

玄海原子力発電所3号、4号炉審査資料

資料番号

TS-015改2

提出年月日

2021年2月5日

玄海原子力発電所3号炉及び4号炉
基礎地盤及び周辺斜面の安定性について
(参考資料)

2021年2月5日
九州電力株式会社

7.6 原子炉格納容器、原子炉周辺建屋等の基礎地盤及び周辺斜面の安定性

7.6.7 使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎地盤の安定性評価

7.6.7.1 評価方針

使用済燃料乾式貯蔵容器は、基準地震動による地震力が作用した場合においても接地圧に対する十分な支持力を有する地盤に設置する。

また、上記に加え、基準地震動による地震力が作用することによって弱面上のずれが発生しないことを含め、基準地震動による地震力に対する支持性能を有する地盤に設置する。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み並びに地震発生に伴う建物・構築物間の不等沈下、液状化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状により、その安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設置する。

7.6.7.2 評価方法

7.6.7.2.1 評価項目

使用済燃料乾式貯蔵容器を固定する使用済燃料乾式貯蔵建屋基礎及び使用済燃料乾式貯蔵建屋上部構造物で構成される使用済燃料乾式貯蔵建屋（以下「対象施設」という。）が設置される地盤（以下「基礎地盤」という。）の想定すべり線におけるすべり安全率及び基礎底面の傾斜について、基準地震動による地震力に対して十分な安定性を持つことの評価を行う。

基礎地盤の支持力について、基準地震動による地震力及び耐

震重要度分類のCクラスに適用される地震力に対して十分な安定性を持つことの評価を行う。

また、地震発生に伴う周辺地盤の変状による不等沈下、液状化、揺すり込み沈下及び地殻変動による基礎地盤の傾斜及び撓み等により対象施設の安全機能に重大な影響を及ぼさないことを確認する。

対象施設配置図を第7.6.7.1図に示す。

7.6.7.2.2 解析条件

(1) 解析断面

対象施設付近のボーリング調査位置図を第7.6.7.2図に、地質断面位置図を第7.6.7.3図に、鉛直岩盤分類図を第7.6.7.4図に示す。

解析の対象とする断面は、基礎地盤の地質構造及び対象施設の配置を考慮し、以下の2断面とする。

使用済燃料乾式貯蔵建屋を通る断面 ($X_{sc} - X_{sc}'$ 断面)

使用済燃料乾式貯蔵建屋を通る断面 ($Y_s - Y_s'$ 断面)

解析断面位置を第7.6.7.3図に示す。

(2) 解析モデル

a. 解析用地盤モデル

解析用地盤モデルの作成方法は、「7.6.1 設計基準対象施設のうち耐震重要施設等の基礎地盤の安定性評価」と同じである。速度層断面図を第7.6.7.5図に、解析用要素分割図を第7.6.7.6図に示す。

b. 解析用建屋モデル

対象施設の解析用建屋モデルは、建屋諸元を基に作成する。

c. 境界条件

境界条件の設定方法は、「7.6.1 設計基準対象施設のうち耐震重要施設等の基礎地盤の安定性評価」と同じである。

(3) 解析用物性値

解析用物性値は、「7.6.1 設計基準対象施設のうち耐震重要施設等の基礎地盤の安定性評価」と同じである。

(4) 入力地震動

入力地震動の作成方法は、「7.6.1 設計基準対象施設のうち耐震重要施設等の基礎地盤の安定性評価」と同じである。

(5) 地下水位

解析用地下水位は、地表面位置に設定する。解析用地下水位を第7.6.7.7図に示す。

7.6.7.2.3 解析手法

解析手法については、「7.6.1 設計基準対象施設のうち耐震重要施設等の基礎地盤の安定性評価」と同じである。

7.6.7.2.4 評価内容

(1) すべり安全率

すべり安全率は、想定したすべり線上の応力状態を基に、すべり線上のせん断抵抗力の和をすべり線上のせん断力の和で除して求める。

想定すべり線は、基礎底面沿いのすべり線、断層・シーム沿いのすべり線及び応力状態や局所安全率を考慮したすべり線について検討する。断層・シーム沿いの想定すべり線については、断層・シームの走向・傾斜を踏まえ、適切に設定する。

なお、せん断強度に達する要素では残留強度を用い、引張応力が発生する要素ではすべり線の垂直応力が圧縮の場合は残留強度、引張の場合は強度をゼロとしてすべり安全率を算定する。

(2) 支持力

対象施設における地震時の最大接地圧を求める。

(3) 基礎底面の傾斜

基礎底面の傾斜は、対象施設の基礎底面両端それぞれの鉛直方向の変位の差を基礎底面幅で除して求める。

(4) 地震発生に伴う周辺地盤の変状及び地殻変動による影響

周辺地盤の変状が対象施設の安全機能に重大な影響を及ぼさないことを地質調査結果、設計図書等により確認する。

敷地内及び敷地近傍には、将来活動する可能性のある断層等が分布しないことを確認していることから、敷地において地殻の広域的な変形による著しい地盤の傾斜が生じることはないが、敷地に比較的近い城山南断層及び竹木場断層の活動に伴い生じる地盤の傾斜について評価を実施する。地殻変動量はWang et al. (2003)の手法により算出する。

7.6.7.3 評価結果

7.6.7.3.1 すべり安全率

想定すべり線におけるすべり安全率を第7.6.7.1表に示す。

最小すべり安全率は、 $X_{sc} - X_{sc}'$ 断面で6.2、 $Y_s - Y_s'$ 断面で2.5であり、評価基準値1.5を上回る。

また、最小すべり安全率を示すすべり線に対し、応力再配分を実施した場合のすべり安全率及びすべりに対する抵抗力に最も寄与する岩盤の強度特性のばらつきを考慮した場合（岩盤強度の代表値 $-1 \times$ 標準偏差（ σ ））のすべり安全率は、いずれも評価基準値1.5を上回る。

以上のことから、基礎地盤はすべりに対して十分な安全性を有している。

7.6.7.3.2 支持力

支持力評価にあたって、耐震重要度分類のCクラスに適用される地震力による評価結果は、基準地震動による地震力の評価結果に包絡されることから、基準地震動による地震力の評価結果で代表させる。

地質調査結果によると、対象施設の基礎地盤は、主として砂岩及び頁岩の㊸級以上の岩盤で構成されており、支持力試験結果から、極限支持力度は $13.7\text{N}/\text{mm}^2$ 以上と評価できる。対象施設基礎底面の地震時最大接地圧は $1.01\text{N}/\text{mm}^2$ であり、基礎地盤は十分な支持力を有している。

7.6.7.3.3 基礎底面の傾斜

対象施設基礎底面両端の鉛直方向の相対変位・傾斜を第7.6.7.2表に示す。基礎底面の最大傾斜は $1/40,000$ であり、評価の目安である $1/2,000$ を十分に下回っていることから、対象施設

の機能が損なわれるものではない。

7.6.7.3.4 地震発生に伴う周辺地盤の変状による影響

対象施設は、マンメイドロックを介して岩着する設計として
いることから、揺すり込み沈下や液状化による不等沈下の影響
を受けるおそれはない。

7.6.7.3.5 地殻変動による基礎地盤の傾斜及び撓み等による影響

地殻変動による地盤の最大傾斜は $1/31,000$ であり、地震動に
よる傾斜との重畳を考慮した場合においても、基礎底面の最大
傾斜は $1/20,000$ であり、評価基準値の目安である $1/2,000$ を下回
っていることから、対象施設の機能が損なわれるものではない。

7.6.8 使用済燃料乾式貯蔵建屋の周辺斜面の安定性評価

7.6.8.1 評価方針

使用済燃料乾式貯蔵容器については、基準地震動による地震力によって生じるおそれがある周辺の斜面の崩壊に対して、その安全機能が損なわれるおそれがない場所に設置する。

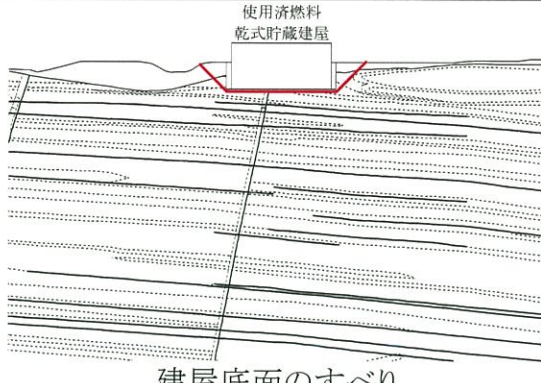
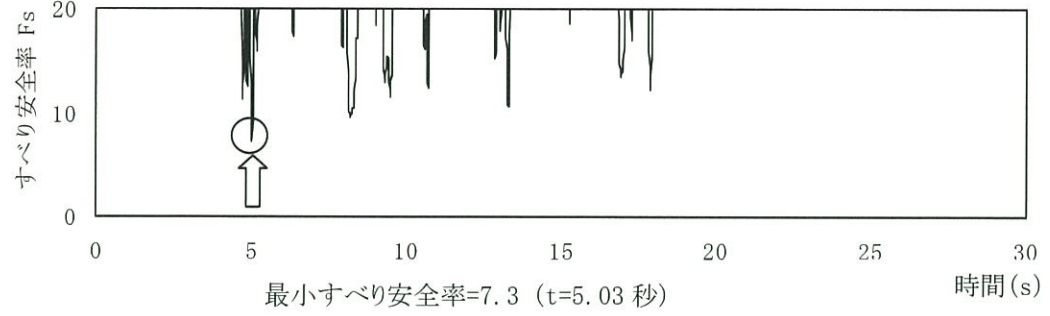
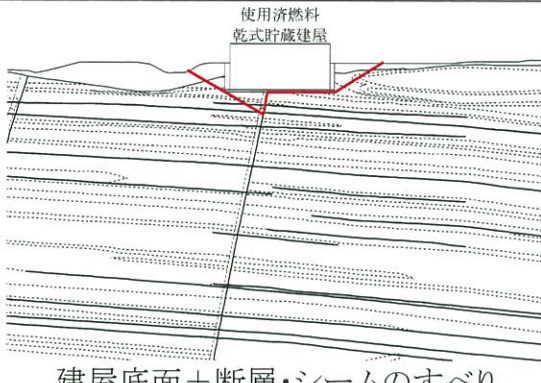
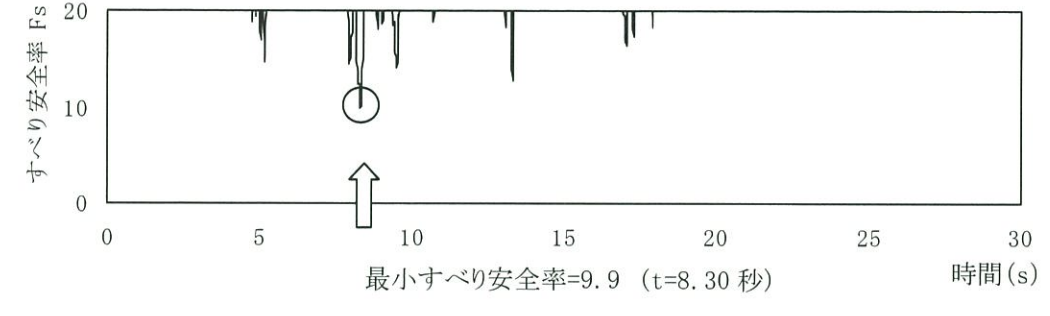
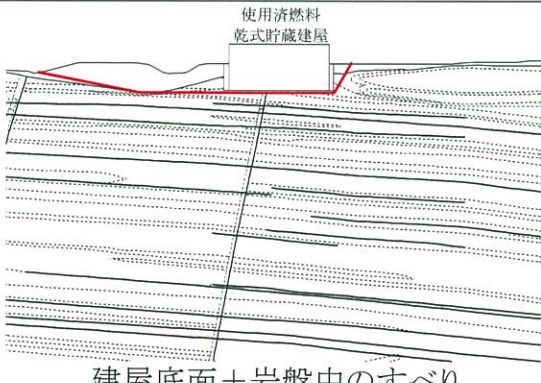
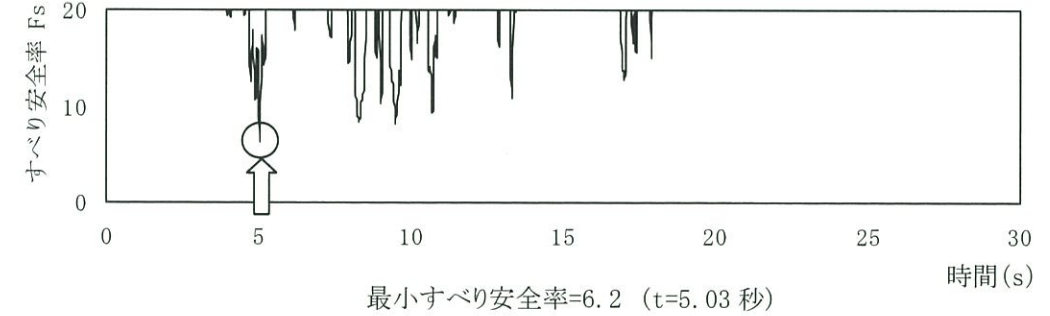
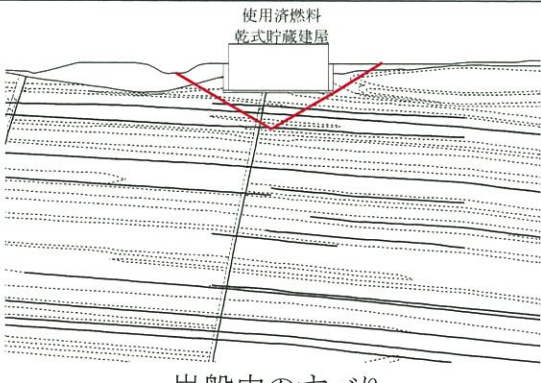
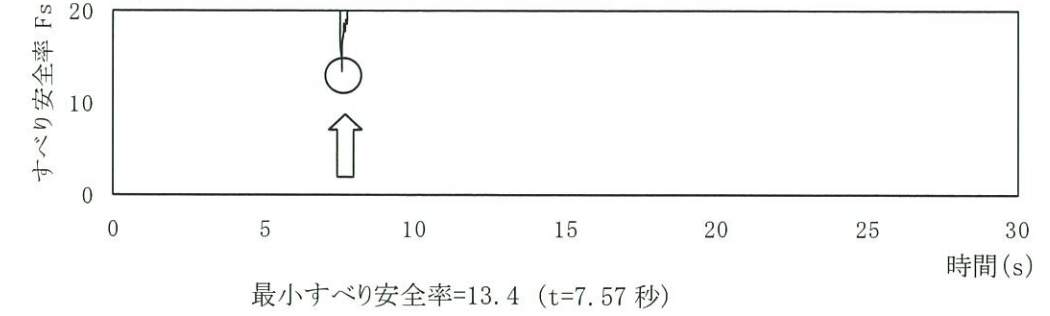
7.6.8.2 評価方法

安定性評価の対象とする斜面は、対象施設と周辺斜面の離間距離、水平面とのなす角度及び斜面高さに基づき抽出する。

安定性評価の対象とすべき斜面の選定の考え方は、「7.6.2 設計基準対象施設のうち耐震重要施設等の周辺斜面の安定性評価」と同じである。

第7.6.8.1図に斜面法尻から50mの範囲及び斜面高さの1.4倍の範囲を示す。同図より、対象施設の周辺には、安定性評価の対象とすべき斜面がないことを確認した。

第7.6.7.1表(1) すべり安全率 ($X_{SC}-X_{SC}'$ 断面)

すべり線番号	すべり線形状	地震動	最小すべり安全率 ^{※1}	時間(秒)	すべり安全率タイムヒストリー (すべり安全率が最小となる地震動について示す。)
1	 <p>使用済燃料 乾式貯蔵建屋</p> <p>建屋底面のすべり</p>	Ss-1	7.3	5.03	 <p>最小すべり安全率=7.3 (t=5.03秒)</p>
		Ss-2	14.1	18.92	
		Ss-3	8.9	18.13	
		Ss-4	7.5	7.57	
		Ss-5 (NS)	8.7	7.03	
		Ss-5 (EW)	9.0	6.45	
2	 <p>使用済燃料 乾式貯蔵建屋</p> <p>建屋底面+断層・シームのすべり</p>	Ss-1	9.9	8.30	 <p>最小すべり安全率=9.9 (t=8.30秒)</p>
		Ss-2	20.7	17.72	
		Ss-3	13.5	18.13	
		Ss-4	10.3	7.57	
		Ss-5 (NS)	11.2	6.41	
		Ss-5 (EW)	12.7	6.45	
3	 <p>使用済燃料 乾式貯蔵建屋</p> <p>建屋底面+岩盤中のすべり</p>	Ss-1	6.2 (7.2 ^{※2})	5.03	 <p>最小すべり安全率=6.2 (t=5.03秒) (強度-1σの場合: 4.9)</p>
		Ss-2	12.1	18.92	
		Ss-3	9.8	15.79	
		Ss-4	6.6	7.72	
		Ss-5 (NS)	7.2	7.03	
		Ss-5 (EW)	7.6	6.45	
4	 <p>使用済燃料 乾式貯蔵建屋</p> <p>岩盤中のすべり</p>	Ss-1	14.8	8.17	 <p>最小すべり安全率=13.4 (t=7.57秒)</p>
		Ss-2	22.9	17.73	
		Ss-3	20.4	16.50	
		Ss-4	13.4	7.57	
		Ss-5 (NS)	14.4	7.02	
		Ss-5 (EW)	15.5	7.99	

※1 地震動の位相を反転させたケースを含む

※2 応力再配分後のすべり安全率

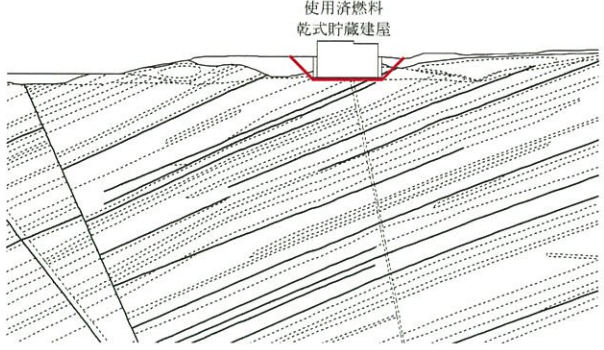
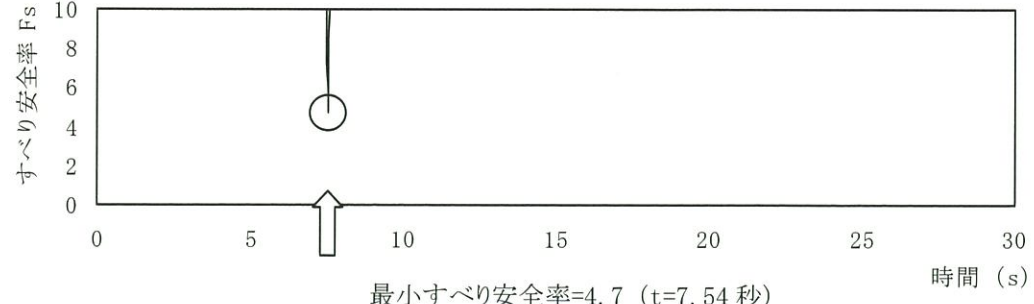
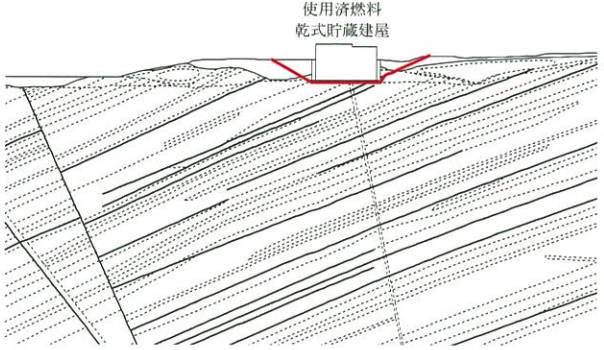
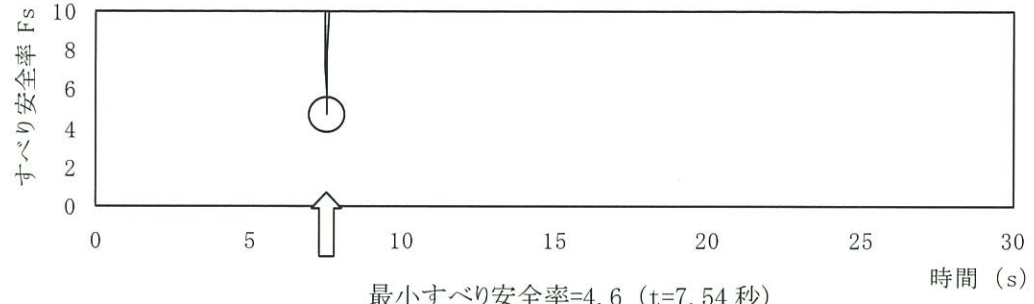
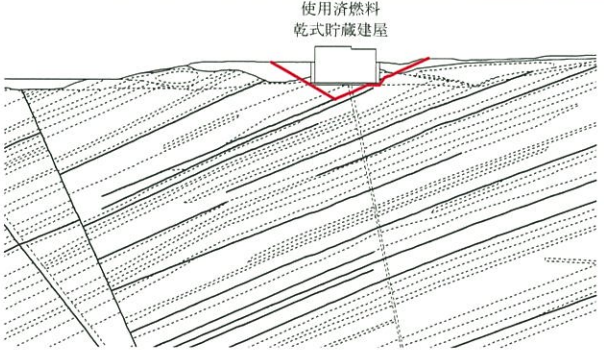
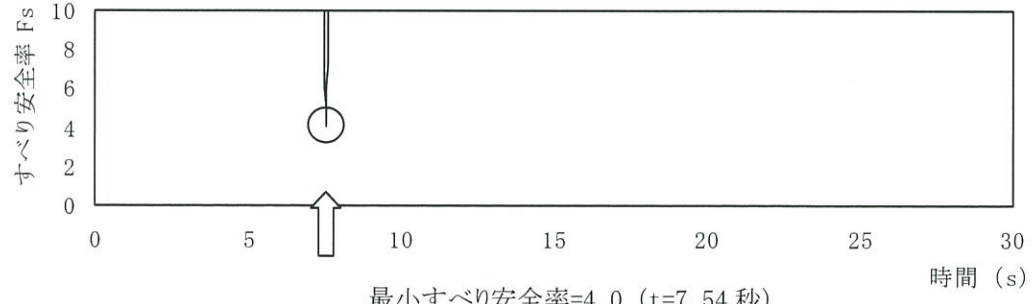
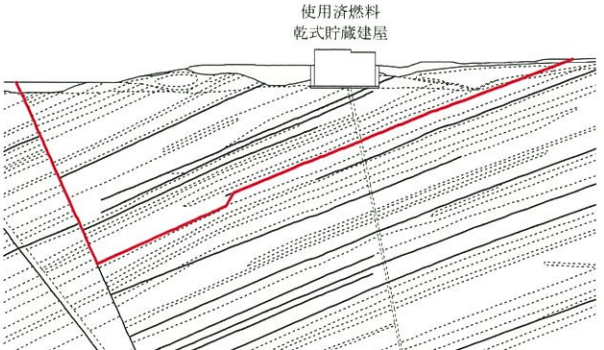
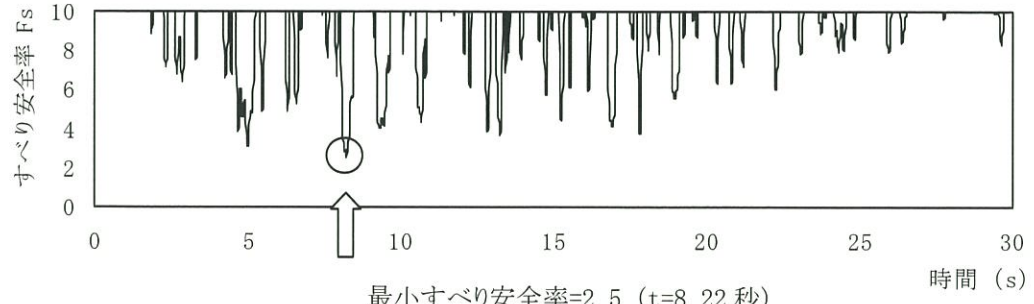
----- 岩種・岩級区分線

— すべり線

— 断層・シーム

○ すべり安全率の最小値

第7.6.7.1表(2) すべり安全率 ($Y_s - Y_s'$ 断面)

すべり線番号	すべり線形状	地震動	最小すべり安全率 ^{※1}	時間(秒)	すべり安全率タイムヒストリー (すべり安全率が最小となる地震動について示す。)
1	 <p>使用済燃料 乾式貯蔵建屋</p> <p>建屋底面のすべり</p>	Ss-1	6.2	13.25	 <p>すべり安全率 F_s</p> <p>時間 (s)</p> <p>最小すべり安全率=4.7 (t=7.54 秒)</p>
		Ss-2	17.2	11.95	
		Ss-3	8.3	13.96	
		Ss-4	4.7	7.54	
		Ss-5 (NS)	8.5	6.97	
		Ss-5 (EW)	9.5	7.97	
2	 <p>使用済燃料 乾式貯蔵建屋</p> <p>建屋底面+断層・シームのすべり</p>	Ss-1	5.9	13.25	 <p>すべり安全率 F_s</p> <p>時間 (s)</p> <p>最小すべり安全率=4.6 (t=7.54 秒)</p>
		Ss-2	15.8	11.86	
		Ss-3	8.1	13.96	
		Ss-4	4.6	7.54	
		Ss-5 (NS)	7.9	6.97	
		Ss-5 (EW)	8.7	7.97	
3	 <p>使用済燃料 乾式貯蔵建屋</p> <p>断層・シームのすべり</p>	Ss-1	5.1	13.25	 <p>すべり安全率 F_s</p> <p>時間 (s)</p> <p>最小すべり安全率=4.0 (t=7.54 秒)</p>
		Ss-2	13.8	11.86	
		Ss-3	6.7	13.96	
		Ss-4	4.0	7.54	
		Ss-5 (NS)	6.1	7.03	
		Ss-5 (EW)	6.7	6.40	
4	 <p>使用済燃料 乾式貯蔵建屋</p> <p>断層・シームのすべり</p>	Ss-1	2.5 (3.1 ^{※2})	8.22	 <p>すべり安全率 F_s</p> <p>時間 (s)</p> <p>最小すべり安全率=2.5 (t=8.22 秒) (強度-1σの場合: 2.5)</p>
		Ss-2	5.6	14.36	
		Ss-3	3.7	15.25	
		Ss-4	2.8	7.53	
		Ss-5 (NS)	2.7	7.01	
		Ss-5 (EW)	3.1	7.97	

※1 地震動の位相を反転させたケースを含む

※2 応力再配分後のすべり安全率

----- 岩種・岩級区分線

— 断層・シーム

— 断層・シーム

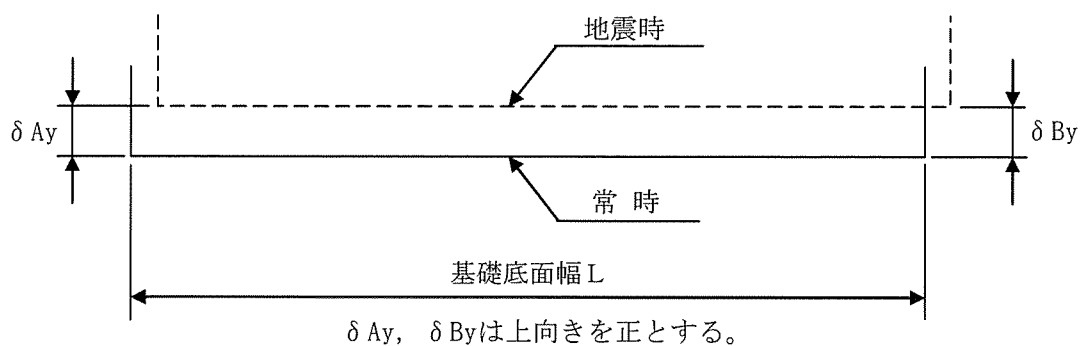
○ すべり安全率の最小値

第 7.6.7.2 表 (1) 基礎底面両端の鉛直方向の相対変位・傾斜

($X_{s_c} - X_{s_c}'$ 断面)

地震動	最大相対変位 (mm) $ \delta A_y - \delta B_y $	最大傾斜 $\frac{ \delta A_y - \delta B_y }{L}$
Ss-1	1.2	1/51,000
Ss-2	0.4	1/154,000
Ss-3	0.9	1/68,000
Ss-4	1.3	1/47,000
Ss-5 (NS)	1.0	1/62,000
Ss-5 (EW)	0.8	1/77,000

(記号の説明)

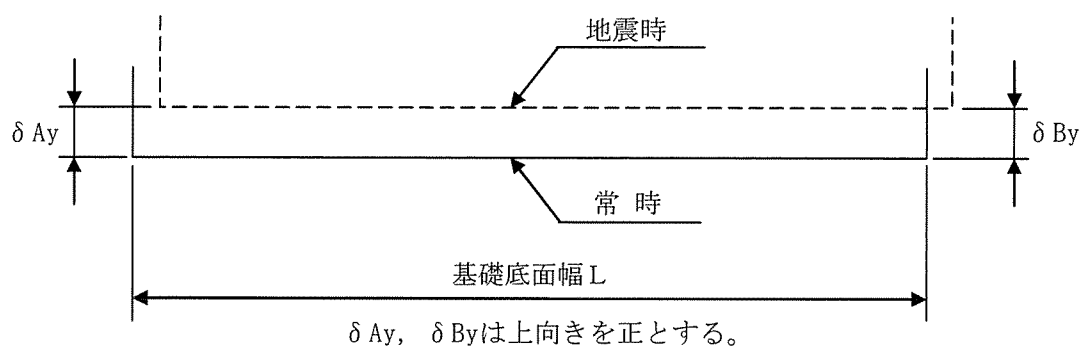


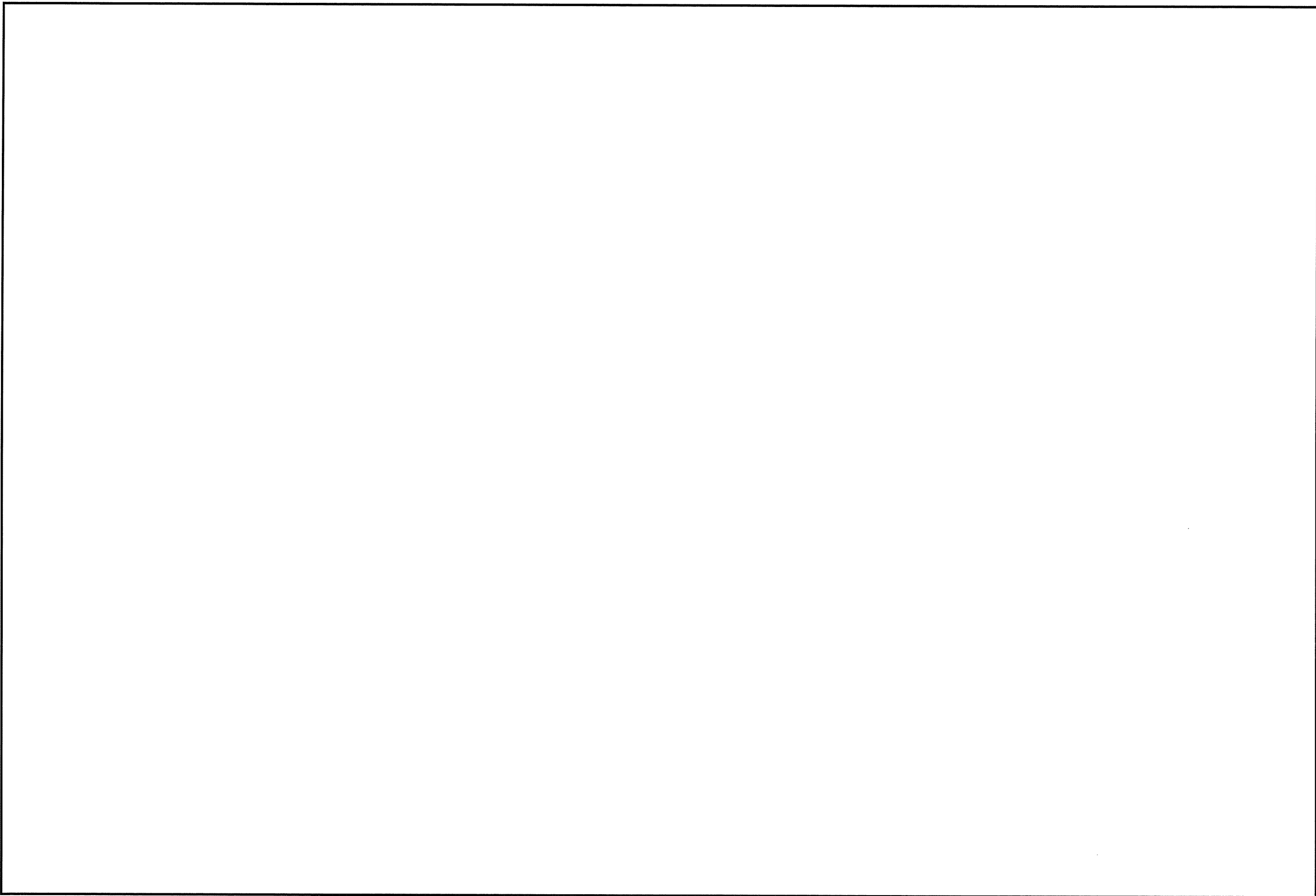
第 7.6.7.2 表 (2) 基礎底面両端の鉛直方向の相対変位・傾斜


($Y_s - Y_s'$ 断面)

地震動	最大相対変位 (mm) $ \delta A_y - \delta B_y $	最大傾斜 $\frac{ \delta A_y - \delta B_y }{L}$
Ss-1	0.9	1/53,000
Ss-2	0.7	1/68,000
Ss-3	0.9	1/53,000
Ss-4	1.2	1/40,000
Ss-5 (NS)	0.8	1/60,000
Ss-5 (EW)	0.7	1/68,000

(記号の説明)





 : 防護上の観点から公開できません。

第 7.6.7.3 図 地質断面位置図

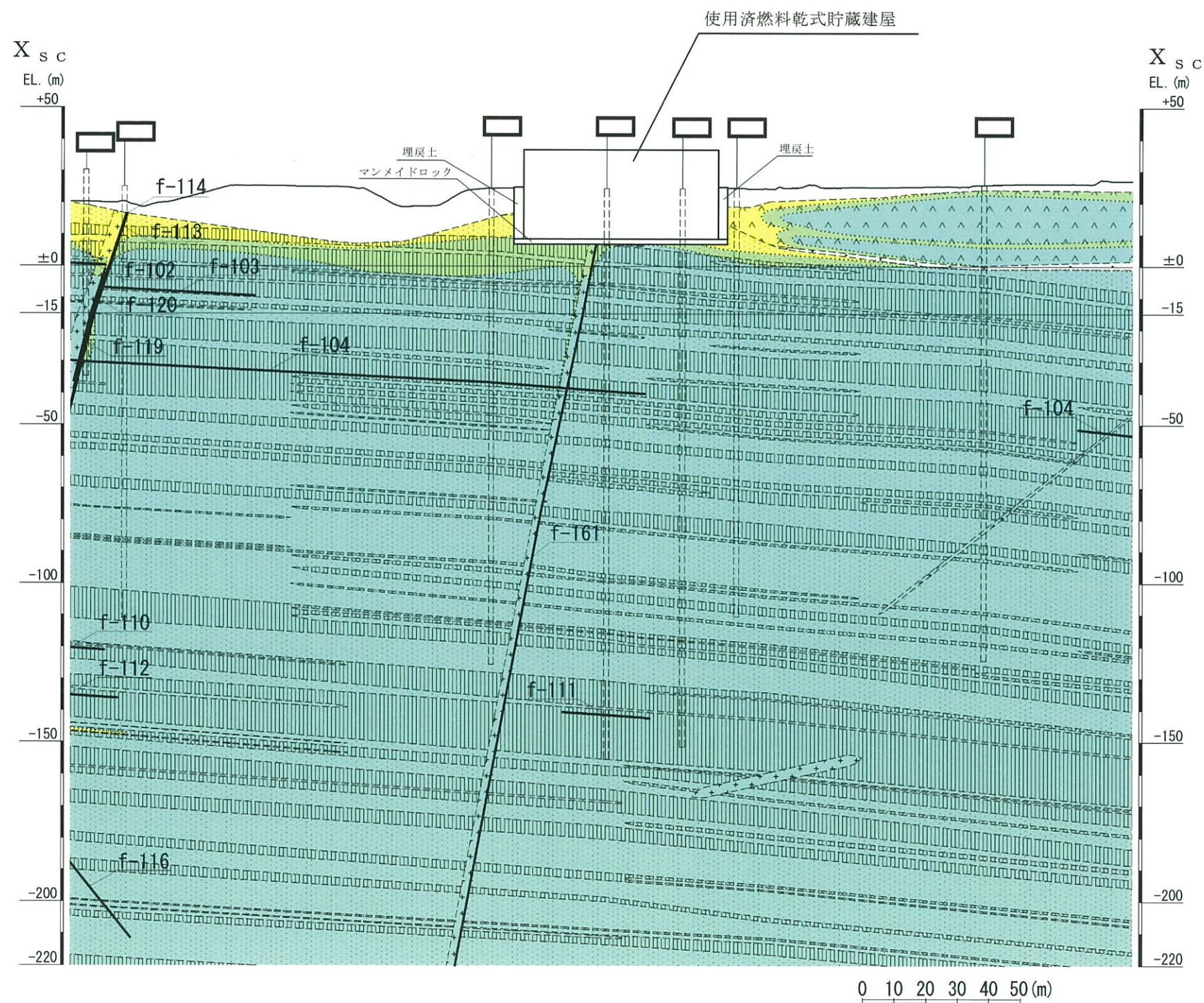
6(3)-7-6-12

記号凡例

	ボーリング孔 (投影)
	試掘坑 (投影)
	岩種境界線
	岩盤分類線
	断層 破碎帯
(G-)	3, 4号炉試掘坑で確認された断層
(g-)	1, 2号炉試掘坑で確認された断層
(f-)	上記以外の断層

岩級凡例

	表土 (盛土等を含む)
	無斑晶質玄武岩
	凝灰岩
	かんらん石粗粒玄武岩
	八ノ久保砂礫層
	珩岩
	頁岩
	砂岩
	①級岩盤
	②級岩盤
	③級岩盤



: 防護上の観点から公開できません。

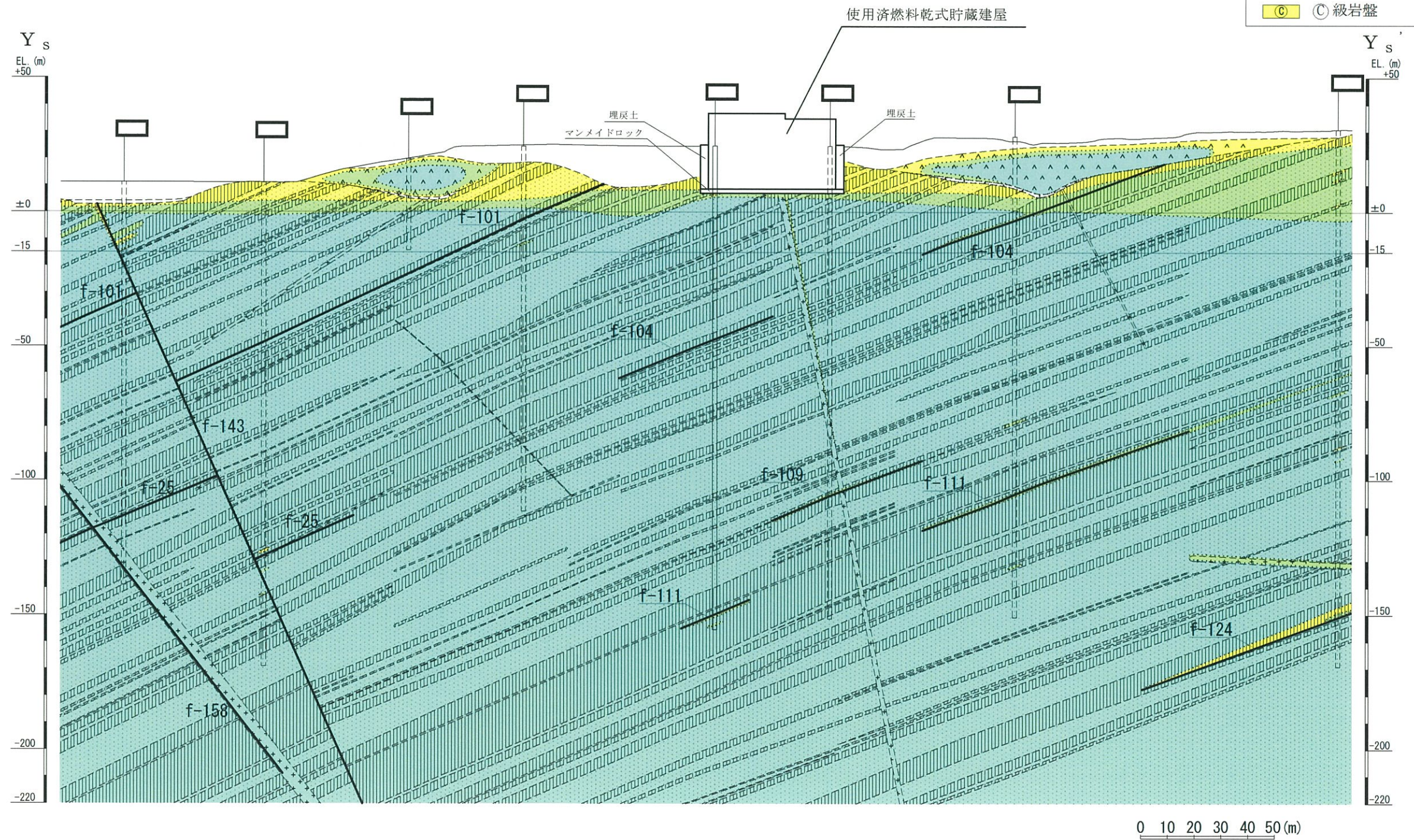
第 7.6.7.4 図 (1) 鉛直岩盤分類図 (X_{s c} - X_{s c}' 断面)

記号凡例

	ボーリング孔 (投影)
	試掘坑 (投影)
	岩種境界線
	岩盤分類線
	断層 破碎帯
(G-)	3, 4号炉試掘坑で確認された断層
(g-)	1, 2号炉試掘坑で確認された断層
(f-)	上記以外の断層

岩級凡例

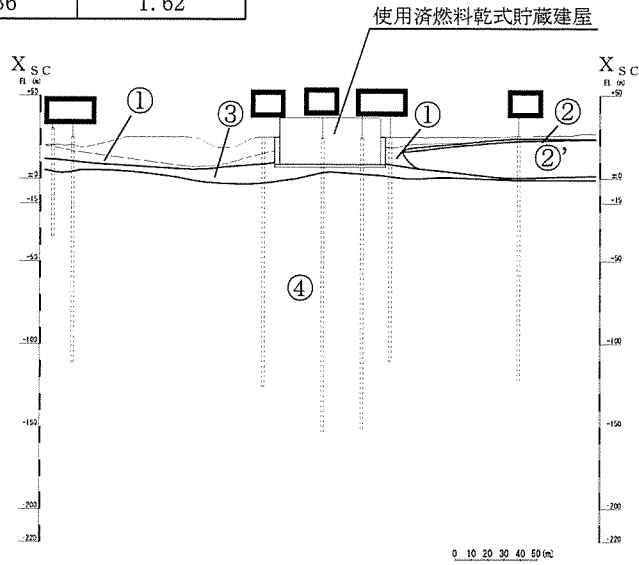
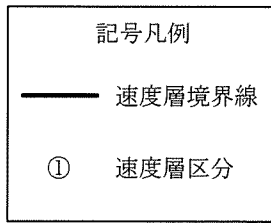
	表土 (盛土等を含む)
	無斑晶質玄武岩
	凝灰岩
	かんらん石粗粒玄武岩
	八ノ久保砂礫層
	珩岩
	頁岩
	砂岩
(A)	A級岩盤
(B)	B級岩盤
(C)	C級岩盤



: 防護上の観点から公開できません。

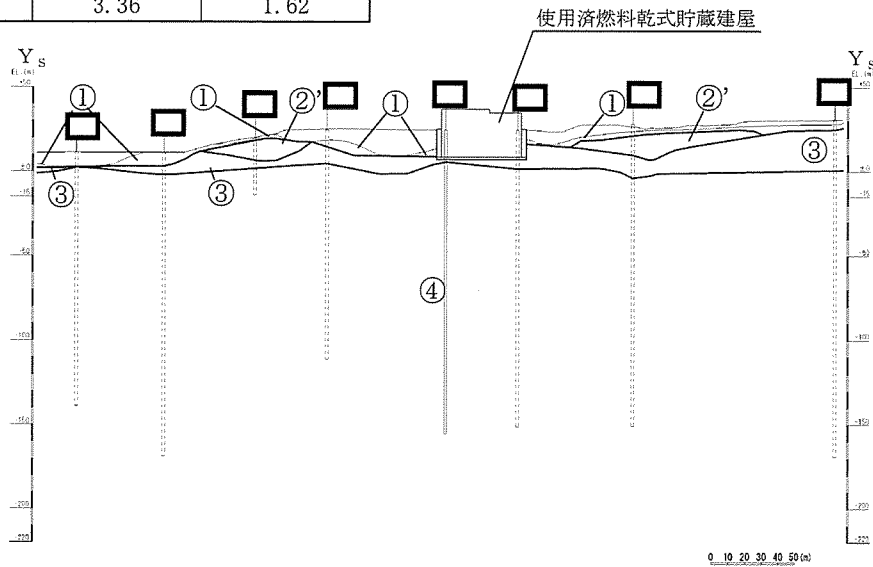
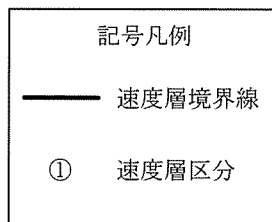
第 7.6.7.4 図 (2) 鉛直岩盤分類図 (Y_s - Y_{s'} 断面)
6(3)-7-6-14

速度層区分	P波速度 (km/s)	S波速度 (km/s)
①	0.92	0.26
②	2.06	0.84
②'	4.46	2.32
③	2.22	0.75
④	3.36	1.62



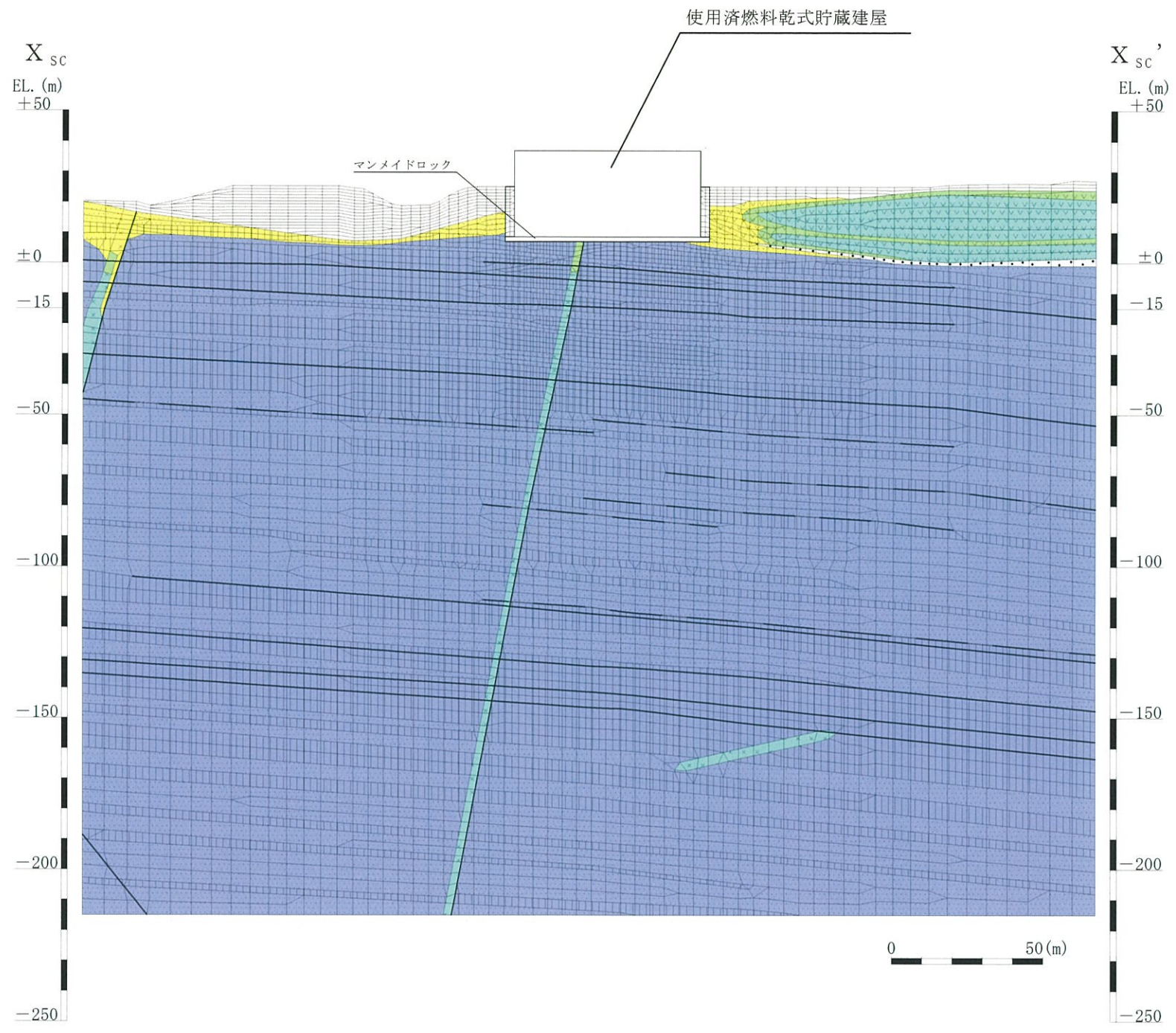
第 7.6.7.5 図 (1) 速度層断面図 ($X_{sc} - X_{sc}'$ 断面)

速度層区分	P波速度 (km/s)	S波速度 (km/s)
①	0.92	0.26
②	2.06	0.84
②'	4.46	2.32
③	2.22	0.75
④	3.36	1.62



第 7.6.7.5 図 (2) 速度層断面図 ($Y_s - Y_s'$ 断面)

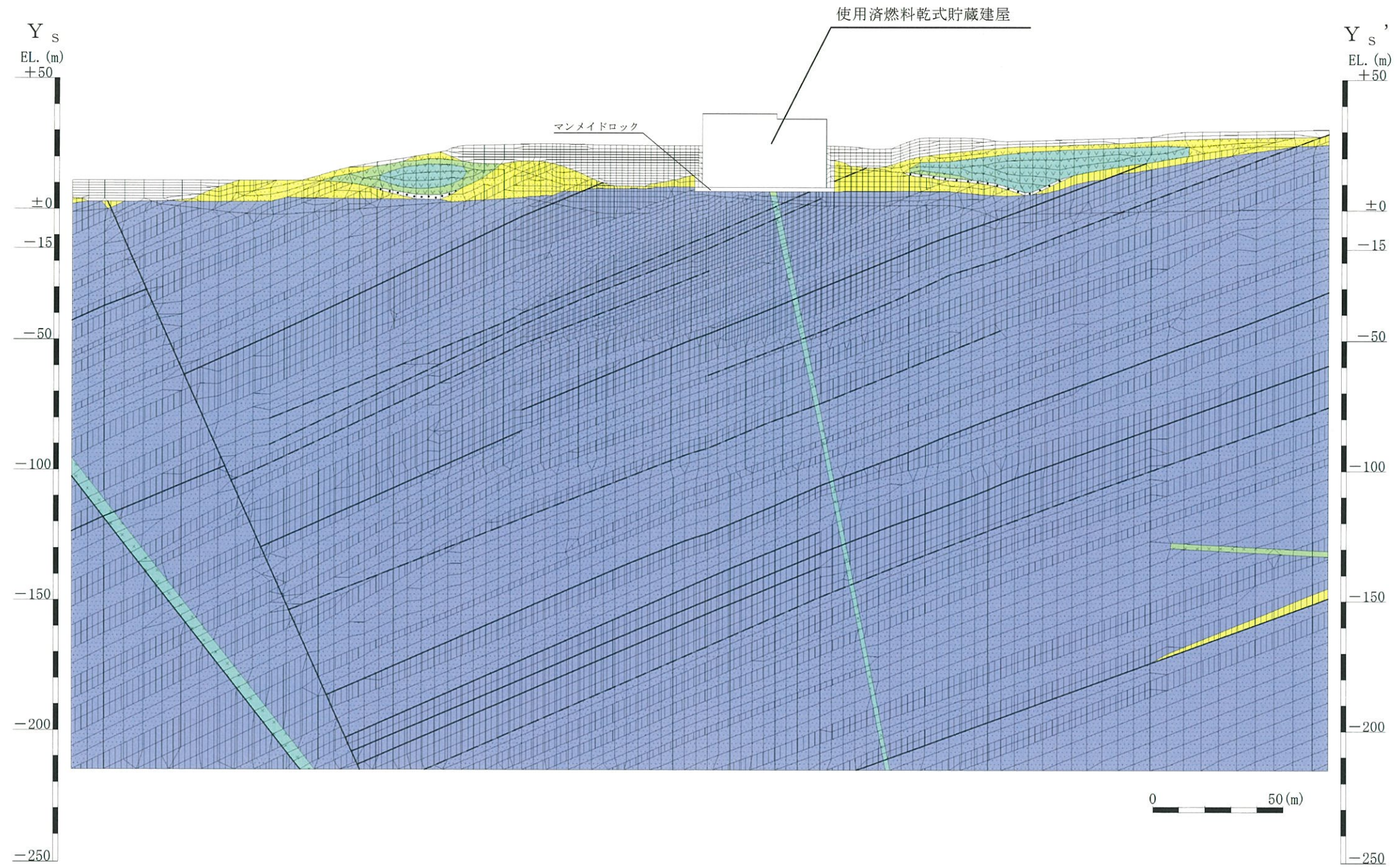
□ : 防護上の観点から公開できません。



凡 例

	埋戻土		④⑤級 (砂岩、頁岩)
	玄武岩		④級
	凝灰岩		⑤級
	八ノ久保砂礫層		⑥級 (共通)
	玢岩		断層
	頁岩		シーム
	砂岩		

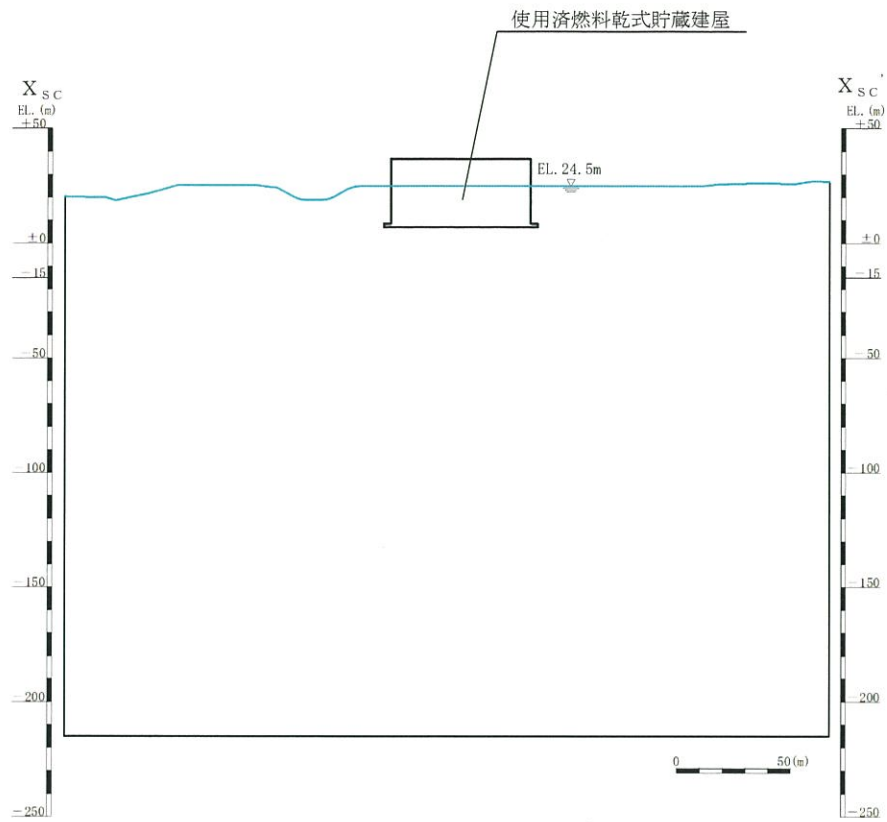
第 7.6.7.6 図 (1) 解析用要素分割図 (X_{sc} - X_{sc'} 断面)



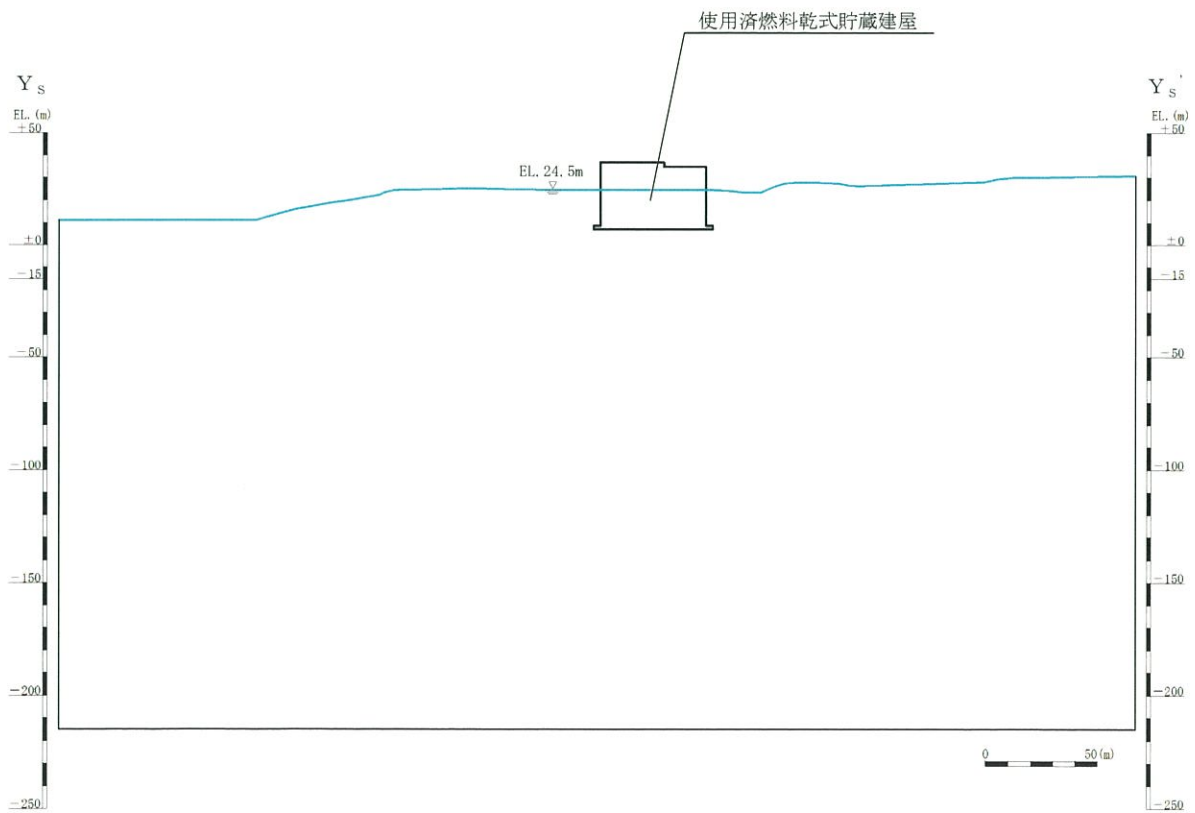
凡 例

	埋戻土		ⒶⒷ級 (砂岩、頁岩)
	玄武岩		Ⓐ級
	凝灰岩		Ⓑ級
	八ノ久保砂礫層		Ⓒ級 (共通)
	珩岩		断層
	頁岩		シーム
	砂岩		

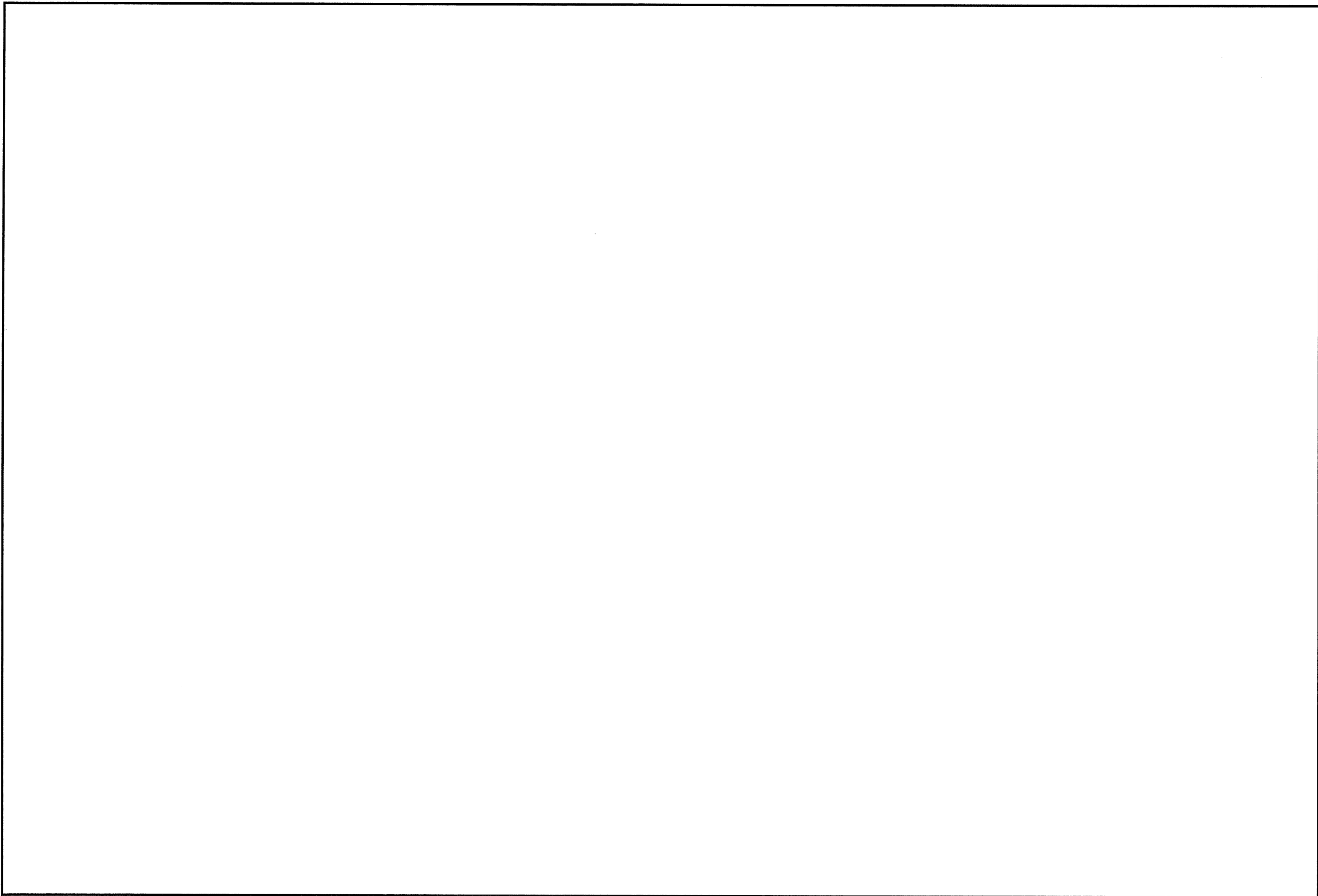
第 7.6.7.6 図 (2) 解析用要素分割図 ($Y_s - Y_{s'}$ 断面)




第 7.6.7.7 図 (1) 解析用地下水位 ($X_{SC} - X_{SC}'$ 断面)



第 7.6.7.7 図 (2) 解析用地下水位 ($Y_S - Y_S'$ 断面)



 : 防護上の観点から公開できません。