

## 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

(令和元年9月27日審査会合資料 一部修正)

令和元年11月6日  
東北電力株式会社

## 審査会合におけるコメント

No.	審査会合におけるコメント (令和元年8月9日)	回答主旨	対応頁	
			本体資料	補足説明資料
S200	<ul style="list-style-type: none"> <li>液状化による周辺地盤の変状に対する構造物の設計において、設計用地下水位の設定事例を、合同審査会合の資料を抜粋する等により説明を追記すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水位低下設備の配置例を示すとともに、構造物毎の設計用地下水位について、地下水位を一定の範囲に保持する地下水位低下設備の機能を考慮した水位、自然水位より保守的に設定した水位又は地表面にて設定した水位に分類し具体的な設定事例を記載した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>p7, 154</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>p121, 134-158</li> </ul>
S201	<ul style="list-style-type: none"> <li>第3条第1項及び第2項への基準適合の考え方について、改良地盤による措置の方針を記載すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>第3条第1項及び第2項への条文適合方針を踏まえた基礎地盤安定性評価方針として、耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の支持地盤を岩盤及び改良地盤とすること、また、改良地盤の物性値の設定根拠及び施工において所定の物性値を確保する方針を示した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>p13, 120, 125, 131, 139, 142, 143, 148, 150</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>p49, 55, 56, 59, 64</li> </ul>

## 申請時(H25.12.27)からの主な変更内容

基礎地盤の安定性評価における代表施設の選定		
申請時の評価(H25.12.27)	申請以降に実施した調査・検討	最終評価
<ul style="list-style-type: none"> <li>基礎地盤安定性評価の代表施設として原子炉建屋を選定した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>適合性審査の進捗を踏まえ、基礎地盤の安定性評価における対象施設を整理した。 (p5:防潮堤の設計方針等の変更, p6:防潮堤の施設の範囲, p7:地下水位低下設備の扱い)</li> <li>対象施設を設置地盤の標高, 基礎形式で分類した上で, 安定性評価への影響要因(基礎地盤の種類, 施設の重量, 設置位置の地形等)を踏まえ, 代表施設を検討した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐震重要施設, 常設重大事故等対応施設及びその両方を兼ねる施設に分類, 整理した。</li> <li>基礎地盤安定性評価の代表施設として以下を選定した。 <ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉建屋</li> <li>防潮堤(盛土堤防)</li> <li>防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部</li> <li>緊急時対策建屋</li> </ul> </li> </ul>

防潮堤評価断面の選定		
申請時の評価(H25.12.27)	申請以降に実施した調査・検討	最終評価
<p>—</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>防潮堤(盛土堤防)及び防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部は延長が長い線状構造物であることから, すべり安全率に影響を及ぼす可能性のある観点(置換コンクリートのすべり)に着目した地質状況及びその他特徴的な地質状況(部層の相違, <math>C_M</math>級岩盤の分布, <math>D</math>級岩盤の分布)を示す断面を, 評価断面候補として抽出した。</li> <li>評価断面候補を基に一次元波動論による地震応答解析により評価断面を検討した。</li> <li>その他特徴的な地質状況からすべり安全率に影響を及ぼす可能性のある観点について影響を検討した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>防潮堤(盛土堤防)及び防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部から1断面ずつ評価断面を選定した。</li> <li>その他特徴的な地質状況の観点について, すべり安全率に及ぼす影響は小さいことを確認した。</li> </ul>

地下水位の設定を踏まえた評価方針		
申請時の評価(H25.12.27)	申請以降に実施した調査・検討	最終評価
<ul style="list-style-type: none"> <li>耐震設計上の重要度分類Sクラスの建物及び構築物は, 十分な支持性能を有する地盤に支持されていることから, 圧密, 揺すり込み沈下及び液状化の影響はなく, 周辺地盤の変状が安全機能に重大な影響を与えるおそれはないと評価した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>防潮堤下方を地盤改良することにより地下水位が上昇するおそれについて影響を検討した。</li> <li>基礎地盤安定性評価における地下水位の影響を検討した。</li> <li>地下水位低下設備の機能に期待した設計用地下水位の設定方針を検討し, 周辺地盤の変状に対する基本設計方針を整理した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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ことを確認した。</li> <li>建屋位置の地下水位が基礎地盤安定性評価に影響しないことを確認した。</li> <li>関連審査会合の結果を踏まえ, 設計用地下水位の設定方法を整理し, 施設の具体的な設計方針を示した。</li> </ul>

## 申請時(H25.12.27)からの主な変更内容

基礎地盤のすべりにおける不確かさの考慮		
申請時の評価(H25.12.27)	申請以降に実施した調査・検討	最終評価
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 基準地震動Ssに対し、基礎地盤のすべりに対する安定性を確認した。               <ul style="list-style-type: none"> <li>・強度:平均強度</li> <li>・想定すべり面:岩盤及び盛土等</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 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を実施した。</li> <li>➤ 地下水位以深の盛土・旧表土が地震動により繰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した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 基準地震動Ssに対し、基礎地盤のすべりに対する安定性を確認した。               <ul style="list-style-type: none"> <li>・強度:平均強度に加え、ばらつきとして平均値-1σ強度を考慮</li> <li>・想定すべり面:岩盤及び盛土等に加え、繰返し軟化による強度低下の可能性を踏まえ岩盤部のみを考慮</li> </ul> </li> </ul>

解析用物性値の設定		
申請時の評価(H25.12.27)	申請以降に実施した調査・検討	最終評価
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 原子炉建屋は、中生界ジュラ系の牡鹿層群荻の浜累層のうち狐崎部層に位置することから、当該部層の解析用物性値について、各種試験結果に基づき設定した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 代表施設見直しに伴い、解析用物性値の設定を検討した。</li> <li>➤ 改良地盤の物性値の取扱いについて検討した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 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、さらに詳細な部層の区分として、原子炉建屋の設置位置には狐崎部層、緊急時対策建屋の設置位置には牧の浜部層、防潮堤の設置位置には狐崎部層及び牧の浜部層が分布することを確認した。</li> <li>➤ 両部層とも同一累層の砂岩及び頁岩が分布するが、狐崎部層に加え牧の浜部層における解析用物性値を各種試験結果に基づき設定した。</li> <li>➤ 改良地盤については試験施工に基づいた各種試験から物性を設定しており、工事計画認可段階で所定の物性値を確保する管理方針を示し、施工時の品質管理で確認することを示した。</li> </ul>

## 申請時(H25.12.27)からの主な変更内容

基準地震動Ssの見直しに伴う安定性評価の見直し		
申請時の評価(H25.12.27)	申請以降に実施した調査・検討	最終評価
<p>➤ 以下の基準地震動Ssを評価地震動とし基礎地盤の安定性評価を実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・Ss-1</li> <li>・Ss-2</li> </ul>	<p>➤ 基準地震動Ssの見直しに伴い、評価地震動を見直し基礎地盤の安定性評価を実施した。</p>	<p>➤ 以下の基準地震動Ssを評価地震動とし基礎地盤の安定性評価を実施した。地震動の特性に応じて位相の反転を考慮した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・Ss-D1(水平動・鉛直動とも反転を考慮)</li> <li>・Ss-D2(水平動・鉛直動とも反転を考慮)</li> <li>・Ss-D3(水平動・鉛直動とも反転を考慮)</li> <li>・Ss-F1(水平動の反転を考慮)</li> <li>・Ss-F2(水平動の反転を考慮)</li> <li>・Ss-F3(水平動の反転を考慮)</li> <li>・Ss-N1(水平動の反転を考慮)</li> </ul>

地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価		
申請時の評価(H25.12.27)	申請以降に実施した調査・検討	最終評価
<p>➤ 敷地周辺の活断層は敷地から十分離れており、断層変位による地殻の広域的な変形の影響は極めて小さいと評価した。</p>	<p>➤ プレート間地震を震源とする地震、発電所に比較的近い活断層(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Okada(1992)の方法に基づき傾斜量を算定した。</p>	<p>➤ 地殻変動解析の結果に地震応答解析による基礎の最大傾斜を重ねても、評価基準値(1/2,000)を下回り、耐震上重要な機器・配管系の安全機能に支障を与えるものではないことを確認した。</p>

## 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<sup>※1</sup>を示した。
- 女川原子力発電所2号炉の耐震重要施設<sup>※2</sup>及び常設重大事故等対処施設<sup>※3</sup>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。

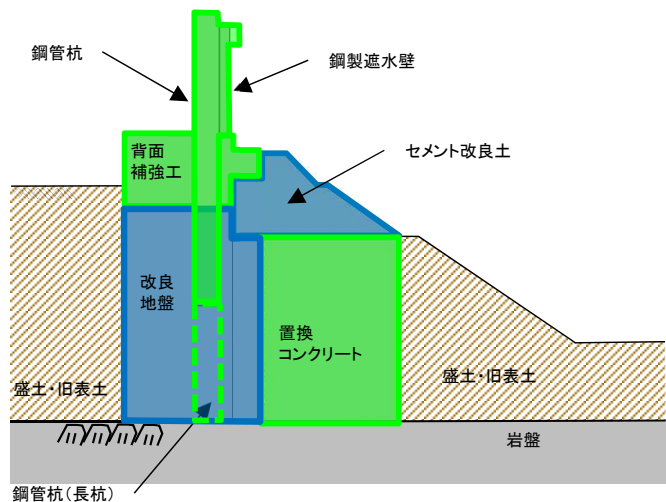
※2: 耐震設計上の重要度分類Sクラスの機器・系統及びそれらを支持する建物・構築物

※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

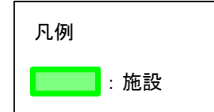
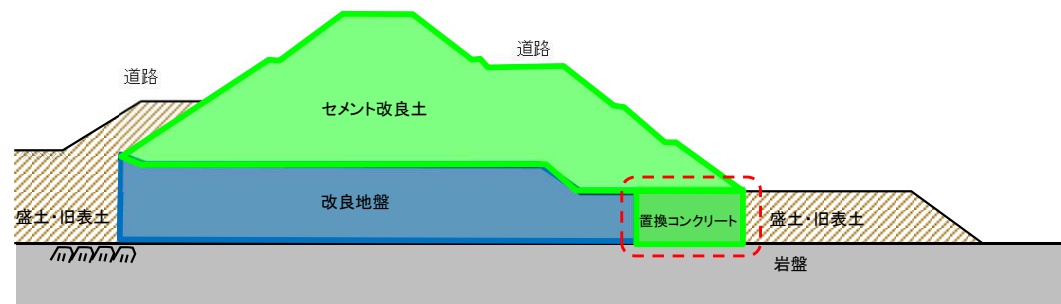
- 第670回審査会合(平成31年1月15日)「女川原子力発電所2号炉 防潮堤の設計方針及び構造成立性評価結果」において、防潮堤の施設の範囲※を示した。
- 今回、防潮堤の基礎地盤の安定性評価にあたり、基礎地盤の安定性向上の観点から、防潮堤(盛土堤防)について置換コンクリートの範囲を変更した。
- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)及び防潮堤(盛土堤防)について、施設の範囲を以下に示す。

### 【防潮堤(鋼管式鉛直壁)】



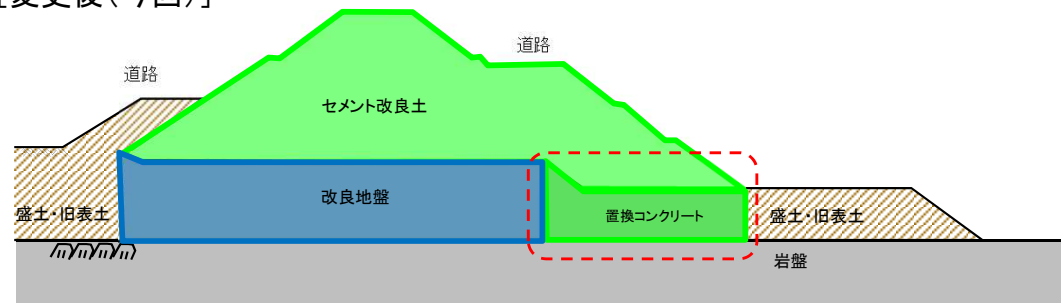
### 【防潮堤(盛土堤防)】

[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)]

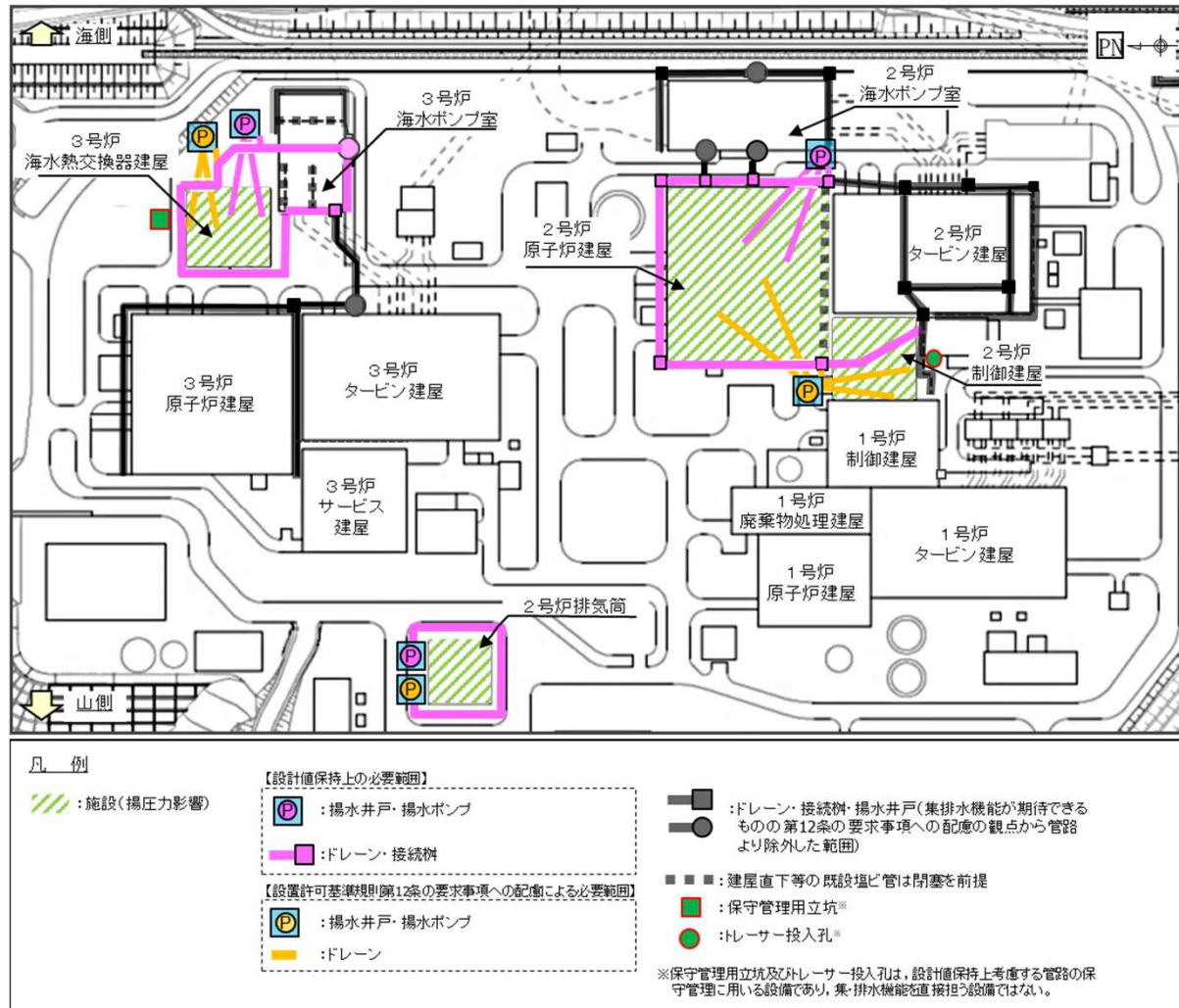


### 防潮堤の施設の範囲

※: 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

- 「女川原子力発電所2号炉 地下水位の設定について」の審査においては、地下水位を一定の範囲に保持する機能を有する地下水位低下設備を設計基準対象施設とし、信頼性向上策を行う方針を示しているが、同審査において、地下水位低下設備の機能・役割を踏まえた申請上の位置付けについて審査中であったことを踏まえ、第732回審査会合(令和元年6月21日)では地下水位低下設備を基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る対象施設に含め、幅広く評価を行っていた。
- その後の第752回審査会合※(令和元年7月30日)では、地下水位低下設備の耐震重要度はCクラス(Ss機能維持)と整理され、また常設重大事故等対処施設にも該当しないと整理されたことから、地下水位低下設備は本評価の対象施設からは除外される。



地下水位低下設備の配置例

### 地下水位低下設備の配置例について

- 左図は、施設の設計において参照する地下水位低下設備の検討例である。
- 左図に示す地下水位低下設備のうち、はに示す施設の設計用地下水位を保持するための必要範囲である。また、は多重性及び独立性の観点からの必要範囲である。(設置許可基準規則第12条の要求を考慮)
- 耐久性、耐震性及び保守管理性を有するものの、多重性及び独立性の観点から必要範囲より除外した範囲(■)は透水層として取扱う。
- その他施設の設計においては、地下水位低下設備の配置を踏まえ、地下水位分布を評価の上、設計用地下水位を設定し耐震評価を行い、液状化、揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても、施設の機能が損なわれるおそれがないように設計する。  
(設置許可基準規則第4条・第39条、第3条第2項・第38条第2項)
- なお、地下水位低下設備の詳細な配置・構造等については工事計画認可段階における詳細検討で確定する。

※: 補足説明資料「5. 地下水位の設定に係る設置許可基準規則への基準適合の考え方」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

- ・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

## 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(1/2,000)を超えないことを確認

## 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(1/2,000)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 ..... 10
- 2. 地質の概要 ..... 15
- 3. 評価断面の選定 ..... 30
- 4. 基礎地盤の安定性評価 ..... 74
- 5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価 ..... 152
- 6. 周辺斜面の安定性評価 ..... 159
- 7. まとめ ..... 163

## 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

- ・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

## 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(1/2,000)を超えないことを確認

## 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(1/2,000)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

##### 1. 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。

##### 2. 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。

- (1) 基礎地盤のすべり
- (2) 基礎の支持力
- (3) 基礎底面の傾斜

##### 3. 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。

##### 4. 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

##### 1. 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 設置許可基準規則第3条及び第38条の条文適合方針を踏まえた基礎地盤安定性評価方針

#### ■ 設置許可基準規則第3条及び第38条に対する条文適合方針について

- 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設は、直接又は杭やマンメイドロック(MMR)を介して十分な支持性能を有する岩盤又は改良地盤で支持する。(第3条第1項及び第38条第1項適合)
- 耐震重要施設のうち杭基礎構造物については、液状化影響を考慮した場合においても、支持機能及び杭本体の構造が成立するよう設計する。(第3条第1項及び第2項適合)
- 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設については、液状化、揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても、施設の機能が損なわれるおそれがないように設計する。(第3条第2項及び第38条第2項適合)

#### ■ 上記の条文適合方針を踏まえた基礎地盤安定性評価、耐震設計方針及び改良地盤の物性値の取扱い

##### 【基礎地盤安定性評価】

- 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の基礎地盤のすべりについて、二次元等価線形全応力解析により、改良地盤も含めたすべり面のすべり安全率が1.5を上回ることを確認する。(p136-147)
- 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の基礎の支持力について、二次元等価線形全応力解析により、基礎底面の地震時最大接地圧が岩盤又は改良地盤の評価基準値を下回ることを確認する。(p148-150)
- 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の基礎底面の傾斜について、二次元等価線形全応力解析により、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。(p151)

##### 【耐震設計方針】

- 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設については、液状化、揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても、当該施設の機能が損なわれるおそれがないように設計する\*。(p154)

##### 【改良地盤の物性値の取扱い】

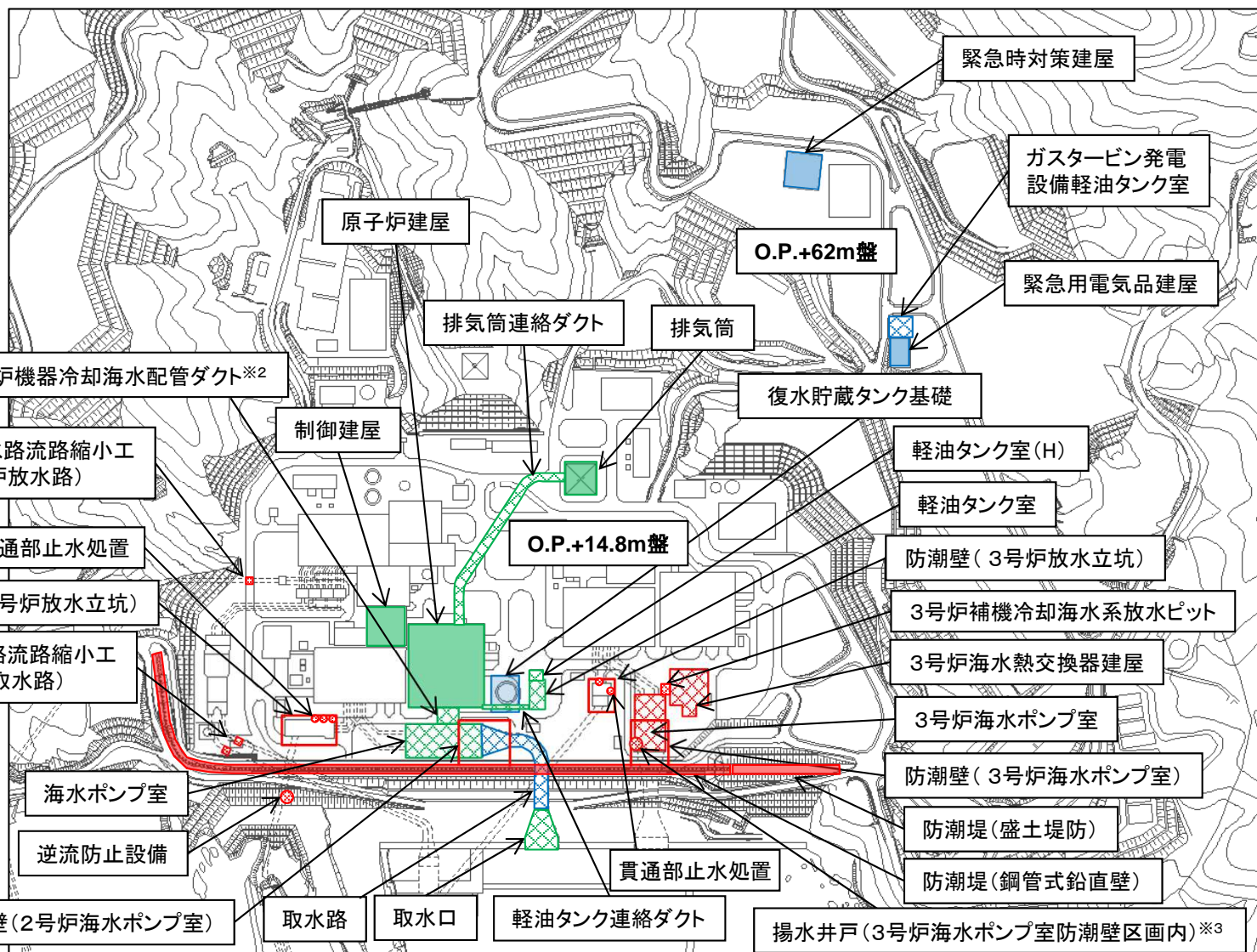
- 改良地盤は「地盤」として区分されることから、設置許可段階において、岩盤と同様に各種試験から物性値を設定し、第3条第1項に適合していることを確認した上で、工事計画認可段階における耐震設計においても同様の物性値を使用する。(p120, 125, 131)
- 改良地盤は試験施工に基づいた各種試験から物性値を設定しており、工事計画認可段階に品質管理方針を示した上で、所定の物性値が確保されていることを施工時の品質管理で確認する。(p120)

※: 設計には、施設の対策のほかに、液状化により増大する土圧等を地盤改良により低減する対策等を含む。

1. 評価概要

1.3 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。

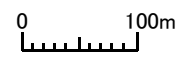


凡例

- : 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

- 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: 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。



## 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

- ・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

## 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(1/2,000)を超えないことを確認

## 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(1/2,000)を超えないことを確認

## 6. 周辺斜面の安定性評価

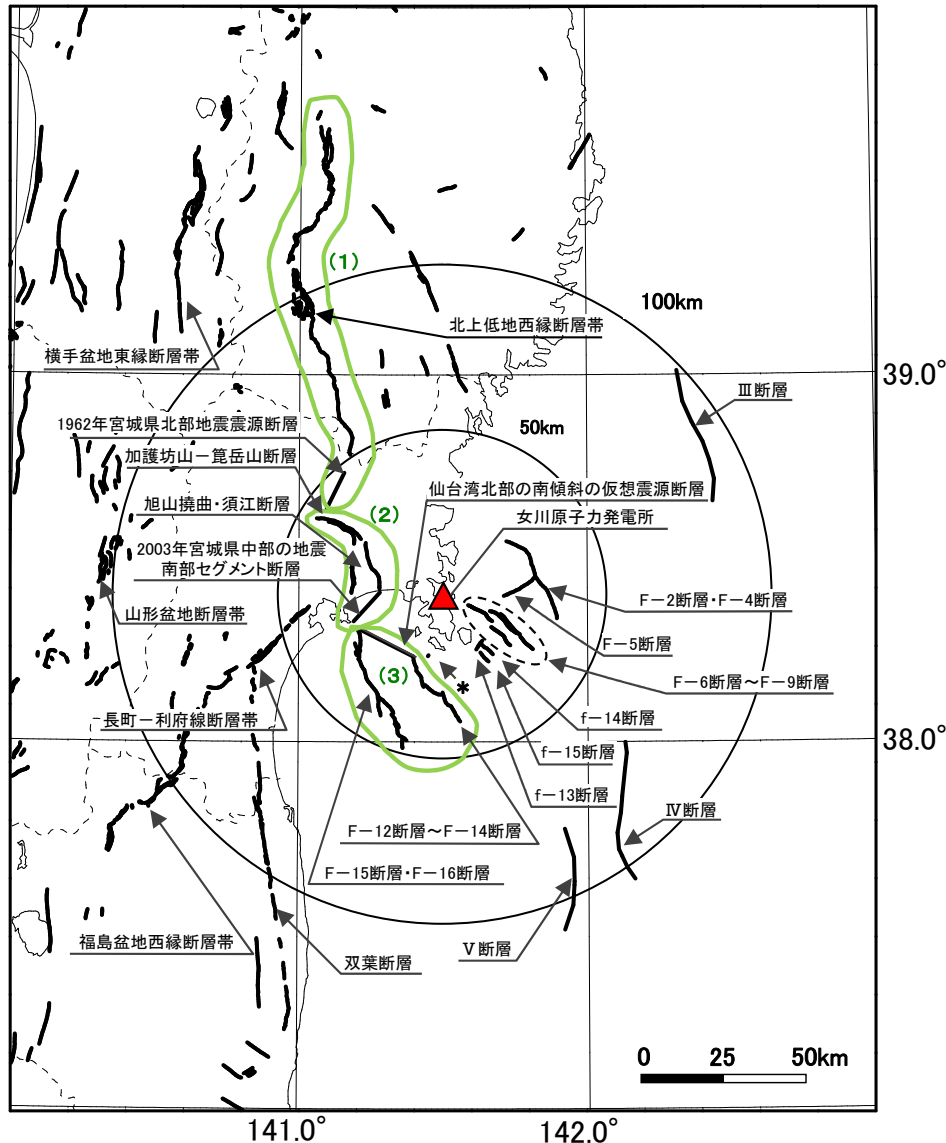
- ・斜面法尻からの離間距離により、周辺斜面が対象施設に影響を与えないことを確認

## 7. まとめ

## 2. 1 敷地周辺の主な活断層分布

### ➤ 敷地周辺の主な活断層

・地質調査結果に基づき、敷地周辺の震源として考慮する活断層を示す。



敷地周辺の活断層分布図

震源として考慮する活断層

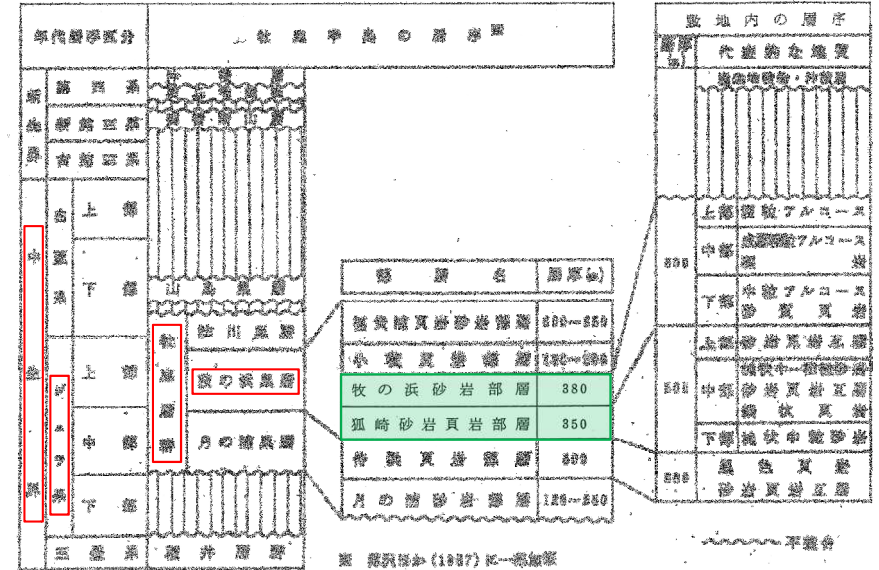
断層名		断層長さ	連動考慮 <sup>※3</sup>		
			グループ	断層長さ	
陸域	加護坊山-笈岳断層	約17km	(2)	約35km	
	旭山撓曲・須江断層	約16km	(2)		
	2003年宮城県中部の地震南部セグメント断層	約12km	(2)		
	30km 以遠 <sup>※1</sup>	長町-利府線断層帯	約40km	—	約112km
		北上低地西縁断層帯 <sup>※4</sup>	約100km	(1)	
		1962年宮城県北部地震震源断層	約12km	(1)	
		山形盆地断層帯	約60km	—	
		福島盆地西縁断層帯	約70km	—	
		双葉断層	約110km	—	
	横手盆地東縁断層帯	約56km	—	—	
海域	F-2断層・F-4断層	約27.8km	—	約40km	
	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 <sup>※2</sup>	約20km	(3)		
	F-12断層～F-14断層	約24.2km	(3)		
	F-15断層・F-16断層	約38.7km	(3)		
	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 <sup>※1</sup>	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)～(3)が連動した場合も考慮する。  
 ※4: 楮原ほか(2016)による一関-石越撓曲を含む。  
 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。

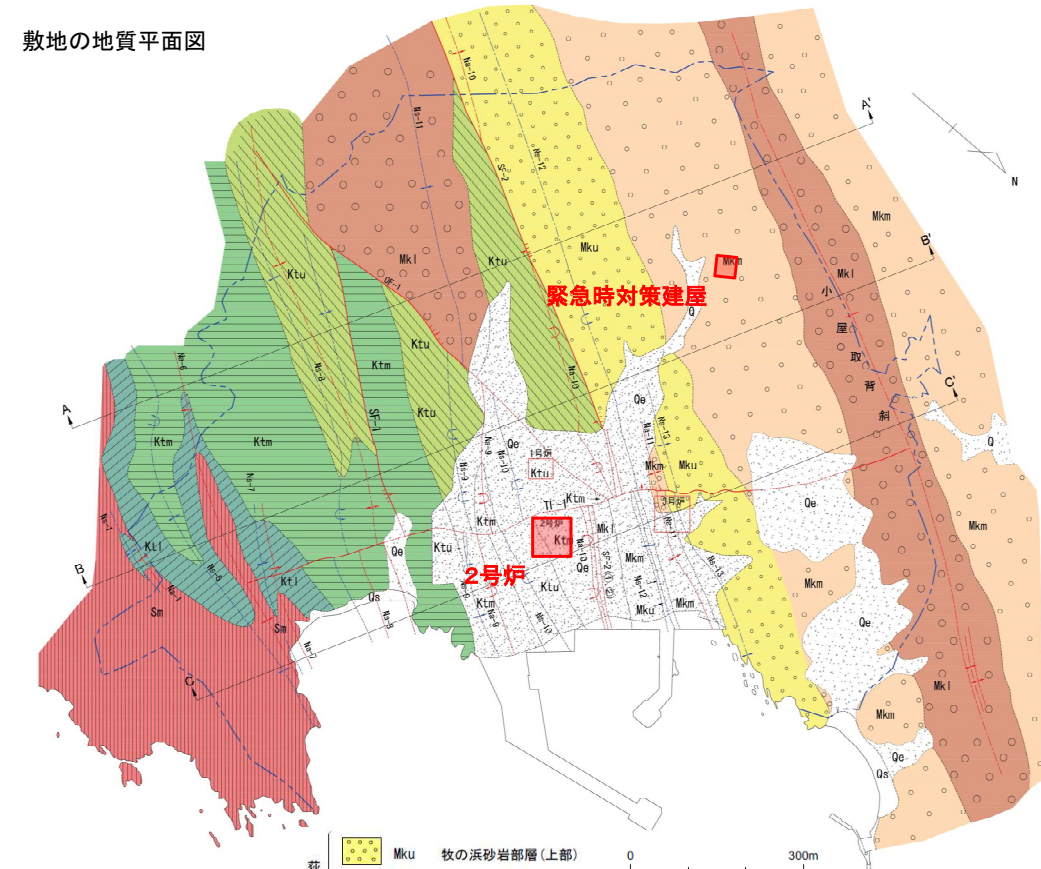
2.2 敷地の地質・地質構造①

- 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錐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

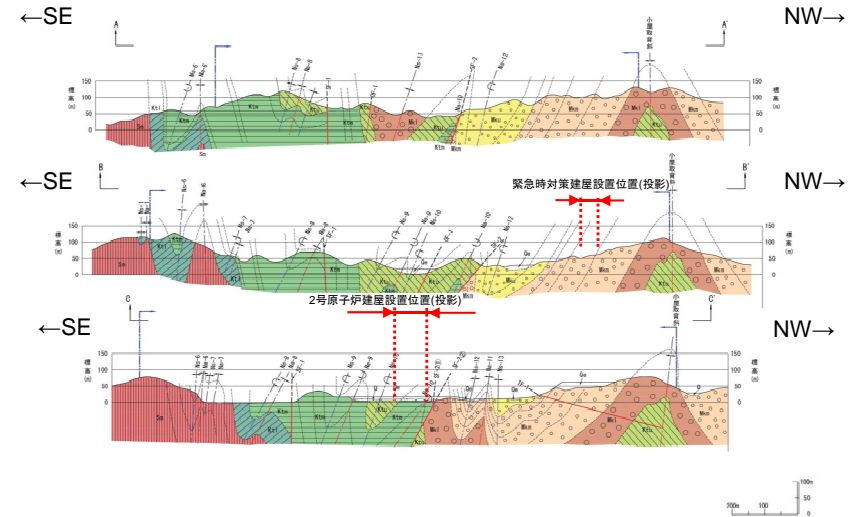


- Mku 荻の浜 牧の浜砂岩部層(上部)
- Mkm 同 上(中部)
- Mkl 同 上(下部)
- Ktu 果層 狐崎砂岩頁岩部層(上部)
- Ktm 同 上(中部)
- Ktl 同 上(下部)
- Sm 月の浦累層 待浜頁岩部層
- Qe 盛土 (断面図では白抜き)
- Qs 海浜砂
- Q 沖積層

	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、主にそれらと地表との交わる線を示している。  
原子炉建屋設置位置



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。

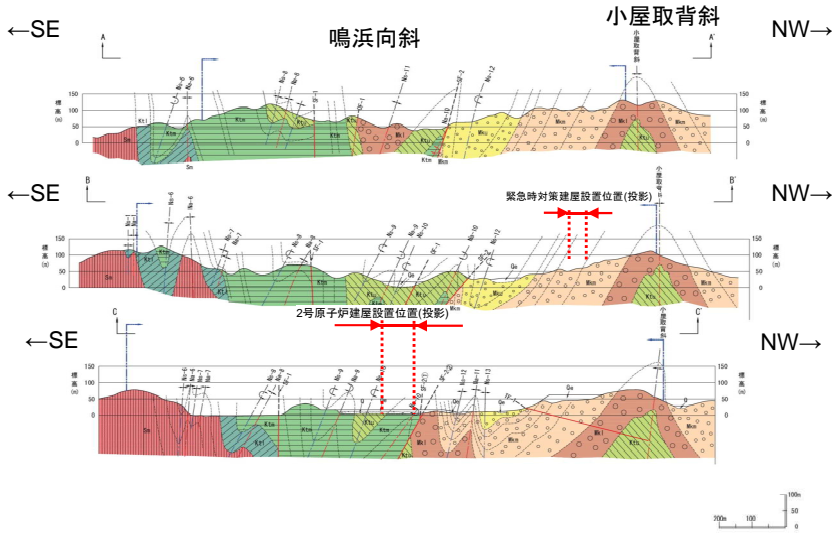
敷地の地質構造図



※ 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、褶曲軸部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

Qe	盛土	Mku	牧の浜砂岩部層(上部)
Qs	海浜砂	Mkm	同上(中部)
Q	沖積層	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
	○けはは落ちの方向
	○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。

1号炉 原子炉建屋設置位置

### 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

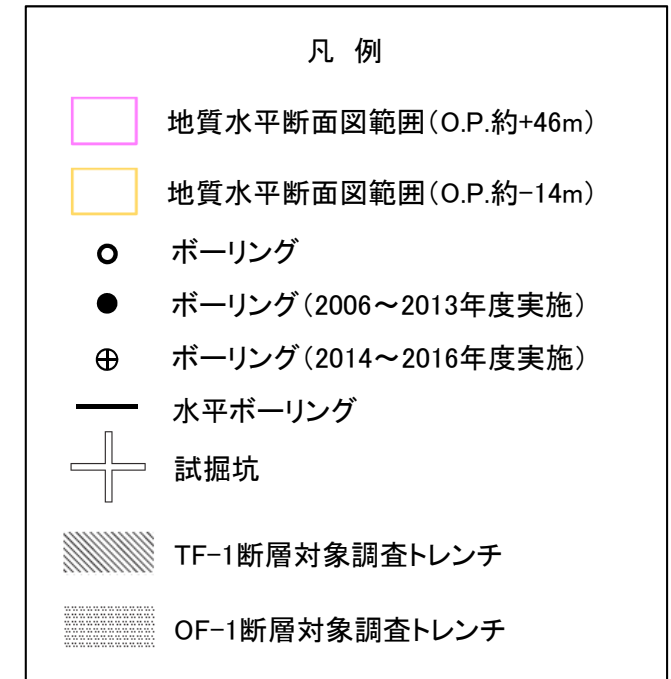
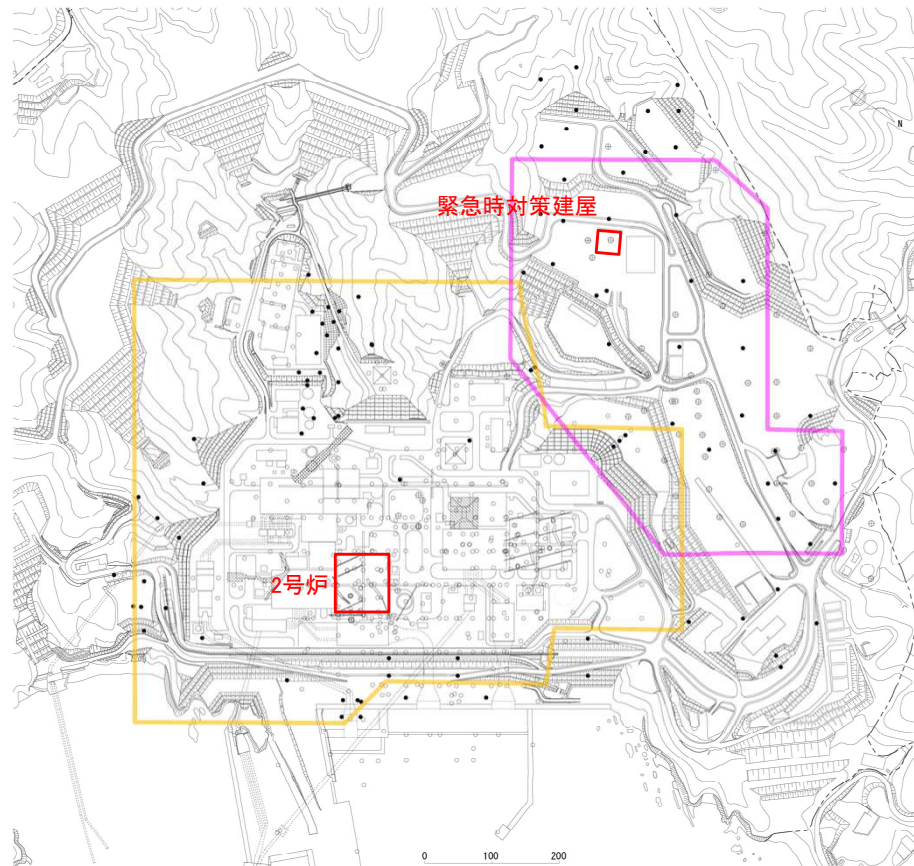
- 炉心ボーリング
- 炉心周辺ボーリング
- 地質構造調査ボーリング

➢ 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



## 2.4 敷地の断層分布①

- 敷地には、顕著な変位量を有し、比較的破碎幅があり、連続性のある主要な断層として、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

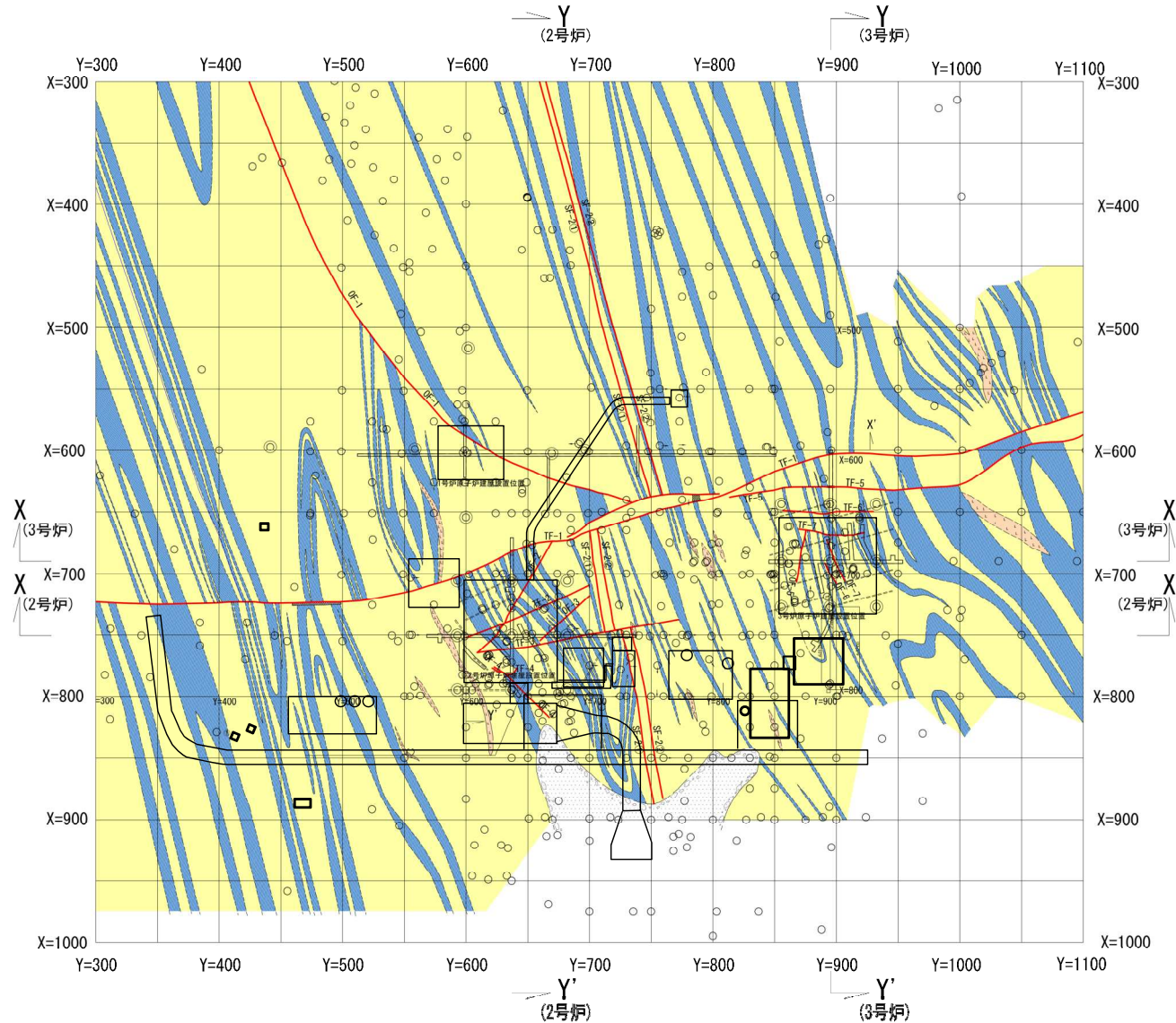
※SF-1断層は左の地質水平断面図外(南東側)に分布している。



### 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
- \* ー ボーリング位置
- ー 水平ボーリング
- ー 試掘坑
- ー 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

0 100m



地質水平断面図 (O.P.約-14m)

## 2. 地質の概要

第755回審査会合 (R1. 8. 9)  
資料1-2-1 p18 再掲

22

### 2.4 敷地の断層分布②

#### 【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。

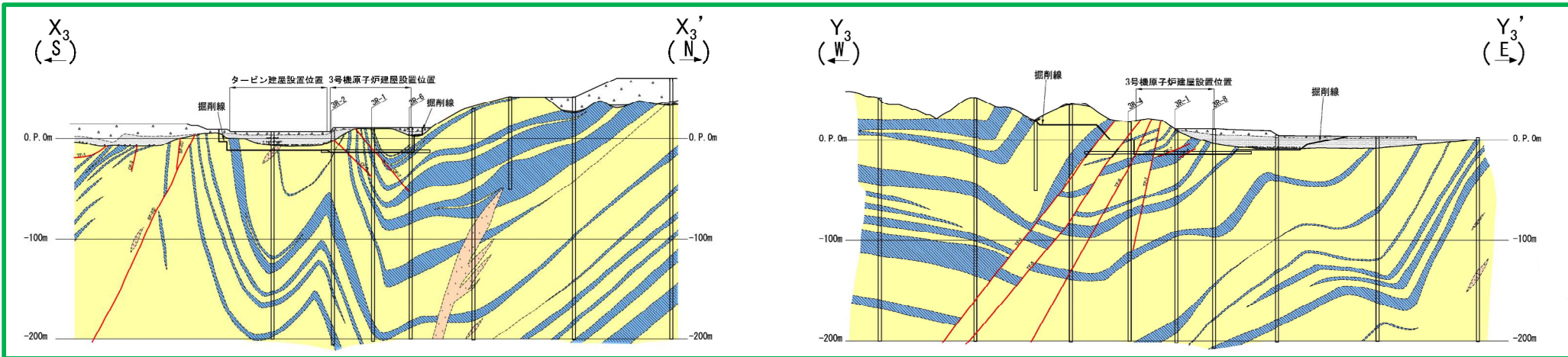
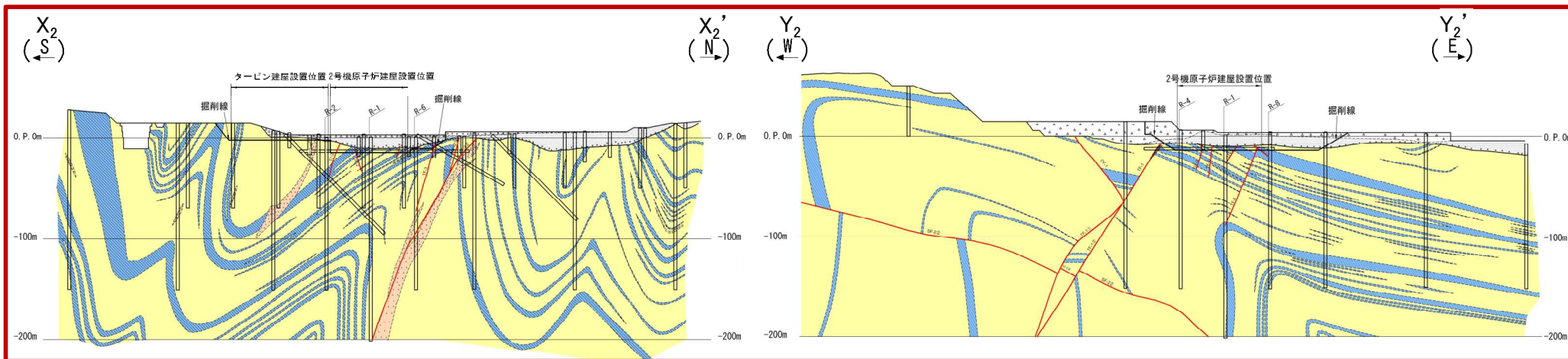
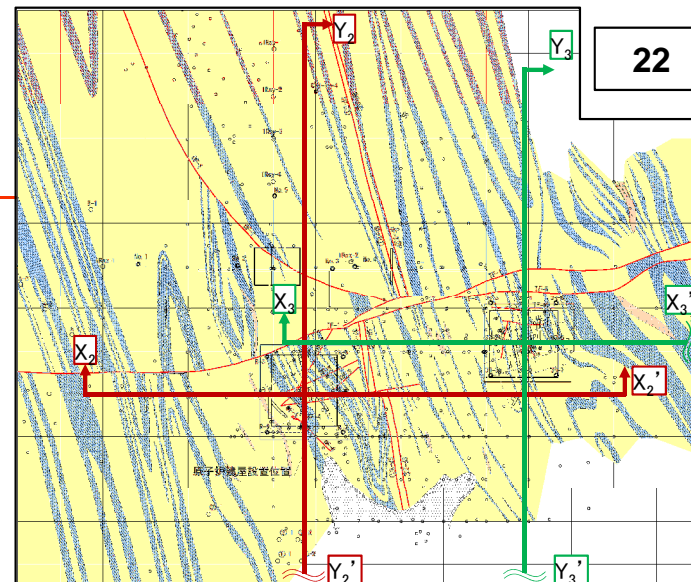
#### 【断層の深度方向の分布】

- 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

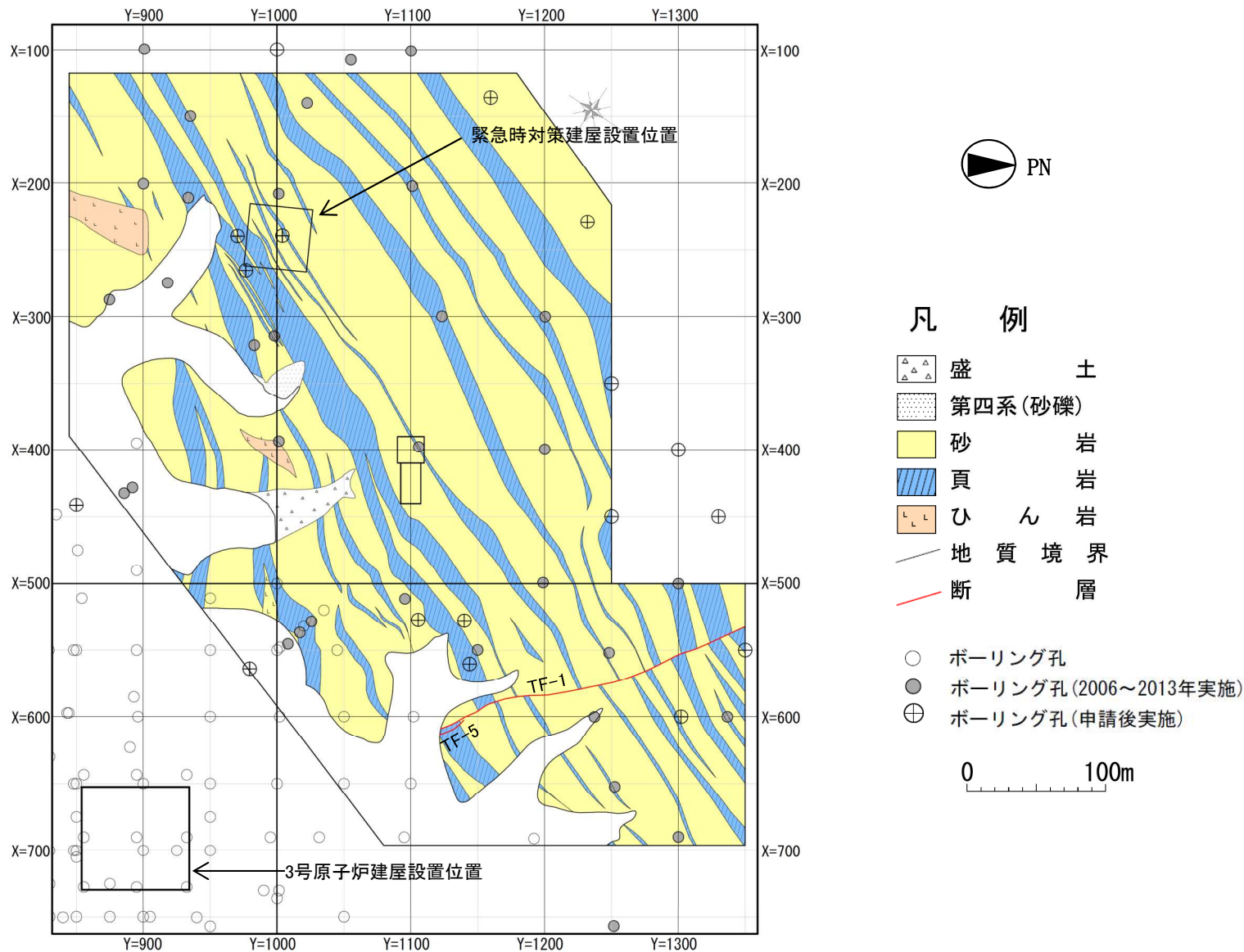
	逆断層	正断層
走向断層	SF-1※, SF-2	該当する断層なし
斜交断層	OF-1, OF-4, OF-5, OF-6, OF-7	OF-2, OF-3
横断断層	TF-2, TF-7	TF-1, TF-3, TF-4, TF-5, TF-6

※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. 4 敷地の断層分布③

➤ 敷地北西部には、顕著な変位量を有し、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)



### 2.4 敷地の断層分布④

【緊急時対策建屋付近の地質構造】

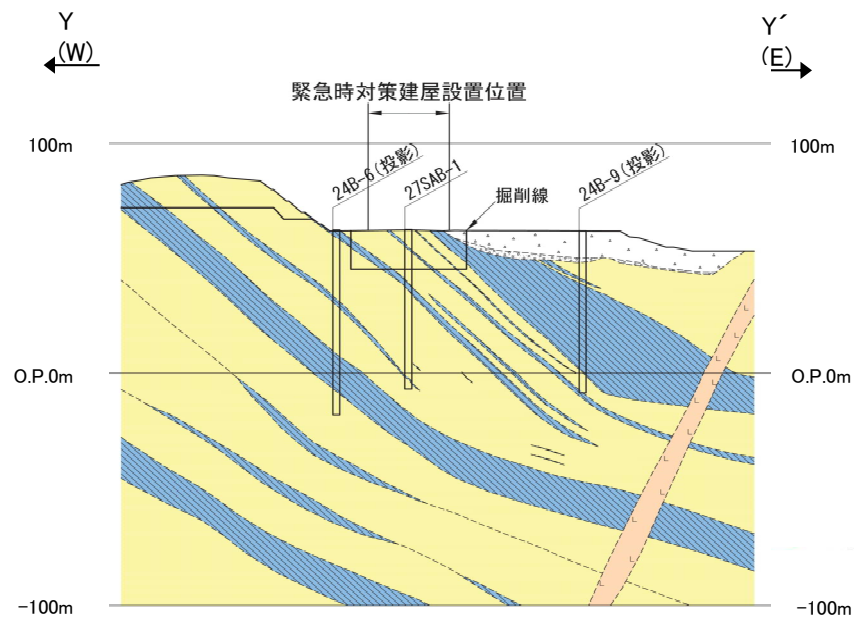
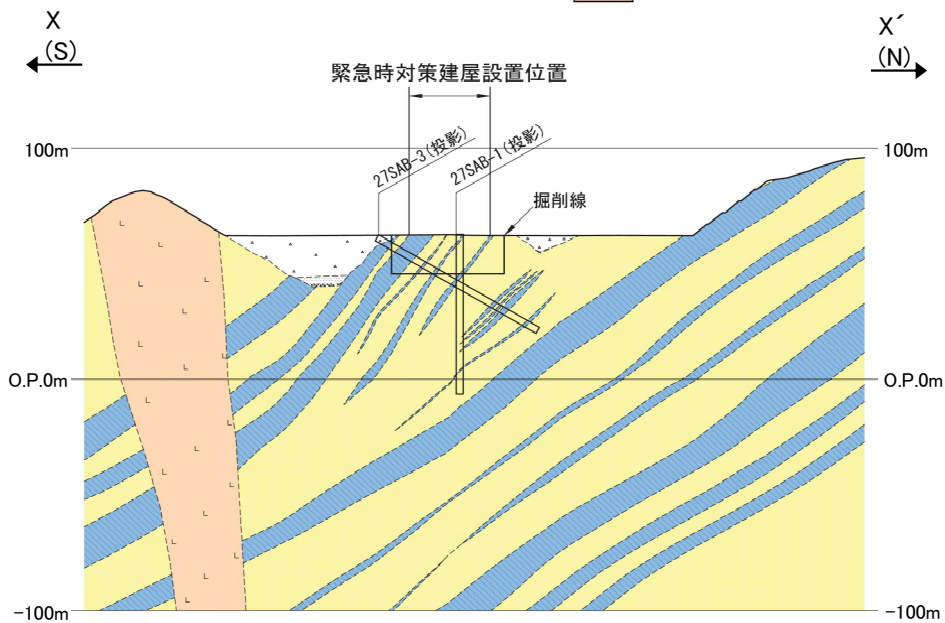
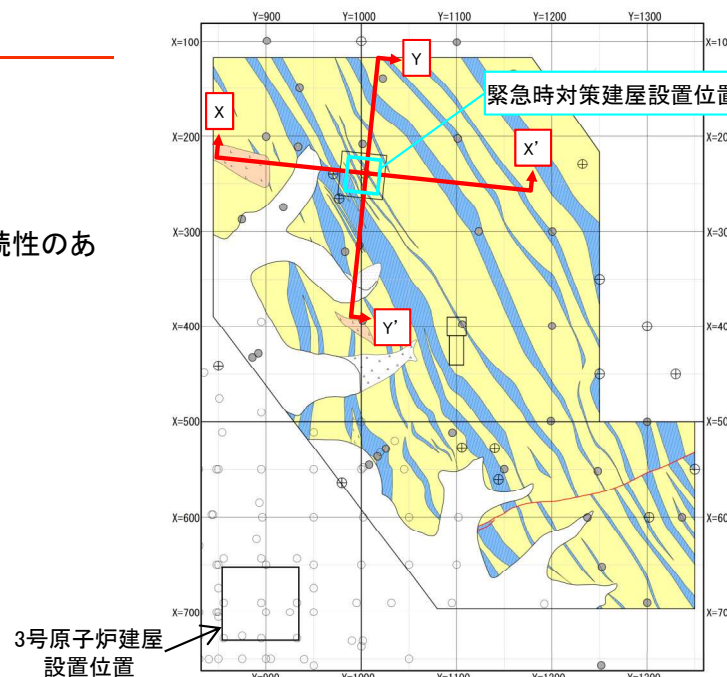
➢ NNE-SSW方向の小屋取背斜の東翼部に位置し、地層は南東～南南東に30～50° 傾斜している。

【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、顕著な変位量を有し、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



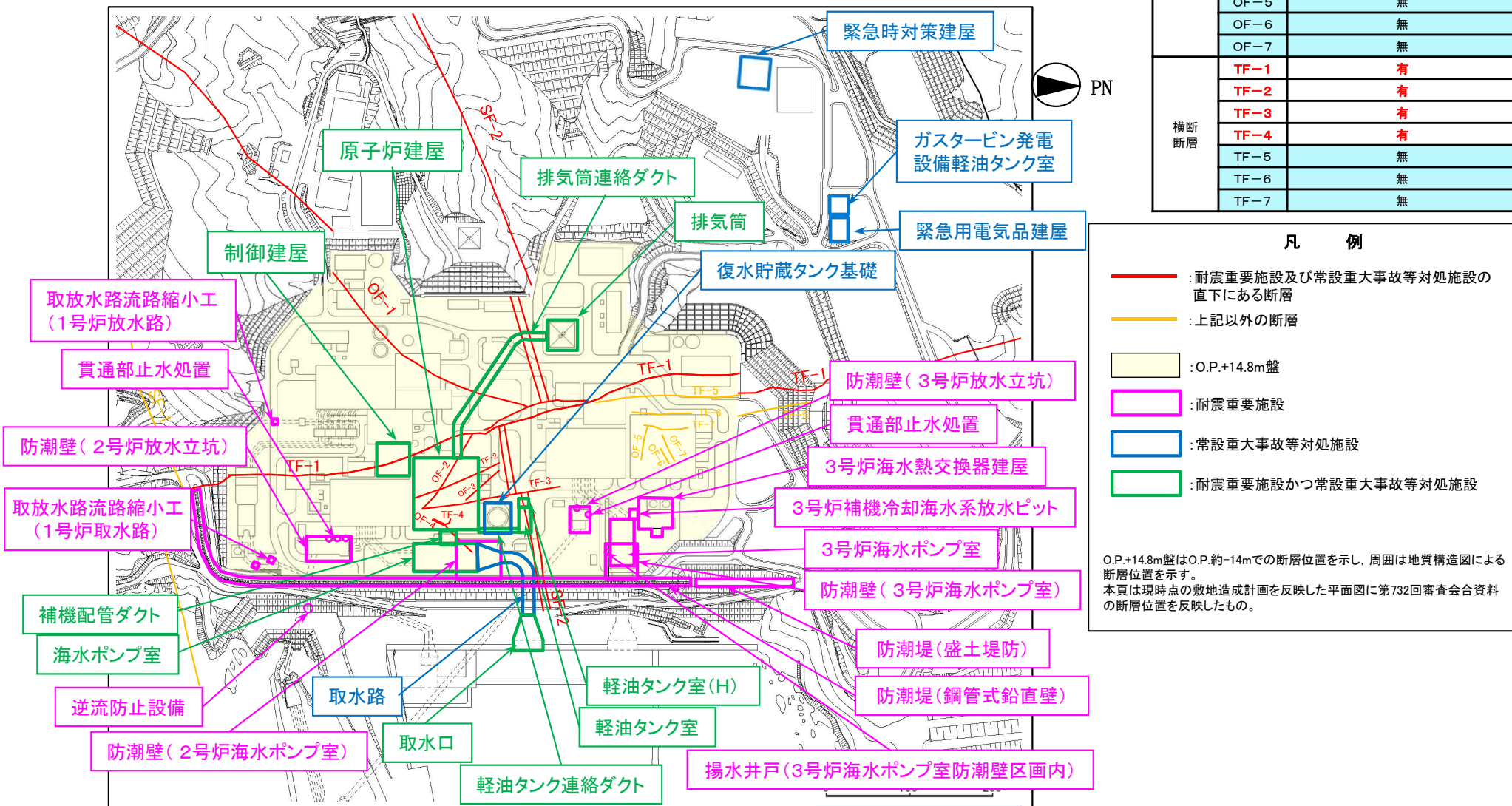
2. 地質の概要

2.5 対象施設と断層位置

女川原子力発電所2号炉申請に対応する耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設と断層の位置関係について整理。

- 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の直下には、SF-2断層、OF-1~4断層及びTF-1~4断層がある。
- なお、SF-1断層、OF-5~7断層及びTF-5~7断層は、耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の直下に対応しない。

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**

- (Red line) : 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
- (Yellow line) : 上記以外の断層
- (Yellow) : O.P.+14.8m盤
- (Pink) : 耐震重要施設
- (Blue) : 常設重大事故等対処施設
- (Green) : 耐震重要施設かつ常設重大事故等対処施設

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732回審査会合資料の断層位置を反映したものを。

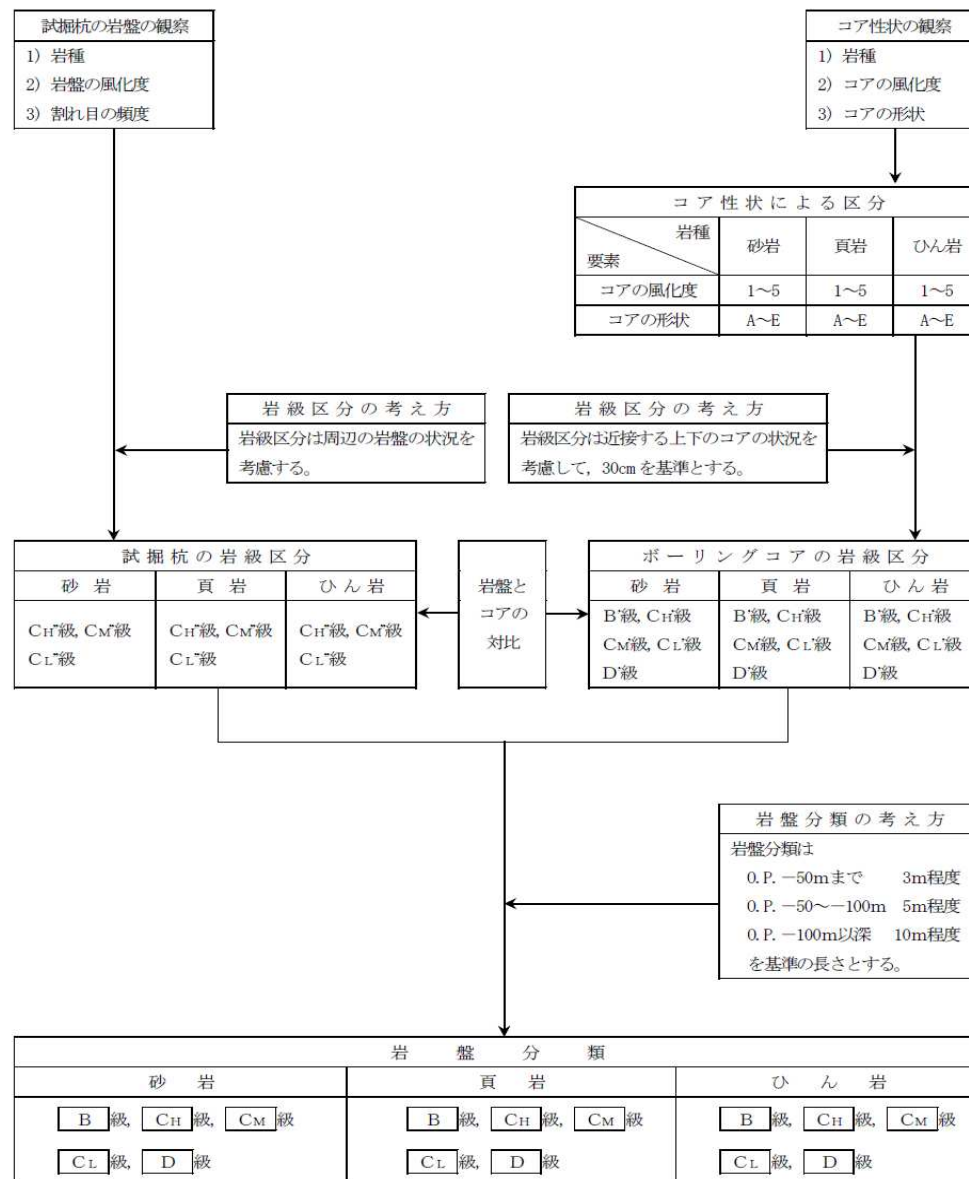
## 2. 地質の概要

### 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<sub>H</sub>** 級, **C<sub>M</sub>** 級, **C<sub>L</sub>** 級及び **D** 級の5段階とした。



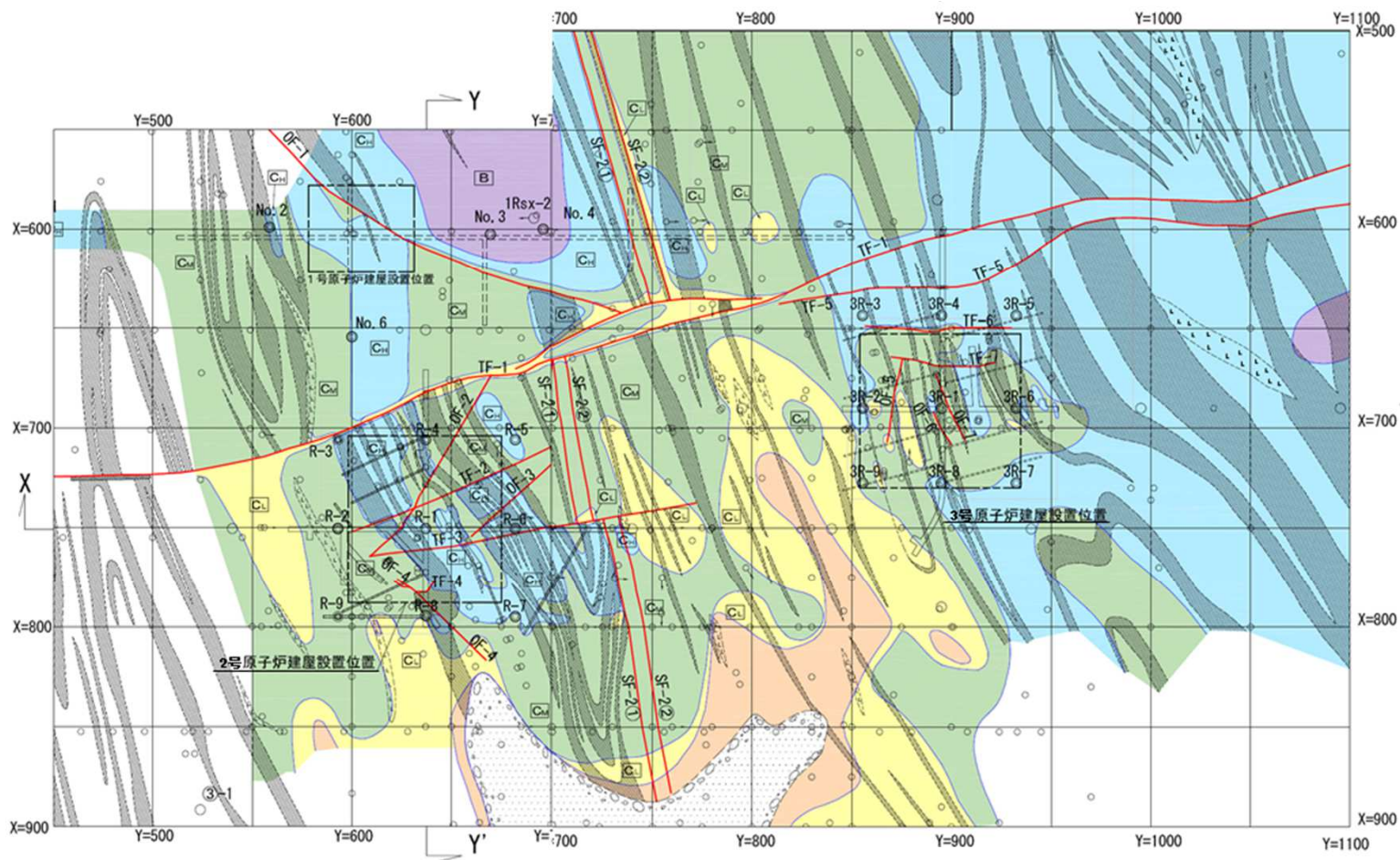
岩盤分類のフロー

※: 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
- |  |                  |
|--|------------------|
|  | B 級              |
|  | C <sub>H</sub> 級 |
|  | C <sub>M</sub> 級 |
|  | C <sub>L</sub> 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              |
|  | * 〇 → 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

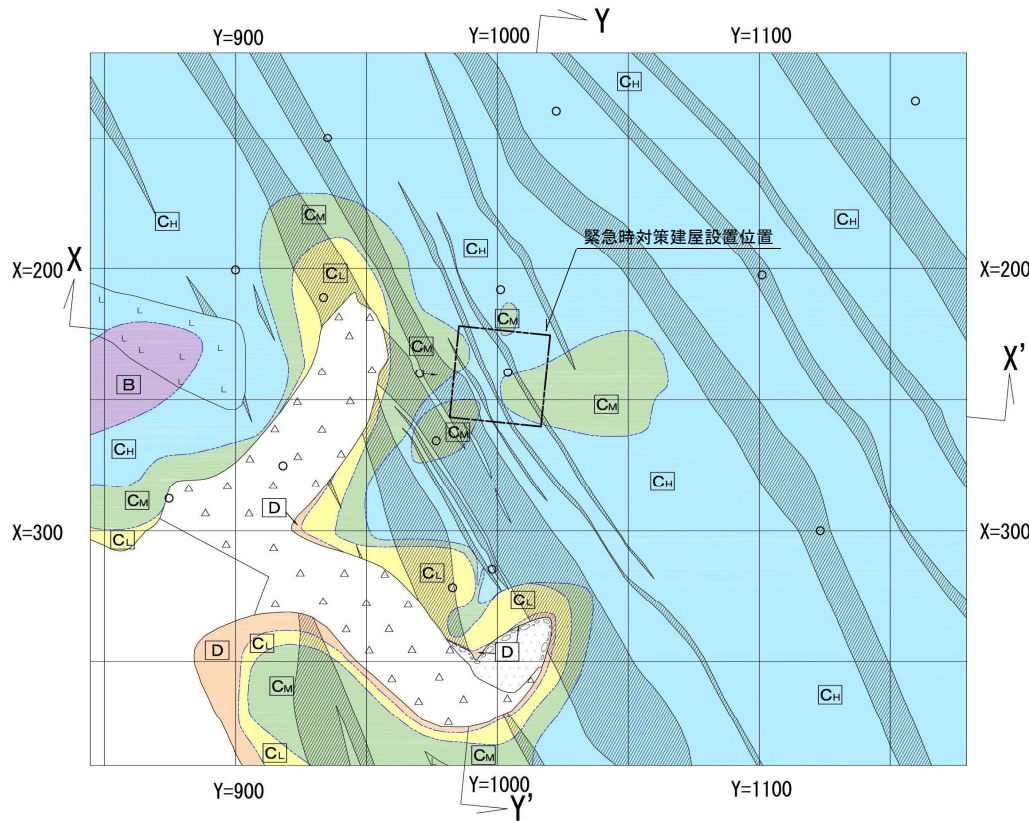


岩盤分類図(O.P.約14m)

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。



凡 例

- 岩盤分類
- $B$   $B$  級
  - $C_H$   $C_H$  級
  - $C_M$   $C_M$  級
  - $C_L$   $C_L$  級
  - $D$   $D$  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

岩盤分類図(O.P.約+46m)

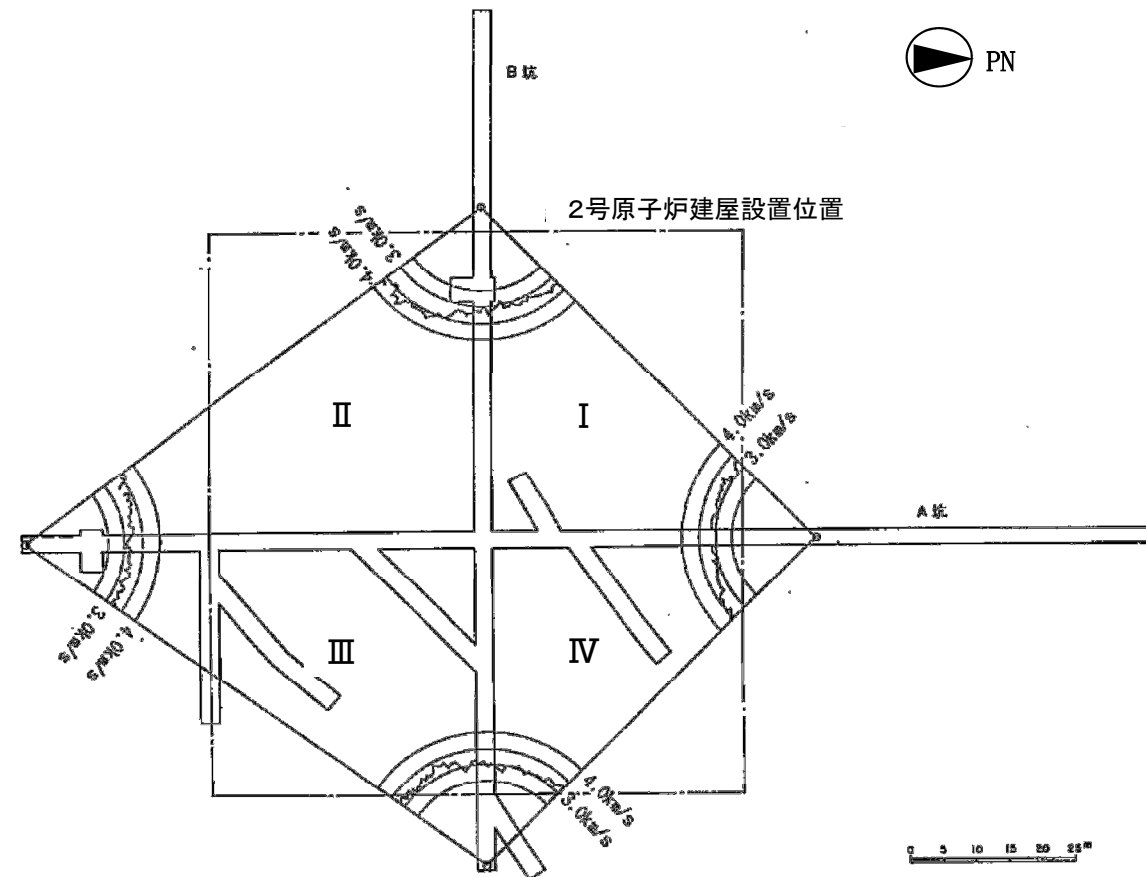
0 50m

## 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

- ・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

## 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(1/2,000)を超えないことを確認

## 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(1/2,000)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

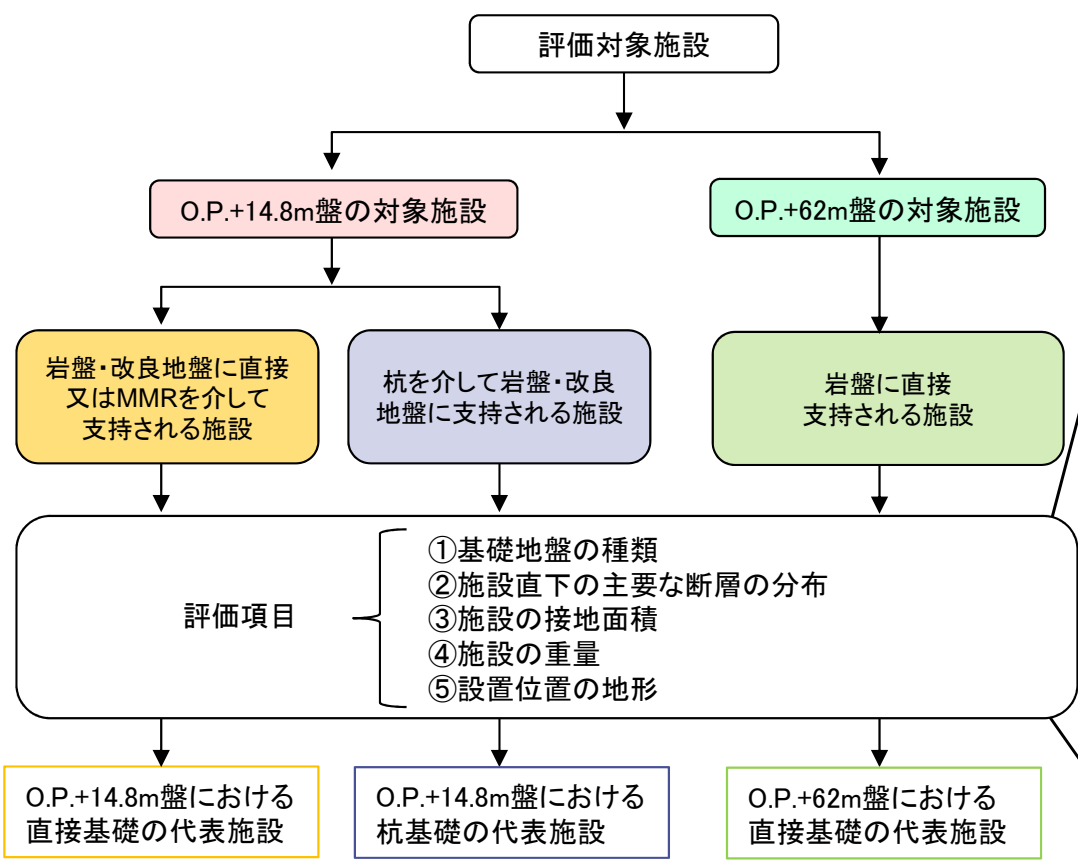


### 3. 評価断面の選定

#### 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。
- 敷地には中生界ジュラ系の牡鹿層群荻の浜累層が分布し, 更に詳細な部層の区分としては, 狐崎部層と牧の浜部層に分類されるが, 力学特性に大差はないことから, 代表施設の選定においては部層の違いは考慮しない。詳細を4. 3. 1解析用物性値の考え方に示す。

#### ■ 代表施設の評価項目



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"> <li>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(p25)を基に, 直下に主要な断層の多い施設を選定する。</li> <li>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。</li> </ul>
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"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>
	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。

代表施設の選定フロー

### 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。(p21,37)	施設直下の主要な断層は、他の施設より多い。(p25)	施設の接地面積は、防潮堤(盛土堤防)に次いで大きい。(p34)	施設の重量は、他の施設より大きい。(p34)	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。(p21,38)			施設の重量は、原子炉建屋より小さい。(p34)		
		排気筒						
		復水貯蔵タンク基礎						
	海中構造物	海水ポンプ室、取水口他の海中構造物(取水路、補機配管ダクト、排気筒連絡ダクト、軽油タンク室、軽油タンク室(H)、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、3号炉補機冷却海水系放水ピット、逆流防止設備、貫通部止水処置、揚水井戸)	原子炉建屋と同じ岩盤及び改良地盤に支持される。(p21,39※)	施設直下の主要な断層は、原子炉建屋より少ない。(p25)	施設の接地面積は、原子炉建屋より小さい。(p34)	地中構造物(施設の重量は、原子炉建屋より小さい)(p34)	平地に設置される。(p37~39)	原子炉建屋の評価で代表
	防潮堤(盛土堤防)	改良地盤及び岩盤に支持される。(p21,40)	施設直下に主要な断層は確認されない。(p25)	施設の接地面積は原子炉建屋よりも大きい。(p34)	施設の重量は原子炉建屋に次いで大きい。(p34)	施設の前面と背面に高低差がある形状である。(p40)	代表施設に選定	

※: 海水ポンプ室と取水口以外の海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 <sup>2</sup> )	接地圧 (MN/m <sup>2</sup> )	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			
		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	- 808 3,097	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		0.40※5			
計	-							

※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、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。(p21,41)	施設直下の一部に主要な断層が確認される。(p25)	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。(p36)	施設の重量は他の施設よりも大きい。(p36)	施設は斜面上に設置され、横断方向に高低差がある。(p41)	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。(p21,41,42)	施設直下に主要な断層は確認されない。(p25)	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。(p36)	施設の重量は、防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部よりも小さい。(p36)	施設は斜面上に設置され、横断方向に高低差がある。(p41)	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。(p25)				

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	緊急時対策建屋と同じ岩盤に支持される。(p23,44)	施設直下に主要な断層は確認されない。(p25)	施設の接地面積は、他の施設より大きい。(p36)	施設重量は、他の施設より大きい。(p36)	平地に設置される。(p44)	代表施設に選定
		緊急用電気品建屋			施設の接地面積は緊急時対策建屋より小さい。(p36)	施設の重量は、緊急時対策建屋よりも小さい。(p36)		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)(p36)			

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)<sup>※1</sup>

対象施設		施設直下の主要な断層	施設の重量 <sup>※2</sup> (MN)	施設の接地面積(m <sup>2</sup> )	接地圧(MN/m <sup>2</sup> )	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 <sup>※4</sup>	455	0.72	
			計		412 <sup>※4</sup>	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 <sup>※3</sup>	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)<sup>※1</sup>

対象施設		施設直下の主要な断層	施設の重量 <sup>※2</sup> (MN)	施設の接地面積(m <sup>2</sup> )	接地圧(MN/m <sup>2</sup> )	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。

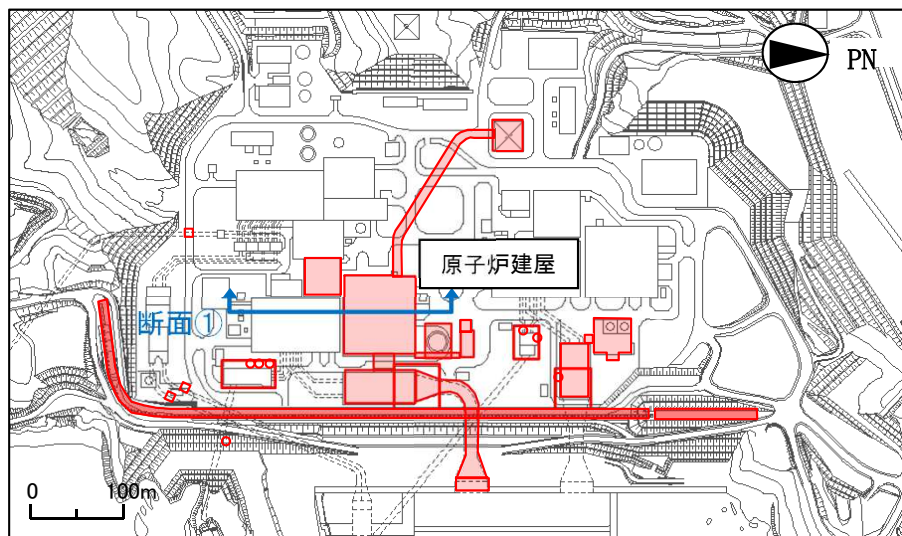
### 3. 評価断面の選定 3. 3 O.P.+14.8m盤の代表施設の選定(直接基礎)

#### 3. 3. 1 原子炉建屋(地上構造物)

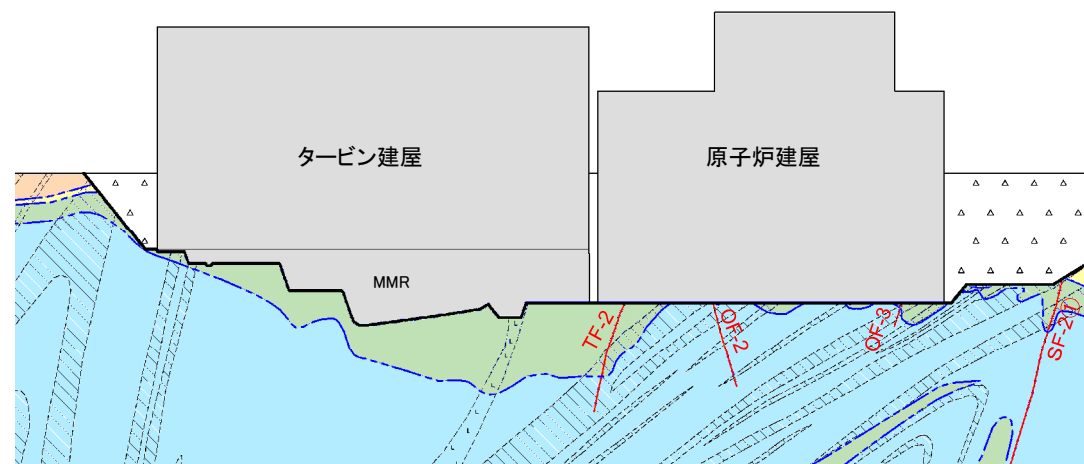
- 原子炉建屋は、直接岩盤に支持されている。
- O.P.+14.8m盤の施設のうち、直接基礎形式で岩盤に支持される施設の代表として、原子炉建屋を選定する。

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。(p21)
- ②施設直下の主要な断層は他の施設より多い。(p25)
- ③施設の接地面積は防潮堤(盛土堤防)に次いで大きい。(p34)
- ④施設の重量は最大である。(p34)



対象施設配置図

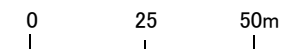


断面①

#### 凡 例

[岩盤分類]

	B 級		盛 土		地 質 界 界
	CH 級		断 層		ボー リ ン グ
	CM 級		第 四 系 (砂 礫)		標 割 線
	CL 級		砂 岩		
	D 級		頁 岩		
			ひ ん 岩		



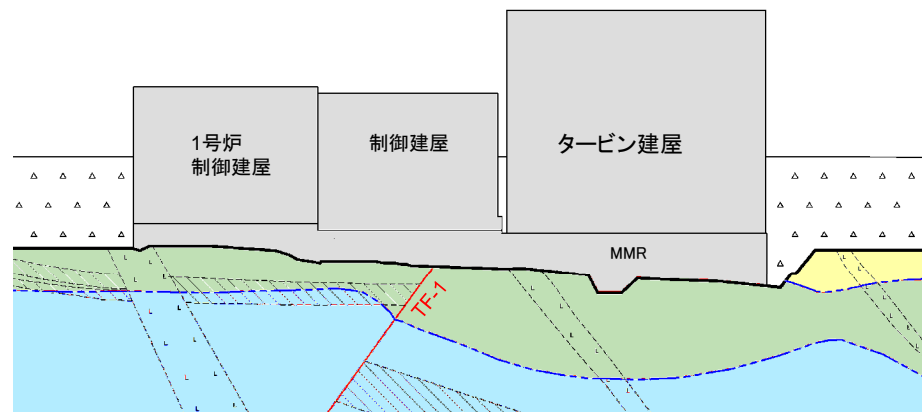
3. 評価断面の選定 3.3 O.P.+14.8m盤の代表施設の選定(直接基礎)

3.3.2 制御建屋, 排気筒, 復水貯蔵タンク基礎(地上構造物)

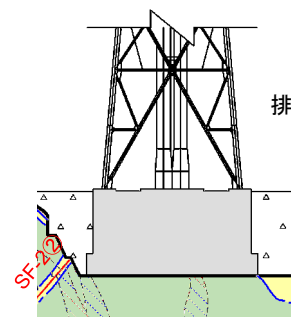
- 排気筒は、直接岩盤に支持されており、制御建屋及び復水貯蔵タンク基礎は、MMRを介して岩盤に支持されている。
- これらの施設に対するすべりの評価は、以下の理由により原子炉建屋の評価に代表させる。

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)

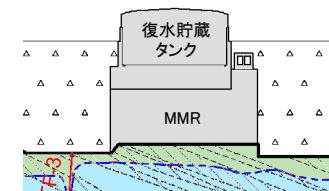
- ①全ての施設が原子炉建屋と同じ岩盤に支持される。(p21)
- ②主要な断層は原子炉建屋直下に比較的多い。(p25)
- ③施設の接地面積は原子炉建屋よりも小さい。
- ④施設の重量は原子炉建屋よりも小さい。



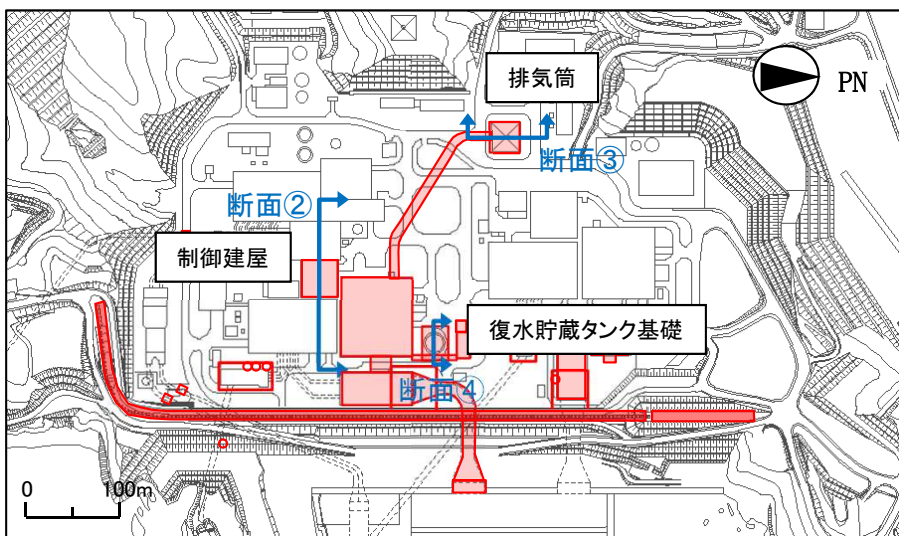
断面②



断面③



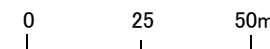
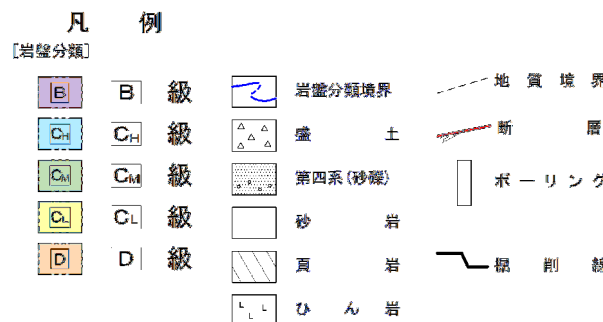
断面④



対象施設配置図

対象施設の諸元※

名称	施設の接地面積 (m <sup>2</sup> )	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



※: 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。

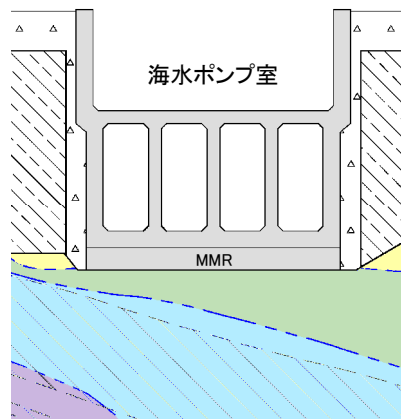
### 3. 評価断面の選定 3. 3 O.P.+14.8m盤の代表施設の選定(直接基礎)

#### 3. 3. 3 海水ポンプ室, 取水口(地中構造物)

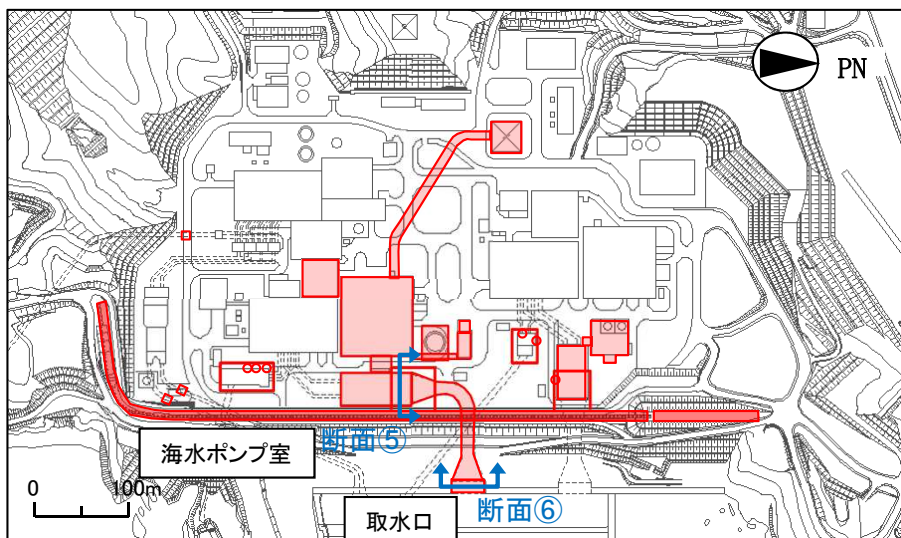
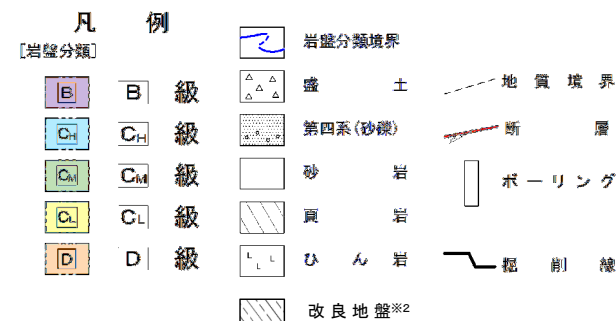
- 海水ポンプ室, 取水口等の地中構造物※1は, 直接又はMMRを介して岩盤及び改良地盤に支持されている。
- これらの施設に対するすべりの評価は, 以下の理由により原子炉建屋の評価に代表させる。

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)

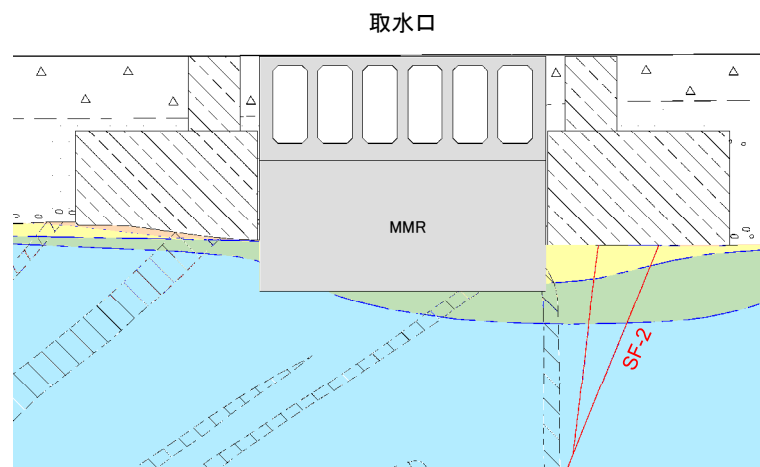
- ①全ての施設が原子炉建屋と同じ岩盤に支持される。(p21)
- ②主要な断層は原子炉建屋直下に比較的多い。(p25)
- ③施設の接地面積は原子炉建屋よりも小さい。(p34)
- ④掘りこみ式の地中構造物であり, 施設の重量は原子炉建屋よりも小さい。(p34)



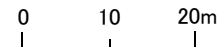
断面⑤



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, 軽油タンク室(H), 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, 3号炉補機冷却海水系放水ピット, 逆流防止設備, 貫通部止水処置, 揚水井戸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。



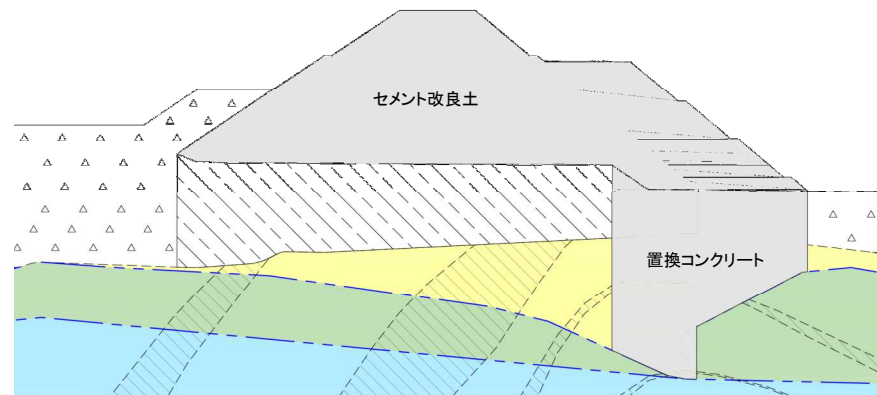
### 3. 評価断面の選定 3.3 O.P.+14.8m盤の代表施設の選定(直接基礎)

#### 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。

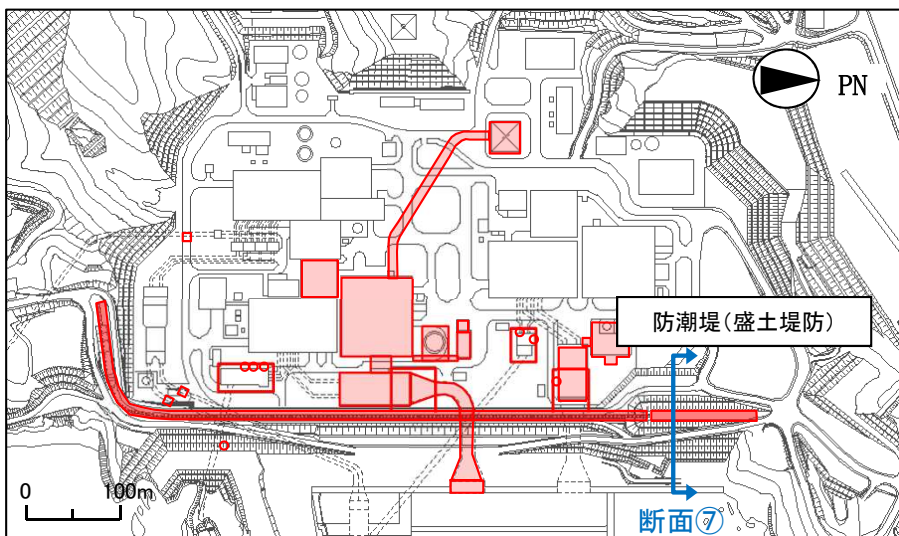
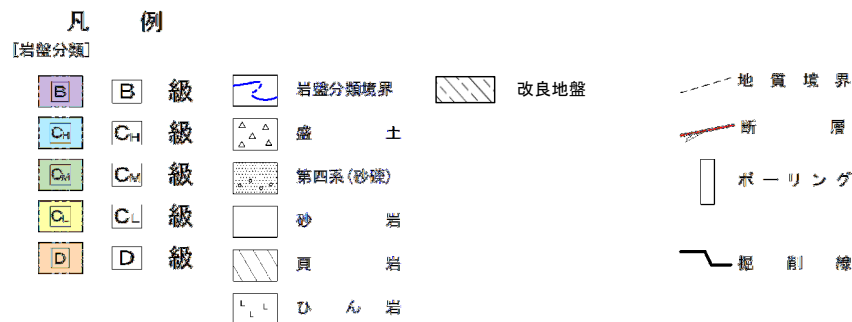
防潮堤(盛土堤防)を選定する理由(番号は選定方針の評価項目)

- ①防潮堤(盛土堤防)は、改良地盤及び岩盤に支持される。(p21)
- 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。



断面⑦

0 10 20m



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 <sup>2</sup> )	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

※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。

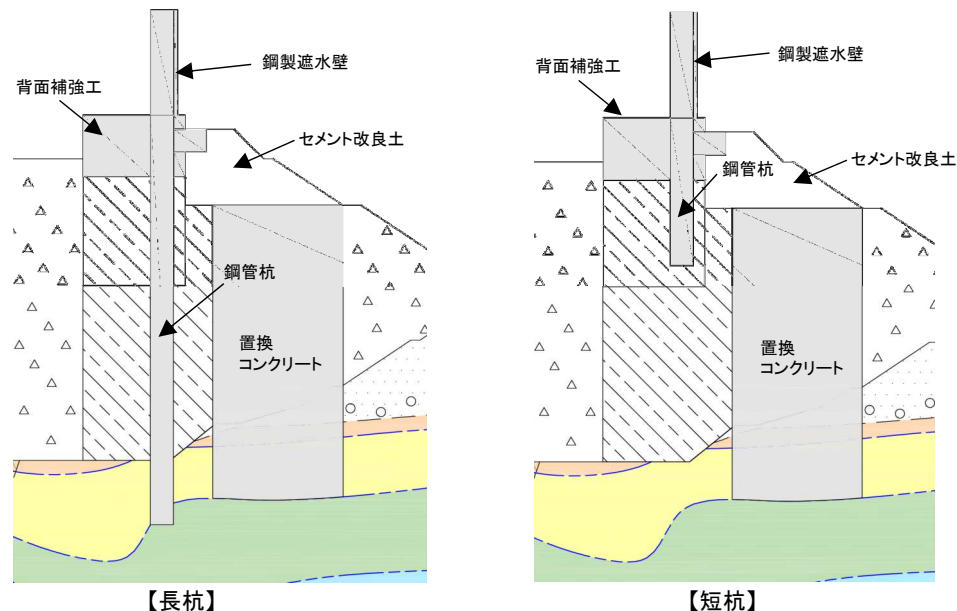
※2: 対象施設の諸元の詳細は、補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。

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)

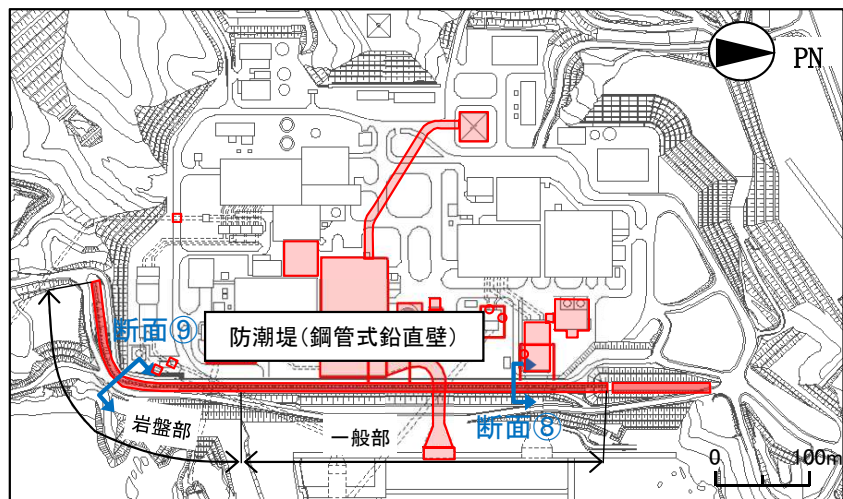
3.3.5 防潮堤(鋼管式鉛直壁)

- 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)のうち、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盤の施設のうちの、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。(p21)  
 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。



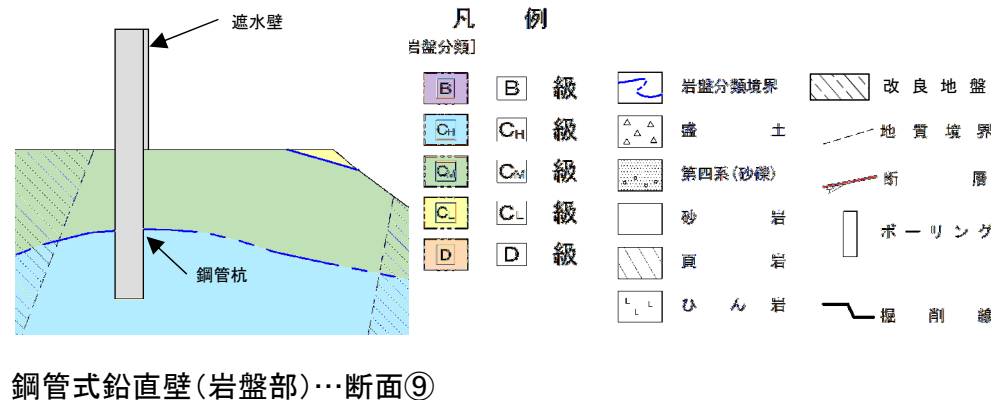
鋼管式鉛直壁(一般部)…断面⑧



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 <sup>2</sup> )	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(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。

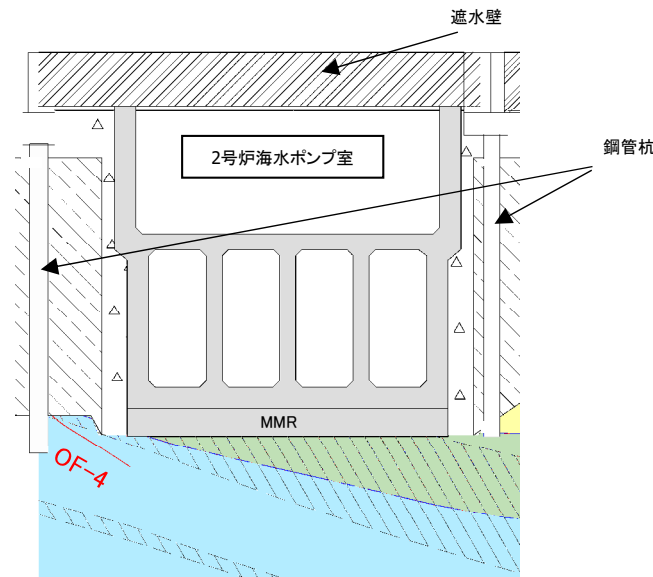
### 3. 評価断面の選定 3.3 O.P.+14.8m盤の代表施設の選定 (杭基礎)

#### 3.3.6 防潮壁

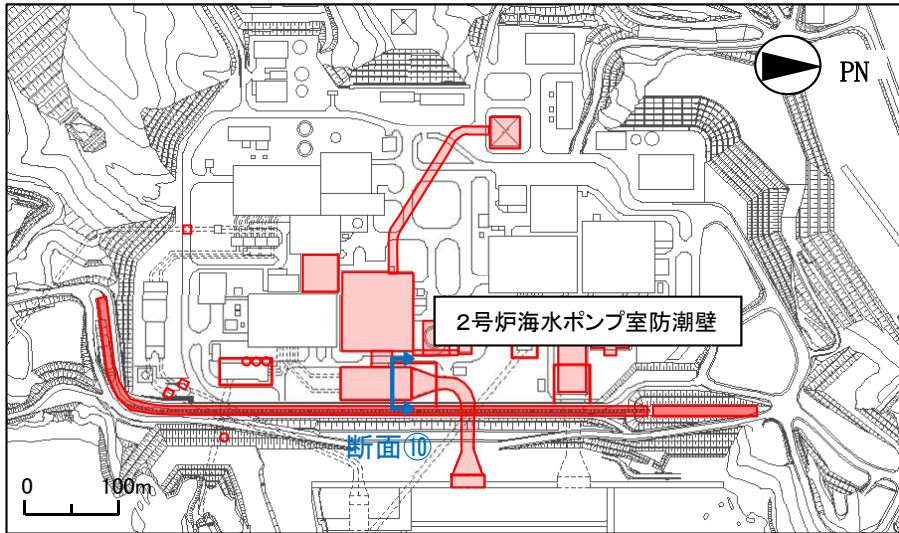
- 防潮壁のうち最大重量となる2号炉海水ポンプ室防潮壁鋼桁部は、海水ポンプ室を横断する遮水壁を鋼管杭で支持する構造であり、岩盤に支持されている。
- 施設に対するすべりの評価は、以下の理由により防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の評価に代表させる。

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。(p21)
- 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。(p41)

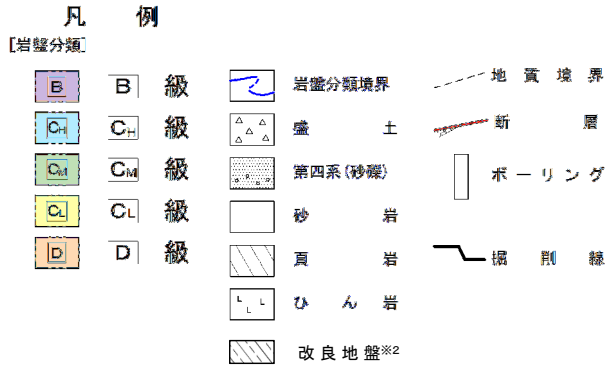


断面⑩



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 <sup>2</sup> )	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



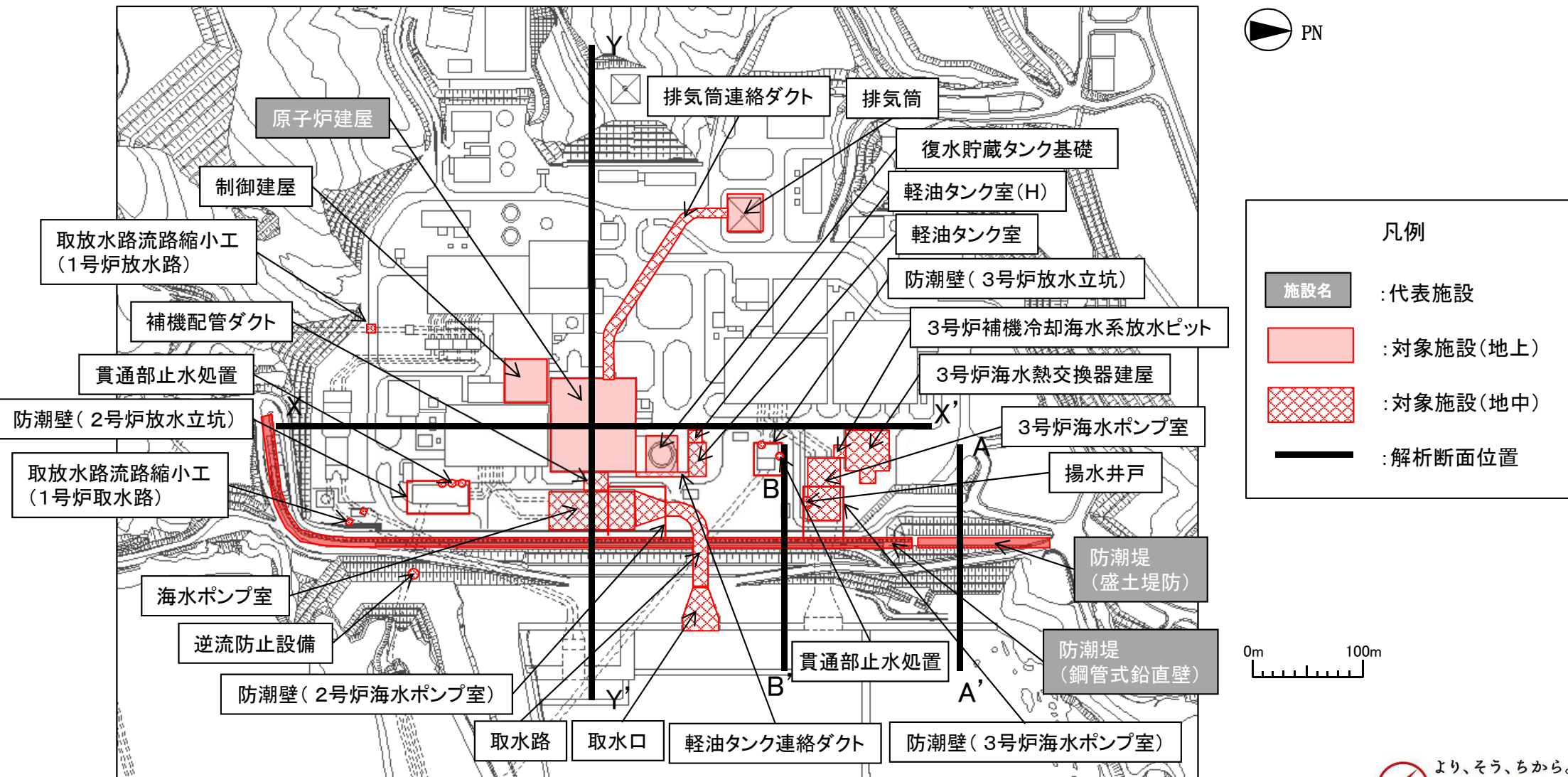
0 10 20m

※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含まれる。



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。

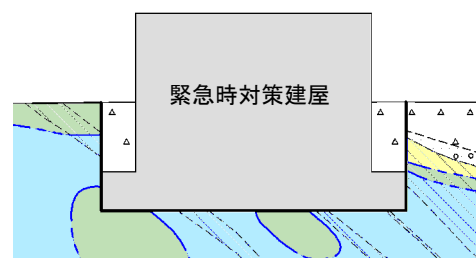
緊急時対策建屋に代表させる理由 (番号は選定方針の評価項目)  
 ①全ての施設が緊急時対策建屋と同じ岩盤に支持される。(p23)  
 ③施設の接地面積は緊急時対策建屋が最大である。  
 ④施設の重量は緊急時対策建屋が最大である。

対象施設の諸元※

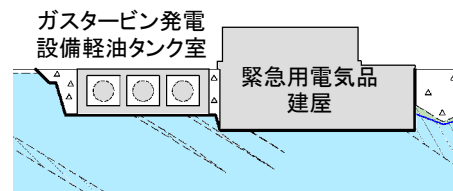
名称	施設の接地面積 (m <sup>2</sup> )	$\frac{\text{各施設接地面積}}{\text{緊急時対策建屋接地面積}}$	施設重量 (MN)	$\frac{\text{各施設重量}}{\text{緊急時対策建屋重量}}$
緊急時対策建屋	2,209	1.00	571	1.00
緊急用電気品建屋	810	0.37	131	0.23
ガスタービン発電設備軽油タンク室	447	0.20	地中構造物	



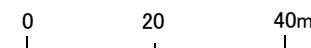
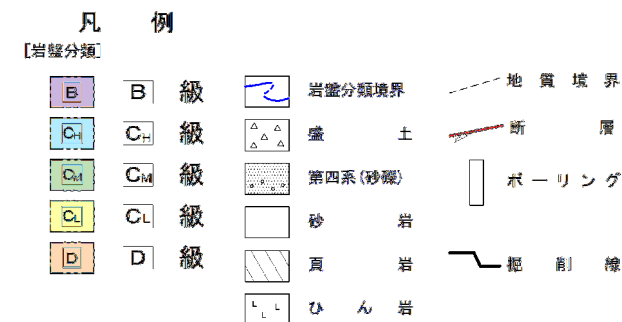
対象施設配置図



断面⑪



断面⑫

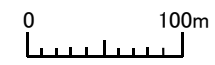
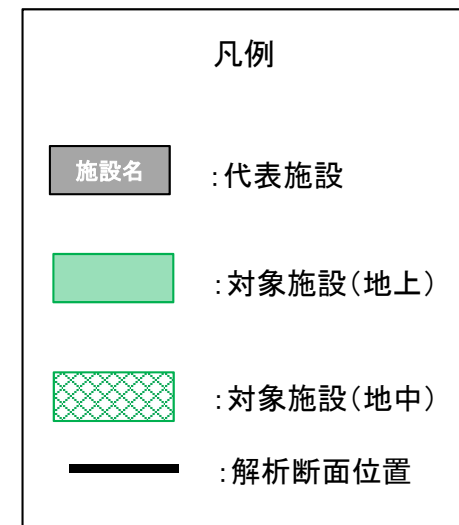
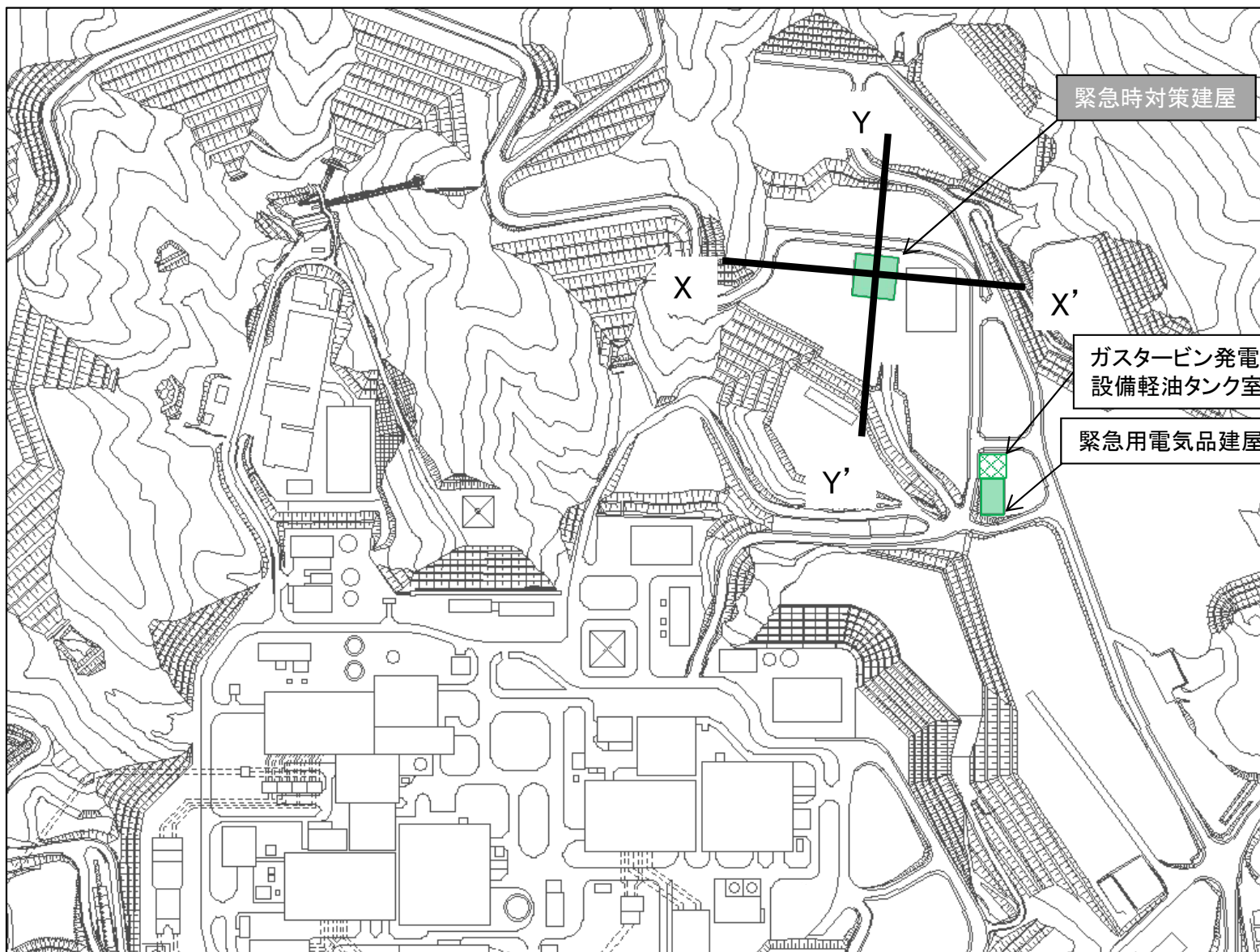


※: 対象施設の諸元の詳細は, 補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。

### 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)

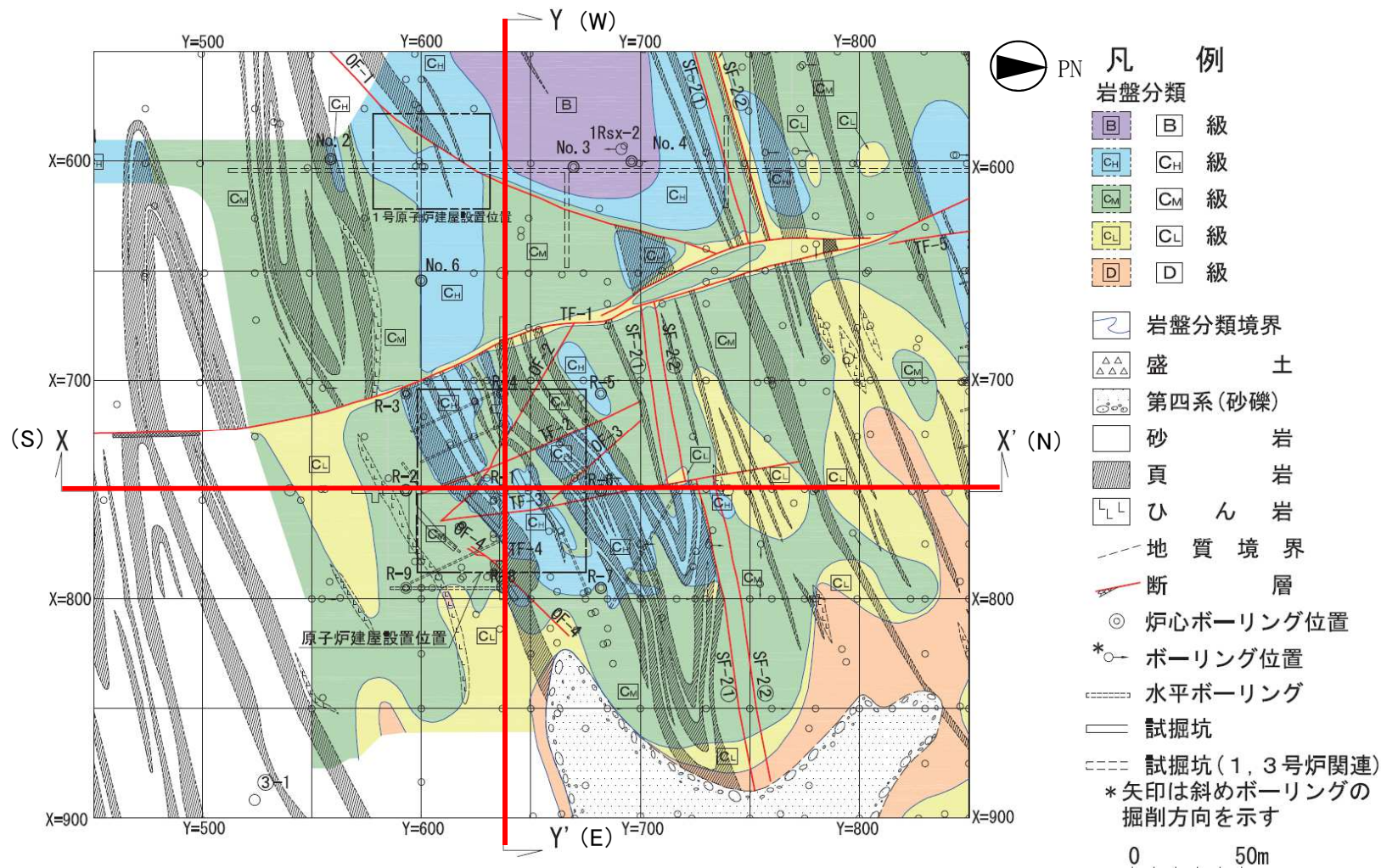
- O.P.+62m盤の対象施設のうち、直接基礎形式の代表として、緊急時対策建屋を選定した。



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。

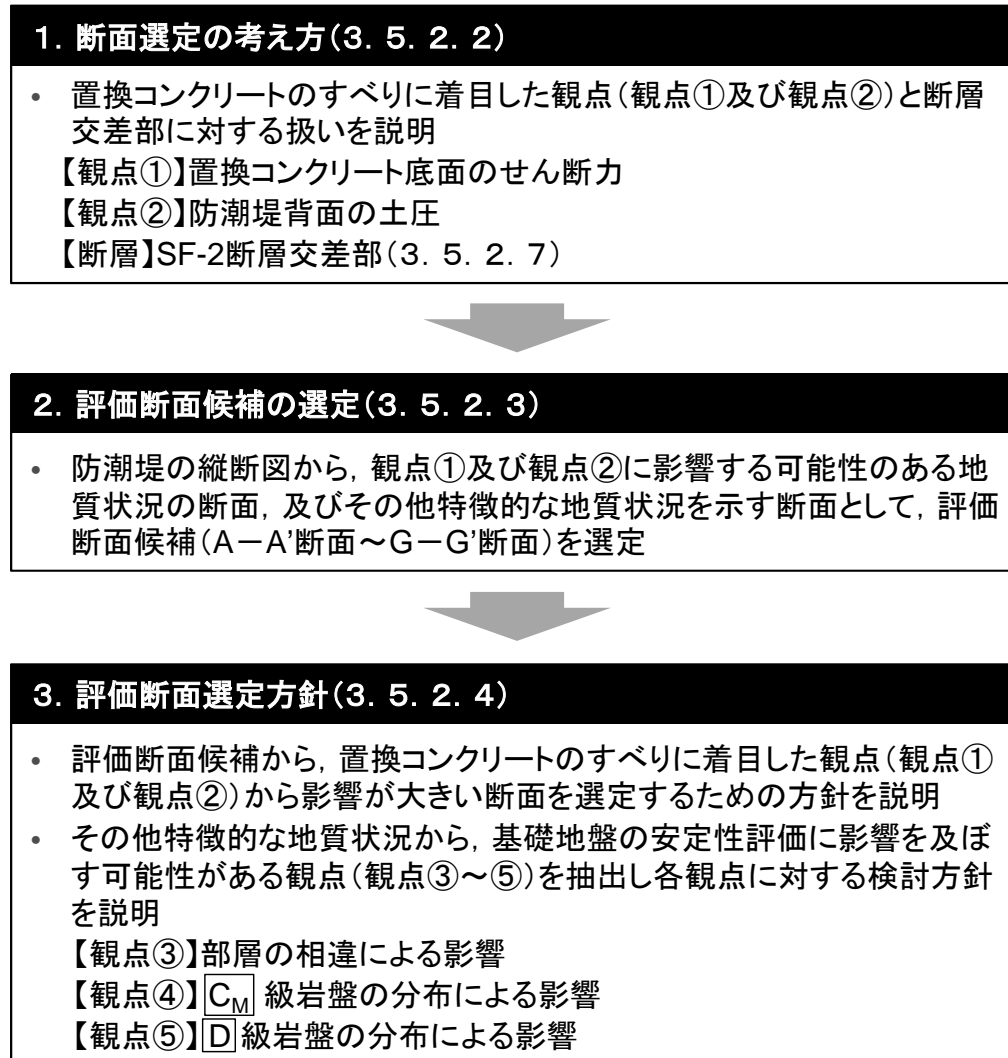


岩盤分類図(O.P.約-14m)

### 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 防潮堤の評価断面選定方針フロー

- 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及び構造物の形状を踏まえた評価断面選定を行う。
- 防潮堤の断面選定の考え方から評価断面選定方針までのフローを以下に示す。





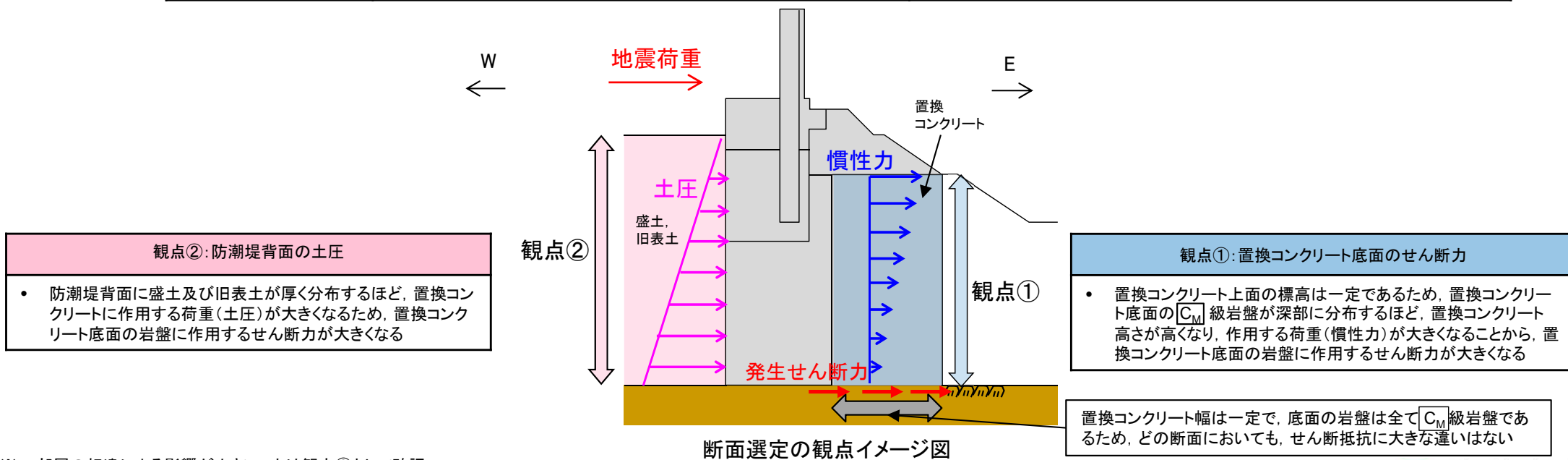
3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

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※1。
- 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)を主な観点とし、評価断面を選定する。
- ただし、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断層交差部については別途検討することとし、3.5.2.7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"> <li>置換コンクリート上面の標高は一定であるため、置換コンクリート底面の<math>C_M</math>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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>
着目する地質状況	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>C_M</math>級岩盤の深さ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>盛土及び旧表土の厚さ※2</li> </ul>



断面選定の観点イメージ図

※1: 部層の相違による影響が小さいことは観点③として確認

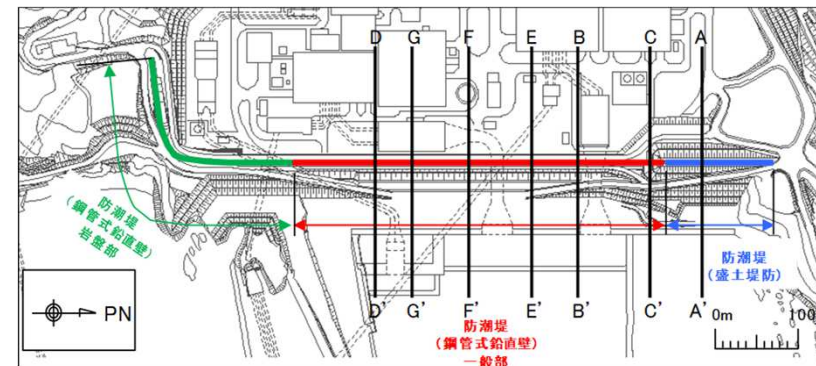
※2: 盛土及び旧表土の厚さに着目することを基本とするが、 $C_L$ 級岩盤は $C_M$ 級以上の岩盤よりも比較的剛性が小さく、地震時の変形により、上部の盛土及び旧表土の土圧増加の要因になると考えられることから、 $C_L$ 級岩盤の厚さについても着目し影響を検討する。

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

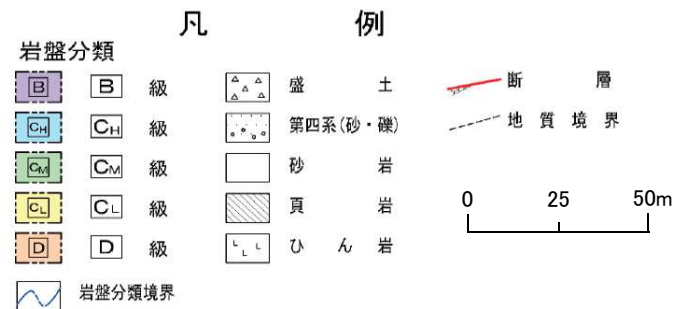
3.5.2.3 防潮堤の評価断面候補

- 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。
- 防潮堤縦断図から、観点①及び観点②に影響する可能性のある地質状況及びその他特徴的な地質状況を示す、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。

構造	断面	着目する地質状況	観点	
防潮堤 (盛土堤防)	A-A' 断面 牧の浜部層	・置換コンクリート底面のC <sub>M</sub> 級岩盤が深部に分布	観点①	
		・盛土及び旧表土が厚く分布	観点②	
防潮堤 (鋼管式鉛直壁) 一般部	B-B' 断面 牧の浜部層	・置換コンクリート底面のC <sub>M</sub> 級岩盤が最も深部に分布	観点①	
		・盛土が最も厚く分布	観点②	
	C-C' 断面 【観点③】	・D級岩盤が最も厚く分布	観点⑤	
	E-E' 断面	・旧表土が最も厚く分布	観点②	
	狐崎部層 【観点③】	D-D' 断面	・置換コンクリート底面のC <sub>M</sub> 級岩盤が深部に分布 ・C <sub>M</sub> 級岩盤が厚く分布 ・D級岩盤が厚く分布	観点① 観点④ 観点⑤
		F-F' 断面	・盛土及び旧表土が厚く分布	観点②
		G-G' 断面	・置換コンクリート底面のC <sub>M</sub> 級岩盤が深部に分布 ⇒観点①及び観点②に対する地質状況について、B-B'断面よりも影響が小さいとともに、防潮堤背面に海水ポンプ室が設置されるため、防潮堤に作用する土圧は他の断面よりも小さいことを踏まえ、評価断面としては選定しない	観点①

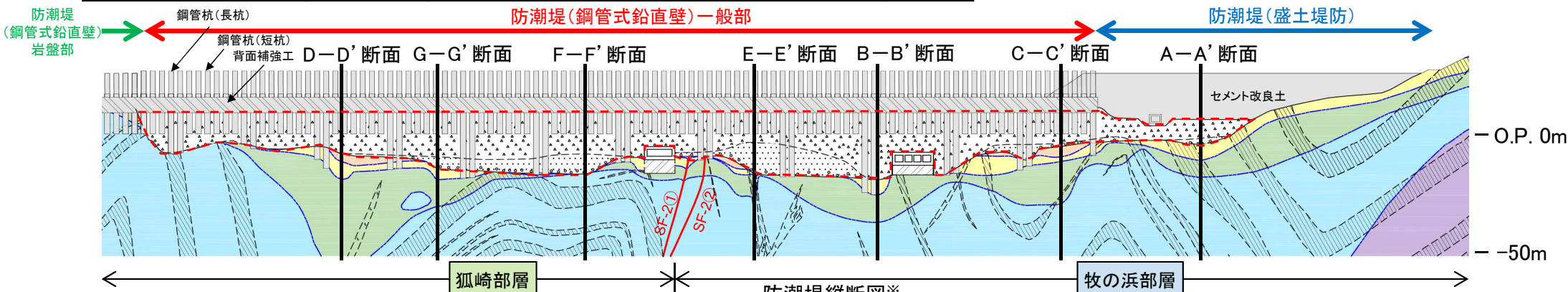


断面図位置



S  
←

→ N

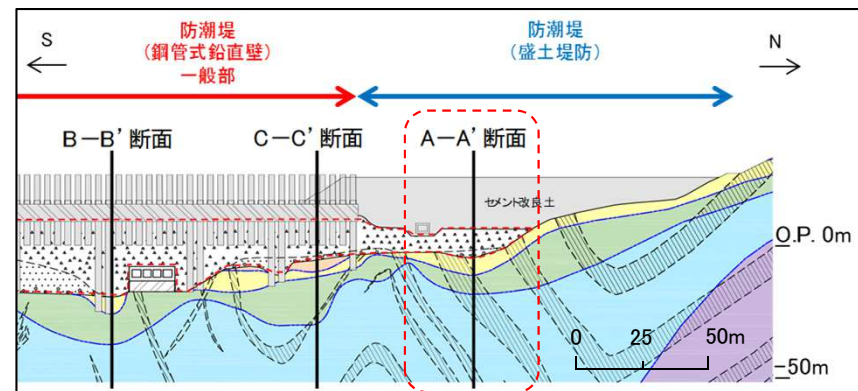


※: 図中の[ ]については、改良地盤箇所であるが、盛土及び旧表土の分布を示すために、改良前の地質状況としている。

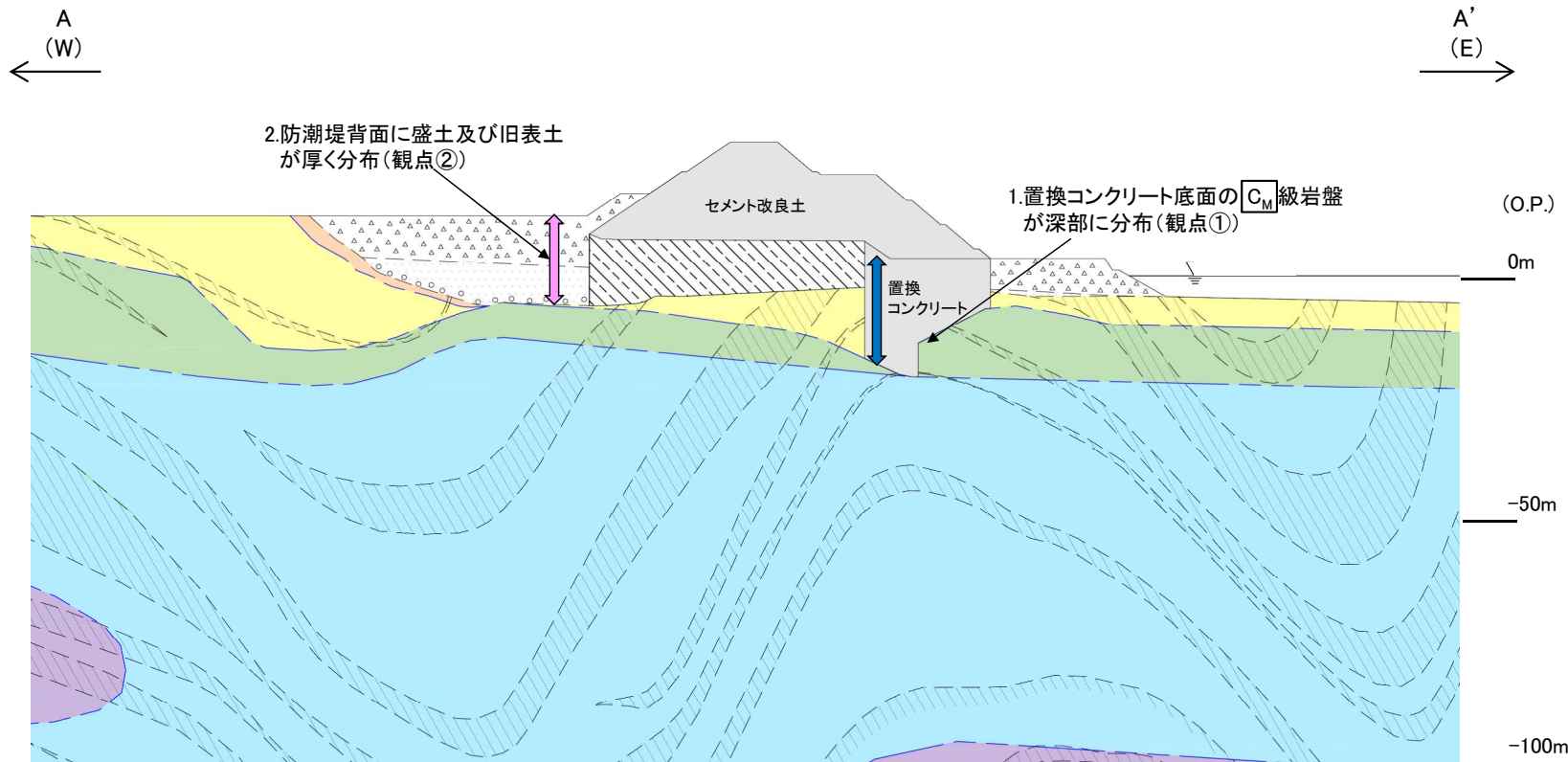
3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

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<sub>M</sub>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)。
  - 牧の浜部層に設置される。



断面図位置



A-A'断面図

↔ 観点①: C<sub>M</sub>級岩盤の深さ  
↔ 観点②: 盛土及び旧表土の厚さ

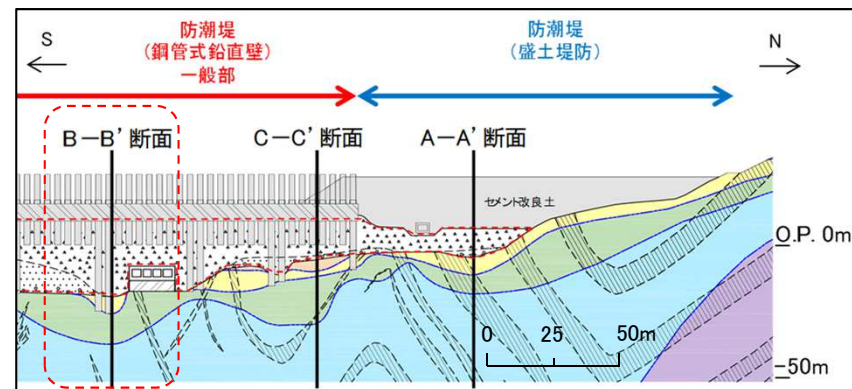
岩盤分類		凡 例	
	B 級		盛 土
	C <sub>H</sub> 級		第四系(砂・礫)
	C <sub>M</sub> 級		砂 岩
	C <sub>L</sub> 級		頁 岩
	D 級		ひ ん 岩
	岩盤分類境界		断 層
			地 質 境 界
			改 良 地 盤

0 10 20m

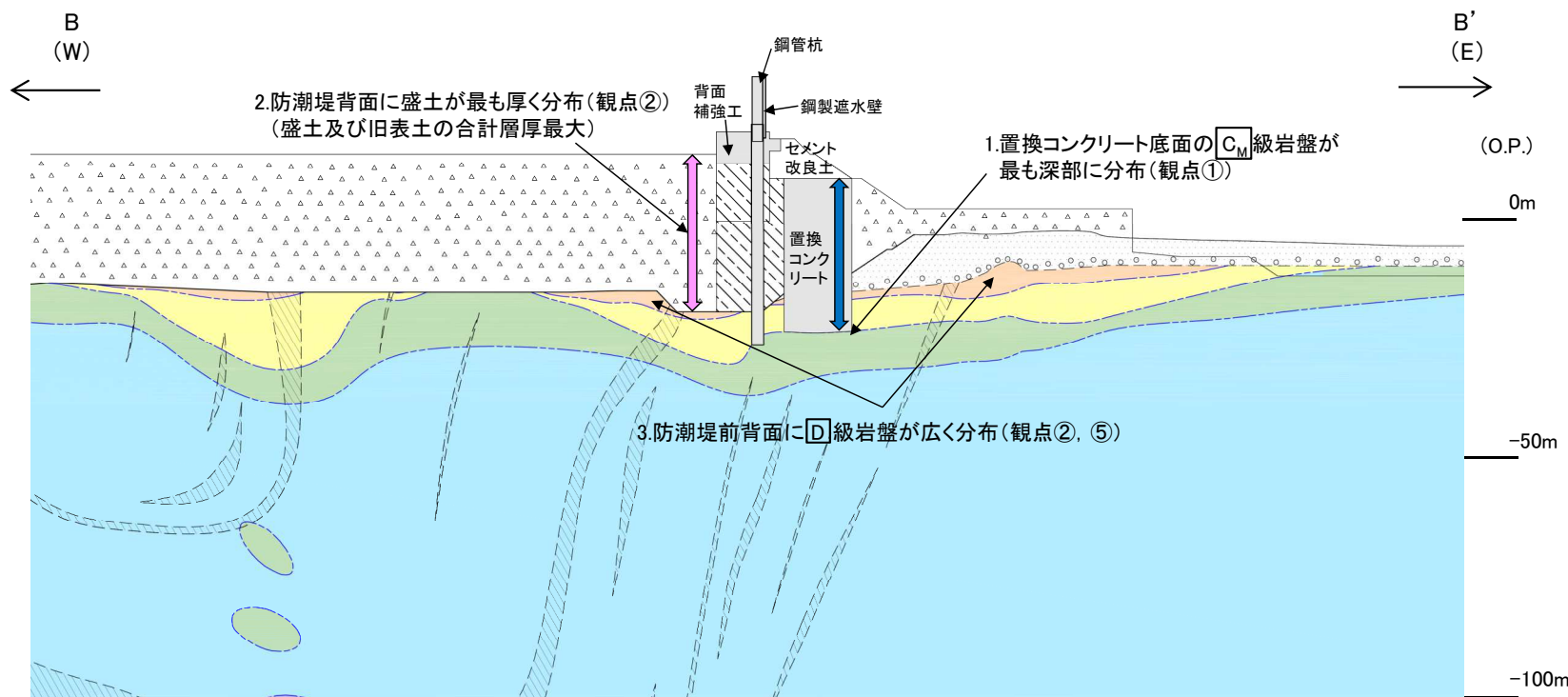
3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

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)。
1. 置換コンクリート底面のC<sub>M</sub>級岩盤が最も深部に分布している(観点①)。
  2. 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~G-G'断面)の中で最大である(観点②)。
  3. 防潮堤前背面にD級岩盤が広く分布している(観点②, ⑤)。
  4. 牧の浜部層に設置される。



断面図位置



B-B'断面図

↔ 観点①: C<sub>M</sub>級岩盤の深さ  
↔ 観点②: 盛土及び旧表土の厚さ

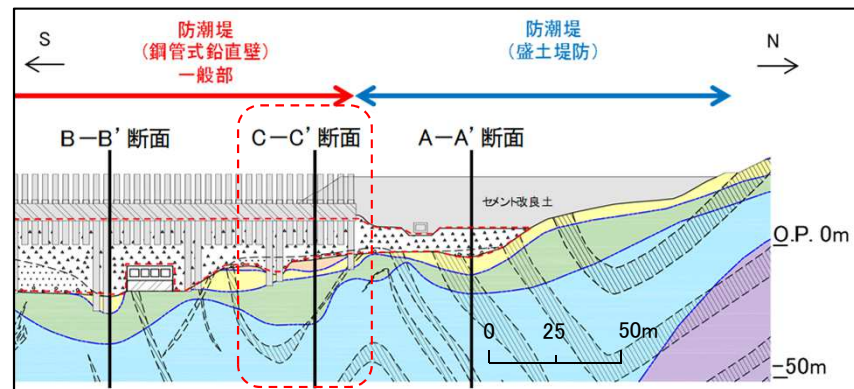
岩盤分類		凡 例	
[B]	B 級	[A A A]	盛 土
[C <sub>H</sub> ]	C <sub>H</sub> 級	[S S S]	第四系(砂・礫)
[C <sub>M</sub> ]	C <sub>M</sub> 級	[ ]	砂 岩
[C <sub>L</sub> ]	C <sub>L</sub> 級	[ / / / ]	頁 岩
[D]	D 級	[ L L L ]	ひ ん 岩
[ ]	岩盤分類境界	[ - - - ]	断 層
		[ - - - ]	地質境界
		[ / / / ]	改良地盤

0 10 20m

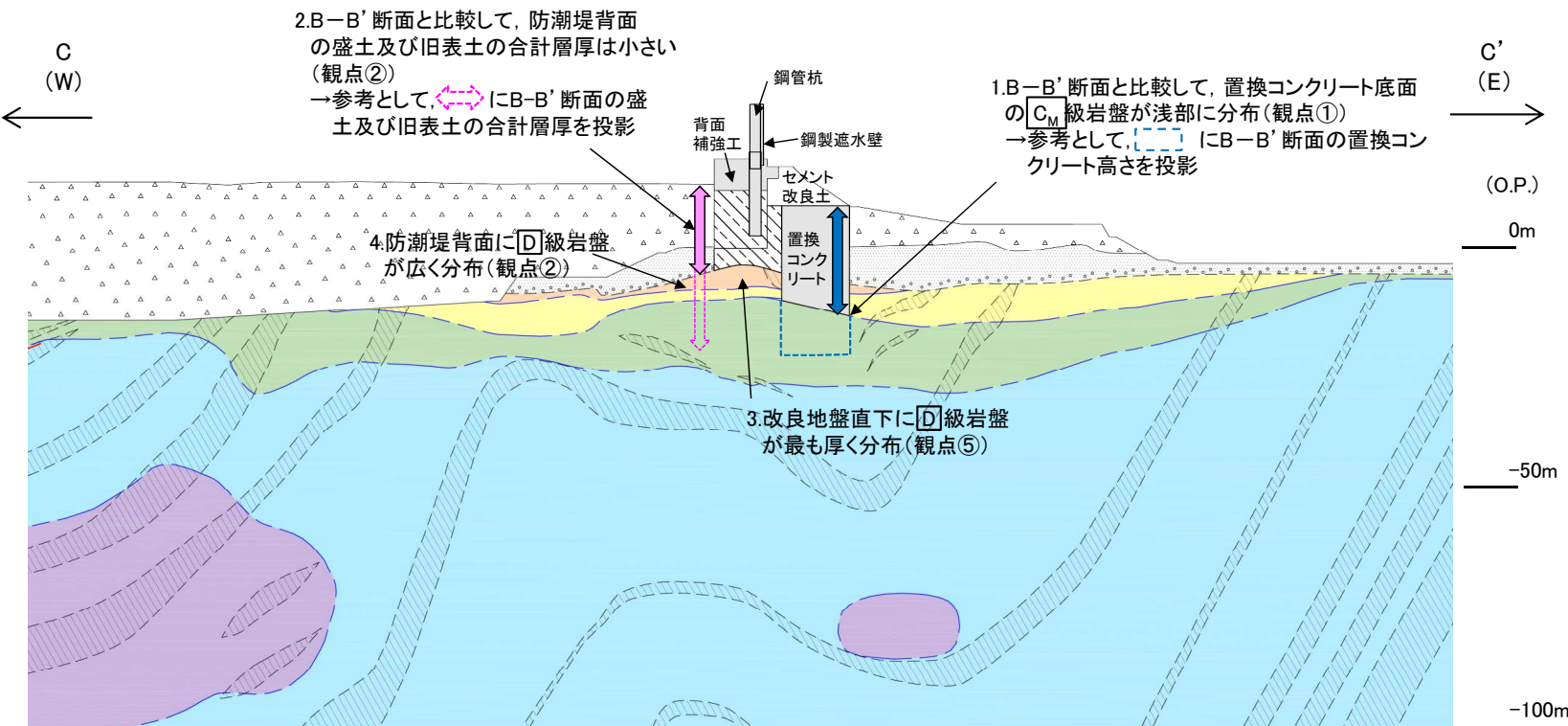
3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

3.5.2.3 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の評価断面候補(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)。
1. B-B'断面と比較して、置換コンクリート底面のC<sub>M</sub>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)
  2. 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)
  3. 改良地盤直下にD級岩盤が最も厚く分布している(観点⑤)。
  4. 防潮堤背面にD級岩盤が広く分布している(観点②)。
  5. 牧の浜部層に設置される。



断面図位置



C-C'断面図

観点①: C<sub>M</sub>級岩盤の深さ  
観点②: 盛土及び旧表土の厚さ

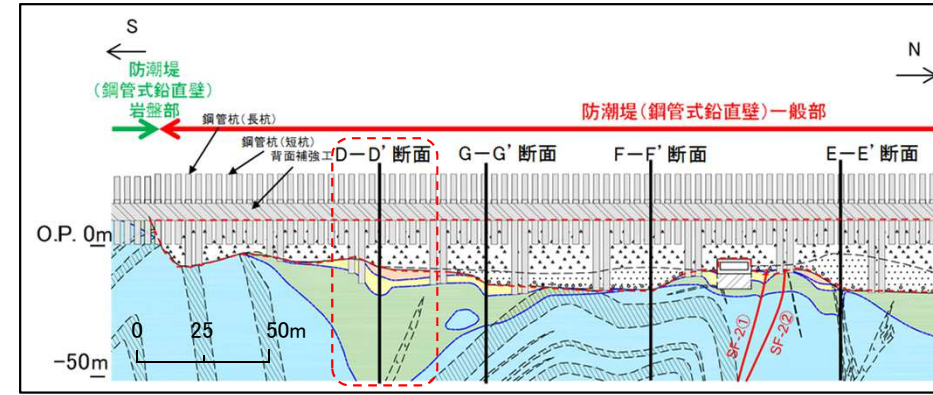
岩盤分類		凡 例	
[B]	B 級	[△△△]	盛 土
[C <sub>H</sub> ]	C <sub>H</sub> 級	[□□□]	第四系(砂・礫)
[C <sub>M</sub> ]	C <sub>M</sub> 級	[□□□]	砂 岩
[C <sub>L</sub> ]	C <sub>L</sub> 級	[斜線]	頁 岩
[D]	D 級	[LLL]	ひ ん 岩
[波線]	岩盤分類境界	[赤線]	断 層
		[虚線]	地 質 境 界
		[斜線]	改 良 地 盤

0 10 20m

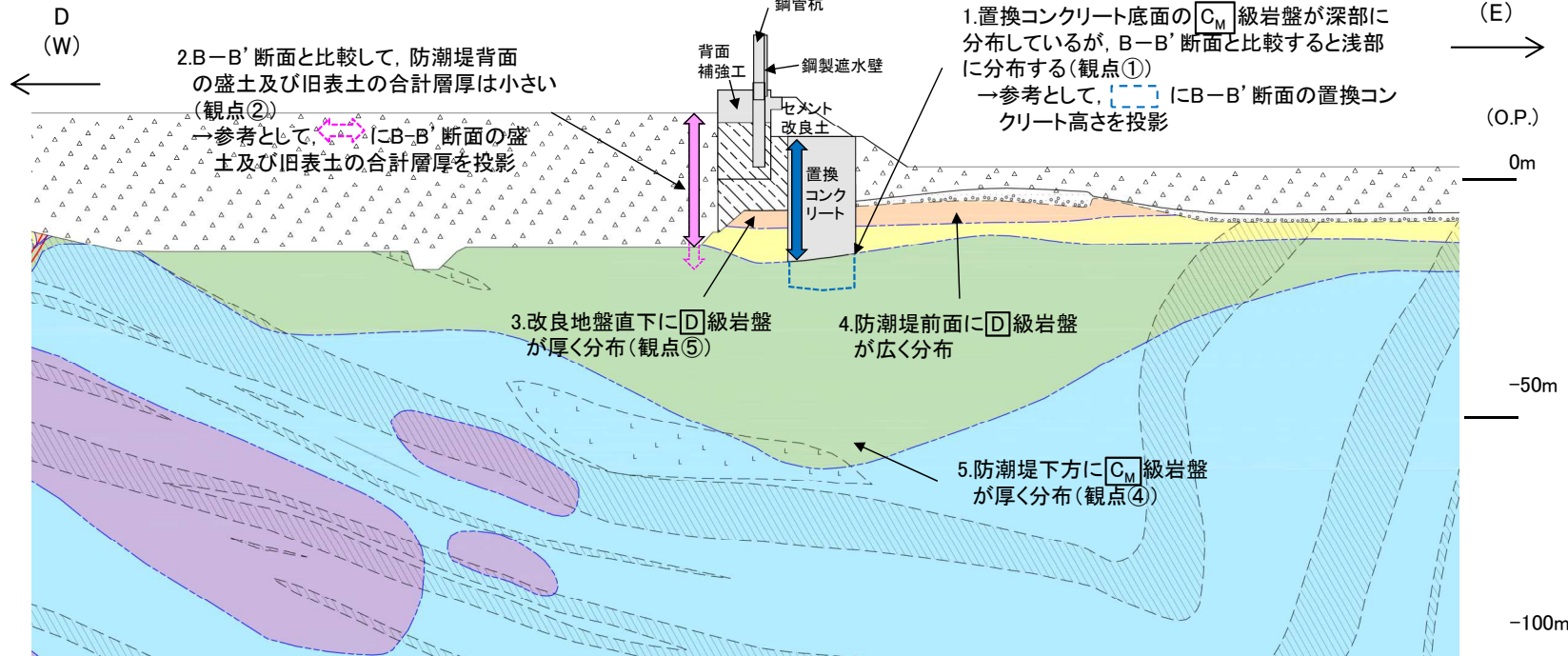
3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

3.5.2.3 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の評価断面候補(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)。
- 置換コンクリート底面のC<sub>M</sub>級岩盤が深部に分布しているが、B-B'断面と比較すると浅部に分布する(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⑤)。
  - 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<sub>L</sub>級及びD級岩盤は存在しない)
  - 防潮堤下方にC<sub>M</sub>級岩盤が厚く分布している(観点④)。
  - 狐崎部層に設置される。



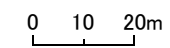
断面図位置



D-D'断面図

観点①: C<sub>M</sub>級岩盤の深さ  
観点②: 盛土及び旧表土の厚さ

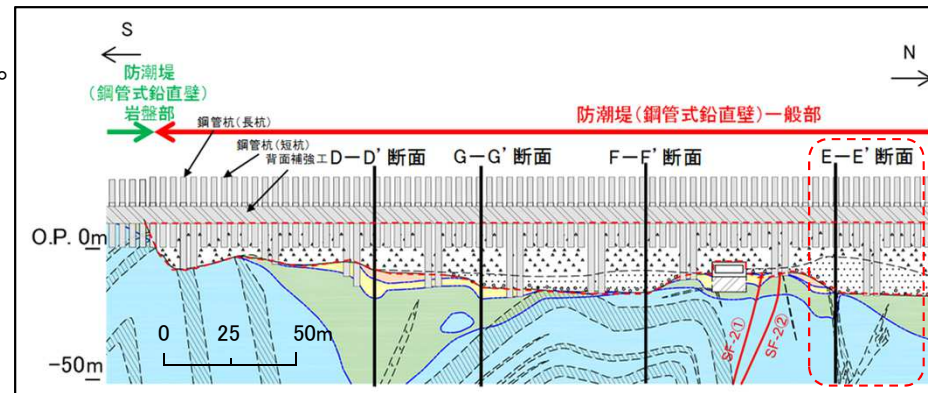
岩盤分類		例	
[B]	B 級	[Symbol]	盛土
[C <sub>H</sub> ]	C <sub>H</sub> 級	[Symbol]	第四系(砂・礫)
[C <sub>M</sub> ]	C <sub>M</sub> 級	[Symbol]	砂岩
[C <sub>L</sub> ]	C <sub>L</sub> 級	[Symbol]	頁岩
[D]	D 級	[Symbol]	ひん岩
[Symbol]	岩盤分類境界	[Symbol]	断層
[Symbol]		[Symbol]	地質境界
[Symbol]		[Symbol]	改良地盤



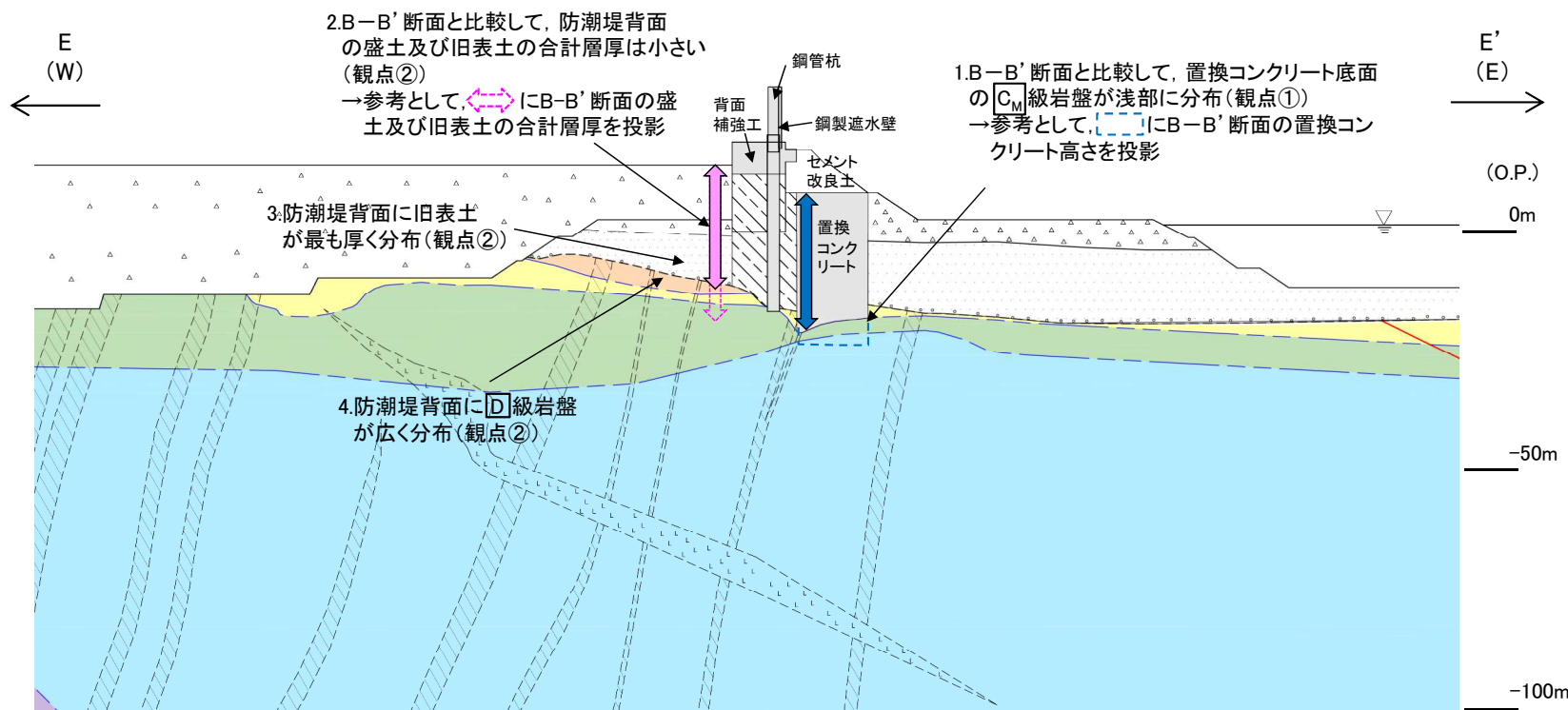
3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

3.5.2.3 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の評価断面候補(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'断面の断面図を下图に示す。
  - 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<sub>M</sub>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)。
  - 牧の浜部層に設置される。



断面図位置



E-E'断面図

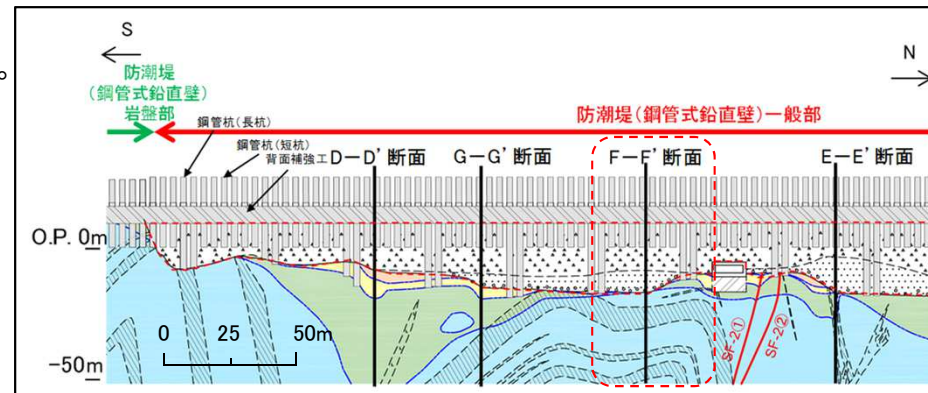
観点①: C<sub>M</sub>級岩盤の深さ  
観点②: 盛土及び旧表土の厚さ

岩盤分類		例	
[B]	B 級	[A A A]	盛 土
[C <sub>H</sub> ]	C <sub>H</sub> 級	[.]	第四系(砂・礫)
[C <sub>M</sub> ]	C <sub>M</sub> 級	[ ]	砂 岩
[C <sub>L</sub> ]	C <sub>L</sub> 級	[//]	頁 岩
[D]	D 級	[L L L]	ひ ん 岩
[~]	岩盤分類境界	[—]	断 層
		[---]	地 質 境 界
		[//]	改 良 地 盤

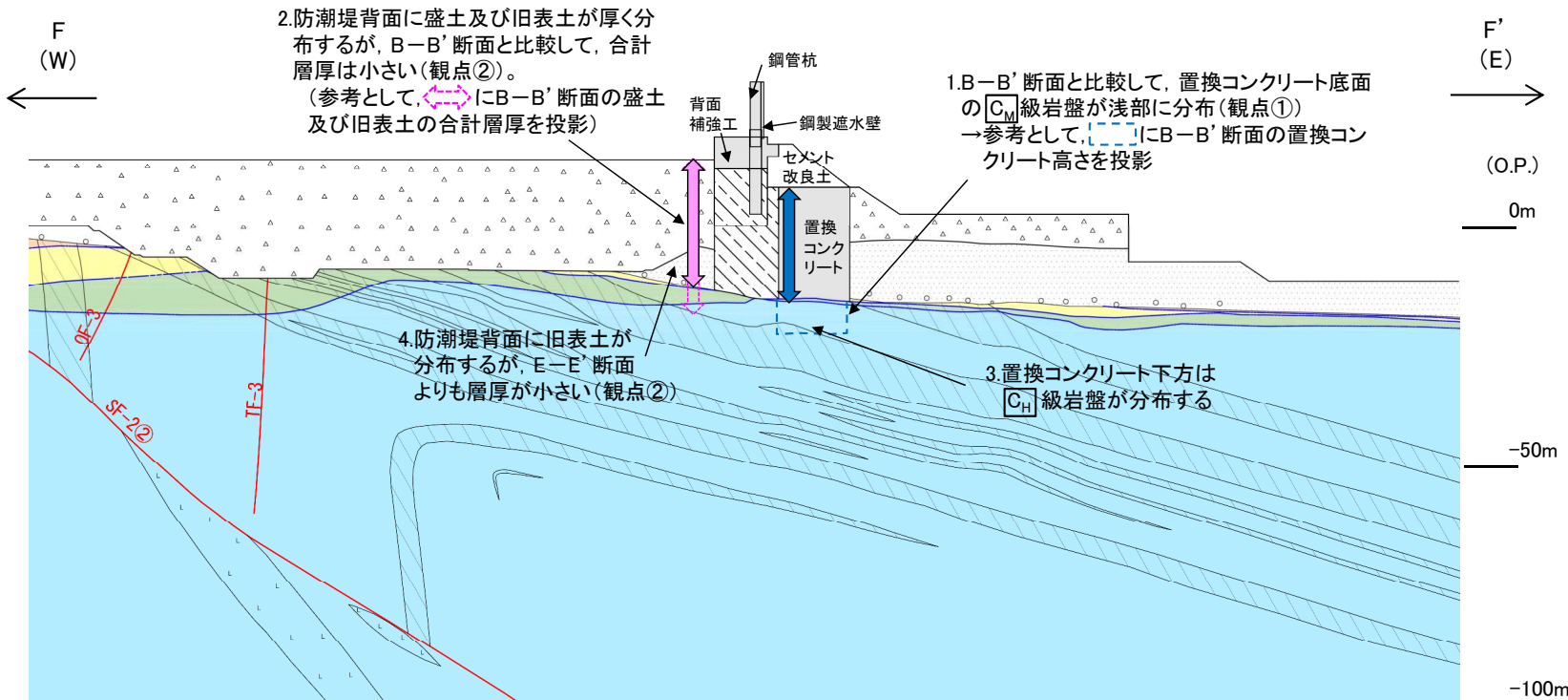
3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

3.5.2.3 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の評価断面候補(F-F'断面)

- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の評価断面候補であるF-F'断面の断面図を下图に示す。
  - F-F'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<sub>M</sub>]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)
  - 防潮堤背面に盛土及び旧表土が厚く分布するが、B-B'断面と比較して、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)
  - 置換コンクリート下方は[C<sub>H</sub>]級岩盤が分布する。
  - 防潮堤背面に旧表土が分布するが、E-E'断面よりも層厚は小さい(観点②)。
  - 狐崎部層に設置される。



断面図位置



F-F'断面図

観点①: [C<sub>M</sub>]級岩盤の深さ  
観点②: 盛土及び旧表土の厚さ

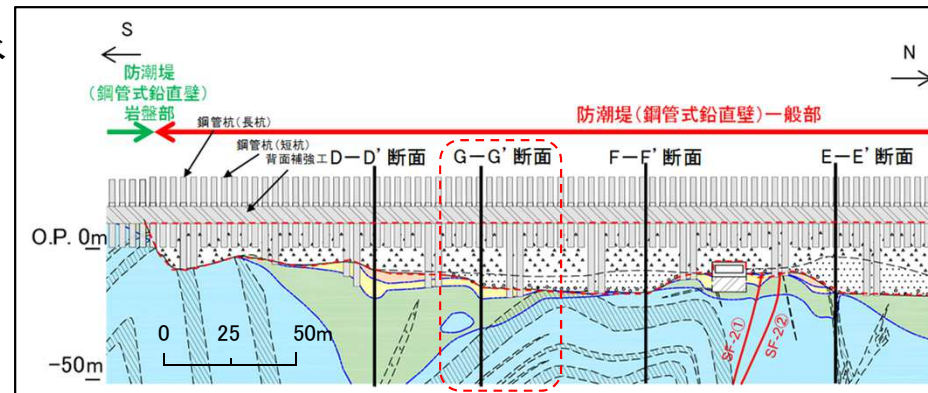
岩盤分類		例	
[B]	B級	[△△△]	盛土
[C <sub>H</sub> ]	C <sub>H</sub> 級	[□□□]	第四系(砂・礫)
[C <sub>M</sub> ]	C <sub>M</sub> 級	[□□□]	砂岩
[C <sub>L</sub> ]	C <sub>L</sub> 級	[□□□]	頁岩
[D]	D級	[LLL]	ひん岩
[Wavy]	岩盤分類境界	[Red Line]	断層
[Dashed]		[Dashed]	地質境界
[Hatched]		[Hatched]	改良地盤



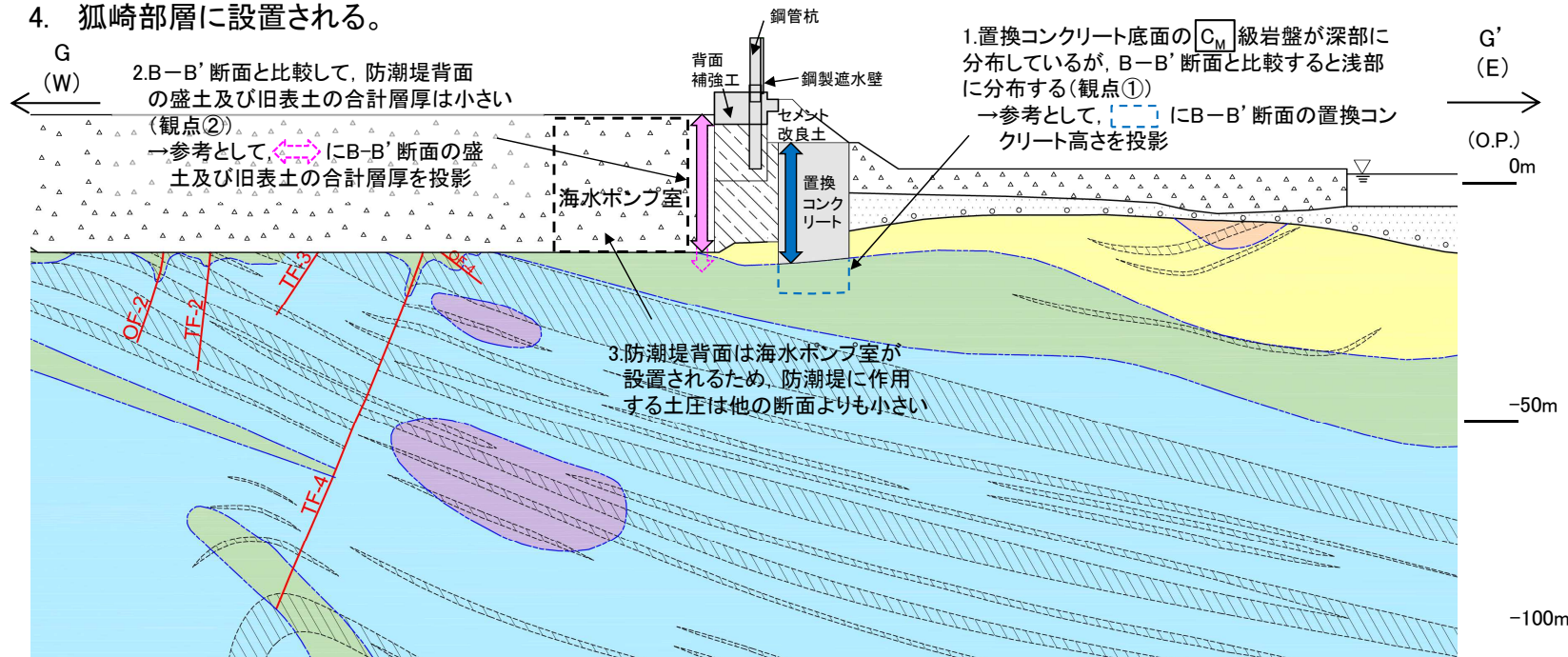
3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

3.5.2.3 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の評価断面候補(G-G'断面)

- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の評価断面候補であるG-G'断面の断面図を下図に示す。
  - G-G'断面は、観点①及び観点②に対する地質状況について、B-B'断面よりも影響が小さいとともに、防潮堤背面に地中構造物である海水ポンプ室が設置され、他の断面に比べ防潮堤に作用する土圧が小さいことを踏まえ、評価断面には選定しない。
  - G-G'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<sub>M</sub>級岩盤が深部に分布しているが、B-B'断面と比較すると浅部に分布する(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)
  - 防潮堤背面は地中構造物である海水ポンプ室が設置されるため、防潮堤に作用する土圧は他の断面よりも小さい。
  - 狐崎部層に設置される。



断面図位置



G-G'断面図

↔ 観点①: C<sub>M</sub>級岩盤の深さ  
↔ 観点②: 盛土及び旧表土の厚さ

岩盤分類		例	
[B]	B級	[△△△]	盛土
[CH]	CH級	[□□□]	第四系(砂・礫)
[CM]	CM級	[□□□]	砂岩
[CL]	CL級	[斜線]	頁岩
[D]	D級	[LLL]	ひん岩
[波線]	岩盤分類境界	[—]	断層
		[---]	地質境界
		[斜線]	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

3.5.2.4 防潮堤の評価断面選定方針

- 防潮堤(盛土堤防)については、選定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)一般部については、評価断面候補が複数存在することから、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を簡易的に定量評価して評価断面を選定する。
- その他特徴的な地質状況から、基礎地盤の安定性評価に影響を及ぼす可能性がある観点(観点③～⑤)に対して、評価断面を用いて影響検討を実施する。

		着目する観点	着目する理由	観点を踏まえた検討方針
評価断面を選定するための主な観点	観点①	置換コンクリート底面のせん断力	<ul style="list-style-type: none"> <li>置換コンクリート上面の標高は一定であるため、置換コンクリート底面のC<sub>M</sub>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ることで、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ため。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>B-B'断面～F-F'断面に対し、各断面の地質を踏まえた次元波動論による地震応答解析により、観点①及び観点②をそれぞれ定量評価して、評価断面を選定する。(3.5.2.5)</li> </ul>
	観点②	防潮堤背面の土圧	<ul style="list-style-type: none"> <li>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ため。</li> </ul>	
影響検討の観点	観点③	部層の相違による影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部は牧の浜部層(B-B'断面, C-C'断面, E-E'断面)及び狐崎部層(D-D'断面, F-F'断面, G-G'断面)に跨って設置されていることを踏まえ、部層の相違が発生せん断応力及びすべり安全率に及ぼす影響を確認するため。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>部層の違いにより発生せん断力に大差ないことを確認するため、評価断面であるB-B'断面の次元波動論の解析モデルにおいて、両部層の解析用物性値を用いて比較する。</li> <li>その上で、評価断面であるB-B'断面に対する二次元等価線形全応力解析におけるせん断強度を、狐崎部層の強度に入れ替えてすべり安全率に対する影響を確認する。(3.5.2.6)</li> </ul>
	観点④	C <sub>M</sub> 級岩盤の分布による影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>置換コンクリートはC<sub>M</sub>級岩盤に設置されるため、置換コンクリート下方のすべりは、C<sub>M</sub>級岩盤のせん断抵抗の影響が大きいことから、C<sub>M</sub>級岩盤が厚く分布する断面(D-D'断面)では、すべり安全率に影響を及ぼす可能性があるため。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>評価断面であるB-B'断面とD-D'断面で発生するせん断力に大差ないことを確認するため、それぞれの地質状況を反映した次元波動論による地震応答解析により深さ方向のせん断応力を比較する。</li> <li>その上で、評価断面であるB-B'断面に対する二次元等価線形全応力解析において、深さ方向を変えたすべり安全率を算定し、影響を確認する。(3.5.2.6)</li> </ul>
	観点⑤	D級岩盤の分布による影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>せん断強度が比較的小さいD級岩盤が改良地盤直下に厚く分布する断面(C-C'断面, D-D'断面)では、すべり安全率に影響を及ぼす可能性があるため。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>評価断面であるB-B'断面の二次元等価線形全応力解析において、改良地盤直下の岩盤強度をD級としてすべり安全率を算定し影響を確認する。(3.5.2.6)</li> </ul>

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

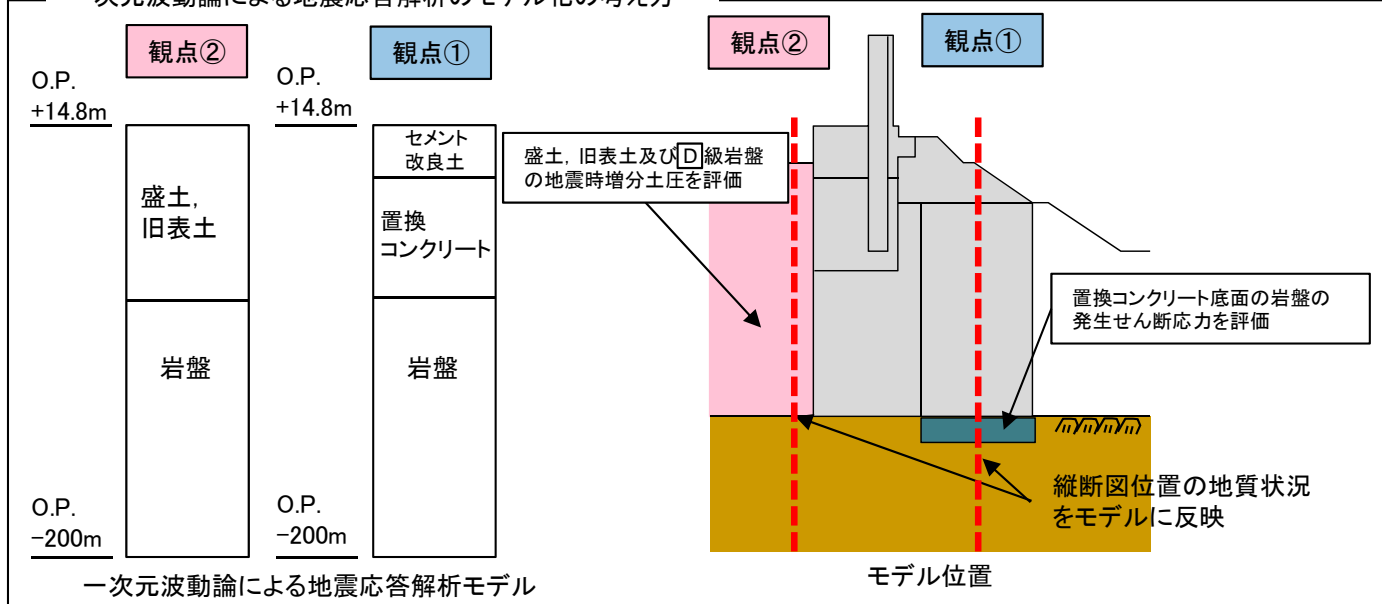
3.5.2.5 評価断面選定(断面選定の指標)

- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部について、B-B'断面~F-F'断面で次元波動論による地震応答解析を実施し、下表に示す指標により評価断面を選定する。
- 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。

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"> <li>置換コンクリート上面の標高は一定であるため、置換コンクリート底面の[C<sub>M</sub>]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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>
断面選定の指標	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	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

次元波動論による地震応答解析のモデル化の考え方\*



■土圧の評価方法  
盛土、旧表土及び[D]級岩盤による土圧は、道路橋示方書・同解説(IV下部構造編, V耐震設計編)に基づいた地盤反力係数を用い、下式により評価する。

$$P = \sum (K_H \times h_i \times \delta_i)$$

P: 土圧の合計値(kN/奥行1m)  
 K<sub>H</sub>: 水平方向地盤反力係数(kN/m<sup>3</sup>)であり、下式より算出する  

$$K_H = K_{H0} (B_H / 0.3)^{-3/4}$$
  
 h<sub>i</sub>: 着目層の厚さ(m)  
 δ<sub>i</sub>: 地震応答解析により算出した着目深さ位置での地盤変位(m)  
 K<sub>H0</sub>: 水平方向地盤反力係数の基準値(kN/m<sup>3</sup>)であり、下式より算出する  

$$K_{H0} = E_d / 0.3$$
  
 B<sub>H</sub>: 換算載荷幅であり、ここでは各断面の比較を目的とするため、一律10mとする  
 E<sub>d</sub>: 動弾性係数(kN/m<sup>2</sup>)  
 →地震応答解析から求められる収束剛性を用いて算出する

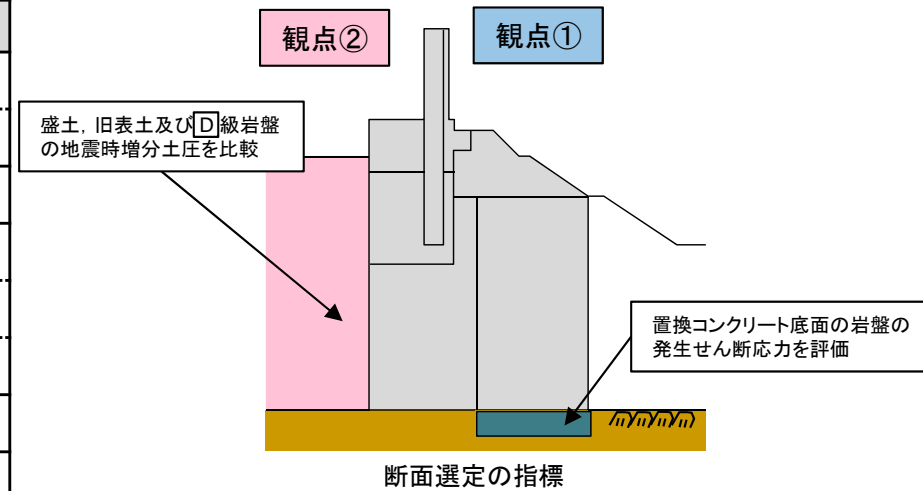
\*次元波動論による地震応答解析モデルについて、各断面の詳細を補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に記載

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

3.5.2.5 評価断面選定(評価断面選定結果)

- 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。

構造	断面	着目する地質状況
防潮堤 (鋼管式鉛直壁) 一般部	B-B'断面	・置換コンクリート底面のC <sub>M</sub> 級岩盤が最も深部に分布 ・盛土が最も厚く分布
	C-C'断面	・D級岩盤が最も厚く分布
	D-D'断面	・置換コンクリート底面のC <sub>M</sub> 級岩盤が深部に分布
		・C <sub>M</sub> 級岩盤が厚く分布 ・D級岩盤が厚く分布
	E-E'断面	・旧表土が最も厚く分布
	F-F'断面	・盛土及び旧表土が厚く分布



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 <sup>2</sup>	5.5 × 10 <sup>2</sup>	5.5 × 10 <sup>2</sup>
C-C'断面	4.8 × 10 <sup>2</sup>	4.9 × 10 <sup>2</sup>	4.3 × 10 <sup>2</sup>
D-D'断面	4.7 × 10 <sup>2</sup>	4.8 × 10 <sup>2</sup>	4.4 × 10 <sup>2</sup>
E-E'断面	4.4 × 10 <sup>2</sup>	4.6 × 10 <sup>2</sup>	4.1 × 10 <sup>2</sup>
F-F'断面	4.2 × 10 <sup>2</sup>	4.5 × 10 <sup>2</sup>	3.9 × 10 <sup>2</sup>

(単位: kN/m<sup>2</sup>)

観点②(赤字が各Ss毎の最大値)

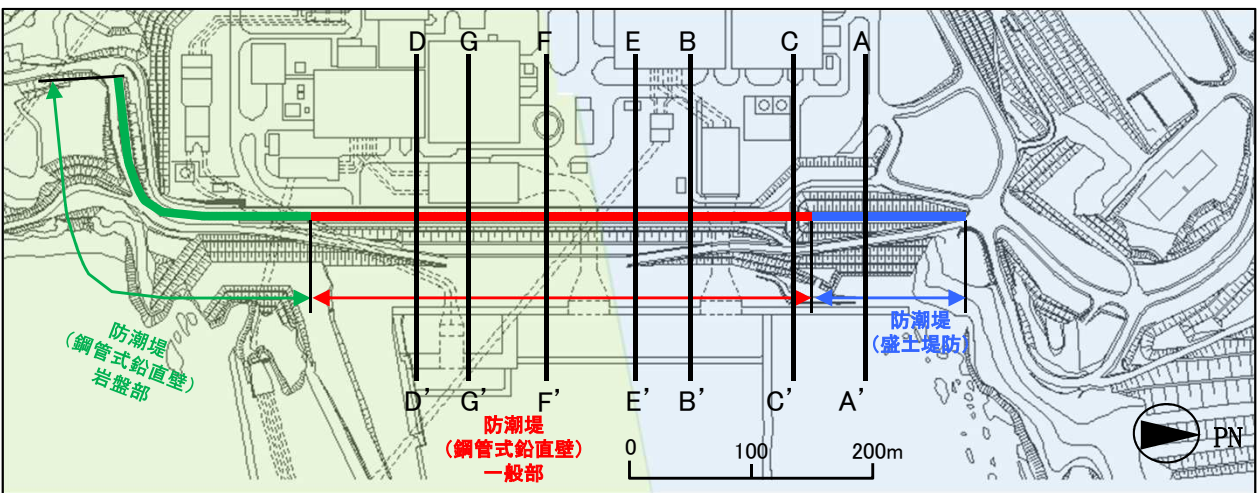
	観点②(盛土、旧表土及びD級岩盤の地震時増分土圧)		
	Ss-D1	Ss-D2	Ss-N1
B-B'断面	3.1 × 10 <sup>4</sup>	2.6 × 10 <sup>4</sup>	3.2 × 10 <sup>4</sup>
C-C'断面	1.1 × 10 <sup>4</sup>	0.9 × 10 <sup>4</sup>	1.2 × 10 <sup>4</sup>
D-D'断面	1.4 × 10 <sup>4</sup>	1.2 × 10 <sup>4</sup>	1.6 × 10 <sup>4</sup>
E-E'断面	2.4 × 10 <sup>4</sup>	2.4 × 10 <sup>4</sup>	2.9 × 10 <sup>4</sup>
F-F'断面	2.2 × 10 <sup>4</sup>	2.1 × 10 <sup>4</sup>	2.5 × 10 <sup>4</sup>

(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

3.5.2.6 影響検討(部層の相違による影響検討【観点③】その1)

- 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)一般部は牧の浜部層(B-B'断面, C-C'断面, E-E'断面)及び狐崎部層(D-D'断面, F-F'断面, G-G'断面)に跨って設置されていることを踏まえ、部層の相違による影響を検討した。
- 部層の違いによる発生せん断応力への影響を把握するため、B-B'断面の次元波動論による地震応答解析モデルにおいて、両部層の解析用物性値を用いて比較する。
- その上で、B-B'断面の2次元等価線形全応力解析結果に対して、岩盤のせん断強度を狐崎部層の強度に入れ替えてすべり安全率に対する影響を確認する。



断面図位置と部層の関係

凡例

- : 狐崎部層
- : 牧の浜部層

敷地の地質層序表

年代層序区分		中生界 牡鹿半島の層序※	
新第三系	新第三系	山崎層	
	武蔵三層		
	武蔵三層		
中生界	上層	山崎層	
	中層	松川層	松川層 800~850
		松川層	松川層 800~850
	下層	松川層	松川層 800~850
松川層		松川層 800~850	
三畳系	上層	月の層	月の層 850
	中層	月の層	月の層 850
	下層	月の層	月の層 850
		三畳系	三畳系

※ 調査資料(1887)に一部加筆

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

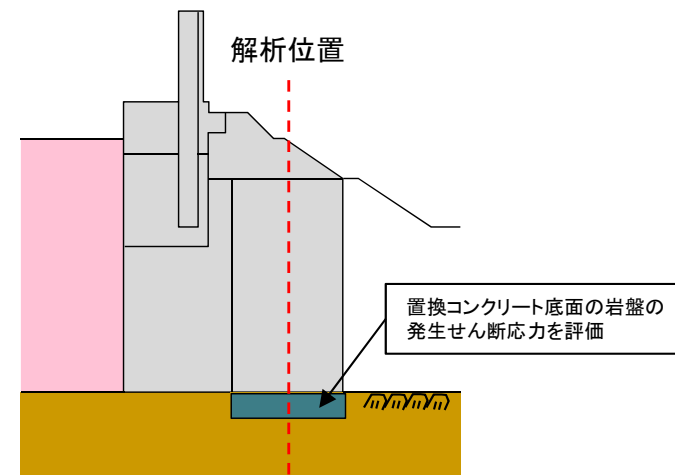
3.5.2.6 影響検討(部層の相違による影響検討【観点③】その2)

■ 部層の相違による発生せん断応力への影響について

- 部層の違いによる発生せん断応力への影響を把握するため、B-B'断面の一次元波動論による地震応答解析モデル※において、両部層の解析用物性値を用いて比較した。
- 解析位置は、評価断面選定における観点①(置換コンクリート底面のせん断力)同様、置換コンクリート中央位置とし、地震動は防潮堤基礎地盤のすべり安全率が小さくなるSs-D1, Ss-D2, Ss-N1とした。
- その結果、下表のとおり、牧の浜部層における発生せん断応力は、狐崎部層における発生せん断応力と同等であり、部層の相違による発生せん断応力の影響は小さいことを確認した。

部層の相違による発生せん断応力の比較 (単位:kN/m<sup>2</sup>)

	解析用物性値	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	狐崎部層	$5.4 \times 10^2$	$5.5 \times 10^2$	$5.1 \times 10^2$
	牧の浜部層 (B-B'断面に分布)	$5.8 \times 10^2$	$5.5 \times 10^2$	$5.5 \times 10^2$



解析位置及び評価位置

※一次元波動論による地震応答解析モデルについて、各断面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 影響検討(部層の相違による影響検討【観点③】その3)

■ 部層の相違によるすべり安全率への影響について

- 部層の相違による発生せん断応力の影響は小さいことを踏まえ、B-B'断面の2次元FEM解析結果に対し、岩盤のせん断強度を狐崎部層の強度に入れ替えて、すべり安全率に対する影響を確認する。
- なお、3.5.2.5のとおり、B-B'断面は、観点①(置換コンクリート底面のせん断力)及び観点②(防潮堤背面の土圧)の影響が、狐崎部層も含めた断面の中で最も大きいことから、B-B'断面の2次元等価線形全応力解析結果を用いることは保守的な条件となる。
- その結果、下表のとおり、最小すべり安全率は牧の浜部層の場合の2.9に対し、狐崎部層の場合は2.7であり、部層の相違がすべり安全率に及ぼす影響は小さいこと、また、保守的な条件を仮定しても最小すべり安全率は1.5以上を十分満足することを確認した。

部層の相違によるすべり安全率の比較

	防潮堤(鋼管式鉛直壁):B-B'断面	基準地震動 (位相)	発生時刻 (秒)	最小すべり 安全率 (牧の浜部層)	最小すべり 安全率 (狐崎部層)
最小すべり面		Ss-D1 (+,-)	25.47	2.9	2.7

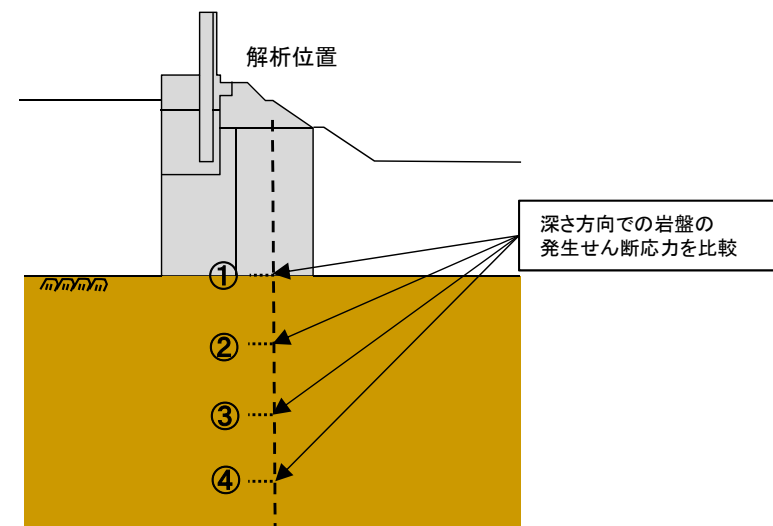
3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

3.5.2.6 影響検討(C<sub>M</sub>級岩盤の分布による影響検討【観点④】その1)

- C<sub>M</sub>級岩盤の分布がすべり安全率に及ぼす影響を確認するため、まず、評価断面であるB-B'断面(牧の浜部層)とC<sub>M</sub>級岩盤が厚く分布するD-D'断面(狐崎部層)について、それぞれの地質状況及び解析用物性値を反映した一次元波動論による地震応答解析※により深さ方向の発生せん断応力を比較する。
- その上で、評価断面に対する2次元等価線形全応力解析において深さ方向を変えたすべり安全率を算定し、影響を確認する。
- 一次元波動論による地震応答解析の解析位置は、評価断面選定における観点①(置換コンクリート底面のせん断力)同様、置換コンクリート中央位置とし、地震動は防潮堤基礎地盤のすべり安全率が小さくなるSs-D1, Ss-D2, Ss-N1とした。
- その結果、B-B'断面とD-D'断面の深さ方向における発生せん断応力に大きな相違がないことを確認した。

B-B'断面(牧の浜部層)とD-D'断面(狐崎部層)の深さ方向における発生せん断応力の比較  
(単位:kN/m<sup>2</sup>)

比較位置	比較位置における岩盤の最大せん断応力					
	Ss-D1		Ss-D2		Ss-N1	
比較位置	B-B'断面	D-D'断面	B-B'断面	D-D'断面	B-B'断面	D-D'断面
①	5.8 × 10 <sup>2</sup>	5.7 × 10 <sup>2</sup>	5.5 × 10 <sup>2</sup>	5.3 × 10 <sup>2</sup>	5.5 × 10 <sup>2</sup>	5.4 × 10 <sup>2</sup>
②	6.6 × 10 <sup>2</sup>	6.5 × 10 <sup>2</sup>	6.0 × 10 <sup>2</sup>	5.9 × 10 <sup>2</sup>	6.5 × 10 <sup>2</sup>	6.4 × 10 <sup>2</sup>
③	8.1 × 10 <sup>2</sup>	8.0 × 10 <sup>2</sup>	7.2 × 10 <sup>2</sup>	7.0 × 10 <sup>2</sup>	9.0 × 10 <sup>2</sup>	8.8 × 10 <sup>2</sup>
④	9.1 × 10 <sup>2</sup>	8.8 × 10 <sup>2</sup>	8.6 × 10 <sup>2</sup>	8.7 × 10 <sup>2</sup>	11.3 × 10 <sup>2</sup>	11.0 × 10 <sup>2</sup>



発生せん断応力の比較位置イメージ図

発生せん断応力の比較位置の考え方

比較位置	考え方
①	B-B'断面の置換コンクリート底面位置
②	B-B'断面のC <sub>M</sub> 級岩盤下端位置
③	②と④の中間深さ
④	D-D'断面のC <sub>M</sub> 級岩盤下端位置

※一次元波動論による地震応答解析モデルについて、各断面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 影響検討(C<sub>M</sub>級岩盤の分布による影響検討【観点④】その2)

- B-B'断面及びD-D'断面において、発生せん断応力に大きな相違がないことを踏まえて、B-B'断面(牧の浜部層)の地質構造を反映した2次元等価線形全応力解析の結果に対してすべり面の深さ方向の検討を行う。
- なお、検討すべり面の深さは、D-D'断面のC<sub>M</sub>級岩盤下端の深さを考慮し、また、岩盤のせん断強度については、C<sub>H</sub>級及びB級岩盤のせん断強度に対しても牧の浜部層のC<sub>M</sub>級岩盤のせん断強度を適用した。
- 検討の結果、C<sub>M</sub>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を確認した。

	防潮堤(鋼管式鉛直壁):B-B'断面	すべり面位置		すべり面設定の考え方	
		検討すべり面 	①	B-B'断面の置換コンクリート底面のすべり (B-B'断面の最小すべり安全率となるすべり面)	
②	B-B'断面のC <sub>M</sub> 級岩盤下端位置のすべり				
③	②と④の中間深さのすべり				
④	D-D'断面のC <sub>M</sub> 級岩盤下端位置のすべり				
検討結果 	すべり面位置	基準地震動	発生時刻	最小すべり安全率	
	①	Ss-D1 (+,-)	25.47	2.9	
	②	Ss-D2 (+,-)	13.48	3.6	
	③	Ss-N1 (-,+)	7.55	6.0	
	④	Ss-N1 (-,+)	7.56	7.5	

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 影響検討( **D** 級岩盤の分布による影響検討【観点⑤】)

- 改良地盤直下の **D** 級岩盤の分布がすべり安全率に及ぼす影響を確認するため、評価断面であるB-B'断面の2次元等価線形全応力解析において、改良地盤直下の **C<sub>1</sub>** 級岩盤の強度を **D** 級岩盤の強度に置換えてすべり安全率を確認した。
- 強度を置換える前後のすべり安全率はいずれも2.9であり、改良地盤直下に **D** 級岩盤が分布した場合でも、すべり安全率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):B-B'断面	基準地震動 (位相)	発生時刻 (秒)	最小すべり 安全率※
置換え範囲	<p>置換え範囲</p>			
最小すべり面	<p>最小すべり面</p>			

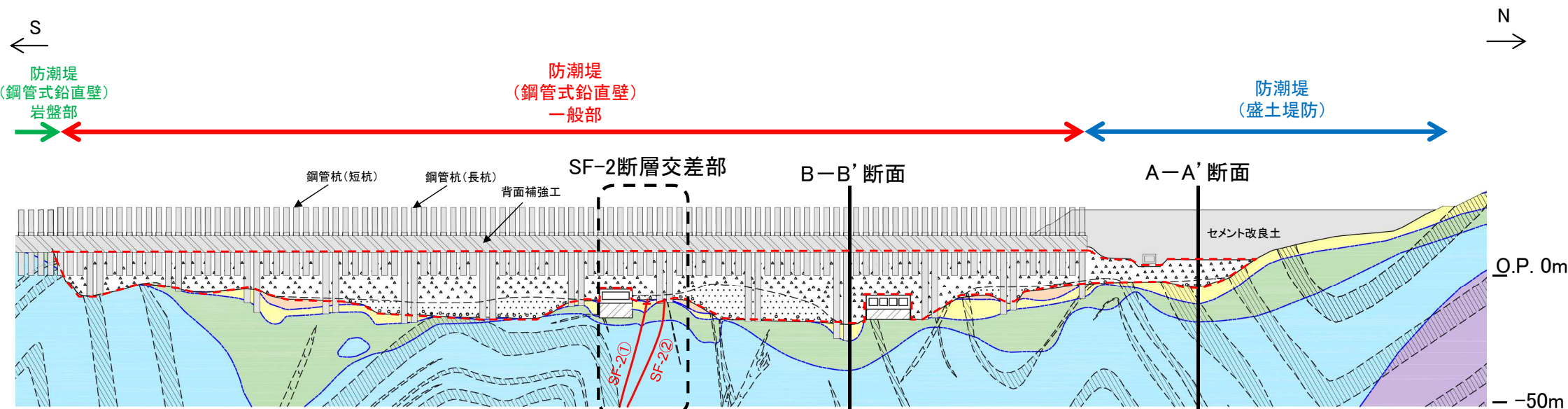
※:( )は **D** 級岩盤強度に置換える前のすべり安全率

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

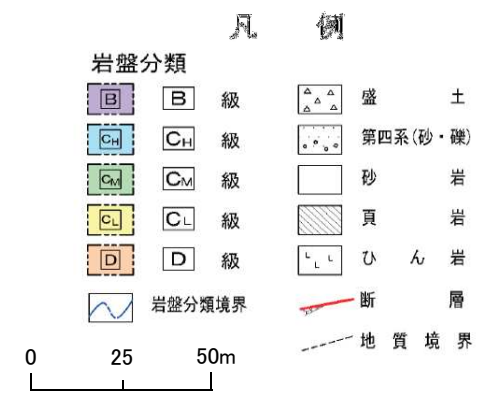
3.5.2.7 SF-2断層交差部の検討①

■ 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。



防潮堤縦断面図※



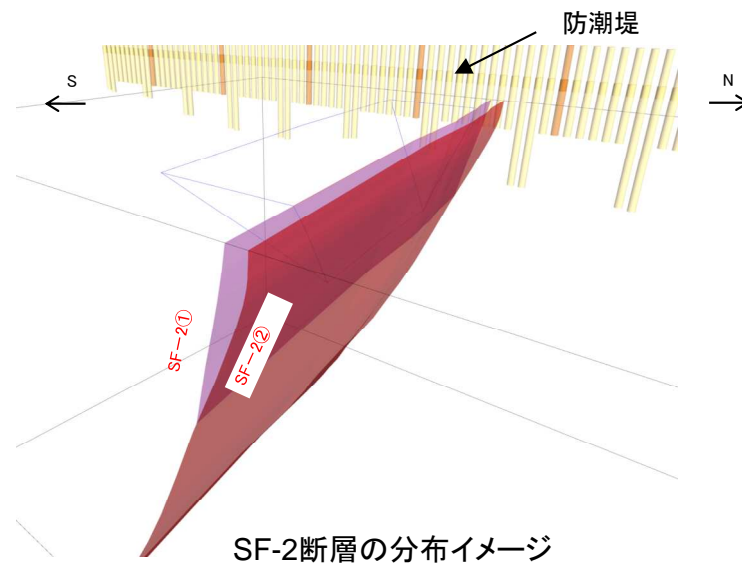
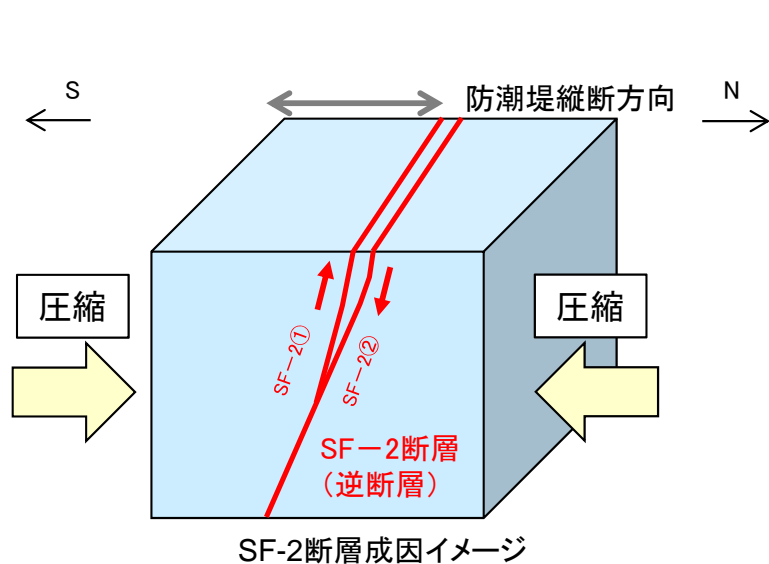
※: 図中の[ ]については、改良地盤箇所であるが、盛土及び旧表土の分布を示すために、改良前の地質状況としている。

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

3.5.2.7 SF-2断層交差部の検討②

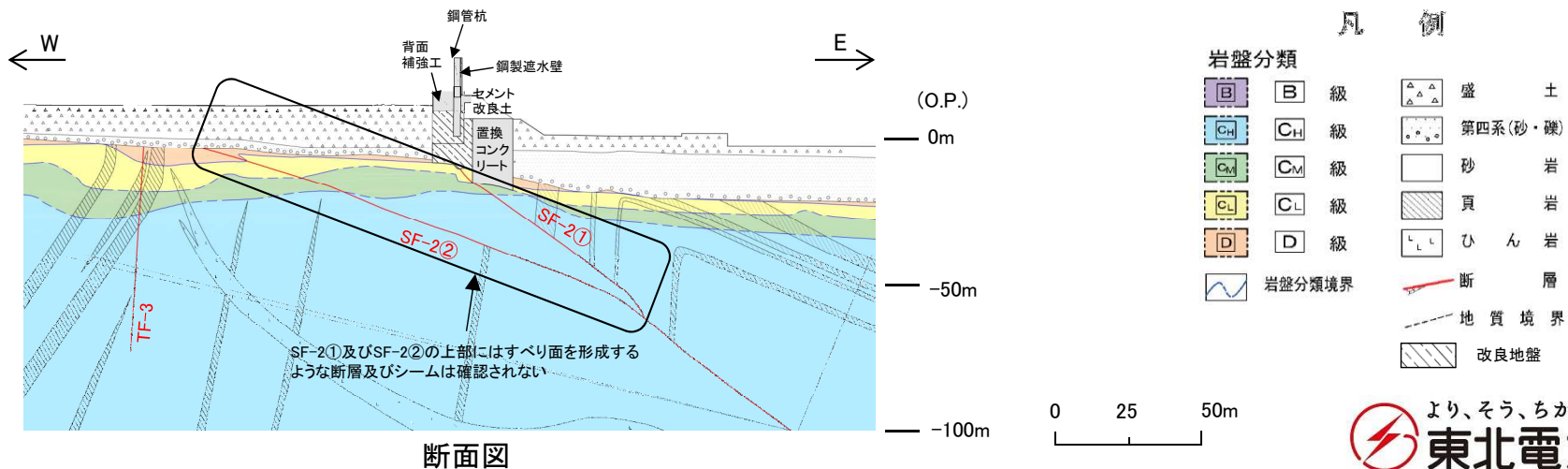
■ SF-2断層の成因及び分布

- 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。

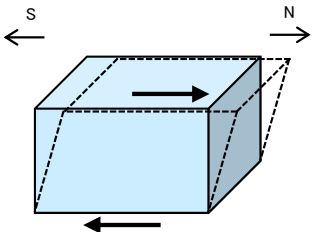
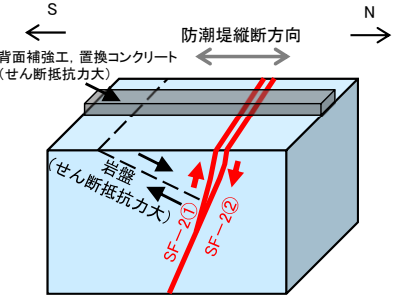
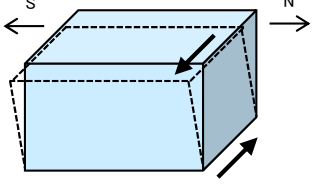
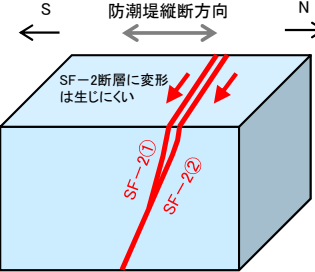


3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定 3.5.2 防潮堤の断面選定

3.5.2.7 SF-2断層交差部の検討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、岩盤面を組み合わ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、岩盤面を組み合わ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断層と岩盤面を組み合わせたすべりブロックは想定しにくい、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。

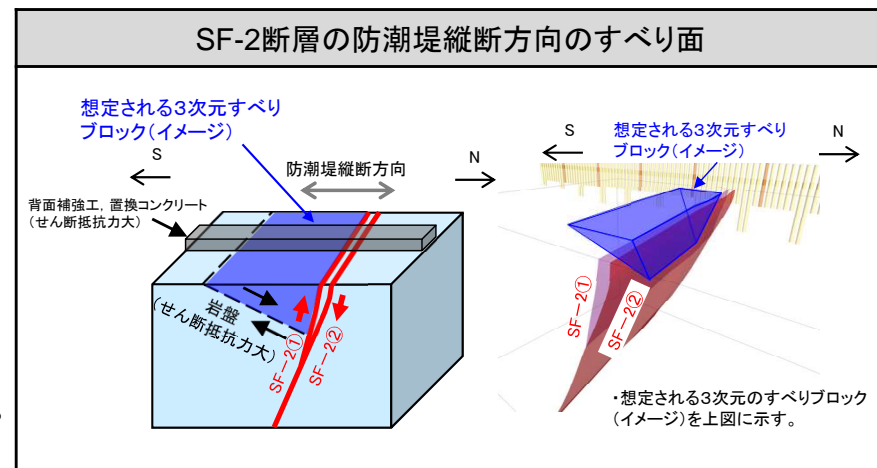
地震時に支配的な地盤変形成分	SF-2断層が形成するすべり面
<p>成分① (南北方向の水平せん断)</p> 	 <ul style="list-style-type: none"> <li>SF-2断層は南北方向の水平せん断方向と直交するため、水平動による地盤の変形によってSF-2断層面がすべる変形が生じるが、せん断抵抗力の大きい岩盤の抵抗により、岩盤面を組み合わせたすべりブロックは想定しにくい。</li> <li>なお、防潮堤位置の縦断方向においては、強度の大きい背面補強工及び置換コンクリートを連続して設置していることから、防潮堤位置ではよりすべりにくい。</li> </ul>
<p>成分②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

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 SF-2断層交差部の検討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<sub>L</sub>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。
- 原子炉建屋 X-X'断面において、SF-2断層と岩盤及び盛土から成るすべり面に対し、すべり安全率照査を行った結果、最小すべり安全率は2.9であり、1.5以上を十分満足することを確認している。
- また、防潮堤位置における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。



	原子炉建屋: X-X'断面	基準地震動 (位相)	発生時刻 (秒)	最小すべり 安全率
検討すべり面				
最小すべり面		Ss-D1 (-,+)	20.42	2.9

岩盤分類

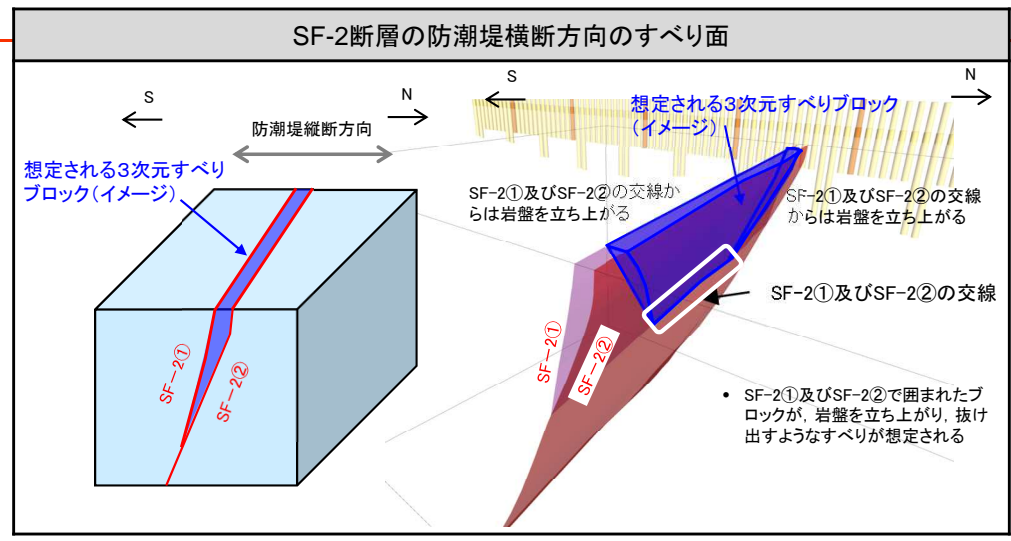
B 級	盛土
C <sub>H</sub> 級	第四系(砂・礫)
C <sub>M</sub> 級	砂
C <sub>L</sub> 級	頁岩
D 級	ひん岩
岩盤分類境界	断層
	地質境界

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 SF-2断層交差部の検討⑤

■ 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る。
- 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。
- その結果、SF-2①及びSF-2②に囲まれたブロックの最小すべり安全率は4.3であり、1.5以上であることを満足している。



	防潮堤(鋼管式鉛直壁): B-B'断面	基準地震動 (位相)	発生時刻 (秒)	最小すべり安全率
検討すべり面	<p>← S N →</p> <p>想定される3次元すべりブロック (イメージ)</p> <p>SF-2①及びSF-2②の交線からは岩盤を立ち上げる</p> <p>SF-2①及びSF-2②の交線からは岩盤を立ち上げる</p> <p>SF-2①及びSF-2②の交線</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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</li> </ul> <p>SF-2①及びSF-2②の交線を防潮堤の評価断面(B-B'断面)に投影</p>			
最小すべり面	<p>← W E →</p> <p>背面補強工</p> <p>置換コンクリート</p> <p>岩盤を立ち上がり※, 地表面に抜けるすべり面をパラスタ</p> <p>岩盤を立ち上がり※, 地表面に抜けるすべり面をパラスタ</p> <p>SF-2①とSF-2②の交線 (せん断強度=断層のせん断強度)</p>	Ss-N1 (+,+)	7.56	4.3

※: 岩盤の立ち上り位置については、補足説明資料3.4.4で示した地盤の局所安全係数が相対的に厳しくなる範囲( $f_s < 2.0$ )を踏まえ、ここでは防潮堤の周囲“施設幅×1.5”の範囲までを考慮する。

## 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. 8 防潮堤の断面選定に関するまとめ

## ■ 評価断面選定に対するまとめ

- 防潮堤(盛土堤防)については、選定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した。
- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部については、評価断面候補が複数存在することから、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の影響が最も大きいB-B'断面を評価断面として選定した。

## ■ 影響検討のまとめ

- 部層の相違による影響【観点③】
  - 部層の相違による影響検討として次元波動論による地震応答解析を行い、部層の相違が発生せん断応力に及ぼす影響は小さいことを確認した。
  - 次に、評価断面であるB-B'断面のすべり安全率評価により、部層の相違がすべり安全率に及ぼす影響は小さいこと、また、保守的な条件を仮定しても最小すべり安全率は1.5以上を十分満足することを確認した。
- C<sub>M</sub>** 級岩盤の分布に対する影響【観点④】
  - 評価断面であるB-B'断面における深さ方向のすべり安全率評価によって、**C<sub>M</sub>** 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を確認した。
- D** 級岩盤の分布に対する影響【観点⑤】
  - 評価断面であるB-B'断面において、改良地盤直下の**C<sub>L</sub>** 級岩盤の強度を**D** 級岩盤の強度に置換えたすべり安全率評価により、改良地盤直下の**D** 級岩盤の分布がすべり安全率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)一般部の安定性評価に影響を及ぼすことが考えられる追加の観点(観点③～⑤)について影響検討を実施し、B-B'断面以外の評価断面候補の地質的特徴を踏まえても、B-B'断面の評価により防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部の評価を網羅していることを確認した。

## ■ SF-2断層交差部の検討

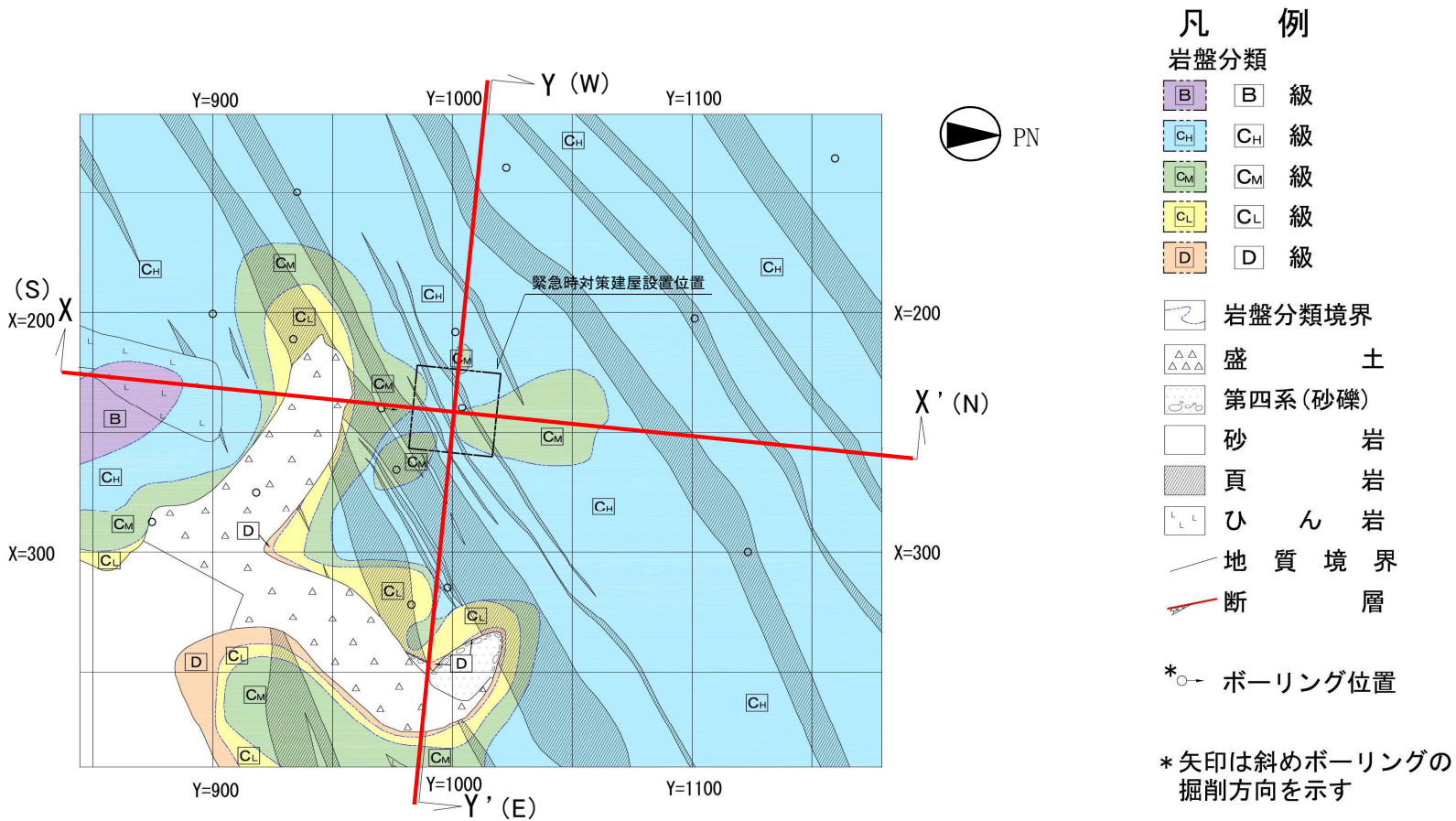
- SF-2断層は成因、分布からすべり面を形成しにくい<sup>が</sup>、万が一すべり面を形成する場合を想定し、防潮堤縦断方向(南北方向)及び防潮堤横断方向(東西方向)に対する検討を実施した。
- その結果、防潮堤縦断方向(南北方向)及び防潮堤横断方向(東西方向)のすべりに対して十分安全であることを確認した。



3. 評価断面の選定 3.5 評価断面の選定

3.5.3 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<sub>L</sub>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)

0 50m

### 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 <sup>※3</sup>
本文	別記			
第3条第1項 第38条第1項 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>
	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>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<sup>※1</sup>。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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<sup>※1</sup>、<sup>※2</sup>。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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<sup>※1</sup>、<sup>※2</sup>。</li> <li>防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部<sup>※3</sup>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。</li> </ul>
第3条第2項 第38条第2項 施設は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	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>防潮堤(鋼管式鉛直壁)一般部<sup>※3</sup>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。</li> </ul>
	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>同左</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>同左</li> </ul>
第3条第3項 第38条第3項 施設は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	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>同左</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>同左</li> </ul>

※1:液状化検討対象層の盛土・旧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

- ・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

## 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(1/2,000)を超えないことを確認

## 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(1/2,000)を超えないことを確認

## 6. 周辺斜面の安定性評価

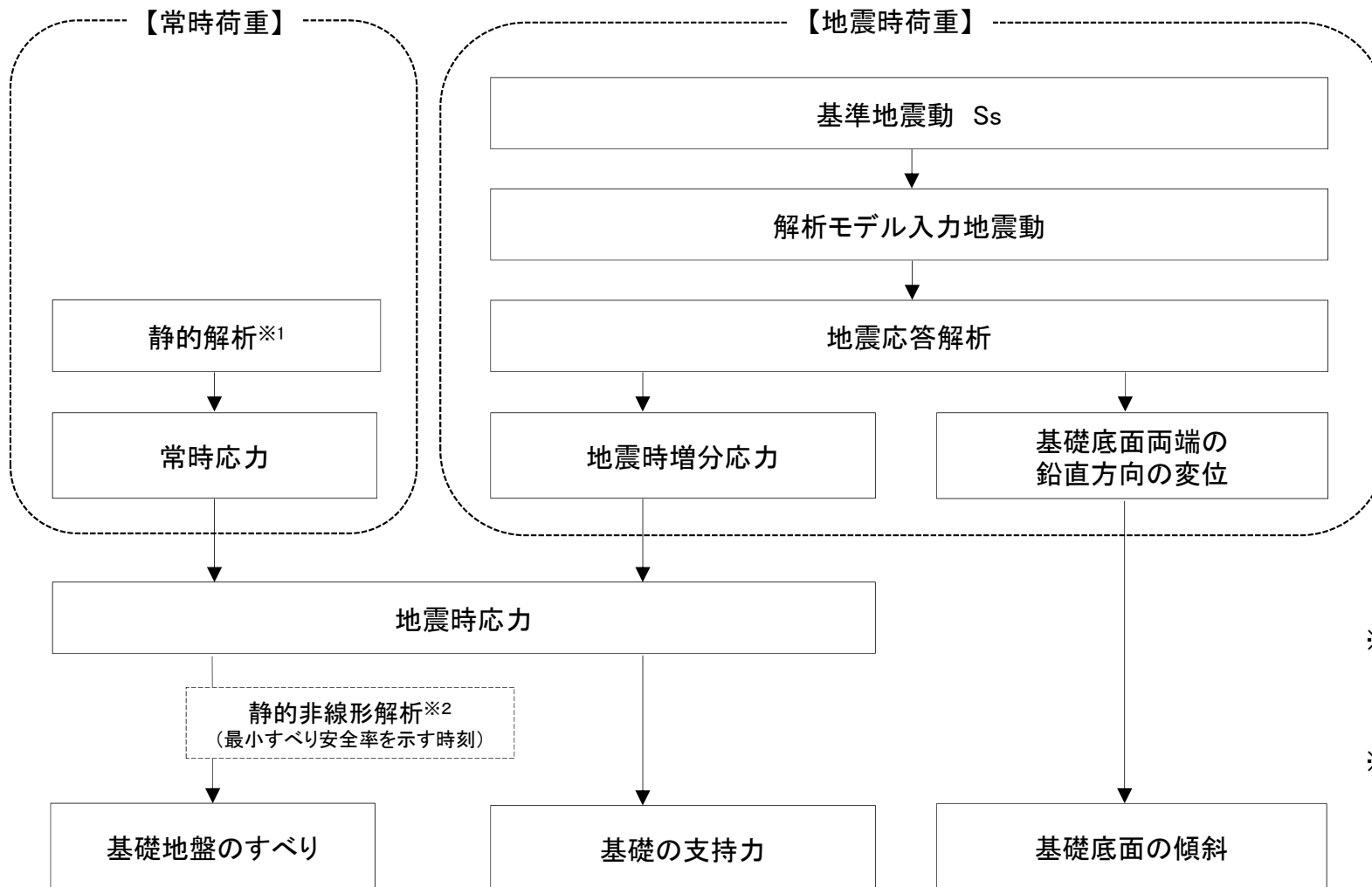
- ・斜面法尻からの離間距離により, 周辺斜面が対象施設に影響を与えないことを確認

## 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<sup>\*</sup>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 JEAG4601-2015(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係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 $-1\sigma$ 強度)を併せて検討する。

<sup>\*</sup>: 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

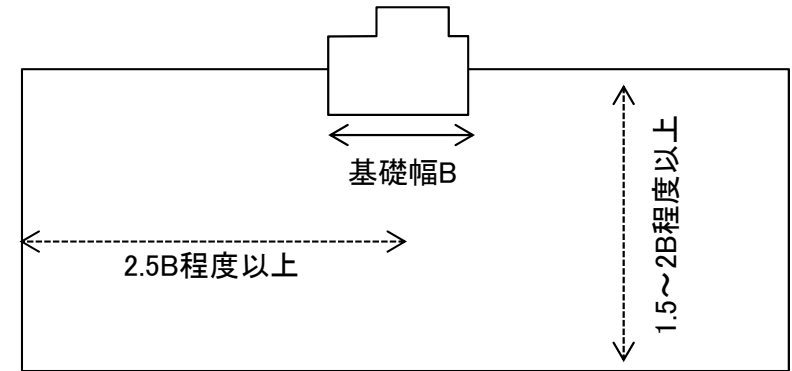
- 動的解析用のモデルの深さは、「一般に建屋底面幅の1.5～2倍とする」。
- 動的解析用モデルの側方境界は、「建屋の振動方向にそれぞれ建屋幅の2.5倍以上離れた点に設ければよい」。  
「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2015」(日本電気協会)



- JEAG4601-2015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に設定した。

#### ■ 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Vs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)  
 $\lambda_s$  : 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 JEAG4601-2015」(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

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

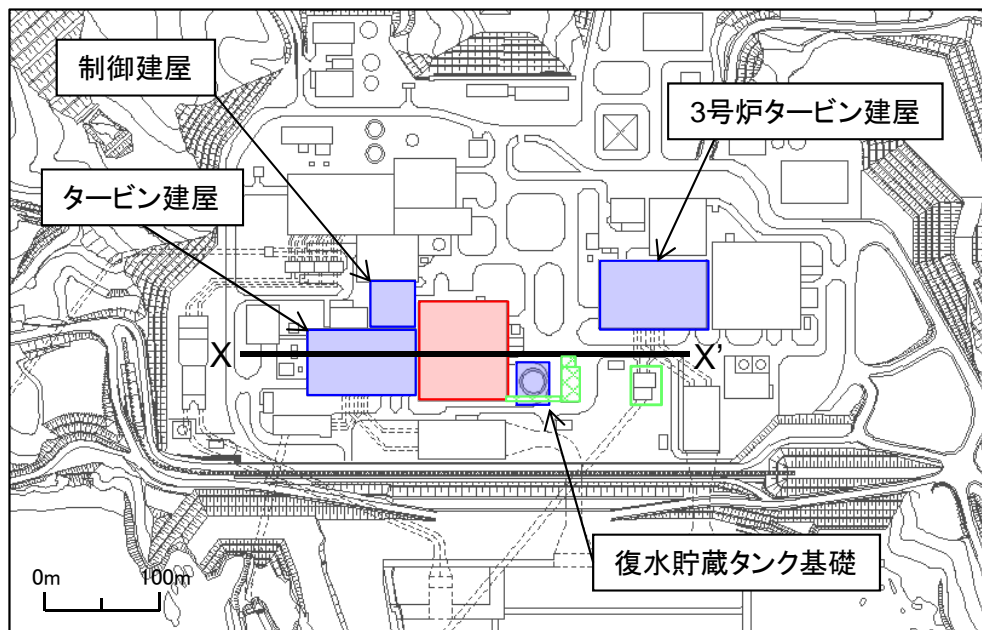
- $k_s$  : せん断バネ定数(N/mm<sup>3</sup>)
- $k_n$  : 垂直バネ定数(N/mm<sup>3</sup>)
- $G$  : 断層のせん断弾性係数(N/mm<sup>2</sup>)
- $t$  : 断層のモデル化幅(mm)
- $\nu_d$  : 断層の動ポアソン比



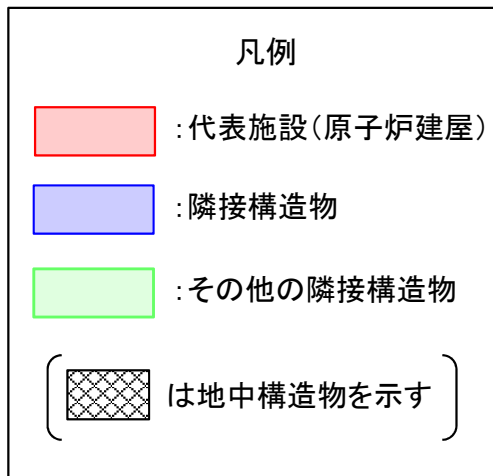
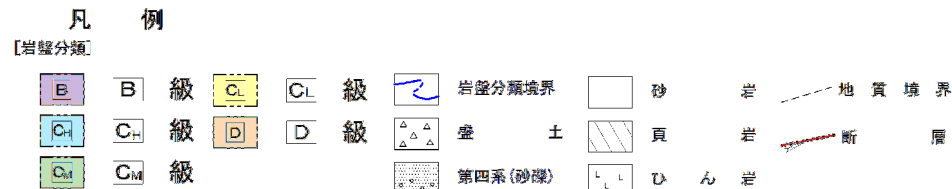
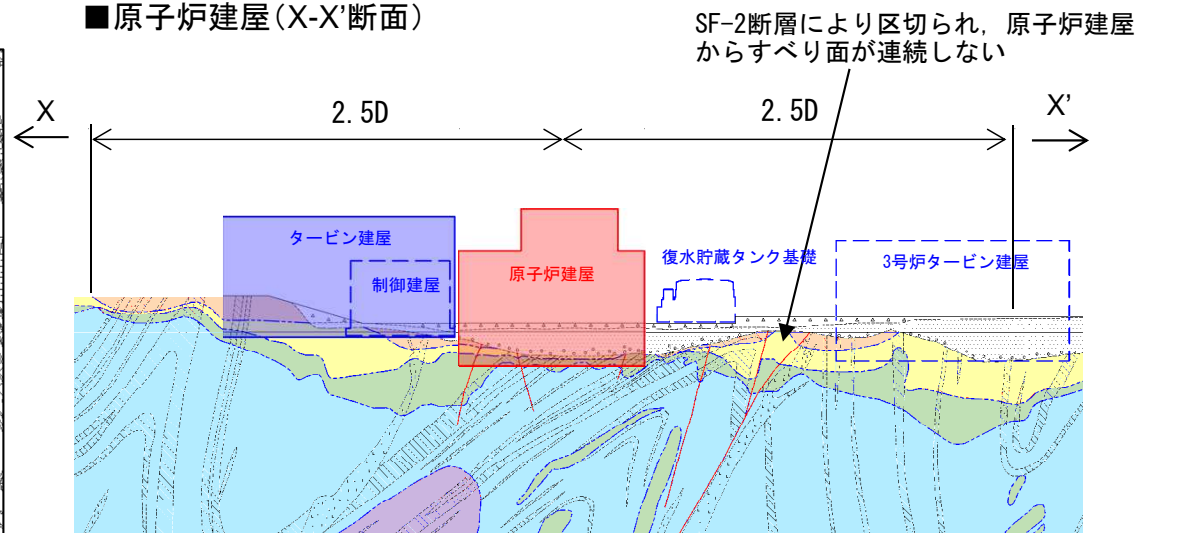
4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

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D×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。



■原子炉建屋(X-X'断面)

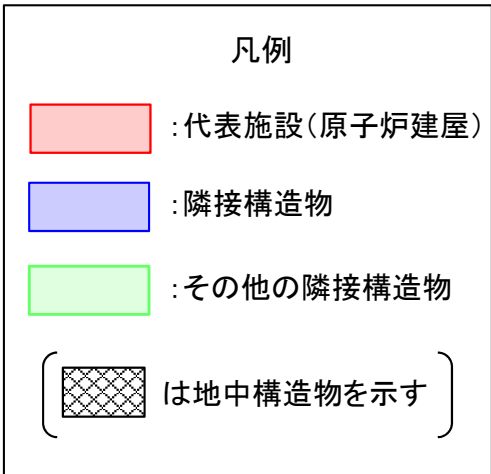
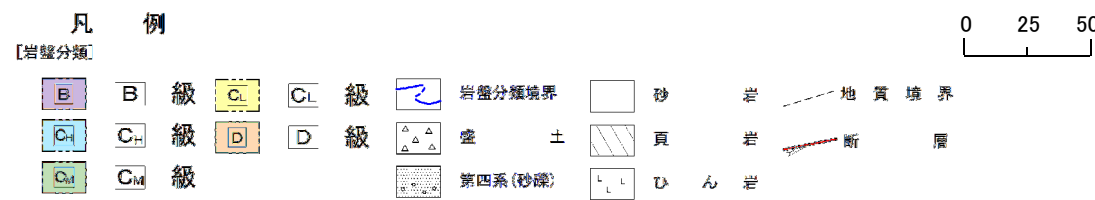
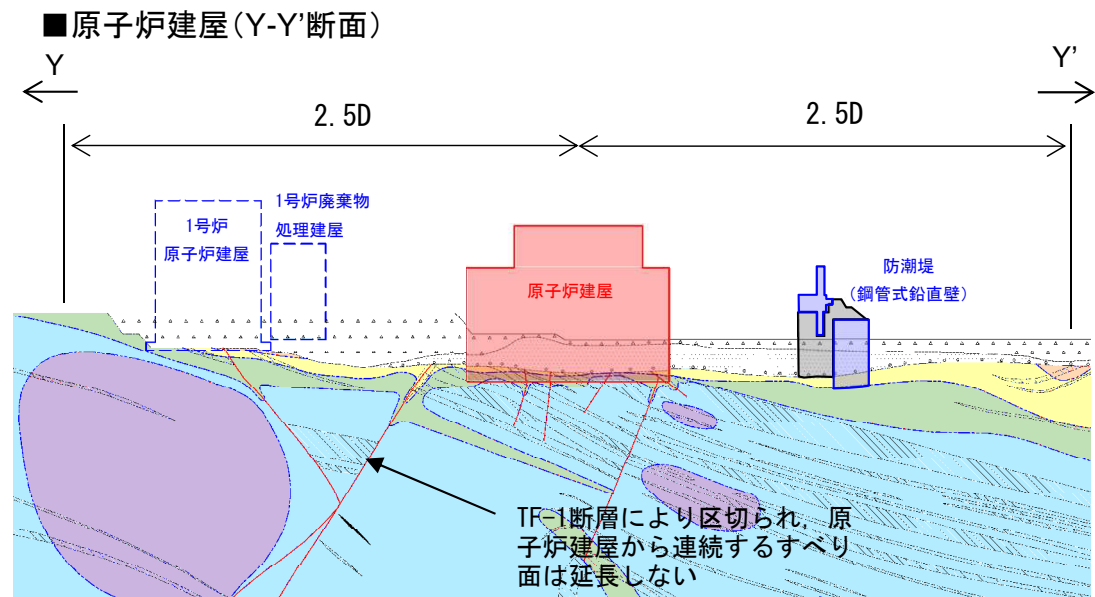
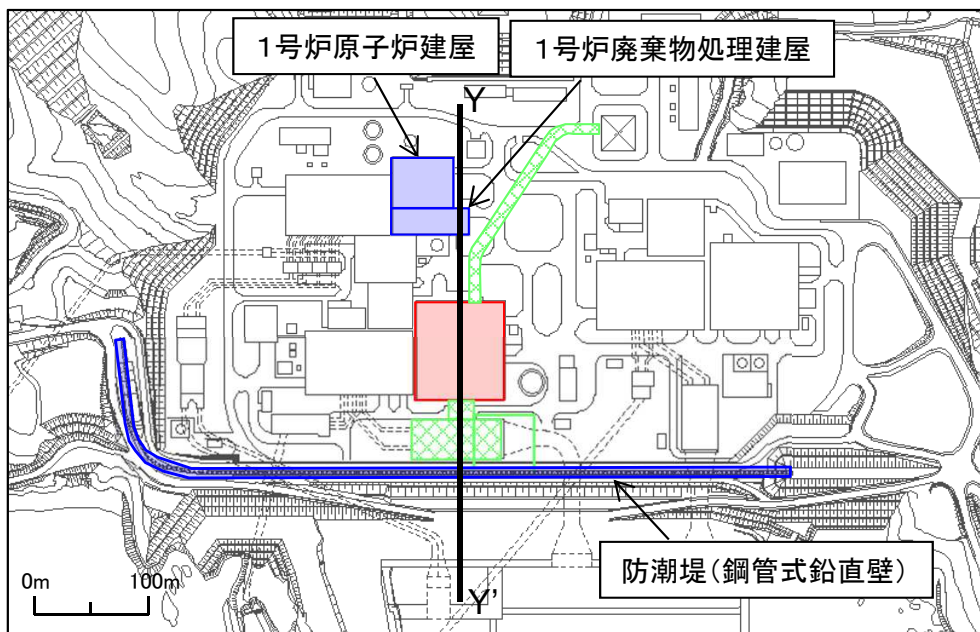


構造物	重量 (MN)	評価施設との重量比 (隣接構造物/評価施設)	備考
原子炉建屋	3,415	—	代表施設
タービン建屋	1,791	0.52	代表施設より重量は小さいものの、隣接しており、比較的規模が大きいことからモデル化する。
制御建屋	359	0.11	隣接しているものの、代表施設より重量は小さいことから、モデル化しない。
復水貯蔵タンク基礎	159	0.05	隣接しているものの、代表施設より重量が小さいことから、モデル化しない。
3号炉タービン建屋	1,956	0.57	代表施設より重量は小さく、離隔があり、SF-2断層により区切られるため、代表施設を含む想定すべり面を形成しない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D×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。

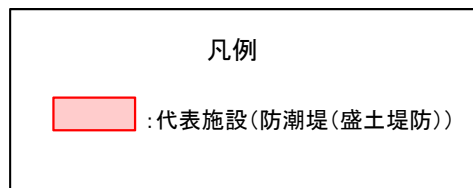
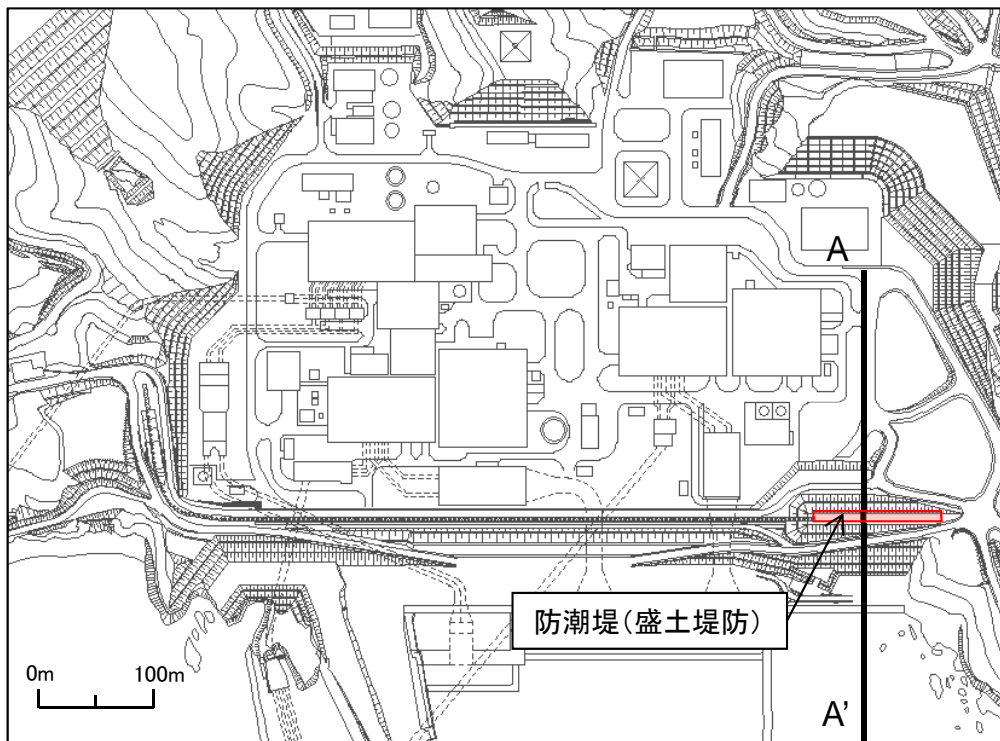


構造物	重量 (MN)	評価施設との重量比 (隣接構造物/評価施設)	備考
原子炉建屋	3,415	—	代表施設
1号炉原子炉建屋	1,139	0.33	代表施設より重量は小さく、離隔があり、TF-1断層により区切られるため、代表施設を含む想定すべり面を形成しないことからモデル化しない。 なお、原子炉建屋と1号炉原子炉建屋を含むすべり面は、原子炉建屋のみのすべり面と比べ、岩盤中を通過する長さが倍以上となり、裕度が大きくなると想定される。
1号炉廃棄物処理建屋	489	0.14	隣接しているものの、代表施設より重量は小さいことから、モデル化しない。
防潮堤(鋼管式鉛直壁)	412	0.12	隣接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

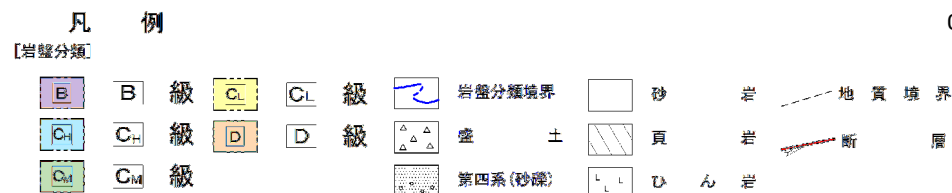
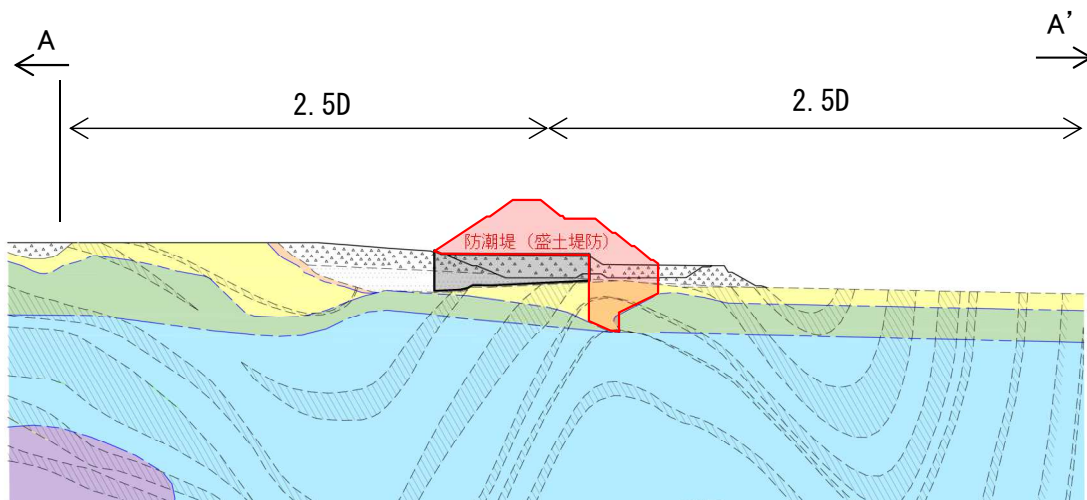
4. 基礎地盤の安定性評価 4. 1 評価方法

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D×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

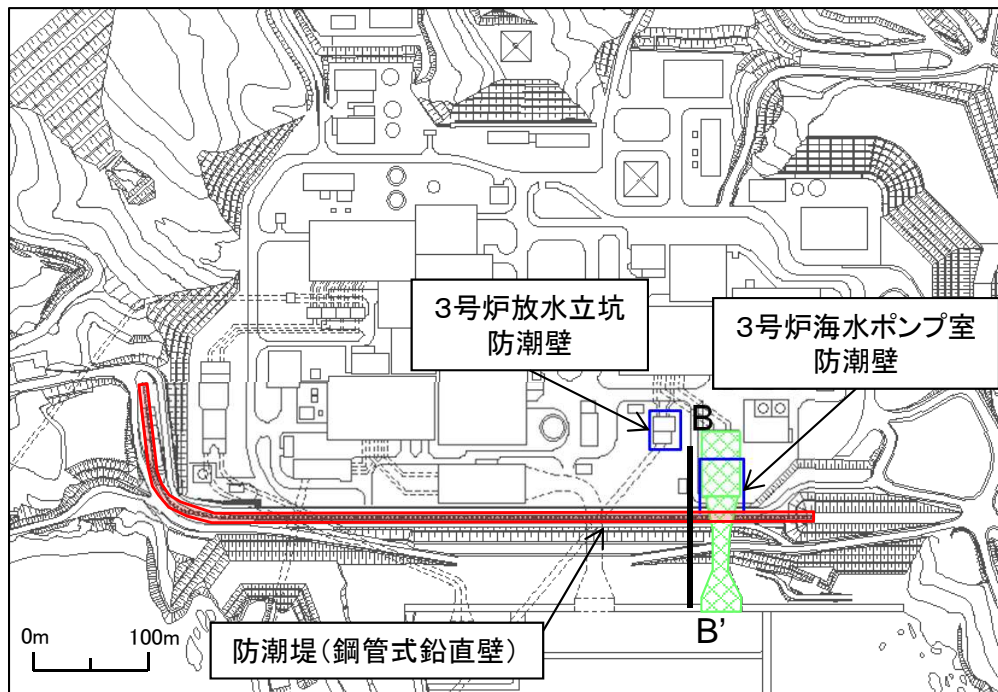


代表施設の周囲に、安定性評価に影響を及ぼす可能性のある隣接構造物は存在しない。

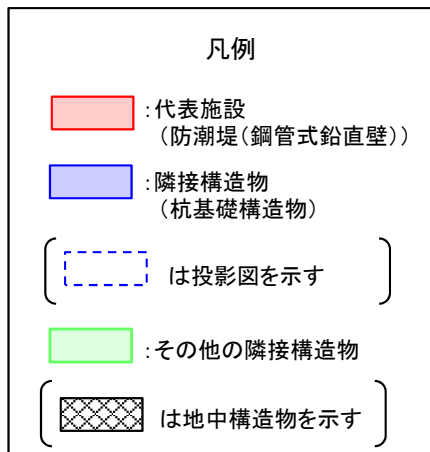
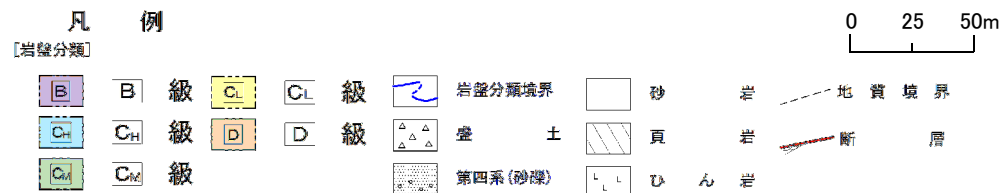
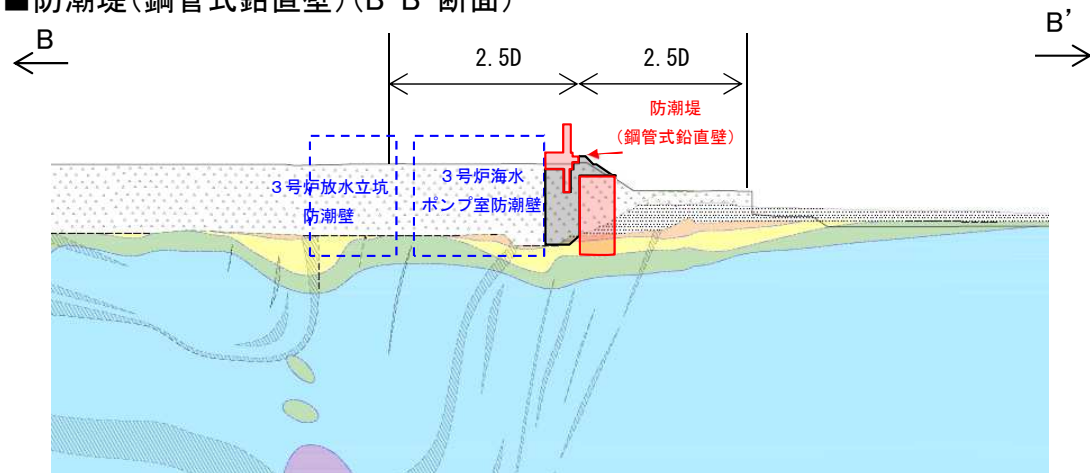
4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

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D×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。



■ 防潮堤(鋼管式鉛直壁) (B-B' 断面)

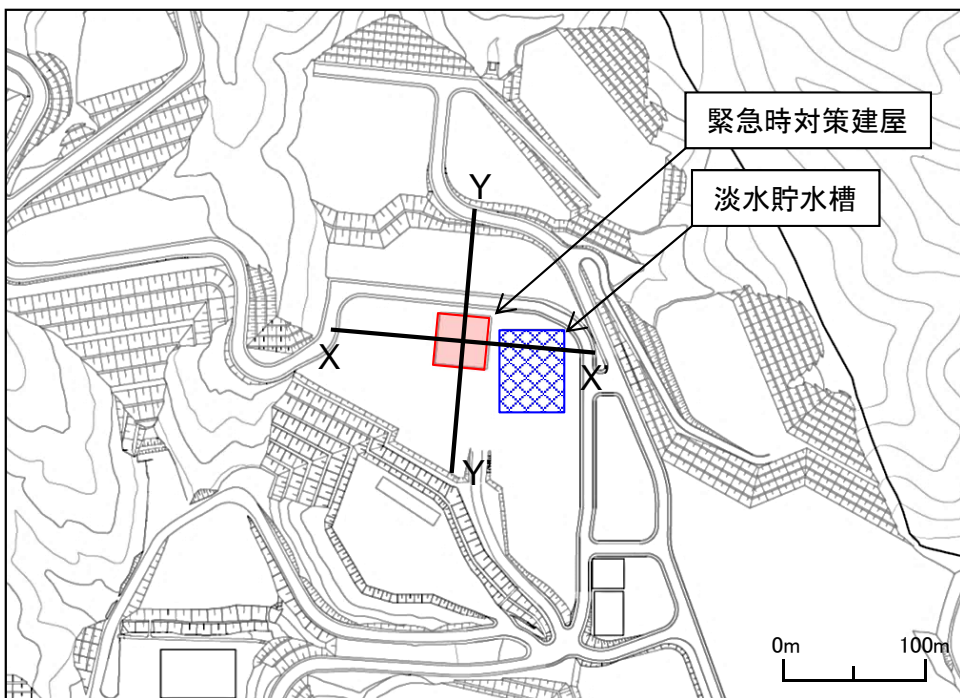


構造物	重量 (MN)	代表施設との重量比 (隣接構造物/代表施設)	備考
防潮堤(鋼管式鉛直壁)	412	—	代表施設
3号炉海水ポンプ室防潮壁	11	0.03	隣接しているものの、代表施設より重量は小さいことから、モデル化しない。
3号炉放水立坑防潮壁	3	0.007	代表施設より重量は小さく、離隔があることからモデル化しない。

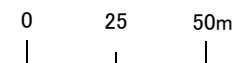
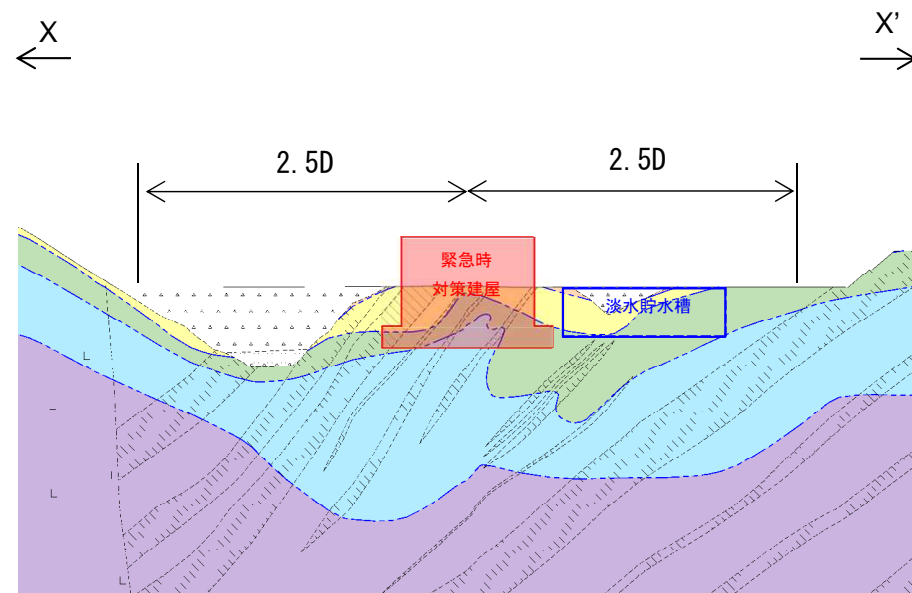
## 4. 基礎地盤の安定性評価 4.1 評価方法

### 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D×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)



凡例	
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:red; border:1px solid black;"></span>	:代表施設(緊急時対策建屋)
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:blue; border:1px solid black;"></span>	:隣接構造物(淡水貯水槽)
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; border:1px solid black; background-image: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, black 2px, black 4px);"></span>	は地中構造物を示す

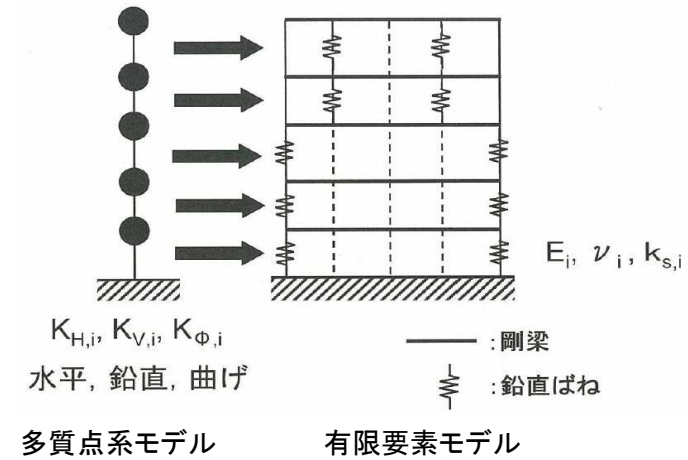
凡例		[岩盤分類]	
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:purple; border:1px solid black;"></span>	B 級		岩盤分類境界
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightblue; border:1px solid black;"></span>	C <sub>H</sub> 級		盛土
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightgreen; border:1px solid black;"></span>	C <sub>M</sub> 級		第四系(砂礫)
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span>	C <sub>L</sub> 級		砂岩
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:orange; border:1px solid black;"></span>	D 級		頁岩
			ひん岩
			地質境界
			断層

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 $K_{H,i}$ ，鉛直剛性 $K_{V,i}$ 及び曲げ剛性 $K_{\phi,i}$ 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

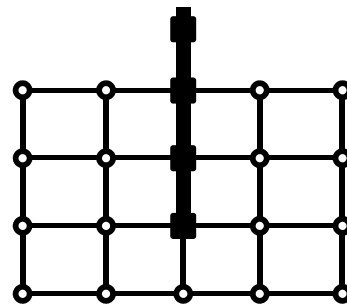
- タービン建屋直下の  $C_L$  級岩盤については，MMRで置換えているが，基礎地盤の安定性評価においては，安全側に原地盤の物性値を使用する。

$C_L$  級岩盤とMMRの強度比較

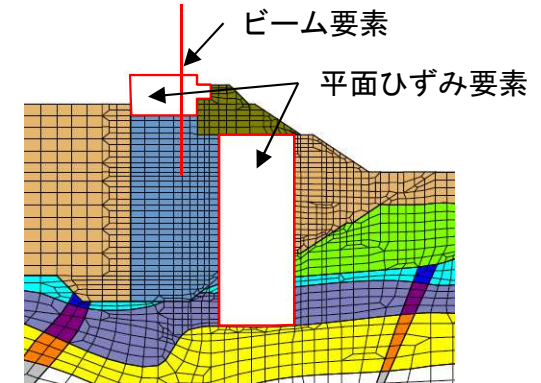
	せん断強度 $\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	備 考
$C_L$ 級砂岩	0.38	• ばらつきを考慮した強度
$C_L$ 級頁岩	0.33	• ばらつきを考慮した強度
MMR	3.2	• 設計基準強度 16 N/mm <sup>2</sup> • コンクリート標準示方書(2013年, ダムコンクリート編)

■ 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。

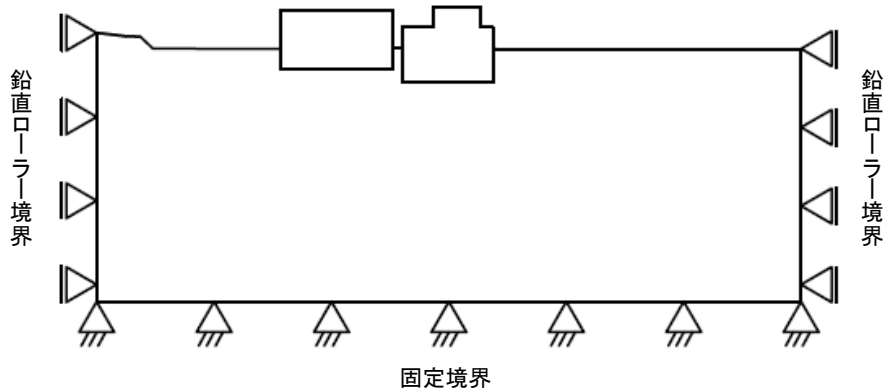
## 4. 基礎地盤の安定性評価 4. 1 評価方法

### 4. 1. 7 境界条件

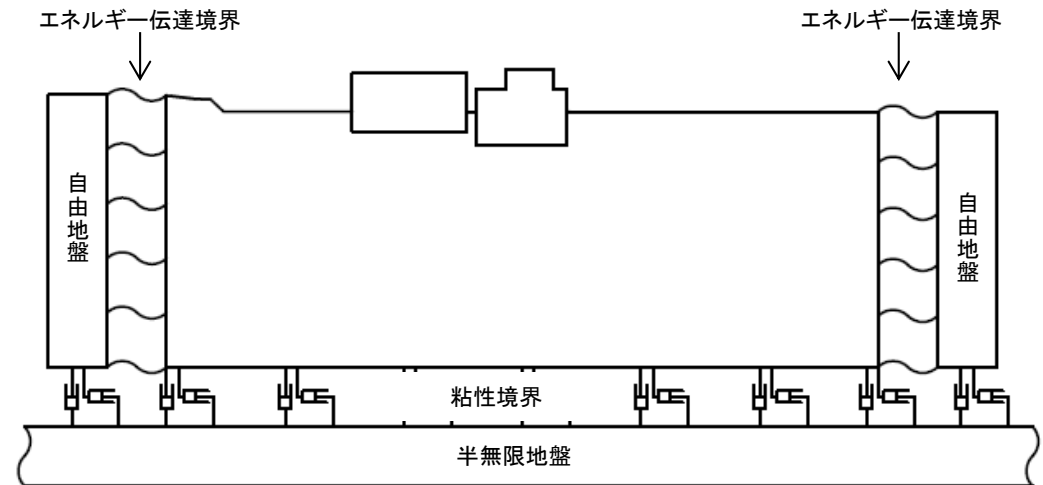
#### ■ 境界条件

- 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】



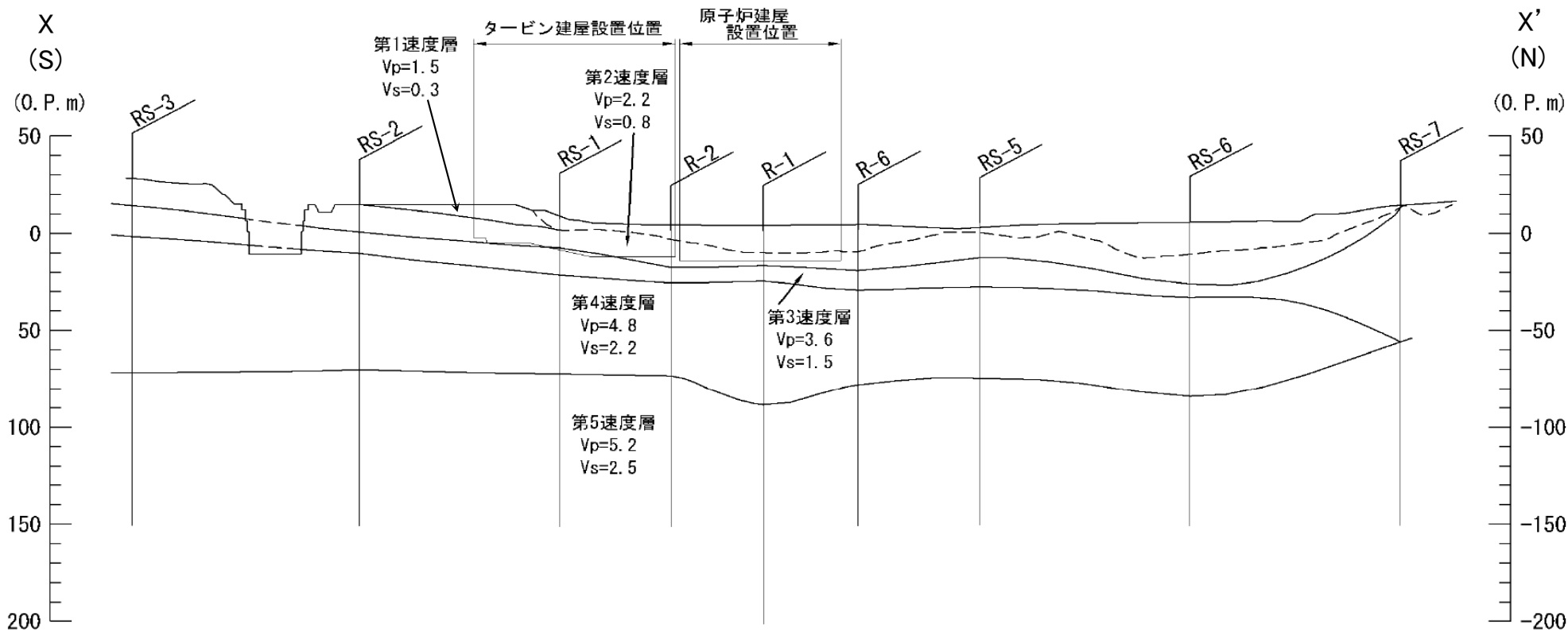
【動的解析】



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)



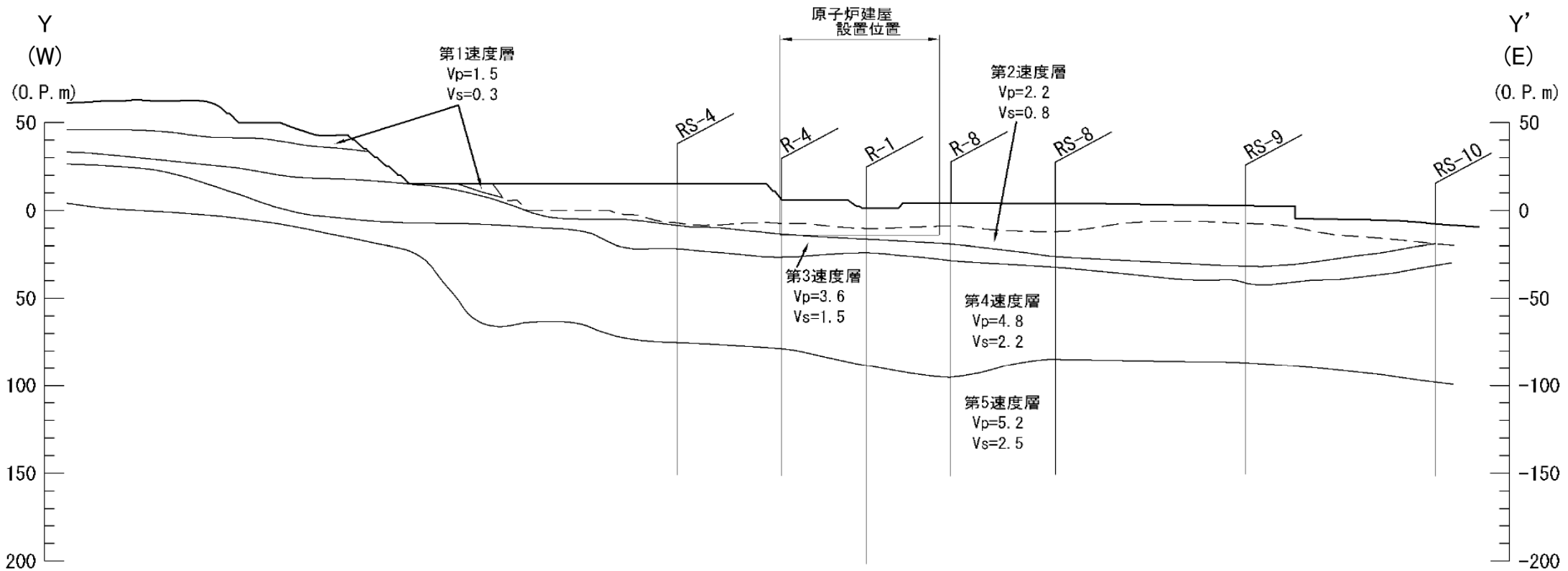
※: 各ボーリング孔のPS検層結果は、補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。



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)

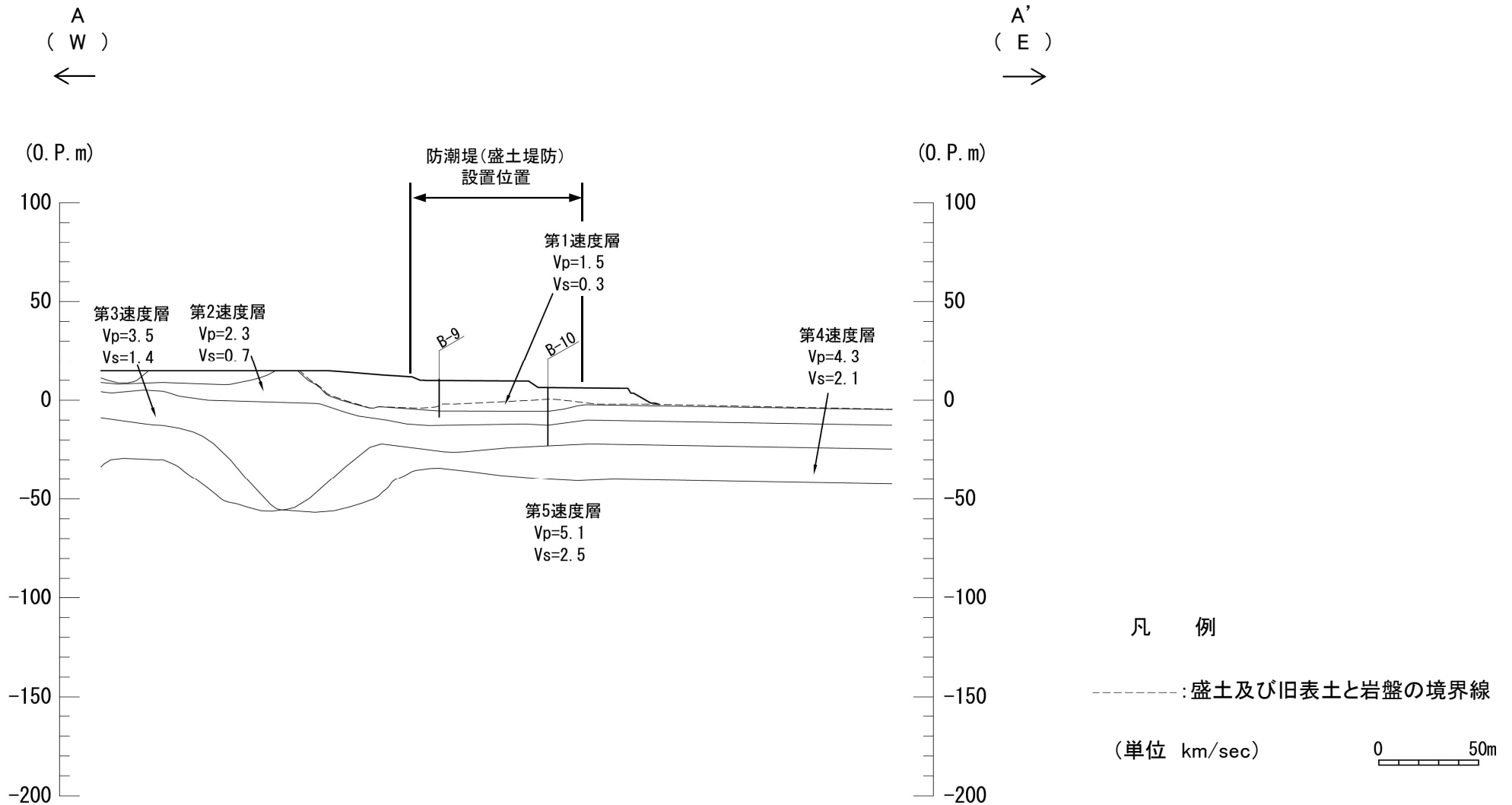


※: 各ボーリング孔のPS検層結果は、補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。

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。



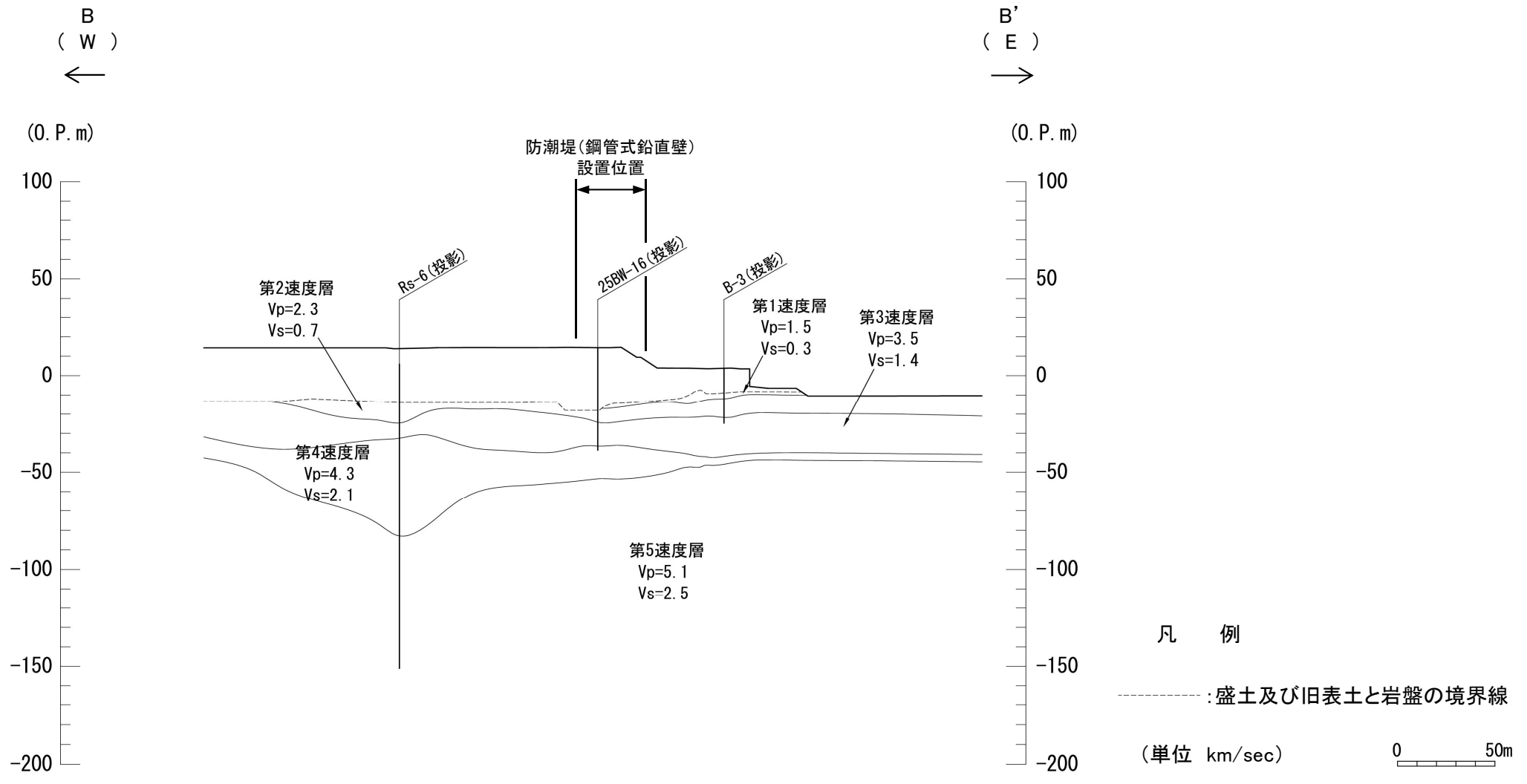
速度層構造図(A-A'断面)

※: 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。



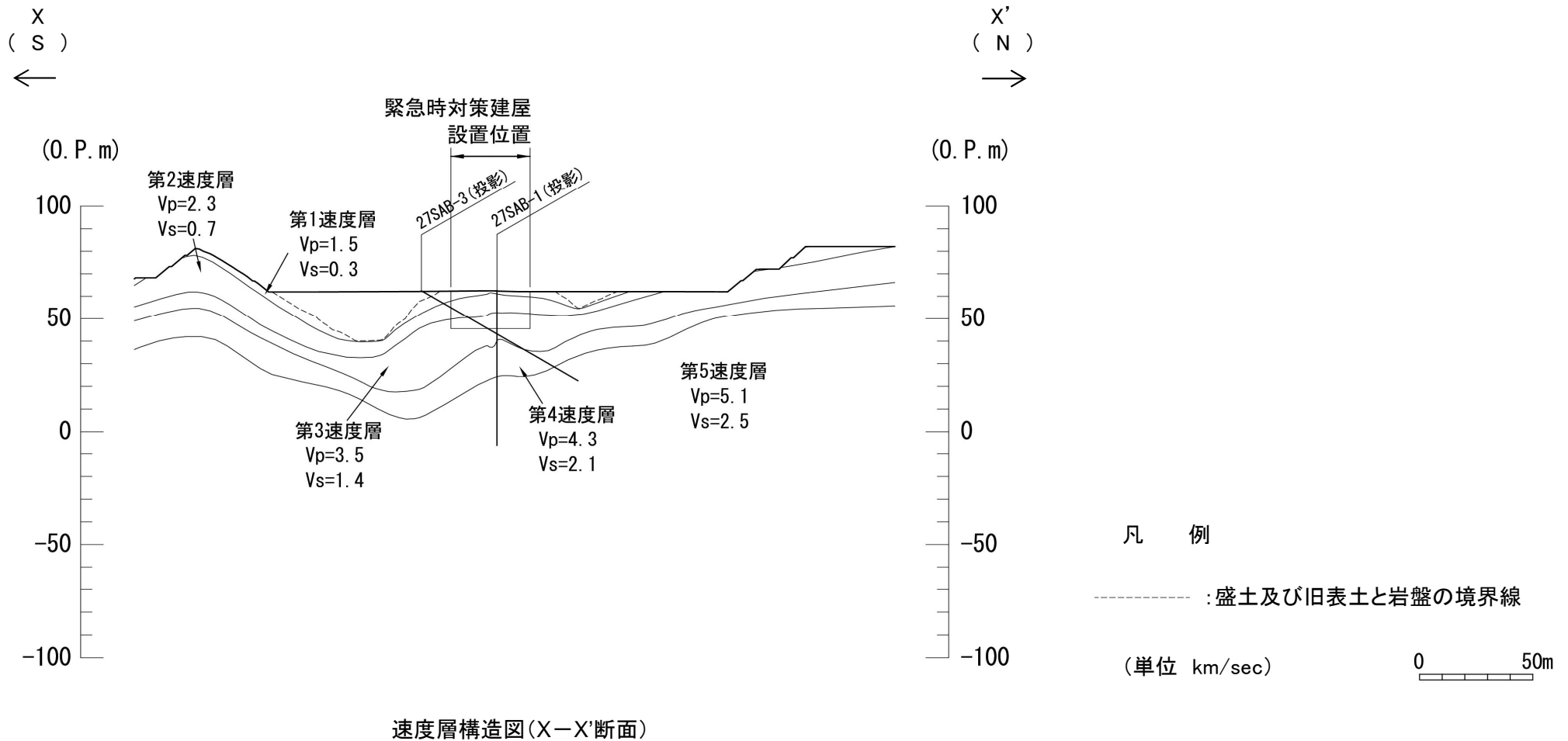
速度層構造図(B-B'断面)

※: 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。



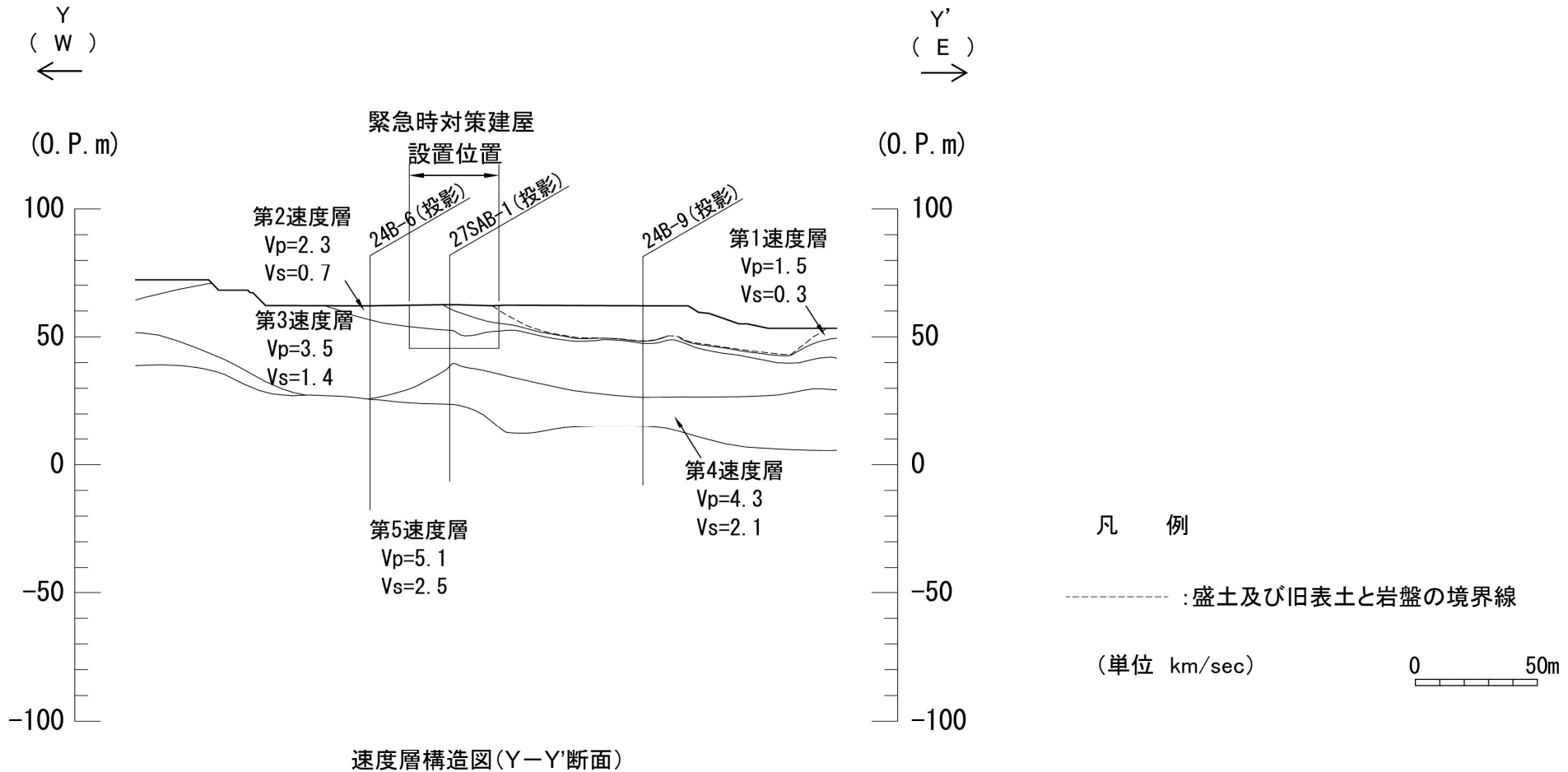
速度層構造図(X-X'断面)

※: 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 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。

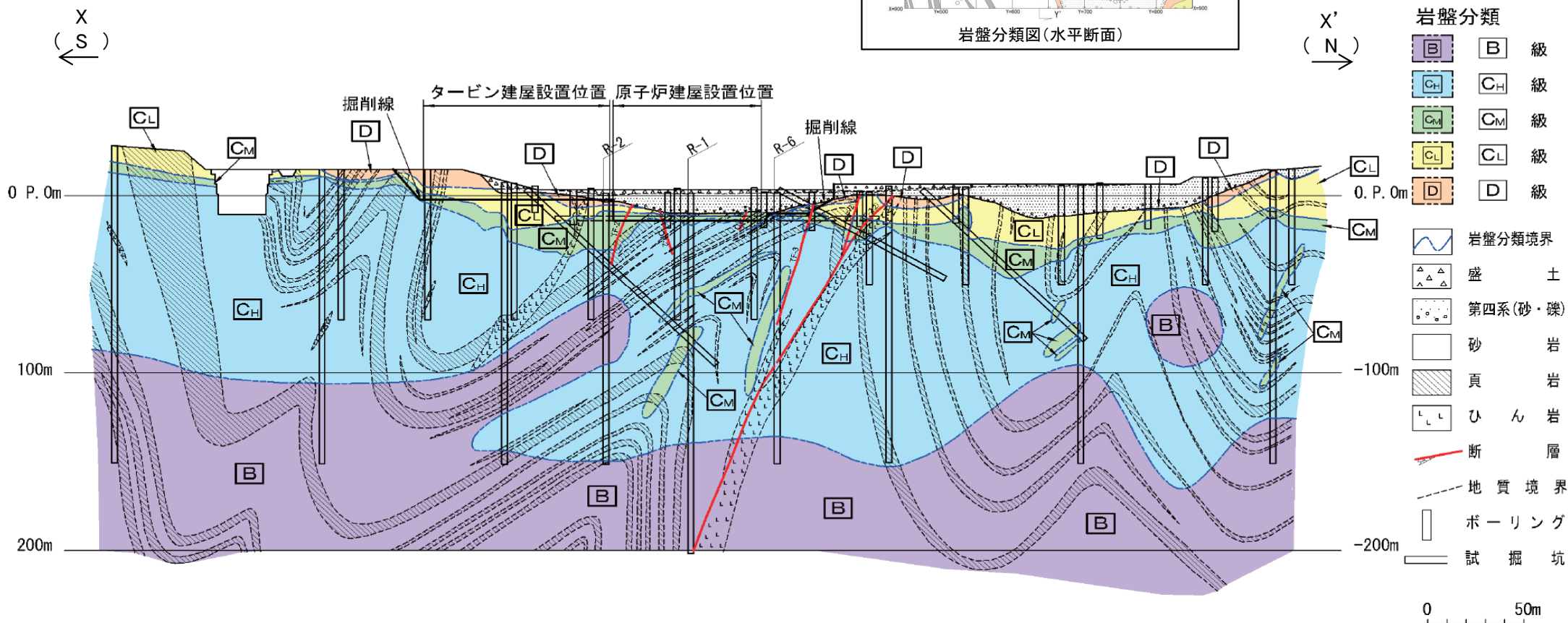
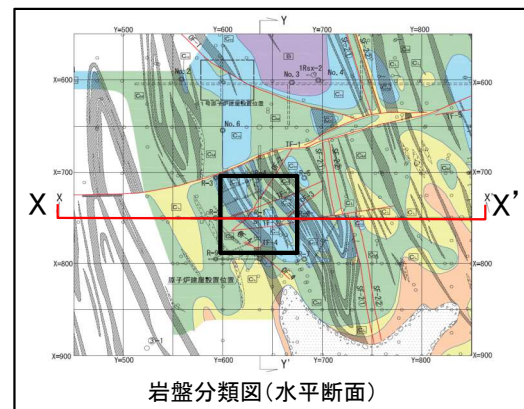


※: 各ボーリング孔のPS検層結果は、補足説明資料「1. 評価断面の選定に関する補足」に示す。

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。

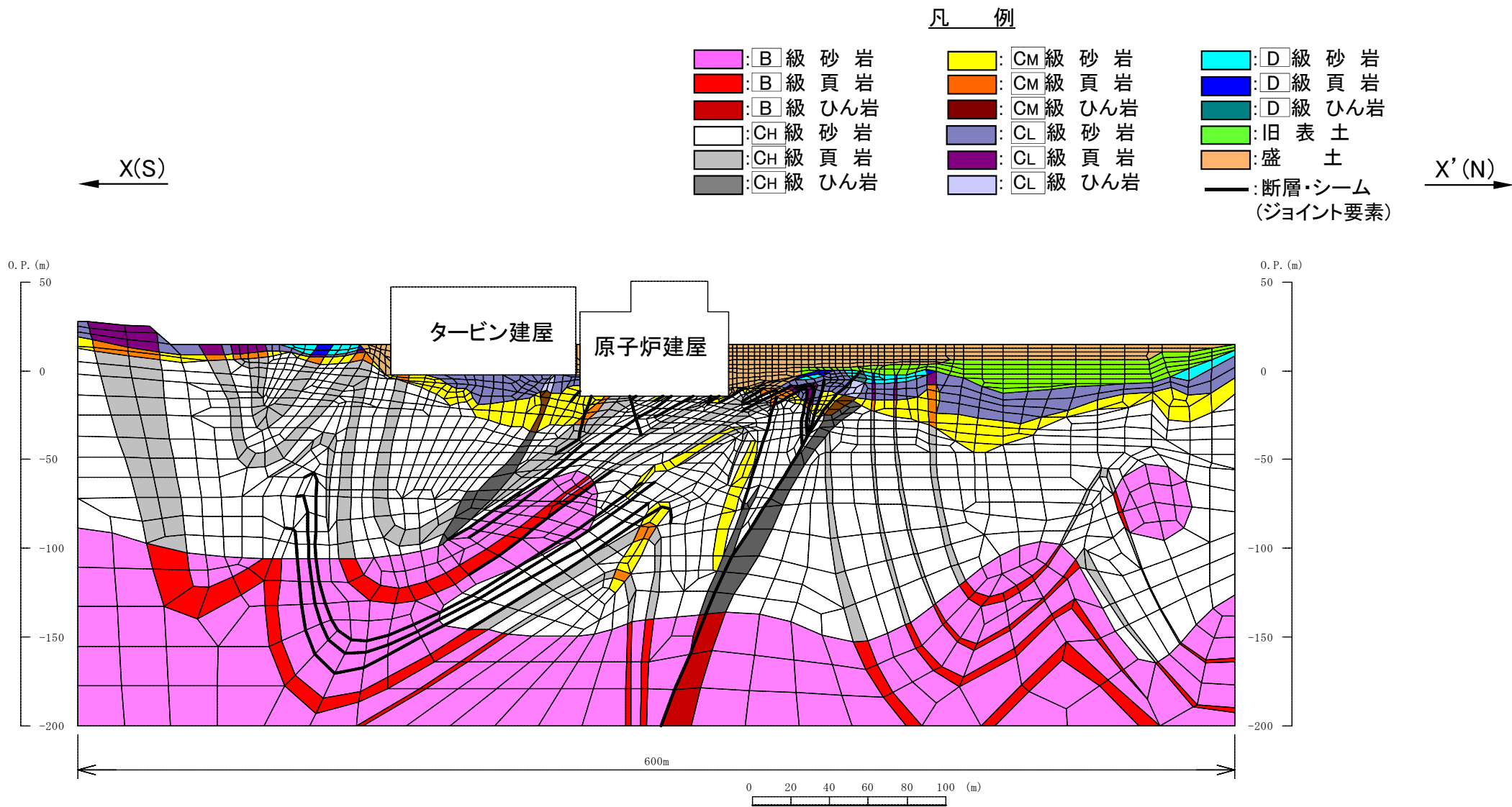


岩盤分類図(X-X'断面)

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。

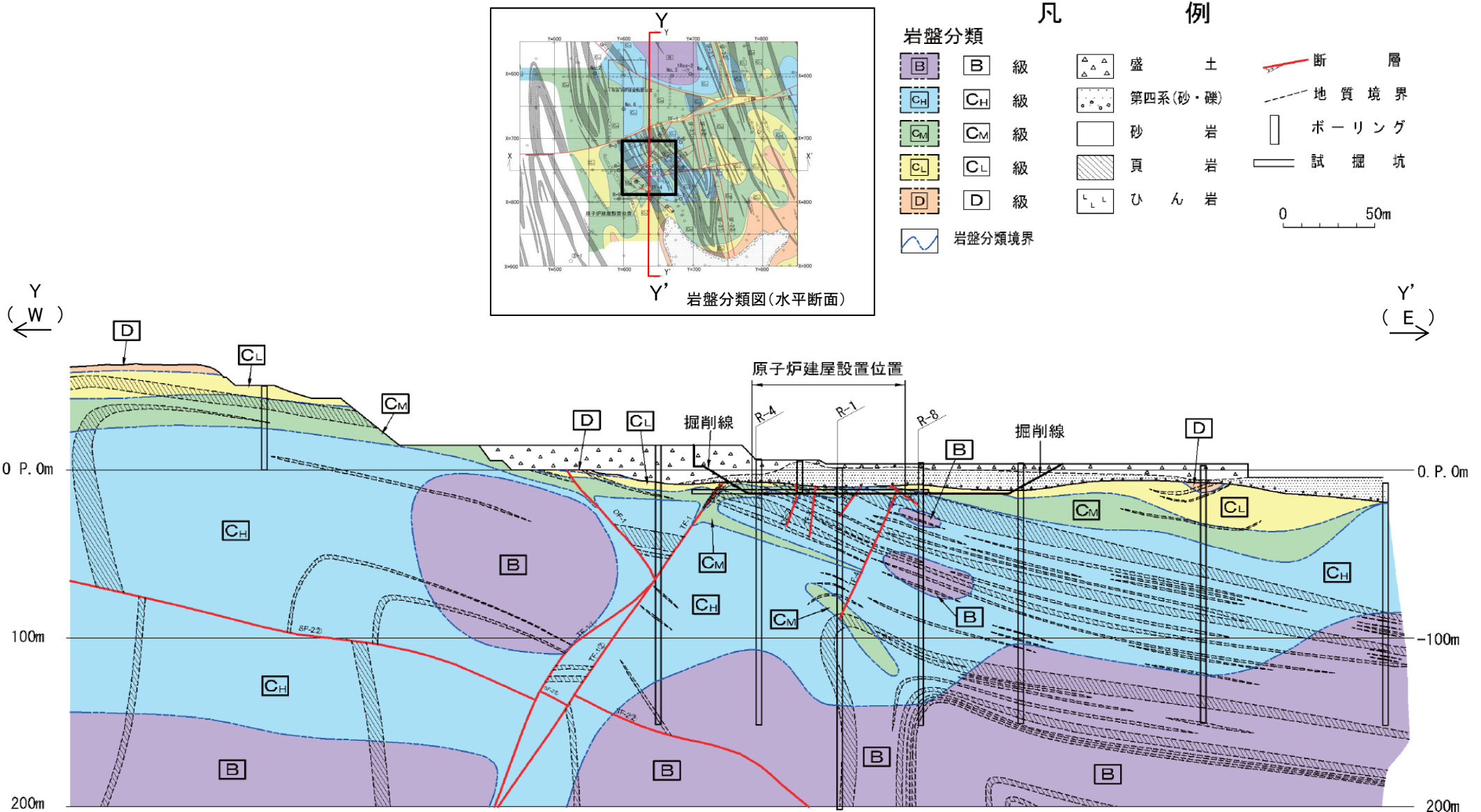


解析用要素分割図(X-X' 断面)

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。



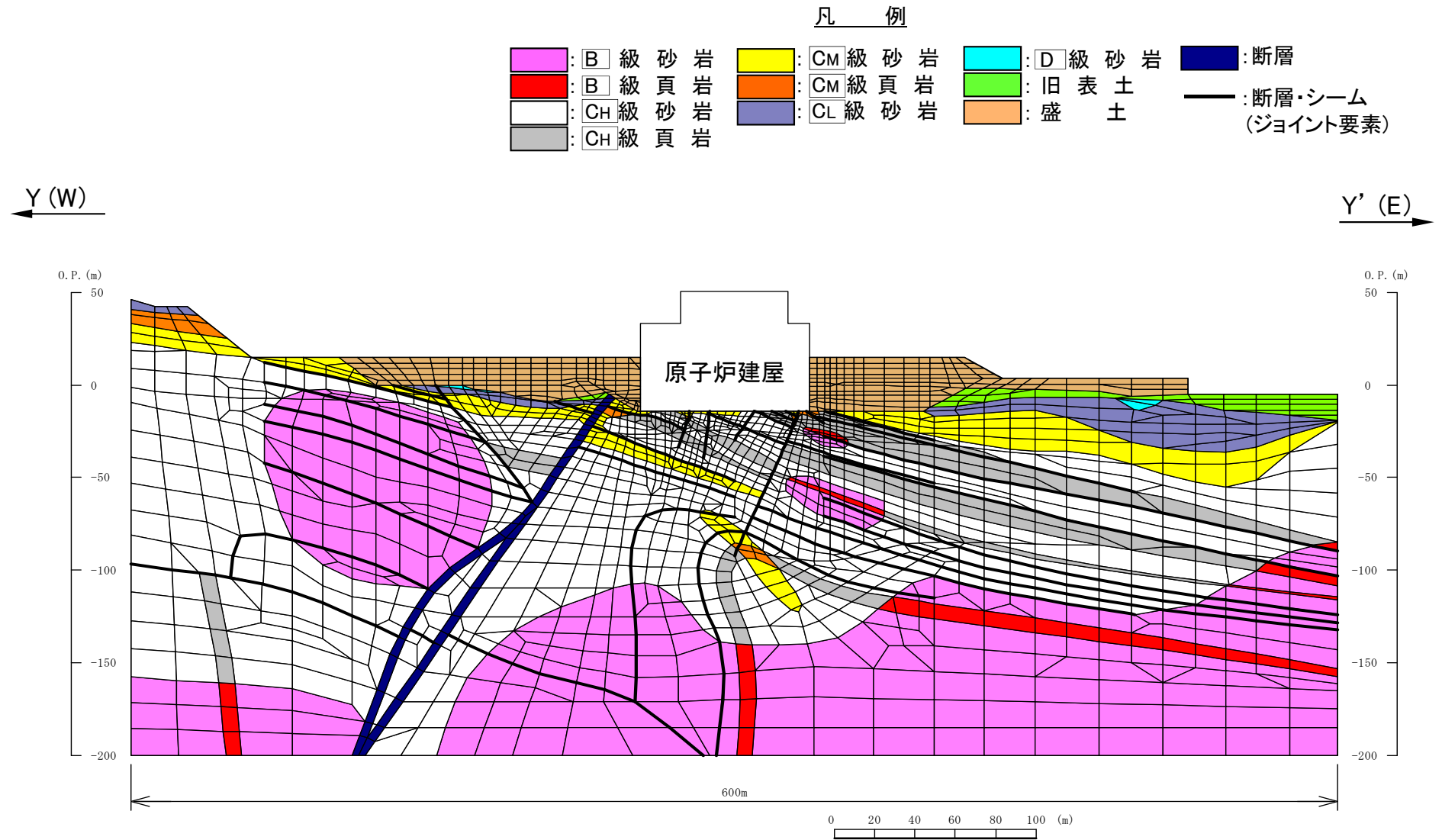
岩盤分類図(Y-Y'断面)



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。

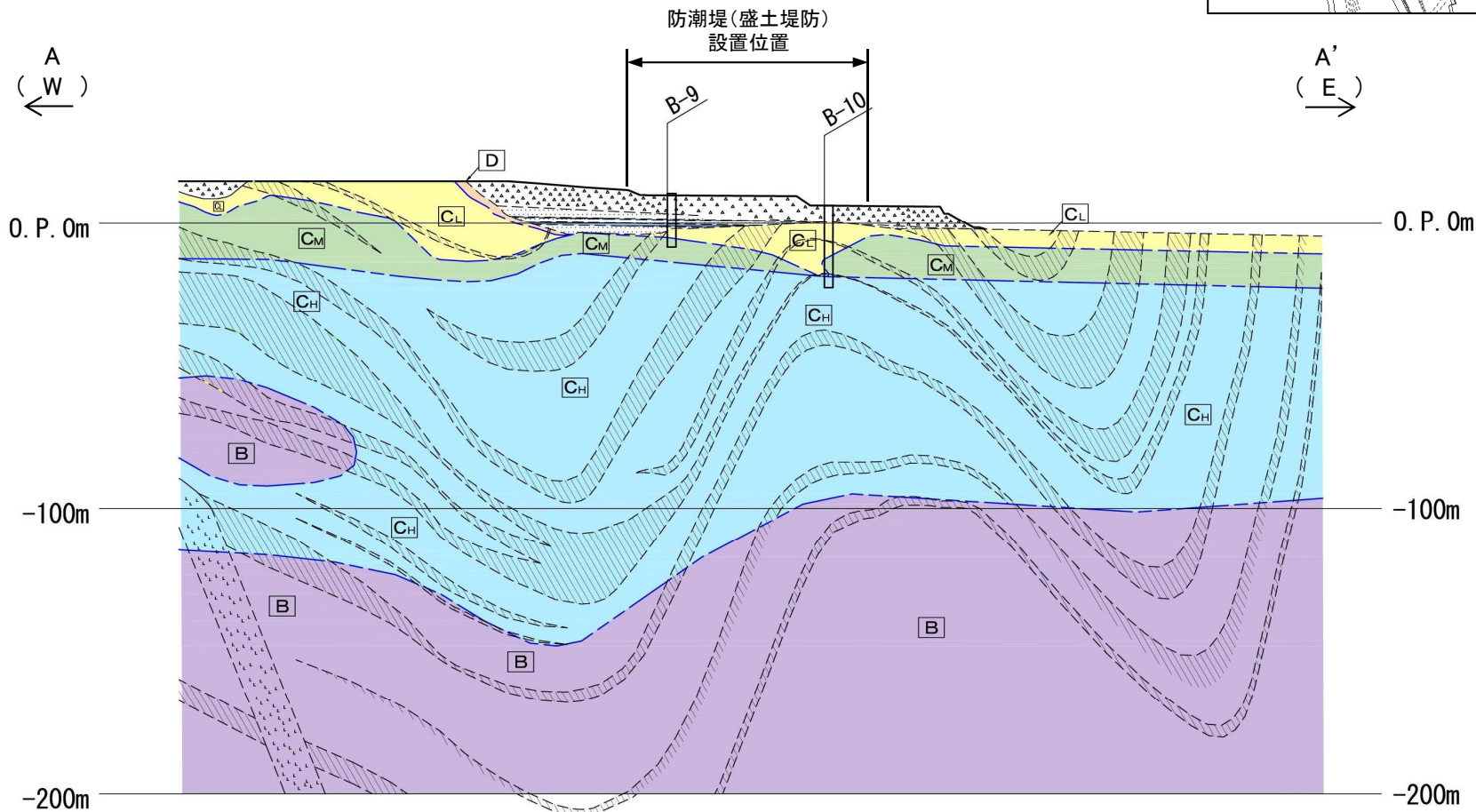
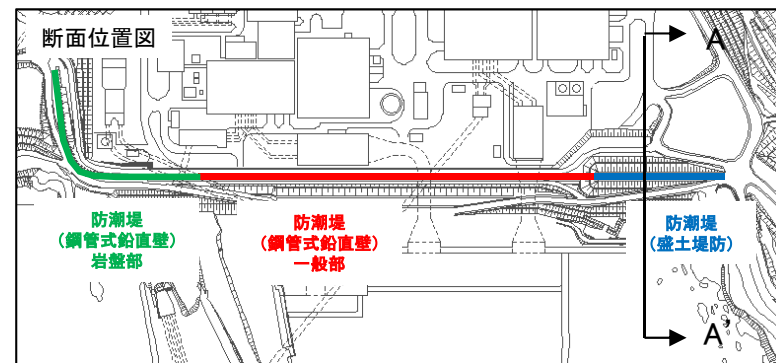


解析用要素分割図 (Y-Y' 断面)

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		凡 例	
[B]	B 級	[Symbol]	盛 土
[CH]	CH 級	[Symbol]	第四系(砂・礫)
[CM]	CM 級	[Symbol]	砂 岩
[CL]	CL 級	[Symbol]	頁 岩
[D]	D 級	[Symbol]	ひ ん 岩
[Symbol]	岩盤分類境界	[Symbol]	断 層
		[Symbol]	地 質 境 界
		[Symbol]	ボ ー リ ン グ
		[Symbol]	試 掘 坑

0 50m

岩盤分類図(A-A'断面)

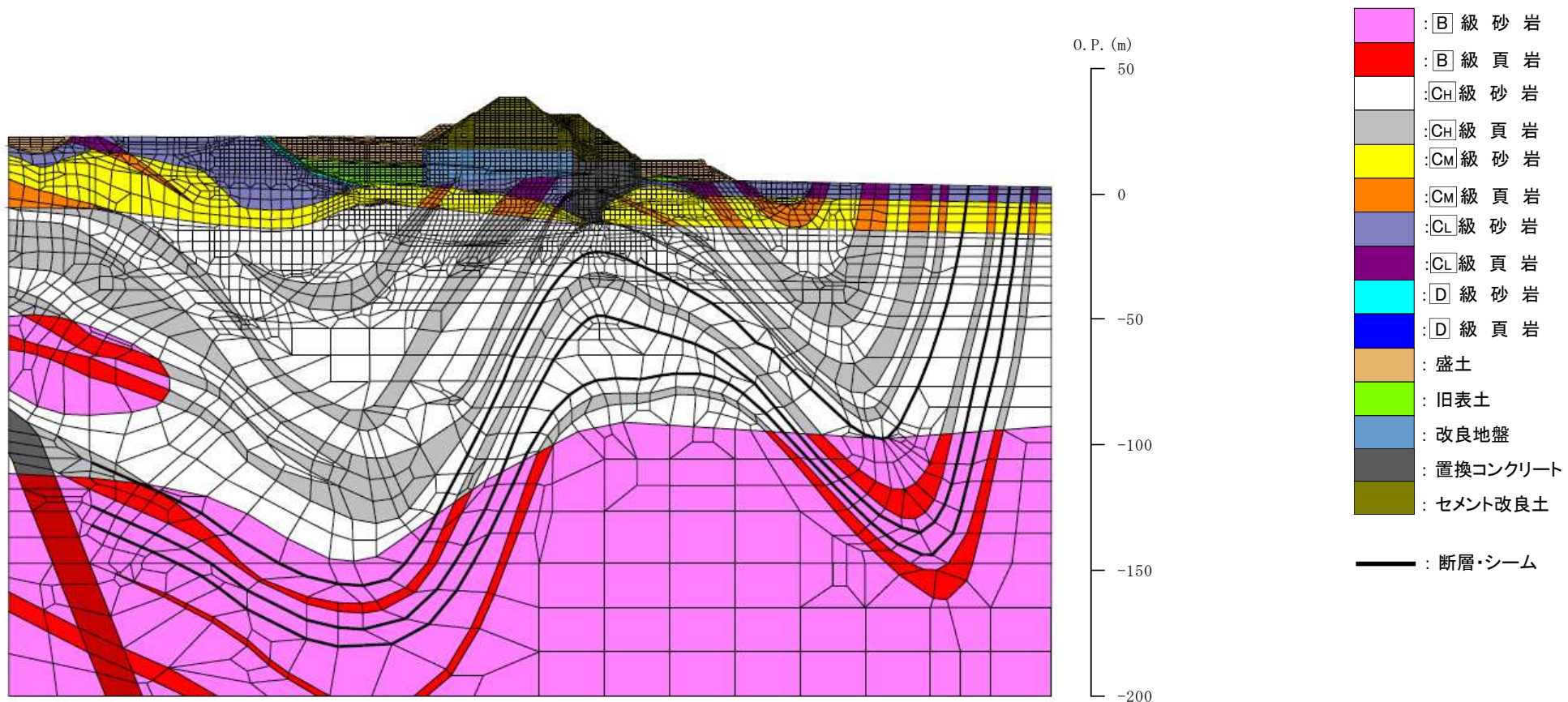
4. 基礎地盤の安定性評価 4. 1 評価方法

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。

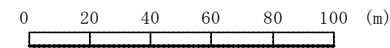
A  
(W)  
←

A'  
(E)  
→



← 400m →

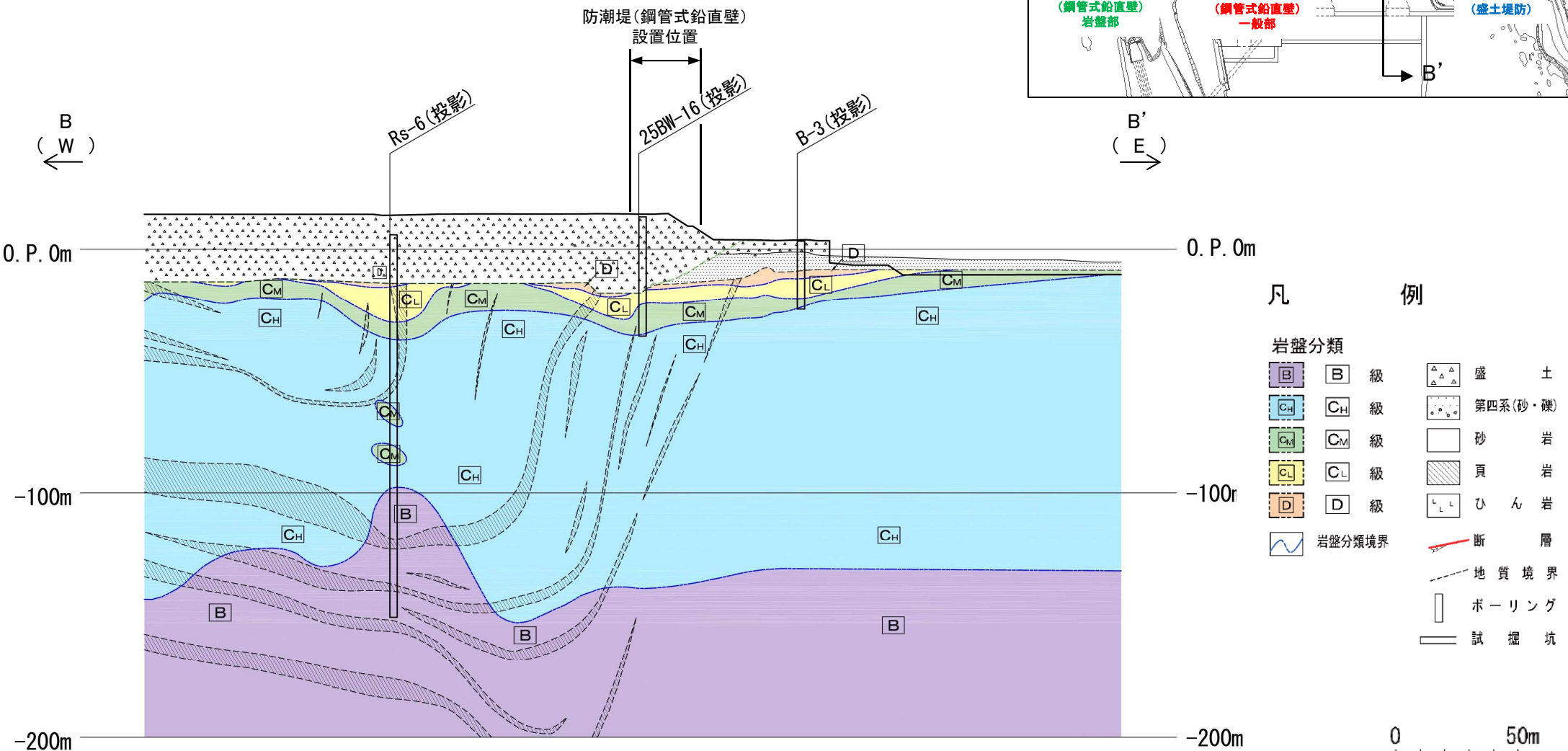
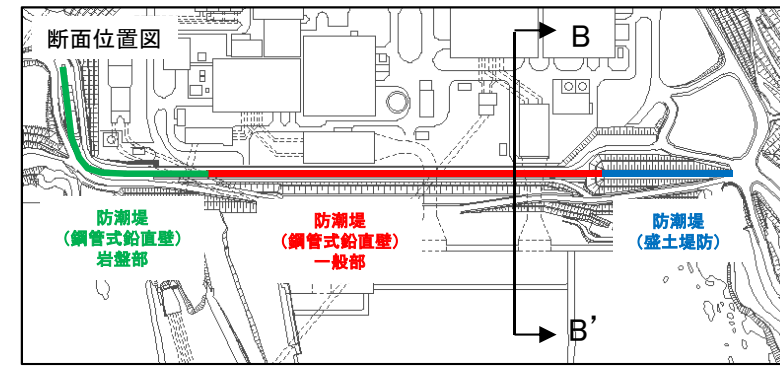
解析用要素分割図(A-A' 断面)



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。



岩盤分類		凡 例	
[B]	B 級	[△△△]	盛 土
[CH]	CH 級	[□□□]	第四系(砂・礫)
[CM]	CM 級	[□]	砂 岩
[CL]	CL 級	[▨]	頁 岩
[D]	D 級	[LLL]	ひ ん 岩
[~]	岩盤分類境界	[—]	断 層
		[---]	地質境界
		[ ]	ボーリング
		[=]	試掘坑

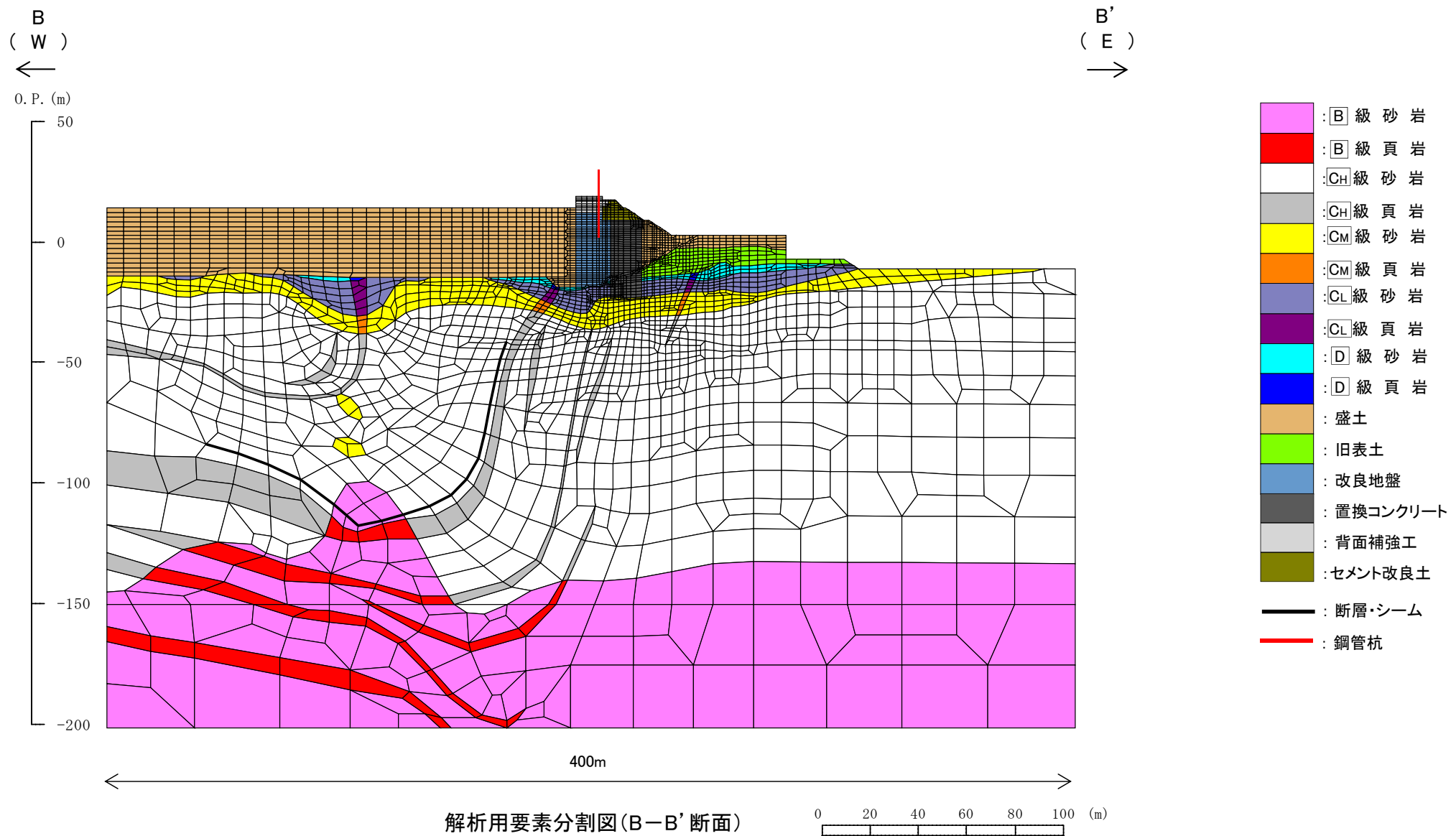
岩盤分類図(B-B'断面)



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)(解析用要素分割図 B-B' 断面)

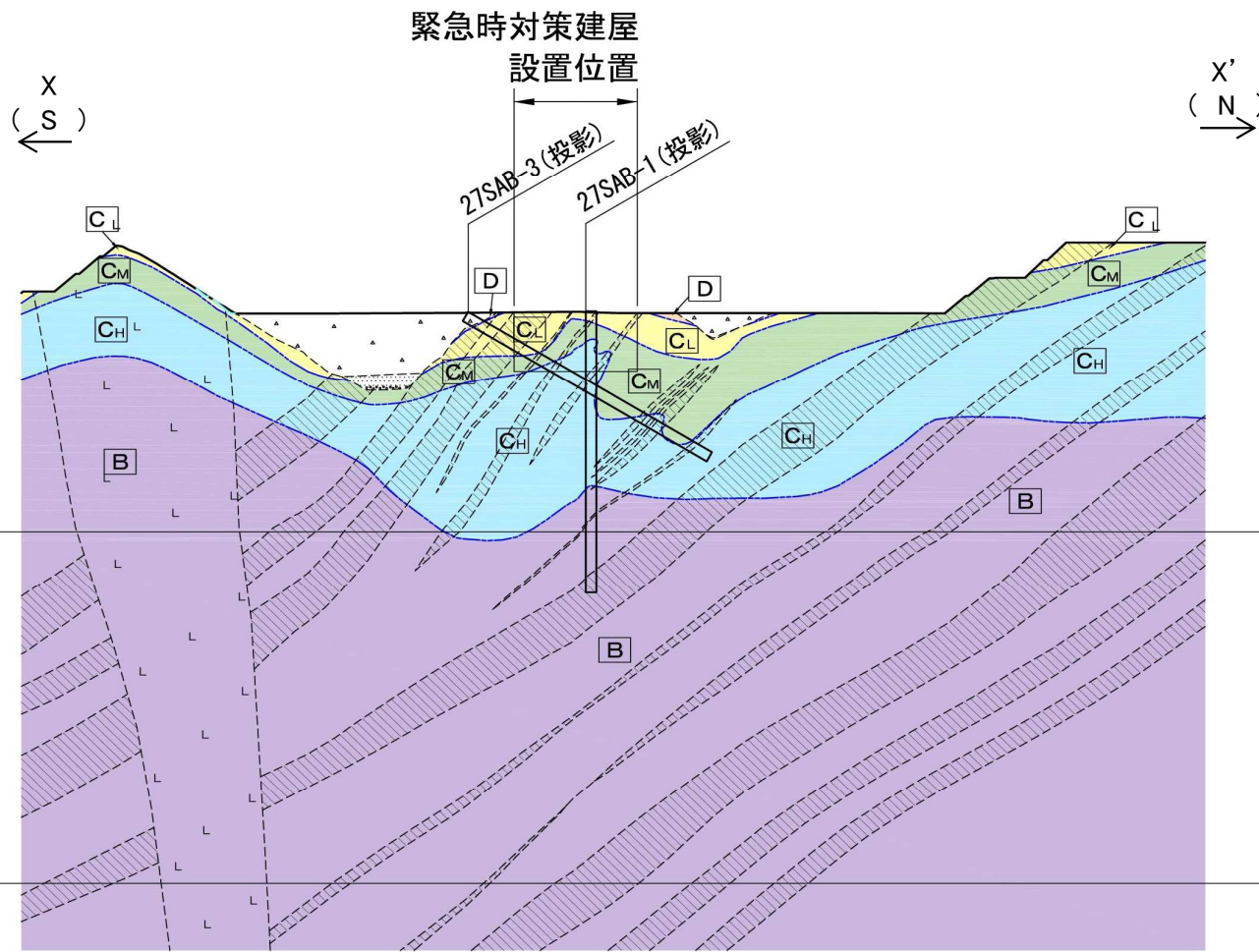
- 岩盤分類図及び速度層構造図を基に防潮堤(鋼管式鉛直壁)(B-B' 断面)の解析用要素分割図を作成した。



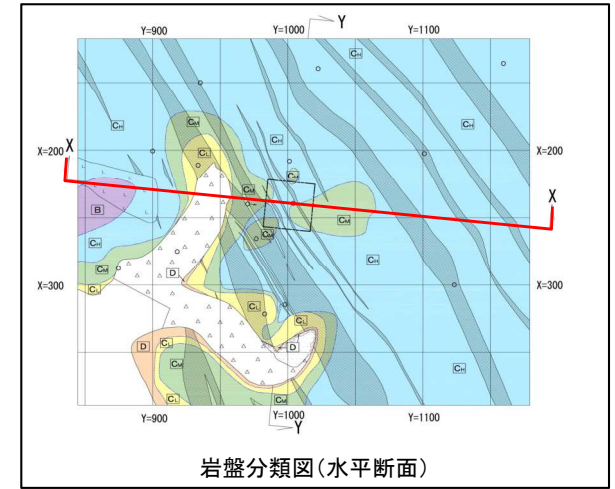
4. 基礎地盤の安定性評価 4. 1 評価方法

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)



凡 例

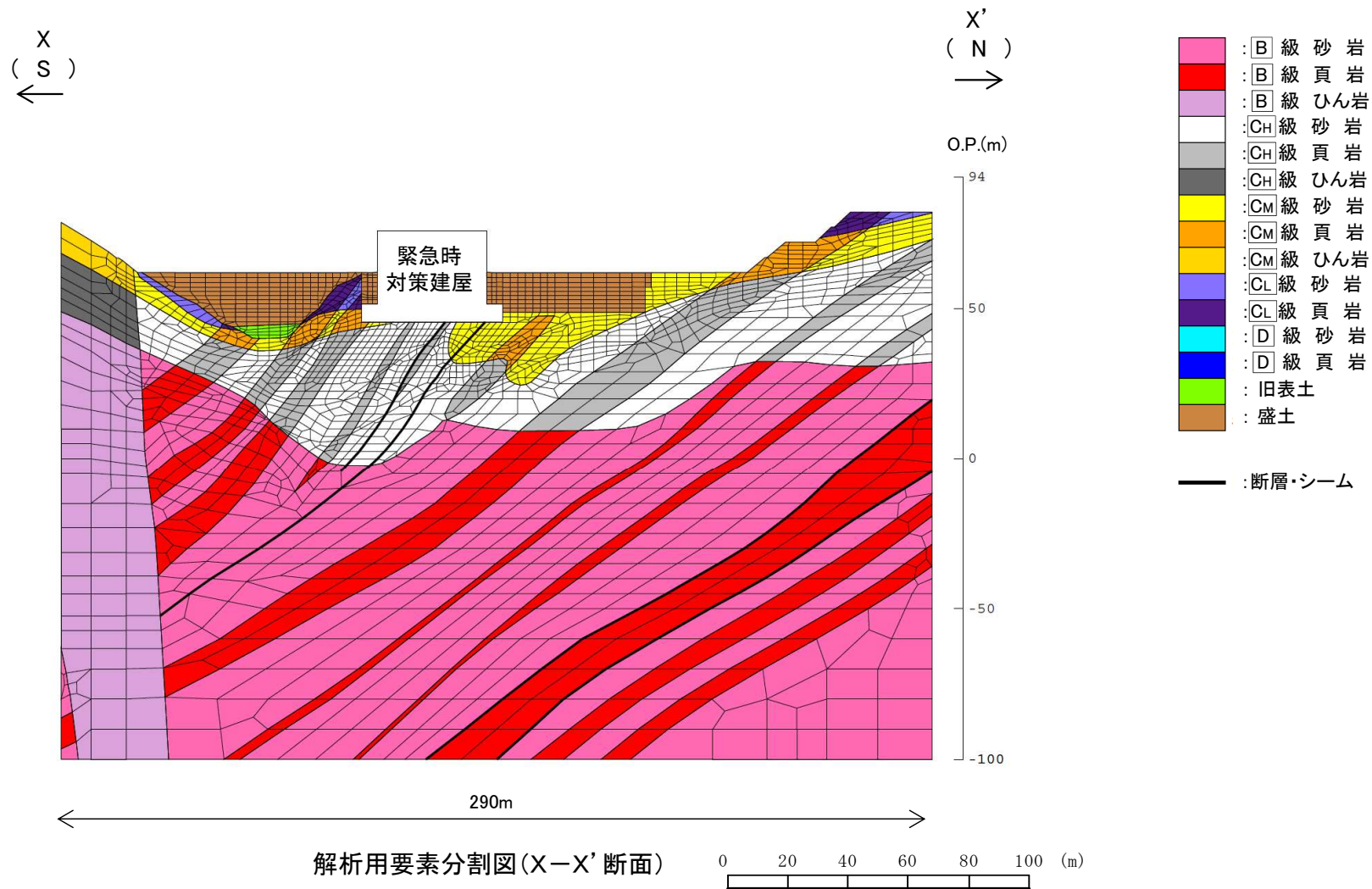
岩盤分類			
[B]	B 級	[△△△]	盛 土
[CH]	CH 級	[□□□]	第四系(砂・礫)
[CM]	CM 級	[□]	砂 岩
[CL]	CL 級	[斜線]	頁 岩
[D]	D 級	[LLL]	ひ ん 岩
[波線]	岩盤分類境界	[赤線]	断 層
		[虚線]	地 質 境界
		[縦線]	ボ ー リ ン グ
		[横線]	試 掘 坑



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)

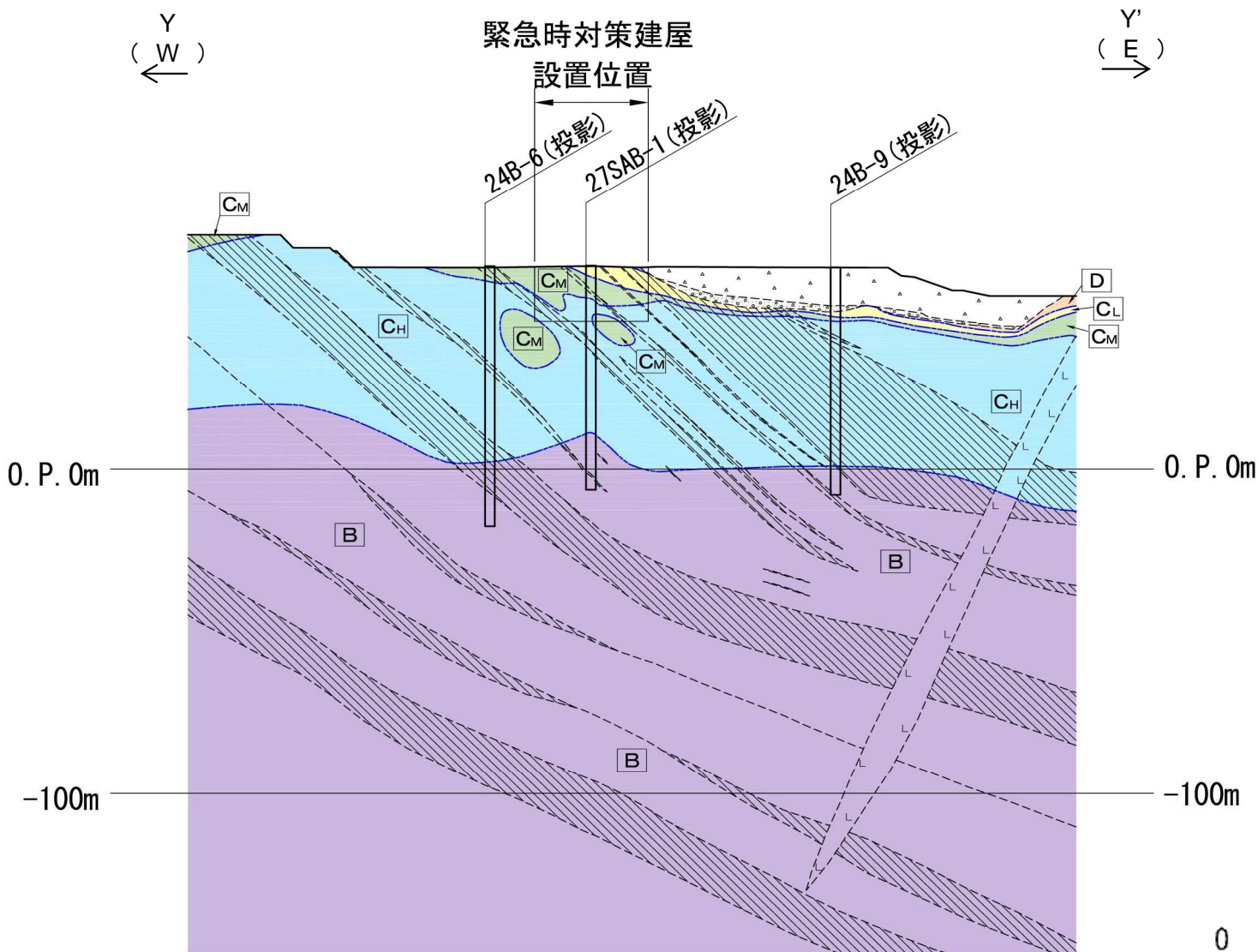
- 岩盤分類図及び速度層構造図を基に緊急時対策建屋(X-X' 断面)の解析用要素分割図を作成した。



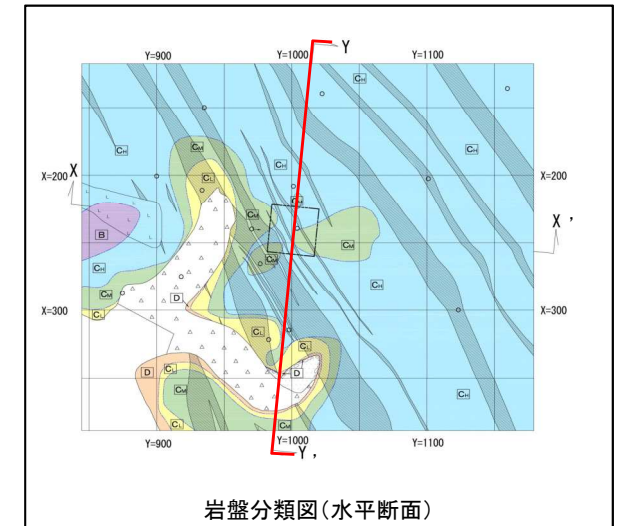
4. 基礎地盤の安定性評価 4. 1 評価方法

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)

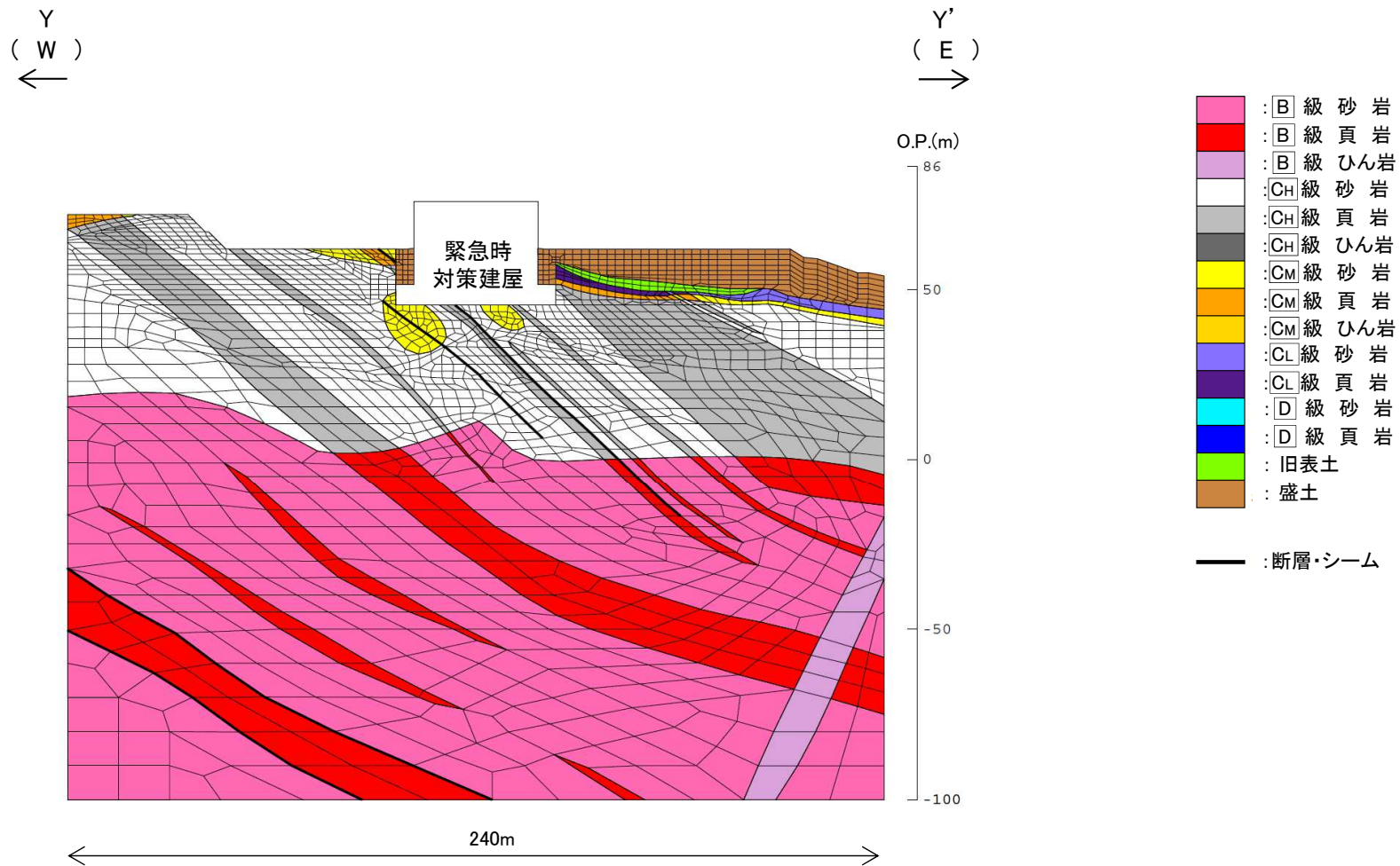
凡 例			
岩盤分類			
[B]	B 級	[△△△]	盛 土
[CH]	CH 級	[□□□]	第四系(砂・礫)
[CM]	CM 級	[□]	砂 岩
[CL]	CL 級	[□]	頁 岩
[D]	D 級	[LLL]	ひ ん 岩
[~]	岩盤分類境界	[—]	断 層
		[---]	地 質 境 界
		[ ]	ボ ー リ ン グ
		[—]	試 掘 坑



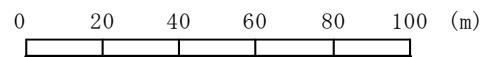
4. 基礎地盤の安定性評価 4. 1 評価方法

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)

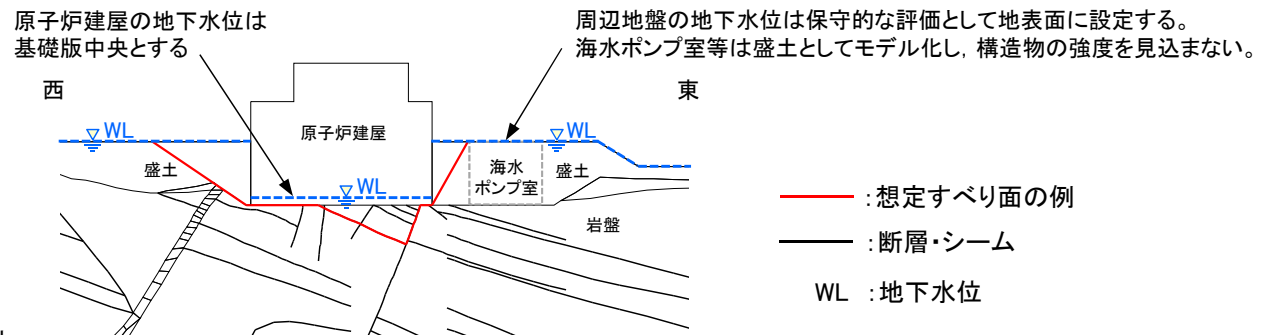
- 建設時の設置許可では、基礎地盤の安定性評価で設定する地下水位は、原子炉建屋及びタービン建屋で地下水位の低下を見込むものの、周辺地盤の地下水位は保守的に地表面に設定している。
- また、敷地全体を包含して地盤の安定性を評価するため、原子炉建屋及びタービン建屋以外の地下水位は地表面とし、かつ隣接する地中構造物を盛土としてモデル化し構造物の強度を見込まないことで、保守的な評価としている。

(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(設置許可基準規則第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(設置許可基準規則第3条第2項, 第38条第2項)については、周辺地盤の液状化等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、設置許可基準規則第4条へ適合することにより確認する。

(補足)周辺地盤の液状化等の変状に対する設計の考え方

- 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設においては、液状化、揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても、施設の機能が損なわれるおそれがないように設計する。
- 工事計画認可段階における耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の設計においては、防潮堤下部の地盤改良等により地下水の流れが遮断され、地下水位が地表付近まで上昇するおそれがあることを踏まえ、地下水位を一定の範囲に保持する地下水位低下設備を設置し、同設備の効果が及ぶ範囲においては、その機能を考慮した設計用地下水位を設定し水圧の影響を考慮する。地下水位低下設備の効果が及ばない範囲においては、自然水位<sup>※1</sup>より保守的に設定した水位又は地表面にて設計用地下水位を設定し水圧の影響を考慮する。
- なお、地下水位低下設備は、施設の耐震設計の前提条件となる地下水位を一定の範囲に保持する機能を有し、供用期間中の全ての状態においてその機能を維持する必要があることから、設計基準対象施設として位置付けるとともに、重要安全施設への影響に鑑み、安全機能の重要度分類におけるクラス1相当の配慮として、多重性及び独立性を確保した設計とする。また、耐震重要度はCクラス(Ss機能維持)に分類する。
- 耐震設計<sup>※2</sup>において、地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮する場合には、有効応力解析等を実施する。有効応力解析に用いる液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で実施した液状化強度試験結果に基づき、保守性を考慮して設定する。



※1: 地下水位低下設備の効果が及ばない範囲の地下水位

※2: 耐震設計を含め、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. 地下水位の設定に係る設置許可基準規則への基準適合の考え方」に示す。

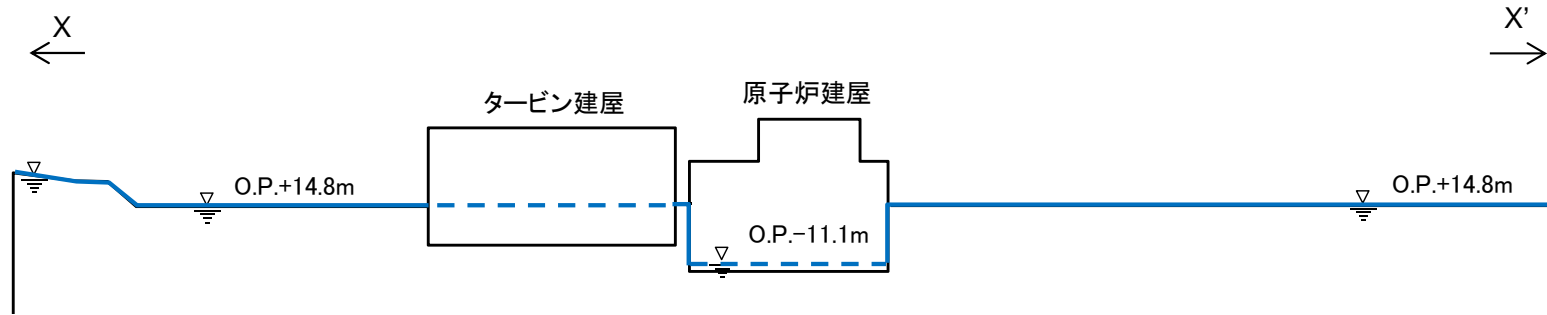
#### 4. 基礎地盤の安定性評価 4. 2地下水位の設定

### 4. 2. 2 地下水位(原子炉建屋)

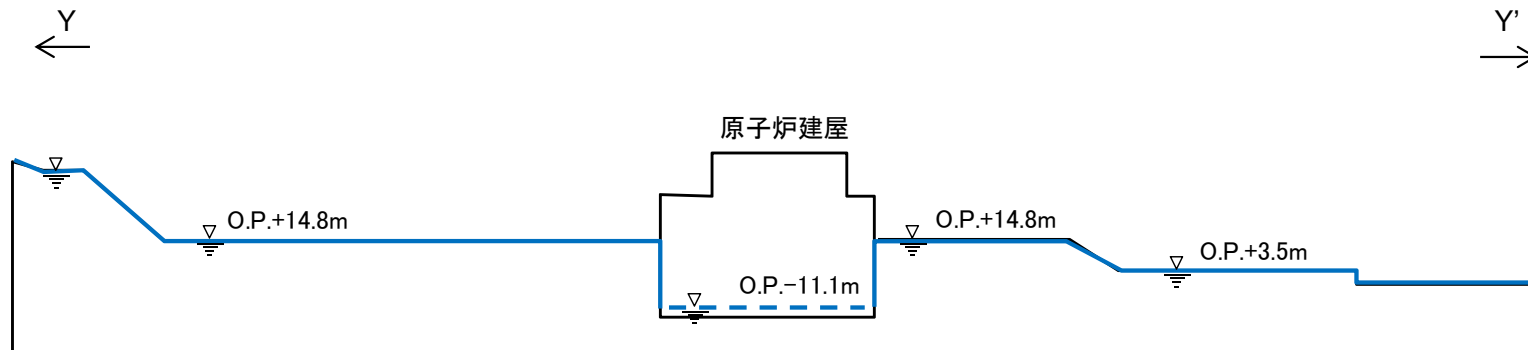
【原子炉建屋】

- 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】

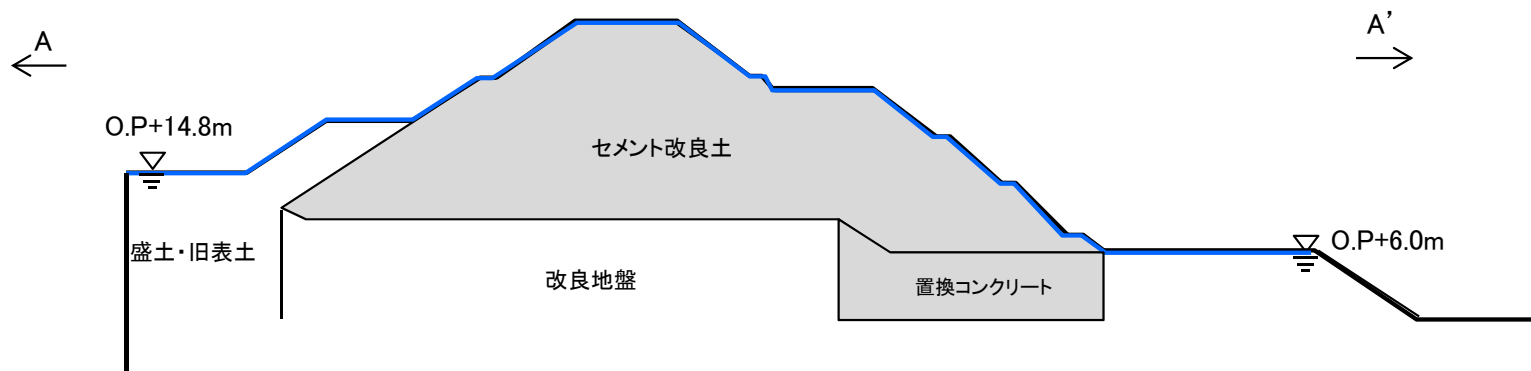


4. 基礎地盤の安定性評価 4. 2地下水位の設定

4. 2. 3 地下水位(防潮堤)

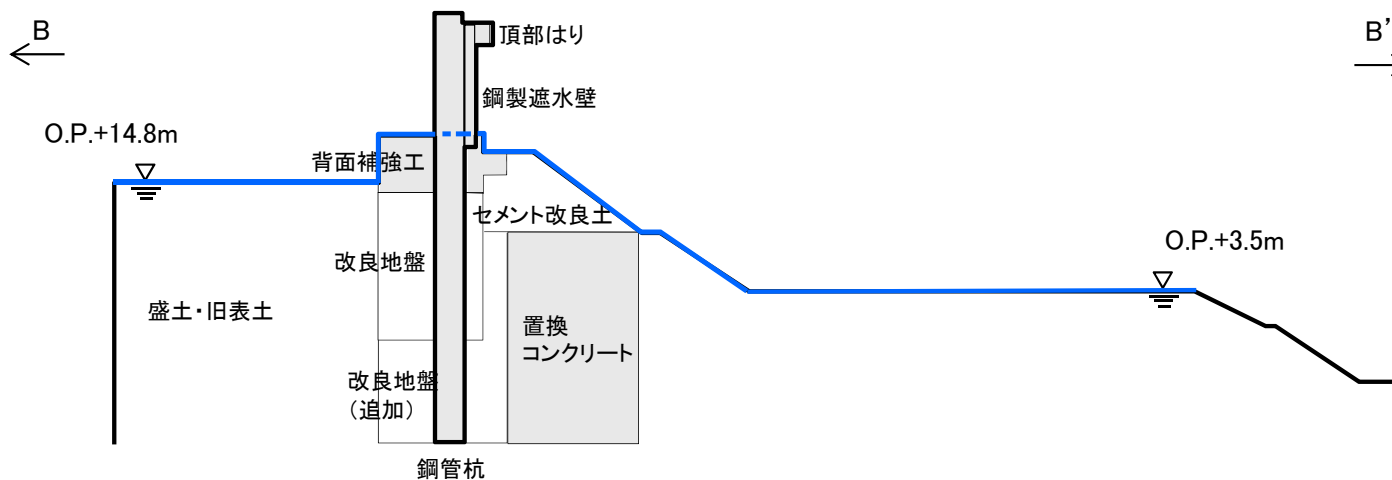
【防潮堤(盛土堤防)】

- 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。



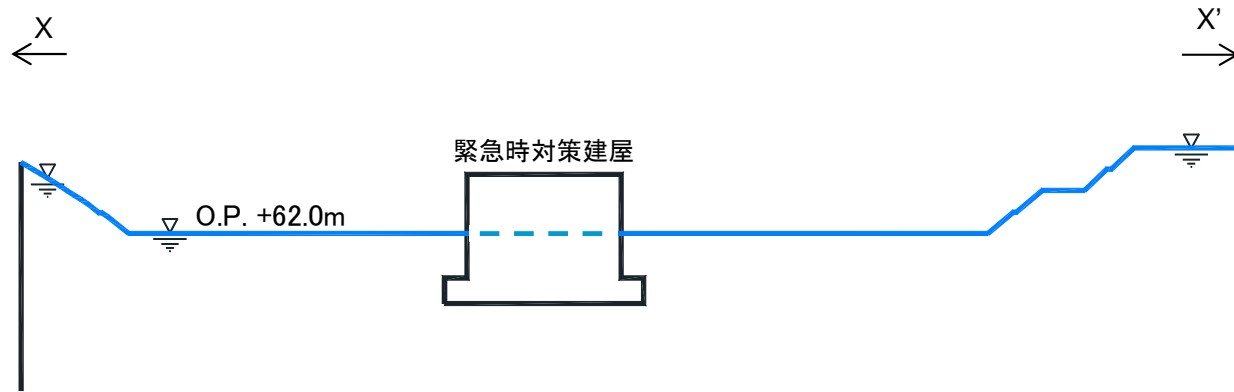
#### 4. 基礎地盤の安定性評価 4. 2地下水位の設定

### 4. 2. 4 地下水位(緊急時対策建屋)

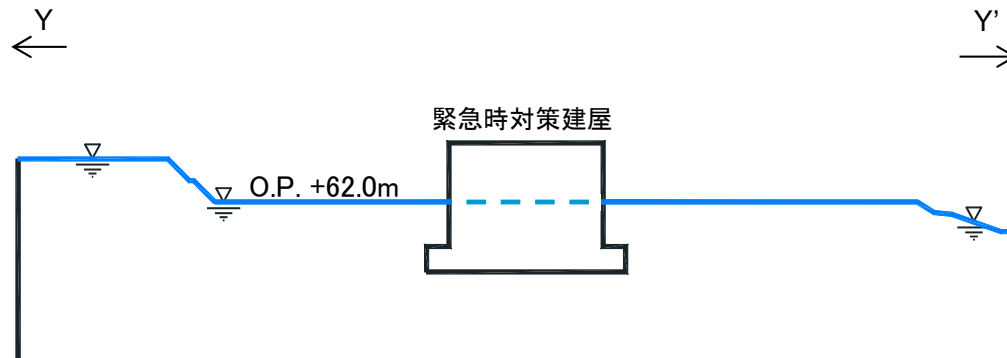
#### 【緊急時対策建屋】

- 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。

#### 【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. 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"> <li>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。</li> <li>周辺地盤の地下水位は、保守的に地表面に設定した。</li> </ul>
タービン建屋	地表面	地表面	<ul style="list-style-type: none"> <li>タービン建屋の地下水位は、地表面に設定した。</li> <li>周辺地盤の地下水位は、保守的に地表面に設定した。</li> </ul>
防潮堤(盛土堤防)	地表面	地表面	<ul style="list-style-type: none"> <li>防潮堤(盛土堤防)の地下水位は、地表面に設定した。</li> <li>周辺地盤の地下水位は、保守的に地表面に設定した。</li> </ul>
防潮堤(鋼管式鉛直壁)	地表面	地表面	<ul style="list-style-type: none"> <li>防潮堤(鋼管式鉛直壁)の地下水位は、地表面に設定した。</li> <li>周辺地盤の地下水位は、保守的に地表面に設定した。</li> </ul>
緊急時対策建屋	地表面	地表面	<ul style="list-style-type: none"> <li>緊急時対策建屋の地下水位は、地表面に設定した。</li> <li>周辺地盤の地下水位は、保守的に地表面に設定した。</li> </ul>

## 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 4601-2015」（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」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、全応力静的有限要素解析により常時応力を、全応力動的有限要素解析（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。一方、地震時の慣性力は建屋の質量に対して作用するが、建屋の質量は地下水位の以深、以浅で違いはないことから、設定地下水位は評価に影響しない。
- 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。

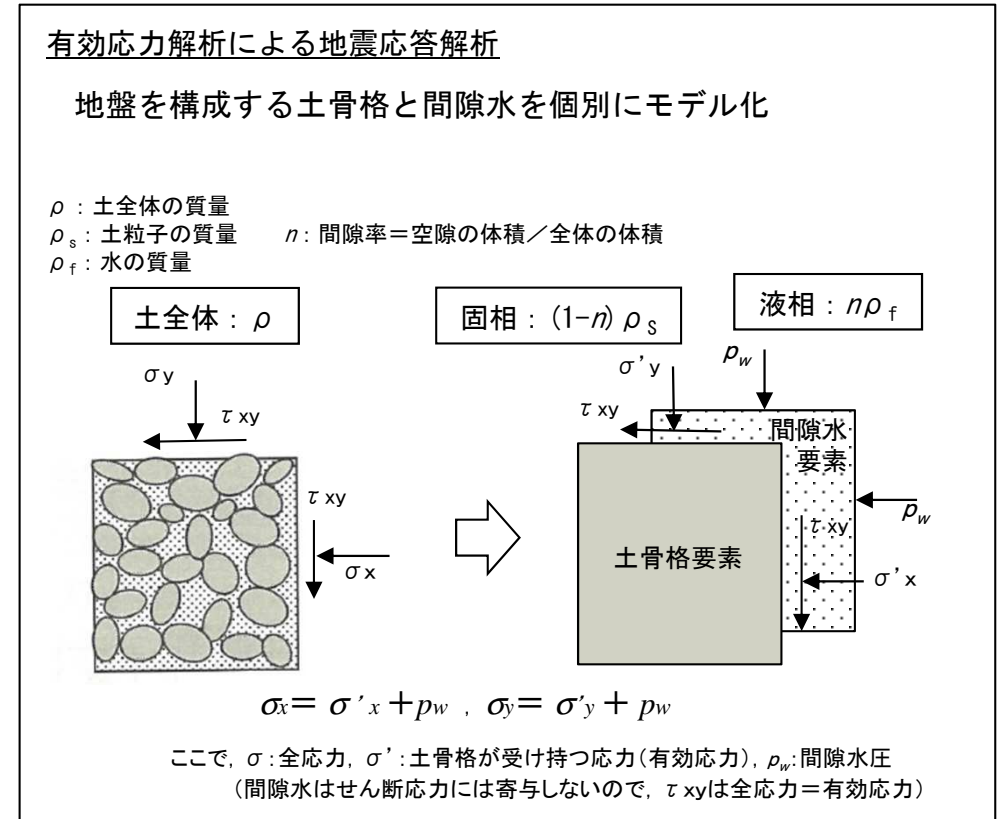
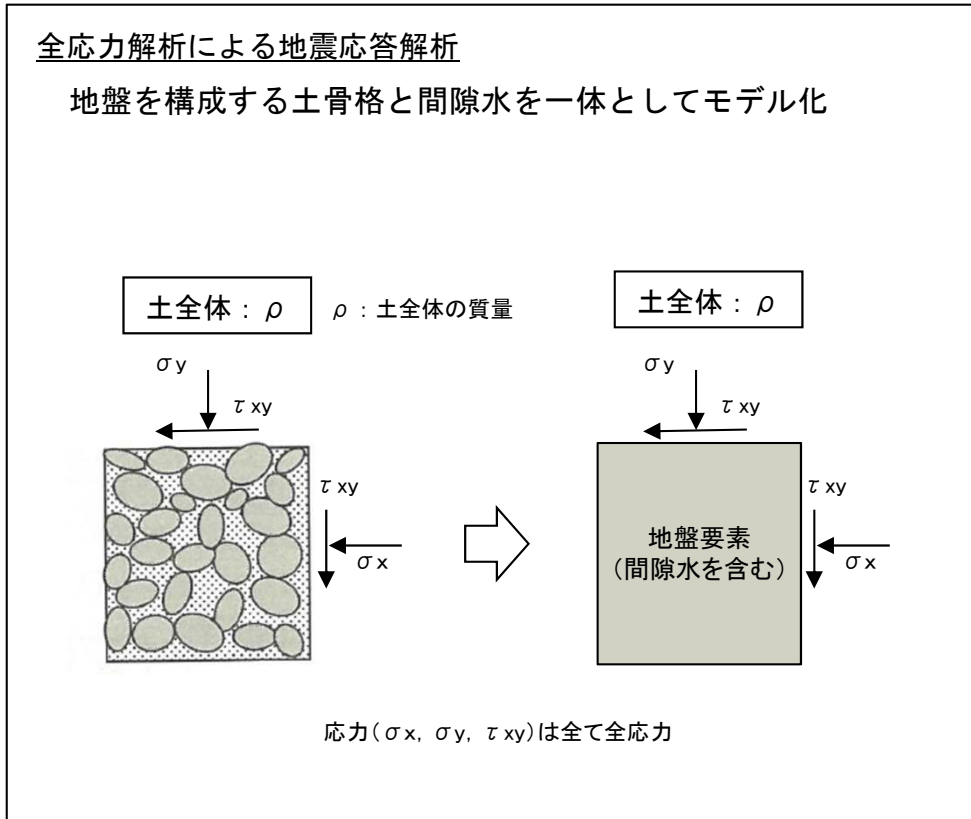
※1：全応力解析と有効応力解析の概念図をp111に示す。

※2：CU（圧密非排水）強度と圧密応力の関係をp113に示す。

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※<sup>1</sup>やCU強度※<sup>2</sup>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※<sup>3</sup>等の有効応力強度が対応する。

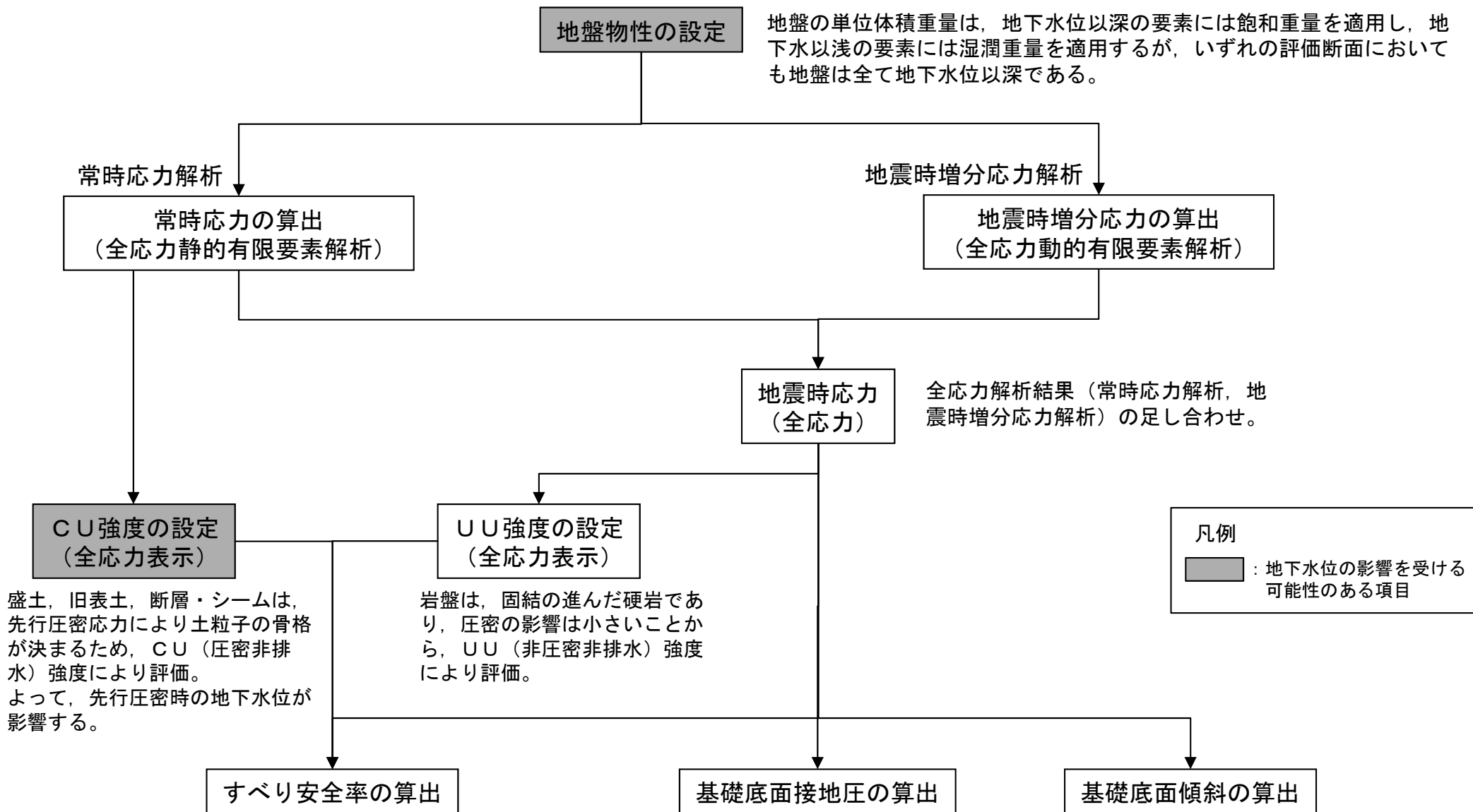
※1: UU (非圧密非排水強度)強度は、圧密の影響が小さい岩盤等を対象とし、非排水条件による試験により設定した強度。  
 ※2: CU (圧密非排水強度)強度は、圧密の影響を受ける土質を対象とし、非排水条件による試験により設定した強度。  
 ※3: CD (圧密排水強度)強度は、圧密の影響を受ける土質を対象とし、排水条件による試験により設定した強度。



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。



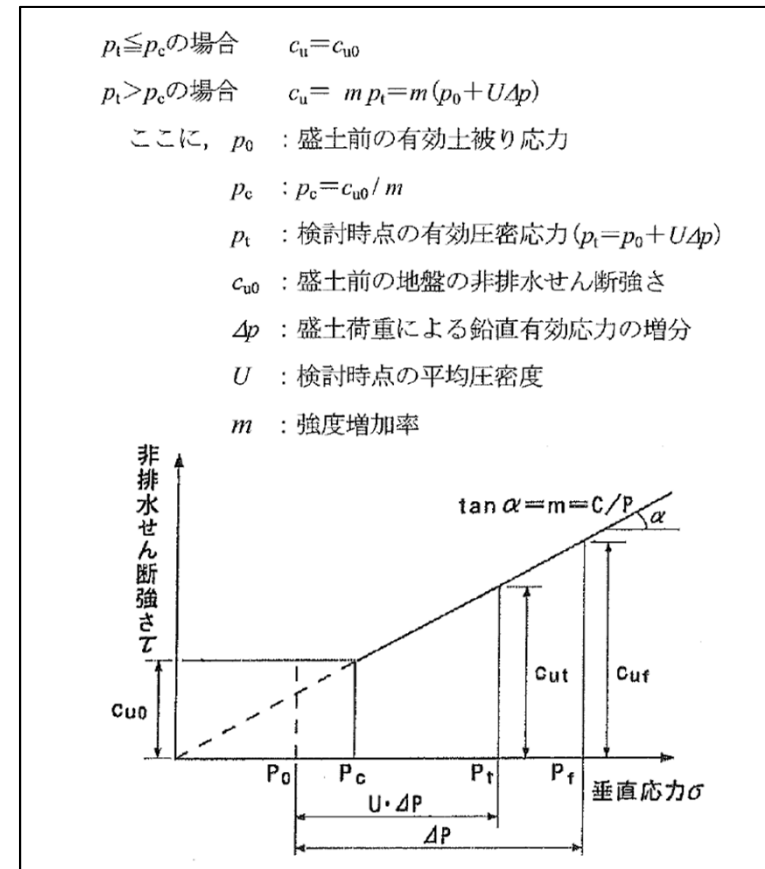
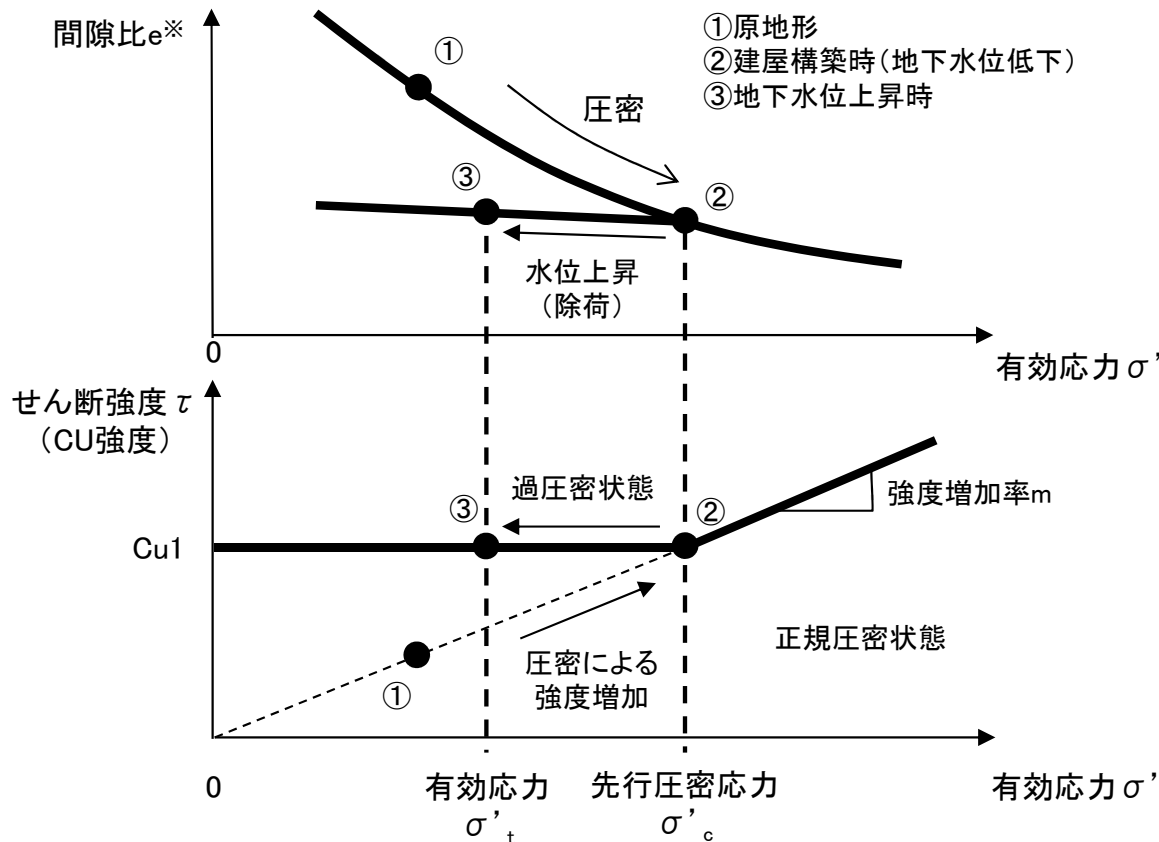
4. 基礎地盤の安定性評価 4. 2地下水水位の設定

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 $\sigma'_t$ が先行圧密応力 $\sigma'_c$ 以下の場合、せん断強度には、 $\sigma'_c$ に対応する $Cu1$ が適用される。
- 建屋部分の地下水水位は、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。



$p_t \leq p_c$  の場合  $c_u = c_{u0}$   
 $p_t > p_c$  の場合  $c_u = m p_t = m (p_0 + U \Delta p)$   
 ここに、 $p_0$  : 盛土前の有効土被り応力  
 $p_c$  :  $p_c = c_{u0} / m$   
 $p_t$  : 検討時点の有効圧密応力 ( $p_t = p_0 + U \Delta p$ )  
 $c_{u0}$  : 盛土前の地盤の非排水せん断強さ  
 $\Delta p$  : 盛土荷重による鉛直有効応力の増分  
 $U$  : 検討時点の平均圧密度  
 $m$  : 強度増加率

※: 土中の間隙の体積と土粒子の体積との比率

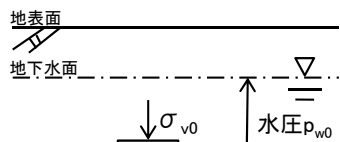
4. 基礎地盤の安定性評価 4. 2地下水位の設定

4. 2. 6 地盤安定性評価への影響⑤

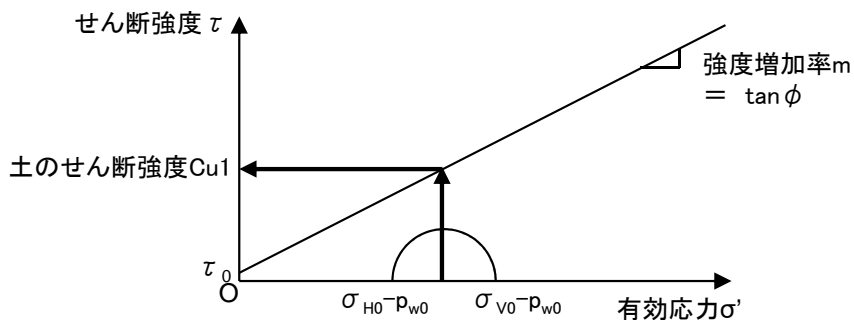
■解析用物性値とCU（圧密非排水）強度の関係

- 解析用物性値に示されるせん断強度  $\tau_0$  及び内部摩擦角  $\phi$  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

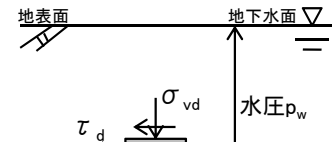


先行圧密時の土のモール円とせん断強度Cu1

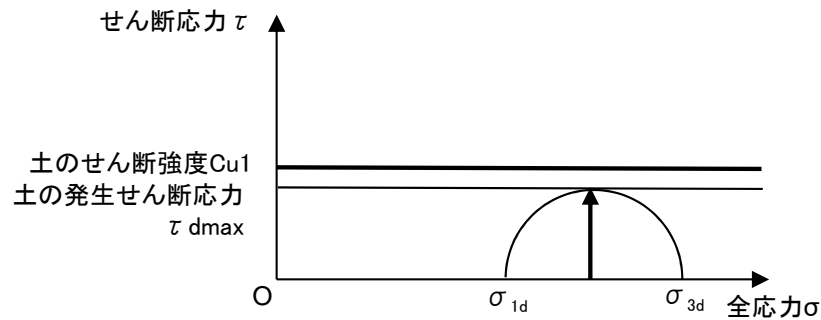
土の解析用物性値 (CU強度)

土質	強度特性	
	せん断強度 $\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	内部摩擦角 $\phi$ (°)
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

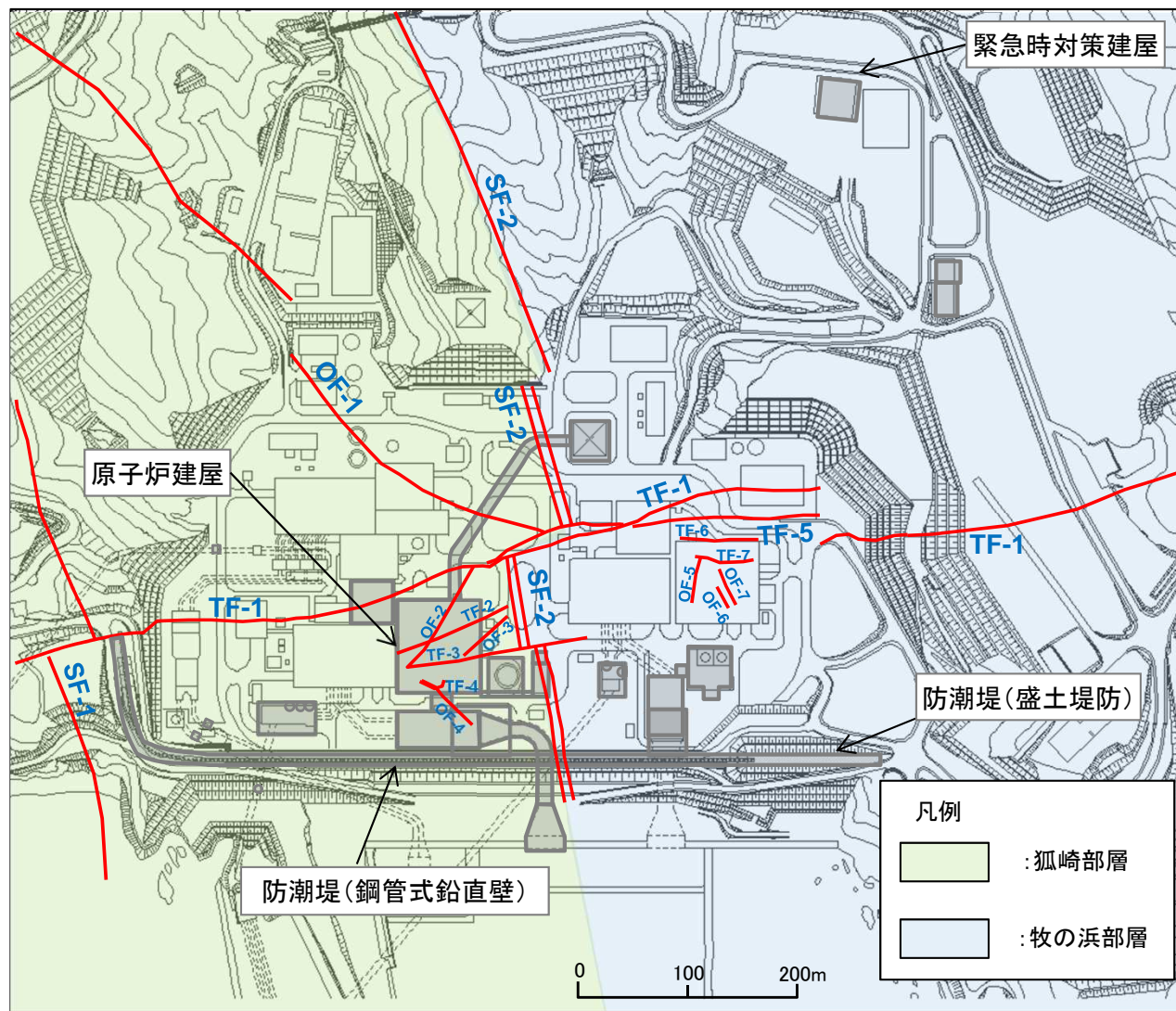
- 下表のとおり、建屋位置の地下水位が仮に上昇した場合でも、基礎地盤の安定性評価に与える影響がないことを確認した。

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"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>
タービン建屋	なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>
防潮堤(盛土堤防)	なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>
防潮堤(鋼管式鉛直壁)	なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>
緊急時対策建屋	なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>

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①

- 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、更に詳細な部層の区分では、原子炉建屋の設置位置には狐崎部層、緊急時対策建屋の設置位置には牧の浜部層、防潮堤の設置位置には狐崎部層及び牧の浜部層が分布する。
- 狐崎部層及び牧の浜部層ともに同一累層(牡鹿層群荻の浜累層)の砂岩及び頁岩が分布するが、狐崎部層については2号炉建設時の設置許可申請において、牧の浜部層については3号炉建設時の設置許可申請において、それぞれ試験を実施し、解析用物性値を設定していることを踏まえ、解析用物性値は各々の部層に応じた値を用いている。
- ただし、次頁に示すとおり基礎地盤の安定性評価上、部層の違いによる影響は小さいことから、部層の違いは代表施設の選定においては考慮していない。



敷地の地質層序表

年代層序区分		中生界 牡鹿半島の層序表	
新第三系	第四系	沖積層	
	新第三系	新第三系	
中生界	白垩系	白垩系	
	上層	山崎層	
中生界	下層	山崎層	
	上層	荻の浜部層	
中生界	中層	月の層	
	下層	月の層	
三畳系	三畳系	三畳系	

部層名	層厚(m)
荻の浜部層	800~850
小笠原部層	150~200
牧の浜部層	380
狐崎部層	350
待機部層	600
月の層	120~200

※ 資料1-2-1(1)に一部追加

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②

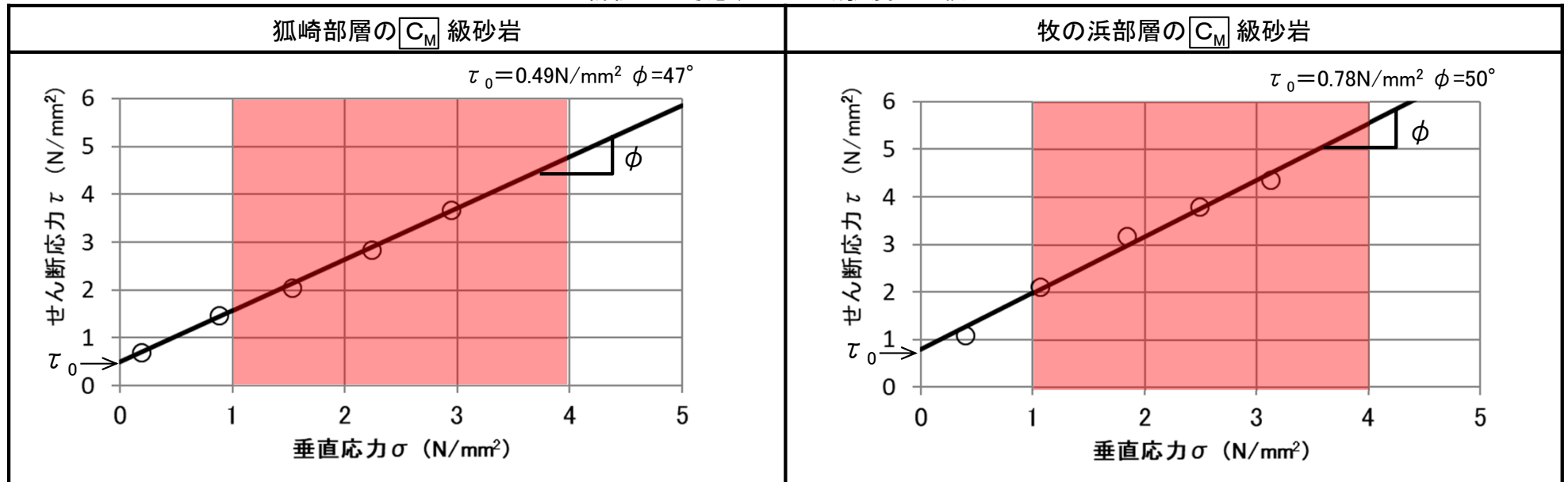
一軸圧縮強度の比較 (単位:N/mm<sup>2</sup>)

岩盤分類		狐崎部層※1	牧の浜部層※2
砂岩	C <sub>H</sub>	153.0	150.2
	C <sub>M</sub>	40.0	47.4

※1:2号炉試掘坑内 供試体  
※2:3号炉試掘坑内 供試体

- 評価対象施設は、C<sub>M</sub> 級以上の岩盤に支持させる方針としており、地盤安定性評価において支配的な物性値である強度特性(4. 1. 2参照)について、部層の相違が基礎地盤の安定性評価に及ぼす影響が小さいことを確認する。
- まず、強度特性の代表指標である一軸圧縮強度について、建設時に実施した試験より、C<sub>H</sub> 級砂岩とC<sub>M</sub> 級砂岩それぞれにおいて、狐崎部層と牧の浜部層の一軸圧縮強度は大差ないことを確認した。
- 次に地盤安定性評価に支配的な強度特性である、岩盤のせん断強度を設定するブロックせん断試験結果のうち、対象施設の主要な支持岩盤であるC<sub>M</sub> 級砂岩のせん断強度について、垂直応力1~4N/mm<sup>2</sup>の範囲(4. 6. 2に示す地震時の最大接地圧を参考)のせん断強度を比較した。
- その結果、狐崎部層は1.56~4.78N/mm<sup>2</sup>、牧の浜部層は1.97~5.55N/mm<sup>2</sup>であり、3. 5. 2. 6に示すとおり、すべり安全率に及ぼす影響は小さいことを確認している。

評価にて考慮するせん断強度の比較



C<sub>M</sub> 級砂岩の強度特性(解析用物性値より抜粋)

C <sub>M</sub> 級砂岩	強度特性	
	せん断強度 τ <sub>0</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	内部摩擦角 φ (°)
狐崎部層	0.49	47.0
牧の浜部層	0.78	50.0

凡例

■ :解析で発生する垂直応力の範囲

— せん断強度

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<sub>L</sub>**級岩盤の強度特性及び**D**級岩盤の物性値は、分布範囲が小さいことや、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 <sub>H</sub> 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	
	頁岩			岩盤変形試験※1, ※2	
	ひん岩			砂岩と同じ値	
C <sub>M</sub> 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	
	ひん岩	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	
C <sub>L</sub> 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※2 摩擦抵抗試験※2	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<sub>H</sub>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 <sub>H</sub> 級と同じ値	換算値 <sup>※2</sup>	PS検層 (JGS 1122)
	頁 岩				
	ひん岩	C <sub>H</sub> 級と同じ値			
C <sub>H</sub> 級	砂 岩	密度試験 (JIS A1225)	ブロックせん断試験 <sup>※1</sup> 摩擦抵抗試験 <sup>※1</sup>	岩盤変形試験 <sup>※1</sup>	
	頁 岩		換算値 <sup>※2</sup>	砂岩と同じ値	
	ひん岩		砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	
C <sub>M</sub> 級	砂 岩	密度試験 (JIS A1225)	ブロックせん断試験 <sup>※1</sup> 摩擦抵抗試験 <sup>※1</sup>	岩盤変形試験 <sup>※1</sup>	
	頁 岩		ブロックせん断試験 <sup>※1</sup> 摩擦抵抗試験 <sup>※1</sup>	岩盤変形試験 <sup>※1</sup>	
	ひん岩	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	
C <sub>L</sub> 級	砂 岩	密度試験 (JIS A1225)	ロックせん断試験 <sup>※1</sup> 摩擦抵抗試験 <sup>※1</sup>	換算値 <sup>※2</sup>	
	頁 岩		換算値 <sup>※2</sup>		
	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 <sup>※1</sup> 摩擦抵抗試験 <sup>※1</sup>	換算値 <sup>※2</sup>	繰返し三軸試験 (JGS 0542)
	頁 岩	換算値 <sup>※2</sup>	換算値 <sup>※2</sup>	換算値 <sup>※2</sup>	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: 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(盛土ほか)

- 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)
- 改良地盤は試験施工に基づいた各種試験から物性値を設定しており、工事計画認可段階に品質管理方針を示した上で、所定の物性値が確保されていることを施工時の品質管理で確認する。

解析用物性値の設定根拠(盛土ほか)

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 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	せん断強度 $\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	内部摩擦角 $\phi$ (°)	残留強度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	静弾性係数 $E_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	静ポアソン比 $\nu_s$	動せん断弾性係数 $G_d$ (N/mm <sup>2</sup> )	動ポアソン比 $\nu_d$
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 <sub>H</sub> 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 <sub>M</sub> 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 <sub>L</sub> 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 <sup>2</sup> )	動ポア ソン比 $\nu_d$
B 級 及び C <sub>H</sub> 級	砂岩	第2速度層	$1.5 \times 10^3$	0.44
		第3速度層	$5.9 \times 10^3$	0.40
		第4速度層	$13.2 \times 10^3$	0.36
		第5速度層	$16.5 \times 10^3$	0.35
	頁岩	第2速度層	$1.6 \times 10^3$	0.44
		第3速度層	$6.0 \times 10^3$	0.40
		第4速度層	$13.5 \times 10^3$	0.36
		第5速度層	$16.7 \times 10^3$	0.35
	ひん岩	第3速度層	$6.4 \times 10^3$	0.40
		第4速度層	$14.2 \times 10^3$	0.36
第5速度層		$17.6 \times 10^3$	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 <sup>2</sup> )	動ポア ソン比 $\nu_d$
C <sub>M</sub> 級	砂岩	第1速度層	$0.2 \times 10^3$	0.48
		第2速度層	$1.5 \times 10^3$	0.44
		第3速度層	$5.7 \times 10^3$	0.40
		第4速度層	$12.7 \times 10^3$	0.36
		第5速度層	$15.8 \times 10^3$	0.35
	頁岩	第1速度層	$0.2 \times 10^3$	0.48
		第2速度層	$1.5 \times 10^3$	0.44
		第3速度層	$5.9 \times 10^3$	0.40
		第4速度層	$13.0 \times 10^3$	0.36
		第5速度層	$16.2 \times 10^3$	0.35
	ひん岩	第2速度層	$1.5 \times 10^3$	0.44
		第3速度層	$5.7 \times 10^3$	0.40
		第4速度層	$12.7 \times 10^3$	0.36
	C <sub>L</sub> 級	第1速度層	$0.2 \times 10^3$	0.48
		第2速度層	$1.4 \times 10^3$	0.44
第3速度層		$5.5 \times 10^3$	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 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	せん断強度 $\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	内部摩擦角 $\phi$ (°)	残留強度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	静弾性係数 $E_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	静ポアソン比 $\nu_s$	動せん断弾性係数 $G_d$ (N/mm <sup>2</sup> )	動ポアソン比 $\nu_d$
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 <sub>H</sub> 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 <sub>M</sub> 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 <sub>L</sub> 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 <sup>2</sup> )	動ポア ソン比 $\nu_d$
B 級 及び C <sub>H</sub> 級	砂岩	第2速度層	$1.2 \times 10^3$	0.45
		第3速度層	$4.7 \times 10^3$	0.41
		第4速度層	$11.5 \times 10^3$	0.34
		第5速度層	$16.8 \times 10^3$	0.33
	頁岩	第2速度層	$1.2 \times 10^3$	0.45
		第3速度層	$4.7 \times 10^3$	0.41
		第4速度層	$11.5 \times 10^3$	0.34
		第5速度層	$16.8 \times 10^3$	0.33
	ひん岩	第3速度層	$4.7 \times 10^3$	0.41
		第4速度層	$11.5 \times 10^3$	0.34
第5速度層		$16.8 \times 10^3$	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 <sup>2</sup> )	動ポア ソン比 $\nu_d$
C <sub>M</sub> 級	砂岩	第1速度層	$0.2 \times 10^3$	0.48
		第2速度層	$1.2 \times 10^3$	0.45
		第3速度層	$4.7 \times 10^3$	0.41
		第4速度層	$11.5 \times 10^3$	0.34
		第5速度層	$16.8 \times 10^3$	0.33
	頁岩	第1速度層	$0.2 \times 10^3$	0.48
		第2速度層	$1.2 \times 10^3$	0.45
		第3速度層	$4.7 \times 10^3$	0.41
		第4速度層	$11.5 \times 10^3$	0.34
		第5速度層	$16.8 \times 10^3$	0.33
	ひん岩	第2速度層	$1.2 \times 10^3$	0.45
		第3速度層	$4.7 \times 10^3$	0.41
		第4速度層	$11.5 \times 10^3$	0.34
	C <sub>L</sub> 級	第1速度層	$0.2 \times 10^3$	0.48
		第2速度層	$1.2 \times 10^3$	0.45
第3速度層		$4.7 \times 10^3$	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 盛土ほかの解析用物性値

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 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	せん断強度 $\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	内部摩擦角 $\phi$ (°)	引張強度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	残留強度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	静弾性係数 $E_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	静ポアソン比 $\nu_s$	動せん断弾性係数 $G_d$ (N/mm <sup>2</sup> )	動ポアソン比 $\nu_d$
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									

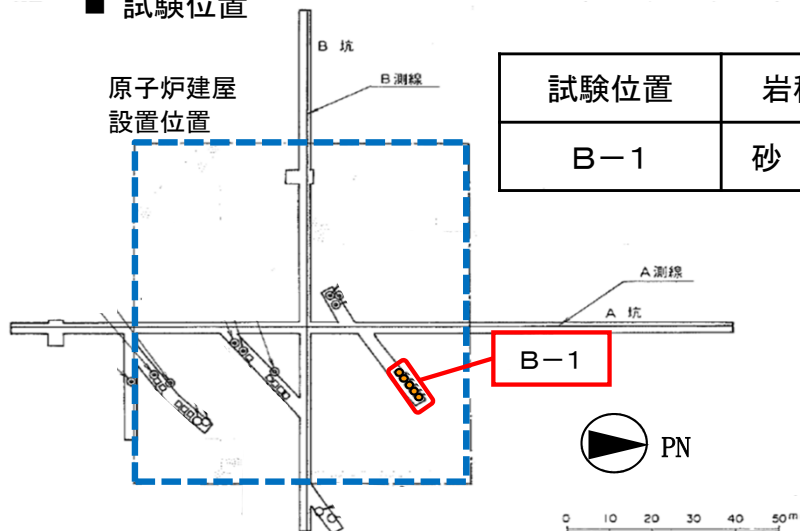
※: 残存剛性率( $G_d/G_0$ )が小さい領域は次式で補間  $G_0 = E_s/2(1 + \nu_s)$ ,  $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/\gamma_m)$ ,  $\gamma_m = \tau_f/G_0$   
補間方法の詳細については、補足説明資料「2. 解析用物性値に関する補足」に示す。

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)

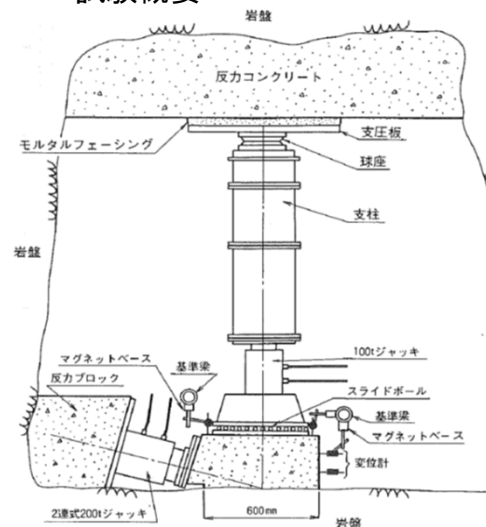
- すべり安全率に支配的な要因である岩盤強度は、ブロックせん断試験※により評価した。

■ 試験位置

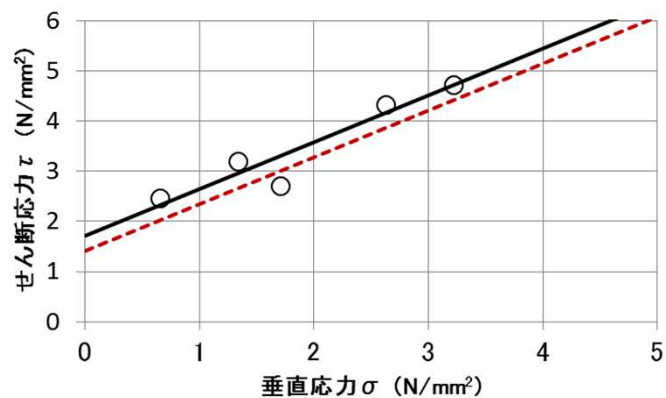


試験位置	岩種	岩盤分類
B-1	砂岩	C <sub>H</sub> 級

■ 試験概要

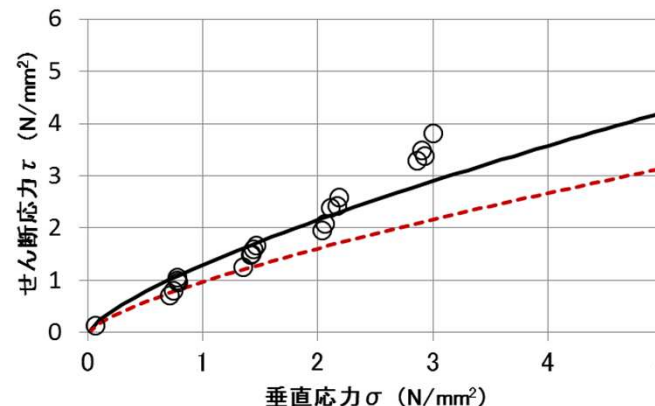


■ 試験結果



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

せん断強度



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

残留強度

— : 平均強度  
 - - - : -1 $\sigma$

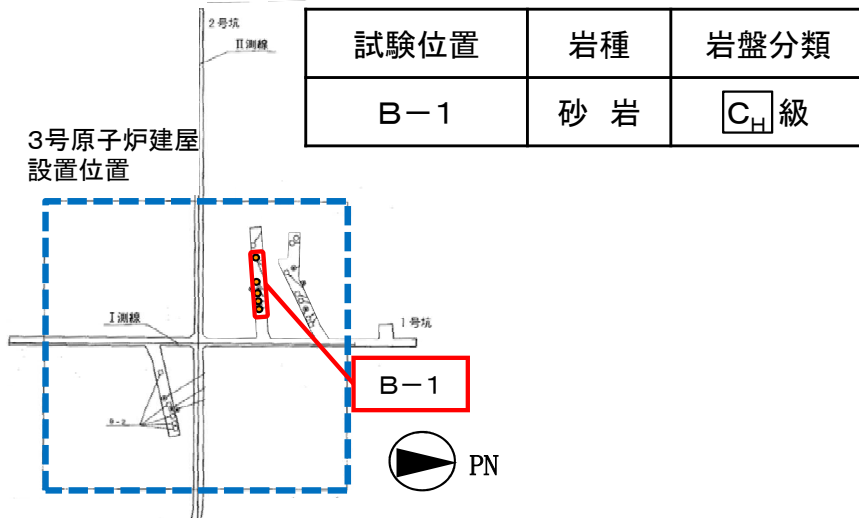
※: 試験結果の詳細については、補足説明資料「2. 解析用物性値に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4. 3解析用物性値

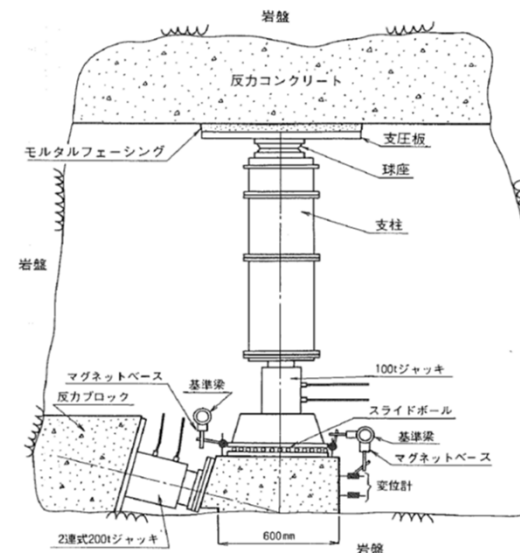
4. 3. 6 試験結果例: 岩盤の強度特性(牧の浜部層)

- 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。

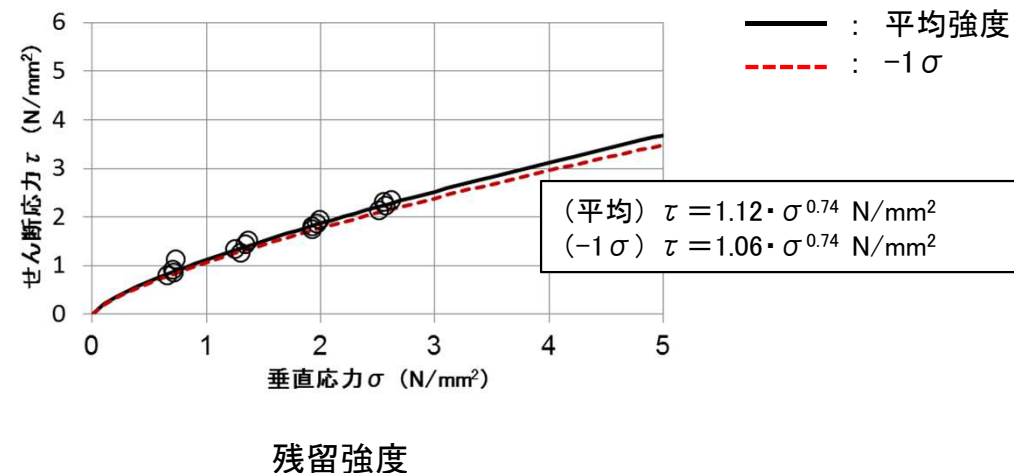
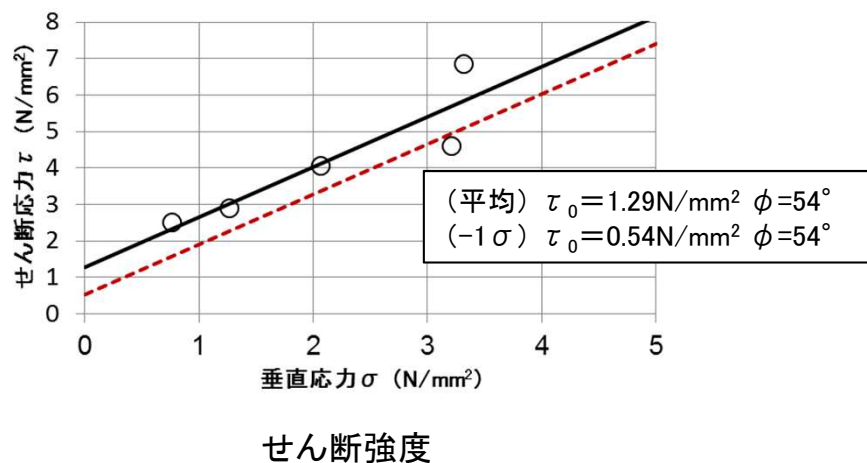
■ 試験位置



■ 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。

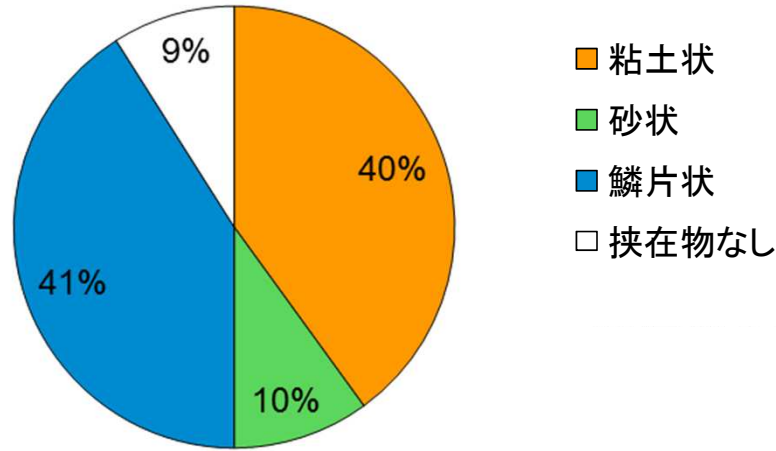


4. 基礎地盤の安定性評価 4.3 解析用物性値

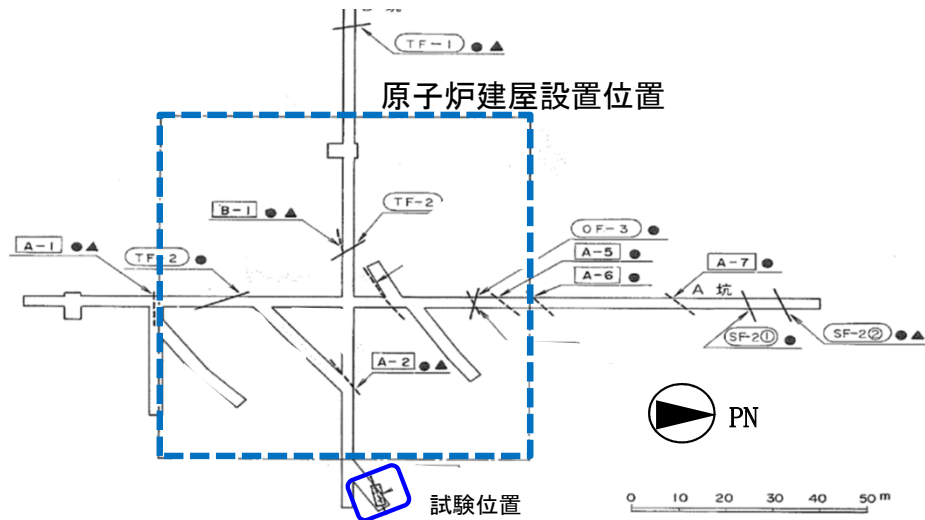
4.3.6 試験結果例:断層及びシームの強度特性

- 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。

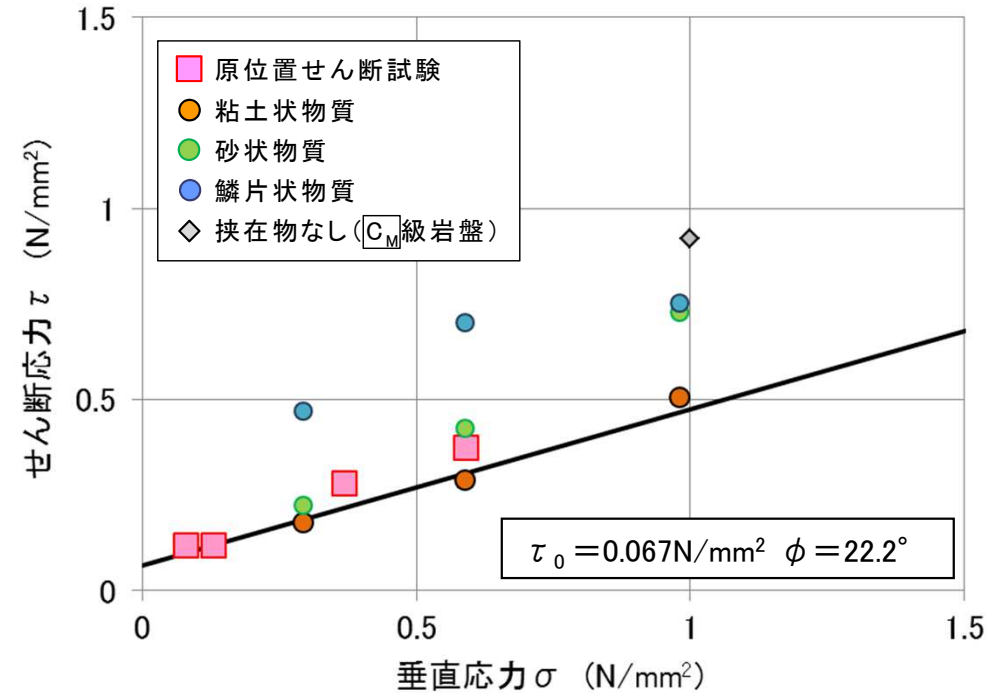
■ 炉心直交地質断面図に表れる断層・シームの性状割合



■ 原位置試験位置



■ 試験結果



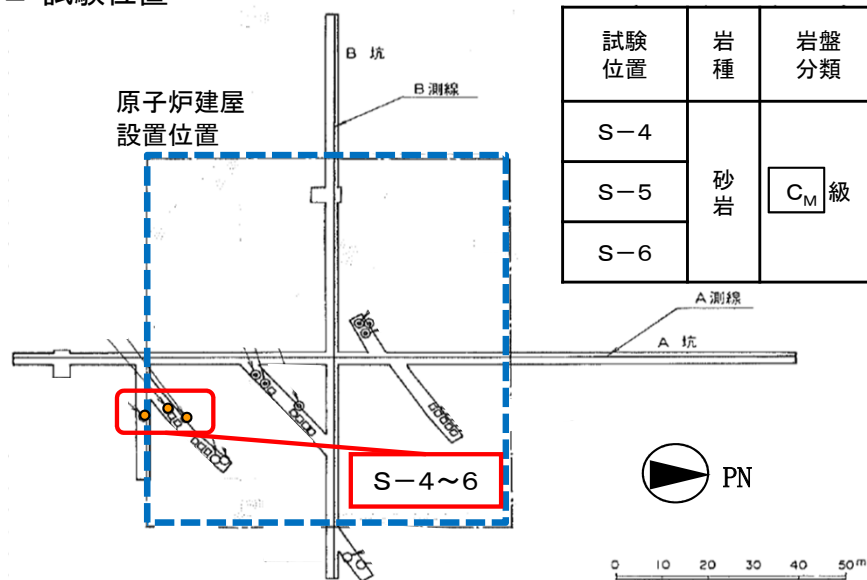
※:試験結果の詳細については、補足説明資料「2. 解析用物性値に関する補足」に示す。

4. 基礎地盤の安定性評価 4. 3解析用物性値

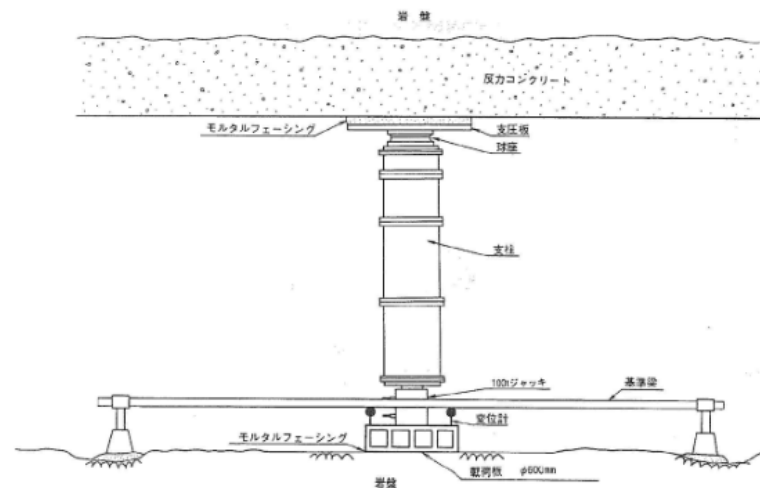
4. 3. 7 極限支持力の算定(狐崎部層)

- 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、ジャッキの载荷限界値である $13.7N/mm^2$ 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。

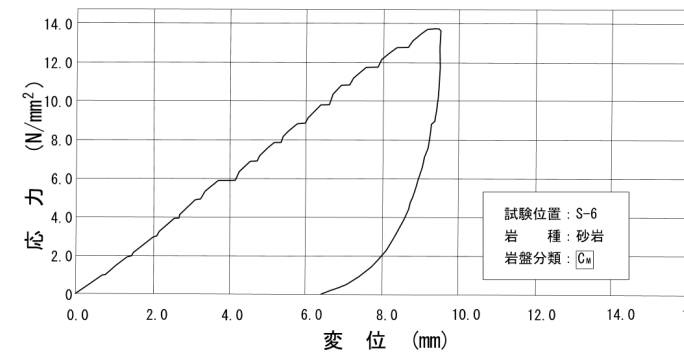
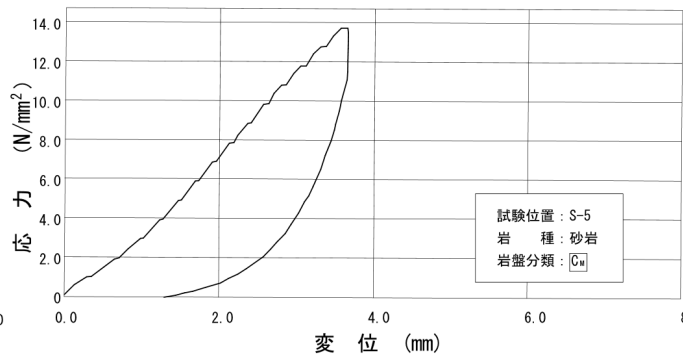
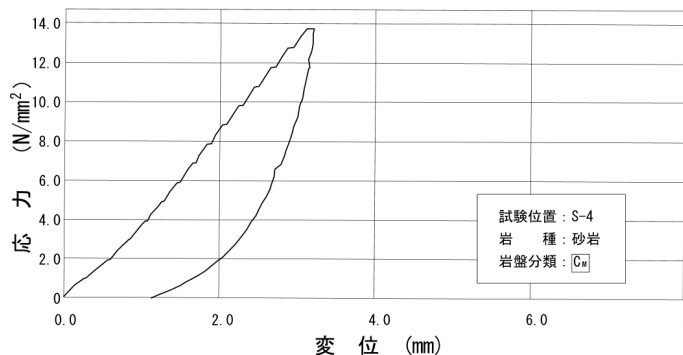
■ 試験位置



■ 試験概要



■ 試験結果



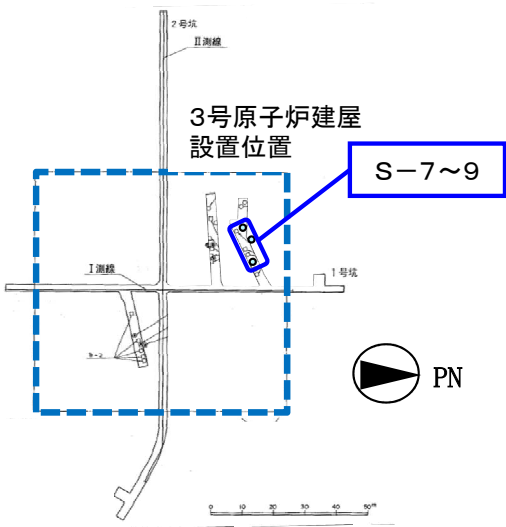
※: 試験結果の詳細については、補足説明資料「2. 解析用物性値に関する補足」に示す。

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)

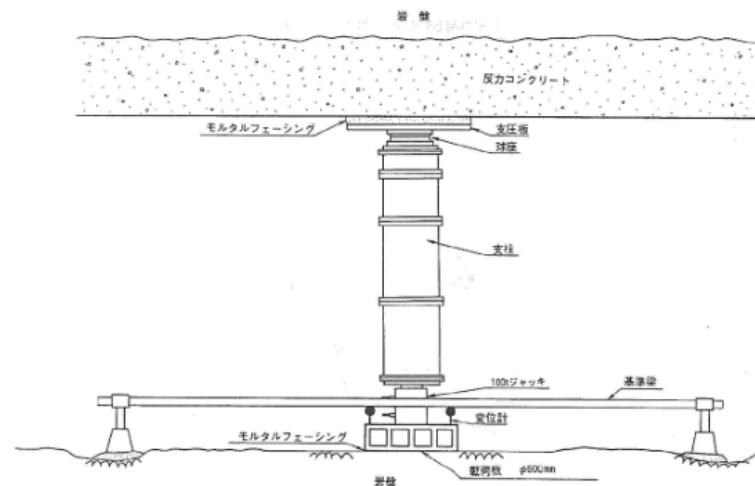
- $C_M$  級頁岩に対する支持力試験\*の結果, 载荷した最大荷重の平均値は $11.4\text{N/mm}^2$ であることから, 岩盤の極限支持力は,  $11.4\text{N/mm}^2$ と評価でき, 支持力に対する評価基準値は,  $11.4\text{N/mm}^2$ とする。

■ 試験位置

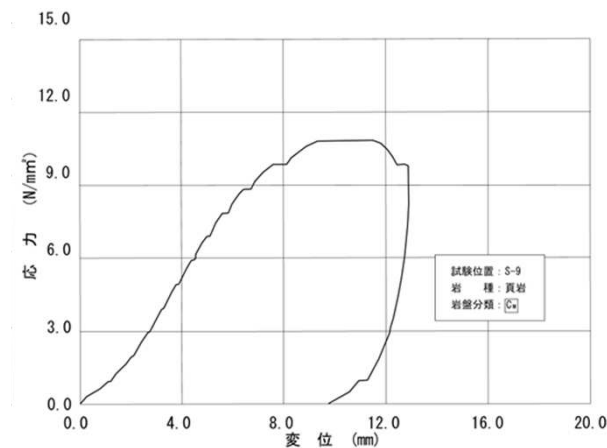
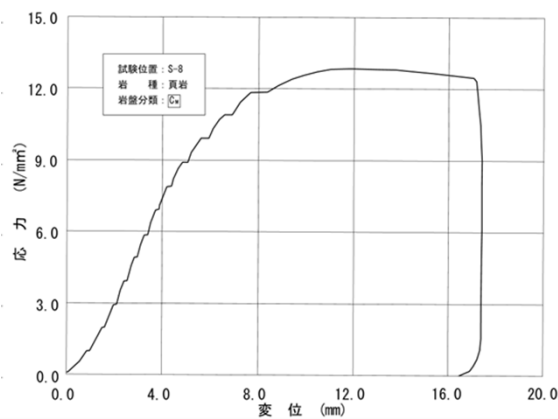
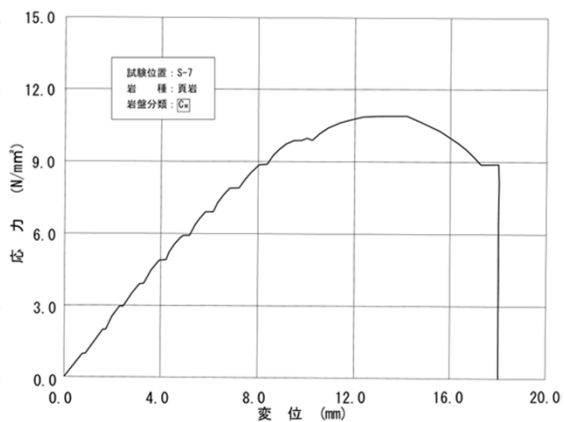


試験位置	岩種	岩盤分類	载荷方向
S-7	頁岩	$C_M$ 級	鉛直
S-8			鉛直
S-9			水平

■ 試験概要



■ 試験結果



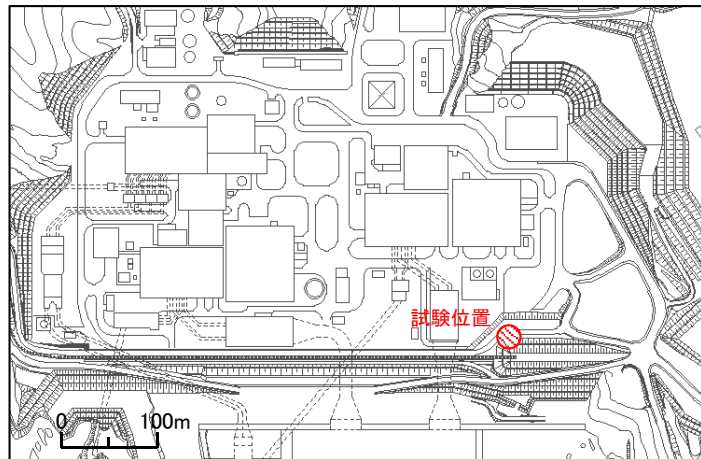
\*: 試験結果の詳細については, 補足説明資料「2. 解析用物性値に関する補足」に示す。

#### 4. 基礎地盤の安定性評価 4. 3解析用物性値

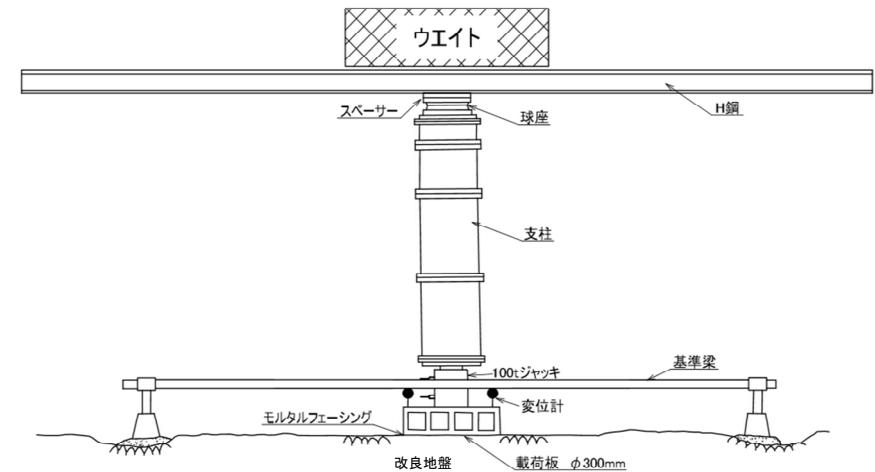
### 4. 3. 7 極限支持力の算定(改良地盤)

- 改良地盤の支持力を確認するために、試験施工に基づく改良体を用いた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。

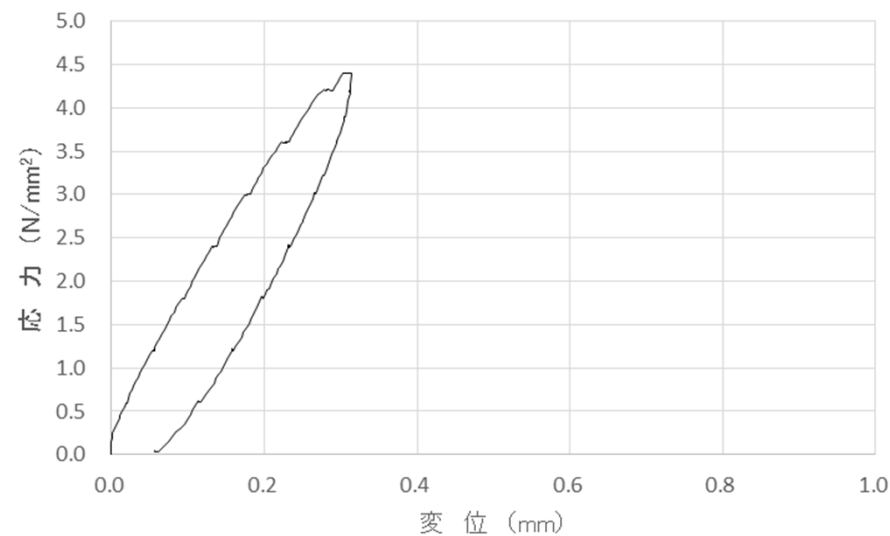
#### ■ 試験実施位置



#### ■ 試験概要



#### ■ 試験結果



4. 基礎地盤の安定性評価 4. 4 基準地震動

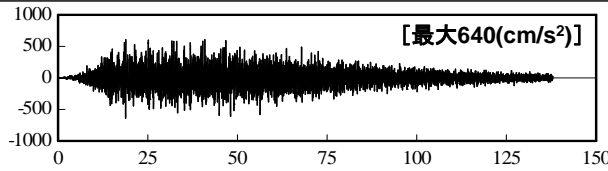
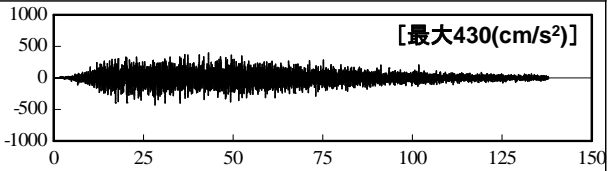
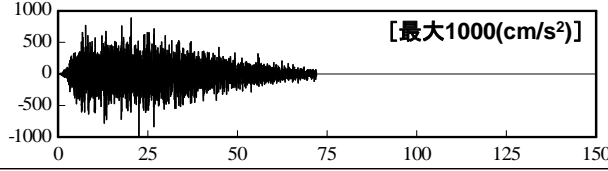
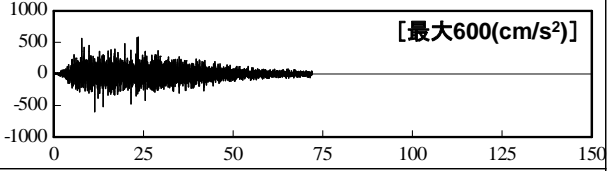
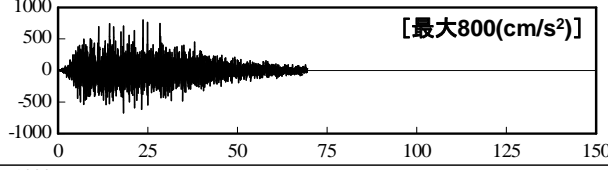
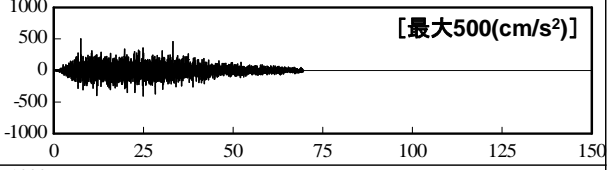
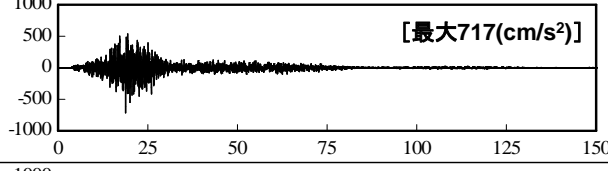
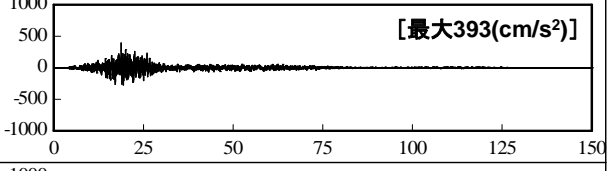
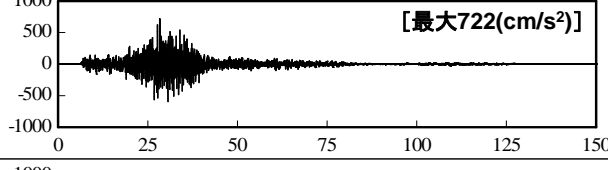
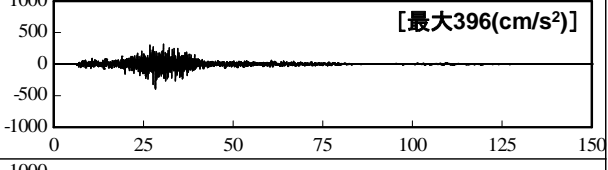
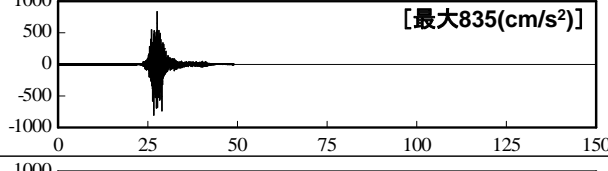
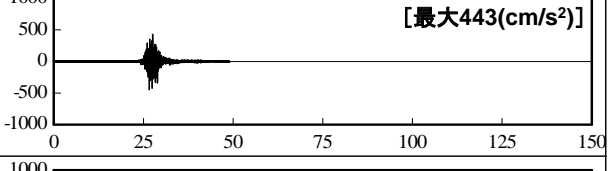
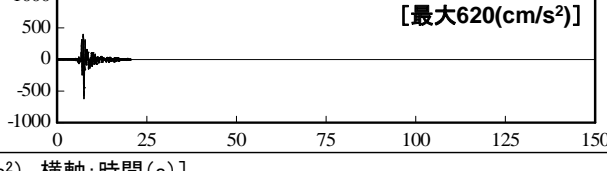
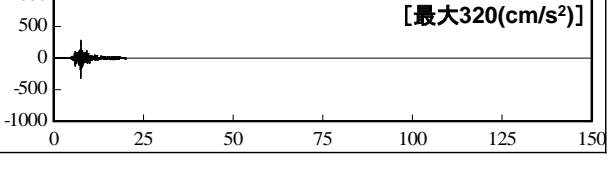
4. 4. 1 基準地震動

- 基準地震動Ss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Ss			最大加速度振幅 (cm/s <sup>2</sup> )	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 <sup>2</sup> )]	 [最大430(cm/s <sup>2</sup> )]
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 <sup>2</sup> )]	 [最大600(cm/s <sup>2</sup> )]
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 <sup>2</sup> )]	 [最大500(cm/s <sup>2</sup> )]
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 <sup>2</sup> )]	 [最大393(cm/s <sup>2</sup> )]
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 <sup>2</sup> )]	 [最大396(cm/s <sup>2</sup> )]
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 <sup>2</sup> )]	 [最大443(cm/s <sup>2</sup> )]
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 <sup>2</sup> )]	 [最大320(cm/s <sup>2</sup> )]

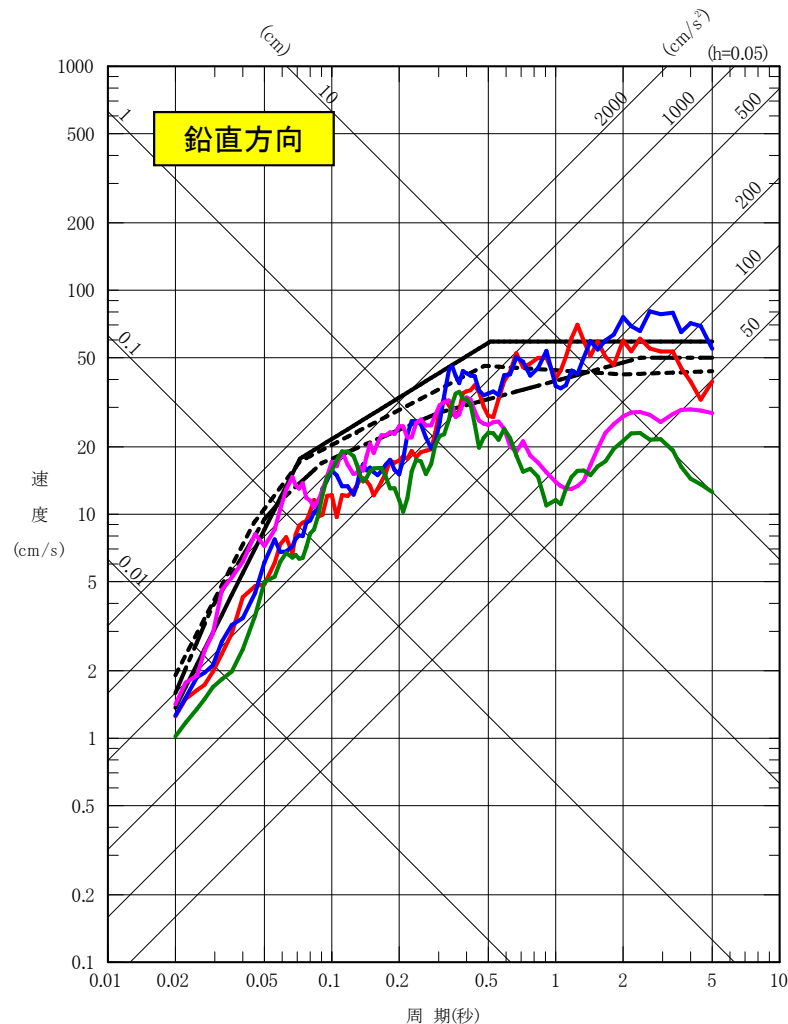
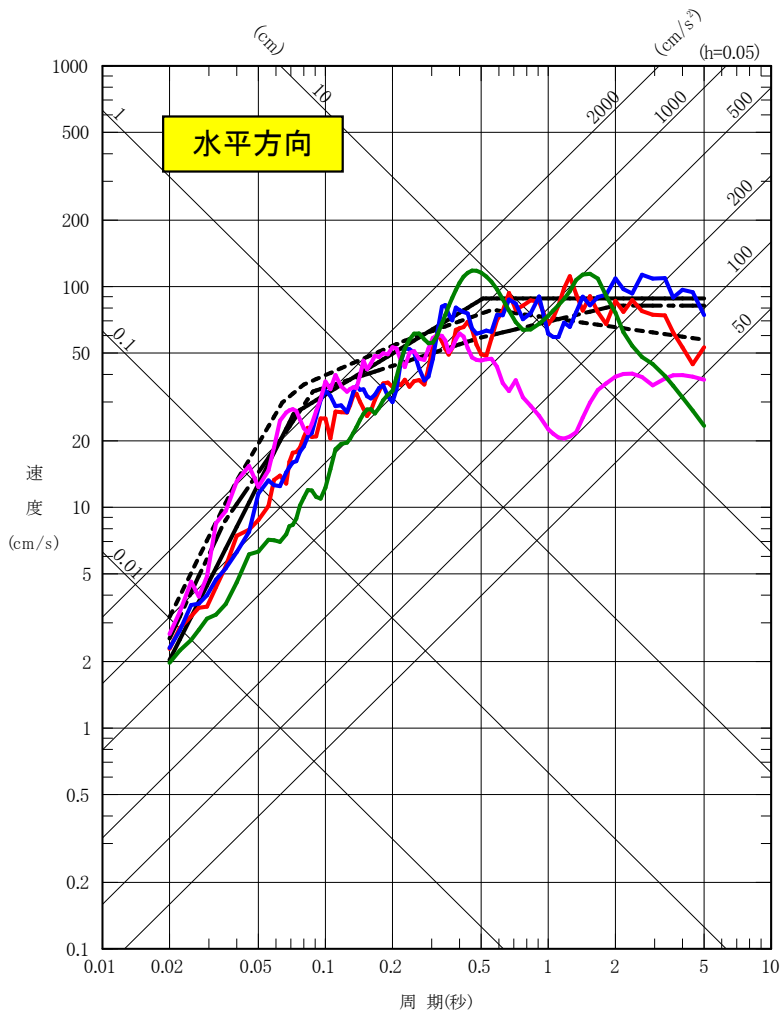
注1: 表中のグラフは各基準地震動の加速度時刻歴波形[縦軸: 加速度 (cm/s<sup>2</sup>), 横軸: 時間 (s)]

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)

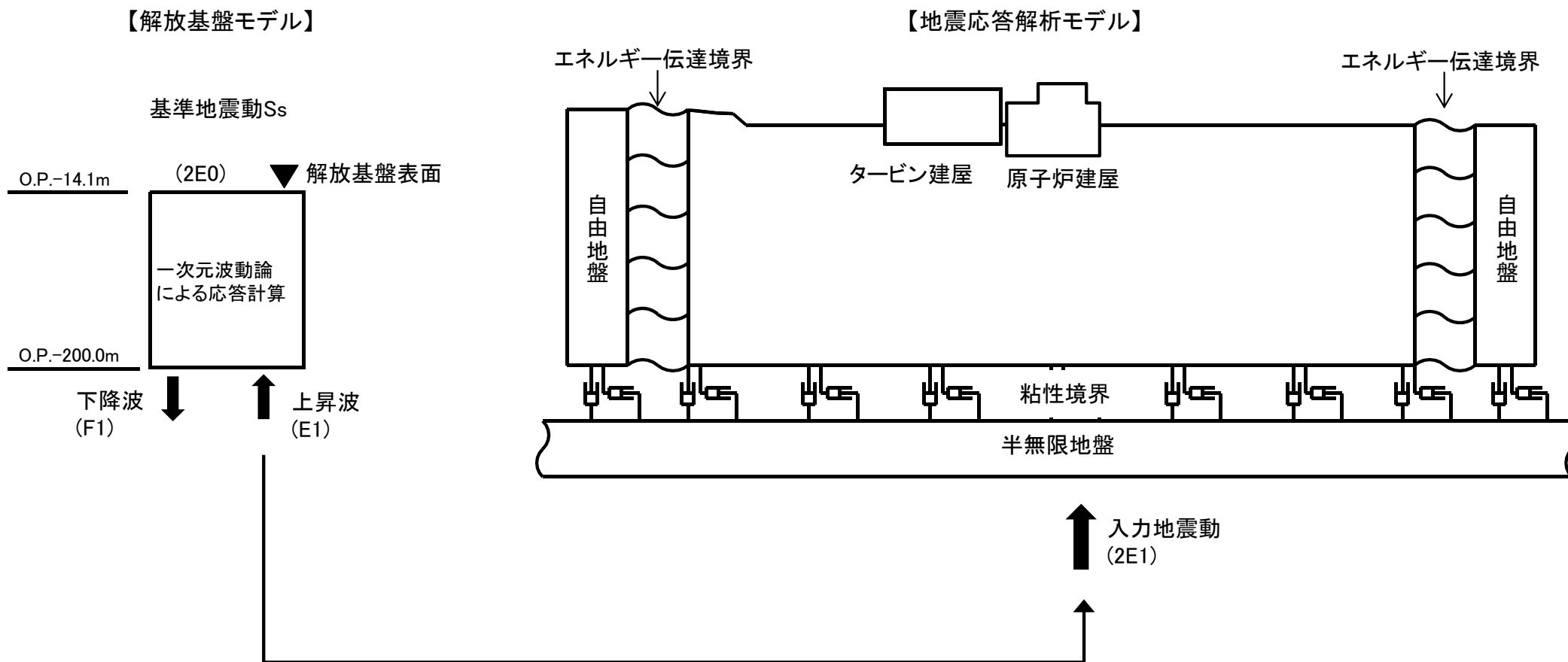
- 基準地震動Ss-D1 [プレート間地震の応答スペクトル手法による基準地震動]
- - - 基準地震動Ss-D2 [海洋プレート内地震 (SMGAマントル内)の応答スペクトル手法による基準地震動]
- · - 基準地震動Ss-D3 [海洋プレート内地震 (SMGA地殻内)の応答スペクトル手法による基準地震動]
- 基準地震動Ss-F1 [プレート間地震の断層モデル手法による基準地震動 (応力降下量 (短周期レベル)の不確かさ)]
- 基準地震動Ss-F2 [プレート間地震の断層モデル手法による基準地震動 (SMGA位置と応力降下量 (短周期レベル)の不確かさの重畳)]
- 基準地震動Ss-F3 [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 $S_s$ 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。

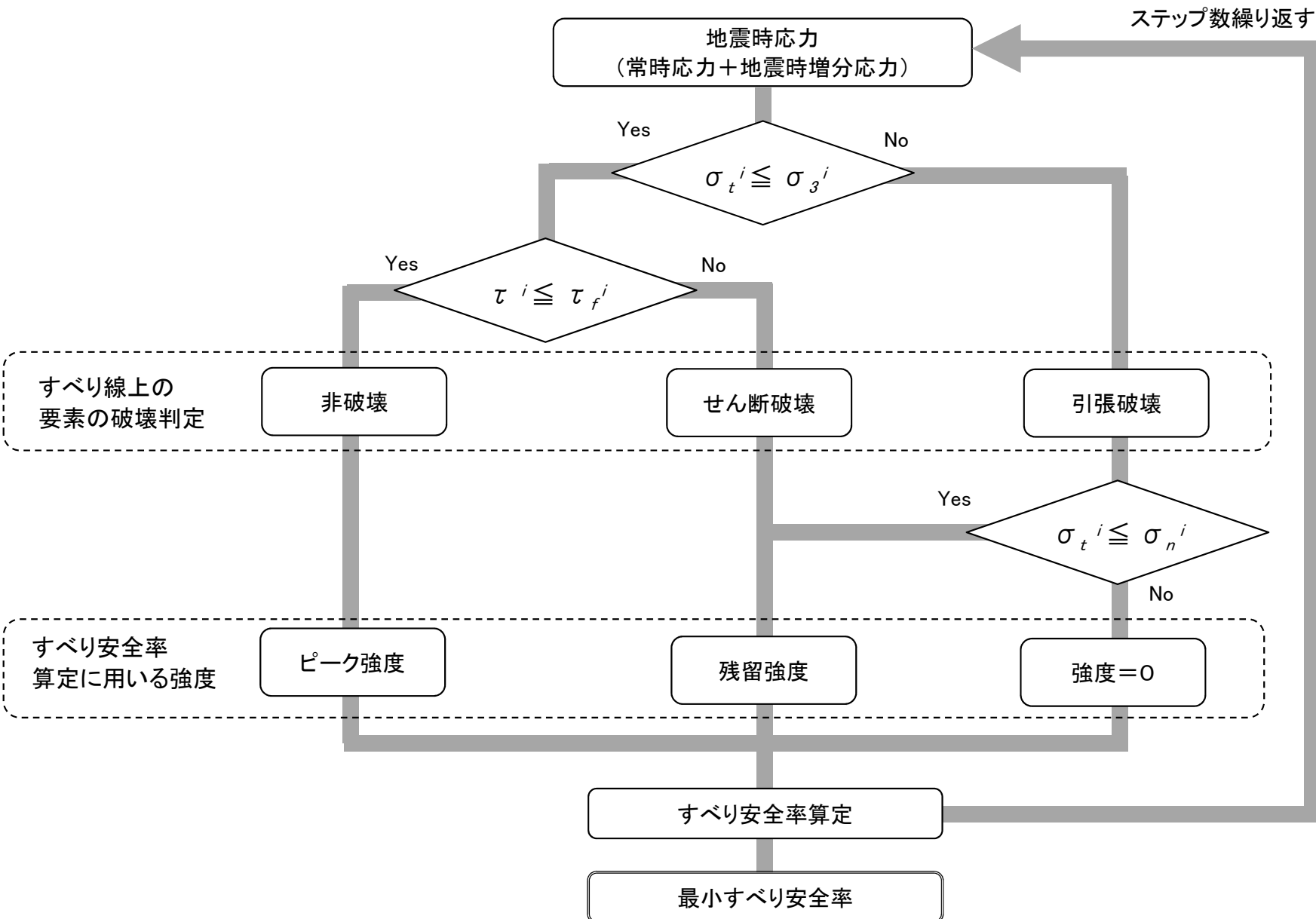




4. 基礎地盤の安定性評価 4. 5すべりに対する評価

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。



すべり線上の要素の破壊判定

すべり安全率算定に用いる強度

$\sigma_3^i$ : 最小主応力  
 $\sigma_t^i$ : 引張強度  
 $\sigma_n^i$ : すべり面の垂直応力  
 $\tau^i$ : せん断応力  
 $\tau_f^i$ : せん断強度

## 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

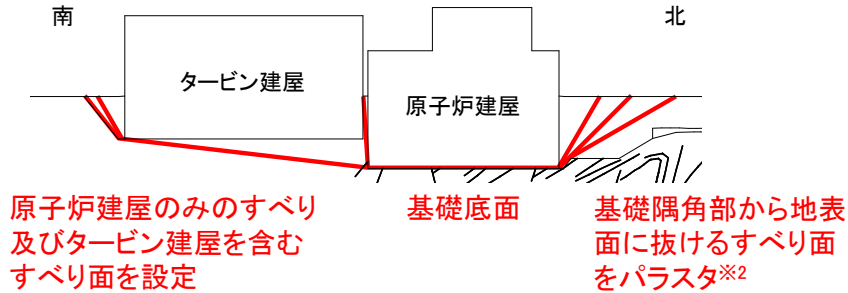
4. 5. 3 すべり面の設定(原子炉建屋, 緊急時対策建屋)

- 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

A. 原子炉建屋基礎底面のすべり面

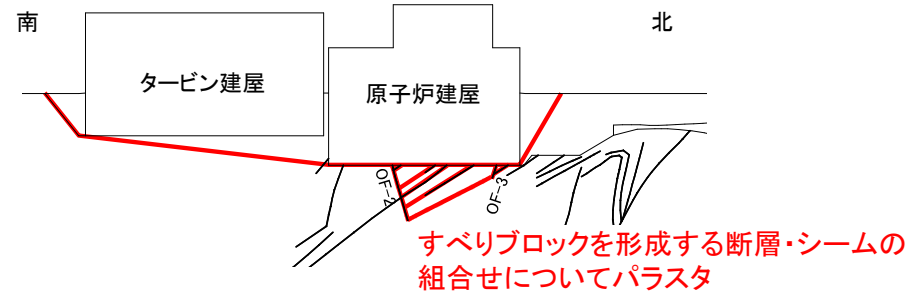
原子炉建屋基礎底面を通るすべりについて, 原子炉建屋のみのすべり及びタービン建屋を含むすべり面を設定



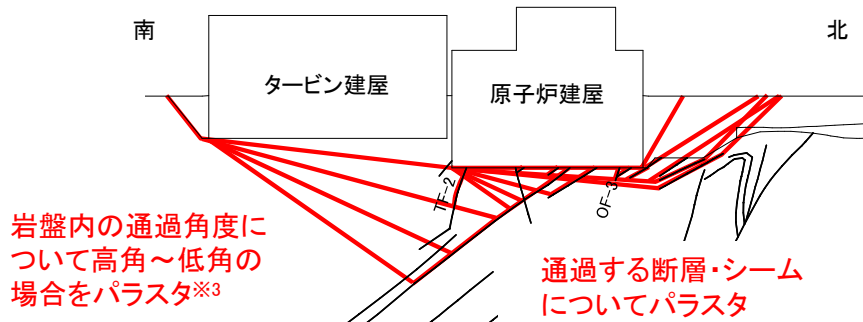
B. 原子炉建屋基礎を含む断層・シームを通るすべり面

せん断抵抗力の小さい断層・シームを通るすべり面について検討する

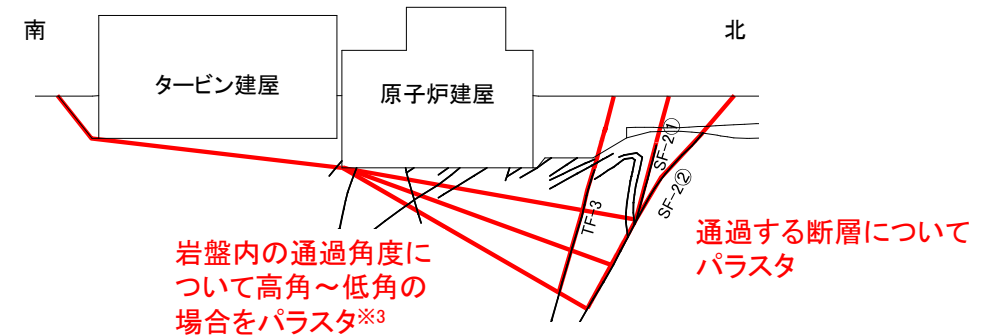
1) 基礎直下の断層・シームにより形成されるすべり面



2) 岩盤内のすべり面と断層・シームから成るすべり面



3) 岩盤内のすべり面と北側の断層から成るすべり面



— : すべり面  
— : 断層・シーム

※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, 受働崩壊角及び主働崩壊角( $45^\circ \pm \phi/2$ ,  $\phi=30^\circ$ )を踏まえ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ 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う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。

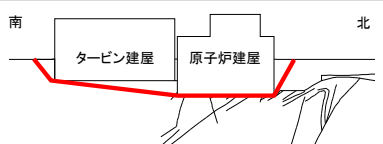
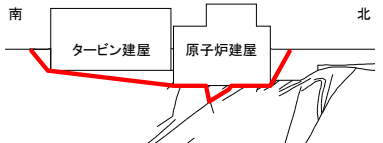
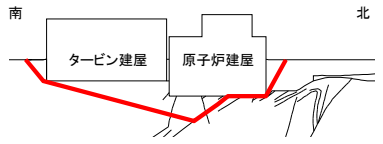
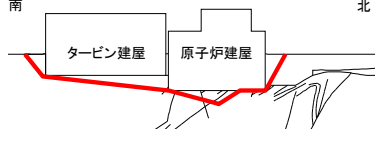

※2：改良地盤端部および隅角部、置換コンクリート隅角部から地表面に抜ける角度は、受働崩壊角及び主働崩壊角(45° ± φ/2, φ=30°)を踏まえ、30°、45°、60°と設定する。


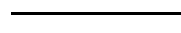

※3：すべり面の通過位置は、応力状態(局所安全率、モビライズド面の向き等)を考慮して設定する。

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

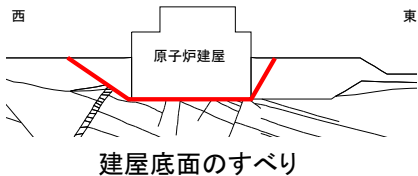
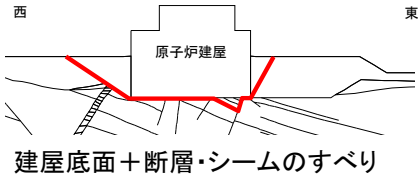
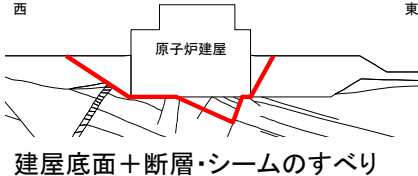
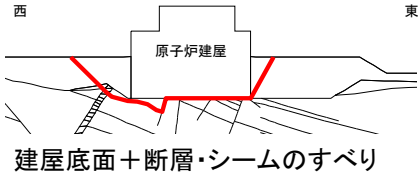

 :すべり面  
 :断層・シーム  
 は最小すべり安全率  
 ( )は地盤物性のばらつきを考慮した安全率  
 [ ]は静的非線形解析による安全率  
 ※2: 基準地震動の(+,+)は正位相, (-,+)  
 は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)  
 は水平反転かつ鉛直反転を示す。




※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		Ss-N1 (+,+)	7.56	2.5
2		Ss-N1 (+,+)	7.56	2.0
3		Ss-N1 (+,+)	7.57	1.6 (1.54) [2.9]
4		Ss-N1 (-,+)	7.55	3.2
5		Ss-N1 (+,+)	7.73	2.5

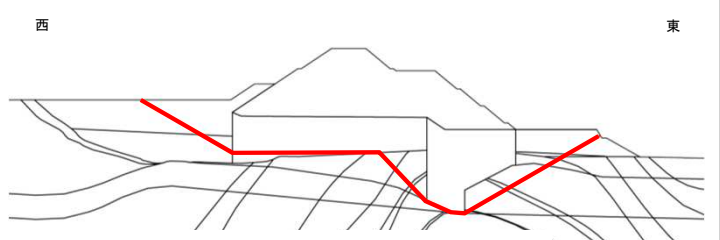
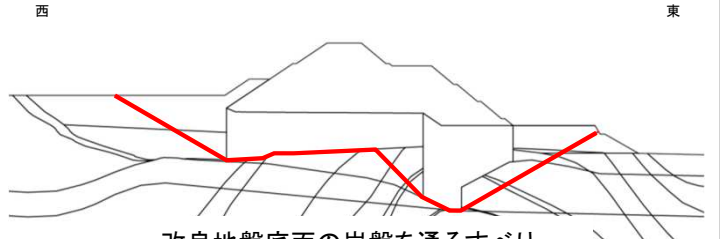
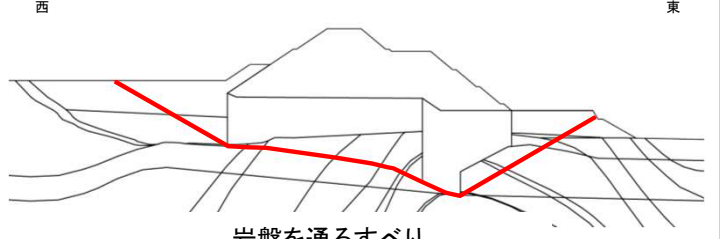
 : すべり面  
 : 断層・シーム  
 は最小すべり安全率  
 ( ) は地盤物性のばらつきを考慮した安全率  
 [ ] は静的非線形解析による安全率  
 ※2: 基準地震動の(+,+)は正位相,  
 (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転,  
 (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※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(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: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">3.3</div> (2.9) [3.2]

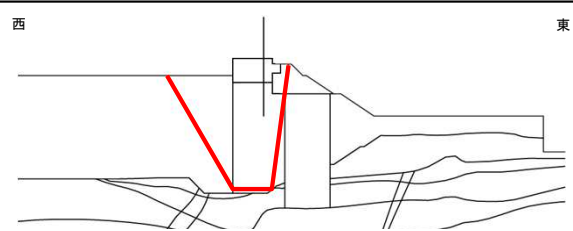
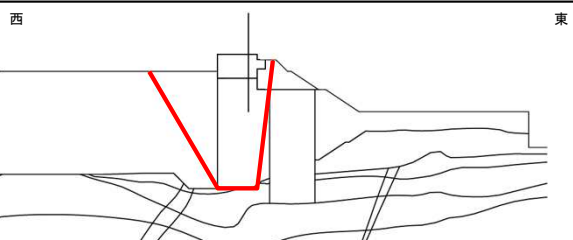
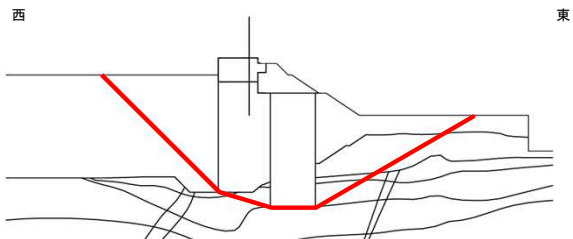
— :すべり面  
— :断層・シーム  
○ は最小すべり安全率  
 ( )は地盤物性のばらつきを考慮した安全率  
 [ ]は静的非線形解析による安全率  
 ※2: 基準地震動の(+,+)は正位相,  
 (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転,  
 (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※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
1	 <p>改良地盤を通るすべり</p>	Ss-N1 (+,+)	7.60	3.5
2	 <p>改良地盤底面の岩盤を通るすべり</p>	Ss-N1 (+,+)	7.59	3.0
3	 <p>岩盤を通るすべり</p>	Ss-D1 (+,-)	25.47	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; display: inline-block;">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。

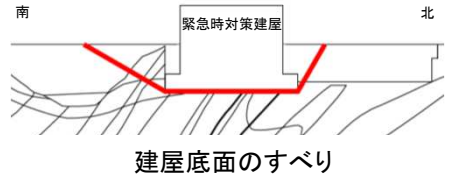
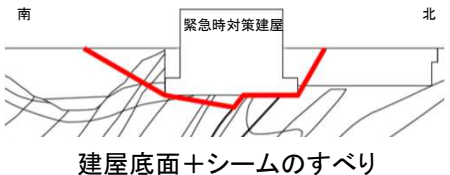
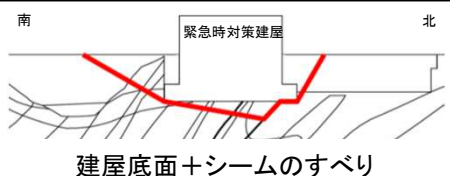
※1: 評価結果の詳細については, 補足説明資料「3. 安定性評価に関する補足」に示す。



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、Ss-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
1		Ss-F3 (+,+)	27.67	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">2.1</div> (1.8) [2.4]
2		Ss-F3 (+,+)	27.67	3.0
3		Ss-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%; padding: 2px; display: inline-block;">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

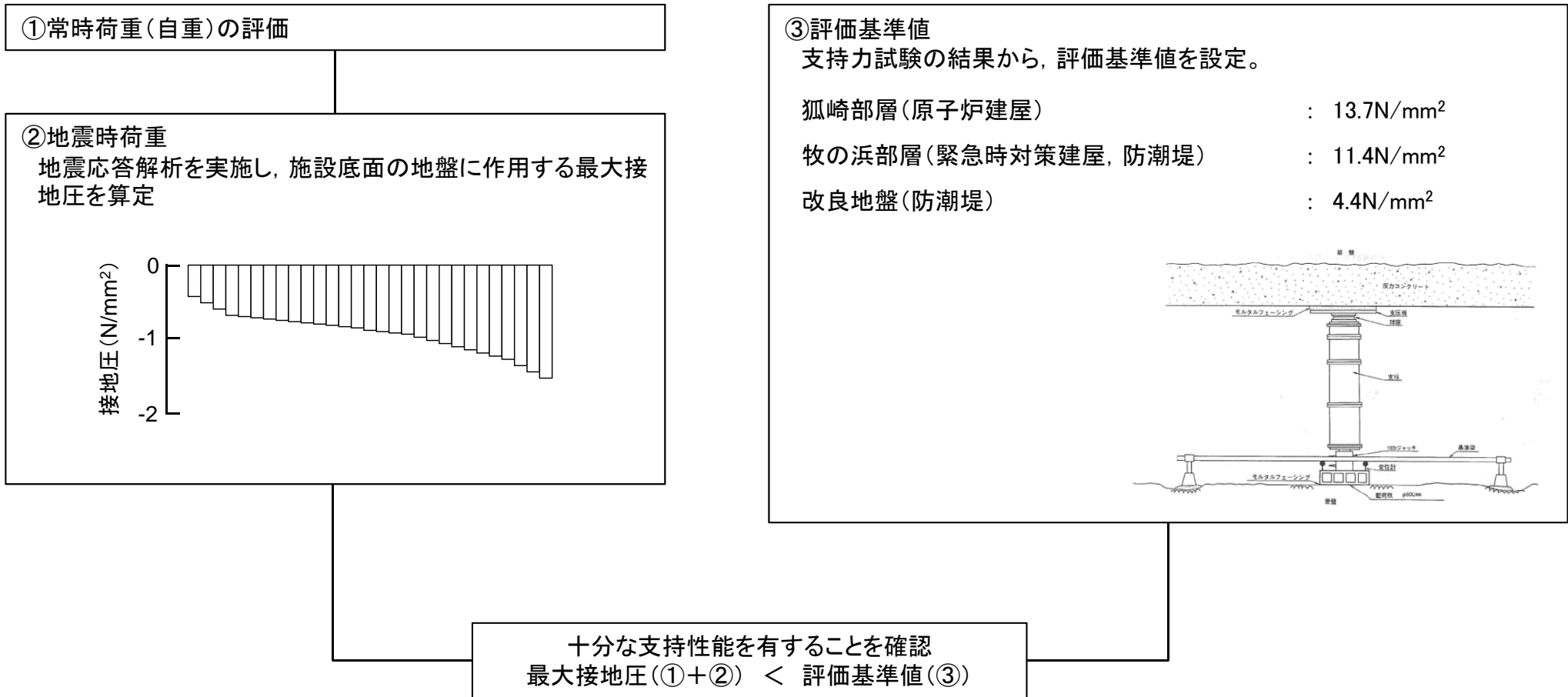
— : すべり面  
— : 岩盤部のみのすべり面  
— : 断層・シーム

※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。



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 <sup>2</sup> )	評価基準値 (N/mm <sup>2</sup> )
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))

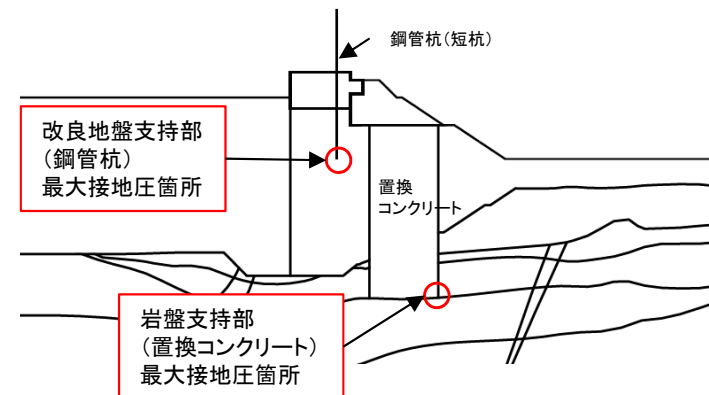
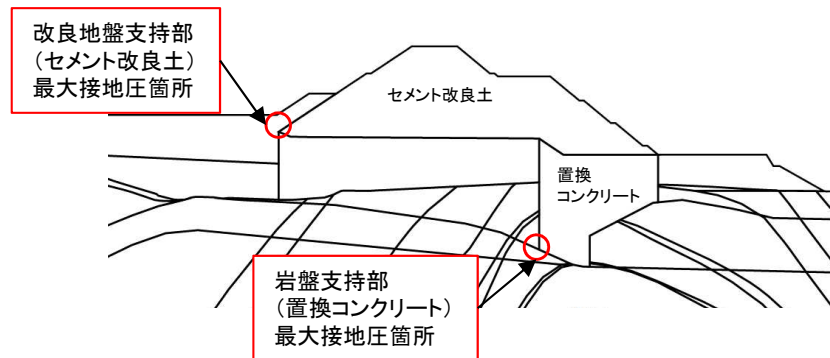
■ 評価方法

- 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 <sup>2</sup> )	評価基準値 (N/mm <sup>2</sup> )
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

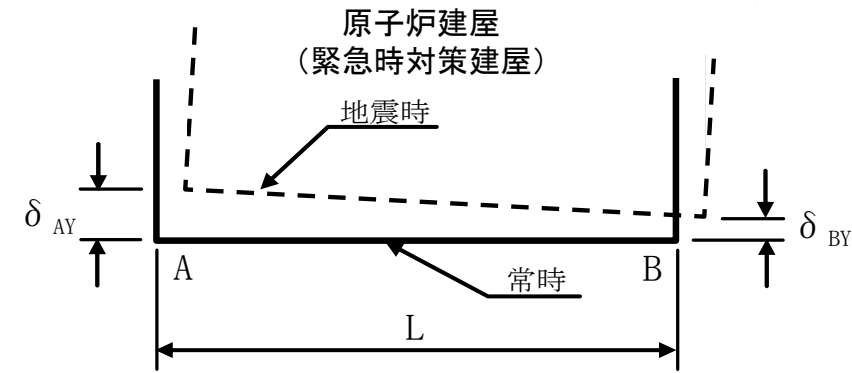
### 4.7 傾斜に対する評価

#### ■ 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<sup>※1</sup>。

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

- 基礎底面の傾斜が、評価基準値の目安(1/2,000)<sup>※2</sup>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 <sup>※3</sup> (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。

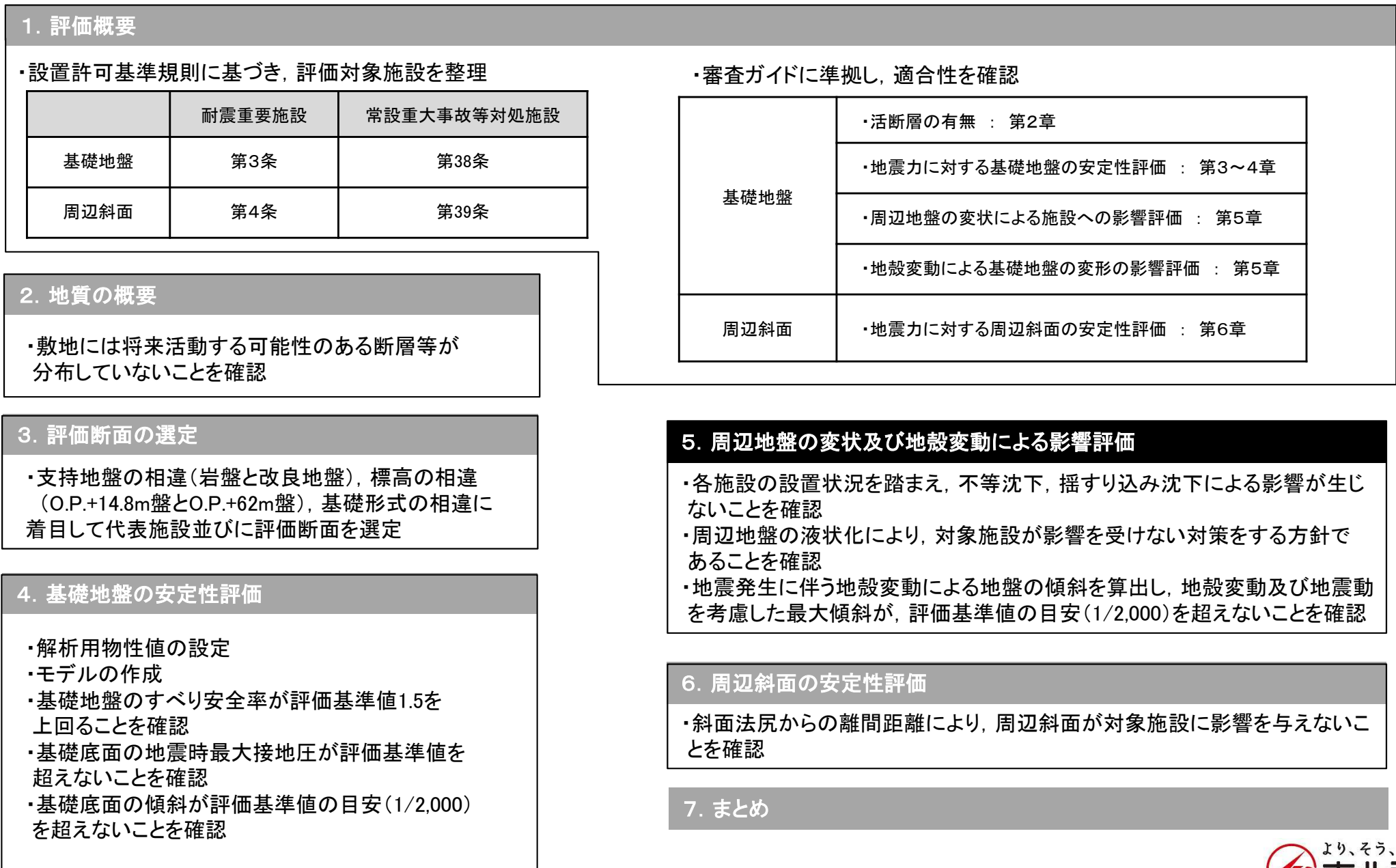


## 目次

---

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



## 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】

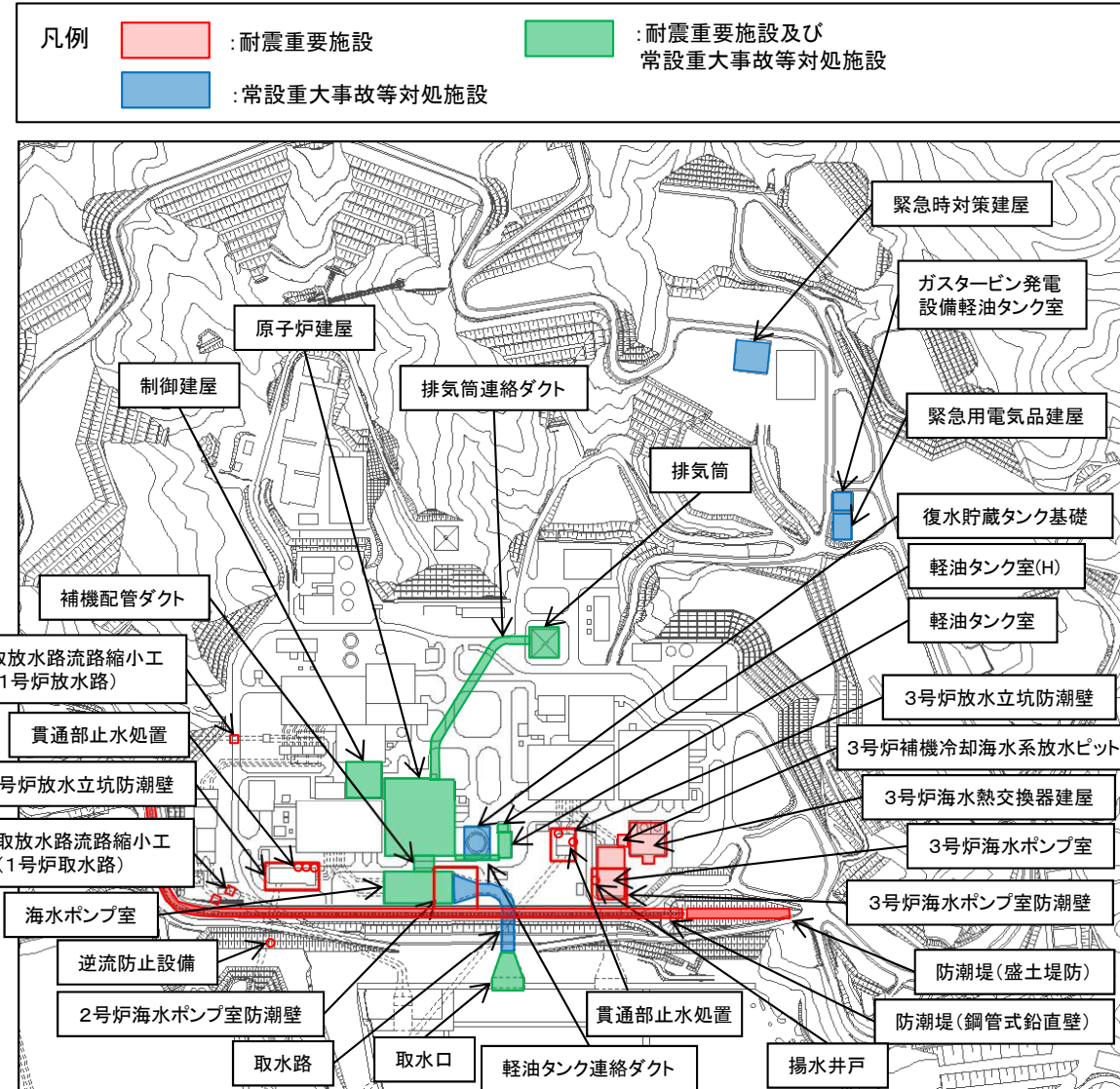
- ・圧密、揺すり込み沈下及び液状化によって隣接する建物・構築物の間で生じる不等沈下等の変状が生じるおそれがある場合、これらの現象が生じたとしても、施設の安全機能が重大な影響を受けないよう、所要の対策を講じる旨の基本設計方針であることを確認する。

#### 【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については、液状化、揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても、施設の機能が損なわれるおそれがないように設計する。
- ・耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の設計においては、防潮堤下部の地盤改良等により地下水の流れが遮断され、地下水位が地表面付近まで上昇するおそれがあることを踏まえ、地下水位を一定の範囲に保持する地下水位低下設備を設置し、同設備の効果が及ぶ範囲においては、その機能を考慮した設計用地下水位を設定し水圧の影響を考慮する。地下水位低下設備の効果が及ばない範囲においては、自然水位<sup>※1</sup>より保守的に設定した水位又は地表面にて設計用地下水位を設定し水圧の影響を考慮する<sup>※2</sup>。
- ・なお、地下水位低下設備は、施設の耐震設計の前提条件となる地下水位を一定の範囲に保持する機能を有し、供用期間中の全ての状態においてその機能を維持する必要があることから、設計基準対象施設として位置付けるとともに、重要安全施設への影響に鑑み、安全機能の重要度分類におけるクラス1相当の配慮として、多重性及び独立性を確保した設計とする。また、耐震重要度はCクラス(Ss機能維持)に分類する。
- ・耐震設計において、地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮する場合には、有効応力解析等を実施する。有効応力解析に用いる液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で実施した液状化強度試験結果に基づき、保守性を考慮して設定する<sup>※3</sup>。

#### 【液状化強度試験結果<sup>※3</sup>】

- ・盛土及び旧表土に対する液状化強度試験の結果は、非液状化又は繰返し軟化を示すものであり、支持力を失う液状化事象は発生しないことを確認した。



※1: 地下水位低下設備の効果が及ばない範囲の地下水位

※2: 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設における設計用地下水位の設定事例を補足説明資料「5. 地下水位の設定に係る設置許可基準規則への基準適合の考え方」及び「6. 液状化影響の検討方針について」に示す。

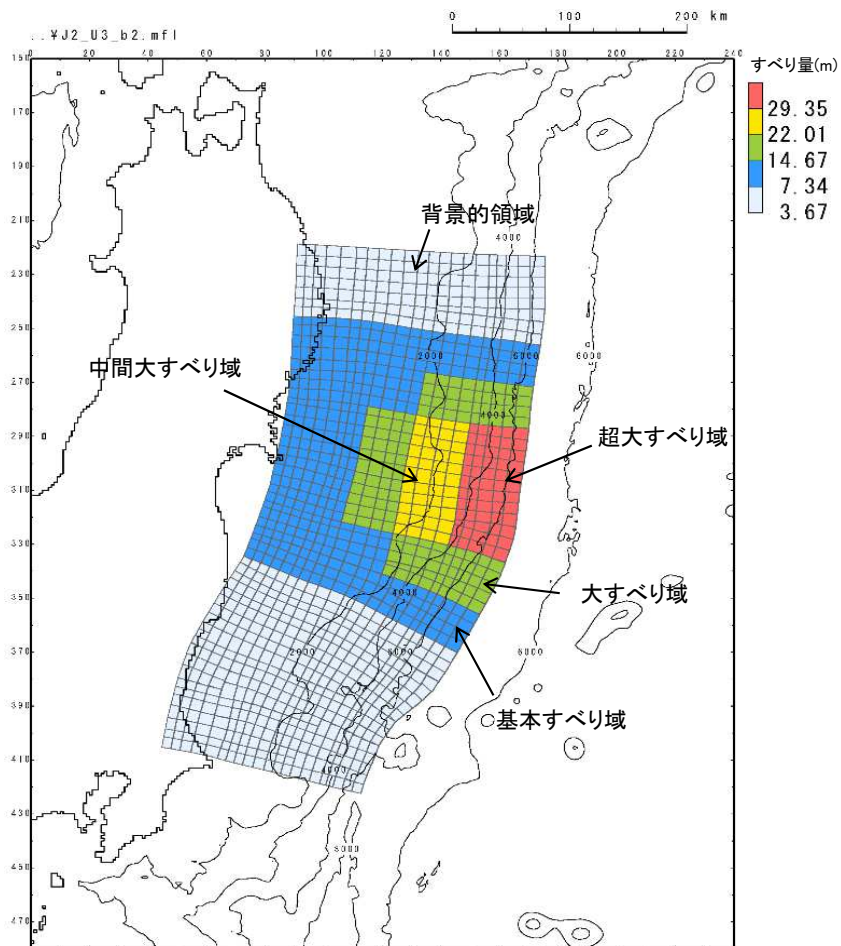
※3: 液状化影響の検討方針及び液状化強度試験結果については、補足説明資料「6. 液状化影響の検討方針について」に示す。

## 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

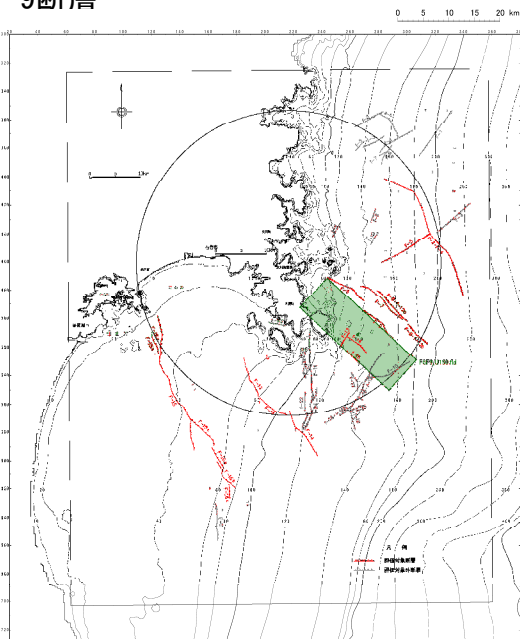
諸元		基準断層モデル③
モーメントマグニチュード(Mw)		9.04
断層面積(S)		107,357(km <sup>2</sup> )
平均応力降下量(Δσ)		3.17(MPa)
地震モーメント(Mo)		4.58 × 10 <sup>22</sup> (Nm)
すべり量	基本すべり域	7.34(m)
	背景的領域	3.67(m)
	大すべり域	14.67(m)
	中間大すべり域	22.01(m)
	超大すべり域	29.35(m)
	平均すべり量	8.53(m)

## 5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価

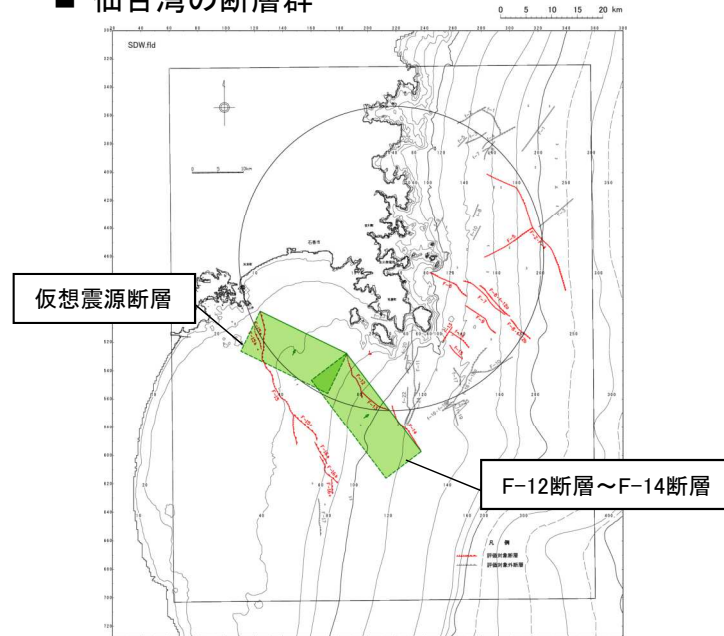
### 5.2 地殻変動の評価条件②

- 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	

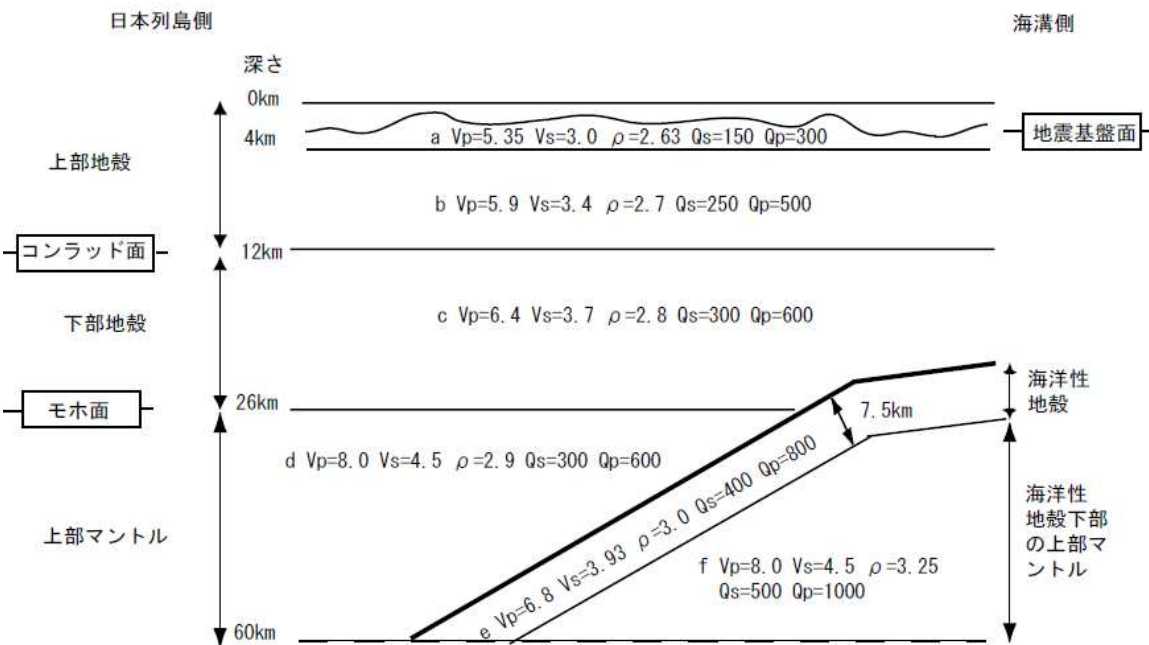
	断層パラメータ			備考
	仮想震源断層	F-12～F-14断層	断層全体	
Mw	—	—	7.2	
走向(°)	116.6	143.7	—	強震動モデルに基づき設定
長さ(km)	18.9	24.2	43.1	強震動モデルに基づき設定
幅(km)	—	—	17.3	上限断層幅から設定
上縁深さ(km)	0	0	—	土木学会(2002)に基づき設定
傾斜角(°)	60	60	—	強震動モデルに基づき設定
すべり角(°)	90	90	—	強震動モデルに基づき設定
すべり量(m)	—	—	3.1	

## 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。

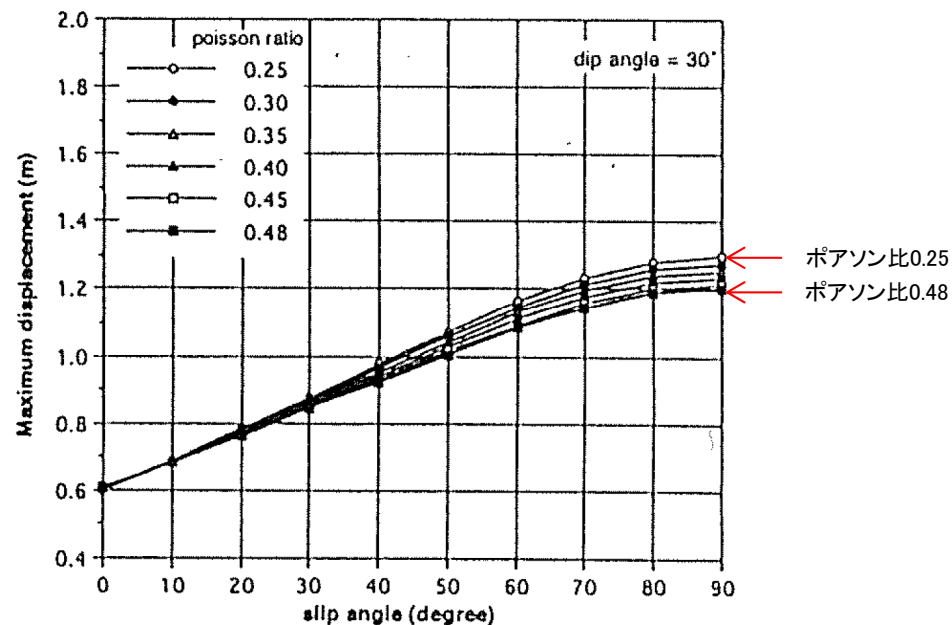
海溝軸に直交断面



理論的評価法を用いる場合の伝播経路のモデル ( $V_s$ と $V_p$ の単位はkm/s、 $\rho$ 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))

	$V_p$ (km/s)	$V_s$ (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)

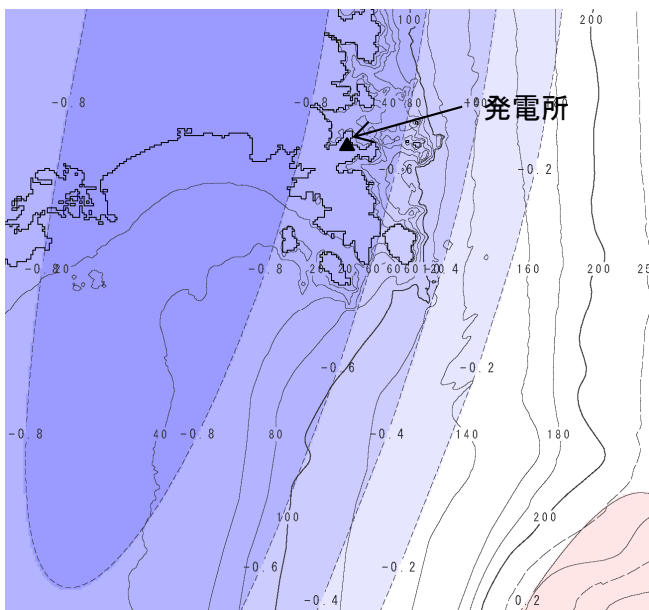
横軸はすべり角(0:横ずれ, 90:逆断層), 縦軸は最大鉛直地盤変位量。地盤全体のポアソン比を2倍程度変化させても、鉛直地盤変位量の変化はわずかである。

5. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価

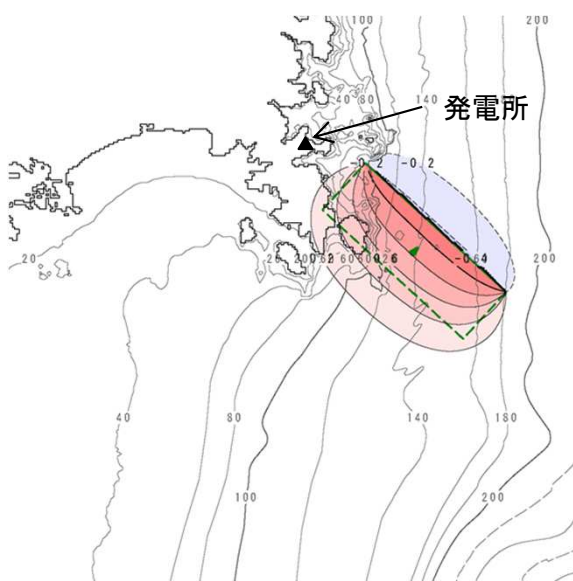
5.4 地殻変動の評価結果

- 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。

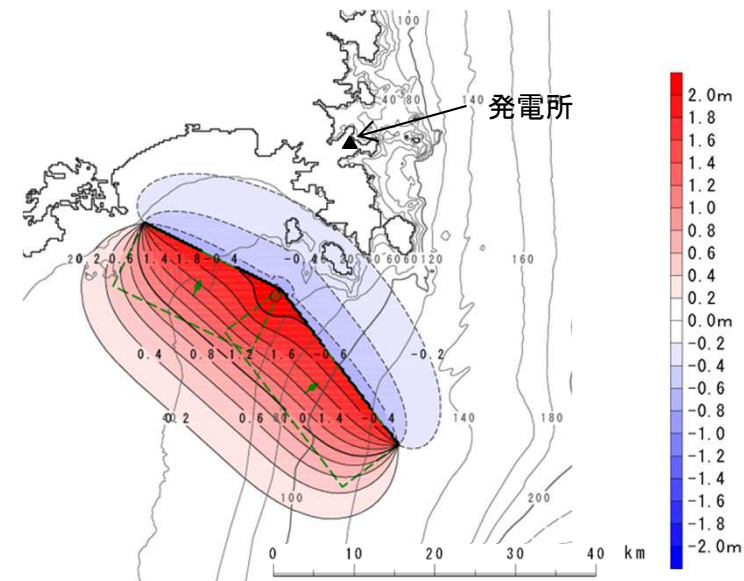
		① 地殻変動による最大傾斜	② 地震動による最大傾斜	①+②	評価基準値
プレート間地震	原子炉建屋	1/41,000	1/15,000 (S <sub>s</sub> -F2)	1/11,000	1/2,000
	緊急時対策建屋		1/54,000 (S <sub>s</sub> -F2)	1/23,000	
F-6断層 ～F-9断層	原子炉建屋	1/55,000	1/20,000 (S <sub>s</sub> -D1)	1/15,000	
	緊急時対策建屋		1/58,000 (S <sub>s</sub> -D2)	1/28,000	
仙台湾断層群	原子炉建屋	1/110,000	1/20,000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

・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

## 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(1/2,000)を超えないことを確認

## 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(1/2,000)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

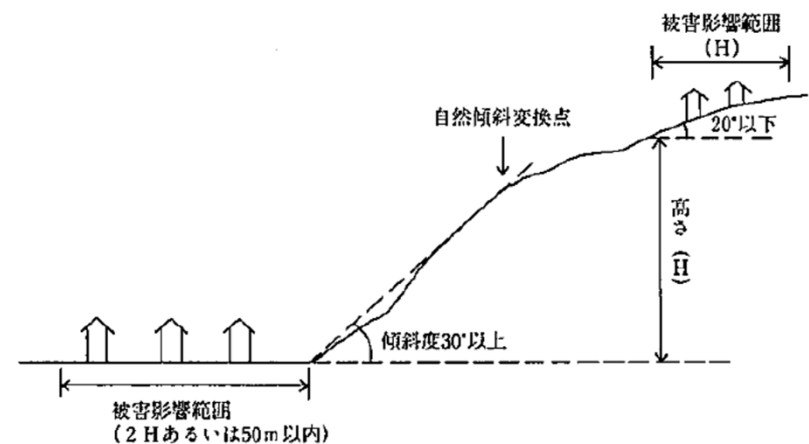
### 6.1 評価対象斜面の選定方針

原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2015(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。

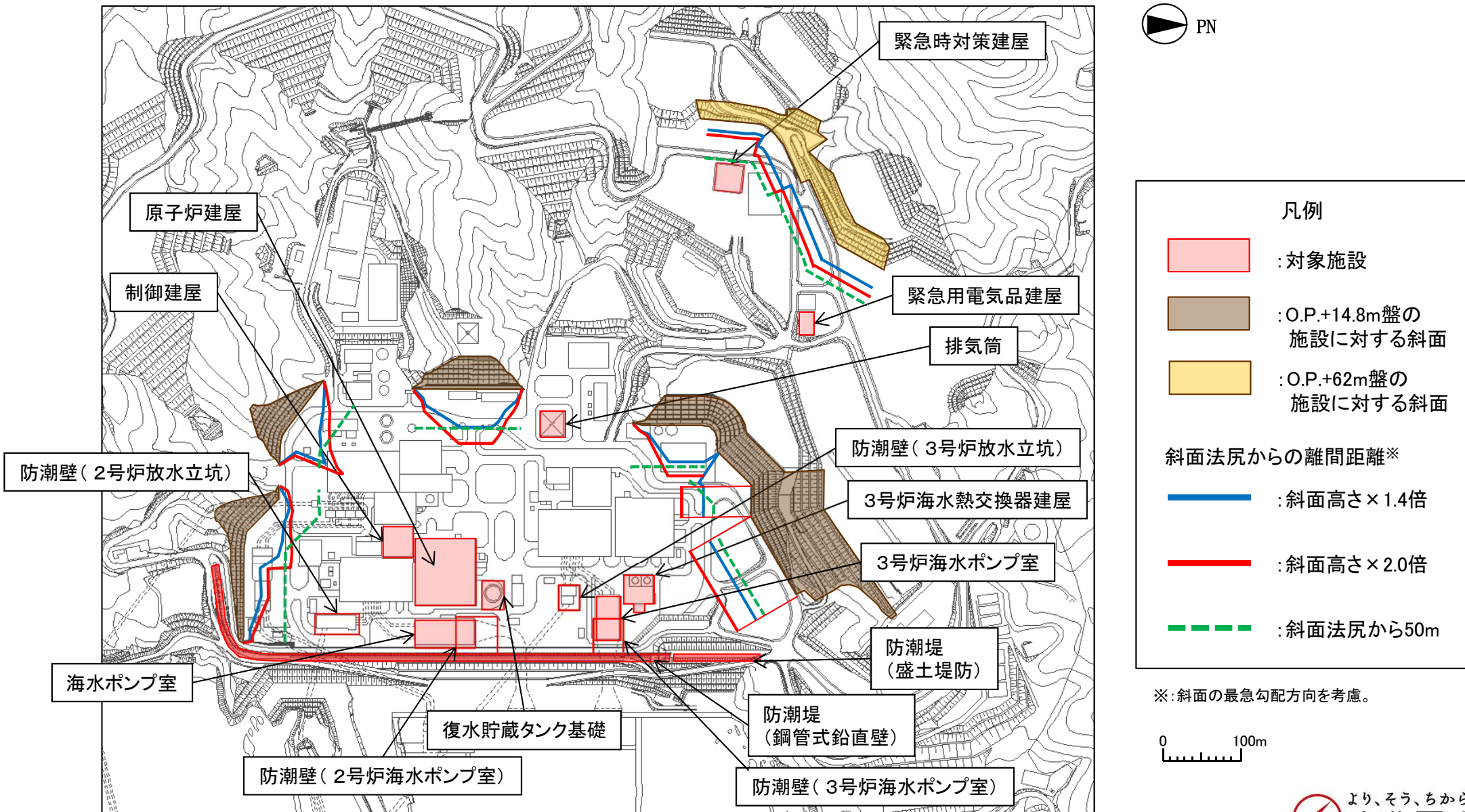


評価対象施設に対して、斜面法尻からの離間距離が50m以内又は斜面高さの1.4倍～2.0倍以内にある斜面を評価対象とする。  
なお、地中構造物は評価対象施設から除く。ただし頂版を有さない海水ポンプ室は評価対象とする。

## 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。

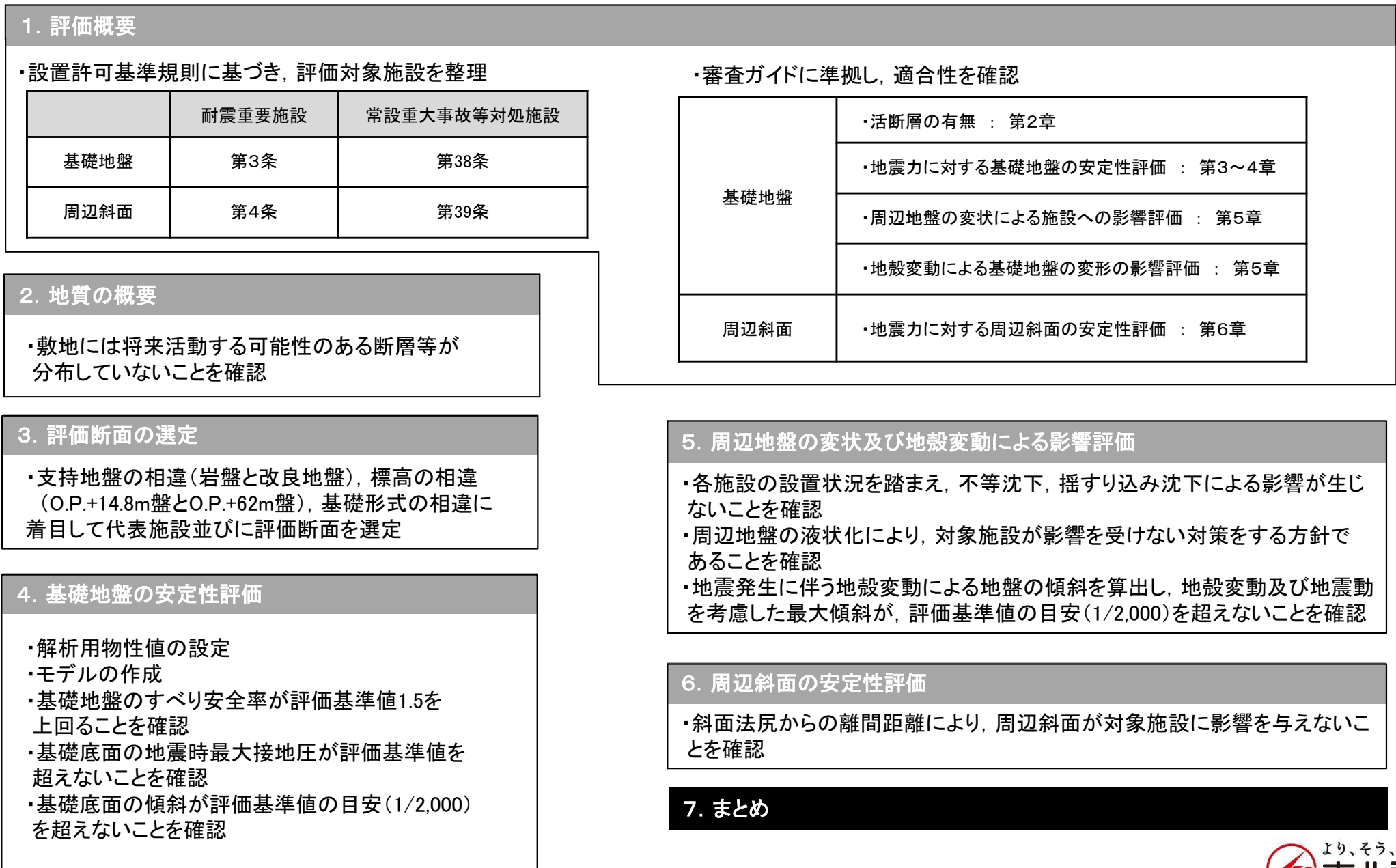


## 目次

---

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



## 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、岩盤及び改良地盤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るおそれがないように設計することを確認した。
- 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(2015): 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2015
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(2016): 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]