

3. 基礎地盤の安定性評価 3.5 評価方法

基礎の支持力

第868回審査会合
資料3-1 P93 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

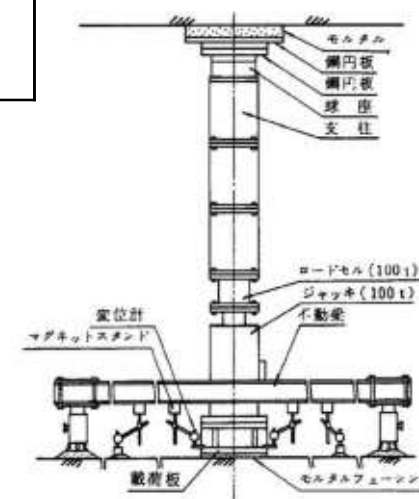
110

・平板載荷試験結果に基づき、基礎地盤支持力の評価基準値を設定し、二次元有限要素法に基づく地震応答解析(周波数応答解析)により求められる基礎の最大接地圧(鉛直応力)が評価基準値を超えていないことを確認する。

対象施設	接地地盤	基礎地盤支持力の評価基準値 ^{※1} (N / mm ²)	備考
2号炉原子炉建物	C _H 級	9.8以上 ^{※2}	平板載荷試験により設定した。
防波壁(多重鋼管杭式擁壁)	C _M 級	9.8以上 ^{※2}	
ガスタービン発電機建物	C _L 級	3.9	

※1 詳細な設定方法については、補足説明資料「2.6 地盤の支持力」に示す。

※2 100kg/cm² (=9.8N/mm²) を載荷しても破壊しないことから、評価基準値として9.8N/mm²以上とした。

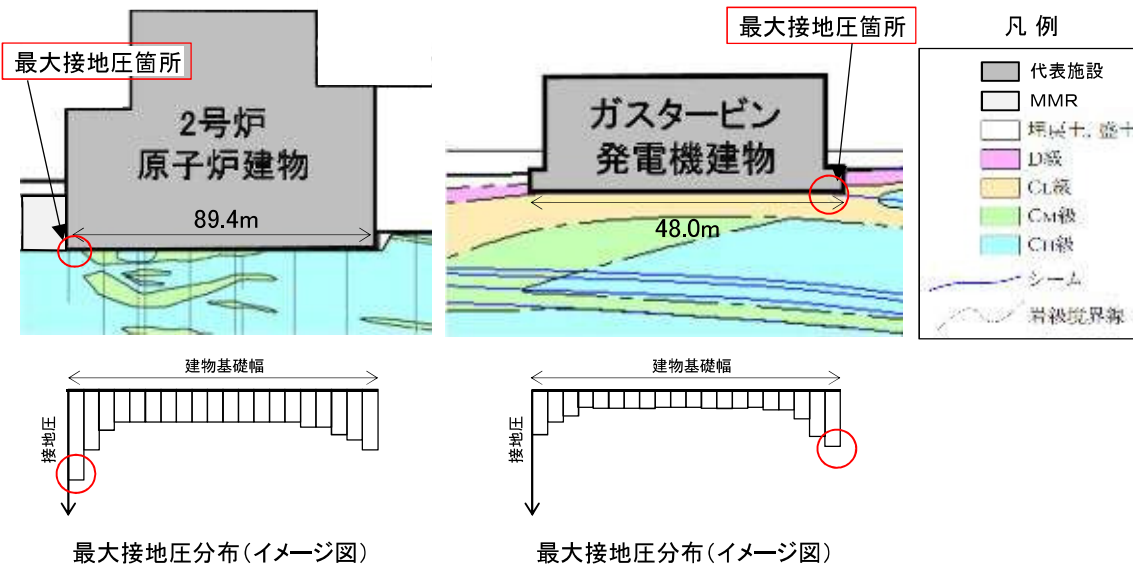


平板載荷試験

支持力に対する評価方針(2号炉原子炉建物, ガスタービン発電機建物)

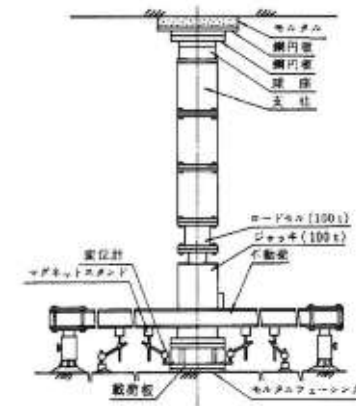
- ・直接岩盤で支持する施設の基礎地盤の支持力は、平板載荷試験結果による評価基準値と、二次元有限要素法に基づく地震応答解析(周波数応答解析)により求められる基礎の最大接地圧(鉛直応力)を比較することにより確認する。
- ・地震時の最大接地圧は、常時応力と地震応答解析による地震時増分応力を重ね合わせて算出する。

- ①常時接地圧 : 常時応力解析による接地圧を算出する。
- ②地震時接地圧 : 地震応答解析による基礎底面の最大鉛直応力を算出する。



- ③基礎地盤支持力の評価基準値

- ・平板載荷試験結果に基づいて岩級毎に設定する。
- 2号炉原子炉建物(C_H級) : 9.8N/mm²以上
- ガスタービン発電機建物(C_L級) : 3.9N/mm²

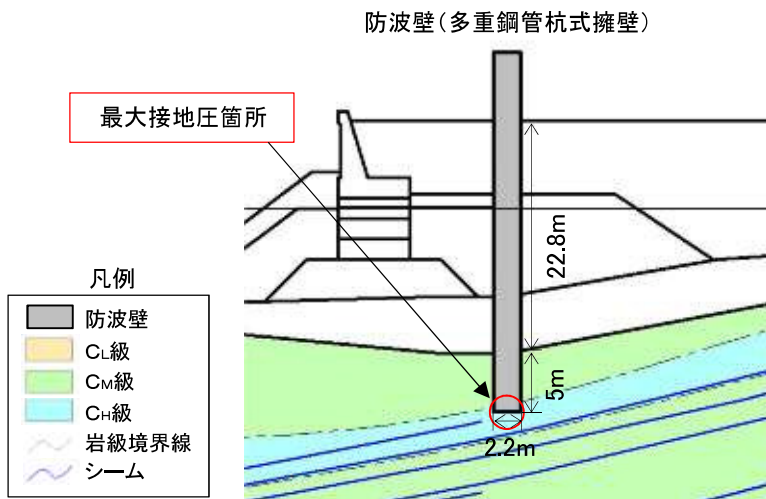


十分な支持性能を有することを確認
地震時最大接地圧(①+②) < 基礎地盤支持力の評価基準値(③)

支持力に対する評価方針(防波壁(多重鋼管杭式擁壁))

- ・杭を介して岩盤で支持する施設の基礎地盤の支持力は、平板載荷試験結果による評価基準値と、二次元有限要素法に基づく地震応答解析(周波数応答解析)により求められる杭先端の最大接地圧(鉛直応力)を比較することにより確認する。
- ・地震時の最大接地圧は、常時応力と地震応答解析による地震時増分応力を重ね合わせて算出する。

- ①常時接地圧 : 常時応力解析による接地圧を算出する。
- ②地震時接地圧 : 地震応答解析による基礎底面の最大鉛直応力を算出する。



- ③基礎地盤支持力の評価基準値
- ・「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編(平成14年3月)」によると、杭支持構造物の極限支持力の推定式について以下の記載がされている。

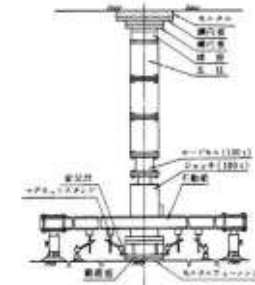
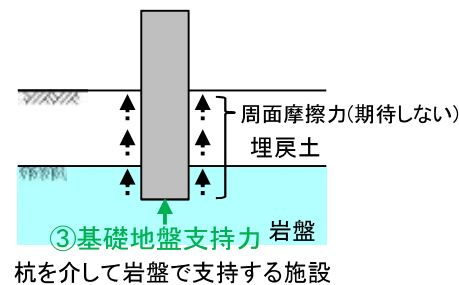
《「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編(平成14年3月)」に示される極限支持力の推定式》

$$R_u = q_d A + \underbrace{U \sum L_i f_i}_{\text{周面摩擦力}}$$

q_d : 杭先端における単位面積あたりの極限支持力度(N/mm²)
 A : 杭先端面積(m²)

- ・杭を介して岩盤で支持する施設では、支持杭の軸方向支持力は杭先端支持力と周面摩擦力の和として表されるが、保守的に周面摩擦力による抵抗に期待しない設計とする。

- ・基礎地盤支持力の評価基準値は、平板載荷試験結果に基づいて岩級毎に設定する。
- 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)(C_M級) : $q_d = 9.8\text{N/mm}^2$ 以上

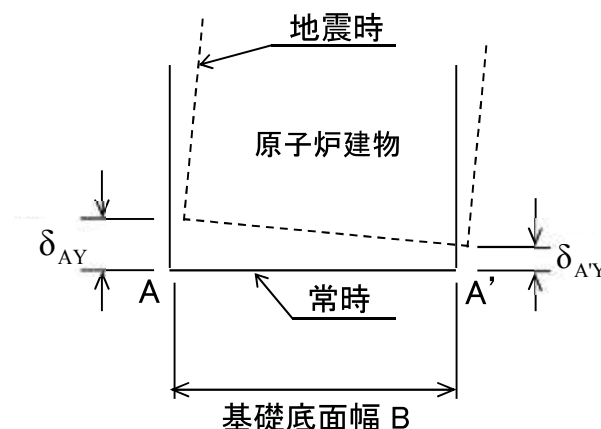
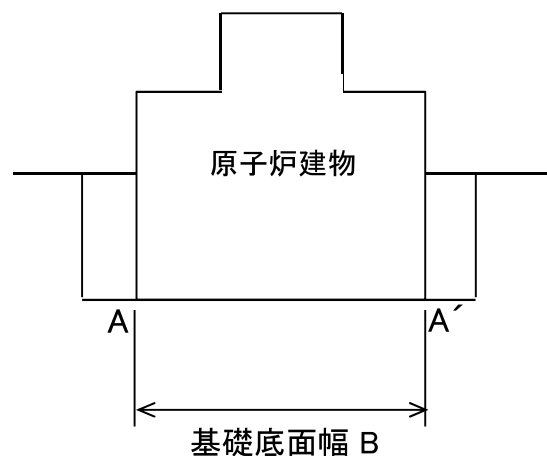


十分な支持性能を有することを確認
 地震時最大接地圧(①+②) < 基礎地盤支持力の評価基準値(③)

基礎底面の傾斜

・二次元有限要素法に基づく地震応答解析(周波数応答解析)の鉛直変位量から求められる基礎の傾斜が、評価基準値の**目安**の1/2,000を超えないことを確認する。

対象施設	評価基準値の 目安	備考
2号炉原子炉建物	1/2,000	審査ガイドの目安値(基本設計段階の目安値): 一般建築物の構造的な障害が発生する限界(亀裂の発生率, 発生区間により判断)
ガスタービン発電機建物		
防波壁(多重鋼管杭式擁壁)	—	重要な機器・システムがないことから, 傾斜の評価を省略する。



・原子炉建屋基礎底面の傾斜の最大値

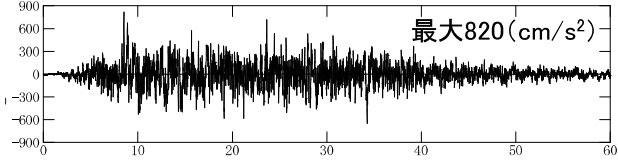
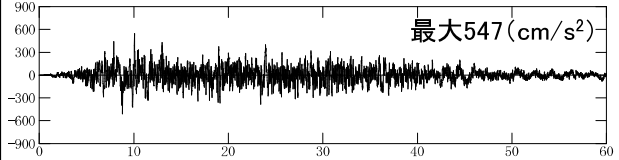
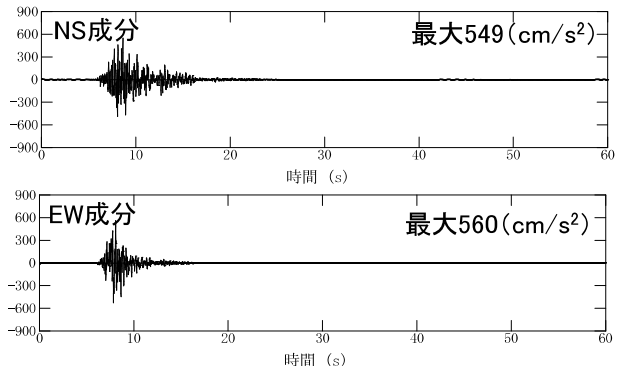
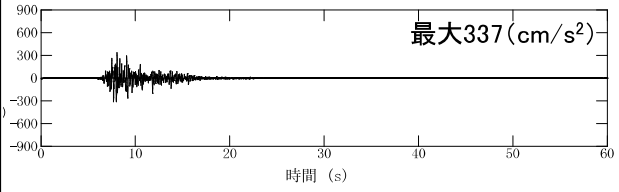
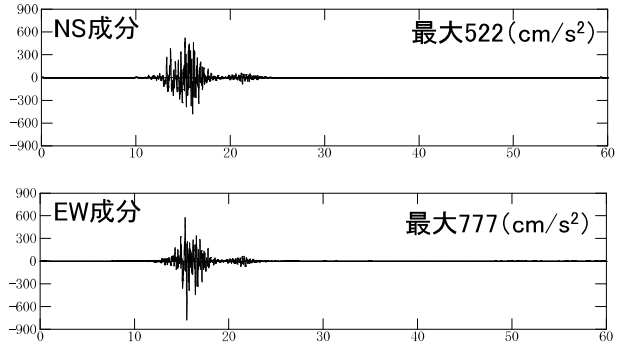
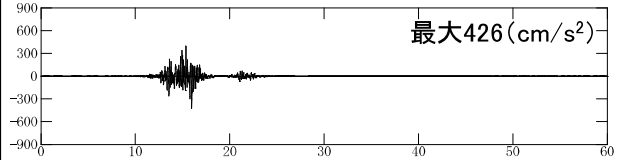
$$\frac{|\delta_{AY} - \delta_{A'Y}|}{B}$$

3. 基礎地盤の安定性評価

3.6 入力地震動

3. 基礎地盤の安定性評価 3.6 入力地震動
 概要(1/2)

基準地震動の最大加速度値

基準地震動		水平方向	鉛直方向
Ss-D	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 [応答スペクトル手法による] 基準地震動		
Ss-F1	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 断層モデル手法による基準地震動 突道断層による地震の中越沖地震の短周期レベルの不確かさ 破壊開始点5		
Ss-F2	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 断層モデル手法による基準地震動 突道断層による地震の中越沖地震の短周期レベルの不確かさ 破壊開始点6		

※ 表中のグラフは各基準地震動の加速度時刻歴波形[縦軸: 加速度 (cm/s²), 横軸: 時間 (s)]

※ Ss-Dは水平動及び鉛直動の反転を考慮する。

3. 基礎地盤の安定性評価 3.6 入力地震動
 概要(2/2)

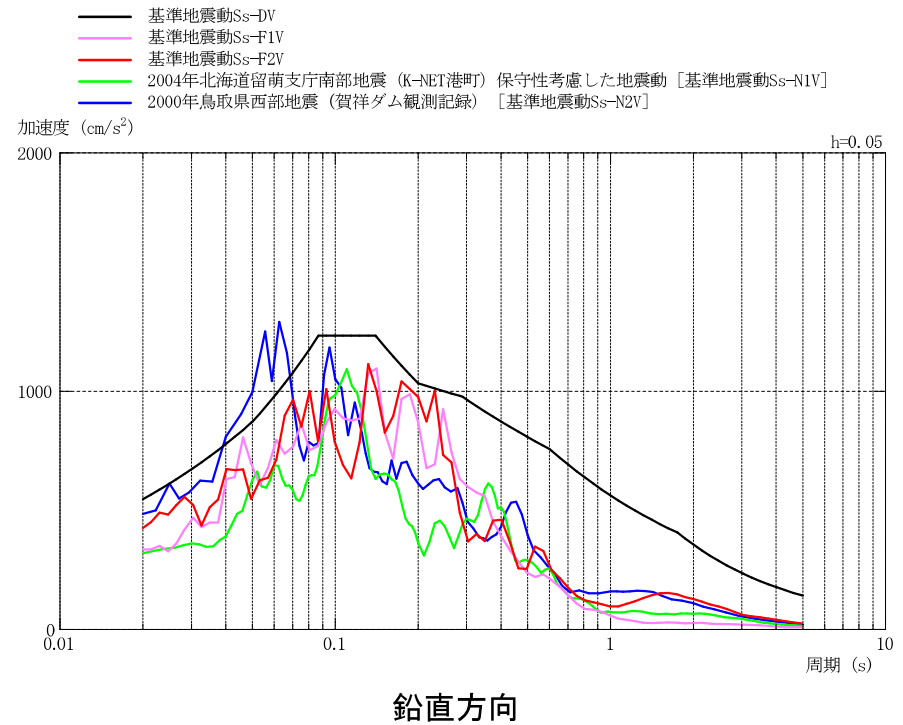
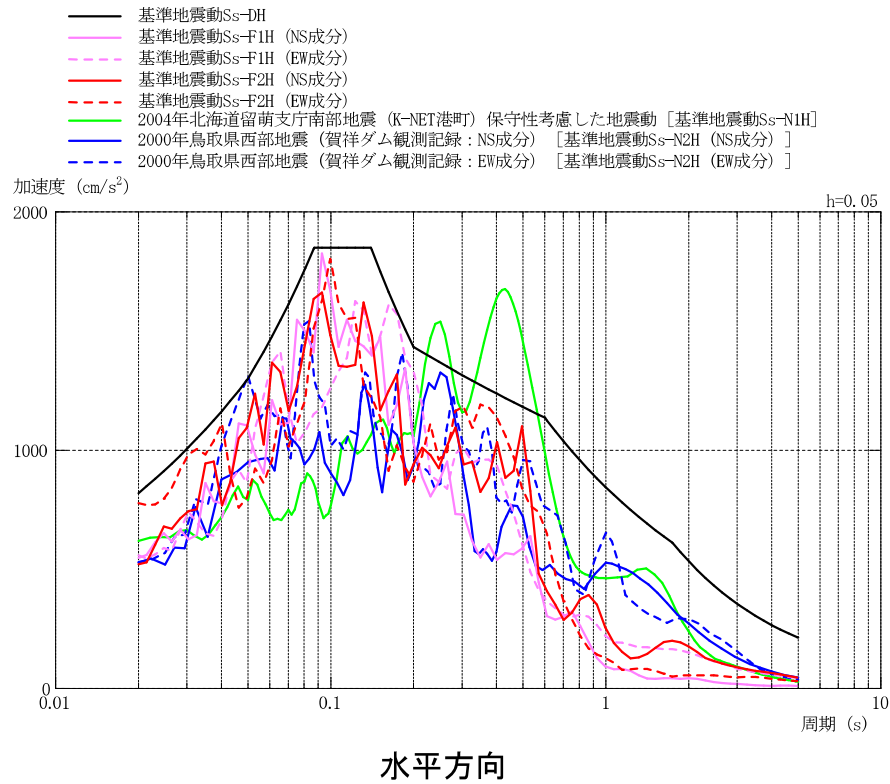
基準地震動の最大加速度値

基準地震動		水平方向	鉛直方向
Ss-N1	震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 [2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)の検討結果に保守性を考慮した地震動]	<p>最大620 (cm/s²)</p>	<p>最大320 (cm/s²)</p>
Ss-N2	震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 [2000年鳥取県西部地震の賀祥ダム(監査廊)の観測記録]	<p>NS成分 最大528 (cm/s²) EW成分 最大531 (cm/s²)</p>	<p>最大485 (cm/s²)</p>

※ 表中のグラフは各基準地震動の加速度時刻歴波形[縦軸:加速度 (cm/s²), 横軸:時間(s)]

※ Ss-N1及びSs-N2は水平動の反転を考慮する。

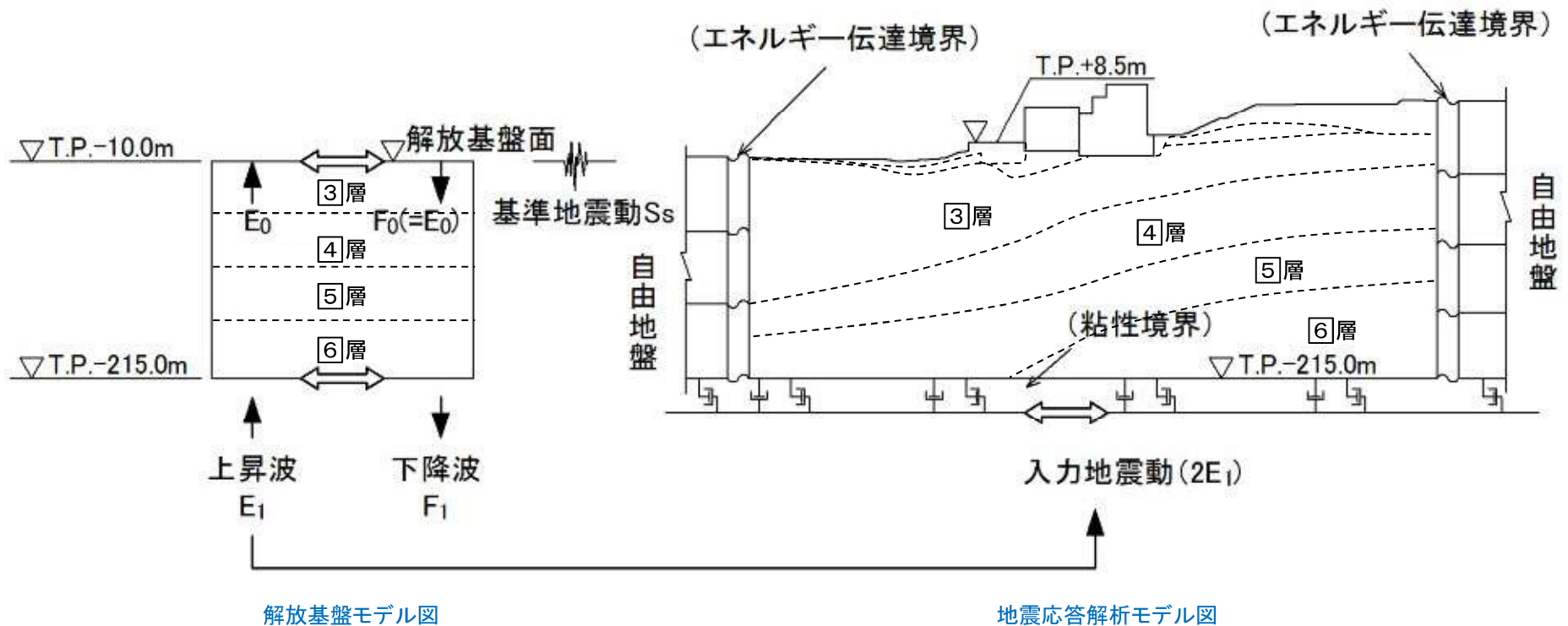
3. 基礎地盤の安定性評価 3.6 入力地震動 加速度応答スペクトル



基準地震動の加速度応答スペクトル

入力地震動の作成方法

- ・入力地震動については、基準地震動を解放基盤面 (T.P.-10.0m) からモデル下端まで引き戻した地震波を作成した。
- ・敷地ごとに震源を特定して策定する地震動である基準地震動 S_s-F1 及び S_s-F2 については、NS方向及びEW方向の地震動として方向性を有して策定されていることから、評価対象断面の方向に応じて方位変換を行って入力地震動を作成した。
- ・地震動を入力する際は、解放基盤モデルの下端における地震動取り出し側の速度層と、地震応答解析モデルの下端における地震動入力側の速度層が整合することを確認している。



解放基盤モデル図

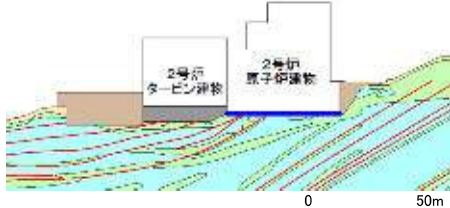
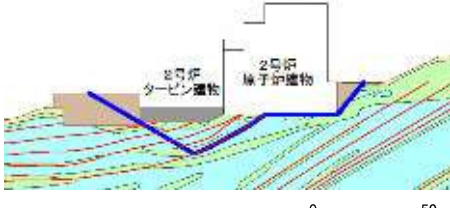
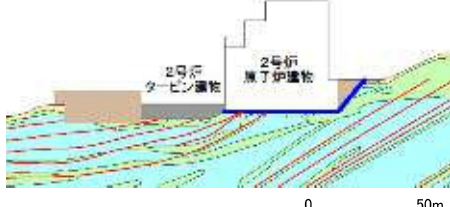
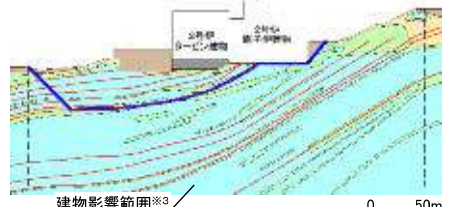
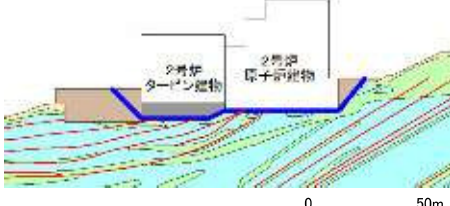
地震応答解析モデル図

3. 基礎地盤の安定性評価

3.7 評価結果

2号炉原子炉建物基礎地盤(南北) ①-①'断面

・平均強度でのすべり安全率

	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}		すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}												
1	 <p>基礎底面のすべり面(原子炉建物のみを通る切上がりを考慮しないすべり面)</p>	Ss-D (+,-)	2.18 [8.55]	4	 <p>シーム沿いのすべり面(原子炉建物からシームを通りタービン建物下MMR左端へ抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	3.78 [7.53]												
2	 <p>基礎底面のすべり面(原子炉建物のみを通る切上がりを考慮したすべり面)</p>	Ss-D (+,-)	2.22 [8.55]	5	 <p>シーム沿いのすべり面(原子炉建物からシームを通り建物影響範囲地表面の左端へ抜けるすべり面)</p>	Ss-D (+,+)	2.16 [8.56]												
3	 <p>基礎及びMMR底面のすべり面(原子炉建物及びタービン建物下MMR底面を通るすべり面)</p>	Ss-D (+,-)	2.89 [8.55]	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>【凡例】</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;"> : C₁級岩盤</td> <td style="width: 25%;"> : C₂級岩盤</td> <td style="width: 25%;"> : C₃級岩盤</td> <td style="width: 25%;"> : D級岩盤</td> </tr> <tr> <td> : 埋戻土・盛土</td> <td> : MMR</td> <td> : シーム</td> <td></td> </tr> <tr> <td> : すべり面</td> <td> : 最小すべり安全率</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> </div>				: C ₁ 級岩盤	: C ₂ 級岩盤	: C ₃ 級岩盤	: D級岩盤	: 埋戻土・盛土	: MMR	: シーム		: すべり面	: 最小すべり安全率		
: C ₁ 級岩盤	: C ₂ 級岩盤	: C ₃ 級岩盤	: D級岩盤																
: 埋戻土・盛土	: MMR	: シーム																	
: すべり面	: 最小すべり安全率																		

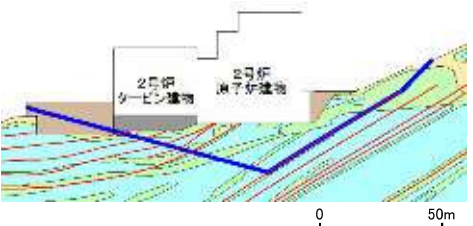
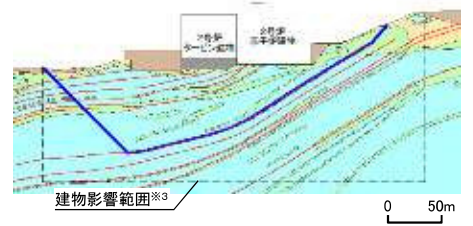
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 []は, 発生時刻(秒)を示す。

※3 建物影響範囲については, 補足資料「5. 建物影響範囲の設定方法」に示す。

2号炉原子炉建物基礎地盤(南北) ①-①' 断面

・平均強度でのすべり安全率

	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}
6	 <p>シーム沿いのすべり面(シーム右端からシームを 通ってタービン建物下MMR左端へ抜けるすべり 面)</p>	Ss-D (-,+)	4.54 [8.92]
7	 <p>シーム沿いのすべり面(シーム右端からシームを 通って建物影響範囲左端へ抜けるすべり面)</p>	Ss-D (+,-)	3.21 [8.97]

【凡例】

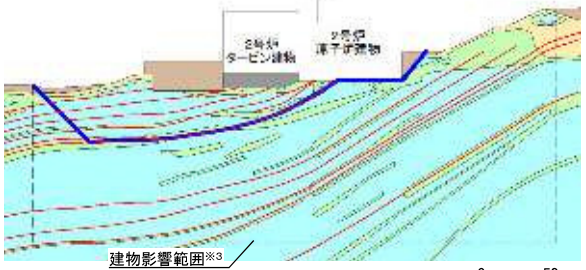
- : C₁級岩盤
- : C_M級岩盤
- : C₂級岩盤
- : D級岩盤
- : 埋戻土、盛土
- : MMR
- : シーム
- : すべり面
- : 最小すべり安全率

※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)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 建物影響範囲については、補足資料「5. 建物影響範囲の設定方法」に示す。

・動的解析の結果、平均強度を用いたすべり安全率は1.5を上回ることを確認した。

2号炉原子炉建物基礎地盤(南北) ①-①' 断面

・強度のばらつきを考慮したすべり安全率

	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2	すべり安全率【ばらつきを考慮した強度】※2
5	 <p>シーム沿いのすべり面(原子炉建物からシームを通り建物影響範囲地表面の左端へ抜けるすべり面)</p>	Ss-D (+,+)	2.16 [8.56]	2.01 [8.56]

※1 基準地震動(+,+)は反転なしを示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

※3 建物影響範囲については、補足資料「5. 建物影響範囲の設定方法」に示す。

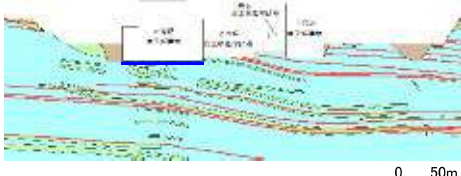
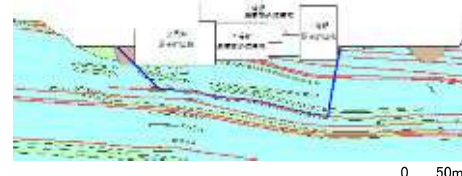
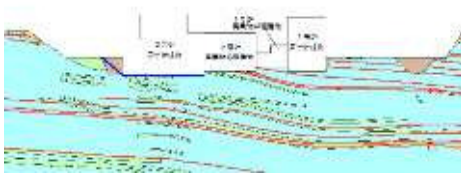
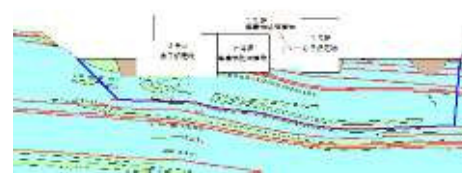
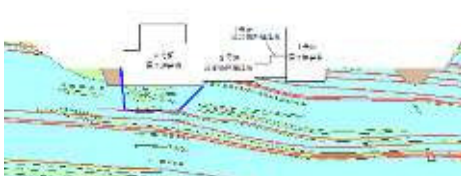
【凡例】

- C₁級岩盤
- C₂級岩盤
- C₃級岩盤
- D級岩盤
- 埋戻土・盛土
- MMR
- シーム
- すべり面

・平均強度を用いたすべり安全率最小ケースに対して、強度のばらつきを考慮して評価を行った結果、すべり安全率は1.5を上回ることを確認した。

2号炉原子炉建物基礎地盤(東西) ②-②' 断面

・平均強度でのすべり安全率

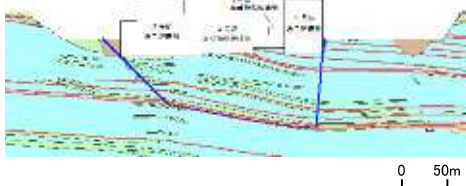
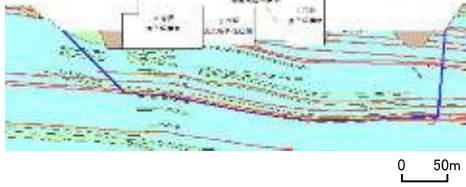
	すべり面形状	基準※1 地震動	最小すべり 安全率※2		すべり面形状	基準※1 地震動	最小すべり 安全率※2
1	 <p>基礎底面のすべり面(2号炉原子炉建物のみを通る切上がりを考慮しないすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	6.03 [7.53]	4	 <p>2号炉原子炉建物左端からシームを通して1号炉原子炉建物右端に抜けるすべり面</p>	Ss-N1 (+,+)	4.31 [7.39]
2	 <p>基礎底面のすべり面(2号炉原子炉建物のみを通る切上がりを考慮したすべり面)</p>	Ss-N2 (EW) (+,+)	6.26 [25.97]	5	 <p>左側斜面法尻からシームを通して右側斜面法尻に抜けるすべり面</p>	Ss-N1 (+,+)	2.57 [7.39]
3	 <p>2号炉原子炉建物左端からシームを通して2号炉原子炉建物右端に抜けるすべり面</p>	Ss-N1 (-,+)	7.61 [7.40]	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>【凡例】</p> <p> : C_H級 岩盤 : C_M級 岩盤 : C_L級 岩盤 : D級 岩盤 : 埋戻土, 盛土 : シーム : すべり面 : 最小すべり安全率 </p> </div>			

※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)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。

2号炉原子炉建物基礎地盤(東西) ②-②' 断面

・平均強度でのすべり安全率

	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}
6	 <p>2号炉原子炉建物左端からシームを通過して1号炉原子炉建物右端に抜けるすべり面</p>	Ss-N1 (+,+)	5.51 [7.42]
7	 <p>左側斜面法尻からシームを通過して右側斜面法尻に抜けるすべり面</p>	Ss-N1 (+,+)	3.13 [7.40]

【凡例】

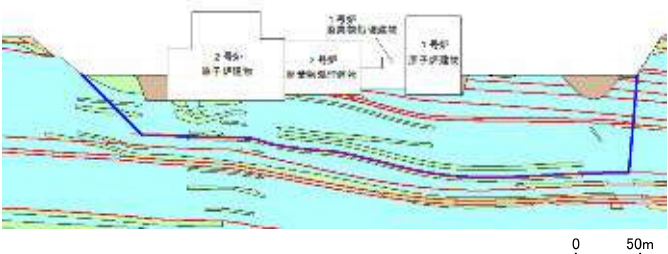
- : C_H級 岩盤
- : C_M級 岩盤
- : C_L級 岩盤
- : D級 岩盤
- : 埋戻土、盛土
- : シーム
- : すべり面
- : 最小すべり安全率

※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)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。

・動的解析の結果、平均強度を用いたすべり安全率は1.5を上回ることを確認した。

・強度のばらつきを考慮したすべり安全率

	すべり面形状	基準 ※1 地震動	すべり安全率 【平均強度】 ※2	すべり安全率 【ばらつきを考慮 した強度】 ※2
5	 <p>左側斜面法尻からシームを通過して右側斜面法尻に抜けるすべり面</p>	Ss-N1 (+,+)	2.57 [7.39]	2.43 [7.39]

※1 基準地震動(+,+)は反転なしを示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

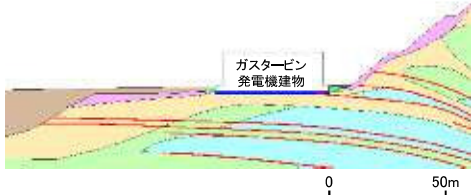
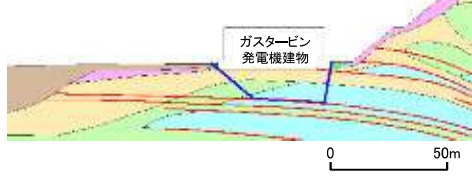
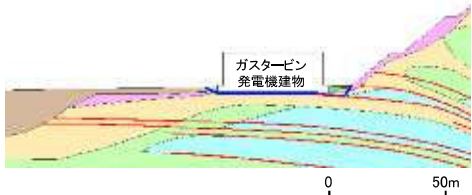
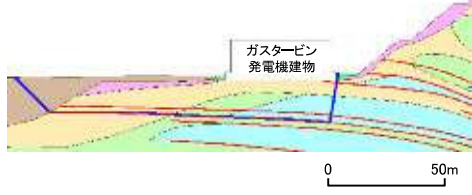
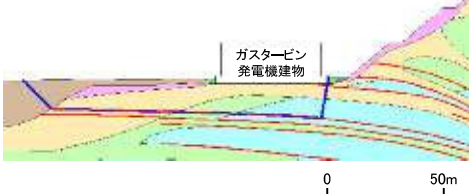
【凡例】

- : C_H級岩盤
- : C_M級岩盤
- : C_L級岩盤
- : D級岩盤
- : 埋戻土、盛土
- : シーム
- : すべり面

・平均強度を用いたすべり安全率最小ケースに対して、強度のばらつきを考慮して評価を行った結果、すべり安全率は1.5を上回ることを確認した。

ガスタービン発電機建物基礎地盤 ③-③' 断面

・平均強度でのすべり安全率

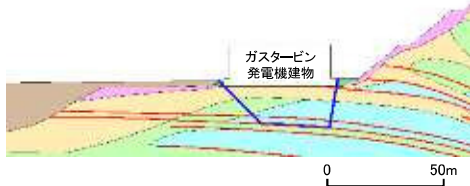
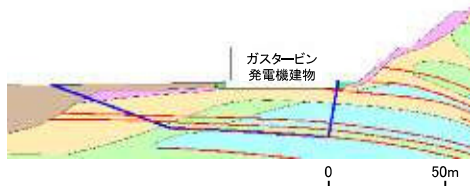
	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}		すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}
1	 <p>基礎底面のすべり面(ガスタービン発電機建物のみを通る切上りを考慮しないすべり面)</p>	Ss-D (+,+)	2.90 [8.57]	4	 <p>シーム沿いのすべり面(ガスタービン発電機建物右端からシームを通してガスタービン発電機建物左端に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (+,+)	3.12 [7.45]
2	 <p>シーム沿いのすべり面(斜面法尻からシームを通してガスタービン発電機建物左端に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	1.64 [7.70]	5	 <p>シーム沿いのすべり面(ガスタービン発電機建物右端からシームを通して埋戻土部に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	2.02 [7.75]
3	 <p>シーム沿いのすべり面(ガスタービン発電機建物右端からシームを通して埋戻土部に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	1.98 [7.74]	<div data-bbox="1160 1114 2056 1305" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>【凡例】</p> <p> : C₁級岩盤 : C₂級岩盤 : C₃級岩盤 : D級岩盤 : 埋戻土、盛土 : 埋戻土(購入土) : シーム : すべり面 : 最小すべり安全率 </p> </div>			

※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)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。

ガスタービン発電機建物基礎地盤 ③-③' 断面

・平均強度でのすべり安全率

	すべり面形状	基準地震動 ※1	最小すべり安全率 ※2
6	 <p>シーム沿いのすべり面(ガスタービン発電機建物右端からシームを通過してガスタービン発電機建物左端に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (+,+)	3.63 [7.46]
7	 <p>シーム沿いのすべり面(ガスタービン発電機建物右端からシームを通過して地表に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	2.54 [7.75]

【凡例】

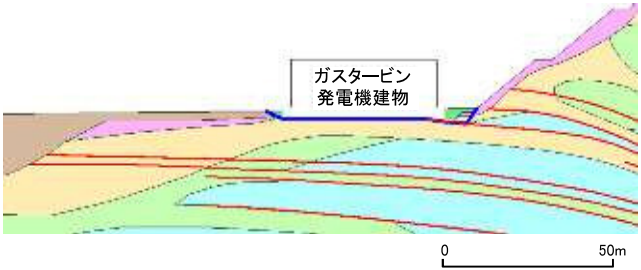
- : C₁級岩盤
- : C₂級岩盤
- : C₃級岩盤
- : D級岩盤
- : 埋戻土、盛土
- : 埋戻土(購入土)
- : シーム
- : すべり面
- : 最小すべり安全率

※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)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。

・動的解析の結果、平均強度を用いたすべり安全率は1.5を上回ることを確認した。

・強度のばらつきを考慮したすべり安全率

	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	すべり安全率【平均強度】 ^{※2}	すべり安全率【ばらつきを考慮した強度】 ^{※2}
2	 <p>シーム沿いのすべり面(斜面法尻からシームを通してガスタービン発電機建物左端に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	1.64 [7.70]	1.63 [7.70]

※1 基準地震動(-,+)は水平反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

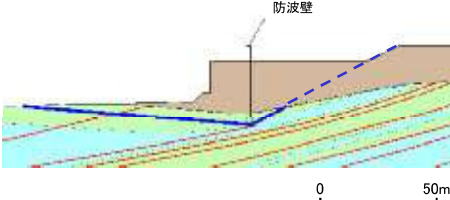
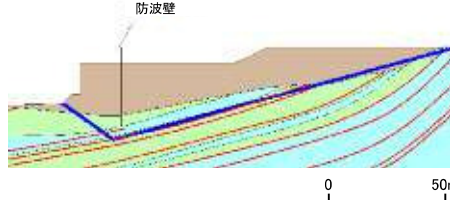
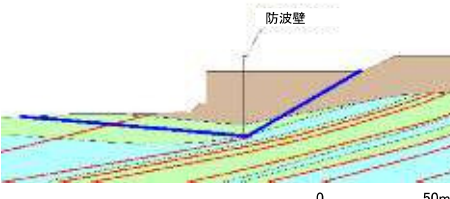
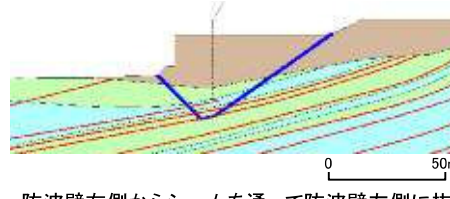
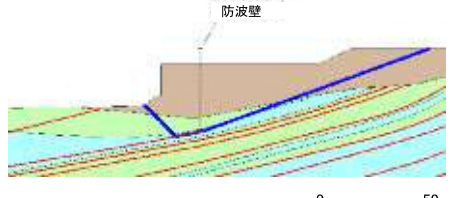
【凡例】

- : C4級 岩盤
- : C3級 岩盤
- : C2級 岩盤
- : D級 岩盤
- : 埋戻土、盛土
- : 埋戻土(購入土)
- : シーム
- : すべり面

・平均強度を用いたすべり安全率最小ケースに対して、強度のばらつきを考慮して評価を行った結果、すべり安全率は1.5を上回ることを確認した。

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)基礎地盤 ⑦-⑦' 断面

・平均強度でのすべり安全率

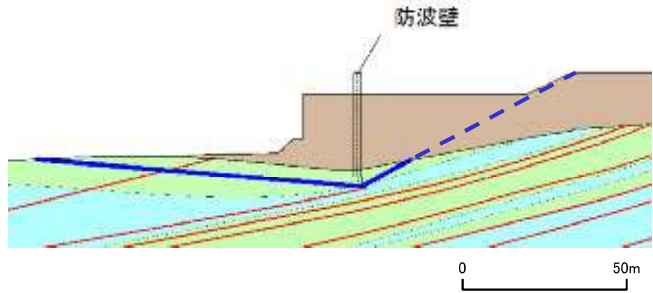
	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}		すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}
1	 <p>防波壁底面を通るすべり面 (岩盤部のみのすべりを検討)</p>	Ss-N1 (-,+)	1.71 [7.55]	4	 <p>防波壁右側からシームを通過して防波壁左側に抜けるすべり面</p>	Ss-D (-,-)	3.00 [12.90]
2	 <p>防波壁底面を通るすべり面</p>	Ss-D (-,-)	2.33 [34.29]	5	 <p>防波壁右側からシームを通過して防波壁左側に抜けるすべり面</p>	Ss-N1 (-,+)	3.50 [7.56]
3	 <p>防波壁右側からシームを通過して防波壁左側に抜けるすべり面</p>	Ss-D (-,-)	3.09 [34.31]	<p>【凡例】</p> <p> : C₁級岩盤 : C₂級岩盤 : C₃級岩盤 : D級岩盤 : 埋戻土、盛土 : シーム : すべり面^{※3} : 最小すべり安全率 </p>			

※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)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(P103参照)

・動的解析の結果、平均強度を用いたすべり安全率は1.5を上回ることを確認した。

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)基礎地盤 ⑦-⑦'断面

・強度のばらつきを考慮したすべり安全率

	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	すべり安全率【平均強度】 ^{※2}	すべり安全率【ばらつきを考慮した強度】 ^{※2}
1	 <p>防波壁底面を通るすべり面 (岩盤部のみのすべりを検討)</p>	Ss-N1 (-,+)	1.71 [7.55]	1.65 [7.55]

※1 基準地震動(-,+)は水平反転を示す。

※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(P103参照)

【凡例】

: C₁級岩盤
 : C_M級岩盤
 : C_L級岩盤
 : D級岩盤
 : 埋戻土、盛土
 : シーム
 : すべり面^{※3}

・平均強度を用いたすべり安全率最小ケースに対して、強度のばらつきを考慮して評価を行った結果、すべり安全率は1.5を上回ることを確認した。

3. 基礎地盤の安定性評価 3.7 評価結果
支持力

第868回審査会合
 資料3-1 P112 加筆・修正
 ※修正箇所を青字で示す

・いずれの施設においても、地震時最大接地圧は評価基準値を下回っていることから、施設の基礎地盤は十分な支持力を有している。

対象施設	基準地震動 [※]	地震時最大接地圧 (N/mm ²) 〔発生時刻(秒)〕	基礎地盤支持力の評価基準値 (N/mm ²)
2号炉原子炉建物	Ss-D (-, -)	2.19 〔14.58〕	9.8以上
防波壁(多重鋼管杭式擁壁)	Ss-D (-, -)	2.31 〔8.80〕	9.8以上
ガスタービン発電機建物	Ss-D (-, -)	1.01 〔9.03〕	3.9

※ 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)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. 基礎地盤の安定性評価 3.7 評価結果
基礎底面の傾斜

対象施設	基準地震動 [※]	最大相対鉛直変位 (cm) 〔発生時刻(秒)〕	最大傾斜	評価基準値 の目安
2号炉原子炉建物	Ss-D (-,+)	0.31 〔8.60〕	1/22,000	1/2,000
ガスタービン発電機建物	Ss-D (+,-)	0.17 〔10.09〕	1/28,000	

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

・いずれの施設においても評価基準値の**目安**である1/2,000を下回っていることから、重要な機器・システムの安全機能に支障を与えるものではない。

4. 周辺地盤の変状による重要施設への影響評価

4.1 評価方針

4.1 評価方針

・周辺地盤の変状による重要施設への影響評価について、設置許可基準規則に基づき、以下に示す事項を確認する。

<周辺地盤の変状による重要施設への影響評価>

地震発生に伴う周辺地盤の変状による建物・構築物の液状化、揺すり込み沈下を起因とする不等沈下により、評価対象施設の安全機能が重大な影響を受けないことを確認する。

なお、耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設については、液状化、揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても、施設の機能が損なわれる恐れがないように設計する。

4. 周辺地盤の変状による重要施設への影響評価

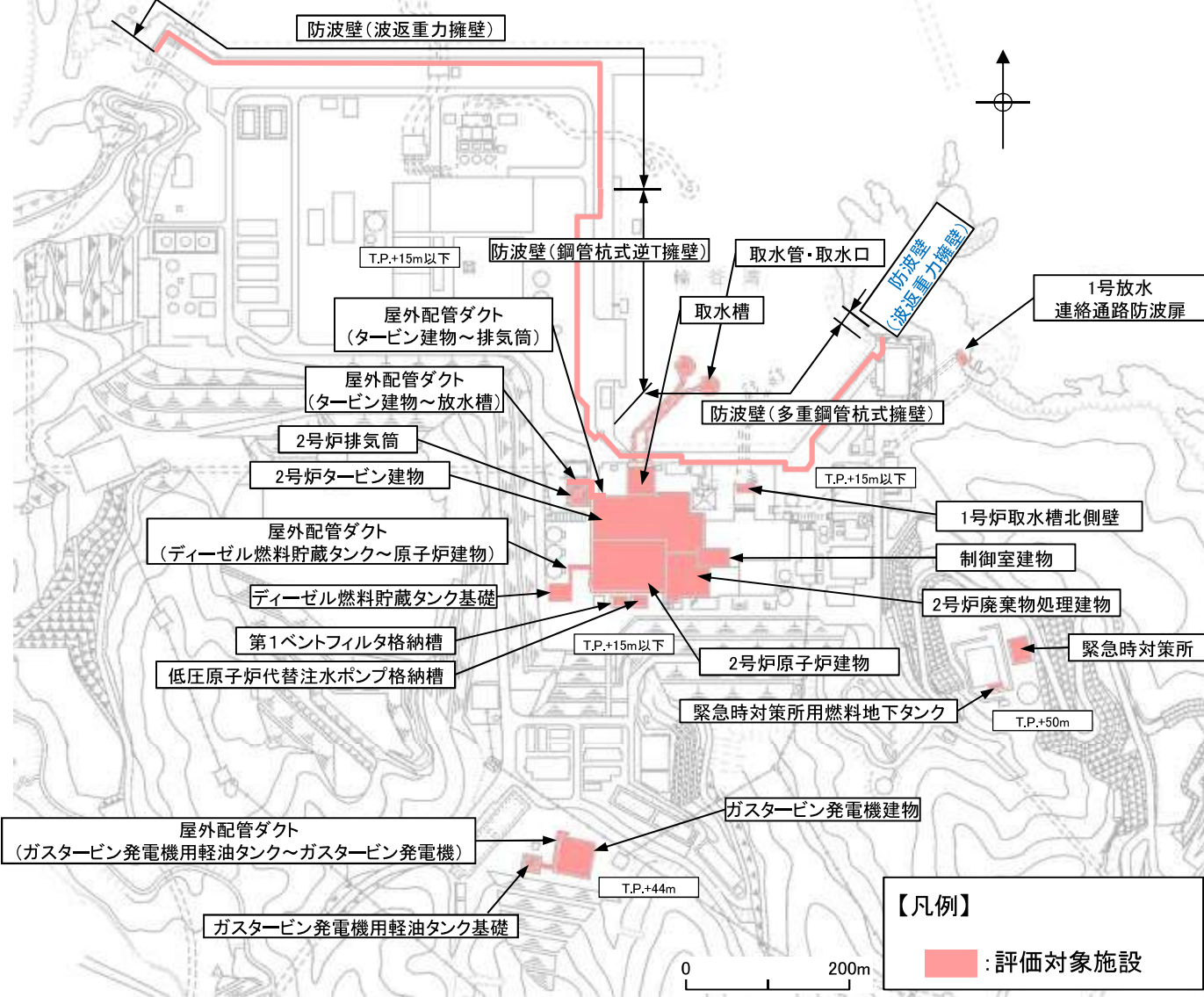
4.2 評価結果

4. 周辺地盤の変状による重要施設への影響評価 4.2 評価結果

評価対象施設

第868回審査会合
資料3-1 P117 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

・以下に示す評価対象施設(「耐震重要施設」及び「重大事故等対処施設」)の地質状況を確認する。



※耐震重要施設	2号炉原子炉建物
	2号炉タービン建物
	2号炉廃棄物処理建物
	制御室建物
	取水槽
	2号炉排気筒
	屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒)
	屋外配管ダクト(タービン建物~放水槽)
	1号放水連絡通路防波扉
	防波壁(波返重力擁壁)
	防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)
	防波壁(多重鋼管杭式擁壁)
	1号炉取水槽北側壁
屋外配管ダクト(ディーゼル燃料貯蔵タンク~原子炉建物)	
ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎	
重大事故等対処施設	第1ベントフィルタ格納槽
	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽
	取水槽
	ガスタービン発電機建物
	ガスタービン発電機用軽油タンク基礎
	屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)
	緊急時対策所
緊急時対策所用燃料地下タンク	

※ 重大事故等対処施設を兼ねる施設を含む。

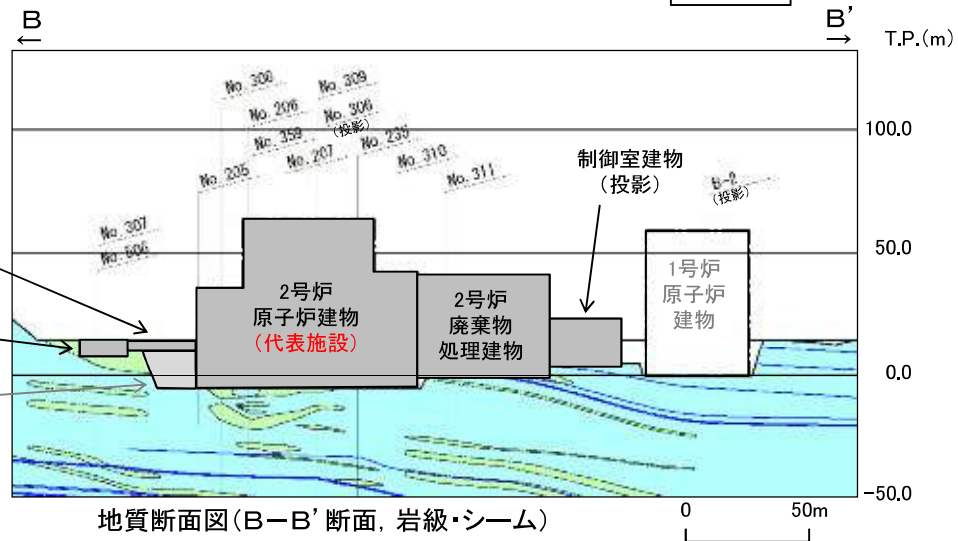
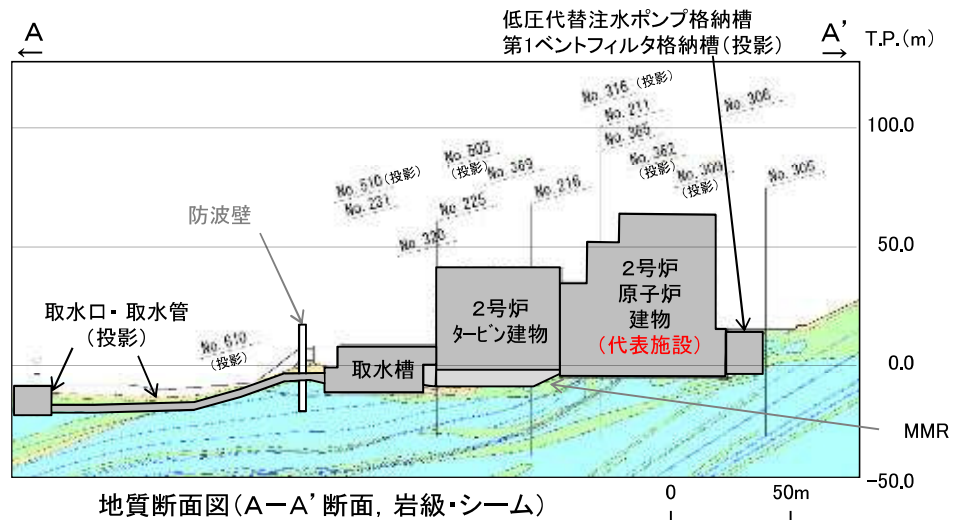
評価対象施設の地質状況(グループA(直接岩盤で支持する施設, T.P.+15m以下)) 1/3

・基礎地盤 T.P.+15m以下に設置された評価対象施設は、岩盤(成相寺層)で支持されていることから、液状化や揺すり込み沈下を起因とする不等沈下が生じることはない。



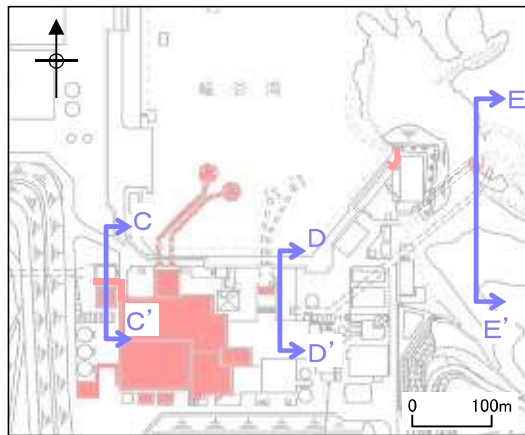
評価対象施設配置図

■: 評価対象施設

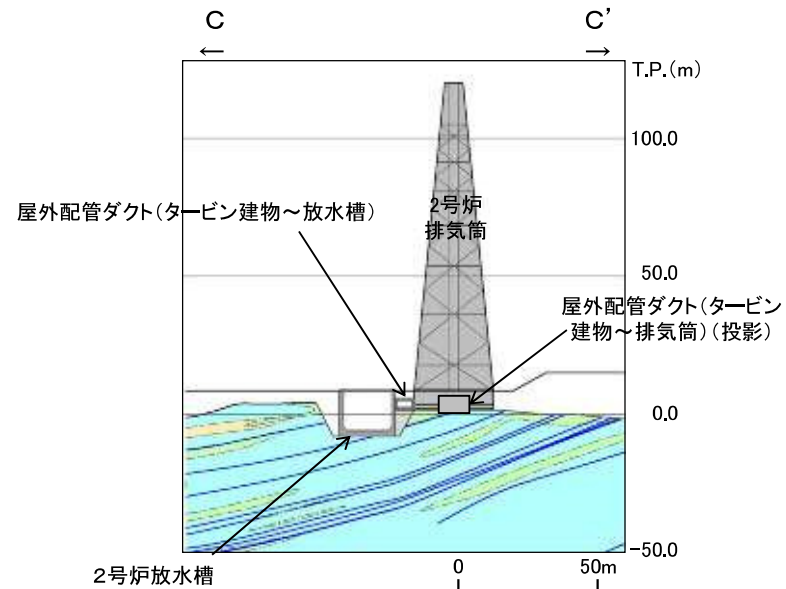


評価対象施設の地質状況(グループA(直接岩盤で支持する施設, T.P.+15m以下))2/3

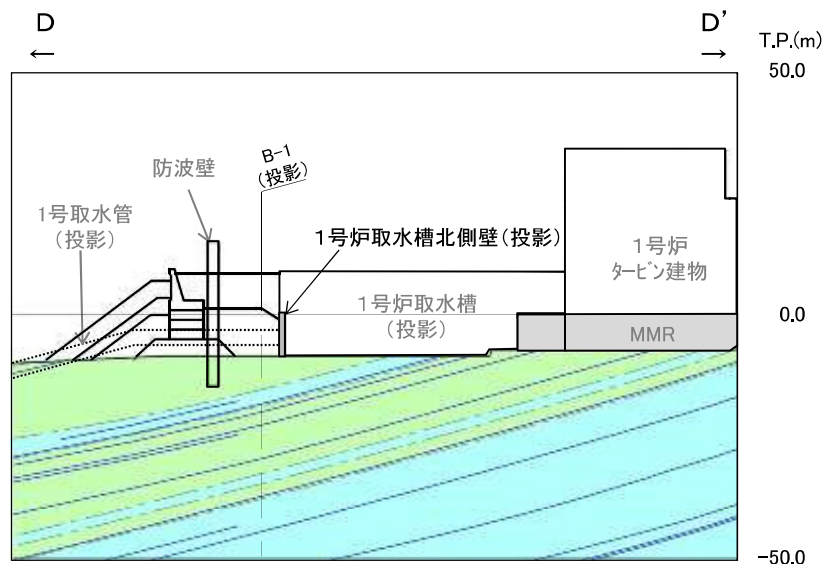
・基礎地盤 T.P.+15m以下に設置された評価対象施設は、岩盤(成相寺層)で支持されていることから、液状化や揺すり込み沈下を起因とする不等沈下が生じることはない。



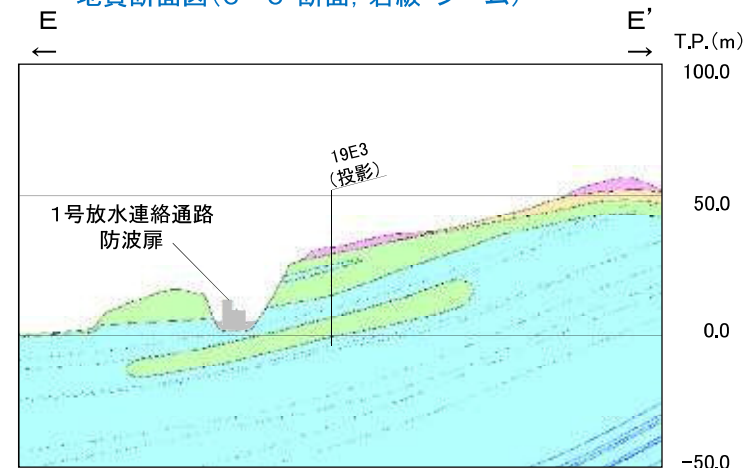
評価対象施設配置図 ■ : 評価対象施設



地質断面図(C-C'断面, 岩級・シーム)



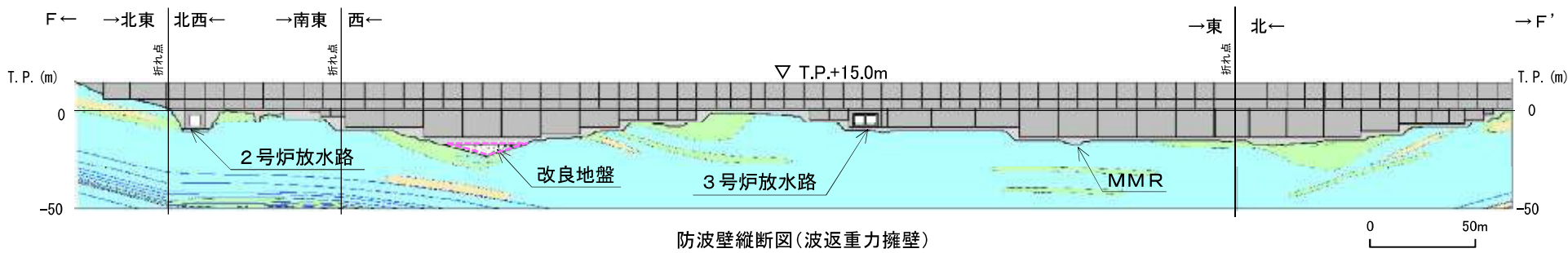
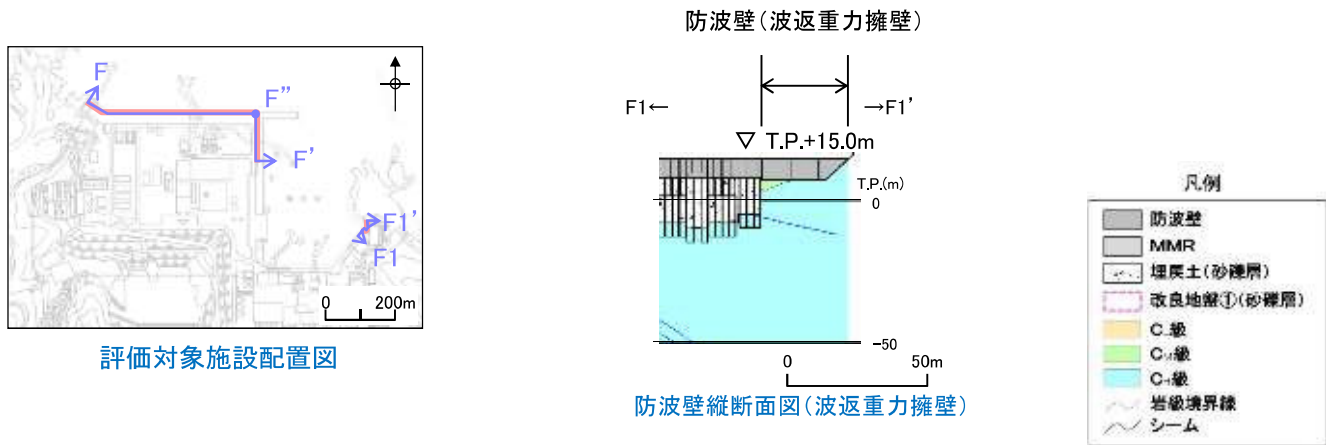
地質断面図(D-D'断面, 岩級・シーム)



地質断面図(E-E'断面, 岩級・シーム)

評価対象施設の地質状況(グループA(直接岩盤で支持する施設, T.P.+15m以下)) 3/3

- ・防波壁(波返重力擁壁)は、岩盤(成相寺層)で支持されていることから、液状化や揺すり込み沈下を起因とする不等沈下が生じることはない。
- ・なお、防波壁(波返重力擁壁)の直下には局所的に砂礫層が存在するが、周辺岩盤相当に改良している。



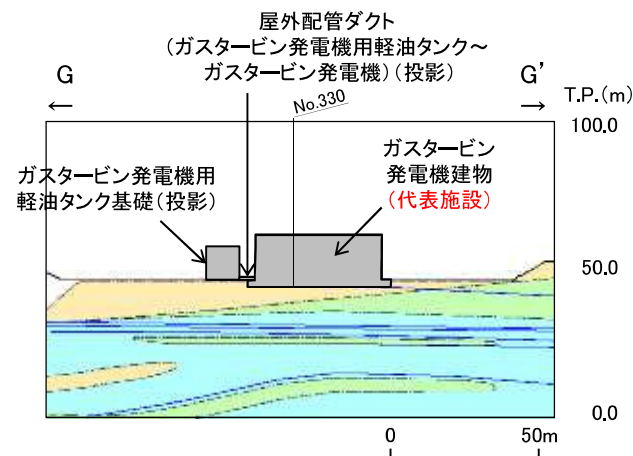
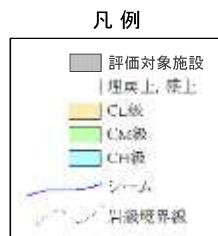
※ 図中の [] については、地盤改良を実施しているが、元の砂礫層の分布を示すために、改良前の地質状況を示している。

評価対象施設の地質状況(グループB(直接岩盤で支持する施設, T.P.+44~50m))

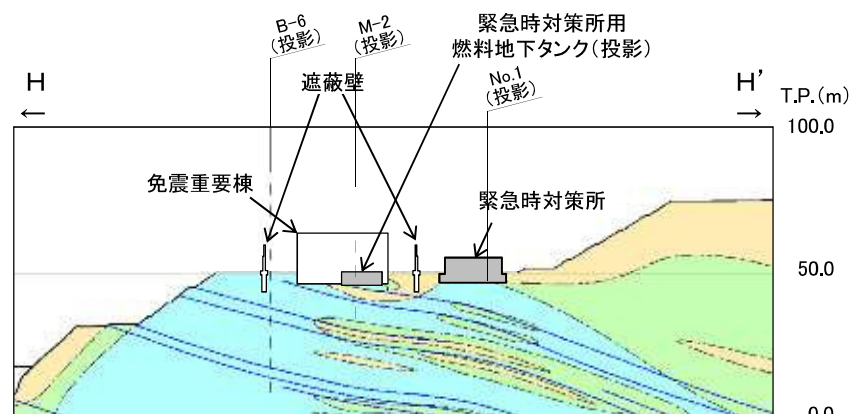
・基礎地盤 T.P.+44m~50mに設置された評価対象施設は、岩盤(成相寺層)で支持されていることから、液状化や揺すり込み沈下を起因とする不等沈下が生じることはない。



評価対象施設配置図



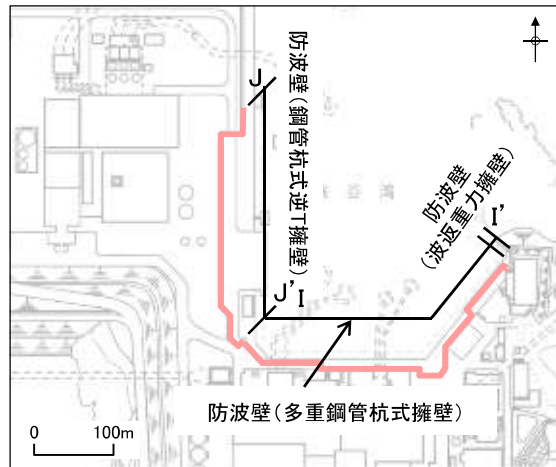
地質断面図(G-G'断面, 岩級・シーム)



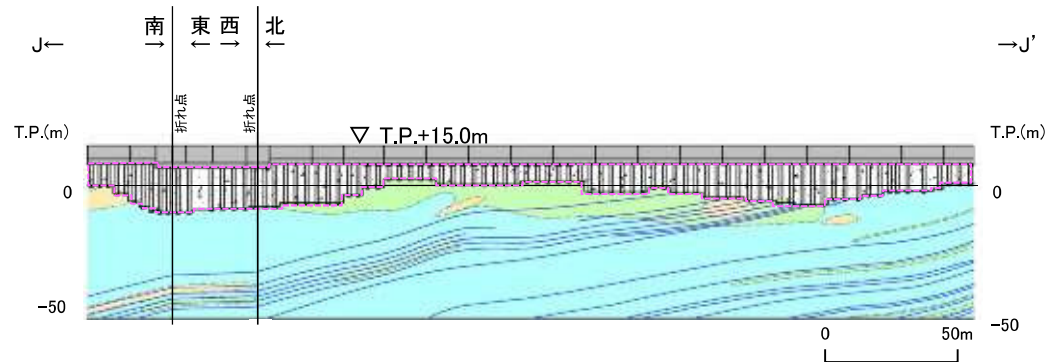
地質断面図(H-H'断面, 岩級・シーム)

評価対象施設の地質状況(グループC(杭を介して岩盤で支持する施設))

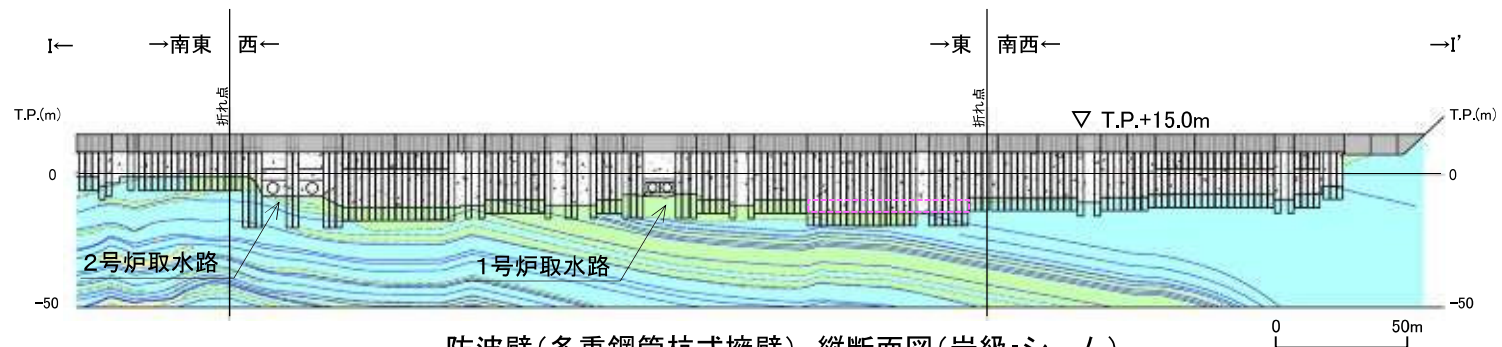
・防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)及び防波壁(多重鋼管杭式擁壁)は、杭を介して岩盤(成相寺層)で支持されていることから、液状化や揺すり込み沈下を起因とする不等沈下が生じることはない。



評価対象施設配置図



防波壁(鋼管杭式逆T擁壁) 縦断面図(岩級・シーム)



防波壁(多重鋼管杭式擁壁) 縦断面図(岩級・シーム)

余白

5. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価

5. 1 評価方針

5.1 評価方針

・評価対象施設における地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価について、設置許可基準規則に基づき、以下に示す事項を確認する。

<地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価>

地震発生に伴う地殻変動解析による基礎地盤の傾斜及び撓みにより、評価対象施設が重大な影響を受けないことを確認する。

5. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価 5. 1 評価方針
評価基準値

第868回審査会合
資料3-1 P126 加筆・修正
※修正個所を青字で示す

145

・地殻変動解析の鉛直変位量から求められる基礎の最大傾斜に、地震応答解析から求められる基礎の最大傾斜(3.7章 評価結果 を参照)を加えた傾斜が、評価基準値の**目安**の1/2,000を超えないことを確認する。

対象施設	評価基準値の 目安	備考
2号炉原子炉建物	1/2,000	審査ガイドの目安値(基本設計段階の目安値): 一般建築物の構造的な障害が発生する限界(亀裂の発生率, 発生区間により判断)
ガスタービン発電機建物		
防波壁(多重鋼管杭式擁壁)	—	重要な機器・系統がない施設であることから, 傾斜の評価を省略する。

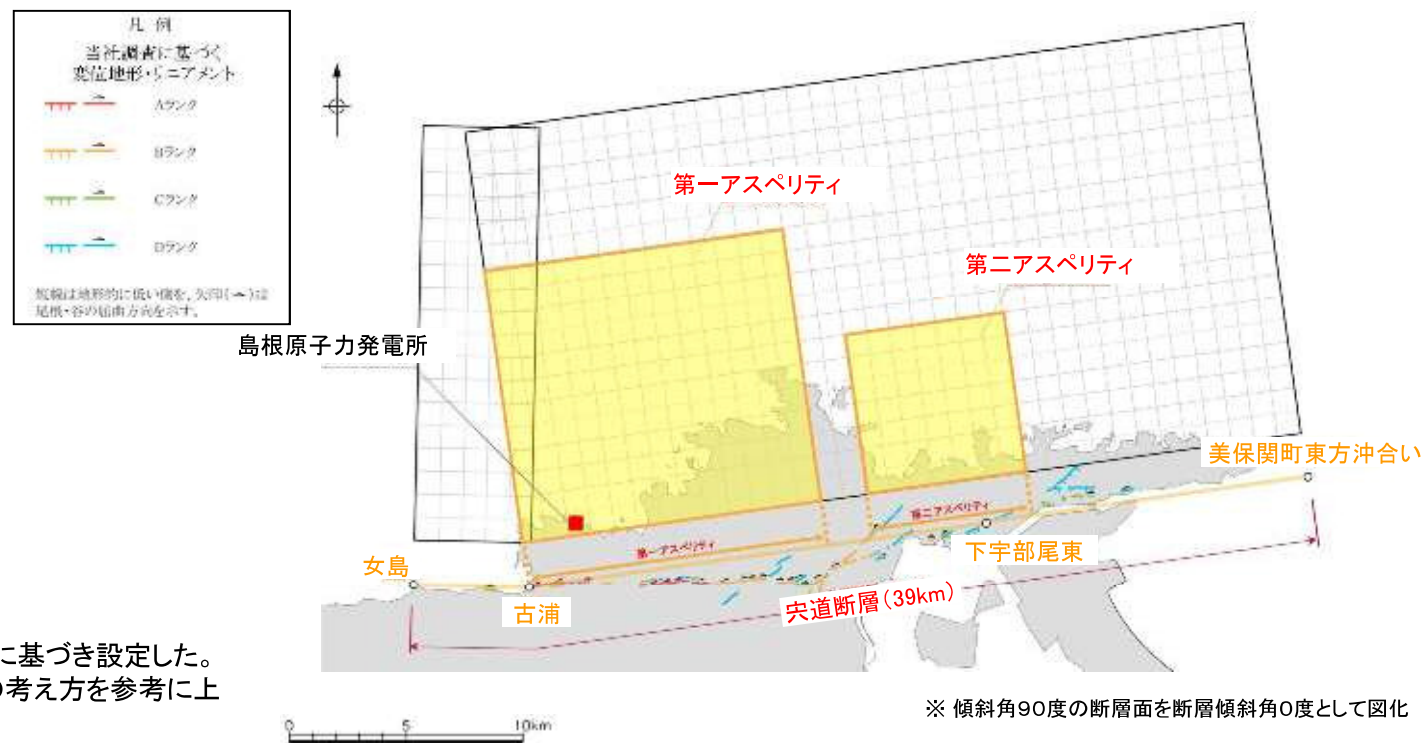
5. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価 5.1 評価方針

評価方法(1/2)

第868回審査会合
資料3-1 P127 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

146

- ・敷地内には震源として考慮する活断層が分布していないことを確認していることから、敷地において地殻の広域的な変形による著しい地盤の傾斜が生じることはない。
- ・敷地に比較的近く、基準地震動の策定において検討用地震に選定した宍道断層及び海域活断層(F-Ⅲ～F-V断層)の活動に伴い生じる地盤の傾斜について、多層モデルにより地盤の非一様性を考慮できるWang et al.(2003)⁽³⁾の食い違い弾性論に基づき、評価する。
- ・食い違い弾性論に用いる主要な断層パラメータを以下に示す。

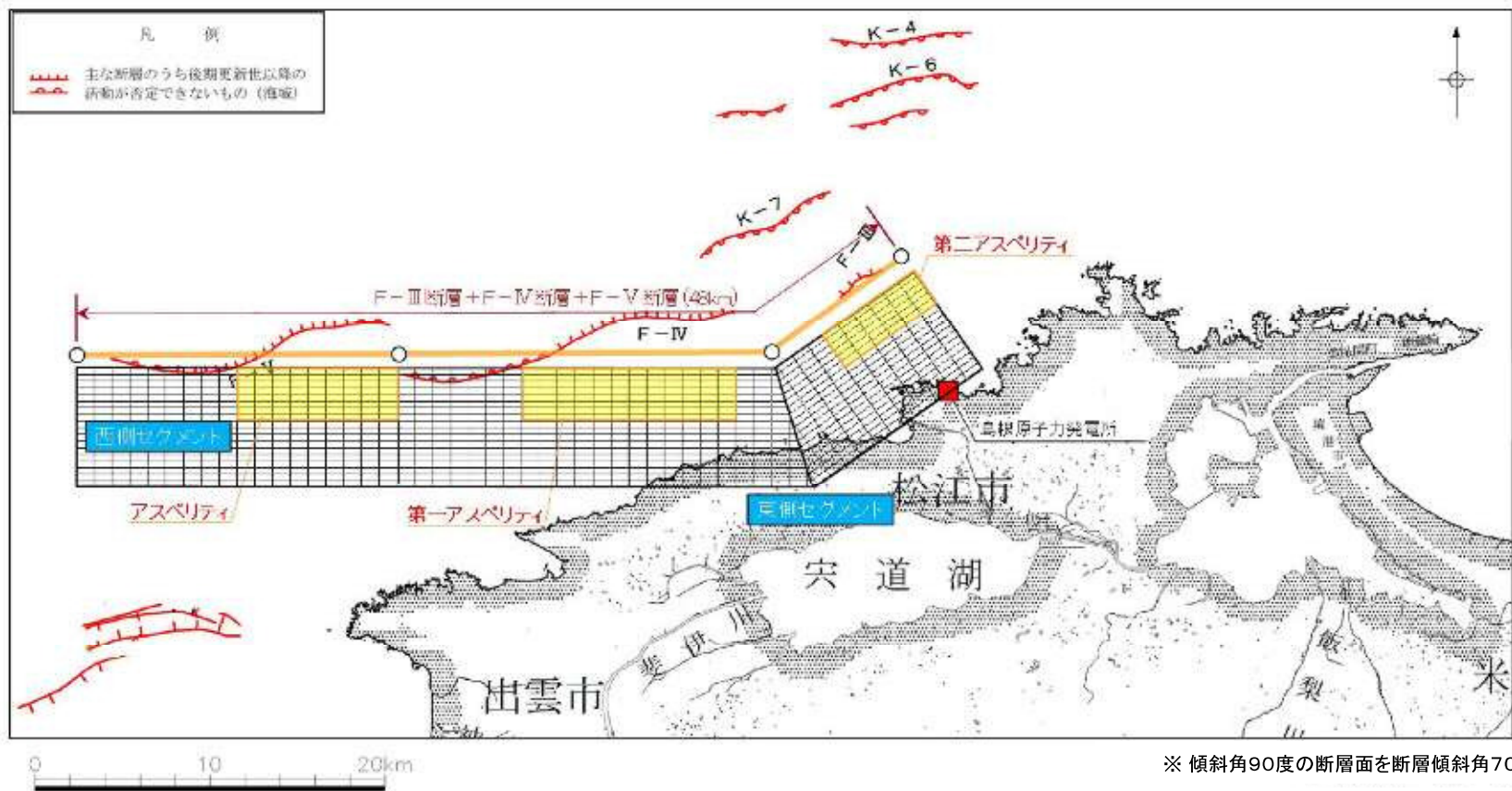


【陸域活断層(宍道断層)】

- ・地震動策定に用いた断層モデルに基づき設定した。
- ・上端深さについては、津波評価の考え方を参考に上端深さ=0kmに設定した。

ケース名	断層長さ L (km)	断層幅 W (km)	断層傾斜角 δ (°)	すべり角 λ (°)	上端深さ d1 (km)	すべり量 (cm)		
						第一アスペリティ	第二アスペリティ	背景領域
基本ケース	39.0	18.00	90	180	0	251.9	154.3	66.8
不確かさケース(断層傾斜角)	39.0	19.17	70(北傾斜)	180	0	263.9	161.6	67.8
不確かさケース(すべり角)	39.0	18.00	90	150	0	251.9	154.3	66.8

5. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価 5. 1 評価方針
 評価方法(2/2)



【海域活断層(F-Ⅲ～F-V断層)】

・津波評価において敷地での水位変動量(上昇側・下降側)が最大となる波源モデルを採用し、断層パラメータを設定した。

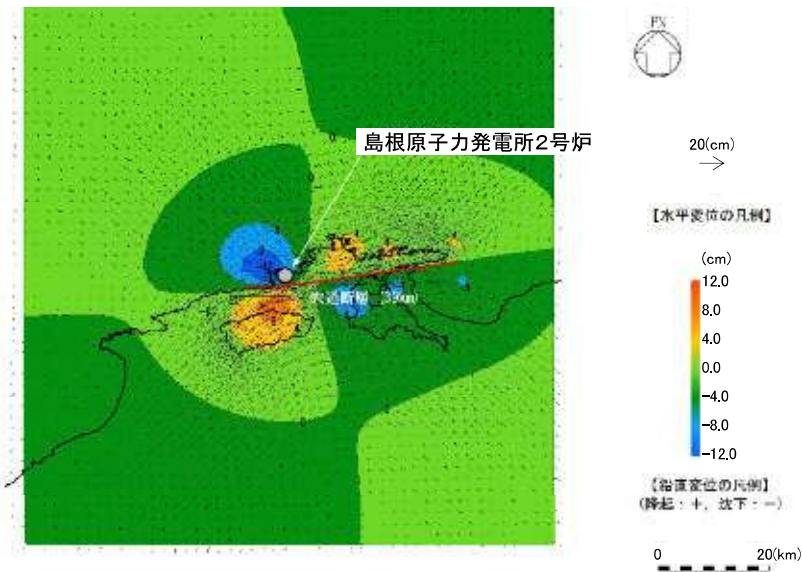
断層名	断層長さ L (km)	断層幅 W (km)	傾斜角 δ (°)	すべり角 λ (°)		上端深さ d1 (km)	すべり量 (cm)
				F-Ⅲ	F-Ⅳ F-V		
上昇最大ケース	48.0	15.0	90	130	180	0	401
下降最大ケース	48.0	15.0	90	115	180	0	401

余白

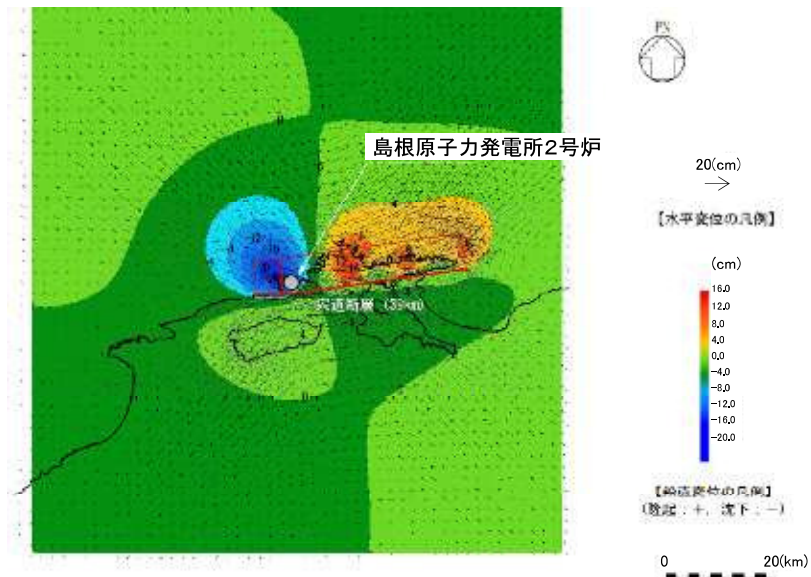
5. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価

5. 2 評価結果

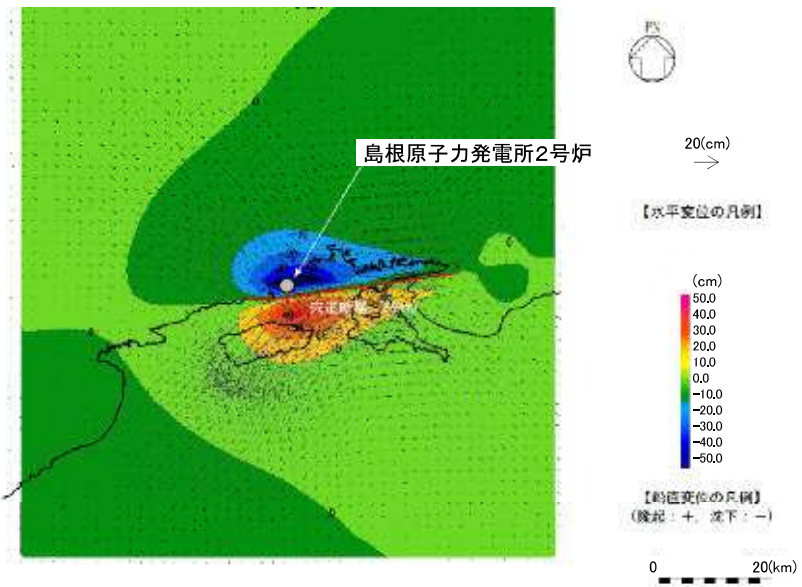
5. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価 5. 2 評価結果
 評価結果(宍道断層)



地殻変動解析結果(宍道断層 基本ケース)

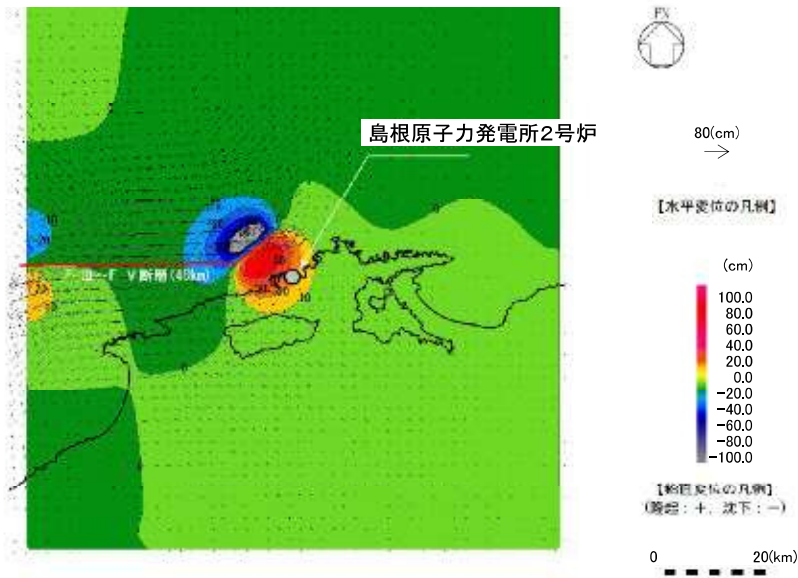


地殻変動解析結果(宍道断層 不確かさケース(断層傾斜角))

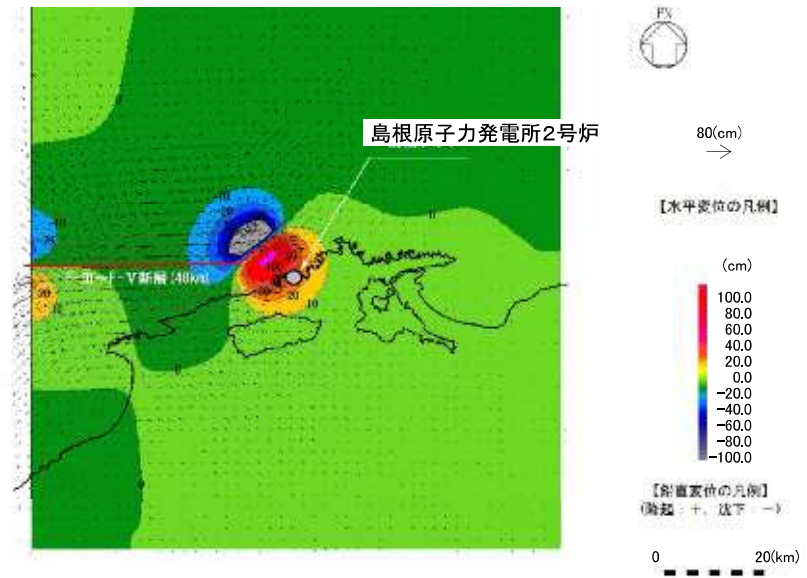


地殻変動解析結果(宍道断層 不確かさケース(すべり角))

5. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価 5.2 評価結果
評価結果(F-Ⅲ~F-V断層)



地殻変動解析結果(F-Ⅲ~F-V断層 上昇最大ケース)



地殻変動解析結果(F-Ⅲ~F-V断層 下昇最大ケース)

5. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価 5.2 評価結果
評価結果(地震動による最大傾斜の重ね合わせ)

地殻変動解析による各施設の最大傾斜 ○ : 断層毎, 施設毎の最大傾斜

対象断層	検討ケース	評価施設	
		2号炉原子炉建物	ガスタービン発電機建物
陸域活断層(宍道断層)	基本ケース	1/33,000	1/32,000
	不確かさケース(すべり角)	1/22,000	1/150,000
	不確かさケース(断層傾斜角)	○1/17,000	○1/15,000
海域活断層 (F-Ⅲ～F-V断層)	上昇最大ケース	1/21,000	1/20,000
	下降最大ケース	○1/19,000	○1/18,000

地殻変動解析による最大傾斜及び地震動による最大傾斜の重ね合わせ結果

対象断層	評価施設	①地殻変動による最大傾斜	②地震動による最大傾斜	①+②地殻変動及び地震動を考慮した最大傾斜
陸域活断層(宍道断層)	2号炉原子炉建物	1/17,000 (不確かさケース(断層傾斜角))	1/22,000 (Ss-D)	1/9,000
	ガスタービン発電機建物	1/15,000 (不確かさケース(断層傾斜角))	1/28,000 (Ss-D)	1/9,000
海域活断層 (F-Ⅲ～F-V断層)	2号炉原子炉建物	1/19,000 (下降最大ケース)	1/22,000 (Ss-D)	1/10,000
	ガスタービン発電機建物	1/18,000 (下降最大ケース)	1/28,000 (Ss-D)	1/10,000

・基礎底面に生じる傾斜は、評価基準値の**目安**である1/2,000を下回っていることから、評価対象施設が重大な影響を受けないことを確認した。

6. 周辺斜面の安定性評価

6. 1 評価方針

6. 周辺斜面の安定性評価 6.1 評価方針

評価方針

第868回審査会合
資料3-1 P136 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

154

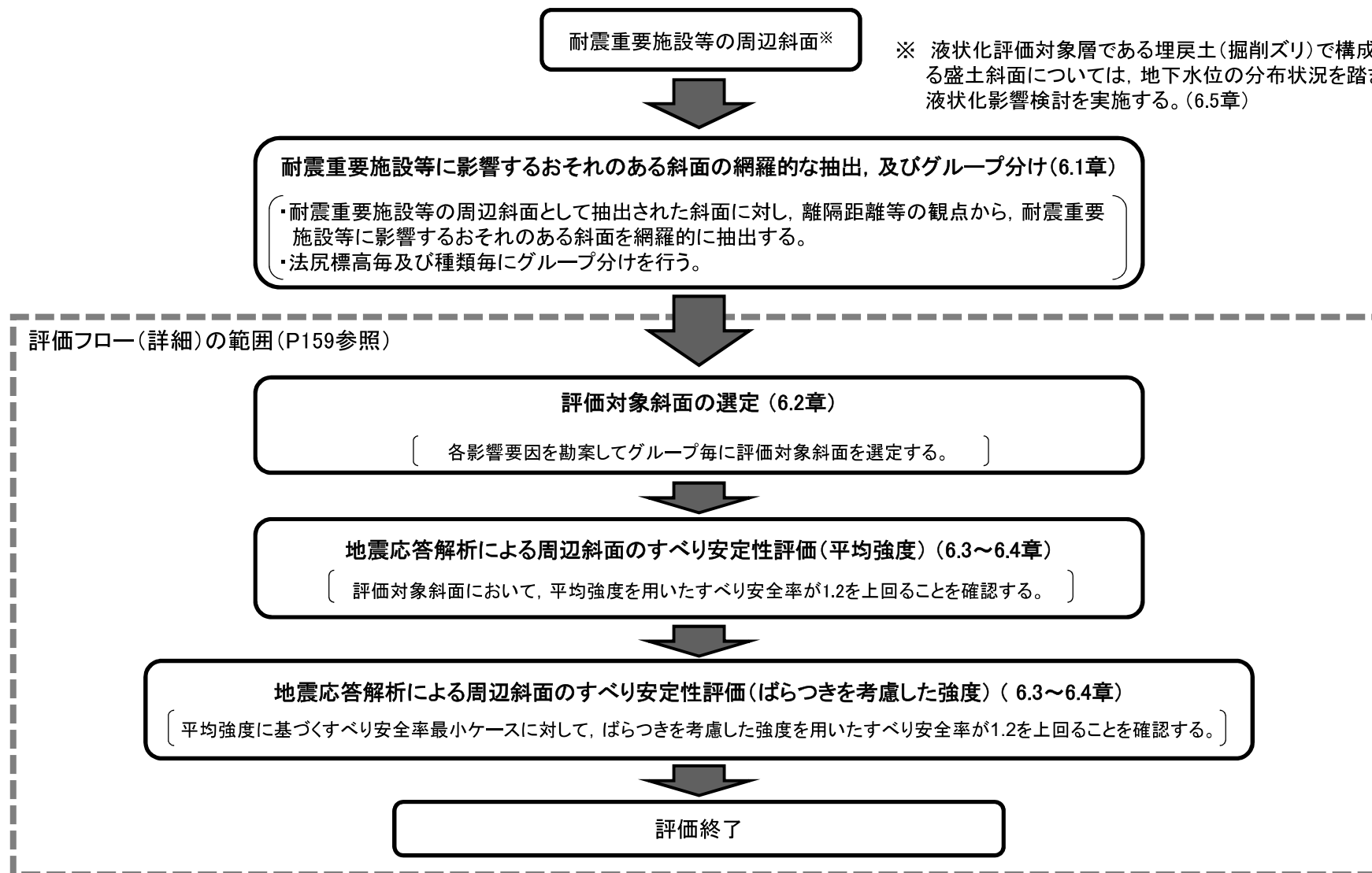
- ・耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設における周辺斜面の安定性評価について、設置許可基準規則に基づき、以下に示す事項を確認する。

<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と評価内容>

- ・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を上回ることを確認する。
- ・耐震重要施設等の周辺斜面のうち、液状化評価対象層である埋戻土(掘削ズリ)で構成される盛土斜面については、地下水位分布の状況を踏まえ、液状化影響検討を実施する。

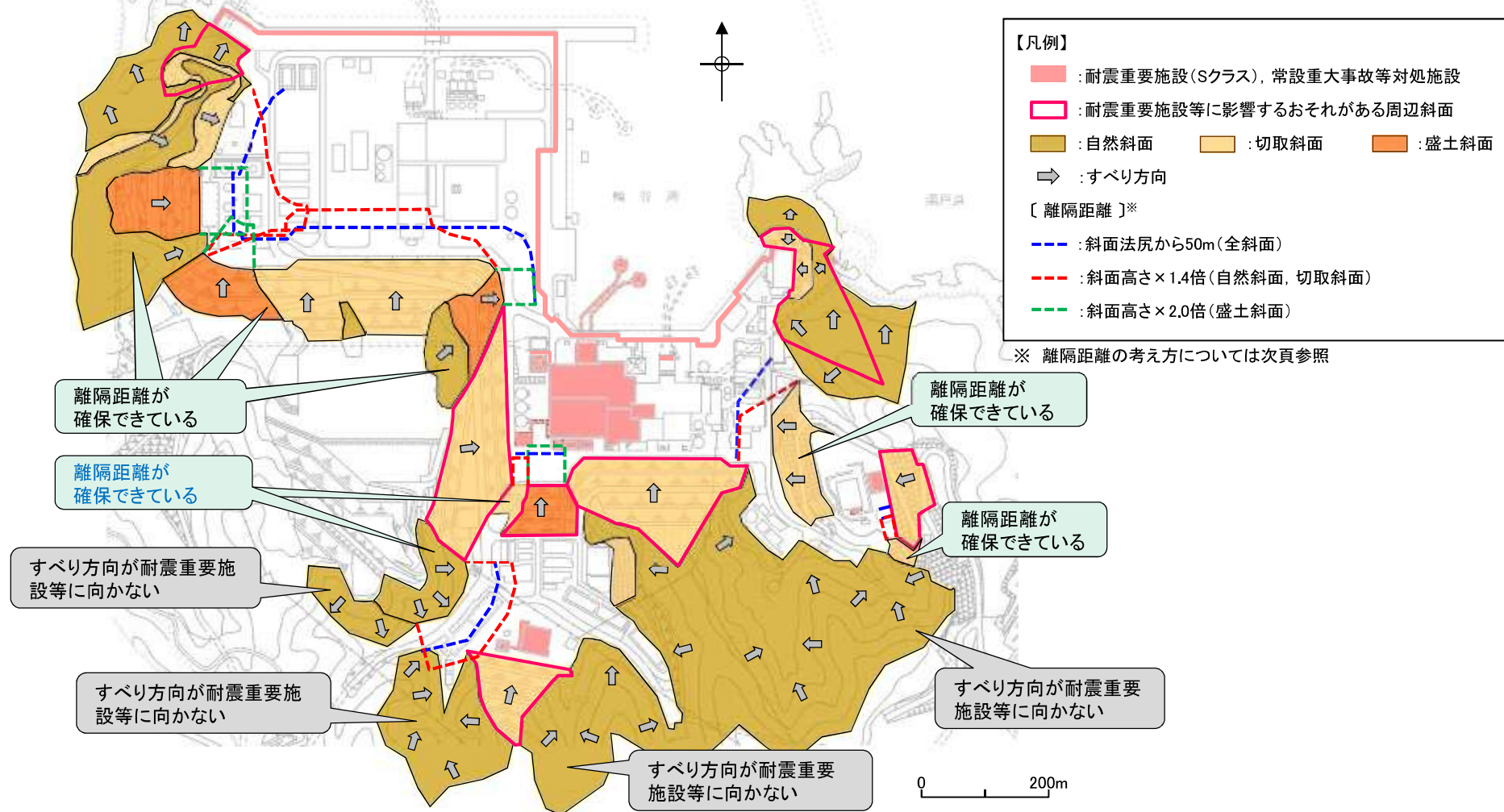
6. 周辺斜面の安定性評価 6.1 評価方針

評価フロー(全体概要)



耐震重要施設等に影響するおそれのある斜面の網羅的な抽出

- ・耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の周辺斜面を下図のとおり網羅的に抽出した。
- ・上記の周辺斜面の中で、すべり方向が耐震重要施設等に向いており、耐震重要施設等からの離隔距離がない斜面を尾根線・谷線で区切り、耐震重要施設等に影響するおそれのある斜面として抽出した。
- ・なお、液状化評価対象層である埋戻土(掘削ズリ)で構成される盛土斜面については、地下水位分布の状況を踏まえ、液状化影響検討を実施する。(「6.5章 液状化影響検討」を参照)



離隔距離の考え方

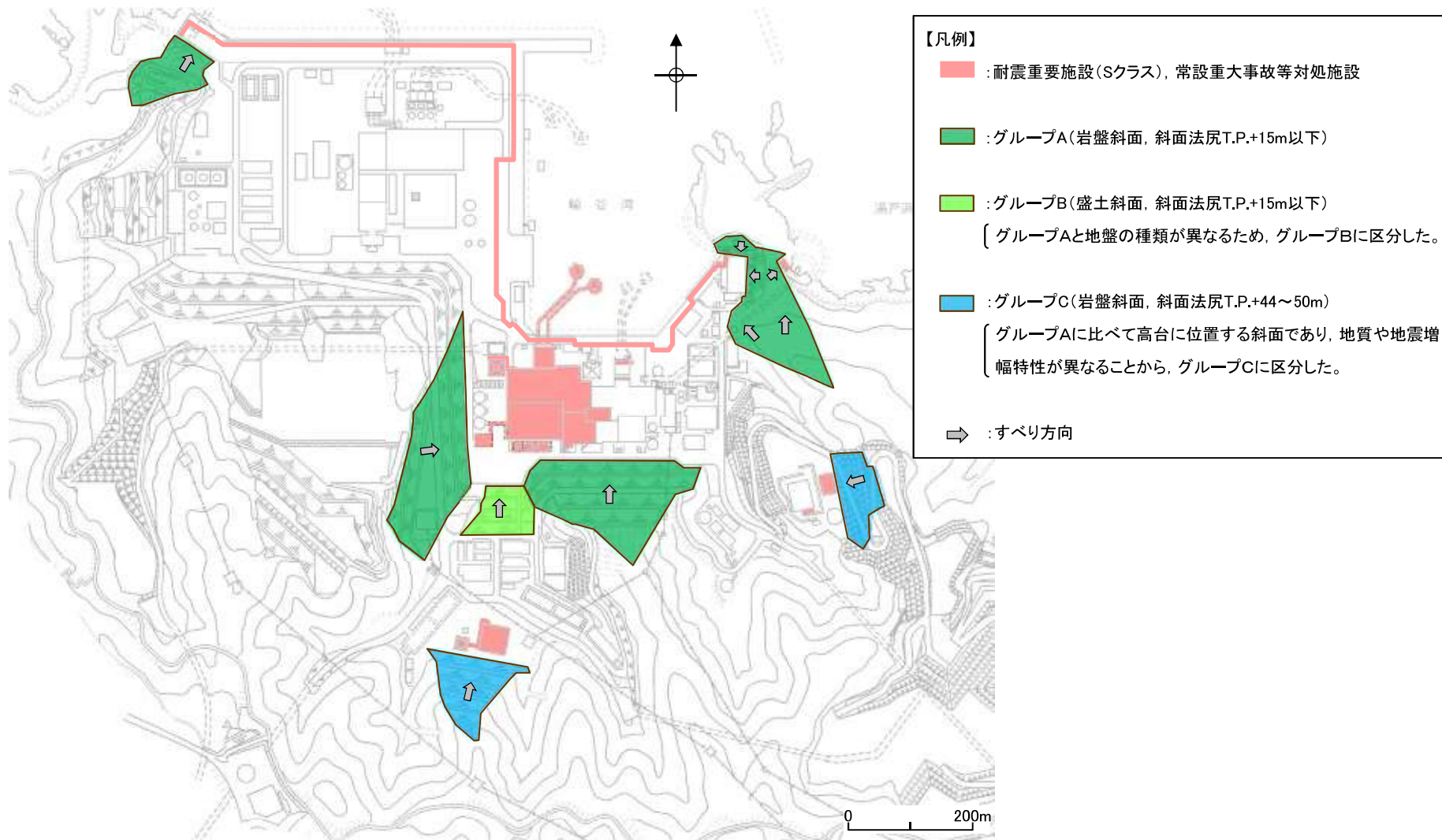
離隔距離については、文献に基づいて以下のとおり設定した。

- ・岩盤斜面(自然斜面, 切取斜面): 斜面高さ×1.4倍 あるいは 50m
- ・盛土斜面: 斜面高さ2.0倍 あるいは 50m

参考文献	記載内容	対象地盤
土木学会(2009) JEAG4601-2015	地盤安定性評価の対象とする斜面を、「斜面法尻と原子炉建屋との離隔距離が約50m以内の斜面, あるいは斜面の高さの約1.4倍以内の斜面」と規定しており, これに該当する斜面について評価を実施する。	岩盤斜面 盛土斜面
宅地防災マニュアルの解説 ⁽⁴⁾	斜面上部又は下部とは, 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。	急傾斜地 (土砂)

耐震重要施設等に影響するおそれのある斜面のグループ分け

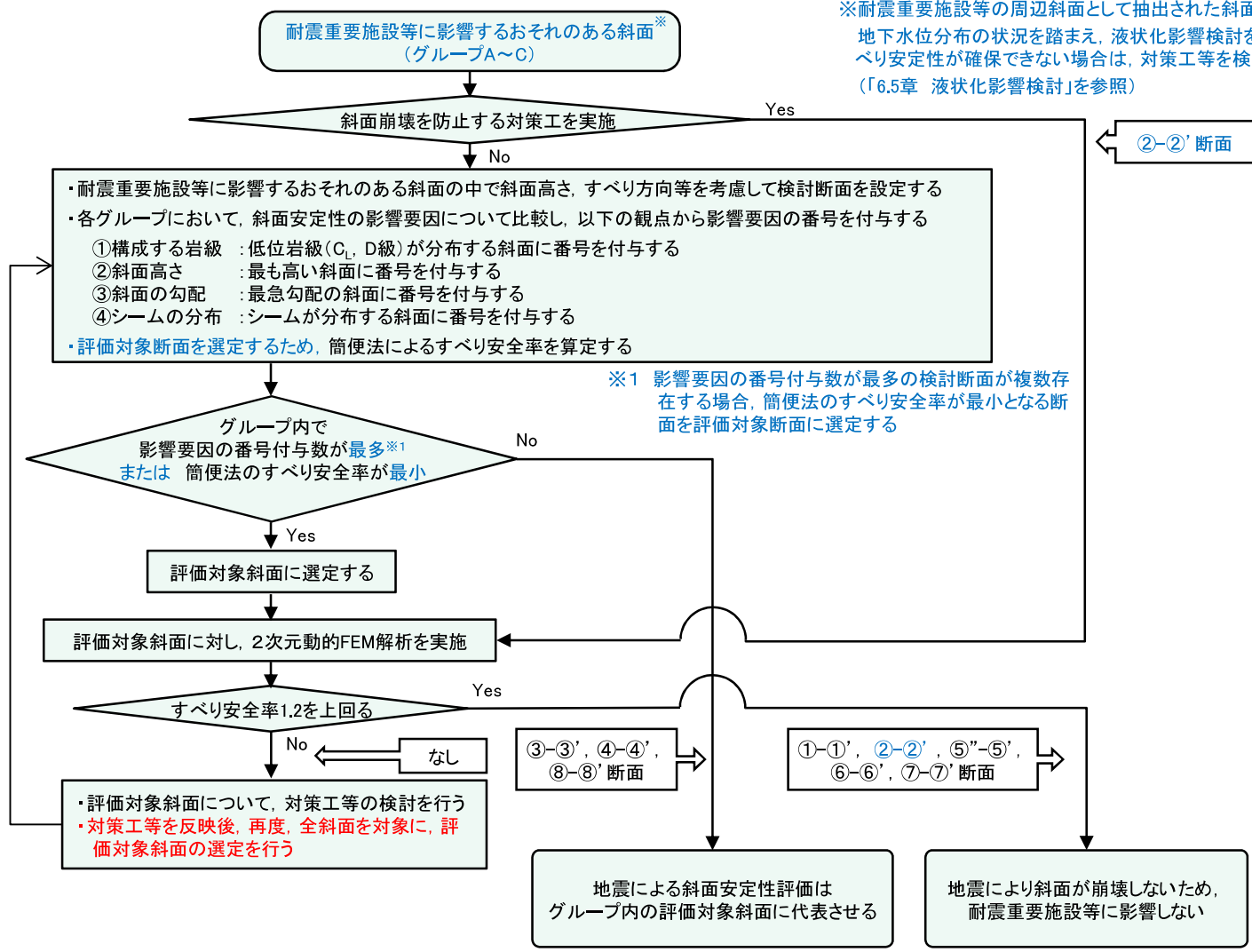
・耐震重要施設等に影響するおそれのある斜面として抽出された斜面について、斜面の法尻標高毎及び種類毎にグループA(岩盤斜面, 法尻標高T.P.+15m以下), グループB(盛土斜面, 法尻標高T.P.+15m以下), 及びグループC(岩盤斜面, 法尻標高T.P.+44~50m)の3つのグループに分類した。



6. 周辺斜面の安定性評価 6.1 評価方針

評価フロー(詳細)

・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地震時安定性評価は、下図に示すフローに基づき行う。



※耐震重要施設等の周辺斜面として抽出された斜面のうち、盛土斜面に関しては、地下水位分布の状況を踏まえ、液状化影響検討を実施する。液状化発生により、すべり安定性が確保できない場合は、対策工等を検討する。
(「6.5章 液状化影響検討」を参照)

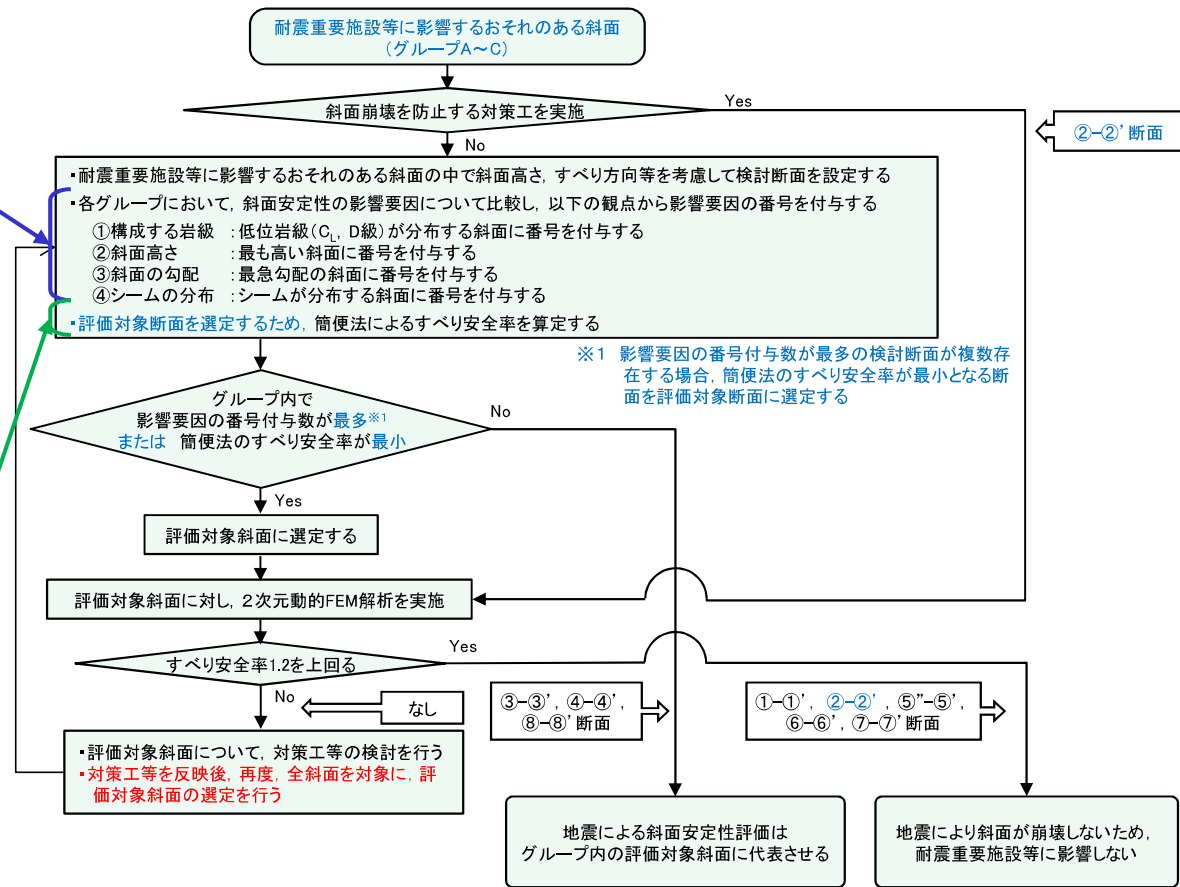
②-②' 断面

6. 周辺斜面の安定性評価 6.1 評価方針 選定方針

・評価対象斜面の選定は、以下に示す影響要因及び簡便法のすべり安全率を踏まえて行う。

影響要因	内容
【影響要因 ①】 斜面を構成する岩級	C _L 級, D級の低位岩級は, C _H 級, C _M 級の高位岩級に比べてせん断強度が低い。
【影響要因 ②】 斜面高さ	斜面高さが高いほど土塊が大きくなるため, 起動力が大きくなる。
【影響要因 ③】 斜面勾配	斜面勾配が急なほどすべり方向に対する土塊重量の分力が大きくなり, 起動力が大きくなる。
【影響要因 ④】 シームの分布の有無	シームは岩盤に比べてせん断強度が低く, すべり面のせん断抵抗力が小さくなる。

【簡便法によるすべり安全率】
・JEAG4601-2008に基づく静的震度「 $K_H=0.3$, $K_V=0.15$ 」を用いた簡便法により, すべり安全率を算定する。

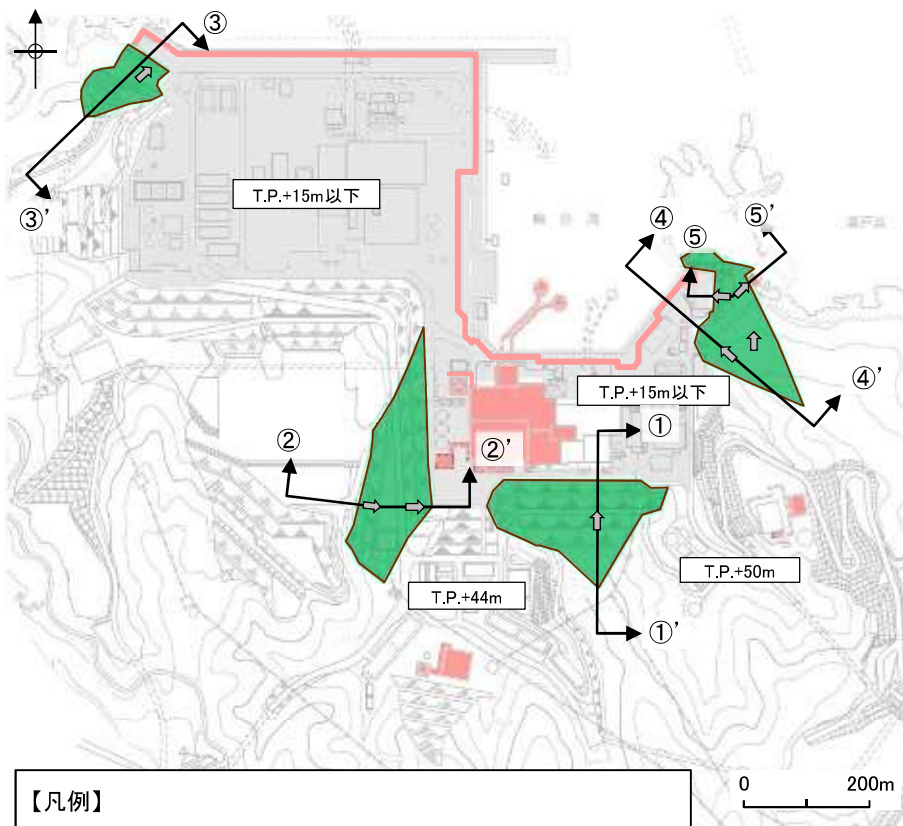


6. 周辺斜面の安定性評価

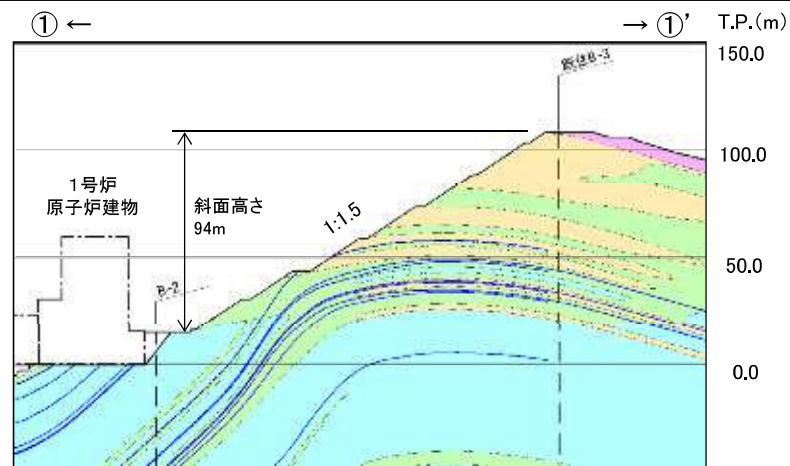
6. 2 評価対象斜面の選定

評価対象斜面の選定方法 グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下) (1/2)

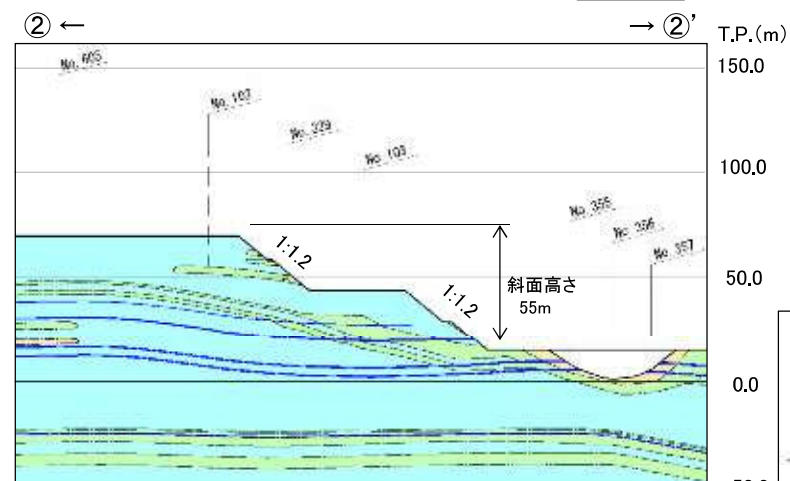
- ・グループAの斜面の中で、斜面高さが高くなり、最急勾配方向となるすべり方向に①-①' ~ ⑤-⑤' の5断面を検討断面に設定し、この中から評価対象斜面を選定した。
- ・②-②' 断面は、敷地造成工事に伴って頂部の切取を行ったことから、切取後の斜面で安定性評価を行うこととした。
- ・なお、③-③' 断面は、「防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の安定性評価」(令和2年2月28日審査会合)で説明した礫質土・粘性土の切取を反映済みである。



- 【凡例】
- : 耐震重要施設(Sクラス), 常設重大事故等対処施設
 - : 岩盤斜面(グループA, 法尻標高T.P.+15m以下)
 - ↑↑ : 斜面の断面位置
 - ➡ : すべり方向



2号炉南側切取斜面(①-①' 断面, 岩級・シーム)

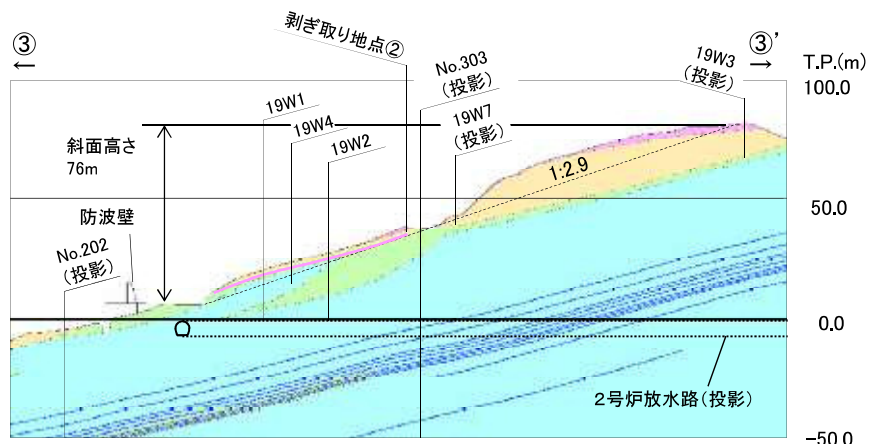


2号炉西側切取斜面(②-②' 断面, 岩級・シーム)

※斜面頂部を対策工により切取済み

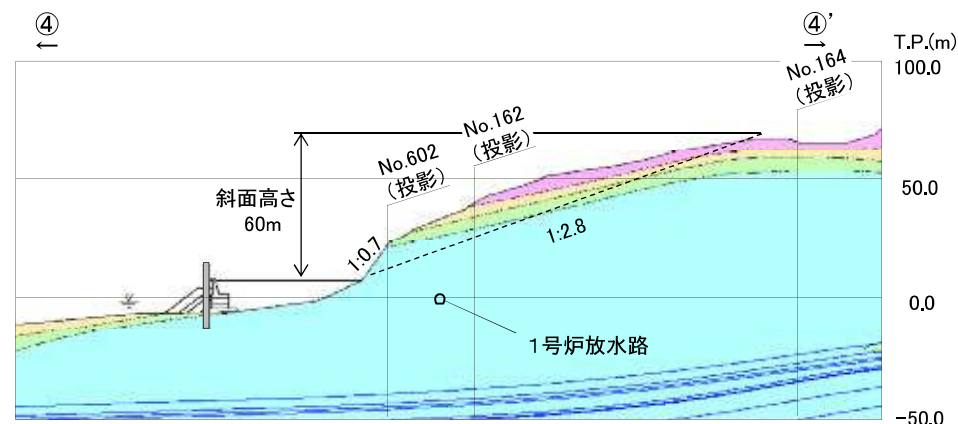
- 凡例
- 堆積土、礫土
 - D層
 - C1層
 - C2層
 - C3層
 - シーム
 - 岩級境界線

評価対象斜面の選定方法 グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下)(2/2)

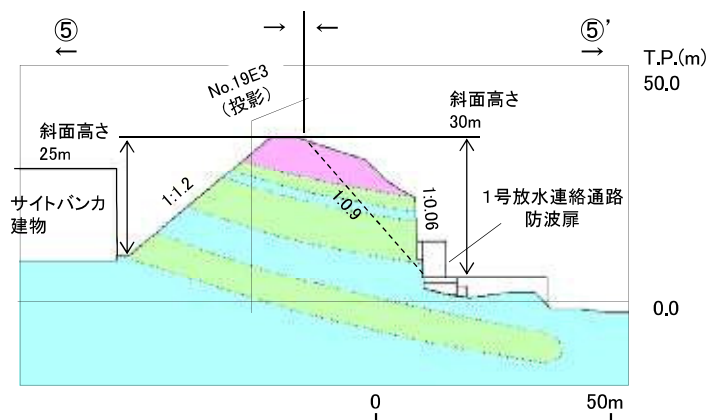


防波壁(西端部)周辺斜面(③-③'断面, 岩級・シーム) 0 50m

※「防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の安定性評価」
(令和2年2月28日審査会合)で説明した礫質土・粘性土の切取を反映済



防波壁(東端部)周辺斜面(④-④'断面, 岩級・シーム) 0 50m



1号放水連絡通路防波扉等周辺斜面(⑤-⑤'断面, 岩級・シーム)



評価対象斜面の選定結果 グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下)

- ・グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下)の斜面について, 下表の比較を行った結果, ①-①'断面及び⑤-⑤'断面のうち海側の斜面を2次元動的FEM解析の評価対象斜面に選定した。(詳細をP165~169に記載)
- ・対策工を実施した②-②'断面は, 評価フローに基づき, 安定解析により対策後のすべり安定性を確認する。

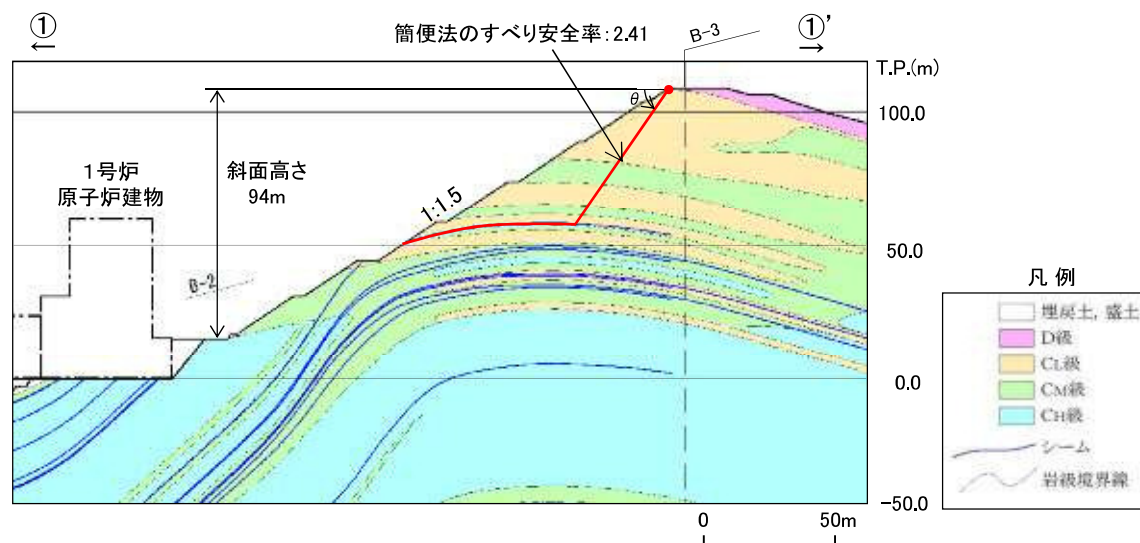
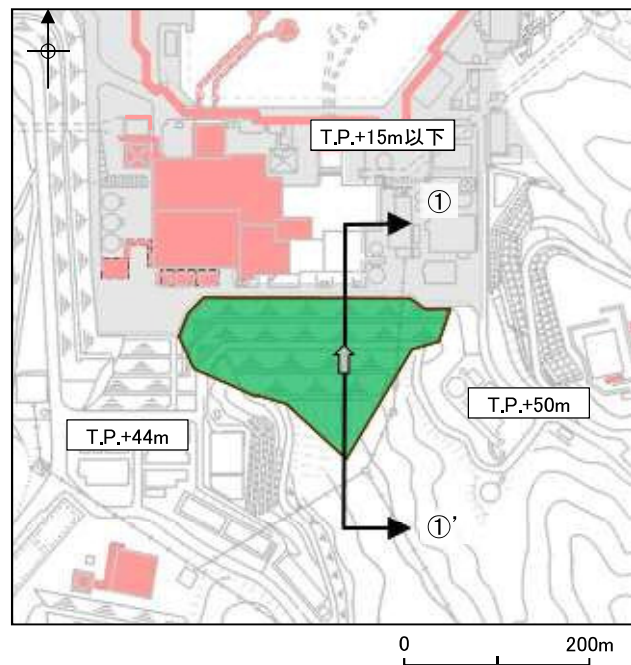
耐震重要施設等に影響するおそれのある斜面 グループA (T.P.+15m以下)	影響要因				該当する影響要因	簡便法の最小すべり安全率	選定理由
	① 構成する岩級	② 斜面高さ	③ 斜面の勾配	④ シームの分布の有無			
評価対象斜面に選定 2号炉南側切取斜面 (①-①'断面)	C _H , C _M , C _L 級	94m	1:1.5	あり	①, ②, ④	2.41	・C _L 級岩盤が分布すること, 斜面高さが最も高いこと, シームが分布すること, 及び簡便法のすべり安全率が低いことから, 評価対象斜面に選定する。
防波壁(西端部)周辺斜面 (③-③'断面)	C _H , C _M , C _L , D級	76m	1:2.9	なし	①	2.43	・⑤-⑤'断面に比べ, 斜面高さが高いため, ⑤-⑤'断面に代表させず, ①-①'断面との比較を行う。 ・①-①'断面に比べ, 表層にD級岩盤が分布するが, 斜面高さが低いこと, 平均勾配が緩いこと, シームが分布しないこと, 及び簡便法のすべり安全率が大きいことから, ①-①'断面の評価に代表させる。(※)
防波壁(東端部)周辺斜面 (④-④'断面)	C _H , C _M , C _L , D級	60m	1:2.8 (一部, 1:0.7の急勾配部あり)	なし	①	2.82	
1号放水連絡通路防波扉等周辺斜面 (⑤-⑤'断面)	陸側すべり C _H , C _M , D級	25m	1:1.2	なし	①	3.93	・①-①'断面に比べ, 表層にD級岩盤が厚く分布し, 平均勾配が急であるため, ①-①'断面に代表させず, 当該断面の海側すべりとの比較を行う。 ・当該断面の海側すべりに比べ, 平均勾配は緩く, 表層のD級岩盤は薄いこと, 斜面高さが低いこと, 及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから, 当該断面の海側すべりの評価に代表させる。
	海側すべり 評価対象斜面に選定 C _H , C _M , D級	30m	1:0.9 (一部, 1:0.06の急勾配部あり)	なし	①, ③	1.89	・斜面全体はC _M ~C _H 級主体の堅硬な岩盤で構成されるが, 表層にD級が厚く分布すること, 1号放水連絡通路防波扉付近でほぼ直立した斜面が存在すること, 1号放水連絡通路防波扉の方向に流れ盤であること, 及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから, 評価対象斜面に選定する。(※)

 : 番号を付与する影響要因
 : 影響要因の番号付与が多い(簡便法のすべり安全率が小さい)
 : 選定した評価対象斜面

※ 当該断面は, 津波防護の障壁となっている地山斜面を兼ねることから, 「防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の安定性評価」(令和2年2月28日審査会合)において, 別途, 評価対象斜面に選定し, 安定解析結果を説明済みである。

2号炉南側切取斜面(①-①'断面)の比較結果 グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下)

・C_L級岩盤が分布すること, 斜面高さが94mと最も高いこと, シームが分布すること, 及び簡便法のすべり安全率が2.41と低いことから, 評価対象斜面に選定する。



- 【凡例】
- : 耐震重要施設(Sクラス), 常設重大事故等対処施設
 - : 岩盤斜面(グループA, 斜面法尻T.P.+15m以下)
 - : 斜面の断面位置
 - : すべり方向

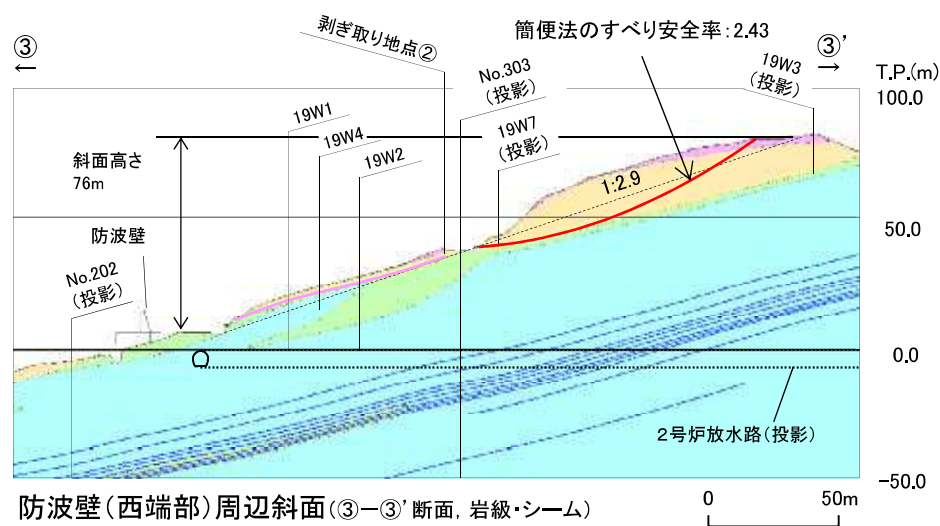
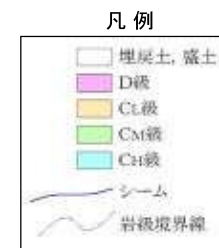
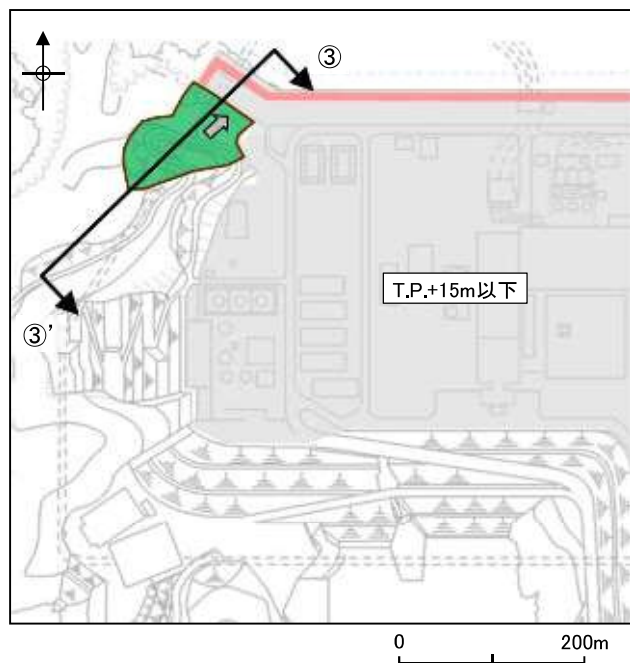
角度(°)	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
すべり安全率	3.96	3.04	2.63	2.47	2.41	2.45	2.59	2.84	3.23	3.70

※最小すべり安全率を○で示す。

2号炉南側切取斜面(①-①'断面, 岩級・シーム)

防波壁(西端部)周辺斜面(③-③'断面)の比較結果 グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下)

- ・⑤-⑤'断面に比べ、斜面高さが高いため、⑤-⑤'断面に代表させず、①-①'断面との比較を行う。
- ・①-①'断面に比べ、表層にD級岩盤が分布するが、斜面高さが76mと低いこと、平均勾配が1:2.9と緩いこと、シームが分布しないこと、及び簡便法のすべり安全率が2.43と大きいことから、①-①'断面の評価に代表させる。
- ・なお、当該断面は、津波防護の障壁となっている地山斜面を兼ねることから、「防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の安定性評価」(令和2年2月28日審査会合)において、別途、評価対象斜面に選定し、安定解析結果を説明済みである。



防波壁(西端部)周辺斜面(③-③'断面, 岩級・シーム)

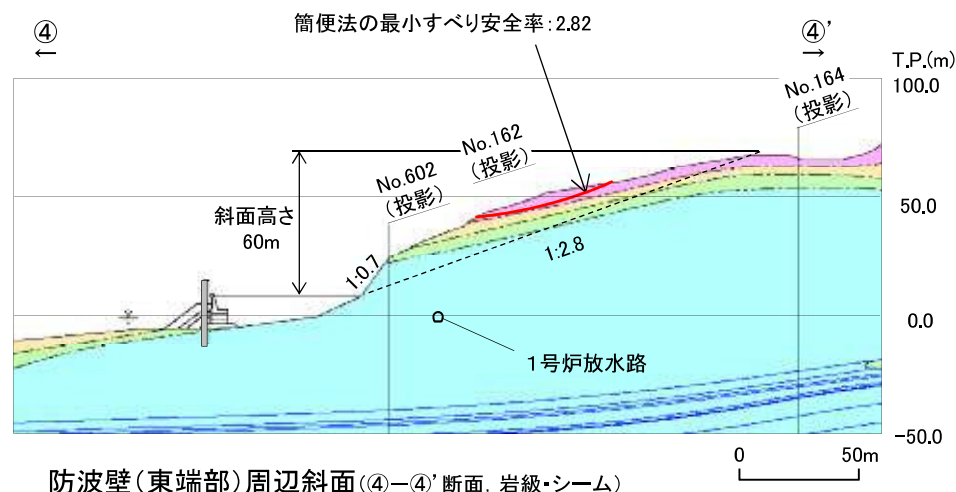
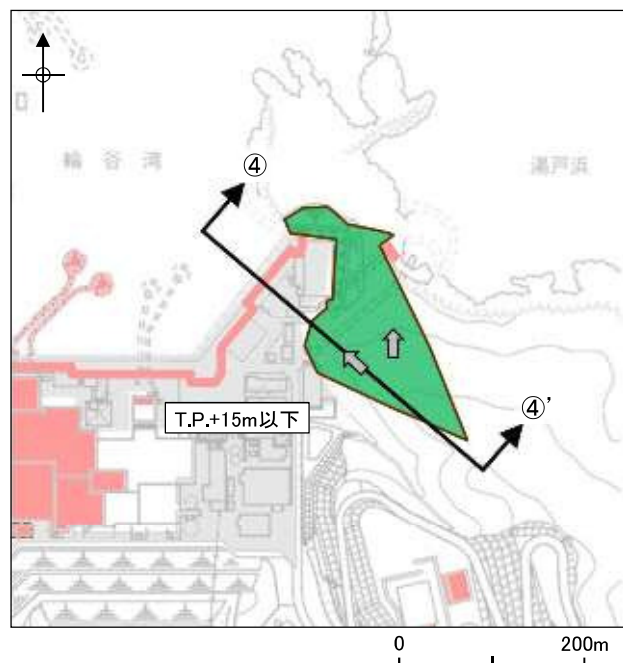
※「防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の安定性評価」
(令和2年2月28日審査会合)で説明した礫質土・粘性土の切取を反映済

【凡例】

- 耐震重要施設(Sクラス), 常設重大事故等対処施設
- 岩盤斜面(グループA, 斜面法尻T.P.+15m以下)
- ↑↑: 斜面の断面位置
- : すべり方向

防波壁(西端部)周辺斜面(④-④'断面)の比較結果 グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下)

- ・⑤-⑤'断面に比べ、斜面高さが高いため、⑤-⑤'断面に代表させず、①-①'断面との比較を行う。
- ・①-①'断面に比べ、表層にD級岩盤が分布するが、斜面高さが60mと低いこと、平均勾配が1:2.8と緩いこと、シームが分布しないこと、及び簡便法のすべり安全率が2.82と大きいことから、①-①'断面の評価に代表させる。
- ・なお、当該断面は、津波防護の障壁となっている地山斜面を兼ねることから、「防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の安定性評価」(令和2年2月28日審査会合)において、別途、評価対象斜面に選定し、安定解析結果を説明済みである。



防波壁(東端部)周辺斜面(④-④'断面, 岩級・シーム)

【凡例】

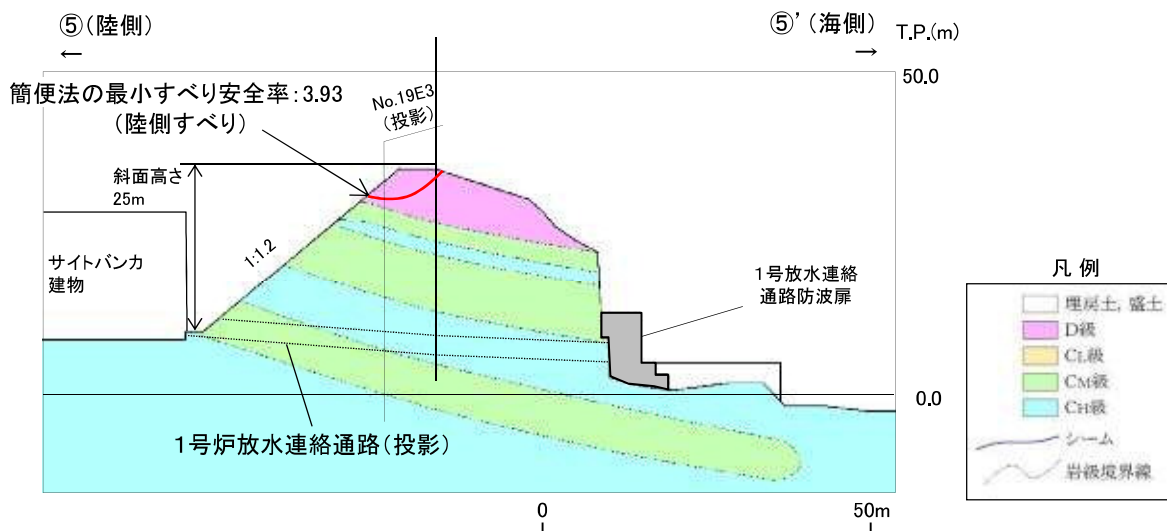
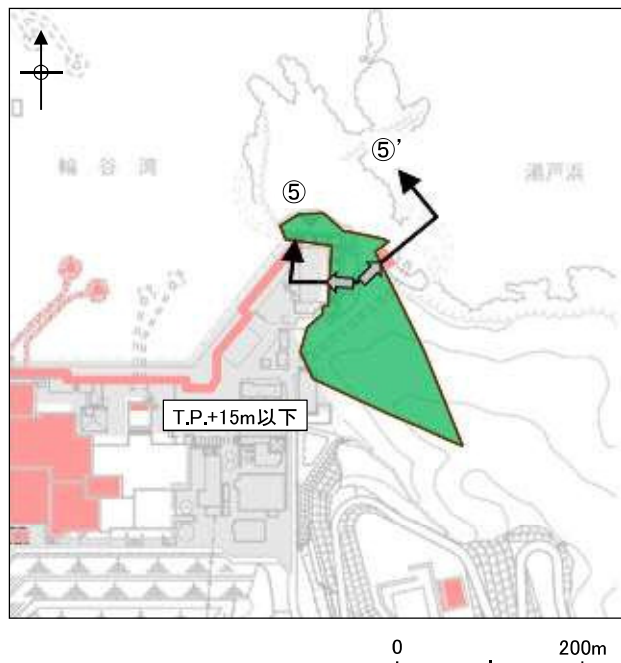
- : 耐震重要施設(Sクラス), 常設重大事故等対処施設
- : 岩盤斜面(グループA, 斜面法尻T.P.+15m以下)
- ↑↑ : 斜面の断面位置
- ➡ : すべり方向

凡例

- : 埋戻土, 盛土
- : D級
- : C1級
- : C2級
- : C3級
- : シーム
- : 岩級境界線

1号放水連絡通路防波扉等周辺斜面(⑤-⑤'断面, 陸側すべり)の比較結果 グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下)

- ・①-①'断面に比べ, 表層にD級岩盤が厚く分布し, 平均勾配が急であるため, ①-①'断面に代表させず, 当該断面の海側すべりとの比較を行う。
- ・当該断面の海側すべりに比べ, 平均勾配は1:1.2と緩く, 表層のD級岩盤は薄いこと, 斜面高さが25mと低いこと, 及び簡便法の最小すべり安全率が3.93と大きいことから, 当該断面の海側すべりの評価に代表させる。

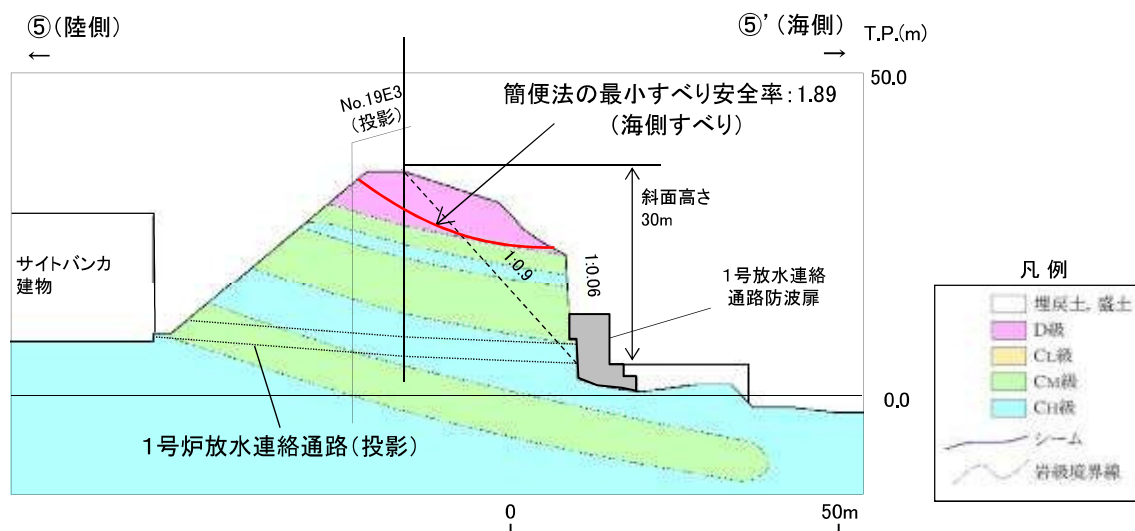
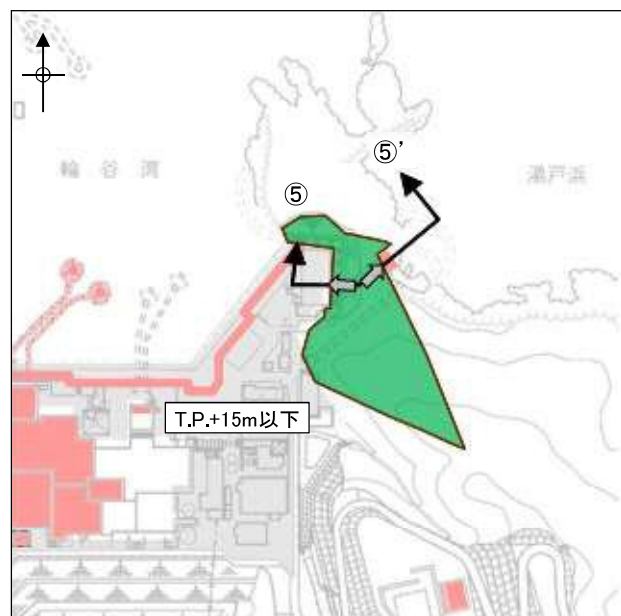


1号放水連絡通路防波扉等周辺斜面(⑤-⑤'断面, 岩級・シーム)

- 【凡例】
- : 耐震重要施設(Sクラス), 常設重大事故等対処施設
 - : 岩盤斜面(グループA, 斜面法尻T.P.+15m以下)
 - ↑↑ : 斜面の断面位置
 - ➡ : すべり方向

1号放水連絡通路防波扉等周辺斜面(⑤-⑤'断面, 海側すべり)の比較結果 グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下)

- ・斜面全体は $C_M \sim C_H$ 級主体の堅硬な岩盤で構成されるが、表層にD級が厚く分布すること、1号放水連絡通路防波扉付近でほぼ直立した斜面が存在すること、1号放水連絡通路防波扉の方向に流れ盤であること、及び簡便法の最小すべり安全率が1.89と小さいことから、評価対象斜面に選定する。
- ・なお、当該断面は、津波防護の障壁となっている地山斜面を兼ねることから、「防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の安定性評価」(令和2年2月28日審査会合)において、別途、評価対象斜面に選定し、安定解析結果を説明済みである。



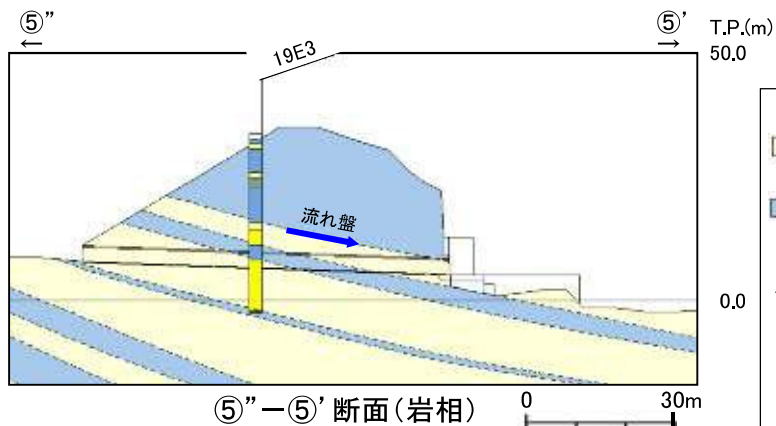
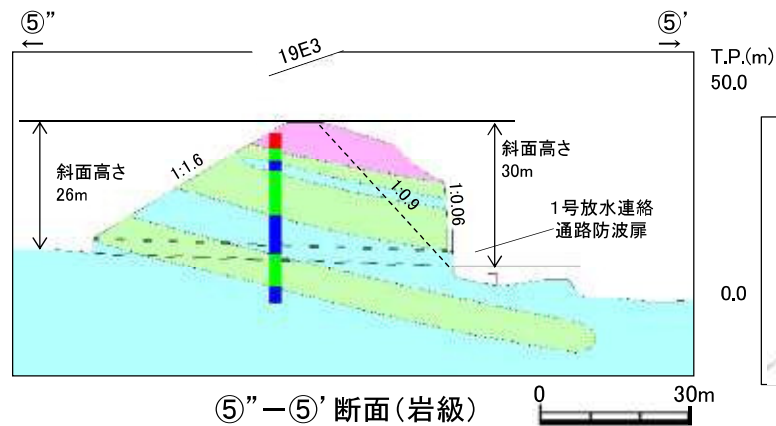
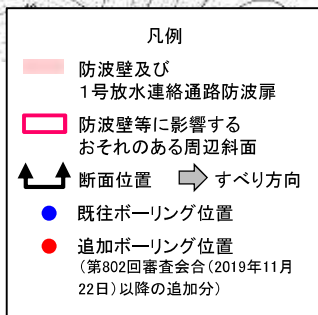
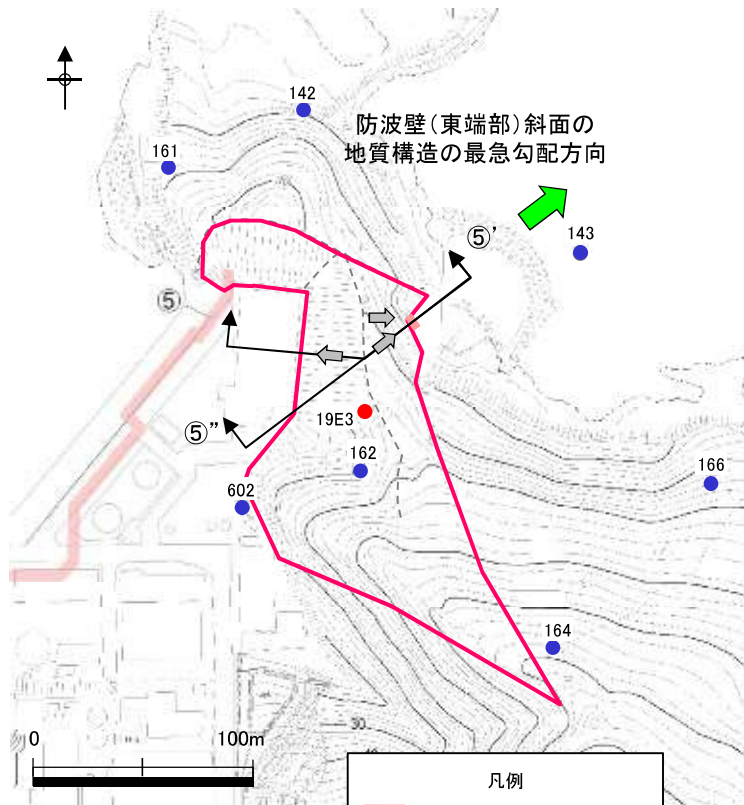
1号放水連絡通路防波扉等周辺斜面(⑤-⑤'断面, 岩級・シーム)

- 【凡例】
- : 耐震重要施設(Sクラス), 常設重大事故等対処施設
 - : 岩盤斜面(グループA, 斜面法尻T.P.+15m以下)
 - ↑↑ : 斜面の断面位置
 - ➡ : すべり方向

6. 周辺斜面の安定性評価 6.2 評価対象斜面の選定

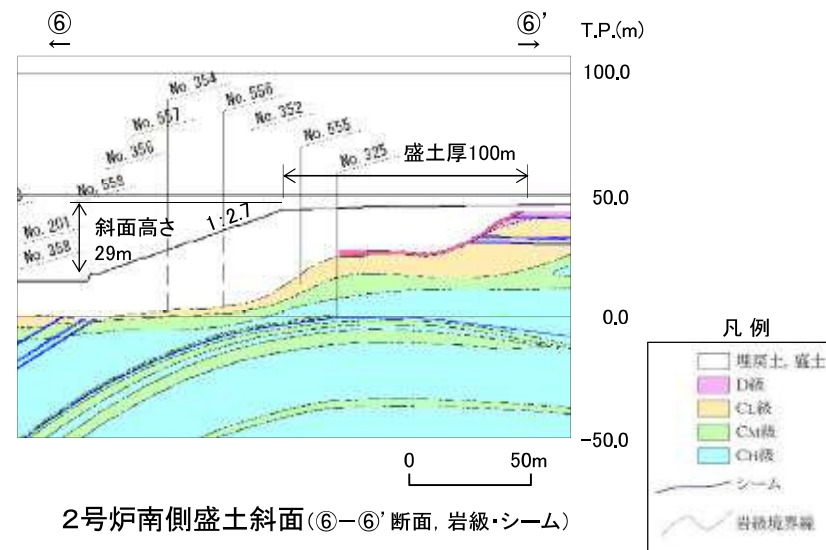
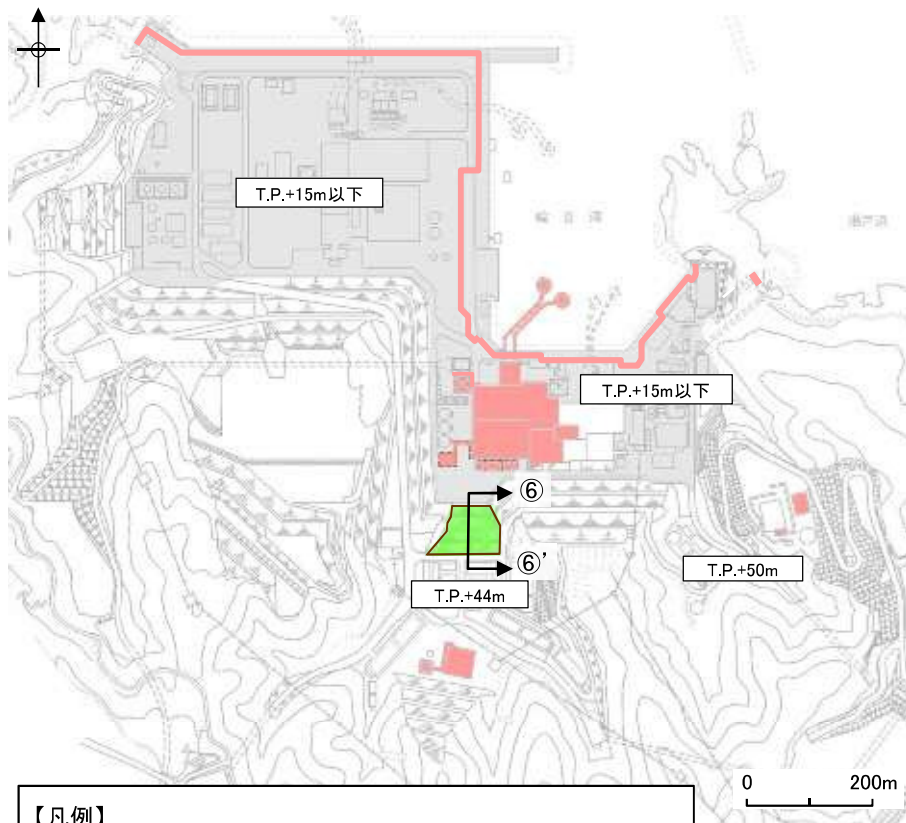
1号放水連絡通路防波扉等周辺斜面(⑤-⑤'断面)の解析断面位置について

動的FEM解析の実施に当たり、山体の地震時の挙動を適切に解析に反映するため、⑤-⑤'断面について、直線状の断面となるように、北東-南西方向に⑤''-⑤'断面の地質断面図及び解析モデルを作成し、安定性評価を行うこととした。



評価対象斜面の選定方法及び選定結果 グループB(盛土斜面, T.P.+15m以下)

- ・グループBの斜面は、法尻標高T.P.+15m以下の盛土斜面が1箇所のみであることから、当該斜面において、盛土厚が最大となり、最急勾配方向となるすべり方向に⑥-⑥'断面を設定し、評価対象斜面に選定した。
- ・なお、液状化対象層である盛土で構成される当該斜面については、地下水位分布の状況を踏まえ、液状化影響検討を実施する。(「6.5章 液状化影響検討」を参照)



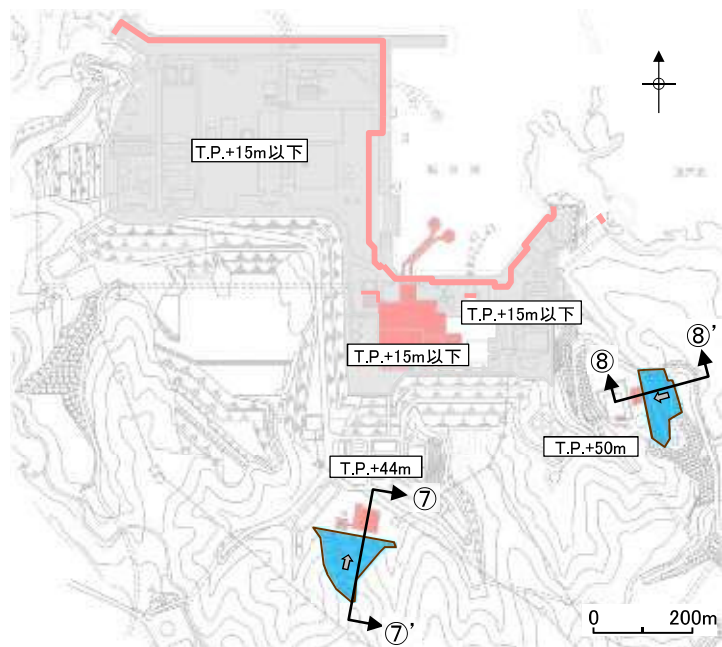
2号炉南側盛土斜面(⑥-⑥'断面, 岩級・シーム)

【凡例】

- : 耐震重要施設(Sクラス), 常設重大事故等対処施設
- : 盛土斜面(グループB, 法尻標高T.P.+15m以下)
- ↑↑ : 斜面の断面位置
- ➡ : すべり方向

評価対象斜面の選定方法 グループC(岩盤斜面, T.P.+44~50m)

・耐震重要施設等に影響するおそれのある斜面の中で、斜面高さが高くなり、最急勾配方向となるすべり方向に⑦-⑦'断面及び⑧-⑧'断面の2断面を検討断面に設定し、この中から評価対象斜面を選定した。

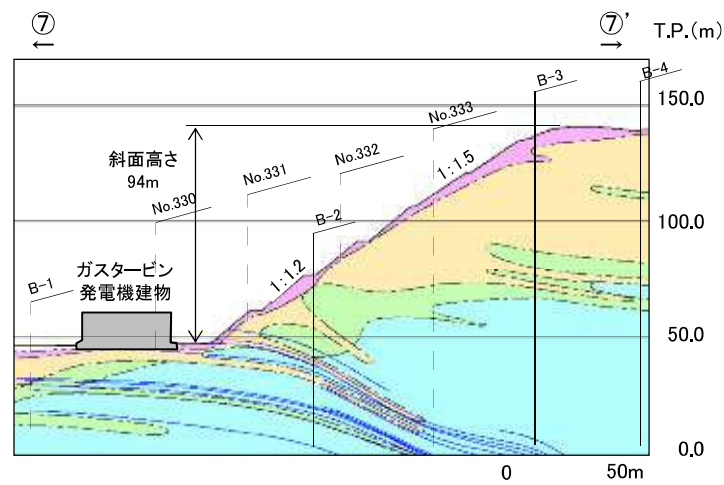


【凡例】

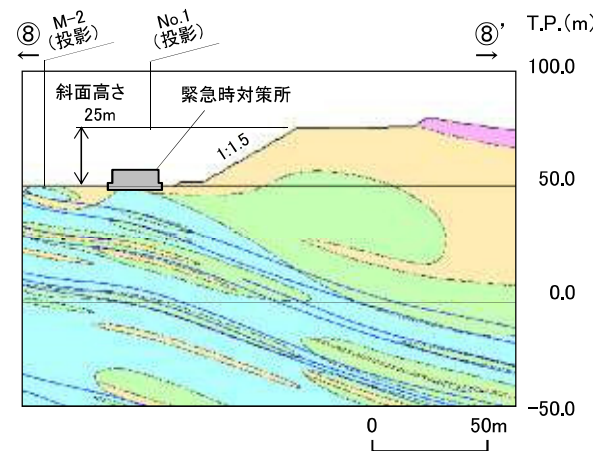
- :耐震重要施設(Sクラス), 常設重大事故等対処施設
- :岩盤斜面(グループC, 法尻標高T.P.+44m~50m)
- ↑↑ :斜面の断面位置
- :すべり方向

凡例

- 埋戻土, 盛土
- D級
- CL級
- CM級
- CH級
- シーム
- 岩級境界線



ガスタービン発電機建物周辺斜面(⑦-⑦'断面, 岩級・シーム)



緊急時対策所周辺斜面(⑧-⑧'断面, 岩級・シーム)

評価対象斜面の選定結果 グループC(岩盤斜面, T.P.+44~50m)

・グループC(岩盤斜面, T.P.+44m~50m)の斜面について下表の比較を行った結果, ⑦-⑦'断面を評価対象斜面に選定した。(詳細をP174, 175に記載)

上位クラス施設に影響するおそれのある斜面 グループB(T.P.+44m~50m)	影響要因				該当する 影響要因	簡便法の 最小すべり 安全率	選定理由
	【影響要因①】 構成する岩級	【影響要因②】 斜面高さ	【影響要因③】 斜面の勾配	【影響要因④】 シームの分布 の有無			
評価対象斜面に選定 ガスタービン発電機建物 周辺斜面 (⑦-⑦'断面)	C _H , C _M , C _L , D級	94	1:1.2, 1:1.5	あり	①, ②, ③, ④	1.51	・⑧-⑧'断面に比べ, D級岩盤が斜面表層に分布すること, 斜面高さが高いこと, 斜面勾配が急なこと, 法尻付近にシームが分布すること, 及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから, 評価対象斜面に選定する。
緊急時対策所周辺斜面 (⑧-⑧'断面)	C _M , C _L 級	25	1:1.5	なし	①	2.90	・⑦-⑦'断面に比べ, D級岩盤が分布しないこと, 斜面高さが低いこと, 斜面勾配が緩いこと, シームが分布していないこと, 及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから, ⑦-⑦'断面の評価に代表させる。

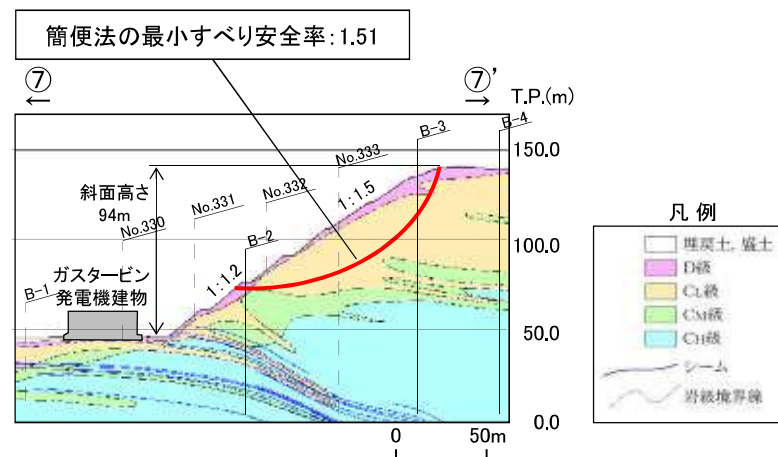
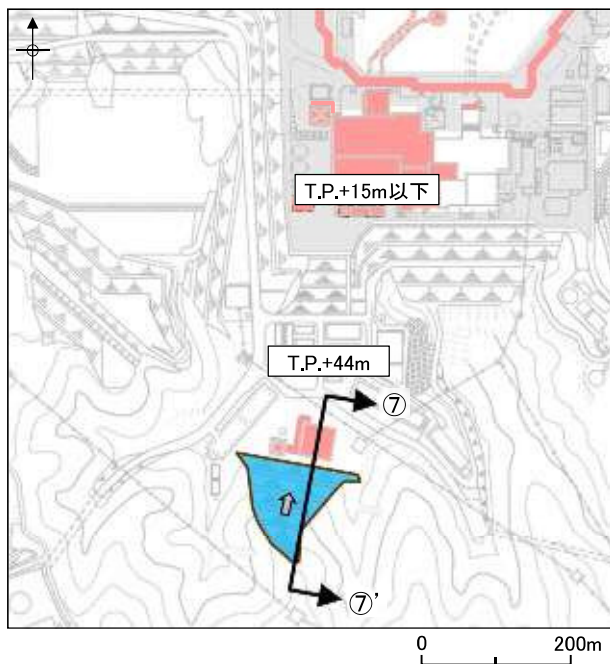
□ : 番号を付与する影響要因

□ : 影響要因の番号付与が多い(簡便法のすべり安全率が小さい)

□ : 選定した評価対象斜面

ガスタービン発電機建物周辺斜面(⑦-⑦'断面)の比較結果 グループC(岩盤斜面, T.P.+44~50m)

・当該斜面は、⑧-⑧'断面に比べ、D級岩盤が斜面表層に分布すること、斜面高さが94mと高いこと、斜面勾配が1:1.2及び1:1.5と急なこと、法尻付近にシームが分布すること、及び岩盤・シームすべりを対象とした簡便法のすべり安全率が1.51と小さいことから、評価対象斜面に選定した。

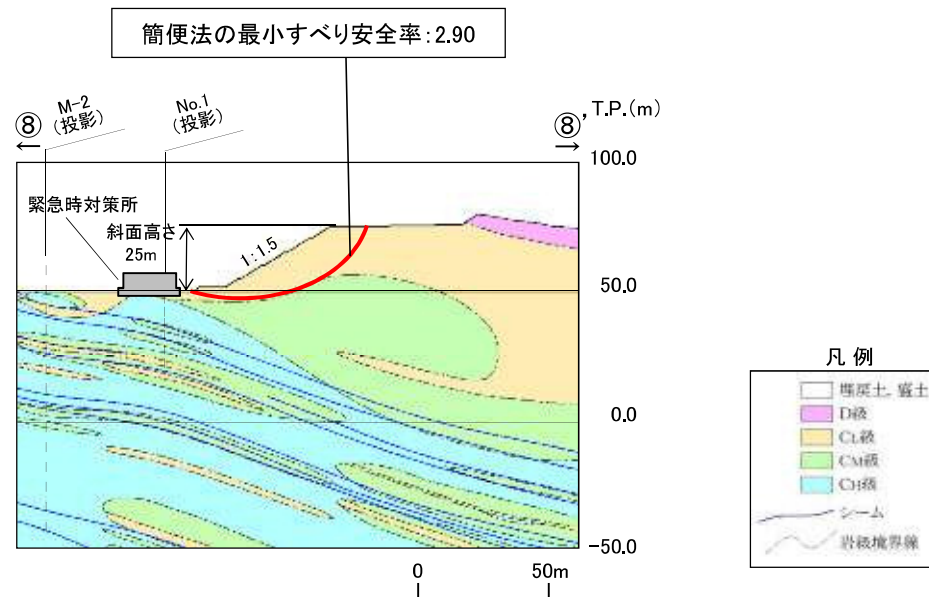
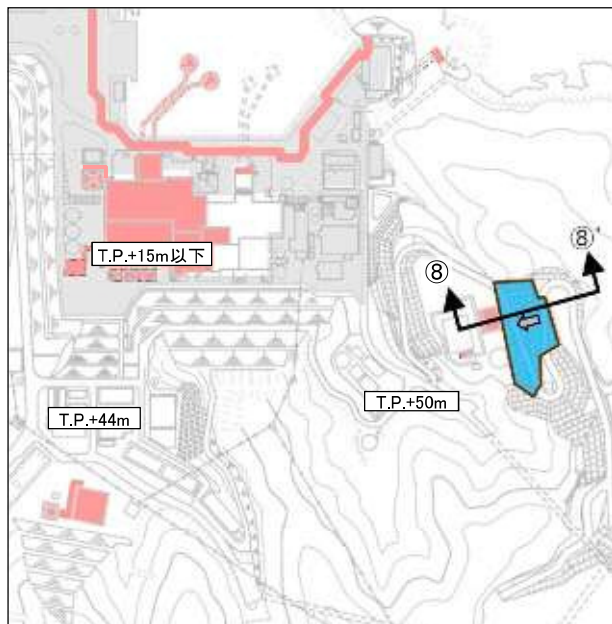


ガスタービン発電機建物周辺斜面(⑦-⑦'断面, 岩級・シーム)

- 【凡例】
- : 耐震重要施設(Sクラス), 常設重大事故等対処施設
 - : 岩盤斜面(グループC, 斜面法尻T.P.+44m~50m)
 - ↑↑ : 斜面の断面位置
 - ➡ : すべり方向

緊急時対策所周辺斜面(⑧-⑧'断面)の比較結果 グループC(岩盤斜面, T.P.+44~50m)

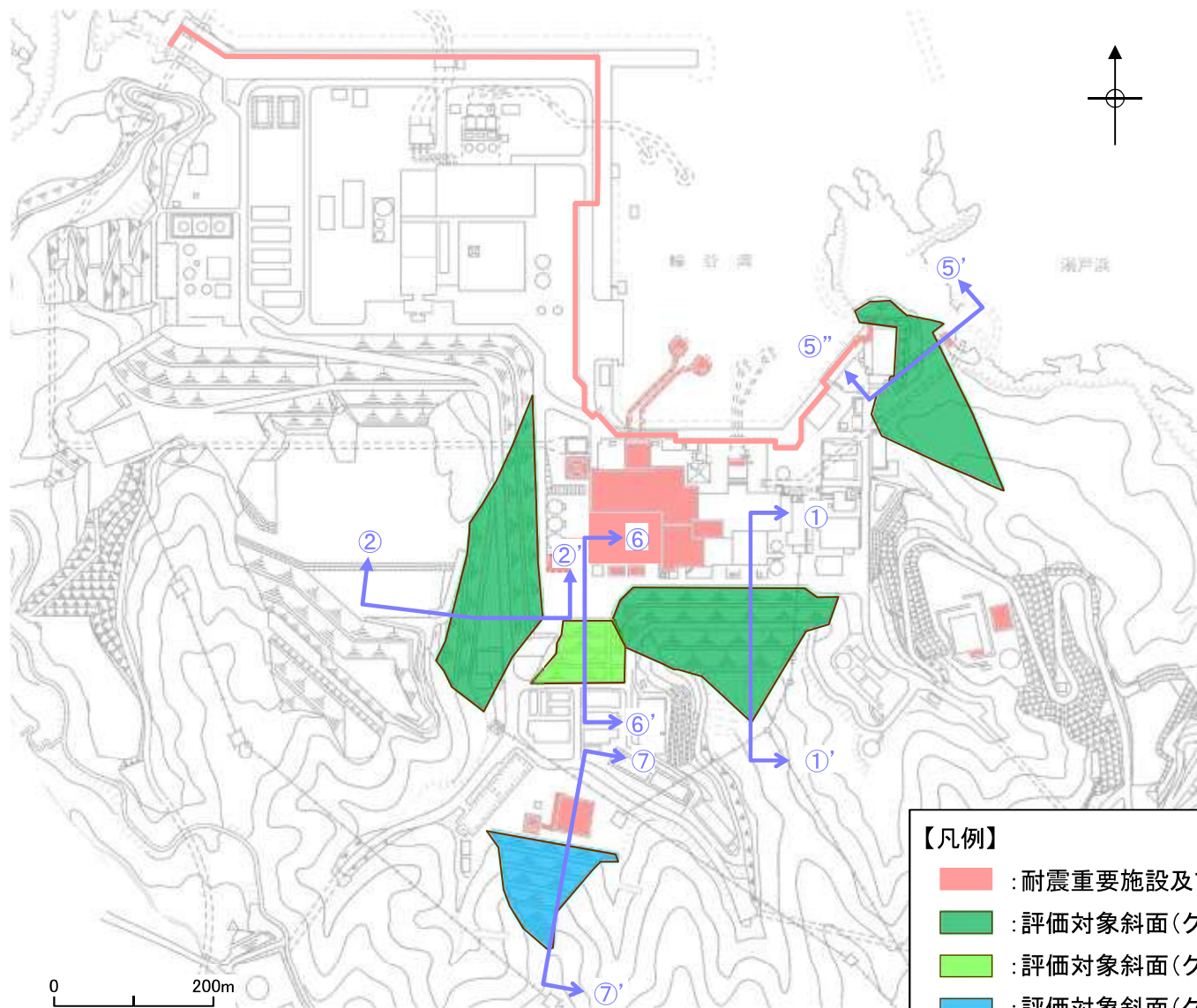
・当該斜面は、⑦-⑦'断面に比べ、D級岩盤が分布しないこと、斜面高さが25mと低いこと、斜面勾配が1:1.5と緩いこと、斜面にシームが分布していないこと、及び岩盤すべりを対象とした簡便法のすべり安全率が2.90と大きいことから、⑦-⑦'断面の評価に代表させる。



緊急時対策所周辺斜面(⑧-⑧'断面, 岩級・シーム)

- 【凡例】
- : 耐震重要施設(Sクラス), 常設重大事故等対処施設
 - : 岩盤斜面(グループC, 斜面法尻T.P.+44m~50m)
 - ↑↑ : 斜面の断面位置
 - ➡ : すべり方向

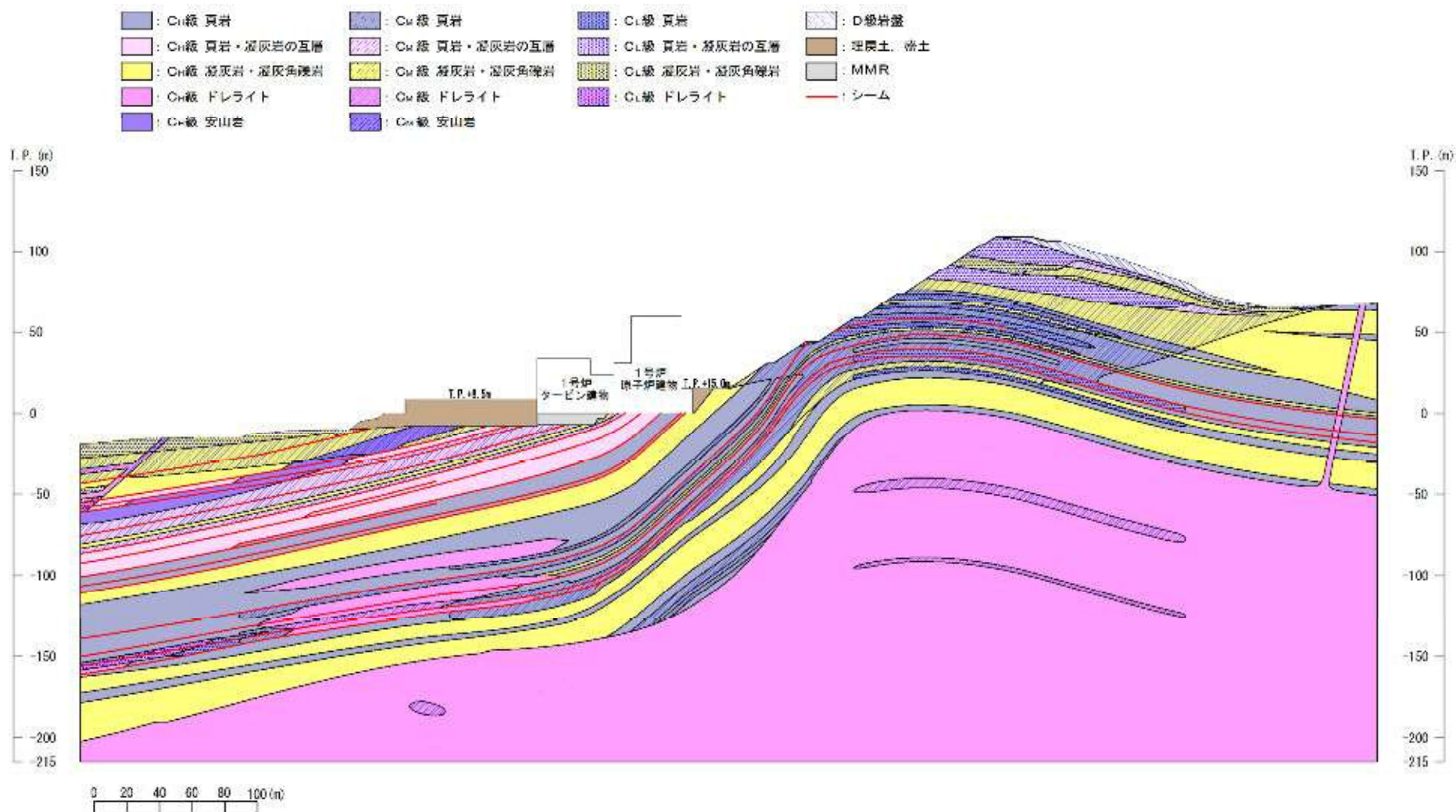
6. 周辺斜面の安定性評価 6.2 評価対象斜面の選定
 評価対象斜面の選定結果



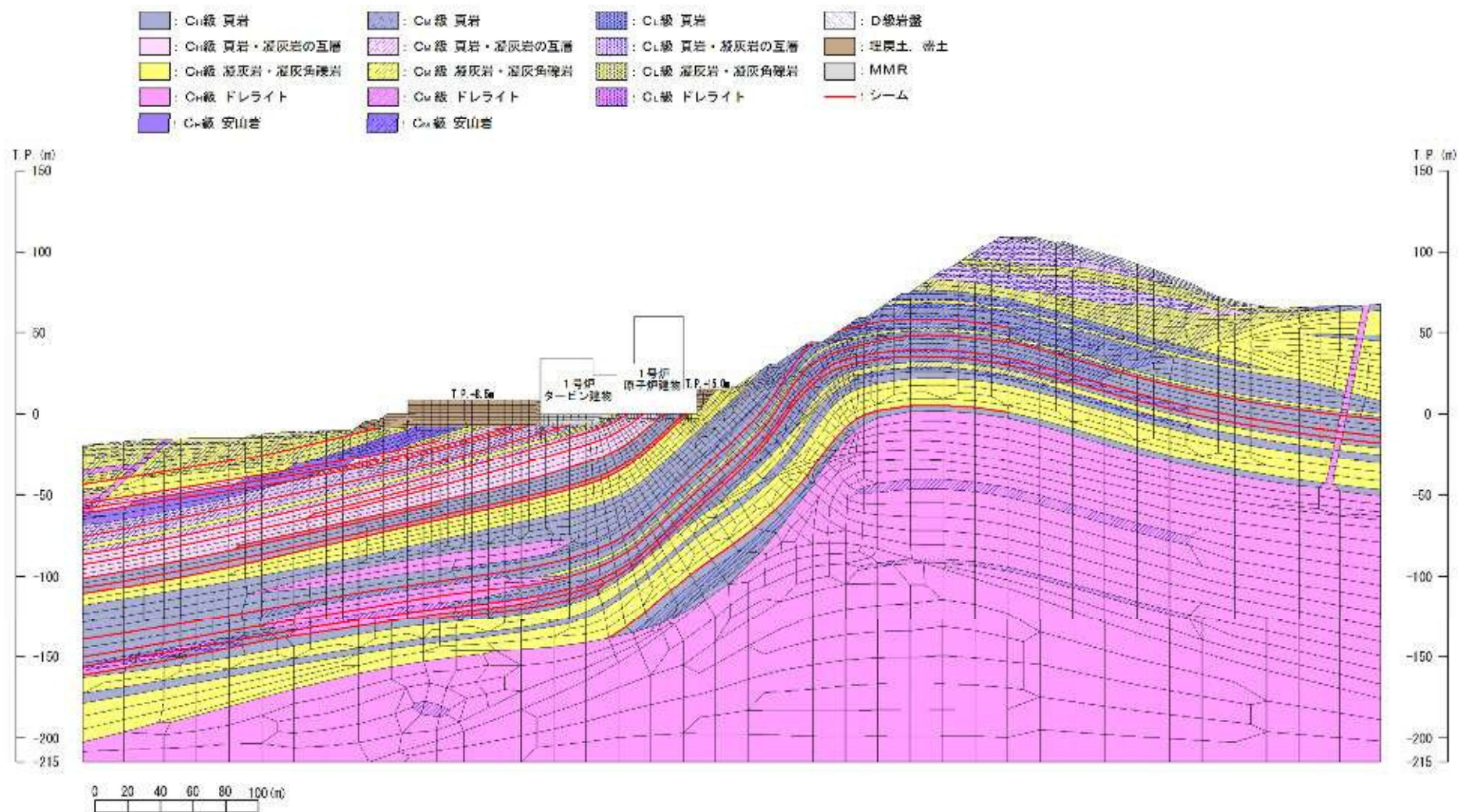
評価対象斜面の選定結果

- 【凡例】
- : 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設
 - : 評価対象斜面(グループA)
 - : 評価対象斜面(グループB)
 - : 評価対象斜面(グループC)
 - ↕ : 評価対象断面位置

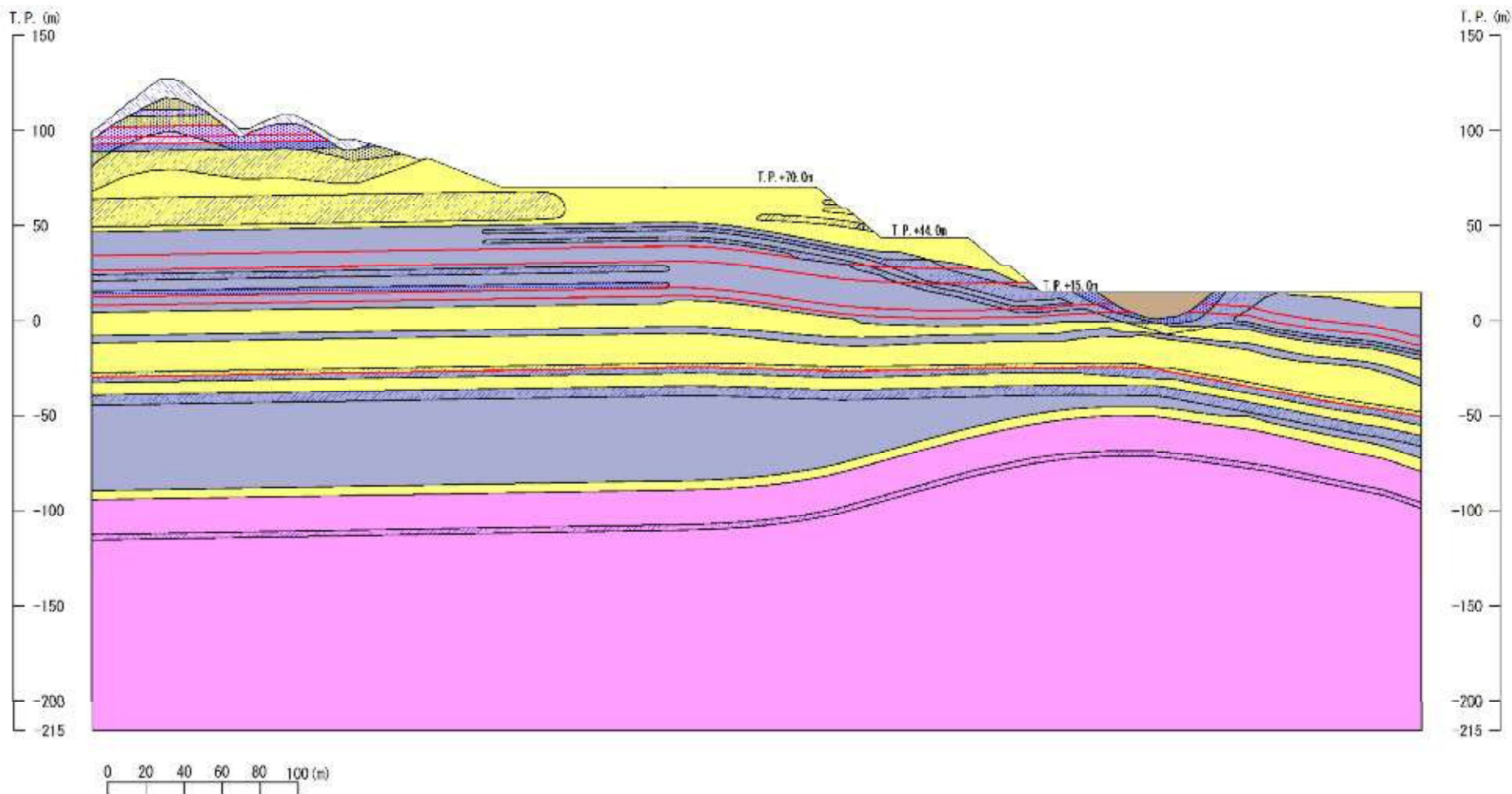
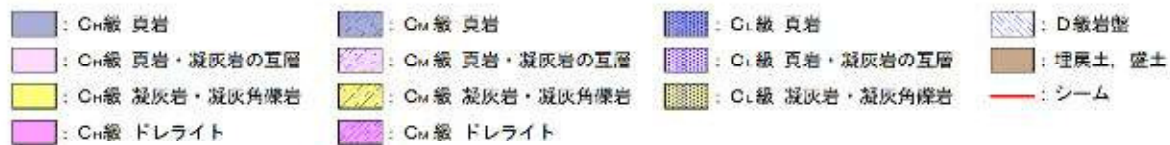
解析用岩盤分類図 2号炉南側切取斜面 ①-①'断面(グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下))



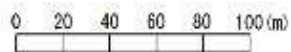
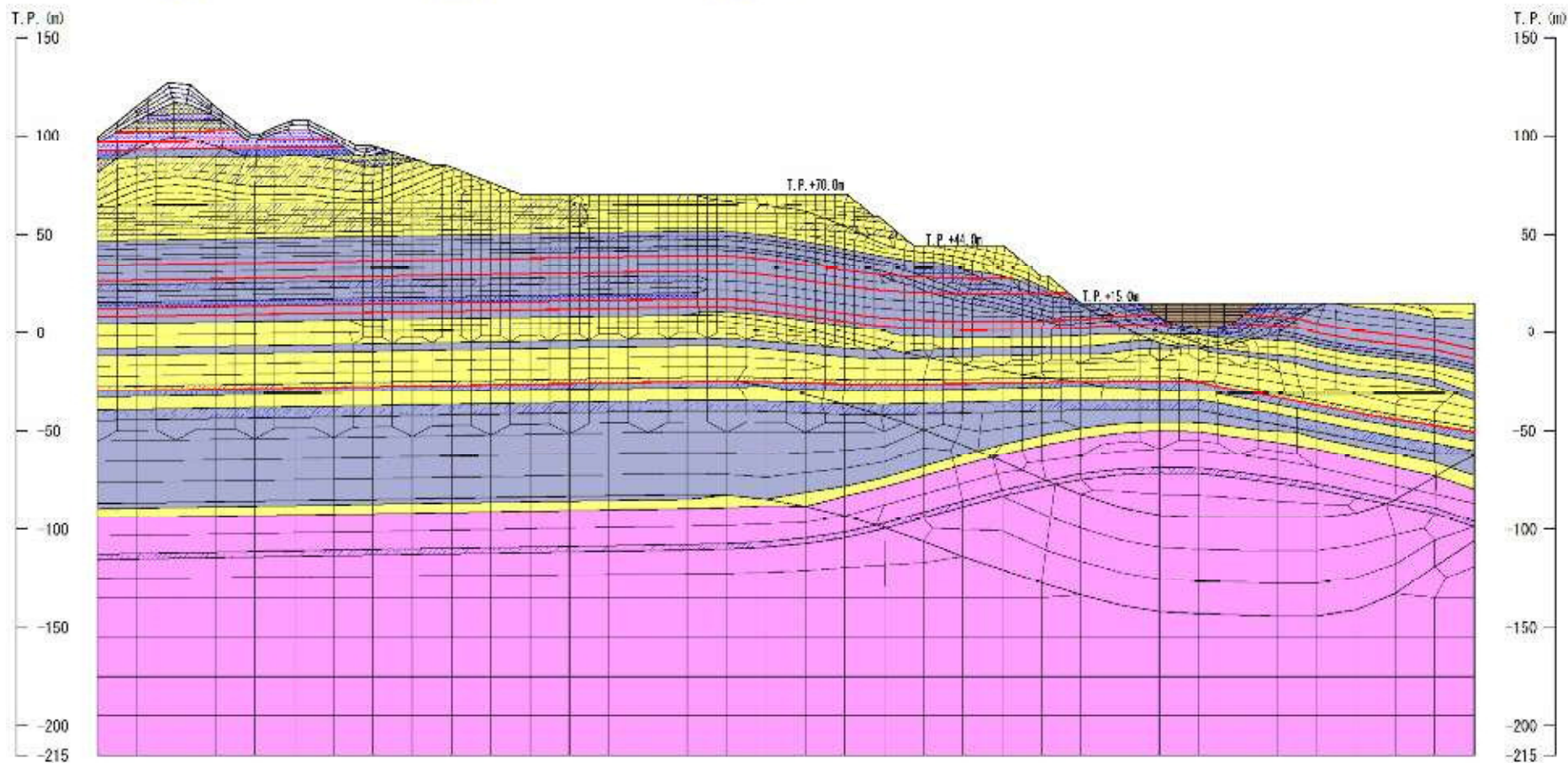
解析用要素分割図 2号炉南側切取斜面 ①-①'断面(グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下))



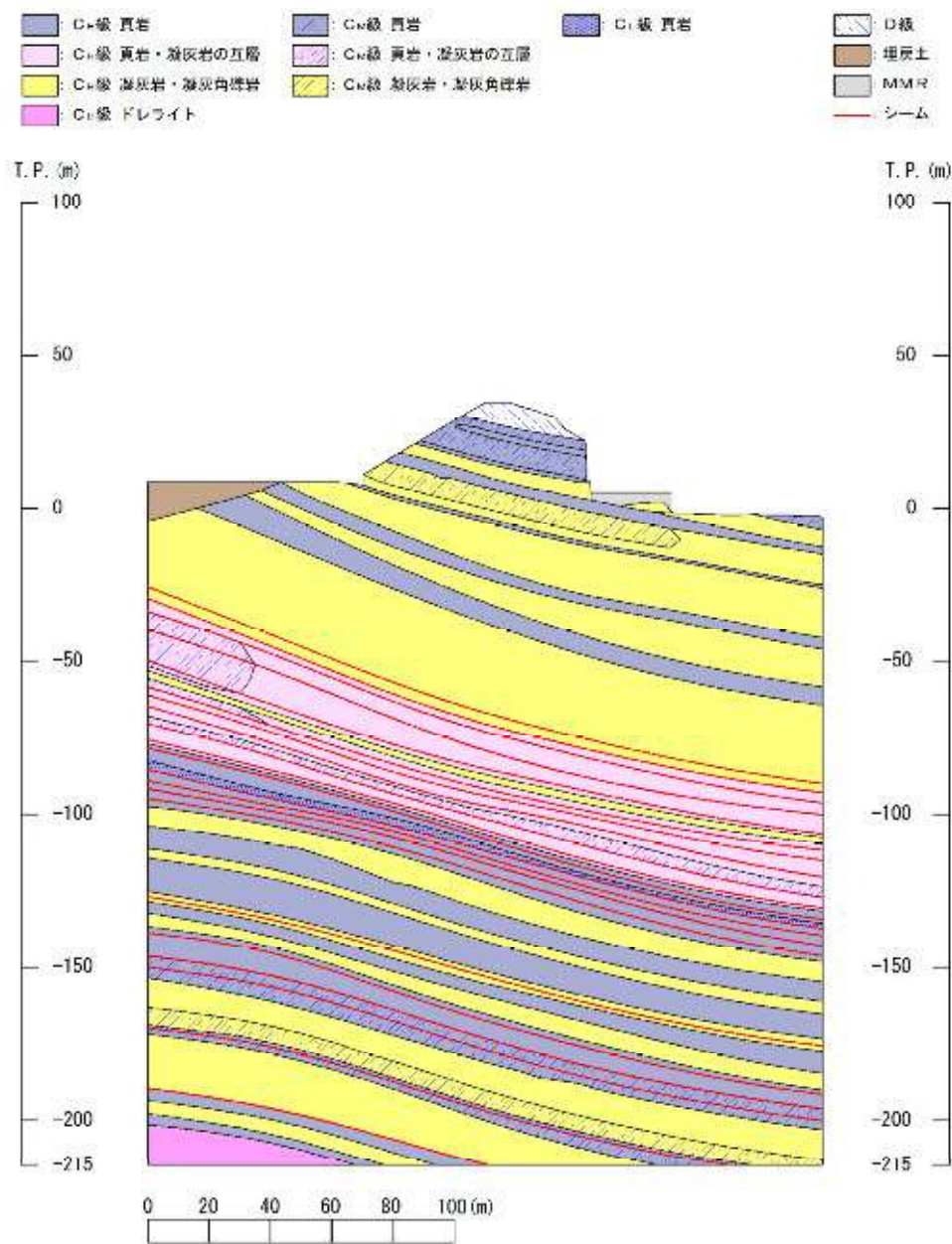
解析用岩盤分類図 2号炉西側切取斜面 ②-②' 断面(グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下))



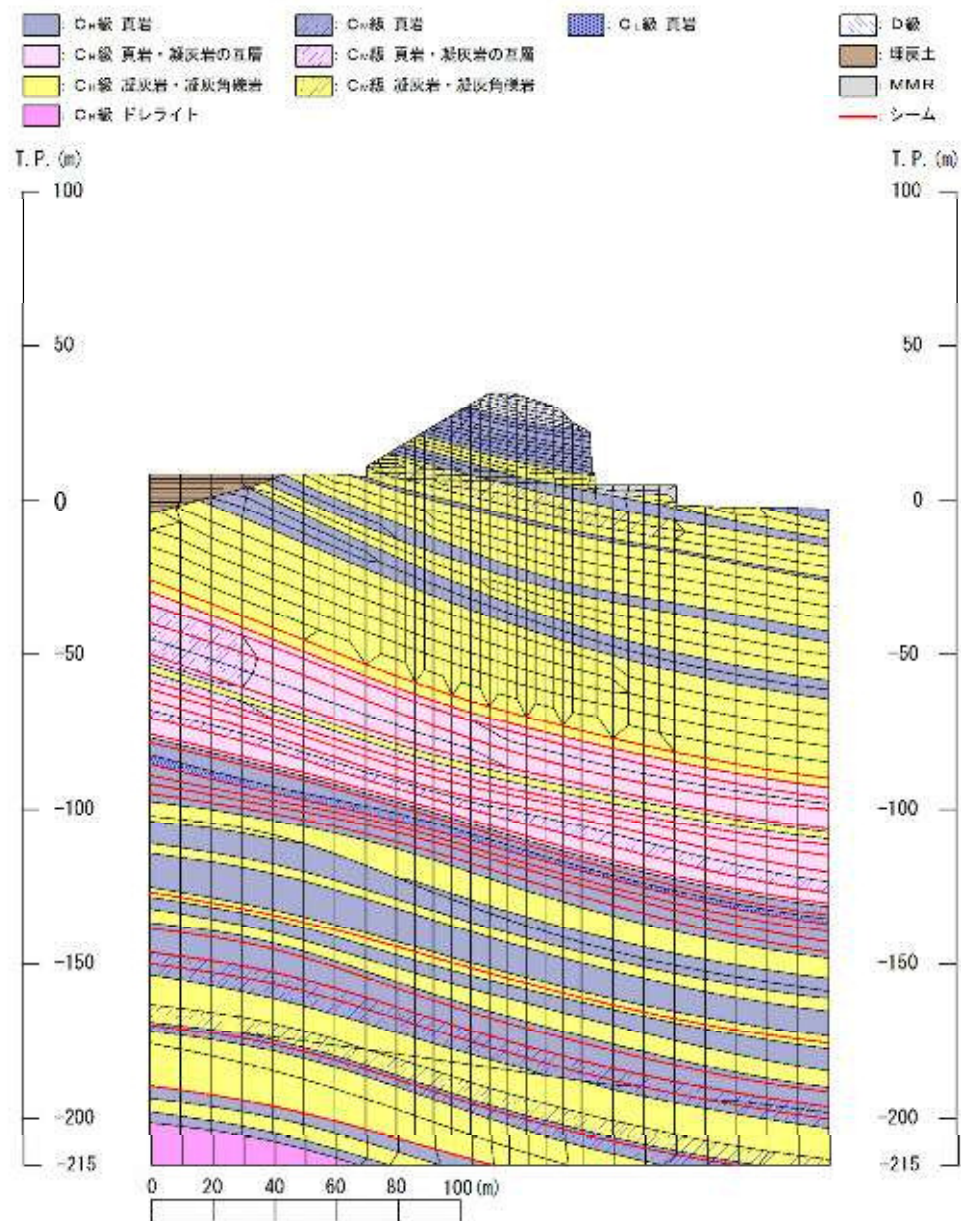
解析用要素分割図 2号炉西側切取斜面 ②-②'断面(グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下))



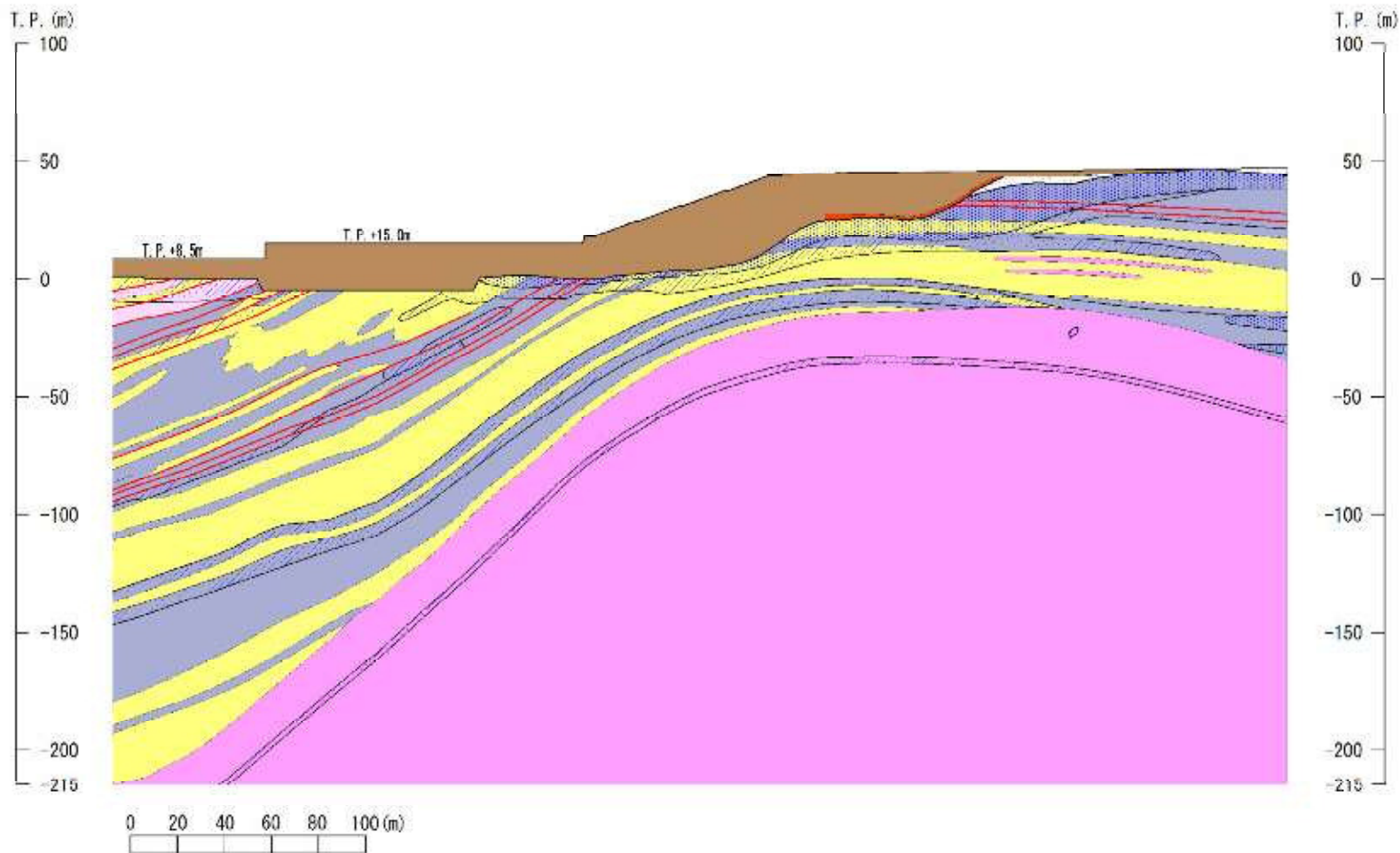
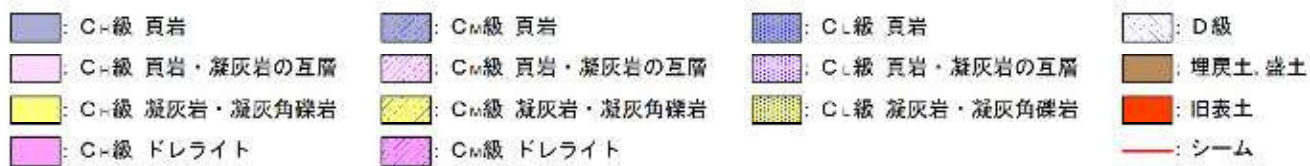
解析用岩盤分類図 1号放水連絡通路防波扉等周辺斜面 ⑤”-⑤’断面(グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下))



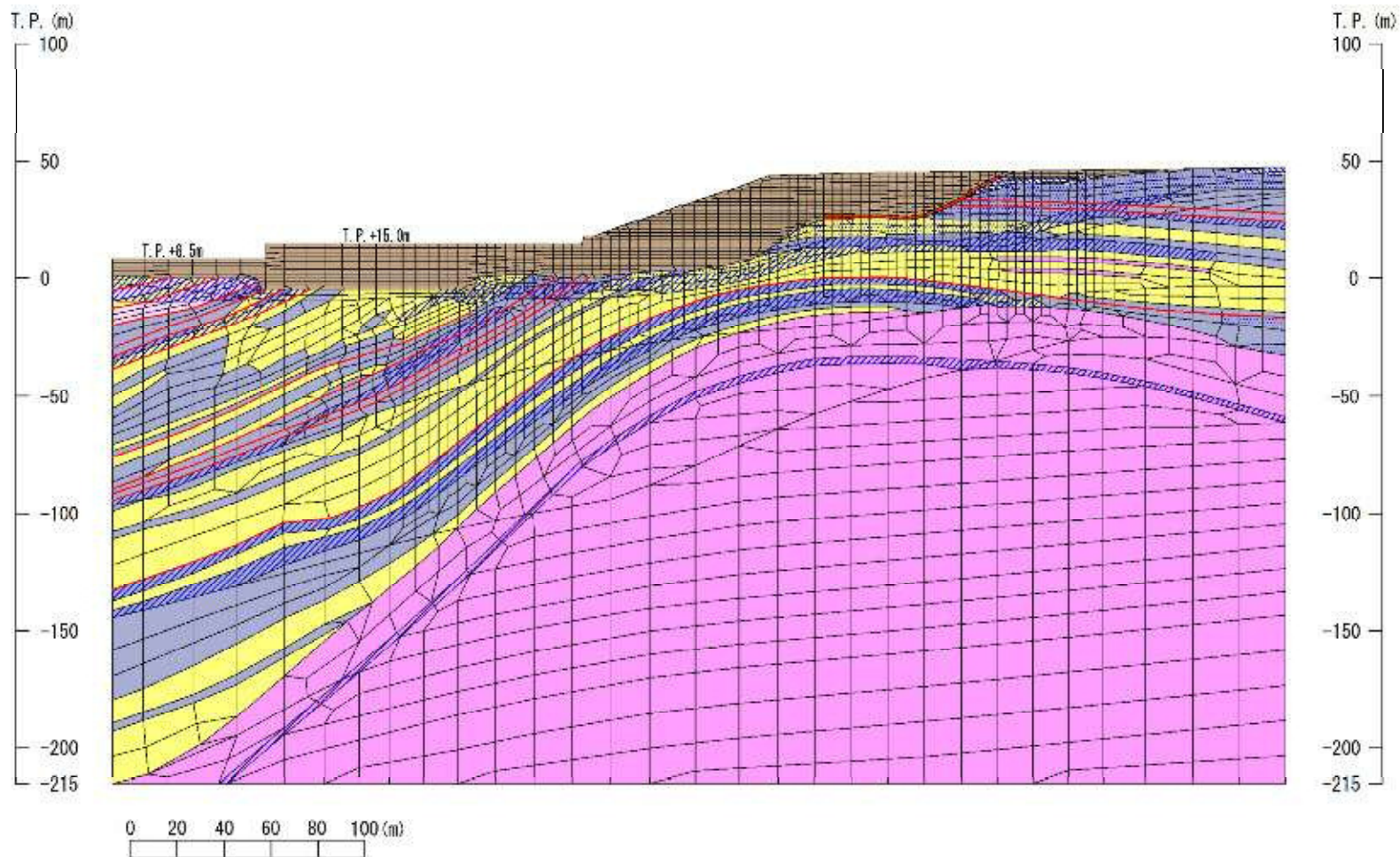
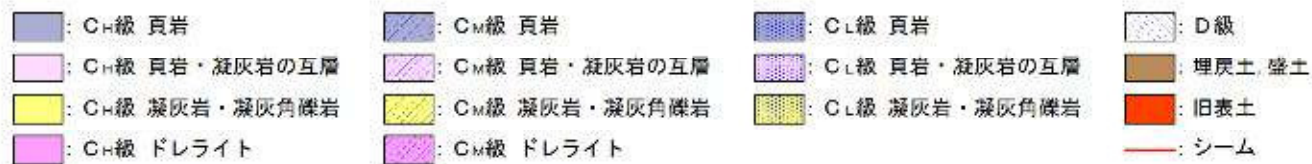
解析用要素分割図 1号放水連絡通路防波扉等周辺斜面 ⑤"-⑤'断面(グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下))



解析用岩盤分類図 2号炉南側盛土斜面 ⑥-⑥'断面(グループB(盛土斜面, T.P.+15m以下))

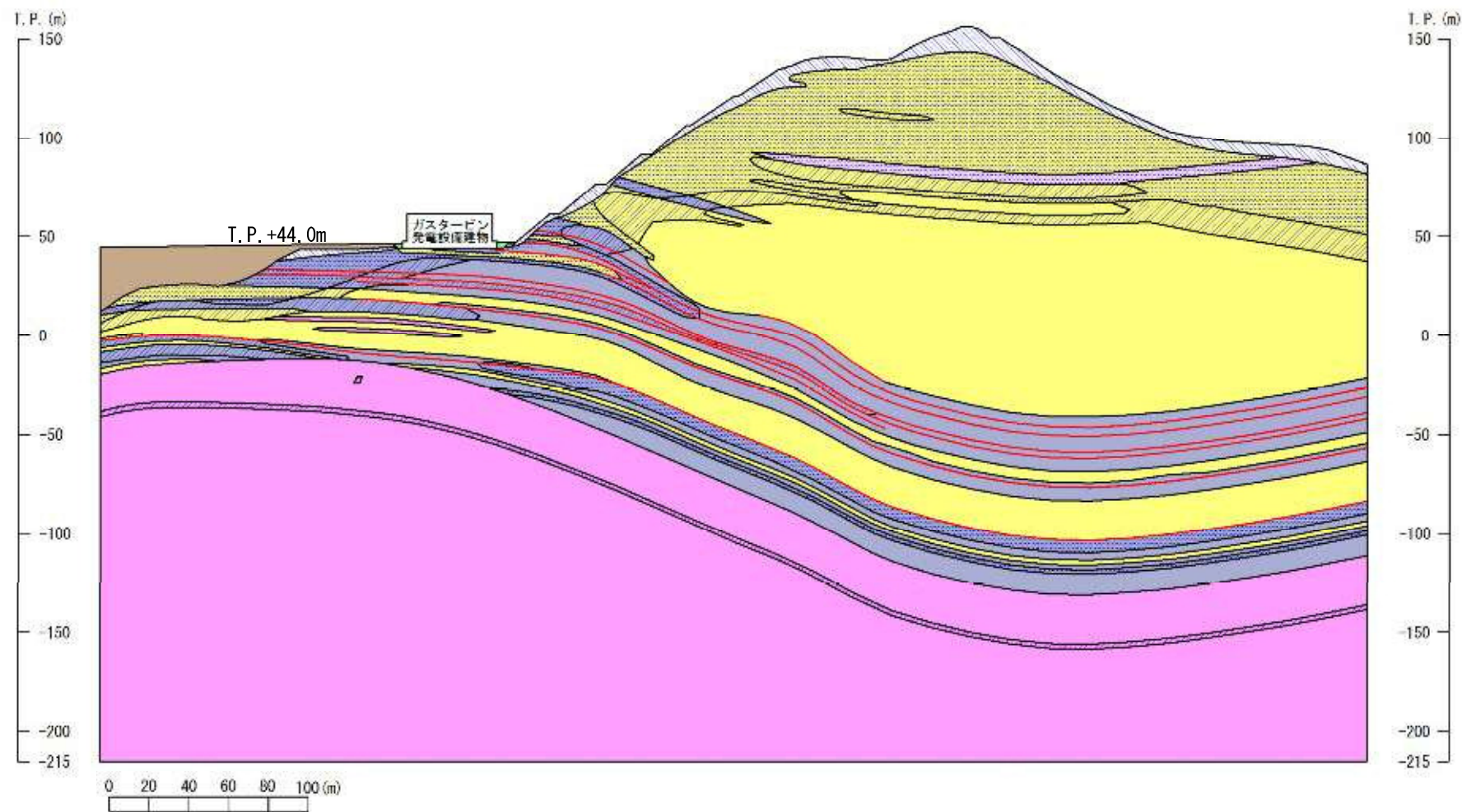


解析用要素分割図 2号炉南側盛土斜面 ⑥-⑥'断面(グループB(盛土斜面, T.P.+15m以下))



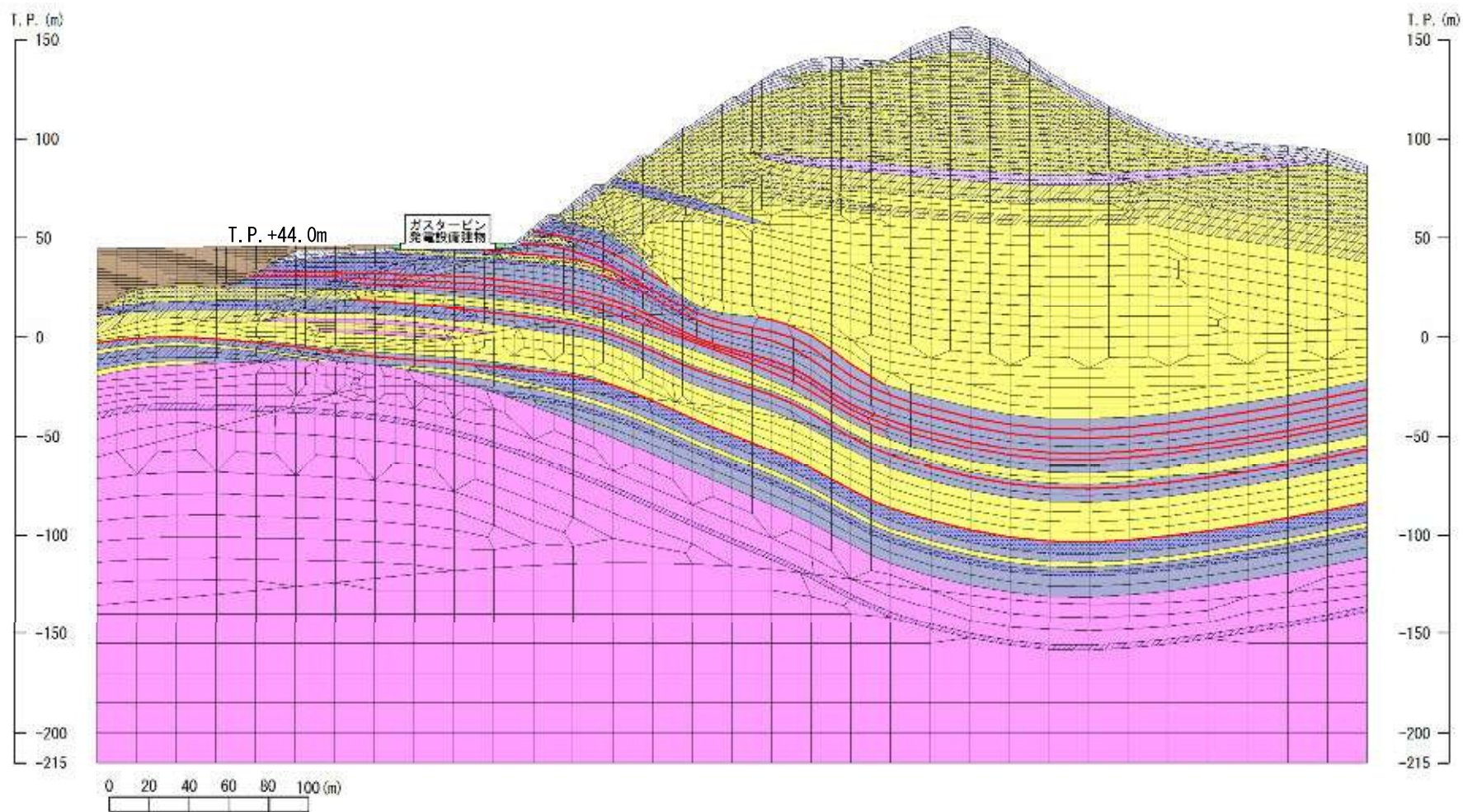
解析用岩盤分類図 ガスタービン発電機建物周辺斜面 ⑦-⑦'断面(グループC(岩盤斜面, T.P.+44~50m))

- | | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |



解析用岩盤分類図 ガスタービン発電機建物周辺斜面 ⑦-⑦'断面(グループC(岩盤斜面, T.P.+44~50m))

- | | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |



6. 周辺斜面の安定性評価

6. 3 評価方法

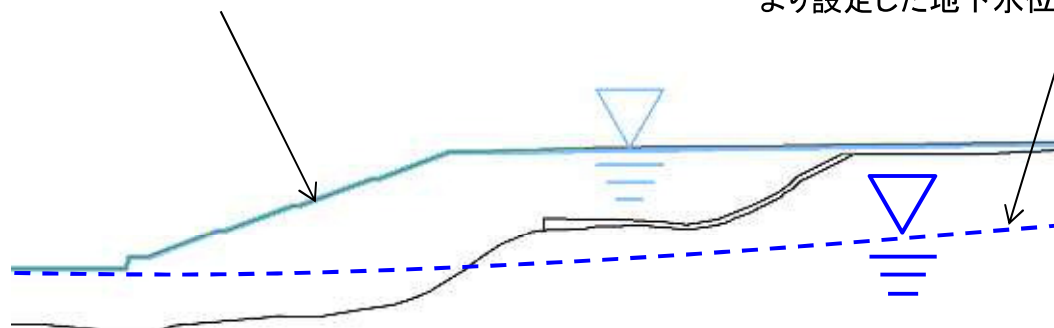
地下水水位の設定方針

[周辺斜面の地下水水位設定]

- ・周辺斜面の安定性評価では、保守的な評価となるよう、地下水水位を地表面に設定した荷重条件（飽和重量）で安定解析を実施する。
- ・盛土斜面の液状化影響検討では、地下水水位設備の機能に期待しない場合の地下水水位（3次元浸透流解析結果）が低いことから、液状化の発生により斜面の安定性が損なわれるおそれはないと考えているが、2次元浸透流解析により保守的に設定した地下水水位分布状況を踏まえ、液状化の発生の有無を確認するとともに、安定性評価を実施し、液状化に対して十分な安全性を有していることを確認する。（6.5章参照）

周辺斜面の安定性評価では、先行サイトの実績も踏まえ、地下水水位を地表面に設定した荷重条件で安定解析を実施する。

盛土斜面の液状化影響検討では、2次元浸透流解析により設定した地下水水位を踏まえた安定性評価を実施する。

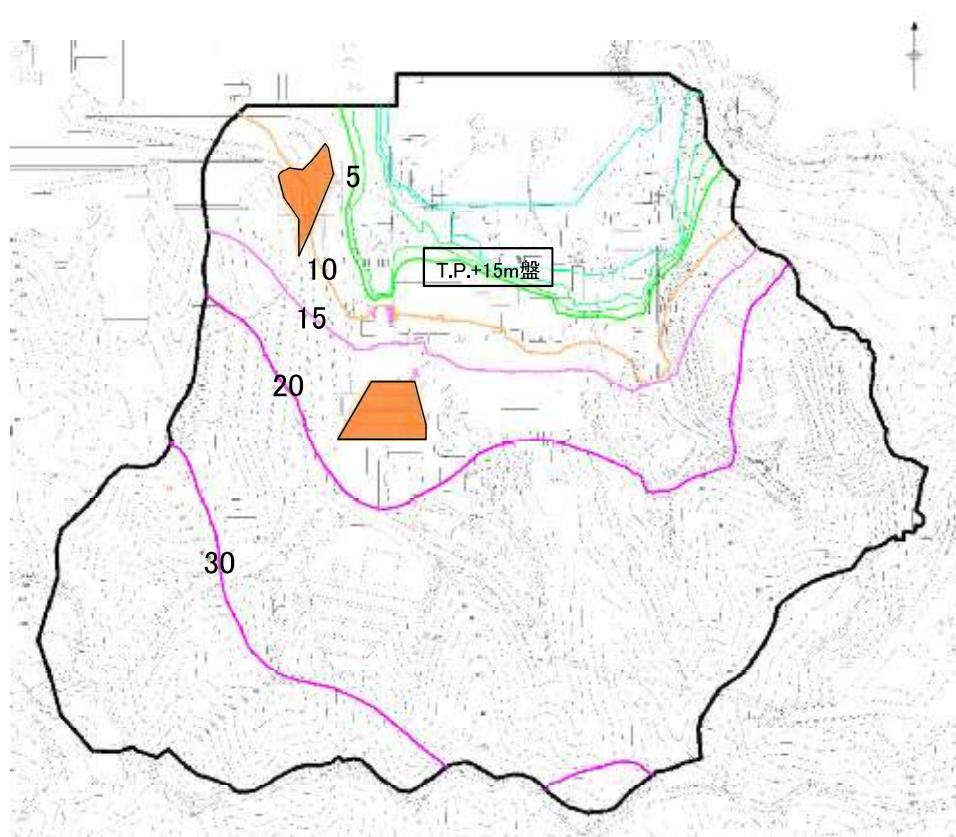


2号炉南側盛土斜面の安定性評価における地下水水位設定イメージ

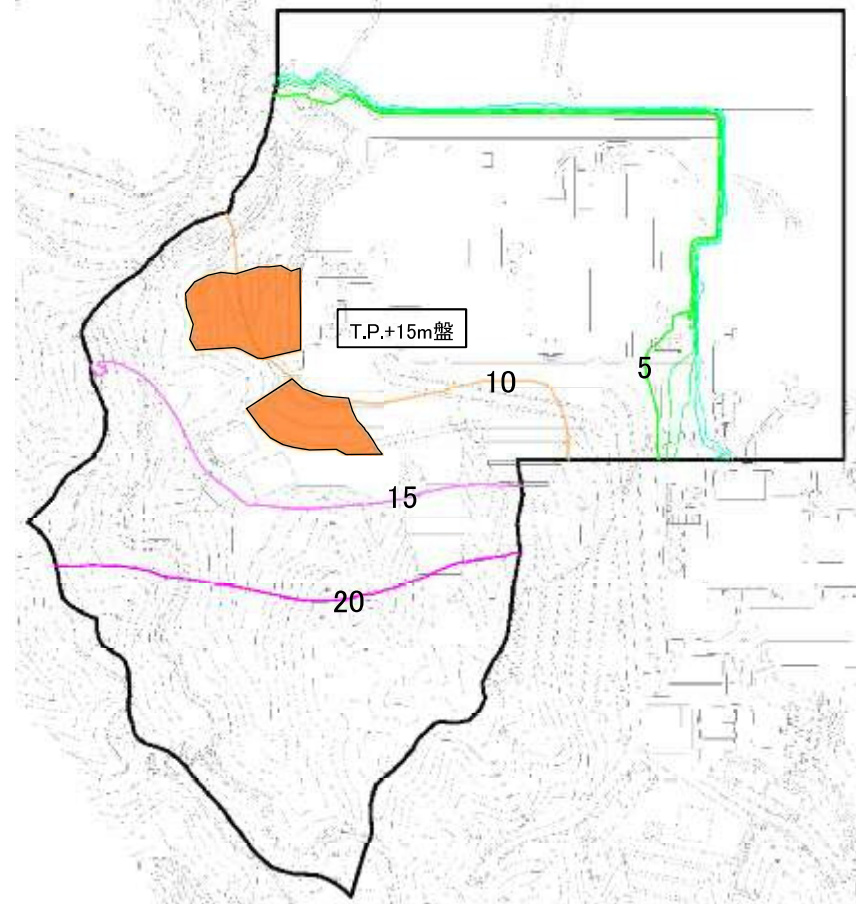
6. 周辺斜面の安定性評価 6.3 評価方法 3次元浸透流解析結果

第872回審査会合
資料1-1-1 P27加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

189



1, 2号炉エリア



3号炉エリア

- ・地下水位低下設備の機能に期待しない場合の地下水位分布を予測した3次元浸透流解析(「島根原子力発電所2号炉 地震による損傷の防止[地下水位の設定]」(第872回審査会合, 2020年7月7日))により, 地下水位の分布状況を確認した。
- ・盛土斜面の地下水位は, 最も高い2号炉南側盛土斜面においても, 法尻付近(T.P.+15m~+20m程度)までの上昇に留まっており, 地下水位が十分低い結果であることから, 液状化の発生による周辺斜面の変状はないと考えられる。

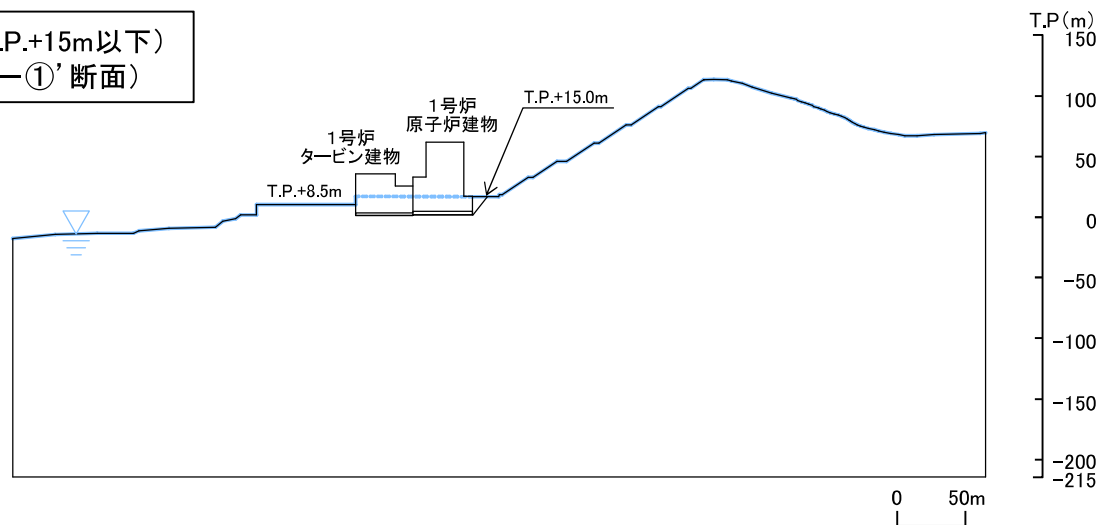
6. 周辺斜面の安定性評価 6.3 評価方法 地下水位の設定方法 (1/3)

第868回審査会合
資料3-1 P168 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

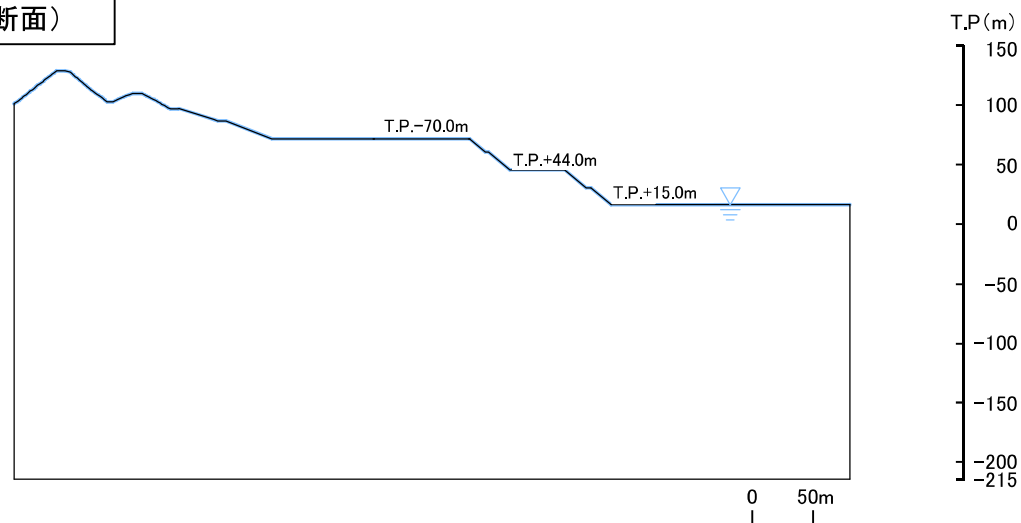
190

・周辺斜面の地下水位は、保守的に地表面に設定した荷重条件で安定解析を実施する。

グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下)
2号炉南側切取斜面(①-①'断面)

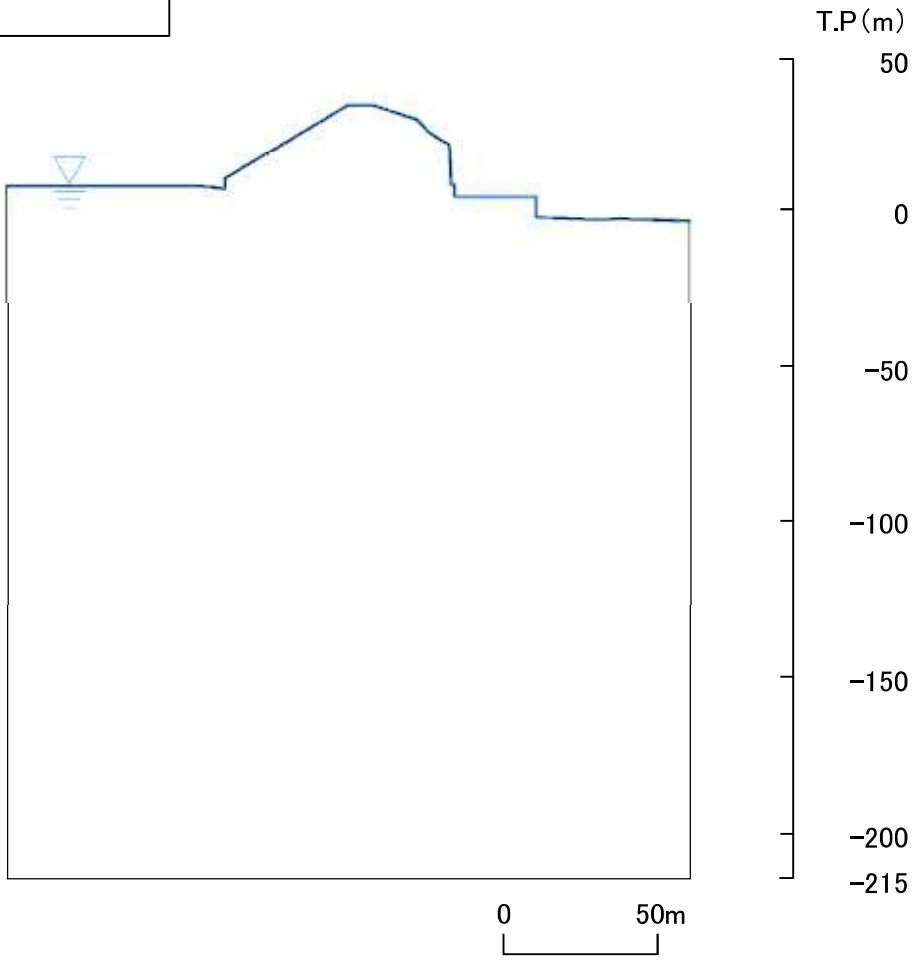


グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下)
2号炉西側切取斜面(②-②'断面)



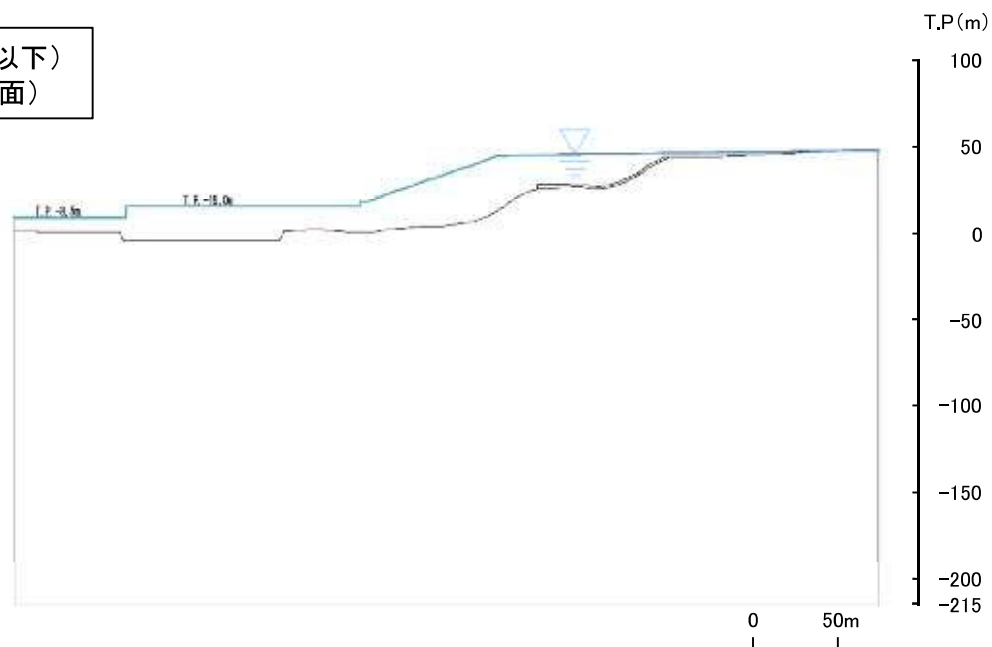
6. 周辺斜面の安定性評価 6.3 評価方法
地下水位の設定方法 (2/3)

グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下)
1号放水連絡通路防波扉等周辺斜面
(⑤”-⑤’断面)

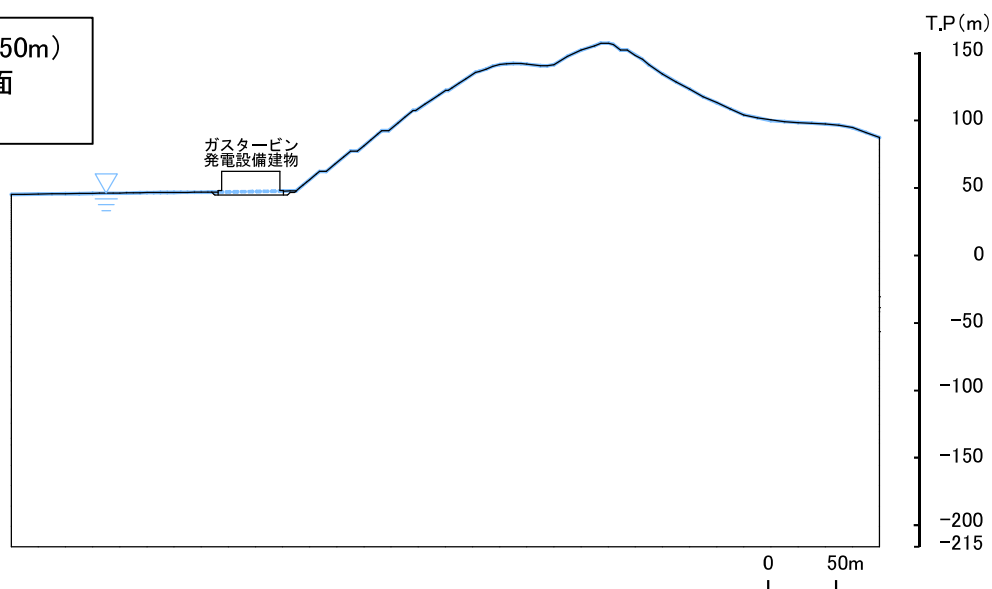


6. 周辺斜面の安定性評価 6.3 評価方法
地下水位の設定方法 (3/3)

グループB(盛土斜面, T.P.+15m以下)
2号炉南側盛土斜面(⑥-⑥'断面)



グループC(岩盤斜面, T.P.+44~50m)
ガスタービン発電機建物周辺斜面
(⑦-⑦'断面)



6. 周辺斜面の安定性評価 6.3 評価方法
すべり安全率の算定

- ・想定した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、想定したすべり面上の応力状態をもとに、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の1.2を上回ることを確認する。

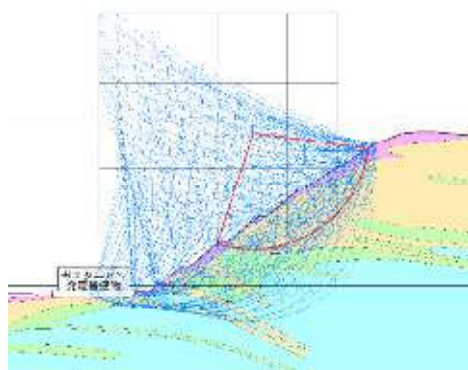
$$\text{すべり安全率} = \frac{\Sigma(\text{すべり面上のせん断抵抗力})}{\Sigma(\text{すべり面上のせん断力})} > 1.2 \quad \text{を確認する。}$$

6. 周辺斜面の安定性評価 6.3 評価方法 すべり面の設定 (1/2)

- ・すべり安全率を算定するすべり面については、簡便法によるすべり面及びシーム等の弱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。
- ・シーム等の弱層を通るすべり面は、基礎地盤で設定したものと同様に角度をパラメトリックに設定する。(詳細は次頁参照)

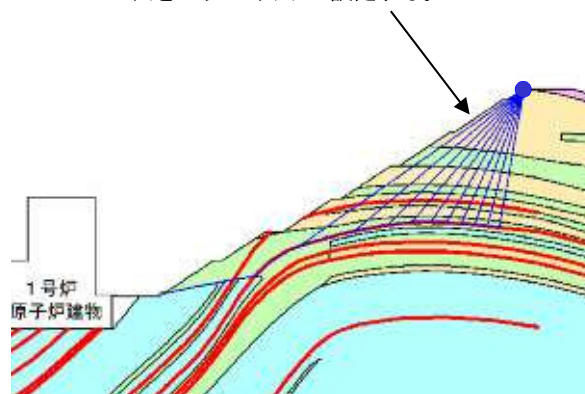
① 簡便法によるすべり面

- ・すべり面の形状を円弧と仮定し、中心と半径を変化させ、すべり安全率が最小となるすべり面を抽出する。
- ・作用させる静的地震力は原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-2015)に基づき、 $K_H=0.3$ 、 $K_V=0.15$ とする



② シーム等の弱層を通るすべり面

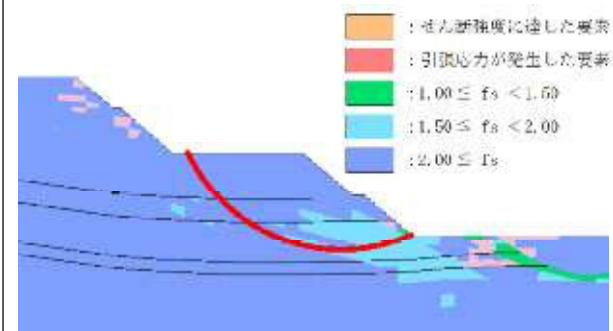
シームから岩盤を切り上げるすべり面をパラメトリックに設定する。



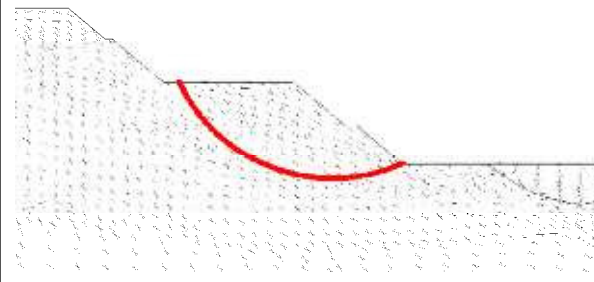
③ 応力状態を考慮したすべり面

①・②のすべり面における安定解析で得られた最小すべり安全率の応力状態から、①・②のすべり面がモビライズド面等を通るすべり面になっていることを確認し、必要に応じてすべり面を追加設定する。

1) 要素の安全率が低い領域を考慮



2) モビライズド面を考慮



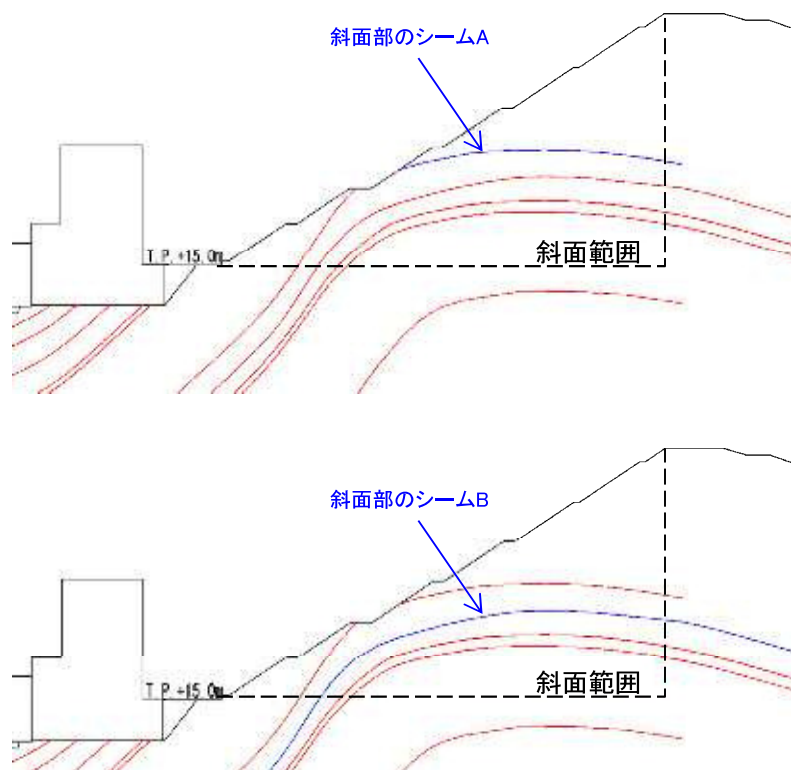
6. 周辺斜面の安定性評価 6.3 評価方法 すべり面の設定 (2/2)

・シームを通るすべり面は、検討対象のシームを設定した後、岩盤を切り下がるすべり面を固定点を設けてパラメトリックに設定した。

- ①斜面部に分布するシームを複数設定する。
- ②斜面法肩を固定点とし、 $5^{\circ} \sim 85^{\circ}$ の範囲を 5° 間隔にパラメトリックに設定する。

①検討対象のシームの設定

斜面部に分布するシームを複数設定する。

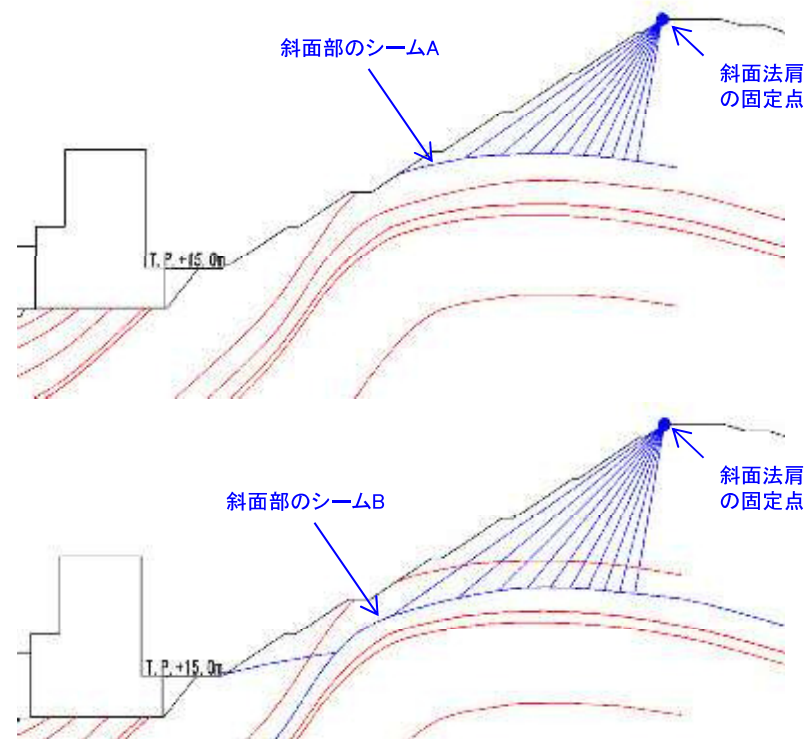


②岩盤を切り下がるすべり面の設定(固定点の設定)

以下の考え方で固定点を設け、岩盤を切り下がるすべり面を $5^{\circ} \sim 85^{\circ}$ の範囲で 5° 間隔にパラメトリックに設定する。

【固定点の設定の考え方】

- ・斜面法肩に固定点を設ける。

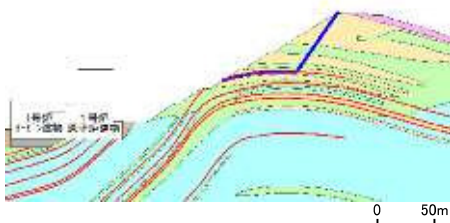
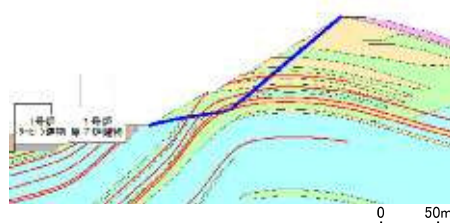
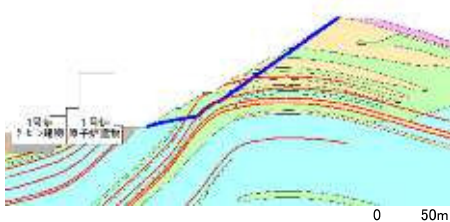
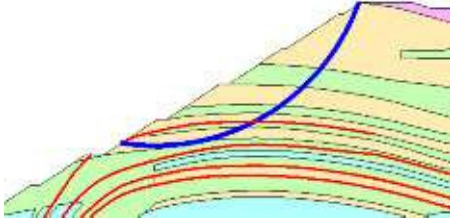


6. 周辺斜面の安定性評価

6. 4 評価結果

2号炉南側切取斜面(①-①'断面) グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下) (1/2)

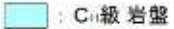
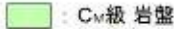


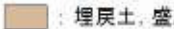


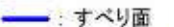

・平均強度でのすべり安全率

	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}		すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}
1	 <p>シーム沿いのすべり面(法肩からシームを通過して斜面中腹に抜けるすべり面)</p>	Ss-D (+,-)	1.62 [14.63]	3	 <p>シーム沿いのすべり面(法肩からシームを通過して、法尻のC_M級とC_H級の岩級境界付近のC_M級岩盤内を通過して法尻に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	1.56 [7.45]
2	 <p>シーム沿いのすべり面(法肩からシームを通過して、法尻のC_M級とC_H級の岩級境界付近のC_M級岩盤内を通過して法尻に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	1.66 [7.45]	4	 <p>簡便法により設定したすべり面</p>	Ss-D (-,+)	1.57 [19.15]

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

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

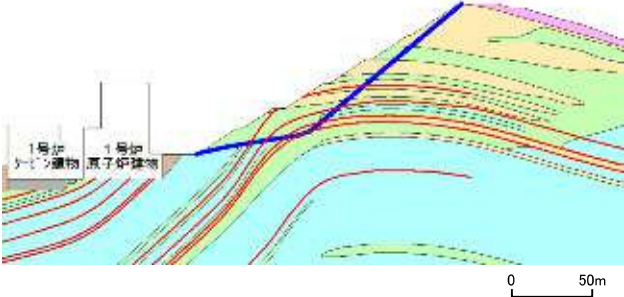
【凡例】

-  C_H級岩盤
-  C_M級岩盤
-  C級岩盤
-  D級岩盤
-  埋戻土、盛土
-  MMR
-  シーム
-  すべり面
-  最小すべり安全率

・動的解析の結果、平均強度を用いたすべり安全率は1.2を上回ることを確認した。

2号炉南側切取斜面(①-①'断面) グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下) (2/2)

・強度のばらつきを考慮したすべり安全率

	すべり面形状	基準 ※1 地震動	すべり安全率 【平均強度】※2	すべり安全率 【ばらつきを考慮 した強度】※2
3	 <p>シーム沿いのすべり面(法肩からシームを通過して、法尻のC_M級とC_H級の岩級境界付近のC_M級岩盤内を通過して法尻に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	1.56 [7.45]	1.51 [7.45]

※1 基準地震動(-,+)は水平反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

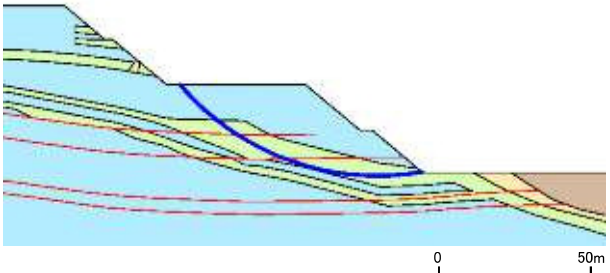
【凡例】

- C_H級岩盤
- C_M級岩盤
- C_L級岩盤
- D級岩盤
- 埋戻土、盛土
- MMR
- シーム
- すべり面

・平均強度を用いたすべり安全率最小ケースに対して、強度のばらつきを考慮して評価を行った結果、すべり安全率は1.2を上回ることを確認した。

2号炉西側切取斜面(②-②'断面) グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下)

・平均強度及び強度のばらつきを考慮したすべり安全率

	すべり面形状	基準 ※1 地震動	すべり安全率 【平均強度】※2	すべり安全率 【ばらつきを考慮 した強度】※2
1	 <p>簡便法により設定したすべり面</p>	Ss-D (-,+)	5.89 [8.55]	5.75 [8.55]

※1 基準地震動(-,+)は水平反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

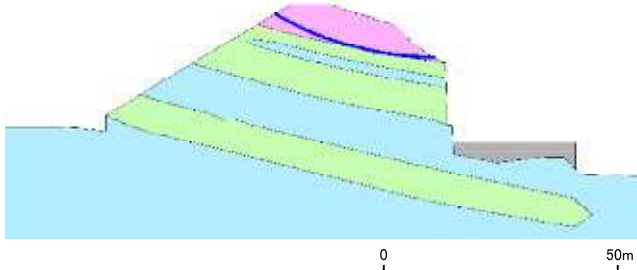
【凡例】

: C ₁ 級 岩盤	: C ₂ 級 岩盤	: C ₃ 級 岩盤	: D級 岩盤
: 埋戻土、盛土	: MMR	: シーム	
: すべり面			

- ・動的解析の結果、平均強度を用いたすべり安全率は1.2を上回ることを確認した。
- ・平均強度を用いたすべり安全率最小ケースに対して、強度のばらつきを考慮して評価を行った結果、すべり安全率は1.2を上回ることを確認した。

1号放水連絡通路防波扉等周辺斜面(⑤”-⑤’断面)グループA(岩盤斜面, T.P.+15m以下)



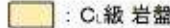
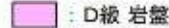


・平均強度及び強度のばらつきを考慮したすべり安全率

	すべり面形状	基準 ※1 地震動	すべり安全率 【平均強度】※2	すべり安全率 【ばらつきを考慮 した強度】※2
1	 <p>簡便法により設定したすべり面</p>	Ss-D (+,-)	1.55 [13.24]	1.30 [13.24]

※1 基準地震動(+,-)は鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

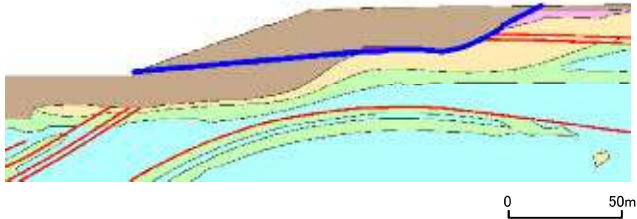
 : C _{II} 級岩盤	 : C _{III} 級岩盤	 : C _I 級岩盤	 : D級岩盤
 : MMR	 : すべり面		

- ・動的解析の結果、平均強度を用いたすべり安全率は1.2を上回ることを確認した。
- ・平均強度を用いたすべり安全率最小ケースに対して、強度のばらつきを考慮して評価を行った結果、すべり安全率は1.2を上回ることを確認した。

余白

2号炉南側盛土斜面(⑥-⑥'断面) グループB(盛土斜面, T.P.+15m以下)(2/2)

・強度のばらつきを考慮したすべり安全率

	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	すべり安全率【平均強度】 ^{※2}	すべり安全率【ばらつきを考慮した強度】 ^{※2}
2	 <p>弱層(旧表土)を通るすべり面</p>	<p>Ss-N2 (NS)</p> <p>(+,+)</p>	<p>1.94 [24.43]</p>	<p>1.79 [24.43]</p>

※1 基準地震動(-,+)は水平反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

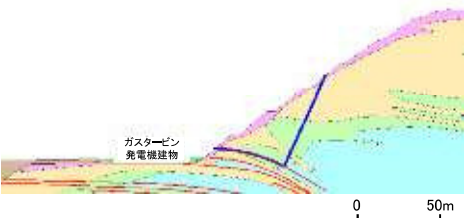
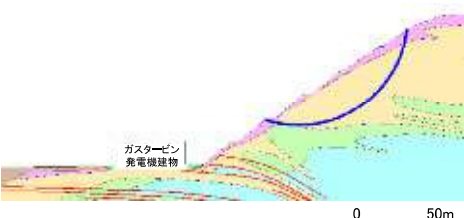
【凡例】

 : C ₁ 級岩盤	 : C ₂ 級岩盤	 : C級岩盤	 : D級岩盤
 : 埋戻土、盛土	 : MMR	 : 旧表土	 : シーム
			 : すべり面

・平均強度を用いたすべり安全率最小ケースに対して、強度のばらつきを考慮して評価を行った結果、すべり安全率は1.2を上回ることを確認した。

ガスタービン発電機建物周辺斜面(⑦-⑦'断面) グループC(岩盤斜面, T.P.+44~50m) (1/2)

・平均強度でのすべり安全率

	すべり面形状	基準 ^{※1} 地震動	最小すべり 安全率 ^{※2}
1	 <p>シーム沿いのすべり面(斜面中腹あるいは斜面上方からシームを通り斜面法尻付近へ抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (+,+)	2.07 [7.59]
2	 <p>簡便法で設定したすべり面</p>	Ss-N1 (-,+)	2.25 [7.58]

【凡例】

 C ₁ 級岩盤	 C ₂ 級岩盤	 C ₃ 級岩盤	 D級岩盤
 埋戻土、盛土	 MMR	 シーム	
 すべり面			

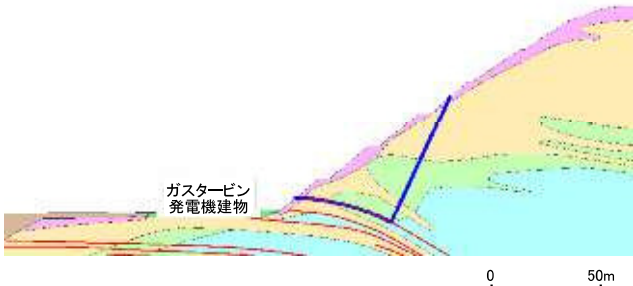
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

・動的解析の結果、平均強度を用いたすべり安全率は1.2を上回ることを確認した。

ガスタービン発電機建物周辺斜面(⑦-⑦'断面) グループC(岩盤斜面, T.P.+44~50m) (2/2)

・強度のばらつきを考慮したすべり安全率

	すべり面形状	基準 ※1 地震動	すべり安全率 【平均強度】※2	すべり安全率 【ばらつきを考慮 した強度】※2
1	 <p>シーム沿いのすべり面(斜面中腹あるいは斜面上方からシームを通り斜面法尻付近へ抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (+,+)	2.07 [7.59]	1.68 [7.59]

※1 基準地震動(+,+)は反転なしを示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

- : C₁級岩盤
- : C₂級岩盤
- : C₃級岩盤
- : D級岩盤
- : 埋戻土、盛土
- : 埋戻土(購入土)
- : シーム
- : すべり面

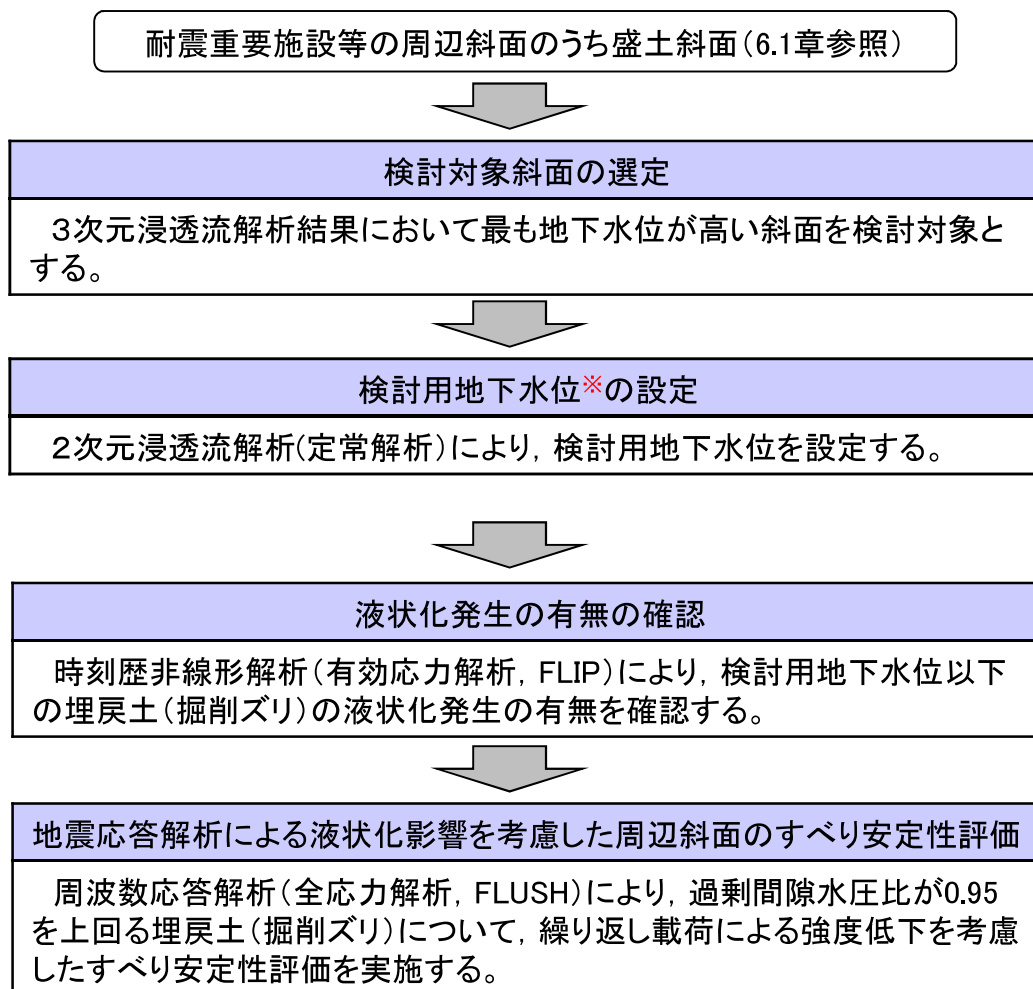
・平均強度を用いたすべり安全率最小ケースに対して、強度のばらつきを考慮して評価を行った結果、すべり安全率は1.2を上回ることを確認した。

6. 周辺斜面の安定性評価

6.5 液状化影響検討

液状化影響検討フロー

- ・盛土斜面については、既往の観測水位、及び地下水位低下設備の機能に期待しない場合（3次元浸透流解析結果）の地下水位が低いことから、液状化の発生により斜面の安定性が損なわれるおそれはないと考える。（6.3章 参照）
- ・本章では、盛土斜面が液状化に対して十分な安全性を有していることを確認するため、2次元浸透流解析により設定した地下水位分布状況を踏まえ、液状化の発生の有無を確認するとともに、繰り返し载荷による強度低下を考慮したすべり安定性評価を実施する。



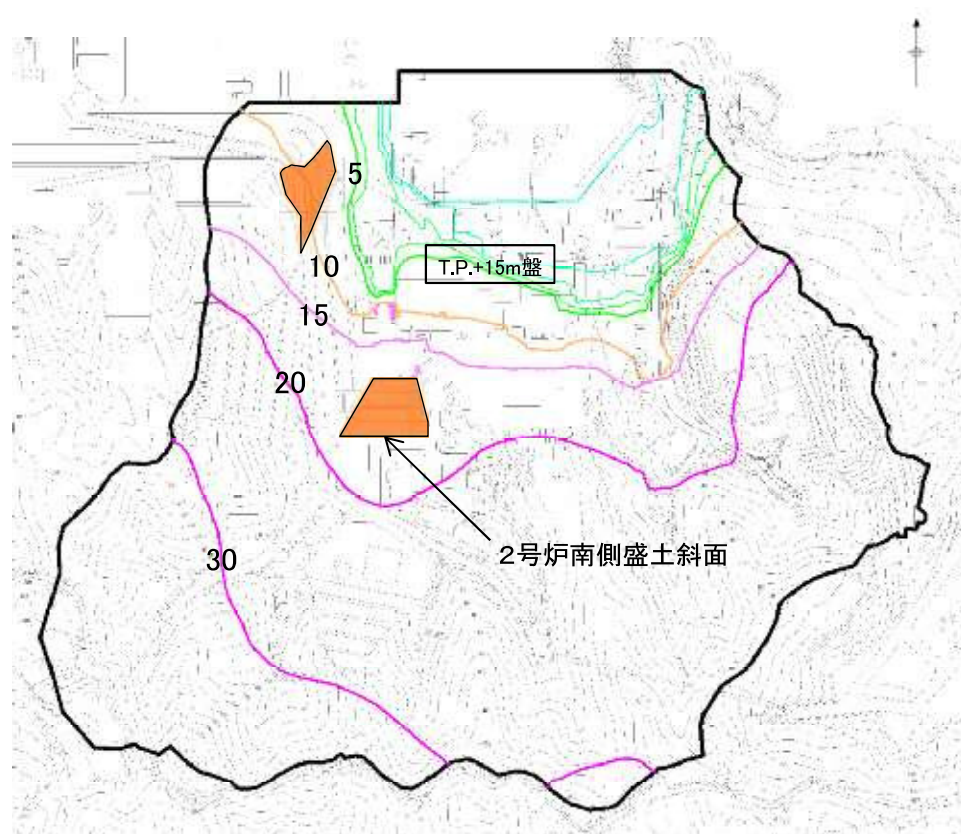
※地下水位の継続確認

観測水位が検討用地下水位を上回らないことを継続的に確認する。

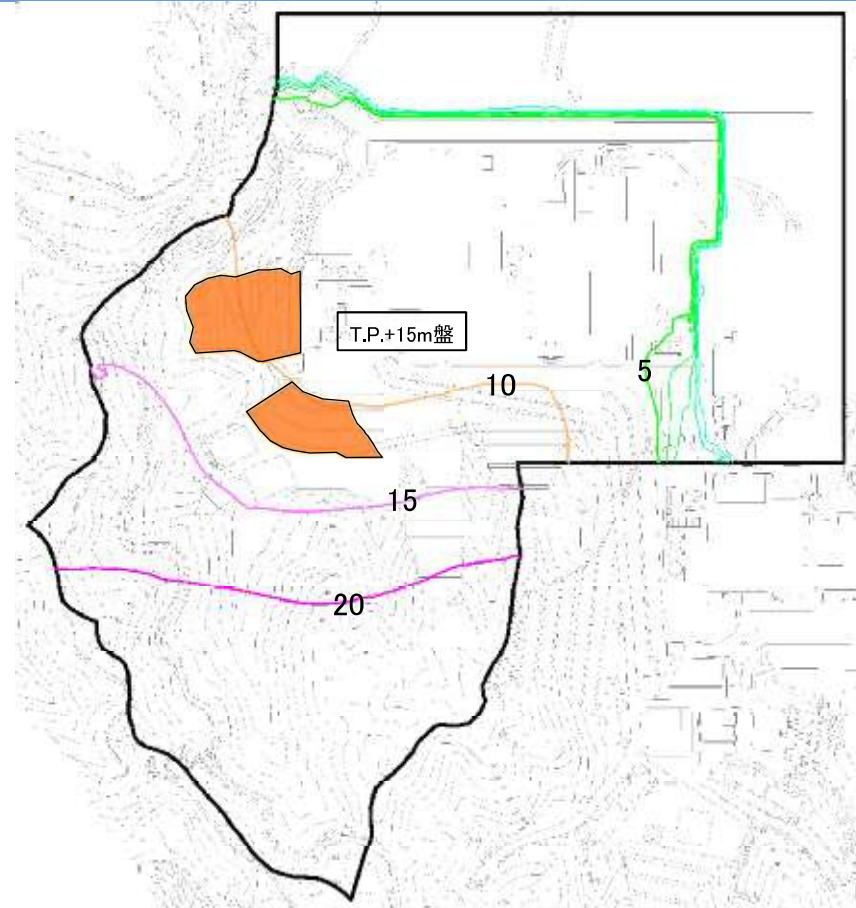
6. 周辺斜面の安定性評価 6.5 液状化影響検討 検討対象斜面の選定

第872回審査会合
資料1-1-1 P.27加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

208



1, 2号炉エリア

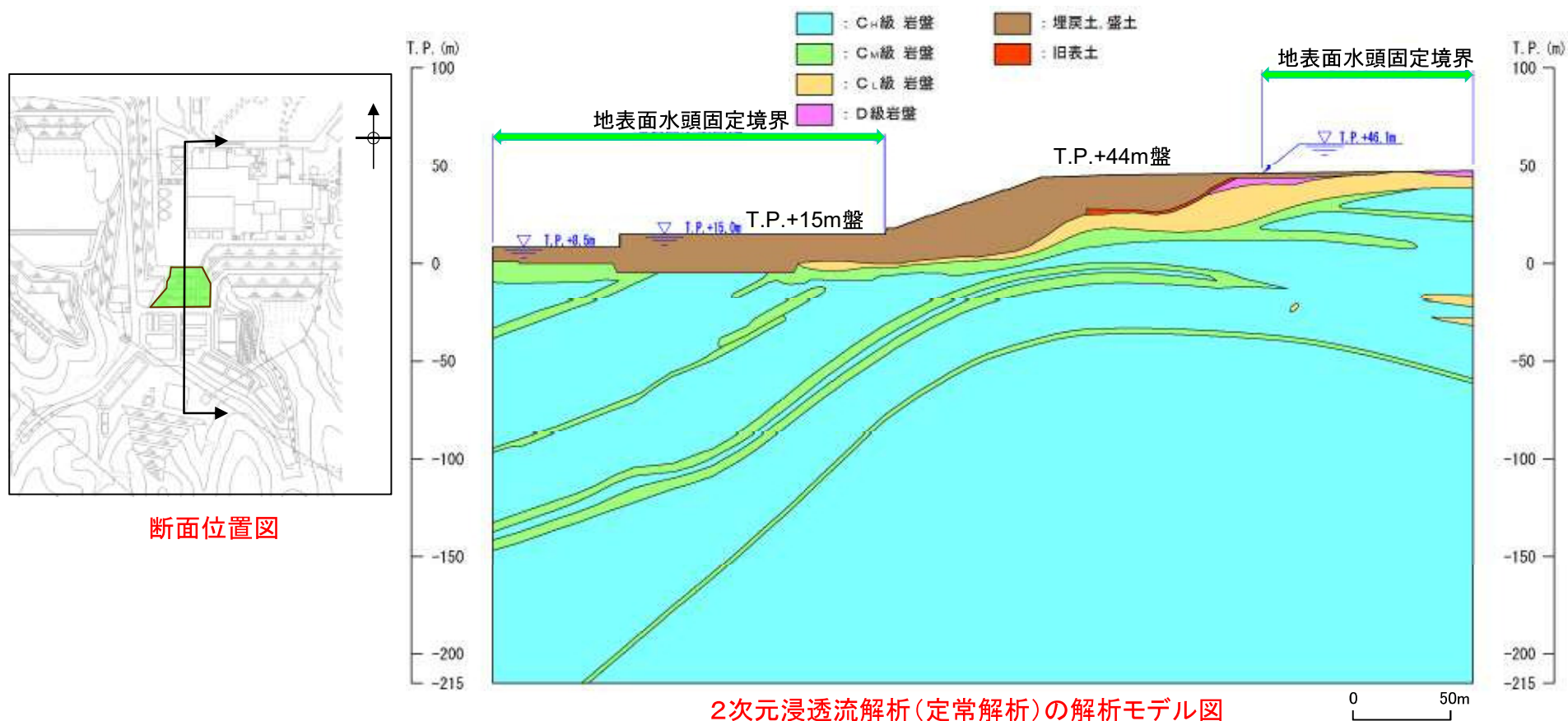


3号炉エリア

・斜面内の地下水位が最も高い2号炉南側盛土斜面を代表断面として、液状化影響検討を実施する。

検討用地水位の設定(1/7) 2次元浸透流解析モデル

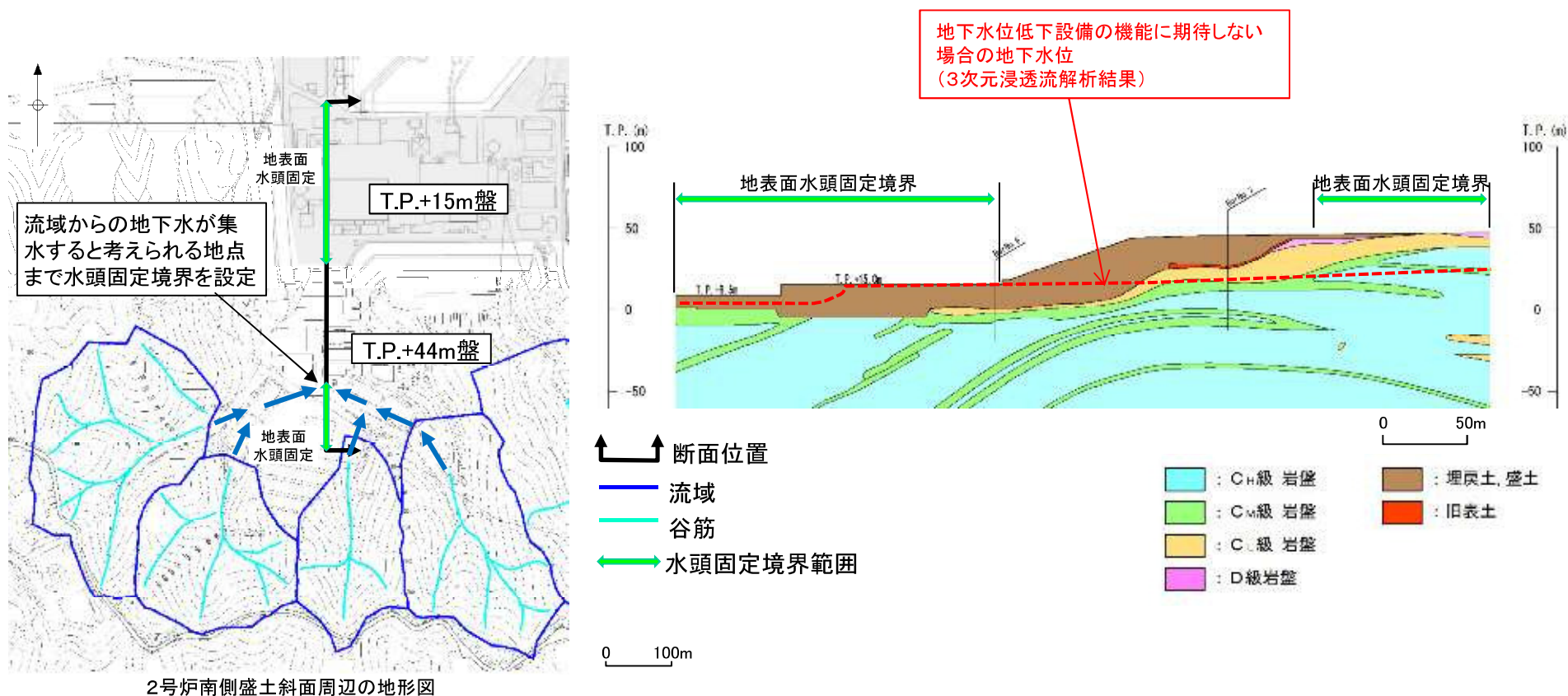
- ・液状化影響検討用地下水水位を設定するため、2次元浸透流解析(定常解析)を実施した。
- ・解析モデルは下図のとおりとし、**地下水水位低下設備の機能に期待しない場合の地下水水位(3次元浸透流解析結果)を上回るよう、T.P.+8.5m盤、T.P.+15m盤及びT.P.+44m盤の一部において、地表面に水頭固定境界を設定した。(設定方法はP210参照)**
- ・透水係数は、「島根原子力発電所2号炉 地震による損傷の防止[地下水水位の設定]」(第872回審査会合, 2020年7月7日, P211 参照)と同様に埋戻土及び岩級毎に設定した。



検討用地水位の設定(2/7) 地下水位設定の考え方

- ・T.P.+8.5m盤及びT.P.+15m盤では、3次元浸透流解析の結果※，地下水位が地表面まで到達していないが，保守性を考慮し，地表面に水頭固定境界を設定した。
- ・T.P.+44m盤では，3次元浸透流解析の結果※，地下水位が地表面まで到達していないが，保守性を考慮し，流域からの地下水が集水すると考えられる地点まで，地表面に水頭固定境界を設定した。

※地下水位低下設備の機能に期待しない場合の地下水位，右図の赤破線



検討用地水位の設定(3/7) 透水係数

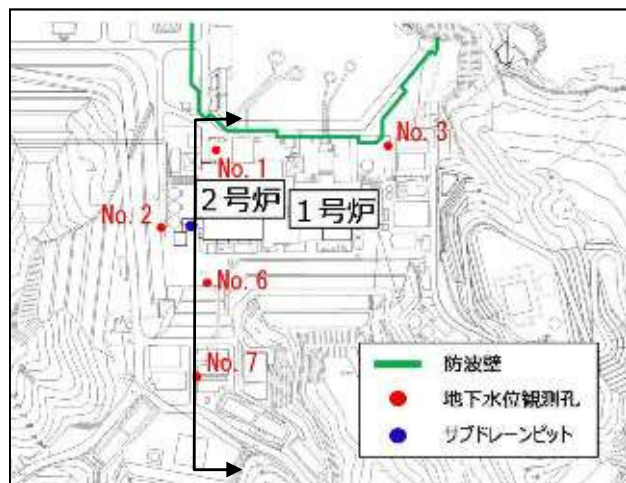
・透水係数は、「島根原子力発電所2号炉 地震による損傷の防止[地下水水位の設定]」(第872回審査会合, 2020年7月7日)と同様とした。なお, 旧表土については, 粘性土であることから, 不透水性地層相当の透水係数を設定した。

2次元浸透流解析(定常解析)における透水係数

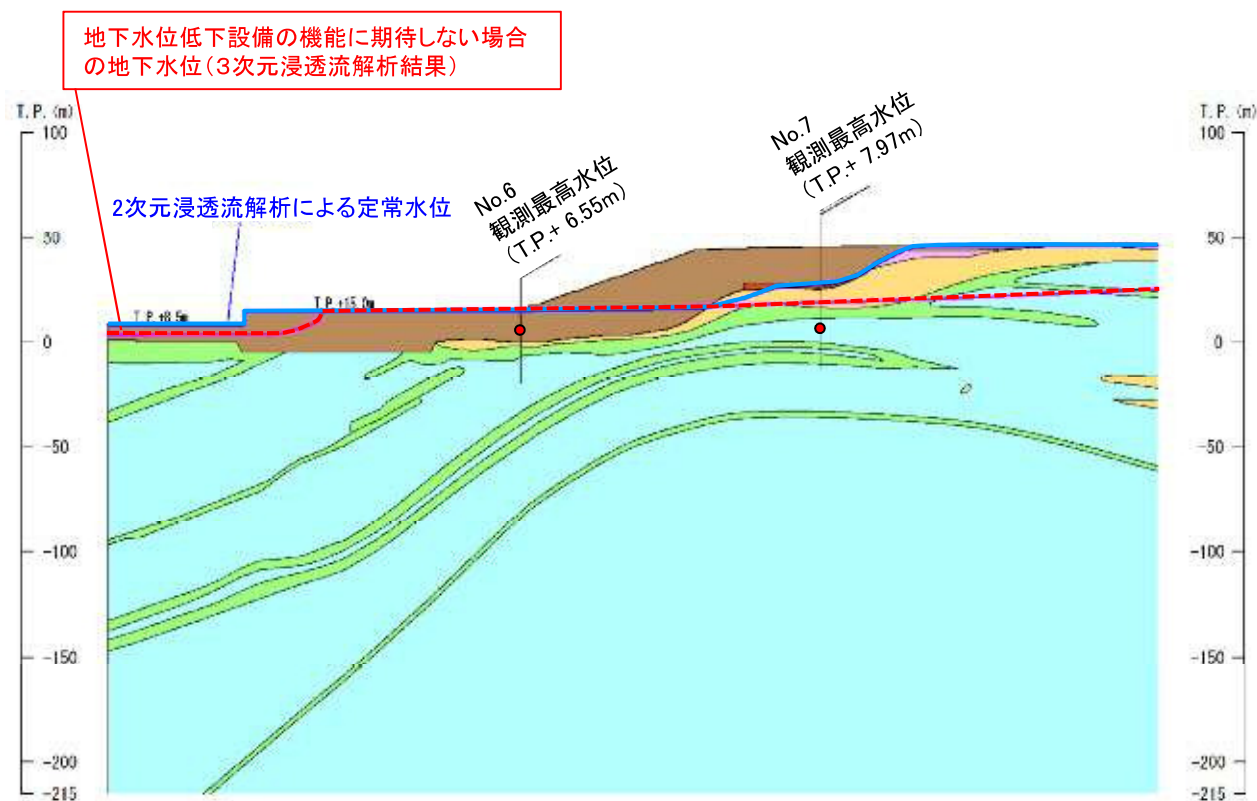
区分	解析用 透水係数 (cm/s)	設定方法	【参考】 試験結果 (cm/s)
構造物, 改良地盤	1×10^{-5}	『管理型廃棄物埋立護岸 設計・施工・管理マニュアル(改訂版)※』に基づき, 不透水性地層相当(難透水層)として設定した。不透水材料として透水係数が 1×10^{-5} cm/s以下であり, 適切な厚さを持つことで不透水性地層と同等以上の遮水の効力を発揮できるとされていることから, 構造物の透水係数を不透水性地層とした。	—
C _H 級	5×10^{-5}	建設時工認の岩盤の透水係数は頁岩・凝灰岩(上層部)及び(下層部)の2種類を設定していたが, 今回, 3次元浸透流解析を行うに当たり, 解析の精度向上を目的として, 敷地の岩級に合わせて透水係数を設定する。	4.5×10^{-5}
C _M 級	6×10^{-4}		5.6×10^{-4}
C _L 級	1×10^{-3}		1.0×10^{-3}
D級	2×10^{-3}	D級岩盤の大部分は地表付近に分布する強風化した土砂状の岩盤であり, その粒度特性を踏まえ, クレーガーの方法により 2.8×10^{-4} cm/s ($\approx 3 \times 10^{-4}$ cm/s)を設定していた。しかし, D級岩盤は割れ目の発達した岩盤と風化の進行した岩盤に大別されるが, 粒度試験1, 2試料のうち割れ目が発達した黒色頁岩は1試料のみであったため, その特性を透水係数に反映できていないと考える。黒色頁岩の粒度試験結果から設定した透水係数により, 揚水量が低減する傾向が認められることから, 地下水水位が高く算定されると判断し, 割れ目が発達したD級岩盤の影響を考慮した透水係数 2×10^{-3} cm/sを採用する。	1.75×10^{-3}
砂礫層	4×10^{-3}	建設時工認では設定されていなかったが, 今回, 3次元浸透流解析を行うに当たり, 解析の精度向上を目的として現場透水試験を実施し, 透水係数を設定した。	3.6×10^{-3}
埋戻土 (掘削ズリ)	2×10^{-1}	建設時工認の埋戻し土の透水係数は, 工学的な観点から岩盤の透水係数より1オーダー大きな値とすることで地下水水位を保守的に評価することに重点を置き, 現場透水試験によらず透水係数を設定していた。今回, 3次元浸透流解析を行うに当たり, 解析の精度向上を目的として現場透水試験を実施し, 透水係数を設定した。	1.7×10^{-1}
旧表土	1×10^{-5}	粘性土であることから, 不透水性地層相当の透水係数を設定した。	—

検討用地水位の設定(4/7) 浸透流解析結果

・2次元浸透流解析による定常水位は、ボーリング孔における観測最高水位、及び地下水位低下設備の機能に期待しない場合の地下水位(3次元浸透流解析結果)を上回ることから、当該地下水位を液状化影響検討用の地下水位として設定する。



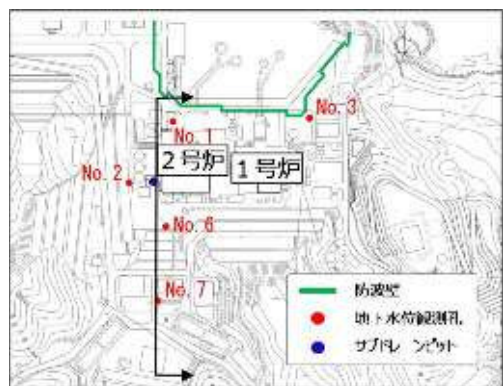
断面位置図



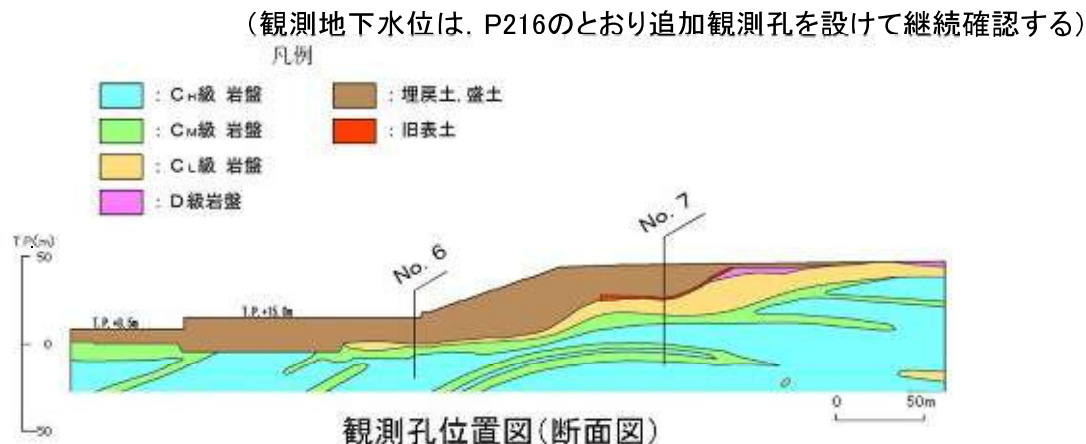
2次元浸透流解析(定常解析)の解析結果

検討用地水位の設定(5/7) 地下水位観測孔の諸元

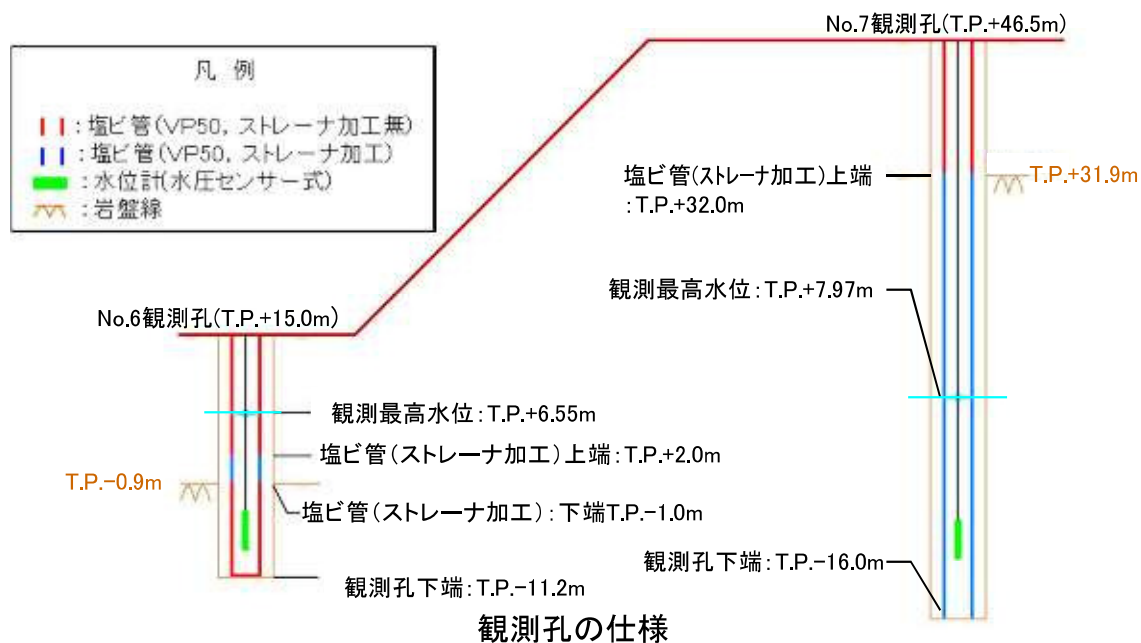
- ・No.6観測孔は、盛土内の地下水位を観測するため、盛土中の塩ビ管をストレナ加工している。
- ・No.7観測孔は、岩盤内の地下水位を観測するため、岩盤中の塩ビ管をストレナ加工している。



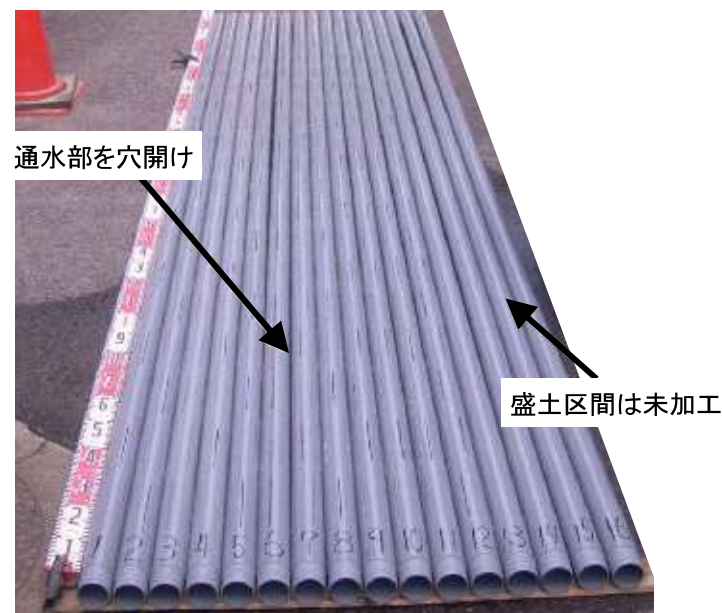
観測孔位置図(平面図)



観測孔位置図(断面図)



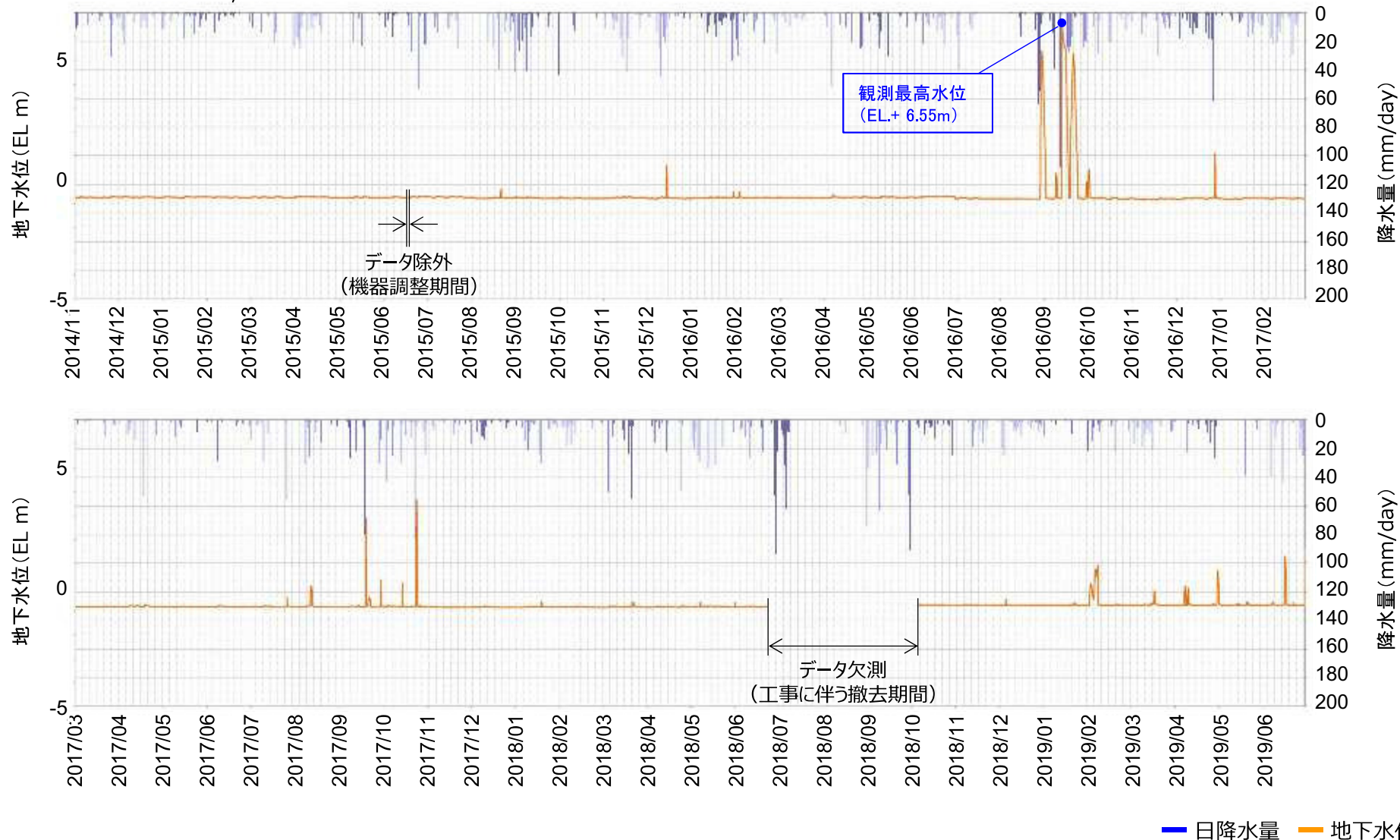
観測孔の仕様



塩ビ管のストレナ加工状況例(No.7観測孔)

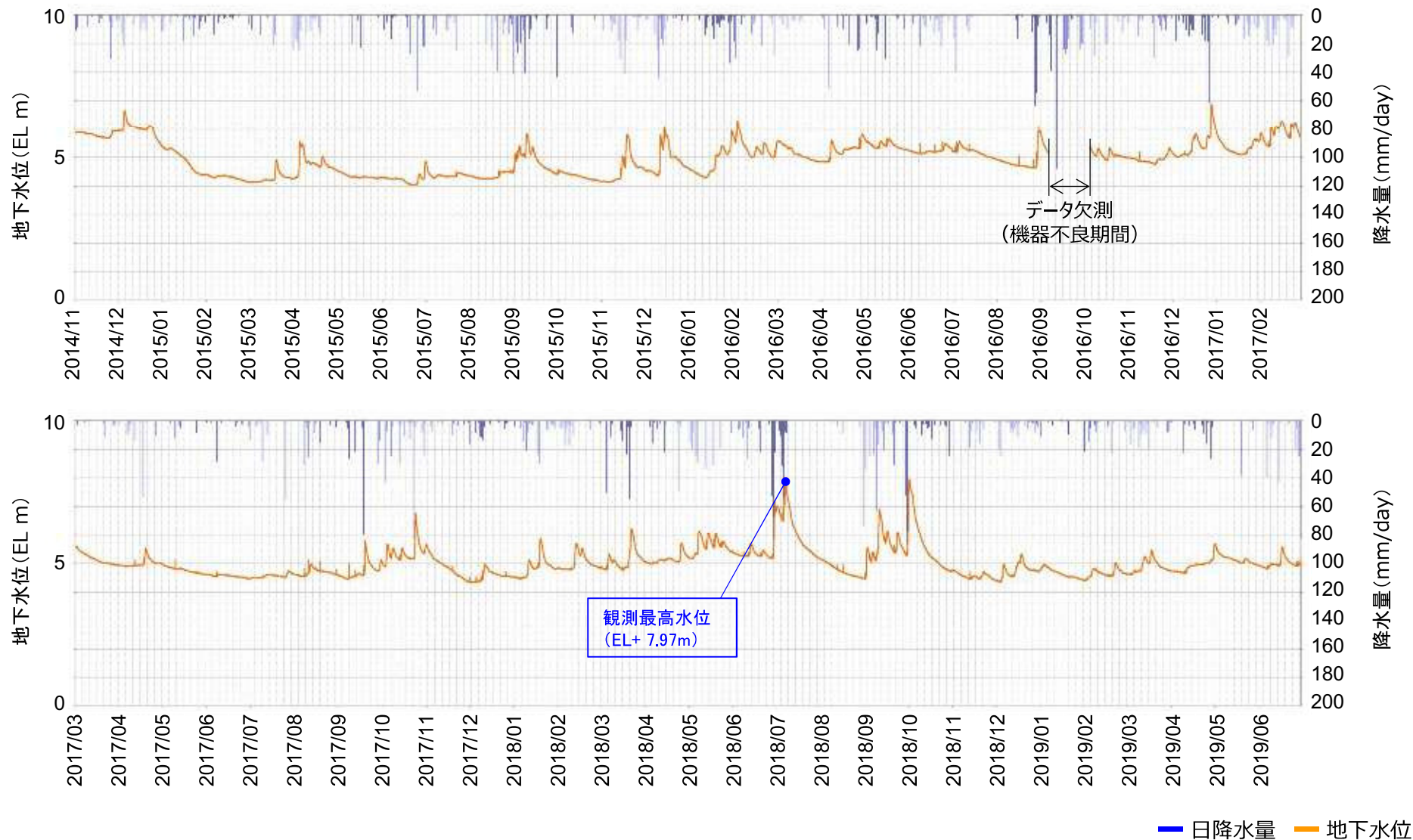
検討用地水位の設定(6/7) 地下水位観測記録 No.6

- 2号炉原子炉建物南側観測孔 (No.6) の記録を示す。
- 観測孔近傍に設置されている地下水位低下設備 (既設) の機能により, 他の観測孔と比較して降雨等に伴う地下水位上昇後の低下が早い傾向がある。
- 一部の降雨時を除くと, EL-1~0mの間を推移している。



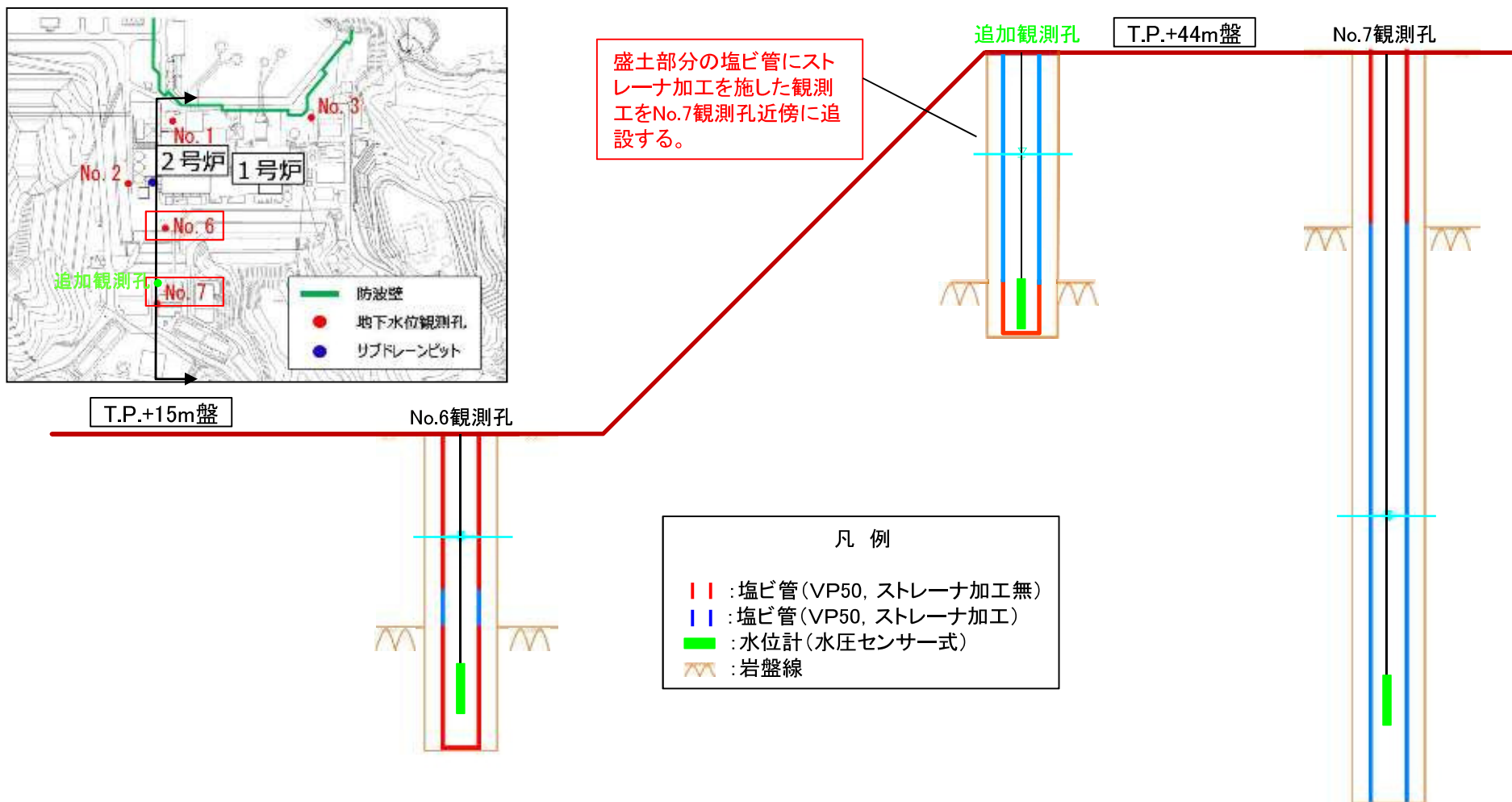
検討用地水位の設定(7/7) 地下水位観測記録 No.7

- ガスタービン発電機建物北側観測孔 (No.7) の記録を示す。
- 既設のサブドレーンピット近傍の観測孔 (No.2, No.6) と比較して, 降雨等による水位上昇後, 緩やかに低下する傾向がある。



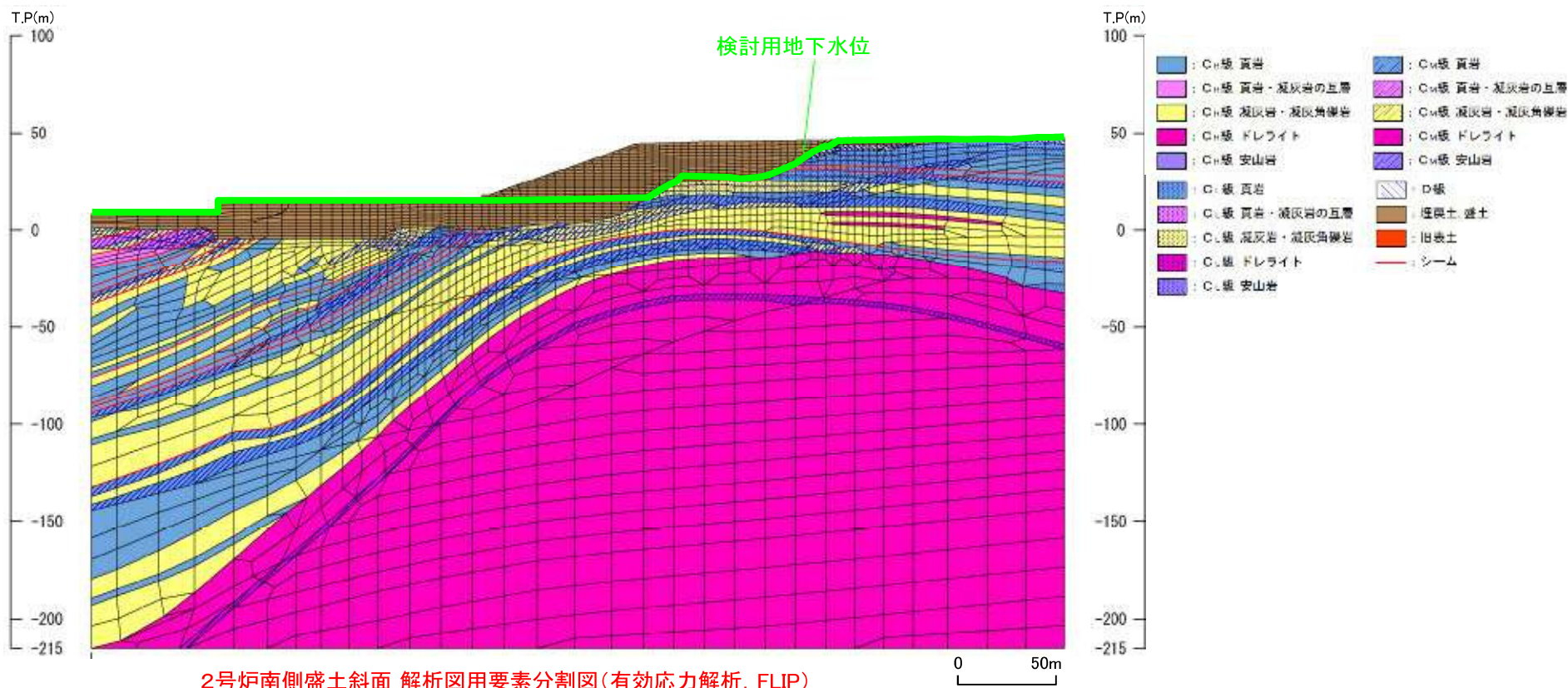
地下水位の継続確認

- ・液状化影響検討用地下水位は、十分に保守的な設定としていることから、これ以上地下水位が上昇するおそれはないと考えるが、水位観測を継続実施し、観測水位が検討用地下水位を上回らないことを確認する。
- ・水位観測に当たっては、No.7観測孔近傍に観測孔を追設し、T.P.+44m盤において盛土部分の水位を、より確実に観測できるようにする。

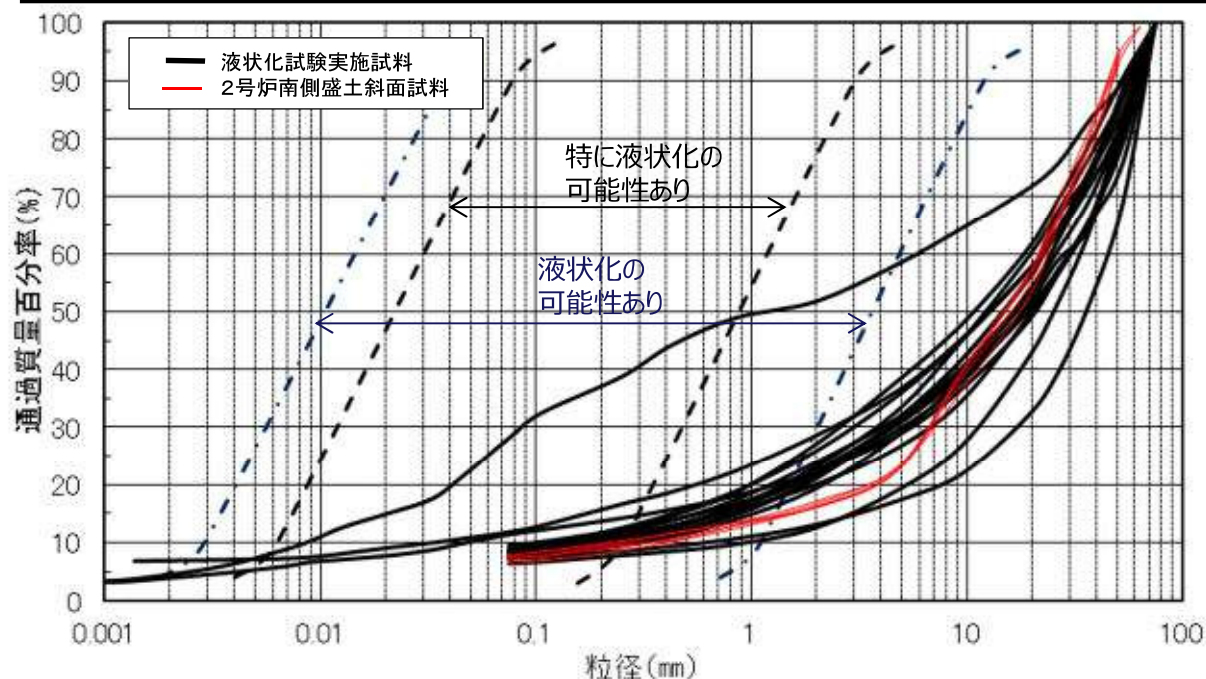


液状化発生の有無の確認(1/14) 有効応力解析の解析条件

- ・有効応力解析(時刻歴非線形解析, FLIP)により, 液状化の発生の有無を確認した。
- ・液状化検討範囲は, 2次元浸透流解析(定常解析)結果に基づく検討用地下水位以下の埋戻土とした。
- ・解析用要素分割図は以下のとおり, 岩級, 岩相, 埋戻土, 旧表土及びシームをモデル化した。
- ・埋戻土以外の要素の解析用物性値は, 全応力解析(等価線形解析, FLUSH)と同様とした。ただし, 地下水位以浅の要素の単位体積重量は, 湿潤重量とした。
- ・地震動は, 継続時間が最も長い基準地震動 S_s -Dとした。(P115参照)



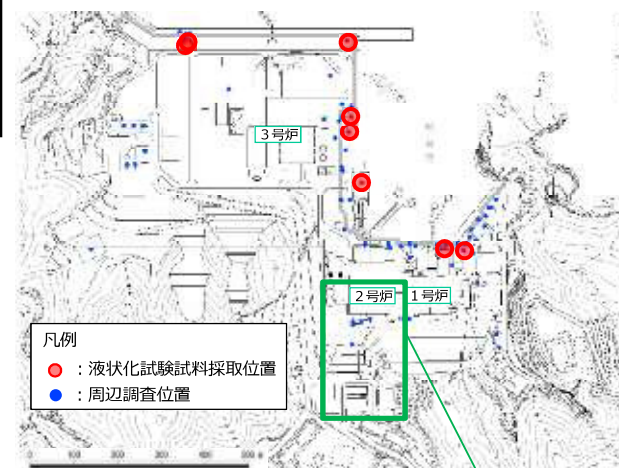
・液状化試験を実施した防波壁周辺の埋戻土と2号炉南側盛土斜面から採取した埋戻土について、粒度分布及び細粒分含有率を比較した結果、両者の粒度特性は同等であることを確認した。



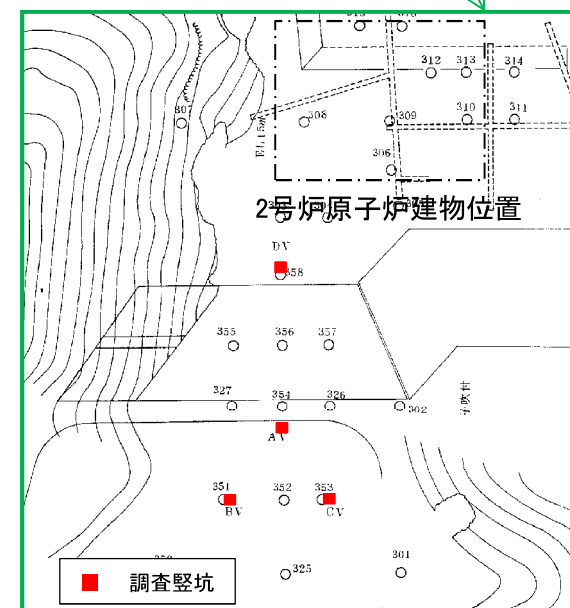
粒径加積曲線の比較
(第350回審査会合資料1-2 p30「埋戻土(掘削ズリ)の粒度による液状化判定」に加筆)

細粒分含有率の比較

	細粒分含有率	試料数
液状化試験実施試料	10.2%	35試料
2号炉南側盛土斜面試料	7.2%	5試料



液状化試験位置図



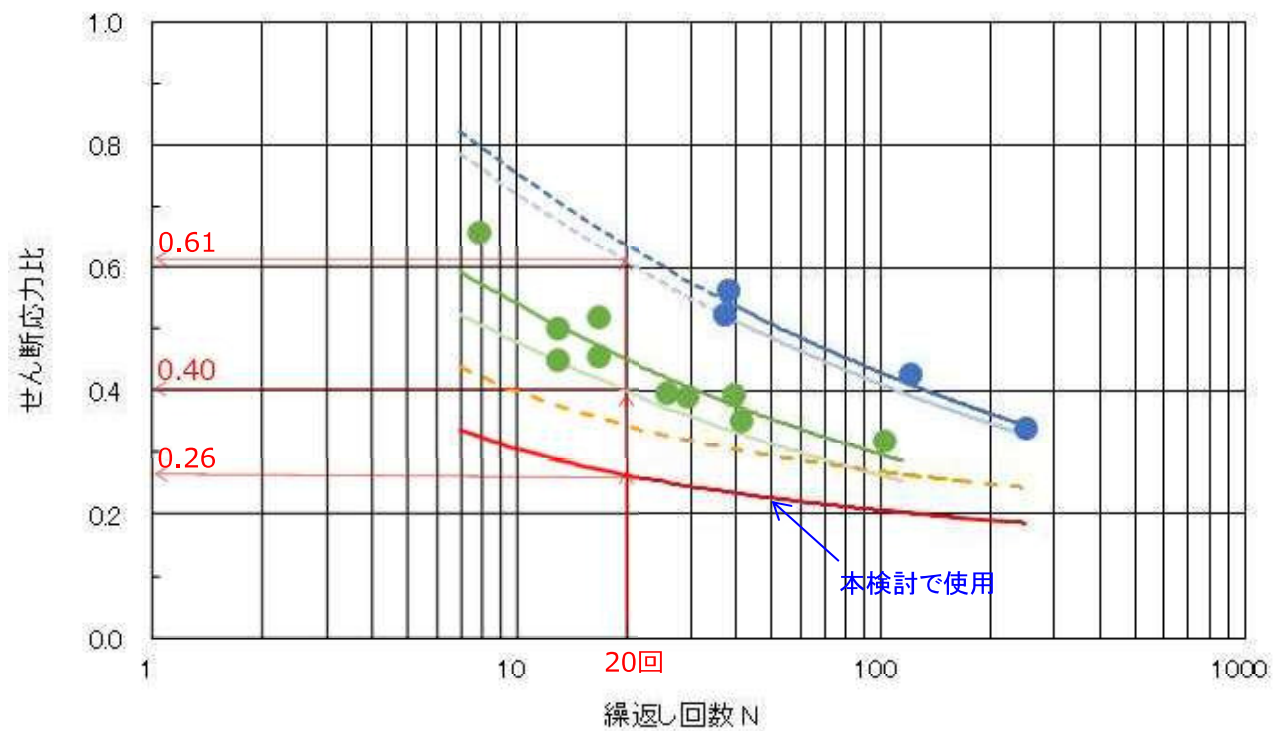
2号炉南側盛土斜面 試料採取位置

液状化発生の有無の確認(3/14) 有効応力解析における液状化特性(2)

・盛土の液状化特性については、防波壁周辺の埋戻土と2号炉南側盛土斜面の盛土の粒度特性が同等であることを踏まえ、簡易設定法に基づく液状化強度曲線(「島根原子力発電所2号炉 地震による損傷の防止[地盤の液状化強度特性]」(第850回審査会合, 2020年3月17日))と同一の液状化強度曲線を用いることとした。

解析に使用した液状化パラメータ

Φ_p	S1	w1	p1	p2	c1
28	0.005	6.27	0.5	0.925	2.96

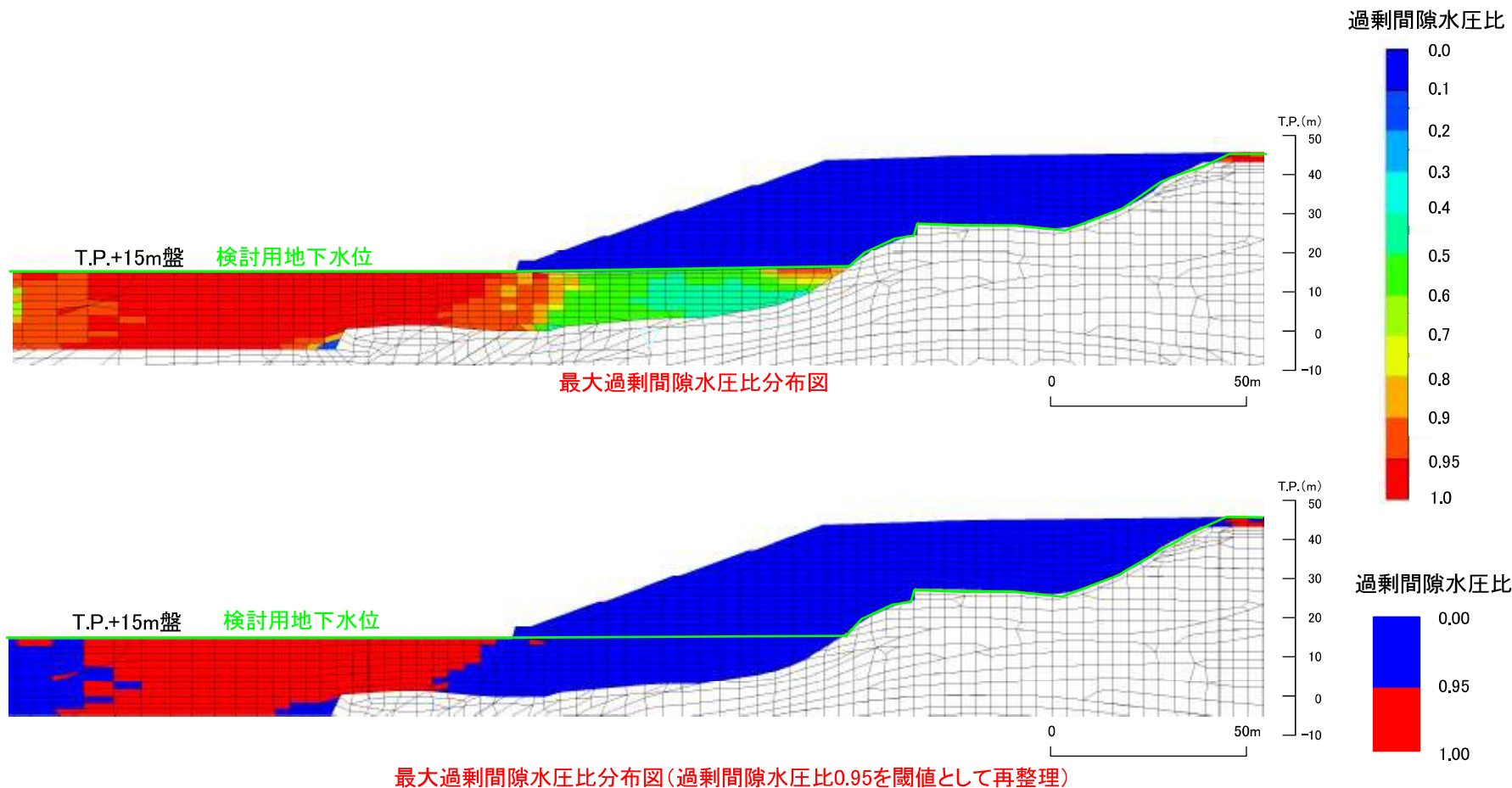


- 液状化試験結果(埋戻土(掘削スリ))(不攪乱試料)
- 液状化試験結果(埋戻土(掘削スリ))(表層採取試料)
- 液状化試験結果 近似曲線(不攪乱試料)
- 液状化試験結果 近似曲線-下限値(不攪乱試料)
- 液状化試験結果 近似曲線(表層採取試料)
- 液状化試験結果 近似曲線-下限値(表層採取試料)
- 簡易設定法による液状化強度曲線(埋戻土(掘削スリ))
- 前回ヒアリング(2020.8.5)において提示した液状化強度曲線

解析に使用した液状化強度曲線

液状化発生の有無の確認(4/14) 有効応力解析結果(最大過剰間隙水圧比)

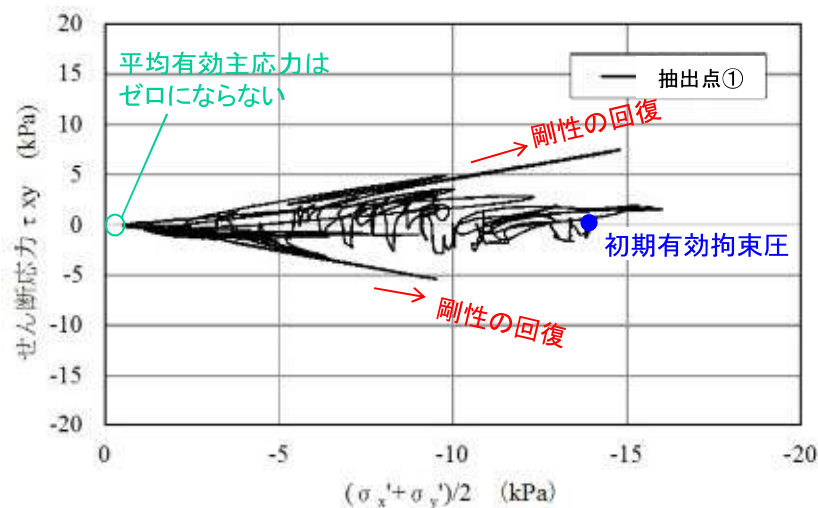
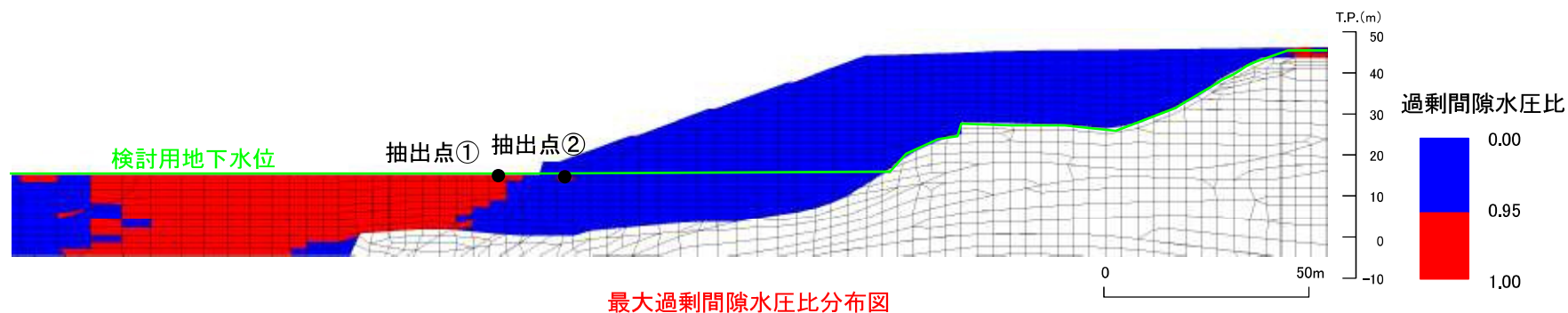
- 時刻歴非線形解析(有効応力解析, FLIP)の結果, 法尻よりも斜面奥側の要素の過剰間隙水圧比は, 概ね0.5程度であるため, 盛土斜面部は深部も含めて液状化の可能性は低いと評価できる。
- 過剰間隙水圧比が0.95を超えた要素は, 法尻より北側のT.P.+15m盤に多数認められる。



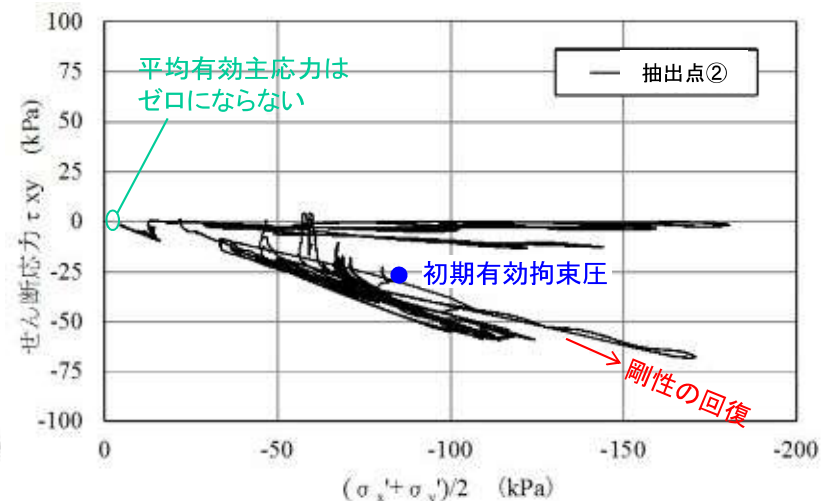
※各要素ごとの過剰間隙水圧比の時刻歴最大値を表示
すべり安全率が最小となるSs-D(水平反転)

液状化発生の有無の確認(5/14) 有効応力解析結果(有効応力経路)

法尻付近において、最大過剰間隙水圧比が0.95以上となる要素を抽出し、有効応力経路を確認した結果、せん断応力の発生に伴って剛性の回復が認められること及び平均有効主応力がゼロにならないことから、サイクリックモビリティの様相を呈していることを確認した。



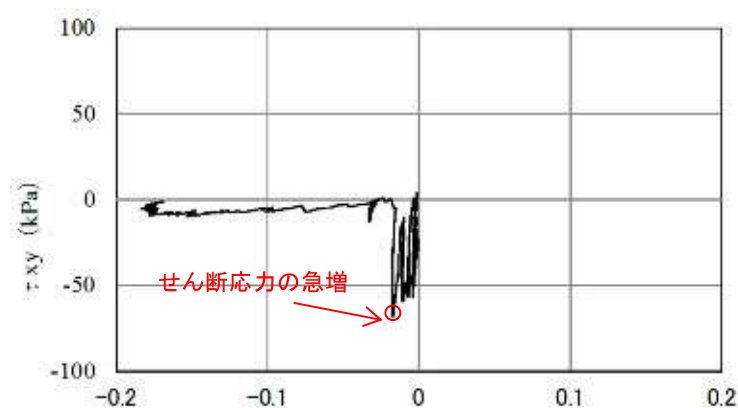
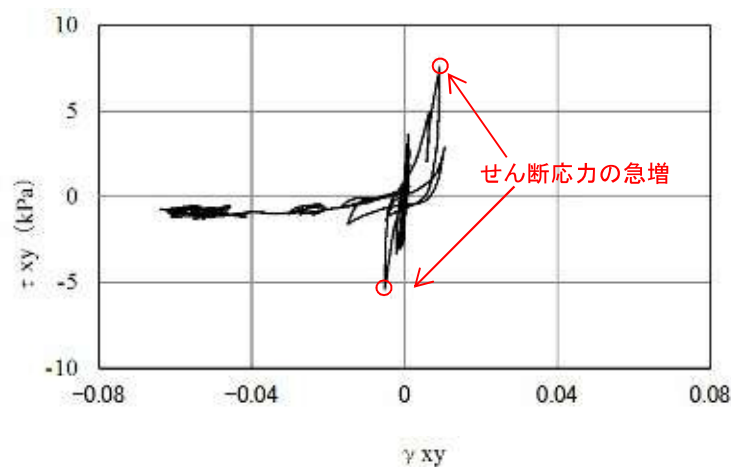
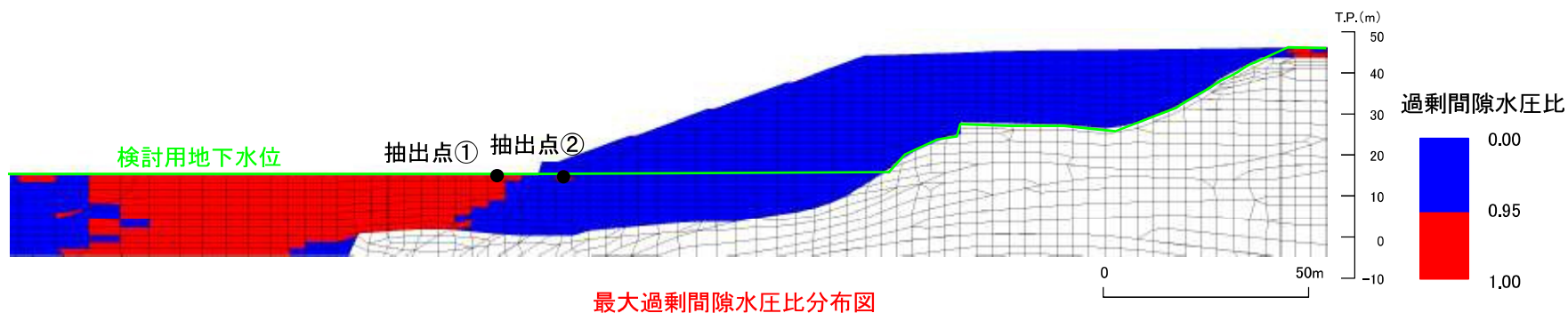
有効応力経路(抽出点①)



有効応力経路(抽出点②)

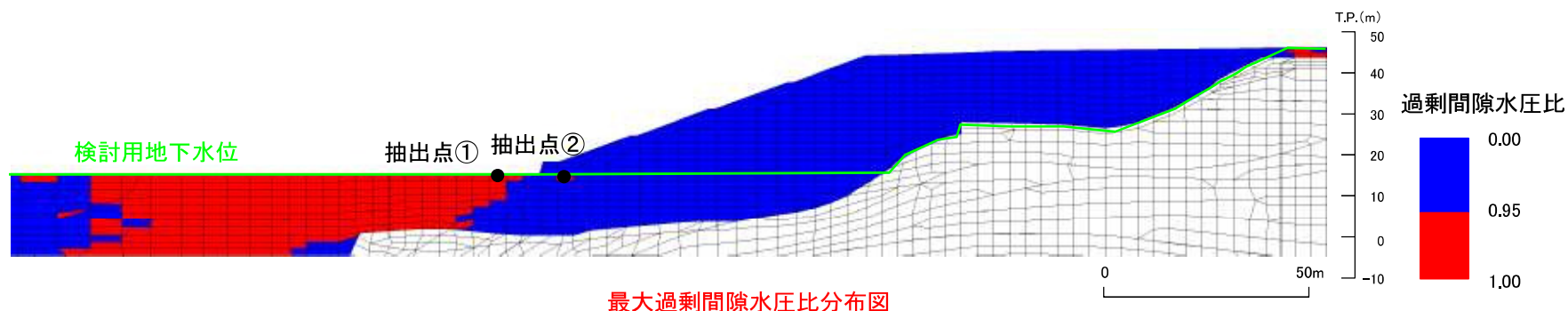
液状化発生の有無の確認(6/14) 有効応力解析結果(せん断応力～せん断ひずみ)

抽出点①及び抽出点②について、せん断応力～せん断ひずみ関係を確認した結果、せん断ひずみが大きくなるとせん断応力の急増が認められることから、サイクリックモビリティの様相を呈していることを確認した。

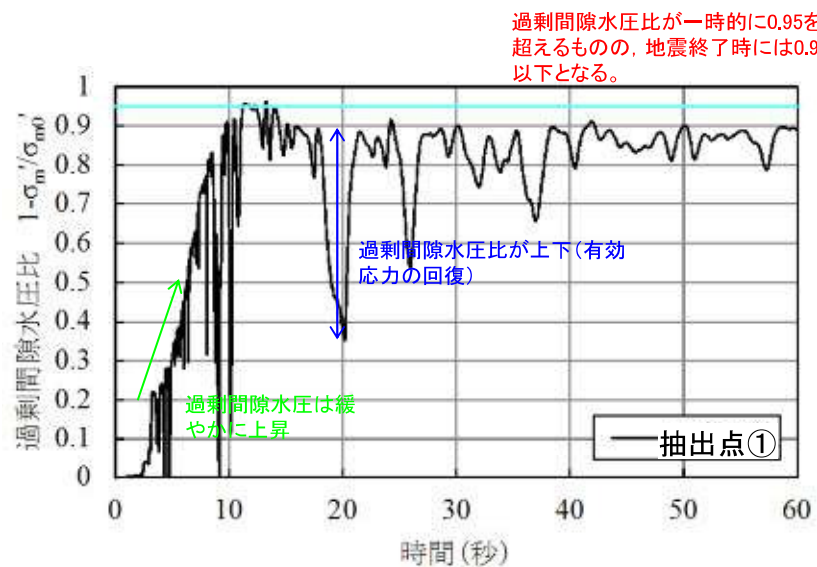


液状化発生の有無の確認(7/14) 有効応力解析結果(過剰間隙水圧比)

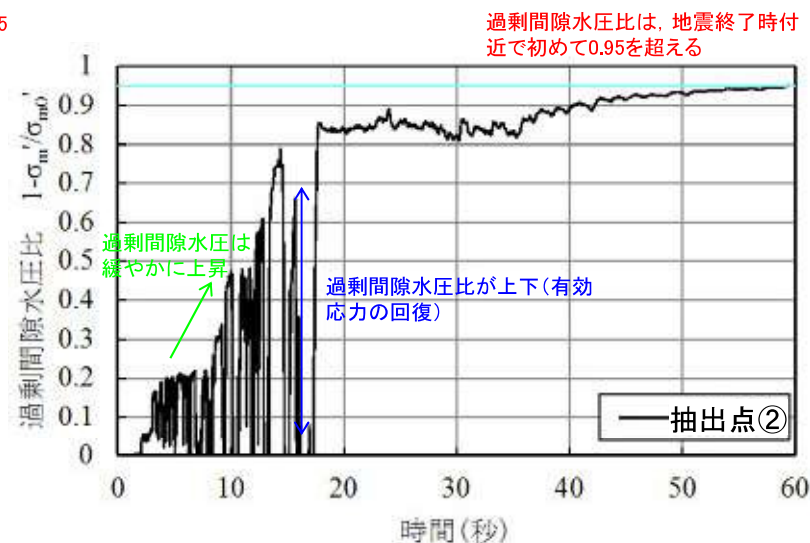
抽出点①及び抽出点②について、過剰間隙水圧比の時刻歴推移を確認した結果、過剰間隙水圧比の上昇は比較的緩やかであり、過剰間隙水圧比が上下する現象(せん断ひずみの発生に伴う有効応力の回復)が確認されることから、サイクリックモビリティの様相を呈していることを確認した。



最大過剰間隙水圧比分布図



過剰間隙水圧比(抽出点①)

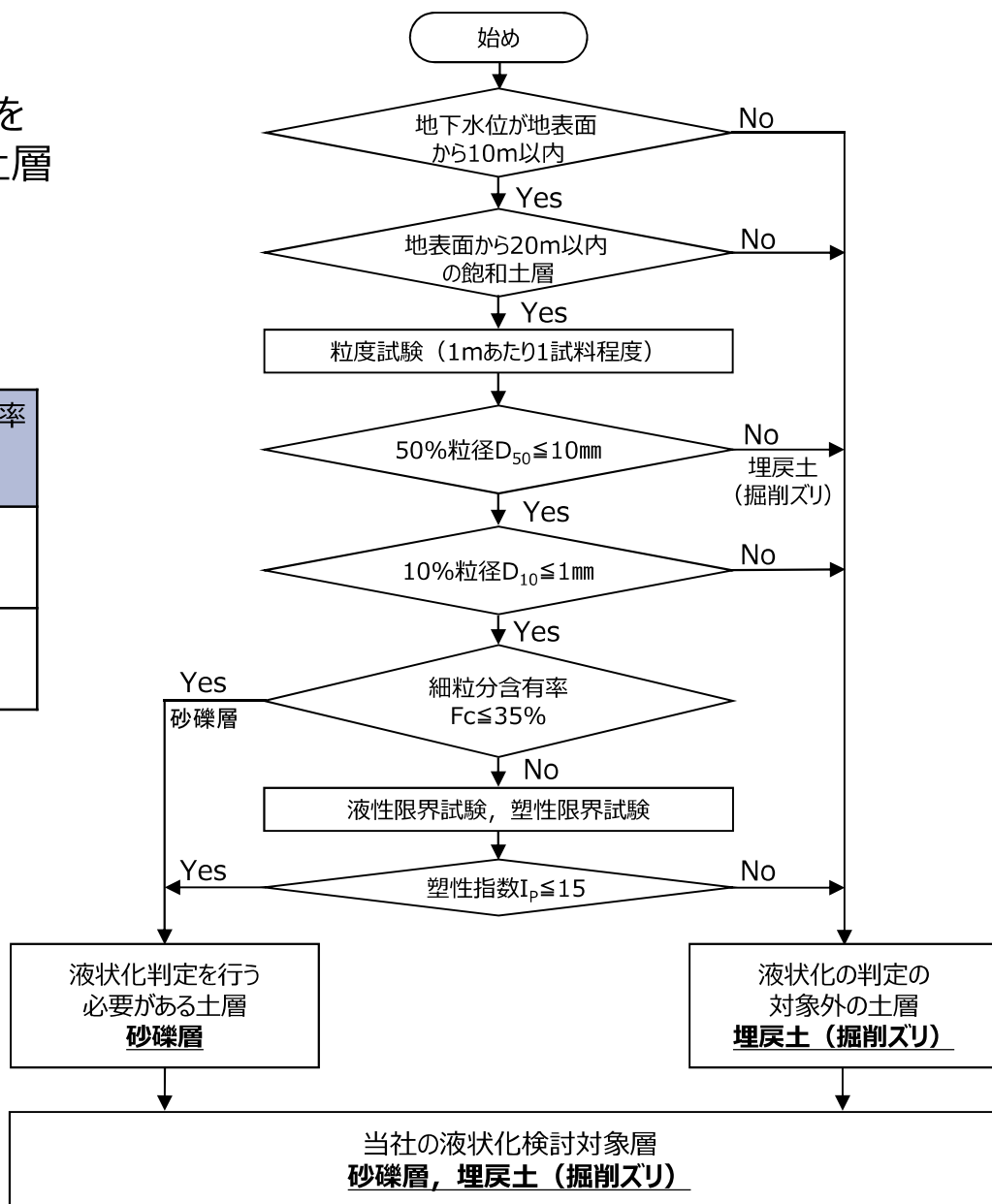


過剰間隙水圧比(抽出点②)

液状化発生の有無の確認(8/14) 【参考】 液状化判定結果

- 道路橋示方書に基づき液状化評価対象層を抽出した。液状化の判定を行う必要がある土層は砂礫層のみである。

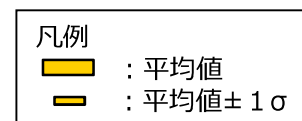
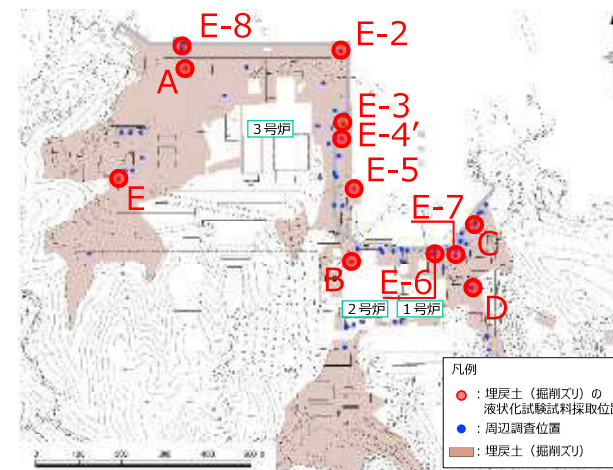
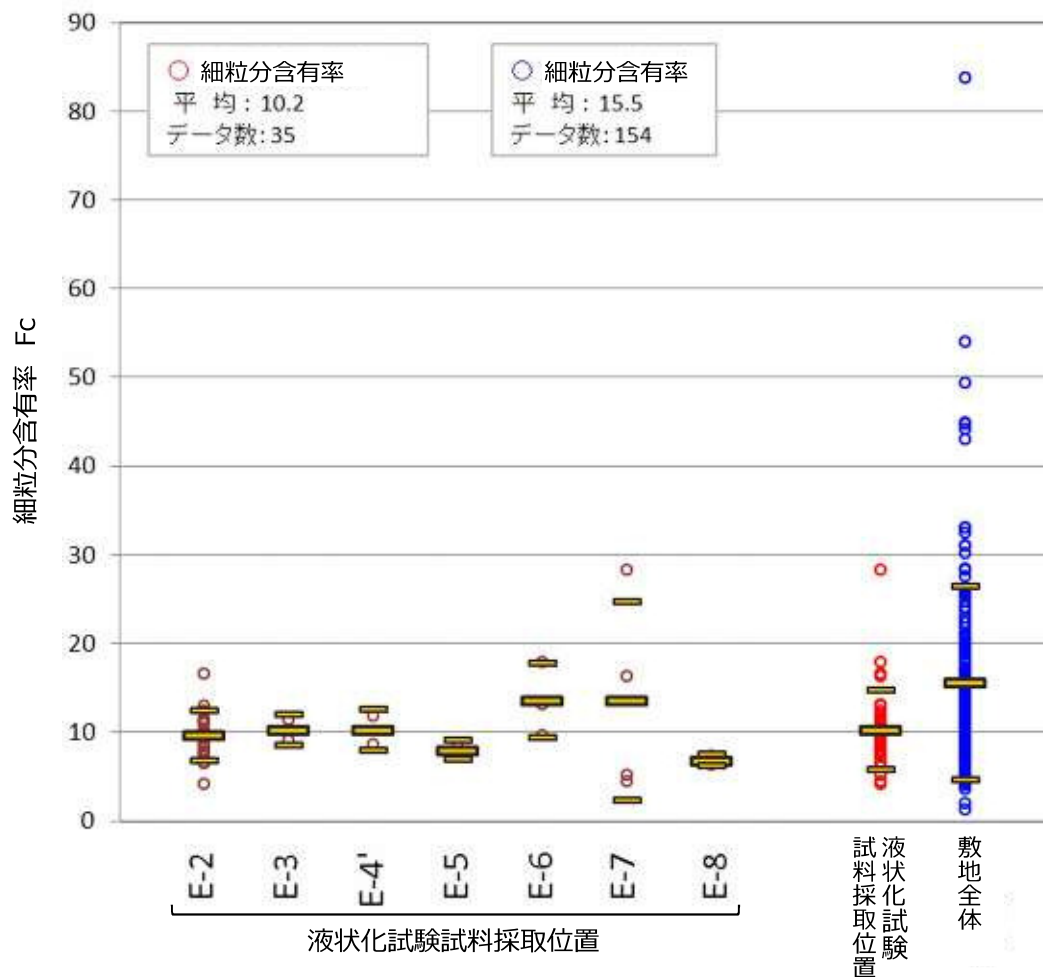
地層名	50%粒径 (平均) (mm)	10%粒径 (平均) (mm)	細粒分含有率 (平均) (%)
埋戻土 (掘削ズリ)	16.5	-	-
砂礫層	9.1	0.0651	15.6



液状化評価の対象層の抽出結果
道路橋示方書・同解説 (V 耐震設計編)
((社) 日本道路協会, H24.3)

液状化発生の有無の確認(9/14) 【参考】 細粒分含有率の比較

- 細粒分含有率：埋戻土（掘削ズリ）に対する液状化試験試料採取位置の平均値及び-1σ値は、周辺調査位置を含めた敷地全体（敷地全域における埋戻土（掘削ズリ）に対する調査位置）と同等である。



細粒分含有率の比較 (埋戻土 (掘削ズリ))

液状化発生の有無の確認(10/14) 【参考】用語の定義

- レベル2地震動による液状化研究小委員会活動成果報告書(土木学会, H15) (5)では, 地盤の液状化及びそれに関連する事象の定義として, 以下のように記載されている。

【液状化】

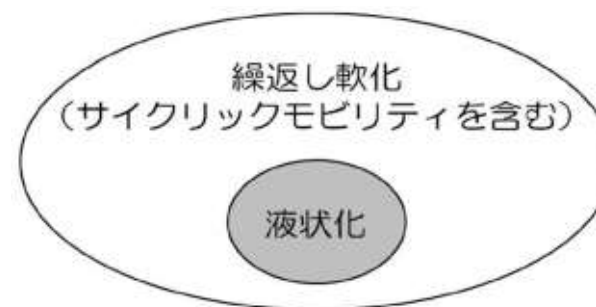
地震の繰返しせん断力などによって, 飽和した砂や砂礫などの緩い非粘性土からなる地盤内での間隙水圧が上昇・蓄積し, 有効応力がゼロまで低下し液体状となり, その後地盤の流動を伴う現象。

【サイクリックモビリティ】

繰返し载荷において土が「繰返し軟化」する過程で, 限られたひずみ範囲ではせん断抵抗が小さくとも, ひずみが大きく成長しようとする, 正のダイレイタンシー特性のためにせん断抵抗が急激に作用し, せん断ひずみの成長に歯止めがかかる現象。主に, 密な砂や礫質土, 過圧密粘土のように正のダイレイタンシー特性が著しい土において顕著に現れる。

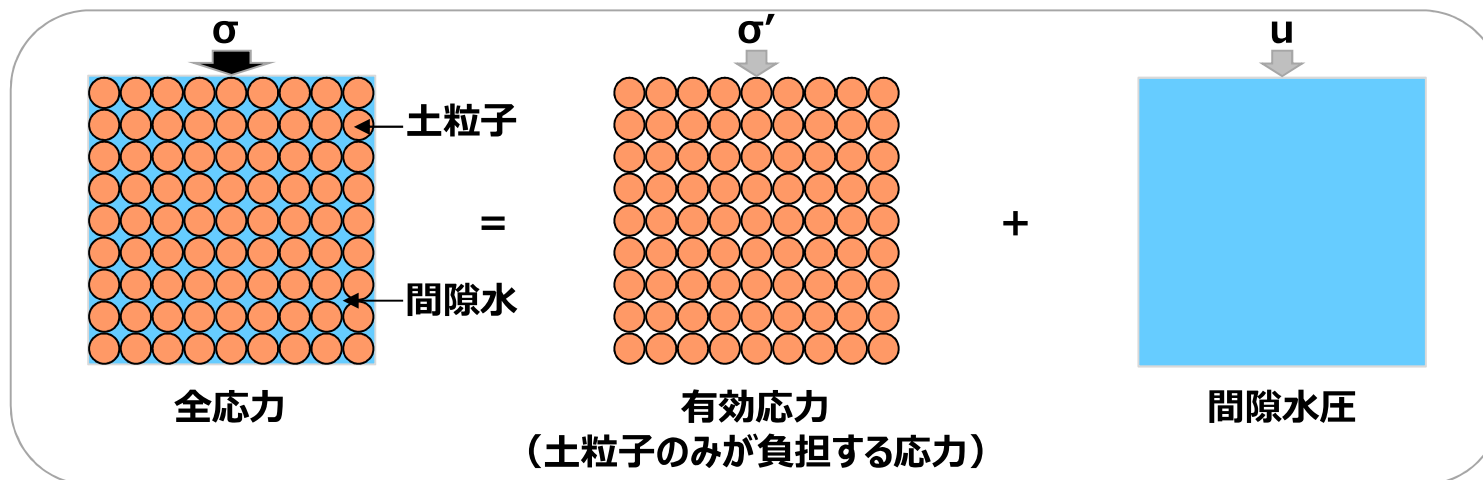
【繰返し軟化】

繰返し载荷による間隙水圧上昇と剛性低下によりせん断ひずみが発生し, それが繰返し回数とともに徐々に増大するが, 土の持つダイレイタンシー特性や粘性のためにひずみは有限の大きさにとどまり, 大きなひずみ範囲にいたるまでの流動は起きない。

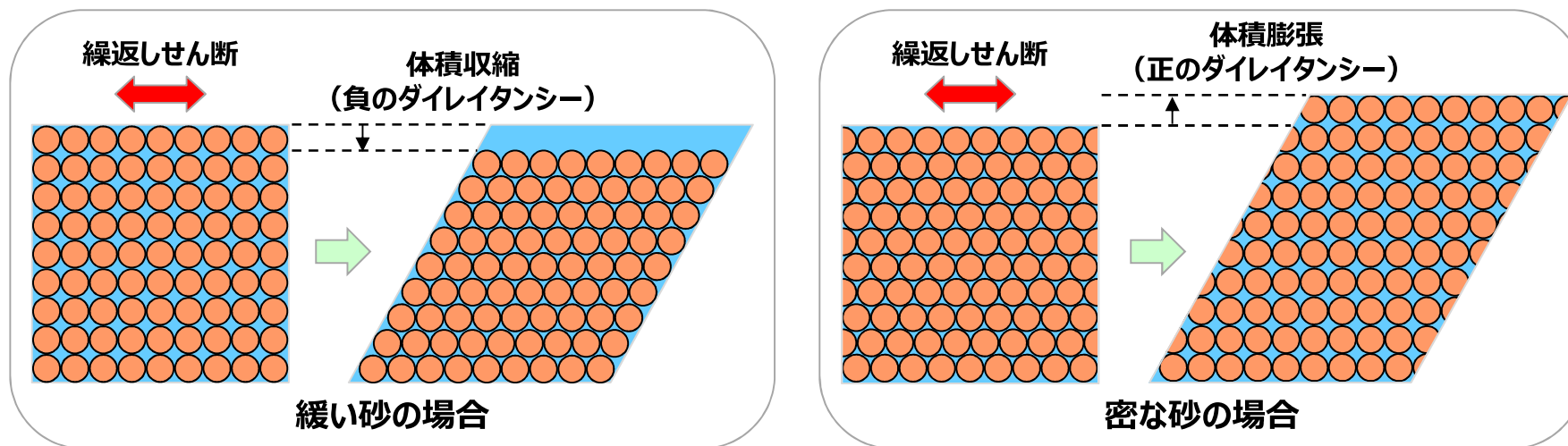


繰返し载荷による地盤の状態

液状化発生の有無の確認(11/14) 【参考】地盤のダイレイタンシー特性の概要



地盤の強度の概要



地盤のダイレイタンシー特性の概要

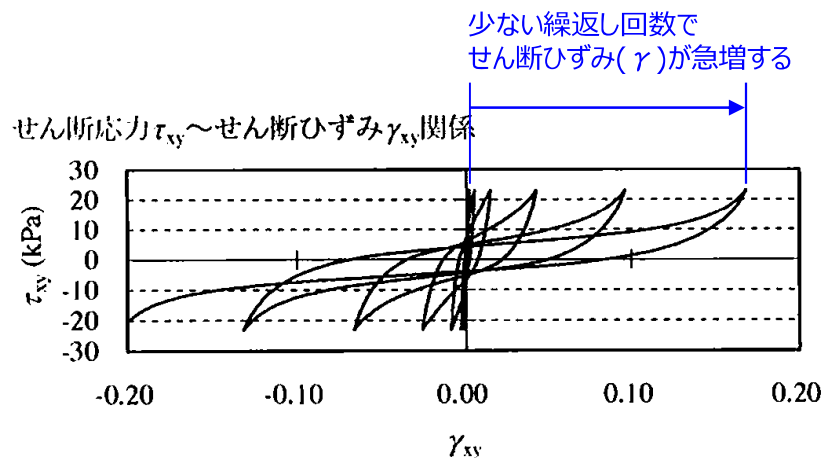
液状化発生の有無の確認(12/14)【参考】サイクリックモビリティについて

- サイクリックモビリティは、その現象の違いから一般的に液状化とは区別されている。
- サイクリックモビリティとは、砂などの繰返し载荷において、有効拘束圧がゼロに近づいてから、载荷時にせん断剛性の回復、除荷時に有効応力の減少を繰り返していくが、ひずみは有限の大きさにとどまる現象であり、液状化とは区別して用いられることがある。(地盤工学会, H18) (6)
- 地盤の液状化は、ゆるい砂地盤が繰返しせん断を受け、せん断振幅が増し、地盤全体が泥水状態となり、噴砂や噴水を伴うことが多いので、現象的にサイクリックモビリティとは異なる。(井合, H20) (7)
- サイクリックモビリティにおいて、有効応力がゼロになるのは、せん断応力がゼロになる瞬間だけであり、せん断応力が作用している間は有効応力が存在するので、間隙水圧比が100%に達した後でも、繰返しせん断に対して相当な剛性を保持する。(吉見, H3) (8)
- 密詰めの場合には大ひずみは生じない。一時的に有効拘束圧が0になっても、その後せん断力を加えると負の過剰間隙水圧が発生して有効拘束圧が増加(回復)し、有限の小さなひずみ振幅しか発生しない。この現象を“サイクリックモビリティ”と呼んで液状化と区別することもある。(安田, H3) (9)

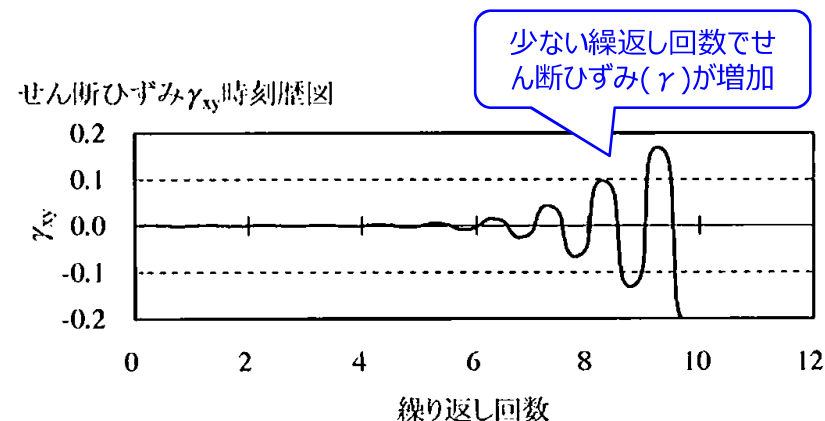
○：該当する ×：該当しない

判定項目	液状化	繰返し軟化		非液状化
			サイクリックモビリティ	
・ 間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	○	○	×
・ 有効応力がゼロまで低下する。	○	×	○	×
・ 液体状となり流動する。 (ひずみが増す。)	○	×	×	×
・ 正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	×	○	○	○

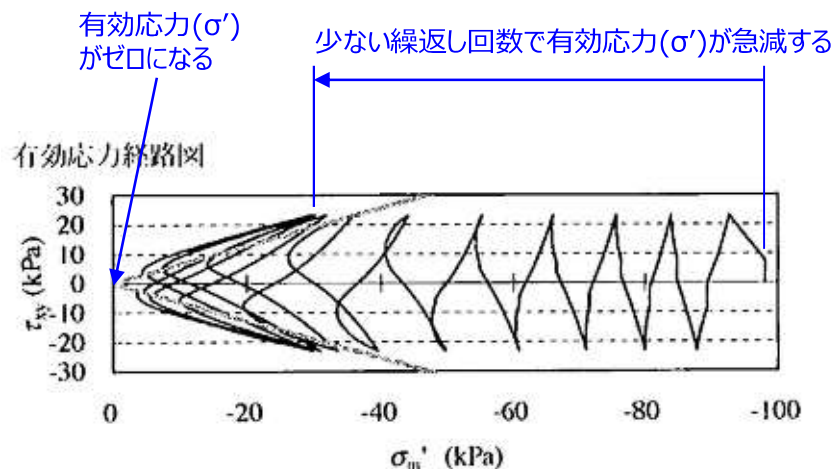
液状化発生の有無の確認(13/14)【参考】液状化試験のイメージ(1)



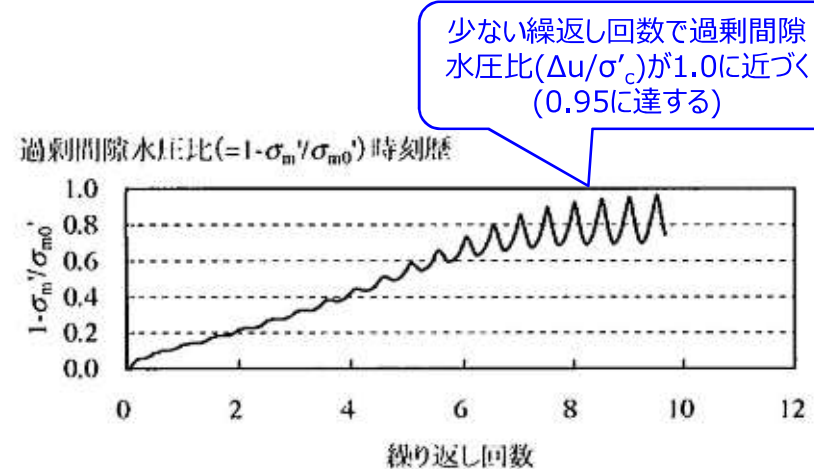
(a) せん断応力-せん断ひずみ関係



(c) せん断ひずみ



(b) 有効応力経路

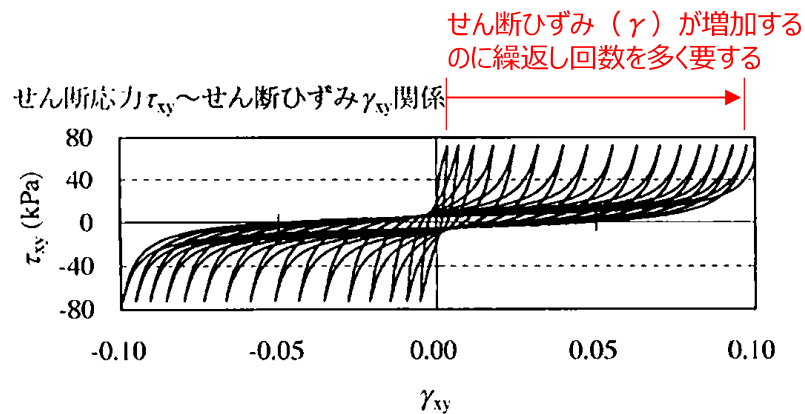


(d) 過剰間隙水圧比

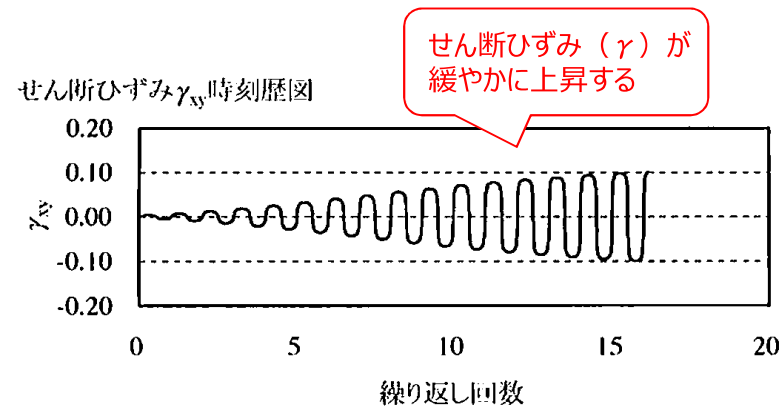
液状化試験の例 (液状化する場合)

1) 井合進：サイクリックモビリティ, 地盤工学会誌, H20.10

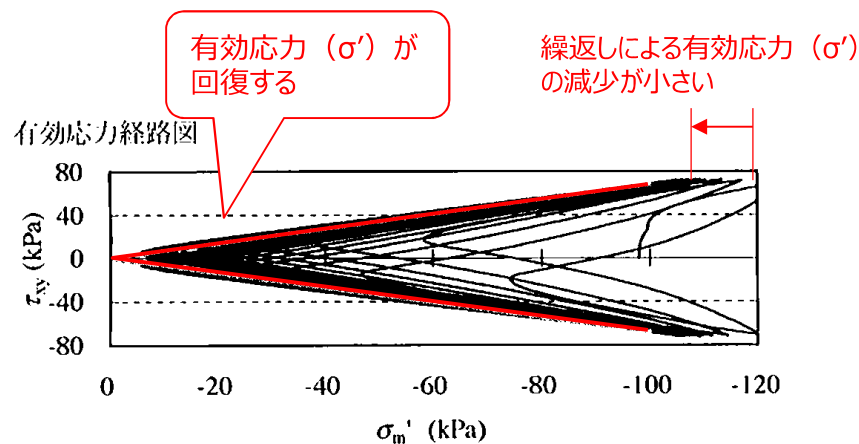
液状化発生の有無の確認(14/14)【参考】液状化試験のイメージ(2)



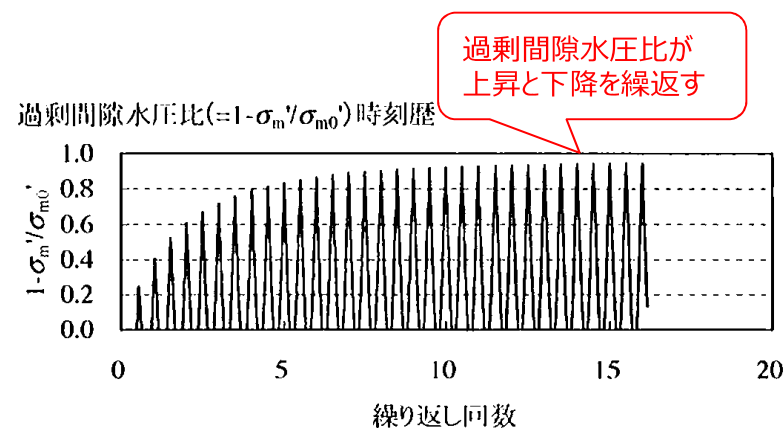
(a) せん断応力-せん断ひずみ関係



(c) せん断ひずみ



(b) 有効応力経路



(d) 過剰間隙水圧比

液状化試験の例 (繰返し軟化 (サイクルクモビリティを含む) の場合)

- 1) 井合進, 飛田哲男, 小堤治: 砂の繰返し載荷時の挙動モデルとしてのひずみ空間多重モデルによるストレスダイレイタンスー関係, 京都大学防災研究所年報, 第51号

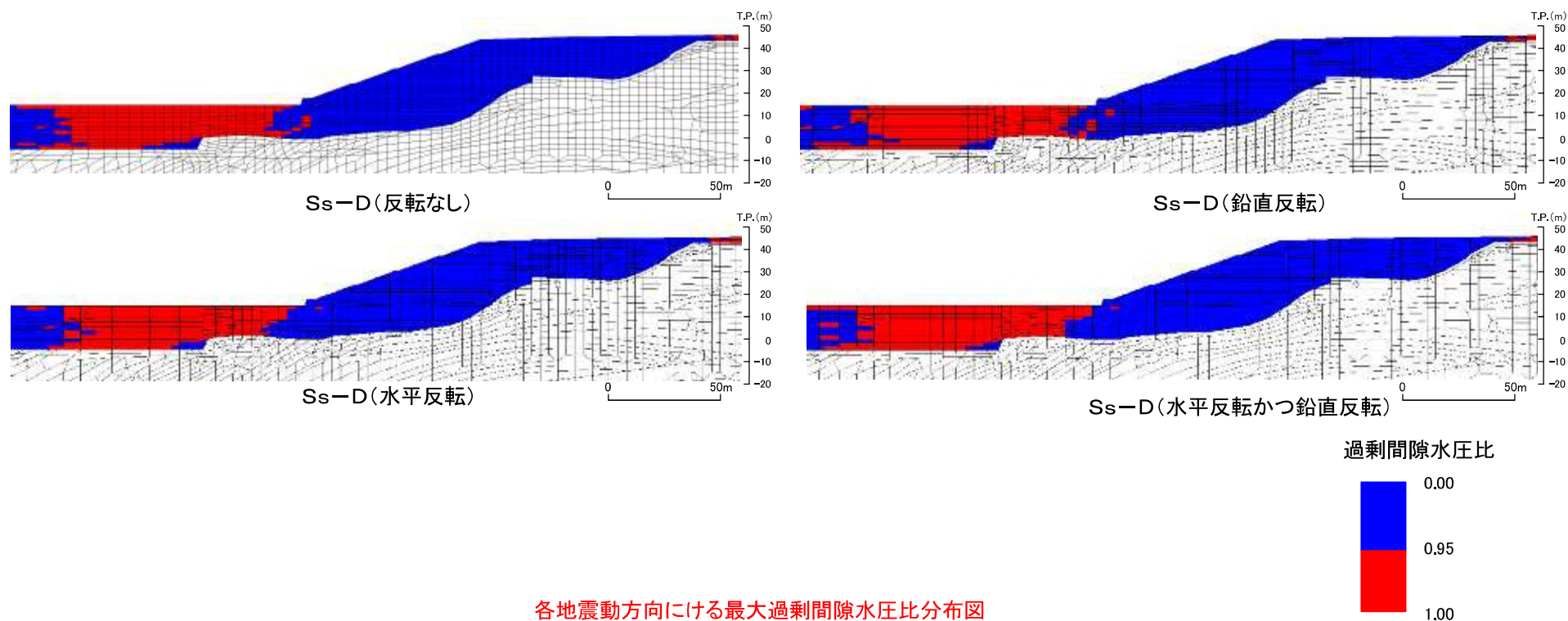
6. 周辺斜面の安定性評価 6.5 液状化影響検討 すべり安定性評価(1/2)

231

・有効応力解析の結果，斜面法尻付近において過剰間隙水圧比が0.95以上となる地盤要素については，サイクリックモビリティの様相を呈することを確認したが，念のため，以下に示す条件により，全応力解析結果に基づくすべり安定性評価を実施した。

【検討条件】

- 有効応力解析の結果，一度でも過剰間隙水圧比が0.95を超えた要素については，繰り返し载荷により強度低下が生じたものとみなし，すべり面沿いの起動力及び抵抗力をゼロとする。
- 強度低下を考慮する範囲については，基準地震動の反転を考慮して実施した有効応力解析結果それぞれにおいて，過剰間隙水圧が0.95を超えた全要素を包絡するように設定する。



各地震動方向にける最大過剰間隙水圧比分布図

6. 周辺斜面の安定性評価 6.5 液状化影響検討
すべり安定性の評価(2/2)

すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
	Ss-D (-,+)	1.61 [13.15]

【凡例】

: C ₁ 級岩盤	: C ₂ 級岩盤	: C ₃ 級岩盤	: D級岩盤
: 埋戻土、盛土	: MMR	: 旧表土	: シーム
			: すべり面

※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)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。

・すべり安定性評価の結果、すべり安全率は1.2を上回ることを確認した。

すべり安全率(○ 最小すべり安全率)			
Ss-D			
(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)
1.75 [9.00]	1.74 [9.02]	1.61 [13.15]	1.86 [34.41]

7. まとめ

7. まとめ

<基礎地盤>

1. 将来活動する可能性のある断層等の有無

評価対象施設が設置される地盤には、将来も活動する可能性のある断層等が露頭していないことを確認した。

2. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

想定される地震動に対して、評価対象施設の安全機能が重大な影響を受けないことを確認した。

3. 周辺地盤の変状による重要施設への影響評価

地震発生に伴う周辺地盤の変状による建物・構築物間の不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等により、評価対象施設の安全機能が重大な影響を受けないことを確認した。

4. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価

地震発生に伴う地殻変動解析による基礎地盤の傾斜及び撓みにより、評価対象施設が重大な影響を受けないことを確認した。

<周辺斜面>

1. 地震力に対する周辺斜面の安定性評価

評価対象施設の周辺斜面が、想定される地震動の地震力により崩壊しないことから、当該施設の安全機能が重大な影響を受けないことを確認した。

2. 液状化影響検討

液状化影響検討の結果、盛土斜面が液状化に対して十分な安全性を有していることを確認した。

なお、液状化影響検討に用いる検討用地下水位を観測水位が上回らないよう、観測孔により継続的に確認する。

・以上のとおり、島根原子力発電所2号炉の評価対象施設の基礎地盤及び周辺斜面は、基準地震動による地震力に対して十分な安定性を有しており、設置許可基準則第3条、4条、38条、及び39条に適合していることを確認した。

参考文献

- (1) 阿部真郎・林一成(2011): 近年の大規模地震に伴う地すべりの運動形態と地形・地質的発生の場合, 日本地すべり学会誌, 48巻, p.52-61
- (2) 土木学会(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>, 土木学会原子力土木研究委員会, 2009
- (3) Rongjiang Wang, Francisco Lorenzo Martin and Frank Roth (2003): Computation of deformation induced by earthquakes in a multi-layered elastic crust – FORTRAN programs EDGRN/EDCMP, Computers and Geosciences, Vol.29, pp.195-207
- (4) 宅地防災マニュアルの解説: 宅地防災マニュアルの解説[第二次改訂版][Ⅱ], [編集]宅地防災研究会, 2007
- (5) 土木学会,H15: 過剰間隙水圧の発生過程が地盤の地震応答に与える影響, 土木学会地震工学委員会レベル2 地震動による液状化研究小委員会 レベル2地震動による液状化に関するシンポジウム論文集, pp397-400, H15.6
- (6) 地盤工学会,H18: 地盤工学用語辞典, pp219-220, H18.3
- (7) 井合進,H20: サイクリックモビリティCyclic Mobility, 地盤工学会誌, 56-8, H20.3
- (8) 吉見吉昭,H3: 砂地盤の液状化(第二版), 技報堂出版, H3.5
- (9) 安田,H3: 液状化の調査から対策工まで, 安田進, 鹿島出版会, H3.5