

泊発電所3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

（防潮堤の評価対象断面選定）

令和6年8月30日
北海道電力株式会社

☐ : 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

1. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価	P. 5
2. 周辺斜面の安定性評価	P. 37
参考資料	P. 47
参考文献	P. 59

- 令和6年1月19日審査会合で、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のうち、「防潮堤に関係しない断面の評価結果」を説明した。
- 今回、同審査会合での指摘事項の回答を行うとともに、防潮堤に関係する断面の評価のうち、評価対象断面の選定結果についても説明する。

余白

1. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価	P. 5
1. 1 評価方針	P. 6
1. 2 代表施設の選定	P. 10
1. 3 評価対象断面の選定	P. 17
2. 周辺斜面の安定性評価	P. 37
参考資料	P. 47
参考文献	P. 59

1.1 評価方針

①地震力に対する基礎地盤の安定性の評価フロー

一部修正 (R6/1/19審査会合)

○地震力に対する基礎地盤の安定性の評価フローを以下に示す。

評価対象施設の抽出 (P7～P9参照)

- 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設を抽出
- 敷地においては、岩着構造の防潮堤設置により地下水の流れが遮断され、地下水位が上昇するおそれがあるため、液状化の影響考慮範囲を確認



【1.2章 代表施設の選定 (P10～P15参照)】

- 評価対象施設に対し、設置標高等の観点からグループ分け
- グループごとに影響要因(施設の重量(接地圧)、断層の分布等)を考慮し、代表施設を選定



【1.3章 評価対象断面の選定 (P17～P35参照)】

- 代表施設の評価対象断面について、地形、地質構造等を考慮して、評価対象断面を選定



今回説明範囲
(防潮堤の評価対象断面選定)

【評価方法】及び【評価結果】

動的解析に基づく基礎地盤のすべり安定性評価

- 平均強度に対するすべり安定性評価
平均強度を用いたすべり安全率が1.5以上であることを確認
- 強度のばらつき(平均-1σ強度)を考慮したすべり安定性評価
平均強度に基づくすべり安全率最小ケースに対して、ばらつきを考慮した強度を用いたすべり安全率が1.5以上であることを確認

動的解析に基づく 基礎の支持力評価

基礎底面の接地圧が基礎底面に分布する地盤の支持力の評価基準値(極限支持力)を超えないことを確認

動的解析に基づく 基礎底面の傾斜評価

基礎底面の傾斜が評価基準値の目安である1/2,000を超えないことを確認



評価終了

1.1 評価方針

②評価対象施設（耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設）

一部修正（R6/1/19審査会合）

○泊発電所3号炉における評価対象施設（耐震重要施設※^{1,3}及び常設重大事故等対処施設※^{2,3}）を下図に示す。

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

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

※3 評価対象施設については、間接支持構造物を含む。

1. 1 評価方針

③液状化の影響考慮範囲に関する確認(1/2)

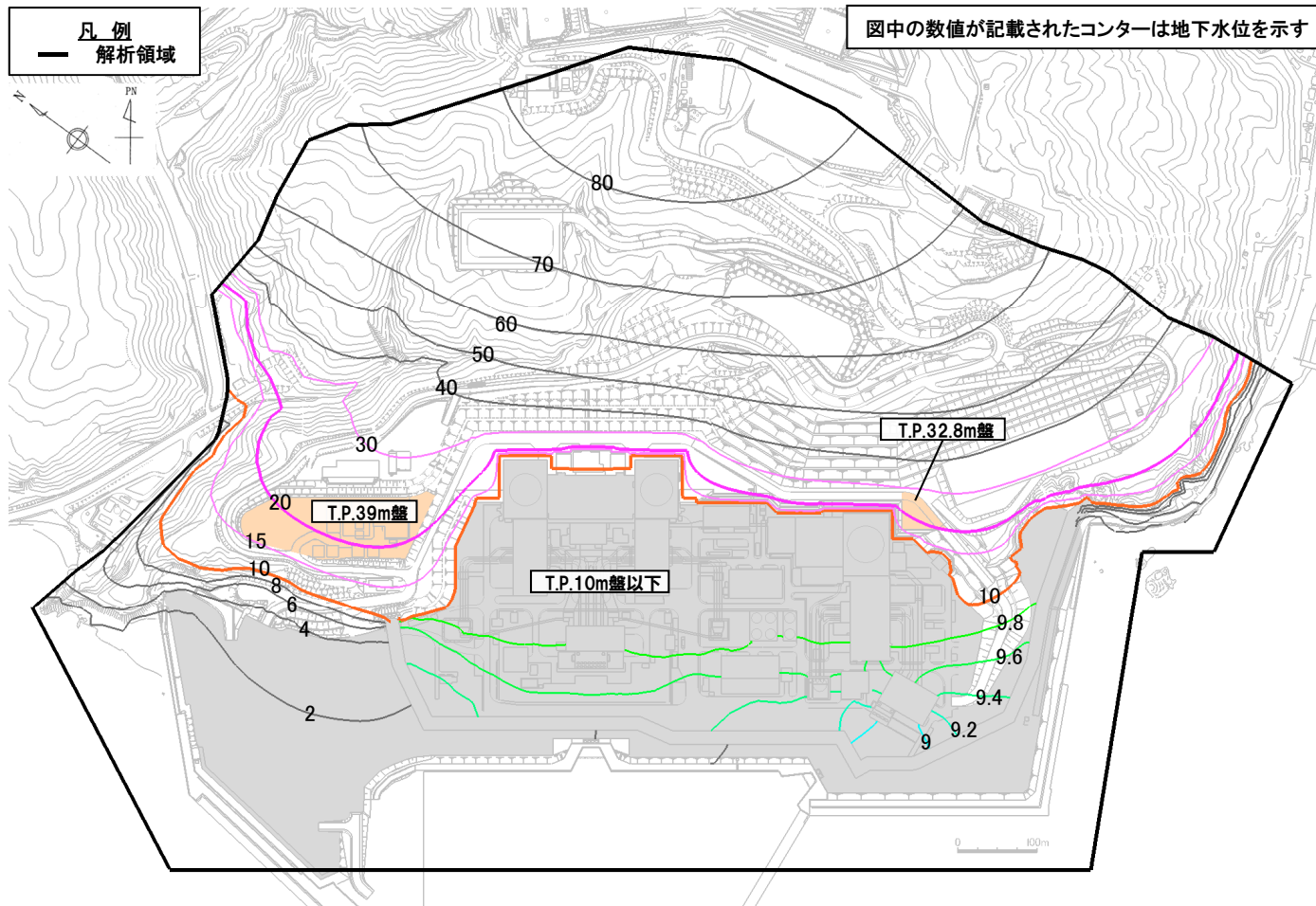
一部修正(R6/1/19審査会合)

- 敷地においては、岩着構造の防潮堤設置により地下水の流れが遮断され、地下水位が上昇するおそれがある。
- 評価対象施設である防潮堤は、直接岩盤に支持させるが、周辺地盤(施設の周辺に分布する地下水位以深の埋戻土)については、液状化が発生する可能性がある。
- このため、評価対象施設の基礎地盤の安定性評価において、液状化影響の考慮の有無を確認した。
- 確認に当たっては、防潮堤設置後における地下水排水設備が機能しない状態が継続した場合の定常的な地下水位分布を予測した三次元浸透流解析結果(次頁参照)の地下水位を参照した。
- 当該地下水位については、以降、液状化の影響を考慮する必要があるかを確認するための、「確認用地下水位」と呼称する。
- 確認の結果、評価対象施設である防潮堤が設置されているT.P.10m盤以下については、敷地造成時に発生した掘削岩砕からなる埋立地盤(人工地盤)が主体であり、確認用地下水位が地表面付近まで上昇することから、液状化の影響を考慮する必要がある。

1.1 評価方針

③液状化の影響考慮範囲に関する確認 (2/2)

一部修正 (R6/1/19審査会合)



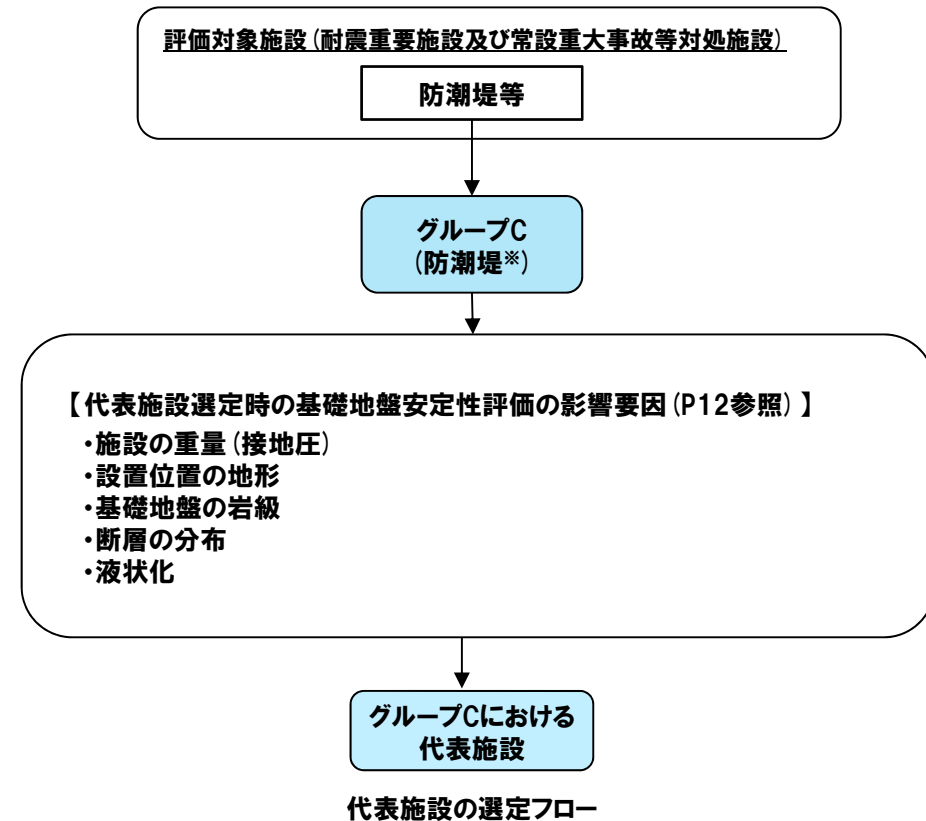
防潮堤設置後における地下水排水設備が機能しない状態が継続した場合の定常的な地下水位分布を予測した三次元浸透流解析結果

1.2 代表施設の選定

①選定方針(1/2)

一部修正 (R6/1/19審査会合)

- 評価対象施設(耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設)の基礎地盤の安定性評価に当たっては、基礎地盤安定性評価の影響要因を踏まえ、評価対象施設の中から代表施設を選定した上で、代表施設の基礎地盤を対象に安全性を確認する方針とした。
- 次頁に示すとおり、T.P.10m盤以下に設置される評価対象施設のうち、防潮堤については、敷地に広範囲にわたり設置され、位置によって設置状況が異なること、及び施設の規模が最大であることから、別グループとしてグループCに分類する。
- なお、1,2号炉取水路(防潮堤横断部)については、防潮堤を間接支持する施設であることから、防潮堤と同じグループに分類する。
- 代表施設については、分類したグループにおいて、代表施設選定時の基礎地盤安定性評価の影響要因の比較検討を行い、選定する(詳細は、P12～P15参照)。
- なお、代表施設の選定及び後述する評価対象断面の選定においては、3号炉解析用物性値と1,2号炉解析用物性値に大きな差は認められず、岩盤の強度特性については、共通した値を設定していることから、解析用物性値の使い分けを考慮しない。



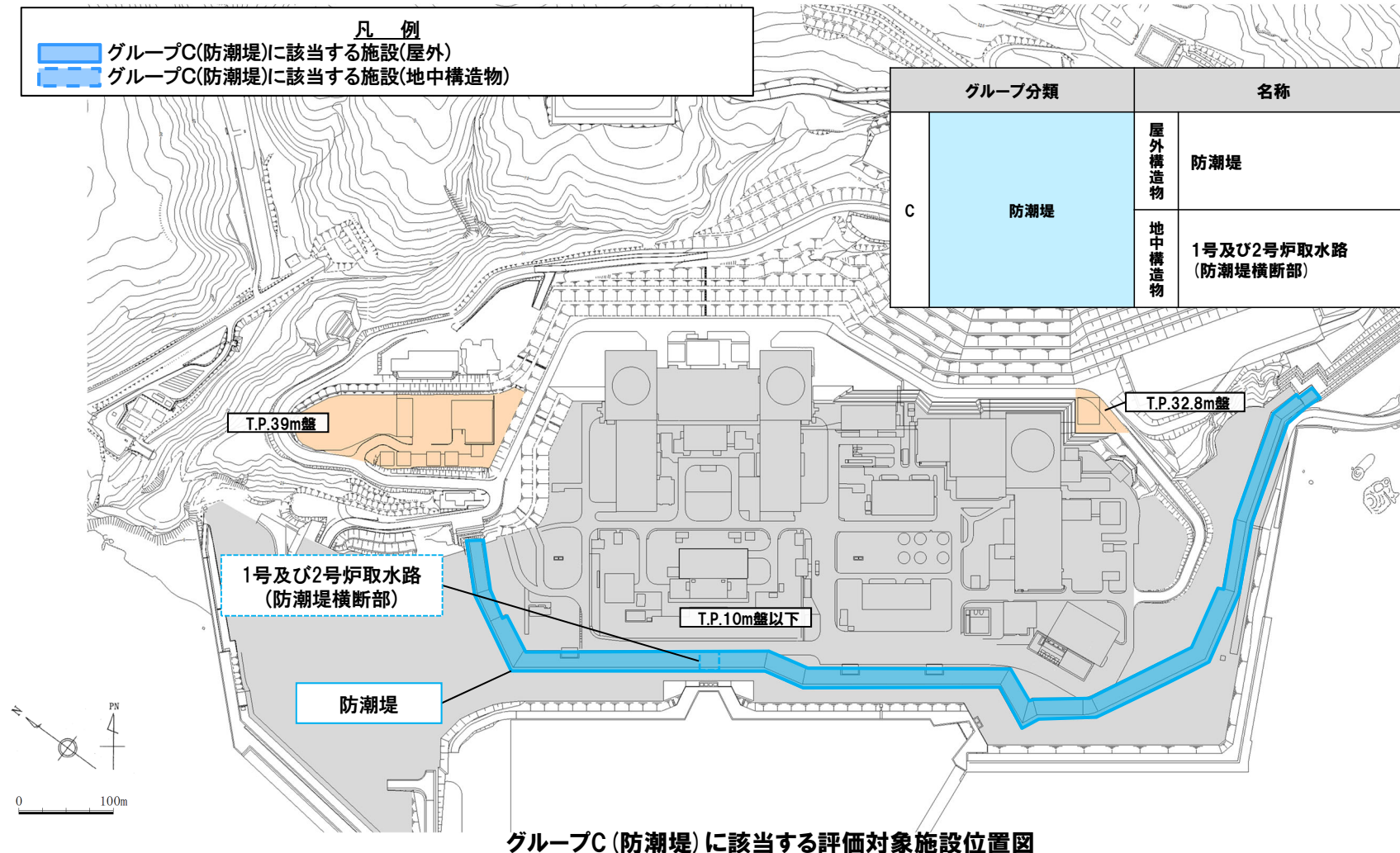
※防潮堤を間接支持する耐震重要施設については、防潮堤と同じグループに分類。

1. 2 代表施設の選定

①選定方針 (2/2)

一部修正 (R6/1/19審査会合)

○グループC (防潮堤) に該当する評価対象施設を以下に示す。



1. 2 代表施設の選定

②代表施設選定時の影響要因

一部修正 (R6/1/19審査会合)

- 基礎地盤安定性評価においては、基礎地盤のすべり、基礎の支持力及び基礎底面の傾斜について評価を行うことから、下表に示す項目を代表施設選定時の基礎地盤安定性評価の影響要因として、比較検討を行い、グループC(防潮堤)の代表施設を選定する(選定結果については、P13～P15参照)。
- 各影響要因に対して、以下の状況が認められる施設については、該当する影響要因として扱う。
- ・施設の重量:施設の重量が最大となる施設。
 - ・設置位置の地形:施設の周辺に斜面が分布する施設。
 - ・基礎地盤の岩級※¹:安山岩のうちA_{IV}級及びA_V級並びに火砕岩類のうちC級～E級が分布する施設。
 - ・断層の分布:施設の下方向※²に断層が分布する施設。
 - ・液状化:施設の周辺に埋戻土が分布する施設。

代表施設選定時の基礎地盤安定性評価の影響要因

要 因		説 明
基礎地盤に 作用する地震力	施設の重量	・施設の重量が大きいほど、慣性力により基礎地盤に作用する滑動力等が大きくなる。 ・なお、施設の重量が同じ場合は、接地圧を考慮する。
	設置位置の地形	・施設の周辺に斜面が分布する(施設の前面と背面の岩盤標高の高低差を含む)場合、平坦な地形に比べ、滑動力が大きくなる可能性がある。
基礎地盤の 強度	基礎地盤の 岩級※ ¹	・岩種・岩級ごとに強度特性※ ³ 等を設定しており、安山岩のうちA _{IV} 級及びA _V 級並びに火砕岩類のうちD級及びE級は、強度特性及び極限支持力※ ⁴ が小さい。 ・また、火砕岩類C級は、火砕岩類A級及びB級の極限支持力と同程度であるものの、火砕岩類A級及びB級と比べて、せん断強度が小さい。
	断層の分布	・3号炉における耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の基礎底面に位置しないものの、施設の下方向※ ² に断層が分布しており、岩盤に比べて強度特性が小さい断層※ ⁵ に沿ったすべり面が想定される。
	液状化	・評価対象施設はいずれも直接又はMMRを介して岩盤に支持させる直接基礎形式であるが、施設の周辺に分布する埋戻土が液状化した場合、埋戻土のせん断抵抗力に期待できない。

※¹ 岩盤分類の詳細は、P48～P51参照。※² 施設の下方向については、施設幅分の範囲を目安とする。※³ 岩盤の強度特性については、P52～P55参照。※⁴ 岩盤の極限支持力については、P58参照。※⁵ 断層の強度特性については、P56～P57参照。

1. 2 代表施設の選定

③グループCの代表施設の選定結果(1/3)

○グループC(防潮堤)の施設については、以下の理由から、防潮堤を代表施設に選定した。

- ・施設の重量が最大である。
- ・施設の前面と背面に高低差がある。
- ・基礎底面に一部せん断強度の小さい岩盤が分布し、施設の周辺に埋戻土が分布している。

評価対象施設の諸元及び代表施設の選定理由

評価対象施設	代表施設選定時の基礎地盤安定性の影響要因						代表施設の選定理由
	施設の重量※1 (MN) ()は施設の 接地圧 (N/mm ²)	設置位置の 地形	基礎地盤の 岩級	断層の分布	液状化	影響要因の 判定根拠 掲載頁	
屋外構造物 代表施設に選定 防潮堤	14.640 (0.51)	施設の前面と背面 に高低差がある。	A _{II} 級, A _{III} 級, B級, C級	施設の下方※2に 断層は分布しない。	施設の周辺 に埋戻土が 分布している。	P14	○重量が最大であること、施設の前面と背面に高低差があること、基礎底面に一部せん断強度の小さい岩盤が分布すること及び周辺に埋戻土が分布し、最も多くの影響要因が該当することから、代表施設に選定する。
地中構造物 1号及び2号炉取水路 (防潮堤横断部)	80 (0.16)	平地に 設置される。	B級	施設の下方※2に 断層は分布しない。	施設の周辺 に埋戻土が 分布している。	P15	○液状化については防潮堤と同様な状況であるが、防潮堤と比べて重量が小さいこと、防潮堤と異なり平地に設置されること及び基礎底面に強度特性等の小さい岩盤が分布しないことから、防潮堤の評価に代表させる。

※1 施設の重量については、基本設計段階の情報に基づく。

※2 施設の下方については、施設幅分の範囲を目安とする。

: 該当する影響要因

1. 2 代表施設の選定

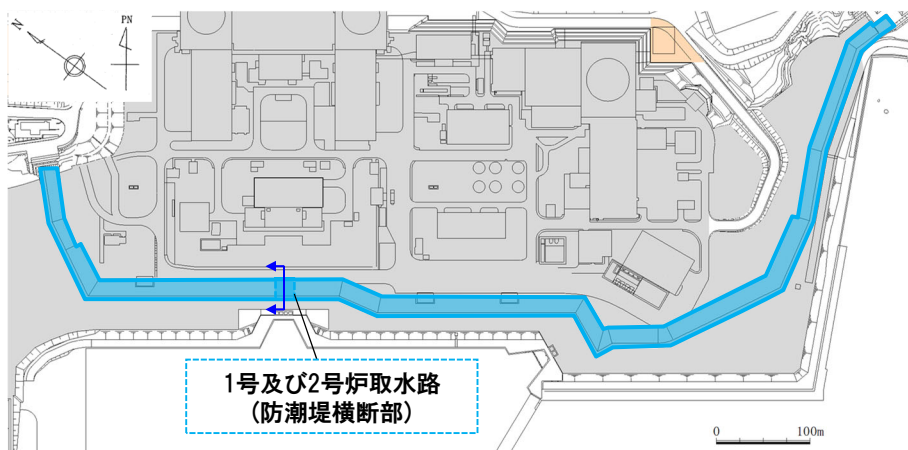
③グループCの代表施設の選定結果 (3/3)

○グループC (防潮堤) のうち, 1号及び2号炉取水路 (防潮堤横断部) ※
の基礎地盤安定性評価については, 以下の理由により, 代表施設に
選定せず, 防潮堤の評価に代表させる。

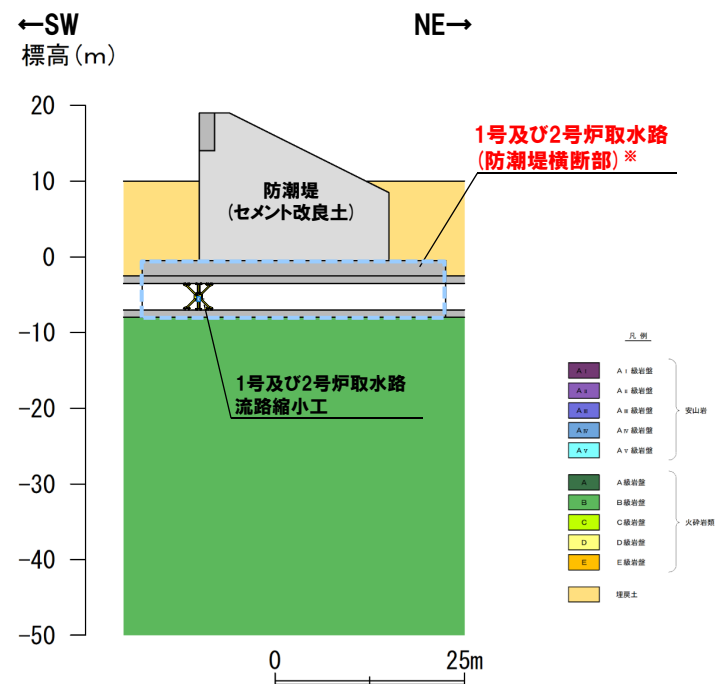
【1号及び2号炉取水路 (防潮堤横断部)】

- ・施設の重量が防潮堤に比べて小さい。
- ・平地に設置される。
- ・基礎底面に強度特性等の小さい岩盤が分布しない。

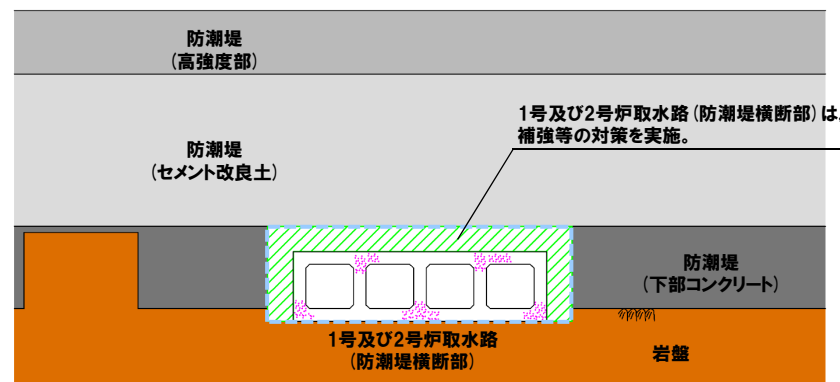
※防潮堤を間接支持する地中構造物である。



対象施設位置図



1号及び2号炉取水路 (防潮堤横断部) 断面図



1号及び2号炉取水路 (防潮堤横断部) 正面イメージ図

余白

1.3 評価対象断面の選定

①防潮堤の評価対象断面：選定フロー

- グループCの代表施設である防潮堤は、敷地に広範囲にわたり設置されており、位置によって設置状況が異なる。
- このため、防潮堤の評価対象断面の選定においては、代表施設選定時の影響要因（P12参照）を踏まえた観点により、検討断面を複数設定し、簡便法によるすべり安全率の比較を行った上で、評価対象断面を選定する。
- なお、防潮堤は線状構造物であり、防潮堤に作用する土圧により滑動力が大きくなると考えられることから、短軸方向に検討断面を設定する。
- 検討断面の設定から防潮堤の評価対象断面の選定までのフローを以下に示す。

【検討断面の設定】(P18～P23参照)

(1) 区間の抽出 (P18～P21参照)

- 防潮堤の形状の違いにより区間分け（区間①～⑫）を行った上で、以下の観点（観点 i ～ iv）による影響が最も大きいと考えられる区間を抽出する。
- （観点 i）防潮堤の重量
- （観点 ii）防潮堤海側と山側の高低差
- （観点 iii）埋戻土の厚さ
- （観点 iv）基礎地盤の岩級（火砕岩類C級の分布）

【抽出した区間】
区間④，区間⑦，区間⑨

(2) 断面位置の設定 (P22～P23参照)

- 検討断面については、抽出した区間の中で、安定性評価上厳しくなることが想定される位置に設定する。

【検討断面】
c-c' 断面，d-d' 断面，e-e' 断面

【評価対象断面の選定】(P24～P25参照)

- 検討断面についての簡便法によるすべり安全率の比較により、最小すべり安全率が小さい検討断面を評価対象断面に選定する。

【評価対象断面】
c-c' 断面，e-e' 断面

防潮堤の評価対象断面の選定フロー

1. 3 評価対象断面の選定

②-1 防潮堤の評価対象断面：検討断面の設定-区間の抽出(1/4)-

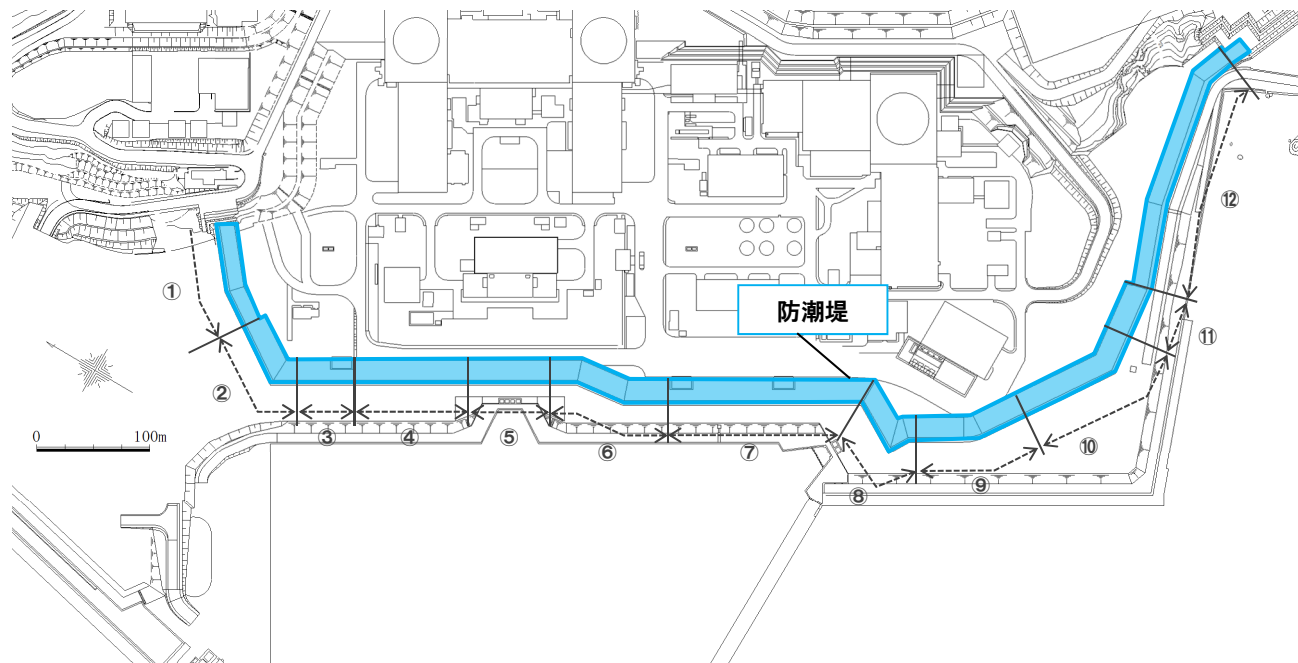
○防潮堤は、敷地に広範囲にわたり設置されており、位置によって設置状況が異なることから、防潮堤の形状の違いにより区間分け(区間①～⑫)を行った上で、以下の観点(観点i～iv)による影響が最も大きいと考えられる区間を抽出する(着目する観点の詳細は、次頁参照)。

(観点i) 防潮堤の重量

(観点ii) 防潮堤海側と山側の高低差

(観点iii) 埋戻土の厚さ

(観点iv) 基礎地盤の岩級(火砕岩類C級の分布)

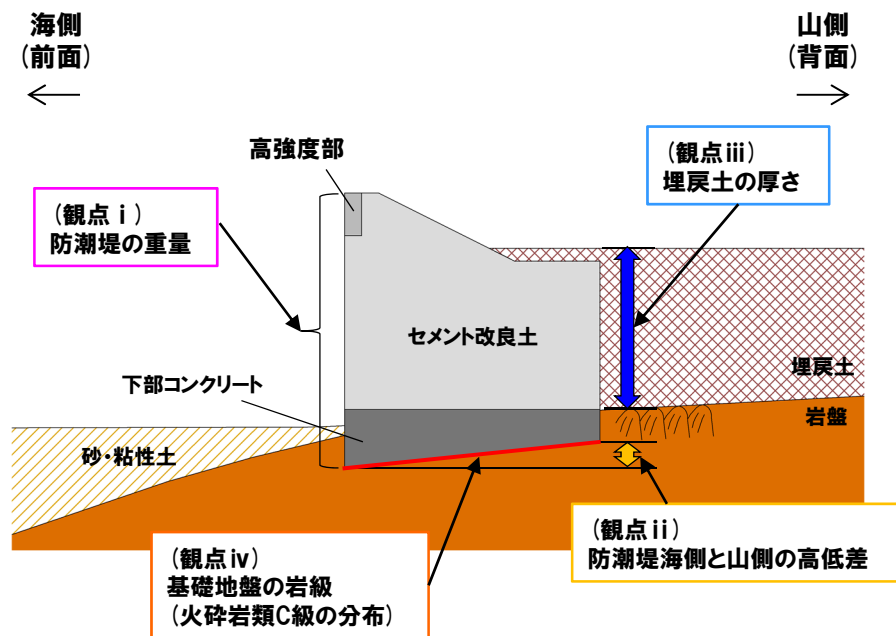


防潮堤の区間分け

1.3 評価対象断面の選定

②-1 防潮堤の評価対象断面：検討断面の設定-区間の抽出(2/4)-

検討断面の設定において着目する観点※



各観点のイメージ図

観点		説明
観点 i	防潮堤の重量	・防潮堤の重量(接地圧)が大きいほど、慣性力により基礎地盤に作用する滑動力は大きくなる。
観点 ii	防潮堤海側と山側の高低差	・敷地内の基礎岩盤は海側に向かって低くなる特徴がある。 ・防潮堤海側と山側の高低差がある場合、標高の低い方向への滑動力が大きくなる。
観点 iii	埋戻土の厚さ	・防潮堤山側の埋戻土が厚く分布するほど、防潮堤に作用する土圧が大きくなり、海側への滑動力が大きくなる。 ・なお、防潮堤の基礎地盤安定性評価において、防潮堤海側の埋戻土については、抵抗力として作用することを考慮し、保守的にモデル化していない。
観点 iv	基礎地盤の岩級 (火砕岩類C級の分布)	・防潮堤底面には、火砕岩類B級が広く分布するが、一部の区間において、相対的にせん断強度が小さい火砕岩類C級が分布しており、防潮堤底面全体に火砕岩類C級が分布している場合、抵抗力が小さくなる。

※代表施設選定時の影響要因のうち、「断層の分布」及び「液状化」については、以下のことから、検討断面の設定において着目する観点としていない。

- ・断層の分布：防潮堤の下方に断層が分布しないことから、代表施設選定時の影響要因に該当していない(P13参照)。
- ・液状化：防潮堤の周辺には埋戻土が分布しており、埋戻土が液状化した場合に、せん断抵抗力に期待できない状況は全区間で共通する。

1. 3 評価対象断面の選定

②-1 防潮堤の評価対象断面：検討断面の設定-区間の抽出(3/4)-

- 防潮堤の各区間の諸元を基に、観点(観点 i ~ iv) による影響が最も大きいと考えられる区間を抽出した。
- 各観点による影響が最も大きいと考えられる区間は以下のとおり。
- ・区間④：防潮堤の重量及び埋戻土の厚さが最大(観点 i 及び観点 iii)
 - ・区間⑦：防潮堤海側と山側の高低差が最大(観点 ii)
 - ・区間⑨：防潮堤山側から海側にかけて火砕岩類C級が分布する区間(観点 iv) の中で、防潮堤の重量、防潮堤海側と山側の高低差及び埋戻土の厚さが大きい(観点 i ~ 観点 iii)。
- なお、火砕岩類C級が局所的に分布する区間については、上記により既に抽出される区間④及び区間⑨にて代表できる。

防潮堤の各区間の諸元※1

区間		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
観点 i	防潮堤の重量※2 (MN/m)	6.7	12.3	12.0	21.0	12.5	10.5	11.8	13.0	16.3	18.6	10.5	6.3
	接地圧※2 (N/mm ²)	0.39	0.49	0.48	0.70	0.50	0.42	0.47	0.52	0.65	0.62	0.42	0.37
観点 ii	防潮堤海側と山側の 高低差※2 (m)	約1	約4	約3	約8	約4	約8	約9	約0	約6	約7	約8	約3
観点 iii	埋戻土の厚さ※2 (m)	約11	約17	約17	約21	約18	約19	約16	約19	約19	約20	約19	約11
観点 iv	基礎地盤の岩級 (火砕岩類C級の分布※3)	有	有	有	有	—	有	—	有	有	有	—	—

※1 朱書きは、区間を抽出した際に、着目した観点を示す。

※2 各区間における最大値を示す。なお、最大重量位置と最大接地圧位置は、同位置である。

※3 防潮堤底面に火砕岩類C級が分布している区間を「有」として示す。

※4 防潮堤底面の山側若しくは海側のどちらか一方にのみ、火砕岩類C級が分布している区間を示す。

(防潮堤底面に分布する火砕岩類C級)

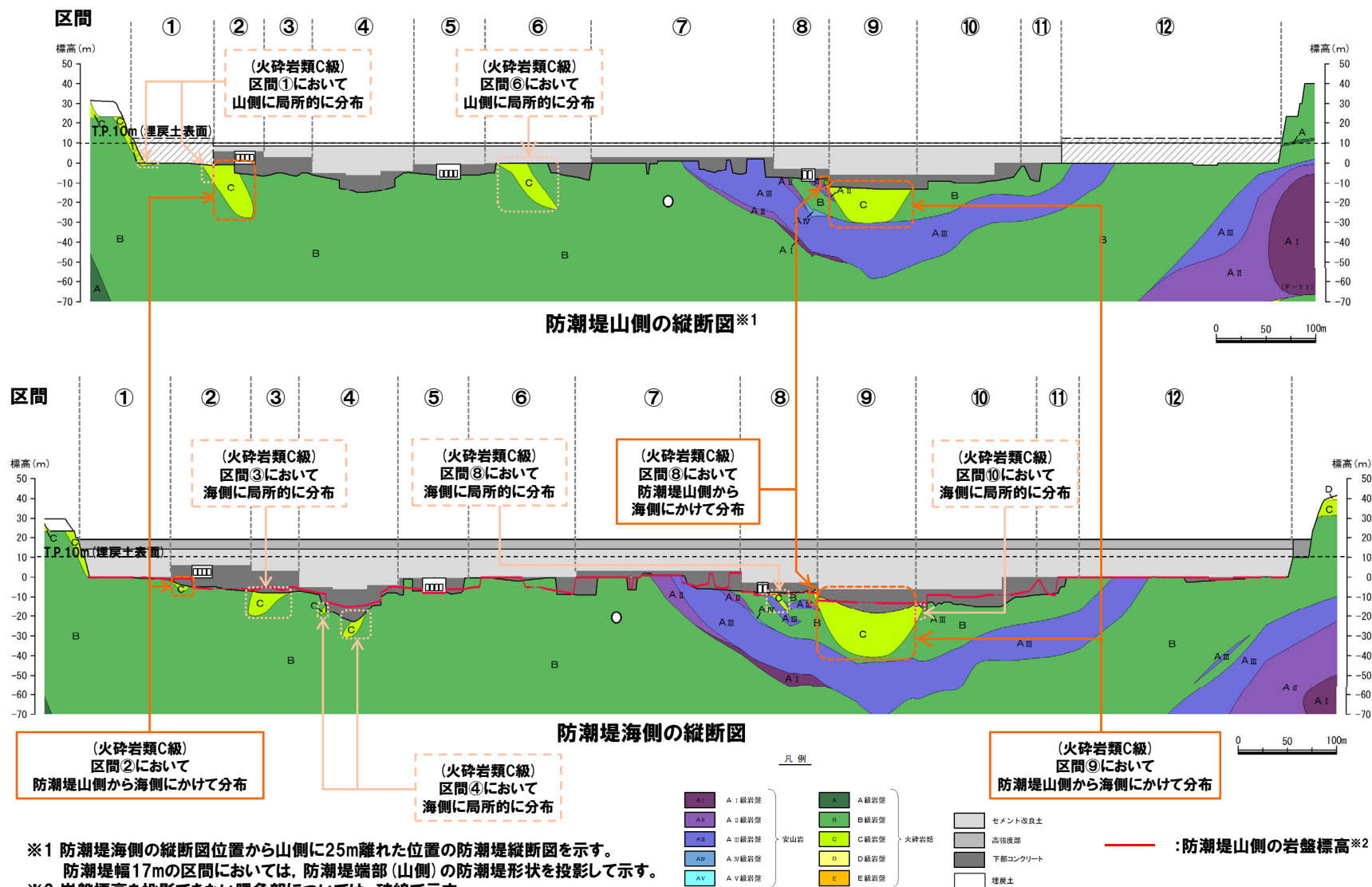
□ : 当該区間において局所的に分布※4

□ : 当該区間において防潮堤山側から海側にかけて分布

□ : 検討断面を設定する区間

1.3 評価対象断面の選定

②-1 防潮堤の評価対象断面:検討断面の設定-区間の抽出(4/4)-

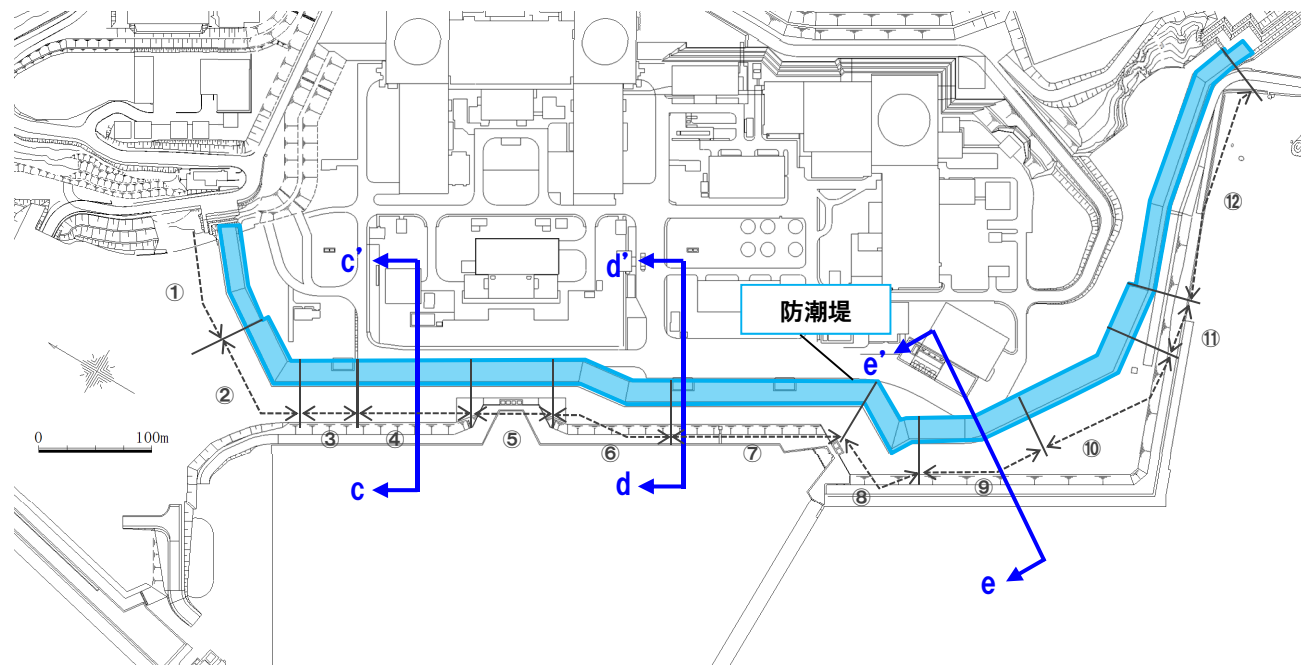


— :防潮堤山側の岩盤標高※2

1. 3 評価対象断面の選定

②-2 防潮堤の評価対象断面：検討断面の設定-断面位置の設定(1/2)-

- 検討断面については、抽出した区間の中で、安定性評価上厳しくなることが想定される位置に設定した。
- 設定した検討断面は、以下のとおり。
 - ・c-c' 断面：区間④において、防潮堤の重量、埋戻土の厚さのいずれも最大、かつ防潮堤海側と山側の高低差が最大となる位置
 - ・d-d' 断面：区間⑦において、防潮堤海側と山側の高低差が最大となる位置
 - ・e-e' 断面：区間⑨において、火砕岩類C級が厚く分布し、かつ防潮堤の重量及び防潮堤海側と山側の高低差が最大となる位置
- 検討断面の設定に関する詳細については、P30～P35に示す。

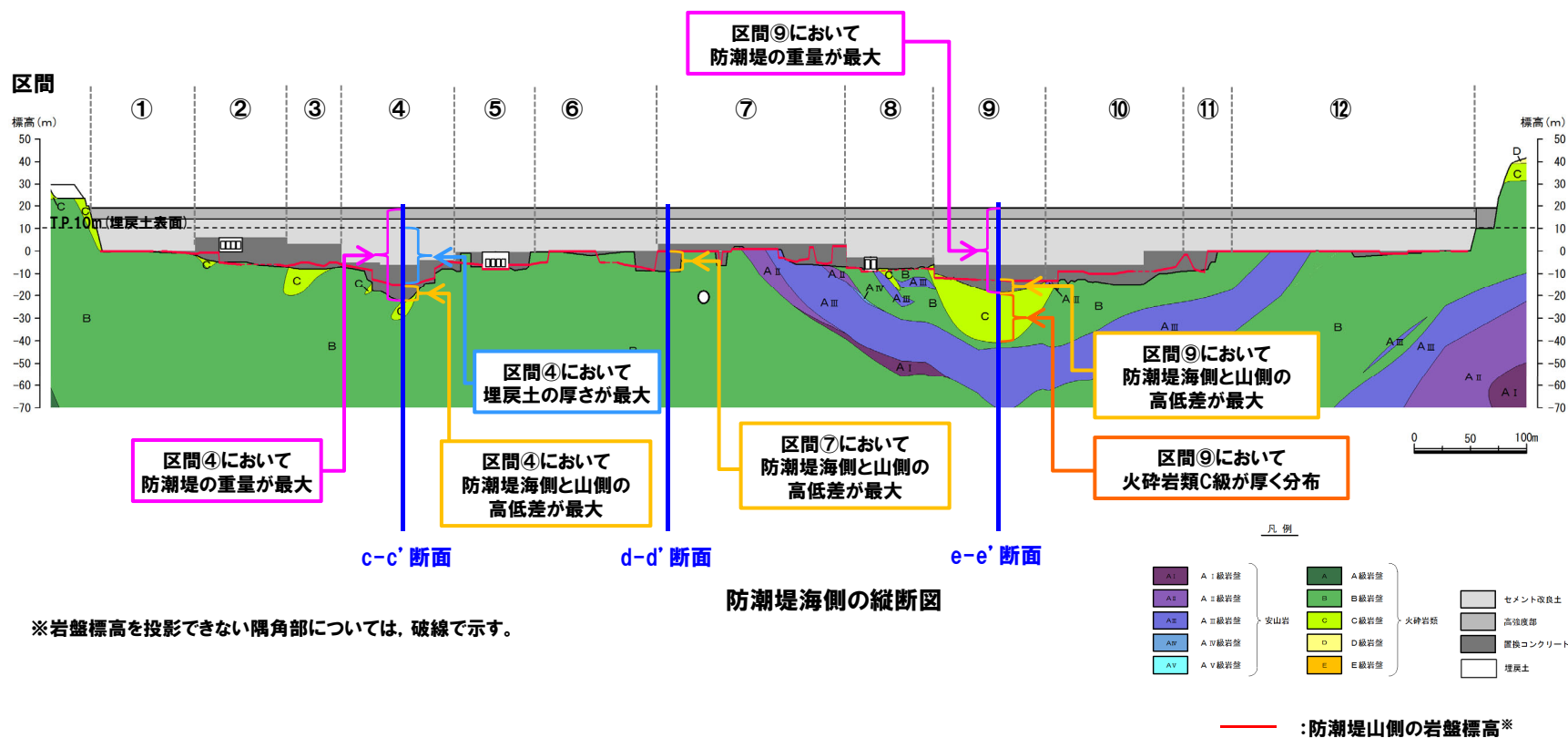


平面図

↑↑ : 検討断面

1. 3 評価対象断面の選定

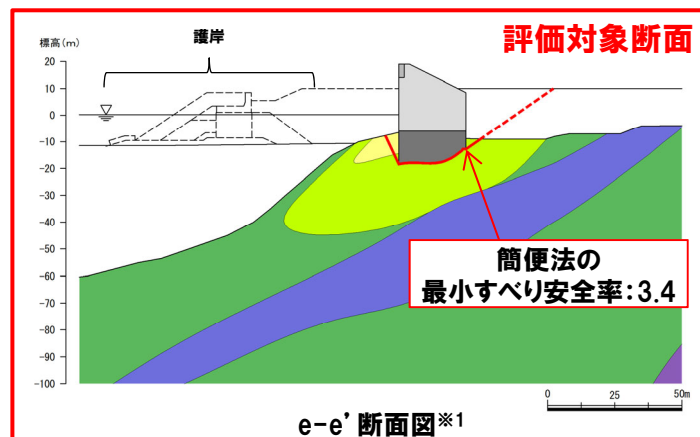
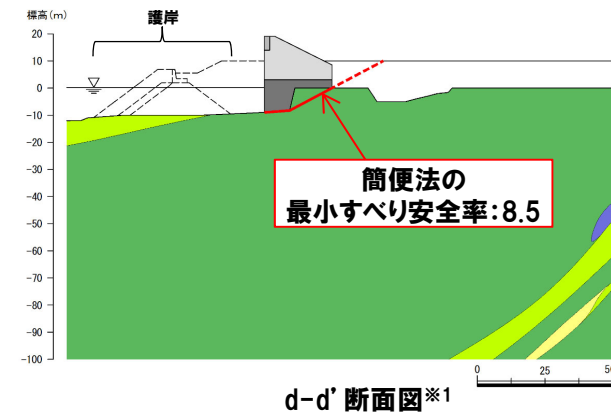
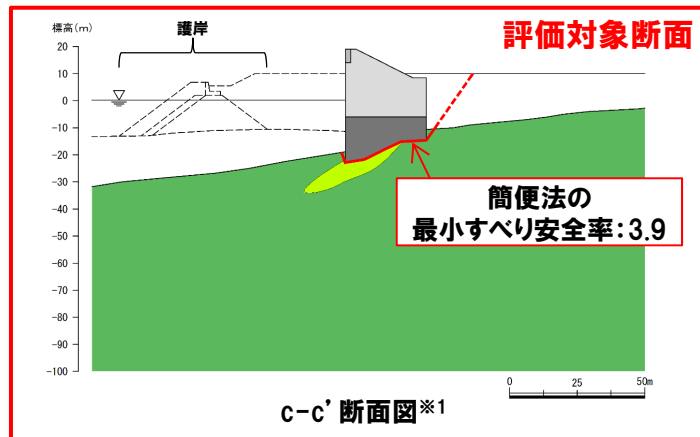
②-2 防潮堤の評価対象断面：検討断面の設定-断面位置の設定(2/2)-



1.3 評価対象断面の選定

③防潮堤の評価対象断面:評価対象断面の選定結果(1/2)

- 設定した検討断面について、簡便法によるすべり安全率の比較を行い、評価対象断面を選定する。
- 簡便法によるすべり安全率は、JEAG4601-2015に基づく静的震度「 $K_H=0.2$, $K_V=0.1$ 」を用いて算定した。
- 比較検討を実施した結果、検討断面の中で、最小すべり安全率が小さいc-c'断面及びe-e'断面を評価対象断面として選定し、d-d'断面については、評価対象断面として選定せず、c-c'断面及びe-e'断面の評価に代表させることとした。
- なお、d-d'断面のすべり安全率が大きくなった理由は、c-c'断面及びe-e'断面と比べて、防潮堤の重量が小さく、防潮堤底面に火砕岩類C級が分布しないことが要因と考えられる。



※1 敷地内の基礎岩盤は海側に向かって低くなる特徴があるため、防潮堤の基礎地盤のすべりとしては、海側方向への滑動力が卓越すると想定されることから、防潮堤前面における護岸、埋戻土等については、抵抗力として作用することを考慮し、保守的にモデル化していない。

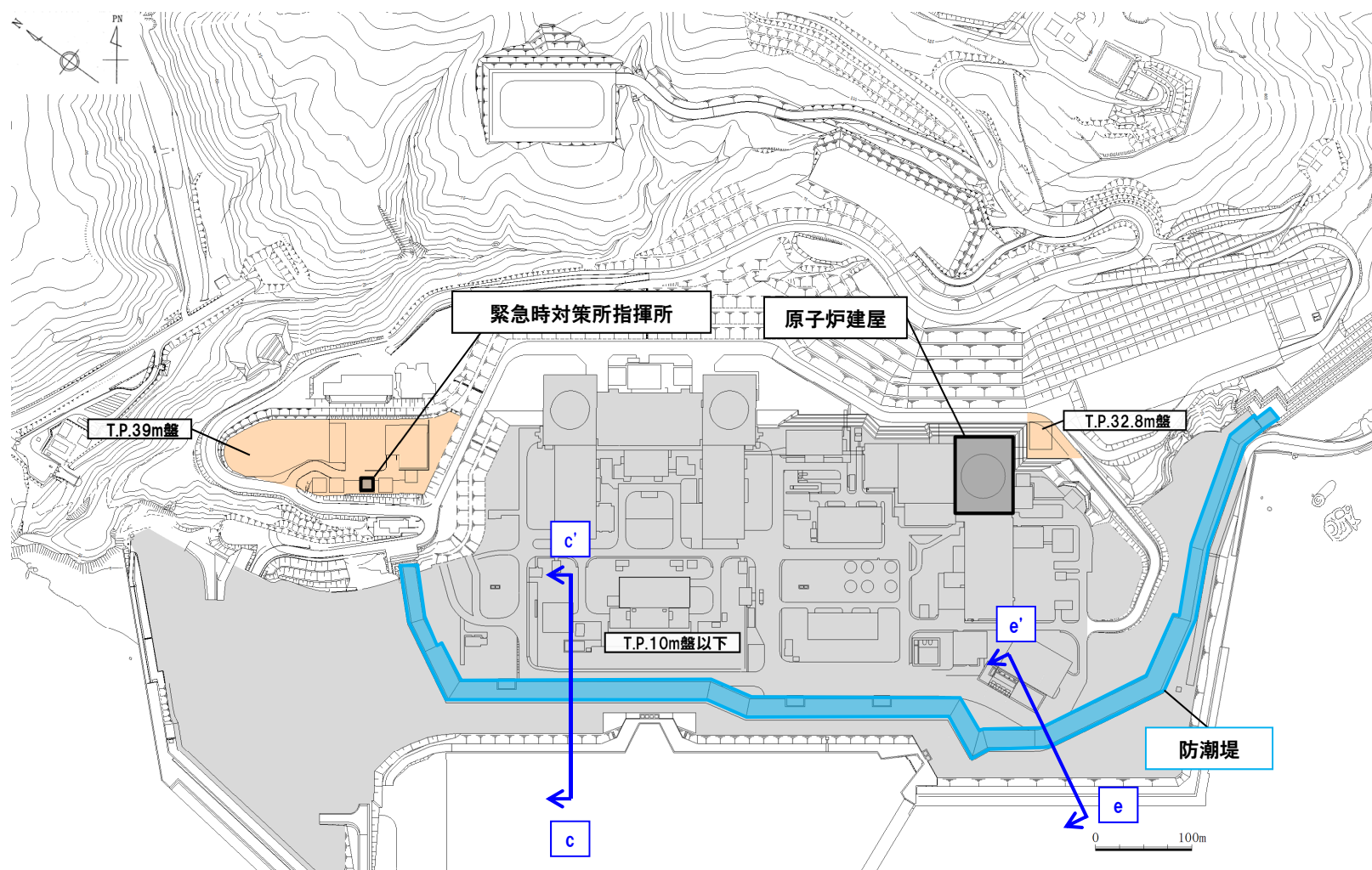
※2 破線は液状化影響を考慮する範囲を示す。

1. 3 評価対象断面の選定

③防潮堤の評価対象断面：評価対象断面の選定結果(2/2)

一部修正 (R6/1/19審査会合)

- 防潮堤の評価対象断面を下図に示す。
- 防潮堤の評価対象断面は、c-c'断面及びe-e'断面の2断面とした。

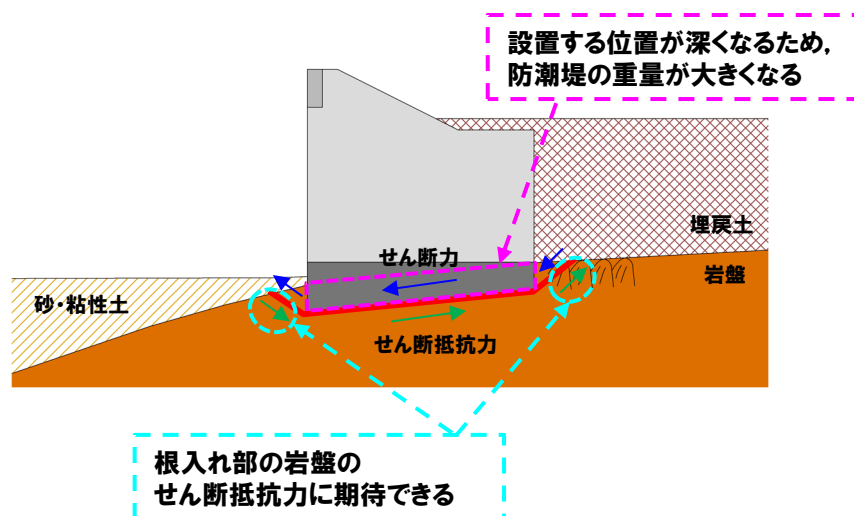


評価対象断面位置図

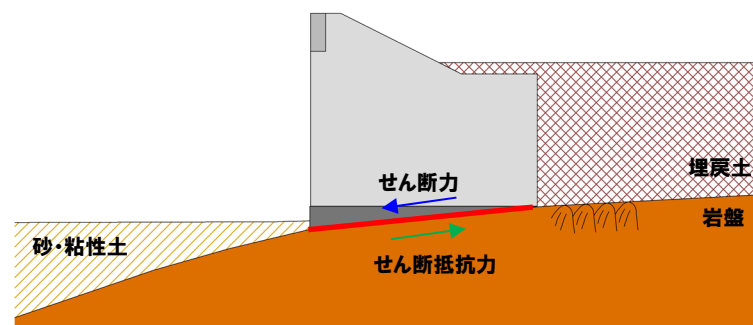
1.3 評価対象断面の選定

(参考) 岩盤に根入れされていない断面に関する検討 (1/3)

- 防潮堤には、岩盤に根入れさせるため岩盤掘削を計画している範囲と岩盤掘削を計画していない範囲があり、評価対象断面であるc-c'断面及びe-e'断面は、岩盤に根入れされている断面である。
- 岩盤への根入れの有無により、安定性評価において、以下のことが考えられる。
 - ・岩盤掘削を計画している範囲の防潮堤は、岩盤掘削を計画していない範囲の防潮堤と比べて、設置する位置が深く、防潮堤の重量が大きくなることから、滑動力が大きくなる一方、根入れ部の岩盤のせん断抵抗力が期待できる(左下図参照)
 - ・岩盤掘削を計画していない範囲の防潮堤は、岩盤掘削を計画している範囲の防潮堤と比べて、防潮堤の重量が小さくなることから、滑動力が小さくなる一方、根入れ部の岩盤のせん断抵抗力には期待できない(右下図参照)
- 上記を踏まえ、念のため、岩盤に根入れされていない範囲において、防潮堤の重量及び埋戻土の厚さが最大となる断面(f-f'断面)を設定し、簡便法によるすべり安全率の算出を行い、評価対象断面との比較を行った。



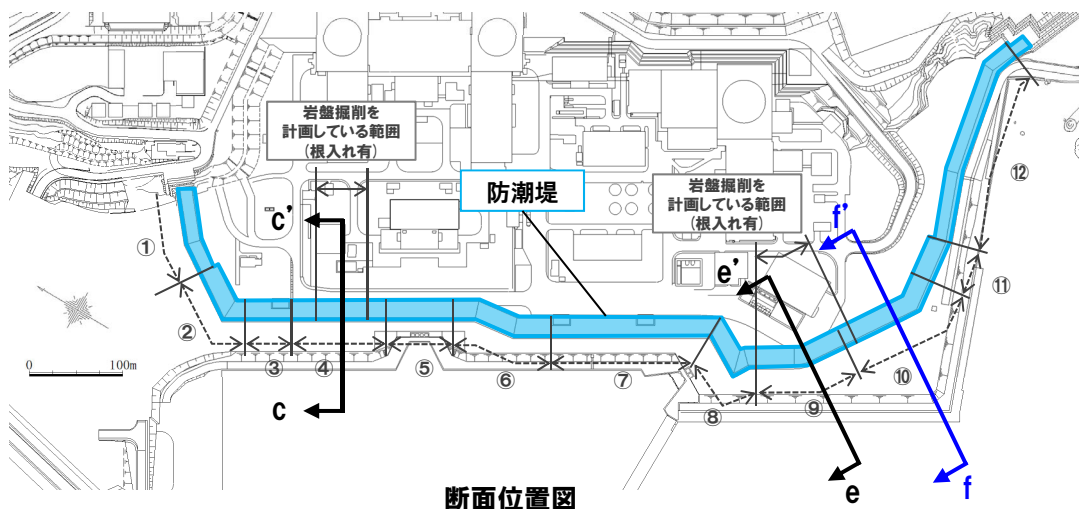
岩盤に根入れされている防潮堤



岩盤に根入れされていない防潮堤

1.3 評価対象断面の選定

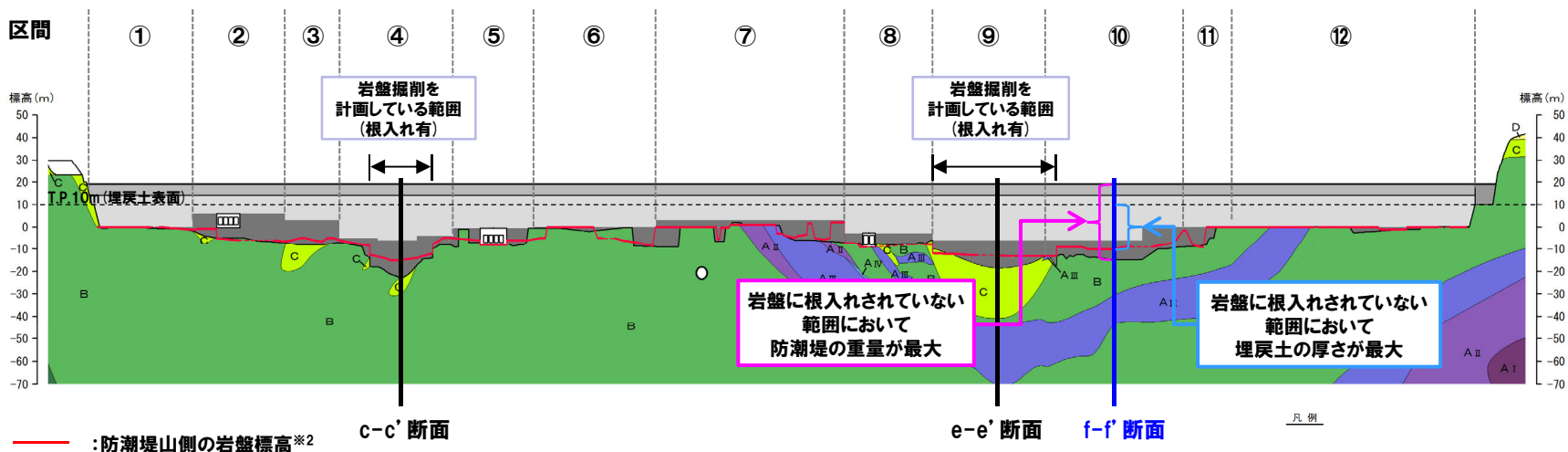
(参考) 岩盤に根入れされていない断面に関する検討 (2/3)



防潮堤の各区間の諸元

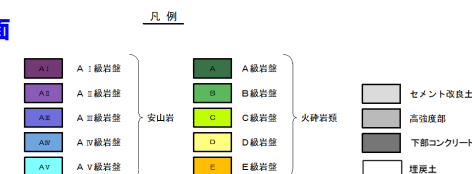
区間	④	⑨	⑩
岩盤掘削計画	有	有	無
防潮堤の重量※1 (MN/m)	21.0	16.3	16.2
接地圧※1 (N/mm ²)	0.70	0.65	0.54
防潮堤海側と山側の 高低差※1 (m)	約8	約6	約7
埋戻土の厚さ※1 (m)	約21	約19	約20

※1 各区間における最大値を示す。
なお、最大重量位置と最大接地圧位置は、同位置である。



※2 岩盤標高を投影できない隅角部については、破線で示す。

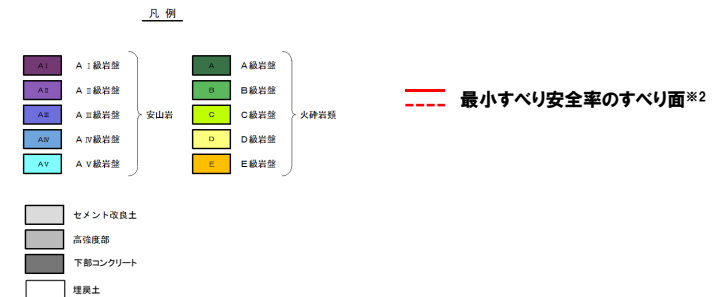
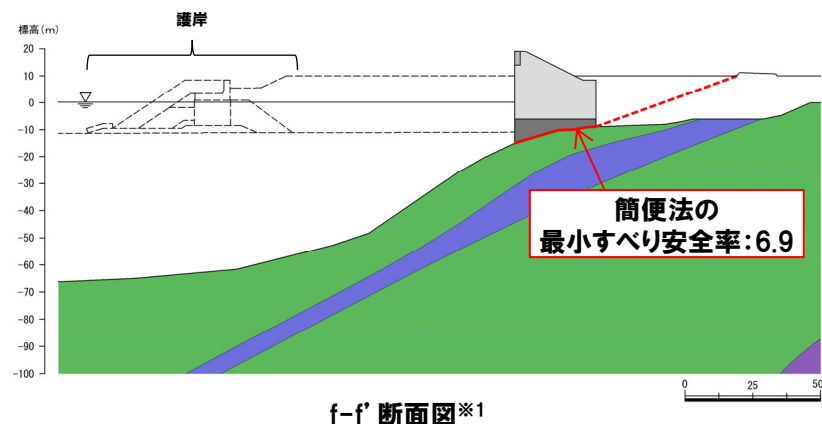
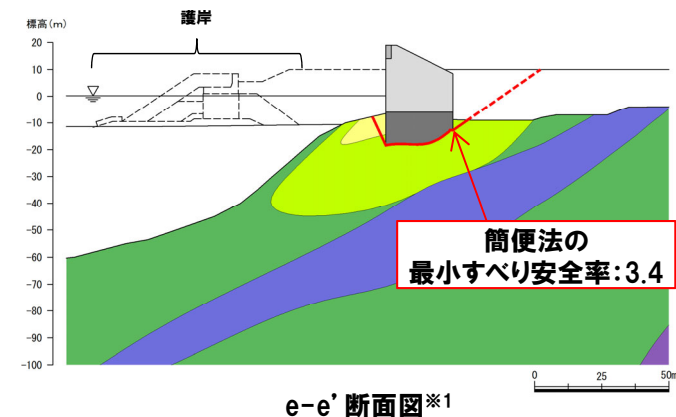
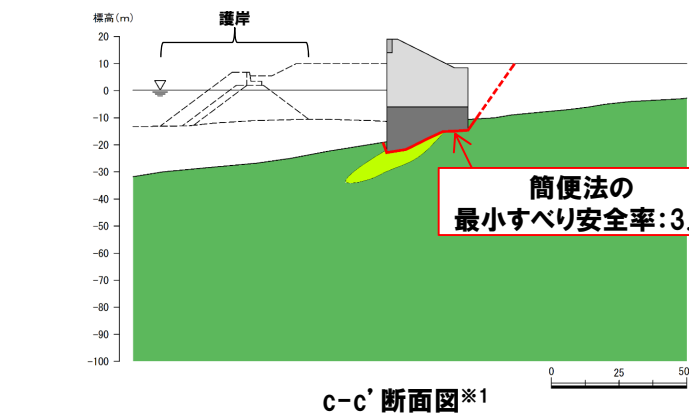
防潮堤海側の縦断面図



1.3 評価対象断面の選定

(参考) 岩盤に根入れされていない断面に関する検討 (3/3)

○簡便法によるすべり安全率を比較した結果、f-f' 断面の最小すべり安全率は6.9であり、評価対象断面であるc-c'断面及びe-e' 断面と比べて大きいことから、岩盤に根入れされていない断面であるf-f' 断面を評価対象断面として選定する必要はないと判断した。



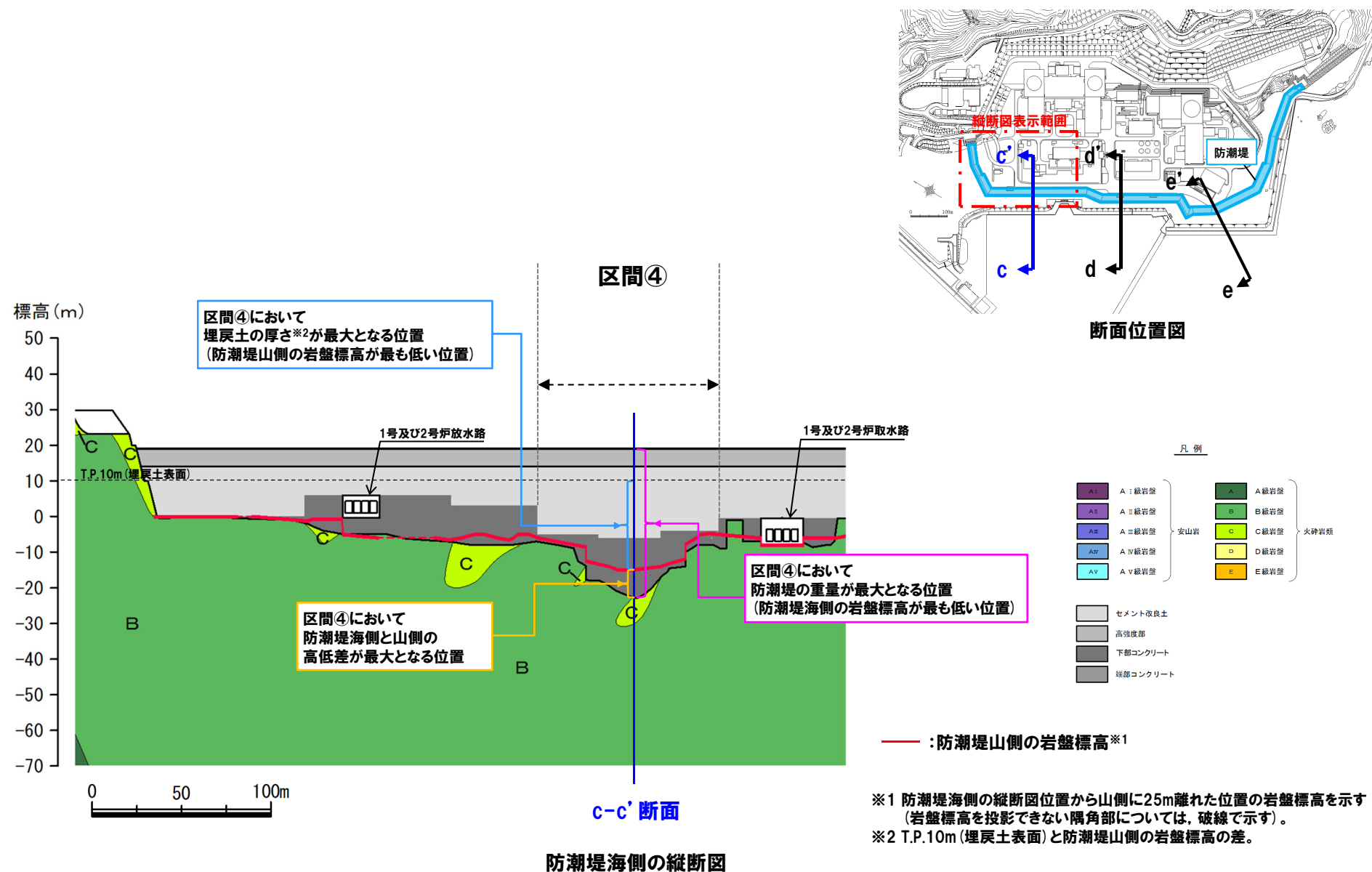
※1 敷地内の基礎岩盤は海側に向かって低くなる特徴があるため、防潮堤の基礎地盤のすべりとしては、海側方向への滑動力が卓越すると想定されることから、防潮堤前面における護岸、埋戻土等については、抵抗力として作用することを考慮し、保守的にモデル化していない。

※2 破線は液状化影響を考慮する範囲を示す。

余白

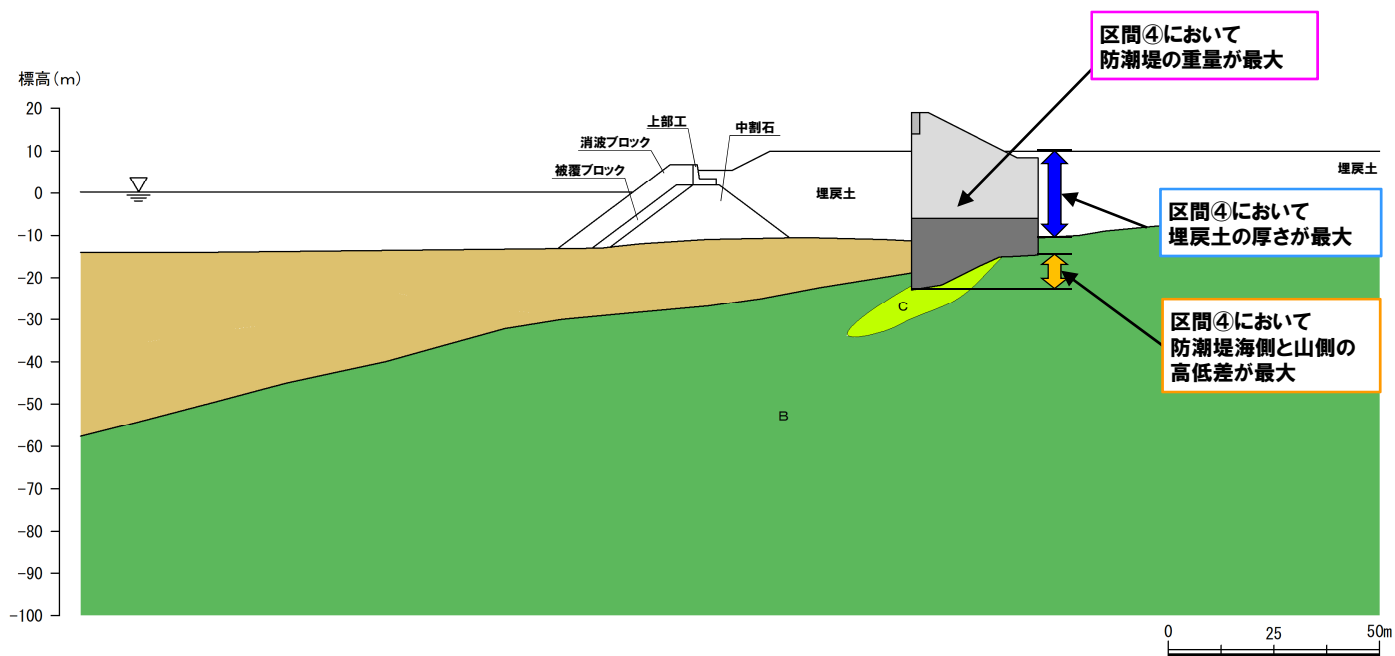
1.3 評価対象断面の選定

(参考) 検討断面 (c-c' 断面) の詳細 (1/2)

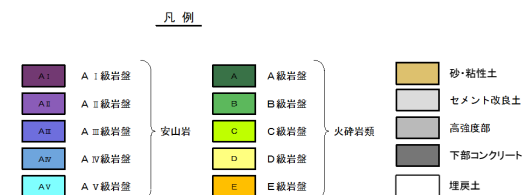


1. 3 評価対象断面の選定

(参考) 検討断面 (c-c' 断面) の詳細 (2/2)

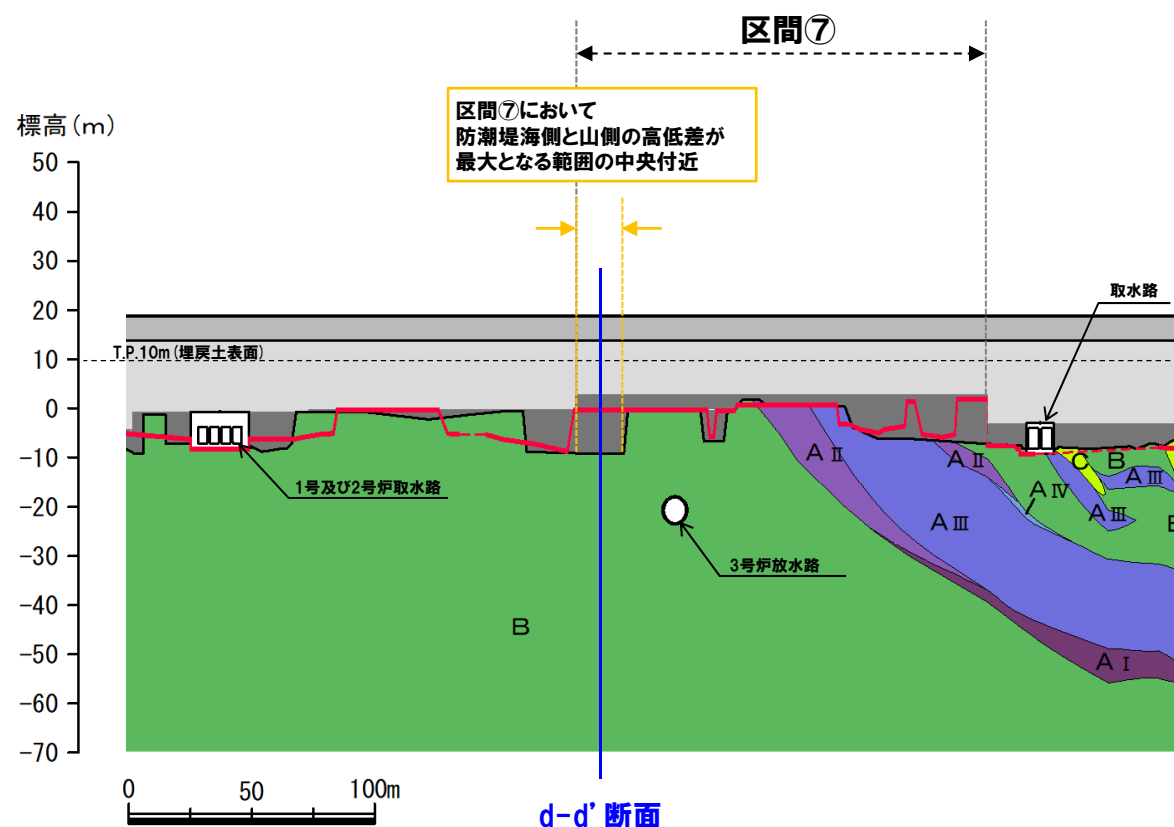


c-c' 断面図

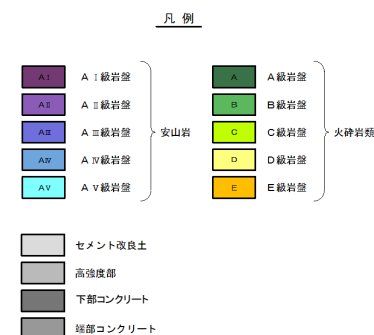
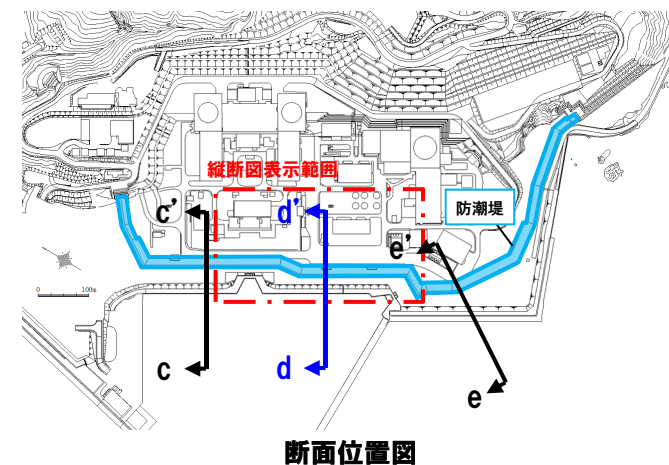


1.3 評価対象断面の選定

(参考) 検討断面 (d-d' 断面) の詳細 (1/2)



防潮堤海側の縦断面図

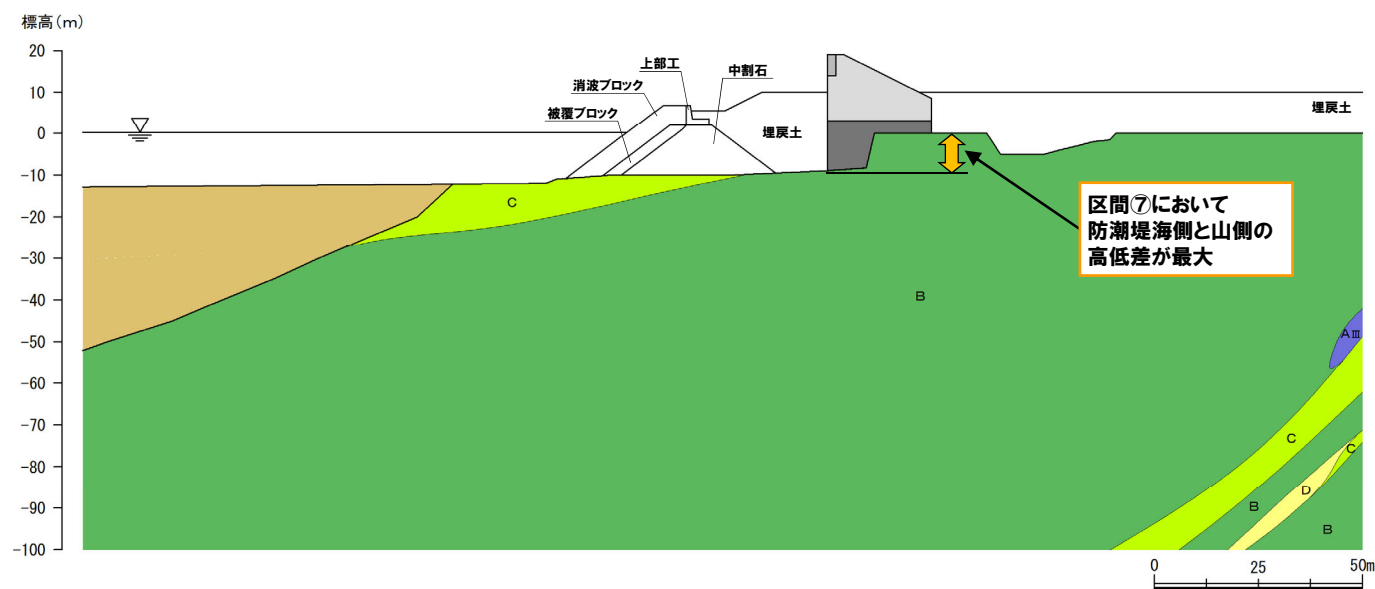


— : 防潮堤山側の岩盤標高※

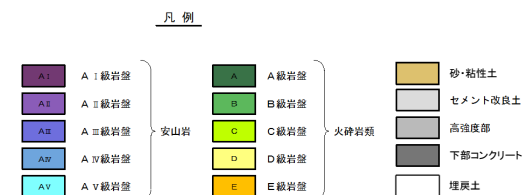
※防潮堤海側の縦断面位置から山側に25m離れた位置の岩盤標高を示す
(岩盤標高を投影できない隅角部については、破線で示す)。

1. 3 評価対象断面の選定

(参考) 検討断面 (d-d' 断面) の詳細 (2/2)

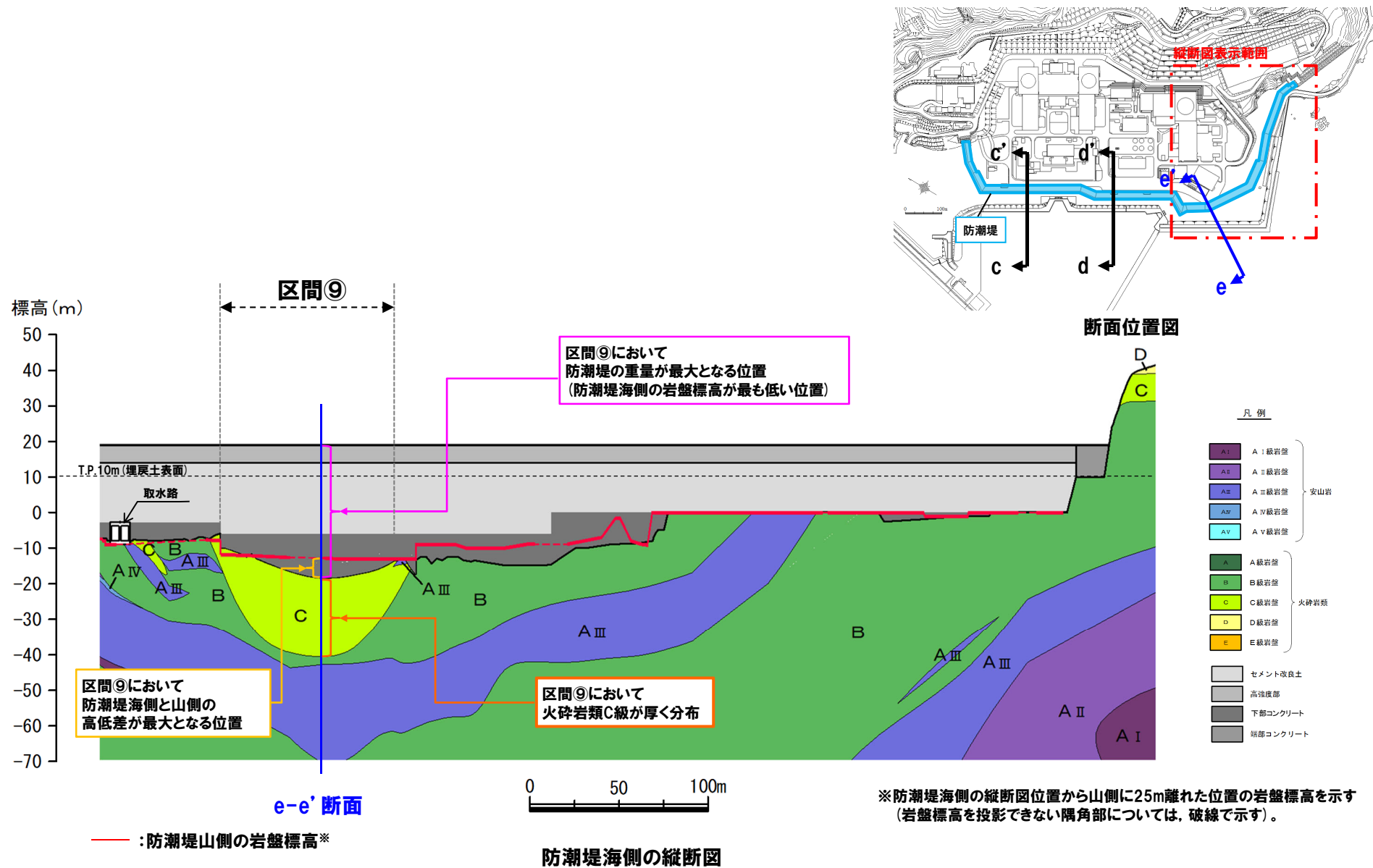


d-d' 断面図



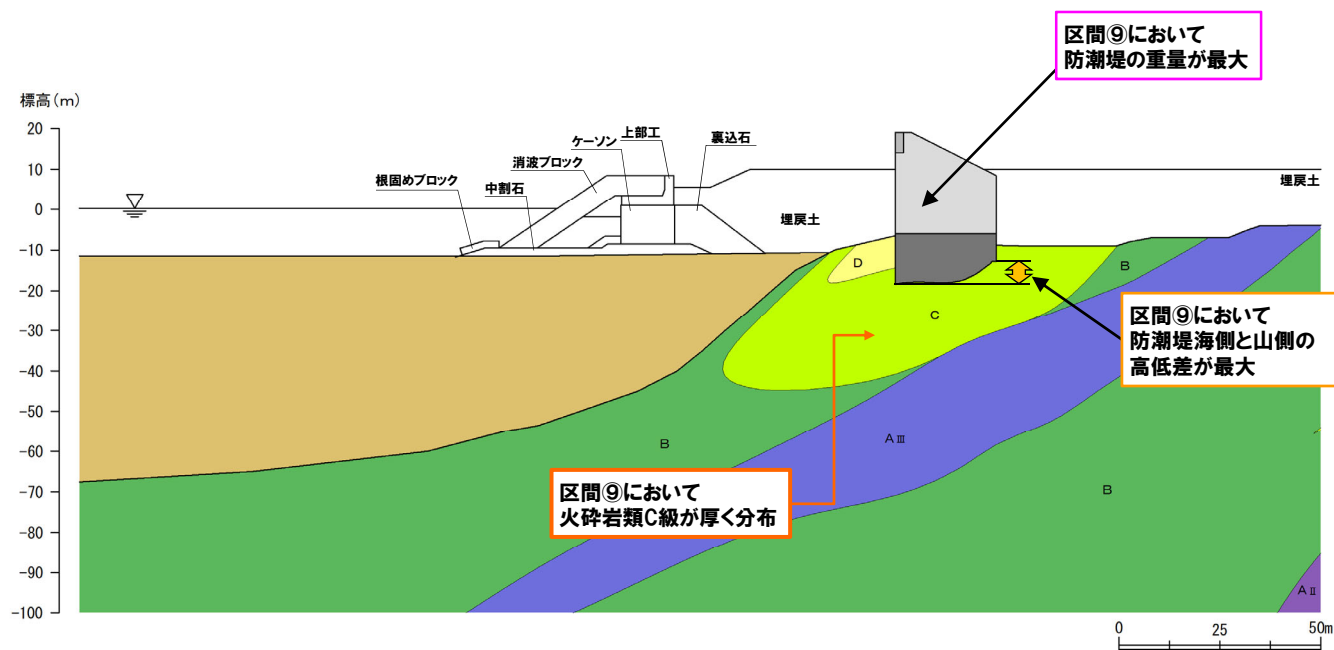
1.3 評価対象断面の選定

(参考) 検討断面 (e-e' 断面) の詳細 (1/2)



1.3 評価対象断面の選定

(参考) 検討断面 (e-e' 断面) の詳細 (2/2)



e-e' 断面図

凡 例

A I	A I 級岩盤	A	A 級岩盤	砂・粘性土
A II	A II 級岩盤	B	B 級岩盤	セメント改良土
A III	A III 級岩盤	C	C 級岩盤	高強度部
A IV	A IV 級岩盤	D	D 級岩盤	下部コンクリート
A V	A V 級岩盤	E	E 級岩盤	埋戻土

安山岩

火砕岩類

余白

1. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価	P. 5
2. 周辺斜面の安定性評価	P. 37
2. 1 評価方針	P. 38
2. 2 評価対象断面の選定	P. 44
参考資料	P. 47
参考文献	P. 59

2. 1 評価方針

①周辺斜面の安定性の評価フロー

一部修正 (R6/1/19審査会合)

○周辺斜面の安定性評価フローを以下に示す。

周辺斜面の抽出 (P39～P43参照)

- 評価対象施設の周辺に分布する斜面に対して、斜面の傾斜方向及び離隔距離の観点から、評価対象施設に影響を及ぼすおそれのある斜面を周辺斜面として抽出
- 周辺斜面について、地盤の種類及び評価対象施設との位置関係の観点から分類



【2.2章 評価対象断面の選定 (P44～P46参照)】

- 分類した周辺斜面ごとに、斜面高さ及び斜面の勾配の観点から評価対象断面を選定



今回説明範囲
(防潮堤の評価対象断面選定)

【評価方法】及び【評価結果】

動的解析に基づく周辺斜面のすべり安定性評価

■平均強度に対するすべり安定性評価

平均強度を用いたすべり安全率が1.2以上であることを確認

■強度のばらつき (平均-1 σ 強度) を考慮したすべり安定性評価

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



評価終了

2. 1 評価方針

②-1 評価対象施設の周辺に分布する斜面

一部修正 (R6/1/19審査会合)

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

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

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

2. 1 評価方針

②-2 周辺斜面の抽出 (1/2)

再掲 (R6/1/19審査会合)

- 斜面の傾斜方向及び評価対象施設との離隔距離の観点から、評価対象施設に影響するおそれのある斜面を周辺斜面として抽出する。
 - 離隔距離の考え方は、岩盤斜面及び盛土斜面ともに「原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術（土木学会，2009）」及び「原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-2015（日本電気協会，2015）」を基本とする。
 - 盛土斜面については、より幅広く斜面を抽出するため、急傾斜地（土砂）を対象とした「宅地防災マニュアルの解説（宅地防災研究会，2022）」も準用し、離隔距離が以下の基準以内の斜面を抽出する。
- 【離隔距離の基準】
- ・岩盤斜面：斜面の法尻から対象施設までの離隔距離が50m以内の斜面、あるいは斜面高さの1.4倍以内の斜面
 - ・盛土斜面：斜面の法尻から対象施設までの離隔距離が50m以内の斜面、あるいは斜面高さの2.0倍以内の斜面

参考文献	記載内容	対象地盤
原子力発電所の基礎地盤及び 周辺斜面の安定性評価技術 （土木学会，2009） 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2015 （日本電気協会，2015）	周辺斜面は、斜面法尻からSクラス施設との離隔距離が、約50m以内あるいは斜面高さの約1.4倍以内の斜面を基本とする。	岩盤斜面 盛土斜面
宅地防災マニュアルの解説 （宅地防災研究会，2022）	急傾斜地の崩壊は、急傾斜地の下端から急傾斜地高さの2倍（50mを超える場合は50m）以内の区域をいう。	急傾斜地（土砂）

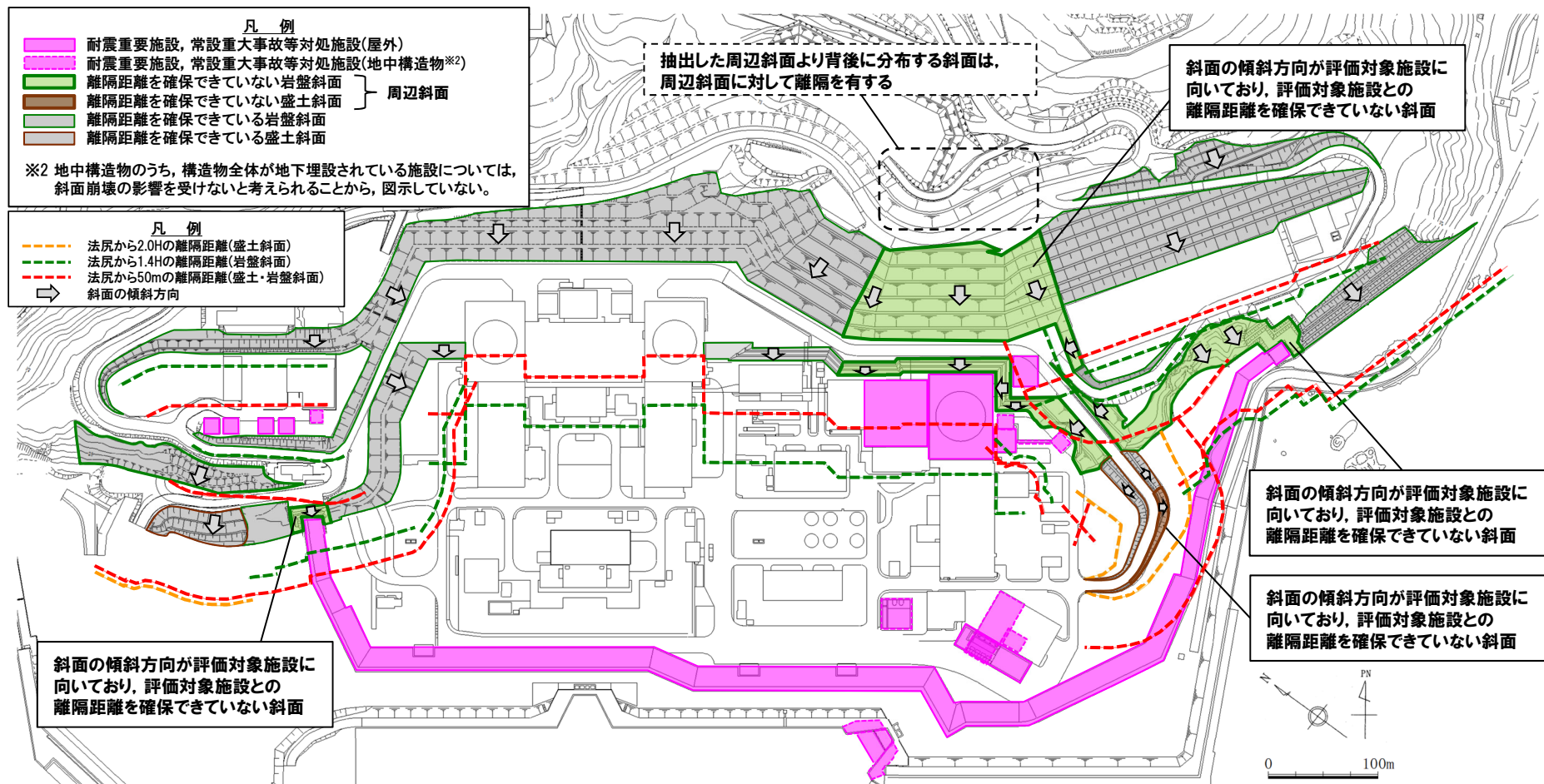
2. 1 評価方針

②-2 周辺斜面の抽出 (2/2)

一部修正 (R6/1/19審査会合)

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

※1 背後に分布する斜面の斜面高さの1.4倍以上。



評価対象施設の周辺に分布する斜面の傾斜方向及び法尻からの離隔距離

2.1 評価方針

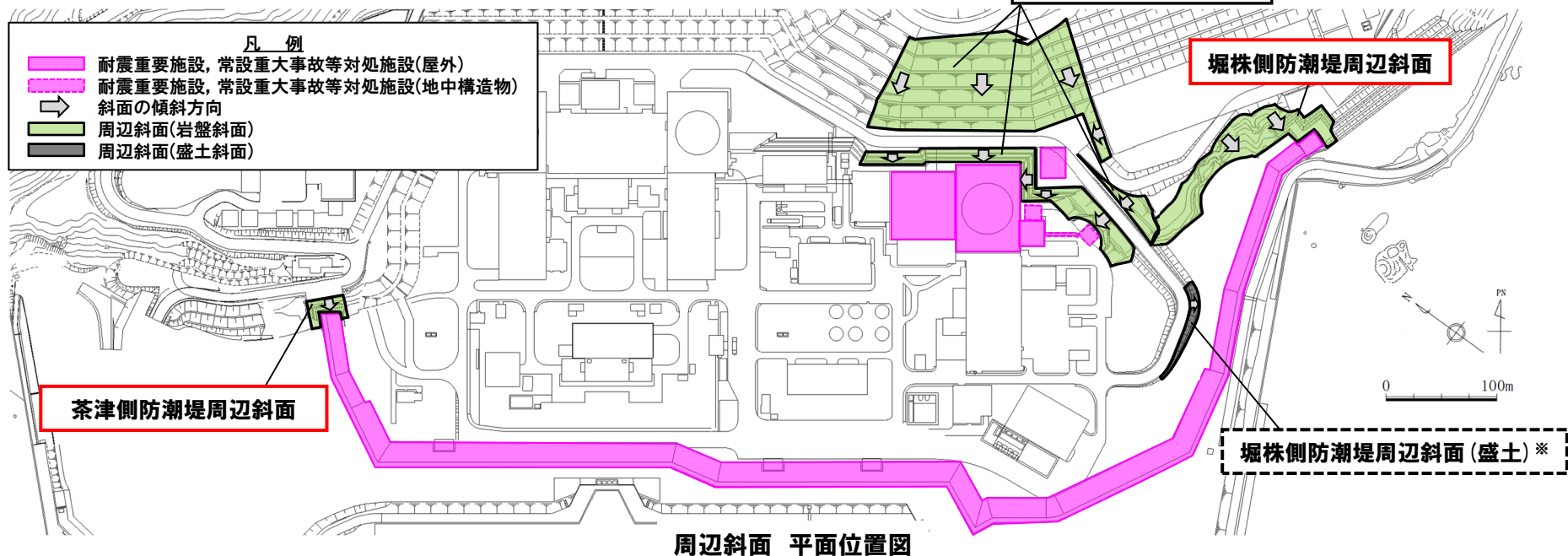
③周辺斜面の分類 (1/2)

一部修正 (R6/1/19審査会合)

- 評価対象施設に影響するおそれのある周辺斜面を抽出した結果を下図に示す。
- 周辺斜面は、地盤の種類及び評価対象施設との位置関係の観点から右表のとおり分類した。
- 堀株側防潮堤周辺斜面(盛土)については、防潮堤からの離隔距離を確保できていない斜面面であるものの、基準地震動により崩壊するおそれがないようセメント改良土等を用いて設置する方針(構造は、次頁参照)であることから、評価対象となる周辺斜面には該当しない。
- 評価対象断面は、分類した周辺斜面ごとに、以下の理由から、斜面高さ及び斜面の勾配の観点により選定する。
 - ・斜面高さが高いほど、土塊重量が大きくなるため、滑動力が大きくなる。
 - ・斜面の勾配が急なほど、斜面の傾斜方向に対する土塊重量の分力が大きくなり、滑動力が大きくなる。
- 茶津側防潮堤周辺斜面及び堀株側防潮堤周辺斜面の評価対象断面選定をP44～P45に示す(なお、原子炉建屋等周辺斜面の評価対象断面選定については、別資料(評価方針)P176～P179及びP184～P189参照)。

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

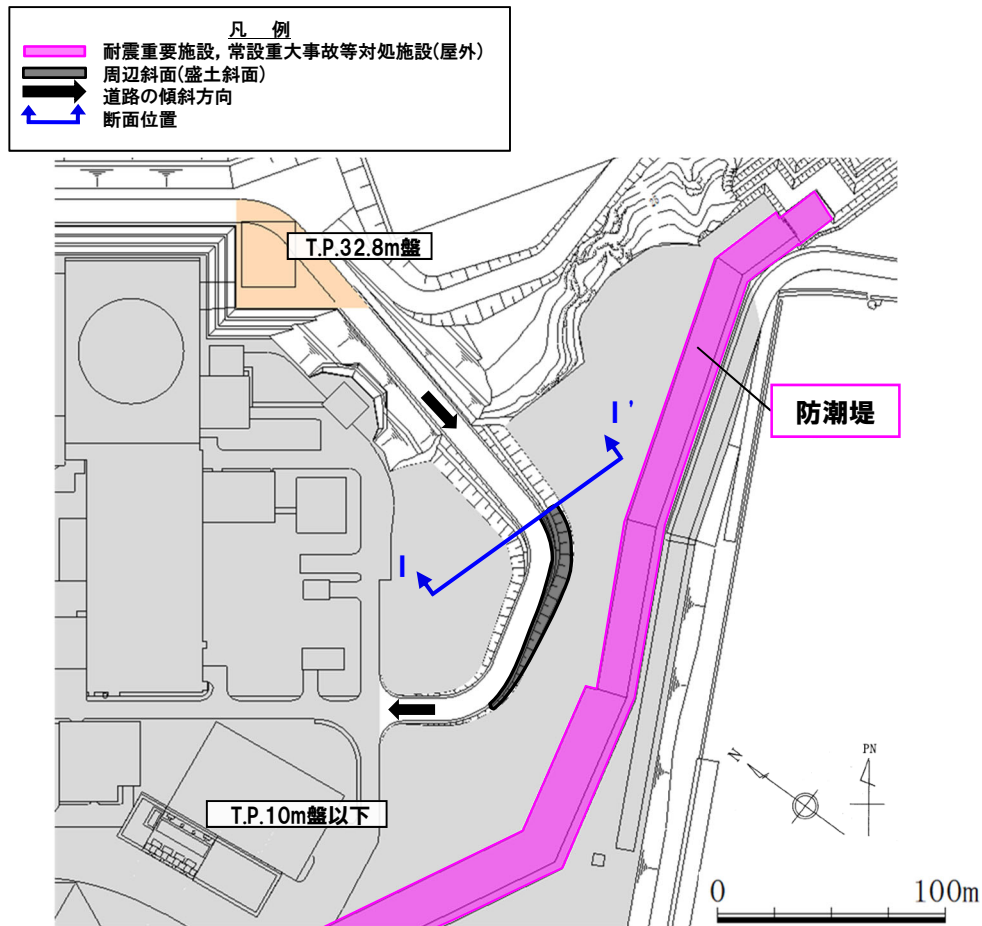
※基準地震動により崩壊するおそれがないようセメント改良土等を用いて設置する方針(構造は、次頁参照)。



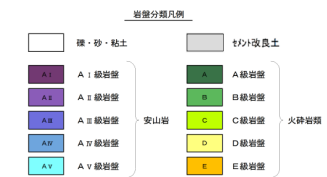
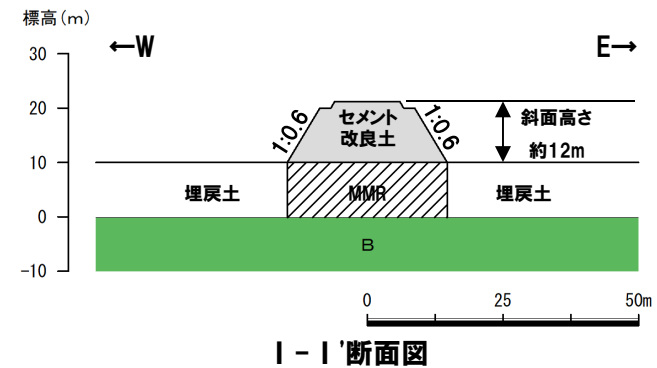
2. 1 評価方針

③周辺斜面の分類 (2/2)

○堀株側防潮堤周辺斜面(盛土)は、基準地震動により崩壊するおそれがないよう埋戻土をMMRで置換し、セメント改良土で設置する方針である(右下図参照)。



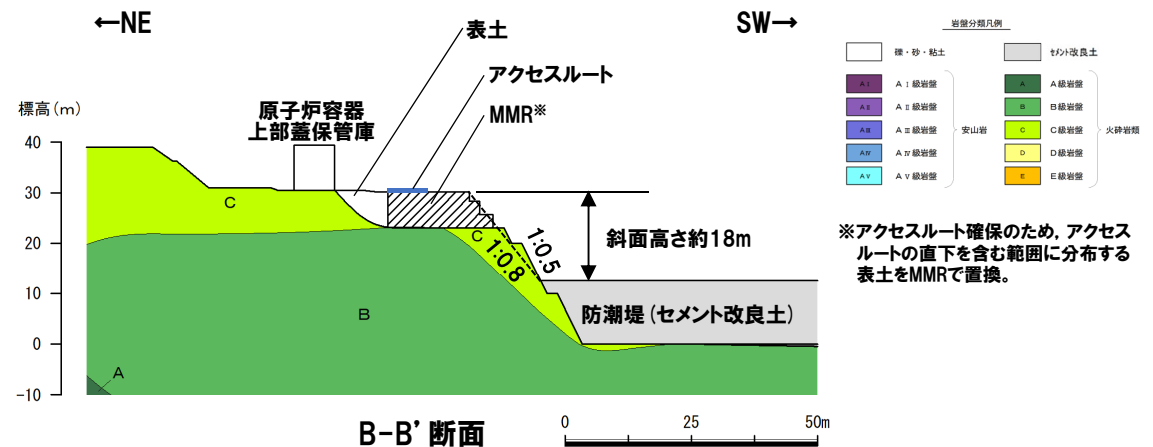
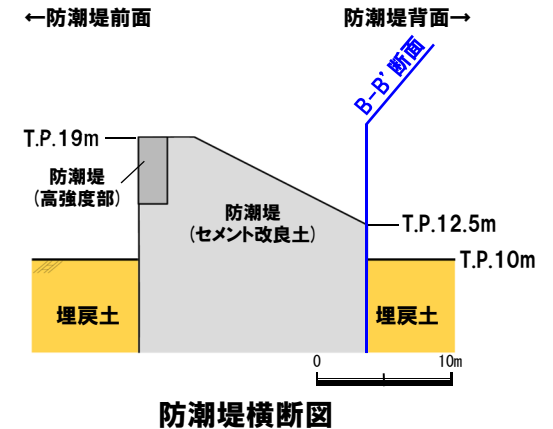
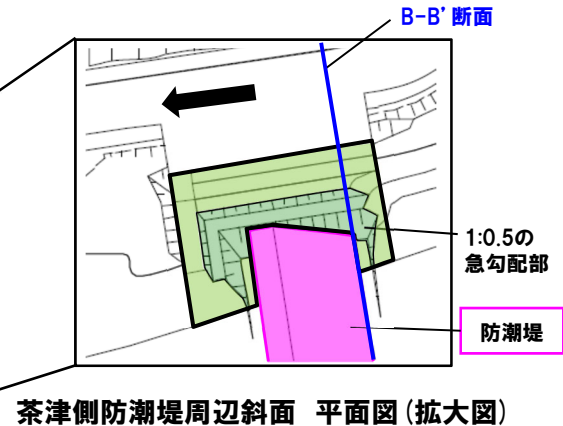
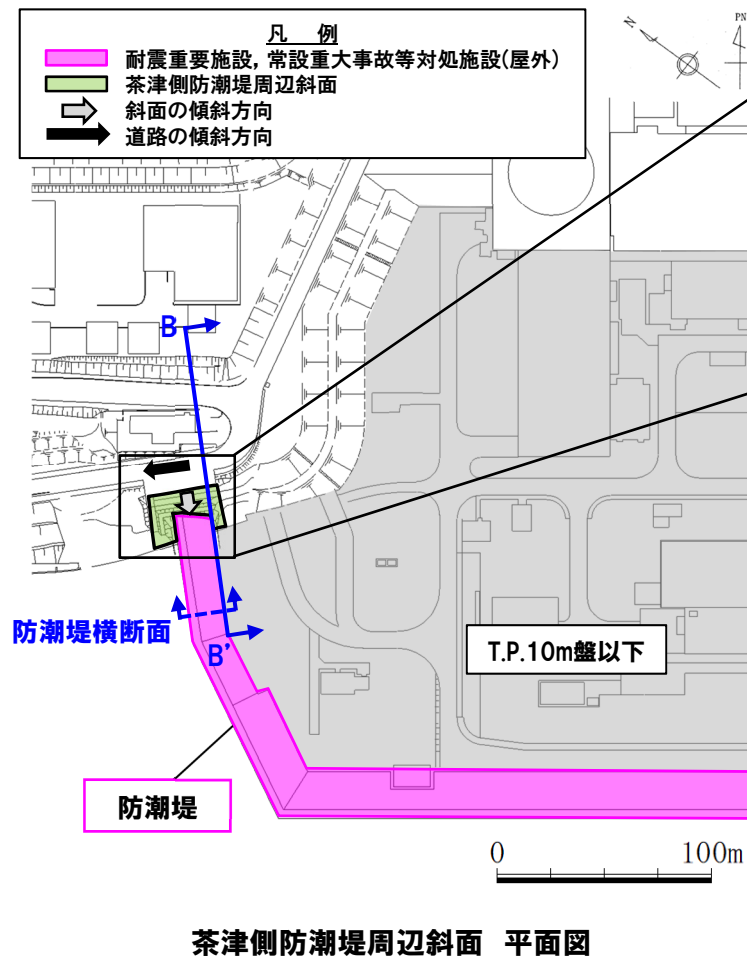
堀株側防潮堤周辺斜面(盛土) 平面図



2.2 評価対象断面の選定

① 茶津側防潮堤周辺斜面の評価対象断面

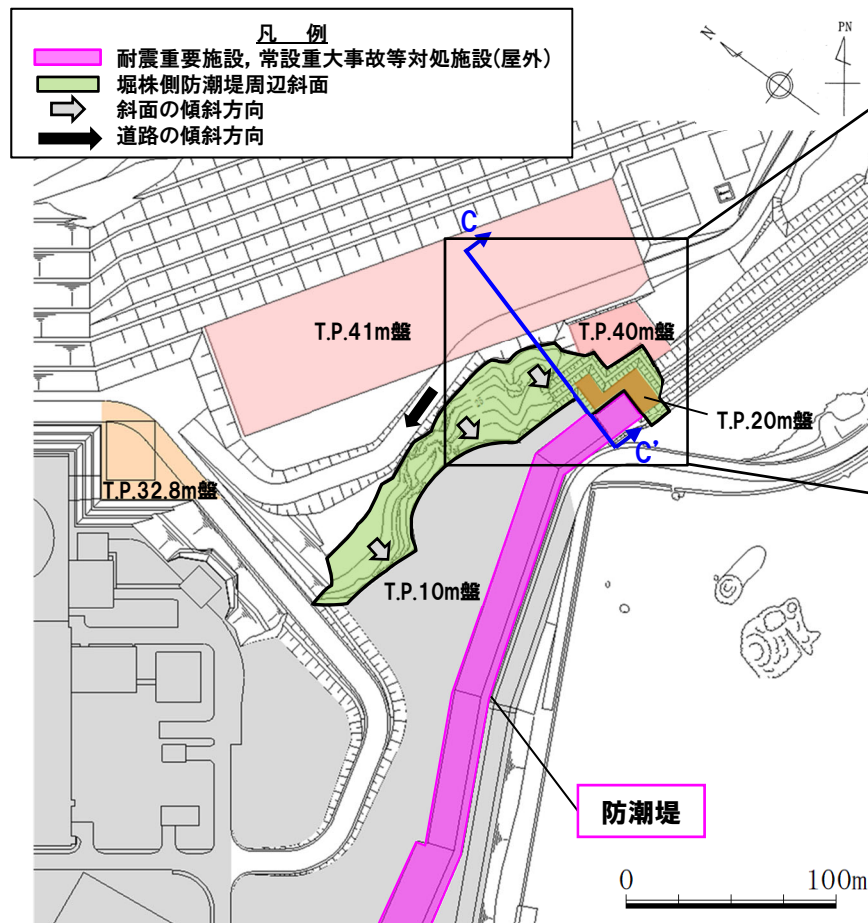
- 茶津側防潮堤周辺斜面は、防潮堤の北側端部に位置する。
- 当該斜面は、掘削により一部急勾配 (1:0.5) となる斜面が分布する。
- 当該斜面の評価対象断面については、急勾配部が分布する斜面のうち、斜面高さが最大となる、防潮堤の背面を通るB-B'断面を評価対象断面に設定した。



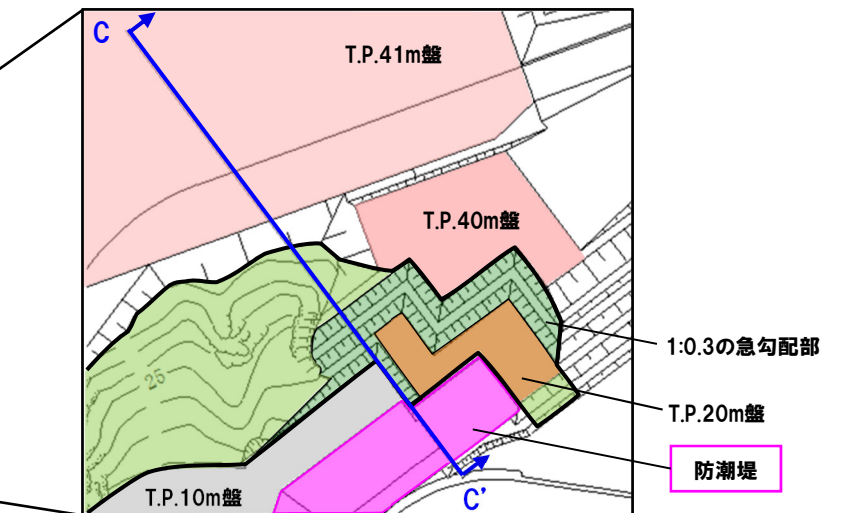
2.2 評価対象断面の選定

②堀株側防潮堤周辺斜面の評価対象断面

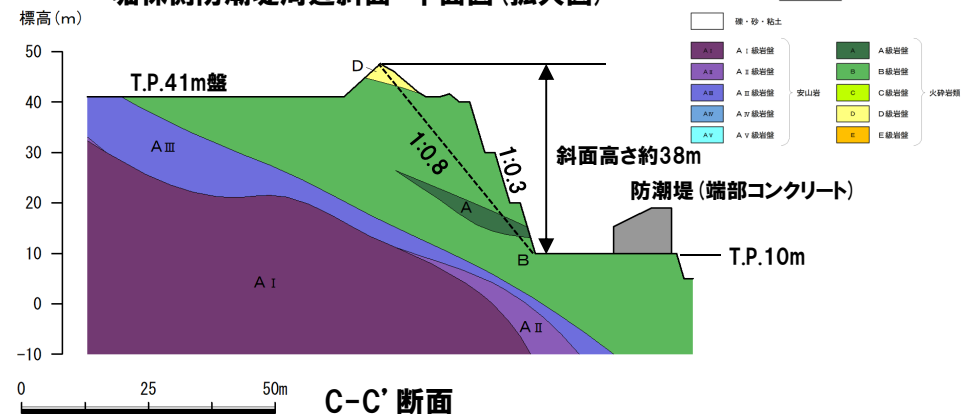
- 堀株側防潮堤周辺斜面は、防潮堤の南側端部に位置する。
- 当該斜面は、掘削により一部急勾配 (1:0.3) となる斜面が分布する。
- 当該斜面の評価対象断面については、急勾配部が分布する斜面のうち、斜面高さが最大となるC-C' 断面を評価対象断面に設定した。



堀株側防潮堤周辺斜面 平面図



堀株側防潮堤周辺斜面 平面図(拡大図)

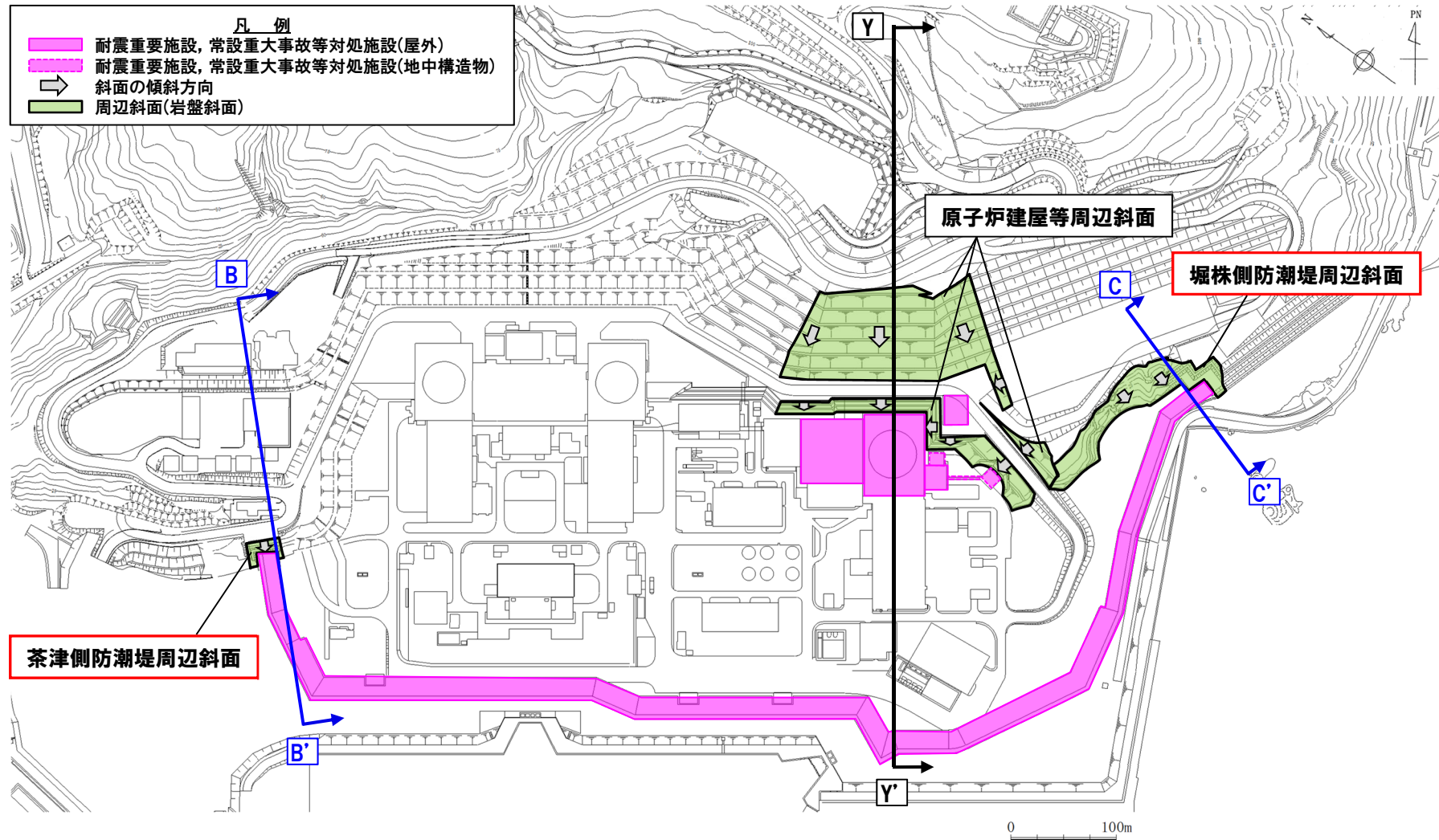


2.2 評価対象断面の選定

③ 評価対象断面の選定結果

一部修正 (R6/1/19審査会合)

○茶津側防潮堤周辺斜面，堀株側防潮堤周辺斜面及び原子炉建屋等周辺斜面の評価対象断面を下図に示す。



評価対象断面 平面位置図

參考資料

①-1 岩盤分類基準:安山岩

再掲 (R6/1/19審査会合)

- 安山岩の岩盤物性は、硬質で割れ目が発達することから、割れ目の状態に影響される特徴がある。
- 一方、安山岩以外の凝灰角礫岩等の岩盤物性は、岩石（基質）の硬さに影響される特徴がある。
- 上記を踏まえ、岩盤分類基準については、「安山岩」と安山岩以外の岩相を一括呼称した「火砕岩類」とで別個に設定した。
- 岩盤分類基準は、「電研式岩盤分類（田中（1964）及び菊地（1975））」等を参考にして設定した。
- 安山岩の分類要素は「岩石の硬さ」、「割れ目の頻度」及び「割れ目の性状」とし、上位からA_I～A_Vに分類した。

岩盤分類基準（安山岩）

安 山 岩	
岩盤分類	特 徴
A _I	割れ目は比較的少なく、割れ目は変質鉱物に充填されることが多いが、風化はほとんど認められず密着しており、全体として堅硬である。
A _{II}	割れ目はやや多く、割れ目沿いに変質鉱物が充填し、風化はほとんど認められない。あるいは、割れ目が比較的少なく、割れ目沿いに風化による褐色化が認められる。全体として硬質である。
A _{III}	割れ目は多く、割れ目沿いには風化による褐色化が認められ、部分的に開口することもあるが、全体として比較的硬質である。
A _{IV}	割れ目が発達し、割れ目沿いには風化による褐色化および開口が認められ、軟質な粘土を挟むことがあり、全体としてやや軟質である。
A _V	岩石は風化が進み、全体として軟質となり、しばしば粘土状～土砂状を呈する。割れ目はゆ着し不明瞭となっていることがある。

①-2 岩盤分類基準：火砕岩類

再掲 (R6/1/19審査会合)

○火砕岩類の分類要素は「岩石の硬さ」、「割れ目の頻度」及び「風化度」とし、上位からA～Eに分類した。

岩盤分類基準（火砕岩類）

火 砕 岩 類	
岩盤分類	特 徴
A	岩石は風化変質をほとんど受けておらず新鮮・硬質である。 <u>凝灰角礫岩・凝灰岩</u> 主として下部層以深に分布している。割れ目が少なく、構成礫は安山岩質で、基質はち密である。 <u>角礫質安山岩</u> 割れ目が少なく、全体に硬質である。
B	岩石は風化変質をほとんど受けておらず新鮮・硬質であるが、全体としてA級より硬さがわずかに減少する。 <u>凝灰角礫岩・凝灰岩</u> 主として上部、中部層に分布している。割れ目が少なく、構成礫は安山岩質又はデイサイト質で、基質は比較的ち密である。 <u>角礫質安山岩</u> 割れ目が少なく、風化変質をしている部分もあるが、基質は比較的ち密である。 <u>軽石凝灰岩・含泥岩礫凝灰岩・凝灰質泥岩</u> 主として下部層以深に分布している。新鮮で、割れ目が少なく、比較的硬質である。
C	岩石は新鮮であるか、あるいは多少風化変質しており、全体としてやや軟質である。 <u>凝灰角礫岩・凝灰岩</u> 割れ目が少なく風化変質をほとんど受けていないが、岩石自体がやや軟質である。あるいは割れ目がやや多く風化変質をほとんど受けていないが、割れ目が少なく多少風化変質している。 <u>角礫質安山岩</u> 割れ目がやや多く、新鮮又は多少風化変質しているか、あるいは割れ目は少ないが多少風化変質を受けている。 <u>軽石凝灰岩・含泥岩礫凝灰岩・凝灰質泥岩</u> 割れ目が少なく風化変質をほとんど受けていないが、岩石自体がやや軟質である。
D	岩石は新鮮であるか、あるいは多少風化変質しており、全体として軟質である。 <u>凝灰角礫岩・凝灰岩</u> 割れ目がやや多く、風化変質を受けて褐色に変色している。 <u>角礫質安山岩</u> 割れ目は少ないが風化変質している。 <u>軽石凝灰岩・含泥岩礫凝灰岩・凝灰質泥岩</u> 割れ目が少なく風化変質をほとんど受けていないが、岩石自体が軟質である。 あるいは割れ目がやや多く風化変質をほとんど受けていない。
E	岩石は風化変質が著しく進み、固結度も著しく低下し、しばしば砂状及び粘土状を呈する。割れ目はゆ着し不明瞭となっていることがある。

※角礫質安山岩、凝灰角礫岩及び含泥岩礫凝灰岩の「硬さ」については基質を評価。

②-1 岩盤分類区分:安山岩

再掲 (R6/1/19審査会合)

○岩盤の工学的性質に関係する地質要素を考慮し、安山岩について、それぞれ硬さ及び割れ目の状況(頻度、性状)に関する分類基準を策定し、各分類要素の組合せを考慮し、5段階(A_I級～A_V級)に岩盤分類区分を行った。

岩盤分類要素及び要素組合せによる岩盤分類区分(安山岩)

(ボーリングコア)

岩種	硬さ	基準	コアの長さ・形状	基準	割れ目の性状	基準
安山岩	a	硬質。ハンマーで打診すると澄んだ音～やや澄んだ音がし、反発感がある。	I	棒状コアで15cm以上のものが主体。	1	割れ目の風化・変質は認められず、密着している。
	b	比較的硬質。ハンマーで打診すると少し濁った音がする。	II	棒状コアで5～15cmのものが主体。	2	割れ目は変質鉱物が充填するが、割れ目沿いの風化はほとんど認められない。
	c	やや軟質。ハンマーで打診すると濁った音がする。カッターで削れる。	III	片状～短棒状コアで2～5cmのものが主体。	3	割れ目は変質鉱物が充填し、割れ目面で風化による褐色化が認められる。一部割れ目沿いの劣化・軟質化が認められる場合がある。
	d	軟質。ハンマーで打診すると著しく濁った音がする。指圧で変形する。	IV	2cm未満の角礫状又は土砂状を呈する。	4	割れ目沿いの褐色化が著しく、軟質な挟在物(粘土鉱物、流入粘土等)を挟むことがある。割れ目はゆ着により不明瞭となっていることがある。
	e	著しく軟質で指圧で容易に変形する。				

(試掘坑)

岩種	硬さ	基準	割れ目の間隔・ブロックの大きさ	基準	割れ目の性状	基準
安山岩	a	硬質。ハンマーで打診すると澄んだ音～やや澄んだ音がし、反発感がある。	I	20cm以上。	1	割れ目の風化・変質は認められず、密着している。
	b	比較的硬質。ハンマーで打診すると少し濁った音がし、割れる。	II	10～20cm。	2	割れ目は変質鉱物で充填されこう着しており、割れ目沿いの風化はほとんど認められない。
	c	やや軟質。ハンマーで打診すると濁った音がし、ピックが刺さる。	III	2～10cm。	3	割れ目は変質鉱物が充填し、こう着しているが、風化による褐色化が認められる。一部割れ目沿いの劣化・軟質化が認められる場合がある。また、部分的には開口している箇所がある。
	d	軟質。ハンマーで打診すると著しく濁った音がする。指圧で変形する。	IV	2cm未満又は岩片状。	4	割れ目沿いの褐色化が著しく、軟質な挟在物(粘土鉱物、流入粘土等)を挟むことがある。割れ目はゆ着により不明瞭となっていることがある。
	e	著しく軟質で指圧で容易に変形する。				

安山岩					
硬さ	割れ目の性状	割れ目の頻度			
		I	II	III	IV
a	1	A _I	—	—	—
	2	A _I	A _{II}	A _{III}	—
	3	A _{II}	A _{III}	A _{III}	A _{IV}
	4	—	A _{IV}	A _{IV}	A _{IV}
b	1	—	—	—	—
	2	A _{III}	A _{III}	A _{III}	—
	3	A _{III}	A _{IV}	A _{IV}	A _{IV}
	4	—	A _{IV}	A _{IV}	A _{IV}
c	1	—	—	—	—
	2	—	—	—	—
	3	—	—	A _{IV}	—
	4	—	—	A _{IV}	A _V
d	1	—	—	—	—
	2	—	—	—	—
	3	—	—	—	A _V
	4	—	—	A _V	A _V
e	—	A _V			

②-2 岩盤分類区分：火砕岩類

再掲 (R6/1/19審査会合)

○岩盤の工学的性質に関係する地質要素を考慮し、火砕岩類について、それぞれ硬さ、割れ目の頻度及び風化度に関する分類基準を策定し、各分類要素の組合せを考慮し、5段階 (A級～E級) に岩盤分類区分を行った。

岩盤分類要素及び要素組合せによる岩盤分類区分 (火砕岩類)

(ボーリングコア)

岩種	硬さ	基準	コアの長さ・形状	基準	風化度	基準
火砕岩類	a	硬質。ハンマーで打診すると少し濁った音がする。カッターでは割れない。	I	棒状コアで10cm以上のものが主体。	α	割れ目沿いに薄く風化部分が認められることもあるが、全般的に新鮮な岩塊からなる。
	b	比較的硬質。ハンマーで打診すると少し濁った音がし、カッターでわずかに割れる。	II	片状～短棒状コアで2～10cmのものが主体。	β	割れ目沿いに褐色化、一部粘土化が進み、粘着力が多少減少している。岩石は内部まで弱風化を受けて岩質は多少軟らかい。
	c	やや軟質。ハンマーで打診すると濁った音がし、カッターで割れるが、千枚通しが貫入しにくい。	III	角礫状コアが主体であるが、棒状コアも含む。	γ	岩石全体としてかなり風化が進み軟質化しており、特に割れ目沿いの粘着力が減少し、土砂状を呈する部分もみられる。
	d	軟質。ハンマーで打診すると著しく濁った音がし、カッターで容易に割れ、千枚通しが容易に貫入する。	IV	2cm未満の角礫状又は土砂状を呈する。		
	e	著しく軟質で指圧で容易に変形する。				

(試掘坑)

岩種	硬さ	基準	割れ目の間隔・ブロックの大きさ	基準	風化度	基準
火砕岩類	a	硬質。ハンマーで打診すると少し濁った音がする。ハンマーの強打で割れる。	I	30cm以上。	α	割れ目沿いに薄く風化部分が認められることもあるが、全般的に新鮮な岩塊からなる。
	b	比較的硬質。ハンマーで打診すると少し濁った音がする。ピックの強打で跡がつく。	II	10～30cm。	β	割れ目沿いに褐色化、一部粘土化が進み、粘着力が多少減少している。岩石は内部まで弱風化を受けて岩質は多少軟らかい。
	c	やや軟質。ハンマーで打診すると濁った音がする。ピックの打撃で浅く刺さるが、千枚通しが貫入しにくい。	III	2～10cm。	γ	岩石全体としてかなり風化が進み軟質化しており、特に割れ目沿いの粘着力が減少し、土砂状を呈する部分もみられる。
	d	軟質。ハンマーで打診すると濁った音がする。ハンマーの打撃でピックが刺さり、千枚通しが貫入する。	IV	2cm未満又は割れ目が不明瞭。		
	e	著しく軟質で指圧で容易に変形する。				

火 砕 岩 類					
硬さ	風化度	割れ目の頻度			
		I	II	III	IV
a	α	A	A	C	D
	β	A	B	C	—
	γ	—	—	D	—
b	α	B	B	C	D
	β	B	B	C	D
	γ	C	C	D	—
c	α	C	C	D	D
	β	C	C	D	D
	γ	D	D	E	E
d	α	D	D	D	E
	β	D	D	E	E
	γ	D	D	E	E
e	—	E			

③-1 3号炉解析用物性値(岩盤、表土及び埋戻土)の設定根拠

一部修正(R6/1/19審査会合)

- 3号炉解析用物性値(安山岩、火砕岩類、表土及び埋戻土)の設定根拠を下表に示す
(設定した解析用物性値は次頁参照)。
- 3号炉解析用物性値は、3号炉増設許可において設定した値と同じである。

凡例(火砕岩類と対応)

- : 共通に設定する項目(原位置試験を基に設定する物性値)
- : 別個に設定する項目(室内試験及びPS検層を基に設定する物性値)

特性 項目 岩種 岩盤分類		物理特性	強度特性			変形特性				
						静的特性		動的特性		
		密度 ρ	せん断強度 T ₀	内部摩擦角 φ	残留強度 τ	静弾性係数 E _s	静ポアソン比 ν _s	動せん断弾性係数 G _d	動ポアソン比 N _d	減衰定数 h
安山岩	A _I 級	密度試験 (建設省「土木 試験基準(案)」 に準拠)	岩盤せん断試験※3		摩擦抵抗試験※3	岩盤変形試験※3	一軸圧縮試験 岩石の圧縮強さ試験 方法 (JIS M 0302) に準拠	PS検層※2及び 密度試験 により算出	PS検層※2 により算出	文献※5を 基に設定
	A _{III} 級を使用※4			A _{III} 級を使用※4						
	岩盤せん断試験※3		摩擦抵抗試験※3	岩盤変形試験※3						
	A _V 級を使用※4			A _V 級を使用※4						
	A _V 級	密度試験※1	岩盤せん断試験※3		摩擦抵抗試験※3	岩盤変形試験※3	文献※5を基に設定	動的変形試験※1		動的変形試験※1
火砕岩類	A級	密度試験 (建設省「土木 試験基準(案)」 に準拠)	岩盤せん断試験※3	摩擦抵抗試験※3	岩盤変形試験※3	一軸圧縮試験 岩石の圧縮強さ試験 方法 (JIS M 0302) に準拠	PS検層※2及び 密度試験 により算出	PS検層※2 により算出	文献※5を 基に設定	
	B級									
	C級									
	D級									
	E級	密度試験※1						文献※5を基に設定	動的変形試験※1	
3号表土		密度試験※1	三軸圧縮試験※1		せん断強度及び 内部摩擦角と同じ	三軸圧縮試験※1	文献※6を基に設定	動的変形試験※1	PS検層※2 により算出	動的変形試験※1
3号埋戻土		密度試験※2	三軸圧縮試験※1		せん断強度及び 内部摩擦角と同じ	三軸圧縮試験※1	文献※6を基に設定	動的変形試験※1	文献※7を基に設定	動的変形試験※1

※1 地盤工学会「土質試験の方法と解説」に準拠。

※2 地盤工学会「地盤調査法」に準拠。

※3 土木学会「原位置岩盤の変形およびせん断試験の指針」に準拠。

※4 安山岩A_{II}級及びA_{IV}級は、分布が小さいことから、物性が下位岩級(A_{III}級及びA_V級)を上回ることを確認した上で、一部の物性値については、下位岩級を使用。

※5 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、2009)を参照。

※6 原子力発電所耐震設計技術指針JEA4601-1987(日本電気協会)を参照。

※7 設計用地盤定数の決め方-岩盤編-(地盤工学会、2007)を参照。

③-2 3号炉解析用物性値(岩盤、表土及び埋戻土)

一部修正(R6/1/19審査会合)

○3号炉解析用物性値(安山岩、火砕岩類、表土及び埋戻土)を下表に示す。

○3号炉解析用物性値は、3号炉増設許可において設定した値と同じである。

凡例(火砕岩類と対応)

: 共通に設定する項目(原位置試験を基に設定する物性値)

: 別個に設定する項目(室内試験及びPS検層を基に設定する物性値)

岩種	特性 項目 岩盤分類	物理特性 密度 ρ (g/cm ³)	強度特性			変形特性				
						静的特性		動的特性		
			せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	残留強度 τ (N/mm ²)	静弾性係数 E_s (10 ³ N/mm ²)	静ポアソン比 ν_s	動せん断弾性係数 G_d (10 ³ N/mm ²)	動ポアソン比 ν_d	減衰定数 h (%)
安山岩	A _I 級	2.67	2.42	47.2	$2.01 \sigma^{0.64}$	11.9	0.25	8.7	0.36	3
	A _{II} 級	2.64	2.26	51.2	$2.21 \sigma^{0.61}$	2.7	0.23	7.6	0.35	3
	A _{III} 級	2.62	2.26	51.2	$2.21 \sigma^{0.61}$	2.7	0.23	5.1	0.35	3
	A _{IV} 級	2.43	0.17	26.7	$\sigma \leq 0.13, \sigma \geq 0.62$ $\tau = 0.60 \sigma^{0.46}$ $0.13 < \sigma < 0.62$ $\tau = 0.17 + \sigma \tan 26.7^\circ$	0.012	0.35	1.3	0.34	3
	A _V 級	1.80	0.17	26.7	$\sigma \leq 0.13, \sigma \geq 0.62$ $\tau = 0.60 \sigma^{0.46}$ $0.13 < \sigma < 0.62$ $\tau = 0.17 + \sigma \tan 26.7^\circ$	0.012	0.35	$G_0 = 0.17$ $G_d/G_0 = 1/[1 + (\gamma/0.000505)^{0.782}]$	0.41	$h = \{\gamma / (9.79\gamma + 0.00366) + 0.0222\} \times 100$
火砕岩類	A級	2.20	2.17	51.0	$2.26 \sigma^{0.63}$	6.1	0.26	4.3	0.36	3
	B級	2.19	1.61	46.9	$1.94 \sigma^{0.62}$	2.8	0.24	3.7	0.35	3
	C級	2.01	0.57	46.3	$1.23 \sigma^{0.76}$	0.94	0.21	2.9	0.35	3
	D級	1.81	0.49	34.1	$0.86 \sigma^{0.51}$	0.64	0.26	2.2	0.37	3
	E級	1.64	0.23	31.5	$\sigma < 0.14, \sigma \geq 0.49$ $\tau = 0.71 \sigma^{0.41}$ $0.14 \leq \sigma < 0.49$ $\tau = 0.23 + \sigma \tan 31.5^\circ$	0.030	0.35	$G_0 = 0.43$ $G_d/G_0 = 1/[1 + (\gamma/0.000530)^{0.909}]$	0.39	$h = \{\gamma / (8.46\gamma + 0.00478) + 0.0309\} \times 100$
3号表土		1.81	0.057	12.4	$0.057 + \sigma \tan 12.4^\circ$	0.019	0.40	$G_0 = 0.16$ $G_d/G_0 = 1/[1 + (\gamma/0.000495)^{0.813}]$	0.40	$h = \{\gamma / (8.44\gamma + 0.00379) + 0.0232\} \times 100$
3号埋戻土		2.35	0.161	33.7	$0.161 + \sigma \tan 33.7^\circ$	$0.0964 \sigma^{0.355}$	0.40	$G_0 = 0.702 \sigma^{0.486}$ $G_d/G_0 = 1/[1 + (\gamma/0.000239)^{0.777}]$	0.40	$h = \{\gamma / (9.89\gamma + 0.00195) + 0.0301\} \times 100$

※ G_0 は初期せん断弾性係数、 σ は圧密応力、 γ はせん断ひずみを示す。

④-1 1,2号炉解析用物性値(岩盤、表土及び埋戻土)の設定根拠

一部修正(R6/1/19審査会合)

○1,2号炉解析用物性値(安山岩、火砕岩類、表土及び埋戻土)の設定根拠を下表に示す(設定した解析用物性値は次頁参照)。

凡例(火砕岩類と対応)

共通に設定する項目(原位置試験を基に設定する物性値)
別個に設定する項目(室内試験及びPS検層を基に設定する物性値)

特性 項目 岩種 岩盤分類		物理特性	強度特性			変形特性				
						静的特性		動的特性		
		密度 ρ	せん断強度 τ ₀	内部摩擦角 φ	残留強度 τ	静弾性係数 E _s	静ポアソン比 ν _s	動せん断弾性係数 G _d	動ポアソン比 ν _d	減衰定数 h
安山岩	A _I 級～ A _V 級	3号炉解析用物性値を使用								
火砕岩類	A級	密度試験 (建設省「土木 試験基準(案)」 に準拠)	岩盤せん断試験※ ⁴	摩擦抵抗試験※ ⁴	岩盤変形試験※ ⁴	一軸圧縮試験 岩石の圧縮強さ試験 方法 (JIS M 0302) に準拠	PS検層※ ³ 及び 密度試験により 算出	PS検層※ ³ により算出	文献※ ⁵ を 基に設定	
	B級									
	C級									
	D級									
	E級	密度試験※ ²					文献※ ⁵ を基に設定		3号解析用物性値 を使用※ ⁷	3号解析用物性値 を使用※ ⁷
1,2号表土		密度試験※ ²	三軸圧縮試験※ ²		せん断強度及び 内部摩擦角と同じ	三軸圧縮試験※ ²	文献※ ⁶ を基に設定	3号解析用物性値 を使用※ ⁷	PS検層※ ³ により算出	3号解析用物性値 を使用※ ⁷
1,2号埋戻土※ ¹		密度試験※ ³	三軸圧縮試験※ ²		せん断強度及び 内部摩擦角と同じ	三軸圧縮試験※ ²	文献※ ⁶ を基に設定	動的変形試験※ ²	PS探査※ ³ により算出	動的変形試験※ ²

※1 埋戻土については、設計地下水位が地表面設定であることから、1,2号炉調査において実施した飽和条件による試験結果等に基づく解析用物性値を設定。

※2 地盤工学会「土質試験の方法と解説」に準拠。

※3 地盤工学会「地盤調査法」に準拠。

※4 土木学会「原位置岩盤の変形およびせん断試験の指針」に準拠。

※5 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, 2009)を参照。

※6 原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1987(日本電気協会)を参照。

※7 火砕岩類E級及び1,2号表土の動せん断弾性係数 G_d 及び減衰定数 h については、1,2号炉設置許可においては、動的変形試験を実施しておらず、慣用値等で設定していたことから、動的変形試験で設定した3号炉増設許可における設定の方がより精緻なものであると考えられるため、「3号炉解析用物性値」を使用。

④-2 1,2号炉解析用物性値(岩盤, 表土及び埋戻土)

一部修正(R6/1/19審査会合)

○1,2号炉解析用物性値(安山岩, 火砕岩類, 表土及び埋戻土)を下表に示す。

凡例(火砕岩類と対応)

共通に設定する項目(原位置試験を基に設定する物性値)

別個に設定する項目(室内試験及びPS検層を基に設定する物性値)

岩種	特性 項目 岩盤分類	物理特性 密度 ρ (g/cm ³)	強度特性			変形特性				
						静的特性		動的特性		
			せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	残留強度 τ (N/mm ²)	静弾性係数 E_s (10 ³ N/mm ²)	静ポアソン比 ν_s	動せん断弾性係数 G_d (10 ³ N/mm ²)	動ポアソン比 ν_d	減衰定数 h (%)
安山岩	A _I 級	2.67	2.42	47.2	$2.01 \sigma^{0.64}$	11.9	0.25	8.7	0.36	3
	A _{II} 級	2.64	2.26	51.2	$2.21 \sigma^{0.61}$	2.7	0.23	7.6	0.35	3
	A _{III} 級	2.62	2.26	51.2	$2.21 \sigma^{0.61}$	2.7	0.23	5.1	0.35	3
	A _{IV} 級	2.43	0.17	26.7	$\sigma \leq 0.13, \sigma \geq 0.62$ $\tau = 0.60 \sigma^{0.46}$ $0.13 < \sigma < 0.62$ $\tau = 0.17 + \sigma \tan 26.7^\circ$	0.012	0.35	1.3	0.34	3
	A _V 級	1.80	0.17	26.7	$\sigma \leq 0.13, \sigma \geq 0.62$ $\tau = 0.60 \sigma^{0.46}$ $0.13 < \sigma < 0.62$ $\tau = 0.17 + \sigma \tan 26.7^\circ$	0.012	0.35	$G_0 = 0.17$ $G_d/G_0 = 1/[1 + (\gamma/0.000505)^{0.782}]$	0.41	$h = \{\gamma / (9.79\gamma + 0.00366) + 0.0222\} \times 100$
火砕岩類	A級	2.2	2.17	51.0	$2.26 \sigma^{0.63}$	6.1	0.25	5.0	0.36	3
	B級	2.1	1.61	46.9	$1.94 \sigma^{0.62}$	2.8	0.25	3.5	0.35	3
	C級	1.9	0.57	46.3	$1.23 \sigma^{0.76}$	0.94	0.25	2.3	0.37	3
	D級	1.9	0.49	34.1	$0.86 \sigma^{0.51}$	0.64	0.30	1.1	0.38	3
	E級	1.7	0.23	31.5	$\sigma < 0.14, \sigma \geq 0.49$ $\tau = 0.71 \sigma^{0.41}$ $0.14 \leq \sigma < 0.49$ $\tau = 0.23 + \sigma \tan 31.5^\circ$	0.030	0.35	$G_0 = 0.43$ $G_d/G_0 = 1/[1 + (\gamma/0.000530)^{0.909}]$	0.41	$h = \{\gamma / (8.46\gamma + 0.00478) + 0.0309\} \times 100$
1,2号表土		1.9	0.066	14.9	$0.066 + \sigma \tan 14.9^\circ$	0.030	0.40	$G_0 = 0.16$ $G_d/G_0 = 1/[1 + (\gamma/0.000495)^{0.813}]$	0.45	$h = \{\gamma / (8.44\gamma + 0.00379) + 0.0232\} \times 100$
1,2号埋戻土		2.0	0.020	37.5	$0.020 + \sigma \tan 37.5^\circ$	0.028	0.40	$G_0 = 0.154 \sigma^{0.51}$ $G_d/G_0 = 1/[1 + (\gamma/0.00260)]$	0.49	$\gamma \leq 2.71 \times 10^{-2}$ $h=1$ $2.71 \times 10^{-2} < \gamma \leq 8.18 \times 10^{-1}$ $h=10.53+6.08 \log \gamma$ $\gamma > 8.18 \times 10^{-1}$ $h=10$

※ G_0 は初期せん断弾性係数, σ は圧密応力, γ はせん断ひずみを示す。

⑤-1 断層の解析用物性値の設定根拠

一部修正 (R6/1/19審査会合)

- 断層の解析用物性値の設定根拠を下表に示す。
 ○F-1断層～F-6断層の解析用物性値については、1,2号炉設置許可において設定した値と同じである。
 ○F-7断層～F-11断層の解析用物性値については、3号炉増設許可において設定した値と同じである。

特性 項目 岩種 岩盤分類		物理特性	強度特性		変形特性				
					静的特性		動的特性		
		密度 ρ	せん断強度 τ ₀	内部摩擦角 φ	残留強度 τ	静弾性係数 E _s	静ポアソン比 ν _s	動せん断弾性係数 G _d	動ポアソン比 ν _d
断層	F-1	密度試験※1	静的単純せん断試験※1	せん断強度及び 内部摩擦角と同じ	静的単純 せん断試験※1	文献※2を基に設定	動的単純 せん断試験※1	超音波伝播 速度試験※3	文献※4を基に設定
	F-2～ F-6								
	F-7, F-9, F-10	F-2断層～F-6断層を使用							
	F-8, F-11	密度試験※1	三軸圧縮試験※1	せん断強度及び 内部摩擦角と同じ	三軸圧縮試験※1	文献※2を基に設定	動的変形試験※1	超音波伝播 速度試験※3	動的変形試験※1

※1 地盤工学会「土質試験の方法と解説」に準拠。

※2 原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1987(日本電気協会)を参照。

※3 建設省「土木試験基準(案)」に準拠。

※4 設計用地盤定数の決め方-岩盤編-(地盤工学会, 2007)を参照。

⑤-2 断層の解析用物性値

一部修正 (R6/1/19審査会合)

○断層の解析用物性値を下表に示す。

岩種 岩盤分類	特性 項目	物理特性	強度特性			変形特性				
						静的特性		動的特性		
		密度 ρ (g/cm ³)	せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	残留強度 τ (N/mm ²)	静弾性係数 E_s (10 ³ N/mm ²)	静ポアソン比 ν_s	動せん断弾性係数 G_d (10 ³ N/mm ²)	動ポアソン比 ν_d	減衰定数 h (%)
断層	F-1	1.8	0.162	14.7	$0.162 + \sigma \tan 14.7^\circ$	$0.0926 \sigma^{0.519}$	0.40	$G_0 = 0.102 \sigma^{0.560}$ $\gamma \leq 1.71 \times 10^{-4}$ $G_d/G_0 = 1$ $\gamma > 1.71 \times 10^{-4}$ $G_d/G_0 = -0.461 \log \gamma - 0.737$	0.48	10
	F-2～ F-6	1.8	0.178	22.2	$0.178 + \sigma \tan 22.2^\circ$	$0.125 \sigma^{0.812}$	0.40	$G_0 = 0.162 \sigma^{0.731}$ $\gamma \leq 1.71 \times 10^{-4}$ $G_d/G_0 = 1$ $\gamma > 1.71 \times 10^{-4}$ $G_d/G_0 = -0.461 \log \gamma - 0.737$	0.48	10
	F-7, F-9, F-10	1.84	0.178	22.2	$0.178 + \sigma \tan 22.2^\circ$	$0.125 \sigma^{0.812}$	0.40	$G_0 = 0.162 \sigma^{0.731}$ $\gamma \leq 1.71 \times 10^{-4}$ $G_d/G_0 = 1$ $\gamma > 1.71 \times 10^{-4}$ $G_d/G_0 = -0.461 \log \gamma - 0.737$	0.48	10
	F-8, F-11	1.79	0.327	18.1	$0.327 + \sigma \tan 18.1^\circ$	$0.135 \sigma^{0.576}$	0.40	$G_0 = 0.201 \sigma^{0.780}$ $G_d/G_0 =$ $1/[1 + (\gamma/0.00124)^{0.834}]$	0.47	$h = \{\gamma / (5.81 \gamma + 0.0220) + 0.0298\} \times 100$

※ G_0 は初期せん断弾性係数, σ は圧密応力, γ はせん断ひずみを示す。

⑥極限支持力

○安山岩 (A_I 級, A_{III} 級及びA_{IV} 級) 並びに火砕岩類 (A～D級) の極限支持力を下表に示す。

支持力試験結果 (安山岩及び火砕岩類)

岩種	岩盤分類	極限支持力 (N/mm ²)
安山岩	A _I 級	13.7以上
	A _{III} 級	13.7以上
	A _{IV} 級	4.4
火砕岩類	A級	13.7以上
	B級	13.7以上
	C級	13.7以上
	D級	11.7

- (1) 一般社団法人日本電気協会原子力規格委員会 (2015):原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2015
- (2) 社団法人土木学会原子力土木委員会 (2009):原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術〈技術資料〉
- (3) [編集]宅地防災研究会 (2022):宅地防災マニュアルの解説 [第三次改訂版] [II]
- (4) 田中治雄 (1964):土木技術者のための地質学入門
- (5) 菊地宏吉, 斉藤和雄 (1975):耐荷力を対象とした岩盤分級基準の提案, 第9回岩盤力学に関するシンポジウム講演概要
- (6) 建設省 (1970):土木試験基準 (案)
- (7) 社団法人地盤工学会 (2000):土質試験の方法と解説 第一回改訂版
- (8) 社団法人地盤工学会 (1995):地盤調査法
- (9) 土木学会岩盤力学委員会 (1983):原位置岩盤の変形およびせん断試験の指針-解説と設計への適用-
- (10) 社団法人日本電気協会電気技術基準調査委員会 (1987):原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987
- (11) 社団法人地盤工学会 (2007):設計用地盤定数の決め方-岩盤編-