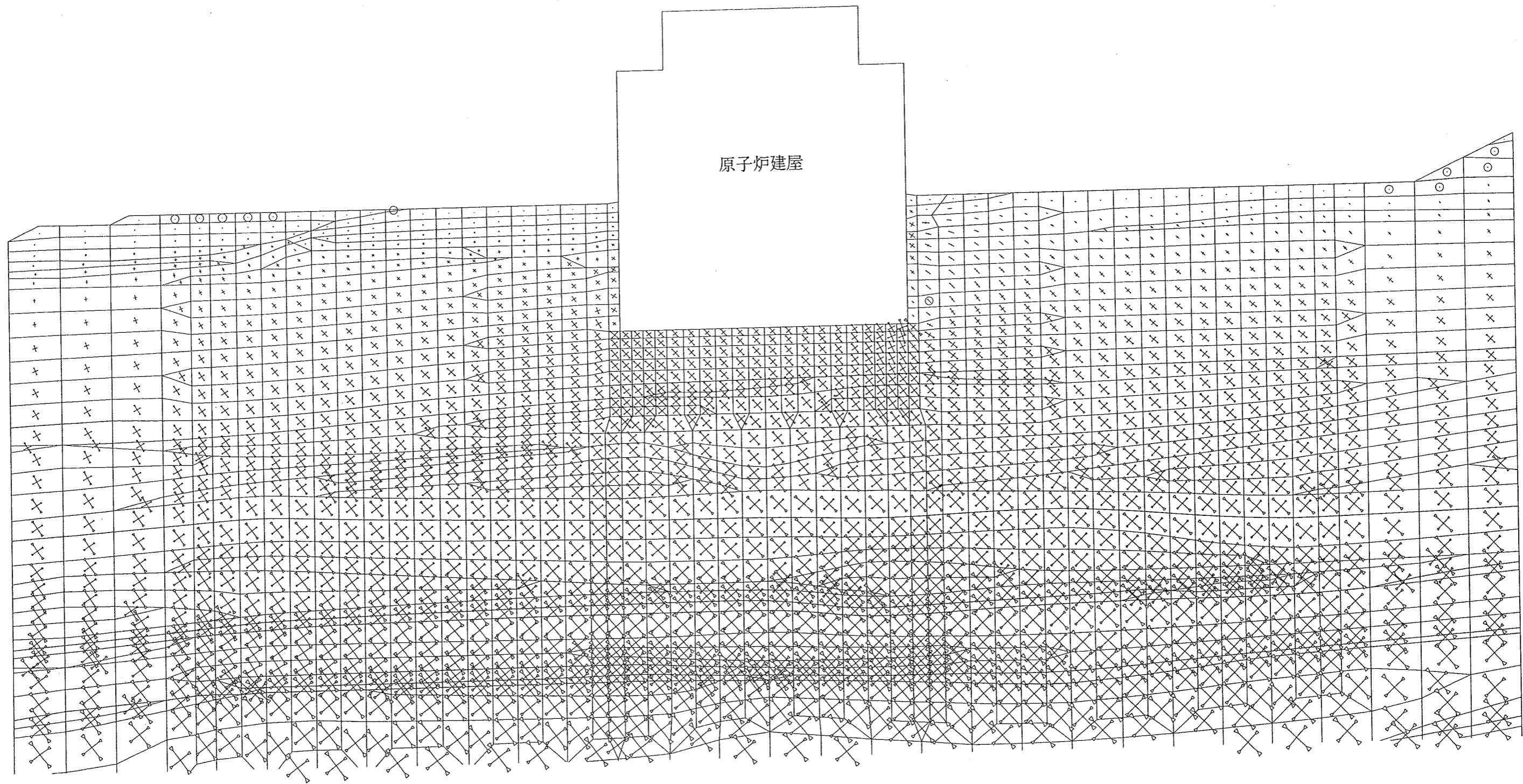




図-10(5) 要素ごとの安全率 (断層)

(比較解析④ 上下動を考慮した検討, X-X' 断面, t = 14.86 秒)

- * : 引張応力が発生した要素
- # : せん断強度に達した要素



3.0 N/mm^2
 : 圧縮
 : 引張

0 10 20 30 40 50 (m)

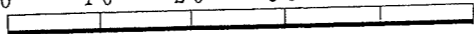
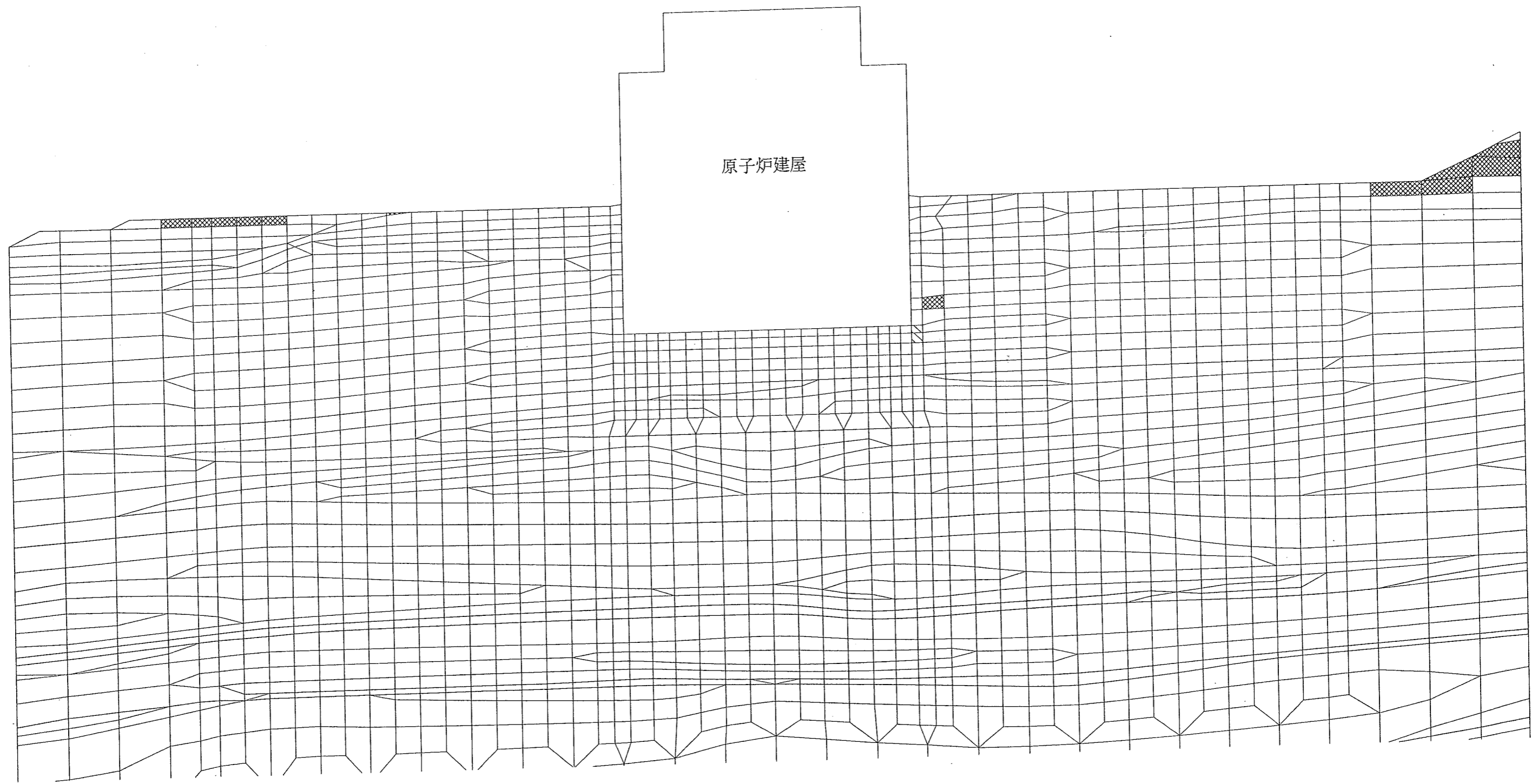


図-10(6) 主応力図

(比較解析④ 上下動を考慮した検討, Y-Y'断面, $t = 14.83$ 秒)



- : せん断強度に達した要素
- ▨ : 引張応力が発生した要素
- ▧ : $1.00 \leq f_s < 1.50$
- ▩ : $1.50 \leq f_s < 2.00$
- : $2.00 \leq f_s$

0 10 20 30 40 50 (m)

図-10(7) 要素ごとの安全率 (基礎岩盤)
 (比較解析④ 上下動を考慮した検討, Y-Y' 断面, t = 14.83 秒)

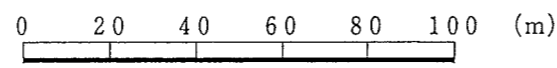
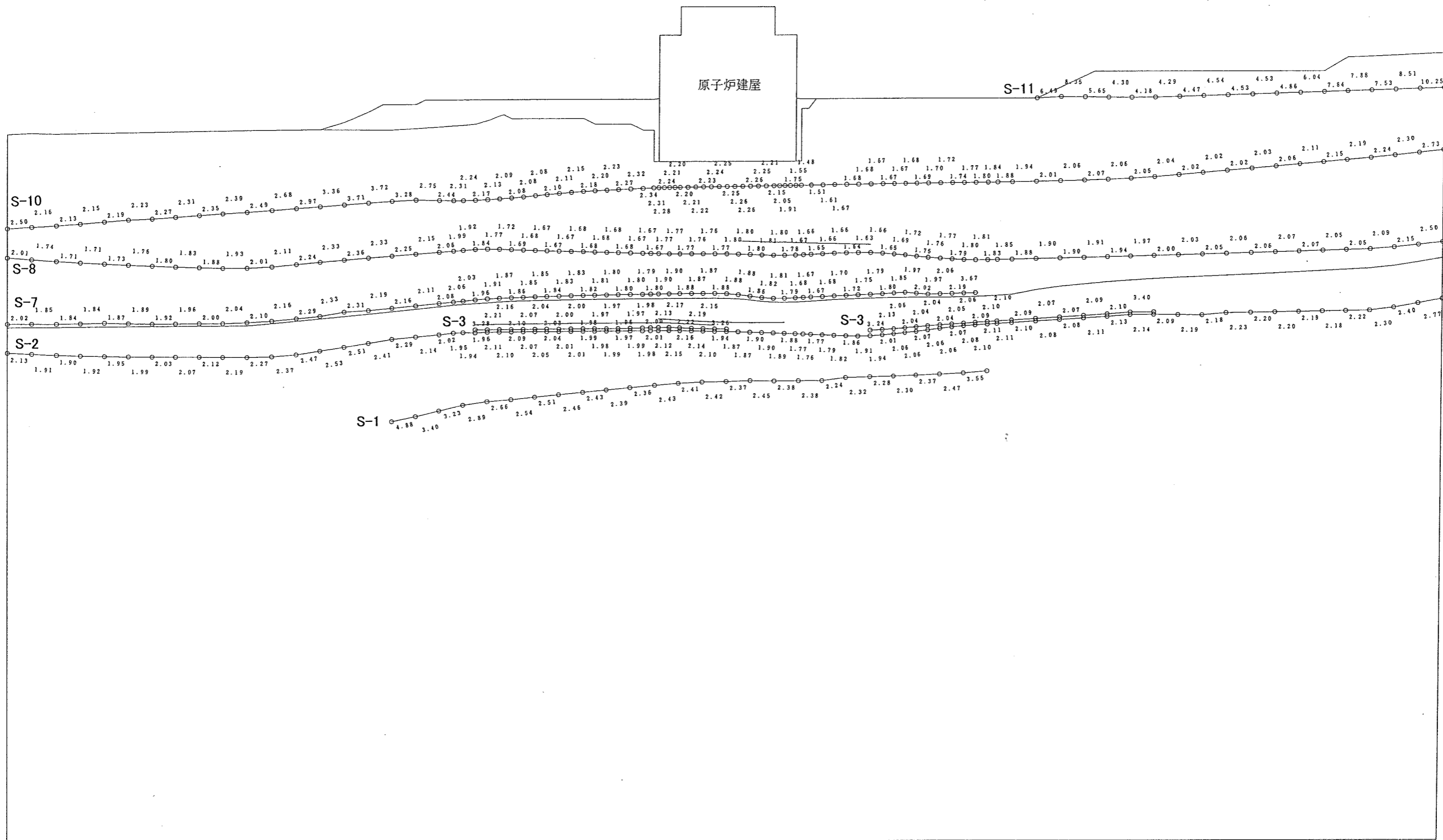
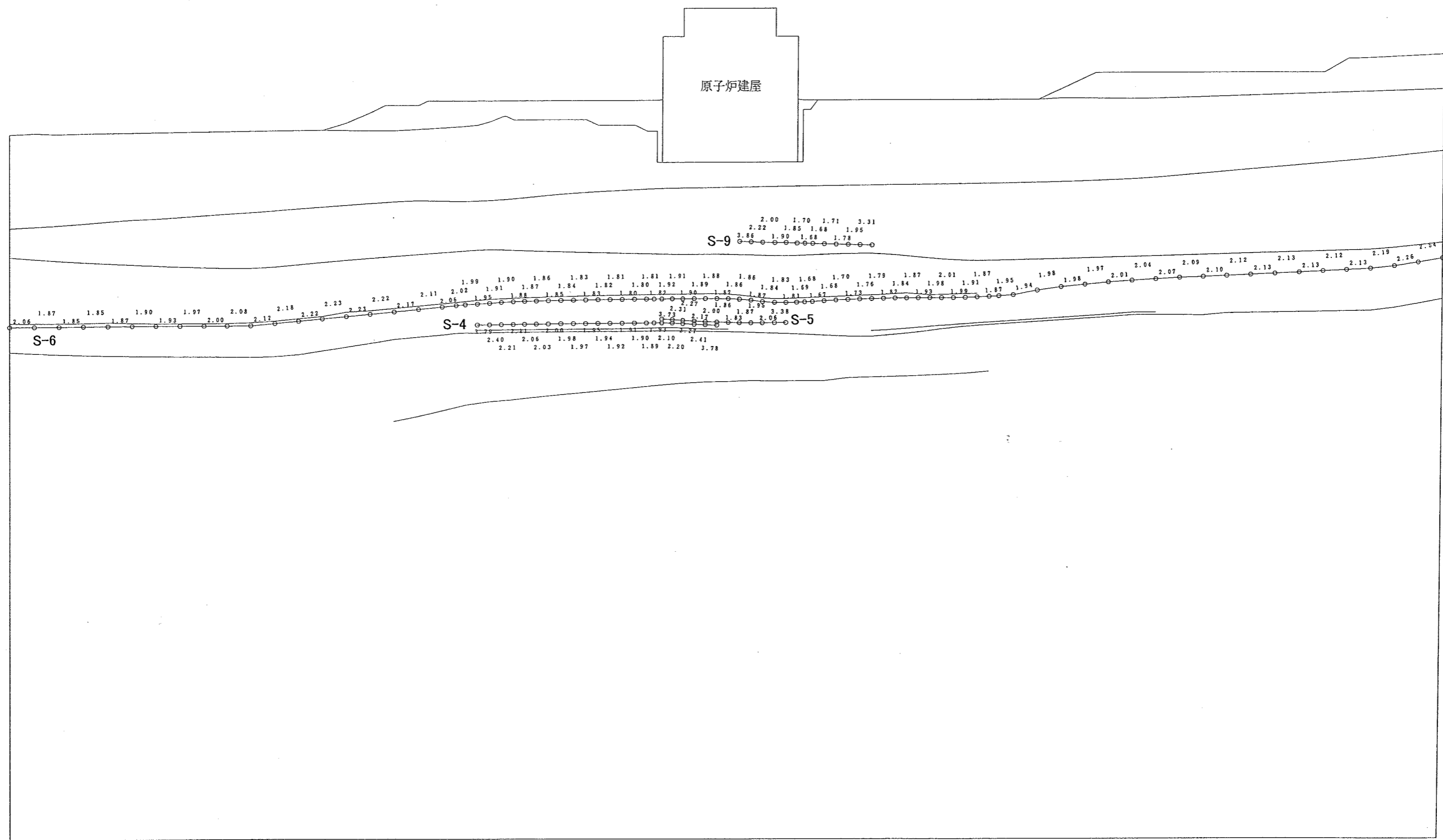


図-10(8) 要素ごとの安全率 (シーム 1/2)
 (比較解析④ 上下動を考慮した検討, Y-Y' 断面, t = 14.83 秒)

* : 引張応力が発生した要素
 # : せん断強度に達した要素

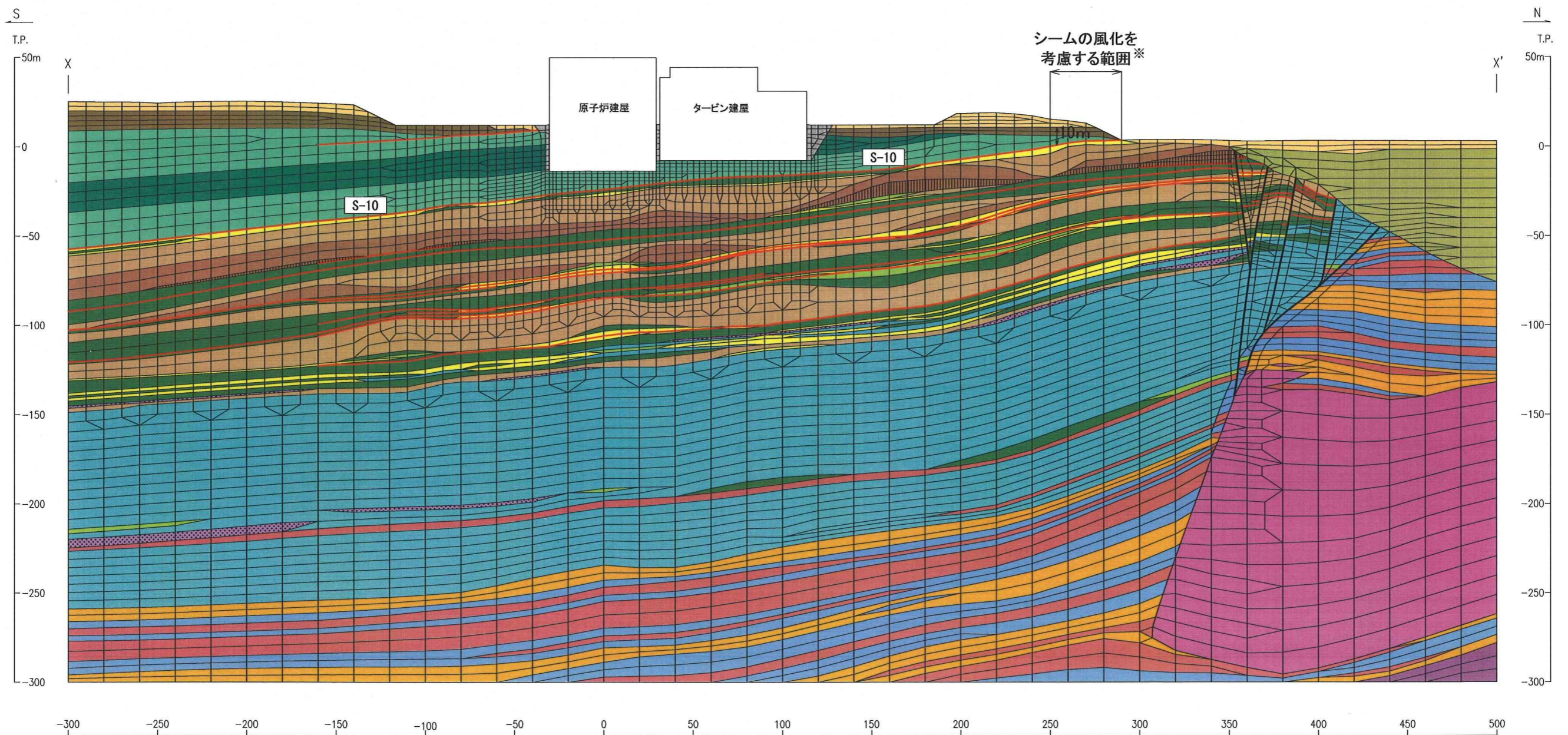
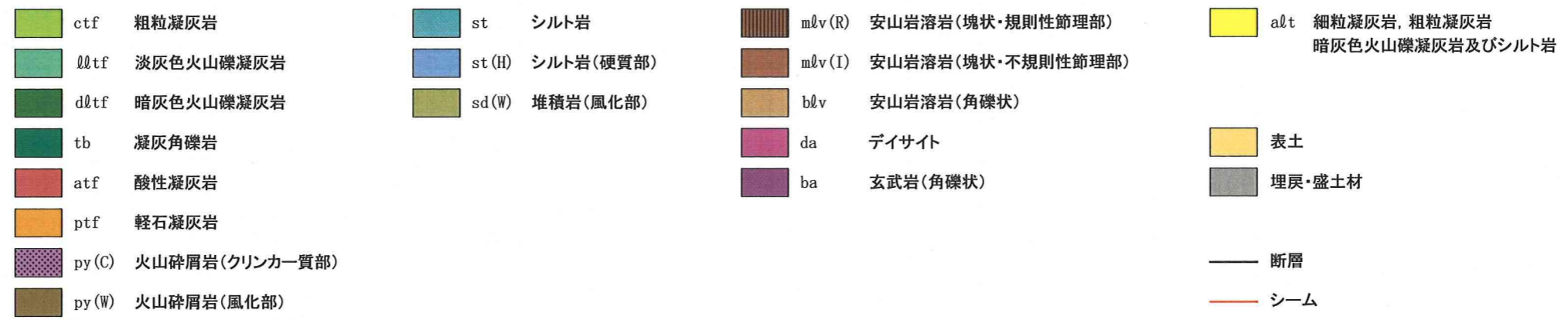


* : 引張応力が発生した要素
 # : せん断強度に達した要素

図-10(9) 要素ごとの安全率 (シーム 2/2)
 (比較解析④ 上下動を考慮した検討, Y-Y' 断面, t = 14.83 秒)

⑤シームの風化部を考慮して強度特性を低減させた検討

【解析条件】



※シームS-10が地表面付近に分布するM₃段丘面から海岸低地にかけての領域では、岩盤の風化深度は最大8.05m(図-12)となっているので、表土下面(段丘基底面下)から10mまでの範囲のシームは風化を受けているものとして検討を行っている。

図-11 シームの風化を考慮して強度特性を低減させた検討の解析用要素分割図(X-X'断面)

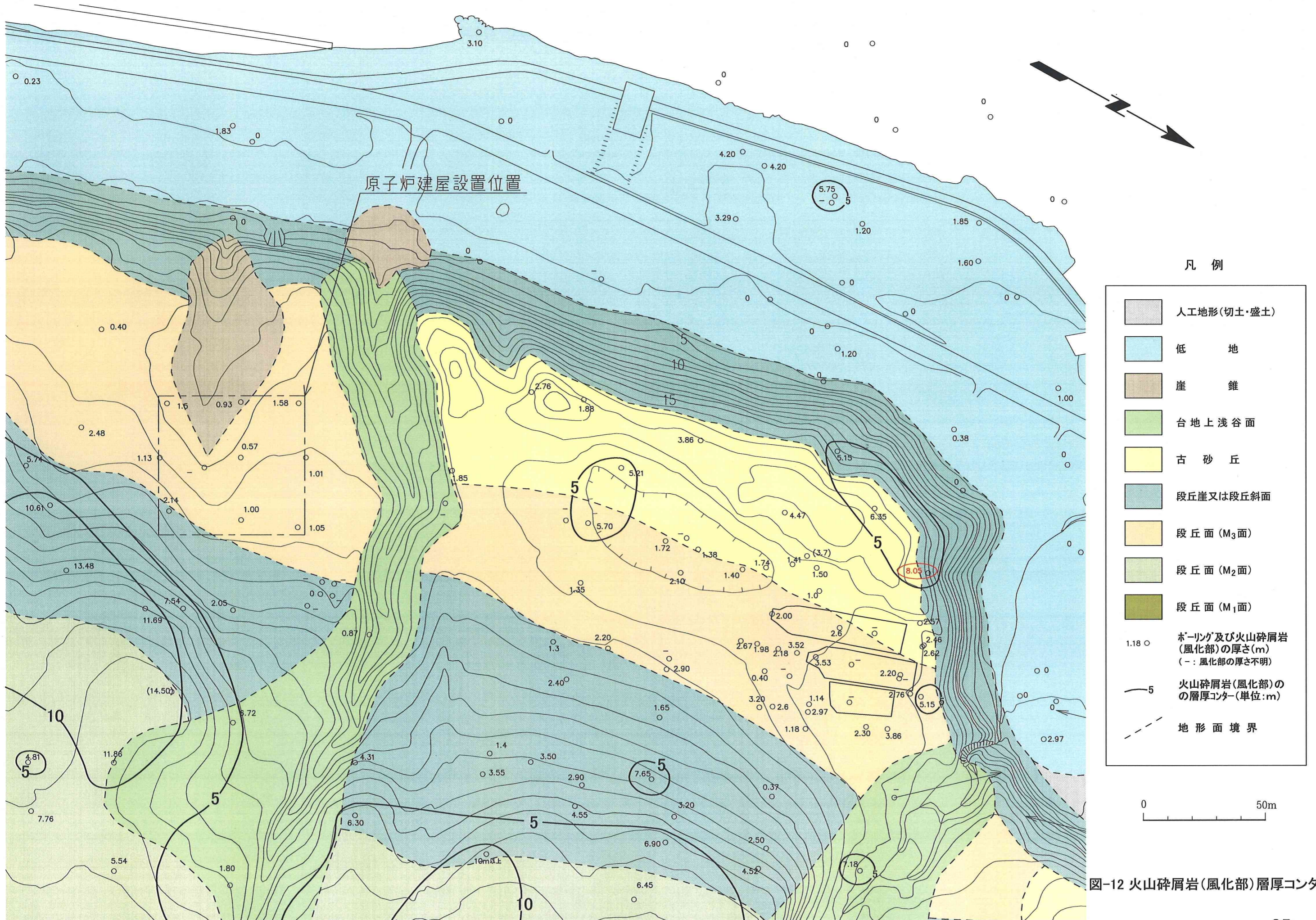


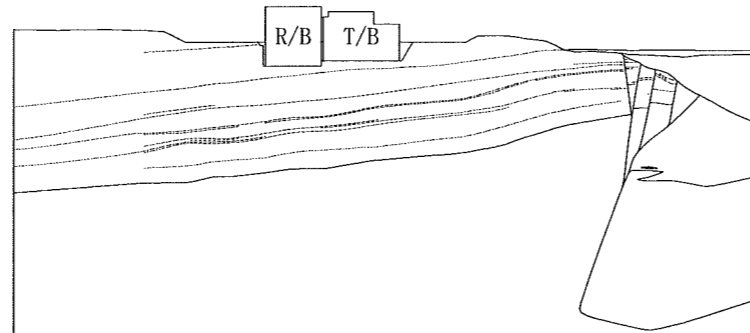
図-12 火山碎屑岩(風化部)層厚コンター図

⑤シームの風化部を考慮して強度特性を低減させた検討

【解析結果】

表-8 すべり安全率（比較解析⑤, X-X'断面）

すべり線 番号	すべり線形状	地震力 方向	すべり安全率	
			基本解析 動的 FEM	⑤シームの風 化部を考慮 して強度特 性を低減さ せた検討
8		↑	3.6	3.4
		↓	3.7	3.4

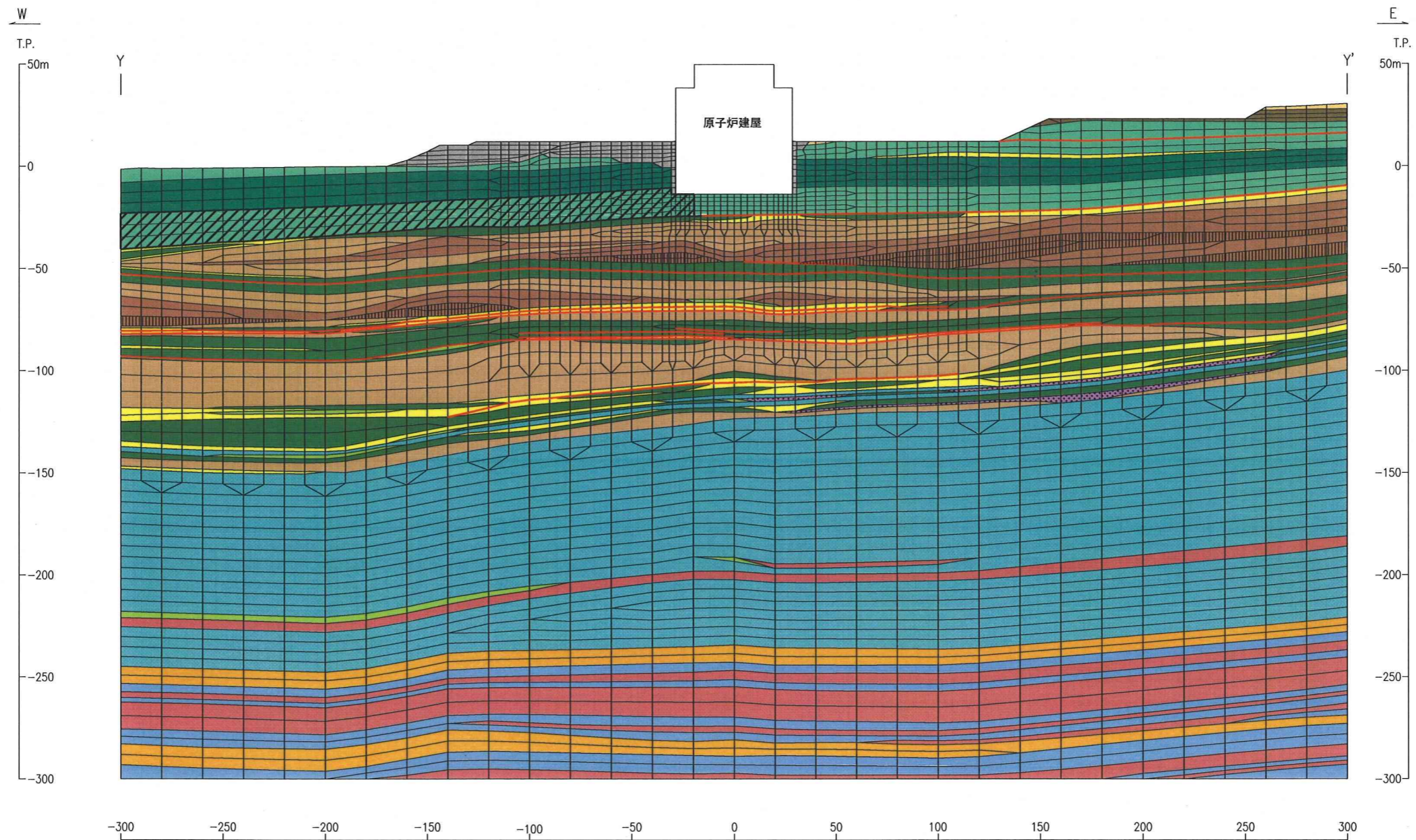
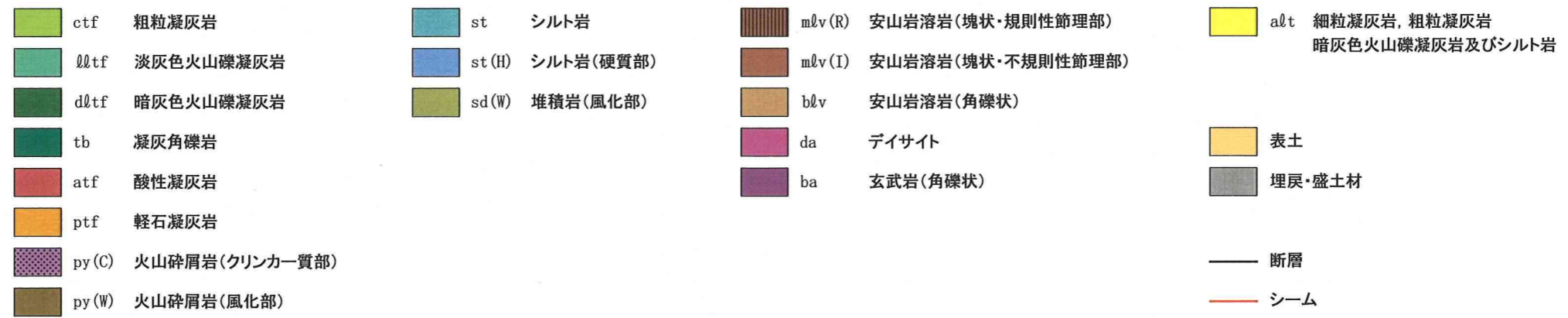


凡例

- すべり線
- - - 断層・シーム
- 地層境界
- すべり安全率の最小値

⑥淡灰色火山礫凝灰岩 (lltf) の変形特性を低減させた検討

【解析条件】



淡灰色火山礫凝灰岩 (lltf) の変形特性を低減させる範囲

※ 試掘坑内の水平ボーリング及び坑壁のスキャンライン調査によれば、原子炉建屋中心から20mより西側で割れ目が比較的多く分布することから、図の斜線部を淡灰色火山礫凝灰岩の変形特性を低減させる範囲として検討を行っている。

図-14 淡灰色火山礫凝灰岩の変形特性を低減させた検討の解析用要素分割図 (Y-Y' 断面)

岩盤区分	試験箇所	試験位置	変形係数 ($\times 10^3 \text{N/mm}^2$)		割線弾性係数 ($\times 10^3 \text{N/mm}^2$)		接線弾性係数 ($\times 10^3 \text{N/mm}^2$)		試験面状況
			荷重範囲 (N/mm^2)		荷重範囲 (N/mm^2)		荷重範囲 (N/mm^2)		
			0.30~1.50	2.00~3.00	0~1.50	0~3.00	0.30~1.50	2.00~3.00	
淡灰色 火山礫 凝灰岩 00tf 7箇所	E坑	J-11	2.11	2.01	2.45	2.16	2.19	2.26	均質
		J-12	1.32	1.00	1.36	1.14	1.35	1.44	均質
		J-13	1.19	1.28	1.45	1.41	1.51	1.80	均質
	F坑	J-14	1.12	1.23	1.21	1.22	1.24	1.61	割れ目
		J-15	1.60	1.95	2.00	1.98	1.81	2.21	均質
		J-16	1.21	1.22	1.32	1.28	1.30	1.60	筋状組織
		J-17	1.31	1.33	1.52	1.46	1.42	1.64	均質
		平均	1.41	1.43	1.62	1.52	1.55	1.79	
		標準偏差	0.35	0.39	0.45	0.39	0.34	0.32	
		変動係数(%)	24.8	27.3	27.8	25.7	21.9	17.9	

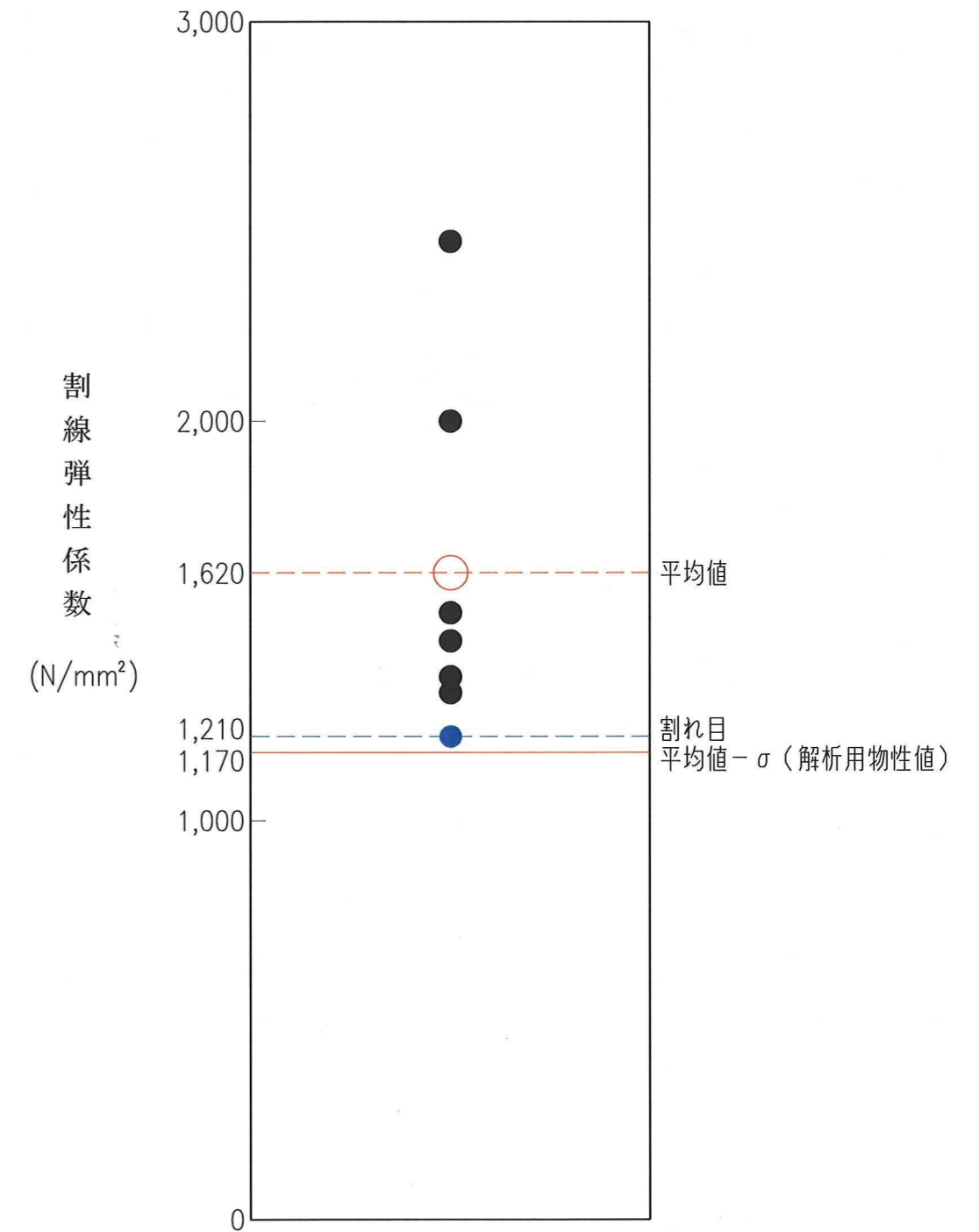


図-15 岩盤変形試験結果 (淡灰色火山礫凝灰岩)

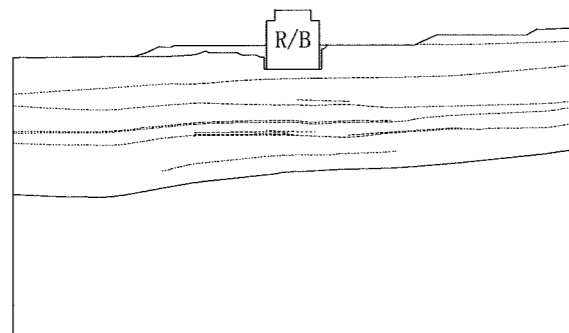
⑥淡灰色火山礫凝灰岩 (lltf) の変形特性を低減させた検討

【解析結果】

表-9 すべり安全率（比較解析⑥, Y-Y'断面）

すべり線 番号	すべり線形状	地震力 方向	すべり安全率	
			①ltfの変形特性に 岩盤変形試験の 平均値を用いた 検討	⑥ltfの変形 特性を低減 させた検討
1		↖	7.9	7.7
		↗	6.8	6.7
		↙	8.3	8.1
		↘	7.3	7.1
2		↖	7.9	7.9
		↗	8.8	8.9
		↙	8.1	8.1
		↘	9.2	9.3
3		↖	9.4	9.2
		↗	7.6	7.6
		↙	9.6	9.4
		↘	7.8	7.8
4		↖	11.9	12.1
		↗	13.8	14.4
		↙	12.5	13.1
		↘	13.5	14.0

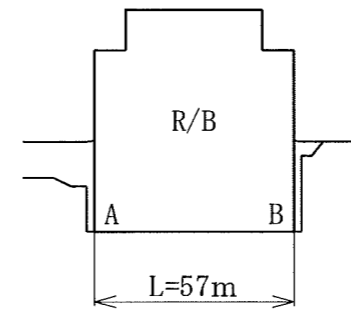
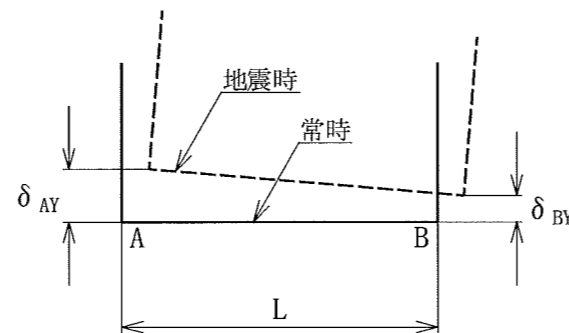
すべり線 番号	すべり線形状	地震力 方向	すべり安全率	
			①ltfの変形特性に 岩盤変形試験の 平均値を用いた 検討	⑥ltfの変形 特性を低減 させた検討
5		↖	32.7	30.3
		↗	11.4	11.1
		↙	34.5	31.8
		↘	11.7	11.4
6		↖	15.7	15.3
		↗	10.1	10.1
		↙	16.2	15.7
		↘	10.3	10.3
7		↖	8.2	8.1
		↗	5.7	5.7
		↙	8.1	8.1
		↘	5.7	5.7
8		↖	5.4	5.4
		↗	3.6	3.6
		↙	5.4	5.4
		↘	3.6	3.6



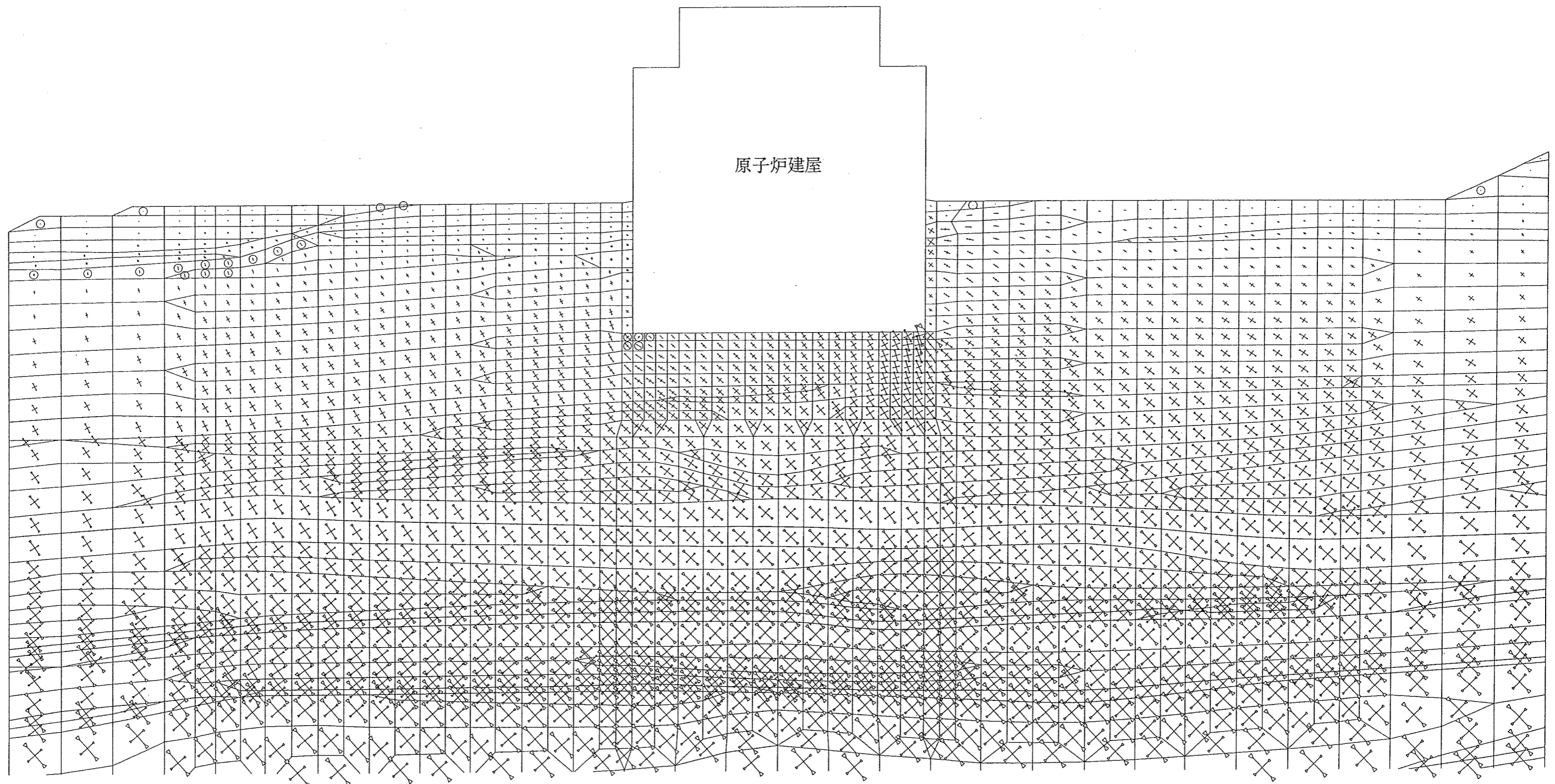
- 凡例
- すべり線
 - - - 断層・シーム
 - 地層境界
 - すべり安全率の最小値

表-10 原子炉建屋基礎底面の傾斜（比較解析⑥， Y-Y' 断面）

	地震力方向	相対変位量 (鉛直方向)	傾斜
		$\delta_{AY} - \delta_{BY}$ (cm)	$\frac{ \delta_{AY} - \delta_{BY} }{L}$
淡灰色火山礫凝灰岩 (lltf)の変形特性に 岩盤変形試験の平均 値を用いた検討		-1.55	1/3,700
		1.47	1/3,900
		-1.47	1/3,900
		1.55	1/3,700
⑥淡灰色火山礫凝灰 岩 (lltf) の変形特 性を低減させた検 討		-1.61	1/3,500
		1.56	1/3,700
		-1.56	1/3,700
		1.61	1/3,500



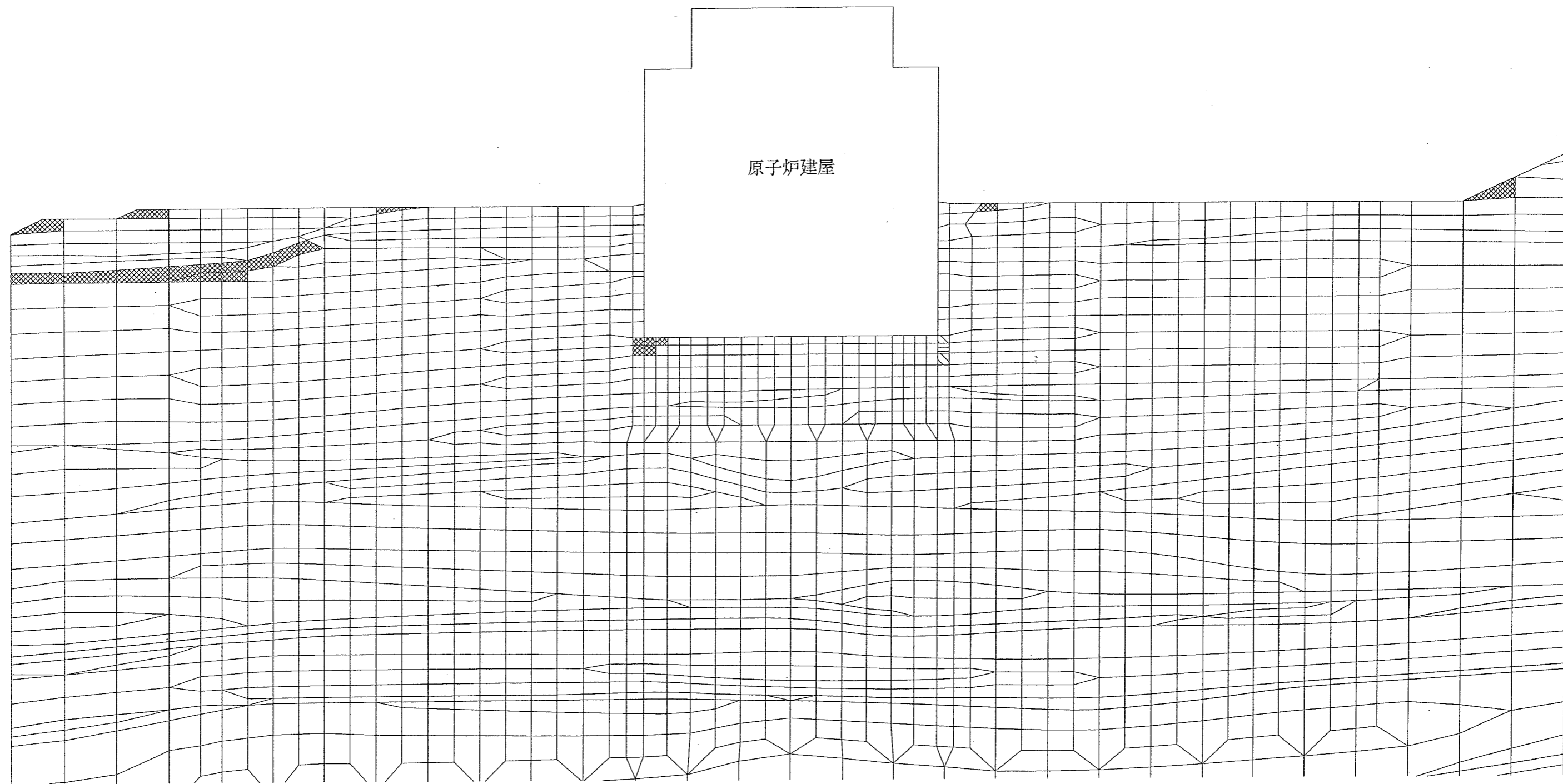
δ_{AY} , δ_{BY} は上向きを正とする。
鉛直方向相対変位は左上りを正とする。



3.0 N/mm²
 [] : 圧縮
 [] : 引張

0 10 20 30 40 50 (m)

図-16(1) 主応力図
 (比較解析⑥ 淡灰色火山礫凝灰岩の変形特性を低減させた検討,
 Y-Y' 断面, 地震力方向 →)



- : せん断強度に達した要素
- ▨ : 引張応力が発生した要素
- ▧ : $1.00 \leq f_s < 1.50$
- ▩ : $1.50 \leq f_s < 2.00$
- : $2.00 \leq f_s$

0 10 20 30 40 50 (m)

図-16(2) 要素ごとの安全率 (基礎岩盤)

(比較解析⑥ 淡灰色火山礫凝灰岩の変形特性を低減させた検討,
Y-Y' 断面, 地震力方向 \rightarrow)

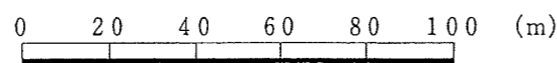
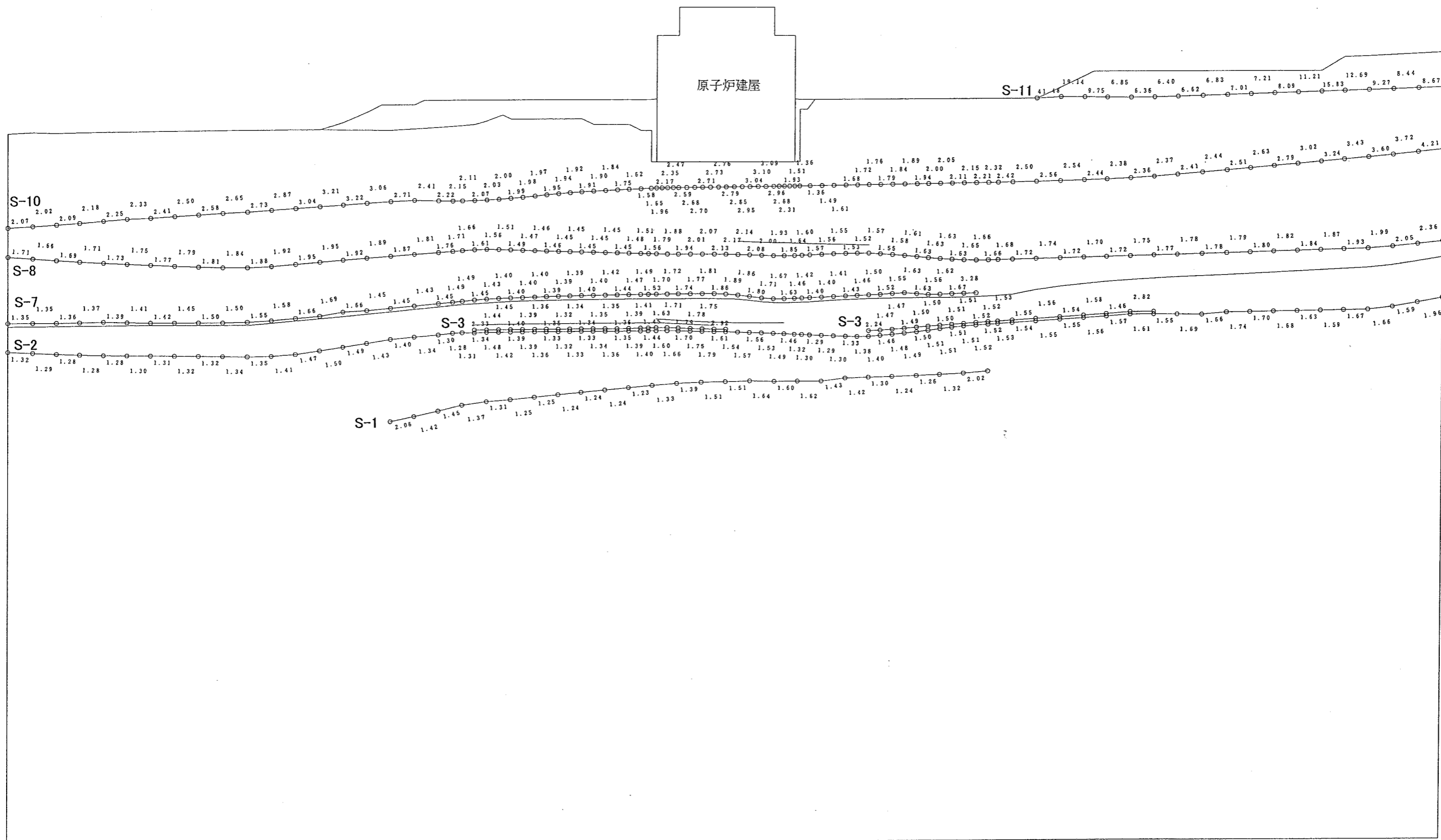
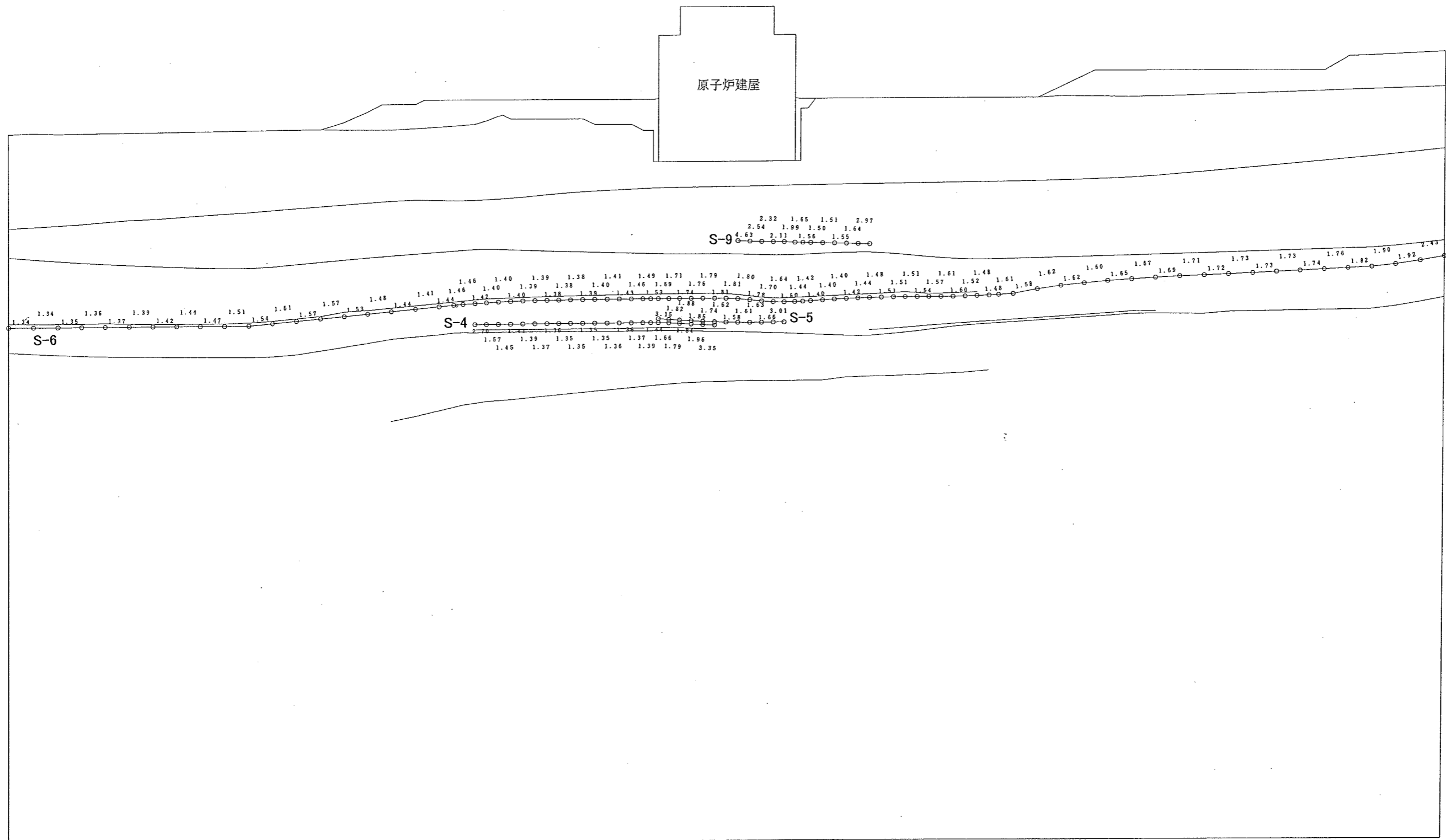


図-16(3) 要素ごとの安全率 (シーム 1/2)

(比較解析⑥ 淡灰色火山礫凝灰岩の変形特性を低減させた検討,
Y-Y' 断面, 地震力方向 ↑)

* : 引張応力が発生した要素
: せん断強度に達した要素



* : 引張応力が発生した要素
 # : せん断強度に達した要素

図-16(4) 要素ごとの安全率 (シーム 2/2)
 (比較解析⑥ 淡灰色火山礫凝灰岩の変形特性を低減させた検討,
 Y-Y' 断面, 地震力方向 \rightarrow)

⑦ 3次元動的FEM解析

【解析条件】

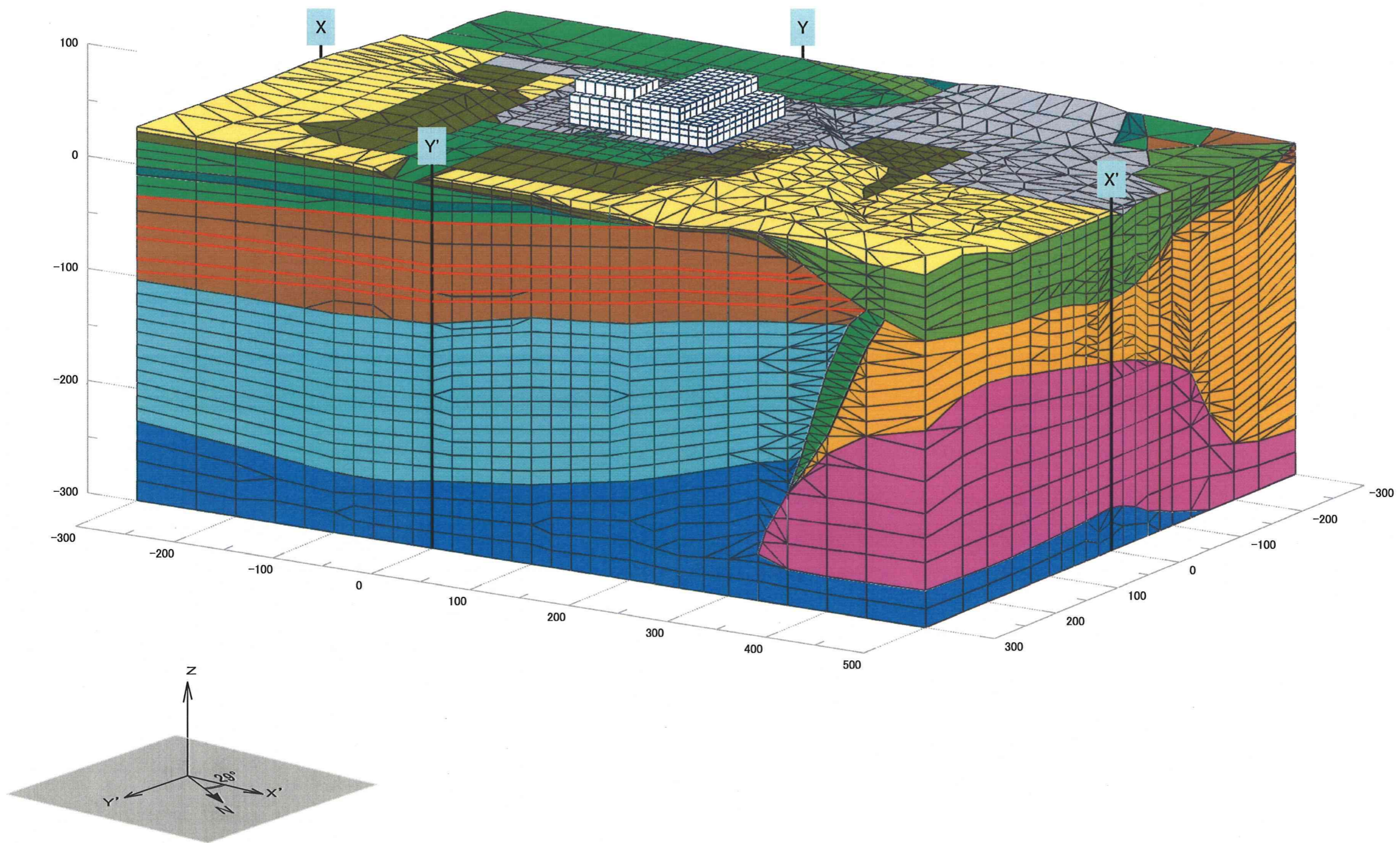


図-17(1) 3次元動的FEM解析モデル図(北東から見た場合)

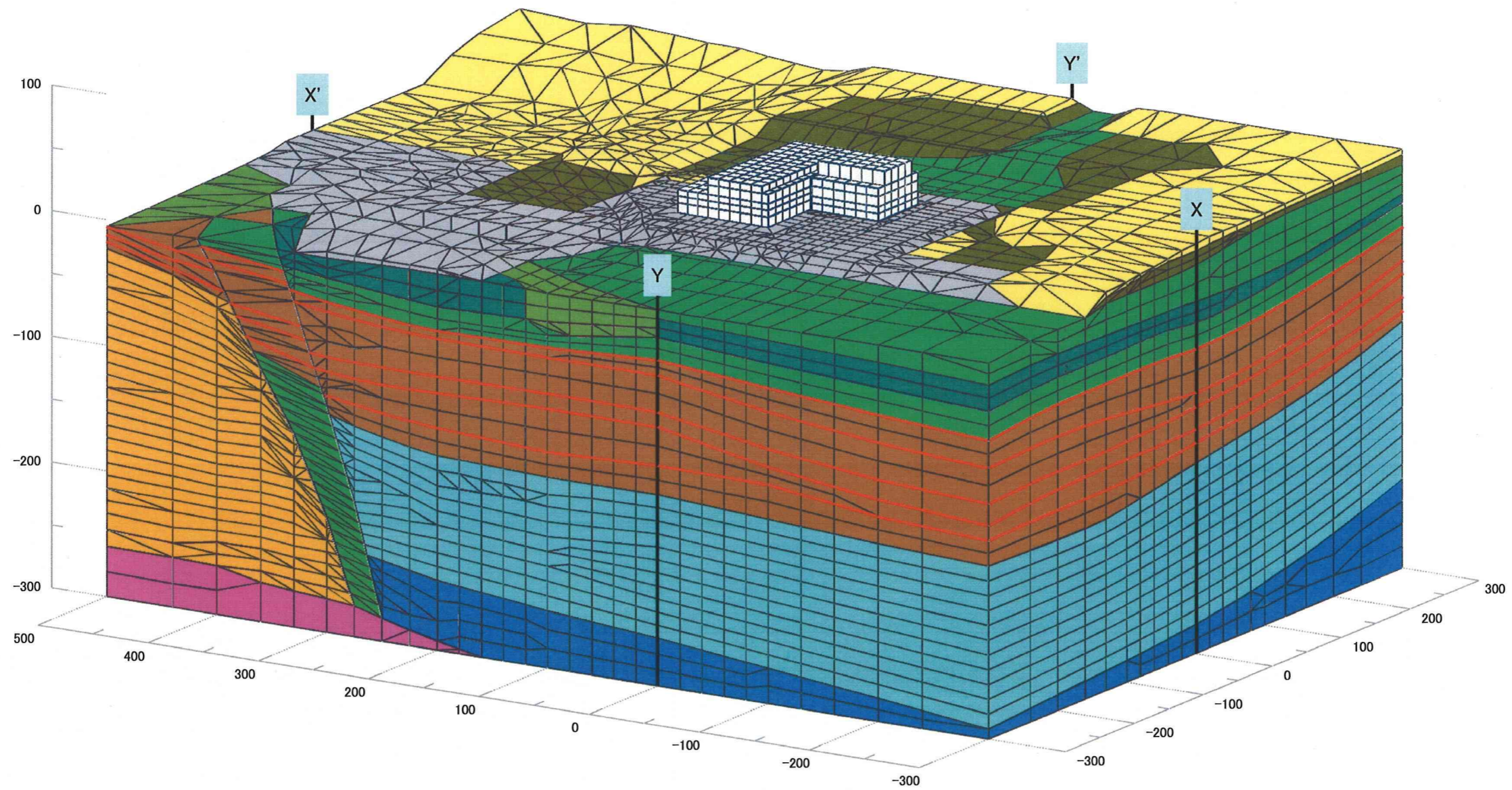
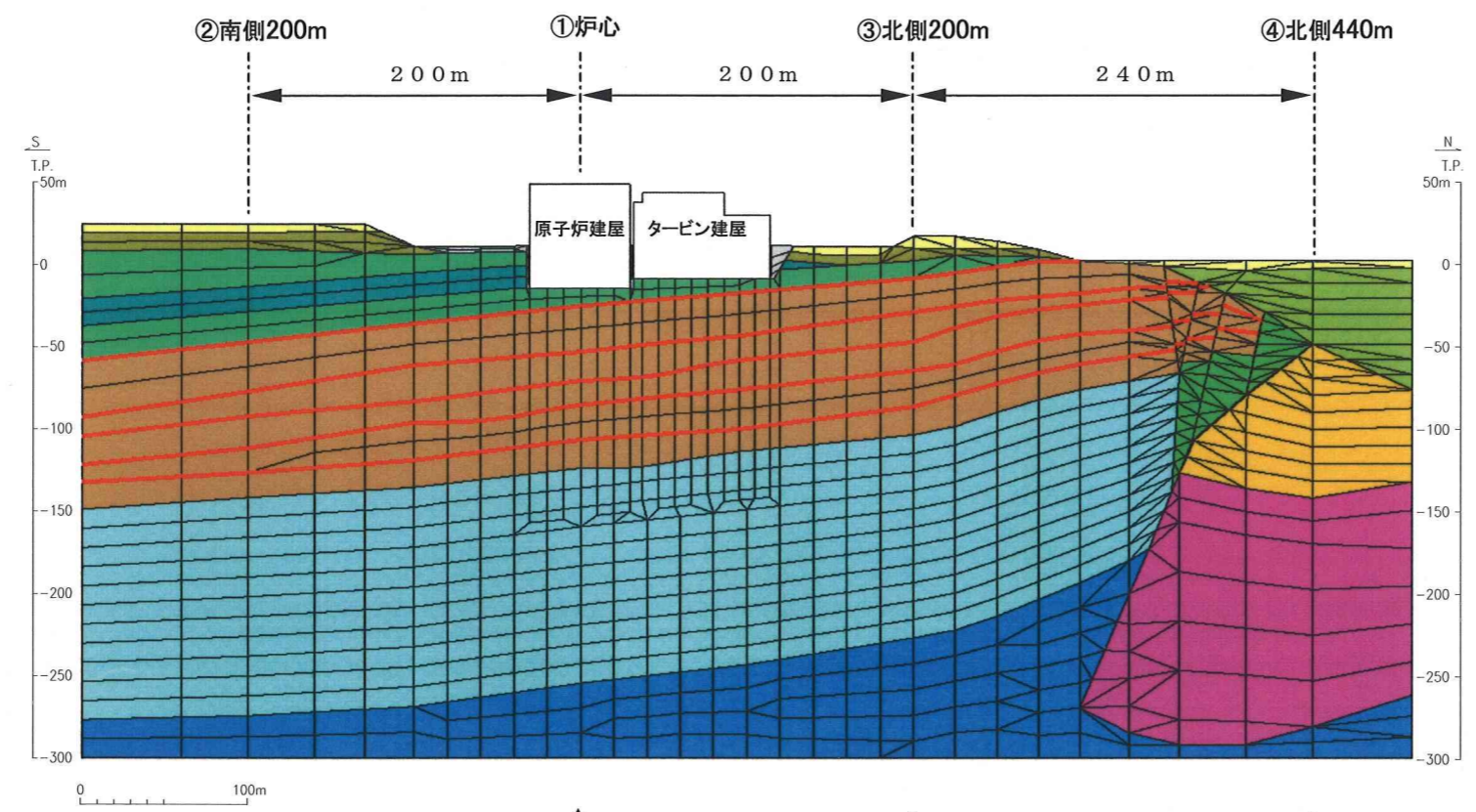


図-17(2) 3次元動的FEM解析モデル図(南西から見た場合)

⑦ 3次元動的FEM解析

【解析結果】

X-X' 断面



- 凡例:
- 1D (1次元解析)
 - 2D (2次元解析)
 - 3D (3次元解析)

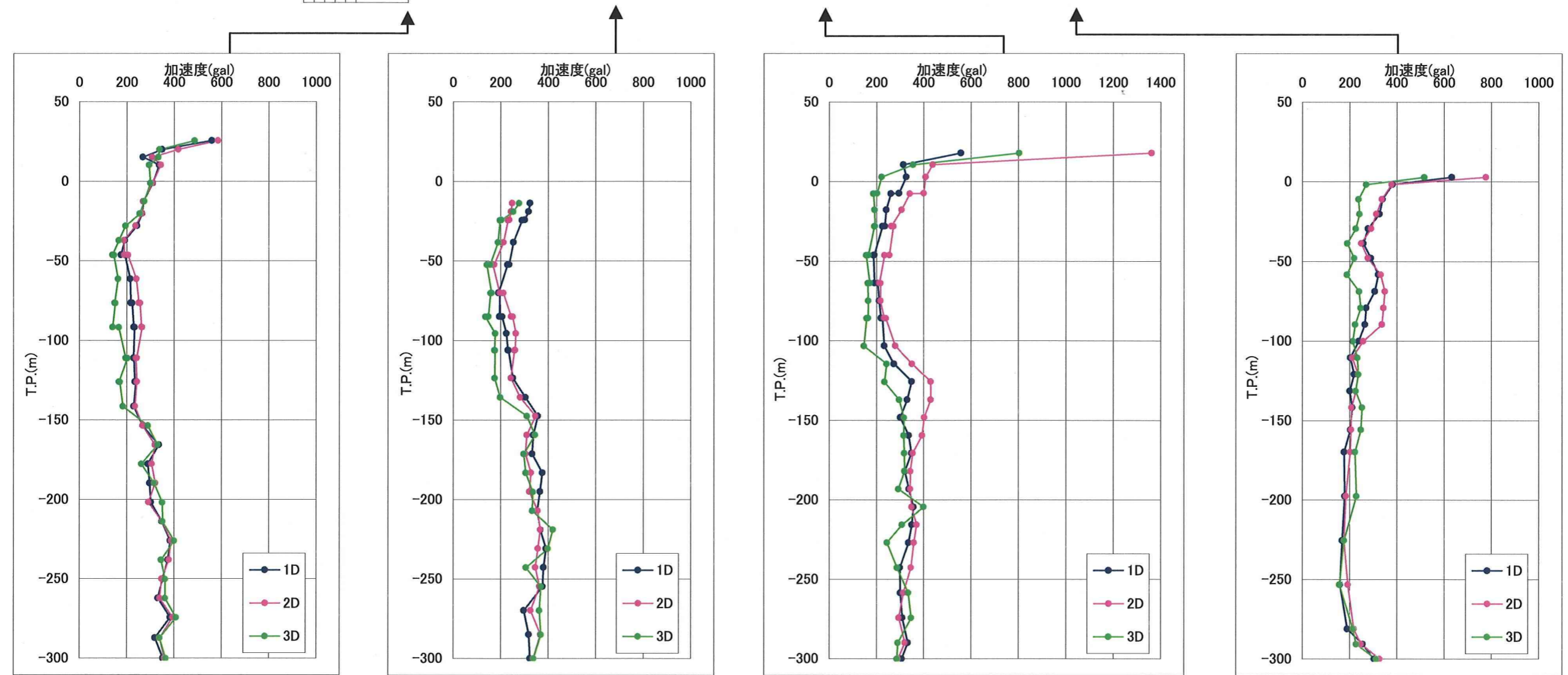
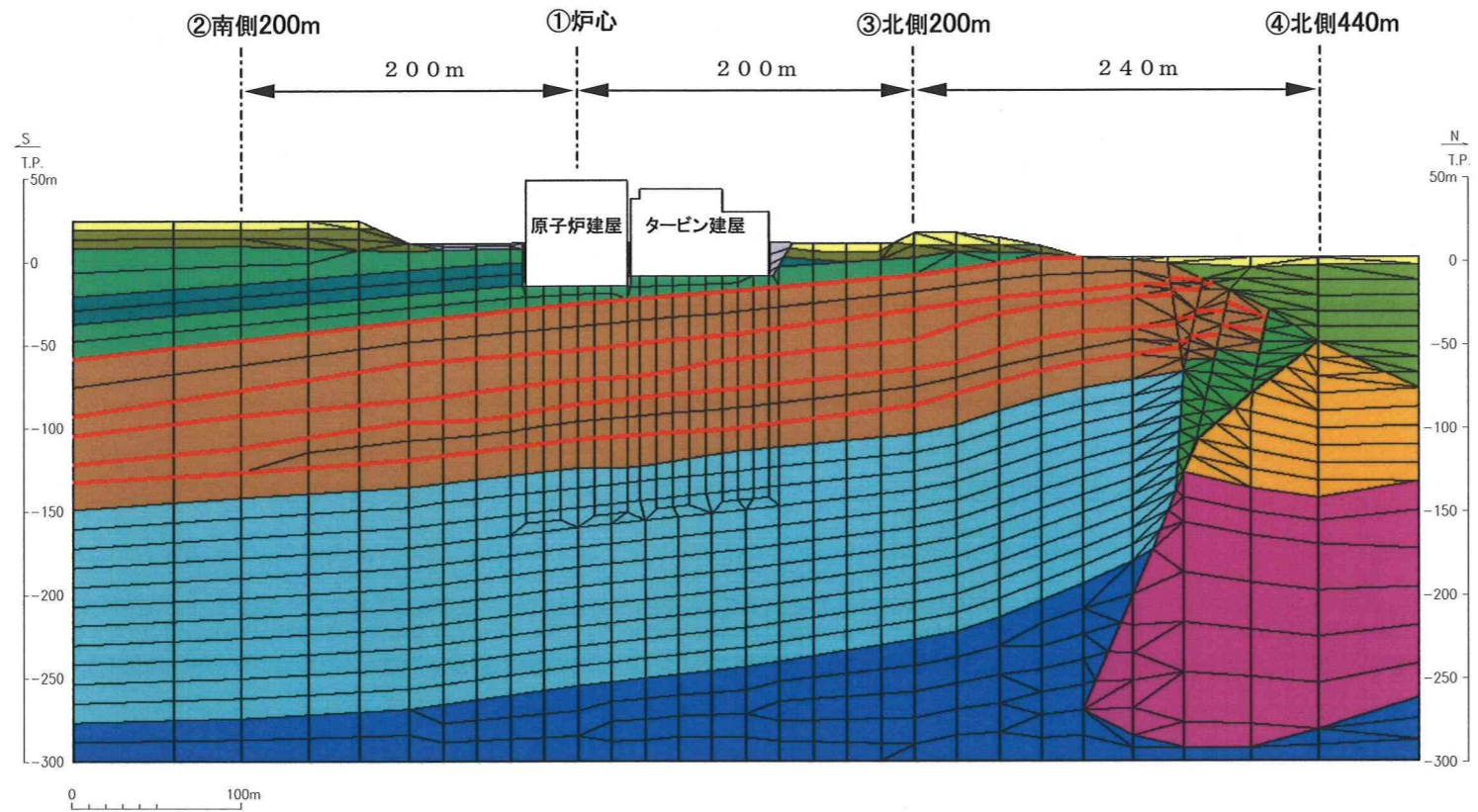


図-18(1) 最大水平加速度分布 (南北方向加振)

X-X' 断面



凡例:
 ● 1D(1次元解析)
 ● 2D(2次元解析)
 ● 3D(3次元解析)

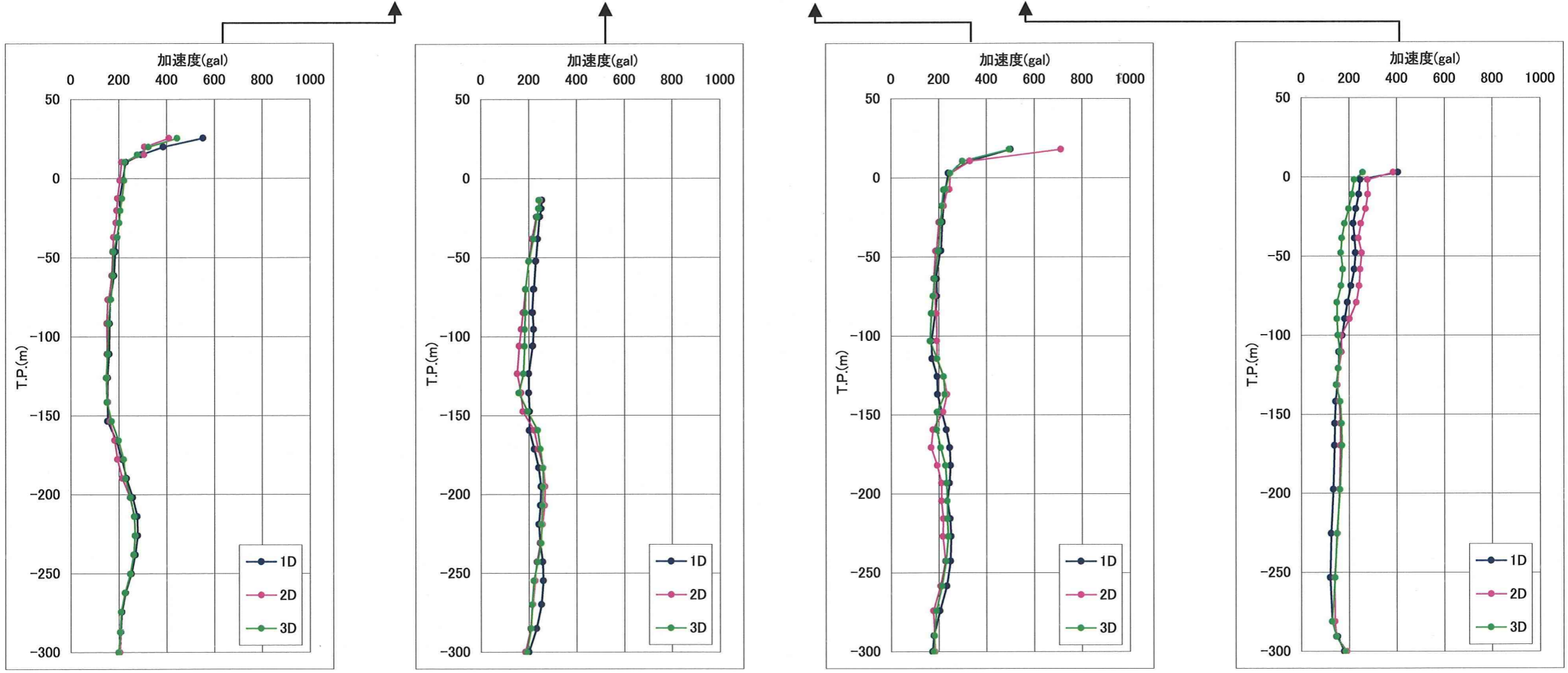


図-18(2) 最大鉛直加速度分布 (南北方向加振)

Y-Y' 断面

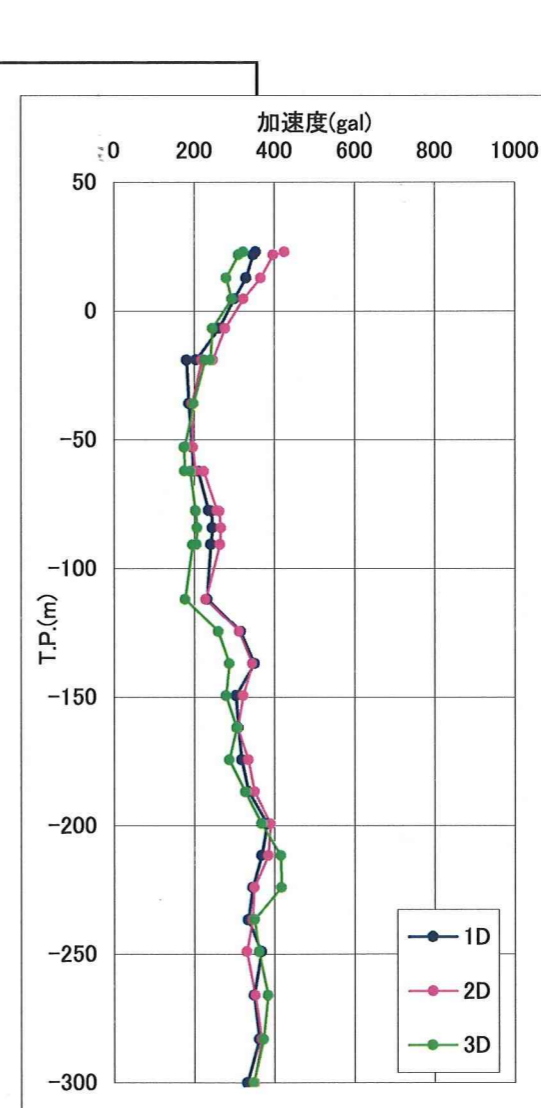
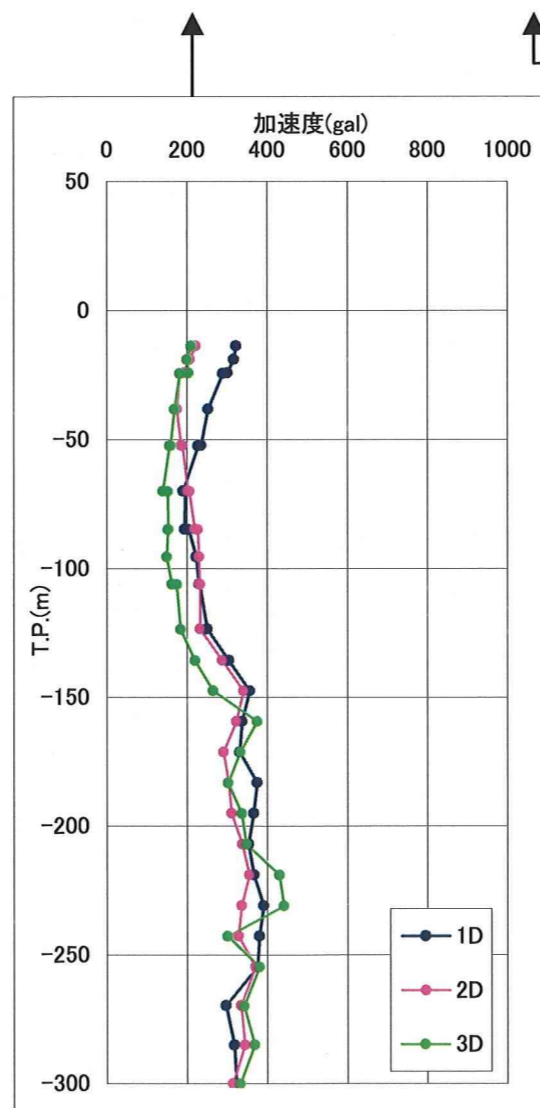
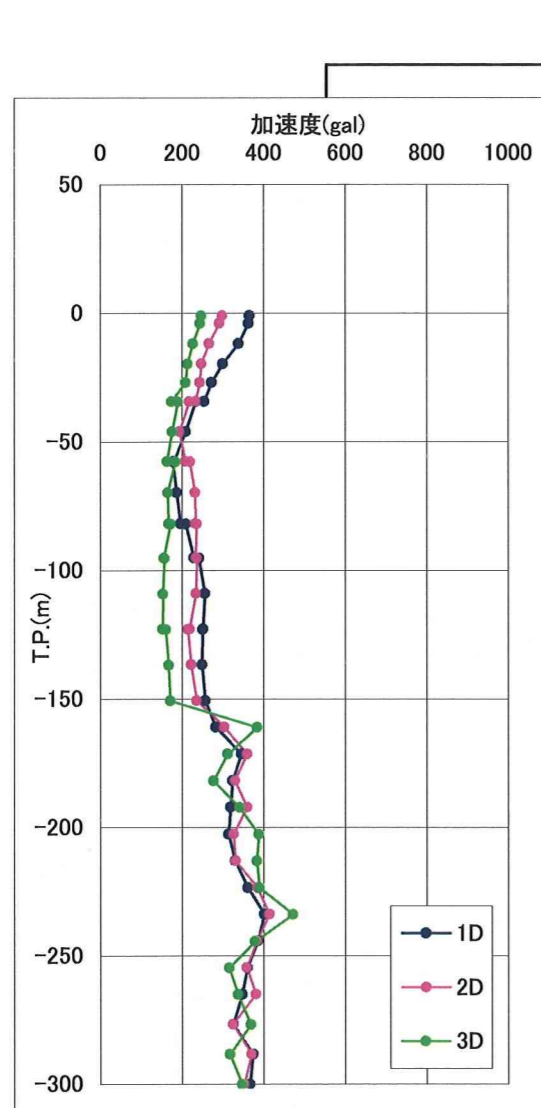
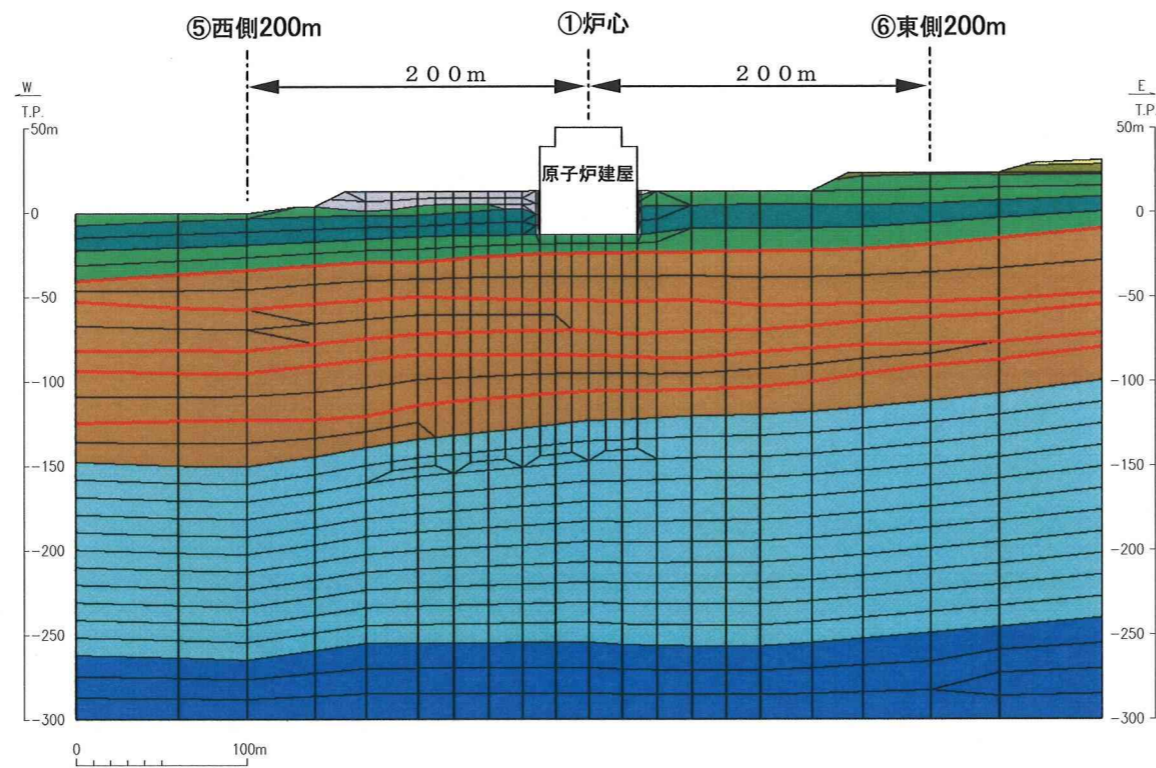


图-19(1) 最大水平加速度分布 (東西方向加振)

Y-Y' 断面

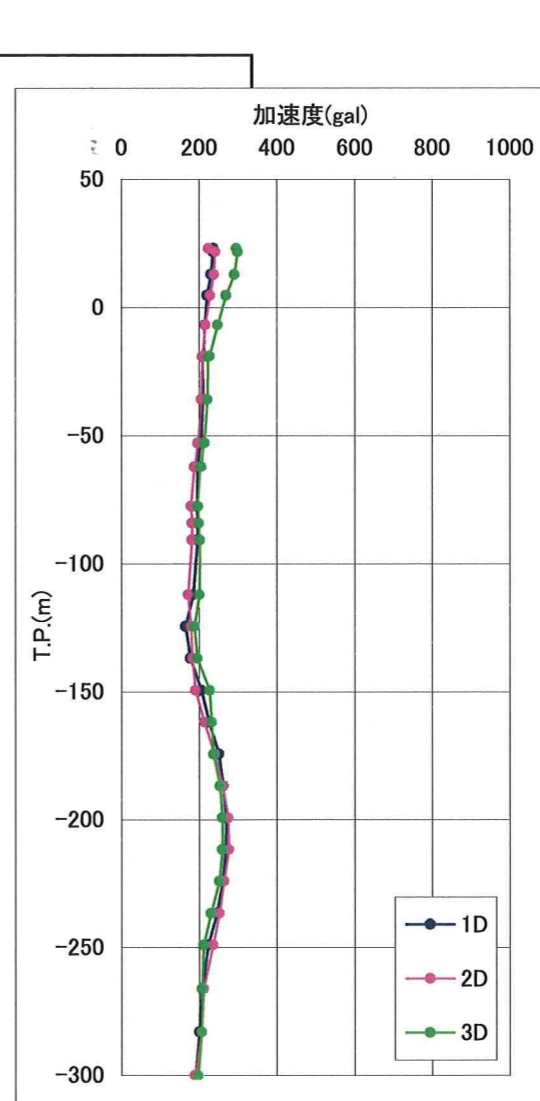
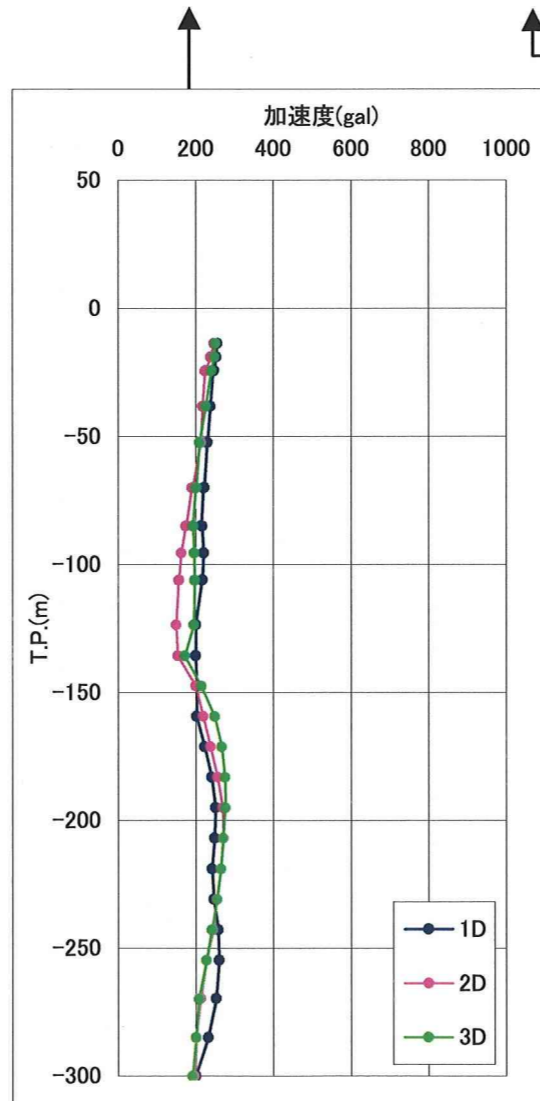
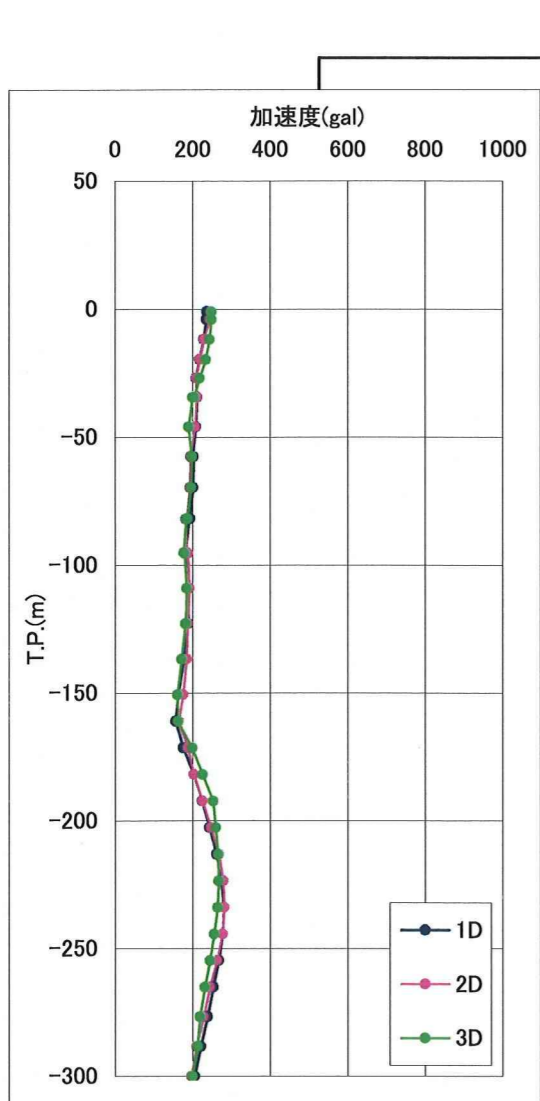
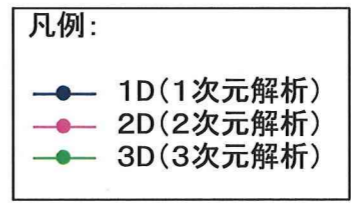
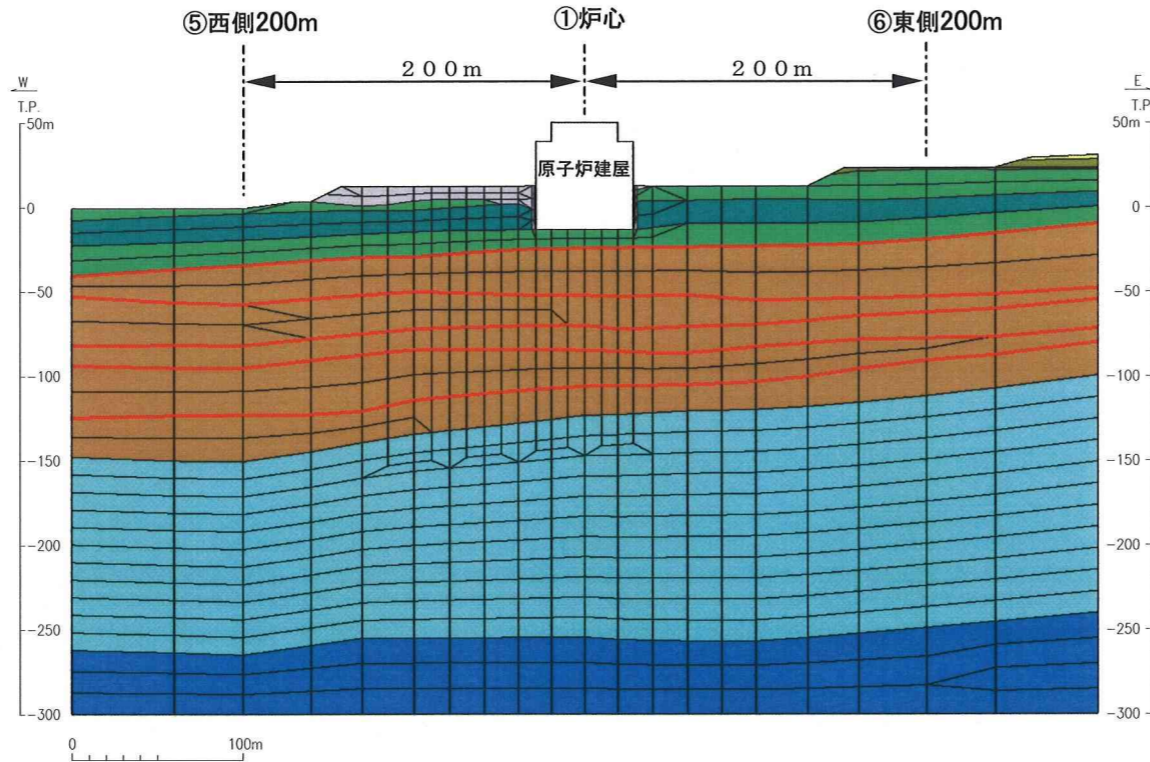


図-19(2) 最大鉛直加速度分布 (東西方向加振)