

1. 全体概要	P. 5
2. 地質の概要	P. 15
3. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価	P. 23
4. 周辺地盤の変状による施設への影響評価	P.141
5. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価	P.145
6. 周辺斜面の安定性評価	P.149
参考文献	P.182

6. 周辺斜面の安定性評価

周辺斜面の安定性評価 評価概要 (1/2)

○周辺斜面の安定性評価の評価概要を本頁及び次頁に示すとともに、新規制基準適合性審査における主な検討項目についても明示している。

6.1章 評価方針 (P152～P161参照)

【新規制基準適合性審査における主な検討項目】
➢ 液状化影響の検討

- 評価対象施設（耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設）の周辺斜面の安定性評価については、評価対象施設に影響するおそれのある斜面を抽出し、斜面高さ等を考慮して評価対象断面を選定し、審査ガイドに準拠し、斜面崩壊に対する安全性を確認する。
- 評価対象施設の周辺に分布する斜面のうち、斜面の傾斜方向が評価対象施設に向いており、評価対象施設からの離隔距離がない斜面を周辺斜面として抽出する。
- 周辺斜面は、地盤の種類及び評価対象施設との位置関係の観点から、以下の4つに分類した上で分類した周辺斜面ごとに評価対象断面を選定する。
 - ・原子炉建屋等周辺斜面
 - ・茶津側防潮堤周辺斜面※1
 - ・堀株側防潮堤周辺斜面※1
 - ・堀株側防潮堤周辺斜面（盛土）※1
- なお、地盤の液状化を考慮する際、地表面や岩盤表面が傾斜している場合には、側方流動による影響があると考えられることから、液状化の可能性について検討する必要がある。
- このため、防潮堤設置後における地下水排水設備が機能しない状態が継続した場合の定常的な地下水位分布※2を踏まえ、T.P.10m盤以下については、評価対象施設の周辺斜面の安定性評価においても、液状化の影響を考慮することとした（基礎地盤の安定性評価と同様）。
- 周辺斜面のすべり安定性評価に当たっては、液状化範囲内におけるすべり面上のせん断力及びせん断抵抗力は考慮しない。

6.2章 評価対象断面の選定 (P162～P166参照)

【新規制基準適合性審査における主な検討項目】
➢ 評価対象断面の選定

- 原子炉建屋等周辺斜面については、斜面の傾斜方向が概ねSW方向の斜面と概ねW～NW方向の斜面が分布していることから、それぞれの斜面において、検討断面を設定し、斜面安定性の影響要因（構成する岩級、斜面高さ、斜面の勾配、地質構造）の比較検討を行い、概ねSW方向の斜面の検討断面（原子炉建屋の中心を通る断面）を評価対象断面に選定した。
- 茶津側防潮堤周辺斜面、堀株側防潮堤周辺斜面及び堀株側防潮堤周辺斜面（盛土）については、防潮堤の周辺斜面であることから、今後説明予定。

次頁参照

6.3章 評価方法 (P167～P176参照)

6.4章 評価結果 (P178～P181参照)

※1 防潮堤周辺斜面の形状は、変更となる可能性がある。

※2 設置（変更）許可段階において、設計地下水位の設定方針を策定するため、防潮堤設置後における地下水排水設備が機能しない状態が継続した場合の定常的な地下水位分布を予測した三次元浸透流解析を実施しており、その解析結果（地下水位分布）を参照した（R4.6.23審査会合資料「泊発電所3号炉 地震による損傷の防止（地下水位の設定）」P21に加筆）。

6. 周辺斜面の安定性評価

周辺斜面の安定性評価 評価概要 (2/2)

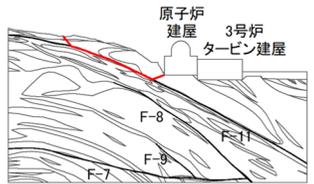
前頁からの続き

6.3章 評価方法 (P167~P176参照)

- 地震力に対する周辺斜面の安定性評価は、評価対象断面の解析断面について、二次元動的有限要素法に基づく常時応力及び地震応答解析により斜面のすべりを評価する(解析用物性値は3.4章参照、基準地震動は3.6章参照)。
- 地震応答解析は、周波数応答解析を用い、等価線形化法により土質材料のせん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性を考慮する。また、地震応答解析については、水平動及び鉛直動による応答の同時性を考慮する(基礎地盤の安定性評価と同様)。
- 地下水位については、原子炉建屋等の地下水排水設備の機能に期待する建物・構築物の地下水位は建屋基礎底面下とし、それ以外の建屋及び周辺地盤の地下水位は、保守的に地表面に設定した(耐震設計方針^{※1}の説明と同じ)。
- 動的解析における時刻歴のすべり安全率が1.2以上であることを確認する。
- すべり安全率を算定するすべり面については、せん断強度の小さい断層を通るすべり面を設定し、応力状態を踏まえて必要に応じてすべり面を追加設定する(詳細は、補足説明資料3章参照)。

6.4章 評価結果 (P178~P181参照)

- 評価対象施設の周辺斜面は、下表のとおり、基準地震動による地震力に対する、周辺斜面のすべりについて、いずれも評価基準値を満足することを確認した。
- 動的解析の結果から得られた原子炉建屋等周辺斜面の最小すべり安全率は、1.6 (1.4^{※2})であり、いずれも評価基準値の1.2を上回ることを確認した。

周辺斜面の分類	評価対象断面	周辺斜面のすべり		
		基準地震動 ^{※3}	すべり面形状	最小すべり安全率
原子炉建屋等周辺斜面	Y-Y' 断面	Ss3-4 (+,+)		1.6 (1.4 ^{※2})
				評価基準値1.2

※1 R4.6.23審査会合「泊発電所3号炉 地震による損傷の防止(地下水位の設定)」において、説明済み。

※2 物性のばらつきを考慮したすべり安全率。

※3 基準地震動の(+,+)は位相反転なし、(-,+)は水平反転、(+,-)は鉛直反転、(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

6.1 評価方針

①周辺斜面の安定性評価項目・内容

○評価対象施設（耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設）の地震力に対する周辺斜面の安定性評価について、審査ガイドに準拠し、以下の項目を確認する。

【地震力に対する周辺斜面の安定性評価における評価項目】

○周辺斜面のすべり面における地盤安定性（斜面崩壊に対する安全性）について、動的解析における時刻歴のすべり安全率が1.2以上であることを確認する。

○なお、地盤の液状化を考慮する際、地表面や岩盤表面が傾斜している場合には、側方流動による影響があると考えられることから、液状化の可能性について検討する必要がある。

○このため、防潮堤設置後における地下水排水設備が機能しない状態が継続した場合の定常的な地下水位分布を踏まえ、T.P.10m盤以下については、評価対象施設の周辺斜面の安定性評価においても、地震力に対する基礎地盤の安定性評価と同様に、液状化の影響を考慮することとした（詳細は、P160～P161参照）。

6.1 評価方針

②周辺斜面の安定性の評価フロー

○周辺斜面の安定性評価フローを以下に示す。

周辺斜面の抽出 (P155～P161参照)

- 評価対象施設の周辺に分布する斜面に対して、斜面の傾斜方向及び離隔距離の観点から、評価対象施設に影響を及ぼすおそれのある斜面を周辺斜面として抽出
- 周辺斜面について、地盤の種類及び評価対象施設との位置関係の観点から分類
- なお、T.P.10m盤以下については、周辺斜面の安定性評価においても、液状化の影響を考慮 (3章 地震力に対する基礎地盤の安定性評価と同様)



【6.2章 評価対象断面の選定 (P162～P166参照)】

- 分類した周辺斜面ごとに、斜面高さ等を考慮して評価対象断面を選定



【6.3章 評価方法】及び【6.4章 評価結果】

動的解析に基づく周辺斜面のすべり安定性評価

■平均強度に対するすべり安定性評価 (P178～P179参照)

平均強度を用いたすべり安全率が1.2以上であることを確認

■強度のばらつき (平均-1σ強度) を考慮したすべり安定性評価 (P178参照)

平均強度に基づくすべり安全率最小ケースに対して、ばらつきを考慮した強度を用いたすべり安全率が1.2以上であることを確認



評価終了

余白

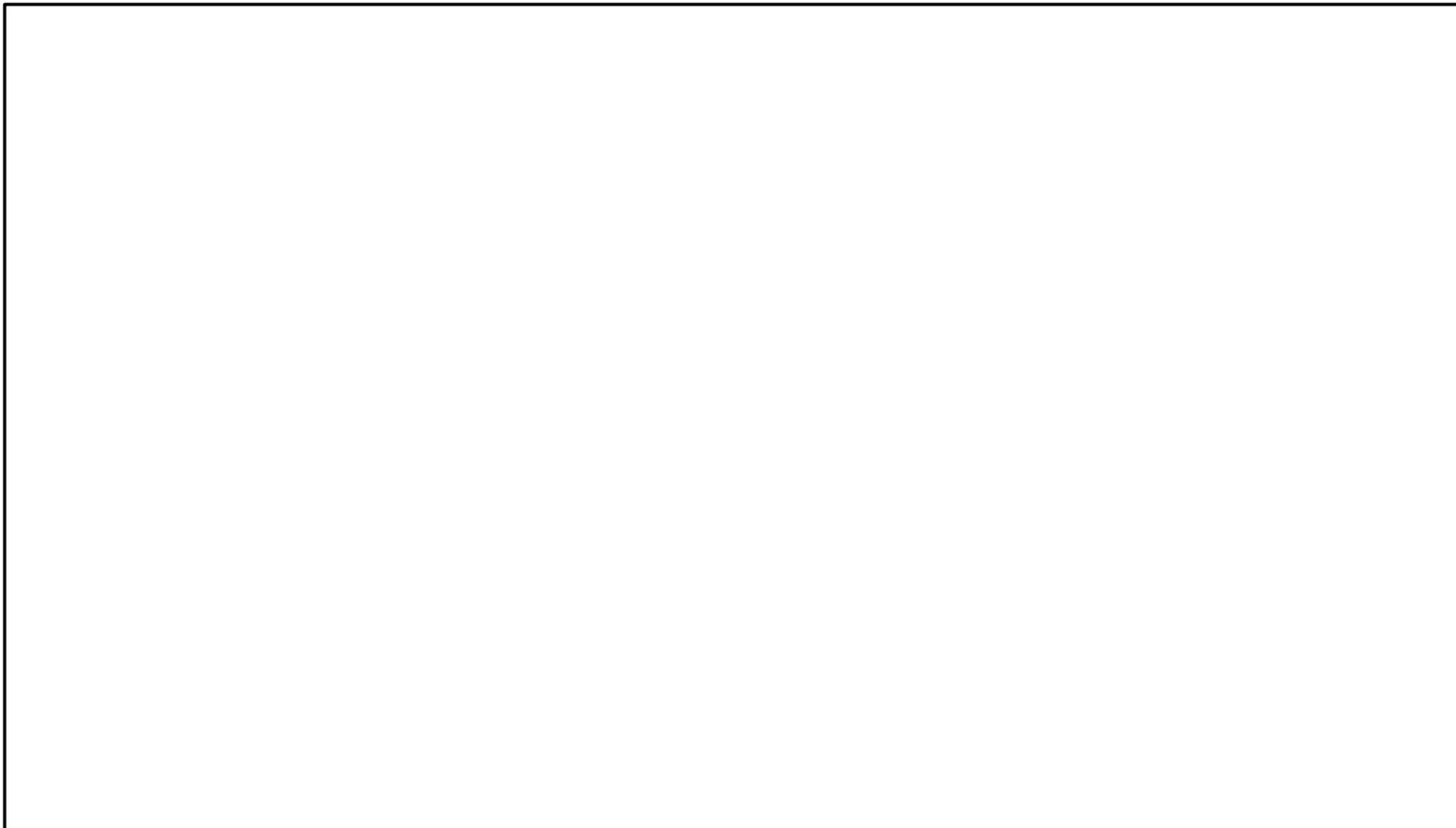
6.1 評価方針

③-1 評価対象施設の周辺に分布する斜面

○評価対象施設（耐震重要施設※¹及び常設重大事故等対処施設※²）の周辺に分布する斜面を下図に示す。

※¹ 設置許可基準規則第3条の対象となる耐震重要施設（間接支持構造物を含む）。

※² 設置許可基準規則第38条の対象となる常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く）。



6.1 評価方針

③-2 周辺斜面の抽出 (1/2)

- 斜面の傾斜方向及び評価対象施設との離隔距離の観点から、評価対象施設に影響するおそれのある斜面を周辺斜面として抽出する。
- 離隔距離の考え方は、岩盤斜面及び盛土斜面ともに「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）」及び「原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-2015（日本電気協会，2015）」を基本とする。
- 盛土斜面については、より幅広く斜面を抽出するため、急傾斜地（土砂）を対象とした「宅地防災マニュアルの解説（宅地防災研究会，2022）」も準用し、離隔距離が以下の基準以内の斜面を抽出する。

【離隔距離の基準】

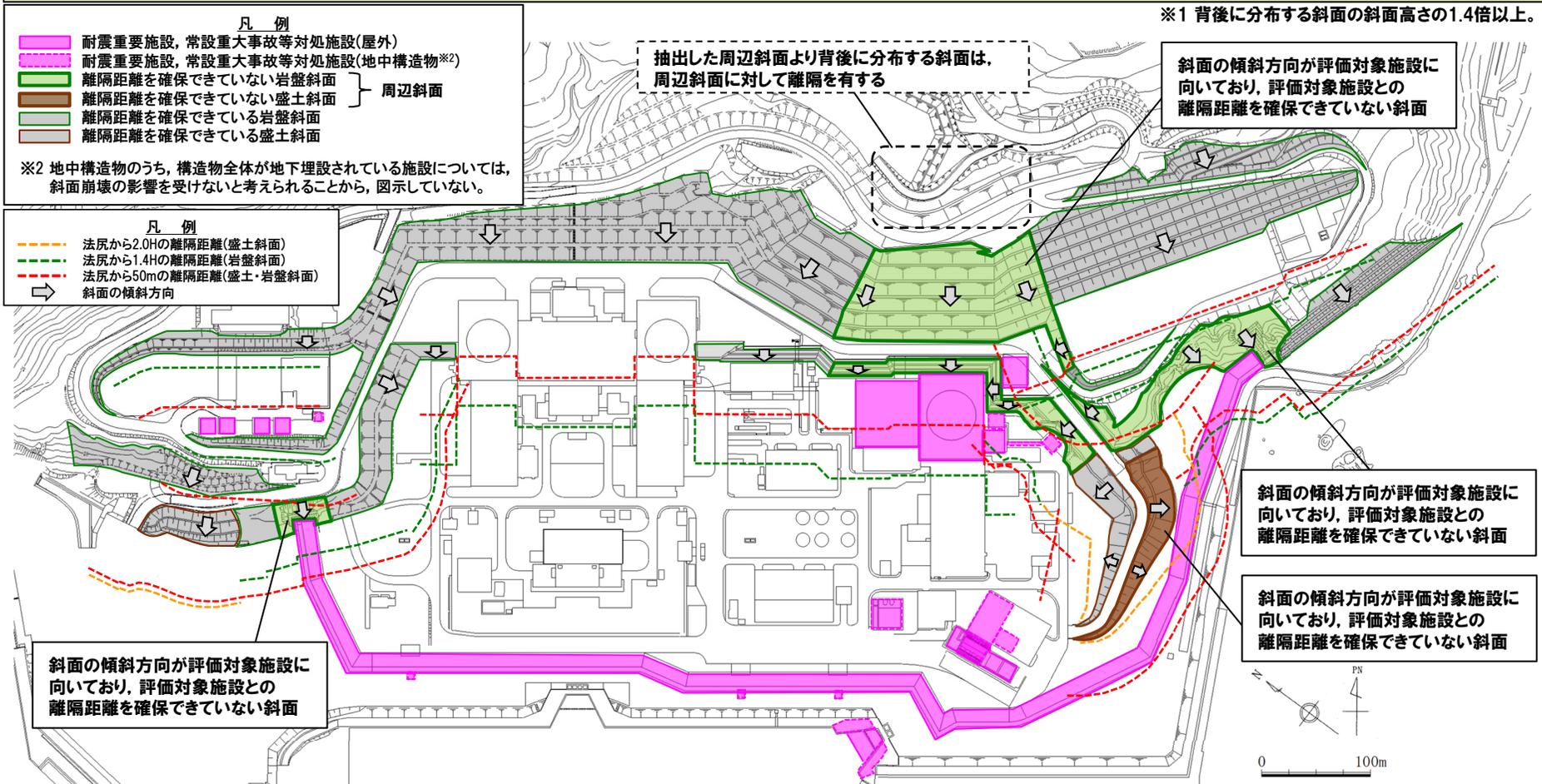
- ・岩盤斜面：斜面の法尻から対象施設までの離隔距離が50m以内の斜面、あるいは斜面高さの1.4倍以内の斜面
- ・盛土斜面：斜面の法尻から対象施設までの離隔距離が50m以内の斜面、あるいは斜面高さの2.0倍以内の斜面

参考文献	記載内容	対象地盤
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） 原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-2015（日本電気協会，2015）	周辺斜面は、斜面法尻からSクラス施設との離隔距離が、約50m以内あるいは斜面高さの約1.4倍以内の斜面を基本とする。	岩盤斜面 盛土斜面
宅地防災マニュアルの解説（宅地防災研究会，2022）	急傾斜地の崩壊は、急傾斜地の下端から急傾斜地高さの2倍（50mを超える場合は50m）以内の区域をいう。	急傾斜地（土砂）

6.1 評価方針

③-2 周辺斜面の抽出 (2/2)

- 周辺斜面については、斜面の傾斜方向が評価対象施設に向いており、かつ前頁に示す離隔距離の基準に基づき、評価対象施設からの離隔距離を確保できていない斜面を抽出する。
- 斜面の傾斜方向及び法尻からの離隔距離を下図に示す。
- なお、抽出した周辺斜面より背後に分布する斜面（下図の黒破線部）については、斜面高さ10m程度の小規模な斜面であり、周辺斜面（下図の緑着色部）に対して離隔^{※1}を有することから、周辺斜面として取り扱わないものの、簡便法及び動的解析においては、背後の地形や断層の分布を考慮して、背後に分布する当該斜面も含めてモデル化する。



評価対象施設の周辺に分布する斜面の傾斜方向及び法尻からの離隔距離

余白

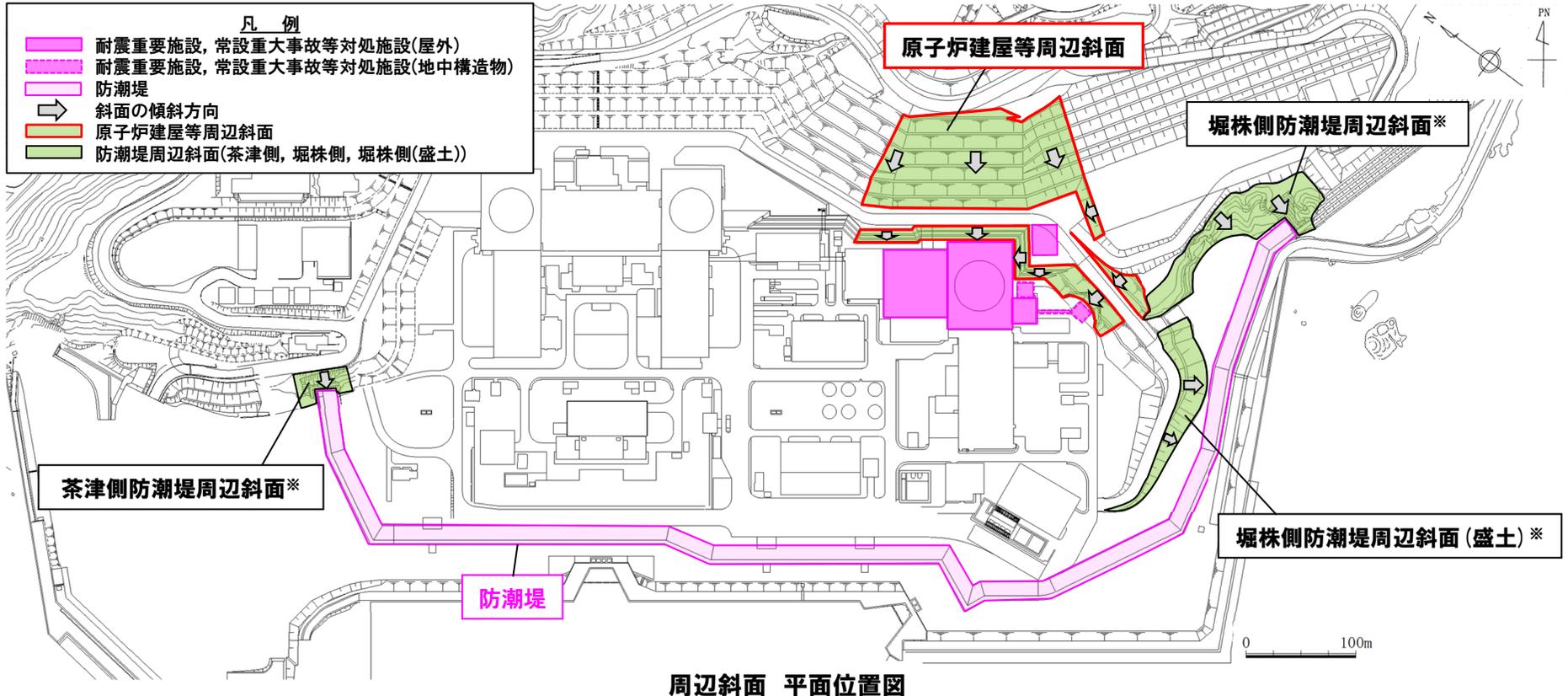
6.1 評価方針

④ 周辺斜面の分類

- 評価対象施設に影響するおそれのある周辺斜面を抽出した結果を下図に示す。
- 周辺斜面は、地盤の種類及び評価対象施設との位置関係の観点から右表のとおり分類した。
- 分類した周辺斜面ごとに、斜面高さ等を考慮して評価対象断面を選定する。
- 茶津側防潮堤周辺斜面、堀株側防潮堤周辺斜面及び堀株側防潮堤周辺斜面(盛土)の評価については、防潮堤の周辺斜面であることから、今後説明予定である。

周辺斜面の分類	地盤の種類	評価対象施設との位置関係
原子炉建屋等周辺斜面	岩盤斜面	原子炉建屋等の周辺斜面
茶津側防潮堤周辺斜面*	岩盤斜面	防潮堤(北側)の周辺斜面
堀株側防潮堤周辺斜面*	岩盤斜面	防潮堤(南側)の周辺斜面
堀株側防潮堤周辺斜面(盛土)*	盛土斜面	防潮堤(南側)の周辺斜面

* 防潮堤周辺斜面の形状は、変更となる可能性がある。



6.1 評価方針

⑤液状化影響を考慮したすべり安定性評価(1/2)

- 地盤の液状化を考慮する際、地表面や岩盤表面が傾斜している場合には、側方流動による影響があると考えられることから、液状化の可能性について検討する必要がある。
- このため、評価対象施設の周辺斜面の安定性評価において、液状化の影響を考慮する必要があるかを周辺斜面ごとに確認した。
- 確認に当たっては、防潮堤の設置に伴い、敷地の地下水位が防潮堤設置前よりも上昇することが想定されるため、防潮堤設置後における地下水排水設備が機能しない状態が継続した場合の定常的な地下水位分布^{※1}(次頁参照)を参照した。
- 液状化の影響を考慮する必要がある場合、地下水位以深の埋戻土等については、液状化範囲に設定し、液状化による影響を考慮したすべり安全率を算定する。

- 確認結果は、以下のとおり。
【原子炉建屋等周辺斜面^{※2}】
 - ・原子炉建屋等周辺斜面については、表土が分布する位置において、地下水位は岩盤上面よりも20m程度低く、表土に分布しないことから、液状化の影響は考慮しない。
 - ・なお、T.P.10m盤以下については、敷地造成時に発生した掘削岩砕からなる埋立地盤(人工地盤)が主体であり、地下水位が地表面付近まで上昇することから、基礎地盤の安定性評価と同様、液状化の影響を考慮する(P32～P33参照)。

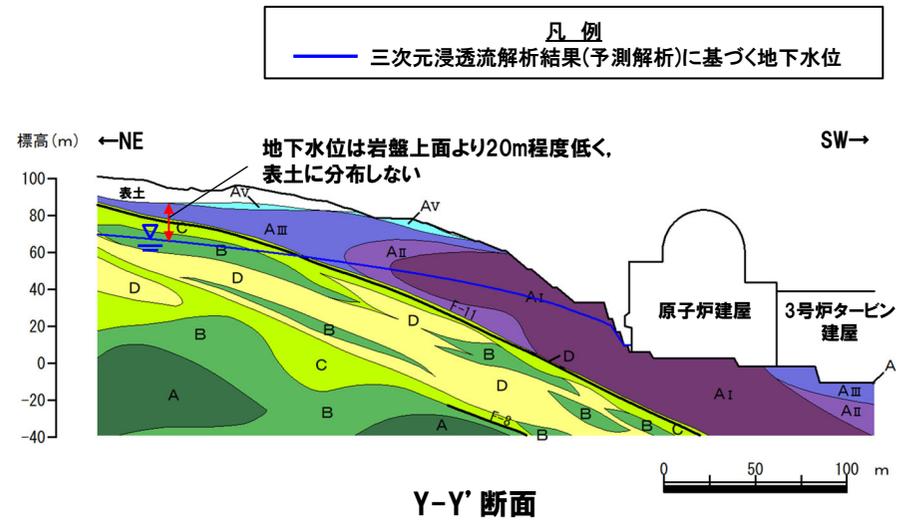
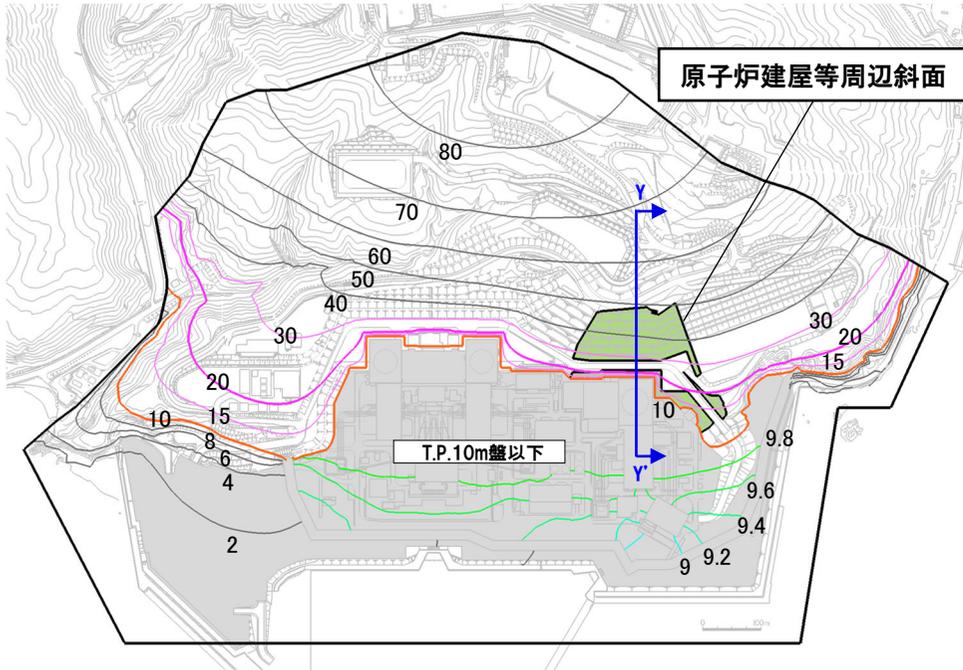
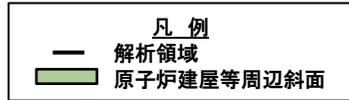
- 液状化影響を考慮したすべり安全率の算定方法をP34に示す。

※1 設置(変更)許可段階において、設計地下水位の設定方針を策定するため、防潮堤設置後における地下水排水設備が機能しない状態が継続した場合の定常的な地下水位分布を予測した三次元浸透流解析を実施しており、その解析結果(地下水位分布)を参照した(R4.6.23審査会合資料「泊発電所3号炉 地震による損傷の防止(地下水位の設定)」P21に加筆)。

※2 茶津側防潮堤周辺斜面、堀株側防潮堤周辺斜面及び堀株側防潮堤周辺斜面(盛土)については、防潮堤の周辺斜面であることから、今後説明予定。

6.1 評価方針

⑤液状化影響を考慮したすべり安定性評価 (2/2)



防潮堤設置後における地下水排水設備が機能しない状態が継続した場合の定常的な地下水位分布※1,2,3

- ※1 設置(変更)許可段階において、設計地下水位の設定方針を策定するため、防潮堤設置後における地下水排水設備が機能しない状態が継続した場合の定常的な地下水位分布を予測した三次元浸透流解析を実施しており、その解析結果(地下水位分布)を参照した(R4.6.23審査会合資料「泊発電所3号炉 地震による損傷の防止(地下水位の設定)」P21に加筆)。
- ※2 図中の数値が記載されたコンターは地下水位を示す。
- ※3 三次元浸透流解析の解析条件は、補足説明資料4章参照。

6.2 評価対象断面の選定

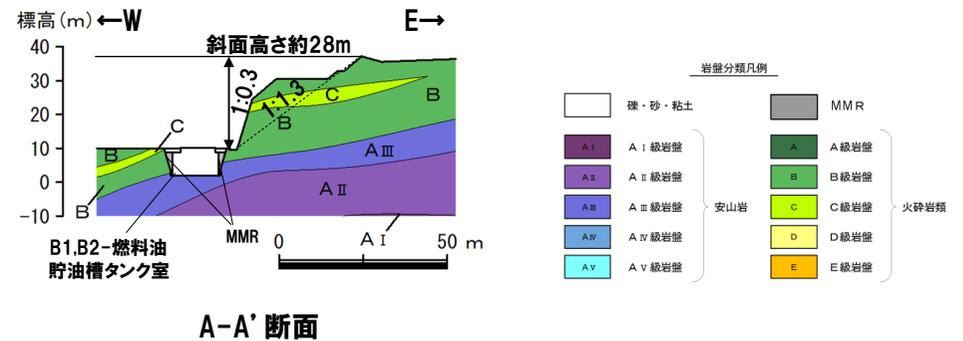
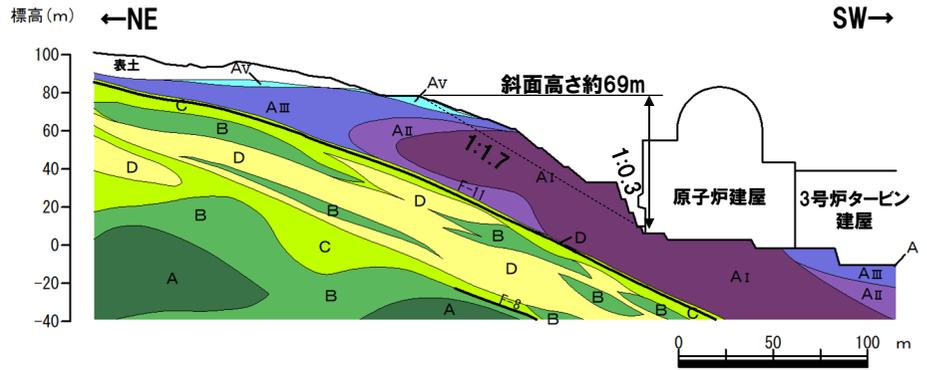
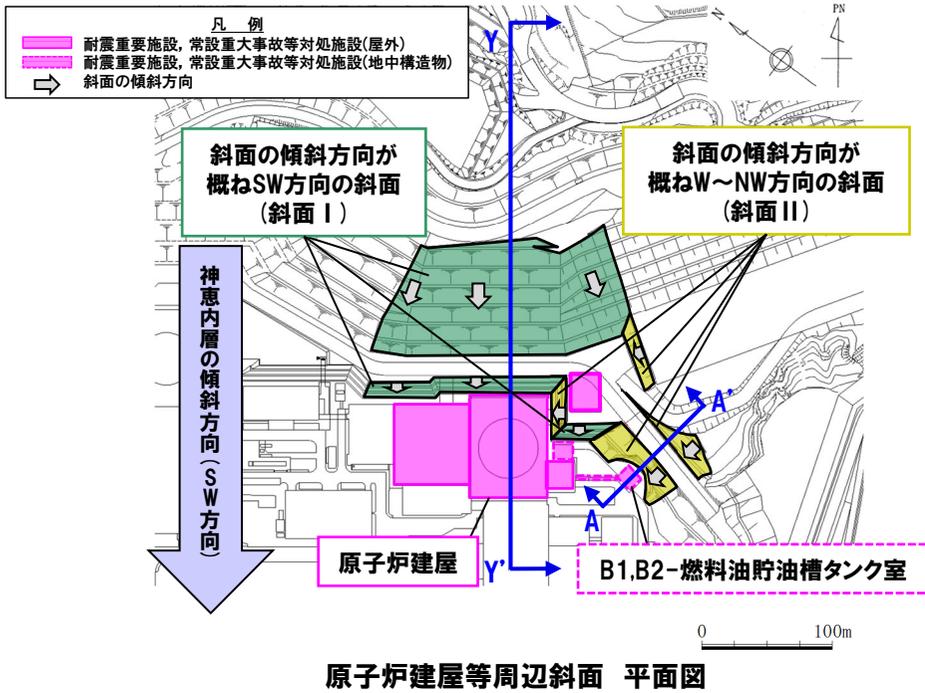
①原子炉建屋等周辺斜面の評価対象断面選定(1/3)

- 原子炉建屋等周辺斜面は、評価対象施設を取り囲むように位置しており、斜面の傾斜方向が概ねSW方向の斜面(斜面Ⅰ)と概ねW～NW方向の斜面(斜面Ⅱ)が分布していることから、それぞれの斜面において、検討断面を設定し、斜面安定性の影響要因を踏まえた比較検討により、評価対象断面を選定する。
- 検討断面は、それぞれの斜面を代表する断面として、斜面高さ及び斜面の勾配を考慮し、以下のとおり設定した。
 - ・Y-Y'断面:斜面Ⅰにおいて、原子炉建屋の北東方向に、相対的に斜面高さの高い斜面が分布している。
相対的に斜面高さの高い斜面は、位置にかかわらず斜面高さ及び斜面の勾配が同程度であることから、原子炉建屋等に正対し、かつ当該斜面の中央付近となる、原子炉建屋の中心を通る位置に検討断面を設定した。
なお、次頁の右上図(Y-Y'断面)に示すとおり、斜面Ⅰ内にはF-11断層が分布しており、当該斜面に対して斜交する位置関係であることから、Y-Y'断面よりも北西方向の断面を設定した場合、F-11断層の分布位置(深度)は、相対的に浅くなるが、当該斜面範囲において地質・地質構造は同様であることから、断面位置の設定におけるF-11断層の分布位置の影響は小さいものと考えられる(この考えの妥当性については、P180～P181に示すとおり、動的解析により確認している)。
 - ・A-A'断面:斜面Ⅱにおいて、B1,B2-燃料油貯油槽タンク室の東方向に、相対的に斜面高さの高い斜面が分布している。
相対的に斜面高さの高い斜面は、位置にかかわらず斜面高さが同程度であることから、斜面の勾配に着目し、斜面の勾配が最急であり、当該斜面の中央付近となる位置に検討断面を設定した。
- Y-Y'断面及びA-A'断面の断面図を次頁に示す。

(P164へ続く)

6.2 評価対象断面の選定

①原子炉建屋等周辺斜面の評価対象断面選定 (2/3)



6.2 評価対象断面の選定

①原子炉建屋等周辺斜面の評価対象断面選定(3/3)

(P162からの続き)

- 設定した検討断面(Y-Y'断面及びA-A'断面)について、斜面安定性の影響要因(右表参照)を比較し、以下の観点から影響要因の番号を付与する。
 - (i)構成する岩級:下位岩級(安山岩A_{IV}級, A_V級, 火砕岩類D級, E級)が分布する断面に番号を付与する。
 - (ii)斜面高さ:最も高い断面に番号を付与する。
 - (iii)斜面の勾配:最急勾配の断面に番号を付与する(急勾配部を有する断面についても番号を付与する)。
 - (iv)地質構造:地層の傾斜方向に正対する断面に番号を付与する。
- 影響要因の番号付与数を比較した結果、影響要因の番号付与数が最多となったY-Y'断面を原子炉建屋等周辺斜面の評価対象断面に選定した(下表参照)。

斜面安定性の影響要因

影響要因	内容
(i)構成する岩級	・安山岩のうち、下位岩級であるA _{IV} 級及びA _V 級は、A _I 級～A _{III} 級に比べて、せん断強度が低い。 ・火砕岩類のうち、下位岩級であるD級及びE級は、A級～C級に比べて、せん断強度が低い。
(ii)斜面高さ	・斜面高さが高いほど、土塊重量が大きくなるため、滑動力が大きくなる。
(iii)斜面の勾配	・斜面の勾配が急なほど、斜面の傾斜方向に対する土塊重量の分力が大きくなり、滑動力が大きくなる。
(iv)地質構造	・敷地の基盤をなす神恵内層は、SW方向に傾斜しており、地層が斜面と同じ方向に傾斜している場合、流れ盤斜面となり、相対的に斜面の安定性が低い。

原子炉建屋等周辺斜面の評価対象断面の選定結果

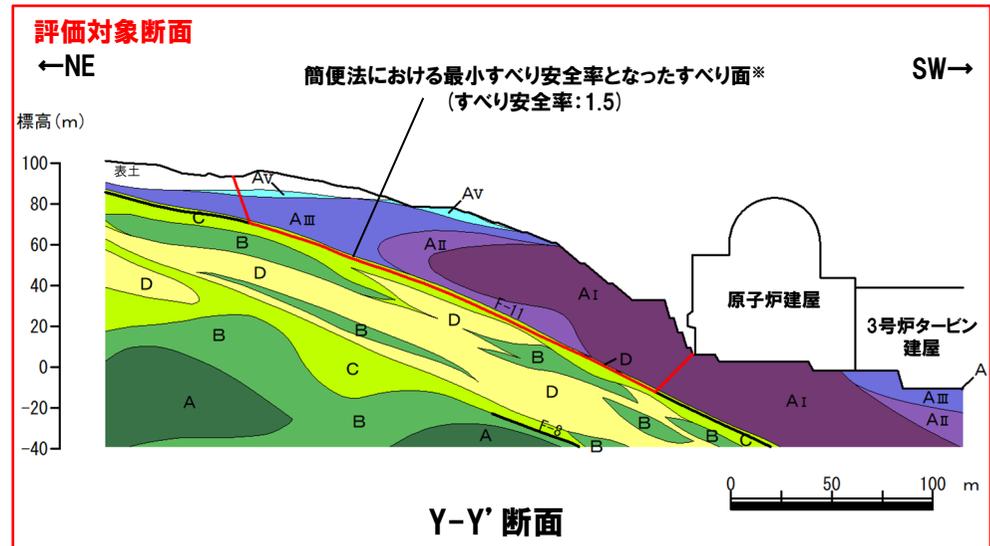
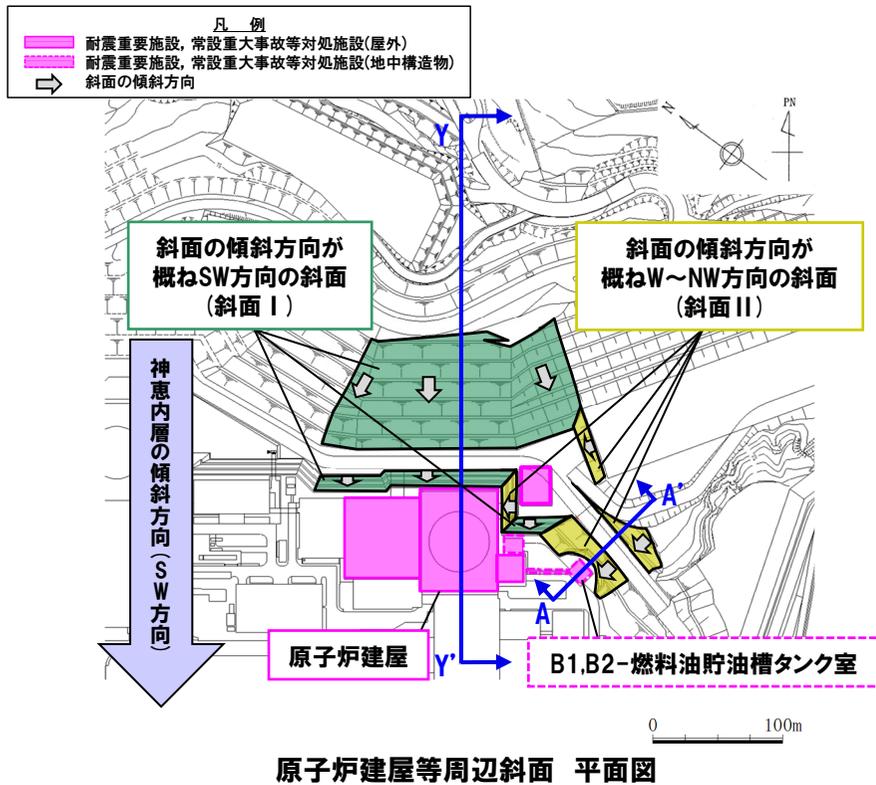
検討断面	斜面安定性の影響要因				該当する要因	選定理由
	(i)構成する岩級	(ii)斜面高さ	(iii)斜面の勾配	(iv)地質構造		
評価対象断面 Y-Y'断面 (斜面I)	安山岩	A _I , A _{II} , A _{III} , A _V 級	約69m	1:1.7 (一部, 1:0.3の急勾配あり)	地層の傾斜方向に正対する	(i), (ii), (iii), (iv)
	火砕岩類	B, C, D級				
A-A'断面 (斜面II)	安山岩	A _{III} 級	約28m	1:1.3 (一部, 1:0.3の急勾配あり)	地層の傾斜方向に正対しない	(iii)
	火砕岩類	B, C級				

: 番号を付与する影響要因
 : 影響要因の番号付与数が多い
 : 選定した評価対象断面

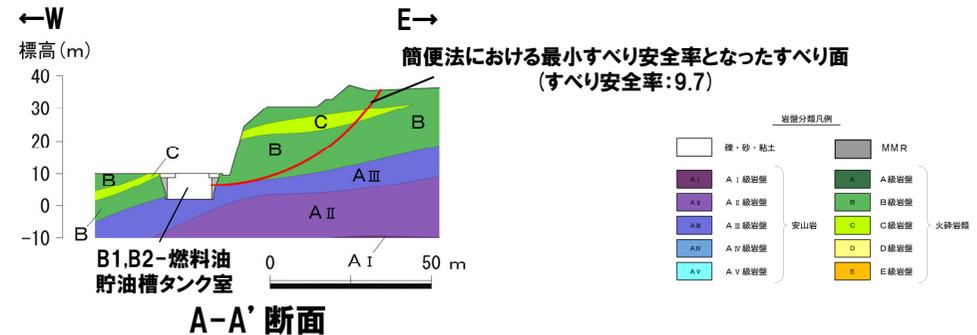
6.2 評価対象断面の選定

②原子炉建屋等周辺斜面における評価対象断面選定の妥当性確認

- 原子炉建屋等周辺斜面における評価対象断面選定の妥当性を確認するため、簡便法によりY-Y'断面とA-A'断面のすべり安全率を比較した。
- 簡便法によるすべり安全率は、JEAG4601-2015に基づく静的震度「 $K_H=0.3$, $K_V=0.15$ 」を用いて算定した。
- 簡便法によるすべり安全率を比較した結果、Y-Y'断面の最小すべり安全率は1.5であり、A-A'断面の9.7に比べて小さいことから、斜面安定性の影響要因を踏まえた比較検討により選定したY-Y'断面は、評価対象断面として妥当である。



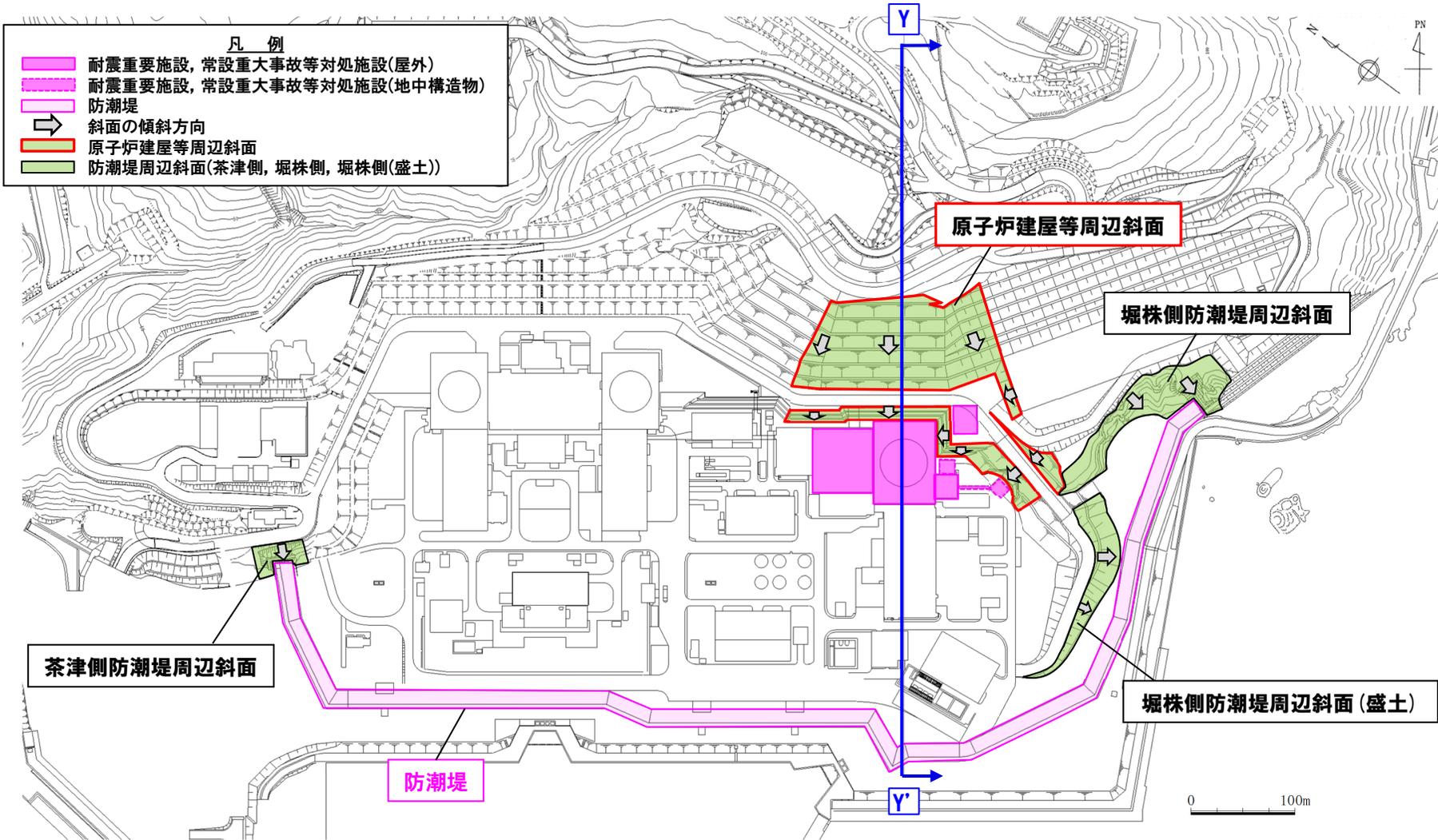
※抽出した周辺斜面(左図に示す斜面I)の分布範囲に限らず、背後の地形や断層の分布を考慮して、背後に分布する斜面も含めてモデル化している。



6.2 評価対象断面の選定

③ 評価対象断面の選定結果

○原子炉建屋等周辺斜面の評価対象断面を下図に示す。

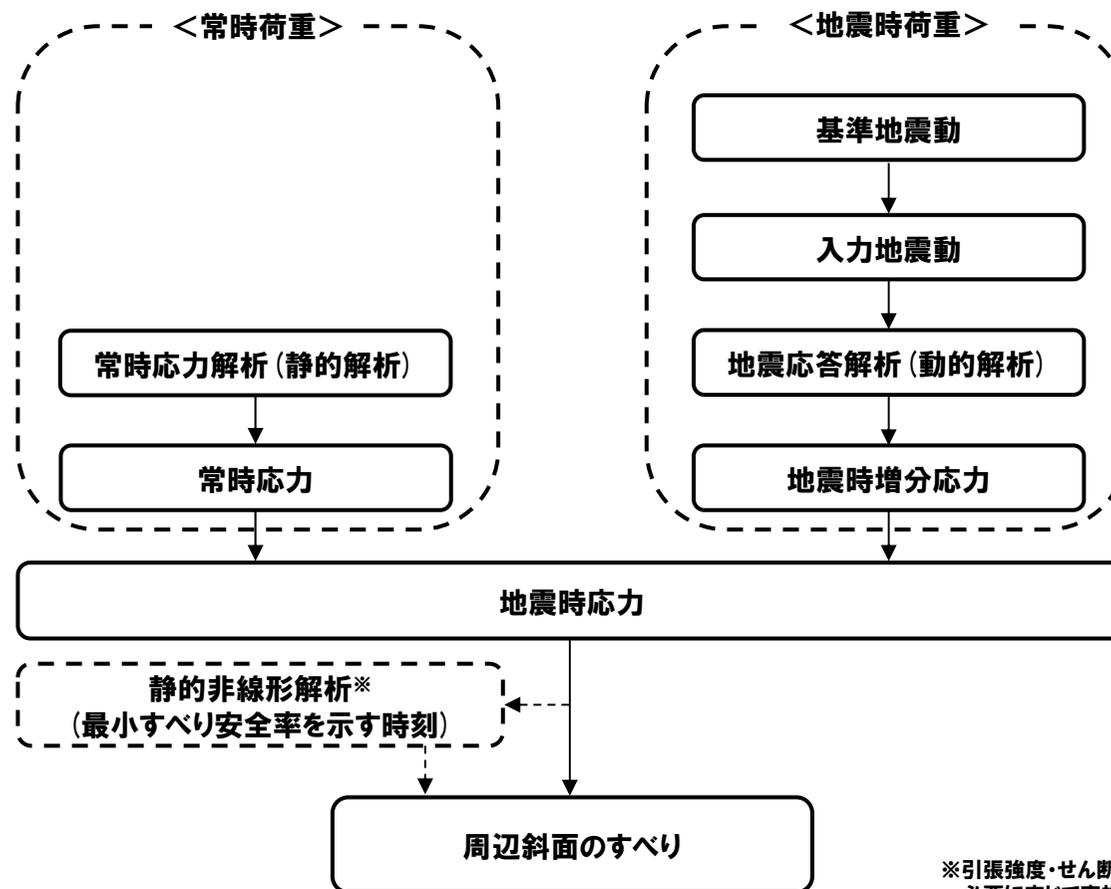


評価対象断面 平面位置図

6.3 評価方法

①周辺斜面の安定性評価フロー

- 地震力に対する周辺斜面の安定性評価は、以下に示すフローで二次元動的有限要素法に基づく常時応力解析及び地震応答解析により、周辺斜面のすべりを評価する。
- 地震応答解析は、周波数応答解析を用い、等価線形化法により安山岩A_V級、火砕岩類E級、断層、表土及び埋戻土の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性を考慮する。
- また、地震応答解析については、水平地震動及び鉛直地震動を同時入力し、応答の同時性を考慮する。



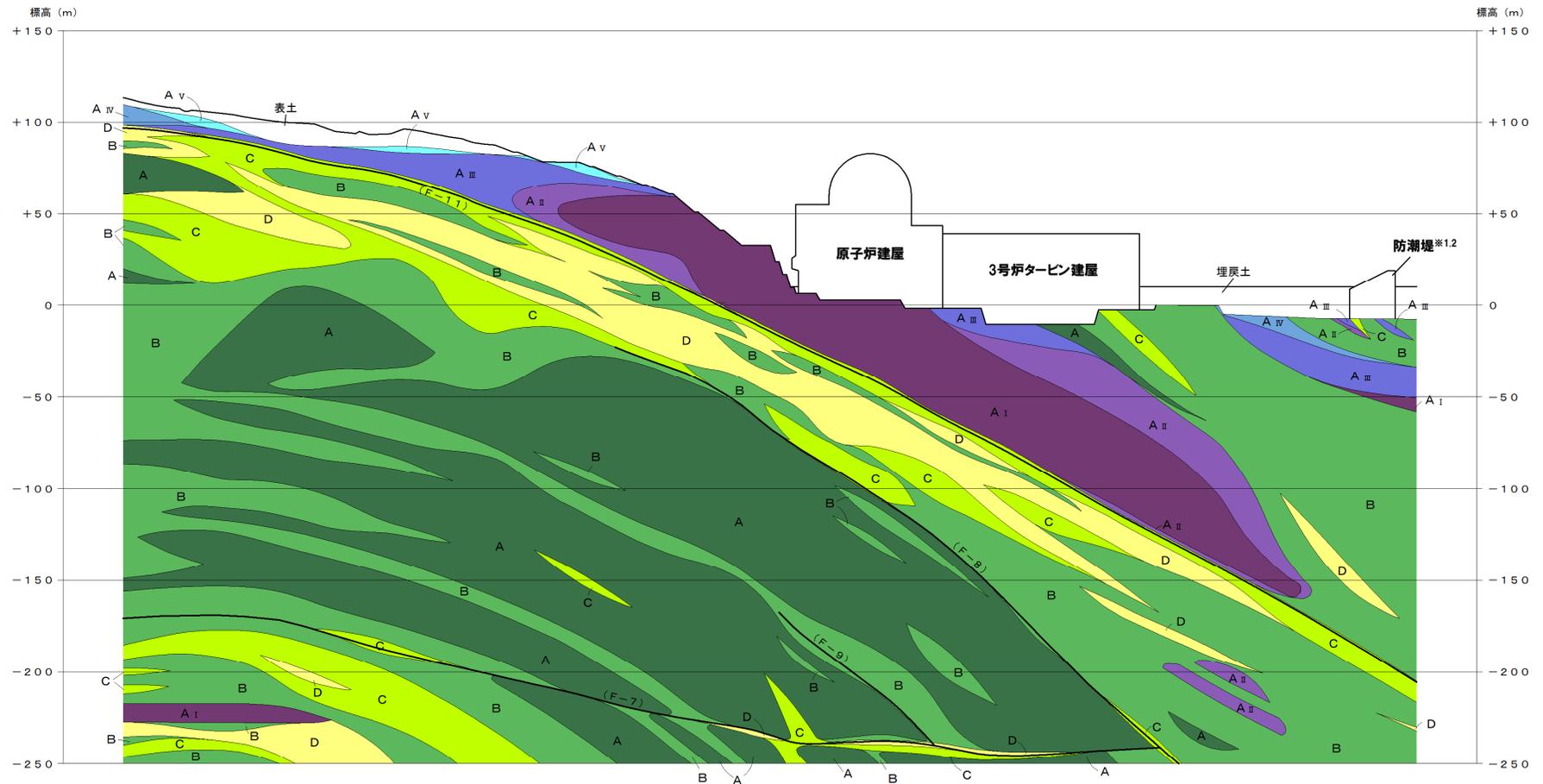
周辺斜面の安定性評価フロー

※引張強度・せん断強度を超える要素が広く分布する場合等、必要に応じて実施（詳細は、補足説明資料3章参照）。

6.3 評価方法

②-1 岩盤分類図:Y-Y'断面

○原子炉建屋等周辺斜面の評価対象断面(Y-Y'断面)の鉛直岩盤分類図を下図に示す。



鉛直岩盤分類図:Y-Y'断面 (P92再掲)

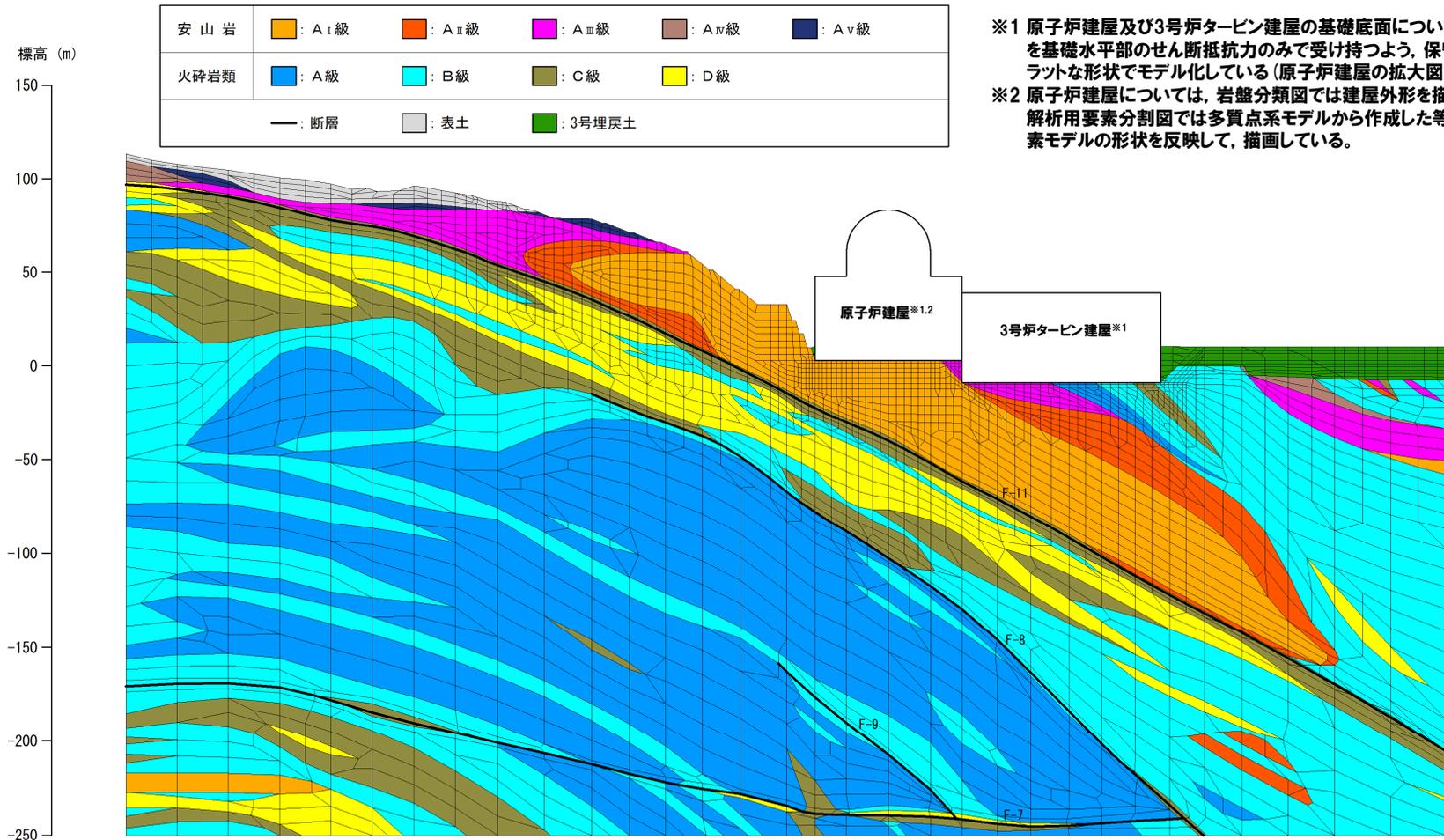
※1 防潮堤は、埋戻土でモデル化した(詳細はP85参照、解析用要素分割図は次頁参照)。

※2 津波防護施設等は、配置や構造等が変更となる可能性がある。

6.3 評価方法

②-2 解析用要素分割図:Y-Y' 断面

○原子炉建屋等周辺斜面の評価対象断面 (Y-Y' 断面) の解析用要素分割図を下図に示す。



- ※1 原子炉建屋及び3号炉タービン建屋の基礎底面については、滑動力を基礎水平部のせん断抵抗力のみで受け持つよう、保守的に一律フラットな形状でモデル化している (原子炉建屋の拡大図をP94に示す)。
- ※2 原子炉建屋については、岩盤分類図では建屋外形を描画しているが、解析用要素分割図では多質点系モデルから作成した等価な有限要素モデルの形状を反映して、描画している。

解析用要素分割図:Y-Y' 断面 (P93再掲)



6.3 評価方法

③-1 二次元動的有限要素法における地下水位の設定方針

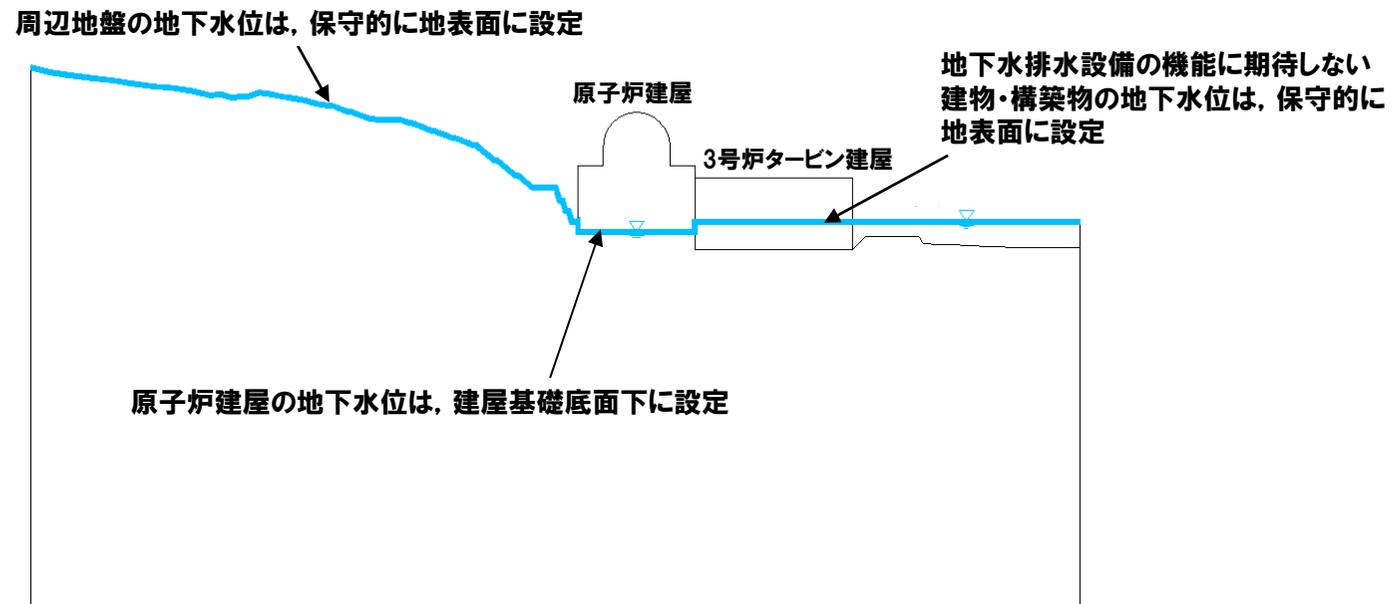
【建物・構築物の地下水位設定】

○周辺斜面の二次元動的有限要素法における建物・構築物の地下水位の設定に当たっては、地下水排水設備の機能に期待する原子炉建屋の地下水位は建屋基礎底面下とし、地下水排水設備の機能に期待しない建物・構築物の地下水位は地表面に設定する※。

【建物・構築物の周辺地盤の地下水位設定】

○建物・構築物の周辺地盤の地下水位は、保守的に地表面に設定する。

※R4.6.23審査会合「泊発電所3号炉 地震による損傷の防止（地下水位の設定）」において、説明済み（詳細は、補足説明資料4章参照）。



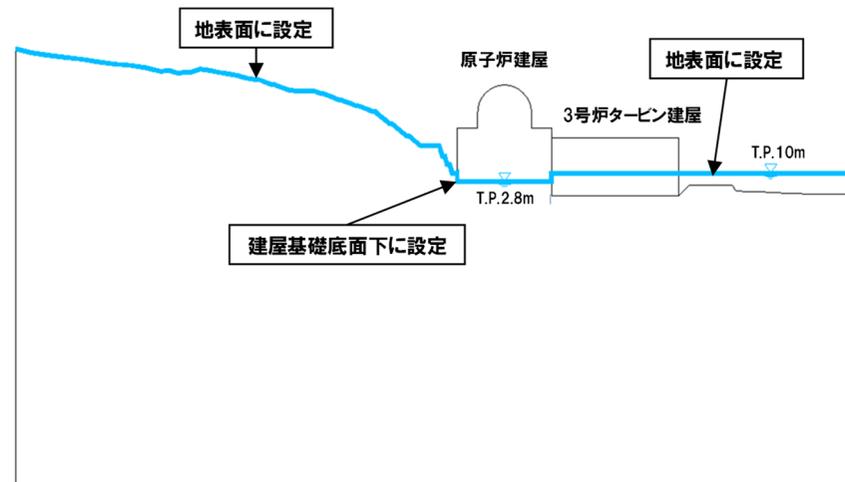
周辺斜面の安定性評価における地下水位設定のイメージ

6.3 評価方法

③-2 二次元動的有限要素法における地下水位の設定

○二次元動的有限要素法における地下水位については、以下のとおり設定した(下図参照)。

- ・Y-Y'断面における地下水位は、地表面を基本として、地下水排水設備の機能に期待する原子炉建屋は建屋基礎底面下に設定した。



Y-Y'断面 (P102再掲)

6.3 評価方法

④すべり安全率の算定

- 周辺斜面のすべりは、想定すべり面におけるすべり安全率により評価する。
- すべり安全率は、想定すべり面上の応力状態を基に、すべり面上のせん断抵抗力の和をすべり面上のせん断力の和で除して求める。
- すべり安全率が評価基準値1.2以上であることを確認する。
- 液状化範囲では、すべり面上のせん断力及びせん断抵抗力は考慮しないこととする (P34参照)。

$$\text{すべり安全率} = \frac{\Sigma (\text{すべり面上のせん断抵抗力})}{\Sigma (\text{すべり面上のせん断力})}$$

余白

6.3 評価方法

⑤すべり面の設定方法(1/3)

○すべり安全率を算定するすべり面については、せん断強度の小さい断層を通るすべり面を設定し、応力状態を踏まえて必要に応じてすべり面を追加設定する。

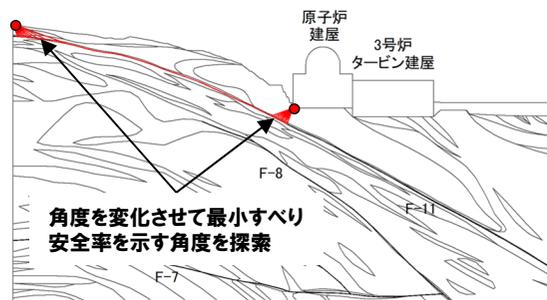
- ・断層を通るすべり面 : 固定点を設定し、岩盤内を通る角度をパラメトリックに設定する。岩盤内を通る角度は、受働崩壊角及び主働崩壊角 ($45^\circ \pm \phi/2$, $\phi=50^\circ$ ※1) を踏まえ、 $20^\circ \sim 70^\circ$ の範囲を 5° 間隔に設定する(設定例は下図a参照)。
- ・応力状態を考慮したすべり面: 審査ガイド※2に準拠し、設定したすべり面について、要素の安全率が低い領域やモビライズド面との位置関係を踏まえ、上記で設定したすべり面の妥当性を確認する。モビライズド面等からすべり面が想定される場合は、設定したすべり面と比較の上、必要に応じてすべり面を追加設定する(次頁参照)。

■断層を通るすべり面の設定例(Y-Y'断面)

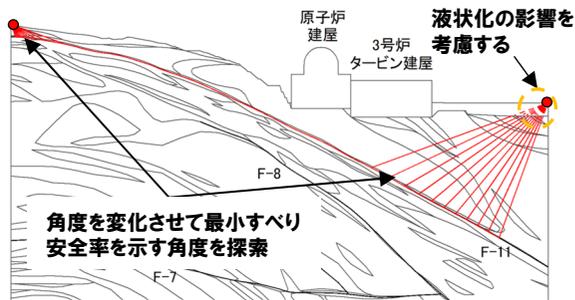
[a. 断層を通るすべり面]

- ・固定点を設定し、岩盤内を通る角度をパラメトリックに設定する(固定点の設定の考え方は右図参照)。
- ・地表面へ立ち上がるすべり面に液状化範囲が設定されている場合は、液状化の影響を考慮する。

(斜面内のみを通るすべり面)



(斜面内から原子炉建屋基礎底面の下方を通るすべり面)

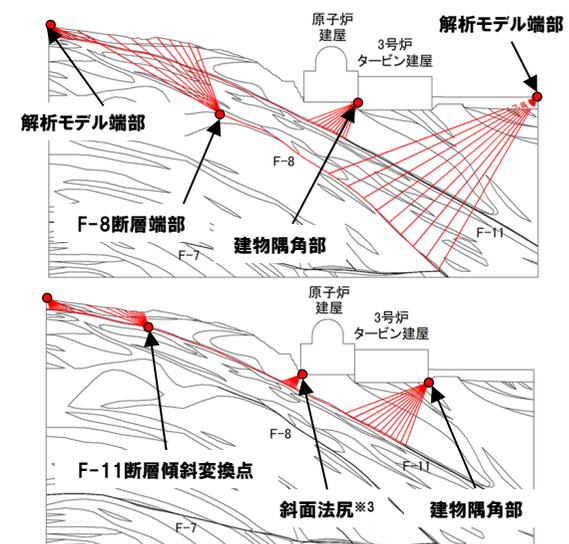


- 凡例
- : 岩級区分線
 - : 断層
 - : すべり面
 - : 固定点

- ※1 ϕ は岩盤の解析用物性値(内部摩擦角)を参考に設定。
- ※2 審査ガイド「4.1地震力に対する基礎地盤の安定性評価(2)確認事項」に記載されているすべり面設定上確認すべき事項に該当する項目。
- ※3 Y-Y'断面における斜面法尻の拡大図をP176に示す。

【固定点の設定の考え方】

- ・せん断強度の小さい断層を通るすべり面を設定することから、断層端部等に固定点を設定する。
- ・応力が集中しやすいことから、斜面法尻※3や建屋隅角部のような大きな重量の変化点に固定点を設定する。
- ・すべり土塊が大きくなると滑動力が大きくなることから、解析モデル端部に固定点を設定する。



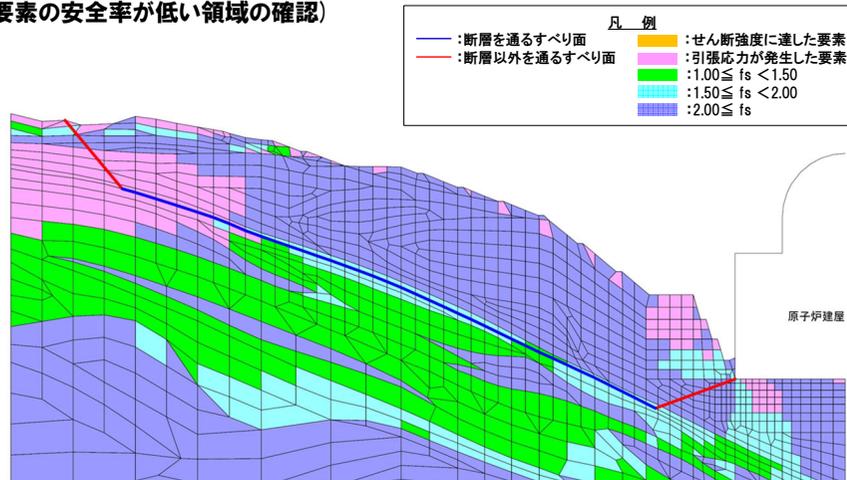
6.3 評価方法

⑤すべり面の設定方法(2/3)

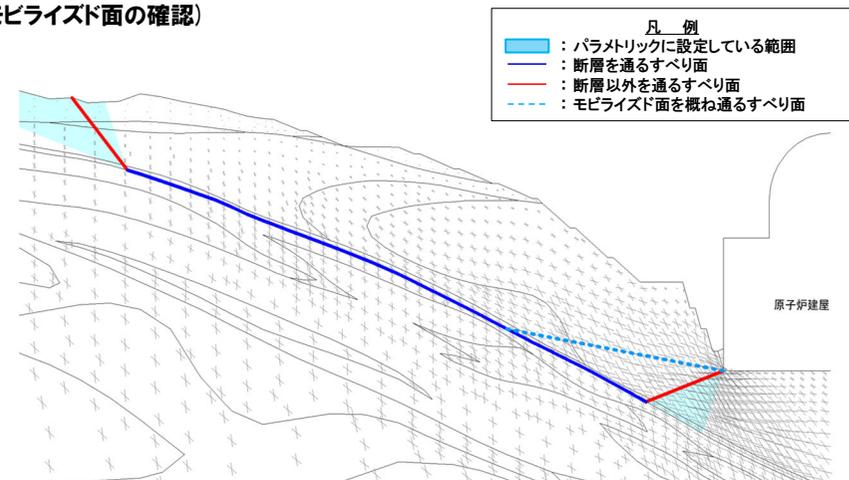
【b. 応力状態を考慮したすべり面(詳細は、補足説明資料3章参照)】

- ・断層を通るすべり面のうち、最小すべり安全率を示すすべり面について、最小すべり安全率発生時刻の応力状態を踏まえ、設定したすべり面が要素の安全率が低い領域(せん断強度に達した要素や引張応力が発生した要素)やモビライズド面を通るすべり面になっていることを確認する。モビライズド面等からすべり面が想定される場合は、設定したすべり面と比較の上、必要に応じてすべり面を追加設定する。
- ・なお、評価対象断面であるY-Y'断面において、設定したすべり面がすべり安全率の低いすべり面になっていることから、すべり面の追加設定はしていない。

(要素の安全率が低い領域の確認)



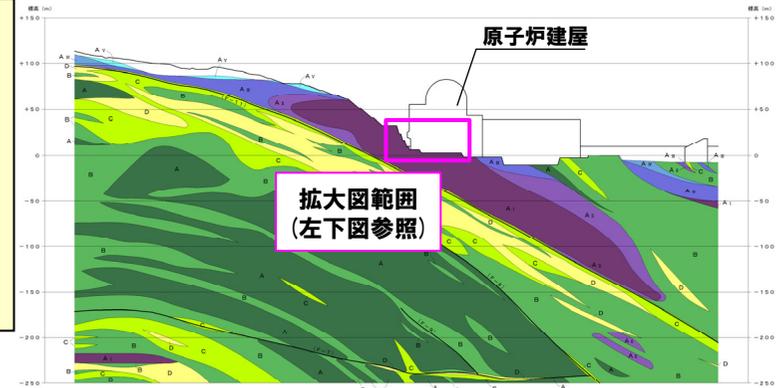
(モビライズド面の確認)



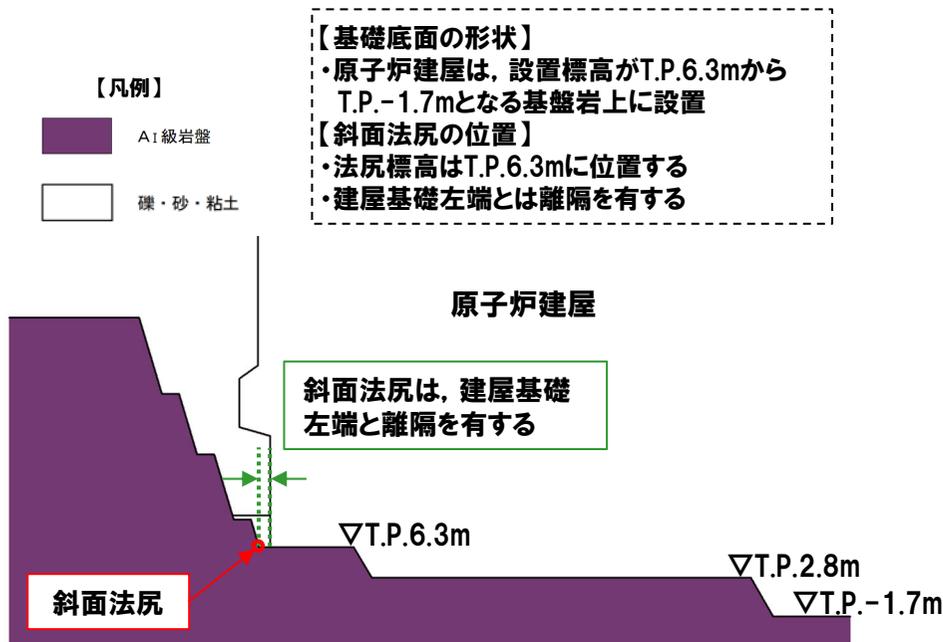
6.3 評価方法

⑤すべり面の設定方法 (3/3)

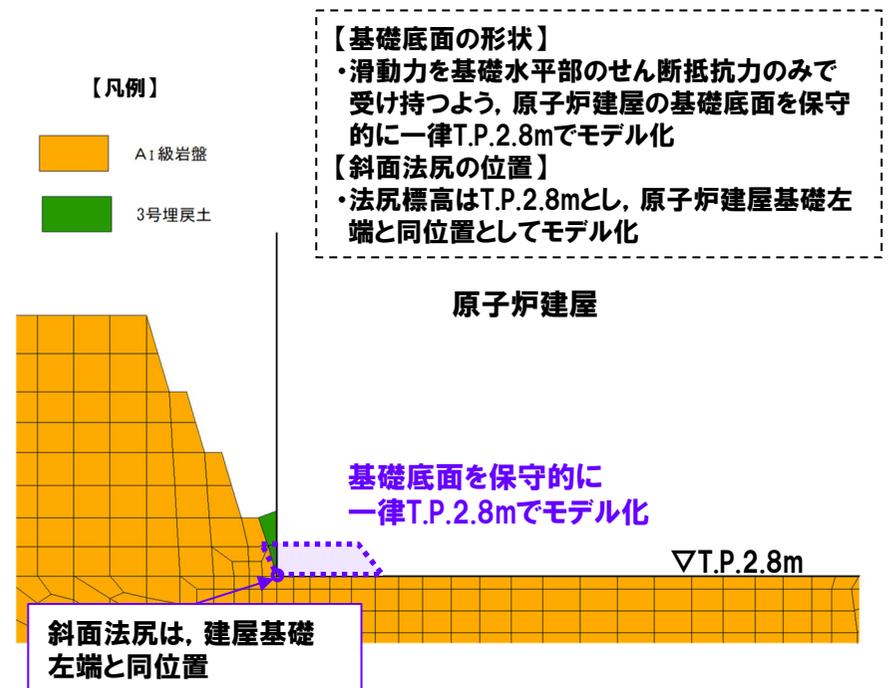
- P174に示す断層を通るすべり面の設定のうち、【固定点の設定の考え方】においては、応力が集中しやすい斜面法尻に固定点を設定することとしている。
- Y-Y'断面における斜面法尻は、実際には、岩盤分類図(左下図参照)に示すとおり、T.P.6.3mに位置し、原子炉建屋基礎左端とは離隔を有する。
- 解析上は、解析用要素分割図(右下図参照)に示すとおり、原子炉建屋基礎底面を一律T.P.2.8mとし、斜面法尻についても標高T.P.2.8mとすることで、原子炉建屋基礎左端と同位置としてモデル化しているが、当該固定点を通るすべりについては、斜面法尻に抜けるすべり面として取り扱っている。



岩盤分類図:Y-Y'断面



岩盤分類図(斜面法尻付近拡大)



解析用要素分割図(斜面法尻付近拡大)

余白

6.4 評価結果

すべりに対する評価結果:Y-Y'断面(1/2)

- 想定すべり面ごとの最小すべり安全率を本頁及び次頁に示す※1。
- 動的解析の結果, Y-Y'断面において, 最小すべり安全率は1.6, ばらつきを考慮しても1.4であり, いずれも評価基準値1.2を上回ることを確認した。
- また, 静的非線形解析を実施した結果, すべり安全率は2.1であり, 評価基準値1.2を上回ることを確認した(詳細は, 補足説明資料3章参照)。

※1 各地震動に対する評価結果の詳細は, 補足説明資料3章に示す。

No.	すべり面形状	基準地震動※2	最小すべり安全率※3
1	<p>解析モデル左端からF-11断層を通り斜面法尻に抜けるすべり面</p>	Ss3-4 (+,+)	1.7 [7.53]

No.	すべり面形状	基準地震動※2	最小すべり安全率※3
2	<p>地表からF-11断層を通り斜面法尻に抜けるすべり面</p>	Ss3-4 (+,+)	1.6 (1.4) <2.1> [7.52]
3	<p>解析モデル左端からF-11断層を通り原子炉建屋基礎右端に抜けるすべり面</p>	Ss3-4 (+,+)	2.0 [7.54]

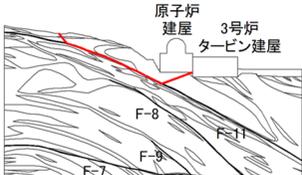
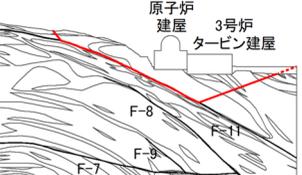
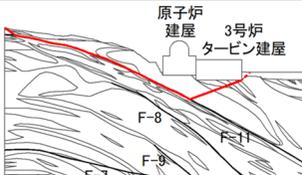
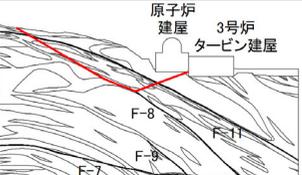
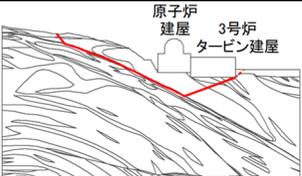
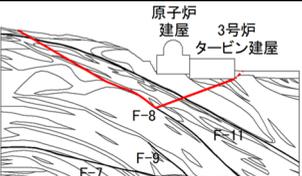
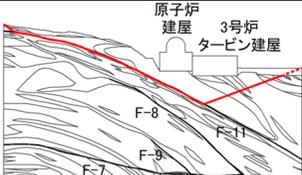
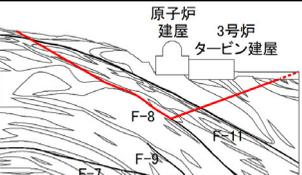
— :岩級区分線 — :すべり面 — :断層 □ :すべり安全率の最小値

※2 基準地震動の(+,+)は位相反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※3 ()は物性のばらつきを考慮したすべり安全率を, <>は静的非線形解析における最小すべり安全率を, []は発生時刻(秒)を示す。

6.4 評価結果

すべりに対する評価結果:Y-Y' 断面 (2/2)

No.	すべり面形状	基準地震動※1	最小すべり安全率※2	No.	すべり面形状	基準地震動※1	最小すべり安全率※2
4	 <p>地表からF-11断層を通り 原子炉建屋基礎右端に抜けるすべり面</p>	Ss3-4 (+,+)	2.1 [7.52]	8	 <p>地表からF-11断層を通り 解析モデル右端に抜けるすべり面</p>	Ss3-4 (+,+)	2.8 [7.53]
5	 <p>解析モデル左端からF-11断層を通り 3号炉タービン建屋基礎右端に抜けるすべり面</p>	Ss3-4 (+,+)	2.3 [7.53]	9	 <p>地表からF-8断層を通り 原子炉建屋基礎右端に抜けるすべり面</p>	Ss3-4 (+,+)	2.5 [7.53]
6	 <p>地表からF-11断層を通り 3号炉タービン建屋基礎右端に抜けるすべり面</p>	Ss3-4 (+,+)	2.4 [7.53]	10	 <p>地表からF-8断層を通り 3号炉タービン建屋基礎右端に抜けるすべり面</p>	Ss3-4 (+,+)	2.7 [7.53]
7	 <p>解析モデル左端からF-11断層を通り 解析モデル右端に抜けるすべり面</p>	Ss3-4 (+,+)	2.7 [7.53]	11	 <p>地表からF-8断層を通り 解析モデル右端に抜けるすべり面</p>	Ss3-4 (+,+)	2.9 [7.53]

— :岩級区分線 - - - :すべり面※3 — :断層 □ :すべり安全率の最小値

※1 基準地震動の(+,+)は位相反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

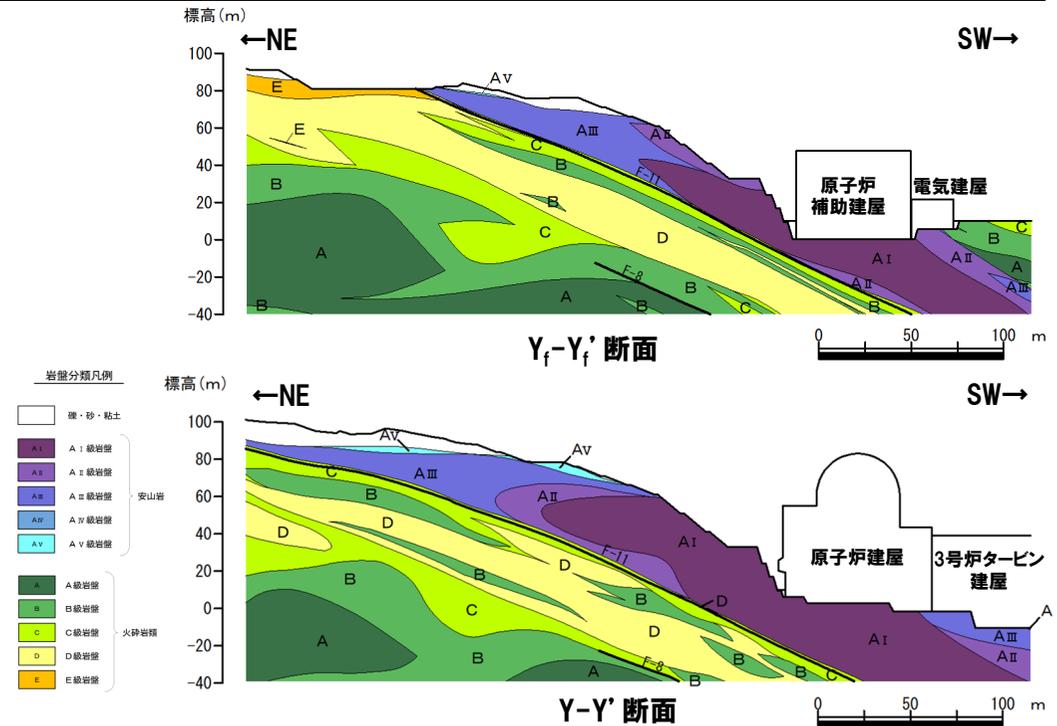
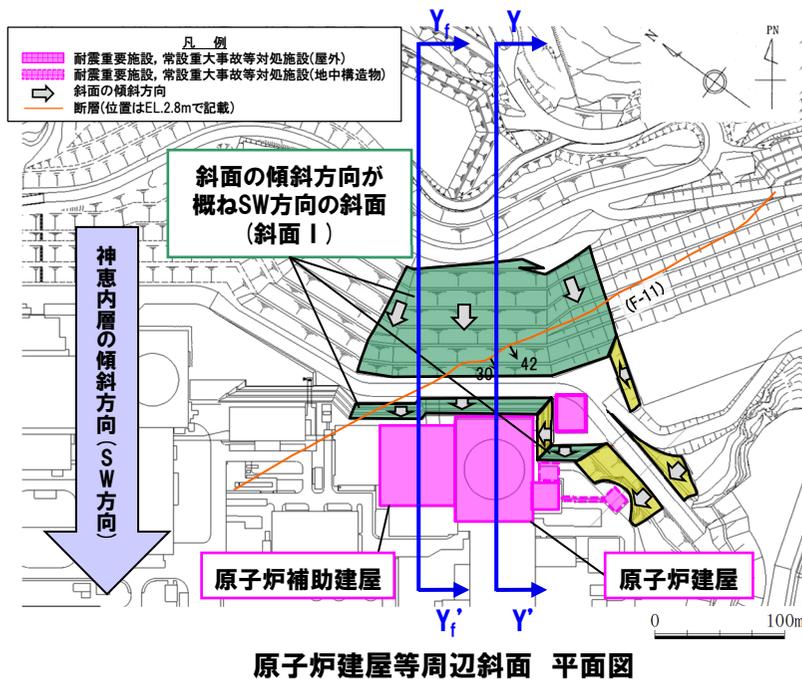
※2 []は発生時刻(秒)を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲を示す(P34参照)。

6.4 評価結果

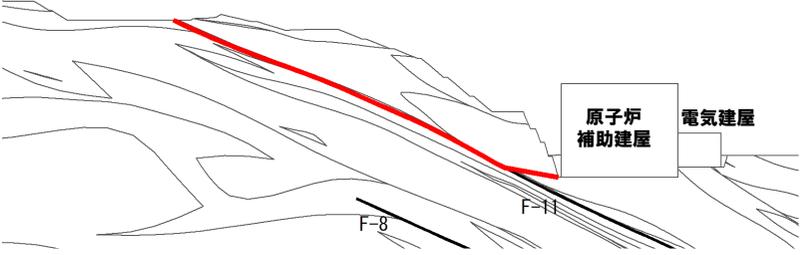
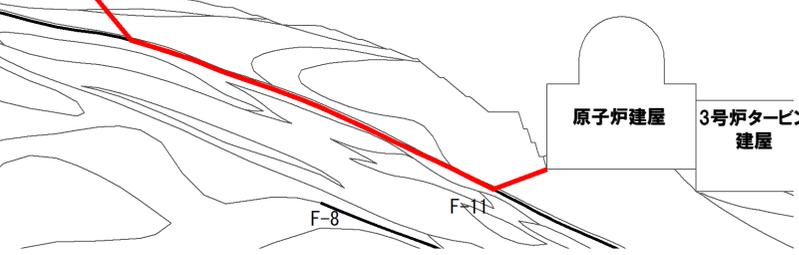
(参考) Y-Y' 断面 (原子炉建屋周辺斜面) 設定位置の妥当性確認 (1/2)

- 斜面 I 内にはF-11断層が分布しているが、当該斜面に対して斜交する位置関係であることから、Y-Y' 断面よりも北西方向の断面を設定した場合、F-11断層の分布位置(深度)は、相対的に浅くなる。しかし、以下の理由により、断面位置の設定においては、F-11断層の分布位置の影響は小さいものと考えられる。
 - ・基盤岩である神恵内層は、SW方向に傾斜しており、当該斜面範囲においてこの構造は同様である。
 - ・F-11断層の直上には、神恵内層のうち、堅硬な安山岩が広く分布している。
- このため、断面位置の設定において、F-11断層の分布位置の影響は小さいと考えられるものの、評価対象断面であるY-Y' 断面の設定位置が妥当であることを確認するため、相対的にF-11断層が浅く分布する断面(Y_f-Y'_f断面)とY-Y' 断面について、動的解析により、すべり安全率を比較した。
- すべり安全率を比較するすべり面は、Y-Y' 断面において最小すべり安全率を示す、地表からF-11断層を通り斜面法尻に抜けるすべり面とした(No.2すべり面形状、P178参照)。
- 動的解析に用いた基準地震動は、Y-Y' 断面において最小すべり安全率を示すSs3-4とした。
- 動的解析によるすべり安全率を比較した結果、Y_f-Y'_f断面の最小すべり安全率は1.6であり、評価対象断面であるY-Y' 断面の1.6と同程度であることから、F-11断層の分布位置の影響はなく、Y-Y' 断面の設定位置が妥当であることを確認した(次頁参照)。



6.4 評価結果

(参考) Y-Y' 断面 (原子炉建屋周辺斜面) 設定位置の妥当性確認 (2/2)

Y _f -Y' _f 断面のすべり面*	Y-Y' 断面のすべり面 (すべり面形状No.2)
	
<ul style="list-style-type: none"> • 基準地震動 : Ss3-4 (+,+) • 時刻 : 7.52秒 • すべり安全率 : 1.6 	<ul style="list-style-type: none"> • 基準地震動 : Ss3-4 (+,+) • 時刻 : 7.52秒 • すべり安全率 : 1.6

※すべり面の設定方法 (P174~P175参照) に基づき、岩盤内を通る角度をパラメトリックに設定し、モビライズド面から想定されるすべり面も確認した上で、最小すべり安全率を算定した。

- (1) 田中治雄 (1964):土木技術者のための地質学入門
- (2) 菊池宏吉, 齊藤和雄 (1975):耐荷力を対象とした岩盤分級基準の提案, 第9回岩盤力学に関するシンポジウム講演概要
- (3) 社団法人地盤工学会 (2009):地盤材料試験の方法と解説
- (4) 建設省 (1970):土木試験基準 (案)
- (5) 社団法人地盤工学会 (2000):土質試験の方法と解説 第一回改訂版
- (6) 社団法人地盤工学会 (1995):地盤調査法
- (7) 土木学会岩盤力学委員会 (1983):原位置岩盤の変形およびせん断試験の指針-解説と設計への適用-
- (8) 社団法人土木学会原子力土木委員会 (2009):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>
- (9) 社団法人日本電気協会電気技術基準調査委員会 (1987):原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987
- (10) 社団法人地盤工学会 (2007):設計用地盤定数の決め方-岩盤編-
- (11) 一般社団法人日本電気協会原子力規格委員会 (2015):原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2015
- (12) Mansinha,L. and Smylie,D.E. (1971):The displacement fields of inclined faults, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.61, No.5, pp.1433-1440.
- (13) [編集]宅地防災研究会 (2022):宅地防災マニュアルの解説 [第三次改訂版] [II]