

島根原子力発電所 2号炉 審査資料	
資料番号	EP-061 改 64(説 4)
提出年月日	令和 2 年 10 月 9 日

島根原子力発電所 2号炉 可搬型重大事故等対処設備保管場所 及びアクセスルートについて

令和 2 年 10 月
中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

Energia

目次 (1/3)

(概要説明)

1. はじめに
2. 新規制基準への適合状況
3. 保管場所及び屋外アクセスルートに係る設定方針
4. 保管場所及び屋外アクセスルートの設定
5. 保管場所，屋外及び屋内のアクセスルートに影響を及ぼす外部事象
6. 保管場所の評価

① 周辺構造物の損壊（建物，鉄塔等）……………P49～51

② 周辺タンク等の損壊

③ 周辺斜面の崩壊

④ 敷地下斜面のすべり……………P4～51

⑤ 液状化及び揺すり込みによる不等沈下・傾斜，
液状化に伴う浮き上がり

⑥ 地盤支持力の不足

⑦ 地中埋設構造物の損壊

〔 〕：本日まで説明範囲（その他の章はご説明済）

目次 (2/3)

7. 屋外のアクセスルートの評価

① 周辺構造物の損壊（建物，鉄塔等）……………P49～51

② 周辺タンク等の損壊

③ 周辺斜面の崩壊

④ 道路面のすべり……………P4～51

⑤ 液状化及び揺すり込みによる不等沈下，
液状化に伴う浮き上がり

⑦ 地中埋設構造物の損壊

屋外作業の成立性

8. 屋内アクセスルートに係る設定方針

9. 屋内のアクセスルートの評価

10. 発電所構外からの緊急時対策要員参集

別紙 保管場所及び屋外のアクセスルート周辺構造物の
耐震評価について

〔 〕：本日ご説明範囲（その他の章はご説明済）

目次 (3/3)

(指摘事項に対する回答)

11. 審査会合での指摘事項に対する回答P52~73

(審査会合からの変更点)

12. 第861回審査会合からの変更点P74,75

「」 : 本日まで説明範囲 (その他の章はご説明済)

6. 保管場所の評価 (地震による保管場所への影響評価)

➤ 地震による保管場所への影響について、網羅的に①～⑦の被害要因について評価した結果、影響のある被害要因はないことを確認した。

地震による保管場所への影響評価

自然現象	保管場所に影響を与えるおそれのある被害要因	保管場所で懸念される被害事象
地震	① 周辺建造物の損壊（建物，鉄塔等）	損壊物による可搬型設備の損壊，通行不能
	② 周辺タンク等の損壊	火災，溢水による可搬型設備の損壊，通行不能
	③ 周辺斜面の崩壊	土砂流入による可搬型設備の損壊，通行不能
	④ 敷地下斜面のすべり	敷地下斜面のすべりによる可搬型設備の損壊，通行不能
	⑤ 液状化及び揺すり込みによる不等沈下・傾斜，液状化に伴う浮き上がり	不等沈下，浮き上がり等による可搬型設備の損壊，通行不能
	⑥ 地盤支持力の不足	可搬型設備の転倒，通行不能
	⑦ 地中埋設建造物の損壊	陥没による可搬型設備の損壊，通行不能


┌─┐: 本日まで説明範囲

7. 屋外のアクセスルートの評価 (アクセスルートへの影響評価)

➤ 地震によるアクセスルートへの影響について、網羅的に①～⑦の被害要因について評価した結果、緊急時対策所～保管場所～2号炉までのアクセスルートについて、仮復旧なしで可搬型設備（車両）の通行が可能であることを確認した。なお、サブルートは地震及び津波時に期待しないルートと位置付けるため、地震及び津波の影響評価の対象外とする。

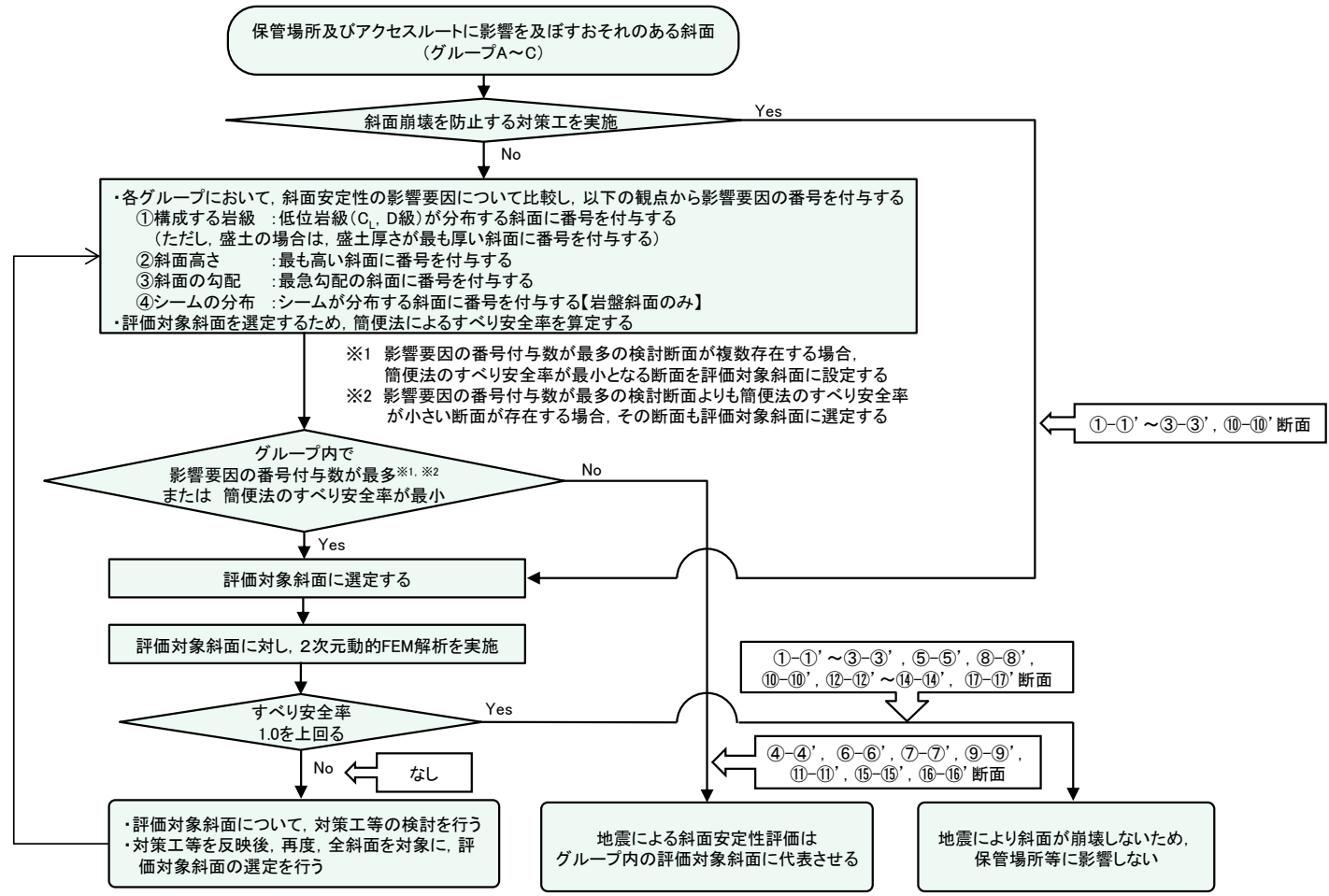
地震によるアクセスルートへの影響評価

自然現象	アクセスルートに影響を与えるおそれのある被害要因	アクセスルートで懸念される被害事象
地震	① 周辺建造物の損壊（建物，鉄塔等）	損壊物によるアクセスルートの閉塞
	② 周辺タンク等の損壊	タンク等の損壊に伴う火災，溢水による通行不能
	③ 周辺斜面の崩壊	土砂流入，道路損壊による通行不能
	④ 道路面のすべり	
	⑤ 液状化及び揺すり込みによる不等沈下，液状化に伴う浮き上がり	アクセスルートの不等沈下，地中埋設建造物の浮き上がりによる通行不能
	⑥ 地盤支持力の不足	-
	⑦ 地中埋設建造物の損壊	陥没による通行不能

: 本日で説明範囲

6. 保管場所の評価 (③, ④) , 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 安定性評価のフロー

- 保管場所・アクセスルートの周辺斜面及び敷地下斜面について、以下に示す地震時の安定性評価フローに基づいて実施する。保管場所の周辺斜面及び敷地下斜面がアクセスルート周辺斜面を兼ねることから、保管場所の周辺斜面及び敷地下斜面に、アクセスルート周辺斜面も含めて評価する。
- 簡便法は、JEAG4601-2015に基づき、静的震度 $K_H=0.3$, $K_V=0.15$ を用いた。



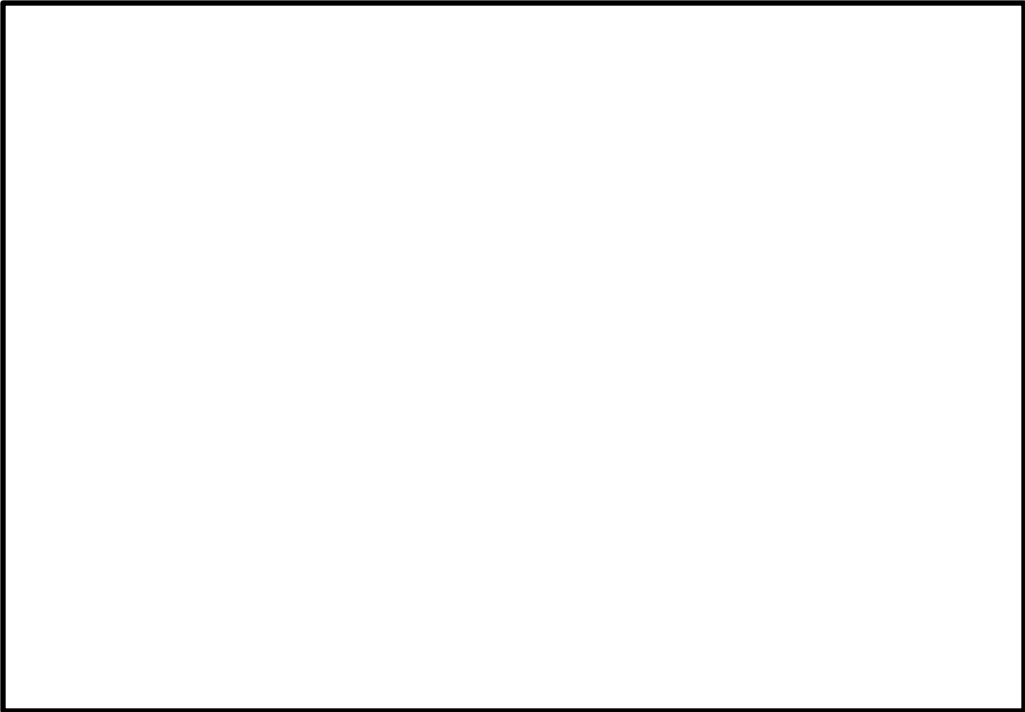
6. 保管場所の評価（③, ④）, 7. 屋外のアクセスルートの評価（③, ④） 影響を及ぼすおそれのある斜面の抽出

- 保管場所・アクセスルートの周辺斜面は、地形図に基づいて網羅的に抽出した。抽出された斜面に対し、離隔距離及びすべり方向を考慮し、崩壊した際に保管場所及びアクセスルートに影響を及ぼすおそれのある斜面を抽出した。なお、地滑り地形②が示される盛土斜面に関しては、離隔距離が確保できており、保管場所及びアクセスルートへ影響がない。



6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 標高毎及び種類毎のグループ分け・評価対象断断面の選定

- 保管場所及びアクセスルートに影響を及ぼすおそれのある斜面について、斜面法尻標高毎及び種類毎にグループA (T.P.+15m程度) (岩盤), グループA (T.P.+15m程度) (盛土), グループB (T.P.+44m~50m) 及びグループC (T.P.+88m) の4つのグループに分類した。
- 分類したグループ毎に、すべり安全率が厳しくなると考えられる「影響要因」(①構成する岩級, 盛土厚, ②斜面高さ, ③斜面の勾配, ④シームの分布の有無)の観点から比較を行い、安定性評価フローに基づいて影響要因の番号を付与した。影響要因の番号付与数及び簡便法のすべり安全率により定量的に比較検討し、評価対象斜面を選定した。
- なお、①-①'断面~③-③'断面及び⑩~⑩'断面については、対策工を実施したことから、対策工を反映した安定解析を実施した (P 22~48参照)。



評価対象斜面

グループ	斜面種別	対象斜面
A	岩盤斜面	⑤-⑤'断面
	盛土斜面	⑧-⑧'断面
B	岩盤斜面	⑫-⑫'断面 ⑬-⑬'断面 ⑭-⑭'断面
C	盛土斜面	⑰-⑰'断面
対策工を実施した斜面	切取を実施した斜面	③-③'断面 ⑩-⑩'断面
	抑止杭を設置した斜面	①-①'断面 ②-②'断面

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 評価対象断面の選定結果 グループA (T.P.+15m程度) (岩盤) (1/3)

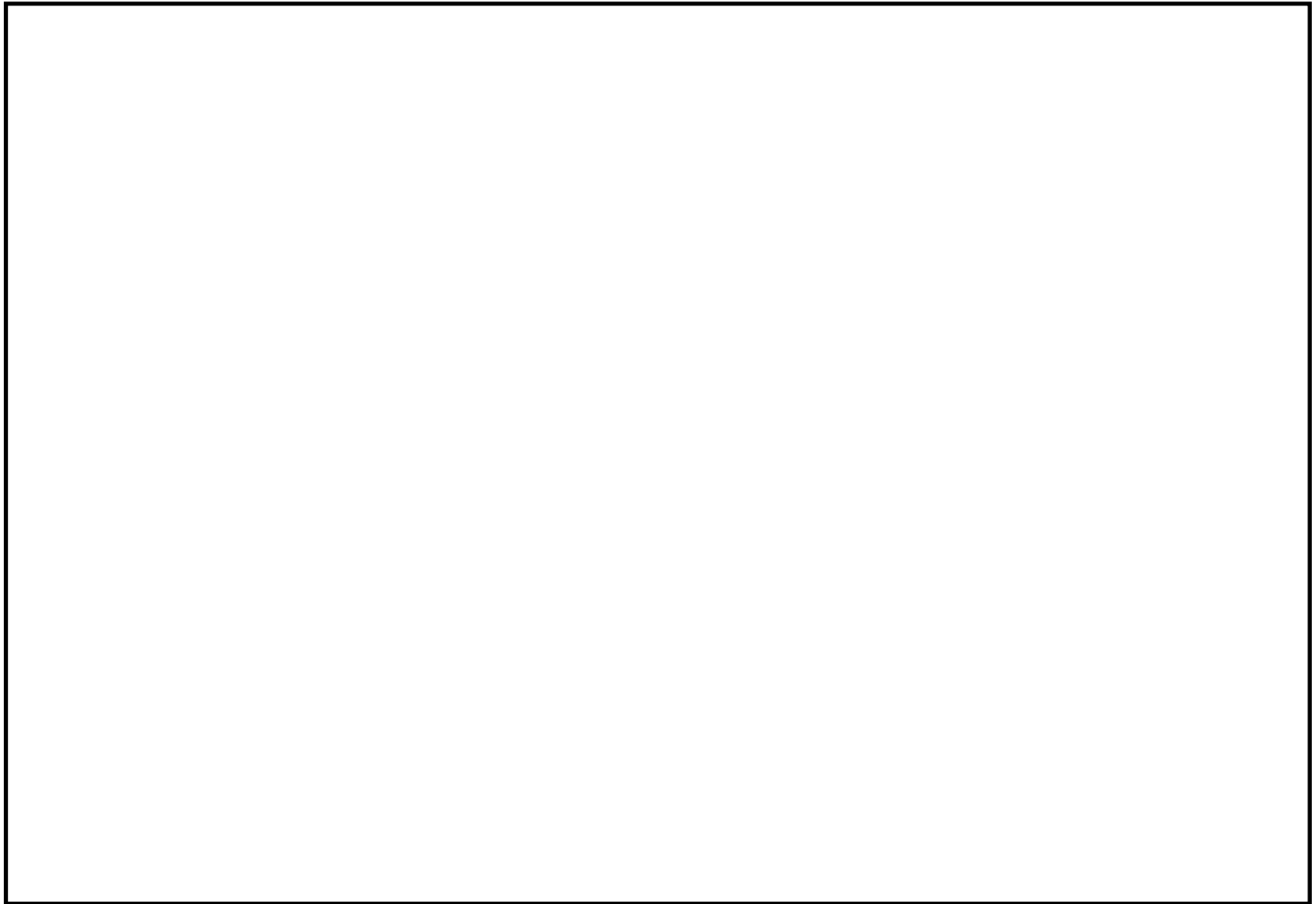
- グループA (T.P.+15m程度) (岩盤) の斜面について、下表の比較を行った結果、⑤-⑤'断面を2次元動的FEM解析の評価対象斜面に選定した。
- グループA (T.P.+15m程度) (岩盤) の斜面の断面位置及び地質断面図を次頁以降に示す。

保管場所・アクセスルートに影響するおそれのある斜面	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	耐震重要施設等の周辺斜面における検討断面※
	【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				
④-④'	C _H , C _M , C _L 級	94m	1:1.5	あり:7条	①, ②, ④	2.41	⑤-⑤'断面に比べ、斜面高さが高いが、勾配が緩いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑤-⑤'断面の評価に代表させる。	○
評価対象斜面に選定 ⑤-⑤'	C _H , C _M , C _L 級	82m	1:2.1 (一部、C _L 級で1:0.6の急勾配部あり)	あり:3条	①, ③, ④	2.21	C _L 級岩盤が分布すること、一部1:0.6の急勾配部があること、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。	-
⑥-⑥'	C _H , C _M , C _L 級	32m	1:1.1, 1:1.5	あり:4条	①, ③, ④	4.98	⑤-⑤'断面に比べ、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、⑤-⑤'断面の評価に代表させる。	-
⑦-⑦'	C _H , C _M , C _L , D級	76m	1:2.9	なし	①	2.43	⑤-⑤'断面に比べ、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、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑤-⑤'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数が多い (簡便法のすべり安全率が小さい)
 : 選定した評価対象斜面

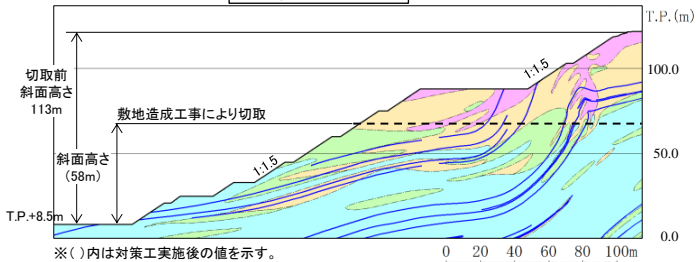
※「島根原子力発電所2号炉 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について」(現在, 審議中)

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④)
評価対象断面の選定結果 グループA (T.P.+15m程度) (岩盤) (2/3)



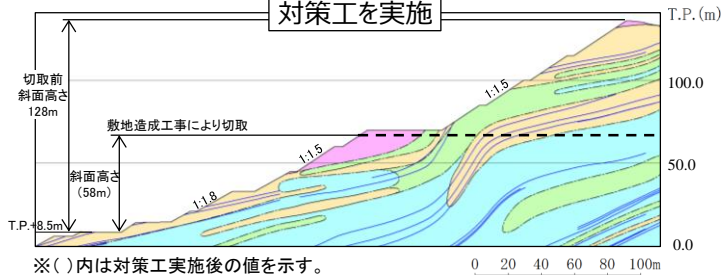
6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 評価対象断面の選定結果 グループA (T.P.+15m程度) (岩盤) (3/3)

対策工を実施



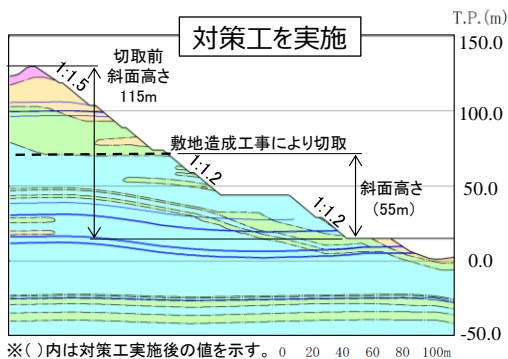
①-①'断面

対策工を実施

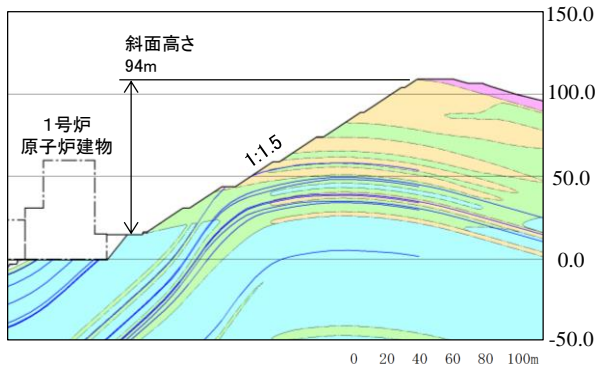


②-②'断面

対策工を実施

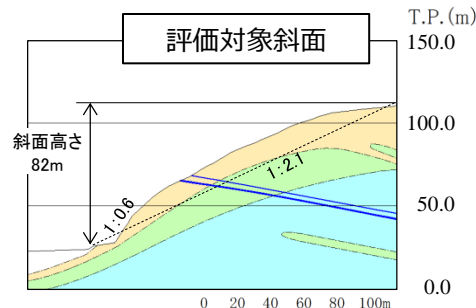


③-③'断面

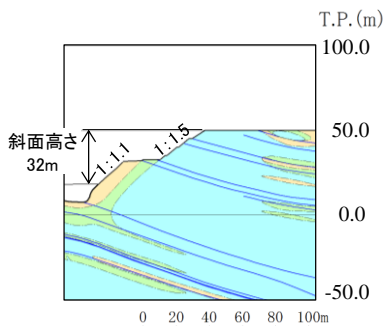


④-④'断面

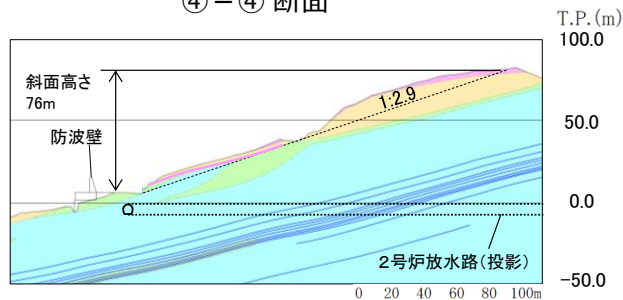
評価対象斜面



⑤-⑤'断面



⑥-⑥'断面



⑦-⑦'断面

凡例



※「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

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 評価対象断面の選定結果 グループA (T.P.+15m程度) (盛土) (1/2)

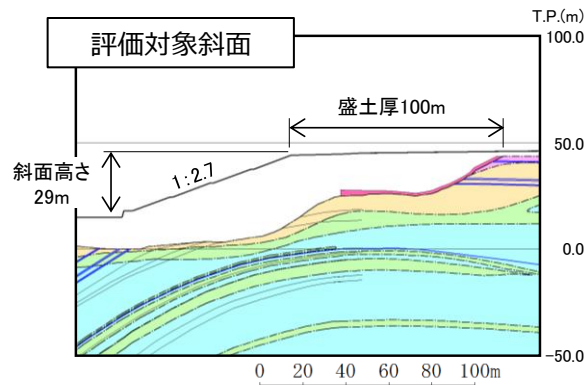
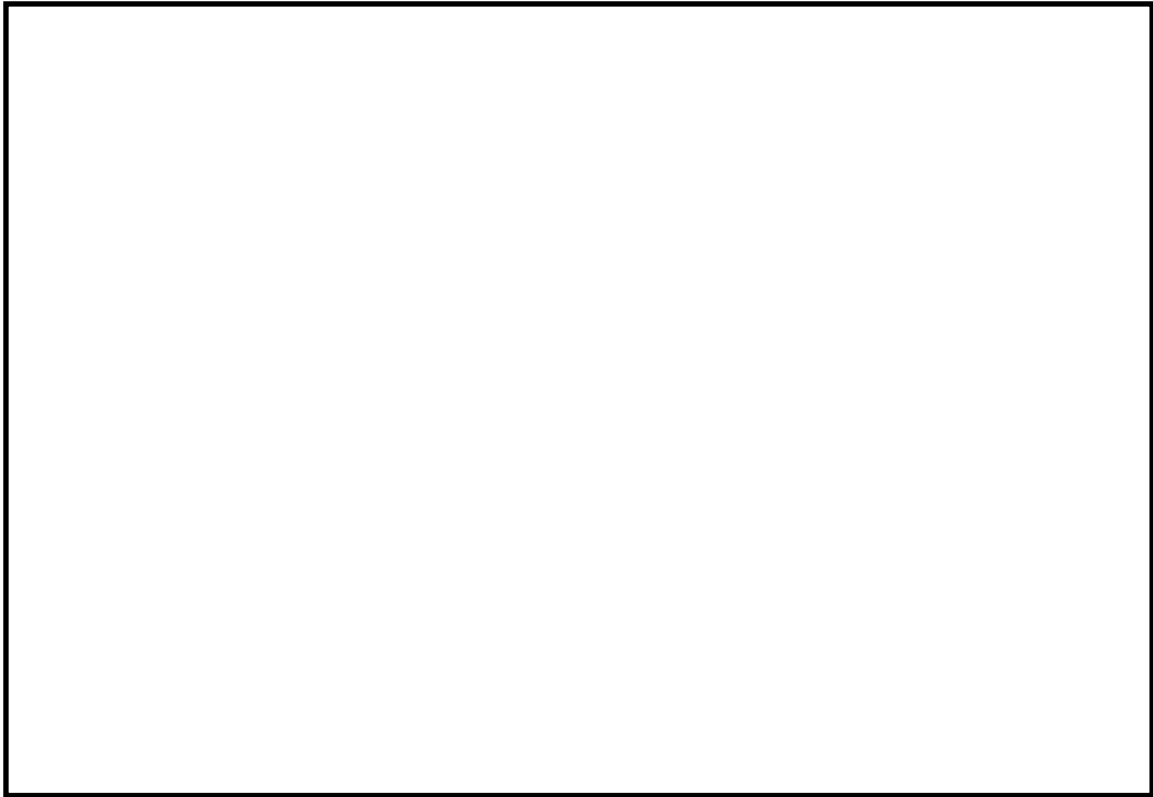
- グループA (T.P.+15m程度) (盛土) の斜面について、下表の比較を行った結果、⑧-⑧'断面を2次元動的FEM解析の評価対象斜面に選定した。
- グループA (T.P.+15m程度) (盛土) の斜面の断面位置及び地質断面図を次頁に示す。

保管場所・アクセスルートに影響するおそれのある斜面	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	耐震重要施設等の周辺斜面における検討断面※
	【影響要因①】盛土厚	【影響要因②】斜面高さ	【影響要因③】斜面の勾配				
評価対象斜面に選定 ⑧-⑧'	100m	29m	1:2.7	①, ②	2.04	⑨-⑨'断面に比べ、盛土厚が厚いこと、斜面高さが高いこと、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。	○
⑨-⑨'	40m	25m	1:1.7	③	2.98	⑧-⑧'断面に比べ、勾配が急であるが、盛土厚が薄いこと、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、⑧-⑧'断面の評価に代表させる。	-

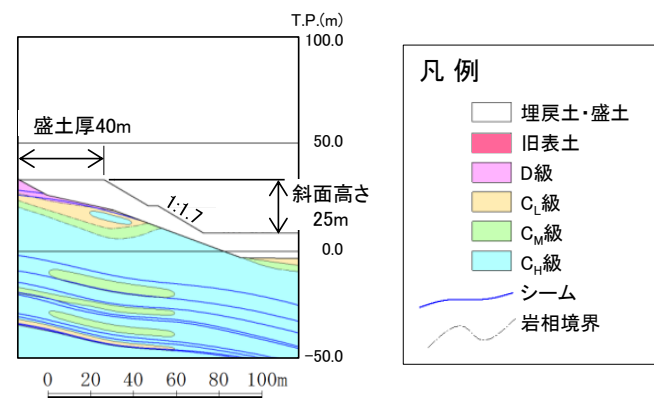
 : 番号を付与する影響要因
 : 影響要因の番号付与数が多い (簡便法のすべり安全率が小さい)
 : 選定した評価対象斜面

※「島根原子力発電所2号炉 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について」(現在、審議中)

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④)
 評価対象断面の選定結果 グループA (T.P.+15m程度) (盛土) (2/2)



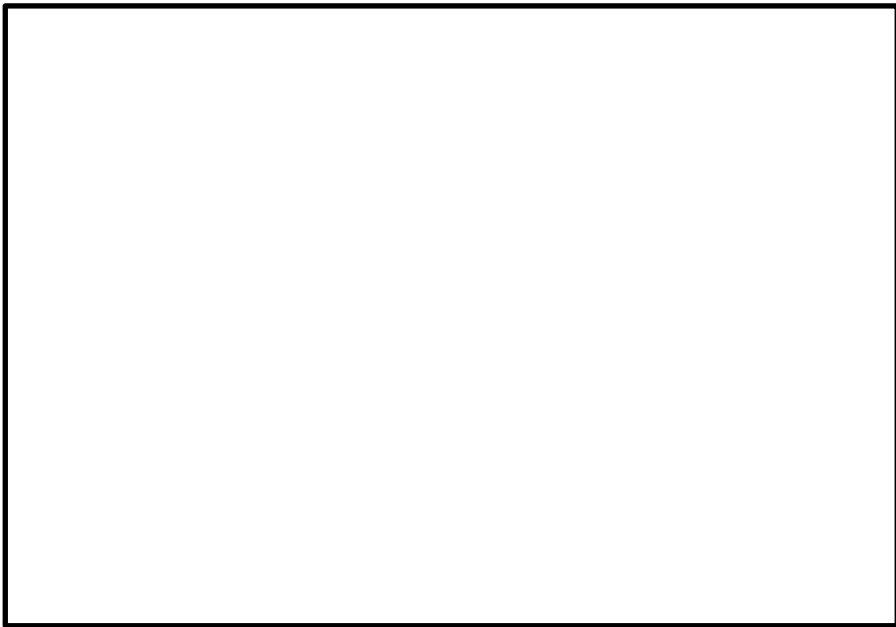
⑧-⑧'断面



⑨-⑨'断面

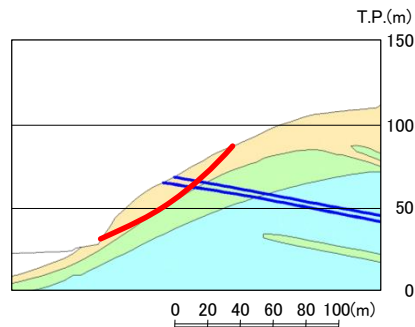
6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 評価結果 グループA (T.P.+15m程度)

- グループA (T.P.+15m程度) の評価対象斜面について、基準地震動 S s による2次元動的 F E M解析を実施した結果、最小すべり安全率 (平均強度) が評価基準値1.0を上回っており、安定性を有することを確認した。



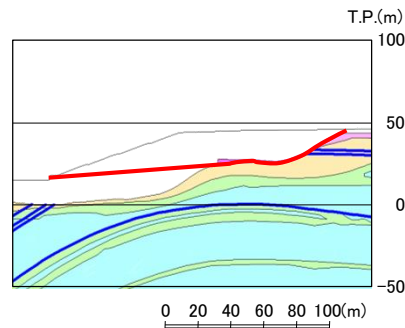
【凡例】

: 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
: 最小すべり安全率のすべり面			



基準地震動 S s	すべり安全率
Ss-D	2.48
Ss-N ₁	3.27
Ss-N ₂	3.46

⑤-⑤'断面



基準地震動 S s	すべり安全率
Ss-D	1.98
Ss-N ₁	1.98
Ss-N ₂	1.94

⑧-⑧'断面

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 評価対象断面の選定結果 グループB (T.P.+44~50m程度) (1/3)

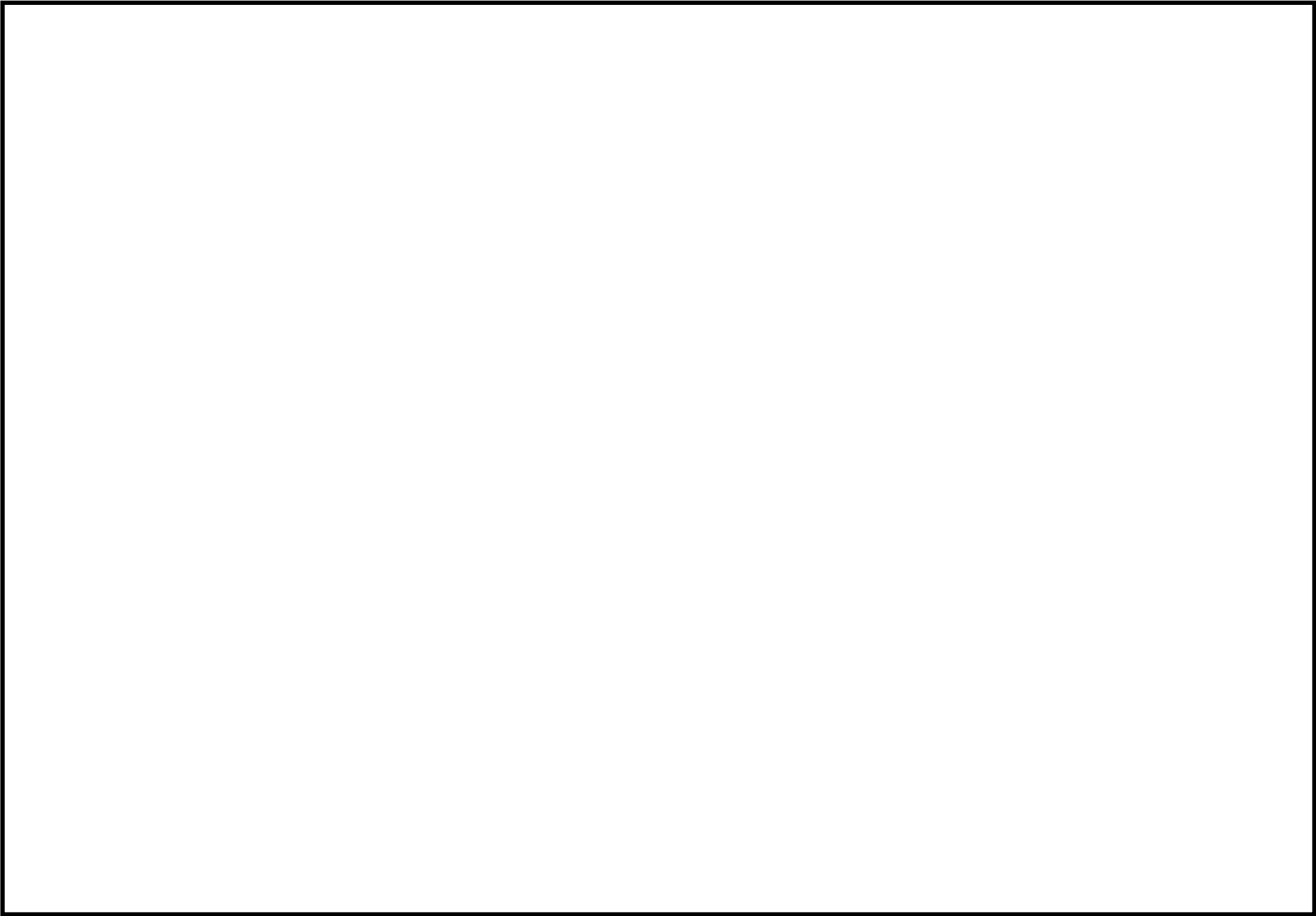
- グループB (T.P.+44m~50m) の斜面について、下表の比較を行った結果、⑫-⑫'断面~⑭-⑭'断面を2次元動的FEM解析の評価対象斜面に選定した。
- グループB (T.P.+44m~50m) の斜面の断面位置及び地質断面図を次頁以降に示す。

保管場所・アクセスルートに影響するおそれのある斜面	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	耐震重要施設等の周辺斜面における検討断面※
	【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				
⑪-⑪'	C _M , C _L 級	54m	1:1.5 (一部、C _L 級で1:0.4及び1:0.7の急勾配部あり)	あり:2条	①, ③, ④	3.01	⑫-⑫'断面に比べ、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、⑫-⑫'断面の評価に代表させる。	-
評価対象斜面に選定 ⑫-⑫'	C _H , C _M , C _L , D級	94m	1:1.2, 1:1.5	あり:3条	①, ②, ③, ④	1.51	D級岩盤及びC _L 級岩盤が分布すること、斜面高さが最も高いこと、1:1.2の急勾配部があること、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。	○
⑬-⑬'	C _H , C _M , C _L , D級	78m	1:2.0 (一部、C _L 級で1:0.7の急勾配部あり)	あり:4条	①, ③, ④	1.45	D級岩盤及びC _L 級岩盤が分布すること、一部1:0.7の急勾配部があること、シームが分布すること、及び⑫-⑫'断面に比べ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。	-
⑭-⑭'	C _M , C _L , D級	66m	1:1.3	あり:4条	①, ③, ④	1.32	D級岩盤及びC _L 級岩盤が分布すること、1:1.3の急勾配であること、シームが分布すること、及び⑫-⑫'断面に比べ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。	-
⑮-⑮'	C _M , C _L , D級	48m	1:1.5	あり:2条	①, ④	2.40	⑫-⑫'断面に比べ、斜面高さが低いこと、平均勾配が緩いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑫-⑫'断面の評価に代表させる。	-
⑯-⑯'	C _M , C _L 級	25m	1:1.5	なし	①	2.90	⑫-⑫'断面に比べ、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、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑫-⑫'断面の評価に代表させる。	○

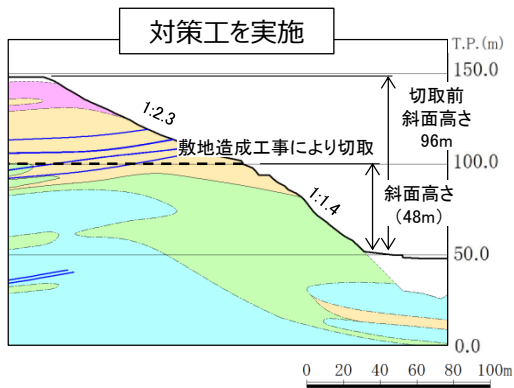
 : 番号を付与する影響要因
 : 影響要因の番号付与数が多い (簡便法のすべり安全率が小さい)
 : 選定した評価対象斜面

※「島根原子力発電所2号炉 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について」(現在, 審議中)

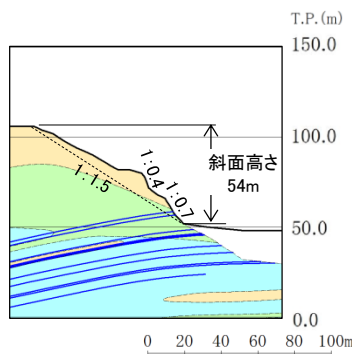
6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④)
評価対象断面の選定結果 グループB (T.P.+44~50m程度) (2/3)



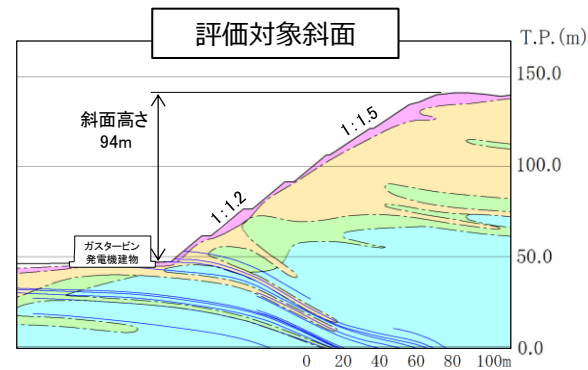
6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 評価対象断面の選定結果 グループB (T.P.+44~50m程度) (3/3)



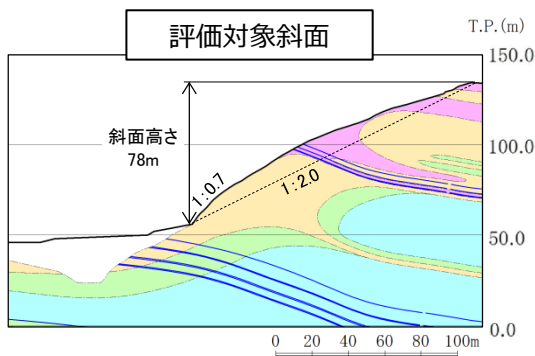
⑩ - ⑩'断面



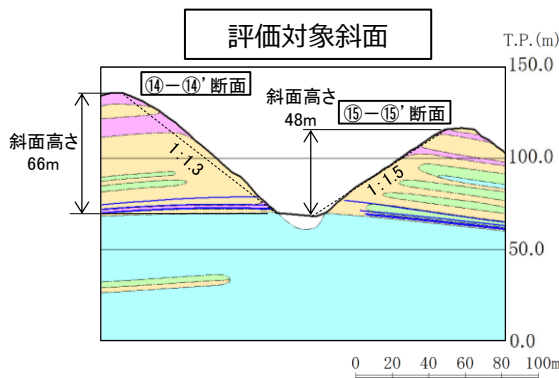
⑪ - ⑪'断面



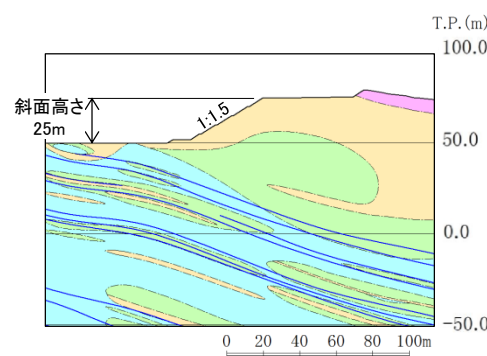
⑫ - ⑫'断面



⑬ - ⑬'断面



⑭ - ⑭', ⑮ - ⑮'断面



⑯ - ⑯'断面



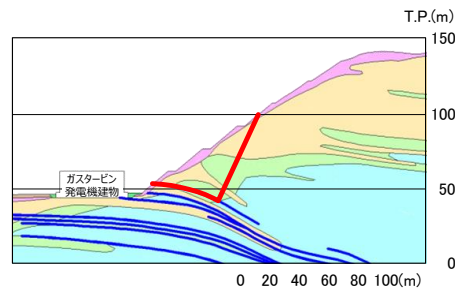
6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 評価結果 グループB (T.P.+44~50m程度)

- グループB (T.P.+44m~50m) の評価対象斜面について、基準地震動 S s による2次元動的 F E M解析を実施した結果、最小すべり安全率 (平均強度) が評価基準値1.0を上回っており、安定性を有することを確認した。



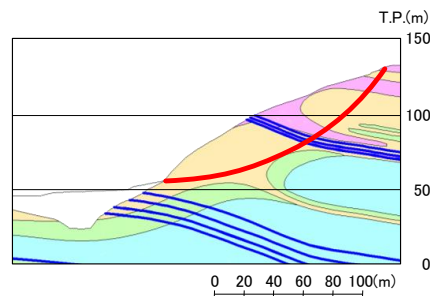
【凡例】

- : 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
- : 最小すべり安全率のすべり面



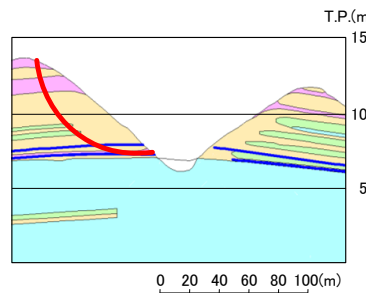
⑫-⑫'断面

基準地震動 S s	すべり安全率
Ss-D	3.81
Ss-N ₁	2.07
Ss-N ₂	4.06



⑬-⑬'断面

基準地震動 S s	すべり安全率
Ss-D	1.51
Ss-N ₁	1.47
Ss-N ₂	1.82



⑭-⑭'断面

基準地震動 S s	すべり安全率
Ss-D	1.53
Ss-N ₁	2.48
Ss-N ₂	2.42

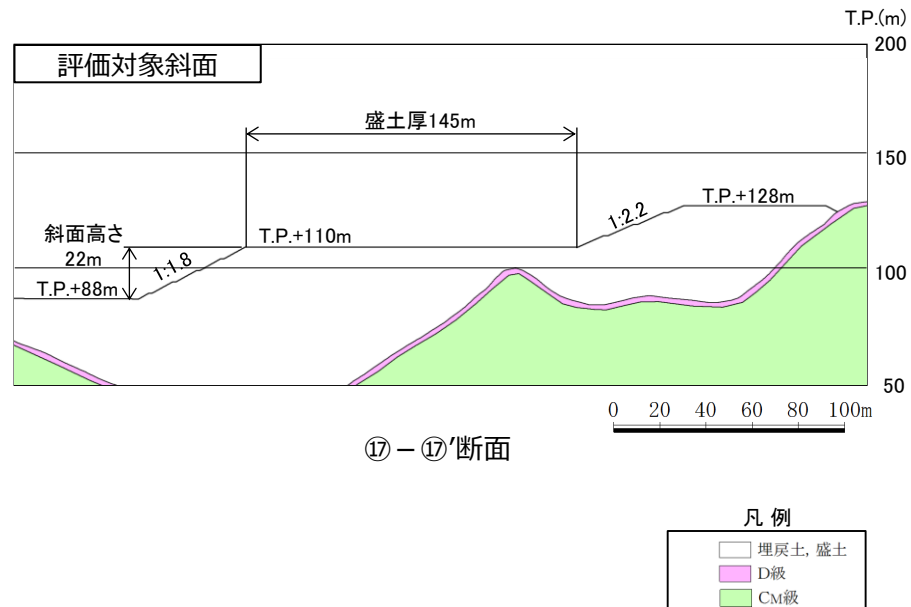
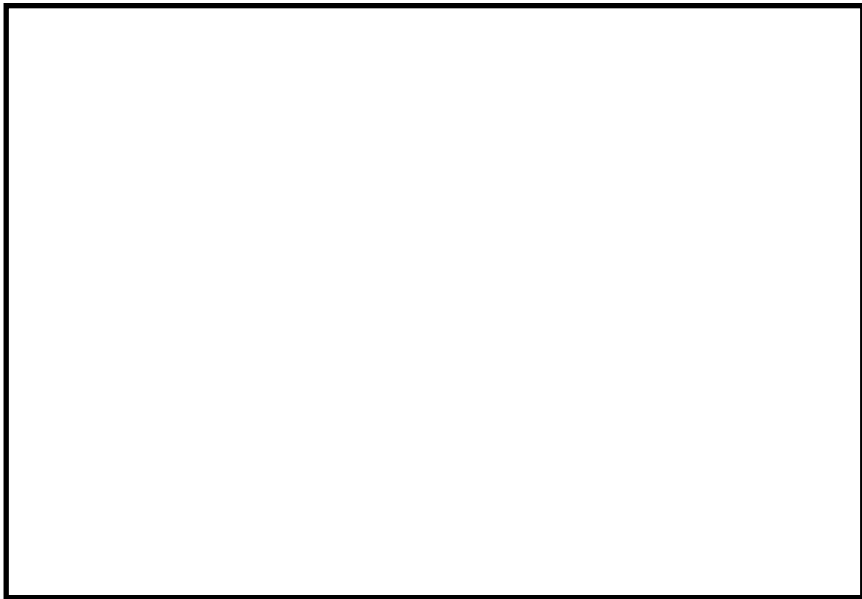
6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 評価対象断面の選定結果 グループC (T.P.+88m程度) (盛土) (1/2)

- グループC (T.P.+88m) の斜面は、法尻標高T.P.+88m付近の盛土斜面が1箇所のみであることから、⑰-⑰'断面を2次元動的FEM解析の評価対象斜面に選定した。
- グループC (T.P.+88m) の斜面の断面位置及び地質断面図を次頁に示す。

保管場所・アクセスルートに影響するおそれのある斜面	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	耐震重要施設等の周辺斜面※における検討断面
	【影響要因①】盛土厚	【影響要因②】斜面高さ	【影響要因③】斜面の勾配				
⑰-⑰'	145m	22m	1:1.8	-	2.69	グループCの斜面については、斜面が⑰-⑰'断面のみのため、当該斜面を評価対象斜面に選定する。	-

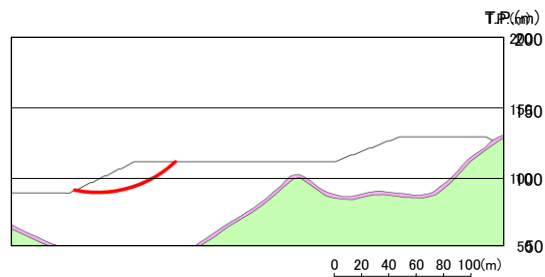
※「島根原子力発電所2号炉 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について」(現在、審議中)

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 評価対象断面の選定結果 グループC (T.P.+88m程度) (盛土) (2/2)



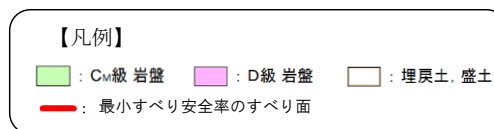
6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 評価結果 グループC (T.P.+88m程度) (盛土)

- グループC (T.P.+88m) の評価対象斜面について、基準地震動 S_s による2次元動的 FEM解析を実施した結果、最小すべり安全率 (平均強度) が評価基準値1.0を上回っており、安定性を有することを確認した。



基準地震動 S_s	すべり安全率
S_s -D	2.30
S_s - N_1	2.25
S_s - N_2	2.17

⑬-⑰断面



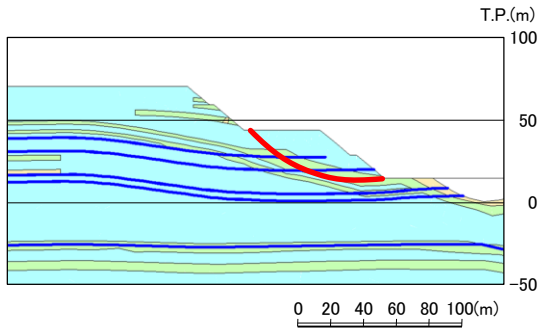
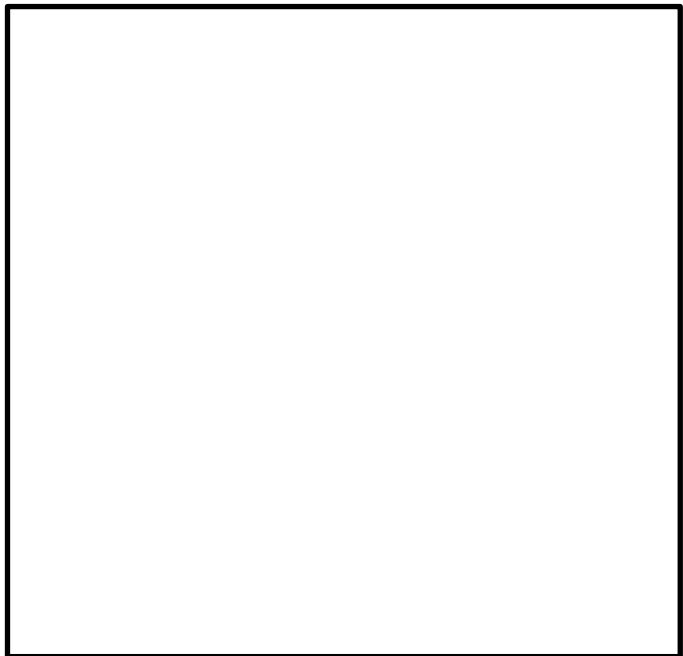
6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 評価結果 対策工 (切取) を実施した斜面

■ 評価方法

- 敷地造成工事に伴って頂部の切取を行った斜面について、切取後の斜面で安定性評価を実施した。

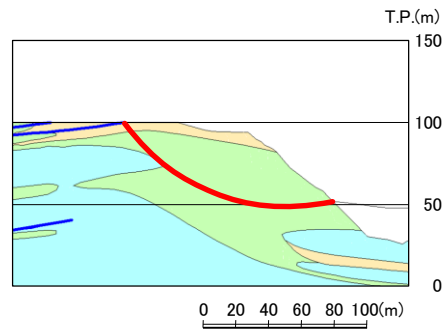
■ 評価結果

- 基準地震動 S_s による2次元動的 FEM解析を実施した結果、最小すべり安全率 (平均強度) が評価基準値1.0を上回っており、安定性を有することを確認した。



基準地震動 S_s	すべり安全率
Ss-D	3.81
Ss-N ₁	2.07
Ss-N ₂	4.06

③-③'断面



基準地震動 S_s	すべり安全率
Ss-D	1.51
Ss-N ₁	1.47
Ss-N ₂	1.82

⑩-⑩'断面

【凡例】

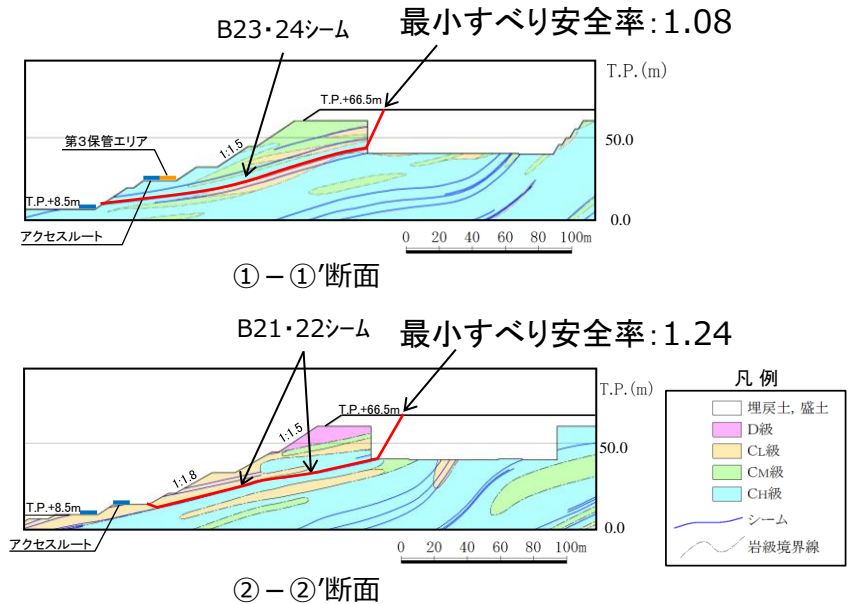
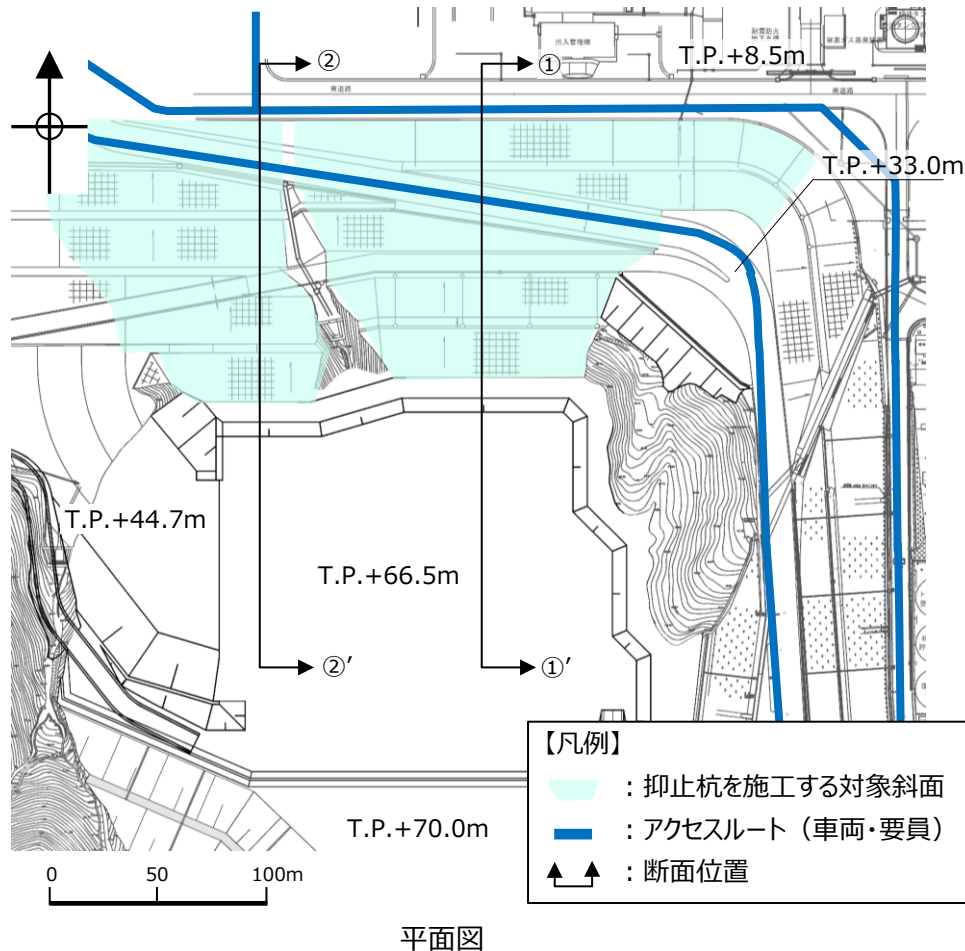
- : 対策工 (斜面切取) を実施した斜面
- : 可搬型設備の保管場所
- : アクセスルート (車両・要員) ※破線は要員のみ
- : サブルート (車両・要員) ※破線は要員のみ
- : 斜面の断面位置 \Rightarrow : すべり方向

【凡例】

- : C_{II}級 岩盤
- : C_{III}級 岩盤
- : C_I級 岩盤
- : 埋戻土、盛土
- : シーム
- : 最小すべり安全率のすべり面

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 抑止杭を設置した斜面の安定性評価 (基本方針)

- 抑止杭を施工する対象斜面 (平面図参照) は、敷地造成工事に伴って頂部の切り取りを行っており、下表に示すとおり、平均強度によりすべり安全率1.0を上回ることを確認している。
- すべり安全率の裕度が小さい (すべり安全率1.08) ことから、地震による斜面崩壊の防止措置を講ずるための敷地内土木構造物として、抑止杭を設置することとした。

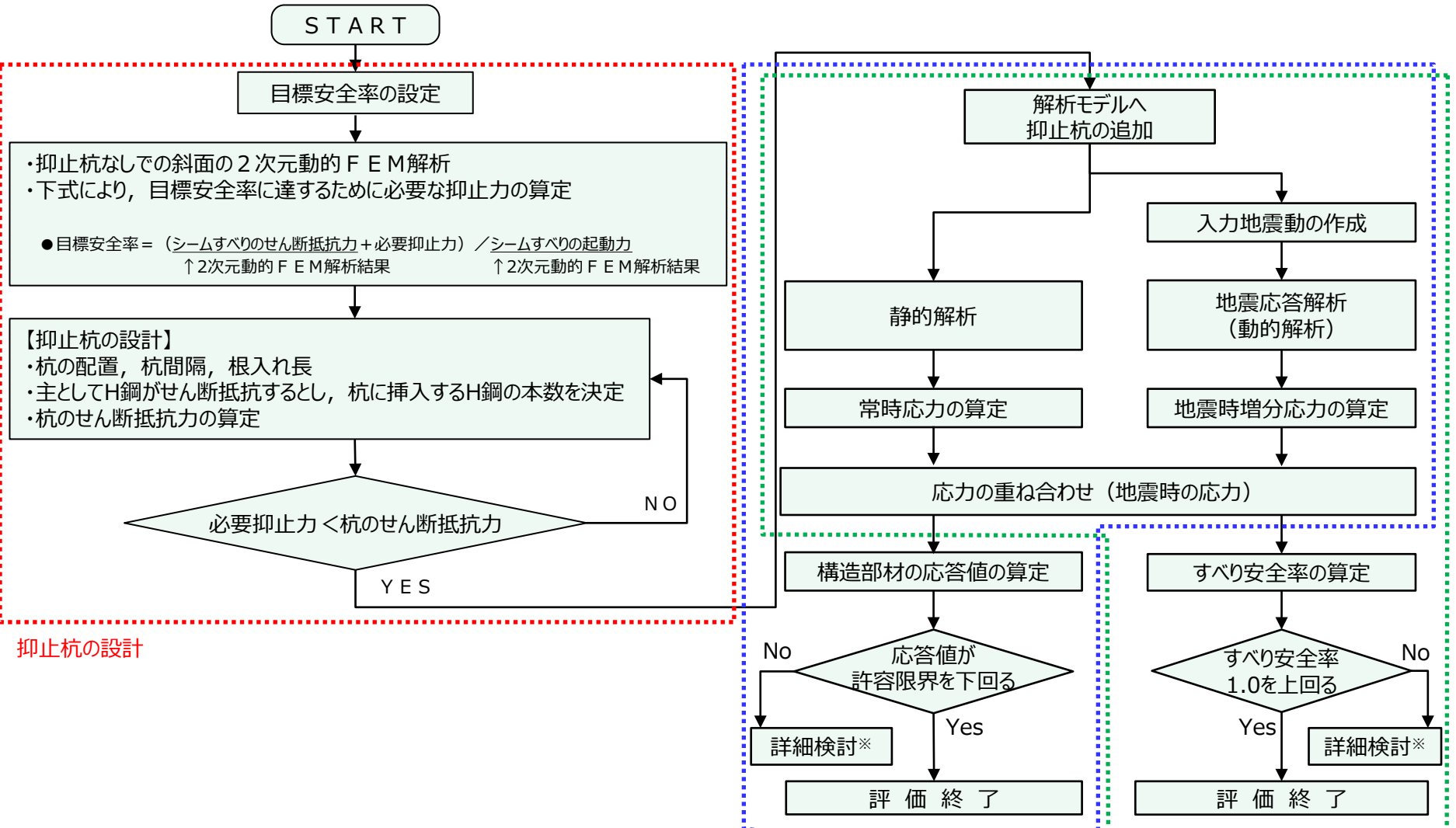


抑止杭を施工する対象斜面のすべり安全率 (抑止杭なし)

基準地震動 S s	すべり安全率 (平均強度)	
	①-①'断面	②-②'断面
Ss-D	1.08	1.24
Ss-N ₁	1.25	1.57
Ss-N ₂	1.32	1.58

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 抑止杭を設置した斜面の安定性評価 (評価フロー)

• 対策工（抑止杭）を設置した斜面の安定性評価フローを以下に示す。



抑止杭の設計

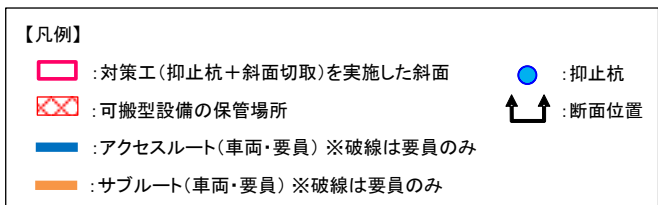
敷地内土木構造物 (抑止杭)の耐震評価

抑止杭を設置した斜面の安定性評価

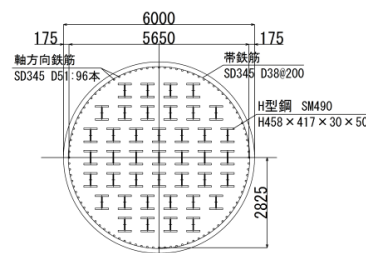
※ 検討内容に応じて、必要なプロセスへ戻る

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 抑止杭を設置した斜面の安定性評価 (位置及び構造概要)

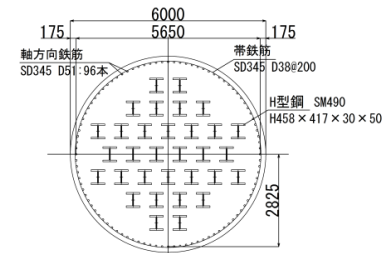
- 抑止杭を設置した斜面の位置図を下図に示す。
- 抑止杭は、深礎杭の中にH鋼を建込んでおり、シームのすべりを抑止するため、シームのすべり方向（シームの最急勾配方向は北傾斜のため北方向となる）に対して直交するように縦列に配置している。



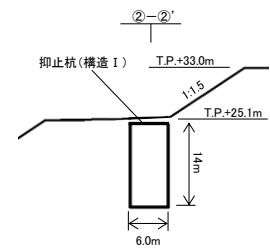
抑止杭配置平面図



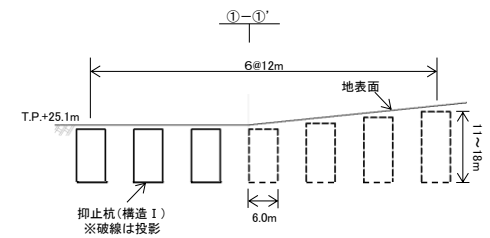
構造 I



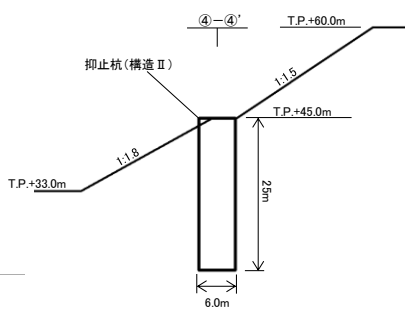
構造 II



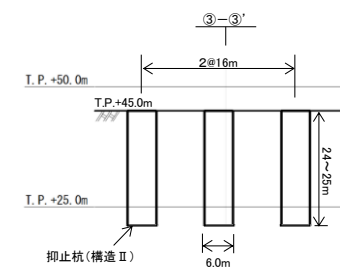
①-①'断面図



②-②'断面図



③-③'断面図



④-④'断面図

抑止杭概要図

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 抑止杭を設置した斜面の安定性評価 (①耐震評価, 評価方針及び適用規格)

■ 評価方針

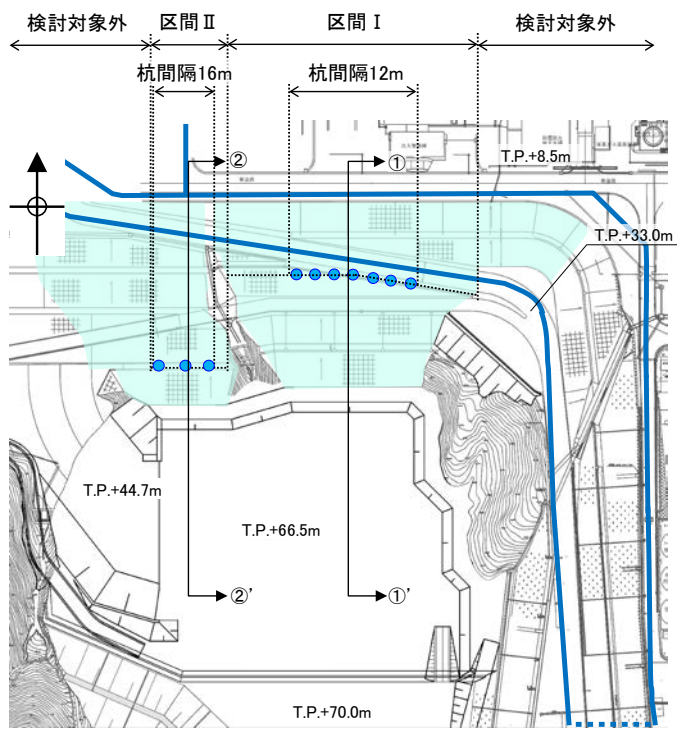
- 敷地内土木構造物である抑止杭について、基準地震動 S_s が作用した場合に、敷地内土木構造物の機能が維持されていることを確認するため、耐震評価を実施する。耐震評価においては、地震応答解析結果における照査用応答値が許容限界値を下回ることを確認する。

■ 適用規格

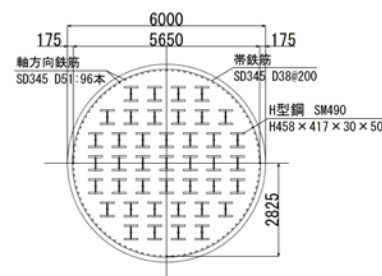
- 最新斜面・土留め技術総覧(最新斜面・土留め技術総覧編集委員会, 1991年)
- 斜面上の深礎基礎設計施工便覧((社)日本道路協会, 2012年3月)
- コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕((社)土木学会, 2002年3月)
- 道路橋示方書・同解説(Ⅰ 共通編・Ⅱ 鋼橋編)((社)日本道路協会, 2002年3月)
- 道路橋示方書・同解説(Ⅰ 共通編・Ⅳ 下部構造編)((社)日本道路協会, 2002年3月)

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 抑止杭を設置した斜面の安定性評価 (①耐震評価, 評価対象斜面の選定 (1/2))

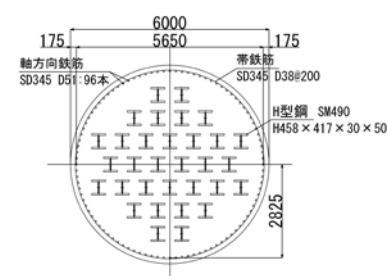
- 評価対象斜面について、構造物の配置、地形及び地質・地質構造を考慮し、構造物の耐震評価上、最も厳しくなると考えられる位置を選定する。
- 構造物の配置の観点から、下図に示すとおり、対象斜面は以下の2つの区間に分けられる。それぞれの区間は、抑止杭の効果을期待する範囲とし、それ以外は斜面高さが低いことから除外している。
 - 区間 I : 抑止杭の構造 I が12m間隔で7本配置されている山体
 - 区間 II : 抑止杭の構造 II が16m間隔で3本配置されている山体



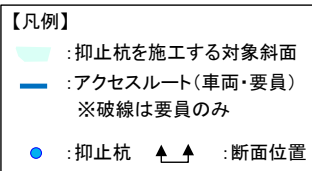
平面図



抑止杭構造図 (構造 I)



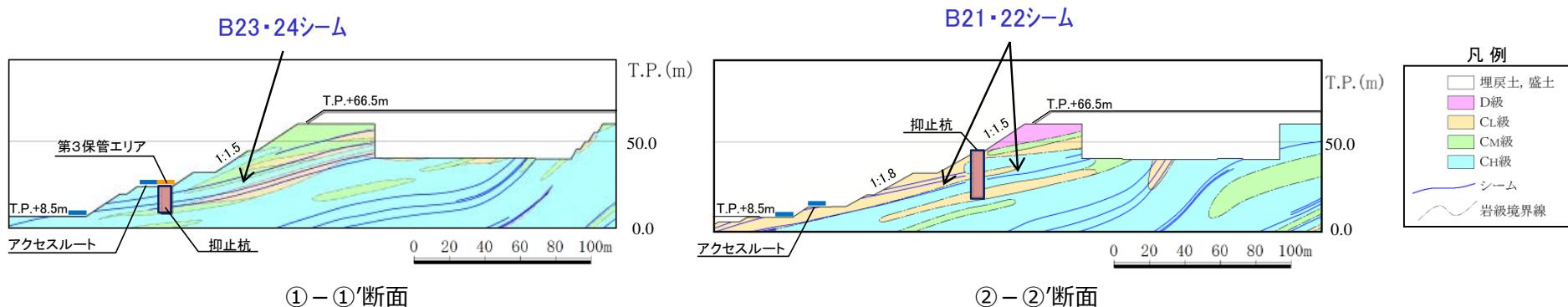
抑止杭構造図 (構造 II)



抑止杭の配置パターン図

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 抑止杭を設置した斜面の安定性評価 (①耐震評価, 評価対象斜面の選定 (2/2))

- 地形及び地質・地質構造の観点から、区間 I 及び区間 II における岩級・シーム鉛直断面図を下図に、当該断面図を用いてそれぞれの地形及び地質・地質構造を比較した結果を下表に示す。
- 比較検討の結果、各区間において地形及び地質・地質構造が異なるため、両者を評価対象斜面に選定した。



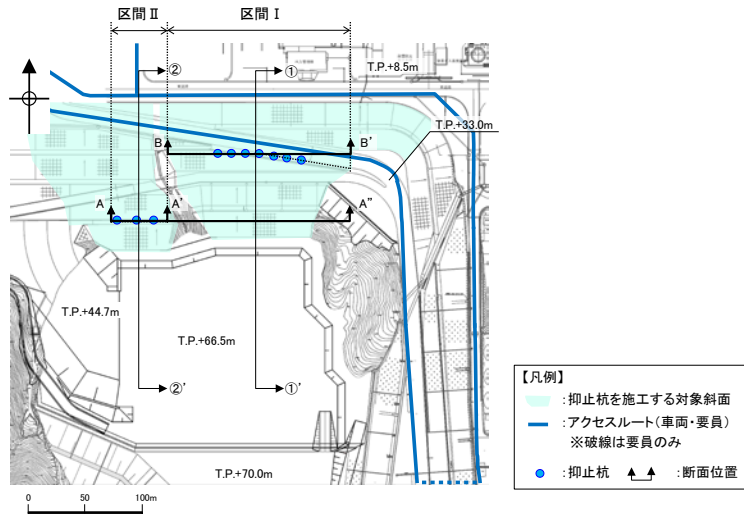
区間 I 及び区間 II における岩級・シーム鉛直断面図

各区間における地形及び地質・地質構造の比較結果

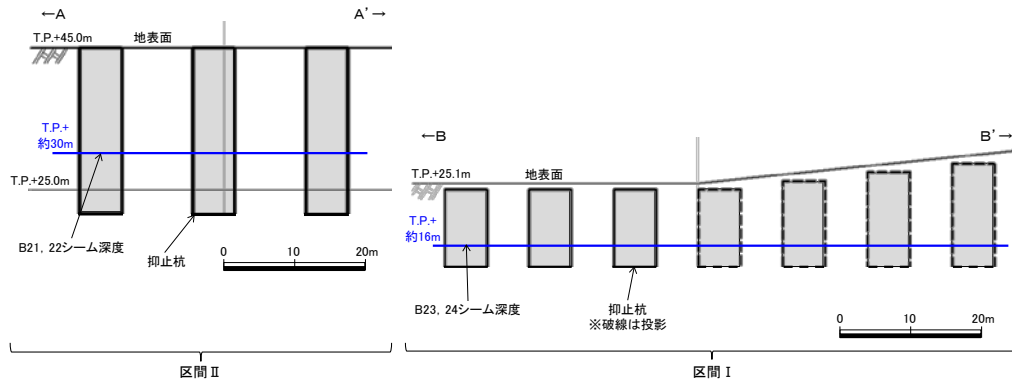
区間	地形		地質・地質構造	
	斜面高さ (m)	切取勾配	岩級	シームの分布
区間 I (①-①'断面)	58	1 : 1.5	C _M ~C _H 級主体	B23・24シーム等が連続して分布。
区間 II (②-②'断面)	58	1 : 1.5 下部は1 : 1.8	C _M ~C _H 級主体, 頂部にD級が分布	B21・22シーム等が連続して分布。

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 抑止杭を設置した斜面の安定性評価 (①耐震評価, 評価対象断面の選定)

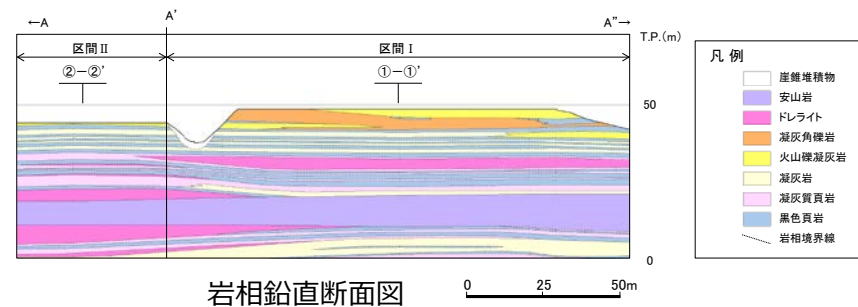
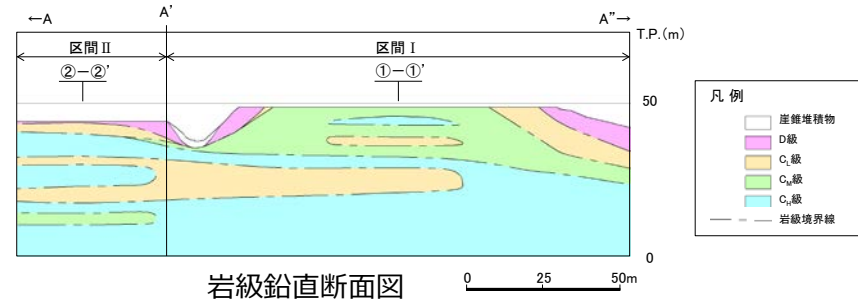
- 評価対象斜面に選定した区間Ⅰ及び区間Ⅱにおいて、地形及び地質・地質構造を考慮し、構造物の耐震評価上、最も厳しくなると考えられる断面位置を評価断面に設定する。
- 抑止杭の評価断面については、下図に示すとおり、各区間において地質が東西方向に概ね一様であることを踏まえ、斜面高さが各区間の中央位置において、最急勾配となる方向に①-①'断面及び②-②'断面を設定した。



区間Ⅰ及び区間Ⅱの断面位置平面図



区間Ⅰ及び区間Ⅱのシーム分布図



6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 抑止杭を設置した斜面の安定性評価 (①耐震評価, 解析用物性値)

■ 解析用物性値 (地盤)

- 地盤の解析用物性値については、「島根原子力発電所 2号炉 耐震重要施設及び常設重大等対処施設の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について」(現在, 審議中)の物性値を用いる。

■ 解析用物性値 (抑止杭, 物理特性・変形特性)

- 抑止杭の単位奥行当たりの解析用物性値を下表に示す。

抑止杭の単位奥行当たりの解析用物性値

対象斜面	断面積比により合成して設定			鉄筋コンクリートの物性値を設定	
	単位体積重量 (kN/m ³)	静弾性係数 (×10 ³ N/mm ²)	動せん断弾性係数 (×10 ³ N/mm ²)	ポアソン比	減衰 (%)
①-①'	25.9	11.34	8.52	0.20	5
②-②'	25.8	12.97	5.66	0.20	5

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 抑止杭を設置した斜面の安定性評価 (①耐震評価, 抑止杭に期待する効果等)

・ 島根原子力発電所の抑止杭に期待する効果及び効果を発揮するためのメカニズムを下表に示す。

期待する効果	効果を発揮するためのメカニズム	部位 (材質)	イメージ図
シームを通るすべりによる発生せん断力に抵抗する。	<ul style="list-style-type: none"> シームを通るすべりが発生した際に生じるせん断力に対して, 主にH鋼が負担する。 	H鋼, コンクリート, 帯鉄筋	
シームを通るすべりによる発生曲げモーメントに抵抗する。	<ul style="list-style-type: none"> シームを通るすべりが発生した際に生じる曲げモーメントに対して, コンクリートが圧縮力を負担する。 シームを通るすべりが発生した際に生じる曲げモーメントに対して, 軸方向鉄筋が引張力を負担する。 	コンクリート (圧縮) 軸方向鉄筋 (引張)	

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 抑止杭を設置した斜面の安定性評価 (①耐震評価, 許容限界 (1/2))

杭の1本当たりの許容せん断抵抗力は、最新斜面・土留め技術総覧(最新斜面・土留め技術総覧編集委員会, 1991年)に基づき、下式により算定した。結果は下表のとおり。なお、杭のせん断抵抗力の算定では、H鋼がコンクリートに拘束されていることを考慮し、H鋼の全断面を考慮して算定を行う。

$$S_a = \gamma_p \cdot A_p / \alpha + \gamma_H \cdot A_H$$

S_a : 杭材の許容せん断力 (N/mm²),
 γ_p : 杭材の許容せん断応力度 (N/mm²), A_p : 杭材の断面積 (mm²)
 γ_H : せん断補強材の許容せん断応力度 (N/mm²), A_H : せん断補強材の断面積 (mm²)
 α : 最大応力度 / 平均応力度

抑止杭 1 本当たりの許容せん断抵抗力 S_k

材料	許容せん断応力度 (N/mm ²)	断面積A (mm ²)		許容せん断抵抗力 (kN)	
		①-①'断面	②-②'断面	①-①'断面	②-②'断面
コンクリート	0.90※1	2.51×10 ⁷	2.56×10 ⁷	14,256※4	14,526※4
帯鉄筋	323※2	1.14 × 10 ³		16,585※5	16,585※5
H鋼	150※3	2.167×10 ⁶ (41本)	1.692×10 ⁶ (32本)	325,089	253,728
抑止杭 (合計)				355,930	284,839

抑止杭 1 本当たりの許容せん断抵抗力 S_k

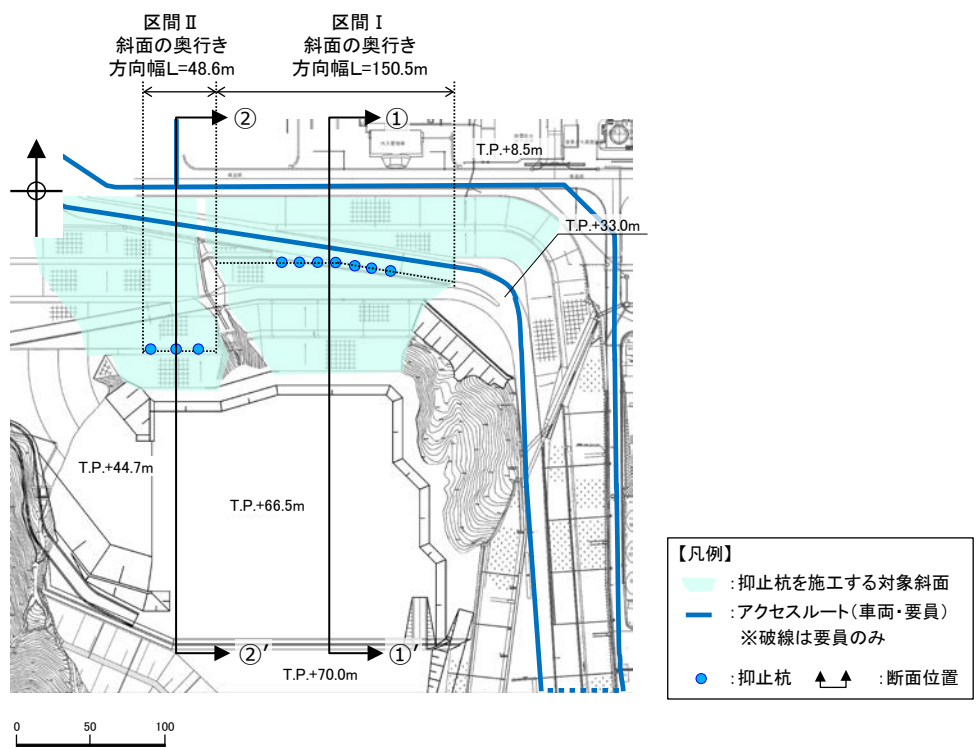
※1: コンクリート標準示方書[構造性能照査編] ((社)土木学会, 2002年)に基づき、コンクリート ($f_c = 24\text{N/mm}^2$) の許容せん断応力度: 0.45 N/mm^2 の2倍の強度割増し (一時的な荷重又は極めてまれな荷重) を行う。
 ※2: コンクリート標準示方書[構造性能照査編] ((社)土木学会, 2002年)に基づき、鉄筋 (SD345) の許容引張応力度: 196 N/mm^2 の1.65倍の強度割増し (一時的な荷重又は極めてまれな荷重) を行う。
 ※3: 道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編 ((社)日本道路協会, 2002年)に基づき、H鋼の許容せん断応力度: 100 N/mm^2 の1.5倍の強度割増し (地震荷重) を行う。
 ※4: 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編 ((社)日本道路協会, 2002年)に基づき右式により設定。 $S_c = \tau_{ca} \times 0.6 \times 1.06 \times A$
 ここで、 S_c : コンクリートの許容せん断抵抗力, τ_{ca} : コンクリートの許容せん断応力度, A : コンクリートの断面積
 ※5: 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編 ((社)日本道路協会, 2002年)に基づき右式により設定。 $S_s = A_s \times \sigma_{sa} \times d (\sin 90^\circ + \cos 90^\circ) / (1.15 \times s)$
 ここで、 S_s : 帯鉄筋の許容せん断抵抗力, σ_{sa} : 帯鉄筋の許容引張応力度, A_s : 鉄筋の断面積, d : 部材断面の有効高 (=5,180mm), s : 帯鉄筋の部材軸方向の間隔 (=200mm)

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 抑止杭を設置した斜面の安定性評価 (①耐震評価, 許容限界 (2/2))

- 杭の1本当たりの許容せん断抵抗力に基づき、耐震照査に用いる抑止杭の単位奥行当たりの許容せん断抵抗力について下表のとおり算定した。

抑止杭の単位奥行当たりの許容せん断抵抗力RK

断面	1本当たりの許容せん断抵抗力 Sk (kN)	杭本数 n (本)	斜面の奥行方向幅 L (m)	単位奥行当たりの許容せん断抵抗力 (kN/m)
①-①'断面	355,930	7	150.52	16,553
②-②'断面	284,839	3	48.62	17,576



平面図

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 抑止杭を設置した斜面の安定性評価 (①耐震評価, 解析条件)

■ 地震応答解析手法

- 2次元動的FEM解析 (等価線形化法) により耐震評価を行う。

■ 解析モデルの設定

- 解析モデルの設定方法を以下に示す。解析モデルには、地盤及び敷地内土木構造物として設定されている抑止杭をモデル化した。

項目	設定方法
解析領域	側面境界及び底面境界は、斜面頂部や法尻からの距離が十分確保できる位置に設定した。
境界条件	エネルギーの逸散効果を評価するため、側面はエネルギー伝達境界、底面は粘性境界とした。
地盤のモデル化	平面ひずみ要素でモデル化する。シームはジョイント要素でモデル化した。
抑止杭のモデル化	平面ひずみ要素でモデル化した。
地下水位の設定	保守的に地表面に設定した。
減衰特性	JEAG4601-2015に基づき、岩盤の減衰を3%に設定した。抑止杭の減衰は、コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕(土木学会, 2002年)に基づき、5%に設定した。

■ 入力地震動

- 入力地震動については、「島根原子力発電所2号炉 耐震重要施設及び常設重大等対処施設の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について」(現在, 審議中)と同様のものを用いる。
- なお、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Ss-F1及びSs-F2については、応答スペクトル手法による基準地震動Ss-Dに包絡されるため、検討対象外とする。

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 抑止杭を設置した斜面の安定性評価 (①耐震評価, 照査結果)

- コンクリートの曲げ圧縮応力度, 鉄筋の引張応力度及びせん断力に対する照査結果を下表に示す。
- コンクリートの発生曲げ応力度, 鉄筋の引張応力度, せん断力はいずれも許容値を下回っていることを確認した。

コンクリートの曲げ圧縮応力度の照査結果

対象斜面	基準地震動	最大曲げモーメント発生時のコンクリートの 曲げ圧縮応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	照査値	判定
①-①'	Ss-D (+,-)	1.7	18	0.096	OK
②-②'	Ss-D (-,+)	2.8	18	0.154	OK

鉄筋の引張応力度の照査結果

対象斜面	基準地震動	最大曲げモーメント発生時の鉄筋の 最大引張応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	照査値	判定
①-①'	Ss-D (+,-)	0.0 (全圧縮)	323	0.000	OK
②-②'	Ss-D (-,+)	77	323	0.238	OK

抑止杭のせん断力の照査結果

対象斜面	基準地震動	発生最大せん断力 (kN/m)	許容値 (kN/m)	照査値	判定
①-①'	Ss-D (+,-)	2,794	16,553	0.169	OK
②-②'	Ss-D (+,-)	3,015	17,576	0.172	OK

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 抑止杭を設置した斜面の安定性評価 (②安定性評価, 評価方針及び適用規格)

■ 評価方針

- 抑止杭を設置した斜面について、基準地震動 S_s によるすべり安定性評価を実施する。
- すべり安定性評価については、想定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たすべり安全率が評価基準値を上回ることを確認する。

■ 適用規格, 評価対象斜面・評価対象断面の選定, 解析用物性値等

- 抑止杭の耐震評価と同じとする。

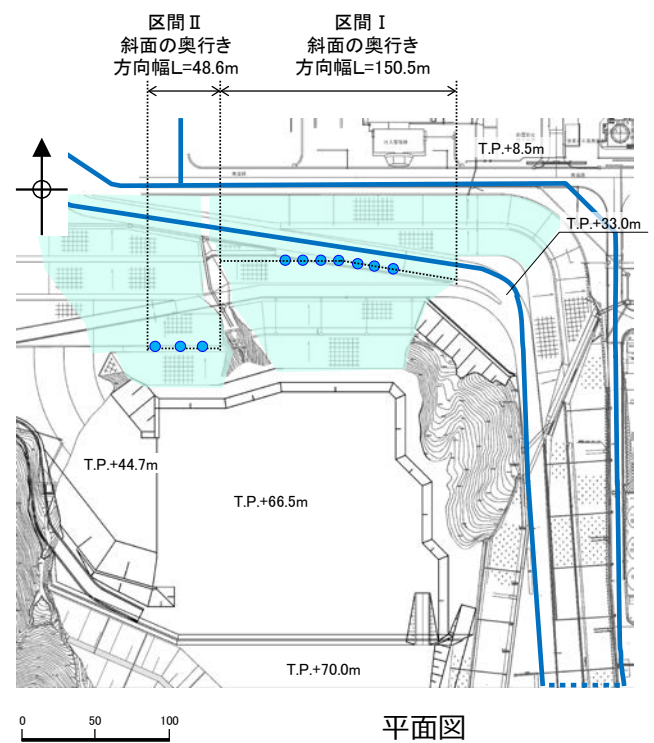
■ 評価基準値の設定

- すべり安定性評価では、すべり安全率が1.0を上回ることを確認する。

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 抑止杭を設置した斜面の安定性評価 (②安定性評価, すべり安全率の算定方法)

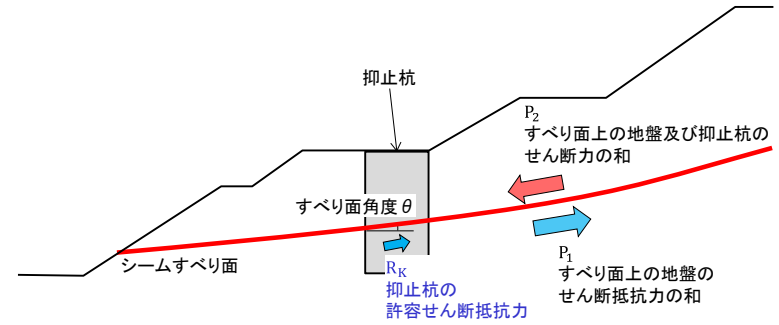
■ すべり安全率の算定方法

- すべり安全率の算定では、抑止杭のせん断抵抗力も見込む。
- 抑止杭のせん断抵抗力も見込んだシームすべりに対するすべり安全率算定の概念図を下図に示す。



【凡例】

- : 抑止杭を施工する対象斜面
- : アクセスルート(車両・要員)
※破線は要員のみ
- : 抑止杭 ↑↑ : 断面位置



$$R_K = \frac{n \times S_K + S_G}{\cos\theta} \times \frac{1}{L} \Rightarrow F_S = \frac{P_1 + R_K}{P_2}$$

↑
抑止杭の効果を期待する範囲の幅

↑
すべり安全率

抑止杭のせん断抵抗力算出イメージ断面図

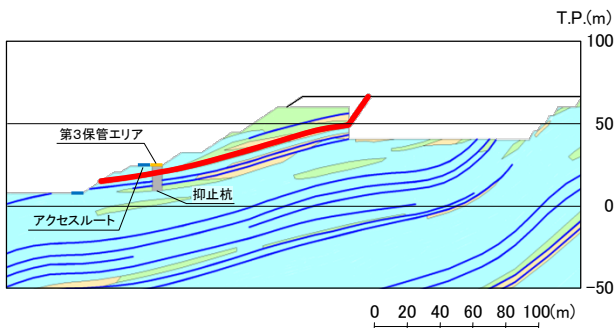
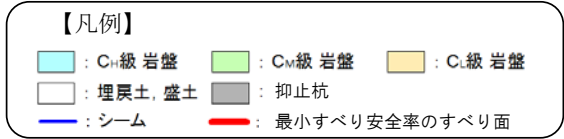
断面図 (概念図)

シームすべりに対する抑止杭のせん断抵抗力算出概要図

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスマートの評価 (③, ④) 抑止杭を設置した斜面の安定性評価 (②安定性評価, 評価結果 (1/2))

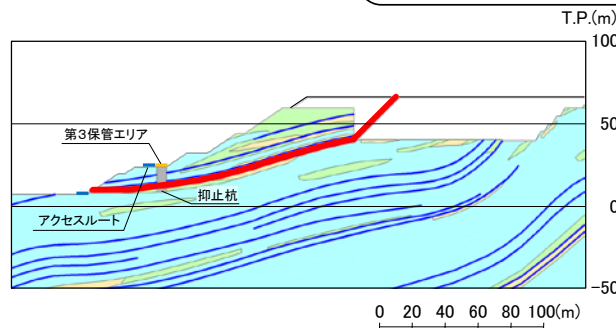
【①-①'断面】

- すべり安定性評価結果を以下に示す。
- 最小すべり安全率 (平均強度) が評価基準値1.0を上回っており, 安定性を有することを確認した。
- 上記の結果が最小となったケースに対して, 地盤物性のばらつき (平均強度 - 1.0 × 標準偏差 (σ)) を考慮した場合でも, 最小すべり安全率が評価基準値1.0を上回っており, 安定性を有することを確認した。



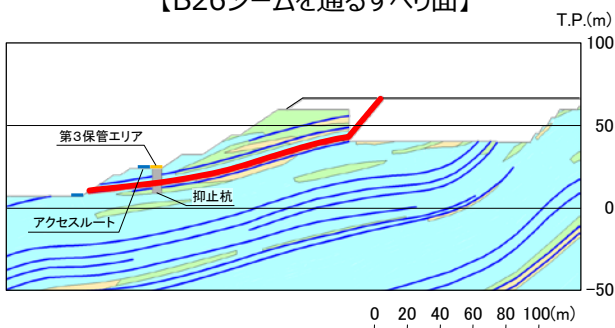
基準地震動 S s	すべり 安全率
Ss-D	1.71
Ss-N ₁	2.03
Ss-N ₂	2.11

【B26シームを通るすべり面】



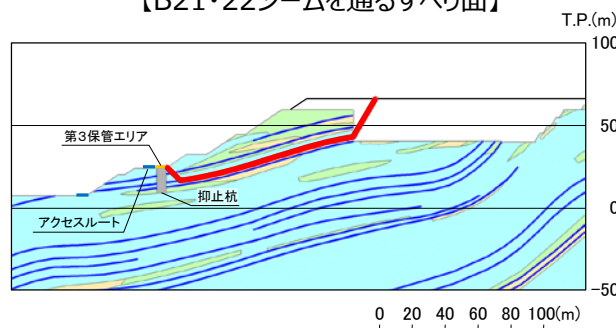
基準地震動 S s	すべり 安全率
Ss-D	1.80
Ss-N ₁	1.99
Ss-N ₂	2.18

【B21・22シームを通るすべり面】



基準地震動 S s	すべり 安全率
Ss-D	1.37 (1.21)
Ss-N ₁	1.57
Ss-N ₂	1.69

【B23・24シームを通るすべり面】



基準地震動 S s	すべり 安全率
Ss-D	1.60
Ss-N ₁	1.81
Ss-N ₂	1.97

【B23・24シームを通して抑止杭背後で切り上がるすべり面】

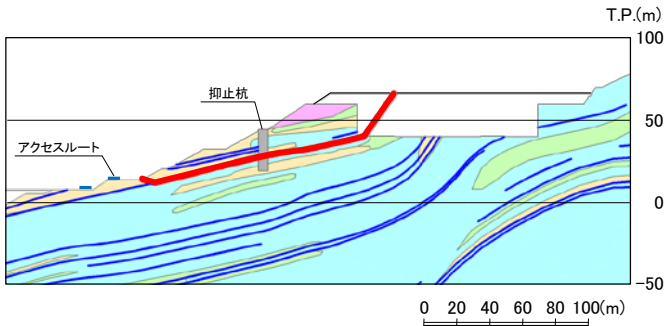
6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 抑止杭を設置した斜面の安定性評価 (②安定性評価, 評価結果 (2/2))

【②-②'断面】

- すべり安定性評価結果を以下に示す。
- 最小すべり安全率 (平均強度) が評価基準値1.0を上回っており, 安定性を有することを確認した。
- 上記の結果が最小となったケースに対して, 地盤物性のばらつき (平均強度 - 1.0 × 標準偏差 (σ)) を考慮した場合でも, 最小すべり安全率が評価基準値1.0を上回っており, 安定性を有することを確認した。

【凡例】

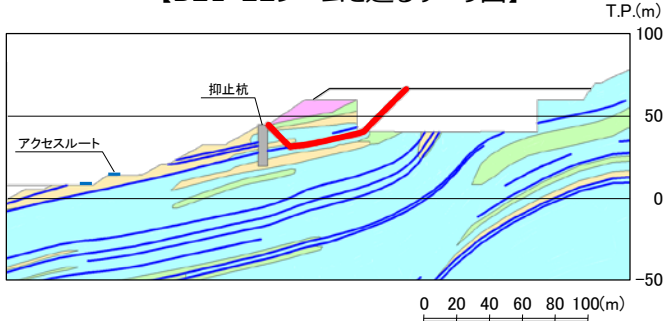
- C_H級岩盤 (Cyan)
- C_M級岩盤 (Green)
- C_L級岩盤 (Yellow)
- 埋戻土, 盛土 (White)
- 抑止杭 (Grey)
- シーム (Blue)
- 最小すべり安全率のすべり面 (Red)



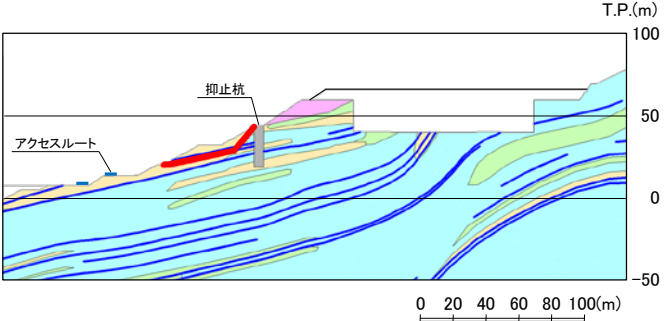
基準地震動 S s	すべり安全率
Ss-D	1.67 (1.49)
Ss-N ₁	2.10
Ss-N ₂	2.10

基準地震動 S s	すべり安全率
Ss-D	2.25
Ss-N ₁	2.58
Ss-N ₂	2.95

【B21・22シームを通るすべり面】



基準地震動 S s	すべり安全率
Ss-D	2.39
Ss-N ₁	2.50
Ss-N ₂	3.21



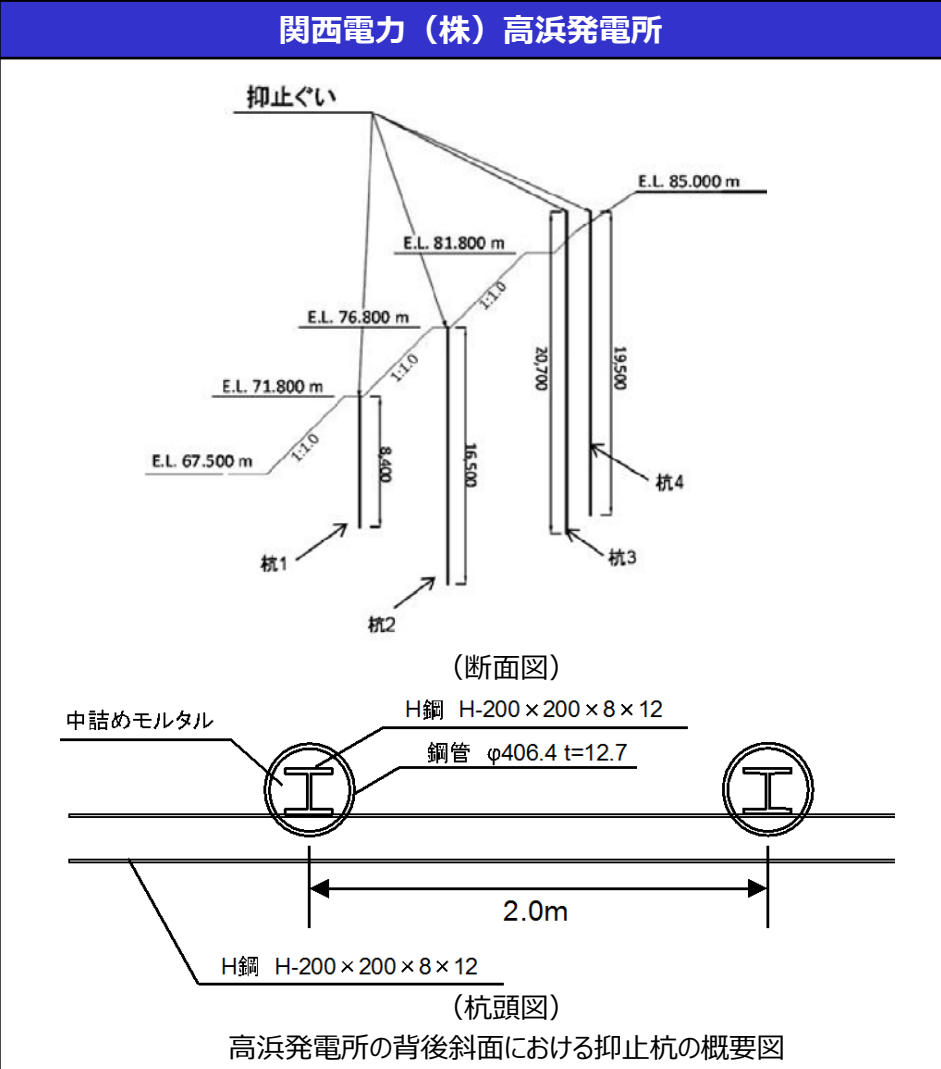
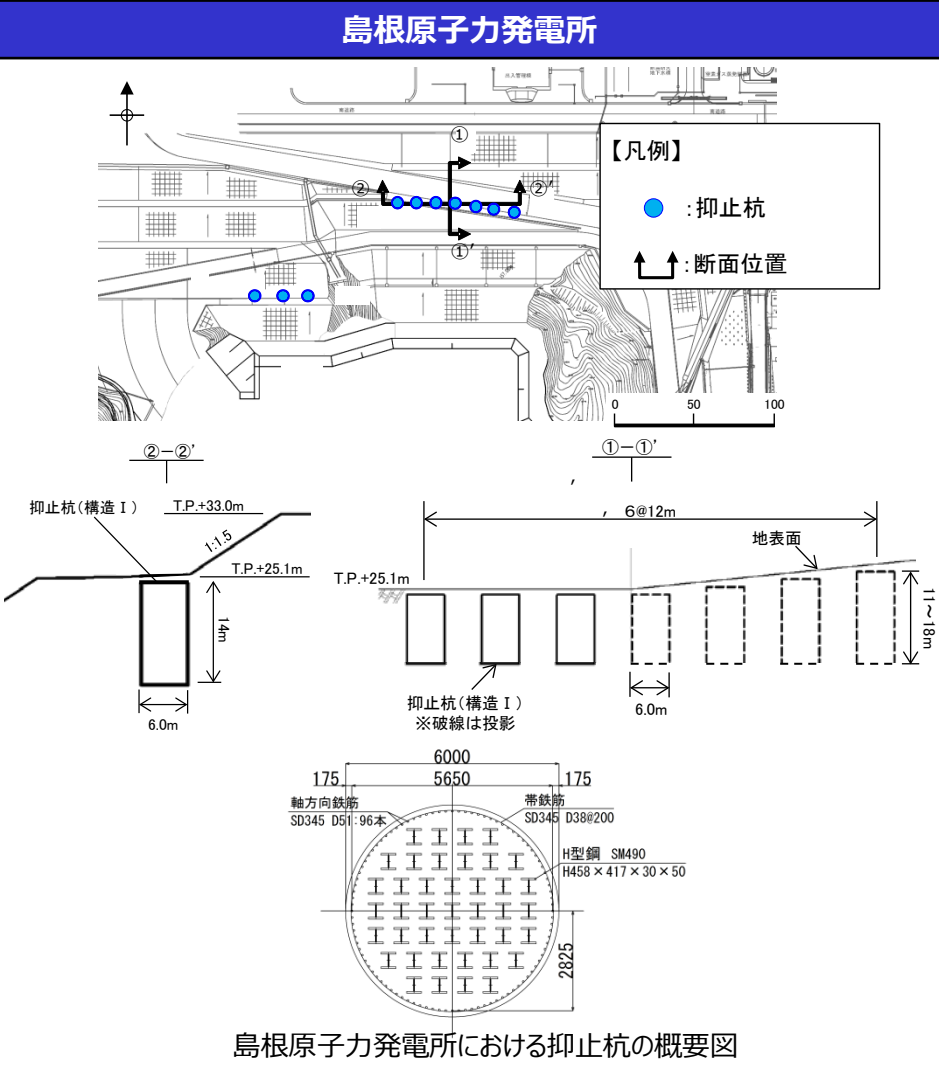
【B21・22シームを通過して法面に抜けるすべり面】

【B21・22シームを通過して抑止杭背後で切り上がるすべり面】

②-②'断面の評価結果

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 先行炉の抑止杭との比較検討 構造概要

- 島根原子力発電所の抑止杭は、深礎杭にH鋼でせん断補強を行っていることから、類似の先行炉における抑止杭として、関西電力 (株) 高浜発電所における鋼管杭を選定する。



※ 先行炉の情報に係る記載内容については、会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

6. 保管場所の評価（③，④），7. 屋外のアクセスルートの評価（③，④） 先行炉の抑止杭との比較検討 構造の類似点及び相違点

- 島根原子力発電所の抑止杭（深礎杭）の構造及び設計条件等に関する特徴を示すとともに、高浜発電所の抑止杭（鋼管杭）と比較を行い、類似点及び相違点を以下のとおり抽出した。
- 類似点についてはその適用性を、相違点についてはそれを踏まえた設計への反映事項を、それぞれ以下のとおり整理した。

島根原子力発電所と高浜発電所の抑止杭の構造

評価項目	島根原子力発電所 抑止杭の構造等	先行炉の構造等※	島根原子力発電所と先行炉との比較		先行炉実績との類似点を踏まえた設計方針の適用性	先行炉実績との相違点を踏まえた設計への反映事項
		関西電力(株) 高浜発電所 抑止杭	類似点	相違点		
抑止杭の構造	・岩盤内のシームすべりを抑止するため、岩盤に設置する。	・D級岩盤内のすべりを抑止するため、岩盤内に設置する。	・抑止杭を岩盤に設置。	-	・同様の設置状況である。	-
	・シームすべりに伴うせん断力に耐える構造とするため、深礎杭を採用する。	・鋼管杭を採用する。	-	・抑止杭の構造の違い	-	・深礎杭について、最新斜面・土留め技術総覧（1991年8月）に基づいて設計する。 ・深礎杭の一般産業施設の施工事例等を確認する。
	・H鋼を複数本挿入し、せん断補強を行う。	・H鋼を単数挿入し、せん断補強を行う。	・H鋼でせん断補強。	・H鋼の挿入本数の違い。	・同様のせん断補強を行っているため、先行炉のH鋼によるせん断補強の設計方針が適用可能である。	・H鋼の挿入本数のみの違いであるため、先行炉のH鋼によるせん断補強の設計方針が適用可能である。 ・H鋼を複数本挿入している一般産業施設の施工事例等を確認する。
設計方法	・すべり安全率算定に用いる抑止杭のせん断抵抗力： （コンクリート）短期許容応力度 （H鋼）短期許容応力度 （帯鉄筋）短期許容応力度	・すべり安全率算定に用いる抑止杭のせん断抵抗力： （鋼管）短期許容応力度 （H鋼）短期許容応力度	・抑止杭のせん断抵抗力の設定は許容応力度法に基づく。	-	・同じ許容応力度法により、同様の基準類（コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（2002年）及び道路橋示方書・同解説（平成14年3月））に基づいてせん断抵抗力を設定している。	-

※ 先行炉の情報に係る記載内容については、会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 先行炉の抑止杭との比較検討 参照している基準類

- 島根原子力発電所の抑止杭（深礎杭）の参照している基準類を示すとともに、高浜発電所の抑止杭（鋼管杭）と比較を行った。
- 類似点についてはその適用性を、相違点についてはそれを踏まえた設計への反映事項を、それぞれ以下のとおり整理した。

島根原子力発電所と高浜発電所の抑止杭の参照基準類

評価項目		参照している基準類 （【】内は適用範囲，工認ガイド等に記載されている基準類に下線）		先行炉との類似点を踏まえた適用性／ 相違点を踏まえた設計への反映事項
		島根原子力発電所	関西電力（株） 高浜発電所	
設計方法		最新斜面・土留め技術総覧（1991年）【杭工】	最新斜面・土留め技術総覧（1991年）【杭工】	・深礎杭は杭工であるため，適用可能。
抑止杭の せん断抵抗力	H鋼	道路橋示方書 II 鋼橋編（2002年） 【許容応力度】	道路橋示方書 II 鋼橋編（2002年） 【許容応力度】	・許容応力度法により設計しており，適用可能。
	コンクリート・鉄筋	<u>コンクリート標準示方書</u> [構造性能照査編]（2002年）【許容応力度】	—	・工認ガイド等に記載の基準類を参照し，許容応力度法により設計する。
	鋼管	—	道路橋示方書 II 鋼橋編（2002年） 【許容応力度】	—

※ 先行炉の情報に係る記載内容については，会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

6. 保管場所の評価 (③, ④) , 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 一般産業施設の適用事例

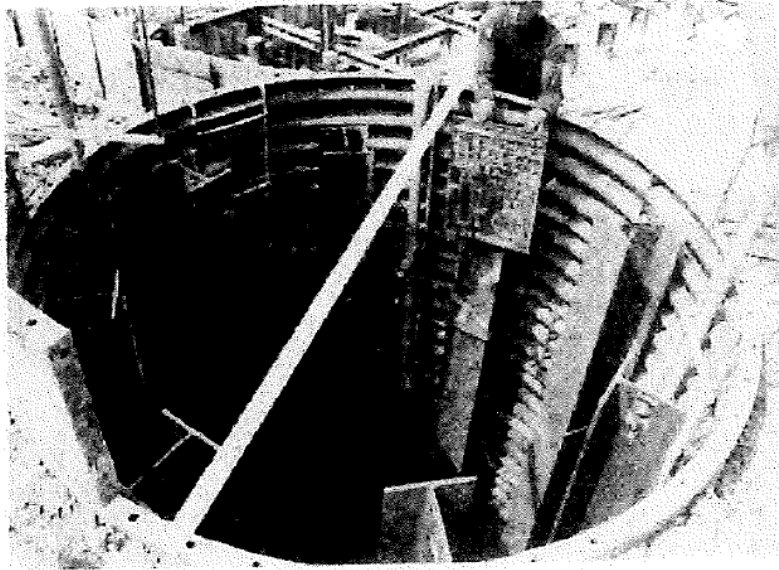
- 島根原子力発電所の抑止杭の特徴は「深礎杭」及び「H鋼をせん断補強材として複数本挿入」であることから、これらの特徴に類似する一般産業施設の設計・施行例を調査した。調査結果を下表に示す。

特徴	設計・施行例		
	施設・工事名称	施設の概要	概要頁
H鋼をせん断補強材として複数本挿入	北陸自動車道地蔵トンネル地すべり対策工事	<ul style="list-style-type: none"> 北陸自動車道地蔵トンネル西坑口付近に広く分布する地すべりの安定性を確保するため、径2.5mの深礎杭を7.5mの間隔で24本、径2.0mの深礎を6.0mの間隔で5本施工している。 せん断抵抗材として深礎杭内にH鋼を環状に挿入している。 	事例①
	地附山地すべり対策工事	<ul style="list-style-type: none"> 長野県地附山地すべりの安定性を確保するため、径5.1m、長さ33～61mの大口径鉄筋コンクリート杭を10m、15mの間隔で29本施工している。 効率的な配筋とするため、主筋に51mmの太鉄筋を用い、せん断補強としてH鋼を複数本挿入している。 	事例②
深礎杭	山際地区すべり対策工事	<ul style="list-style-type: none"> 大分県山際地区地すべり（幅約45m、奥行き約300m、推定すべり面層厚70m前後の尾根型岩盤すべり）の安定性を確保するため、径5.5m、長さ30～97mの深礎杭を16本施工している。 軸方向鉄筋及び帯鉄筋を円周状に4重に配置し、最大曲げモーメント発生位置付近に、D51のせん断補強筋を複数本挿入している。 	事例③
	北神線建設工事及び有馬線谷上駅移設工事のうち谷上第1工区土木工事	<ul style="list-style-type: none"> 六甲山周辺地域にて地すべりの安定性を確保するため、径3.5m、長さ33～35mの深礎杭を17本施工している。 主筋はD51を2段配筋としている。 	事例④

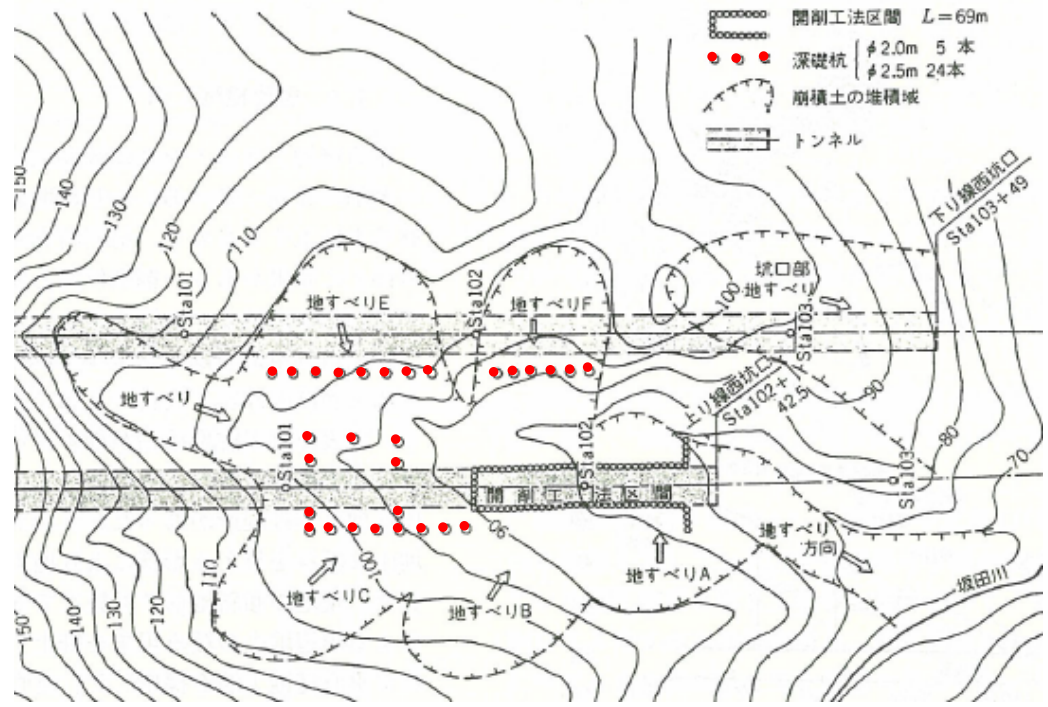
※ 設計・施行例の情報に係る記載内容については、公開情報をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 一般産業施設の適用事例 事例① 北陸自動車道地蔵トンネル地すべり対策工事

- 北陸自動車道地蔵トンネル西坑口付近に広く分布する地すべりの安定性を確保するため、径2.5mの深礎杭を7.5mの間隔で24本、径2.0mの深礎を6.0mの間隔で5本施工している。
- せん断抵抗材として深礎杭内にH鋼を環状に挿入している。



高松眞・内橋初義・宮崎晃：地すべり地帯の坑口施工 北陸自動車道地蔵トンネル, 1979年

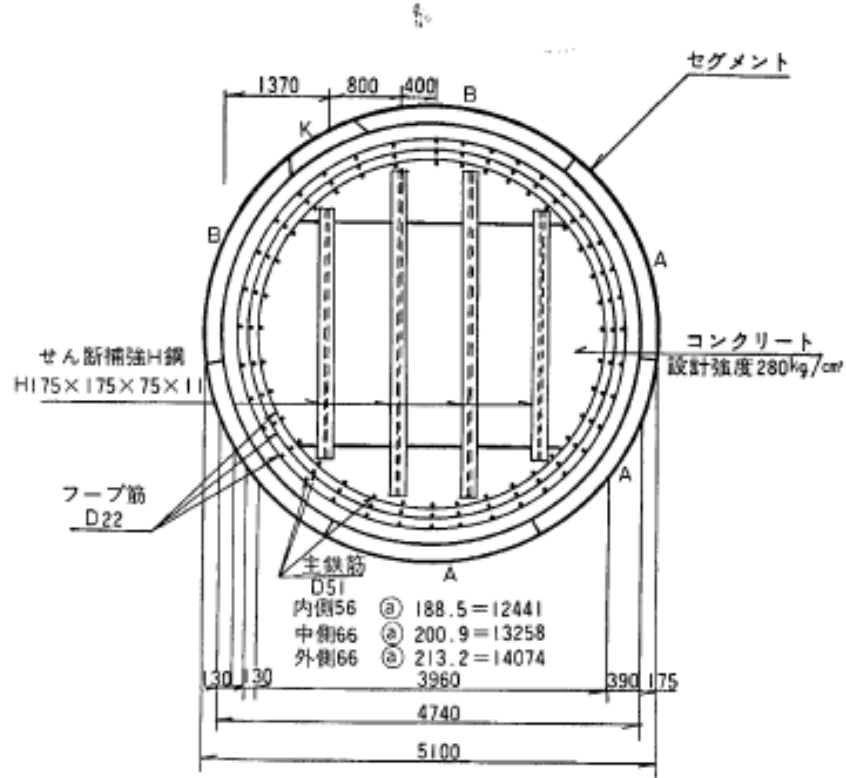
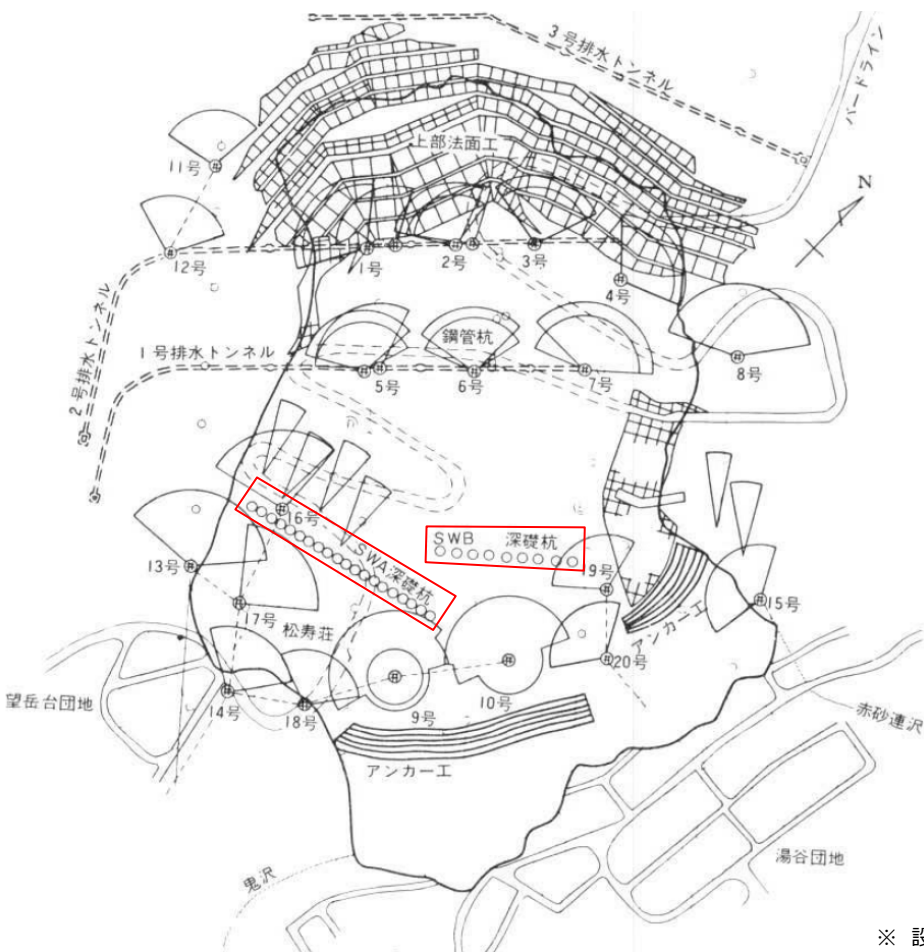


竹林亜夫・上野将司：地すべり地におけるトンネル掘削時の諸問題に関する地質工学的考察, 2004年 (一部加筆)

※ 設計・施行例の情報に係る記載内容については、公開情報をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 一般産業施設の適用事例 事例② 地附山地すべり対策工事

- 長野県地附山地すべり (幅約500m, 奥行き約700m, 推定すべり面層厚60m前後) の安定性を確保するため, 径5.1m, 長さ33~61mの大口径鉄筋コンクリート杭を10m, 15mの間隔で29本施工している。
- 効率的な配筋とするため, 主筋に51mmの太鉄筋を用い, セン断補強としてH鋼を複数本挿入している。

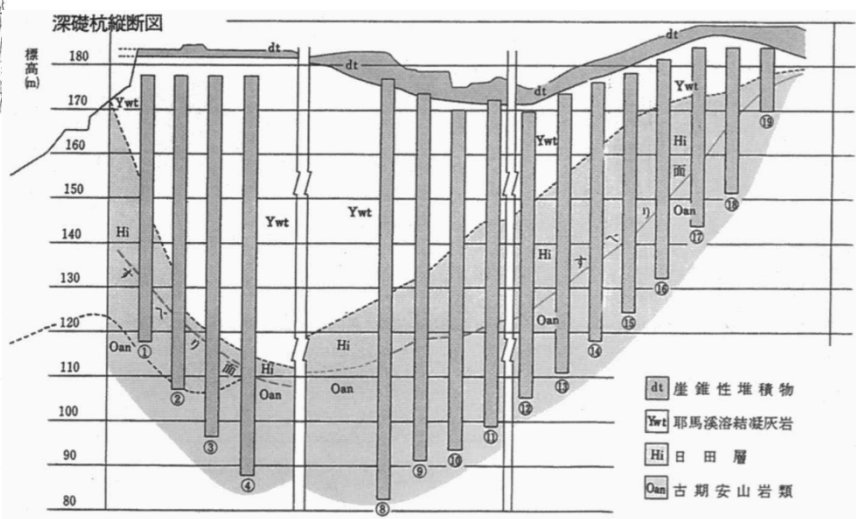
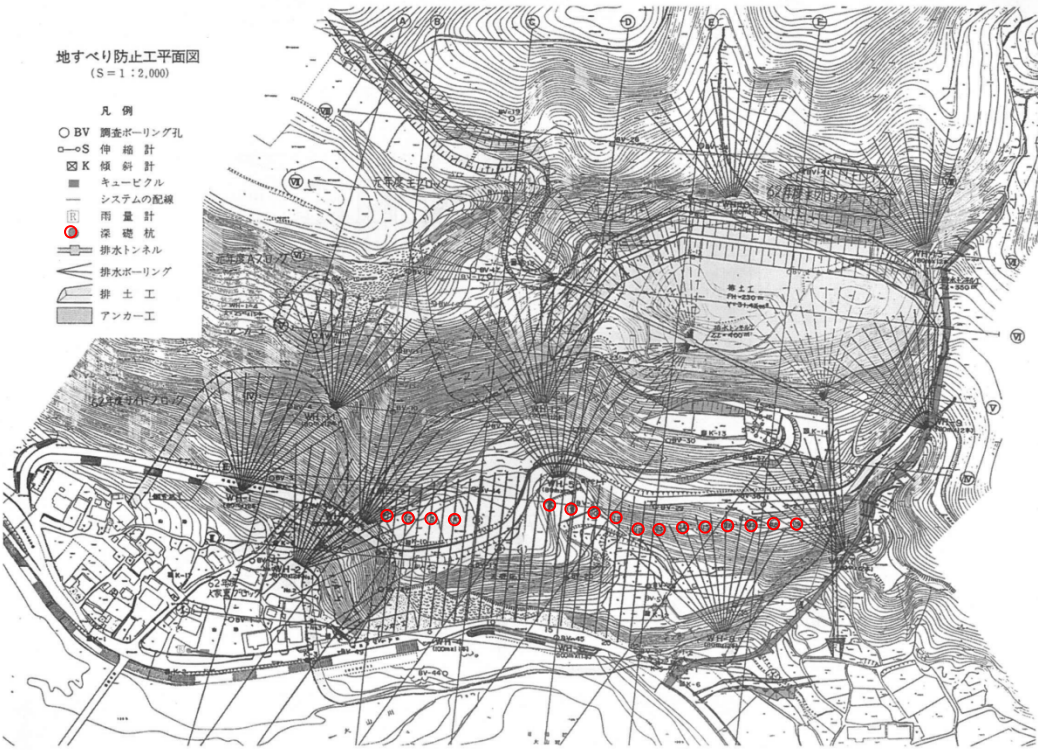


長野県長野建設事務所：地附山地すべり, 地すべり 第25巻 第2号, 1988年 (一部加筆)

※ 設計・施事例の情報に係る記載内容については, 公開情報をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 一般産業施設の適用事例 事例③ 山際地区地すべり対策工事 (1 / 2)

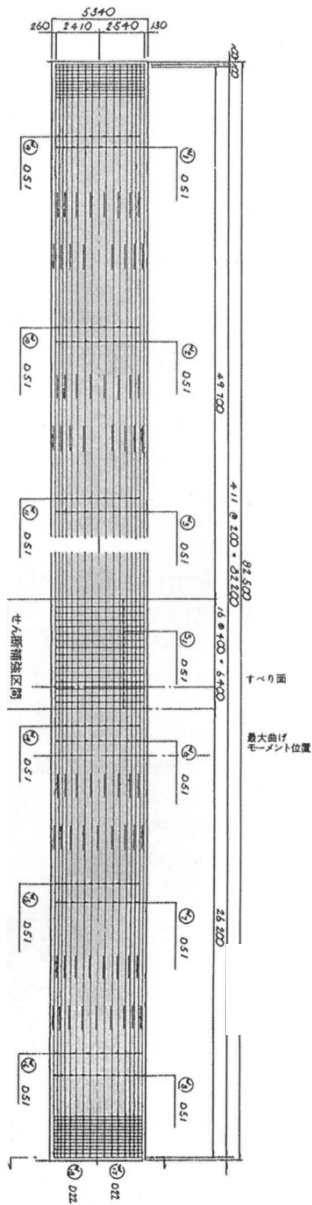
- 大分県山際地区地すべり (幅約450m, 奥行き約300m, 推定すべり面層厚70m前後の尾根型岩盤すべり) の安定性を確保するため, 径5.5m, 長さ30~97mの深礎杭を16本施工している。
- 軸方向鉄筋及び帯鉄筋を円周状に4重に配置し, 最大曲げモーメント発生位置付近に, D51のせん断補強筋を複数本挿入している。



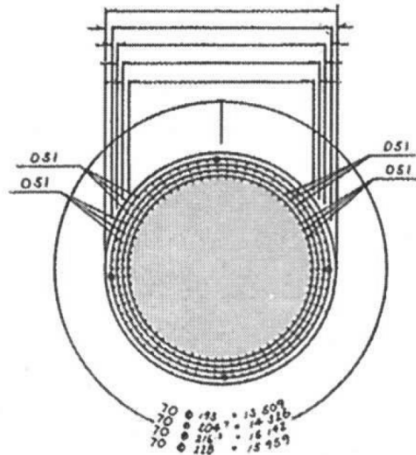
大分県土木建築部砂防課 大分県日田土木事務所：山際地区すべり 大分県大山町 ~大規模な岩すべりとその対策~, 地すべり 第34巻 第3号, 1997年 (一部加筆)

※ 設計・施行例の情報に係る記載内容については, 公開情報をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

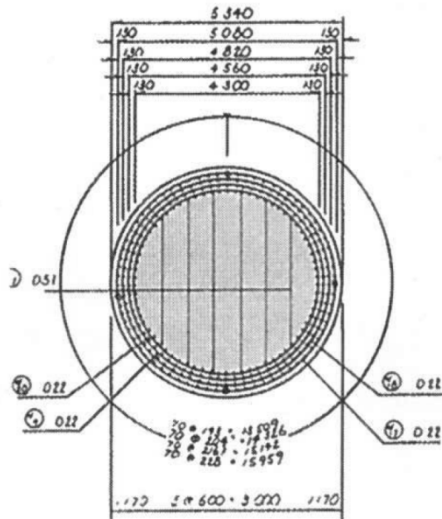
6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④) 一般産業施設の適用事例 事例③ 山際地区地すべり対策工事 (2 / 2)



断面図



せん断補強区間断面図



大分県土木建築部砂防課 大分県日田土木事務所：山際地区地すべり 大分県大山町 ～大規模な岩すべりとその対策～，地すべり 第34巻 第3号，1997年

(社) 斜面防災対策技術協会HP

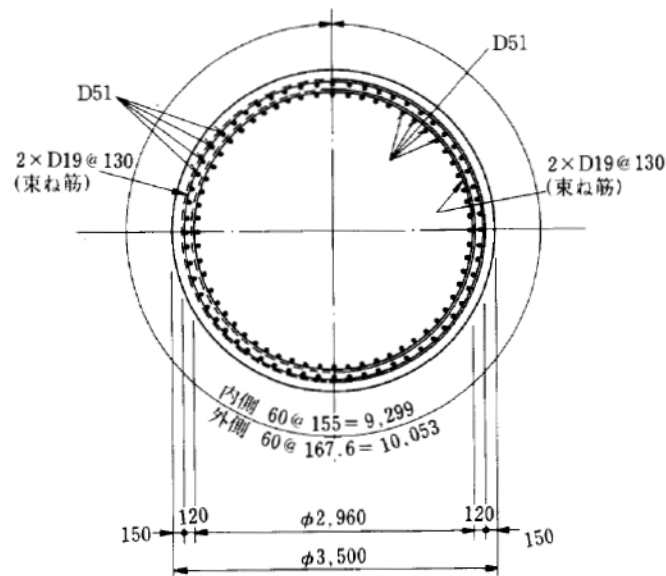
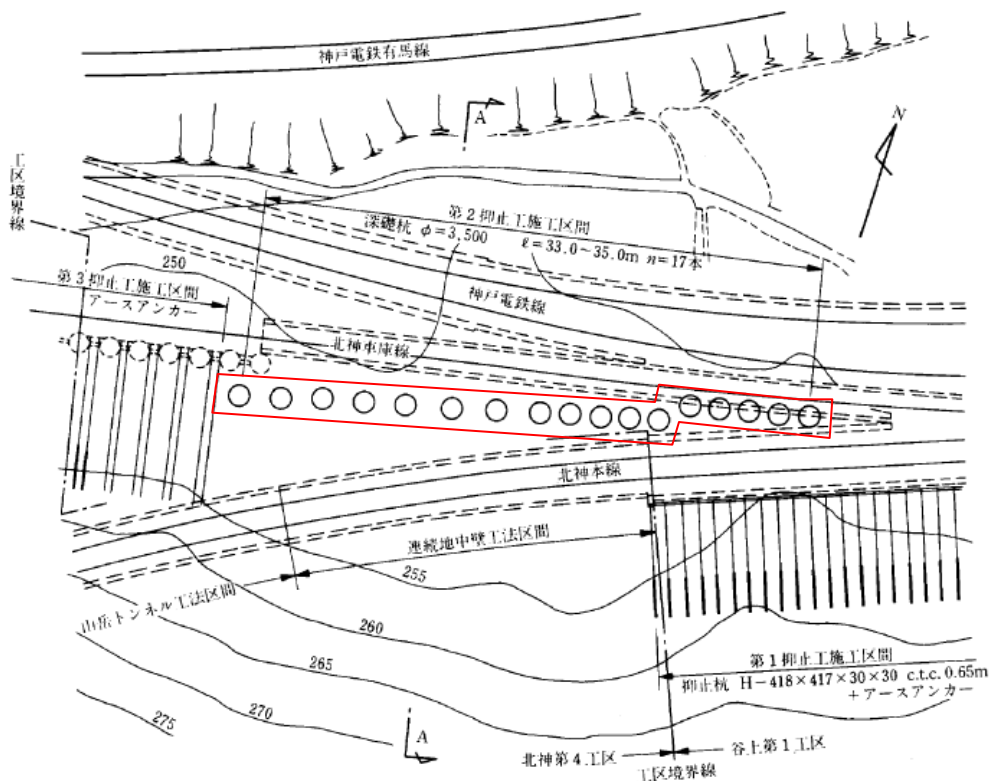
https://www.jasdim.or.jp/gijutsu/jisuberi_joho/sekkei/syaftkui/syftkui.html

※ 設計・施行例の情報に係る記載内容については、公開情報をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

6. 保管場所の評価 (③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (③, ④)

一般産業施設の適用事例 事例④ 北神線建設工事及び有馬線谷上駅移設工事のうち谷上第1工区土木工事

- 六甲山周辺地域にて地すべりの安定性を確保するため、径3.5m、長さ33~35mの深礎杭を17本施工している。
- 主筋はD51を2段配筋としている。



堺紘成・吉田利三・丹内正利・石橋貢：地すべり対策工としての深礎杭の計画と施工，1987年（一部加筆）

※ 設計・施行例の情報に係る記載内容については、公開情報をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

6. 保管場所の評価 (①, ③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (①, ③, ④) (49)

鉄塔斜面の安定性評価 (鉄塔の設置位置及び検討断面の選定)

49

■ 概要

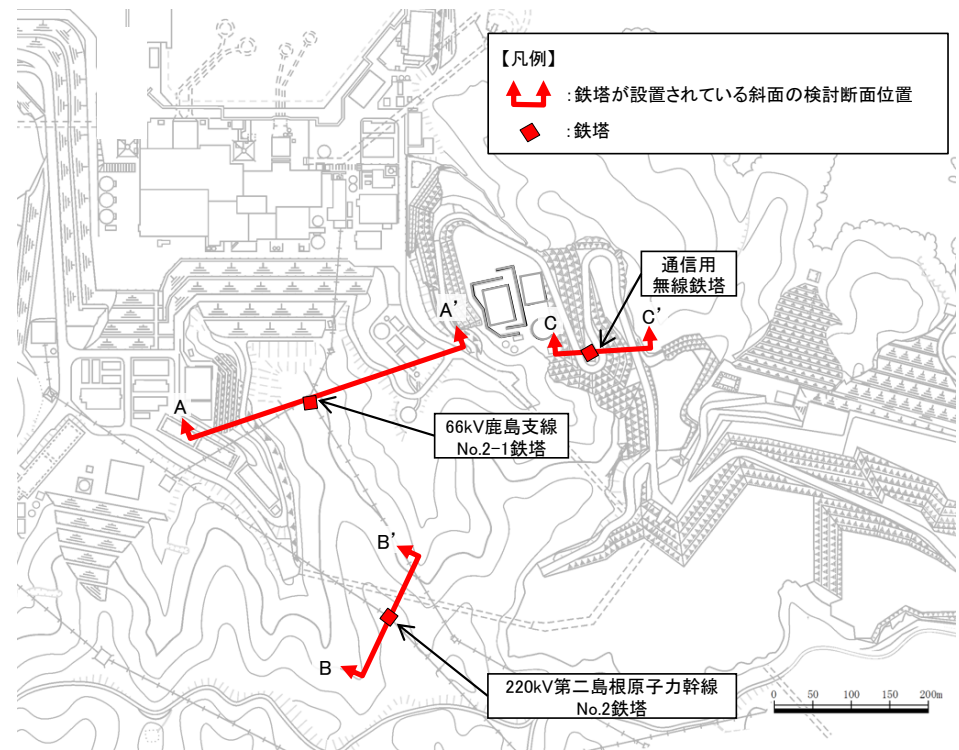
- 「別紙(40) 鉄塔の影響評価方針について」で選定した、島根原子力発電所構内の送電鉄塔、開閉所屋外鉄構及び通信用無線鉄塔 (以下「鉄塔」という。) が設置されている斜面について、基準地震動 S_s による安定性評価を実施する。

■ 影響評価鉄塔

- 「別紙(40) 鉄塔の影響評価方針について」で選定した、斜面の安定性評価を行う鉄塔は以下のとおり。設置位置を各鉄塔の検討断面位置図に示す。
 - ・66kV鹿島支線No.2-1鉄塔
 - ・220kV第二島根原子力幹線No.2鉄塔
 - ・通信用無線鉄塔

■ 検討断面の選定

- 鉄塔が設置されている斜面の検討断面として、以下のとおり3断面を設定した。
 - 【A-A'断面】自然斜面であり、鉄塔付近を通る断面のうち、斜面高さが高くなり、風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。
 - 【B-B'断面】自然斜面であるが、風化帯の厚い尾根部は概ね同等の標高で傾斜が緩いため、鉄塔付近を通る断面のうち、斜面高さが高くなり、最急勾配となるすべり方向に断面を設定した。
 - 【C-C'断面】切取斜面であり、鉄塔付近を通る断面のうち、斜面高さが高くなり、勾配が急となるすべり方向に断面を設定した。



各鉄塔の検討断面位置図

6. 保管場所の評価 (①, ③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (①, ③, ④) 鉄塔斜面の安定性評価 (評価対象断面の選定結果 (1/2))

■ 影響要因を踏まえた断面比較

- A-A'断面～C-C'断面は、法尻標高が約T.P.+24～70mであることから、保管場所及びアクセスルート斜面におけるグループB (T.P.+44m～50m) の評価対象斜面 (⑫-⑫'断面, P15～17参照) との比較を行った。
- 比較検討の結果, A-A'断面～C-C'断面は⑫-⑫'断面の評価に代表されることを確認した。
- ⑫-⑫'断面については, 2次元動的FEM解析により, すべり安全率が1.0を上回ることを確認していることから, A-A'断面～C-C'断面もすべり安定性を有することを確認した。

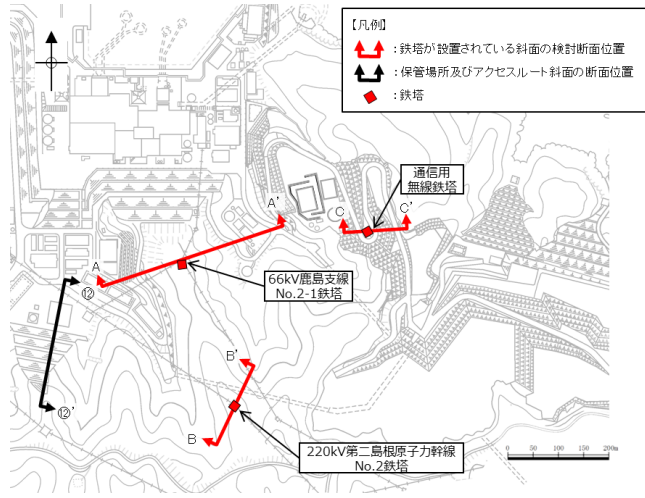
斜面	影響要因				該当する 影響要因	簡便法の 最小すべり 安全率	選定理由	
	【影響要因①】 構成する岩級	【影響要因②】 斜面高さ	【影響要因③】 斜面の勾配	【影響要因④】 シームの分布 の有無				
(グループBの評価対象斜面) 保管場所・アクセスルートに 影響するおそれのある斜面 ⑫-⑫'	評価対象斜面に選定 C _H , C _M , C _L , D 級	94m	1:1.2, 1:1.5	あり:3条	①, ②, ③, ④	1.51	-	
鉄塔が設置されている斜面	66kV 鹿島支線 No.2-1鉄塔斜面 (A-A'断面)	C _M , C _L , D級	86m	1:1.6 (一部, C _L 級で 1:0.7の急勾配 部あり)	あり:3条	①, ③, ④	2.01	⑫-⑫'断面に比べ, 一部1:0.7の急勾配部があるが, 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, ⑫-⑫'断面の評価に代表させる。
	220kV 第二島根原子力幹線 No.2鉄塔斜面 (B-B'断面)	C _H , C _M , C _L , D級	76m	1:1.2	あり:2条	①, ③, ④	1.75	⑫-⑫'断面に比べ, 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, ⑫-⑫'断面の評価に代表させる。
	通信用無線鉄塔斜面 (C-C'断面)	C _M , C _L , D級	32m	1:1.5	なし	①	10.04	⑫-⑫'断面に比べ, 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, 及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから, ⑫-⑫'断面の評価に代表させる。

■ : 番号を付与する影響要因

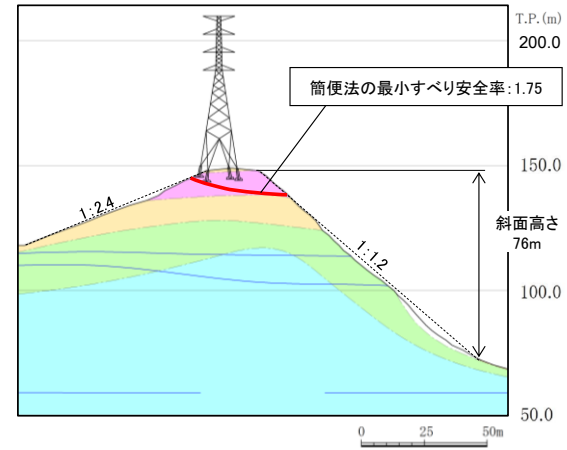
■ : 影響要因の番号付与数が多い(簡便法のすべり安全率が小さい)

■ : 選定した評価対象斜面

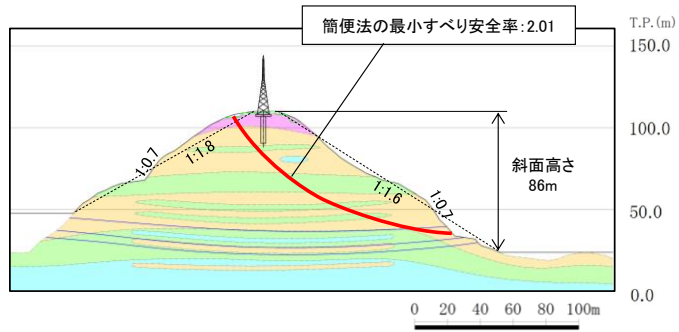
6. 保管場所の評価 (①, ③, ④), 7. 屋外のアクセスルートの評価 (①, ③, ④) 鉄塔斜面の安定性評価 (評価対象断面の選定結果 (2/2))



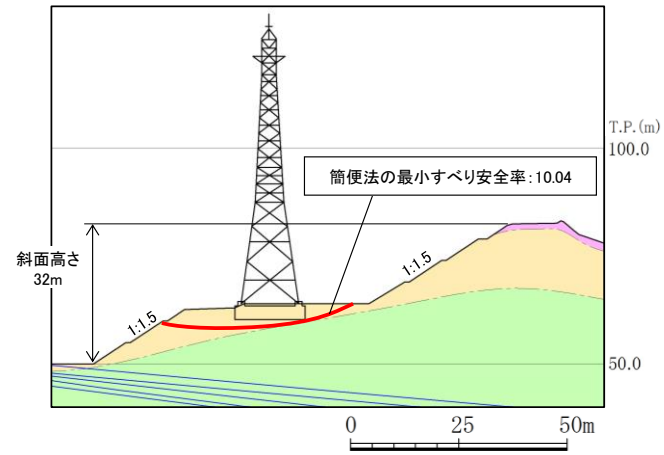
検討断面位置図



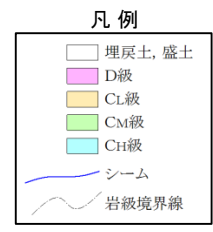
B - B'断面



A - A'断面



C - C'断面



11. 審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項一覧

No.	審査会合日	指摘事項の内容	回答頁
43	R2.5.18	液状化による不等沈下に関し、地山と埋戻部との境界部（地山に勾配を設けて掘削した箇所）について、傾斜の評価結果を詳細に説明すること。また、段差解消工事の要否についてもその根拠とともに説明すること。	P53,54
44	R2.5.18	地中埋設構造物の液状化に伴う浮き上がりの評価結果について、浮き上がりを防止するための対策及び設計方法を詳細に説明すること。	P55
45	R2.5.18	海岸付近のアクセスルートにおける側方流動の評価結果について、他の検討断面や縦断方向の段差により通行に支障が生じることはないか説明すること。また、想定を上回る沈下が発生し、通行に支障が生じる場合の対応策についても説明すること。	P56～61
46	R2.5.18	液状化による側方流動の評価について、海岸付近のアクセスルートにおける被害の不確定性を考慮した評価の考え方を説明すること。	
47	R2.5.18	敷地内の鉄塔について、耐震評価の流れや考え方を詳細に説明すること。その際、各鉄塔の種別、系統、構造形状、地盤構造、支持地盤の概要を示した上で、どのような損傷モードを考え評価しているかを説明すること。	P62～65
48	R2.5.18	泡消火薬材容器について、保管場所の変更により土石流の影響を受けない第4保管エリアに保管する数の妥当性について整理して説明すること。	P66
50	R2.5.18	海を水源とした場合の注水について、所要時間を短縮する取組について実績を含めて説明すること。	P67～71
51	R2.5.18	土石流が発生していない場合であっても、例えば雨量が多い場合には人的被害を予防するために土石流の影響を受けるアクセスルート、保管場所、輪谷貯水槽の使用を中止することが考えられるため、その場合の判断基準を説明すること。	P72,73

11. 審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項回答No.43 (1/2)

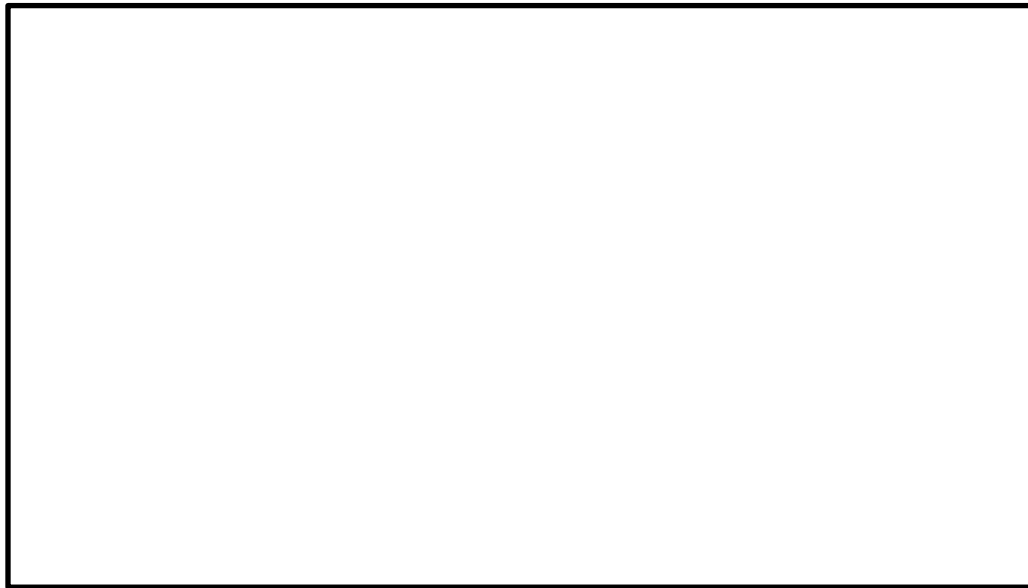
■ 指摘事項 (第861回審査会合 (令和2年5月18日))

液状化による不等沈下に関し、地山と埋戻部との境界部 (地山に勾配を設けて掘削した箇所) ※について、傾斜の評価結果を詳細に説明すること。また、段差解消工事の要否についてもその根拠とともに説明すること。

■ 回答

地山と埋戻部との境界部 (地山に勾配を設けて掘削した箇所) について、2号炉原子炉建物周辺で2箇所抽出し、地下水位を地表面とした場合の液状化及び揺すり込みによる傾斜を評価した結果、発生する傾斜が許容値15%を下回るため、可搬型設備の通行に及ぼす影響はない。

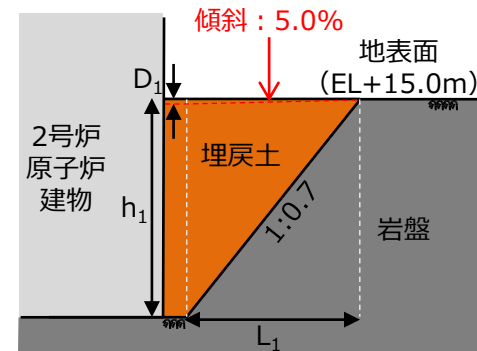
※ 2号炉本館基礎掘削時の掘削勾配



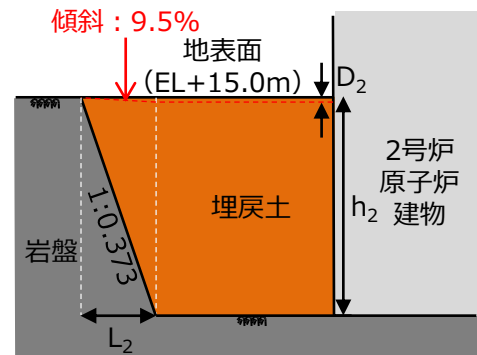
番号	名称	掘削勾配	h(m)	L(m)	D(m)	傾斜
1	2号炉原子炉建物南側	1:0.7	19.7	13.8	0.69	5.0%
2	2号炉原子炉建物西側	1:0.373	19.7	7.3	0.69	9.5%

最大沈下量: $D=h \times 3.5\%$ (m), 不等沈下による傾斜: $S=D \div L \times 100\%$

図1 地山に勾配を設けて掘削した箇所の評価結果



2号炉原子炉建物南側 (番号1)



2号炉原子炉建物西側 (番号2)

11. 審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項回答No.43 (2/2)

【段差復旧に係る実証試験】

万一、想定を上回る段差が発生した場合を想定し、段差復旧の実証試験を実施している。

実証試験においては、1箇所40cmの段差を、ホイールローダにより砕石を用いて、可搬型設備が徐行により登坂可能な勾配（10%）を考慮し、ホイールローダによる仮復旧が可能であることを確認している。

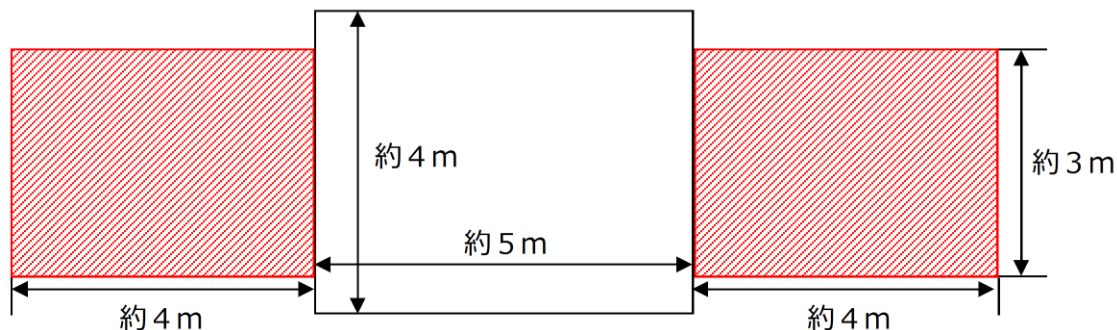


図2 平面図（概要）



段差復旧状況

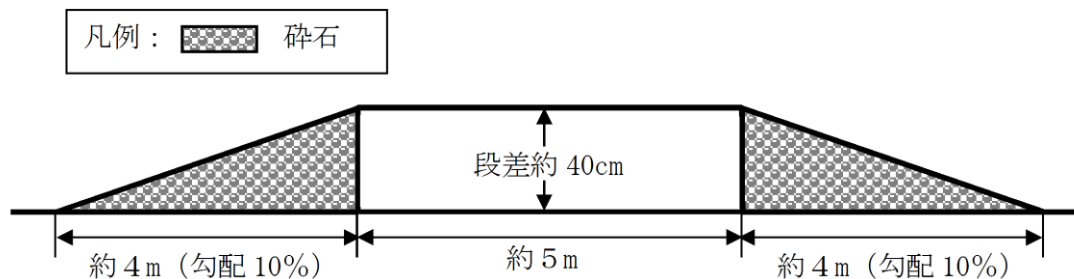


図3 断面図（概要）

11. 審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項回答No.44

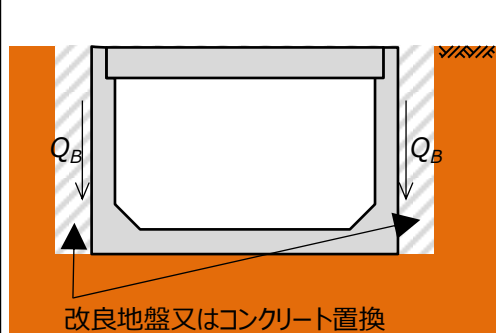
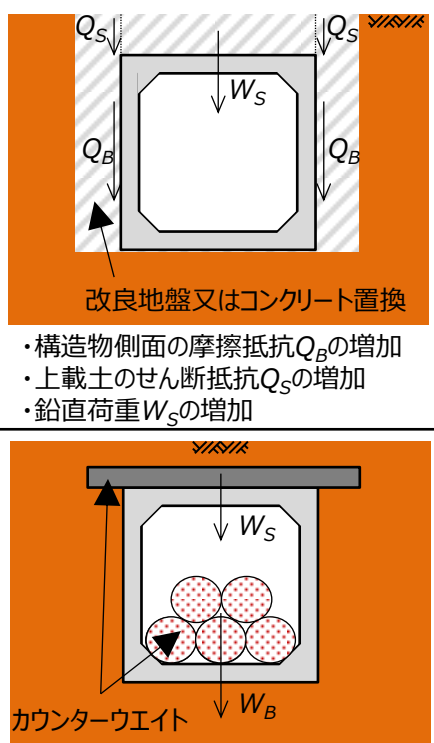
■ 指摘事項（第861回審査会合（令和2年5月18日））

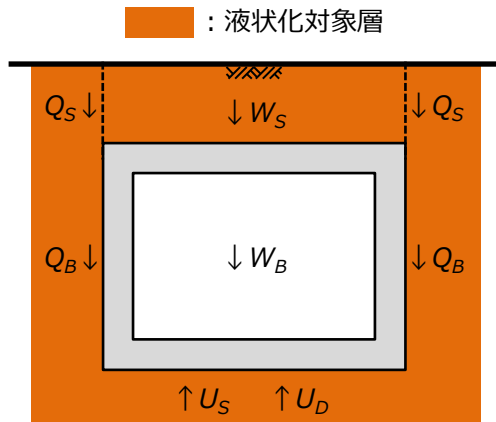
地中埋設構造物の液状化に伴う浮き上がりの評価結果について、浮き上がりを防止するための対策及び設計方法を詳細に説明すること。

■ 回答

浮き上がりが想定される地中埋設構造物については、表1のとおり、揚圧力(U_S, U_D)に対する浮き上がり抵抗力(W_S, W_B, Q_S, Q_B)の不足分を補うため、構造物周辺の地盤改良やコンクリート置換、又はカウンターウェイトを設置する対策を実施する方針とする。

表1 地中埋設構造物の浮き上がり対策（案）

	トレンチ構造	ボックスカルバート構造
<p>【案1】 地盤改良又は コンクリート置換</p>  <p>改良地盤又はコンクリート置換</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造物側面の摩擦抵抗Q_Bの増加 	<p>【案2】 カウンター ウェイトの設置</p>  <p>カウンターウェイト</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鉛直荷重W_Sの増加 ・構造物の自重W_Bの増加 	



浮き上がり照査式

$$y_i(U_S + U_D) / (W_S + W_B + 2Q_S + 2Q_B) \leq 1.0$$

W_S : 鉛直荷重の設計用値

W_B : 構造物の自重の設計用値

Q_S : 上載土のせん断抵抗

Q_B : 構造物側面の摩擦抵抗

U_S : 構造物底面の静水圧による揚圧力の設計用値

U_D : 構造物底面の過剰間隙水圧による揚圧力

y_i : 構造物係数(=1.0)

図1 浮き上がり照査方法
(土木学会：トンネル標準示方書，2016)

11. 審査会合での指摘事項に対する回答

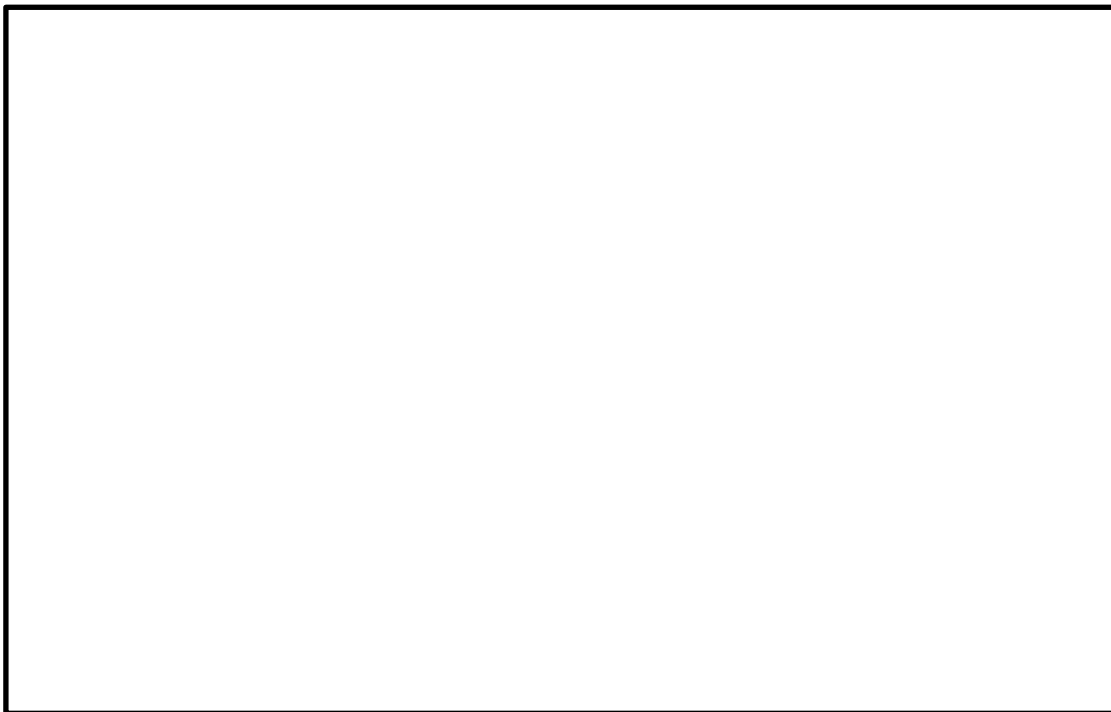
指摘事項回答No.45,46 (1/5)

■ 指摘事項（第861回審査会合（令和2年5月18日））

- ・ 海岸付近のアクセスルートにおける側方流動の評価結果について、他の検討断面や縦断方向の段差により通行に支障が生じることはないか説明すること。また、想定を上回る沈下が発生し、通行に支障が生じる場合の対応策についても説明すること。
- ・ 液状化による側方流動の評価について、海岸付近のアクセスルートにおける被害の不確定性を考慮した評価の考え方を説明すること。

■ 回答

海岸付近のアクセスルートにおける側方流動の影響評価にあたり、防波壁近傍では側方流動が抑制されることから、防波壁に近接せず、周辺地盤の高低差のある3号炉北西側のアクセスルートを選定し、新たに2断面を追加して他の断面や縦断方向の段差により通行に支障が生じることはないか検討した。



断面	断面位置
①-①	3号炉北西側アクセスルート横断図 (防波壁(波返重力擁壁)改良地盤部)
②-②	3号炉北西側アクセスルート縦断図【追加】 (北西-南東)
③-③	3号炉北西側アクセスルート縦断図【追加】 (西-東)

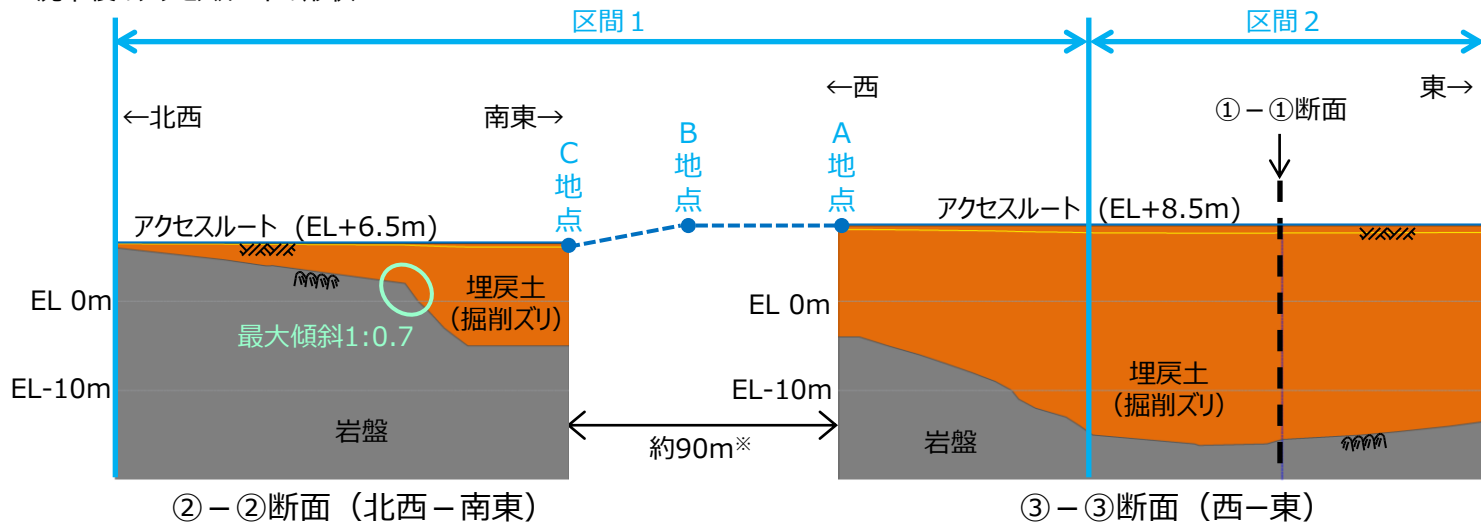
図1 側方流動検討位置

11. 審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項回答No.45,46 (2/5)

- 3号炉北西側におけるアクセスルートの縦断図（②-②断面及び③-③断面）を示す。
- 区間1は、西方の地山に向かって岩盤線が地表面へ上がる区間となり、区間2と比較して埋戻土（掘削ズリ）の層厚は薄い。また、岩盤と埋戻土の境界部の傾斜は最大1:0.7程度であり、地下水位を地表面とした場合の液状化及び揺すり込みによる傾斜は最大5%程度のため、許容値15%を下回る。
- なお、区間A-Cについては、延長約90m（スロープ延長約40m）に対して、A地点とC地点における地表面の高低差が2m、岩盤面の高低差も1m程度となっており、地下水位を地表面とした場合の液状化及び揺すり込みによる傾斜は十分小さい。
- 区間2は、区間1と比較して埋戻土（掘削ズリ）の層厚が厚い区間であるが、岩盤と埋戻土の境界部の傾斜は区間1の最大傾斜よりも小さい。
- 以上を踏まえ、3号炉北西側アクセスルートの縦断方向において可搬型設備の走行に影響はないことを確認した。
- また、側方流動の影響検討箇所は、埋戻土（掘削ズリ）が最も厚い区間2から選定する。

— : 沈下後のアクセスルートの形状



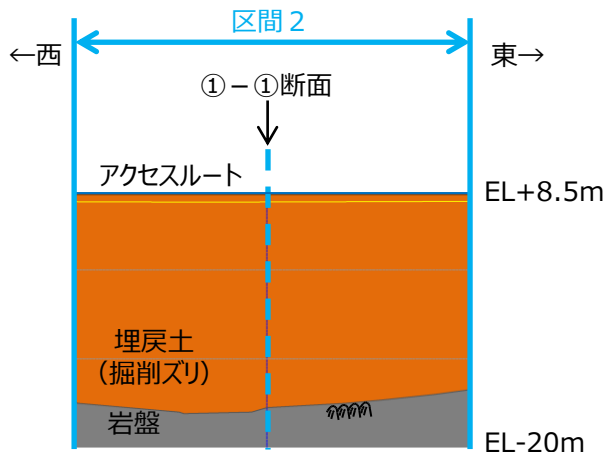
※ 区間A-B : EL+8.5m, 区間B-C : EL+8.5m~EL+6.5mのスロープ
 (区間A-Cの縮尺は、②-②断面及び③-③断面の縮尺と異なる)

図2 アクセスルート縦断図

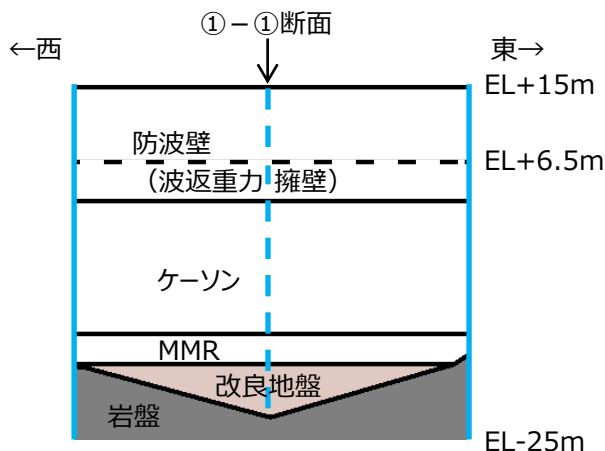
11. 審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項回答No.45,46 (3/5)

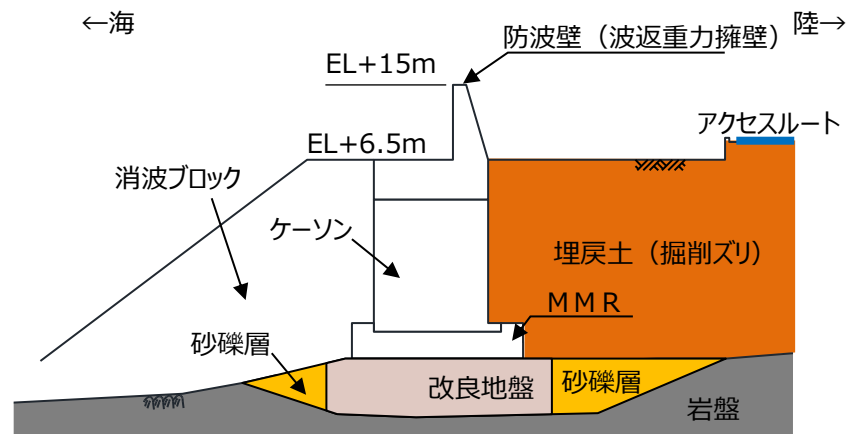
- アクセスルート（区間2）における埋戻土（掘削ズリ）の層厚はほぼ同等であるが、a-a断面に示すように、アクセスルート北側における岩盤線が深く、防波壁背面の埋戻土（掘削ズリ）及び砂礫層が厚く堆積しており、側方流動の影響が大きいと想定されることから、①-①断面を側方流動の影響検討箇所として選定し、可搬型設備の走行に影響はないことを確認した（第861回審査会合にて説明）。



③-③断面 アクセスルート縦断図（西-東）（区間2）



a-a断面 防波壁縦断図（西-東）



①-①断面 3号炉北西側アクセスルート横断図

図3 側方流動検討箇所

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

11. 審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項回答No.45,46 (4/5)

【海岸付近のアクセスルートの通行】

- 海岸付近のアクセスルート（図5：シルトフェンスの運搬ルート）において、万一、想定を上回る沈下が発生し、通行に支障が生じた場合は、段差復旧用の砕石等を用いて、重機により仮復旧を行う。
- 海岸付近のアクセスルートは、第4保管エリアから2号炉放水接合槽へのシルトフェンスの車両運搬時に使用するが、万一、想定を上回る沈下が発生し、加えて、上記の段差復旧作業により仮復旧できない場合には、緊急時対策要員7名にて人力によりシルトフェンスを運搬※1する。

※1：2号炉放水接合槽に設置するシルトフェンスは重量約140kgで、人力で運搬可能な重量以下※2である。また、運搬時の大きさは約30cm×30cm×1,000cmであり、人力で運搬できるよう持ち手等の治具を確保する。

なお、第4保管エリアから2号炉放水接合槽までの運搬距離は約260mであり、万一、人力による運搬を想定しても、図4に示す重大事故等発生時における海洋への放射性物質の拡散抑制に係るシルトフェンスの設置完了目安時間以内に設置可能と見込めるものとする。

※2：厚生労働省公表の「職場における腰痛予防対策指針」（平成25年6月18日）を参考に設定。

【考え方】腰痛予防の目安とされている基準が18歳以上の男子労働者の場合は体重のおおむね40%以下である。また、厚生統計要覧（平成30年度 厚生労働省公表）によると18歳以上の男性の平均体重が60kg程度であることから、人力により運搬可能な重量は7名作業を想定し、 $60\text{kg} \times 40\% \times 7\text{名} = 160\text{kg}$ 以下と設定する。

必要な要員と作業項目		経過時間（分）												経過時間（時間）				備考	
		20	40	60	80	100	120	140	160	180	14	16	18	20	22	24			
手順の項目	要員（数）	輸谷湾へのシルトフェンス（1重目）の設置 2号炉放水接合槽へのシルトフェンス（1重目）の設置 24時間 3時間																	
シルトフェンスによる海洋への放射性物質の拡散抑制	緊急時対策要員	7	移動（緊急時対策所から第4保管エリアに移動）																
			車両健全性確認																
			積込・運搬																
			シルトフェンスの設置																
			運搬・小型船舶の準備																
			シルトフェンスの設置																

図4 海洋への放射性物質の拡散抑制（シルトフェンス） タイムチャート

11. 審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項回答No.45,46 (5/5)

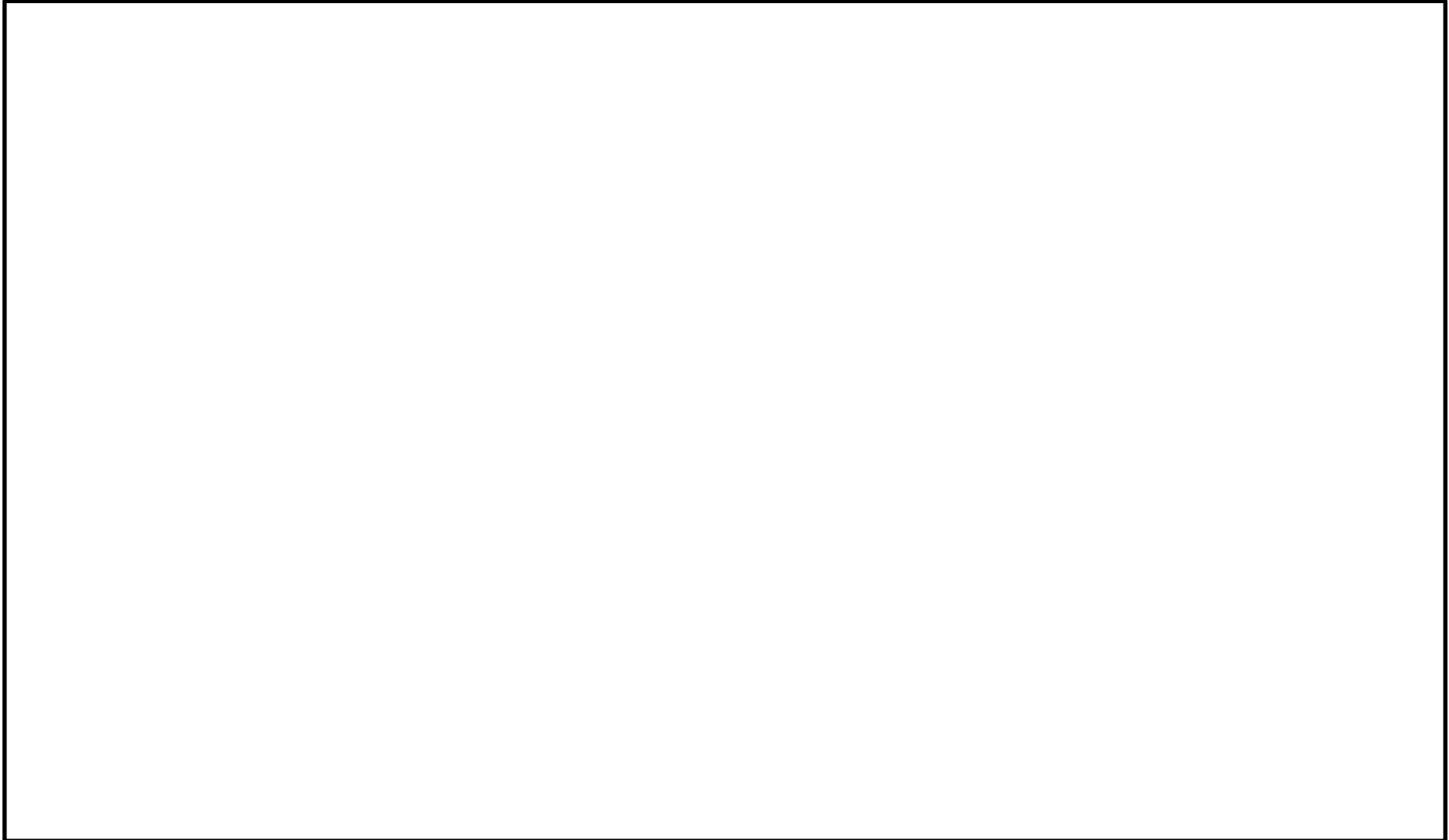


図5 シルトフェンス設置位置及び運搬ルート

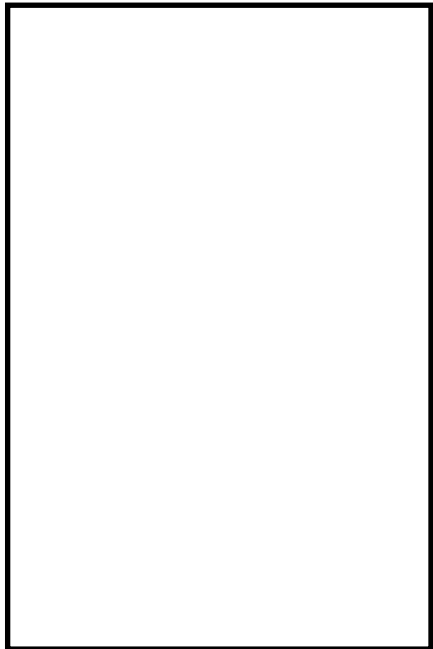
11. 審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項回答No.45,46 (参考)

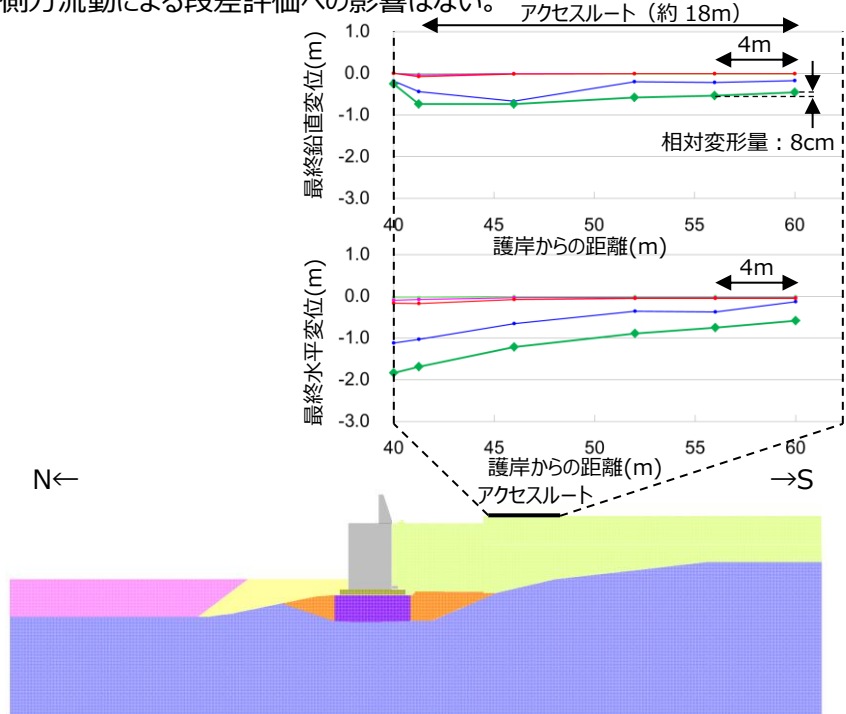
第861回審査会合
資料2-1 P.51 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

- 評価方法 (側方流動)
 - 海岸付近のアクセスルートについては、液状化による側方流動を考慮した沈下の検討を行う。
 - 側方流動による影響は、「道路橋示方書・同解説V 耐震設計編 (平成14年3月)」の「橋に影響を与える流動化が生じる地盤」に基づくと、水際線から100m以内の範囲とされていることから、海岸線よりおおむね100mの範囲に位置するアクセスルートにおいて、埋戻土の層厚、範囲等を考慮して検討位置を選定する。
 - 地震時の液状化に伴う側方流動が段差評価に与える影響について、二次元有効応力解析 (解析コード「FLIP」) に基づく検討を実施する。
 - 地下水位については詳細設計段階で決定するため、設置許可段階における側方流動に対する評価の地下水位を地表面に設定する。

- 評価結果 (側方流動)
 - 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 (Ss-D, Ss-F1, Ss-F2) においては、繰返し応力及び繰返し回数に着目し、水平最大加速度が大きく、継続時間が長い地震動が液状化評価において最も厳しいと考えられることから、Ss-Dを選定した。
 - また、地下水位を海水面とした評価結果においても、側方流動に支配的な地震動はSs-Dである。
 - 二次元有効応力解析「FLIP」の結果、アクセスルート (約18m) のうち南側の4mは一樣に沈下しており、北側へ向けて緩やかに傾斜しているが、南側における鉛直方向の相対変形量は8cmと小さく、側方流動による段差評価への影響はない。



側方流動検討位置図



- ◆ Ss-D (地下水位: 海水面)
- ◆ Ss-N1 (地下水位: 海水面)
- ◆ Ss-N2(NS) (地下水位: 海水面)
- ◆ Ss-N2(EW) (地下水位: 海水面)
- ◆ Ss-D (地下水位: 地表面)

- 【凡例】
- 埋戻土 (掘削ズリ)
 - 砂礫層
 - 岩盤
 - 人工リーフ
 - 消波ブロック
 - MMR
 - 改良地盤

側方流動による地表面最終変形量評価結果

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

11. 審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項回答No.47 (1/4)

■ 指摘事項 (第861回審査会合 (令和2年5月18日))

敷地内の鉄塔について、耐震評価の流れや考え方を詳細に説明すること。その際、各鉄塔の種別、系統、構造形状、地盤構造、支持地盤の概要を示した上で、どのような損傷モードを考え評価しているかを説明すること。

■ 回答

[影響評価方法選定]

発電所構内の送電鉄塔、開閉所屋外鉄構及び通信用無線鉄塔 (以下「鉄塔」という。) を対象として、倒壊による影響を想定する。

- ・ 鉄塔倒壊した場合、鉄塔を中心とした鉄塔高さを鉄塔倒壊範囲とし、倒壊範囲がアクセスルートにかかるかを確認する。
- ・ 鉄塔自体がアクセスルートに影響しない場合であっても、鉄塔に架線している送電線が影響することが考えられるため、鉄塔倒壊に伴う送電線の落下がアクセスルートに影響するかを確認する。
- ・ 送電線の落下による影響を設備対策によりアクセスルートの健全性が確保できるか確認する。

図1及び図2に鉄塔倒壊によるアクセスルートへの影響を示す。



図1 鉄塔倒壊によるアクセスルートへの影響想定
(66kV鹿島支線, 220kV第二島根原子力幹線, 通信用無線鉄塔)



図2 鉄塔倒壊によるアクセスルートへの影響想定
(500kV島根原子力幹線)

11. 審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項回答No.47 (2/4)

[影響評価方法選定フロー]

- I 鉄塔の倒壊範囲がアクセスルートに影響があるかを確認する。
- II 鉄塔倒壊による送電線落下によりアクセスルートに影響あるかを確認する。
- III 送電線落下によるアクセスルートへの影響を設備対策により対処できるかを確認する。

上記フローに基づいた、鉄塔影響対策を実施する。

- ・ 基準地震動Ssにおける耐震性評価
- ・ 送電線落下を想定した適切な設備対策
- ・ 影響評価対象外

- IV 更に、耐震性評価を行う鉄塔については、斜面上に設置されているかを確認する。

- ・ 斜面上の鉄塔の斜面安定性評価

図3に鉄塔の影響評価方法選定フローを示す。

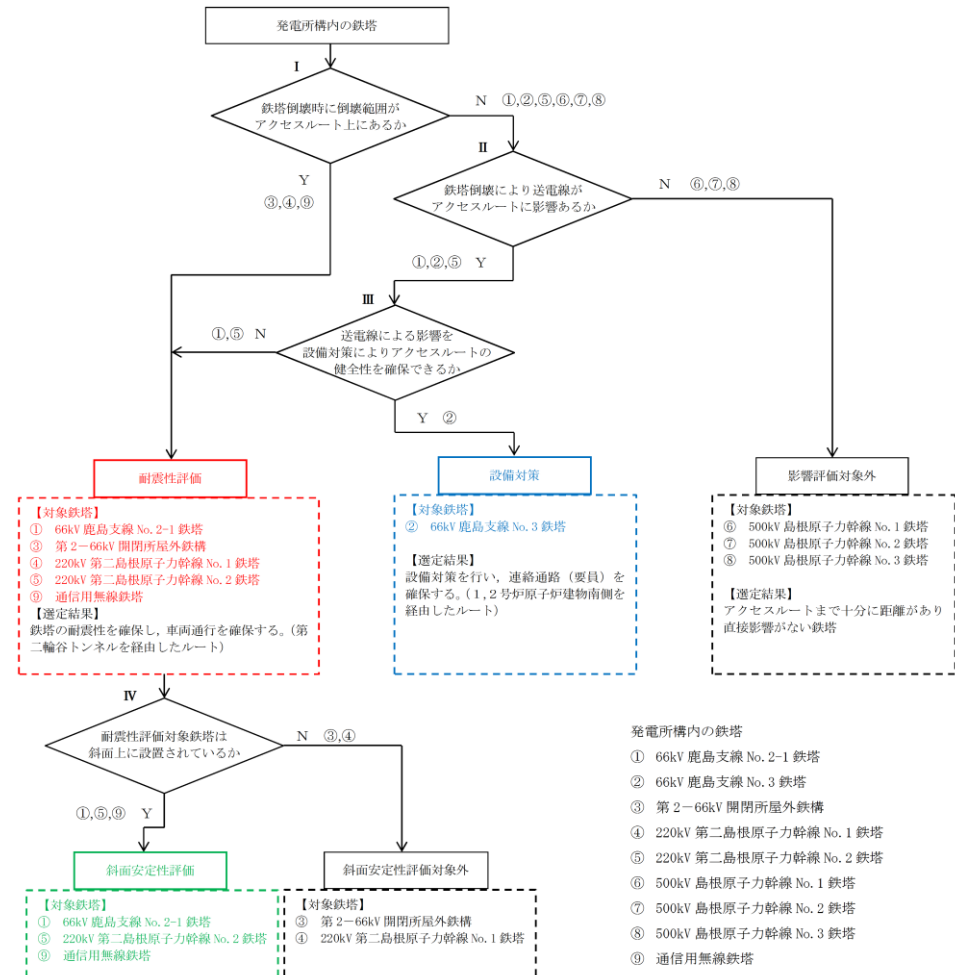


図3 影響評価方法選定フロー

11. 審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項回答No.47 (3/4)

[影響評価方法選定結果]

- 鉄塔の耐震性を確認し、車両通行を確保する。(第二輪谷トンネルを経由したルート)
 - 66kV鹿島支線No.2-1鉄塔, 第2-66kV開閉所屋外鉄構, 220kV第二島根原子力幹線No.1鉄塔, No.2鉄塔, 通信用無線鉄塔の5基については、耐震性評価を行い、耐震性が確保されていることを確認する。
 - 上記のうち斜面に設置している66kV鹿島支線No.2-1鉄塔, 220kV第二島根原子力幹線No.2鉄塔, 通信用無線鉄塔については斜面の安定性評価を行い、斜面がすべらないこと確認する。
 - 評価の結果、強度不足等により、評価が満足しない結果となった場合は、補強等の影響防止対策を実施する。
- 設備対策を行い、連絡通路(要員)を確保する。(1,2号炉原子炉建物南側を経由したルート)
 - 66kV鹿島支線No.3鉄塔については、鉄塔滑落評価を行い送電線の落下範囲を想定したうえで、送電線下部に連絡通路(例:ボックスカルバート)を設置して、要員のアクセスルートの確保を行う。

直接アクセスルートに影響を及ぼさない、500kV島根原子力幹線No.1鉄塔, No.2鉄塔, No.3鉄塔については、影響評価対象外とする。

表1に鉄塔評価選定結果、表2に鉄塔設置状況を示す。

表1 鉄塔評価選定結果

(○: 実施, —: 対象外)

送電鉄塔名称	車両通行確保 (第二輪谷トンネルを経 由したルート)		耐震性 評価	耐震性評価 を行う鉄塔 の斜面上設 置の有無	斜面 安定性 評価	連絡通路(要員)確保 (1, 2号炉原子炉建物 南側を経由したルート)		設備 対策	備考
	倒壊範囲 影響有無	送電線 影響有無				倒壊範囲 影響有無	送電線 影響有無		
① 66kV鹿島支線 No.2-1 鉄塔	無	有	○	有	○	—	—	—	
② 66kV鹿島支線 No.3 鉄塔	—	—	—	—	—	無	有	○	送電線下部に連絡通路(例:ボックスカルバート)を設置
③ 第2-66kV開閉所屋外鉄構	有	—	○	無	—	—	—	—	
④ 220kV第二島根原子力幹線 No.1 鉄塔	有	—	○	無	—	—	—	—	
⑤ 220kV第二島根原子力幹線 No.2 鉄塔	無	有	○	有	○	—	—	—	
⑥ 500kV島根原子力幹線 No.1 鉄塔	—	—	—	—	—	—	—	—	アクセスルートまで十分に距離 があり影響がない
⑦ 500kV島根原子力幹線 No.2 鉄塔	—	—	—	—	—	—	—	—	アクセスルートまで十分に距離 があり影響がない
⑧ 500kV島根原子力幹線 No.3 鉄塔	—	—	—	—	—	—	—	—	アクセスルートまで十分に距離 があり影響がない
⑨ 通信用無線鉄塔	有	—	○	有	○	—	—	—	

表2 鉄塔設置状況一覧表

鉄塔名称	送電電圧	鉄塔種別	基礎構造	支持地盤	設置場所
① 66kV鹿島支線 No.2-1 鉄塔	66kV	山形鋼鉄塔	深礎基礎	岩盤	標高108.1m
② 66kV鹿島支線 No.3 鉄塔	66kV	山形鋼鉄塔	逆T字型基礎	岩盤	標高71.8m
③ 第2-66kV開閉所屋外鉄構	66kV	山形鋼鉄塔	マット型基礎	岩盤	標高47.2m
④ 220kV第二島根原子力幹線 No.1 鉄塔	220kV	山形鋼鉄塔	逆T字型基礎+杭	岩盤	標高45.2m
⑤ 220kV第二島根原子力幹線 No.2 鉄塔	220kV	山形鋼鉄塔	逆T字型基礎	岩盤	標高148.4m
⑥ 500kV島根原子力幹線 No.1 鉄塔	500kV	鋼管鉄塔	深礎基礎	岩盤	標高123.9m
⑦ 500kV島根原子力幹線 No.2 鉄塔	500kV	鋼管鉄塔	深礎基礎	岩盤	標高159.7m
⑧ 500kV島根原子力幹線 No.3 鉄塔	500kV	鋼管鉄塔	逆T字型基礎	岩盤	標高154.8m
⑨ 通信用無線鉄塔	—	鋼管鉄塔	マット型基礎	岩盤	標高64.0m

11. 審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項回答No.47 (4/4)

[影響評価方法選定結果] (続き)

影響評価による鉄塔の健全性を確認することにより、「車両通行を確保した第二輪谷トンネルを経由したルート」及び「設備対策による連絡通路(要員)を確保した1,2号炉原子炉建物南側を経由したルート」を図4及び図5に示す。

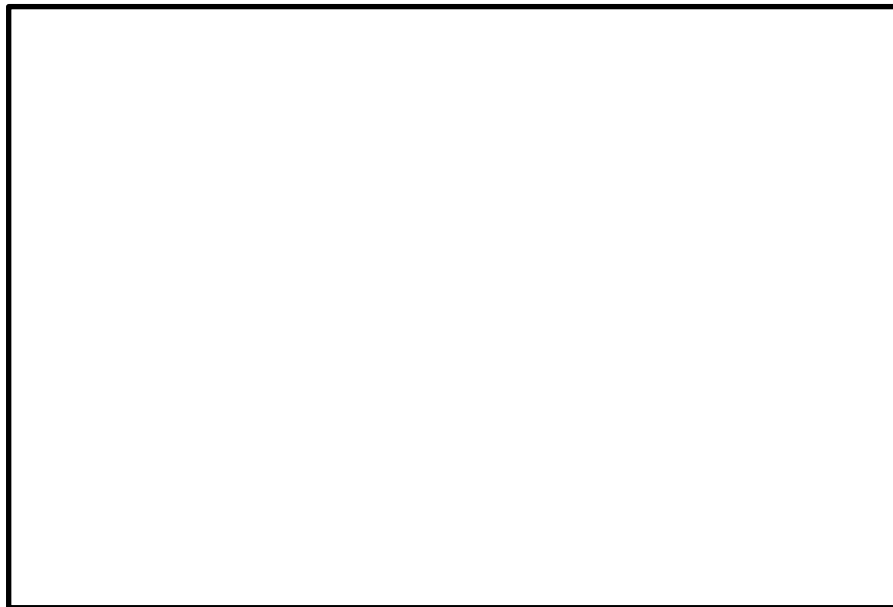


図4 鉄塔の健全性によるアクセスルート確保
(66kV鹿島支線, 220kV第二島根原子力幹線, 通信用無線鉄塔)

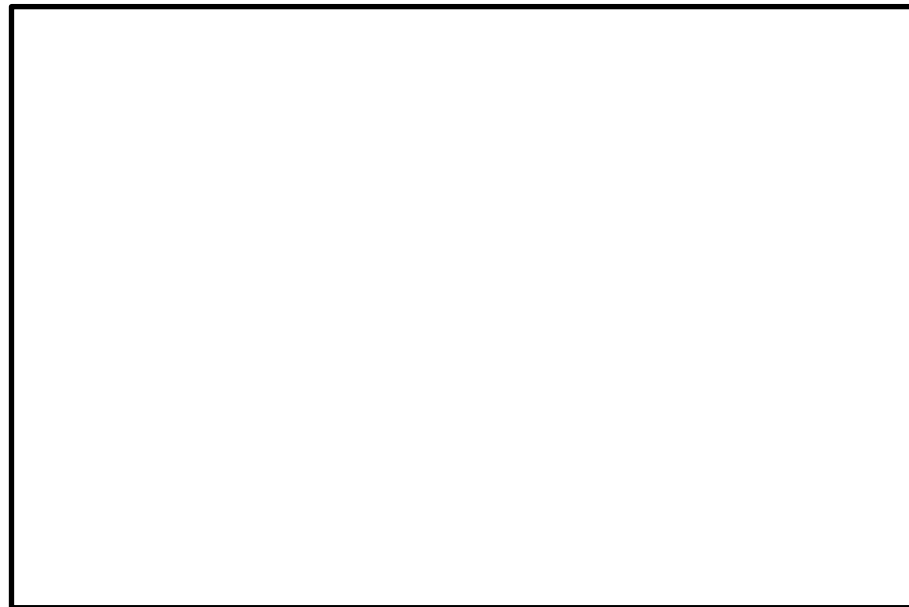


図5 鉄塔の健全性によるアクセスルート確保
(500kV島根原子力幹線)

11. 審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項回答No.48

■ 指摘事項（第861回審査会合（令和2年5月18日））

泡消火薬材容器について、保管場所の変更により土石流の影響を受けない第4保管エリアに保管する数の妥当性について整理して説明すること。

■ 回答

土石流が発生した場合でも、土石流の影響を受けるおそれのないアクセスルート（要員）を用いて、徒歩で土石流の影響を受けるおそれのない第3及び第4保管エリアに移動したうえで、保管されている可搬型重大事故等対処設備を用いて、重大事故等の対応を実施する方針としている。

技術的能力1.12「発電所外への放射性物質の拡散を抑制するための手順等」に示す手順のうち「大型送水ポンプ車及び放水砲による航空機燃料火災への泡消火」に使用する泡消火薬剤容器については、必要数である5個を、第861回審査会合時においては第1保管エリアに配備するとしていたが、土石流の影響を受けるおそれのない第4保管エリアに配備することで変更する。なお、表1に配備箇所及び配備数を示す。

【泡消火薬剤容器の必要数】

泡消火薬剤の容量は、空港に配備されるべき防災レベル等について記載されている、国際民間航空機関（ICAO）発行の空港業務マニュアル（第1部）では646Lを保有することが規定されている。

必要保有量646Lに対して、5,000L（泡消火薬剤容器5個）を泡消火薬剤の容量として設定した。

なお、航空機衝突による航空機燃料火災に対応するため、泡消火薬剤を1%混合しながら1,320m³/hで泡消火を実施することから、5,000Lの泡消火薬剤で約22分間泡消火が可能である。

表1 「n」の可搬型設備の配備数

設備名	変更前（第861回審査会合時）							変更後（今回説明）						
	配備数	必要数	予備	保管場所				配備数	必要数	予備	保管場所			
				第1	第2	第3	第4				第1	第2	第3	第4
泡消火薬剤容器	8個	5個	3個	5個	0個	0個	3個	6個	5個	1個	1個	0個	0個	5個

11. 審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項回答No.50 (1/5)

■ 指摘事項（第861回審査会合（令和2年5月18日））
海を水源とした場合の注水について、所要時間を短縮する取り組みについて、実績を含めて説明すること。

■ 回答
海を水源とした場合の注水作業時間を短縮する取り組みとして、大量送水車2台を使用する手順について、時間短縮に対する取り組み内容を整理し、実機訓練により、作業時間を検証した。

実機訓練の結果、従来の大型送水ポンプ車及び大量送水車を使用した作業時間が「2時間8分」に対して、大量送水車2台を使用した作業時間を「1時間40分」にできることを確認した。

【海を水源とした場合の注水作業時間の短縮方法】

海を水源とした炉注水等の手順について、作業時間を短縮する取り組みとして以下を実施した（図1参照）。

- 従来の海水取水用の大型送水ポンプ車は、海水を取水するための水中ポンプが大きく、運搬・設置作業に時間を要するため、作業時間の短縮が見込める大量送水車を使用する。
- 大量送水車を使用して海水取水にあたって、基準津波による引き波時において海水面が低下すると、水中ポンプの揚程が不足し海水取水できなくおそれがあったため、ホースの一部を吸管に変更し、ポンプの吸引力を利用することで、揚程を確保する。

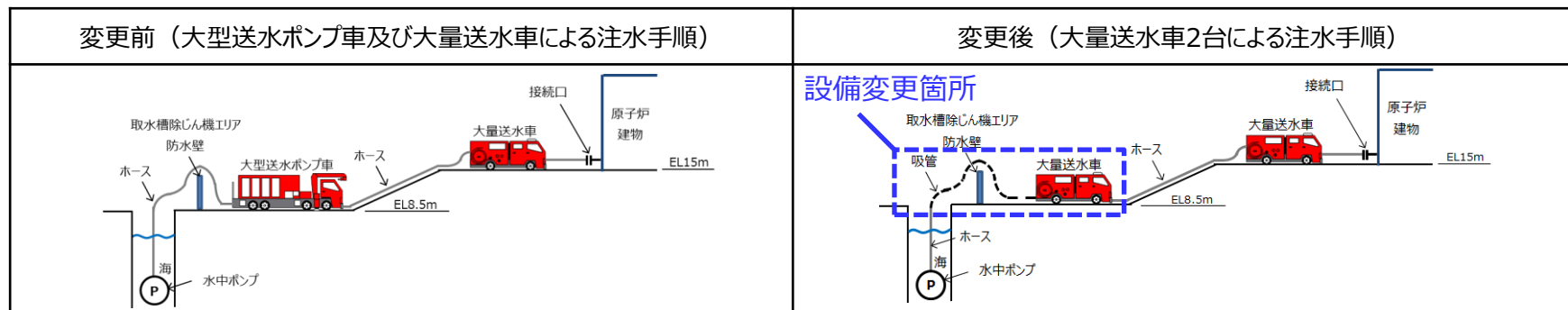


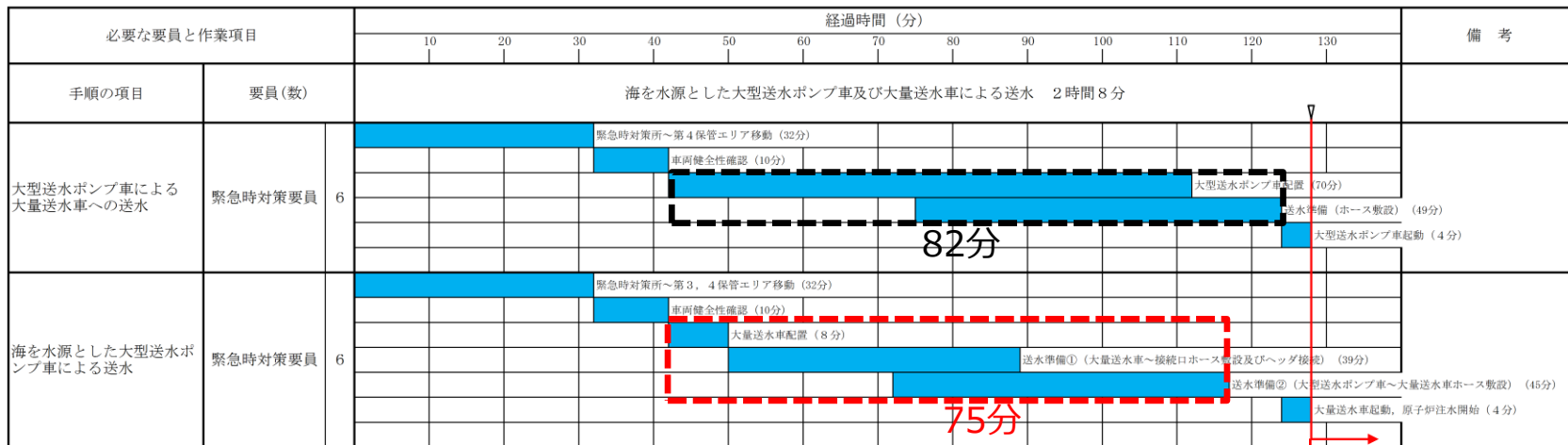
図1 海を水源とした対応手順 概略図

11. 審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項回答No.50 (2/5)

【訓練実施日】令和2年5月24日（天候：晴れ，気温：27℃）

【訓練結果】従来の大型送水ポンプ車を使用した手順と比較すると，水中ポンプの設置作業及びホース敷設時間を28分短縮することができ，1時間40分で全体作業を終えることができることを確認した。



今回の訓練実績

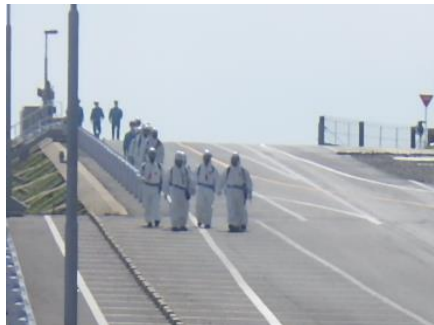
図2 海を水源とした注水手順 実績時間タイムチャート

11. 審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項回答No.50 (3/5)

<訓練時の考慮事項>

- 緊急時対策所から第3及び第4保管エリアに、時間を要する第二輪谷トンネルを通行し、徒歩にて移動する。その後、第3及び第4保管エリアに配置する大量送水車にて各作業場所へ移動する。(アクセスルートは図4参照)
- 緊急時対策要員の装備は、炉心損傷防止時の作業も考慮し、防護具(全面マスク、綿手袋、ゴム手袋、汚染防護服)を着用する。
- 現場の工事状況等により一部作業ができない工程は、同等の作業等を模擬することで作業時間を算出する。
具体的な作業は以下のとおり。(図3参照)
 - ・ 大量送水車～海の流路確保作業(吸管, ホース敷設作業は、必要な長さ分を考慮し、ポンプ運搬・投入作業は、ポンプ運搬距離及び投入距離を考慮して模擬作業を実施)
 - ・ 流路の確保における防水壁乗越え作業(防水壁の高さ分を想定した作業を模擬して実施)



緊急時対策所からの徒歩移動
(EL33m 付近)



吸管・ホース設置状況(模擬)
(EL8.5m 2号炉取水槽付近)



防水壁ホース乗り越え作業(模擬)
(EL8.5m 2号炉取水槽付近)



吸管・ホース・水中ポンプ設置完了後(模擬)
(EL8.5m 2号炉取水槽付近)



ホース敷設作業
(EL8.5m～15m 西側道路付近)



大量送水車へのホース接続
(EL15m 原子炉建物西側)

11. 審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項回答No.50 (4/5)

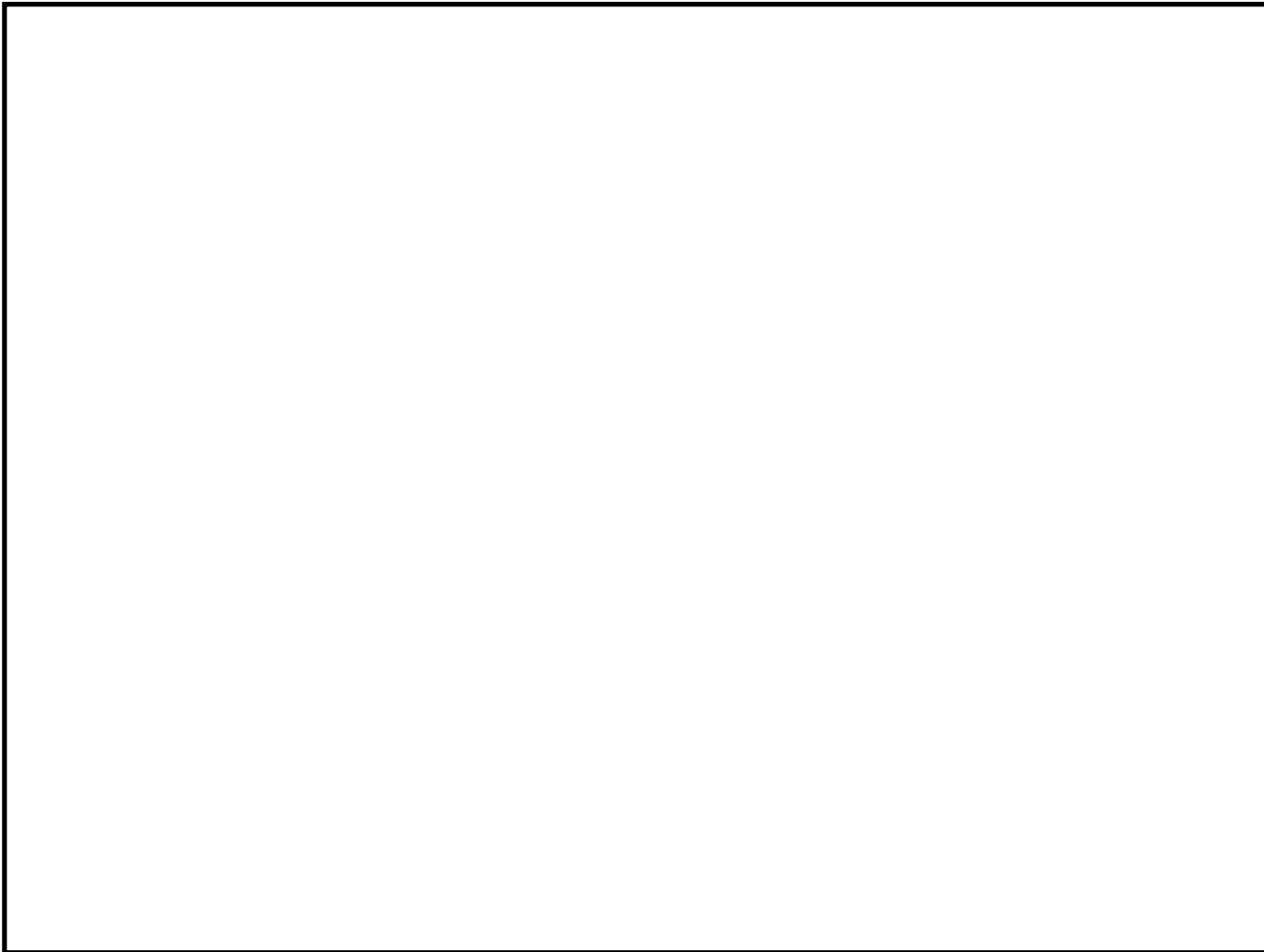


図4 訓練及び想定時間の算出に用いたアクセスルート

11. 審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項回答No.50 (5/5)

▶ 海を水源とした対応手順（SA手順）の変更

大量送水車2台を使用した手順について、従来の大型送水ポンプ車及び大量送水車を使用したSA手順に比べて作業時間の短縮が図れることから、自主手順からSA手順に変更する。

なお、大型送水ポンプ車及び大量送水車を使用した手順は、SA手順から自主手順に変更する。

表1 海を水源とした対応手順の作業時間及び手順種別の変更

手 順	使用する可搬型設備	作業時間	手順種別	
			変更前	変更後
海を水源とした原子炉等への注水	大型送水ポンプ車, 大量送水車	2時間8分	SA手順	自主手順
	大量送水車, 大量送水車	1時間40分	自主手順	SA手順

▶ 可搬型設備の台数及び保管場所の変更

大量送水車は、設置許可基準規則第43条第3項第1号に基づき、 $2n + \alpha$ 設備として、3台確保する計画としていたが、大量送水車による海水取水手順のSA手順化することに伴い、5台確保することに変更する。

なお、これに伴い、保管場所を表2のとおり変更する。

表2 大量送水車の保有台数及び保管場所の変更

大量送水車 使用場所	変更前				変更後			
	第1保管I/A	第2保管I/A	第3保管I/A	第4保管I/A	第1保管I/A	第2保管I/A	第3保管I/A	第4保管I/A
EL15m, 44m	0台	1台	1台	1台 (α)	0台	1台	1台	1台 (α^*)
EL8.5m	-	-	-	-	1台	0台	0台	2台 (1台は α^*)

※： α は兼用

11. 審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項回答No.51 (1/2)

■ 指摘事項（第861回審査会合（令和2年5月18日））

土石流が発生していない場合であっても、例えば雨量が多い場合には人的被害を予防するために土石流の影響を受けるアクセスルート、保管場所、輪谷貯水槽の使用を中止することが考えられるため、その場合の判断基準を説明すること。

■ 回答

降水に起因して発生する土石流を考慮することから、気象庁による大雨特別警報（「避難勧告等に関するガイドライン（内閣府）」に基づく警戒レベル5（災害の発生情報）相当）発表の判断指標の一つである「3時間雨量」及び「48時間雨量」を土石流危険区域における土石流の発生を想定し、海水注水切替判断等を決定・実施するための判断基準として設定し、社内規程に定める。

具体的には、気象庁は、平成3年以降の観測データを用いて、50年に一度程度の頻度で発生すると推定される雨量（3時間雨量若しくは48時間雨量）を、大雨特別警報の発表の判断指標に用いており、松江市においては、「3時間雨量は150mm以上」及び「48時間雨量は346mm以上」を判断指標^{※1}としていることから、当該判断指標を海水切替判断等を決定・実施するための判断基準として設定する。

また、土石流危険区域における土石流発生に備えた対応が速やかに実施できるよう、対応準備を実施するための判断基準を前もって設定することとし、島根原子力発電所における過去10年間（2010年4月1日～2020年3月31日）の降雨実績^{※2}を踏まえて、「3時間雨量100mm以上」及び「48時間雨量150mm以上」を判断基準として設定する。

※1：気象庁「雨に関する各市町村の50年に一度の値一覧」による。

※2：発電所における過去10年間の3時間雨量及び48時間雨量の実績を確認したところ、3時間雨量は、10年間の最大値として、2013年7月に95mmを観測しているが、100mm以上の実績はなかった。

また、48時間雨量は、10年間の最大値として、2011年5月に217mmを観測している。

なお、いずれの観測時においても、発電所施設に被害等は確認されていない。

上記降雨実績を踏まえて、対応準備を実施するための判断基準として、「3時間雨量100mm以上」及び「48時間雨量150mm以上」を準備段階の判断基準として設定した。

11. 審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項回答No.51 (2/2)

表1 土石流発生に備えた対応を実施するための判断基準と対応内容

		土石流危険区域における土石流発生に備えた対応が速やかに実施できるよう、対応準備を実施する段階	土石流危険区域における土石流発生を想定し、海水注水切替判断等を決定・実施する段階
	対応決定にあたっての流れ	<p>発電所構内で降雨が発生している場合あるいは警戒レベル^{※1}が発令された場合において、発電所構内雨量計の値を確認し、「3時間雨量」及び「48時間雨量」の以下の何れかの判断基準に該当した場合に、発電所長がその対応を決定する。</p> <p>なお、1時間雨量が60mm以上となり、発電所施設に被害が発生するおそれがある場合には、施設への監視強化のため、あらかじめ警戒体制を構築する。</p>	
判断基準	3時間雨量	100mm以上 ^{※2}	150mm以上 ^{※3}
	48時間雨量	150mm以上 ^{※2}	346mm以上 ^{※3}
対応内容	通常時	<ul style="list-style-type: none"> 土石流危険区域のアクセスルート等の監視強化 	<ul style="list-style-type: none"> 土石流危険区域のアクセスルート等への立入制限 海を水源とした原子炉等への注水の決定 ディーゼル燃料貯蔵タンクを用いた燃料補給の決定 可搬式モニタリング・ポスト及び可搬式気象観測装置の代替測定場所への配置位置変更の決定
	重大事故等発生時	<ul style="list-style-type: none"> 土石流危険区域のアクセスルート等の監視強化 代替淡水源から海を水源とする原子炉等への注水準備（系統構成及び注水準備） ディーゼル燃料貯蔵タンクを用いた燃料補給準備（系統構成及び抜き取り準備） 	<ul style="list-style-type: none"> 土石流危険区域内のアクセスルート等への立入制限 代替淡水源から海を水源とする原子炉等への注水切替 ディーゼル燃料貯蔵タンクを用いた燃料補給への切替 可搬式モニタリング・ポスト及び可搬式気象観測装置の代替測定場所への配置位置変更の決定

※1：「避難勧告等に関するガイドライン（内閣府）」に基づく警戒レベルのうち、警戒レベル3，4，5が発令された場合。

※2：実施段階の判断基準を基に、島根原子力発電所における過去10年間（2010年4月1日～2020年3月31日）の降雨実績を踏まえて、土石流危険区域における土石流に備えた対応が速やかに実施できるよう対応準備を実施するための判断基準として設定した。

※3：気象庁は、平成3年以降の観測データを用いて、50年に一度程度の頻度で発生すると推定される雨量（3時間雨量若しくは48時間雨量）を、大雨特別警報の発表の判断指標に用いており、松江市においては、3時間雨量は150mm以上、48時間雨量は346mmを判断指標としていることから、松江市における判断指標を実施段階の判断基準として設定した。

12. 第861回審査会合からの変更点（1/2）

➤ 第861回審査会合（令和2年5月18日）からの主な変更点は以下のとおり。

1. 可搬型設備の確保台数及び保管場所の変更

- 土石流が発生した場合でも、「大型送水ポンプ車及び放水砲による航空機燃料火災への泡消火」が実施できるよう、必要数分の泡消火薬剤容器を、表1のとおり、土石流の影響を受けるおそれのない第4保管エリアに配備し、予備を第1保管エリアに配備する。（指摘事項No.48：P66参照）
- 海を水源とした対応手順のうち、大量送水車2台を使用した手順を自主手順からSA手順に変更することに伴い、大量送水車の確保台数を3台から5台に変更する。
保管場所は、大量送水車を、海水取水箇所である2号炉取水槽（EL8.5m）で使用するため、表1のとおり、第1、第2、第3及び第4保管エリアに分散配置し、 α を第4保管エリアに配置する。（指摘事項No.50：P67～71参照）

表1 可搬型設備の台数及び保管場所の変更 一覧

分類	可搬型設備	変更前				変更後			
		第1保管エリア	第2保管エリア	第3保管エリア	第4保管エリア	第1保管エリア	第2保管エリア	第3保管エリア	第4保管エリア
2n + α 設備	大量送水車	0台	1台	1台	1台 ^{※1}	1台	1台	1台	2台 ^{※2}
n設備	泡消火薬剤容器	5個	0個	0個	3個 ^{※1}	1個 ^{※1}	0個	0個	5個
その他設備	泡消火薬剤運搬車	2台	0台	0台	1台	1台	0台	0台	2台

※1： α 又は予備

※2：1台はn, 1台は α

2. 屋内接続口の追加に伴うアクセスルートの追加

- 設置許可基準規則第52条（水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備）において，窒素供給ラインの接続口を2号炉原子炉建物内に追加設置することから，接続口配置箇所への屋内のアクセスルートを図1のとおり追加する。

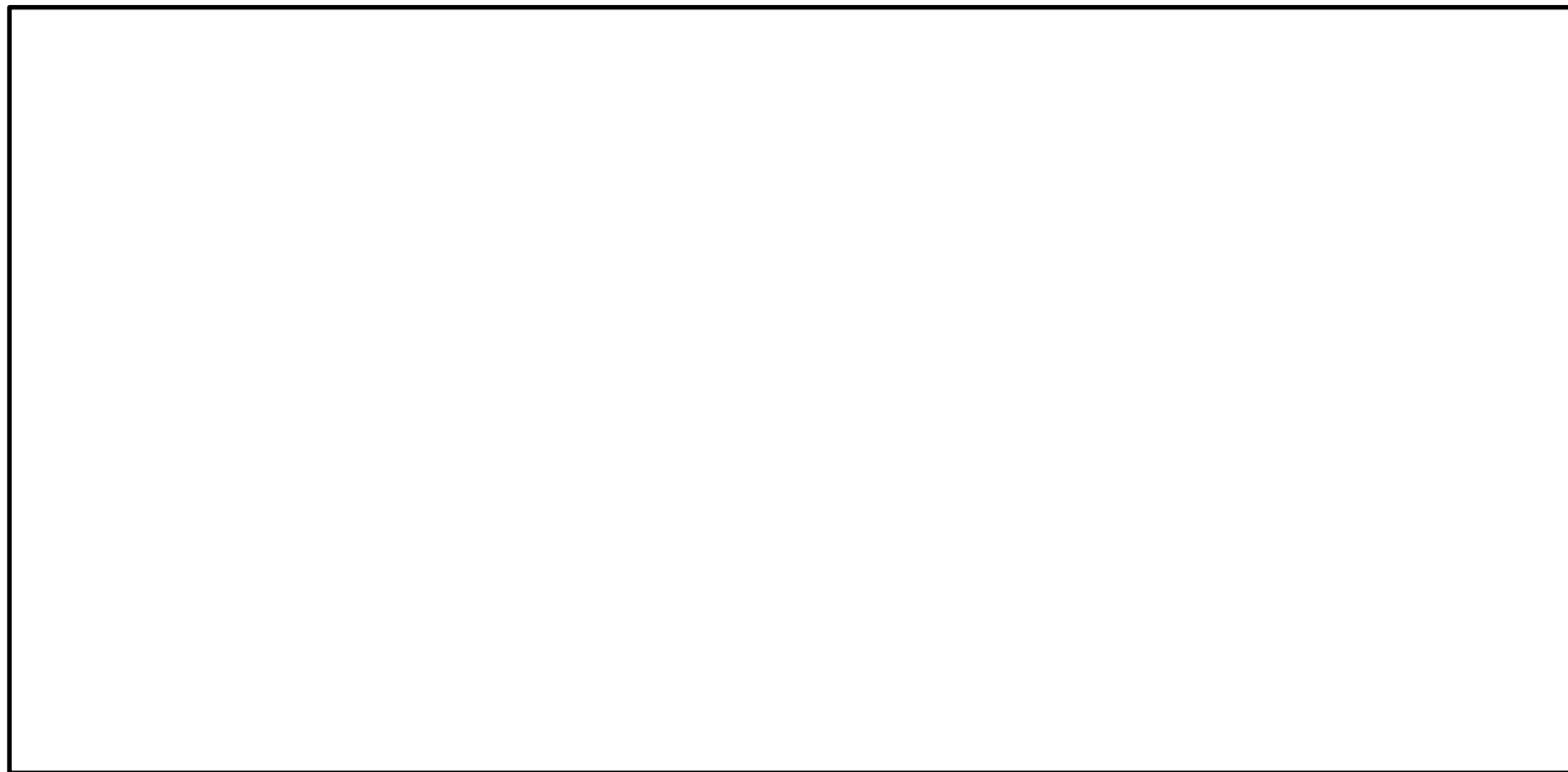


図1 屋内のアクセスルート図