

【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-079

提出年月日

2023年12月18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12月18日
九州電力株式会社

目次

1. 敷地の地形変更による既許可の評価方法・評価条件、 周辺斜面への影響	2
2. 評価方針	8
3. 基準地震動	14
4. 地盤の支持	17
5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響	60
6. 周辺斜面の安定性	62
7. まとめ	66
(参考資料)	68

1. 敷地の地形変更による既許可の評価方法・評価条件、周辺斜面への影響
2. 評価方針
3. 基準地震動
4. 地盤の支持
5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響
6. 周辺斜面の安定性
7. まとめ

余 白

1. 敷地の地形変更による既許可の評価方法・評価条件、周辺斜面への影響 (地形変更の概要)

- 基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価の既許可※1以降において、敷地の有効利用・施設設置に伴い、一部地形を変更している※2(最新の敷地平面図は右図の通り)。変更箇所はいずれも地表の地山を切土する軽微な地形変更である。
- 今回の地形変更は、対象施設から離れており、施設を直接支持する岩盤又はマンメイドロック等※3に改変はない。

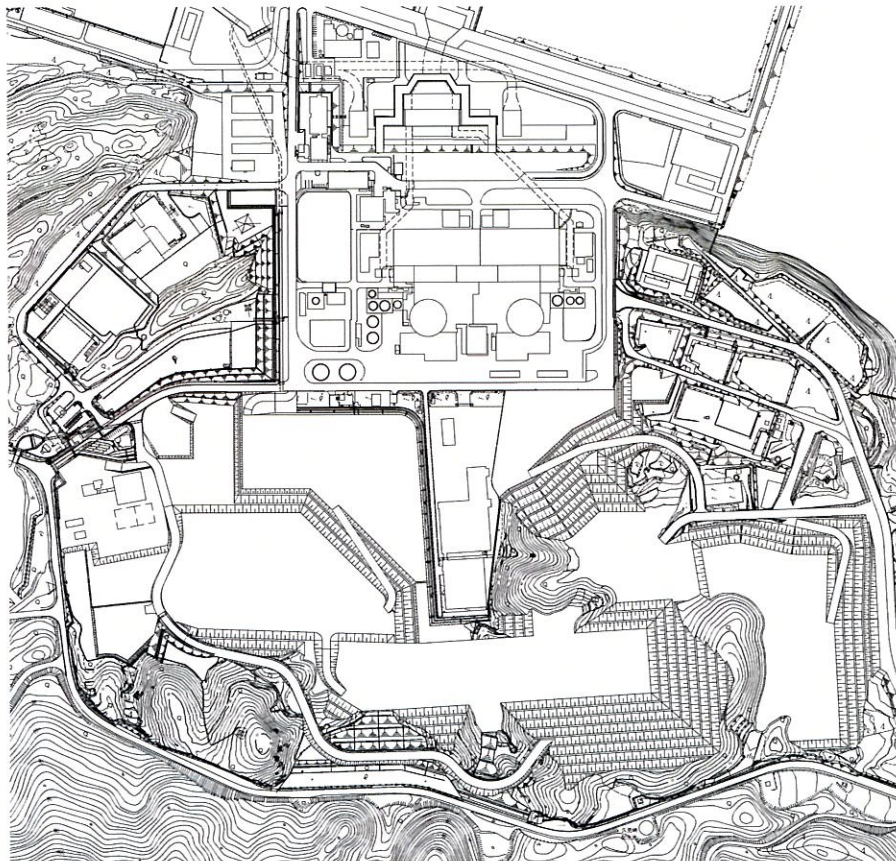
※1 基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価におけるSs-1及びSs-2による評価を記載した最新の許可処分は以下の通り。

- ・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

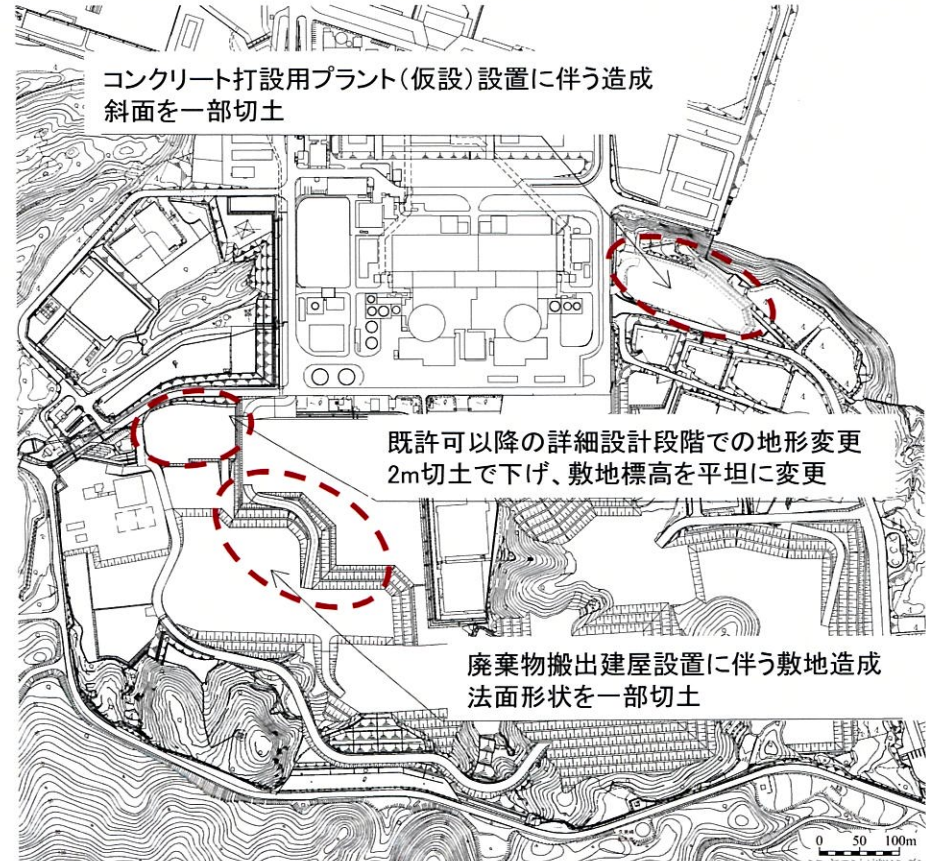
上記、耐震重要施設及び重大事故等対処施設については、2014年9月10日に許可を受けて以降、敷地の造成工事による地形の一部変更及び本発電所敷地内での追加のボーリング調査による地質・地質構造の評価の一部変更をしていることから常設直流電源設備(3系統目)の設置及び緊急時対策所の変更に係る設置変更許可申請時に再評価を実施。

※2 特定重大事故等対処施設の許可処分(2017年4月5日許可)以降、順次、地形変更を実施。

※3 等とは、1号炉燃料油貯油そう、1号炉燃料取替用水タンク、1号炉復水タンク、2号炉燃料油貯油そう、2号炉燃料取替用水タンク、2号炉復水タンク及び燃料油貯蔵タンクの基礎を指す。



既許可時点の敷地平面図(2017年2月8日)



最新の敷地平面図

(川内原子力発電所第1号機 設計及び工事計画認可の申請書 : 2021年11月15日認可)

1. 敷地の地形変更による既許可の評価方法・評価条件、周辺斜面への影響 (地形変更を踏まえた基礎地盤の安定性に関する整理)

- 地震力に対する基礎地盤の安定性に関する既許可評価における評価方法・評価条件について、地形変更による影響を整理した結果、
 - 評価対象断面の位置については、施設の配置及び地質構造に変更がないことから、既許可の評価対象断面の位置に変更はない。
 - 解析用物性値については、地形変更による影響を受けないことから、既許可の解析用物性値に変更はない。
 - 解析方法については、解析用要素分割図に地形変更を反映する必要がなく、Ss-1及びSs-2による既許可の評価結果に変更はない。
- 以上、既許可の評価方法・評価条件に変更がないことから、地震力に対する基礎地盤の安定性については、基準地震動Ss-3による評価を実施する。

【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
評価対象断面位置	<p>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。</p> <p>(評価対象断面の考え方：参考資料1)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 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 	<p>影響なし</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 施設の配置及び地質構造に影響はない。
解析用物性値	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 	<p>影響なし</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 各種調査結果に影響はない。
解析方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 	<p>影響なし (P6参照)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 解析用要素分割図の作成範囲に地形変更が含まれない。

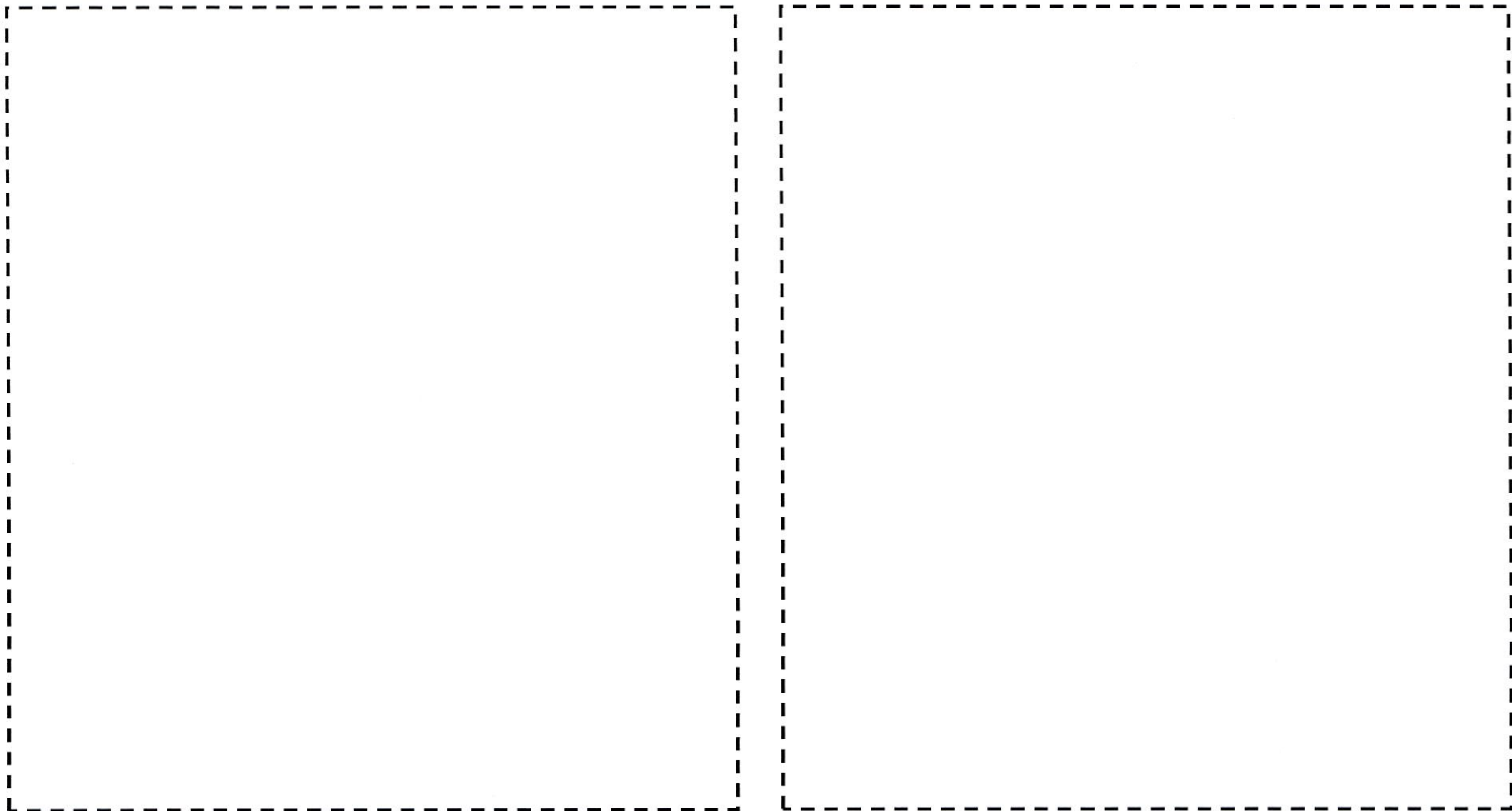
1. 敷地の地形変更による既許可の評価方法・評価条件、周辺斜面への影響 (解析用要素分割図への影響)

- 解析用要素分割図は、評価対象断面位置において、対象施設の基礎幅等を考慮し、地盤及び建屋をモデル化している。
- 解析用要素分割図の作成範囲に地形変更が含まれないことから、既許可の解析用要素分割図を用いる。

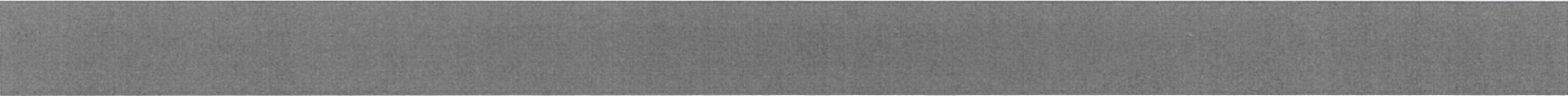


1. 敷地の地形変更による既許可の評価方法・評価条件、周辺斜面への影響 (地形変更を踏まえた周辺斜面の安定性に関する整理)

- 今回の地形変更は、地表の地山を切土する地形変更であり、新たな周辺斜面の形成はない。
- 既許可評価で抽出した周辺斜面(斜面①～⑥)のうち、斜面②、④は斜面形状に変更があることから、対象施設に対する離間距離及び斜面高さを考慮し、安定性評価の対象とすべき斜面(評価対象斜面)に該当するか確認し、評価対象斜面に該当する場合はSs-1～3Iによる安定性評価を実施する。
- 既許可評価で抽出した周辺斜面(斜面①～⑥)のうち、斜面①、③、⑤、⑥は斜面形状に変更がないことから、既許可評価の安定性評価の対象とすべき斜面に該当しないという評価結果に変更はない。



※1 地中に設置される施設は、評価対象斜面の選定の検討においては除外

- 
1. 敷地の地形変更による既許可の評価方法・評価条件、周辺斜面への影響
 - 2. 評価方針**
 3. 基準地震動
 4. 地盤の支持
 5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響
 6. 周辺斜面の安定性
 7. まとめ

2. 評価方針(今回申請における確認事項)

- 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踏まえ整理した評価方法・評価条件を反映した上で、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。
- なお、設置許可基準規則第3条第3項及び第38条第3項に関する事項について、今回の申請は基準地震動 S_s-3 の追加に伴う評価を実施するものであることから、将来活動する可能性のある断層等の有無に関する評価は不要。

● 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【 S_s-3 による評価を実施】

⇒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【地表の地形の変更及び S_s-3 の追加を踏まえ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。今回申請における地形変更は、対象施設から離れており、施設を直接支持する岩盤又はマンメイドロック等に改変はない。したがって、対象施設を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 S_s-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

⇒【次頁に詳細を記載】

● 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

地形を変更している周辺斜面(斜面②④)⇒ 評価対象斜面に該当するか確認。評価対象斜面となる場合、 S_s-1 ～ S_s-3 による評価を実施
地形を変更していない周辺斜面(斜面①③⑤⑥)⇒ S_s-3 の追加を踏まえても既許可の評価結果に変更はない

⇒既許可評価では、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にも該当せず、周辺斜面は対象施設と十分な離間距離を有していることから、評価対象斜面とすべき斜面は存在しないと評価。今回申請においては、地表の地形の変更を踏まえ、地形を変更している周辺斜面については、対象施設に対する周辺斜面の離間距離及び斜面高さを考慮し、安定性評価の対象とすべき斜面に該当するか確認する。評価対象とする斜面に該当する場合は、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。

2. 評価方針(今回申請における確認事項:地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響)

● 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

・ 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響

⇒既許可評価では、地殻変動による影響評価にあたって、広域的な地殻変動による傾斜の評価に加え、地震動による傾斜との重畳を考慮した検討を実施。このうち地震動による傾斜の算出にあたっては、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。今回Ss-3が新たに追加されることから、評価方法を以下の通りとする。

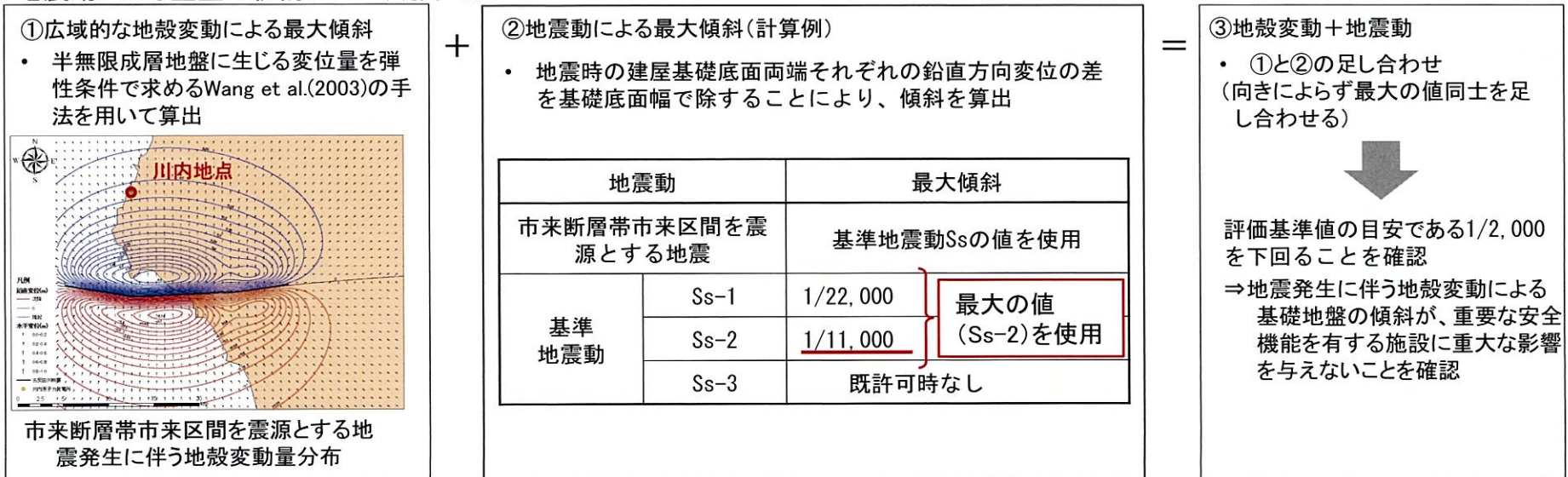
1. 広域的な地殻変動に関する評価【Ss-3及び地表の地形の変更による評価は不要】

⇒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。

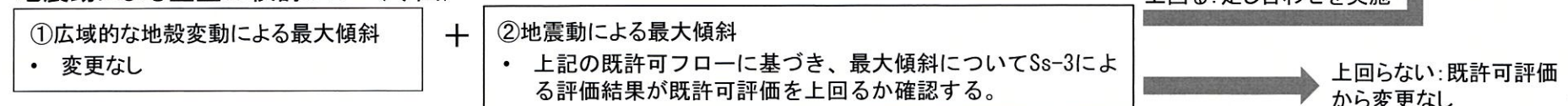
2. 地震動による傾斜との重畳

⇒基準地震動Ss-3による傾斜が、既許可評価のSs-1及びSs-2による最大傾斜を上回る場合、地震動による傾斜の値は、Ss-3による傾斜の評価結果を採用する。Ss-3による傾斜が既許可評価のSs-1及びSs-2による最大傾斜を上回らない場合、既許可の評価結果に変更はない。

地震動による重畳の検討フロー(既許可)



地震動による重畳の検討フロー(今回)



2. 評価方針(今回申請に係る基礎地盤の安定性評価の方法)

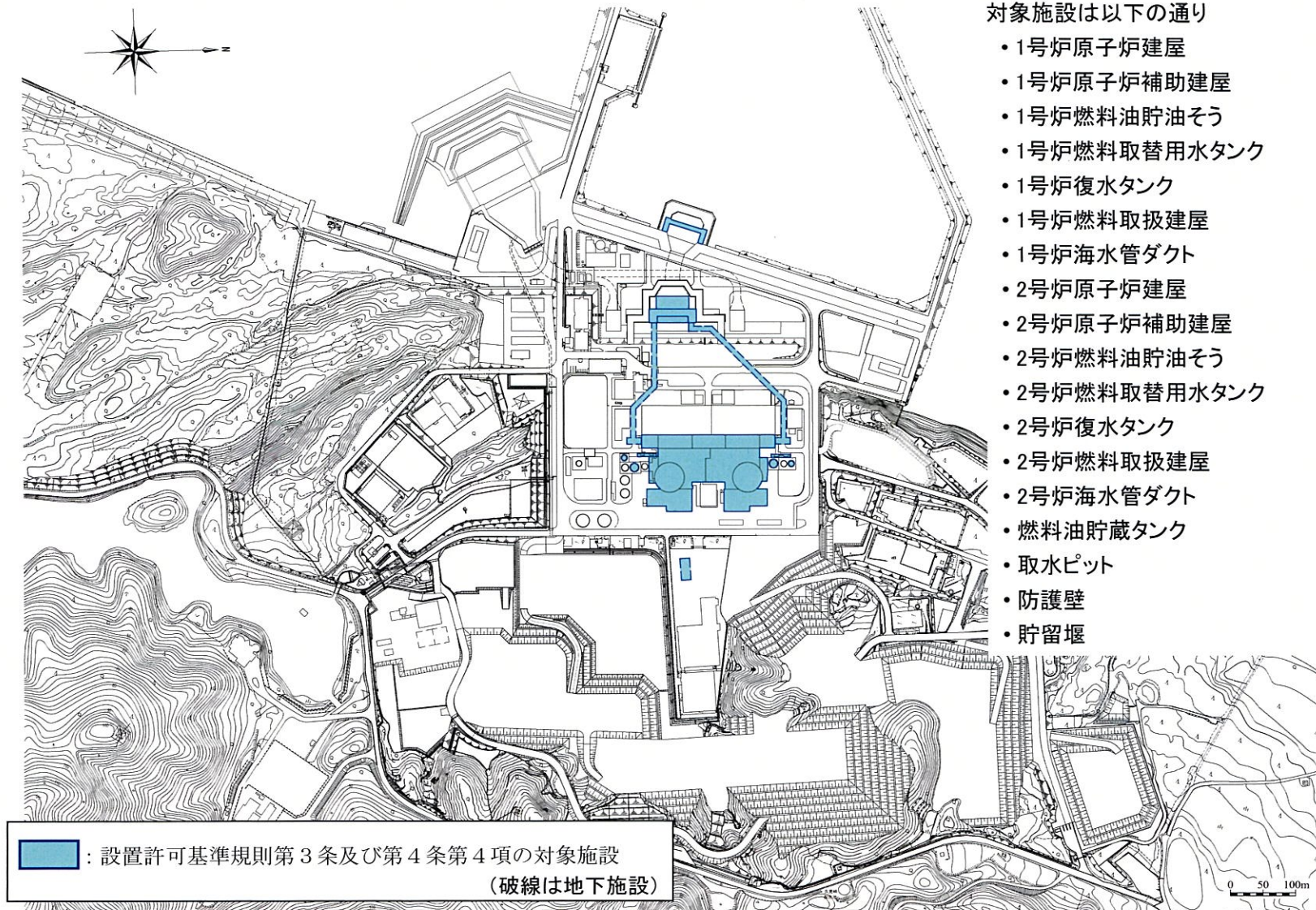
■ 地震力に対する基礎地盤の安定性について、既許可評価における評価方法・評価条件を踏襲し、標準応答スペクトルを考慮し策定した基準地震動Ss-3による評価を実施する。

【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	今回申請における評価方法・評価条件
評価対象断面位置	<p>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)</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。 ※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。
解析方法	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 既許可評価の岩盤分類に変更がなく、また、解析用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。

2. 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、第2項及び第4条第4項に適合することを確認する。



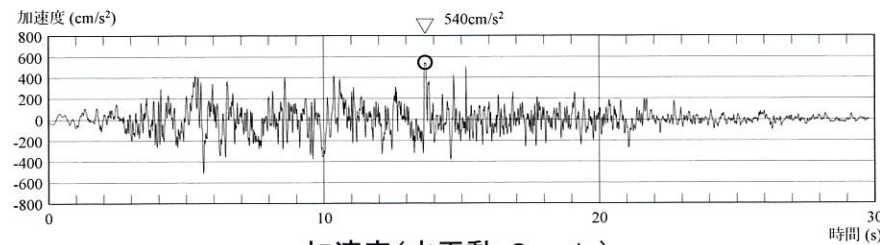
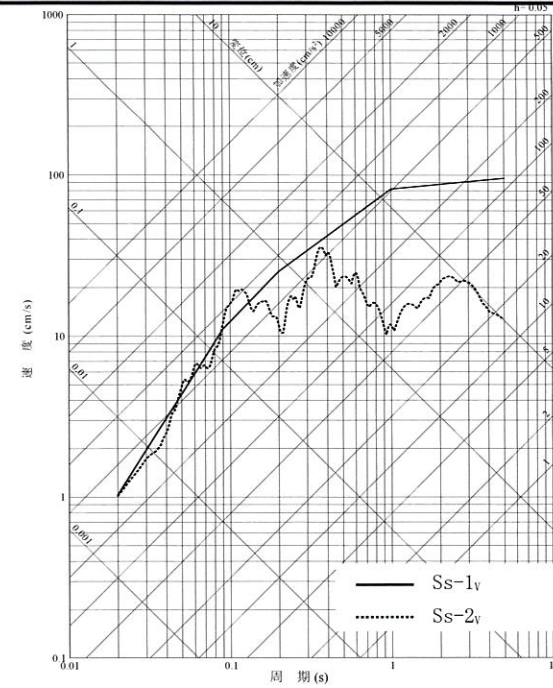
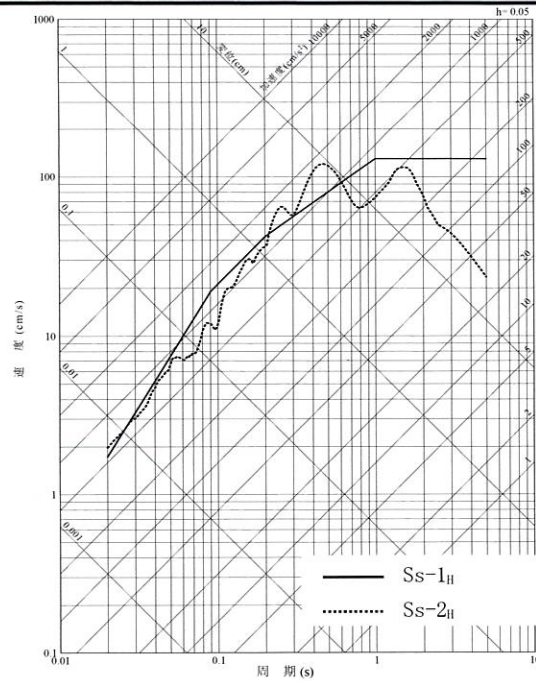
2. 評価方針(対象施設)

- 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、第2項及び第39条第2項に適合するよう設置する。

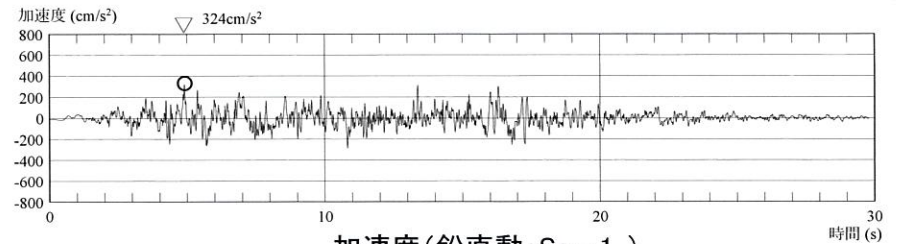
1. 敷地の地形変更による既許可の評価方法・評価条件、周辺斜面への影響
2. 評価方針
3. **基準地震動**
4. 地盤の支持
5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響
6. 周辺斜面の安定性
7. まとめ

3. 基準地震動

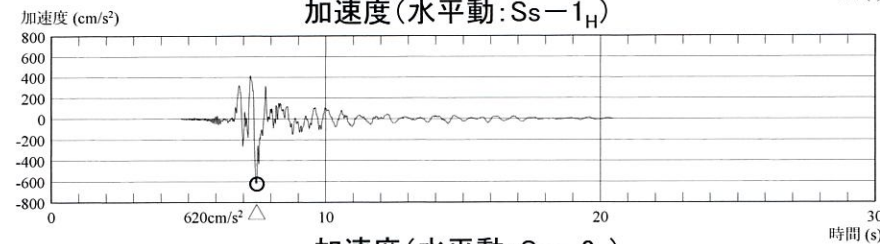
■ 基準地震動Ss-1及びSs-2の応答スペクトル及び時刻歴波形を示す。



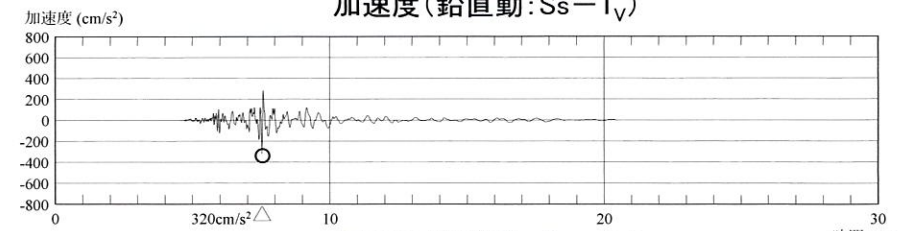
加速度(水平動: Ss-1_H)



加速度(鉛直動: Ss-1_V)



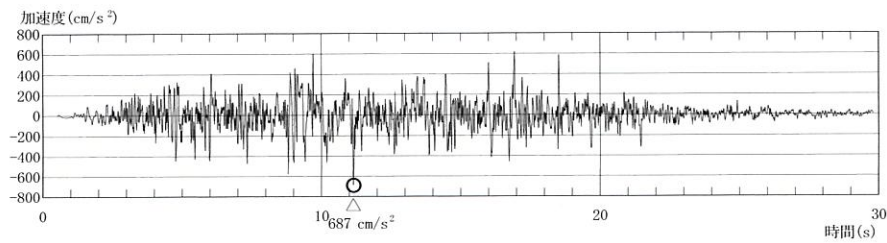
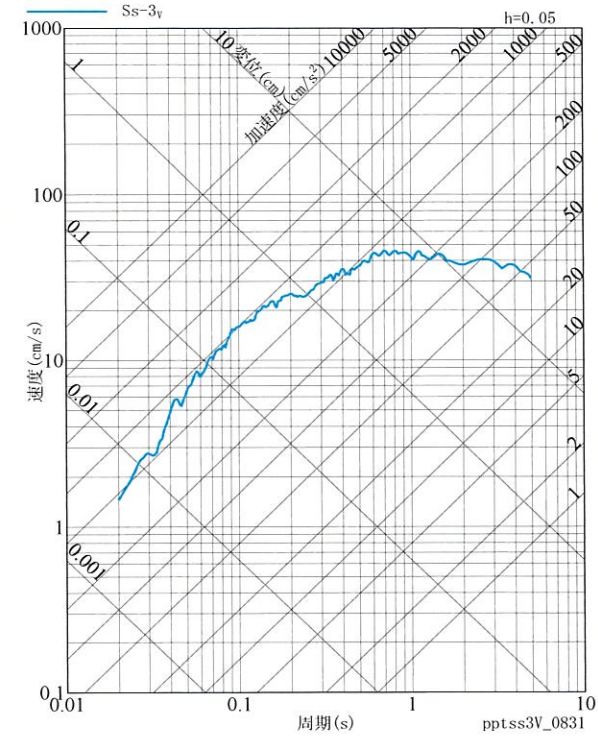
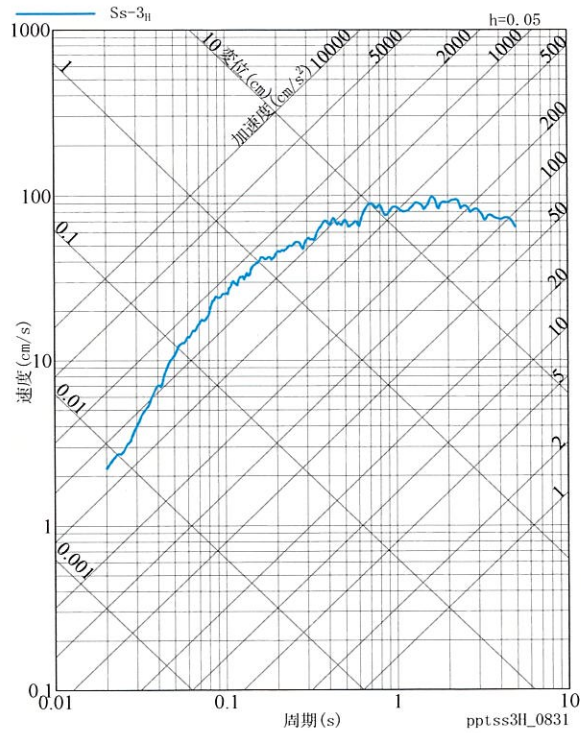
加速度(水平動: Ss-2_H)



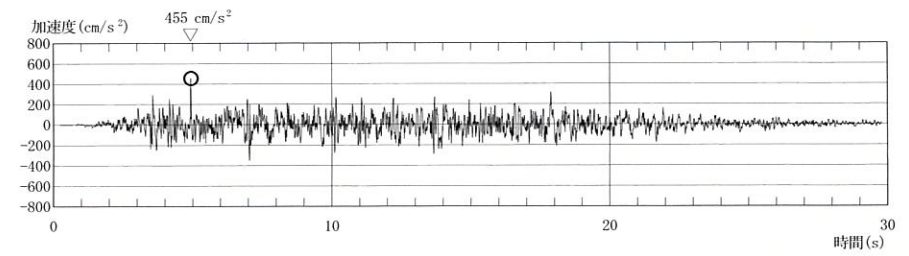
加速度(鉛直動: Ss-2_V)

3. 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)

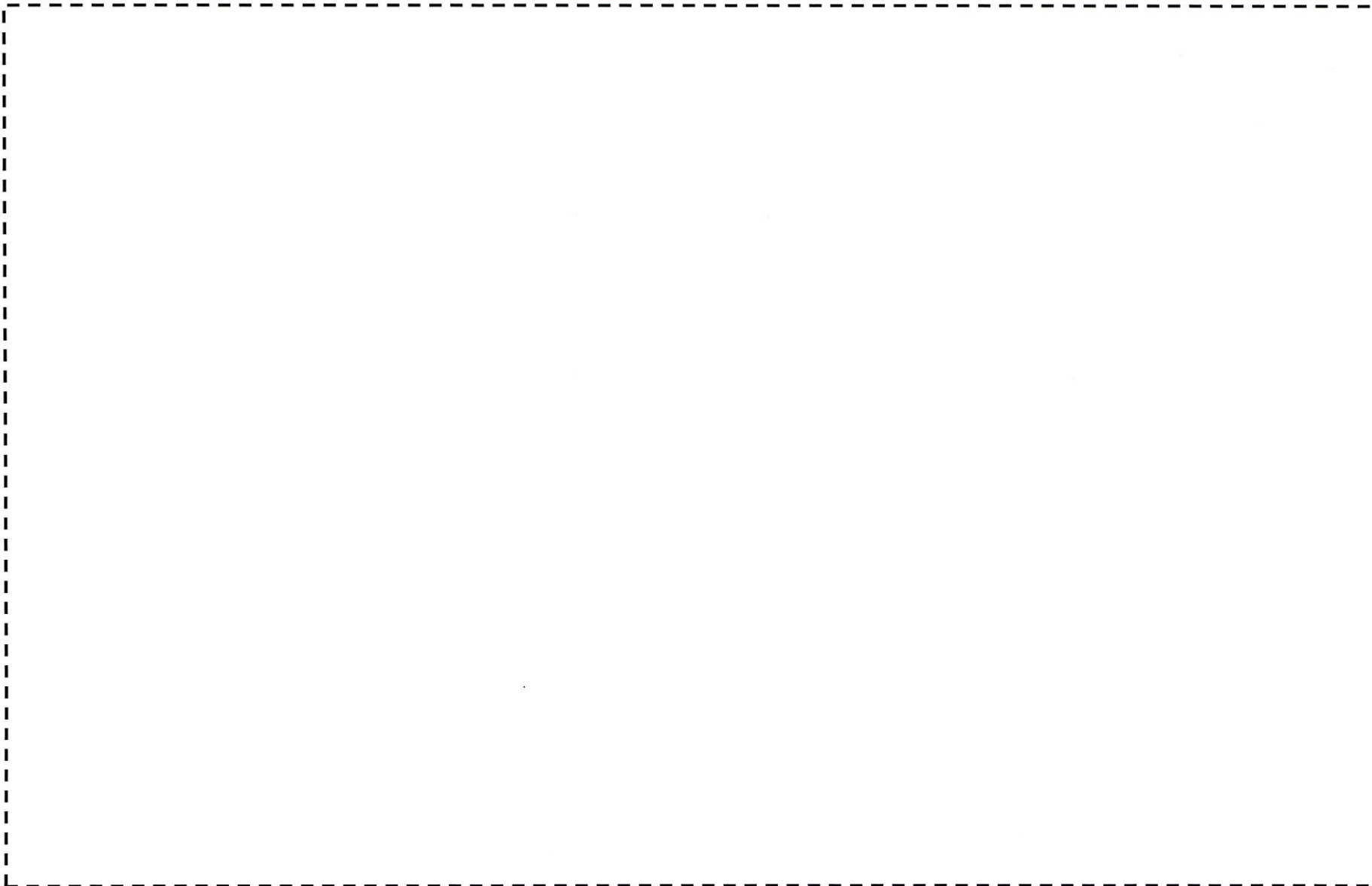


加速度(鉛直動)

1. 敷地の地形変更による既許可の評価方法・評価条件、周辺斜面への影響
2. 評価方針
3. 基準地震動
4. **地盤の支持**
 4. 1. **評価対象断面**
 4. 2. 解析用物性値
 4. 3. 評価方法
 4. 4. 評価結果
5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響
6. 周辺斜面の安定性
7. まとめ

4. 1. 評価対象断面

- 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、評価を実施する施設の選定については参考資料2、3を参照)



1. 敷地の地形変更による既許可の評価方法・評価条件、周辺斜面への影響
2. 評価方針
3. 基準地震動
4. **地盤の支持**
 4. 1. 評価対象断面
 4. 2. **解析用物性値**
 4. 3. 評価方法
 4. 4. 評価結果
5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響
6. 周辺斜面の安定性
7. まとめ

4. 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) に一部加筆

- 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。
- 弱層部は、地質観察結果等を踏まえ、断層内物質及び断層内物質(凝灰質粘土状)に分類。

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

※ 当該地点の地盤のうち、みやま層、北薩火山岩類Ⅰ、及び混在岩については、岩盤性状(風化・硬さ・割れ目)に顕著な差異がないため、岩級区分は行わず、岩種のみで区分している。

分類(弱層部)		性 状
断層	断層内物質	礫状物質、砂状物質、シルト状物質、粘土状物質、鱗片状物質及び葉片状物質からなる
	断層内物質 (凝灰質粘土状)	凝灰質な粘土状物質からシルト状物質を主体とし、細粒分を多く含む

4. 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			変形特性				
		密度 $\rho(\text{g/cm}^3)$	せん断強度 $\tau_0(\text{N/mm}^2)$	強度特性	動的変形特性			静的変形特性	
					内部摩擦角 $\phi(^{\circ})$	残留強度 $\tau(\text{N/mm}^2)$	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 $h(\%)$
礫岩	B,C _H 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 $\sigma^{0.84}$				
	C _L 級	2.27	0.19	43.7	0.72 σ				
	D級	2.09	0.06	18.7	$\sigma \leq 0.08 \tau = 0.06 + \sigma \tan 18.7^{\circ}$ $\sigma > 0.08 \tau = 0.07 + \sigma \tan 10.3^{\circ}$				
砂岩	B,C _H 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 $\sigma^{0.49}$				
	C _L 級	2.28	0.24	27.6	0.64 $\sigma^{0.48}$				
	D級	2.22	0.06	18.7	$\sigma \leq 0.08 \tau = 0.06 + \sigma \tan 18.7^{\circ}$ $\sigma > 0.08 \tau = 0.07 + \sigma \tan 10.3^{\circ}$				
粘板岩及び頁岩	B,C _H 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 $\sigma^{0.51}$				
	C _L 級	2.28	0.17	27.6	0.58 $\sigma^{0.53}$				
	D級	1.86	0.06	18.7	$\sigma \leq 0.08 \tau = 0.06 + \sigma \tan 18.7^{\circ}$ $\sigma > 0.08 \tau = 0.07 + \sigma \tan 10.3^{\circ}$				
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,C _H 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 $\sigma^{0.51}$				
	C _L 級	2.40	0.17	27.6	0.58 $\sigma^{0.53}$				
	D級	1.75	0.04	26.9	$\tau = 0.03 + \sigma \tan 24.0^{\circ}$				
北薩火山岩類 I	2.11	0.79	32.5	$\tau = 0.34 + \sigma \tan 33.9^{\circ}$	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	$\tau = 0.34 + \sigma \tan 33.9^{\circ}$	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 _L 級	2.47	0.30	31.4	0.79 $\sigma^{0.53}$				
	D級	1.85	0.30	31.4	0.79 $\sigma^{0.53}$				
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 _L 級	1.98	0.31	29.3	0.69 $\sigma^{0.38}$				
	D級	1.81	0.31	29.3	0.69 $\sigma^{0.38}$				
断層内物質	2.27	0.11	27.9	$\tau = 0.11 + \sigma \tan 25.3^{\circ}$	$G_0 = 0.464 \sigma_m^{0.75}$ $G_d/G_0 = 1/(1 + 483\gamma^{0.85})$	0.45	$h = [\gamma / (6.813\gamma + 0.002) + 0.093] \times 100$	0.083 $\sigma_3^{0.86}$	0.40
断層内物質(凝灰質粘土状)	1.64	0.06	11.7	$\tau = 0.04 + \sigma \tan 10.6^{\circ}$	$G_0 = 0.061 \sigma_m^{0.61}$ $G_d/G_0 = 1/(1 + 188\sigma_m^{0.95})$	0.45	$h = [\gamma / (4.268\gamma + 0.063) + 0.017] \times 100$	0.048 $\sigma_3^{0.15}$	0.40
埋戻土 ^{※1}	2.00	0.01	37.3	$\tau = \sigma \tan 37.3^{\circ}$	$G_0 = 0.183 \sigma_m^{0.44}$ $G_d/G_0 = 1/(1 + 161\gamma^{0.75})$	0.45	$h = [\gamma / (4.639\gamma + 0.008) + 0.013] \times 100$	0.193 $\sigma_3^{1.24}$	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

4. 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 _{C11} 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	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 _M 級	密度試験結果	岩盤せん断試験結果	残岩C ₁₀ 級に基づき算定	慣用値 ^{※1}			岩盤変形試験結果	慣用値 ^{※1}	
	C ₁ 級	礫岩C ₁₀ 級に基づき算定	岩盤せん断試験結果	残岩C ₁₀ 級に基づき算定	慣用値 ^{※1}			岩盤変形試験結果	慣用値 ^{※1}	
	D級	密度試験結果	粘板岩D級を使用					慣用値 ^{※1}	粘板岩D級を使用	慣用値 ^{※1}
砂岩	B _{C11} 級	密度試験結果	砂岩C ₁₀ 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_d/G_0 ; 粘板岩D級を使用	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 _M 級	密度試験結果	粘板岩C ₁₀ 級に基づき算定	粘板岩C ₁₀ 級に基づき算定	慣用値 ^{※1}			岩盤変形試験結果	慣用値 ^{※1}	
	C ₁ 級	現場密度試験結果	岩盤せん断試験結果					慣用値 ^{※1}	岩盤変形試験結果	慣用値 ^{※1}
	D級	密度試験結果	粘板岩D級を使用					慣用値 ^{※1}	粘板岩D級を使用	慣用値 ^{※1}
粘板岩 及び頁岩	B _{C11} 級	密度試験結果	粘板岩C ₁₀ 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_d/G_0 ; 繰返し三軸試験結果	繰返し三軸試験結果	慣用値 ^{※1}	粘板岩C ₁₀ 級に基づき算定	一軸圧縮試験結果
	C _M 級	密度試験結果	岩盤せん断試験結果					慣用値 ^{※1}	粘板岩C ₁₀ 級に基づき算定	慣用値 ^{※1}
	C ₁ 級	粘板岩C ₁₀ 級に基づき算定	砂岩C ₁₀ 級に基づき算定	砂岩C ₁₀ 級に基づき算定	慣用値 ^{※1}			岩盤変形試験結果	慣用値 ^{※1}	
	D級	密度試験結果	静的三軸圧縮試験結果					慣用値 ^{※1}	静的三軸圧縮試験結果	慣用値 ^{※1}
混在岩	粘板岩C ₁₀ 級を使用	粘板岩C ₁₀ 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 ₁₀ 級を使用	慣用値 ^{※1}		
変はんれい 岩類	B _{C11} 級	密度試験結果	粘板岩C ₁₀ 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_d/G_0 ; 繰返し三軸試験結果	繰返し三軸試験結果	慣用値 ^{※1}	粘板岩C ₁₀ 級を使用	粘板岩C ₁₀ 級を使用
	C _M 級	密度試験結果	粘板岩C ₁₀ 級を使用					慣用値 ^{※1}	粘板岩C ₁₀ 級を使用	慣用値 ^{※1}
	C ₁ 級	変はんれい岩類C ₁₀ 級に基づき算定	粘板岩C ₁₀ 級を使用					慣用値 ^{※1}	粘板岩C ₁₀ 級を使用	慣用値 ^{※1}
	D級	密度試験結果	静的三軸圧縮試験結果					慣用値 ^{※1}	静的三軸圧縮試験結果	慣用値 ^{※1}
北礫火山岩類 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}		
北礫 火山岩類 II	C _M 級	密度試験結果	北礫火山岩類 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_d/G_0 ; 粘板岩D級を使用	粘板岩D級を使用	慣用値 ^{※1}	北礫火山岩類 II C ₁₀ 級を使用	一軸圧縮試験結果
	C ₁ 級	密度試験結果	北礫火山岩類 II D級を使用					慣用値 ^{※1}	北礫火山岩類 II D級に基づき算定	一軸圧縮試験結果
	D級	密度試験結果	岩盤せん断試験結果					慣用値 ^{※1}	岩盤変形試験結果	慣用値 ^{※1}
溶結 凝灰岩	C _M 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_d/G_0 ; 粘板岩D級を使用	粘板岩D級を使用	慣用値 ^{※1}	溶結凝灰岩C ₁₀ 級に基づき算定	北礫火山岩類 II C ₁₀ 級を使用
	C ₁ 級	密度試験結果	溶結凝灰岩D級を使用					慣用値 ^{※1}	岩盤変形試験結果	北礫火山岩類 II C ₁₀ 級を使用
	D級	密度試験結果	岩盤せん断試験結果					慣用値 ^{※1}	静的三軸圧縮試験結果	慣用値 ^{※1}
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。

4. 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。

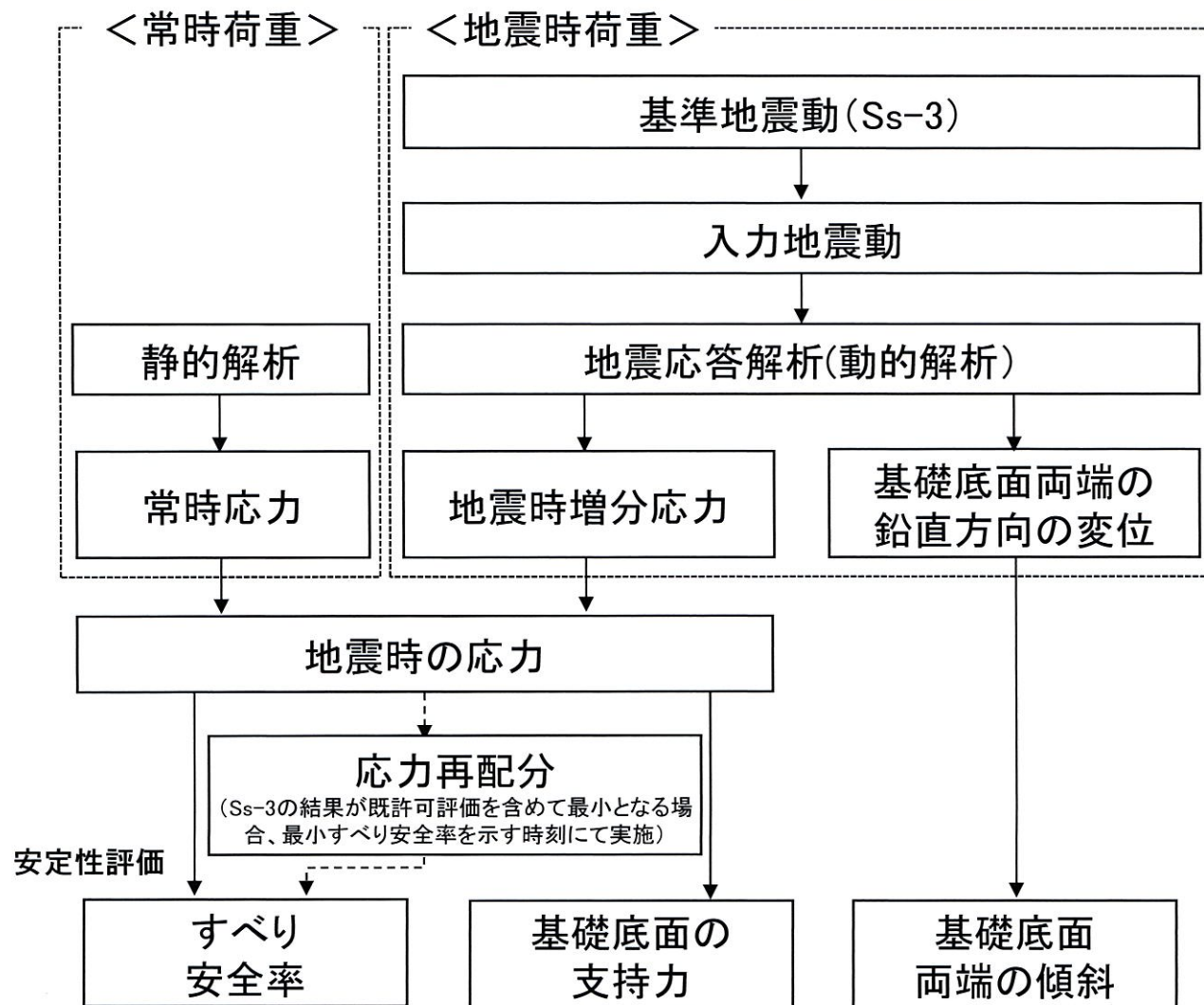
すべり安全率に対しては強度特性のばらつきが大きく影響することから、地盤物性のうち強度特性に関するばらつきを考慮する。

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、抵抗力にもっ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. 敷地の地形変更による既許可の評価方法・評価条件、周辺斜面への影響
2. 評価方針
3. 基準地震動
4. **地盤の支持**
 4. 1. 評価対象断面
 4. 2. 解析用物性値
 4. **3. 評価方法**
 4. 4. 評価結果
5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響
6. 周辺斜面の安定性
7. まとめ

4. 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。

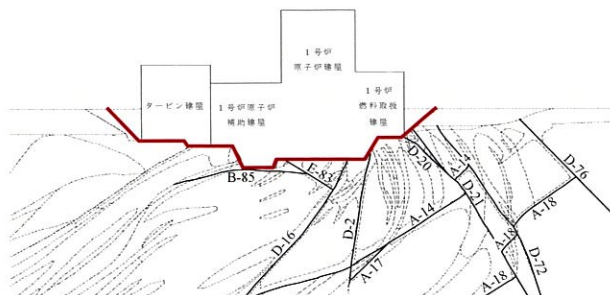


4. 3. 評価方法(評価内容)

平成26年7月28日
まとめ資料資料3-1 (P-34)
の説明文の記載を適正化

【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】

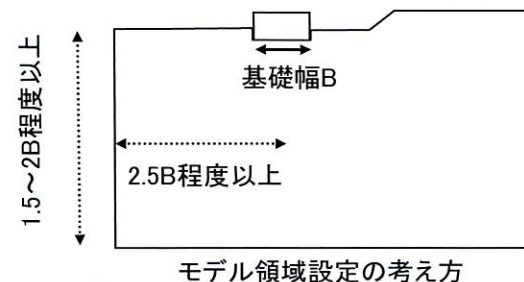
建屋基礎底面両端それぞれの鉛直方向変位の差を基礎底面幅で除して求めた傾斜が、評価基準値の目安である1/2,000以下であることを確認する。

4. 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 より求める最大要素高さを上回らないよう設定する。

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

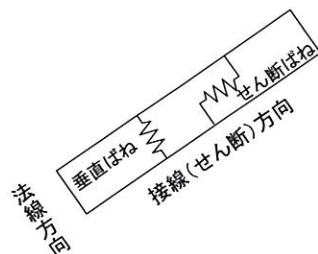
要素高さの最大値の目安^{※1}

※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

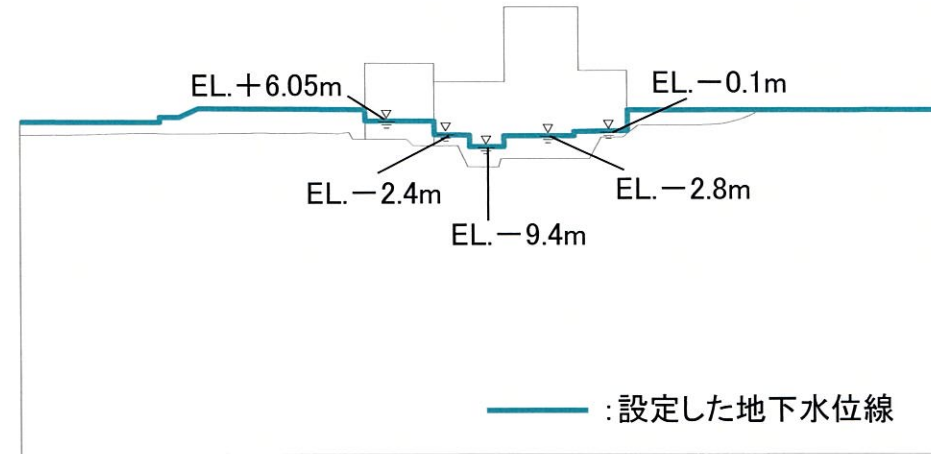
ジョイント要素に用いるばね定数

4. 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)
境界条件の用語を適正化

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。

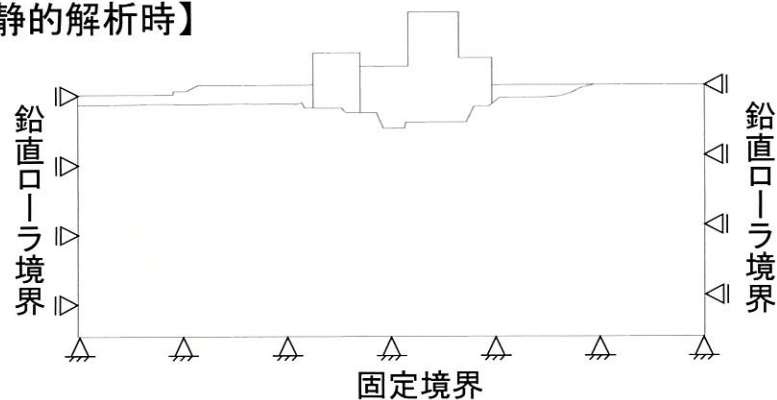


地下水位設定の考え方

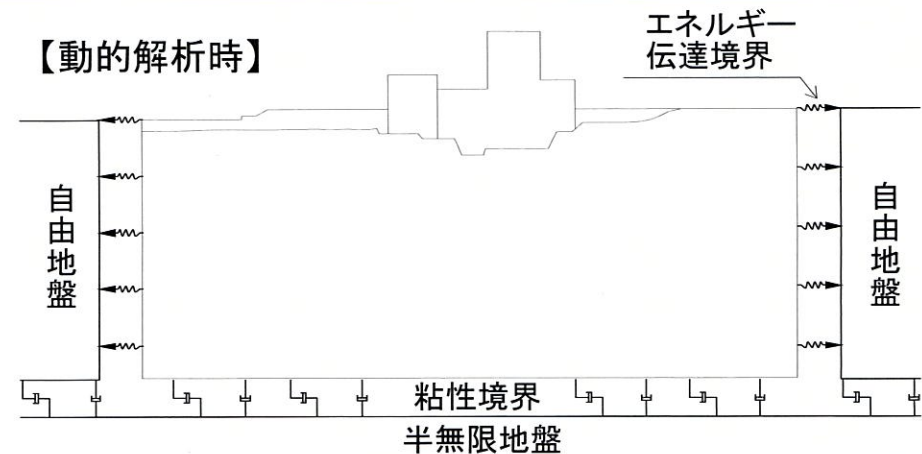
境界条件

- 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】

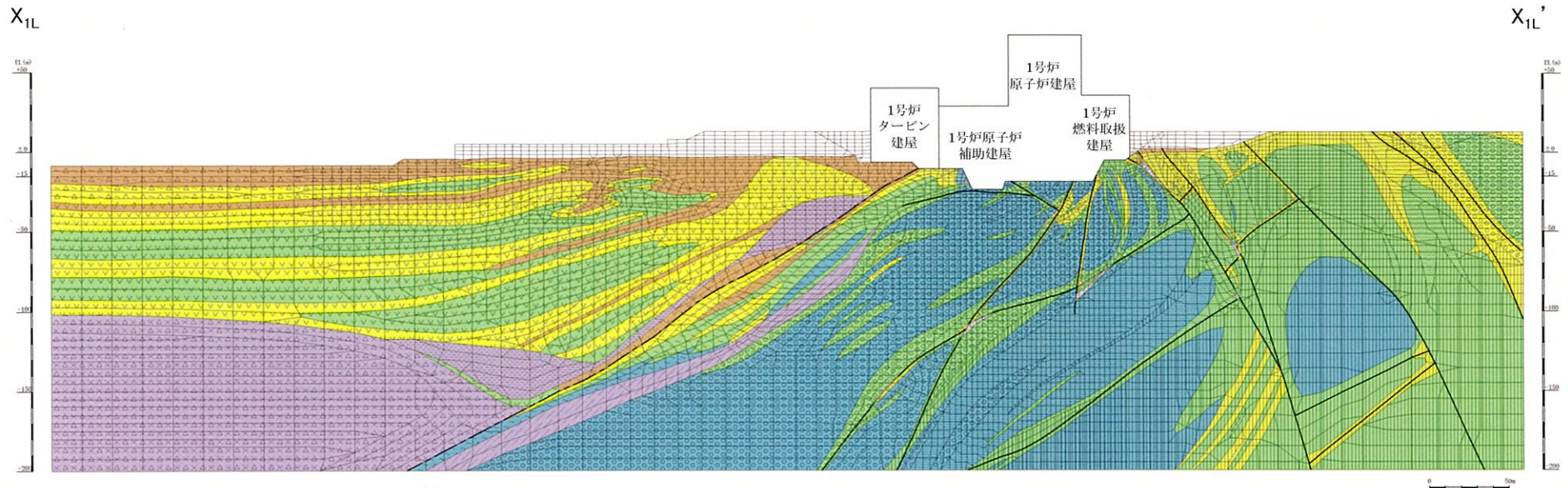


【動的解析時】



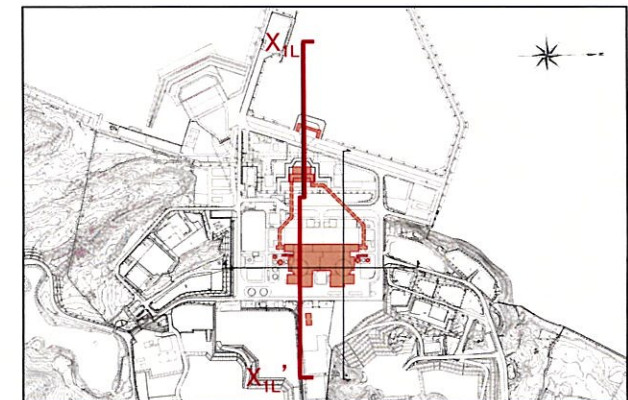
4. 3. 評価方法(解析用要素分割図: X_{1L}-X_{1L}' 断面)

平成28年11月25日
 まとめ資料SK-002改4 (P-78) の
 平面図を最新化、凡例を適正化



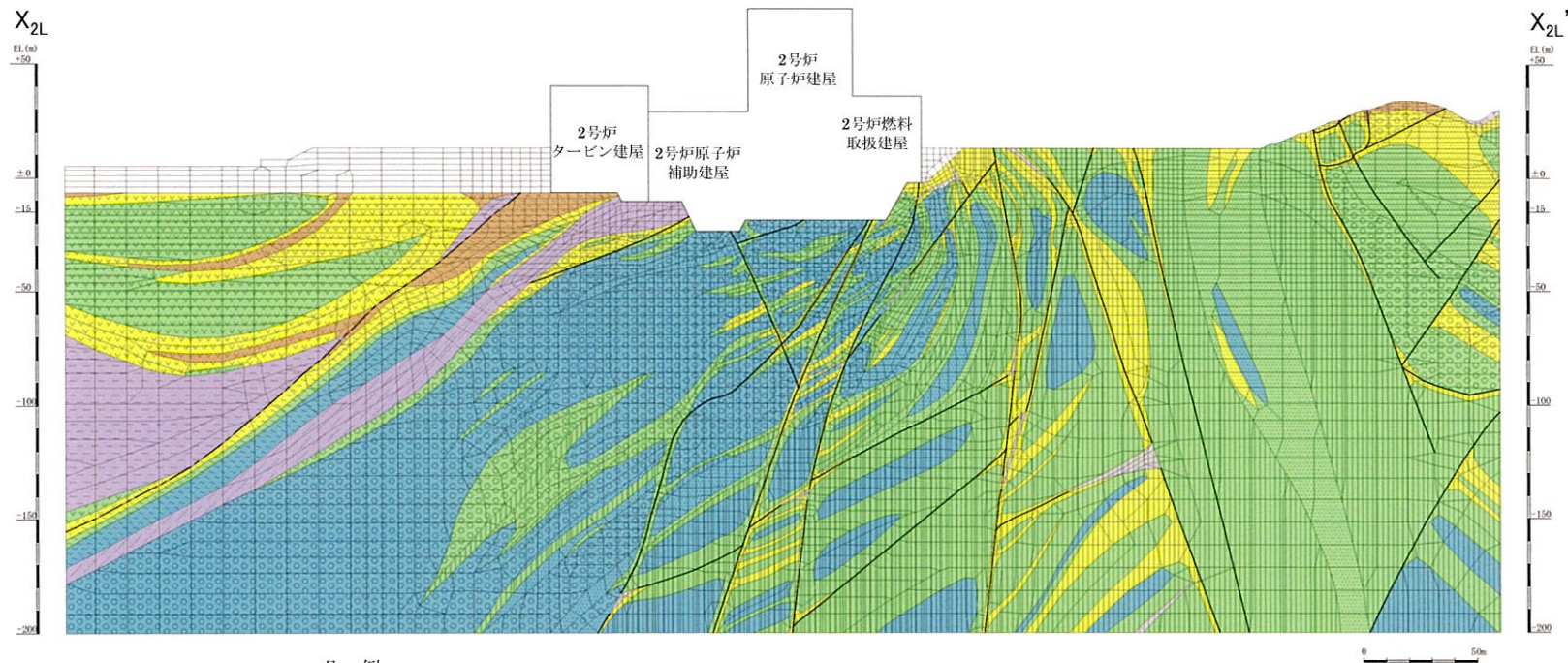
凡例

【岩種・岩級による岩盤分類】			
(岩種)	(岩級)		
	溶結凝灰岩		B, C _{II} 級
	北薩火山岩類II		C _{III} 級
	粘板岩・頁岩		C _I 級
	砂岩		D級
	礫岩		
	変はんれい岩類		
【岩種による岩盤分類】			
	みやま層		
	北薩火山岩類I		
	混在岩		
【その他】			
	断層 (破砕部を含む)		
	断層 (凝灰質粘土状)		
	埋戻土		



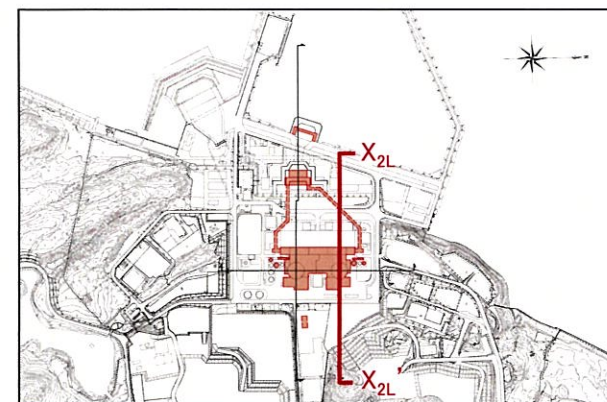
4. 3. 評価方法(解析用要素分割図: X_{2L}-X_{2L}' 断面)

平成28年11月25日
 まとめ資料SK-002改4 (P-79) の
 平面図を最新化、凡例を適正化



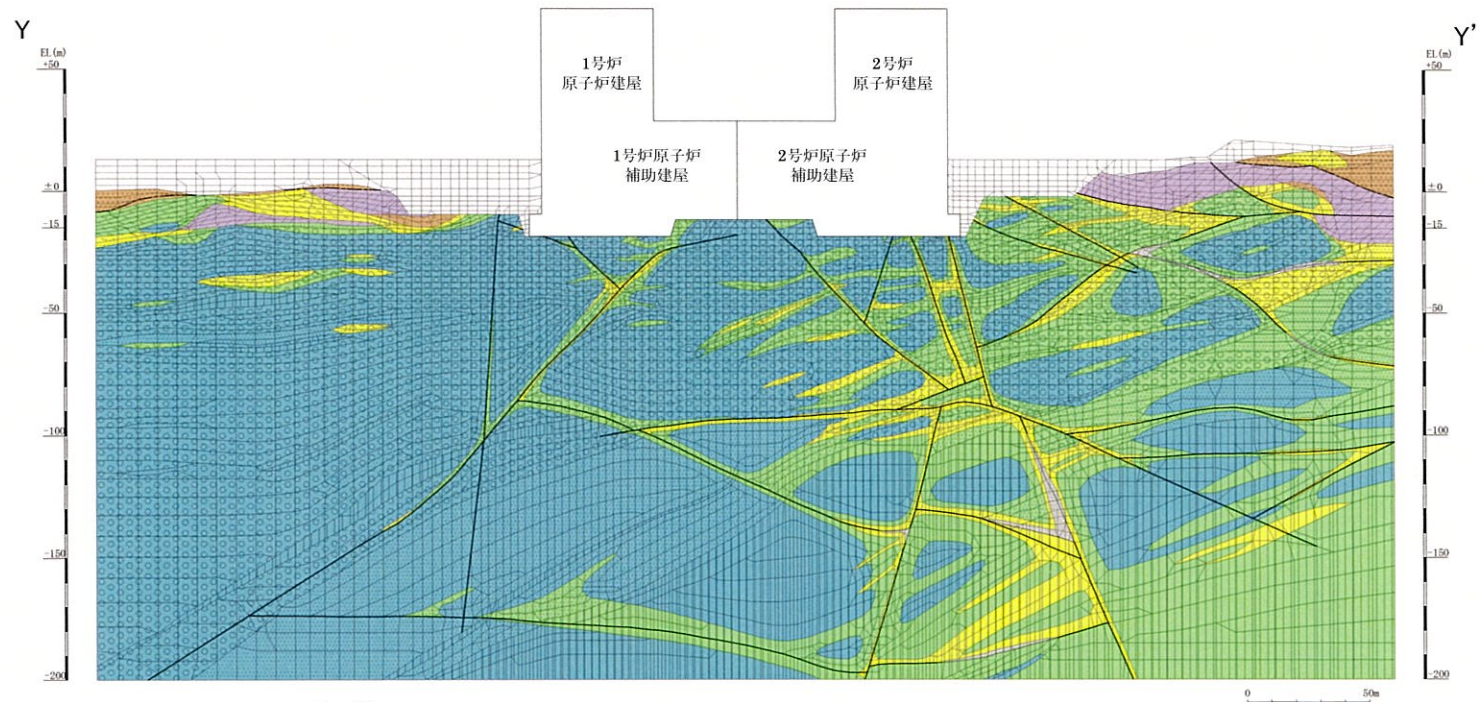
凡例

【岩種・岩級による岩盤分類】	
(岩種)	(岩級)
溶結凝灰岩	B, C _{II} 級
北薩火山岩類II	C _{III} 級
粘板岩・頁岩	C _I 級
砂岩	D級
礫岩	
変はんれい岩類	
【岩種による岩盤分類】	
みやま層	
北薩火山岩類I	
混在岩	
【その他】	
断層 (破砕部を含む)	
断層 (凝灰質粘土状)	
埋戻土	



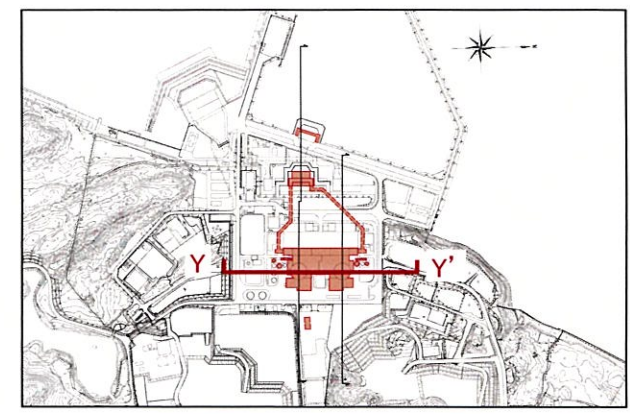
4. 3. 評価方法(解析用要素分割図: Y-Y' 断面)

平成28年11月25日
 まとめ資料SK-002改4 (P-80) の
 平面図を最新化、凡例を適正化



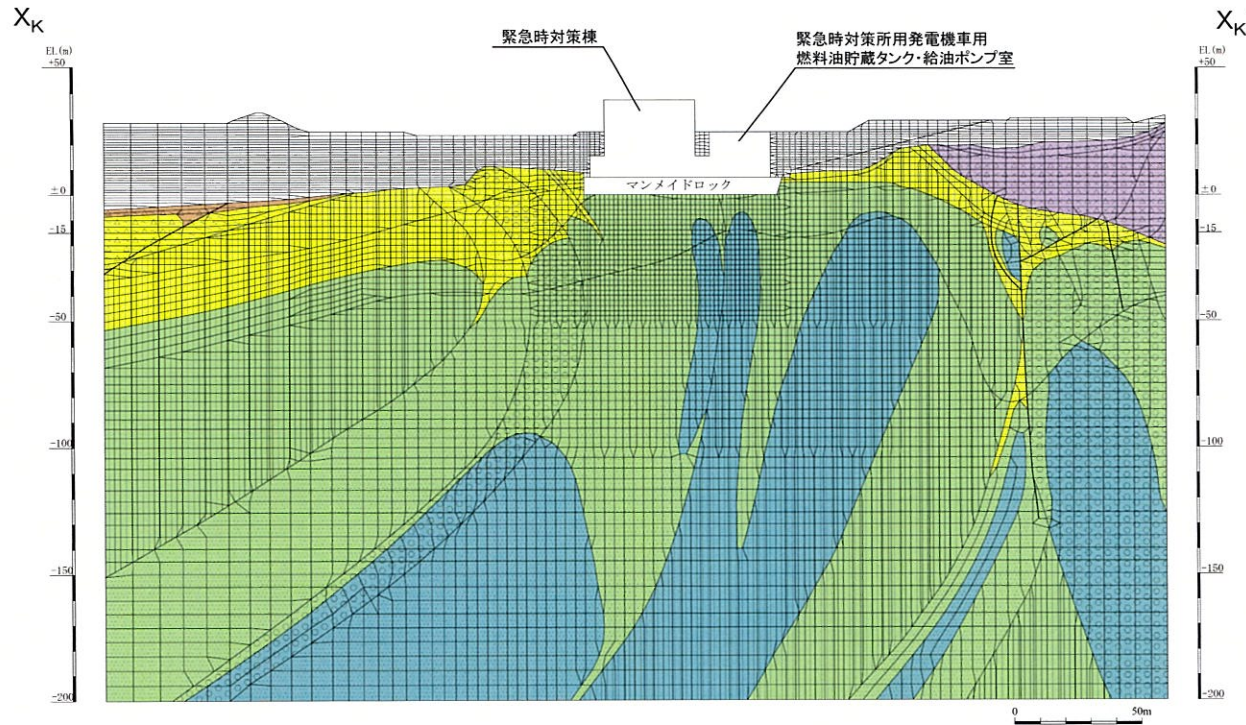
凡例

【岩種・岩級による岩盤分類】			
(岩種)	(岩級)		
	溶結凝灰岩		B, C _{II} 級
	北薩火山岩類II		C _{III} 級
	粘板岩・頁岩		C _I 級
	砂岩		D級
	礫岩		
	変はんれい岩類		
【岩種による岩盤分類】			
	みやま層		
	北薩火山岩類I		
	混在岩		
【その他】			
	断層 (破砕部を含む)		
	断層 (凝灰質粘土状)		
	埋戻土		



4. 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) の
 平面図を最新化、凡例を適正化



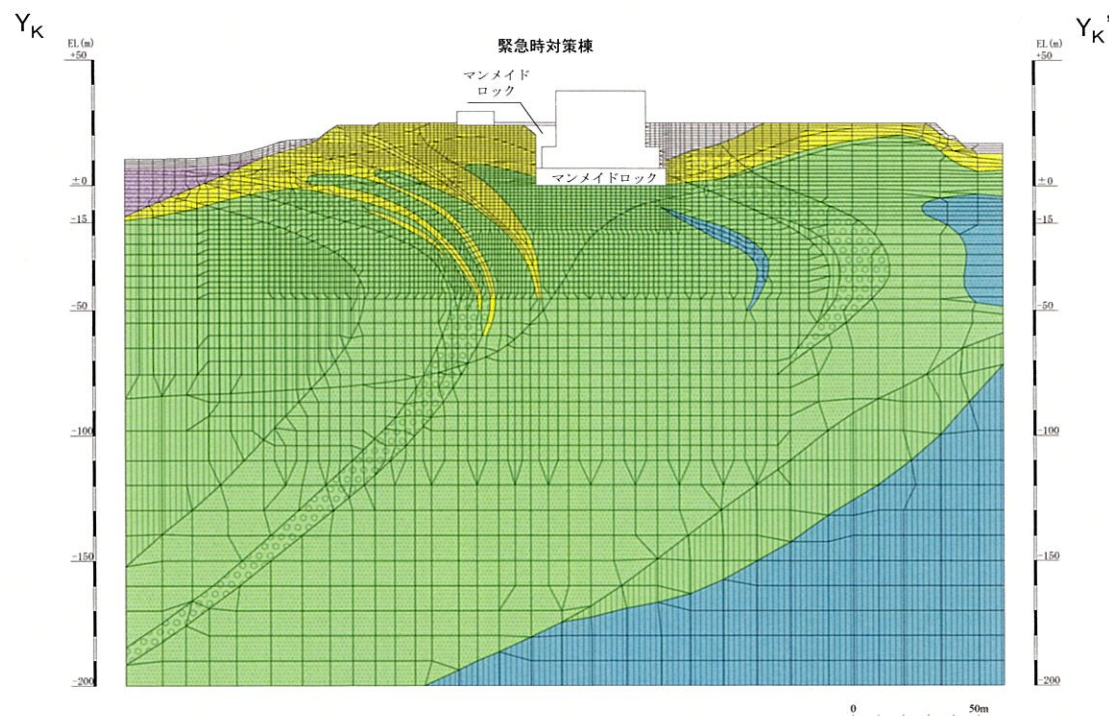
凡例

【岩種・岩級による岩盤分類】	
(岩種)	(岩級)
溶結凝灰岩	B, CII級
北薩火山岩類II	CIII級
粘板岩・頁岩	CI級
砂岩	D級
礫岩	
変はんれい岩類	
【岩種による岩盤分類】	
みやま層	
北薩火山岩類I	
混在岩	
【その他】	
断層 (破砕部を含む)	
断層 (凝灰質粘土状)	
埋戻土	



4. 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) の
 平面図を最新化、凡例を適正化



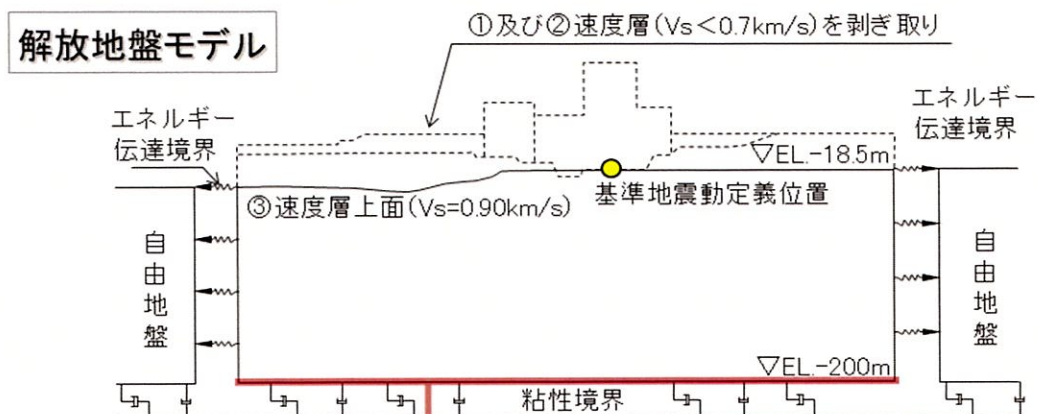
凡例

【岩種・岩級による岩盤分類】			
(岩種)	(岩級)		
	溶結凝灰岩		B, C _{II} 級
	北薩火山岩類II		C _{III} 級
	粘板岩・頁岩		C _I 級
	砂岩		D級
	礫岩		
	変はんれい岩類		
【岩種による岩盤分類】			
	みやま層		
	北薩火山岩類I		
	混在岩		
【その他】			
	断層 (破砕部を含む)		
	断層 (凝灰質粘土状)		
	埋戻土		

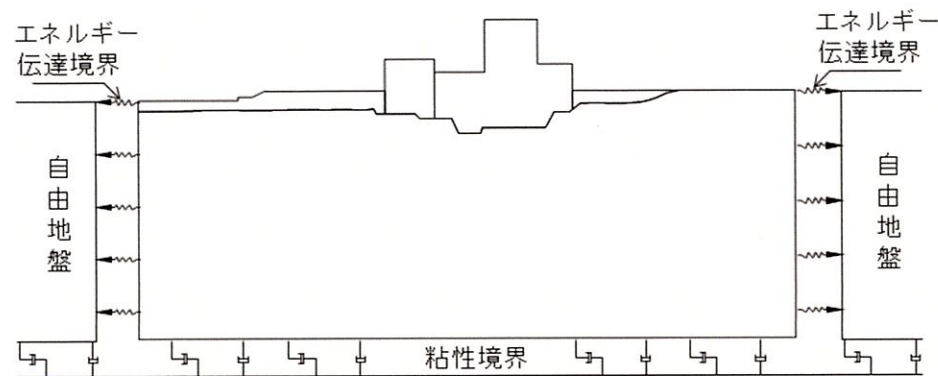


4. 3. 評価方法(入力地震動)

- 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



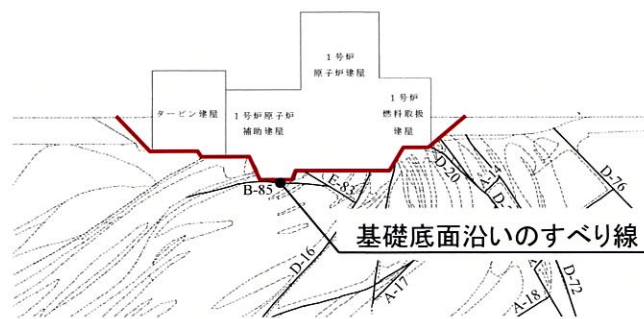
入力地震動(水平・鉛直同時加振)

4. 3. 評価方法(すべり線の選定)

■ 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。

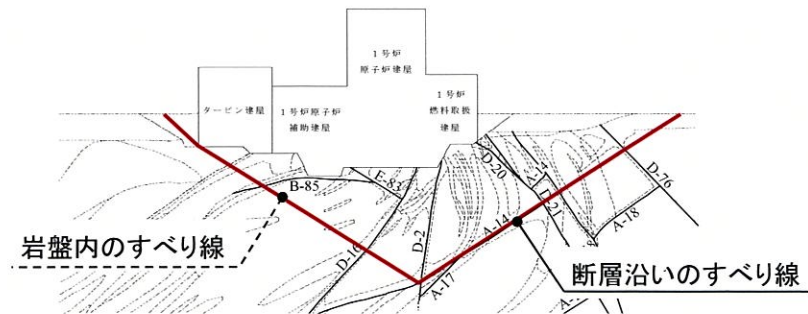
すべり線選定のイメージ

(建屋基礎底面沿いのすべり線)

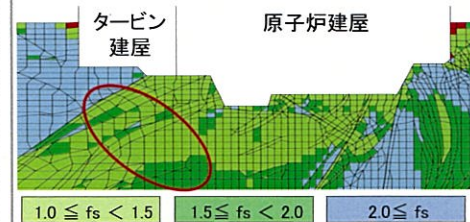


建屋基礎底面を通り、地表面に抜けるすべり線を想定

(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)

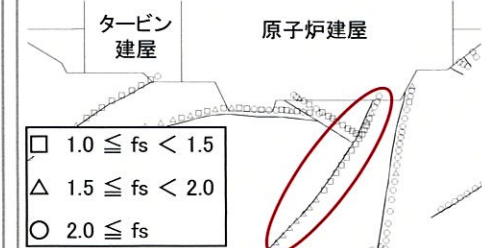


岩盤内のすべり線



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



すべり線を形成しうる断層のうち、局所安全率が小さい断層を通るすべり線を選定。

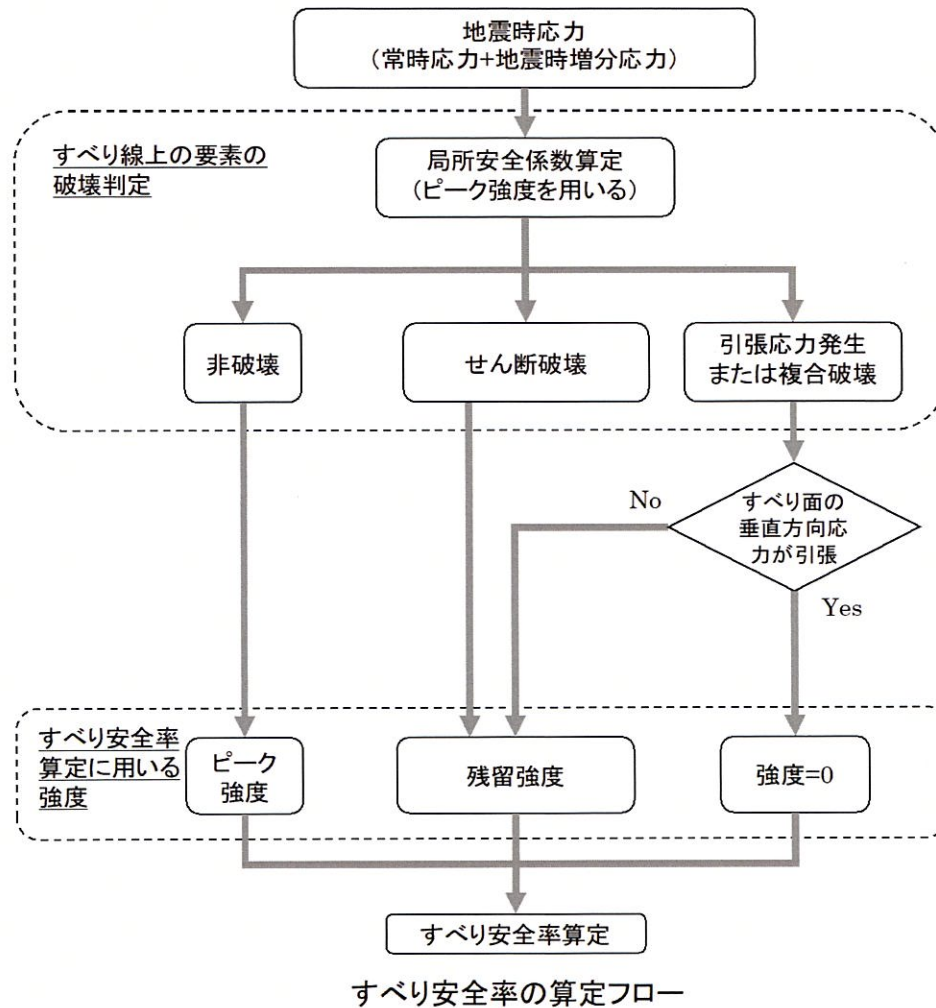
○ その他、建屋基礎底面沿いのすべり線や断層沿いのすべり線を組み合わせたすべり線についても検討。

○ 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スタディ(低角、高角)を実施。

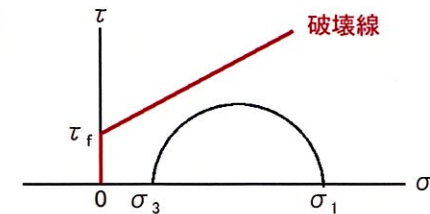
4. 3. 評価方法(すべり安全率算定に用いる岩盤等の強度設定について)

平成28年11月25日
まとめ資料
SK-002改4 (P-45) 再掲

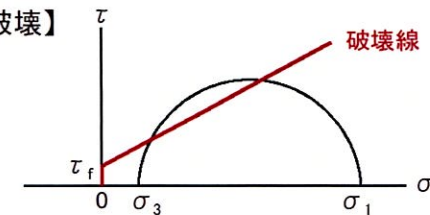
■ すべり安全率を算定する際の岩盤等の強度については、すべり線上の要素の破壊形態(非破壊、せん断破壊、引張破壊、複合破壊)に応じて設定する。



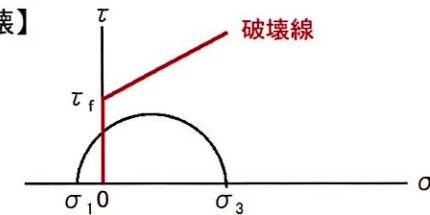
【非破壊】



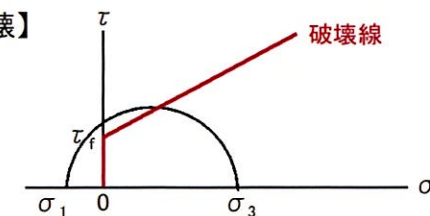
【せん断破壊】



【引張破壊】



【複合破壊】



1. 敷地の地形変更による既許可の評価方法・評価条件、周辺斜面への影響
2. 評価方針
3. 基準地震動
4. **地盤の支持**
 4. 1. 評価対象断面
 4. 2. 解析用物性値
 4. 3. 評価方法
 4. 4. **評価結果**
 4. 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**
 4. 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
5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響
6. 周辺斜面の安定性
7. まとめ

4. 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

■ 対象施設の基礎地盤について、基準地震動Ss-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

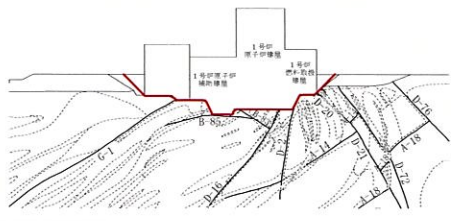
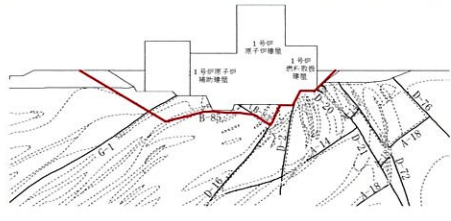
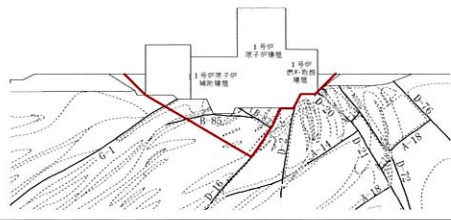
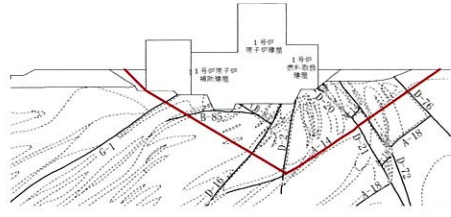
※1 Ss-3の結果が既許可評価を含めて最小とならないため、応力再配分及び地盤物性のばらつきを考慮した評価は実施していない(既許可評価を含めたSs-1～Ss-3の基礎地盤のすべりの結果はP51～57を参照)

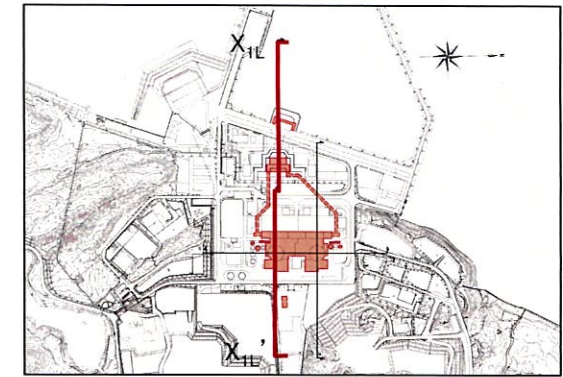
評価内容及び 評価基準値 対象施設		②基礎の支持力	③基礎底面の傾斜
		最大接地圧 < 地盤の 極限支持力 (13.7N/mm ² ※2)	傾斜 ≤ 1/2,000 (評価の目安)
原子炉建屋	1号炉	4.52N/mm ²	1/25,000
	2号炉	3.65N/mm ²	1/22,000


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 (評価の目安)
緊急時対策棟		1.44N/mm ²	1/24,000

※2 設定の考え方はP.46、47に記載

4. 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) (陸側)

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

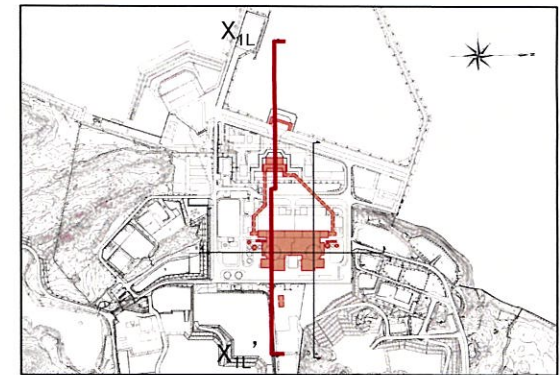


 : 評価断面における
最小すべり安全率

※ 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。

4. 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) (海側)

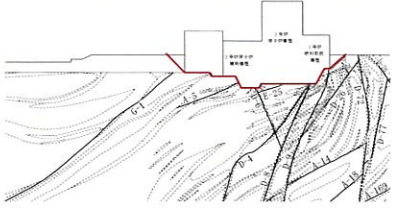
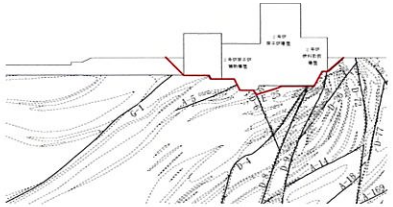
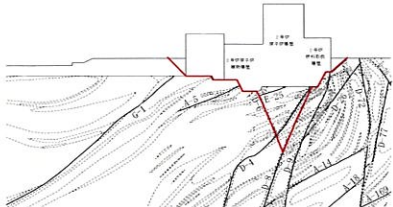
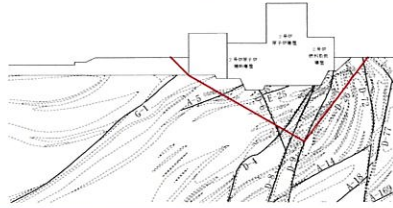
すべり線 番号	すべり線形状	すべり安全率			
			基本強度	時間(s)	
1 (断層のすべり)		Ss-3	(正、正)	5.5	9.33
			(逆、正)	5.0	9.35
			(正、逆)	6.0	9.34
			(逆、逆)	4.9	9.36
2 (断層のすべり)		Ss-3	(正、正)	3.3	10.36
			(逆、正)	3.2	9.36
			(正、逆)	3.7	10.38
			(逆、逆)	3.0	9.37
3 (断層のすべり)		Ss-3	(正、正)	2.86	9.32
			(逆、正)	2.9	9.36
			(正、逆)	3.1	9.34
			(逆、逆)	2.88	9.36
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

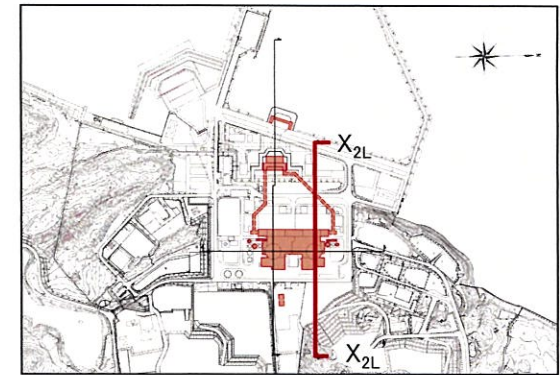



: 評価断面における
最小すべり安全率

※ 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。

4. 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)

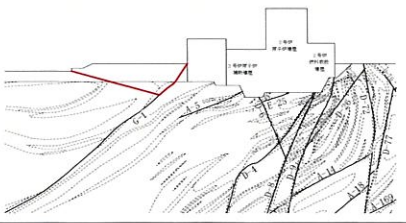
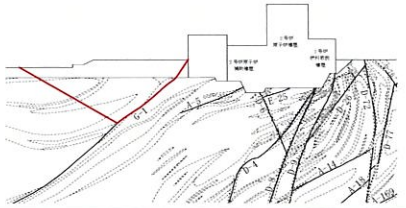
すべり線 番号	すべり線形状	すべり安全率			
			基本強度		
			時間(s)		
1 (建屋底面の すべり)		Ss-3	(正、正)	5.2	11.18
			(逆、正)	4.7	16.95
			(正、逆)	5.0	10.22
			(逆、逆)	4.4	16.95
2 (建屋底面+断層 のすべり)		Ss-3	(正、正)	5.2	11.18
			(逆、正)	4.5	16.95
			(正、逆)	4.6	10.22
			(逆、逆)	4.1	16.95
3 (建屋底面+断層 のすべり)		Ss-3	(正、正)	4.6	9.32
			(逆、正)	5.9	9.32
			(正、逆)	4.7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

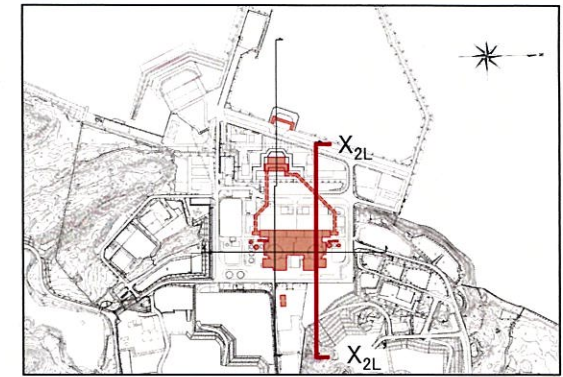


 : 評価断面における
最小すべり安全率

※ 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。

4. 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)

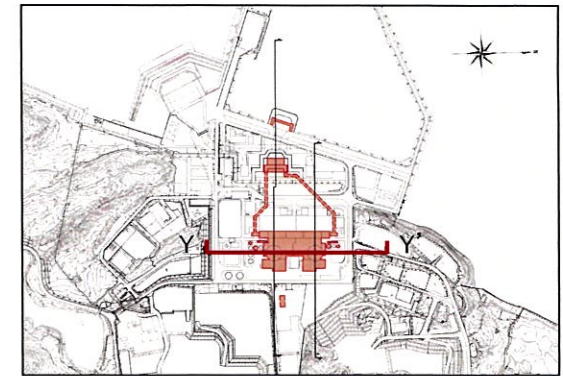
すべり線 番号	すべり線形状	すべり安全率			
			基本強度		
				時間(s)	
5 (断層のすべり)		Ss-3	(正、正)	4.8	12.48
			(逆、正)	4.2	11.01
			(正、逆)	4.5	11.50
			(逆、逆)	4.9	11.08
6 (断層のすべり)		Ss-3	(正、正)	5.2	9.34
			(逆、正)	5.7	10.26
			(正、逆)	5.0	9.34
			(逆、逆)	5.5	11.26



- ※ 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。

4. 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)

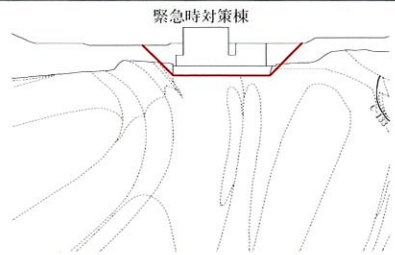
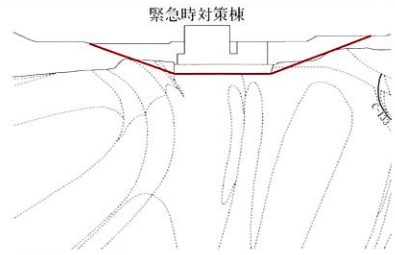
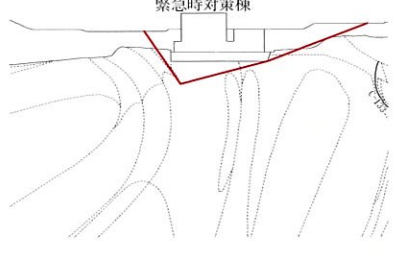
すべり線 番号	すべり線形状	すべり安全率			
			基本強度		
				時間(s)	
1 (建屋底面の すべり)		Ss-3	(正、正)	7.9	16.96
			(逆、正)	8.2	16.96
			(正、逆)	7.8	16.96
			(逆、逆)	8.0	16.96
2 (建屋底面+断層 のすべり)		Ss-3	(正、正)	7.8	16.96
			(逆、正)	7.6	16.96
			(正、逆)	7.6	16.96
			(逆、逆)	7.7	16.96
3 (建屋底面+断層 のすべり)		Ss-3	(正、正)	9.4	10.21
			(逆、正)	9.5	16.96
			(正、逆)	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)	3.74	16.97
			(正、逆)	3.9	11.20
			(逆、逆)	3.70	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。

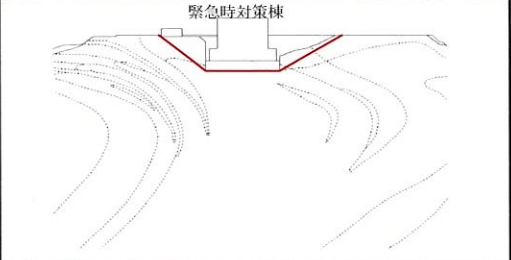
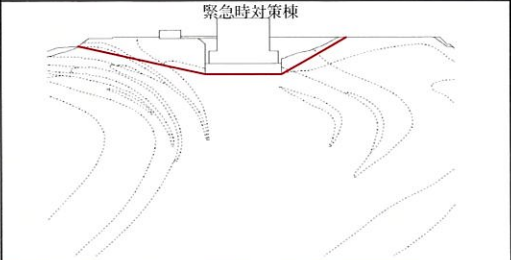
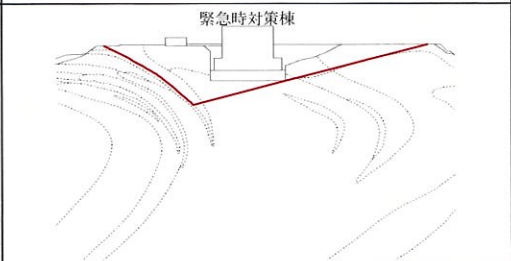
4. 4. 1. 基準地震動Ss-3に関する基礎地盤の安定性評価結果 (①基礎地盤のすべり: X_K-X_K' 断面)


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。

4. 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	9.45
			(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。

4. 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	1.1.20s

 : 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)
より抜粋して再掲

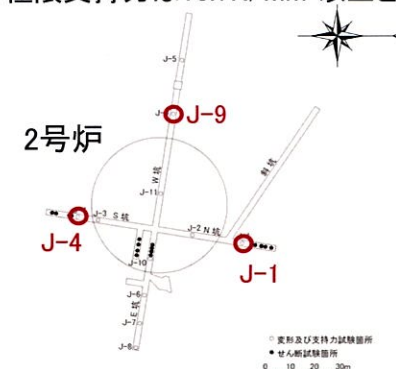
【原子炉建屋の基礎地盤の極限支持力の考え方】

- ・ 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

4. 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)
より抜粋して再掲

【緊急時対策棟の基礎地盤の極限支持力の考え方】

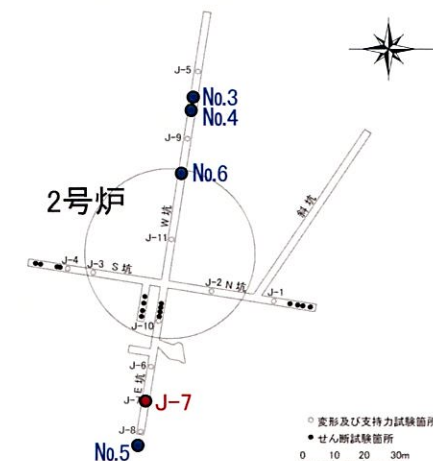
- 緊急時対策棟の基礎地盤は、主に砂岩 C_L 及び C_M 級で構成されているが砂岩 C_L 級の極限支持力は、以下の通り設定する。
- 一軸圧縮強度の比較から砂岩は粘板岩よりも強度が高いことから、粘板岩の試験値で極限支持力を設定する。
- 粘板岩 C_L 級は、 $9.8\text{N}/\text{mm}^2$ ($100\text{kg}/\text{cm}^2$)で破壊に至っていることから、砂岩 C_L 級の極限支持力は $9.8\text{N}/\text{mm}^2$ と評価できるため、緊急時対策棟の基礎地盤の極限支持力は、 $9.8\text{N}/\text{mm}^2$ と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

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_L 級)	砂岩 (C_M 級)	
	採取位置	No.3	No.4	No.5	No.6
一軸 圧縮 強度 (Kg/cm^2)	乾燥	814	960	1,589	1,111
	自然	850	833	953	1,070
	飽和	597	937	1,042	959

岩石試験結果平均値表(ブロックサンプル)



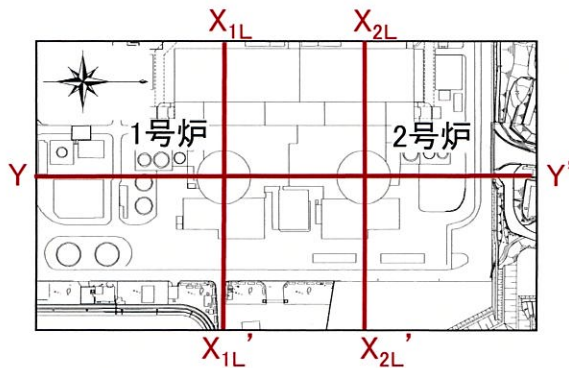
試掘坑内における支持力試験位置

4. 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)

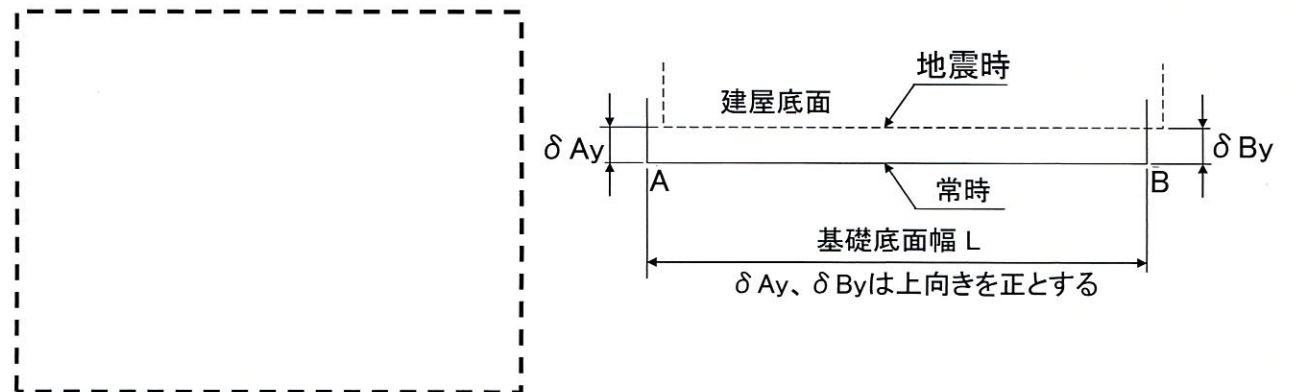
■ 基礎底面の最大傾斜について、原子炉建屋1号炉で1/25,000、原子炉建屋2号炉で1/22,000、緊急時対策棟で1/24,000であり、評価基準値の目安である1/2,000以下であることを確認した。

		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. 敷地の地形変更による既許可の評価方法・評価条件、周辺斜面への影響
2. 評価方針
3. 基準地震動
4. **地盤の支持**
 4. 1. 評価対象断面
 4. 2. 解析用物性値
 4. 3. 評価方法
 4. 4. **評価結果**
 4. 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
 4. 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**
5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響
6. 周辺斜面の安定性
7. まとめ

4. 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。
- なお、今回Ss-3が最も厳しい結果になる断面はなく、Ss-1及びSs-2の結果については既許可評価から変更がないことから、既許可の評価結果を更新するものはない。

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

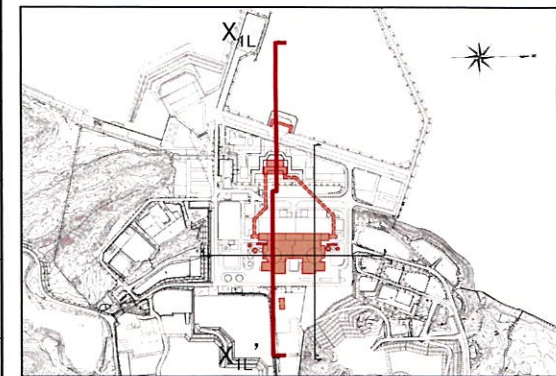
評価内容及び 評価基準値	②基礎の支持力		③基礎底面の傾斜
	最大接地圧 < 地盤の 極限支持力 (13.7N/mm ² ※2)		傾斜 ≤ 1/2,000 (評価の目安)
対象施設			
原子炉建屋	1号炉	6.14N/mm ²	1/14,000
	2号炉	6.43N/mm ²	1/11,000


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 (評価の目安)
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.58に記載

4. 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)(陸側)

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

4. 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)(海側)

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	—	

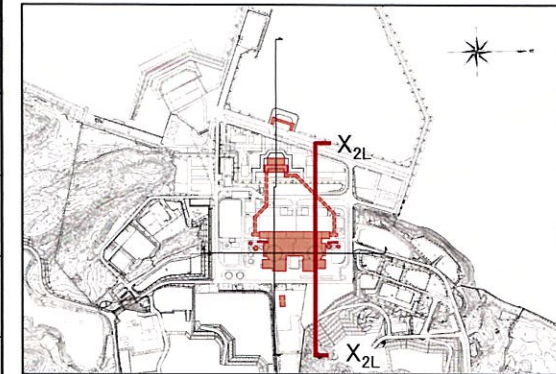


: 評価断面における
 最小すべり安全率
 ()内は応力再配分を
 実施した場合の安全率

- ※ 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

4. 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)

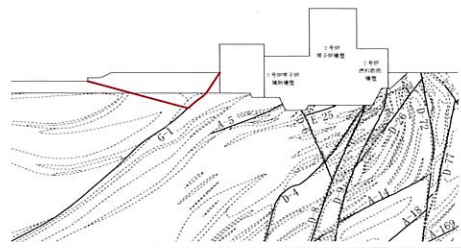
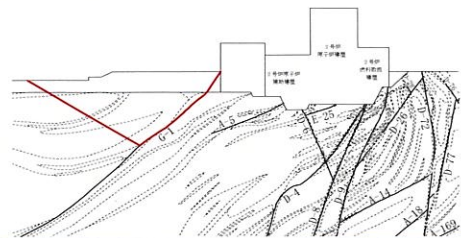
すべり線 番号	すべり線形状	最小すべり安全率				
				基本強度		強度 -1 σ
					時間(s)	
1 (建屋底面の すべり)		Ss-1 (逆、正)	4.0	13.73	—	
		Ss-2 (正、正)	2.8	7.52	—	
		Ss-3 (逆、逆)	4.4	16.95	—	
2 (建屋底面+断層 のすべり)		Ss-1 (逆、正)	3.7	13.74	—	
		Ss-2 (正、正)	2.6(2.6)	7.52	2.5	
		Ss-3 (逆、逆)	4.1	16.95	—	
3 (建屋底面+断層 のすべり)		Ss-1 (正、逆)	4.2	5.44	—	
		Ss-2 (正、正)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

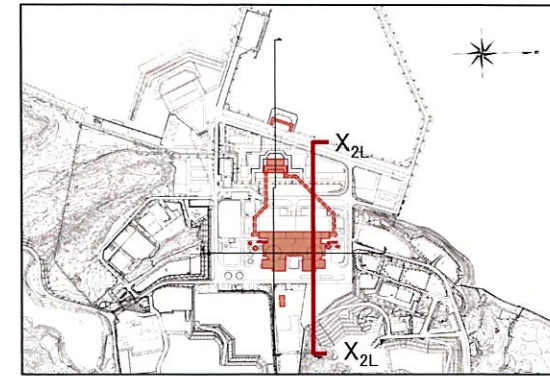


: 評価断面における
最小すべり安全率
()内は応力再配分を
実施した場合の安全率

- ※ 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

4. 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)

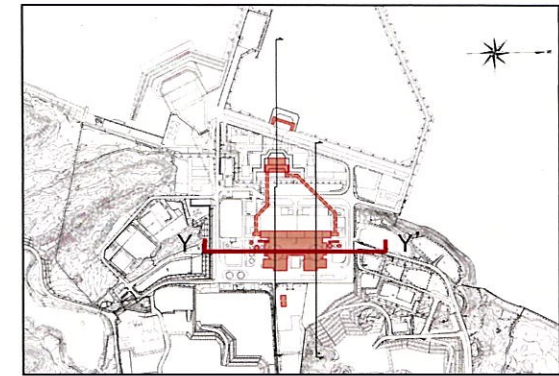
すべり線 番号	すべり線形状	最小すべり安全率				
				基本強度		
				時間(s)	強度 -1 σ	
5 (断層のすべり)		Ss-1	(逆、正)	3.2	5.61	—
		Ss-2	(正、正)	4.1	7.74	—
		Ss-3	(逆、正)	4.2	11.01	—
6 (断層のすべり)		Ss-1	(正、逆)	4.3	5.41	—
		Ss-2	(正、正)	4.1	7.75	—
		Ss-3	(正、逆)	5.0	9.34	—



- ※ 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

4. 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 時間(s)	強度 -1 σ
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

4. 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	—


3.6(3.8) : 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

4. 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
- ※ 既許可以降、連絡通路の設計及び工事の計画時において、連絡通路重量及び基礎下MMR範囲を変更している。このため既工認では、既許可の基礎地盤の安定性評価への影響確認として、重量は保守的に既許可重量を採用した上で、基礎下MMR範囲の変更を反映した基礎地盤の安定性評価を実施し、既許可評価に与える影響は軽微であることを確認している。

4. 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

1.50N/mm² : 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、9.8N/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

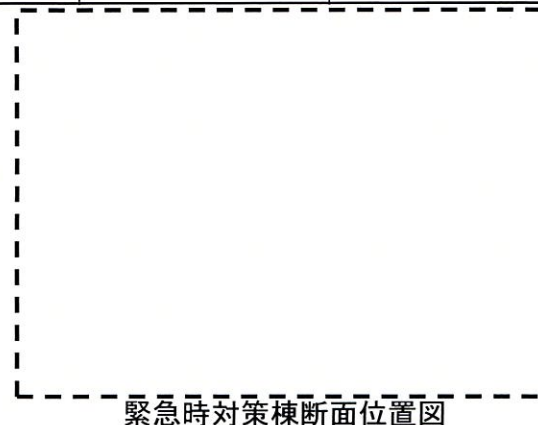
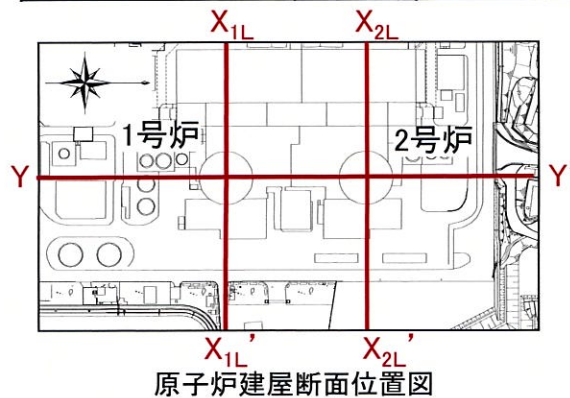
試験箇所	岩種・岩級	支持力試験値
J-7	粘板岩C _L 級	9.8N/mm ²

※ ジャッキの載荷限界13.7N/mm²に達しても破壊に至らない

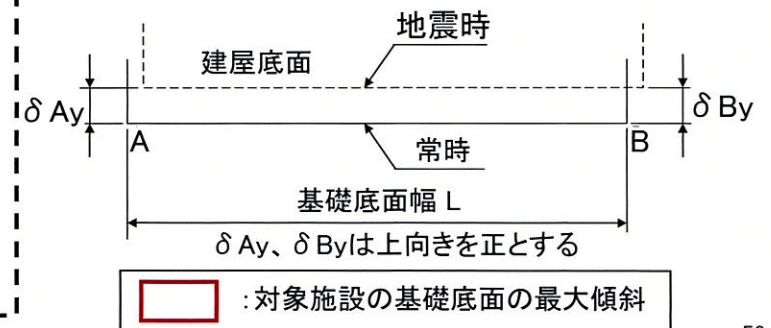
4. 4. 2. 全ての基準地震動に関する基礎地盤の安定性評価結果 (③建屋基礎底面の傾斜)

■基礎底面の最大傾斜について、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 $)	Ss-1	1.5mm 14.15 s	2.4mm 13.82 s	2.6mm 13.78 s	1.5mm 5.47 s	3.7mm 13.76 s	2.8mm 13.75 s
	Ss-2	1.1mm 7.62 s	4.0mm 7.59 s	5.2mm 7.56 s	1.6mm 7.62 s	3.7mm 7.54 s	3.1mm 7.52 s
	Ss-3	1.3mm 9.18s	2.2mm 17.00s	2.5mm 17.00s	1.0mm 16.75s	3.0mm 9.06s	2.0mm 16.97s
基礎底面両端の傾斜 ($ \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



1. 敷地の地形変更による既許可の評価方法・評価条件、周辺斜面への影響
2. 評価方針
3. 基準地震動
4. 地盤の支持
5. **地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響**
6. 周辺斜面の安定性
7. まとめ

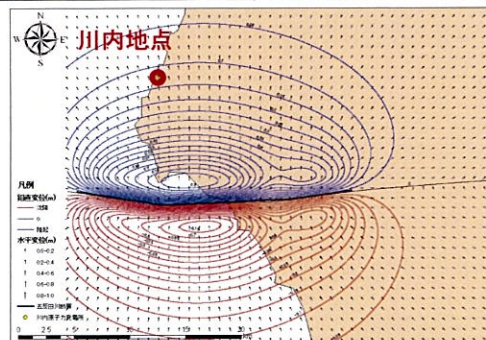
5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響

■ P59に記載したSs-1~3による傾斜の評価結果の通り、Ss-3が最大傾斜となる結果がなかったことから、地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響は、既許可評価から変更はない。

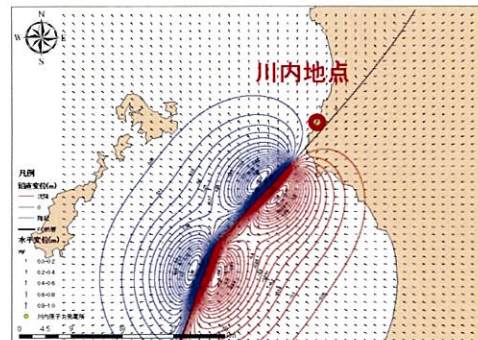
(既許可評価内容は下記の通り)

- ① 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。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、評価基準値の目安である1/2,000を下回ることを確認した。
- ③ 地震動による傾斜との重畳を考慮した場合において、傾斜値は1/9,000であり、評価基準値の目安である1/2,000を下回ることを確認した。

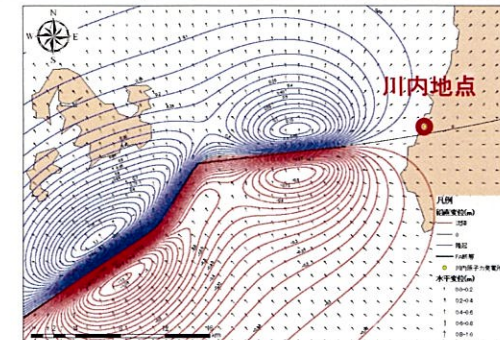
活断層	建屋	①地殻変動による最大傾斜	②基準地震動Ssによる最大傾斜	③地殻変動+地震動(①+②)
市来断層帯 市来区間	1号	1/39,000	1/14,000(Ss-2)	1/10,000
	2号	1/40,000	1/11,000(Ss-2)	1/9,000
	緊急時対策棟	1/39,000	1/15,000(Ss-2)	1/11,000
市来断層帯 甕海峡中央区間	1号	1/111,000	1/14,000(Ss-2)	1/12,000
	2号	1/113,000	1/11,000(Ss-2)	1/10,000
	緊急時対策棟	1/111,000	1/15,000(Ss-2)	1/13,000
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. 敷地の地形変更による既許可の評価方法・評価条件、周辺斜面への影響
2. 評価方針
3. 基準地震動
4. 地盤の支持
5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響
- 6. 周辺斜面の安定性**
7. まとめ

6. 周辺斜面の安定性

- 周辺斜面の安定性評価においては、文献※1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間距離が法尻から50mの範囲以内、あるいは法尻から $1.4H$ （斜面高さ $\times 1.4$ ）の範囲以内のいずれかに該当する場合、その周辺斜面を安定性評価の対象斜面として選定することとしている。
- 地形変更に伴い斜面形状が変更となっている斜面②、④については、対象施設との離間距離及び斜面高さ等を整理した結果、対象施設に対して十分な離間距離があると判断できることから、安定性評価の対象とすべき斜面（評価対象斜面）に該当しない。

※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」、「土質工学ハンドブック」他
※2 地中に設置される施設は、評価対象斜面の選定の検討においては除外

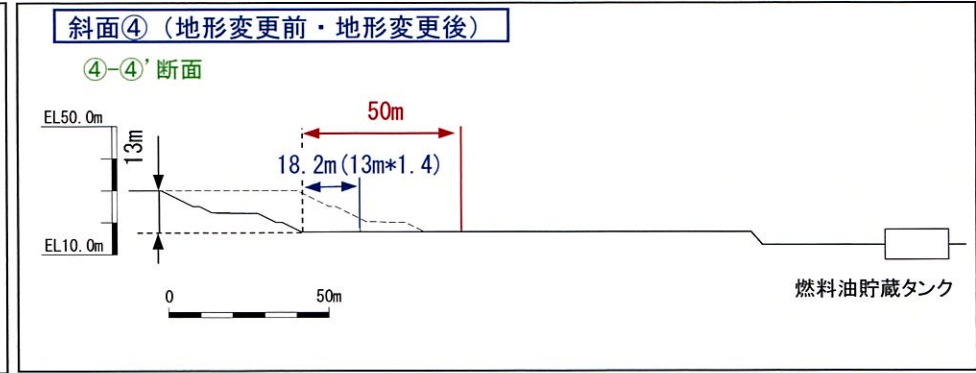
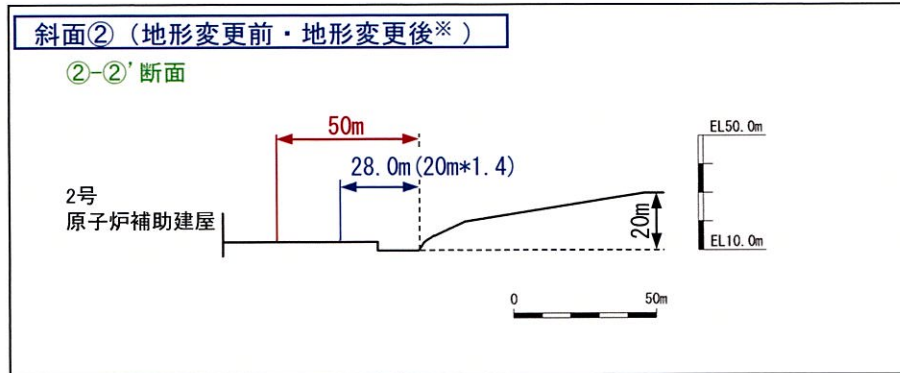
6. 周辺斜面の安定性

地形変更前

地形変更後

	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			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		高さH	角度		地質	高さH	角度		地質		
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)	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)	対象施設との 離間距離が 十分ある。	×
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】 約144m(約11.1H)			×		斜面④	約13m	約27°	C _L ~C _M 級主体の 岩盤斜面		

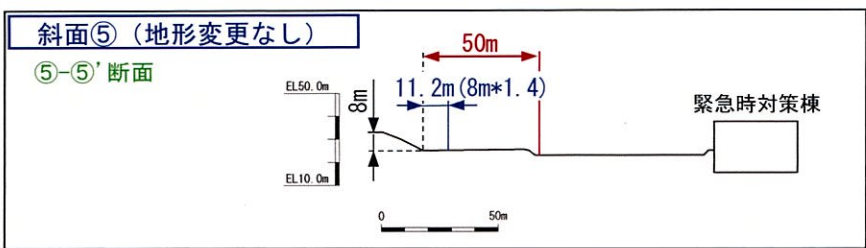
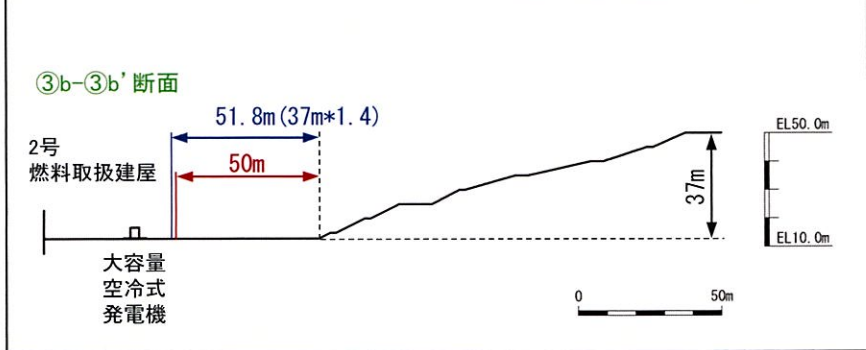
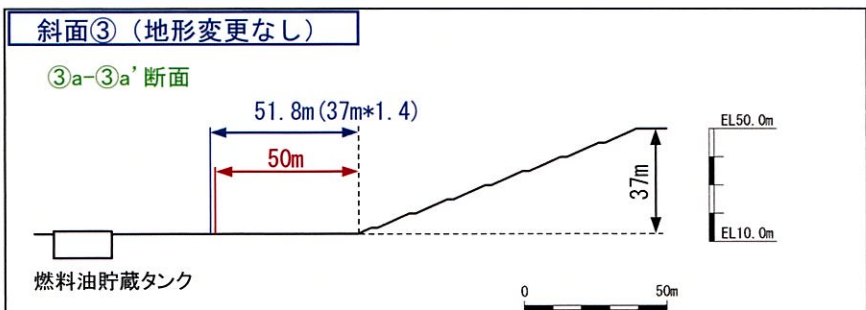
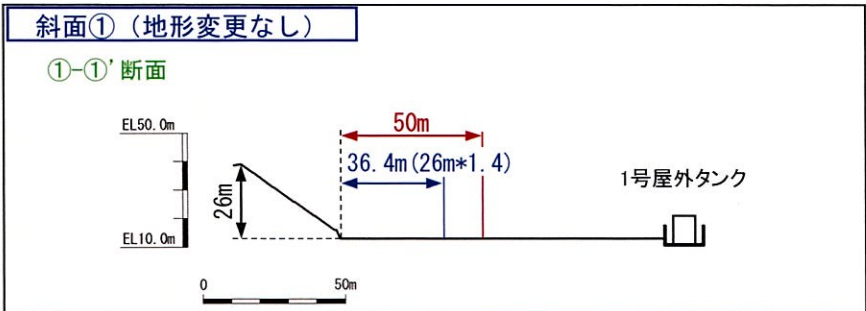
※下線部は地形変更後に変わった箇所



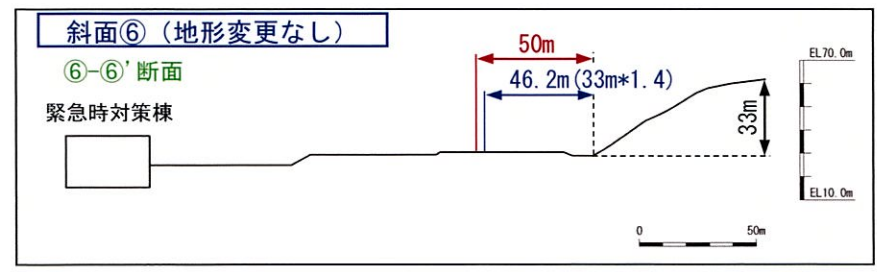
※今回の変更は斜面②の東側の一部を切土したものであり、斜面高さが一番高い②-②'断面位置では、斜面形状は変わらない。

- 法尻から50mの範囲
- 法尻から1.4H(斜面高さ×1.4)の範囲
- 地形変更前の地表

6. 周辺斜面の安定性



	斜面の性状			対象施設との 離間距離L	スクリーニング	
	高さH	角度	地質		結果	
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】 約85m(約2.3H) 【大容量空冷式発電機】 約60m(約1.6H)		×
斜面⑤	約8m	約28°	砂質土主体	【緊急時対策棟】 約114m(約14.3H)		×
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)		×



— 法尻から50mの範囲
— 法尻から1.4H(斜面高さ×1.4)の範囲

1. 敷地の地形変更による既許可の評価方法・評価条件、周辺斜面への影響
2. 評価方針
3. 基準地震動
4. 地盤の支持
5. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響
6. 周辺斜面の安定性
7. **まとめ**

7. まとめ

■ 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

○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、以下を確認した。

- ✓ 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

■ 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について、以下を確認した。

- ✓ 地表の地形変更の考慮及びSs-3の追加を踏まえても、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ないことに変更はなく、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いう既許可評価に変更はないこと

○地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響について、以下を確認した。

- ✓ 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、Ss-3による評価は不要であること
- ✓ 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であること
- ✓ 地震動による傾斜との重畳は、Ss-3による基礎底面の傾斜が最大とならないため、既許可の地震動による傾斜との重畳の結果に変更はないこと

■ 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について評価した結果、以下を確認した。

- ✓ 対象施設に対する周辺斜面の離間距離及び斜面高さを考慮して検討した結果、地表の地形の変更後における周辺斜面は対象施設と十分な離間距離を有していることから、安定性評価の対象となる斜面は存在しないこと

■ 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 : 設置許可基準規則第 3 条第 1 項の対象施設のうち評価を実施する施設の選定

参考資料 3 : 設置許可基準規則第 38 条第 1 項第 1 号及び第 3 号の対象施設のうち評価を実施する施設の選定

【 参 考 資 料 】

参考資料 1 : 評価対象断面位置の選定

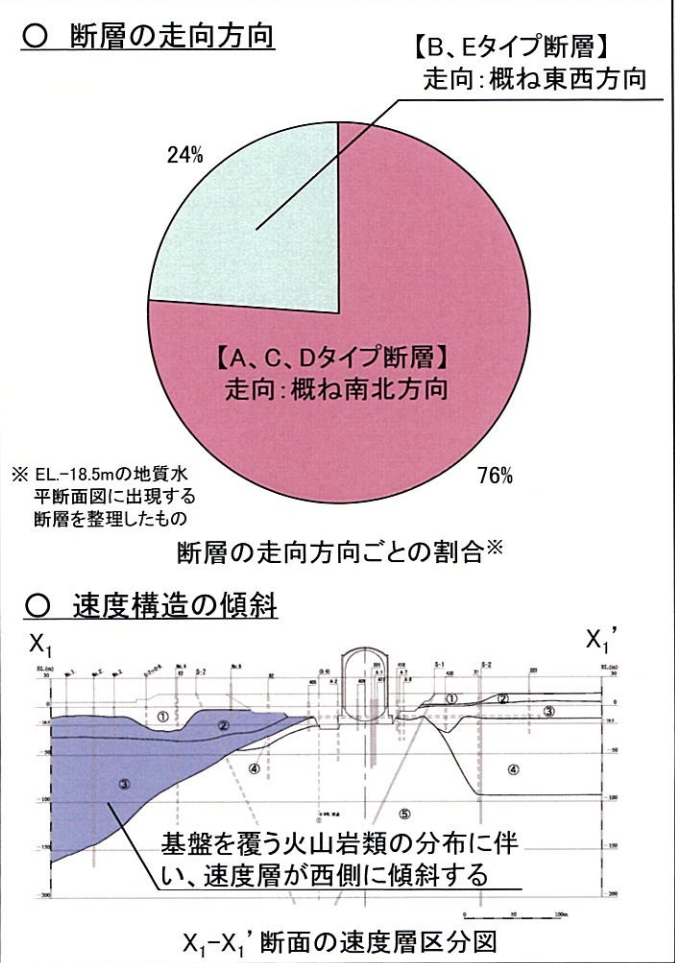
参考資料 2 : 設置許可基準規則第 3 条第 1 項の対象施設のうち評価を実施する施設の選定

参考資料 3 : 設置許可基準規則第 38 条第 1 項第 1 号及び第 3 号の対象施設のうち評価を実施する施設の選定

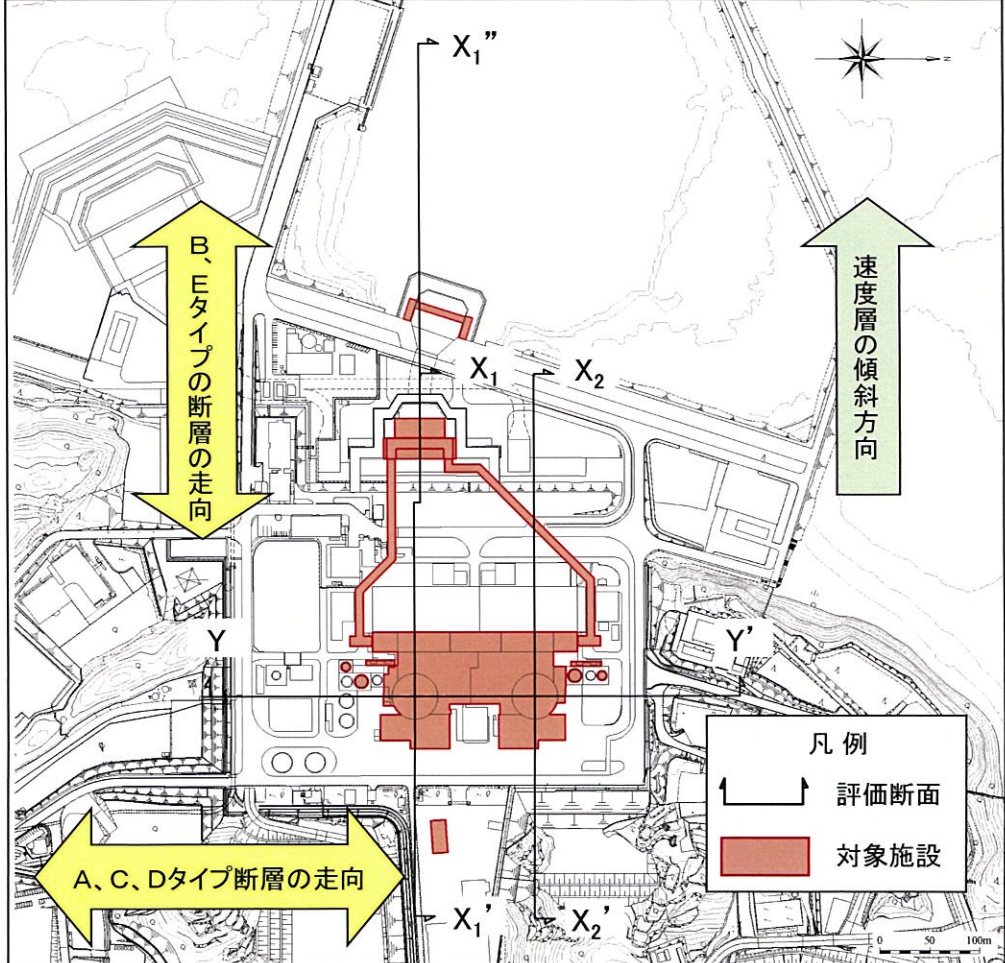
参考資料1：評価対象断面位置の選定(原子炉建屋)

平成26年7月28日
 まとめ資料
 資料3-1 (P-28) 説明文を修正

- 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とし、対象施設を包括するように設定する。



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(原子炉建屋)

- 前頁の整理を踏まえ、原子炉建屋の評価対象断面として、1号炉心を通る東西断面 $X_{1L}-X_{1L}'$ 断面、2号炉心を通る東西断面 $X_{2L}-X_{2L}'$ 断面及び1号・2号炉心を通る南北断面 $Y-Y'$ 断面を選定する。

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、施設の直交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 : 設置許可基準規則第 3 条第 1 項の対象施設のうち評価を実施する施設の選定

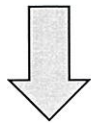
参考資料 3 : 設置許可基準規則第 38 条第 1 項第 1 号及び第 3 号の対象施設のうち評価を実施する施設の選定

参考資料2:設置許可基準規則第3条第1項の対象施設のうち評価を実施する施設の選定

【設置許可基準規則第3条第1項の対象施設】

(設置変更許可申請書添付書類六「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」における対象施設)

- | | | |
|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| • 1号炉原子炉建屋 | • <u>1号炉海水管ダクト</u> | • <u>2号炉燃料取扱建屋</u> |
| • <u>1号炉原子炉補助建屋</u> | • 2号炉原子炉建屋 | • <u>2号炉海水管ダクト</u> |
| • <u>1号炉燃料油貯油そう</u> | • <u>2号炉原子炉補助建屋</u> | • <u>燃料油貯蔵タンク</u> |
| • <u>1号炉燃料取替用水タンク</u> | • <u>2号炉燃料油貯油そう</u> | • <u>取水ピット</u> |
| • <u>1号炉復水タンク</u> | • <u>2号炉燃料取替用水タンク</u> | • <u>防護壁</u> |
| • <u>1号炉燃料取扱建屋</u> | • <u>2号炉復水タンク</u> | • <u>貯留堰</u> |



下線の施設は、以下の事項を考慮し、原子炉建屋で評価を代表させる

- ✓ 原子炉建屋は、規模及び重量が他の対象施設と比較して大きいこと
- ✓ 原子炉建屋の評価断面は、他の対象施設を包括するよう設定していること
- ✓ 原子炉建屋の評価断面は、断層分布や速度構造が南北方向と東西方向に大別されることを踏まえて設定していること

【基礎地盤の地震時の安定性評価を実施する施設】

- 1号炉原子炉建屋
- 2号炉原子炉建屋

【 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 : 設置許可基準規則第 3 条第 1 項の対象施設のうち評価を実施する施設の選定

参考資料 3 : 設置許可基準規則第38条第 1 項第 1 号及び第 3 号の対象施設のうち評価を実施する施設の選定

参考資料3:設置許可基準規則第38条第1項第1号及び第3号の対象施設のうち評価を実施する施設の選定

【設置許可基準規則第38条第1項第1号及び第3号の対象施設】

- 1号炉原子炉建屋
- 1号炉原子炉補助建屋
- 1号炉燃料油貯油そう
- 1号炉燃料取替用水タンク
- 1号炉復水タンク
- 1号炉燃料取扱建屋
- 1号炉海水管ダクト
- 2号炉原子炉建屋
- 2号炉原子炉補助建屋
- 2号炉燃料油貯油そう
- 2号炉燃料取替用水タンク
- 2号炉復水タンク
- 2号炉燃料取扱建屋
- 2号炉海水管ダクト
- 燃料油貯蔵タンク
- 取水ピット
- 貯留堰
- 取水口(貯留堰を除く)
- 取水路
- 大容量空冷式発電機エリア(燃料タンク、給油ポンプ等を含む)基礎
- 緊急時対策棟(緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク・給油ポンプ室を含む)



下線の施設は、設計基準対象施設における耐震設計上の重要度分類Sクラスの施設又はSクラスの機器・システムを支持・内包する建物・構築物を兼ねる施設であり、設計基準対象施設のうち耐震重要施設として評価済み設計基準対象施設における耐震設計上の重要度分類Sクラスの施設又はSクラスの機器・システムを支持・内包する建物・構築物を兼ねていない施設を抽出(下線以外の施設)

【上記のうち、設置許可基準規則第3条第1項の対象施設を兼ねない施設】

(設置変更許可申請書添付書類六「7.6.3 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の基礎地盤の安定性評価」における対象施設)

- 取水口(貯留堰を除く)
- 取水路
- 大容量空冷式発電機エリア(燃料タンク、給油ポンプ等を含む。)基礎
- 緊急時対策棟(緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク・給油ポンプ室を含む)



下線の施設は、以下の事項を考慮し、原子炉建屋で代表させる

- ✓ 下線の対象施設は、原子炉建屋の評価断面に含まれること
- ✓ 原子炉建屋は、規模及び重量が他の対象施設と比較して大きいこと

※原子炉建屋は設計基準対象施設のうち耐震重要施設として評価済み

【基礎地盤の地震時の安定性評価を実施する施設】

- 緊急時対策棟(緊急時対策所用発電機車用燃料油貯蔵タンク・給油ポンプ室を含む)

参考文献

- ・ Rongjiang Wang, Francisco Lorenzo Martin, Frank Roth : Computation of deformation induced by earthquakes in a multi-layered elastic crust - FORTRAN programs EDGRN/EDCMP, Computers & Geosciences 29, 2003.
- ・ 土木学会 原子力土木委員会 : 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>、2009年2月
- ・ 土木学会 : 岩盤斜面の安定解析と計測、平成6年12月
- ・ 日本建築学会 : 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説、2005年
- ・ (社)日本電気協会 : 原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-2008、平成21年7月
- ・ (社)日本電気協会 : 原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1987、昭和62年8月
- ・ 土木学会 : 2002年制定 コンクリート標準示方書〔耐震性能照査編〕、平成14年12月
- ・ 国土交通省鉄道局監修 鉄道総合技術研究所編 : 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計、平成11年10月
- ・ 土質工学会編 : 土質工学ハンドブック、1982年