

【枠囲みの範囲は、防護上の観点から公開できません。】

川内原子力発電所1号炉、2号炉審査資料

資料番号

TTS-039

提出年月日

2023年9月20日

川内原子力発電所1号炉及び2号炉

標準応答スペクトルを考慮した地震動評価を踏まえた
基礎地盤及び周辺斜面の安定性について
(特定重大事故等対処施設を除く)

2023年9月20日

九州電力株式会社

本資料の概要及び今後のスケジュール

■ 今回のご説明内容

- 第1097回審査会合において説明した方針に基づき、基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について確認した結果を説明。

■ 第1097回審査会合でのご説明内容

- 第1097回審査会合において、以下の通り、基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価方針および評価方法について説明。
- 標準応答スペクトルを考慮し策定した基準地震動 S_s-3 による基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価においては、設置許可基準規則における設計基準対象施設・重大事故等対処施設の要求事項及び「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」を参照し、確認を行う。
- また、地震力に対する基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価における評価方法・評価条件については、既許可評価を踏襲する。


本資料の概要及び今後のスケジュール

■今後のスケジュール

項目	内容	関連 コメント	対応方針	…	2022年度						2023年度									
					7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
地下構造モデル	現申請モデル	No.1 No.2 No.7 No.8 No.15 No.16 No.18	・モデルの位置づけ ・既許可の地震動評価への影響 ・地盤減衰の設定および妥当性確認 ・設定した地下構造モデルの妥当性	・現申請モデルから既許可モデルへ方針見直し					▼★第1080回 (方針)	▼★第1088回	▼★第1103回									▼:資料提出(実績) ▽:資料提出(予定) ★:審査会合(実績) ☆:審査会合希望時期
	既許可モデル	No.19 No.20	・地下構造モデルの設定方針 ・既許可モデルの適用性確認	・既許可モデルを用いる方針 ・既許可モデルについて、既許可以降継続的に取得している観測事実等に基づき、短周期帯から長周期帯までの全ての周期帯への適用性を確認																・既許可モデルへの見直し ★第1163回
地震基盤相当面	・設置許可基準規則解釈別記2の定義に基づく設定	No.3 No.9	・Vs=3,010m/sの層上面に設定	★第1057回																
模擬地震波	・乱数位相を用いた地震動評価	No.10	・先行他社と同様に、M7.0、Xeq10kmで継続時間を設定	(方針) ▼★第1097回																▼★第1173回
	・複数の手法による検討	No.4	・先行他社と同様に、複数の手法による検討により、乱数位相を用いた地震波を選定した妥当性を説明	(方針) ▼★第1097回																▼★第1173回
基準地震動策定	・Ss-3の策定	-	・地震基盤相当面、地盤減衰、模擬地震波の設定を踏まえ、Ss-3を策定																	▼★第1173回
基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価	・Ss-3による評価	-	・基準地震動見直し後の基礎地盤及び周辺斜面の安定性の評価を実施 ・評価条件は、既許可申請と同じもので評価	(方針) ▼★第1097回																▼(特重) ▽(特重以外) ☆
補正申請	-	-	-																	(安定性解析) ◇

目次

1. 評価方針	4
2. 基準地震動	10
3. 地盤の支持	13
4. 周辺斜面の安定性	56
5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響	60
6. まとめ	63
(参考資料)	65

- 
1. 評価方針
 2. 基準地震動
 3. 地盤の支持
 4. 周辺斜面の安定性
 5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響
 6. まとめ

1. 評価方針(今回申請における確認事項)

- 川内原子力発電所では、基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価における最新の既許可※以降において、設計及び工事計画認可(緊急時対策棟接続工事)時に、敷地の地表の地形を一部変更(敷地の平面図:P9参照)している。
- 今回申請における基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価においては、既許可以降の地形変更を考慮した上で、標準応答スペクトルを考慮して策定したSs-3を含む全ての基準地震動による評価を行うこととし、設置許可基準規則における設計基準対象施設・重大事故等対処施設の要求事項及び「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」を参照し、次の事項について確認を行う。

● 設置許可基準規則第3条第1項、第38条第1項第1号及び第3号に関する事項

・ 地震力に対する基礎地盤の安定性【評価の方法を次頁に記載】

⇒基礎地盤の支持性能について以下を満足することを確認する。

- ① 想定すべり線におけるすべり安全率が1.5を上回ること。
- ② 基礎底面の接地圧が極限支持力度を下回ること。
- ③ 基礎の傾斜が1/2,000以下であること。

● 設置許可基準規則第3条第2項、第38条第2項に関する事項

・ 周辺地盤の変状による重要施設への影響【地表の地形変更及びSs-3が追加されても既許可の評価結果に変更はない】

⇒既許可では、「対象施設は直接又はマンメイドロック等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」と評価。今回申請において、対象施設は直接又はマンメイドロック等を介して岩着させる設計としていることに変更はないことから、地表の地形変更の考慮及びSs-3の追加を踏まえても既許可の評価結果に変更はない。

・ 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響【Ss-3及び地表の地形変更による評価は不要】

⇒Ss-3は震源を特定せず策定する地震動として設定した基準地震動であるため、特定した断層の地震に伴う地殻変動の影響評価は不要。また、広域的な地殻変動に関する評価は基礎底面の傾斜に対する照査であることから、地表の地形変更に伴う地殻変動の影響評価は不要。

(既許可では、地震動による傾斜との重畳を考慮した検討については、対象とする活断層は基準地震動としておらず、時刻歴波形がないため、既往の基準地震動(Ss-1及びSs-2)にて代用し、傾斜の影響を評価。今回申請においても、基準地震動Ss-3を含む全ての基準地震動による影響評価を既許可と同様に実施。)

● 設置許可基準規則第4条第4項、第39条第2項に関する事項

・ 地震力に対する周辺斜面の安定性【評価の方法を次頁に記載】

⇒対象施設の周辺において、安定性評価の対象とすべき斜面を抽出する。また、評価対象斜面が抽出された場合、想定すべり線におけるすべり安全率が1.2を上回ることを確認する。

※基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価におけるSs-1及びSs-2による評価を記載した最新の許可処分は以下の通り。

- ・設計基準対象施設のうち耐震重要施設:2017年2月8日許可
- ・常設耐震重要重大事故防止設備等が設置される重大事故等対処施設:2017年2月8日許可

上記、耐震重要施設及び重大事故等対処施設については、2014年9月10日に許可を受けて以降、敷地の造成工事による地形の一部変更及び本発電所敷地内での追加のボーリング調査による地質・地質構造の評価の一部変更をしていることから常設直流電源設備(3系統目)の設置及び緊急時対策所の変更に係る設置変更許可申請時に再評価を実施。

1. 評価方針(今回申請に係る基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価の方法)

- ①地震力に対する基礎地盤の安定性について、既許可評価における評価方法・評価条件を踏まえ、地形変更による影響を整理した結果、既許可評価における評価方法・評価条件について変更する必要がないことから、Ss-1及びSs-2による既許可の評価結果に変更はない。したがって、基準地震動Ss-3による評価を実施する。
- ②地震力に対する周辺斜面の安定性について、地形変更による影響を考慮し、安定性評価の対象とすべき斜面を抽出する。評価対象とする斜面が抽出された場合は、基準地震動Ss-1～3による評価を実施する。

【①地震力に対する基礎地盤の安定性】

項目	既許可における評価方法・評価条件	地形変更の影響	今回申請における評価方法・評価条件
評価対象断面	基礎地盤の地質構造及び対象施設の配置を考慮し、以下の解析断面を選定。 (評価対象断面の考え方：参考資料1) ・ 基礎地盤：1号炉心及び2号炉心を通る3断面、緊急時対策棟2断面	影響なし ・ 施設の配置及び地質構造に影響はない。	・ 既許可評価から評価対象施設の配置及び地質構造に反映すべき新たな調査結果もないことから、評価対象断面について既許可評価から変更はない。
解析用物性値	・ 電研式の岩盤分類を参考に岩級を区分するとともに、解析に用いる地盤パラメータについては、各種の調査結果を基に設定。 ・ 解析に当たっては、せん断強度のばらつき、地下水位及び入力地震動の位相の反転についても考慮。	影響なし	・ 既許可評価から、解析用物性値に反映すべき新たな調査結果はないことから、解析用物性値について既許可評価から変更はない。 ・ 既許可評価と同様にせん断強度のばらつき※、地下水位及び入力地震動の位相の反転についても考慮する。
解析方法	・ 岩盤分類図を基に解析用要素分割図を作成するとともに、評価対象施設(建屋)をモデル化し、2次元動的有限要素解析により実施。 ・ 建屋のモデル化における重量については、保守的に割り増した重量を設定。 ・ 動的解析の結果を用いて、設定したすべり線のすべり安全率、基礎地盤の支持力及び建屋基礎底面の傾斜を評価。	影響なし ・ 地形変更箇所が解析要素分割図に影響しない。	・ 既許可評価の岩盤分類に変更がなく、また、解析要素分割図に変更はない。 ・ 建屋のモデル化についても、既許可時に設定した建屋の重量が、既工認の詳細設計における重量を上回っていることを確認していることから、解析方法について既許可評価から変更はない。



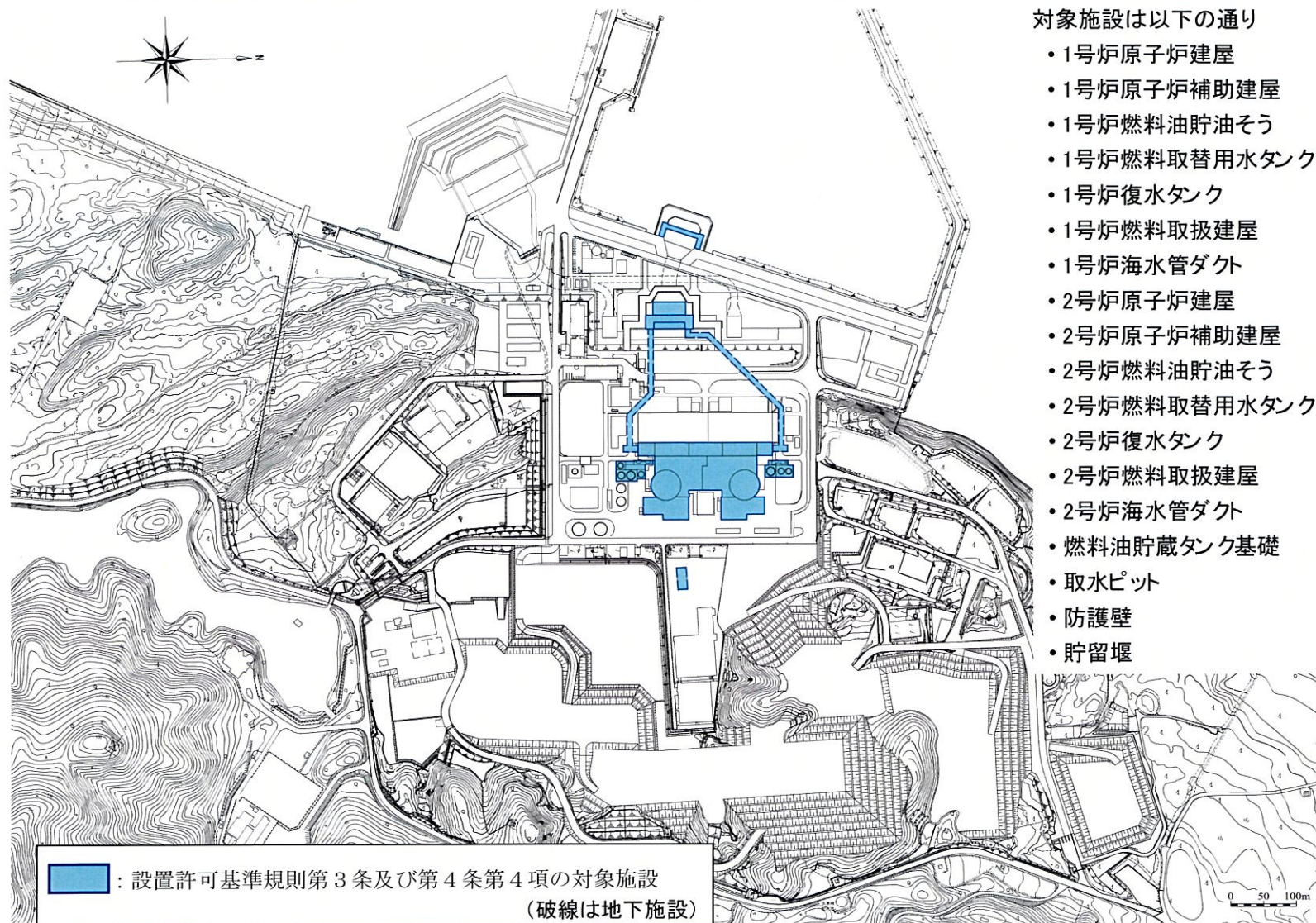
既許可評価における評価方法・評価条件に変更がないことから、Ss-1及びSs-2による既許可の評価結果に変更ない。このため、Ss-3による評価を実施する。
(※せん断強度のばらつきについては、Ss-3の結果が既許可評価を含めて最小となる場合、最小すべり安全率を示す時刻において実施する。)

【②地震力に対する周辺斜面の安定性】

- ・ 既許可評価では、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を検討。
- ・ 地形変更を踏まえ、改めて、離隔距離及び斜面高さ等を考慮し、安定性評価の対象とする斜面の抽出検討を行い、評価対象斜面が抽出される場合は、Ss-1～3による安定性評価を実施する。

1. 評価方針(対象施設)

- 設置許可基準規則第3条(地盤)及び第4条第4項(周辺斜面)に係る地盤及び周辺斜面の安定性を評価すべき対象施設としては、Sクラスの機器・系統及びそれらを支持・内包する建物・構築物が該当する。
- これらの対象施設は、同規則第3条第1項及び第4条第4項に適合することを確認する。



1. 評価方針(対象施設)

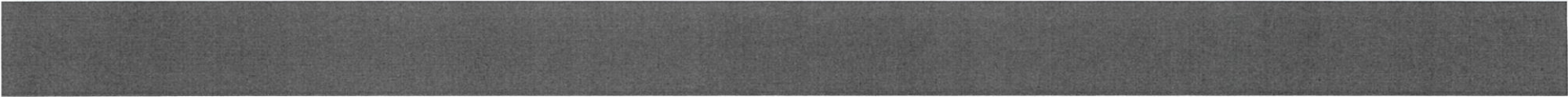
平成28年11月25日
まとめ資料
SK-002改4 (P-8) 一部修正

- 設置許可基準規則第38条(地盤)及び第39条第2項(周辺斜面)に係る地盤及び周辺斜面の安定性を評価すべき対象施設としては、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を支持・内包する建物・構築物が該当する。
- これらの対象施設は、同規則第38条第1項第1号・第3号、及び第39条第2項に適合するよう設置する。

1. 評価方針(地形変更)

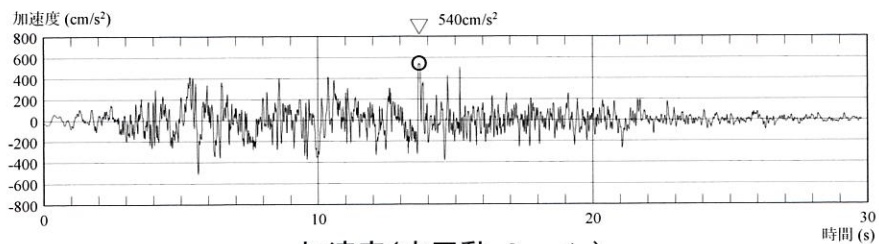
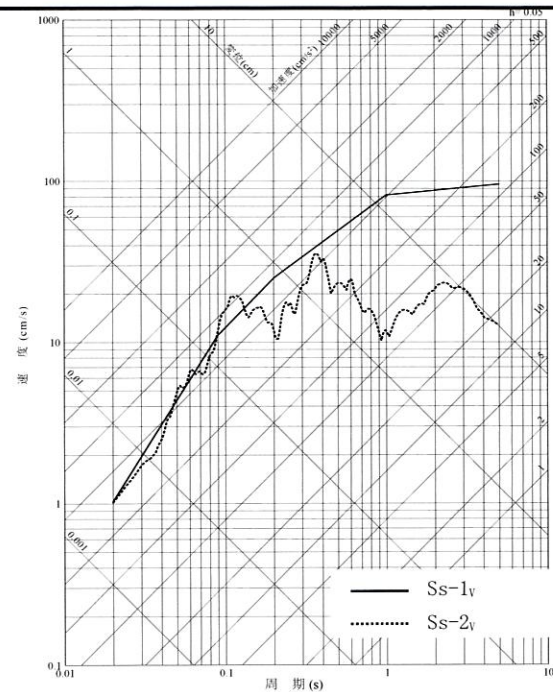
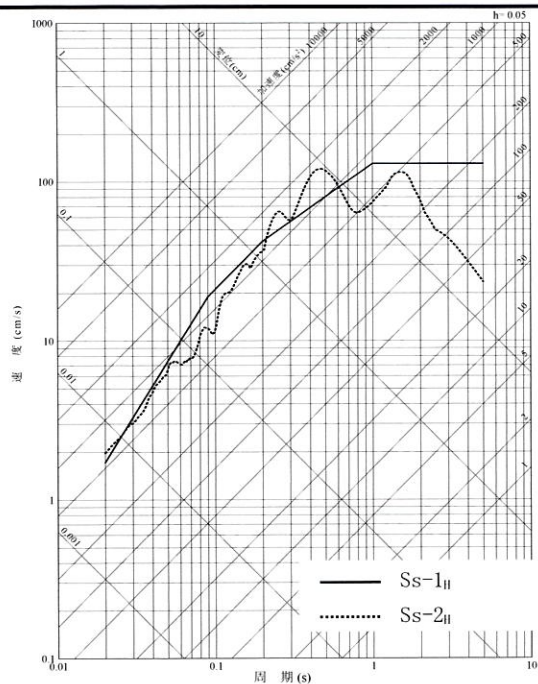
■敷地の最新の平面図※は下図の通り。



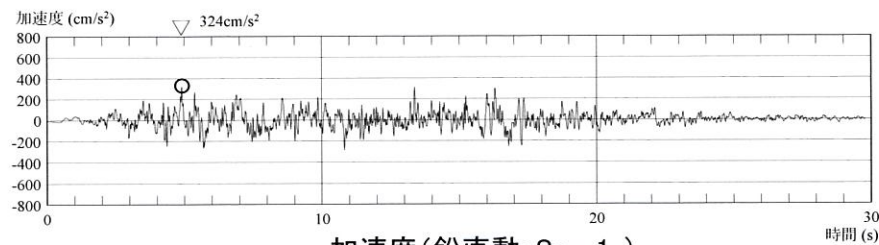
- 
1. 評価方針
 2. **基準地震動**
 3. 地盤の支持
 4. 周辺斜面の安定性
 5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響
 6. まとめ

2. 基準地震動

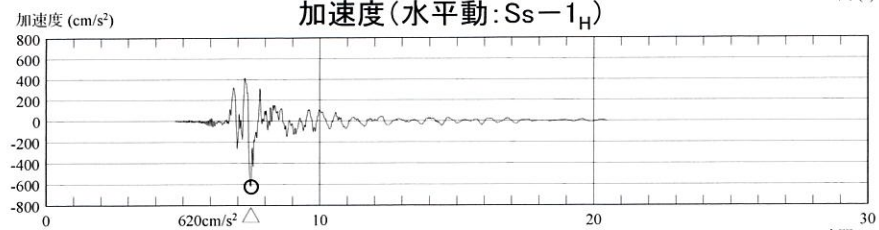
■ 基準地震動Ss-1及びSs-2の応答スペクトル及び時刻歴波形を示す。



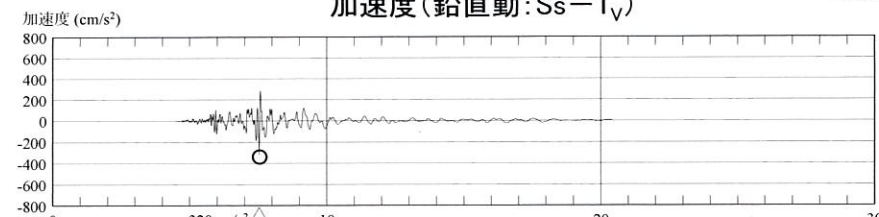
加速度(水平動: Ss-1_H)



加速度(鉛直動: Ss-1_V)



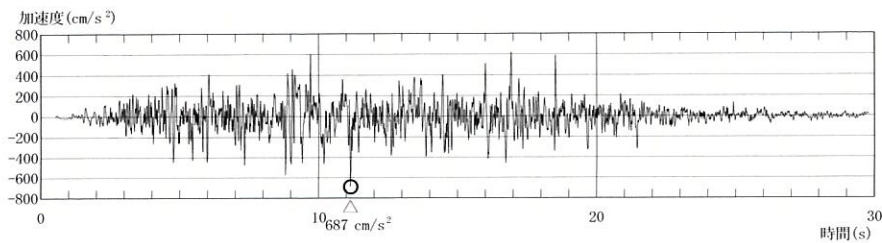
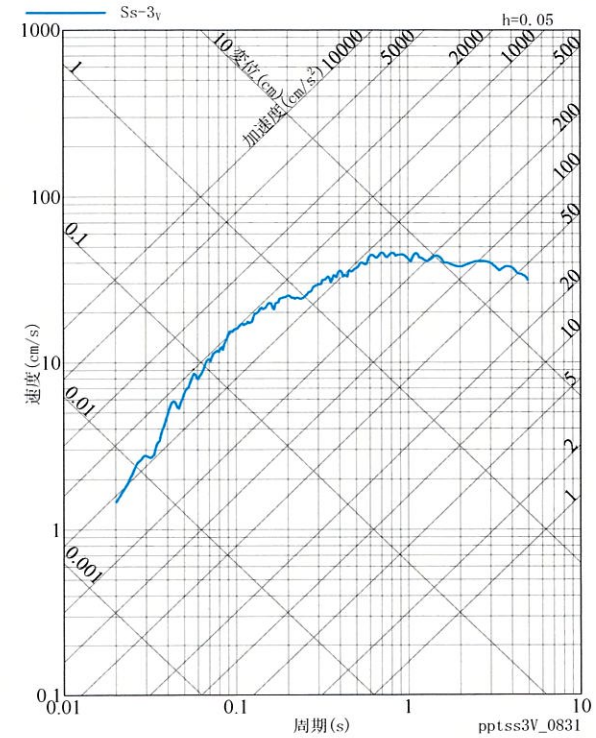
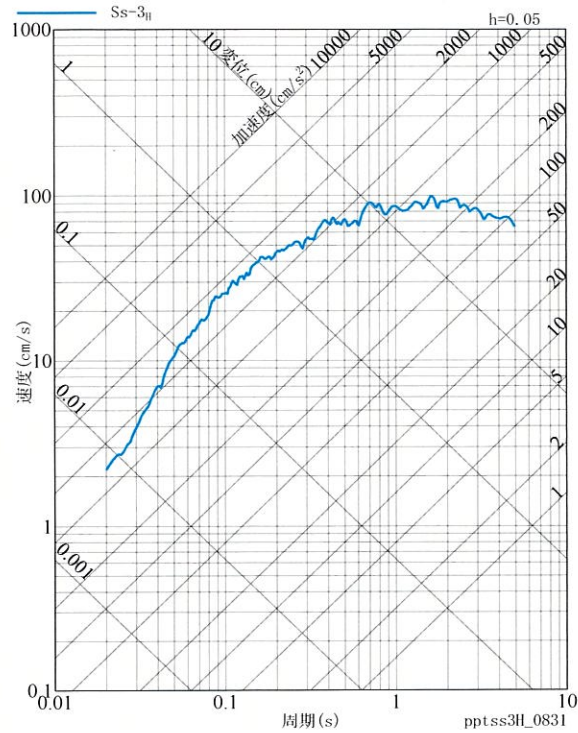
加速度(水平動: Ss-2_H)



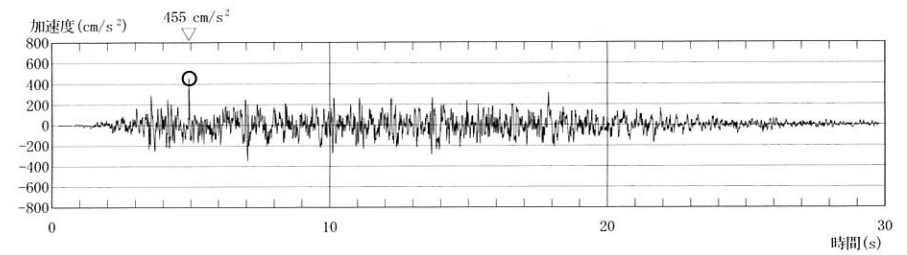
加速度(鉛直動: Ss-2_V)

2. 基準地震動

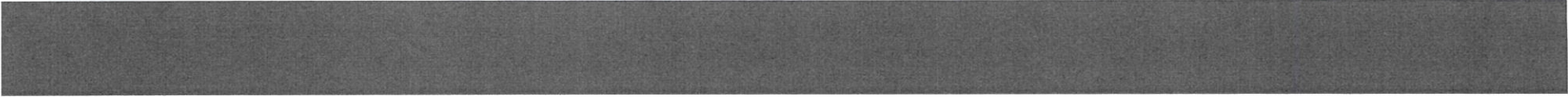
■ 基準地震動Ss-3の応答スペクトル及び時刻歴波形を示す。



加速度(水平動)



加速度(鉛直動)


- 
1. 評価方針
 2. 基準地震動
 3. 地盤の支持
 3. 1. 評価対象断面
 3. 2. 解析用物性値
 3. 3. 評価方法
 3. 4. 評価結果
 4. 周辺斜面の安定性
 5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響
 6. まとめ

3. 1. 評価対象断面

平成28年11月25日
まとめ資料
SK-002改4 (P-62) 一部修正

■ 評価対象断面は既許可評価と同様に、下図の通りとする。(評価対象施設に対する評価対象断面位置の選定については、参考資料1を参照)



- 
1. 評価方針
 2. 基準地震動
 3. **地盤の支持**
 3. 1. 評価対象断面
 3. 2. **解析用物性値**
 3. 3. 評価方法
 3. 4. 評価結果
 4. 周辺斜面の安定性
 5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響
 6. まとめ

3. 2. 解析用物性値（岩盤分類について）

平成28年11月25日
 まとめ資料
 SK-002改4（P-29）再掲

- 当該地点の基礎地盤は、主に硬質岩盤に分類されることから、電研式の岩盤分類を参考に、A級、B級、C級、D級の4段階に区分し、C級を更にC_H級、C_M級、C_L級の3段階に区分した。
- 岩級区分基準は以下のとおり。

岩 級		記 事
A級		新鮮、堅硬で割れ目もほとんど無く、全体として極めて堅固な岩盤
B級		新鮮、堅硬で割れ目はややあるが、密着してA級に準ずる岩盤
C級	C _H 級	やや風化の影響が認められるが、堅硬で割れ目も概ね密着している岩盤
	C _M 級	風化し、又は割れ目が発達して粘土薄層を挟むものがあるが、概ね堅硬な岩盤
	C _L 級	風化して岩石自体が軟化していたり、新鮮だが破碎して割れ目が著しく発達し、全体に粘着力に欠ける岩盤
D級		風化、あるいは破碎によって原岩組織がほとんど変質、破壊され土状化した岩盤

3. 2. 解析用物性値(解析用物性値一覧表)

■ 地震応答解析に用いる岩盤や断層等の物性値は、各種試験結果や慣用値等に基づき設定。

平成28年11月25日
まとめ資料
SK-002改4 (P-31) 再掲

岩種・岩級	物性値	物理特性	強度特性			変形特性					
			密度 $\rho(\text{g/cm}^3)$	せん断強度 $\tau_0(\text{N/mm}^2)$	内部摩擦角 $\phi(^{\circ})$	残留強度 $\tau(\text{N/mm}^2)$	動の変形特性		静的変形特性		
							動せん断弾性係数 $G_d(\times 10^3 \text{N/mm}^2)$	動ポアソン比 ν_d	減衰定数 $h(\%)$	静弾性係数 $E_s(\times 10^3 \text{N/mm}^2)$	静ポアソン比 ν_s
礫岩	B ₁ C ₁ 級	2.69	2.32	46.7	$1.80\sigma^{0.65}$	PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定		3	2.30	0.22	
	C _M 級	2.69	1.24	45.3	$1.21\sigma^{0.84}$			3	1.00	0.30	
	C ₁ 級	2.27	0.19	43.7	0.72σ			3	0.45	0.30	
	D級	2.09	0.06	18.7	$\sigma \leq 0.08 \quad \tau = 0.06 + \tan 18.7^{\circ}$ $\sigma > 0.08 \quad \tau = 0.07 + \tan 10.3^{\circ}$			G_0, ν_d : PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定 $G_0/G_0 - 1(1 - 197\gamma^{0.81})$	$h = [\gamma / (7.079\gamma + 0.027) + 0.069] \times 100$	$0.072\sigma_s^{0.41}$	0.35
砂岩	B ₁ C ₁ 級	2.70	1.08	44.8	$1.77\sigma^{0.49}$	PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定		3	2.07	0.22	
	C _M 級	2.70	1.08	44.8	$1.77\sigma^{0.49}$			3	1.32	0.30	
	C ₁ 級	2.28	0.24	27.6	$0.64\sigma^{0.48}$			3	0.66	0.30	
	D級	2.22	0.06	18.7	$\sigma \leq 0.08 \quad \tau = 0.06 + \tan 18.7^{\circ}$ $\sigma > 0.08 \quad \tau = 0.07 + \tan 10.3^{\circ}$			G_0, ν_d : PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定 $G_0/G_0 - 1(1 - 197\gamma^{0.81})$	$h = [\gamma / (7.079\gamma + 0.027) + 0.069] \times 100$	$0.072\sigma_s^{0.41}$	0.35
粘板岩及び頁岩	B ₁ C ₁ 級	2.72	0.75	44.8	$1.45\sigma^{0.51}$	PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定		3	1.94	0.26	
	C _M 級	2.70	0.75	44.8	$1.45\sigma^{0.51}$			3	1.24	0.30	
	C ₁ 級	2.28	0.17	27.6	$0.58\sigma^{0.53}$			3	0.62	0.30	
	D級	1.86	0.06	18.7	$\sigma \leq 0.08 \quad \tau = 0.06 + \tan 18.7^{\circ}$ $\sigma > 0.08 \quad \tau = 0.07 + \tan 10.3^{\circ}$			G_0, ν_d : PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定 $G_0/G_0 - 1(1 - 197\gamma^{0.81})$	$h = [\gamma / (7.079\gamma + 0.027) + 0.069] \times 100$	$0.072\sigma_s^{0.41}$	0.35
混在岩	2.28	0.17	27.6	$0.58\sigma^{0.53}$	PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定		3	0.62	0.30		
変はんれい岩類	B ₁ C ₁ 級	2.89	0.75	44.8	$1.45\sigma^{0.51}$	PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定		3	1.94	0.26	
	C _M 級	2.84	0.75	44.8	$1.45\sigma^{0.51}$			3	1.24	0.30	
	C ₁ 級	2.40	0.17	27.6	$0.58\sigma^{0.53}$			3	0.62	0.30	
	D級	1.75	0.04	26.9	$\tau = 0.03 + \tan 24.0^{\circ}$			G_0, ν_d : PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定 $G_0/G_0 - 1(1 - 50\gamma^{0.81})$	$h = [\gamma / (4.488\gamma + 0.070) + 0.067] \times 100$	$0.024\sigma_s^{0.26}$	0.35
北薩火山岩類 I	2.11	0.79	32.5	$\tau = 0.34 + \tan 33.9^{\circ}$	PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定		3	0.76	0.30		
みやま層	1.76	0.79	32.5	$\tau = 0.34 + \tan 33.9^{\circ}$	PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定		3	0.76	0.30		
北薩火山岩類 II	C _M 級	2.62	0.30	31.4	$0.79\sigma^{0.53}$	PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定		3	0.28	0.24	
	C ₁ 級	2.47	0.30	31.4	$0.79\sigma^{0.53}$			3	0.28	0.24	
	D級	1.85	0.30	31.4	$0.79\sigma^{0.53}$			G_0, ν_d : PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定 $G_0/G_0 - 1(1 - 197\gamma^{0.81})$	$h = [\gamma / (7.079\gamma + 0.027) + 0.069] \times 100$	0.25	0.35
溶結凝灰岩	C _M 級	2.27	0.31	29.3	$0.69\sigma^{0.38}$	PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定		3	0.37	0.24	
	C ₁ 級	1.98	0.31	29.3	$0.69\sigma^{0.38}$			3	0.28	0.24	
	D級	1.81	0.31	29.3	$0.69\sigma^{0.38}$			G_0, ν_d : PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定 $G_0/G_0 - 1(1 - 197\gamma^{0.81})$	$h = [\gamma / (7.079\gamma + 0.027) + 0.069] \times 100$	$0.116\sigma_s^{0.36}$	0.35
断層内物質	2.27	0.11	27.9	$\tau = 0.11 + \tan 25.3^{\circ}$	$G_0 = 0.464\sigma_m^{0.75}$ $G_d/G_0 = 1 / (1 + 483\gamma^{0.85})$	0.45	$h = [\gamma / (6.813\gamma + 0.002) + 0.093] \times 100$	$0.083\sigma_s^{0.86}$	0.40		
断層内物質(凝灰質粘土状)	1.64	0.06	11.7	$\tau = 0.04 + \tan 10.6^{\circ}$	$G_0 = 0.061\sigma_m^{0.61}$ $G_d/G_0 = 1 / (1 + 188\gamma^{0.97})$	0.45	$h = [\gamma / (4.268\gamma + 0.063) + 0.017] \times 100$	$0.048\sigma_s^{0.15}$	0.40		
埋戻土 ^{※1}	2.00	0.01	37.3	$\tan 37.3^{\circ}$	$G_0 = 0.183\sigma_m^{0.41}$ $G_d/G_0 = 1 / (1 + 161\gamma^{0.75})$	0.45	$h = [\gamma / (4.639\gamma + 0.008) + 0.013] \times 100$	$0.193\sigma_s^{1.24}$	0.40		
マンメイドロック	2.35	-	-	-	-	8.6	0.20	5	20.6	0.20	

※1 盛土及び第四系の物性値については、埋戻土の物性値を用いる。

G_0 : 初期動せん断弾性係数 γ : せん断ひずみ σ : 垂直応力 σ_m : 平均主応力 σ_3 : 最小主応力

3. 2. 解析用物性値(解析用物性値の設定根拠一覧)

平成28年8月30日
まとめ資料
SK-003改2 (P-7) 再掲

物性値 岩種・岩級	物理特性 密度 $\rho(\text{g/cm}^3)$	強度特性			変形特性				
		せん断強度 $\tau_0(\text{N/mm}^2)$	内部摩擦角 $\phi(^{\circ})$	残留強度 $\tau(\text{N/mm}^2)$	動的変形特性		静的変形特性		
					動せん断弾性係数 $G_d(\times 10^3 \text{N/mm}^2)$	動ポアソン比 ν_d	減衰定数 $h(\%)$	静弾性係数 $E_s(\times 10^3 \text{N/mm}^2)$	静ポアソン比 ν_s
礫岩	B,C _{II} 級	密度試験結果	岩盤せん断試験結果		PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定 G _d /G ₀ ; 粘板岩D級を使用	G ₀ , ν_d : PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定 G _d /G ₀ ; 粘板岩D級を使用	慣用値 ^{※1}	岩盤変形試験結果	一軸圧縮試験結果
	C _{II} 級	密度試験結果	岩盤せん断試験結果	残岩C _{II} 級に基づき算定					
	C _I 級	礫岩C _{II} 級に基づき算定	岩盤せん断試験結果	残岩C _{II} 級に基づき算定					
	D級	密度試験結果	粘板岩D級を使用						
砂岩	B,C _{II} 級	密度試験結果	砂岩C _{II} 級を使用		PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定	G ₀ , ν_d : PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定 G _d /G ₀ ; 粘板岩D級を使用	慣用値 ^{※1}	岩盤変形試験結果	一軸圧縮試験結果
	C _{II} 級	密度試験結果	粘板岩C _{II} 級に基づき算定	粘板岩C _{II} 級に基づき算定					
	C _I 級	現場密度試験結果	岩盤せん断試験結果						
	D級	密度試験結果	粘板岩D級を使用						
粘板岩及び頁岩	B,C _{II} 級	密度試験結果	粘板岩C _{II} 級を使用		PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定	G ₀ , ν_d : PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定 G _d /G ₀ ; 繰返し三軸試験結果	慣用値 ^{※1}	粘板岩C _{II} 級に基づき算定	一軸圧縮試験結果
	C _{II} 級	密度試験結果	岩盤せん断試験結果						
	C _I 級	粘板岩C _{II} 級に基づき算定	砂岩C _I 級に基づき算定	砂岩C _I 級に基づき算定					
	D級	密度試験結果	静的三軸圧縮試験結果						
混在岩	粘板岩C _I 級を使用	粘板岩C _I 級を使用		PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定	慣用値 ^{※1}	粘板岩C _I 級を使用	慣用値 ^{※1}		
変はんれい岩類	B,C _{II} 級	密度試験結果	粘板岩C _{II} 級を使用		PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定	G ₀ , ν_d : PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定 G _d /G ₀ ; 繰返し三軸試験結果	慣用値 ^{※1}	粘板岩C _{II} 級を使用	粘板岩C _{II} 級を使用
	C _{II} 級	密度試験結果	粘板岩C _{II} 級を使用						
	C _I 級	変はんれい岩類C _{II} 級に基づき算定	粘板岩C _I 級を使用						
	D級	密度試験結果	静的三軸圧縮試験結果						
北陸火山岩類 I	密度試験結果	みやま層を使用		PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定	慣用値 ^{※1}	みやま層を使用	慣用値 ^{※1}		
みやま層	密度試験結果	静的三軸圧縮試験結果		PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定	慣用値 ^{※1}	静的三軸圧縮試験結果	慣用値 ^{※1}		
北陸火山岩類 II	C _{II} 級	密度試験結果	北陸火山岩類 II D級を使用		PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定	G ₀ , ν_d : PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定 G _d /G ₀ ; 粘板岩D級を使用	慣用値 ^{※1}	北陸火山岩類 II C _I 級を使用	一軸圧縮試験結果
	C _I 級	密度試験結果	北陸火山岩類 II D級を使用						
	D級	密度試験結果	岩盤せん断試験結果						
溶結凝灰岩	C _{II} 級	密度試験結果	溶結凝灰岩D級を使用		PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定	G ₀ , ν_d : PS検層による速度層毎のVs、Vp及び密度により算定 G _d /G ₀ ; 粘板岩D級を使用	慣用値 ^{※1}	溶結凝灰岩C _{II} 級に基づき算定	北陸火山岩類 II C _{II} 級を使用
	C _I 級	密度試験結果	溶結凝灰岩D級を使用						
	D級	密度試験結果	岩盤せん断試験結果						
断層内物質	密度試験結果	静的三軸圧縮試験結果		繰返し三軸試験結果	慣用値 ^{※1}	繰返し三軸試験結果	静的三軸圧縮試験結果	慣用値 ^{※1}	
断層内物質(凝灰質粘土状)	密度試験結果	静的三軸圧縮試験結果		繰返し三軸試験結果	慣用値 ^{※1}	繰返し三軸試験結果	静的三軸圧縮試験結果	慣用値 ^{※1}	
埋戻土 ^{※2}	密度試験結果	静的三軸圧縮試験結果		繰返し三軸試験結果	慣用値 ^{※1}	繰返し三軸試験結果	静的三軸圧縮試験結果	慣用値 ^{※1}	
マンメイドロック	慣用値 ^{※1}	-	-	-	E _s 及び ν_d より算定	慣用値 ^{※1}	慣用値 ^{※1}	設計基準強度より算定	慣用値 ^{※1}

※1 原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術<技術資料>(土木学会原子力土木委員会、2009年2月)、岩盤斜面の安定解析と計測((社)土木学会、平成6年12月)、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)等を参考に設定。

※2 埋戻土の物性値については、既設原子炉建設時の試験値を用いて安定性評価を実施しているが、実際の施工時においては、同等以上の強度特性を有する材料にて埋戻すこととしている。

3. 2. 解析用物性値(地盤物性のばらつきについて)

- 解析用物性値については、各種試験における平均値を代表値として使用する。
- ただし、調査及び試験に含まれる不確かさを考慮し、すべり安全率に支配的である強度特性についてそのばらつきを考慮した評価についても併せて実施する。

原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2008(日本電気協会)


- ・すべり安全率に対する地盤物性値のばらつきの影響については、一般に強度特性が支配的であり、変形特性の影響は小さい。したがって、一般に強度特性のばらつきのみ考慮しておけばよい。

原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術(土木学会、2009)

- 地盤物性値のばらつき評価法について確率論的な検討を行い、以下の結論が得られている。
- ・地盤物性値を±10%して算定したすべり安全率の差は、せん断強度等の抵抗力に関する地盤物性値の影響が非常に大きく、剛性等の影響は比較的小さい。
 - ・「代表値±係数×標準偏差」による確率論的手法による地盤物性のばらつきの評価では、地盤物性値がばらついても「代表値-1.0×標準偏差」によって確率論的に評価したすべり安全率を下回る確率が小さい。

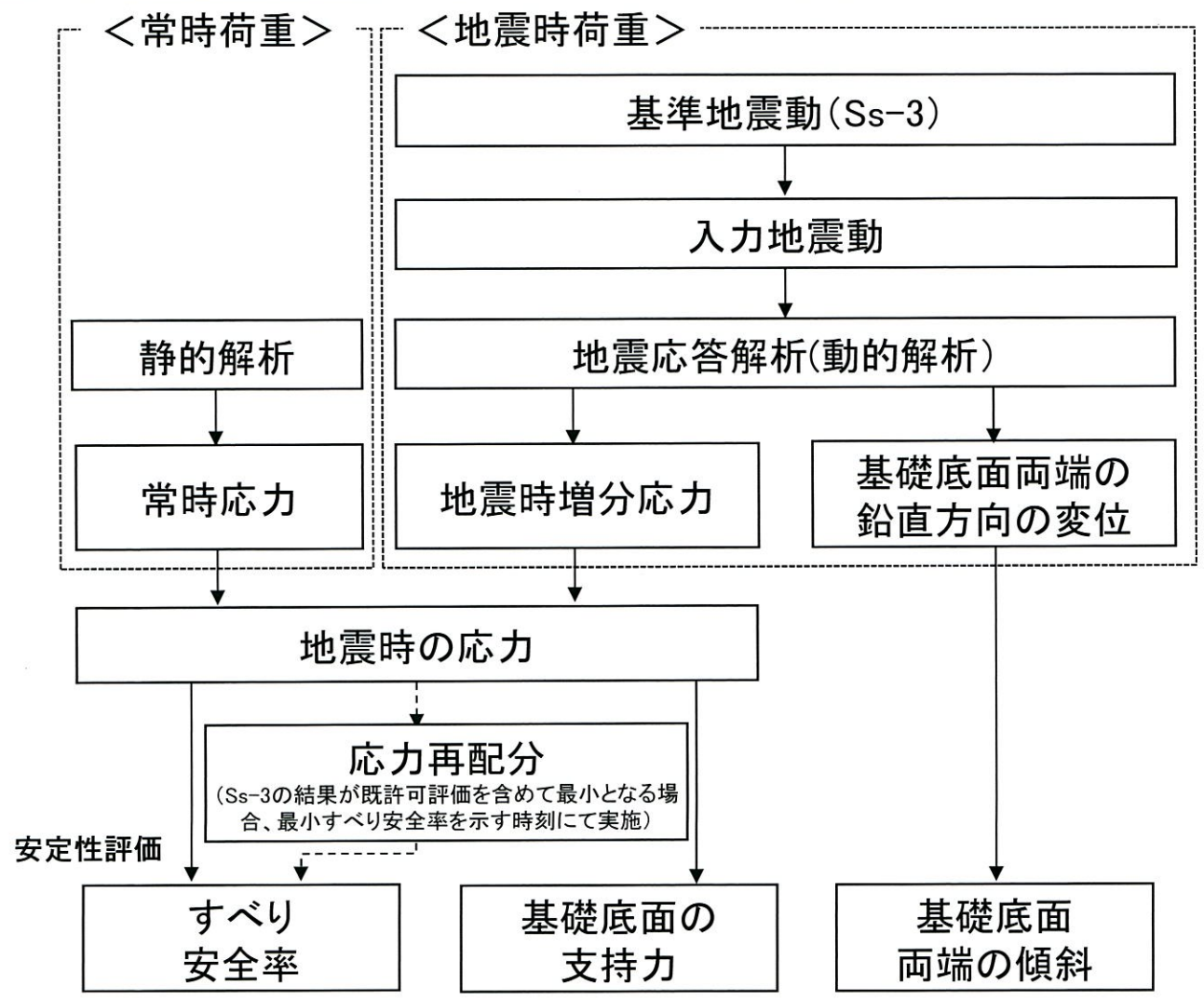
すべり安全率に対しては強度特性のばらつきが大きく影響することから、地盤物性のうち強度特性に関するばらつきを考慮する。

Ss-3の結果が既許可評価を含めて最小となる場合、最小すべり安全率を示す時刻にて、抵抗力にもつとも寄与する岩盤の強度特性のばらつきを考慮した評価(代表値-1.0×標準偏差)についても併せて実施する。

- 
1. 評価方針
 2. 基準地震動
 3. **地盤の支持**
 3. 1. 評価対象断面
 3. 2. 解析用物性値
 3. **3. 評価方法**
 3. 4. 評価結果
 4. 周辺斜面の安定性
 5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響
 6. まとめ

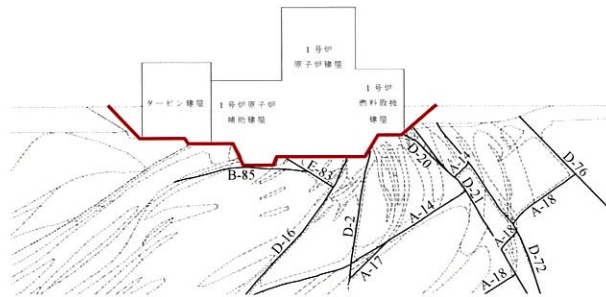
3.3. 評価方法(評価フロー)

- すべり安全率、基礎底面の支持力及び傾斜については2次元動的FEMによる地震応答解析により評価。
- 地震応答解析では、周波数応答解析を用い、等価線形化法により断層、埋戻土、D級岩盤の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性を考慮する。

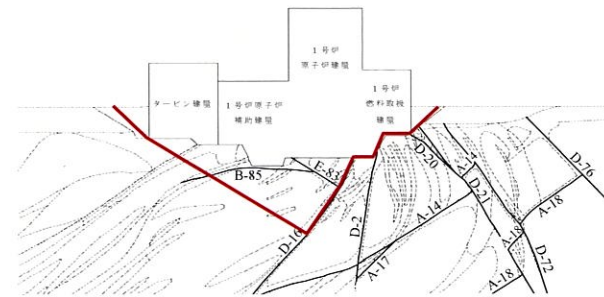


【①基礎地盤のすべり】

想定したすべり線上の応力状態をもとに、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たすべり安全率が、評価基準値1.5を上回ることを確認する。



基礎底面のすべり線



応力状態を考慮した岩盤内のすべり線
断層沿いのすべり線

【②基礎の支持力】

建屋基礎底面の最大接地圧が、岩盤の極限支持力を下回ることを確認する。

【③基礎底面の傾斜】

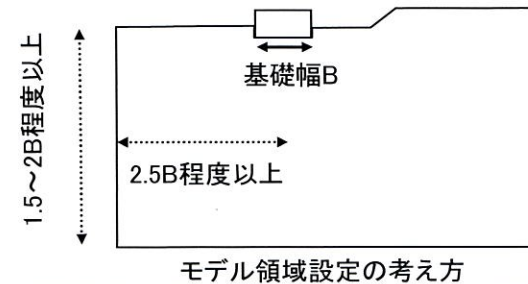
建屋基礎底面両端それぞれの鉛直方向変位の差を基礎底面幅で除して求めた傾斜が、評価基準値の目安である1/2,000以下であることを確認する。

3.3. 評価方法（地盤モデルの作成）

平成28年11月25日
まとめ資料
SK-002改4 (P-37) 再掲

【モデル領域】

- 解析モデル範囲は、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分に広い領域とする。
- 具体的には、JEAG-4601等を参考に、モデル片幅を建屋基礎幅の2.5倍以上、モデル高さを構造物基礎幅の1.5～2倍以上を確保する。



【地盤のモデル化】

- 地盤は平面ひずみ要素でモデル化し、要素の高さは、最大周波数20Hz及び地盤のせん断波速度 V_s より求まる最大要素高さを上回らないよう設定する。

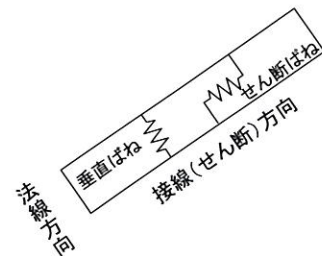
$$\text{要素の最大高さ} = \frac{1}{4} \times \frac{\text{地盤のせん断波速度 } (m/s)}{20(Hz)^{\ast 2}}$$

要素高さの最大値の目安^{※1}

- ※1 原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601 1987((社)日本電気協会、1987)、コンクリート標準示方書〔耐震性能照査編〕((社)土木学会、2002)、鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計(鉄道総合技術研究所 編、1999)等を参考に設定。
 ※2 評価対象地盤の卓越周波数は、概ね20Hz以内であることを確認している。

【断層のモデル化】

- 断層はジョイント要素によりモデル化し、ジョイント要素に用いるせん断ばね定数 k_s 及び垂直ばね定数 k_n は下式により与える。
- 下式中の断層の層厚 t については、試掘坑やボーリング等で確認した断層幅の平均値を用いて、各々の断層毎に設定する。



$$k_s = \frac{G}{t} \quad k_n = \frac{(1-\nu_d)E}{(1+\nu_d)(1-2\nu_d)t}$$

- G : 動せん断弾性係数
 t : 断層の層厚
 E : 動弾性係数 ($E=2(1+\nu_d)G$)
 ν_d : 動ポアソン比

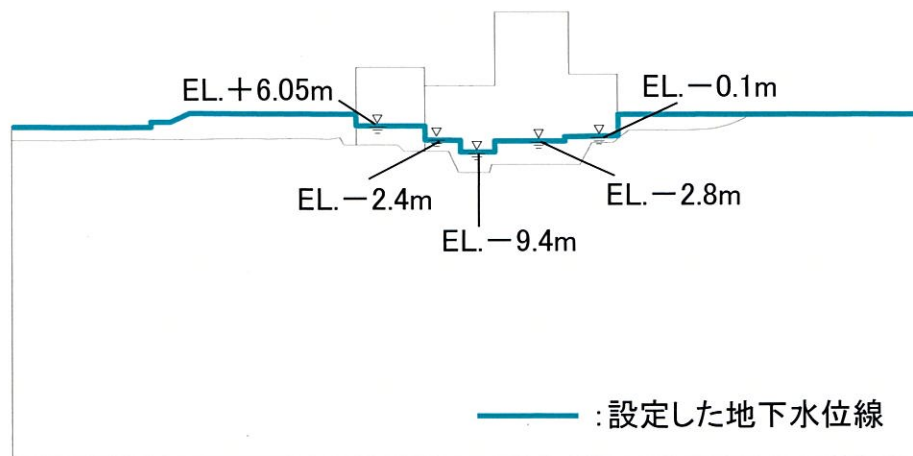
ジョイント要素に用いるばね定数

3. 3. 評価方法(解析条件)

平成26年7月28日
まとめ資料
資料3-1 (P-36) 一部修正

地下水位の設定

■ 解析用地下水位は、保守的に地表面あるいは建屋基礎上端に設定。

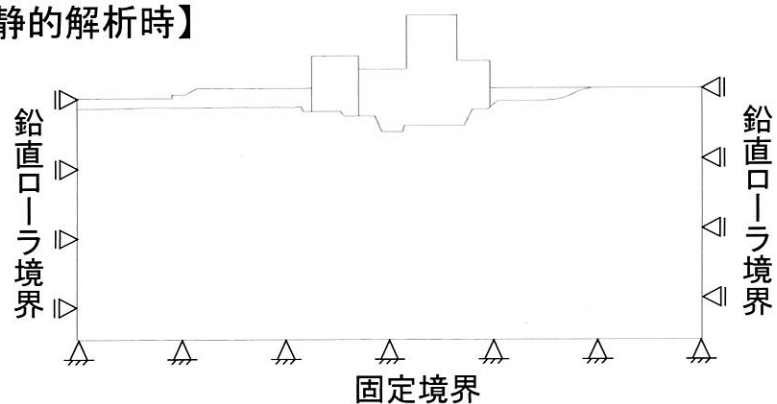


地下水位設定の考え方

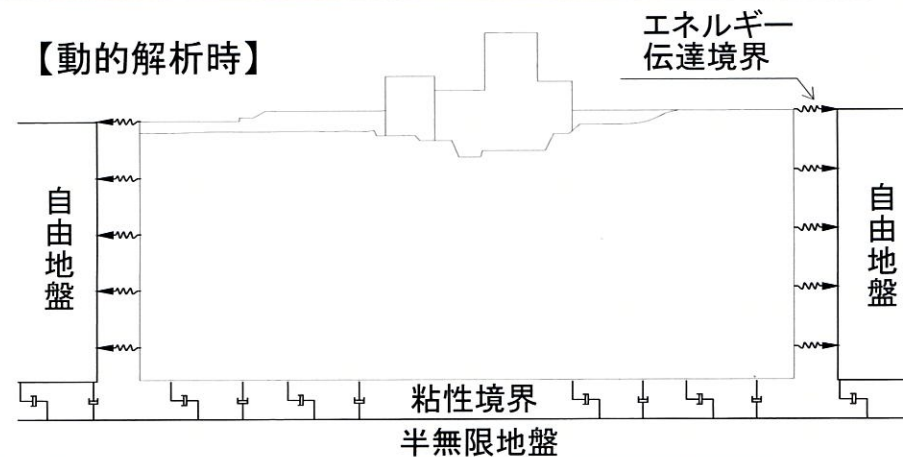
境界条件

■ 動的解析では、側方をエネルギー伝達境界、底面を粘性境界とし、エネルギーの逸散を考慮。

【静的解析時】

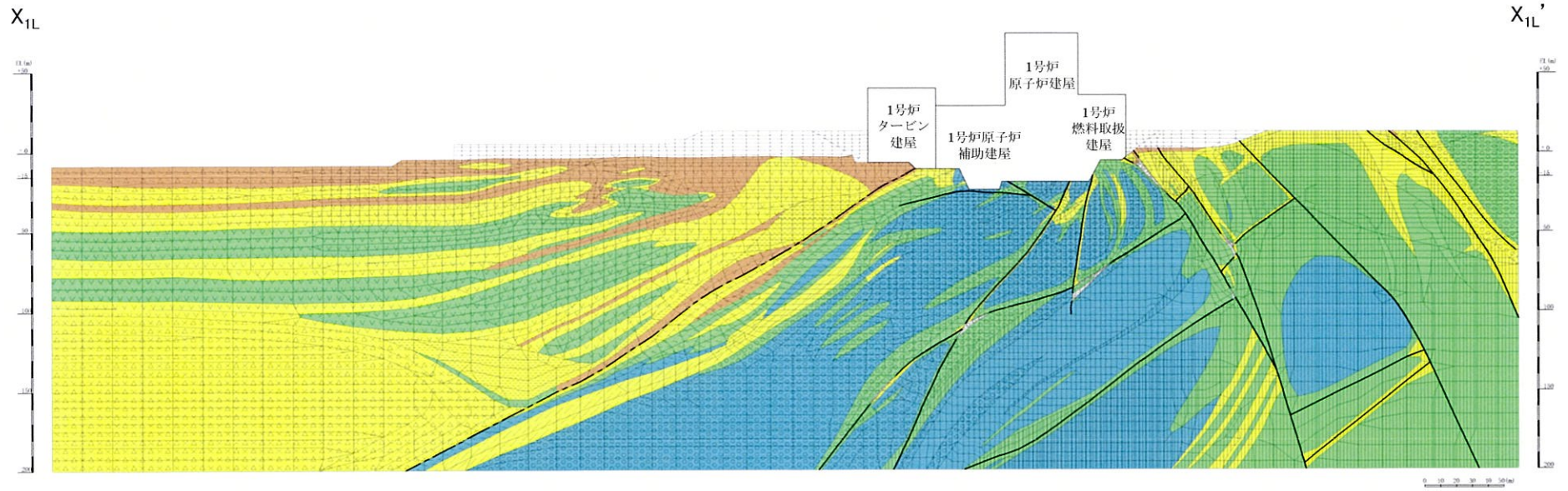


【動的解析時】

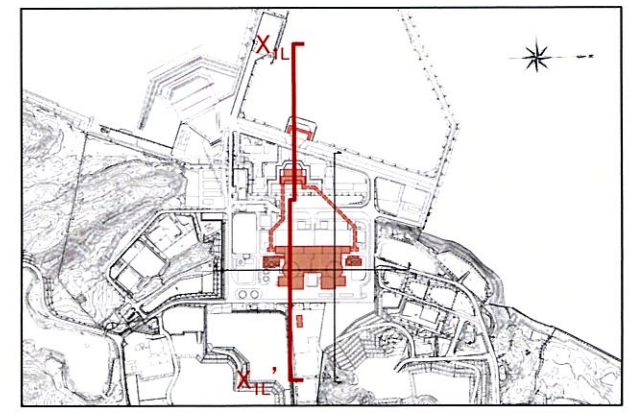


3.3. 評価方法(解析用要素分割図: X_{1L}-X_{1L}' 断面)

平成28年11月25日
 まとめ資料
 SK-002改4 (P-78) 一部修正

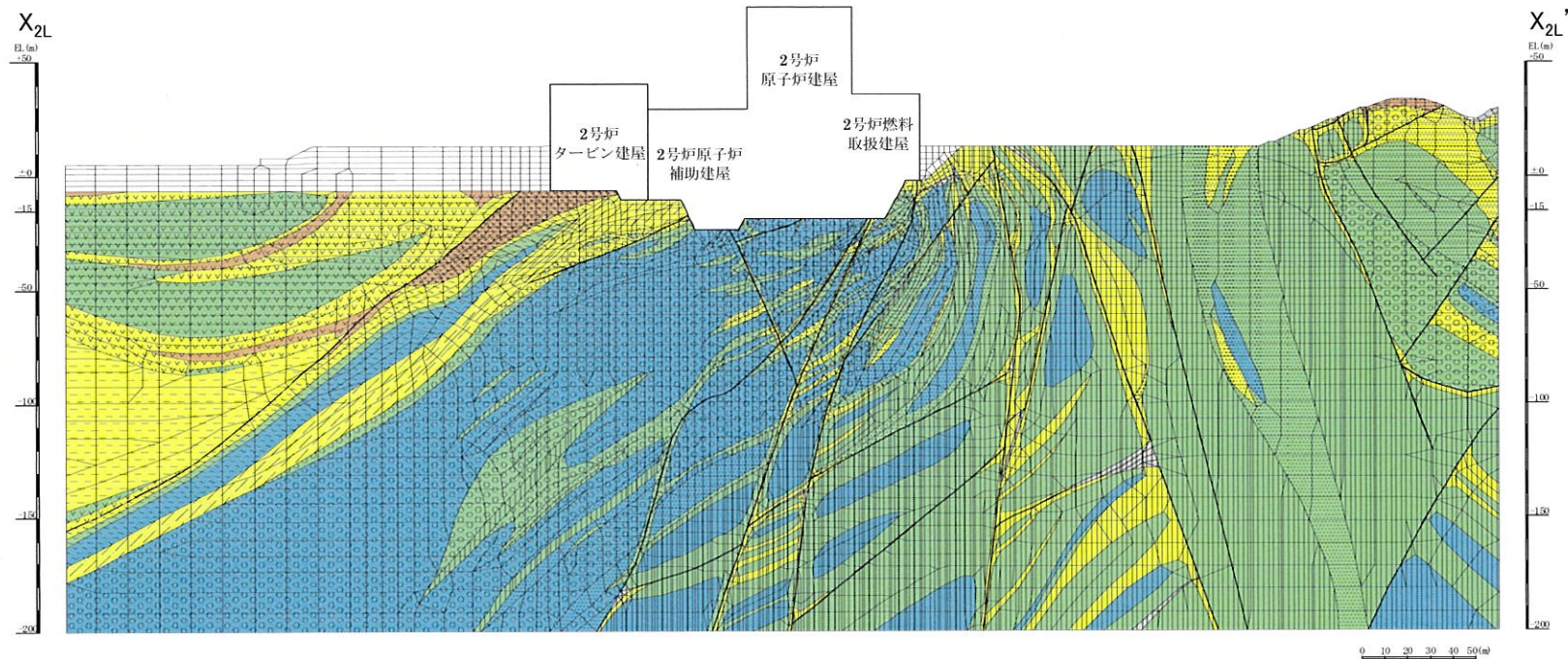


地質凡例		岩級凡例	
	埋戻土		B, C _{II} 級
	溶結凝灰岩		C _{III} 級
	北薩火山岩類Ⅱ		C _I 級
	みやま層		D級
	北薩火山岩類Ⅰ		みやま層
	混在岩		北薩火山岩類Ⅰ
	粘板岩・頁岩		混在岩
	砂岩		断層 (破砕部を含む)
	礫岩		
	変はんれい岩類の破砕部		
	変はんれい岩類		

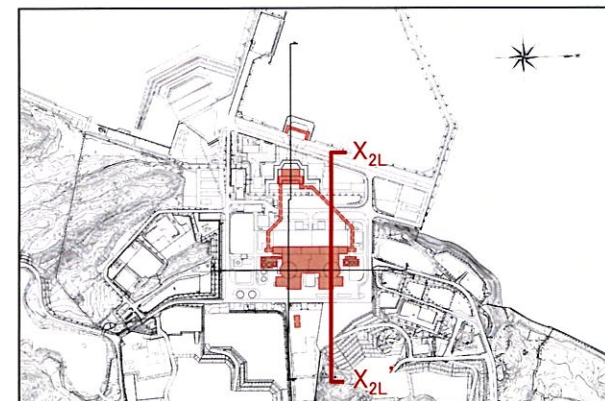


3. 3. 評価方法(解析用要素分割図:X_{2L}-X_{2L}'断面)

平成28年11月25日
 まとめ資料
 SK-002改4 (P-79) 一部修正

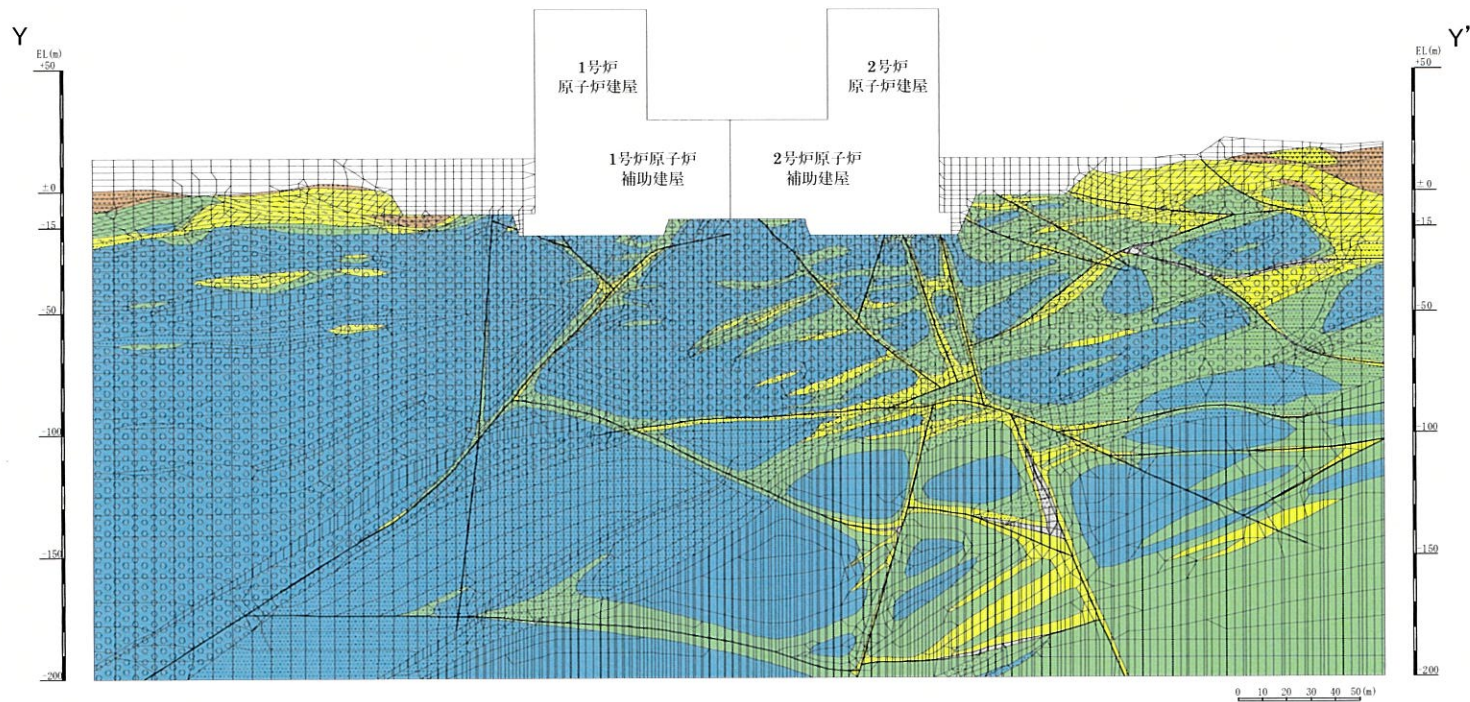


地質凡例	岩級凡例
埋戻土	B, C _{II} 級
溶結凝灰岩	C _{III} 級
北薩火山岩類II	C _I 級
みやま層	D級
北薩火山岩類I	みやま層
混在岩	北薩火山岩類I
粘板岩・頁岩	混在岩
砂岩	断層 (破碎部を含む)
礫岩	
変はんれい岩類の破碎部	
変はんれい岩類	

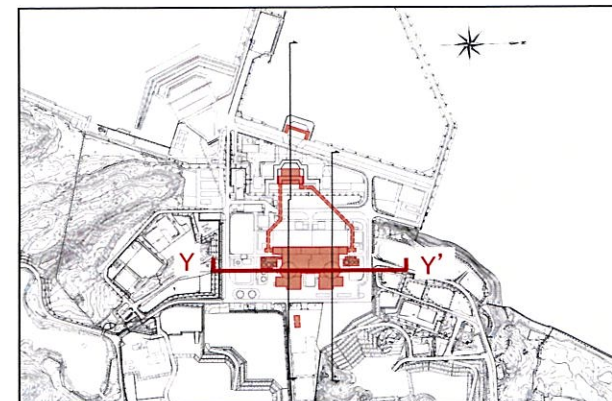


3. 3. 評価方法(解析用要素分割図: Y-Y' 断面)

平成28年11月25日
まとめ資料
SK-002改4 (P-80) 一部修正

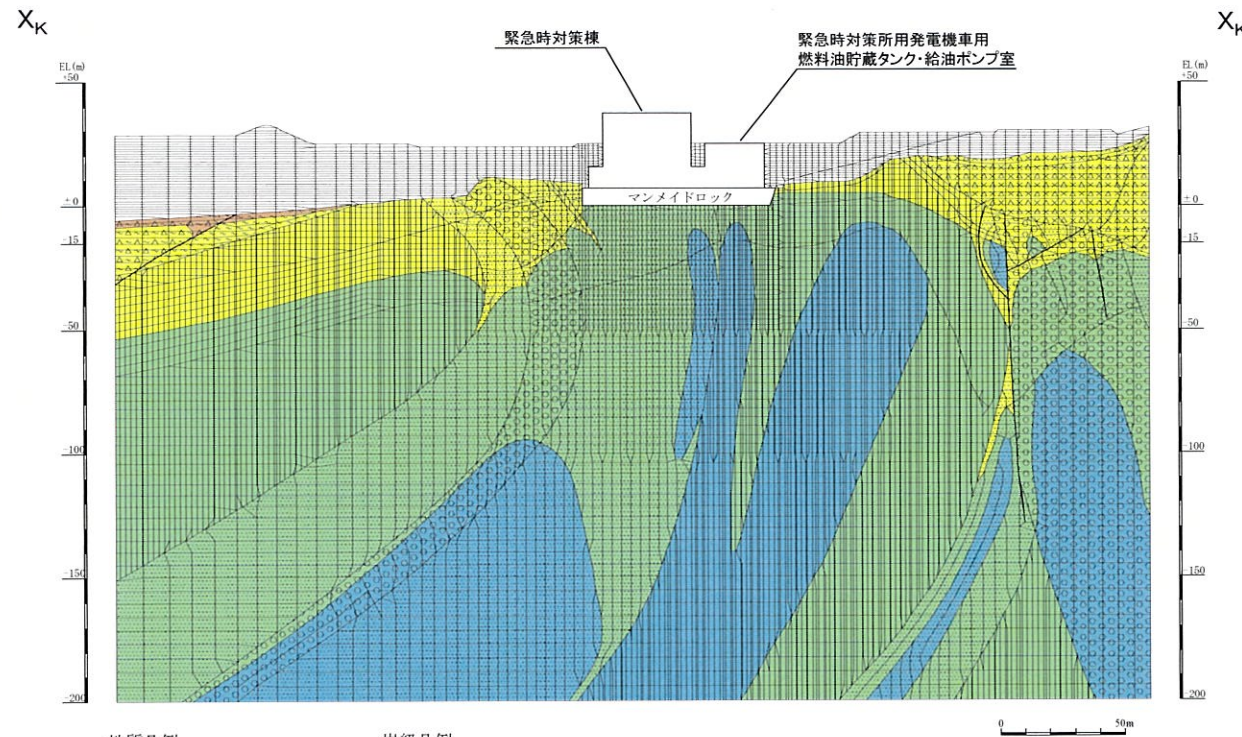


地質凡例	岩級凡例
埋戻土	B, C _{II} 級
溶結凝灰岩	C _{III} 級
北薩火山岩類II	C _I 級
みやま層	D級
北薩火山岩類I	みやま層
混在岩	北薩火山岩類I
粘板岩・頁岩	混在岩
砂岩	断層 (破砕部を含む)
礫岩	
変はんれい岩類の破砕部	
変はんれい岩類	



3. 3. 評価方法(解析用要素分割図: X_K-X_K' 断面)

平成28年11月25日
 まとめ資料
 SK-002改4 (P-40) 一部修正

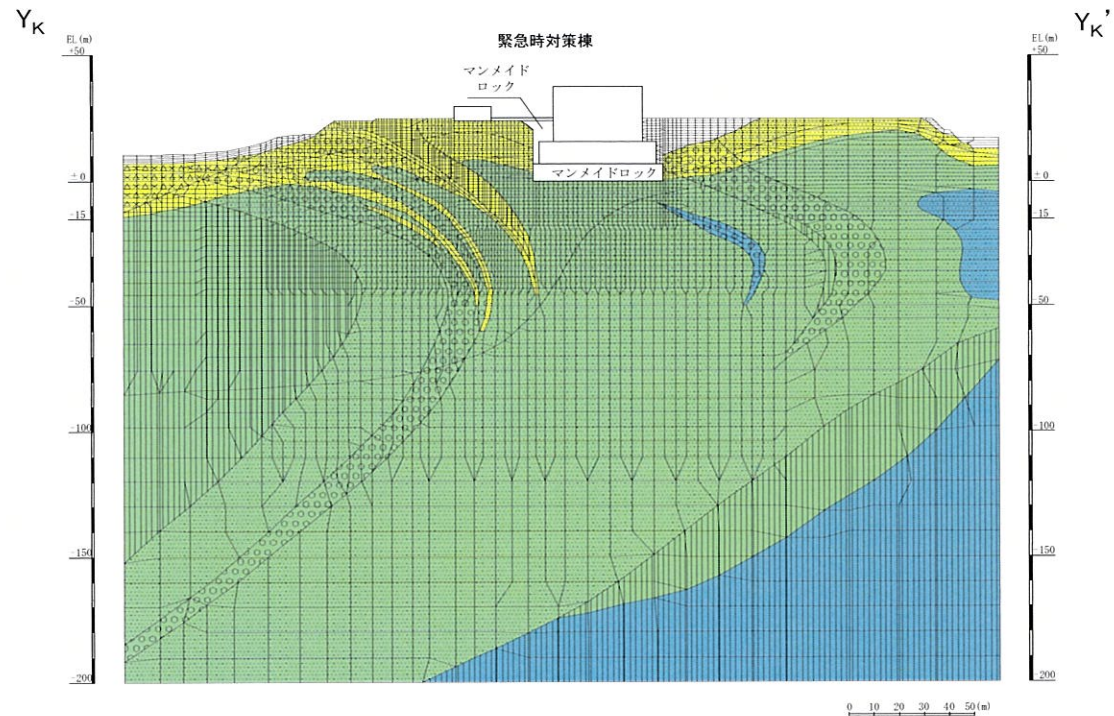


地質凡例	岩級凡例
埋戻土	B, C _{II} 級
溶結凝灰岩	C _{III} 級
北薩火山岩類 II	C _I 級
みやま層	D級
北薩火山岩類 I	みやま層
混在岩	北薩火山岩類 I
粘板岩・頁岩	混在岩
砂岩	断層 (破砕部を含む)
礫岩	
変はんれい岩類の破砕部	
変はんれい岩類	



3.3. 評価方法(解析用要素分割図:Y_K-Y_K'断面)

平成28年11月25日
 まとめ資料
 SK-002改4 (P-41) 一部修正



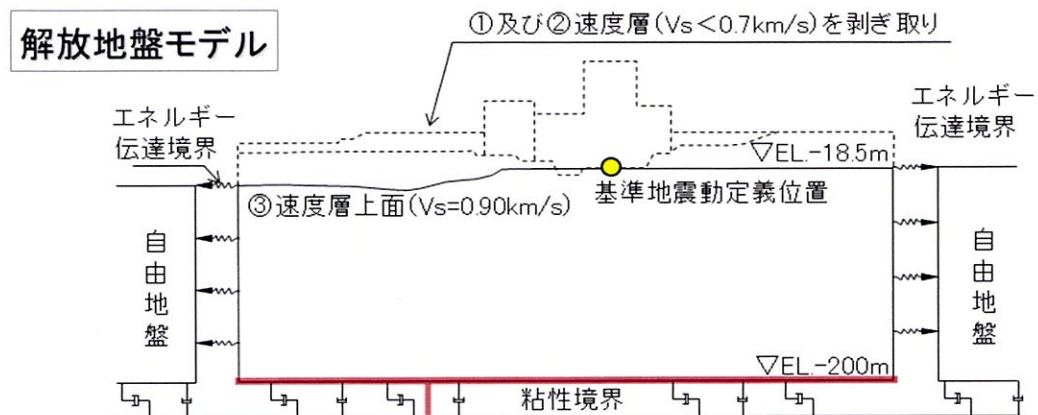
地質凡例	岩級凡例
埋戻土	B, C _{II} 級
溶結凝灰岩	C _{III} 級
北薩火山岩類II	C _I 級
みやま層	D級
北薩火山岩類I	みやま層
混在岩	北薩火山岩類I
粘板岩・頁岩	混在岩
砂岩	断層 (破砕部を含む)
礫岩	
変はんれい岩類の破砕部	
変はんれい岩類	



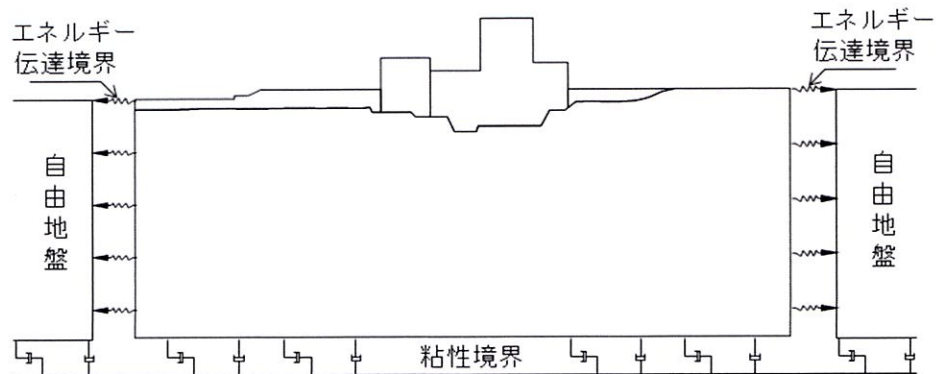
3.3. 評価方法(入力地震動)

平成26年7月28日
まとめ資料
資料3-1 (P-47) 再掲

- 解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面(EL-18.5m)で定義される基準地震動 S_s を、2次元有限要素法または1次元波動論にて地震応答解析モデル下端にて評価したものをを用いる。
- 入力地震動は水平及び上下方向の基準地震動 S_s を基に設定し、これらを同時に解析モデルに作用させる。



地震応答解析モデル



入力地震動(水平・鉛直同時加振)

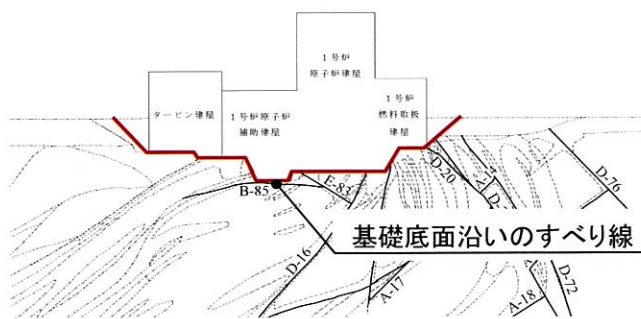
3.3. 評価方法(すべり線の選定)

平成26年7月28日
 まとめ資料
 資料3-1 (P-48) 修正

■ すべり安全率を算定するすべり線については、基礎底面を通るすべり線のほか、断層の分布、局所安全率等に基づき地盤内部の不安定領域(地盤要素の安全率が低い領域)を踏まえて、最小のすべり安全率を示すものを選定する。

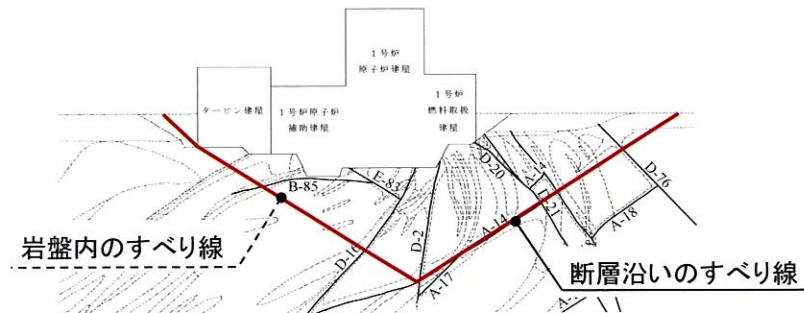
すべり線選定のイメージ

(建屋基礎底面沿いのすべり線)

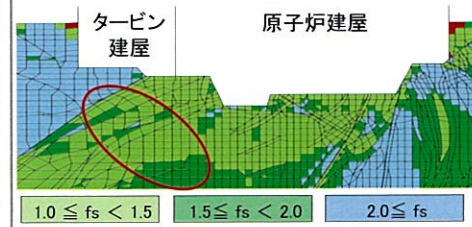


建屋基礎底面を通り、地表面に抜けるすべり線を想定

(断層沿いのすべり線・応力状態を考慮した岩盤内のすべり線)



岩盤内のすべり線



岩盤部の局所安全率や応力状態等の不安定領域を考慮しすべり線を選定。

断層沿いのすべり線



すべり線を形成する断層のうち、局所安全率が小さい断層を通るすべり線を選定。

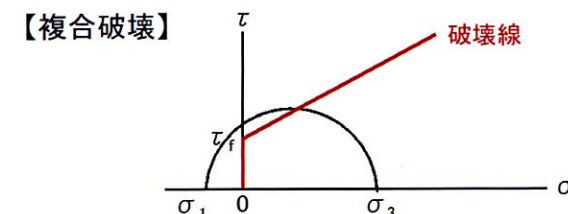
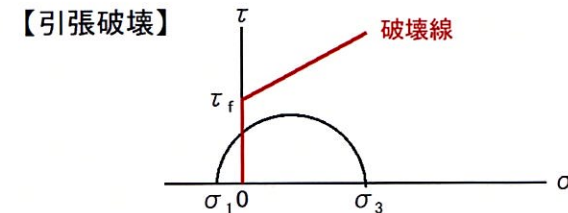
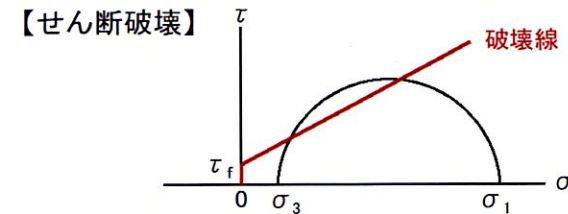
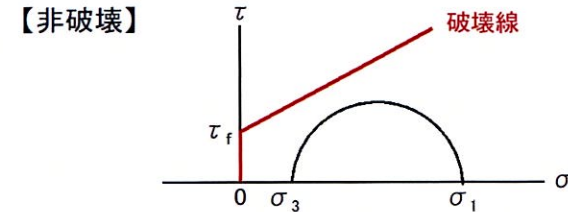
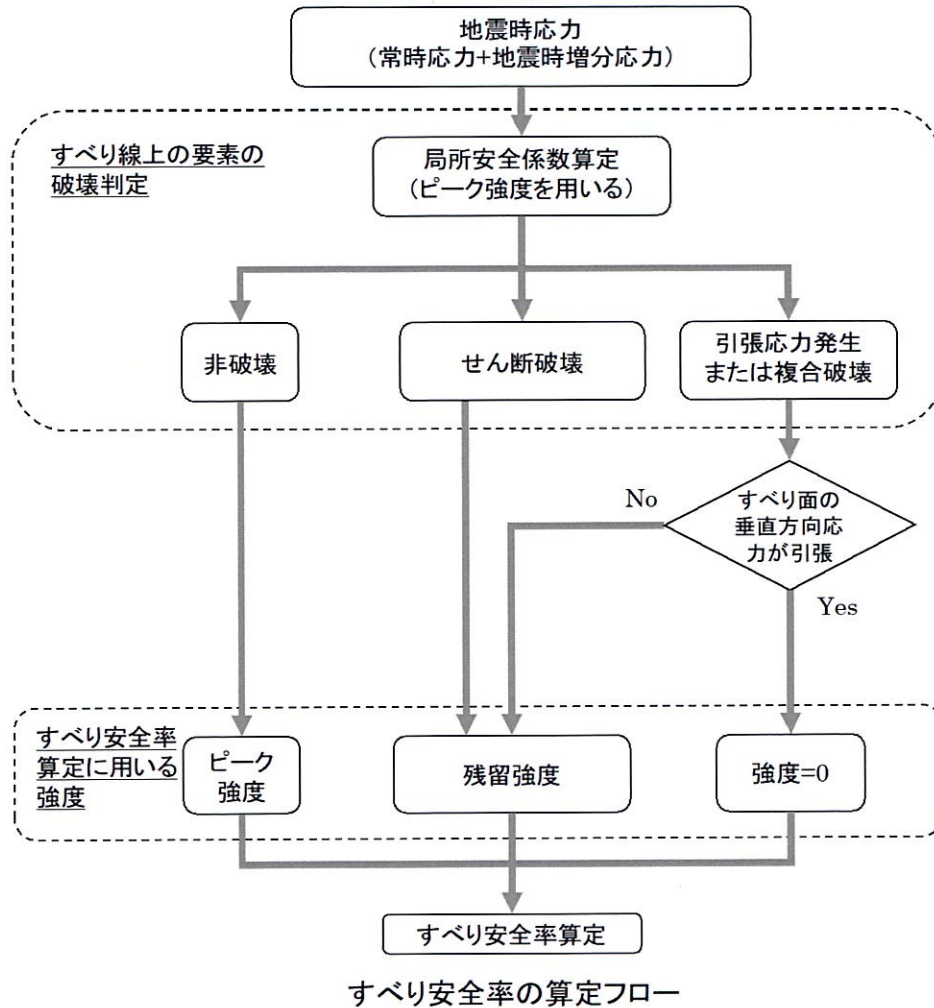
○ その他、建屋基礎底面沿いのすべり線や断層沿いのすべり線を組み合わせたすべり線についても検討。

○ また、地表面に抜ける岩盤内のすべり線については、その傾斜角度についてケースタディ(低角、高角)を実施。

3. 3. 評価方法(すべり安全率算定に用いる岩盤等の強度設定について)

平成28年11月25日
まとめ資料
SK-002改4 (P-45) 再掲

■ すべり安全率を算定する際の岩盤等の強度については、すべり線上の要素の破壊形態(非破壊、せん断破壊、引張破壊、複合破壊)に応じて設定する。



1. 評価方針
2. 基準地震動
3. **地盤の支持**
 3. 1. 評価対象断面
 3. 2. 解析用物性値
 3. 3. 評価方法
 3. 4. **評価結果**
 3. 4. 1. **基準地震動Ss-3に関する基礎地盤の安定性評価結果**
 3. 4. 2. 全ての基準地震動に関する基礎地盤の安定性評価結果
4. 周辺斜面の安定性
5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響
6. まとめ

3.4.1. 基準地震動S_s-3に関する基礎地盤の安定性評価結果

■ 対象施設の基礎地盤について、基準地震動S_s-3による地震力に対する安定性を評価した結果、以下の①～③について、いずれも評価基準値を満足することを確認した。詳細を次頁以降に示す。

評価内容及び 評価基準値 評価断面	①基礎地盤の すべり※1
	すべり安全率 > 1.5
X _{1L} -X' _{1L} 断面(陸側)	3.2
X _{1L} -X' _{1L} 断面(海側)	2.8
X _{2L} -X' _{2L} 断面	4.1
Y-Y' 断面	3.7
X _K -X' _K 断面	4.5
Y _K -Y' _K 断面	3.7

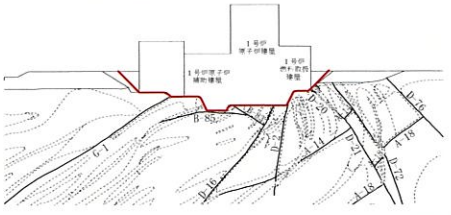
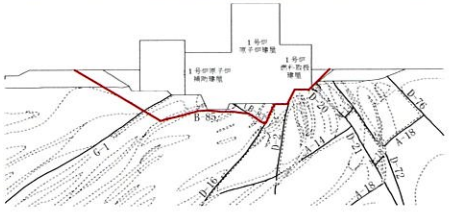

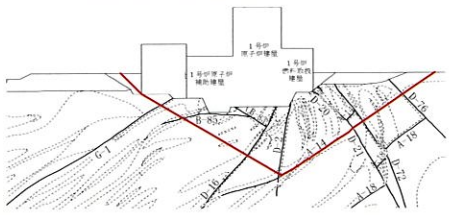
※1 S_s-3の結果が既許可評価を含めて最小とならないため、応力再配分及び地盤物性のばらつきを考慮した評価は実施していない(既許可評価を含めたS_s-1～S_s-3の基礎地盤のすべりの結果はP47～53を参照)

評価内容及び 評価基準値 対象施設		②基礎の支持力	③基礎底面の傾斜
		最大接地圧 < 地盤の 極限支持力 (13.7N/mm ² ※2)	傾斜 ≤ 1/2,000
原子炉建屋	1号炉	4.52N/mm ²	1/25,000
	2号炉	3.65N/mm ²	1/22,000


評価内容及び 評価基準値 対象施設		②基礎の支持力	③基礎底面の傾斜
		最大接地圧 < 地盤の 極限支持力 (9.8N/mm ² ※2)	傾斜 ≤ 1/2,000
緊急時対策棟		1.44N/mm ²	1/24,000

※2 設定の考え方はP.42、43に記載

3. 4. 1. 基準地震動Ss-3に関する基礎地盤の安定性評価結果 (①基礎地盤のすべり: X_{1L}-X_{1L}'断面) (その1)

すべり線 番号	すべり線形状	すべり安全率			
			基本強度	時間(s)	
1 (建屋底面の すべり)		Ss-3	(正、正)	6.0	11.18
			(逆、正)	5.0	16.96
			(正、逆)	4.7	11.18
			(逆、逆)	4.6	16.95
2 (建屋底面+断層 のすべり)		Ss-3	(正、正)	4.4	11.21
			(逆、正)	3.6	16.95
			(正、逆)	4.2	11.18
			(逆、逆)	3.2	16.95
3 (建屋底面+断層 のすべり)		Ss-3	(正、正)	7.7	11.17
			(逆、正)	6.0	16.94
			(正、逆)	7.0	9.43
			(逆、逆)	5.8	16.94
4 (断層のすべり)		Ss-3	(正、正)	7.0	9.43
			(逆、正)	5.1	16.95
			(正、逆)	6.3	11.18
			(逆、逆)	5.5	16.95



 : 評価断面における
最小すべり安全率

※ 基準地震動の(正、正)は位相反転なし、(逆、正)は水平反転、(正、逆)は鉛直反転、(逆、逆)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
※ 類似したすべり線形状については、安全率が最も小さいものについて掲載。

3. 4. 1. 基準地震動Ss-3に関する基礎地盤の安定性評価結果 (①基礎地盤のすべり: $X_{1L}-X_{1L}'$ 断面) (その2)

すべり線 番号	すべり線形状	すべり安全率			
			基本強度		
				時間(s)	
1 (断層のすべり)		Ss-3	(正、正)	5.5	9.33
			(逆、正)	5.0	9.35
			(正、逆)	6.0	9.34
			(逆、逆)	4.9	9.36
2 (断層のすべり)		Ss-3	(正、正)	3.3	10.36
			(逆、正)	3.2	9.36
			(正、逆)	3.7	10.38
			(逆、逆)	3.0	9.37
3 (断層のすべり)		Ss-3	(正、正)	2.8	9.32
			(逆、正)	2.9	9.36
			(正、逆)	3.1	9.34
			(逆、逆)	2.8	9.36
4 (断層のすべり)		Ss-3	(正、正)	5.0	10.38
			(逆、正)	4.7	10.36
			(正、逆)	5.2	10.38
			(逆、逆)	4.6	10.40

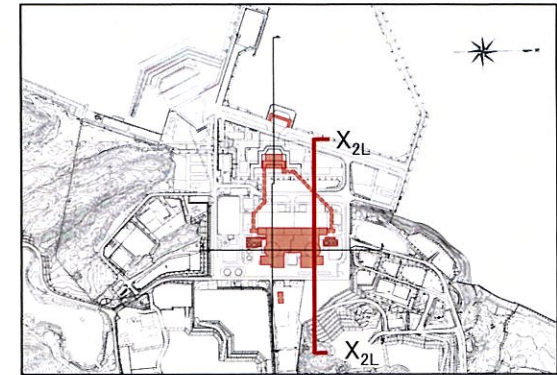


: 評価断面における
最小すべり安全率

※ 基準地震動の(正、正)は位相反転なし、(逆、正)は水平反転、(正、逆)は鉛直反転、(逆、逆)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※ 類似したすべり線形状については、安全率が最も小さいものについて掲載。

3. 4. 1. 基準地震動Ss-3に関する基礎地盤の安定性評価結果 (①基礎地盤のすべり: X_{2L}-X_{2L}'断面) (その1)

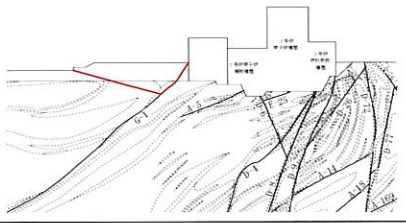
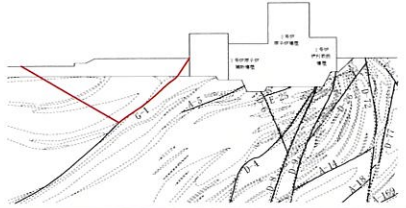
すべり線 番号	すべり線形状	すべり安全率			
			基本強度		
				時間(s)	
1 (建屋底面の すべり)		Ss-3	(正、正)	5.2	11.18
			(逆、正)	4.7	16.95
			(正、逆)	5.0	10.22
			(逆、逆)	4.4	16.95
2 (建屋底面+断層 のすべり)		Ss-3	(正、正)	5.2	11.18
			(逆、正)	4.5	16.95
			(正、逆)	4.6	10.22
			(逆、逆)	4.1	16.95
3 (建屋底面+断層 のすべり)		Ss-3	(正、正)	4.6	9.32
			(逆、正)	5.9	9.32
			(正、逆)	4.7	9.32
			(逆、逆)	5.6	9.32
4 (断層のすべり)		Ss-3	(正、正)	8.9	11.18
			(逆、正)	8.0	16.94
			(正、逆)	9.2	11.17
			(逆、逆)	7.3	16.94

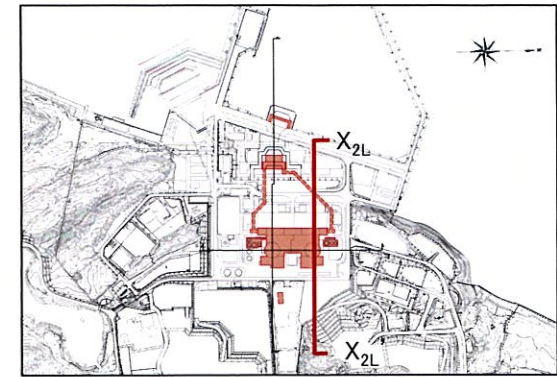


: 評価断面における
最小すべり安全率

※ 基準地震動の(正、正)は位相反転なし、(逆、正)は水平反転、(正、逆)は鉛直反転、(逆、逆)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※ 類似したすべり線形状については、安全率が最も小さいものについて掲載。

3. 4. 1. 基準地震動Ss-3に関する基礎地盤の安定性評価結果 (①基礎地盤のすべり: X_{2L}-X_{2L}' 断面) (その2)

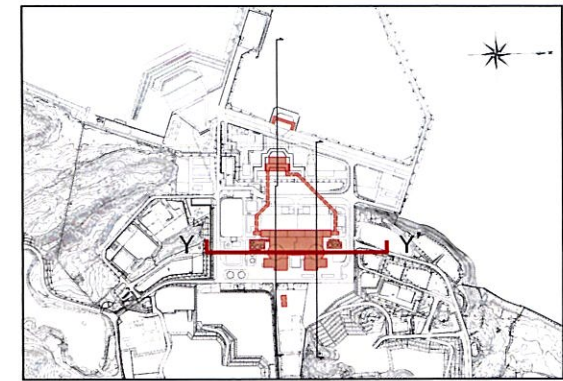
すべり線 番号	すべり線形状	すべり安全率			
			基本強度		
				時間(s)	
5 (断層のすべり)		Ss-3	(正、正)	4.8	12.48
			(逆、正)	4.2	11.01
			(正、逆)	4.5	11.50
			(逆、逆)	4.9	11.08
6 (断層のすべり)		Ss-3	(正、正)	5.2	9.34
			(逆、正)	5.7	10.26
			(正、逆)	5.0	9.34
			(逆、逆)	5.5	11.26



※ 基準地震動の(正、正)は位相反転なし、(逆、正)は水平反転、(正、逆)は鉛直反転、(逆、逆)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※ 類似したすべり線形状については、安全率が最も小さいものについて掲載。

3. 4. 1. 基準地震動Ss-3に関する基礎地盤の安定性評価結果 (①基礎地盤のすべり:Y-Y'断面)

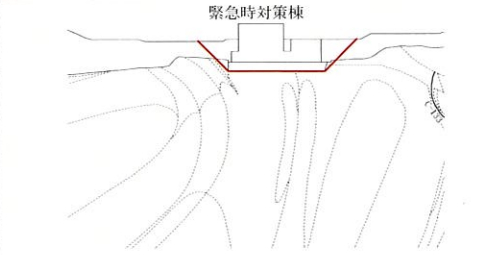
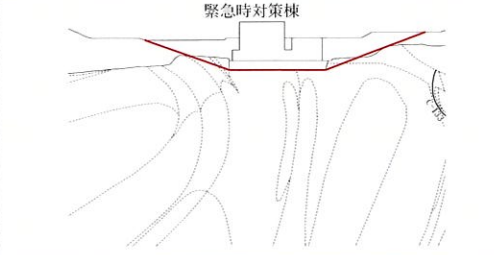
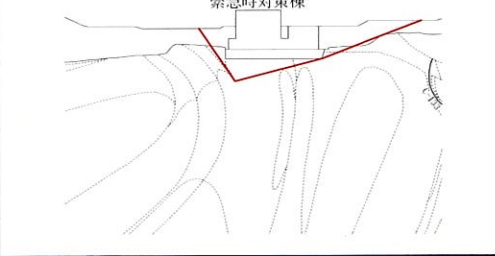
すべり線 番号	すべり線形状	すべり安全率			
			基本強度	時間(s)	
1 (建屋底面の すべり)		Ss-3	(正、正)	7.9	16.96
			(逆、正)	8.2	16.96
			(正、逆)	7.8	16.96
			(逆、逆)	8.0	16.96
2 (建屋底面+断層 のすべり)		Ss-3	(正、正)	7.8	16.96
			(逆、正)	7.6	16.96
			(正、逆)	7.6	16.96
			(逆、逆)	7.7	16.96
3 (建屋底面+断層 のすべり)		Ss-3	(正、正)	9.4	10.21
			(逆、正)	9.5	16.96
			(正、逆)	9.9	9.45
			(逆、逆)	9.2	16.96
4 (断層のすべり)		Ss-3	(正、正)	4.1	11.20
			(逆、正)	3.7	16.97
			(正、逆)	3.9	11.20
			(逆、逆)	3.7	16.97




:評価断面における
最小すべり安全率

※ 基準地震動の(正、正)は位相反転なし、(逆、正)は水平反転、(正、逆)は鉛直反転、(逆、逆)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※ 類似したすべり線形状については、安全率が最も小さいものについて掲載。

3. 4. 1. 基準地震動Ss-3に関する基礎地盤の安定性評価結果 (①基礎地盤のすべり: X_K-X_K' 断面)

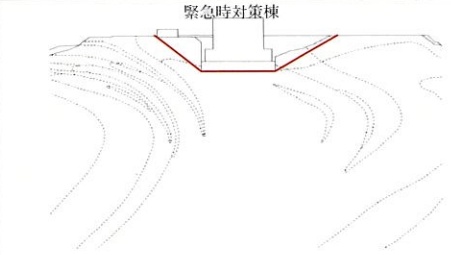
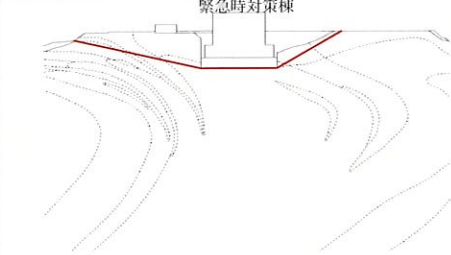
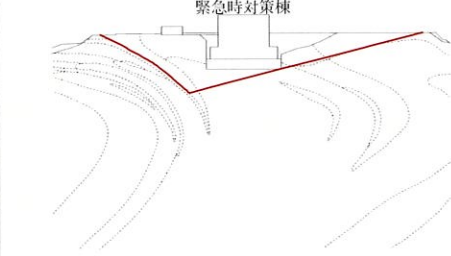
すべり線 番号	すべり線形状	すべり安全率			
			基本強度	時間(s)	
1 (建屋底面の すべり)		Ss-3	(正、正)	4.9	16.96
			(逆、正)	5.1	11.18
			(正、逆)	4.8	16.96
			(逆、逆)	4.5	11.18
2 (建屋底面の すべり)		Ss-3	(正、正)	5.0	16.96
			(逆、正)	4.9	10.23
			(正、逆)	4.8	16.96
			(逆、逆)	4.6	11.18
3 (岩盤内の すべり)		Ss-3	(正、正)	6.8	16.96
			(逆、正)	6.7	11.18
			(正、逆)	6.6	16.96
			(逆、逆)	6.7	11.18

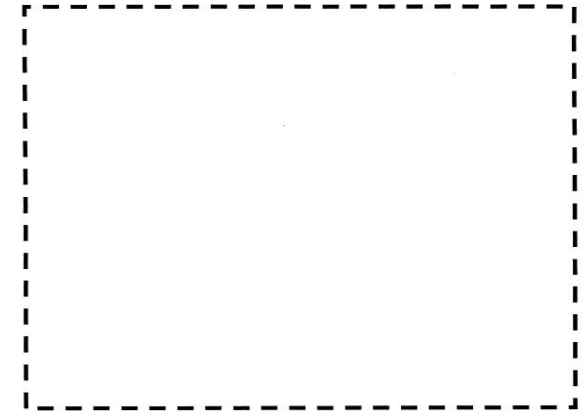



 : 評価断面における
最小すべり安全率

※ 基準地震動の(正、正)は位相反転なし、(逆、正)は水平反転、(正、逆)は鉛直反転、(逆、逆)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※ 類似したすべり線形状については、安全率が最も小さいものについて掲載。

3. 4. 1. 基準地震動Ss-3に関する基礎地盤の安定性評価結果 (①基礎地盤のすべり:Y_K-Y_K'断面)

すべり線 番号	すべり線形状	すべり安全率			
		基本強度		時間(s)	
1 (建屋底面の すべり)		Ss-3	(正、正)		5.4
			(逆、正)	5.4	16.96
			(正、逆)	5.5	9.45
			(逆、逆)	5.3	16.96
2 (建屋底面の すべり)		Ss-3	(正、正)	4.0	9.05
			(逆、正)	4.0	9.04
			(正、逆)	4.0	9.04
			(逆、逆)	4.2	9.45
3 (岩盤内の すべり)		Ss-3	(正、正)	3.7	16.96
			(逆、正)	4.0	9.04
			(正、逆)	3.9	16.96
			(逆、逆)	3.9	11.18



 : 評価断面における
最小すべり安全率

- ※ 基準地震動の(正、正)は位相反転なし、(逆、正)は水平反転、(正、逆)は鉛直反転、(逆、逆)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
- ※ 類似したすべり線形状については、安全率が最も小さいものについて掲載。

3. 4. 1. 基準地震動Ss-3に関する基礎地盤の安定性評価結果 (②基礎の支持力)(その1)

■ 原子炉建屋基礎底面の最大接地圧は、1号炉で4.52N/mm²、2号炉で3.65N/mm²であり、極限支持力(13.7N/mm²以上)を下回ることを確認した。

	基礎底面の最大接地圧			
	1号炉		2号炉	
	X _{1L} -X _{1L'} 断面	Y-Y' 断面	X _{2L} -X _{2L'} 断面	Y-Y' 断面
Ss-3	3.50N/mm ²	4.52N/mm ²	1.34N/mm ²	3.65N/mm ²
	11.19 s	9.97s	9.54s	11.20s

 : 対象施設の基礎底面の最大接地圧

平成28年11月25日
まとめ資料
SK-002改4 (P-86) 抜粋

【原子炉建屋の基礎地盤の極限支持力の考え方】

- ・ 礫岩C_M級以上の極限支持力は、試掘坑内における支持力試験結果より、13.7N/mm²以上と評価できる。
- ・ 原子炉建屋が設置される基礎地盤は、主に同様の礫岩C_M級以上で構成されているため、極限支持力は13.7N/mm²以上と評価できる。

支持力試験結果

試験箇所	岩種・岩級	支持力試験値
J-1	礫岩C _L 級~C _M 級	13.7N/mm ² 以上※
J-4	礫岩C _M 級~C _H 級	13.7N/mm ² 以上※
J-9	礫岩C _M 級	13.7N/mm ² 以上※

※ ジャッキの載荷限界13.7N/mm²に達しても破壊に至らない



試掘坑内における支持力試験位置

3. 4. 1. 基準地震動Ss-3に関する基礎地盤の安定性評価結果 (②基礎地盤の支持力)(その2)

■ 緊急時対策棟基礎底面の最大接地圧は、 X_K-X_K' 断面で $1.44\text{N}/\text{mm}^2$ であり、極限支持力($9.8\text{N}/\text{mm}^2$ 以上)を下回ることを確認した。

	基礎底面の最大接地圧	
	緊急時対策棟	
	X_K-X_K' 断面	Y_K-Y_K' 断面
Ss-3	$1.44\text{N}/\text{mm}^2$	$1.19\text{N}/\text{mm}^2$
	9.14s	16.14s

: 対象施設の基礎底面の最大接地圧

平成28年8月30日
まとめ資料
SK-003改2 (P-38) 抜粋

【緊急時対策棟の基礎地盤の極限支持力の考え方】

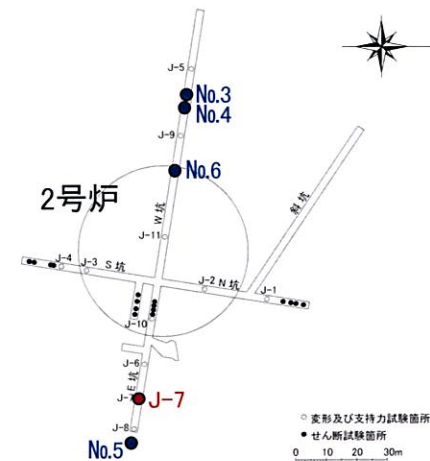
- 緊急時対策棟の基礎地盤は、主に砂岩 C_L 及び C_M 級で構成されているが砂岩 C_L 級の極限支持力は、以下の通り設定する。
- 一軸圧縮強度の比較から砂岩は粘板岩よりも強度が高いことから、粘板岩の試験値で極限支持力を設定する。
- 粘板岩 C_L 級は、 $9.8\text{N}/\text{mm}^2$ ($100\text{kg}/\text{cm}^2$)で破壊に至っていることから、砂岩 C_L 級の極限支持力は $9.8\text{N}/\text{mm}^2$ と評価できるため、緊急時対策棟の基礎地盤の極限支持力は、 $9.8\text{N}/\text{mm}^2$ と評価できる。

支持力試験結果

試験箇所	岩種・岩級	支持力試験値
J-7	粘板岩 C_L 級	$9.8\text{N}/\text{mm}^2$

岩石名 (岩級または層理方向)	粘板岩 C_M 級 層理に平行	粘板岩 C_M 級 層理に直角	砂岩 (C_M 級)	砂岩 (C_M 級)
	採取位置	No.3	No.4	No.5
一軸圧縮強度 (Kg/cm^2)	乾燥	814	960	1,589
	自然	850	833	953
	飽和	597	937	1,042

岩石試験結果平均値表(ブロックサンプル)



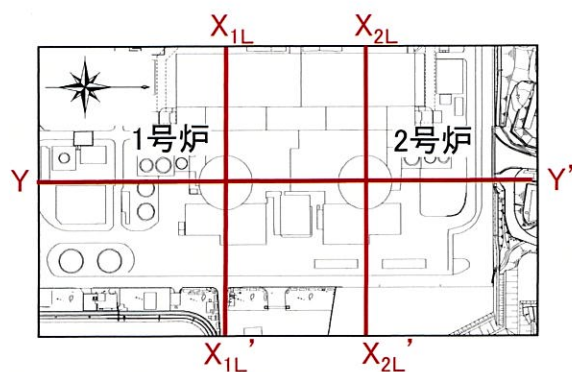
試掘坑内における支持力試験位置

3. 4. 1. 基準地震動Ss-3に関する基礎地盤の安定性評価結果 (③建屋基礎底面の傾斜)

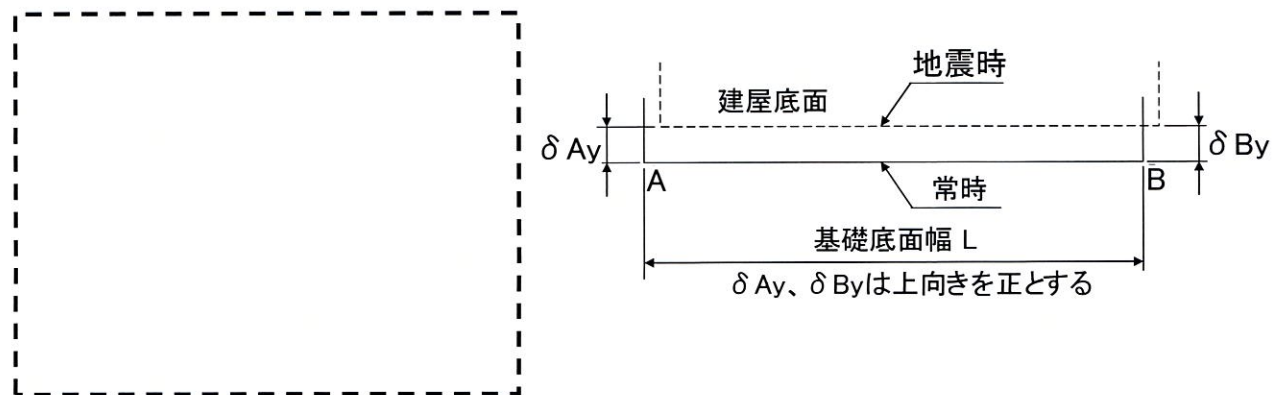
■基礎底面の最大傾斜について、原子炉建屋1号炉で1/25,000、原子炉建屋2号炉で1/22,000、緊急時対策棟で1/24,000であり、評価基準値の目安である1/2,000以下であることを確認した。

		1号炉		2号炉		緊急時対策棟	
		X _{1L} -X _{1L'} 断面 L=55.9m	Y-Y' 断面 L=55.9m	X _{2L} -X _{2L'} 断面 L=55.9m	Y-Y' 断面 L=55.9m	X _K -X _{K'} 断面 L=71.0m	Y _K -Y _{K'} 断面 L=47.0m
基礎底面両端の 相対変位 ($\delta A_y - \delta B_y$)	Ss-3	1.3mm	2.2mm	2.5mm	1.0mm	3.0mm	2.0mm
		9.18s	17.00s	17.00s	16.75s	9.06s	16.97s
基礎底面両端の傾斜 ($\delta A_y - \delta B_y$ / L)	Ss-3	1/43,000	1/25,000	1/22,000	1/56,000	1/24,000	1/24,000

: 対象施設の基礎底面の最大傾斜



原子炉建屋断面位置図



緊急時対策棟断面位置図

1. 評価方針
2. 基準地震動
3. **地盤の支持**
 3. 1. 評価対象断面
 3. 2. 解析用物性値
 3. 3. 評価方法
 3. 4. **評価結果**
 3. 4. 1. 基準地震動Ss-3に関する基礎地盤の安定性評価結果
 3. 4. 2. 全ての基準地震動に関する基礎地盤の安定性評価結果
4. 周辺斜面の安定性
5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響
6. まとめ

3.4.2. 全ての基準地震動に関する基礎地盤の安定性評価結果

■ 対象施設の基礎地盤について、全ての基準地震動Ssによる地震力に対する安定性を確認した結果、以下の①～③について、いずれも評価基準値を満足することを確認した。詳細を次頁以降に示す。

評価内容及び 評価基準値	①基礎地盤のすべり	
	基本強度※1	強度-1σ
	すべり安全率 > 1.5	
評価断面		
X _{1L} -X _{1L} ' 断面(陸側)	2.6(3.1)	2.5
X _{1L} -X _{1L} ' 断面(海側)	2.0(2.0)	2.0
X _{2L} -X _{2L} ' 断面	2.6(2.6)	2.5
Y-Y' 断面	1.7(1.8)	1.7
X _k -X _k ' 断面	3.6(3.8)	3.3
Y _K -Y _K ' 断面	2.3(2.6)	2.1

※1 ()内は応力再配分を実施した場合の安全率


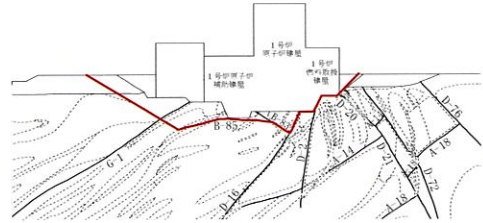
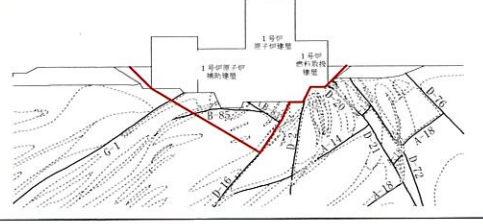
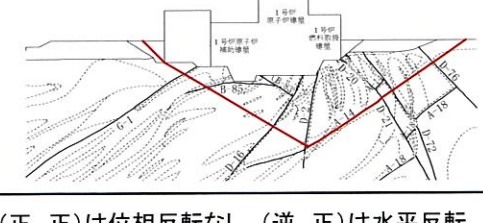
評価内容及び 評価基準値	②基礎の支持力		③基礎底面の傾斜
	最大接地圧 < 地盤の 極限支持力 (13.7N/mm ² ※2)		傾斜 ≤ 1/2,000
対象施設			
原子炉建屋	1号炉	6.14N/mm ²	1/14,000
	2号炉	6.43N/mm ²	1/11,000

評価内容及び 評価基準値	②基礎の支持力		③基礎底面の傾斜
	最大接地圧 < 地盤の 極限支持力 (9.8N/mm ² ※2)		傾斜 ≤ 1/2,000
対象施設			
緊急時対策棟		1.50N/mm ²	1/15,000


※2 設定の考え方はP.54に記載

※3 下線部はSs-3が最も厳しい結果になった数値を示す。今回Ss-3が最も厳しい結果になる断面はない。

3. 4. 2. 全ての基準地震動に関する基礎地盤の安定性評価結果 (①基礎地盤のすべり: $X_{1L}-X_{1L}'$ 断面)(その1)

すべり線 番号	すべり線形状	最小すべり安全率			
			基本強度		強度 -1 σ
			時間(s)		
1 (建屋底面の すべり)		Ss-1 (逆、正)	4.4	13.72	—
		Ss-2 (正、正)	3.6	7.51	—
		Ss-3 (逆、逆)	4.6	16.95	—
2 (建屋底面+断層 のすべり)		Ss-1 (逆、逆)	3.5	13.73	—
		Ss-2 (正、正)	2.63(3.16)	7.52	2.5
		Ss-3 (逆、逆)	3.2	16.95	—
3 (建屋底面+断層 のすべり)		Ss-1 (逆、正)	5.4	13.72	—
		Ss-2 (正、正)	2.9	7.50	—
		Ss-3 (逆、逆)	5.8	16.94	—
4 (断層のすべり)		Ss-1 (逆、逆)	4.4	13.73	—
		Ss-2 (正、正)	2.66	7.51	—
		Ss-3 (逆、正)	5.1	16.95	—

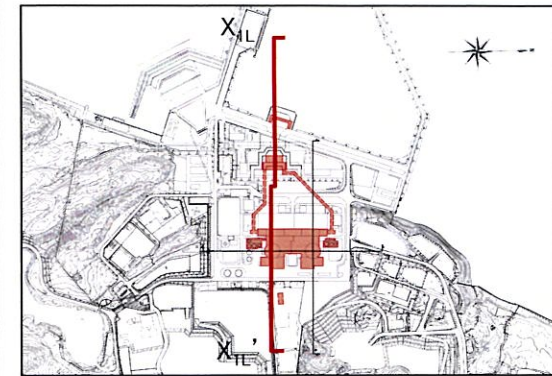


 : 評価断面における
最小すべり安全率
()内は応力再配分を
実施した場合の安全率

- ※ 基準地震動の(正、正)は位相反転なし、(逆、正)は水平反転、(正、逆)は鉛直反転、(逆、逆)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
- ※ 位相反転を考慮した地震動については、すべり安全率が最も小さい値となったケースのみ記載
- ※ 類似したすべり線形状については、安全率が最も小さいものについて掲載。
- ※ Ss-1~Ss-2の結果は、平成28年11月25日 まとめ資料SK-002改4に記載の評価結果から変更なし

3. 4. 2. 全ての基準地震動に関する基礎地盤の安定性評価結果 (①基礎地盤のすべり: $X_{1L}-X_{1L}'$ 断面)(その2)

すべり線 番号	すべり線形状	最小すべり安全率				
				基本強度		強度 -1 σ
					時間(s)	
1 (断層のすべり)		Ss-1	(逆、逆)	3.5	5.48	—
		Ss-2	(正、正)	4.4	7.62	—
		Ss-3	(逆、逆)	4.9	9.36	—
2 (断層のすべり)		Ss-1	(逆、正)	2.2	13.88	—
		Ss-2	(正、正)	2.5	7.77	—
		Ss-3	(逆、逆)	3.0	9.37	—
3 (断層のすべり)		Ss-1	(逆、正)	2.0(2.0)	13.88	2.0
		Ss-2	(逆、正)	2.5	7.68	—
		Ss-3	(正、正)	2.8	9.32	—
4 (断層のすべり)		Ss-1	(逆、逆)	3.5	5.51	—
		Ss-2	(正、正)	3.5	7.72	—
		Ss-3	(逆、逆)	4.6	10.40	—

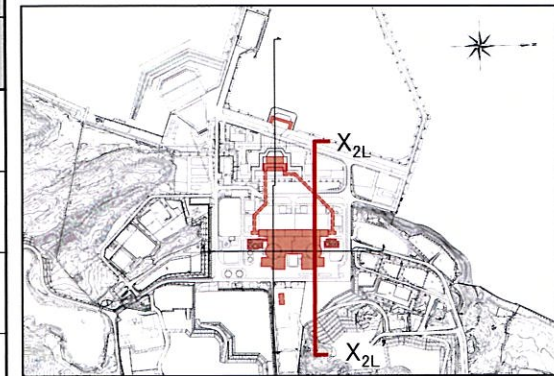


: 評価断面における
最小すべり安全率
()内は応力再配分を
実施した場合の安全率

- ※ 基準地震動の(正、正)は位相反転なし、(逆、正)は水平反転、(正、逆)は鉛直反転、(逆、逆)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
- ※ 位相反転を考慮した地震動については、すべり安全率が最も小さい値となったケースのみ記載
- ※ 類似したすべり線形状については、安全率が最も小さいものについて掲載。
- ※ Ss-1~Ss-2の結果は、平成28年11月25日 まとめ資料SK-002改4に記載の評価結果から変更なし

3. 4. 2. 全ての基準地震動に関する基礎地盤の安定性評価結果 (①基礎地盤のすべり: $X_{2L}-X_{2L}'$ 断面)(その1)

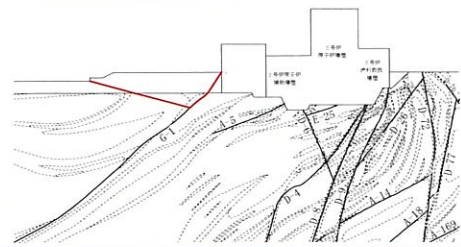
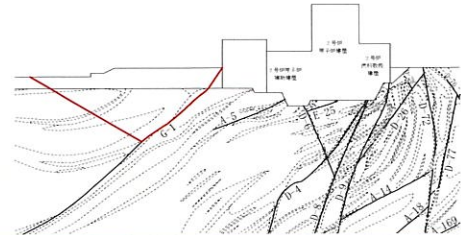
すべり線 番号	すべり線形状	最小すべり安全率				
				基本強度		強度 -1 σ
					時間(s)	
1 (建屋底面の すべり)		Ss-1	(逆、正)	4.0	13.73	—
		Ss-2	(正、正)	2.8	7.52	—
		Ss-3	(逆、逆)	4.4	16.95	—
2 (建屋底面+断層 のすべり)		Ss-1	(逆、正)	3.7	13.74	—
		Ss-2	(正、正)	2.6(2.6)	7.52	2.5
		Ss-3	(逆、逆)	4.1	16.95	—
3 (建屋底面+断層 のすべり)		Ss-1	(正、逆)	4.2	5.44	—
		Ss-2	(正、正)	4.1	7.56	—
		Ss-3	(正、正)	4.6	9.32	—
4 (断層のすべり)		Ss-1	(逆、逆)	6.2	13.71	—
		Ss-2	(正、正)	4.2	7.51	—
		Ss-3	(逆、逆)	7.3	16.94	—

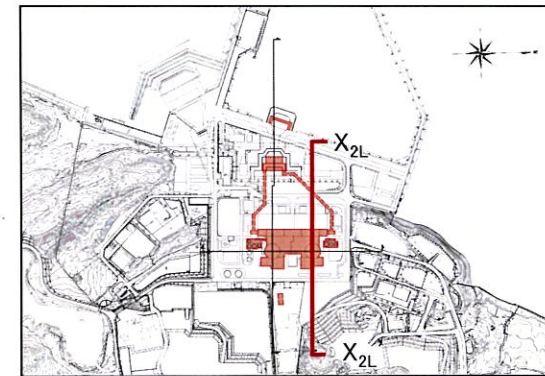


: 評価断面における
最小すべり安全率
()内は応力再配分を
実施した場合の安全率

- ※ 基準地震動の(正、正)は位相反転なし、(逆、正)は水平反転、(正、逆)は鉛直反転、(逆、逆)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
- ※ 位相反転を考慮した地震動については、すべり安全率が最も小さい値となったケースのみ記載
- ※ 類似したすべり線形状については、安全率が最も小さいものについて掲載。
- ※ Ss-1~Ss-2の結果は、平成28年11月25日 まとめ資料SK-002改4に記載の評価結果から変更なし

3. 4. 2. 全ての基準地震動に関する基礎地盤の安定性評価結果 (①基礎地盤のすべり: $X_{2L}-X_{2L}'$ 断面)(その2)

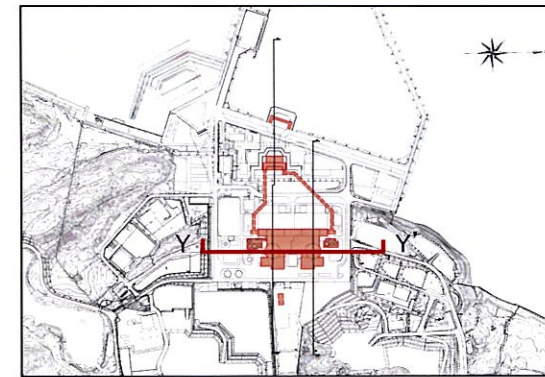
すべり線 番号	すべり線形状	最小すべり安全率				
				基本強度		
				時間(s)	強度 -1σ	
5 (断層のすべり)		Ss-1	(逆、正)	3.2	5.61	—
		Ss-2	(正、正)	4.1	7.74	—
		Ss-3	(逆、正)	4.2	11.01	—
6 (断層のすべり)		Ss-1	(正、逆)	4.3	5.41	—
		Ss-2	(正、正)	4.1	7.75	—
		Ss-3	(正、逆)	5.0	9.34	—



- ※ 基準地震動の(正、正)は位相反転なし、(逆、正)は水平反転、(正、逆)は鉛直反転、(逆、逆)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
- ※ 位相反転を考慮した地震動については、すべり安全率が最も小さい値となったケースのみ記載
- ※ 類似したすべり線形状については、安全率が最も小さいものについて掲載。
- ※ Ss-1～Ss-2の結果は、平成28年11月25日 まとめ資料SK-002改4に記載の評価結果から変更なし

3. 4. 2. 全ての基準地震動に関する基礎地盤の安定性評価結果 (①基礎地盤のすべり: Y-Y' 断面)

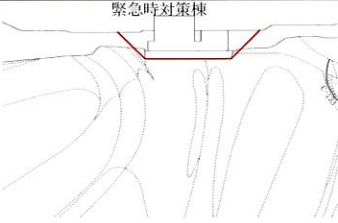
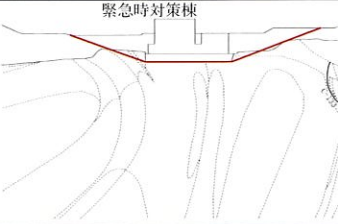

すべり線 番号	すべり線形状	最小すべり安全率				
				基本強度		強度 -1σ
				時間(s)		
1 (建屋底面の すべり)		Ss-1 (逆、逆)	5.7	13.75	—	
		Ss-2 (正、正)	3.8	7.53	—	
		Ss-3 (正、逆)	7.8	16.96	—	
2 (建屋底面+断層 のすべり)		Ss-1 (逆、逆)	6.0	13.75	—	
		Ss-2 (正、正)	4.0	7.54	—	
		Ss-3 (正、逆)	7.6	16.96	—	
3 (建屋底面+断層 のすべり)		Ss-1 (逆、逆)	6.6	13.75	—	
		Ss-2 (正、正)	4.8	7.53	—	
		Ss-3 (逆、逆)	9.2	16.96	—	
4 (断層のすべり)		Ss-1 (正、正)	3.0	10.05	—	
		Ss-2 (正、正)	1.7(1.8)	7.55	1.7	
		Ss-3 (逆、逆)	3.7	16.97	—	




: 評価断面における
 最小すべり安全率
 ()内は応力再配分を
 実施した場合の安全率

- ※ 基準地震動の(正、正)は位相反転なし、(逆、正)は水平反転、(正、逆)は鉛直反転、(逆、逆)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
- ※ 位相反転を考慮した地震動については、すべり安全率が最も小さい値となったケースのみ記載
- ※ 類似したすべり線形状については、安全率が最も小さいものについて掲載。
- ※ Ss-1～Ss-2の結果は、平成28年11月25日 まとめ資料SK-002改4に記載の評価結果から変更なし

3. 4. 2. 全ての基準地震動に関する基礎地盤の安定性評価結果 (①基礎地盤のすべり: X_K-X_K' 断面)

すべり線 番号	すべり線形状	最小すべり安全率				
				基本強度		強度 -1 σ
					時間(s)	
1 (建屋底面の すべり)		Ss-1	(逆、逆)	3.7	13.74	—
		Ss-2	(逆、正)	3.6(3.8)	7.53	3.3
		Ss-3	(逆、逆)	4.5	11.18	—
2 (建屋底面の すべり)		Ss-1	(正、逆)	4.0	13.74	—
		Ss-2	(逆、正)	3.8	7.54	—
		Ss-3	(逆、逆)	4.6	11.18	—
3 (岩盤内の すべり)		Ss-1	(正、正)	5.6	13.73	—
		Ss-2	(逆、正)	6.1	7.52	—
		Ss-3	(正、逆)	6.6	16.96	—


 : 評価断面における
最小すべり安全率
()内は応力再配分を
実施した場合の安全率

- ※ 基準地震動の(正、正)は位相反転なし、(逆、正)は水平反転、(正、逆)は鉛直反転、(逆、逆)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
- ※ 位相反転を考慮した地震動については、すべり安全率が最も小さい値となったケースのみ記載
- ※ 類似したすべり線形状については、安全率が最も小さいものについて掲載。
- ※ Ss-1~Ss-2の結果は、平成28年11月25日 まとめ資料SK-002改4に記載の評価結果から変更なし

3. 4. 2. 全ての基準地震動に関する基礎地盤の安定性評価結果 (①基礎地盤のすべり: Y_K-Y_K' 断面)

すべり線 番号	すべり線形状	最小すべり安全率				
				基本強度		強度 -1 σ
					時間(s)	
1 (建屋底面の すべり)		Ss-1	(逆、逆)	3.9	13.74	—
		Ss-2	(逆、正)	3.6	7.52	—
		Ss-3	(逆、逆)	5.3	16.96	—
2 (建屋底面の すべり)		Ss-1	(正、逆)	2.7	13.74	—
		Ss-2	(逆、正)	2.9	7.52	—
		Ss-3	(正、逆)	4.0	9.04	—
3 (岩盤内の すべり)		Ss-1	(正、逆)	2.6	13.74	—
		Ss-2	(逆、正)	2.3(2.6)	7.52	2.1
		Ss-3	(正、正)	3.7	16.96	—



 :評価断面における
 最小すべり安全率
 ()内は応力再配分を
 実施した場合の安全率

- ※ 基準地震動の(正、正)は位相反転なし、(逆、正)は水平反転、(正、逆)は鉛直反転、(逆、逆)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
- ※ 位相反転を考慮した地震動については、すべり安全率が最も小さい値となったケースのみ記載
- ※ 類似したすべり線形状については、安全率が最も小さいものについて掲載。
- ※ Ss-1~Ss-2の結果は、平成28年11月25日 まとめ資料SK-002改4に記載の評価結果から変更なし

3. 4. 2. 全ての基準地震動に関する基礎地盤の安定性評価結果 (②基礎の支持力)

- 原子炉建屋基礎底面の最大接地圧は、1号炉で6.14N/mm²、2号炉で6.43N/mm²であり、極限支持力(13.7N/mm²以上)を下回ることを確認した。
- 緊急時対策棟基礎底面の最大接地圧は1.50N/mm²であり、極限支持力(9.8N/mm²以上)を下回ることを確認した。

		1号炉 (X _{1L} -X _{1L'} 断面)	1号炉 (Y-Y'断面)	2号炉 (X _{2L} -X _{2L'} 断面)	2号炉 (Y-Y'断面)	緊急時対策棟 (X _K -X _{K'} 断面)	緊急時対策棟 (Y _K -Y _{K'} 断面)
基礎底面の 最大接地圧	Ss-1	3.57N/mm ²	4.48N/mm ²	1.31N/mm ²	4.17N/mm ²	1.50N/mm ²	1.12N/mm ²
		5.67 s	5.40 s	8.60 s	13.74 s	13.75 s	5.66 s
	Ss-2	6.14N/mm ²	4.01N/mm ²	1.34N/mm ²	6.43N/mm ²	1.37N/mm ²	1.31N/mm ²
		7.52 s	7.31 s	7.60 s	7.53 s	7.32 s	7.49 s
	Ss-3	3.50N/mm ²	4.52N/mm ²	1.34N/mm ²	3.65N/mm ²	1.44 N/mm ²	1.19N/mm ²
		11.19s	9.97s	9.54s	11.20s	9.14s	16.14 s

※ Ss-1~Ss-2の結果は、平成28年11月25日 まとめ資料SK-002改4に記載の評価結果から変更なし

: 対象施設の基礎底面の最大接地圧

【原子炉建屋及び緊急時対策棟の基礎地盤の極限支持力の考え方】

- ・ 礫岩C_M級以上の極限支持力は、試掘坑内における支持力試験結果より、13.7N/mm²以上と評価できる。
- ・ 原子炉建屋が設置される基礎地盤は、主に同様の礫岩C_M級以上で構成されているため、極限支持力は13.7N/mm²以上と評価できる。
- ・ 緊急時対策棟の基礎地盤は、主に砂岩C_L及びC_M級で構成されているが砂岩C_L級の極限支持力は、以下の通り設定する。
- ・ 一軸圧縮強度の比較から砂岩は粘板岩よりも強度が高いため、粘板岩の試験値で極限支持力を設定する。
- ・ 粘板岩C_L級は、9.8N/mm² (100kg/cm²)で破壊に至っていることから、砂岩C_L級の極限支持力は9.8N/mm²と評価できるため、緊急時対策棟の基礎地盤の極限支持力は、9.8N/mm²と評価できる。

支持力試験結果

試験箇所	岩種・岩級	支持力試験値
J-1	礫岩C _L 級~C _M 級	13.7N/mm ² 以上※
J-4	礫岩C _M 級~C _H 級	13.7N/mm ² 以上※
J-9	礫岩C _M 級	13.7N/mm ² 以上※

支持力試験結果

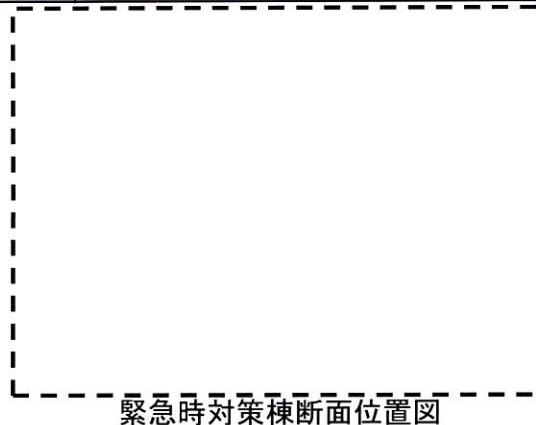
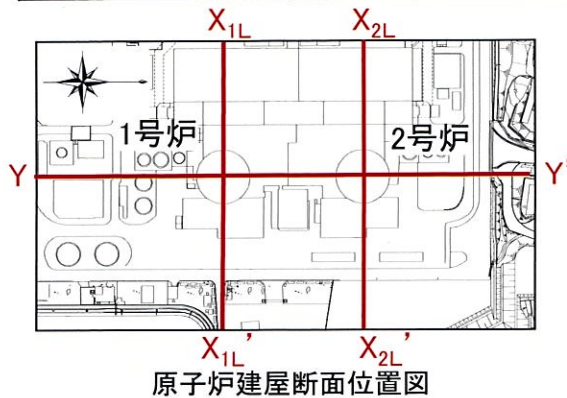
試験箇所	岩種・岩級	支持力試験値
J-7	粘板岩C _L 級	9.8N/mm ²

※ ジャッキの载荷限界13.7N/mm²に達しても破壊に至らない

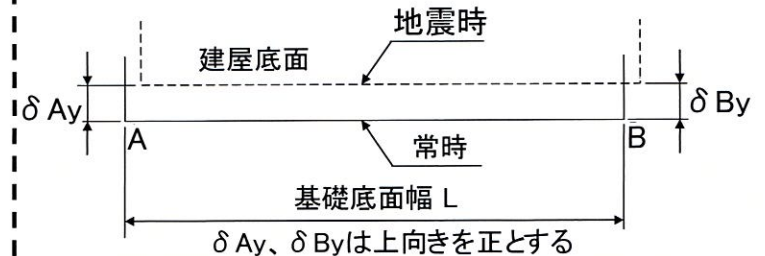
3. 4. 2. 全ての基準地震動に関する基礎地盤の安定性評価結果 (③建屋基礎底面の傾斜)

■基礎底面の傾斜について、原子炉建屋1号炉で1/14,000、原子炉建屋2号炉で1/11,000、緊急時対策棟で1/15,000であり、評価基準値の目安である1/2,000以下であることを確認した。

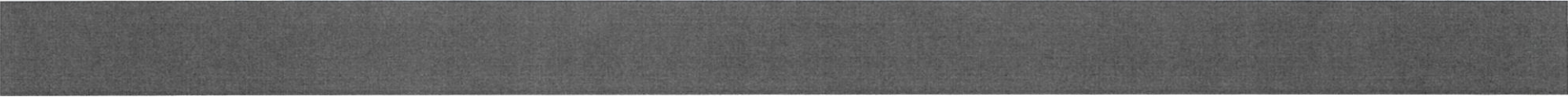
		1号炉 ($X_{1L}-X_{1L}'$ 断面) (L=55.9m)	1号炉 (Y-Y'断面) (L=55.9m)	2号炉 ($X_{2L}-X_{2L}'$ 断面) (L=55.9m)	2号炉 (Y-Y'断面) (L=55.9m)	緊急時対策棟 (X_K-X_K' 断面) (L=71.0m)	緊急時対策棟 (Y_K-Y_K' 断面) (L=47.0m)
基礎底面両端の 相対変位 ($ \delta A_y - \delta B_y $)	Ss-1	1.5mm	2.4mm	2.6mm	1.5mm	3.7mm	2.8mm
		14.15 s	13.82 s	13.78 s	5.47 s	13.76 s	13.75 s
	Ss-2	1.1mm	4.0mm	5.2mm	1.6mm	3.7mm	3.1mm
		7.62 s	7.59 s	7.56 s	7.62 s	7.54 s	7.52 s
	Ss-3	1.3mm	2.2mm	2.5mm	1.0mm	3.0mm	2.0mm
		9.18s	17.00s	17.00s	16.75s	9.06s	16.97s
基礎底面両端の傾斜 ($ \delta A_y - \delta B_y /L$)	Ss-1	1/37,000	1/23,000	1/22,000	1/37,000	1/19,000	1/17,000
	Ss-2	1/51,000	1/14,000	1/11,000	1/35,000	1/19,000	1/15,000
	Ss-3	1/43,000	1/25,000	1/22,000	1/56,000	1/24,000	1/24,000



※ Ss-1～Ss-2の結果は、平成28年11月25日 まとめ資料 SK-002改4に記載の評価結果から変更なし



□ : 対象施設の基礎底面の最大傾斜

- 
1. 評価方針
 2. 基準地震動
 3. 地盤の支持
 - 4. 周辺斜面の安定性**
 5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響
 6. まとめ

4. 周辺斜面の安定性

- 周辺斜面選定にあたって、「宅地防災マニュアルの解説」を参考に、水平面とのなす角度が30度以上、又は、斜面高さが5m以上のいずれかに該当する斜面を抽出する。
- 対象施設の周辺には、6箇所の周辺斜面(斜面①～⑥)が存在する。
(地形変更に伴う新たな斜面は斜面②及び斜面④であり斜面①、③、⑤、⑥については、既許可から変更なし)
- 文献※に基づく斜面崩壊に伴う土砂の到達距離を考慮し、対象施設と周辺斜面との離隔距離が法尻から50mの範囲以内、あるいは法尻から1.4H(斜面高さ×1.4)の範囲以内のいずれかに該当する場合、その周辺斜面を評価対象斜面として選定する。
- 以上を踏まえ評価対象斜面の抽出を検討した結果、斜面①～⑥は対象施設に対して十分な離隔距離があると判断できるため、評価対象斜面とすべき斜面は存在しない。

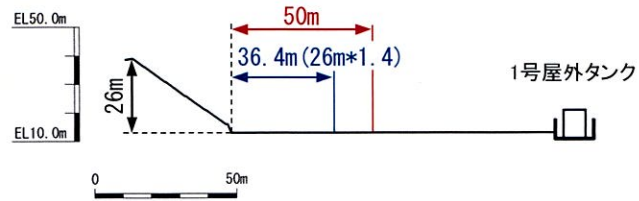
	斜面の性状			対象施設との 離間距離L	スクリーニング結果	
	高さH	角度	地質			
斜面①	約26m	約37°	砂質土主体	【1号屋外タンク】 約110m(約4.2H)	対象施設との離間 距離が十分ある。	×
斜面②	約20m	約26°	C _L 級主体の 岩盤斜面	【2号原子炉補助建屋】 約70m(約3.5H)	同上。	×
斜面③	約37m	a. 約25° b. 約27°	C _L ～C _M 級 主体の岩盤 斜面	【2号燃料取扱建屋】 約96m(約2.6H) 【燃料油貯蔵タンク基礎】 約85m(約2.3H) 【大容量空冷式発電機】 約60m(約1.6H)	同上。	×
斜面④	約13m	約27°	C _L ～C _M 級 主体の岩盤 斜面	【燃料油貯蔵タンク基礎】 約182m(約14H)	同上。	×
斜面⑤	約8m	約28°	砂質土主 体	【緊急時対策棟】 約114m(約14.3H)	同上。	×
斜面⑥	約33m	約33°	C _L 級主体 の岩盤斜 面	【緊急時対策棟】 約187m(約5.7H)	同上。	×

※ 「原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術」、「土質工学ハンドブック」
「土木工学ハンドブック」、「土砂災害防止法」、「宅地防災マニュアルの解説」

4. 周辺斜面の安定性(施設周辺の地形)

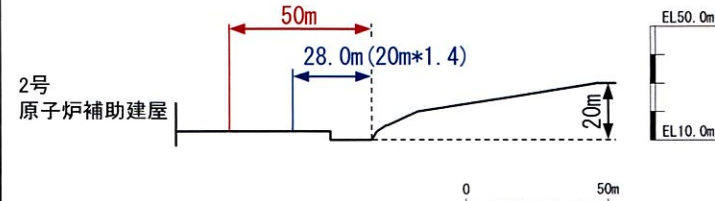
斜面①

①-①' 断面



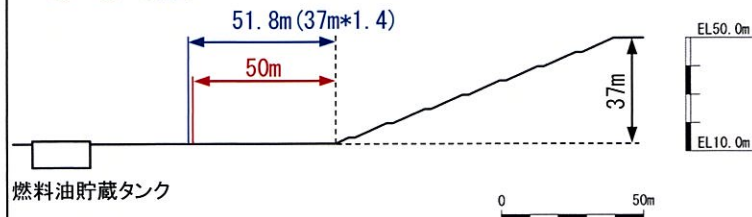
斜面②

②-②' 断面



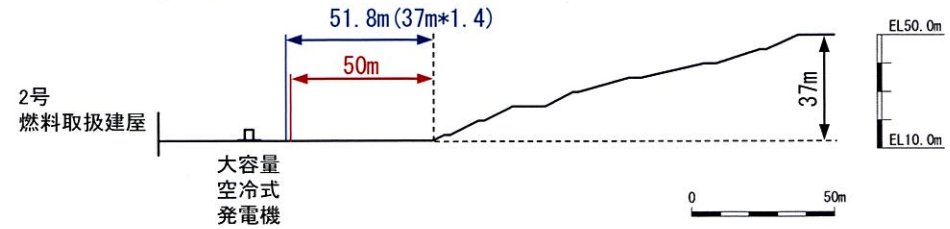
斜面③

③a-③a' 断面



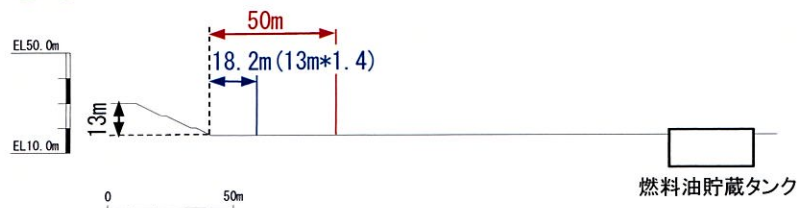
斜面③

③b-③b' 断面



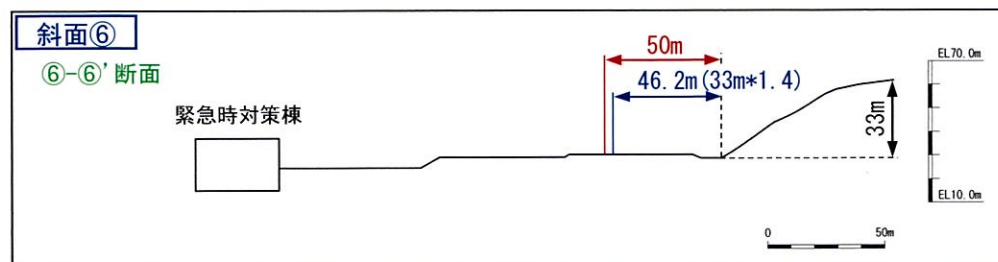
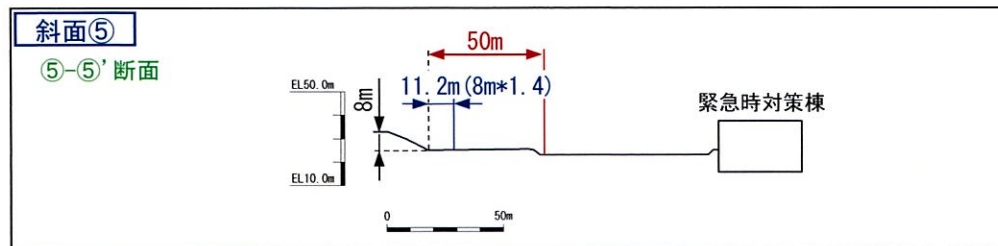
斜面④

④-④' 断面

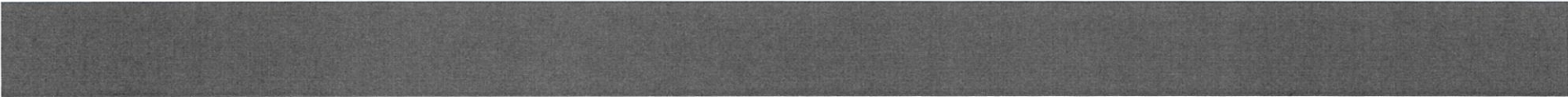


- 法尻から50mの範囲
- 法尻から1.4H(斜面高さ×1.4)の範囲

4. 周辺斜面の安定性(施設周辺の地形)



- 法尻から50mの範囲
- 法尻から1.4H(斜面高さ×1.4)の範囲

- 
1. 評価方針
 2. 基準地震動
 3. 地盤の支持
 4. 周辺斜面の安定性
 5. **地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響**
 6. まとめ

5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響(評価方法)

2022年12月2日
 審査会合資料
 資料2-3 (P-3) 一部修正

- 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響の評価については、敷地に比較的近く、規模が大きい活断層を対象に、①地殻変動による最大傾斜 と ②地震動による最大傾斜 を足し合わせた値(③)を用いて評価を行う。
- ①の算定に当たっては、敷地に比較的近く、規模が大きい活断層として、市来断層帯市来区間、市来断層帯甑海峡中央区間、甑断層帯甑区間を選定し、Wang et al.(2003)の手法を用いる。
- ②の算定に当たっては、対象となる活断層は基準地震動としておらず、時刻歴波形がないことから、基準地震動(Ss-1、Ss-2、Ss-3)を用いて、建屋基礎底面両端の相対変位から傾斜を算出する。

地殻変動による影響の検討例

①地殻変動による最大傾斜

- 半無限成層地盤に生じる変位量を弾性条件で求めるWang et al.(2003)の手法を用いて算出

市来断層帯市来区間を震源とする地震発生に伴う地殻変動量分布

+

②地震動による最大傾斜

- 地震時の建屋基礎底面両端それぞれの鉛直方向変位の差を基礎底面幅で除することにより、傾斜 $(|\delta Ay - \delta By| / L)$ を算出

地震動		最大傾斜
市来断層帯市来区間を震源とする地震		基準地震動Ssの値を使用
基準地震動	Ss-1	1/22,000
	Ss-2	1/11,000
	Ss-3	1/22,000

最大の値 (Ss-2) を使用

=

③地殻変動+地震動

- ①と②の足し合わせ (向きによらず最大の値同士を足し合わせる)

↓

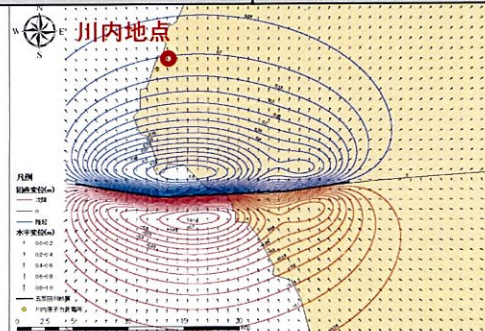
評価基準値の目安である1/2,000を下回ることを確認

⇒地震発生に伴う地殻変動による基礎地盤の傾斜が、重要な安全機能を有する施設に重大な影響を与えないことを確認

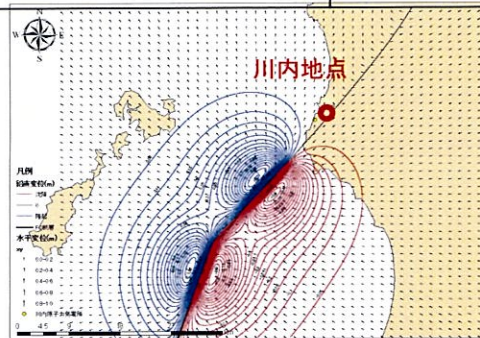
5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響(評価結果)

- 当該地点の敷地内及び敷地近傍には、活断層が分布していないことから、顕著な地殻変動の影響を受けることはないものの、地震発生に伴う地殻変動による地盤の傾斜について、敷地に比較的近く、規模が大きい活断層（市来断層帯市来区間、市来断層帯甕海峡中央区間、甕断層帯甕区間）を対象に評価を実施。
- 緊急時対策棟の地殻変動による最大傾斜は、評価対象の活断層と当該サイトが十分に離れており、敷地内での地殻変動による傾斜がほぼ同程度であることから、1号原子炉建屋の最大傾斜にて代表して評価した。
- 今回、Ss-3が新たに追加されることから、基準地震動Ss-1（設計用模擬波地震）、Ss-2（北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震波）、Ss-3（標準応答スペクトル）を用いて、地震動による基礎地盤の傾斜の影響評価を行った。
- 地震発生に伴う地殻変動による地盤変動量は、半無限成層地盤に生じる変位量を弾性条件で求めるWang et al. (2003)の手法を用いて算出し、評価基準値である1/2,000を下回ることを確認した。

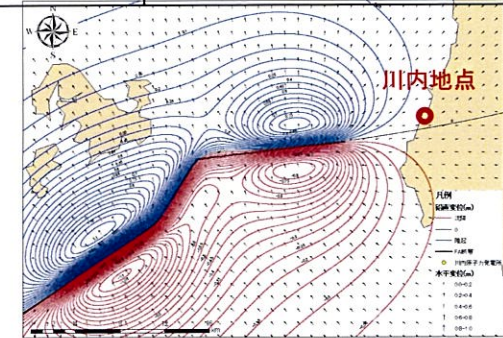
活断層	建屋	①地殻変動による最大傾斜	②基準地震動Ssによる最大傾斜	③地殻変動+地震動(①+②)
市来断層帯 市来区間	1号	1/39,000	1/14,000(Ss-2)	1/10,000
	2号	1/40,000	1/11,000(Ss-2)	1/9,000
	緊急時対策棟	1/39,000	1/15,000(Ss-2)	1/11,000
市来断層帯 甕海峡中央区間	1号	1/111,000	1/14,000(Ss-2)	1/12,000
	2号	1/113,000	1/11,000(Ss-2)	1/10,000
	緊急時対策棟	1/111,000	1/15,000(Ss-2)	1/13,000
甕断層帯 甕区間	1号	1/80,000	1/14,000(Ss-2)	1/12,000
	2号	1/80,000	1/11,000(Ss-2)	1/10,000
	緊急時対策棟	1/80,000	1/15,000(Ss-2)	1/13,000




市来断層帯市来区間



市来断層帯甕海峡中央区間



甕断層帯甕区間

- 
1. 評価方針
 2. 基準地震動
 3. 地盤の支持
 4. 周辺斜面の安定性
 5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響
 6. まとめ

6. まとめ

- 既許可以降の地形変更を考慮した上で、Ss-3を含む基準地震動による基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価を行い、以下のことを確認した。
 - 対象施設の基礎地盤について、地震力に対する安定性を評価した結果、
 - ✓ 想定すべり線におけるすべり安全率が1.5を上回ること
 - ✓ 基礎底面の接地圧が極限支持力度を下回ること
 - ✓ 基礎底面の傾斜が1/2,000以下であること
 - 周辺斜面については、対象施設に対して十分な離隔距離があると判断できるため、評価対象斜面とすべき斜面は存在しない。
 - 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響について評価した結果、
 - ✓ 基礎底面の傾斜が1/2,000以下であること
- 以上より、既許可以降の地形変更を考慮し評価を行った結果、対象施設の基礎地盤及び周辺斜面は、基準地震動Ssによる地震力に対して十分な安定性を有していることを確認した。

【 参 考 資 料 】

参考資料 1 : 評価対象断面位置の選定

参考資料 2 : 周辺斜面のスクリーニングに関する参考資料

【 参 考 資 料 】

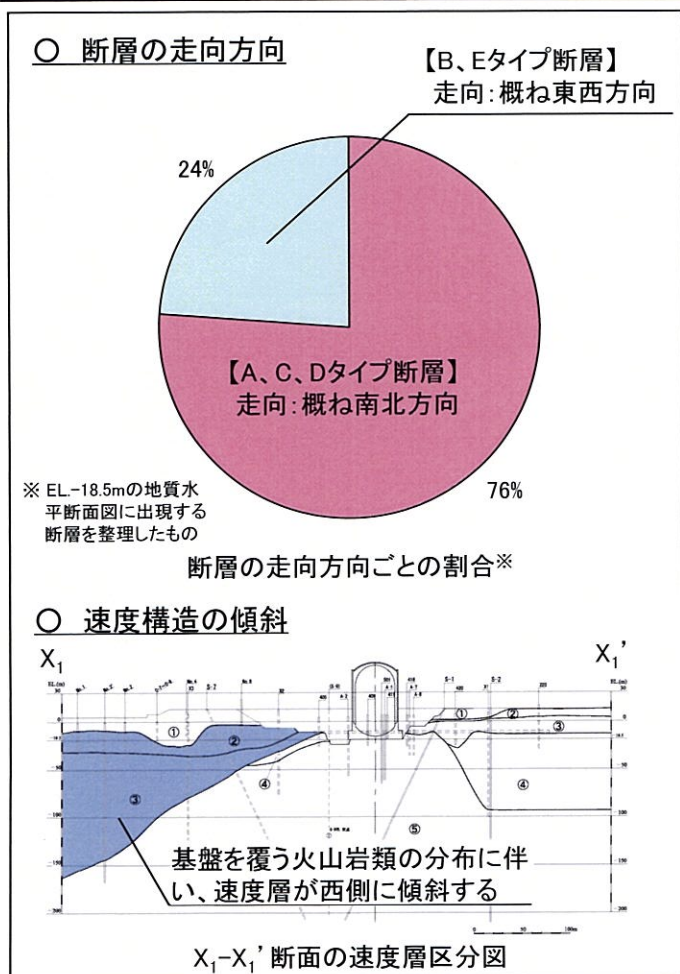
参考資料 1 : 評価対象断面位置の選定

参考資料 2 : 周辺斜面のスクリーニングに関する参考資料

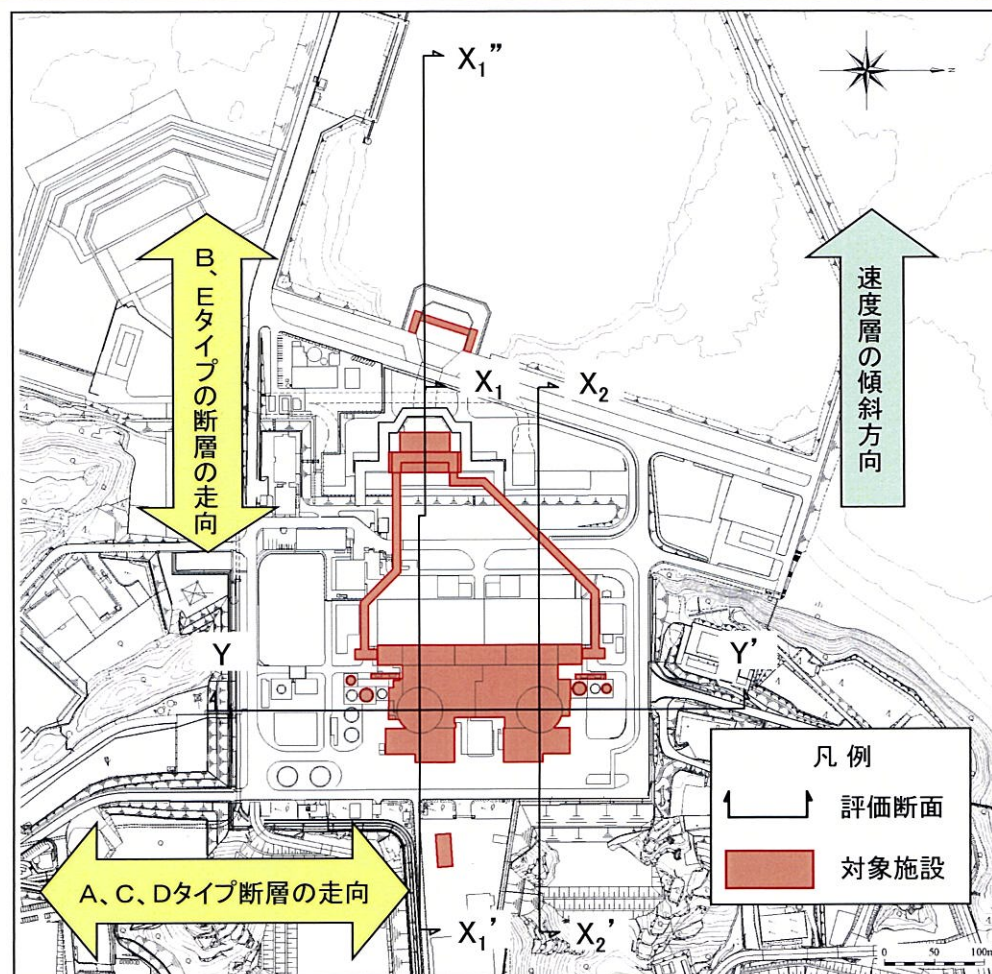
参考資料1：評価対象断面位置の選定(原子炉建屋)

平成26年7月28日
まとめ資料
資料3-1 (P-28) 再掲

- 基礎地盤に分布する断層は、概ね南北方向の走向を示すものが多いが、一部、概ね東西方向の走向を示すものも認められる。
- 基礎地盤の速度構造は、概ね水平である南北方向断面と、新第三紀の火山岩類の分布に伴い、西落ちの構造を示す東西方向断面に大別される。
- 以上のことから、基礎地盤の評価対象断面は、1号炉心を通る東西断面、2号炉心を通る東西断面、及び1号・2号炉心を通る南北断面の対象施設を包括する様な4つの断面(X_1-X_1' 、 $X_1''-X_1'$ 、 X_2-X_2' 、 $Y-Y'$ 断面)とする。



敷地における断層の走向や速度構造、設備の配置状況を踏まえた評価対象断面の選定



参考資料1: 評価対象断面位置の選定(緊急時対策棟)

- 緊急時対策棟の評価対象断面として、施設の直行2断面を基本とし、 X_K-X_K' 断面。、 Y_K-Y_K' 断面を選定する。



【 参 考 資 料 】

参考資料 1 : 評価対象断面位置の選定

参考資料 2 : 周辺斜面のスクリーニングに関する参考資料

斜面崩壊土砂の到達距離について【各種文献での記載】

文献名	記載内容	根拠	到達距離	対象斜面
①原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術	2004年新潟県中越地震による斜面崩壊事例からの分析結果	実績	1.4H (斜面高×1.4倍)	自然斜面
②土質工学ハンドブック	1972～1982に発生した急傾斜地3500地区の調査結果		1.4H (斜面高×1.4倍)	
③土木工学ハンドブック	昭和44年～49年の崖崩れの事例収集		0.55～0.79H (崩壊高×0.55～0.79倍)	
④土砂災害防止法	土砂災害警戒区域	警戒区域※	2.0H (斜面高×2.0倍)	
⑤宅地防災マニュアルの解説	急傾斜地崩壊危険箇所の考え方		2.0H (斜面高×2.0倍)	

※ 警戒区域：建築物に損壊が生じ、住民等の生命又は身体に著しい危害が生じる恐れがある区域。危険の周知、警戒避難体制の整備等が図られる。

文献①

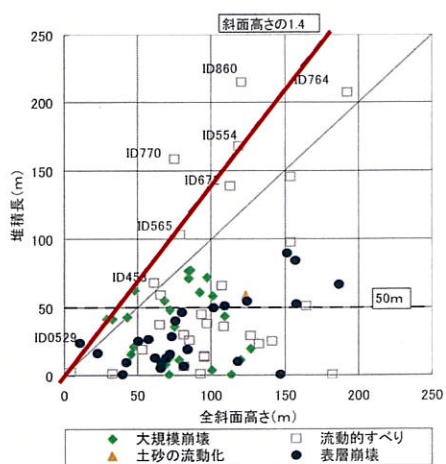
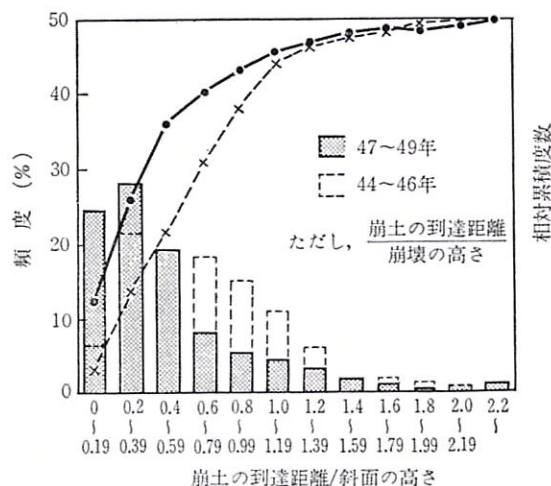


図1.9 周辺斜面の離間距離に関するJEAG4601-1987目安値との比較

・ JEAGによる「堆積長50m」と「斜面高さの1.4倍」の分析データは地震時だけのデータではない(降雨など)ため、地震のみの崩壊事例として、2004年新潟県中越地震による斜面崩壊の事例について分析。

・ その結果、「50m」及び「斜面高さの1.4倍」を超えるのは2.2%であり、JEAGで示されている基準は十分保守的な値

文献②



⑤ (崩土の到達距離)/斜面の高さは、被災の範囲の実態を示す指標として重要なものであるが、図-29.79に示すように、0.2～0.39が最頻値で、0.6以下で全体の72.5%を占める。更に斜面の高さの1.4倍まで考えれば、全体の94.2%が含まれる。実際問題では、斜面

文献③

表-5.2 斜面構成土質ごとの崩壊規模(平均値)(1978～1982年)⁽⁴⁾
Magnitude of failures versus material (average: 1978 to 1982)

	崩壊の高さ h(m)	崩壊の幅 W(m)	崩壊の深さ d(m)	崩壊土量 V(m ³)	崩土の到達距離 L(m)	h/H	L/h
表土	14.3	15.5	1.2	287.0	8.1	0.69	0.57
崩積土	16.2	21.2	1.5	667.5	11.3	0.80	0.79
火山砕屑物	14.3	17.6	3.1	321.6	13.8	0.85	0.96
段丘堆積物	13.9	23.8	2.1	333.1	12.2	0.91	0.84
強風化岩	13.9	16.2	1.6	172.0	7.0	0.72	0.55
岩 (I)	13.7	13.9	1.4	249.8	6.0	0.60	0.43
岩 (II)	13.5	15.1	1.3	220.1	6.8	0.56	0.57
全体	14.6	17.0	1.4	361.2	8.8	0.71	0.63

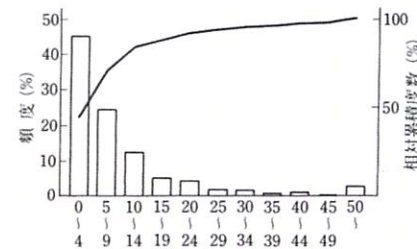
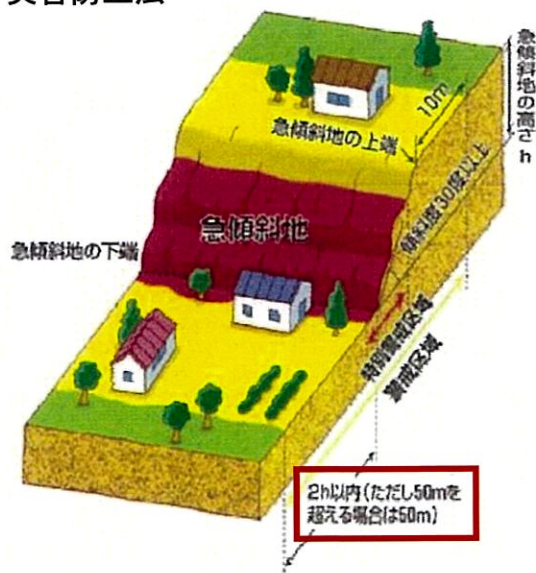


図-5.4 崩土の到達距離 (m) (1972～1982年)⁽⁴⁾

④ 土砂災害防止法



土砂災害警戒区域・特別警戒区域

土砂災害警戒区域

急傾斜地の崩壊等が発生した場合に、住民等の生命又は身体に危害が生じるおそれがあると認められる区域であり、危険の周知、警戒避難体制の整備が行われます。

土砂災害特別警戒区域

急傾斜地の崩壊等が発生した場合に、建築物に損壊が生じ住民等の生命又は身体に著しい危害が生ずるおそれがあると認められる区域で、特定の開発行為に対する許可制、建築物の構造規制等が行われます。

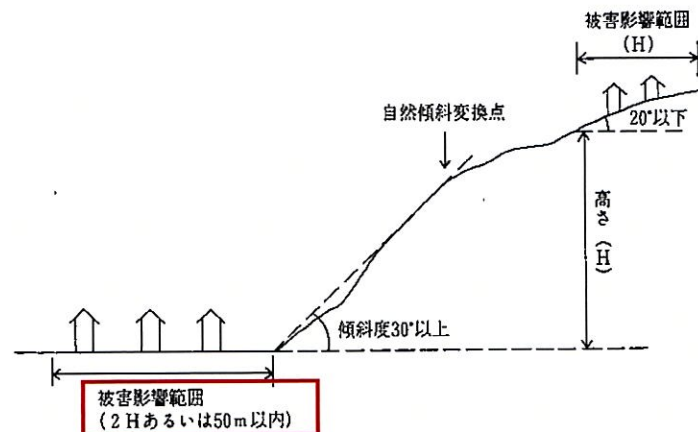
⑤ 宅地防災マニュアルの解説

土砂災害に係る危険箇所のうち、宅地造成に伴う災害に最も関連の深い急傾斜地崩壊危険箇所の考え方を以下に示す。

【危険箇所としての要件】

- ① 水平面とのなす角度が30度以上であること。
- ② 斜面の高さが5 m以上であること。
- ③ 斜面上部又は下部に人家が5戸以上あること（官公署、学校、病院、旅館等がある場合は5戸未満でも可）。

斜面上部又は下部とは、下図に示すように急傾斜地（傾斜30度以上のがけ）の下端及び上端から当該急傾斜地の高さの、それぞれ2倍及び1倍程度の範囲（概ね50mを限度とする）をいう。



図X.1 急傾斜地崩壊危険箇所の要件

- ①、②より、JEAGで示されている基準(1.4H)以内での崩壊事例が9割以上を占めており、③では、土質によりさらに到達距離が小さくなる(0.79H以下)ことが記載
- ④、⑤で示された到達距離2.0Hについては、警戒範囲を示したものであり、裕度を持たせて設定されたもの