

女川原子力発電所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(コメント回答)

令和元年 6月 21日
東北電力株式会社

審査会合におけるコメント①

No.	審査会合におけるコメント(平成31年4月5日)	回答主旨	対応頁	
			本体資料	補足説明資料
S173	<ul style="list-style-type: none"> • 既往の地下水位の審議事項の経緯を整理し、工認段階までの地下水位の設定方針を示したうえで、基礎地盤の安定性評価上の地下水位の位置付けを説明すること。 	<ul style="list-style-type: none"> • 地下水位の設定について、設置変更許可段階から工認段階までの設定方針及び基礎地盤の安定性評価上の位置付けを示した。 	<ul style="list-style-type: none"> • p95 	<ul style="list-style-type: none"> • p118-123
S174	<ul style="list-style-type: none"> • 原子炉建屋及びタービン建屋の設定地下水位を基礎版中央にすることについて、評価上の位置付けと設定の保守性を説明すること。 	<ul style="list-style-type: none"> • 基礎地盤の安定性評価における地下水位の評価上の影響を整理した。 	<ul style="list-style-type: none"> • p99-105 	<ul style="list-style-type: none"> —
S175	<ul style="list-style-type: none"> • 第3条第2項に関して、地下水位の審議を踏まえて、地下水位低下設備の扱いを基本設計方針の記載に反映すること。 	<ul style="list-style-type: none"> • 第3条第2項への基本設計方針について、地下水位低下設備の扱いも踏まえて、基本設計方針に反映した。 	<ul style="list-style-type: none"> • p143 	<ul style="list-style-type: none"> • p120-123
S176	<ul style="list-style-type: none"> • 代表施設の選定について、選定されなかった施設の岩盤等の選定根拠を平面的にも断面的にも明確化し、記載の紐付けを行うこと。 	<ul style="list-style-type: none"> • 代表施設の選定根拠を明確化し、記載の紐付けを行った。 	<ul style="list-style-type: none"> • p31,33 	<ul style="list-style-type: none"> —
S177	<ul style="list-style-type: none"> • 隣接構造物のモデル化について、モデル化を省略した理由の整理と紐付けを行うこと。 	<ul style="list-style-type: none"> • 隣接構造物のモデル化について、理由の整理と記載の紐付けを行った。 	<ul style="list-style-type: none"> • p70-74 	<ul style="list-style-type: none"> —
S178	<ul style="list-style-type: none"> • 建屋のモデル化方法について、有限要素モデルの作成方法を、プロセスや具体的な設定値を含めて説明すること。合わせて、原子炉建屋については、耐震補強や初期剛性低下をモデルにどのように考慮したか説明すること。 	<ul style="list-style-type: none"> • 建屋のモデル化方法について、作成プロセスと作成結果を提示した。原子炉建屋のモデルについては、耐震補強や初期剛性低下の諸元も合わせて示した。 	<ul style="list-style-type: none"> • p75 	<ul style="list-style-type: none"> • p66-70

審査会合におけるコメント②

No.	審査会合におけるコメント(平成31年4月5日)	回答主旨	対応頁	
			本体資料	補足説明資料
S179	<ul style="list-style-type: none"> 防潮堤の評価断面の設定について、複数の断面を提示のうえ、断面選定の妥当性を説明すること。合わせて、資料中の図面について、縮尺等の記載の適正化を図ること。 	<ul style="list-style-type: none"> 防潮堤の断面選定について、地質状況を踏まえて、複数断面を提示し、断面選定の経緯及び妥当性を示した。 	・p45-60	・p85-92
S180	<ul style="list-style-type: none"> 防潮堤(鋼管式鉛直壁)の長杭、短杭について、短杭の断面で評価を代表することの妥当性を説明すること。 	<ul style="list-style-type: none"> 防潮堤(鋼管式鉛直壁)における岩盤分類図により、長杭と短杭によるすべりを提示し、短杭の断面で評価を代表することの妥当性を示した。 	・p61	—

No.	審査会合におけるコメント(令和元年6月4日)※	回答主旨	対応頁	
			本体資料	補足説明資料
S181	<ul style="list-style-type: none"> 地盤安定性の審査において、液状化影響の検討方針の概要を説明すること。 	<ul style="list-style-type: none"> 液状化影響について、条文適合方針とともに検討方針を示した。 	・p143	・p125-136

※: 第721回審査会合「液状化影響の検討方針について」におけるコメント。

防潮堤の設計方針等の変更を踏まえた基礎地盤の安定性評価の考え方

- 第548回審査会合(平成30年2月13日)「女川原子力発電所2号炉 防潮堤の設計方針等の変更について」において、以下の変更方針を示した。
 - 鋼管式鉛直壁(一般部)は、短杭を支持する改良地盤の直下に分布する盛土・旧表土を地盤改良(以下、改良地盤と言う。)し、岩盤又は改良地盤に支持させることにより、鋼管式鉛直壁は沈下しない構造とする。
 - 盛土堤防は、セメント改良土の直下に分布する盛土・旧表土を地盤改良し、岩盤又は改良地盤に支持させることにより、盛土堤防は沈下しない構造とする。
 - 設置許可基準規則第3条第1項に対し、施設直下の改良地盤及び岩盤が支持性能を有すること並びに所要のすべり安全率を有することを確認する。



- 防潮堤のすべり安定性確保を目的として、鋼管式鉛直壁(一般部)及び盛土堤防部の前面に置換コンクリートを設置することとし、第589回審査会合(平成30年6月19日)、第647回審査会合(平成30年11月6日)、第670回審査会合(平成31年1月15日)「女川原子力発電所2号炉 防潮堤の設計方針及び構造成立性評価結果」において、防潮堤の施設の範囲^{※1}を示した。



- 女川原子力発電所2号炉の耐震重要施設^{※2}及び常設重大事故等対処施設^{※3}の設計方針
 - 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設は、直接、又は杭や置換コンクリートを介して十分な支持性能を有する岩盤又は改良地盤上に構築する。
 - 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設は、周辺地盤が液状化するおそれがある場合、その影響を考慮しても安全機能が損なわれない構造とする。(設置許可段階では、周辺地盤の変状により重要な安全機能を有する施設が影響を受けない方針を示し、工認段階で個別施設の詳細設計を示す予定)



- 上記を踏まえた基礎地盤の安定性評価の考え方
 - 設置許可基準規則第3条第1項に対し、女川原子力発電所2号炉の耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設は、直接又は杭や置換コンクリートを介して十分な支持性能を有する岩盤又は改良地盤に支持されることから、二次元等価線形全応力解析により地盤の支持性能に対する評価を行う。
 - 設置許可基準規則第3条第2項に対しては、周辺地盤の液状化による地盤変状を考慮した場合でも、その安全機能が損なわれないよう、所要の対策を講じる方針となっていることを確認する。

※1:防潮堤の施設の範囲については、補足説明資料「4. 防潮堤の設計方針について 4.4～4.6」に示す。

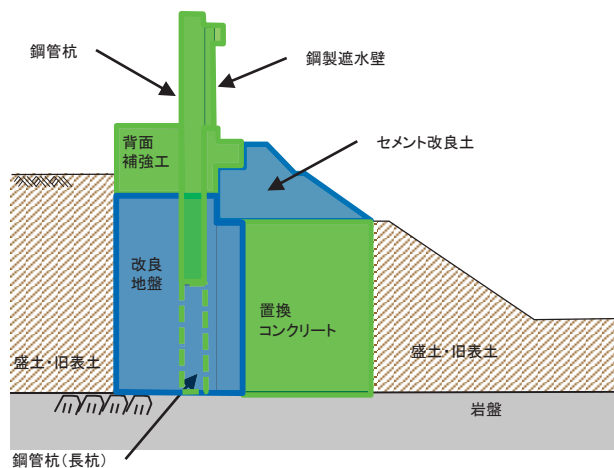
※2:耐震設計上の重要度分類Sクラスの機器・系統及びそれらを支持する建物・構築物

※3: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)

防潮堤の施設の範囲

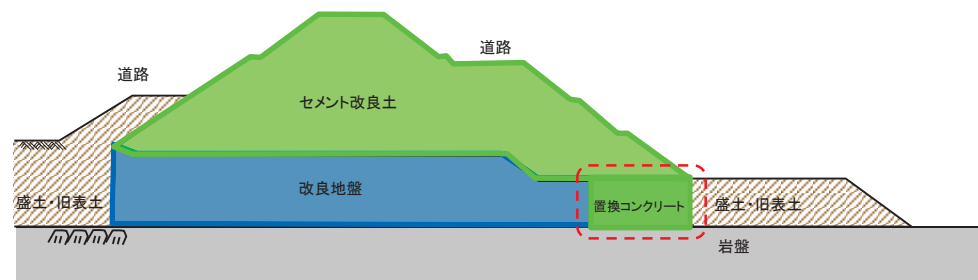
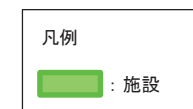
- 第670回審査会合(平成31年1月15日)「女川原子力発電所2号炉 防潮堤の設計方針及び構造成立性評価結果」において、防潮堤の施設の範囲※を示した。
- 今回、防潮堤の基礎地盤の安定性評価にあたり、基礎地盤の安定性向上の観点から、防潮堤(盛土堤防)について置換コンクリートの範囲を変更した。
- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)及び防潮堤(盛土堤防)について、施設の範囲を以下に示す。

【防潮堤(鋼管式鉛直壁)】



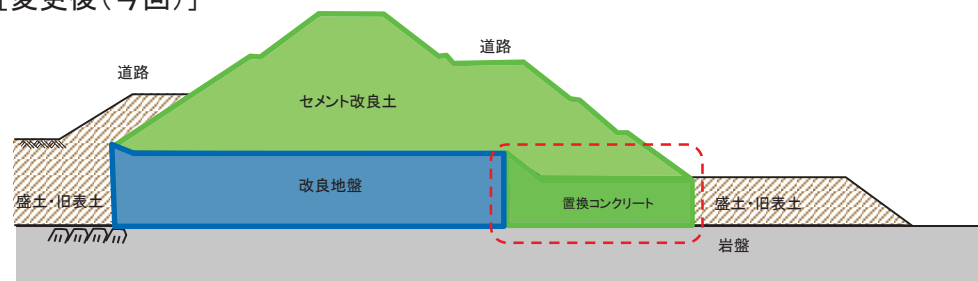
【防潮堤(盛土堤防)】

[変更前(第670回審査会合時)]



基礎地盤の安定性向上の観点から、
置換コンクリートの範囲を変更

[変更後(今回)]

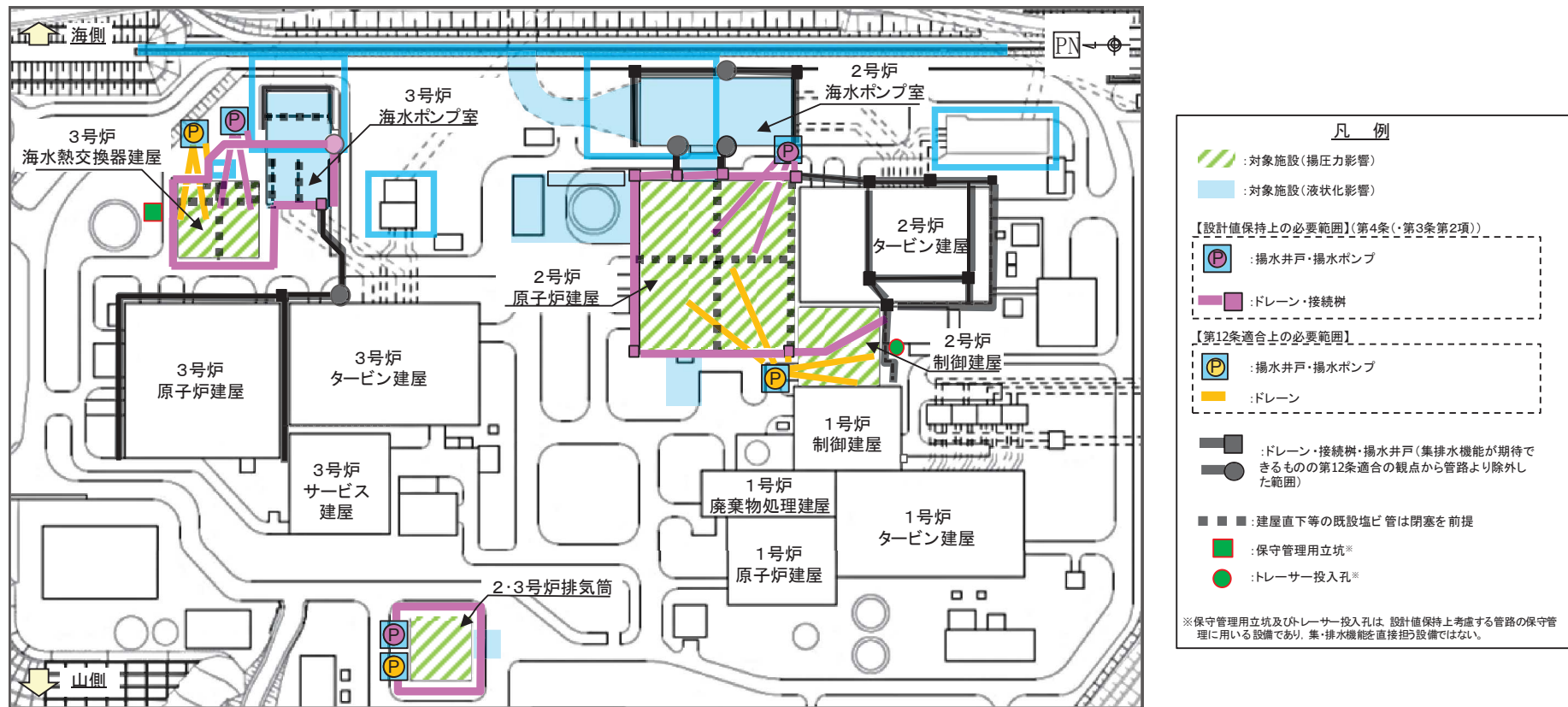


防潮堤の施設の範囲

※: 防潮堤の施設の範囲については、補足説明資料「4. 防潮堤の設計方針について 4.4~4.6」に示す。

地下水位低下設備の扱い

- 第715回審査会合(令和元年5月21日「女川原子力発電所2号炉 地下水位の設定について※」)において、設置変更許可段階では、設計条件としての地下水位を保持する方針とし、地下水位を保持するために地下水位低下設備を設計基準対象施設として位置付け、その機能を保持するために設計並びに保守管理・運用管理上の配慮を行う方針を示した。
- 地下水位低下設備の耐震重要度分類上の取扱いは、上記審査会合の中で継続審議されるが、本評価においては、地下水位低下設備を対象施設に含めて評価する。



地下水位低下設備の効果の期待例
(令和元年5月21日第715回審査会合 資料2-1-2 p54修正)

※:敷地の地下水位設定の考え方については、補足説明資料「5. 地下水位の設定について(第715回審査会合(R1.5.21)資料抜粋)」に示す。

評価フロー

1. 評価概要

・設置許可基準規則に基づき、評価対象施設を整理

	耐震重要施設	常設重大事故等対処施設
基礎地盤	第3条	第38条
周辺斜面	第4条	第39条

2. 地質の概要

・敷地には将来活動する可能性のある断層等が分布していないことを確認

3. 評価断面の選定

・支持地盤の相違(岩盤と改良地盤)、標高の相違(O.P.+14.8m盤とO.P.+62m盤)、基礎形式の相違に着目して代表施設並びに評価断面を選定

4. 基礎地盤の安定性評価

・解析用物性値の設定
 ・モデルの作成
 ・基礎地盤のすべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認
 ・基礎底面の地震時最大接地圧が評価基準値を超えないことを確認
 ・基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認

・審査ガイドに準拠し、適合性を確認

基礎地盤	・活断層の有無 : 第2章
	・地震力に対する基礎地盤の安定性評価 : 第3~4章
	・周辺地盤の変状による施設への影響評価 : 第5章
	・地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価 : 第5章
周辺斜面	・地震力に対する周辺斜面の安定性評価 : 第6章

5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価

・各施設の設置状況を踏まえ、不等沈下、揺すり込み沈下による影響が生じないことを確認
 ・周辺地盤の液状化により、対象施設が影響を受けない対策をする方針であることを確認
 ・地震発生に伴う地殻変動による地盤の傾斜を算出し、地殻変動及び地震動を考慮した最大傾斜が、評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認

6. 周辺斜面の安定性評価

・斜面法尻からの離間距離により、周辺斜面が対象施設に影響を与えないことを確認

7. まとめ

目次

1. 評価概要	8
2. 地質の概要	13
3. 評価断面の選定	28
4. 基礎地盤の安定性評価	64
5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価	141
6. 周辺斜面の安定性評価	148
7. まとめ	152

目次

1. 評価概要
2. 地質の概要
3. 評価断面の選定
4. 基礎地盤の安定性評価
5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価
6. 周辺斜面の安定性評価
7. まとめ

評価フロー

1. 評価概要

- ・設置許可基準規則に基づき、評価対象施設を整理

	耐震重要施設	常設重大事故等対処施設
基礎地盤	第3条	第38条
周辺斜面	第4条	第39条

2. 地質の概要

- ・敷地には将来活動する可能性のある断層等が分布していないことを確認

3. 評価断面の選定

- ・支持地盤の相違(岩盤と改良地盤)、標高の相違(O.P.+14.8m盤とO.P.+62m盤)、基礎形式の相違に着目して代表施設並びに評価断面を選定

4. 基礎地盤の安定性評価

- ・解析用物性値の設定
- ・モデルの作成
- ・基礎地盤のすべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認
- ・基礎底面の地震時最大接地圧が評価基準値を超えないことを確認
- ・基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認

- ・審査ガイドに準拠し、適合性を確認

基礎地盤	・活断層の有無 : 第2章
	・地震力に対する基礎地盤の安定性評価 : 第3~4章
	・周辺地盤の変状による施設への影響評価 : 第5章
周辺斜面	・地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価 : 第5章
	・地震力に対する周辺斜面の安定性評価 : 第6章

5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価

- ・各施設の設置状況を踏まえ、不等沈下、揺すり込み沈下による影響が生じないことを確認
- ・周辺地盤の液状化により、対象施設が影響を受けない対策をする方針であることを確認
- ・地震発生に伴う地殻変動による地盤の傾斜を算出し、地殻変動及び地震動を考慮した最大傾斜が、評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認

6. 周辺斜面の安定性評価

- ・斜面法尻からの離間距離により、周辺斜面が対象施設に影響を与えないことを確認

7. まとめ

1. 評価概要

1.1 評価概要

- 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について、耐震重要施設の基礎地盤については設置許可基準規則※第3条、周辺斜面については第4条、常設重大事故等対処施設の基礎地盤については第38条、周辺斜面については第39条に適合していることを審査ガイドに準拠し、以下の項目について確認する。

■ 基礎地盤

- 将来活動する可能性のある断層等の有無
耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設が設置される地盤には、将来活動する可能性のある断層等が露頭していないことを確認する。
- 地震力に対する基礎地盤の安定性評価
耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設が設置される地盤の安定性について以下の観点から確認する。
 - 基礎地盤のすべり
 - 基礎の支持力
 - 基礎底面の傾斜
- 周辺地盤の変状による重要施設への影響評価
地震発生に伴う周辺地盤の変状による建物・構築物間の不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等の影響を受けないことを確認する。
- 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価
地震発生に伴う地殻変動による基礎地盤の傾斜及び撓みの影響を受けないことを確認する。

■ 周辺斜面

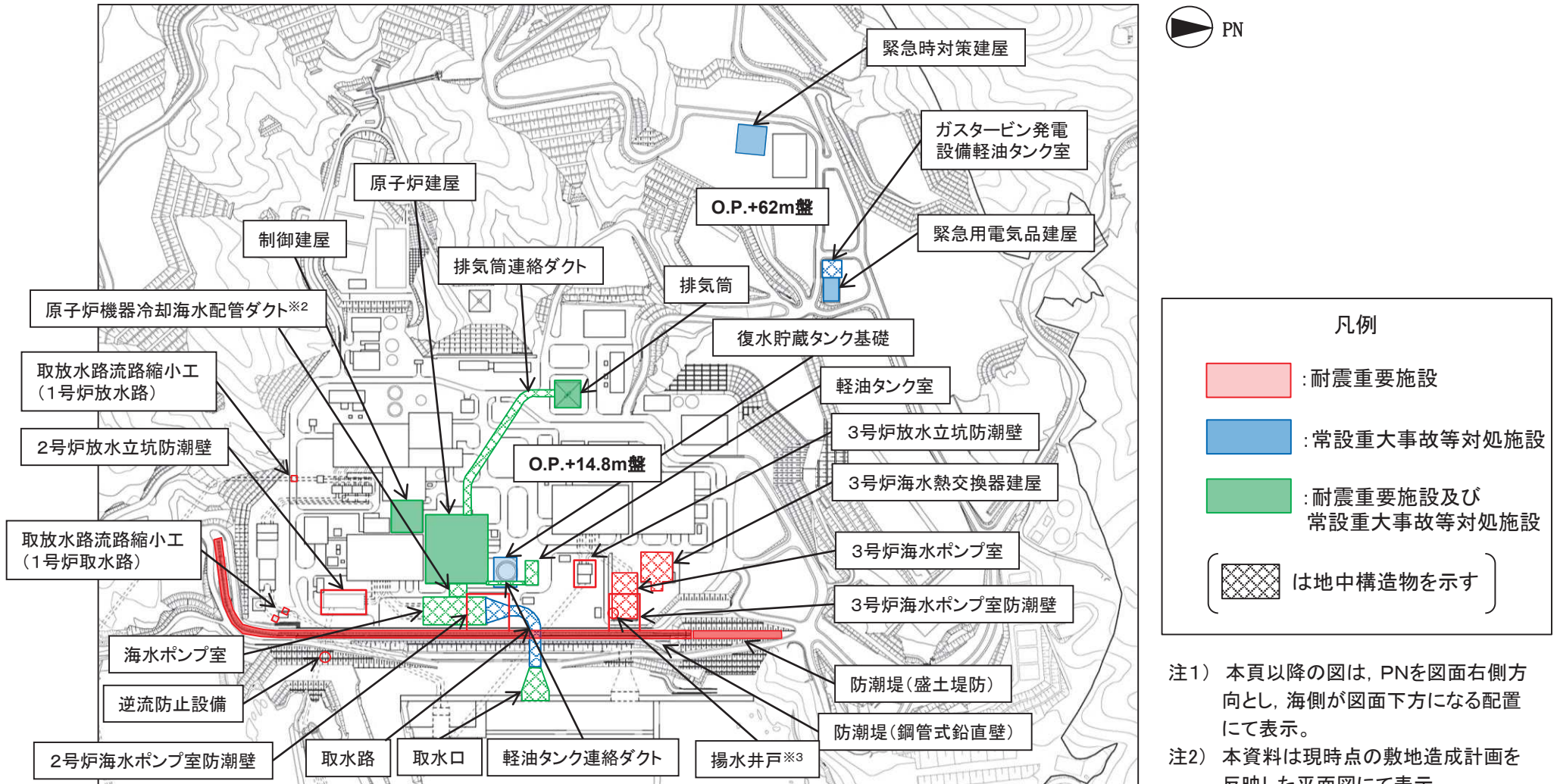
- 地震力に対する周辺斜面の安定性評価
周辺斜面が崩壊し、施設に影響を与えないことを確認する。

※:「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(解釈含む)」

1. 評価概要

1.2 対象施設 配置図

- 本評価の対象となる耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設は、原子炉建屋が設置されるO.P.※1+14.8m盤と緊急時対策建屋が設置されるO.P.+62m盤に配置されている。



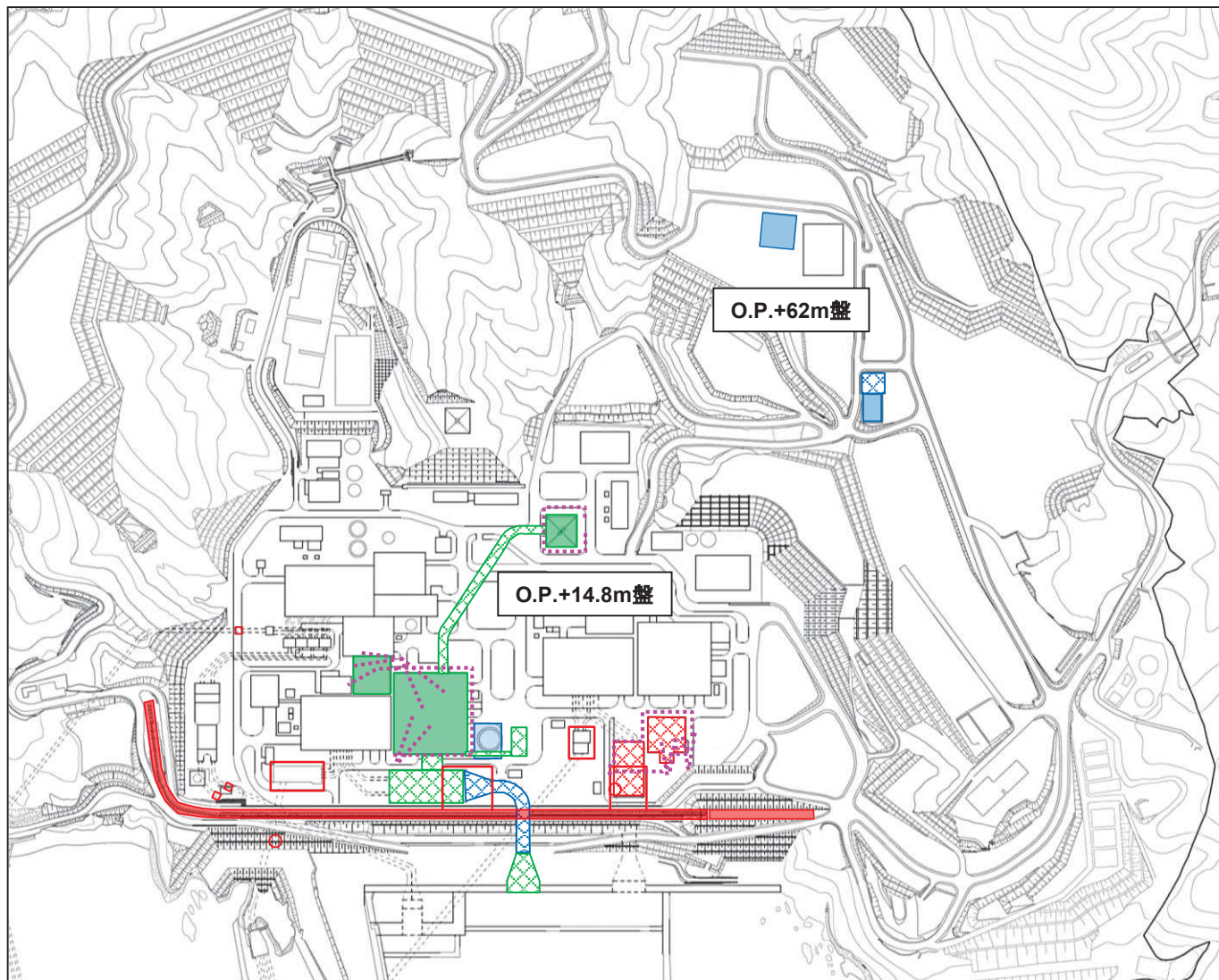
※1: O.P.は女川原子力発電所工事用基準面であり、東京湾平均海面 (T.P.)-0.74m。
 ※2: 本頁以降、原子炉機器冷却海水配管ダクトは補機配管ダクトという。
 ※3: 浸水防止蓋(3号炉海水ポンプ室防潮壁区画内揚水井戸)の間接支持構造物

注1) 本頁以降の図は、PNを図面右側方向とし、海側が図面下方になる配置にて表示。
 注2) 本資料は現時点の敷地造成計画を反映した平面図にて表示。

1. 評価概要

1.3 地下水位低下設備 配置図

- 地下水位低下設備は、O.P.+14.8m盤の対象施設直下および周辺の岩盤上に設置される。



凡例

- : 耐震重要施設
- : 常設重大事故等対処施設
- : 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設
- は地中構造物を示す
- : 地下水位低下設備※
(全て地中構造物。一部計画図)

0 100m

※: 地下水位低下設備の範囲は、第715回審査会合(令和元年5月21日)より一部修正している。(今後の検討進捗等により変更の可能性がある)

目次

1. 評価概要
- 2. 地質の概要**
3. 評価断面の選定
4. 基礎地盤の安定性評価
5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価
6. 周辺斜面の安定性評価
7. まとめ

評価フロー

1. 評価概要

- ・設置許可基準規則に基づき、評価対象施設を整理

	耐震重要施設	常設重大事故等対処施設
基礎地盤	第3条	第38条
周辺斜面	第4条	第39条

2. 地質の概要

- ・敷地には将来活動する可能性のある断層等が分布していないことを確認

3. 評価断面の選定

- ・支持地盤の相違(岩盤と改良地盤)、標高の相違(O.P.+14.8m盤とO.P.+62m盤)、基礎形式の相違に着目して代表施設並びに評価断面を選定

4. 基礎地盤の安定性評価

- ・解析用物性値の設定
- ・モデルの作成
- ・基礎地盤のすべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認
- ・基礎底面の地震時最大接地圧が評価基準値を超えないことを確認
- ・基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認

- ・審査ガイドに準拠し、適合性を確認

基礎地盤	・活断層の有無 : 第2章
	・地震力に対する基礎地盤の安定性評価 : 第3~4章
	・周辺地盤の変状による施設への影響評価 : 第5章
	・地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価 : 第5章
周辺斜面	・地震力に対する周辺斜面の安定性評価 : 第6章

5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価

- ・各施設の設置状況を踏まえ、不等沈下、揺すり込み沈下による影響が生じないことを確認
- ・周辺地盤の液状化により、対象施設が影響を受けない対策をする方針であることを確認
- ・地震発生に伴う地殻変動による地盤の傾斜を算出し、地殻変動及び地震動を考慮した最大傾斜が、評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認

6. 周辺斜面の安定性評価

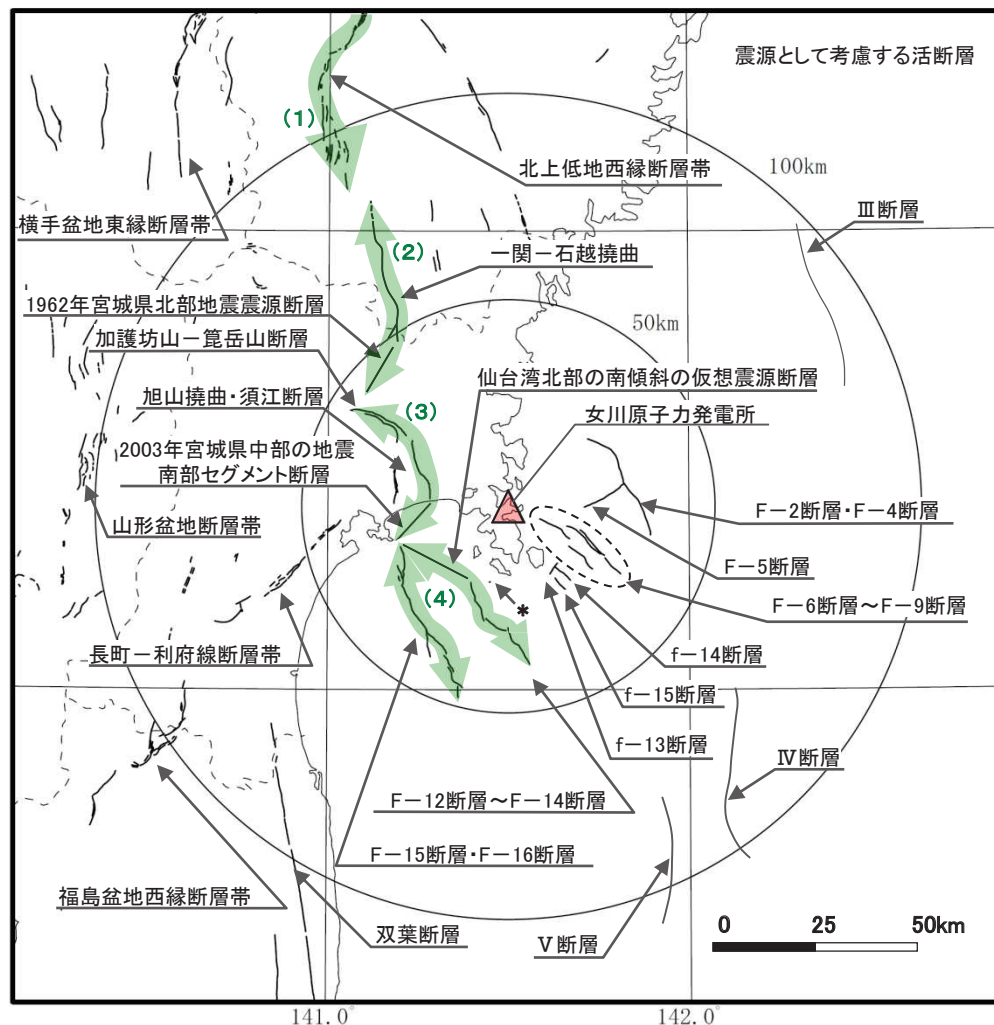
- ・斜面法尻からの離間距離により、周辺斜面が対象施設に影響を与えないことを確認

7. まとめ

2. 地質の概要

2.1 敷地周辺の主な活断層分布

- 敷地周辺で実施した文献調査, 空中写真判読, 地質調査, 海上音波探査等の結果を踏まえ, 後期更新世以降(約12~13万年前以降)の活動が否定できない断層等について, 震源として考慮する活断層を, 以下のとおり評価した。
- 敷地には, 震源として考慮する活断層は認められない。



※本頁の図に関しては, TN(真北)が図面上になるように表示

震源として考慮する活断層

断層名	断層長さ	連動考慮 ^{※3}		
		グループ	断層長さ	
加護坊山-箕岳山断層	約17km	(3)	約35km	
旭山撓曲・須江断層	約16km	(3)		
2003年宮城県中部の地震南部セグメント断層	約12km	(3)		
陸域 30km 以遠 ^{※1}	長町-利府線断層帯	約40km	—	
	北上低地西縁断層帯	約62km	(1)	約62km
	山形盆地断層帯	約60km	—	—
	福島盆地西縁断層帯	約57km	—	—
	双葉断層	約40km	—	—
	横手盆地東縁断層帯	約56km	—	—
	1962年宮城県北部地震震源断層	約12km	(2)	約45km
	一関-石越撓曲	約30km	(2)	
F-2断層・F-4断層	約27.8km	—	—	
F-5断層	約11.2km	—	—	
F-6断層~F-9断層	約23.7km	—	—	
仙台湾北部の南傾斜の仮想震源断層 ^{※2}	約20km	(4)	約40km	
F-12断層~F-14断層	約24.2km	(4)		
F-15断層・F-16断層	約38.7km	(4)		
f-13断層	約3.3km	—	—	
f-14断層	約5.1km	—	—	
f-15断層	約3.7km	—	—	
* 網地島南西沖で1測線のみで認められる断層	—	—	—	
30km 以遠 ^{※1}	III断層	約41km	—	
	IV断層	約43km	—	
	V断層	約31km	—	

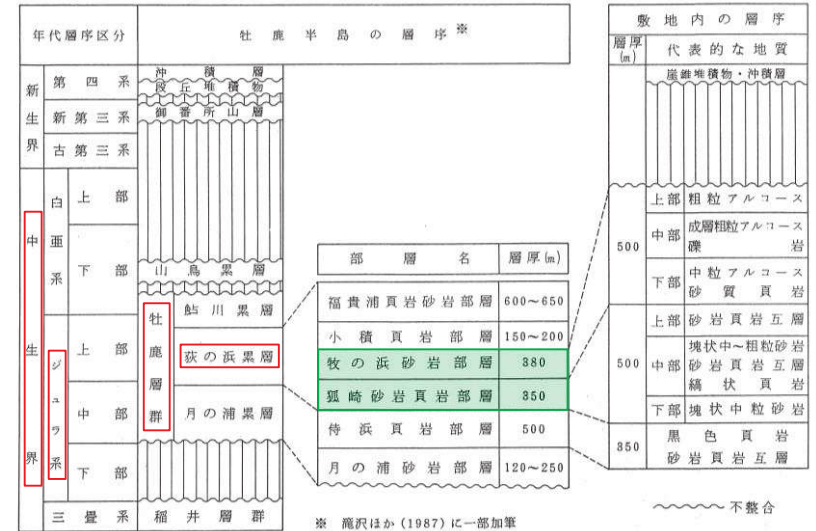
※1: 敷地から半径30km以遠の断層については文献調査結果に基づき評価した。
 ※2: 連動可能性を考慮する上で仮想的に設定する断層。
 ※3: さらに保守的な観点から, 地震動評価では(1)~(4)が連動した場合も考慮する。
 黄色網掛けした断層等は, 申請時(H25.12.27)から評価が変更になったものを示す。

2. 地質の概要

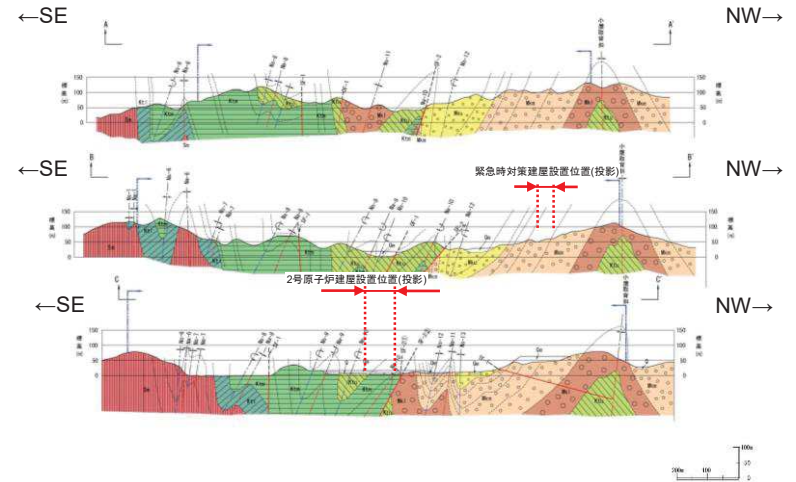
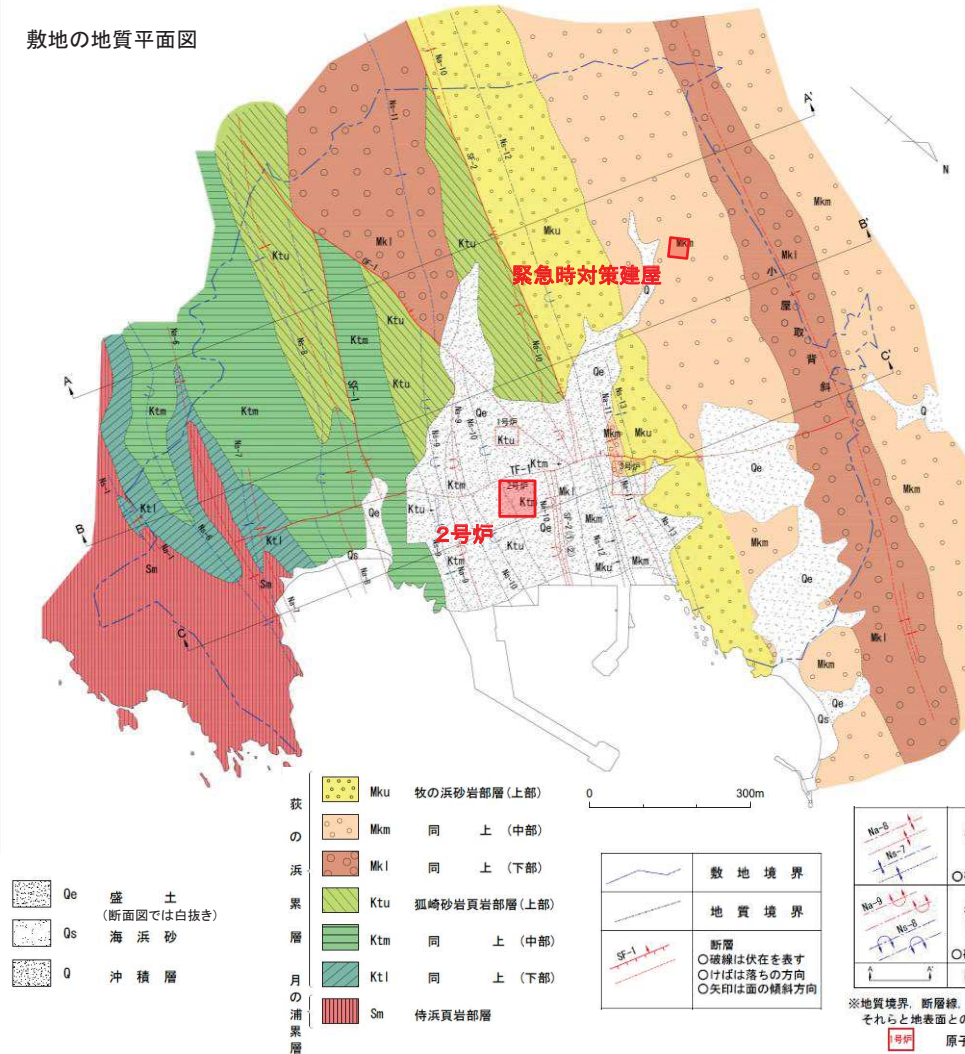
2.2 敷地の地質・地質構造①

- 対象施設を設置する敷地の地質は、中生界ジュラ系の牡鹿層群 荻の浜累層の砂岩、頁岩、砂岩頁岩互層が分布しており、原子炉建屋設置位置付近は、狐崎砂岩頁岩部層、緊急時対策建屋付近は、牧の浜砂岩部層が分布している。
- 部分的に、白亜系のひん岩が貫入している。
- 一部海岸及び低地周辺には、第四系の沖積層及び崖堆積物が分布している。
- 敷地内には段丘面及び段丘堆積物は認められない。

敷地の地質層序表



敷地の地質平面図



敷地の地質断面図

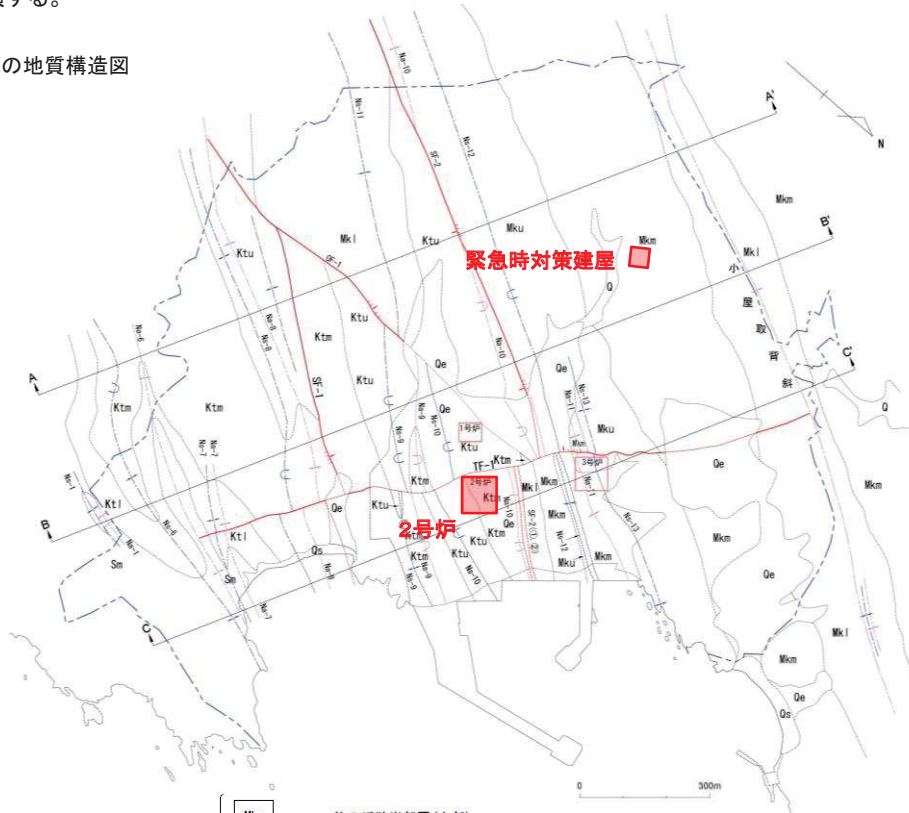
2. 地質の概要

2.2 敷地の地質・地質構造②

敷地の中生界ジュラ系の地質構造は、顕著な褶曲構造と断層で特徴づけられる。

- 小屋取背斜と鳴浜向斜に代表される顕著な複褶曲構造 (NNE-SSW~NE-SW方向) を形成しており、おおむね建屋方向に平行している。
- 敷地には断層が認められ、その分布や性状から、敷地周辺の断層と同様に褶曲構造の形成との関連性が示唆される※。
- ⇒ 断層の走向と褶曲構造の方向性との関係に着目し、褶曲構造と同方向に延びる「走向断層」、褶曲構造とほぼ直交する方向の「横断断層」及び褶曲構造と斜交する方向の「斜交断層」の3タイプに分類する。

敷地の地質構造図



Qe	盛土
Os	海浜砂
Q	沖積層
Mku	牧の浜砂岩部層(上部)
Mkm	同 上 (中部)
Mkl	同 上 (下部)
Ktu	狐崎砂岩頁岩部層(上部)
Ktm	同 上 (中部)
Ktl	同 上 (下部)
Sm	侍浜頁岩部層

	敷地境界
	地質境界
	断層
	○破線は伏在を表す
	○けばは落ちの方向
	○矢印は面の傾斜方向

	褶曲軸	背斜軸
	向斜軸	
	○破線は伏在を表す	
	褶曲軸	背斜軸
	(転倒) 向斜軸	
	○破線は伏在を表す	
	断面図位置	

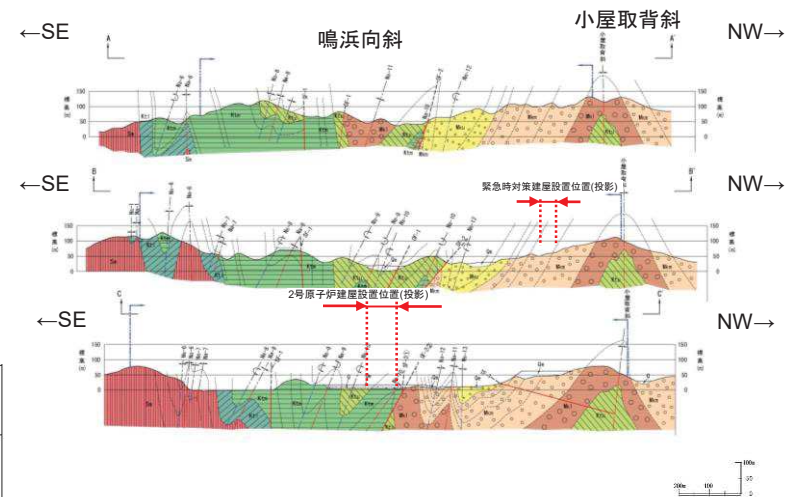
※地質境界、断層線、褶曲軸の位置は、主にそれらと地表面との交わる線を示している。

2号炉 原子炉建屋設置位置

※ 滝沢ほか(1984)、滝沢ほか(1987)などによれば、敷地周辺陸域の中・古生界中の断層について、褶曲構造にほぼ平行あるいは少し斜交する断層と、これに大きく斜交する断層に大別され、褶曲構造の形成と関連付けて記載されている。

- ✓ 褶曲構造にほぼ平行あるいは少し斜交する断層は、走向・傾斜からさらに3つに分類されており、断層の形成と褶曲の形成との関連性について論じられている。
- ✓ 特に、褶曲軸にほとんど平行な走向をもち、垂直又は急傾斜を示す走向断層については、褶曲軸付近が壊れて断層となっているものなど、過褶曲の破断にともなう断層の性状が示唆されている。
- ✓ 一方、褶曲構造に大きく斜交する断層については、横断断層群とされ、水平ずれが顕著であり、一般に周囲の地層を明瞭に切っており、一部に断層による引きずりを伴うことがあるため、褶曲構造形成後それほど時代の隔たりをもたない白亜紀のものであるかもしれないとされている。

➤ 一方、主に砂岩と頁岩との境界には、褶曲構造が形成される過程で生じた「フレキシユラル・スリップ」によるものと考えられる、層理面と平行なシームが認められる。



敷地の地質断面図

2. 地質の概要

2.3 敷地内の地質調査

- 敷地の地質調査として、ボーリング調査、試掘坑調査、岩盤試験等を実施し、敷地の地質や物性値を確認している。

【敷地の地質調査】

➢ 地表地質調査

- 空中写真判読
- 地表踏査
- 掘削時の法面及び底盤の地質観察

➢ ボーリング調査

- 炉心ボーリング
- 炉心周辺ボーリング
- 地質構造調査ボーリング

➢ 試掘坑調査

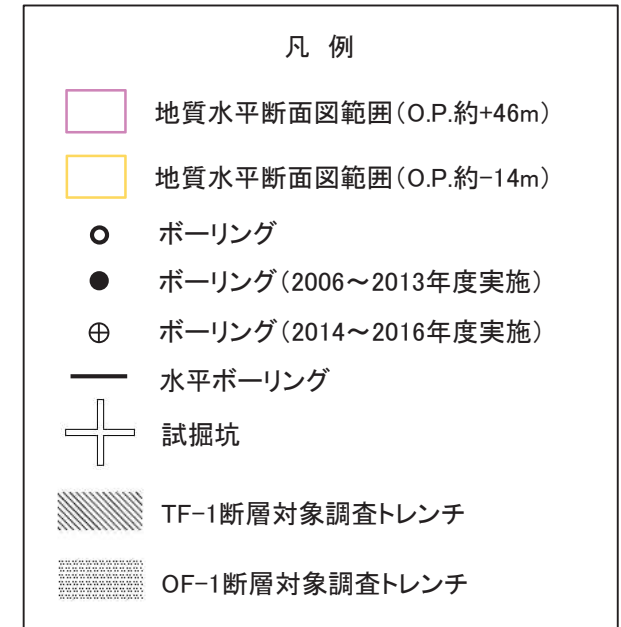
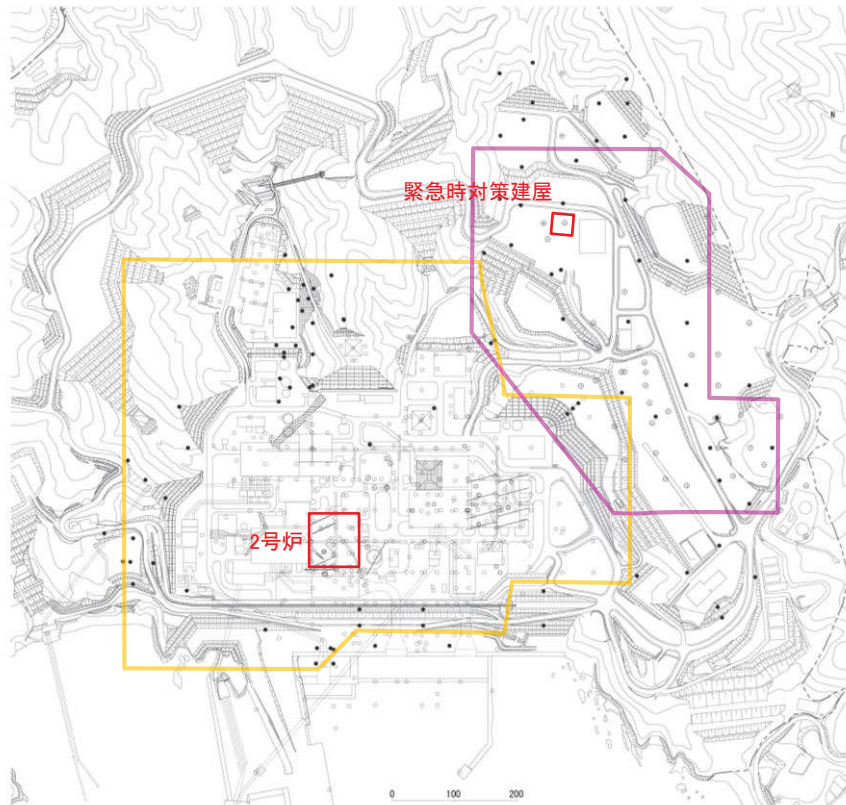
- O.P.約-14mにおける十字型の試掘坑

➢ トレンチ調査

- TF-1断層等を対象
- 薄片・研磨片観察

【基礎地盤の工学的特性調査・試験】

- 岩盤分類
- 岩盤試験
 - ・ PS検層
 - ・ その他各種岩盤試験
- 各種岩石試験



2. 地質の概要

2.4 敷地の断層分布①

- 敷地には、比較的破碎幅があり、連続性のある断層として、SF-1～2断層、OF-1～7断層及びTF-1～7断層の計16本の断層がある。
- これらの断層は、敷地でも確認される褶曲構造の方向との関係から、走向断層、斜交断層及び横断断層の3タイプに分類される。
- これらの断層のうち、SF-1断層、SF-2断層、OF-1断層及びTF-1断層は2.2敷地の地質・地質構造に示すとおり、連続性・変位量が大きく、地質図表示上、部層単位で地層境界をなす地質構造を規制する断層である。
- 本地質水平断面図範囲のうち北西側の空白域については、別途次々頁にO.P.約+46mの地質水平断面図として示す。

敷地の断層のタイプ

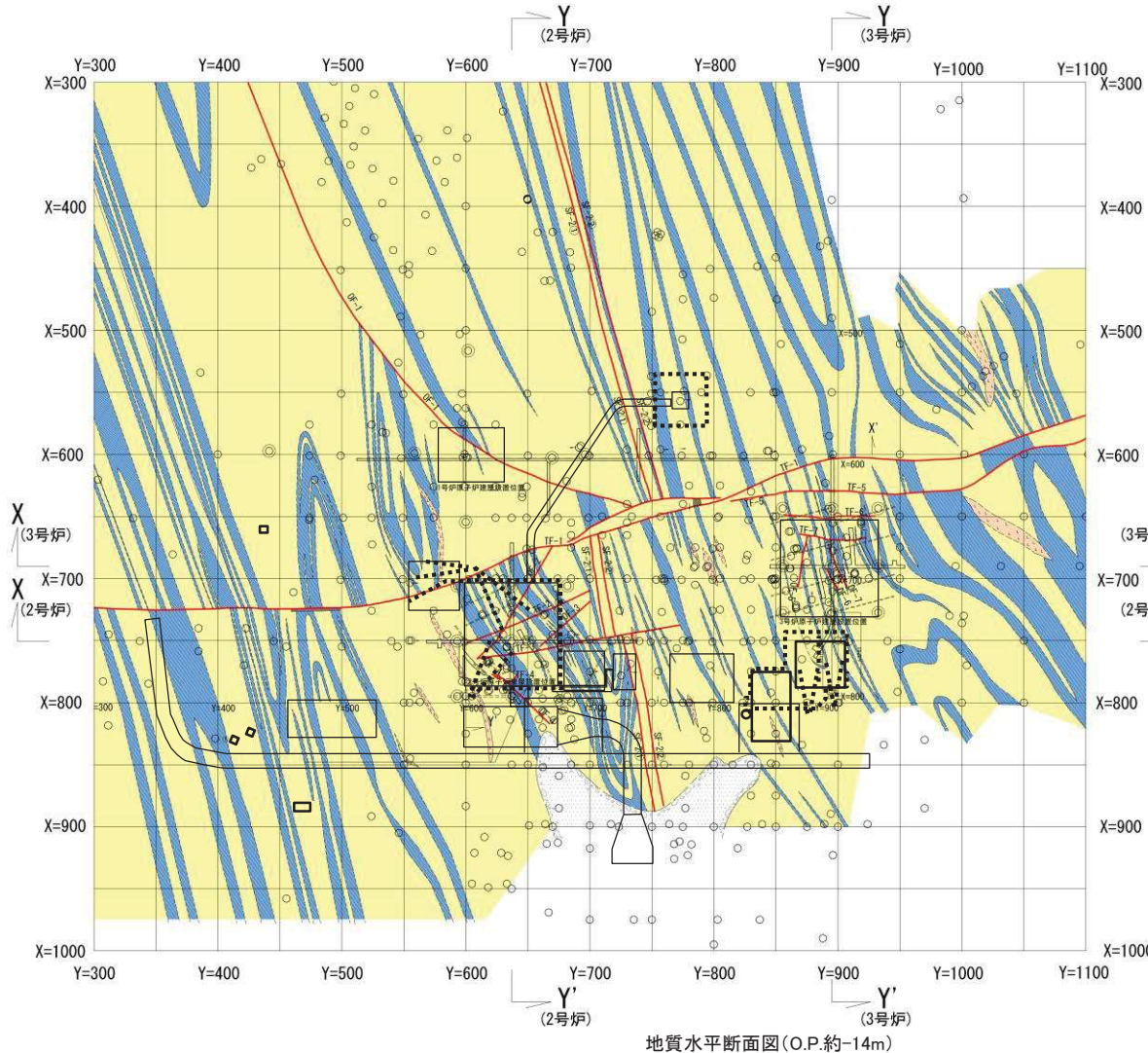
	逆断層	正断層
走向断層	SF-1*、SF-2	該当する断層なし
斜交断層	OF-1、OF-4、OF-5、OF-6、OF-7	OF-2、OF-3
横断断層	TF-2、TF-7	TF-1、TF-3、TF-4、TF-5、TF-6

※SF-1断層は左の地質水平断面図外(南東側)に分布している。



凡 例

- 盛 土
- 第四系(砂礫)
- 砂 岩
- 頁 岩
- ひ ん 岩
- 地 質 境 界
- 断 層
- 炉心ボーリング位置
- * ボーリング位置
- 水平ボーリング
- 試掘坑
- 試掘坑(1, 3号炉関連)
- 耐震重要施設, 常設重大事故等対処施設
- 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設
- 地下水位低下設備
(全て地中構造物。一部計画図)



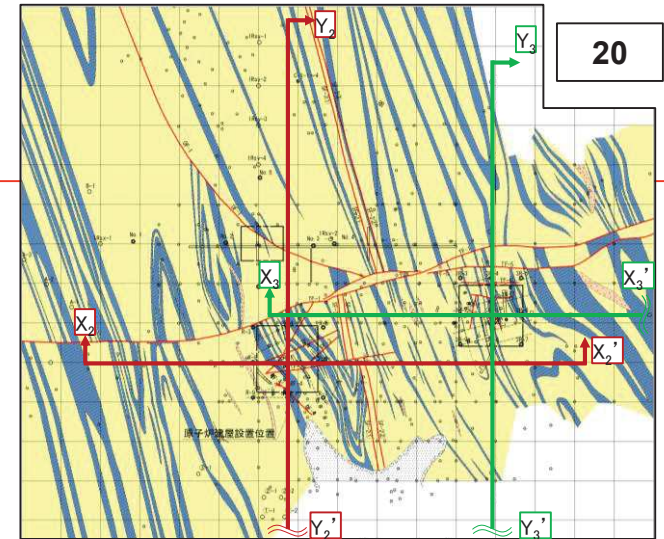
地質水平断面図(O.P.約-14m)

2. 地質の概要

2.4 敷地の断層分布②

第700回審査会合 (H31. 4. 5)
資料1-1 p20 再掲

20



【2号炉付近の地質構造】

- NNE-SSW方向の褶曲軸が確認される。
- 背斜構造の西翼部に位置し、地層は南東～南南東に30～50° 傾斜している。

【3号炉付近の地質構造】

- NNE-SSW方向の褶曲軸が確認される。
- 一对の背斜・向斜が存在し、地層は南東あるいは北西に傾斜している。また、褶曲の翼部で40～90°、軸付近で0～40° の傾斜を示す。

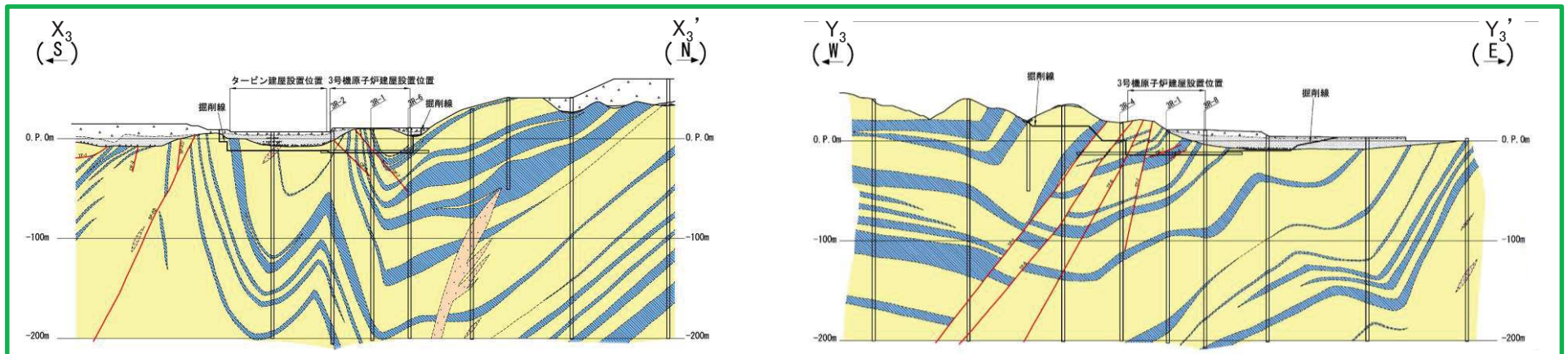
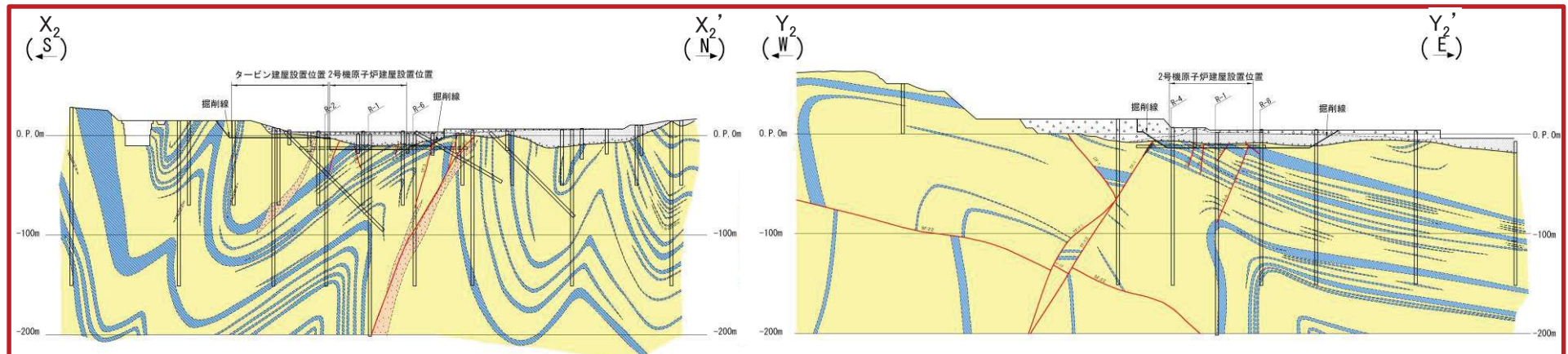
【断層の深度方向の分布】

- 地質調査結果に基づき、各断層の深度方向の分布について、下の断面図のとおり確認している。

敷地の断層のタイプ

	逆断層	正断層
走向断層	SF-1※, SF-2	該当する断層なし
斜交断層	OF-1, OF-4, OF-5, OF-6, OF-7	OF-2, OF-3
横断断層	TF-2, TF-7	TF-1, TF-3, TF-4, TF-5, TF-6

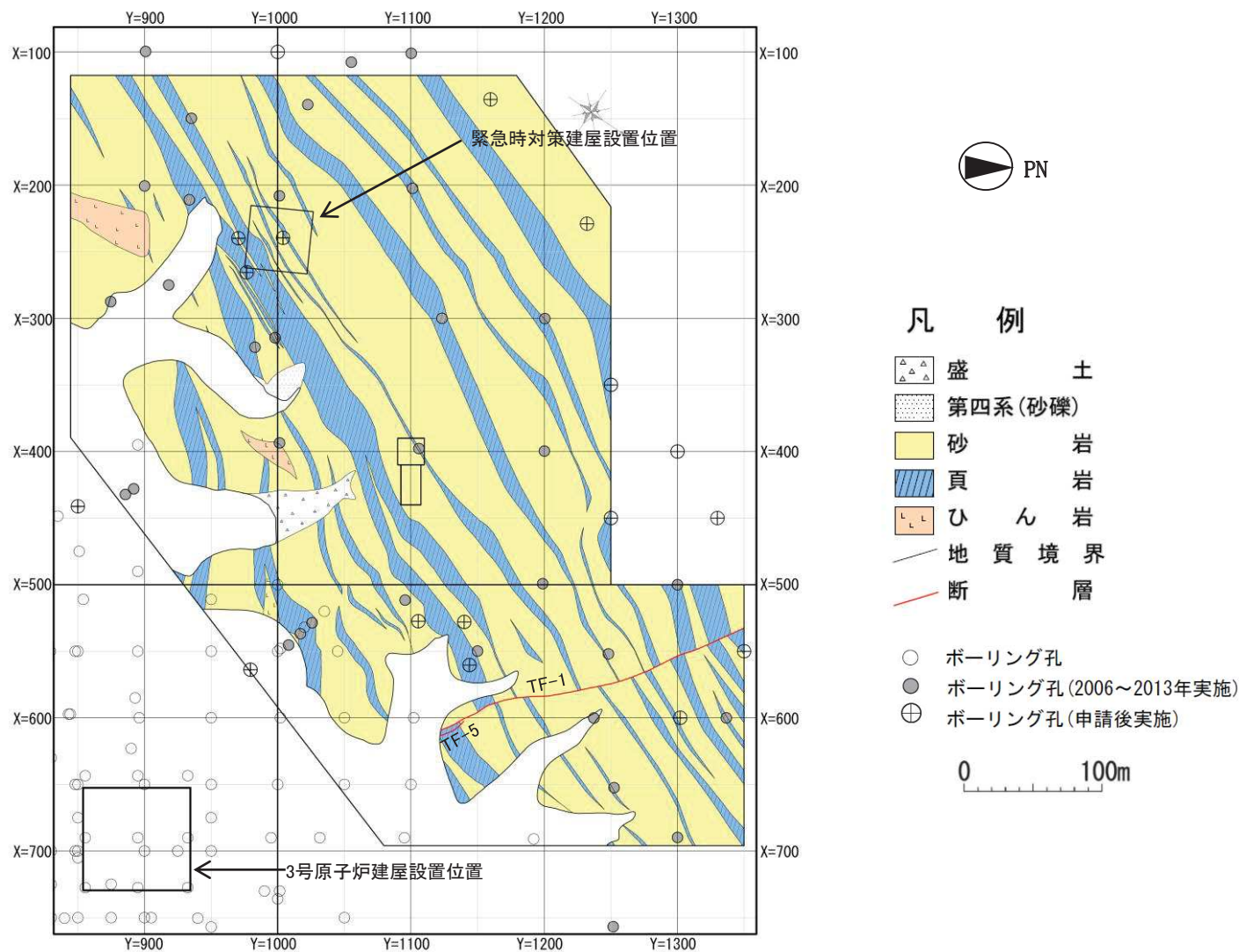
※SF-1断層は右の地質水平断面図外(南東側)に分布している。



2. 地質の概要

2.4 敷地の断層分布③

➤ 敷地北西部には、比較的破碎幅があり、連続性のある断層として、TF-1断層及びTF-5断層の2本の断層が連続している。



地質水平断面図(O.P.約+46m)

2. 地質の概要

2.4 敷地の断層分布④

【緊急時対策建屋付近の地質構造】

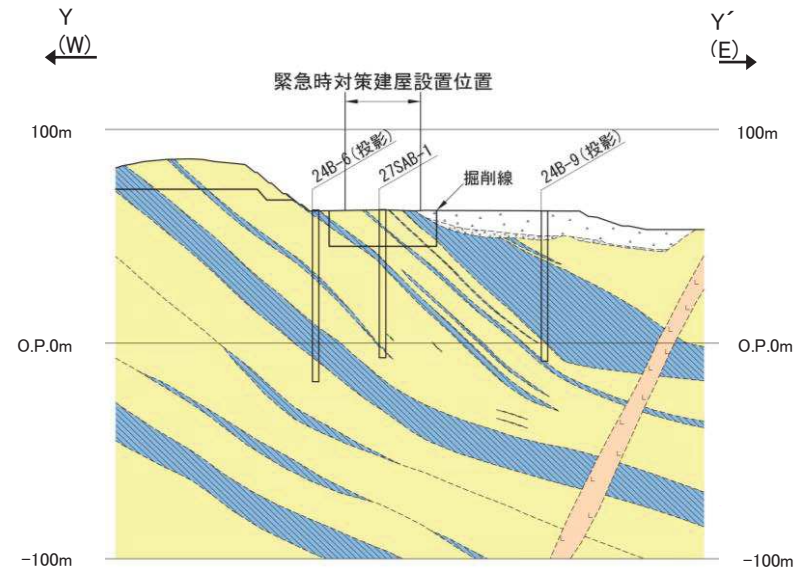
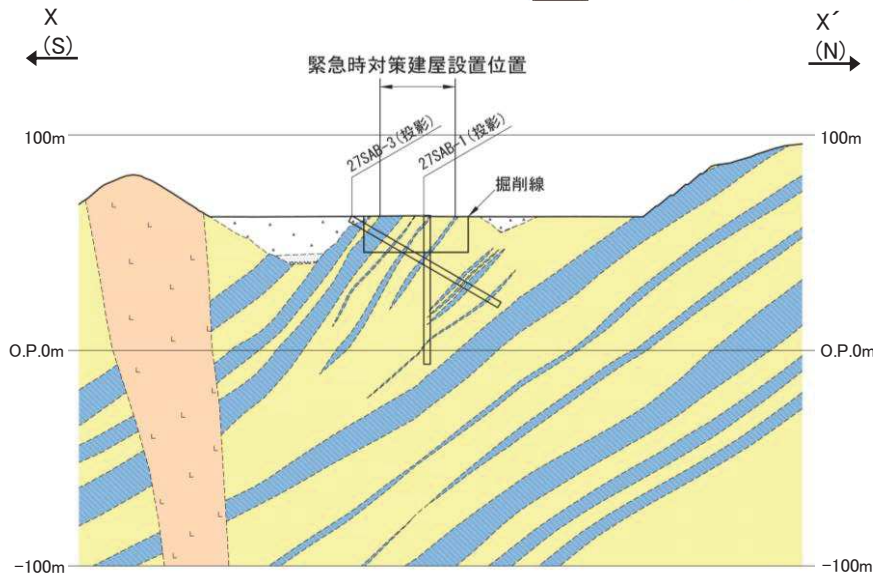
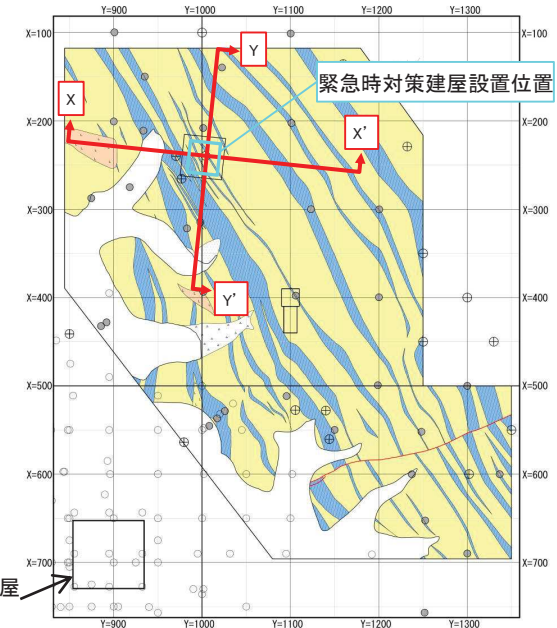
➢ NNE-SSW方向の小屋取背斜の東翼部に位置し、地層は南東～南南東に30～50° 傾斜している。

【緊急時対策建屋付近の断層の分布】

➢ 緊急時対策建屋付近には、下の断面図のとおり、比較的破碎幅があり、連続性のある断層は分布しない。

凡 例

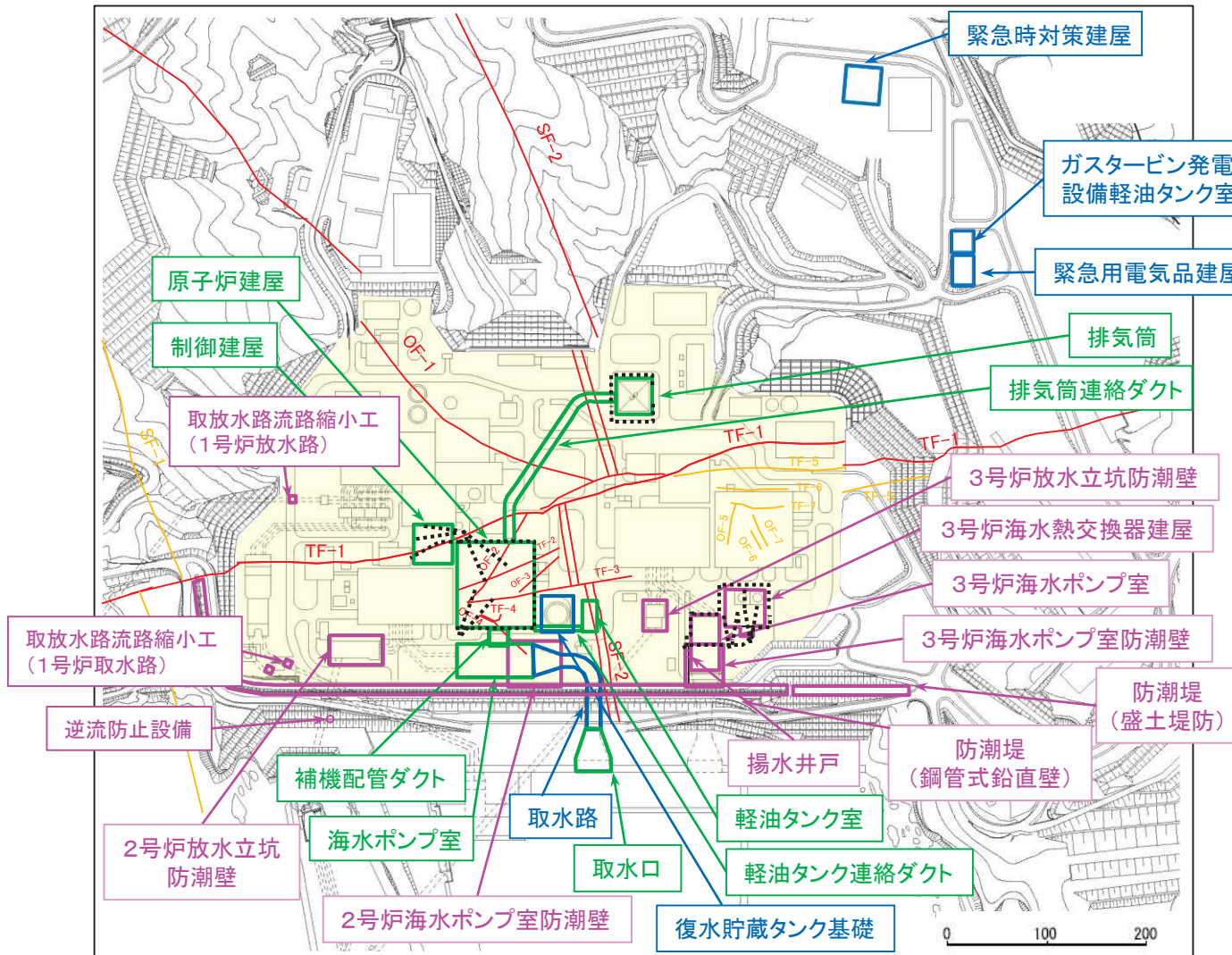
	盛 土
	第四系 (砂・礫)
	砂 岩
	頁 岩
	ひ ん 岩



2. 地質の概要

2.5 対象施設と断層位置

- 対象施設と主要な断層の位置関係を以下に示す。
- 敷地内の断層は、「敷地の地形、地質・地質構造」の審査において将来活動する可能性のある断層等ではないことを確認している。



断層タイプ	断層名	断層直上の耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の有無
走向断層	SF-1	無
	SF-2	有
斜交断層	OF-1	有
	OF-2	有
	OF-3	有
	OF-4	有
	OF-5	無
	OF-6	無
	OF-7	無
横断断層	TF-1	有
	TF-2	有
	TF-3	有
	TF-4	有
	TF-5	無
	TF-6	無
	TF-7	無

凡 例

- : 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の直下にある断層
- : 上記以外の断層
- : O.P.+14.8m盤
- : 耐震重要施設
- : 常設重大事故等対処施設
- : 耐震重要施設かつ常設重大事故等対処施設
- : 地下水位低下設備(全て地中構造物、一部計画図)

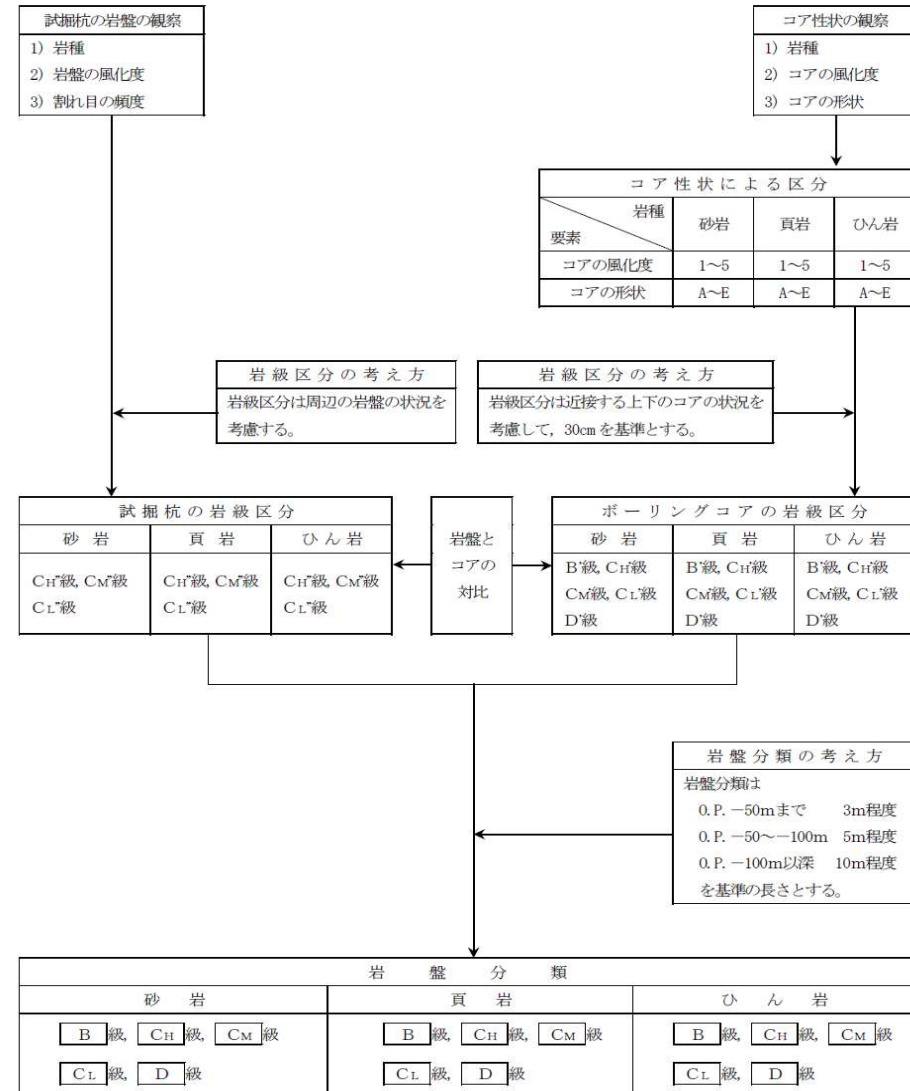
O.P.+14.8m盤はO.P.約-14mでの断層位置を示し、周囲は地質構造図による断層位置を示す。
本頁は現時点の敷地造成計画を反映した平面図に第474回審査会合資料の断層位置を反映したものの。

2. 地質の概要

2.6 岩盤分類

【岩盤分類】

- 女川原子力発電所の地盤は硬質岩盤であることから、岩盤分類は硬質岩盤で一般的に用いられている電研式岩盤分類(菊地ほか(1984))を基本とし、本地点の地質及び地質構造の特徴を考慮して、「風化の程度」及び「割れ目の頻度」を分類の指標とした。
- 上記の分類指標に基づき、ボーリングコア及び試掘坑についてそれぞれ岩級区分※を行った後、各岩級の分布状況を考慮して岩盤分類を行った。
- 岩盤分類は、岩種毎に **B** 級, **C_H** 級, **C_M** 級, **C_L** 級及び **D** 級の5段階とした。



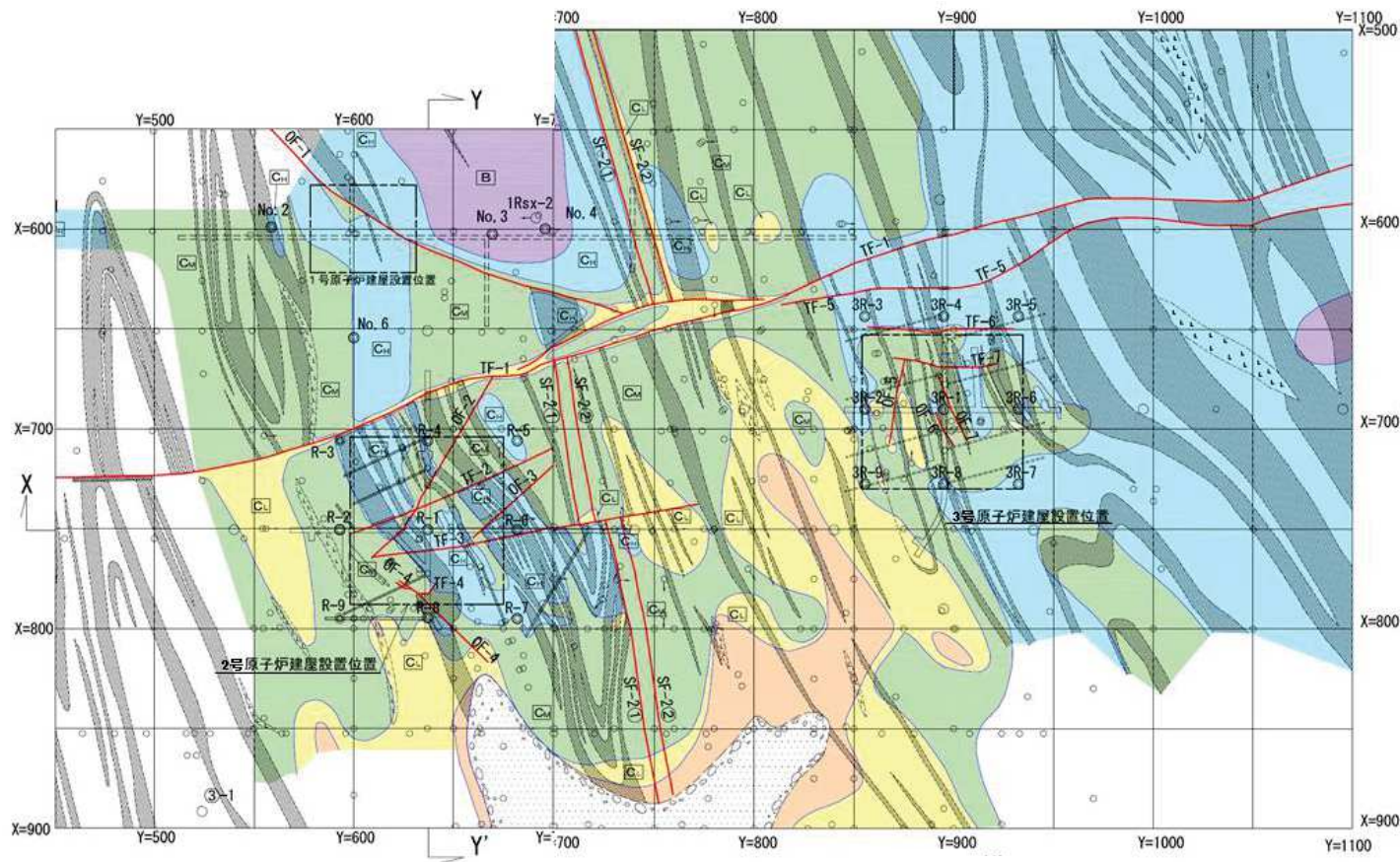
岩盤分類のフロー

※: 岩級区分の詳細については、補足説明資料「2. 解析用物性値に関する補足」に示す。

2. 地質の概要

2.7 岩盤分類(岩盤分類図(水平断面))①

- 原子炉建屋の基礎地盤は C_M 級以上の岩盤から構成されている。



- 凡 例
- 岩盤分類
- B 級
 - CH 級
 - CM 級
 - CL 級
 - D 級
- 岩盤分類境界
 - 盛 土
 - 第四系(砂礫)
 - 砂 岩
 - 頁 岩
 - ひ ん 岩
 - 地 質 境 界
 - 断 層
- * ○ - ボーリング位置

* 矢印は斜めボーリングの掘削方向を示す

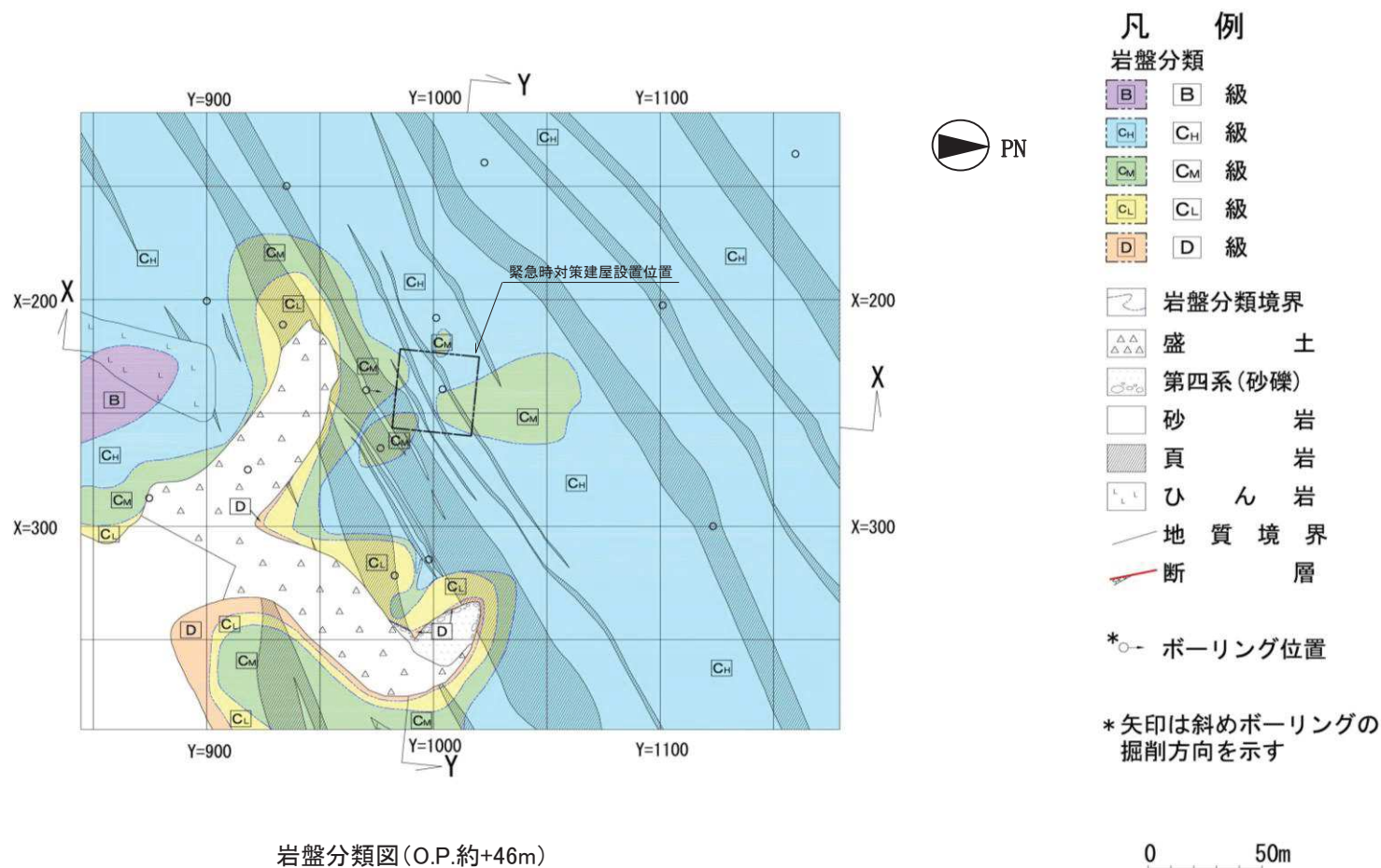
0 50m

岩盤分類図(O.P.約-14m)

2. 地質の概要

2.7 岩盤分類(岩盤分類図(水平断面))②

- 緊急時対策建屋の基礎地盤は C_M 級以上の岩盤から構成されている。



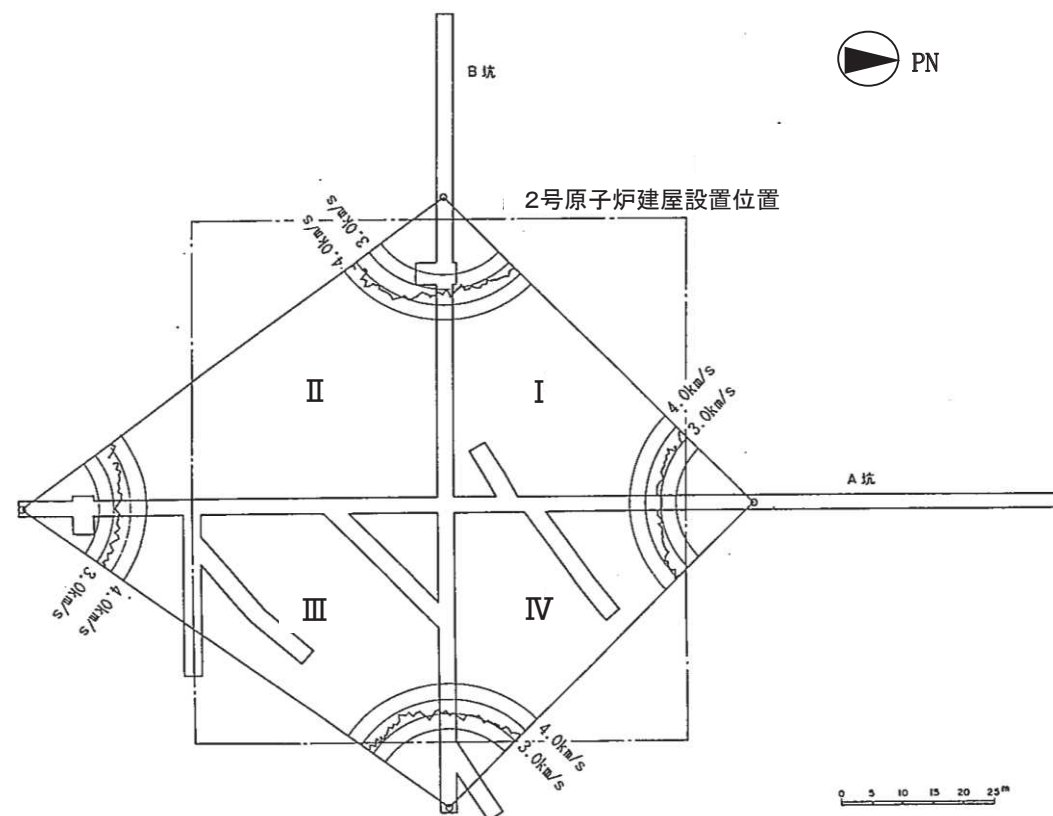
岩盤分類図(O.P.約+46m)

2. 地質の概要

2.8 異方性

- 試掘坑内において行った弾性波(P波)速度の測定結果により, P波速度は2.8~3.9km/s, 平均値 3.2km/s, 変動係数 6.2%であり, 方向の違いによる弾性波速度の大きな差は認められないことから, 顕著な異方性は確認されない。

領域	測線数 (本)	P波速度 (km/s)	平均値 (km/s)	変動係数 (%)
I	49	2.9~3.3	3.2	3.0
II	58	3.0~3.9	3.5	6.2
III	59	2.9~3.4	3.2	2.6
IV	50	2.8~3.5	3.1	5.2
全測線	216	2.8~3.9	3.2	6.2



目次

1. 評価概要
2. 地質の概要
3. 評価断面の選定
 3. 1 代表施設の選定方針
 3. 2 代表施設の選定結果
 3. 3 O.P.+14.8m盤の代表施設の選定
 3. 4 O.P.+62m盤の代表施設の選定
 3. 5 評価断面の選定
 3. 6 基礎地盤の評価方針
4. 基礎地盤の安定性評価
5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価
6. 周辺斜面の安定性評価
7. まとめ

評価フロー

1. 評価概要

- ・設置許可基準規則に基づき、評価対象施設を整理

	耐震重要施設	常設重大事故等対処施設
基礎地盤	第3条	第38条
周辺斜面	第4条	第39条

2. 地質の概要

- ・敷地には将来活動する可能性のある断層等が分布していないことを確認

3. 評価断面の選定

- ・支持地盤の相違(岩盤と改良地盤)、標高の相違(O.P.+14.8m盤とO.P.+62m盤)、基礎形式の相違に着目して代表施設並びに評価断面を選定

4. 基礎地盤の安定性評価

- ・解析用物性値の設定
- ・モデルの作成
- ・基礎地盤のすべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認
- ・基礎底面の地震時最大接地圧が評価基準値を超えないことを確認
- ・基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認

- ・審査ガイドに準拠し、適合性を確認

基礎地盤	・活断層の有無 : 第2章
	・地震力に対する基礎地盤の安定性評価 : 第3~4章
	・周辺地盤の変状による施設への影響評価 : 第5章
	・地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価 : 第5章
周辺斜面	・地震力に対する周辺斜面の安定性評価 : 第6章

5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価

- ・各施設の設置状況を踏まえ、不等沈下、揺すり込み沈下による影響が生じないことを確認
- ・周辺地盤の液状化により、対象施設が影響を受けない対策をする方針であることを確認
- ・地震発生に伴う地殻変動による地盤の傾斜を算出し、地殻変動及び地震動を考慮した最大傾斜が、評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認

6. 周辺斜面の安定性評価

- ・斜面法尻からの離間距離により、周辺斜面が対象施設に影響を与えないことを確認

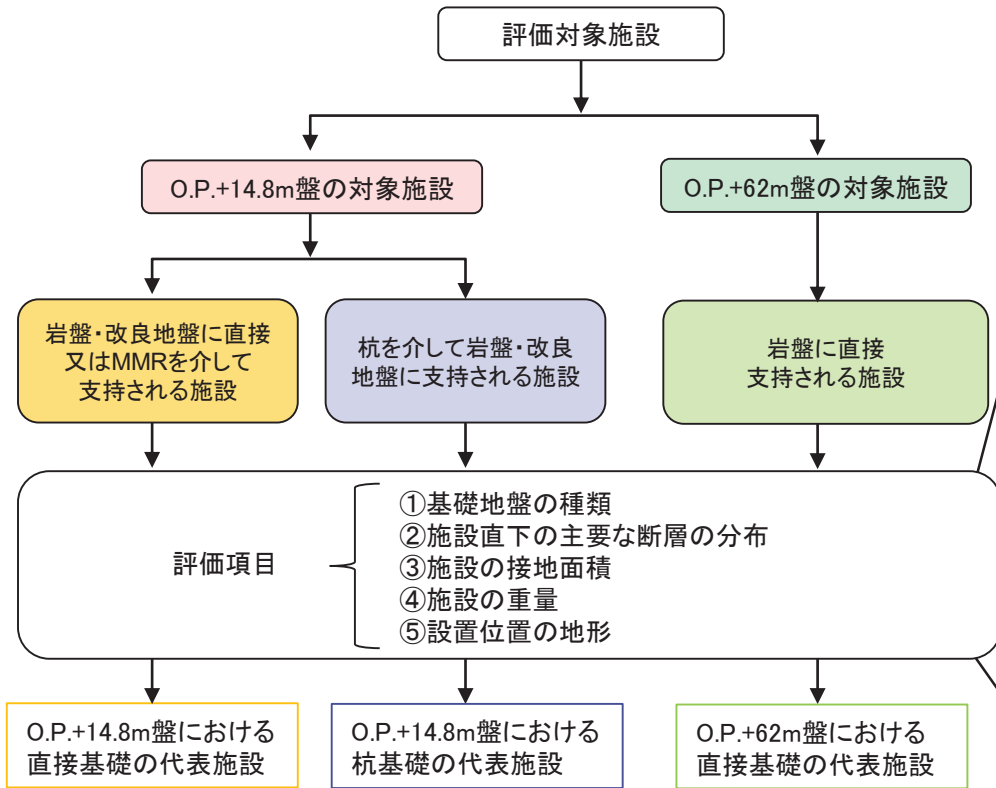
7. まとめ

3. 評価断面の選定

3.1 代表施設の選定方針

- 基礎地盤の安定性評価を実施する代表施設の選定フローを以下に示す。
- 敷地の標高(O.P.+14.8m盤, O.P.+62m盤)と基礎形式により分類し, 評価項目に基づき分類ごとの代表施設を選定する。

■ 代表施設の評価項目



代表施設の選定フロー

代表施設選定時の評価項目

評価項目		説明
基礎地盤の強度の評価 (抵抗力の評価)	①基礎地盤の種類	施設の基礎地盤は, 岩盤と改良地盤に分けられること, またO.P.+14.8m盤とO.P.+62m盤では標高や地質(部層)が異なることから, 基礎地盤の種類及び標高に応じて, 代表施設を選定する。
	②施設直下の主要な断層の分布	<ul style="list-style-type: none"> 施設直下の断層が多いほど, 断層によりすべり土塊が形成される可能性が高くなることから, 敷地内で確認されている主要な断層(p23)を基に, 直下に主要な断層の多い施設を選定する。 岩盤には, 褶曲構造の形成過程で生じた「フレキシユラル・スリップ」によるものと考えられる, 層理面と平行なシームが認められるが, 敷地全体に共通の特徴であることから, 主要な断層の分布を考慮する。
基礎地盤に作用する地震力の評価 (滑動力の評価)	③施設の接地面積	施設の接地面積が大きい方が, 基礎地盤へ滑動力が伝わりやすい。
	④施設の重量	<ul style="list-style-type: none"> 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は大きい。 地中構造物は, 一般に周囲の地盤より重量が小さく基礎地盤に作用する滑動力は周囲の地盤より小さい。
	⑤設置位置の地形	斜面部等に設置される施設において, 施設の前面と背面に高低差がある場合, 標高の低い方向への滑動力が大きくなる。

3. 評価断面の選定

3.2 代表施設の選定結果(O.P.+14.8m盤の直接基礎)①

- O.P.+14.8m盤の対象施設のうち、直接基礎形式の代表として、岩盤に支持される施設は原子炉建屋、改良地盤及び岩盤に支持される施設は防潮堤(盛土堤防)を選定した。

代表施設の選定結果

対象施設		代表施設選定時の評価項目					代表施設選定結果
		① 基礎地盤の種類	② 施設直下の主要な断層の分布	③ 施設の接地面積	④ 施設の重量	⑤ 設置位置の地形	
O.P.+14.8m盤 の対象施設	直接 基礎	原子炉建屋	他の施設と同じ岩盤に支持される。(p19,35)	施設直下の主要な断層は、他の施設より多い。(p23)	施設の接地面積は、防潮堤(盛土堤防)に次いで大きい。(p32)	施設の重量は、他の施設より大きい。(p32)	代表施設に選定
		制御建屋	原子炉建屋と同じ岩盤に支持される。(p19,36*)	施設直下の主要な断層は、原子炉建屋より少ない。(p23)	施設の接地面積は、原子炉建屋より小さい。(p32)	施設の重量は、原子炉建屋より小さい。(p32)	
		排気筒					
		復水貯蔵タンク基礎					
		逆流防止設備					
海水ポンプ室、取水口他の地中構造物(取水路、補機配管ダクト、排気筒連絡ダクト、軽油タンク室、軽油タンク連絡ダクト、取放水路流路縮小工(1号炉取水路)、取放水路流路縮小工(1号炉放水路)、3号炉海水ポンプ室、3号炉熱交換機建屋、揚水井戸、地下水位低下設備)	原子炉建屋と同じ岩盤に支持される。(p19,37*)	施設の重量は、原子炉建屋より小さい。(p32)	代表施設に選定				
防潮堤(盛土堤防)	改良地盤及び岩盤に支持される。(p19,38)	施設直下に主要な断層は確認されない。(p23)	施設の接地面積は原子炉建屋よりも大きい。(p32)	施設の重量は原子炉建屋に次いで大きい。(p32)	施設の前面と背面に高低差がある形状である。(p38)	代表施設に選定	

※:逆流防止設備及び海水ポンプ室と取水口以外の地中構造物の設置状況は補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。

3. 評価断面の選定

3.2 代表施設の選定結果(O.P.+14.8m盤の直接基礎)②

- O.P.+14.8m盤の代表施設の選定について、対象施設の諸元及び代表施設の選定理由を以下に示す。

対象施設の諸元及び代表施設の選定理由※1

対象施設		施設直下の主要な断層	施設の重量※2 (MN)	施設の接地面積 (m ²)	接地圧 (MN/m ²)	選定理由		
O.P.+14.8m盤の対象施設	直接基礎	原子炉建屋	OF-2 OF-3 OF-4 TF-2 TF-4	3,415	6,468	0.53	原子炉建屋は、岩盤に支持される施設のうち最大重量であり、施設の接地面積は防潮堤(盛土堤防)に次いで大きい。また、施設の直下には主要な断層が比較的多く、すべり安全率評価等が厳しくなる。以上より、すべり安全率評価等が厳しくなると判断し、代表施設に選定する。	
		制御建屋	TF-1	359	1,845	0.19	施設の重量及び接地面積は原子炉建屋よりも小さいため、原子炉建屋の評価で代表させる。	
		排気筒	-	608	1,444	0.42		
		復水貯蔵タンク基礎	-	159	868	0.18		
		逆流防止設備	-	2	28	0.07	施設の重量及び接地面積は原子炉建屋よりも著しく小さいため、原子炉建屋の評価で代表させる。	
		地中構造物※3	海水ポンプ室	OF-4	786	2,318	0.34	施設の重量及び接地面積は原子炉建屋よりも小さく、かつ、地中構造物であり施設の重量は施設の体積分の土の重量より小さいため、原子炉建屋の評価で代表させる。
			取水口	-	140	991	0.14	
		防潮堤(盛土堤防)	セメント改良土	-	2,289	7,204	0.26※4	防潮堤(盛土堤防)は、改良地盤及び岩盤に支持される施設で、重量は原子炉建屋に次いで大きく、施設の接地面積は最大である。また、施設の前面と背面に高低差のある形状であり滑動力が大きくなる。以上より、すべり安全率評価等が厳しくなると判断し、代表施設に選定する。
			置換コンクリート		808		0.40※5	
			計		3,097		-	

※1: 対象施設の諸元の詳細を、補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。

※2: 施設の重量は基本設計段階の情報に基づく。

※3: 地中構造物を代表して、海水ポンプ室と取水口の諸元を示す。その他の構造物の諸元は補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。

※4: セメント改良土の形状が断面によって異なるため、セメント改良土の重量が大きくなる断面にて算出。

※5: 置換コンクリートの設置レベルが断面によって異なるため、設置レベルが深くなり、置換コンクリートの重量が大きくなる断面にて算出。

3. 評価断面の選定

3.2 代表施設の選定結果(O.P.+14.8m盤の杭基礎及びO.P.+62m盤の直接基礎)①

- O.P.+14.8m盤の対象施設のうち、杭基礎形式の代表として、防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部を選定した。
- O.P.+62m盤の対象施設のうち、直接基礎形式の代表として、緊急時対策建屋を選定した。

代表施設の選定結果(O.P.+14.8m盤の対象施設)

対象施設		施設選定時の評価項目					代表施設 選定結果	
		① 基礎地盤の種類	② 施設直下の主要な断層の分布	③ 施設の接地面積	④ 施設の重量	⑤ 設置位置の地形		
O.P.+14.8m盤 の対象施設	杭基礎	防潮堤 (鋼管式鉛直壁) 一般部	鋼管杭は岩盤及び改良地盤に、置換コンクリートは岩盤に、背面補強工は改良地盤に支持される。(p19,39)	施設直下の一部に主要な断層が確認される。(p23)	施設は杭、背面補強工及び置換コンクリートから構成され、施設の接地面積は、他の施設より大きい。(p34)	施設の重量は他の施設よりも大きい。(p34)	施設は斜面上に設置され、横断方向に高低差がある。(p39)	代表施設に選定
		防潮堤 (鋼管式鉛直壁) 岩盤部	防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部と同じ岩盤に支持される。(p19,39,40)	施設直下に主要な断層は確認されない。(p23)	施設の接地面積は、防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部より小さい。(p34)	施設の重量は、防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部よりも小さい。(p34)	施設は斜面上に設置され、横断方向に高低差がある。(p39)	防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部で代表
		防潮壁	施設直下の一部に主要な断層が確認される。(p23)	平地に設置される。(p40)				

代表施設の選定結果(O.P.+62m盤の対象施設)

対象施設		施設選定時の評価項目					代表施設 選定結果	
		① 基礎地盤の種類	② 施設直下の主要な断層の分布	③ 施設の接地面積	④ 施設の重量	⑤ 設置位置の地形		
O.P.+62m盤の 対象施設	直接基礎	緊急時対策建屋	他の施設と同じ岩盤に構築される。(p21,43)	施設直下には主要な断層は確認されない。(p23)	施設の接地面積は、他の施設より大きい。(p34)	施設重量は、他の施設より大きい。(p34)	平地に設置される。(p43)	代表施設に選定
		緊急用電気品建屋	緊急時対策建屋と同じ岩盤に支持される。(p21,43)		施設の接地面積は緊急時対策建屋より小さい。(p34)	施設の重量は、緊急時対策建屋よりも小さい。(p34)		緊急時対策建屋の評価で代表
		ガスタービン発電設備軽油タンク室				地中構造物(施設の重量は、緊急時対策建屋より小さい)(p34)		

3. 評価断面の選定

3.2 代表施設の選定結果(O.P.+14.8m盤の杭基礎及びO.P.+62m盤の直接基礎)②

- O.P.+14.8m盤及びO.P.+62m盤の代表施設の選定について、対象施設の諸元及び代表施設の選定理由を以下に示す。

対象施設の諸元及び代表施設の選定理由(O.P.+14.8m盤の対象施設)^{※1}

対象施設		施設直下の主要な断層	施設の重量 ^{※2} (MN)	施設の接地面積 (m ²)	接地圧 (MN/m ²)	選定理由		
O.P.+14.8m盤の 対象施設	杭基礎	防潮堤 (鋼管式鉛直壁) 一般部 (1ブロックあたり)	鋼管杭 (鋼管杭が支持 する鋼製遮水壁、 止水目地、頂部 はり含む)	SF-2	23	44	0.52	防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部は、杭基礎構造の施設のうち最大重量であり、施設は鋼管杭、背面補強工及び置換コンクリートから構成され接地面積も大きい。また、施設は斜面上に設置され、横断方向に高低差があり、滑動力が大きくなる。以上より、すべり安全率評価等が厳しくなると判断し、代表施設に選定する。
			背面補強工		62	437	0.14	
			置換コンクリート		327 ^{※4}	455	0.72	
			計		412 ^{※4}	936	-	
		防潮堤(鋼管式鉛直壁)岩盤部	-	2	5	0.40	施設の重量及び接地面積は防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部よりも小さいため、防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の評価で代表させる。	
	2号炉海水ポンプ室防潮壁の鋼桁部 ^{※3}	OF-4	23	16	1.44	施設の重量及び接地面積は防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部よりも小さいため、防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の評価で代表させる。		

対象施設の諸元及び代表施設の選定理由(O.P.+62m盤の対象施設)^{※1}

対象施設		施設直下の主要な断層	施設の重量 ^{※2} (MN)	施設の接地面積 (m ²)	接地圧 (MN/m ²)	選定理由	
O.P.+62m盤の 対象施設	直接基礎	緊急時対策建屋	-	581	2,209	0.26	緊急時対策建屋は、O.P.+62m盤の対象施設のうち最大重量であり、施設の接地面積も大きいことから、すべり安全率評価等が厳しくなると判断し、代表施設に選定する。
		緊急用電気品建屋	-	131	810	0.16	施設の重量及び接地面積は緊急時対策建屋より小さいため、緊急時対策建屋の評価で代表させる。
		ガスタービン発電設備軽油タンク室	-	51	447	0.11	施設の重量及び接地面積は緊急時対策建屋より小さく、かつ地中構造物であり施設の重量は施設の体積分の土の重量より小さいため、緊急時対策建屋の評価で代表させる。

※1:対象施設の諸元の詳細を、補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。

※2:施設の重量は基本設計段階の情報に基づく。

※3:防潮壁のうち、最大重量となる2号炉海水ポンプ室防潮壁の鋼桁部の値を記載。その他の防潮壁の諸元については、「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。

※4:置換コンクリートの設置レベルが断面によって異なるため、設置レベルが深くなり、置換コンクリートの重量が大きくなる断面にて算出。

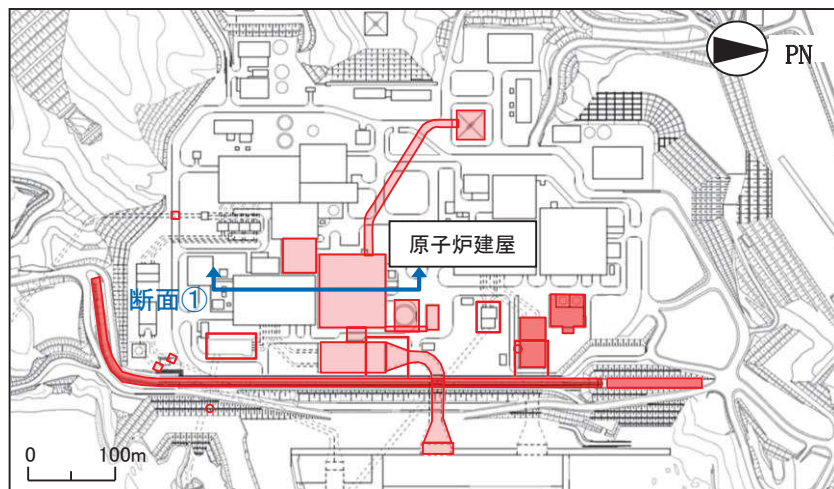
3. 評価断面の選定 3.3 O.P.+14.8m盤の代表施設の選定(直接基礎)

3.3.1 原子炉建屋(地上構造物)

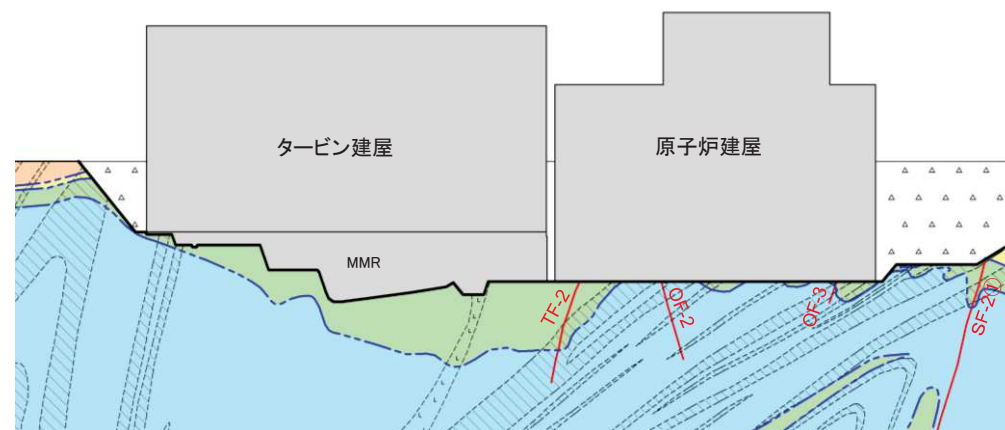
- 原子炉建屋は、直接岩盤に支持されている。
- O.P.+14.8m盤の施設のうち、直接基礎形式で岩盤に支持される施設の代表として、原子炉建屋を選定する。

原子炉建屋を選定する理由(番号は選定方針の評価項目)

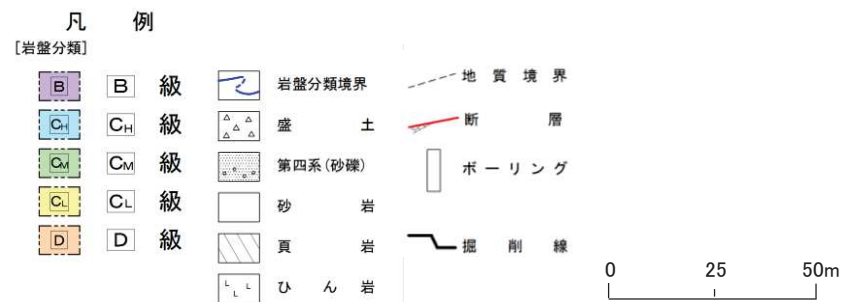
- ①原子炉建屋は岩盤に支持される。(p19)
- ②施設直下の主要な断層は他の施設より多い。(p23)
- ③施設の接地面積は防潮堤(盛土堤防)に次いで大きい。(p32)
- ④施設の重量は最大である。(p32)



対象施設配置図



断面①



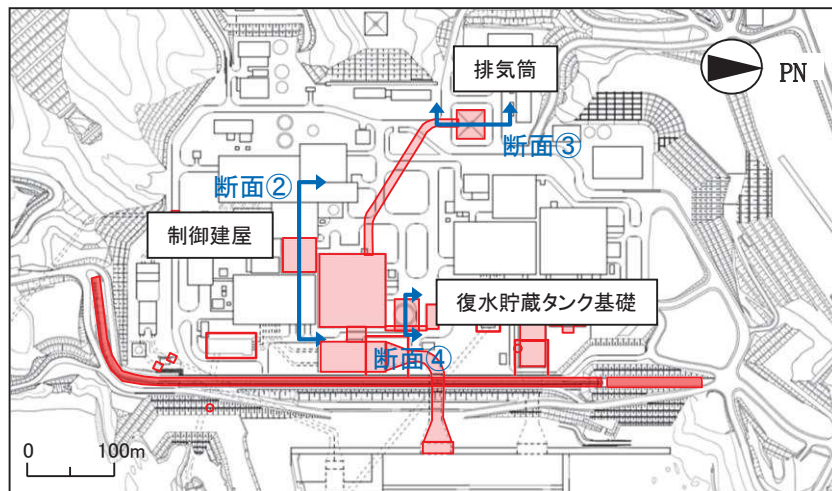
3. 評価断面の選定 3.3 O.P.+14.8m盤の代表施設の選定(直接基礎)

3.3.2 制御建屋, 排気筒, 復水貯蔵タンク基礎(地上構造物)

- 排気筒は, 直接岩盤に支持されており, 制御建屋及び復水貯蔵タンク基礎は, MMRを介して岩盤に支持されている。
- これらの施設に対するすべりの評価は, 以下の理由により原子炉建屋の評価に代表させる。

原子炉建屋に代表させる理由 (番号は選定方針の評価項目)

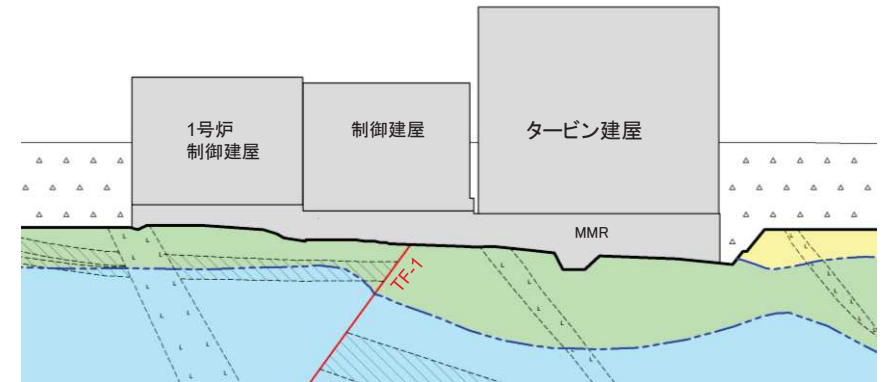
- ①全ての施設が原子炉建屋と同じ岩盤に支持される。(p19)
- ②主要な断層は原子炉建屋直下に比較的多い。(p23)
- ③施設の接地面積は原子炉建屋よりも小さい。
- ④施設の重量は原子炉建屋よりも小さい。



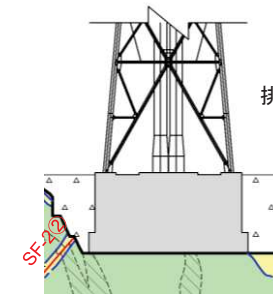
対象施設配置図

対象施設の諸元※

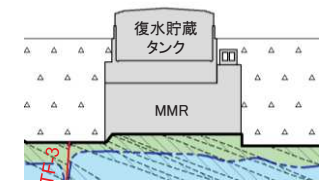
名称	施設の接地面積 (m ²)	各施設接地面積 / 原子炉建屋接地面積	施設重量 (MN)	各施設重量 / 原子炉建屋重量
原子炉建屋	6,468	1.00	3,415	1.00
制御建屋	1,845	0.29	359	0.11
排気筒	1,444	0.22	608	0.18
復水貯蔵タンク基礎	868	0.13	159	0.05



断面②

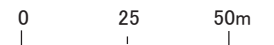


断面③



断面④

凡例



※: 対象施設の諸元の詳細は, 補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。

3. 評価断面の選定 3.3 O.P.+14.8m盤の代表施設の選定(直接基礎)

3.3.3 海水ポンプ室, 取水口(地中構造物)

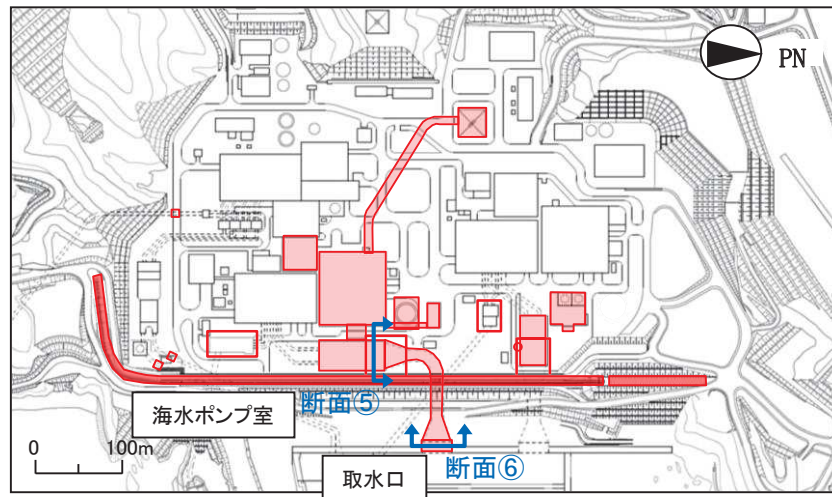
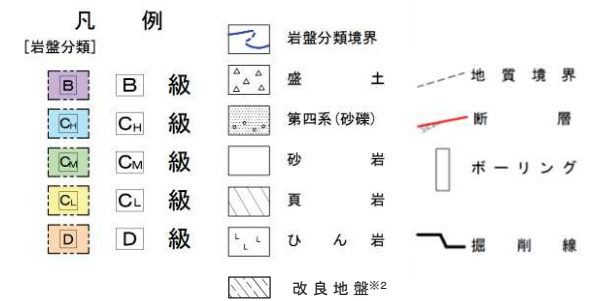
- 地中構造物である海水ポンプ室, 取水口等の地中構造物※1は, 直接又はMMRを介して岩盤に支持されている。
- これらの施設に対するすべりの評価は, 以下の理由により原子炉建屋の評価に代表させる。

原子炉建屋に代表させる理由 (番号は選定方針の評価項目)

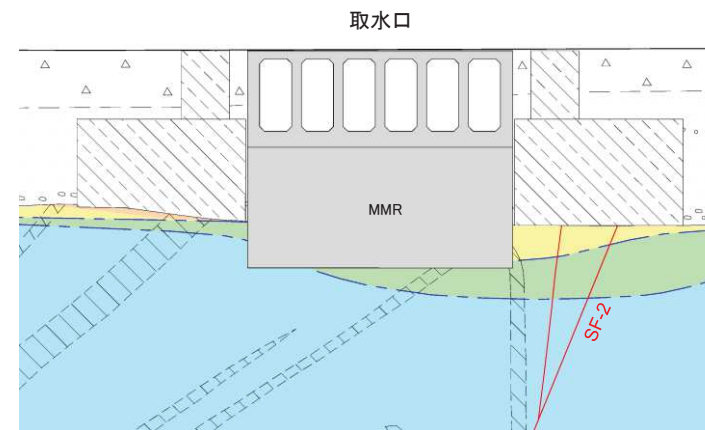
- ①全ての施設が原子炉建屋と同じ岩盤に支持される。(p19)
- ②主要な断層は原子炉建屋直下に比較的多い。(p23)
- ③施設の接地面積は原子炉建屋よりも小さい。(p32)
- ④掘りこみ式の地中構造物であり, 施設の重量は原子炉建屋よりも小さい。(p32)



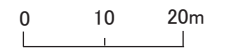
断面⑤



対象施設配置図



断面⑥



※1: 海水ポンプ室と取水口を地中構造物の代表に記載しており, 取水路, 補機配管ダクト, 排気筒連絡ダクト, 軽油タンク室, 軽油タンク連絡ダクト, 取放水路流路縮小工(1号炉取水路), 取放水路流路縮小工(1号炉放水路), 3号炉海水ポンプ室, 3号炉熱交換器建屋, 揚水井戸, 地下水位低下設備の設置状況は補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。

※2: 改良範囲は今後の設計進捗により変更となる可能性がある。

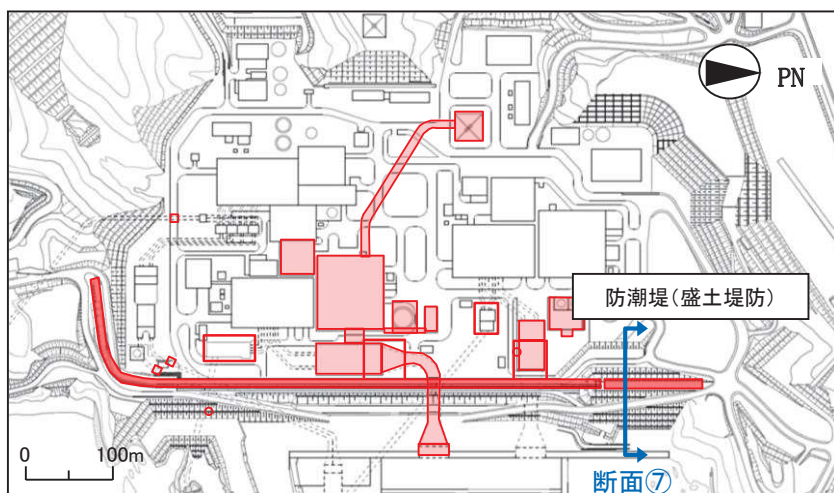
3. 評価断面の選定 3.3 O.P.+14.8m盤の代表施設の選定(直接基礎)

3.3.4 防潮堤(盛土堤防)

- 防潮堤(盛土堤防)は、セメント改良土及び置換コンクリートにより構成され^{※1}、改良地盤及び岩盤に支持されている。
- O.P.+14.8m盤の施設のうち、直接基礎形式で改良地盤及び岩盤に支持される施設の代表として、防潮堤(盛土堤防)を選定する。

防潮堤(盛土堤防)を選定する理由(番号は選定方針の評価項目)

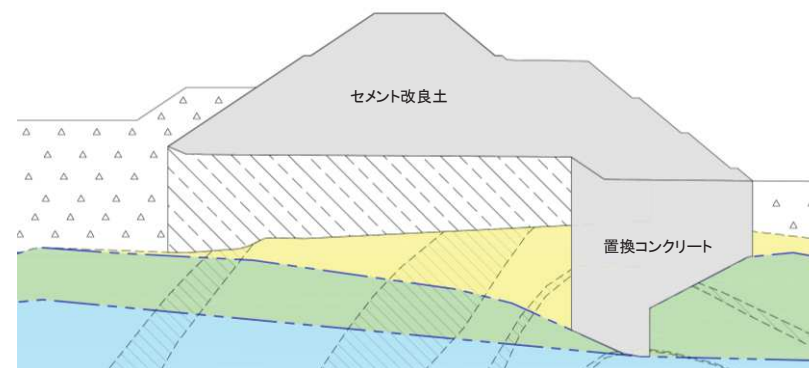
- ①防潮堤(盛土堤防)は、改良地盤及び岩盤に支持される。(p19)
- ③施設の接地面積は最大である。
- ④施設の重量は原子炉建屋に次いで大きい。
- ⑤施設の前面と背面に高低差のある形状であり、滑動力が大きくなる。



対象施設配置図

対象施設の諸元^{※2}

名称	施設の接地面積 (m ²)	施設重量 (MN)
防潮堤(盛土堤防)	7,204	3,097
原子炉建屋(参考)	6,468	3,415



断面⑦

0 10 20m



※1: 防潮堤(盛土堤防)の施設の範囲については、補足説明資料「4. 防潮堤の設計方針について 4.6」に示す。

※2: 対象施設の諸元の詳細は、補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。

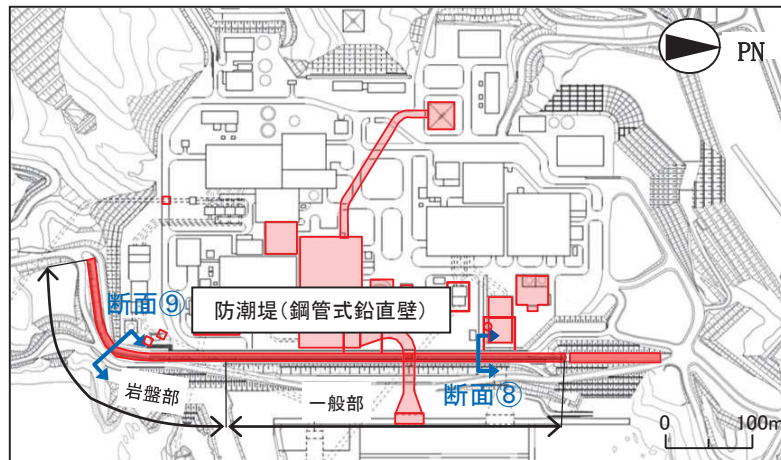
3. 評価断面の選定 3.3 O.P.+14.8m盤の代表施設の選定(杭基礎)

3.3.5 防潮堤(鋼管式鉛直壁)

- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)は、鋼管杭、背面補強工、鋼製遮水壁及び置換コンクリートにより構成される※1。
- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の鋼管杭は2種類の長さの杭(短杭、長杭)で構成される。
- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)の一般部は岩盤及び改良地盤に支持され、岩盤部は岩盤に支持されている。
- O.P.+14.8m盤の施設のうち、杭基礎形式の施設の代表として、防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部を選定する。

防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部に代表させる理由(番号は選定方針の評価項目)

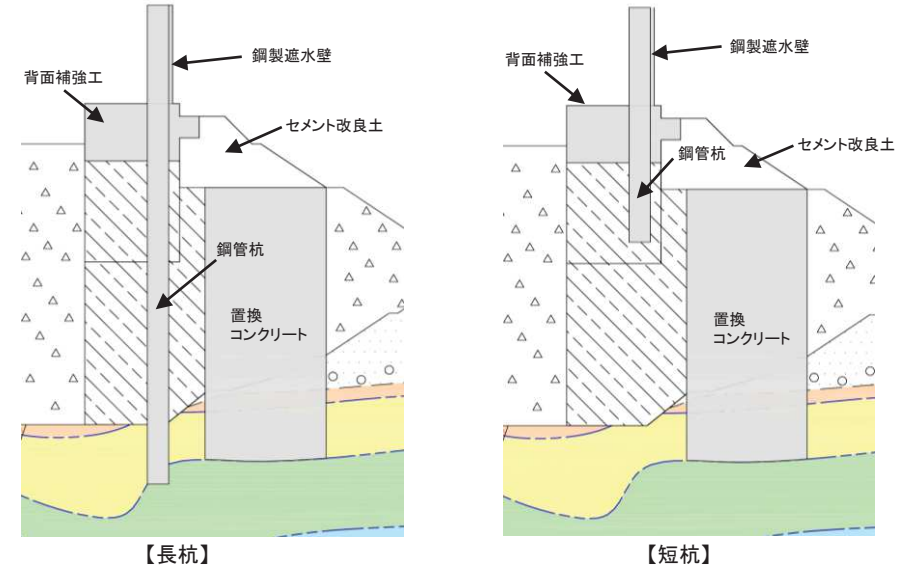
- ①岩盤部は一般部と同じ岩盤に支持される。(p19)
- ③一般部は鋼管杭、背面補強工及び置換コンクリートから構成され、施設の接地面積が大きい。
- ④施設の重量は一般部の方が著しく大きい。



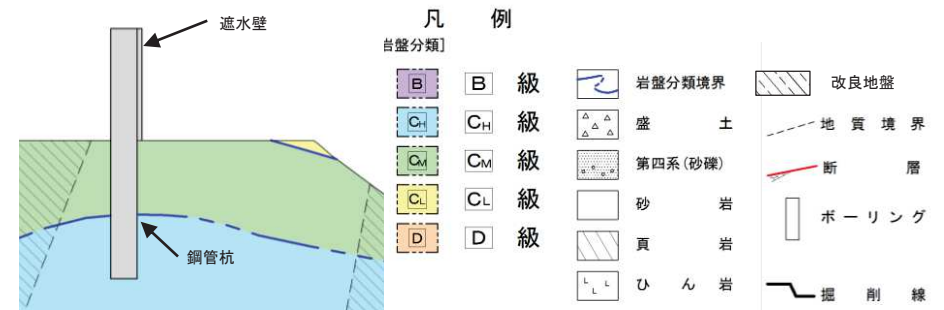
対象施設配置図

対象施設の諸元※2

名称	施設の接地面積 (m ²)	岩盤部接地面積 / 一般部接地面積	施設重量 (MN)	岩盤部重量 / 一般部重量
防潮堤(鋼管式鉛直壁) 一般部	936	1.00	412	1.00
防潮堤(鋼管式鉛直壁) 岩盤部	5	0.005	2	0.005



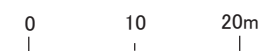
鋼管式鉛直壁(一般部)…断面⑧



鋼管式鉛直壁(岩盤部)…断面⑨

※1: 防潮堤(鋼管式鉛直壁)の施設の範囲については、補足説明資料「4. 防潮堤の設計方針について 4.4, 4.5」に示す。

※2: 対象施設の諸元の詳細は、補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。



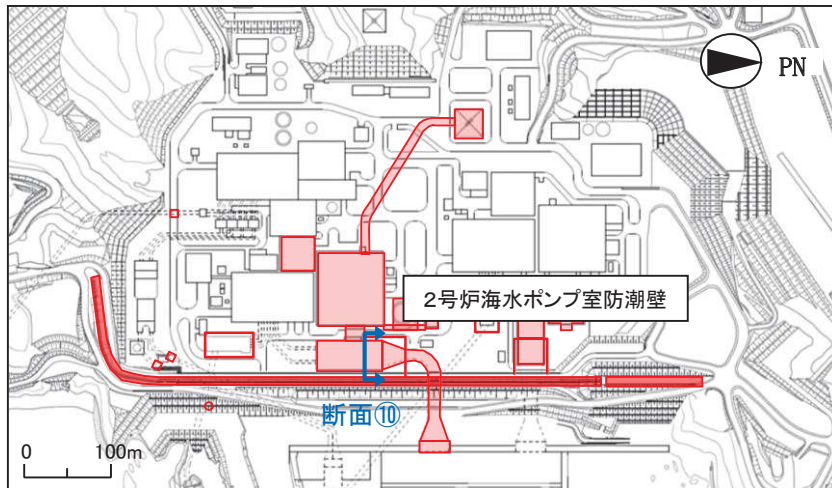
3. 評価断面の選定 3.3 O.P.+14.8m盤の代表施設の選定(杭基礎)

3.3.6 防潮壁

- 防潮壁のうち最大重量となる2号炉海水ポンプ室防潮壁の鋼桁部は、海水ポンプ室を横断する遮水壁を鋼管杭で支持する構造であり、岩盤に支持されている。
- 施設に対するすべりの評価は、以下の理由により防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の評価に代表させる。

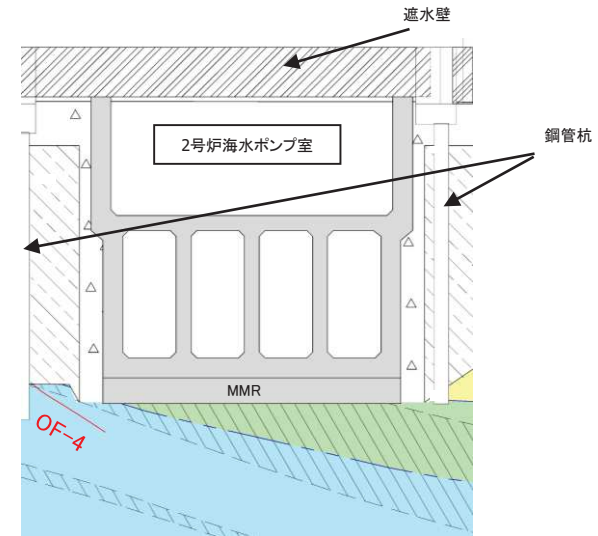
防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部に代表させる理由(番号は選定方針の評価項目)

- ①防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部と同じ岩盤に支持される。(p19)
- ③施設の接地面積は防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部よりも小さい。
- ④施設の重量は防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部よりも小さい。
- ⑤防潮壁は平地に防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部は斜面上に設置される。(p39)

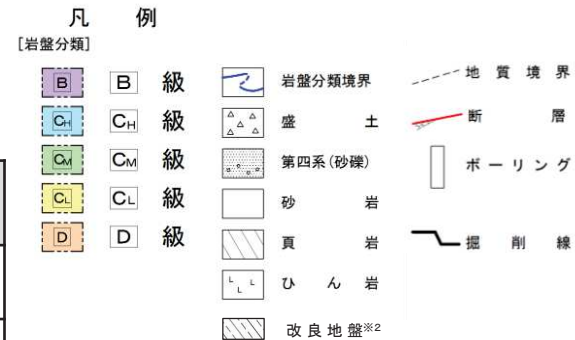


対象施設配置図
対象施設の諸元※1

名称	施設の接地面積 (m ²)	防潮壁接地面積 / 防潮堤接地面積	施設重量 (MN)	防潮壁重量 / 防潮堤重量
防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部	936	1.00	412	1.00
2号炉海水ポンプ室防潮壁鋼桁部	16	0.02	23	0.06



断面⑩

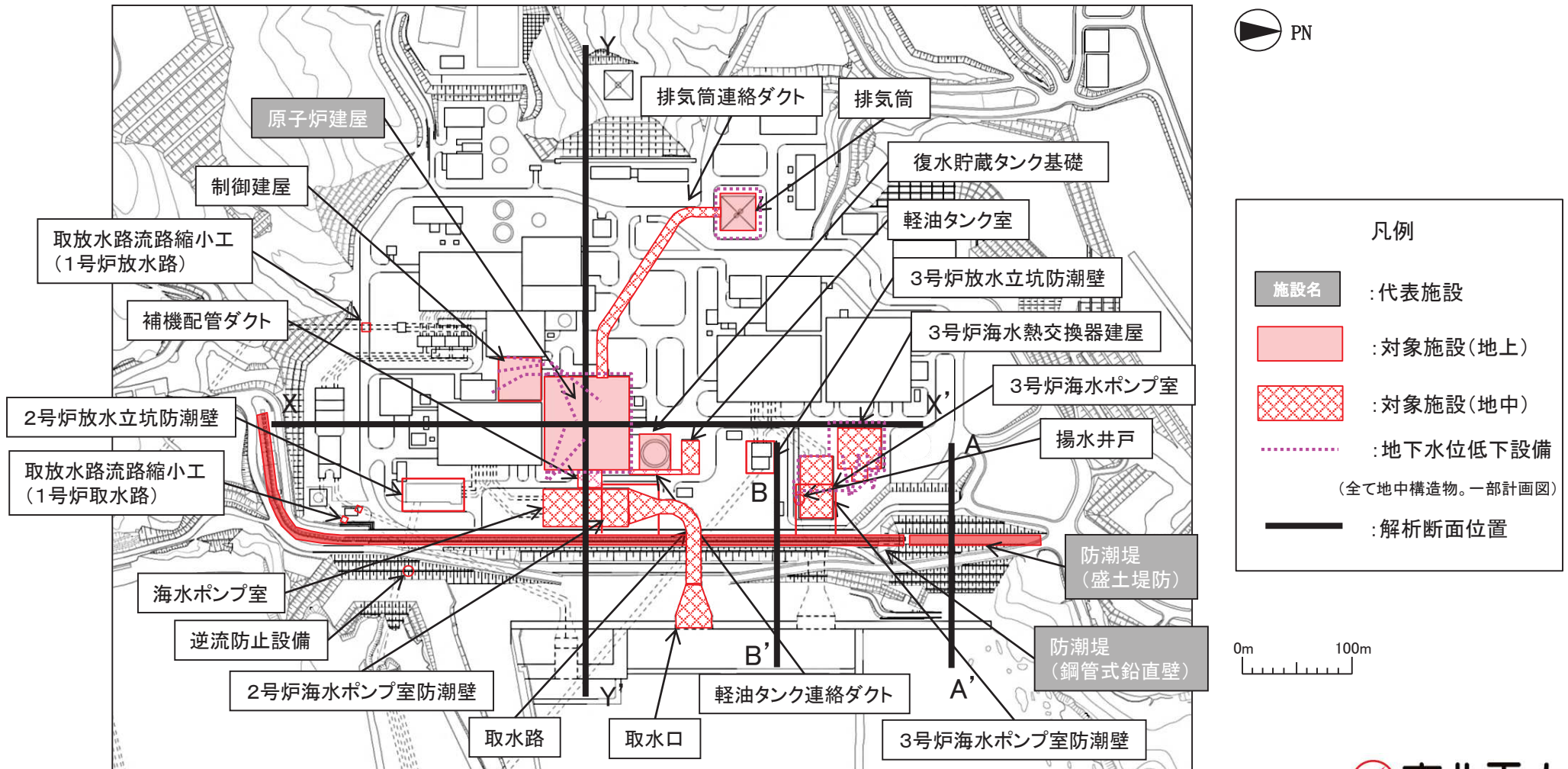


※1: 対象施設の諸元の詳細及び断面選定根拠は、補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。
 ※2: 改良範囲は今後の設計進捗により変更となる可能性がある。

3. 評価断面の選定 3.3 O.P.+14.8m盤の代表施設の選定

3.3.7 O.P.+14.8m盤の代表施設(選定結果)

- O.P.+14.8m盤の対象施設のうち、直接基礎形式の代表として、岩盤に支持される施設から原子炉建屋を、改良地盤及び岩盤に支持される施設から防潮堤(盛土堤防)を選定した。
- O.P.+14.8m盤の対象施設のうち、杭基礎形式の代表として、防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部を選定した。
- なお、後述する原子炉建屋の解析領域には、その他の評価対象施設がおおむね包含される。



3. 評価断面の選定 3.4 O.P.+62m盤の代表施設の選定

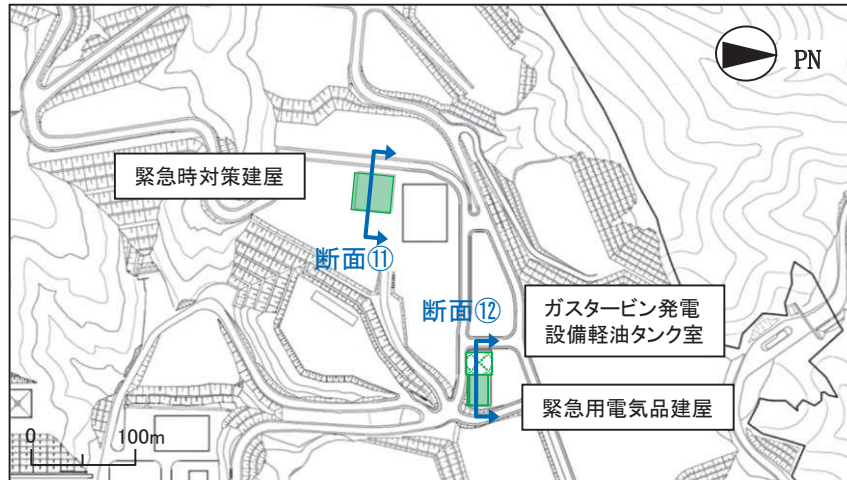
3.4.1 緊急時対策建屋, 緊急用電気品建屋, ガスタービン発電設備軽油タンク室

- O.P.+62m盤に設置される施設は, 全て直接岩盤に支持されている。
- これらの施設に対する評価は, 以下の理由により緊急時対策建屋の評価に代表させる。

緊急時対策建屋に代表させる理由 (番号は選定方針の評価項目)
 ①全ての施設が緊急時対策建屋と同じ岩盤に支持される。(p21)
 ③施設の接地面積は緊急時対策建屋が最大である。
 ④施設の重量は緊急時対策建屋が最大である。

対象施設の諸元※

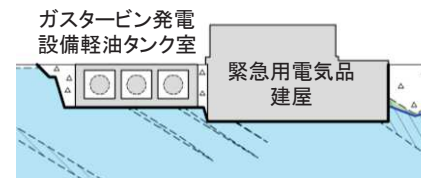
名称	施設の接地面積 (m ²)	各施設接地面積 / 緊急時対策建屋接地面積	施設重量 (MN)	各施設重量 / 緊急時対策建屋重量
緊急時対策建屋	2,209	1.00	571	1.00
緊急用電気品建屋	810	0.37	131	0.23
ガスタービン発電設備軽油タンク室	447	0.20	地中構造物	



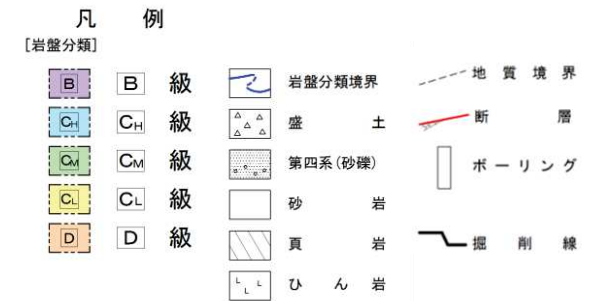
対象施設配置図



断面⑪



断面⑫

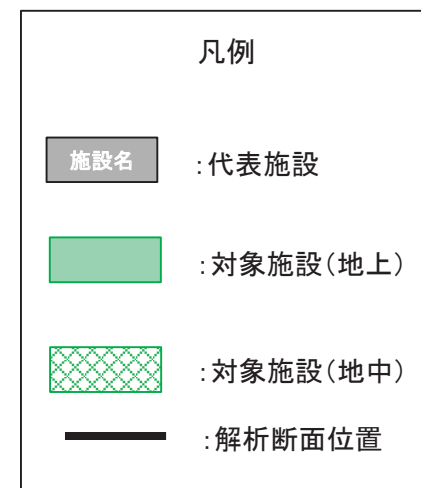
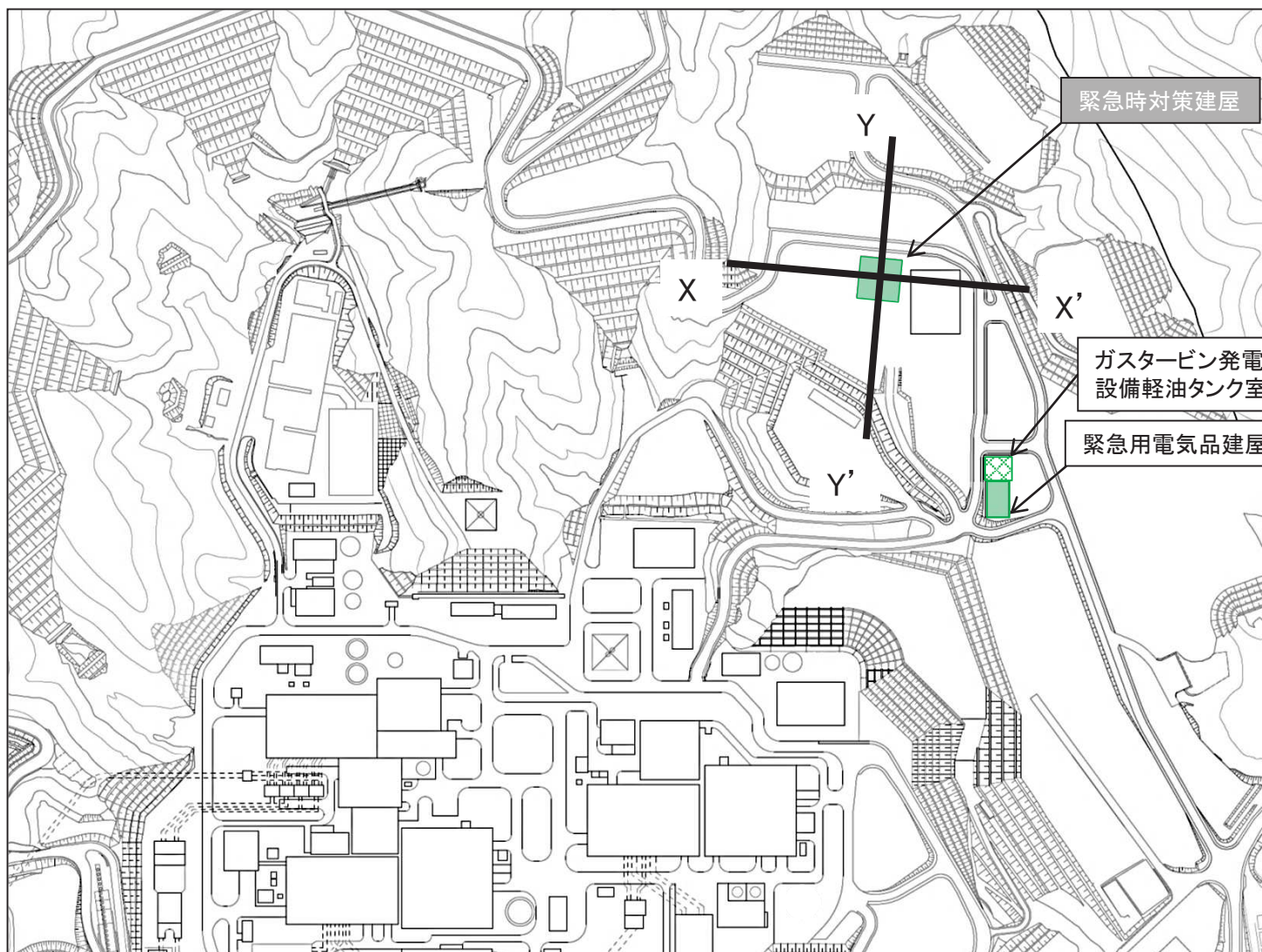


※: 対象施設の諸元の詳細は, 補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。

3. 評価断面の選定 3.4 O.P.+62m盤の代表施設の選定

3.4.2 O.P.+62m盤の代表施設(選定結果)

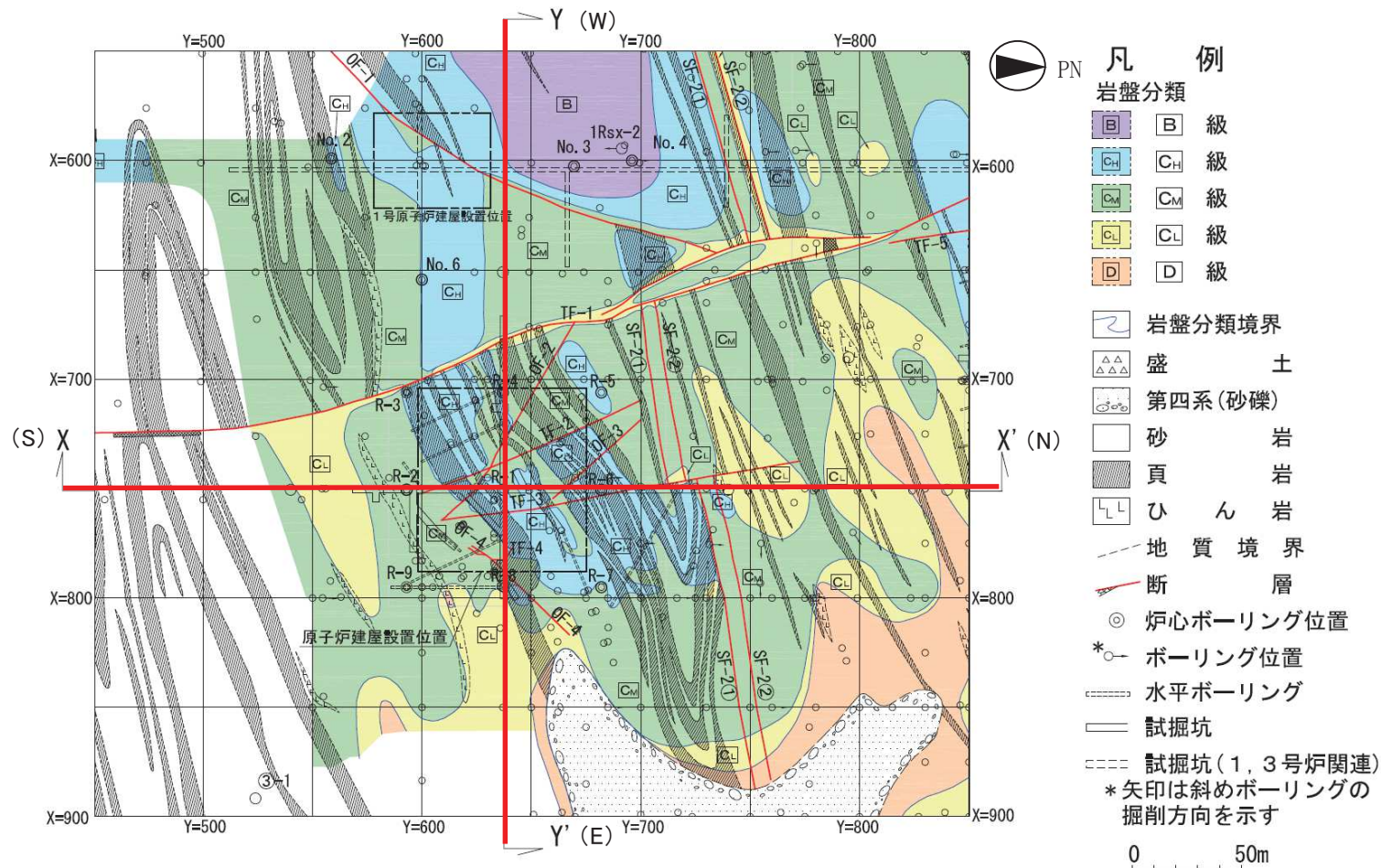
- O.P.+62m盤の対象施設のうち、直接基礎形式の代表として、緊急時対策建屋を選定した。



3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定

3.5.1 原子炉建屋(岩盤分類図:水平断面)

- O.P.+14.8m盤の代表施設である原子炉建屋基礎地盤の評価断面は、原子炉建屋の振動方向と地質を考慮し、炉心を通り、褶曲軸におおむね平行及び直交する2断面とする。



岩盤分類図(O.P.約-14m)

3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

3.5.2.1 防潮堤の断面選定フロー

- 防潮堤は延長の長い線状構造物であることから、代表施設として選定された防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部及び防潮堤(盛土堤防)について、それぞれ地質の分布状況を踏まえた断面選定を行う。
- 防潮堤の断面選定フローを以下に示す。

1. 断面選定の考え方

- 評価断面選定における主な観点を説明
 - 【観点①】置換コンクリート底面のせん断力
 - 【観点②】防潮堤背面の土圧
 - 【その他】SF-2断層交差部の影響



2. 評価断面候補の選定

- 防潮堤の縦断図から、観点①及び観点②を踏まえ、防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部及び防潮堤(盛土堤防)について、評価断面候補を選定



3. 評価断面選定

- 評価断面候補から、一次元波動論による地震応答解析を行い、観点①及び観点②の影響が大きい断面を評価断面として選定
- SF-2断層交差部の影響についての検討



4. 評価断面選定に関する補足説明

- 評価断面選定に関して、以下の点を補足説明
 - 一部層の相違による影響
 - 置換コンクリート底面の発生せん断力に着目する妥当性
 - Ⅲ級岩盤の分布による影響
 - 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部と防潮堤(盛土堤防)の境界部の置換コンクリートの配置

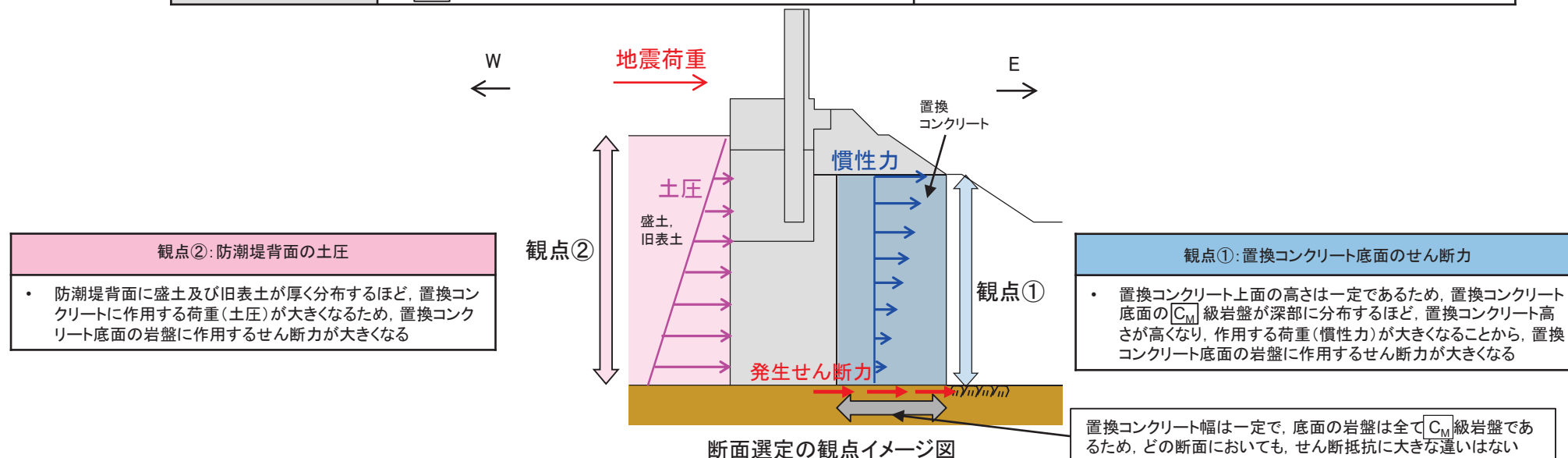
3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

3.5.2.2 防潮堤の断面選定の考え方

- 防潮堤の評価断面は、基礎地盤のすべりに対して、すべり安定性確保の役割を主体的に果たす、置換コンクリートに着目して選定する。
- 置換コンクリートは、防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部及び防潮堤(盛土堤防)のそれぞれの区間において、横断(東西)方向の幅が一定であり、 C_M 級岩盤に岩着させることから、置換コンクリート底面のせん断抵抗はどの断面においても大きな違いはない。
- したがって、置換コンクリート底面の岩盤に発生するせん断力に影響を及ぼす観点(下表に示す観点①及び観点②)から、評価断面を選定する。
- なお、防潮堤は、一部SF-2断層と交差する箇所が存在することから、SF-2断層の影響については、別途検討することとし、3.5.2.5に示す。

断面選定の観点

	観点①:置換コンクリート底面のせん断力	観点②:防潮堤背面の土圧
断面選定の観点とした理由	<ul style="list-style-type: none"> 置換コンクリート上面の高さは一定であるため、置換コンクリート底面のC_M級岩盤が深部に分布するほど、置換コンクリート高さが高くなり、作用する荷重(慣性力)が大きくなることから、置換コンクリート底面の岩盤に作用するせん断力が大きくなる 	<ul style="list-style-type: none"> 防潮堤背面に盛土及び旧表土が厚く分布するほど、置換コンクリートに作用する荷重(土圧)が大きくなるため、置換コンクリート底面の岩盤に作用するせん断力が大きくなる
着目する地質状況	<ul style="list-style-type: none"> C_M級岩盤の深さ 	<ul style="list-style-type: none"> 盛土及び旧表土の厚さ*



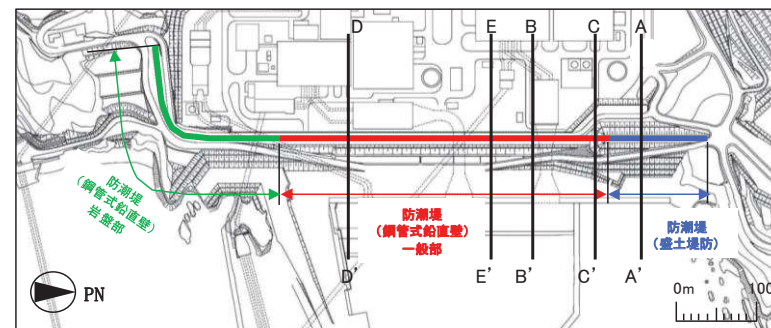
※:盛土及び旧表土の厚さに着目することを基本とするが、 D 級岩盤は C 級以上の岩盤よりも比較的剛性が小さく、地震時の変形により、上部の盛土及び旧表土の土圧増加の要因になると考えられることから、 D 級岩盤の厚さについても着目し影響を検討する。

3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

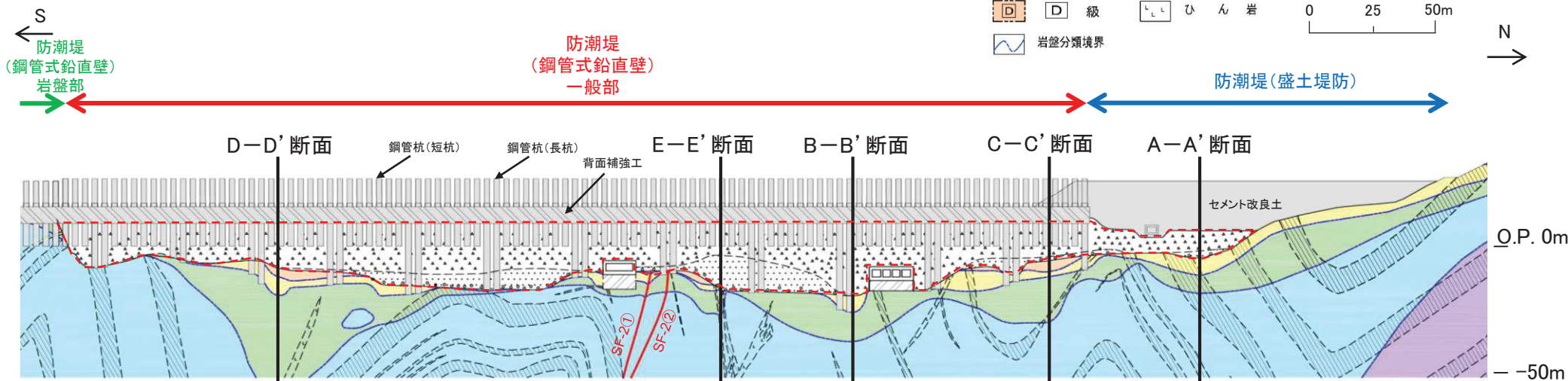
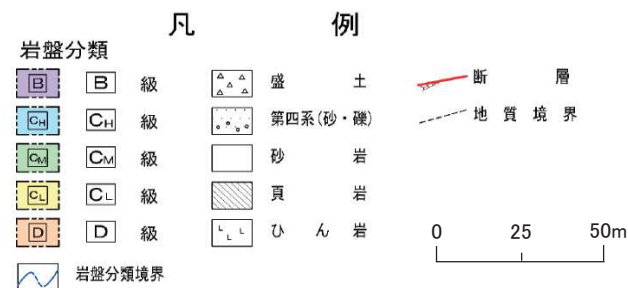
3.5.2.3 防潮堤の評価断面候補

- ・ 防潮堤は延長の長い線状構造物であることから、縦断方向(南北方向)において、地質状況に変化が見られる。
- ・ 前頁で示した断面選定の観点①及び観点②に着目して、複数の評価断面候補を選定する。
- ・ 評価断面候補を以下に示し、断面図を次頁以降に示す。

防潮堤 (盛土堤防)	A-A' 断面	<ul style="list-style-type: none"> ・ C_M級岩盤が深部に分布 ・ 盛土及び旧表土が厚く分布
防潮堤 (鋼管式鉛直壁) 一般部	B-B' 断面	<ul style="list-style-type: none"> ・ C_M級岩盤が最も深部に分布 ・ 盛土が最も厚く分布
	C-C' 断面	<ul style="list-style-type: none"> ・ D級岩盤が最も厚く分布
	D-D' 断面	<ul style="list-style-type: none"> ・ C_M級岩盤が深部に分布 ・ D級岩盤が厚く分布
	E-E' 断面	<ul style="list-style-type: none"> ・ 旧表土が最も厚く分布



断面図位置



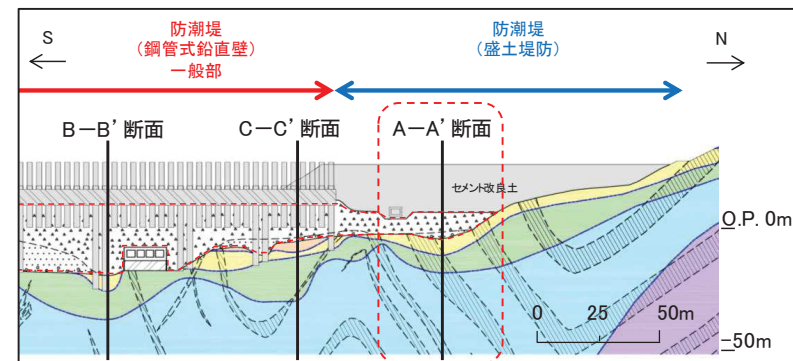
防潮堤縦断図※

※: 図中の[]については、改良地盤箇所であるが、盛土及び旧表土の分布を示すために、改良前の地質状況としている。

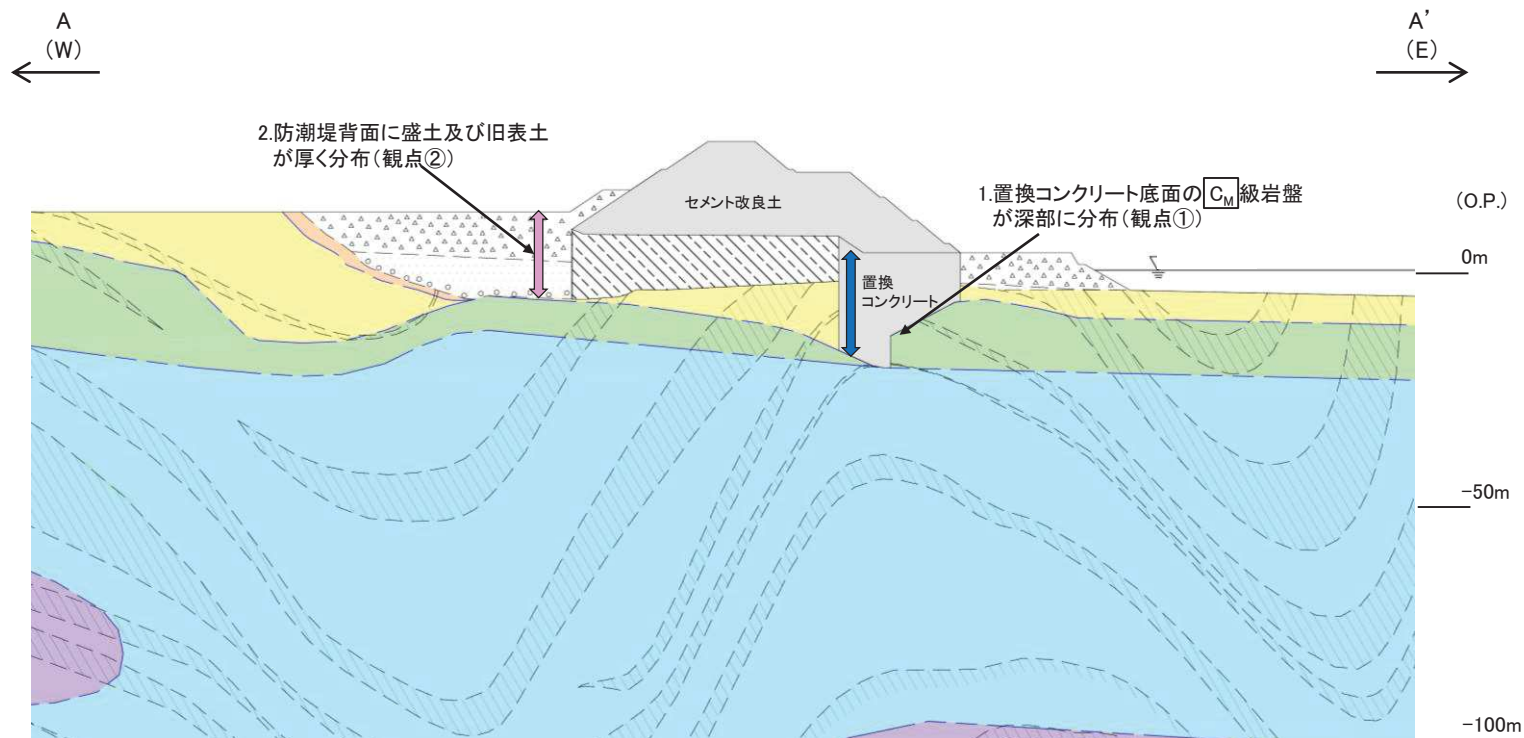
3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

3.5.2.3 防潮堤(盛土堤防)の評価断面候補(A-A'断面)

- 防潮堤(盛土堤防)の評価断面候補であるA-A'断面の断面図を以下に示す。
 - A-A'断面は以下の特徴がある(箇条書きの数字は、断面図の説明と対応)。
- 置換コンクリート底面のC_M級岩盤が深部に分布している(観点①)。
 - 防潮堤背面に盛土及び旧表土が厚く分布している(観点②)。



断面図位置



A-A'断面図

↔ 観点①: C_M級岩盤の深さ
↔ 観点②: 盛土及び旧表土の厚さ

凡例

岩盤分類		凡例	
	B 級		盛土
	C _H 級		第四系(砂・礫)
	C _M 級		砂岩
	C _L 級		頁岩
	D 級		ひん岩
	岩盤分類境界		断層
			地質境界
			改良地盤

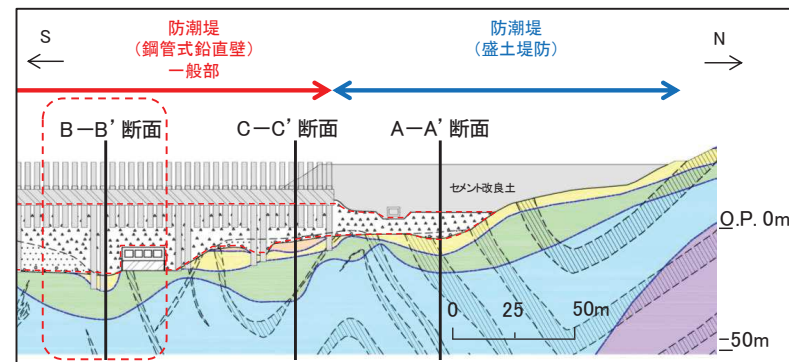
0 10 20m

3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

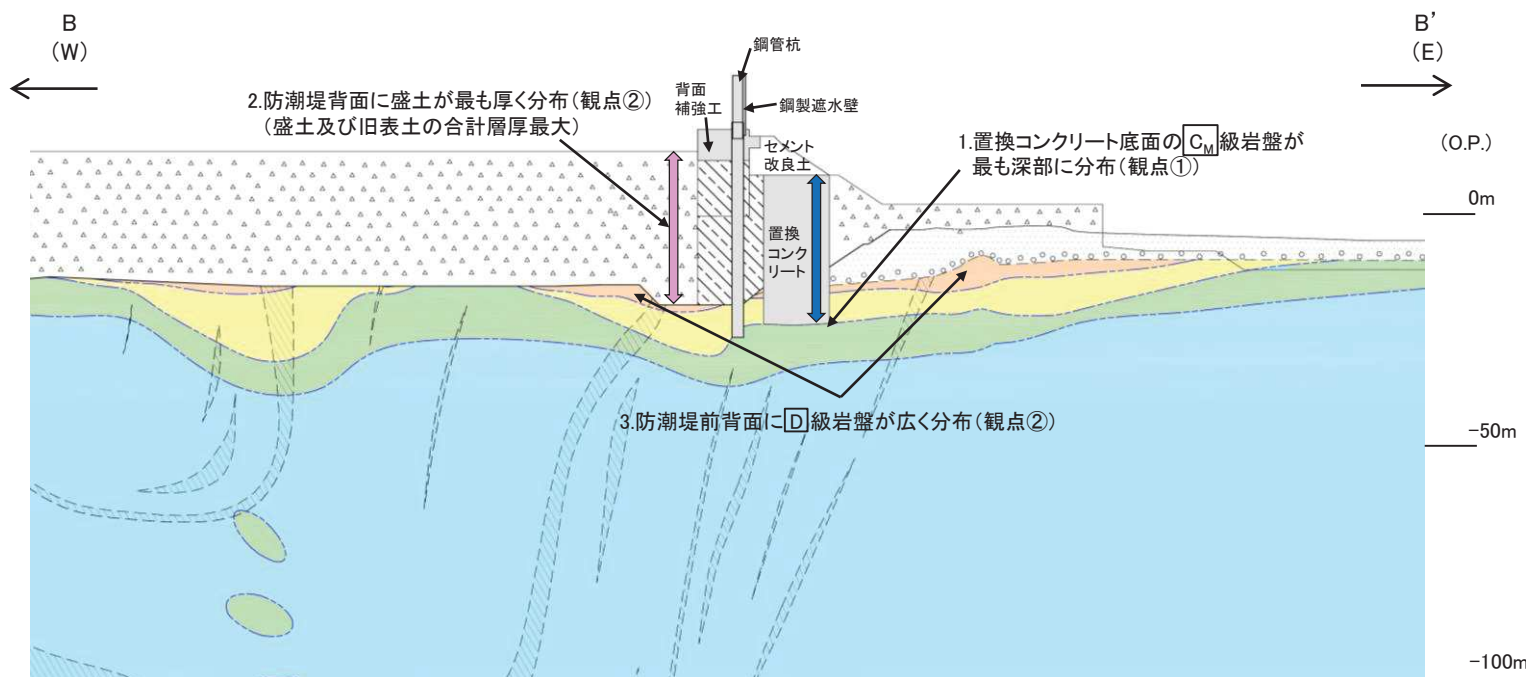
3.5.2.3 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の評価断面候補(B-B'断面)

- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の評価断面候補であるB-B'断面の断面図を以下に示す。
- B-B'断面は以下の特徴がある(箇条書きの数字は、断面図の説明と対応)。

 - 置換コンクリート底面のC_M級岩盤が最も深部に分布している(観点①)。
 - 防潮堤背面に盛土が最も厚く分布しており、盛土及び旧表土の合計層厚が防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部(B-B'断面~E-E'断面)の中で最大である(観点②)。
 - 防潮堤前背面にD級岩盤が広く分布している(観点②)。



断面図位置



B-B'断面図

観点①: C_M級岩盤の深さ
 観点②: 盛土及び旧表土の厚さ



凡例

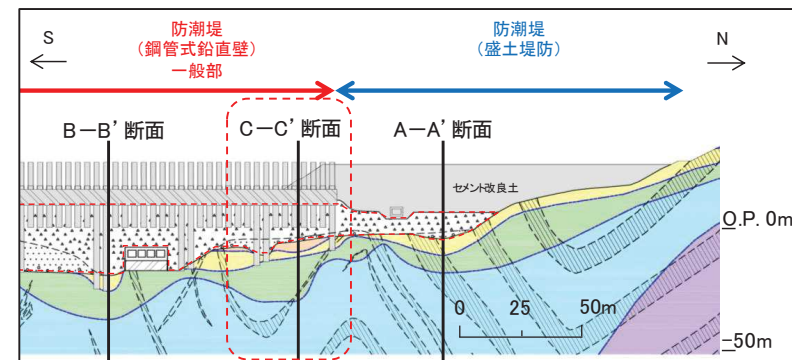
岩盤分類		例	
B級	盛土	△△△	盛土
C _H 級	第四系(砂・礫)	□□□	第四系(砂・礫)
C _M 級	砂岩	□□□	砂岩
C _L 級	頁岩	□□□	頁岩
D級	ひん岩	□□□	ひん岩
岩盤分類境界		—	断層
		---	地質境界
		▨	改良地盤



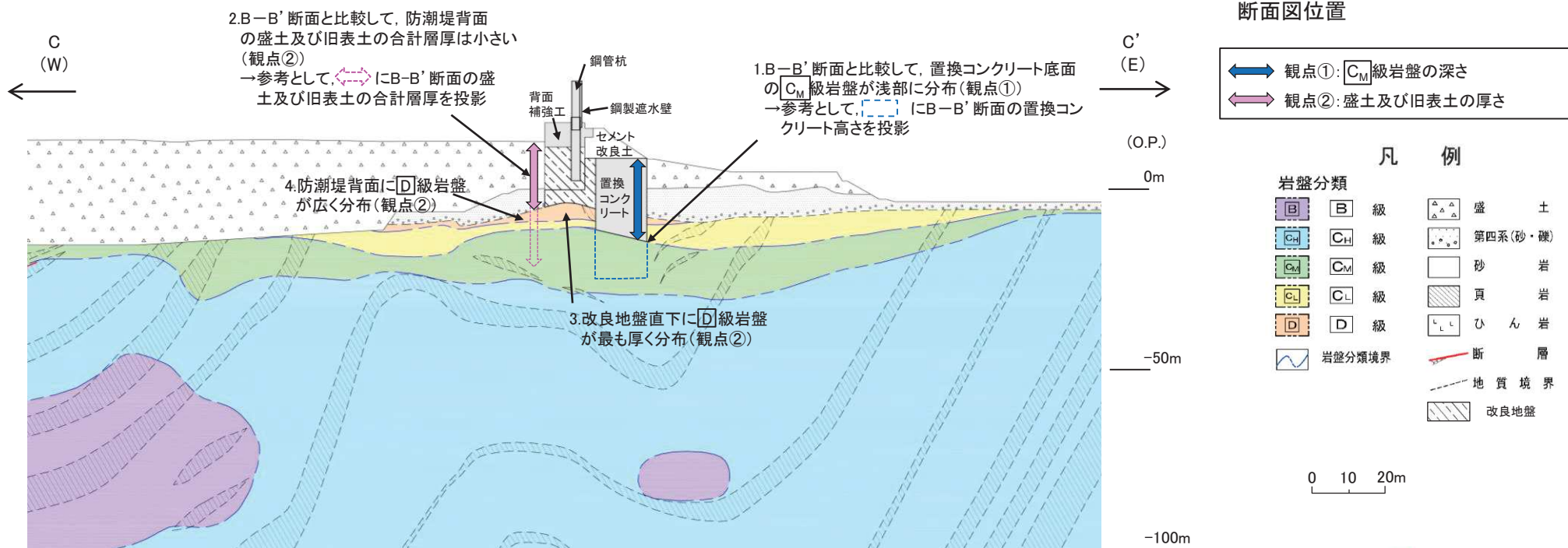
3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

3.5.2.3 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の評価断面候補(C-C'断面)

- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の評価断面候補であるC-C'断面の断面図を下図に示す。
 - C-C'断面は以下の特徴がある(箇条書きの数字は、断面図の説明と対応)。
- B-B'断面と比較して、置換コンクリート底面のC_M級岩盤が浅部に分布している(観点①)。
(参考として、にB-B'断面の置換コンクリート形状を投影)
 - B-B'断面と比較して、防潮堤背面の盛土及び旧表土の合計層厚は小さい(観点②)。
(参考として、にB-B'断面の盛土及び旧表土の合計層厚を投影)
 - 改良地盤直下にD級岩盤が最も厚く分布している(観点②)。
 - 防潮堤背面にD級岩盤が広く分布している(観点②)。



断面図位置

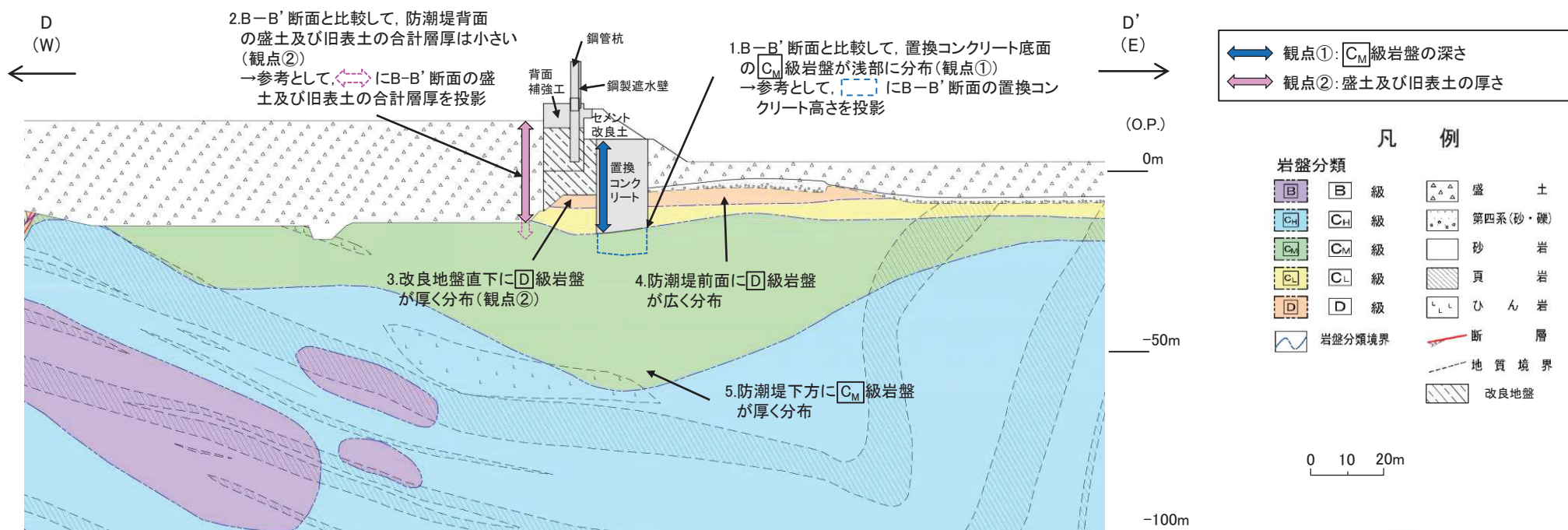
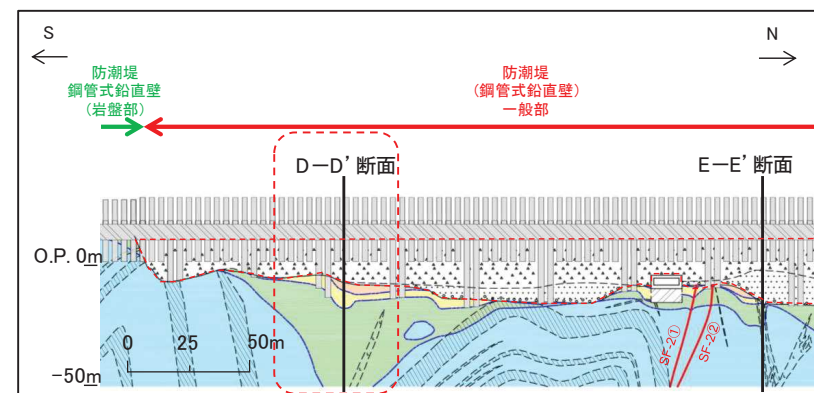


C-C'断面図

3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

3.5.2.3 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の評価断面候補(D-D'断面)



- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の評価断面候補であるD-D'断面の断面図を下図に示す。
- D-D'断面は以下の特徴がある(箇条書きの数字は、断面図の説明と対応)。
 - B-B'断面と比較して、置換コンクリート底面の[C_M]級岩盤が浅部に分布している(観点①)。(参考として、[]にB-B'断面の置換コンクリート形状を投影)
 - B-B'断面と比較して、防潮堤背面の盛土及び旧表土の合計層厚は小さい(観点②)。(参考として、[]にB-B'断面の盛土及び旧表土の合計層厚を投影)
 - 改良地盤直下に[D]級岩盤が厚く分布している(観点②)。
 - 防潮堤前面に[D]級岩盤が広く分布している。(防潮堤背面は海水ポンプ室他施工時の掘削により、[C_L]級及び[D]級岩盤は存在しない)
 - 防潮堤下方に[C_M]級岩盤が厚く分布している。

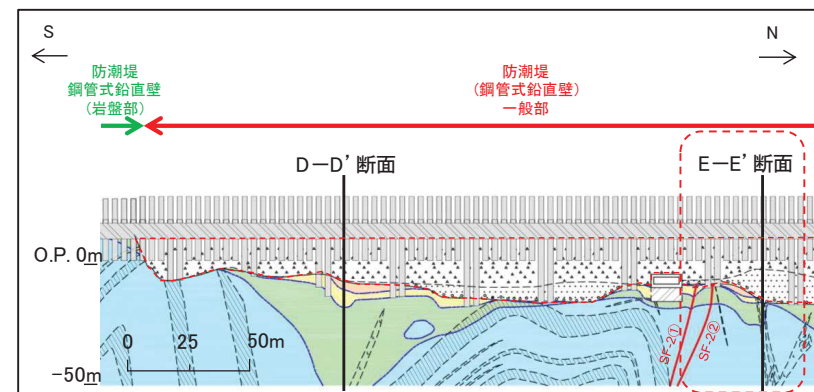


D-D'断面図

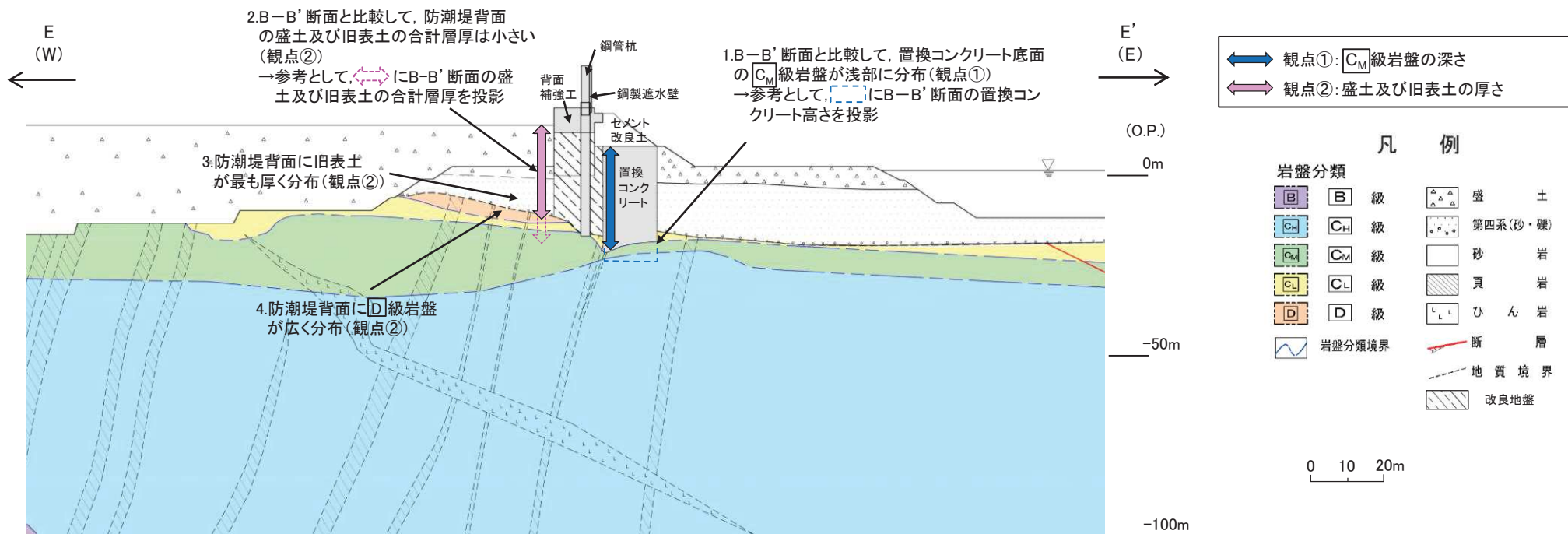
3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

3.5.2.3 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の評価断面候補(E-E'断面)

- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の評価断面候補であるE-E'断面の断面図を下図に示す。
 - E-E'断面は以下の特徴がある(箇条書きの数字は、断面図の説明と対応)。
- B-B'断面と比較して、置換コンクリート底面のC_M級岩盤が浅部に分布している(観点①)。
(参考として、にB-B'断面の置換コンクリート形状を投影)
 - B-B'断面と比較して、防潮堤背面の盛土及び旧表土の合計層厚は小さい(観点②)。
(参考として、にB-B'断面の盛土及び旧表土の合計層厚を投影)
 - 防潮堤背面に旧表土が最も厚く分布している(観点②)。
 - 防潮堤背面にD級岩盤が広く分布している(観点②)。



断面図位置



E-E'断面図

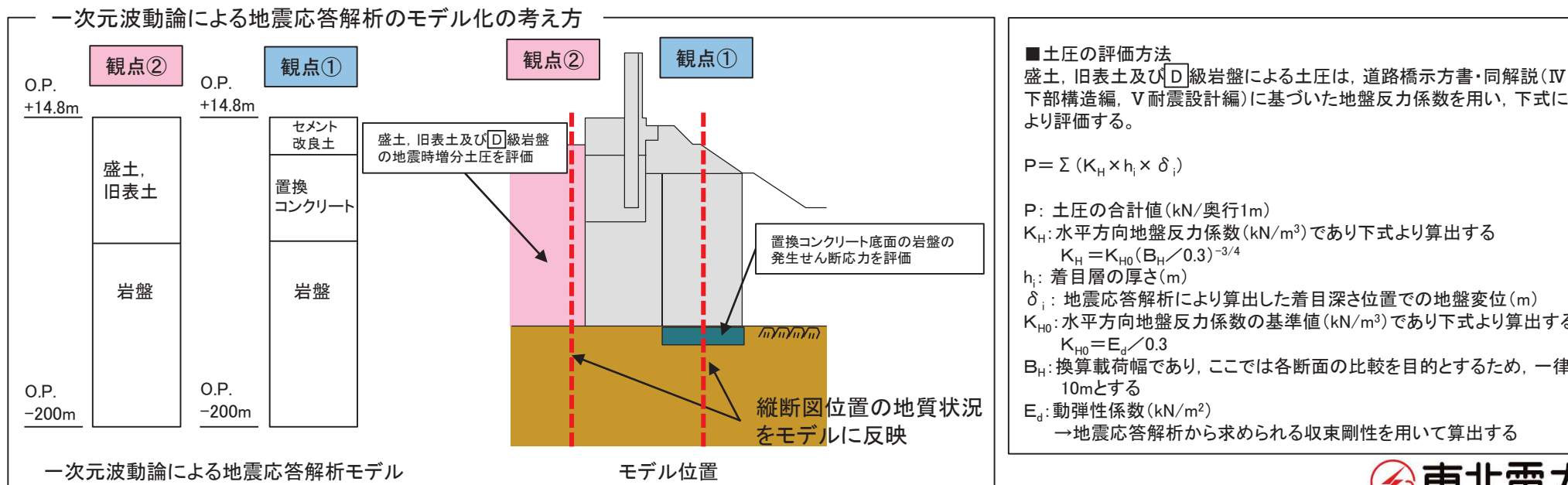
3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

3.5.2.4 評価断面選定(断面選定の指標)

- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部について、B-B'断面～E-E'断面で一次元波動論による地震応答解析を実施し、評価断面を選定する。
- 観点①については、置換コンクリート底面のせん断応力を比較するため、置換コンクリート中央位置における、一次元波動論による地震応答解析を行い、置換コンクリート底面の[C_M]級岩盤に発生するせん断応力を評価する。
- 観点②については、防潮堤背面の土圧を比較するため、防潮堤背面位置における一次元波動論による地震応答解析を行い、盛土、旧表土及び[D]級岩盤の地震時増分土圧を評価する。

断面選定の観点及び断面選定の指標

	観点①:置換コンクリート底面のせん断力	観点②:防潮堤背面の土圧
断面選定の観点とした理由	<ul style="list-style-type: none"> 置換コンクリート上面の高さは一定であるため、置換コンクリート底面の[C_M]級岩盤が深部に分布するほど、置換コンクリート高さが高くなり、作用する荷重(慣性力)が大きくなることから、置換コンクリート底面の岩盤に作用するせん断力が大きくなる 	<ul style="list-style-type: none"> 防潮堤背面に盛土及び旧表土が厚く分布するほど、置換コンクリートに作用する荷重(土圧)が大きくなるため、置換コンクリート底面の岩盤に作用するせん断力が大きくなる
断面選定の指標	一次元波動論による地震応答解析を実施し、置換コンクリート底面の岩盤の発生せん断応力を評価	一次元波動論による地震応答解析を実施し、盛土、旧表土及び[D]級岩盤の地震時増分土圧を評価

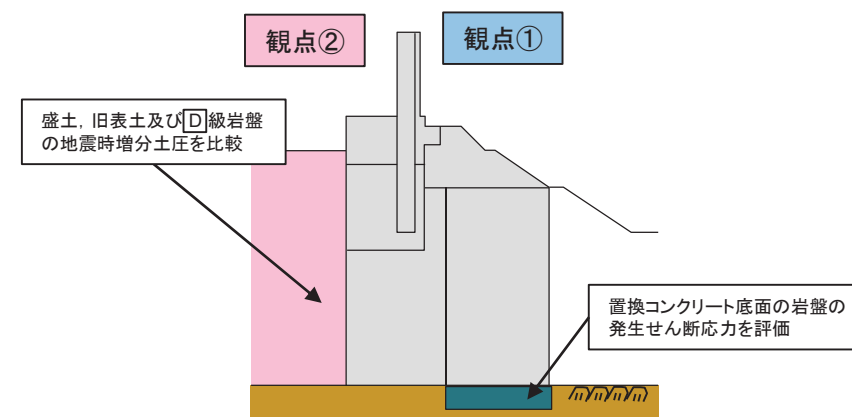


3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

3.5.2.4 評価断面選定(評価断面選定結果)

- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部における, 観点①及び観点②に対する一次元波動論による地震応答解析の結果を示す。
- なお, 解析に用いる地震動は, 防潮堤基礎地盤のすべり安全率が小さくなることが想定されるSs-D1, Ss-D2, Ss-N1とした。
- 一次元波動論による地震応答解析の結果, 観点①及び観点②ともにB-B'断面が最大となることを確認した。
- 以上のことから, 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部については, B-B'断面を評価断面として選定する。
- なお, 防潮堤(盛土堤防)については, 観点①及び観点②で抽出された評価断面候補が1断面(A-A'断面)であることから, A-A'断面を評価断面として選定する。

防潮堤 (鋼管式鉛直壁) 一般部	B-B'断面	<ul style="list-style-type: none"> ・C_M級岩盤が最も深部に分布 ・盛土が最も厚く分布
	C-C'断面	<ul style="list-style-type: none"> ・D級岩盤が最も厚く分布
	D-D'断面	<ul style="list-style-type: none"> ・C_M級岩盤が深部に分布 ・D級岩盤が厚く分布
	E-E'断面	<ul style="list-style-type: none"> ・旧表土が最も厚く分布



観点①(赤字が各Ss毎の最大値)

	観点①(置換コンクリート底面の最大せん断応力)		
	Ss-D1	Ss-D2	Ss-N1
B-B'断面	5.8×10^2	5.5×10^2	5.5×10^2
C-C'断面	4.8×10^2	4.9×10^2	4.3×10^2
D-D'断面	4.7×10^2	4.8×10^2	4.4×10^2
E-E'断面	4.4×10^2	4.6×10^2	4.1×10^2

(単位: kN/m²)

観点②(赤字が各Ss毎の最大値)

	観点②(盛土, 旧表土及びD級岩盤の地震時増分土圧)		
	Ss-D1	Ss-D2	Ss-N1
B-B'断面	3.1×10^4	2.6×10^4	3.2×10^4
C-C'断面	1.1×10^4	0.9×10^4	1.2×10^4
D-D'断面	1.4×10^4	1.2×10^4	1.6×10^4
E-E'断面	2.4×10^4	2.4×10^4	2.9×10^4

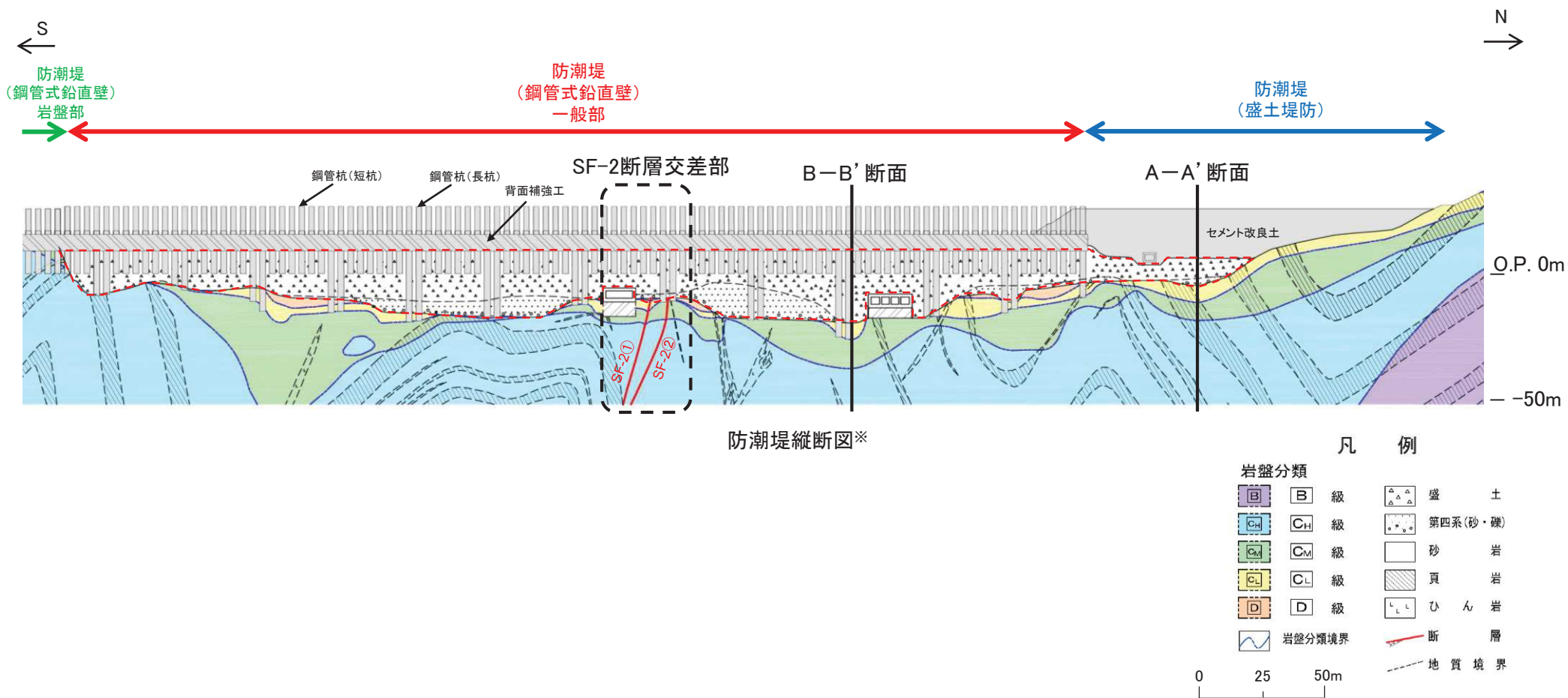
(単位: kN/m)

3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

3.5.2.5 SF-2断層交差部の影響検討①

■SF-2断層交差部について

- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部において、一部SF-2断層と交差する箇所があることから、次頁以降においてSF-2断層の影響を検討する。



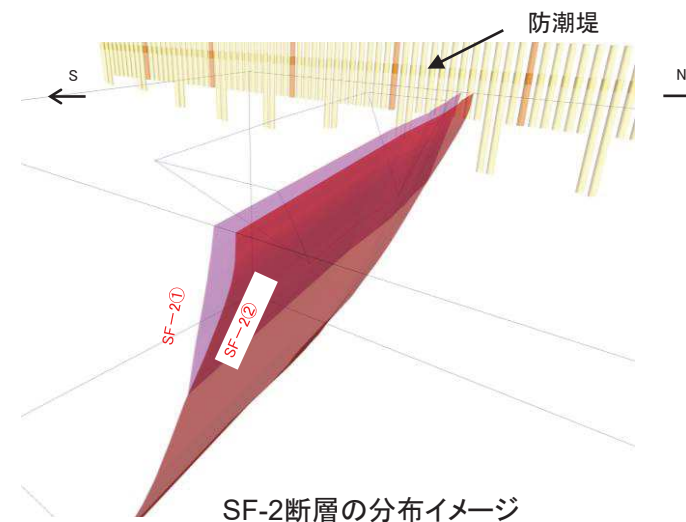
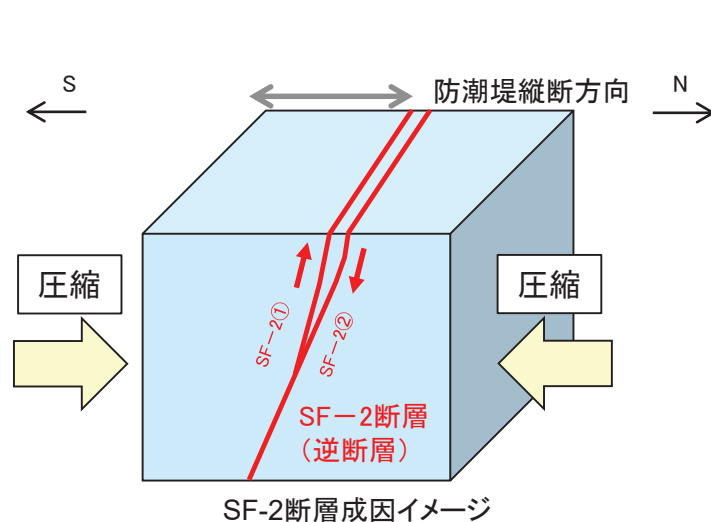
※: 図中の[]については、改良地盤箇所であるが、盛土及び旧表土の分布を示すために、改良前の地質状況としている。

3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

3.5.2.5 SF-2断層交差部の影響検討②

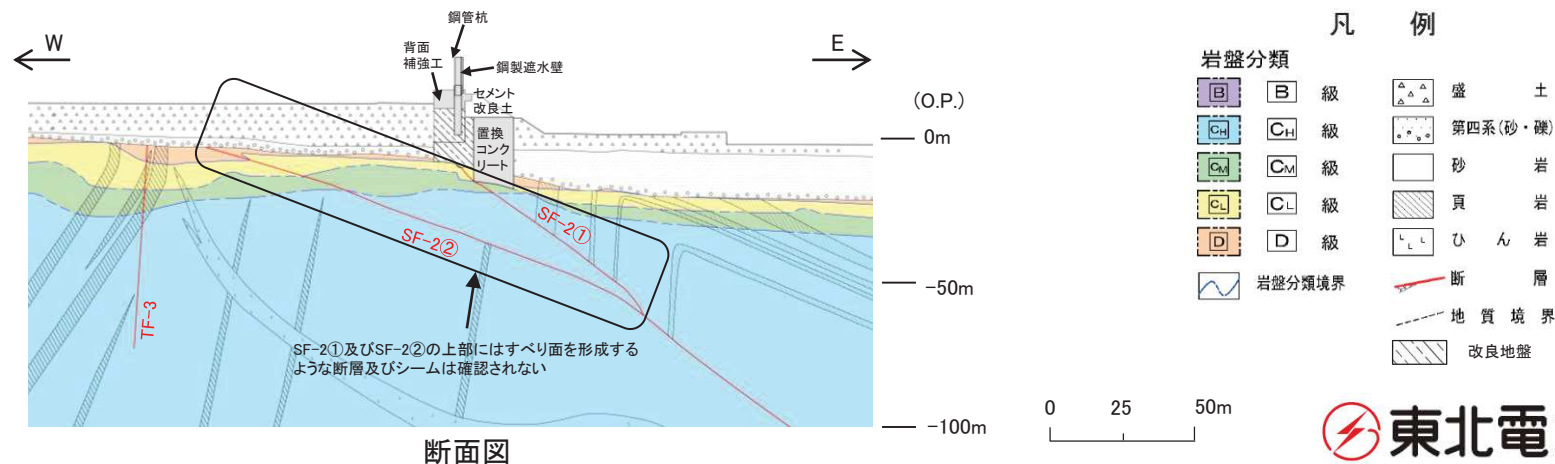
■SF-2断層の成因及び分布

- SF-2断層は、南北の圧縮場によって形成された逆断層であり、おおむね東西方向(防潮堤縦断方向と直交)の走向と、高角度な傾斜を持つ(下図)。



■SF-2断層の防潮堤横断面図について

- 基礎地盤のすべり安定性評価においては、断層とシームが交差したすべり面が形成された場合にすべり安全率が厳しくなるが、SF-2①及びSF-2②の交線から上部には、すべり面を形成するような断層及びシームが確認されないことから、SF-2断層のすべりに着目した影響検討を行う。

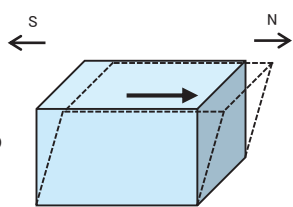
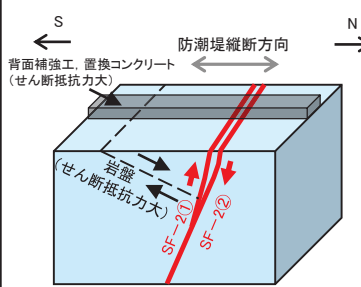
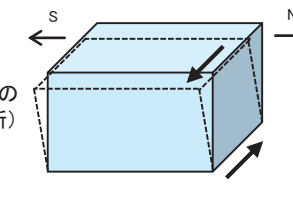
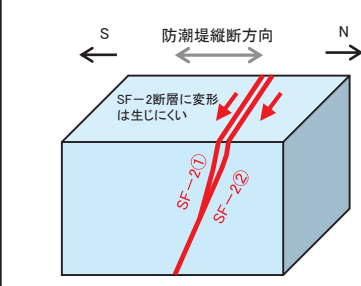


3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

3.5.2.5 SF-2断層交差部の影響検討③

■SF-2断層が形成するすべり面

- 地震時に支配的な地盤の変形は、水平動によって生じる成分①(南北方向の水平せん断)及び成分②(東西方向の水平せん断)の2つの水平せん断変形に区別できる。
- 防潮堤縦断方向である成分①(南北方向の水平せん断)については、SF-2断層の走向方向と直交するため、水平動による地盤の変形によってSF-2断層面がすべる変形が生じるが、せん断抵抗力の大きい岩盤の抵抗により、岩盤面を組合せたすべりブロックは想定しにくい(下表上段)。
- 防潮堤横断方向である成分②(東西方向の水平せん断)については、SF-2断層の走向方向と平行であるため、水平動による地盤の変形によって、SF-2断層面がすべる変形が生じにくく、岩盤面を組合せたすべりブロックを想定しにくい(下表下段)。
- 以上のことから、SF-2断層が高角度な傾斜を持つことも踏まえると、SF-2断層と岩盤面を組合せたすべりブロックは想定しにくいですが、万が一すべり面を形成する場合を想定し、防潮堤縦断方向(南北方向)及び防潮堤横断方向(東西方向)のSF-2断層に対する影響検討を実施した。

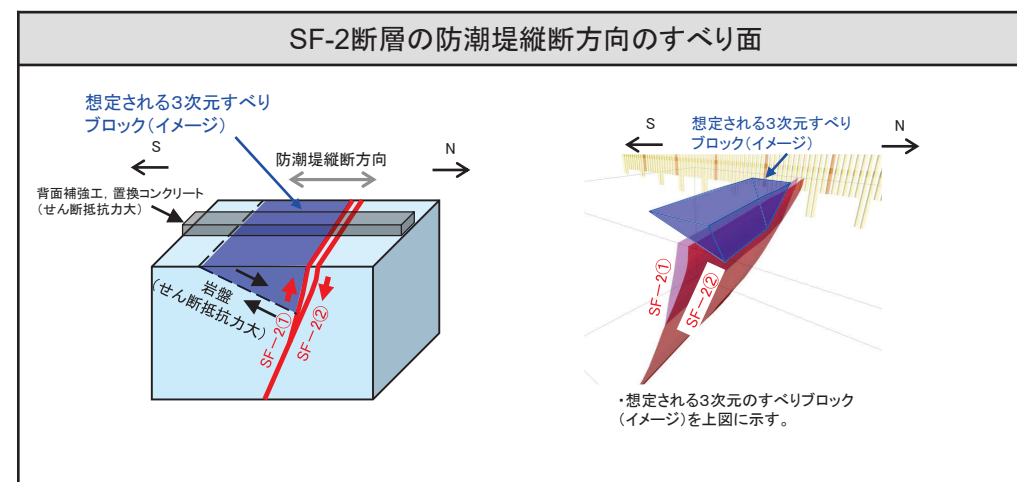
地震時に支配的な地盤変形成分	SF-2断層が形成するすべり面
<p>成分① (南北方向の水平せん断)</p> 	 <ul style="list-style-type: none"> SF-2断層は南北方向の水平せん断方向と直交するため、水平動による地盤の変形によってSF-2断層面がすべる変形が生じるが、せん断抵抗力の大きい岩盤の抵抗により、岩盤面を組合せたすべりブロックは想定しにくい。 なお、防潮堤位置の縦断方向においては、強度の大きい背面補強工及び置換コンクリートを連続して設置していることから、防潮堤位置ではよりすべりにくい。
<p>成分② (東西方向の水平せん断)</p> 	 <ul style="list-style-type: none"> SF-2断層は東西方向の水平せん断方向と平行であるため、水平動による地盤の変形によって、SF-2断層面がすべる変形が生じにくく、岩盤面を組合せたすべりブロックを想定しにくい。

3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

3.5.2.5 SF-2断層交差部の影響検討④

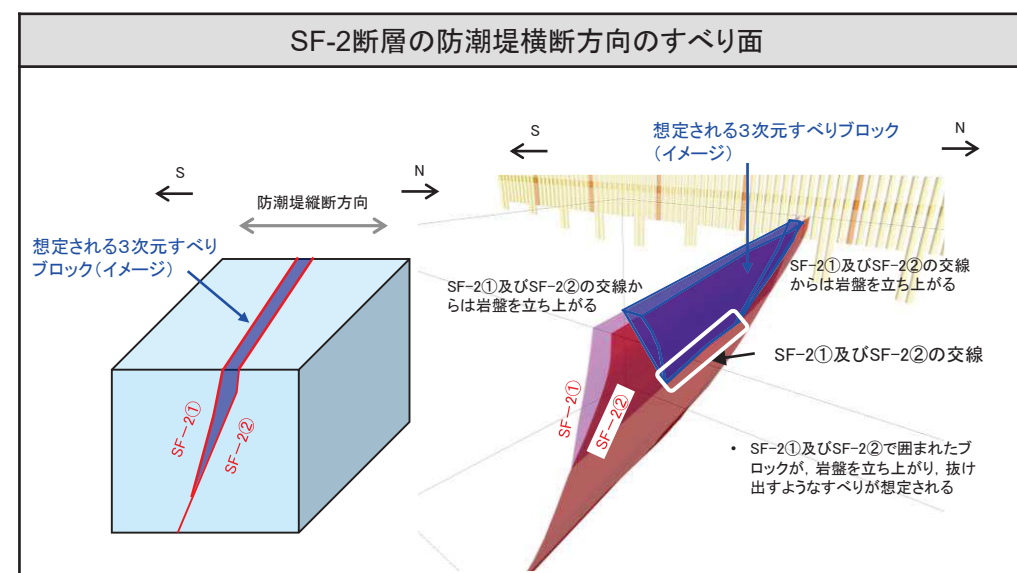
■防潮堤縦断方向(南北方向)に対するSF-2断層の影響

- 防潮堤縦断方向(南北方向)におけるSF-2断層のすべりについて、防潮堤縦断方向には強度が大きい背面補強工及び置換コンクリートを連続して設置していることから、防潮堤位置ではすべりにくい(右上図)。
- そのため、SF-2断層が万が一防潮堤縦断方向(南北方向)へすべる場合の検討として、防潮堤縦断方向と同様の分布形状で現れ、かつすべり線が背面補強工及び置換コンクリートよりも強度が小さいC_L級岩盤、D級岩盤及び盛土を通過することで、防潮堤位置よりもすべり安全率が小さくなることが想定される、原子炉建屋X-X'断面においてSF-2断層と地盤の組み合わせによるすべり安定性を評価した。
- 評価の結果、十分安全であることを確認しており、防潮堤位置においては、背面補強工や置換コンクリートの慣性力を考慮した場合においても、十分安全であることが想定される*。



■防潮堤横断方向(東西方向)に対するSF-2断層の影響

- SF-2断層が万が一すべる場合、防潮堤横断方向(東西方向)については、SF-2①及びSF-2②で囲まれたブロックが、岩盤を立ち上がり、抜け出すようなすべりが想定される(右下図)。
- このすべりを評価するには、防潮堤横断方向の二次元断面では、SF-2断層の走向が防潮堤横断方向とおおむね同等の方向であること、SF-2断層の傾斜が高角度であることから、断面位置によってSF-2断層の深度が大きく異なり、適切なすべり評価が難しい。
- そのため、SF-2①及びSF-2②の交線を、防潮堤横断方向の二次元断面に投影し、岩盤を立ち上がるようなすべり線を評価することで、SF-2①及びSF-2②で囲まれたブロックのすべりを評価する。
- 投影する断面は、防潮堤基礎地盤に発生するせん断応力が大きくなることが想定され、評価断面として選定したB-B'断面とした。
- 評価の結果、十分安全であることを確認している*。



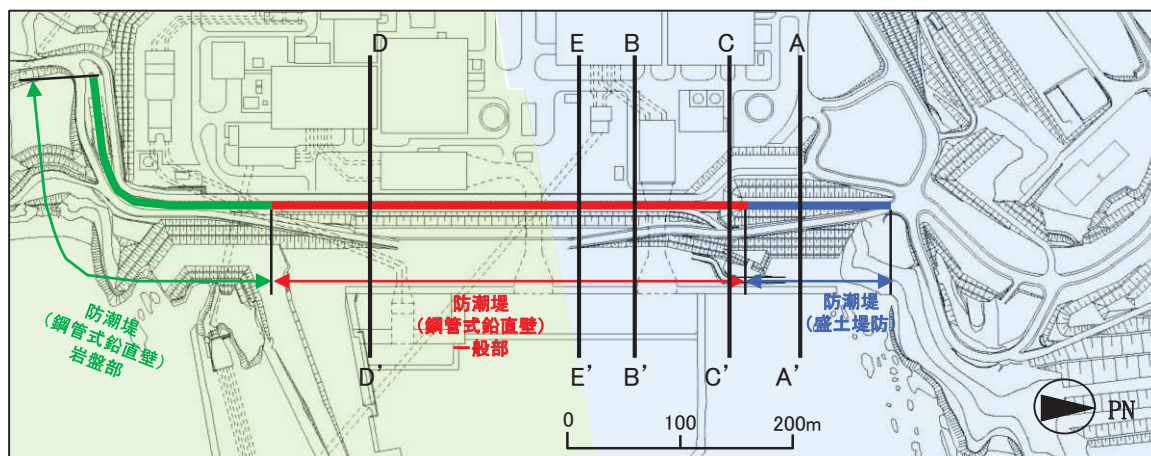
*: 補足説明資料「3.6 防潮堤の影響検討」に記載

3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

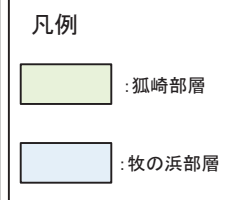
3.5.2.6 評価断面選定に関する補足①

■ 部層の相違による影響について

- 敷地には、中生界ジュラ系の牡鹿層群荻の浜累層が分布するが、防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部は狐崎部層及び牧の浜部層に跨って設置されている。
- 両部層の解析用物性値は4.3に示しているが、部層の相違による影響を確認するため、評価断面であるB-B'断面(牧の浜部層)において発生せん断応力及びすべり安全率の検討を行った。
- その結果、牧の浜部層の発生せん断応力は、狐崎部層の発生せん断応力と同等であること、また、すべり安全率は、牧の浜部層のせん断強度を仮想的に狐崎部層に置換えた場合においても、すべり安全率に及ぼす影響は小さく、十分安全であることを確認した※。



断面図位置と部層の関係



敷地の地質層序表

年代層序区分		牡鹿半島の層序※		
新生界	第四系	沖積層	横尾層	
	新第三系	御番所山層		
	古第三系			
中生界	白土系	上部		
		下部	山鳥累層	
	中垂系	上部	牡鹿層	荻の浜累層
		下部	月の浦累層	
ジュラ系	中部			
	下部			
三畳系		稲井層群		

部層名	層厚(m)
福貴浦頁岩砂岩部層	600~650
小積頁岩部層	150~200
牧の浜砂岩部層	380
狐崎砂岩頁岩部層	350
侍浜頁岩部層	500
月の浦砂岩部層	120~250

※ 滝沢ほか(1987)に一部加筆

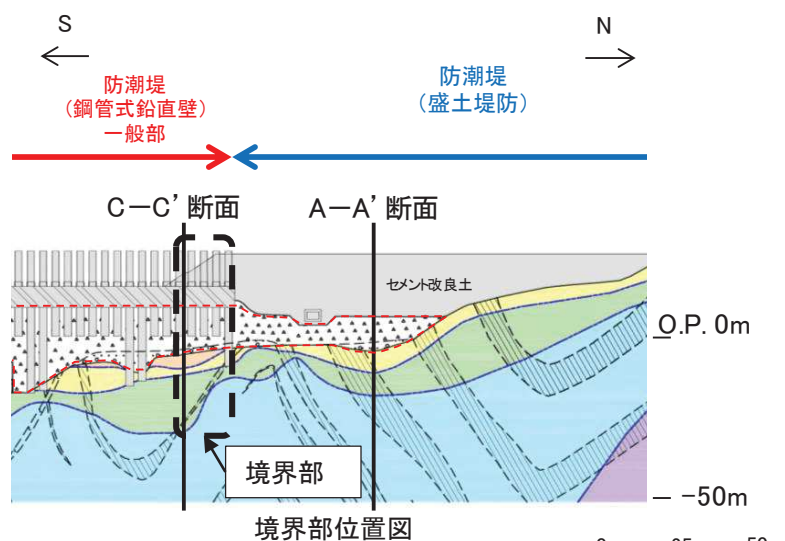
■ 置換コンクリート底面の発生せん断力に着目する妥当性

- 置換コンクリート底面の発生せん断力に着目する妥当性を確認するため、評価断面として選定したB-B'断面において、深いすべり面の安全率を確認した。
- その結果、 C_M 級岩盤内のすべり面が浅くなるほどすべり安全率が小さくなる傾向であり、置換コンクリート底面のすべり安全率が最も小さくなることから、置換コンクリート底面の発生せん断力に着目することは妥当であることを確認した※。

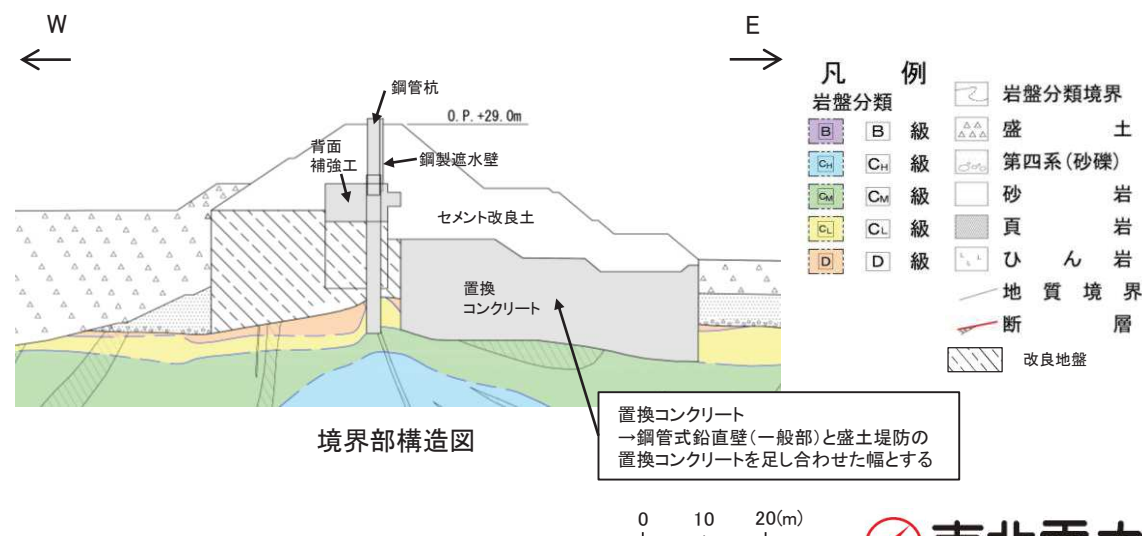
3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

3.5.2.6 評価断面選定に関する補足②

- **D**級岩盤の分布による、せん断抵抗力への影響について
 - 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部のうちC-C'断面～E-E'断面においては、防潮堤の直下や前背面に**D**級岩盤が分布している。
 - 防潮堤前背面の**D**級岩盤の分布影響は、評価断面であるB-B'断面においても防潮堤前背面に**D**級岩盤が広く分布しており、その影響を確認できるが、改良地盤直下の**D**級岩盤はC-C'断面及びD-D'断面の方が厚く分布していることから、改良地盤直下の**D**級岩盤の分布がせん断抵抗力に及ぼす影響を確認するため、評価断面であるB-B'断面において、改良地盤直下の**C_L**級岩盤の強度を仮想的に**D**級岩盤の強度に置換えてすべり安全率照査を行った。
 - その結果、改良地盤直下の**D**級岩盤の分布がせん断抵抗力に及ぼす影響が小さいことを確認した[※]。
- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部と防潮堤(盛土堤防)の境界部について
 - 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部及び防潮堤(盛土堤防)の構造が重なる部分(境界部)については、施設重量は防潮堤(盛土堤防)と大きな相違はないが、防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部及び防潮堤(盛土堤防)のそれぞれの置換コンクリート幅を足し合わせた幅とするため、**C_M**級岩盤を通るすべり線が長くなり、せん断抵抗力が大きくなることから、評価断面の選定に当たっては、防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部及び防潮堤(盛土堤防)の標準的な構造となる断面から選定した。
 - なお、境界部のうち**D**級岩盤が厚いC-C'断面において、3.5.2.4に示すとおり次元波動論による地震応答解析を実施し観点①及び観点②ともに防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の評価断面(B-B'断面)よりも小さくなることを確認した。



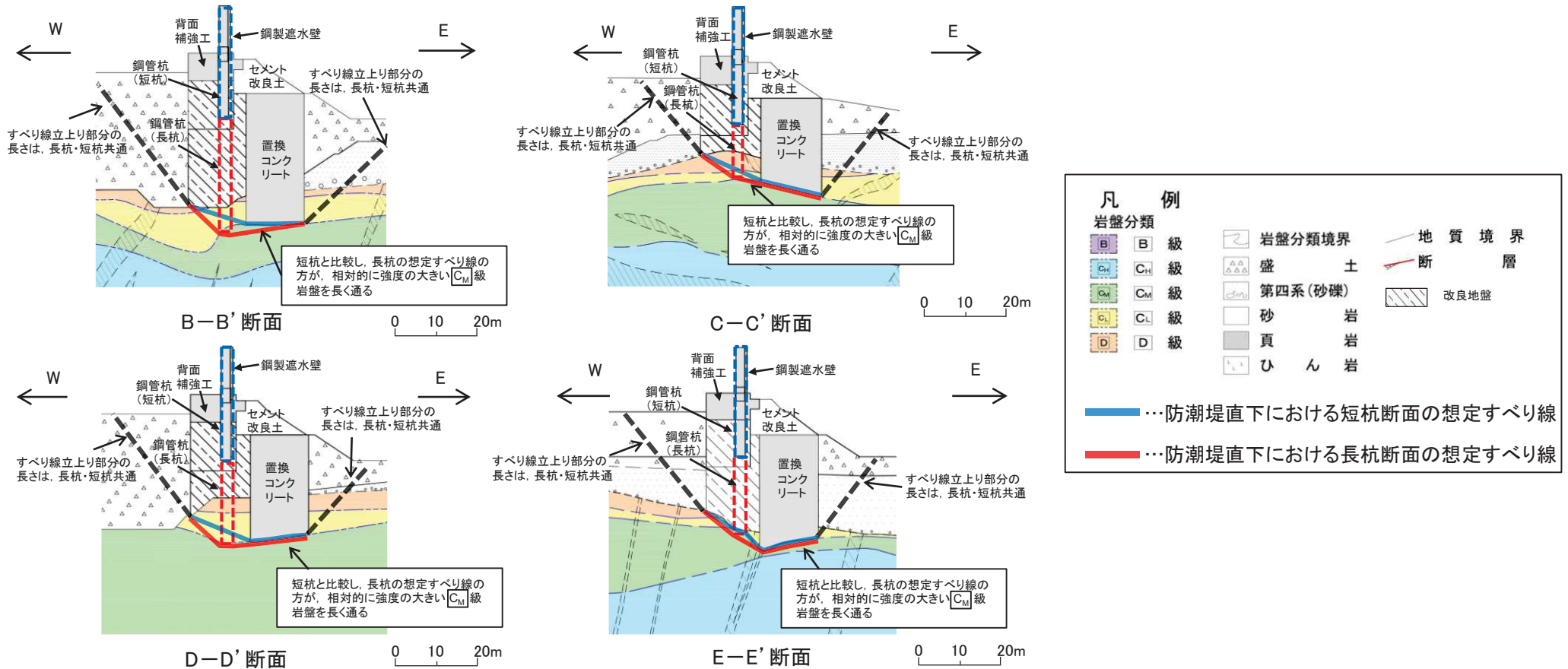
※: 補足説明資料「3.6 防潮堤の影響検討」に記載



3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

3.5.2.7 長杭と短杭の想定すべり面比較

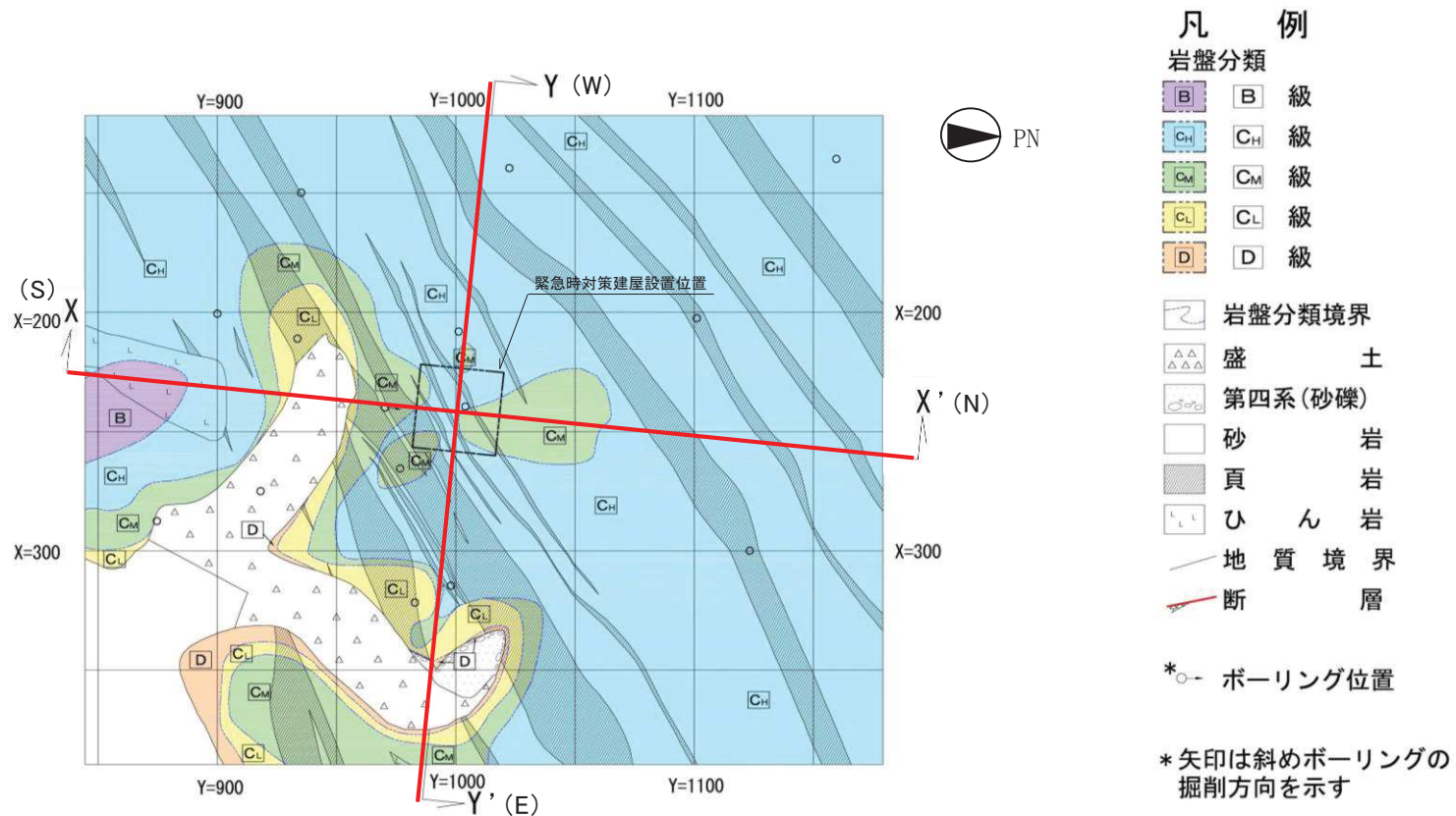
- 防潮堤（鋼管式鉛直壁）一般部の鋼管杭は、長杭と短杭から構成される。基礎地盤の安定性評価においては、選定した評価断面に杭を投影してモデル化の上、評価を実施するが、以下の理由により、短杭を代表して投影することにより、長杭も包含した評価が可能となる。
 - 鋼管杭、置換コンクリート及び背面補強工は、第4条及び第5条への適合において、施設の健全性を保持するために、おおむね弾性状態に留まることを確認することから、基礎地盤のすべりとしては、施設を貫通するようなすべりは想定しない。そのため、長杭の断面では防潮堤直下の想定すべり線を設定する自由度が限定される。
 - 防潮堤直下の想定すべり線においては、長杭をモデル化した場合の想定すべり線の方が、短杭をモデル化した場合の想定すべり線よりも長く（深く）なり、相対的にせん断強度の大きい岩盤を通る長さが同等以上となることから、長杭断面のすべり安全率が短杭断面よりも大きく評価されることが想定される。（下図に地質状況の異なるB-B'断面～E-E'断面における、長杭と短杭の想定すべり線の比較を示す。）



3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定

3.5.3 緊急時対策建屋(岩盤分類図:水平断面)

- 緊急時対策建屋の南側及び東側には、周囲の岩盤より相対的に強度が小さいC_L級岩盤及び盛土が分布する。
- O.P.+62m盤の代表施設である緊急時対策建屋基礎地盤の評価断面は、緊急時対策建屋の振動方向と地質を考慮し、直交する2断面とする。



岩盤分類図(O.P.約+46m)

3. 評価断面の選定

3.6 基礎地盤の評価方針

- 選定した代表施設について、以下の項目の確認を行う。

設置許可基準規則		原子炉建屋 緊急時対策建屋	防潮堤(盛土堤防)	防潮堤(鋼管式鉛直壁) 一般部 ^{※3}
本文	別記			
第3条第1項 設計基準対象施設 を十分に支持する ことができる地盤に設 けなければならない	地震力が作用した場合においても、 接地圧に対する十分な支持力を有す る設計である	• 基礎底面の地震時最大接地圧 が評価基準値を下回ることを確 認する。	• 施設底面の地震時最大接地 圧が評価基準値を下回ること を確認する。	• 施設底面の地震時最大接地 圧が評価基準値を下回ること を確認する。
	地震力が作用することによって弱面 上のずれ等が発生しないことを含め、 地震力に対する支持性能が確保され ている	• 基礎地盤のすべり安全率が1.5 を上回ることを確認する ^{※1} 。 • 基礎底面の傾斜が評価基準値 の目安を下回ることを確認する。	• 基礎地盤のすべり安全率が 1.5を上回ることを確認する ^{※1} 、 ^{※2} 。 • 防潮堤(盛土堤防)は、傾斜 が津波防護機能に影響を及 ぼすものではないことから、評 価を省略する。	• 基礎地盤のすべり安全率が 1.5を上回ることを確認する ^{※1} 、 ^{※2} 。 • 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般 部 ^{※3} は、傾斜が津波防護機 能に影響を及ぼすものではな いことから、評価を省略する。
第3条第2項 変形した場合におい てもその安全機能 が損なわれるおそ れがない地盤に設 けなければならない	地震発生に伴う地殻変動によって生 じる支持地盤の傾斜及び撓み	• 地震発生に伴う地殻変動によ る地盤の傾斜を算出し、地殻 変動及び地震動を考慮した最 大傾斜が、評価基準値の目安 を下回ることを確認する。	• 防潮堤(盛土堤防)は、傾斜 が津波防護機能に影響を及 ぼすものではないことから、評 価を省略する。	• 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般 部 ^{※3} は、傾斜が津波防護機 能に影響を及ぼすものではな いことから、評価を省略する。
	地震発生に伴う建物・構築物間の不 等沈下、液状化及び揺すり込み沈下 等の周辺地盤の変状	• 施設の設置状況を踏まえ、不 等沈下、液状化、揺すり込み沈 下等により施設の安全機能が 影響を受けない方針であること を確認する。	• 同左	• 同左
第3条第3項 変位が生ずるおそ れがない地盤に設 けなければならない	震源として考慮する活断層のほか、 地震活動に伴って永久変位が生じる 断層に加え、支持地盤まで変位及び 変形が及ぶ地すべり面が生じるおそ れがない地盤	• 敷地には将来活動する可能性 のある断層等が分布していな いことを確認する。	• 同左	• 同左

※1: 液状化検討対象層の盛土・旧表土が地震動により繰り返し軟化し、強度が低下する可能性を考慮するため、岩盤部のみのすべりに対する検討を実施する。

※2: 施設は第4条及び第5条への適合において部材の健全性を確保することから、施設を貫通横断するようなすべりは想定しない。

※3: 本頁以降、防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部は、防潮堤(鋼管式鉛直壁)という。

目次

1. 評価概要
2. 地質の概要
3. 評価断面の選定
4. 基礎地盤の安定性評価
 4. 1 評価方法
 4. 2 地下水位の設定
 4. 3 解析用物性値
 4. 4 基準地震動
 4. 5 すべりに対する評価
 4. 6 支持力に対する評価
 4. 7 傾斜に対する評価
5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価
6. 周辺斜面の安定性評価
7. まとめ

評価フロー

1. 評価概要

- ・設置許可基準規則に基づき、評価対象施設を整理

	耐震重要施設	常設重大事故等対処施設
基礎地盤	第3条	第38条
周辺斜面	第4条	第39条

2. 地質の概要

- ・敷地には将来活動する可能性のある断層等が分布していないことを確認

3. 評価断面の選定

- ・支持地盤の相違(岩盤と改良地盤)、標高の相違(O.P.+14.8m盤とO.P.+62m盤)、基礎形式の相違に着目して代表施設並びに評価断面を選定

4. 基礎地盤の安定性評価

- ・解析用物性値の設定
- ・モデルの作成
- ・基礎地盤のすべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認
- ・基礎底面の地震時最大接地圧が評価基準値を超えないことを確認
- ・基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認

- ・審査ガイドに準拠し、適合性を確認

基礎地盤	・活断層の有無 : 第2章
	・地震力に対する基礎地盤の安定性評価 : 第3~4章
	・周辺地盤の変状による施設への影響評価 : 第5章
	・地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価 : 第5章
周辺斜面	・地震力に対する周辺斜面の安定性評価 : 第6章

5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価

- ・各施設の設置状況を踏まえ、不等沈下、揺すり込み沈下による影響が生じないことを確認
- ・周辺地盤の液状化により、対象施設が影響を受けない対策をする方針であることを確認
- ・地震発生に伴う地殻変動による地盤の傾斜を算出し、地殻変動及び地震動を考慮した最大傾斜が、評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認

6. 周辺斜面の安定性評価

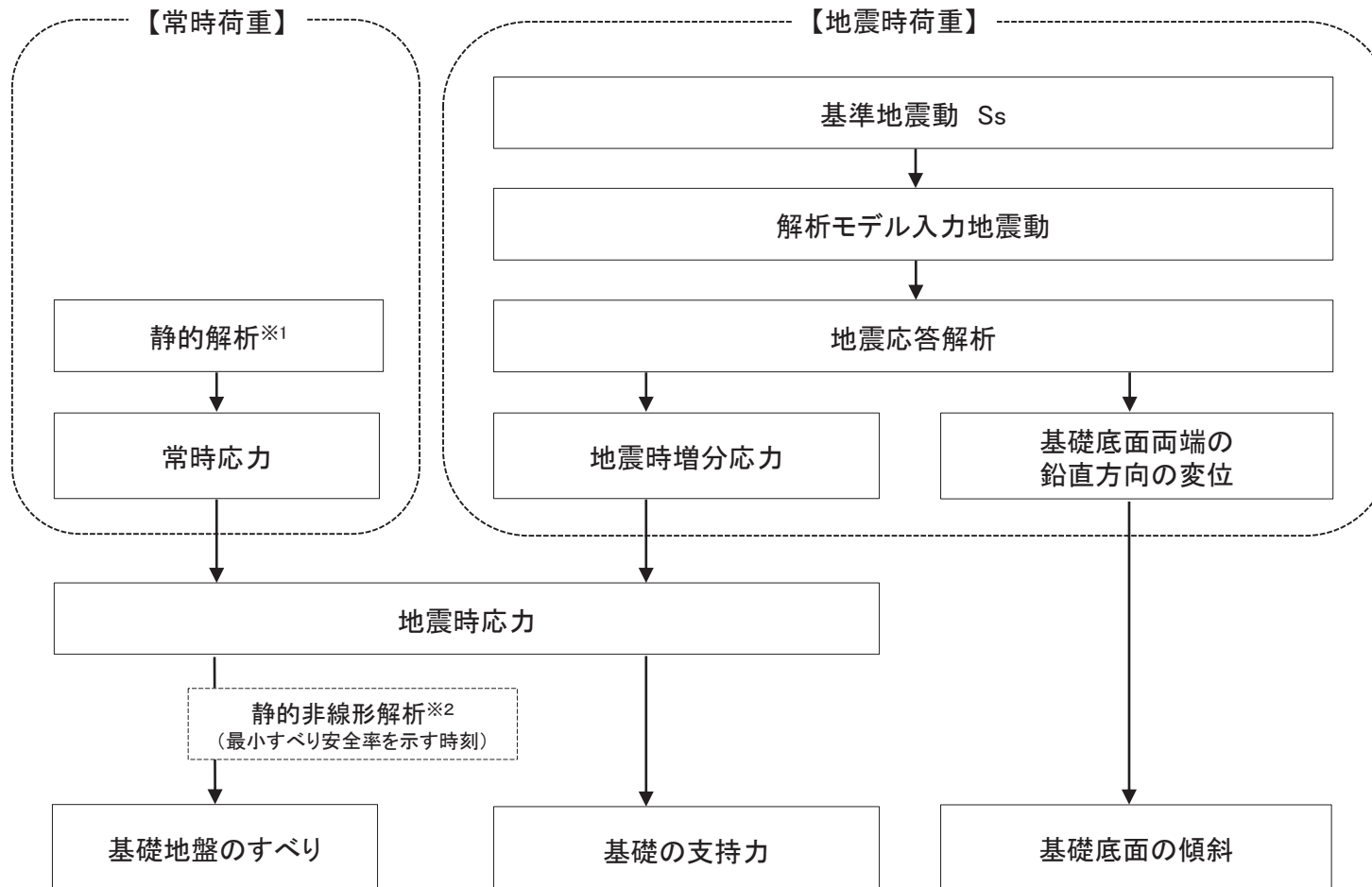
- ・斜面法尻からの離間距離により、周辺斜面が対象施設に影響を与えないことを確認

7. まとめ

4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.1 安定性評価フロー

- すべり, 支持力及び基礎底面の傾斜に対する安全性については, 二次元動的有限要素解析による地震応答解析により評価する。
- 地震応答解析は, 周波数応答解析を用い, 等価線形化法により, **D** 級岩盤, 盛土, 旧表土, 断層・シーム, セメント改良土, 改良地盤の動せん断弾性係数 G_d 及び減衰定数 h のひずみ依存性を考慮する。



※1: 静的解析では以下の荷重を考慮する。
 ・地盤の自重(初期応力)
 ・建屋基礎掘削に伴う解放力
 ・建屋・埋戻土の荷重

※2: 引張強度・せん断強度を超える要素が広く分布する場合など必要に応じて実施。静的非線形解析の詳細については, 補足説明資料「3. 安定性評価に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.2 解析用物性値に対する不確かさ(ばらつき)考慮

- 解析用物性値(断層・シームの強度を除く)は、各種試験における平均値を代表値として使用していることから、各種試験に含まれる不確かさを考慮し、すべり安全率に支配的な要因である強度特性について、ばらつきを考慮[※]した評価を実施した。
- なお、断層・シームについては、強度が最も小さい「粘土状」物質に対する試験から代表値を設定していることから、さらなるばらつきは考慮しない。

原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2008(日本電気協会)

- すべり安全率に対する地盤物性値のばらつきの影響については、一般に強度特性が支配的であり、変形特性の影響は小さい。したがって、一般に強度特性のばらつきのみ考慮しておけばよい。

原子力発電所の基礎地盤および周辺斜面の安定性評価技術(土木学会, 2009)

地盤物性値のばらつき評価法について、確率論的な検討を行い、以下の結論が得られている。

- 地盤物性値を $\pm 10\%$ して算定したすべり安全率の差を感度算定した結果、「せん断強度等の抵抗力に関する地盤物性の影響が非常に強く、剛性等の影響は比較的小さい」。
- 「代表値 \pm 係数 \times 標準偏差」による確率論的手法による地盤物性のばらつきの評価では、「地盤物性値がばらついても『代表値 $-1.0 \times$ 標準偏差』によって確定論的に評価したすべり安全率を下回る確率が小さい」。

すべり安全率に対しては強度特性のばらつきが大きく影響することから、地盤物性のうち強度特性に関するばらつきを考慮した評価(平均値 -1σ 強度)を併せて検討する。

※:ばらつき考慮の詳細については、補足説明資料「2. 解析用物性値に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.3 モデル化領域・要素高さ

■ モデル化領域

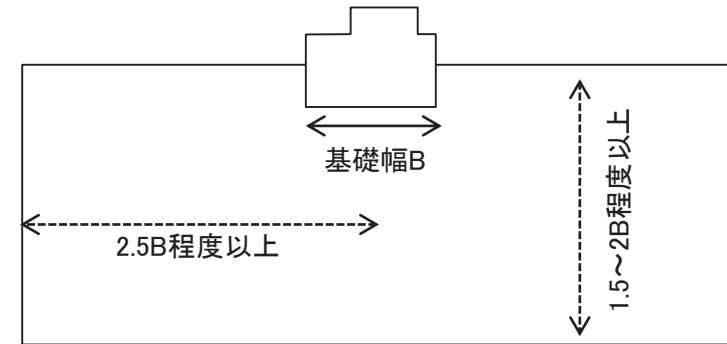
- 動的解析用のモデルの深さは、「一般に建屋底面幅の1.5～2倍とする」。
- 動的解析用モデルの側方境界は、「建屋の振動方向にそれぞれ建屋幅の2.5倍以上離れた点に設ければよい」。
「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2008」(日本電気協会)



- JEAG4601-2008を参考に、モデル片幅を構造物基礎幅の2.5倍程度以上、モデル化深さを構造物基礎幅の1.5～2倍程度以上を確保するよう設定した。

■ 地盤要素の要素高さ

- 平面ひずみ要素でモデル化し、要素の高さは、最大周波数20Hz及び地盤のせん断波速度 V_s より求まる最大要素高さを上回らないように設定した。



モデル化領域設定の考え方

$$H_{max} = \frac{1}{m} \cdot \lambda_s = \frac{1}{m} \cdot \frac{V_s}{f_{max}}$$

- H_{max} : 最大要素高さ(m)
- λ_s : せん断波の波長(m)
- V_s : せん断波の速度(m/s)
- f_{max} : 考慮する地震動の最大周波数(20Hz)
- m : 分割係数(=5とした)

4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.4 断層・シームのモデル化

■ 断層・シームのモデル化

- 「弱層のモデル化にあたっては、ジョイントモデルまたはソリッドモデルのいずれを用いてもよい」。
「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2008」(日本電気協会)
 - 弱層のモデル化については、ソリッド要素でモデル化してもジョイント要素でモデル化しても、「地盤のすべり安定性に影響を及ぼすほどの差異は生じない」。
「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)
- ▼
- 断層・シームのモデル化については、層厚の厚いTF-1断層(最大破碎幅400cm)のみをソリッド要素でモデル化し、その他の断層・シームについてはジョイント要素でモデル化した。

ジョイント要素に用いるバネ定数(k_s, k_n)の設定方法

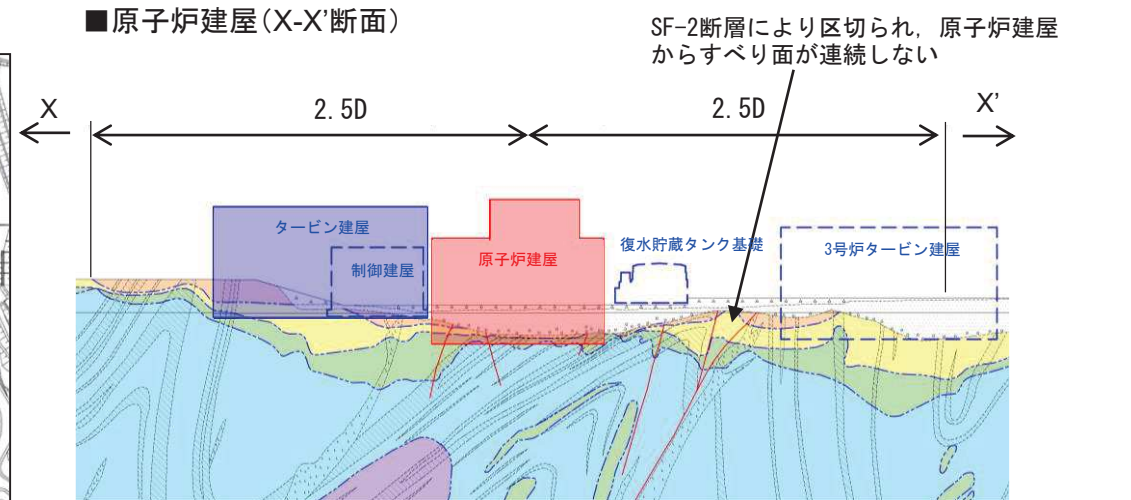
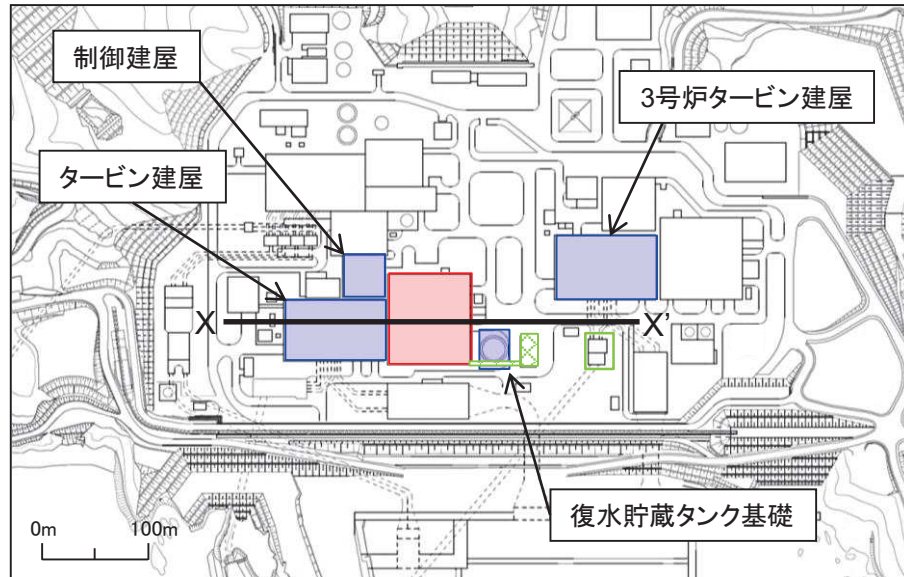
$$k_s = \frac{G}{t} \quad k_n = \frac{2(1-\nu_d)}{1-2\nu_d} \cdot \frac{G}{t}$$

- k_s : せん断バネ定数(N/mm³)
- k_n : 垂直バネ定数(N/mm³)
- G : 断層のせん断弾性係数(N/mm²)
- t : 断層のモデル化幅(mm)
- ν_d : 断層の動ポアソン比

4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.5 隣接構造物のモデル化(原子炉建屋X-X'断面)

- 原子炉建屋X-X'断面の周囲“施設幅×2.5”に位置する構造物を抽出し、解析モデルへのモデル化の要否について検討した。
- 原子炉建屋より重量は小さいものの、隣接しており、比較的規模の大きいタービン建屋をモデル化することとした。



凡例

[B]	B 級	[C]	C _L 級	[岩盤分類境界]	砂	岩	[地質境界]
[C _H]	C _H 級	[D]	D 級	[盛土]	頁岩	[断層]	
[C _M]	C _M 級			[第四系(砂礫)]	ひん岩		

凡例

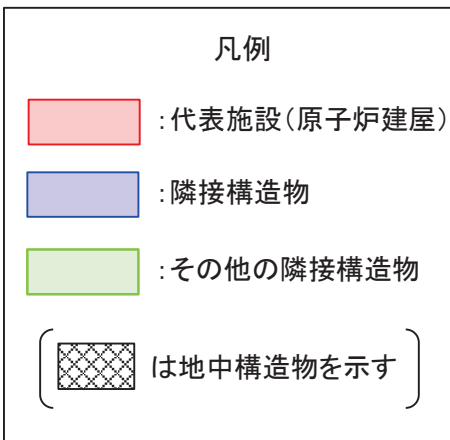
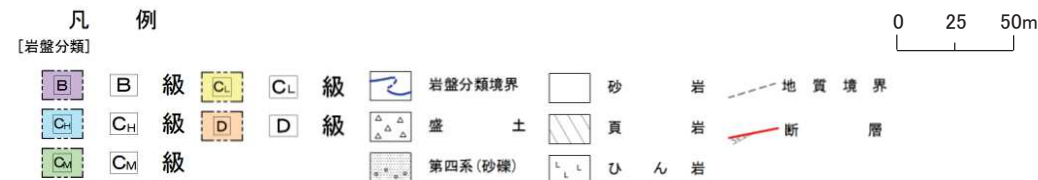
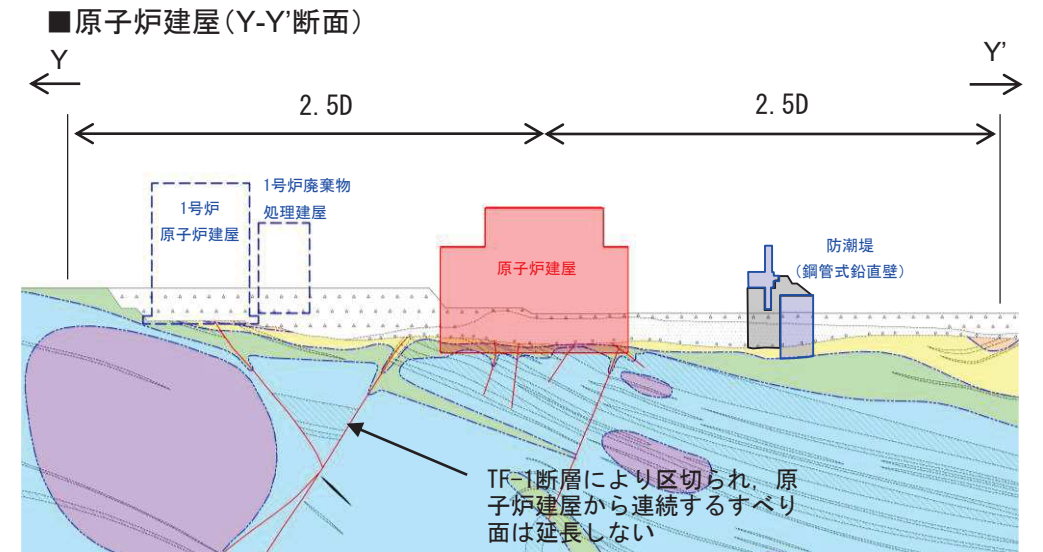
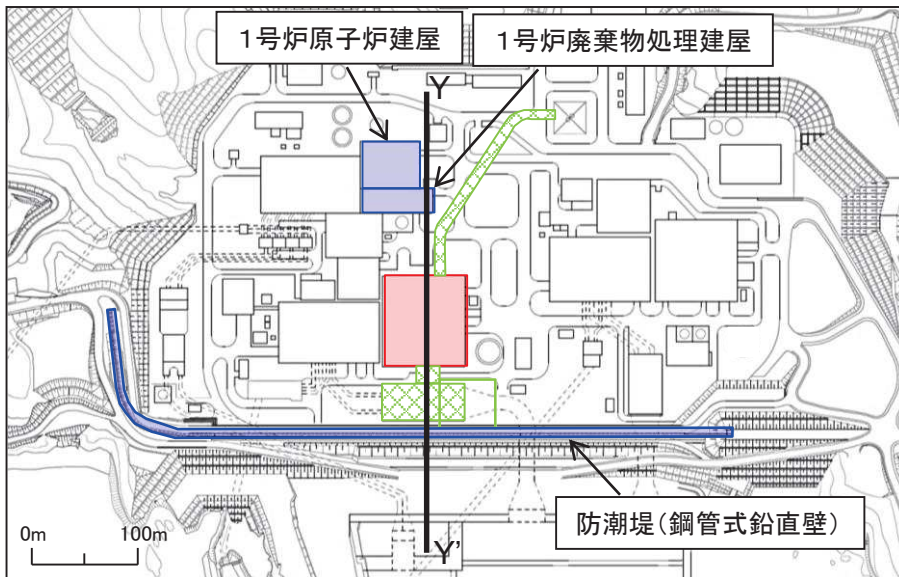
[Red Box]	: 代表施設(原子炉建屋)
[Blue Box]	: 隣接構造物
[Green Box]	: その他の隣接構造物
[Cross-hatched Box]	は地中構造物を示す

構造物	重量 (MN)	評価施設との重量比 (隣接構造物/評価施設)	備考
原子炉建屋	3,415	—	代表施設
タービン建屋	1,791	0.52	代表施設より重量は小さいものの、隣接しており、比較的規模が大きいことからモデル化する。
制御建屋	359	0.11	隣接しているものの、代表施設より重量は小さいことから、モデル化しない。
復水貯蔵タンク基礎	159	0.05	隣接しているものの、代表施設より重量が小さいことから、モデル化しない。
3号炉タービン建屋	1,956	0.57	代表施設より重量は小さく、離隔があり、SF-2断層により区切られるため、代表施設を含む想定すべり面を形成しないことからモデル化しない。 なお、原子炉建屋と3号炉タービン建屋を含むすべり面は、原子炉建屋のみのすべり面と比べ、岩盤中を通過する長さが倍以上となり、裕度が大きくなると想定される。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.5 隣接構造物のモデル化(原子炉建屋Y-Y'断面)

- 原子炉建屋Y-Y'断面の周囲“施設幅×2.5”に位置する構造物を抽出し、解析モデルへのモデル化の要否について検討した。
- 原子炉建屋の周囲に、安定性評価に影響を及ぼす可能性のある隣接構造物は存在しない。

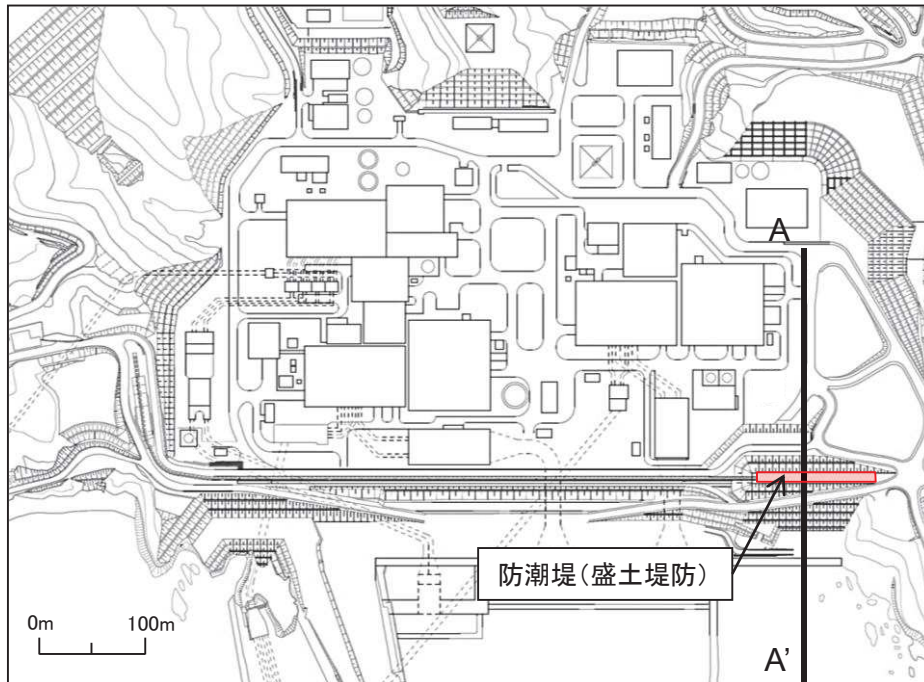


構造物	重量 (MN)	評価施設との重量比 (隣接構造物/評価施設)	備考
原子炉建屋	3,415	—	代表施設
1号炉原子炉建屋	1,139	0.33	代表施設より重量は小さく、離隔があり、TF-1断層により区切られるため、代表施設を含む想定すべり面を形成しないことからモデル化しない。 なお、原子炉建屋と1号炉原子炉建屋を含むすべり面は、原子炉建屋のみのすべり面と比べ、岩盤中を通過する長さが倍以上となり、裕度が大きくなると想定される。
1号炉廃棄物処理建屋	489	0.14	隣接しているものの、代表施設より重量は小さいことから、モデル化しない。
防潮堤(鋼管式鉛直壁)	412	0.12	隣接しているものの、代表施設より重量が小さいことから、モデル化しない。

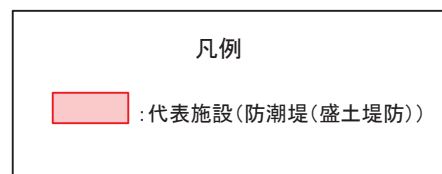
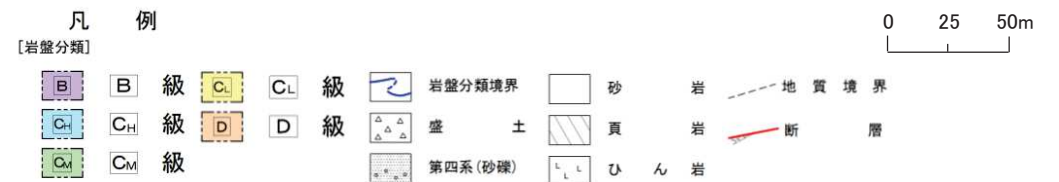
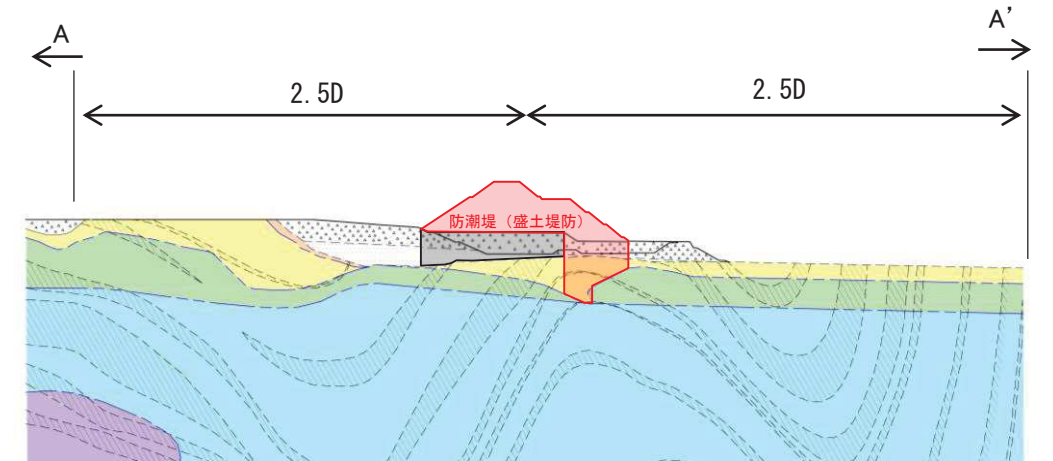
4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.5 隣接構造物のモデル化(防潮堤(盛土堤防))

- 防潮堤(盛土堤防)の周囲“施設幅×2.5”に位置する構造物を抽出し、解析モデルへのモデル化の要否について検討した。
- 防潮堤(盛土堤防)の周囲に、安定性評価に影響を及ぼす可能性のある隣接構造物は存在しない。



■盛土堤防(A-A'断面)



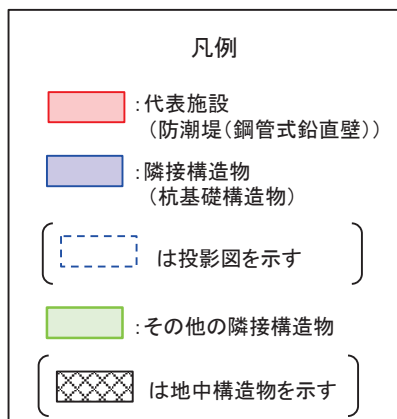
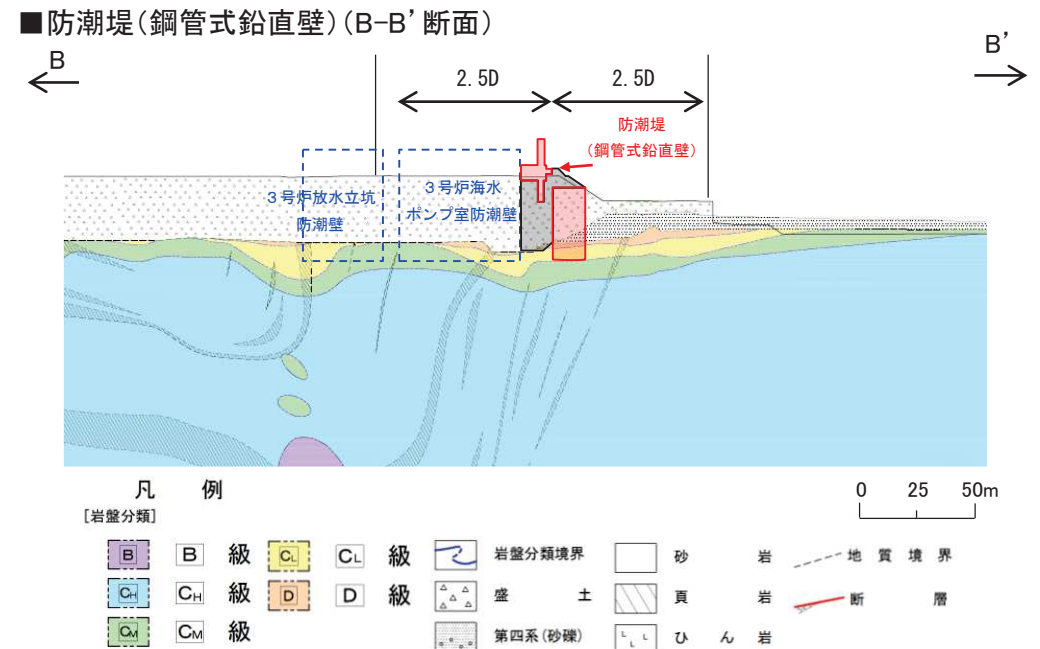
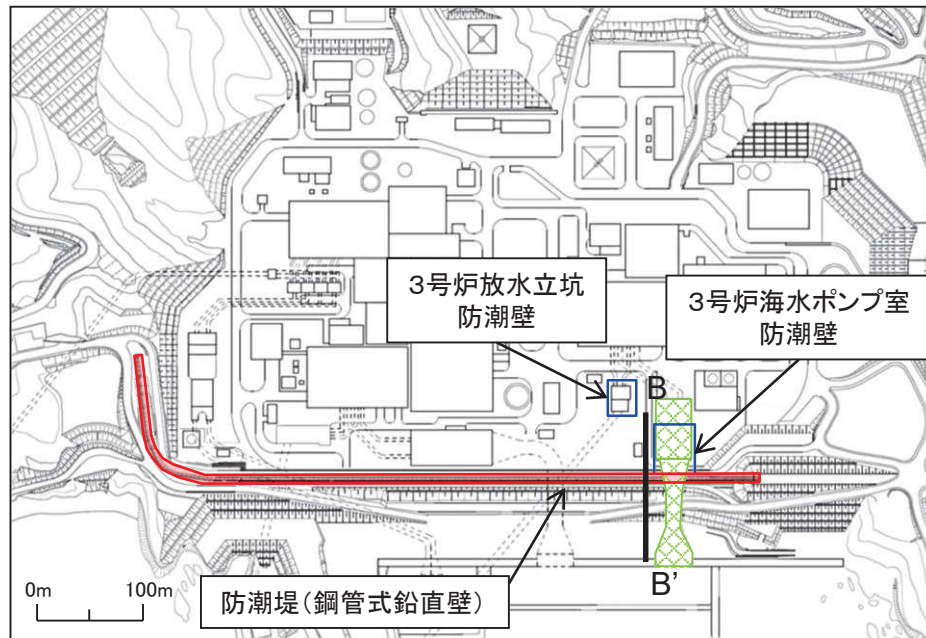
構造物	重量(MN)	評価施設との重量比 (隣接構造物/評価施設)	備考
防潮堤 (盛土堤防)	3,097	—	代表施設

代表施設の周囲に、安定性評価に影響を及ぼす可能性のある隣接構造物は存在しない。

4. 基礎地盤の安定性評価 4. 1 評価方法

4. 1. 5 隣接構造物のモデル化(防潮堤(鋼管式鉛直壁))

- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)の周囲“施設幅×2.5”に位置する構造物を抽出し、解析モデルへのモデル化の要否について検討した。
- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)に隣接する構造物は存在するものの、代表施設よりも重量が小さいことから、モデル化しない。

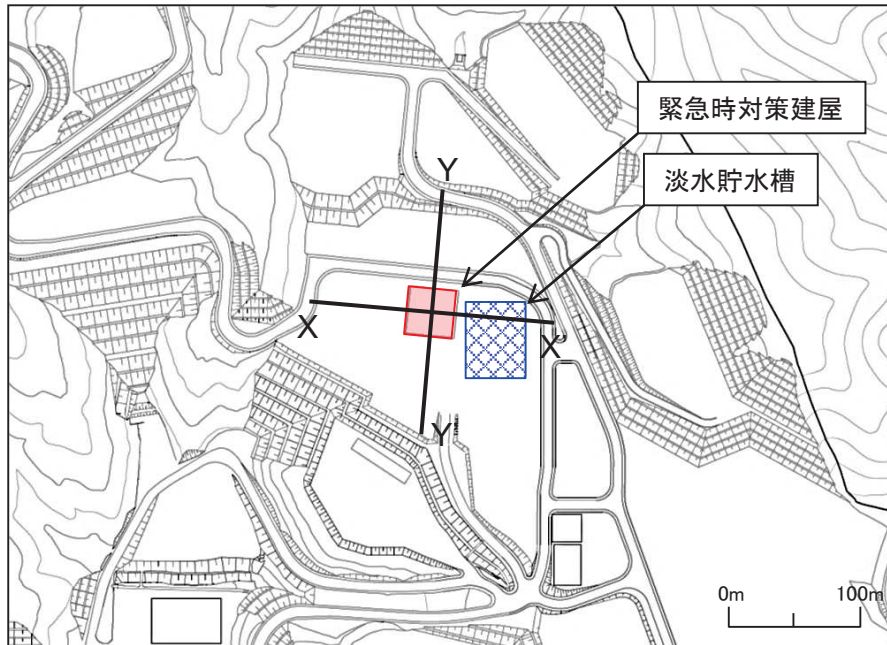


構造物	重量 (MN)	代表施設との重量比 (隣接構造物/代表施設)	備考
防潮堤(鋼管式鉛直壁)	412	—	代表施設
3号炉海水ポンプ室防潮壁	11	0.03	隣接しているものの、代表施設より重量は小さいことから、モデル化しない。
3号炉放水立坑防潮壁	3	0.007	代表施設より重量は小さく、離隔があることからモデル化しない。

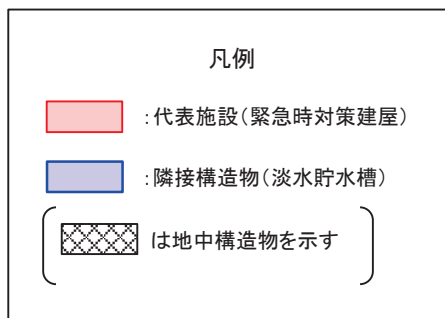
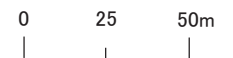
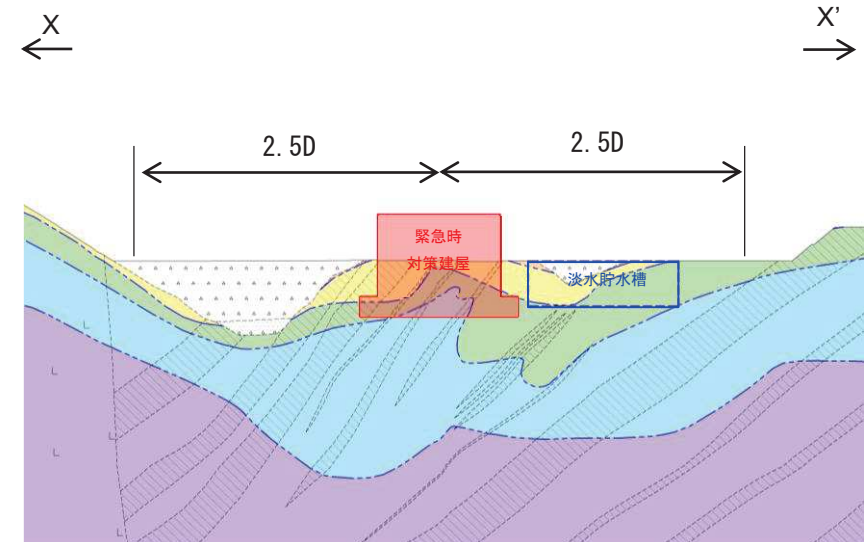
4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.5 隣接構造物のモデル化(緊急時対策建屋)

- 緊急時対策建屋の周囲“施設幅×2.5”に位置する構造物を抽出し、解析モデルへのモデル化の要否について検討した。
- 緊急時対策建屋に隣接する淡水貯水槽は地中構造物であり、盛土に比べ重量が小さく強度が大きいことから、盛土でモデル化することで、保守的な評価とすることとした。



■緊急時対策建屋(X-X'断面)

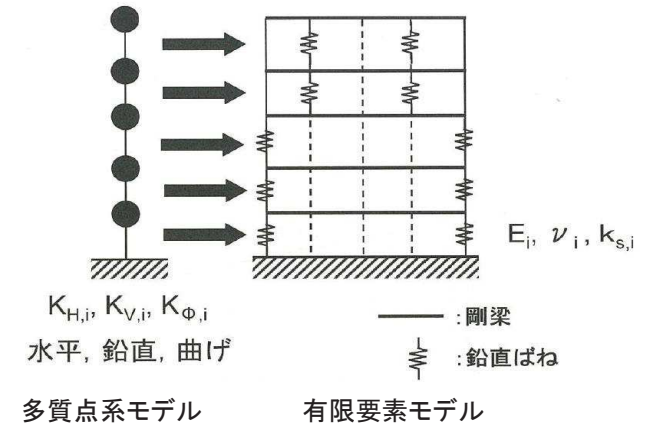


4. 基礎地盤の安定性評価 4. 1 評価方法

4. 1. 6 建屋等のモデル化

■ 建屋のモデル化

- 有限要素法に用いる原子炉建屋、緊急時対策建屋及びタービン建屋については、水平及び鉛直動の同時入力に対応したモデル化を行った。
- モデル化にあたっては「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)を参考に、多質点系建屋モデルから建屋各層の水平剛性 K_H 、鉛直剛性 K_V 及び曲げ剛性 K_ϕ を用いて、せん断剛性、ばね定数、ポアソン比を求め等価な有限要素モデルを作成した*。
- 原子炉建屋は耐震補強工事及び初期剛性低下を考慮したモデルを用いる。緊急時対策建屋は耐震評価用の基本モデルである設計剛性に基づくモデルを用いるが、初期剛性の低下を考慮した場合については、多質点系モデルにおける建屋底面のせん断力等の比較により、影響がないことを確認した*。



出典: 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

■ タービン建屋直下のMMRのモデル化

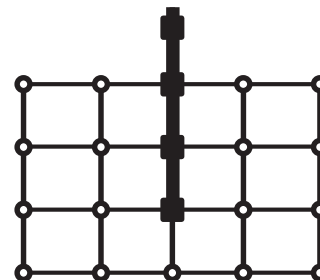
- タービン建屋直下の C_1 級岩盤については、MMRで置換えているが、基礎地盤の安定性評価においては、安全側に原地盤の物性値を使用する。

C_1 級岩盤とMMRの強度比較

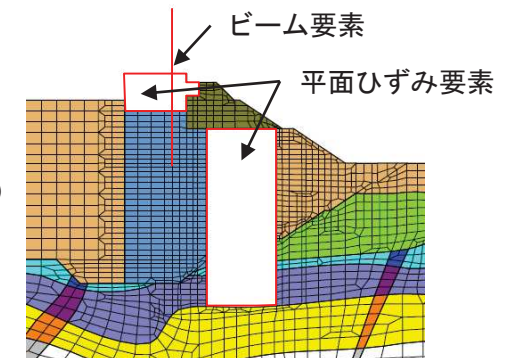
	せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	備 考
C_1 級砂岩	0.38	• ばらつきを考慮した強度
C_1 級頁岩	0.33	• ばらつきを考慮した強度
MMR	3.2	• 設計基準強度 16 N/mm ² • コンクリート標準示方書(2013年, ダムコンクリート編)

■ 防潮堤の施設(鋼管杭, 背面補強工, 置換コンクリート)のモデル化

- 鋼管杭はビーム要素でモデル化する。
- 鋼管杭と地盤は節点を共有させる。
- 背面補強工及び置換コンクリートは平面ひずみ要素でモデル化する



- : 地盤等を構成する節点
- : 鋼管杭を構成する節点 (同一座標の○と節点を共有)
- : ビーム要素(鋼管杭)



*: 建屋のモデル化方法の詳細及び緊急時対策建屋の初期剛性低下の影響については、補足説明資料「3. 安定性評価に関する補足」に示す。

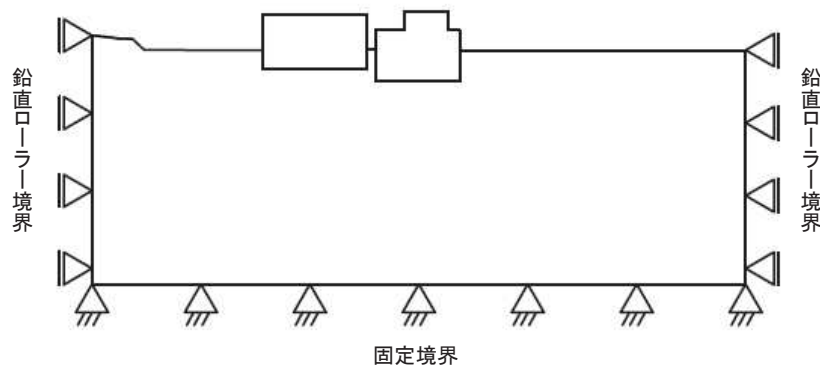
4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.7 境界条件

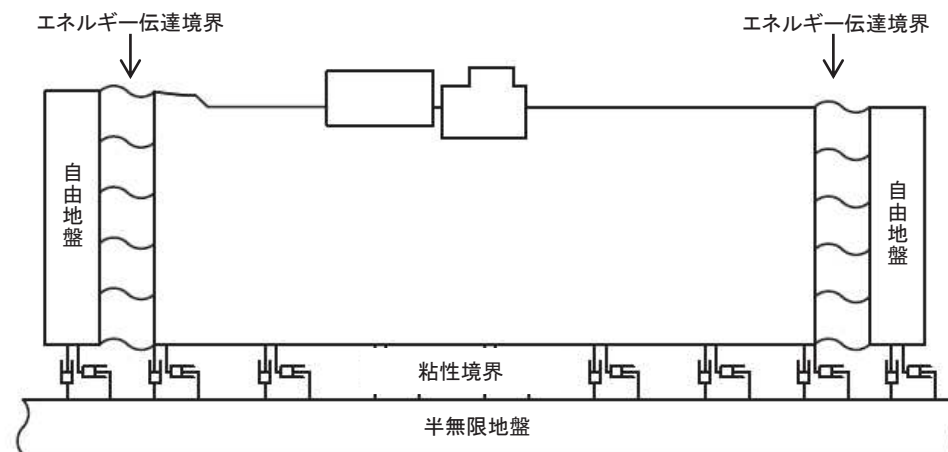
■ 境界条件

- 静的解析では、底面を固定境界、側方を鉛直ローラー境界として設定した。
- 動的解析では、底面を粘性境界、側方をエネルギー伝達境界とし、エネルギー逸散を考慮した。

【静的解析】



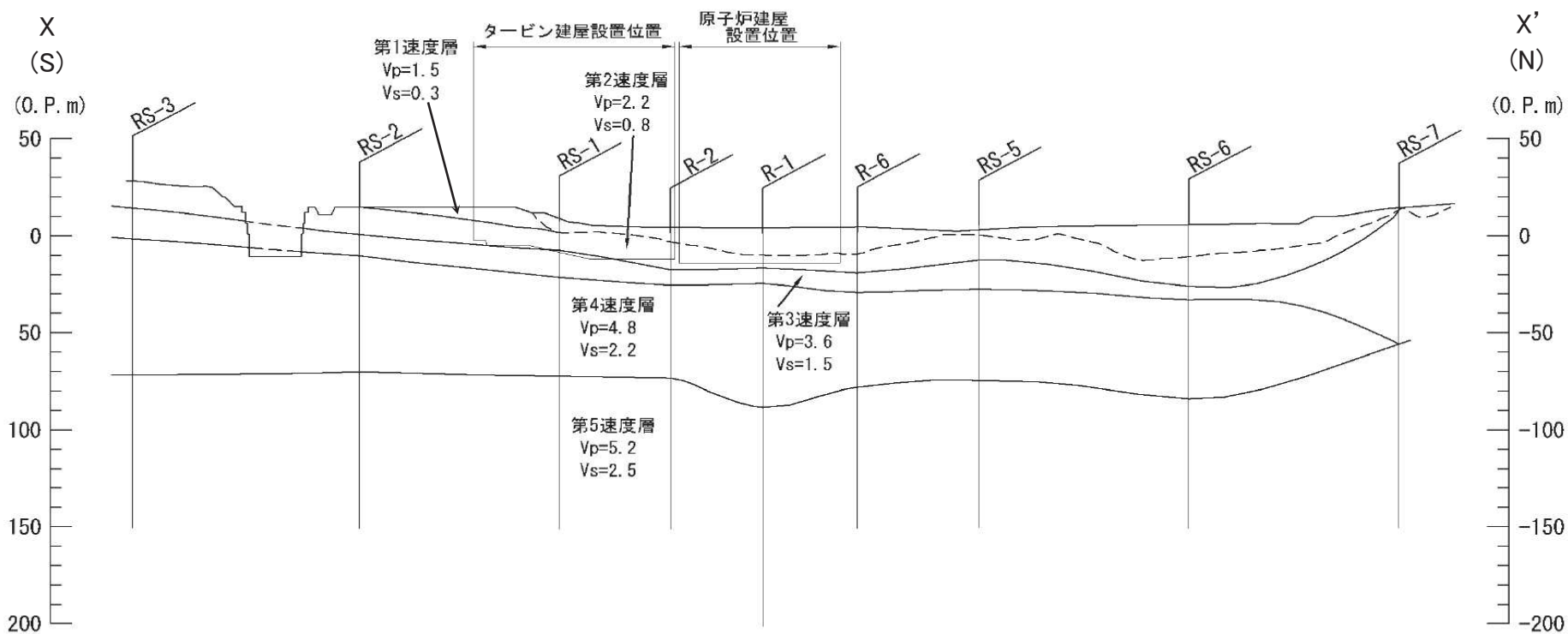
【動的解析】



4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.8 速度層構造図(原子炉建屋 X-X' 断面)

- 原子炉建屋基礎地盤の速度層構造※は、おおむね水平な成層構造をなす5層に区分される。



凡 例

----- : 盛土及び旧表土と岩盤の境界線

速度層構造図(X-X'断面)

(単位 km/sec)

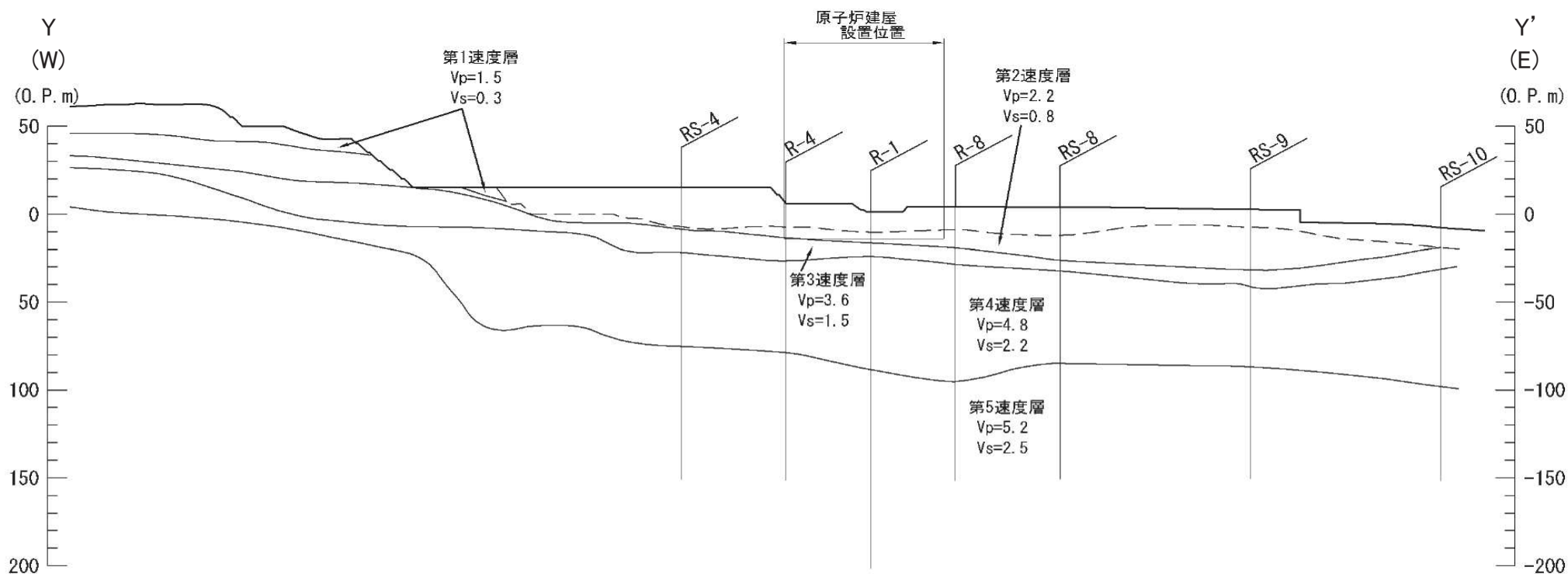


※: 各ボーリング孔のPS検層結果は、補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.8 速度層構造図(原子炉建屋 Y-Y' 断面)

- 原子炉建屋基礎地盤の速度層構造※は、おおむね水平な成層構造をなす5層に区分される。

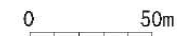


凡 例

----- : 盛土及び旧表土と岩盤の境界線

速度層構造図(Y-Y'断面)

(単位 km/sec)

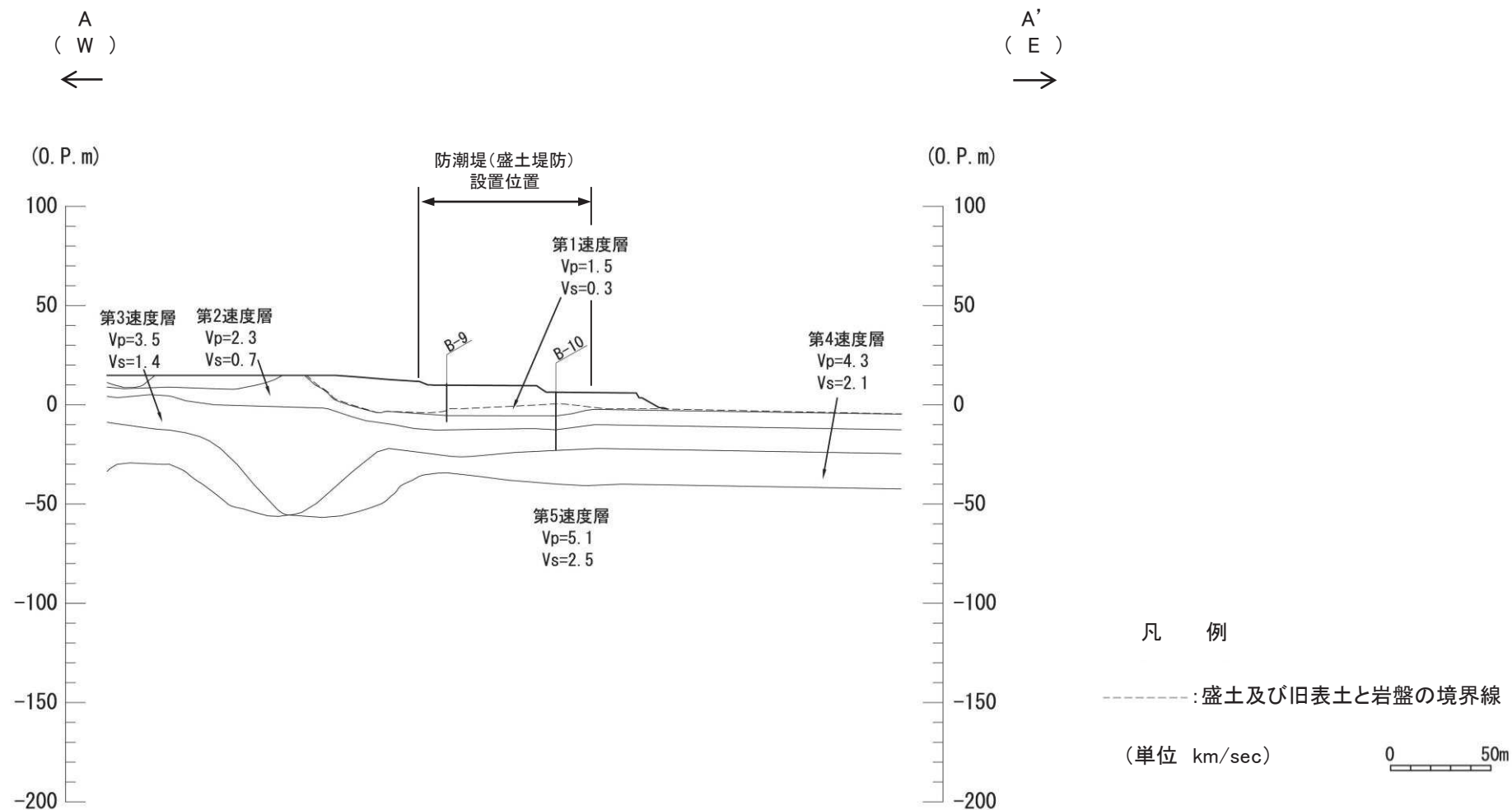


※: 各ボーリング孔のPS検層結果は、補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.8 速度層構造図(防潮堤(盛土堤防) A-A' 断面)

- 防潮堤(盛土堤防)基礎地盤の速度層構造※は, おおむね水平な成層構造をなす5層に区分される。



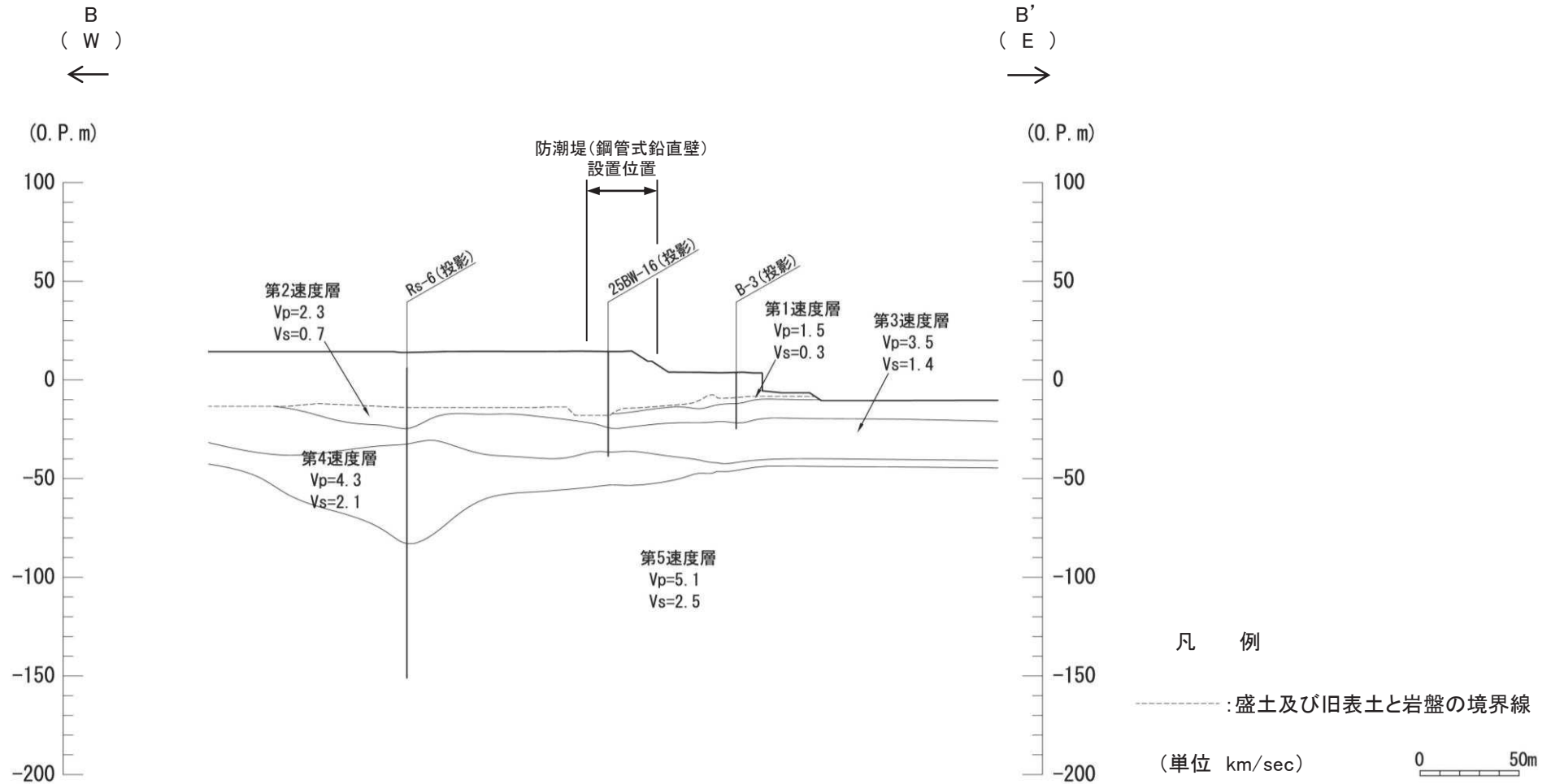
速度層構造図(A-A'断面)

※: 各ボーリング孔のPS検層結果は, 補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.8 速度層構造図(防潮堤(鋼管式鉛直壁) B-B' 断面)

- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)基礎地盤の速度層構造※は、おおむね水平な成層構造をなす5層に区分される。



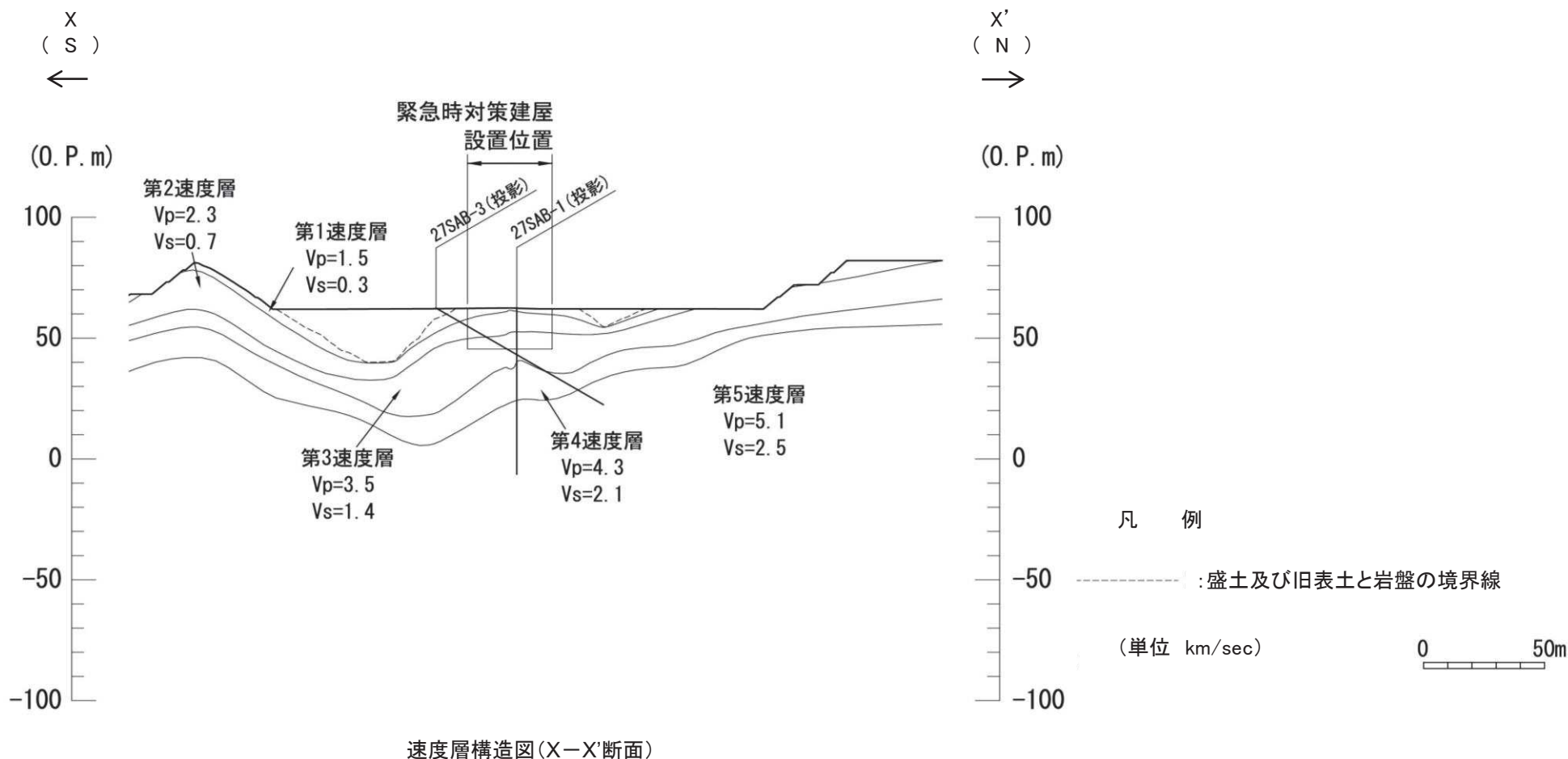
速度層構造図(B-B'断面)

※: 各ボーリング孔のPS検層結果は、補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.8 速度層構造図(緊急時対策建屋 X-X'断面)

- 緊急時対策建屋基礎地盤の速度層構造※は、おおむね水平な成層構造をなす5層に区分される。

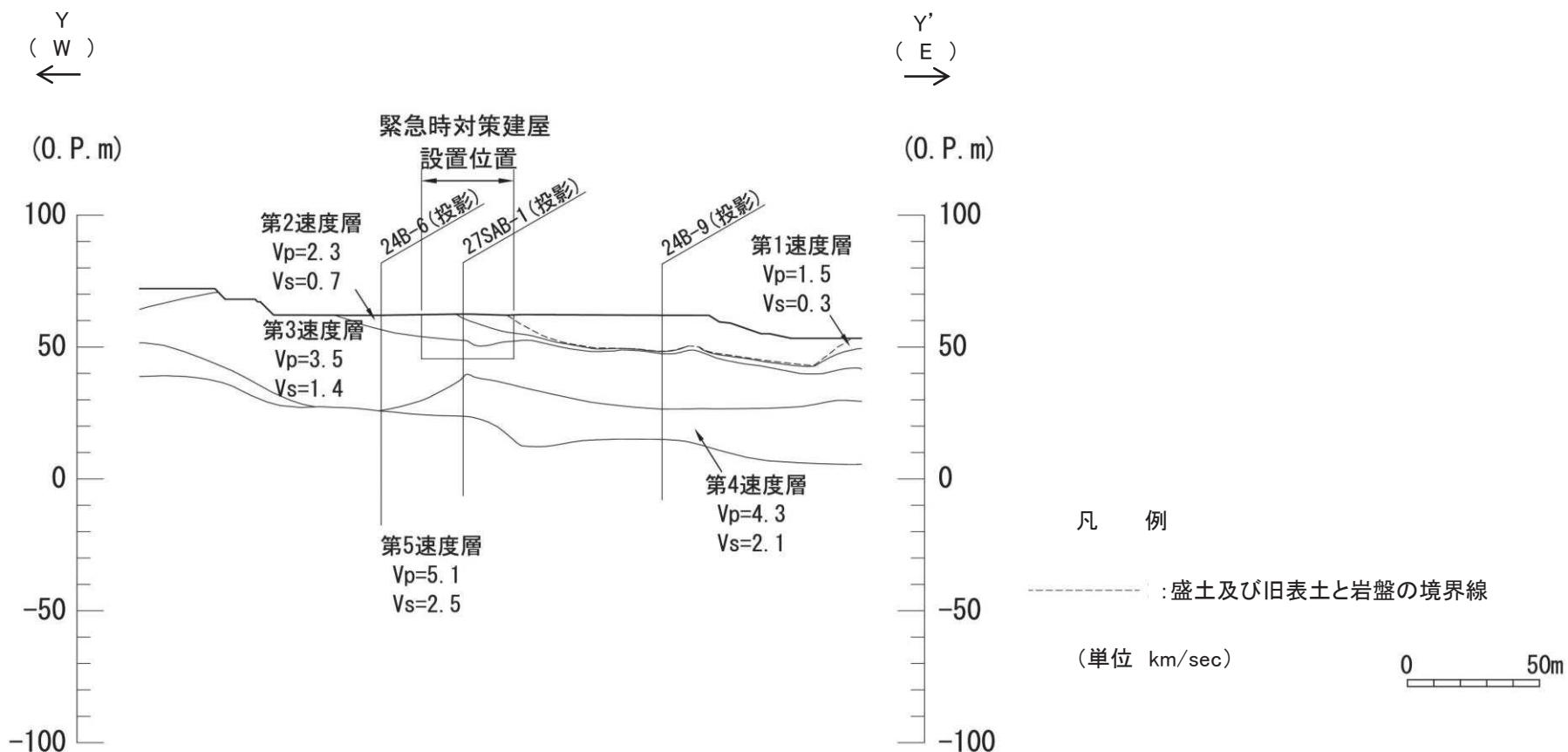


※: 各ボーリング孔のPS検層結果は、補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.8 速度層構造図(緊急時対策建屋 Y-Y'断面)

- 緊急時対策建屋基礎地盤の速度層構造※は、おおむね水平な成層構造をなす5層に区分される。



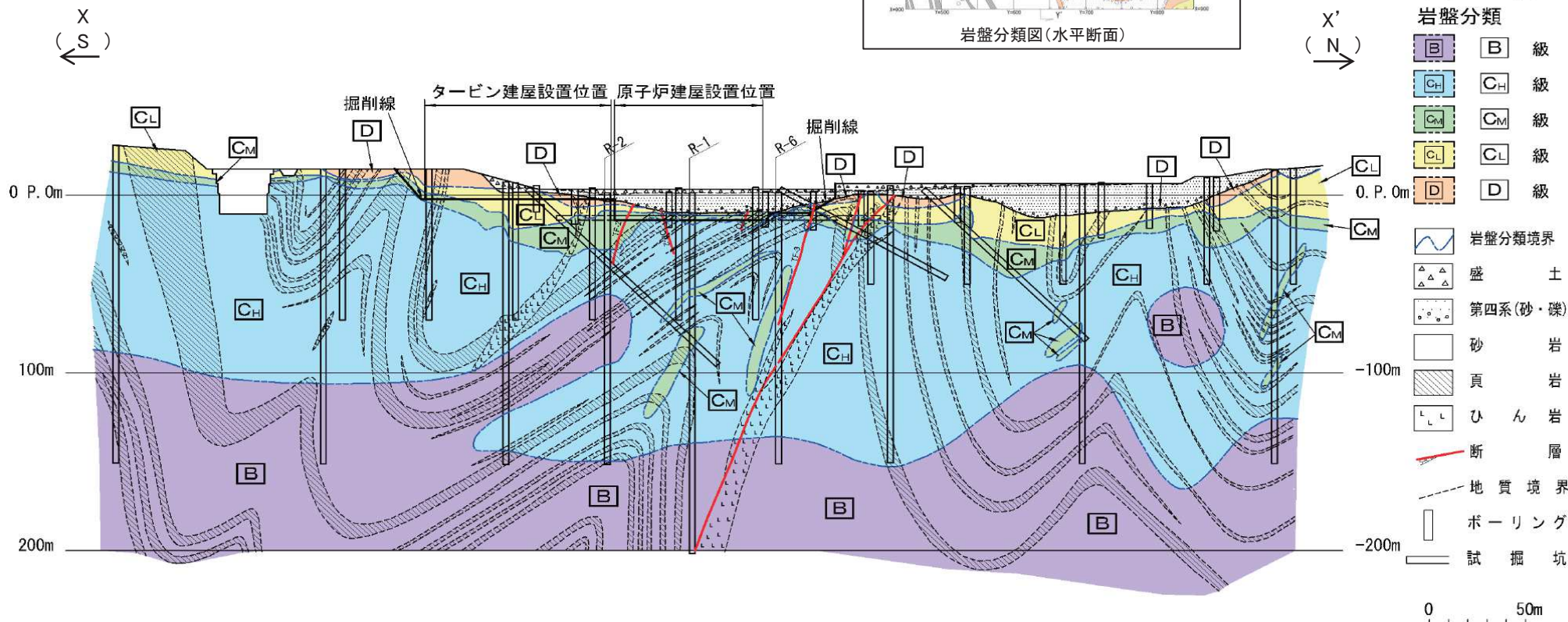
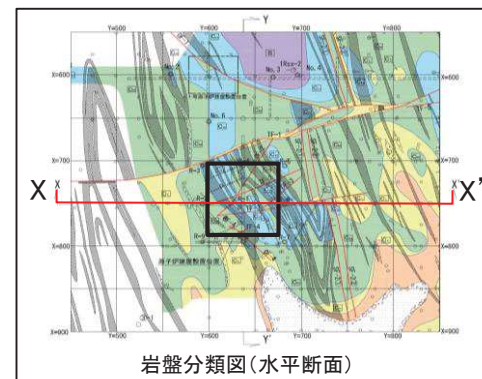
速度層構造図(Y-Y'断面)

※: 各ボーリング孔のPS検層結果は、補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4. 1 評価方法

4. 1. 9 原子炉建屋(岩盤分類図 X-X' 断面)

- 原子炉建屋(X-X' 断面)の解析モデル作成の基となる岩盤分類図を示す。

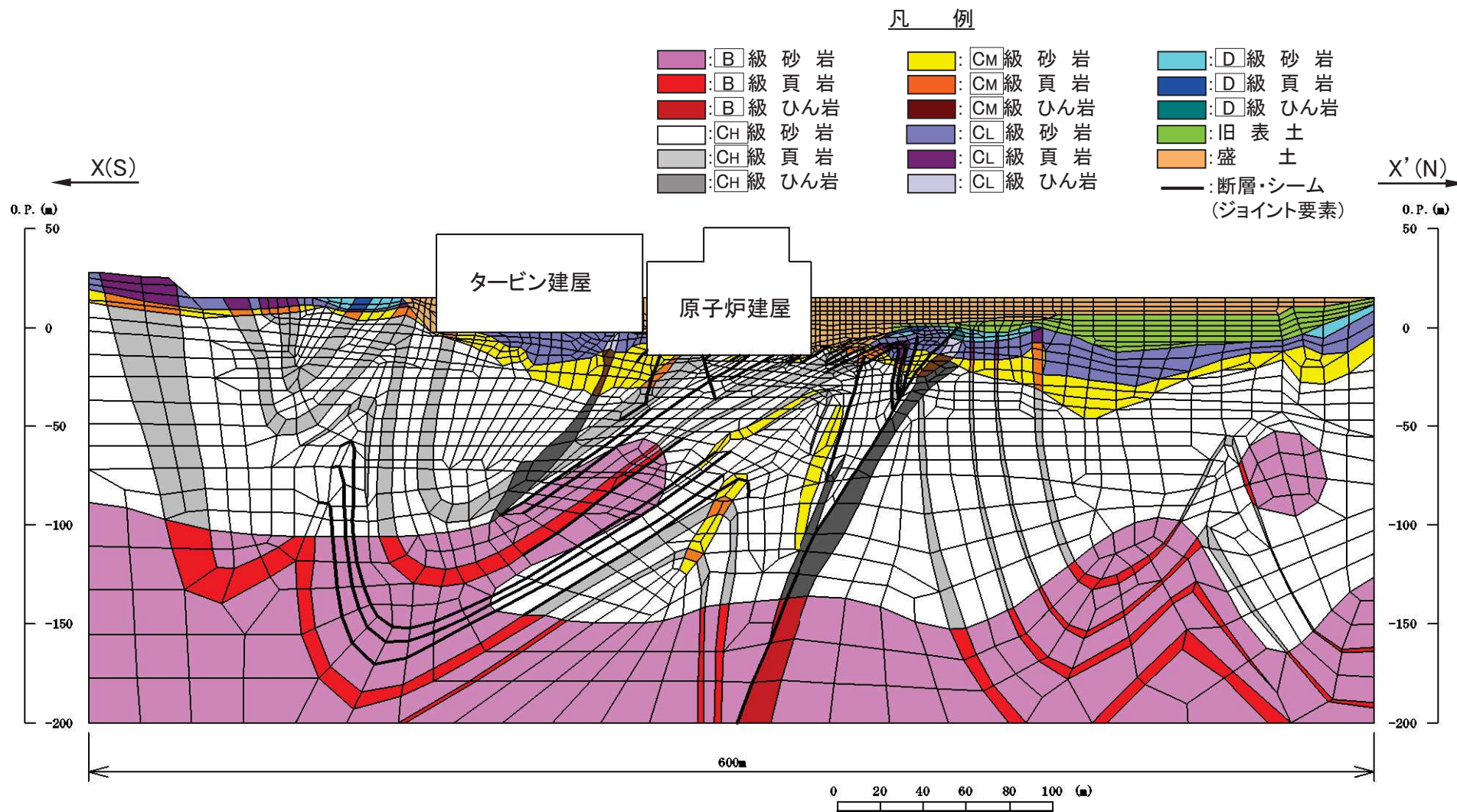


岩盤分類図(X-X'断面)

4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.9 原子炉建屋(解析用要素分割図 X-X'断面)

- 岩盤分類図及び速度層構造図を基に原子炉建屋 (X-X'断面)の解析用要素分割図を作成した。

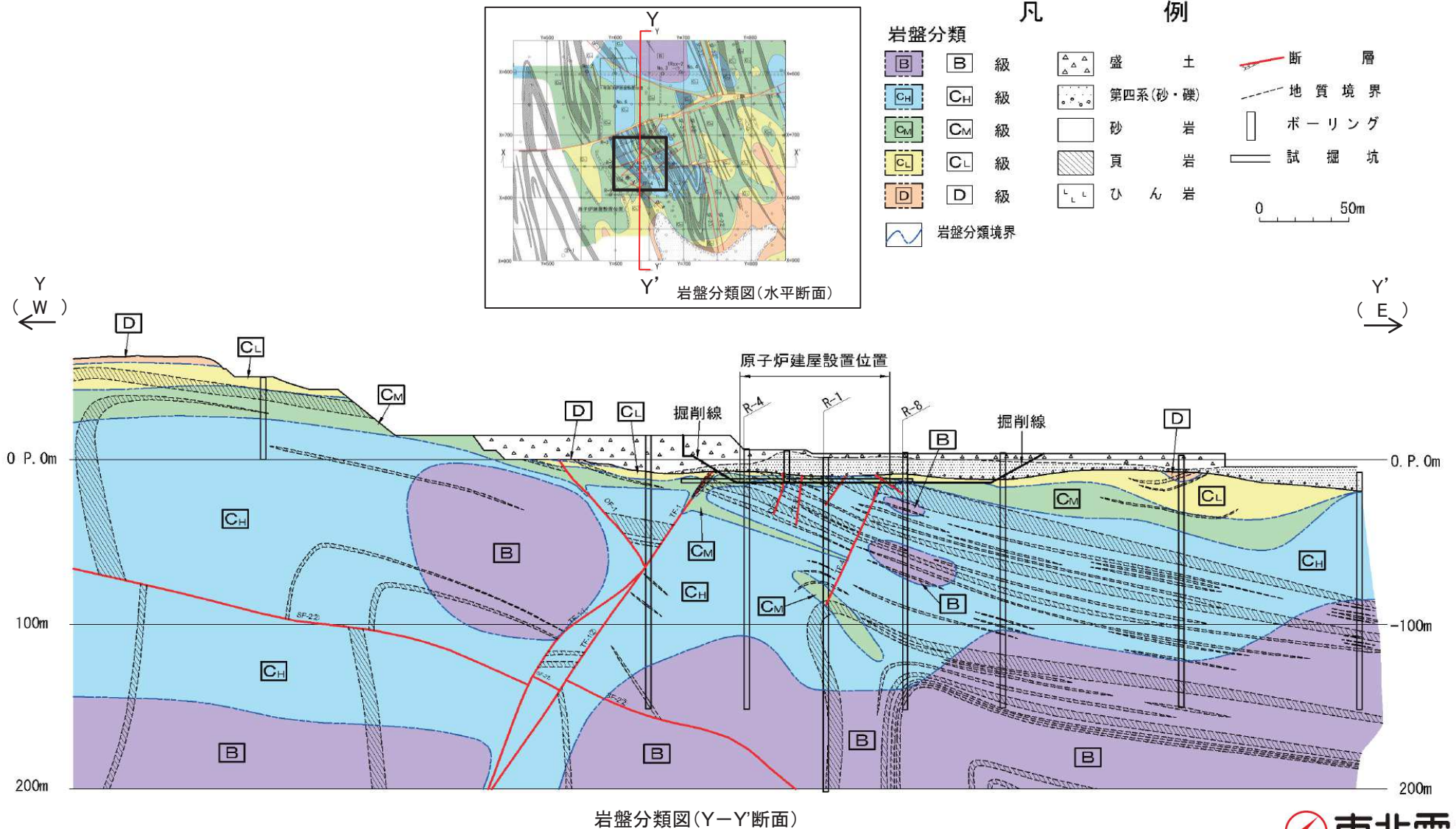


解析用要素分割図(X-X'断面)

4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.10 原子炉建屋(岩盤分類図 Y-Y' 断面)

- 原子炉建屋(Y-Y' 断面)の解析モデル作成の基となる岩盤分類図を示す。

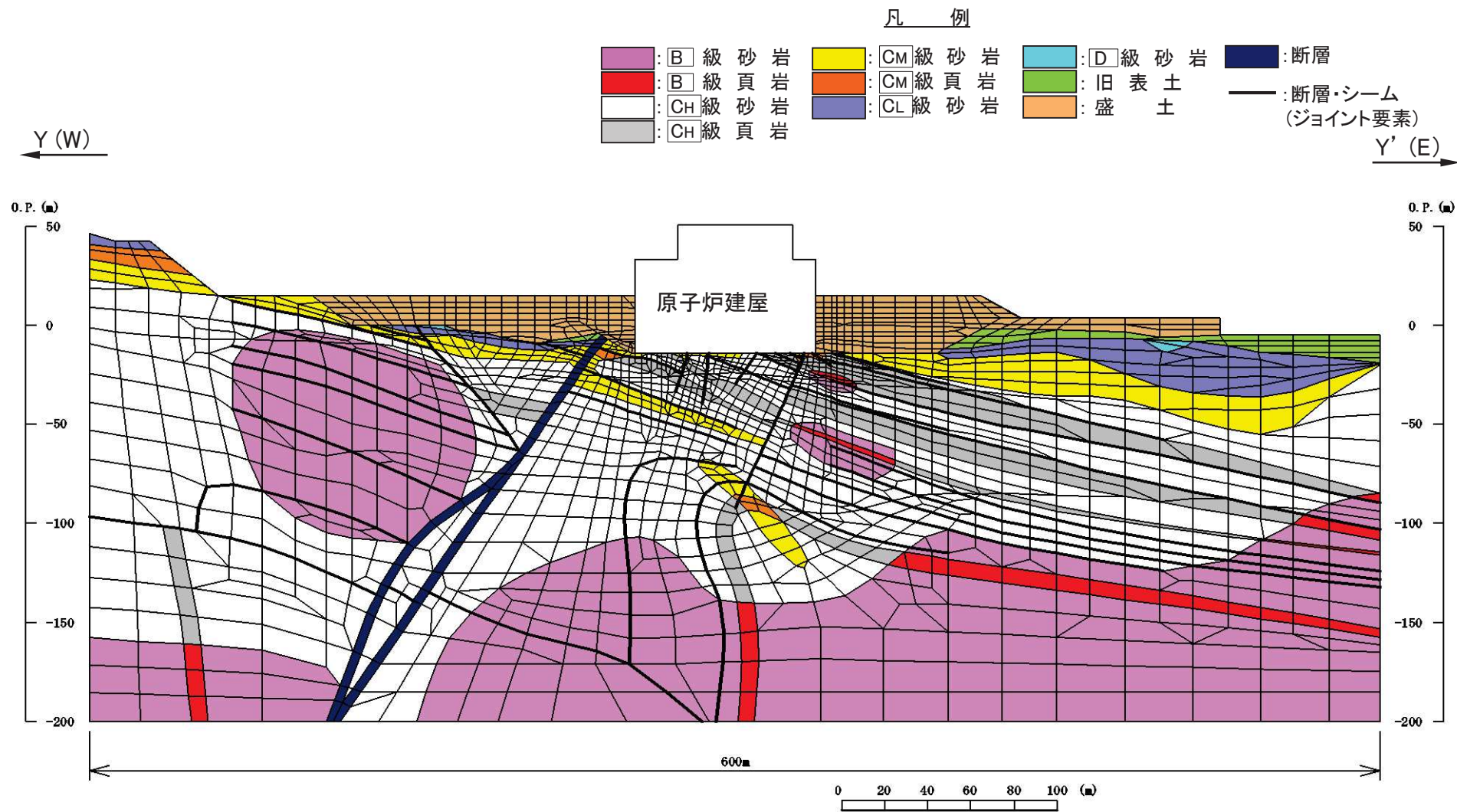


岩盤分類図(Y-Y'断面)

4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.10 原子炉建屋(解析用要素分割図 Y-Y'断面)

- 岩盤分類図及び速度層構造図を基に原子炉建屋(Y-Y'断面)の解析用要素分割図を作成した。

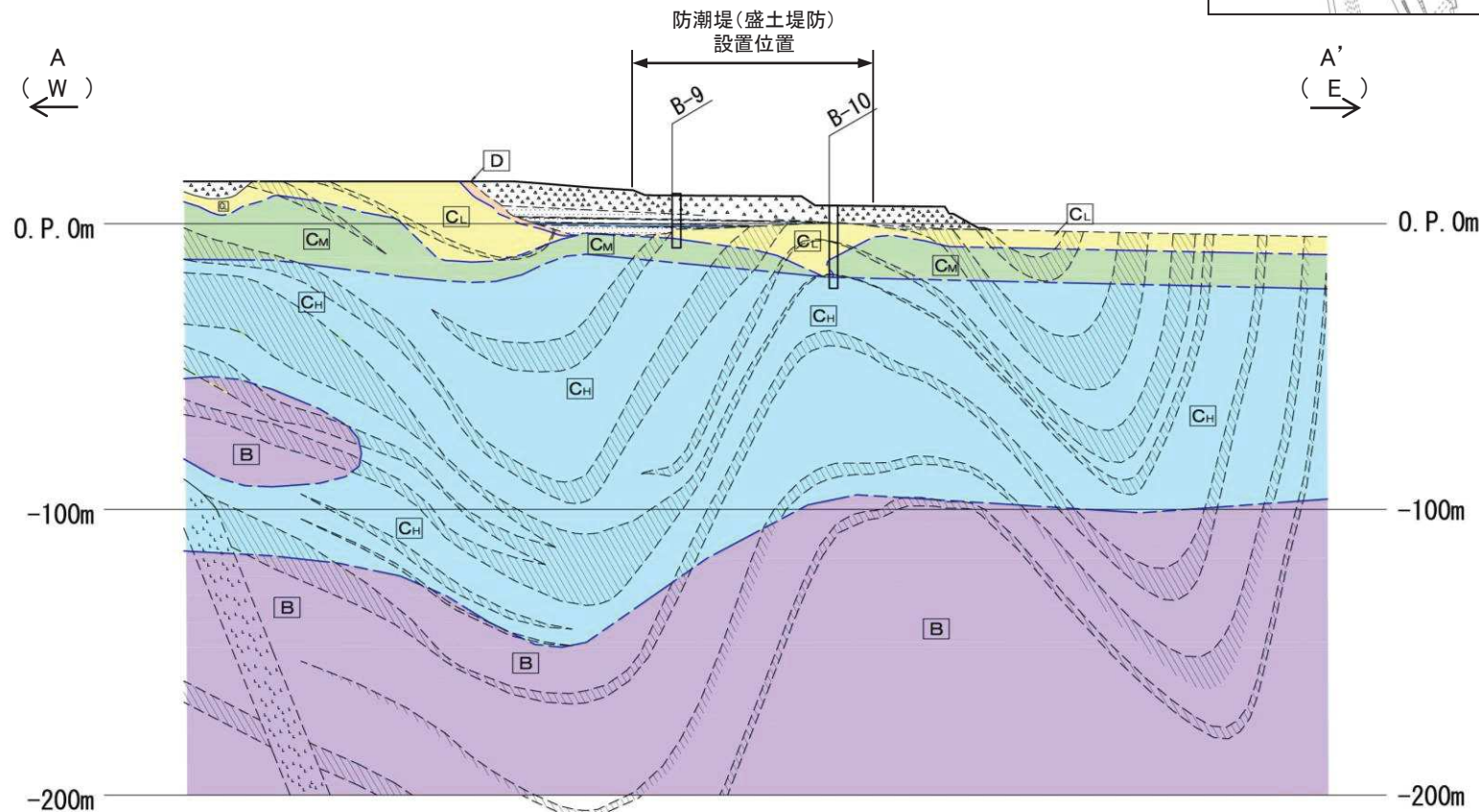
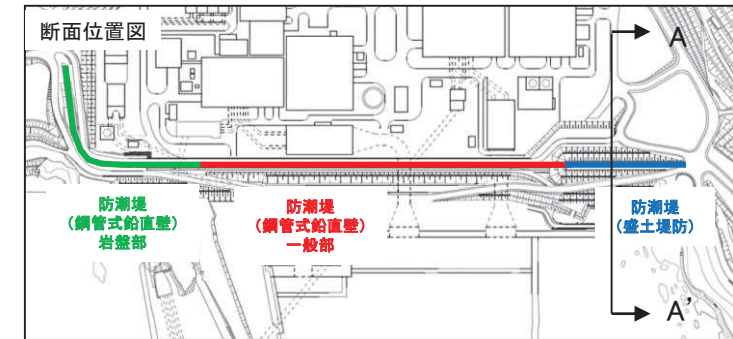


解析用要素分割図(Y-Y'断面)

4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.11 防潮堤(盛土堤防)(岩盤分類図 A-A' 断面)

- 防潮堤(盛土堤防)の解析モデル作成の基となるA-A'断面の岩盤分類図を示す。



凡 例

岩盤分類		例	
	B 級		盛 土
	CH 級		第四系(砂・礫)
	CM 級		砂 岩
	CL 級		頁 岩
	D 級		ひ ん 岩
	岩盤分類境界		断 層
			地 質 境 界
			ボーリング
			試掘坑

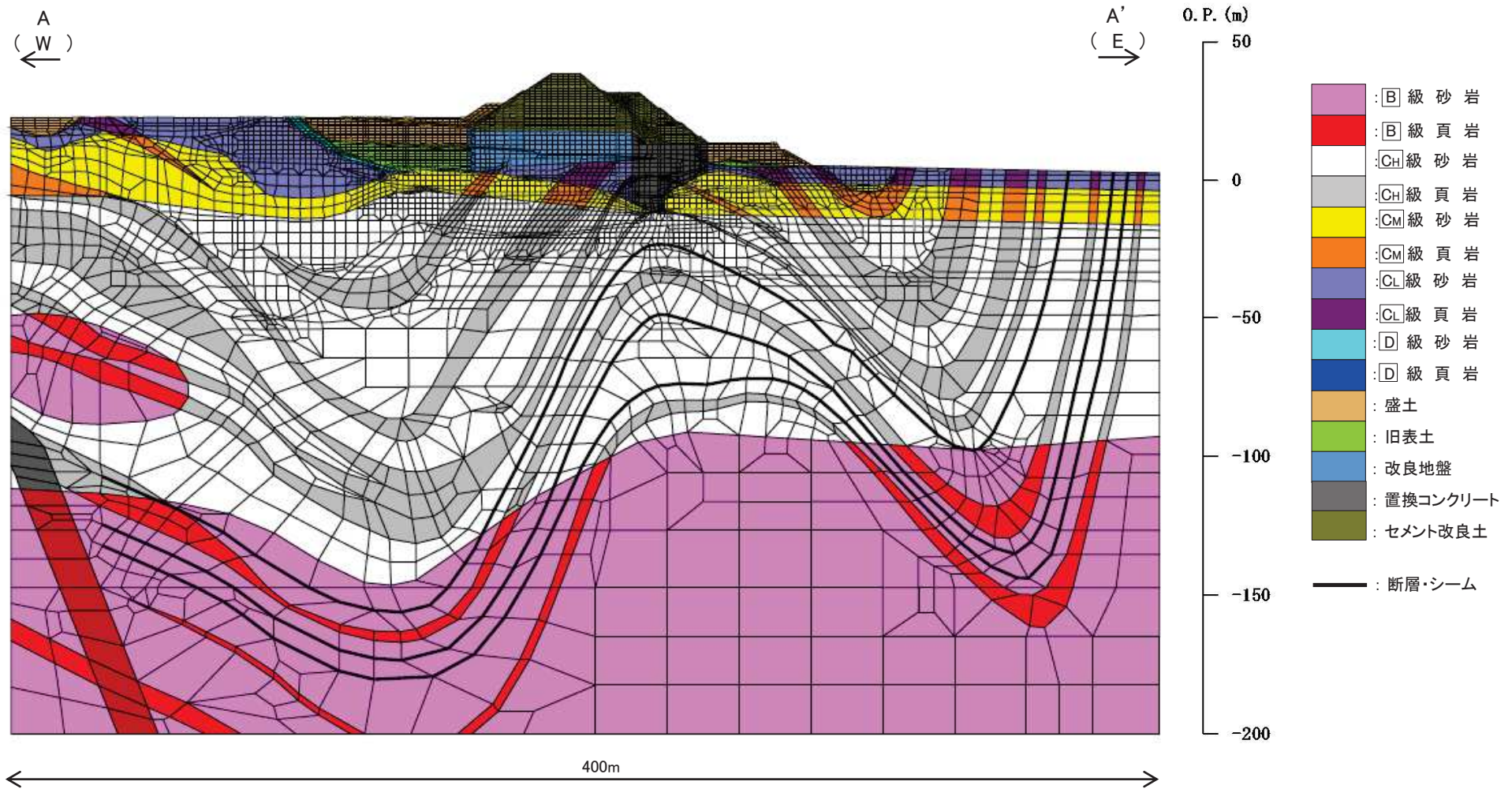
0 50m

岩盤分類図(A-A'断面)

4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.11 防潮堤(盛土堤防)(解析用要素分割図 A-A'断面)

- 岩盤分類図及び速度層構造図を基に防潮堤(盛土堤防)(A-A'断面)の解析用要素分割図を作成した。

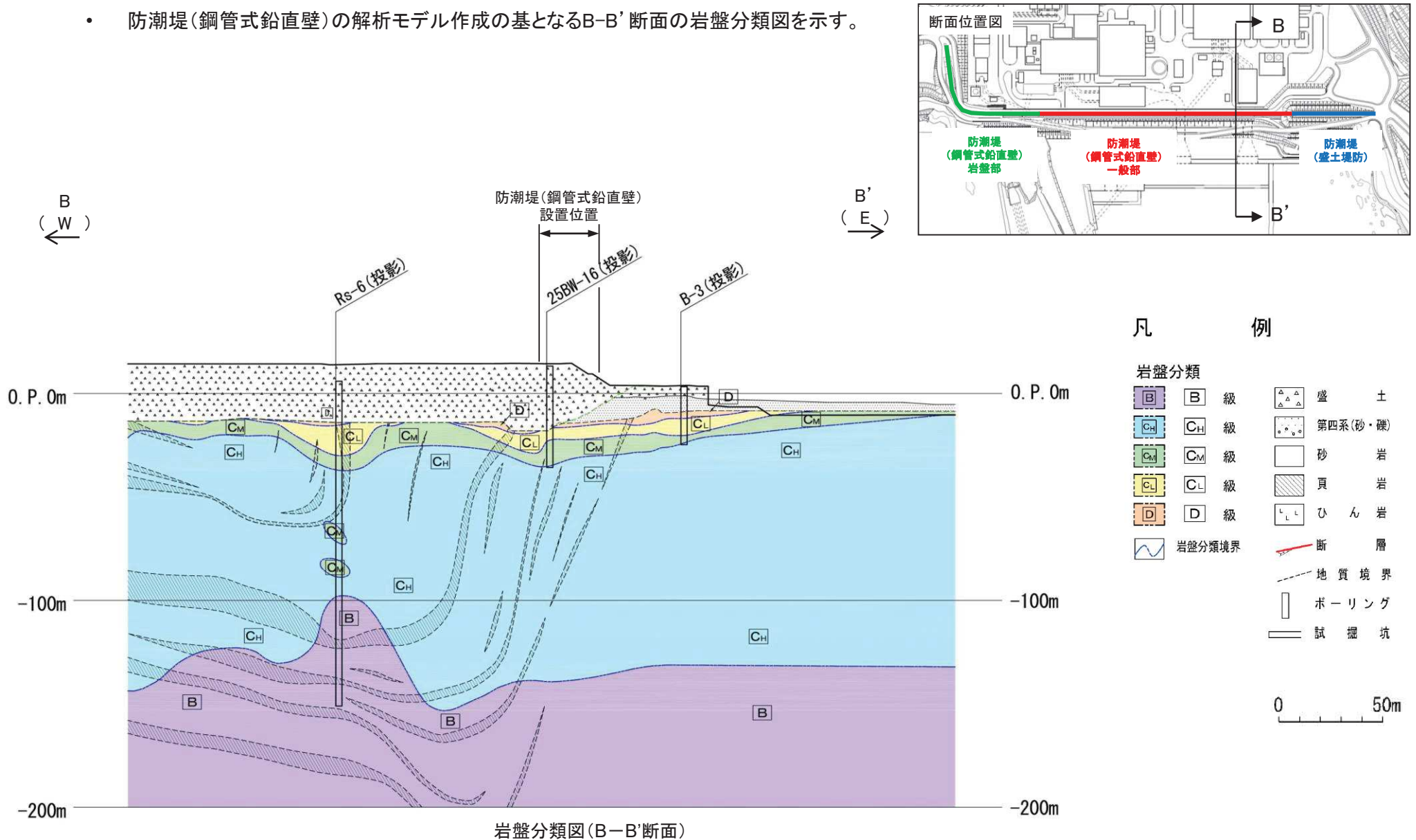


解析用要素分割図(A-A'断面)

4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.12 防潮堤(鋼管式鉛直壁)(岩盤分類図 B-B'断面)

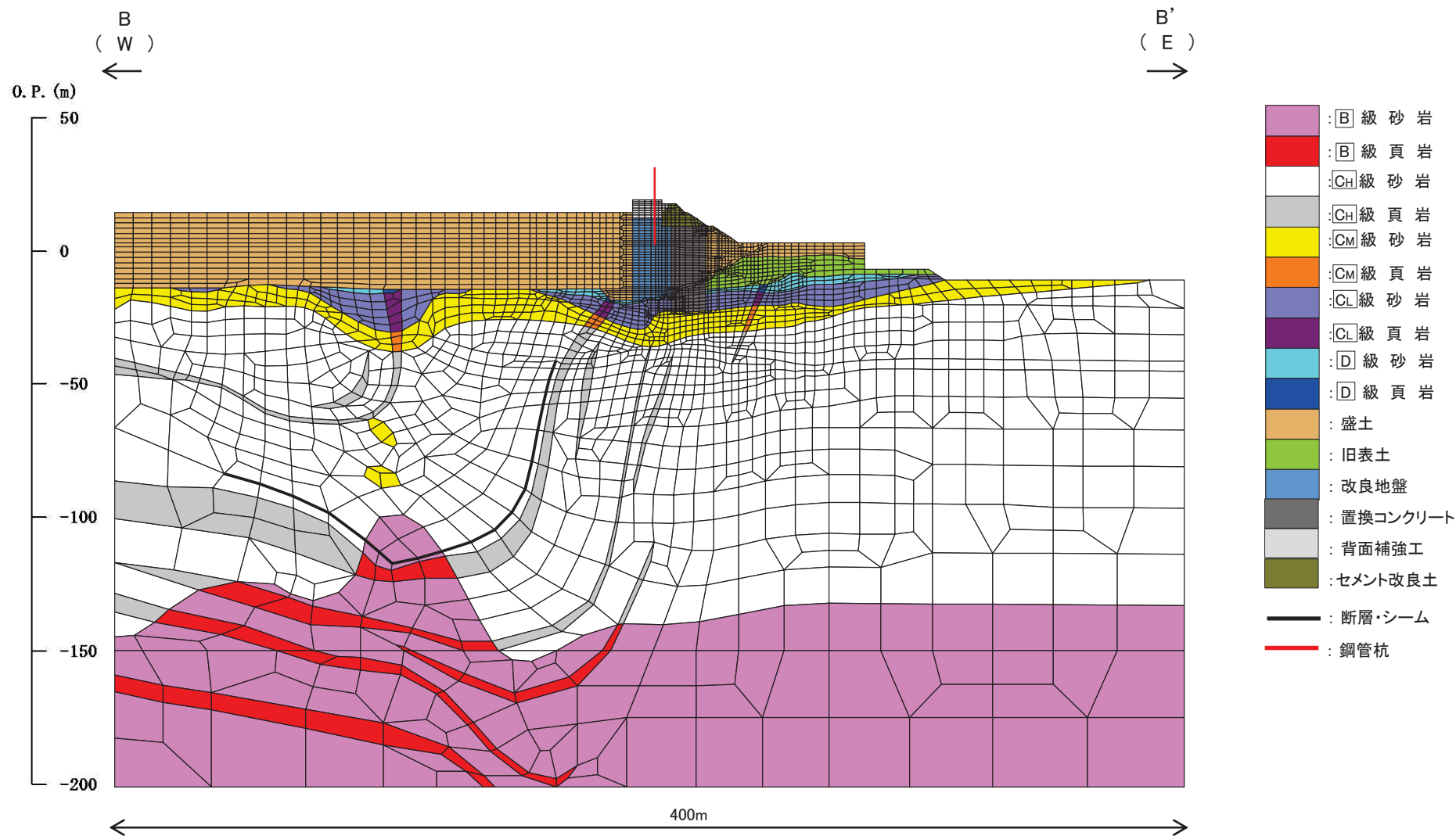
- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)の解析モデル作成の基となるB-B'断面の岩盤分類図を示す。



4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.12 防潮堤(鋼管式鉛直壁)(解析用要素分割図 B-B'断面)

- 岩盤分類図及び速度層構造図を基に防潮堤(鋼管式鉛直壁)(B-B'断面)の解析用要素分割図を作成した。

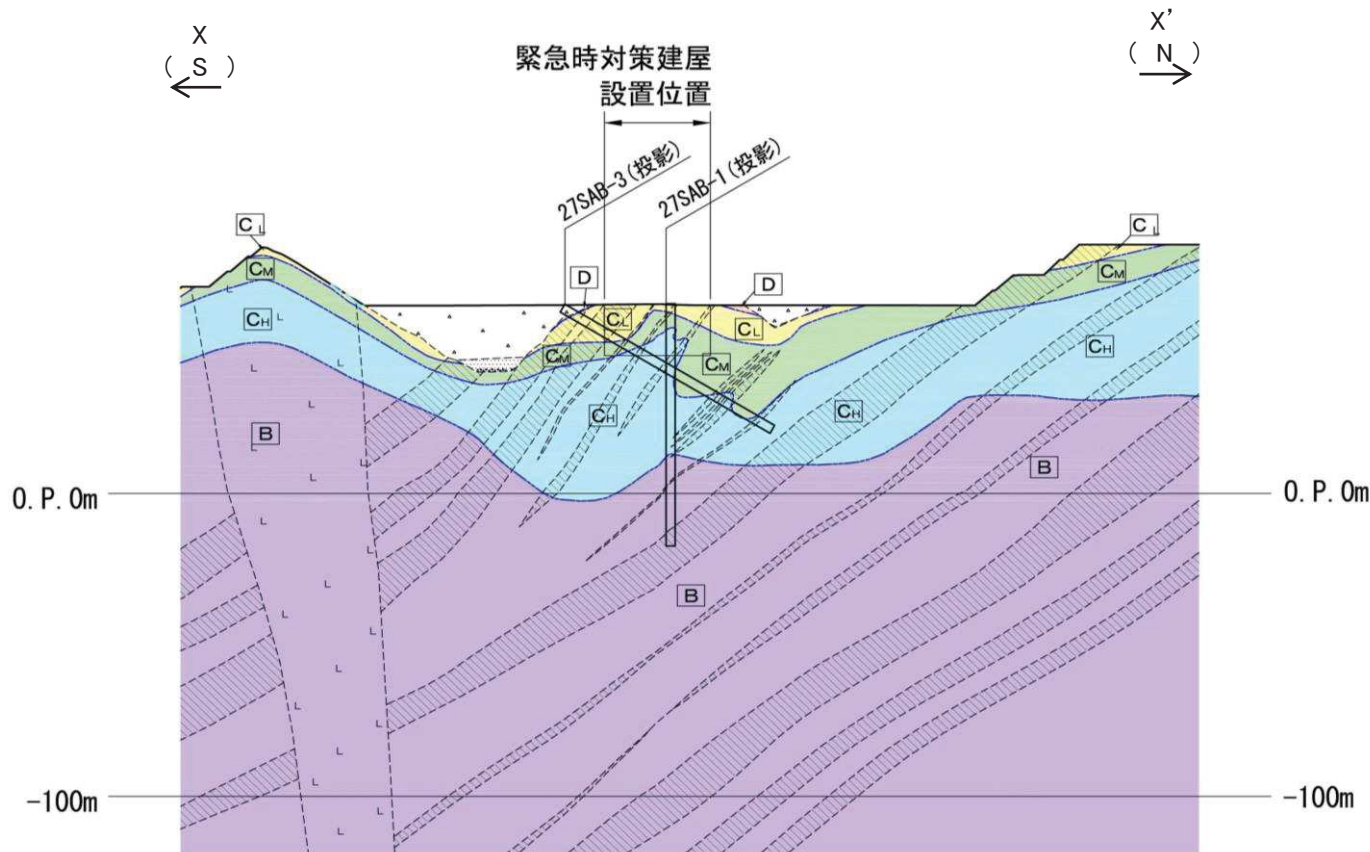


解析用要素分割図(B-B'断面)

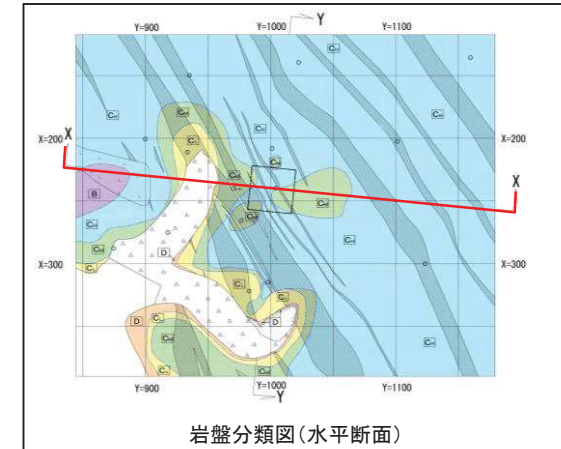
4. 基礎地盤の安定性評価 4. 1 評価方法

4. 1. 13 緊急時対策建屋(岩盤分類図 X-X' 断面)

- 緊急時対策建屋(X-X' 断面)の解析モデル作成の基となる岩盤分類図を示す。



岩盤分類図(X-X'断面)



岩盤分類図(水平断面)

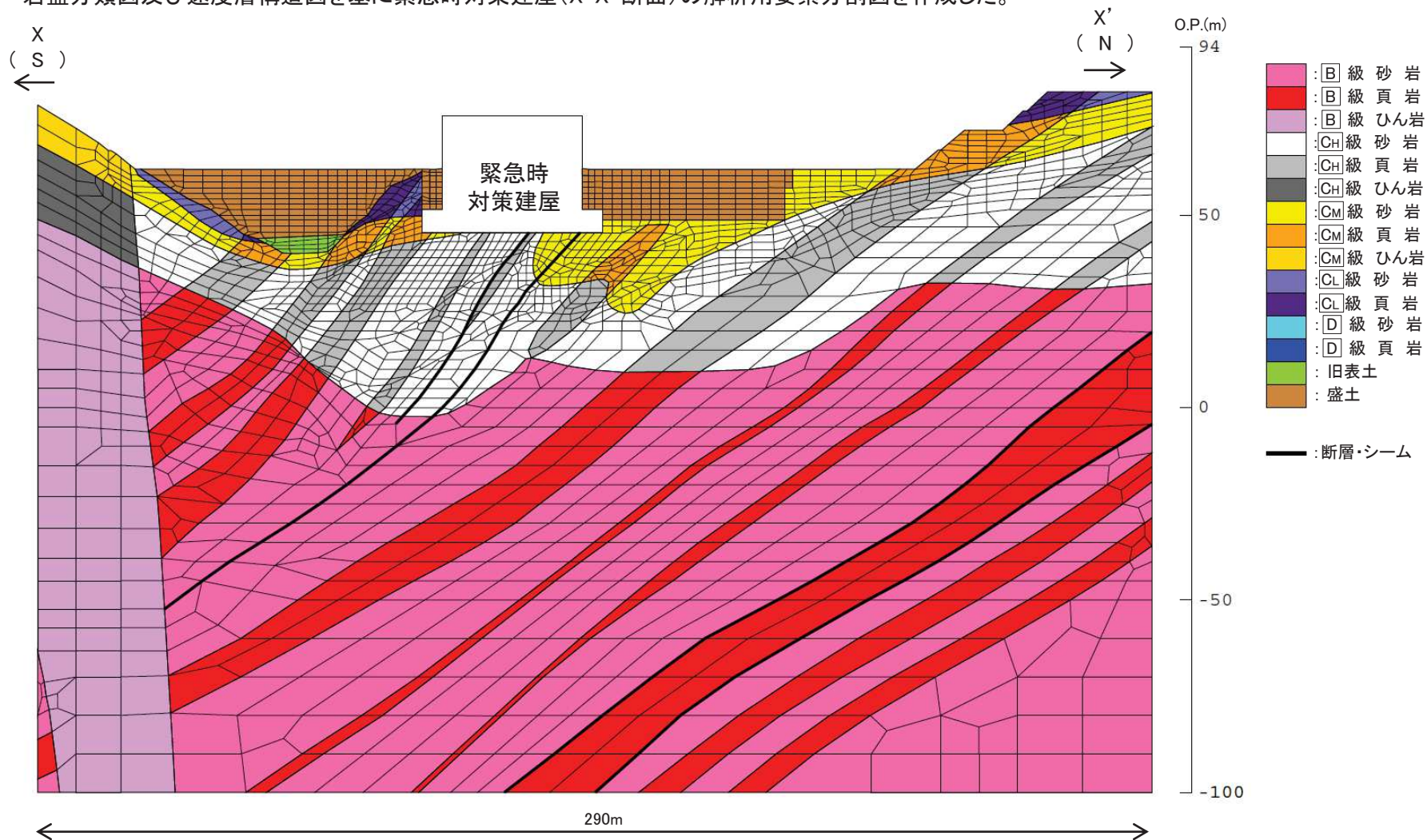
凡		例	
岩盤分類			
[B]	B 級	[盛土]	盛土
[CH]	CH 級	[第四系(砂・礫)]	第四系(砂・礫)
[CM]	CM 級	[砂岩]	砂岩
[CL]	CL 級	[頁岩]	頁岩
[D]	D 級	[ひん岩]	ひん岩
[境界線]	岩盤分類境界	[断層]	断層
		[地質境界]	地質境界
		[ボーリング]	ボーリング
		[試掘坑]	試掘坑



4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.13 緊急時対策建屋(解析用要素分割図 X-X'断面)

- 岩盤分類図及び速度層構造図を基に緊急時対策建屋(X-X'断面)の解析用要素分割図を作成した。

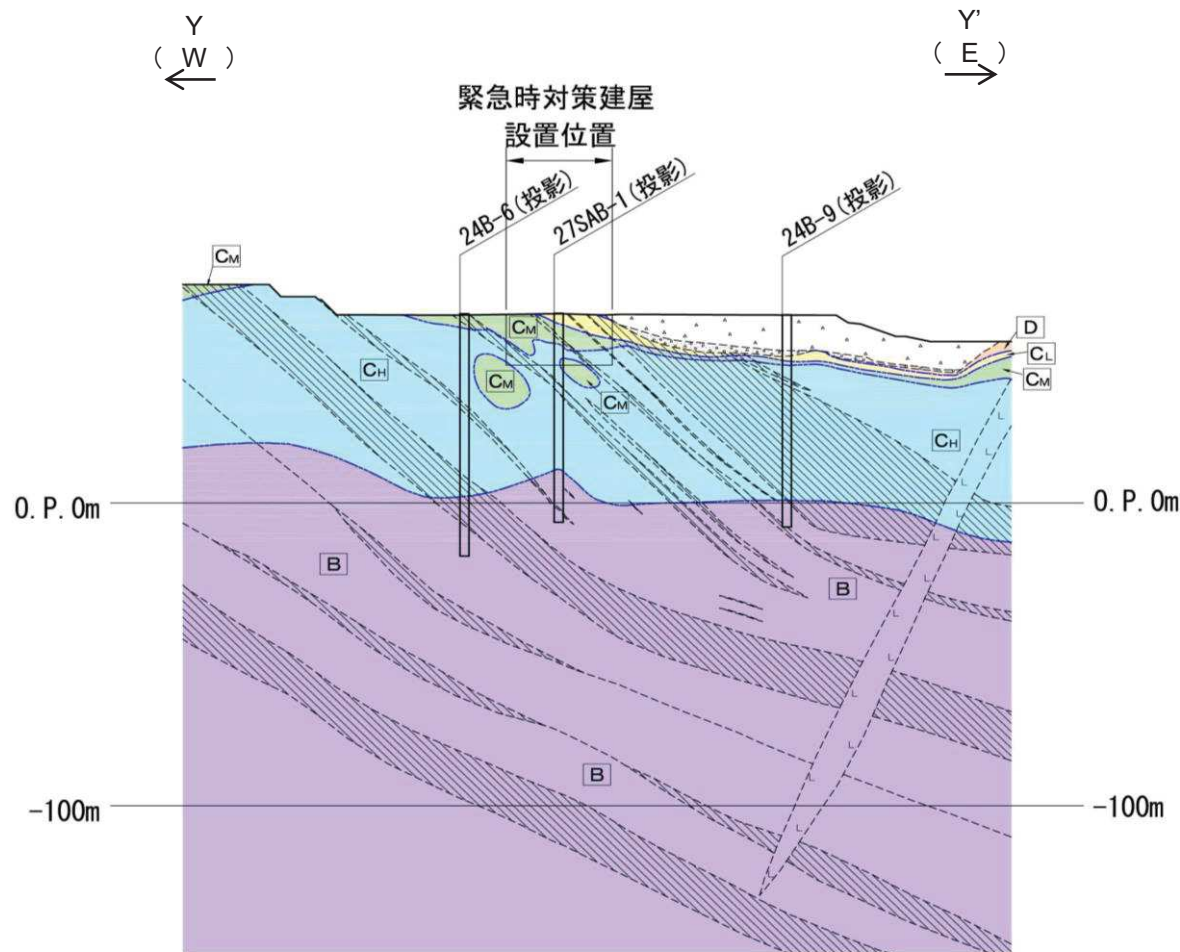


解析用要素分割図(X-X'断面)

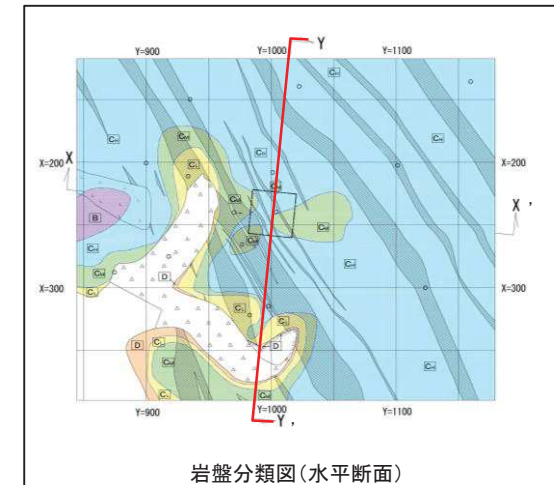
4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.14 緊急時対策建屋(岩盤分類図 Y-Y' 断面)

- 緊急時対策建屋(Y-Y' 断面)の解析モデル作成の基となる岩盤分類図を示す。



岩盤分類図(Y-Y'断面)



岩盤分類図(水平断面)

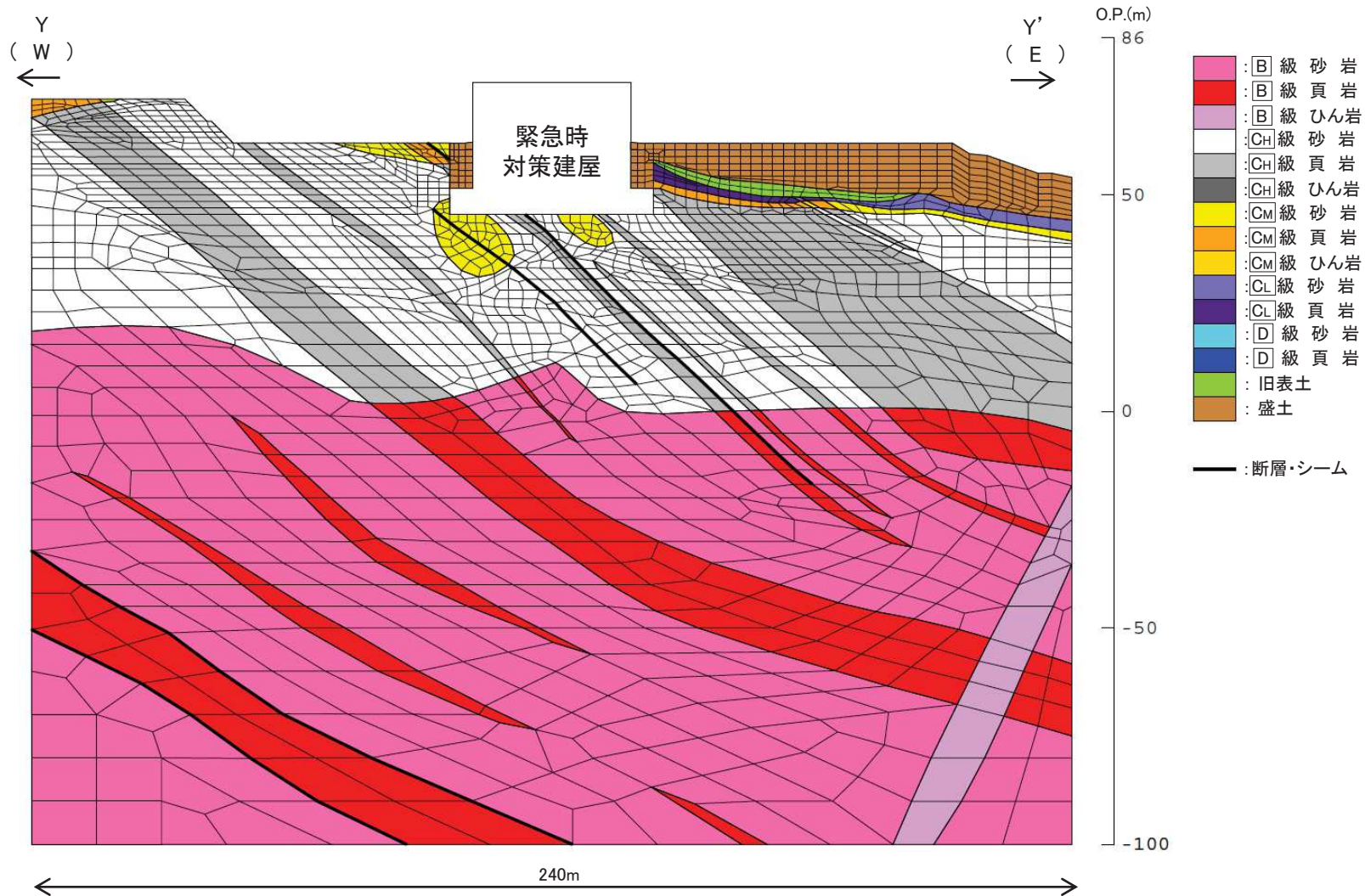
岩盤分類		凡 例	
B 級	盛 土	断 層	
CH 級	第四系(砂・礫)	地質境界	
CM 級	砂 岩	ボーリング	
CL 級	頁 岩	試掘坑	
D 級	ひ ん 岩		
岩盤分類境界			

0 50m

4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

4.1.14 緊急時対策建屋(解析用要素分割図 Y-Y'断面)

- 岩盤分類図及び速度層構造図を基に緊急時対策建屋(Y-Y'断面)の解析用要素分割図を作成した。



解析用要素分割図(Y-Y'断面)

4. 基礎地盤の安定性評価 4.2 地下水位の設定

4.2.1 地下水位の設定方針

(建設時の設置許可における設定)

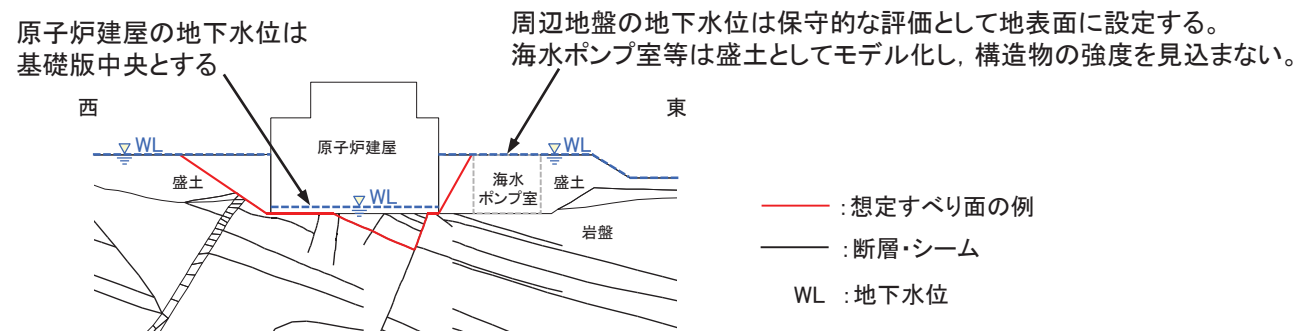
- 建設時の設置許可では、基礎地盤の安定性評価で設定する地下水位は、原子炉建屋及びタービン建屋で地下水位の低下を見込むものの、周辺地盤の地下水位は保守的に地表面に設定している。
- また、敷地全体を包含して地盤の安定性を評価するため、原子炉建屋及びタービン建屋以外の地下水位は地表面とし、かつ隣接する地中構造物を盛土としてモデル化し構造物の強度を見込まないことで、保守的な評価としている。

(女川2号炉新規規制基準適合性審査における設定方針)

- 基礎地盤の安定性評価(規則第3条第1項, 第38条第1項)については、原子炉建屋の地下水位は建屋の設計水位を参照の上、基礎版中央に設定し、それ以外の地下水位は地表面に設定する。(地下水位の設定が基礎地盤の評価結果に影響しない)
なお、基礎地盤のすべりに対する評価において、地下水位以深の盛土・旧表土が地震動により繰り返し軟化し強度が低下する可能性を考慮し、岩盤部のみのすべりに対する検討を実施する。
- 周辺地盤の液状化等の変状(規則第3条第2項, 第38条第2項)については、周辺地盤の液状化による地盤変状を考慮した場合でも、当該施設の機能が損なわれないよう設計することとし、規則第4条へ適合することを確認する。

(補足)周辺地盤の液状化等の変状に対する設計の考え方

- 供用期間中の全ての状態において地下水位を一定の範囲に保持する必要があることに鑑み、設置変更許可段階では地下水位低下設備を設計基準対象施設と位置付けるとともに、信頼性向上の観点から、「安全機能の重要度分類」におけるクラス1に相当する設備として設計上の配慮を行う方針を示す。
- 工事計画認可段階における耐震設計※において地下水位低下設備の機能に期待する場合には、建物・構築物の揚圧力影響の低減に着目し、地下水位を一定の範囲に保持する地下水位低下設備の効果を考慮し、設計用地下水位を設定する。建物・構築物、土木構造物及び津波防護施設の耐震性への影響は、この水位を参照し液状化影響を含めた評価を行い、必要な対策(地盤改良等の耐震補強)を実施する。
- なお、「地下水位の設定について」においては、防潮堤の沈下対策により敷地内の地下水の流動場が変化することを踏まえ、耐震評価において地下水位の影響を受ける可能性のある施設等として、基礎地盤・周辺斜面の他、O.P.+14.8m盤及びO.P.+62.0m盤に設置される耐震重要施設・常設重大事故等対処施設、並びに車両通行性への影響の観点等から保管場所・アクセスルートを抽出している。



※：設置変更許可段階及び工事計画認可段階における提示内容を補足説明資料「5. 地下水位の設定について（第715回審査会合(R1.5.21)資料抜粋）」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4. 2地下水位の設定

【第700回審査会合(H31.4.5)からの変更点】
➤ タービン建屋の地下水位を基礎版中央から、地表面に変更。

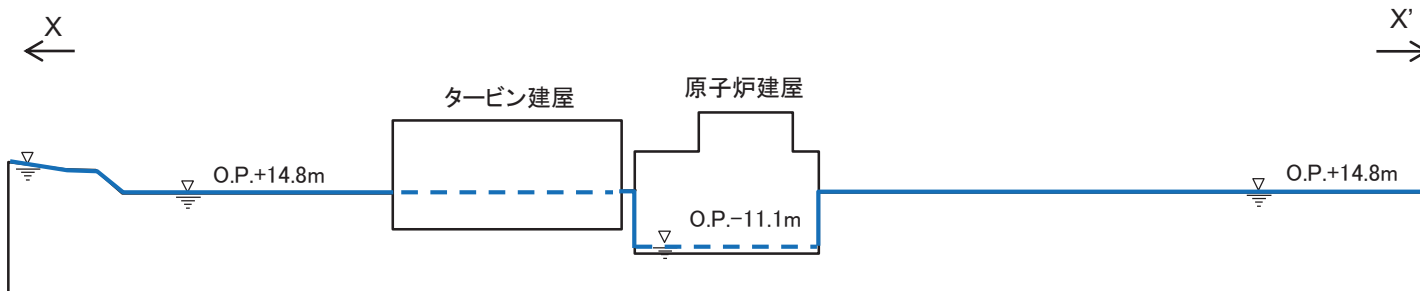
第700回審査会合(H31.4.5)
資料1-1 p63 一部修正

4. 2. 2 地下水位(原子炉建屋)

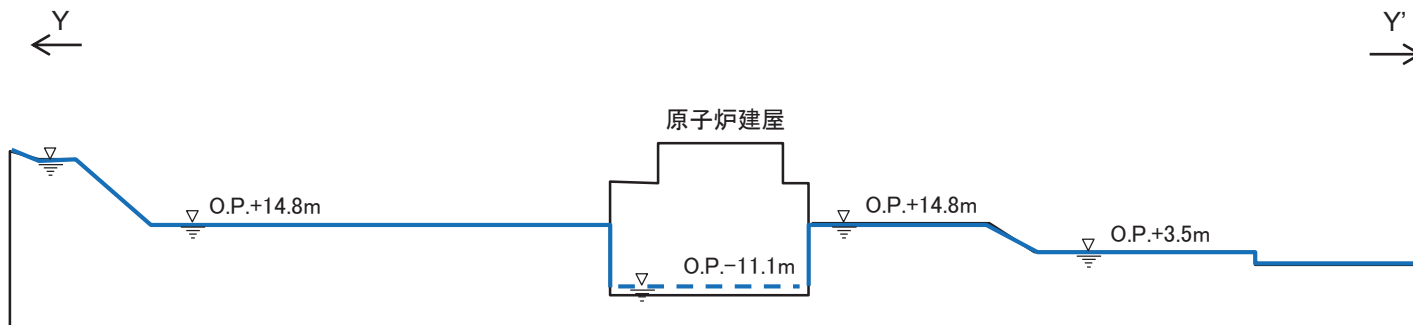
【原子炉建屋】

- 建屋の地下水位は、原子炉建屋は基礎版中央とし、タービン建屋は地表面とした。また、周辺地盤の地下水位は保守的な評価として地表面とした。

【X-X' 断面】



【Y-Y' 断面】

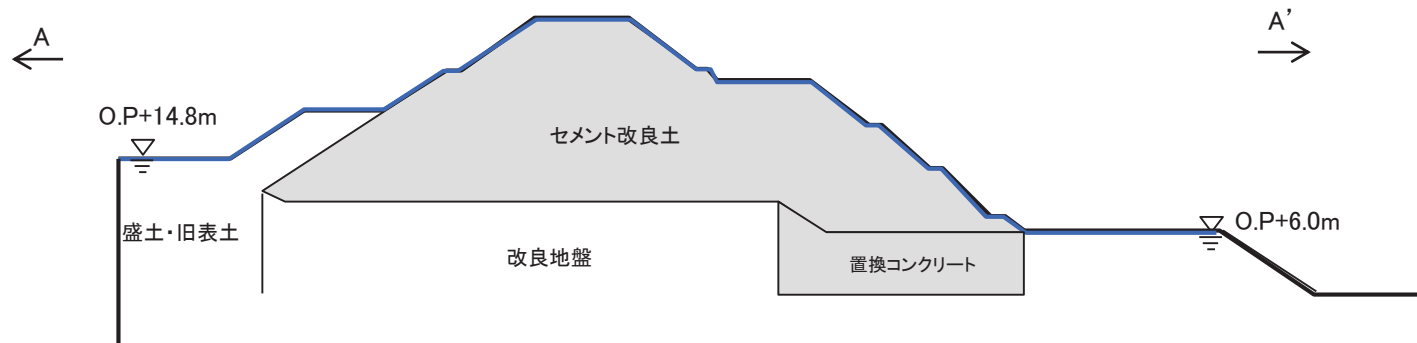


4. 基礎地盤の安定性評価 4. 2地下水位の設定

4. 2. 3 地下水位(防潮堤)

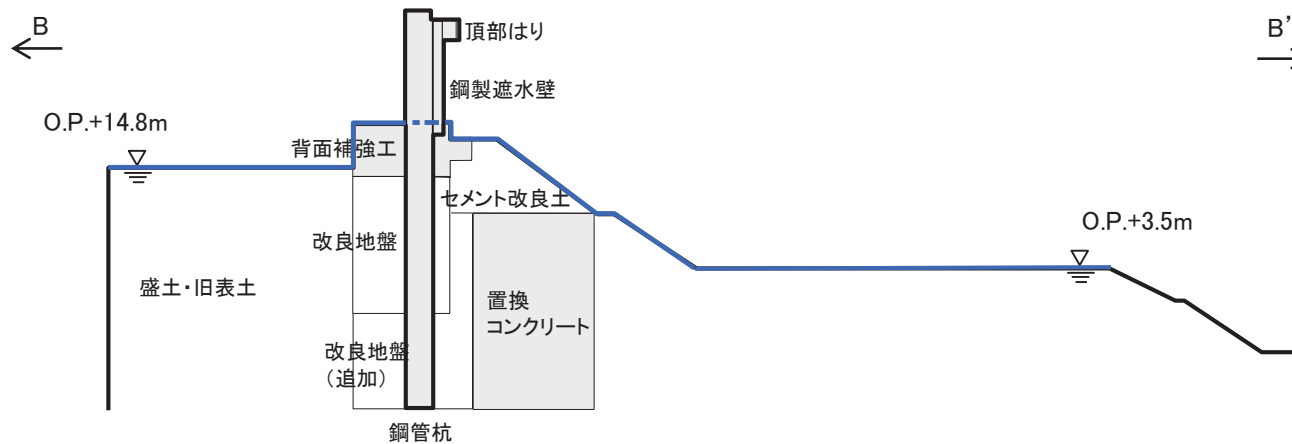
【防潮堤(盛土堤防)】

- 防潮堤(盛土堤防)の基礎地盤の地下水位は保守的な評価として地表面とした。



【防潮堤(鋼管式鉛直壁)】

- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)の基礎地盤の地下水位は保守的な評価として地表面とした。



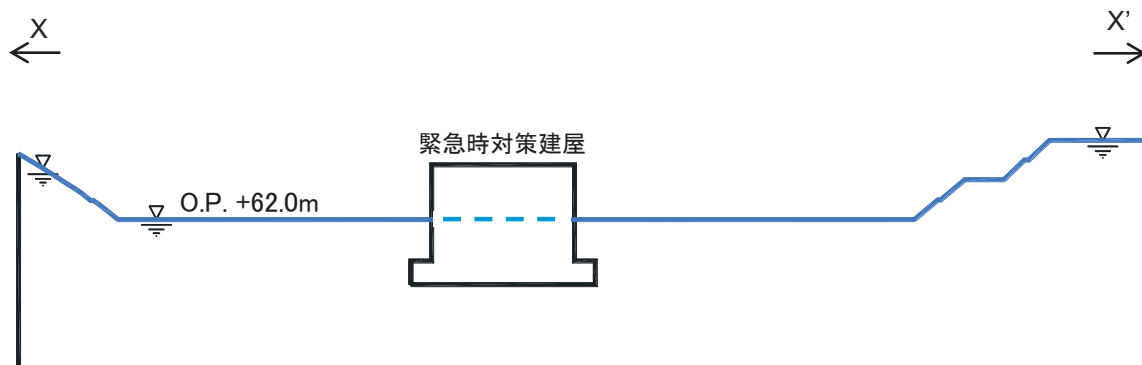
4. 基礎地盤の安定性評価 4.2地下水位の設定

4.2.4 地下水位(緊急時対策建屋)

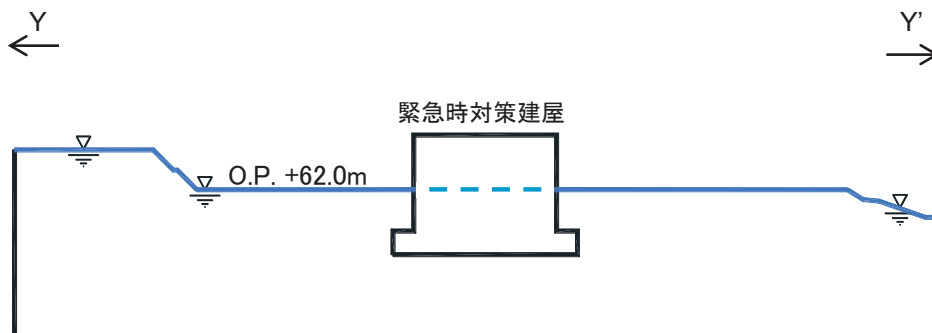
【緊急時対策建屋】

- 緊急時対策建屋の基礎地盤の地下水位は保守的な評価として地表面とした。

【NS断面】



【EW断面】



4. 基礎地盤の安定性評価 4.2 地下水位の設定

4.2.5 地下水位の設定状況

- 地下水位の設定状況を以下に示す。

施設	設定地下水位		設定理由
	施設位置	周辺地盤	
原子炉建屋	基礎版中央	地表面	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋の地下水位は、建屋の設計条件を踏まえて、基礎版中央に設定した。 周辺地盤の地下水位は、保守的に地表面に設定した。
タービン建屋	地表面	地表面	<ul style="list-style-type: none"> タービン建屋の地下水位は、地表面に設定した。 周辺地盤の地下水位は、保守的に地表面に設定した。
防潮堤(盛土堤防)	地表面	地表面	<ul style="list-style-type: none"> 防潮堤(盛土堤防)の地下水位は、地表面に設定した。 周辺地盤の地下水位は、保守的に地表面に設定した。
防潮堤(鋼管式鉛直壁)	地表面	地表面	<ul style="list-style-type: none"> 防潮堤(鋼管式鉛直壁)の地下水位は、地表面に設定した。 周辺地盤の地下水位は、保守的に地表面に設定した。
緊急時対策建屋	地表面	地表面	<ul style="list-style-type: none"> 緊急時対策建屋の地下水位は、地表面に設定した。 周辺地盤の地下水位は、保守的に地表面に設定した。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.2 地下水位の設定

4.2.6 地盤安定性評価への影響①

■地盤安定性評価における地下水の扱い（基本方針）

「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-2008」（日本電気協会）：原文抜粋

- 解析手法については、間隙水圧の取り扱いの考え方の違いにより全応力解析と有効応力解析に区分される※¹が、全応力解析による安定性評価を行う。

「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）：原文抜粋

- 全応力による安定性評価を選択するのであれば、自重計算を行い、初期（常時）応力を算定する。つぎにこれを初期条件として動的応答解析を全応力解析で行い、応力分布（全応力分布）を求める。強度特性あるいは破壊規準も全応力のもとで設定して、これらに照らして安定性の評価を行う。このように、全応力の考え方で一元的に安定性評価を行うとすると、「浮力の考慮」は相容れないものとなる。
- 安定性評価における地下水の考慮として、「浮力を考慮」するというのは、有効応力による安定性評価を行う、ということと同義である。応答解析における有効応力の評価も有効応力表示による物性の評価も難しい岩盤に対しては、「浮力を考慮する」べきではなく、このような混乱は避けなければならない。
- 発生する間隙水圧についての適切な評価が困難な場合は全応力解析による安定性評価を行うことが合理的である。
- 基礎地盤の安定性評価においては、統一的な応力解析を実施する立場から、常時応力を全応力解析により算出し、地震時応力も全応力解析とする。また、力学特性値も全応力表示によるものを用いることにする。

上記の文献および先行サイトでの審査実績を考慮し、全応力静的FEM解析により常時応力を、全応力動的FEM解析（等価線形化法）により地震時増分応力を求め、全応力表示の強度に対して評価を行う。

■設定地下水位による評価への影響

すべり安全率

- 常時応力及び地震時応力は全応力表示の物性値を用いた全応力解析により評価しており、地下水位は地盤の単位体積重量に影響する。
- 岩盤の強度は、固結の進んだ硬岩であり、圧密の影響は小さいことから、全応力表示に基づくUU（非圧密非排水）強度として評価しており、地下水位は評価に影響しない。
- 盛土、旧表土及び断層・シームの強度は、先行圧密応力（過去に受けた最大の有効拘束圧）により土粒子の骨格が決まることから、全応力表示に基づくCU（圧密非排水）強度として評価しており、先行圧密時の地下水位が評価に影響する※²。なお、建屋以外の地盤の地下水位を地表面に設定することは、圧密応力を過小評価することとなり、強度は保守的に評価される。

基礎底面の接地圧

- 建屋位置の接地圧には地下水位は影響しない。

基礎底面の傾斜

- 基礎底面の傾斜には地下水位は影響しない。

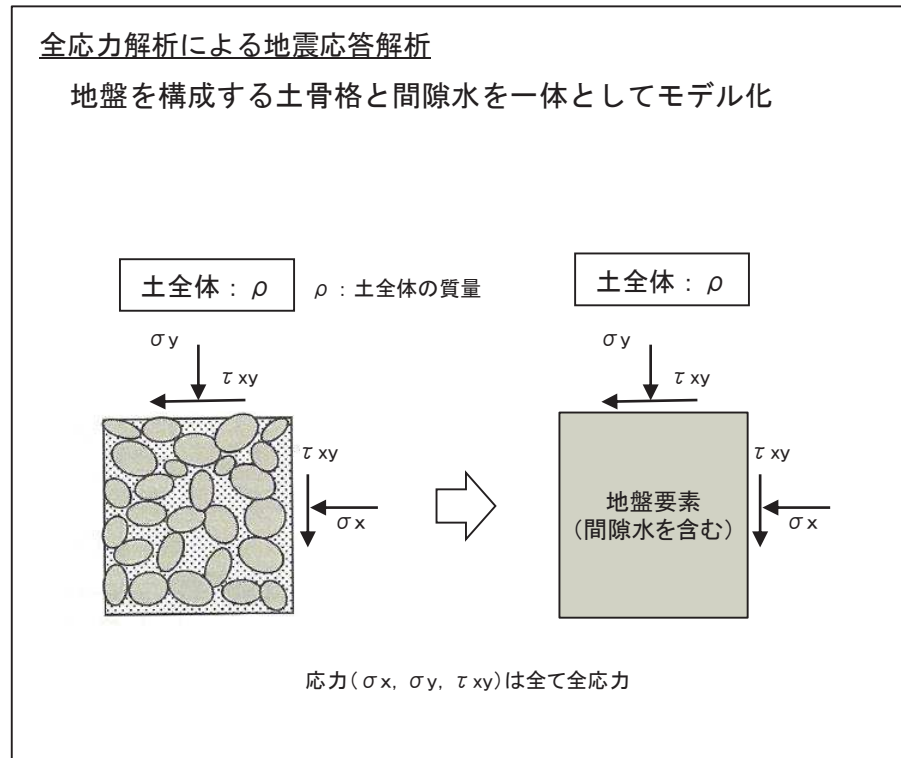
※1：全応力解析と有効応力解析の概念図をp101に示す。

※2：CU（圧密非排水）強度と圧密応力の関係をp103に示す。

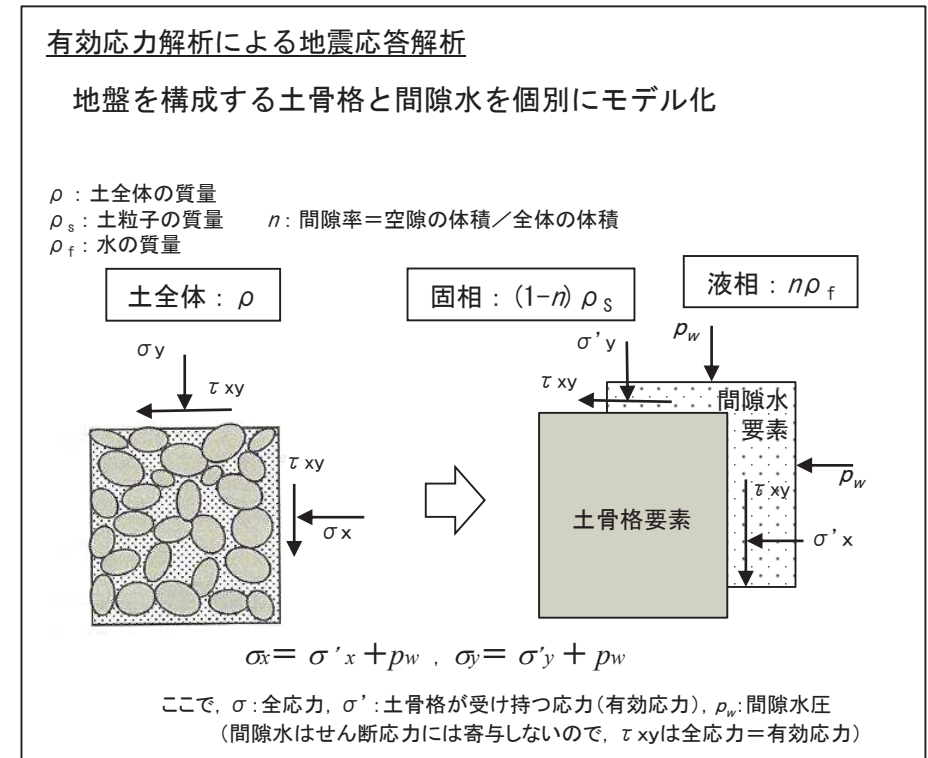
4. 基礎地盤の安定性評価 4. 2地下水の設定

4. 2. 6 地盤安定性評価への影響②(全応力解析と有効応力解析)

- 全応力解析と有効応力解析の概念図を以下に示す。
- 基礎地盤の安定性評価においては、前述のとおり、全応力解析により評価を実施する。



- 地震時に土骨格が緩み難い固結した岩盤や締め固まった砂質土、粘着力のある粘性土等に適用される。
- 強度特性としては、UU強度※¹やCU強度※²等の全応力強度が対応する。



- 緩い砂質土のように地震時に土骨格が緩み、液状化の可能性のある地盤に適用される。
- 強度特性としては、CD強度※³等の有効応力強度が対応する。

※1: UU (非圧密非排水強度)強度は、圧密の影響が小さい岩盤等を対象とし、非排水条件による試験により設定した強度。

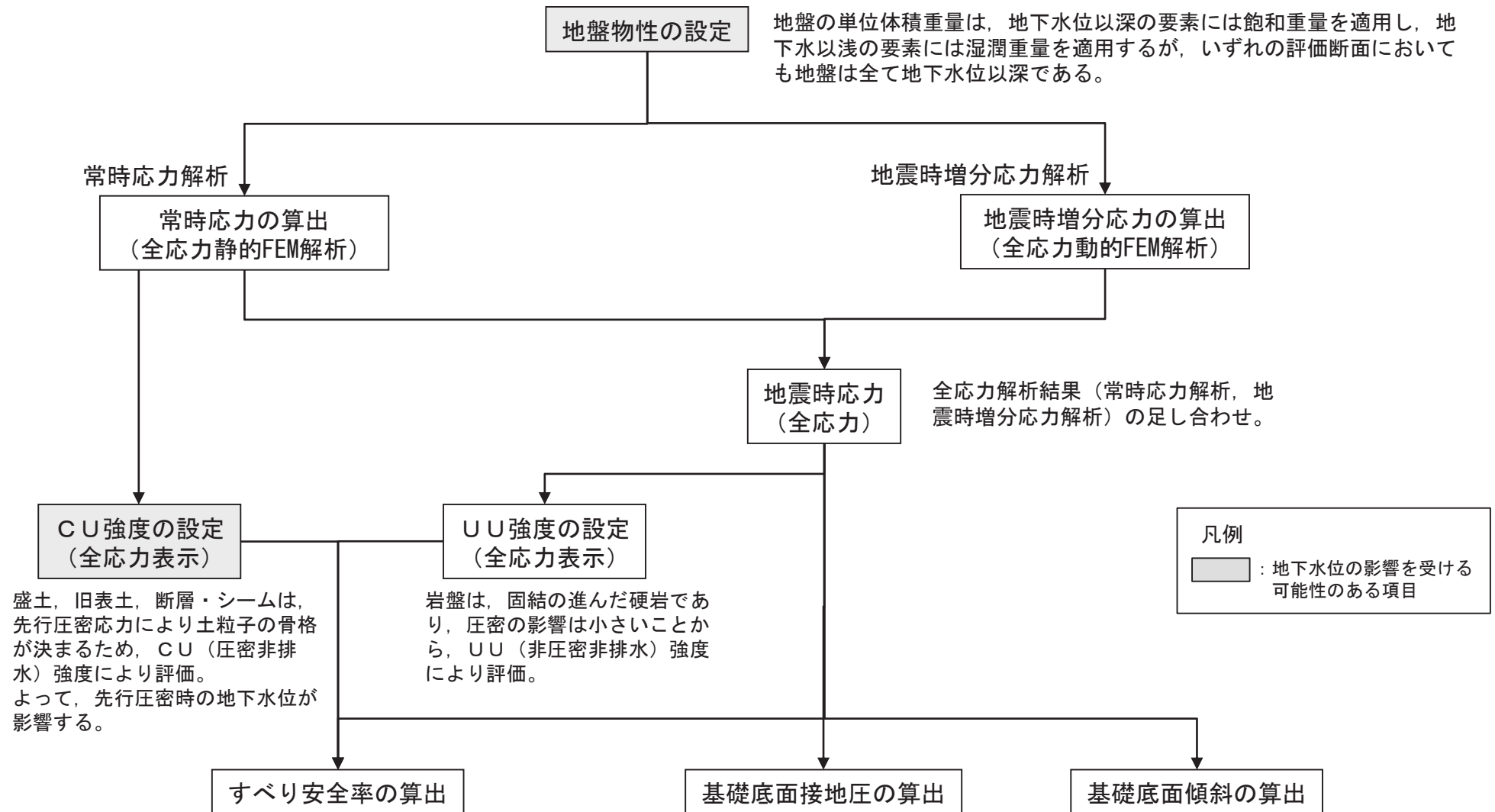
※2: CU (圧密非排水強度)強度は、圧密の影響を受ける土質を対象とし、非排水条件による試験により設定した強度。

※3: CD (圧密排水強度)強度は、圧密の影響を受ける土質を対象とし、排水条件による試験により設定した強度。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.2 地下水位の設定

4.2.6 地盤安定性評価への影響③(解析フロー)

- 地盤安定性評価の解析フローと地下水位に対する影響を以下に示す。
- 全応力に基づく解析を行っており、地下水位が影響する可能性のある項目として、単位体積重量とCU強度の設定が該当する。



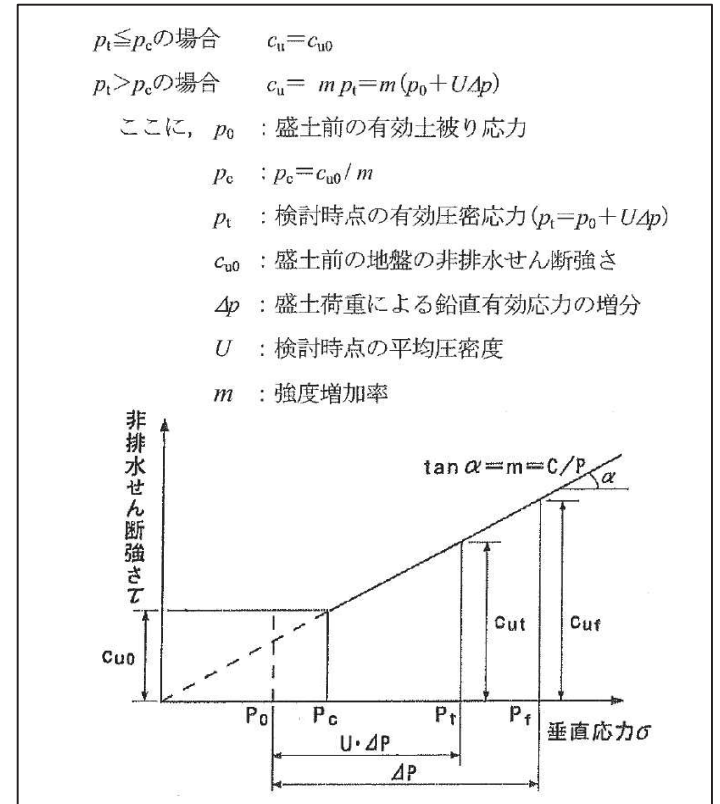
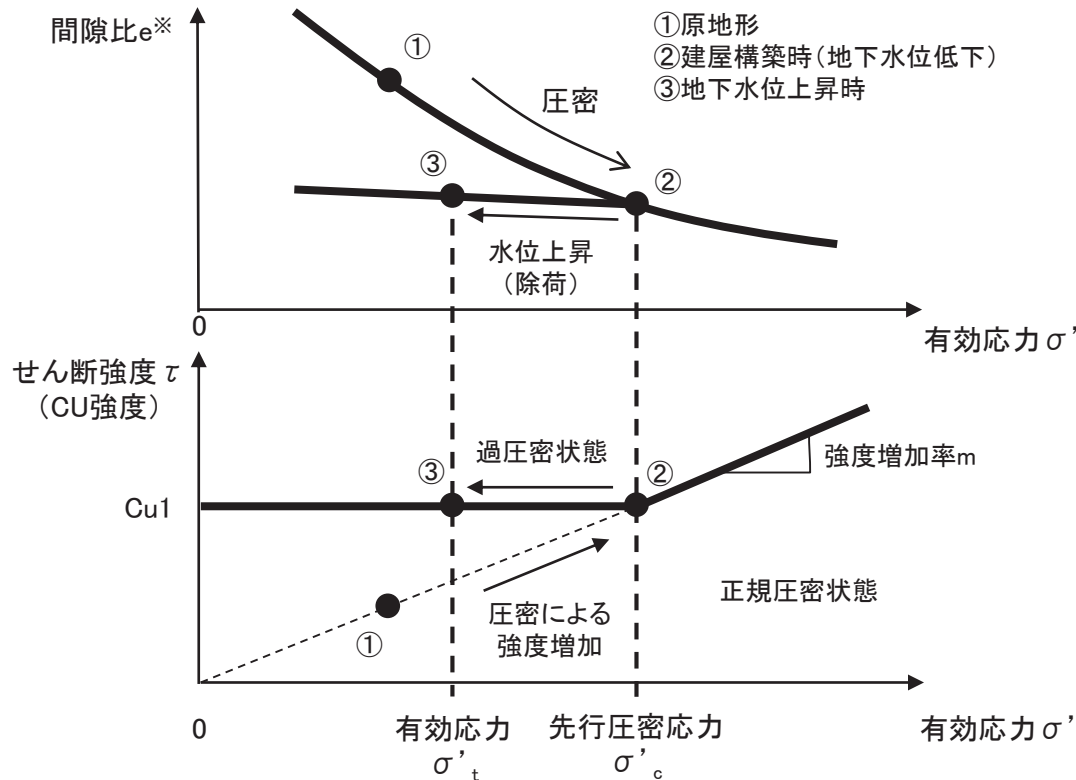
4. 基礎地盤の安定性評価 4.2 地下水位の設定

4.2.6 地盤安定性評価への影響④

■ CU (圧密非排水) 強度と圧密応力の関係

圧密による強度変化の概念図を以下に示す。

- 圧密により密度を増し、強度が増加した土は(①→②)，その後、水位の上昇などにより有効応力が低下しても、体積変化及びそれに伴う密度変化は僅かしか生じない(②→③)。
- したがって、圧密された土の強度は先行圧密応力(過去に受けた最大の有効拘束圧)により決定される。
- 検討時点の有効応力 σ'_t が先行圧密応力 σ'_c 以下の場合、せん断強度には、 σ'_c に対応する $Cu1$ が適用される。
- 建屋部分の地下水位は、低下していた履歴が確実なため、これを考慮して先行圧密応力を設定する。



※: 土中の間隙の体積と土粒子の体積との比率

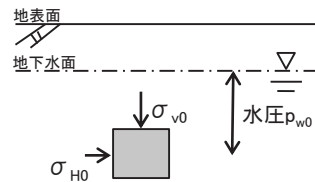
4. 基礎地盤の安定性評価 4.2 地下水位の設定

4.2.6 地盤安定性評価への影響⑤

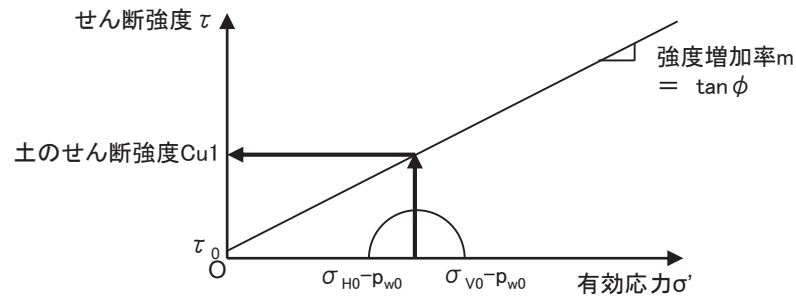
■解析用物性値とCU（圧密非排水）強度の関係

- 解析用物性値に示されるせん断強度 τ_0 及び内部摩擦角 ϕ に基づき、すべり安全率照査に用いるCU強度 $Cu1$ は、以下の通り、地震時には一定値として評価される。
- なお、建屋周辺地盤のCU強度の算定においては、水圧 p_{w0} が大きく評価されることで土のせん断強度 $Cu1$ は相対的に小さく評価されるため、保守的な評価となる。

CU強度の算定方法



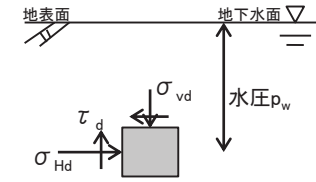
先行圧密時の地盤条件

先行圧密時の土のモール円とせん断強度 $Cu1$

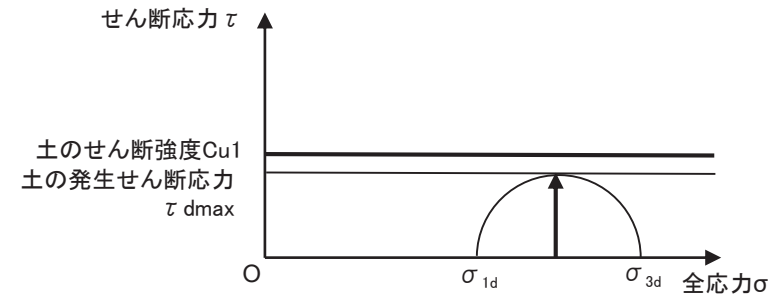
土の解析用物性値 (CU強度)

土質	強度特性	
	せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
盛土	0.06	30.0
旧表土	0.08	26.2
断層及びシーム	0.067	22.2

地震応答解析結果を用いた照査方法



地震時の地盤条件

地震時の土のモール円とせん断強度 $Cu1$ 土の局所安全率 f_s

$$\text{土の局所安全率 } f_s = \frac{\text{土のせん断強度 } Cu1}{\text{土の発生せん断応力 } \tau_{dmax}}$$

4. 基礎地盤の安定性評価 4.2 地下水位の設定

4.2.6 地盤安定性評価への影響⑥

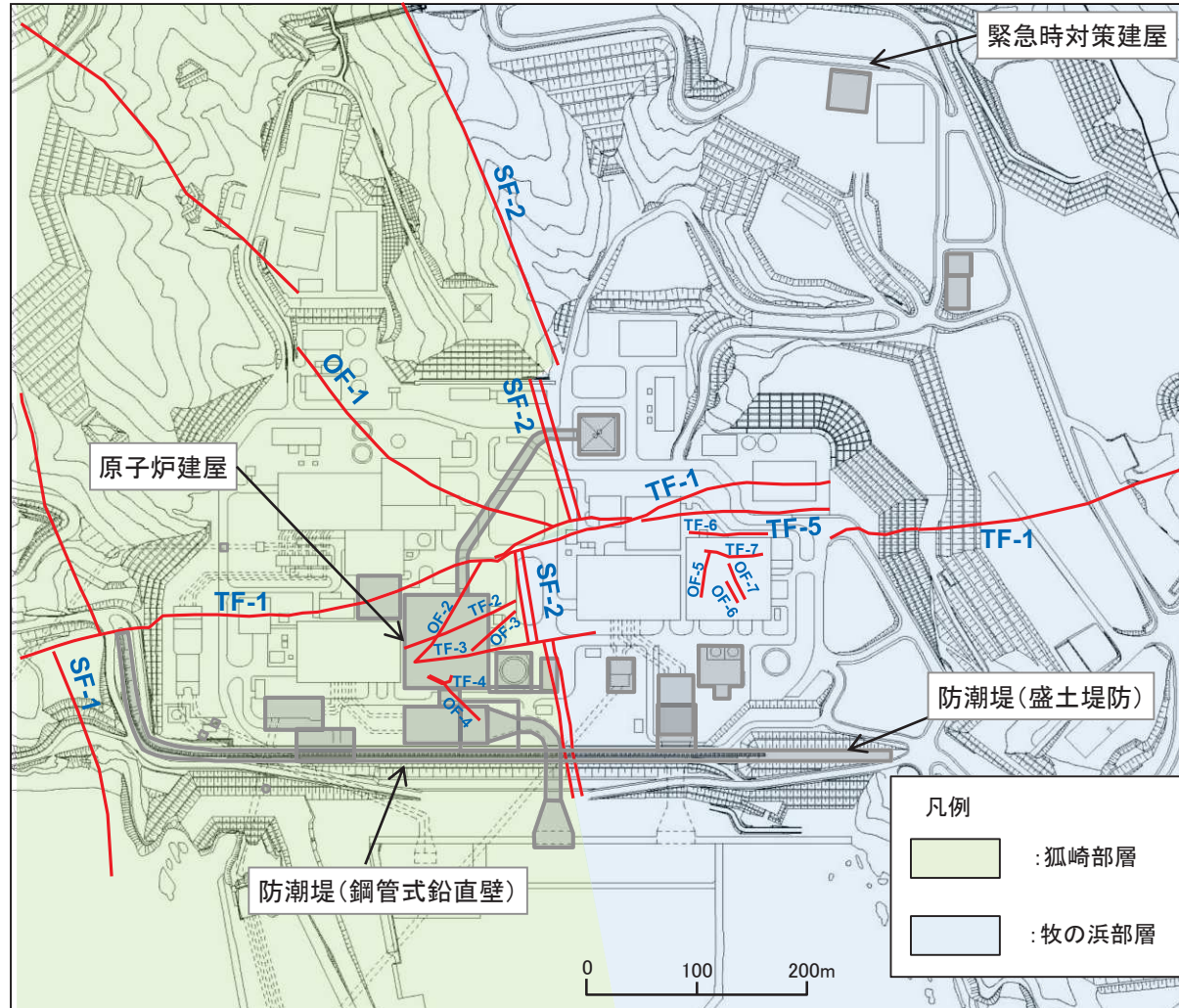
- 下表のとおり、建屋位置の地下水位が仮に上昇した場合でも、基礎地盤の安定性評価に与える影響がないことを確認した。

施設	地下水位が仮に上昇した場合に地盤安定性評価へ与える影響	理由
原子炉建屋	なし	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋の設計地下水位が上昇した場合でも、地盤の単位体積重量に変化はないこと、また、建屋直下の断層・シームの強度は先行圧密応力で決まることから、評価結果に影響はない。 周辺地盤については、地下水位を地表面に設定していることから評価結果に変更がない。
タービン建屋	なし	<ul style="list-style-type: none"> タービン建屋については、建屋位置の設定地下水位は地表面になるが、地盤の単位体積重量に変化はないこと、また、建屋直下の断層・シームの強度は先行圧密応力で決まることから、評価結果に影響はない。 周辺地盤については、地下水位を地表面に設定していることから評価結果に変更がない。
防潮堤(盛土堤防)	なし	<ul style="list-style-type: none"> 防潮堤(盛土堤防)については、地下水位を地表面に設定していることから、評価内容に変更がない。 周辺地盤については、地下水位を地表面に設定していることから、評価内容に変更がない。
防潮堤(鋼管式鉛直壁)	なし	<ul style="list-style-type: none"> 防潮堤(鋼管式鉛直壁)については、地下水位を地表面に設定していることから、評価内容に変更がない。 周辺地盤については、地下水位を地表面に設定していることから、評価内容に変更がない。
緊急時対策建屋	なし	<ul style="list-style-type: none"> 緊急時対策建屋については、地下水位を地表面に設定していることから、評価内容に変更がない。 周辺地盤については、地下水位を地表面に設定していることから、評価内容に変更がない。

4. 基礎地盤の安定性評価 4. 3解析用物性値

4. 3. 1 解析用物性値の考え方

- 敷地には、中生界ジュラ系の牡鹿層群荻の浜累層が分布するが、原子炉建屋の設置位置には狐崎部層が分布し、緊急時対策建屋の設置位置には牧の浜部層が分布する。
- 両部層間で力学特性に大差はないものの、それぞれの部層に対する試験結果に基づき物性値を設定した。



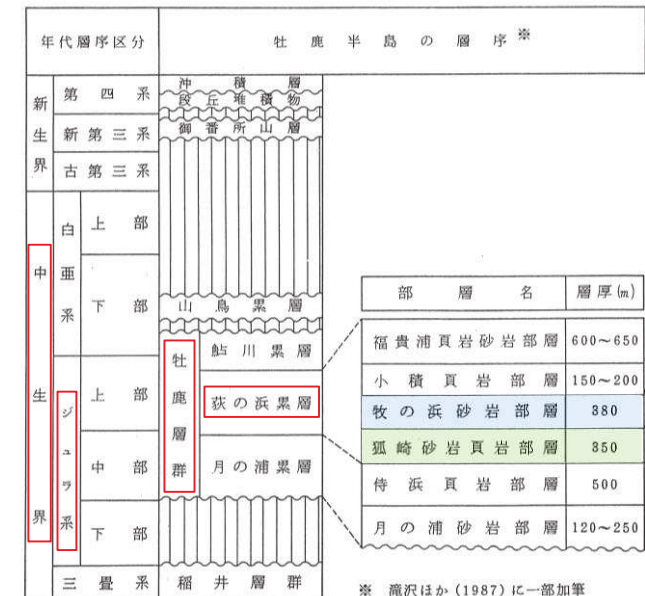
一軸圧縮強度の比較

(単位: N/mm²)

岩盤分類		狐崎部層※1	牧の浜部層※2
砂岩	C _H	153.0	150.2
	C _M	40.0	47.4

※1: 2号試験坑内 供試体
※2: 3号試験坑内 供試体

敷地の地質層序表



4. 基礎地盤の安定性評価 4.3 解析用物性値

4.3.2 解析用物性値の設定根拠(狐崎部層)

- 解析用物性値は、各種試験結果に基づき設定した。
- 分布範囲が小さい等の理由により試験を実施していない物性値については、他岩種の値を基に換算等を行い設定した。
- ただし、**C_L**級岩盤の強度特性及び**D**級岩盤の物性値は、分布が小さいことや、亀裂や風化により部層の相違による影響が小さいこと等から、狐崎部層と牧の浜部層を同一の物性値としている。(部分)

解析用物性値の設定根拠(狐崎部層)

岩種・岩級		物理特性	強度特性	変形特性	
			静的・動的特性	静的特性	動的特性
B級 及び C _H 級	砂岩	密度試験 (JIS A1225)	ブロックせん断試験※1, ※2 摩擦抵抗試験※1, ※2	岩盤変形試験※1, ※2	PS検層 (JGS 1122)
	頁岩			岩盤変形試験※1, ※2	
	ひん岩		砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	
C _M 級	砂岩	密度試験 (JIS A1225)	ブロックせん断試験※2 摩擦抵抗試験※2	岩盤変形試験※2	
	頁岩		砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	
	ひん岩	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	
C _L 級	砂岩	密度試験 (JIS A1225)	ロックせん断試験※2 摩擦抵抗試験※2	換算値※3	
	頁岩	砂岩と同じ値	換算値※4	砂岩と同じ値	
	ひん岩		砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	
D級	砂岩	密度試験 (JIS A1225)	ロックせん断試験※1 摩擦抵抗試験※1	換算値※4	繰返し三軸試験 (JGS 0542)
	頁岩	換算値※4	換算値※4	換算値※4	砂岩と同じ値
	ひん岩	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値

※1: B級については、C_H級と同じ値を用いる。
 ※2: 土木学会「原位置岩盤試験法の指針」に準拠。
 ※3: 換算方法は補足説明資料「2. 3狐崎部層の解析用物性値」に示す。
 ※4: 換算方法は補足説明資料「2. 4牧の浜部層の解析用物性値」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.3解析用物性値

4.3.2 解析用物性値の設定根拠(牧の浜部層)

- 解析用物性値は、各種試験結果に基づき設定した。
- 分布範囲が小さい等の理由により試験を実施していない物性値については、他岩種の値を基に換算等を行い設定した。(部分は、狐崎部層と共通)

解析用物性値の設定根拠(牧の浜部層)

岩種・岩級		物理特性	強度特性		変形特性	
			静的・動的特性		静的特性	動的特性
B 級	砂岩	密度試験 (JIS A1225)	C _H 級と同じ値	換算値※2	PS検層 (JGS 1122)	
	頁岩					
	ひん岩	C _H 級と同じ値				
C _H 級	砂岩	密度試験 (JIS A1225)	ブロックせん断試験※1 摩擦抵抗試験※1	岩盤変形試験※1		
	頁岩		換算値※2	砂岩と同じ値		
	ひん岩		砂岩と同じ値	砂岩と同じ値		
C _M 級	砂岩	密度試験 (JIS A1225)	ブロックせん断試験※1 摩擦抵抗試験※1	岩盤変形試験※1		
	頁岩		ブロックせん断試験※1 摩擦抵抗試験※1	岩盤変形試験※1		
	ひん岩	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値		
C _L 級	砂岩	密度試験 (JIS A1225)	ロックせん断試験※1 摩擦抵抗試験※1	換算値※2		
	頁岩		換算値※2			
	ひん岩	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値		
D 級	砂岩	密度試験 (JIS A1225)	ロックせん断試験※1 摩擦抵抗試験※1	換算値※2	繰返し三軸試験 (JGS 0542)	
	頁岩	換算値※2	換算値※2	換算値※2		
	ひん岩	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値		

※1: 土木学会「原位置岩盤試験法の指針」に準拠。
 ※2: 換算方法は補足説明資料「2. 4牧の浜部層の解析用物性値」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.3 解析用物性値

4.3.2 解析用物性値の設定根拠(盛土他)

- 解析用物性値は、各種試験結果及び文献に基づき設定した。
- 盛土、旧表土、断層及びシーム、セメント改良土、改良地盤、コンクリートの物性値は、敷地全体で同一の物性値としている。(部分)

解析用物性値の設定根拠(盛土他)

岩種・岩級	物理特性	強度特性	変形特性	
		静的・動的特性	静的特性	動的特性
盛土	現場密度試験※ ¹	三軸圧縮試験 (JGS 0523)	三軸圧縮試験 (JGS 0522)	繰返し三軸試験 (JGS 0542)
旧表土	密度試験 (JIS A1225)	三軸圧縮試験 (JGS 0523)	三軸圧縮試験 (JGS 0522)	繰返し三軸試験 (JGS 0542)
断層 及び シーム	密度試験 (JIS A1225)	単純せん断試験※ ²	単純せん断試験※ ²	繰返し単純せん断試験※ ²
セメント改良土	現場密度試験 (JIS A1225及びJGS 1612)	三軸圧縮試験 (JGS 0521) 岩石の引張強さ試験方法 (JIS M 0303)	三軸圧縮試験 (JGS 0521)	PS検層 (JGS 1122) 繰返し三軸試験 (JGS 0542)
改良地盤	密度試験 (JIS A1225)	三軸圧縮試験 (JGS 0523) 岩石の引張強さ試験方法 (JIS M 0303)	平板載荷試験 (JGS 1521)	PS検層 (JGS 1122) 繰返し三軸試験 (JGS 0542)
背面補強工 置換コンクリート	コンクリート標準示方書 構造性能照査編 土木学会 2002年			

※1:地盤工学会「地盤調査の方法と解説」に準拠。

※2:地盤工学会「土質試験の方法と解説」に準拠。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.3解析用物性値

4.3.3 狐崎部層の解析用物性値①

岩種・岩級		物理特性	強度特性			変形特性				
			静的・動的特性			静的特性		動的特性		
		単位体積重量 γ (kN/m 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 (N/mm ²)	静ポアソン比 ν_s	動せん断弾性係数 G_d (N/mm ²)	動ポアソン比 ν_d	減衰定数 h
B級	砂岩	26.4	1.72	43.0	$1.30\sigma^{0.73}$	1,770	0.25	狐崎部層の 解析用物性値② 参照	0.03	
	頁岩	26.9	1.58	46.0	$1.36\sigma^{0.62}$	2,160	0.28		0.03	
	ひん岩	28.7	1.72	43.0	$1.30\sigma^{0.73}$	1,770	0.31		0.03	
C _H 級	砂岩	26.2	1.72	43.0	$1.30\sigma^{0.73}$	1,770	0.24		0.03	
	頁岩	26.6	1.58	46.0	$1.36\sigma^{0.62}$	2,160	0.25		0.03	
	ひん岩	28.0	1.72	43.0	$1.30\sigma^{0.73}$	1,770	0.29		0.03	
C _M 級	砂岩	25.2	0.49	47.0	$1.16\sigma^{0.62}$	980	0.26		0.03	
	頁岩	25.8	0.49	47.0	$1.16\sigma^{0.62}$	980	0.20		0.03	
	ひん岩	25.2	0.49	47.0	$1.16\sigma^{0.62}$	980	0.26		0.03	
C _L 級	砂岩	24.1	0.46	44.0	$0.73\sigma^{0.76}$	400	0.31		0.03	
	頁岩	24.1	0.44	27.0	$0.58\sigma^{0.31}$	400	0.31		0.03	
	ひん岩	24.1	0.46	44.0	$0.73\sigma^{0.76}$	400	0.31		0.03	
D級	砂岩	20.2	0.10	24.0	$0.41\sigma^{0.49}$	78	0.38	$G_0 = 255.4\sigma^{0.26}$ $G_d/G_0 = 1/(1+119\gamma^{0.63})$	$h = 0.085\gamma / (0.00026 + \gamma) + 0.028$	
	頁岩	20.2	0.10	24.0	$0.12\sigma^{0.21}$	39	0.38			
	ひん岩	20.2	0.10	24.0	$0.41\sigma^{0.49}$	78	0.38			

4. 基礎地盤の安定性評価 4.3解析用物性値

4.3.3 狐崎部層の解析用物性値②

岩種・岩級		速度層	動的変形特性	
			動せん断 弾性係数 G_d (N/mm ²)	動ポア ソン比 ν_d
B級 及び C _H 級	砂岩	第2速度層	1.5×10^3	0.44
		第3速度層	5.9×10^3	0.40
		第4速度層	13.2×10^3	0.36
		第5速度層	16.5×10^3	0.35
	頁岩	第2速度層	1.6×10^3	0.44
		第3速度層	6.0×10^3	0.40
		第4速度層	13.5×10^3	0.36
		第5速度層	16.7×10^3	0.35
	ひん岩	第3速度層	6.4×10^3	0.40
		第4速度層	14.2×10^3	0.36
第5速度層		17.6×10^3	0.35	

岩種・岩級		速度層	動的変形特性	
			動せん断 弾性係数 G_d (N/mm ²)	動ポア ソン比 ν_d
C _M 級	砂岩	第1速度層	0.2×10^3	0.48
		第2速度層	1.5×10^3	0.44
		第3速度層	5.7×10^3	0.40
		第4速度層	12.7×10^3	0.36
		第5速度層	15.8×10^3	0.35
	頁岩	第1速度層	0.2×10^3	0.48
		第2速度層	1.5×10^3	0.44
		第3速度層	5.9×10^3	0.40
		第4速度層	13.0×10^3	0.36
		第5速度層	16.2×10^3	0.35
	ひん岩	第2速度層	1.5×10^3	0.44
		第3速度層	5.7×10^3	0.40
		第4速度層	12.7×10^3	0.36
	C _L 級	第1速度層	0.2×10^3	0.48
		第2速度層	1.4×10^3	0.44
第3速度層		5.5×10^3	0.40	
D級	第1速度層	狐崎部層の解 析用物性値① 参照	0.48	
	第2速度層		0.44	

4. 基礎地盤の安定性評価 4.3解析用物性値

4.3.4 牧の浜部層の解析用物性値①

岩種・岩級		物理特性	強度特性			変形特性				
			静的・動的特性			静的特性		動的特性		
			単位体積重量 γ (kN/m 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 (N/mm ²)	静ポアソン比 ν_s	動せん断弾性係数 G_d (N/mm ²)	動ポアソン比 ν_d
B級	砂岩	26.4	1.29	54.0	$1.12 \sigma^{0.74}$	4,100	0.21	牧の浜部層の 解析用物性値② 参照		0.03
	頁岩	27.1	1.25	32.0	$0.96 \sigma^{0.31}$	3,700	0.23			0.03
	ひん岩	27.9	1.29	54.0	$1.12 \sigma^{0.74}$	2,800	0.18			0.03
C _H 級	砂岩	26.2	1.29	54.0	$1.12 \sigma^{0.74}$	1,900	0.19			0.03
	頁岩	27.1	1.25	32.0	$0.96 \sigma^{0.31}$	1,900	0.22			0.03
	ひん岩	27.9	1.29	54.0	$1.12 \sigma^{0.74}$	1,900	0.18			0.03
C _M 級	砂岩	25.5	0.78	50.0	$1.09 \sigma^{0.72}$	1,200	0.24			0.03
	頁岩	25.4	0.76	32.0	$0.96 \sigma^{0.31}$	1,500	0.21			0.03
	ひん岩	25.5	0.78	50.0	$1.09 \sigma^{0.72}$	1,200	0.24			0.03
C _L 級	砂岩	23.1	0.46	44.0	$0.73 \sigma^{0.76}$	250	0.26			0.03
	頁岩	23.1	0.44	27.0	$0.58 \sigma^{0.31}$	180	0.26			0.03
	ひん岩	23.1	0.46	44.0	$0.73 \sigma^{0.76}$	250	0.26			0.03
D級	砂岩	20.2	0.10	24.0	$0.41 \sigma^{0.49}$	78	0.38	$G_0 = 255.4 \sigma^{0.26}$ $G_d/G_0 = 1/(1+119 \gamma^{0.63})$	$h = 0.085 \gamma / (0.00026 + \gamma) + 0.028$	
	頁岩	20.2	0.10	24.0	$0.12 \sigma^{0.21}$	39	0.38			
	ひん岩	20.2	0.10	24.0	$0.41 \sigma^{0.49}$	78	0.38			

4. 基礎地盤の安定性評価 4.3解析用物性値

4.3.4 牧の浜部層の解析用物性値②

岩種・岩級		速度層	動的変形特性	
			動せん断 弾性係数 G_d (N/mm ²)	動ポア ソン比 ν_d
B級 及び C _H 級	砂岩	第2速度層	1.2×10^3	0.45
		第3速度層	4.7×10^3	0.41
		第4速度層	11.5×10^3	0.34
		第5速度層	16.8×10^3	0.33
	頁岩	第2速度層	1.2×10^3	0.45
		第3速度層	4.7×10^3	0.41
		第4速度層	11.5×10^3	0.34
		第5速度層	16.8×10^3	0.33
	ひん岩	第3速度層	4.7×10^3	0.41
		第4速度層	11.5×10^3	0.34
第5速度層		16.8×10^3	0.33	

岩種・岩級		速度層	動的変形特性	
			動せん断 弾性係数 G_d (N/mm ²)	動ポア ソン比 ν_d
C _M 級	砂岩	第1速度層	0.2×10^3	0.48
		第2速度層	1.2×10^3	0.45
		第3速度層	4.7×10^3	0.41
		第4速度層	11.5×10^3	0.34
		第5速度層	16.8×10^3	0.33
	頁岩	第1速度層	0.2×10^3	0.48
		第2速度層	1.2×10^3	0.45
		第3速度層	4.7×10^3	0.41
		第4速度層	11.5×10^3	0.34
		第5速度層	16.8×10^3	0.33
	ひん岩	第2速度層	1.2×10^3	0.45
		第3速度層	4.7×10^3	0.41
		第4速度層	11.5×10^3	0.34
C _L 級	第1速度層	0.2×10^3	0.48	
	第2速度層	1.2×10^3	0.45	
	第3速度層	4.7×10^3	0.41	
D級	第1速度層	牧の浜部層の 解析用物性値 ①参照	0.48	
	第2速度層		0.45	

4. 基礎地盤の安定性評価 4.3解析用物性値

4.3.5 盛土他の解析用物性値

岩種・岩級	物理特性 単位体積重量 γ (kN/m ³)	強度特性				変形特性				
		静的・動的特性				静的特性		動的特性		
		せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	引張強度 σ_t (N/mm ²)	残留強度 τ (N/mm ²)	静弾性係数 E_s (N/mm ²)	静ポアソン比 ν_s	動せん断弾性係数 G_d (N/mm ²)	動ポアソン比 ν_d	減衰定数 h
盛土	20.6	0.06	30.0	—	$0.06 + \sigma \tan 30.0^\circ$	$198 \sigma^{0.60}$	0.40	$G_0 = 382 \sigma^{0.71}$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00036)^*$	0.48	$h = 0.183 \gamma / (\gamma + 0.000261)$
旧表土	19.0	0.08	26.2	—	$0.08 + \sigma \tan 26.2^\circ$	$302 \sigma^{0.80}$	0.40	$G_0 = 211 \sigma^{0.42}$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00087)$	0.46	$\gamma < 3 \times 10^{-4}$ $h = 0.125 + 0.020 \log \gamma$ $3 \times 10^{-4} \leq \gamma < 2 \times 10^{-2}$ $h = 0.374 + 0.091 \log \gamma$ $2 \times 10^{-2} \leq \gamma$ $h = 0.22$
断層及びシーム	18.6	0.067	22.2	—	$0.067 + \sigma \tan 22.2^\circ$	圧縮方向 $124.5 \sigma^{0.90}$ せん断方向 $44.43 \sigma^{0.90}$	0.40	$G_0 = 192.3 \sigma^{0.74}$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.0012)^*$	0.46	$\gamma < 1 \times 10^{-4}$ $h = 0.024$ $1 \times 10^{-4} \leq \gamma < 1.6 \times 10^{-2}$ $h = 0.024 + 0.089(\log \gamma + 4)$ $1.6 \times 10^{-2} \leq \gamma$ $h = 0.22$
セメント改良土	21.6	0.65	44.3	0.46	$0.21 + \sigma \tan 40.9^\circ$	690	0.26	$G_0 = 1670$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00085)$	0.36	$\gamma < 3.8 \times 10^{-5}$ $h = 0.014$ $3.8 \times 10^{-5} \leq \gamma$ $h = 0.151 + 0.031 \log \gamma$
改良地盤	20.6	1.39	22.1	0.65	$0.51 + \sigma \tan 34.6^\circ$	4,480	0.19	$G_0 = 1940$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00136)$	0.35	$\gamma < 1.2 \times 10^{-4}$ $h = 0.031$ $1.2 \times 10^{-4} \leq \gamma < 5.2 \times 10^{-3}$ $h = 0.227 + 0.050 \log \gamma$ $5.2 \times 10^{-3} \leq \gamma$ $h = 0.113$
背面補強工	24.0	—				28,000	0.2	11,667	0.2	0.05
置換コンクリート	22.5									

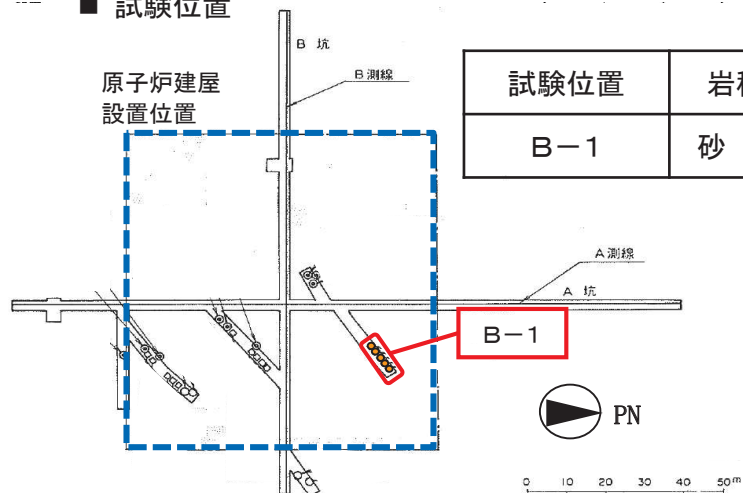
※: 残存剛性率(G_d/G_0)が小さい領域は次式で補間 $G_0 = E_s/2(1 + \nu_s)$, $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/\gamma_m)$, $\gamma_m = \tau_f/G_0$
補間方法の詳細については、補足説明資料「2. 解析用物性値に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.3 解析用物性値

4.3.6 試験結果例: 岩盤の強度特性(狐崎部層)

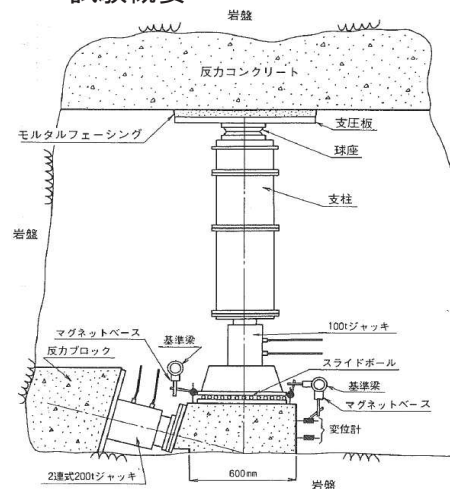
- すべり安全率に支配的な要因である岩盤強度は、ブロックせん断試験※により評価した。

■ 試験位置

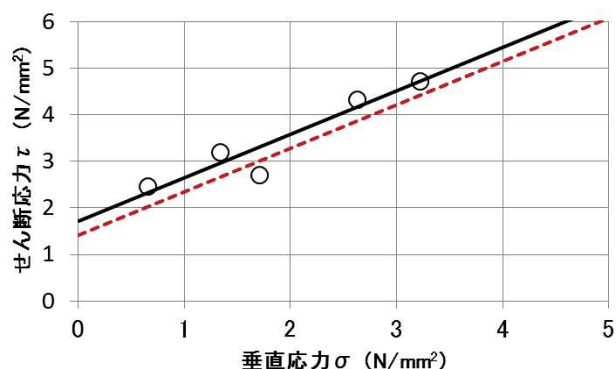


試験位置	岩種	岩盤分類
B-1	砂岩	C _H 級

■ 試験概要

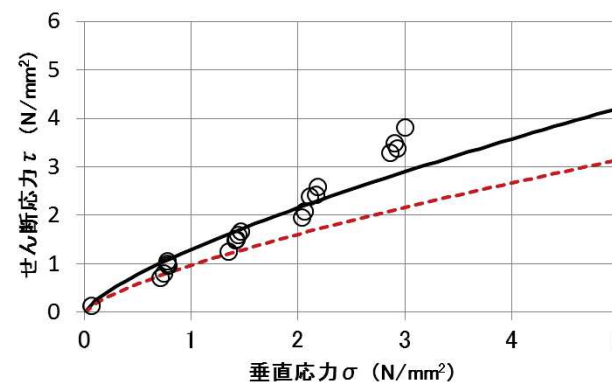


■ 試験結果



(平均) $\tau_0 = 1.72 \text{ N/mm}^2$ $\phi = 43^\circ$
 (-1 σ) $\tau_0 = 1.41 \text{ N/mm}^2$ $\phi = 43^\circ$

せん断強度



(平均) $\tau = 1.30 \cdot \sigma^{0.73} \text{ N/mm}^2$
 (-1 σ) $\tau = 0.97 \cdot \sigma^{0.73} \text{ N/mm}^2$

残留強度

— : 平均強度
 - - - : -1 σ

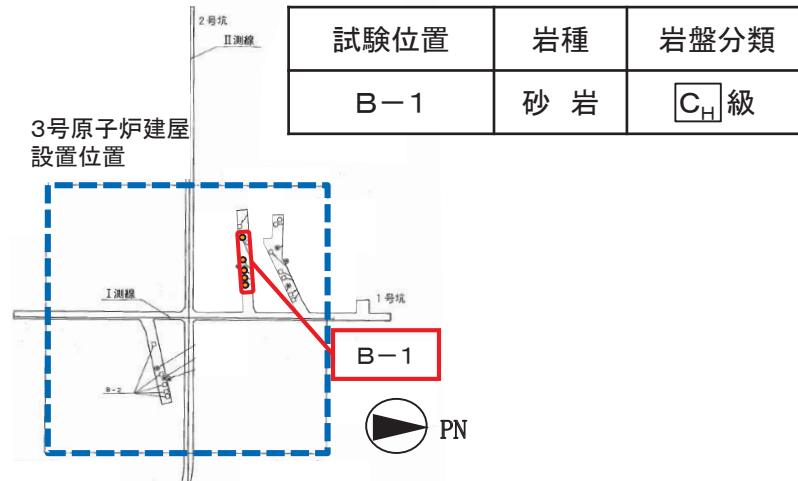
※: 試験結果の詳細については、補足説明資料「2. 解析用物性値に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4. 3解析用物性値

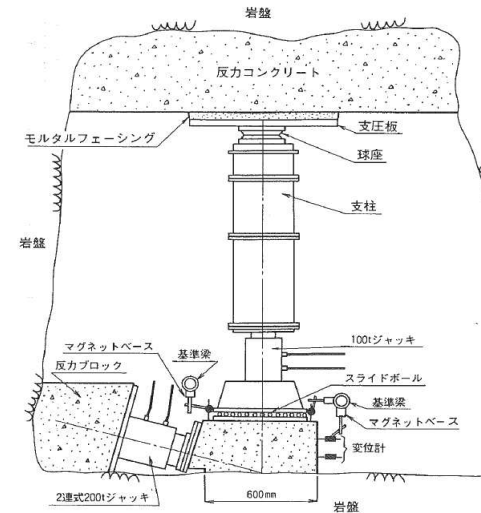
4. 3. 6 試験結果例:岩盤の強度特性(牧の浜部層)

- すべり安全率に支配的な要因である岩盤強度は、ブロックせん断試験※により評価した。

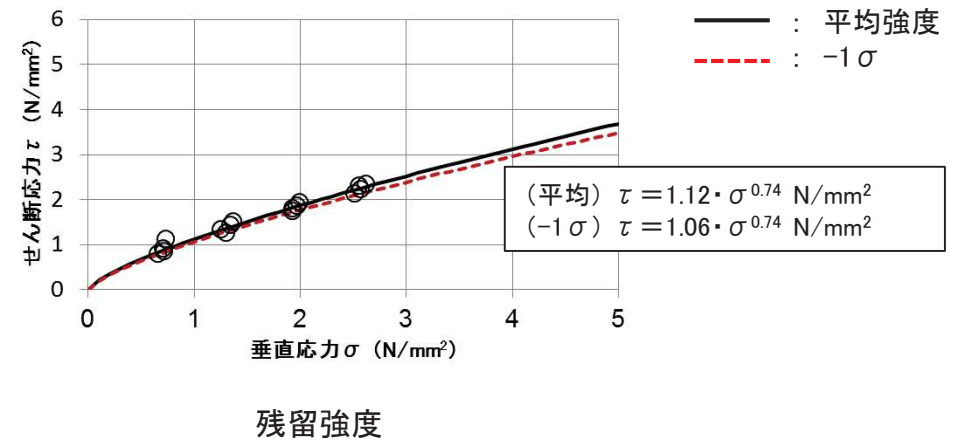
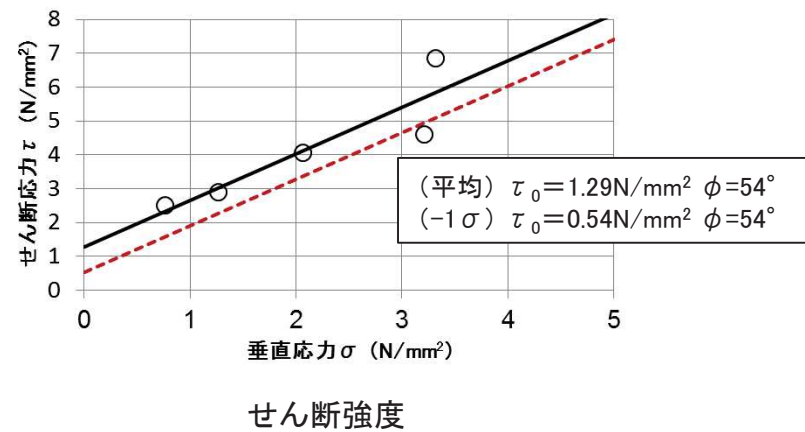
■ 試験位置



■ 試験概要



■ 試験結果



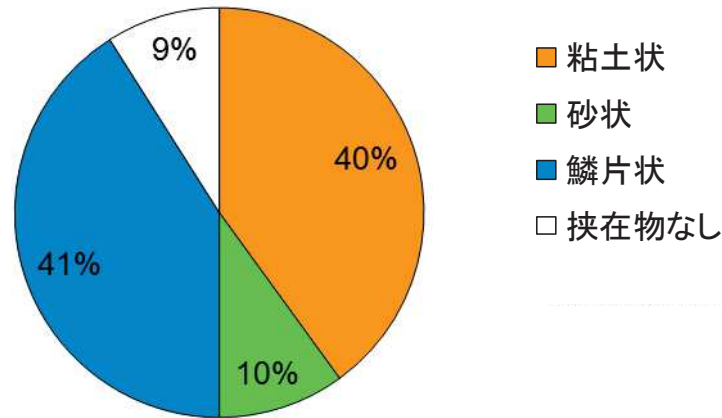
※: 試験結果の詳細については、補足説明資料「2. 解析用物性値に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.3 解析用物性値

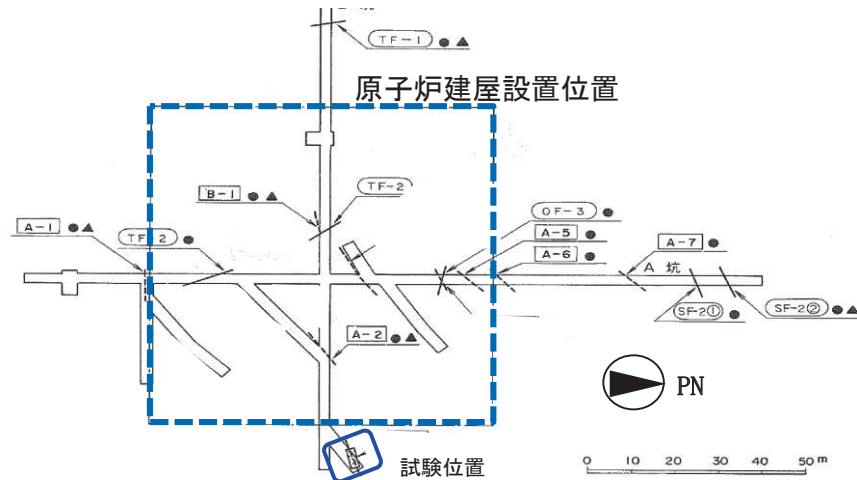
4.3.6 試験結果例: 断層及びシームの強度特性

- 断層及びシームの挟在物は、「粘土状」、「砂状」、「鱗片状」等の性状が確認されているが、保守的に強度が最も小さい「粘土状」物質に対する試験※により評価した。

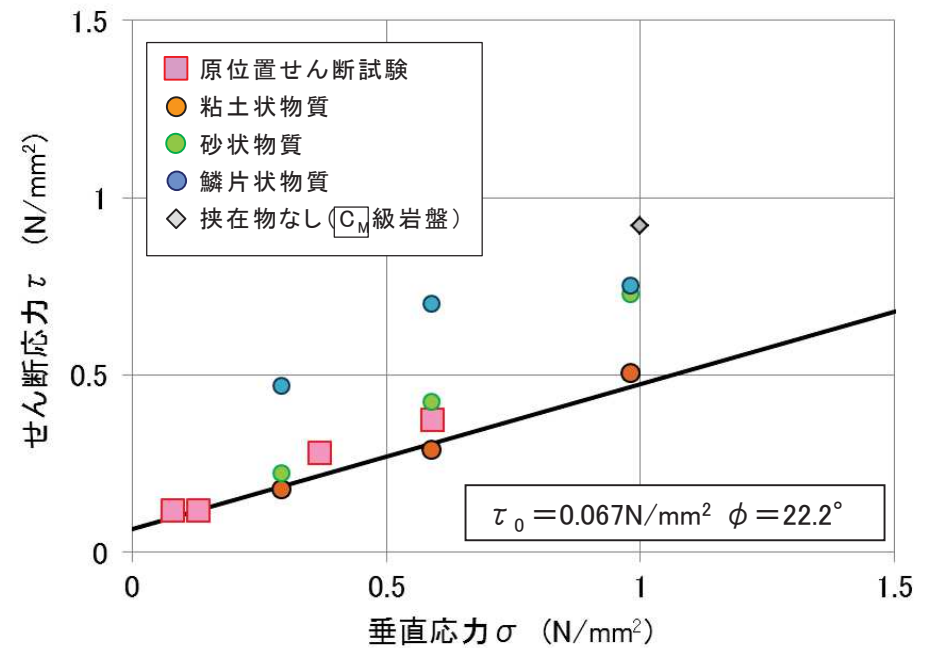
■ 炉心直交地質断面図に表れる断層・シームの性状割合



■ 原位置試験位置



■ 試験結果



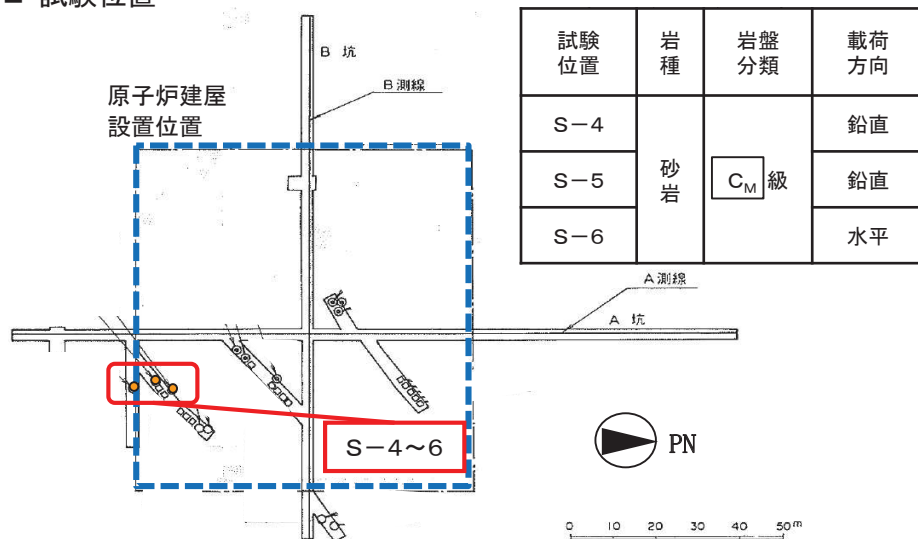
※: 試験結果の詳細については、補足説明資料「2. 解析用物性値に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4. 3解析用物性値

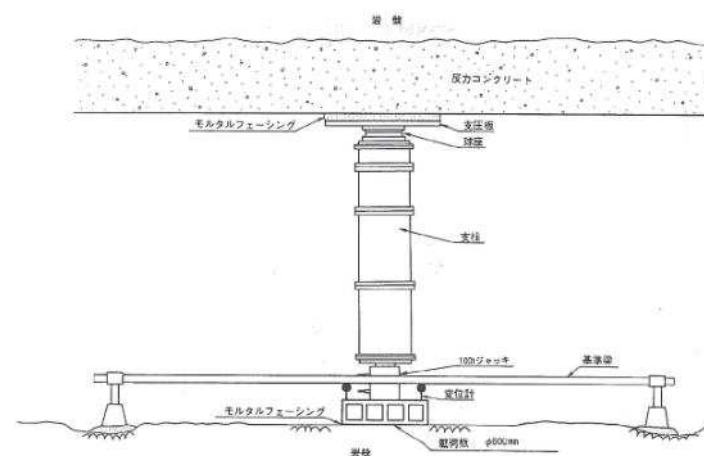
4. 3. 7 極限支持力の算定(狐崎部層)

- 試掘坑内において実施した、 C_M 級砂岩に対する支持力試験*の結果、ジャッキの載荷限界値である $13.7N/mm^2$ でも降伏しなかったことから、岩盤の極限支持力は、 $13.7N/mm^2$ 以上と評価でき、支持力に対する評価基準値は、 $13.7N/mm^2$ とする。

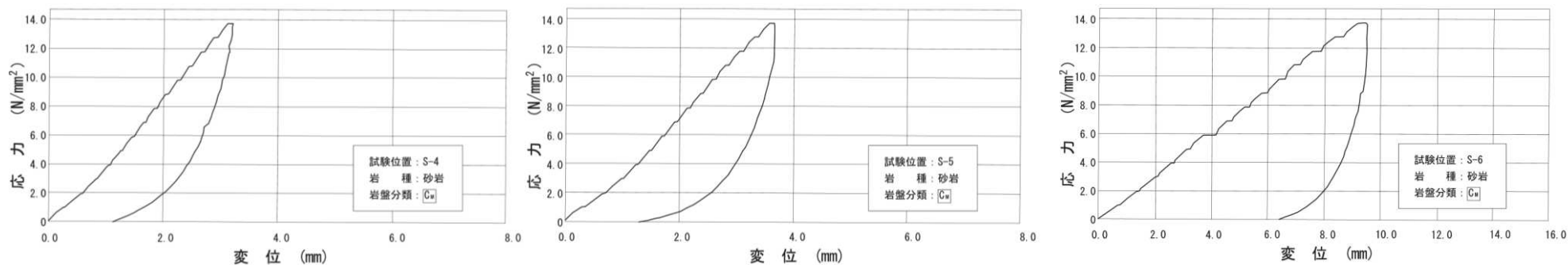
■ 試験位置



■ 試験概要



■ 試験結果



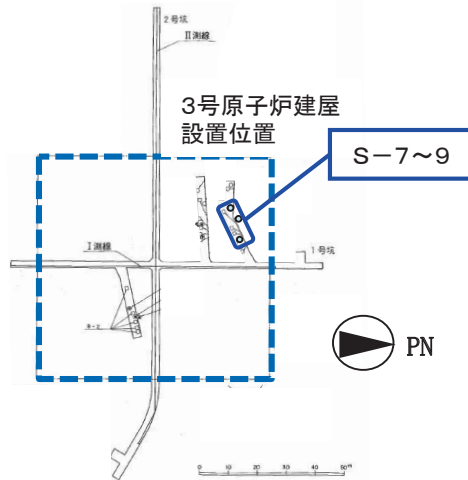
*: 試験結果の詳細については、補足説明資料「2. 解析用物性値に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.3 解析用物性値

4.3.7 極限支持力の算定(牧の浜部層)

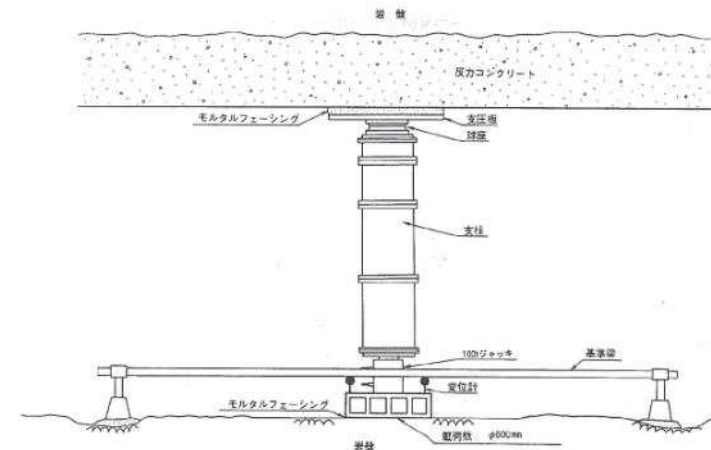
- C_M 級頁岩に対する支持力試験*の結果, 载荷した最大荷重の平均値は 11.4N/mm^2 であることから, 岩盤の極限支持力は, 11.4N/mm^2 と評価でき, 支持力に対する評価基準値は, 11.4N/mm^2 とする。

■ 試験位置

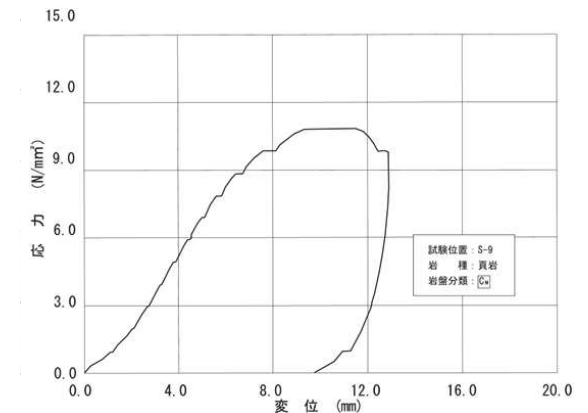
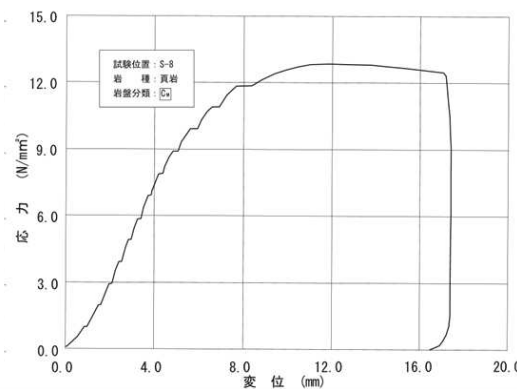
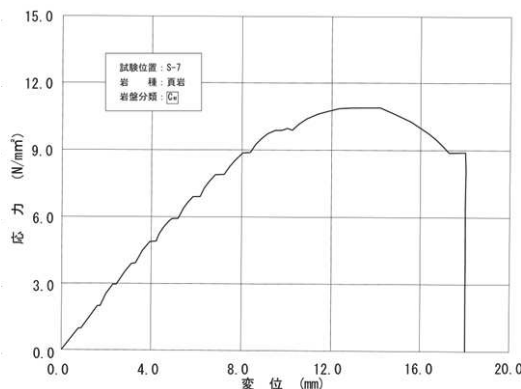


試験位置	岩種	岩盤分類	载荷方向
S-7	頁岩	C_M 級	鉛直
S-8			鉛直
S-9			水平

■ 試験概要



■ 試験結果



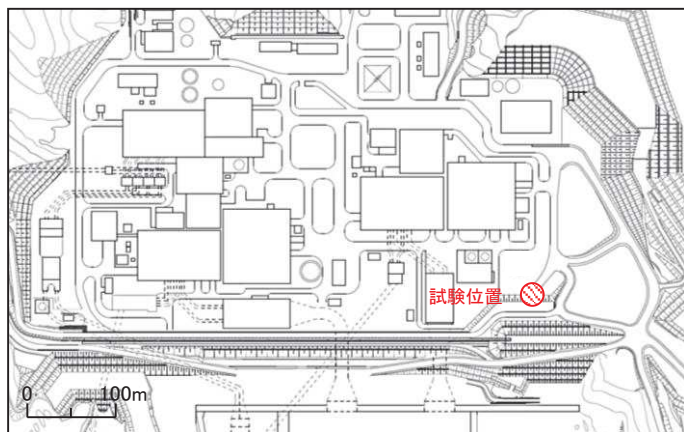
*: 試験結果の詳細については, 補足説明資料「2. 解析用物性値に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.3 解析用物性値

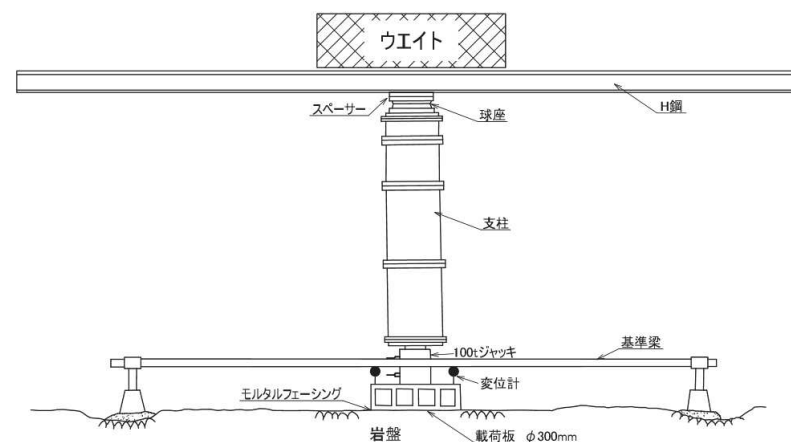
4.3.7 極限支持力の算定(改良地盤)

- 改良地盤の支持力を確認するために、試験改良体を対象として支持力試験*を実施した。
- 支持力試験の結果、ジャッキの限界値である $4.4\text{N}/\text{mm}^2$ でも降伏しなかったことから、改良地盤の極限支持力は $4.4\text{N}/\text{mm}^2$ 以上と評価でき、支持力に対する評価基準値は、 $4.4\text{N}/\text{mm}^2$ とする。

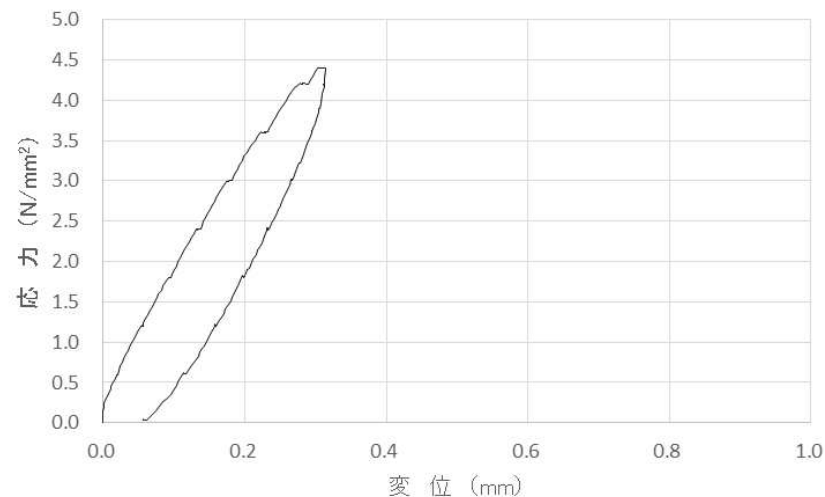
■ 試験実施位置



■ 試験概要



■ 試験結果



*: 試験結果の詳細については、補足説明資料「2. 解析用物性値に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.4 基準地震動

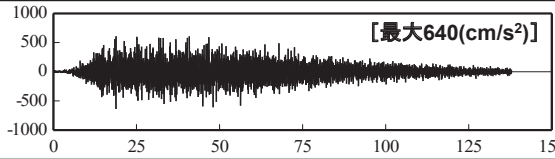
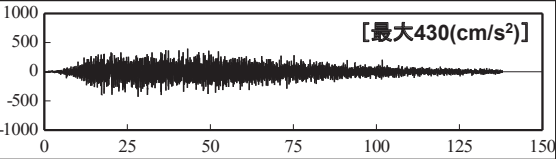
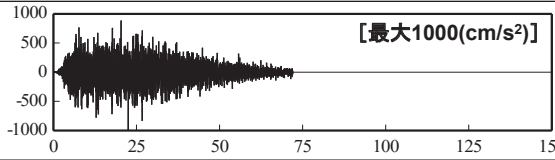
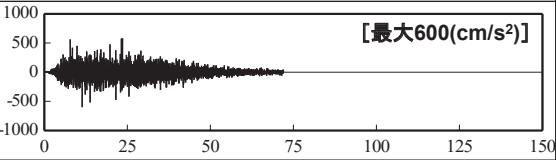
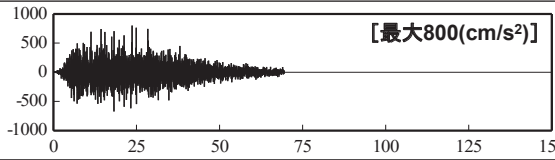
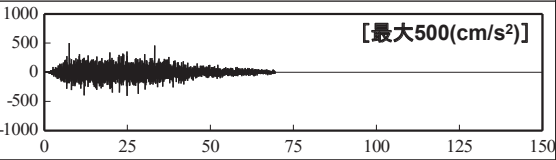
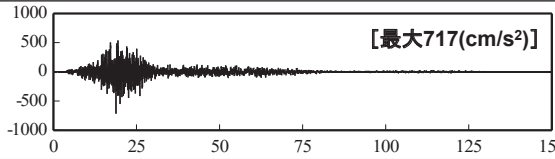
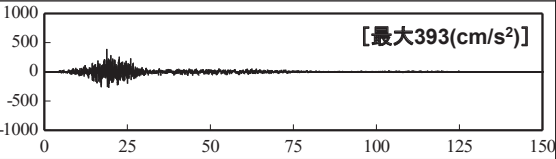
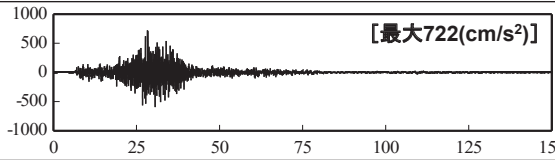
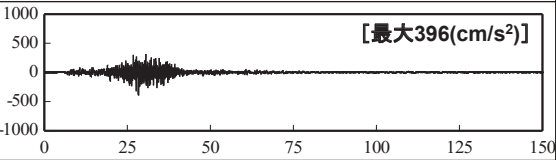
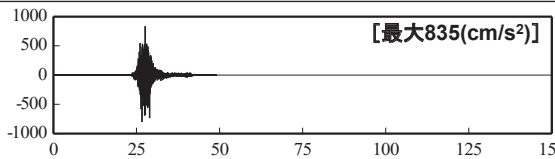
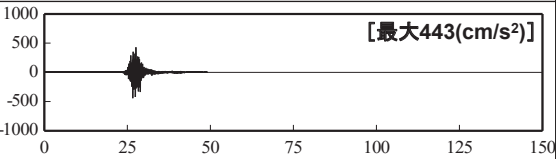
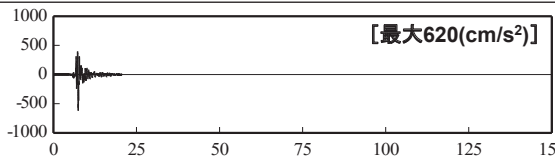
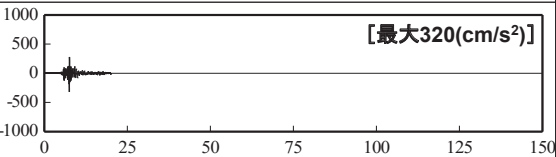
4.4.1 基準地震動

- 基準地震動S_sを評価地震動とし、各地震動の作成方法に応じて位相の反転も考慮した。

基準地震動S _s			最大加速度振幅 (cm/s ²)	位相反転の考慮	
敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	応答スペクトル手法	プレート間地震	Ss-D1	水平動 : 640 鉛直動 : 430	水平動・鉛直動とも反転を考慮
		海洋プレート内地震 (SMGAマントル内)	Ss-D2	水平動 : 1000 鉛直動 : 600	水平動・鉛直動とも反転を考慮
		海洋プレート内地震 (SMGA地殻内)	Ss-D3	水平動 : 800 鉛直動 : 500	水平動・鉛直動とも反転を考慮
	断層モデル手法	プレート間地震 (応力降下量の不確かさ)	Ss-F1	水平動 : 717 鉛直動 : 393	水平動の反転を考慮
		プレート間地震 (SMGA位置と応力降下量の不確かさの重畳)	Ss-F2	水平動 : 722 鉛直動 : 396	水平動の反転を考慮
		海洋プレート内地震 (SMGAマントル内)	Ss-F3	水平動 : 835 鉛直動 : 443	水平動の反転を考慮
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の検討結果に保守性を考慮した地震動	Ss-N1	水平動 : 620 鉛直動 : 320	水平動の反転を考慮	

4. 基礎地盤の安定性評価 4.4 基準地震動

4.4.2 基準地震動(加速度時刻歴波形)

基準地震動		水平方向	鉛直方向
Ss-D1	プレート間地震の応答スペクトル手法による基準地震動	 [最大640(cm/s ²)]	 [最大430(cm/s ²)]
Ss-D2	海洋プレート内地震(SMGAマントル内)の応答スペクトル手法による基準地震動	 [最大1000(cm/s ²)]	 [最大600(cm/s ²)]
Ss-D3	海洋プレート内地震(SMGA地殻内)の応答スペクトル手法による基準地震動	 [最大800(cm/s ²)]	 [最大500(cm/s ²)]
Ss-F1	プレート間地震の断層モデル手法による基準地震動 [応力降下量(短周期レベル)の不確かさ]	 [最大717(cm/s ²)]	 [最大393(cm/s ²)]
Ss-F2	プレート間地震の断層モデル手法による基準地震動 [SMGA位置と応力降下量(短周期レベル)の不確かさの重畳]	 [最大722(cm/s ²)]	 [最大396(cm/s ²)]
Ss-F3	海洋プレート内地震(SMGAマントル内)の断層モデル手法による基準地震動 (SMGAマントル内集約)	 [最大835(cm/s ²)]	 [最大443(cm/s ²)]
Ss-N1	2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)の検討結果に保守性を考慮した地震動	 [最大620(cm/s ²)]	 [最大320(cm/s ²)]

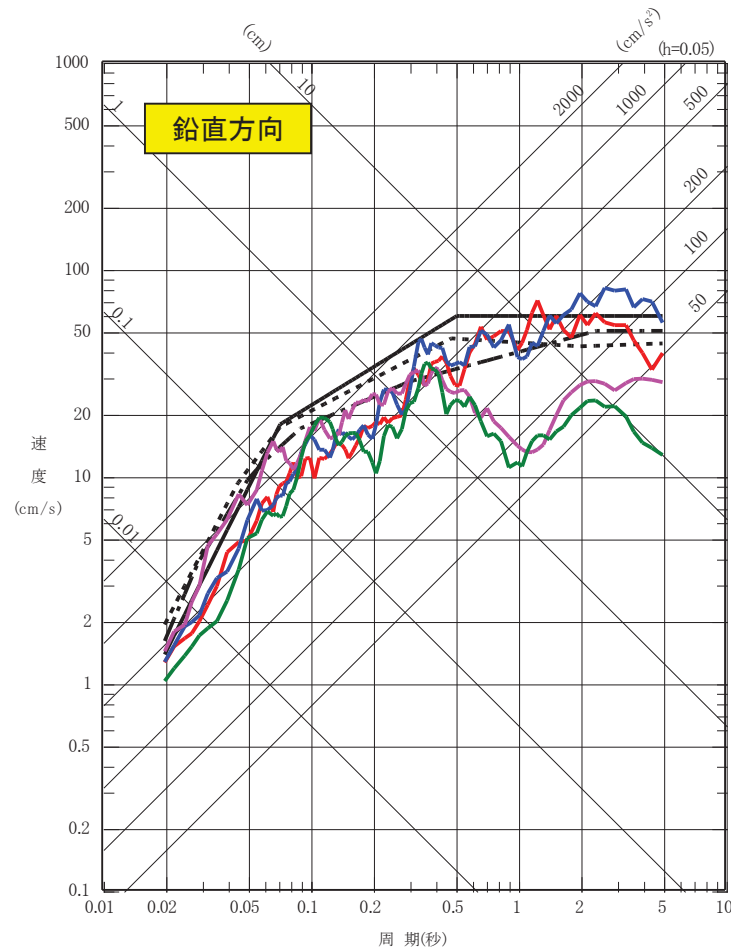
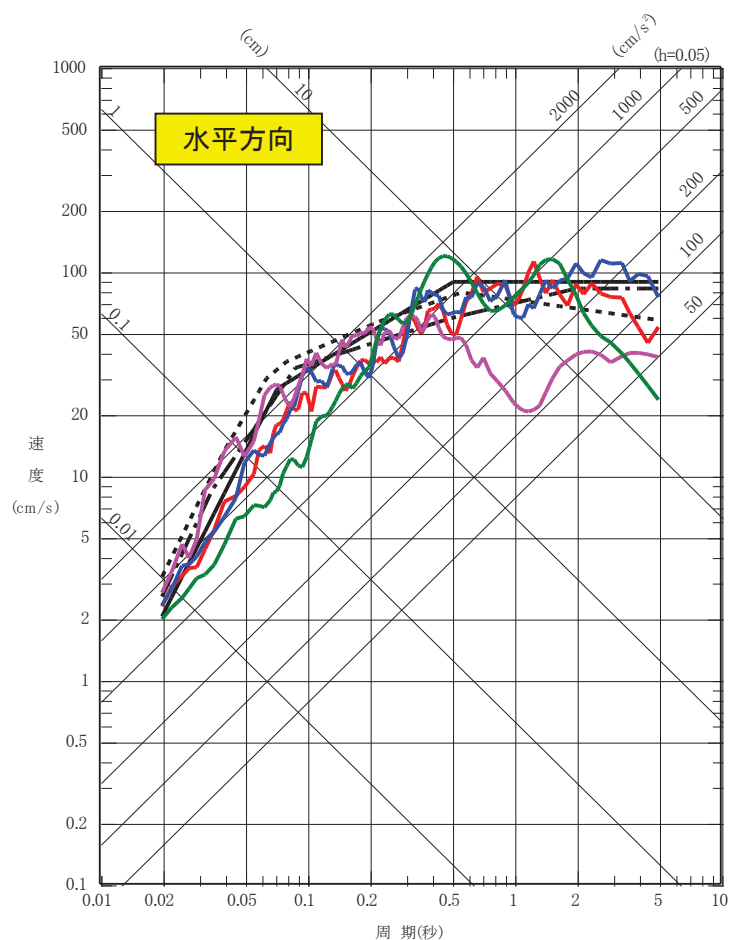
注1: 表中のグラフは各基準地震動の加速度時刻歴波形[縦軸: 加速度(cm/s²), 横軸: 時間(s)]

注2: 断層モデルによる基準地震動のSs-F1, Ss-F2及びSs-F3については, 3.11地震, 4.7地震の観測記録との整合性を確認したシミュレーションでの手法(統計的グリーン関数法, 放射特性一定)を用いていることから水平方向の地震動は1波としている。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.4 基準地震動

4.4.3 基準地震動(応答スペクトル)

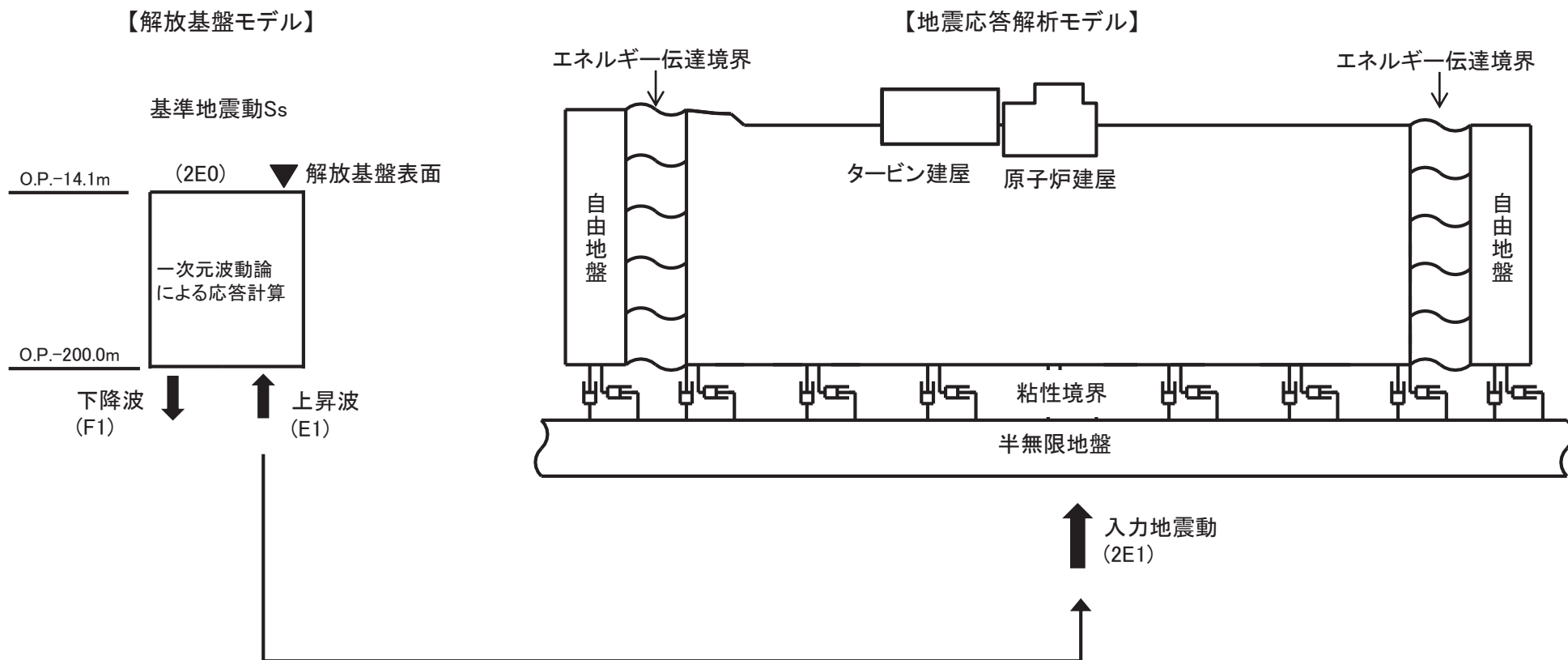
- 基準地震動Ss-D1 [プレート間地震の応答スペクトル手法による基準地震動]
- - - 基準地震動Ss-D2 [海洋プレート内地震 (SMGAマントル内)の応答スペクトル手法による基準地震動]
- · - 基準地震動Ss-D3 [海洋プレート内地震 (SMGA地殻内)の応答スペクトル手法による基準地震動]
- 基準地震動Ss-F1 [プレート間地震の断層モデル手法による基準地震動(応力降下量(短周期レベル)の不確かさ)]
- 基準地震動Ss-F2 [プレート間地震の断層モデル手法による基準地震動(SMGA位置と応力降下量(短周期レベル)の不確かさの重畳)]
- 基準地震動Ss-F3 [海洋プレート内地震 (SMGAマントル内)の断層モデル手法による基準地震動(SMGAマントル内集約)]
- 基準地震動Ss-N1 [2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)の検討結果に保守性を考慮した地震動]



4. 基礎地盤の安定性評価 4.4 基準地震動

4.4.4 入力地震動の作成

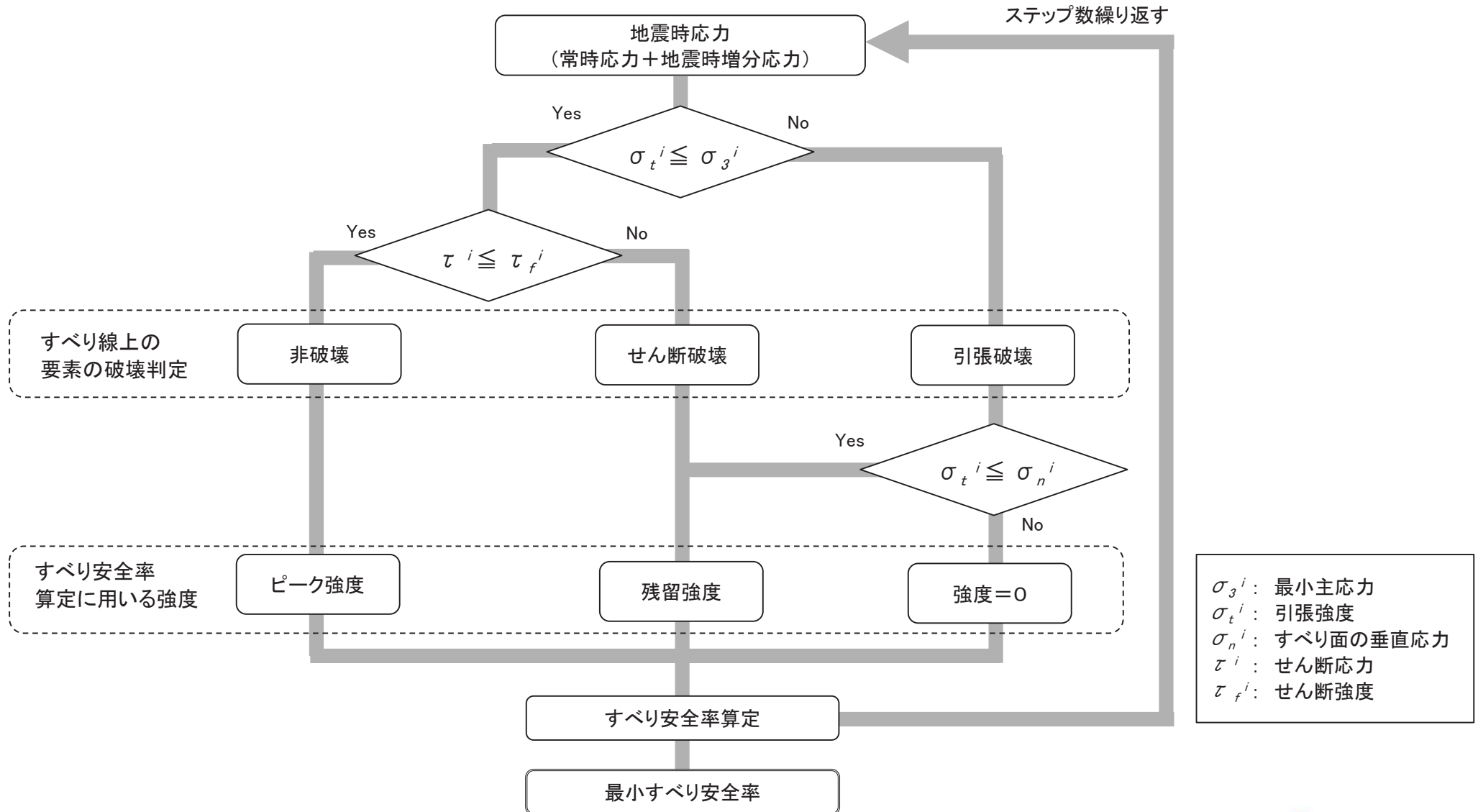
- 入力地震動は、基準地震動Ssを、一次元波動論により、解析モデル下端で評価し、水平方向及び鉛直方向に同時に与えた。



4. 基礎地盤の安定性評価 4.5すべりに対する評価

4.5.1 すべり安全率の算定における地盤強度の考え方

- すべり線が通過する要素の応力状態に応じ、適切な強度を選択しすべり安全率を算定する。



4. 基礎地盤の安定性評価 4.5すべりに対する評価

4.5.2 すべり安全率

- 想定すべり面におけるすべり安全率により評価する。
- すべり安全率は、想定したすべり面上の応力状態をもとに、すべり面上のせん断抵抗力の和をすべり面上のせん断力の和で除して求める。

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

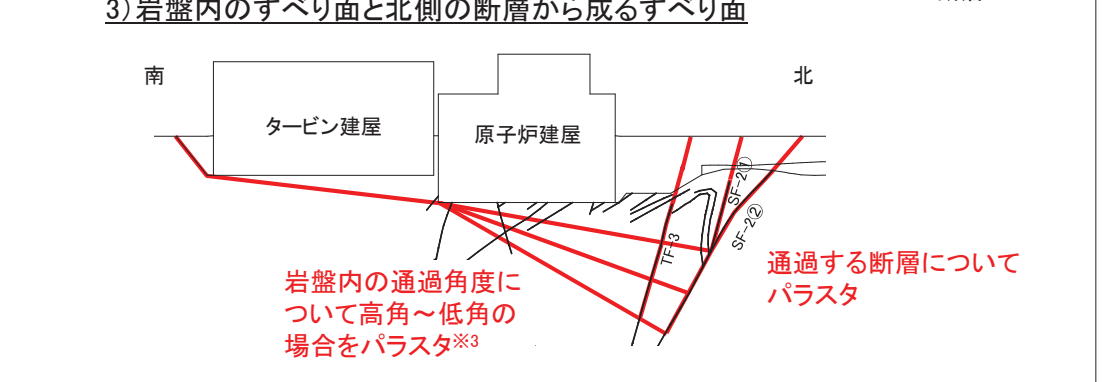
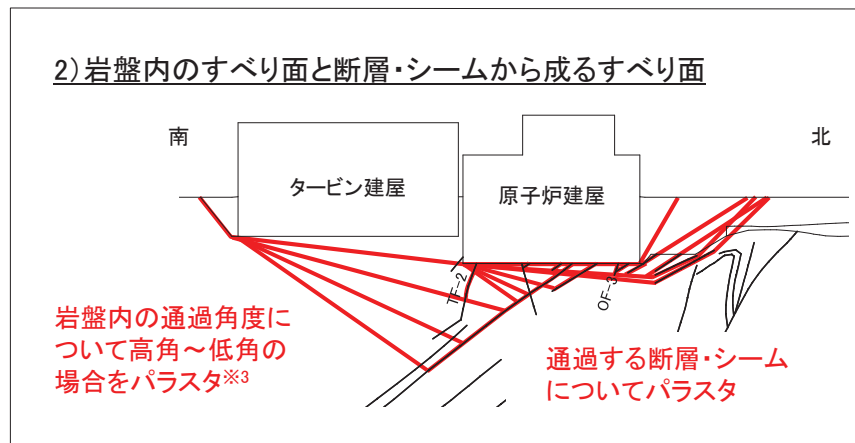
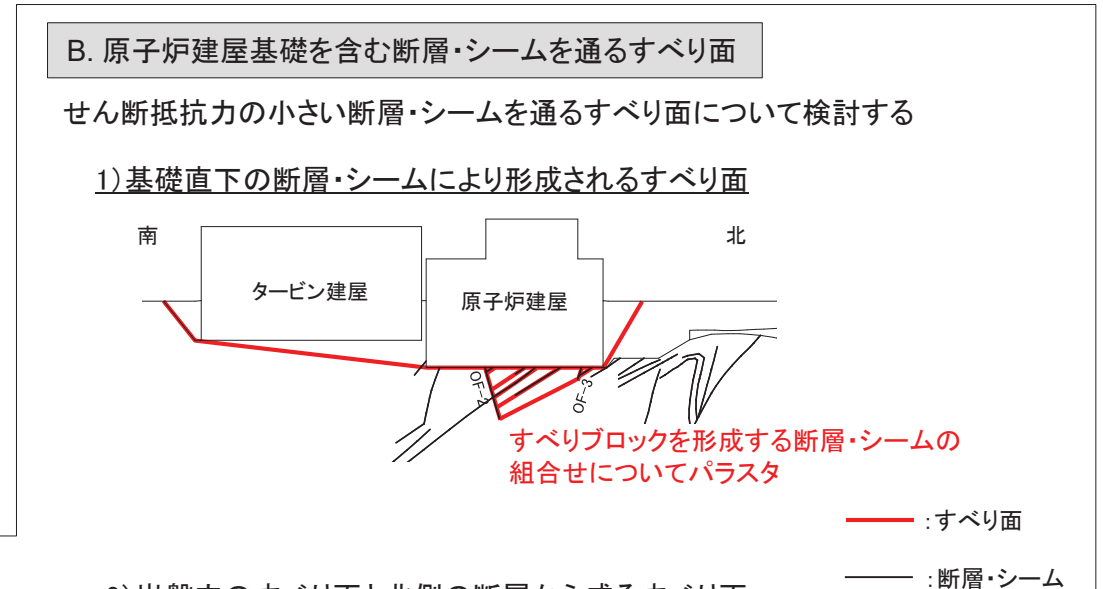
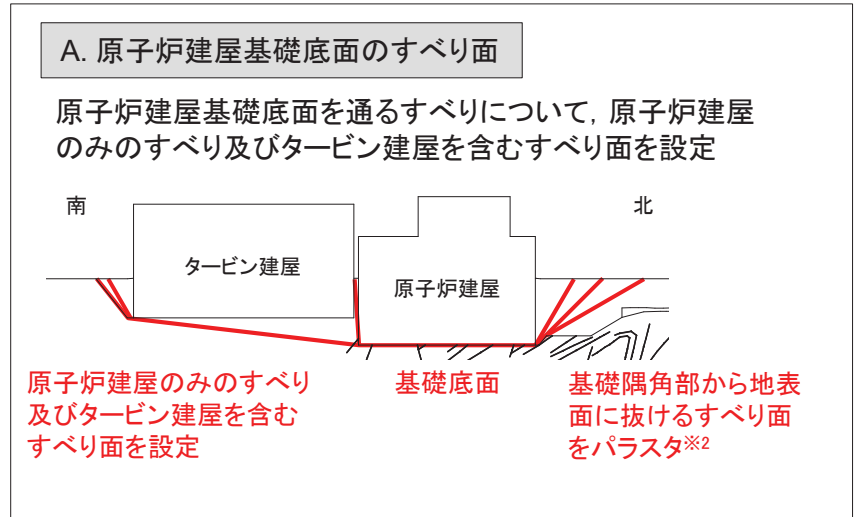
- すべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認する。

4. 基礎地盤の安定性評価 4. 5すべりに対する評価

4. 5. 3 すべり面の設定(原子炉建屋, 緊急時対策建屋)

- すべり安全率を算定するすべり面については, 建屋基礎底面を通るすべり面のほか, 要素の局所安全率が小さい領域や, 地盤強度の小さい領域(盛土, 断層・シーム), モビライズド面の向き等^{※1}を踏まえて設定する。

(例)原子炉建屋X-X'断面



※1: 審査ガイド「4. 1地震力に対する基礎地盤の安定性評価(2)確認事項」に記載されているすべり面設定上確認すべき事項に該当する項目。
 ※2: 建屋基礎隅角部から地表面に抜ける角度は, 受働崩壊角及び主動崩壊角($45^\circ \pm \phi/2$, $\phi=30^\circ$)を踏まえ, 30° , 45° , 60° と設定する。
 ※3: すべり面の通過角度は, 応力状態(局所安全率, モビライズド面の向き等)を考慮して設定する。

4. 基礎地盤の安定性評価 4. 5すべりに対する評価

4. 5. 3 すべり面の設定(防潮堤(盛土堤防), 防潮堤(鋼管式鉛直壁))

- すべり安全率を算定するすべり面については、改良地盤、岩盤を通るすべり面について、要素の局所安全率が小さい領域や、地盤強度の小さい領域(盛土、旧表土)、モビライズド面の向き等※1を踏まえて設定する。
- 施設(鋼管杭、背面補強工、置換コンクリート)については、第4条及び第5条への適合において部材の健全性を確認することから、施設を貫通横断するよなすべりは想定しない。

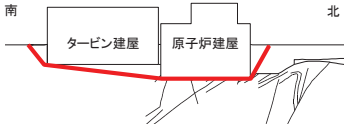

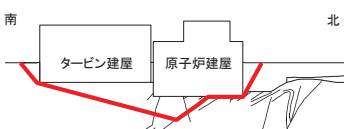

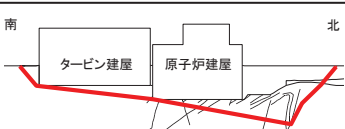
	改良地盤を通るすべり	岩盤を通るすべり
盛土堤防	<p>防潮堤(盛土堤防)を直接支持する改良地盤を通るすべり面を設定</p> <p>改良地盤内のすべり面の通過深度についてパラスタ(底面の岩盤を含む)</p>	<p>置換コンクリートを含めた施設全体を支持する岩盤を通るすべり面を設定</p> <p>岩盤内のすべり面の通過位置をパラスタ※3</p>
鋼管式鉛直壁	<p>防潮堤(鋼管式鉛直壁)を直接支持する改良地盤を通るすべり面を設定</p> <p>改良地盤内のすべり面の通過深度についてパラスタ(底面の岩盤を含む)</p>	<p>置換コンクリートを含めた施設全体を支持する岩盤を通るすべり面を設定</p> <p>岩盤内のすべり面の通過位置をパラスタ※3</p>




※1：審査ガイド「4. 1地震力に対する基礎地盤の安定性評価(2)確認事項」に記載されているすべり面設定上確認すべき事項に該当する項目。
 ※2：改良地盤端部および隅角部、置換コンクリート隅角部から地表面に抜ける角度は、受働崩壊角及び主働崩壊角(45° ± φ/2, φ=30°)を踏まえ、30°、45°、60°と設定する。
 ※3：すべり面の通過位置は、応力状態(局所安全率、モビライズド面の向き等)を考慮して設定する。

4. 基礎地盤の安定性評価 4. 5すべりに対する評価

4. 5. 4 すべりに対する評価結果(原子炉建屋 X-X' 断面)

- 原子炉建屋(X-X' 断面)の最小すべり安全率は、Ss-N1における2.0であり、1.5以上であることから十分な安全性を有している※1。
- 地盤物性のばらつきを考慮しても、すべり安全率は1.8である。

	すべり面形状	基準地震動※2 (位相)	発生時刻(秒)	最小すべり安全率
1	 建屋底面のすべり	Ss-N1 (+,+)	7.52	2.3
2	 建屋底面+断層・シームのすべり	Ss-N1 (+,+)	7.52	2.0 (1.8) [2.7]
3	 建屋底面+断層・シームのすべり	Ss-N1 (+,+)	7.51	2.3
4	 建屋底面+断層・シームのすべり	Ss-N1 (+,+)	7.52	2.2
5	 断層のすべり	Ss-N1 (-,+)	7.53	3.3

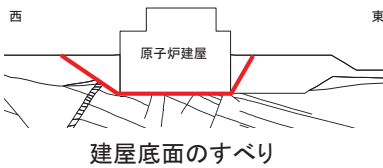
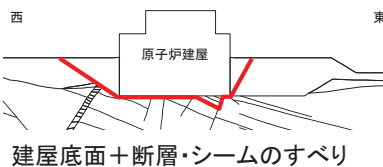
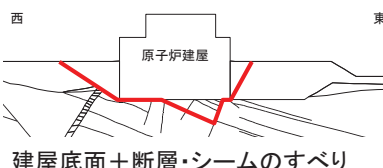
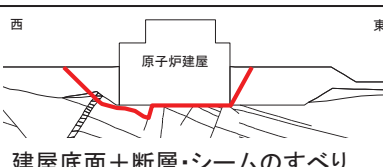

 : すべり面
 : 断層・シーム
 は最小すべり安全率
 ()は地盤物性のばらつきを考慮した安全率
 []は静的非線形解析による安全率
 ※2: 基準地震動の(+,+)は正位相, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※1: 評価結果の詳細については、補足説明資料「3. 安定性評価に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.5すべりに対する評価

4.5.4 すべりに対する評価結果(原子炉建屋 Y-Y' 断面)

- 原子炉建屋(Y-Y' 断面)の最小すべり安全率は、Ss-N1における1.6であり、1.5以上であることから十分な安全性を有している※1。
- 地盤物性のばらつきを考慮しても、すべり安全率は1.54である。

	すべり面形状	基準地震動※2 (位相)	発生時刻(秒)	最小すべり安全率
1	 建屋底面のすべり	Ss-N1 (+,+)	7.56	2.5
2	 建屋底面+断層・シームのすべり	Ss-N1 (+,+)	7.56	2.0
3	 建屋底面+断層・シームのすべり	Ss-N1 (+,+)	7.57	1.6 (1.54) [2.9]
4	 建屋底面+断層・シームのすべり	Ss-N1 (-,+)	7.55	3.2
5	 断層・シームのすべり	Ss-N1 (+,+)	7.73	2.5

— (red line) : すべり面

— (black line) : 断層・シーム

○ は最小すべり安全率

() は地盤物性のばらつきを考慮した安全率

[] は静的非線形解析による安全率

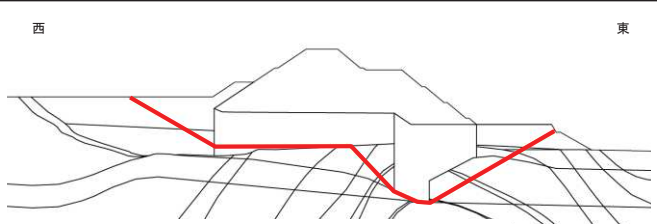
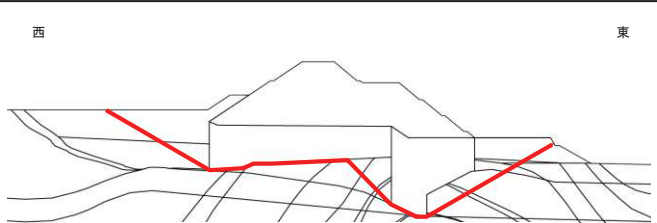
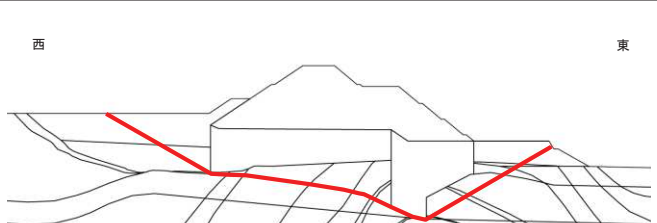
※2: 基準地震動の(+,+)は正位相,
(-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転,
(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※1: 評価結果の詳細については、補足説明資料「3. 安定性評価に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.5すべりに対する評価

4.5.4 すべりに対する評価結果(防潮堤(盛土堤防) A-A'断面)

- 防潮堤(盛土堤防)(A-A'断面)の最小すべり安全率は、Ss-D2における3.3であり、1.5以上であることから十分な安全性を有している※1。
- 地盤物性のばらつきを考慮しても、すべり安全率は2.9である。

すべり面形状		基準地震動※2 (位相)	発生時刻 (秒)	最小すべり安全率
1	 <p>改良地盤を通るすべり</p>	Ss-D2 (+,-)	13.53	5.5
2	 <p>改良地盤底面の岩盤を通るすべり</p>	Ss-D2 (+,-)	13.53	4.3
3	 <p>岩盤を通るすべり</p>	Ss-D2 (+,-)	13.53	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">3.3</div> (2.9) [3.2]

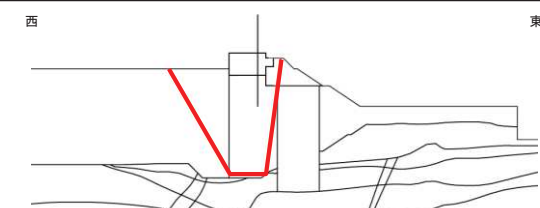
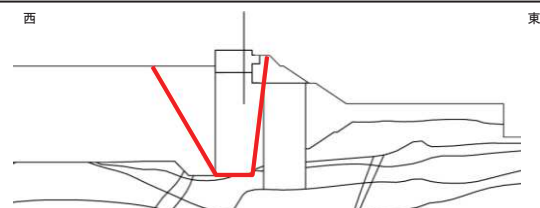
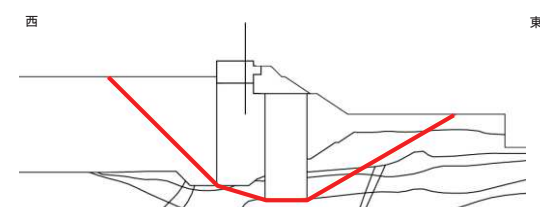
——— : すべり面
 ——— : 断層・シーム
 ○ は最小すべり安全率
 () は地盤物性のばらつきを考慮した安全率
 [] は静的非線形解析による安全率
 ※2: 基準地震動の(+,+)は正位相,
 (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転,
 (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※1: 評価結果の詳細については、補足説明資料「3. 安定性評価に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4. 5すべりに対する評価

4. 5. 4 すべりに対する評価結果(防潮堤(鋼管式鉛直壁) B-B' 断面)

- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)(B-B')断面の最小すべり安全率は, Ss-D1における2.9であり, 1.5以上であることから十分な安全性を有している※1。
- 地盤物性のばらつきを考慮しても, すべり安全率は2.7である。

すべり面形状	基準地震動※2 (位相)	発生時刻(秒)	最小すべり安全率
 <p>改良地盤を通るすべり</p>	Ss-N1 (+,+)	7.60	3.5
 <p>改良地盤底面の岩盤を通るすべり</p>	Ss-N1 (+,+)	7.59	3.0
 <p>岩盤を通るすべり</p>	Ss-D1 (+,-)	25.47	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">2.9</div> (2.7) [3.0]

— : すべり面
— : 断層・シーム
○ は最小すべり安全率
 () は地盤物性のばらつきを考慮した安全率
 [] は静的非線形解析による安全率
 ※2: 基準地震動の(+,+)は正位相,
 (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転,
 (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※1: 評価結果の詳細については, 補足説明資料「3. 安定性評価に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.5すべりに対する評価

4.5.4 すべりに対する評価結果(緊急時対策建屋 X-X'断面)

- 緊急時対策建屋(X-X'断面)の最小すべり安全率は、S_s-F3における2.1であり、1.5以上であることから十分な安全性を有している※1。
- 地盤物性のばらつきを考慮しても、すべり安全率は1.8である。

すべり面形状	基準地震動※2 (位相)	発生時刻(秒)	最小すべり安全率
	S _s -F3 (+,+)	27.67	2.1 (1.8) [2.4]
	S _s -F3 (+,+)	27.67	3.0
	S _s -F3 (+,+)	27.67	3.1

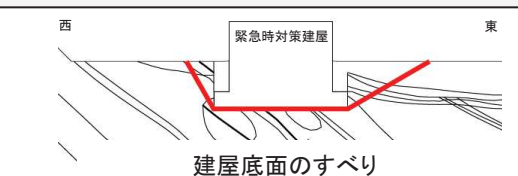

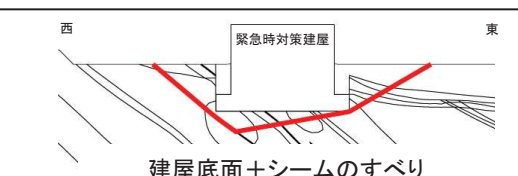
— : すべり面
— : 断層・シーム
○ は最小すべり安全率
 () は地盤物性のばらつきを考慮した安全率
 [] は静的非線形解析による安全率
 ※2: 基準地震動の(+,+)は正位相, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※1: 評価結果の詳細については、補足説明資料「3. 安定性評価に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.5すべりに対する評価

4.5.4 すべりに対する評価結果(緊急時対策建屋 Y-Y'断面)

- 緊急時対策建屋(Y-Y'断面)の最小すべり安全率は、Ss-D2における5.6であり、1.5以上であることから十分な安全性を有している※1。
- 地盤物性のばらつきを考慮しても、すべり安全率は3.6である。

すべり面形状		基準地震動※2 (位相)	発生時刻(秒)	最小すべり安全率
1		Ss-D2 (-,+)	6.83	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">5.6</div> (3.6) [5.8]
2		Ss-F3 (+,+)	27.67	6.2
3		Ss-F3 (-,+)	27.67	5.8

— : すべり面
— : 断層・シーム
○ は最小すべり安全率
 () は地盤物性のばらつきを考慮した安全率
 [] は静的非線形解析による安全率
 ※2: 基準地震動の(+,+)は正位相, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※1: 評価結果の詳細については、補足説明資料「3. 安定性評価に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.5すべりに対する評価

4.5.5 すべりに対する評価結果(岩盤部のみのすべり安全率)①

- 原子炉建屋及び防潮堤において最小すべり安全率となったすべり面について、岩盤部のみのすべりに対する評価を実施した。
- いずれの施設も、岩盤部のみのすべり安全率は1.5以上である。

	すべり面形状	基準地震動※1 (位相)	発生時刻(秒)	すべり安全率
原子炉建屋 (X-X'断面)	<p>建屋底面+断層・シームのすべり</p>	Ss-N1 (+,+)	7.52	2.0
原子炉建屋 (Y-Y'断面)	<p>建屋底面+断層・シームのすべり</p>	Ss-N1 (+,+)	7.57	1.6
防潮堤 (盛土堤防)	<p>岩盤を通るすべり</p>	Ss-D2 (+,-)	13.53	3.3
防潮堤 (鋼管式鉛直壁)	<p>岩盤を通るすべり</p>	Ss-D1 (+,-)	25.47	3.0

— : すべり面
— : 岩盤部のみのすべり面
— : 断層・シーム

※1: 基準地震動の(+,+)は正位相,
 (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転,
 (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.5すべりに対する評価

4.5.5 すべりに対する評価結果(岩盤部のみのすべり安全率)②

- 緊急時対策建屋において最小すべり安全率となったすべり面について、岩盤部のみのすべりに対する評価を実施した。
- いずれの施設も、岩盤部のみのすべり安全率は1.5以上である。

すべり面形状		基準地震動※1 (位相)	発生時刻(秒)	すべり安全率
緊急時対策 建屋 (X-X'断面)		Ss-F3 (+,+)	27.67	2.1
緊急時対策 建屋 (Y-Y'断面)		Ss-D2 (-,+)	6.83	5.9

— : すべり面
— : 岩盤部のみのすべり面
— : 断層・シーム

※1: 基準地震動の(+,+)は正位相,
 (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転,
 (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.6 支持力に対する評価

4.6.1 支持力に対する評価方針

- 基礎地盤の支持力は、岩盤及び改良地盤の支持力試験から定めた評価基準値と、二次元有限要素法に基づく地震応答解析により求められる施設の最大接地圧を比較することにより確認する。
- 地震時の最大接地圧は、常時応力と地震応答解析による地震時増分応力を重ね合わせて算出する。

①常時荷重(自重)の評価

②地震時荷重
地震応答解析を実施し、施設底面の地盤に作用する最大接地圧を算定

③評価基準値
支持力試験の結果から、評価基準値を設定。

狐崎部層(原子炉建屋)	: 13.7N/mm ²
牧の浜部層(緊急時対策建屋, 防潮堤)	: 11.4N/mm ²
改良地盤(防潮堤)	: 4.4N/mm ²

十分な支持性能を有することを確認
最大接地圧(①+②) < 評価基準値(③)

4. 基礎地盤の安定性評価 4.6 支持力に対する評価

4.6.2 支持力に対する評価結果(原子炉建屋, 緊急時対策建屋)

■ 評価方法

- 基礎底面における地震時の最大接地圧を求める。
- 地震時の最大接地圧が, 評価基準値を下回ることを確認する。

■ 評価結果

- 原子炉建屋及び緊急時対策建屋の地震時最大接地圧は, いずれも評価基準値を下回っていることから, 施設の基礎地盤は十分な支持力を有している。

断面	基準地震動※ (位相)	発生時刻(秒)	最大接地圧 (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)
原子炉建屋 X-X' 断面	Ss-D2 (-,+)	13.63	1.4	13.7
原子炉建屋 Y-Y' 断面	Ss-N1 (+,+)	7.62	3.9	
緊急時対策建屋 X-X' 断面	Ss-D2 (-,-)	11.44	1.0	11.4
緊急時対策建屋 Y-Y' 断面	Ss-D2 (+,-)	11.44	0.9	

※: 基準地震動の(+,+)は正位相, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4.6 支持力に対する評価

4.6.2 支持力に対する評価結果(防潮堤(盛土堤防), 防潮堤(鋼管式鉛直壁))

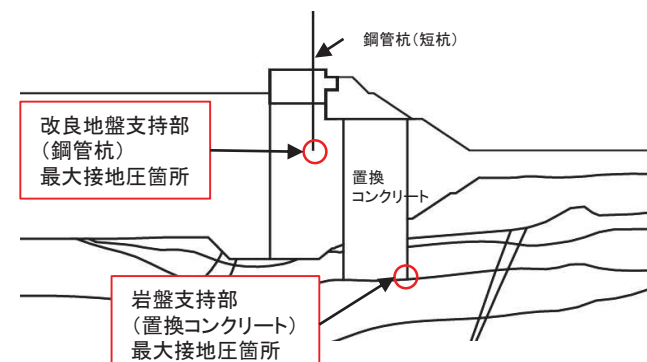
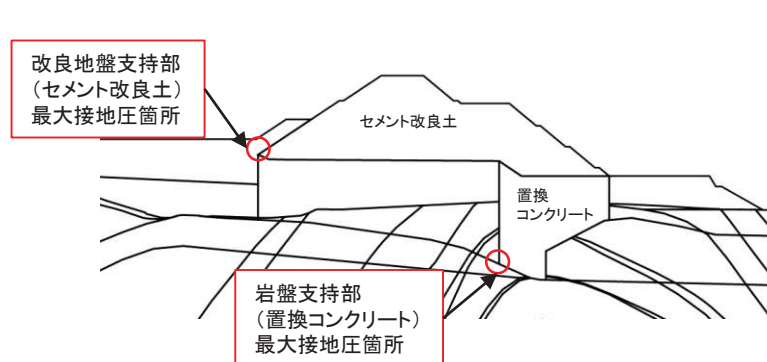
■ 評価方法

- 基礎底面における地震時の最大接地圧を求める。
- 防潮堤(盛土堤防)及び防潮堤(鋼管式鉛直壁)については、岩盤と改良地盤に設置される各施設のうち、最大接地圧となる部位の接地圧を示す。
- 地震時の最大接地圧が、評価基準値を下回ることを確認する。

■ 評価結果

- 防潮堤(盛土堤防)及び防潮堤(鋼管式鉛直壁)の地震時最大接地圧は、いずれも評価基準値を下回っていることから、施設の基礎地盤は十分な支持力を有している。

断面		基準地震動※ (位相)	発生時刻(秒)	最大接地圧 (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)
防潮堤(盛土堤防) A-A' 断面	改良地盤支持部 (セメント改良土)	Ss-D2 (-, -)	13.59	1.4	4.4
	岩盤支持部 (置換コンクリート)	Ss-N1 (-, +)	7.50	2.9	11.4
防潮堤(鋼管式鉛直壁) B-B' 断面	改良地盤支持部 (鋼管杭)	Ss-D2 (+, +)	13.47	1.3	4.4
	岩盤支持部 (置換コンクリート)	Ss-N1 (+, +)	7.59	6.7	11.4



※: 基準地震動の(+,+)は正位相, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

4. 基礎地盤の安定性評価

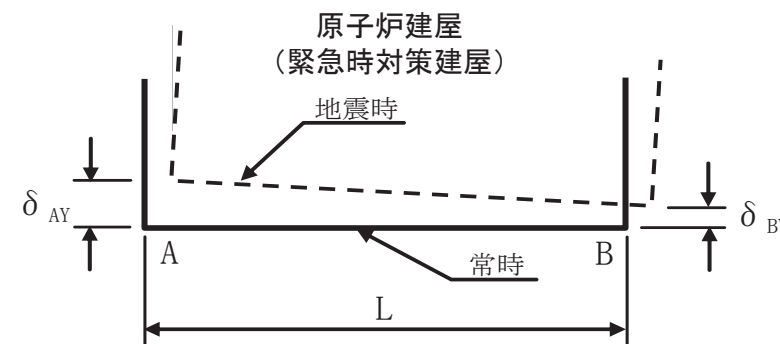
4.7 傾斜に対する評価

■ 評価方法

- 基礎底面の傾斜は、基礎底面の両端の鉛直方向の最大相対変位を、基礎底面幅で除して求める^{※1}。

$$\text{基礎底面の傾斜} = \frac{|\delta_{AY} - \delta_{BY}|}{L}$$

- 基礎底面の傾斜が、評価基準値の目安(1/2,000)^{※2}を超えないことを確認する。



※1: 防潮堤(鋼管式鉛直壁)及び防潮堤(盛土堤防)について、傾斜は津波防護機能に影響を及ぼすものではないことから、評価を省略する。

※2: 審査ガイドには、「一般建築物の構造的な障害が発生する限界(亀裂の発生率、発生区間等により判断)として建物の変形角を施設の傾斜に対する評価の目安に、1/2,000以下となる旨の評価をしていることを確認する」とされている。また、1/2,000程度の傾斜であれば安全上重要な機器の機能が損なわれることはない。これらのことから、基礎底面の傾斜に対する評価基準値を1/2,000とした。

■ 評価結果

- 原子炉建屋基礎底面及び緊急時対策建屋基礎底面の最大傾斜は、いずれも評価基準値の目安である1/2,000を下回っていることから、安全機能に支障を与えるものではない。

断面	基準地震動 ^{※3} (位相)	発生時刻 (秒)	最大相対変位(cm) $\delta_{AY} - \delta_{BY}$	最大傾斜 $\frac{ \delta_{AY} - \delta_{BY} }{L}$	評価基準値
原子炉建屋 X-X' 断面 (L=77m)	Ss-N1 (-,+)	7.52	0.63	1/12,000	1/2,000
原子炉建屋 Y-Y' 断面 (L=84m)	Ss-N1 (-,+)	7.80	0.56	1/15,000	
緊急時対策建屋 X-X' 断面 (L=47m)	Ss-F3 (-,+)	27.74	0.10	1/45,000	1/2,000
緊急時対策建屋 Y-Y' 断面 (L=47m)	Ss-D3 (-,+)	25.05	0.05	1/94,000	

※3: 基準地震動の(+,+)は正位相, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

目次

1. 評価概要
2. 地質の概要
3. 評価断面の選定
4. 基礎地盤の安定性評価
- 5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価**
6. 周辺斜面の安定性評価
7. まとめ

評価フロー

1. 評価概要

- ・設置許可基準規則に基づき、評価対象施設を整理

	耐震重要施設	常設重大事故等対処施設
基礎地盤	第3条	第38条
周辺斜面	第4条	第39条

2. 地質の概要

- ・敷地には将来活動する可能性のある断層等が分布していないことを確認

3. 評価断面の選定

- ・支持地盤の相違(岩盤と改良地盤)、標高の相違(O.P.+14.8m盤とO.P.+62m盤)、基礎形式の相違に着目して代表施設並びに評価断面を選定

4. 基礎地盤の安定性評価

- ・解析用物性値の設定
- ・モデルの作成
- ・基礎地盤のすべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認
- ・基礎底面の地震時最大接地圧が評価基準値を超えないことを確認
- ・基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認

- ・審査ガイドに準拠し、適合性を確認

基礎地盤	・活断層の有無 : 第2章
	・地震力に対する基礎地盤の安定性評価 : 第3~4章
	・周辺地盤の変状による施設への影響評価 : 第5章
周辺斜面	・地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価 : 第5章
	・地震力に対する周辺斜面の安定性評価 : 第6章

5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価

- ・各施設の設置状況を踏まえ、不等沈下、揺すり込み沈下による影響が生じないことを確認
- ・周辺地盤の液状化により、対象施設が影響を受けない対策をする方針であることを確認
- ・地震発生に伴う地殻変動による地盤の傾斜を算出し、地殻変動及び地震動を考慮した最大傾斜が、評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認

6. 周辺斜面の安定性評価

- ・斜面法尻からの離間距離により、周辺斜面が対象施設に影響を与えないことを確認

7. まとめ

5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価

5.1 周辺地盤の変状

【審査ガイドにおける確認事項】

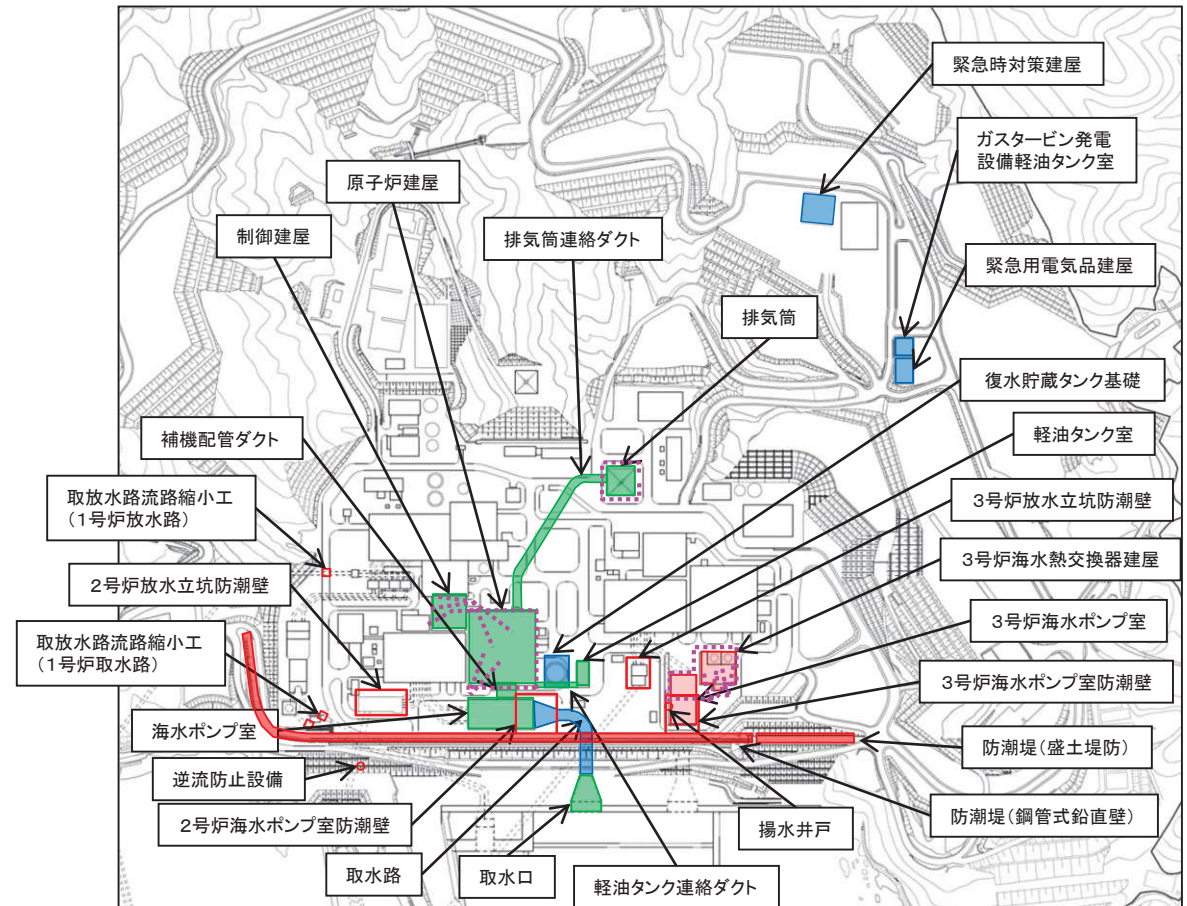
圧密、揺すり込み沈下及び液状化によって隣接する建物・構築物の間で生じる不等沈下等の変状が生じるおそれがある場合、これらの現象が生じたとしても、施設の安全機能が重大な影響を受けないよう、所要の対策を講じる旨の基本設計方針であることを確認する。

【基本設計方針】

「3. 評価断面の選定」で示した通り、耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設は、直接又はMMR、杭を介して岩盤及び改良地盤に支持されていることから、不等沈下、揺すり込み沈下による影響を受けるおそれはない。

耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設は、地下水位低下設備の効果을期待する場合、発電用原子炉施設周辺の地下水位を一定範囲に保持し、建物・構築物の揚圧力影響を低減するために設置する地下水位低下設備の機能を考慮した設計用地下水位を用い液状化影響の評価を行う。

また、耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設は、周辺地盤の液状化による地盤変状を考慮した場合でも、当該施設の機能が損なわれないよう設計する方針とする※。



対象施設配置図

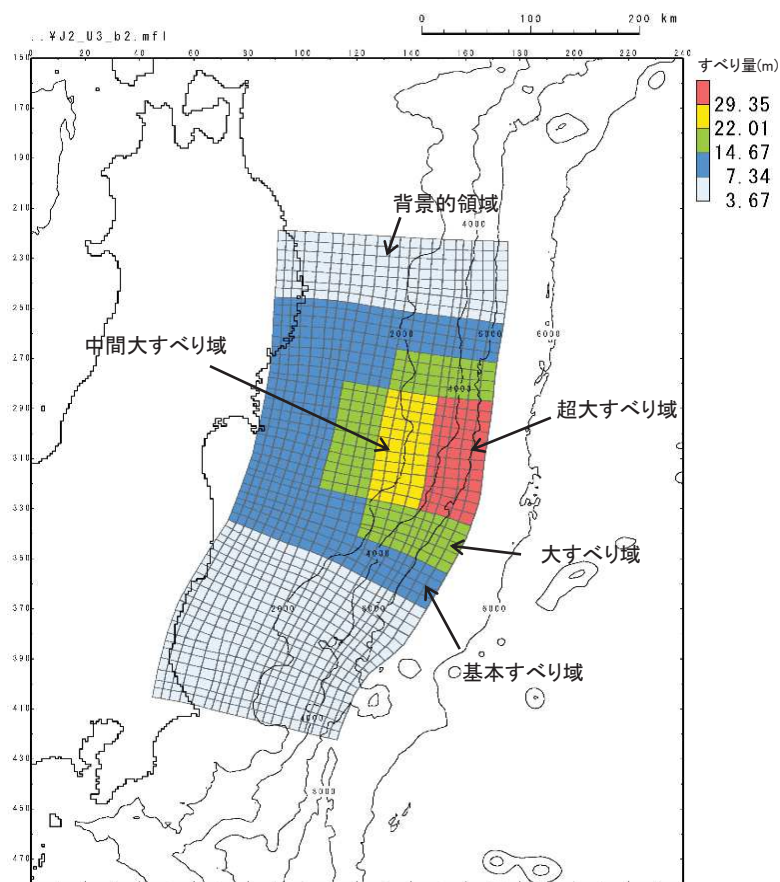
※:液状化影響の検討方針については、補足説明資料「6. 液状化影響の検討方針について(第721回審査会合資料抜粋)」に示す。

5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価

5.2 地殻変動の評価条件①

- 敷地内及び敷地近傍には、活断層が分布していないことから、顕著な地殻変動の影響を受けることはないが、プレート間地震を震源とする地震による敷地地盤の傾斜を、水位上昇量の決定ケースとなった津波波源モデルを用いてOkada(1992)の方法により算定した。

■ 基準断層モデル(特性化モデル)



基準断層モデル③

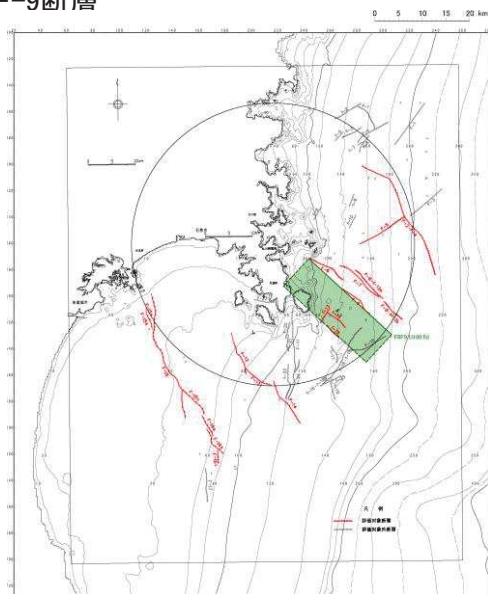
諸元		基準断層モデル③
モーメントマグニチュード(Mw)		9.04
断層面積(S)		107,357(km ²)
平均応力降下量(Δσ)		3.17(MPa)
地震モーメント(Mo)		4.58 × 10 ²² (Nm)
すべり量	基本すべり域	7.34(m)
	背景領域	3.67(m)
	大すべり域	14.67(m)
	中間大すべり域	22.01(m)
	超大すべり域	29.35(m)
	平均すべり量	8.53(m)

5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価

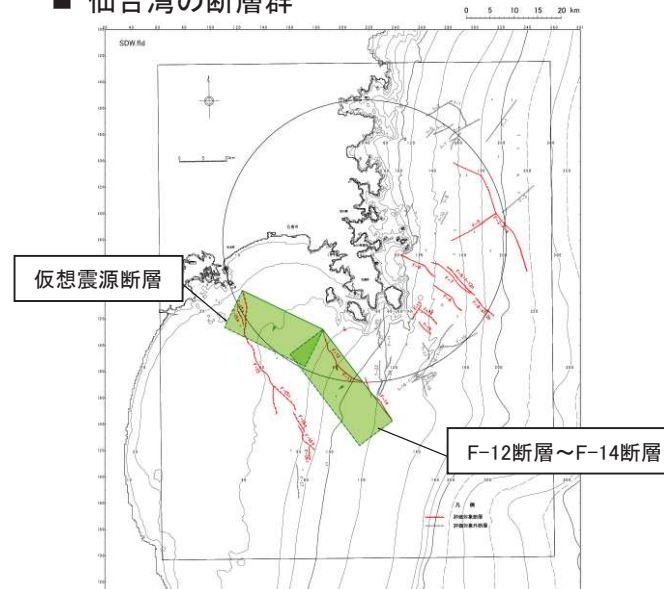
5.2 地殻変動の評価条件②

- 敷地内及び敷地近傍には、活断層が分布していないことから、顕著な地殻変動の影響を受けることはないが、発電所に比較的近い活断層であるF-6断層～F-9断層及び仙台湾の断層群による敷地地盤の傾斜を、強震動モデルを基に作成した一様すべりモデルを用いてOkada(1992)の方法により算定した。

■ F-6断層～F-9断層



■ 仙台湾の断層群



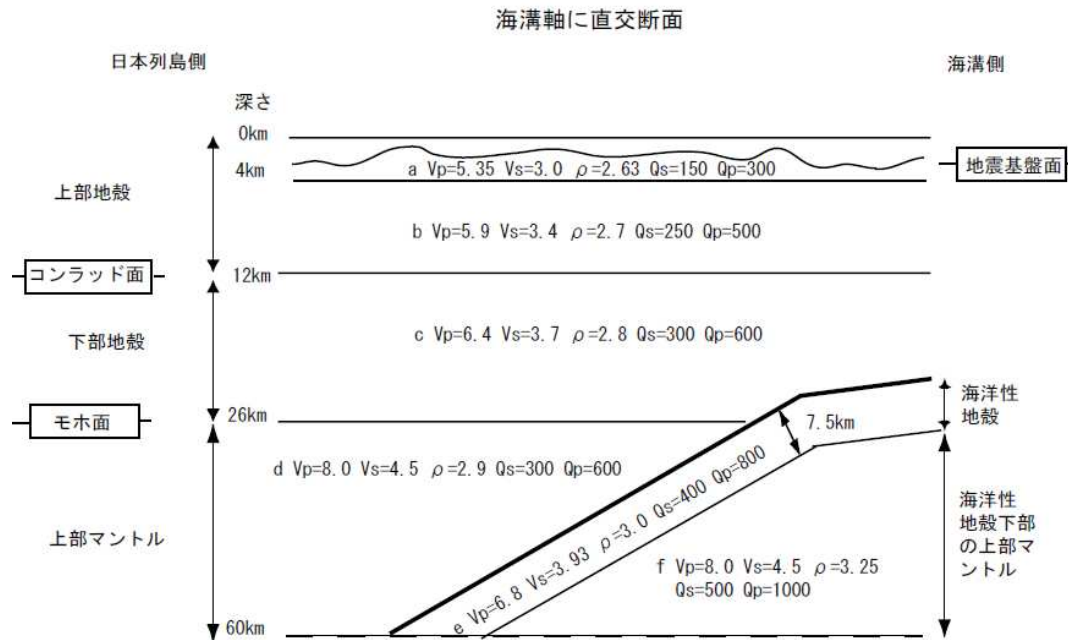
断層パラメータ		備考
Mw	6.9	武村(1998)に基づくスケーリング則に基づき設定
走向(°)	133.5	強震動モデルに基づき設定
長さ(km)	23.7	地質調査結果に基づき設定
幅(km)	15.8	地震発生層の厚さ(15km)と傾斜角から設定
上縁深さ(km)	0	土木学会(2002)に基づき設定
傾斜角(°)	60	地質調査結果及び地震調査研究推進本部(2009)を参考に設定
すべり角(°)	90	地質調査結果及び地震調査研究推進本部(2009)を参考に設定
すべり量(m)	1.8	

	断層パラメータ			備考
	仮想震源断層	F12～F14断層	断層全体	
Mw	—	—	7.2	
走向(°)	116.6	143.7	—	強震動モデルに基づき設定
長さ(km)	18.9	24.2	43.1	強震動モデルに基づき設定
幅(km)	—	—	17.3	上限断層幅から設定
上縁深さ(km)	0	0	—	土木学会(2002)に基づき設定
傾斜角(°)	60	60	—	強震動モデルに基づき設定
すべり角(°)	90	90	—	強震動モデルに基づき設定
すべり量(m)	—	—	3.1	

5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価

5.3 地殻変動量評価における上部マントルの影響について

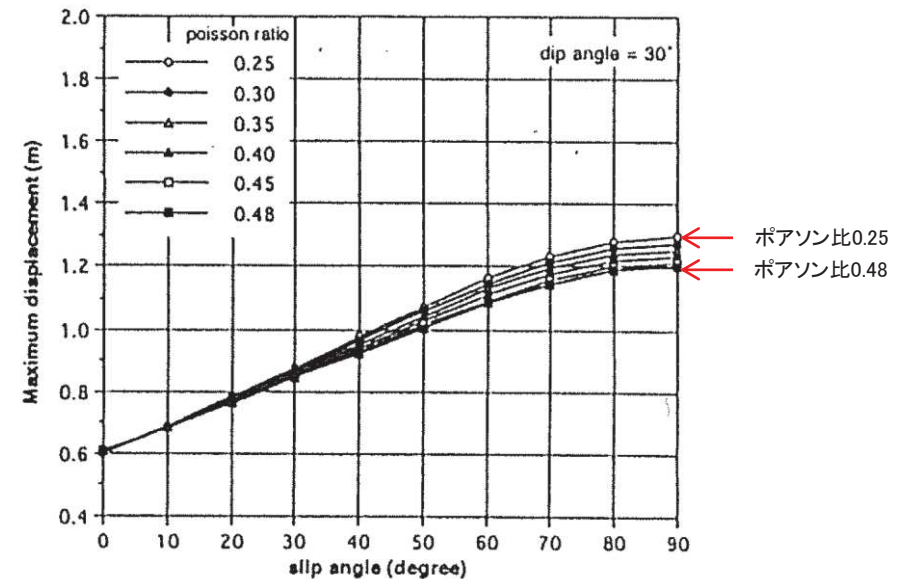
- 地殻変動量評価においては、地盤全体を一様な半無限弾性体 (ポアソン比=0.25) と仮定して、Okada(1992)の方法により算定している。
- 地震本部(2005)で設定している東北地方の上部マントルから地震基盤までの大構造によると、ポアソン比の変化はわずかである。
- 藤澤ほか(1996)によれば、単層モデルのポアソン比を変化させても鉛直地盤変位量の変化はわずかである。
- 以上のことから、地盤物性の成層構造が地殻変動量評価結果に与える影響はわずかであると考えられる。



理論的評価法を用いる場合の伝播経路のモデル (VsとVpの単位はkm/s、 ρ の単位は g/cm^3)

上部マントルから地震基盤までの大構造(地震本部(2005))

	Vp(km/s)	Vs(km/s)	ポアソン比
上部地殻	5.9	3.4	0.251
下部地殻	6.4	3.7	0.249
上部マントル	8.0	4.5	0.269



単層モデルに適用するポアソン比を変化させたときの最大鉛直地盤変位量の比較(藤澤ら, 1996)

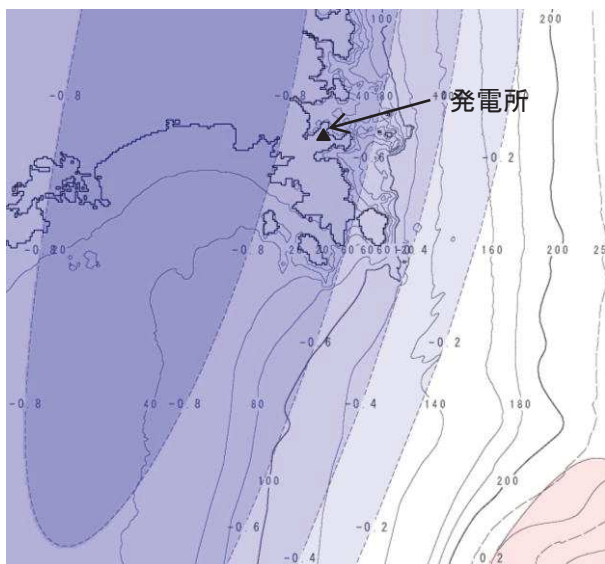
横軸はすべり角(0:横ずれ, 90:逆断層), 縦軸は最大鉛直地盤変位量。地盤全体のポアソン比を2倍程度変化させても、鉛直地盤変位量の変化はわずかである。

5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価

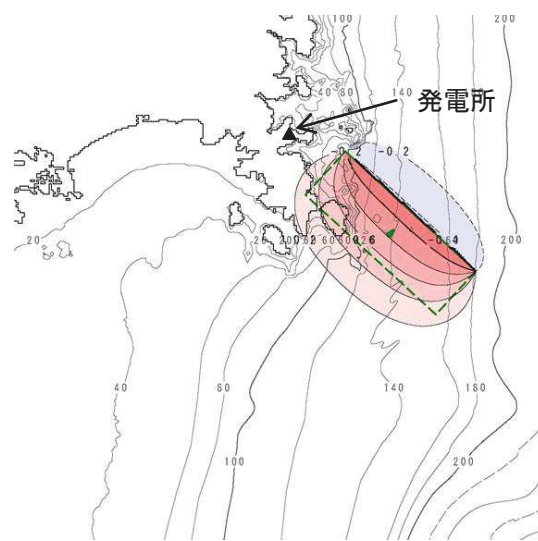
5.4 地殻変動の評価結果

- 地殻変動解析の結果に地震応答解析による原子炉建屋及び緊急時対策建屋の基礎の最大傾斜を重ねても、1/2,000を下回ることを確認した。

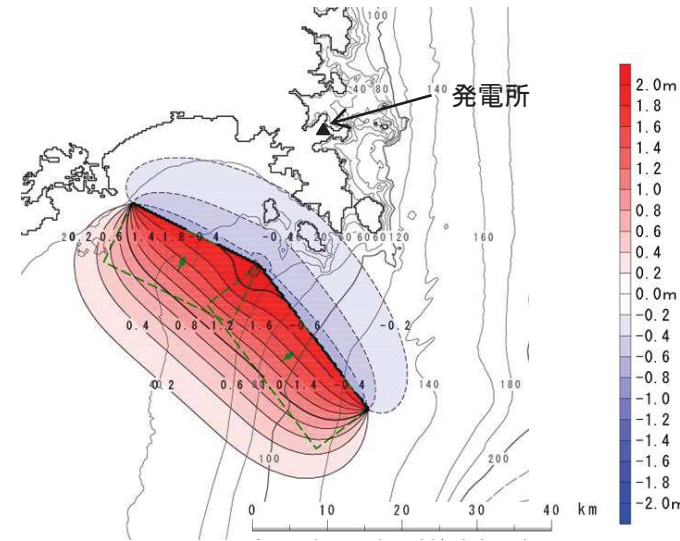
		① 地殻変動による最大傾斜	② 地震動による最大傾斜	①+②	評価基準値
プレート間地震	原子炉建屋	1/41,000	1/15,000 (Ss-F2)	1/11,000	1/2,000
	緊急時対策建屋		1/54,000 (Ss-F2)	1/23,000	
F-6断層 ~F-9断層	原子炉建屋	1/55,000	1/20,000 (Ss-D1)	1/15,000	
	緊急時対策建屋		1/58,000 (Ss-D2)	1/28,000	
仙台湾断層群	原子炉建屋	1/110,000	1/20,000 (Ss-D1)	1/17,000	
	緊急時対策建屋		1/58,000 (Ss-D2)	1/38,000	



プレート間地震の解析結果



F-6断層~F-9断層の解析結果



(鉛直変位コンター : コンター間隔0.2m, 赤:隆起, 青:沈降, 黒:±0cm)

仙台湾断層群の解析結果

目次

1. 評価概要
2. 地質の概要
3. 評価断面の選定
4. 基礎地盤の安定性評価
5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価
- 6. 周辺斜面の安定性評価**
7. まとめ

評価フロー

1. 評価概要

- ・設置許可基準規則に基づき、評価対象施設を整理

	耐震重要施設	常設重大事故等対処施設
基礎地盤	第3条	第38条
周辺斜面	第4条	第39条

2. 地質の概要

- ・敷地には将来活動する可能性のある断層等が分布していないことを確認

3. 評価断面の選定

- ・支持地盤の相違(岩盤と改良地盤)、標高の相違(O.P.+14.8m盤とO.P.+62m盤)、基礎形式の相違に着目して代表施設並びに評価断面を選定

4. 基礎地盤の安定性評価

- ・解析用物性値の設定
- ・モデルの作成
- ・基礎地盤のすべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認
- ・基礎底面の地震時最大接地圧が評価基準値を超えないことを確認
- ・基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認

- ・審査ガイドに準拠し、適合性を確認

基礎地盤	・活断層の有無 : 第2章
	・地震力に対する基礎地盤の安定性評価 : 第3~4章
	・周辺地盤の変状による施設への影響評価 : 第5章
	・地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価 : 第5章
周辺斜面	・地震力に対する周辺斜面の安定性評価 : 第6章

5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価

- ・各施設の設置状況を踏まえ、不等沈下、揺すり込み沈下による影響が生じないことを確認
- ・周辺地盤の液状化により、対象施設が影響を受けない対策をする方針であることを確認
- ・地震発生に伴う地殻変動による地盤の傾斜を算出し、地殻変動及び地震動を考慮した最大傾斜が、評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認

6. 周辺斜面の安定性評価

- ・斜面法尻からの離間距離により、周辺斜面が対象施設に影響を与えないことを確認

7. まとめ

6. 周辺斜面の安定性評価

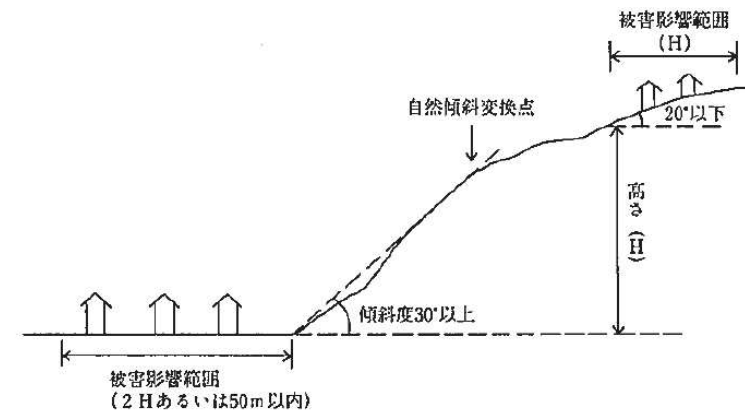
6.1 評価対象斜面の選定方針

原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2008(日本電気協会)

- 安定性評価の対象となる原子炉建屋周辺斜面については、「斜面のり尻から原子炉建屋までの離間距離が約50m以内の斜面、あるいは斜面高さの約1.4倍以内の斜面とする」。

宅地防災マニュアルの解説

- 斜面上部又は下部とは、下図に示すように急傾斜地(傾斜30度以上のがけ)の下端及び上端から当該急傾斜地の高さの、それぞれ2倍及び1倍程度の範囲(おおむね50mを限度とする)をいう。

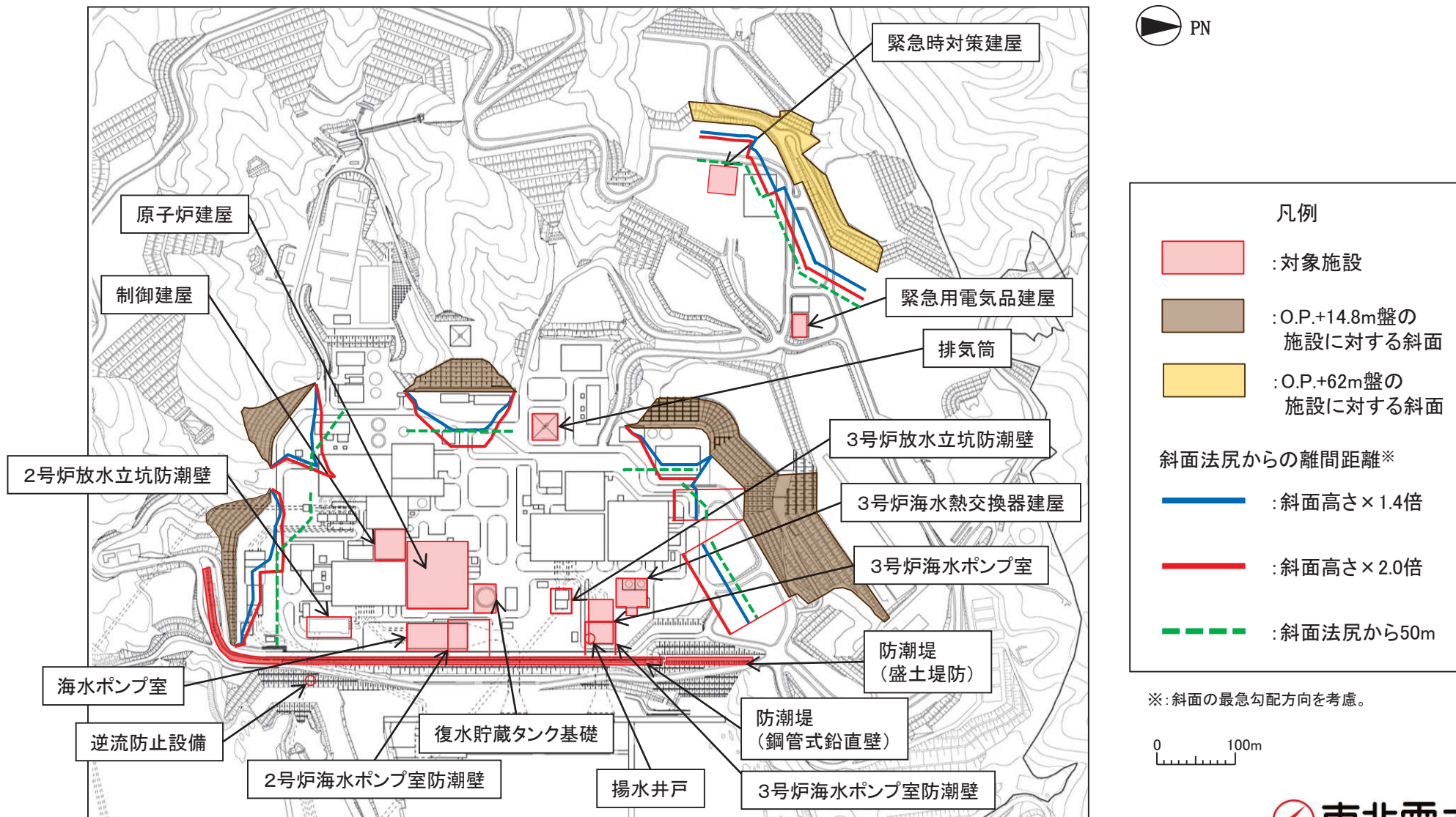


評価対象施設に対して、斜面法尻からの離間距離が50m以内又は斜面高さの1.4倍～2.0倍以内にある斜面を評価対象とする。

6. 周辺斜面の安定性評価

6.2 評価対象斜面の抽出

- 評価対象施設に対して、斜面法尻からの離間距離が50m以内又は斜面高さの1.4倍～2.0倍以内にある斜面は存在しないことから、周辺斜面の崩壊により対象施設への影響がないことを確認した。



目次

1. 評価概要
2. 地質の概要
3. 評価断面の選定
4. 基礎地盤の安定性評価
5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価
6. 周辺斜面の安定性評価
7. まとめ

評価フロー

1. 評価概要

- ・設置許可基準規則に基づき、評価対象施設を整理

	耐震重要施設	常設重大事故等対処施設
基礎地盤	第3条	第38条
周辺斜面	第4条	第39条

2. 地質の概要

- ・敷地には将来活動する可能性のある断層等が分布していないことを確認

3. 評価断面の選定

- ・支持地盤の相違(岩盤と改良地盤)、標高の相違(O.P.+14.8m盤とO.P.+62m盤)、基礎形式の相違に着目して代表施設並びに評価断面を選定

4. 基礎地盤の安定性評価

- ・解析用物性値の設定
- ・モデルの作成
- ・基礎地盤のすべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認
- ・基礎底面の地震時最大接地圧が評価基準値を超えないことを確認
- ・基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認

- ・審査ガイドに準拠し、適合性を確認

基礎地盤	・活断層の有無 : 第2章
	・地震力に対する基礎地盤の安定性評価 : 第3~4章
	・周辺地盤の変状による施設への影響評価 : 第5章
	・地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価 : 第5章
周辺斜面	・地震力に対する周辺斜面の安定性評価 : 第6章

5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価

- ・各施設の設置状況を踏まえ、不等沈下、揺すり込み沈下による影響が生じないことを確認
- ・周辺地盤の液状化により、対象施設が影響を受けない対策をする方針であることを確認
- ・地震発生に伴う地殻変動による地盤の傾斜を算出し、地殻変動及び地震動を考慮した最大傾斜が、評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認

6. 周辺斜面の安定性評価

- ・斜面法尻からの離間距離により、周辺斜面が対象施設に影響を与えないことを確認

7. まとめ

7. まとめ

- 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設が設置される地盤には、将来活動する可能性のある断層等が露頭していないことを確認した。
- 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設が設置される地盤は、基準地震動による地震力に対して、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、いずれも評価基準値を満足することを確認した。
- 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設は、岩盤等の上に構築されていることから、不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等による影響を受けるおそれはないことを確認した。また、周辺地盤の液状化による地盤変状を考慮した場合でも、その安全機能が損なわれないよう、所要の対策を講じる方針となっていることを確認した。
- 地殻変動による基礎底面の傾斜について、評価基準値を満足することを確認した。
- 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の周辺には、評価対象となる斜面が存在しないことから、周辺斜面の崩壊により施設への影響がないことを確認した。
- 以上のとおり、女川原子力発電所2号炉の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は、基準地震動による地震力に対して十分な安定性を有しており、設置許可基準規則第3条、第4条、第38条及び第39条に適合していることを確認した。

参考文献

1. 滝沢文教・久保和也・猪木幸男(1987):寄磯地域の地質,地域地質研究報告(5万分の1地質図幅),地質調査所
2. 滝沢文教・神戸信和・久保和也・秦光男・寒川旭・片田正人(1984):石巻地域の地質,地域地質研究報告(5万分の1地質図幅),地質調査所
3. 菊地宏吉,藤枝誠,岡信彦,小林隆志(1984):ダム基礎岩盤の耐荷性に関する地質工学的総合評価,応用地質特別号 岩盤分類, pp.103-118.
4. 社団法人日本道路協会:道路橋示方書・同解説(IV下部構造編, V耐震設計編),平成14年3月
5. 一般社団法人日本電気協会原子力規格委員会(2008):原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2008
6. 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>
7. 公益財団法人土木学会(2013):コンクリート標準示方書,ダムコンクリート編
8. 株式会社高速道路総合技術研究所(2016):設計要領第一集 土工建設編
9. 社団法人土木学会(2000):原位置岩盤試験法の指針
10. 公益社団法人地盤工学会(2013):地盤調査の方法と解説
11. 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
12. 社団法人土木学会(2002):コンクリート標準示方書 構造性能照査編
13. Yoshimitsu Okada (1992) :Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, Bull. Seism. Soc. Am. , 82, 1018-1040
14. 地震調査研究推進本部(2005):宮城県沖地震を想定した強震動評価(一部修正版)
15. 藤澤康雄・金田義行・津久井啓介・須藤智明(1996):Poisson比を考慮した津波波源に関する一考察(仮題),津波工学研究報告,第13号, pp.123-133
16. 武村雅之(1998):日本列島における地殻内地震のスケーリング則—地震断層の影響および地震被害との関連—,地震第2輯,第51巻, pp.211-228
17. 社団法人土木学会原子力土木委員会津波評価部会(2002):原子力発電所の津波評価技術
18. 地震調査研究推進本部(2009):付録3 震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)
19. [編集]宅地防災研究会(2007):宅地防災マニュアルの解説[第二次改訂版][Ⅱ]