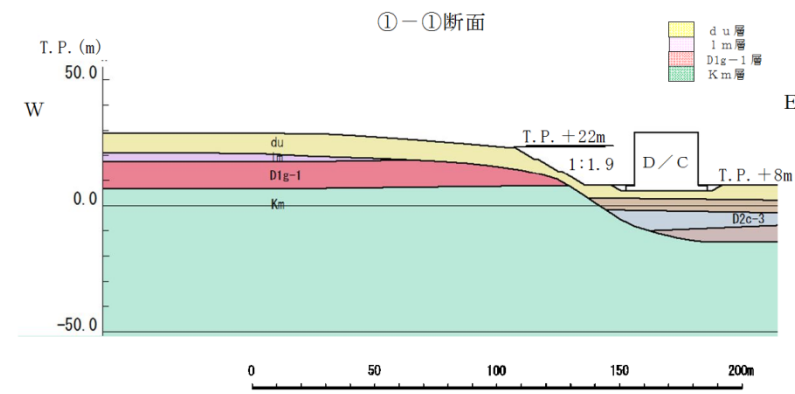


柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p style="text-align: right;">別紙 (37)</p> <p style="text-align: center;"><u>使用済燃料乾式貯蔵建屋の西側斜面の安定性評価について</u></p> <p>東海第二発電所において最も急峻な使用済燃料乾式貯蔵建屋（以下「D/C」という。）の西側斜面の安定性評価を以下のとおり実施する。</p> <p>1. 評価方法</p> <p>斜面形状、斜面高さ等を考慮して検討断面を選定し、基準地震動 S_s に対する地震応答解析を二次元動的有限要素法により行う。地震応答解析は周波数応答解析手法を用い、等価線形化によりせん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性を考慮する。地震時の応力は、静的解析による常時応力と地震応答解析による動的応力を重ね合わせるにより算出する。</p> <p>なお、常時応力解析には解析コード「Abaqus 6.11-1」を、地震応答解析には解析コード「Super FLUSH/2D ver6.1」を、すべり計算には「SFCALC ver5.2.0」を使用する。</p> <p>2. 評価断面の抽出</p> <p>D/Cの西側斜面の影響評価断面の位置図を第1図、断面図を第2図に示す。また、評価断面の具体的な抽出方法を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> 西側斜面のうち、斜面高さが最も高くなる①-①断面を選定した。  <p style="text-align: center;">第1図 D/Cの西側斜面の影響評価断面位置図</p>	<p style="text-align: right;">別紙 (31)</p> <p style="text-align: center;"><u>保管場所及び屋外のアクセスルートの斜面の地震時の安定性評価について</u></p> <p style="text-align: center;"><目次></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 評価概要 2. 評価フロー 3. 保管場所及びアクセスルートに影響するおそれのある斜面の網羅的な抽出 <ol style="list-style-type: none"> 3.1 離隔距離の考え方 3.2 他の条文で評価を行う斜面との関連性 4. 液状化範囲の検討 <ol style="list-style-type: none"> 4.1 液状化範囲の検討フロー 4.2 2号炉南側盛土斜面 4.3 33m盤盛土斜面 4.4 才津谷土捨場盛土斜面 5. 保管場所及びアクセスルートに影響するおそれのある斜面のグループ分け 6. 評価対象断面の選定及びすべり安定性評価 <ol style="list-style-type: none"> 6.1 評価フロー（詳細） 6.2 選定方法 6.3 グループA（岩盤斜面，法尻標高 T.P. +15m 以下） 6.4 グループB（盛土斜面，法尻標高 T.P. +15m 以下） 6.5 グループC（岩盤斜面，法尻標高 T.P. +33～50m） 6.6 グループD（盛土斜面，法尻標高 T.P. +88m） 6.7 対策工（切取）を実施した斜面 6.8 対策工（抑止杭）を実施した斜面 7. その他の検討 <ol style="list-style-type: none"> 7.1 鉄塔が設置されている斜面の安定性評価 7.2 岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊検討 7.3 応力状態を考慮した検討 	<p>・設計方針の相違</p> <p>【柏崎6/7】</p> <p>島根2号炉は、斜面高さ、勾配等の影響要因の観点及び簡便法の結果から、安定性が厳しいと考えられる評価対象斜面及び対策工を実施した全斜面において基準地震動 S_s による安定解析を実施しているのに対し、柏崎6/7は、斜面の崩壊を前提とした影響評価を行っているため当該資料はない</p> <p>・設計方針の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根2号炉は、斜面高さ、勾配等の影響要因の観点及び簡便法の結果から、安定性が厳しいと考えられる評価対象斜面及び対策工を実施した斜面において基準地震動 S_s による安定解析を実施しているのに対し、東海第二は、代表斜面において基準地震動 S_s による安定解析を実施（代表斜面より急峻な斜面は崩壊を想定して時間評価を実施）</p> <p>・以上のことから、全ての記載において相違箇所となるため、下線の記載は省略する。</p>

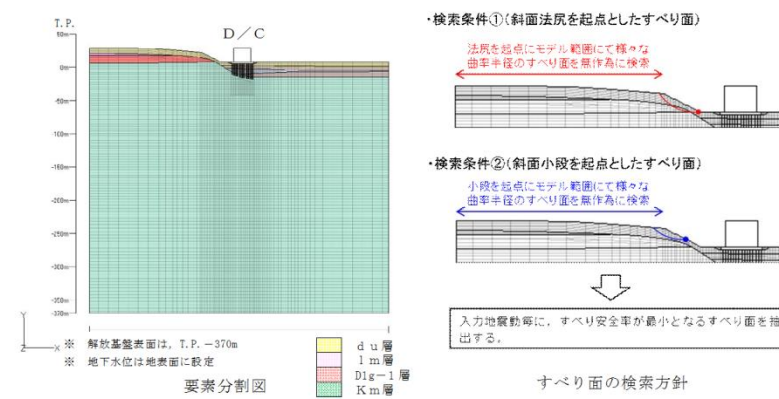


第2図 D/Cの西側斜面の影響評価断面図

3. 安定性確認

抽出された評価断面について、二次元動的有限要素法により基準地震動 S_s による地震応答解析を行い、D/Cの西側斜面の最小すべり安全率を算出し、評価基準値以上であることを確認する。

最小すべり安全率の検索条件を第3図に示す。



第3図 最小すべり安全率の検索条件

7.4 対策工（抑止杭）に関する詳細検討

- (参考-1) 評価対象斜面の選定理由（詳細）
- (参考-2) すべり安定性評価の基準値の設定について

1. 評価概要

可搬型重大事故等対処設備（以下、「可搬型設備」という。）の保管場所及び同設備の運搬道路（以下、「アクセスルート」という。）に関する要求事項と、その適合状況を第1-1表に示す。

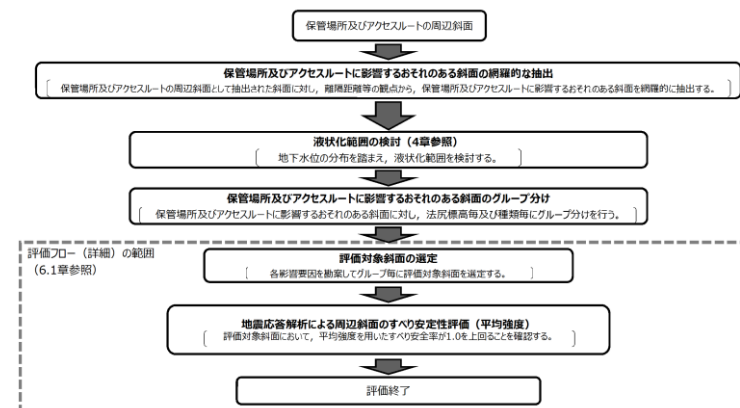
第1-1表 保管場所及びアクセスルートに関する要求事項とその適合状況

新規制基準の項目	適合状況概要
五 地震、津波その他の自然現象又は故障による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる影響、設計基準事故対処設備及び重大事故等対処設備の配置その他の条件を考慮した上で、設計基準事故対処設備及び常設重大事故等対処設備に対して、同時に必要な機能が失われないよう、100m以上の距離をとるとともに、防波壁及び防火帯の内側に保管し、かつ2セットのうち少なくとも1セットは高台に保管する。また、分散配置可能な可搬型設備については、分散配置して保管する。	可搬型設備は、地震、津波その他の自然現象、設計基準事故対処設備及び常設重大事故等対処設備の配置その他の条件を考慮した上で、設計基準事故対処設備及び常設重大事故等対処設備に対して、同時に必要な機能が失われないよう、100m以上の距離をとるとともに、防波壁及び防火帯の内側に保管し、かつ2セットのうち少なくとも1セットは高台に保管する。また、分散配置可能な可搬型設備については、分散配置して保管する。
六 想定される重大事故が発生した場合において可搬型重大事故等対処設備を運搬し、又は他の設備の被害状況を把握するため、主幹等内の道路及び運搬路が確保できるよう、適切な措置を講じたものであること。	地震、津波その他の自然現象を想定し、迂回路を考慮して複数のアクセスルートを整備する。また、がれき等によってアクセスルートの確保が困難となった場合に備え、ホイールローダを配備し、がれき等の除去を行えるようにしている。
七 重大事故防止設備のうち可搬型のもは、共通要因によって、設計基準事故対処設備の安全機能、使用済燃料貯蔵槽の冷却機能若しくは注水機能又は常設重大事故防止設備の重大事故に至るおそれがある事故に対処するために必要な機能と同時にその機能が損なわれるおそれがないよう、適切な措置を講じたものであること。	可搬型設備は、設計基準事故対処設備及び常設重大事故等対処設備と同時に必要な機能が失われないよう、100m以上の距離をとるとともに、分散配置可能な可搬型設備については、分散配置して保管する。また、基準地震動 S_s で必要な機能が失われず、防波壁及び防火帯の内側かつ2セットのうち1セットは高台に保管することにより、共通要因によって必要な機能が失われないことを確認している。

⇒ 保管場所・アクセスルートの周辺斜面については、基準地震動 S_s による動的解析の結果に基づき時刻歴のすべり安全率が1.0を上回ることを示し、地震による被害の影響を受けないことを確認する。
保管場所及びアクセスルートの周辺斜面のうち、液状化評価対象層である埋戻土（掘削スリ）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、液状化影響を考慮する。

2. 評価フロー

保管場所及びアクセスルート斜面の地震時の安定性評価のフローを第2-1図に示す。



第2-1図 評価フロー（全体概要）

4. 評価基準値の設定

基準地震動 S_s による地震応答解析により求めたすべり安全率は、参考資料-1 に示すとおり、動的解析によるすべり安全率が 1.0 以上であればすべり破壊は生じないものと考えられること、また、今回実施する安定性評価は二次元断面による保守的な評価であることから、1.0 を評価基準値とした。

5. 評価結果

D/C の西側斜面について、基準地震動 S_s による地震応答解析により斜面の安定性評価を実施した結果、すべり安全率は最小で 5.1 (基準地震動 S_s-31 の場合) であり、基準地震動 S_s に対して十分な裕度を確保していることを確認した。また、du 層のみのすべり安全率は最小で 9.2 (基準地震動 S_s-31 の場合) であることを確認した。なお、安定性評価においては、モビライズド面等を踏まえてすべり易いすべり面形状を全て抽出している。

各地震動ごとのすべり面形状とすべり安全率を第 4 図に示す。また、du 層のみのすべり面形状とすべり安全率を第 5 図に示す。

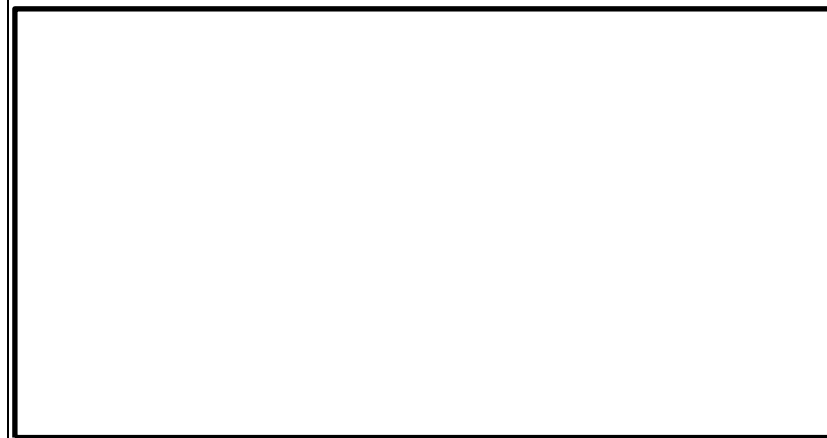
基準地震動 S_s	すべり面形状	すべり安全率
S_s-D1		5.6 (逆, 正) [53. 87]
S_s-11		9.5 [25. 65]
S_s-12		9.1 [27. 99]

※ [] は、発生時刻 (秒) を示す。
 ※ S_s-D1 は水平・鉛直反転を考慮し、(正, 正), (正, 逆), (逆, 正), (逆, 逆) の組合せのうち最小となるすべり安全率を記載。

第 4 図 各地震動ごとのすべり面形状とすべり安全率 (1/2)

3. 保管場所及びアクセスルートに影響するおそれのある斜面の網羅的な抽出

保管場所及びアクセスルートの周辺斜面の中で、すべり方向が保管場所及びアクセスルート等に向いており、保管場所及びアクセスルートからの離隔距離がない斜面を尾根線・谷線で区切り、保管場所及びアクセスルートに影響するおそれのある斜面として抽出した。なお、斜面の抽出にあたっては、鉄塔が設置されている斜面を含め、網羅的な抽出を行っている。

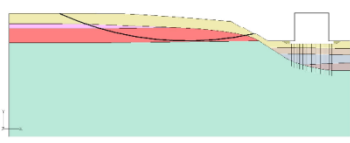
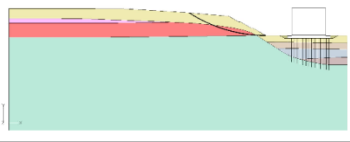
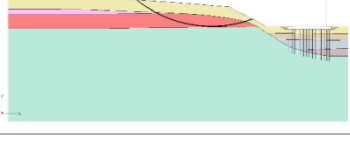
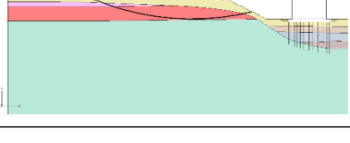
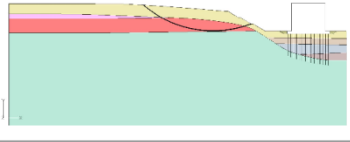


第 3.1-1 図 保管場所等に影響を及ぼすおそれのある斜面の平面位置図

3.1 離隔距離の考え方

離隔距離については、『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委員会, 2009』, JEAG4601-2015, 及び『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』に基づき、岩盤斜面 (自然斜面, 切取斜面) は、法尻から「斜面高さ×1.4 倍以内」若しくは「50m」, 盛土斜面は、法尻から「斜面高さ×2.0 倍以内」若しくは「50m」とした。

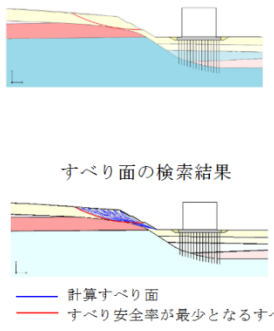
抽出結果を第 3.1-1 図に示す。なお、地滑り地形②が示される盛土斜面に関しては、離隔距離が確保できており、保管場所及びアクセスルートへ影響がない。

基準地震動 S_s	すべり面形状	すべり安全率
S_s-13		9.7 [25.22]
S_s-14		13.4 [31.51]
S_s-21		9.6 [69.16]
S_s-22		8.9 [83.77]
S_s-31		5.1 (正, 正) [8.66]

※ ○ は、最小すべり安全率を示す。
 ※ [] は、発生時刻 (秒) を示す。
 ※ S_s-31 は水平反転を考慮し、(正, 正), (逆, 正) の組合せのうち最小となるすべり安全率を記載。

第4図 各地震動ごとのすべり面形状とすべり安全率 (2/2)

【du層のみのすべり安全率】

基準地震動 S_s	すべり面形状	すべり安全率
S_s-31	 <p>すべり面の検索結果</p> <p>— 計算すべり面 — すべり安全率が最少となるすべり面</p>	9.2 (正, 正) [8.65]

※ 全ての基準地震動 S_s のうち、すべり安全率が最も小さい結果を示す。

第5図 du層のみのすべり面形状とすべり安全率

3.2 他の条文で評価を行う斜面との関連性

保管場所及びアクセスルートに影響するおそれのある斜面を第3.2-1図に示す。また、保管場所及びアクセスルートに影響するおそれのある斜面について、他の条文の斜面との関連、及び設置許可基準規則の該当項目を第3.2-2図に示す。



第3.2-1図 斜面位置図 (保管場所及びアクセスルート)

参考資料-1

斜面のすべり安定性評価における評価基準値の設定根拠について

斜面のすべり安定性評価における評価基準値は、1.0 をしきい値としていることから、以下にその設定根拠を整理した。

1. 評価方法

斜面の安定性評価においては、二次元動的有限要素法解析（等価線形解析）を用いた基準地震動 S_s による地震応答解析を行い、想定したすべり線上の応力状態をもとに、すべり線上のせん断抵抗力の和をすべり線上のせん断力の和で除して求めたすべり安全率の最小値が評価基準値（1.0）以上であることを確認することとしている。

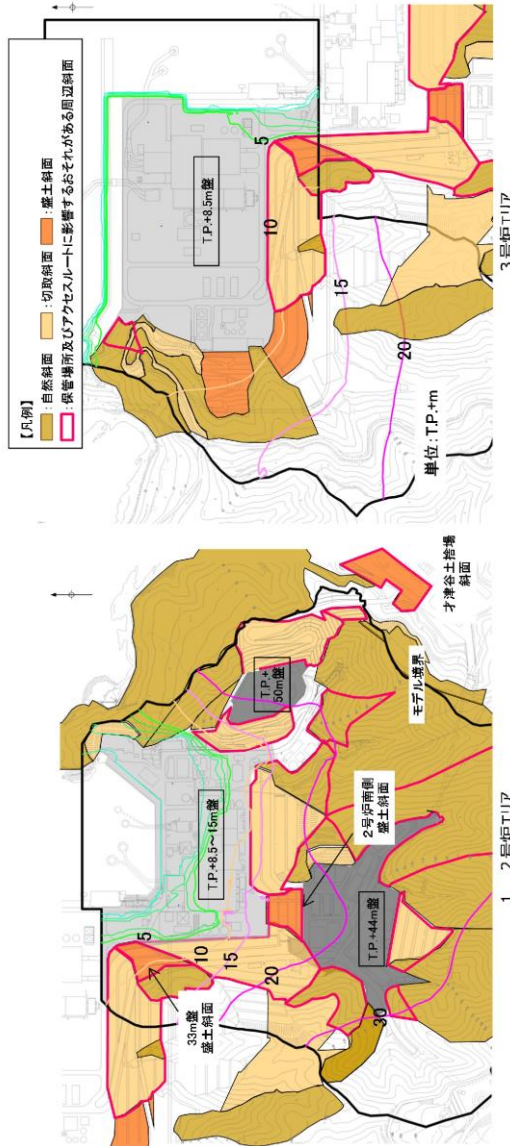
$$\text{すべり安全率} = \frac{\Sigma (\text{すべり線上のせん断抵抗力})}{\Sigma (\text{すべり線上のせん断力})}$$

2. 評価基準値

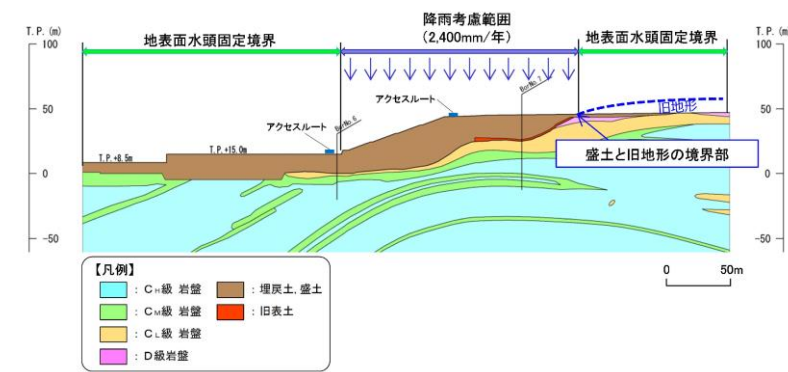
すべり安全率の評価基準値（1.0）については、以下の理由から二次元動的有限要素法解析におけるすべり安全率が1.0以上であれば、斜面の安定性は確保できると考えている。

- ・「斜面安定解析入門（社団法人地盤工学会）」^{*1}において、「有限要素法を用いた動的解析ですべり安全率が1.0以上であれば、局所安全率が1.0を下回る所があっても、全体的なすべり破壊は生じないものと考えられる。さらに、このすべり安全率が1.0を下回っても、それが時間的に短い区間であれば、やはり必ずしも全体的すべりに至らないであろう。」と示されている。
- ・「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）・同解説（国土交通省河川局）」^{*2}において、等価線形化法による動的解析を用いたすべり安定性の検討において、すべり安全率が1.0を下回る場合にはすべり破壊が発生する可能性があるとして示されている。
- ・「道路土工盛土工指針（社団法人日本道路協会）」^{*3}において、「レベル2地震動に対する設計水平震度に対して、円弧すべり面を仮定した安定解析法によって算定した地震時安全率の値が1.0以上であれば、盛土の変形量は

斜面番号	保管場所及びアクトセメントに影射するおそれのある斜面	設置許可基準規則の該当項目	影響するおそれのある施設
①-①'	○	第43条 第3項	—
②-②'	○	第43条 第3項	—
③-③'	○	第43条 第3項	2号炉原子炉建屋等
④-④'	○	第43条 第3項	2号炉原子炉建屋等
⑤-⑤'	○	第43条 第3項	—
⑥-⑥'	○	第43条 第3項	—
⑦-⑦'	○	第43条 第3項	—
⑧-⑧'	○	第43条 第3項	—
⑨-⑨'	○	第43条 第3項	—
⑩-⑩'	○	第43条 第3項	—
⑪-⑪'	○	第43条 第3項	—
⑫-⑫'	○	第43条 第3項	—
⑬-⑬'	○	第43条 第3項	—
⑭-⑭'	○	第43条 第3項	—
⑮-⑮'	○	第43条 第3項	—
⑯-⑯'	○	第43条 第3項	—
⑰-⑰'	○	第43条 第3項	—
⑱-⑱'	○	第43条 第3項	—
⑲-⑲'	○	第43条 第3項	—
⑳-㉑'	○	第43条 第3項	—
㉒-㉓'	○	第43条 第3項	—
㉔-㉕'	○	第43条 第3項	—
㉖-㉗'	○	第43条 第3項	—
㉘-㉙'	○	第43条 第3項	—
㉚-㉛'	○	第43条 第3項	—
㉜-㉝'	○	第43条 第3項	—
㉞-㉟'	○	第43条 第3項	—
㊱-㊲'	○	第43条 第3項	—
㊳-㊴'	○	第43条 第3項	—
㊵-㊶'	○	第43条 第3項	—
㊷-㊸'	○	第43条 第3項	—
㊹-㊺'	○	第43条 第3項	—
㊻-㊼'	○	第43条 第3項	—
㊽-㊾'	○	第43条 第3項	—
㊿-㉀'	○	第43条 第3項	—
㉁-㉂'	○	第43条 第3項	—
㉃-㉄'	○	第43条 第3項	—
㉅-㉆'	○	第43条 第3項	—
㉇-㉈'	○	第43条 第3項	—
㉉-㊀'	○	第43条 第3項	—
㊁-㊂'	○	第43条 第3項	—
㊃-㊄'	○	第43条 第3項	—
㊅-㊆'	○	第43条 第3項	—
㊇-㊈'	○	第43条 第3項	—
㊉-㊊'	○	第43条 第3項	—
㊋-㊌'	○	第43条 第3項	—
㊍-㊎'	○	第43条 第3項	—
㊏-㊐'	○	第43条 第3項	—
㊑-㊒'	○	第43条 第3項	—
㊓-㊔'	○	第43条 第3項	—
㊕-㊖'	○	第43条 第3項	—
㊗-㊘'	○	第43条 第3項	—
㊙-㊚'	○	第43条 第3項	—
㊛-㊜'	○	第43条 第3項	—
㊝-㊞'	○	第43条 第3項	—
㊟-㊠'	○	第43条 第3項	—
㊡-㊢'	○	第43条 第3項	—
㊣-㊤'	○	第43条 第3項	—
㊥-㊦'	○	第43条 第3項	—
㊧-㊨'	○	第43条 第3項	—
㊩-㊪'	○	第43条 第3項	—
㊫-㊬'	○	第43条 第3項	—
㊭-㊮'	○	第43条 第3項	—
㊯-㊰'	○	第43条 第3項	—
㊱-㊲'	○	第43条 第3項	—
㊳-㊴'	○	第43条 第3項	—
㊵-㊶'	○	第43条 第3項	—
㊷-㊸'	○	第43条 第3項	—
㊹-㊺'	○	第43条 第3項	—
㊻-㊼'	○	第43条 第3項	—
㊽-㊾'	○	第43条 第3項	—
㊿-㉀'	○	第43条 第3項	—
㉁-㉂'	○	第43条 第3項	—
㉃-㉄'	○	第43条 第3項	—
㉅-㉆'	○	第43条 第3項	—
㉇-㉈'	○	第43条 第3項	—
㉉-㊀'	○	第43条 第3項	—
㊁-㊂'	○	第43条 第3項	—
㊃-㊄'	○	第43条 第3項	—
㊅-㊆'	○	第43条 第3項	—
㊇-㊈'	○	第43条 第3項	—
㊉-㊊'	○	第43条 第3項	—
㊋-㊌'	○	第43条 第3項	—
㊍-㊎'	○	第43条 第3項	—
㊏-㊐'	○	第43条 第3項	—
㊑-㊒'	○	第43条 第3項	—
㊓-㊔'	○	第43条 第3項	—
㊕-㊖'	○	第43条 第3項	—
㊗-㊘'	○	第43条 第3項	—
㊙-㊚'	○	第43条 第3項	—
㊛-㊜'	○	第43条 第3項	—
㊝-㊞'	○	第43条 第3項	—
㊟-㊠'	○	第43条 第3項	—
㊡-㊢'	○	第43条 第3項	—
㊣-㊤'	○	第43条 第3項	—
㊥-㊦'	○	第43条 第3項	—
㊧-㊨'	○	第43条 第3項	—
㊩-㊪'	○	第43条 第3項	—
㊫-㊬'	○	第43条 第3項	—
㊭-㊮'	○	第43条 第3項	—
㊯-㊰'	○	第43条 第3項	—
㊱-㊲'	○	第43条 第3項	—
㊳-㊴'	○	第43条 第3項	—
㊵-㊶'	○	第43条 第3項	—
㊷-㊸'	○	第43条 第3項	—
㊹-㊺'	○	第43条 第3項	—
㊻-㊼'	○	第43条 第3項	—
㊽-㊾'	○	第43条 第3項	—
㊿-㉀'	○	第43条 第3項	—
㉁-㉂'	○	第43条 第3項	—
㉃-㉄'	○	第43条 第3項	—
㉅-㉆'	○	第43条 第3項	—
㉇-㉈'	○	第43条 第3項	—
㉉-㊀'	○	第43条 第3項	—
㊁-㊂'	○	第43条 第3項	—
㊃-㊄'	○	第43条 第3項	—
㊅-㊆'	○	第43条 第3項	—
㊇-㊈'	○	第43条 第3項	—
㊉-㊊'	○	第43条 第3項	—
㊋-㊌'	○	第43条 第3項	—
㊍-㊎'	○	第43条 第3項	—
㊏-㊐'	○	第43条 第3項	—
㊑-㊒'	○	第43条 第3項	—
㊓-㊔'	○	第43条 第3項	—
㊕-㊖'	○	第43条 第3項	—
㊗-㊘'	○	第43条 第3項	—
㊙-㊚'	○	第43条 第3項	—
㊛-㊜'	○	第43条 第3項	—
㊝-㊞'	○	第43条 第3項	—
㊟-㊠'	○	第43条 第3項	—
㊡-㊢'	○	第43条 第3項	—
㊣-㊤'	○	第43条 第3項	—
㊥-㊦'	○	第43条 第3項	—
㊧-㊨'	○	第43条 第3項	—
㊩-㊪'	○	第43条 第3項	—
㊫-㊬'	○	第43条 第3項	—
㊭-㊮'	○	第43条 第3項	—
㊯-㊰'	○	第43条 第3項	—
㊱-㊲'	○	第43条 第3項	—
㊳-㊴'	○	第43条 第3項	—
㊵-㊶'	○	第43条 第3項	—
㊷-㊸'	○	第43条 第3項	—
㊹-㊺'	○	第43条 第3項	—
㊻-㊼'	○	第43条 第3項	—
㊽-㊾'	○	第43条 第3項	—
㊿-㉀'	○	第43条 第3項	—
㉁-㉂'	○	第43条 第3項	—
㉃-㉄'	○	第43条 第3項	—
㉅-㉆'	○	第43条 第3項	—
㉇-㉈'	○	第43条 第3項	—
㉉-㊀'	○	第43条 第3項	—
㊁-㊂'	○	第43条 第3項	—
㊃-㊄'	○	第43条 第3項	—
㊅-㊆'	○	第43条 第3項	—
㊇-㊈'	○	第43条 第3項	—
㊉-㊊'	○	第43条 第3項	—
㊋-㊌'	○	第43条 第3項	—
㊍-㊎'	○	第43条 第3項	—
㊏-㊐'	○	第43条 第3項	—
㊑-㊒'	○	第43条 第3項	—
㊓-㊔'	○	第43条 第3項	—
㊕-㊖'	○	第43条 第3項	—
㊗-㊘'	○	第43条 第3項	—
㊙-㊚'	○	第43条 第3項	—
㊛-㊜'	○	第43条 第3項	—
㊝-㊞'	○	第43条 第3項	—
㊟-㊠'	○	第43条 第3項	—
㊡-㊢'	○	第43条 第3項	—
㊣-㊤'	○	第43条 第3項	—
㊥-㊦'	○	第43条 第3項	—
㊧-㊨'	○	第43条 第3項	—
㊩-㊪'	○	第43条 第3項	—
㊫-㊬'	○	第43条 第3項	—
㊭-㊮'	○	第43条 第3項	—
㊯-㊰'	○	第43条 第3項	—
㊱-㊲'	○	第43条 第3項	—
㊳-㊴'	○	第43条 第3項	—
㊵-㊶'	○	第43条 第3項	—
㊷-㊸'	○	第43条 第3項	—
㊹-㊺'	○	第43条 第3項	—
㊻-㊼'	○	第43条 第3項	—
㊽-㊾'	○	第43条 第3項	—
㊿-㉀'	○	第43条 第3項	—
㉁-㉂'	○	第43条 第3項	—
㉃-㉄'	○	第43条 第3項	—
㉅-㉆'	○	第43条 第3項	—
㉇-㉈'	○	第43条 第3項	—
㉉-㊀'	○	第43条 第3項	—
㊁-㊂'	○	第43条 第3項	—
㊃-㊄'	○	第43条 第3項	—
㊅-㊆'	○	第43条 第3項	—
㊇-㊈'	○	第43条 第3項	—
㊉-㊊'	○	第43条 第3項	—
㊋-㊌'	○	第43条 第3項	—
㊍-㊎'	○	第43条 第3項	—
㊏-㊐'	○	第43条 第3項	—
㊑-㊒'	○	第43条 第3項	—
㊓-㊔'	○	第43条 第3項	—
㊕-㊖'	○	第43条 第3項	—
㊗-㊘'	○	第43条 第3項	—
㊙-㊚'	○	第43条 第3項	—
㊛-㊜'	○	第43条 第3項	—
㊝-㊞'	○	第43条 第3項	—
㊟-㊠'	○	第43条 第3項	—
㊡-㊢'	○	第43条 第3項	—
㊣-㊤'	○	第43条 第3項	—
㊥-㊦'	○	第43条 第3項	—
㊧-㊨'	○	第43条 第3項	—
㊩-㊪'	○	第43条 第3項	—
㊫-㊬'	○	第43条 第3項	—
㊭-㊮'	○	第43条 第3項	—
㊯-㊰'	○	第43条 第3項	—
㊱-㊲'	○	第43条 第3項	—
㊳-㊴'	○	第43条 第3項	—
㊵-㊶'	○	第43条 第3項	—
㊷-㊸'	○	第43条 第3項	—
㊹-㊺'	○	第43条 第3項	—
㊻-㊼'	○	第43条 第3項	—
㊽-㊾'	○	第43条 第3項	—
㊿-㉀'	○	第43条 第3項	—
㉁-㉂'	○	第43条 第3項	—
㉃-㉄'	○	第43条 第3項	—
㉅-㉆'	○	第43条 第3項	—
㉇-㉈'	○	第43条 第3項	—
㉉-㊀'	○	第43条 第3項	—
㊁-㊂'	○	第43条 第3項	—
㊃-㊄'	○	第43条 第3項	—
㊅-㊆'	○	第43条 第3項	—
㊇-㊈'	○	第43条 第3項	—
㊉-㊊'	○	第43条 第3項	—
㊋-㊌'	○	第43条 第3項	—
㊍-㊎'	○	第43条 第3項	—
㊏-㊐'	○	第43条 第3項	—
㊑-㊒'	○	第43条 第3項	

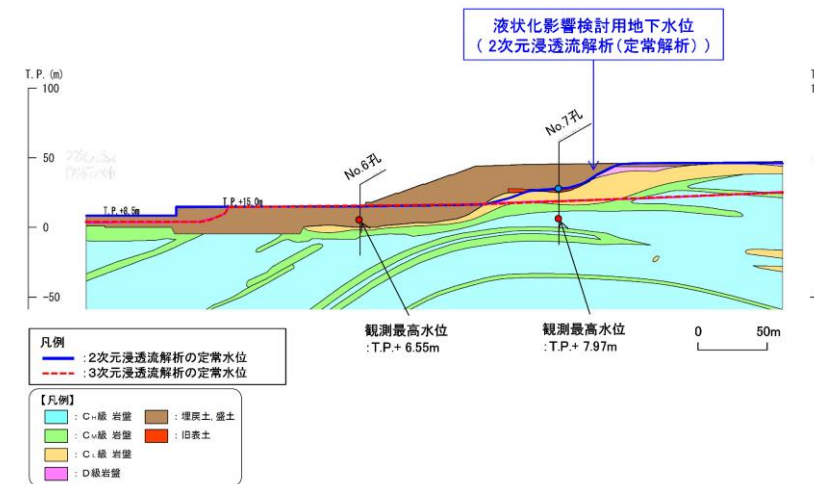
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>限定的なものにとどまると考えられるため、レベル2地震動の作用に対して性能2を満足するとみなしてよい。」と示されている。</p> <p>注) レベル2地震動：供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度を持つ地震動。</p> <p>注) 性能2：想定する作用による損傷が限定的なものにとどまり、盛土としての機能の回復がすみやかに実行可能な性能</p> <p>また、解析に当たっては、以下に示す保守的な評価を行っているため、すべり安全率1.0は評価基準値として妥当であると考えている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2次元断面による評価であり、現実のすべりブロック（3次元形状）が持つ側方抵抗を考慮していないため、保守的な評価となっている。 ・ 各要素の応力状態より、「引張応力が発生した要素」, 「せん断強度に達した要素」については、せん断抵抗力の算定に用いる強度に残留強度を採用し、健全強度より低下させることで安全側の評価を実施している。 <p>※1 社団法人地盤工学会, 斜面安定解析入門, P81 ※2 国土交通省河川局, 平成17年3月, 大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説, P132 ※3 社団法人日本道路協会, 平成22年4月, 道路土工盛土工指針(平成22年度版), P123</p>	 <p>第4-1図 3次元浸透流解析結果(定常解析)の等水位線図</p> <p>4.1 液状化範囲の検討フロー</p> <p>液状化範囲の検討フローを第4.1-1図に示す。</p> <p>盛土斜面の液状化範囲の設定方法は、「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」において2号炉南側盛土斜面を対象に実施した方法と同様に設定した。</p> <p>なお、時刻歴非線形解析(有効応力解析, FLIP)による液状化発生の有無の確認を行わない場合は、保守的に検討用地下水位以深の埋戻土を全て液状化範囲として設定する。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div data-bbox="1780 220 2478 714" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1869 745 2359 787" style="text-align: center;">第 4.1-1 図 液化化範囲の検討フロー</p> <p data-bbox="1736 840 2018 871">4.2 2号南側盛土斜面</p> <p data-bbox="1765 882 2507 955">2号炉南側盛土斜面の液化化影響検討用地下水位を設定するため, 2次元浸透流解析(定常解析)を実施する。</p> <p data-bbox="1765 976 2507 1186">解析モデル及び解析条件は, 第 4.2-1 図, 第 4.2-2 図のとおりとし, 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)等を踏まえ, より保守的な条件となるよう, T.P. +8.5m 盤, T.P. +15m 盤及び T.P. +44m 盤の盛土と旧地形の境界部において, 地表面に水頭固定境界を設定する。</p> <p data-bbox="1765 1197 2507 1365">地表面水頭固定境界に挟まれた検討用地下水位の計算領域は, 降雨考慮範囲として, 松江地方気象台における年間降水量にばらつきを考慮した値に, 今後の気候変動予測による降水量の変化を加味した降雨条件 2,400mm/年を考慮する。</p> <div data-bbox="1884 1375 2389 1858" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1840 1869 2404 1900" style="text-align: center;">第 4.2-1 図 2号南側盛土斜面の断面位置図</p>	



第 4.2-2 図 2次元浸透流解析（定常解析）の解析条件

2次元浸透流解析による検討用地下水位を第 4.2-3 図に示す。2次元浸透流解析の結果を踏まえ、液状化発生の有無を確認するために実施する有効応力解析における検討用地下水位を設定した。

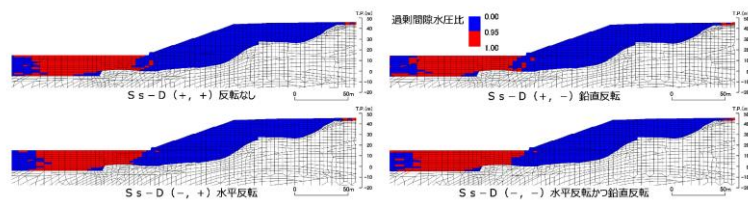
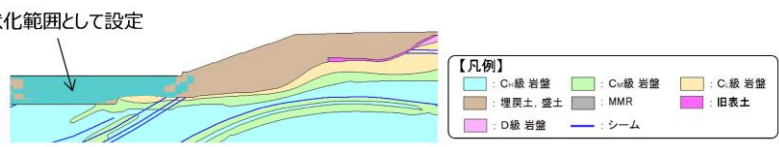


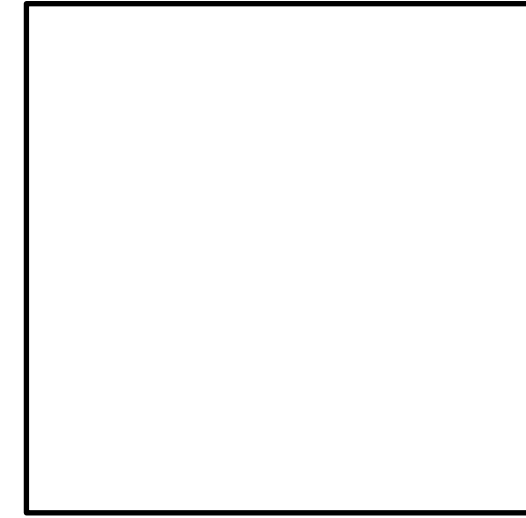
第 4.2-3 図 2次元浸透流解析による検討用地下水位

2号炉南側盛土斜面は、常設重大事故等対処施設の周辺斜面であることを踏まえ、有効応力解析による液状化発生の有無の確認を行っている。

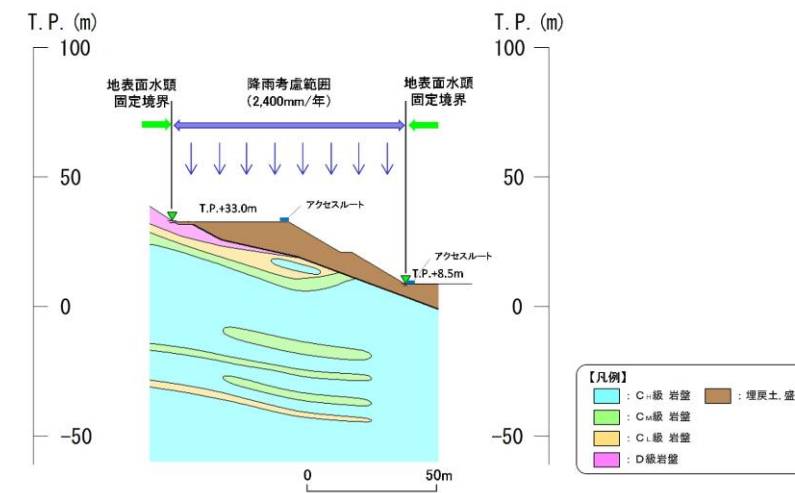
検討用地下水位を用いた有効応力解析結果を踏まえ、過剰間隙水圧比が 0.95 以上となる地盤要素を、繰り返し荷重による強度低下を考慮する液状化範囲として設定する。

検討条件として、有効応力解析の結果、一度でも過剰間隙水

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>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、2次元動的 FEM 解析においてすべり面上のせん断力及び抵抗力をゼロとする。なお、液状化影響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。</p> <p>各地震動方向における最大過剰間隙水圧分布図を第 4.2-4 図、包絡するように設定した液状化範囲の分布図を第 4.2-5 図に示す。</p>  <p>第 4.2-4 図 各地震動方向における最大過剰間隙水圧分布図</p>  <p>第 4.2-5 図 液状化範囲の分布図</p> <p>4.3 3.3m盤盛土斜面</p> <p>3.3m盤盛土斜面の液状化影響検討用地下水位を設定するため、2次元浸透流解析（定常解析）を実施する。</p> <p>解析モデル及び解析条件は、第 4.3-1 図、第 4.3-2 図のとおりとし、保守的な条件となるよう、T.P.+8.5m 盤及び上流側の盛土と地山の境界部において、地表面に水頭固定境界を設定する。地表面水頭固定境界に挟まれた検討用地下水位の計算領域は、降雨考慮範囲として降雨条件 2,400mm/年を考慮する。</p>	

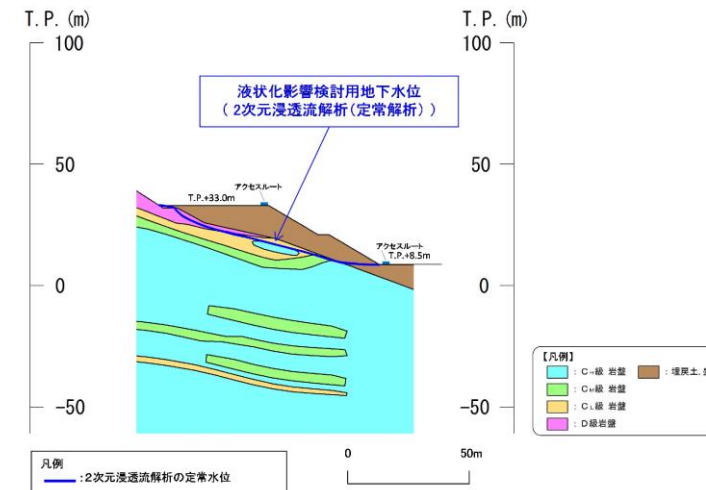


第 4.3-1 図 3 m 盤盛土斜面の断面位置図



第 4.3-2 図 2次元浸透流解析 (定常解析) の解析条件

2次元浸透流解析による検討用地下水位を第 4.3-3 図に示す。2次元浸透流解析の結果、盛土斜面内に地下水位が認められない。液状化範囲の設定に当たっては、地下水位以深の埋戻土を全て液状化範囲として設定する。

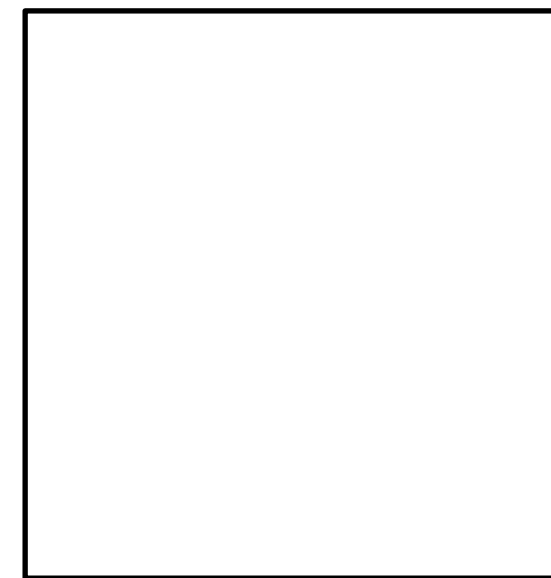


第 4.3-3 図 2次元浸透流解析による検討用地下水位

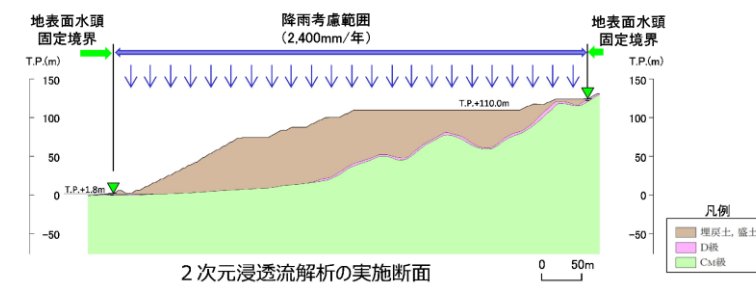
4.4 才津谷土捨場盛土斜面

才津谷土捨場については、防波壁や地盤改良等、地下水位の流れを遮断する設備がないことから、地下水位が上昇する恐れはないと考えられるが、念のため、地下水の流下方向である谷方向の断面を対象に2次元浸透流解析（定常解析）を実施する。

解析モデルは下図のとおり、保守的な条件となるよう、下流側の法尻部及び上流側の盛土と地山の境界部において、地表面に水頭固定境界を設定する。地表面水頭固定境界に挟まれた検討用地下水位の計算領域は、降雨考慮範囲として降雨条件2,400mm/年を考慮する。

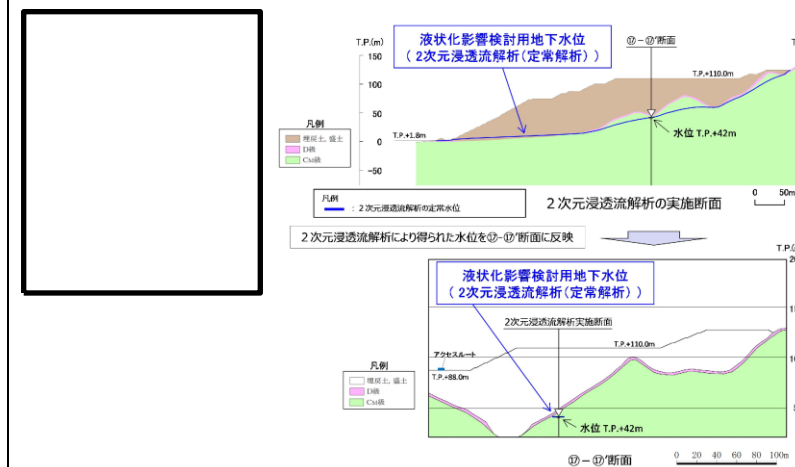


第 4.4-1 図 才津谷土捨場断面位置図



第 4.4-2 図 2次元浸透流解析（定常解析）の解析条件

2次元浸透流解析による検討用地下水位を第 4.4-3 図に示す。2次元浸透流解析の結果、すべり安定性評価対象断面位置における地下水位は、T.P. +42m となり、法尻部の標高 (T.P. +88m) よりも十分低いことを確認した。当該斜面の安定性評価においては、液状化によるせん断強度の低下は考慮しない。



第 4.4-3 図 2次元浸透流解析による検討用地下水位
(上図：2次元浸透流解析の実施断面，下図：⑰-⑰'断面)

5. 保管場所及びアクセスルートに影響するおそれのある斜面のグループ分け

保管場所及びアクセスルートに影響するおそれのある斜面のグループ分けは、以下の観点から分類する。

①地盤の種類が異なることから、岩盤斜面と盛土斜面に区分する。

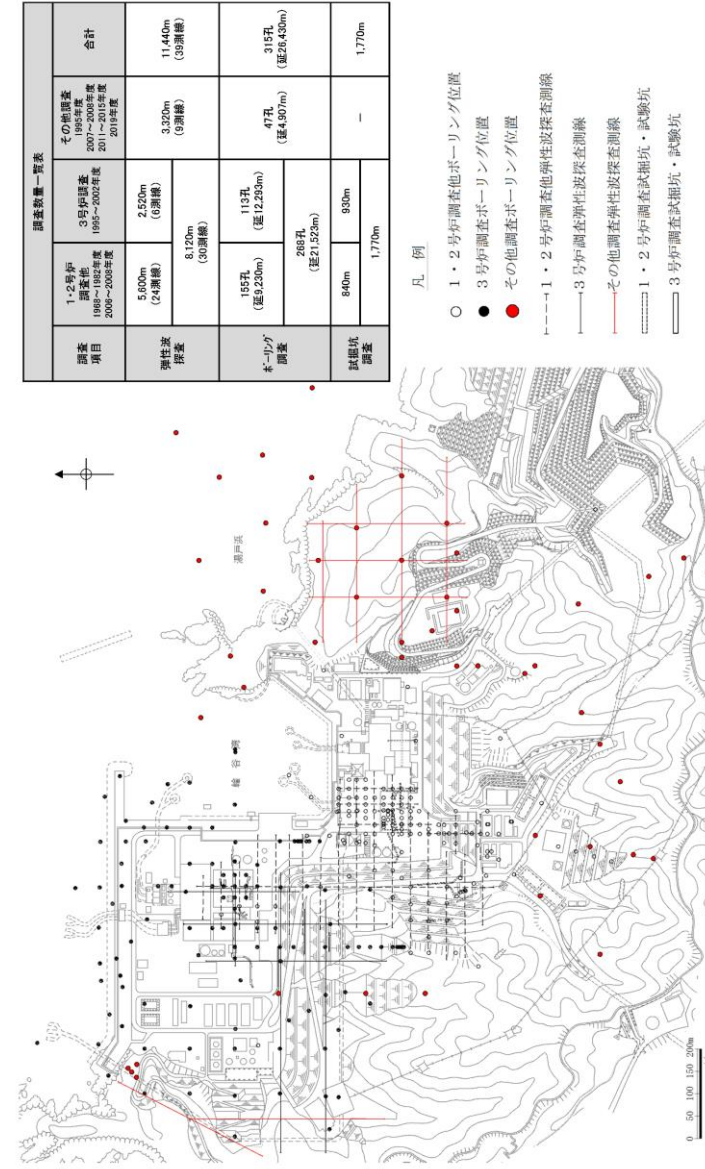
②地質や地震増幅特性が異なることから、法尻標高

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>T.P. +15m 以下, T.P. +33~50m, T.P. +88m の3つに区分する。</p> <p>上記に従いグループ分けを行った結果, 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), グループC (岩盤斜面, 法尻標高 T.P. +33~50m) 及びグループD (盛土斜面, 法尻標高 T.P. +88m) の4のグループに分類した。分類結果を第5-1図に示す。</p> <div data-bbox="1745 667 2481 995" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>【凡例】</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ : 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) ■ : グループC (岩盤斜面, 法尻標高T.P.+33~50m) ■ : グループD (盛土斜面, 法尻標高T.P.+88m) ■ : 可搬型設備の保管場所 — : アクセスルート (要員) — : サブルート (要員) <p>※緑線は要員のみを示す。 ※赤線は要員のみを示す。</p> </div> <p style="text-align: center;">第5-1図 グループA~Dの平面位置図</p> <p>6. 評価対象斜面の選定</p> <p>6.1 評価フロー (詳細)</p> <p>保管場所・アクセスルート周辺斜面の地震時安定性評価は, 「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」と同様に, 第6.1-1図に示すフローに基づき行う。(断面位置は, 第6.3-1図, 第6.4-1図, 第6.5-1図, 第6.6-1図, 第6.7-1図, 第6.8-1図を参照)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>第 6.1-1 図 保管場所等の評価対象斜面のすべりに対する安定性評価のフロー</p> <p>6.2 選定方針</p> <p>評価対象斜面については、5章で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, ②斜面高さ, ③斜面の勾配, ④シームの分布の有無, ⑤盛土厚)の観点から比較を行い、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。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。</p> <p>選定結果を 6.3~6.8 章に示す。</p> <p>影響要因の検討においては、第 6.2-1 図に示す位置における既往の地質調査結果(『島根原子力発電所2号炉 敷地の地質・地質構造』の審査で説明済)を踏まえて実施した。</p> <p>6.2.1 基準地震動 S_s による2次元動的FEM解析</p> <p>評価対象斜面に選定された保管場所・アクセスルートの周辺斜面及び敷地下斜面について、基準地震動 S_s によるすべり安定性評価を実施する。</p> <p>6.2.2 地震応答解析手法</p> <p>評価対象斜面の解析断面について、基準地震動 S_s に対する</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考				
		<p>地震応答解析を二次元動的有限要素法により行う。地震応答解析は周波数応答解析手法を用い、等価線形化法により土質材料のせん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性を考慮する。</p> <p>地震時の応力は、静的解析による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るにより算出する。常時応力は地盤の自重計算により求まる初期応力を考慮し、動的応力は水平地震動及び鉛直地震動による応答の同時性を考慮して求める。</p> <p>地震応答解析に用いたコードを第 6.2-1 表に示す。</p> <p style="text-align: center;">第 6.2-1 表 斜面の解析に用いたコード</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>静的解析</th> <th>地震応答解析</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>s-stan Ver. 20_SI</td> <td>ADVANF/Win Ver. 4.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>6.2.3 解析用物性値 解析用物性値は、「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」の物性値を用いる。</p> <p>6.2.4 解析モデルの設定 解析モデルは「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」と同様、以下のとおり設定した。</p> <p>a. 地盤のモデル化 地盤は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する。</p> <p>b. 地下水位 解析用地下水位は、保守的に地表面に設定する。</p> <p>c. 減衰特性 JEAG4601-2015 に基づき、岩盤の減衰を 3%に設定する。</p> <p>6.2.5 評価基準値の設定 すべり安定性評価では、水平動・鉛直動を同時に考慮した基準地震動 S_s に対する動的解析により、評価対象斜面の最</p>	静的解析	地震応答解析	s-stan Ver. 20_SI	ADVANF/Win Ver. 4.0	
静的解析	地震応答解析						
s-stan Ver. 20_SI	ADVANF/Win Ver. 4.0						

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>小すべり安全率が評価基準値 1.0 を上回ることを確認する。 (評価基準値を 1.0 とした根拠は、本資料末尾の参考-2を参照)</p> <p>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。</p> <p>引張応力が発生した要素については、すべり面に対して直応力が引張応力の場合には強度を 0 とし、圧縮応力の場合は残留強度を用いる。また、せん断強度に達した要素では残留強度を用いる。</p> <p>想定すべり面は、「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」と同様の方法により設定する。</p> <p>6.2.6 入力地震動の策定</p> <p>入力地震動の策定は、「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」と同様に行う。なお、敷地毎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。</p>	



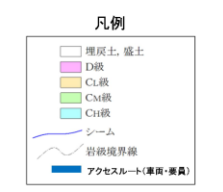
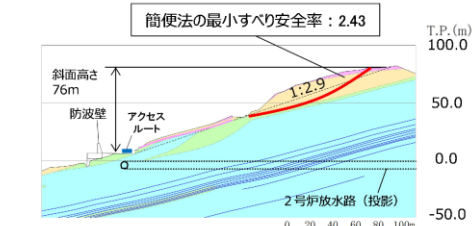
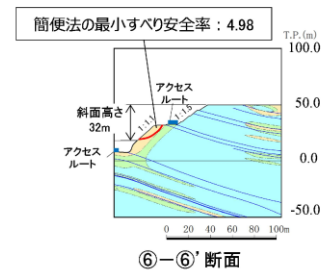
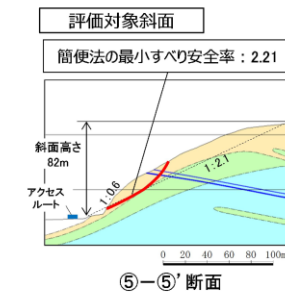
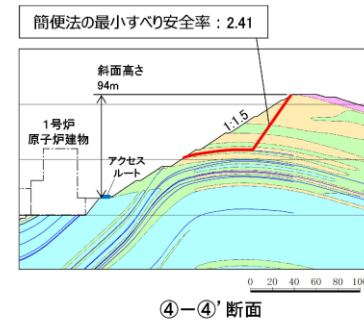
第 6.2-1 図 既往の地質調査位置図

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>6.3 グループA (岩盤斜面, 法尻標高 T.P. +15m 以下)</p> <p>第 6.3-1 図に示すとおり, 各斜面の代表断面として④-④' 断面~⑦-⑦' 断面の4断面を作成し, この中から評価対象斜面を選定した。</p> <p>④-④' 断面~⑦-⑦' 断面は, 各斜面において, 最も斜面高さが高くなり, 最急勾配方向となるように断面位置を設定した。なお, 自然斜面の断面位置は, 風化層が厚くなる尾根部を通るようにした。</p> <div data-bbox="1748 640 2487 1171" style="border: 1px solid black; height: 250px; width: 100%;"></div> <p>第 6.3-1 図 グループA (岩盤斜面, 法尻標高 T.P. +15m 以下) の斜面の断面位置図</p> <p>第 6.3-1 表に示すとおり, 第 6.3-2 図に示す岩盤で構成される斜面の④-④' 断面~⑦-⑦' 断面について比較検討した結果, ⑤-⑤' 断面の影響要因の番号付与数が多いこと, 及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから, 当該斜面を評価対象斜面に選定した (各断面の比較検討結果及び評価対象斜面の選定根拠の詳細は参考-1 を参照)。</p> <p>基準地震動 S_s による 2次元動的 FEM 解析結果を第 6.3-3 図に示す。全ての評価対象斜面において, 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。</p>	

第 6.3-1 表 グループ A (岩盤斜面, 法尻標高 T.P. +15m 以下) の評価対象斜面の選定結果

保路場所・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結果
	【影響要因①】構成する岩盤	【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 _{II} , C _{III} , C _I 級	94m	1:1.5	あり:7条	①, ②, ④	2.41	③-⑤'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、③-⑤'断面の評価に代表される。	○
⑤-⑤'	C _{II} , C _{III} , C _I 級	82m	1:2.1 (一部、C _I 級で 1:0.6の急勾配部あり)	あり:3条	①, ③, ④	2.21	C _I 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 _{II} , C _{III} , C _I 級	32m	1:1.1, 1:1.5	あり:4条	①, ③, ④	4.98	③-⑤'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、③-⑤'断面の評価に代表される。	-
⑦-⑦'	C _{III} , C _{II} , C _I , D 級	76m	1:2.9	なし	①	2.43	③-⑤'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、③-⑤'断面の評価に代表される。	○

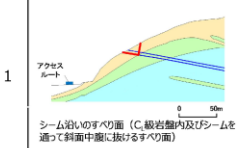
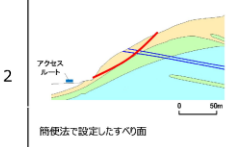
■ : 高勾配を付与する影響要因 ■ : 影響要因の番号付与数が多し (簡便法のすべり安全率が小さい) ■ : 選定した評価対象斜面
 ※「島根原子力発電所 2号炉 斜面重要施設及び緊急重大事故等対策施設の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について」



※「防波壁及び1号放水連絡通路防波屏の周辺斜面の安定性評価」(令和2年2月28日審査会合)で説明した疎質土・粘性土の切取を反映済
 ⑦-⑦' 断面

第 6.3-2 図 グループ A (岩盤斜面, 法尻標高 T.P. +15m 以下) の斜面の地質断面図

・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}
<p>1</p>  <p>シーム沿いのすべり面 (C級岩盤内及びシームを跨って斜面中間に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (+,+)	3.37 (7.46)
<p>2</p>  <p>前記法で設定したすべり面</p>	Ss-D (+,+)	2.48 (8.55)

【凡例】
■ : C級岩盤 ■ : C級岩盤 ■ : C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。

第 6.3-3 図 グループ A (岩盤斜面, 法尻標高 T.P. +15m 以下) のすべり安定性評価結果

6.4 グループ B (盛土斜面, 法尻標高 T.P. +15m 以下)

第 6.4-1 図に示すとおり, 各斜面の代表断面として⑧-⑧'断面, ⑨-⑨'断面の2断面を作成し, この中から評価対象斜面を選定した。

⑧-⑧'断面, ⑨-⑨'断面は, 各斜面において, 最も斜面高さが高くなり, 最急勾配方向となるように断面位置を設定した。



第 6.4-1 図 グループ B (盛土斜面, 法尻標高 T.P. +15m 以下) の斜面の断面位置図

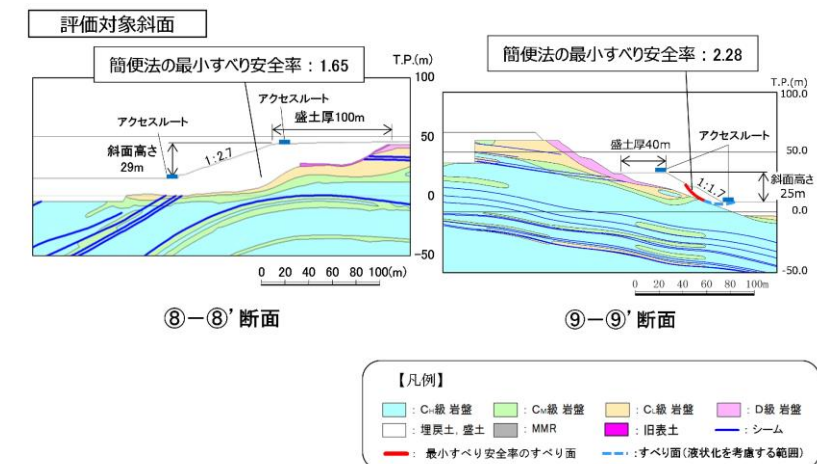
第 6.4-1 表に示すとおり、第 6.4-2 図に示す盛土で構成される斜面の⑧-⑧' 断面及び⑨-⑨' 断面について比較検討した結果、⑧-⑧' 断面の影響要因の番号付与数が多いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、当該斜面を評価対象斜面に選定した。(各断面の比較検討結果及び評価対象斜面の選定根拠の詳細は参考-1 を参照)。

基準地震動 S_s による 2 次元動的 FEM 解析結果を第 6.4-3 図に示す。全ての評価対象斜面において、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。

第 6.4-1 表 グループ B (盛土斜面, 法尻標高 T.P. +15m 以下) の評価対象斜面の選定結果

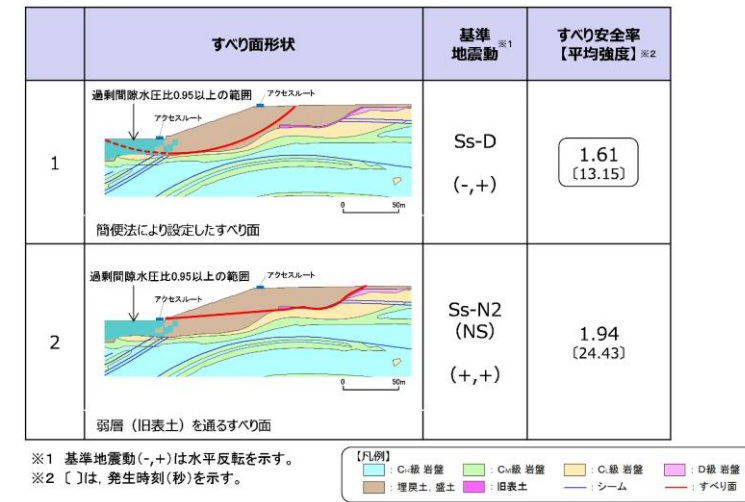
発電場所・アクセスルートに影響するおそれのある斜面	影響要因			該当する影響要因	簡便法の最小すべり安全率	選定理由	耐震重要施設等の周辺斜面における検討範囲
	【影響要因②】 斜面高さ	【影響要因③】 斜面の勾配	【影響要因⑤】 盛土厚				
⑧-⑧'	29m	1: 2.7	100m	②, ⑤	1.65	⑧-⑧' 断面に比べ、盛土厚が厚いこと、斜面高さが高いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。	○
⑨-⑨'	25m	1: 1.7	40m	③	2.28	⑧-⑧' 断面に比べ、勾配が急であるが、盛土厚が薄いこと、斜面高さが低いこと、及び簡便法の最小すべ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応施設の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について]



第 6.4-2 図 グループ B (盛土斜面, 法尻標高 T.P. +15m 以下) の斜面の地質断面図

・平均強度でのすべり安全率



第 6.4-3 図 グループB (盛土斜面, 法尻標高 T.P. +15m 以下) のすべり安定性評価結果

6.5 グループC (岩盤斜面, 法尻標高 T.P. +33~50m)

第 6.5-1 図に示すとおり, 各斜面の代表断面として⑨-⑨' 断面, ⑪-⑪' 断面~⑬-⑬' 断面の7断面を作成し, この中から評価対象斜面を選定した。⑨-⑨' 断面, ⑪-⑪' 断面~⑬-⑬' 断面は, 各斜面において, 最も斜面高さが高くなり, 最急勾配方向となるように断面位置を設定した。なお, 自然斜面の断面位置は, 風化層が厚くなる尾根部を通るようにした。



第 6.5-1 図 グループC (岩盤斜面, 法尻標高 T.P. +33~50m) の斜面の断面位置図

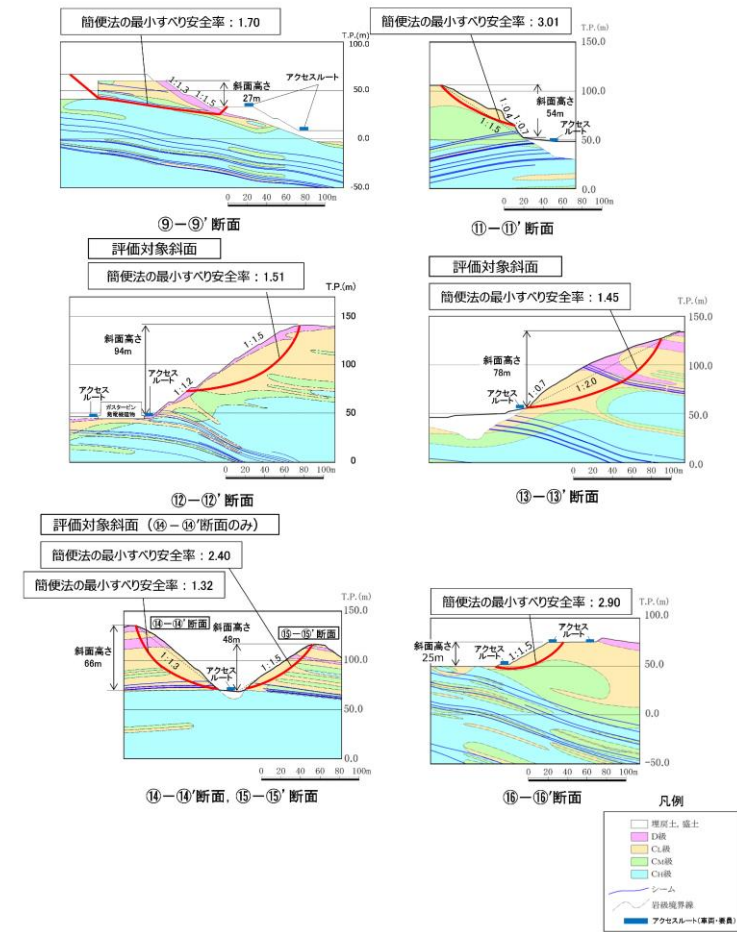
第 6.5-1 表に示すとおり、第 6.5-2 図に示す⑨-⑨' 断面、⑩-⑩' 断面～⑬-⑬' 断面について比較検討した結果、⑫-⑫' 断面～⑭-⑭' 断面の影響要因の番号付与数が多いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、当該斜面を評価対象斜面に選定した（各断面の比較検討結果及び評価対象斜面の選定根拠の詳細は参考-1 を参照）。

基準地震動 S_s による 2次元動的 FEM 解析結果を第 6.5-3 図に示す。全ての評価対象斜面において、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。

第 6.5-1 表 グループ C（岩盤斜面，法尻標高 T.P. +33～50m）
の評価対象斜面の選定結果

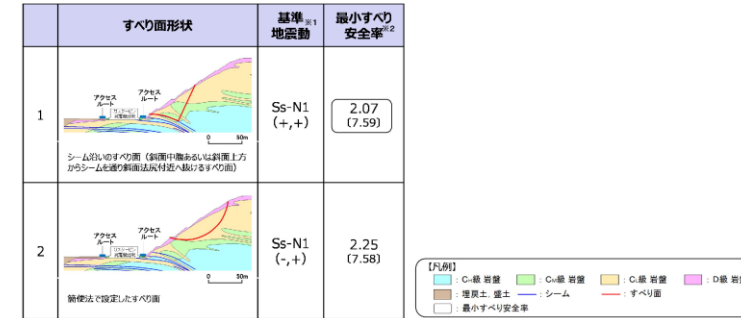
評価場所、アクトシステムに属するおそれのある斜面	影響要因				該当する影響要因	簡便法の最小すべり安全率	選定理由	重要施設等への影響
	【影響要因①】構成する岩級	【影響要因②】斜面高さ	【影響要因③】斜面の勾配	【影響要因④】シームの分布の有無				
⑨-⑨'	C _H , C _{II} , C _L , D級	27m	1:1.3, 1:1.5	あり:4条	①, ④	1.70	⑨-⑨' 断面に比べ、斜面高が低いこと、斜面の勾配が緩いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑨-⑨' 断面の評価に代表される。	-
⑩-⑩'	C _H , C _L 級	54m	1:1.5 (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	⑩-⑩' 断面に比べ、斜面高が低いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑩-⑩' 断面の評価に代表される。	-
⑪-⑪'	C _H , C _{II} , 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。	○
⑫-⑫'	C _H , C _{II} , 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⑩-⑩' 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。	-
⑬-⑬'	C _H , C _L , D級	66m	1:1.3	あり:4条	①, ④	1.32	D級岩盤及びC _L 級岩盤が分布すること、シームが分布すること、及び⑩-⑩' 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 _H , C _L , D級	48m	1:1.5	あり:2条	①, ④	2.40	⑭-⑭' 断面に比べ、斜面高が低いこと、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、⑭-⑭' 断面の評価に代表される。	-
⑮-⑮'	C _H , C _L 級	25m	1:1.5	なし	①	2.90	⑮-⑮' 断面に比べ、斜面高が低いこと、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、⑮-⑮' 断面の評価に代表される。	○

■ : 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 重要施設等に対する地震動の影響評価及び周辺斜面の安定性評価について」



第 6.5-2 図 グループ C (岩盤斜面, 法尻標高 T.P. +33~50m) の斜面の地質断面図

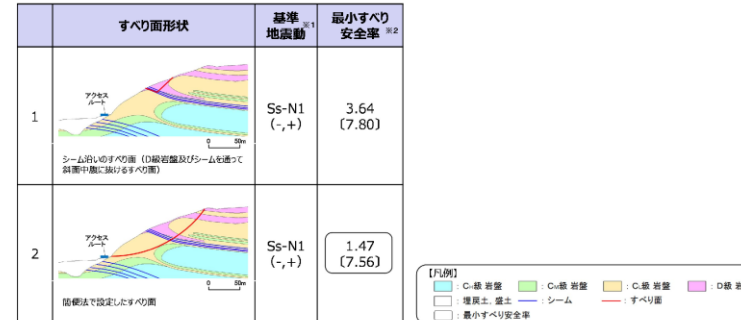
・平均強度でのすべり安全率



※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。

⑫-⑫' 断面

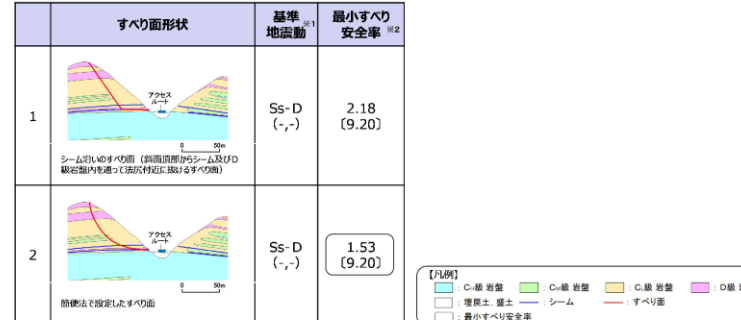
・平均強度でのすべり安全率



※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。

⑬-⑬' 断面

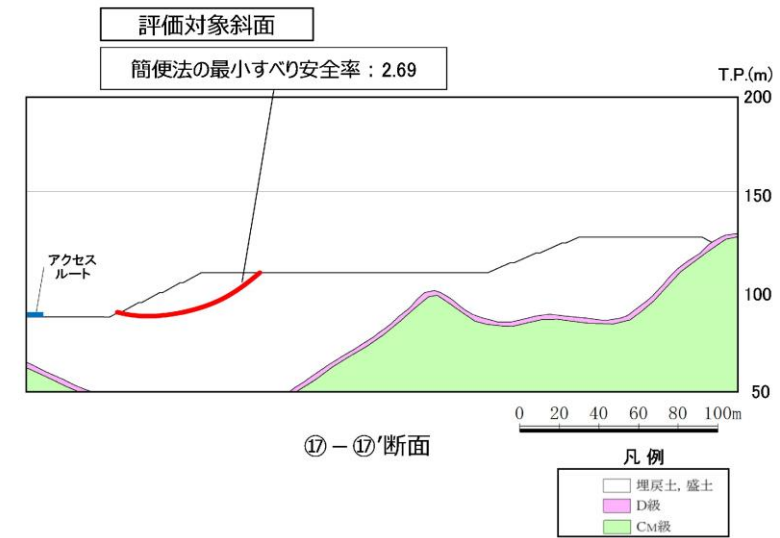
・平均強度でのすべり安全率



※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。

第 6.5-3 図 グループC (岩盤斜面, 法尻標高 T.P. +33~50m) のすべり安定性評価結果

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																			
		<p>6.6 グループD (盛土斜面, 法尻標高 T. P. +88m)</p> <p>グループDの斜面は, 法尻標高 T. P. +88m 付近の盛土斜面が1箇所のみであるため, 第 6.6-1 図に示すとおり, 斜面高さが最も高く, 最急勾配方向となるすべり方向に⑰-⑰' 断面を作成し, 評価対象斜面に選定した。地質断面図を第 6.6-2 図に示す。</p> <p>基準地震動 S s による 2次元動的 F E M解析結果を第 6.6-3 図に示す。全ての評価対象斜面において, 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。</p> <div data-bbox="1745 661 2507 1207" style="border: 1px solid black; height: 260px; width: 257px; margin: 10px 0;"></div> <p>第 6.6-1 図 グループD (盛土斜面, 法尻標高 T. P. +88m) の斜面の断面位置図</p> <p>第 6.6-1 表 グループD (盛土斜面, 法尻標高 T. P. +88m) の評価対象斜面の選定結果</p> <table border="1" data-bbox="1745 1476 2493 1560"> <thead> <tr> <th rowspan="2">保管場所・アクセスルートに 影響するおそれのある斜面</th> <th colspan="3">影響要因</th> <th rowspan="2">該当する 影響要因</th> <th rowspan="2">簡便法の最 小すべり 安全率</th> <th rowspan="2">選定理由</th> <th rowspan="2">耐震重要施設等 の周辺斜面^②にお ける検討断面</th> </tr> <tr> <th>【影響要因①】 斜面高さ</th> <th>【影響要因③】 斜面の勾配</th> <th>【影響要因⑤】 盛土厚</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>⑰-⑰'</td> <td>22m</td> <td>1 : 1.8</td> <td>145m</td> <td>-</td> <td>2.69</td> <td>グループD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。</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p><small>※「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」</small></p>	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 ^② にお ける検討断面	【影響要因①】 斜面高さ	【影響要因③】 斜面の勾配	【影響要因⑤】 盛土厚	⑰-⑰'	22m	1 : 1.8	145m	-	2.69	グループD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。	-	
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 ^② にお ける検討断面											
	【影響要因①】 斜面高さ	【影響要因③】 斜面の勾配	【影響要因⑤】 盛土厚																			
⑰-⑰'	22m	1 : 1.8	145m	-	2.69	グループD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。	-															



第 6.6-2 図 グループD (盛土斜面, 法尻標高 T.P.+88m) の評価対象斜面の地質断面図

・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}
	Ss-N2 (EW) (+,+)	2.17 (26.87)

【凡例】
■ Cm級 岩盤 ■ D級 岩盤 — すべり面
 最小すべり安全率

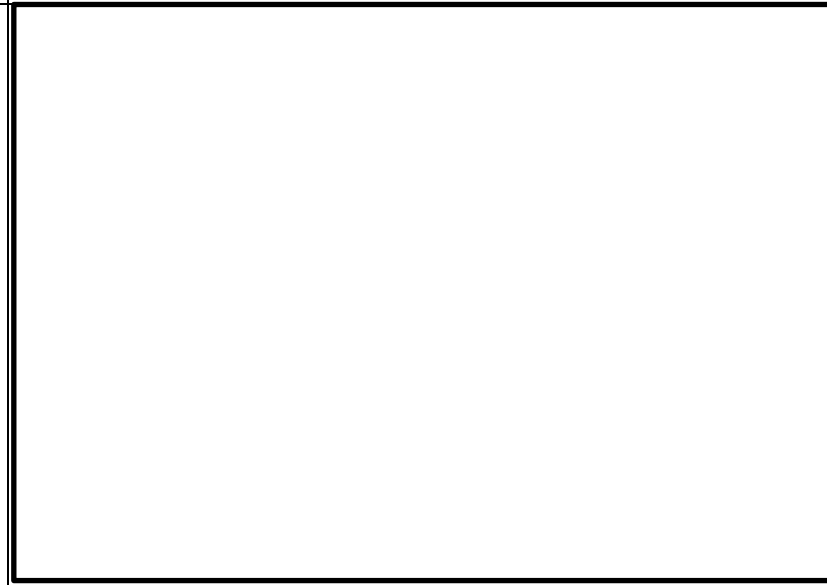
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

第 6.6-3 図 グループD (盛土斜面, 法尻標高 T.P.+88m) のすべり安定性評価結果

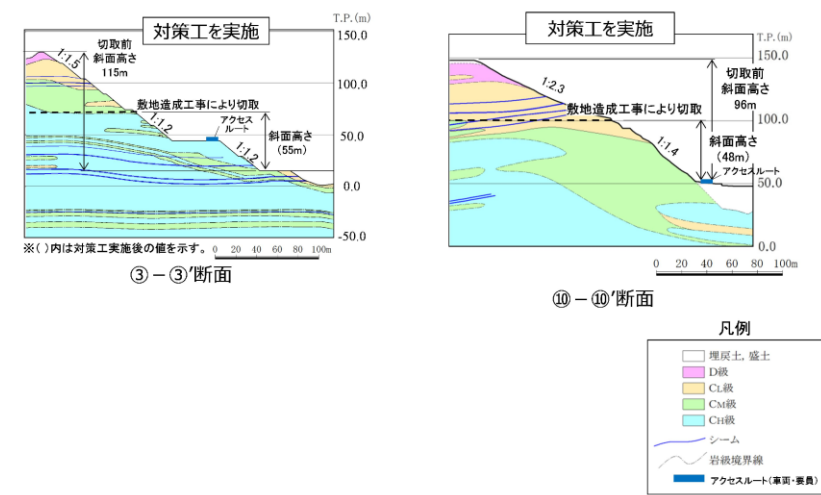
6.7 対策工(切取)を実施した斜面

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。対策工(切取)を実施した斜面の断面位置及び地質断面図を第 6.7-1 図及び第 6.7-2 図に示す。

基準地震動 S s による 2 次元動的 F E M 解析結果を第 6.7-3 図に示す。全ての評価対象斜面において、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。

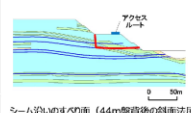
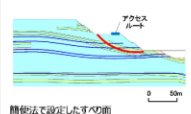


第 6.7-1 図 対策工（切取）を実施した斜面の断面位置図



第 6.7-2 図 対策工（切取）を実施した斜面の地質断面図

・平均強度でのすべり安全率

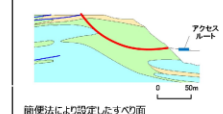
	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}
1		Ss-N1 (-,+)	2.53 [7.41]
2		Ss-D (-,+)	5.89 [8.55]

【凡例】
■ : C-級 岩盤 ■ : Cw-級 岩盤 ■ : C-級 岩盤
— : 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。

③-③' 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}
1		Ss-D (-,+)	3.83 [8.94]

【凡例】
■ : C-級 岩盤 ■ : Cw-級 岩盤 ■ : C-級 岩盤
— : 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。

⑩-⑩' 断面

第 6.7-3 図 対策工（切取）を実施した斜面のすべり安定性評価結果

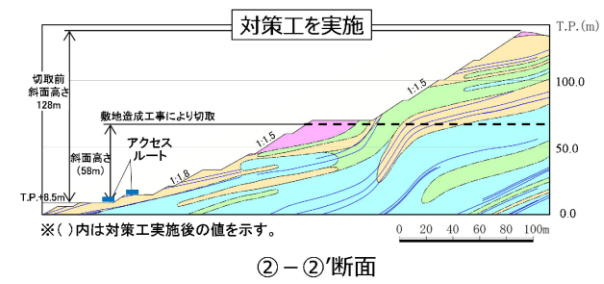
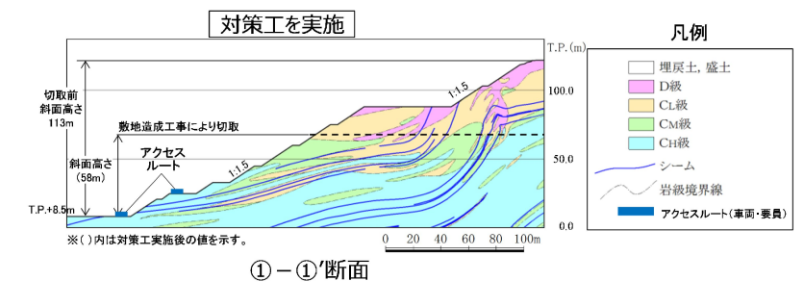
6.8 対策工（抑止杭）を実施した斜面

対策工（抑止杭）を実施した斜面の断面位置及び地質断面図を第 6.8-1 図及び第 6.8-2 図に示す。敷地造成工事に伴って頂部の切取を行ったため、切取後の斜面で安定性評価を実施した。

基準地震動 S s による 2 次元動的 F E M 解析結果を第 6.8-3 図に示す。全ての評価対象斜面において、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。

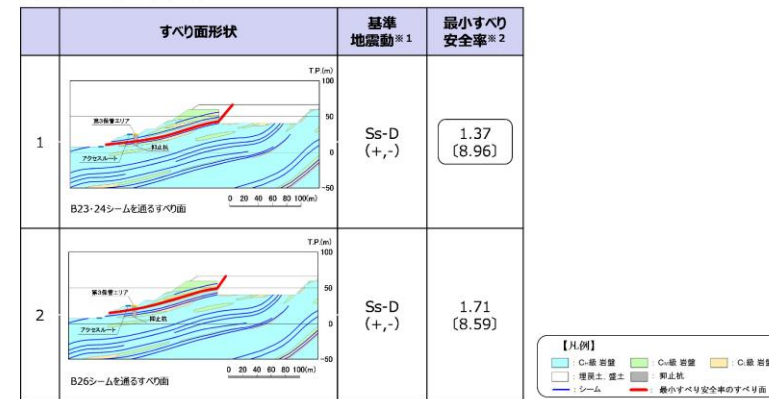


第 6.8-1 図 対策工（抑止杭）を実施した斜面の断面位置図



第 6.8-2 図 対策工（抑止杭）を実施した斜面の地質断面図

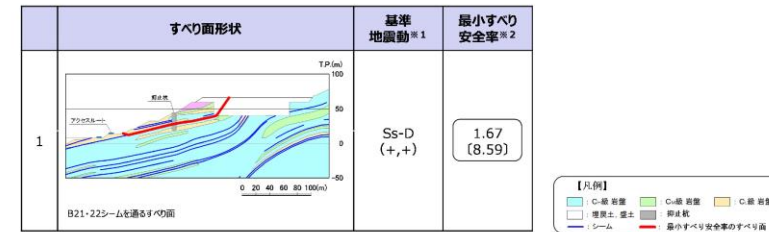
・平均強度でのすべり安全率



※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。

①-①' 断面

・平均強度でのすべり安全率

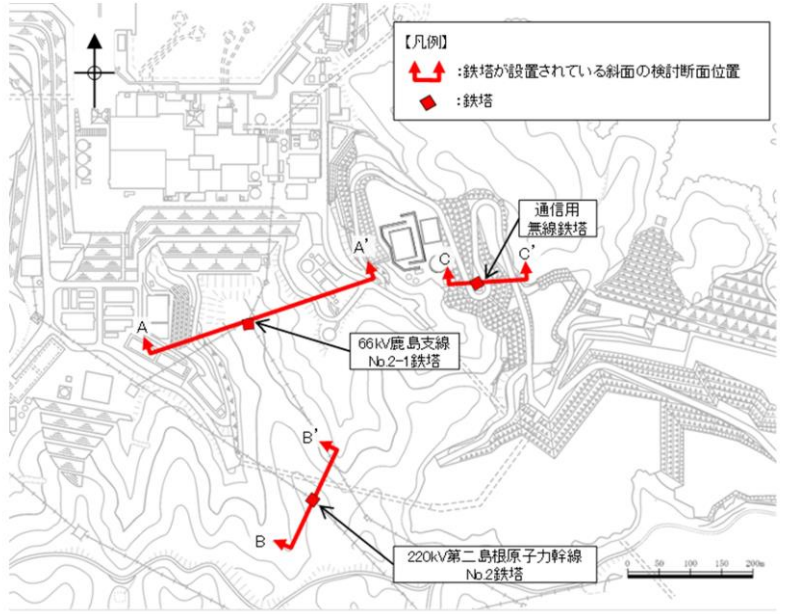


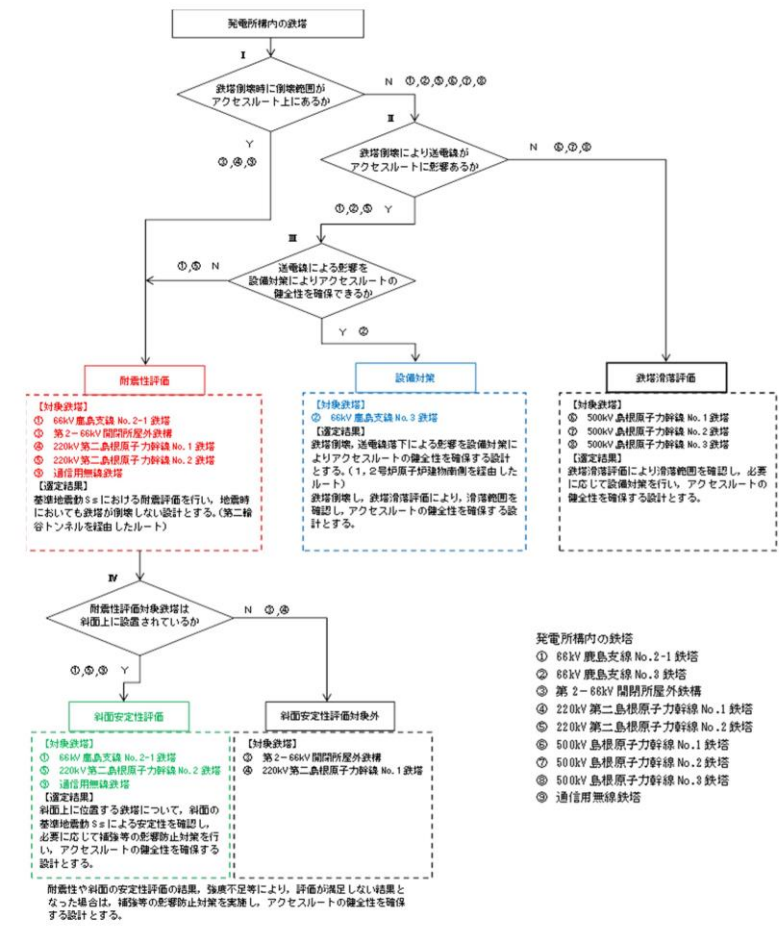
※1 基準地震動(+,-)は反転なし, (-,-)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

②-②' 断面

第 6.8-3 図 対策工（抑止杭）を実施した斜面のすべり安定性
 評価結果

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>7. その他の検討</p> <p>7.1 鉄塔が設置されている斜面の安定性評価</p> <p>7.1.1 鉄塔の設置位置及び検討断面の選定</p> <p>(1) 概要</p> <p>「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。</p> <p>(2) 影響評価鉄塔</p> <p>「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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>(3) 検討断面の選定</p> <p>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。各鉄塔の検討断面位置図を第7.1-1図に示す。</p> <p>A-A' 断面は自然斜面であり、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。</p> <p>B-B' 断面は自然斜面であるが、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。</p> <p>C-C' 断面は切取斜面であり、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。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p data-bbox="1893 884 2347 915">第 7.1-1 図 各鉄塔の検討断面位置図</p> <p data-bbox="1754 974 2148 1005">【参考：影響評価方法選定フロー】</p> <p data-bbox="1792 1018 2504 1230">「別紙(40) 鉄塔の影響評価方針について」で実施した選定フロー及び鉄塔の配置図を第 7.1-2 図及び第 7.1-3 図に示す。なお、保管場所及びアクセスルートに影響するおそれのある斜面に関しては網羅的な抽出を行い、安定性評価を実施している。(3章参照)</p> <div data-bbox="1783 1251 2460 1852" style="border: 1px solid black; height: 286px; width: 228px; margin: 10px auto;"></div> <p data-bbox="1976 1871 2273 1902">第 7.1-2 図 鉄塔配置図</p>	



第 7.1-3 図 影響評価方法選定フロー

7.1.2 評価対象斜面の選定結果

鉄塔が設置されている斜面であるA-A'断面～C-C'断面について、影響要因の番号付与数及び簡便法の安全率により比較を行った。

比較検討の結果、第 7.1-1 表及び第 7.1-4 図に示す通り、A-A'断面及びB-B'断面を2次元動的FEM解析の評価対象斜面に選定した。

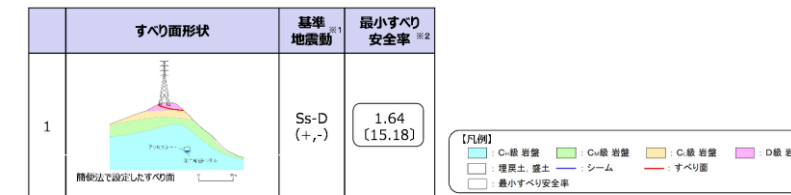
・平均強度でのすべり安全率



※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。

A-A' 断面

・平均強度でのすべり安全率



※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。

B-B' 断面

第 7.1-5 図 すべり安定性評価結果

7.2 岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊検討

7.2.1 地滑り地形②が示される斜面

(1) 評価概要

地滑り地形②が示される斜面に関しては、「島根原子力発電所 2号炉 外部事象の考慮について 地滑り・土石流影響評価」(第 863 回審査会合 資料 2-2-1, 2020 年 5 月 26 日)(次頁参照)において、アクセスルートへの影響を別途説明するとしていた。

地滑り地形②が示される斜面は、土地造成工事時に地滑り土塊に相当する土砂は撤去したうえで、盛土を施工している。検討方針として、第 7.2-1 図に示す断面図を対象に、岩盤部を通るすべり面のすべり安定性が確保されていることを確認することで、岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊が生じないことを確認する。

なお、盛土斜面部のみの斜面崩壊を想定した場合、保管場所及びアクセスルートまでの離隔距離は、確保できている。



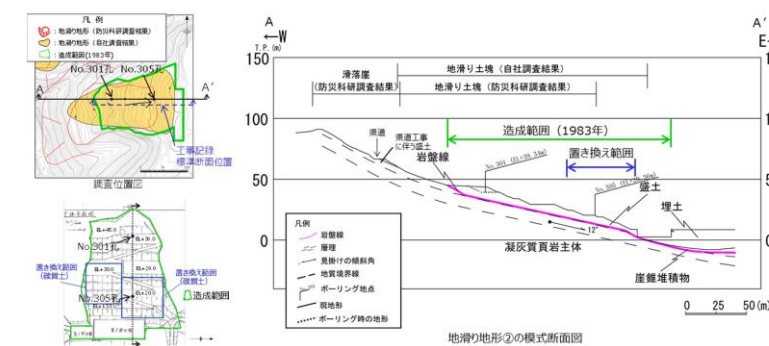
第 7.2-1 図 評価対象断面図

【参考：地滑り調査結果】

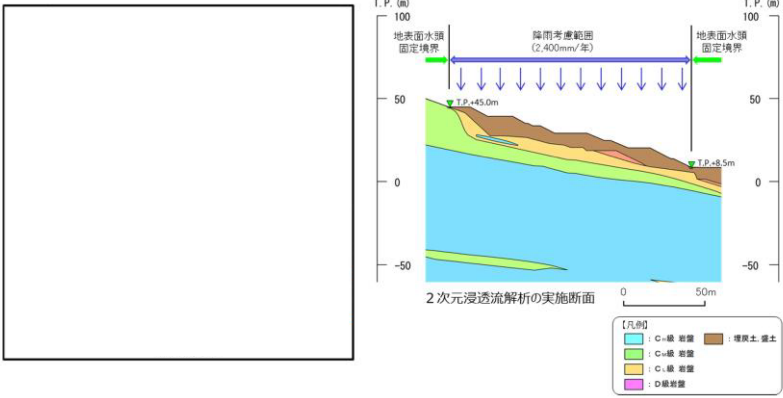
地滑り地形②について、第 7.2-2 図に模式断面図を示す。

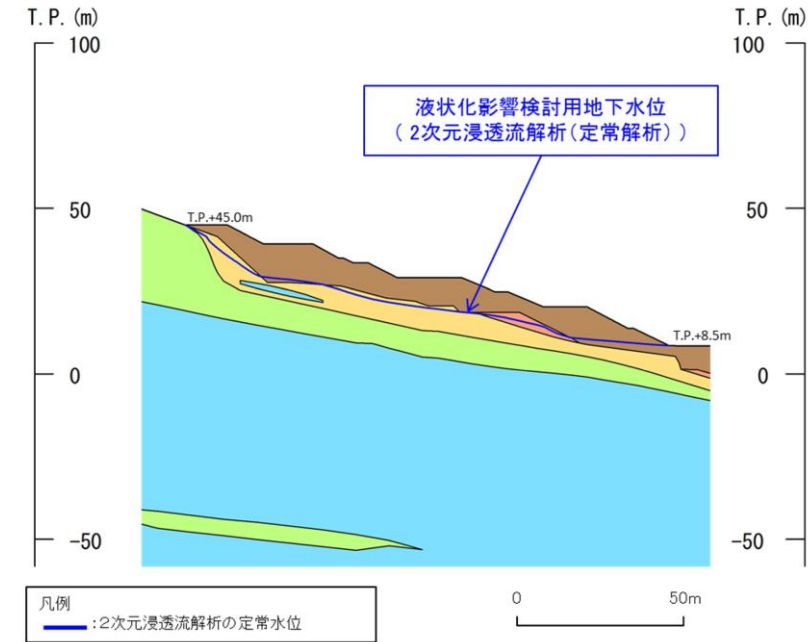
EL45m より上方では、堅硬な岩盤が露出しており、地滑り土塊は認められない。EL45m より下方では、土地造成工事に地滑り土塊に相当する土砂は撤去したうえで、盛土を施している。造成工事後に実施したボーリング (No. 301 孔及び No. 305 孔) によると、盛土と岩盤の境界は造成工事の掘削面に概ね一致することから、地滑り土塊は全て撤去されていると考えられる。

以上のことから、発電所建設前の旧地形から判読されたような地滑り地形②に相当する地滑りは想定されない。



第 7.2-2 図 地滑り地形②の模式断面図

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>(2) 2次元浸透流解析モデルの解析条件</p> <p>液状化影響検討用地下水位を設定するため、2次元浸透流解析（定常解析）を実施する。</p> <p>解析モデルは第7.2-3図のとおりとし、保守的な条件となるよう、T.P. +8.5m 盤及び上流側の盛土と地山の境界部において、地表面に水頭固定境界を設定する。</p> <p>地表面水頭固定境界に挟まれた検討用地下水位の計算領域は、降雨考慮範囲として降雨条件 2,400mm/年を考慮する。</p>  <p>第 7.2-3 図 2次元浸透流解析の解析条件</p> <p>(3) 検討用地下水位の条件</p> <p>2次元浸透流解析の結果を第7.2-4図に示す。2次元浸透流解析の結果、盛土斜面内に地下水位が認められない。液状化範囲の設定に当たっては、地下水位以深の埋戻土を全て液状化範囲として設定する。</p>	



第 7.2-4 図 2次元浸透流解析結果

(4) すべり安定性評価結果

地滑り地形②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 解析により岩盤部を通るすべり面のすべり安定性評価を実施した結果、第 7.2-5 図に示す通り、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。

以上のことから、岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊が生じないと考えられる。

・平均強度でのすべり安全率

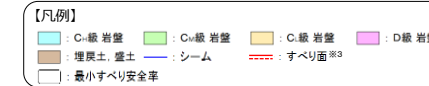
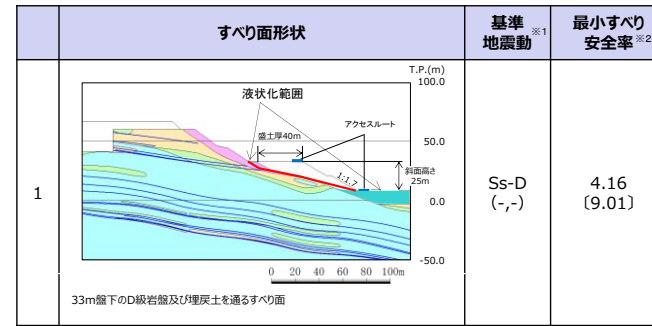
すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}
<p>液状化範囲</p> <p>シーム沿いのすべり面 (法線がB23-24シームを通り盛土内に抜けるすべり面)</p>	Ss-D (-,-)	1.63 (8.98)	<p>液状化範囲</p> <p>シーム沿いのすべり面 (法線がB19シームを通り法尻付近に抜けるすべり面)</p>	Ss-D (-,-)	1.57 (9.01)
<p>液状化範囲</p> <p>シーム沿いのすべり面 (法線がB19シーム及びD層岩盤を切り盛土内に抜けるすべり面)</p>	Ss-D (-,-)	1.65 (9.02)	<p>【凡例】</p> <p>■ C-線 岩盤 ■ C-線 岩盤 ■ C-線 岩盤 ■ D層 岩盤</p> <p>■ 増戻土、盛土 ■ シーム ■ 液状化範囲^{※3}</p> <p>■ すべり面^{※3}</p> <p>■ 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 (「4. 液状化範囲の検討」を参照)

第 7.2-5 図 すべり安定性評価結果

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>7.2.2 3 3 m盤盛土斜面上部の岩盤斜面</p> <p>(1) 評価概要</p> <p>3 3 m盤盛土斜面部については、地震時のすべり安定性は確保されているが、地滑り地形②と同様に、岩盤斜面上に盛土が構築されていることから、岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊の可能性の有無について検討を行った。</p> <p>検討方針として、岩盤部を通るすべり面のすべり安定性が確保されていることを確認することで、岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊が生じないことを確認する。</p> <p>なお、液状化範囲の設定にあたっては、2次元浸透流解析により求めた地下水位以深の埋戻土を全て液状化範囲として設定する。(4.3章参照)</p> <div data-bbox="1736 814 2507 1113" style="text-align: center;"> <p>平面位置図</p> <p>◎-◎'断面</p> </div> <p>第 7.2-6 図 評価対象断面図</p> <p>(2) すべり安定性評価結果</p> <p>3 3 m盤の盛土斜面上部の岩盤斜面について、基準地震動 S_s による2次元動的FEM解析により岩盤部を通るすべり面のすべり安定性評価を実施した結果、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。</p> <p>以上のことから、岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊が生じないと考えられる。</p>	

・平均強度でのすべり安全率



※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 破線は液状化影響を考慮する範囲 (「4. 液状化範囲の検討」を参照)

第 7.2-7 図 すべり安定性評価結果

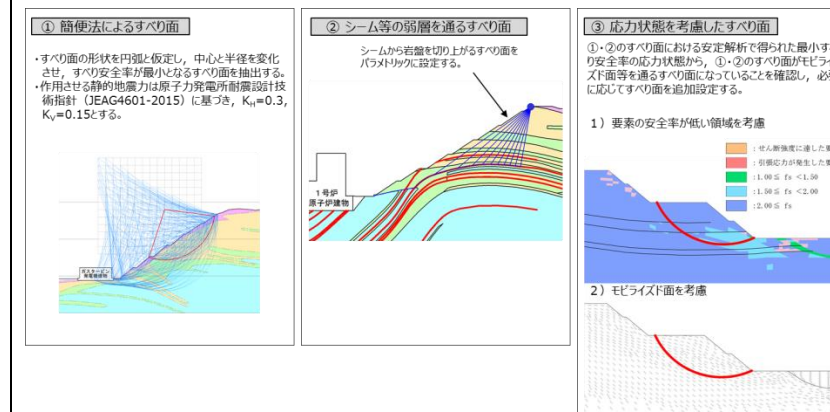
7.3 応力状態を考慮した検討

7.3.1 すべり面の設定の考え方 (第 7.3-1 図)

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。

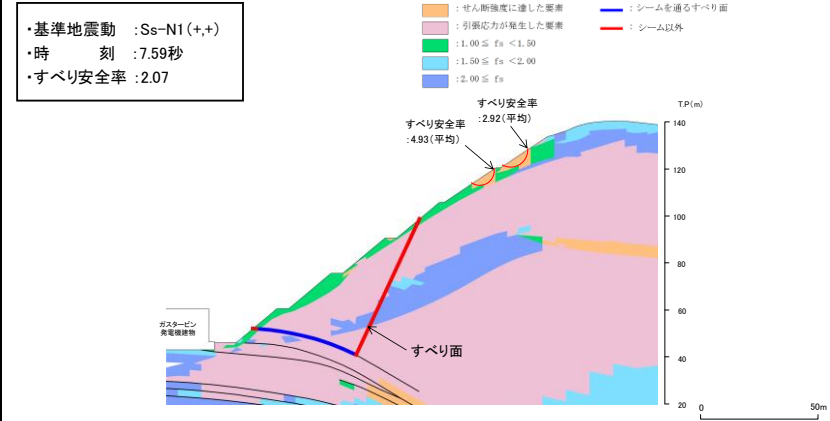
シーム等の弱層を通るすべり面は、基礎地盤で設定したものと同様に角度をパラメトリックに設定する。

⑫-⑫' 断面, ⑬-⑬' 断面, ⑭-⑭' 断面に関しては、斜面上部にD級岩盤が分布することから、応力状態を踏まえ、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、すべり面が妥当であることを示す。

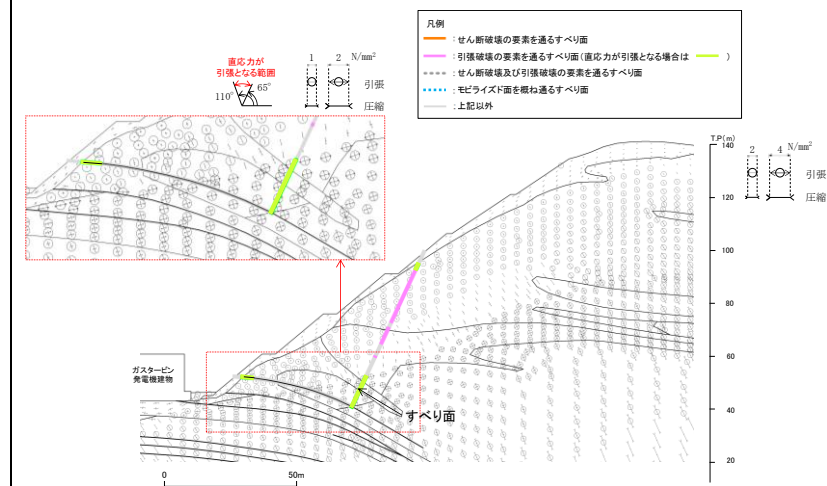


第 7.3-1 図 すべり面の設定の考え方

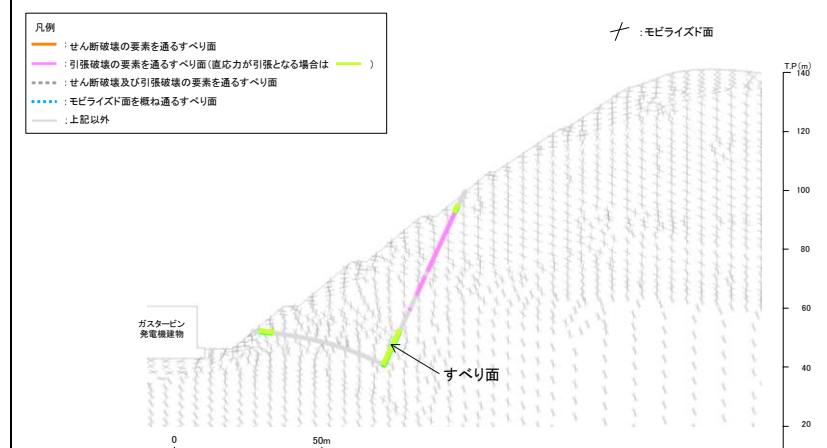
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考									
		<p>7.3.2 ⑫-⑬ ‘断面’</p> <p>動的解析の結果，第7.3-2図に示すとおり，平均強度を用いたすべり安全率は1.0を上回ることを確認した。</p> <table border="1" data-bbox="1745 401 2504 726"> <thead> <tr> <th>すべり面形状</th> <th>基準地震動^{※1}</th> <th>最小すべり安全率^{※2}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 シーム沿いのすべり面（斜面中継ある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）</td> <td>Ss-N1 (+,+)</td> <td>2.07 (7.59)</td> </tr> <tr> <td>2 簡便法で設定したすべり面</td> <td>Ss-N1 (-,+)</td> <td>2.25 (7.58)</td> </tr> </tbody> </table> <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。</p> <p>第7.3-2図 すべり安定性評価結果</p> <p>第7.3-3図に示す要素毎の局所安全係数を確認した結果，引張応力が発生した要素が斜面に連続しており，これを通るすべり面になっている。また，せん断強度に達した要素が斜面浅部に分布するが，局所的である。なお，斜面浅部のせん断強度に達した要素を通るすべり面については，当該応力状態における最小すべり安全率が2.92（平均強度）であり，強度の低い破壊領域を通るすべり面の最小すべり安全率2.07（平均強度）に包含される。</p> <p>第7.3-4図に示す主応力分布図を確認した結果，法尻付近では，直応力が引張となる範囲は概ね65～110°になり，これに沿うすべりになっている。また，第7.3-5図に示すモビライズド面を確認した結果，モビライズド面を通過していないが，強度の低いシームや破壊領域を通るすべりになっている。</p> <p>以上のことから，設定したすべり面は，既にすべり安全率の厳しいすべり面になっているため，追加のすべり面は設定していない。</p>	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}	1 シーム沿いのすべり面（斜面中継ある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）	Ss-N1 (+,+)	2.07 (7.59)	2 簡便法で設定したすべり面	Ss-N1 (-,+)	2.25 (7.58)	
すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}										
1 シーム沿いのすべり面（斜面中継ある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）	Ss-N1 (+,+)	2.07 (7.59)										
2 簡便法で設定したすべり面	Ss-N1 (-,+)	2.25 (7.58)										



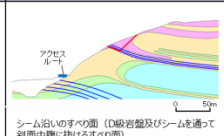
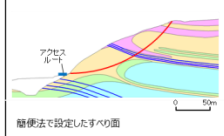
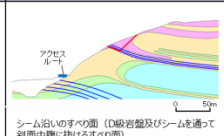
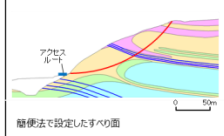
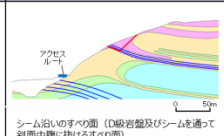
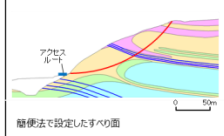
第 7.3-3 図 局所安全係数分布図

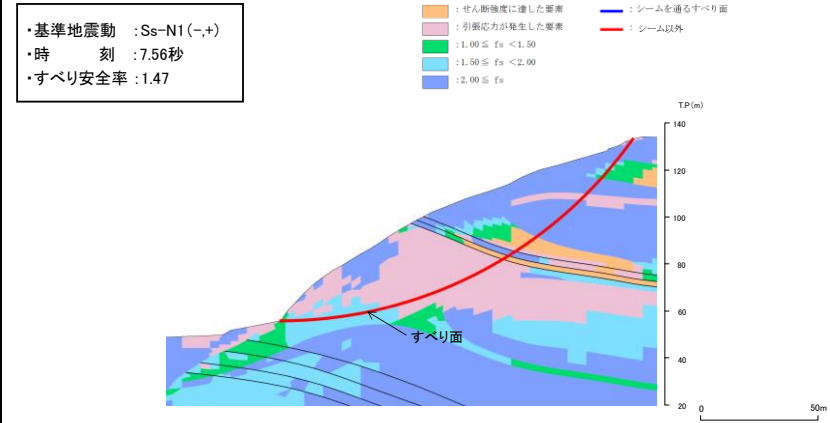


第 7.3-4 図 主応力分布図

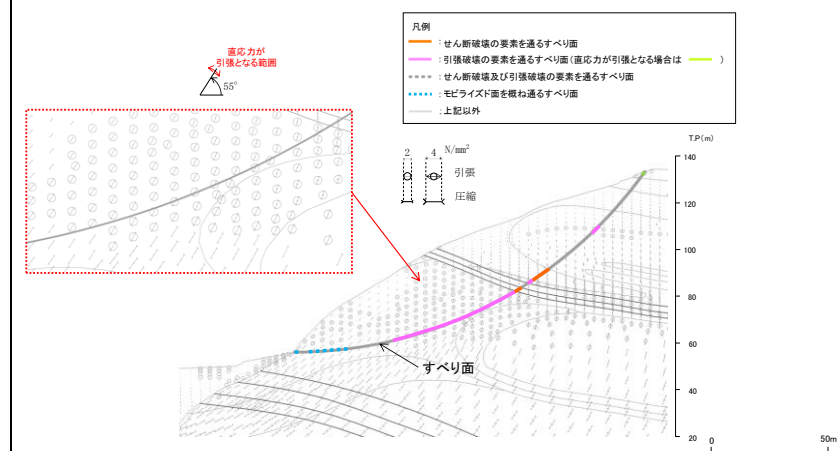


第 7.3-5 図 モビライズド面

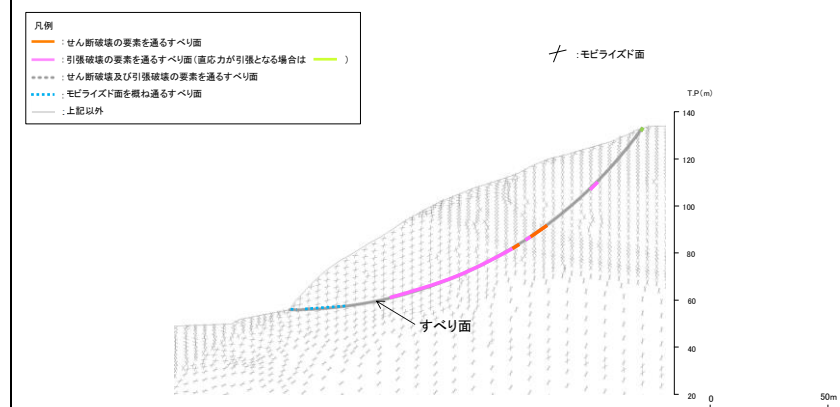
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考									
		<p>7.3.3 ⑬-⑬ ‘断面</p> <p>動的解析の結果，第 7.3-6 図に示すとおり，平均強度を用いたすべり安全率は 1.0 を上回ることを確認した。</p> <table border="1" data-bbox="1745 394 2507 724"> <thead> <tr> <th>すべり面形状</th> <th>基準地震動^{※1}</th> <th>最小すべり安全率^{※2}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 シーム沿いのすべり面 (D級岩盤及びシームを越えて斜面中腹に抜けるすべり面) </td> <td>Ss-N1 (-,+)</td> <td>3.64 (7.80)</td> </tr> <tr> <td>2 簡便法で設定したすべり面 </td> <td>Ss-N1 (-,+)</td> <td>1.47 (7.56)</td> </tr> </tbody> </table> <p>【凡例】 ■ C級岩盤 ■ C+級岩盤 ■ C-級岩盤 ■ D級岩盤 ■ 埋戻土・掘土 — シーム — すべり面 最小すべり安全率</p> <p>※1 基準地震動(+,+)は反転なし。(-,+)¹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。</p> <p>第 7.3-6 図 すべり安定性評価結果</p> <p>第 7.3-7 図に示す要素毎の局所安全係数を確認した結果，引張応力が発生した要素が斜面に連続しており，これを通るすべり面になっている。また，せん断強度に達した要素が斜面内部に分布するが，局所的である。</p> <p>第 7.3-8 図に示す主応力分布図を確認した結果，法尻付近では，直応力が引張となる範囲は概ね 55° になり，これに沿うすべりになっている。また，第 7.3-9 図に示すモビライズド面を確認した結果，すべり面はモビライズド面を概ね通るすべりになっている。</p> <p>以上のことから，設定したすべり面は，既にすべり安全率の厳しいすべり面になっているため，追加のすべり面は設定していない。</p>	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}	1 シーム沿いのすべり面 (D級岩盤及びシームを越えて斜面中腹に抜けるすべり面) 	Ss-N1 (-,+)	3.64 (7.80)	2 簡便法で設定したすべり面 	Ss-N1 (-,+)	1.47 (7.56)	
すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}										
1 シーム沿いのすべり面 (D級岩盤及びシームを越えて斜面中腹に抜けるすべり面) 	Ss-N1 (-,+)	3.64 (7.80)										
2 簡便法で設定したすべり面 	Ss-N1 (-,+)	1.47 (7.56)										



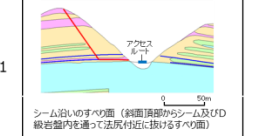
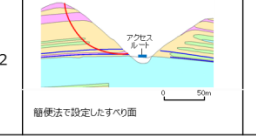
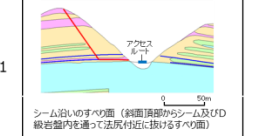
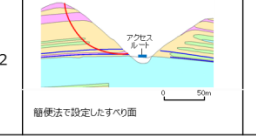
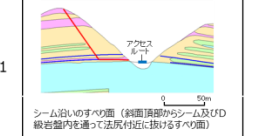
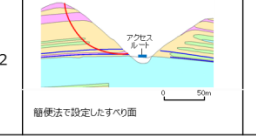
第 7.3-7 図 局所安全係数分布図

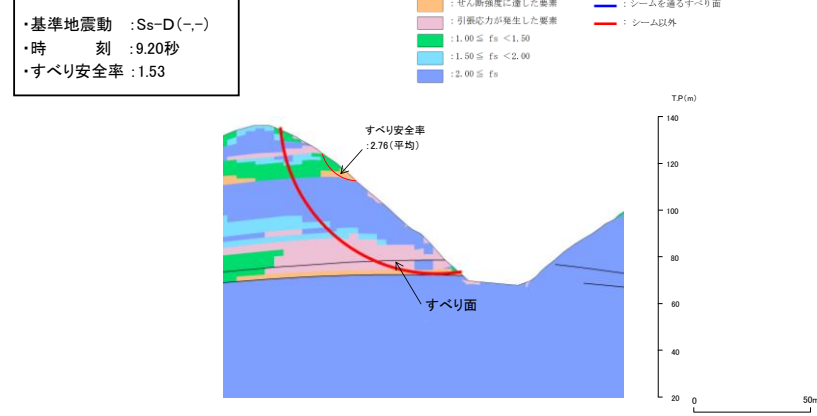


第 7.3-8 図 主応力分布図

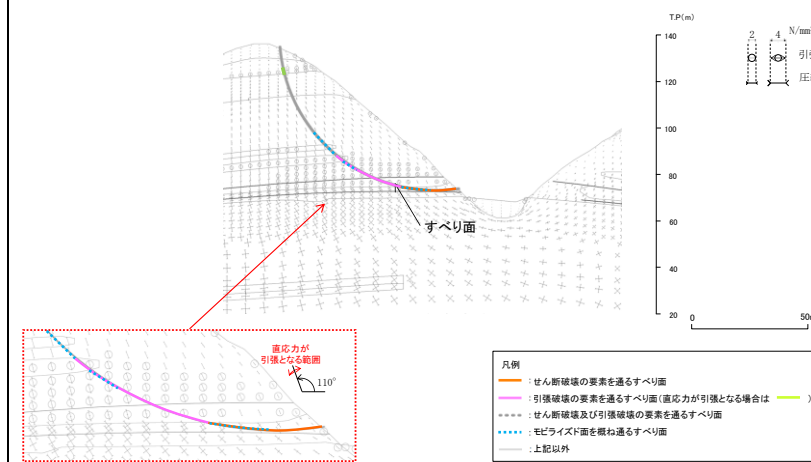


第 7.3-9 図 モビライズド面

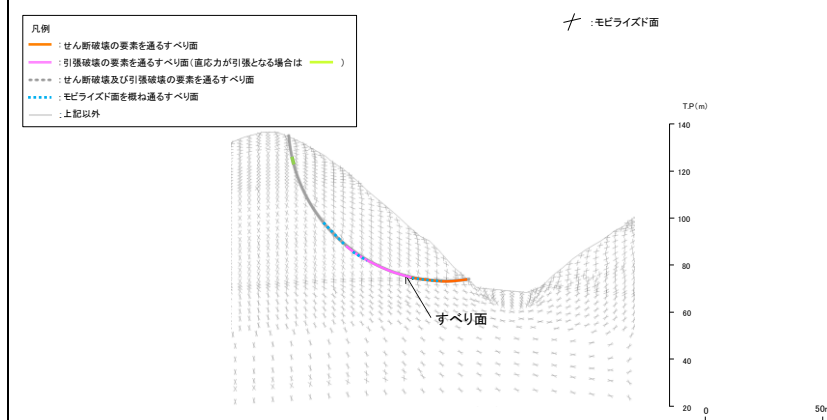
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考									
		<p>7.3.4 ⑭-⑭ ‘断面</p> <p>動的解析の結果，第7.3-10図に示すとおり，平均強度を用いたすべり安全率は1.0を上回ることを確認した。</p> <table border="1" data-bbox="1745 394 2507 724"> <thead> <tr> <th>すべり面形状</th> <th>基準地震動^{※1}</th> <th>最小すべり安全率^{※2}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>  </td> <td>Ss-D (-,-)</td> <td>2.18 (9.20)</td> </tr> <tr> <td>  </td> <td>Ss-D (-,-)</td> <td>1.53 (9.20)</td> </tr> </tbody> </table> <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。</p> <p>第7.3-10図 すべり安定性評価結果</p> <p>第7.3-11図に示す要素毎の局所安全係数を確認した結果，法尻付近に引張応力が発生した要素が連続しており，これを通るすべり面になっている。また，せん断強度に達した要素は局所的である。なお，斜面浅部のせん断強度に達した要素を通るすべり面については，当該応力状態における最小すべり安全率が2.76（平均強度）であり，法尻付近の破壊領域を通るすべり面の最小すべり安全率1.53（平均強度）に包含される。</p> <p>第7.3-12図に示す主応力分布図を確認した結果，法尻付近では，直応力が引張となる範囲は概ね110°になり，これに沿うすべりになっている。また，第7.3-13図に示すモビライズド面を確認した結果，すべり面はモビライズド面を概ね通るすべりになっている。</p> <p>以上のことから，設定したすべり面は，既にすべり安全率の厳しいすべり面になっているため，追加のすべり面は設定していない。</p>	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}		Ss-D (-,-)	2.18 (9.20)		Ss-D (-,-)	1.53 (9.20)	
すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}										
	Ss-D (-,-)	2.18 (9.20)										
	Ss-D (-,-)	1.53 (9.20)										



7.3-11 図 局所安全係数分布図



第 7.3-12 図 主応力分布図

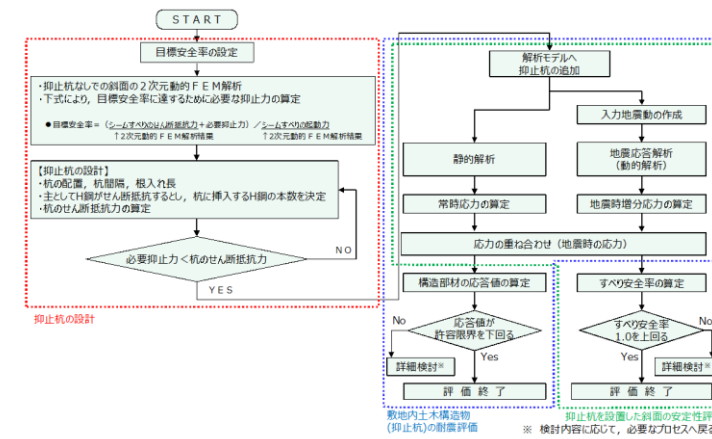


第 7.3-13 図 モビライズド面

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考														
		<p>7.4 対策工（抑止杭）に関する詳細検討</p> <p>7.4.1 基本方針</p> <p>対象斜面は、基準地震動S_sによる地震力に対して、敷地内土木構造物である抑止杭を設置することで、斜面の崩壊を防止できる設計とする。</p> <p>敷地内土木構造物である抑止杭について、設置許可段階においては、先行炉及び一般産業施設における適用事例を調査するとともに、代表断面における抑止杭の耐震評価及び斜面の安定性評価を実施することで、構造が成立する見通しを確認する。</p> <p>詳細設計段階においては、以下のとおり設計の妥当性に係る検討を行い、評価基準値を下回る場合には、抑止杭を追加配置する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・抑止杭の平面配置の妥当性確認 ・基準地震動S_sによる杭間が岩盤の場合の中抜け現象を想定した解析的検討 ・杭前面における岩盤の肌分かれを想定したすべり安定性評価 <p>抑止杭を施工する対象斜面（第7.4.1-2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、第7.4.1-1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が、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。</p> <p>第7.4.1-1表 抑止杭を施工する対象斜面のすべり安全率（抑止杭なし）</p> <table border="1" data-bbox="1745 1470 2487 1642"> <thead> <tr> <th rowspan="2">基準地震動S_s</th> <th colspan="2">すべり安全率（平均強度）</th> </tr> <tr> <th>①-①' 断面</th> <th>②-②' 断面</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S_s-D</td> <td>1.08</td> <td>1.24</td> </tr> <tr> <td>S_s-N_1</td> <td>1.25</td> <td>1.57</td> </tr> <tr> <td>S_s-N_2</td> <td>1.32</td> <td>1.58</td> </tr> </tbody> </table> <p>抑止杭の設計については7.4.2章で説明する。</p> <p>また、抑止杭の耐震評価については7.4.3章で説明し、抑止杭を反映した地震時の斜面の安定性評価については7.4.4章で説明する。</p>	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	S_s-D	1.08	1.24	S_s-N_1	1.25	1.57	S_s-N_2	1.32	1.58	
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															
S_s-D	1.08	1.24															
S_s-N_1	1.25	1.57															
S_s-N_2	1.32	1.58															

対策工（抑止杭）を実施した斜面の安定性評価フローを第7.4.1-1図に示す。

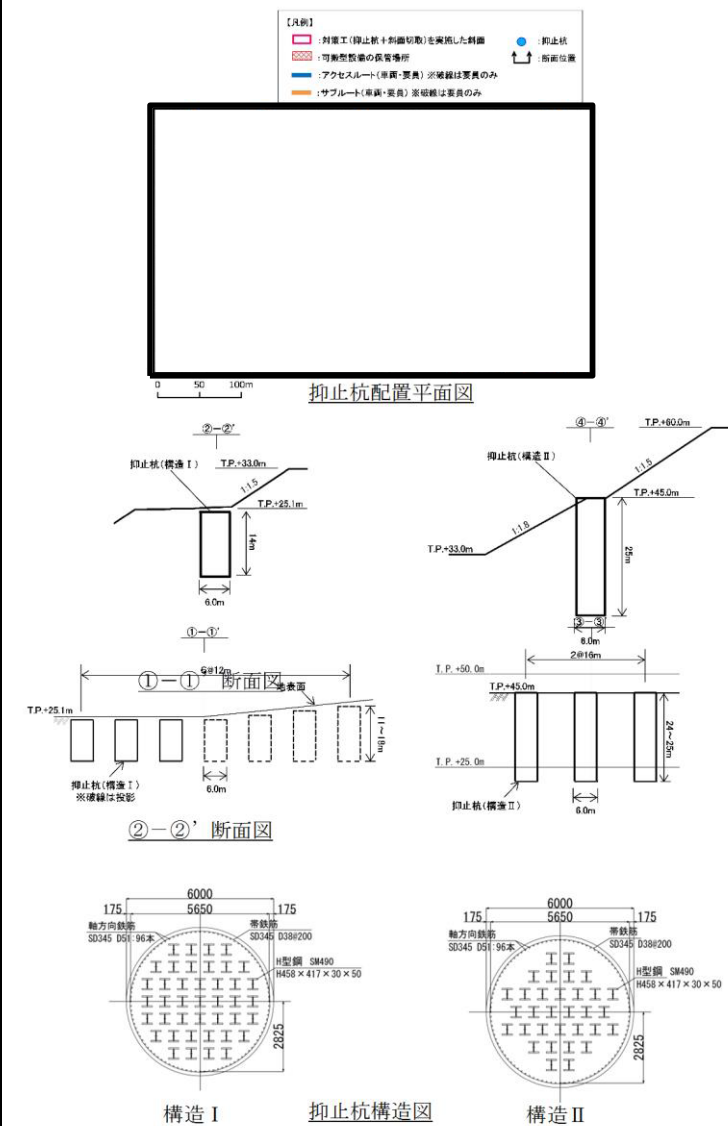
抑止杭を設置した斜面の位置図を第7.4.1-2図に示す。
 抑止杭は、深礎杭の中にH鋼を建込んでおり、シームのすべりを抑止するため、シームのすべり方向（シームの最急勾配方向は北傾斜のため北方向となる）に対して直交するように縦列に配置している。（シームの分布は第7.4.2-2図参照）
 抑止杭の構造概要図を第7.4.1-3図に示す。



第7.4.1-1図 対策工（抑止杭）を実施した斜面の安定性評価フロー



第7.4.1-2図 対策工（抑止杭）を実施した対象斜面位置図



第 7.4.1-3 図 抑止杭概要図

7.4.2 抑止杭の設計

(1) 評価対象斜面の選定

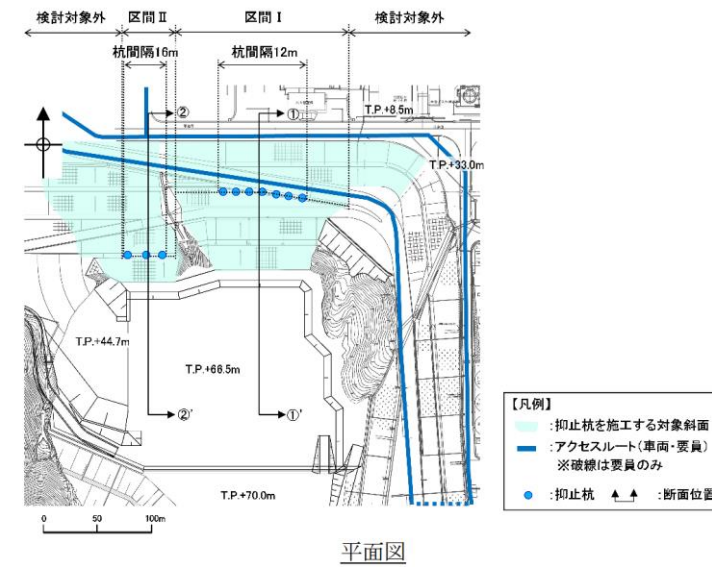
【評価対象斜面の選定】

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。

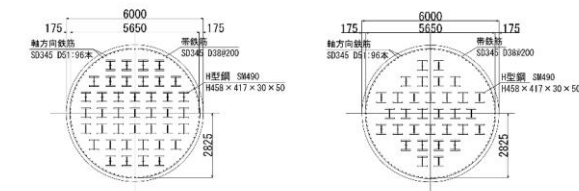
まず、構造物の配置の観点から、第 7.4.2-1 図に示すとおり、対象斜面は以下の 2つの区間に分けられる。それぞれの区間は、抑止杭の効果を期待する範囲とし、それ以外は斜面高さが低いことから除外している。

- ・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

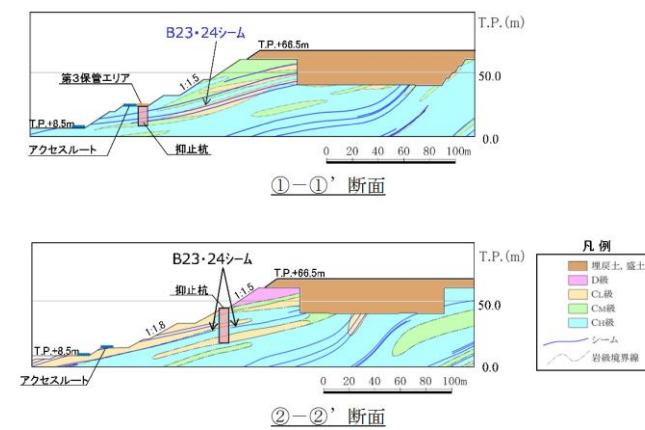


抑止杭構造図 (構造Ⅰ) 抑止杭構造図 (構造Ⅱ)

第 7.4.2-1 図 抑止杭の配置パターン図

次に、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第 7.4.2-2 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第 7.4.2-1 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。



第 7.4.2-2 図 区間Ⅰ及び区間Ⅱにおける岩級・シーム鉛直断面図

第 7.4.2-1 表 各区間における地形及び地質・地質構造の比較結果

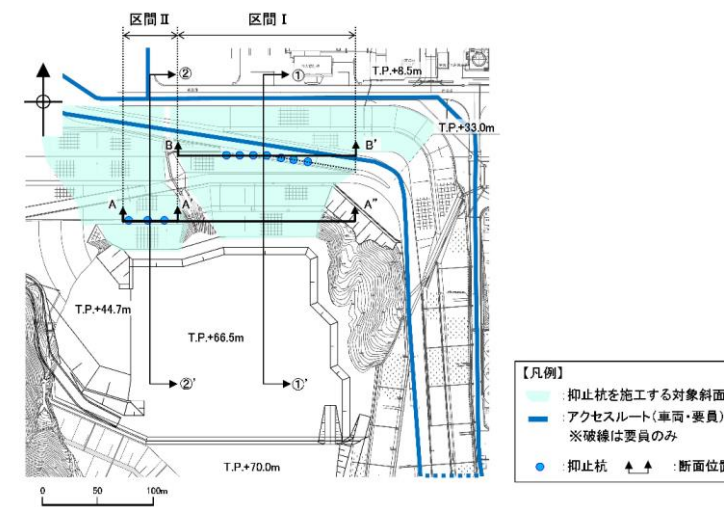
区間	地形		地質・地質構造	
	斜面高さ (m)	切取勾配	岩級	シームの分布
区間 I (①-①' 断面)	58	1:1.5	C ₁₀ ~C ₁₅ 級主体	B23・24 シーム等が連続して分布。
区間 II (②-②' 断面)	58	1:1.5 下部は 1:1.8	C ₁₀ ~C ₁₅ 級主体、 頂部に D 級が分布	B21・22 シーム等が連続して分布。

【評価断面の設定】

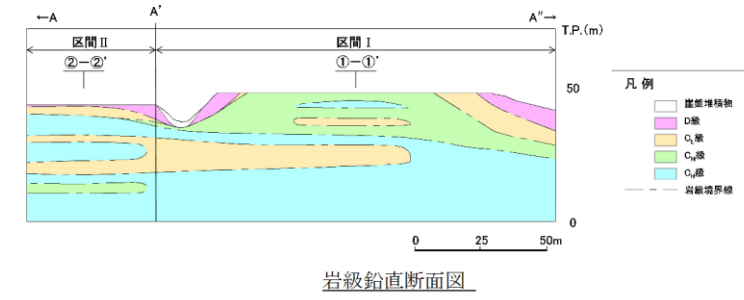
評価対象斜面に選定した区間 I 及び区間 II において、地形及び地質・地質構造を考慮し、構造物の耐震評価上、最も厳しくなると考えられる断面位置を評価断面に設定する。

区間 I 及び区間 II の断面位置平面図を第 7.4.2-3 図に、地質鉛直断面図を第 7.4.2-4 図に、シーム分布図を第 7.4.2-5 図に示す。

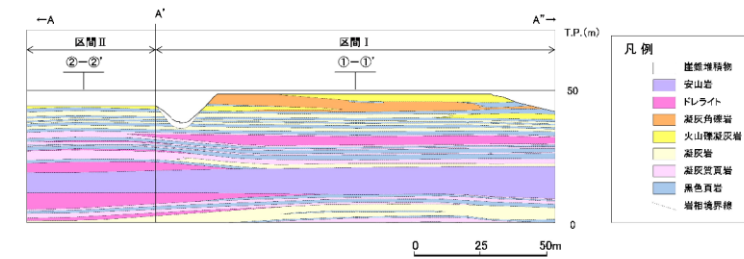
抑止杭の評価断面については、各区間において地質が東西方向に概ね一様であることを踏まえ、斜面高さが高くなる各区間の中央位置において、最急勾配となる方向に①-①' 断面及び②-②' 断面を設定した。



第 7.4.2-3 図 区間 I 及び区間 II の断面位置平面図

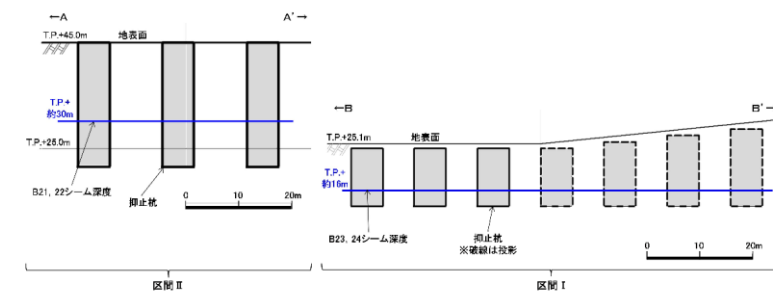


岩級鉛直断面図



岩相鉛直断面図

第 7.4.2-4 図 区間 I 及び区間 II の地質鉛直断面図



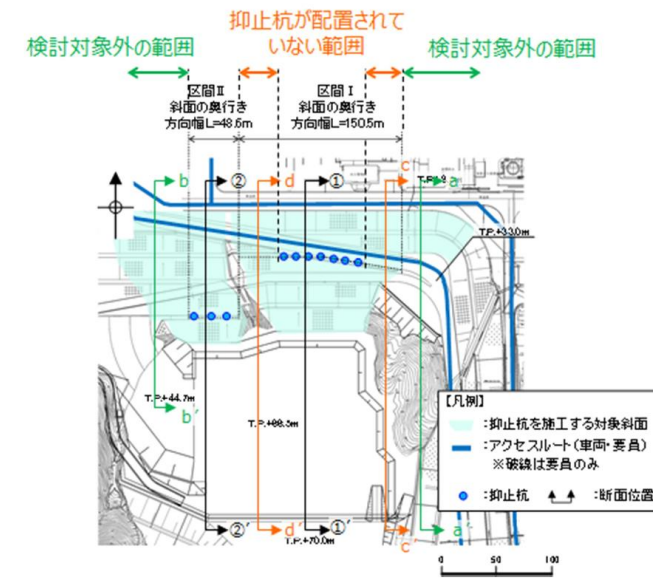
第 7.4.2-5 図 区間 I 及び区間 II のシーム分布図

(2) 抑止杭の平面配置の考え方

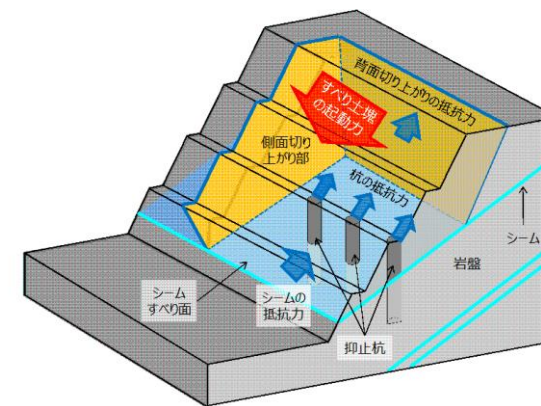
抑止杭の平面配置の考え方は、移動層が $C_M \sim C_H$ 級の堅硬な岩盤であることから、シームすべりを 3 次元的な剛体のすべり土塊の移動と捉え、安定性が確保されない範囲を検討対象のすべり土塊に設定し、すべり土塊全体を必要本数の杭で抑止するというものであり、すべり方向に対し直交方向に単列配置する。

区間 I 及び区間 II は、対象シームが異なることから、それぞれすべり土塊として設定している。

区間 I は、すべり安定性に影響する斜面高さが東西方向に変化するため、斜面高さが相対的に高い（安定性が低い）範囲に集中的に抑止杭を配置する。



第 7.4.2-6 図 抑止杭配置平面図



第 7.4.2-7 図 シームすべり土塊全体を杭で抑止するイメージ図

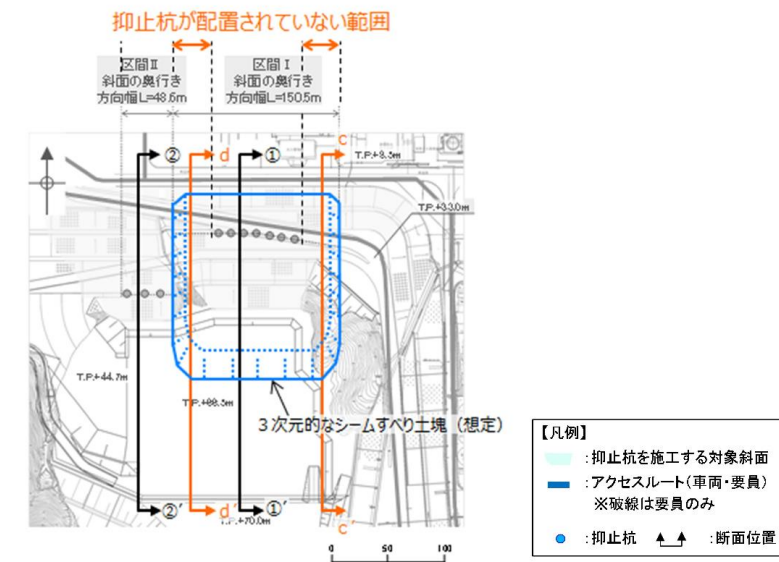
「抑止杭が配置されていない範囲」は、区間Ⅰの中でも斜面高さが相対的に低く、シームすべりの土塊量が小さい。(第 7.4.2-8 図及び第 7.4.2-9 図参照)

そのため、確実にシームすべりを抑止するために斜面高さが相対的に高い範囲において抑止杭を集中的に配置し、区間Ⅰの3次元的なシームすべり土塊全体を7本の杭で抑止している。

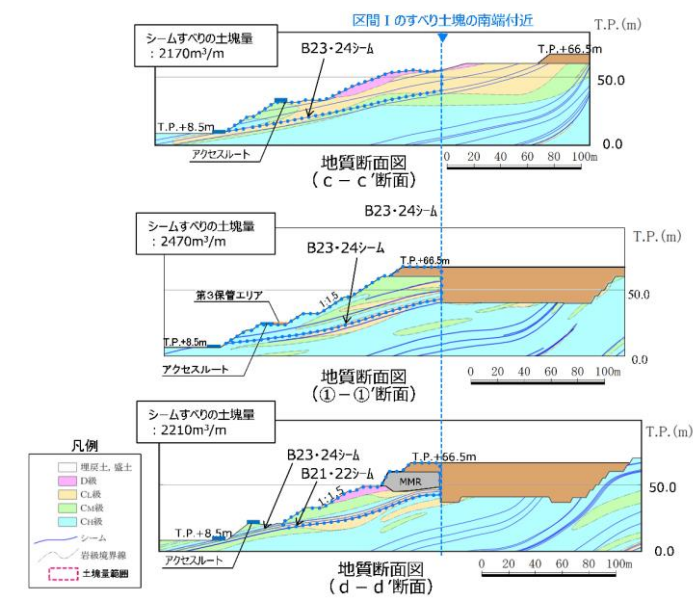
詳細設計段階では、当該範囲において安定性評価を行い、抑止杭が不要であることを示し、評価基準値を下回る場合は抑止杭を追加配置する。

「検討対象外の範囲」は、斜面高さが区間Ⅰ及びⅡに比べて相対的に低く、シームすべりの土塊量が有意に小さいことか

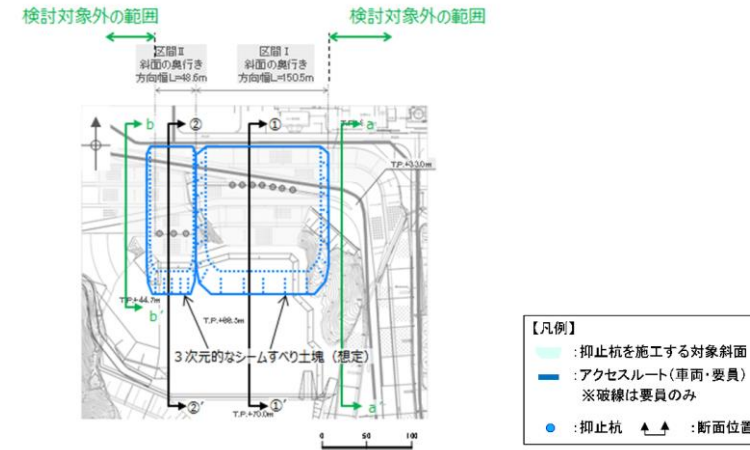
ら、安定性が高いことから、抑止杭は不要とした。(第7.4.2-10 図及び第7.4.2-11 図参照)
 詳細設計段階では、当該範囲において安定性評価を行い、抑止杭が不要であることを示し、評価基準値を下回る場合は抑止杭を追加配置する。



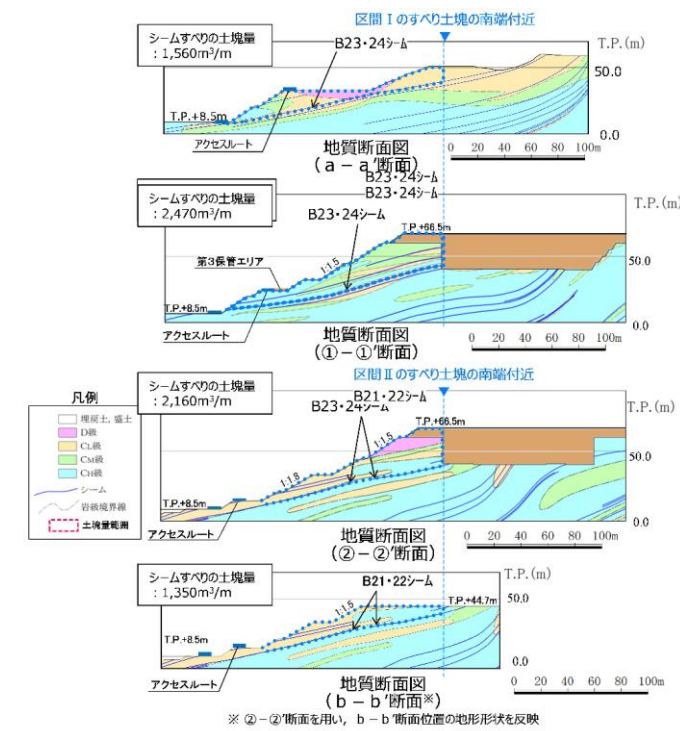
第7.4.2-8 図 断面位置図



第7.4.2-9 図 「抑止杭が配置されていない範囲」の地質断面図



第 7. 4. 2-10 図 断面位置図



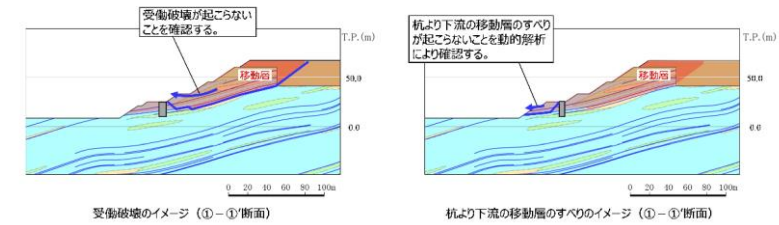
第 7. 4. 2-11 図 「検討対象外の範囲」の地質断面図

(3) 抑止杭の断面配置の考え方

杭の断面配置は、第 7. 4. 2-2 表に示す文献を参考に設定した。第 7. 4. 4(10)章に、杭の断面配置の妥当性確認結果を示す。

第 7. 4. 2-2 表 抑止杭の断面配置の考え方に係る文献調査結果

設計項目	参照文献		参照文献の記載内容を踏まえた抑止杭の配置の考え方
	記載内容	文献	
杭の断面配置	杭の設置位置は、原則として、すべり面の勾配が緩やかなところで、杭より下流の移動層の有効抵抗力が十分期待できる位置とし、かつ移動層の厚さの比較的厚く、受働破壊が起こらないこととする。	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)	・杭の断面配置は、以下を満足する位置とする。 ①すべり面の勾配が緩やかな位置 ②杭より下流の移動層のすべりが発生しない位置 ⇒動的解析により確認する。 ③移動層の厚さの比較的厚く、受働破壊が発生しない位置 ⇒動的解析により確認する。



第 7. 4. 2-12 図 受働破壊及び杭より下流の移動層のすべりのイメージ

(4) 根入れ深さの考え方

杭の根入れを検討するにあたり、抑止杭設置前の斜面において、すべり安定性評価を実施し、移動層・不動層を特定する。

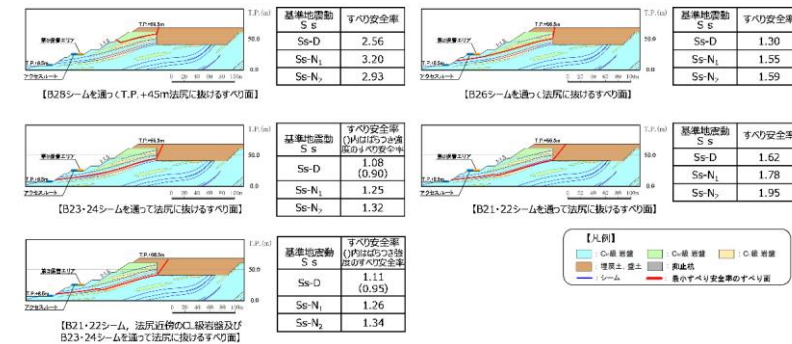
すべり安定性評価の結果を踏まえ、評価基準値であるすべり安全率 1.0 を下回るすべり面が形成するすべり土塊のうち、最大となる土塊を移動層とし、それより下層を不動層とする。

①-①' 断面における各すべり面のすべり安全率を第 7. 4. 2-13 図に示す。

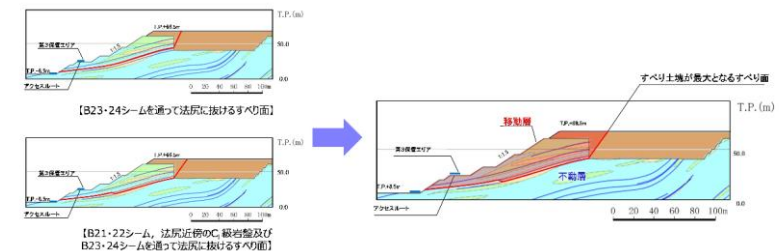
抑止杭設置前の斜面において、①-①' 断面のすべり安定性評価を実施した結果、すべり安全率 1.0 を下回るすべり面は以下のとおり。

- (a) B23・24 シームを通過して法尻に抜けるすべり面
- (b) B21・22 シームを通過して法尻近傍の CL 級岩盤内で B23・B24 シームに飛び移り法尻に抜けるすべり面

上記の (a) 及び (b) のすべり面のうち、すべり土塊が最大となる土塊を移動層、それより下層を不動層とした。(第 7. 4. 2-14 図参照)



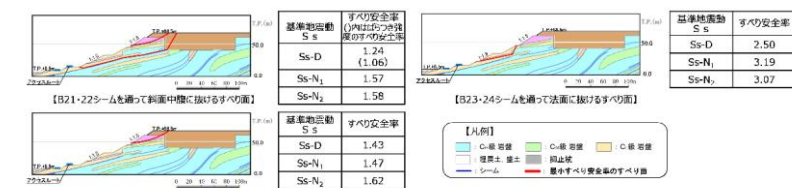
第 7.4.2-13 図 ①-①' 断面の評価結果



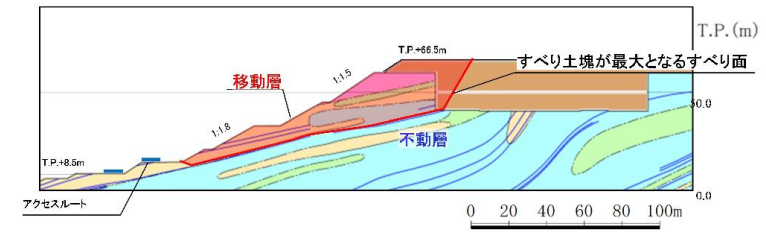
第 7.4.2-14 図 ①-①' 断面の移動層・不動層

②-②' 断面における各すべり面のすべり安全率を第 7.4.2-15 図に示す。

抑止杭設置前の斜面において、②-②' 断面のすべり安定性評価を実施した結果、いずれのすべり面も評価基準値であるすべり安全率 1.0 を上回ることを確認したものの、「B21・22 シームを通過して斜面中腹に抜けるすべり面」は裕度が小さいことから、当該すべり面が形成するすべり土塊を移動層、それより下層を不動層とした。(第 7.4.2-16 図参照)



第 7.4.2-15 図 ②-②' 断面の評価結果

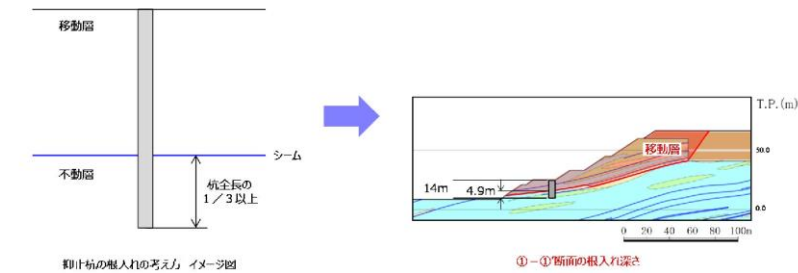


第 7.4.2-16 図 ②-②' 断面の移動層・不動層

杭の根入れ深さは、特定された不動層に十分根入れされるように、第 7.4.2-3 表に示す文献を参考に設定した。

第 7.4.2-3 表 杭の根入れ深さの考え方に係る文献調査結果

設計項目	参照文献		参照文献の記載内容を踏まえた 抑止杭の配置の考え方
	記載内容	文献	
杭の根入れ 深さ	根入れ部が層状片岩、砂岩、花崗岩、安山岩等で堅硬な岩盤の場合には杭の全長の 1 / 4 程度、第三紀の泥岩や凝灰岩の場合には杭の全長の 1 / 3 程度、根入れ部の不動層の厚さが 50 以上のときは杭の全長の 1 / 3 以上とする。	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)	根入れ部が第三紀中新世の頁岩・凝灰岩主体の岩盤であるため、全長の 1 / 3 以上、根入れを行う。 →動的解析の応力状態により、不動層における杭周辺の岩盤が健全であることを確認する。(P113, 114参照)



第 7.4.2-17 図 根入れ深さの考え方

(5) 杭間隔の考え方

杭の間隔については、第 7.4.2-4 表に示す文献調査を踏まえ、杭間が岩盤であることから、文献①及び岩盤中の深礎杭に係る一般産業施設の施工事例を参考に、必要抑止力を満足するように設定した。

抑止杭周辺地盤は $C_M \sim C_H$ 級主体の堅硬な岩盤であるため、シームすべりの側面抵抗が十分に期待できることから、杭間を抜けるすべりは発生しないと考えられるが、掘削による緩みに起因する杭間を抜けるすべりを防止するため、杭間の岩盤を緩ませないよう対策を行っている。(次頁参照)

詳細設計段階では、以下の検討を行い、必要に応じて抑止杭を追加配置する。

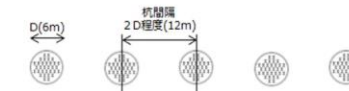
- ・一般産業施設の施工事例について、杭間隔及び S_s 規模の

地震による被災事例に着目して整理し、杭間隔の妥当性を確認する。

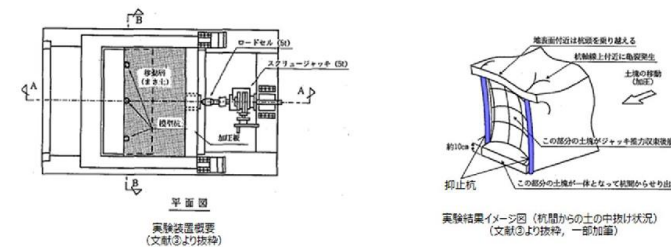
- 文献①～③を踏まえ、基準地震動 S_s による杭間が岩盤の場合の中抜け現象を想定した解析的検討を行い、中抜け現象が起こらないことを説明する。

第 7.4.2-4 表 杭間隔の考え方に係る文献調査結果

設計項目	参照文献			参照文献の記載内容を踏まえた杭間隔の考え方
	記載内容	対象	文献	
杭の間隔 (1/2)	<ul style="list-style-type: none"> 杭間隔が基礎径の 2 倍程度未満になると、支持地盤が掘削時の影響により掘削基礎の高さを減り、地盤抵抗の減少や斜面の不安定化のおそれがあるため、最小中心間隔は基礎径の 2 倍程度とするのがよいとしている。 標準杭間隔として、移動層の厚さ 20m 以上では杭の間隔は 4 m 以下を目安とする。 上記の数値の他に杭の直径の 8 倍以上を杭間隔の一応の目安とすることができる。 	岩盤（支持層）の深礎基礎、レベル 1～2 地震動 土質もしくは岩石で構成される移動層中の杭工	文献①：斜面上の深礎基礎設計施工便覧（公益社団法人日本道路協会、2012年） 文献②：層新斜面・土留め技術総覧（層新斜面・土留め技術総覧編集委員会、1991年）	杭間隔を杭直径の 2 D 程度とする。
杭の間隔 (2/2)	<ul style="list-style-type: none"> 風化または地帯の抑止杭を対象とし、大型一連せん断層による模型実験により、杭間隔と中抜け現象及び杭の負担荷重の相関性について考察した。 杭間隔を変えて実験を行った結果、8D 以上になると中抜けしやすくなること分かったため、適切な杭間隔として 8D 以下が一つの目安になることが分かった。 中抜け現象は、移動層と不動層の境界の移動層側の土塊が杭脚をトコファン状にすべり抜け、地表面付近の土塊も一緒にすべり抜けようとし、手前にせり出す際の亀裂の発生により、崩壊している現象と考えられる。 	土留めで構成される移動層中の杭	文献③：斜面崩壊抑止杭に関する模型実験（技術研究所報 No.19、佐藤工業(株)、1993年）	



第 7.4.2-18 図 ①-①' 断面の杭間隔等 (イメージ図)





第 7.4.2-19 図 文献③の概要

【杭間の岩盤の緩みに対する施工時の配慮】

「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編) ((社)日本道路協会、2002年3月)」及び「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)」によると、深礎基礎の施工時には、発破作業を原則として避けることとされている。

また、「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)」によると、発破掘削は岩盤を効率よく掘削することができる反面、地山を緩めやすく、機械掘削は地山の緩みが小さいとされている。

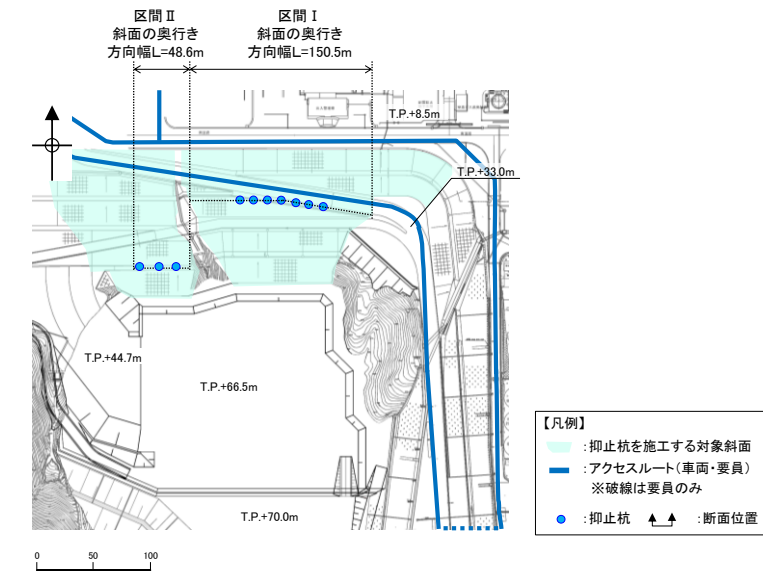
これらを踏まえ、島根サイトの深礎杭の掘削では、 $C_M \sim C_H$ 級の堅硬な岩盤に対し、地山を緩めやすい発破掘削を避け、

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p data-bbox="1765 210 2279 241">緩みの小さい『機械掘削』を採用している。</p>  <p data-bbox="1745 569 2457 600">第 7. 4. 2-20 図 島根サイトの深礎杭 掘削面の写真 (南側)</p>  <p data-bbox="1745 1016 2496 1047">第 7. 4. 2-21 図掘削状況写真 第 7. 4. 2-22 図 掘削面の近接写真</p>	

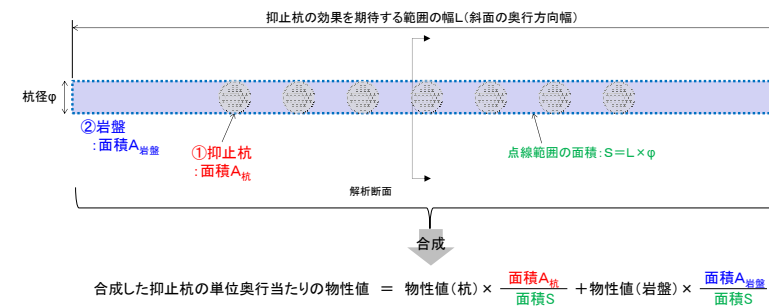
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考									
		<p>7.4.3 敷地内土木構造物（抑止杭）の耐震評価</p> <p>(1) 評価方針 敷地内土木構造物である抑止杭について、基準地震動 S_s が作用した場合に、敷地内土木構造物の機能が維持されていることを確認するため、耐震評価を実施する。耐震評価においては、地震応答解析結果における照査用応答値が許容限界値を下回ることを確認する。</p> <p>(2) 適用規格 適用する規格、基準等を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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) <p>(3) 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」の物性値を用いる。</p> <p>(4) 解析用物性値（抑止杭, 物理特性・変形特性） 耐震評価に用いる材料定数は、設計図書及び文献等を基に設定する。抑止杭の使用材料を第7.4.3-1表に示す。</p> <p style="text-align: center;">第7.4.3-1表 抑止杭の使用材料</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>材 料</th> <th>諸 元</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">抑止杭</td> <td>コンクリート</td> <td>設計基準強度 $F_c=24\text{N}/\text{mm}^2$</td> </tr> <tr> <td>鉄筋</td> <td>SD345 D38, D51</td> </tr> <tr> <td>H鋼</td> <td>SM490 H458×417×30×50</td> </tr> </tbody> </table>	材 料	諸 元	抑止杭	コンクリート	設計基準強度 $F_c=24\text{N}/\text{mm}^2$	鉄筋	SD345 D38, D51	H鋼	SM490 H458×417×30×50	
材 料	諸 元											
抑止杭	コンクリート	設計基準強度 $F_c=24\text{N}/\text{mm}^2$										
	鉄筋	SD345 D38, D51										
	H鋼	SM490 H458×417×30×50										

抑止杭の解析用物性値の設定概要図を第 7.4.3-1 図に示す。

抑止杭の杭間には岩盤が存在することから、抑止杭の単位奥行当たりの解析用物性値については、抑止杭と岩盤を合成した物性値を設定する。合成する物性値は、単位体積重量、静弾性係数及び動せん断弾性係数とし、ポアソン比及び減衰定数については、抑止杭の構造主体である鉄筋コンクリートの一般値を用いる。合成方法は、各区間において抑止杭及び岩盤の断面積を算定して両者の断面積比に物性値を乗じて足し合わせる。



平面図



設定概要図 (例：区間 I)

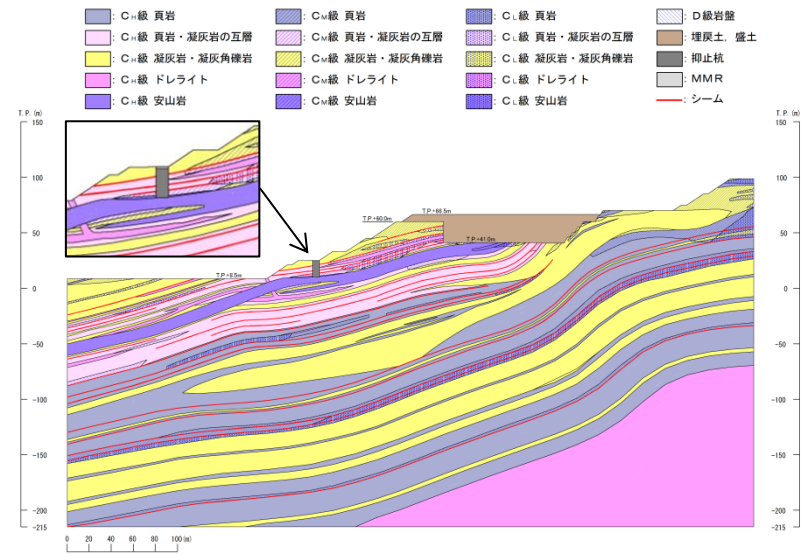
第 7.4.3-1 図 抑止杭の解析用物性値の設定概要図

抑止杭及び岩盤の物性値を第 7.4.3-2 表に、算定に用いた抑止杭及び岩盤の断面積比を第 7.4.3-3 表に、合成した抑止杭の単位奥行当たりの解析用物性値を第 7.4.3-4 表に示す。

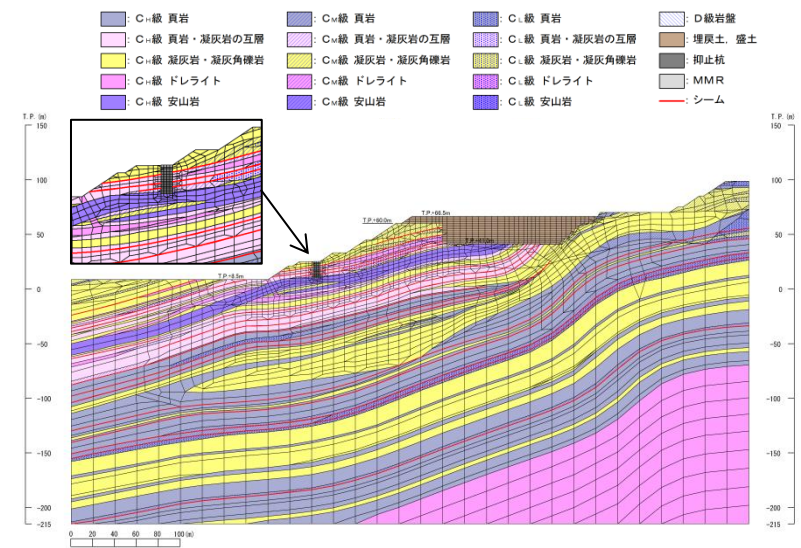
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																																																					
		<p style="text-align: center;">第 7.4.3-2 表 抑止杭及び岩盤の物性値</p> <table border="1" data-bbox="1745 302 2487 537"> <thead> <tr> <th colspan="2">材料</th> <th>単位体積重量 (kN/m³)</th> <th>静弾性係数E (×10³ N/mm²)</th> <th>動せん断弾性係数G (×10³ N/mm²)</th> <th>ポアソン比</th> <th>減衰定数 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">抑止杭</td> <td>鉄筋コンクリート</td> <td>24.5^{*1}</td> <td>25.00^{*1}</td> <td>10.42^{*2}</td> <td>0.20^{*1}</td> <td>5^{*1}</td> </tr> <tr> <td>H鋼</td> <td>77.0^{*1}</td> <td>200.00^{*4}</td> <td>77.00^{*4}</td> <td>0.30^{*4}</td> <td>2^{*3}</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">岩盤</td> <td>①-①'</td> <td rowspan="2">25.1^{*5}</td> <td rowspan="2">3.74^{*5}</td> <td>6.55^{*5}</td> <td rowspan="2">0.19^{*5}</td> <td rowspan="2">3^{*3}</td> </tr> <tr> <td>②-②'</td> <td>2.07^{*5}</td> </tr> </tbody> </table> <p>※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）に基づき設定。 断面奥行方向の杭間に岩盤が存在することから，岩盤の減衰定数である3%とした場合の影響検討を7.4.4(12)章に示す。 ※2：G = E/2 (1 + ν) により算定。 ※3：JEG4601-1987に基づき設定。 ※4：道路橋示方書・同解説 I 共通編（(社)日本道路協会，2002年）に基づき設定。 ※5：斜面の抑止杭近傍岩盤の物性値として，以下の物性値を用いる。 ①-①'：C₁₁級頁岩・凝灰岩の互層，第[3]速度層 ②-②'：C₁₁級頁岩・凝灰岩の互層，第[2]速度層</p> <p style="text-align: center;">第 7.4.3-3 表 算定に用いた抑止杭及び岩盤の断面積比</p> <table border="1" data-bbox="1745 772 2487 991"> <thead> <tr> <th rowspan="2">材料</th> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">断面積 (m²)</th> <th colspan="2">断面積比</th> </tr> <tr> <th>①-①'</th> <th>②-②'</th> <th>①-①'</th> <th>②-②'</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">抑止杭</td> <td>鉄筋コンクリート</td> <td>26.11</td> <td>26.58</td> <td>0.20</td> <td>0.27</td> </tr> <tr> <td>H鋼</td> <td>2.17</td> <td>1.69</td> <td>0.02</td> <td>0.02</td> </tr> <tr> <td colspan="2">岩盤</td> <td>100.75</td> <td>68.96</td> <td>0.78</td> <td>0.71</td> </tr> <tr> <td colspan="2">合計</td> <td>129.02</td> <td>97.24</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">第 7.4.3-4 表 合成した抑止杭の単位奥行当たりの解析用物性値</p> <table border="1" data-bbox="1745 1050 2487 1251"> <thead> <tr> <th rowspan="2">対象斜面</th> <th colspan="3">断面積比により合成して設定</th> <th colspan="2">鉄筋コンクリートの物性値を設定</th> </tr> <tr> <th>単位体積重量 (kN/m³)</th> <th>静弾性係数 (×10³ N/mm²)</th> <th>動せん断弾性係数 (×10³ N/mm²)</th> <th>ポアソン比</th> <th>減衰 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①-①'</td> <td>25.9</td> <td>11.34</td> <td>8.52</td> <td>0.20</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>②-②'</td> <td>25.8</td> <td>12.97</td> <td>5.66</td> <td>0.20</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p>(5) 地震応答解析手法 解析手法は6.2.2章と同じものを用いる。 地震時の応力は，静的解析による常時応力と，地震応答解析による地震時増分応力を重ね合わせるにより求める。 常時応力は，建設過程を考慮し，第7.4.3-2図に示すとおり，3ステップに分けて解析を実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ステップ1：地盤の自重計算により初期応力を求める。 ・ステップ2：敷地造成工事による切取に伴う開放力を反映する。 	材料		単位体積重量 (kN/m ³)	静弾性係数E (×10 ³ N/mm ²)	動せん断弾性係数G (×10 ³ N/mm ²)	ポアソン比	減衰定数 (%)	抑止杭	鉄筋コンクリート	24.5 ^{*1}	25.00 ^{*1}	10.42 ^{*2}	0.20 ^{*1}	5 ^{*1}	H鋼	77.0 ^{*1}	200.00 ^{*4}	77.00 ^{*4}	0.30 ^{*4}	2 ^{*3}	岩盤	①-①'	25.1 ^{*5}	3.74 ^{*5}	6.55 ^{*5}	0.19 ^{*5}	3 ^{*3}	②-②'	2.07 ^{*5}	材料		断面積 (m ²)		断面積比		①-①'	②-②'	①-①'	②-②'	抑止杭	鉄筋コンクリート	26.11	26.58	0.20	0.27	H鋼	2.17	1.69	0.02	0.02	岩盤		100.75	68.96	0.78	0.71	合計		129.02	97.24	1.00	1.00	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	
材料		単位体積重量 (kN/m ³)	静弾性係数E (×10 ³ N/mm ²)	動せん断弾性係数G (×10 ³ N/mm ²)	ポアソン比	減衰定数 (%)																																																																																		
抑止杭	鉄筋コンクリート	24.5 ^{*1}	25.00 ^{*1}	10.42 ^{*2}	0.20 ^{*1}	5 ^{*1}																																																																																		
	H鋼	77.0 ^{*1}	200.00 ^{*4}	77.00 ^{*4}	0.30 ^{*4}	2 ^{*3}																																																																																		
岩盤	①-①'	25.1 ^{*5}	3.74 ^{*5}	6.55 ^{*5}	0.19 ^{*5}	3 ^{*3}																																																																																		
	②-②'			2.07 ^{*5}																																																																																				
材料		断面積 (m ²)		断面積比																																																																																				
		①-①'	②-②'	①-①'	②-②'																																																																																			
抑止杭	鉄筋コンクリート	26.11	26.58	0.20	0.27																																																																																			
	H鋼	2.17	1.69	0.02	0.02																																																																																			
岩盤		100.75	68.96	0.78	0.71																																																																																			
合計		129.02	97.24	1.00	1.00																																																																																			
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																																																																																			

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考								
		<p>・ステップ3：抑止杭の掘削に伴う開放力及び建込みに伴う荷重を反映する。敷地造成工事による埋戻土の荷重を反映する。</p> <table border="1" data-bbox="1745 405 2496 871"> <thead> <tr> <th>ステップ</th> <th>断面図</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ステップ1 初期の地盤の自重を考慮</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ステップ2 敷地造成工事に伴う切取を考慮</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ステップ3 埋戻土及び抑止杭の荷重を考慮</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">凡例</p> <ul style="list-style-type: none"> 埋戻土、盛土 D級 C1級 C2級 C3級 シーム 岩盤境界線 <p>第 7.4.3-2 図 常時応力解析ステップ図 (例：①-①' 断面)</p> <p>(6) 解析モデルの設定</p> <p>①-①' 断面及び②-②' 断面の解析モデル図を第 7.4.3-3 図及び第 7.4.3-4 図に示す。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。</p> <p>【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。</p> <p>【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。</p> <p>【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する。</p> <p>【抑止杭のモデル化】 平面ひずみ要素でモデル化する。</p> <p>【地下水位の設定】 保守的に地表面に設定する。</p> <p>【減衰特性】 JEAG4601-2015 に基づき、岩盤の減衰を 3% に設定す</p>	ステップ	断面図	ステップ1 初期の地盤の自重を考慮		ステップ2 敷地造成工事に伴う切取を考慮		ステップ3 埋戻土及び抑止杭の荷重を考慮		
ステップ	断面図										
ステップ1 初期の地盤の自重を考慮											
ステップ2 敷地造成工事に伴う切取を考慮											
ステップ3 埋戻土及び抑止杭の荷重を考慮											

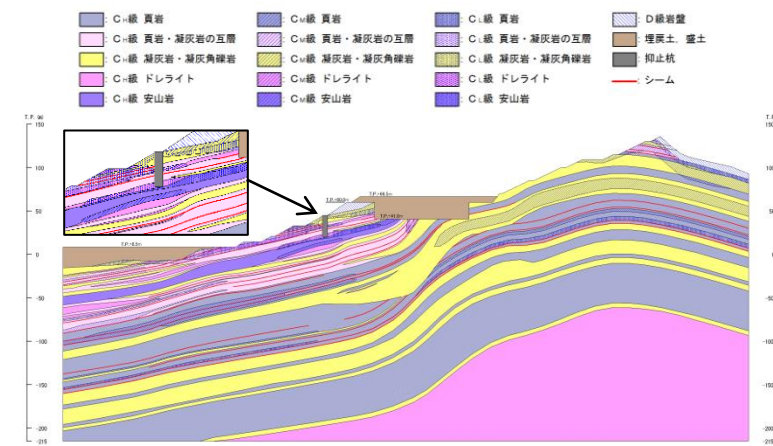
る。抑止杭の減衰は、コンクリート標準示方書〔構造的
性能照査編〕(土木学会, 2002年)に基づき, 5%に設定す
る。



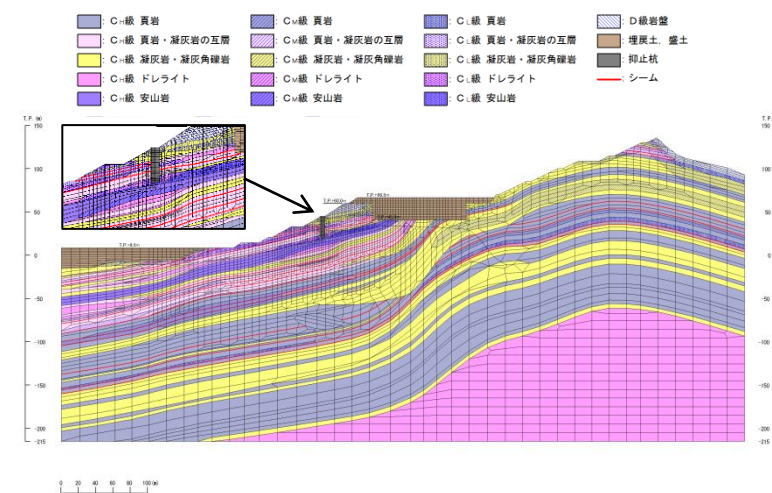
第 7.4.3-3(1) 図 ①-①' 断面 解析用岩盤分類図



第 7.4.3-3(2) 図 ①-①' 断面 解析用要素分割図



第 7.4.3-4(1) 図 ②-②' 断面 解析用岩盤分類図



第 7.4.3-4(2) 図 ②-②' 断面 解析用要素分割図

(7) 荷重の組合せ

【考慮する荷重について】

・常時荷重

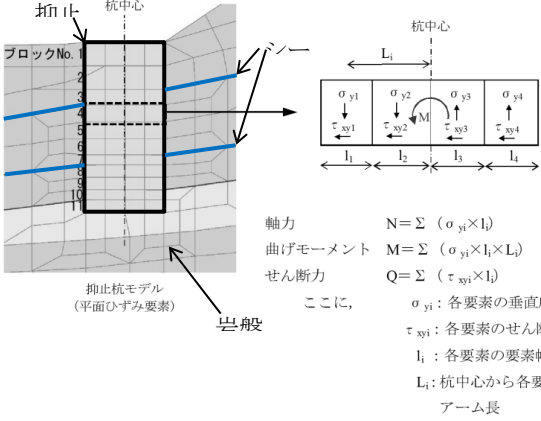
常時作用している荷重として、自重及び積載荷重を考慮する。

・地震荷重 (S s)

基準地震動 S s による地震力を考慮する。

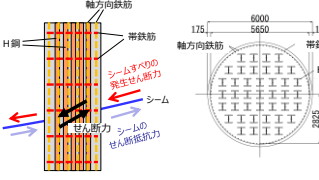
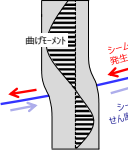
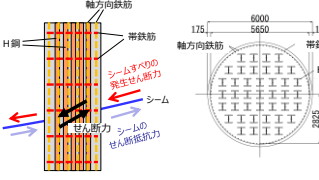
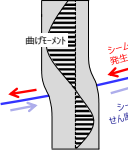
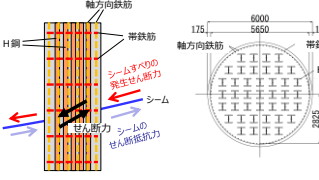
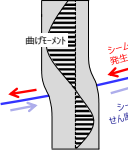
・風荷重

「第 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止」にお

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>いて規定する設計基準風速に伴う荷重を考慮する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 積雪荷重 <p>「第6条 外部からの衝撃による損傷の防止」において規定する松江市建築基準法施行細則に基づく垂直積雪量に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した荷重と組合せる。</p> <p>【荷重の組合せ】</p> <p>荷重の組合せの設定に当っては、抑止杭の設置状況等を考慮し、各荷重の組合せの要否を整理した。</p> <p>「積雪荷重」については、常時荷重に対して極めて小さいため、考慮しないこととする。</p> <p>「風荷重」については、大部分が地中に埋設された構造物であり、地上部分が少なく風の影響をほとんど受けないため、考慮しない。</p> <p>以上のことから、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> 常時荷重+地震荷重 <p>(8) 許容限界</p> <p>【断面力の算定】</p> <p>抑止杭に発生する断面力は、地震時応答解析から求める抑止杭の各要素に生じる応力から、抑止杭に作用する断面力（軸力、曲げモーメント及びせん断力）を算定する。断面力算定の概念図を第 7.4.3-5 図に示す。</p>  <p>軸力 $N = \sum (\sigma_{y1} \times l_i)$ 曲げモーメント $M = \sum (\sigma_{y1} \times l_i \times L_i)$ せん断力 $Q = \sum (\tau_{xy1} \times l_i)$</p> <p>ここに、 σ_{y1}: 各要素の垂直応力 τ_{xy1}: 各要素のせん断応力 l_i: 各要素の要素幅 L_i: 杭中心から各要素中心までのアーム長</p>	

第 7.4.3-5 図 断面力算定の概念図

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>【照査方法】</p> <p>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)に基づき, せん断破壊に対する照査及び曲げ破壊に対する照査を実施する。</p> <p>せん断破壊に対する照査は, 発生する最大せん断力が抑止杭の許容せん断抵抗力(短期)を下回ることを確認する。</p> <p>曲げ破壊に対する照査は, 最大曲げモーメント発生時の軸力及び曲げモーメントから算定されるコンクリートの曲げ圧縮応力度及び鉄筋の引張応力度が, コンクリート及び鉄筋の許容応力度(短期)を下回ることを確認する。</p> <p>【抑止杭に作用するせん断力の算定】</p> <p>抑止杭に作用するせん断力は第 7.4.3-5 図により算定する。</p> <p>【曲げ応力度の算定】</p> <p>曲げ応力度の算定式は以下のとおり。</p> $\sigma_c = \frac{M + N \times r}{r^3} C$ $C = \frac{1 - \cos\phi}{\frac{2\sin\phi}{3} \times \phi \times \cos\phi + \sin\phi \times \cos^2\phi + \frac{\phi}{4} - \frac{\sin\phi \cos\phi}{4} - \frac{\sin^3\phi \cos\phi}{6} + \pi np \left[\frac{\alpha^2}{2} - \cos\phi \right]}$ $np = n \times \frac{As}{\pi r^3}$ <p> σ_c : コンクリートの曲げ圧縮応力度 M : 曲げモーメント N : 軸力 r : 抑止杭半径 ϕ : 中立軸の位置を示す中心角 α : 軸方向鉄筋中心までの半径r_s/抑止杭半径r n : 鉄筋とコンクリートのヤング係数比 As : 軸方向鉄筋の断面積 </p> $\sigma_s = \frac{M + N \times r}{r^3} S n$ $S = C \times \frac{\alpha + \cos\phi}{1 - \cos\phi}$ <p> σ_s : 鉄筋の引張応力度 </p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考												
		<p>【抑止杭に期待する効果等】</p> <p>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第7.4.3-5表に示す。</p> <p>第7.4.3-5表 抑止杭に期待する効果等</p> <table border="1" data-bbox="1745 430 2496 871"> <thead> <tr> <th>期待する効果</th> <th>効果を発揮するためのメカニズム</th> <th>部位 (材質)</th> <th>イメージ図</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>シームを通るすべりによる発生せん断力に抵抗する。</td> <td>・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。</td> <td>H鋼, コンクリート, 帯鉄筋</td> <td></td> </tr> <tr> <td>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。</td> <td>・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。</td> <td>コンクリート (圧縮) 軸方向鉄筋 (引張)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>【許容値の設定】</p> <ul style="list-style-type: none"> 抑止杭の許容せん断抵抗力 <p>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。</p> $S_a = \gamma_p \cdot A_p / \alpha + \gamma_H \cdot A_H$ <p>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</p> <p>抑止杭 (鉄筋コンクリート+H鋼) の許容せん断抵抗力のうち、鉄筋コンクリート部については、コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕 (土木学会, 2002年) の許容応力度法に基づいて設定する。</p> <p>また、H鋼部については、道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編) (日本道路協会, 2002年) に基づいて設定する。</p> <p>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。</p> 	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。	・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。	・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)		
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。	・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。	・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)													

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																		
		<p>抑止杭の許容せん断抵抗力R_Kは、第 7.4.3-6 表の杭の 1 本当たりの許容せん断抵抗力を各区間の杭本数（区間 I なら 7 本）で乗じ、各区間の抑止杭の効果を期待する範囲の幅（斜面の奥行方向幅）で除して単位奥行当たりのせん断抵抗力として算出する。</p> <p>算出した抑止杭の単位奥行当たりの許容せん断抵抗力について、第 7.4.3-7 表に示す。</p> $R_K = \frac{n \times S_K + S_G}{\cos \theta} \times \frac{1}{L}$ <p>ここで、</p> <p>R_K : 抑止杭の単位奥行き当たりの許容せん断抵抗力</p> <p>n : 杭本数（区間 I : 7 本, 区間 II : 3 本）</p> <p>S_K : 杭 1 本の許容せん断抵抗力</p> <p>S_G : 杭間及び周辺岩盤のせん断抵抗力 （照査位置に関わらず、シームであるとして保守的にゼロとする）</p> <p>θ : すべり面角度（保守的に$\cos 0^\circ = 1$とする）</p> <p>L : 各区間の抑止杭の効果を期待する範囲の幅 （斜面の奥行方向幅。区間 I : 150.5m, 区間 II : 48.6m）</p> <p>第 7.4.3-6 表 抑止杭 1 本当たりの許容せん断抵抗力 S_k</p> <table border="1" data-bbox="1804 1150 2436 1428"> <thead> <tr> <th rowspan="2">材料</th> <th rowspan="2">許容せん断応力度 (N/mm²)</th> <th colspan="2">断面積 A (mm²)</th> <th colspan="2">許容せん断抵抗力 (kN)</th> </tr> <tr> <th>①-①' 断面</th> <th>②-②' 断面</th> <th>①-①' 断面</th> <th>②-②' 断面</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>コンクリート</td> <td>0.90^{*1}</td> <td>2.51×10⁷</td> <td>2.56×10⁷</td> <td>14,256^{*4}</td> <td>14,526^{*4}</td> </tr> <tr> <td>帯鉄筋</td> <td>323^{*2}</td> <td colspan="2">1.14 × 10⁹</td> <td>16,585^{*5}</td> <td>16,585^{*5}</td> </tr> <tr> <td>H鋼</td> <td>150^{*3}</td> <td>2.167×10⁶ (41 本)</td> <td>1.692×10⁶ (32 本)</td> <td>325,089</td> <td>253,728</td> </tr> <tr> <td>抑止杭 (合計)</td> <td></td> <td colspan="2"></td> <td>355,930</td> <td>284,839</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">抑止杭 1 本当たりの許容せん断抵抗力 S_k</p> <p>*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。</p> <p>*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。</p> <p>*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。</p> <p>*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)に基づき下式により設定。 $S_c = \tau_{cs} \times 0.6 \times 1.06 \times A$ ここで, S_c: コンクリートの許容せん断抵抗力, τ_{cs}: 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</p> <p>*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)に基づき下式により設定。 $S_s = A_s \times \sigma_{ss} \times d (\sin 90^\circ + \cos 90^\circ) / (1.15 \times s)$ ここで, S_s: 帯鉄筋の許容せん断抵抗力, σ_{ss}: 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)</p>	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 ⁹		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	
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 ⁹		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																																

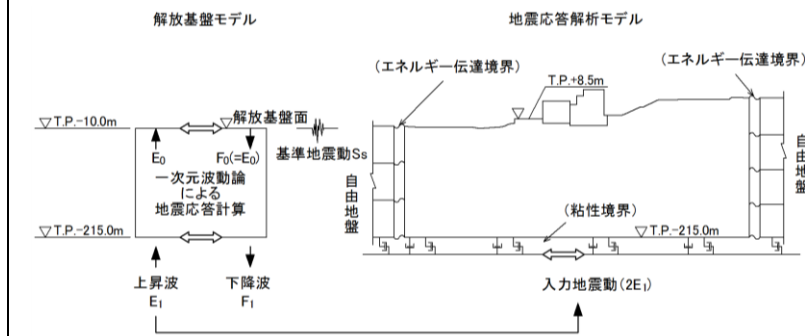
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																					
		<p>第 7.4.3-7 表 抑止杭の単位奥行当たりの許容せん断抵抗力 R_k</p> <table border="1" data-bbox="1774 260 2451 422"> <thead> <tr> <th>断面</th> <th>1本当たりの許容せん断抵抗力 S_k (kN)</th> <th>杭本数 n (本)</th> <th>斜面の奥行方向幅 L (m)</th> <th>単位奥行当たりの許容せん断抵抗力 (kN/m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①-①'断面</td> <td>355,930</td> <td>7</td> <td>150.52</td> <td>16,553</td> </tr> <tr> <td>②-②'断面</td> <td>284,839</td> <td>3</td> <td>48.62</td> <td>17,576</td> </tr> </tbody> </table> <p>・コンクリートの許容曲げ圧縮応力度及び鉄筋の許容引張応力度</p> <p>コンクリートの許容曲げ圧縮応力度及び鉄筋の許容引張応力度は、コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年）の許容応力度法に基づいて設定する。</p> <p>コンクリートの許容曲げ圧縮応力度及び鉄筋の許容引張応力度について、第 7.4.3-8 表のとおり設定する。</p> <p>第 7.4.3-8 表 コンクリートの許容曲げ圧縮応力度・鉄筋の許容引張応力度</p> <table border="1" data-bbox="1765 1016 2347 1169"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>許容値 (N/mm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>コンクリートの許容曲げ圧縮応力度^{※1}</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>軸方向鉄筋の許容引張応力度^{※2}</td> <td>323</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 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、コンクリート ($f_c=24\text{N/mm}^2$) の許容曲げ圧縮応力度：9 N/mm² 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。</p> <p>※2 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、鉄筋(SD345)の許容引張応力度：196 N/mm² 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。</p>	断面	1本当たりの許容せん断抵抗力 S_k (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	項目	許容値 (N/mm ²)	コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 ^{※1}	18	軸方向鉄筋の許容引張応力度 ^{※2}	323	
断面	1本当たりの許容せん断抵抗力 S_k (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																				
項目	許容値 (N/mm ²)																							
コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 ^{※1}	18																							
軸方向鉄筋の許容引張応力度 ^{※2}	323																							

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>(9) 評価手順 抑止杭の耐震評価フローを第 7.4.3-6 図に示す。</p> <p>第 7.4.3-6 図 抑止杭の耐震評価フロー</p> <p>(10) 入力地震動の策定 入力地震動は、解放基盤面で定義される基準地震動 S_s を一次元波動論によって、地震応答解析モデルの入力位置で評価したものをを用いる。入力地震動は水平地震動及び鉛直地震動を同時に作用させるものとする。 応答スペクトル手法による基準地震動については、水平地震動及び鉛直地震動の位相反転を考慮する。また、震源を特定せず策定する地震動による基準地震動については、水平地震動の位相反転を考慮する。 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 S_s-F1 及び S_s-F2 については、応答スペクトル手法による基準地震動 S_s-D に包絡されるため、検討対象外とする。 第 7.4.3-9 表に入力地震動の一覧を示す。 入力地震動策定の概念図を第 7.4.3-7 図に、基準地震動 S_s の加速度応答スペクトルと時刻歴波形を第 7.4.3-8 図～第 7.4.3-11 図に示す。 なお、入力地震動の策定には、解析コード「SHAKE Ver. 2」を使用する。</p>	

第 7.4.3-9 表 入力地震動の一覧

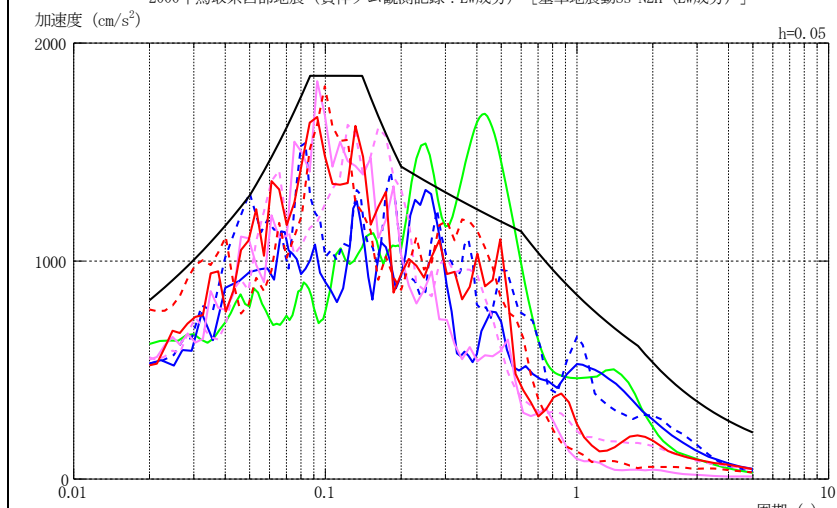
基準地震動	地震動の策定方法	検討ケース※	備考
Ss-D	応答スペクトル手法による地震動	(+, +), (-, +) (+, -), (-, -)	水平地震動及び鉛直地震動の位相反転を考慮する。
Ss-N1	震源を特定せず策定する地震動 (2004年 北海道留萌支庁南部地震)	(+, +), (-, +)	水平地震動の位相反転を考慮する。
Ss-N2	震源を特定せず策定する地震動 (2000年 鳥取県西部地震)	(+, +), (-, +)	水平地震動の位相反転を考慮する。
Ss-F1	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (宍道断層)	-	応答スペクトル手法による基準地震動 Ss-D に包絡されるため、検討対象外とする。
Ss-F2	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (宍道断層)	-	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。

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

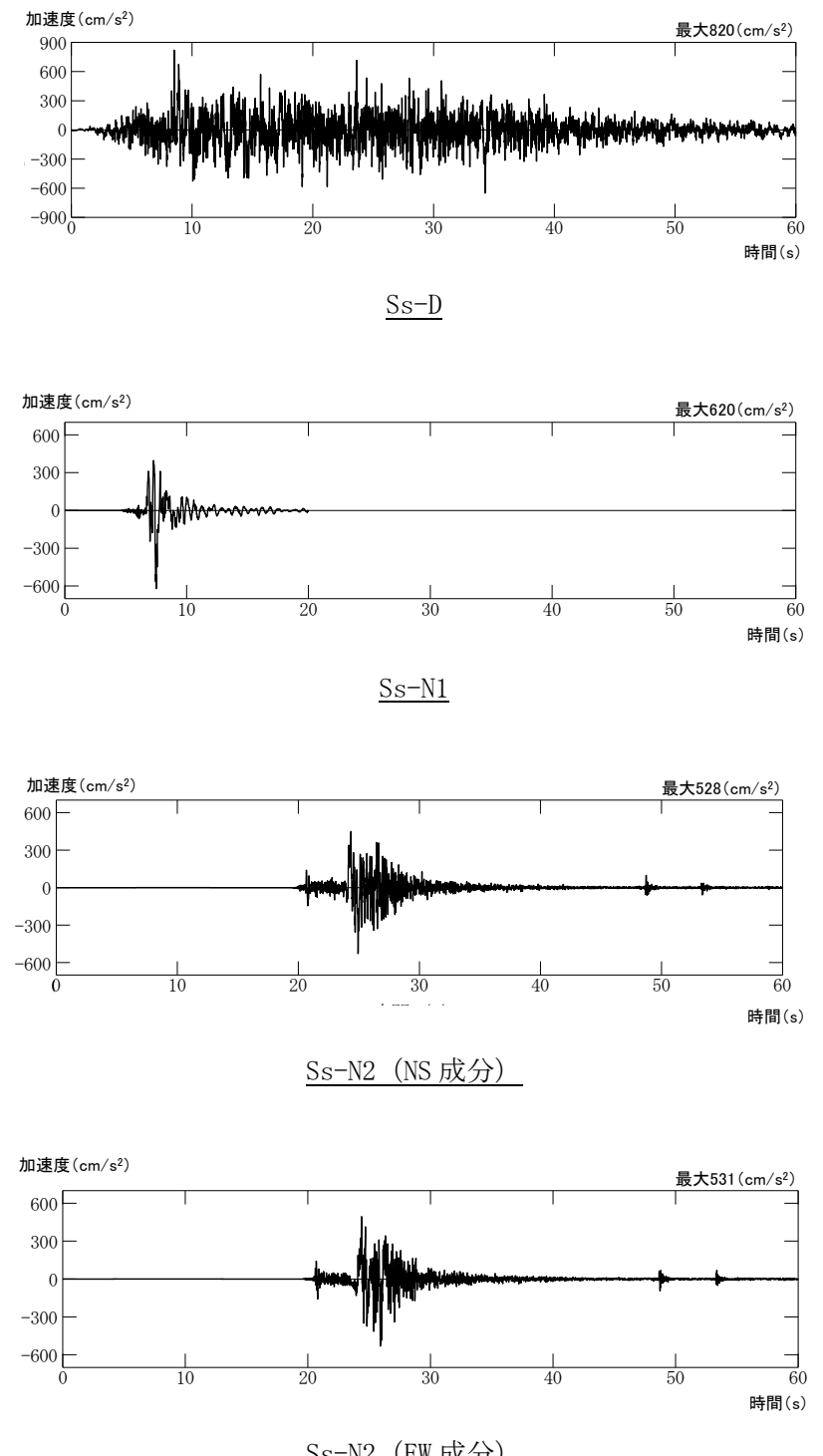


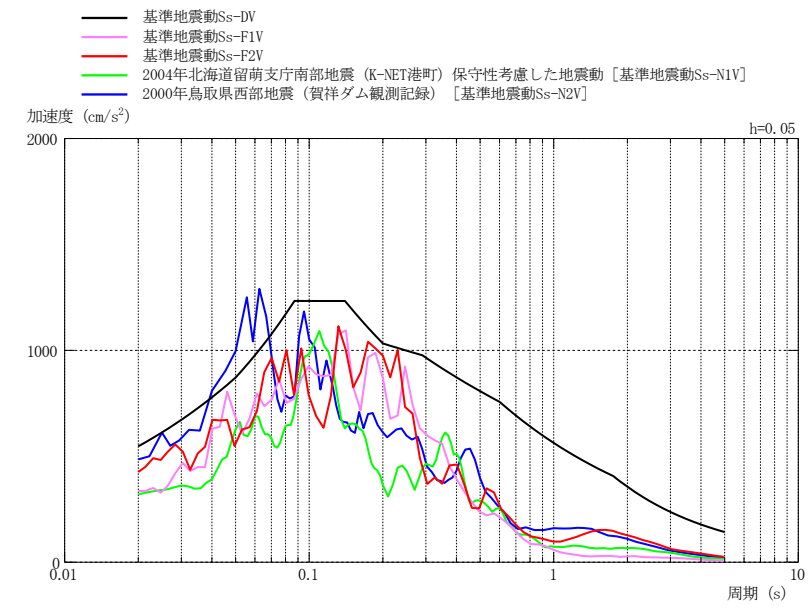
第 7.4.3-7 図 入力地震動策定の概念図

- 基準地震動 Ss-DH
- 基準地震動 Ss-F1H (NS成分)
- - 基準地震動 Ss-F1H (EW成分)
- 基準地震動 Ss-F2H (NS成分)
- - 基準地震動 Ss-F2H (EW成分)
- 2004年北海道留萌支庁南部地震 (K-NET港町) 保守性考慮した地震動 [基準地震動 Ss-N1H]
- 2000年鳥取県西部地震 (賀祥ダム観測記録: NS成分) [基準地震動 Ss-N2H (NS成分)]
- - 2000年鳥取県西部地震 (賀祥ダム観測記録: EW成分) [基準地震動 Ss-N2H (EW成分)]

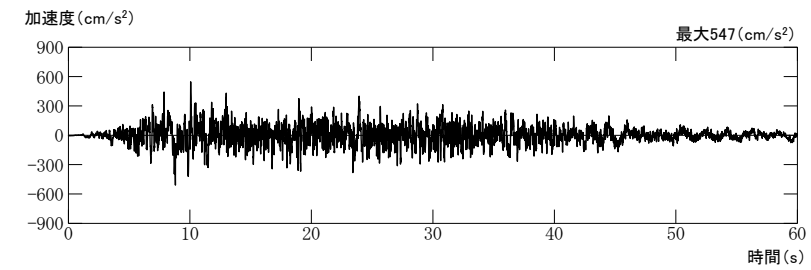


第 7.4.3-8 図 基準地震動 Ss の加速度応答スペクトル (水平方向)

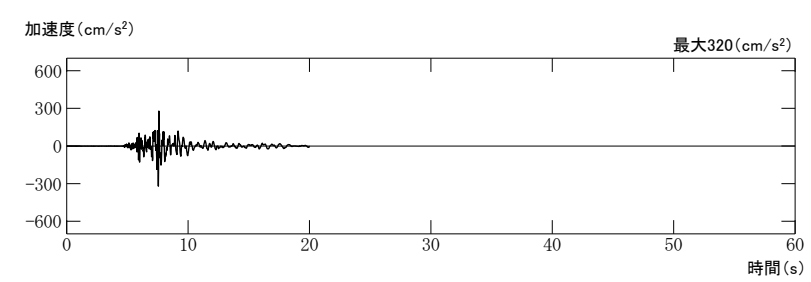
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p>第 7.4.3-9 図 基準地震動 S_s の加速度時刻歴波形 (水平方向)</p>	



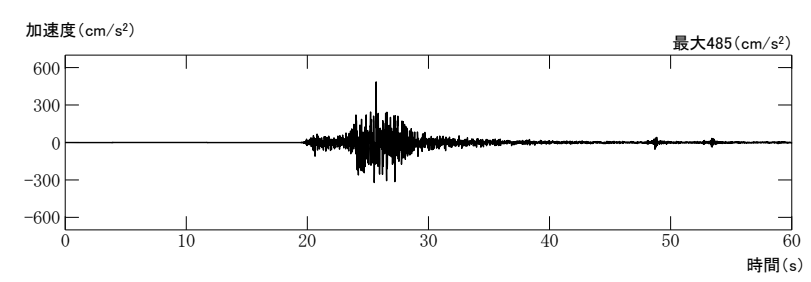
第 7.4.3-10 図 基準地震動 S s の加速度応答スペクトル (鉛直方向)



Ss-D



Ss-N1

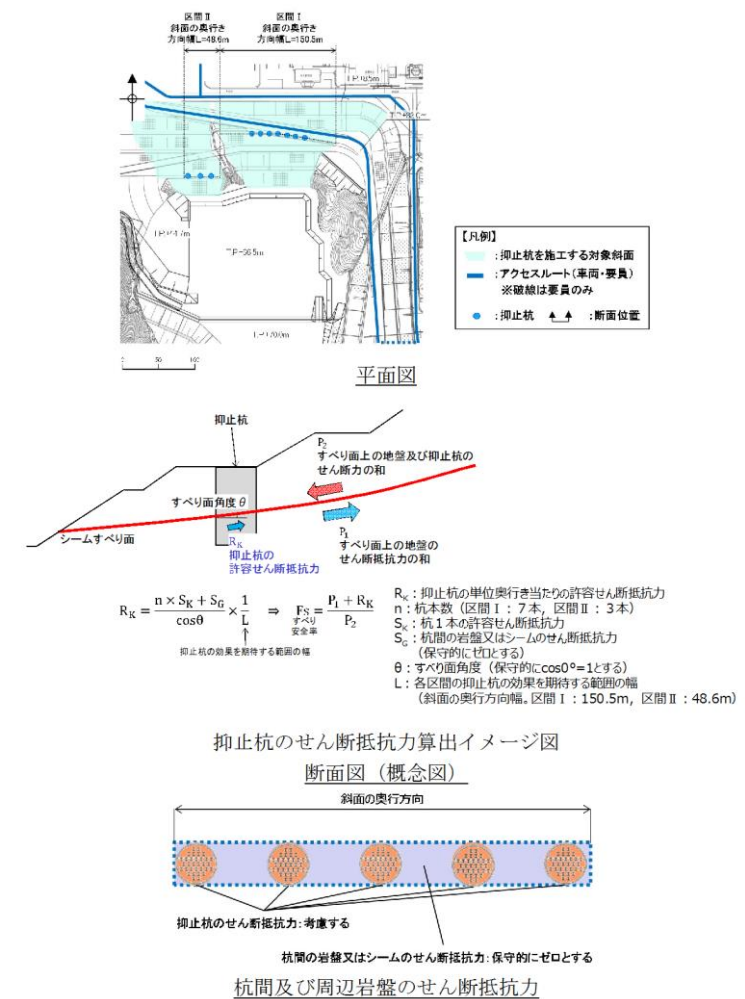


Ss-N2

第 7.4.3-11 図 基準地震動 S s の加速度時刻歴波形 (鉛直方向)

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																						
		<p>(11) 評価結果</p> <p>第 7.4.3-10 表～第 7.4.3-12 表に、コンクリートの曲げ圧縮応力度、鉄筋の引張応力度及び抑止杭のせん断力に対する照査結果を示す。コンクリートの発生曲げ応力度、鉄筋の引張応力度、抑止杭の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。</p> <p>第 7.4.3-10 表 コンクリートの曲げ圧縮応力度の照査結果</p> <table border="1" data-bbox="1736 577 2487 735"> <thead> <tr> <th>対象斜面</th> <th>基準地震動</th> <th>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/mm²)</th> <th>許容値 (N/mm²)</th> <th>照査値</th> <th>判定</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①-①'</td> <td>Ss-D (+, -)</td> <td>1.7</td> <td>18</td> <td>0.096</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>②-②'</td> <td>Ss-D (-, +)</td> <td>2.8</td> <td>18</td> <td>0.154</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table> <p>第 7.4.3-11 表 鉄筋の引張応力度の照査結果</p> <table border="1" data-bbox="1736 844 2487 1001"> <thead> <tr> <th>対象斜面</th> <th>基準地震動</th> <th>最大曲げモーメント発生時の鉄筋の最大引張応力度 (N/mm²)</th> <th>許容値 (N/mm²)</th> <th>照査値</th> <th>判定</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①-①'</td> <td>Ss-D (+, -)</td> <td>0.0 (全圧縮)</td> <td>323</td> <td>0.000</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>②-②'</td> <td>Ss-D (-, +)</td> <td>77</td> <td>323</td> <td>0.238</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table> <p>第 7.4.3-12 表 抑止杭のせん断力の照査結果</p> <table border="1" data-bbox="1736 1075 2487 1232"> <thead> <tr> <th>対象斜面</th> <th>基準地震動</th> <th>発生最大せん断力 (kN/m)</th> <th>許容値 (kN/m)</th> <th>照査値</th> <th>判定</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①-①'</td> <td>Ss-D (+, -)</td> <td>2,794</td> <td>16,553</td> <td>0.169</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>②-②'</td> <td>Ss-D (+, -)</td> <td>3,015</td> <td>17,576</td> <td>0.172</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>	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	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	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	
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																																																				
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																																																				
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																																																				

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>7.4.4 抑止杭を設置した斜面の安定性評価</p> <p>(1) 基本方針 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。 なお、適用規格は 7.4.3 章 と同じである。</p> <p>(2) 評価対象斜面の選定 評価対象斜面は、7.4.3 章 と同じ断面とする。</p> <p>(3) 解析用物性値、地震応答解析手法等 7.4.3 章 の地震応答解析結果の応力状態からすべり安全率を計算するため、地震応答解析手法、解析用物性値、解析モデル及び入力地震動は 7.4.3 章 と同様である。</p> <p>(4) 評価基準値の設定 すべり安定性評価では、評価対象斜面の最小すべり安全率が評価基準値 1.0 を上回ることを確認する。(設定根拠は末尾の参考-2を参照)</p> <p>(5) すべり安全率の算定方法 すべり安全率の算定は、6.2.5 章 と同様の手法によりすべり安全率を算定し、その際に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第 7.4.4-1 図 に示す。</p>	



第 7.4.4-1 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

抑止杭による抵抗力を考慮したすべり安全率の算定式を以下に示す。すべり安全率算出時には、抑止杭（鉄筋コンクリート+H鋼）のせん断抵抗力を見込む。

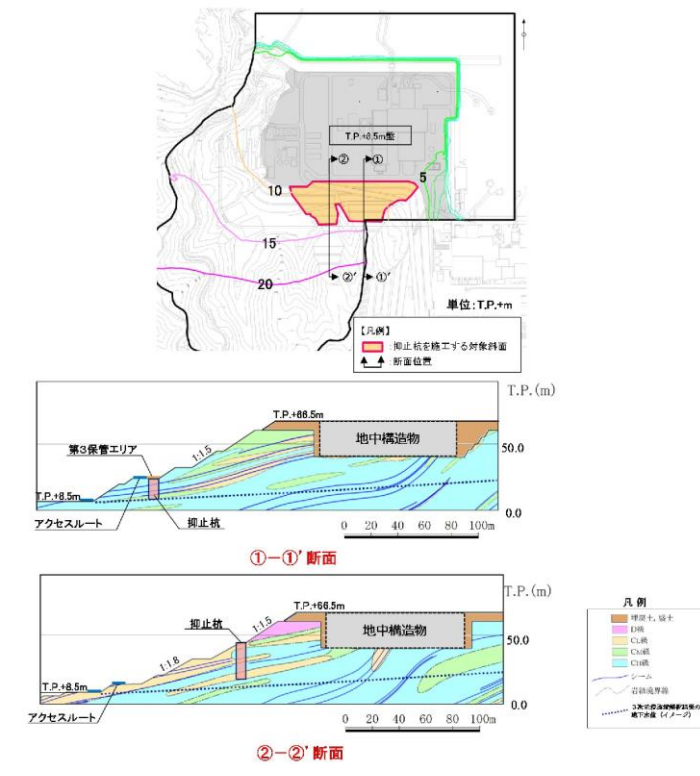
$$F_S = \frac{P_1 + R_K}{P_2}$$

ここで、

- P_1 : すべり面上の地盤のせん断抵抗力の和
- P_2 : すべり面上（地盤，抑止杭）のせん断力の和
- R_K : 抑止杭の許容せん断抵抗力

抑止杭の単位奥行き当たりの許容せん断抵抗力 R_K は、照査の際に用いた第 7.4.3-6 表の杭の 1 本当たりの許容せん断抵抗力を各区間の杭本数（区間 I なら 7 本）で乗じ、各区

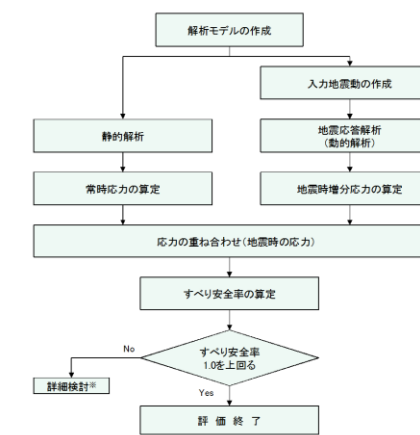
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>間の抑止杭の効果を期待する範囲の幅（斜面の奥行方向幅，詳細は第7.4.4-1図を参照）で除して単位奥行当たりのせん断抵抗力として算出する。</p> $R_K = \frac{n \times S_K + S_G}{\cos \theta} \times \frac{1}{L}$ <p>ここで、</p> <ul style="list-style-type: none"> R_K : 抑止杭の単位奥行き当たりの許容せん断抵抗力 n : 杭本数（区間Ⅰ：7本，区間Ⅱ：3本） S_K : 杭1本の許容せん断抵抗力 S_G : 杭間及び周辺岩盤のせん断抵抗力 （シームの場合は保守的に見込まない） θ : すべり面角度 L : 抑止杭の効果を期待する範囲の幅 （斜面の奥行方向幅，区間Ⅰ：150.5m，区間Ⅱ：48.6m，詳細は第7.4.4-1図を参照） <p>(6) 液状化範囲の検討</p> <p>抑止杭を設置する斜面上部に埋戻土が存在することから，3次元浸透流解析結果の大局的な地下水位分布の傾向を参照し，液状化の可能性を検討する。</p> <p>3次元浸透流解析の結果，抑止杭を設置する斜面の①-①'断面及び②-②'断面の埋戻土部の地下水位は，T.P. +15～20mであり，埋戻土層下端（T.P. +44m 盤）より十分に低いことから，液状化影響を考慮しない。</p> <p>なお，T.P. +44m 盤には構造物を設置して周辺を埋め戻す予定であるため，すべり安定性評価においては，構造物等がある場合とない場合をそれぞれ検討する。構造物がある場合の評価においては，当該構造物は地中構造物になることから，重量の観点から保守的になるように埋戻土としてモデル化する。</p>	



第 7. 4. 4-2 図 3次元浸透流解析結果（定常解析）の等水位線図※
 ※「島根原子力発電所 2号炉 地震による損傷の防止（コメント回答） [地下水位の設定]」
 （第 872 回審査会合，2020 年 7 月 7 日） において説明済

(7) 評価内容

斜面安定性評価フローを第 7. 4. 4-3 図に示す。



第 7. 4. 4-3 図 斜面安定性評価フロー

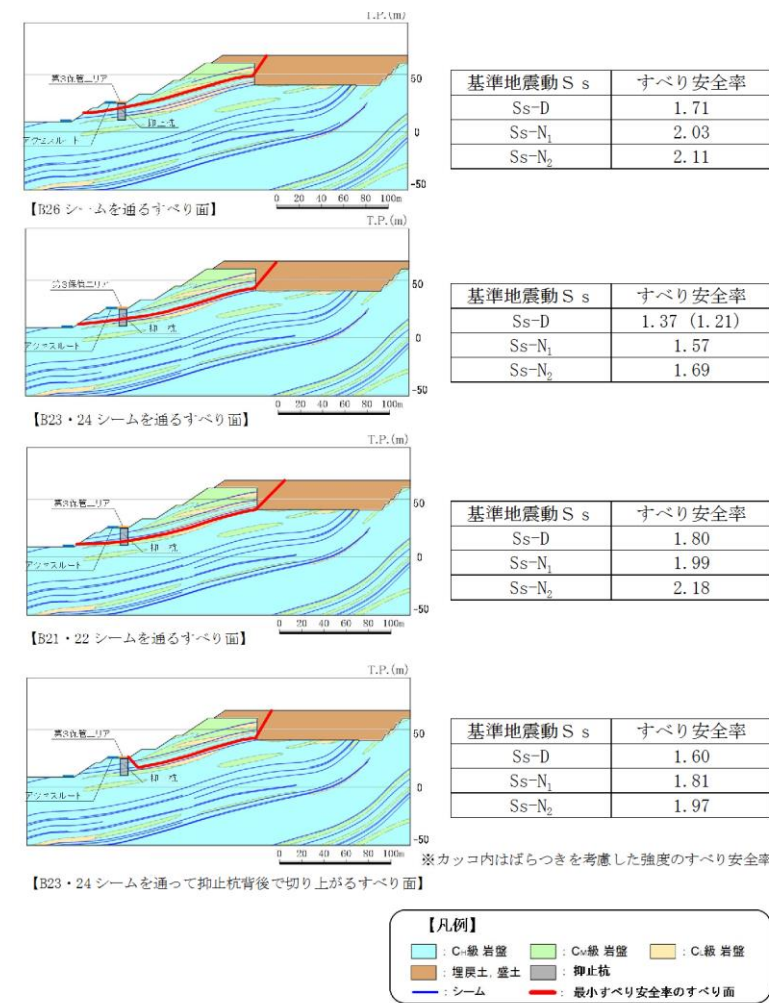
(8) 入力地震動の策定
 入力地震動は、7.4.3章と同様。

(9) 評価結果

【①-①' 断面 (構造物等がある場合)】

すべり安定性評価結果を第7.4.4-4図に示す。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。

また、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 $-1.0 \times$ 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。

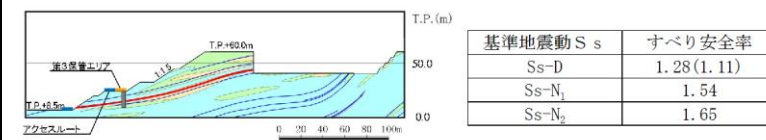


第7.4.4-4図 ①-①' 断面の評価結果 (構造物等がある場合)

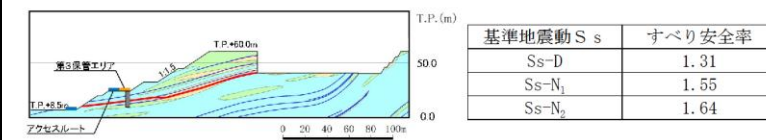
【①-①' 断面 (構造物等がない場合)】

すべり安定性評価結果を第 7.4.4-5 図に示す。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。

また, 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。



【B26 シームを通るすべり面】



【B21・22 シーム, 法尻近隣の CL 級岩盤及び B23・24 シームを通過して法尻に抜けるすべり面】

※カッコ内はばらつきを考慮した強度のすべり安全率

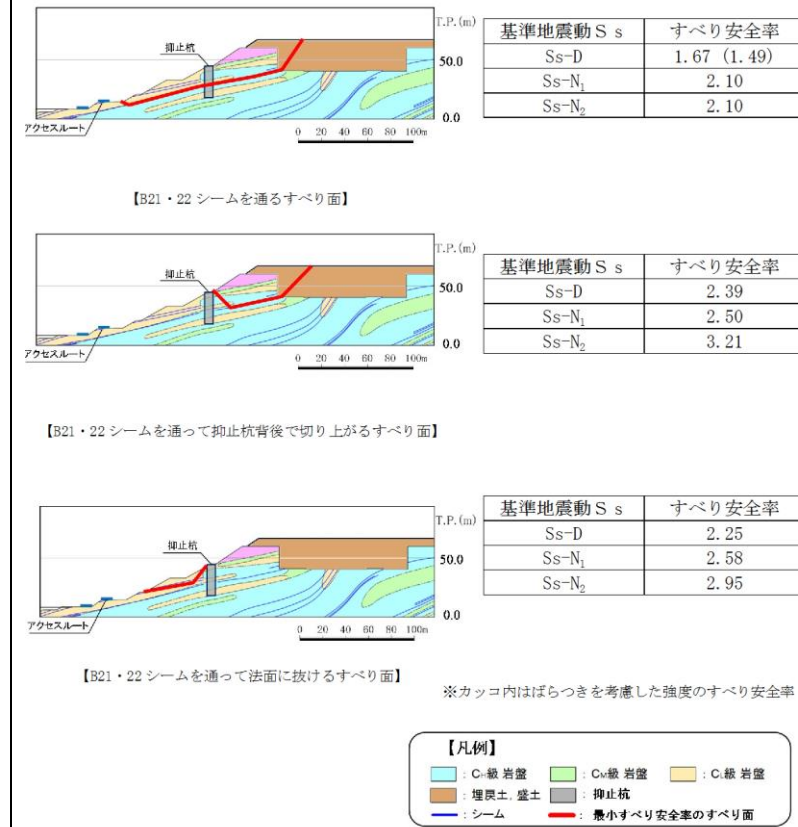


第 7.4.4-5 図 ①-①' 断面の評価結果 (構造物等がない場合)

【②-②' 断面 (構造物等がある場合)】

すべり安定性評価結果を第 7.4.4-6 図に示す。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。

また, 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。

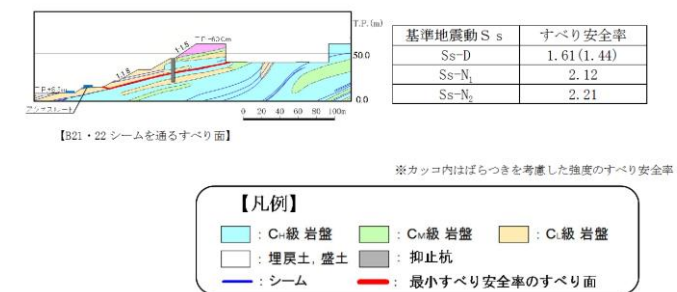


第 7.4.4-6 図 ②-②' 断面の評価結果 (構造物等がある場合)

【②-②' 断面 (構造物等がない場合)】

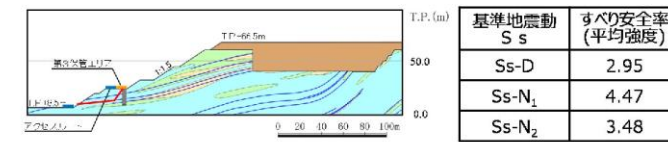
すべり安定性評価結果を第 7.4.4-7 図に示す。最小すべり安全率 (平均強度) が評価基準値 1.0 を上回っており, 安定性を有することを確認した。

また, 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。

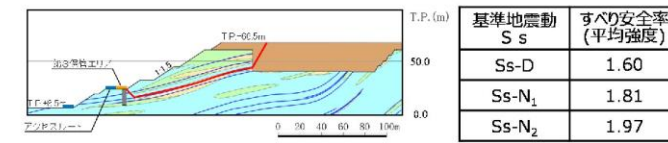


第 7.4.4-7 図 ②-②' 断面の評価結果 (構造物等がない場合)

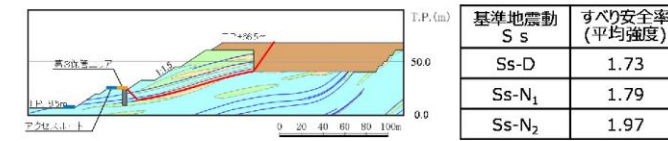
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>(10) 杭の断面配置の妥当性確認結果</p> <p>①-①' 断面及び②-②' 断面において、抑止杭をモデル化し、杭より下流の移動層のすべり及び受働破壊を想定したすべりを設定して動的解析を実施した結果、すべり安全率 1.0 を上回ることを確認したことから、杭の断面配置が妥当であることを確認した。(第 7.4.4-8 図参照)</p> <p>詳細設計段階において、杭より下流の移動層のすべりについて、以下の検討を行い、評価基準値を下回る場合は、杭を追加配置する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・杭前面における岩盤の肌分かれを想定したすべり安定性評価を実施し、杭の断面配置の妥当性を説明する。 ・その際には、杭間に堅硬かつ健全な岩盤が分布すること(第 7.4.4-9 図及び(11)参照)、及び杭間の岩盤の中抜け現象が起こらないこと(7.4.2(5)章に方針を記載)を踏まえ、杭間の岩盤のせん断抵抗力のみを考慮した安定性評価を行う。 	



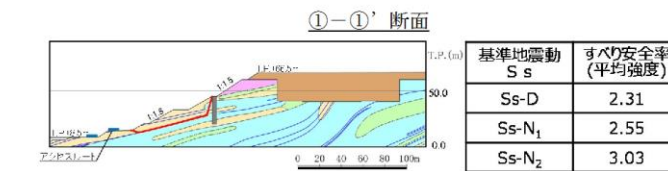
【B23・24シームを通る杭より下流の移動層のすべり面】



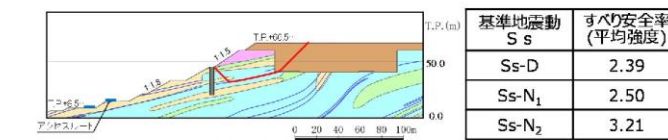
【B23・24シームを通る受働破壊を想定したすべり面】



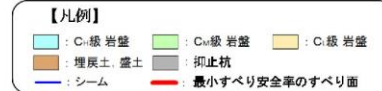
【B21・22シームを通る受働破壊を想定したすべり面】



【B21・22シームを通る杭より下流の移動層すべり面】

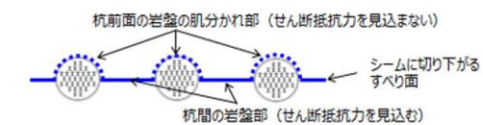


【B21・22シームを通る受働破壊を想定したすべり面】



②-②' 断面

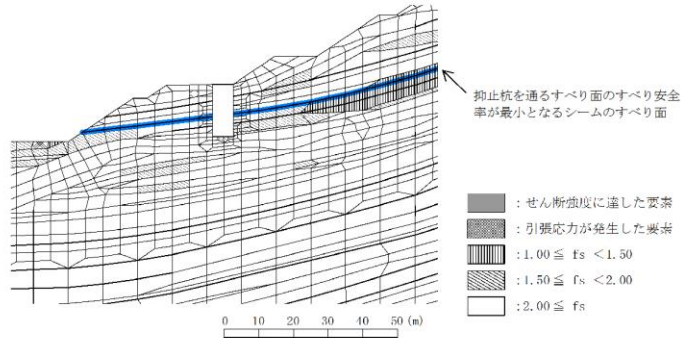
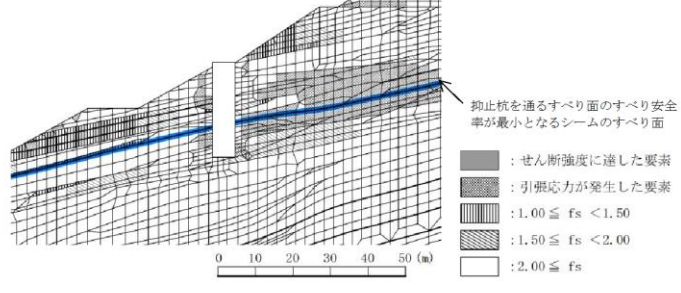
第 7.4.4-8 図 杭の断面配置の妥当性確認結果

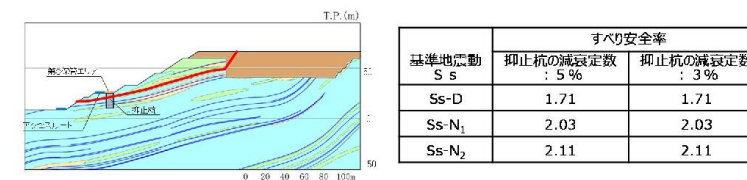


第 7.4.4-9 図 ①-①' 断面の杭間隔等 (イメージ図)

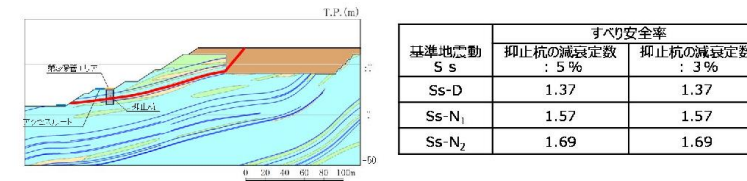
(11) 抑止杭周辺地盤の健全性照査結果

抑止杭周辺の地盤の局所安全係数分布図を第 7.4.4-10 図及び第 7.4.4-11 図に示す。不動層における抑止杭周辺の地盤には、せん断破壊が生じておらず、健全性を確保している。

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p>抑止杭を通るすべり面のすべり安全率が最小となるシームのすべり面</p> <p>：せん断強度に達した要素 ：引張応力が発生した要素 ：1.00 ≤ fs < 1.50 ：1.50 ≤ fs < 2.00 ：2.00 ≤ fs</p> <p>第 7.4.4-10 図 抑止杭周辺地盤の健全性照査結果 (①-①' 断面) (Ss-D・8.96 秒, 抑止杭を通るすべり面のすべり安全率が最小となる地震動及び時刻)</p>  <p>抑止杭を通るすべり面のすべり安全率が最小となるシームのすべり面</p> <p>：せん断強度に達した要素 ：引張応力が発生した要素 ：1.00 ≤ fs < 1.50 ：1.50 ≤ fs < 2.00 ：2.00 ≤ fs</p> <p>第 7.4.4-11 図 抑止杭周辺地盤の健全性照査結果 (②-②' 断面) (Ss-D・8.59 秒, 抑止杭を通るすべり面のすべり安全率が最小となる地震動及び時刻)</p> <p>(12) 抑止杭の減衰定数の検討</p> <p>減衰特性の設定に当たっては、岩盤の減衰定数を JEAG4601-2015 に基づき 3%、抑止杭の減衰定数を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% (鉄筋コンクリート) と設定している。</p> <p>抑止杭については、断面奥行き方向の杭間に岩盤が存在することから、抑止杭の減衰定数を岩盤の減衰定数である 3%とした場合の①-①' 断面を対象に影響検討を実施する。</p> <p>抑止杭の減衰定数を 3%とした場合の①-①' 断面における各すべり面の最小すべり安全率 (平均強度) を下図に示す。</p> <p>抑止杭の減衰定数を 3%とした場合のすべり安全率は、減衰定数 5%の結果と同値であり、抑止杭の減数特性がすべり安定性に与える影響は軽微であることを確認した。</p>	

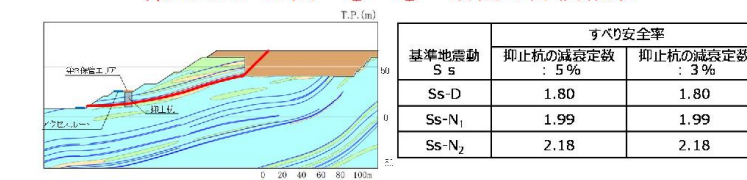


【B26シームを通るすべり面】

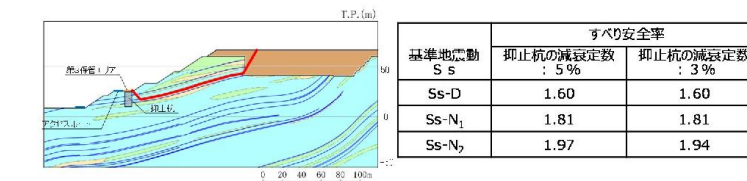


【B23・24シームを通るすべり面】

第 7. 4. 4-12 図 ①-①' 断面の評価結果



【B21・22シームを通るすべり面】



【B23・24シームを通過して抑止杭背後で切り上がるすべり面】

第 7. 4. 4-13 図 ②-②' 断面の評価結果

7. 4. 5 構造等に関する先行炉との比較

(1) 比較の観点

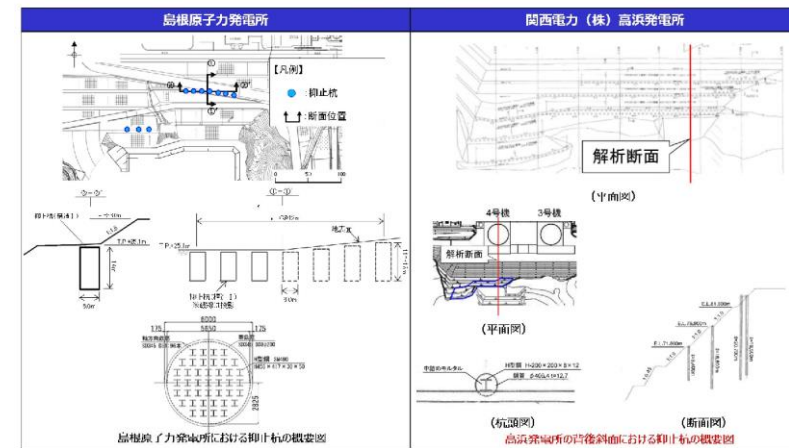
島根原子力発電所の抑止杭の設計において留意すべき事項を整理するため、島根原子力発電所と先行炉（関西電力（株）高浜発電所）の抑止杭との構造等を比較する。

また、先行炉との比較を踏まえ、先行炉実績との類似点を踏まえた設計方針の適用性及び先行炉実績との相違点を踏まえた設計への反映事項を示す。

(2) 先行炉との比較

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。それぞれの構造概要を第 7. 4. 5-1 図に示す。

島根原子力発電所の抑止杭の構造等に関する特徴及び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との比較を行い、類似点及び相違点を抽出した。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整理した。構造等に関する比較結果を第7.4.5-1表に、参照している基準類に関する比較結果を第7.4.5-2表に示す。



第 7.4.5-1 図 構造図の比較

第 7.4.5-1 表 抑止杭の構造等に関する先行炉との比較

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	先行炉実績との類似点を踏まえた設計方針の適用性		
抑止杭の構造	<ul style="list-style-type: none"> ・若室内のシームすべりも抑止するため、若室内に設置する。 ・シームすべり防止せん断力に耐える構造とするため、深礎杭を採用する。 ・H鋼を複数本挿入し、せん断補強を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・口部若室内のすべりを抑止するため、若室内に設置する。 ・鋼管杭を採用する。 ・H鋼を複数本挿入し、せん断補強を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・抑止杭を若室内に設置。 	<ul style="list-style-type: none"> ・抑止杭の構造の違い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・同様の設置状況である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・深礎杭について、最新鋭型・土留め杭採用(2014年5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。 	
設計方法	<ul style="list-style-type: none"> ・すべり安全率満足を用いる抑止杭のせん断耐力(コンクリート)短期許容応力度(H鋼)短期許容応力度(鋼管)短期許容応力度 	<ul style="list-style-type: none"> ・すべり安全率満足を用いる抑止杭のせん断耐力(コンクリート)短期許容応力度(H鋼)短期許容応力度(鋼管)短期許容応力度 	<ul style="list-style-type: none"> ・抑止杭のせん断耐力の設計方法に基づき。 	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・同様の挿入本数の違いがあるため、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。 		

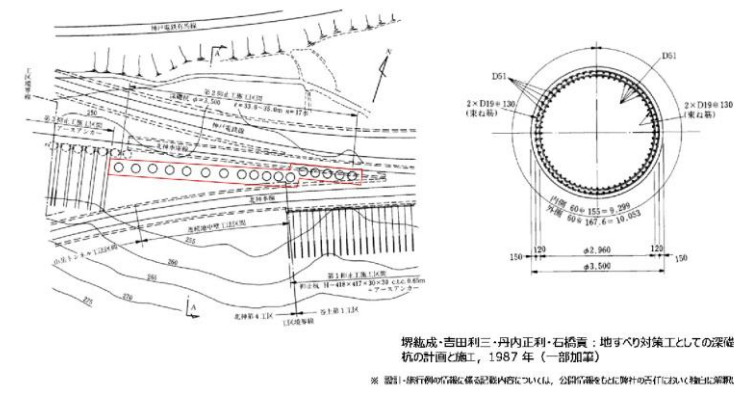
※ 先行炉の構造に係る記載内容は、会社資料等より得た資料を基に独自に解釈したものです。

第 7.4.5-2 表 抑止杭の参照している基準類に関する先行炉との比較

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																									
		<table border="1" data-bbox="1757 210 2487 441"> <thead> <tr> <th rowspan="2">評価項目</th> <th colspan="2">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)</th> <th rowspan="2">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</th> </tr> <tr> <th>島根原子力発電所</th> <th>関西電力(株) 高浜発電所</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>設計方法</td> <td>最新鋭土留め技術総覧(1991年)【杭工】</td> <td>最新鋭土留め技術総覧(1991年)【杭工】</td> <td>・深礎杭は杭工であるため、適用可能。</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">抑止杭のせん断抵抗力</td> <td>H鋼</td> <td>道路橋示方書Ⅱ鋼橋編(2002年)【許容応力度】</td> <td>・許容応力度法により設計しており、適用可能。</td> </tr> <tr> <td>コンクリート-鉄筋</td> <td>コンクリート標準示方書【構造性能調査編】(2002年)【許容応力度】</td> <td>・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。</td> </tr> <tr> <td>鋼管</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="2101 445 2487 462">※ 先行炉の情報に係る記載内容については、会社資料等または開社の責任において独自に解釈したものです。</p> <p data-bbox="1736 520 2487 598">(3) 施工実績 (一般産業施設における類似構造の設計・施工事例)</p> <p data-bbox="1795 613 2487 777">島根原子力発電所の抑止杭の特徴は「岩盤内に設置された深礎杭」であることから、こ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。調査結果を第7.4.5-3表に示す。</p> <p data-bbox="1816 793 2359 823">また、各事例の概要を(a)～(d)に示す。</p> <p data-bbox="1804 882 2448 911">第7.4.5-3表 類似する一般産業施設の設計・施行例</p> <table border="1" data-bbox="1757 928 2466 1285"> <thead> <tr> <th rowspan="2">特徴</th> <th colspan="3">設計・施行例</th> </tr> <tr> <th>施設・工事名称</th> <th>施設の概要</th> <th>概要頁</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">H鋼をせん断補強材として複数本挿入</td> <td>北陸自動車道地蔵トンネル地すべり対策工事</td> <td>・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。</td> <td>事例①</td> </tr> <tr> <td>地附山地すべり対策工事</td> <td>・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。</td> <td>事例②</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">深礎杭</td> <td>山際地区すべり対策工事</td> <td>・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。</td> <td>事例③</td> </tr> <tr> <td>北神線建設工事及びひまわり谷上第1工区土木工事</td> <td>・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。</td> <td>事例④</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="2083 1297 2466 1314">※ 設計・施行例の情報に係る記載内容については、公開情報をもとに開社の責任において独自に解釈したものです。</p> <p data-bbox="1745 1465 2487 1495">(a) 事例① 北陸自動車道地蔵トンネル地すべり対策工事</p> <p data-bbox="1795 1512 2487 1675">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。</p> <p data-bbox="1804 1692 2487 1770">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。</p>	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	最新鋭土留め技術総覧(1991年)【杭工】	最新鋭土留め技術総覧(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】	・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	コンクリート標準示方書【構造性能調査編】(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	-	-	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	・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	・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	・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ひまわり谷上第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。	事例④	
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	最新鋭土留め技術総覧(1991年)【杭工】	最新鋭土留め技術総覧(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】	・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	コンクリート標準示方書【構造性能調査編】(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	-	-																																									
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	・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	・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	・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ひまわり谷上第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。	事例④																																									

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div data-bbox="1765 210 2493 546"> <p>高松 内橋初親・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</p> <p>竹林進夫・上野将司：地すべり地におけるトンネル掘削時の誘発地震に関する地工学的考察, 2004年 (一部加筆)</p> <p>※ 設計・施工時の断面に添った断面図については、公開資料を元に資料の存在について確認し記載したものです。</p> </div> <p>第 7.4.5-2 図 北陸自動車道地蔵トンネル地すべり対策工事の施工事例</p> <p>(b) 事例② 地附山地すべり対策工事</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <div data-bbox="1765 1071 2493 1428"> <p>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, 1968年 (一部加筆)</p> <p>※ 設計・施工時の断面に添った断面図については、公開資料を元に資料の存在について確認し記載したものです。</p> </div> <p>第 7.4.5-3 図 地附山地すべり対策工事の施工事例</p> <p>(c) 事例③ 山際地区地すべり対策工事</p> <p>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。</p> <p>軸方向鉄筋及び帯鉄筋を円周状に 4 重に配置し, 最大曲</p>	

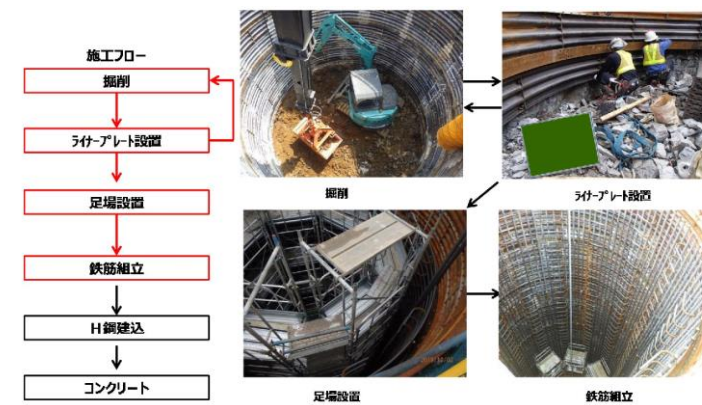
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p data-bbox="1804 212 2487 285">げモーメント発生位置付近に、D51 のせん断補強筋を複数本挿入している。</p> <div data-bbox="1774 388 2418 640">  </div> <p data-bbox="2092 655 2418 709">大分県土木建設部防課 大分県日田土木事務所：山際地区すべり大分県大山町～大規模な岩すべりへの対策～、地すべり 第34巻 第3号、1997年（一部加工） ※ 図2-1-1の図中の断面、せん断補強筋については、当該箇所を以て、断面の図に示す位置に挿入したものとす。</p> <div data-bbox="1774 730 2389 1165">  </div> <p data-bbox="2092 1045 2418 1129">大分県土木建設部防課 大分県日田土木事務所：山際地区すべり大分県大山町～大規模な岩すべりへの対策～、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/syafuku/syftku.html ※ 図2-1-1の図中の断面、せん断補強筋については、当該箇所を以て、断面の図に示す位置に挿入したものとす。</p> <p data-bbox="1804 1199 2448 1230">第 7. 4. 5-4 図 山際地区地すべり対策工事の施工事例</p> <p data-bbox="1754 1287 2502 1367">(d) 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</p> <p data-bbox="1795 1377 2502 1499">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。</p>	



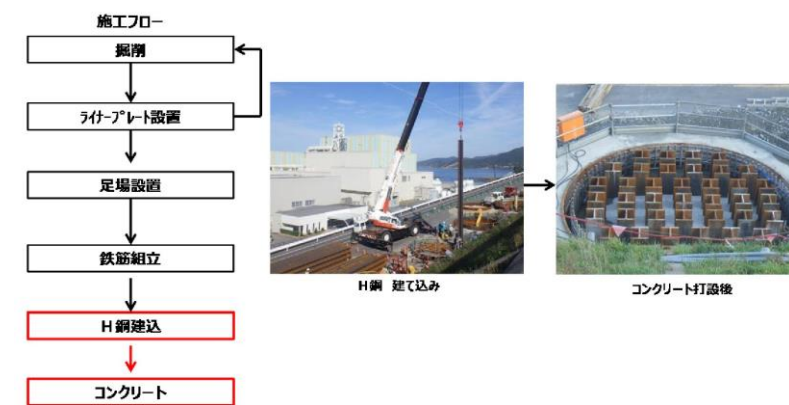
第 7.4.5-5 図 北神線建設工事及び有馬線谷上駅移設工事のうち谷上第 1 工区土木工事の施工事例

(4) 島根サイトの深礎杭の工事概要

島根サイトの①-①' 断面及び②-②' 断面における深礎杭は、第 7.4.5-6 図及び第 7.4.5-7 図のフローで施工している。

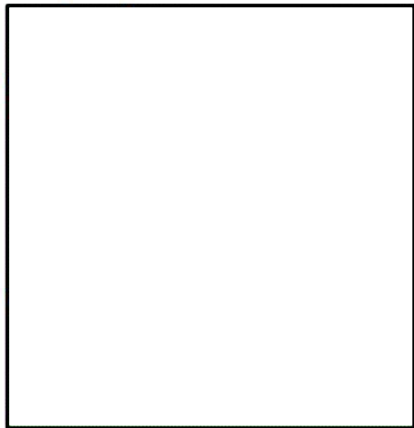
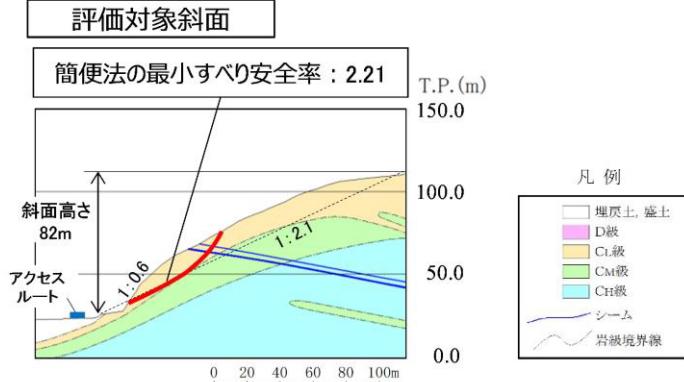


第 7.4.5-6 図 施工フロー図 (1/2)



第 7.4.5-7 図 施工フロー図 (2/2)

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>(参考-1) 評価対象斜面の選定理由 (詳細)</p> <p>1. グループAにおける評価対象斜面の選定理由 (詳細)</p> <ul style="list-style-type: none"> 岩盤で構成される斜面 <p>グループAの岩盤斜面である④-④'断面~⑦-⑦'断面の比較検討結果及び評価対象斜面の選定根拠の詳細を断面毎に示す。</p> <p>【④-④'断面】</p> <p>④-④'断面の斜面は切取斜面であり、斜面高さが最も高く、最急勾配方向となるすべり方向に断面を設定した。</p> <p>当該斜面は、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。</p> <div data-bbox="1765 982 2389 1402"> </div> <div data-bbox="1825 1428 2478 1753"> </div> <p>第1図 ④-④'断面の比較結果</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>【⑤-⑤' 断面 (評価対象斜面)】</p> <p>⑤-⑤' 断面の斜面は自然斜面であり、斜面高さが最も高く、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。</p> <p>当該斜面は、C_L 級岩盤が分布すること、平均勾配が1:2.1 と緩いが、局所的な急勾配部 (1:0.6, C_L 級岩盤) 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。</p>   <p>第2図 ⑤-⑤' 断面の比較結果</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>【⑥-⑥' 断面】</p> <p>⑥-⑥' 断面の斜面は切取斜面であり，斜面高さが最も高く，最急勾配方向となるすべり方向に断面を設定した。</p> <p>当該斜面は，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。</p> <div data-bbox="1745 611 2451 982"> <p>【凡例】</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ グループA(岩盤斜面, 法尻標高TP+15m以下) ↑ 斜面の断面位置 ⊗ 可搬型設備の保管場所 ● アクセスルート(車両・要員) ○ サブルート(車両・要員) ※破線は要員のみを示す。 ⇒ すべり方向 </div> <div data-bbox="1804 1024 2496 1409"> <p>簡便法の最小すべり安全率：4.98</p> <p>凡例</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 埋戻土, 盛土 ■ D級 ■ CL級 ■ CM級 ■ CH級 — シーム — 岩盤境界線 </div> <p>第3図 ⑥-⑥' 断面の比較結果</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>【⑦-⑦' 断面】</p> <p>⑦-⑦' 断面の斜面は自然斜面であり、斜面高さが最も高く、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。</p> <p>当該斜面は、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。</p> <div data-bbox="1745 716 2442 1024"> </div> <div data-bbox="1804 1077 2496 1346"> </div> <p>※「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</p> <p>第4図 ⑦-⑦' 断面の比較結果</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>2. グループBにおける評価対象斜面の選定理由 (詳細)</p> <ul style="list-style-type: none"> 盛土で構成される斜面 <p>グループBの盛土斜面である⑧-⑧'断面及び⑨-⑨'断面の比較検討結果及び評価対象斜面の選定根拠の詳細を断面毎に示す。</p> <p>【⑧-⑧'断面 (評価対象斜面)】</p> <p>⑧-⑧'断面の斜面は盛土斜面であり、斜面高さが最も高く、最急勾配方向となるすべり方向に断面を設定した。</p> <p>当該斜面は、⑨-⑨'断面に比べて、盛土厚が100mと厚いこと、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。</p> <div data-bbox="1852 936 2398 1234" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>【凡例】</p> <ul style="list-style-type: none"> グループB(盛土斜面: 法尺標準T.P.+15m以下) 斜面の断面位置 評価対象斜面の位置場所 アクセスルート(車道・歩道) サブルート(車道・歩道) すべり方向 </div> <div data-bbox="1748 1289 2502 1524" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>評価対象斜面</p> <p>簡便法の最小すべり安全率: 1.65</p> <p>斜面高さ 29m</p> <p>盛土厚 100m</p> <p>1:2.7</p> <p>T.P.(m)</p> <p>0 20 40 60 80 100(m)</p> <p>【凡例】</p> <ul style="list-style-type: none"> C級 岩盤 C+級 岩盤 C-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 すべり面(浸食化を考慮する範囲) </div> <p style="text-align: center;">第5図 ⑧-⑧'断面の比較結果</p>	

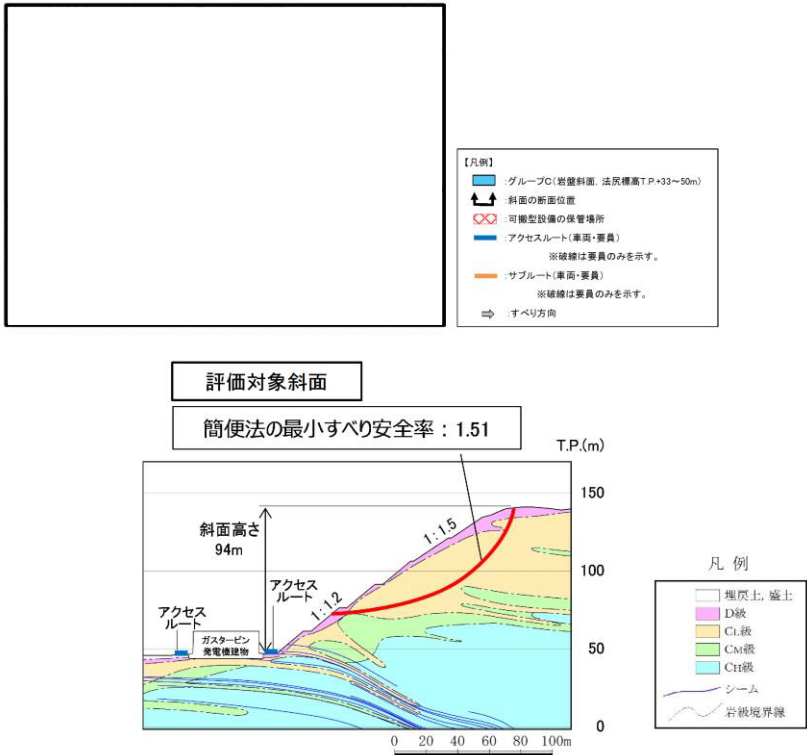
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>【⑨-⑨' 断面】</p> <p>⑨-⑨' 断面の斜面は盛土斜面であり，斜面高さが最も高く，最急勾配方向となるすべり方向に断面を設定した。</p> <p>当該斜面は，⑧-⑧' 断面に比べ，勾配が急ではあるが，盛土厚が 40m と薄いこと，斜面高さが低いこと，及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから，⑧-⑧' 断面の評価に代表させる。</p> <div data-bbox="1825 661 2374 955"> <p>【凡例】</p> <ul style="list-style-type: none"> グループ別(盛土斜面: 法尺標準TP+15m以下) 斜面の設置位置 可搬型設備の設置場所 アクセスルート(東側:青) サブルート(東側:赤) ※経緯は長さのみを示す。 ※経緯は長さのみを示す。 ⇨: すべり方向 </div> <div data-bbox="1736 987 2493 1207"> <p>簡便法の最小すべり安全率: 2.28</p> <p>【凡例】</p> <ul style="list-style-type: none"> C-級 岩盤 Cv-級 岩盤 C-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 すべり面(凍結化を考慮する範囲) </div>	

第6図 ⑨-⑨' 断面の比較結果

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>3. グループCにおける評価対象斜面の選定理由 (詳細)</p> <p>グループCの岩盤斜面である⑨-⑨' 断面, ⑪-⑪' 断面～⑬-⑬' 断面の比較検討結果及び評価対象斜面の選定根拠の詳細を断面毎に示す。</p> <p>【⑨-⑨' 断面】</p> <p>⑨-⑨' 断面の斜面は自然斜面であり, 斜面高さが最も高く, 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。</p> <p>当該斜面は, ⑫-⑫' 断面に比べ, 斜面高さが低いこと, 斜面の勾配が緩いこと, 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。</p> <div data-bbox="1745 850 2380 1165"> <p>【凡例】</p> <ul style="list-style-type: none"> グループC(岩盤斜面: 法原標高T.P.+33~50m) 斜面の断面位置 可搬型設備の保管場所 アクセスルート(車両・乗員) サブロード(車両・乗員) すべり方向 </div> <div data-bbox="1855 1207 2499 1480"> <p>簡便法の最小すべり安全率: 1.70</p> <p>斜面高さ 27m</p> <p>アクセスルート</p> <p>凡例</p> <ul style="list-style-type: none"> 堆積土, 盛土 D級 C1級 C2級 C3級 シーム 岩盤境界線 </div>	

第7図 ⑨-⑨' 断面の比較結果

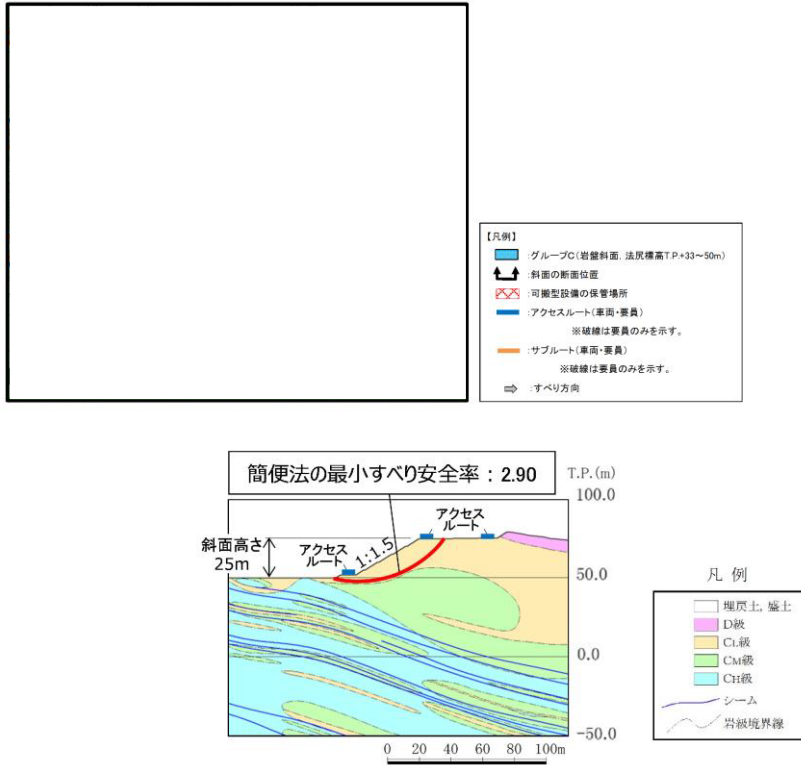
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>【⑪-⑪' 断面】</p> <p>⑪-⑪' 断面の斜面は自然斜面であり、斜面高さが最も高く、風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。</p> <p>当該斜面は、⑫-⑫' 断面に比べ、斜面高さが低いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑫-⑫' 断面の評価に代表させる。</p> <div data-bbox="1754 617 2421 919"> <p>【凡例】</p> <ul style="list-style-type: none"> グループC(岩盤斜面, 法成標高T.P.+33~50m) 断面の断面位置 可搬型設備の設置場所 アクセスロード(車両・歩員) ※破線は歩員のみを示す。 サブロード(車両・歩員) ※破線は歩員のみを示す。 すべり方向 </div> <div data-bbox="1893 974 2496 1314"> <p>簡便法の最小すべり安全率：3.01</p> <p>T.P. (m)</p> <p>150.0</p> <p>100.0</p> <p>50.0</p> <p>0.0</p> <p>0 20 40 60 80 100m</p> <p>斜面高さ 54m</p> <p>アクセスロード</p> <p>1:0.1</p> <p>1:1.5</p> <p>凡例</p> <ul style="list-style-type: none"> 埋戻土・盛土 D級 C1級 C2級 C3級 シーム 岩盤境界線 </div>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>【⑫-⑫' 断面 (評価対象斜面)】</p> <p>⑫-⑫' 断面の斜面は切取斜面であり、斜面高さが最も高く、最急勾配方向となるすべり方向に断面を設定した。</p> <p>当該斜面は、D級岩盤及びC_L級岩盤が分布すること、斜面高さが94mとグループC (T.P. +33m~50m)の斜面で最も高いこと、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。</p>  <p>第9図 ⑫-⑫' 断面の比較結果</p>	

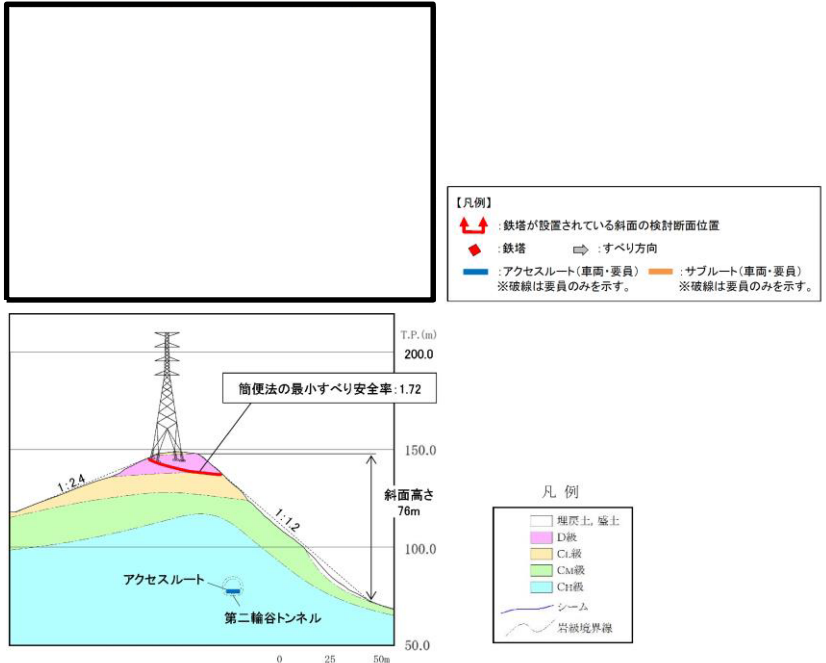
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>【⑬-⑬' 断面 (評価対象斜面)】</p> <p>⑬-⑬' 断面の斜面は自然斜面であり、斜面高さが最も高く、風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。</p> <p>当該斜面は、D 級岩盤及び C_L 級岩盤が分布すること、局所的な急勾配部 (1:0.7, C_L 級岩盤) があること、シームが分布すること、及び⑫-⑫' 断面に比べ簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。</p> <div data-bbox="1745 667 2463 1060"> <p>【凡例】</p> <ul style="list-style-type: none"> グループC(岩盤斜面, 法尻標高T.P.+33~50m) 斜面の断面位置 可搬型設備の保管場所 アクセスルート(車両・要員) サブルート(車両・要員) すべり方向 </div> <div data-bbox="1884 1144 2507 1480"> <p>評価対象斜面</p> <p>簡便法の最小すべり安全率：1.45</p> <p>斜面高さ 78m</p> <p>アクセス</p> <p>1:0.7</p> <p>1:2.0</p> <p>T.P. (m)</p> <p>150.0</p> <p>100.0</p> <p>50.0</p> <p>0.0</p> <p>0 20 40 60 80 100m</p> <p>凡例</p> <ul style="list-style-type: none"> 埋戻土, 盛土 D級 C_L級 C_M級 C_H級 シーム 岩級境界線 </div> <p>第 10 図 ⑬-⑬' 断面の比較結果</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>【⑭-⑭' 断面 (評価対象斜面) 及び⑮-⑮' 断面】</p> <p>⑭-⑭' 断面及び⑮-⑮' 断面の斜面は自然斜面であり、斜面高さが最も高く、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。</p> <p>⑭-⑭' 断面の斜面は、D 級岩盤及び C_L 級岩盤が分布すること、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。</p> <p>また、⑮-⑮' 断面の斜面は、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。</p> <div data-bbox="1745 850 2359 1186"> <p>【凡例】</p> <ul style="list-style-type: none"> グループC (評価対象斜面、法尻標高T.P.+33~50m) 斜面の断面位置 可搬型設備の保管場所 アクセスルート (車両・要員) サブルート (車両・要員) すべり方向 </div> <div data-bbox="1855 1228 2507 1564"> <p>評価対象斜面</p> <p>簡便法の最小すべり安全率：1.32</p> <p>簡便法の最小すべり安全率：2.40</p> <p>⑭-⑭' 断面 斜面高さ 66m 1:1.3</p> <p>⑮-⑮' 断面 斜面高さ 48m 1:1.9</p> <p>アクセス</p> <p>T.P. (m)</p> <p>0.0 50.0 100.0 150.0</p> <p>0 20 40 60 80 100m</p> <p>凡例</p> <ul style="list-style-type: none"> 地質土、盛土 D級 C_L級 C_M級 C_H級 シーム 岩盤境界線 </div>	

第 11 図 ⑭-⑭' 断面及び⑮-⑮' 断面の比較結果

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>【⑩-⑩' 断面】</p> <p>⑩-⑩' 断面の斜面は切取斜面であり、斜面高さが最も高く、最急勾配方向となるすべり方向に断面を設定した。</p> <p>当該斜面は、⑫-⑫' 断面に比べ、斜面高さが低いこと、平均勾配が 1:1.5 と緩いこと、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。</p>  <p>第 12 図 ⑩-⑩' 断面の比較結果</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>4. 鉄塔が設置されている斜面の断面比較結果 (詳細)</p> <p>鉄塔が設置されている斜面の検討断面であるA-A' 断面～C-C' 断面の比較検討結果の詳細を断面毎に示す。</p> <p>【A-A' 断面 (評価対象斜面)】</p> <p>A-A' 断面の斜面は自然斜面であり、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。</p> <p>当該斜面は、D級岩盤及びC L級岩盤が存在すること、斜面高さが最も高いこと、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。</p> <div data-bbox="1745 835 2487 1402"> <p>【凡例】</p> <ul style="list-style-type: none"> ↑ : 鉄塔が設置されている斜面の検討断面位置 ◆ : 鉄塔 ⇨ : すべり方向 — : アクセスルート(車両・要員) — : サブルート(車両・要員) ※破線は要員のみを示す。 ※破線は要員のみを示す。 <p>簡便法の最小すべり安全率: 1.82</p> <p>斜面高さ 86m</p> <p>アクセスルート</p> <p>凡例</p> <ul style="list-style-type: none"> 堆積土、腐土 D級 C1級 C2級 C3級 C4級 シーム 岩盤境界線 </div> <p>第 13 図 A-A' 断面の比較結果</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>【B-B' 断面 (評価対象斜面)】</p> <p>B-B' 断面の斜面は自然斜面であり、通常であれば尾根部を通すが、尾根部が概ね同等の標高になっており、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。</p> <p>当該斜面は、D級岩盤及びC_L級岩盤が存在すること、1:1.2の急勾配であること、及びA-A'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。</p>  <p>第14図 B-B' 断面の比較結果</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>【C-C' 断面】</p> <p>C-C' 断面の斜面は切取斜面であり、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。</p> <p>当該斜面は、A-A' 断面に比べて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、A-A' 断面の評価に代表させる。</p> <div data-bbox="1754 661 2502 1312"> <p>【凡例】</p> <ul style="list-style-type: none"> 鉄塔が設置されている斜面の検討断面位置 鉄塔 すべり方向 アクセスルート(車両・要員) サブルート(車両・要員) ※破線は要員のみを示す。 ※破線は要員のみを示す。 <p>簡便法の最小すべり安全率: 10.04</p> <p>斜面高さ: 32m</p> <p>アクセスルート</p> <p>アクセスルート</p> <p>1:1.5</p> <p>1:1.5</p> <p>T.P. (m)</p> <p>100.0</p> <p>50.0</p> <p>0 25 50m</p> <p>凡例</p> <ul style="list-style-type: none"> 埋戻土・盛土 D級 C1級 C2級 C3級 シーム 岩盤境界線 </div> <p>第15図 C-C' 断面の比較結果</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>(参考-2) すべり安定性評価の基準値の設定について</p> <p>斜面のすべり安定性評価における評価基準値を 1.0 としたことについて、以下の理由から、二次元動的有限要素法解析におけるすべり安全率が 1.0 を上回れば、斜面の安定性は確保できると考えている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「斜面安定解析入門（社団法人地盤工学会）」^{※1}において、「有限要素法を用いた動的解析ですべり安全率が 1 以上であれば、局所安全率が 1 を下回る所があっても、全体的なすべり破壊は生じないものと考えられる。さらに、このすべり安全率が 1 を下回っても、それが時間的に短い区間であれば、やはり必ずしも全体的すべりに至らないであろう。」と示されている。 ・「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）・同解説（国土交通省河川局）に係る参考資料」^{※2}において、等価線形化法による動的解析を用いたすべり安定性の検討において、すべり安全率が 1 を下回る場合にはすべり破壊が発生する可能性があるとして示されている。 ・「道路土工盛土工指針（社団法人日本道路協会）」^{※3}において、「レベル 2 地震動に対する設計水平震度に対して、円弧すべり面を仮定した安定解析法によって算出した地震時安全率の値が 1.0 以上であれば、盛土の変形量は限定的なものにとどまると考えられるため、レベル 2 地震動の作用に対して性能 2 を満足するとみなしてよい。」と示されている。 <p>注) レベル 2 地震動：供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度を持つ地震動。</p> <p>注) 性能 2：想定する作用による損傷が限定的なものにとどまり、盛土としての機能の回復がすみやかに行い得る性能。</p> <p>また、解析に当たっては、以下に示す保守的な評価を行っているため、すべり安全率 1.0 は評価基準値として妥当であると考えている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2次元断面による評価であり、現実のすべりブロック（3次元形状）が持つ側方抵抗を考慮していないため、保守的な評価となっている。 	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<ul style="list-style-type: none"> ・各要素の応力状態より、「引張応力が発生した要素」, 「せん断強度に達した要素」については,せん断抵抗力の 算定に用いる強度に残留強度を採用し,健全強度より低下 させることで安全側の評価を実施している。 ※1: 社団法人地盤工学会, P81 ※2: 国土交通省 国土技術政策総合研究所, 平成 17 年 3 月, P132 ※3: 社団法人日本道路協会, 平成 22 年 4 月, P123 	