

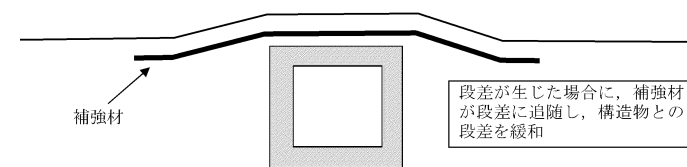
不等沈下に対する事前対策

大湊側 (T.M.S.L.+12m) 敷地にあるアクセスルートにおいて、第1図に示す15cmを超える段差発生が想定される箇所がある。これらの箇所に対し、仮復旧を行わずに可搬型車両が6号炉及び7号炉まで寄りつくことが可能となるよう、あらかじめ段差緩和対策を行う、又は迂回ルートを確認する。

第2図に段差緩和対策例を示す。



第1図 沈下量評価結果



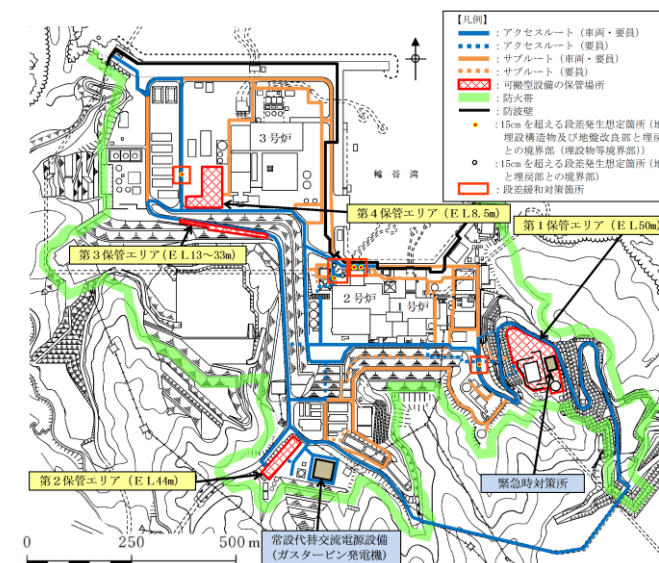
第2図 段差緩和対策例

路盤補強 (段差緩和対策) について

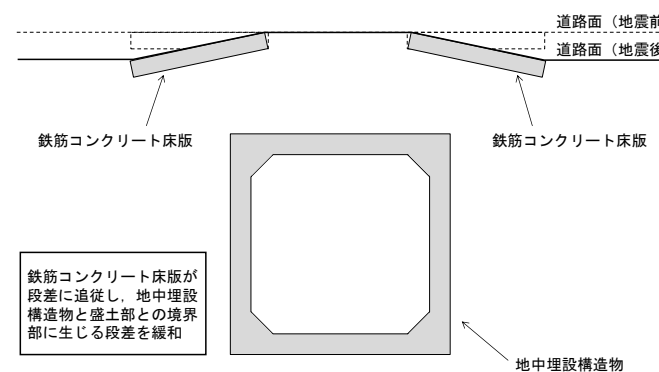
路盤補強 (段差緩和対策) について

アクセスルートにおいて、第1図に示す15cmを超える段差発生が想定される箇所がある。これらの箇所に対し、仮復旧を行わずに可搬型設備が2号炉まで寄りつくことが可能となるよう、あらかじめ段差緩和対策を行う。なお、段差緩和対策の評価結果は詳細設計段階で示す。

第2図に段差緩和対策例を示す。



第1図 沈下量評価結果

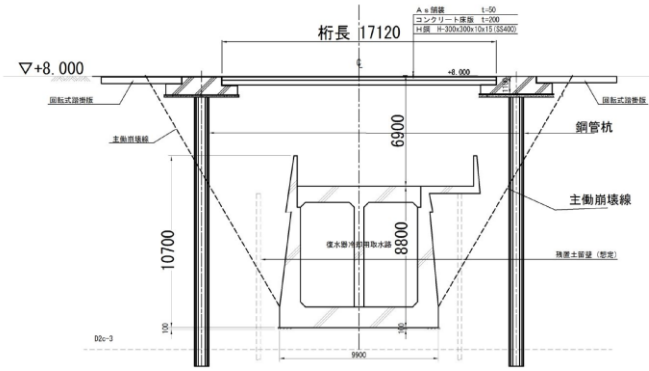


第2図 段差緩和対策例 (沈下後)

・記載方針の相違  
 【東海第二】  
 東海第二は、段差緩和対策箇所を補足説明資料(7)に記載  
 ・設計方針の相違  
 【東海第二】  
 東海第二は、段差緩和対策例を5.4.3(7)に記載

・記載方針の相違  
 【柏崎6/7】  
 島根2号炉は、路盤補強の評価方針等を記載

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>路盤補強（段差緩和対策）の例として、<u>H鋼を主桁とした路盤補強</u>を代表として以下に示す。</p> <p>1. 評価方針  <u>地中埋設構造物が損壊した状態を想定し、大型緊急車両の通行時に主桁であるH鋼に作用する曲げ応力、せん断力及びその合力が評価基準値を下回ることを確認する。</u></p> <p>2. 評価箇所の抽出  <u>路盤補強（段差緩和対策）を実施する地点のうち、桁長が最も長くなる復水器冷却用取水路（東海発電所）部</u>を代表箇所として選択する。</p> <p>3. 評価方法  a. 構造  <u>評価箇所（No. 118 復水器冷却用取水路（東海発電所））の断面図を第 1 図に示す。</u></p>	<p>路盤補強（段差緩和対策）の例として、<u>鉄筋コンクリート床版による路盤補強</u>を代表として以下に示す。</p> <p>1. 評価方針  <u>地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻部との境界部（埋設物等境界部）及び地山と埋戻部との境界部に段差が発生した状態を想定し、可搬型設備の通行時に鉄筋コンクリート床版に作用する曲げ応力、せん断力及びその合力が評価基準値を下回ることを確認する。</u></p> <p>2. 評価箇所の抽出  <u>路盤補強（段差緩和対策）を実施する地点のうち、復旧箇所が複数ある2号炉取水槽（取水管取合部）</u>を代表箇所として選択する。</p> <p>3. 評価方法  a. 構造  <u>評価箇所（2号炉取水槽（取水管取合部））の断面図を第 3 図に示す。</u></p>	<p>・設計方針の相違  <b>【東海第二】</b>  島根2号炉は、路盤補強（段差緩和対策）の例として、鉄筋コンクリート床版による路盤補強を選定（以下、別紙(30)-①の相違）</p> <p>・設計方針の相違  <b>【東海第二】</b>  島根2号炉は、地中埋設構造物は損壊しないため、液状化及び揺すり込みによる不等沈下を想定し、路盤補強（段差緩和対策）の評価を実施（以下、別紙(30)-②の相違）</p>



第1図 評価箇所断面図

主動崩壊角  $\alpha_f = 45^\circ + \phi / 2 = 45^\circ + 35.7^\circ / 2 = 62.8^\circ$

(石原 第2版 土質力学)

b. 評価条件

- ・鋼材 SS400
- ・主桁寸法 H-300×300×10×12 腐食しろ1mm 考慮
- ・径間 L=16.120m (桁長 17.120m)

c. 荷重の設定

①死荷重 (q1)

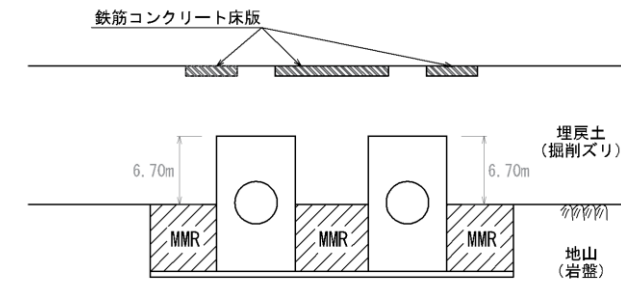
- アスファルト舗装 (t=5cm)
- 鉄筋コンクリート床板 (t=20cm)
- H鋼 (300×300×10×12)
- 計 9.07kN/m<sup>2</sup>

今後の設計等により変更となる可能性がある

②活荷重 p1, p2

可搬型代替注水大型ポンプ

車両寸法	全長	11,920 mm
	全幅	2,490 mm
	全高	3,470 mm
	車両総重量	23,395 kg



第3図 評価箇所断面図

b. 評価条件

- ・鉄筋 SD345
- ・コンクリート 設計基準強度 24N/mm<sup>2</sup>

c. 荷重の設定

①死荷重

- アスファルト舗装
- 鉄筋コンクリート床版

今後の設計等により変更となる可能性がある

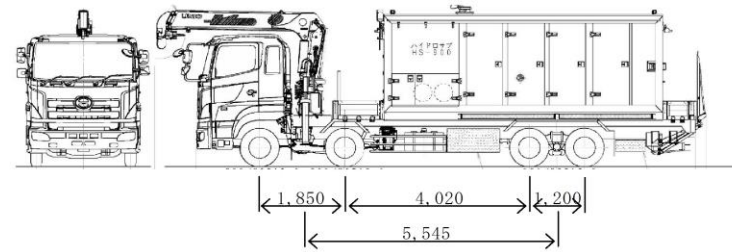
②活荷重

移動式代替熱交換設備

車両寸法	全長	15,500 mm
	全幅	2,490 mm
	全高	4,090 mm
	車両総重量	42,620 kg

・設計方針の相違  
【東海第二】  
別紙(30)-②の相違

・設計方針の相違  
【東海第二】  
別紙(30)-①の相違



第2図 可搬型代替注水大型ポンプ

前輪荷重=45.9kN/片輪

後輪荷重=68.8kN/片輪

衝撃係数  $i = 20 / (50 + \text{径間}) = 20 / (50 + 16.12) = 0.302$   
 (道路橋示方書 I 共通編)

d. 評価基準値

H鋼 (SS400) に関する評価基準値は、「道路橋示方書 IV 下部構造編」に基づき設定する短期許容応力度とする。

SS400 短期許容応力度

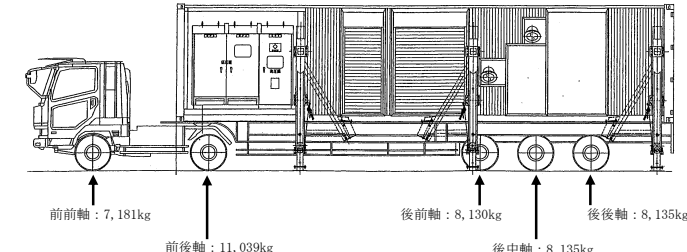
曲げ圧縮応力度  $210\text{N/mm}^2$  ( $140\text{N/mm}^2 \times 1.5$ )

せん断応力度  $120\text{N/mm}^2$  ( $80\text{N/mm}^2 \times 1.5$ )

4. 評価結果

H鋼に対する評価結果を以下に示す。H鋼に作用する応力が基準値以下であることを確認した。

なお、活荷重についてはスパンが車両より大きいため、連行荷重として断面力が最も大きくなる値をもって評価した。



第4図 移動式代替熱交換設備

前前軸荷重= 7,181kg

前後軸荷重=11,039kg

後前軸荷重= 8,130kg

後中軸荷重= 8,135kg

後後軸荷重= 8,135kg

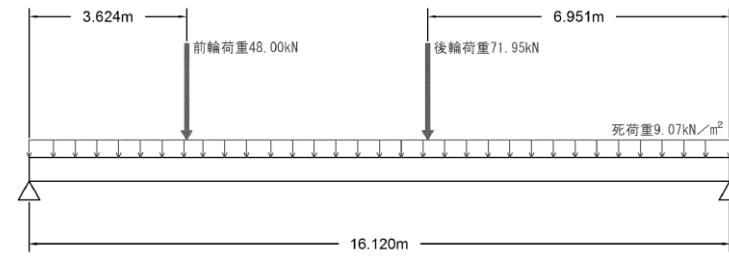
衝撃荷重は、「道路橋示方書・同解説 I 共通編 (平成14年3月)」に基づき設定する。

d. 評価基準値

鉄筋コンクリート床版に関する評価基準値は、「道路橋示方書・同解説IV下部構造編 (平成14年3月)」に基づき設定する。

・設計方針の相違  
 【東海第二】  
 島根2号炉は、設計方針を示す





第3図 荷重図

・ 曲げ圧縮応力

曲げモーメント  $M_{max} = 294.61\text{kN}\cdot\text{m} + 357.16\text{kN}\cdot\text{m}$   
 $= 651.77\text{kN}\cdot\text{m}$

断面係数  $Z = 1165\text{cm}^3 \times 3.33 \text{ 本}$

曲げ応力度  $\sigma = M / Z$   
 $= 168.0\text{N}/\text{mm}^2 < 210\text{N}/\text{mm}^2$

・ せん断応力度

せん断力  $S_{max} = 73.10\text{kN} + 72.36\text{kN} = 145.46\text{kN}$

断面積  $A = 21.8\text{cm}^2 \times 3.33 \text{ 本}$

せん断応力度  $\tau = S / A$   
 $= 20.2\text{N}/\text{mm}^2 < 120\text{N}/\text{mm}^2$

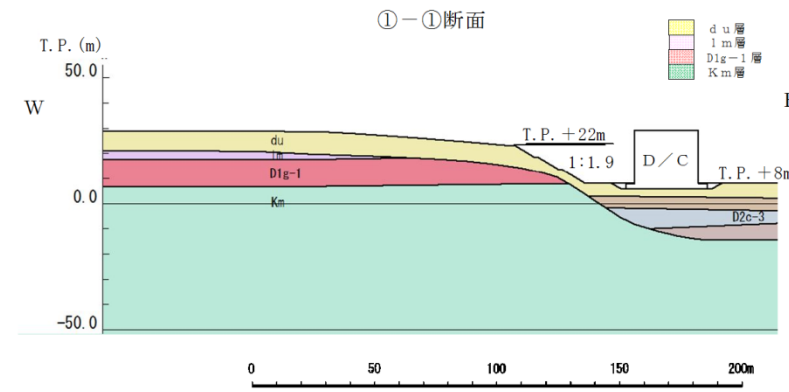
・ 合成応力度

$\Sigma_{cw} = (\sigma / \sigma_a)^2 + (\tau / \tau_a)^2$   
 $= (168.0 / 210)^2 + (20.2 / 120)^2 = 0.67 < 1.2$

以上より、事前対策を行うことで大型緊急車両の通行に影響がないことを確認した。

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 39</p> <p style="text-align: center;"><u>保管場所と周辺斜面の離隔について</u></p> <p>第 1 図に大湊側高台保管場所と周辺斜面との離隔, 第 2 図に 5 号炉東側保管場所及び 5 号炉東側第二保管場所と周辺斜面との離隔を示す。</p> <p><u>保管場所の周辺斜面の法尻から 50m の範囲及び斜面高さの 1.4 倍の高さの範囲には安定性評価の対象とすべき斜面がないことを確認した。</u></p> <p><u>なお, 荒浜側高台保管場所には周辺斜面が存在しない。</u></p> <div data-bbox="160 655 884 1050" style="border: 1px solid black; height: 188px; width: 244px; margin: 10px 0;"></div> <p style="text-align: center;">第 1 図 大湊側高台保管場所と周辺斜面との離隔</p> <div data-bbox="160 1113 884 1491" style="border: 1px solid black; height: 180px; width: 244px; margin: 10px 0;"></div> <p style="text-align: center;">第 2 図 5 号炉東側保管場所及び 5 号炉東側第二保管場所と 周辺斜面との離隔</p> <p>※ 斜面崩壊土砂の到達距離に関する参考文献</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「日本電気協会：原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2015, 2015」：斜面高さの 1.4 倍若しくは 50m</li> <li>・「宅地防災研究会：宅地防災マニュアルの解説, 2007」：斜面高さの 2 倍（上限 50m）</li> </ul>			<p>・設計方針の相違</p> <p><b>【柏崎 6/7】</b></p> <p>柏崎 6/7 では斜面からの離隔が確保できる保管場所が存在し, 斜面の安定性評価が不要となることを説明した資料であるが, 島根 2 号炉は, 斜面からの離隔が確保できる保管場所が存在しないため, 柏崎 6/7 別紙 39 と同様の資料を掲載しない</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 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 <math>S_s</math> 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"> <li>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。</li> </ul>  <p style="text-align: center;">施設全体配置図                      西側の高台と重要施設配置</p> <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;">&lt;目次&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 評価概要</li> <li>2. 評価フロー</li> <li>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"> <li>3.1 離隔距離の考え方</li> <li>3.2 他の条文で評価を行う斜面との関連性</li> </ol> </li> <li>4. 液状化範囲の検討       <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1 液状化範囲の検討フロー</li> <li>4.2 2号炉南側盛土斜面</li> <li>4.3 33m盤盛土斜面</li> <li>4.4 才津谷土捨場盛土斜面</li> </ol> </li> <li>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</li> <li>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"> <li>6.1 評価フロー（詳細）</li> <li>6.2 選定方法</li> <li>6.3 グループA（岩盤斜面，法尻標高 T.P. +15m 以下）</li> <li>6.4 グループB（盛土斜面，法尻標高 T.P. +15m 以下）</li> <li>6.5 グループC（岩盤斜面，法尻標高 T.P. +33～50m）</li> <li>6.6 グループD（盛土斜面，法尻標高 T.P. +88m）</li> <li>6.7 対策工（切取）を実施した斜面</li> <li>6.8 対策工（抑止杭）を実施した斜面</li> </ol> </li> <li>7. その他の検討       <ol style="list-style-type: none"> <li>7.1 鉄塔が設置されている斜面の安定性評価</li> <li>7.2 岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊検討</li> <li>7.3 応力状態を考慮した検討</li> </ol> </li> </ol>	<p>・設計方針の相違</p> <p><b>【柏崎6/7】</b></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 <math>S_s</math> 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><b>【東海第二】</b></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 <math>S_s</math> 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 <math>S_s</math> 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>

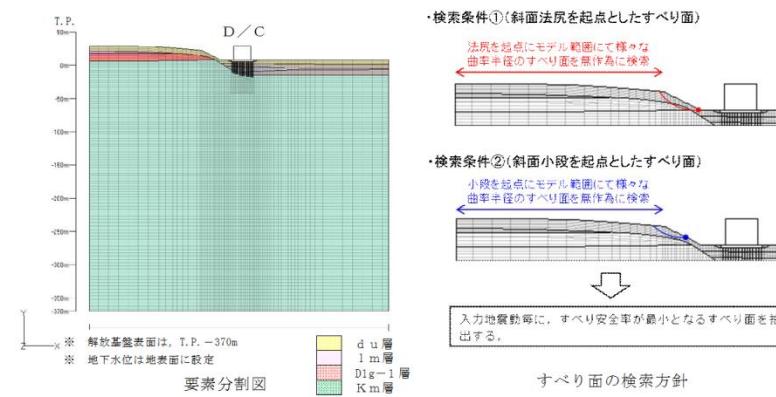


第2図 D/Cの西側斜面の影響評価断面図

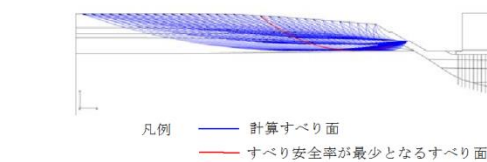
3. 安定性確認

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。



すべり面の検索例 (斜面小段を起点としたすべり面  $S_s-31$ )



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

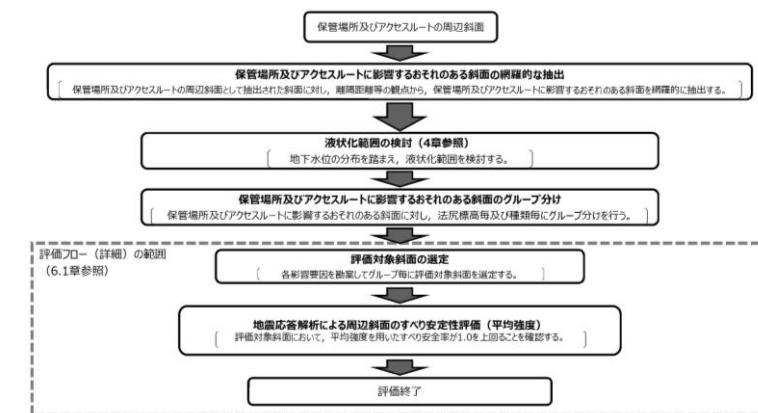
設置許可基準規則第四十三条 (重大事故等対処設備)

新規基準項目	適合状況概要
五 地震、津波その他の自然現象又は故意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以上の離隔をとるとともに、防波壁及び防火帯の内側に保管し、かつ2セトのうち少なくとも1セトは高台に保管する。また、分散配置が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以上の離隔をとるとともに、防波壁及び防火帯の内側に保管し、かつ2セトのうち少なくとも1セトは高台に保管する。また、分散配置が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等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、工場等内の道路及び通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、迂回路も考慮して複数のアクセスルートを確認する。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、がれき等の撤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以上の離隔をとるとともに、分散配置が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セトのうち1セ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く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)

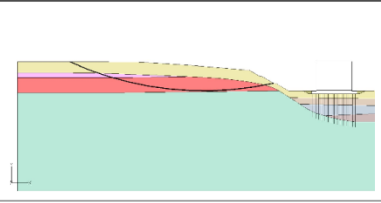
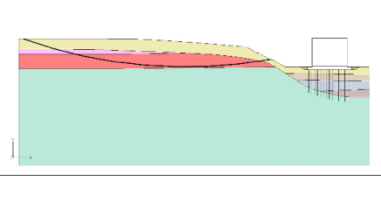
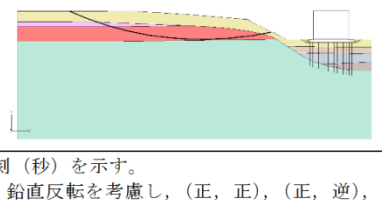
4. 評価基準値の設定

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。

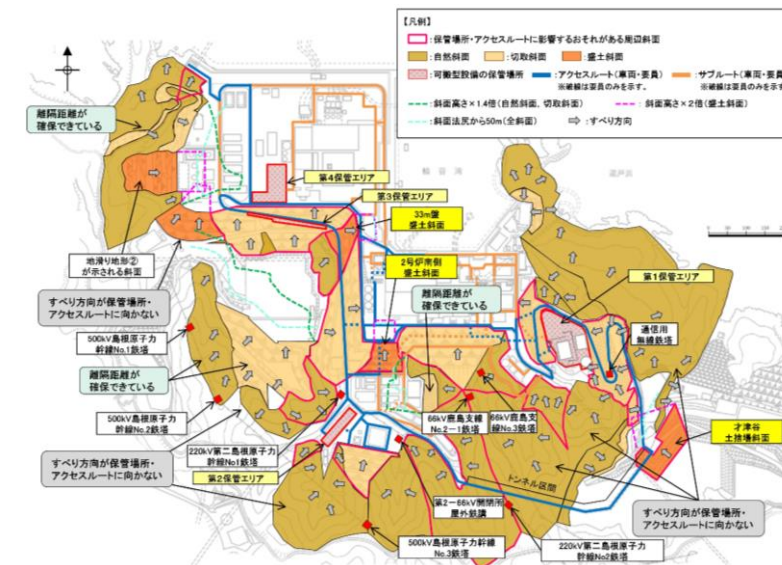
基準地震動 $S_s$	すべり面形状	すべり安全率
$S_s-D1$		5.6 (逆, 正) [53.87]
$S_s-11$		9.5 [25.65]
$S_s-12$		9.1 [27.99]

※ [ ] 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。

3.2 他の条文で評価を行う斜面との関連性



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)

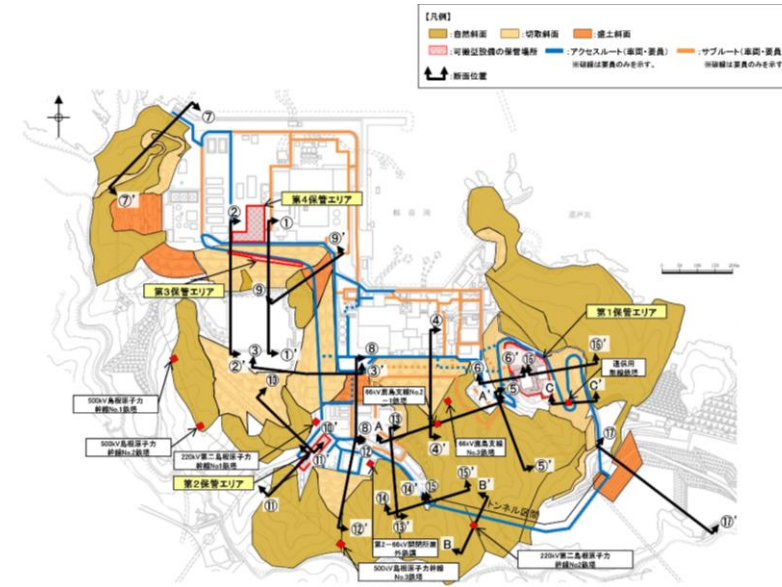
【du層のみのすべり安全率】

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

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。

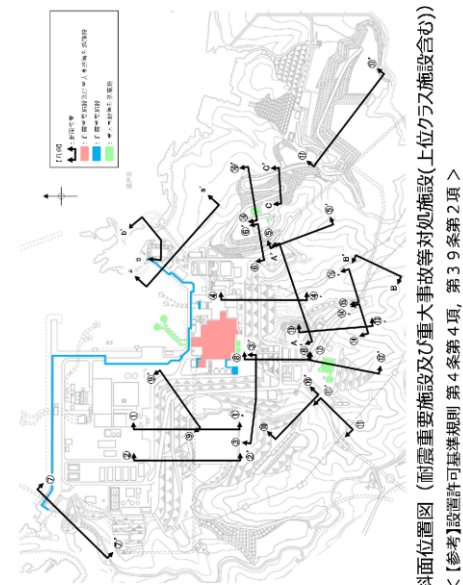
$$\text{すべり安全率} = \frac{\sum (\text{すべり線上のせん断抵抗力})}{\sum (\text{すべり線上のせん断力})}$$

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）」<sup>\*1</sup>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）」<sup>\*2</sup>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）」<sup>\*3</sup>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	保管場所及びヒアフェスループに属する斜面	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
		耐震重要施設等の周辺斜面 <sup>※1</sup>	上位クラス施設（耐震重要施設等）の周辺斜面 <sup>※2</sup>	
①-01'	○	○	○	—
②-02'	○	○	○	—
③-03'	○	○	○	2号炉原子力建屋等
④-04'	○	○	○	2号炉原子力建屋等
⑤-05'	○	○	○	—
⑥-06'	○	○	○	防波壁
⑦-07'	○	○	○	第1号炉の埋蔵物
⑧-08'	○	○	○	—
⑨-09'	○	○	○	—
⑩-10'	○	○	○	—
⑪-11'	○	○	○	—
⑫-12'	○	○	○	—
⑬-13'	○	○	○	—
⑭-14'	○	○	○	—
⑮-15'	○	○	○	—
⑯-16'	○	○	○	—
⑰-17'	○	○	○	—
⑱-18'	○	○	○	—
⑲-19'	○	○	○	—
⑳-20'	○	○	○	—
㉑-21'	○	○	○	—
㉒-22'	○	○	○	—
㉓-23'	○	○	○	—
㉔-24'	○	○	○	—
㉕-25'	○	○	○	—
㉖-26'	○	○	○	—
㉗-27'	○	○	○	—
㉘-28'	○	○	○	—
㉙-29'	○	○	○	—
㉚-30'	○	○	○	—
A-A'	○	○	○	—
B-B'	○	○	○	—
C-C'	○	○	○	—
a-a'	○	○	○	—
b-b'	○	○	○	—



斜面位置図 (耐震重要施設及び重大事故等対処施設(上位クラス施設含む))  
 <【参考】設置許可基準規則 第4条第4項、第39条第2項 >  
 第4条 耐震重要施設は、前項の地震<sup>※</sup>の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれのないものでなければならぬ。  
 第39条 重大事故等対処施設は、第4条第3項の地震<sup>※</sup>の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれのないものでなければならぬ。  
 ※ 地震の発生によって生ずるおそれがある設計基準対象施設の安全機能の喪失に起因する崩壊による公衆への影響の程度に応じて算定する崩壊力

4. 液状化範囲の検討

液状化範囲の検討に当たっては、3次元浸透流解析結果（第4-1図）の大局的な地下水位分布の傾向を参照し、保守的に地下水位を設定する。

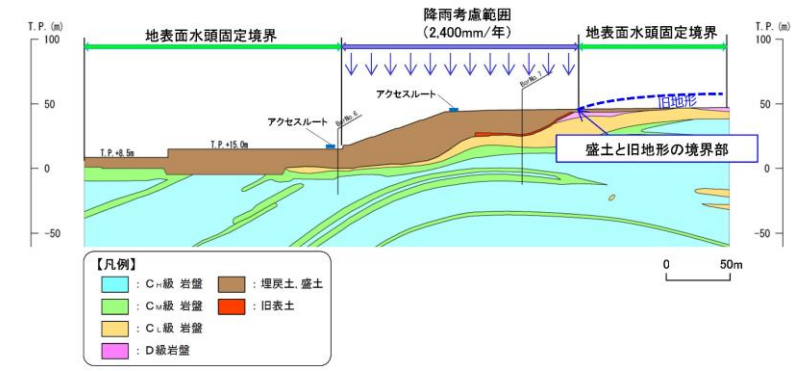
2号炉南側盛土斜面及び33m盤盛土斜面の地下水位は法尻付近までの上昇に留まっているが、2次元浸透流解析により地下水位の分布をより詳細に検討し、液状化範囲を設定する。才津谷土捨場斜面は、近傍のモデル境界の地下水位がT.P.+28m程度であり、法尻標高（T.P.+88m）より十分低いが、念のため2次元浸透流解析により地下水位の分布をより詳細に検討し、液状化範囲を設定する。

第3.2-2図 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他の条文の斜面との関連

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"> <li>・ 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。</li> <li>・ 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。</li> </ul> <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>	

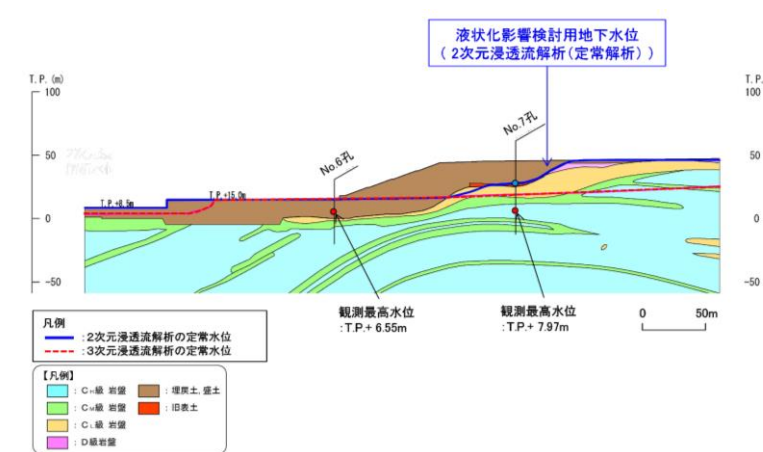
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div data-bbox="1774 231 2478 714" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1893 745 2350 777">第 4.1-1 図 液化化範囲の検討フロー</p> <p data-bbox="1736 840 2018 871">4.2 2号南側盛土斜面</p> <p data-bbox="1765 882 2507 955">2号炉南側盛土斜面の液化化影響検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="1929 1386 2374 1848" data-label="Figure"> </div> <p data-bbox="1855 1869 2389 1900">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。

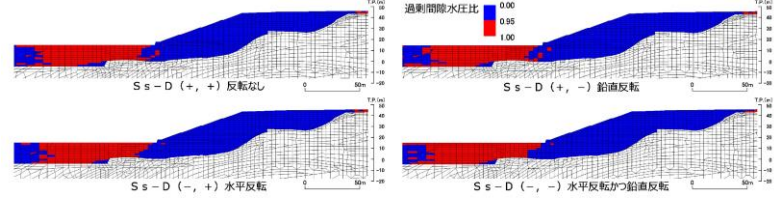
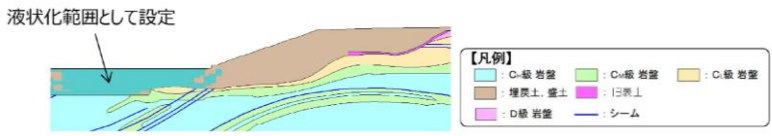


第 4.2-3 図 2次元浸透流解析による検討用地下水位

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。

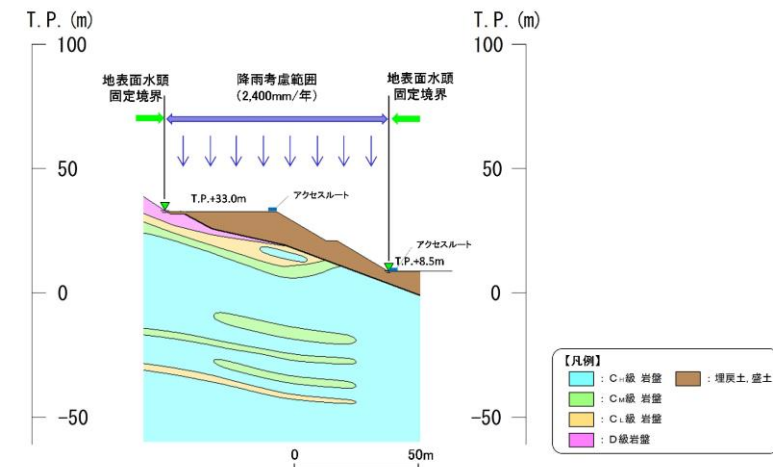
検討用地下水位を用いた有効応力解析結果を踏まえ、過剰間隙水圧比が 0.95 以上となる地盤要素を、繰り返し载荷による強度低下を考慮する液状化範囲として設定する。

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

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>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 33m盤盛土斜面</p> <p>33m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>	



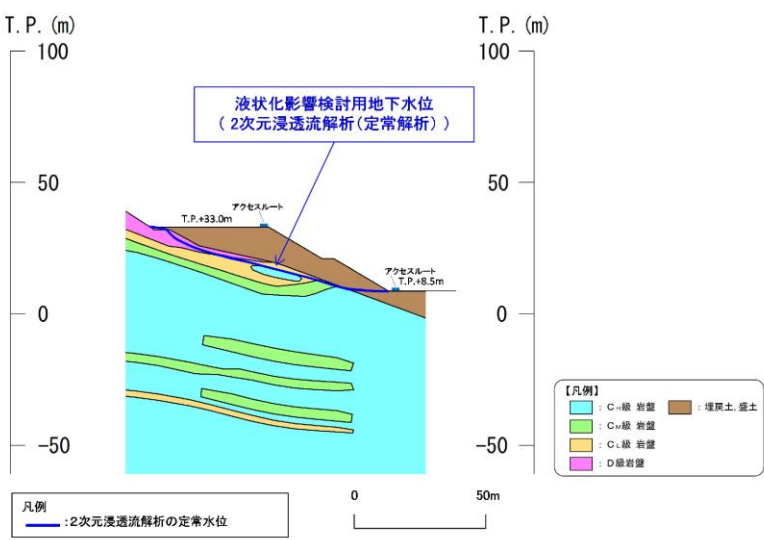
第 4.3-1 図 33m 盤盛土斜面の断面位置図



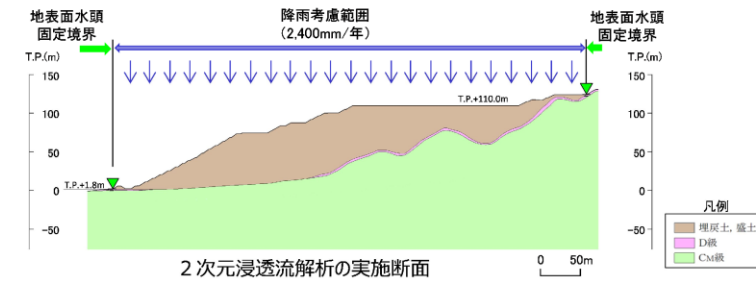
第 4.3-2 図 2次元浸透流解析（定常解析）の解析条件

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。



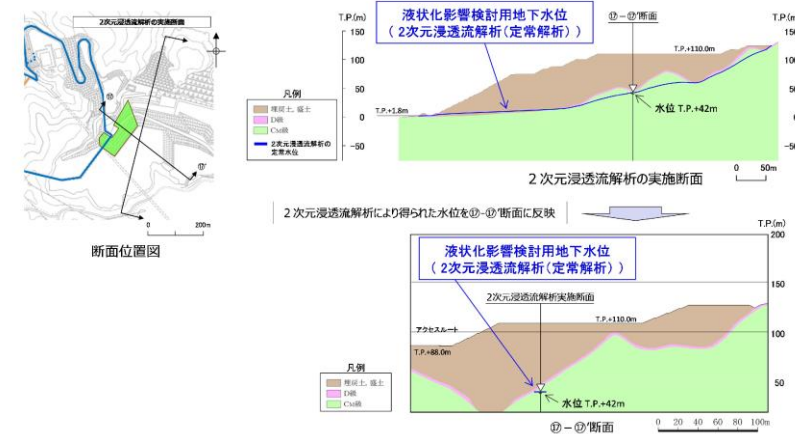
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p data-bbox="1795 745 2448 787">第 4.3-3 図 2次元浸透流解析による検討用地下水位</p>	

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>4.4 才津谷土捨場盛土斜面</p> <p>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、土捨場造成前の旧地形より地下水の流下方向を踏まえ、谷方向の断面を対象に2次元浸透流解析（定常解析）を実施し、⑩-⑩'断面における検討用地下水位を設定する。</p> <p>解析モデルは第4.4-1図～第4.4-3図に示すとおり、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。</p> <div data-bbox="1923 808 2377 1304" data-label="Figure"> </div> <p>第4.4-1図 才津谷土捨場断面位置図</p> <div data-bbox="1935 1423 2303 1766" data-label="Figure"> </div> <p>第4.4-2図 土捨場造成前の地形立体図※</p> <p>※航空レーザー測量で取得した2mメッシュのDEMデータに、空中写真により取得した旧地形のDEMデータを合成して作成したもの。</p>	

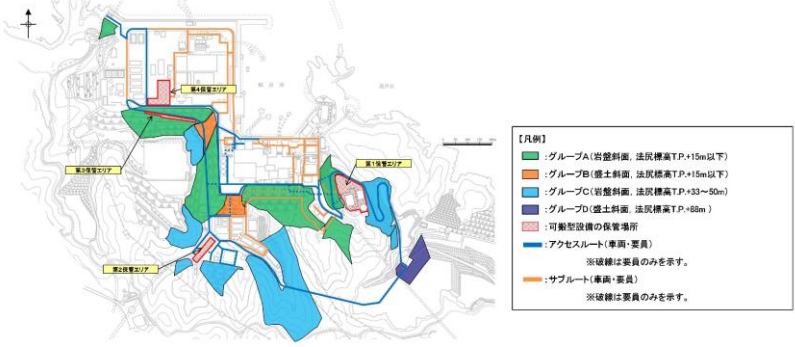


第 4.4-3 図 2次元浸透流解析（定常解析）の解析条件

2次元浸透流解析による検討用地下水位を第 4.4-4 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 4.4-4 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)

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. 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</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>②地質や地震増幅特性が異なることから、法尻標高 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>  <p>【凡例】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ グループA (岩盤斜面, 法尻標高T.P.+15m以下)</li> <li>■ グループB (盛土斜面, 法尻標高T.P.+15m以下)</li> <li>■ グループC (岩盤斜面, 法尻標高T.P.+33~50m)</li> <li>■ グループD (盛土斜面, 法尻標高T.P.+88m)</li> <li>■ 可搬型設備の保管場所</li> <li>■ アクセスルート (車道・歩道)</li> <li>■ サブルート (車道・歩道)</li> </ul> <p>※破線は要員のみを示す。</p> <p>※破線は要員のみを示す。</p>	
		第5-1図 グループA~Dの平面位置図	

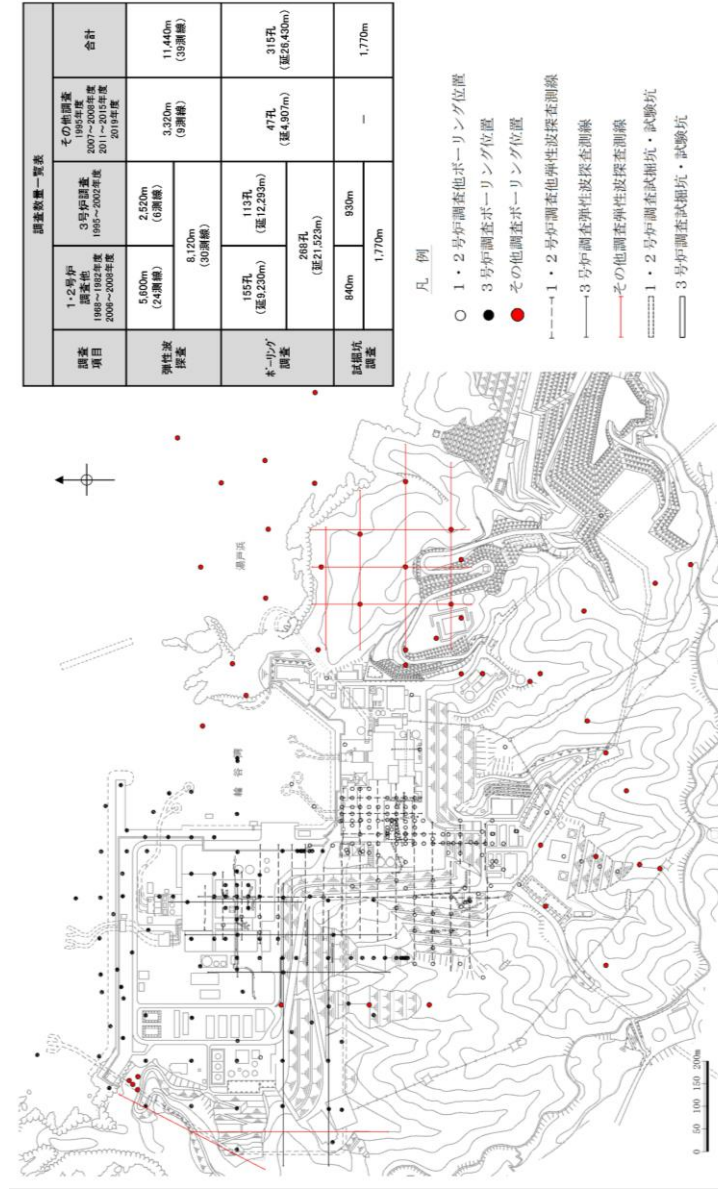
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>6. 評価対象斜面の選定</p> <p>6.1 評価フロー (詳細)</p> <p>保管場所・アクセスルート周辺斜面の地震時安定性評価は、「島根原子力発電所2号炉 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価」と同様に、第6.1-1図に示すフローに基づき行う。(断面位置は、第6.3-1図、第6.4-1図、第6.5-1図、第6.6-1図、第6.7-1図、第6.8-1図を参照)</p> <p>第6.1-1図 保管場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>	

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>6.2 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 <math>K_H=0.3</math>、<math>K_V=0.15</math> 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 <math>S_s</math> 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 <math>S_s</math> 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 <math>S_s</math> 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>	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>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 <math>S_s</math> に対する動的解析により、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。 (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) 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。 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。 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 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</p>	

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。



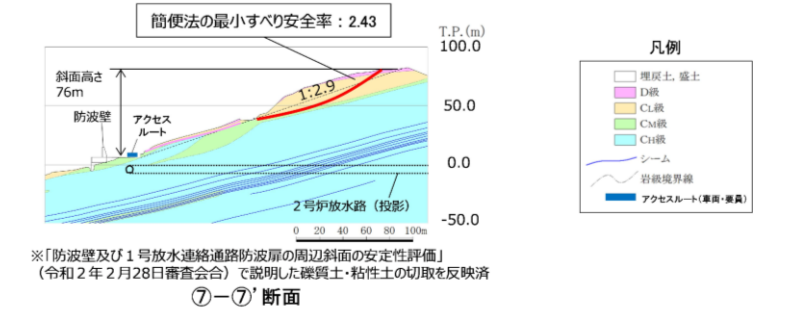
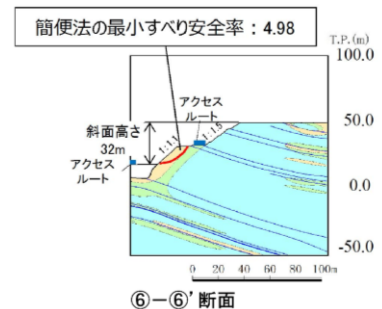
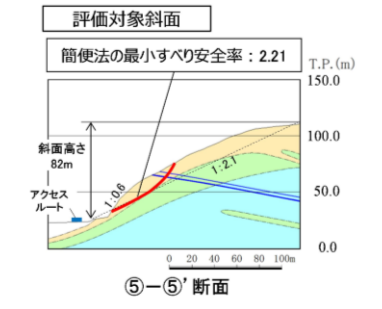
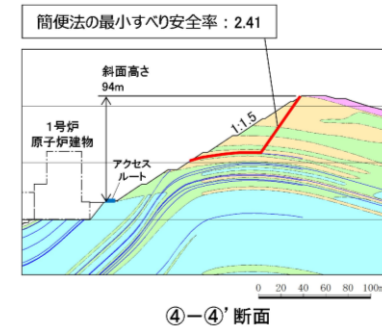
第 6.2-1-1 図 既往の地質調査位置図

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>  <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>対策工を実施した①-①' 断面~③-③' 断面は, 評価フローに基づき, 安定解析により対策後のすべり安定性を確認する。</p> <p>また, ④-④' 断面は, 評価対象斜面と比較し, 該当する影響要因の付与数が同数であること, 及び簡便法の最小すべり安全率が同程度であることから, 耐震重要施設等の周辺斜面における評価結果を示す。</p> <p>基準地震動 <math>S_s</math> 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

保管場所・アクセスルートに該当するおそれのある斜面	影響要因				該当する影響要因	簡便法の最小すべり安全率	選定理由	耐震重要施設等の周辺斜面における検討断面	
	【影響要因1】構成する岩種	【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 <sub>10</sub> , C <sub>6</sub> , C <sub>1</sub> 級	94m	1:1.5	あり:7条	①, ②, ④	2.41	⑤-⑤'断面に比べ、斜面高さが高い、勾配が緩いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑤-⑤'断面の評価に代表させる。	○	
評価対象斜面に選定	⑤-⑤'	C <sub>10</sub> , C <sub>6</sub> , C <sub>1</sub> 級	82m	1:2.1 (一部、C <sub>1</sub> 級で1:0.6の急勾配部あり)	あり:3条	①, ③, ④	2.21	C <sub>1</sub> 級岩層が分布すること、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 <sub>10</sub> , C <sub>6</sub> , C <sub>1</sub> 級	32m	1:1.1, 1:1.5	あり:4条	①, ③, ④	4.98	⑤-⑤'断面に比べ、斜面高さが低いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑤-⑤'断面の評価に代表させる。	-	
⑦-⑦'	C <sub>10</sub> , C <sub>6</sub> , C <sub>1</sub> , D級	76m	1:2.9	なし	①	2.43	⑤-⑤'断面に比べ、D級岩層が分布するが、斜面高さが低いこと、平均勾配が緩いこと、シームが分布しないこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑤-⑤'断面の評価に代表させる。	○	

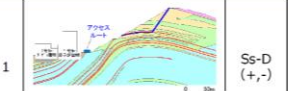
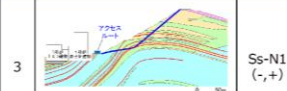
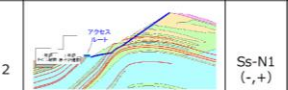
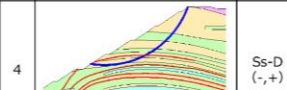
○: 番号を付与する影響要因 □: 影響要因の番号付与数が多い(簡便法のすべり安全率が小さい) □: 選定した評価対象斜面  
 ※「島根原子力発電所2号炉 耐震重要施設及び常設重大事故等対応施設の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について」



※「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)で説明した硬質土・粘性土の切取を反映済

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


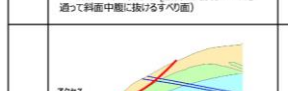
・④-④' 断面 平均強度でのすべり安全率

	すべり面形状	基準地震動 <sup>※1</sup>	最小すべり安全率 <sup>※2</sup>		すべり面形状	基準地震動 <sup>※1</sup>	最小すべり安全率 <sup>※2</sup>
1	 シーム沿いのすべり面 (法尻からシームを跨って斜面中盤に抜けるすべり面)	Ss-D (+,-)	1.62 (14.63)	3	 シーム沿いのすべり面 (法尻からシームを跨って、法尻のC-級とC-級の岩盤境界付近のC-級岩盤内を跨って法尻に抜けるすべり面)	Ss-N1 (-,+)	1.56 (7.45)
2	 シーム沿いのすべり面 (法尻からシームを跨り、法尻のC-級とC-級の岩盤境界付近のC-級岩盤内を跨って法尻に抜けるすべり面)	Ss-N1 (-,+)	1.66 (7.45)	4	 簡便法により設定したすべり面	Ss-D (-,+)	1.57 (19.15)

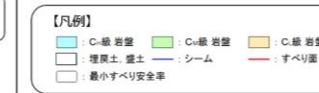
※1 基準地震動(+,+)は反転なし、(-,+)は水平反転、(+,-)は鉛直反転、(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。  
※2 [ ]は、発生時刻(秒)を示す。



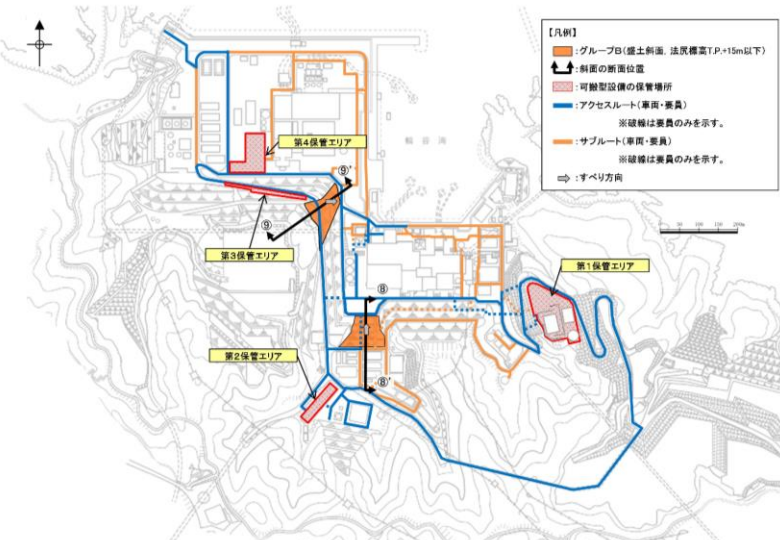
・⑤-⑤' 断面 平均強度でのすべり安全率

	すべり面形状	基準地震動 <sup>※1</sup>	最小すべり安全率 <sup>※2</sup>
1	 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盤に抜けるすべり面)	Ss-N1 (+,+)	3.37 (7.46)
2	 簡便法で設定したすべり面	Ss-D (+,+)	2.48 (8.55)

※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

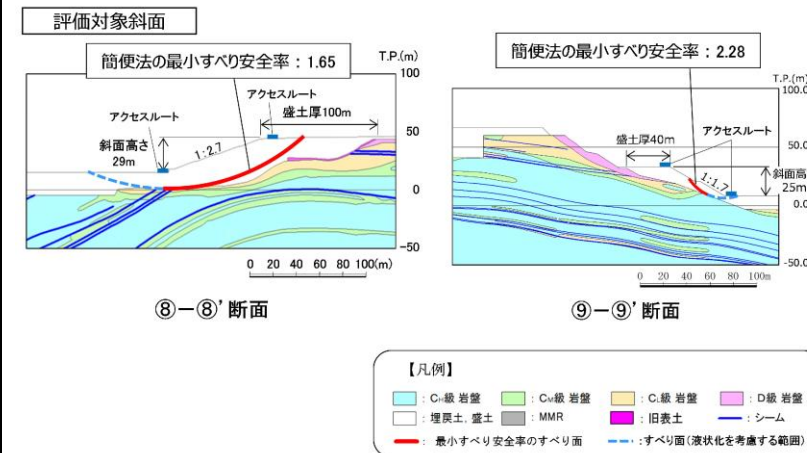
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>6.4 グループB (盛土斜面, 法尻標高 T.P. +15m 以下)</p> <p>第 6.4-1 図に示すとおり, 各斜面の代表断面として⑧-⑧' 断面, ⑨-⑨' 断面の2断面を作成し, この中から評価対象斜面を選定した。</p> <p>⑧-⑧' 断面, ⑨-⑨' 断面は, 各斜面において, 最も斜面高さが高くなり, 最急勾配方向となるように断面位置を設定した。</p>  <p>第 6.4-1 図 グループB (盛土斜面, 法尻標高 T.P. +15m 以下) の斜面の断面位置図</p> <p>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)。</p> <p>基準地震動 <math>S_s</math> 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。</p>	



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

評価対象斜面に選定 する斜面	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①】 斜面高さ	【影響要因②】 斜面の勾配	【影響要因③】 盛土厚				
⑧-⑧'	29m	1: 2.7	100m	②, ③	1.65	⑧-⑧'断面に比べ、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。	-

①: 番号を付与する影響要因 ②: 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) ③: 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]



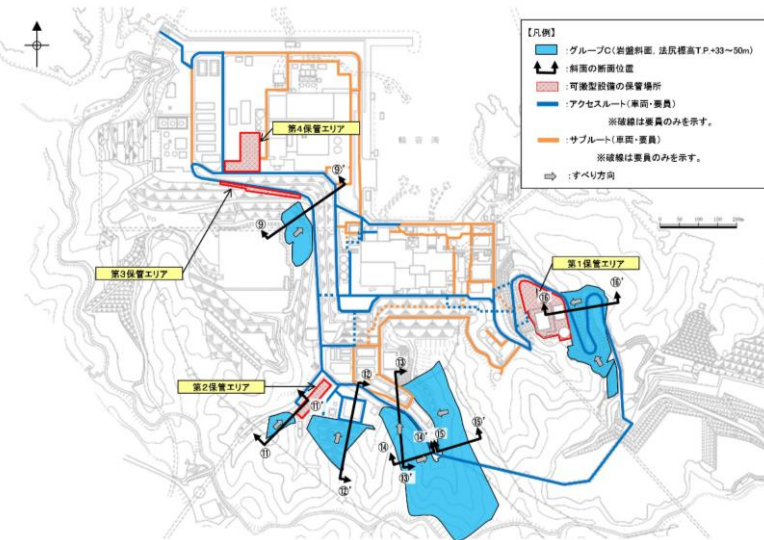
第6.4-2図 グループB (盛土斜面, 法尻標高 T.P. +15m 以下) の斜面の地質断面図

・ ⑧-⑧' 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 <sup>※1</sup>	すべり安全率 【平均強度】 <sup>※2</sup>
1	過剰間隙水圧比0.95以上の範囲 簡便法により設定したすべり面	Ss-D (-,+)	1.61 [13.15]
2	過剰間隙水圧比0.95以上の範囲 弱層 (旧表土) を通るすべり面	Ss-N2 (NS) (+,+)	1.94 [24.43]

※1 基準地震動(-,+)は水平反転を示す。  
 ※2 [ ]は、発生時刻(秒)を示す。

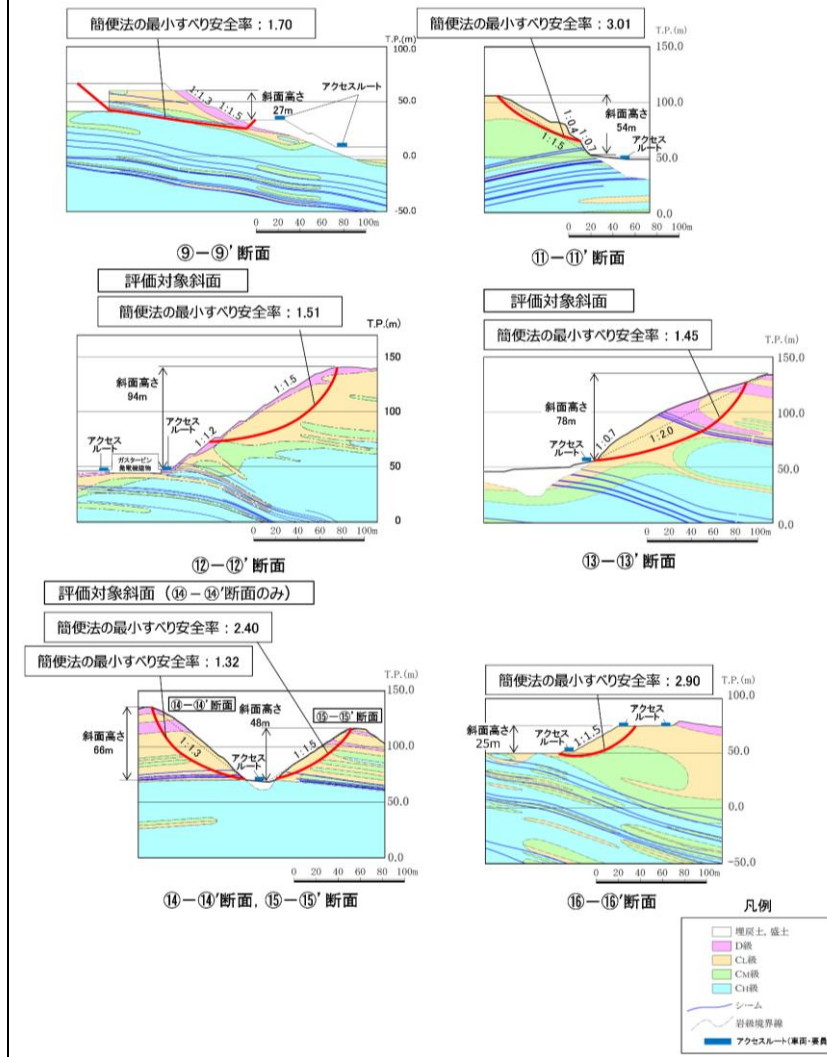
第6.4-3図 グループB (盛土斜面, 法尻標高 T.P. +15m 以下) のすべり安定性評価結果

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>6.5 グループC (岩盤斜面, 法尻標高 T.P. +33~50m)</p> <p>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。</p>  <p>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</p> <p>第 6.5-1 表に示すとおり, 第 6.5-2 図に示す⑨-⑨' 断面, ⑪-⑪' 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)。</p> <p>対策工を実施した⑩-⑩' 断面は, 評価フローに基づき, 安定解析により対策後のすべり安定性を確認する。</p> <p>基準地震動 S<sub>s</sub> 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。</p>	

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

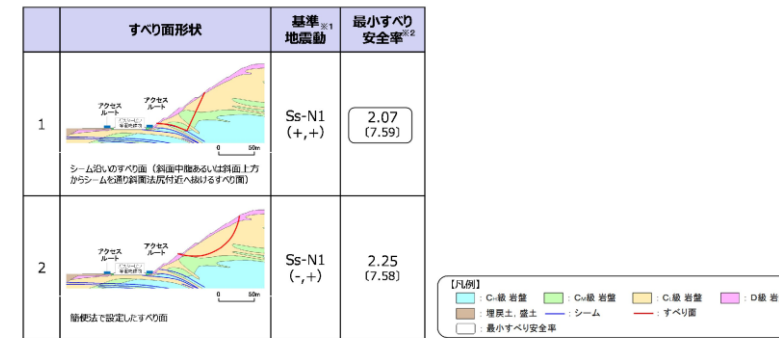
保管場所・アクセルートに影響するおそれのある斜面	影響要因			該当する影響要因	簡便法の最小すべり安全率	選定理由	影響重要施設等の周辺斜面における検討対象	
	【影響要因①】構成する岩級	【影響要因②】斜面高さ	【影響要因③】斜面の勾配					【影響要因④】シームの分布の有無
⑧-⑧'	C <sub>11</sub> , C <sub>12</sub> , C <sub>13</sub> , DMR	27m	1:1.3, 1:1.5	あり:4条	①, ④	1.70	⑧-⑧'斜面に比べ、斜面高が低いこと、斜面の勾配が緩いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑧-⑧'斜面の評価に代表される。	-
⑧-⑧'	C <sub>11</sub> , C <sub>12</sub> 級	54m	1:1.5 (一部、C <sub>12</sub> 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	⑧-⑧'斜面に比べ、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、⑧-⑧'斜面の評価に代表される。	-
評価対象斜面に選定	C <sub>11</sub> , C <sub>12</sub> , C <sub>13</sub> , DMR	94m	1:1.2, 1:1.5	あり:3条	①, ②, ③, ④	1.51	D級岩盤及びC <sub>13</sub> 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。	○
⑧-⑧'	C <sub>11</sub> , C <sub>12</sub> , C <sub>13</sub> , DMR	78m	1:2.0 (一部、C <sub>12</sub> 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 <sub>13</sub> 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⑧-⑧'斜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。	-
⑧-⑧'	C <sub>11</sub> , C <sub>12</sub> , DMR	66m	1:1.3	あり:4条	①, ④	1.32	D級岩盤及びC <sub>12</sub> 級岩盤が分布すること、シームが分布すること、及び⑧-⑧'斜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。	-
⑧-⑧'	C <sub>11</sub> , C <sub>12</sub> , DMR	48m	1:1.5	あり:2条	①, ④	2.40	⑧-⑧'斜面に比べ、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、⑧-⑧'斜面の評価に代表される。	-
⑧-⑧'	C <sub>11</sub> , C <sub>12</sub> 級	25m	1:1.5	なし	①	2.90	⑧-⑧'斜面に比べ、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、⑧-⑧'斜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 影響重要施設及び緊急時対応施設等の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について」



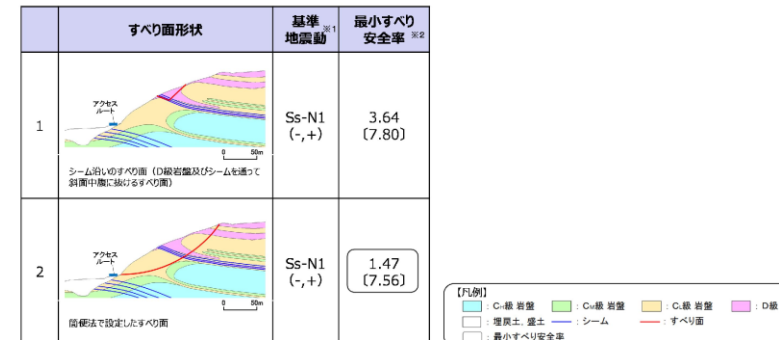
第 6.5-2 図 グループ C (岩盤斜面, 法尻標高 T.P. +33~50m) の斜面の地質断面図

・ ⑫-⑫' 断面 平均強度でのすべり安全率



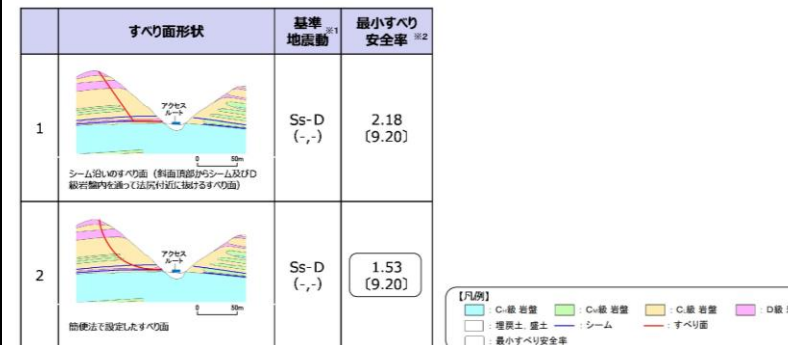
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。  
 ※2 [ ]は、発生時刻(秒)を示す。

・ 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。

・ ⑭-⑭' 断面 平均強度でのすべり安全率



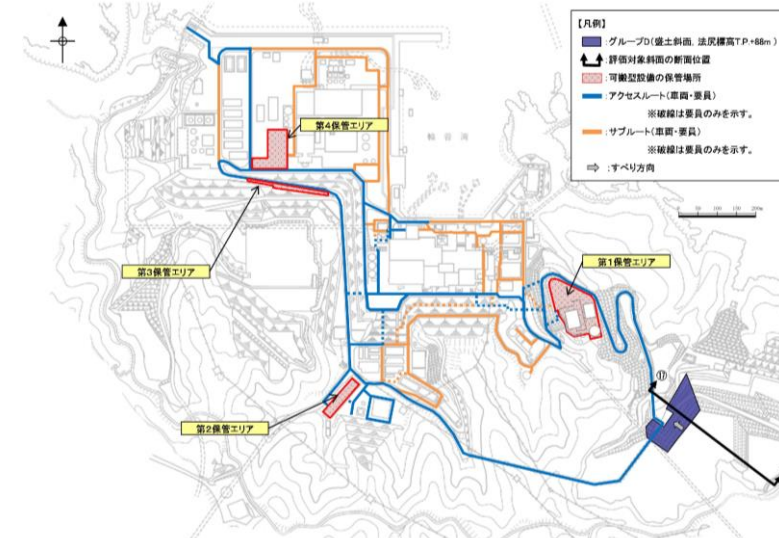
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。  
 ※2 [ ]は、発生時刻(秒)を示す。

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

6.6 グループD (盛土斜面, 法尻標高 T.P. +88m)

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⑩-⑩'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。

基準地震動 S<sub>s</sub>による2次元動的FEM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。



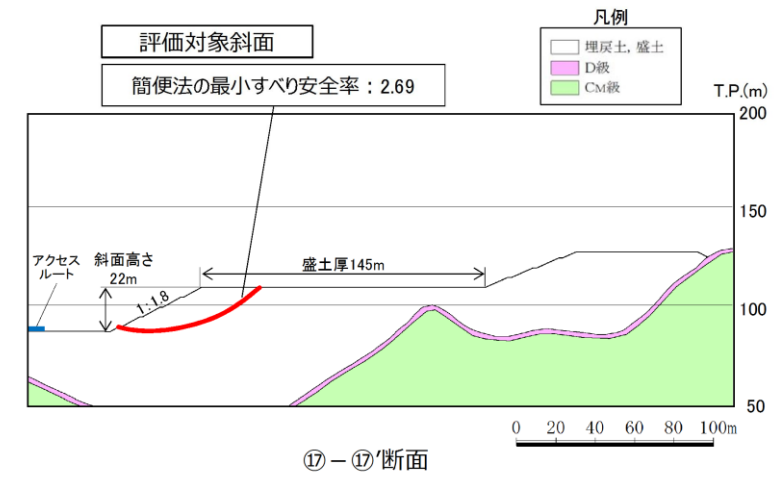
第6.6-1図 グループD (盛土斜面, 法尻標高 T.P. +88m) の斜面の断面位置図

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

保管場所・アクセスルートに配置するおそれのある斜面	影響要因			該当する影響要因	簡便法の最小すべり安全率	選定理由	耐震重要施設等の周辺斜面における検討断面
	【影響要因②】斜面高さ	【影響要因③】斜面の勾配	【影響要因⑤】盛土厚				
⑩-⑩'	22m	1 : 1.8	145m	-	2.69	グループDの斜面については, 斜面が⑩-⑩'断面のみのため, 当該斜面を評価対象斜面に選定する。	-

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





⑰-⑰'断面

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

・ ⑰-⑰' 断面 平均強度でのすべり安全率

すべり面形状	基準 <sub>1</sub> 地震動	最小すべり安全率 <sub>2</sub>
	Ss-N2 (EW) (+,+)	2.17 (26.87)

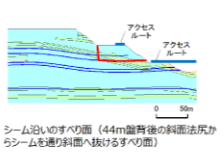
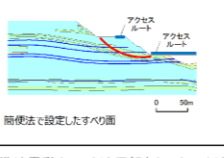
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。  
 ※2 [ ]は、発生時刻(秒)を示す。

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



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>6.7 対策工（切取）を実施した斜面</p> <p>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。</p> <p>基準地震動<math>S_s</math>による2次元動的FEM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。</p> <div data-bbox="1751 672 2493 1176"> </div> <p>第6.7-1図 対策工（切取）を実施した斜面の断面位置図</p> <div data-bbox="1751 1302 2493 1764"> </div> <p>第6.7-2図 対策工（切取）を実施した斜面の地質断面図</p>	

・ 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 <sup>※1</sup>	最小すべり安全率 <sup>※2</sup>
	Ss-N1 (-, +)	2.53 (7.41)
	Ss-D (-, +)	5.89 (8.55)

【凡例】  
■ C-級 岩盤 ■ C-II級 岩盤 ■ C-III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。

⑩-⑩' 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 <sup>※1</sup>	最小すべり安全率 <sup>※2</sup>
	Ss-D (-, +)	3.83 (8.94)

【凡例】  
■ C-級 岩盤 ■ C-II級 岩盤 ■ C-III級 岩盤  
■ 埋戻土、盛土 — シーム — すべり面  
   最小すべり安全率

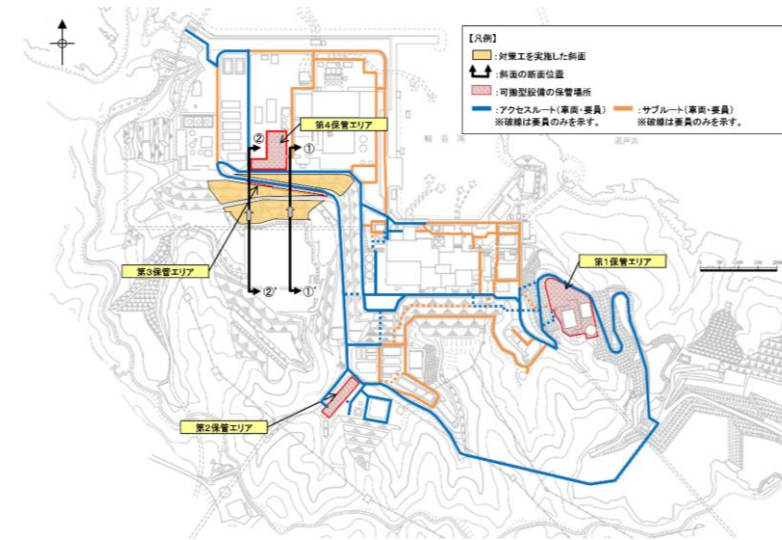
※1 基準地震動(+,+)は反転なし、(-,+)は水平反転、(+,-)は鉛直反転、(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。  
 ※2 [ ]は、発生時刻(秒)を示す。

第 6.7-3 図 対策工（切取）を実施した斜面のすべり安定性評価結果

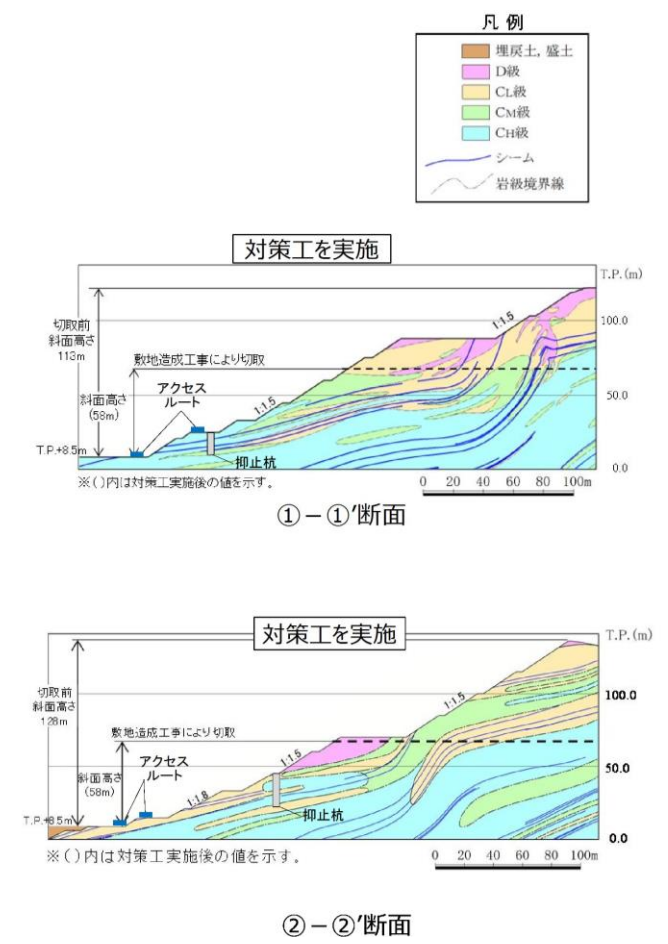
6.8 対策工（抑止杭）を実施した斜面

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こと及び抑止杭設置を行ったことから、対策工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。

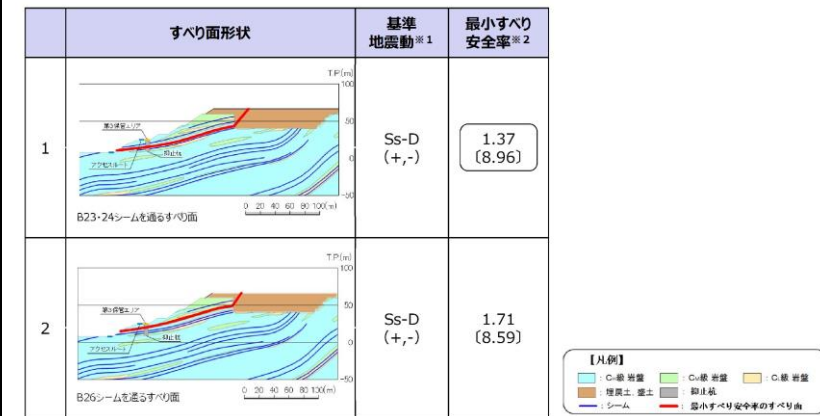


第 6.8-1 図 対策工（抑止杭）を実施した斜面の断面位置図



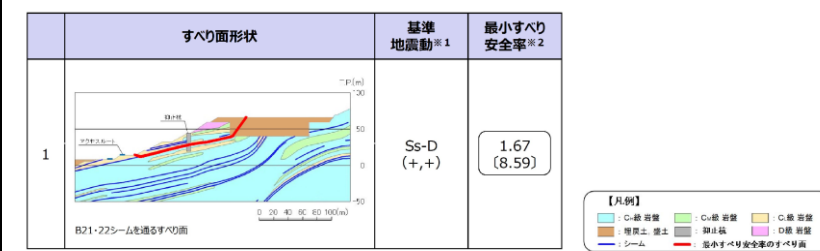
第 6.8-2 図 対策工（抑止杭）を実施した斜面の地質断面図

・ 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 平均強度でのすべり安全率

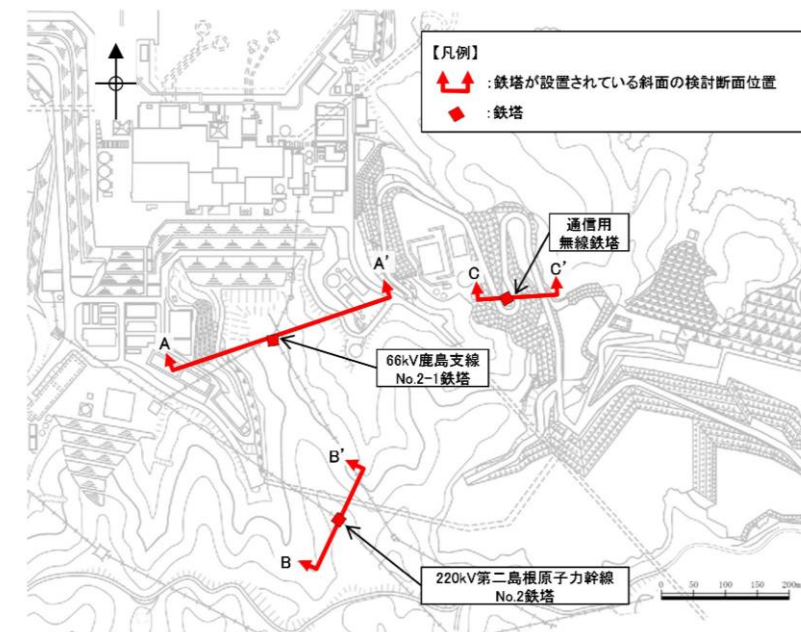


※1 基準地震動(+,+)は反転なし、(-,+)は水平反転、(+,-)は鉛直反転、(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。  
 ※2 [ ]は、発生時刻(秒)を示す。

第 6.8-3 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<math>S_s</math>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"> <li>・66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔</li> <li>・220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔</li> <li>・通信用無線鉄塔</li> </ul> <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>	

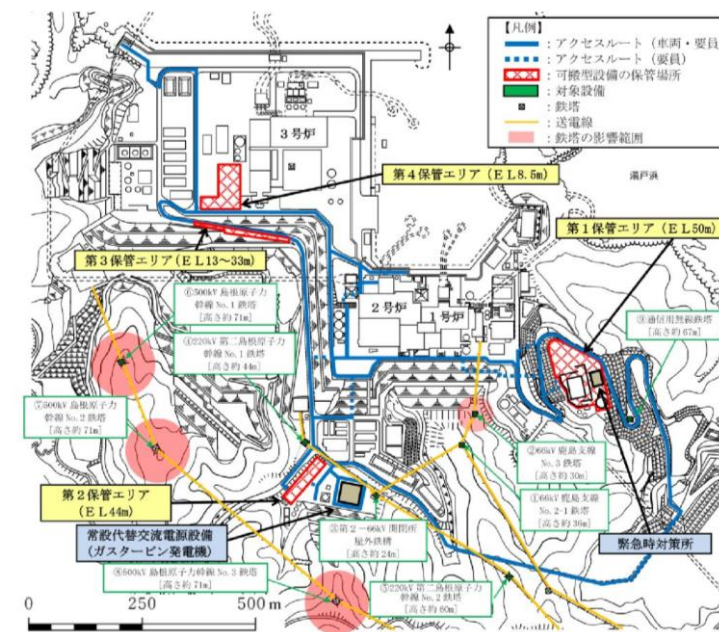




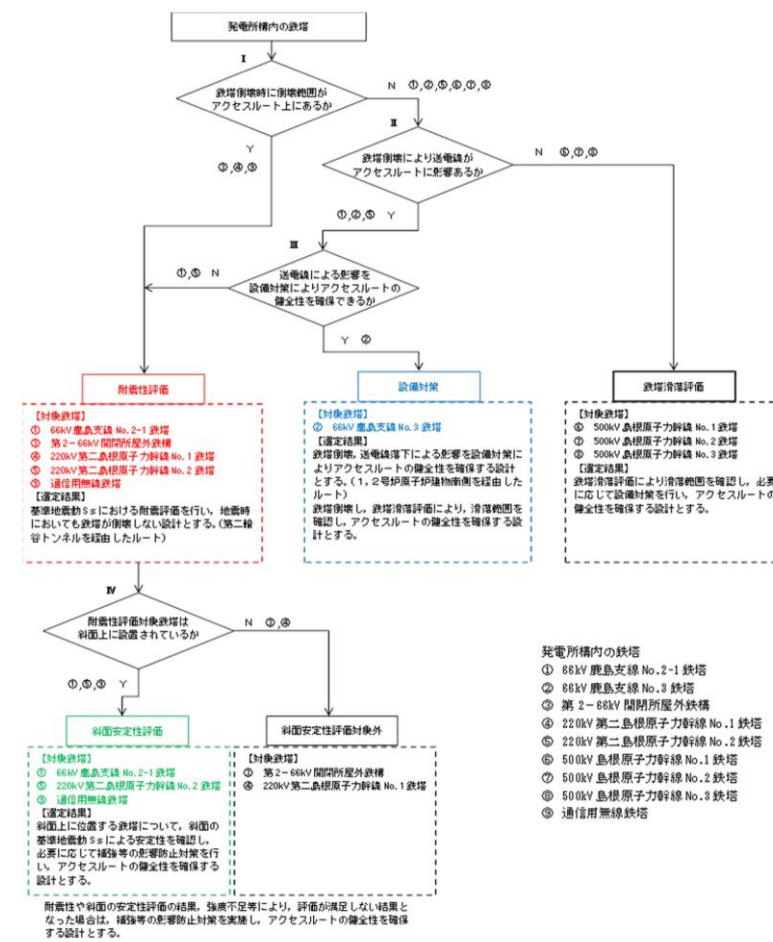
第 7.1-1 図 各鉄塔の検断断面位置図

【参考：影響評価方法選定フロー】

「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)



第 7.1-2 図 鉄塔配置図



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

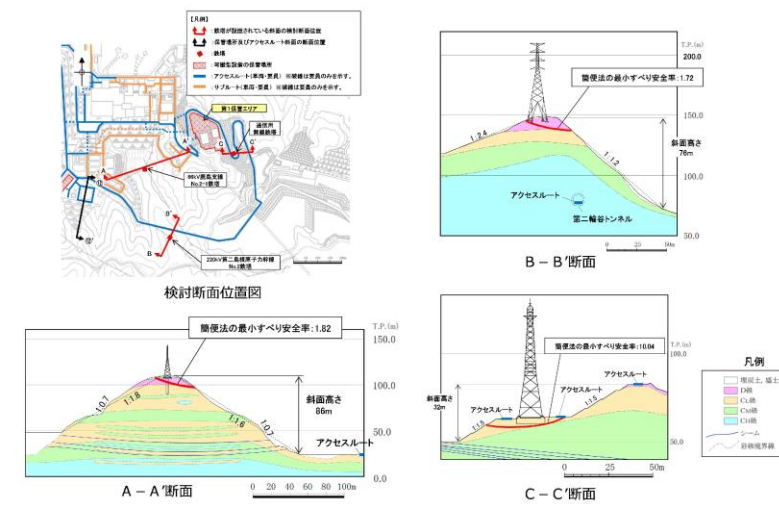
鉄塔が設置されている斜面である A-A' 断面～C-C' 断面について、影響要因の番号付与数及び簡便法の安全率により比較を行った。

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。

第 7.1-1 表 評価対象断面の選定結果

斜面	影響要因				該当する影響要因	簡便法の最小すべり安全率	選定理由
	【影響要因①】 構成する地層	【影響要因②】 斜面高さ	【影響要因③】 斜面の勾配	【影響要因④】 シームの分布の有無			
評価対象斜面に選定 66kV 島島支線 No.2-1 鉄塔斜面 (A-A'断面)	C <sub>10</sub> , C <sub>11</sub> , D級	86m	1:1.6 (一部、C <sub>10</sub> 級で 1:0.7の急勾配部 あり)	あり:3条	①, ②, ③, ④	1.82	D級岩盤及びC <sub>10</sub> 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。
220kV 第二島根原子 力幹線 No.2鉄塔斜面 (B-B'断面)	C <sub>10</sub> , C <sub>11</sub> , C <sub>12</sub> , D 級	78m	1:1.2	なし	①, ③	1.72	D級岩盤及びC <sub>10</sub> 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。
通常用無縁鉄塔斜面 (C-C'断面)	C <sub>10</sub> , C <sub>11</sub> , D級	32m	1:1.5	なし	①	10.04	A-A'断面に比べ、斜面高さが低いこと、平均勾配が緩いこと、シームが分布しないこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、A-A'断面の評価に代表させる。

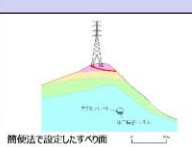
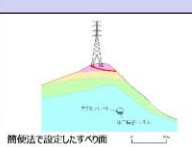
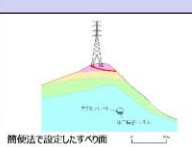
■ :番号を付与する影響要因 ■ :影響要因の番号付与数が多い(簡便法のすべり安全率が小さい) □ :選定した評価対象斜面

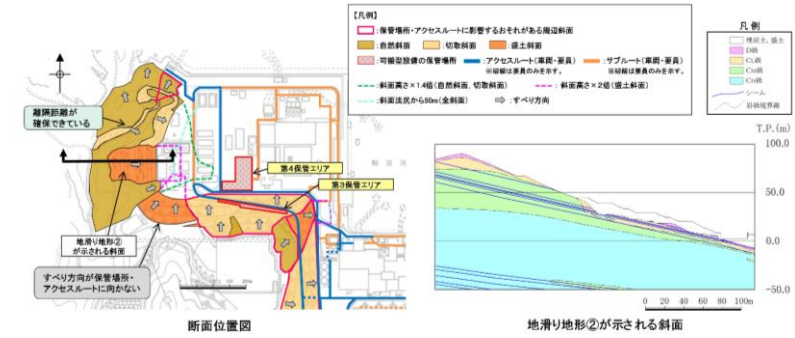


第 7.1-4 図 評価対象断面の選定結果

7.1.3 評価結果

鉄塔斜面の評価対象斜面について、基準地震動  $S_s$  による2次元動的FEM解析を実施した結果、第 7.1-5 図のとおり、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。

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>・ A-A' 断面 平均強度でのすべり安全率</p> <table border="1" data-bbox="1751 268 2499 451"> <thead> <tr> <th>すべり面形状</th> <th>基準地震動<sup>※1</sup></th> <th>最小すべり安全率<sup>※2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>Ss-D (+,+)</td> <td>1.51 (13.31)</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>・ B-B' 断面 平均強度でのすべり安全率</p> <table border="1" data-bbox="1751 583 2499 766"> <thead> <tr> <th>すべり面形状</th> <th>基準地震動<sup>※1</sup></th> <th>最小すべり安全率<sup>※2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>Ss-D (+,-)</td> <td>1.64 (15.18)</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 7.1-5 図 すべり安定性評価結果</p> <p>7.2 岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊検討</p> <p>7.2.1 地滑り地形②が示される斜面</p> <p>(1) 評価概要</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	すべり面形状	基準地震動 <sup>※1</sup>	最小すべり安全率 <sup>※2</sup>		Ss-D (+,+)	1.51 (13.31)	すべり面形状	基準地震動 <sup>※1</sup>	最小すべり安全率 <sup>※2</sup>		Ss-D (+,-)	1.64 (15.18)	
すべり面形状	基準地震動 <sup>※1</sup>	最小すべり安全率 <sup>※2</sup>													
	Ss-D (+,+)	1.51 (13.31)													
すべり面形状	基準地震動 <sup>※1</sup>	最小すべり安全率 <sup>※2</sup>													
	Ss-D (+,-)	1.64 (15.18)													



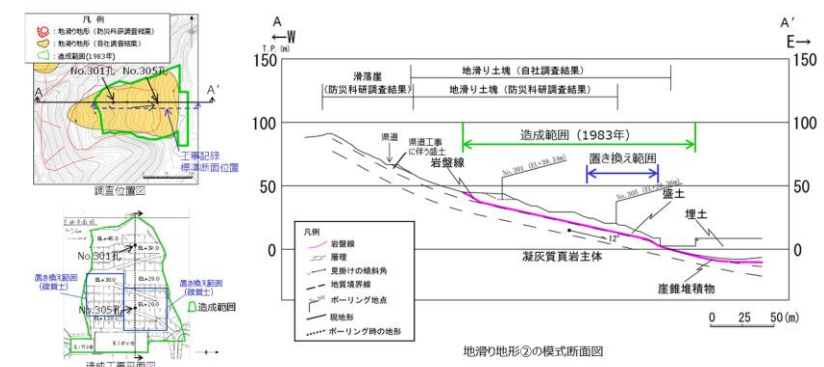
第 7.2-1 図 評価対象断面図

【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。

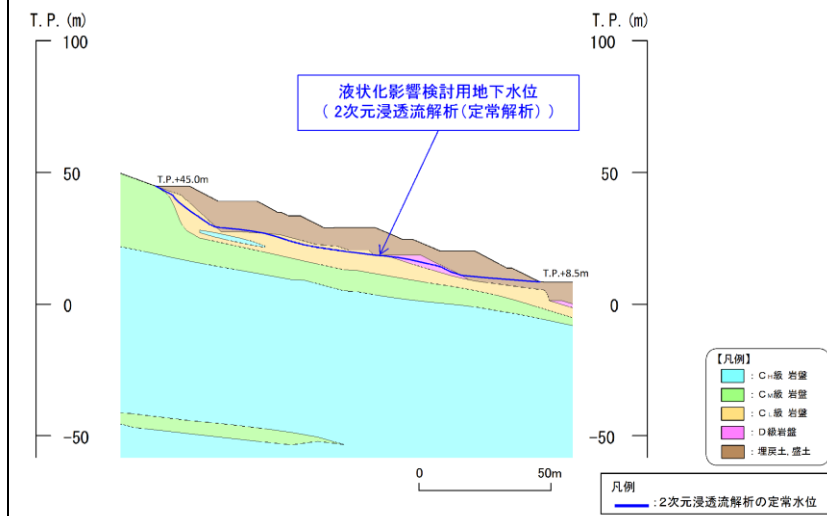
以上のことから、発電所建設前の旧地形から判読されたような地滑り地形②に相当する地滑りは想定されない。



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<sub>s</sub> 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は生じないと評価する。

・地滑り地形②が示される斜面 平均強度でのすべり安全率

すべり面形状	基準地震動 <sup>※1</sup>	最小すべり安全率 <sup>※2</sup>	すべり面形状	基準地震動 <sup>※1</sup>	最小すべり安全率 <sup>※2</sup>
<p>シーム1のすべり面 (法線がB23-24シームを通り盛土側に接するすべり面)</p>	Ss-D (-,-)	1.63 [8.98]	<p>シーム1のすべり面 (法線がB19シームと法線反対側に接するすべり面)</p>	Ss-D (-,-)	1.57 [9.01]
<p>シーム1のすべり面 (法線がB19シーム及び砂岩層を通過し内側に接するすべり面)</p>	Ss-D (-,-)	1.65 [9.02]	<p>【凡例】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>C-1 砂岩層</li> <li>C-2 砂岩層</li> <li>C-3 砂岩層</li> <li>D 砂岩層</li> <li>盛土・盛土</li> <li>シーム</li> <li>すべり面<sup>※3</sup></li> <li>最小すべり安全率</li> </ul>		

※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. 液状化影響の検討」を参照)

第 7.2-5 図 すべり安定性評価結果

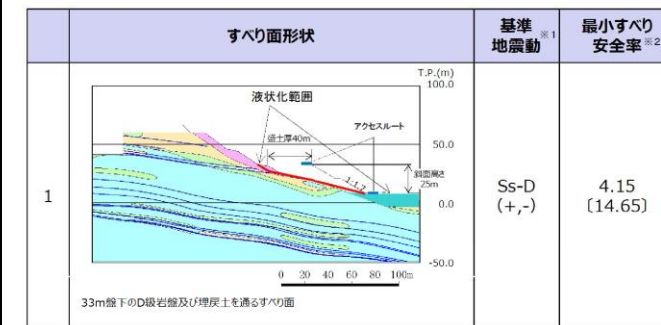
7.2.2 33m盤盛土斜面上部の岩盤斜面

(1) 評価概要

33m盤盛土斜面部については、地震時のすべり安定性は

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>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="1745 688 2478 982" data-label="Figure"> </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>33m盤の盛土斜面上部の岩盤斜面について、基準地震動 <math>S_s</math> 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は生じないと評価する。</p>	

・ 33m盤盛土斜面上部の岩盤斜面 平均強度でのすべり安全率



【凡例】  
 C: 級岩盤    Cw: 級岩盤    C: 級岩盤    D: 級岩盤  
 埋戻土 盛土    シーム    すべり面<sup>※3</sup>  
 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 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

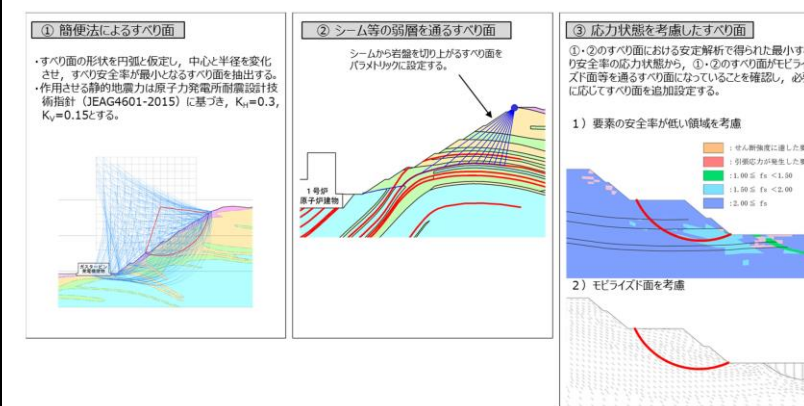
7.3 応力状態を考慮した検討

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。

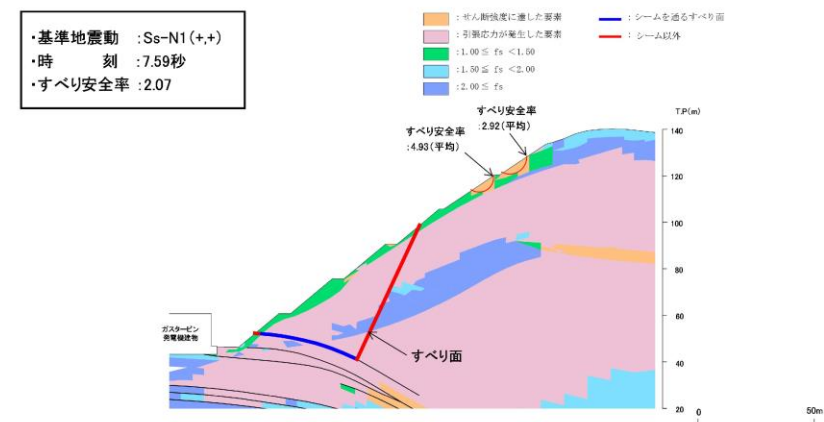
⑫-⑫' 断面、⑬-⑬' 断面、⑭-⑭' 断面に関しては、斜面上部にD級岩盤が分布することから、応力状態を踏まえ、①・②のすべり面がモビライズド面等を通るすべり面になっていることを確認し、すべり面が妥当であることを示す。



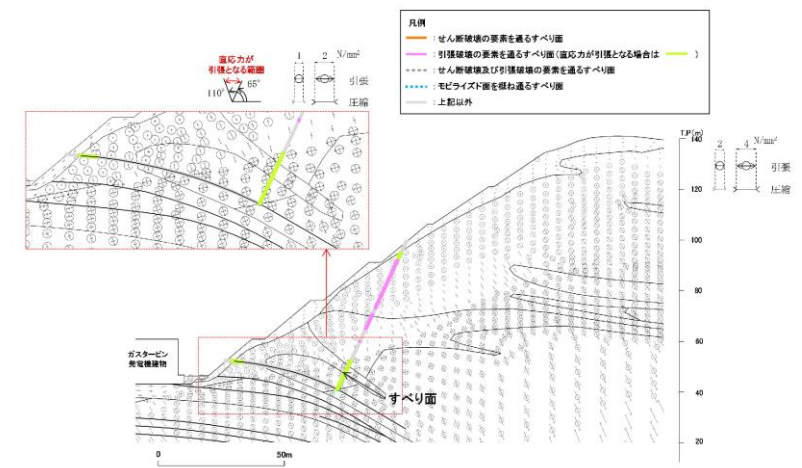
第 7.3-1 図 すべり面の設定の考え方

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 ⑫-⑫' 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> <p>・⑫-⑫' 断面 平均強度でのすべり安全率</p> <table border="1" data-bbox="1754 453 2496 772"> <thead> <tr> <th>すべり面形状</th> <th>基準地震動</th> <th>最小すべり安全率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 シーム沿いのすべり面（斜面中間あるいは斜面上方からシームを通り斜面法尻付近へ抜けるすべり面）</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	最小すべり安全率	1 シーム沿いのすべり面（斜面中間あるいは斜面上方からシームを通り斜面法尻付近へ抜けるすべり面）	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	最小すべり安全率										
1 シーム沿いのすべり面（斜面中間あるいは斜面上方からシームを通り斜面法尻付近へ抜けるすべり面）	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)										

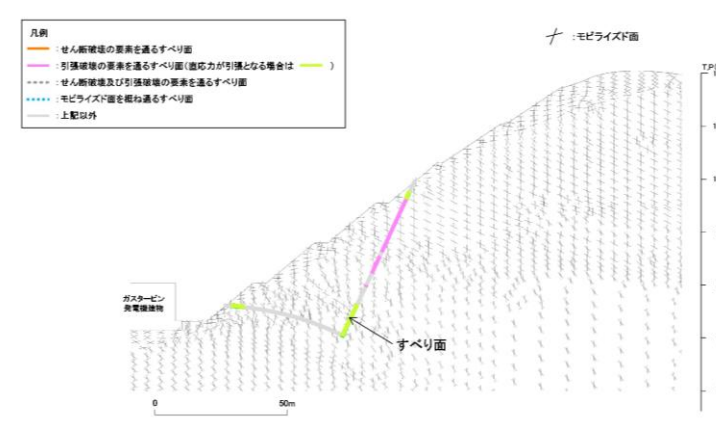




第 7.3-3 図 局所安全係数分布図



第 7.3-4 図 主応力分布図

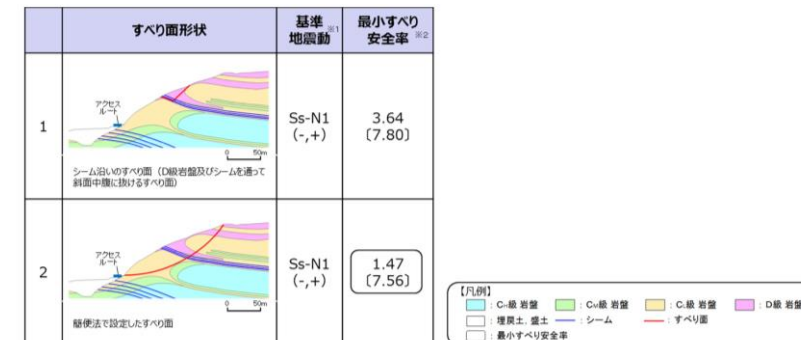


第 7.3-5 図 モビライズド面

7.3.3 ⑬-⑬' 断面

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。

- ・⑬-⑬' 断面 平均強度でのすべり安全率



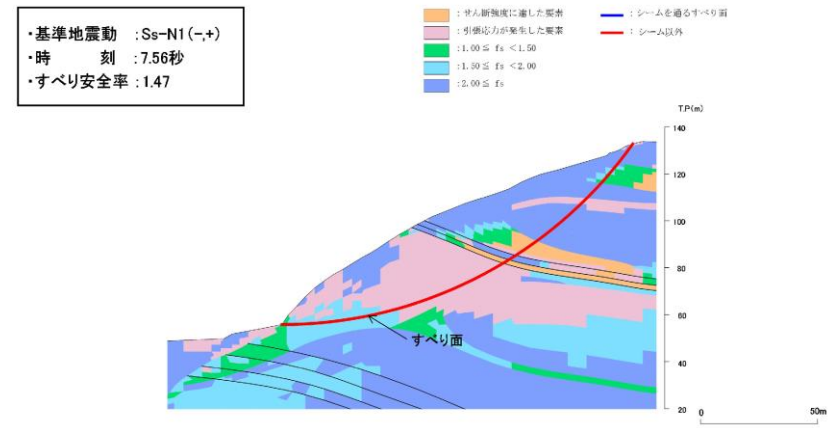
※1 基準地震動(+,-)は反転なし，(-,+)-は水平反転，(+,-)-は鉛直反転，(-,-)-は水平反転かつ鉛直反転を示す。  
 ※2 [ ]は，発生時刻(秒)を示す。

第7.3-6図 すべり安定性評価結果

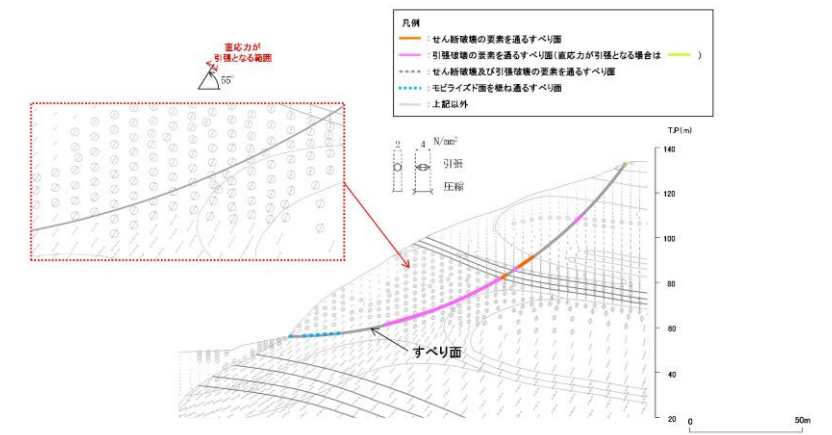
第7.3-7図に示す要素毎の局所安全係数を確認した結果，引張応力が発生した要素が斜面に連続しており，これを通るすべり面になっている。また，せん断強度に達した要素が斜面内部に分布するが，局所的である。

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。

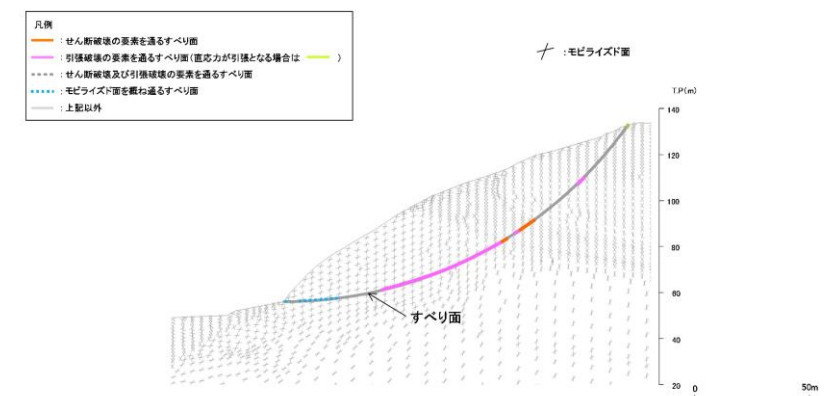
以上のことから，設定したすべり面は，既にすべり安全率の厳しいすべり面になっているため，追加のすべり面は設定していない。



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

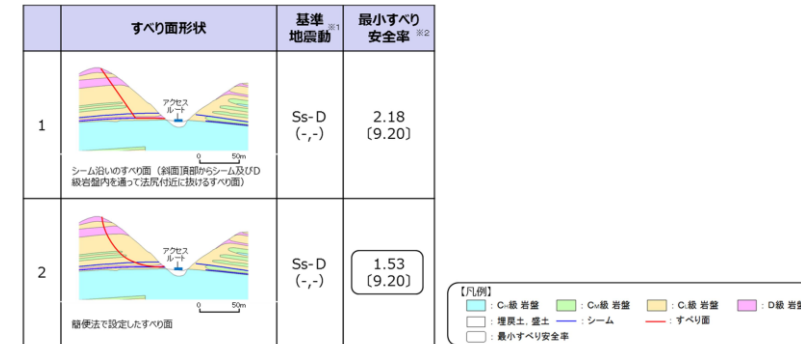


第 7.3-9 図 モビライズド面

7.3.4 ⑭-⑭' 断面

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。

- ・⑭-⑭' 断面 平均強度でのすべり安全率



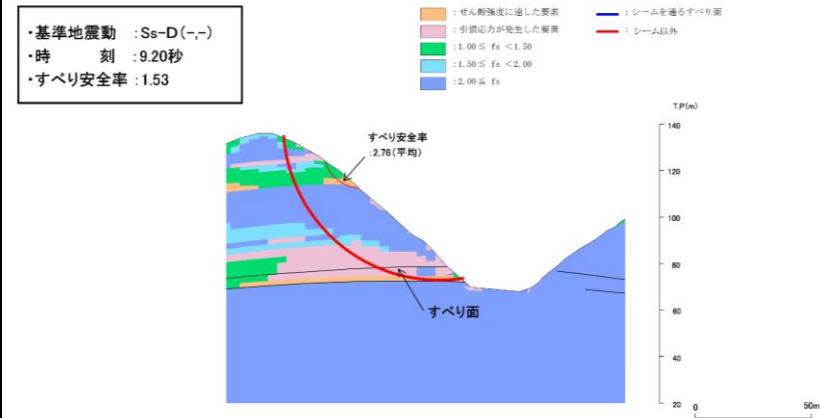
※1 基準地震動(+,-)は反転なし，(-,-)は水平反転，(+,-)は鉛直反転，(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。  
 ※2 [ ]は，発生時刻(秒)を示す。

第7.3-10図 すべり安定性評価結果

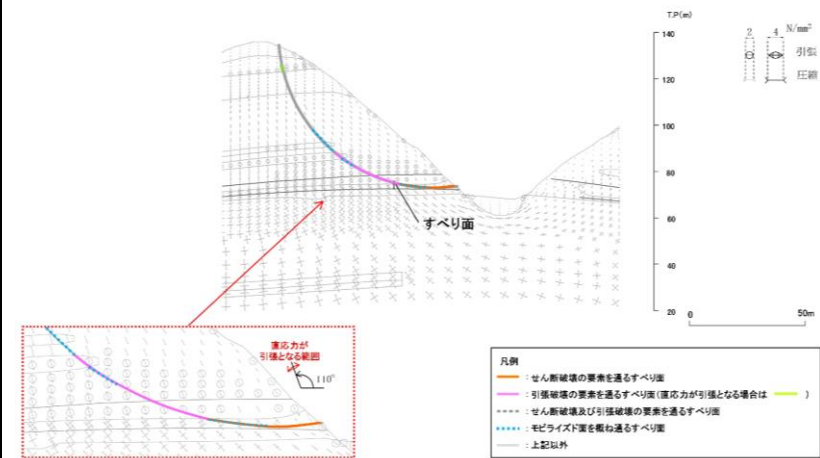
第7.3-11図に示す要素毎の局所安全係数を確認した結果，法尻付近に引張応力が発生した要素が連続しており，これを通るすべり面になっている。また，せん断強度に達した要素は局所的である。なお，斜面浅部のせん断強度に達した要素を通るすべり面については，当該応力状態における最小すべり安全率が2.76(平均強度)であり，法尻付近の破壊領域を通るすべり面の最小すべり安全率1.53(平均強度)に包含される。

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。

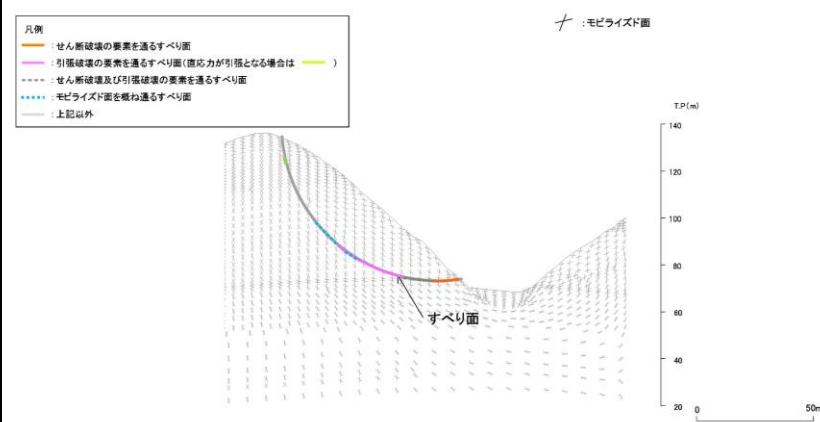
以上のことから，設定したすべり面は，既にすべり安全率の厳しいすべり面になっているため，追加のすべり面は設定していない。



第 7.3-11 図 局所安全係数分布図



第 7.3-12 図 主応力分布図

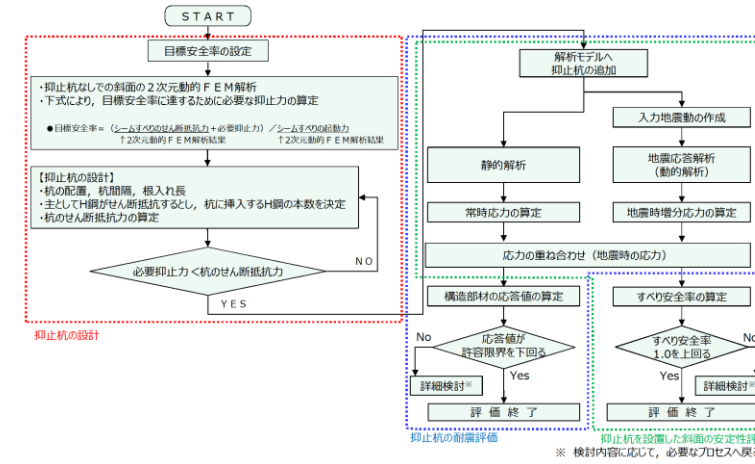


第 7.3-13 図 モビライズド面

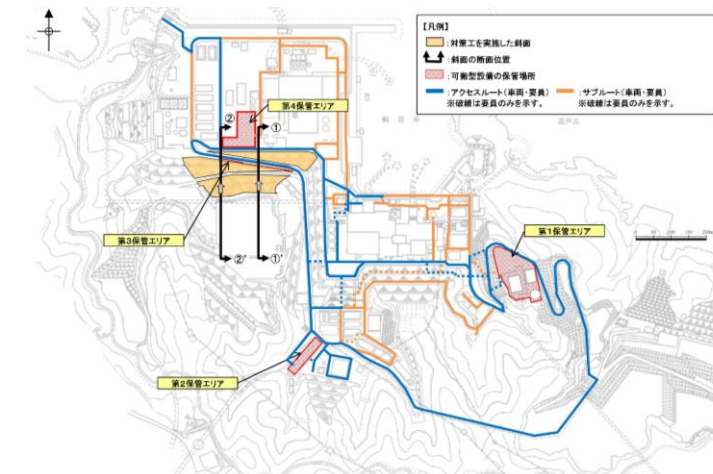


柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																	
		<p>7.4 対策工（抑止杭）に関する詳細検討</p> <p>7.4.1 基本方針</p> <p>対象斜面は、基準地震動<math>S_s</math>による地震力に対して、敷地内土木構造物である抑止杭を設置することで、斜面の崩壊を防止できる設計とする。</p> <p>敷地内土木構造物である抑止杭について、設置許可段階においては、先行炉及び一般産業施設における適用事例を調査するとともに、代表断面における抑止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"> <li>・抑止杭の平面配置の妥当性確認</li> <li>・基準地震動<math>S_s</math>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</li> <li>・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</li> </ul> <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。①-①'断面において、地盤物性のばらつき（平均強度<math>-1.0 \times</math>標準偏差<math>(\sigma)</math>）を考慮したすべり安全率が0.90と評価基準値を下回ること、及び②-②'断面において、地盤物性のばらつきを考慮したすべり安全率が1.06と裕度が小さいことから、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="1765 1646 2445 1839"> <thead> <tr> <th rowspan="2">基準地震動<math>S_s</math></th> <th colspan="2">すべり安全率（平均強度）</th> </tr> <tr> <th colspan="2">（ ）内はばらつきを考慮した強度のすべり安全率</th> </tr> <tr> <th></th> <th>①-①'断面</th> <th>②-②'断面</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>S_s-D</math></td> <td>1.08 (0.90)</td> <td>1.24 (1.06)</td> </tr> <tr> <td><math>S_s-N_1</math></td> <td>1.25</td> <td>1.57</td> </tr> <tr> <td><math>S_s-N_2</math></td> <td>1.32</td> <td>1.58</td> </tr> </tbody> </table>	基準地震動 $S_s$	すべり安全率（平均強度）		（ ）内はばらつきを考慮した強度のすべり安全率			①-①'断面	②-②'断面	$S_s-D$	1.08 (0.90)	1.24 (1.06)	$S_s-N_1$	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）																			
	（ ）内はばらつきを考慮した強度のすべり安全率																			
	①-①'断面	②-②'断面																		
$S_s-D$	1.08 (0.90)	1.24 (1.06)																		
$S_s-N_1$	1.25	1.57																		
$S_s-N_2$	1.32	1.58																		

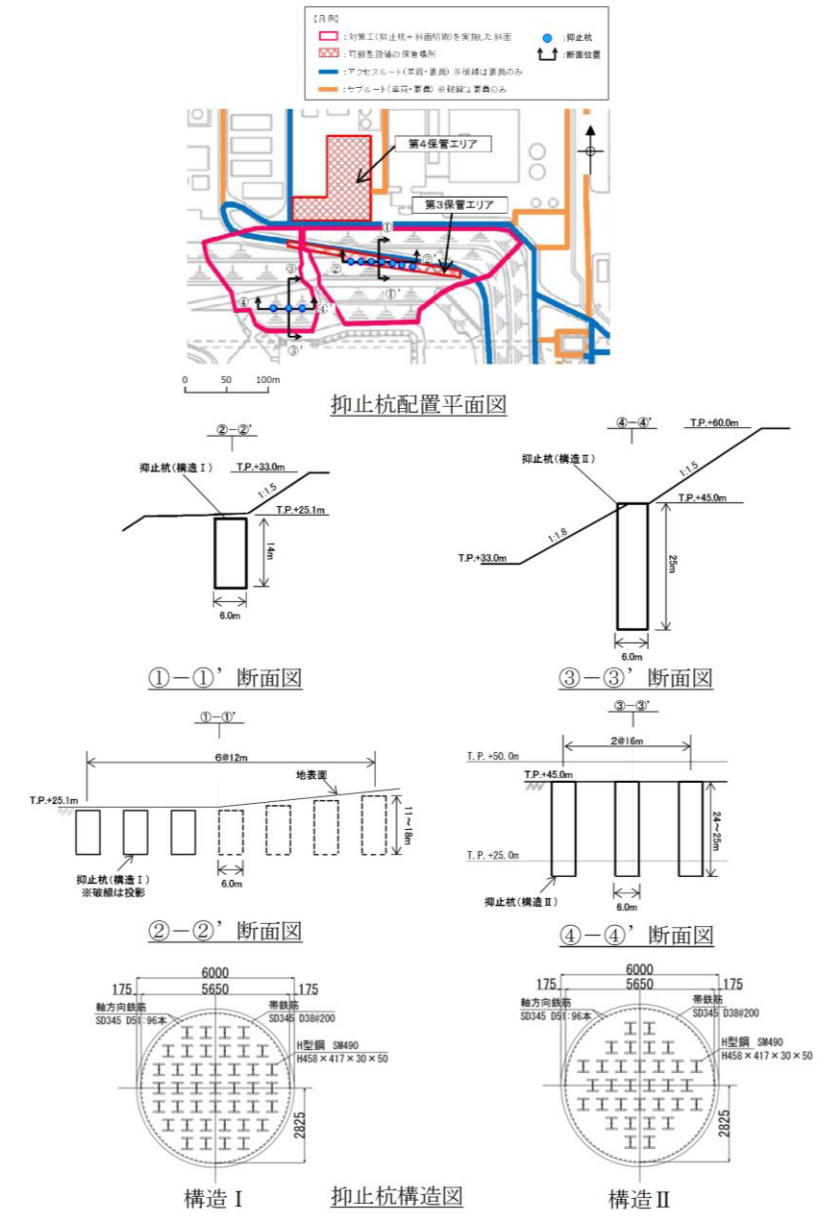
抑止杭を設置した斜面の位置図を第7.4.1-2図に示す。  
 抑止杭は、深礎杭の中にH鋼を建込んでおり、シームのすべりを抑止するため、シームのすべり方向（シームの最急勾配方向は北傾斜のため北方向となる）に対して直交するように縦列に配置している。（シームの分布は第7.4.2-2図参照）抑止杭の構造概要図を第7.4.1-3図に示す。



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

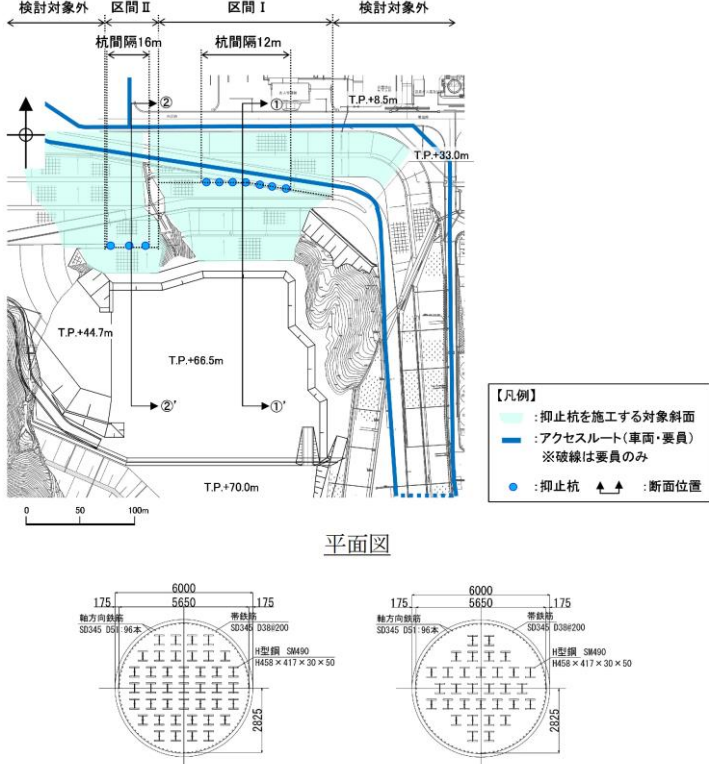
7. 4. 2 抑止杭の設計

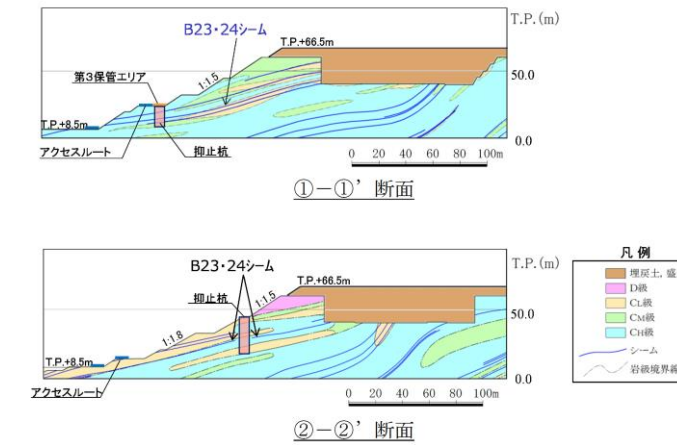
(1) 評価対象斜面の選定

【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

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>れ以外は斜面高さが低いことから除外している。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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</li> <li>・ 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</li> </ul>  <p>抑止杭構造図 (構造Ⅰ)      抑止杭構造図 (構造Ⅱ)</p> <p>抑止杭構造図 (構造Ⅰ)      抑止杭構造図 (構造Ⅱ)</p> <p>第 7. 4. 2-1 図 抑止杭の配置パターン図</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	



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 <sub>4</sub> ~C <sub>1</sub> 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 <sub>4</sub> ~C <sub>1</sub> 級主体、 頂部に D 級が分布	B21・22シーム等が連続して分布。

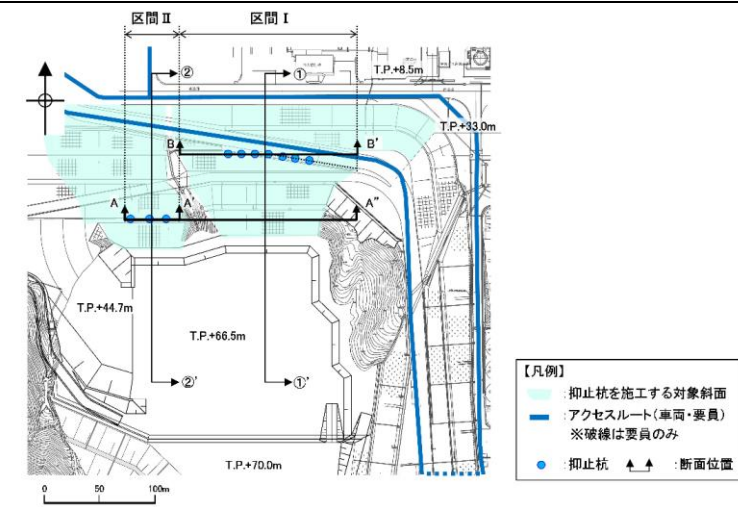
【評価断面の設定】

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。

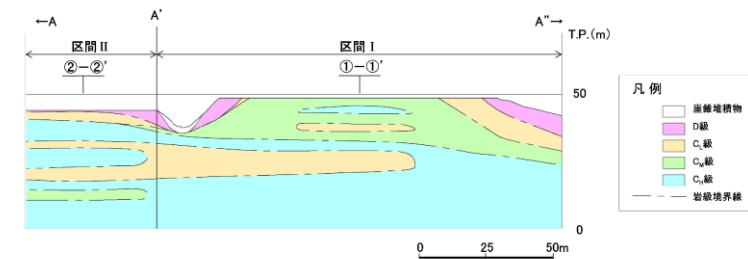
区間 I 及び区間 II の断面位置平面図を第 7. 4. 2-3 図に、地質鉛直断面図を第 7. 4. 2-4 図に、シーム分布図を第 7. 4. 2-5 図に示す。

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。

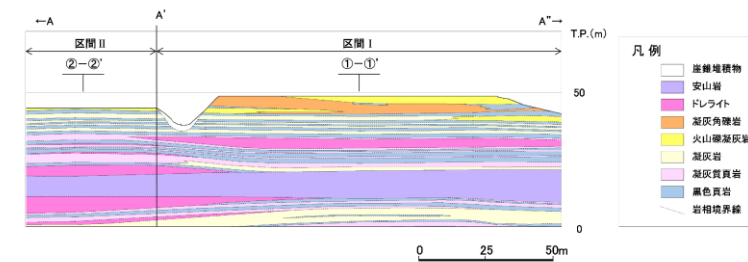




第 7. 4. 2-3 図 区間 I 及び区間 II の断面位置平面図

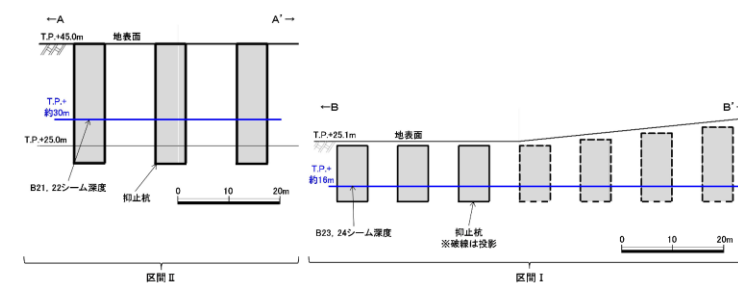


岩級鉛直断面図



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



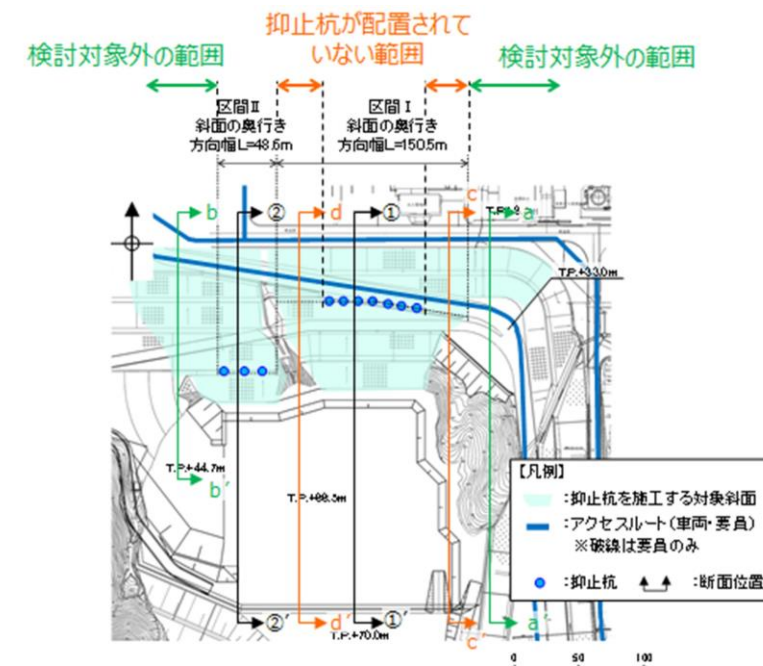
第 7. 4. 2-5 図 区間 I 及び区間 II のシーム分布図

(2) 抑止杭の平面配置の考え方

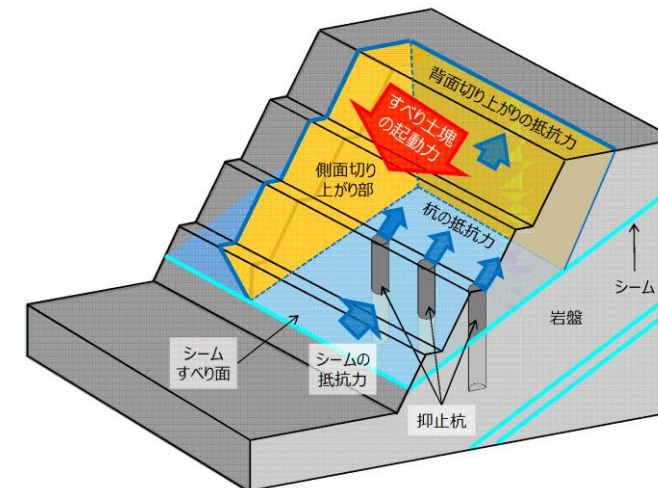
抑止杭の平面配置の考え方は、移動層がCM～CH級の堅硬な岩盤であることから、シームすべりを3次元的な剛体のすべり土塊の移動と捉え、安定性が確保されない範囲を検討対象のすべり土塊に設定し、すべり土塊全体を必要本数の杭で抑止するというものであり、すべり方向に対し直交方向に単列配置する。

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。

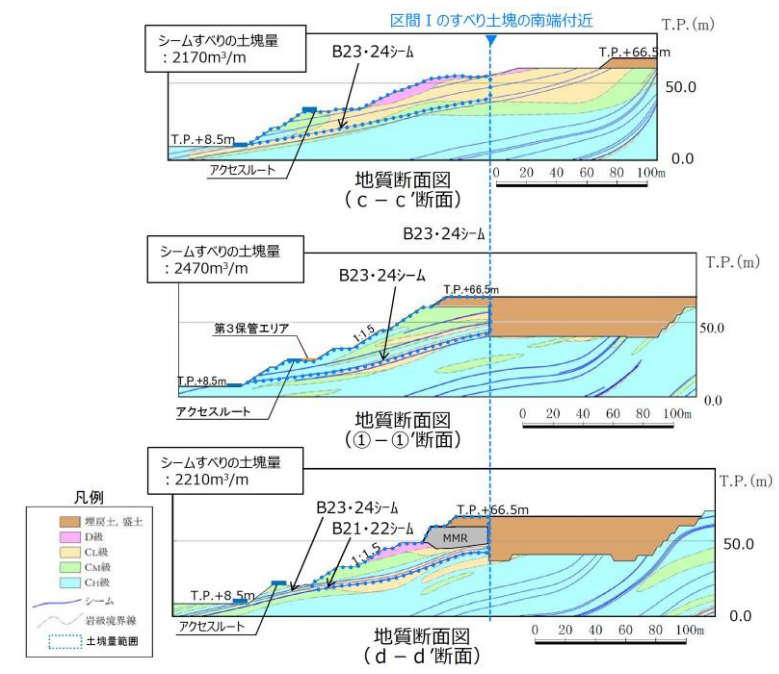


第 7.4.2-6 図 抑止杭配置平面図

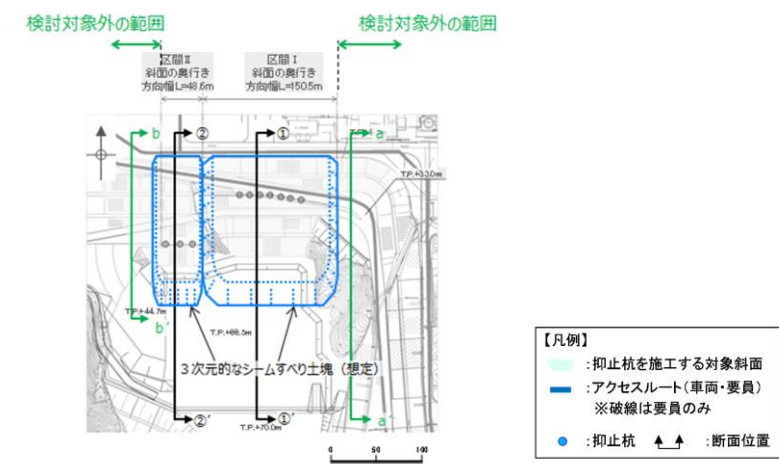


第 7.4.2-7 図 シームすべり土塊全体を杭で抑止するイメージ図

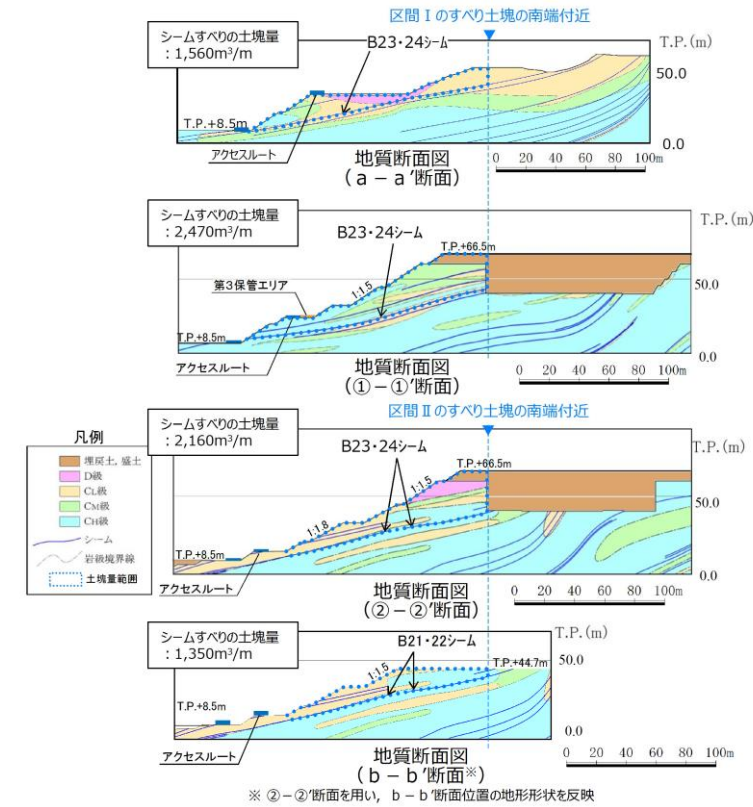
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>「抑止杭が配置されていない範囲」は、区間Ⅰの中でも斜面高さが相対的に低く、シームすべりの土塊量が小さい。(第7.4.2-8図及び第7.4.2-9図参照)</p> <p>そのため、確実にシームすべりを抑止するために斜面高さが相対的に高い範囲において抑止杭を集中的に配置し、区間Ⅰの3次元的なシームすべり土塊全体を7本の杭で抑止している。</p> <p>詳細設計段階では、当該範囲において安定性評価を行い、評価基準値を下回る場合は抑止杭を追加配置する。</p> <p>「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)</p> <p>詳細設計段階では、当該範囲において安定性評価を行い、評価基準値を下回る場合は抑止杭を追加配置する。</p> <div data-bbox="1780 903 2493 1428" data-label="Figure"> </div> <p>第7.4.2-8図 断面位置図</p>	



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



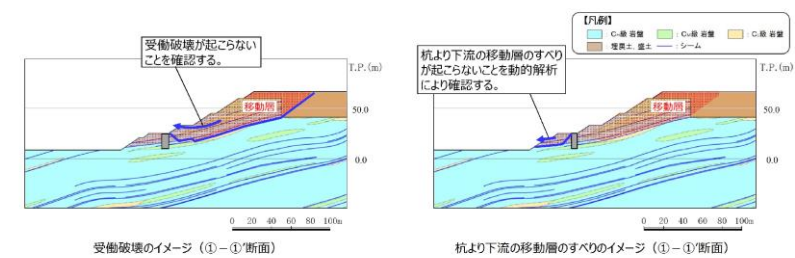
第 7. 4. 2-11 図 「検討対象外の範囲」の地質断面図

(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	参考文献		参考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・土留め技術総論 (最新斜面・土留め技術総論編集委員会, 1991年)	<ul style="list-style-type: none"> <li>杭の断面配置は、以下を満足する位置とする。</li> <li>①すべり面の勾配が緩やかな位置</li> <li>②杭より下流の移動層のすべりが発生しない位置</li> <li>⇒動的解析により確認する。</li> <li>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</li> <li>⇒動的解析により確認する。</li> </ul>



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。

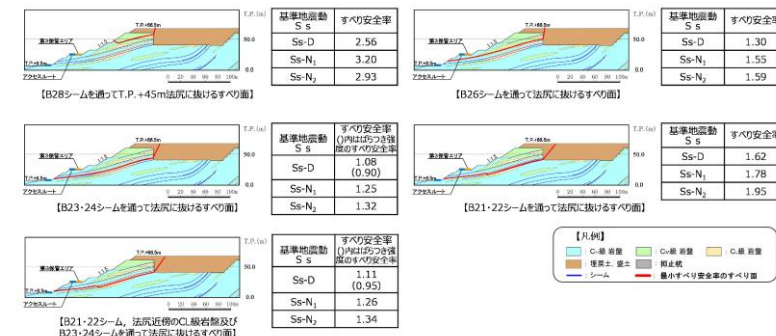
すべり安定性評価の結果を踏まえ、評価基準値であるすべり安全率 1.0 を下回るすべり面が形成するすべり土塊のうち、最大となる土塊を移動層とし、それより下層を不動層とする。

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。

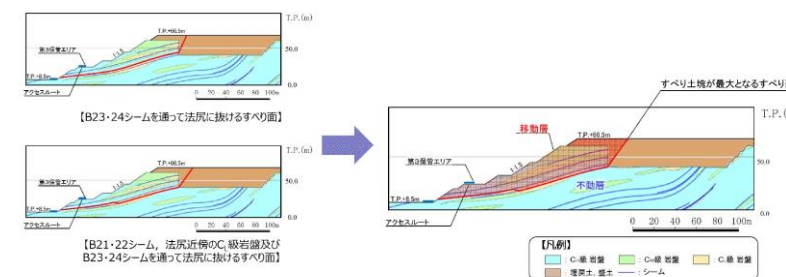
抑止杭設置前の斜面において、①-①' 断面のすべり安定性評価を実施した結果、すべり安全率 1.0 を下回るすべり面は以下のとおり。

- (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)



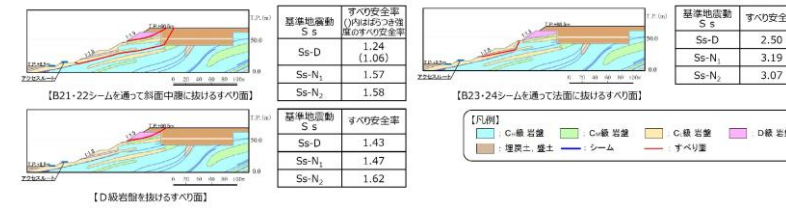
第 7.4.2-13 図 ①-①' 断面の評価結果



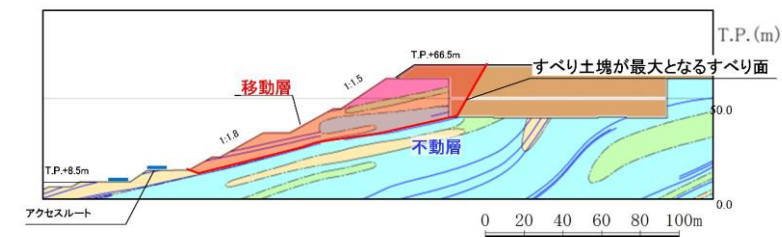
第 7.4.2-14 図 ①-①' 断面の移動層・不動層

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

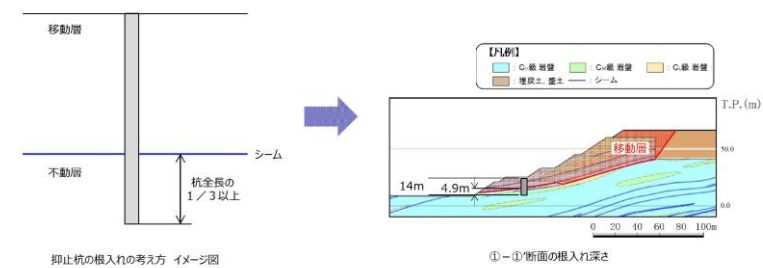


第 7. 4. 2-16 図 ②-②' 断面の移動層・不動層

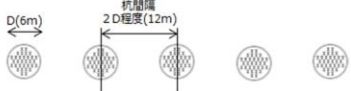
杭の根入れ深さは、特定された不動層に十分根入れされるように、第 7. 4. 2-3 表に示す文献を参考に設定した。

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	根入れ部が珪石片岩、砂岩、花崗岩、安山岩等で堅硬な岩盤の場合は杭の全長の 1 / 4 程度、第三紀の泥岩や凝灰岩の場合は杭の全長の 1 / 3 程度、根入れ部の不動層のN値が5以上の場合は杭の全長の 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)	根入れ部が新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

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) 杭間隔の考え方</p> <p>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設定した。</p> <p>抑止杭周辺地盤は<math>C_M \sim C_H</math>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)</p> <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>一般産業施設の施工事例について、杭間隔及び<math>S_s</math>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。</li> <li>文献①～③を踏まえ、杭間の岩盤の中抜けを想定した3次元FEM解析を行い、中抜け現象が起こらないことを説明する。</li> </ul> <p>第7.4.2-4表 杭間隔の考え方に係る文献調査結果</p> <table border="1" data-bbox="1762 1163 2487 1297"> <thead> <tr> <th rowspan="2">設計項目</th> <th colspan="3">参照文献</th> <th rowspan="2">参照文献の記載内容を踏まえた杭間隔の考え方</th> </tr> <tr> <th>記載内容</th> <th>対象</th> <th>文献</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>杭の間隔 (1/3)</td> <td>杭間隔が基礎径の2倍程度未満となると、支持地盤が掘削時の影響により隣接基礎の両面を緩め、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。</td> <td>岩盤(支持層)の深礎基礎</td> <td>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)</td> <td>杭間隔を杭直径の2D程度とする。</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="1762 1318 2487 1444"> <thead> <tr> <th rowspan="2">設計項目</th> <th colspan="3">参照文献</th> <th rowspan="2">文献②: 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)</th> </tr> <tr> <th>記載内容</th> <th>対象</th> <th>文献</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>杭の間隔 (2/3)</td> <td>標準杭間隔として、移動層の厚さ20m以上では杭の間隔は4m以下を目安とする。 上記の数値の他に杭の直径の8倍以内を杭間隔の一応の目安とすることができる。</td> <td>土質もしくは岩石で構成される移動層中の杭工</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="1762 1465 2487 1604"> <thead> <tr> <th rowspan="2">設計項目</th> <th colspan="3">参照文献</th> <th rowspan="2">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)</th> </tr> <tr> <th>記載内容</th> <th>対象</th> <th>文献</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>杭の間隔 (3/3)</td> <td>風化または土壌の抑止杭を対象とし、大型一面せん断機による模型実験により、杭間隔と中抜け現象及び杭の自由端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底部の土塊が杭間をトコトン状にすべり抜け、地表面付近の土塊も一体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。</td> <td>土質で構成される移動層中の杭</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">  </p> <p>第7.4.2-18図 ①-①'断面の杭間隔等(イメージ図)</p>	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 (1/3)	杭間隔が基礎径の2倍程度未満となると、支持地盤が掘削時の影響により隣接基礎の両面を緩め、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。	岩盤(支持層)の深礎基礎	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)	杭間隔を杭直径の2D程度とする。	設計項目	参照文献			文献②: 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)	記載内容	対象	文献	杭の間隔 (2/3)	標準杭間隔として、移動層の厚さ20m以上では杭の間隔は4m以下を目安とする。 上記の数値の他に杭の直径の8倍以内を杭間隔の一応の目安とすることができる。	土質もしくは岩石で構成される移動層中の杭工			設計項目	参照文献			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)	記載内容	対象	文献	杭の間隔 (3/3)	風化または土壌の抑止杭を対象とし、大型一面せん断機による模型実験により、杭間隔と中抜け現象及び杭の自由端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底部の土塊が杭間をトコトン状にすべり抜け、地表面付近の土塊も一体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。	土質で構成される移動層中の杭			
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 (1/3)	杭間隔が基礎径の2倍程度未満となると、支持地盤が掘削時の影響により隣接基礎の両面を緩め、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。	岩盤(支持層)の深礎基礎	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)	杭間隔を杭直径の2D程度とする。																																						
設計項目	参照文献			文献②: 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)																																						
	記載内容	対象	文献																																							
杭の間隔 (2/3)	標準杭間隔として、移動層の厚さ20m以上では杭の間隔は4m以下を目安とする。 上記の数値の他に杭の直径の8倍以内を杭間隔の一応の目安とすることができる。	土質もしくは岩石で構成される移動層中の杭工																																								
設計項目	参照文献			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)																																						
	記載内容	対象	文献																																							
杭の間隔 (3/3)	風化または土壌の抑止杭を対象とし、大型一面せん断機による模型実験により、杭間隔と中抜け現象及び杭の自由端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底部の土塊が杭間をトコトン状にすべり抜け、地表面付近の土塊も一体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。	土質で構成される移動層中の杭																																								

6.2.17 標準杭間隔<sup>③</sup>  
標準杭間隔として次の数値を目安とする。

移動層の厚さ (m)	杭の間隔 (m)
～ 10	2.0以下
10 ～ 20	3.0以下
20以上	4.0以下

杭の間隔は単列、千鳥配列共に地すべりの上流又は下流から見た投影間隔を意味し、その距離は杭の芯間距離とする(図34 参照)。  
上記の数値の他に杭の直径の8倍以内を杭間隔の一応の目安とすることができる。  
これらの数値は経験や実験結果にもとづいて定められたものであり、雨孔による地盤のゆるみやずれの影響が重複せず、したがって土塊の中抜けを起こさず、杭に所定の地すべり力が作用するための条件の目安として用いることができる。

なお、杭の施工上孔間隔の距離は約1m以上を確保する必要があるため杭間隔の決定にあたってはこの点を考慮する必要がある。設計計算上孔間隔の距離が約1m未満となる場合には杭配列を千鳥配列とする。

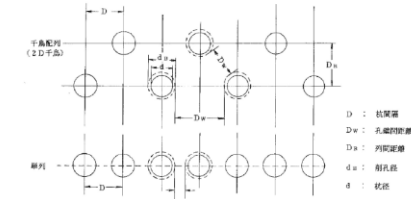
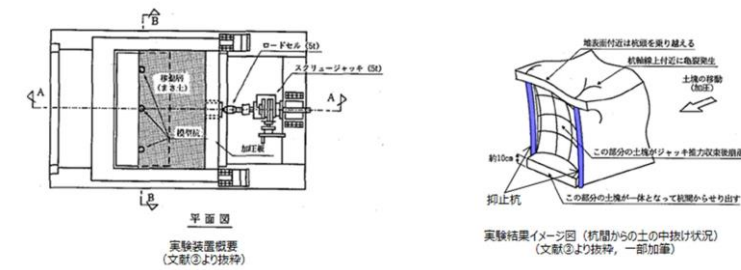


図34 杭間隔および杭の配列<sup>③</sup>

文献②を抜粋、加筆

第 7.4.2-19 図 文献③の概要





第 7.4.2-20 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、緩みの小さい『機械掘削』を採用している。

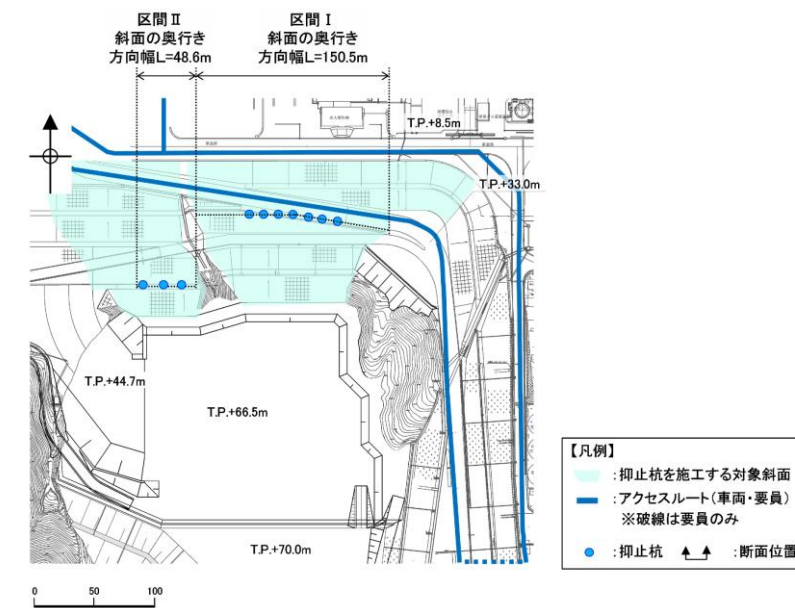
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p data-bbox="1754 520 2472 554">第 7. 4. 2-21 図 島根サイトの深礎杭 掘削面の写真 (南側)</p>  <p data-bbox="1748 972 2499 1005">第 7. 4. 2-22 図掘削状況写真 第 7. 4. 2-23 図 掘削面の近接写真</p>	



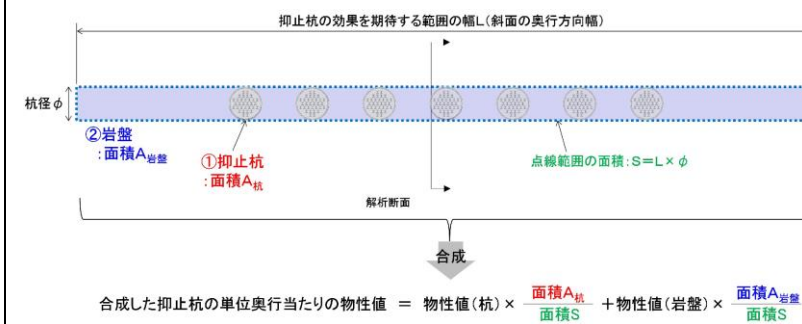
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考										
		<p>7.4.3 敷地内土木構造物（抑止杭）の耐震評価</p> <p>(1) 評価方針 敷地内土木構造物である抑止杭について、敷地内土木構造物の基準地震動 <math>S_s</math> が作用した場合に、機能が維持されていることを確認するため、耐震評価を実施する。耐震評価においては、地震応答解析結果における照査用応答値が許容限界値を下回ることを確認する。</p> <p>(2) 適用規格 適用する規格、基準等を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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)</li> <li>・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)</li> <li>・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)</li> <li>・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)</li> <li>・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)</li> </ul> <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" data-bbox="1745 1696 2496 1881"> <thead> <tr> <th colspan="2">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 <math>F_c=24\text{N}/\text{mm}^2</math></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



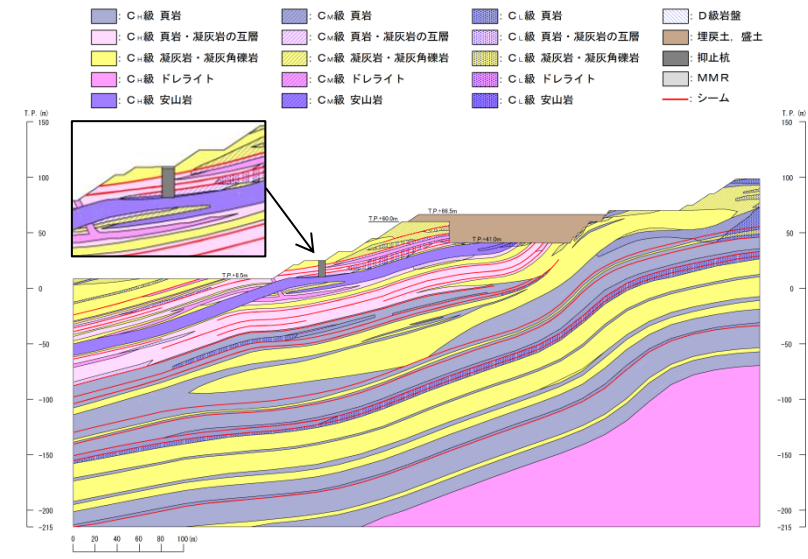
設定概要図 (例：区間 I)

第 7. 4. 3-1 図 抑止杭の解析用物性値の設定概要図

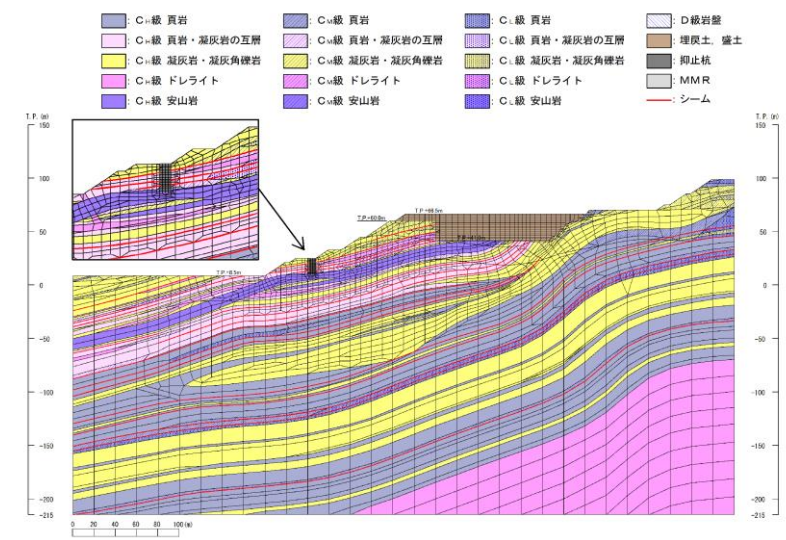
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																																																	
		<p>抑止杭及び岩盤の物性値を第7.4.3-2表に、算定に用いた抑止杭及び岩盤の断面積比を第7.4.3-3表に、合成した抑止杭の単位奥行当たりの解析用物性値を第7.4.3-4表に示す。</p> <p style="text-align: center;">第7.4.3-2表 抑止杭及び岩盤の物性値</p> <table border="1" data-bbox="1745 531 2487 764"> <thead> <tr> <th>材料</th> <th>単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)</th> <th>静弾性係数E (×10<sup>9</sup> N/mm<sup>2</sup>)</th> <th>動せん断弾性係数G (×10<sup>9</sup> N/mm<sup>2</sup>)</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<sup>※1</sup></td> <td>25.00<sup>※1</sup></td> <td>10.42<sup>※2</sup></td> <td>0.20<sup>※1</sup></td> <td>5<sup>※1</sup></td> </tr> <tr> <td>H鋼</td> <td>77.0<sup>※1</sup></td> <td>200.00<sup>※4</sup></td> <td>77.00<sup>※4</sup></td> <td>0.30<sup>※4</sup></td> <td>2<sup>※3</sup></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">岩盤</td> <td>①-①'</td> <td rowspan="2">25.1<sup>※5</sup></td> <td rowspan="2">3.74<sup>※5</sup></td> <td>6.55<sup>※5</sup></td> <td rowspan="2">0.19<sup>※5</sup></td> <td rowspan="2">3<sup>※3</sup></td> </tr> <tr> <td>②-②'</td> <td>2.07<sup>※5</sup></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：JEAG4601-1987に基づき設定。 ※4：道路橋示方書・同解説 1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'：C<sub>H</sub>級頁岩・凝灰岩の互層，第③速度層 ②-②'：C<sub>H</sub>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="1754 1003 2487 1224"> <thead> <tr> <th rowspan="2">材料</th> <th colspan="2">断面積 (m<sup>2</sup>)</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>岩盤</td> <td>100.75</td> <td>68.96</td> <td>0.78</td> <td>0.71</td> </tr> <tr> <td>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="1754 1283 2487 1486"> <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/m<sup>3</sup>)</th> <th>静弾性係数 (×10<sup>9</sup> N/mm<sup>2</sup>)</th> <th>動せん断弾性係数 (×10<sup>9</sup> N/mm<sup>2</sup>)</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>	材料	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	静弾性係数E (×10 <sup>9</sup> N/mm <sup>2</sup> )	動せん断弾性係数G (×10 <sup>9</sup> N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	減衰定数 (%)	抑止杭	鉄筋コンクリート	24.5 <sup>※1</sup>	25.00 <sup>※1</sup>	10.42 <sup>※2</sup>	0.20 <sup>※1</sup>	5 <sup>※1</sup>	H鋼	77.0 <sup>※1</sup>	200.00 <sup>※4</sup>	77.00 <sup>※4</sup>	0.30 <sup>※4</sup>	2 <sup>※3</sup>	岩盤	①-①'	25.1 <sup>※5</sup>	3.74 <sup>※5</sup>	6.55 <sup>※5</sup>	0.19 <sup>※5</sup>	3 <sup>※3</sup>	②-②'	2.07 <sup>※5</sup>	材料	断面積 (m <sup>2</sup> )		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 <sup>3</sup> )	静弾性係数 (×10 <sup>9</sup> N/mm <sup>2</sup> )	動せん断弾性係数 (×10 <sup>9</sup> N/mm <sup>2</sup> )	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 <sup>3</sup> )	静弾性係数E (×10 <sup>9</sup> N/mm <sup>2</sup> )	動せん断弾性係数G (×10 <sup>9</sup> N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	減衰定数 (%)																																																																															
抑止杭	鉄筋コンクリート	24.5 <sup>※1</sup>	25.00 <sup>※1</sup>	10.42 <sup>※2</sup>	0.20 <sup>※1</sup>	5 <sup>※1</sup>																																																																														
	H鋼	77.0 <sup>※1</sup>	200.00 <sup>※4</sup>	77.00 <sup>※4</sup>	0.30 <sup>※4</sup>	2 <sup>※3</sup>																																																																														
岩盤	①-①'	25.1 <sup>※5</sup>	3.74 <sup>※5</sup>	6.55 <sup>※5</sup>	0.19 <sup>※5</sup>	3 <sup>※3</sup>																																																																														
	②-②'			2.07 <sup>※5</sup>																																																																																
材料	断面積 (m <sup>2</sup> )		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 <sup>3</sup> )	静弾性係数 (×10 <sup>9</sup> N/mm <sup>2</sup> )	動せん断弾性係数 (×10 <sup>9</sup> N/mm <sup>2</sup> )	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>(5) 地震応答解析手法</p> <p>解析手法は6.2.2章と同じものを用いる。</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求める。</p> <p>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"> <li>ステップ1：地盤の自重計算により初期応力を求める。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul> <div data-bbox="1774 989 2487 1436" data-label="Figure"> <table border="1"> <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>初期の地盤の自重を考慮する断面図。T.P. (m) 0.0, 50.0。横軸 0, 20, 40, 60, 80, 100m。</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>敷地造成工事に伴う切取を考慮する断面図。T.P. (m) 0.0, 50.0。横軸 0, 20, 40, 60, 80, 100m。切取高さ T.P.+4.5m, T.P.+33.0m, T.P.+40.0m。</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>埋戻土及び抑止杭の荷重を考慮する断面図。T.P. (m) 0.0, 50.0。横軸 0, 20, 40, 60, 80, 100m。切取高さ T.P.+4.5m, T.P.+33.0m, T.P.+48.5m。抑止杭位置 T.P.+4.5m。</td> </tr> </tbody> </table> </div> <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>	ステップ	断面図	ステップ1 初期の地盤の自重を考慮	初期の地盤の自重を考慮する断面図。T.P. (m) 0.0, 50.0。横軸 0, 20, 40, 60, 80, 100m。	ステップ2 敷地造成工事に伴う切取を考慮	敷地造成工事に伴う切取を考慮する断面図。T.P. (m) 0.0, 50.0。横軸 0, 20, 40, 60, 80, 100m。切取高さ T.P.+4.5m, T.P.+33.0m, T.P.+40.0m。	ステップ3 埋戻土及び抑止杭の荷重を考慮	埋戻土及び抑止杭の荷重を考慮する断面図。T.P. (m) 0.0, 50.0。横軸 0, 20, 40, 60, 80, 100m。切取高さ T.P.+4.5m, T.P.+33.0m, T.P.+48.5m。抑止杭位置 T.P.+4.5m。	
ステップ	断面図										
ステップ1 初期の地盤の自重を考慮	初期の地盤の自重を考慮する断面図。T.P. (m) 0.0, 50.0。横軸 0, 20, 40, 60, 80, 100m。										
ステップ2 敷地造成工事に伴う切取を考慮	敷地造成工事に伴う切取を考慮する断面図。T.P. (m) 0.0, 50.0。横軸 0, 20, 40, 60, 80, 100m。切取高さ T.P.+4.5m, T.P.+33.0m, T.P.+40.0m。										
ステップ3 埋戻土及び抑止杭の荷重を考慮	埋戻土及び抑止杭の荷重を考慮する断面図。T.P. (m) 0.0, 50.0。横軸 0, 20, 40, 60, 80, 100m。切取高さ T.P.+4.5m, T.P.+33.0m, T.P.+48.5m。抑止杭位置 T.P.+4.5m。										

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>【解析領域】</b> 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><b>【境界条件】</b> 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><b>【地盤のモデル化】</b> 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>【抑止杭のモデル化】</b> 平面ひずみ要素でモデル化する。</p> <p><b>【地下水位の設定】</b> 保守的に地表面に設定する。</p> <p><b>【減衰特性】</b> JEAG4601-2015に基づき、岩盤の減衰を3%に設定する。抑止杭の減衰は、コンクリート標準示方書〔構造的能照査編〕（土木学会，2002年）に基づき、5%に設定する。</p>	

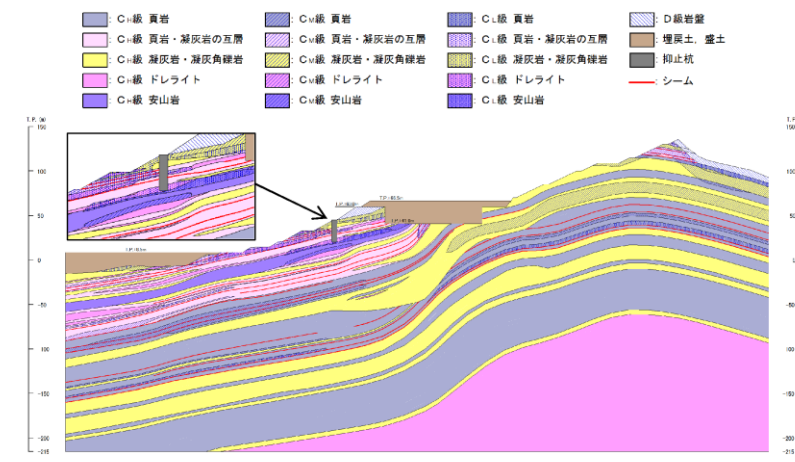


第 7. 4. 3-3(1) 図 ①-①' 断面 解析用岩盤分類図

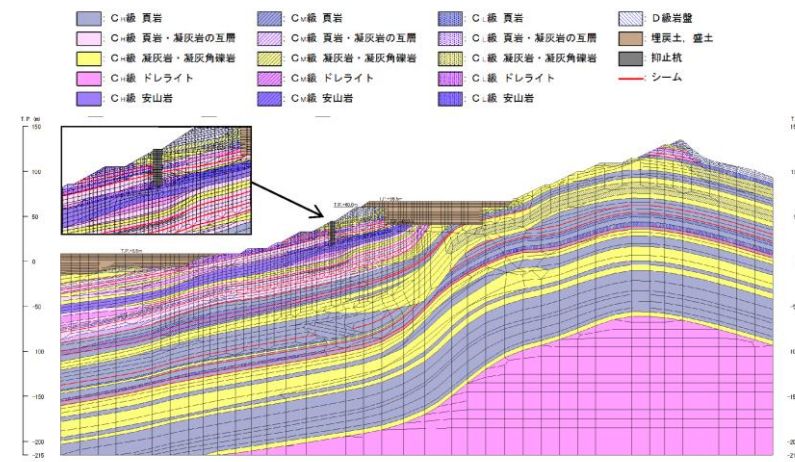


第 7. 4. 3-3(2) 図 ①-①' 断面 解析用要素分割図





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

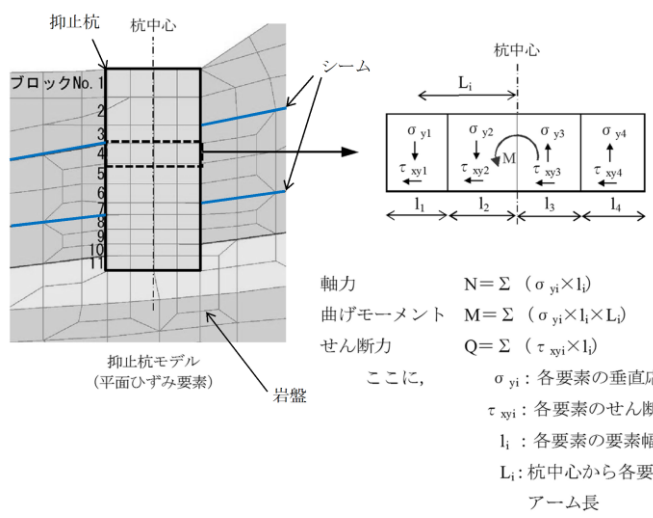
常時作用している荷重として、自重及び積載荷重を考慮する。

・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」において規定する設計基準風速に伴う荷重を考慮する。

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>・積雪荷重</p> <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><b>【荷重の組合せ】</b></p> <p>荷重の組合せの設定に当たっては、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> <p>・常時荷重+地震荷重</p> <p>(8) 許容限界</p> <p><b>【断面力の算定】</b></p> <p>抑止杭に発生する断面力は、地震時応答解析から求ま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 <math>N = \sum (\sigma_{yi} \times l_i)</math>  曲げモーメント <math>M = \sum (\sigma_{yi} \times l_i \times L_i)</math>  せん断力 <math>Q = \sum (\tau_{xyi} \times l_i)</math></p> <p>ここに、  <math>\sigma_{yi}</math>: 各要素の垂直応力  <math>\tau_{xyi}</math>: 各要素のせん断応力  <math>l_i</math>: 各要素の要素幅  <math>L_i</math>: 杭中心から各要素中心までのアーム長</p> <p>第 7. 4. 3-5 図 断面力算定の概念図</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>【照査方法】</b></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><b>【抑止杭に作用するせん断力の算定】</b></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><b>【曲げ応力度の算定】</b></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> <math>\sigma_c</math> : 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  <math>\phi</math> : 中立軸の位置を示す中心角  <math>\alpha</math> : 軸方向鉄筋中心までの半径<math>r_s</math>/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> <math>\sigma_s</math> : 鉄筋の引張応力度 </p>	

【抑止杭に期待する効果等】

島根原子力発電所の抑止杭に期待する効果及び効果を発揮するためのメカニズムを第7.4.3-5表に示す。

第7.4.3-5表 抑止杭に期待する効果等

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)	

【許容値の設定】

- ・抑止杭の許容せん断抵抗力

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。

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

$S_a$ : 杭材の許容せん断力 (N/mm<sup>2</sup>)

$\gamma_p$ : 杭材の許容せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>),  $A_p$ : 杭材の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$\gamma_H$ : せん断補強材の許容せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>),  $A_H$ : せん断補強材の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$\alpha$ : 最大応力度/平均応力度

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。

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。

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

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>を考慮して算定を行う。</p> <p>抑止杭の許容せん断抵抗力<math>R_K</math>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><math>R_K</math> : 抑止杭の単位奥行き当たりの許容せん断抵抗力</p> <p><math>n</math> : 杭本数（区間 I : 7 本, 区間 II : 3 本）</p> <p><math>S_K</math> : 杭 1 本の許容せん断抵抗力</p> <p><math>S_G</math> : 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><math>\theta</math> : すべり面角度（保守的に<math>\cos 0^\circ = 1</math>とする）</p> <p><math>L</math> : 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>	

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. 3-6 表 抑止杭 1 本当たりの許容せん断抵抗力 <math>S_k</math></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">材料</th> <th rowspan="2">許容せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)</th> <th colspan="2">断面積 A (mm<sup>2</sup>)</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<sup>*1</sup></td> <td>2.51×10<sup>7</sup></td> <td>2.56×10<sup>7</sup></td> <td>14,256<sup>*4</sup></td> <td>14,526<sup>*4</sup></td> </tr> <tr> <td>帯鉄筋</td> <td>323<sup>*2</sup></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">1.14 × 10<sup>3</sup></td> <td>16,585<sup>*5</sup></td> <td>16,585<sup>*5</sup></td> </tr> <tr> <td>H鋼</td> <td>150<sup>*3</sup></td> <td>2.167×10<sup>6</sup> (41 本)</td> <td>1.692×10<sup>6</sup> (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 style="border: 2px solid blue;">355,930</td> <td style="border: 2px solid blue;">284,839</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; font-size: small;">抑止杭 1 本当たりの許容せん断抵抗力 <math>S_k</math></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（<math>f_c = 24\text{N/mm}^2</math>）の許容せん断応力度：0.45 N/mm<sup>2</sup>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<sup>2</sup>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<sup>2</sup>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。  <math>S_c = \tau_{ca} \times 0.6 \times 1.06 \times A</math>  ここで，<math>S_c</math>：コンクリートの許容せん断抵抗力，<math>\tau_{ca}</math>：コンクリートの許容せん断応力度，<math>A</math>：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。  <math>S_s = A_s \times \sigma_{sa} \times d (\sin 90^\circ + \cos 90^\circ) / (1.15 \times s)</math>  ここで，<math>S_s</math>：帯鉄筋の許容せん断抵抗力，<math>\sigma_{sa}</math>：帯鉄筋の許容引張応力度，<math>A_s</math>：鉄筋の断面積，<math>d</math>：部材断面の有効高（=5,180mm），<math>s</math>：帯鉄筋の部材軸方向の間隔（=200mm）</p> <p style="text-align: center;">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 <math>R_k</math></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>断面</th> <th>1 本当たりの許容せん断抵抗力 <math>S_k</math> (kN)</th> <th>杭本数 <math>n</math> (本)</th> <th>斜面の奥行方向幅 <math>L</math> (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 style="text-align: center;">・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 style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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>	材料	許容せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	断面積 A (mm <sup>2</sup> )		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 <sup>*1</sup>	2.51×10 <sup>7</sup>	2.56×10 <sup>7</sup>	14,256 <sup>*4</sup>	14,526 <sup>*4</sup>	帯鉄筋	323 <sup>*2</sup>	1.14 × 10 <sup>3</sup>		16,585 <sup>*5</sup>	16,585 <sup>*5</sup>	H鋼	150 <sup>*3</sup>	2.167×10 <sup>6</sup> (41 本)	1.692×10 <sup>6</sup> (32 本)	325,089	253,728	抑止杭 (合計)				355,930	284,839	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	
材料	許容せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	断面積 A (mm <sup>2</sup> )			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 <sup>*1</sup>	2.51×10 <sup>7</sup>	2.56×10 <sup>7</sup>	14,256 <sup>*4</sup>	14,526 <sup>*4</sup>																																															
帯鉄筋	323 <sup>*2</sup>	1.14 × 10 <sup>3</sup>		16,585 <sup>*5</sup>	16,585 <sup>*5</sup>																																															
H鋼	150 <sup>*3</sup>	2.167×10 <sup>6</sup> (41 本)	1.692×10 <sup>6</sup> (32 本)	325,089	253,728																																															
抑止杭 (合計)				355,930	284,839																																															
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																																																



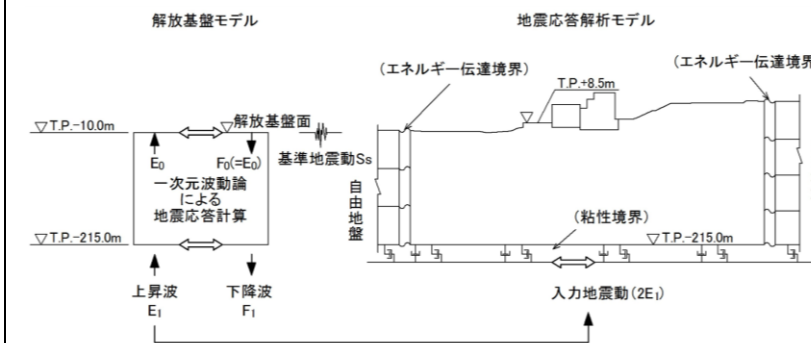
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考						
		<p data-bbox="1736 212 2510 289">第 7. 4. 3-8 表 コンクリートの許容曲げ圧縮応力度・鉄筋の許容引張応力度</p> <table border="1" data-bbox="1754 317 2359 478"> <thead> <tr> <th data-bbox="1762 323 2193 380">項目</th> <th data-bbox="2193 323 2350 380">許容値 (N/mm<sup>2</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1762 380 2193 422">コンクリートの許容曲げ圧縮応力度<sup>※1</sup></td> <td data-bbox="2193 380 2350 422">18</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1762 422 2193 478">軸方向鉄筋の許容引張応力度<sup>※2</sup></td> <td data-bbox="2193 422 2350 478">323</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="1762 499 2493 573">※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 (<math>f_c=24\text{N/mm}^2</math>) の許容曲げ圧縮応力度: <math>9\text{ N/mm}^2</math> 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 data-bbox="1762 594 2493 667">※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: <math>196\text{ N/mm}^2</math> 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>	項目	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )	コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 <sup>※1</sup>	18	軸方向鉄筋の許容引張応力度 <sup>※2</sup>	323	
項目	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )								
コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 <sup>※1</sup>	18								
軸方向鉄筋の許容引張応力度 <sup>※2</sup>	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> <pre> graph TD     A[解析モデルの作成] --&gt; B[静的解析]     A --&gt; C[入力地震動の作成]     B --&gt; D[常時応力の算定]     C --&gt; E[地震応答解析 (動的解析)]     E --&gt; F[地震時増分応力の算定]     D --&gt; G[応力の重ね合わせ(地震時の応力)]     F --&gt; G     G --&gt; H[構造部材の応答値の算定]     H --&gt; I{応答値が 許容限界を下回る}     I -- No --&gt; J[詳細検討※]     I -- Yes --&gt; K[評価終了]     </pre> <p>※ 検討内容に応じて、必要なプロセスへ戻る</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</p> <p>入力地震動は、解放基盤面で定義される基準地震動 <math>S_s</math> 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。</p> <p>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。</p> <p>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 <math>S_s</math>-F1 及び <math>S_s</math>-F2 については、応答スペクトル手法による基準地震動 <math>S_s</math>-D に包絡されるため、検討対象外とする。</p> <p>第 7. 4. 3-9 表に入力地震動の一覧を示す。</p> <p>入力地震動策定の概念図を第 7. 4. 3-7 図に、基準地震動 <math>S_s</math> 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。</p> <p>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>	

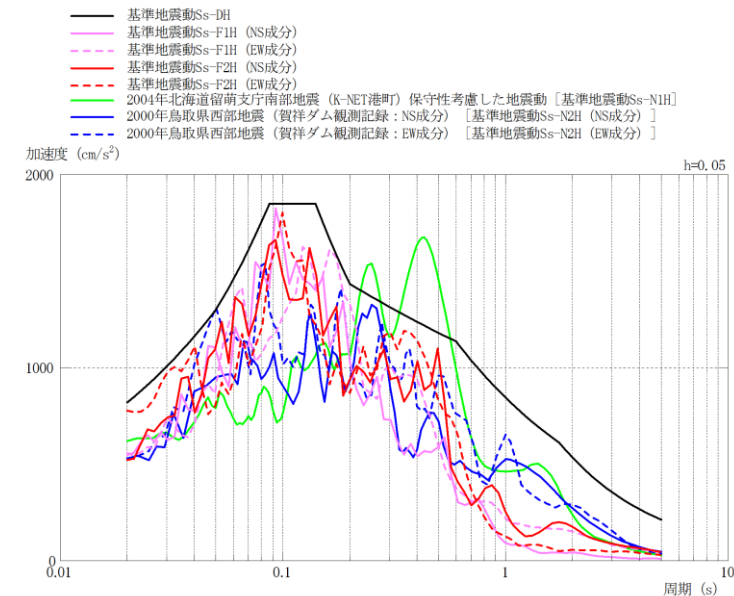
第 7. 4. 3-9 表 入力地震動の一覧

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 (尖道断層)	-	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 (尖道断層)	-	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。

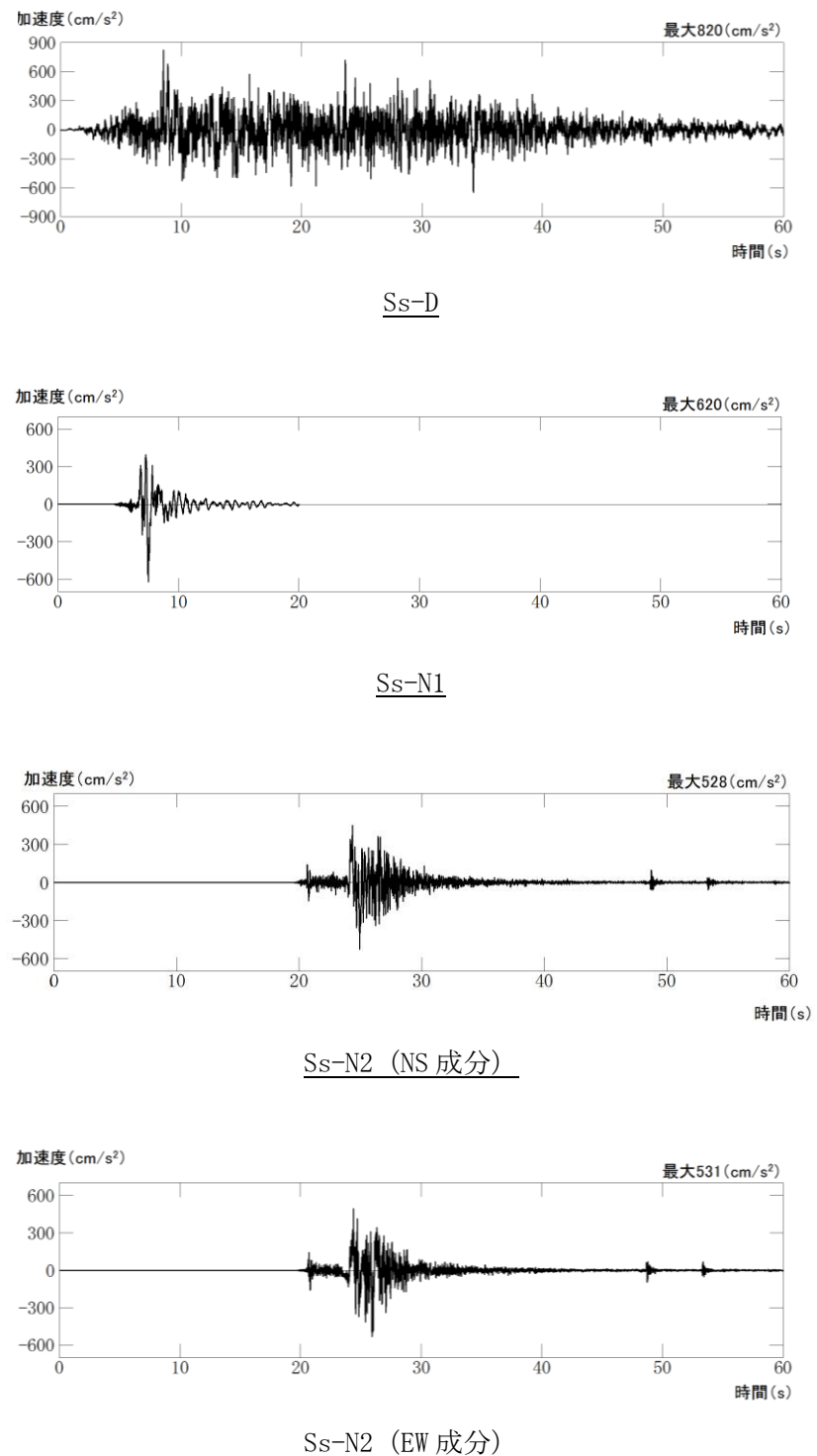
\* 基準地震動の(+, +)は位相反転なし、(-, +)は水平反転、(+, -)は鉛直反転、(-, -)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

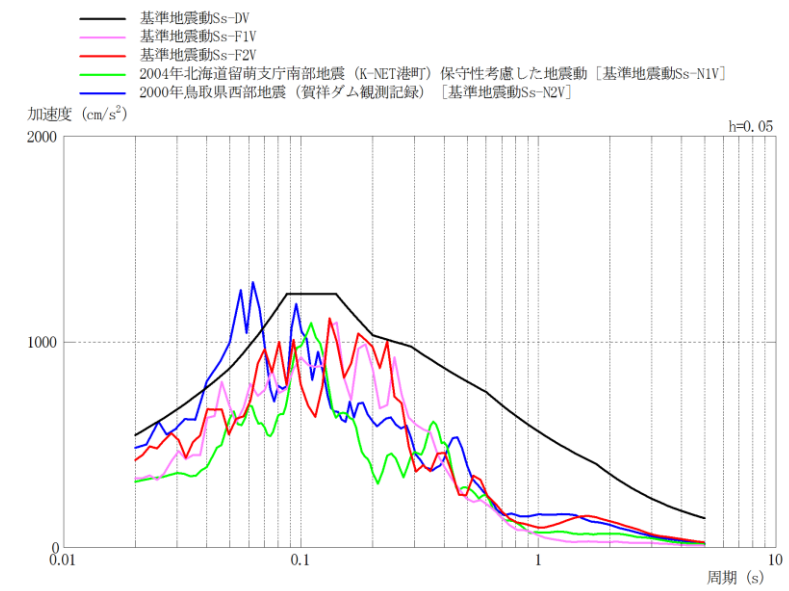


第 7. 4. 3-7 図 入力地震動策定の概念図

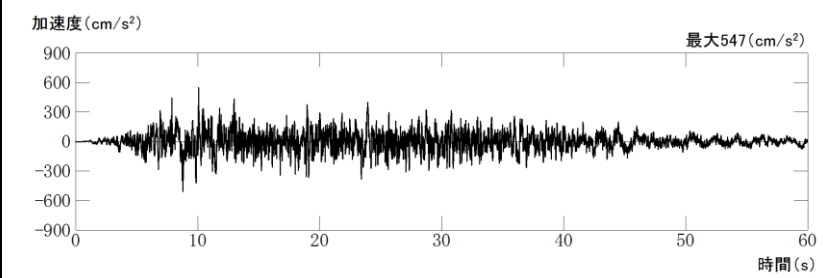


第 7. 4. 3-8 図 基準地震動 S s の加速度応答スペクトル (水平方向)

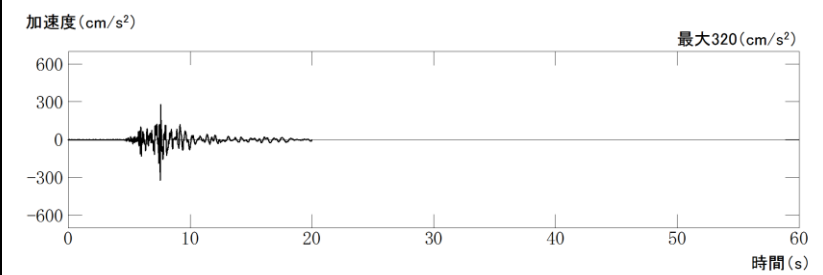
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p>第 7. 4. 3-9 図 基準地震動 S s の加速度時刻歴波形 (水平方向)</p>	



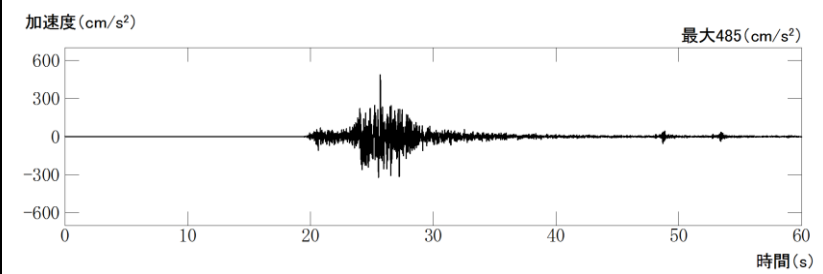
第 7. 4. 3-10 図 基準地震動 S s の加速度応答スペクトル (鉛直方向)



Ss-D



Ss-N1



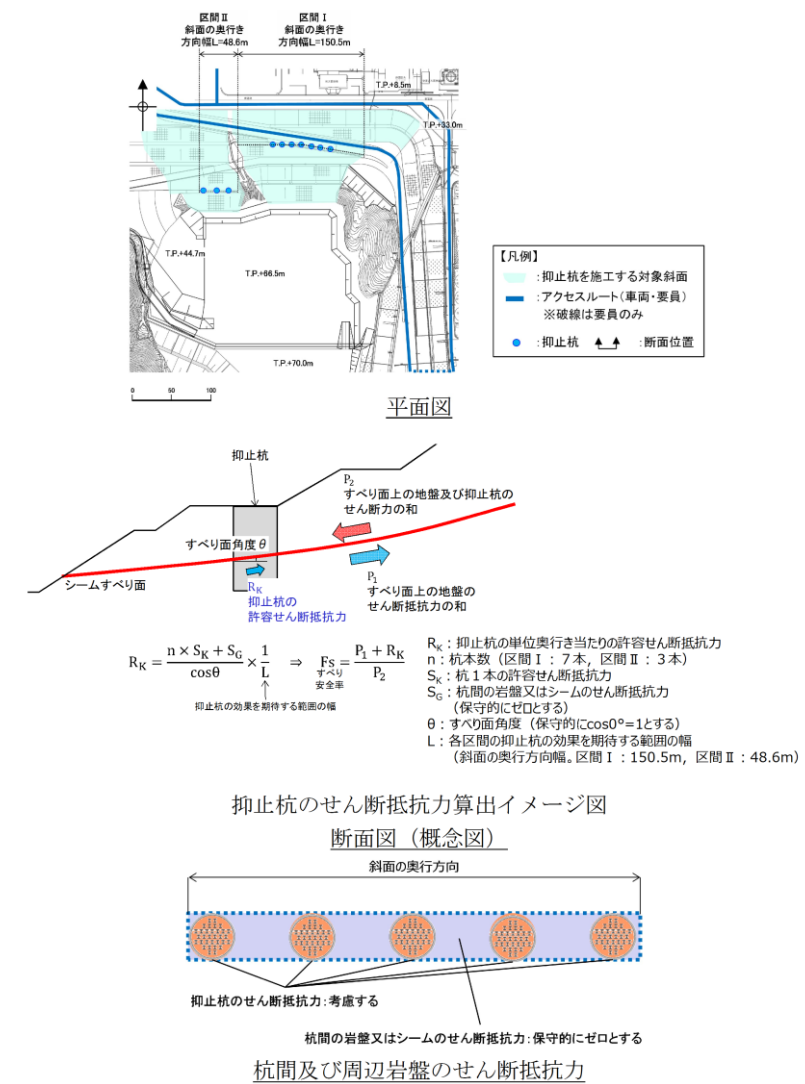
Ss-N2

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="1745 573 2496 730"> <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/mm<sup>2</sup>)</th> <th>許容値 (N/mm<sup>2</sup>)</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="1745 793 2496 951"> <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/mm<sup>2</sup>)</th> <th>許容値 (N/mm<sup>2</sup>)</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="1745 1014 2451 1171"> <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 <sup>2</sup> )	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )	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 <sup>2</sup> )	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )	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 <sup>2</sup> )	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )	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 <sup>2</sup> )	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )	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</p> <p>抑止杭を設置した斜面について、基準地震動 <math>S_s</math> によるすべり安定性評価を実施する。</p> <p>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。</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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。</p> <p>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制杭のせん断抵抗力算出概要図

抑制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、抑制杭（鉄筋コンクリート+H鋼）のせん断抵抗力を見込む。

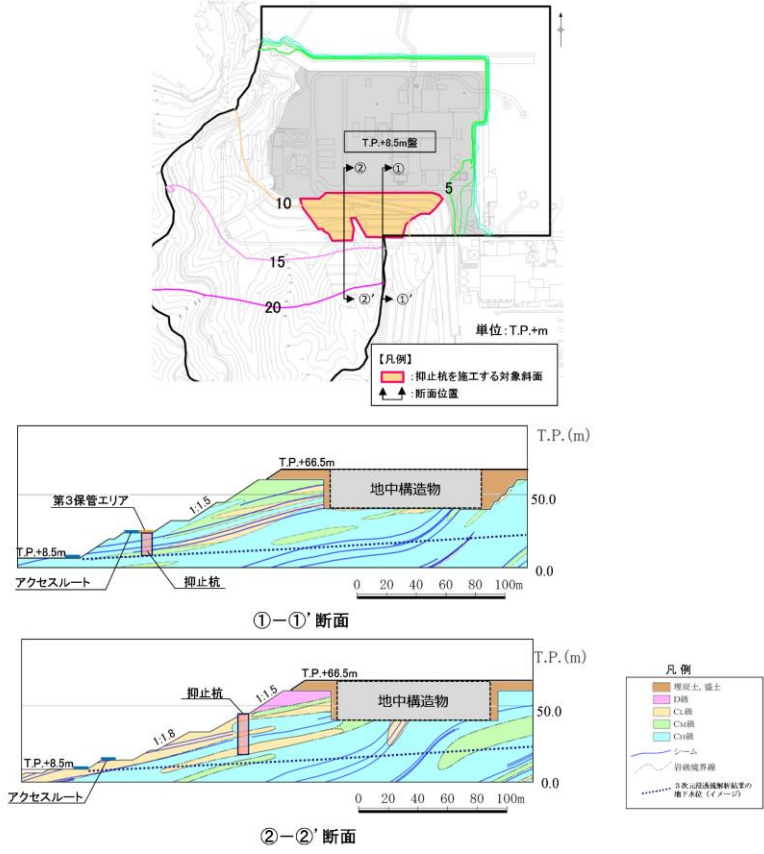
$$F_S = \frac{P_1 + R_K}{P_2}$$

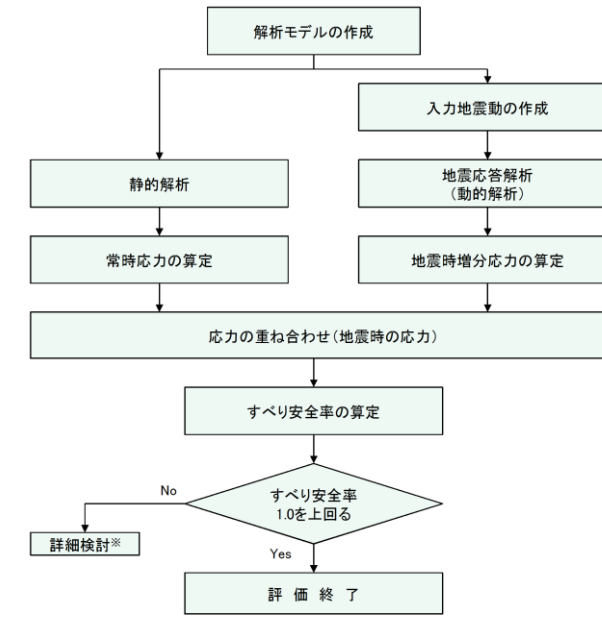
ここで、

- $P_1$  : 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，抑制杭）のせん断力の和
- $R_K$  : 抑制杭の許容せん断抵抗力

抑制杭の単位奥行き当たりの許容せん断抵抗力 $R_K$ は、照査

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>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"> <li>R<sub>K</sub> : 抑止杭の単位奥行き当たりの許容せん断抵抗力</li> <li>n : 杭本数 (区間 I : 7 本, 区間 II : 3 本)</li> <li>S<sub>K</sub> : 杭 1 本の許容せん断抵抗力</li> <li>S<sub>G</sub> : 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)</li> <li>θ : すべり面角度</li> <li>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)</li> </ul> <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>	

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. 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</p> <p>(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。</p>	



※ 検討内容に応じて、必要なプロセスへ戻る

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。

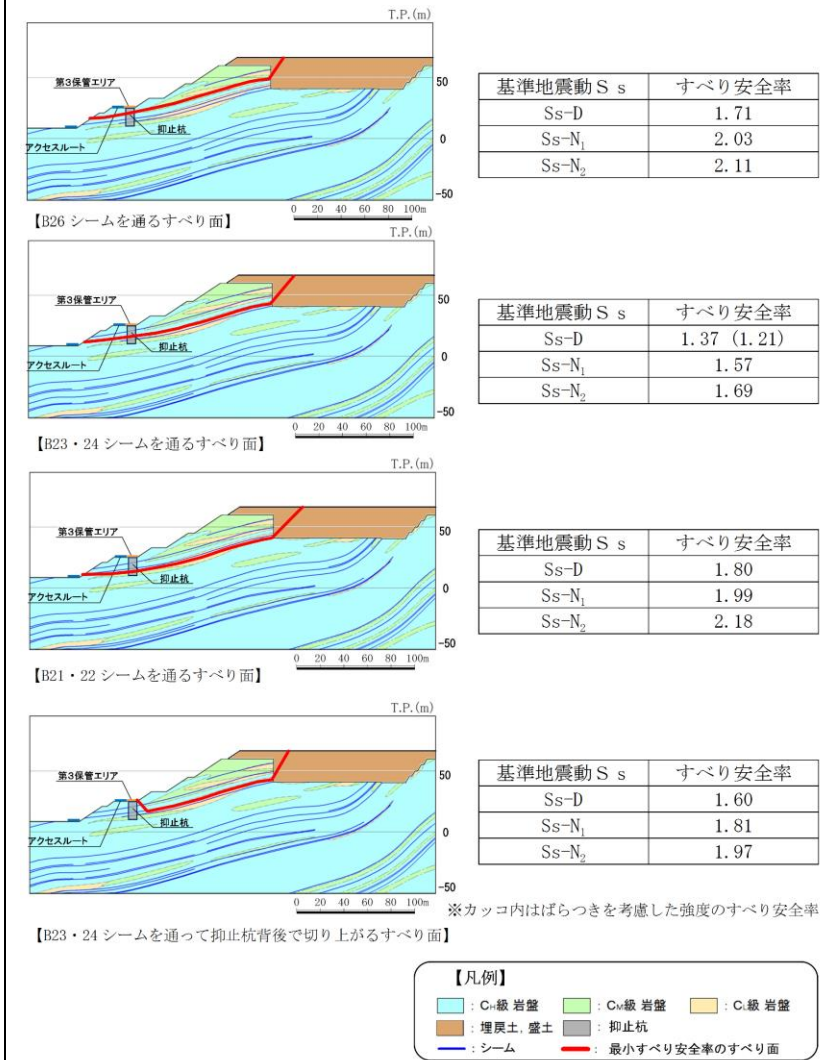
(9) 評価結果

【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 × 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。



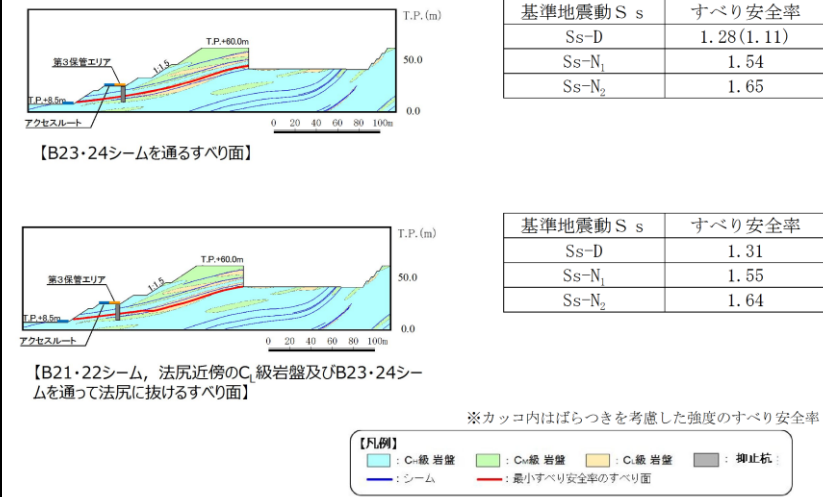


第 7.4.4-4 図 ①-①' 断面の評価結果 (構造物等がある場合)

【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。詳細設計段階においては、基本設計の妥当性に係る種々の検討を行うとともに、検討に際しては余裕を持った設計となるよう留意する。

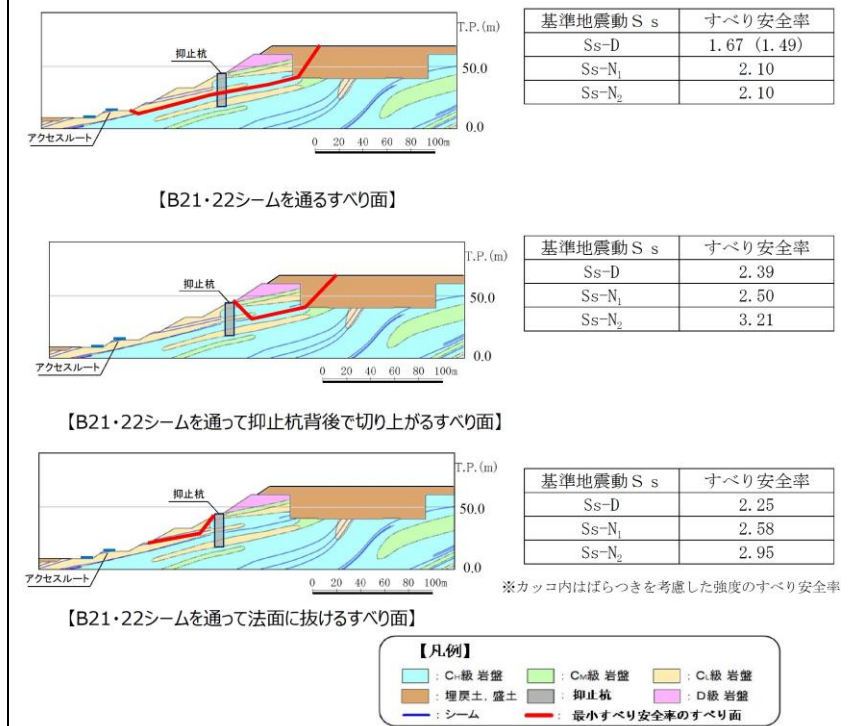


第 7. 4. 4-5 図 ①-①' 断面の評価結果 (構造物等がない場合)

**【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。

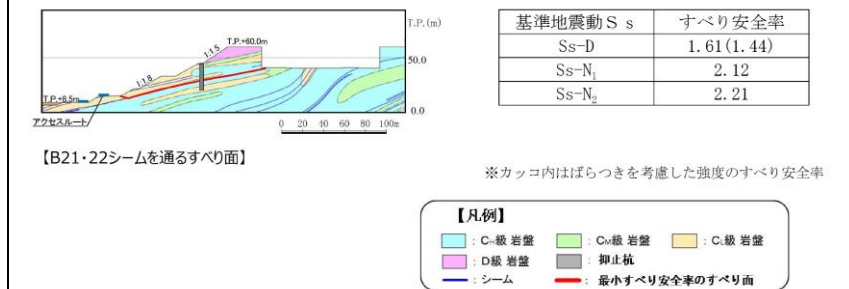


第 7. 4. 4-6 図 ②-②' 断面の評価結果 (構造物等がある場合)

**【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。

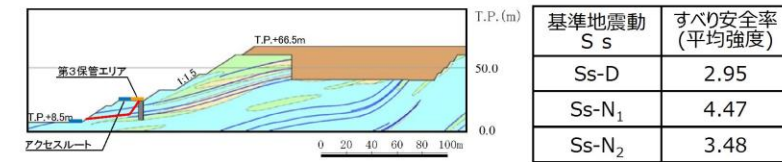


第 7. 4. 4-7 図 ②-②' 断面の評価結果 (構造物等がない場合)

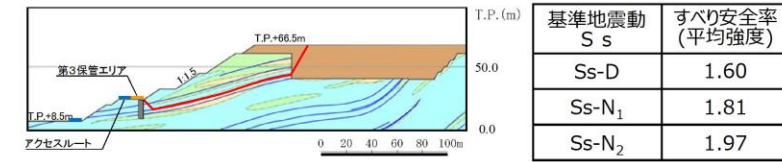
(10) 杭の断面配置の妥当性確認結果

①-①' 断面及び②-②' 断面において, 抑止杭をモデ

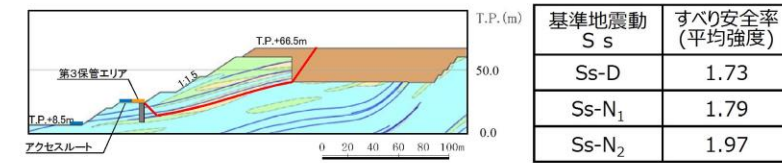
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>ル化し、杭より下流の移動層のすべり及び受働破壊を想定したすべりを設定して動的解析を実施した結果、すべり安全率 1.0 を上回ることを確認したことから、杭の断面配置が妥当であることを確認した。(第 7. 4. 4-8 図参照)</p> <p>詳細設計段階において、杭より下流の移動層のすべりについて、以下の検討を行い、評価基準値を下回る場合は、杭を追加配置する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>	



【B23・24シームを通る杭より下流の移動層のすべり面】

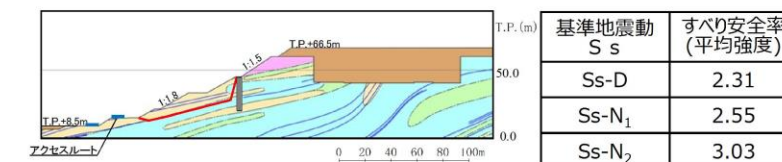


【B23・24シームを通る受働破壊を想定したすべり面】

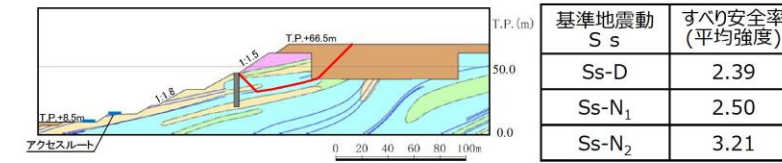


【B21・22シームを通る受働破壊を想定したすべり面】

①-①' 断面



【B21・22シームを通る杭より下流の移動層すべり面】



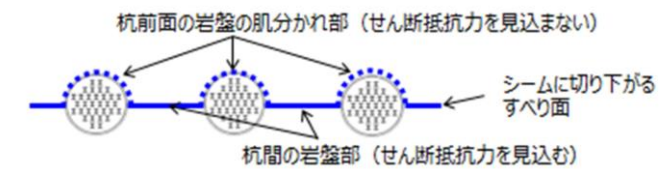
【B21・22シームを通る受働破壊を想定したすべり面】

【凡例】

- C<sub>1</sub>級 岩盤
- C<sub>2</sub>級 岩盤
- C<sub>3</sub>級 岩盤
- 埋戻土、盛土
- 抑止杭
- D級 岩盤
- シーム
- 最小すべり安全率のすべり面

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

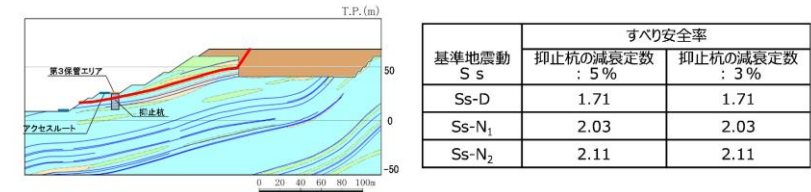
抑止杭周辺の地盤の局所安全係数分布図を第 7. 4. 4-10 図及び第 7. 4. 4-11 図に示す。不動層における抑止杭周辺の地

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>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。</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      ▨ : <math>1.00 \leq f_s &lt; 1.50</math>      ▨ : <math>1.50 \leq f_s &lt; 2.00</math>      □ : <math>2.00 \leq f_s</math> </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      ▨ : <math>1.00 \leq f_s &lt; 1.50</math>      ▨ : <math>1.50 \leq f_s &lt; 2.00</math>      □ : <math>2.00 \leq f_s</math> </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</p>	

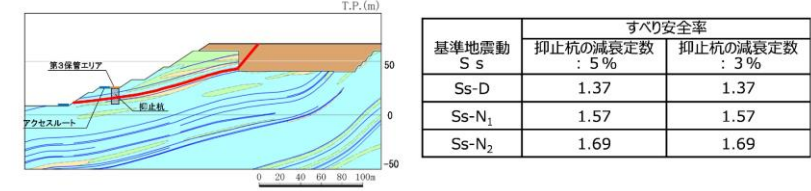


る。  
抑止杭の減衰定数を3%とした場合の①-①'断面における各すべり面の最小すべり安全率(平均強度)を下図に示す。

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。

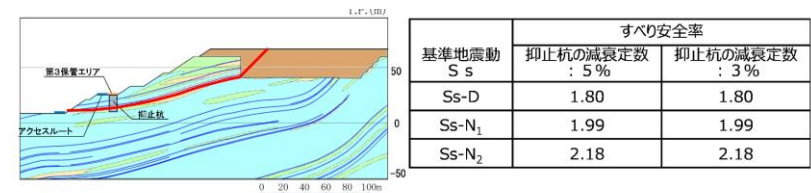


【B26シームを通るすべり面】

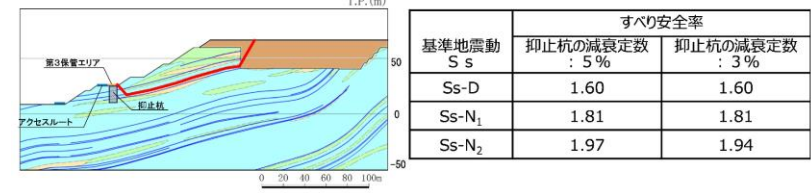


【B23・24シームを通るすべり面】

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

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>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。</p> <p>(2) 先行炉との比較</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <div data-bbox="1754 936 2502 1331"> <p>島根原子力発電所における抑止杭の概要図</p> </div> <div data-bbox="1754 1373 2502 1835"> <p>高浜発電所の背後斜面における抑止杭の概要図</p> </div> <p>※ 先行炉の信頼に係る記載内容については、会社資料等をもとに弊社責任において独自に解釈したものです。</p>	

第 7.4.5-1 図 構造図の比較

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																																																			
		<p>第7.4.5-1表 抑止杭の構造等に関する先行炉との比較</p> <table border="1" data-bbox="1754 310 2496 655"> <thead> <tr> <th rowspan="2">評価項目</th> <th rowspan="2">島根原子力発電所 抑止杭の構造等</th> <th colspan="2">先行炉の構造等*</th> <th rowspan="2">先行炉実績との類似点を踏まえた設計方針の適用性</th> <th rowspan="2">先行炉実績との相違点を踏まえた設計方針の反映事項</th> </tr> <tr> <th>関西電力高浜発電所 抑止杭</th> <th>島根原子力発電所と先行炉との比較 類似点 相違点</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">抑止杭の構造</td> <td>・岩盤内のシームすべりを抑止するため、岩盤内に設置する。</td> <td>・D級岩盤内のすべりを抑止するため、岩盤内に設置する。</td> <td>・抑止杭を岩盤内に設置。</td> <td>-</td> <td>・同様の設置状況である。</td> </tr> <tr> <td>・シームすべりに伴うせん断力に耐える構造とするため、深礎杭を採用する。</td> <td>・鋼管杭を採用する。</td> <td>-</td> <td>・抑止杭の構造の違い</td> <td>・深礎杭について、最新鋭面・土留め技術総覧（1991年8月）に基づいて設計する。 ・深礎杭の一般産業施設の施工事例等を確認する。</td> </tr> <tr> <td>・H鋼を複数本挿入し、せん断補強を行う。</td> <td>・H鋼を複数本挿入し、せん断補強を行う。</td> <td>・H鋼でせん断補強。</td> <td>・H鋼の挿入本数の違い</td> <td>・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。</td> <td>・H鋼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。</td> </tr> <tr> <td>設計方法</td> <td>・すべり安全率算定に用いる抑止杭のせん断抵抗力： （コンクリート）短期許容応力度（H鋼）短期許容応力度（鋼鉄筋）短期許容応力度</td> <td>・すべり安全率算定に用いる抑止杭のせん断抵抗力： （鋼管）短期許容応力度（H鋼）短期許容応力度</td> <td>・抑止杭のせん断抵抗力の設定は許容応力度法に基づく。</td> <td>-</td> <td>・同じ許容応力度法により、同様の基準類（コンクリート標準示方書【構造性能照査編】（2002年）及び道路橋示方書・同解説（平成14年3月））に基づいてせん断抵抗力を設定している。</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right; font-size: small;">※ 先行炉の構造に関する記載内容については、会社資料等をもとに責任において独自に解釈したものです。</p> <p>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</p> <table border="1" data-bbox="1754 835 2496 1075"> <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>最新鋭面・土留め技術総覧（1991年）【杭工】</td> <td>最新鋭面・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【構造性能照査編】（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 style="text-align: right; font-size: small;">※ 先行炉の構造に関する記載内容については、会社資料等をもとに責任において独自に解釈したものです。</p> <p>(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>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>また、各事例の概要を（a）～（d）に示す。</p>	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*		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方針の反映事項	関西電力高浜発電所 抑止杭	島根原子力発電所と先行炉との比較 類似点 相違点	抑止杭の構造	・岩盤内のシームすべりを抑止するため、岩盤内に設置する。	・D級岩盤内のすべりを抑止するため、岩盤内に設置する。	・抑止杭を岩盤内に設置。	-	・同様の設置状況である。	・シームすべりに伴うせん断力に耐える構造とするため、深礎杭を採用する。	・鋼管杭を採用する。	-	・抑止杭の構造の違い	・深礎杭について、最新鋭面・土留め技術総覧（1991年8月）に基づいて設計する。 ・深礎杭の一般産業施設の施工事例等を確認する。	・H鋼を複数本挿入し、せん断補強を行う。	・H鋼を複数本挿入し、せん断補強を行う。	・H鋼でせん断補強。	・H鋼の挿入本数の違い	・同様のせん断補強を行っているため、先行炉のH鋼によるせん断補強の設計方針が適用可能である。	・H鋼の挿入本数の違いがあるため、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。	設計方法	・すべり安全率算定に用いる抑止杭のせん断抵抗力： （コンクリート）短期許容応力度（H鋼）短期許容応力度（鋼鉄筋）短期許容応力度	・すべり安全率算定に用いる抑止杭のせん断抵抗力： （鋼管）短期許容応力度（H鋼）短期許容応力度	・抑止杭のせん断抵抗力の設定は許容応力度法に基づく。	-	・同じ許容応力度法により、同様の基準類（コンクリート標準示方書【構造性能照査編】（2002年）及び道路橋示方書・同解説（平成14年3月））に基づいてせん断抵抗力を設定している。	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	最新鋭面・土留め技術総覧（1991年）【杭工】	最新鋭面・土留め技術総覧（1991年）【杭工】	・深礎杭は杭工であるため、適用可能。	抑止杭のせん断抵抗力	H鋼	道路橋示方書 II 鋼橋編（2002年）【許容応力度】	・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【構造性能照査編】（2002年）【許容応力度】	・工認ガイド等に記載の基準類を参照し、許容応力度法により設計する。	鋼管	-	-	
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*			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方針の反映事項																																																
		関西電力高浜発電所 抑止杭	島根原子力発電所と先行炉との比較 類似点 相違点																																																			
抑止杭の構造	・岩盤内のシームすべりを抑止するため、岩盤内に設置する。	・D級岩盤内のすべりを抑止するため、岩盤内に設置する。	・抑止杭を岩盤内に設置。	-	・同様の設置状況である。																																																	
	・シームすべりに伴うせん断力に耐える構造とするため、深礎杭を採用する。	・鋼管杭を採用する。	-	・抑止杭の構造の違い	・深礎杭について、最新鋭面・土留め技術総覧（1991年8月）に基づいて設計する。 ・深礎杭の一般産業施設の施工事例等を確認する。																																																	
	・H鋼を複数本挿入し、せん断補強を行う。	・H鋼を複数本挿入し、せん断補強を行う。	・H鋼でせん断補強。	・H鋼の挿入本数の違い	・同様のせん断補強を行っているため、先行炉のH鋼によるせん断補強の設計方針が適用可能である。	・H鋼の挿入本数の違いがあるため、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。																																																
設計方法	・すべり安全率算定に用いる抑止杭のせん断抵抗力： （コンクリート）短期許容応力度（H鋼）短期許容応力度（鋼鉄筋）短期許容応力度	・すべり安全率算定に用いる抑止杭のせん断抵抗力： （鋼管）短期許容応力度（H鋼）短期許容応力度	・抑止杭のせん断抵抗力の設定は許容応力度法に基づく。	-	・同じ許容応力度法により、同様の基準類（コンクリート標準示方書【構造性能照査編】（2002年）及び道路橋示方書・同解説（平成14年3月））に基づいてせん断抵抗力を設定している。																																																	
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	最新鋭面・土留め技術総覧（1991年）【杭工】	最新鋭面・土留め技術総覧（1991年）【杭工】	・深礎杭は杭工であるため、適用可能。																																																			
抑止杭のせん断抵抗力	H鋼	道路橋示方書 II 鋼橋編（2002年）【許容応力度】	・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【構造性能照査編】（2002年）【許容応力度】	・工認ガイド等に記載の基準類を参照し、許容応力度法により設計する。																																																			
	鋼管	-	-																																																			

第 7. 4. 5-3 表 類似する一般産業施設の設計・施行例

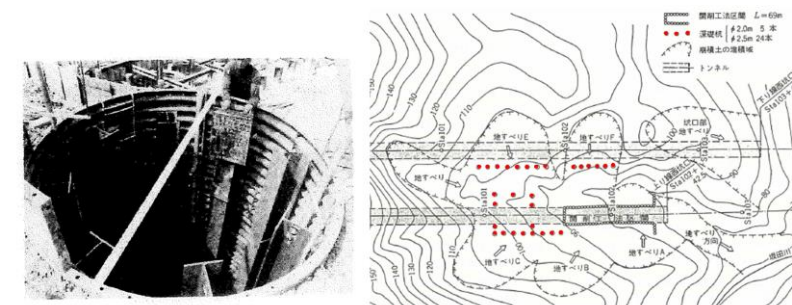
特徴	設計・施行例		概要頁
	施設・工事名称	施設の概要	
H鋼をせん断補強材として複数本挿入	北陸自動車道地蔵トンネル地すべり対策工事	-北陸自動車道地蔵トンネル西坑口付近に広く分布する地すべりの安定性を確保するため、径2.5mの深礎杭を7.5mの間隔で24本、径2.0mの深礎を6.0mの間隔で5本施工している。 -せん断抵抗材として深礎杭内にH鋼を環状に挿入している。	事例①
	地附山地すべり対策工事	-長野県地附山地すべりの安定性を確保するため、径5.1m、長さ33~61mの大口径鉄筋コンクリート杭を10m、15mの間隔で29本施工している。 -効率的な配筋とするため、主筋に51mmの太鉄筋を用い、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、推定すべり面層厚70m前後の尾根型岩盤すべり)の安定性を確保するため、径5.5m、長さ30~97mの深礎杭を16本施工している。 -軸方向鉄筋及び増設鉄筋を円周状に4重に配筋し、最大曲げモーメント発生位置付近に、D51のせん断補強筋を複数本挿入している。	事例③
	北神線建設工事及び有馬線谷上駅移設工事のうち谷上第1工区土木工事	-六甲山周辺地域にて地すべりの安定性を確保するため、径3.5m、長さ33~35mの深礎杭を17本施工している。 -主筋はD51を2段配筋としている。	事例④

※ 設計・施行例の信頼性に関する記載内容については、公開情報をもとに弊社において独自に解釈したものです。

(a) 事例① 北陸自動車道地蔵トンネル地すべり対策工事

北陸自動車道地蔵トンネル西坑口付近に広く分布する地すべりの安定性を確保するため、径2.5mの深礎杭を7.5mの間隔で24本、径2.0mの深礎を6.0mの間隔で5本施工している。

せん断抵抗材として深礎杭内にH鋼を環状に挿入している。



高松岡・内橋初瀬・宮崎兎：地すべり地帯の坑口施工 北陸自動車道地蔵トンネル、1979年

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

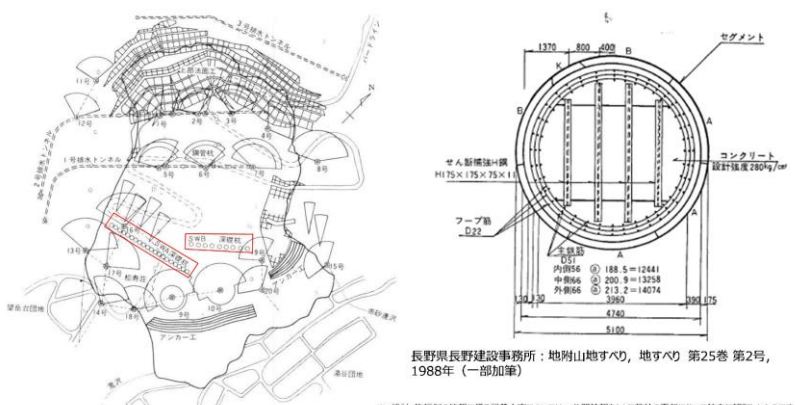
※ 設計・施行例の信頼性に関する記載内容については、公開情報をもとに弊社において独自に解釈したものです。

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

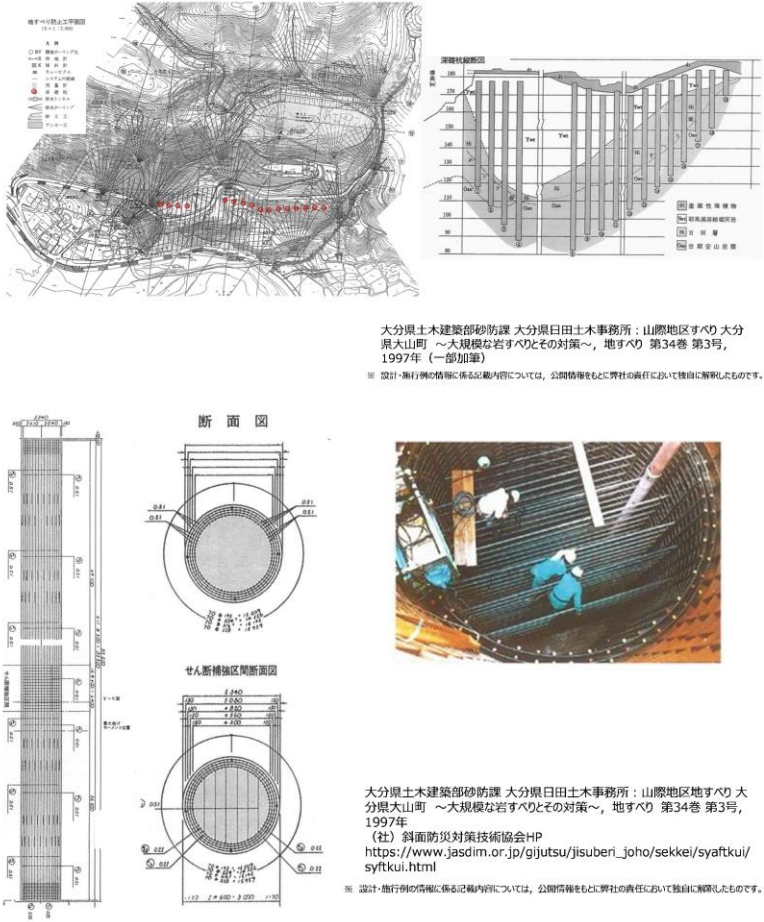
(b) 事例② 地附山地すべり対策工事

長野県地附山地すべり（幅約500m、奥行き約700m、推定すべり面層厚60m前後）の安定性を確保するため、径5.1m、長さ33~61mの大口径鉄筋コンクリート杭を10m、15mの間隔で29本施工している。

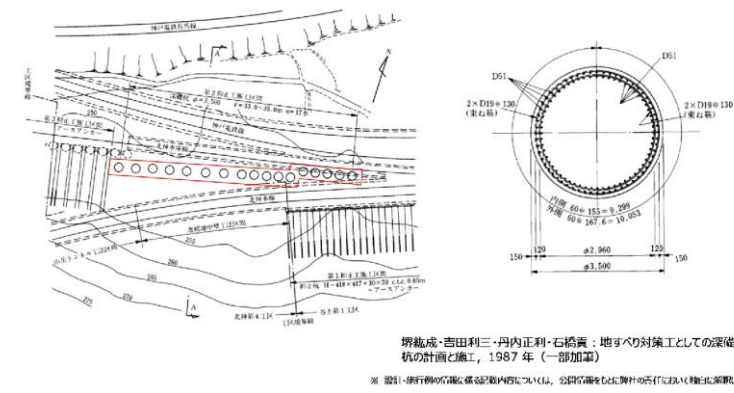
効率的な配筋とするため、主筋に51mmの太鉄筋を用い、せん断補強としてH鋼を複数本挿入している。

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>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  大分県山際地区地すべり（幅約450m、奥行き約300m、推定すべり面層厚70m前後の尾根型岩盤すべり）の安定性を確保するため、径5.5m、長さ30～97mの深礎杭を16本施工している。  軸方向鉄筋及び帯鉄筋を円周状に4重に配置し、最大曲げモーメント発生位置付近に、D51のせん断補強筋を複数本挿入している。</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="2107 514 2478 577">大分県土木建築部砂防課 大分県日田土木事務所：山際地区すべり 大分県大山町 ～大規模な岩すべりとその対策～、地すべり 第34巻 第3号、1997年（一部加筆）</p> <p data-bbox="2107 556 2478 577">※ 設計・施工の情に係る記載内容については、公開情報をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。</p> <p data-bbox="2107 945 2478 1039">大分県土木建築部砂防課 大分県日田土木事務所：山際地区すべり 大分県大山町 ～大規模な岩すべりとその対策～、地すべり 第34巻 第3号、1997年  (社) 斜面防災対策技術協会HP  <a href="https://www.jasdim.or.jp/gijutsu/jisuberi_joho/sekkei/syafukui/syftku.html">https://www.jasdim.or.jp/gijutsu/jisuberi_joho/sekkei/syafukui/syftku.html</a></p> <p data-bbox="2107 1039 2478 1060">※ 設計・施工の情に係る記載内容については、公開情報をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。</p> <p data-bbox="1795 1102 2448 1144">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="1751 1186 2507 1270">(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 1281 2507 1417">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>	

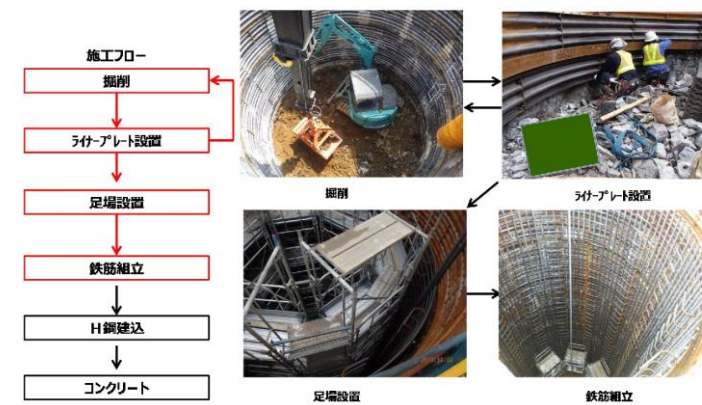




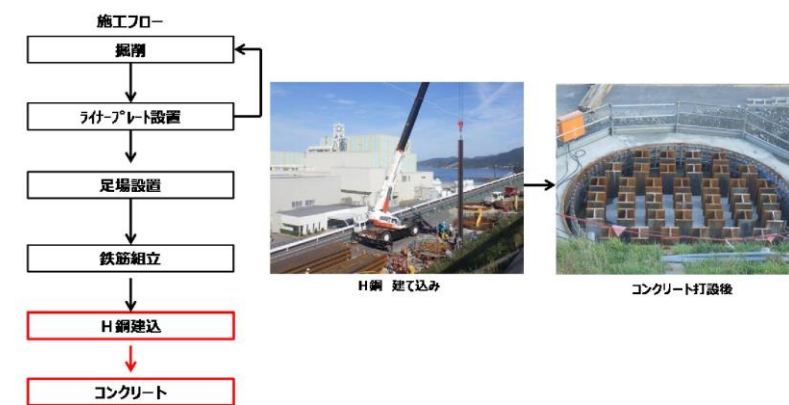
第 7. 4. 5-5 図 北神線建設工事及び有馬線谷上駅移設工事のうち谷上第 1 工区土木工事の施工事例

(4) 島根サイトの深礎杭の工事概要

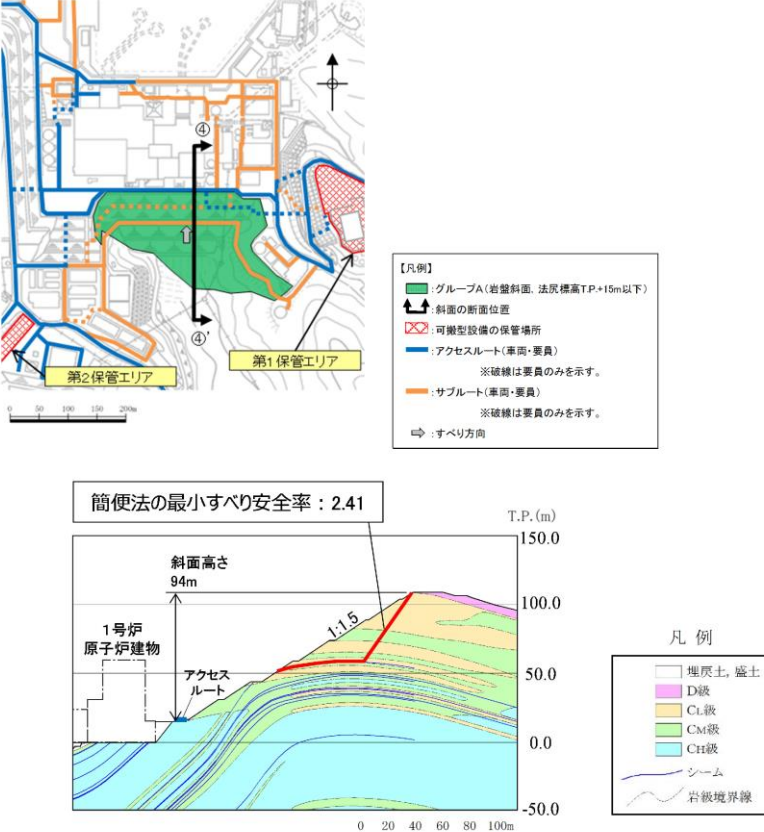
島根サイトの①-①' 断面及び②-②' 断面における深礎杭は、第 7. 4. 5-6 図及び第 7. 4. 5-7 図のフローで施工している。

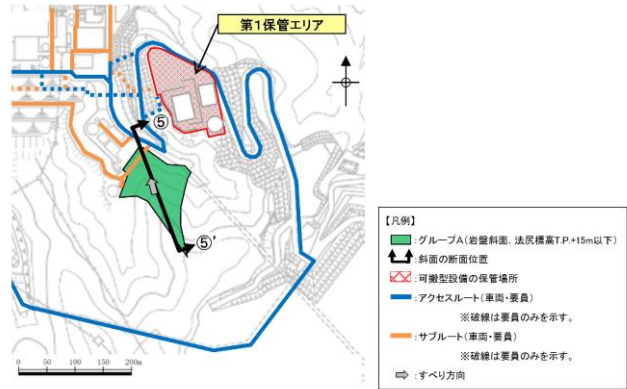
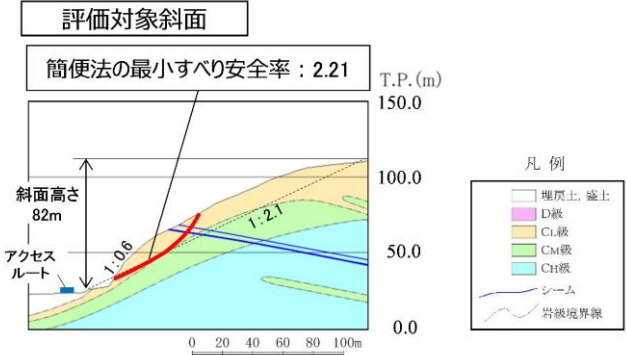


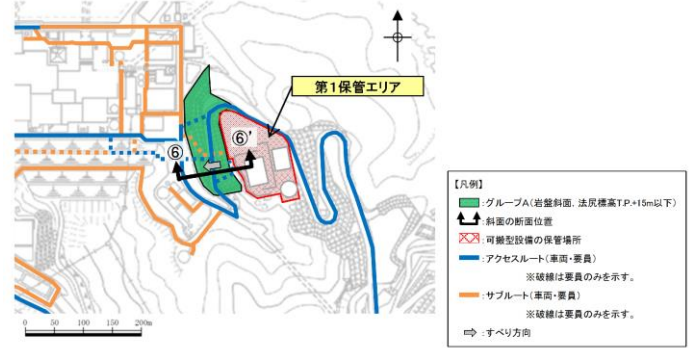
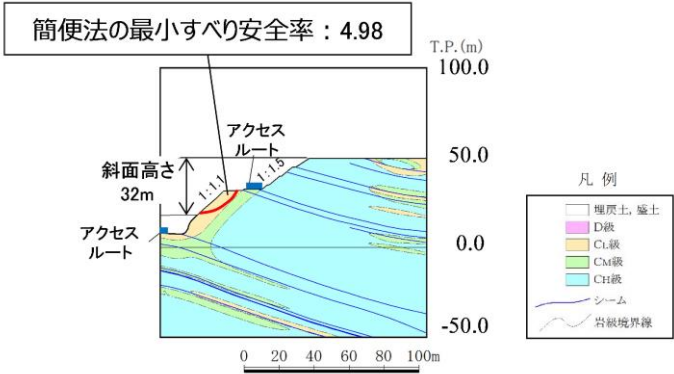
第 7. 4. 5-6 図 施工フロー図 (1/2)



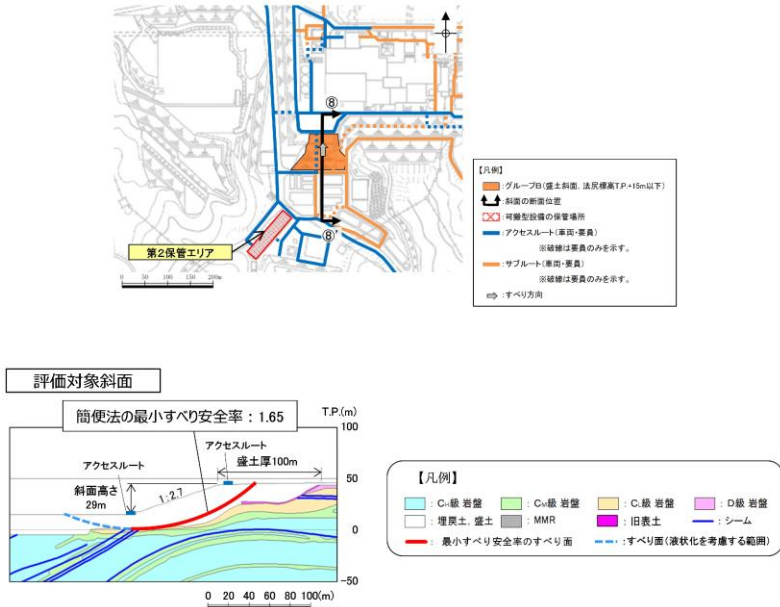
第 7. 4. 5-7 図 施工フロー図 (2/2)

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"> <li>岩盤で構成される斜面</li> </ul> <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><b>【④-④' 断面】</b></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>  <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<sub>L</sub> 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<sub>L</sub> 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>	

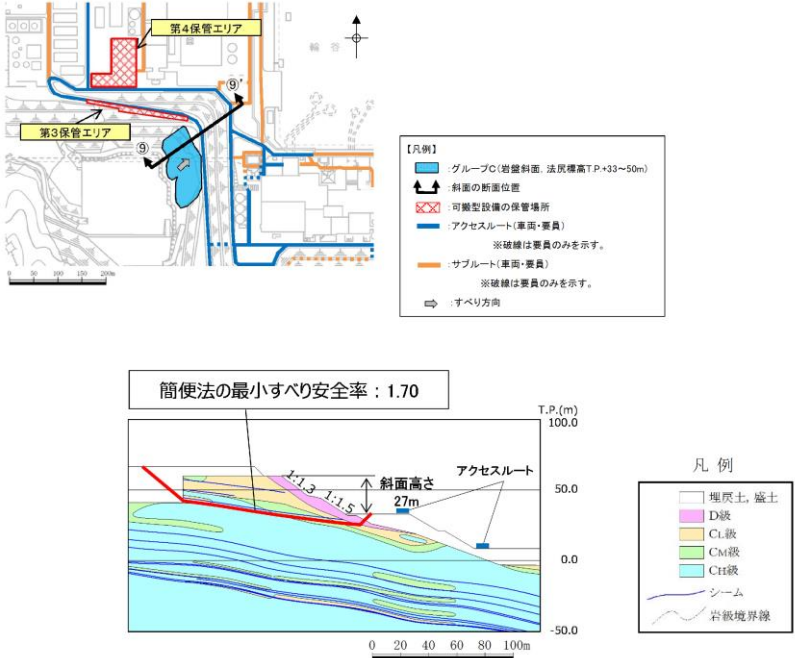
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p><b>【⑥-⑥' 断面】</b></p> <p>⑥-⑥' 断面の斜面は切取斜面であり，斜面高さが最も高く，最急勾配方向となるすべり方向に断面を設定した。</p> <p>当該斜面は，⑤-⑤' 断面に比べ，斜面高さが低いこと，及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから，⑤-⑤' 断面の評価に代表させる。</p>   <p>第3図 ⑥-⑥' 断面の比較結果</p>	

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><b>【⑦-⑦' 断面】</b></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> <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>	

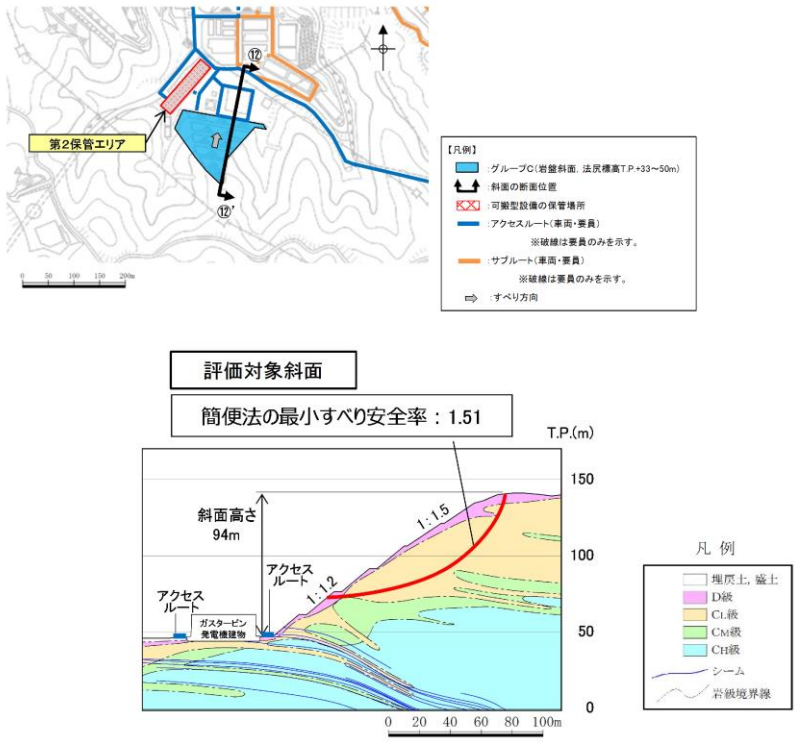
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>2. グループBにおける評価対象斜面の選定理由 (詳細)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>盛土で構成される斜面            グループBの盛土斜面である⑧-⑧'断面及び⑨-⑨'断面の比較検討結果及び評価対象斜面の選定根拠の詳細を断面毎に示す。</li> </ul> <p>【⑧-⑧'断面 (評価対象斜面)】</p> <p>⑧-⑧'断面の斜面は盛土斜面であり、斜面高さが最も高く、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>  <p>第5図 ⑧-⑧'断面の比較結果</p>	

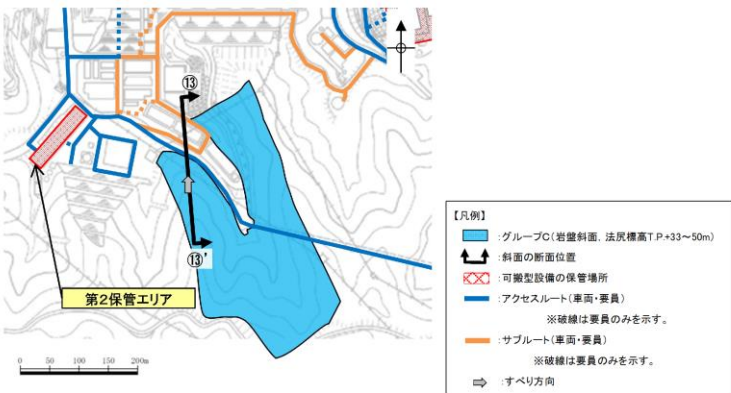
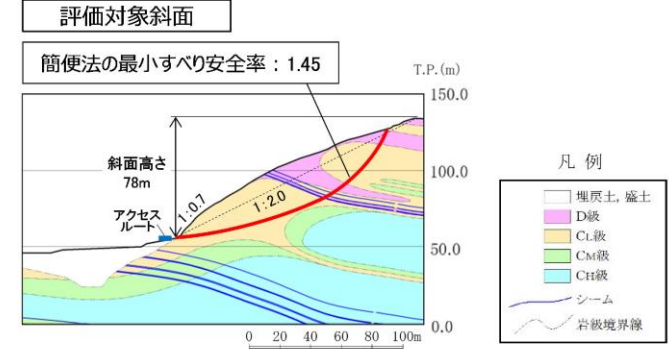


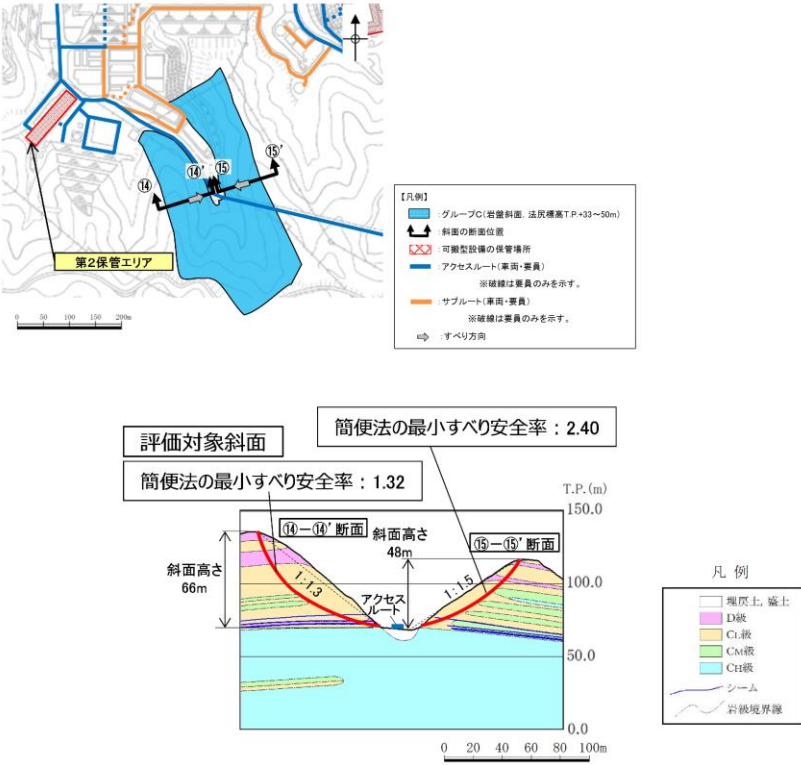
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>【⑨-⑨' 断面】</p> <p>⑨-⑨' 断面の斜面は盛土斜面であり，斜面高さが最も高く，最急勾配方向となるすべり方向に断面を設定した。</p> <p>当該斜面は，⑧-⑧' 断面に比べ，勾配が急ではあるが，盛土厚が 40m と薄いこと，斜面高さが低いこと，及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから，⑧-⑧' 断面の評価に代表させる。</p> <p>第6図 ⑨-⑨' 断面の比較結果</p>	

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>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><b>【⑨-⑨' 断面】</b></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>  <p>第7図 ⑨-⑨' 断面の比較結果</p>	

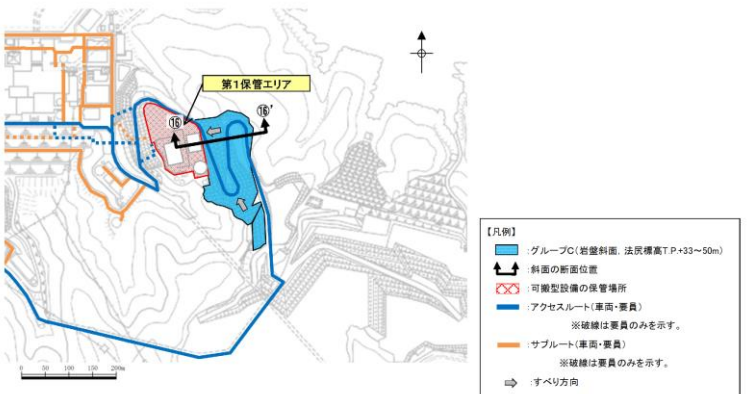
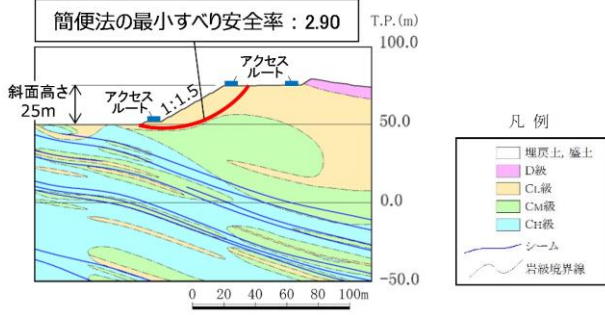
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p><b>【⑪-⑪' 断面】</b></p> <p>⑪-⑪' 断面の斜面は自然斜面であり，斜面高さが最も高く，風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。</p> <p>当該斜面は，⑫-⑫' 断面に比べ，斜面高さが低いこと，及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから，⑫-⑫' 断面の評価に代表させる。</p> <p>第8図 ⑪-⑪' 断面の比較結果</p>	

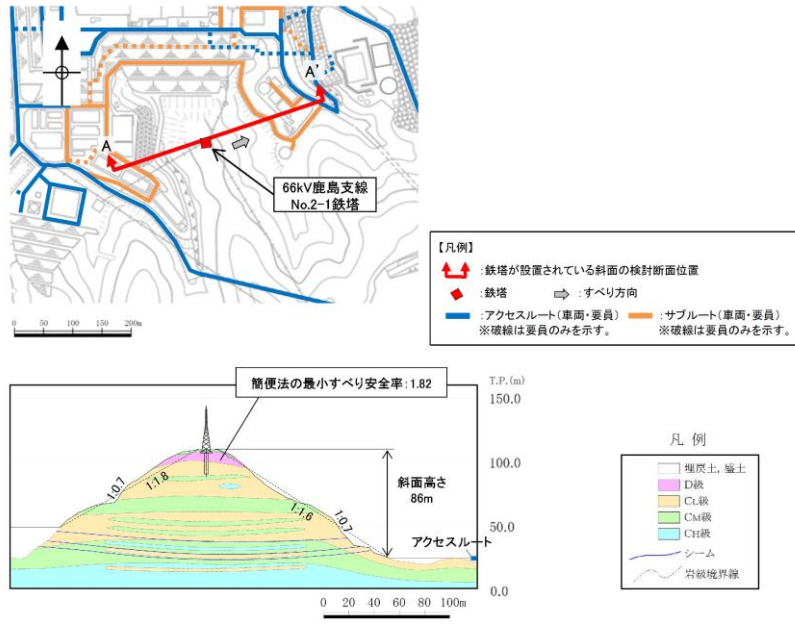
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>【⑫-⑫' 断面 (評価対象斜面)】</p> <p>⑫-⑫' 断面の斜面は切取斜面であり、斜面高さが最も高く、最急勾配方向となるすべり方向に断面を設定した。</p> <p>当該斜面は、D 級岩盤及び C<sub>L</sub> 級岩盤が分布すること、斜面高さが 94m とグループ C (T.P.+33m~50m) の斜面で最も高いこと、1:1.2 の急勾配部があること、シームが分布すること、及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、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>	

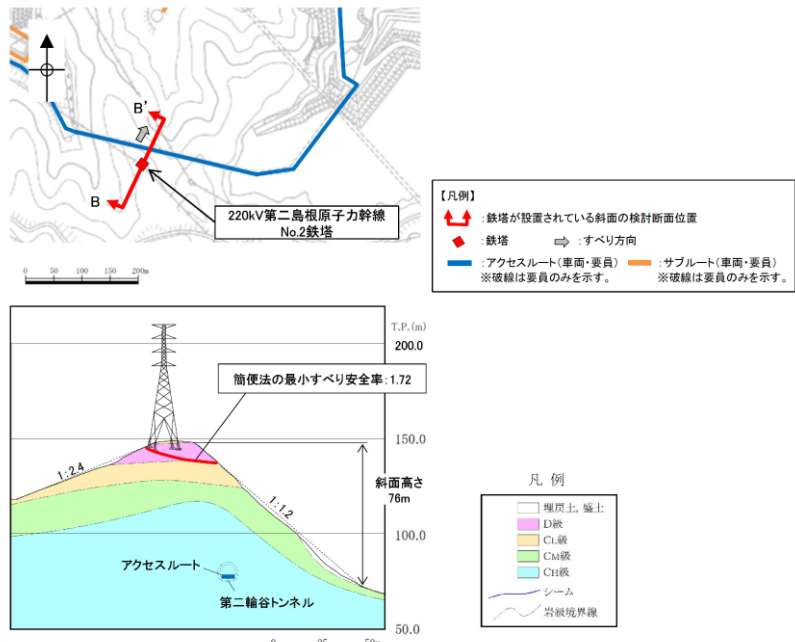
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>【⑬-⑬' 断面 (評価対象斜面)】</p> <p>⑬-⑬' 断面の斜面は自然斜面であり、斜面高さが最も高く、風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。</p> <p>当該斜面は、D 級岩盤及び C<sub>L</sub> 級岩盤が分布すること、局所的な急勾配部 (1:0.7, C<sub>L</sub> 級岩盤) があること、シームが分布すること、及び⑫-⑫' 断面に比べ簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。</p>   <p>第 10 図 ⑬-⑬' 断面の比較結果</p>	

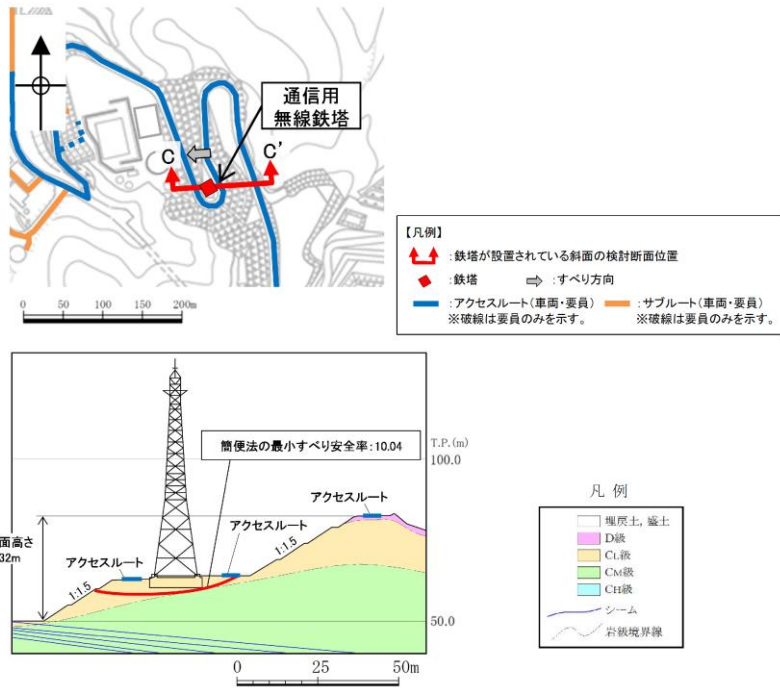
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p><b>【⑭-⑭' 断面 (評価対象斜面) 及び⑮-⑮' 断面】</b></p> <p>⑭-⑭' 断面及び⑮-⑮' 断面の斜面は自然斜面であり、斜面高さが最も高く、風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。</p> <p>⑭-⑭' 断面の斜面は、D 級岩盤及び C<sub>L</sub> 級岩盤が分布すること、シームが分布すること、及び⑫-⑫' 断面に比べ簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。</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>  <p>第 11 図 ⑭-⑭' 断面及び⑮-⑮' 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>【⑩-⑩' 断面】</b></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><b>【A-A' 断面 (評価対象斜面)】</b></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<sub>L</sub>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>  <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-B' 断面（評価対象斜面）】</b></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<sub>L</sub>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><b>【C-C' 断面】</b></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>  <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"> <li>・「斜面安定解析入門（社団法人地盤工学会）」<sup>*1</sup>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。</li> <li>・「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」<sup>*2</sup>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。</li> <li>・「道路土工盛土工指針（社団法人日本道路協会）」<sup>*3</sup>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。</li> </ul> <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る。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・各要素の応力状態より、「引張応力が発生した要素」，</li> </ul>	

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>「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> <p>※1：社団法人地盤工学会，P81</p> <p>※2：国土交通省 国土技術政策総合研究所，平成 17 年 3 月，P132</p> <p>※3：社団法人日本道路協会，平成 22 年 4 月，P123</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 style="text-align: right;">別紙 (38)</p> <p>敷地の地質・地質構造の特徴及び想定されるリスクについて</p> <p>1. 敷地の地質・地質構造の特徴</p> <p><u>敷地の地質・地質構造として、敷地内の地質構成を第1表に、第四系基底の標高分布及び段丘面区分を第1図に示す。敷地の南部には、主に砂礫、砂及びシルトからなる段丘堆積物(D1層、D2層)が分布し、その上位には砂礫からなる沖積層(Ag2層)が分布する。D1層の分布標高は約21m～約5mであり、上部には厚さ2.5m～3.0m程度の風化火山灰層を伴う。D2層の分布標高は約0～約-14mであり、沖積層下の埋没段丘となっている。敷地北部は久慈川の侵食により形成された凹状の谷となっている。この谷底の標高は約-60mであり、ほぼ平坦な面である。第四系の基底部付近に主として砂礫層(Ag1層)が分布し、その上位には粘土層(Ac層)、砂層(As層)及び礫混じり砂層(Ag2層)が互層状を呈して分布している。最上位には、敷地全体にわたり細粒～中粒の均一な砂からなる砂丘砂層(du層)が分布している。</u></p> <p><u>液状化に伴う不等沈下等を考慮する上で、地質・地質構造の特徴を整理すると、以下の点となる。</u></p> <p><u>①敷地の第四系は、砂層、砂礫層、粘土層からなり、おおむね水平に分布している。</u></p> <p><u>②敷地の北部と南部には、北西-南東方向に延びる岩盤の深度の急変部(領域A及び領域B)が認められ、これに伴う第四系の層厚及び地層構成の変化が認められる。</u></p> <p style="text-align: center;"><u>(第2図)</u></p>	<p style="text-align: right;">別紙 (32)</p> <p>敷地の地質・地質構造の特徴及び想定されるリスクについて</p> <p>1. 敷地の地質・地質構造の特徴</p> <p><u>第1表に敷地の地質層序表を示す。敷地の地質は、新第三紀中新世の堆積岩類からなる成相寺層及び貫入岩類、並びにそれらを覆う被覆層から構成される。成相寺層は海成層で、下位より下部頁岩部層、火砕岩部層及び上部頁岩部層に区分される。</u></p> <p><u>被覆層は、崖錐・海底堆積物及び盛土からなる。崖錐・海底堆積物は主に礫混じり砂質土及び礫混じり粘性土からなり、約2m～5mの厚さで、斜面中腹や裾部、あるいは谷部等の傾斜面に分布する。また、盛土は1号炉、2号炉、3号炉建設時の埋立地等に分布する。</u></p> <p><u>敷地の被覆層である盛土は、埋戻土(掘削ズリ)と埋戻土(粘性土)に分類している。</u></p> <p><u>埋戻土(掘削ズリ)は、発電所建設時の敷地造成において発生した新第三紀中新世の成相寺層の岩砕が主体となっており、広く分布する。</u></p> <p><u>埋戻土(粘性土)は、護岸建設時に、背面の止水性を担保するために幅20m程度にわたり裏込めしたものである。第1図に被覆層のボーリング柱状図を示す。</u></p> <p><u>敷地の被覆層である崖錐・海底堆積物は、砂礫層として分類している。</u></p> <p><u>対象設備周辺の地層の分布状況について第2図及び第3図に整理した。</u></p> <p><u>埋戻土(掘削ズリ)は、EL+15m以下の敷地において概ね全域にわたって広範囲に分布する。</u></p> <p><u>埋戻土(粘性土)は、1、2号炉北側護岸背面にのみ分布する。</u></p> <p><u>砂礫層は、1号炉東側のEL+15m以下の敷地、3号炉北側のEL+8.5m以下の敷地及び輪谷湾周辺において局所的に分布する。</u></p>	<p>・設計方針の相違</p> <p><b>【柏崎6/7】</b></p> <p>島根2号炉は、東海第二と同様に敷地の地質・地質構造の特徴及び想定されるリスクについて検討</p> <p>・設備の相違</p> <p><b>【東海第二】</b></p> <p>敷地の地質・地質構造の特徴の相違</p>

第1表 敷地内の地質構成

地質時代	地層名	岩層	
第四紀	完新世	du層	砂
		Ag2層	砂礫
		Ac層	粘土
		As層	砂
	更新世	Ag1層	砂礫
		D2c-3層	シルト
		D2s-3層	砂
	D2g-3層	砂礫	
	D2c-2層	シルト	
	D1g-1層	砂礫	
新代三紀	鮮新世	久米層	砂質泥岩

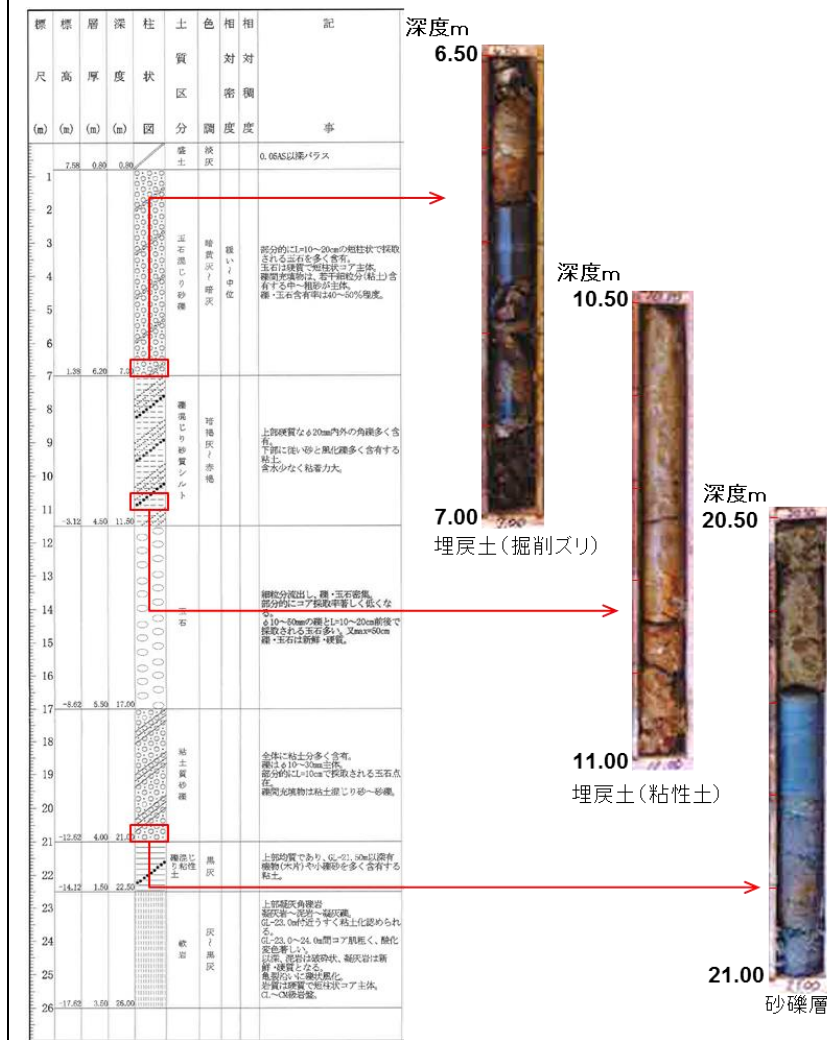
※ ハッチング部が液状化評価の対象



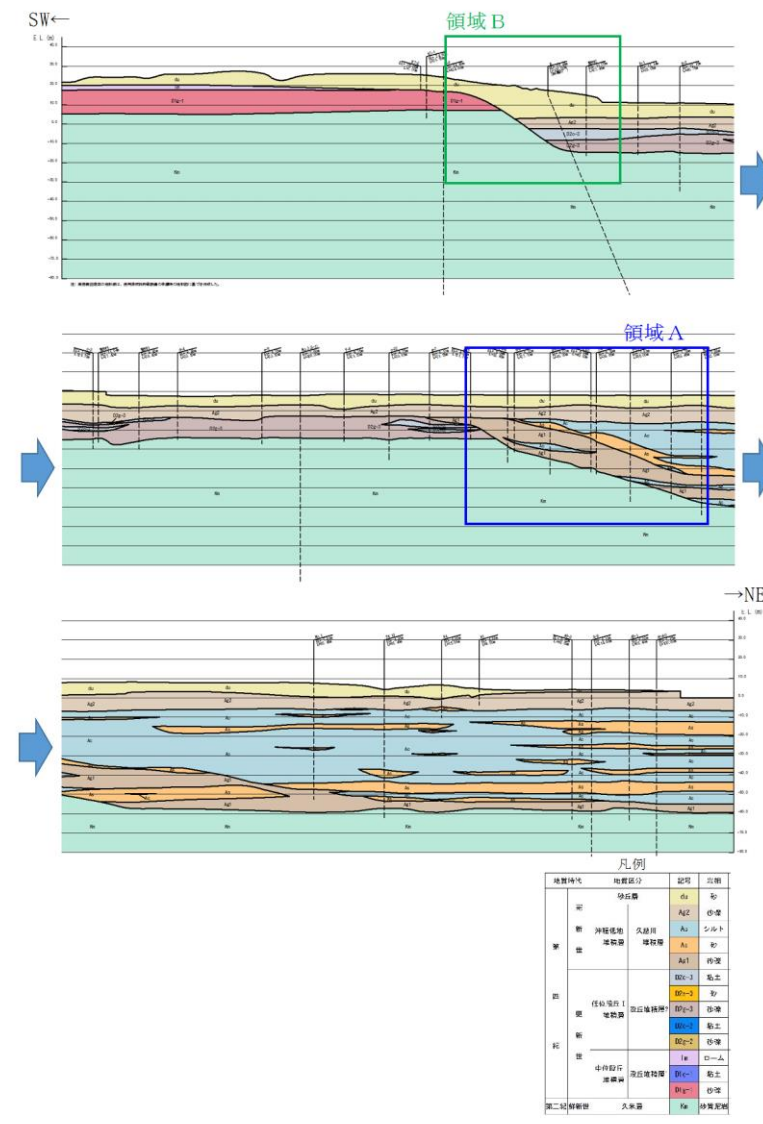
第1図 第四系基底の標高分布及び段丘面区分図

第1表 敷地の地質層序表

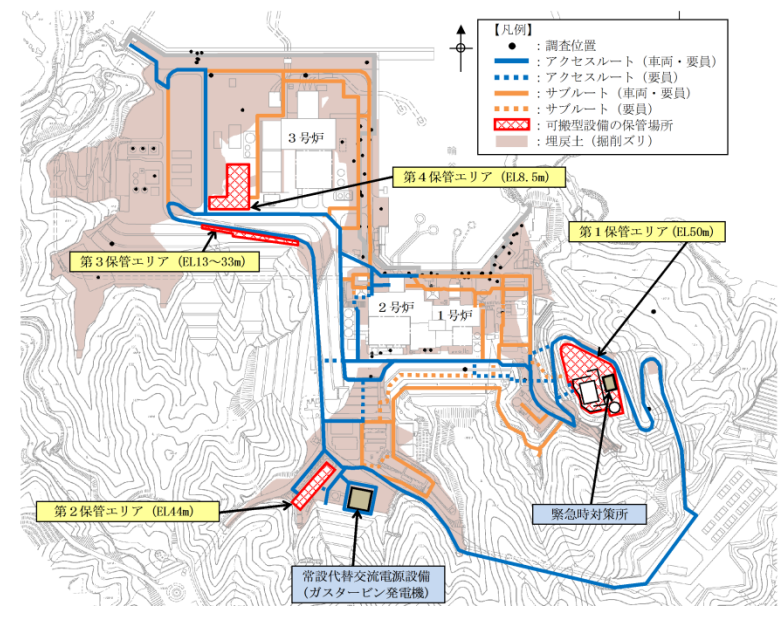
地質時代	地層名	主要構成地質		
第四紀	完新世	被覆層	盛土 埋戻土(掘削ズリ)・埋戻土(粘性土) 崖錐・海底堆積物 礫混じり砂質土・礫混じり粘性土	
		中生代	中新世	成相寺層
上部頁岩部層	黒色頁岩			
火砕岩部層	凝灰岩・凝灰角礫岩			
下部頁岩部層	黒色頁岩・凝灰質頁岩			



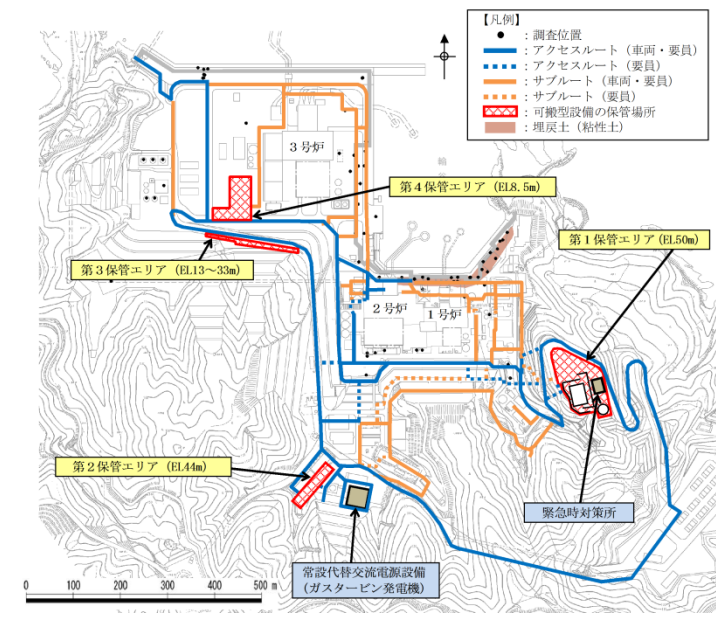
第1図 敷地内の被覆層について



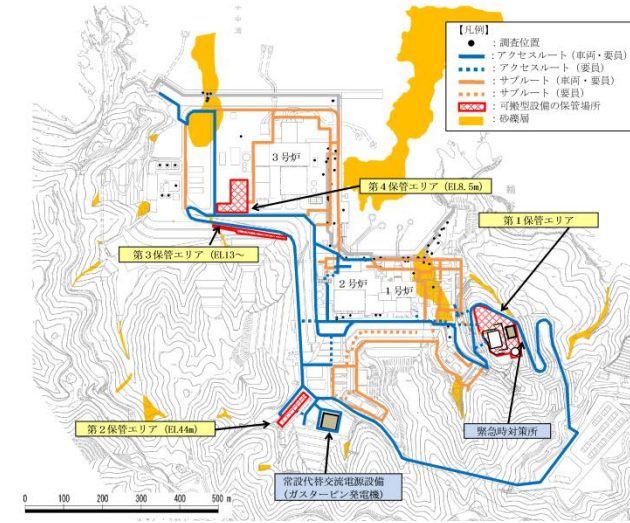
第2図 地質断面図 (①-①'断面)



第2図 敷地の地層分布状況 (平面図)  
(a) 埋戻土 (掘削ズリ) 分布図

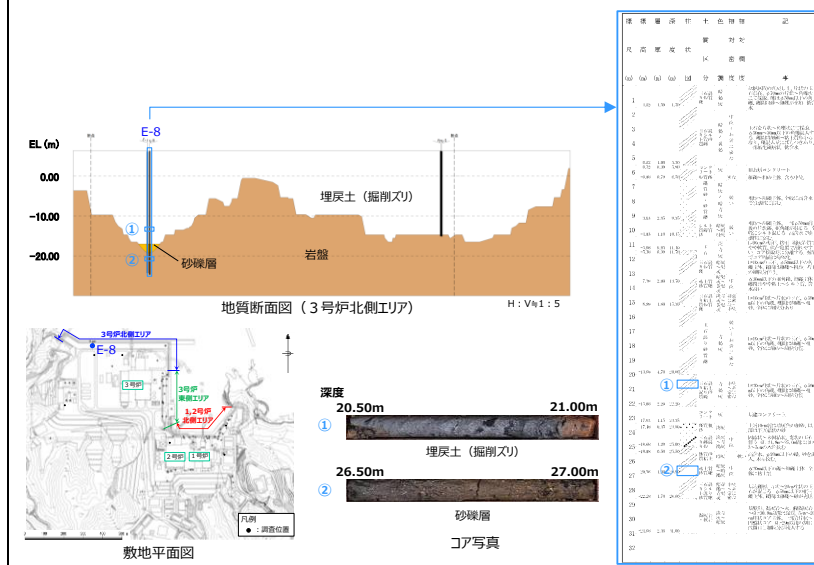


第2図 敷地の地層分布状況 (平面図)  
(b) 埋戻土 (粘性土) 分布図



第2図 敷地の地層分布状況 (平面図)

(c) 砂礫層分布図



第3図 敷地の地層分布状況 (断面図)

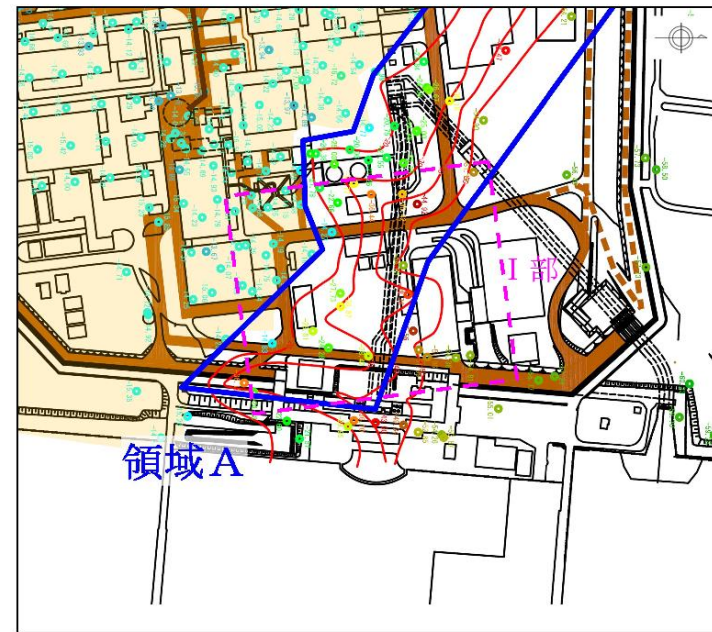
(a) 3号炉北側エリア分布図



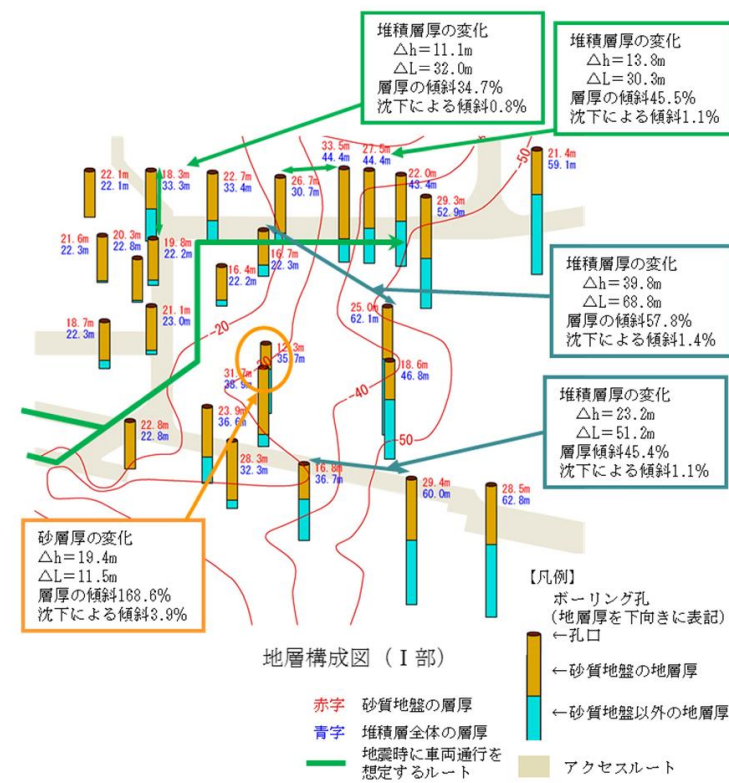


柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>2. 敷地の地質・地質構造の特徴から保管場所・アクセスルートに想定されるリスク</p> <p>敷地の地質・地質構造の特徴に対し、保管場所・アクセスルートにて想定されるリスクを抽出する。</p> <p>①敷地の<u>第四系は、砂層、砂礫層、粘土層からなり、おおむね水平に分布している。</u></p> <p>a. <u>重要施設設置において大規模な掘削・埋戻が行われたため、地山と埋戻部の不等沈下が想定される。</u></p> <p>b. <u>砂質地盤に液状化を仮定すると噴砂による不陸が想定される。</u></p> <p>②敷地の<u>北部と南部には、北西－南東方向に延びる岩盤の深度の急変部（領域A及び領域B）が認められ、これに伴う第四系の層厚及び地層構成の変化が認められる。</u></p> <p>c. <u>岩盤の傾斜に伴う堆積層厚の変化により、沈下量が場所的に変化することが想定される。</u></p> <p>d. <u>岩盤の傾斜部の地層構成の変化により、沈下量が場所的に変化することが想定される。</u></p> <p>保管場所については、b項が該当することから、その影響を評価する。</p> <p>アクセスルートについては、全ての項目が該当することから、その影響を評価する。</p> <p>3. <u>岩盤の傾斜に伴う堆積層厚の変化及び岩盤の傾斜部の地層構成の変化の程度の確認</u></p> <p>岩盤の傾斜に伴う<u>堆積層厚の変化及び岩盤の傾斜部の地層構成の変化の程度が比較的大きい領域Aの東側（取水構造物西側付近：I部）について、堆積層厚及び地層構成（砂質地盤の厚さ）を確認する。第3図に確認箇所位置図を、第4図に堆積層厚及び砂質地盤厚さの分布を示す。</u></p> <p>岩盤の傾斜に伴う<u>堆積層厚の変化については、層厚変化が大きい場所で約58%（層厚の変化量÷距離）であった。また、砂質地盤の厚さの変化については、層厚変化が大きい場所で約169%（層厚の変化量÷距離）であった。</u></p>	<p>2. 敷地の地質・地質構造の特徴から保管場所・アクセスルートに想定されるリスク</p> <p>敷地の地質・地質構造の特徴に対し、保管場所・アクセスルートにて想定されるリスクを抽出する。</p> <p>①敷地の被覆層は、埋戻土（掘削ズリ）、埋戻土（粘性土）、砂礫層からなり、埋戻土（掘削ズリ）が主体的に分布している。</p> <p>a. <u>発電所建設時において大規模な掘削・埋戻が行われたため、地山と埋戻部の不等沈下が想定される。</u></p> <p>b. <u>液状化を仮定すると噴砂による不陸が想定される。</u></p> <p>②敷地の南側から北側に向けて岩盤の深度が徐々に深くなり、これに伴う被覆層厚及び地層構成の変化が認められる。</p> <p>c. <u>岩盤の傾斜に伴う被覆層厚の変化により、沈下量が場所的に変化することが想定される。</u></p> <p>保管場所については、b項及びc項が該当することから、その影響を評価する。</p> <p>アクセスルートについては、全ての項目が該当することから、その影響を評価する。</p> <p>3. <u>岩盤の傾斜に伴う被覆層厚の変化の程度の確認</u></p> <p>岩盤の傾斜に伴う被覆層厚の変化について確認する。第4図に岩盤と被覆層との境界部の状況を示す。</p> <p>岩盤と被覆層の境界部では、一般的に第4図のように擦り付ける工夫がなされている。</p>	<p>・設備の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>敷地の被覆層の相違</p> <p>・設備の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>敷地の岩盤の相違</p> <p>・設計方針の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根2号炉は、被覆層の全層に沈下を想定しているため、東海第二と同様の沈下は発生しない</p> <p>・設計方針の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根2号炉は、被覆層の全層に沈下を想定しているため、東海第二と同様の沈下は発生しない</p>





第3図 確認箇所位置図



第4図 堆積層厚及び砂質地盤厚さの分布 (I部)



第4図 岩盤と被覆層との境界部の状況

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;">補足 2</p> <p style="text-align: center;">屋外の純水・ろ過水タンク溢水時の影響等について</p> <p>1. 溢水伝播挙動評価について</p> <p>地震によりタンクに大開口が生じ、短時間で大量の水が指向性をもって流出することはないと考えられるが、溢水防護対象設備への影響を評価するため、タンクの損傷形態及び流出水の伝播に係わる評価条件を保守的な設定を行った上で溢水伝播挙動評価を実施している。</p>	<p style="text-align: right;">別紙 (19)</p> <p style="text-align: center;">T.P. +11m エリアの屋外タンク溢水時の影響等について</p> <p>1. 溢水伝播挙動評価について</p> <p>地震によりタンクに大開口が生じ、短時間で大量の水が指向性をもって流出することはないと考えられるが、溢水防護対象設備への影響を評価するため、タンクの損傷形態及び流出水の伝播に係わる評価条件を保守的な設定を行った上で溢水伝播挙動評価を実施している。</p> <p><u>評価の結果、可搬型設備の接続口付近の原子炉建屋（西側）（第1図 地点②）では、タンクからの溢水後、過渡的に約160cmの浸水深となるが、数分後には10cm程度の浸水深となること、また、可搬型設備の接続口付近の原子炉建屋（東側）（第1図 地点⑤）は浸水深が数cmであることが確認されている。（評価概要は、下記の「参考：内部溢水審査資料記載内容の抜粋」に記載）</u></p> <p>(1) 評価結果</p> <p>評価結果として得られた代表箇所における溢水深の時刻歴を第1図に示す。</p>	<p style="text-align: right;">別紙 (33)</p> <p style="text-align: center;">屋外タンク溢水時の影響等について</p> <p>1. 溢水伝播挙動評価</p> <p>地震によりタンクに大開口が生じ、短時間で大量の水が流出するようなことはないと考えられるが、溢水防護対象設備への影響を評価するため、タンクの損傷形態及び流出水の伝播に係る評価条件を保守的に設定した上で、溢水伝播挙動評価を実施している。</p> <p><u>（評価概要は、第9条「溢水による損傷の防止等」において説明）</u></p> <p>1.1 評価の条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>溢水源となるタンクを表現し、地震による損傷をタンク側板が瞬時に消失するとして模擬する。</u></li> <li>・<u>構内排水路による排水機能及び敷地外への排出は期待しない。</u></li> <li>・<u>輪谷貯水槽（東1 / 東2）は基準地震動S<sub>s</sub>によって生じるスロッシングによる溢水量（時刻歴）を模擬する。</u></li> <li>・<u>3号ろ過水タンク、3号純水タンク及び消火用水タンクから第4保管エリアまでの伝播経路上の2m程度の壁は評価モデルに考慮しない。</u></li> </ul> <p>1.2 評価結果</p> <p>溢水伝播挙動評価による評価の結果として得られた溢水伝播挙動を第1図に示す。また、浸水深の時系列データの抽出地点を第2図に、抽出地点毎の浸水深の時系列データを第3～12図に示す。</p>	<p>・評価手法の相違</p> <p>【柏崎6/7、東海第二】</p> <p>島根2号炉は、輪谷貯水槽（東1 / 東2）の基準地震動S<sub>s</sub>によるスロッシング水を考慮した上で、敷地全体に配置されている溢水源とする屋外タンク等の保有水全量が流出するものとして模擬し評価。</p> <p>柏崎6/7及び東海第二は、合算体積を持った一つの円筒タンクを模擬し、建屋に指向性を持って流出するよう模擬</p> <p>・記載方針の相違</p> <p>【柏崎6/7】</p> <p>柏崎6/7は、3.その他の評価結果にまとめて記載</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>(1) <u>6号及び7号炉への影響について</u></p> <p>評価の結果、<u>7号炉原子炉建屋北側の可搬型設備接続口付近(第2図 Point3)では、タンクからの溢水後、過渡的に約150cmの浸水深となるが、数分後には20cm以下の浸水深となること、また、同建屋南側の可搬型設備接続口付近(第2図 Point1)はほとんど浸水深がないことが確認されている。</u></p> <p><u>(評価概要は、下記の「参考：溢水審査会合説明資料記載内容の抜粋」に記載)</u></p> <p>(2) <u>5号炉東側保管場所及び5号炉東側第二保管場所への影響について</u></p> <p><u>溢水伝播挙動評価は、6号及び7号炉の周辺に着目した解析に基づくものであり、浸水防護重点化範囲のうち、5号炉東側保管場所及び5号炉東側第二保管場所は解析モデルの範囲外に位置する。しかしながら解析モデルの範囲外においては解析に影響を与える水源がないことから、これらの浸水防護重点化範囲に対する浸水範囲、浸水量の評価も6号及び7号炉の周辺に着目した評価に含まれるものと考えられる。本評価では、5号炉側(第2図 Point6)はほとんど浸水深がないことが確認されている。</u></p> <p><u>(評価概要は、下記の「参考：溢水審査会合説明資料記載内容の抜粋」に記載)</u></p>		<p>(1) <u>2号炉への影響について</u></p> <p><u>評価の結果、2号炉原子炉建物南側の可搬型設備接続口付近(第3図地点①)では、タンクからの溢水後、最大で約18cmの浸水深となること、また、同建物西側の可搬型設備接続口付近(第4図地点②)はほとんど浸水深がないことが確認されている。</u></p> <p>(2) <u>保管場所への影響について</u></p> <p><u>第1～3保管エリアについては、最大浸水深が約0cmであり、可搬設備の機関吸排気口高さより低く、可搬設備に影響はない。</u></p> <p><u>第4保管エリアについては、可搬設備の機関吸排気口高さの最低値22cmに対し、最大浸水深が約21cmであり、可搬設備の機関吸排気口高さより低く、可搬設備に影響はない。機関吸排気口高さは、最大浸水深に対し裕度が小さいが、最大浸水深となる溢水は、第4保管エリア近傍にある大型タンク(3号ろ過水タンク、3号純水タンク及び消火用水タンク)からの溢水の影響が支配的であるため、「1.1評価の条件」に示す条件を踏まえると以下のとおり溢水影響軽減効果を考慮していないことから実現象における溢水水位は、溢水伝播挙動評価の最大浸水深よりも低くなると考えられる。第4保管エリア近傍の溢水の伝播挙動を第13図に示す。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>大型タンク(3号ろ過水タンク、3号純水タンク及び消火用水タンク)から第4保管エリアまでの伝播経路上には溢水伝播挙動評価では評価モデルに考慮していない2m程度の壁がある。実現象においてこの壁は、溢水の伝播を阻害する。なお、当該壁が損壊することを想定した場合においても、がれきにより溢水の伝播を阻害する。</u></li> <li>・ <u>大型タンク(3号ろ過水タンク、3号純水タンク及び消火用水タンク)から第4保管エリアまでの伝播経路上には溢水伝播挙動評価では評価モデルに考慮していない敷</u></li> </ul>	<p>・記載方針の相違</p> <p><b>【東海第二】</b></p> <p>東海第二は、3.溢水による接続口へのホース等接続作業への影響についてに記載</p> <p>・評価結果の相違</p> <p><b>【柏崎6/7】</b></p> <p>評価結果による浸水深さの相違</p> <p>・記載方針の相違</p> <p><b>【柏崎6/7、東海第二】</b></p> <p>島根2号炉は、解析における保守性と実現象との関係について記載</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="976 627 1650 894" style="border: 1px solid black; height: 127px; width: 227px; margin-bottom: 10px;"></div> <div data-bbox="937 898 1685 1577"> </div> <p data-bbox="1077 1602 1552 1633" style="text-align: center;">第1図 代表箇所における浸水深時刻歴</p>	<p data-bbox="1813 212 2487 331"><u>地内に設けられた排水路がある。実現象においてタンクからの溢水は、この排水路を通じて北側の排水設備へ向けて流下する。</u></p> <p data-bbox="1783 390 2487 468"><u>屋外タンクからの溢水による保管場所に対する影響評価結果を第1表に示す。</u></p>	<p data-bbox="2516 390 2783 825"> <ul style="list-style-type: none"> <li>・評価方法の相違</li> <li>【柏崎6/7】</li> <li>島根2号炉は、溢水源となる屋外タンク等を選定し、敷地全体をモデル化した上で流動解析を実施。</li> <li>柏崎6/7は、当該プラント周辺に着目した解析を実施</li> </ul> </p> <p data-bbox="2516 1602 2804 1812"> <ul style="list-style-type: none"> <li>・記載方針の相違</li> <li>【東海第二】</li> <li>島根2号炉は、1.2評価結果 第1～12図に記載</li> </ul> </p>

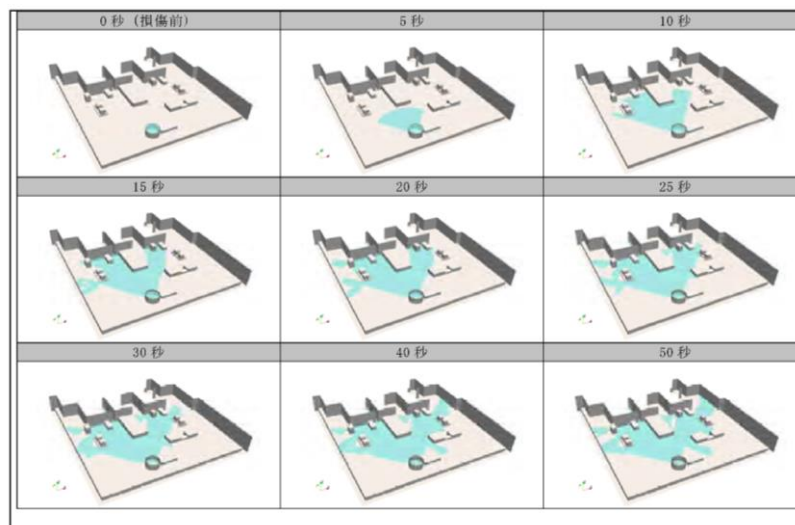
柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>2. 作業の成立性</p> <p>タンクから溢水が発生した場合には、タンク周辺の空地が平坦かつ広大であり周辺道路等を自然流下し拡散するものと考えられるが、過渡的に約 150cm の浸水深となる 7 号炉原子炉建屋北側であっても数分程度で可搬型設備がアクセス可能な浸水深となること、同建屋北側接続口付近がアクセスできない場合であっても同建屋南側接続口付近はアクセス可能であることから、事故対応のためのアクセスルート確保及び作業実施に影響はないと考える。</p> <p>また、溢水流路上の設備等が損壊し、がれきの発生が想定されるが、迂回又は重機にて撤去することにより、アクセスルート確保への影響はないと考える。</p> <p>なお、溢水流路に人員がいる場合も想定されるが、安全を最優先し、溢水流路から待避することにより、人身への影響はないと考えられる。</p>	<p>2. 作業の成立性</p> <p>タンクから溢水が発生した場合には、タンク周辺の空地が平坦かつ広大であり周辺道路等を自然流下し拡散するものと考えられるが、アクセスルートが過渡的に約 50cm の浸水深となる多目的タンク前（第 1 図 地点④）であっても数分程度で可搬型設備がアクセス可能な浸水深となること、その他の箇所はさらに浸水深が低く、アクセス可能であることから、事故対応のためのアクセスルート確保及び作業実施に影響はないと考える。</p> <p>また、溢水流路上の設備等が損壊し、がれきの発生を想定した場合でも、重機にて撤去することにより、アクセスルート確保への影響はないと考える。</p> <p>なお、溢水流路に人員がいる場合を想定しても、安全を最優先し、溢水流路から退避することにより、人身への影響はないと考えられる。</p> <p style="border: 1px dashed black; padding: 5px;">         &lt;参考：内部溢水審査資料記載内容の抜粋&gt;  <b>■溢水伝播挙動評価条件</b>          ○T.P. +11mの屋外タンク（多目的タンク、原水タンク、ろ過水貯蔵タンク、純水貯蔵タンク）を代表水位及び合算体積を持った一つの円筒タンクとして表現し、地震による損傷をタンク下端から 1m かつ円弧 180 度分の側板が瞬時に消失するとして模擬する          ○溢水防護対象設備を内包する建屋に指向性を持って流出するよう、消失する側板を建屋側の側板とする          ○流路抵抗となる道路及び水路等は考慮せず、敷地を平坦面で表現するとともに、その上に流路に影響を与える主要な構造物を配置する          ○構内排水路による排水機能や地盤への浸透は考慮しない       </p>	<p>2. 作業の成立性</p> <p>屋外タンクから溢水が発生した場合には、タンク周辺の空地が平坦かつ広大であり周辺道路等を自然流下し拡散するものと考えられるが、最大約 100cm の浸水深となるルート上（第 9 図地点⑦）であっても敷地形状により管理事務所東側道路から E L 8.5m エリアへ向けて流下するため、10 分後には可搬型設備がアクセス可能な浸水深となること、可搬型設備接続口付近を含むその他の抽出地点においては常に可搬型設備がアクセス可能な浸水深であることから、事故対応のためのアクセスルート確保及び作業実施に影響はない。</p> <p>また、溢水流路上の設備等が損壊し、がれきの発生が想定されるが、迂回又は重機にて撤去することにより、アクセスルート確保への影響はない。</p> <p>なお、溢水流路に人員がいる場合も想定されるが、安全を最優先し、溢水流路から待避することにより、人身への影響はない。</p>	<p>備考</p> <p>・評価結果の相違 【柏崎 6/7, 東海第二】 評価結果による浸水深の相違</p> <p>・記載方針の相違 【東海第二】 東海第二における内部溢水審査資料の掲載</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>3. その他</p> <p><u>5号炉東側保管場所及び5号炉東側第二保管場所では有意な浸水は生じないものと考えられるが、保管する可搬型設備については、保守的に地表面上30cm (T.M.S.L+12.3m)の浸水が生じるものと想定し、必要な対策を実施する。</u></p> <p>&lt;参考：溢水審査会合説明資料記載内容の抜粋&gt;</p> <p>■溢水伝播挙動評価条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○四つのタンク (No.3 及び No.4 純水タンク, No.3 及び No.4 ろ過水タンク) を代表水位及び合算体積を持った一つの円筒タンクとして表現し、地震による損傷をタンク下端から1m かつ円弧90度分の側板が瞬時に消失するとして模擬する</li> <li>○溢水防護対象設備を内包する建屋に指向性を持って流出するように、消失する側板を建屋側の側板とする</li> <li>○流路抵抗となる道路及び水路等は考慮せず、敷地を平坦面で表現するとともに、その上に流路に影響を与える主要な構造物を配置する</li> <li>○構内排水路による排水機能は期待しない</li> </ul>			<p>・評価方法の相違</p> <p><b>【柏崎6/7】</b></p> <p>島根2号炉は、対象となる屋外タンク等を選定し、敷地全体をモデル化した上で流動解析を実施しており、評価結果より溢水による保管場所への影響はない</p>

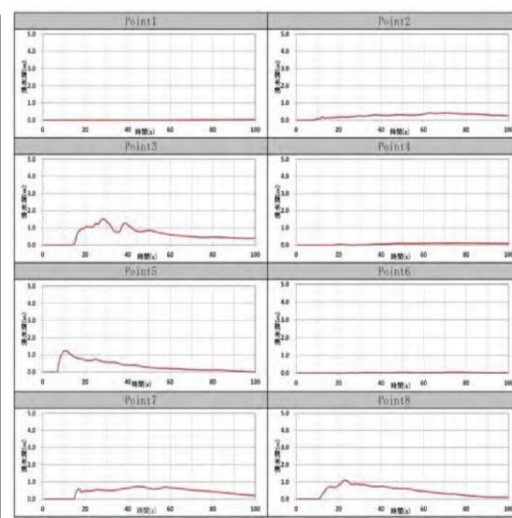
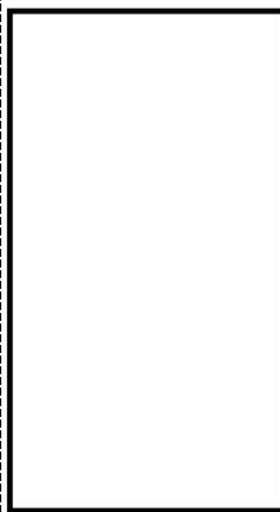


■評価結果

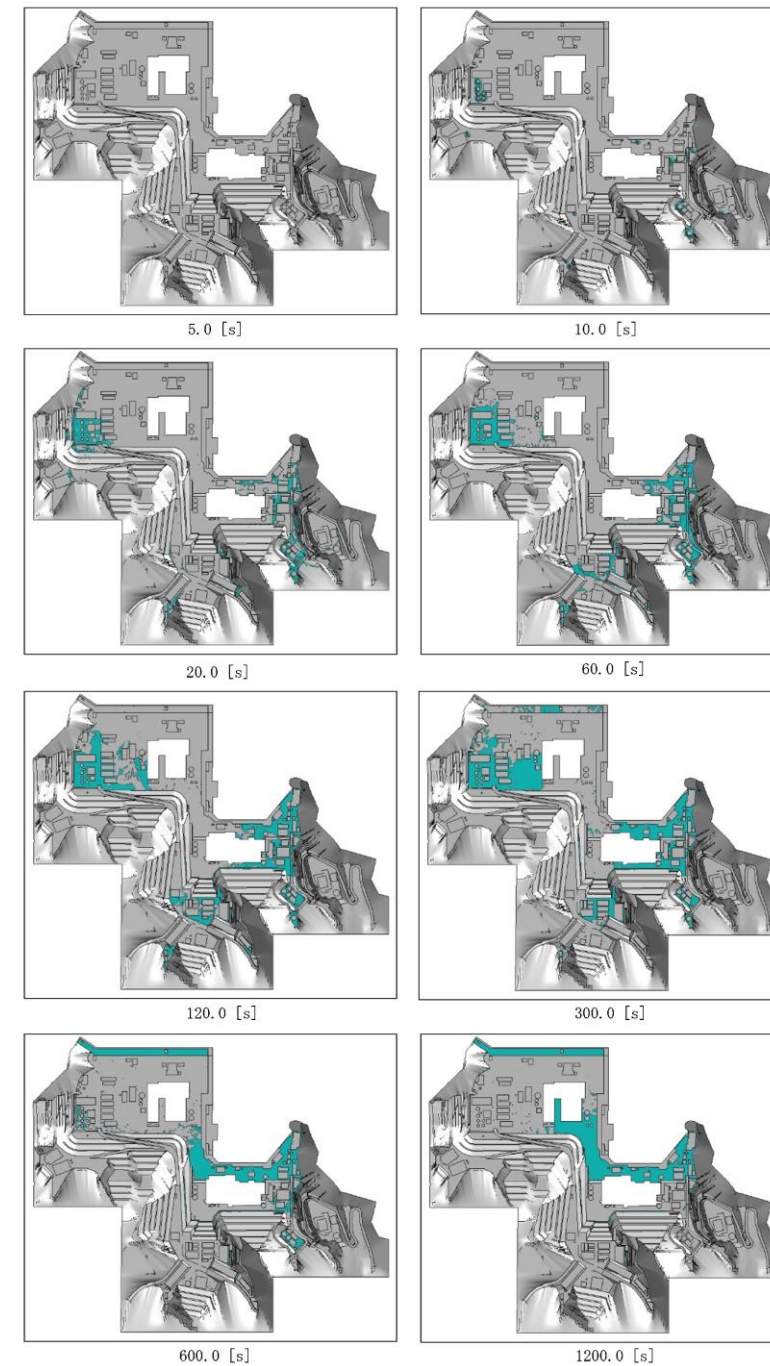
評価の結果として得られた溢水伝播挙動を第1図に、また代表箇所における浸水深の時刻歴を第2図に示す。



第1図 屋外タンクの地震損傷時の溢水伝播挙動



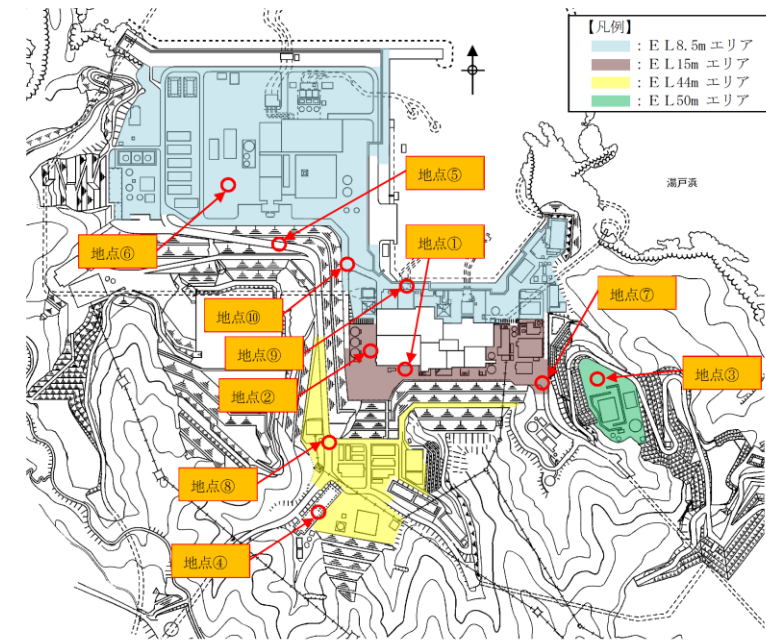
第2図 代表箇所における浸水深時刻歴



第1図 屋外タンクの溢水伝播挙動

・設備の相違  
【柏崎6/7, 東海第二】  
プラントの相違に伴う評価結果の相違

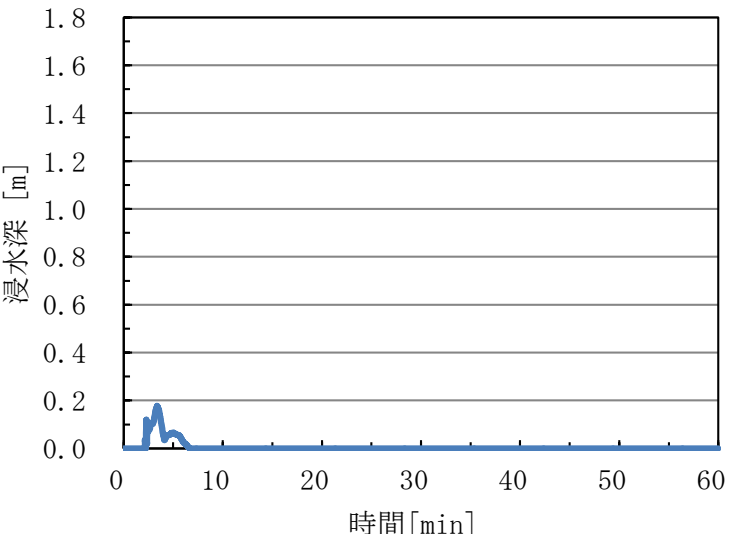
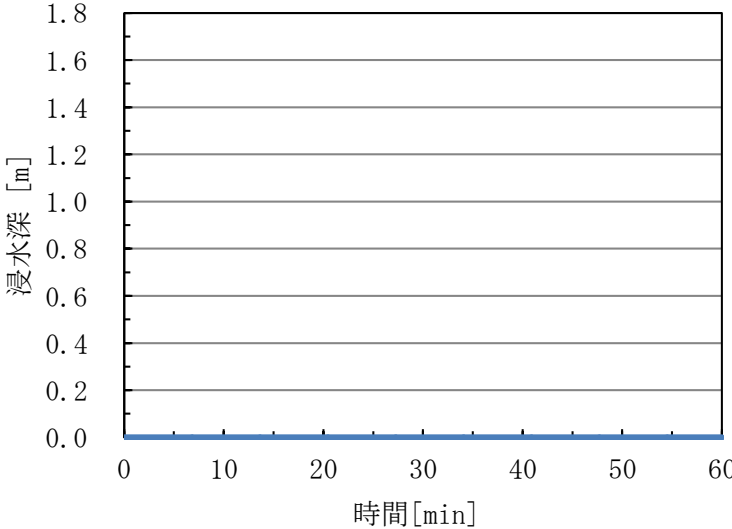
・記載方針の相違  
【柏崎6/7】  
島根2号炉は、1.2 評価結果 第1~12 図に記載

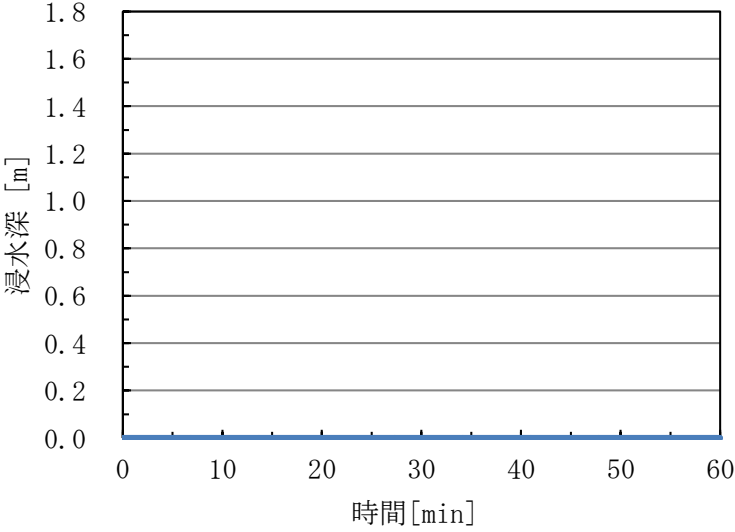
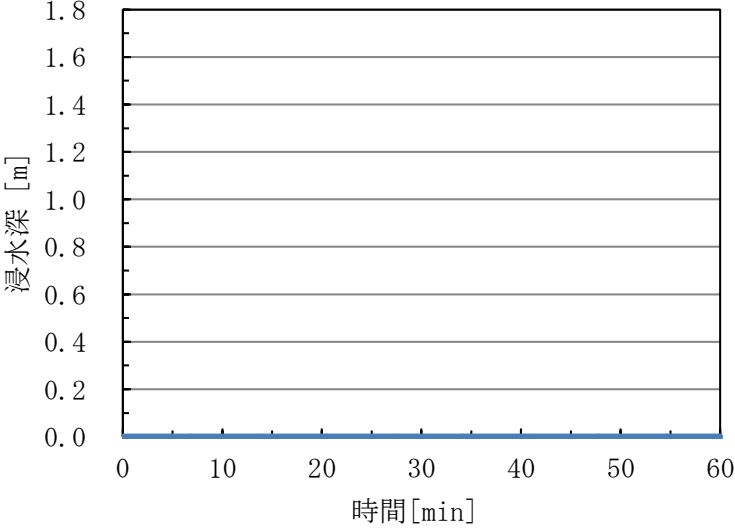


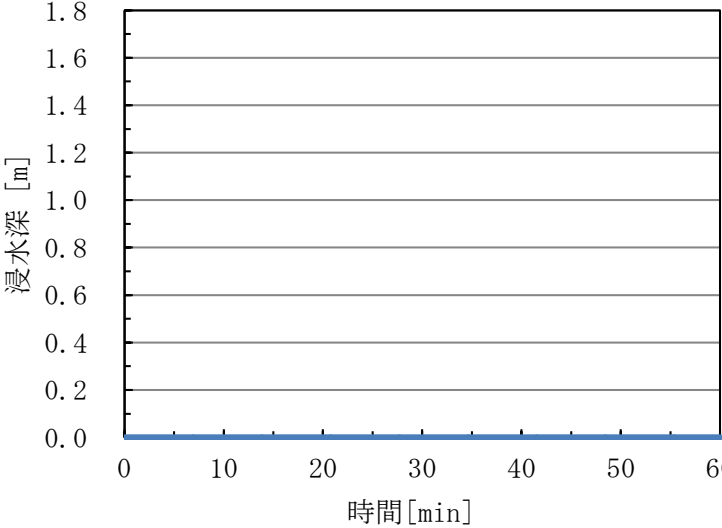
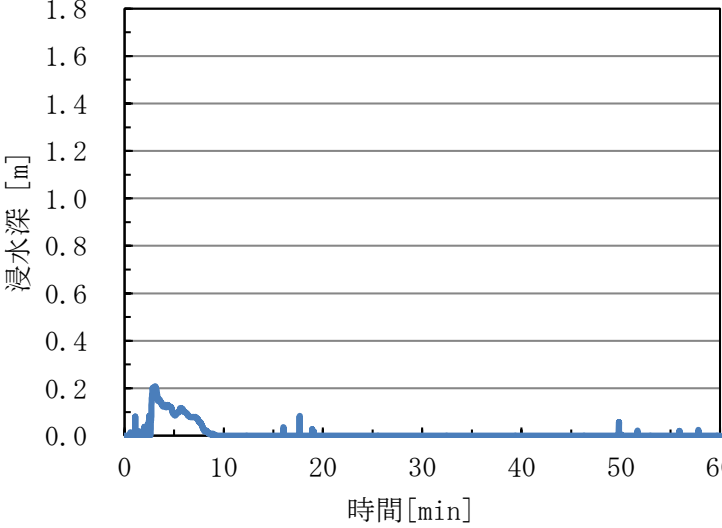
(抽出地点の標高)

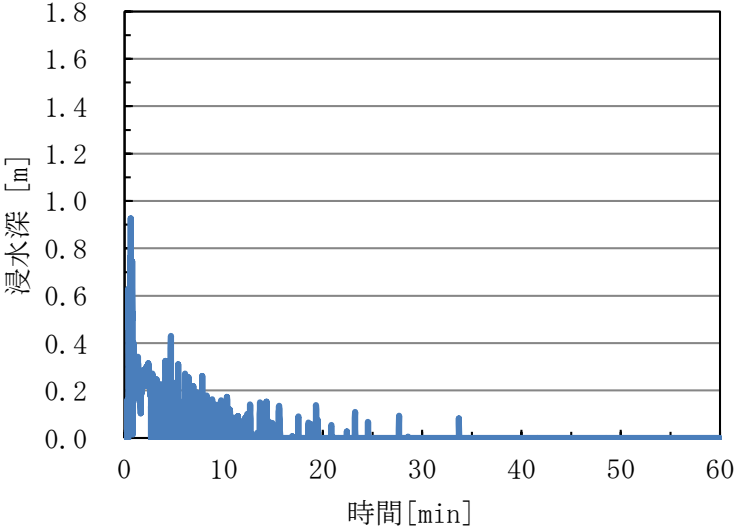
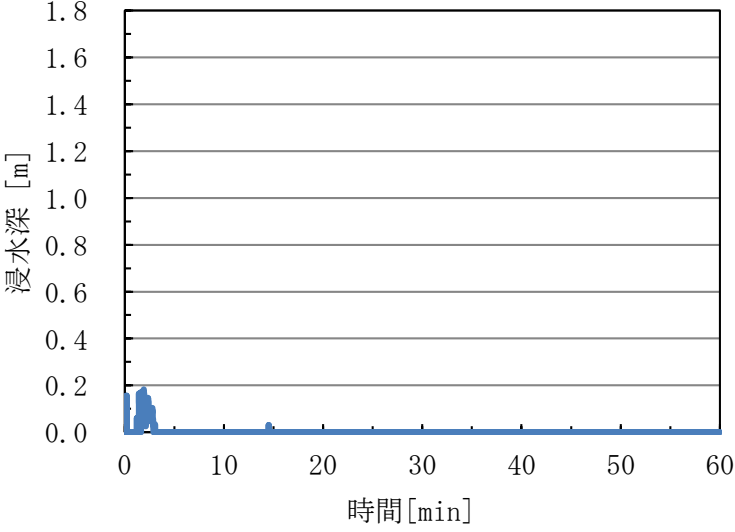
地点	標高
地点①	E L 15m
地点②	E L 15m
地点③	E L 50m
地点④	E L 53. 3m
地点⑤	E L 31m
地点⑥	E L 8. 5m
地点⑦	E L 15m
地点⑧	E L 44m
地点⑨	E L 8. 5m
地点⑩	E L 8. 5m

第2図 浸水深の時系列データの抽出地点

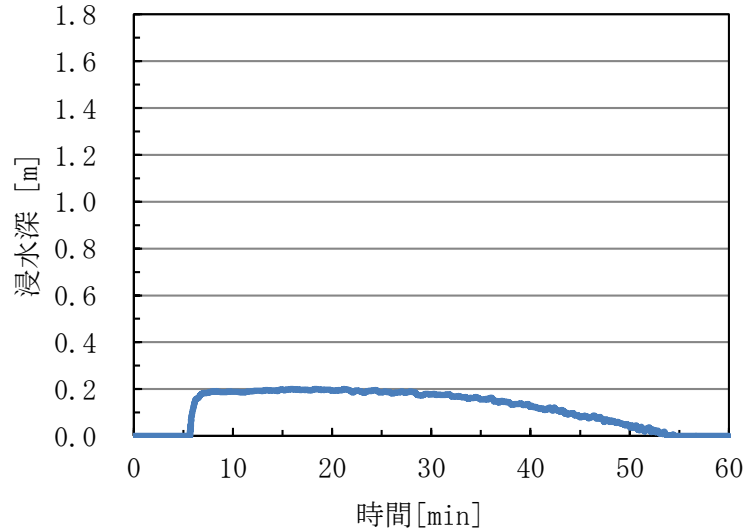
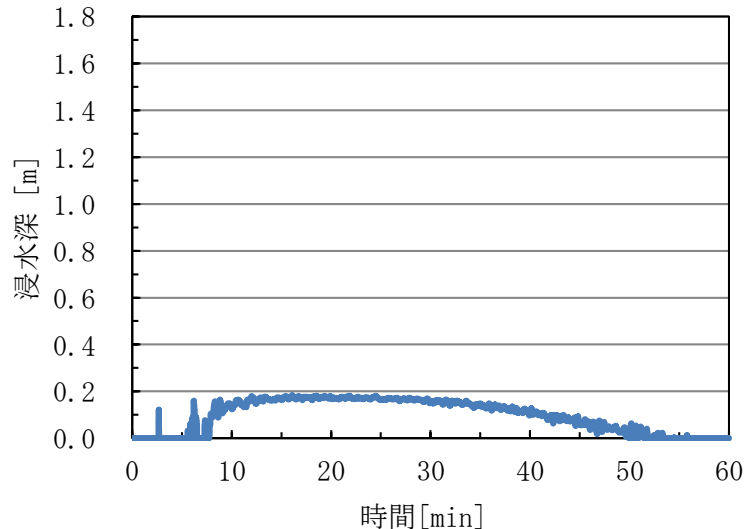
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p data-bbox="1855 745 2359 787">第3図 浸水深の時系列データ (地点①)</p>  <p data-bbox="1855 1375 2359 1417">第4図 浸水深の時系列データ (地点②)</p>	

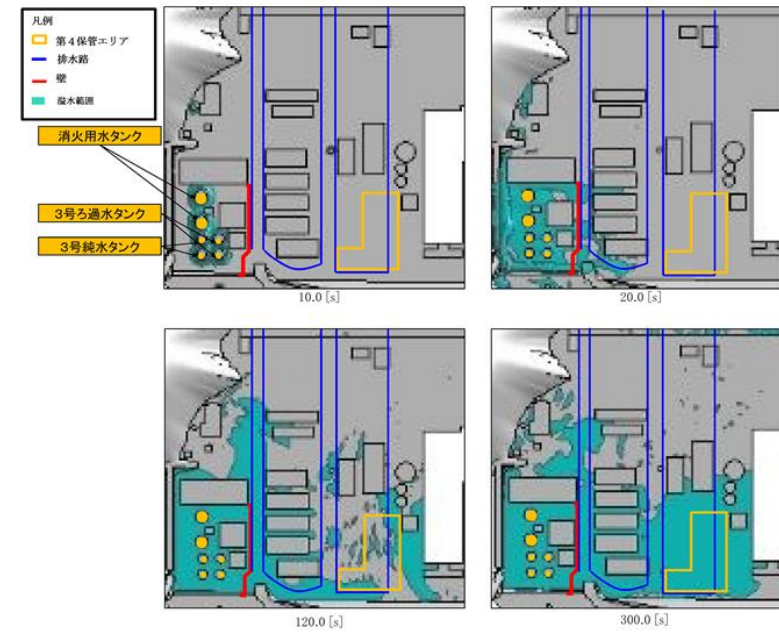
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p data-bbox="1852 747 2353 779"><u>第5図 浸水深の時系列データ (地点③)</u></p>  <p data-bbox="1852 1377 2353 1409"><u>第6図 浸水深の時系列データ (地点④)</u></p>	

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="1855 793 2350 825">第7図 浸水深の時系列データ (地点⑤)</p>  <p data-bbox="1855 1423 2350 1455">第8図 浸水深の時系列データ (地点⑥)</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="1852 747 2353 779">第9図 浸水深の時系列データ (地点⑦)</p>  <p data-bbox="1852 1377 2353 1409">第10図 浸水深の時系列データ (地点⑧)</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="1840 745 2359 787">第11図 浸水深の時系列データ (地点⑨)</p>  <p data-bbox="1840 1417 2359 1459">第12図 浸水深の時系列データ (地点⑩)</p>	



第13図 第4保管エリア近傍の溢水の伝播挙動

第1表 保管場所に対する影響評価結果

保管場所	影響評価結果
第1保管エリア	エリア内の最大浸水深は約0cmとなる。 (第5図地点③)
第2保管エリア	密閉式貯水槽上部であり、周囲に溢水源が存在せず、エリア内の最大浸水深は約0cmとなる。 (第6図地点④)
第3保管エリア	周囲に溢水源が存在せず、エリア内の最大浸水深は約0cmとなる。 (第7図地点⑤)
第4保管エリア	エリア内の最大浸水深は約21cmとなり、可搬型設備等の機関吸気口及び排気口高さ以下である。 (第8図地点⑥)

・記載方針の相違  
【柏崎6/7, 東海第二】  
島根2号炉は、解析における保守性と実現象との関係について記載

・評価結果の相違  
【柏崎6/7】  
保管場所に対する影響評価結果の相違

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. <u>溢水時によるフィルタベント現場操作等への影響について</u></p> <p>(1) <u>原子炉格納容器圧力逃がし装置内の水による溢水の影響</u></p> <p><u>原子炉格納容器圧力逃がし装置（フィルタベント）の現場操作や計器の確認について、原子炉建屋内及び屋外での操作がある。</u></p> <p><u>原子炉格納容器圧力逃がし装置自体は、基準地震による破損の影響はなく、操作場所は地震の溢水による影響は受けない。</u></p> <p><u>万一、原子炉格納容器圧力逃がし装置使用後に漏えいが発生した場合でも</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><u>・遮蔽壁を設ける等、原子炉格納容器圧力逃がし装置外部へ水が漏えいしない設計としており、漏えい水をドレン移送ポンプでサプレッション・チェンバへ移送可能であること。</u></li> <li><u>・ドレン移送ポンプは、軸封部からの漏えいのない構造であるキャンドモータポンプを用いており、堰や鉄板遮蔽を設置していること。</u></li> <li><u>・ドレン移送ポンプから原子炉建屋までの屋外配管は、可撓性のあるメタルホースを用い、フレキシブルホースによる二重管構造としており、埋設U字溝内に格納の上鉄板遮蔽蓋を設置していること。</u></li> </ul> <p><u>等、原子炉格納容器圧力逃がし装置からの漏えい対策、被ばく低減対策を講じている。</u></p> <p><u>なお、格納容器ベント後の現場の操作としては、「フィルタ装置水位調整（水抜き）」、「フィルタ装置スクラバ水 pH 調整」、「ドレン移送ライン N2 パージ」、「ドレンタンク水抜き」の作業があるが、これらの操作に伴う被ばく量を評価し、緊急時作業に係る線量限度 100mSv に照らしても作業可能であることを確認している。（柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉 重大事故等対処設備について 別添資料-1 原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備（格納容器圧力逃がし装置について））</u></p>			<p>・設備の相違</p> <p><b>【柏崎 6/7】</b></p> <p>島根 2号炉は、中央制御室操作若しくは原子炉建物内弁操作であり、フィルタベント設備付近での作業はない。</p> <p>なお、島根 2号炉はフィルタベント設備が地下格納槽内に位置しており、屋外作業に影響なし</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) <u>その他屋外タンク等の水による溢水の影響</u></p> <p><u>その他の溢水源について、原子炉建屋内のアクセス性については、地震随伴内部溢水の影響評価を行っており、問題ないことを確認している。(本文 5.(4)参照)</u></p> <p><u>屋外の操作については、フィルタベント遮蔽壁周辺の非管理区域における溢水評価を行っており(第2図における Point7, 及び Point8 が該当)、過渡的に水位が上昇するが、屋外の溢水による影響はないことを確認している。</u></p> <p><u>また、現場計器については、一部、原子炉格納容器圧力逃がし装置の附室壁面内に設置されているが水密化されており、当該エリアは溢水による影響を受けない。</u></p> <div data-bbox="219 751 845 1188" style="border: 1px solid black; height: 200px; width: 200px; margin: 10px auto;"></div> <p style="text-align: center;">第3図 屋外操作場所</p>	<p>3. <u>溢水による接続口へのホース等接続作業への影響について</u></p> <p>3.1 <u>接続口に対する溢水の影響</u></p> <p><u>有効性評価における屋外の現場操作として、接続口への可搬型設備の接続操作がある。</u></p> <p><u>東側及び西側接続口周辺は、屋外タンク等の溢水評価を行っており(第1図 地点②及び⑤が該当)、東側接続口近傍の地点⑤ではほとんど水位が上昇せず、接続口まで至らないため屋外タンク等の溢水の影響を受けない。また、西側接続口近傍の地点②では過渡的に水位が上昇するが、上蓋に止水処置を施すため、屋外タンク等の溢水の影響を受けない。高所東側接続口及び高所西側接続口は、高所に設置することから屋外タンク等の溢水の影響を受けない。(別紙(9)参照)</u></p>		<p>・記載方針の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根2号炉は、2.作業の成立性に記載</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 style="text-align: right;">別紙 (1)</p> <p style="text-align: center;">外部事象の抽出について</p> <p>1. 設計上考慮する外部事象の抽出  東海第二発電所の安全を確保する上で設計上考慮すべき外部事象の抽出に当たっては、国内で一般に発生しうる事象に加え、欧米の基準等で示されている事象を用い網羅的に収集し、類似性、随伴性から整理を行い、地震、津波を含めた 78 事象（自然現象 55 事象、外部人為事象 23 事象）を抽出した。  その結果及び海外文献を参考に策定した評価基準に基づき、より詳細に検討すべき外部事象について評価及び選定を実施した。</p> <p>1.1 外部事象の収集  「設置許可基準規則」の解釈第六条 2 項及び 8 項において、「想定される自然現象（地震及び津波を除く。）」と「安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象」として、以下のとおり例示されている。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>第六条（外部からの衝撃による損傷の防止）  （中略）  2 第 1 項に想定する「想定される自然現象」とは、敷地の自然環境を基に、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象又は森林火災等から適用されるものをいう。  （中略）  8 第 3 項に規定する「発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）」とは、敷地及び敷地周辺の状況をもとに選択されるものであり、飛来物（航空機落下等）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突又は電磁的障害等をいう。</p> </div> <p>想定される自然現象及び想定される外部人為事象について網羅的に抽出するための基準等については、国外の基準として「Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants (IAEA, April 2010)」を、また外部人為事象を選定する観点から「DIVERSE</p>	<p style="text-align: right;">別紙 (34)</p> <p style="text-align: center;">外部事象の抽出について</p> <p>1. 設計上考慮する外部事象の選定  島根原子力発電所の安全を確保する上で設計上考慮すべき外部事象の抽出に当たっては、国内で一般に発生し得る事象に加え、欧米の基準等で示されている事象を用い網羅的に収集し、自然現象55事象、人為事象23事象を抽出した。</p> <p>その上で、地震、津波を除く各事象に対し、海外文献を参考に策定した評価基準に基づき評価を実施し、設計上考慮する外部事象を選定した。</p> <p>(1) 外部事象の収集</p> <p>発電用原子炉施設に対して外部から作用する衝撃による損傷を防止するため、自然現象や人為事象に関して、事象を収集する。設計上考慮する外部事象について網羅的に抽出するために国内外の基準等を収集した。  次に挙げる資料から、国内における規制（資料①、②）で取</p>	<p>・記載方針の相違  【柏崎 6/7】  柏崎 6/7 は、外部事象抽出の考え方について、本文「2. 概要」に記載</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>AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI-12-06 August 2012)」、日本の自然現象を網羅する観点から「日本の自然災害(国会資料編纂会 1998年)」を参考にした。これらの基準等に基づき抽出した想定される自然現象を第1表に、想定される外部人為事象を第2表に示す。</p> <p>なお、その他にNRCの「NUREG/CR-2300 PRA Procedures Guide (NRC, January 1983)」等の基準も事象収集の対象としたが、これら追加した基準の事象により、「(3) 設計上考慮すべき想定される自然現象及び外部人為事象の選定結果」において選定される事象が増加することはなかった。</p>	<p>り上げている事象や、国外の規制として、米国原子力規制委員会が定めたPRAについてのガイド(資料③)やIAEAが定めたガイド(資料④)に取り上げている事象を抽出した。</p> <p>① 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」(制定 平成25年6月19日 原規技発第1306193号 原子力規制委員会決定)</p> <p>② 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」(制定 平成25年6月19日 原規技発第1306194号 原子力規制委員会決定)</p> <p>③ NUREG/CR-2300 “PRA Procedures Guide”, NRC, January 1983</p> <p>④ Specific Safety Guide (SSG-3) “Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants”, IAEA, April 2010</p> <p>さらに、日本の自然現象における実例(資料⑤)や、米国の原子力発電設備の維持基準に引用されている米国機械学会の規格(資料⑥)、また、関連して、地震や洪水を含む様々な過酷な自然現象への対応に適用できるように考案されたFLEX(多様かつ柔軟な対応方策)や大規模損壊事象を取り上げている米国NEIのガイド等(資料⑦、⑧、⑨)で取り上げられている事象を収集することによって、網羅性を確保した。</p> <p>⑤ 「日本の自然災害」国会資料編纂会 1998年</p> <p>⑥ ASME/ANS RA-S-2009 “Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications”</p> <p>⑦ DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES(FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI-12-06 August2012)</p> <p>⑧ B.5.b Phase2&amp;3 Submittal Guideline(NEI-06-12 December 2006)-2011.5 NRC公表</p> <p>⑨ 「外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準：2014」一般社団法人 日本原子力学会 2014年12月</p> <p>以上の①～⑨の資料より、外部事象78事象(自然現象55事象、人為事象23事象)が収集された(第1-1表、第1-2表)。</p>	



第1表 考慮する外部ハザードの抽出 (想定される自然現象)  
(1/2)

(丸数字は、次頁に記載した外部ハザードを抽出した文献を示す。)

No	外部ハザード	外部ハザードを抽出した文献等								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
1-1	極低温 (凍結)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1-2	隕石	○		○		○		○		○
1-3	降水 (豪雨 (降雨))	○	○	○	○	○	○	○		○
1-4	河川の迂回	○	○			○		○		○
1-5	砂嵐	○		○		○		○		○
1-6	静振	○				○		○		○
1-7	地震活動	○	○	○	○	○	○	○		○
1-8	積雪 (暴風雪)	○	○	○	○	○	○	○		○
1-9	土壌の収縮又は膨張	○	○			○		○		○
1-10	高潮	○	○			○		○		○
1-11	津波	○	○	○	○	○	○	○		○
1-12	火山 (火山活動・降灰)	○	○	○	○	○	○	○		○
1-13	波浪・高波	○	○			○		○		○
1-14	雪崩	○	○	○		○		○		○
1-15	生物学的事象	○			○		○	○		○
1-16	海岸浸食	○		○		○		○		○
1-17	干ばつ	○	○	○		○		○		○
1-18	洪水 (外部洪水)	○	○	○		○	○	○		○
1-19	風 (台風)	○	○	○	○	○	○	○		○
1-20	竜巻	○	○	○	○	○	○	○		○
1-21	濃霧	○				○		○		○
1-22	森林火災	○	○	○	○	○	○	○		○
1-23	霜・白霜	○	○	○		○		○		○
1-24	草原火災	○								○
1-25	ひょう・あられ	○	○	○		○		○		○
1-26	極高温	○	○	○		○		○		○
1-27	満潮	○				○		○		○
1-28	ハリケーン	○				○		○		○
1-29	氷結	○		○		○		○		○
1-30	氷晶			○						○
1-31	氷壁			○						○
1-32	土砂崩れ (山崩れ, がけ崩れ)		○							
1-33	落雷	○	○	○	○	○	○	○		○
1-34	湖又は河川の水位低下	○		○		○		○		○

第1-1表 外部ハザードの抽出 (自然現象)

No	外部事象	外部ハザードを抽出した文献等*								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
1-1	風 (台風)	○	○	○	○	○	○	○		○
1-2	竜巻	○	○	○	○	○	○	○		○
1-3	高温			○	○	○	○	○		○
1-4	低温 (凍結)	○	○	○	○	○	○	○		○
1-5	極限的な気圧				○					○
1-6	降雨 (豪雨)	○	○	○	○	○	○	○		○
1-7	積雪 (豪雪)	○	○	○	○	○	○	○		○
1-8	ひょう			○	○	○	○	○		○
1-9	もや				○					○
1-10	霜			○	○	○	○	○		○
1-11	干ばつ			○	○	○	○	○		○
1-12	塩害, 塩雲				○					○
1-13	砂嵐			○	○	○	○	○		○
1-14	落雷	○	○	○	○	○	○	○		○
1-15	隕石			○	○		○	○		○
1-16	地面の隆起				○	○				○
1-17	動物				○					○
1-18	火山 (火山活動・降灰)	○	○	○	○	○	○	○		○
1-19	雪崩			○	○	○	○	○		○
1-20	地滑り	○		○	○	○	○	○		○
1-21	地震	○	○	○	○	○	○	○		○
1-22	カルスト				○					○
1-23	地下水による浸食				○					○
1-24	海岸浸食 (水面下の浸食)			○	○		○	○		○
1-25	湖又は河川の水位低下			○	○		○	○		○
1-26	湖又は河川の水位上昇			○	○	○				○
1-27	海水面低				○					○
1-28	海水面高				○	○				○
1-29	高水温 (海水温高)				○					○
1-30	低水温 (海水温低)				○	○				○
1-31	海底地滑り				○					○
1-32	氷結 (水面の凍結)			○			○	○		○
1-33	氷晶				○					○
1-34	氷壁				○					○
1-35	水中の有機物質				○					○

第1表 考慮する外部ハザードの抽出 (想定される自然現象)

(2/2)

(丸数字は、次頁に記載した外部ハザードを抽出した文献を示す。)

No	外部ハザード	外部ハザードを抽出した文献等								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
1-35	湖又は河川の水位上昇			○		○				
1-36	陥没・地盤沈下・地割れ	○	○							○
1-37	極限的な圧力 (気圧高低)			○						○
1-38	もや			○						
1-39	塩害, 塩雲			○						○
1-40	地面の隆起		○	○						○
1-41	動物			○						○
1-42	地滑り	○	○	○	○	○	○			○
1-43	カルスト			○						○
1-44	地下水による浸食			○						
1-45	海水面低			○						○
1-46	海水面高		○	○						○
1-47	地下水による地滑り			○						
1-48	水中の有機物			○						
1-49	太陽フレア, 磁気嵐	○								○
1-50	高温水 (海水温高)			○						○
1-51	低温水 (海水温低)		○	○						○
1-52	泥湧出 (液状化)		○							
1-53	土石流		○							○
1-54	水蒸気		○							○
1-55	毒性ガス	○	○			○		○		○

- ① DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI-12-06 August 2012)
- ② 「日本の自然災害」国会資料編纂会 1998 年
- ③ Specific Safety Guide (SSG-3) "Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants", IAEA, April 2010
- ④ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」(制定:平成 25 年 6 月 19 日)
- ⑤ NUREG/CR-2300 "PRA PROCEDURES GUIDE", NRC, January 1983
- ⑥ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置, 構造及び設備の基準に関する規則の解釈」(制定:平成 25 年 6 月 19 日)
- ⑦ ASME/ANS RA-Sa-2009 "Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/ Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications"
- ⑧ B. 5. b Phase2&3 Submittal Guideline (NEI-06-12 December 2006) -2011.5 NRC 公表
- ⑨ 「外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準: 2014」一般社団法人 日本原子力学会

No	外部事象	外部ハザードを抽出した文献等*								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
1-36	生物学的事象	○	○				○	○		○
1-37	津波	○	○	○	○	○	○	○		○
1-38	太陽フレア, 磁気嵐							○		○
1-39	洪水	○		○		○	○	○		○
1-40	濃霧			○			○	○		○
1-41	森林火災	○	○	○	○	○	○	○		○
1-42	草原火災							○		○
1-43	満潮			○			○	○		○
1-44	ハリケーン			○			○	○		○
1-45	河川の迂回			○			○	○		○
1-46	静振			○		○	○	○		○
1-47	陥没					○		○		○
1-48	高潮			○		○	○	○		○
1-49	波浪			○		○	○	○		○
1-50	土石流					○				○
1-51	土砂崩れ (山崩れ, 崖崩れ)					○				○
1-52	泥湧出					○				○
1-53	水蒸気, 熱湯噴出					○				○
1-54	土壌の収縮又は膨張			○		○	○	○		○
1-55	毒性ガス		○			○	○	○		○

\* 外部ハザードを抽出した文献等の番号は「1. (1) 外部事象の収集」における資料番号と同じ

第2表 外部ハザードの抽出 (外部人為事象)  
(丸数字は、外部ハザードを抽出した文献を示す。)

No	外部ハザード	外部ハザードを抽出した文献等								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
2-1	衛星の落下	○		○					○	○
2-2	パイプライン事故 (ガスなど), パイプライン事故によるサイト内 爆発等	○		○		○		○		
2-3	交通事故 (化学物質流出含む。)	○		○	○	○		○		○
2-4	有毒ガス	○			○	○	○	○		
2-5	タービンミサイル	○			○	○	○	○		
2-6	飛来物 (航空機落下)	○		○	○	○	○	○	○	○
2-7	工業施設又は軍事施設事故	○				○		○		○
2-8	船舶の衝突 (船舶事故)	○		○	○		○		○	○
2-9	自動車又は船舶の爆発	○		○						○
2-10	船舶から放出される固体液体不純物			○						○
2-11	水中の化学物質			○						
2-12	プラント外での爆発			○	○		○			○
2-13	プラント外での化学物質の流出			○						○
2-14	サイト貯蔵の化学物質の流出	○		○		○		○		
2-15	軍事施設からのミサイル			○						
2-16	掘削工事		○	○						
2-17	他のユニットからの火災			○						
2-18	他のユニットからのミサイル			○						
2-19	他のユニットからの内部溢水			○						
2-20	電磁的障害			○	○		○			○
2-21	ダムの崩壊			○	○		○			○
2-22	内部溢水				○	○	○	○		
2-23	火災 (近隣工場等の火災)			○	○	○	○			○

- ① DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI-12-06 August 2012)
- ② 「日本の自然災害」国会資料編纂会 1998年
- ③ Specific Safety Guide (SSG-3) "Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants", IAEA, April 2010
- ④ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」(制定:平成25年6月19日)
- ⑤ NUREG/CR-2300 "PRA PROCEDURES GUIDE", NRC, January 1983
- ⑥ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」(制定:平成25年6月19日)
- ⑦ ASME/ANS RA-Sa-2009 "Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications"
- ⑧ B.5.b Phase2&3 Submittal Guideline (NEI-06-12 December 2006) -2011.5 NRC公表
- ⑨ 「外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準:2014」一般社団法人 日本原子力学会

第1-2表 外部ハザードの抽出 (人為事象)

No	外部事象	外部ハザードを抽出した文献等*								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
2-1	船舶から放出される固体液体不純物				○					○
2-2	水中への化学物質の流出				○					
2-3	船舶の衝突 (船舶事故)	○	○		○			○		○
2-4	交通機関 (航空機を除く) の事故による爆発			○	○		○	○		○
2-5	交通機関 (航空機を除く) の事故による化学物質流出				○			○		○
2-6	爆発 (発電所外)	○	○		○					○
2-7	化学物質流出 (発電所外)				○					○
2-8	発電所内貯蔵の化学物質流出			○	○		○	○		
2-9	パイプライン事故 (爆発, 化学物質流出)			○	○		○	○		
2-10	軍事施設からのミサイル				○					
2-11	掘削工事				○					
2-12	他ユニットからの火災				○					
2-13	他ユニットからのタービン・ミサイル				○					
2-14	他ユニットからの内部溢水				○					
2-15	人工衛星の落下				○		○	○		○
2-16	飛来物 (航空機落下)	○	○	○	○		○	○	○	○
2-17	電磁的障害	○	○	○	○					○
2-18	ダムの崩壊	○	○		○					○
2-19	工業施設又は軍事施設事故 (爆発, 化学物質放出)			○			○	○		○
2-20	タービン・ミサイル	○	○	○			○	○		
2-21	有毒ガス	○	○	○			○	○		
2-22	内部溢水	○	○	○			○			
2-23	外部火災 (近隣工場等の火災)	○	○	○						○

\* 外部ハザードを抽出した文献等の番号は「1. (1) 外部事象の収集」における資料番号と同じ

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>1.2 外部事象の選定</p> <p>1.2.1 除外基準</p> <p>1.1 で網羅的に抽出した事象について、東海第二発電所において設計上考慮すべき事象を選定するため、海外での評価手法※を参考とした第3表の除外基準のいずれかに該当するものは除外して事象の選定を行った。</p> <p style="text-align: center;">第3表 考慮すべき事象の除外基準</p> <table border="1" data-bbox="964 802 1685 1081"> <tr> <td>基準A</td> <td>影響を与えるほど接近した場所に発生しない。(例: No.1-5 砂嵐)</td> </tr> <tr> <td>基準B</td> <td>ハザード進展・襲来が遅く、事前にそのリスクを予知・検知することでハザードを排除できる。(例: No.1-16 海岸浸食)</td> </tr> <tr> <td>基準C</td> <td>プラント設計上、考慮された事象と比較して設備等への影響度が同等若しくはそれ以下、又はプラントの安全性が損なわれることがない(例: No.1-21 濃霧)</td> </tr> <tr> <td>基準D</td> <td>影響が他の事象に包絡される。(例: No.1-27 満潮)</td> </tr> <tr> <td>基準E</td> <td>発生頻度が他の事象と比較して非常に低い。(例: No.1-2 隕石)</td> </tr> </table> <p>※ ASME/ANS RA-Sa-2009 “Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications”</p>	基準A	影響を与えるほど接近した場所に発生しない。(例: No.1-5 砂嵐)	基準B	ハザード進展・襲来が遅く、事前にそのリスクを予知・検知することでハザードを排除できる。(例: No.1-16 海岸浸食)	基準C	プラント設計上、考慮された事象と比較して設備等への影響度が同等若しくはそれ以下、又はプラントの安全性が損なわれることがない(例: No.1-21 濃霧)	基準D	影響が他の事象に包絡される。(例: No.1-27 満潮)	基準E	発生頻度が他の事象と比較して非常に低い。(例: No.1-2 隕石)	<p>(2) 設計上考慮する外部事象の選定</p> <p>外部事象に係る海外での評価手法※を参考に、設計上考慮する外部事象を選定するに当たり、影響を評価する基準を以下のように設定した。評価に当たっては、サイトに外部事象が有意な影響を与えるかという観点の評価(基準A, 基準B, 基準E)に加え、サイトに到達した外部事象が設備にどの程度影響を与えるかという観点の評価(基準C)を実施する、又は、外部事象の影響規模がほかの外部事象に包含される(基準D)ことを確認している。評価基準を第1-3表に示す。</p> <p style="text-align: center;">第1-3表 評価基準</p> <table border="1" data-bbox="1765 793 2469 1092"> <thead> <tr> <th>評価基準</th> <th>内 容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>基準A</td> <td>当該原子炉施設に影響を及ぼすほど接近した場所に発生しない。(例: 砂嵐)</td> </tr> <tr> <td>基準B</td> <td>ハザード進展・襲来が遅く、事前にそのリスクを予知・検知することでハザードを排除できる。(例: 海岸浸食)</td> </tr> <tr> <td>基準C</td> <td>当該原子炉施設の設計上考慮された事象と比較して、設備等への影響度が同等若しくはそれ以下であり、プラントの安全性が損なわれることはない。(例: 濃霧)</td> </tr> <tr> <td>基準D</td> <td>影響が他の事象に包含される。(例: 満潮)</td> </tr> <tr> <td>基準E</td> <td>発生頻度が他の事象と比較して非常に低い。(例: 隕石)</td> </tr> </tbody> </table> <p>※ ASME/ANS RA-Sa-2009 “Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Application”, ASME/ANS, February 2009</p>	評価基準	内 容	基準A	当該原子炉施設に影響を及ぼすほど接近した場所に発生しない。(例: 砂嵐)	基準B	ハザード進展・襲来が遅く、事前にそのリスクを予知・検知することでハザードを排除できる。(例: 海岸浸食)	基準C	当該原子炉施設の設計上考慮された事象と比較して、設備等への影響度が同等若しくはそれ以下であり、プラントの安全性が損なわれることはない。(例: 濃霧)	基準D	影響が他の事象に包含される。(例: 満潮)	基準E	発生頻度が他の事象と比較して非常に低い。(例: 隕石)	
基準A	影響を与えるほど接近した場所に発生しない。(例: No.1-5 砂嵐)																								
基準B	ハザード進展・襲来が遅く、事前にそのリスクを予知・検知することでハザードを排除できる。(例: No.1-16 海岸浸食)																								
基準C	プラント設計上、考慮された事象と比較して設備等への影響度が同等若しくはそれ以下、又はプラントの安全性が損なわれることがない(例: No.1-21 濃霧)																								
基準D	影響が他の事象に包絡される。(例: No.1-27 満潮)																								
基準E	発生頻度が他の事象と比較して非常に低い。(例: No.1-2 隕石)																								
評価基準	内 容																								
基準A	当該原子炉施設に影響を及ぼすほど接近した場所に発生しない。(例: 砂嵐)																								
基準B	ハザード進展・襲来が遅く、事前にそのリスクを予知・検知することでハザードを排除できる。(例: 海岸浸食)																								
基準C	当該原子炉施設の設計上考慮された事象と比較して、設備等への影響度が同等若しくはそれ以下であり、プラントの安全性が損なわれることはない。(例: 濃霧)																								
基準D	影響が他の事象に包含される。(例: 満潮)																								
基準E	発生頻度が他の事象と比較して非常に低い。(例: 隕石)																								



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 (36)</p> <p style="text-align: center;">薬品類の漏えい時に使用する防護具について</p> <p>1. 防護具について</p> <p>東海第二発電所の屋内にはりん酸ソーダや硫酸等，屋外には硫酸や苛性ソーダ，アンモニア等の各種の薬品タンクが設置されている。</p> <p>第1表に示す防護具の選定表に基づき，必要な防護具を着用する。</p> <p style="text-align: center;"><b>第1表 地震時の防護具の選定表</b></p> <table border="1" data-bbox="955 724 1697 886"> <thead> <tr> <th></th> <th>炉心損傷のおそれあり</th> <th>炉心損傷のおそれなし</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>薬品の影響あり (原子炉建屋付属棟 (廃棄物処理棟) 内の作業)</td> <td>放射線防護具 (自給式呼吸用保護具)</td> <td>薬品防護具</td> </tr> <tr> <td>薬品の影響なし (原子炉建屋付属棟 (廃棄物処理棟) 以外の作業)</td> <td>放射線防護具</td> <td>通常の装備</td> </tr> </tbody> </table> <p>1.1 屋内作業</p> <p>原子炉建屋付属棟 (廃棄物処理棟) にはりん酸ソーダタンク，中和苛性タンク，中和硫酸タンクが設置されている。これらの薬品タンクは，地震により薬品が漏えいし，薬品タンク周辺に設置されている堰内に薬品が滞留し，ガスの発生が想定される。</p> <p>そのため，原子炉建屋付属棟 (廃棄物処理棟) 内の作業時は，炉心損傷のおそれがある場合は放射線防護具のうち自給式呼吸用保護具，炉心損傷のおそれがない場合は薬品防護具を着用する。</p> <p>また，当該薬品タンクの設置場所は迂回することが可能である。(参考資料-1)。</p> <p>なお，有効性評価において原子炉建屋付属棟 (廃棄物処理棟) 内で行う作業 (格納容器ベント準備操作 (現場移動 (第二弁))) は，想定時間 (19 時間) に対して作業時間は事象発生 16 時間後から 41 分であり，自給式呼吸用保護具の着用時間 (21 分) を考慮しても余裕があるため，影響はない。</p>		炉心損傷のおそれあり	炉心損傷のおそれなし	薬品の影響あり (原子炉建屋付属棟 (廃棄物処理棟) 内の作業)	放射線防護具 (自給式呼吸用保護具)	薬品防護具	薬品の影響なし (原子炉建屋付属棟 (廃棄物処理棟) 以外の作業)	放射線防護具	通常の装備	<p style="text-align: right;">別紙 (35)</p> <p style="text-align: center;">薬品類の漏えい時に使用する防護具について</p> <p>1. 防護具について</p> <p>島根原子力発電所 2号炉の屋内には苛性ソーダや硫酸等，屋外には液体窒素，硫酸第一鉄水溶液，ポリ塩化アルミニウム，硫酸の各種の薬品タンクが設置されている。</p> <p>第1表に示す防護具の選定表に基づき，必要な防護具を着用する。</p> <p style="text-align: center;"><b>第1表 地震時の防護具の選定表</b></p> <table border="1" data-bbox="1742 697 2504 875"> <thead> <tr> <th></th> <th>炉心損傷のおそれあり</th> <th>炉心損傷のおそれなし</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>薬品の影響あり</td> <td>放射線防護具及び薬品防護具</td> <td>薬品防護具</td> </tr> <tr> <td>薬品の影響なし</td> <td>放射線防護具</td> <td>通常の装備</td> </tr> </tbody> </table> <p>1.1 屋内作業</p> <p>廃棄物処理建物に設定しているアクセスルート近傍には薬品タンクは設置されていないため，地震による薬品漏えいの影響は想定されない。</p> <p>そのため，廃棄物処理建物内の作業時は，炉心損傷のおそれがある場合は放射線防護具，炉心損傷のおそれがない場合は通常の装備を着用する。</p>		炉心損傷のおそれあり	炉心損傷のおそれなし	薬品の影響あり	放射線防護具及び薬品防護具	薬品防護具	薬品の影響なし	放射線防護具	通常の装備	<p>・記載方針の相違</p> <p>【柏崎 6/7】</p> <p>島根 2号炉は，アクセスルート近傍に薬品タンク等が位置していることから，薬品漏えい時に使用する防護具について説明</p> <p>・設備の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根 2号炉は，薬品タンクが屋内アクセスルートとは異なる場所にあり薬品の影響を受けないため，自給式呼吸用保護具の着用は不要 (以下，別紙 (35)-①の相違)</p> <p>・設備の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>別紙 (35)-①の相違</p>
	炉心損傷のおそれあり	炉心損傷のおそれなし																			
薬品の影響あり (原子炉建屋付属棟 (廃棄物処理棟) 内の作業)	放射線防護具 (自給式呼吸用保護具)	薬品防護具																			
薬品の影響なし (原子炉建屋付属棟 (廃棄物処理棟) 以外の作業)	放射線防護具	通常の装備																			
	炉心損傷のおそれあり	炉心損傷のおそれなし																			
薬品の影響あり	放射線防護具及び薬品防護具	薬品防護具																			
薬品の影響なし	放射線防護具	通常の装備																			

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>原子炉棟にはほう酸水注入系テストタンクが設置されている。この薬品タンクは、地震により薬品が漏えいし、薬品タンク周辺の堰及び近傍のエリアに滞留が想定されるが、ガスの発生が想定されない。</p> <p>そのため、原子炉棟内の作業時は、炉心損傷のおそれがある場合は<u>溢水を考慮した放射線防護具（アノラック等）</u>、炉心損傷のおそれがない場合は通常の装備を着用する。</p> <p>1.2 屋外作業</p> <p><u>屋外において薬品が漏えいした場合、薬品タンク周辺の路面勾配による路肩への流下が考えられる。また、薬品タンクはアクセスルートから10m以上離れているため、漏えいした薬品がタンク周辺に滞留していた場合でも、漏えいによる影響は小さいと考えられる。</u></p> <p><u>なお、アクセスルートの近傍に設置している熔融炉苛性ソーダタンクや熔融炉アンモニアタンクは、アクセスルートから十分な離隔を確保した箇所に移設する。</u></p> <p>そのため、屋外の作業時は、炉心損傷のおそれがある場合は放射線防護具、炉心損傷のおそれがない場合は通常の装備を着用する。</p> <p>上記のとおり、薬品防護具の着用は不要であるが、万一、薬品が滞留している箇所周辺へのアクセスや作業を行う場合を想定し、中央制御室及び緊急時対策所建屋に、現場で作業に当たる要員の人数を踏まえた数量の薬品防護具を配備する。</p> <p>薬品防護具の一覧を第2表、薬品防護具を第1図に示す。</p>	<p>原子炉建物原子炉棟にはほう酸水貯蔵タンクが設置されているが、耐震性を有しているため地震による薬品の漏えいは想定されず、万一、薬品が漏えいしたとしてもアクセスルートからの離隔距離が確保されているため、地震による薬品の影響は想定されない。</p> <p>そのため、原子炉建物原子炉棟内の作業時は、炉心損傷のおそれがある場合は放射線防護具、炉心損傷のおそれがない場合は通常の装備を着用する。</p> <p>上記のとおり、薬品防護具の着用は不要であるが、万一、薬品が滞留している箇所周辺へのアクセスや作業を行う場合を想定し、中央制御室及び緊急時対策所に、現場で作業に当たる要員の人数を踏まえた数量の薬品防護具を配備する。</p> <p>1.2 屋外作業</p> <p><u>アクセスルート近傍に設置している薬品タンクのうち、2号炉NGC液体窒素貯蔵タンクは、漏えいした場合であっても液体窒素が外気中に拡散することから、漏えいによる影響はない。</u></p> <p><u>アクセスルート近傍に設置している薬品タンクのうち、2号炉鉄イオン溶解タンクは漏えいした場合であっても側溝に流れることから、漏えいによる影響はない。</u></p> <p><u>アクセスルート近傍の建物内に設置されている薬品タンクは漏えいした場合であっても側溝に流れることから、漏えいによる影響はない。</u></p> <p>そのため、屋外の作業時は、炉心損傷のおそれがある場合は、放射線防護具、炉心損傷のおそれがない場合は通常の装備を着用する。</p> <p>上記のとおり、漏えいによる影響は限定的と考えられるが、万一、薬品が滞留している箇所周辺へのアクセスや作業を行う場合を想定し、中央制御室及び緊急時対策所に、現場で作業に当たる要員の人数を踏まえた数量の薬品防護具を配備する。</p> <p>薬品防護具の一覧を第2表、薬品防護具を第1図に示す。</p>	<p>・設備の相違 【東海第二】 溢水源の相違に伴う想定する現場環境の相違</p> <p>・設備の相違 【東海第二】 プラントの相違に伴う評価対象タンク及び評価結果の相違</p>



第2表 薬品防護具一覧

装備品	耐薬品性	保管場所 <sup>※1</sup>
化学防護服	薬品全般	中央制御室： (9セット) <sup>※2, ※3</sup>
化学防護手袋		
化学防護長靴		
防毒マスク	飛沫からの防護、揮発性の薬品に対応	緊急時対策所建屋： (30セット) <sup>※2, ※4</sup>
吸収缶 (塩素, 塩化水素, アンモニア等)		
自給式呼吸用保護具 <sup>※5</sup>	揮発性の薬品に対応	中央制御室 (9セット)

※1 上記の表の装備品一式をセットして保管場所に配備する。  
 ※2 装備品はクリーンウェスで洗浄することにより再使用する。洗浄用のウェスを中央制御室に2缶、緊急時対策所建屋に4缶配備する。  
 ※3 (3名(運転員(現場)) + 3名(重大事故等対応要員(運転操作))) × 1.5倍 = 9セット  
 ※4 (18名(保修班) + 2名(放射線管理班)) × 1.5倍 = 30セット  
 ※5 放射線防護資器材として配備している装備品



化学防護服



化学防護手袋



化学防護長靴



保護メガネ



防毒マスク



吸収缶



自給式呼吸用保護具

第1図 薬品防護具

第2表 薬品防護具一覧

装備品	耐薬品性	保管場所 <sup>※1</sup>
化学防護服 <sup>※3</sup>	薬品全般	中央制御室： (10セット) <sup>※2, 4</sup>
化学防護手袋		
化学防護長靴		
全面マスク <sup>※3</sup>	飛沫からの防護、揮発性の薬品に対応	緊急時対策所： (40セット) <sup>※2, 5</sup>
チャコール・フィルタ <sup>※3</sup>		

※1: 上記の表の薬品防護具及び放射性防護具一式をセットとして保管場所に保管する。  
 ※2: 装備品(チャコール・フィルタを除く。)はウェットティッシュでの拭き取りにより除染等を行い再使用する。拭き取り用のウェットティッシュを中央制御室に1個、緊急時対策所に2個配備する。  
 ※3: 放射線防護具と兼用する。  
 ※4: (運転員9名+余裕) = 10セット  
 ※5: (現場復旧班要員24名+放射線管理班要員4名+余裕) = 40セット



化学防護服



化学防護手袋



化学防護長靴



全面マスク



チャコール・フィルタ

第1図 薬品防護具

・設備の相違  
 【東海第二】  
 別紙(35)-①の相違

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;"><u>参考資料-1</u></p> <p><u>屋内及び屋外において薬品漏えい時に使用するルート</u></p> <p><u>原子炉建屋付属棟（廃棄物処理棟）の薬品タンク（りん酸ソーダタンク，中和苛性タンク，中和硫酸タンク）を迂回するためのルートを第1図に示す。</u></p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; height: 450px; width: 100%;"></div> <p>原子炉建屋付属棟（廃棄物処理棟）の薬品タンクの設置場所を通行できない場合でも，階段①（赤丸部）より上階の迂回ルート（緑色破線）を通行し，階段②（青丸部）より下階に降りることで，薬品タンクの設置場所を迂回することが可能。</p> <p style="text-align: center;">第1図 薬品滞留時に使用するルート（屋内）</p>		<p>・設備の相違</p> <p><b>【東海第二】</b></p> <p>島根2号炉は，薬品タンクがアクセスルートとは異なる場所にあるため迂回不要</p>

別紙 (41)

敷地内の地下水位の設定について

1. 敷地内の地下水位観測データ

過去の地下水位観測データを第1表, 観測最高地下水位コンター図を第1図に示す。

第1表 過去の地下水位観測データ (1/2)

観測孔名	計測期間 (年)	最高水位 (T. P. +m)	最高水位 計測時期
a	1995~1999	3.49	1998年10月8日
b	1995~1999	2.52	1998年9月25日
c	1995~1999	2.53	1998年9月22日
d	1995~1999	2.28	1998年9月22日
a-1	1995~1999, 2004~2009	15.42	2006年8月7日
a-2	2004~2009	13.60	2006年7月28日
b-2	2004~2009	9.06	2006年7月30日
c-0	1995~1999, 2004~2009	2.05	1998年9月19日
c-2	1995~1999, 2004~2017	2.58	2012年7月7日
c-3	2004~2017	2.49	2012年7月7日
c-4	2004~2017	2.00	2012年6月25日
d-1	1995~1999, 2004~2009	1.50	1998年9月18日
d-3	2004~2017	1.44	2013年10月27日
d-6	2004~2017	1.58	2013年10月28日
e-2	2004~2017	1.38	2006年10月8日
e-3	2004~2017	1.50	2013年10月16日
e-5	2004~2017	1.30	2013年10月21日
e-6	2004~2017	1.26	2013年10月21日

別紙 (36)

敷地内の地下水位の設定について

保管場所及びアクセスルートの評価のうち、地中埋設構造物の浮き上がり評価等に用いる地下水位を設定するに当たっては、地形等を適切にモデル化した浸透流解析を実施することとし、保守性を確保する方針とする。(浸透流解析の詳細については、四条別紙17「地下水位低下設備について」参照)

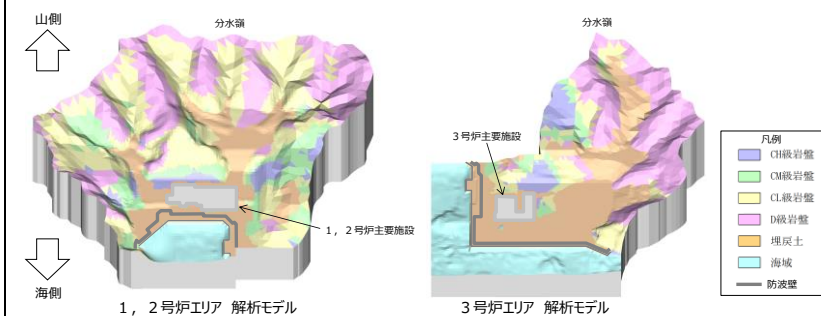
なお、周辺斜面の崩壊及び敷地斜面のすべりに対する影響評価に係る地下水位については、別紙(31)に示す。

以下に地下水位設定の方針を示す。

①解析モデル作成・再現解析による検証

・島根原子力発電所の敷地は堅硬な地山の尾根(分水嶺)に囲まれている。また、1, 2号炉及び3号炉エリアの境界部にも同様の分水嶺が存在する。この島根サイトの地形的特徴を踏まえ、それぞれの領域で適切に地下水位を評価する観点から、両エリアで解析モデルを作成する。

・解析モデル・解析条件について建設時工認を参照し設定した上で、観測記録との比較等によりモデルの妥当性の確認を行う。

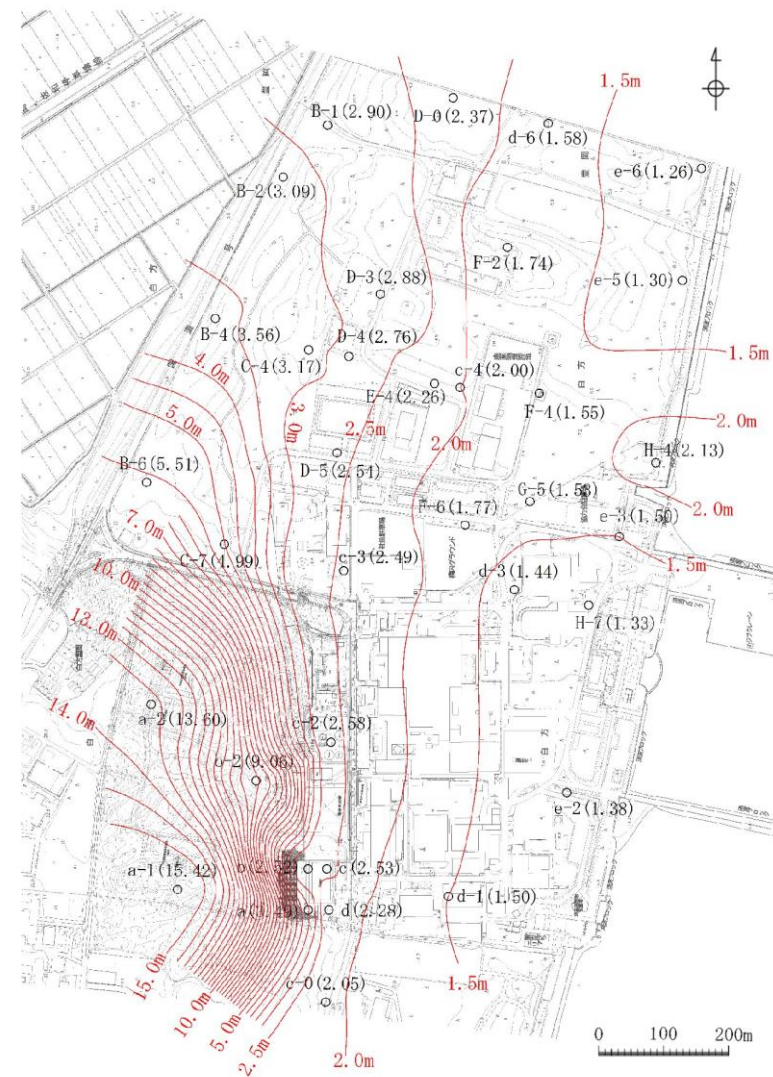


第1図 解析モデル鳥瞰図

・設計方針の相違  
【柏崎6/7】  
島根2号炉は、東海第二と同様に敷地内の地下水位の設定について検討

・検討内容の相違  
【東海第二】  
島根2号炉は、将来的に敷地の流動場が変化する可能性があるため、浸透流解析を実施(以下、同様の相違理由)

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 align="center"><u>第1表 過去の地下水位観測データ (2/2)</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>観測孔名</th> <th>計測期間 (年)</th> <th>最高水位 (T.P.+m)</th> <th>最高水位 計測時期</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>B-1</td><td>2005~2017</td><td>2.90</td><td>2006年7月30日</td></tr> <tr><td>B-2</td><td>2005~2017</td><td>3.09</td><td>2006年7月30日</td></tr> <tr><td>B-4</td><td>2005~2017</td><td>3.56</td><td>2006年7月31日</td></tr> <tr><td>B-6</td><td>2005~2017</td><td>5.51</td><td>2006年8月17日</td></tr> <tr><td>C-4</td><td>2005~2017</td><td>3.17</td><td>2012年6月27日</td></tr> <tr><td>C-7</td><td>2005~2017</td><td>4.99</td><td>2006年8月18日</td></tr> <tr><td>D-0</td><td>2006~2017</td><td>2.37</td><td>2012年6月22日</td></tr> <tr><td>D-3</td><td>2005~2017</td><td>2.88</td><td>2006年10月7日</td></tr> <tr><td>D-4</td><td>2006~2017</td><td>2.76</td><td>2012年6月25日</td></tr> <tr><td>D-5</td><td>2006~2017</td><td>2.54</td><td>2012年7月16日</td></tr> <tr><td>E-4</td><td>2006~2017</td><td>2.26</td><td>2012年6月25日</td></tr> <tr><td>F-2</td><td>2005~2015</td><td>1.74</td><td>2013年10月30日</td></tr> <tr><td>F-4</td><td>2005~2017</td><td>1.55</td><td>2013年10月27日</td></tr> <tr><td>F-6</td><td>2005~2017</td><td>1.77</td><td>2012年6月24日</td></tr> <tr><td>G-5</td><td>2005~2017</td><td>1.53</td><td>2013年10月27日</td></tr> <tr><td>H-4</td><td>2006~2017</td><td>2.13</td><td>2013年10月16日</td></tr> <tr><td>H-7</td><td>2005~2017</td><td>1.33</td><td>2013年10月27日</td></tr> </tbody> </table>	観測孔名	計測期間 (年)	最高水位 (T.P.+m)	最高水位 計測時期	B-1	2005~2017	2.90	2006年7月30日	B-2	2005~2017	3.09	2006年7月30日	B-4	2005~2017	3.56	2006年7月31日	B-6	2005~2017	5.51	2006年8月17日	C-4	2005~2017	3.17	2012年6月27日	C-7	2005~2017	4.99	2006年8月18日	D-0	2006~2017	2.37	2012年6月22日	D-3	2005~2017	2.88	2006年10月7日	D-4	2006~2017	2.76	2012年6月25日	D-5	2006~2017	2.54	2012年7月16日	E-4	2006~2017	2.26	2012年6月25日	F-2	2005~2015	1.74	2013年10月30日	F-4	2005~2017	1.55	2013年10月27日	F-6	2005~2017	1.77	2012年6月24日	G-5	2005~2017	1.53	2013年10月27日	H-4	2006~2017	2.13	2013年10月16日	H-7	2005~2017	1.33	2013年10月27日	<p>②地下水位の設定 (予測解析)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>詳細設計段階で予測解析を実施し、地中埋設構造物の浮き上がり評価等に用いる地下水位を設定する。</u></li> </ul> <p><u>以上を踏まえ、地中埋設構造物の浮き上がり評価等に用いる地下水位については詳細設計段階で決定するため、設置許可段階においては地下水位を地表面に設定する。</u></p>	
観測孔名	計測期間 (年)	最高水位 (T.P.+m)	最高水位 計測時期																																																																								
B-1	2005~2017	2.90	2006年7月30日																																																																								
B-2	2005~2017	3.09	2006年7月30日																																																																								
B-4	2005~2017	3.56	2006年7月31日																																																																								
B-6	2005~2017	5.51	2006年8月17日																																																																								
C-4	2005~2017	3.17	2012年6月27日																																																																								
C-7	2005~2017	4.99	2006年8月18日																																																																								
D-0	2006~2017	2.37	2012年6月22日																																																																								
D-3	2005~2017	2.88	2006年10月7日																																																																								
D-4	2006~2017	2.76	2012年6月25日																																																																								
D-5	2006~2017	2.54	2012年7月16日																																																																								
E-4	2006~2017	2.26	2012年6月25日																																																																								
F-2	2005~2015	1.74	2013年10月30日																																																																								
F-4	2005~2017	1.55	2013年10月27日																																																																								
F-6	2005~2017	1.77	2012年6月24日																																																																								
G-5	2005~2017	1.53	2013年10月27日																																																																								
H-4	2006~2017	2.13	2013年10月16日																																																																								
H-7	2005~2017	1.33	2013年10月27日																																																																								



第1図 観測最高地下水位コンター図

2. 防潮堤を考慮した地下水位の設定

防潮堤の設置により地下水位が上昇する可能性を考慮し、地下水位の設定について以下の検討を行った。

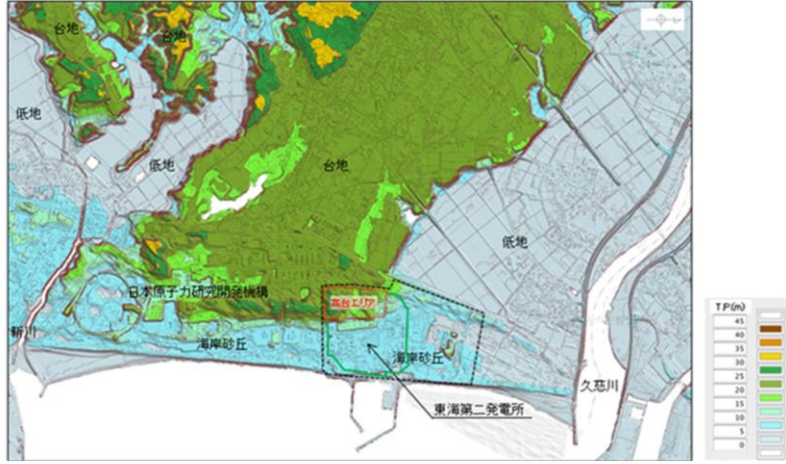
(1) 敷地近傍陸域の地形

第2図に敷地近傍陸域の地形図を示す。

敷地近傍陸域の地形は、台地、低地及び海岸砂丘からなる。敷地の南西方の高台エリアは台地東方部に位置し、海岸砂丘との境界に当たる。高台エリアの北方には海岸砂丘と低地の境界が分布しており、その西方には台地と低地

(T.P. +5m 以下) の境界が分布している。このような地形的状况から、高台エリアへの流入地下水は、高台エリアか



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="1003 212 1694 331"><u>ら西方に続く台地より流入しているものと考えられる。なお、高台エリアの西端の標高とその西方の台地の標高に大きな差はない。</u></p>  <p data-bbox="1160 926 1531 961"><u>第2図 敷地近傍陸域の地形図</u></p> <p data-bbox="982 1016 1492 1052"><u>(2) 防潮堤に囲われた範囲の地下水位の検討</u></p> <p data-bbox="1003 1062 1694 1230"><u>防潮堤の設置に伴い地下水位の上昇の可能性を踏まえ、施設設計の保守性を考慮し、防潮堤に囲われた第3図に示す範囲については、地下水位を地表面に設定することを基本とする。</u></p>		





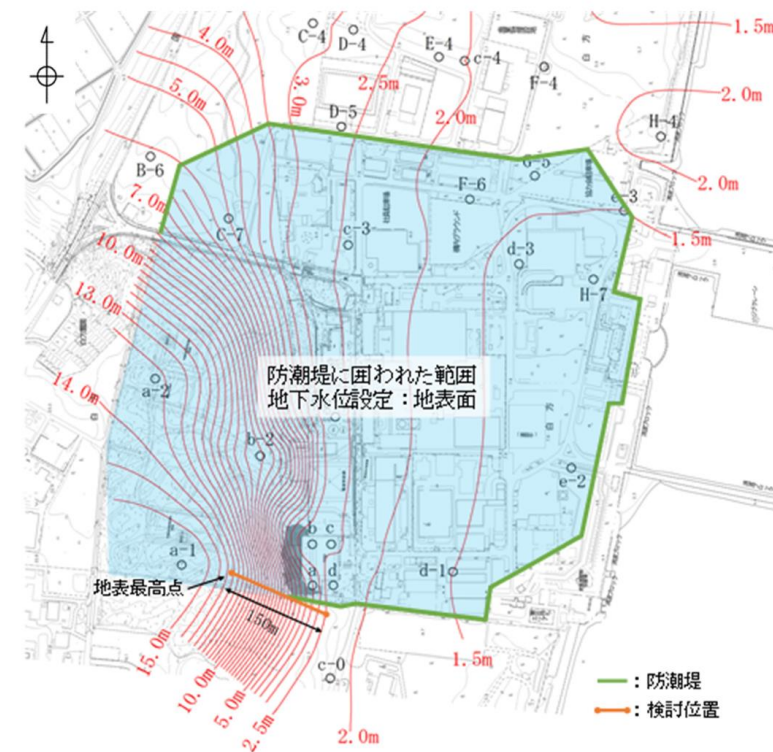
第3図 地下水位設定

(3) 地下水位の上昇によるその他の影響

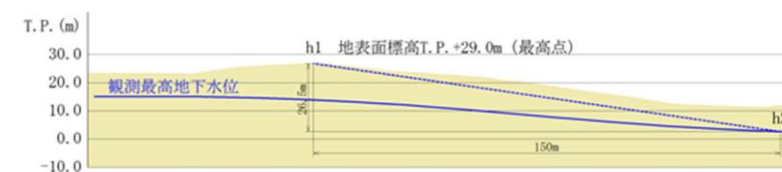
防潮堤で囲われた範囲について地下水位の上昇を考慮した際の、周辺領域の地下水の流速の変化及びそれに伴う影響(地盤中の砂の流出)の有無について検討する。地盤への影響の検討は、設定した地下水位から想定される地下水の流速と、現地の土質材料から想定される多粒子限界流速を比較することにより行う。

検討は、地下水位の高低差が大きくなる敷地南側の境界部を対象とした。敷地南側の防潮堤で境される敷地南側の高台については、T.P. +18mまでは防潮堤が設置されるため、防潮堤を境に北側、南側で水位差が発生することになるが、防潮堤の南西終端部より以西は地下水位を区分けする構造物がないことから、北側(敷地側)の地下水位上昇により相対的に地下水位が低くなる南側に地下水が流れることが想定される。この流れについて、設計で考慮する条件(地下水位を地表面とする)における防潮堤の外側の地下水の流れについて検討を行う。

第4図に検討位置を、第5図に検討イメージ図を、第2表に各地層の透水係数を示す。



第4図 検討位置図



第5図 検討イメージ図

防潮堤に囲われた範囲の地下水位は地表面に設定していることから、地下水位の最高点として地表の最も高い位置  $h1$  (T.P. +29.0m) を、また、下流側は既往の観測記録のコンターに地下水位が摺りつくと仮定し、保守的に地下水位がなだらかになる手前の点  $h2$  (地下水位 T.P. +2.5m) を選定し、両者の水位差と水平距離及び透水係数から、地盤中に流れる地下水の流速をダルシー則で求めた。なお、透水係数は当該箇所分布する地層で最も大きい透水係数である  $du$  層の透水係数を採用した。

$$\Delta h = h1 - h2 = T.P. + 29.0m - T.P. + 2.5m = 26.5m$$

$$\Delta L = 150m$$

$$k = 3.23 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$$

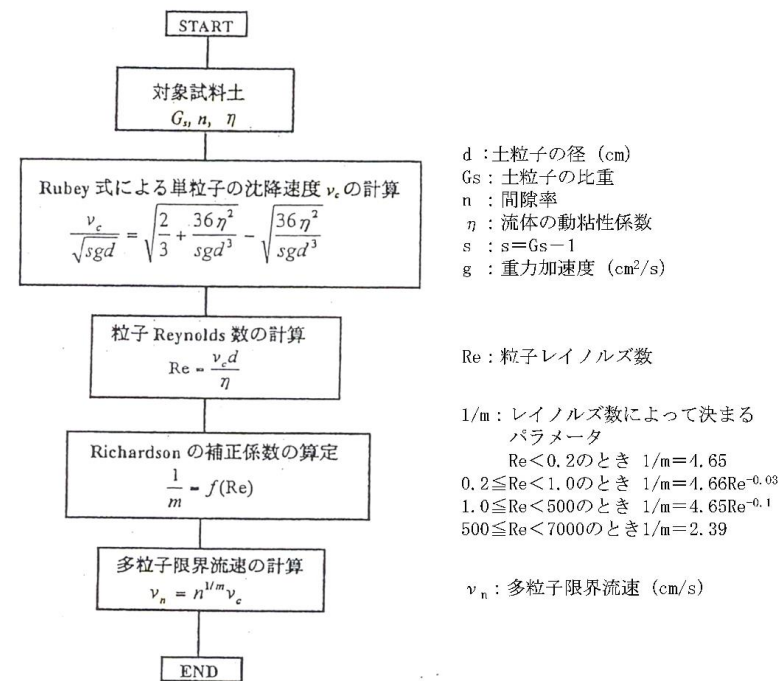
$$v = k \times i = 3.23 \times 10^{-2} \text{ cm/s} \times 26.5m / 150m$$

$$= 5.71 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$$

第2表 各地層の透水係数

地層	透水係数	備考
du層	$3.23 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$	採用
D2g-3層	$1.87 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$	
D2s-3層(細砂)	$6.31 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$	
D2s-3層(粗砂)	$3.16 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$	

一方、多粒子限界流速\*により、du層の平均粒径 D50 及び 20%粒径 D20 に対する限界流速を求めた。多粒子限界流速の算定フローを第6図に、計算に用いたパラメータを第3表に示す。



第6図 多粒子限界流速の算定フロー

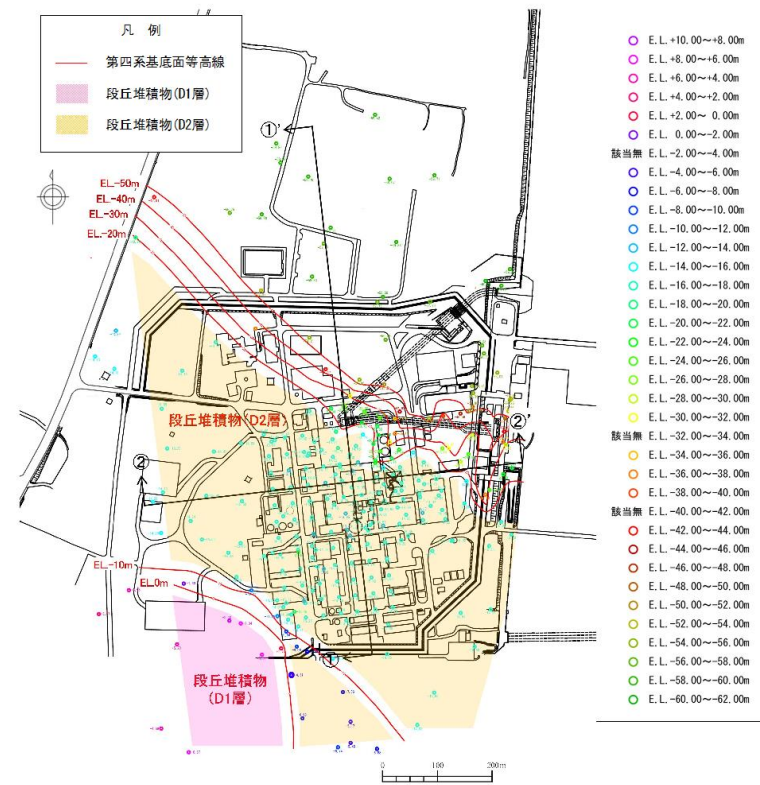
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																				
	<p data-bbox="1003 212 1656 289"><u>第3表 多粒子限界流速の算出に用いた計算パラメータ (du 層)</u></p> <table border="1" data-bbox="967 317 1685 793"> <thead> <tr> <th colspan="2">項目</th> <th>設定値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gs</td> <td>土粒子の比重</td> <td>2.71</td> </tr> <tr> <td>n</td> <td>間隙率</td> <td>42.86%</td> </tr> <tr> <td><math>\eta</math></td> <td>流体の動粘性係数 (地下水温 15°C ~20°Cを想定し設定)</td> <td>0.011cm<sup>2</sup>/s</td> </tr> <tr> <td>s</td> <td>Gs-1</td> <td>1.71</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">d</td> <td>土粒子径 (平均粒径 D50 検討時)</td> <td>0.0384cm</td> </tr> <tr> <td>土粒子径 (20%粒径 D20 検討時)</td> <td>0.01cm</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="1003 888 1706 1140"><u>du 層の平均粒径 D50 に対する多粒子限界流速は <math>2.99 \times 10^{-1}</math> cm/s , 20%粒径に対する多粒子限界流速は <math>1.63 \times 10^{-2}</math> cm/s であり, 前述の地盤中に流れる地下水の流速 <math>5.71 \times 10^{-3}</math> cm/s は多粒子限界流速を下回っていることから, 粒子の移動は発生せず, これらの地下水の流れが地盤に影響を及ぼすものではない。</u></p> <p data-bbox="1003 1199 1706 1318">※ <u>浸透破壊における粒子群を考慮した限界流速 (1997, 杉井, 宇野, 山田ら, 地下水技術 Vol. 39, No. 8, p28~35)</u></p>	項目		設定値	Gs	土粒子の比重	2.71	n	間隙率	42.86%	$\eta$	流体の動粘性係数 (地下水温 15°C ~20°Cを想定し設定)	0.011cm <sup>2</sup> /s	s	Gs-1	1.71	d	土粒子径 (平均粒径 D50 検討時)	0.0384cm	土粒子径 (20%粒径 D20 検討時)	0.01cm		
項目		設定値																					
Gs	土粒子の比重	2.71																					
n	間隙率	42.86%																					
$\eta$	流体の動粘性係数 (地下水温 15°C ~20°Cを想定し設定)	0.011cm <sup>2</sup> /s																					
s	Gs-1	1.71																					
d	土粒子径 (平均粒径 D50 検討時)	0.0384cm																					
	土粒子径 (20%粒径 D20 検討時)	0.01cm																					

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 (39)</p> <p style="text-align: center;"><u>有効応力解析について</u></p> <p><u>液状化による沈下量の算出のうち、地震時の残留変位の算出に用いた有効応力解析の概要を以下に示す。</u></p> <p>1. <u>有効応力解析</u></p> <p><u>地震時の地盤の液状化による残留変位の算出に当たっては、地盤の液状化の程度やそれに基づく地盤の変形を有効応力解析法により、算出している。有効応力解析法とは、地盤内の応力を有効応力及び間隙水圧に分けて評価する手法である。有効応力解析では、地震時の地盤内の間隙水圧の上昇及びそれに伴う有効応力の低下による地盤挙動の変化を適切に考慮できるため、液状化を含めた地盤の地震時応答を評価することができる。</u></p> <p>2. <u>有効応力解析の計算プログラム (FLIP)</u></p> <p><u>本評価における地震時の残留変位は、解析コード FLIP (ver. 7. 3. 0 2) を用いて算出している。FLIP (Finite element analysis of Liquefaction Program) は、1988 年に運輸省港湾技術研究所において開発された平面ひずみ状態を対象とする有効応力解析法に基づく二次元地震応答解析プログラムである。</u></p> <p><u>FLIP の主な特徴としては、以下の点を挙げることができる。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><u>・有限要素法に基づくプログラムである。</u></li> <li><u>・平面ひずみ状態を解析対象とする。</u></li> <li><u>・地盤の有効応力の変化を考慮した地震応答解析を行い、部材断面力や残留変形等を計算する。</u></li> <li><u>・土のせん断応力-せん断ひずみ関係のモデルとして、マルチスプリングモデルを採用している。</u></li> <li><u>・液状化現象は有効応力法により考慮する。そのために必要な過剰間隙水圧発生モデルとして井合モデルを用いている。</u></li> </ul> <p><u>本評価の類似性の高い被災事例 (1995 年兵庫県南部地震の際に被災した淀川堤防の被災事例) について、本解析コードによる再現解析が行われており、解析結果が被災事例をよく再現できていること*を確認している。</u></p> <p><u>また、FLIP は、港湾施設の設計に用いられる「港湾の施設の技術上の基準・同解説 (2007) (社団法人日本港湾協会)」に</u></p>		<p>・設計方針の相違</p> <p><b>【東海第二】</b></p> <p>島根 2 号炉は、柏崎 6/7 と同様に最大せん断ひずみと体積ひずみの関係から沈下量を算出しており、有効応力解析を実施していないため、評価を実施しない</p>

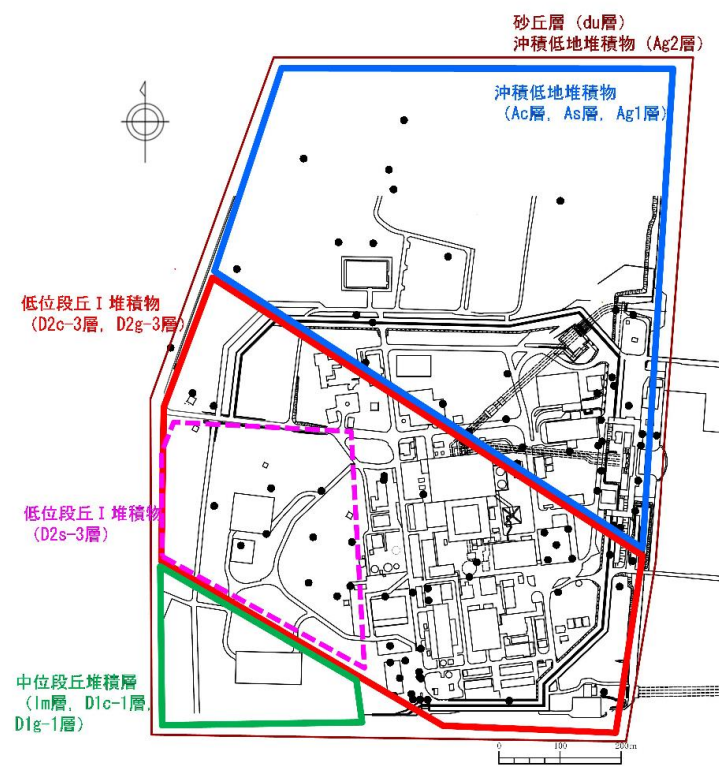
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p><u>において、港湾の施設に対しての適用性が確認されている解析コードとして取り扱われており、本評価に使用することは妥当である。</u></p> <p>※ <u>FLIP 研究会 14 年間の検討成果のまとめ</u>、<u>FLIP 研究会 14 年間の検討成果のまとめ WG</u></p>		



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 style="text-align: right;">別紙(40)</p> <p>保管場所及びアクセスルートにおける相対密度の設定について</p> <p>液状化による不等沈下の評価に必要な保管場所及びアクセスルートの相対密度は、以下のとおり設定する。</p> <p>1. 敷地の地質・地質構造</p> <p>敷地の地質・地質構造として、敷地内の地質構成を第1表に、第四系基底の標高分布及び段丘面区分を第1図に示す。敷地の南部には、主に砂礫、砂及びシルトからなる段丘堆積物(D1層, D2層)が分布し、その上位には砂礫からなる沖積層(Ag2層)が分布する。D1層の分布標高は約21m～約5mであり、上部には厚さ2.5m～3.0m程度の風化火山灰層を伴う。D2層の分布標高は約0～約-14mであり、沖積層下の埋没段丘となっている。敷地北部は久慈川の侵食により形成された凹状の谷となっている。この谷底の標高は約-60mであり、ほぼ平坦な面である。第四系の基底部付近に主として砂礫層(Ag1層)が分布し、その上位には粘土層(Ac層)、砂層(As層)及び礫混じり砂層(Ag2層)が互層状を呈して分布している。最上位には、敷地全体にわたり細粒～中粒の均一な砂からなる砂丘砂層(du層)が分布している。(第2図)</p> <p>西側保管場所は、段丘堆積物(D2層)及びそれを覆う砂丘砂層上に、南側保管場所は、段丘堆積物(D1層)とそれを覆う風化火山灰層及び砂丘砂層上に設置する。このため、液状化に伴う沈下を検討するため、各地層の相対密度を検討した。</p> <p style="text-align: center;">第1表 敷地内の地質構成</p> <table border="1" data-bbox="961 1430 1644 1766"> <thead> <tr> <th>地質時代</th> <th>地層名</th> <th>岩層</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="10">第四紀</td> <td rowspan="5">完新世</td> <td>du層</td> <td>砂</td> </tr> <tr> <td>Ag2層</td> <td>砂礫</td> </tr> <tr> <td>Ac層</td> <td>粘土</td> </tr> <tr> <td>As層</td> <td>砂</td> </tr> <tr> <td>Ag1層</td> <td>砂礫</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">更新世</td> <td>D2c-3層</td> <td>シルト</td> </tr> <tr> <td>D2s-3層</td> <td>砂</td> </tr> <tr> <td>D2g-3層</td> <td>砂礫</td> </tr> <tr> <td>D2c-2層</td> <td>シルト</td> </tr> <tr> <td>D1g-1層</td> <td>砂礫</td> </tr> <tr> <td>新代三紀</td> <td>鮮新世</td> <td>久米層</td> <td>砂質泥岩</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">※ ハッチング部が液状化評価の対象</p>	地質時代	地層名	岩層	第四紀	完新世	du層	砂	Ag2層	砂礫	Ac層	粘土	As層	砂	Ag1層	砂礫	更新世	D2c-3層	シルト	D2s-3層	砂	D2g-3層	砂礫	D2c-2層	シルト	D1g-1層	砂礫	新代三紀	鮮新世	久米層	砂質泥岩		<p>・記載方針の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根2号炉は、保管場所及びアクセスルートにおける相対密度の設定を別紙(29)に記載</p>
地質時代	地層名	岩層																															
第四紀	完新世	du層	砂																														
		Ag2層	砂礫																														
		Ac層	粘土																														
		As層	砂																														
		Ag1層	砂礫																														
	更新世	D2c-3層	シルト																														
		D2s-3層	砂																														
		D2g-3層	砂礫																														
		D2c-2層	シルト																														
		D1g-1層	砂礫																														
新代三紀	鮮新世	久米層	砂質泥岩																														



第1図 第四系基底の標高分布及び段丘面区分図



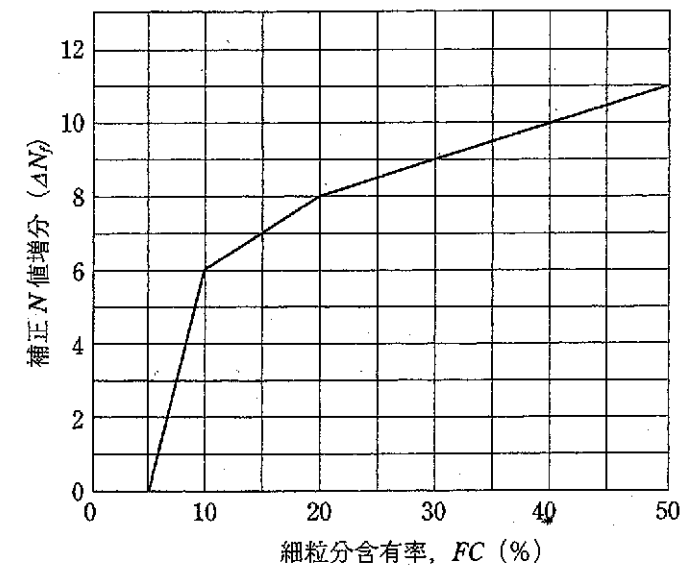
第2図 敷地に分布する各地層の地質エリア

2. 保管場所及びアクセスルート<sup>1</sup>の相対密度の設定  
敷地内の各地層の相対密度を第2表、各地層の相対密度を第3図～第8図に示す。

相対密度は、Tokimatsu et al. (1983)<sup>※1</sup>で提案されたN値及び細粒分の影響を考慮した定数 ( $\Delta N_f$ ) と相対密度に関する以下の関係式により求める。また、細粒分の影響を考慮した定数 ( $\Delta N_f$ ) は、建築基礎構造設計指針 (2001)<sup>※2</sup>に示される関係式を用いる (第3図)。

$$D_r = 16\sqrt{N_1 + \Delta N_f} \quad , \quad N_1 = \frac{1.7}{\sigma_v + 0.7} N$$

ここに、 $D_r$  は相対密度、 $N_1$  は有効上載圧  $1\text{kgf/cm}^2$  (98kPa) 相当に換算したN値、 $N$  はN値、 $\sigma_v$  は有効上載圧 ( $\text{kgf/cm}^2$ )、 $\Delta N_f$  : 細粒分の影響を考慮した定数である。



第3図 細粒分含有率とN値の補正係数

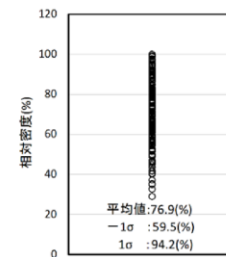
※1 Kohji Tokimatsu, Yoshiaki Yoshimi (1983) : Empirical correlation of soil liquefaction based on SPT N-Value and fines content, Soils and foundations Vol. 23, No. 4, Dec. 1983

※2 日本建築学会 : 建築基礎構造設計指針 (2001改定)

【du 層 (砂層) の相対密度】

du 層の相対密度は、平均 76.9%である。

地層	相対密度[%]
	平均
du 層	76.9

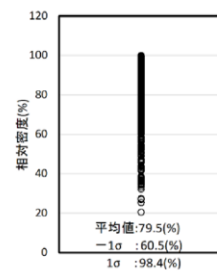


第3図 du 層 (砂層) の相対密度

【Ag2 層 (砂礫層) の相対密度】

Ag2 層の相対密度は、平均 79.5%である。

地層	相対密度[%]
	平均
Ag2 層	79.5

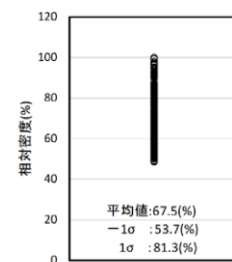


第4図 Ag2 層 (砂礫層) の相対密度

【As 層 (砂層) の相対密度】

As 層の相対密度は、平均 67.5%である。

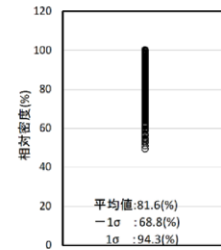
地層	相対密度[%]
	平均
As 層	67.5



第5図 As 層 (砂層) の相対密度

【Ag1層（砂礫層）の相対密度】  
 Ag1層の相対密度は、平均81.6%である。

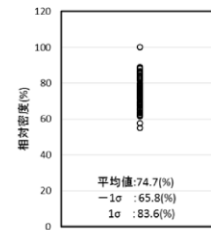
地層	相対密度[%]
	平均
Ag1層	81.6



第6図 Ag1層（砂礫層）の相対密度

【D2s-3層（砂層）の相対密度】  
 D2s-3層の相対密度は、平均74.7%である。

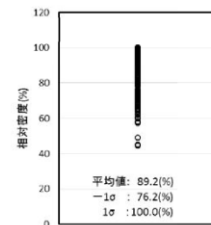
地層	相対密度[%]
	平均
D2s-3層	74.7



第7図 D2s-3層（砂層）の相対密度

【D2g-3層（砂礫層）の相対密度】  
 D2g-3層の相対密度は、平均89.2%である。

地層	相対密度[%]
	平均
D2g-3層	89.2



第8図 D2g-3層（砂礫層）の相対密度

以上より、保管場所の評価においては、保管場所周辺に分布する対象の地層（du層、D2s-3層、D2g-3層及びD1g-1層）のうち、保守的に最も相対密度が小さいD2s-3層の相対密度である74.7%と設定する。また、アクセスルートの評価においては、保守的に敷地に分布する全ての対象の地層（du層、Ag2層、As層、Ag1層、D2s-3層、D2g-3層及びD1g-1層）のうち、最も相対密度が小さいAs層の相対密度である67.5%と設定する。保管場所及びアクセスルートの相対密度（Dr）を第2表に示す。

第2表 保管場所及びアクセスルートの相対密度（Dr）

地質時代	地層名	層相	細粒分含有率 (fc)	平均相対密度 Dr (%)	保管場所		アクセスルート		
					分布地層	設定相対密度 (%)	分布地層	設定相対密度 (%)	
第四紀	完新世	du層	砂	5.2%	76.9	○	74.7	○	67.5
		Ag2層	砂礫	5.2%	79.5	—	—	○	67.5
		As層	砂	27.2%	67.5	—	—	○	67.5
		Ag1層	砂礫	12.3%	81.6	—	—	○	67.5
	更新世	D2s-3層	砂	26.5%	74.7	○	74.7	○	67.5
		D2g-3層	砂礫	8.1%	89.2	○	74.7	○	67.5
		D1g-1層	砂礫	—	79.5 <sup>※</sup>	○	74.7	○	67.5

※ Ag2層の相対密度を代用する。

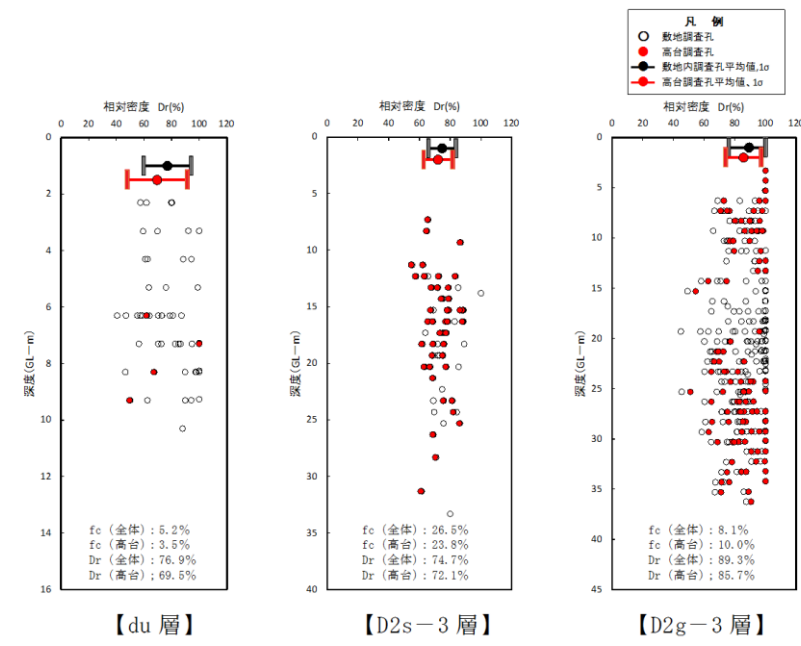
3. 相対密度の場所的变化の確認

各地層の相対密度について、場所的变化の可能性について検討を行う。場所的变化の検討は、敷地全体の相対密度の分布に対し、評価対象である保管場所が設置される高台の相対密度の分布について、同付近に分布するdu層、D2s-3層及びD2g-3層について検討を行った。なお、相対密度は前述の式のとおり、各N値について取得した深度の有効上載圧を考慮し、1kgf/cm<sup>2</sup>相当に換算したN値（N<sub>1</sub>）と細粒分含有率から算出した。

第9図に相対密度の比較結果を示す。

各地層とも平均値及び標準偏差は、両者でおおむね同等の値となっているものの、高台の相対密度の分布が若干敷地全体よりも小さいことから、データ数が多いD2s-3層及びD2g-3層のうち、保守的に低下の大きいD2g-3層の低下率（96%）を高台の設定相対密度（74.7%）に乗じたDr=71.7%を高台の評価において考慮する。





第9図 相対密度の比較結果

<p>柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)</p>	<p>東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)</p>	<p>島根原子力発電所 2号炉</p> <p style="text-align: right;">別紙 (37)</p> <p style="text-align: center;"><u>建物関係の耐震評価について</u></p> <p><u>1. 評価概要</u> 島根原子力発電所2号炉における保管場所及びアクセスルートに影響を与える可能性のある建物(外装材等含む。)について耐震評価を実施し、保管場所及びアクセスルートに影響がないことを確認する。</p> <p><u>2. 免震重要棟の耐震評価について</u></p> <p><u>2.1 建物諸元</u> 免震重要棟の諸元を第1表に示す。</p> <p style="text-align: center;"><u>第1表 免震重要棟の諸元</u></p> <table border="1" data-bbox="1733 877 2475 1066"> <thead> <tr> <th rowspan="2">建物名称</th> <th rowspan="2">構造</th> <th rowspan="2">階数</th> <th rowspan="2">基礎構造</th> <th colspan="2">平面形状</th> <th rowspan="2">地上 高さ (m)</th> <th rowspan="2">竣工日</th> </tr> <tr> <th>X (m)</th> <th>Y (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>免震重要棟<sup>※1</sup></td> <td>鉄骨鉄筋コンクリート造 (一部鉄骨造) (免震構造)</td> <td>地上3階</td> <td>直接基礎</td> <td>35.30</td> <td>46.90</td> <td>15.0</td> <td>平成26年 10月31日</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 : 3. (3) a. ①周辺建造物の損壊(建物, 鉄塔等)における第1保管エリア周辺の建物。</p> <p><u>2.2 建物の耐震評価方法等</u> 免震重要棟の耐震評価方法等を第2表に示し、耐震性能評価検討については別添1に示す。</p> <p style="text-align: center;"><u>第2表 免震重要棟の耐震評価方法等</u></p> <table border="1" data-bbox="1852 1369 2377 1499"> <thead> <tr> <th>評価方法</th> <th>検討用地震動</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>地震応答解析による 層間変形角(上部構造) せん断ひずみ(免震装置)</td> <td>基準地震動 S<sub>s</sub><sup>※1</sup></td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 : 基準地震動 S<sub>s</sub>-D, 基準地震動 S<sub>s</sub>-F1, 基準地震動 S<sub>s</sub>-F2, 基準地震動 S<sub>s</sub>-N1 及び基準地震動 S<sub>s</sub>-N2のうち、建物の水平方向1次固有周期における加速度応答スペクトルが最も大きい基準地震動 S<sub>s</sub>-Dを用いる。</p>	建物名称	構造	階数	基礎構造	平面形状		地上 高さ (m)	竣工日	X (m)	Y (m)	免震重要棟 <sup>※1</sup>	鉄骨鉄筋コンクリート造 (一部鉄骨造) (免震構造)	地上3階	直接基礎	35.30	46.90	15.0	平成26年 10月31日	評価方法	検討用地震動	地震応答解析による 層間変形角(上部構造) せん断ひずみ(免震装置)	基準地震動 S <sub>s</sub> <sup>※1</sup>	<p>備考</p> <p>・設備の相違 【柏崎6/7, 東海第二】 島根2号炉は、保管場所及びアクセスルートに影響を与える可能性のある建物について、耐震評価内容を記載</p>
建物名称	構造	階数					基礎構造	平面形状			地上 高さ (m)	竣工日													
			X (m)	Y (m)																					
免震重要棟 <sup>※1</sup>	鉄骨鉄筋コンクリート造 (一部鉄骨造) (免震構造)	地上3階	直接基礎	35.30	46.90	15.0	平成26年 10月31日																		
評価方法	検討用地震動																								
地震応答解析による 層間変形角(上部構造) せん断ひずみ(免震装置)	基準地震動 S <sub>s</sub> <sup>※1</sup>																								

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>2.3 建物の耐震評価結果</p> <p><u>免震重要棟の耐震評価結果を第3表に示し、耐震性能評価検討については別添1に示す。なお、本評価結果は暫定条件を用いた評価結果であることから、正式条件を用いた評価結果は詳細設計段階で示す。</u></p> <p style="text-align: center;"><u>第3表 免震重要棟の耐震評価結果</u></p> <table border="1" data-bbox="1762 533 2466 789"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2">評価方法</th> <th colspan="2">評価結果</th> <th rowspan="2">影響</th> </tr> <tr> <th>評価基準値</th> <th>最大応答値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">地震応答解析</td> <td>上部構造</td> <td>層間変形角</td> <td>1/75 以下<sup>*1</sup></td> <td>1/15459</td> <td>無</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">免震装置</td> <td rowspan="2">せん断ひずみ</td> <td>166% 以下<sup>*2</sup> (標準特性時)</td> <td>132%</td> <td>無</td> </tr> <tr> <td>250% 以下<sup>*2</sup> (特性変動時)</td> <td>169%</td> <td>無</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案）・同解説」（（社）日本建築学会）において、壁フレーム構造の安全限界状態とされる層間変形角の値。安全限界状態とは、地震応答時の応力及び地震終了時の鉛直荷重による応力を安定して維持することができる状態であり、建物の被災度は大破が概ねこれに対応する。</p> <p>※2：「免震構造の試評価例及び試設計例」（（独）JNES, 2014）における設計目標値である。</p>	評価方法		評価結果		影響	評価基準値	最大応答値	地震応答解析	上部構造	層間変形角	1/75 以下 <sup>*1</sup>	1/15459	無	免震装置	せん断ひずみ	166% 以下 <sup>*2</sup> (標準特性時)	132%	無	250% 以下 <sup>*2</sup> (特性変動時)	169%	無	
評価方法		評価結果			影響																			
		評価基準値	最大応答値																					
地震応答解析	上部構造	層間変形角	1/75 以下 <sup>*1</sup>	1/15459	無																			
	免震装置	せん断ひずみ	166% 以下 <sup>*2</sup> (標準特性時)	132%	無																			
			250% 以下 <sup>*2</sup> (特性変動時)	169%	無																			

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>【以下, 比較のため再掲】 別紙 15 屋外アクセスルート近傍の障害となり得る要因と影響評価について</p> <p style="text-align: right;">参考資料-2</p> <p style="text-align: center;"><u>屋外アクセスルートに波及的影響を与えるおそれがあるものについて</u></p> <p><u>屋内外アクセスルートに影響のある施設として ALC※パネル部, 原子炉建屋付属棟外壁の開口閉鎖部及び原子炉建屋付属棟内の間仕切壁 (フレキシブルボード) を確認した。</u></p> <p>※ ALC: “Autoclaved Lightweight aerated Concrete” (高温高圧蒸気養生された軽量気泡コンクリート) の頭文字をとって名付けられた建材で, 板状に成形したもの</p> <p><u>屋外アクセスルートに関して, 原子炉建屋付属棟の ALC パネルの位置を第 1 図, 原子炉建屋付属棟の ALC パネルの脱落・損傷により影響を受ける可能性のあるアクセスルートを第 2 図, 廃棄物処理建屋の ALC パネル及びアクセスルートの位置を第 3 図に示す。また, 関係する各条文の基準適合のための必要事項及び基準適合への対応方針を第 1 表, 基準適合への対応方針を踏まえた設計方針を第 2 表に示す。</u></p>	<p><u>3. 各建物の外装材の被害想定について</u></p> <p><u>各建物のうち, 倒壊しないと判断している建物について, 保管場所及びアクセスルートに対する外装材の被害想定を実施した。</u></p>	<p>・設備の相違 【柏崎 6/7】 島根 2 号炉は, 外装材による影響について評価</p> <p>・設備の相違 【東海第二】 島根 2 号炉は, 屋内アクセスルート沿いに影響を与える外装材はない</p> <p>・記載方針の相違 【東海第二】 島根 2 号炉は, 別添 2 にて外装材の位置を記載</p> <p>・記載方針の相違 【東海第二】 島根 2 号炉は, 別紙 (28) にてアクセスルート図, 基準適合のための必要事項及び対応方針を記載</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>抽出したパネル部については、<u>基準地震動 S S 及び設計竜巻によって脱落及び損傷しない外壁等に変更することから、屋外アクセスルートに影響はない。(屋内アクセスルートへの影響評価及び ALC パネル等の配置については別紙 (30) 参照)</u></p>	<p><b>3.1 評価方針</b></p> <p><u>各建物の地上部の外装材を支持する構造及び外装材を第4表に示す。</u></p> <p><u>鉄筋コンクリート造部分の外装材は、基本的に鉄筋コンクリートの躯体に吹付塗装のため、保管場所及びアクセスルートへの影響がないと評価する。ただし、吹付塗装以外の外装材を使用している場合は保管場所及びアクセスルートへの影響を評価する。なお、吹付塗装以外の外装材を使用している部分はないことを確認している。</u></p> <p><u>鉄骨造部分については、外装材の被害想定及び保管場所とアクセスルートへの影響を評価する。</u></p> <p style="text-align: center;"><b>第4表 耐震評価の一覧表</b></p> <table border="1" data-bbox="1724 785 2484 1272"> <thead> <tr> <th>No. ※1</th> <th>名称</th> <th>地上部の外装材を支持する構造</th> <th>外装材</th> <th>影響評価 要否</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>緊急時対策所</td> <td>鉄筋コンクリート造</td> <td>吹付塗装</td> <td>否</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>ガスタービン発電機建物</td> <td>鉄筋コンクリート造</td> <td>吹付塗装</td> <td>否</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">18</td> <td rowspan="3">1号炉原子炉建物</td> <td>鉄筋コンクリート造</td> <td>吹付塗装</td> <td>否</td> </tr> <tr> <td>鉄骨造</td> <td>複合板(鉄板+断熱材+鉄板)</td> <td>要</td> </tr> <tr> <td>鉄骨造</td> <td>鉄板</td> <td>否*2</td> </tr> <tr> <td>19</td> <td>1号炉廃棄物処理建物</td> <td>鉄筋コンクリート造</td> <td>吹付塗装</td> <td>否</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>2号炉原子炉建物</td> <td>鉄筋コンクリート造</td> <td>吹付塗装</td> <td>否</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">21</td> <td rowspan="2">2号炉廃棄物処理建物</td> <td>鉄筋コンクリート造</td> <td>吹付塗装</td> <td>否</td> </tr> <tr> <td>鉄骨造</td> <td>ALC パネル</td> <td>否*2</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">22</td> <td rowspan="2">2号炉タービン建物</td> <td>鉄筋コンクリート造</td> <td>吹付塗装</td> <td>否</td> </tr> <tr> <td>鉄骨造</td> <td>鉄板</td> <td>否*2</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>2号炉排気筒モニタ室</td> <td>鉄筋コンクリート造</td> <td>吹付塗装</td> <td>否</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>免震重要棟</td> <td>鉄筋コンクリート造</td> <td>吹付塗装</td> <td>否</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：別紙(28)の第8表による管理番号を示す。  ※2：アクセスルート側に位置しておらず、外装材の脱落を想定しても影響はない。</p> <p><b>3.2 評価結果</b></p> <p><b>(1) 1号炉原子炉建物の外装材被害による影響評価</b></p> <p><u>1号炉原子炉建物の外装材(複合板)について、基準地震動 S s により生じる地震荷重に対する耐震性能を確認した結果、外装材(複合板)は脱落しないことから、アクセスルートへの影響はない。耐震性能評価検討については別添2に示す。なお、本評価結果は暫定条件を用いた評価結果であることから、正式条件を用いた評価結果は詳細設計段階で示す。</u></p>	No. ※1	名称	地上部の外装材を支持する構造	外装材	影響評価 要否	1	緊急時対策所	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否	6	ガスタービン発電機建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否	18	1号炉原子炉建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否	鉄骨造	複合板(鉄板+断熱材+鉄板)	要	鉄骨造	鉄板	否*2	19	1号炉廃棄物処理建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否	20	2号炉原子炉建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否	21	2号炉廃棄物処理建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否	鉄骨造	ALC パネル	否*2	22	2号炉タービン建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否	鉄骨造	鉄板	否*2	30	2号炉排気筒モニタ室	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否	-	免震重要棟	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否	<p>・記載方針の相違 【東海第二】 島根2号炉は、評価方針を明確化</p> <p>・記載方針の相違 【東海第二】 島根2号炉は、外装材の被害想定を実施する設備を明確化</p> <p>・運用の相違 【東海第二】 島根2号炉は、竜巻によりがれきが発生した場合は、ホイールローダにより撤去</p> <p>・設計方針の相違 【東海第二】 島根2号炉は、外装材の変更はない</p>
No. ※1	名称	地上部の外装材を支持する構造	外装材	影響評価 要否																																																													
1	緊急時対策所	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否																																																													
6	ガスタービン発電機建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否																																																													
18	1号炉原子炉建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否																																																													
		鉄骨造	複合板(鉄板+断熱材+鉄板)	要																																																													
		鉄骨造	鉄板	否*2																																																													
19	1号炉廃棄物処理建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否																																																													
20	2号炉原子炉建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否																																																													
21	2号炉廃棄物処理建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否																																																													
		鉄骨造	ALC パネル	否*2																																																													
22	2号炉タービン建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否																																																													
		鉄骨造	鉄板	否*2																																																													
30	2号炉排気筒モニタ室	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否																																																													
-	免震重要棟	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否																																																													

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		
<b>第1表 基準適合のための必要事項及び対応方針</b>					
条文	条文要求設備等	基準適合のための 必要事項	ALCパネル部 等の番号 <sup>※</sup>	基準適合への 対応方針	
4条	耐震重要施設	Sクラス施設への波及的影響を防止	③, ④, ⑤	基準地震動S <sub>s</sub> によって脱落及び損傷しない外壁等に変更	
6条	安全施設	屋内の安全施設に対して外殻となる外壁で防護安全施設への波及的影響を防止	③, ④, ⑤, ⑧	設計竜巻によって脱落及び損傷しない外壁等に変更	
39条	常設耐震重要重大事故防止設備 常設重大事故緩和設備	常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備への波及的影響を防止	①	基準地震動S <sub>s</sub> によって脱落及び損傷しない外壁等に変更	
43条 1項1号	環境条件及び荷重条件	想定される環境条件に変化を生じさせないこと	①～⑤, ⑧	①～⑤, ⑦, ⑧ 基準地震動S <sub>s</sub> 及び設計竜巻によって脱落及び損傷しない外壁等に変更	
43条 3項3号	可搬型重大事故等 対処設備の接続口	波及的影響を起因とする接続口の損傷防止	①, ②, ⑥	⑥, ⑨ 連絡通路及びフレキシブルボードは撤去	
43条 3項6号	アクセスルート	波及的影響を起因とするアクセス性の阻害防止	①, ②, ⑤, ⑥ ⑦, ⑧, ⑨		
※ パネル部等の番号①～⑦の配置は第1, 2, 3図参照, ⑧及び⑨の配置は別紙(30)参照					
					<p>・記載方針の相違</p> <p><b>【東海第二】</b></p> <p>島根2号炉は、別紙(28)にてアクセスルート図、基準適合のための必要事項及び対応方針を記載</p>



第2表 基準適合への対応方針を踏まえた設計方針

ALC パネル 部等の 番号※1	基準適合への対応方針 (部位ごとへの具体的な要求)	設計方針	成立性	
①～⑤	竜巻の風荷重, 設計飛来物の衝撃荷重及び基準地震動 $S_s$ によって脱落及び損傷しない外壁等に変更 ①～④: 鋼板壁 ⑤: コンクリート壁	<b>【地震】</b> ・基準地震動 $S_s$  <b>【竜巻】</b> ・風荷重 (最大風速 100m/s) ・設計飛来物 $W_2$ の衝撃荷重	①～④, ⑦, ⑧ 取付ボルトの本数等を調整することで, 脱落及び損傷しない  ⑤ 建屋と一体の構造とすること等により, 断面強度を確保可能であり, 脱落及び損傷しない	
⑥	当該部の撤去		⑥ 他の移動手段が確保できることから連絡通路を撤去可能  ⑨ 間仕切壁 (フレキシブルボード) は以下目的で設置されたものであり, 撤去が可能。なお, 間仕切壁の奥に, アクセスルートへの波及的影響を与えるものはないことを確認済 ・西側: スパージング送風機の防音 (送風機は低騒音型へ取替) ・南側: 単なる間仕切り	
⑦	基準地震動 $S_s$ 及び竜巻の風荷重, 設計飛来物の衝撃荷重によって脱落及び損傷しない外壁等に変更 (鋼板壁)		壁板及び取付部の強度確保	<竜巻飛来物による貫通の考慮> エリア①～⑤, ⑧では飛来物による貫通の阻止について考慮する。 下記の厚さにて設計飛来物の貫通は防止可能 ・鋼板: 16mm 程度 ・コンクリート: 26cm 程度
⑧	基準地震動 $S_s$ 及び竜巻の風荷重, 設計飛来物の衝撃荷重によって脱落及び損傷しない外壁等に変更 (内壁側への防護鋼板追設)			<竜巻飛来物によるコンクリート壁裏面剥離の考慮> コンクリートの裏面剥離により, 内部の防護対象設備に影響が考えられる箇所については, 裏面剥離を生じない厚さの確保, 剥離発生防止措置, 又は剥離片に対する防護措置を講ずる。 下記の厚さにて設計飛来物による裏面剥離は防止可能 ・コンクリート: 45cm 程度
⑨	当該部の撤去			

※1 パネル部等の番号①～⑦の配置は第1, 2, 3 図参照、⑧及び⑨の配置は別紙(30) 参照

※2 以下, 仕様の鋼製材

- ・寸法  
0. 2m×0. 3m×4. 2m
- ・質量 135 kg
- ・衝突速度  
水平 51m/s  
鉛直 34m/s

・記載方針の相違  
【東海第二】  
島根2号炉は, 別紙(28) にてアクセスルート図, 基準適合のための必要事項及び対応方針を記載

・記載方針の相違  
**【東海第二】**  
 島根2号炉は、別添2にて外装材の位置を記載

・設備の相違  
**【東海第二】**  
 島根2号炉は、屋内アクセスルート沿いに影響を与える外装材はない

・記載方針の相違  
**【東海第二】**  
 島根2号炉は、別添2にて外装材の位置を記載

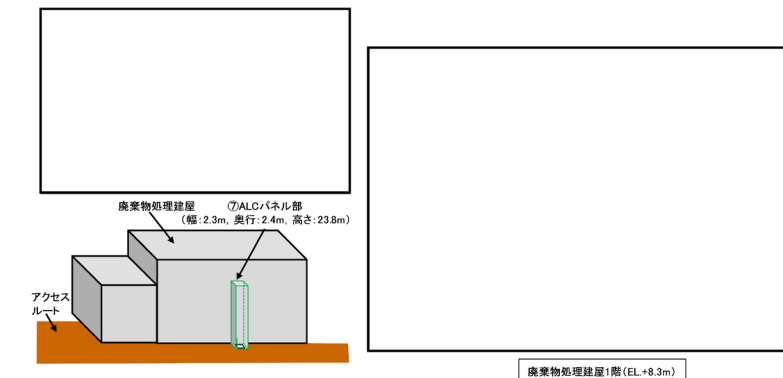


第1図 原子炉建屋付属棟におけるALCパネルの位置



第2図 原子炉建屋付属棟のALCパネルの損傷・脱落により、影響を受ける可能性のあるアクセスルート

◆ ドラムヤードのドラム缶等を仕分けるために廃棄物処理建屋3階(仕分けエリア)まで移動させる必要があることから、搬出入専用の昇降装置を設置しており、当該部にALCパネルを使用



第3図 廃棄物処理建屋におけるALCパネル及びアクセスルートの位置

鋼板壁の強度確保について  
 鋼板取付部について、強度を確保可能

●鋼板壁における取付ボルトの裕度概算  
 例として、設計竜巻荷重 $W_{T1}$ (負圧 $(\Delta P=8.9kPa)$ )や地震荷重によりボルトに発生する応力について、簡易モデルによる概算により、許容値に対し余裕が得られる見通しを得た。

壁板を、ボルト留め部を支点と見なした単位幅の両端支持はりモデルとし、風荷重又は地震荷重を分布荷重 $w$ としたときの  
 ・ボルトの引張荷重 $Q = w L / 2$   
 ・板中央部での最大曲げモーメント $M = w L^2 / 8$   
 は、下表となる。

	w (kN/m)	L (m)	Q (kN)	M (kN·m)
竜巻	8.9	2.5	12	7.0
地震(水平)	1.3 (@1.0G)	2.5	2	2

部材を以下のとおり仮定した場合、部材に発生する応力は、材料の許容値に比べ余裕がある。  
 ・鋼板: SS400, 厚さ16mm  
 ・端部固定ボルト: (SS400, M12, 500mmピッチ (=各端2本))

	ボルト 引張応力 $\sigma_t$ (MPa)	許容値 (MPa)	板の 曲げ応力 $\sigma_b$ (MPa)	許容値 (MPa)
竜巻	72	235	165	270
地震(水平)	12	235	47	270

$\sigma_t = Q / A$   
 $\sigma_b = M / Z$   
 A: ボルトの有効断面積  
 Z: 鋼板壁の断面係数

簡易モデル

竜巻荷重のうち、衝撃荷重を含む複合荷重 $W_{T2}$ に関しても、鋼板壁と同様な構造となる竜巻飛来物防護対策設備の設計実績も踏まえ、強度を確保可能

第4図 鋼板壁の強度等

【ここまで】

・記載方針の相違  
**【東海第二】**  
 島根2号炉は、別添2にて耐震性能評価を記載

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. 各建物の外装材以外の部材等による影響評価について  <u>倒壊しないと判断している各建物の外部に設置された外装材以外の部材等による保管場所及びアクセスルートに対する影響評価を実施する。</u></p> <p>4.1 評価方針  <u>外装材以外の部材等のうち、落下した場合に保管場所及びアクセスルートに影響を及ぼす可能性のあるもので、人力又はホイールローダにより撤去が困難なものについては、第5表のとおり抽出し、耐震評価を実施する。また、それらの耐震設計・評価方針については第6表に示し、その評価結果については、工事認可の詳細設計段階で示す。</u>  <u>なお、上記以外のものについては、万一落下したとしても、人力又はホイールローダによる撤去が可能であることから、落下による影響は考慮していない。</u></p> <p style="text-align: center;"><u>第5表 外装材以外の部材等による影響評価の一覧表</u></p> <table border="1" data-bbox="1736 976 2478 1270"> <thead> <tr> <th>No. ※1</th> <th>建物</th> <th>外装材以外の部材等</th> <th>耐震設計・評価方針分類</th> <th>条文要求</th> <th>評価区分</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>緊急時対策所</td> <td>屋外階段</td> <td>耐震評価</td> <td>—</td> <td>工事認可</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>ガスタービン発電機建物</td> <td>屋外階段</td> <td>耐震評価</td> <td>—</td> <td>工事認可</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">20</td> <td rowspan="3">2号炉原子炉建物</td> <td>防護扉※2</td> <td>耐震評価</td> <td>—</td> <td>工事認可</td> </tr> <tr> <td>大物搬入口扉</td> <td>Sクラス</td> <td>○</td> <td>工事認可</td> </tr> <tr> <td>竜巻防護対策設備</td> <td>波及的影響評価</td> <td>○</td> <td>工事認可</td> </tr> <tr> <td>—</td> <td>免震重要棟</td> <td>鋼製バルコニー</td> <td>耐震評価</td> <td>—</td> <td>工事認可</td> </tr> </tbody> </table> <p>注：条文要求の「○」は「設置許可基準規則」第四条及び三十九条並びに「技術基準規則」第五条及び五十条で適合性を説明するもの。  ※1：別紙(28)の第8表による管理番号を示す。  ※2：機器搬出入用の大型のもの。</p> <p style="text-align: center;"><u>第6表 耐震設計・評価方針</u></p> <table border="1" data-bbox="1721 1438 2493 1722"> <thead> <tr> <th>分類</th> <th>設計方針</th> <th>評価方針</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sクラス</td> <td>耐震Sクラスとして設計する。</td> <td>「設置許可基準規則」第四条及び三十九条並びに「技術基準規則」第五条及び五十条の適合性説明資料に基づき評価を実施する。</td> </tr> <tr> <td>波及的影響評価</td> <td>耐震重要度分類の上位のクラスに属する施設に波及的影響によって、安全機能を損なわせることのないように設計する。</td> <td>「設置許可基準規則」第五条及び五十条の適合性説明資料に基づき評価を実施する。</td> </tr> <tr> <td>耐震評価</td> <td>基準地震動Ssによる地震力によって、転倒・落下しない設計とする。</td> <td>支持部に生じる力が、終局強度以下であることを確認する。</td> </tr> </tbody> </table>	No. ※1	建物	外装材以外の部材等	耐震設計・評価方針分類	条文要求	評価区分	1	緊急時対策所	屋外階段	耐震評価	—	工事認可	6	ガスタービン発電機建物	屋外階段	耐震評価	—	工事認可	20	2号炉原子炉建物	防護扉※2	耐震評価	—	工事認可	大物搬入口扉	Sクラス	○	工事認可	竜巻防護対策設備	波及的影響評価	○	工事認可	—	免震重要棟	鋼製バルコニー	耐震評価	—	工事認可	分類	設計方針	評価方針	Sクラス	耐震Sクラスとして設計する。	「設置許可基準規則」第四条及び三十九条並びに「技術基準規則」第五条及び五十条の適合性説明資料に基づき評価を実施する。	波及的影響評価	耐震重要度分類の上位のクラスに属する施設に波及的影響によって、安全機能を損なわせることのないように設計する。	「設置許可基準規則」第五条及び五十条の適合性説明資料に基づき評価を実施する。	耐震評価	基準地震動Ssによる地震力によって、転倒・落下しない設計とする。	支持部に生じる力が、終局強度以下であることを確認する。	<p>・記載方針の相違  <b>【柏崎6/7，東海第二】</b>  島根2号炉は、外装材以外の部材等による影響評価方針を記載</p>
No. ※1	建物	外装材以外の部材等	耐震設計・評価方針分類	条文要求	評価区分																																																
1	緊急時対策所	屋外階段	耐震評価	—	工事認可																																																
6	ガスタービン発電機建物	屋外階段	耐震評価	—	工事認可																																																
20	2号炉原子炉建物	防護扉※2	耐震評価	—	工事認可																																																
		大物搬入口扉	Sクラス	○	工事認可																																																
		竜巻防護対策設備	波及的影響評価	○	工事認可																																																
—	免震重要棟	鋼製バルコニー	耐震評価	—	工事認可																																																
分類	設計方針	評価方針																																																			
Sクラス	耐震Sクラスとして設計する。	「設置許可基準規則」第四条及び三十九条並びに「技術基準規則」第五条及び五十条の適合性説明資料に基づき評価を実施する。																																																			
波及的影響評価	耐震重要度分類の上位のクラスに属する施設に波及的影響によって、安全機能を損なわせることのないように設計する。	「設置許可基準規則」第五条及び五十条の適合性説明資料に基づき評価を実施する。																																																			
耐震評価	基準地震動Ssによる地震力によって、転倒・落下しない設計とする。	支持部に生じる力が、終局強度以下であることを確認する。																																																			

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 style="text-align: right;">別添1</p> <p style="text-align: center;"><u>免震重要棟 基準地震動S<sub>s</sub>に対する耐震性能評価検討</u></p> <p>1. 目的  <u>島根原子力発電所免震重要棟に対し、基準地震動S<sub>s</sub>に対する地震応答解析により建物及び免震装置の耐震性能について検討を行い、建物の保管場所への影響を確認する。</u></p> <p>2. 建物概要  <u>建物概要を第1表に、梁伏図を第1図に、断面図を第2図に示す。検討建物は、上部構造が鉄骨鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）の耐震壁付きラーメン構造で、1階床下の免震層に免震装置（天然ゴム系積層ゴム、鉛プラグ入り積層ゴム、低摩擦弾性すべり支承、オイルダンパ）を配置した免震構造である。</u></p> <p style="text-align: center;"><u>第1表 建物概要</u></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>構造</td> <td>鉄骨鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造） （免震構造）</td> </tr> <tr> <td>階数</td> <td>地上3階</td> </tr> <tr> <td>基礎構造</td> <td>直接基礎（岩盤に免震ピットが直接設置）</td> </tr> <tr> <td>平面形状</td> <td>35.3m（X方向）×46.9m（Y方向）</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>地上高さ 15.0m</td> </tr> <tr> <td>竣工日</td> <td>平成 26 年 10 月 31 日</td> </tr> </table>	構造	鉄骨鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造） （免震構造）	階数	地上3階	基礎構造	直接基礎（岩盤に免震ピットが直接設置）	平面形状	35.3m（X方向）×46.9m（Y方向）	高さ	地上高さ 15.0m	竣工日	平成 26 年 10 月 31 日	<p>・設備の相違  <b>【柏崎 6/7，東海第二】</b>  島根 2 号炉は，保管場所及びアクセスルートに影響を与える可能性のある建物について，耐震評価内容を記載</p>
構造	鉄骨鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造） （免震構造）														
階数	地上3階														
基礎構造	直接基礎（岩盤に免震ピットが直接設置）														
平面形状	35.3m（X方向）×46.9m（Y方向）														
高さ	地上高さ 15.0m														
竣工日	平成 26 年 10 月 31 日														

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1図 1階梁伏図 (単位:m)</p>	

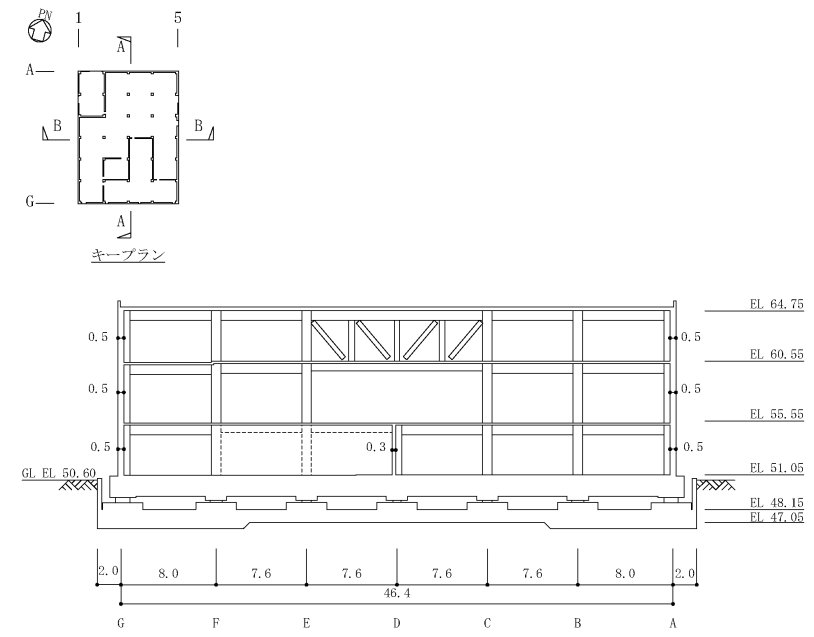


柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)

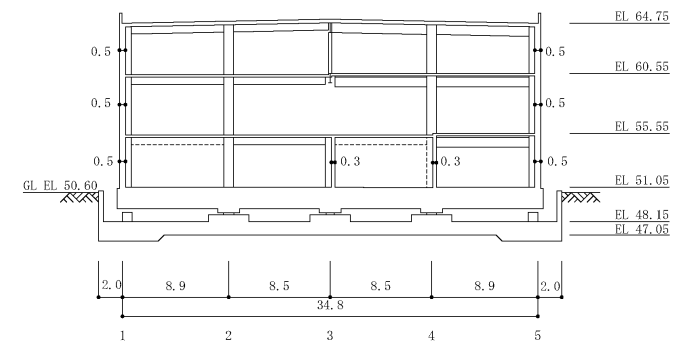
東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)

島根原子力発電所 2号炉

備考



A-A断面 (3通り) 断面図 (Y方向)



B-B断面 (D通り) 断面図 (X方向)

第2図 断面図 (単位: m)

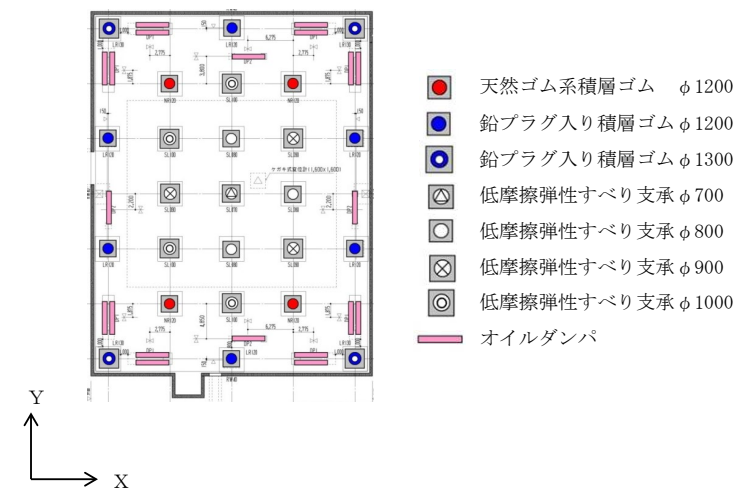
3. 免震装置概要

本建物に使用している免震装置は、天然ゴム系積層ゴム4台、鉛プラグ入り積層ゴム10台及び低摩擦弾性すべり支承11台の合計25台に加え、オイルダンパをX方向、Y方向にそれぞれ10台、合計20台である。免震装置の概要を第2表に、免震装置の配置図を第3図に示す。

第2表 免震装置の概要

免震装置	ゴム材料 せん断 弾性率 (N/mm <sup>2</sup> )	形状	積層ゴム サイズ	ゴム総厚	鉛径 (mm)	基数	品番	メーカー
天然ゴム系 積層ゴム	0.392 ※1	丸形	φ1200mm	240.0mm (8.0×30)	—	4	NS120G4	フジ†ストン
鉛プラグ入り 積層ゴム	0.385 ※1	丸形	φ1200mm	240.0mm (8.0×30)	260	6	LS120G4H	フジ†ストン
	0.385 ※1	丸形	φ1300mm	252.3mm (8.7×29)	280	4	LT130G4H	フジ†ストン
低摩擦弾性 すべり支承	0.392 ※1	丸形	φ700mm	39.9mm (5.7×7)	—	1	SP070G4	フジ†ストン
	0.392 ※1	丸形	φ800mm	39.0mm (6.5×6)	—	3	SP080G4	フジ†ストン
	0.392 ※1	丸形	φ900mm	41.4mm (6.9×6)	—	3	SP090G4	フジ†ストン
	0.392 ※1	丸形	φ1000mm	40.0mm (8.0×5)	—	4	SP100G4	フジ†ストン
オイルダンパ	—	—	—	—	—	20	BM250-4C	日立 オートキープ システムズ

※1 : 20℃での値

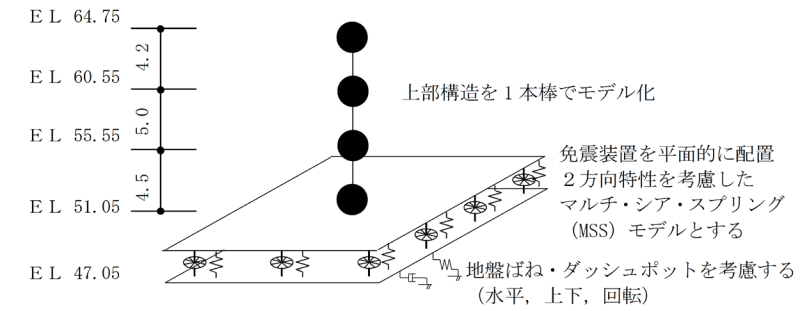


第3図 免震装置配置図

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>4. 検討内容</p> <p>(1) 検討方針</p> <p><u>免震構造の本建物の倒壊は、免震装置が破壊するモードを想定し地震応答解析を実施し、上部構造及び免震装置に対する応答について検討を実施する。</u></p> <p><u>本建物の評価基準値を第3表に示す。</u></p> <p><u>評価基準値は上部構造については、「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針(案)・同解説」( (社) 日本建築学会) において、安全限界状態とされる層間変形角値である1/75とする。</u></p> <p><u>免震装置は「免震構造の試評価例及び試設計例」( (独) JNES, 2014) における設計目標値のせん断ひずみである166%(免震装置標準特性時) 及び250%(免震装置の特性変動時) とする。</u></p> <p style="text-align: center;">第3表 評価基準値</p> <table border="1" data-bbox="1825 926 2401 1150"> <thead> <tr> <th>部位</th> <th>項目</th> <th>評価基準値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>上部構造</td> <td>層間変形角</td> <td>1/75 以下</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">免震装置</td> <td rowspan="2">せん断ひずみ</td> <td>166% 以下 (標準特性時)</td> </tr> <tr> <td>250% 以下 (特性変動時)</td> </tr> </tbody> </table>	部位	項目	評価基準値	上部構造	層間変形角	1/75 以下	免震装置	せん断ひずみ	166% 以下 (標準特性時)	250% 以下 (特性変動時)	
部位	項目	評価基準値											
上部構造	層間変形角	1/75 以下											
免震装置	せん断ひずみ	166% 以下 (標準特性時)											
		250% 以下 (特性変動時)											

(2) 解析モデル

解析モデルを第4図に示す。



第4図 解析モデル (単位 : m)

a. 上部構造のモデルの諸元

上部構造の水平方向は弾性の等価せん断型モデルに、鉛直方向は弾性の軸ばねモデルとしてモデル化する。減衰特性は剛性比例の内部粘性減衰とし、水平方向の減衰定数は免震層直上の1階床位置固定時の1次固有周期に対して5%とする。鉛直方向の減衰定数は地盤ばね、免震装置、上部構造の連成系鉛直方向1次固有周期に対して5%とする。

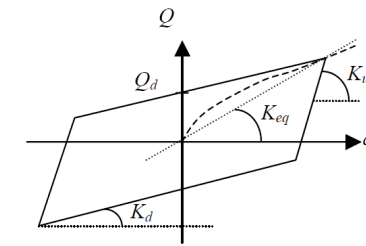
解析モデルの諸元を第4表に示す。

第4表 各階, 階高, 重量, 弾性剛性

階数	階高 (m)	重量 (kN)	弾性剛性 (kN/m)		
			X方向	Y方向	Z方向
屋上階	4.2	23904	$5.333 \times 10^7$	$7.466 \times 10^7$	$5.703 \times 10^8$
3階	5.0	27058	$5.158 \times 10^7$	$6.981 \times 10^7$	$4.770 \times 10^8$
2階	4.5	29751	$6.608 \times 10^7$	$8.904 \times 10^7$	$6.210 \times 10^8$
1階		57765			

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. 免震層のモデルの諸元</p> <p>(a) 水平ばね要素</p> <p><u>免震層の水平ばねは、天然ゴム系積層ゴム、鉛プラグ入り積層ゴム及び低摩擦弾性すべり支承をそれぞれモデル化し、その特性を線形ばね、非線形ばねで評価する。</u></p> <p><u>免震装置の特性は、基準温度 20℃に対して 15℃の特性として定めたものとする。</u></p> <p><u>なお、水平方向の減衰特性は履歴減衰のみを考慮し、材料減衰は考慮しない。</u></p> <p>i. 天然ゴム系積層ゴムの特性を表す水平ばね</p> <p><u>天然ゴム系積層ゴムの特性を表す水平ばねは線形ばねにモデル化する。</u></p> <p style="text-align: center;"><u>天然ゴム剛性：<math>K_r = A_r \cdot G_r / h_r</math></u></p> <p style="text-align: center;"><u>天然ゴムせん断弾性率：<math>G_r = 0.392 \text{N/mm}^2</math> (20℃)</u></p> <p style="text-align: center;"><u>ここで、<math>A_r</math>：積層ゴムの断面積、<math>h_r</math>：ゴム層の総厚さ</u></p> <p><u>天然ゴム系積層ゴムの特性を表す水平ばねに考慮する諸元を第5表及び第6表に示す。</u></p> <p><u>第5表 天然ゴム系積層ゴムによる免震層水平ばねの諸元 (1基あたり)</u></p> <table border="1" data-bbox="1863 1339 2368 1501"> <thead> <tr> <th>ゴムのせん断剛性率 <math>G_r</math> (N/mm<sup>2</sup>)</th> <th>積層ゴムの断面積 <math>A_r</math> (cm<sup>2</sup>)</th> <th>ゴム層総厚さ <math>d</math> (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.392 (20℃)</td> <td>11305</td> <td>24.0</td> </tr> </tbody> </table> <p><u>第6表 天然ゴム系積層ゴムの水平剛性 (1基あたり)</u></p> <table border="1" data-bbox="1863 1642 2368 1738"> <thead> <tr> <th>種類</th> <th>基数</th> <th>使用ゴム</th> <th>水平剛性<sup>※1</sup> <math>K_r</math> (kN/m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>φ1200</td> <td>4</td> <td>G4</td> <td><math>1.87 \times 10^3</math></td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：基準温度 20℃に対して、15℃の特性として定めた値。</p>	ゴムのせん断剛性率 $G_r$ (N/mm <sup>2</sup> )	積層ゴムの断面積 $A_r$ (cm <sup>2</sup> )	ゴム層総厚さ $d$ (cm)	0.392 (20℃)	11305	24.0	種類	基数	使用ゴム	水平剛性 <sup>※1</sup> $K_r$ (kN/m)	φ1200	4	G4	$1.87 \times 10^3$	
ゴムのせん断剛性率 $G_r$ (N/mm <sup>2</sup> )	積層ゴムの断面積 $A_r$ (cm <sup>2</sup> )	ゴム層総厚さ $d$ (cm)															
0.392 (20℃)	11305	24.0															
種類	基数	使用ゴム	水平剛性 <sup>※1</sup> $K_r$ (kN/m)														
φ1200	4	G4	$1.87 \times 10^3$														

ii. 鉛プラグ入り積層ゴムの特性を表す水平ばね  
鉛プラグ入り積層ゴムの特性を表す水平ばねは第5  
図に示す修正バイリニア型にモデル化する。



第5図 修正バイリニア型履歴

鉛プラグ入り積層ゴムの特性を表す水平ばねに考慮  
する諸元を第7表に示す。

また、第8表に各免震装置の種々の振幅レベルでの  
等価水平剛性を示す。

第7表 鉛プラグ入り積層ゴムによる免震層水平ばねの諸元  
(1基あたり)

種類	ゴムのせん断剛性率 $G_r$ (N/mm <sup>2</sup> )	積層ゴムの断面積 $A_r$ (cm <sup>2</sup> )	鉛プラグの断面積 $A_p$ (cm <sup>2</sup> )	ゴム層総厚さ $d$ (cm)
φ1200	0.385	10779	531	24.0
φ1300	(20℃)	12657	616	25.2

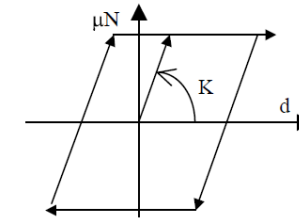
第8表 鉛プラグ入り積層ゴムの等価剛性 (1基あたり)

種類	鉛径 (cm)	基数	使用 ゴム	水平剛性 <sup>※1</sup> (kN/m)		
				$d=2.4\text{cm}$ ( $\gamma=10\%$ )	$d=24\text{cm}$ ( $\gamma=100\%$ )	$d=48\text{cm}$ ( $\gamma=200\%$ )
φ1200	26	6	G4	$1.860 \times 10^4$	$3.730 \times 10^3$	$2.650 \times 10^3$
φ1300	28	4		$2.140 \times 10^4$	$4.250 \times 10^3$	$3.010 \times 10^3$

※1：基準温度 20℃に対して、15℃の特性として定めた値。



iii. 低摩擦弾性すべり支承の特性を表す水平ばね  
 地震応答解析では、計 11 基の低摩擦弾性すべり支承をそれぞれ第 6 図に示すように、弾性剛性及び折点荷重を摩擦力とした非線形水平ばねにモデル化する。これにはバイリニア型の履歴特性を考慮し、履歴による減衰のみを考慮する。設定諸元を第 9 表に示す。



第 6 図 低摩擦弾性すべり支承に与える非線形特性

第 9 表 低摩擦弾性すべり支承による免震層水平ばねの諸元  
 (1 基あたり)

種類	基数	鉛直力 N (kN)	摩擦係数 μ	摩擦力 μN (kN)	弾性剛性※1 K (kN/m)
φ 700	1	2146	0.015	32.2	5.06×10 <sup>3</sup>
φ 800	3	3286~3405	0.015	49.3~51.1	6.77×10 <sup>3</sup>
φ 900	3	3879~5241	0.015	58.2~78.6	8.07×10 <sup>3</sup>
φ 1000	4	4045~6980	0.015	60.7~104.7	1.03×10 <sup>4</sup>

※1：基準温度 20℃に対して、15℃の特性として定めた値。

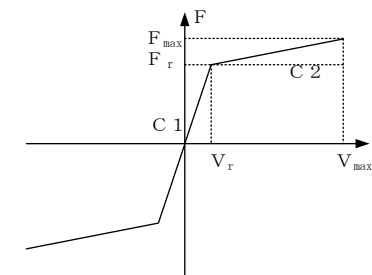
(b) 減衰要素

減衰要素はオイルダンパをダッシュポット要素にモデル化する。ダッシュポット要素の諸元を第10表に示す。

第10表 オイルダンパによる免震層ダッシュポットモデルの諸元 (1基あたり)

減衰係数 $C_1$ (kN/(cm/s))	減衰係数 $C_2$ (kN/(cm/s))	リリース 荷重 $F_r$ (kN)	リリース 速度 $V_r$ (m/s)	最大 荷重 $F_{max}$ (kN)	最大 速度 $V_{max}$ (m/s)
25.0	1.695	800	0.32	1000	1.50

オイルダンパはX, Y各方向10基ずつ, 計20基配置する。オイルダンパの特性を第7図に示す。

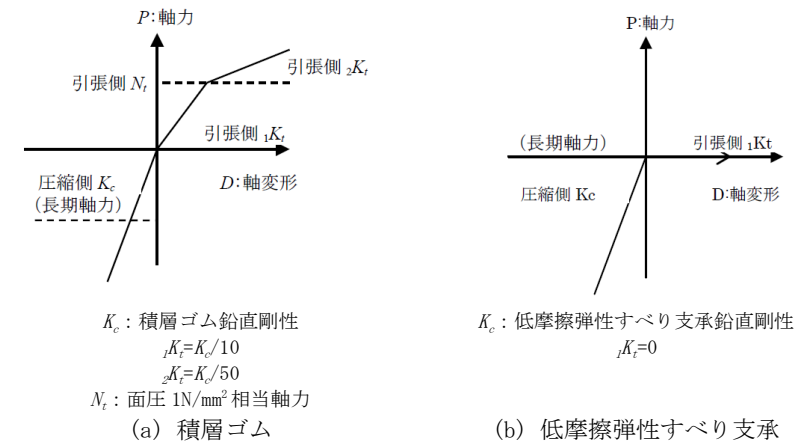


第7図 オイルダンパに与える特性

(c) 鉛直ばね要素

免震層の鉛直ばねは、天然ゴム系積層ゴム、鉛プラグ入り積層ゴム、低摩擦弾性すべり支承をそれぞれ圧縮領域と引張領域が非対称となる非線形ばねでモデル化する。積層ゴムの引張方向の特性は、第8図に示すようにバイリニアとし、圧縮剛性に係数を乗じて設定した。各装置の特性を第11～13表に示す。

なお、鉛直方向の減衰特性は剛性比例の内部粘性減衰とし、減衰定数は地盤ばね、免震装置、上部構造の連成系鉛直方向1次固有周期に対して、2%とする。



第8図 免震装置鉛直特性設定概要

第11表 天然ゴム系積層ゴムの鉛直特性 (1基あたり)

種類	鉛直剛性 (kN/m)			$N_t$ (kN)
	圧縮側 $K_c$	引張側 ${}_tK_t$	引張側 ${}_cK_t$	
φ 1200	$4.57 \times 10^6$	$4.57 \times 10^5$	$9.14 \times 10^4$	1130.5

第12表 鉛プラグ入り積層ゴムの鉛直特性 (1基あたり)

種類	鉛直剛性 (kN/m)			$N_t$ (kN)
	圧縮側 $K_c$	引張側 ${}_tK_t$	引張側 ${}_cK_t$	
φ 1200	$5.57 \times 10^6$	$5.57 \times 10^5$	$1.11 \times 10^5$	1077.9
φ 1300	$6.21 \times 10^6$	$6.21 \times 10^5$	$1.24 \times 10^5$	1265.7

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="1754 212 2454 243"><u>第 13 表 低摩擦弾性すべり支承の鉛直特性 (1 基あたり)</u></p> <table border="1" data-bbox="1923 268 2306 464"> <thead> <tr> <th rowspan="2">種類</th> <th colspan="2">鉛直剛性 (kN/m)</th> </tr> <tr> <th>圧縮側 <math>K_c</math></th> <th>引張側 <math>K_t</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>φ 700</td> <td><math>0.85 \times 10^7</math></td> <td rowspan="4">0</td> </tr> <tr> <td>φ 800</td> <td><math>1.14 \times 10^7</math></td> </tr> <tr> <td>φ 900</td> <td><math>1.40 \times 10^7</math></td> </tr> <tr> <td>φ 1000</td> <td><math>1.75 \times 10^7</math></td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="1754 573 1902 604"><u>c. 地盤ばね</u></p> <p data-bbox="1783 615 2466 688"><u>建物と地盤の動的相互作用は、建物下部の地盤を等価な水平ばね、回転ばね及び鉛直ばねとして評価する。</u></p>	種類	鉛直剛性 (kN/m)		圧縮側 $K_c$	引張側 $K_t$	φ 700	$0.85 \times 10^7$	0	φ 800	$1.14 \times 10^7$	φ 900	$1.40 \times 10^7$	φ 1000	$1.75 \times 10^7$	
種類	鉛直剛性 (kN/m)																
	圧縮側 $K_c$	引張側 $K_t$															
φ 700	$0.85 \times 10^7$	0															
φ 800	$1.14 \times 10^7$																
φ 900	$1.40 \times 10^7$																
φ 1000	$1.75 \times 10^7$																

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>d. <u>免震装置の特性変動</u></p> <p>(a) <u>天然ゴム系積層ゴム</u></p> <p><u>免震装置のうち、天然ゴム系積層ゴムの剛性（水平及び鉛直）のばらつきに対して第14表に示す3要因を設定した。</u></p> <p style="text-align: center;"><u>第14表 天然ゴム系積層ゴムのばらつき</u></p> <table border="1" data-bbox="1828 520 2398 747"> <thead> <tr> <th>ばらつきの要因</th> <th>水平剛性 <math>K_h</math></th> <th>鉛直剛性 <math>K_v</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>製品誤差 (設計値に対して)</td> <td>-5%~+5%</td> <td>0%~+15%</td> </tr> <tr> <td>経年変化 (初期値に対して)</td> <td>0%~+10%</td> <td>0%~+10%</td> </tr> <tr> <td>環境温度 (設計値に対して)</td> <td>-4%~+4%</td> <td>変化なし</td> </tr> </tbody> </table> <p>(b) <u>鉛プラグ入り積層ゴム</u></p> <p><u>免震装置のうち、鉛プラグ入り積層ゴムの降伏後剛性、降伏荷重特性値及び鉛直剛性のばらつきに対して第15表に示す3要因を設定した。</u></p> <p style="text-align: center;"><u>第15表 鉛プラグ入り積層ゴムのばらつき</u></p> <table border="1" data-bbox="1745 1108 2487 1369"> <thead> <tr> <th>ばらつきの要因</th> <th>降伏後剛性 <math>K_d</math></th> <th>降伏荷重特性値 <math>Q_d</math></th> <th>鉛直剛性 <math>K_v</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>製品誤差 (設計値に対して)</td> <td>-5%~+5%</td> <td>-10%~0%</td> <td>-5%~+10%</td> </tr> <tr> <td>経年変化 (初期値に対して)</td> <td>0%~+10%</td> <td>0%</td> <td>0%~+10%</td> </tr> <tr> <td>環境温度 (設計値に対して)</td> <td>-4%~+4%</td> <td>-15%~+14%</td> <td>変化なし</td> </tr> </tbody> </table>	ばらつきの要因	水平剛性 $K_h$	鉛直剛性 $K_v$	製品誤差 (設計値に対して)	-5%~+5%	0%~+15%	経年変化 (初期値に対して)	0%~+10%	0%~+10%	環境温度 (設計値に対して)	-4%~+4%	変化なし	ばらつきの要因	降伏後剛性 $K_d$	降伏荷重特性値 $Q_d$	鉛直剛性 $K_v$	製品誤差 (設計値に対して)	-5%~+5%	-10%~0%	-5%~+10%	経年変化 (初期値に対して)	0%~+10%	0%	0%~+10%	環境温度 (設計値に対して)	-4%~+4%	-15%~+14%	変化なし	
ばらつきの要因	水平剛性 $K_h$	鉛直剛性 $K_v$																													
製品誤差 (設計値に対して)	-5%~+5%	0%~+15%																													
経年変化 (初期値に対して)	0%~+10%	0%~+10%																													
環境温度 (設計値に対して)	-4%~+4%	変化なし																													
ばらつきの要因	降伏後剛性 $K_d$	降伏荷重特性値 $Q_d$	鉛直剛性 $K_v$																												
製品誤差 (設計値に対して)	-5%~+5%	-10%~0%	-5%~+10%																												
経年変化 (初期値に対して)	0%~+10%	0%	0%~+10%																												
環境温度 (設計値に対して)	-4%~+4%	-15%~+14%	変化なし																												

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) <u>低摩擦弾性すべり支承</u>  <u>免震装置のうち、低摩擦弾性すべり支承の1次剛性、摩擦係数及び鉛直剛性のばらつきに対して第16表に示す3要因を設定した。</u></p> <p>第16表 低摩擦弾性すべり支承のばらつき</p> <table border="1" data-bbox="1739 478 2487 701"> <thead> <tr> <th>ばらつきの要因</th> <th>1次剛性 <math>K_t</math></th> <th>摩擦係数 <math>\mu</math></th> <th>鉛直剛性 <math>K_v</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>製品誤差 (設計値に対して)</td> <td>-30%~+30%</td> <td>-50%~0%</td> <td>-30%~0%</td> </tr> <tr> <td>経年変化 (初期値に対して)</td> <td>0%~+10%</td> <td>変化なし</td> <td>0%~+10%</td> </tr> <tr> <td>環境温度 (設計値に対して)</td> <td>-4%~+4%</td> <td>変化なし</td> <td>変化なし</td> </tr> </tbody> </table> <p>(d) <u>オイルダンパ</u>  <u>免震装置のうち、オイルダンパの減衰係数及びリリース荷重のばらつきに対して第17表に示す3要因を設定した。</u></p> <p>第17表 オイルダンパのばらつき</p> <table border="1" data-bbox="1804 1062 2421 1285"> <thead> <tr> <th>ばらつきの要因</th> <th>減衰係数 <math>C</math></th> <th>リリース荷重 <math>F_r</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>製品誤差 (設計値に対して)</td> <td>-5%~+10%</td> <td>-5%~+10%</td> </tr> <tr> <td>経年変化 (初期値に対して)</td> <td>-3%~+3%</td> <td>-3%~+3%</td> </tr> <tr> <td>環境温度 (設計値に対して)</td> <td>-5%~+5%</td> <td>-5%~+5%</td> </tr> </tbody> </table>	ばらつきの要因	1次剛性 $K_t$	摩擦係数 $\mu$	鉛直剛性 $K_v$	製品誤差 (設計値に対して)	-30%~+30%	-50%~0%	-30%~0%	経年変化 (初期値に対して)	0%~+10%	変化なし	0%~+10%	環境温度 (設計値に対して)	-4%~+4%	変化なし	変化なし	ばらつきの要因	減衰係数 $C$	リリース荷重 $F_r$	製品誤差 (設計値に対して)	-5%~+10%	-5%~+10%	経年変化 (初期値に対して)	-3%~+3%	-3%~+3%	環境温度 (設計値に対して)	-5%~+5%	-5%~+5%	
ばらつきの要因	1次剛性 $K_t$	摩擦係数 $\mu$	鉛直剛性 $K_v$																												
製品誤差 (設計値に対して)	-30%~+30%	-50%~0%	-30%~0%																												
経年変化 (初期値に対して)	0%~+10%	変化なし	0%~+10%																												
環境温度 (設計値に対して)	-4%~+4%	変化なし	変化なし																												
ばらつきの要因	減衰係数 $C$	リリース荷重 $F_r$																													
製品誤差 (設計値に対して)	-5%~+10%	-5%~+10%																													
経年変化 (初期値に対して)	-3%~+3%	-3%~+3%																													
環境温度 (設計値に対して)	-5%~+5%	-5%~+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>(e) 解析条件</p> <p>天然ゴム系積層ゴム，鉛プラグ入り積層ゴム，低摩擦弾性すべり支承及びオイルダンパについては，標準特性とした場合に加え，ばらつきとして免震層全体での等価剛性が最大あるいは最小となる組合せについて検討を実施する。すなわち，剛性が最大となるケースとして，天然ゴム系積層ゴムの剛性が最大，かつ鉛プラグ入り積層ゴムの降伏後剛性，降伏荷重特性値及び鉛直剛性が最大，かつ低摩擦弾性すべり支承の摩擦力及び鉛直剛性が最大，かつオイルダンパの減衰係数，リリース荷重が最大となる組合せ及びその逆の2ケースを考慮する。解析ケースを第18表に示す。</p> <p style="text-align: center;">第18表 解析ケース一覧</p> <table border="1" data-bbox="1754 842 2478 1192"> <thead> <tr> <th>解析ケース</th> <th>天然ゴム系積層ゴム</th> <th>鉛プラグ入り積層ゴム</th> <th>低摩擦弾性すべり支承</th> <th>オイルダンパ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>剛性最大</td> <td>水平剛性 <math>K_x</math> : 1.19 鉛直剛性 <math>K_z</math> : 1.25</td> <td>降伏後剛性 <math>K_d</math> : 1.19 降伏荷重特性値 <math>Q_d</math> : 1.14 鉛直剛性 <math>K_z</math> : 1.20</td> <td>1次剛性 <math>K_1</math> : 1.44 摩擦係数 <math>\mu</math> : 1.00 鉛直剛性 <math>K_z</math> : 1.10</td> <td>減衰係数 <math>C</math> : 1.18 リリース荷重 <math>F_r</math> : 1.18</td> </tr> <tr> <td>標準特性時</td> <td>水平剛性 <math>K_x</math> : 1.00 鉛直剛性 <math>K_z</math> : 1.00</td> <td>降伏後剛性 <math>K_d</math> : 1.00 降伏荷重特性値 <math>Q_d</math> : 1.00 鉛直剛性 <math>K_z</math> : 1.00</td> <td>1次剛性 <math>K_1</math> : 1.00 摩擦係数 <math>\mu</math> : 1.00 鉛直剛性 <math>K_z</math> : 1.00</td> <td>減衰係数 <math>C</math> : 1.00 リリース荷重 <math>F_r</math> : 1.00</td> </tr> <tr> <td>剛性最小</td> <td>水平剛性 <math>K_x</math> : 0.91 鉛直剛性 <math>K_z</math> : 1.00</td> <td>降伏後剛性 <math>K_d</math> : 0.91 降伏荷重特性値 <math>Q_d</math> : 0.75 鉛直剛性 <math>K_z</math> : 0.95</td> <td>1次剛性 <math>K_1</math> : 0.66 摩擦係数 <math>\mu</math> : 0.50 鉛直剛性 <math>K_z</math> : 0.70</td> <td>減衰係数 <math>C</math> : 0.87 リリース荷重 <math>F_r</math> : 0.87</td> </tr> </tbody> </table>	解析ケース	天然ゴム系積層ゴム	鉛プラグ入り積層ゴム	低摩擦弾性すべり支承	オイルダンパ	剛性最大	水平剛性 $K_x$ : 1.19 鉛直剛性 $K_z$ : 1.25	降伏後剛性 $K_d$ : 1.19 降伏荷重特性値 $Q_d$ : 1.14 鉛直剛性 $K_z$ : 1.20	1次剛性 $K_1$ : 1.44 摩擦係数 $\mu$ : 1.00 鉛直剛性 $K_z$ : 1.10	減衰係数 $C$ : 1.18 リリース荷重 $F_r$ : 1.18	標準特性時	水平剛性 $K_x$ : 1.00 鉛直剛性 $K_z$ : 1.00	降伏後剛性 $K_d$ : 1.00 降伏荷重特性値 $Q_d$ : 1.00 鉛直剛性 $K_z$ : 1.00	1次剛性 $K_1$ : 1.00 摩擦係数 $\mu$ : 1.00 鉛直剛性 $K_z$ : 1.00	減衰係数 $C$ : 1.00 リリース荷重 $F_r$ : 1.00	剛性最小	水平剛性 $K_x$ : 0.91 鉛直剛性 $K_z$ : 1.00	降伏後剛性 $K_d$ : 0.91 降伏荷重特性値 $Q_d$ : 0.75 鉛直剛性 $K_z$ : 0.95	1次剛性 $K_1$ : 0.66 摩擦係数 $\mu$ : 0.50 鉛直剛性 $K_z$ : 0.70	減衰係数 $C$ : 0.87 リリース荷重 $F_r$ : 0.87	
解析ケース	天然ゴム系積層ゴム	鉛プラグ入り積層ゴム	低摩擦弾性すべり支承	オイルダンパ																			
剛性最大	水平剛性 $K_x$ : 1.19 鉛直剛性 $K_z$ : 1.25	降伏後剛性 $K_d$ : 1.19 降伏荷重特性値 $Q_d$ : 1.14 鉛直剛性 $K_z$ : 1.20	1次剛性 $K_1$ : 1.44 摩擦係数 $\mu$ : 1.00 鉛直剛性 $K_z$ : 1.10	減衰係数 $C$ : 1.18 リリース荷重 $F_r$ : 1.18																			
標準特性時	水平剛性 $K_x$ : 1.00 鉛直剛性 $K_z$ : 1.00	降伏後剛性 $K_d$ : 1.00 降伏荷重特性値 $Q_d$ : 1.00 鉛直剛性 $K_z$ : 1.00	1次剛性 $K_1$ : 1.00 摩擦係数 $\mu$ : 1.00 鉛直剛性 $K_z$ : 1.00	減衰係数 $C$ : 1.00 リリース荷重 $F_r$ : 1.00																			
剛性最小	水平剛性 $K_x$ : 0.91 鉛直剛性 $K_z$ : 1.00	降伏後剛性 $K_d$ : 0.91 降伏荷重特性値 $Q_d$ : 0.75 鉛直剛性 $K_z$ : 0.95	1次剛性 $K_1$ : 0.66 摩擦係数 $\mu$ : 0.50 鉛直剛性 $K_z$ : 0.70	減衰係数 $C$ : 0.87 リリース荷重 $F_r$ : 0.87																			

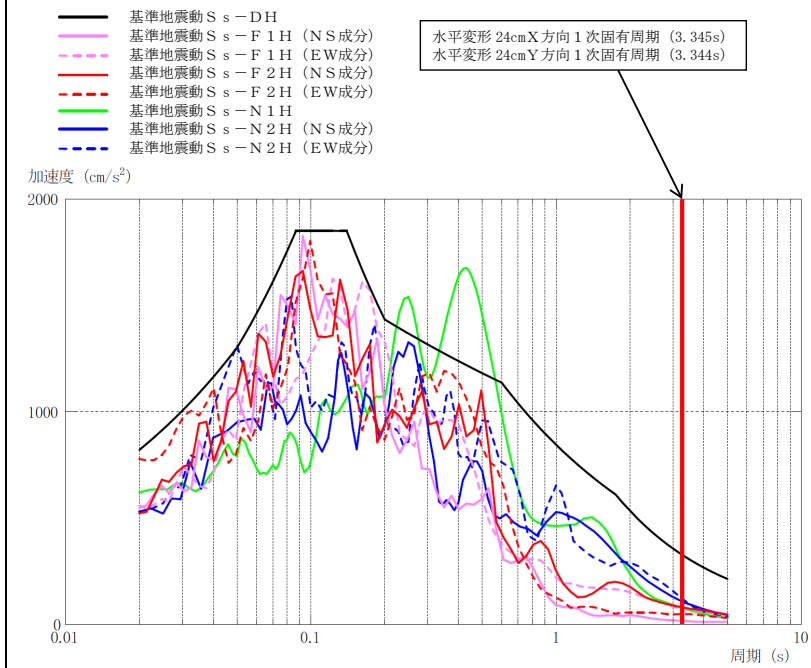


柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																														
		<p>(3) <u>固有値解析結果</u></p> <p><u>水平方向の固有値解析は、上部構造は線形とし、免震層の水平ばねを各振幅レベルの等価線形値を取る場合について実施した。鉛直方向の固有値解析は水平方向固定条件として解析を行った。</u></p> <p>a. <u>水平方向の固有周期</u></p> <p><u>免震層が水平変形 <math>d=24\text{cm}</math> (<math>\gamma=100\%</math>) 及び <math>d=48\text{cm}</math> (<math>\gamma=200\%</math>) における等価剛性をもつ場合の水平方向の固有値解析結果を第 19 表及び第 20 表に示す。</u></p> <p><u>第 19 表 水平変形 <math>d=24\text{cm}</math> (<math>\gamma=100\%</math>) における固有周期</u></p> <table border="1" data-bbox="1855 745 2374 970"> <thead> <tr> <th>方向</th> <th>次数</th> <th>固有周期 (秒)</th> <th>刺激係数*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">X 方向</td> <td>1</td> <td>3.345</td> <td>1.001</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.078</td> <td>0.007</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.047</td> <td>0.014</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Y 方向</td> <td>1</td> <td>3.344</td> <td>1.001</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.069</td> <td>0.008</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.047</td> <td>0.015</td> </tr> </tbody> </table> <p>※最大値を 1 で基準化した各次固有モードに対する刺激係数として求め絶対値を示す。</p> <p><u>第 20 表 水平変形 <math>d=48\text{cm}</math> (<math>\gamma=200\%</math>) における固有周期</u></p> <table border="1" data-bbox="1855 1102 2374 1327"> <thead> <tr> <th>方向</th> <th>次数</th> <th>固有周期 (秒)</th> <th>刺激係数*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">X 方向</td> <td>1</td> <td>3.886</td> <td>1.001</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.078</td> <td>0.007</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.047</td> <td>0.014</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Y 方向</td> <td>1</td> <td>3.886</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.069</td> <td>0.009</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.047</td> <td>0.015</td> </tr> </tbody> </table> <p>※最大値を 1 で基準化した各次固有モードに対する刺激係数として求め絶対値を示す。</p> <p>b. <u>鉛直方向の固有周期</u></p> <p><u>水平方向固定条件とした場合の鉛直方向の固有値解析結果を第 21 表に示す。</u></p> <p><u>第 21 表 鉛直方向の固有周期</u></p> <table border="1" data-bbox="1855 1648 2374 1774"> <thead> <tr> <th>方向</th> <th>次数</th> <th>固有周期 (秒)</th> <th>刺激係数*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Z 方向</td> <td>1</td> <td>0.065</td> <td>1.277</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.023</td> <td>0.503</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.018</td> <td>0.233</td> </tr> </tbody> </table> <p>※最大値を 1 で基準化した各次固有モードに対する刺激係数として求め絶対値を示す。</p>	方向	次数	固有周期 (秒)	刺激係数*	X 方向	1	3.345	1.001	2	0.078	0.007	3	0.047	0.014	Y 方向	1	3.344	1.001	2	0.069	0.008	3	0.047	0.015	方向	次数	固有周期 (秒)	刺激係数*	X 方向	1	3.886	1.001	2	0.078	0.007	3	0.047	0.014	Y 方向	1	3.886	1.000	2	0.069	0.009	3	0.047	0.015	方向	次数	固有周期 (秒)	刺激係数*	Z 方向	1	0.065	1.277	2	0.023	0.503	3	0.018	0.233	
方向	次数	固有周期 (秒)	刺激係数*																																																														
X 方向	1	3.345	1.001																																																														
	2	0.078	0.007																																																														
	3	0.047	0.014																																																														
Y 方向	1	3.344	1.001																																																														
	2	0.069	0.008																																																														
	3	0.047	0.015																																																														
方向	次数	固有周期 (秒)	刺激係数*																																																														
X 方向	1	3.886	1.001																																																														
	2	0.078	0.007																																																														
	3	0.047	0.014																																																														
Y 方向	1	3.886	1.000																																																														
	2	0.069	0.009																																																														
	3	0.047	0.015																																																														
方向	次数	固有周期 (秒)	刺激係数*																																																														
Z 方向	1	0.065	1.277																																																														
	2	0.023	0.503																																																														
	3	0.018	0.233																																																														

(4) 検討用地震動

検討用の地震動は、基準地震動  $S_s - D$ 、基準地震動  $S_s - F 1$ 、基準地震動  $S_s - F 2$ 、基準地震動  $S_s - N 1$  及び基準地震動  $S_s - N 2$  のうち、免震重要棟の地盤ばね、免震装置、上部構造の連成系水平方向 1 次固有周期 (免震層の水平変形  $d = 24\text{cm}$  ( $\gamma = 100\%$ )) における加速度応答スペクトルが最も大きい基準地震動  $S_s - D$  とする。基準地震動  $S_s$  の解放基盤表面における加速度応答スペクトル (水平方向) を第 9 図に示す。

免震重要棟の地震応答解析モデルへの入力地震動は、成層地盤モデルを用いた一次元波動論による解析によって求める。



第 9 図 基準地震動  $S_s$  の加速度応答スペクトル  
(水平方向,  $h = 0.05$ )

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) <u>解析ケース</u>  <u>免震装置の特性のばらつきを考慮した全解析ケースを第22表に示す。</u></p> <p style="text-align: center;"><u>第22表 解析ケース</u></p> <table border="1" data-bbox="1745 445 2487 703"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ケース</th> <th rowspan="2">基準地震動</th> <th colspan="3">入力方向</th> <th rowspan="2">免震装置の特性のばらつき</th> </tr> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">S s - D (X)</td> <td rowspan="3">S s - D</td> <td rowspan="3">H<sup>*1</sup></td> <td rowspan="3">-</td> <td rowspan="3">V<sup>*2</sup></td> <td>標準特性時</td> </tr> <tr> <td>剛性最大</td> </tr> <tr> <td>剛性最小</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">S s - D (Y)</td> <td rowspan="3">S s - D</td> <td rowspan="3">-</td> <td rowspan="3">H<sup>*1</sup></td> <td rowspan="3">V<sup>*2</sup></td> <td>標準特性時</td> </tr> <tr> <td>剛性最大</td> </tr> <tr> <td>剛性最小</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 : 基準地震動 S s - Dによる水平方向の入力地震動          ※2 : 基準地震動 S s - Dによる鉛直方向の入力地震動</p>	ケース	基準地震動	入力方向			免震装置の特性のばらつき	X	Y	Z	S s - D (X)	S s - D	H <sup>*1</sup>	-	V <sup>*2</sup>	標準特性時	剛性最大	剛性最小	S s - D (Y)	S s - D	-	H <sup>*1</sup>	V <sup>*2</sup>	標準特性時	剛性最大	剛性最小	
ケース	基準地震動	入力方向			免震装置の特性のばらつき																							
		X	Y	Z																								
S s - D (X)	S s - D	H <sup>*1</sup>	-	V <sup>*2</sup>	標準特性時																							
					剛性最大																							
					剛性最小																							
S s - D (Y)	S s - D	-	H <sup>*1</sup>	V <sup>*2</sup>	標準特性時																							
					剛性最大																							
					剛性最小																							

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) <u>地震応答解析結果</u></p> <p><u>各解析ケースにおける上部構造層間変形角を第 23 表及び第 24 表に、免震装置せん断ひずみを第 25 表に示す。</u></p> <p><u>第 23 表 上部構造層間変形角 (X 方向)</u></p> <table border="1" data-bbox="1757 436 2472 569"> <thead> <tr> <th>ケース</th> <th>階数</th> <th>標準特性時</th> <th>剛性最大</th> <th>剛性最小</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">S s - D (X)</td> <td>3 階</td> <td>1/22838</td> <td>1/25830</td> <td>1/23904</td> </tr> <tr> <td>2 階</td> <td>1/15969</td> <td>1/17391</td> <td>1/17194</td> </tr> <tr> <td>1 階</td> <td><u>1/15459</u></td> <td>1/16031</td> <td>1/17000</td> </tr> </tbody> </table> <p>(注) : 下線は X 方向の最大層間変形角</p> <p><u>第 24 表 上部構造層間変形角 (Y 方向)</u></p> <table border="1" data-bbox="1757 705 2472 837"> <thead> <tr> <th>ケース</th> <th>階数</th> <th>標準特性時</th> <th>剛性最大</th> <th>剛性最小</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">S s - D (Y)</td> <td>3 階</td> <td>1/35235</td> <td>1/37400</td> <td>1/39326</td> </tr> <tr> <td>2 階</td> <td>1/23969</td> <td>1/24366</td> <td>1/27203</td> </tr> <tr> <td>1 階</td> <td>1/21898</td> <td><u>1/21729</u></td> <td>1/24496</td> </tr> </tbody> </table> <p>(注) : 下線は Y 方向の最大層間変形角</p> <p><u>第 25 表 免震装置せん断ひずみ</u></p> <table border="1" data-bbox="1813 974 2415 1106"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ケース</th> <th rowspan="2">標準特性時</th> <th colspan="2">特性変動時</th> </tr> <tr> <th>剛性最大</th> <th>剛性最小</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S s - D (X)</td> <td><u>131.67%</u></td> <td>109.59%</td> <td><u>168.34%</u></td> </tr> <tr> <td>S s - D (Y)</td> <td>131.67%</td> <td>109.59%</td> <td>168.34%</td> </tr> </tbody> </table> <p>(注) : 下線は標準特性時、特性変動時それぞれの最大せん断ひずみ</p>	ケース	階数	標準特性時	剛性最大	剛性最小	S s - D (X)	3 階	1/22838	1/25830	1/23904	2 階	1/15969	1/17391	1/17194	1 階	<u>1/15459</u>	1/16031	1/17000	ケース	階数	標準特性時	剛性最大	剛性最小	S s - D (Y)	3 階	1/35235	1/37400	1/39326	2 階	1/23969	1/24366	1/27203	1 階	1/21898	<u>1/21729</u>	1/24496	ケース	標準特性時	特性変動時		剛性最大	剛性最小	S s - D (X)	<u>131.67%</u>	109.59%	<u>168.34%</u>	S s - D (Y)	131.67%	109.59%	168.34%	
ケース	階数	標準特性時	剛性最大	剛性最小																																																	
S s - D (X)	3 階	1/22838	1/25830	1/23904																																																	
	2 階	1/15969	1/17391	1/17194																																																	
	1 階	<u>1/15459</u>	1/16031	1/17000																																																	
ケース	階数	標準特性時	剛性最大	剛性最小																																																	
S s - D (Y)	3 階	1/35235	1/37400	1/39326																																																	
	2 階	1/23969	1/24366	1/27203																																																	
	1 階	1/21898	<u>1/21729</u>	1/24496																																																	
ケース	標準特性時	特性変動時																																																			
		剛性最大	剛性最小																																																		
S s - D (X)	<u>131.67%</u>	109.59%	<u>168.34%</u>																																																		
S s - D (Y)	131.67%	109.59%	168.34%																																																		

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.まとめ</p> <p><u>地震応答解析により評価された結果の最大応答値を第26表に示す。</u></p> <p><u>保管場所への影響の観点からは、以下のように評価する。</u></p> <p><u>「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針(案)・同解説」(社)日本建築学会において、安全限界状態とされる層間変形角は1/75である。今回の解析結果による最大層間変形角は、この1/75を大幅に下回っている。</u></p> <p><u>また、「免震構造の試評価例及び試設計例」((独)JNES, 2014)において免震装置の設計目標値であるせん断ひずみは166%(免震装置標準特性時)及び250%(免震装置の特性変動時)である。今回の解析結果による免震装置の最大せん断ひずみはこの値を下回っている。</u></p> <p><u>以上のことから、建物は倒壊せず、保管場所への影響はないことを確認した。</u></p> <p style="text-align: center;"><u>第26表 最大応答値一覧</u></p> <table border="1" data-bbox="1748 982 2481 1367"> <thead> <tr> <th>部位</th> <th>項目</th> <th>最大応答値</th> <th>評価基準値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">上部構造</td> <td>最大層間変形角 (X方向)</td> <td>1/15459 (<math>S_s - D(X)</math>, 1階, 標準特性時)</td> <td rowspan="2">1/75</td> </tr> <tr> <td>最大層間変形角 (Y方向)</td> <td>1/21729 (<math>S_s - D(Y)</math>, 1階, 剛性最大)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">免震装置</td> <td>せん断ひずみ (標準特性時)</td> <td>132% (<math>S_s - D(X)</math>)</td> <td>166%</td> </tr> <tr> <td>せん断ひずみ (特性変動時)</td> <td>169% (<math>S_s - D(X)</math>, 剛性最小)</td> <td>250%</td> </tr> </tbody> </table>	部位	項目	最大応答値	評価基準値	上部構造	最大層間変形角 (X方向)	1/15459 ( $S_s - D(X)$ , 1階, 標準特性時)	1/75	最大層間変形角 (Y方向)	1/21729 ( $S_s - D(Y)$ , 1階, 剛性最大)	免震装置	せん断ひずみ (標準特性時)	132% ( $S_s - D(X)$ )	166%	せん断ひずみ (特性変動時)	169% ( $S_s - D(X)$ , 剛性最小)	250%	
部位	項目	最大応答値	評価基準値																	
上部構造	最大層間変形角 (X方向)	1/15459 ( $S_s - D(X)$ , 1階, 標準特性時)	1/75																	
	最大層間変形角 (Y方向)	1/21729 ( $S_s - D(Y)$ , 1階, 剛性最大)																		
免震装置	せん断ひずみ (標準特性時)	132% ( $S_s - D(X)$ )	166%																	
	せん断ひずみ (特性変動時)	169% ( $S_s - D(X)$ , 剛性最小)	250%																	