

島根原子力発電所2号炉 審査資料	
資料番号	EP(E)-068(補)改07
提出年月	令和3年1月8日

島根原子力発電所2号炉

耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の 基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価(補足説明)

令和3年1月8日
中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

Energia

1. 地質の概要の補足	2
2. 解析用物性値の設定方法	
2.1 物理特性	28
2.2 強度特性	30
2.3 静的変形特性	67
2.4 動的変形特性	78
2.5 シームの代表性	85
2.6 地盤の支持力	90
2.7 埋戻土(掘削ズリ)の物性	94
3. 建物のモデル化方法	
3.1 各建物のモデル化	115
3.2 固有値解析による検証	126
4. 隣接施設のモデル化	129
5. 建物影響範囲の設定方法	136
6. 要素の局所安全係数図	138
7. すべり安全率一覧	180
8. 液状化影響検討用地下水位に係るデータ一覧	234
9. 防波壁の構造概要	
9.1 防波壁の地盤安定性評価上の区分	244
9.2 各防波壁の構造	
9.2.1 防波壁(波返重力擁壁)	255
9.2.2 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)	272
9.2.3 防波壁(逆T擁壁)	287
10. 建物・構築物の地震応答解析における入力地震動評価	300
11. 地震による盛土斜面崩落事例との比較	304
12. 3次元浸透流解析の解析条件	310
参考文献	

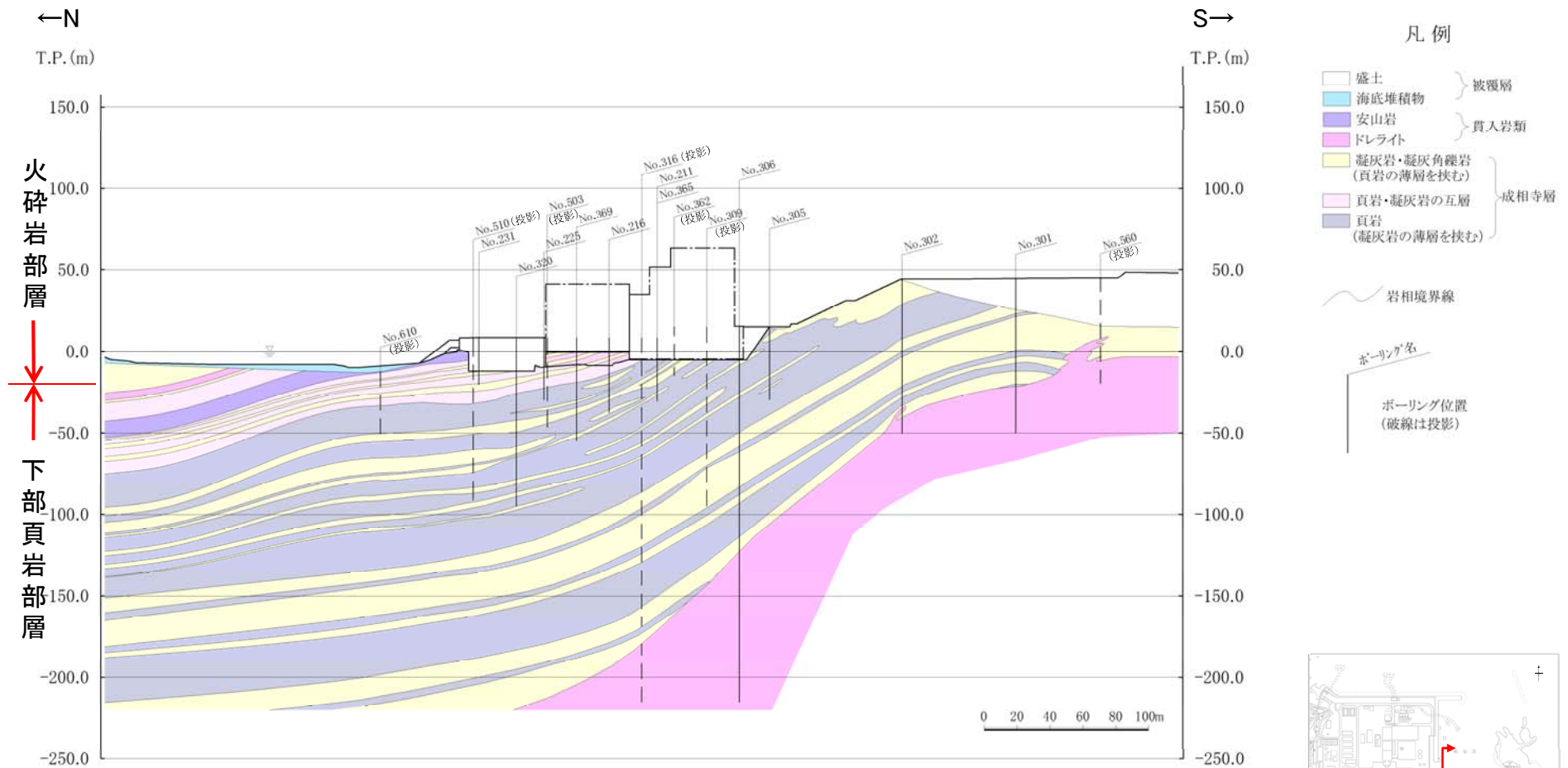
1. 地質の概要の補足

1. 地質の概要の補足

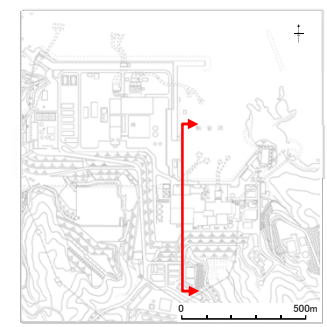
2号炉原子炉建物(地質鉛直断面図(南北))

第910回審査会合
資料1-2 P3 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

3



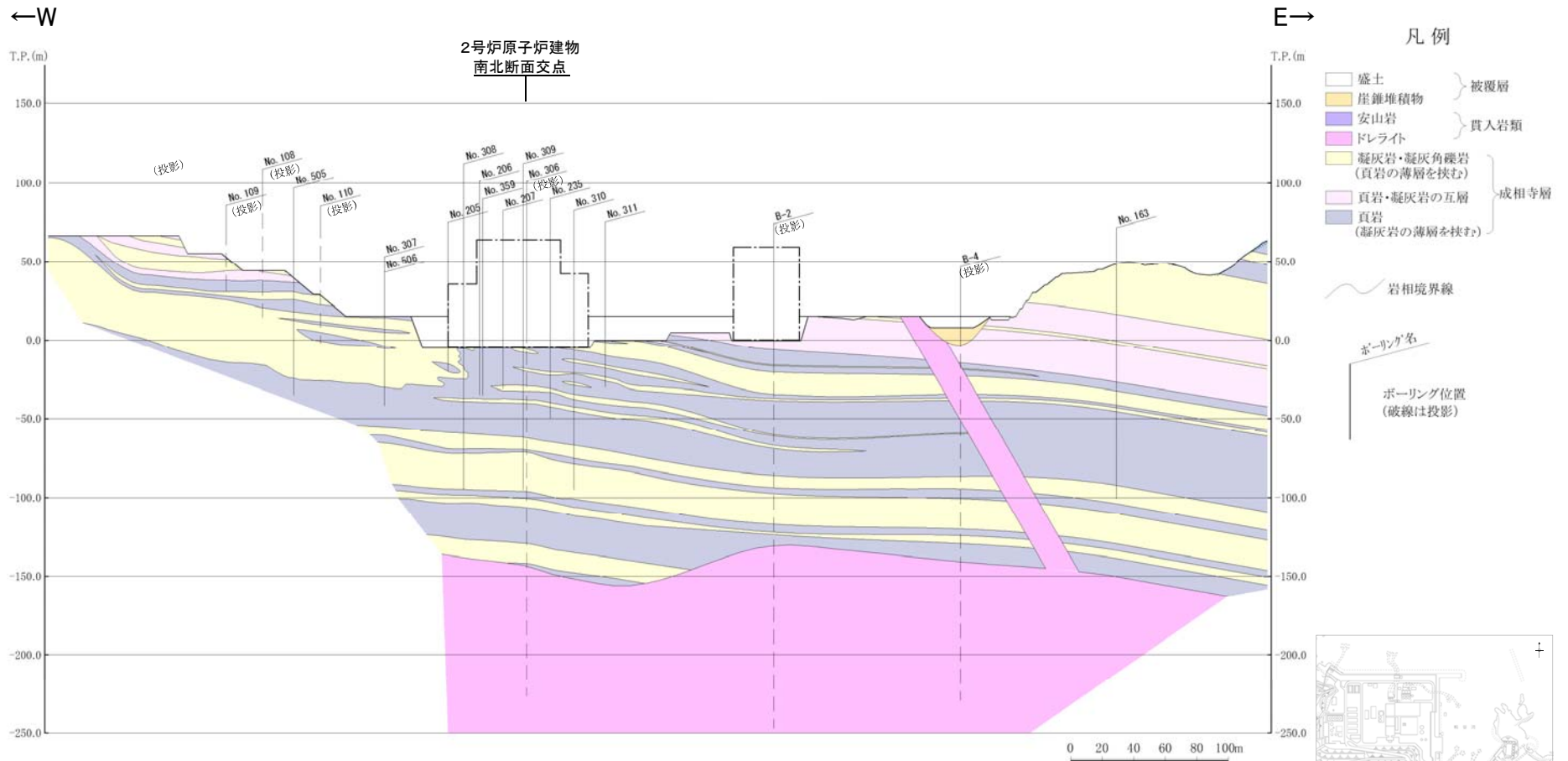
- ・島根サイトには、主として下部頁岩部層，貫入岩類が分布する。
- ・下部頁岩部層は，頁岩(黒色頁岩及び凝灰質頁岩)を主体とし，凝灰岩及び凝灰角礫岩並びにこれらの互層から構成される。
- ・成相寺層の構造は，概ね西北西－東南東の走向を示し，北へ向かって約10°～30°傾斜している。



断面位置図

1. 地質の概要の補足

2号炉原子炉建物(地質鉛直断面図(東西))



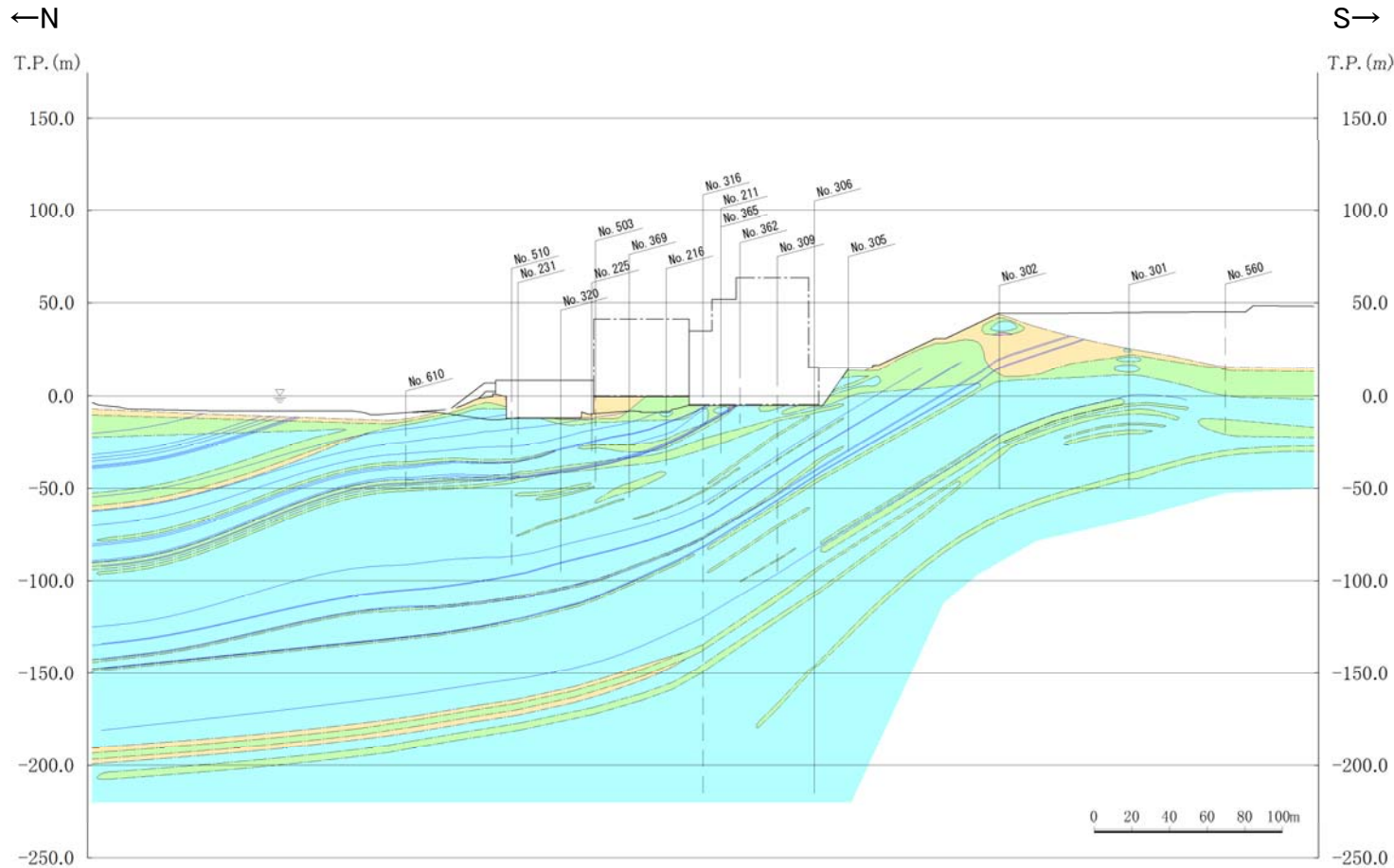
・成相寺層の構造は、概ね西北西－東南東の走向を示し、東西方向の地層の傾斜は概ね水平である。

断面位置図

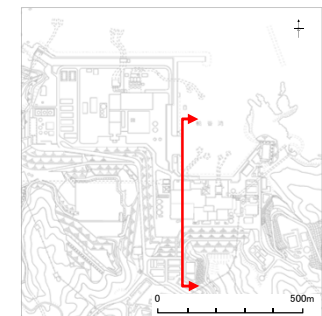
1. 地質の概要の補足

2号炉原子炉建物(岩級鉛直断面図(南北))

第910回審査会合
資料1-2 P5 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す



・原子炉建物基礎地盤は主にC_H級岩盤から成り, 切取斜面の浅部にはC_L級岩盤が分布する。

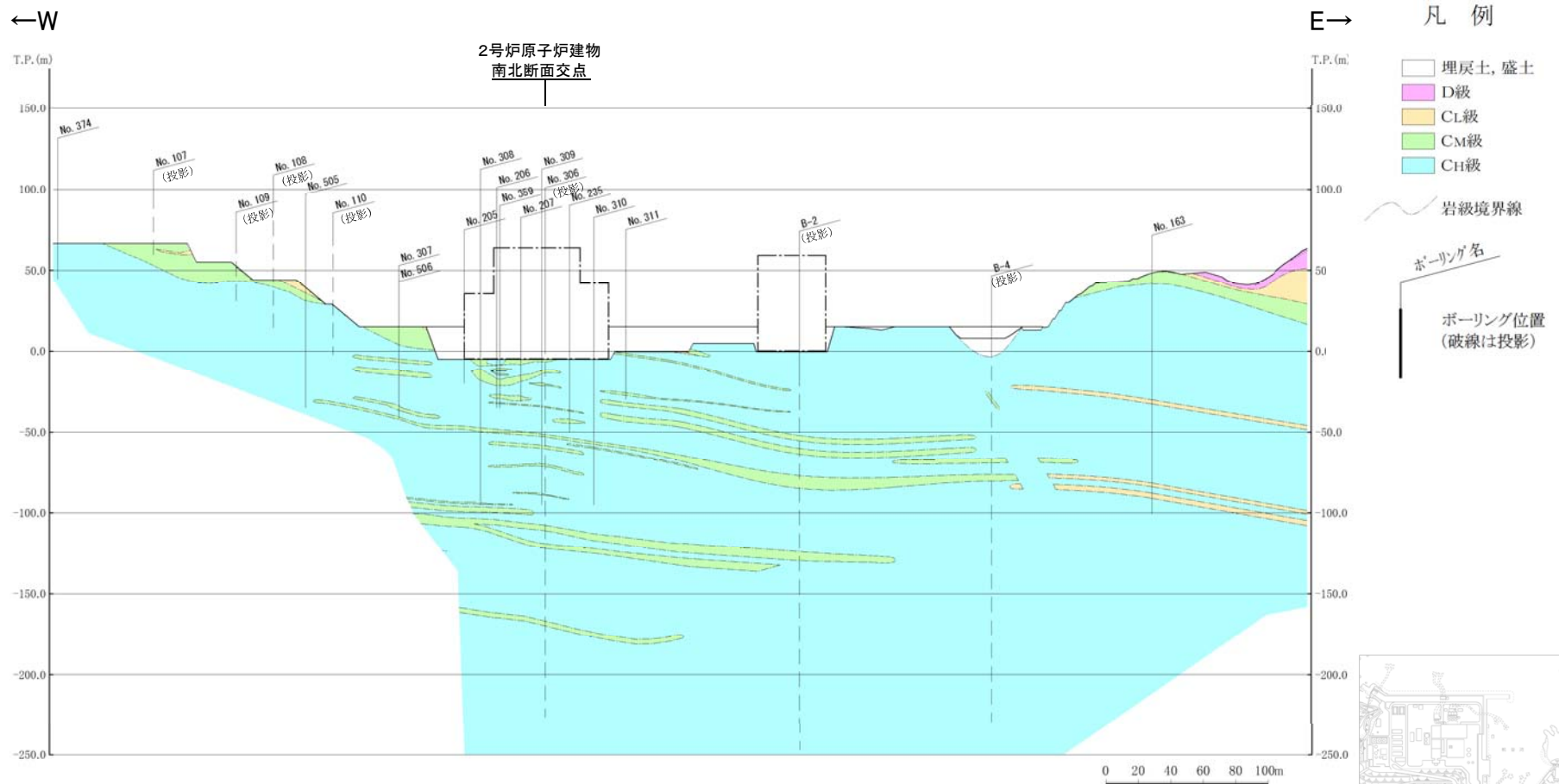


断面位置図

1. 地質の概要の補足

2号炉原子炉建物(岩級鉛直断面図(東西))

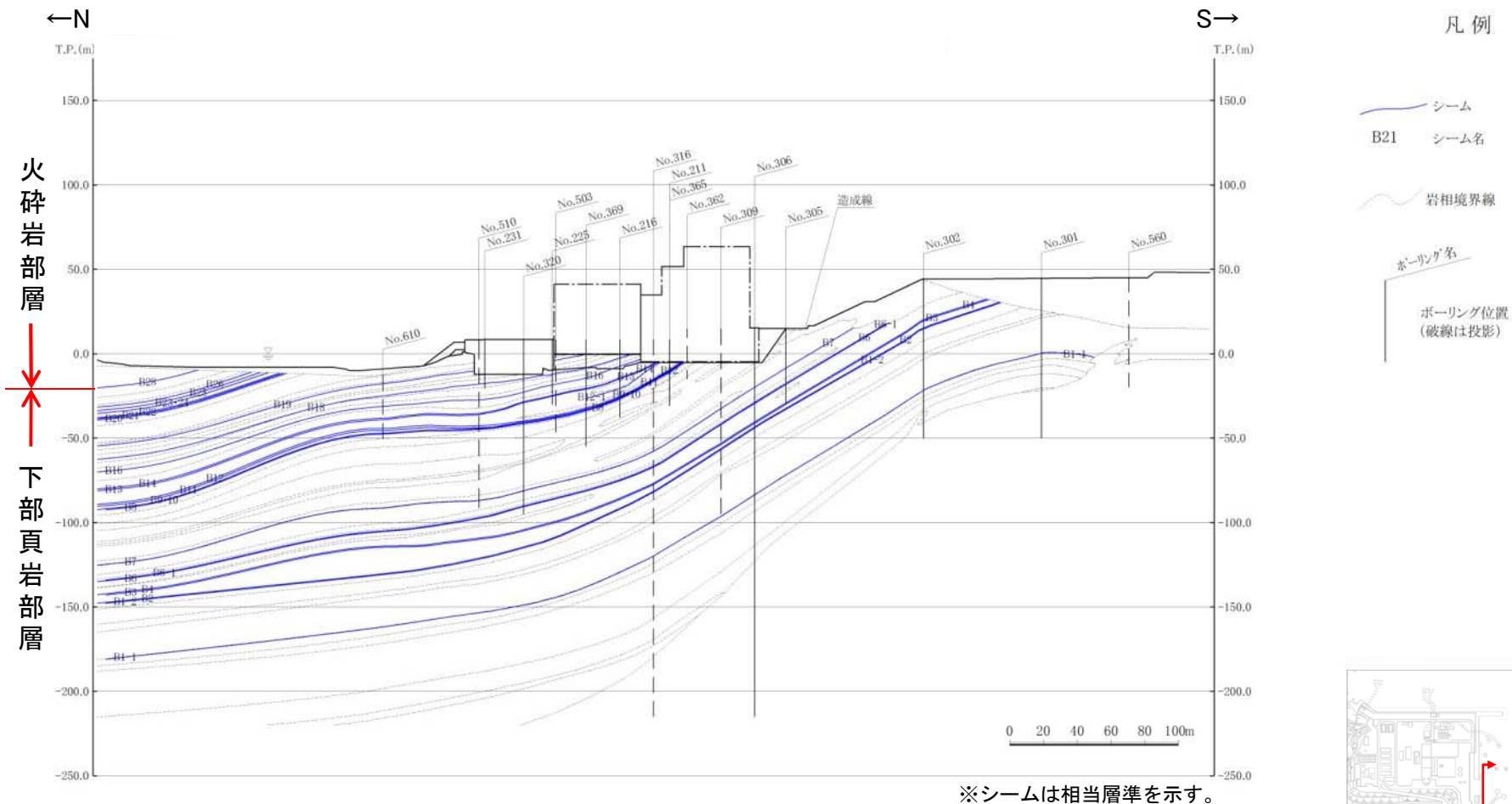
第910回審査会合
資料1-2 P6 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す



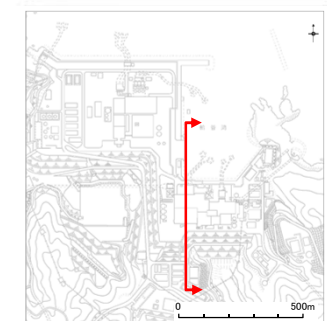
・原子炉建物基礎地盤は主にC_H級岩盤から成り、切取斜面の浅部にはC_L~C_M級岩盤が分布する。

1. 地質の概要の補足

2号炉原子炉建物(シーム分布鉛直断面図(南北))



シーム分布鉛直断面図 (2号炉原子炉建物基礎地盤 (南北))



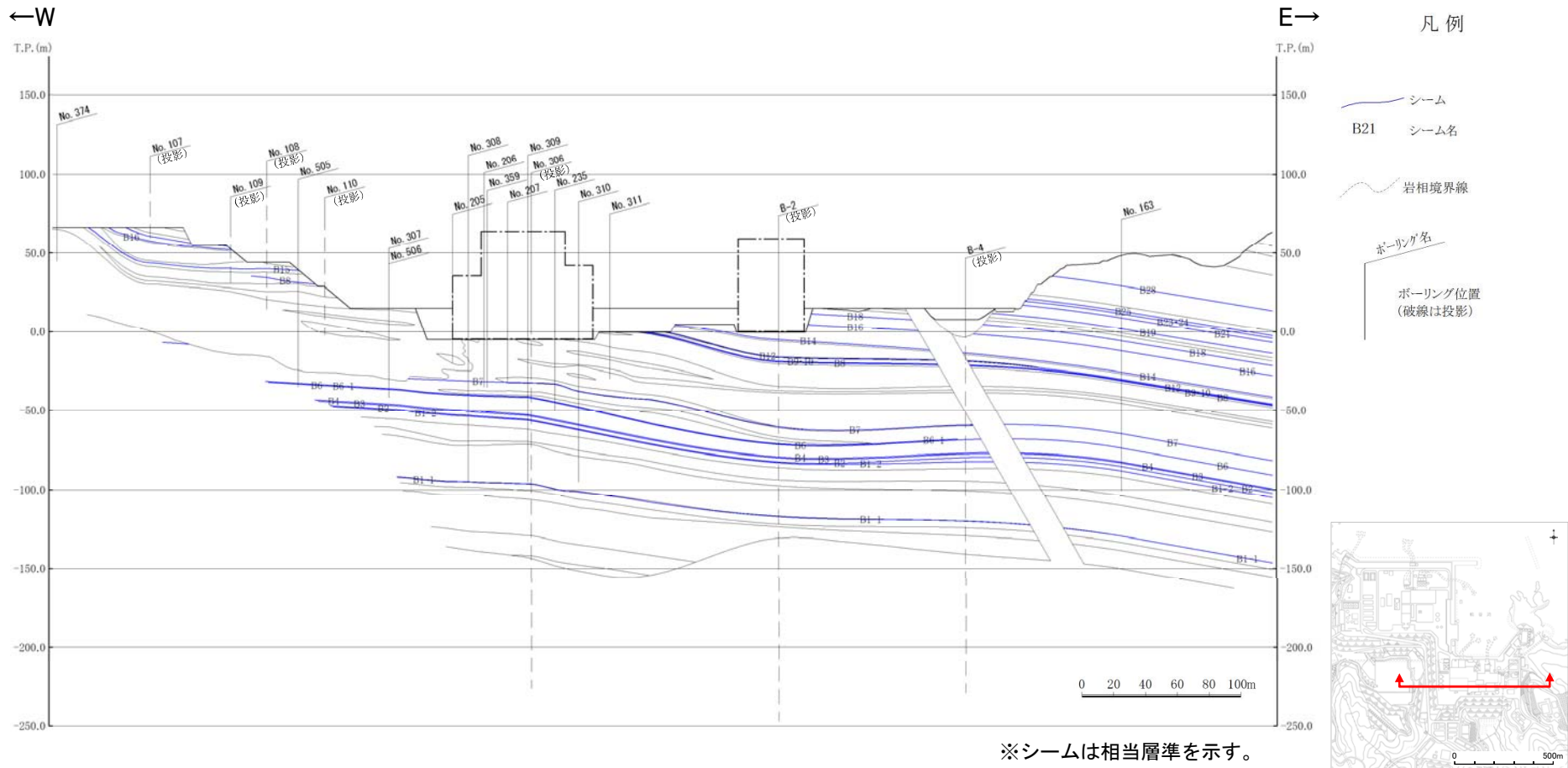
断面位置図

・シームは、地層の走向・傾斜と同一で、緩やかな北傾斜を示す。

1. 地質の概要の補足

2号炉原子炉建物(シーム分布鉛直断面図(東西))

第910回審査会合
資料1-2 P8 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す



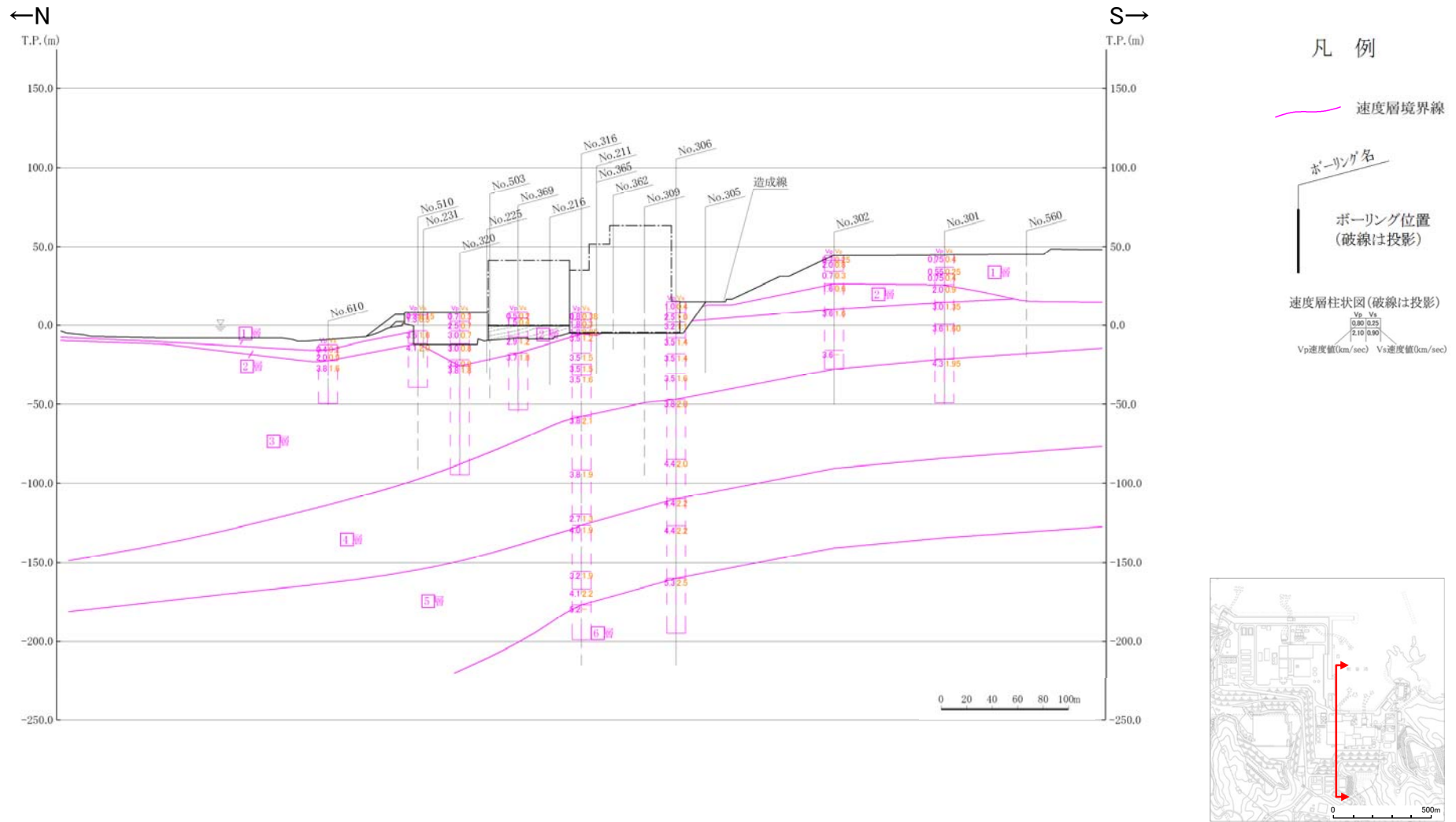
・シームは、地層の走向・傾斜と同一で、ほぼ水平に分布する。

断面位置図

1. 地質の概要の補足

2号炉原子炉建物(速度層分布鉛直断面図(南北))

第910回審査会合
資料1-2 P9 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す



断面位置図

・速度層構造はPS検層結果に基づいて6層に区分され、地質構造と同様に緩やかな傾斜を示す。

1. 地質の概要の補足

2号炉原子炉建物(速度層分布鉛直断面図(東西))

第910回審査会合
資料1-2 P10 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

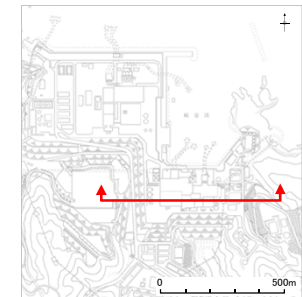
凡例

速度層境界線

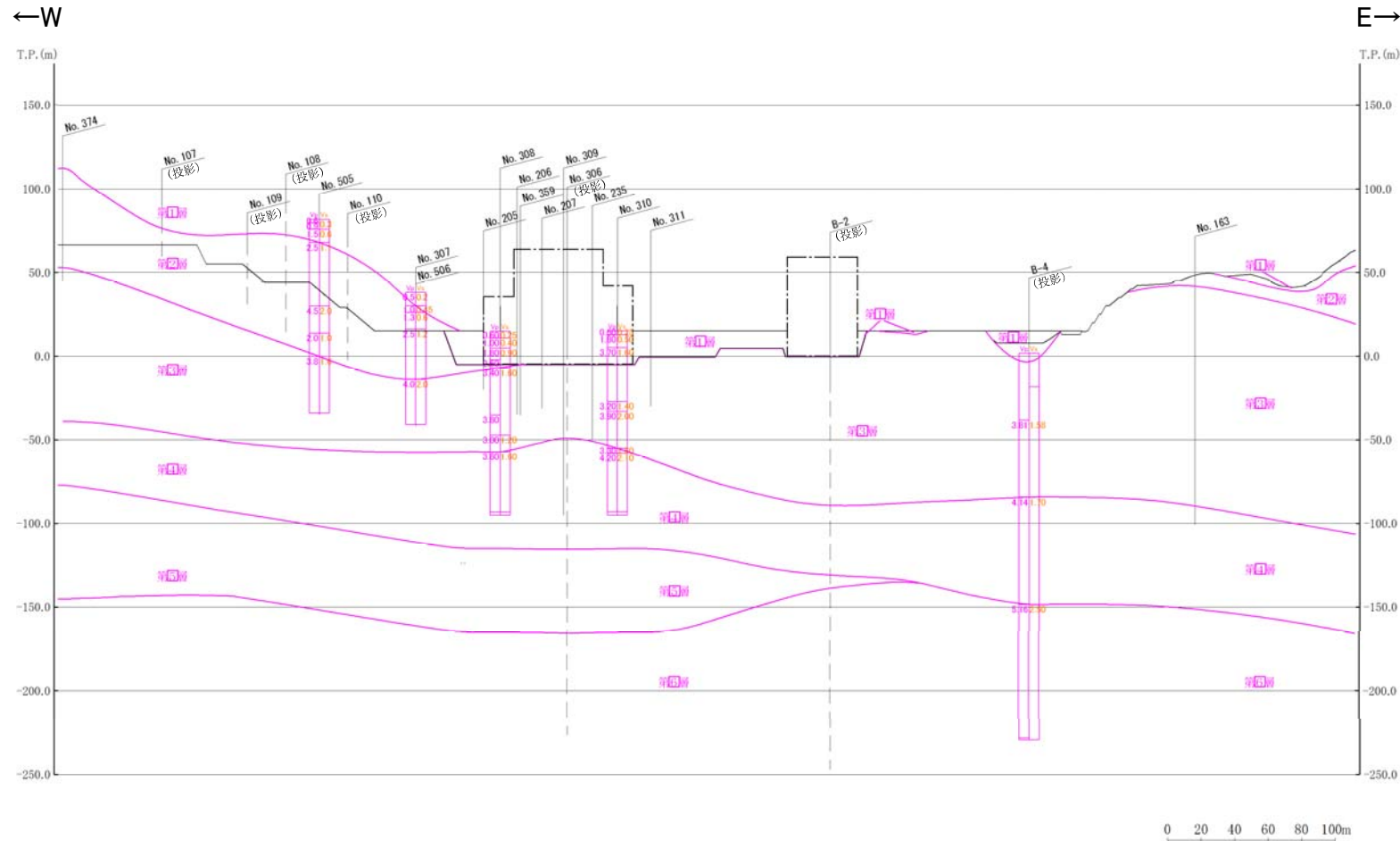
ボーリング名

ボーリング位置
(破線は投影)

速度層柱状図(破線は投影)
 V_p 速度値(km/sec) V_s 速度値(km/sec)
 V_p/V_s (0.80 0.75) (2.10 0.96)



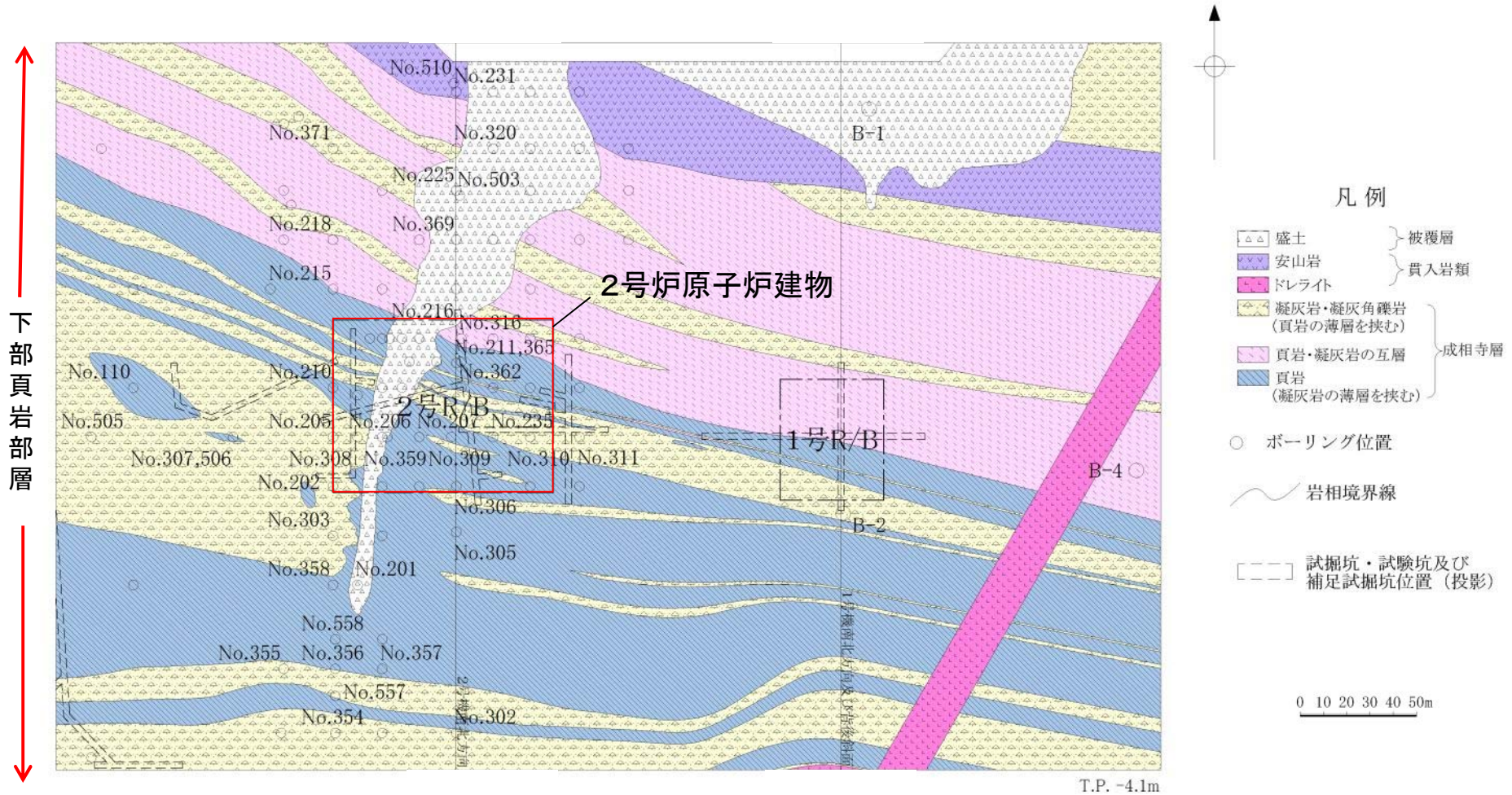
断面位置図



・速度層構造はPS検層結果に基づいて6層に区分され、地質構造と同様に緩やかな傾斜を示す。

1. 地質の概要の補足

2号炉原子炉建物(底面スケッチ図)

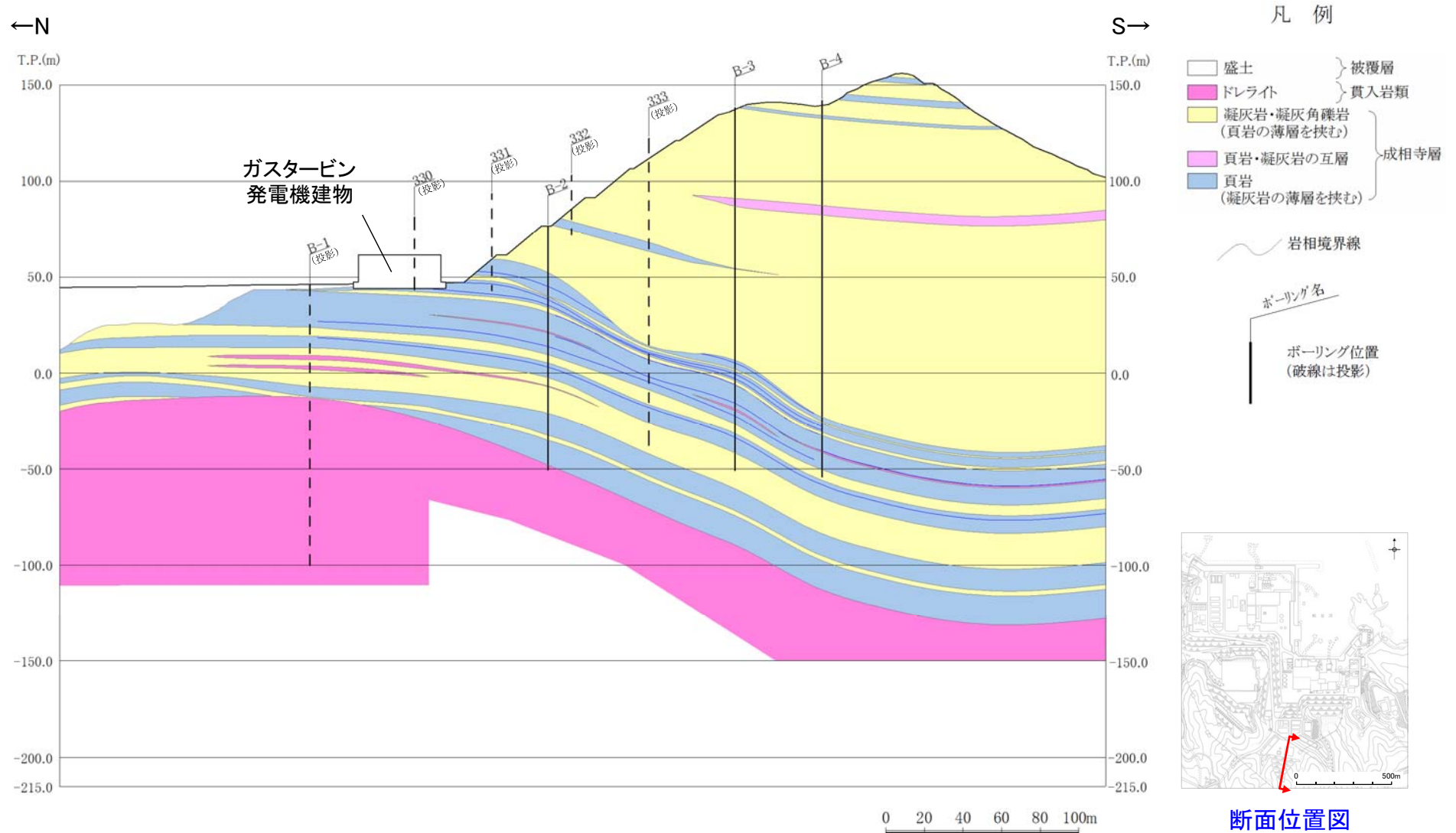


・成相寺層の構造は、概ね西北西－東南東の走向を示す。

1. 地質の概要の補足

ガスタービン発電機建物(地質鉛直断面図)

第910回審査会合
資料1-2 P12 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

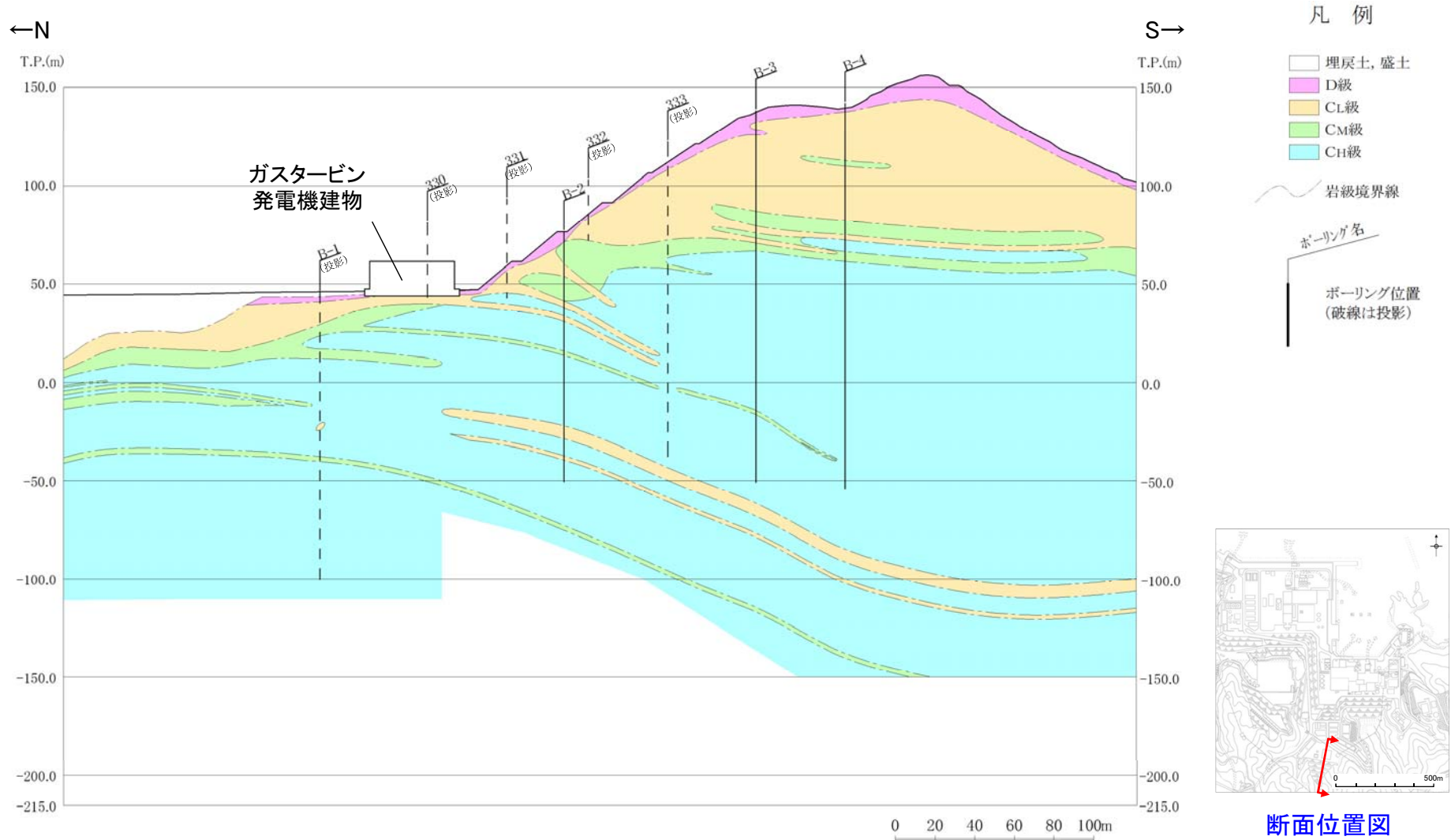


・ボーリング調査の結果、連続する破碎部や断層がないことを確認した。

1. 地質の概要の補足

ガスタービン発電機建物(岩級鉛直断面図)

第910回審査会合
資料1-2 P13 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

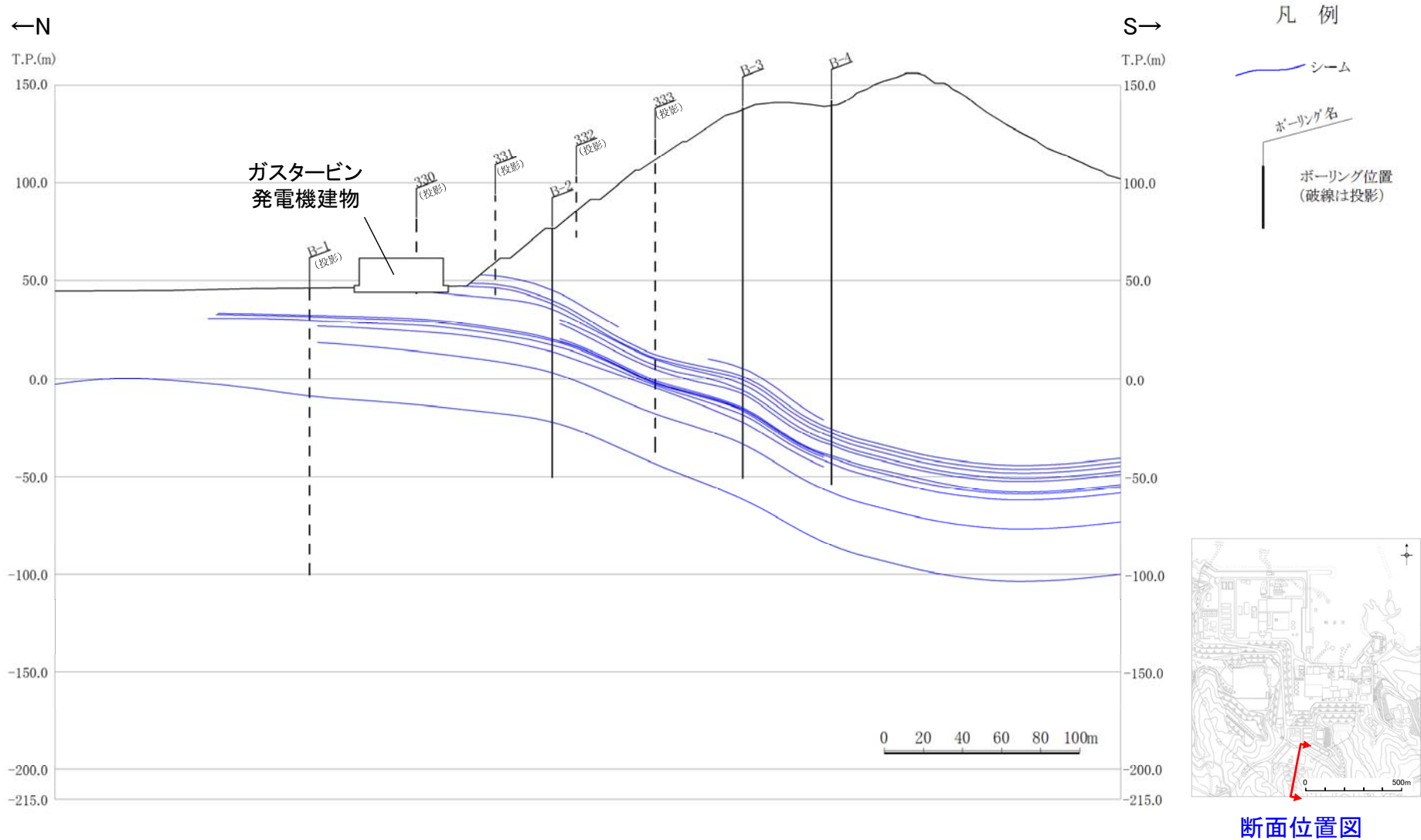


・ガスタービン発電機建物基礎地盤は主にCL級岩盤から成り, 切取斜面の浅部にはD・CL級岩盤が分布する。

1. 地質の概要の補足

第910回審査会合
資料1-2 P14 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

ガスタービン発電機建物(シーム分布鉛直断面図)

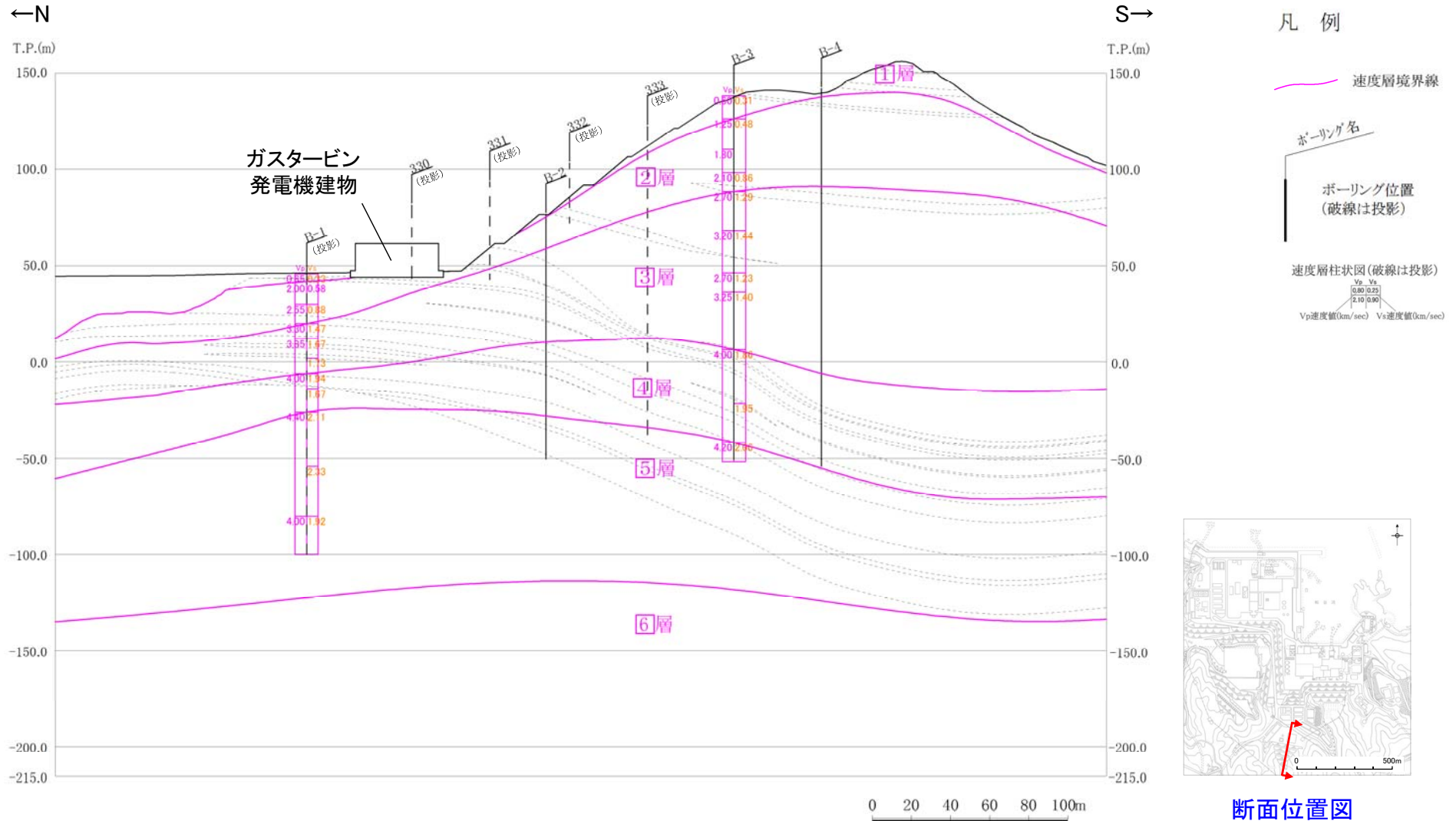


・シームは、地層の走向・傾斜と同一で、緩やかな傾斜を示す。

1. 地質の概要の補足

ガスタービン発電機建物(速度層鉛直断面図)

第910回審査会合
資料1-2 P15 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

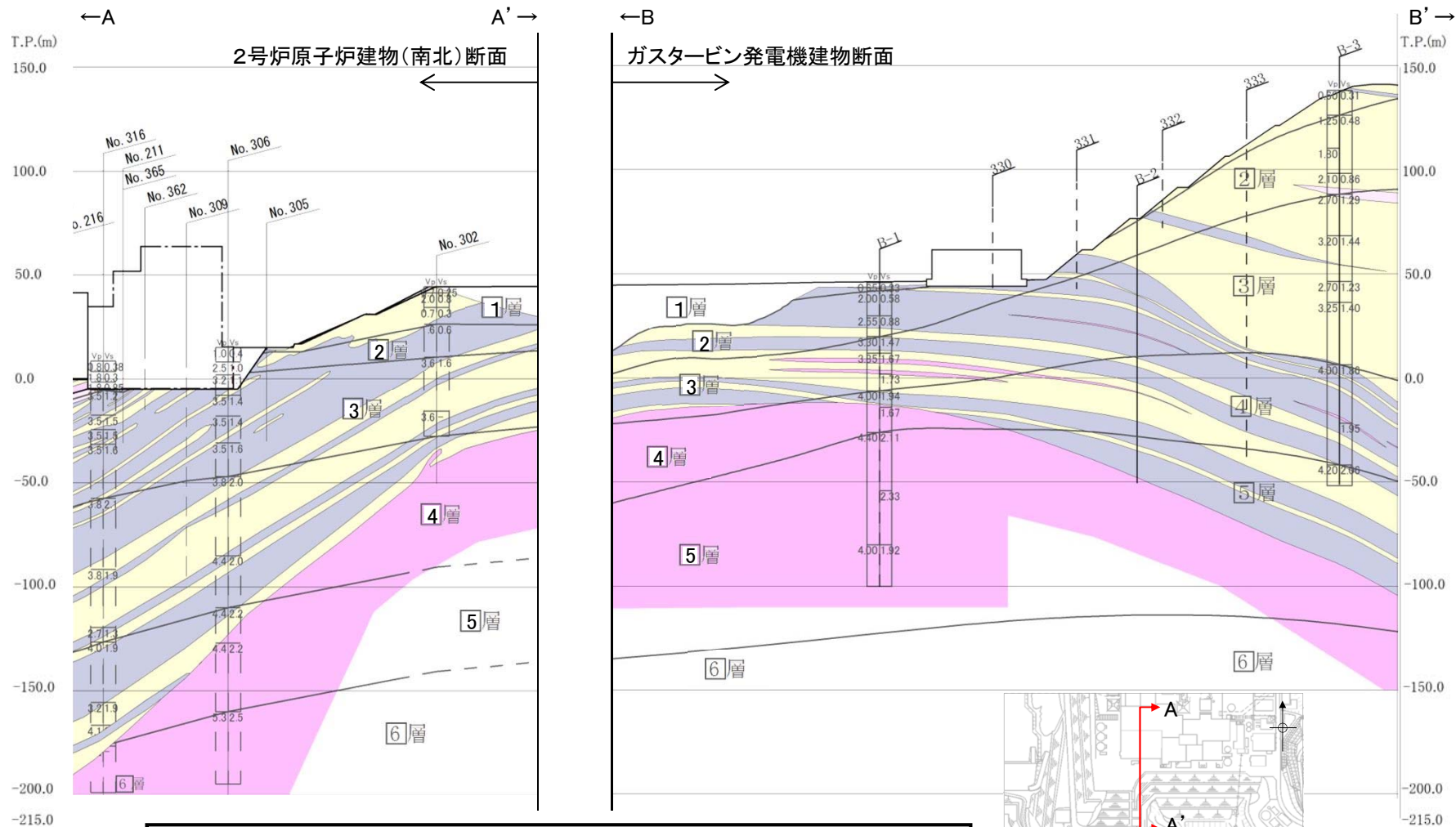


・速度層構造はPS検層結果に基づいて6層に区分され、地質構造と同様に緩やかな傾斜を示す。

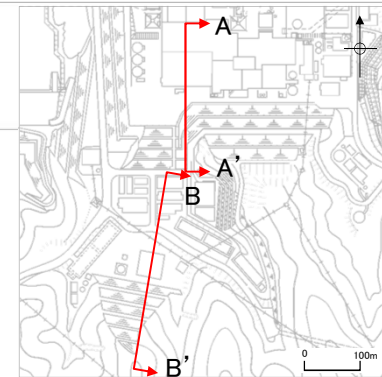
1. 地質の概要の補足

(参考) 5 / 6層の境界線について

第910回審査会合
資料1-2 P16 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す



・ガスタービン発電機建物の第6層については、2号炉原子炉建物(南北)の速度層と整合するように、No.B-1のPS検層も踏まえて設定した。

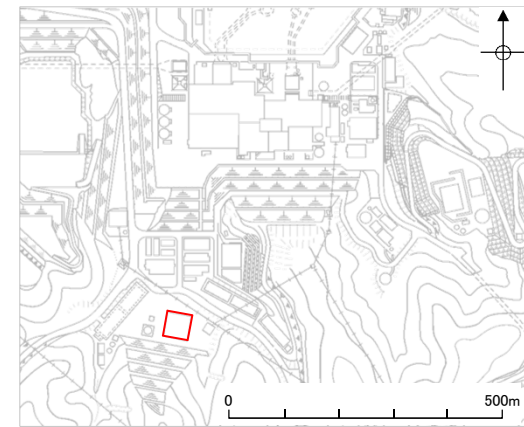
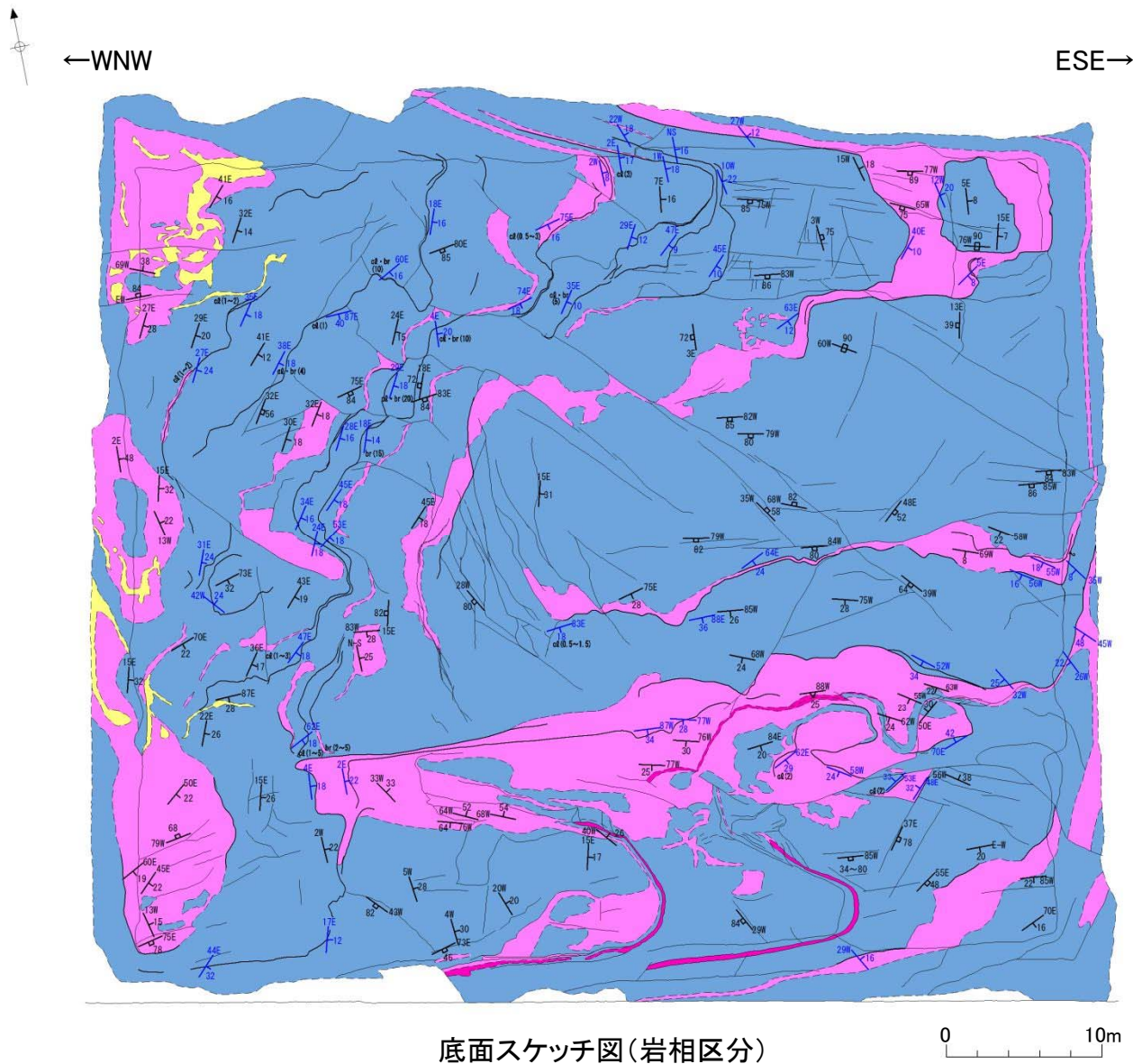


断面位置図

1. 地質の概要の補足

ガスタービン発電機建物(底面スケッチ図)

第910回審査会合
資料1-2 P17 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す



位置図

凡例

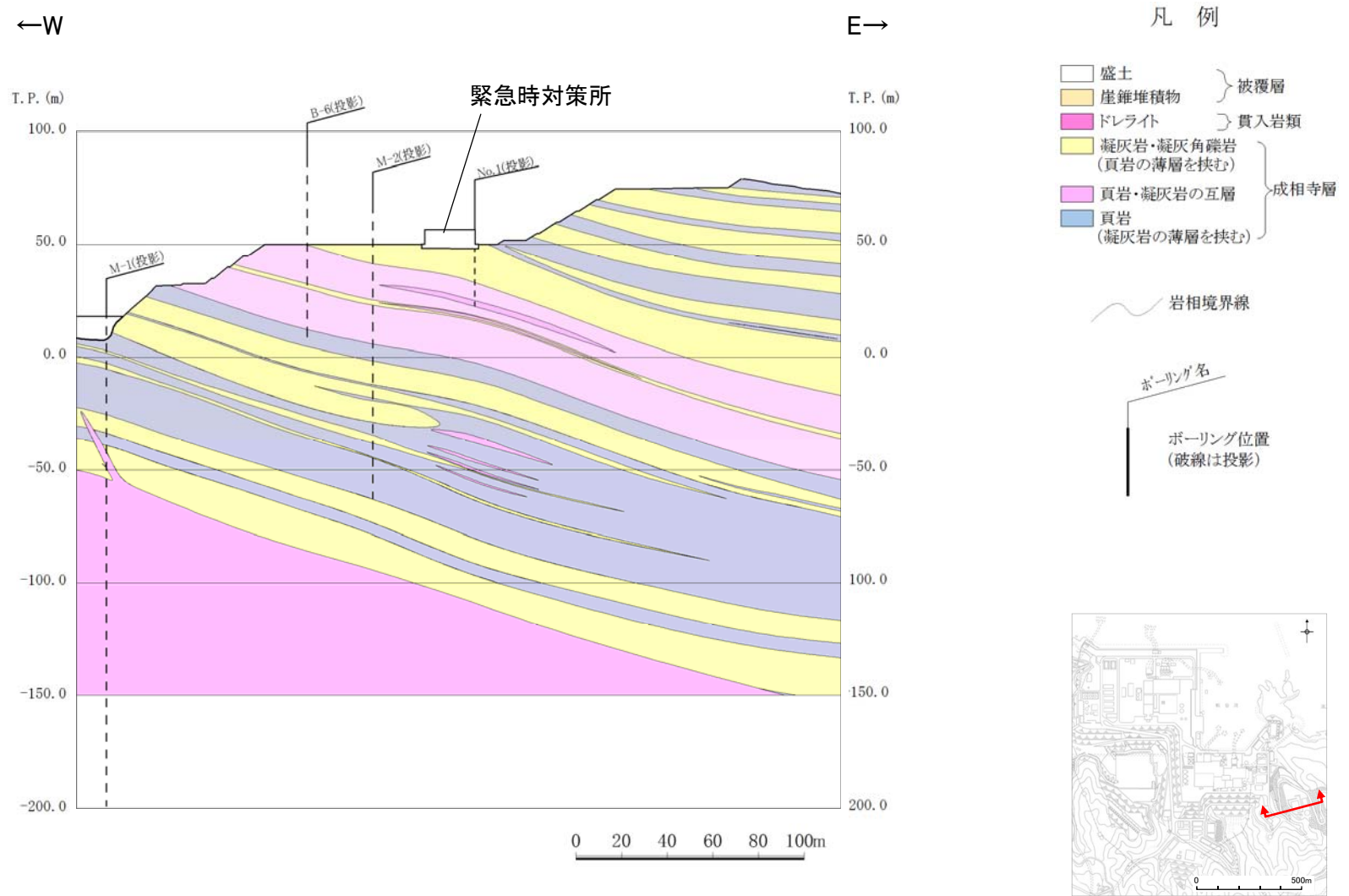
- ドレライト
- 黒色頁岩
- 凝灰質頁岩
- 凝灰岩
- 岩相境界
- 割れ目
- シーム
(数字はシームの厚さ)
(col: 粘土化幅, br: 劣化幅)
- 層理面の走向・傾斜
- 貫入面の走向・傾斜
- 割れ目の走向・傾斜
- シームの走向・傾斜

・ガスタービン発電機建物基礎底面スケッチの結果、連続する破碎部や断層がないことを確認した。

1. 地質の概要の補足

緊急時対策所(地質鉛直断面図)

第910回審査会合
資料1-2 P18 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

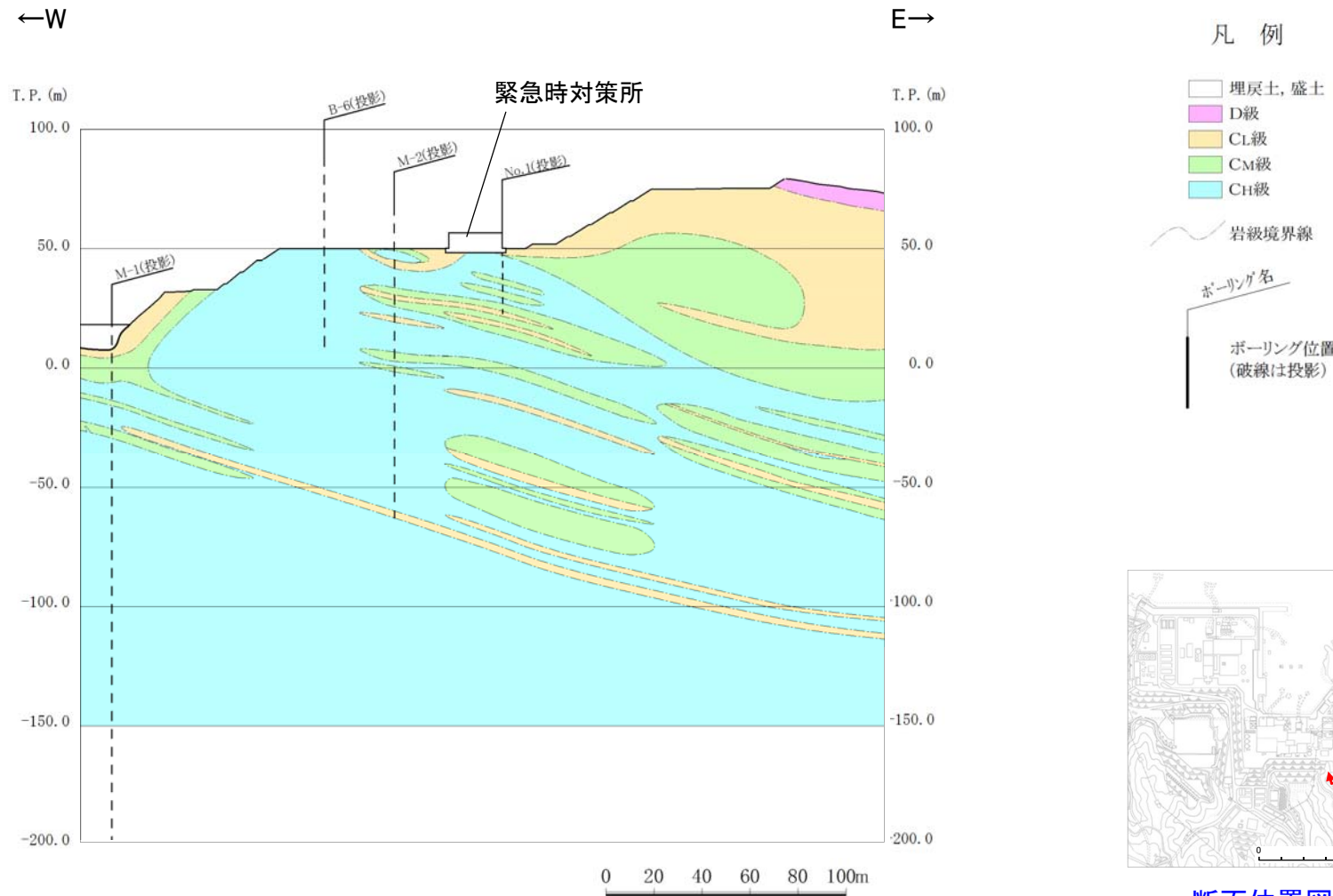


断面位置図

・ボーリング調査の結果, 連続する破碎部や断層がないことを確認した。

1. 地質の概要の補足

緊急時対策所(岩級鉛直断面図)

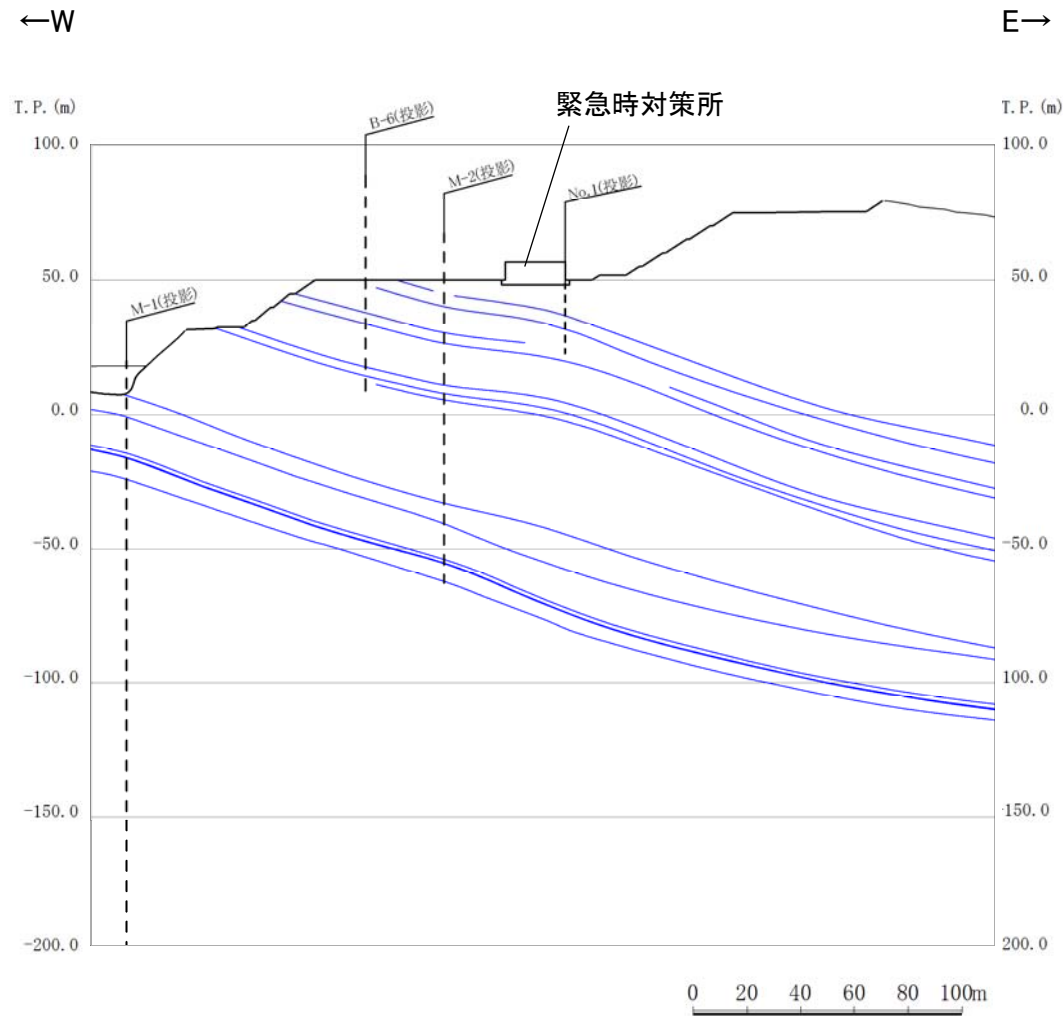


・緊急時対策所基礎地盤は主にC_H級岩盤から成り, 切取斜面の浅部にはC_L級岩盤が分布する。

1. 地質の概要の補足

緊急時対策所(シーム分布鉛直断面図)

第910回審査会合
資料1-2 P20 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す



凡例

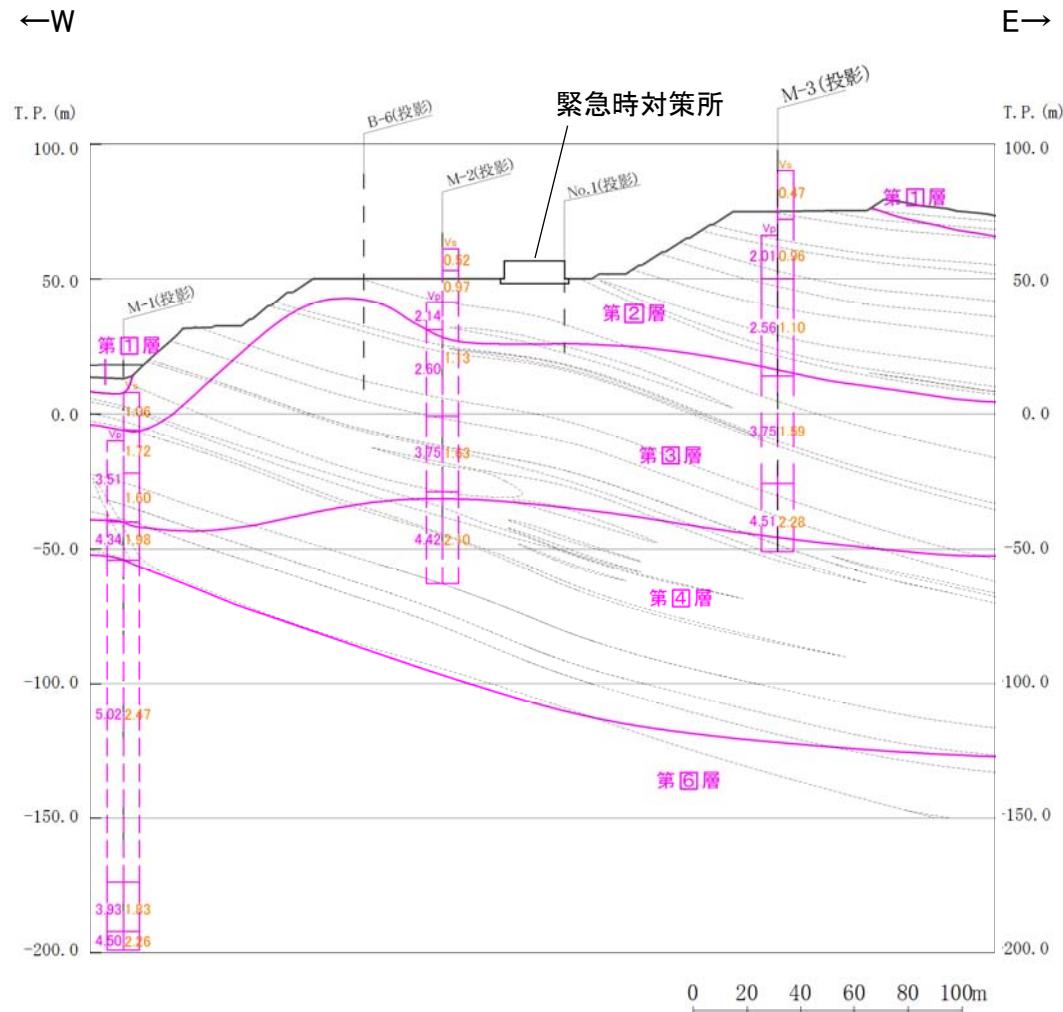
- シーム
- ボーリング名
- ボーリング位置 (破線は投影)



断面位置図

・シームは、地層の走向・傾斜と同一で、緩やかな傾斜を示す。

緊急時対策所(速度層鉛直断面図)

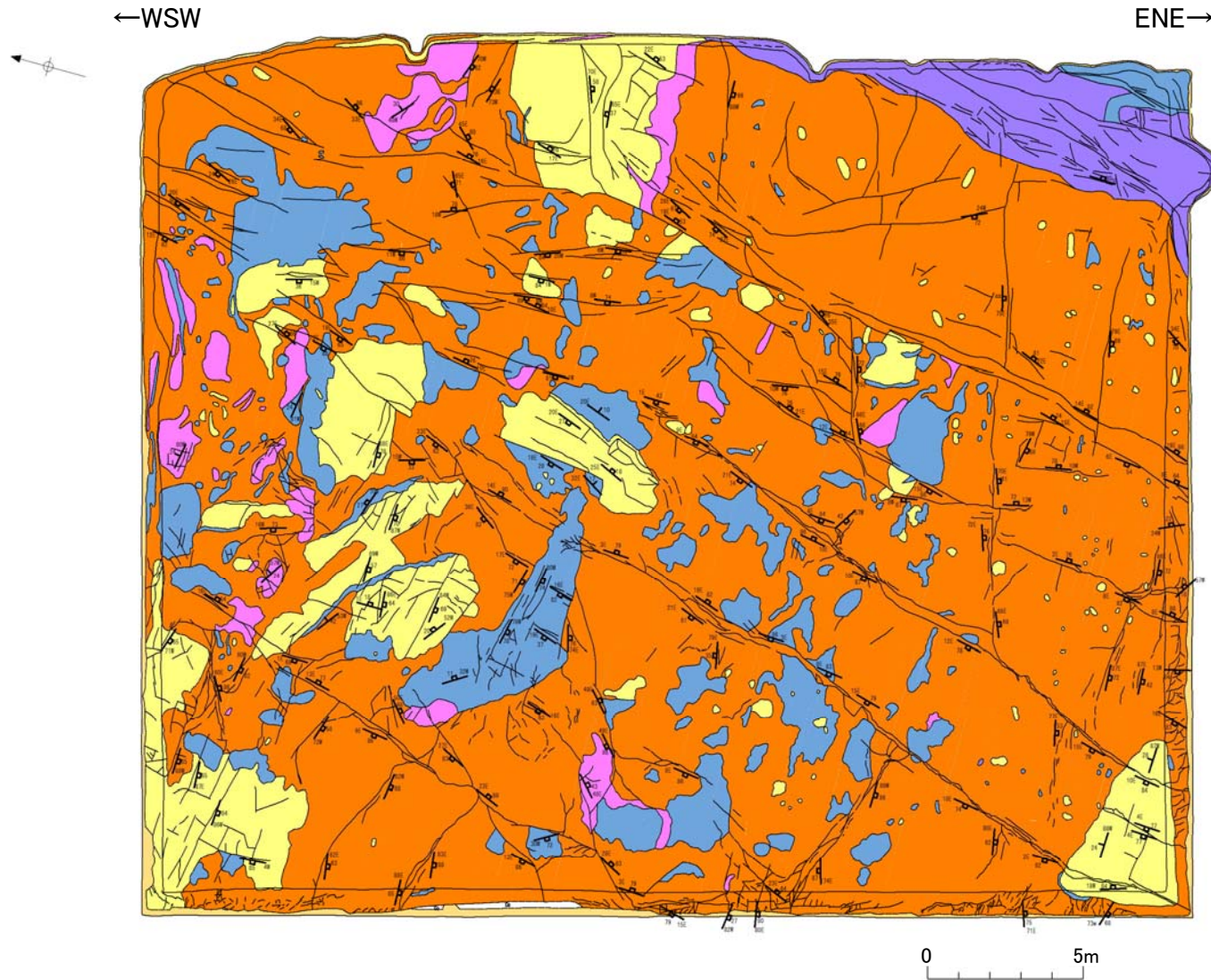


凡例



・速度層構造はPS検層結果に基づいて6層に区分され、地質構造と同様に緩やかな傾斜を示す。

緊急時対策所(底面スケッチ図)



位置図

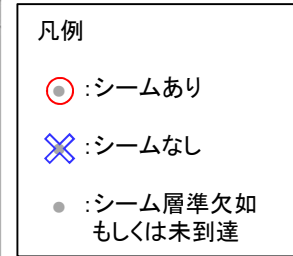
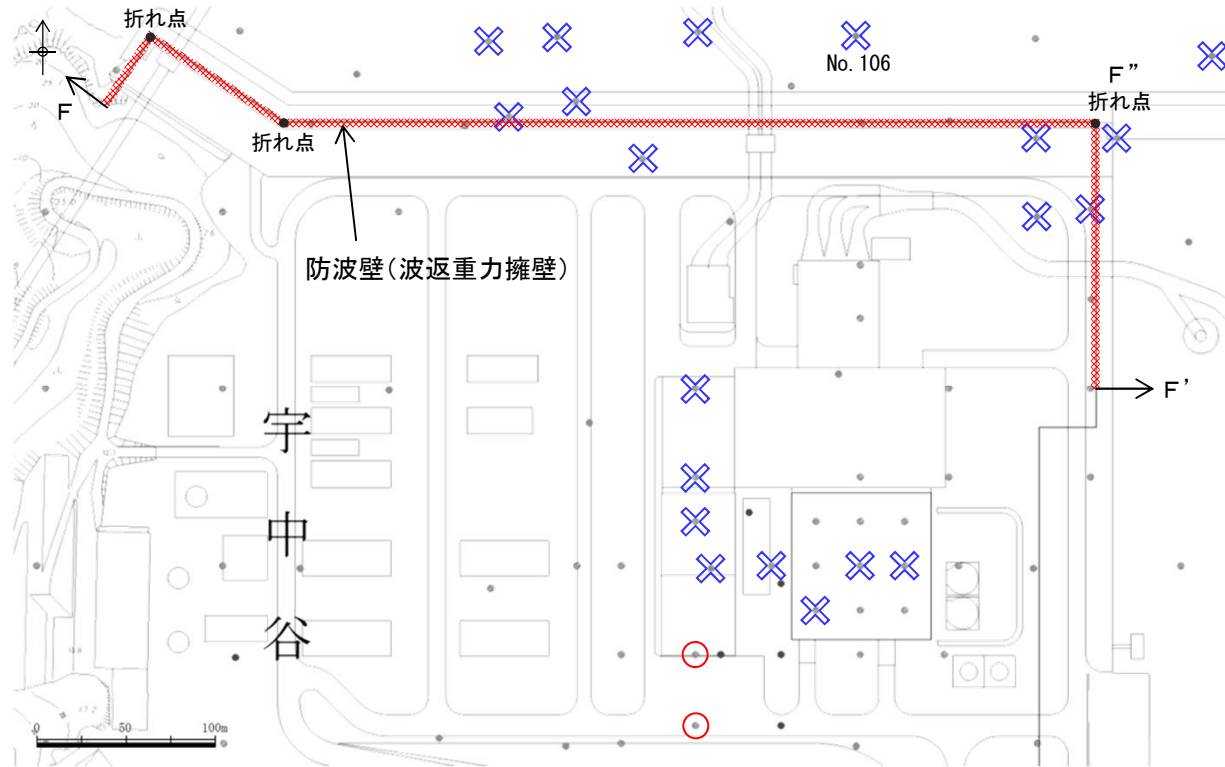
凡例

- 崖錐堆積物
- 安山岩
- 黒色頁岩
- 凝灰質頁岩
- 凝灰岩
- 凝灰角礫岩
- 岩相境界
- 割れ目
- 層理面の走向・傾斜
- 貫入面の走向・傾斜
- 割れ目の走向・傾斜

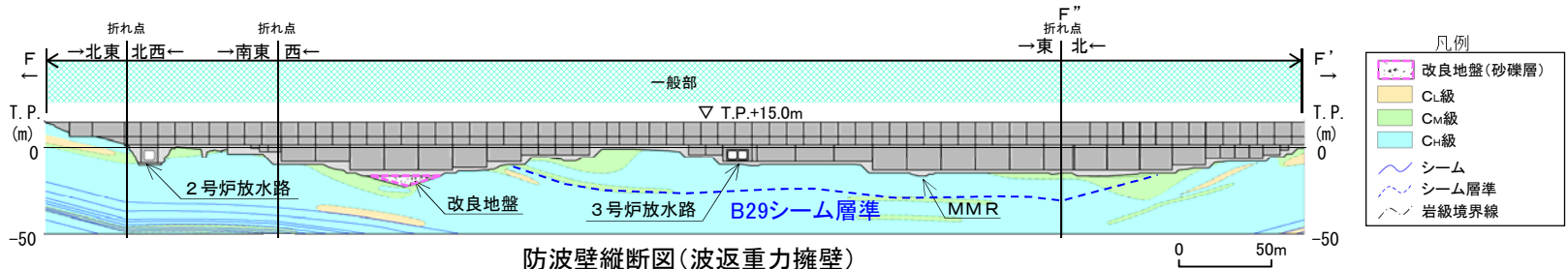
底面スケッチ図(岩相区分)

・緊急時対策所基礎底面スケッチの結果、連続する破碎部や断層がないことを確認した。

防波壁(波返重力擁壁)基礎地盤におけるB29シームの連続性について



防波壁(波返重力擁壁)周辺ボーリングにおけるB29シームの存否状況



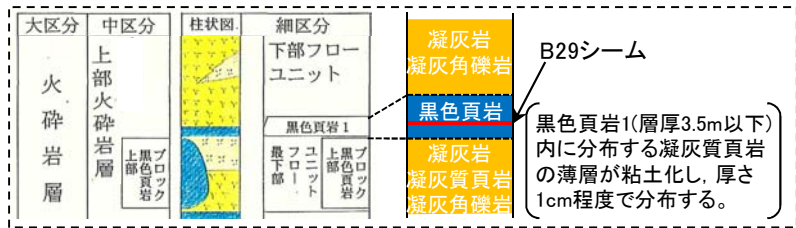
防波壁縦断図(波返重力擁壁)

※ 図中の [] については、地盤改良を実施しているが、元の砂礫層の分布を示すために、改良前の地質状況を示している。

・防波壁(波返重力擁壁)周辺のB29シームについては、防波壁(東端部)の斜面と同様に、複数のボーリングにより連続しないことを確認している。

1. 地質の概要の補足

ボーリングコア観察結果例 (No.106)



模式柱状図・模式岩相

黑色頁岩1(層厚3.5m以下)内に分布する凝灰質頁岩の薄層が粘土化し、厚さ1cm程度で分布する。

孔口標高		T. P. -15.13 m		掘進長		85.50 m		調査期間		1995年 8月 6日 ~ 1995年 8月 18日		試錐機械		D2-G		
角度		—		方向		—		孔内水位		—		孔内試験項目		孔内水平載荷試験・PS検器		
標尺 (m)	深度 (m)	標高 T. P. (m)	層厚 (m)	柱状図	地質種別	色調	岩級区分	コア形状	割れ目状態	風化程度	コア採取率 (%)	最大コア長 (cm)	R Q D (%)	孔径 ビット コア径	孔内試験 項目 深度 (m)	記 事
0																
6							C11				100	58	100	φ 66mm ダイヤブレード		
7											100	71	98			
8											100	66	100			
9											100	59	73			
20											100	78	100			
1											100	86	100			
2	22.66	-27.19	11.89		火山礫凝灰岩 帯緑凝灰岩						100	100	100			
3	22.63	-27.76	0.57		黑色頁岩 黒炭						100	34	91			所々に凝灰質頁岩の薄層を10°程度に挟む。21.4m付近に変位量10mmの厚層のズレを伴う面状断層が認められる。断層が10°に発達する層状岩盤である。
4											100	38	100			全体に割れ目の少ない良好な岩盤である。隙間は5~20mm程度で、10°程度の低角度で傾斜した層状断層が多い。一部に層を多く含む部分とほとんど含まない部分が互層状をなす。25.24~26.33m間、26.91~26.14m間および27.96~28.27m間は不規則な形状の黑色頁岩を挟む。
5											100	100	100			
6											100	77	96			

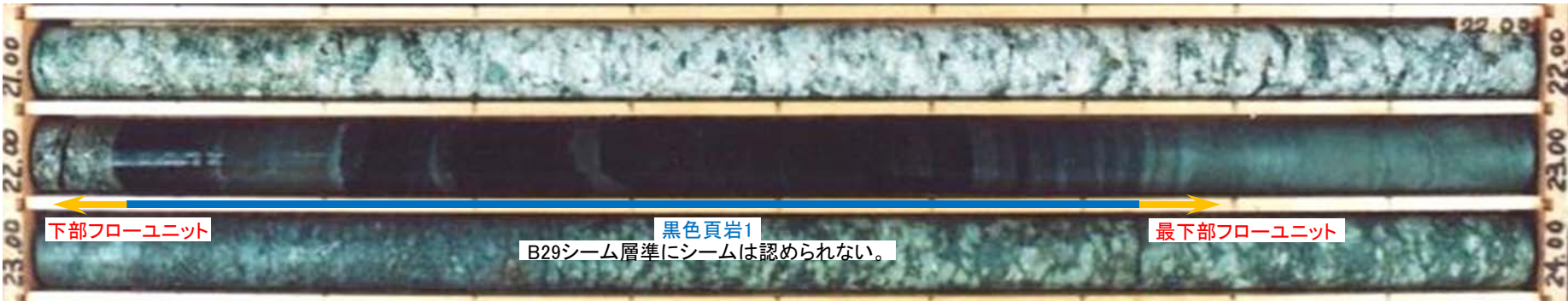
B29シーム層準に粘土の記載なし

下部フローユニット

最下部フローユニット

コア写真範囲

No.106 柱状図

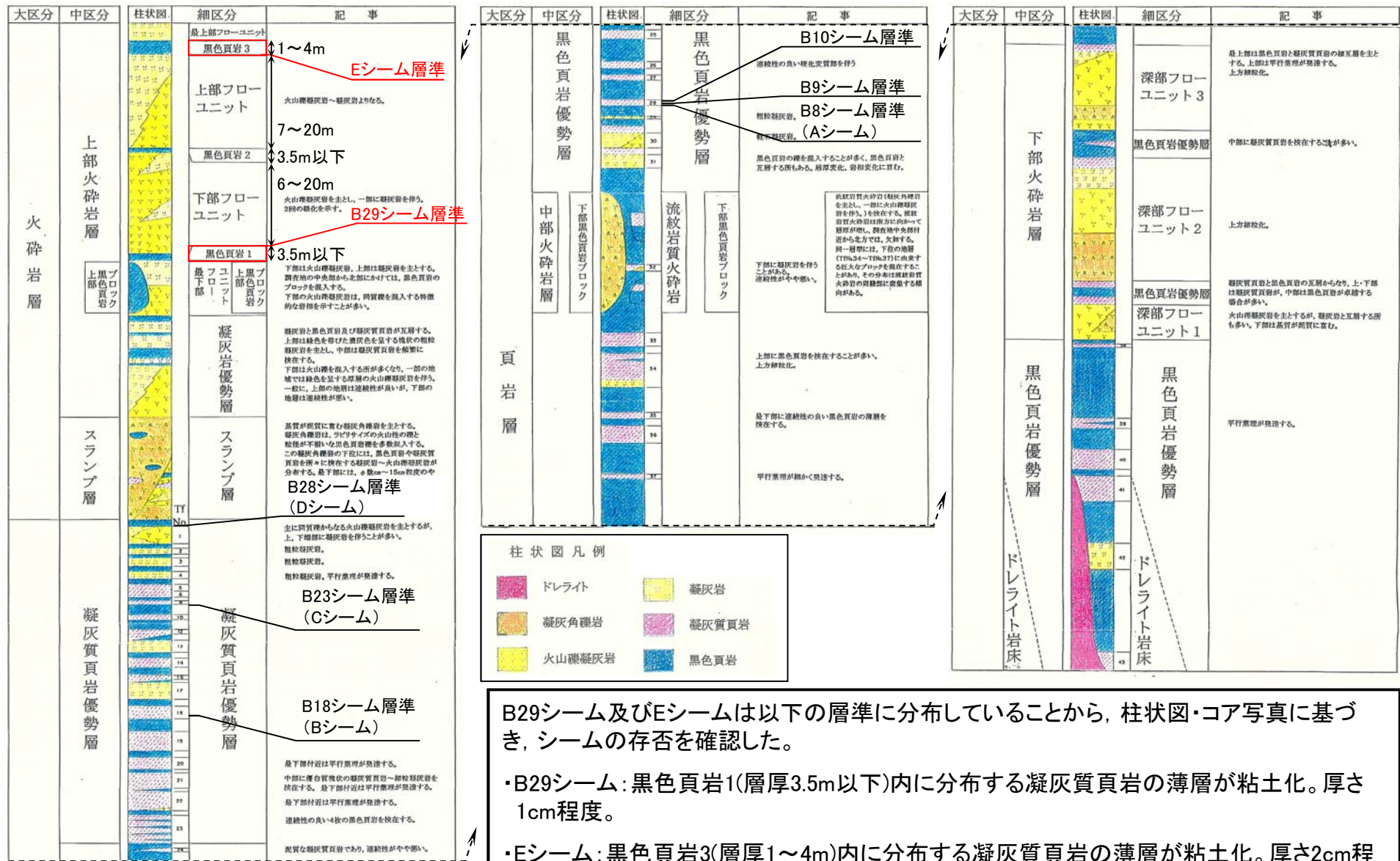


No.106 コア写真

・ボーリングコアを観察した結果、B29シーム層準である黑色頁岩1内には、シームの特徴を有する粘土は認められない。

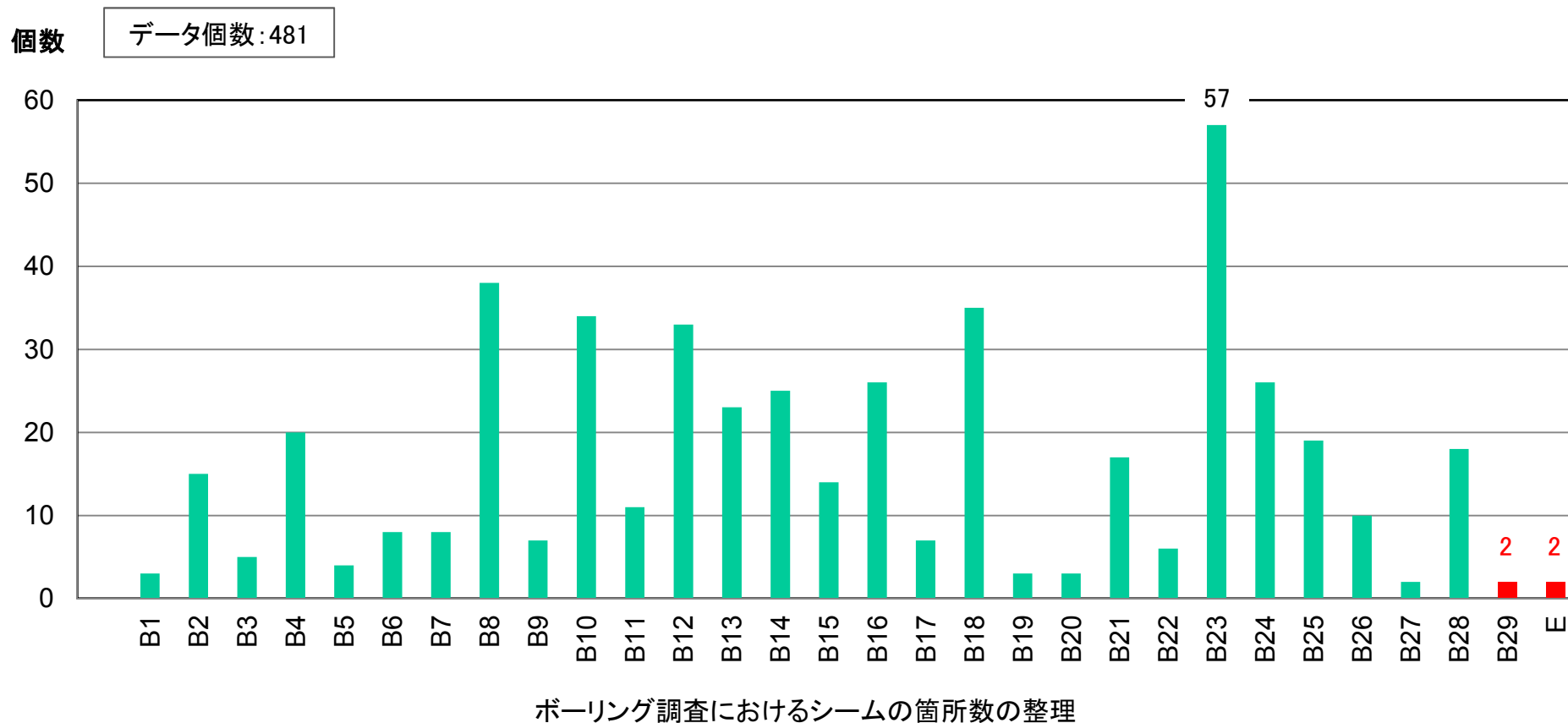
1. 地質の概要の補足

B29シーム及びEシームの連続性検討方法



敷地の地質構造を表す模式柱状図

B29シーム及びEシームの連続性検討結果(敷地全体)



・3号炉及び防波壁(東端部)の地質調査結果を踏まえ、敷地全体で連続性が確認された全シームの確認孔数を整理した結果、B29シーム及びEシームが確認されたのは各2箇所のみであり、他のシームに比べて連続性に乏しい。

2. 解析用物性値の設定方法

2. 1 物理特性

2.1 密度試験結果

		密度試験結果 (g/cm ³)		
		C _H 級	C _M 級	C _L 級
岩盤 (成相寺層)	頁岩	2.57	2.52	2.44
	頁岩と凝灰岩の互層	2.56	2.49	2.33
	凝灰岩・凝灰角礫岩	2.51	2.44	2.30
	ドレライト	2.78	2.60	2.53
	安山岩	2.68	2.68	2.59
土質材料	D級岩盤	2.28		
	シーム	2.23		
	埋戻土, 盛土※1, 5	2.11		
	埋戻土(購入土)※2	2.01		
	旧表土※3	2.00		
	MMR※4	2.35		

※1「海底堆積物, 崖錐堆積物」は, 主要構成地質(礫混り砂質土・礫混り粘性土)が盛土と同じであること, 及び評価対象の基礎地盤及び周辺斜面に対して地震時安定性への影響が軽微であることから, 「埋戻土・盛土」の値を流用。

※2「埋戻土(購入土)」は, 加工砂(主に花崗岩の碎砂)であり, ガスタービン発電機建物周りの埋戻土のみに使用。

※3「旧表土」は, 2号炉南側盛土斜面のみに使用。

※4「MMR」は, 1・2号炉タービン建物直下のみに使用。

※5 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の「改良地盤(砂礫層)」は, 施設の変形抑制等に寄与する設計であるため, すべり安定性評価においては保守的に改良前の「埋戻土・盛土」の値を流用。

・各種岩盤・土質材料の密度については, ボーリング孔及び試掘坑内から採取した試料を対象とした密度試験結果により設定した。

2. 解析用物性値の設定方法

2.2 強度特性

強度特性設定方法一覧表(平均強度)

岩種・岩級		強度特性(平均強度)	
		ピーク強度	残留強度
頁岩	C _H 級	ブロックせん断試験結果 (流れ目方向)	摩擦抵抗試験結果 (流れ目方向)
	C _M 級		試験値のa値またはb値が上位岩級を上回るため、 ・上位岩級で設定した平均強度 ・同岩級内の最小値 の、a値、b値をそれぞれ小方採用した。
	C _L 級		
頁岩と凝灰岩 の互層	C _H 級	頁岩、凝灰岩 のブロックせん断試験結果 (τ_0 , ϕ をそれぞれ小方採用)	頁岩、凝灰岩の摩擦抵抗試験結果 (a値、b値をそれぞれ小方採用)
	C _M 級		試験値のa値またはb値が上位岩級を上回るため、 ・上位岩級で設定した平均強度 ・同岩級内の最小値 の、a値、b値をそれぞれ小方採用した。
	C _L 級		
凝灰岩・ 凝灰角礫岩	C _H 級	凝灰岩、凝灰角礫岩 のブロックせん断試験結果 (τ_0 , ϕ をそれぞれ小方採用)	凝灰岩、凝灰角礫岩の摩擦抵抗試験結果 (a値、b値をそれぞれ小方採用)
	C _M 級		試験値のa値またはb値が上位岩級を上回るため、 ・上位岩級で設定した平均強度 ・同岩級内の最小値 の、a値、b値をそれぞれ小方採用した。
	C _L 級		

: 試験値をそのまま採用し、平均強度を設定

: 二岩種の試験値を組み合わせて、保守的に平均強度を設定【下方修正なし

設定方法①P41, 42】


: 二岩種の試験値を組み合わせて、保守的に平均強度を設定【上位岩級を上回るため下方修正

設定方法②P43】

強度特性設定方法一覧表(ばらつきを考慮した強度)

岩種・岩級		強度特性(ばらつきを考慮した強度)	
		ピーク強度	残留強度
頁岩	C _H 級	既に安全側にばらつきが考慮されている 【流れ目方向に載荷した試験値を採用】	ばらつきを考慮し、平均-1σによる低減
	C _M 級		既に安全側にばらつきが考慮されている 【平均強度が試験値の下限を示す】
	C _L 級		
頁岩と凝灰岩 の互層	C _H 級	既に安全側にばらつきが考慮されている 【流れ目方向に載荷した試験値を採用】	ばらつきを考慮し、平均-1σによる低減
	C _M 級		既に安全側にばらつきが考慮されている 【平均強度が試験値の下限を示す】
	C _L 級	既に安全側にばらつきが考慮されている 【平均強度が試験値の下限を示す】	
凝灰岩・ 凝灰角礫岩	C _H 級	ばらつきを考慮し、平均-1σによる低減	ばらつきを考慮し、平均-1σによる低減
	C _M 級		既に安全側にばらつきが考慮されている 【平均強度が試験値の下限を示す】
	C _L 級	既に安全側にばらつきが考慮されている 【平均強度が試験値の下限を示す】	

 :ばらつきを考慮し、平均-1σによる低減

 :既に安全側にばらつきが考慮されている【流れ目方向に載荷した試験値を採用している場合
【平均強度が試験値の下限を示す場合

設定方法③P44】

設定方法④P45, 46】

強度特性設定方法一覧表(平均強度)

岩種・岩級		強度特性(平均強度)	
		ピーク強度	残留強度
ドレライト	C _H 級	三軸圧縮試験結果より τ_0 :凝灰岩 ϕ :頁岩 の値を用いて換算	三軸圧縮試験結果より a値:凝灰岩の値を用いて換算 b値:C _H 級の最小値 を採用
	C _M 級	C _H 級で設定した強度 τ_0 :凝灰岩・凝灰角礫岩 ϕ :頁岩 の値を用いて換算	C _H 級で設定した強度 a値:頁岩の値を用いて換算 b値:全岩級の最小値 を採用
	C _L 級		
安山岩	C _H 級	ドレライトと同値	ドレライトと同値
	C _M 級		
	C _L 級		

□ :他の岩種の物性値に基づき設定 【設定方法⑤P49~52】

強度特性設定方法一覧表(ばらつきを考慮した強度)

岩種・岩級		強度特性(ばらつきを考慮した強度)	
		ピーク強度	残留強度
ドレライト	C _H 級	ばらつきを考慮し、平均-1σによる低減	ばらつきを考慮し、平均-1σによる低減
	C _M 級		
	C _L 級		
安山岩	C _H 級	ばらつきを考慮し、平均-1σによる低減	ばらつきを考慮し、平均-1σによる低減
	C _M 級		
	C _L 級		

 :ばらつきを考慮し、平均-1σによる低減

頁岩の強度特性

- ・頁岩の強度特性を以下に示す。
- ・ピーク強度は、流れ目方向載荷の試験値を平均強度に設定し、既に安全側にばらつきを考慮しているため1σによる低減を行わない。
- ・残留強度において、試験値の小方採用を行い設定した平均強度が各々の試験値の下限を示す場合においては、既に安全側にばらつきを考慮しているため1σによる低減を行わない。

	C _H 級頁岩	C _M 級頁岩	C _L 級頁岩
ピーク強度			
	平均 : $11.6 + \sigma \tan 54^\circ$ [$1.14 + \sigma \tan 54^\circ$] 平均-1σ : — [—]	平均 : $9.4 + \sigma \tan 54^\circ$ [$0.92 + \sigma \tan 54^\circ$] 平均-1σ : — [—]	平均 : $2.9 + \sigma \tan 45^\circ$ [$0.28 + \sigma \tan 45^\circ$] 平均-1σ : — [—]
残留強度			
	平均 : $2.83 \cdot \sigma^{0.72}$ [$1.48 \cdot \sigma^{0.72}$] 平均-1σ : $2.57 \cdot \sigma^{0.72}$ [$1.34 \cdot \sigma^{0.72}$]	平均 : $0.99 \cdot \sigma^{0.54}$ [$0.34 \cdot \sigma^{0.54}$] 平均-1σ : — [—]	平均 : $0.99 \cdot \sigma^{0.54}$ [$0.34 \cdot \sigma^{0.54}$] 平均-1σ : — [—]

強度特性設定方法一覧表(頁岩 平均強度, ばらつき強度)

岩種・岩級		強度特性(平均強度)	
		ピーク強度	残留強度
頁岩	C _H 級	ブロックせん断試験結果 (流れ目方向)	摩擦抵抗試験結果 (流れ目方向)
	C _M 級		試験値のa値またはb値が上位岩級を上回るため、 ・上位岩級で設定した平均強度 ・同岩級内の最小値 の、a値、b値をそれぞれ小方採用した。
	C _L 級		

: 試験値をそのまま採用し、平均強度を設定

: 二岩種の試験値を組み合わせて、保守的に平均強度を設定【上位岩級を上回るため下方修正 設定方法②P43】

岩種・岩級		強度特性(ばらつきを考慮した強度)	
		ピーク強度	残留強度
頁岩	C _H 級	既に安全側にばらつきが考慮されている 【流れ目方向に載荷した試験値を採用】	ばらつきを考慮し、平均-1σによる低減
	C _M 級		既に安全側にばらつきが考慮されている 【平均強度が試験値の下限を示す】
	C _L 級		

: ばらつきを考慮し、平均-1σによる低減

: 既に安全側にばらつきが考慮されている 【流れ目方向に載荷した試験値を採用している場合 設定方法③P44】
 : 既に安全側にばらつきが考慮されている 【平均強度が試験値の下限を示す場合 設定方法④P45, 46】

2. 解析用物性値の設定方法 2.2 強度特性


頁岩と凝灰岩の互層の強度特性


- ・頁岩と凝灰岩の互層における強度特性を以下に示す。
- ・ピーク強度及び残留強度において、試験値または試験値の小方採用により設定した平均強度が、各々の試験値の下限を示す場合においては、既に安全側にばらつきを考慮しているため1σによる低減を行わない。

	C _H 級頁岩と凝灰岩の互層	C _M 級頁岩と凝灰岩の互層	C _L 級頁岩と凝灰岩の互層
ピーク強度	<p>平均 : $11.6 + \sigma \tan 54^\circ$ [$1.14 + \sigma \tan 54^\circ$] 平均-1σ : — [—] kg/cm²[N/mm²]</p>	<p>平均 : $9.4 + \sigma \tan 54^\circ$ [$0.92 + \sigma \tan 54^\circ$] 平均-1σ : — [—] kg/cm²[N/mm²]</p>	<p>平均 : $2.9 + \sigma \tan 28^\circ$ [$0.28 + \sigma \tan 28^\circ$] 平均-1σ : — [—] kg/cm²[N/mm²]</p>
残留強度	<p>平均 : $2.46 \cdot \sigma^{0.72}$ [$1.28 \cdot \sigma^{0.72}$] 平均-1σ : $2.14 \cdot \sigma^{0.72}$ [$1.12 \cdot \sigma^{0.72}$] kg/cm²[N/mm²]</p>	<p>平均 : $0.99 \cdot \sigma^{0.54}$ [$0.34 \cdot \sigma^{0.54}$] 平均-1σ : — [—] kg/cm²[N/mm²]</p>	<p>平均 : $0.99 \cdot \sigma^{0.54}$ [$0.34 \cdot \sigma^{0.54}$] 平均-1σ : — [—] kg/cm²[N/mm²]</p>

強度特性設定方法一覧表(頁岩と凝灰岩の互層 平均強度, ばらつき強度)


岩種・岩級		強度特性(平均強度)	
		ピーク強度	残留強度
頁岩と凝灰岩 の互層	C _H 級	頁岩, 凝灰岩 のブロックせん断試験結果 (τ_0 , ϕ をそれぞれ小方採用)	頁岩, 凝灰岩の摩擦抵抗試験結果 (a値, b値をそれぞれ小方採用)
	C _M 級		試験値のa値またはb値が上位岩級を上回るため, ・上位岩級で設定した平均強度 ・同岩級内の最小値 の, a値, b値をそれぞれ小方採用した。
	C _L 級		

 : 二岩種の試験値を組み合わせて, 保守的に平均強度を設定【下方修正なし 設定方法①P41, 42】

 : 二岩種の試験値を組み合わせて, 保守的に平均強度を設定【上位岩級を上回るため下方修正 設定方法②P43】

岩種・岩級		強度特性(ばらつきを考慮した強度)	
		ピーク強度	残留強度
頁岩と凝灰岩 の互層	C _H 級	既に安全側にばらつきが考慮されている 【流れ目方向に載荷した試験値を採用】	ばらつきを考慮し, 平均-1 σ による低減
	C _M 級		既に安全側にばらつきが考慮されている 【平均強度が試験値の下限を示す】
	C _L 級	既に安全側にばらつきが考慮されている 【平均強度が試験値の下限を示す】	

 : ばらつきを考慮し, 平均-1 σ による低減

 : 既に安全側にばらつきが考慮されている 【流れ目方向に載荷した試験値を採用している場合 設定方法③P44】
【平均強度が試験値の下限を示す場合 設定方法④P45, 46】

凝灰岩・凝灰角礫岩の強度特性

- ・凝灰岩・凝灰角礫岩における強度特性を以下に示す。
- ・ピーク強度及び残留強度において、試験値または試験値の小方採用により設定した平均強度が、各々の試験値の下限を示す場合においては、既に安全側にばらつきを考慮しているため1σによる低減を行わない。

	C _H 級凝灰岩・凝灰角礫岩	C _M 級凝灰岩・凝灰角礫岩	C _L 級凝灰岩・凝灰角礫岩
ピーク強度	<p>平均(小方採用) 平均-1σ</p>	<p>平均 平均-1σ</p>	<p>平均</p>
	<p>平均 : $15.7 + \sigma \tan 55^\circ$ [$1.54 + \sigma \tan 55^\circ$] 平均-1σ : $13.8 + \sigma \tan 55^\circ$ [$1.35 + \sigma \tan 55^\circ$] kg/cm²[N/mm²]</p>	<p>平均 : $11.6 + \sigma \tan 47^\circ$ [$1.14 + \sigma \tan 47^\circ$] 平均-1σ : $7.1 + \sigma \tan 47^\circ$ [$0.70 + \sigma \tan 47^\circ$] kg/cm²[N/mm²]</p>	<p>平均 : $6.1 + \sigma \tan 28^\circ$ [$0.60 + \sigma \tan 28^\circ$] 平均-1σ : — [—] kg/cm²[N/mm²]</p>
残留強度	<p>平均 平均-1σ</p>	<p>平均(補正) 平均-1σ</p>	<p>平均(補正)</p>
	<p>平均 : $2.46 \cdot \sigma^{0.72}$ [$1.28 \cdot \sigma^{0.72}$] 平均-1σ : $2.14 \cdot \sigma^{0.72}$ [$1.12 \cdot \sigma^{0.72}$] kg/cm²[N/mm²]</p>	<p>平均 : $0.99 \cdot \sigma^{0.54}$ [$0.34 \cdot \sigma^{0.54}$] 平均-1σ : — [—] kg/cm²[N/mm²]</p>	<p>平均 : $0.99 \cdot \sigma^{0.54}$ [$0.34 \cdot \sigma^{0.54}$] 平均-1σ : — [—] kg/cm²[N/mm²]</p>

強度特性設定方法一覧表(凝灰岩・凝灰角礫岩 平均強度, ばらつき強度)

岩種・岩級		強度特性(平均強度)	
		ピーク強度	残留強度
凝灰岩・ 凝灰角礫岩	C _H 級	凝灰岩, 凝灰角礫岩 のブロックせん断試験結果 (τ_0, ϕ をそれぞれ小方採用)	凝灰岩, 凝灰角礫岩の摩擦抵抗試験結果 (a値, b値をそれぞれ小方採用)
	C _M 級		試験値のa値またはb値が上位岩級を上回るため, ・上位岩級で設定した平均強度 ・同岩級内の最小値 の, a値, b値をそれぞれ小方採用した。
	C _L 級		

: 二岩種の試験値を組み合わせて, 保守的に平均強度を設定【下方修正なし 設定方法①P41, 42】

: 二岩種の試験値を組み合わせて, 保守的に平均強度を設定【上位岩級を上回るため下方修正 設定方法②P43】

岩種・岩級		強度特性(ばらつきを考慮した強度)	
		ピーク強度	残留強度
凝灰岩・ 凝灰角礫岩	C _H 級	ばらつきを考慮し, 平均-1 σ による低減	ばらつきを考慮し, 平均-1 σ による低減
	C _M 級		既に安全側にばらつきが考慮されている 【平均強度が試験値の下限を示す】
	C _L 級	既に安全側にばらつきが考慮されている 【平均強度が試験値の下限を示す】	

: ばらつきを考慮し, 平均-1 σ による低減

: 既に安全側にばらつきが考慮されている 【流れ目方向に載荷した試験値を採用する場合 設定方法③P44】
【平均強度が試験値の下限を示す場合 設定方法④P45, 46】

設定方法①(二岩種の試験値を組み合わせて保守的に平均強度を設定(下方修正なし)) 1/2

・ピーク強度(ブロックせん断試験)

【設定フロー】

手順①:
二岩種のブロックせん断試験結果
 $\tau = \tau_0 + \sigma \tan \phi$
の τ_0 及び ϕ をそれぞれ比較する。

岩種1: $\tau = \tau_1 + \sigma \tan \phi_1$
岩種2: $\tau = \tau_2 + \sigma \tan \phi_2$

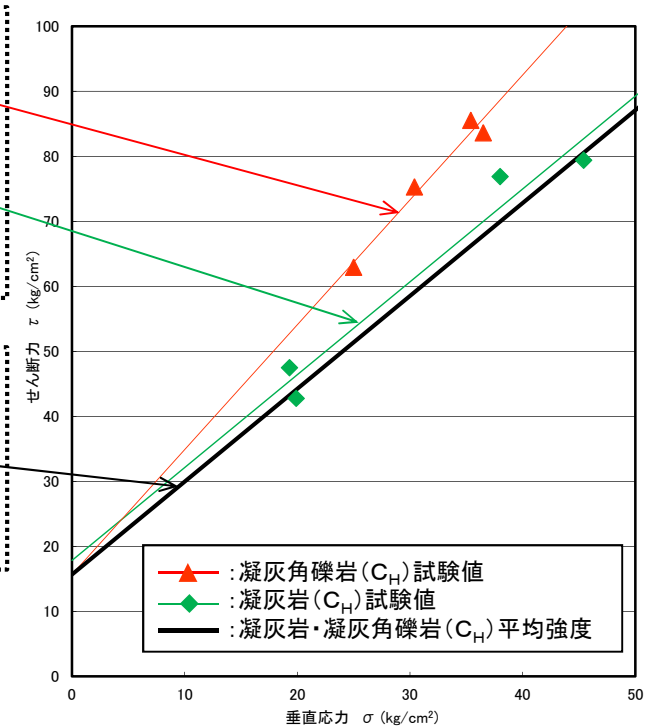
【設定方法例(C_H級:凝灰岩・凝灰角礫岩)】

凝灰角礫岩(C_H級) : $\tau = 15.7 + \sigma \tan 62^\circ$ (kg/cm²)
凝灰岩(C_H級) : $\tau = 17.9 + \sigma \tan 55^\circ$ (kg/cm²)

手順②(係数の小方採用):
二岩種の τ_0 及び ϕ をそれぞれ小方採用して
保守的に平均強度を設定する。

平均強度: $\tau = 15.1 + \sigma \tan 55^\circ$

凝灰岩・凝灰角礫岩
(C_H級)の平均強度 :
 $\tau = 15.7 + \sigma \tan 55^\circ$ (kg/cm²)
 $\tau = 1.54 + \sigma \tan 55^\circ$ (N/mm²)



・凝灰岩と凝灰角礫岩のブロックせん断試験結果より, τ_0 及び ϕ の値をそれぞれ小方採用し, 保守的に平均強度を設定した。

設定方法①(二岩種の試験値を組み合わせて保守的に平均強度を設定(下方修正なし)) 2/2

・残留強度(摩擦抵抗試験)

【設定フロー】

【設定方法例(C_H級:頁岩と凝灰岩の互層)】

手順①:
二岩種の摩擦抵抗試験結果
 $\tau = a \cdot \sigma^b$
のa値及びb値をそれぞれ比較する。

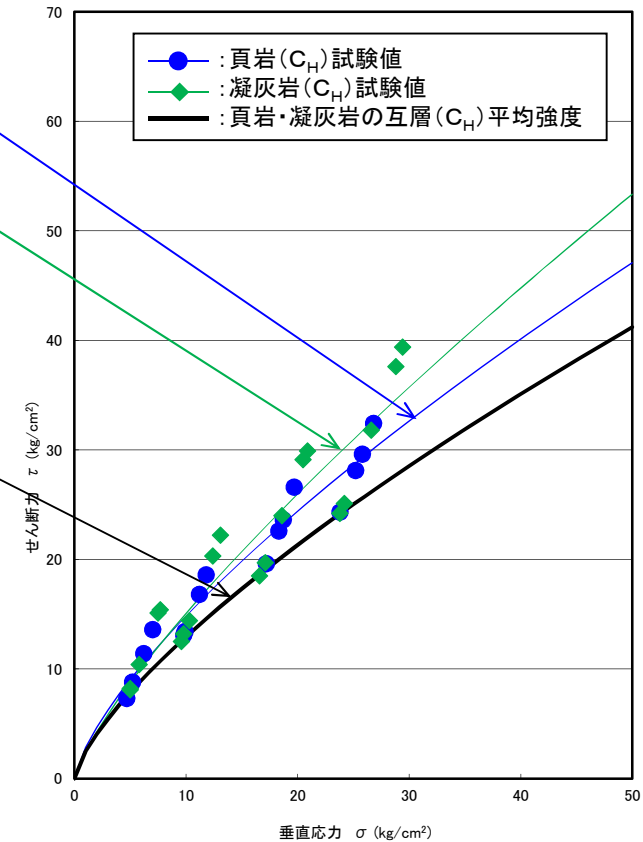
岩種1: $\tau = a_1 \cdot \sigma^{b1}$
 \vee \wedge
岩種2: $\tau = a_2 \cdot \sigma^{b2}$

頁岩(C_H級) : $\tau = 2.83 \cdot \sigma^{0.72} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
 \vee \wedge
凝灰岩(C_H級) : $\tau = 2.46 \cdot \sigma^{0.79} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

手順②(係数の小方採用):
二岩種の値及びb値をそれぞれ小方採用して
保守的に平均強度を設定する。

平均強度: $\tau = a_{2-} \cdot \sigma^{b1}$

頁岩・凝灰岩の互層
(C_H級)の平均強度 :
 $\tau = 2.46 \cdot \sigma^{0.72} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
 $\tau = 1.28 \cdot \sigma^{0.72} \text{ (N/mm}^2\text{)}$



・頁岩と凝灰岩の摩擦抵抗試験結果より、a値及びb値をそれぞれ小方採用し、保守的に平均強度を設定した。

設定方法②(二岩種の試験値を組み合わせて保守的に平均強度を設定(上位岩級を上回るため下方修正))

・残留強度(摩擦抵抗試験)

【設定フロー】

手順①:
設定方法①と同様の手順により、二岩種の係数の小方採用により平均強度を設定する。

岩種1 : $\tau = a_1 \cdot \sigma^{b1}$

岩種2 : $\tau = a_2 \cdot \sigma^{b2}$

平均強度: $\tau = a_1 \cdot \sigma^{b2}$

手順②(上位岩級を上回るため下方修正):
「上位岩級の平均強度」、「同岩級の他の岩種の試験値」のa値及びb値をそれぞれ比較し、最小値となるa値、b値を組み合わせて平均強度を下方修正する。

平均強度 : $\tau = a_1 \cdot \sigma^{b2}$

上位岩級の平均強度 : $\tau = a_u \cdot \sigma^{b_u}$

同岩級の他の試験値 岩種3: $\tau = a_3 \cdot \sigma^{b3}$

平均強度 : $\tau = a_3 \cdot \sigma^{b2}$

【設定方法例(C_L級:頁岩と凝灰岩の互層)】

頁岩(C_L級) : $\tau = 1.32 \cdot \sigma^{0.81} (\text{kg/cm}^2)$

凝灰岩(C_L級) : $\tau = 1.16 \cdot \sigma^{0.88} (\text{kg/cm}^2)$

頁岩・凝灰岩の互層(C_L級)の平均強度 : $\tau = 1.16 \cdot \sigma^{0.81} (\text{kg/cm}^2)$

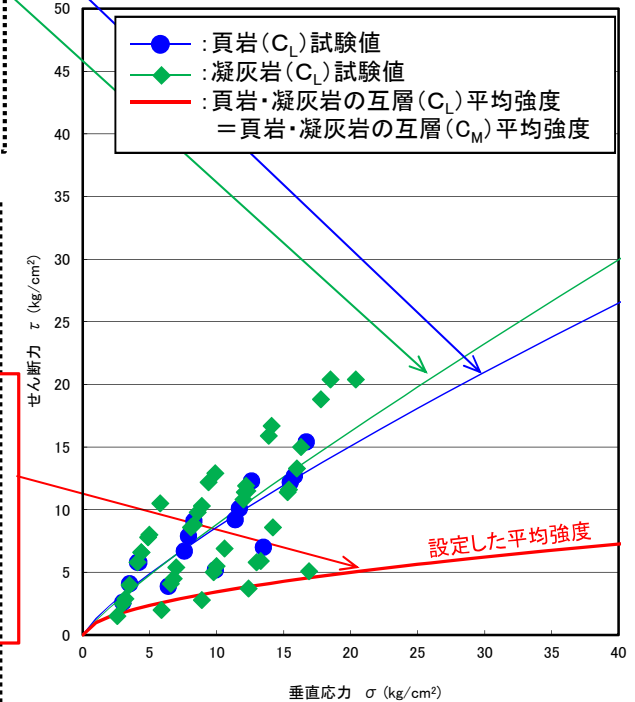
頁岩・凝灰岩の互層(C_L級)の平均強度 : $\tau = 1.16 \cdot \sigma^{0.81} (\text{kg/cm}^2)$

頁岩・凝灰岩の互層(C_M級)の平均強度 : $\tau = 0.99 \cdot \sigma^{0.54} (\text{kg/cm}^2)$

凝灰角礫岩(C_L級)の平均強度 : $\tau = 1.97 \cdot \sigma^{0.61} (\text{kg/cm}^2)$

頁岩・凝灰岩の互層(C_L級)の平均強度 : $\tau = 0.99 \cdot \sigma^{0.54} (\text{kg/cm}^2)$

$\tau = 0.34 \cdot \sigma^{0.54} (\text{N/mm}^2)$

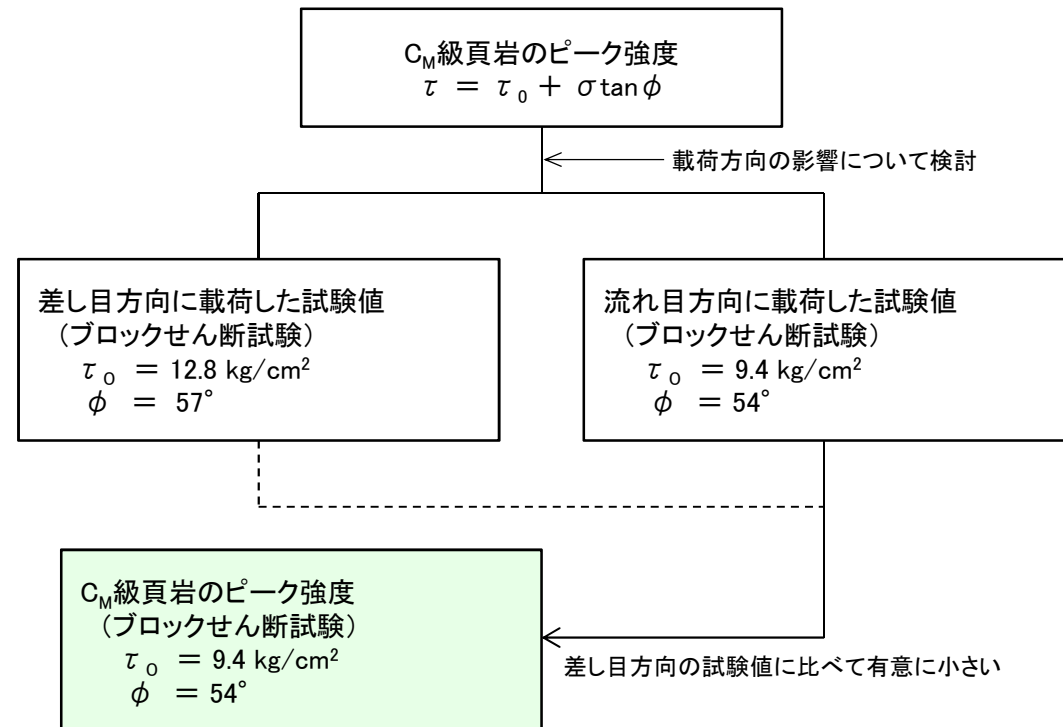
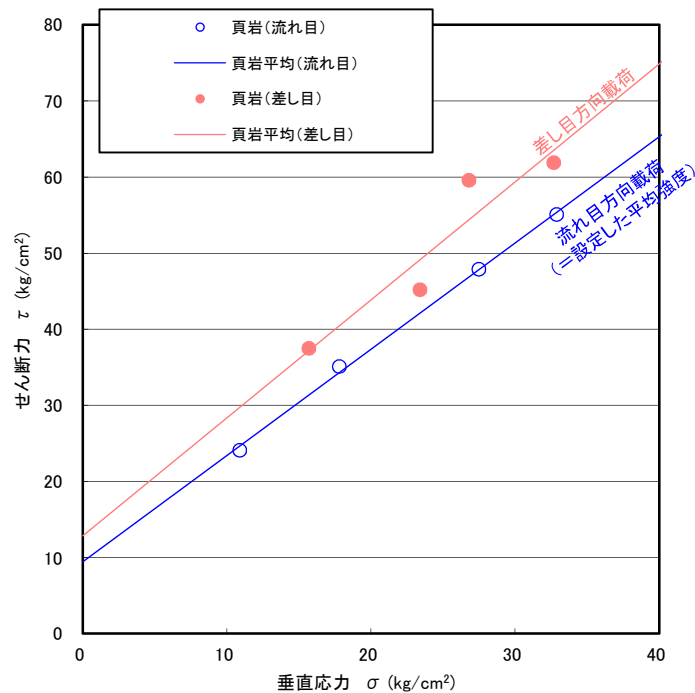


・二岩種を対象に設定した平均強度が上位岩級で設定した平均強度を上回る場合は、「上位岩級で設定した平均強度」及び「同岩級の他の岩種の試験値」のa値及びb値をそれぞれ比較し、最小値となる値を組み合わせて平均強度を下方修正した。

設定方法③(既に安全側にばらつきが考慮されている(流れ目方向に載荷した試験値を採用している場合))

・ピーク強度(ブロックせん断試験)

【設定方法例(C_M級頁岩)】

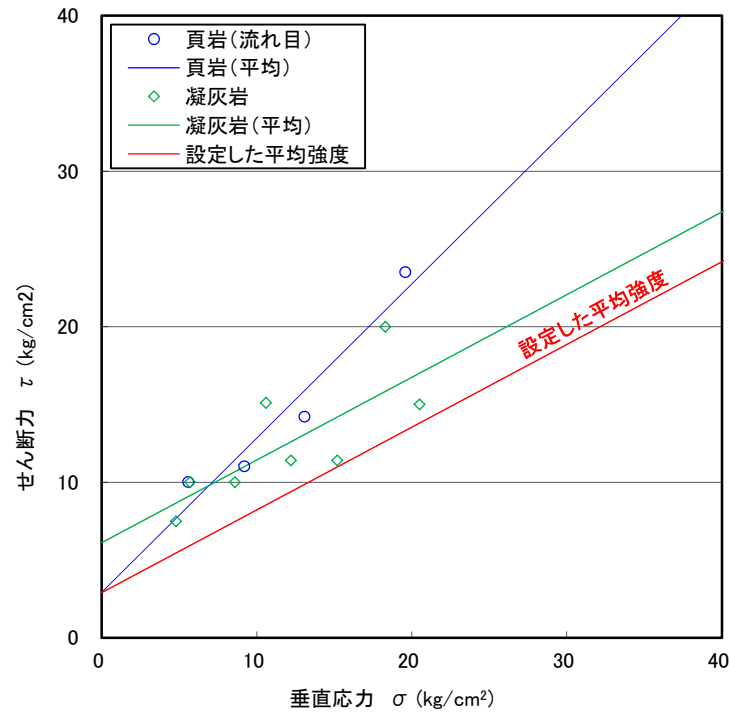


- ・流れ目方向に載荷した試験値は、差し目方向に載荷した試験値に比べて有意に小さい。
- ・流れ目方向に載荷した試験値は、既にばらつきを考慮した強度になっており、平均-1σによる低減を行わない。

設定方法④(既に安全側にばらつきが考慮されている(平均強度が試験値の下限を示す場合)) 1/2

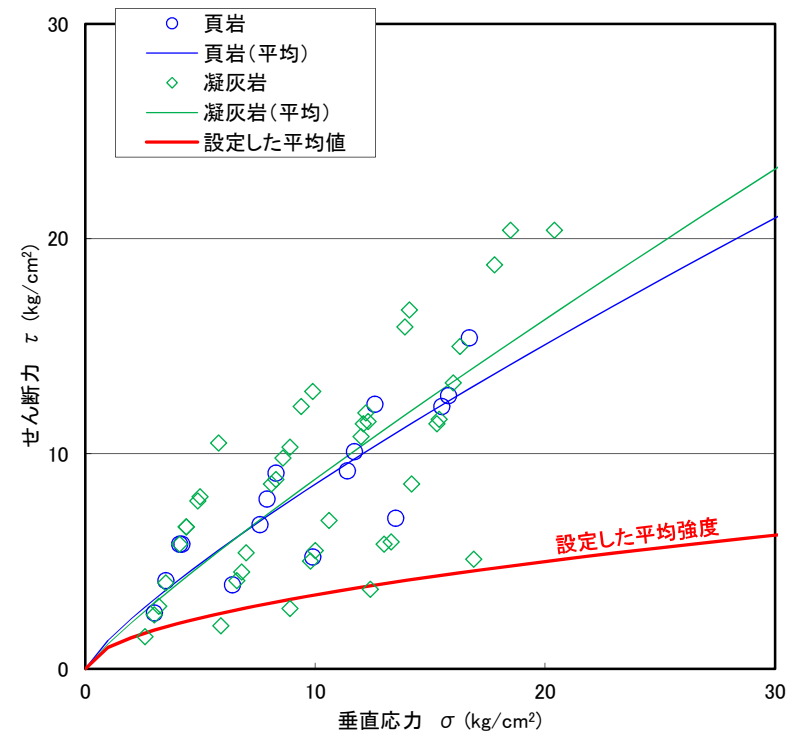
・ピーク強度(ブロックせん断試験)

【設定方法例(C₁級頁岩と凝灰岩の互層:ピーク強度)】



・残留強度(摩擦抵抗試験)

【設定方法例(C₁級頁岩と凝灰岩の互層:残留強度)】

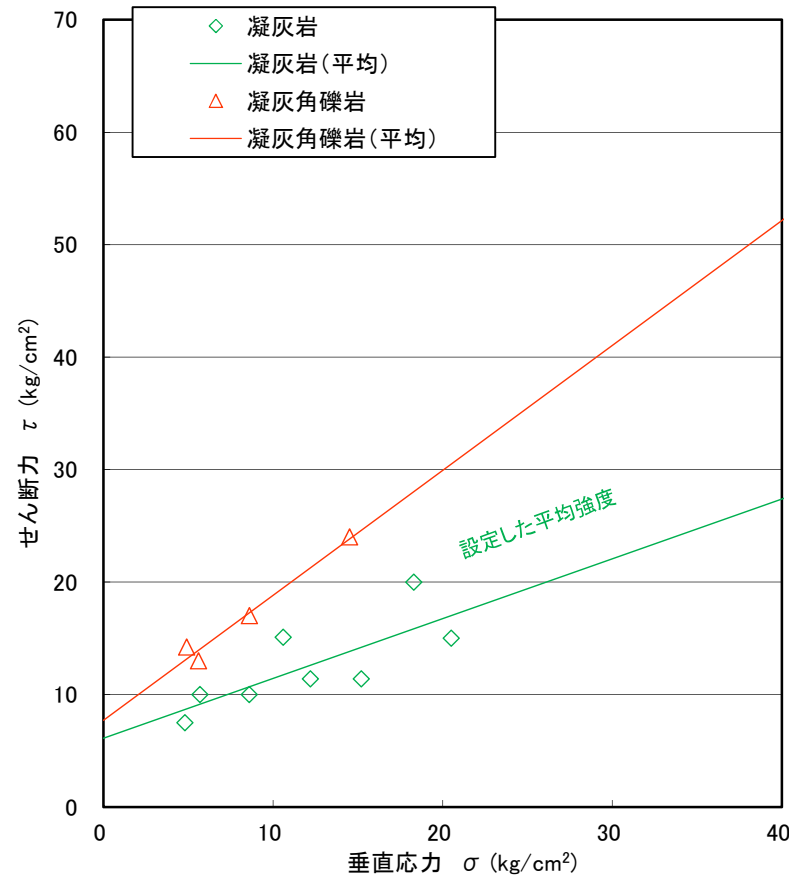


- ・各岩種における試験値を小方採用等を行うことで、保守的に設定した平均強度は、試験値の下限を示し、既に安全側にばらつきを考慮した強度になっていると考えられる。
- ・上記の理由より、平均-1σによる低減を行わない。

設定方法④(既に安全側にばらつきが考慮されている(平均強度が試験値の下限を示す場合)) 2/2

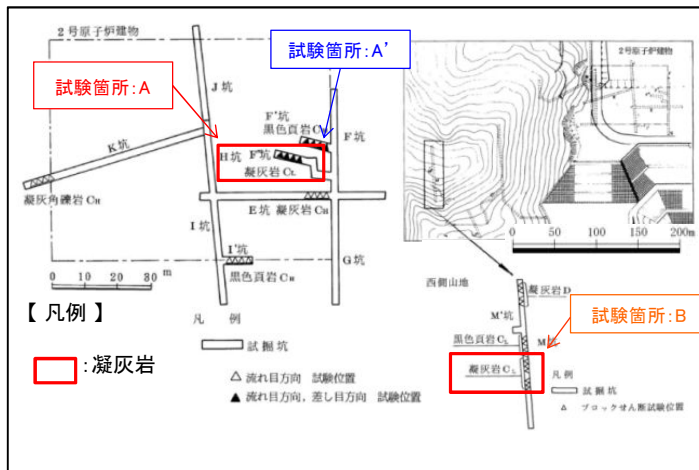
・「頁岩と凝灰岩の互層」「凝灰岩・凝灰角礫岩」ピーク強度(ブロックせん断試験)

【設定方法例(C_L級凝灰岩・凝灰角礫岩:ピーク強度)】



- ・C_L級凝灰岩・凝灰角礫岩の平均強度は、各岩種の τ_0 , ϕ の小方採用を検討した結果、安全側に凝灰岩の試験値を採用した。
- ・設定した平均強度は、既に安全側にばらつきを考慮したものになっているため、更なるばらつきの考慮は実施しない。(次頁参照)

(参考) C_L級凝灰岩の試験値の設定について



ブロックせん断試験位置図

【試験箇所A. 2号炉原子炉建物試験掘坑 F”坑】
 $\tau = 5.5 + \sigma \tan 56^\circ$ (kg/cm²)
 (破断面にシーム等がない健全な試験値)

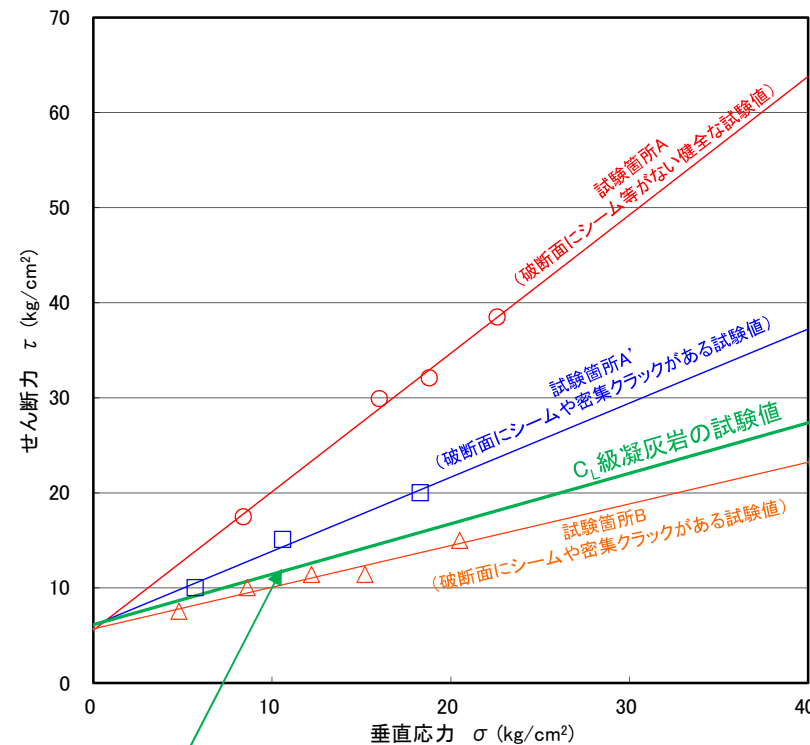
【試験箇所A’. 2号炉原子炉建物試験掘坑 F”坑】
 $\tau = 6.0 + \sigma \tan 38^\circ$ (kg/cm²)
 (破断面にシームや密集クラックがある試験値)

【試験箇所B. 2号炉西側切取斜面試掘坑 M坑】
 $\tau = 5.7 + \sigma \tan 24^\circ$ (kg/cm²)
 (破断面にシームや密集クラックがある試験値)

採用しない

平均して試験値として採用

【C_L級凝灰岩の試験値】
 $\tau = 6.1 + \sigma \tan 28^\circ$ (kg/cm²) [$\tau = 0.60 + \sigma \tan 28^\circ$ (N/mm²)]
 (破断面にシームや密集クラックがある試験値(平均))



- ・凝灰岩を対象としたブロックせん断試験は「2号炉原子炉建物試験掘坑 F”坑」及び「2号炉西側切取斜面試掘坑 M坑」の2箇所を実施した。
- ・試験は「破断面にシーム等が認められない健全な箇所」または「破断面にシームや密集クラックが多く認められる箇所」で実施しており、後者の強度は有意に低くなっている。
- ・試験箇所Aの「破断面にシーム等がない健全な試験値」が凝灰岩本来の強度を示していると考えられるが、保守的に「破断面にシームや密集クラックがある試験値」の平均値をC_L級凝灰岩の試験値に設定した。
- ・設定したC_L級凝灰岩の試験値は、凝灰岩本来の強度より有意に低く、既に安全側にばらつきを考慮した強度になっている。

(参考) C_L級凝灰岩の破断面について

・C_L級凝灰岩を対象としたブロックせん断試験において、試験前後の試験面スケッチ図の一例を以下に示す。

	破断面にシーム等がない健全な試験値	破断面にシームや密集クラックがある試験値	
	(2号炉原子炉建物試掘坑 F”坑)	(2号炉原子炉建物試掘坑 F”坑)	(2号炉西側切取斜面試掘坑 M坑)
試験前			
試験後			

設定方法⑤(他の岩種の物性値に基づき設定) 1/4

・ドレライト(C_H級) ピーク強度

【設定フロー】

手順①:
三軸圧縮試験結果を用い、ドレライトのブロックせん断試験結果を換算する。
まず、下式により換算比率を算出する。

$$\text{換算比率} = \frac{A}{B}$$

A・・・ドレライトの三軸圧縮試験結果
B・・・Aと近い値を示す他岩種の三軸圧縮試験結果

手順②:
他岩種のブロックせん断試験結果に、手順①で算出した換算比率を乗じてドレライトのブロックせん断試験結果を換算し、平均強度を設定する。

平均強度 = 換算比率 × ブロックせん断試験結果

手順③:
手順①、②と同様な手法で、ばらつきを考慮した強度を設定する。

	ドレライト	頁岩	凝灰岩	凝灰角礫岩
三軸圧縮試験結果	$\tau = 220 + \sigma \tan 51^\circ$	$\tau = 164 + \sigma \tan 53^\circ$	$\tau = 181 + \sigma \tan 47^\circ$	$\tau = 117 + \sigma \tan 49^\circ$
ブロックせん断試験結果(C _H 級)	$\tau = 21.8 + \sigma \tan 52^\circ$ (16.8) 換算により算出	$\tau = 11.6 + \sigma \tan 54^\circ$	$\tau = 17.9 + \sigma \tan 55^\circ$ (13.8)	$\tau = 15.7 + \sigma \tan 62^\circ$ (13.8)

※()内はばらつきを考慮して1σ低減した値を示す

岩種・岩級		ピーク強度	
		平均強度	ばらつきを考慮した強度(平均-1σ)
ドレライト	C _H 級	$\tau = 21.8 + \sigma \tan 52^\circ$ (kg/cm ²) 〔 $\tau = 2.14 + \sigma \tan 52^\circ$ (N/mm ²) 〕	$\tau = 16.8 + \sigma \tan 52^\circ$ (kg/cm ²) 〔 $\tau = 1.65 + \sigma \tan 52^\circ$ (N/mm ²) 〕

・C_H級ドレライトのピーク強度は三軸圧縮試験結果より換算して設定した。

設定方法⑤(他の岩種の物性値に基づき設定) 2/4

・ドレライト(C_M級, C_L級) ピーク強度

【設定フロー】

手順①:
C_H級の平均強度設定値を用い, C_M級, C_L級のドレライトの平均強度を換算する。
まず, 下式により換算比率を算出する。

$$\text{換算比率} = \frac{A}{B}$$

A・・・C_H級のドレライトの平均強度設定値
B・・・Aに近い値を示す他岩種の平均強度設定値

手順②:
C_M級, C_L級他岩種の平均強度設定値に, 手順①で算出した換算比率を乗じ, ドレライトの平均強度を換算する。

平均強度 = 換算比率 ×
C_M級, C_L級他岩種の平均強度設定値

手順③:
手順①, ②と同様な手法で, ばらつきを考慮した強度を設定する。

	ドレライト	頁岩	頁岩・凝灰岩の互層	凝灰岩・凝灰角礫岩
平均強度設定値(C _H 級)	$\tau = 21.8 + \sigma \tan 52^\circ$ (16.8)	$\tau = 11.6 + \sigma \tan 54^\circ$ (11.6)	$\tau = 11.6 + \sigma \tan 54^\circ$ (11.6)	$\tau = 15.7 + \sigma \tan 55^\circ$ (13.8)
平均強度設定値(C _M 級)	$\tau = 16.1 + \sigma \tan 52^\circ$ (8.6) 換算により算出	$\tau = 9.4 + \sigma \tan 54^\circ$ (9.4)	$\tau = 9.4 + \sigma \tan 54^\circ$ (9.4)	$\tau = 11.6 + \sigma \tan 47^\circ$ (7.1)
平均強度設定値(C _L 級)	$\tau = 8.5 + \sigma \tan 43^\circ$ (7.4) 換算により算出	$\tau = 2.9 + \sigma \tan 45^\circ$ (2.9)	$\tau = 2.9 + \sigma \tan 28^\circ$ (2.9)	$\tau = 6.1 + \sigma \tan 28^\circ$ (6.1)

※ ()内はばらつきを考慮した強度を示す

岩種・岩級		ピーク強度	
		平均強度	ばらつきを考慮した強度(平均-1σ)
ドレライト	C _M 級	$\tau = 16.1 + \sigma \tan 52^\circ$ (kg/cm ²) 〔 $\tau = 1.58 + \sigma \tan 52^\circ$ (N/mm ²) 〕	$\tau = 8.6 + \sigma \tan 52^\circ$ (kg/cm ²) 〔 $\tau = 0.84 + \sigma \tan 52^\circ$ (N/mm ²) 〕
	C _L 級	$\tau = 8.5 + \sigma \tan 43^\circ$ (kg/mm ²) 〔 $\tau = 0.83 + \sigma \tan 43^\circ$ (N/mm ²) 〕	$\tau = 7.4 + \sigma \tan 43^\circ$ (kg/cm ²) 〔 $\tau = 0.73 + \sigma \tan 43^\circ$ (N/mm ²) 〕

・C_M級及びC_L級ドレライトのピーク強度はC_H級で設定した平均強度より換算して設定した。

設定方法⑤(他の岩種の物性値に基づき設定) 3/4

・ドレライト(C_H級) 残留強度

【設定フロー】

手順①:
三軸圧縮試験結果を用い、ドレライトの摩擦抵抗試験結果を換算する。
まず、下式により換算比率を算出する。

$$\text{換算比率} = \frac{A}{B}$$

A・・・ドレライトの三軸圧縮試験結果
B・・・Aと近い値を示す他岩種の三軸圧縮試験結果

手順②:
他岩種の摩擦抵抗試験結果 $\tau = a \cdot \sigma^b$ のa値に、手順①で算出した換算比率を乗じてドレライトの摩擦抵抗試験結果のa値を換算する。

b値は、同岩級の試験結果がほぼ同じであることから、保守的に同岩級の試験結果の最小値を採用する。

平均強度a値 = 換算比率 × 摩擦抵抗試験結果
" b値 = 同岩級の試験結果の最小値

手順③:
手順①, ②と同様な手法で、ばらつきを考慮した強度を設定する。

	ドレライト	頁岩	凝灰岩	凝灰角礫岩
三軸圧縮試験結果	$\tau = 220 + \sigma \tan 51^\circ$	$\tau = 164 + \sigma \tan 53^\circ$	$\tau = 181 + \sigma \tan 47^\circ$	$\tau = 117 + \sigma \tan 49^\circ$
摩擦抵抗試験結果(C _H 級)	$\tau = 2.99 \cdot \sigma^{0.72}$ (2.60) 換算により算出	$\tau = 2.83 \cdot \sigma^{0.72}$ (2.57)	$\tau = 2.46 \cdot \sigma^{0.79}$ (2.14)	$\tau = 2.46 \cdot \sigma^{0.72}$ (2.20)

※ ()内はばらつきを考慮した強度を示す

岩種・岩級	残留強度	
	平均強度	ばらつきを考慮した強度(平均-1σ)
ドレライト C _H 級	$\tau = 2.99 \cdot \sigma^{0.72}$ (kg/cm ²) $\left[\tau = 1.56 \cdot \sigma^{0.72} \text{ (N/mm}^2\text{)} \right]$	$\tau = 2.60 \cdot \sigma^{0.72}$ (kg/cm ²) $\left[\tau = 1.36 \cdot \sigma^{0.72} \text{ (N/mm}^2\text{)} \right]$

・C_H級ドレライトの残留強度は三軸圧縮試験結果より換算して設定した。

設定方法⑤(他の岩種の物性値に基づき設定) 4/4

・ドレライト(C_M級, C_L級) 残留強度

【設定フロー】

手順①:
C_H級の平均強度設定値を用い, C_M級, C_L級のドレライトの平均強度を換算する。
まず, 下式により換算比率を算出する。

$$\text{換算比率} = \frac{A}{B}$$

A・・・C_H級のドレライトの平均強度設定値
B・・・Aに近い値を示す他岩種の平均強度設定値

手順②:
C_M級, C_L級その他岩種の平均強度設定値 $\tau = a \cdot \sigma^b$ のa値に, 手順①で算出した換算比率を乗じ, ドレライトの平均強度のa値を換算する。

b値は, 保守的に全岩級の平均強度設定値の最小値を採用する。

平均強度a値 = 換算比率 × C_M級, C_L級その他岩種の平均強度設定値
" b値 = 同岩級の平均強度設定値の最小値

手順③:
手順①, ②と同様な手法で, ばらつきを考慮した強度を設定する。

	ドレライト	頁岩	頁岩・凝灰岩の互層	凝灰岩・凝灰角礫岩
平均強度設定値(C _H 級)	$\tau = 2.99 \cdot \sigma^{0.72}$ (2.60)	$\tau = 2.83 \cdot \sigma^{0.72}$ (2.57)	$\tau = 2.46 \cdot \sigma^{0.72}$ (2.14)	$\tau = 2.46 \cdot \sigma^{0.72}$ (2.14)
平均強度設定値(C _M 級)	$\tau = 1.05 \cdot \sigma^{0.54}$ (1.00)	$\tau = 0.99 \cdot \sigma^{0.54}$ (0.99)	$\tau = 0.99 \cdot \sigma^{0.54}$ (0.99)	$\tau = 0.99 \cdot \sigma^{0.54}$ (0.99)
平均強度設定値(C _L 級)	$\tau = 1.05 \cdot \sigma^{0.54}$ (1.00)	$\tau = 0.99 \cdot \sigma^{0.54}$ (0.99)	$\tau = 0.99 \cdot \sigma^{0.54}$ (0.99)	$\tau = 0.99 \cdot \sigma^{0.54}$ (0.99)

(kg/cm²)

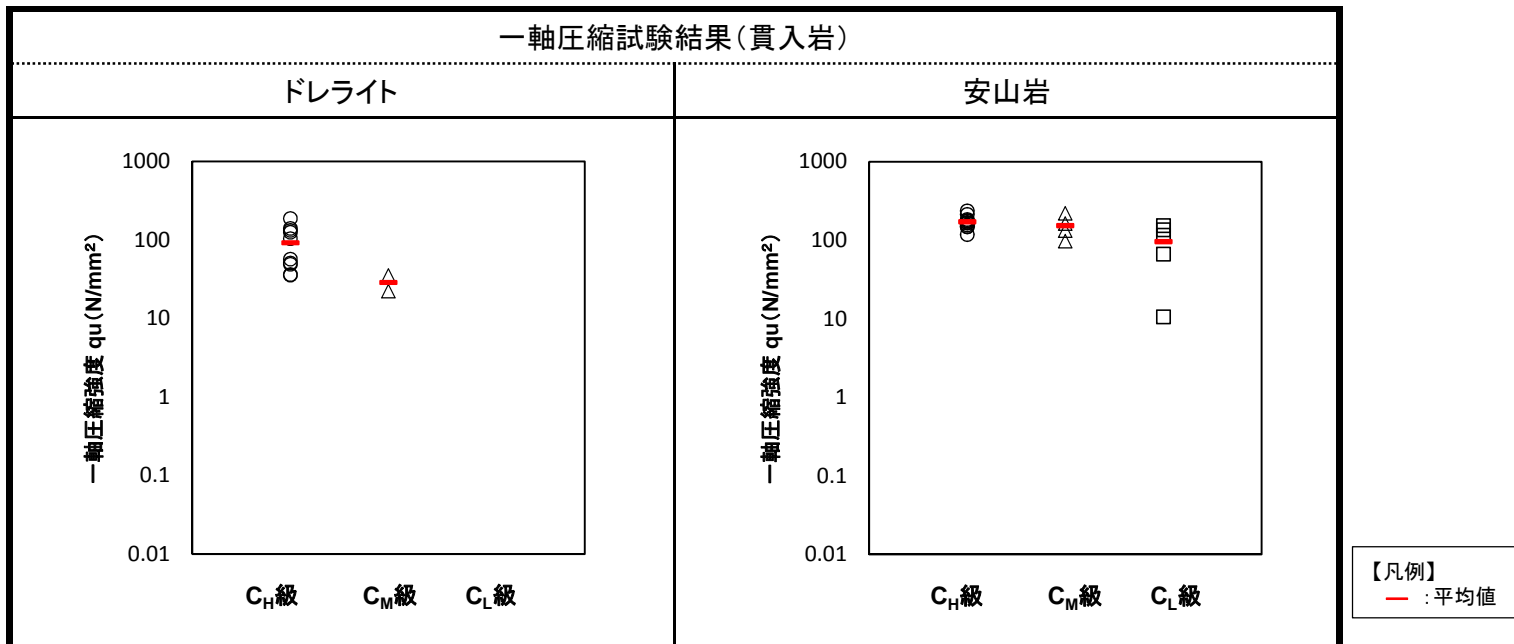
※ ()内はばらつきを考慮した強度を示す

岩種・岩級		残留強度	
		平均強度	ばらつきを考慮した強度(平均-1σ)
ドレライト	C _M 級	$\tau = 1.05 \cdot \sigma^{0.54}$ (kg/cm ²) [$\tau = 0.36 \cdot \sigma^{0.54}$ (N/mm ²)]	$\tau = 1.00 \cdot \sigma^{0.54}$ (kg/cm ²) [$\tau = 0.34 \cdot \sigma^{0.54}$ (N/mm ²)]
	C _L 級	$\tau = 1.05 \cdot \sigma^{0.54}$ (kg/cm ²) [$\tau = 0.36 \cdot \sigma^{0.54}$ (N/mm ²)]	$\tau = 1.00 \cdot \sigma^{0.54}$ (kg/cm ²) [$\tau = 0.34 \cdot \sigma^{0.54}$ (N/mm ²)]

・C_M級及びC_L級ドレライトの残留強度はC_H級で設定した平均強度より換算して設定した。

(参考) 安山岩の設定方法について

・貫入岩(ドレライト及び安山岩)における一軸圧縮試験の試験結果



・設定した強度特性(安山岩)

(単位: N/mm²)

	ピーク強度		残留強度	
	τ_0	ϕ	a 値	b 値
C _H 級	2.14 (1.65)	52	1.56 (1.36)	0.72
C _M 級	1.58 (0.84)	52	0.36 (0.34)	0.54
C _L 級	0.83 (0.73)	43	0.36 (0.34)	0.54

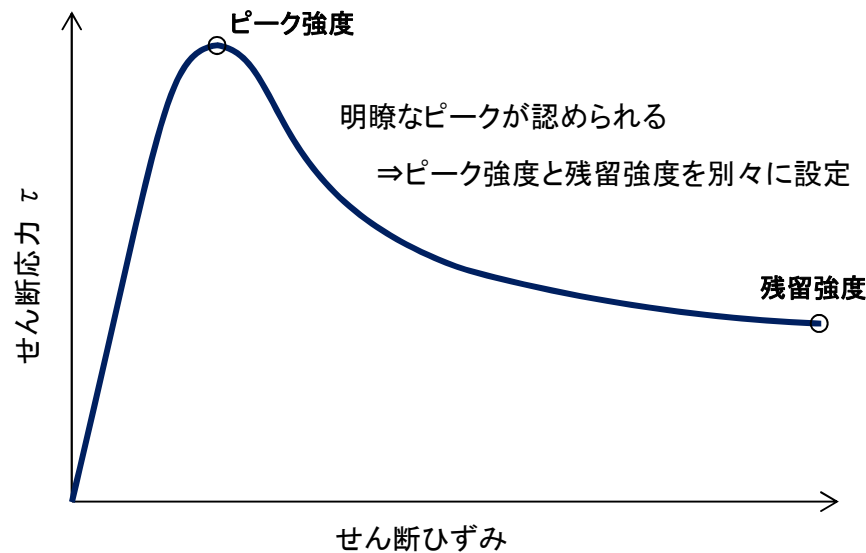
※ ()内は平均から1σ低減した強度を示す。

・安山岩及びドレライトを対象とした一軸圧縮試験の結果, 安山岩の試験値はドレライトの試験値と同等もしくはそれ以上であることから, 安山岩の強度特性は保守的に同岩級におけるドレライトの強度特性を用いる。

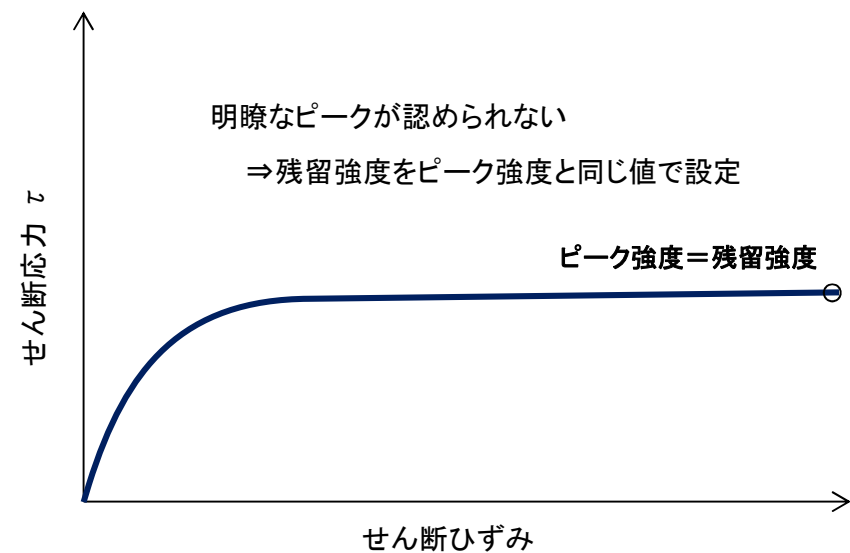
余白

残留強度の設定方法

・応力-ひずみ関係において、ひずみ軟化傾向が認められない場合、残留強度をピーク強度(せん断強度)と同じ値で設定する。



【ひずみ軟化傾向が認められる場合】



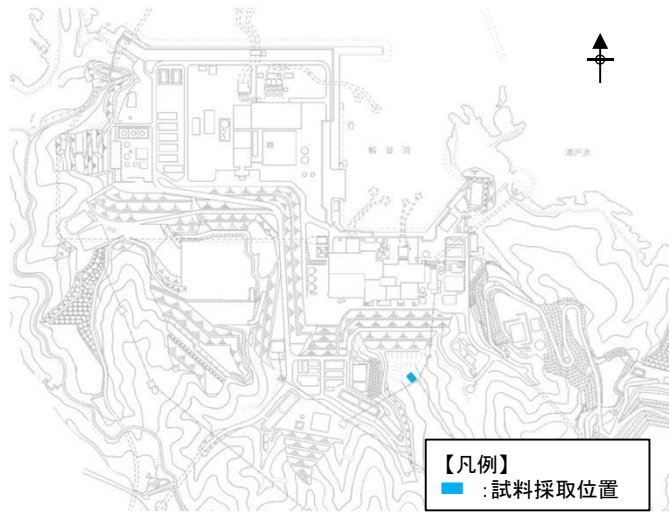
【ひずみ軟化傾向が認められない場合】

D級岩盤(ピーク強度)(1/3)

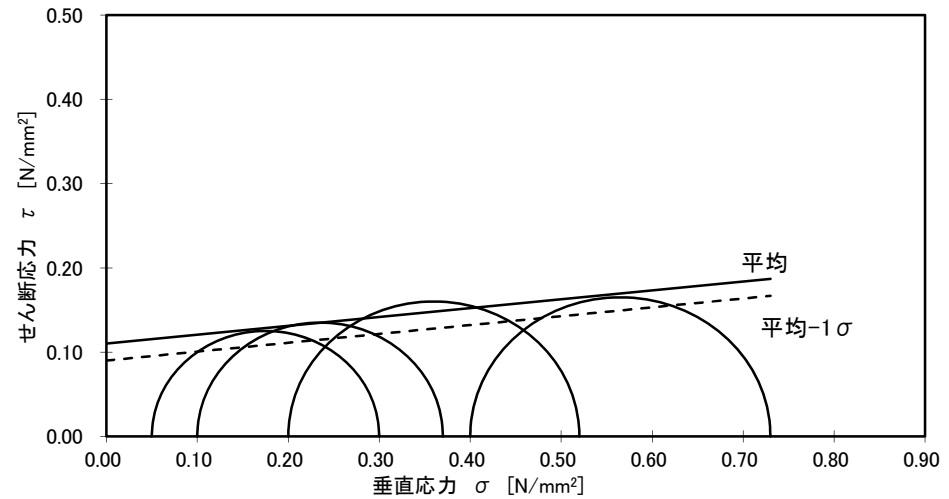
・中型三軸圧縮試験結果(D級岩盤)

項目		ピーク強度※	
		せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
D級岩盤	凝灰岩	0.11 (0.09)	6

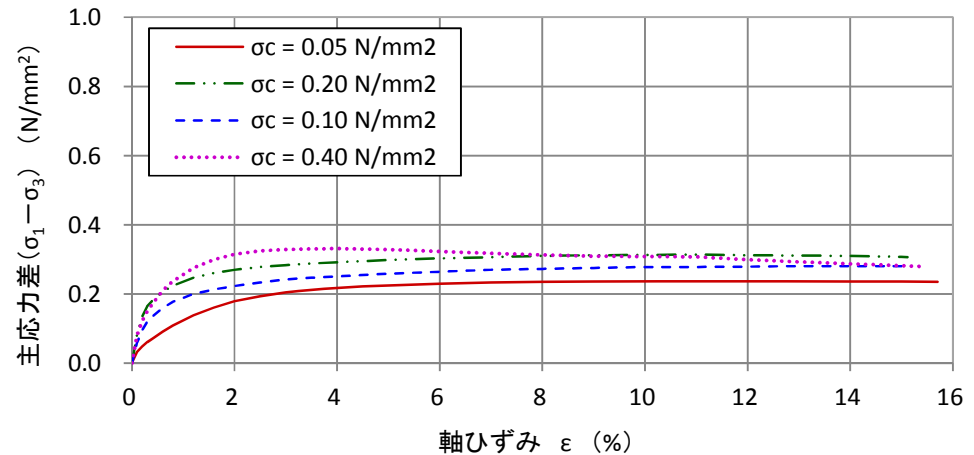
※()内はばらつきを考慮した強度(平均-1 σ)を示す。



D級岩盤の試料採取位置図



中型三軸圧縮試験結果(破壊包絡線)



中型三軸圧縮試験結果(応力-ひずみ関係)

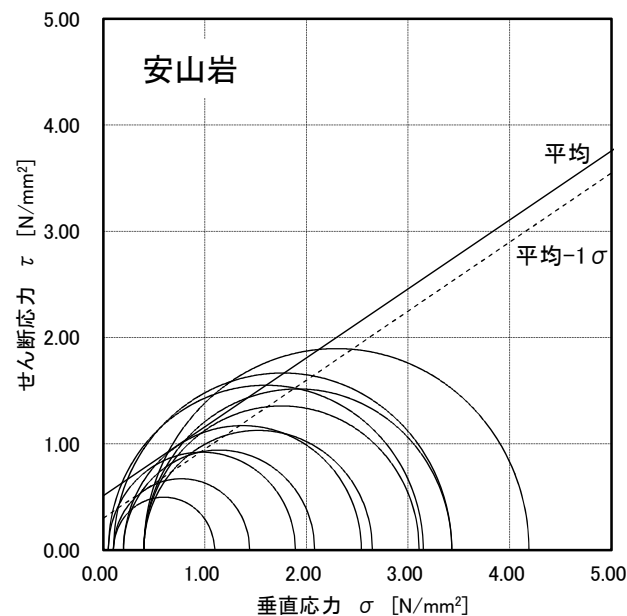
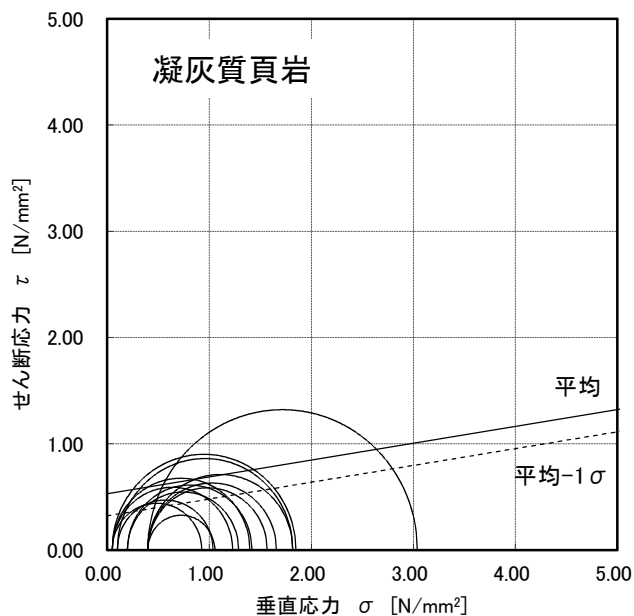
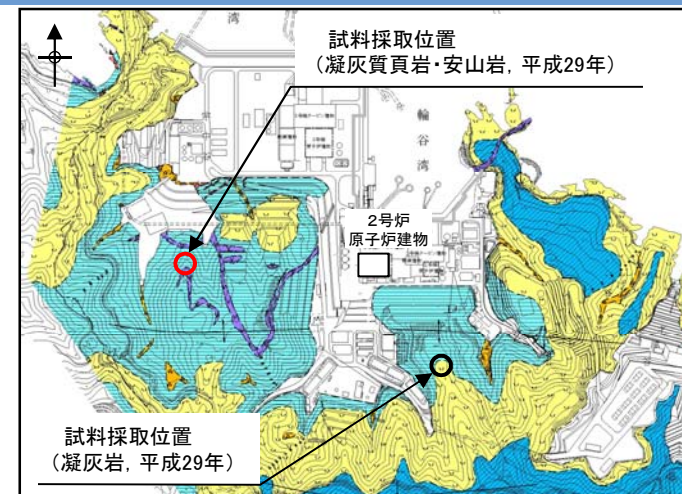
- ・D級岩盤(凝灰岩)を対象に, 平成21年に中型三軸圧縮試験結果を実施した。
- ・残留強度は, 応力-ひずみ関係において, ひずみ軟化傾向が認められないことから, せん断強度と同じ値で設定した。

D級岩盤(ピーク強度)(2/3)

・中型三軸圧縮試験結果(D級岩盤)

岩種		項目	ピーク強度※	
			せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
D級岩盤	凝灰質頁岩		0.53 (0.32)	9
	安山岩		0.51 (0.30)	33

※()内はばらつきを考慮した強度(平均-1 σ)を示す。



凡例

地質時代	地層名	主要構成地質		
第四紀 完新世	被覆層	盛土	礫混り砂質土・礫混り粘性土	
	崖堆積物	礫混り砂質土・礫混り粘性土	▲ ▲	
新生代 中新世	貫入岩類	安山岩	V V	
		ドレライト	L L	
	成相寺層	上部頁岩部層	黒色頁岩	■ ■
	下部頁岩部層	凝灰岩・凝灰角礫岩	▼ ▼	

D級岩盤の試料採取位置図

・D級岩盤(凝灰質頁岩, 安山岩)を対象に, 平成29年に中型三軸圧縮試験結果を実施した。

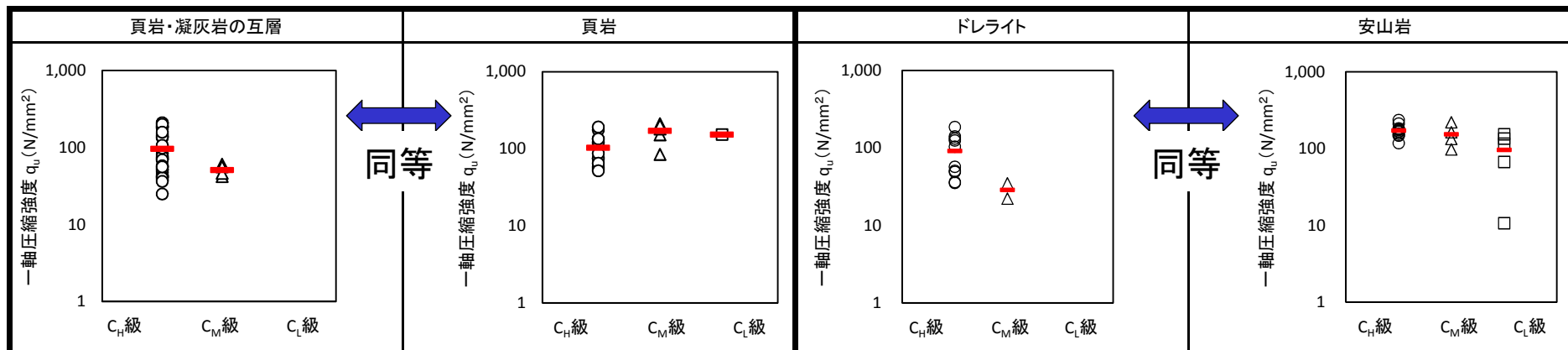
D級岩盤(ピーク強度)(3/3)

・D級岩盤のピーク強度(試験値に基づく設定値)

岩種	項目	ピーク強度※		備考
		せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	
D級岩盤	頁岩・凝灰岩の互層	0.53(0.32)	9	凝灰質頁岩の試験値
	頁岩	0.53(0.32)	9	凝灰質頁岩の試験値と同値に設定
	凝灰岩・凝灰角礫岩	0.11(0.09)	6	凝灰岩の試験値
	安山岩	0.51(0.30)	33	安山岩の試験値
	ドレライト	0.51(0.30)	33	安山岩の試験値と同値に設定

※()内はばらつきを考慮した強度(平均-1 σ)を示す。

・D級岩盤の一軸圧縮試験結果の比較検討



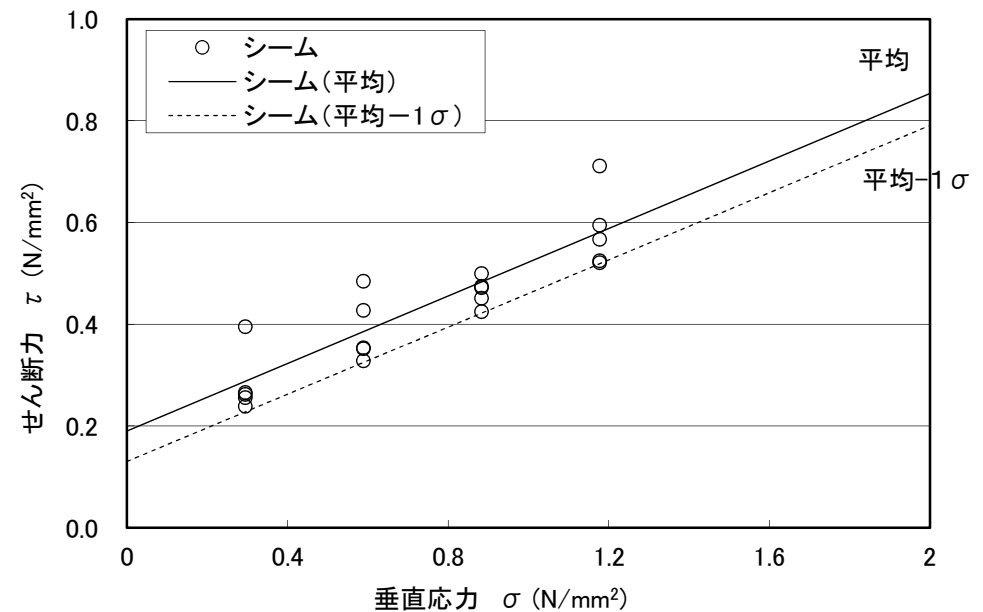
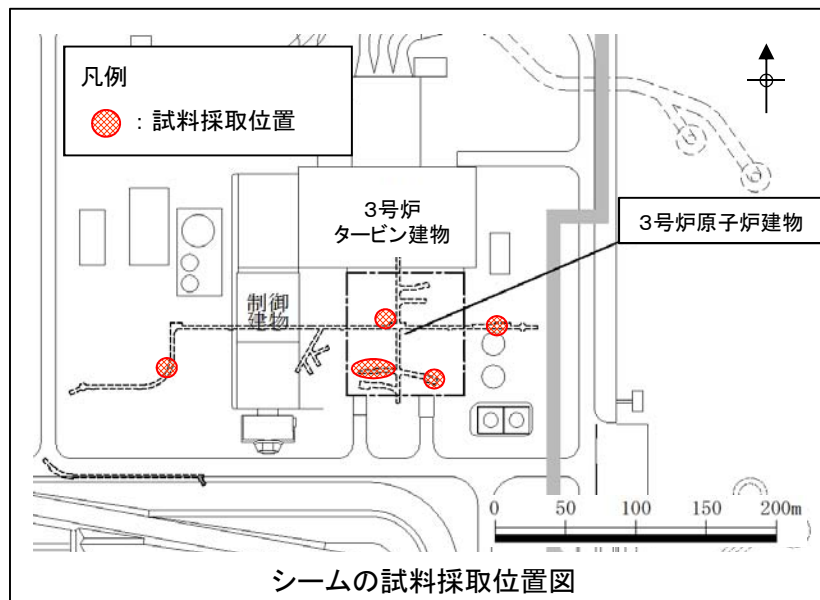
- ・試験結果を用い、D級岩盤の平均強度を設定した。
- ・頁岩及びドレライトについては、一軸圧縮試験の比較検討結果を踏まえ、それぞれ凝灰質頁岩及び安山岩の試験値と同値に設定した。
- ・平均強度から1 σ の低減を行い、ばらつきを考慮した強度を設定した。

シーム(ピーク強度)(1/2)

・単純せん断試験結果(シーム)

岩種	項目	せん断強度 τ_0 (kg/cm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
	シーム	1.9	18
	設定した平均強度	1.9(0.19)※	18
	ばらつきを考慮した強度	1.3(0.13)※	18

※ ()内はSI単位(N/mm²)を示す。



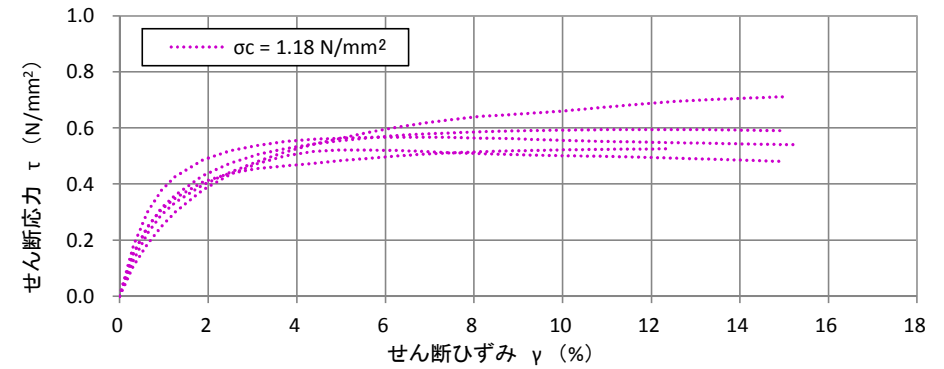
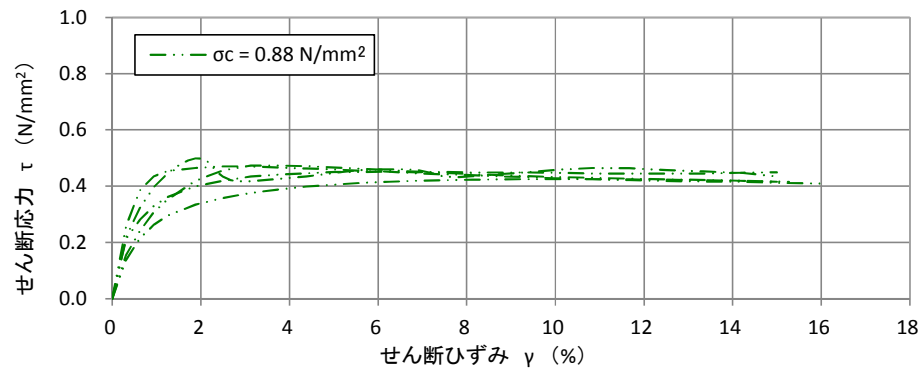
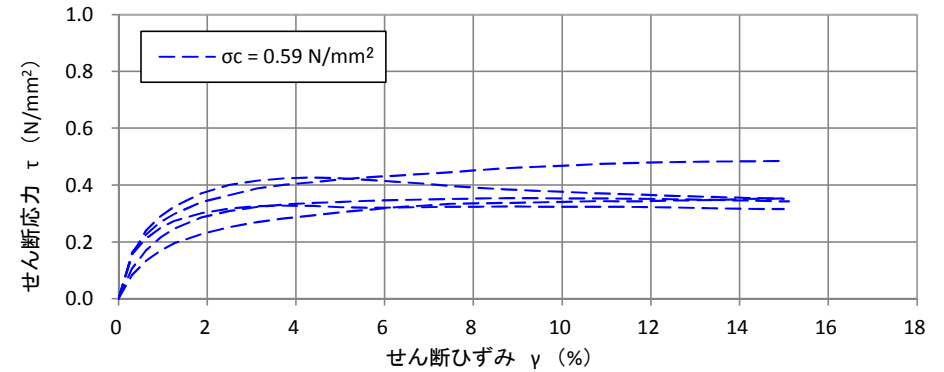
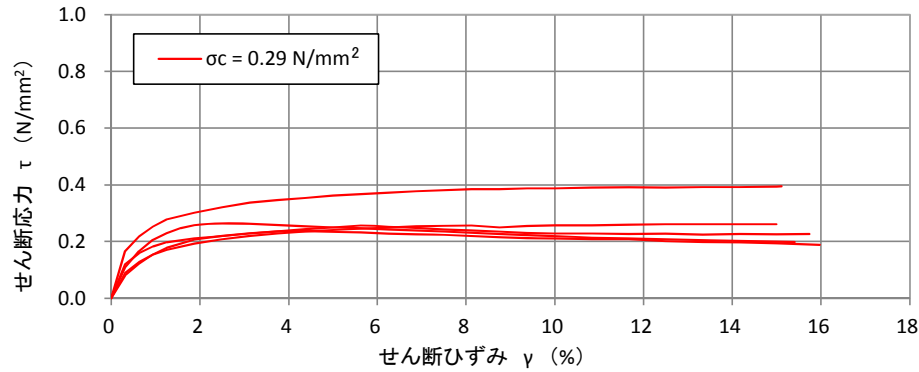
単純せん断試験結果(破壊包絡線)

- ・シームの平均強度は、単純せん断試験値を用いて設定した。
- ・平均強度から1σの低減を行い、ばらつきを考慮した強度を設定した。

2. 解析用物性値の設定方法 2.2 強度特性 シーム(ピーク強度)(2/2)

第910回審査会合
資料1-2 P60 再掲

60

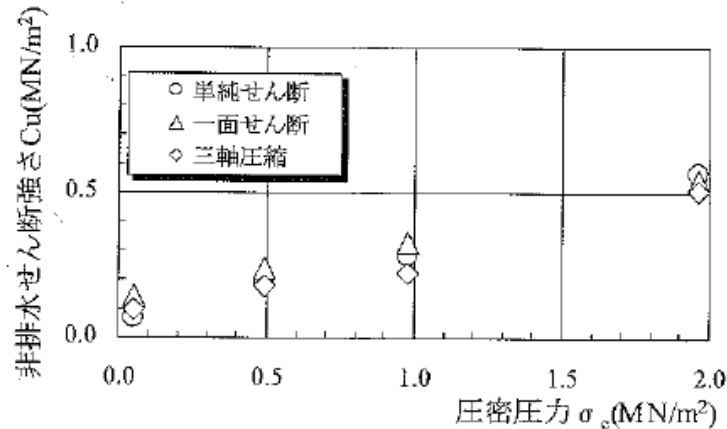


単純せん断試験結果(応力-ひずみ関係)

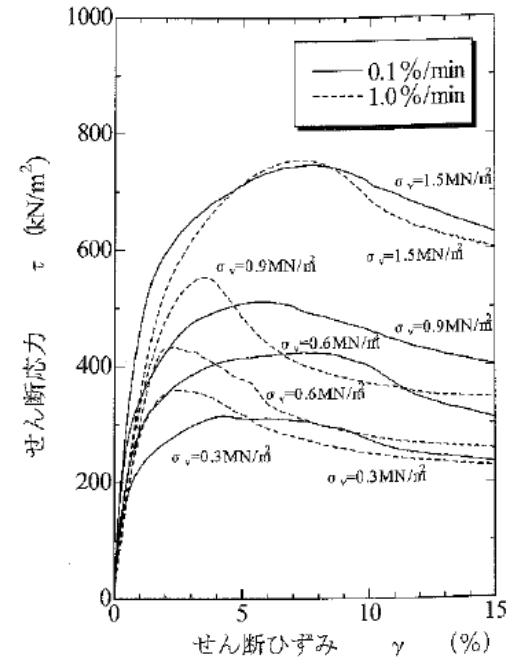
・残留強度は、応力-ひずみ関係において、ひずみ軟化傾向が認められないことから、せん断強度と同じ値で設定した。

(参考) 単純せん断試験の妥当性について

【土木学会(2009)より抜粋】



断層材料の静的強度の比較



シームのせん断速度の違いによるせん断応力～せん断ひずみ曲線

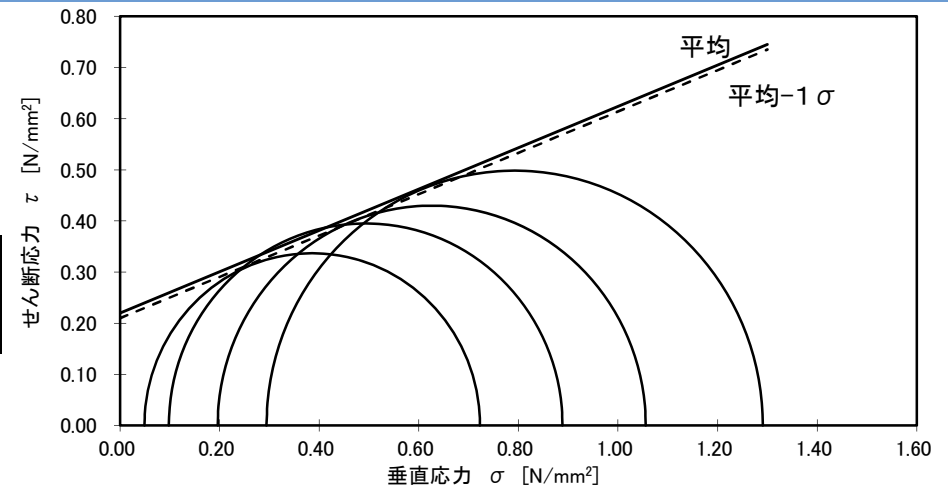
- 土木学会(2009)⁽¹⁾によると、弱層のせん断強さについて、一面せん断試験はせん断面を規定して強制的にせん断するため、単純せん断試験と比べてせん断強さが大きくなる傾向があるものの、非排水せん断強さに有意な差は生じないとされている。また、静的強度・変形特性に対するせん断速度の影響を確認するため、せん断速度を0.1%/minと1.0%/minで比較検討を行った結果、0.1%/min程度の緩速で得られたせん断強度を地震時安定性評価に用いた場合には、安全側の評価となるとされている。
- シームの強度特性の設定については、単純せん断試験によりひずみ速度0.1%/minでせん断力を加えて試験を実施していることから、保守的な評価となっている。

埋戻土, 盛土(ピーク強度)(1/2)

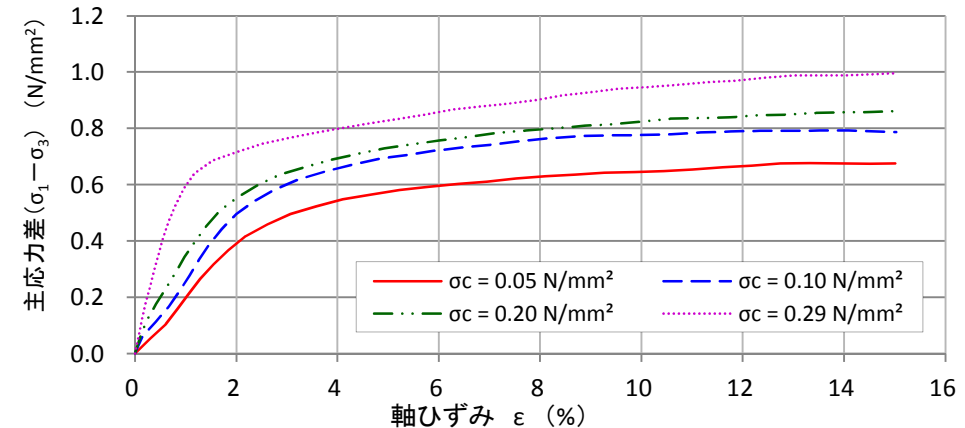
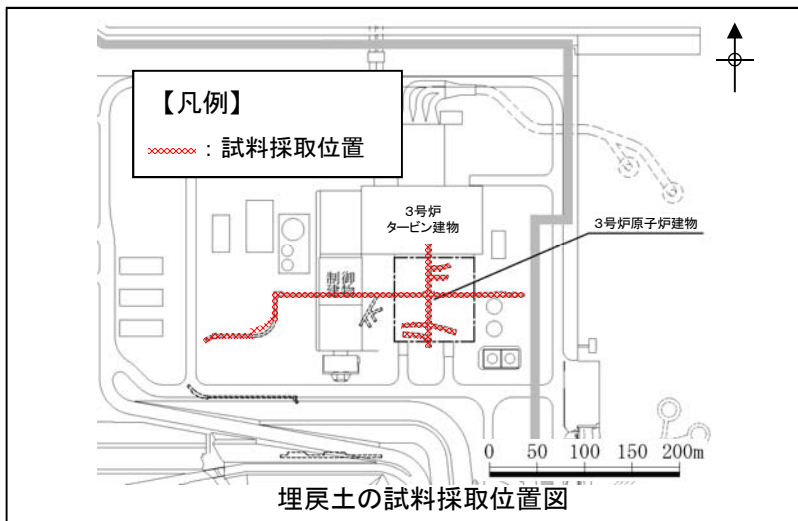
・大型三軸圧縮試験(埋戻土)

岩種	項目	せん断強度 τ_0 (kg/cm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
	埋戻土, 盛土	2.2	22
	設定した平均強度	2.2(0.22) [*]	22
	ばらつきを考慮した強度	2.1(0.21) [*]	22

※ ()内はSI単位(N/mm²)を示す。

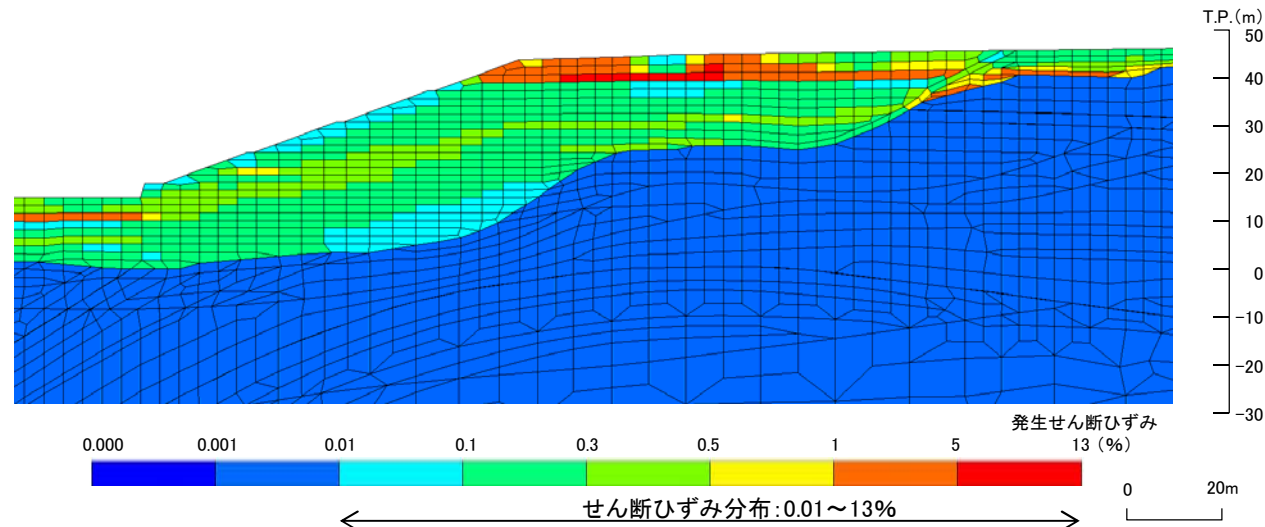


大型三軸圧縮試験結果(破壊包絡線)

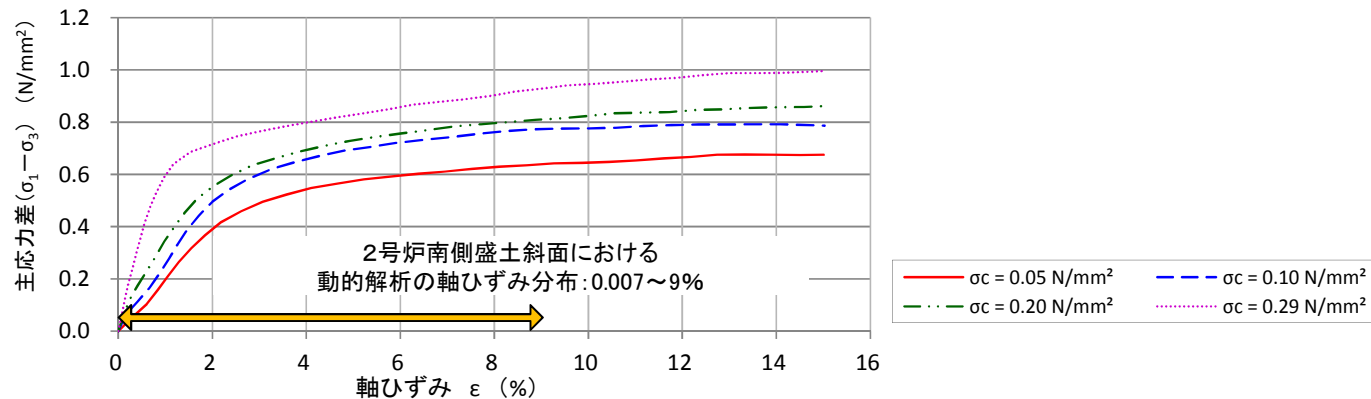


大型三軸圧縮試験結果(応力-ひずみ関係)

- ・3号炉試掘坑から採取した掘削ズリを用いて作成した供試体を対象とした大型三軸圧縮試験の試験結果を用いて設定した。
- ・平均強度から1σの低減を行い, ばらつきを考慮した強度を設定した。
- ・残留強度は, 応力-ひずみ関係において, ひずみ軟化傾向が認められないことから, せん断強度と同じ値で設定した。



2号炉南側盛土斜面(⑥-⑥'断面)における動的解析の発生せん断ひずみ分布図(各要素の時刻歴最大)
Ss-N2(NS)(+,+)



大型三軸圧縮試験結果(応力-ひずみ関係)

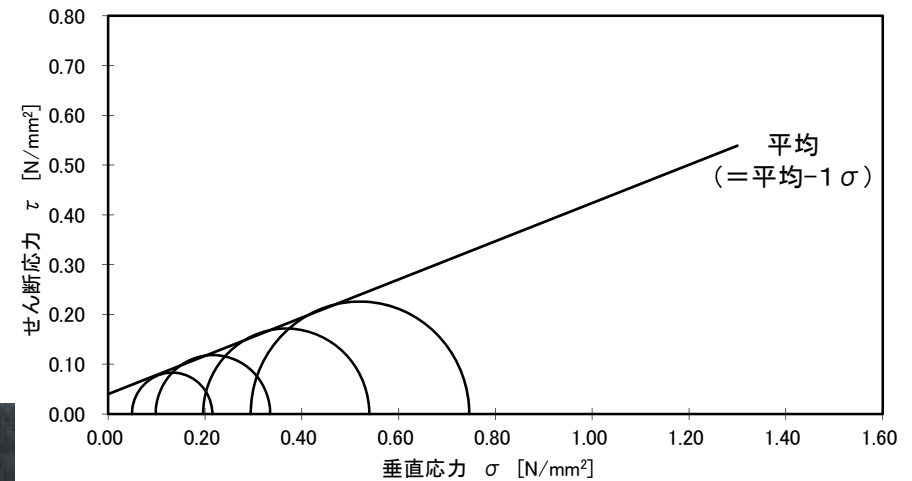
- ・耐震重要施設等の周辺斜面のうち, 評価対象斜面に選定した2号炉南側盛土斜面(⑥-⑥'断面)において, 2次元動的FEM解析の発生せん断ひずみ分布を確認した結果, 0.01~13%の範囲であり, 大半が0.1~0.5%である。
- ・一般式 $\gamma = (1 + \nu) \cdot \varepsilon$ により, 軸ひずみに換算した結果, せん断ひずみ0.01~13%に対応する軸ひずみは, 0.007~9%である。

2. 解析用物性値の設定方法 2.2 強度特性 埋戻土(購入土)(ピーク強度)

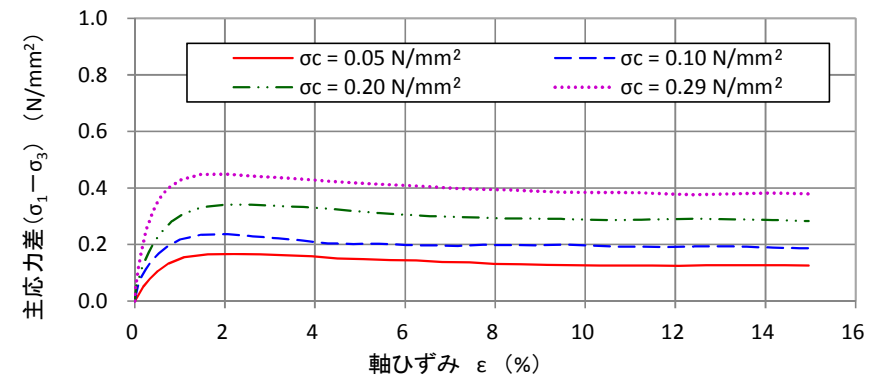
・三軸圧縮試験(埋戻土(購入土))

岩種	項目	せん断強度 τ_0 (kg/cm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
	埋戻土(購入土)	0.4	21
	設定した平均強度	0.4(0.04) [※]	21
	ばらつきを考慮した強度	0.4(0.04) [※]	21

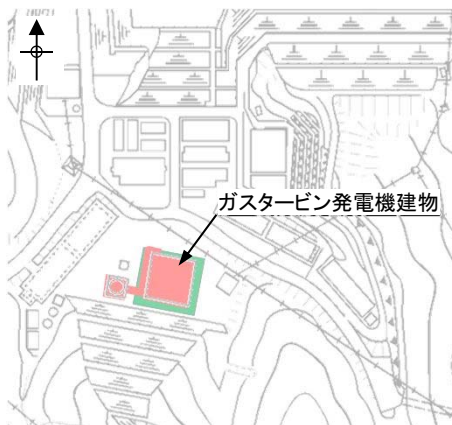
※ ()内はSI単位(N/mm²)を示す。



三軸圧縮試験結果(破壊包絡線)



三軸圧縮試験結果(応力-ひずみ関係)



埋戻土(購入土) 分布範囲
耐震重要施設(直接岩盤で支持する施設)

埋戻土(購入土) 分布範囲



埋戻土(購入土) 現地写真(H11年)

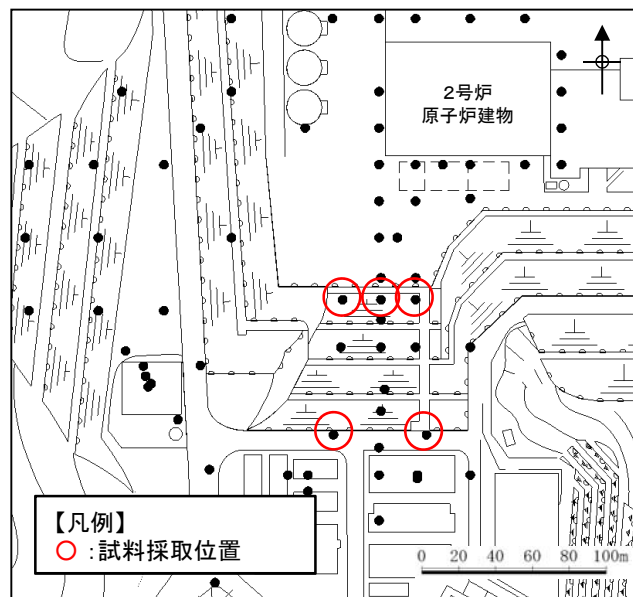
- ・埋戻土(購入土)は、加工砂(主に花崗岩の砕砂)であり、三軸圧縮試験の試験結果を用いて平均強度を設定した。
- ・平均強度から1 σ の低減を行い、ばらつきを考慮した強度を設定した結果、平均強度と同等となった。
- ・残留強度は、応力-ひずみ関係において、ひずみ軟化傾向が認められないことから、せん断強度と同じ値で設定した。

旧表土(ピーク強度)

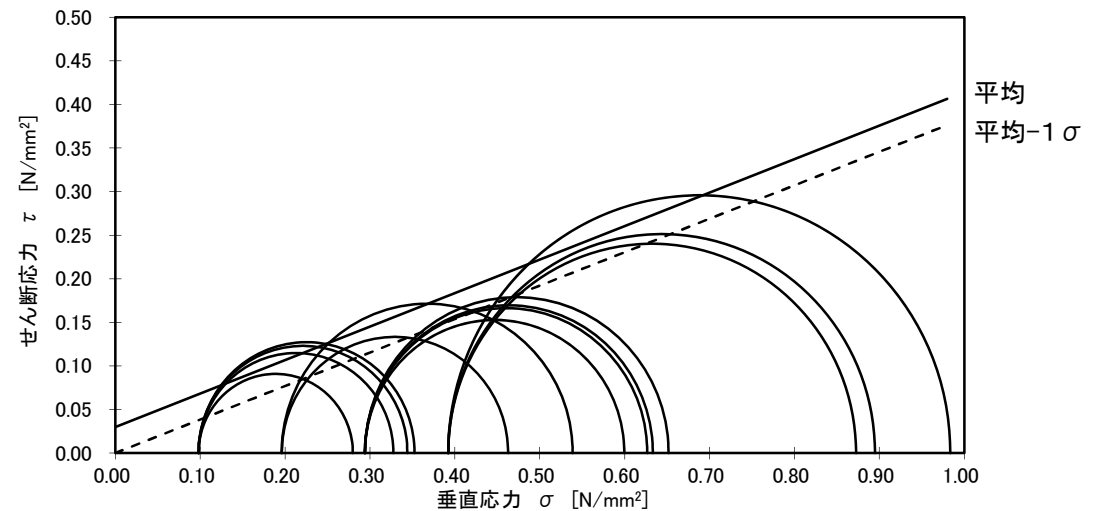
・三軸圧縮試験(旧表土)

岩種	項目	せん断強度 τ_0 (kg/cm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
旧表土		0.3	21
	設定した平均強度	0.3(0.03) [*]	21
	ばらつきを考慮した強度	0.0(0.00) [*]	21

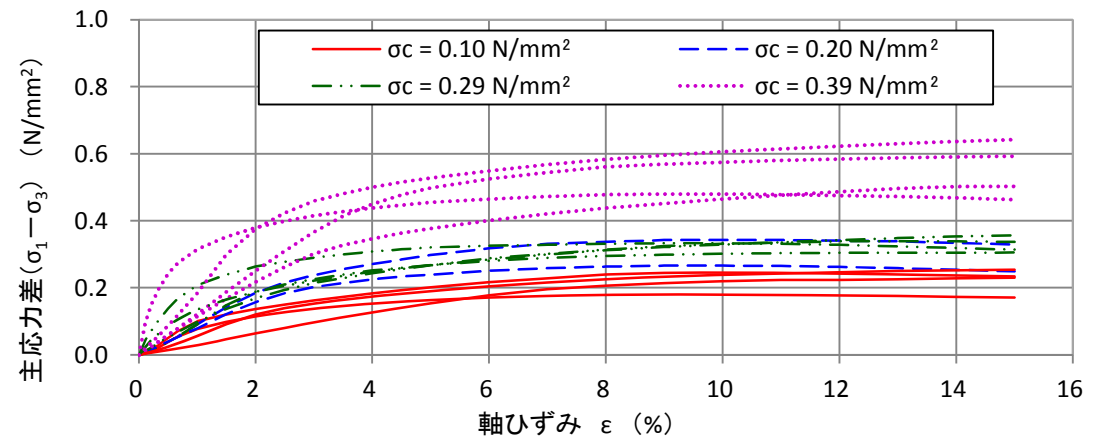
※ ()内はSI単位(N/mm²)を示す。



旧表土の試料採取位置図(ボーリング位置図)



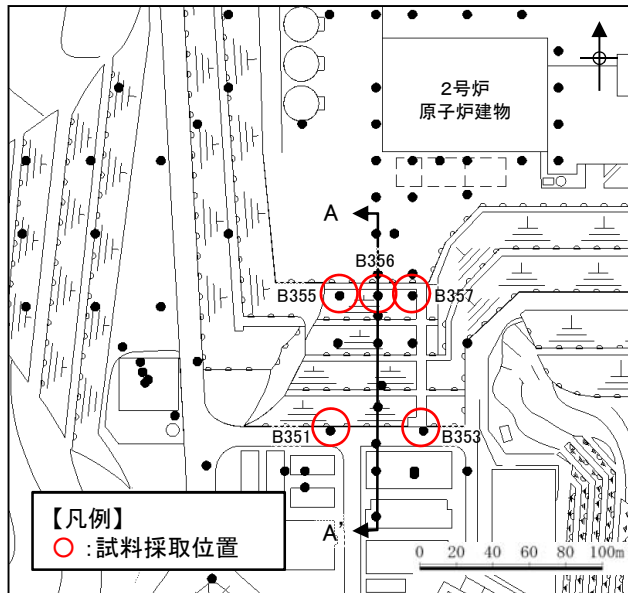
三軸圧縮試験結果(破壊包絡線)



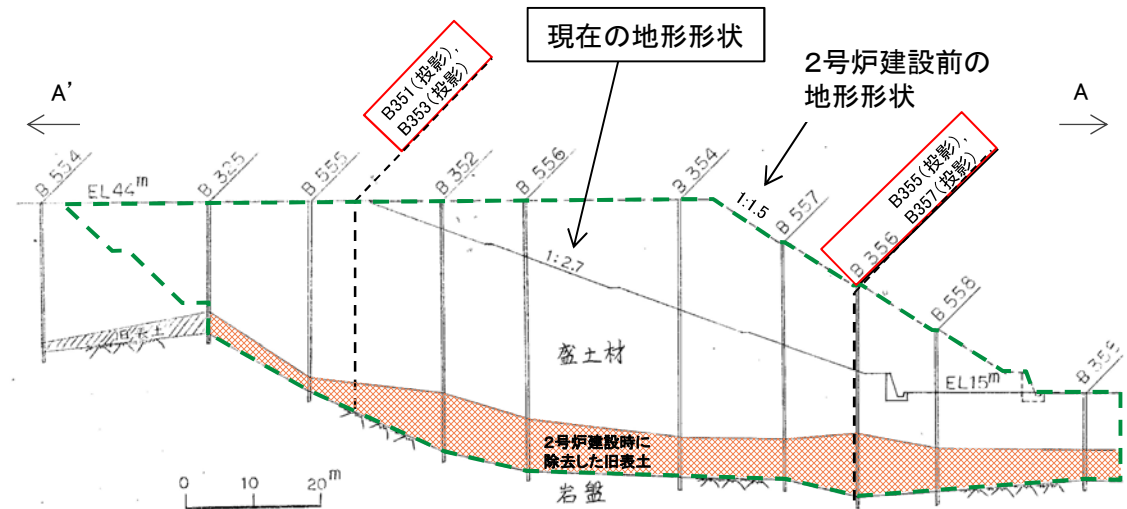
三軸圧縮試験結果(応力-ひずみ関係)

- ・旧表土の設定した平均強度は、三軸圧縮試験の試験結果を用いて設定した。
- ・平均強度から1σの低減を行い、ばらつきを考慮した強度を設定した。
- ・残留強度は、応力-ひずみ関係において、ひずみ軟化傾向が認められないことから、せん断強度と同じ値で設定した。

2. 解析用物性値の設定方法 2.2 強度特性 (参考)旧表土の採取位置



旧表土の試料採取位置図(ボーリング位置図)



断面図(A-A' 断面)

【凡例】
□ : 試料採取位置
□ : 2号炉建設時に
除去した範囲

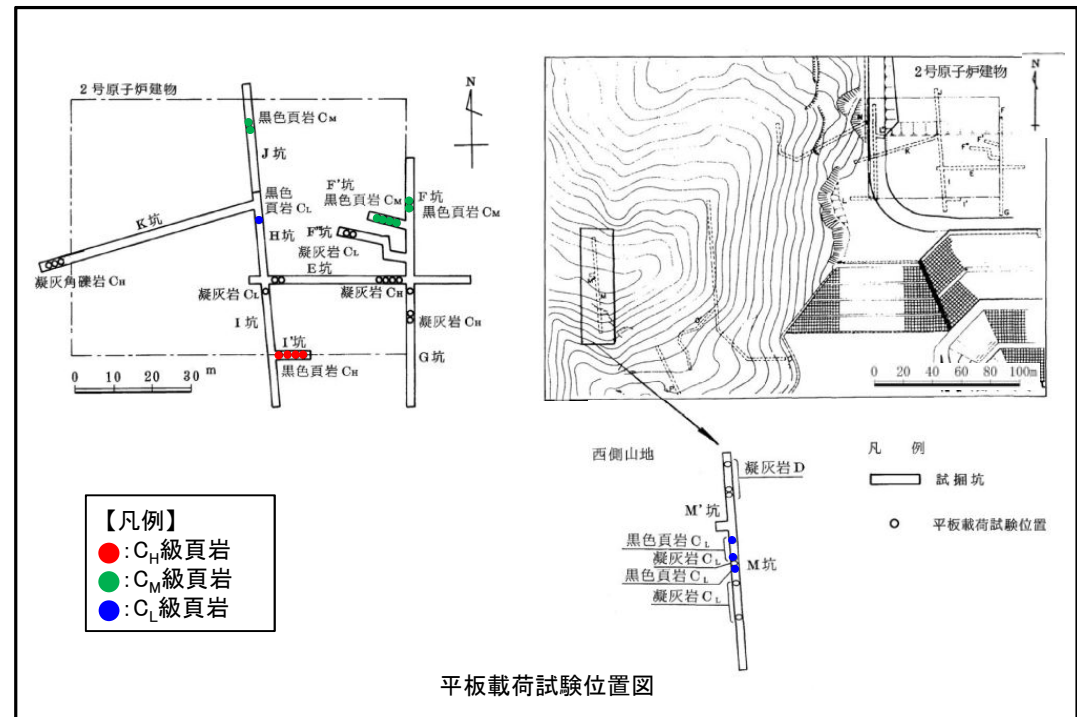
- ・旧表土の試料は、2号炉建設前の調査において、シンウォールサンプリングにより不攪乱試料を採取した。
- ・2号建設時において、図に示す範囲の盛土及び旧表土を除去し、1:2.7の勾配で盛り替えを行った。

2. 解析用物性値の設定方法

2.3 静的変形特性

・平板載荷試験結果

岩級	岩種	割線弾性係数 E_s ($\times 10^3 \text{N/mm}^2$)	設定した 静弾性係数 E ($\times 10^3 \text{N/mm}^2$)
C_H 級	頁岩	3.74	3.74
C_M 級		1.95	1.95
C_L 級		0.54	0.54

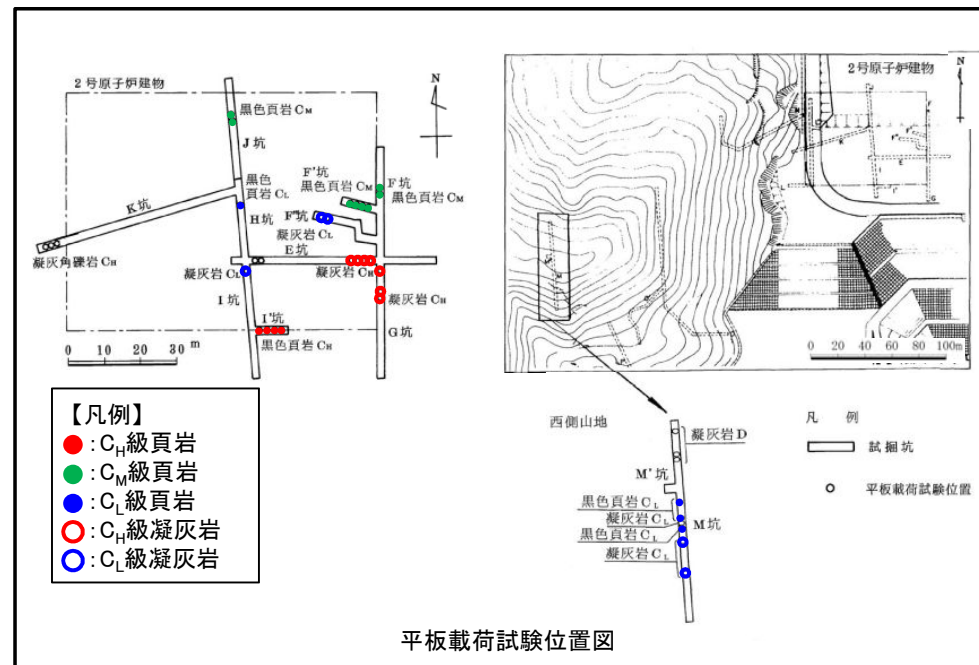


・頁岩を対象とした平板載荷試験の結果より, 静弾性係数を設定した。

2. 解析用物性値の設定方法 2.3 静的変形特性
頁岩と凝灰岩の互層(静弾性係数)

・平板載荷試験結果

岩級	岩種	割線弾性係数 E_s ($\times 10^3 \text{N/mm}^2$)	設定した 静弾性係数 E ($\times 10^3 \text{N/mm}^2$)
C_H 級	頁岩	3.74	3.74
	凝灰岩	7.86	
C_M 級	頁岩	1.95	1.95
	凝灰岩	-	
C_L 級	頁岩	0.54	0.43
	凝灰岩	0.43	

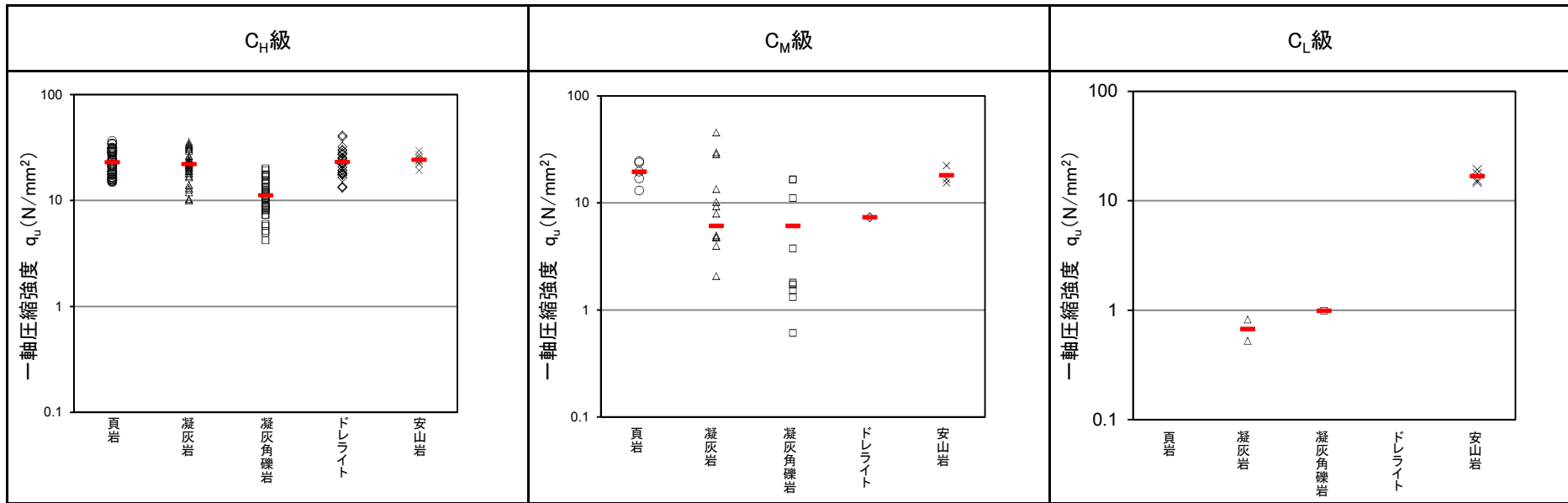


・頁岩及び凝灰岩を対象とした平板載荷試験の結果において、頁岩と凝灰岩の試験値の小方を採用し、静弾性係数に設定した。

ドレライト, 安山岩(静弾性係数)

【一軸圧縮試験結果】

(単位: $\times 10^3 \text{ N/mm}^2$)



【ドレライト及び安山岩の静弾性係数】

(単位: $\times 10^3 \text{ N/mm}^2$)

【凡例】
— : 平均値

岩級	ドレライト 安山岩	【参考値】		
		凝灰岩・凝灰角礫岩	頁岩	頁岩と凝灰岩の互層
C _H 級	7.78 ←	7.78	3.74	3.74
C _M 級	1.47 ←	1.47 ← 流用	1.95	1.95
C _L 級	0.43 ←	0.43	0.54	0.43

- ・C_H級の一軸圧縮試験の結果, ドレライト及び安山岩は他岩種より大きい値を示すため, ドレライト及び安山岩のC_H級の静弾性係数は, 「頁岩」「頁岩と凝灰岩の互層」「凝灰岩・凝灰角礫岩」のうち最も大きい「凝灰岩・凝灰角礫岩」の値を流用した。
- ・C_M級及びC_L級の一軸圧縮試験の結果, ドレライト及び安山岩は凝灰岩・凝灰角礫岩と同等以上と考えられるが, 保守的に「頁岩」「頁岩と凝灰岩の互層」「凝灰岩・凝灰角礫岩」のうち最も小さい「凝灰岩・凝灰角礫岩」の値を流用した。

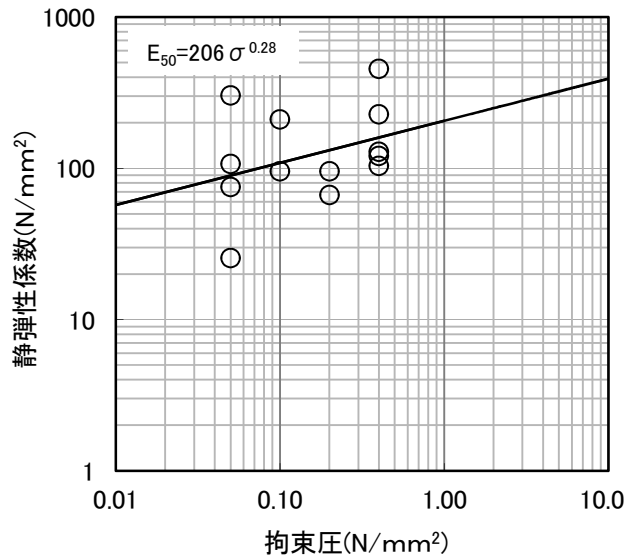
岩盤(静ポアソン比)

- ・静ポアソン比は一軸圧縮試験結果を基に設定した。
- ・詳細な設定方法を以下に示す。

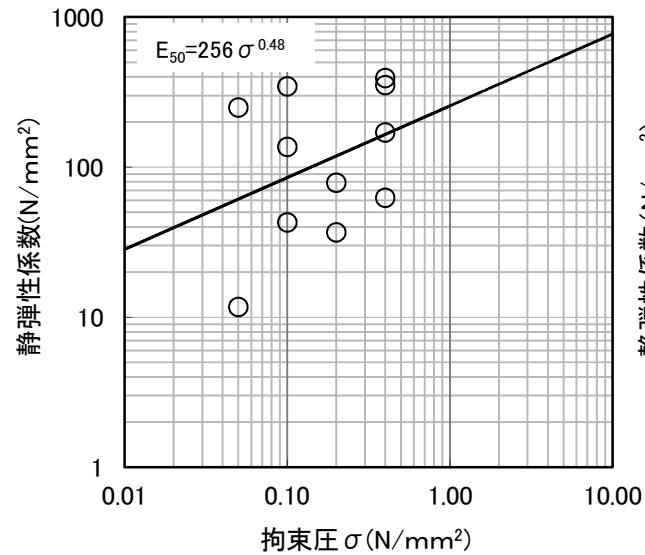
岩種・岩級		静ポアソン比 (ν)	備考
頁岩	C _H 級	0.19	一軸圧縮試験結果
	C _M 級	0.20	一軸圧縮試験結果
	C _L 級	0.20	一軸圧縮試験結果がC _M 級<C _L 級となるため、C _M 級と同じ値にした
頁岩と凝灰岩の互層	C _H 級	0.19	頁岩の一軸圧縮試験結果を用いた
	C _M 級	0.20	頁岩の一軸圧縮試験結果を用いた
	C _L 級	0.20	一軸圧縮試験結果がC _M 級<C _L 級となるため、C _M 級と同じ値にした
凝灰岩・凝灰角礫岩	C _H 級	0.19	凝灰角礫岩の一軸圧縮試験結果を用いた
	C _M 級	0.20	凝灰角礫岩の一軸圧縮試験結果を用いた
	C _L 級	0.25	一軸圧縮試験結果が最大となるC _H 級安山岩の試験値を用いた
ドレライト	C _H 級	0.22	一軸圧縮試験結果
	C _M 級	0.25	C _M 級安山岩の一軸圧縮試験結果を用いた
	C _L 級	0.25	C _L 級安山岩の一軸圧縮試験結果を用いた
安山岩	C _H 級	0.25	一軸圧縮試験結果※ ¹ を用いた
	C _M 級	0.25	一軸圧縮試験結果※ ¹ がC _H 級<C _M 級となるため、C _H 級と同じ値にした
	C _L 級	0.25	一軸圧縮試験結果※ ¹ がC _M 級<C _L 級となるため、C _M 級と同じ値にした

※1 3号炉の試験値を流用

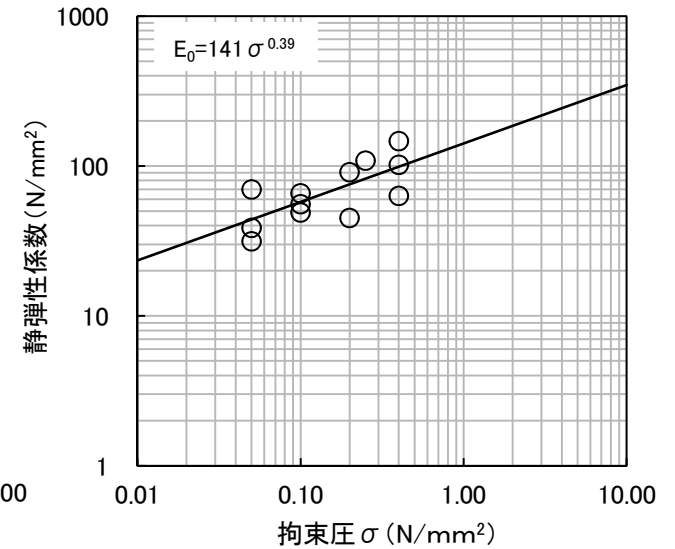
D級岩盤



三軸圧縮試験結果
(頁岩, 頁岩・凝灰岩の互層)



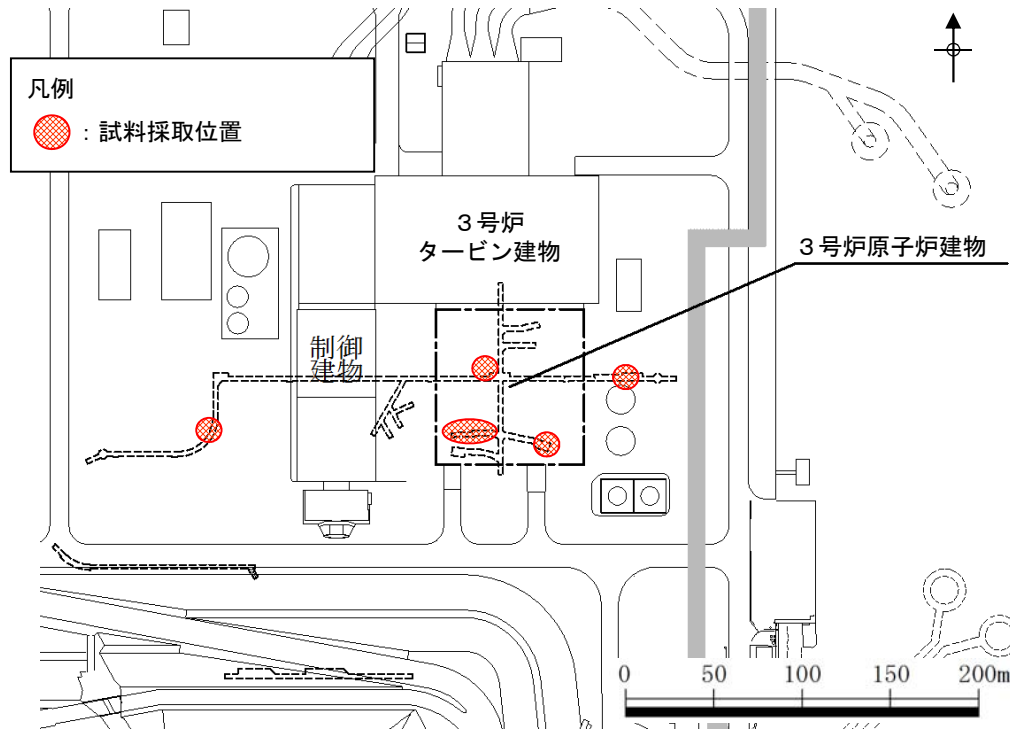
三軸圧縮試験結果
(ドレイト, 安山岩)



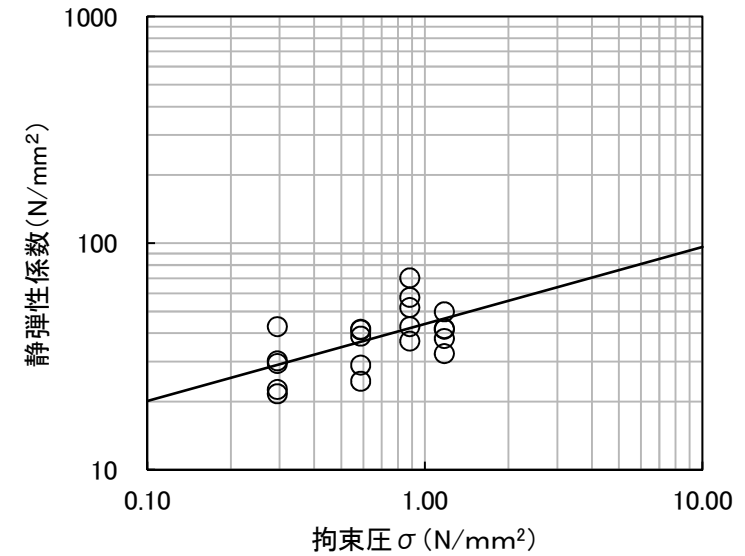
三軸圧縮試験結果
(凝灰岩・凝灰角礫岩)

- ・平成21年及び平成29年に実施した三軸圧縮試験の結果より, 静弾性係数を設定した。
- ・静ポアソン比は慣用値(=0.30)で設定した。

シーム



シームの試料採取位置図

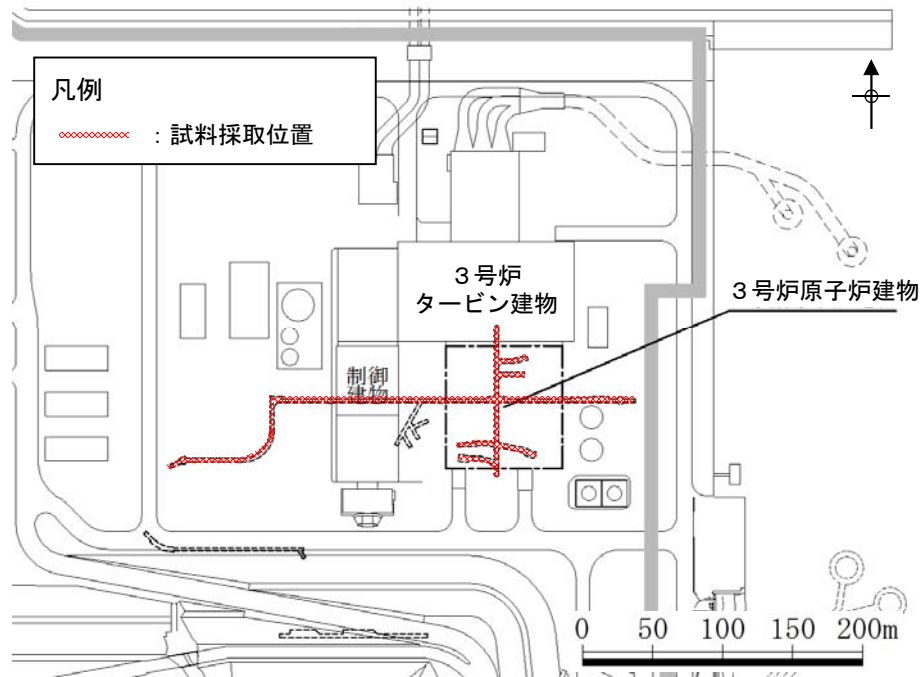


シーム : $G_{0.5} = 44 \sigma^{0.34} \text{ (N/mm}^2\text{)}$

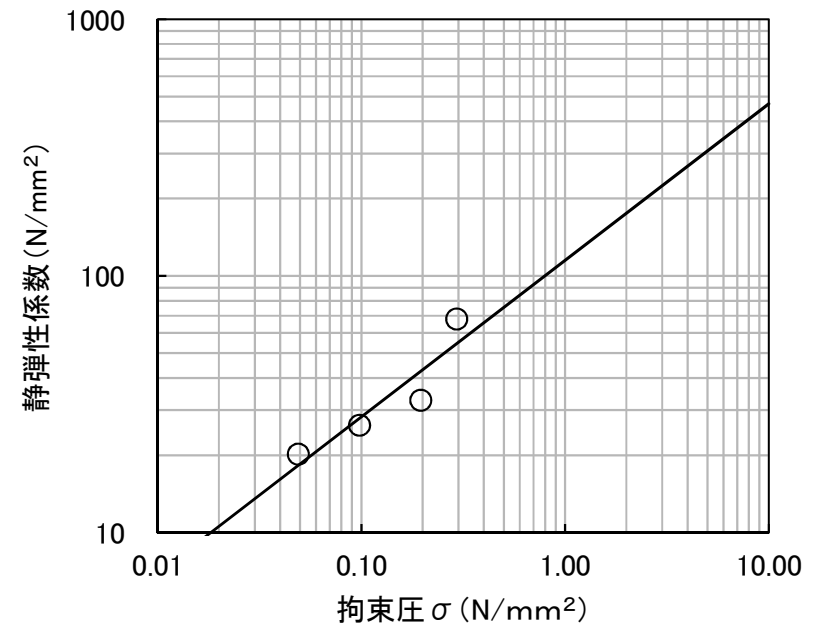
単純せん断試験結果

- ・シームを対象とした単純せん断試験の結果より、静弾性係数を設定した。
- ・静ポアソン比は慣用値 (=0.40) で設定した。

埋戻土, 盛土



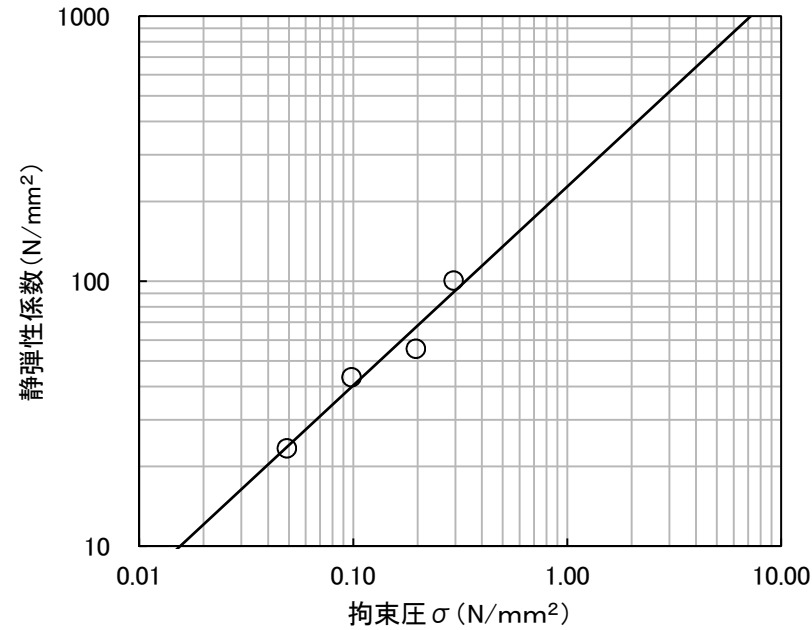
埋戻土の試料採取位置図



埋戻土 : $E_{0.5} = 115 \sigma^{0.61}$ (N/mm²)

大型三軸圧縮試験結果

- ・3号炉試掘坑から採取した掘削ズリを用いて作成した供試体を対象とした大型三軸圧縮試験の結果より, 静弾性係数を設定した。
- ・静ポアソン比は慣用値(=0.40)で設定した。

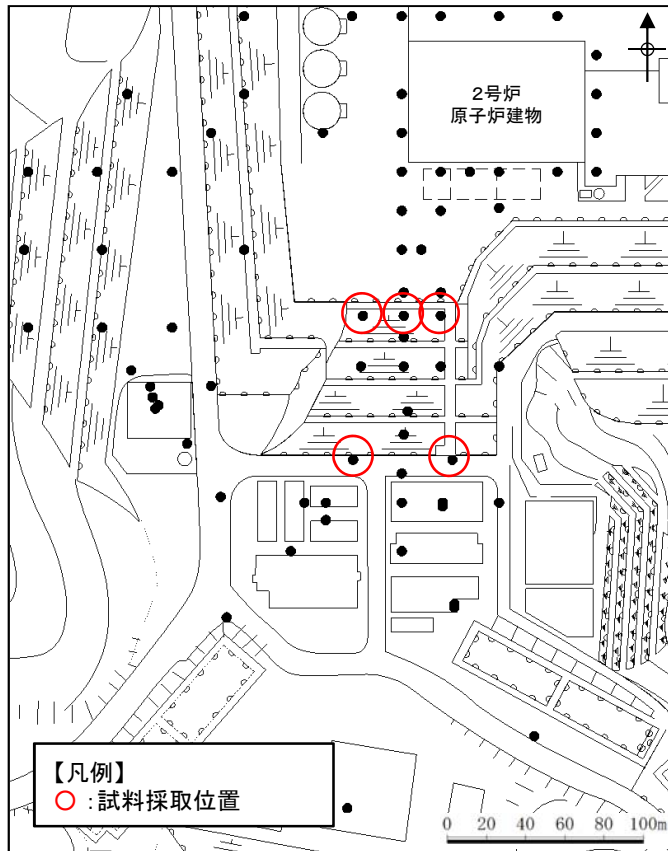


埋戻土(購入土) : $E_{0.5} = 227 \sigma^{0.75}$ (N/mm²)

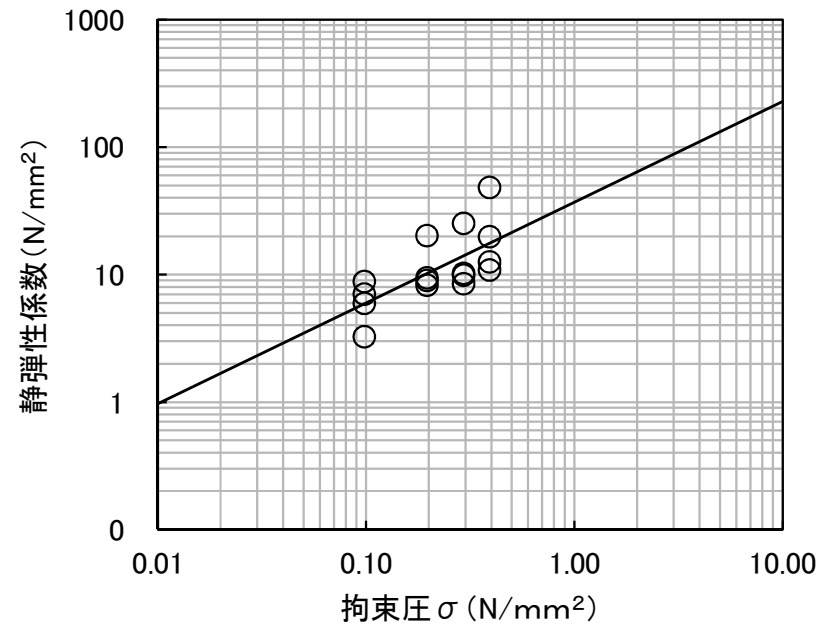
三軸圧縮試験結果

- ・埋戻土(購入土)を対象とした三軸圧縮試験の結果より, 静弾性係数を設定した。
- ・静ポアソン比は慣用値(=0.40)で設定した。

旧表土



旧表土の試料採取位置図



旧表土 : $E_{0.5} = 37 \sigma^{0.79} \text{ (N/mm}^2\text{)}$

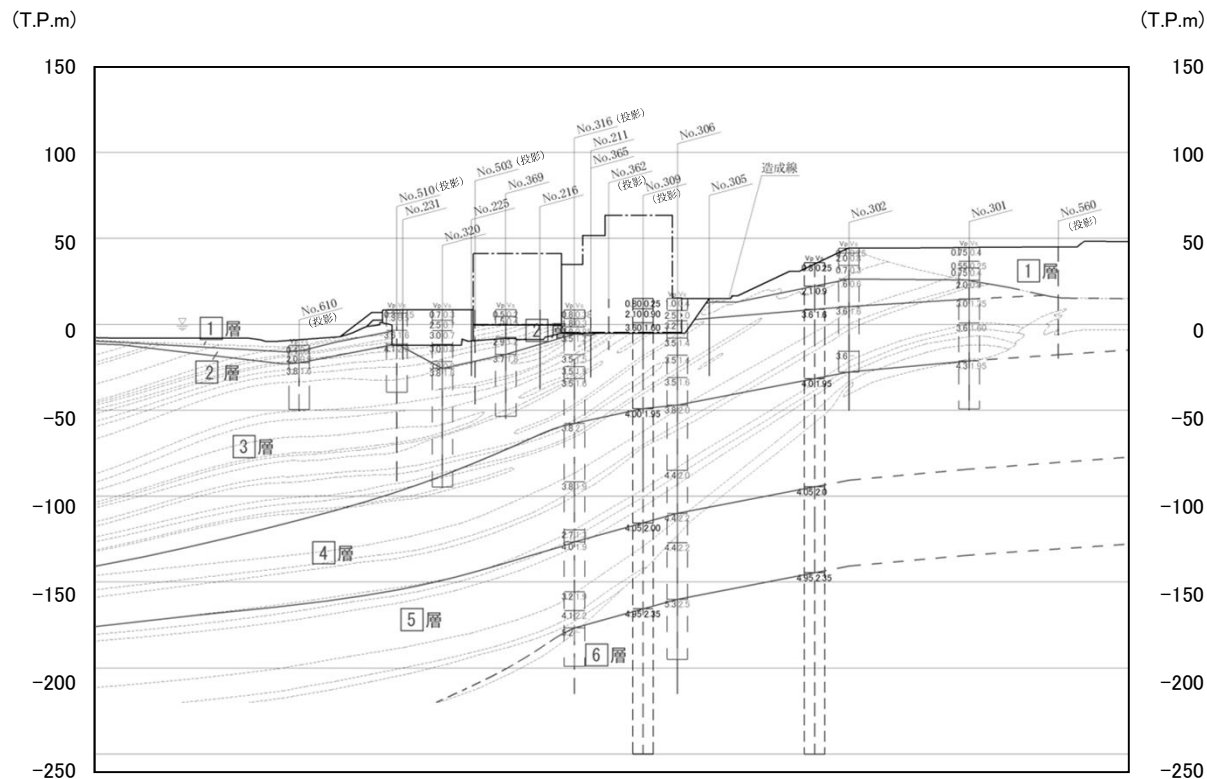
三軸圧縮試験結果

- ・旧表土を対象とした三軸圧縮試験結果より，静弾性係数を設定した。
- ・静ポアソン比は慣用値(=0.40)で設定した。

2. 解析用物性値の設定方法

2.4 動的変形特性

2. 解析用物性値の設定方法 2.4 動的変形特性 岩盤(成相寺層)C_H級・C_M級・C_L級



■ 動せん断弾性係数

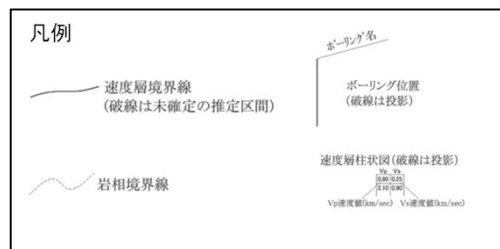
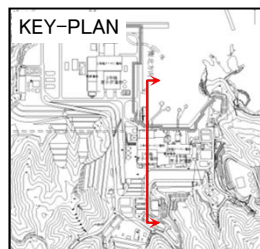
$$G_d = (\gamma/g) \cdot V_s^2$$

$$\left[\begin{array}{l} \gamma : \text{単位体積重量} \\ g : \text{重力加速度} \\ V_s : \text{S波速度} \end{array} \right.$$

■ 動ポアソン比

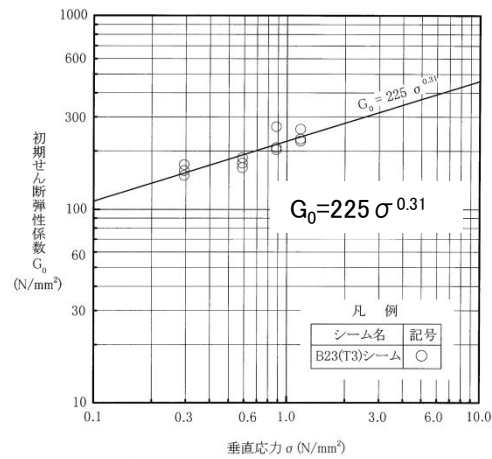
$$\nu_d = 1/2 \times \{(V_p/V_s)^2 - 2\} / \{(V_p/V_s)^2 - 1\}$$

V_p : P波速度

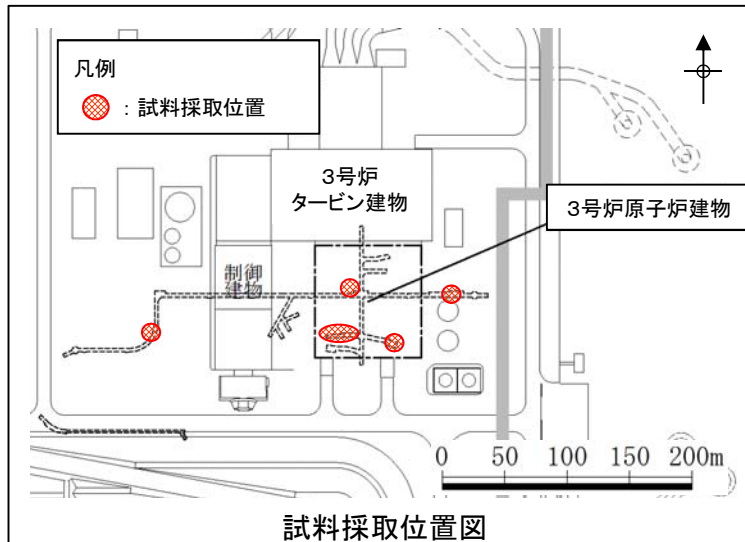
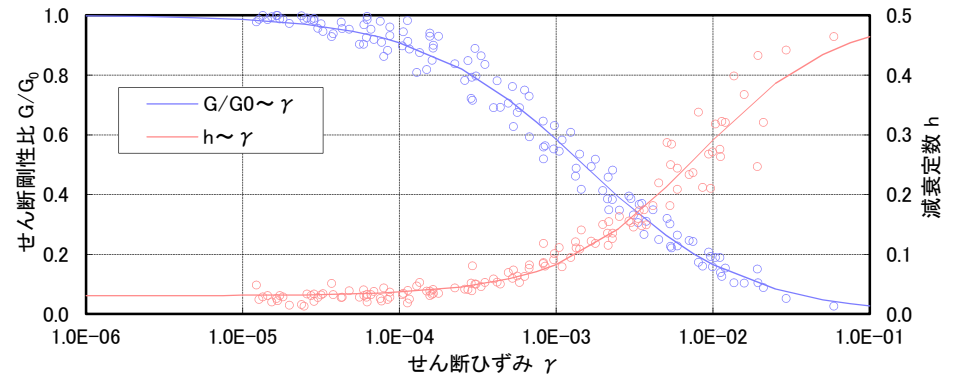


・岩盤(成相寺層)C_H級・C_M級・C_L級の動的変形特性は、PS検層結果から作成した速度層構造を基に、各層の単位体積重量を用いて算定した。

シーム



動的変形特性（初期せん断弾性係数）



試料採取位置図

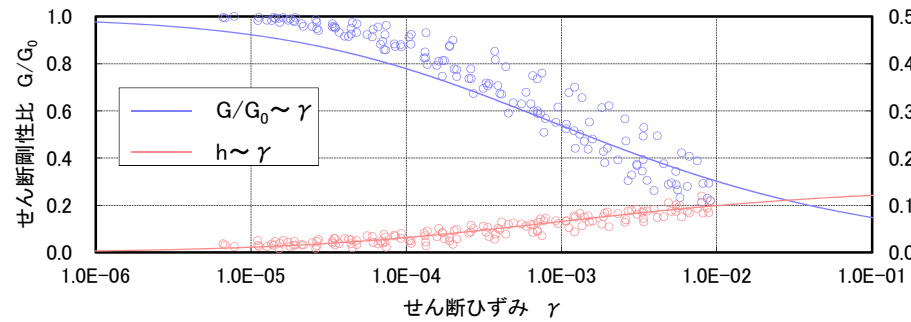
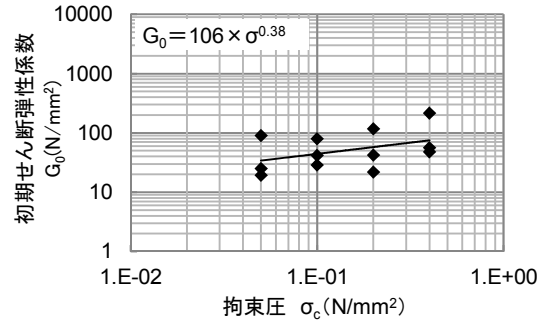
初期せん断弾性係数 G_0 (N/mm ²)	$225 \sigma^{0.31}$
せん断剛性比 G/G_0	$1/[1+(\gamma/0.00149)^{0.849}]$
減衰定数 h	$\gamma/(2.14 \gamma + 0.017) + 0.031$

- ・シームを対象とした動的単純せん断試験の結果より，動的変形特性を設定した。
- ・動ポアソン比は慣用値(=0.45)で設定した。

D級岩盤

・ D級岩盤のひずみ依存特性については、平成21年及び平成29年に実施した動的変形試験の試験結果より設定した。
・ 動ポアソン比は慣用値(=0.45)で設定した。

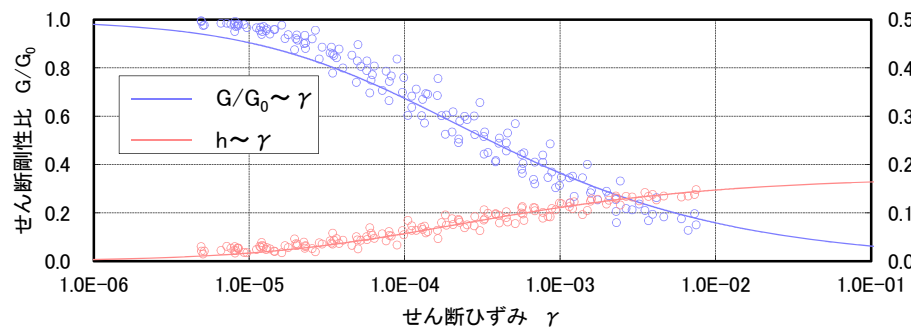
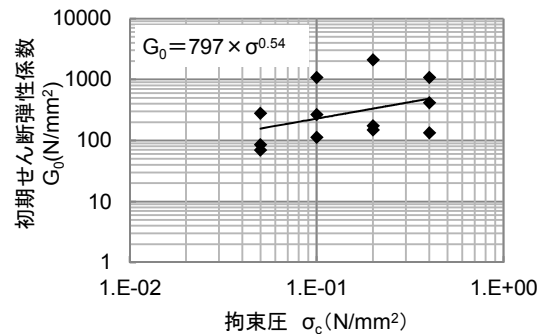
【頁岩, 頁岩・凝灰岩の互層】



$$G/G_0 = 1 / (1 + (2 \times (\gamma / 0.0014) \times (G/G_0)^{0.574}))$$

$$h = 0.142 \times (1 - (G/G_0))$$

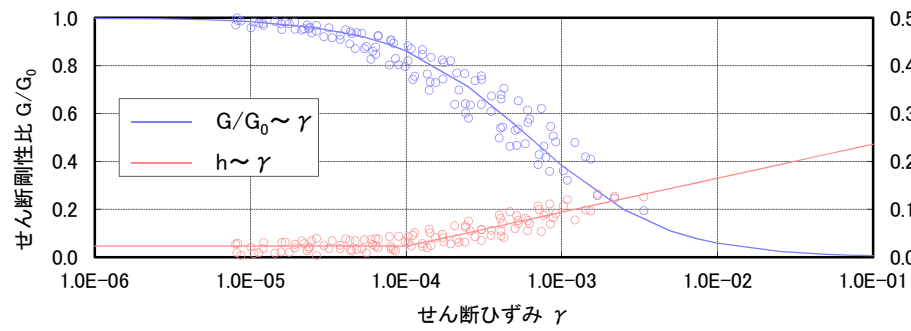
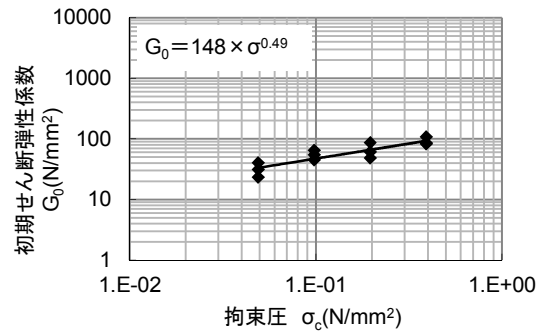
【ドレライト, 安山岩】



$$G/G_0 = 1 / (1 + (2 \times (\gamma / 0.00035) \times (G/G_0)^{0.758}))$$

$$h = 0.175 \times (1 - (G/G_0))$$

【凝灰岩・凝灰角礫岩】

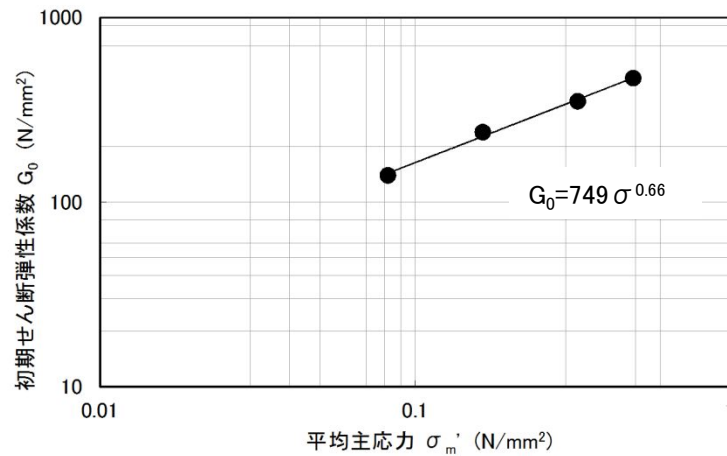


$$G/G_0 = 1 / (1 + (\gamma / 0.00062))$$

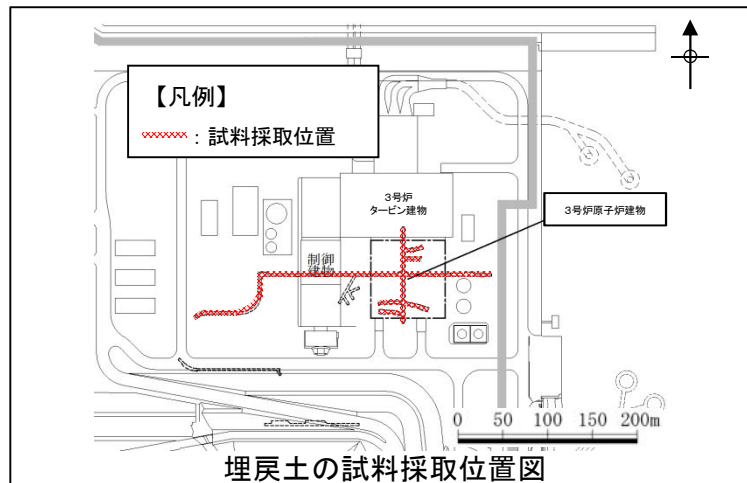
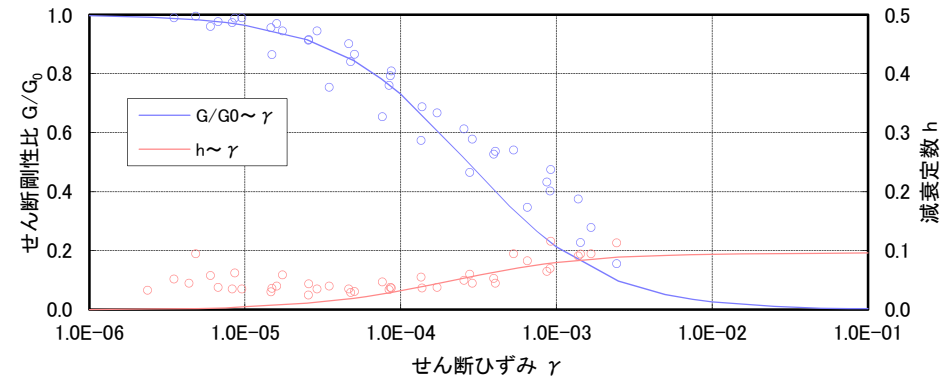
$$h = 0.023 \quad (\gamma \leq 1 \times 10^{-4})$$

$$h = 0.023 + 0.071 \times \log(\gamma / 0.0001) \quad (\gamma > 1 \times 10^{-4})$$

2. 解析用物性値の設定方法 2.4 動的変形特性 埋戻土, 盛土



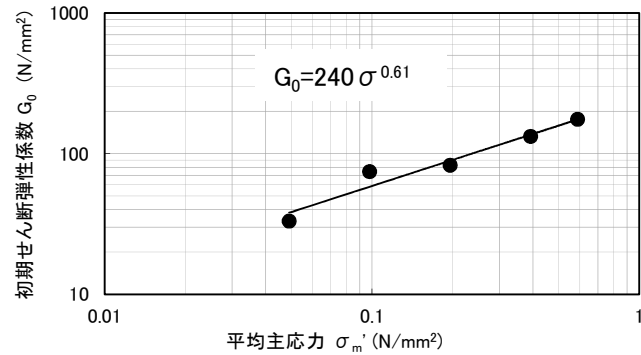
動的変形特性 (初期せん断弾性係数)



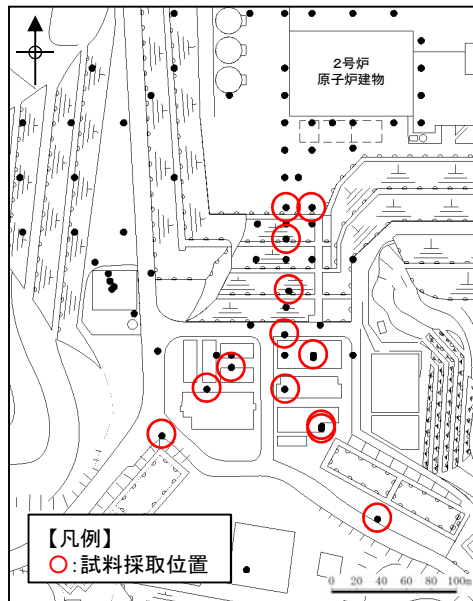
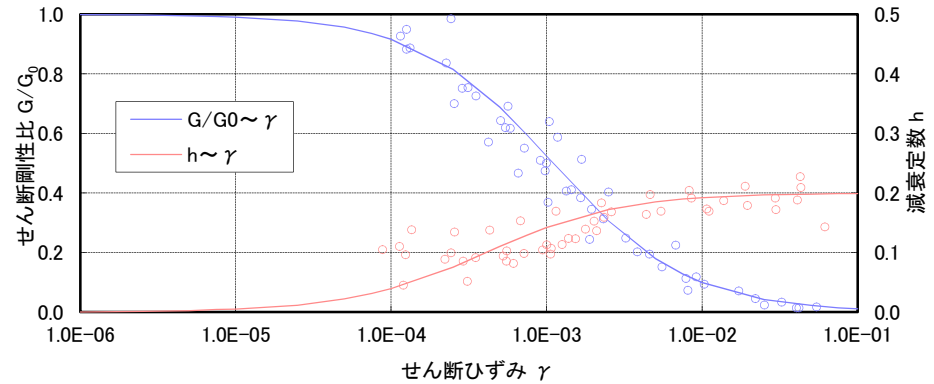
初期せん断弾性係数 G_0 (N/mm ²)	$749 \sigma^{0.66}$
せん断剛性比 G/G_0	$1/(1 + \gamma/0.00027)$
減衰定数 h	$0.0958 \gamma / (\gamma + 0.00020)$

- ・3号炉試掘坑から採取した掘削ズリを用いて作成した供試体を対象とした動的大型三軸圧縮試験の結果により, 動的変形特性を設定した。
- ・動ポアソン比は慣用値(=0.45)で設定した。

旧表土



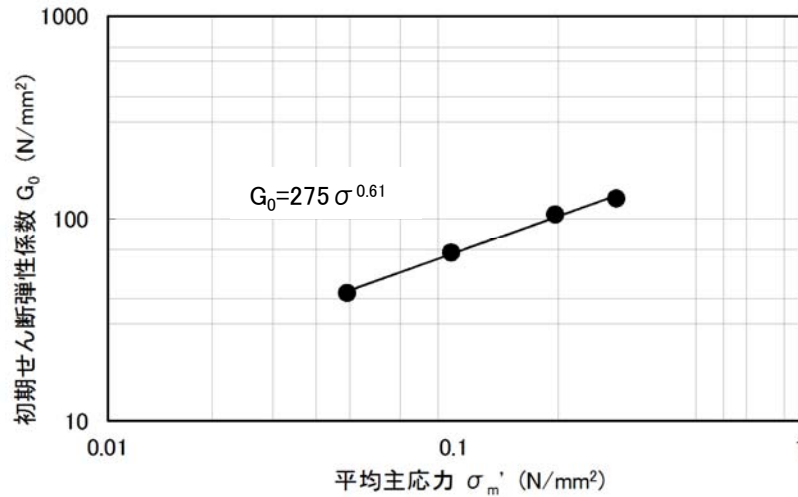
動的変形特性 (初期せん断弾性係数)



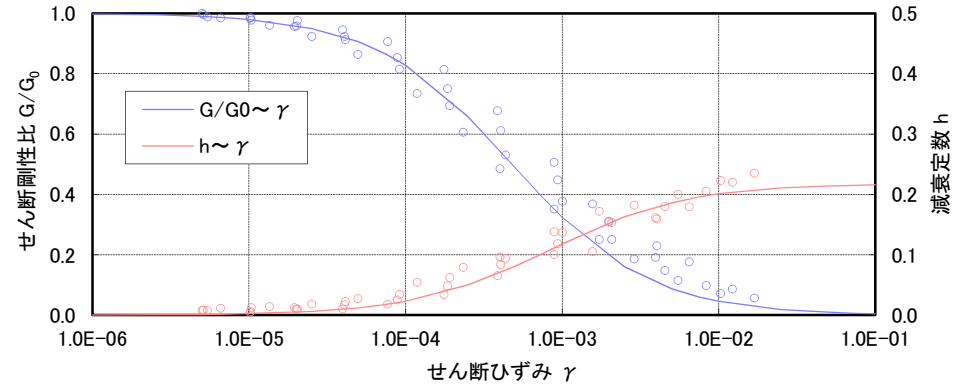
旧表土の試料採取位置図

初期せん断弾性係数 G_0 (N/mm ²)	$240 \sigma^{0.61}$
せん断剛性比 G/G_0	$1/(1 + \gamma/0.0011)$
減衰定数 h	$0.20 \gamma / (\gamma + 0.000413)$

・旧表土を対象とした動的三軸試験の結果により、動的変形特性を設定した。
 ・動ポアソン比は慣用値(=0.45)で設定した。



動的変形特性(初期せん断弾性係数)



初期せん断弾性係数 G_0 (N/mm ²)	$275 \sigma^{0.61}$
せん断剛性比 G/G_0	$1/(1 + \gamma/0.00048)$
減衰定数 h	$0.2179 \gamma / (\gamma + 0.00085)$

- ・埋戻土(購入土)を対象とした三軸圧縮試験の結果により, 動的変形特性を設定した。
- ・動ポアソン比は慣用値(=0.45)で設定した。

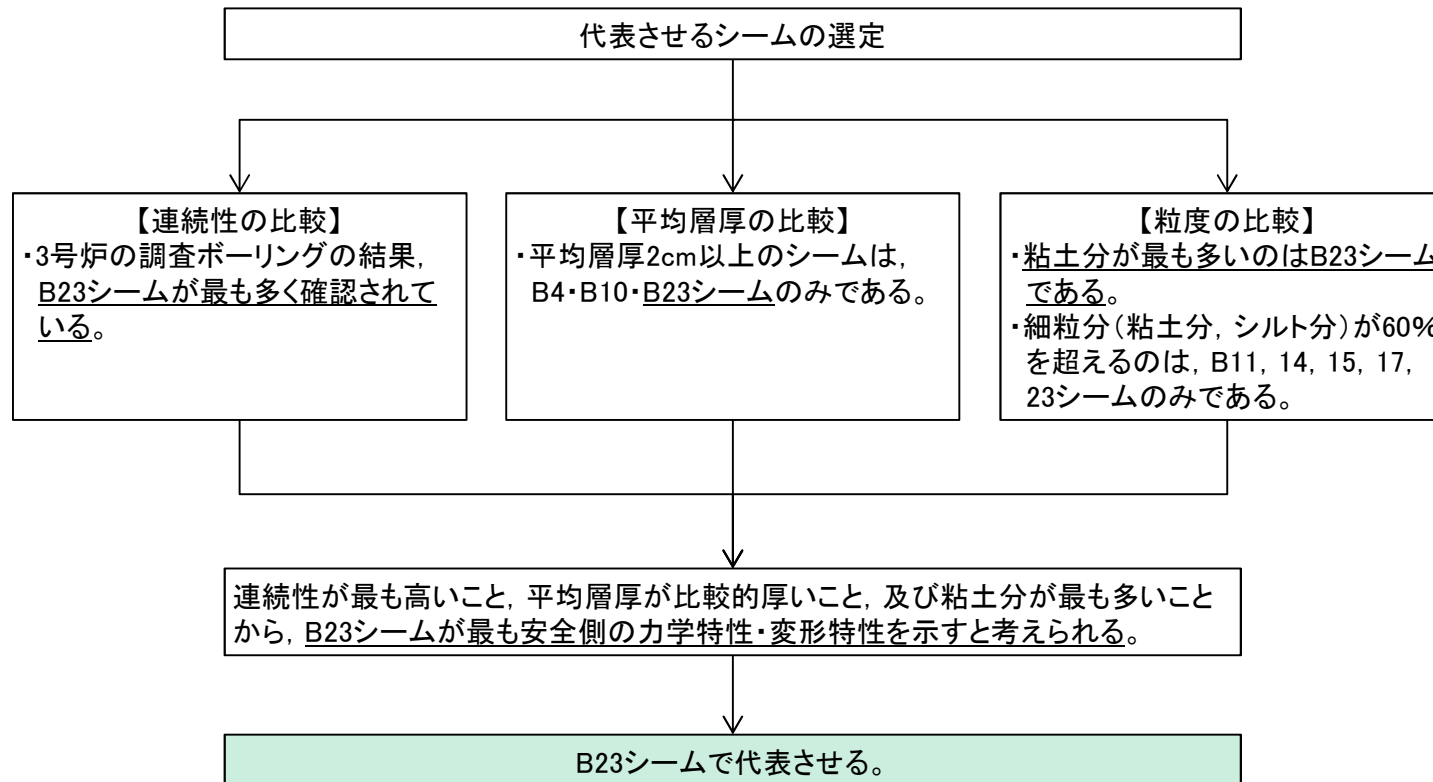
2. 解析用物性値の設定方法

2.5 シームの代表性

シームの代表性の整理

【敷地に分布する連続性の高いシーム: B1~29シームの29枚】

- ・概ね同様の性状
- ・同じ成因(新第三紀中新世の南北圧縮応力場による層面すべり)
- ・活動性評価については、最も連続性が高いB23シームで代表させている。



・敷地に分布する連続性の高いB1~29シームのうち、最も連続性が高いこと等から、最も安全側になると考えられるB23シームで代表させる。

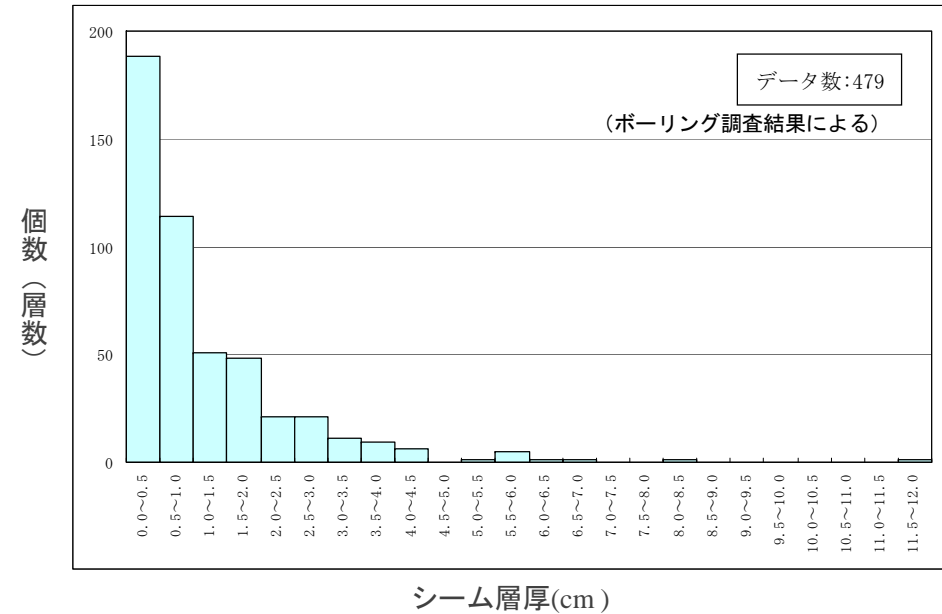
2. 解析用物性値の設定方法 2.5 シームの代表性 シームの性状(層厚)

確認シームの規模・性状及び位置関係

ボーリング確認シーム ^{*1}				試験坑確認シーム			
シーム名	炉心対応深度 ^{*2} T.P. (m)	平均層厚 (cm)	データ個数	性状	坑内シーム	試験坑での確認位置(起点からの距離 m)	性状
B29	+29	1.1	2	細礫混り淡褐色粘土	試験坑未到達層準		
B28	-4	0.8	18	細礫混り灰色粘土	T6	A立坑 ~ A坑 14	N79°E~57°W/5°~26°N, 厚さ16mm以下, 幅10~25mmが脆弱化
						A坑 30~40	N57°~83°W/15°~24°N, フィルム状
						A坑 80~87	N82°~87°E/10°~20°N, フィルム状
						B坑 2~10	
B27	-10	0.2	2	灰白色粘土	試験坑壁には出現しない		
B26	-12	0.7	10	灰色粘土質砂	試験坑壁には出現しない		
B25	-14	0.5	19	灰白色粘土質砂	T5	C坑 21~28	N58°~80°W/17°~23°N, フィルム状
B24	-16	1.1	26	灰色~灰白色粘土	T4	C坑 26~35	N73°~89°W/18°~22°N, 厚さ10mm
						D立坑 ~ D坑 10	N57°~82°E/17°~22°N, 厚さ5~10mm
						D坑 55~66	N60°~76°W/13°~18°N
						C坑 26~35	N73°E~72°W/14°~20°N, 厚さ17~19mm
B23	-16	2.1	57	細礫混り灰色粘土	T3	D立坑 ~ D坑 10	N63°E~87°W/10°~25°N, 厚さ20~45mm
						D坑 55~65	N67°~82°W/18°~24°N
						D立坑	N50°~82°E/18°~32°N
B22	-18	0.7	6	灰白色粘土	T2	D坑 6~18	N85°E~45°W/7°~17°N
						C坑 33~45	N64°~87°W/10°~23°N, フィルム状
B21	-19	1.8	17	細礫混り灰色~灰白色粘土	T1	D立坑 ~ D坑 17	N72°~88°E/10°~30°N
						D坑 46~49	N60°~82°W/7°~18°N, フィルム状
B20	-20	1.2	3	灰白色粘土	試験坑壁には出現しない		
B19	-29	0.5	3	粘土混り灰色砂礫			
B18	-48	0.9	35	灰色粘土			
B17	-53	0.2	7	灰白色粘土			
B16	-55	1.4	26	細礫混り灰色粘土			
B15	-60	0.5	14	細礫混り灰色粘土			
B14	-65	0.6	25	細礫混り灰色粘土			
B13	-66	0.9	23	細礫混り灰色~灰白色粘土			
B12	-75	0.8	33	灰白色粘土			
B11	-76	0.3	11	細礫混り灰色粘土			
B10	-79	2.0	34	細礫混り灰色~灰白色粘土			
B9	-79	1.6	7	細礫混り灰色粘土			
B8	-79	1.2	38	細礫混り灰色~灰白色粘土			
B7	-115	0.3	8	灰白色粘土			
B6	-125	0.9	8	細礫混り灰色~灰白色粘土			
B5	-132	0.8	4	粘土混り暗灰色細礫			
B4	-133	2.9	20	細礫混り灰色粘土			
B3	-133	0.9	5	砂混り灰色粘土			
B2	-137	0.9	15	砂礫混り灰色粘土			
B1	-200	0.6	3	粘土混り黒灰色砂			

*1: ボーリングコアとボアホールカメラにより連続性を検討し認定されたシームである。

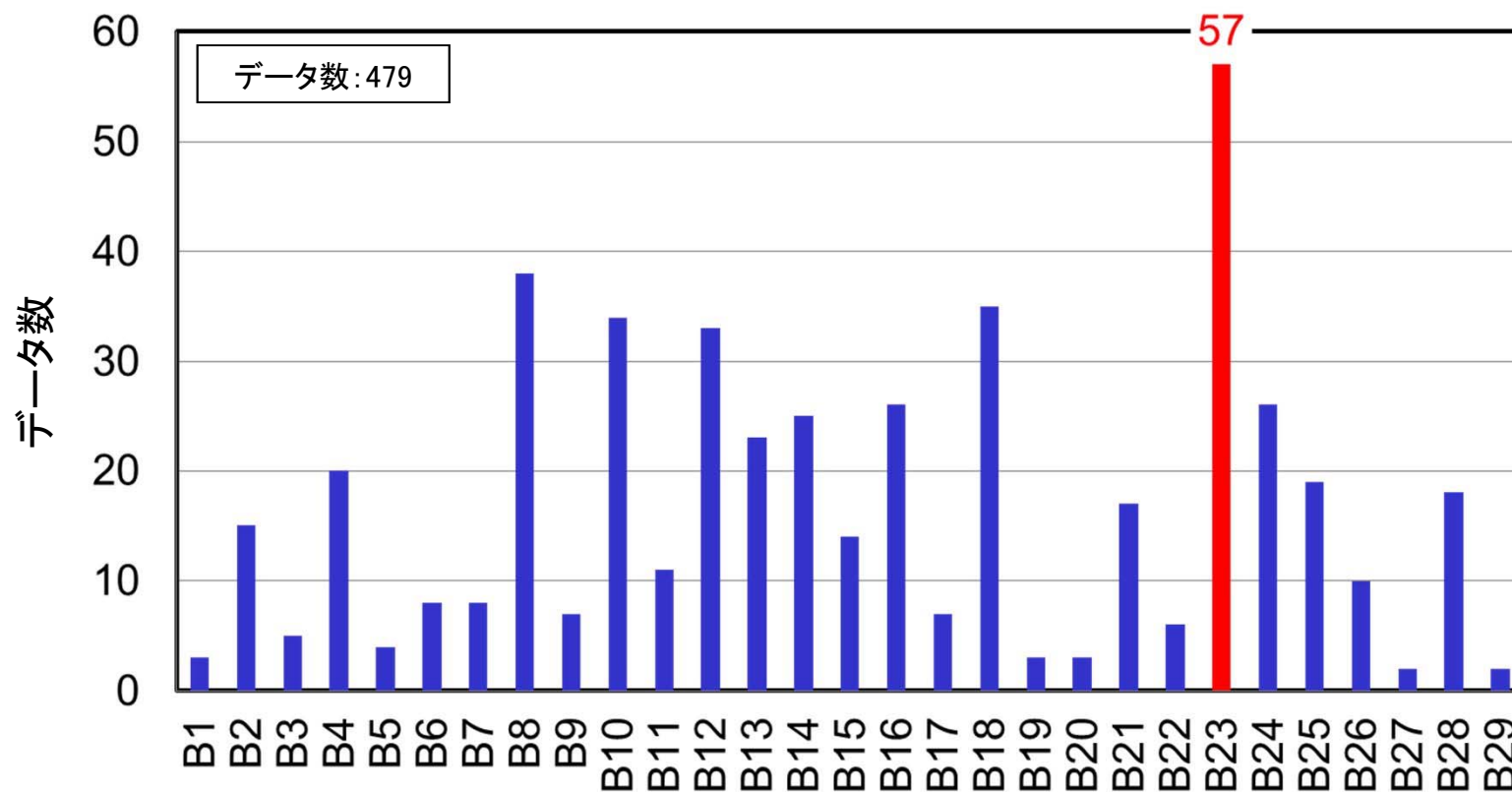
*2: シーム含有層準の炉心部での出現深度を記載したものであり、炉心部におけるシームの有無を示したのではない。



シーム層厚と個数 (層数) の関係

- 一部、層厚5cm以上のシームも認められるが、ほとんどの厚さは3cm程度以下と薄く、層厚の内訳としては、0.5cm以下のものが大半である。
- 平均層厚2cm以上のシームは、B4, 10, 23シームのみである。

シームの性状(代表性に関する検討)



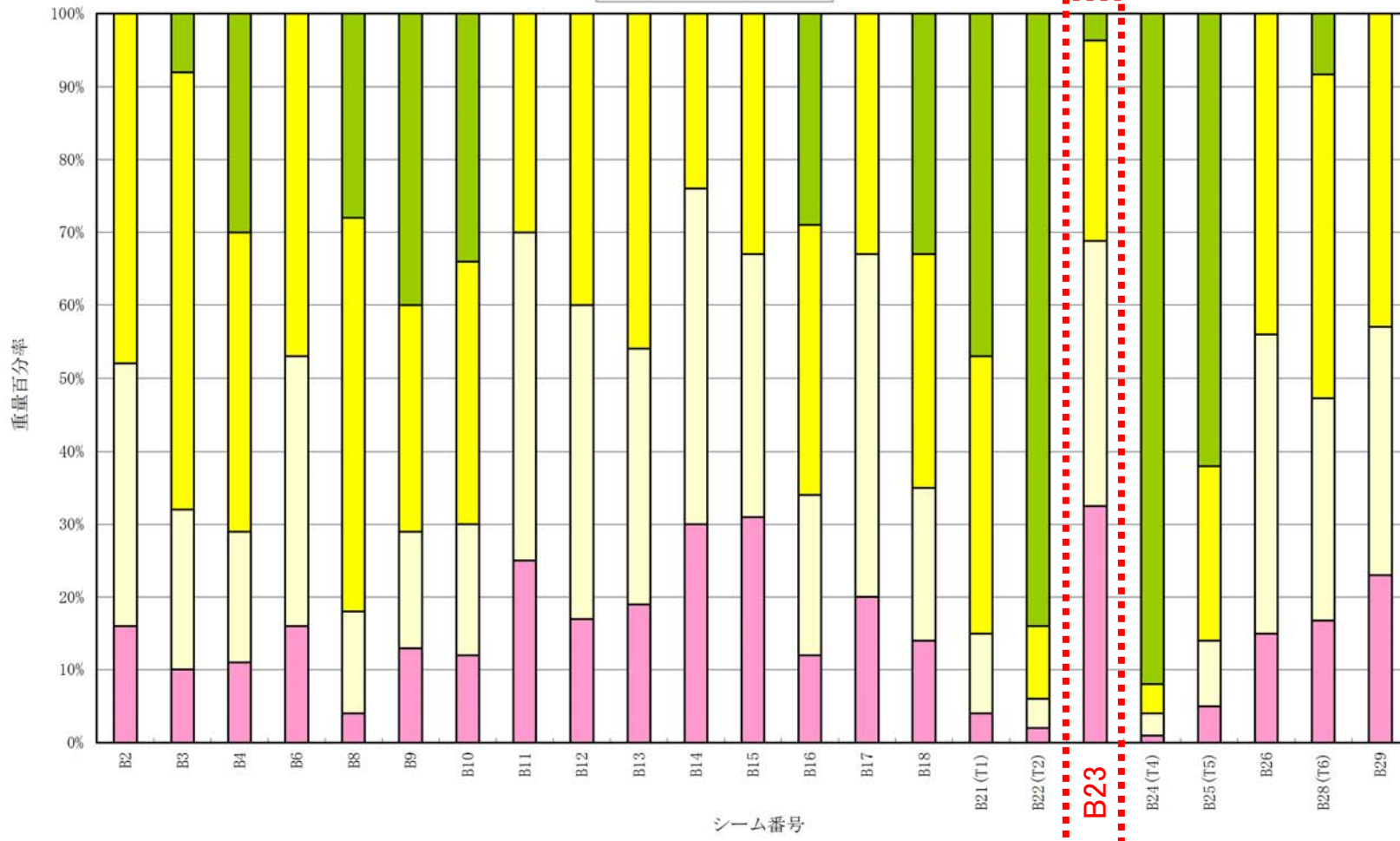
ボーリング調査におけるシームの箇所数の整理

・3号炉のボーリング調査によるシームの確認箇所数を整理した結果、B23シームが最も多く確認されており、B1～B29シームのうち最も連続性が高いシームであると考えられる。

シームの性状(粒度試験)

■粘土分 (%) ■シルト分 (%) ■砂分 (%) ■礫分 (%)

シームの粒度分布

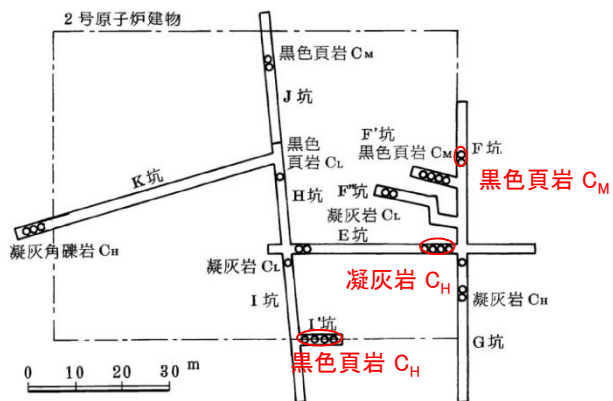


・3号炉のボーリング調査によるシームから試料を採取し、粒度試験を実施した結果、B23シームは粘土分が最も多い。

2. 解析用物性値の設定方法

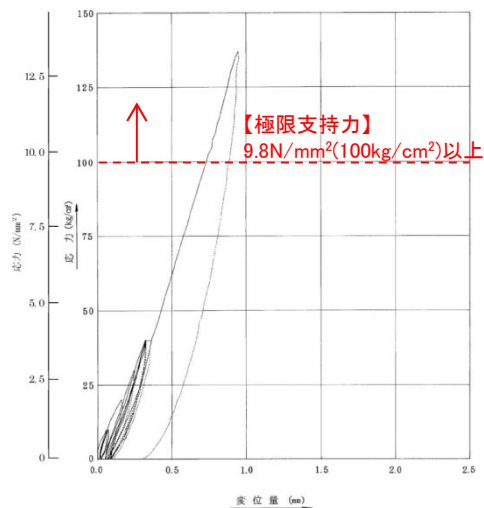
2.6 地盤の支持力

C_H 級, C_M 級岩盤

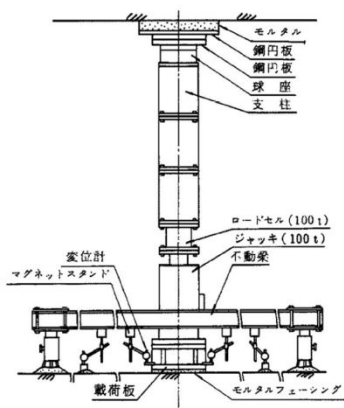


● : 試験位置

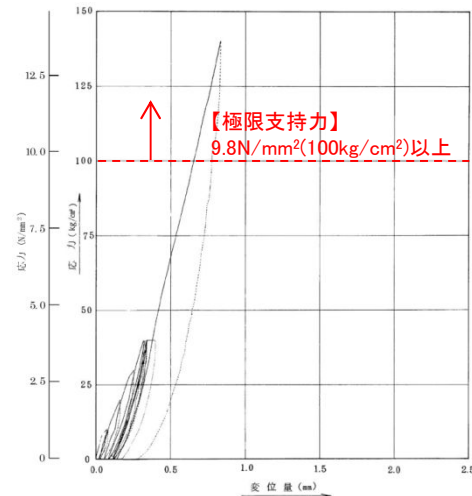
平板載荷試験位置図(2号試掘坑平面図)



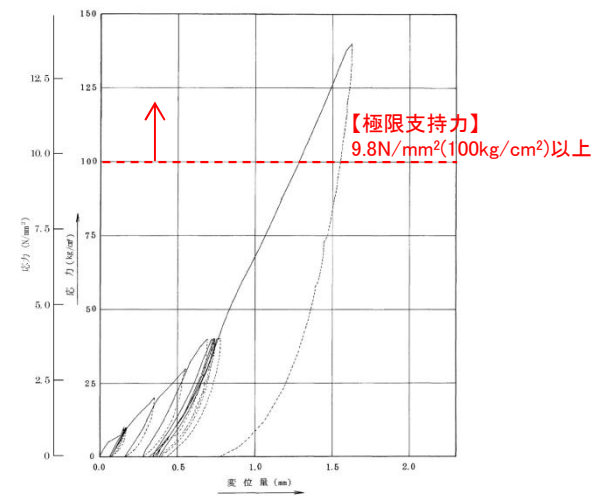
(a) 凝灰岩 (C_H 級)



平板載荷試験装置



(b) 黑色頁岩 (C_H 級)



(c) 黑色頁岩 (C_M 級)

平板載荷試験結果

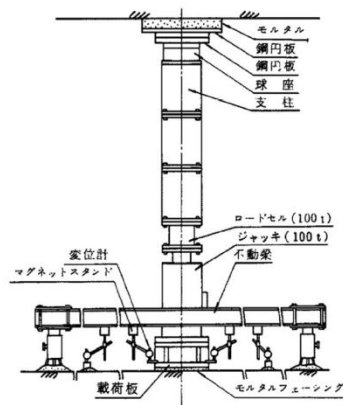
・2号試掘坑内で実施した C_H 級及び C_M 級岩盤を対象とした平板載荷試験の結果, 極限支持力は9.8 N/mm²以上と評価した。

C_L級岩盤

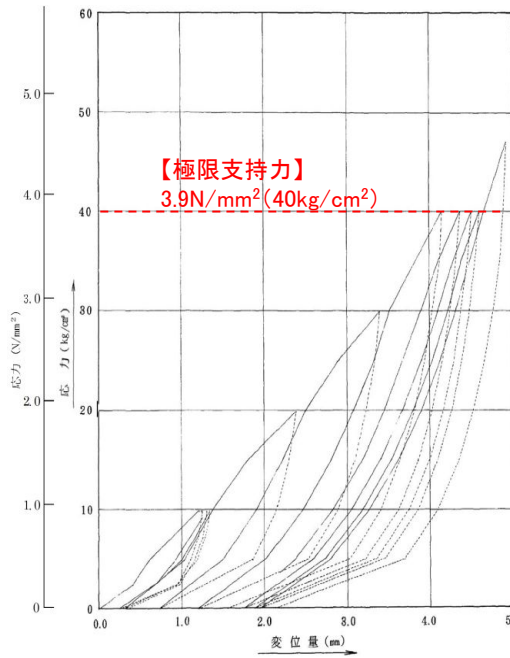


●: 試験位置

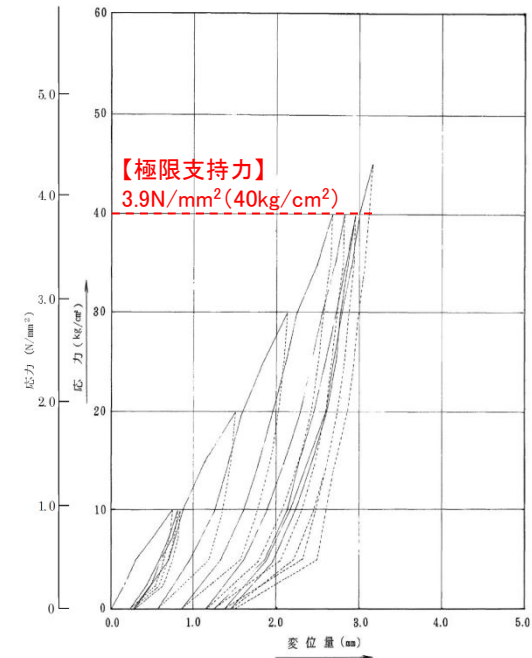
平板載荷試験位置図(2号試掘坑平面図)



平板載荷試験装置



(a) 凝灰岩

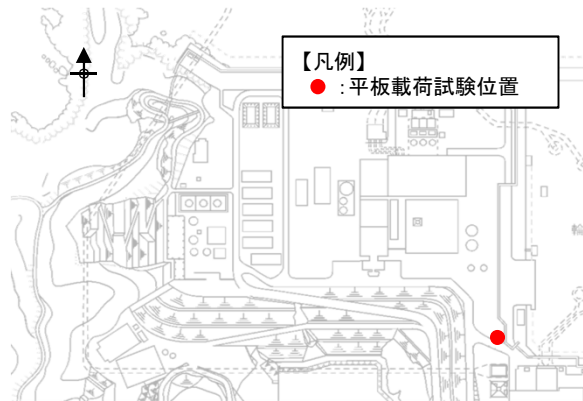


(b) 黒色頁岩

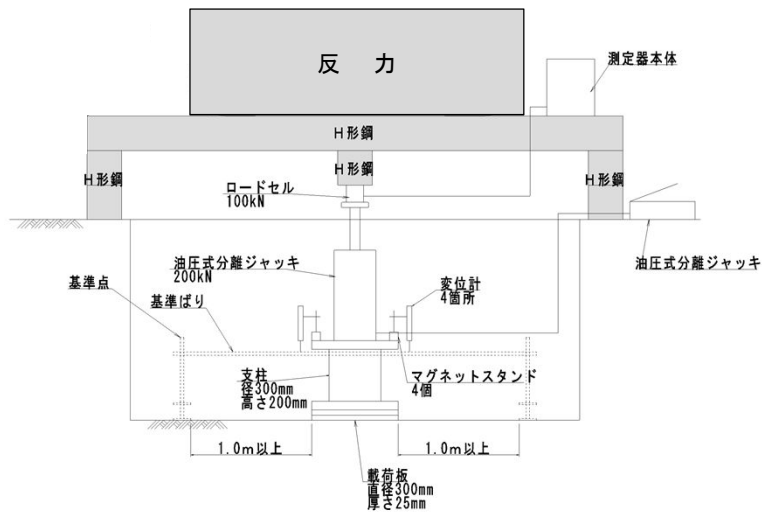
平板載荷試験結果(C_L級岩盤)

・2号試掘坑内で実施したC_L級岩盤を対象とした平板載荷試験の結果, 極限支持力は3.9 N/mm²と評価した。

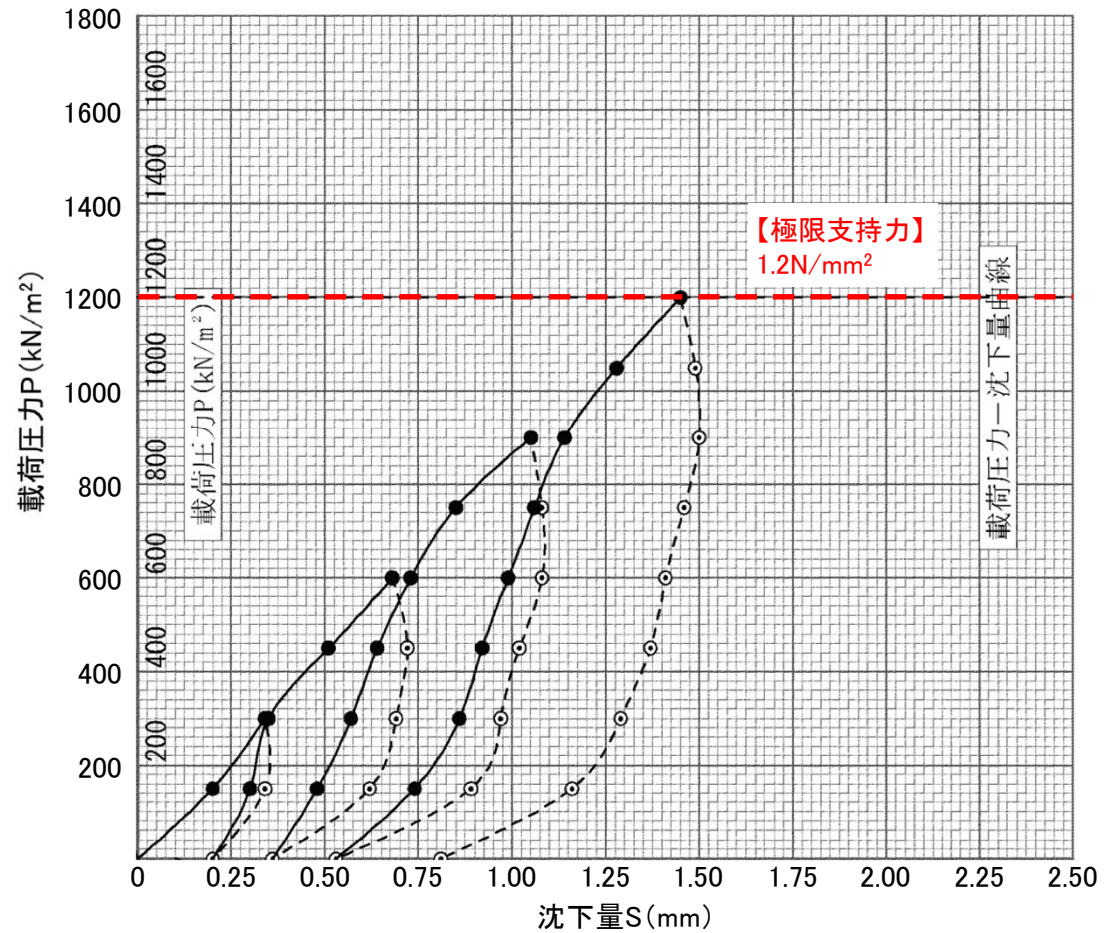
埋戻土(掘削ズリ)



平板載荷試験位置図



平板載荷試験装置 概要図



試験結果

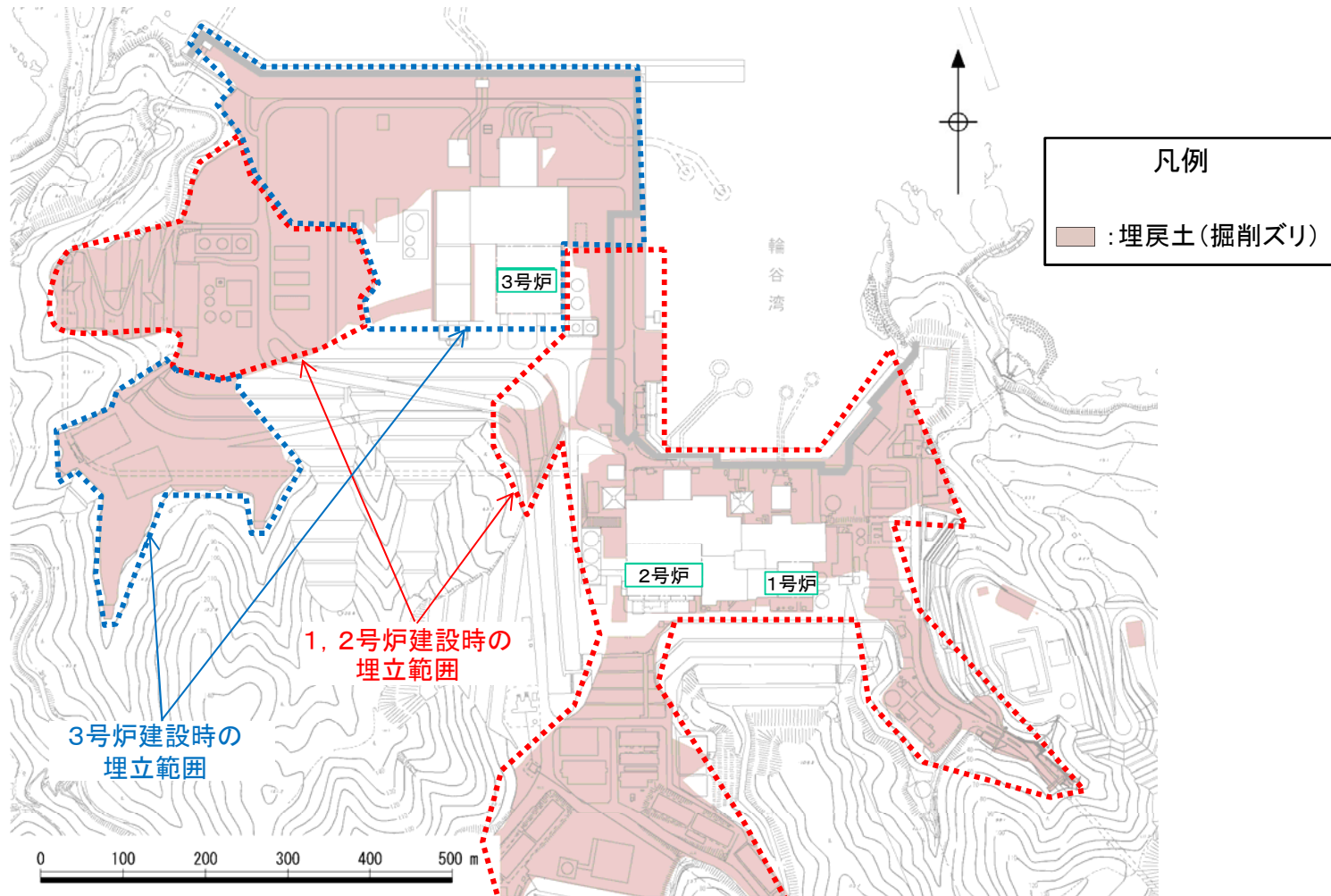
・敷地内で実施した埋戻土(掘削ズリ)を対象とした平板載荷試験の結果, 極限支持力は1.2 N/mm²と評価した。

2. 解析用物性値の設定方法

2.7 埋戻土(掘削ズリ)の物性

敷地における埋戻土(掘削ズリ)の分布

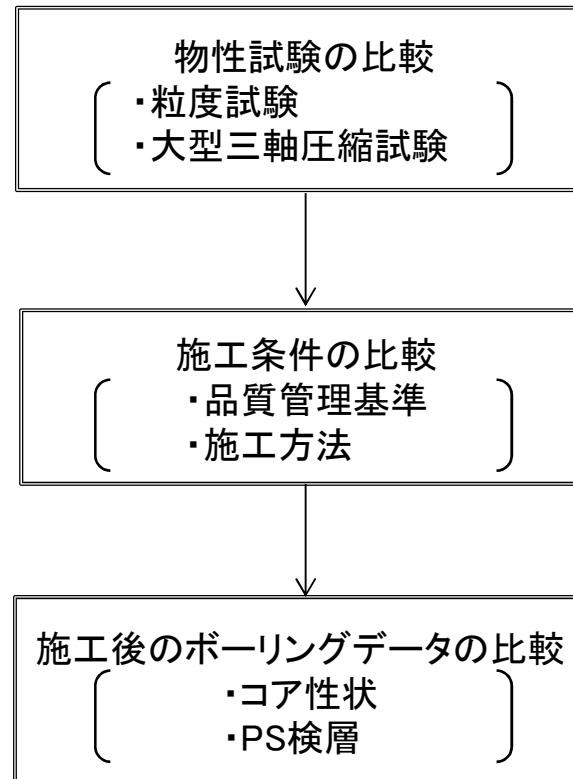
- ・敷地に分布する埋戻土(掘削ズリ)は、1, 2号炉建設時に埋立てた範囲と3号炉建設時に埋立てた範囲に分けられる。
- ・埋戻土(掘削ズリ)は、それぞれの号機の建設時に実施した物性試験結果に基づき設計, 施工されているが, 基礎地盤の安定性評価に当たっては, 3号炉建設時の試験結果に基づき解析用物性値を設定している。
- ・以降で, 1, 2号炉エリアと3号炉エリアの埋戻土(掘削ズリ)について, 比較検討を行った。



埋戻土(掘削ズリ)分布図

検討フロー

・検討に当たっては、下記フローに従い、1, 2号炉建設時と3号炉建設時の物性試験, 施工条件, 施工後のボーリングデータについて, 比較を行った。

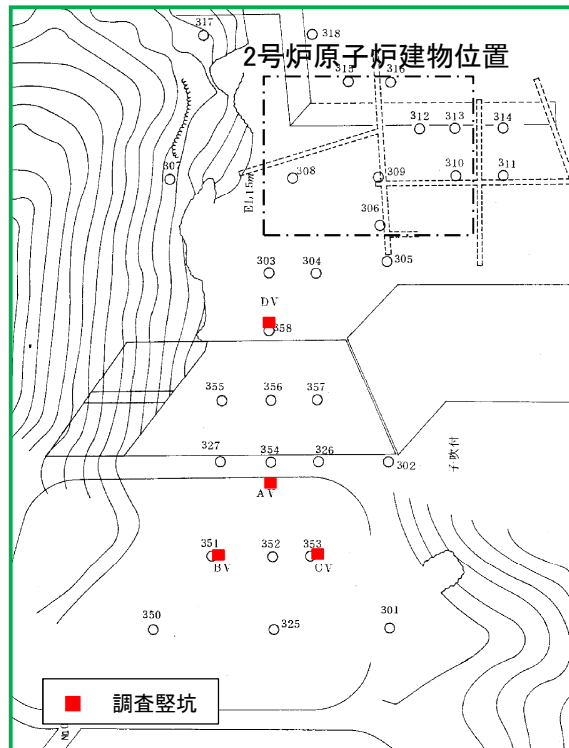


2.解析用物性値の設定方法 2.7 埋戻土(掘削ズリ)の物性 物性試験の比較(試料採取位置)

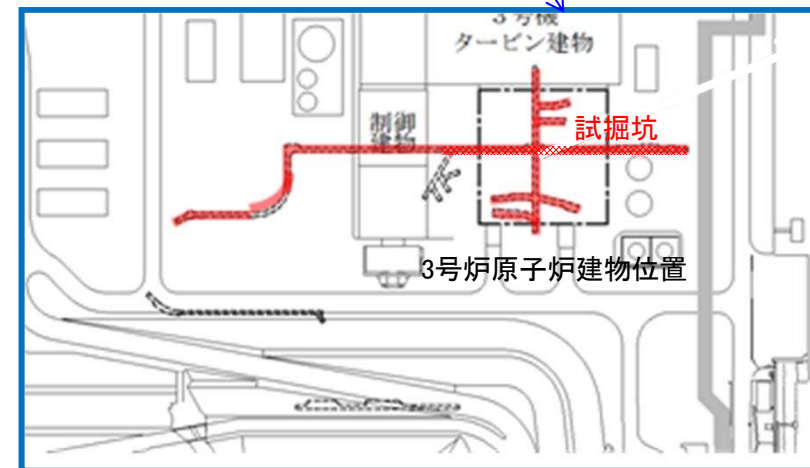
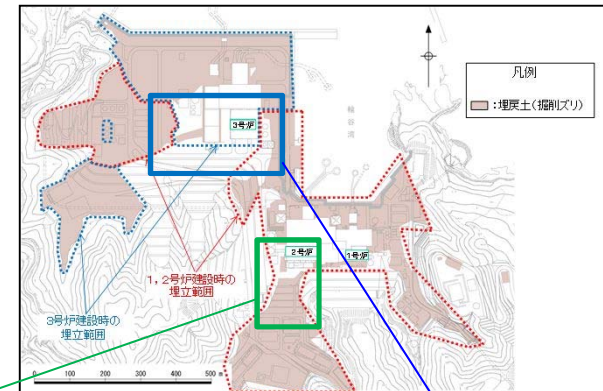
第910回審査会合
資料1-2 P96 再掲

97

- ・2号炉建設時の物性試験に用いた試料は、2号炉原子炉建物位置南側の盛土地盤中に掘削した調査竖坑より採取した。
- ・3号炉建設時の物性試験に用いた試料は、3号炉原子炉建物位置周辺で掘削した試掘坑のズリを使用した。



試料採取位置(2号)



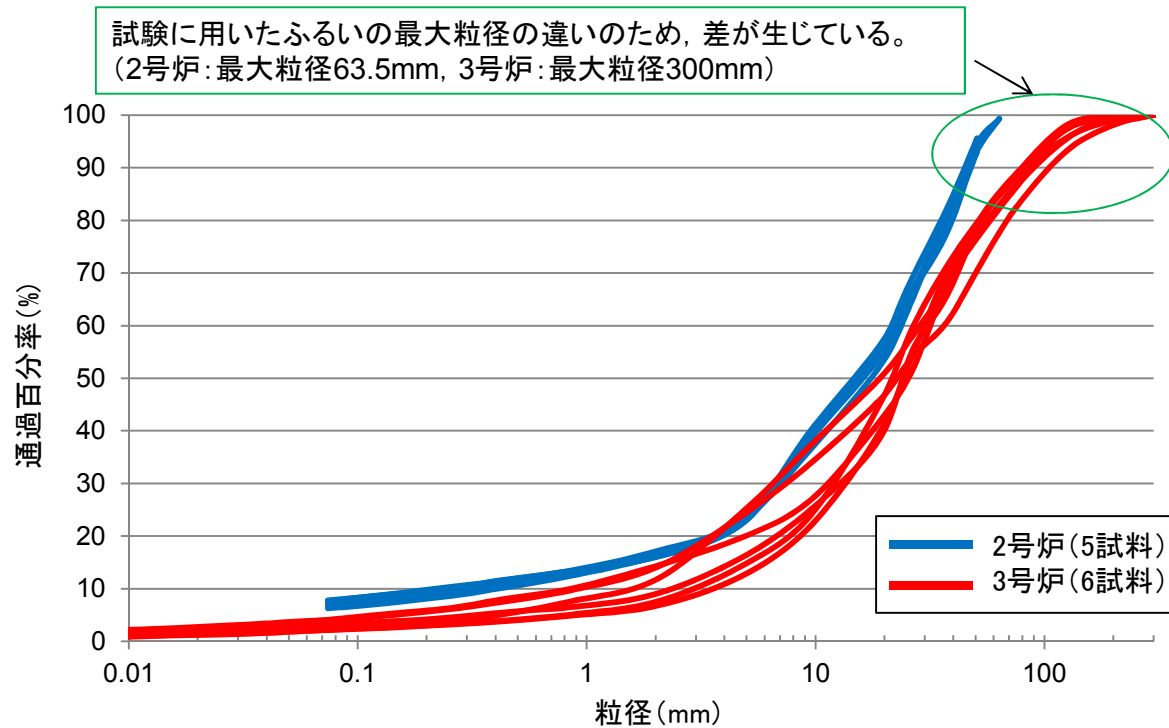
試料採取位置(3号)

2.解析用物性値の設定方法 2.7 埋戻土(掘削ズリ)の物性 物性試験の比較 (粒度試験)

第910回審査会合
資料1-2 P97 再掲

98

- ・ 2号炉, 3号炉の試料採取位置から採取した試料に関して, 粒度試験を実施した結果, 概ね同等の粒度特性を示している。
- ・ 2号炉, 3号炉ともに, 均等係数が10以上であり, 粒度分布は良いと判断される。



【土粒子の粒度試験結果】

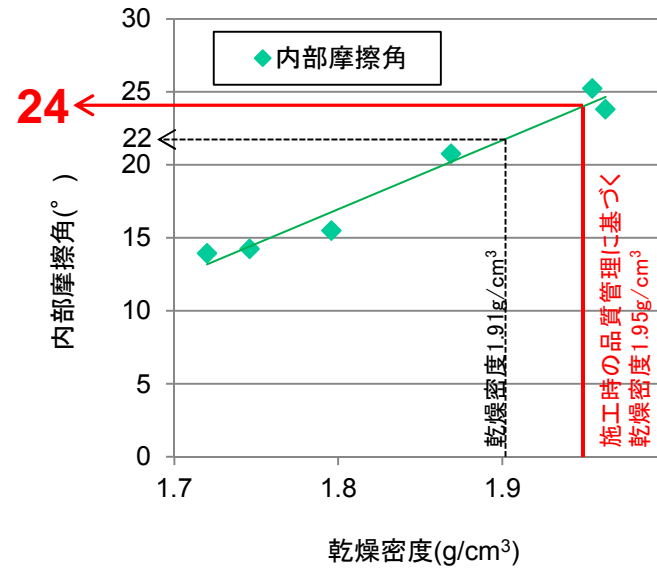
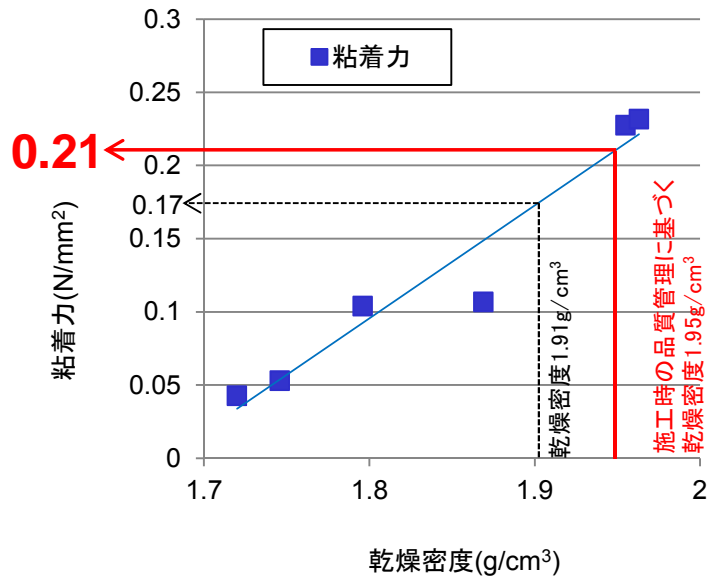
均等係数の比較

	2号炉	3号炉
均等係数 U_c ※ ($U_c = D_{60} / D_{10}$)	69.4 (52.4~89.6)	20.9 (8.5~40.0)

※各資料の均等係数の平均値。括弧内は上下限値を記載。
一般的に均等係数10以上で粒度が良いとされる。(足立ほか(1997))⁽²⁾

物性試験の比較(大型三軸圧縮試験, 2号炉)

- ・2号炉の埋戻土(掘削ズリ)の物性試験として, 2号炉原子炉建物位置南側の盛土地盤中より採取した試料を用いて, 種々の締固めエネルギーにより乾燥密度を変えた大型三軸圧縮試験を実施している。
- ・大型三軸圧縮試験の結果, 乾燥密度の増加に伴い, 粘着力 c , 内部摩擦角 ϕ ともに増加する傾向が認められる。(P102,103参照)
- ・2号炉の既許可においては, 乾燥密度(1.91g/cm^3)に対応するせん断強度を設計せん断強度としていたが, 施工時の品質管理(乾燥密度 1.95g/cm^3)に基づく, せん断強度は内部摩擦角 24° , 粘着力 0.21N/mm^2 相当となる。



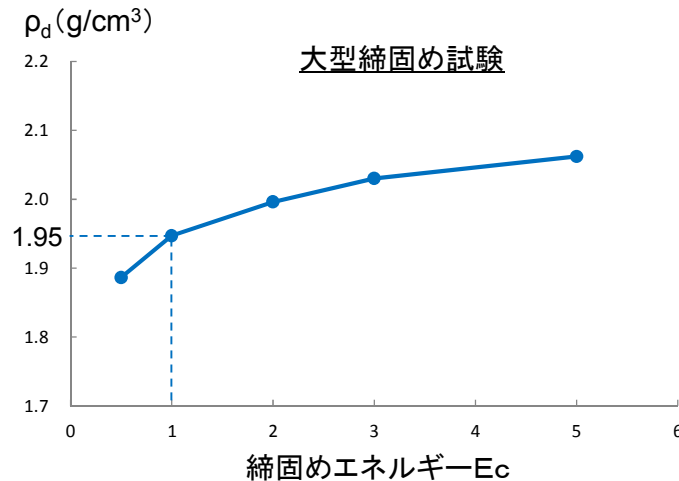
せん断強度

	2号炉
	(品質管理基準) 乾燥密度: 1.95g/cm ³
内部摩擦角 (°)	24
粘着力 (N/mm ²)	0.21

大型三軸圧縮試験結果(2号)

物性試験の比較(大型三軸圧縮試験, 3号炉) (1 / 2)

- ・3号炉の既許可における埋戻土(掘削ズリ)のせん断強度の設定では, 3号炉原子炉建物位置周辺で掘削した試掘坑のズリを使用した試料を用いて, 大型三軸圧縮試験を実施し, 2号炉既許可の設計せん断強度($c=0.17\text{N/mm}^2, \phi=22^\circ$)を上回るよう設計せん断強度を設定している。
- ・締固めエネルギー E_c を変化させた大型三軸圧縮試験を行ったところ, $E_c=1$ 以上の締固めエネルギー(乾燥密度は 1.95g/cm^3)とすることで, 3号炉の埋戻土(掘削ズリ)のせん断強度が, 2号炉の設計せん断強度を上回ることを確認した。
- ・大型三軸圧縮試験の結果, 乾燥密度の増加に伴い, 粘着力 c , 内部摩擦角 ϕ とも増加する傾向が認められる。(P102,103参照)



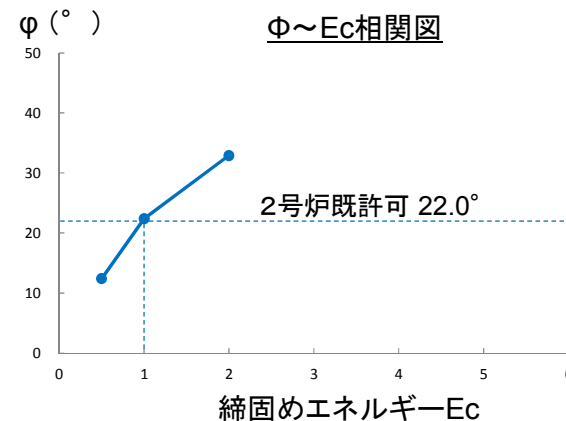
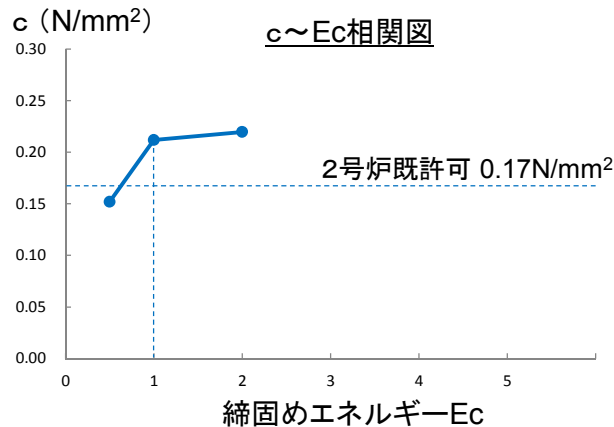
【締固めエネルギー E_c の定義】

$$E_c = \frac{W_R \cdot H \cdot N_B \cdot N_L}{V} \quad (\text{cm} \cdot \text{kg} / \text{cm}^3)$$

ここに,

- W_R : ランマーの重量 (kgf)
- H : ランマーの落下高 (cm)
- N_B : 層当たりの突固め回数
- N_L : 層の数
- V : モールドの容積 (cm³)





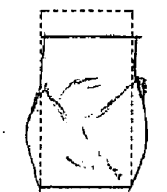
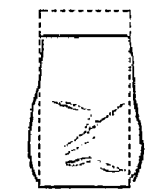
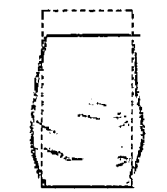
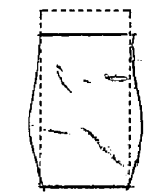
$1E_c \cong 5.6(\text{cm} \cdot \text{kg} / \text{cm}^3)$ とした

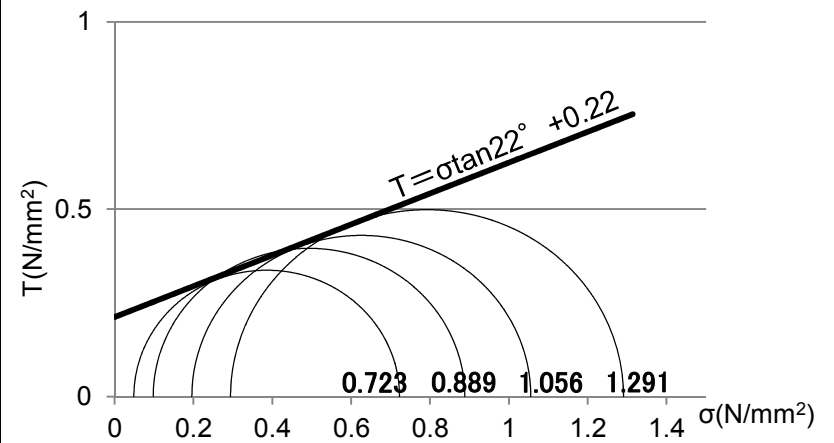


物性試験の比較(大型三軸圧縮試験, 3号炉)(2/2)

- ・3号炉の設計せん断強度として、締固めエネルギー、乾燥密度1.95g/cm³に対応した内部摩擦角22°，粘着力0.22N/mm²を設定していることに関して、試験結果の詳細を示す。
- ・低側圧から高側圧まで、側圧を変化させ、大型三軸圧縮試験を実施したところ、側圧が小さい場合にも、一定の粘着力(初期せん断強度)を有していることが認められた。
- ・なお、試験に用いた供試体は、いずれも偏った破壊は示しておらず、試験結果は妥当である。

大型三軸圧縮試験結果(詳細)

供試体No.		1	2	3	4
側圧(最小主応力) σ_3 (N/mm ²)		0.049	0.098	0.196	0.294
最大主応力 σ_1 (N/mm ²)		0.723	0.889	1.056	1.291
圧縮強さ($\sigma_1 - \sigma_3$) (N/mm ²)		0.674	0.791	0.860	0.997
供試体の破壊状況	現場写真				
	概略図				



大型三軸圧縮試験結果

設計せん断強度

	3号炉
内部摩擦角 (°)	22
粘着力 (N/mm ²)	0.22

(参考)盛土の粘着力に関する文献調査(1/2)

- ・中島ほか(2009)⁽³⁾において、礫混じり砂からなる河川堤防盛土の力学特性に及ぼす締固め度の影響が報告されている。なお、対象試料に関しては、現地堤防で採取した礫混じり砂の原粒度分布から、粒径9.5mmを超える礫を取り除いた試料である。
- ・中島ほか(2009)の結果によると、締固め度と粘着力の関係として、締固め度の増加とともに粘着力の増加が認められる。

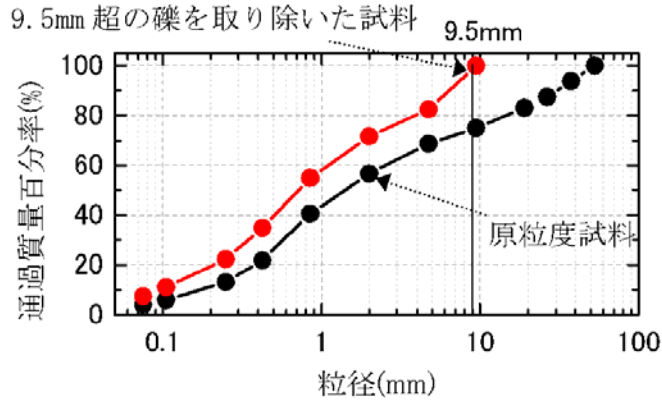
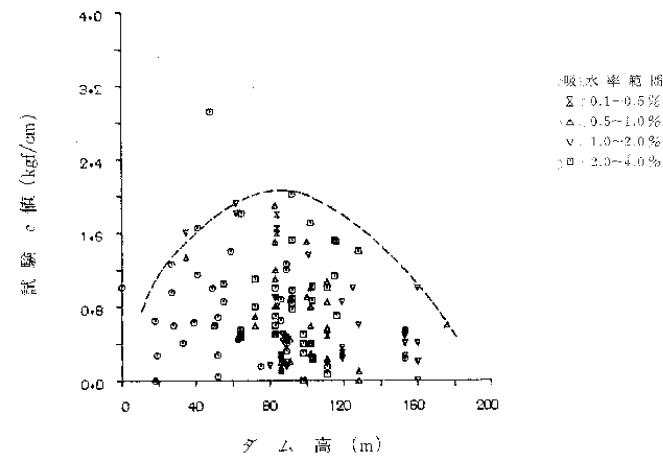
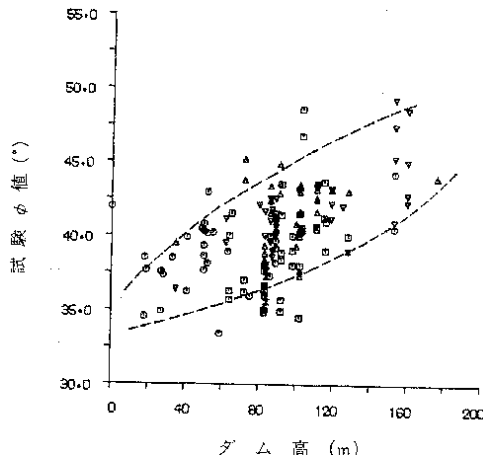


図1 実験試料の粒度分布

表1 内部摩擦角と粘着力

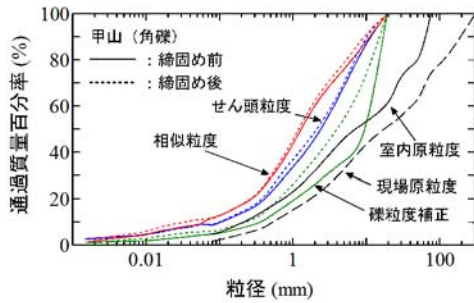
実験の種類	ϕ_{cu}	c_{cu}	ϕ'	ϕ_d
締固め度 90%	11.4°	110kPa	36.4°	38.8°
締固め度 85%	11.8°	50kPa	30.4°	35.3°
締固め度 80%	14.2°	0kPa	23.1°	34.3°

- ・ロックフィル材料の試験と設計強度編集委員会(1982)⁽⁴⁾において、72ダムの粗粒材料試験に関するアンケートデータを用いて、ダム高さと三軸圧縮試験による内部摩擦角 ϕ 及び粘着力 C の関係が報告されている。
- ・ロックフィル材料の試験と設計強度編集委員会(1982)によると、粘着力 c の包絡線はダム高90m付近にピーク値約2kgf/cm²($\approx 0.2N/mm^2$)をもつ放物線状を成しており、全体としてかなりの大きさの粘着力成分をもつことが分かると報告されている。



(参考)盛土の粘着力に関する文献調査(2/2)

- ・上本ほか(2011)⁽⁵⁾において、砂礫盛土材の内部摩擦角、粘着力に及ぼす最大粒径及び粒度調整の影響が報告されている。対象試料として、現地最大粒径は300mm程度であり、室内試験に用いることはできないことから、比較的大きい粒径として室内試験用の最大粒径を73mmとし、これを「原粒度」として三軸圧縮試験が行われている。
- ・三軸圧縮試験の結果、締固め度・乾燥密度と粘着力・内部摩擦角の関係が報告されており、締固め度・乾燥密度の増加とともに粘着力・内部摩擦角の増加が認められる。このせん断強度増加の要因として、「角礫の甲山試料は、円礫の試料と比較して、締固め度が大きくなると粒子のかみ合わせがより顕著となり、内部摩擦角が急激に大きくなる」と考察されている。
- ・また、上本ほか(2011)によると、「せん頭粒度」とした三軸圧縮試験から求まる強度定数が「原粒度」の結果に近いと報告されている。2号炉、3号炉の三軸圧縮試験に用いた試料は、ここで「原粒度」の強度に近いと報告された「せん頭粒度」の方法を用いて粒度調整を行っている。



a) 甲山試料
図1 試験に用いた試料の粒度分布



a) 甲山試料
写真1 試験試料

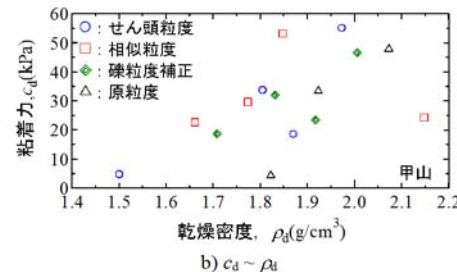
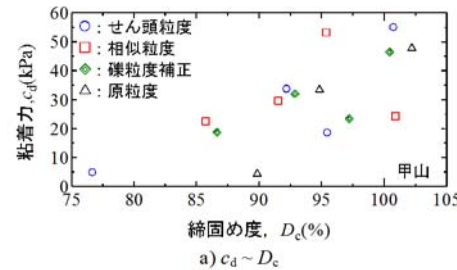


図7 見かけの粘着力～締固め度, 乾燥密度の関係 (甲山試料)

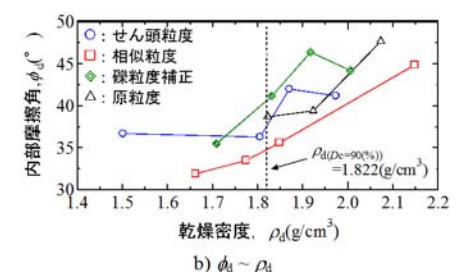
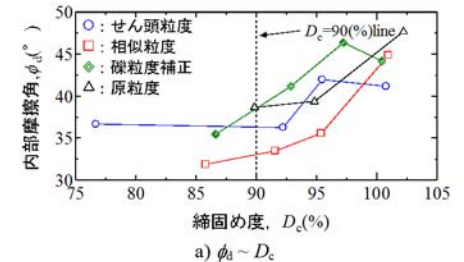


図9 内部摩擦角～締固め度, 乾燥密度の関係 (甲山試料)

物性試験の比較(大型三軸圧縮試験, 2号炉, 3号炉)

- ・ 2号炉建設時と3号炉建設時の品質管理基準(乾燥密度 $1.95\text{g}/\text{cm}^3$, 次頁参照)に対応するせん断強度を比較した結果, 2号炉, 3号炉の試験結果は, 内部摩擦角及び粘着力ともに, 概ね同等である。
- ・ なお, 3号炉の埋戻土(掘削ズリ)の物性試験は, 地盤工学会基準(JGS T 523)に準拠して実施した大型三軸圧縮試験結果より設計せん断強度を設定しているが, 2号炉の大型三軸圧縮試験の仕様は, 学会基準に準拠したものとなっていない。

せん断強度の比較

	2号炉	3号炉
	(品質管理基準) 乾燥密度: $1.95\text{g}/\text{cm}^3$	(設計せん断強度) 乾燥密度: $1.95\text{g}/\text{cm}^3$
内部摩擦角(°)	24	22
粘着力(N/mm^2)	0.21	0.22

大型三軸圧縮試験仕様の比較

	2号炉	3号炉
準拠基準	—	JGS T 523
ひずみ速度	1%/min	0.2%/min
供試体 サイズ	直径300mm 高さ:600mm	直径300mm 高さ:600mm
側圧 (N/mm^2)	0.098	0.049
	0.196	0.098
	0.294	0.196
	0.392	0.294
最大礫径 (mm)	63.5	53.0

施工条件の比較(品質管理基準及び施工方法)

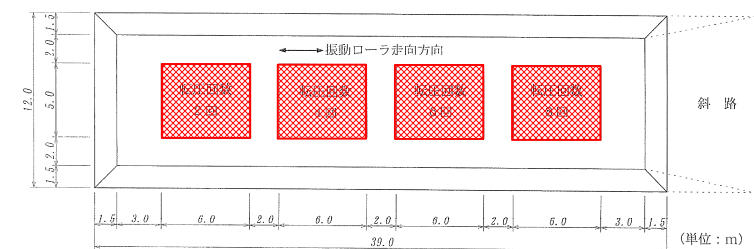
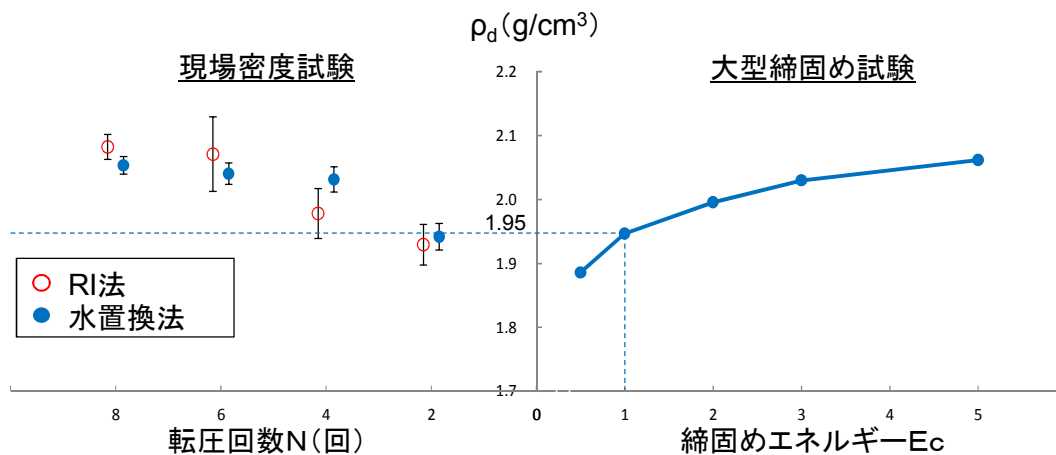
- ・ 設計用物性値を確保するための品質管理基準及び施工方法を比較した結果、2号炉建設時と3号炉建設時の品質管理基準及び施工方法は概ね同等であった。
- ・ 次頁において、3号炉の施工方法の選定のため実施した現場転圧試験の概要を示す。

施工時の品質管理基準及び施工方法の比較

	2号炉	3号炉
品質管理基準	乾燥密度 1.95g/cm ³ 以上	乾燥密度 1.95g/cm ³ 以上
施工方法	振動ローラー(10t~20t) 4~6回転圧 撒き出し厚1m以下	振動ローラー(11.4t) 6回転圧 撒き出し厚0.5m以下

施工条件の比較(品質管理基準及び施工方法, 3号炉)

- ・現場施工方法においては、現場転圧試験を実施し、締固めエネルギー $E_c = 1$ (乾燥密度: 1.95g/cm^3)を満足できる施工方法として、転圧回数6回を決定した。
- ・転圧回数が増えるほど、乾燥密度 ρ_d が増加する傾向が見られ、6回転圧以上では乾燥密度の増加傾向が小さくなることから、6回転圧で十分に締固めされていることが確認できる。



試験ヤード平面図



巻き出し整地状況



振動ローラによる転圧状況

施工後のボーリングデータの比較(コア性状)(1/4)

- 1, 2号炉建設時に使用した埋戻土及び3号炉建設時に使用した埋戻土は、敷地造成時の地山掘削によって発生した掘削ズリ(頁岩並びに凝灰岩主体)を利用している。

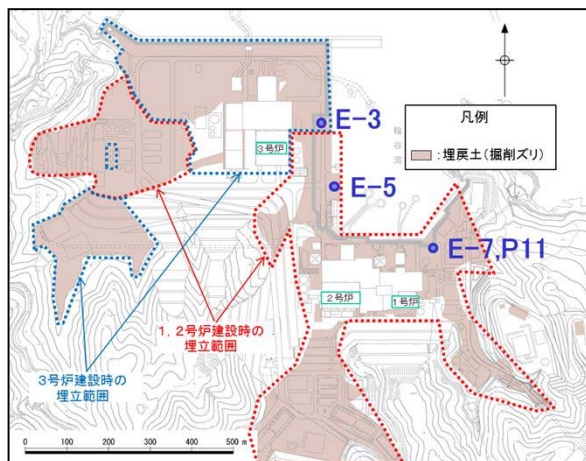
1, 2号炉建設時の埋戻土
ボーリングNo. E-5 1.5m~16.1m



1, 2号炉建設時の埋戻土
ボーリングNo. P11 0.8m~7.0m



3号炉建設時の埋戻土
ボーリングNo. E-3 1.5m~17.4m



敷地平面図

※ P11孔(ボーリングコア写真, 柱状図)及びE-7孔(PS検層)は同位置で実施したものである。

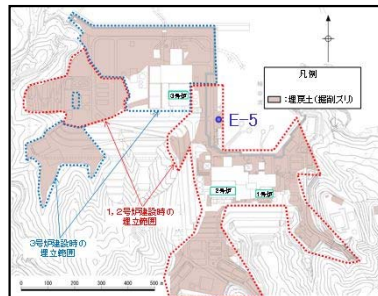
施工後のボーリングデータの比較(コア性状)(2/4)

- ・1, 2号炉建設時に使用した埋戻土は, 敷地造成時の地山掘削によって発生した掘削ズリ(頁岩並びに凝灰岩主体)を利用している。
- ・埋戻土(掘削ズリ)のN値の平均値は22.9 (下限値:2~上限値:50)である。

1, 2号炉建設時の埋戻土
ボーリングNo. E-5 1.5m~16.1m

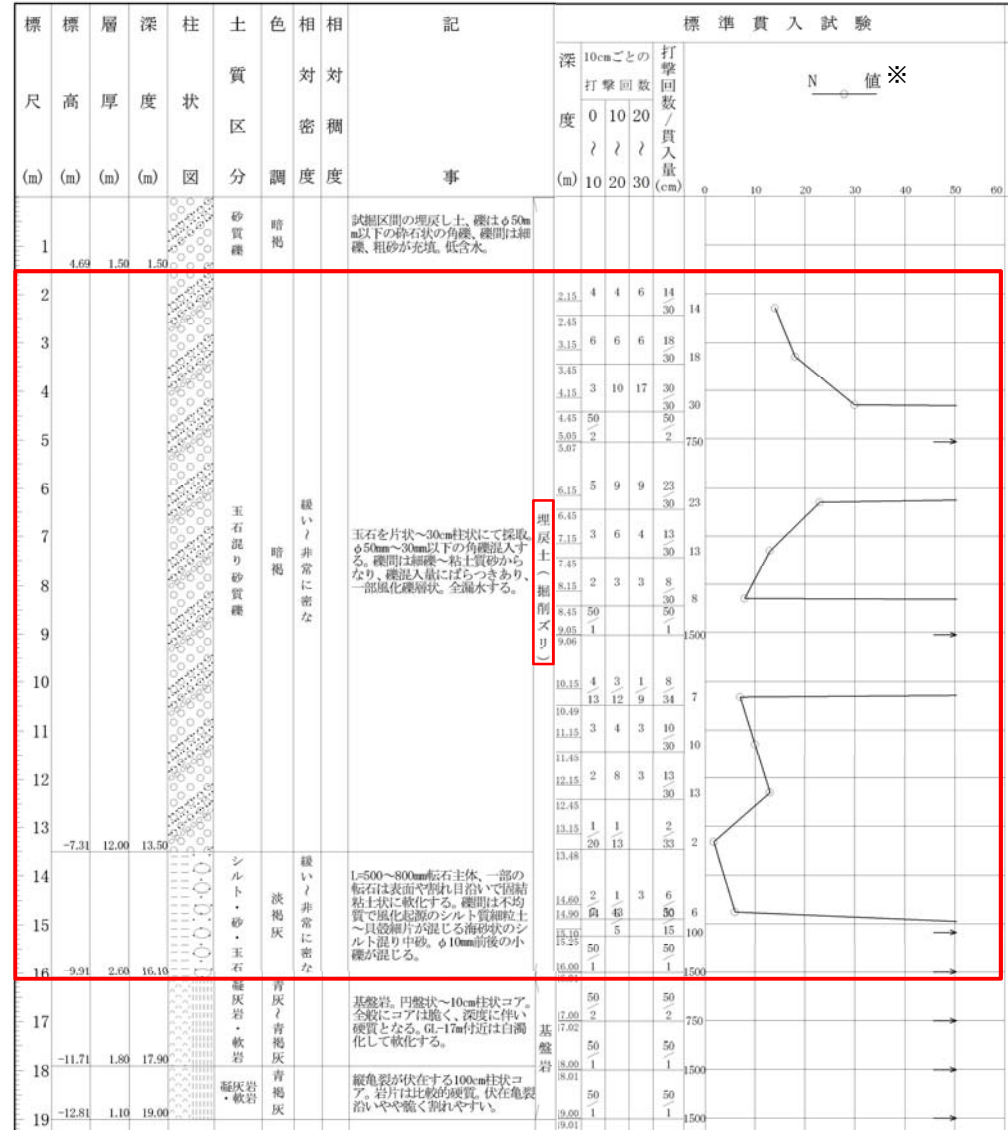


埋戻土
(掘削ズリ)



敷地平面図

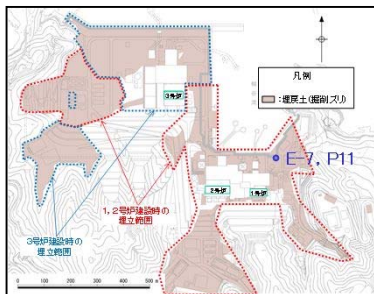
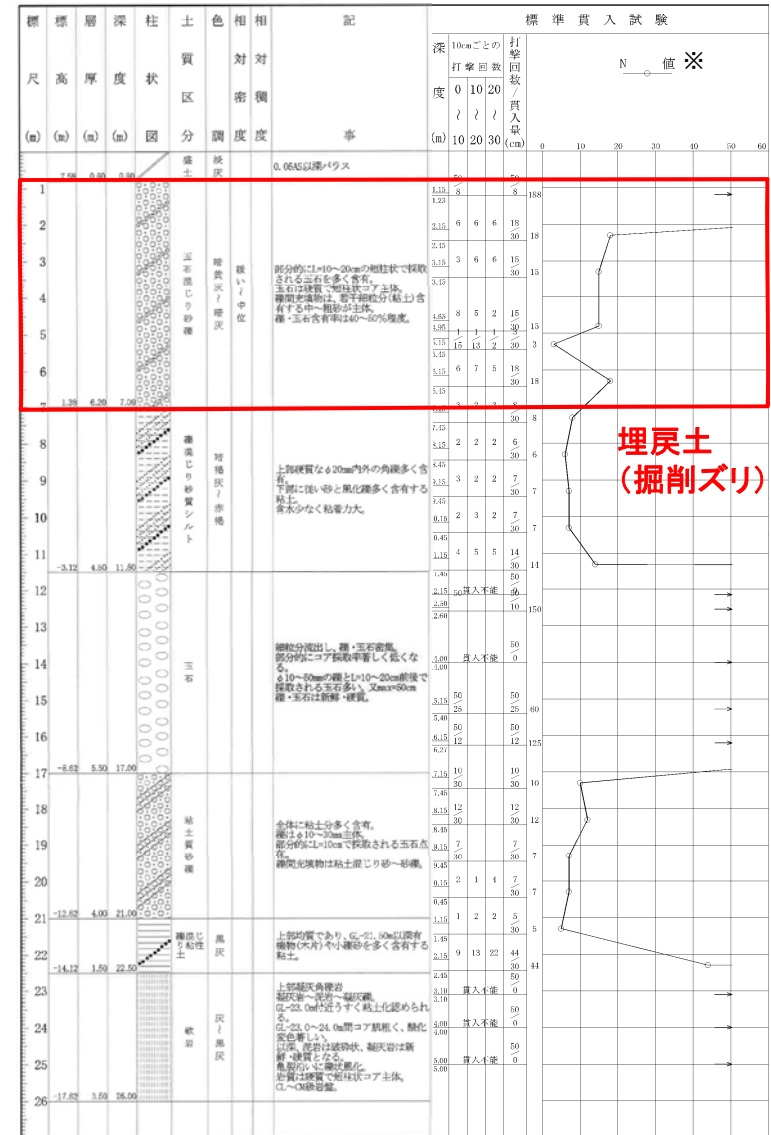
埋戻土
(掘削ズリ)



※N値が50以上のものは、保守的に50として平均値を算定した。

施工後のボーリングデータの比較(コア性状)(3/4)

- ・1, 2号炉建設時に使用した埋戻土は, 敷地造成時の地山掘削によって発生した掘削ズリ(頁岩並びに凝灰岩主体)を利用している。
- ・埋戻土(掘削ズリ)のN値の平均値は19.8 (下限値:3~上限値:50)である。



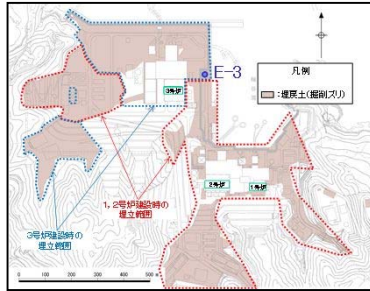
敷地平面図

※N値が50以上のものは, 保守的に50として平均値を算定した。

2.解析用物性値の設定方法 2.7 埋戻土(掘削ズリ)の物性

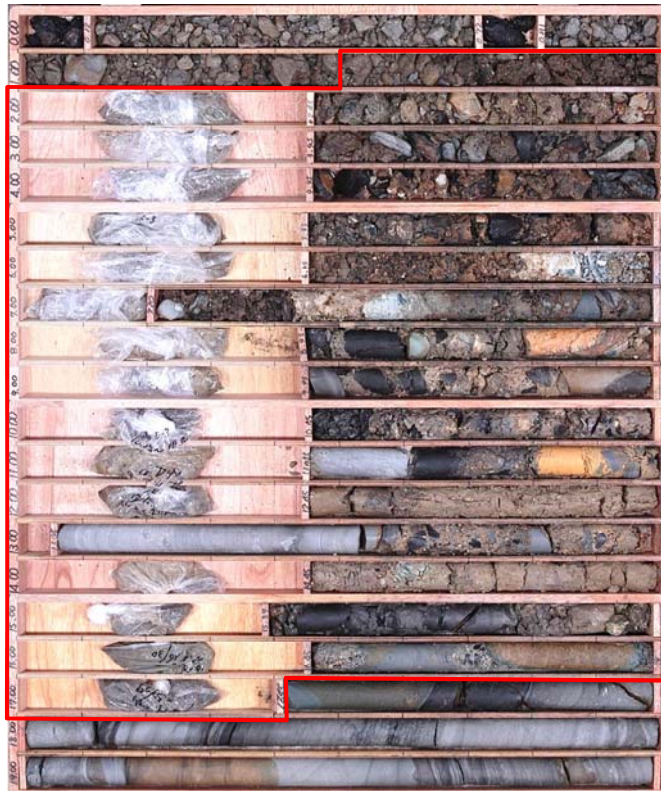
施工後のボーリングデータの比較(コア性状)(4/4)

- ・3号炉建設時に使用した埋戻土は、敷地造成時の地山掘削によって発生した掘削ズリ(頁岩並びに凝灰岩主体)を利用している。
- ・埋戻土(掘削ズリ)のN値の平均値は28.6(下限値:5~上限値:50)である。



敷地平面図

3号炉建設時の埋戻土
ボーリングNo. E-3 1.5m~17.4m



埋戻土
(掘削ズリ)

標高 尺	層厚 度	柱状 区分	土質 相対 密度	相対 湿度	記 事	標準貫入試験												
						深 度	10cmごとの 打撃回数	貫入 量	N 値※									
(m)	(m)	(m)				(m)	10	20	30	(cm)	0	10	20	30	40	50	60	
1	6.98	1.50	1.50		試験区間の埋戻土。片状の玉石点。φ70mmの片状~角礫状にて採取。縦はφ50mm以下の砂石状の角礫。埋戻土中に含まれる低含水。G ₁ -0.72g~0.81g間にア													
2					玉石を片状~角礫状にて採取。φ50mm~30mm以下の角礫混入する。縦間は結土質砂からなり、縦入量にばらつきあり。一部風化礫層状。全層水する。低含水。G ₁ -0.5g~0.7g、0.7g付近グレン状の炭化層状。	2.15	7	18	32									
3						2.45	15	13	15	43								
4						3.43	6	4	3	13								
5						3.43	4	2	4	10								
6						3.43	2	2	1	5								
7	0.98	6.00	7.50			6.15	50	50	50									
8						7.15	5	5	5									
9						7.20	4	3	8	15								
10						8.45	10	5	4	19								
11						9.45	3	5	15	23								
12	-3.53	4.50	12.00			10.33	4	6	8	18								
13	-4.53	1.00	13.00			11.45	8	12	7	27								
14	-5.13	0.60	13.60			12.15	50	50	50									
15	-6.83	1.70	15.30			13.00	5	5	5									
16	-7.33	0.50	15.80			13.03	5	6	5	16								
17	-7.93	0.60	16.40			14.15	20	21	9	50								
18	-8.53	0.60	17.00			15.15	20	21	9	50								
19	-8.93	0.40	17.40			15.39	6	8	22	36								
20	-11.53	2.60	20.00			16.15	6	8	22	36								
21						16.45	4	17	29	50								
						17.15	4	17	29	50								
						17.40	18.11	貫入不能	貫入不能	0								

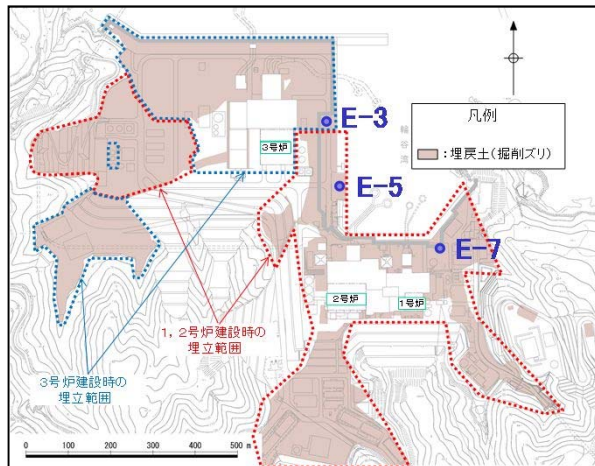
埋戻土
(掘削ズリ)

※N値が50以上のものは、保守的に50として平均値を算定した。

施工後のボーリングデータの比較(PS検層)(1/3)

・施工後にそれぞれのエリアで実施したPS検層結果の加重平均値を比較した結果、1, 2号炉エリアは $V_s=0.32\text{km/s}$ 、3号炉エリアは $V_s=0.42\text{km/s}$ であり、1, 2号炉エリアと3号炉エリアの埋戻土(掘削ズリ)の物性は概ね同等であることを確認した。

埋戻土(掘削ズリ)のPS検層結果の比較



敷地平面図

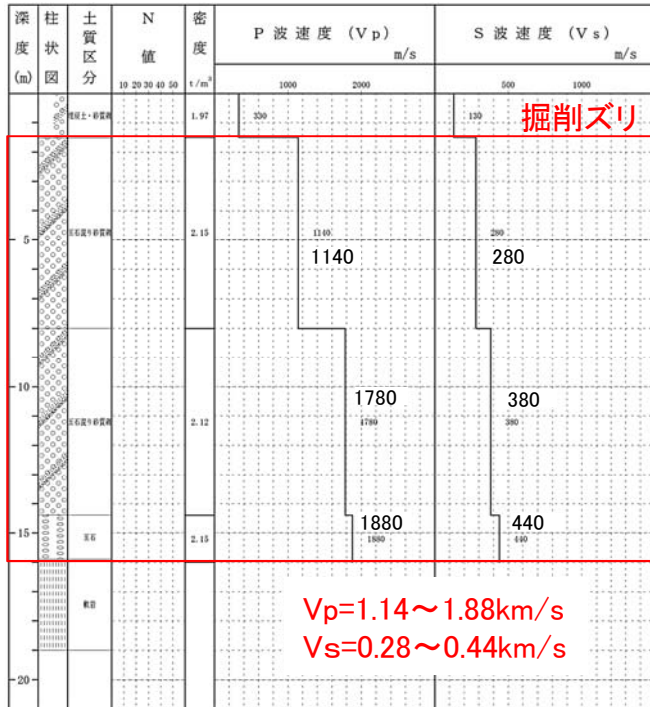
	S波速度※1 V_s (km/s)
1, 2号炉 エリア	0.32 (0.28~0.44)
3号炉 エリア	0.42 (0.31~0.55)

※1 各エリアで得られたP波速度及びS波速度に対し、延長で重み付けした加重平均値。括弧内は上下限値を記載。
P波速度は地下水の影響を受けている可能性があるため、比較考察は、 V_s をもとに行う。

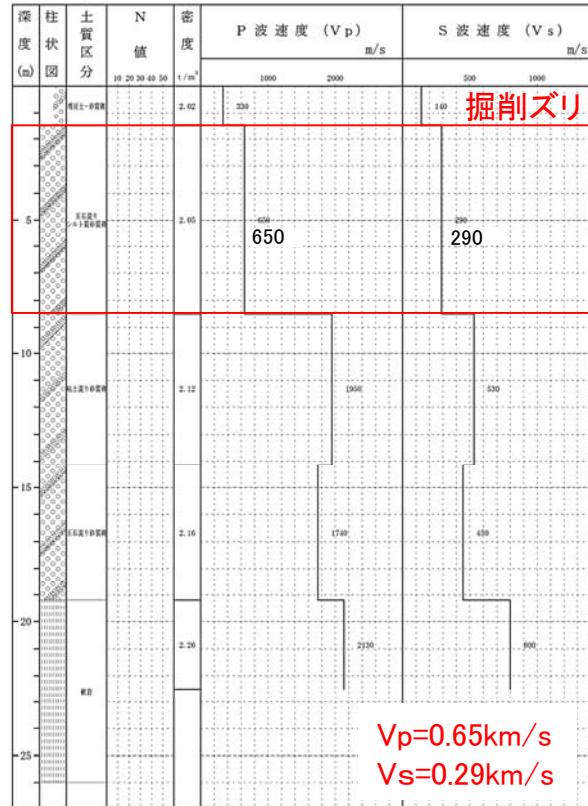
施工後のボーリングデータの比較(PS検層)(2/3)

・1, 2号炉エリアのPS検層の結果は, $V_s=0.28\sim 0.44\text{km/s}$, 3号炉エリアの結果は $V_s=0.31\sim 0.55\text{km/s}$ であり, 1, 2号炉エリアと3号炉エリアの埋戻土(掘削ズリ)の物性は概ね同等である。

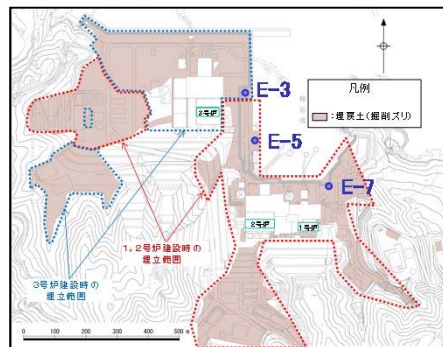
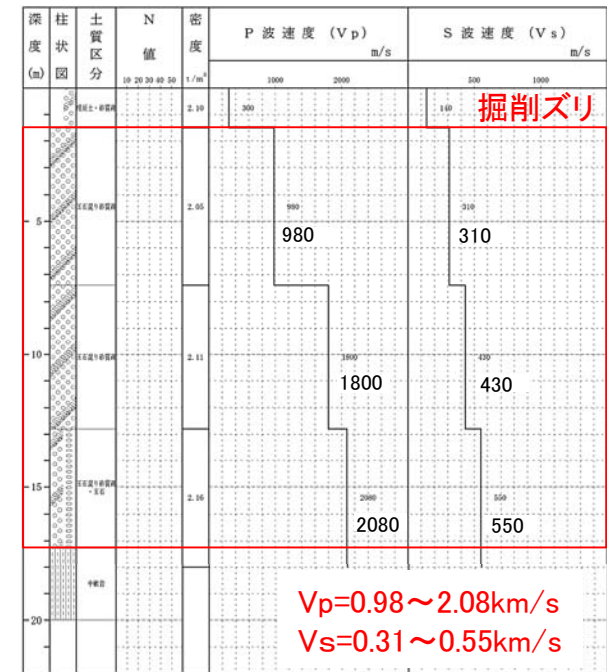
PS検層結果(1, 2号炉エリア)
ボーリングNo. E-5



PS検層結果(1, 2号炉エリア)
ボーリングNo. E-7



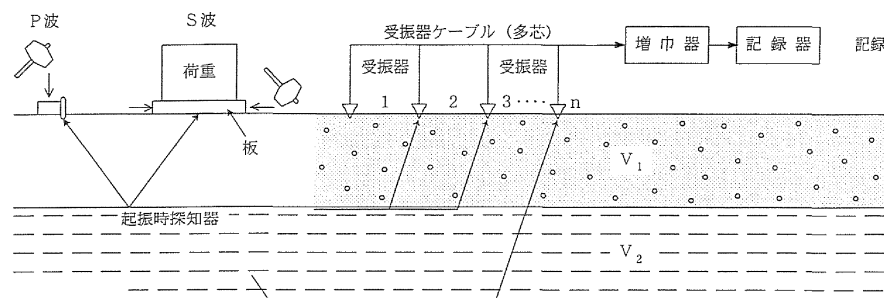
PS検層結果(3号炉エリア)
ボーリングNo. E-3



敷地平面図

施工後のボーリングデータの比較(PS検層)(3/3)

- ・3号炉の現場転圧試験の試験ヤードにおいて、弾性波速度試験を実施した。起震源となる板を設置し、起震源を挟むように受振器を設置した。起震源となる板を上からたたき、P波測定、横からたたきS波測定を行った。
- ・1, 2号炉エリア, 3号炉エリアの埋戻土(掘削ズリ)の施工後のボーリングにおけるPS検層結果と、現場転圧試験時の弾性波速度の比較を行う。1, 2号炉エリア, 3号炉エリアの埋戻土(掘削ズリ)の施工後のPS検層結果は、現場転圧試験で求められたS波速度を上回っていることを確認した。



弾性波速度試験概要

弾性波速度試験結果

		S波速度 Vs(km/s)
現場転圧試験時	弾性波速度試験 (6回転圧)	0.27 (0.26~0.27)
(再掲※) ボーリング調査	1, 2号炉 エリア	0.32 (0.28~0.44)
	3号炉 エリア	0.42 (0.31~0.55)

※ P111で示した施工後のボーリングデータにおけるPS検層結果を比較のため、再掲する。

まとめ

○1, 2号炉エリア及び3号炉エリアの埋戻土(掘削ズリ)について比較を行った結果は以下の通り。

- ・物性試験に用いた試料は、いずれも地山掘削により発生した掘削ズリであり、概ね同様の粒度分布を示す。また、2号炉、3号炉ともに、均等係数が10以上であり、粒度分布の良い盛土材料である。
- ・大型三軸圧縮試験の結果、2号炉、3号炉ともに、締固めエネルギーの増加に伴う乾燥密度の増加に従い、粘着力 c 、内部摩擦角 ϕ ともに増加する傾向が認められる。
- ・2号炉建設時と3号炉建設時の品質管理基準(乾燥密度 $1.95\text{g}/\text{cm}^3$)に対応するせん断強度を比較した結果、2号炉、3号炉の試験結果は、内部摩擦角及び粘着力ともに、概ね同等である。
- ・品質管理基準及び施工方法を比較した結果、2号炉建設時、3号炉建設時の品質管理基準及び施工方法は概ね同等であった。
- ・施工後に1, 2号炉エリア及び3号炉エリアで実施したボーリングデータ比較した結果、コア性状及び弾性波速度はいずれも同等であった。

○以上のことから、1, 2号炉エリア及び3号炉エリアに分布する埋戻土(掘削ズリ)の工学的性質は同一であることから、地盤工学会基準に準拠している3号炉建設時の物性値を1, 2号炉エリア及び3号炉エリアともに使用する。

3. 建物のモデル化方法

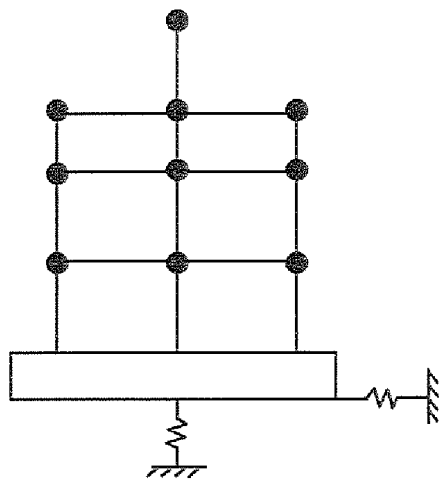
3. 1 各建物のモデル化

2号炉原子炉建物

3. 建物のモデル化方法 3.1 各建物のモデル化

2号炉原子炉建物のモデル化の流れ

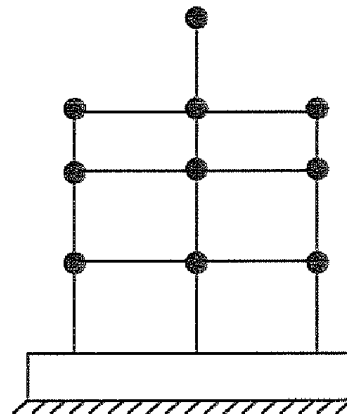
- ・2号炉原子炉建物は複雑な構造であることから、「原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術<技術資料>」(土木学会,2009)を参考に,多質点系建屋モデルから建屋各層の水平剛性 K_H ,鉛直剛性 K_V ,及び曲げ剛性 K_ϕ を用いて,せん断剛性,ばね定数及びポアソン比を求め,等価な有限要素モデルを作成する。
- ・多質点系モデル及び有限要素モデルについて,固有値解析を実施し,両モデルの振動特性が整合することを確認する。



多質点系モデル(地盤バネ有)



地盤バネを削除

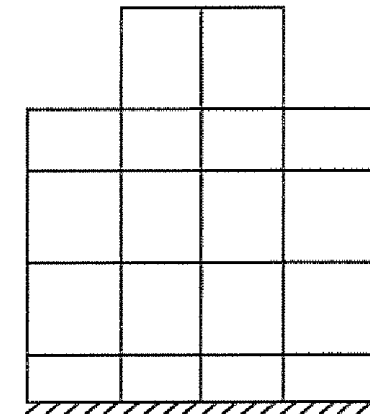


フロア毎に重量集約
層毎に剛性を集約
・水平剛性 K_H
・鉛直剛性 K_V
・曲げ剛性 K_ϕ

多質点系モデル(地盤バネ無)



層毎に等価な剛性を設定
・せん断剛性
・ポアソン比
・ばね定数



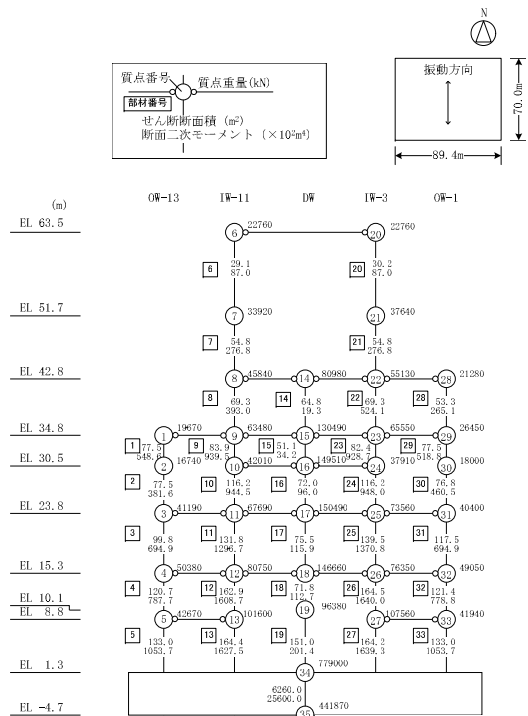
固有値解析により多質点系モデル(地盤バネ無)と振動特性が整合することを確認

有限要素モデル
(水平・鉛直同時加振モデル)

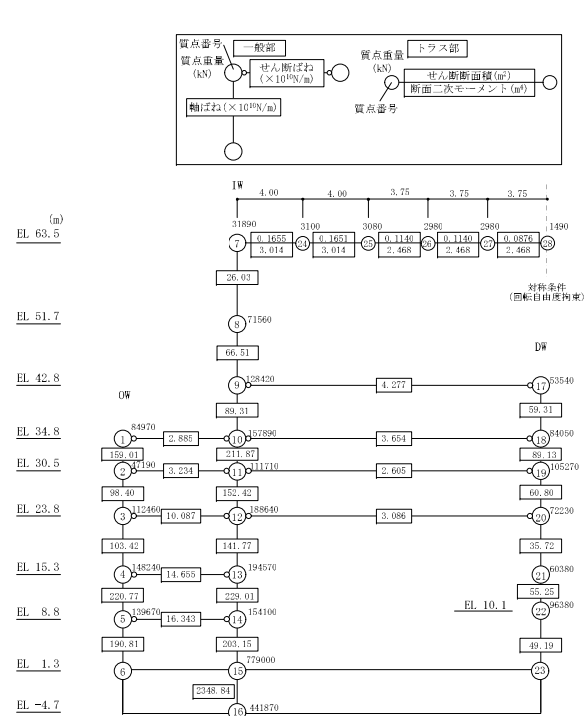
3. 建物のモデル化方法 3.1 各建物のモデル化

2号炉原子炉建物(南北)のモデル化

- ・2号原子炉建物(①-①'断面)について、多質点系モデルと等価な有限要素モデル(水平・鉛直同時加振モデル)を作成した。
- ・多質点系モデル及び有限要素モデルについて、固有値解析の結果を「3.2 固有値解析による検証」に示す。



水平モデル(NS方向)

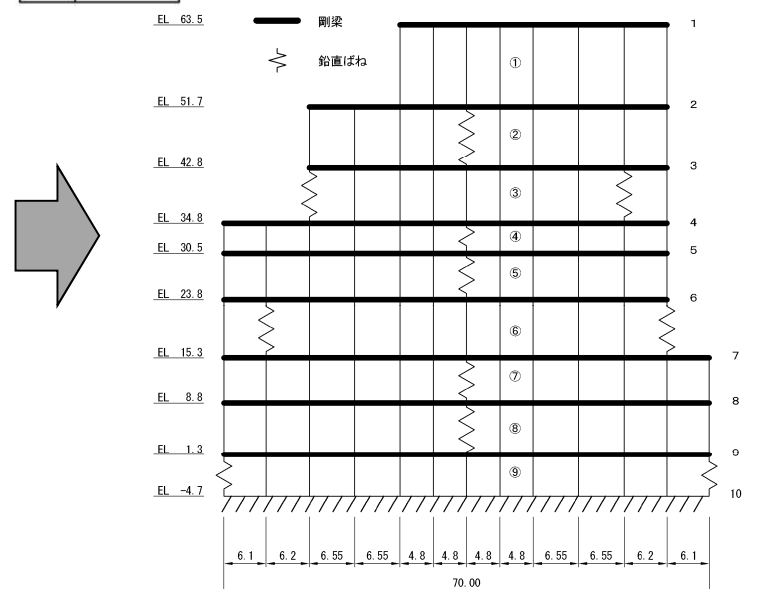


鉛直モデル

多質点系モデル

有限要素モデル物性値

物性番号	単位換算重量 w (kN/m ²)	平面ひずみ要素			鉛直ばね		減衰定数 h (%)
		せん断弾性係数 G (kN/m ²)	ヤング係数 E (kN/m ²)	ポアソン比 ν	ばね係数 kv (kN/m/m)	ばね間隔 di (m)	
1	13.225	1.648E+05	4.579E+05	0.38903	—	—	5
2	15.513	2.273E+05	6.288E+05	0.38307	1.858E+05	0.0	5
3	44.056	5.324E+05	1.452E+06	0.36391	1.590E+05	45.4	5
4	53.502	6.237E+05	1.730E+06	0.38718	1.603E+05	0.0	5
5	46.243	7.683E+05	2.065E+06	0.34391	1.763E+06	0.0	5
6	65.351	9.448E+05	2.507E+06	0.32679	1.667E+06	57.8	5
7	64.428	9.805E+05	2.650E+06	0.35126	4.177E+06	0.0	5
8	62.344	1.140E+06	3.069E+06	0.34589	2.296E+06	0.0	5
9	124.481	9.571E+06	2.143E+07	0.11973	1.177E+05	70.0	5
10	70.609						



有限要素モデル(水平・鉛直同時加振モデル)

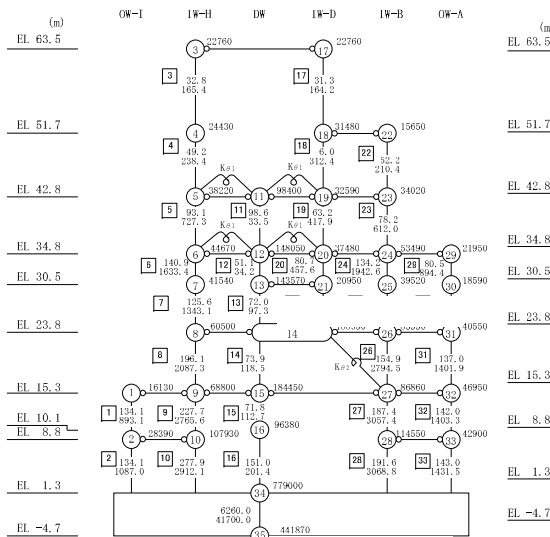
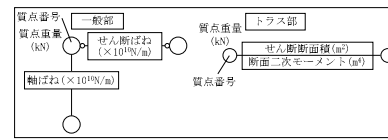
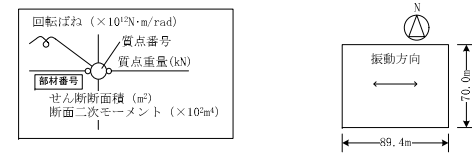
3. 建物のモデル化方法 3.1 各建物のモデル化

2号炉原子炉建物(東西)のモデル化

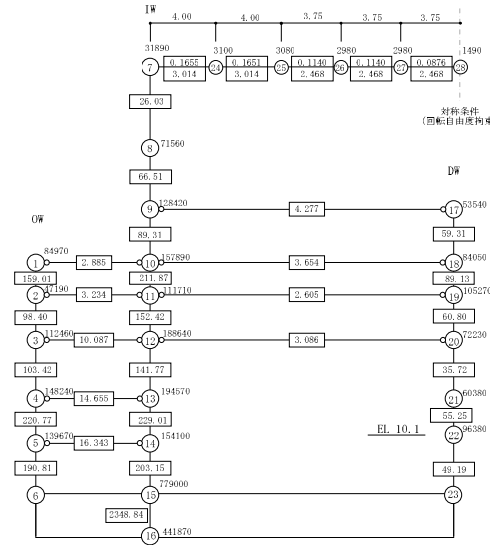
- ・2号原子炉建物(②-②'断面)について、多質点系モデルと等価な有限要素モデル(水平・鉛直同時加振モデル)を作成した。
- ・多質点系モデル及び有限要素モデルについて、固有値解析の結果を「3.2 固有値解析による検証」に示す。

有限要素モデル物性値

物性番号	単位換算重量 w (kN/m ²)	平面ひずみ要素			鉛直ばね		減衰定数 h (%)	
		せん断弾性係数 G (kN/m ²)	ヤング係数 E (kN/m ²)	ポアソン比 v	ばね係数 kv (kN/m)	ばね間隔 di (m)		
1	12.602	①	1.696E+05	4.624E+05	0.36338	8.052E+04	51.6	5
2	19.812	②	2.841E+05	7.766E+05	0.36677	7.705E+05	51.6	5
3	41.181	③	6.449E+05	1.608E+06	0.24680	1.869E+06	0.0	5
4	48.840	④	7.442E+05	1.935E+06	0.30027	4.849E+06	0.0	5
5	42.213	⑤	7.454E+05	1.935E+06	0.29786	4.371E+06	0.0	5
6	59.656	⑥	8.579E+05	2.280E+06	0.32881	1.822E+06	0.0	5
7	64.428	⑦	1.165E+06	3.065E+06	0.31568	4.567E+06	0.0	5
8	62.344	⑧	1.370E+06	3.525E+06	0.28593	4.128E+06	0.0	5
9	124.481	⑨	9.558E+06	2.127E+07	0.11260	3.883E+04	89.4	5
10	70.609							

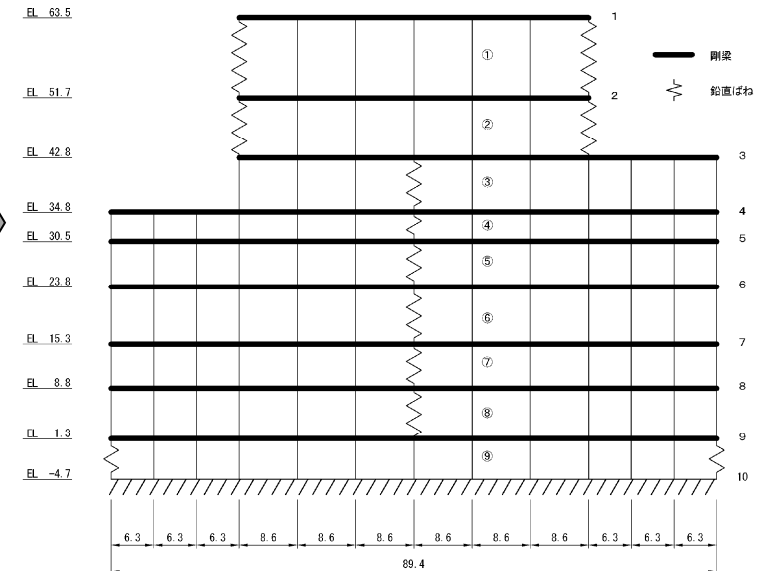
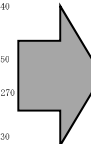


水平モデル(EW方向)



鉛直モデル

多質点系モデル



有限要素モデル(水平・鉛直同時加振モデル)

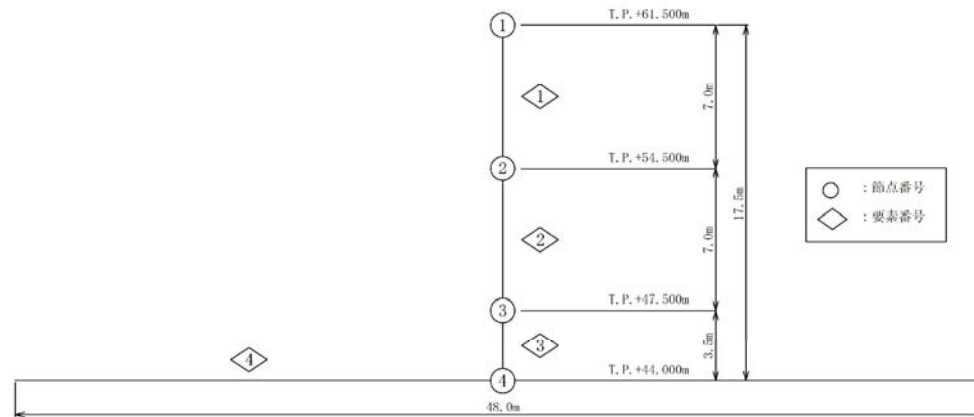
3. 建物のモデル化方法

3. 1 各建物のモデル化

ガスタービン発電機建物

3. 建物のモデル化方法 3.1 各建物のモデル化 ガスタービン発電機建物のモデル化

・ガスタービン発電機建物(③-③'断面)は比較的単純な構造であることから、多質点系モデルを地盤モデルに接続してモデル化した。



多質点系モデル(地盤モデル接続)

多質点系モデル(地盤モデル接続)物性値

要素番号	ヤング係数 E(kN/m ²)	せん断弾性係数 G(kN/m ²)	ポアソン比 ν	断面積 A(m ²)	せん断断面積 As(m ²)	断面2次モーメント I(m ⁴)	せん断面積比 S=As/A	減衰定数 h	備考	節点番号	重量 (kN)	回転慣性 (kN・m)
1	2.44×10 ⁷	1.02×10 ⁷	0.2	4.135076	1.873638	283.7	0.4531	0.05	側壁上部	1	1315.468	144880.174
2	2.44×10 ⁷	1.02×10 ⁷	0.2	7.607843	4.684096	1124	0.615693	0.05	側壁下部	2	2160.566	333769.063
3	2.44×10 ⁷	1.02×10 ⁷	0.2	48	48	9216	1	0.05	基礎スラブ	3	2953.595	568627.451
4	2.44×10 ⁷	1.02×10 ⁷	0.2	100	100	83333	1	0.05	剛梁	4	2530.501	486928.105
										合計	8960.130	1534204.793

3. 建物のモデル化方法

3.1 各建物のモデル化

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)

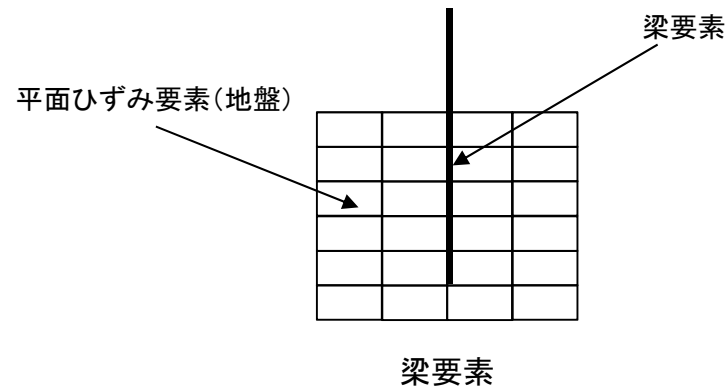
3. 建物のモデル化方法 3.1 各建物のモデル化

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)のモデル化

第910回審査会合
資料1-2 P121 再掲

122

・防波壁(多重鋼管杭式擁壁)(⑦-⑦'断面)は、杭構造物であることから、線形の梁要素でモデル化した。



防波壁(多重鋼管杭式擁壁, 梁要素)の解析用物性値

構造	地上部 1 重管	地中部 4 重管
	被覆コンクリート + 鋼管杭 φ1600	
合成断面積 A (m ²)	0.2489	0.3770
合成断面二次モーメント I (m ⁴)	0.1433	0.1467
合成単位体積重量 γ (kN/m ³)	172.3	126.5
ポアソン比 ν	0.30	0.30
せん断剛性 G (kN/m ²)	7.692×10 ⁷	7.692×10 ⁷
減衰定数 (%)	1.00	1.00

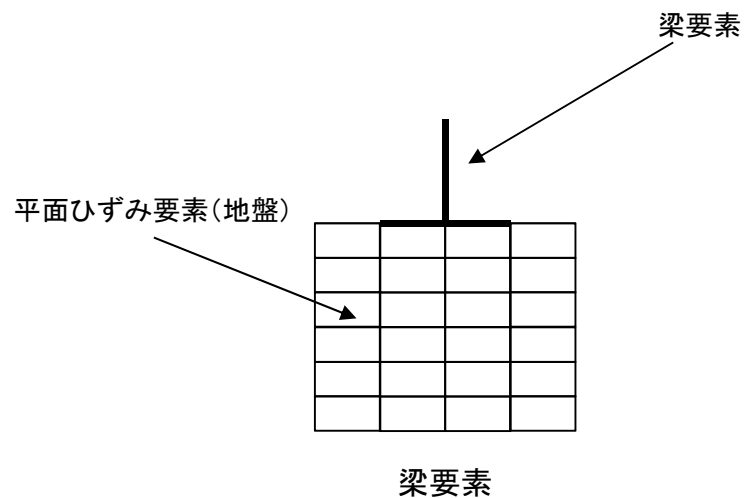
3. 建物のモデル化方法

3. 1 各建物のモデル化

防波壁(逆T擁壁)

防波壁(逆T擁壁)のモデル化

・防波壁(逆T擁壁)(⑪-⑪'断面)は、断面方向に細長な構造物であることから、線形の梁要素でモデル化した。



防波壁(逆T擁壁, 梁要素)の解析用物性値

構造	鉄筋コンクリート
合成断面積 A (m ²)	2.0000
合成断面二次モーメント I (m ⁴)	0.6667
合成単位体積重量 γ (kN/m ³)	24.5
ポアソン比 ν	0.20
せん断剛性 G (kN/m ²)	1.042 × 10 ⁷
減衰定数 (%)	5.00

余白

3. 建物のモデル化方法

3. 2 固有値解析による検証

3. 建物のモデル化方法 3.2 固有値解析による検証
2号炉原子炉建物(南北)

第910回審査会合
資料1-2 P123 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

・多質点系モデル及び有限要素モデルについて、固有値解析を実施した結果、水平方向・鉛直方向ともに固有周期は概ね一致し、作成した有限要素モデルが妥当であることを確認した。

2号炉原子炉建物(南北) ①-①'断面		多質点系モデル		有限要素モデル	
		固有周期(S)	刺激係数	固有周期(S)	刺激係数
水平	1次	0.198	1.983	0.198	2.020
	2次	0.094	1.658	0.094	1.684
	3次	0.062	0.994	0.061	0.996
鉛直	1次	0.088	5.615	0.088	2.455
	2次	0.044	1.081	0.040	1.380
	3次	0.024	1.008	0.028	1.219

3. 建物のモデル化方法 3.2 固有値解析による検証
 2号炉原子炉建物(東西)

・多質点系モデル及び有限要素モデルについて、固有値解析を実施した結果、水平方向・鉛直方向ともに固有周期は概ね一致し、作成した有限要素モデルが妥当であることを確認した。

2号炉原子炉建物(東西) ②-②'断面		多質点系モデル		有限要素モデル	
		固有周期(S)	刺激係数	固有周期(S)	刺激係数
水平	1次	0.182	1.967	0.182	1.970
	2次	0.088	1.586	0.089	1.558
	3次	0.057	1.000	0.056	0.722
鉛直	1次	0.088	5.615	0.088	1.917
	2次	0.044	1.081	0.038	1.162
	3次	0.024	1.008	0.028	0.973

4. 隣接施設のモデル化

隣接施設のモデル化の考え方

・代表施設の隣接施設は、以下の方針でモデル化を行う。

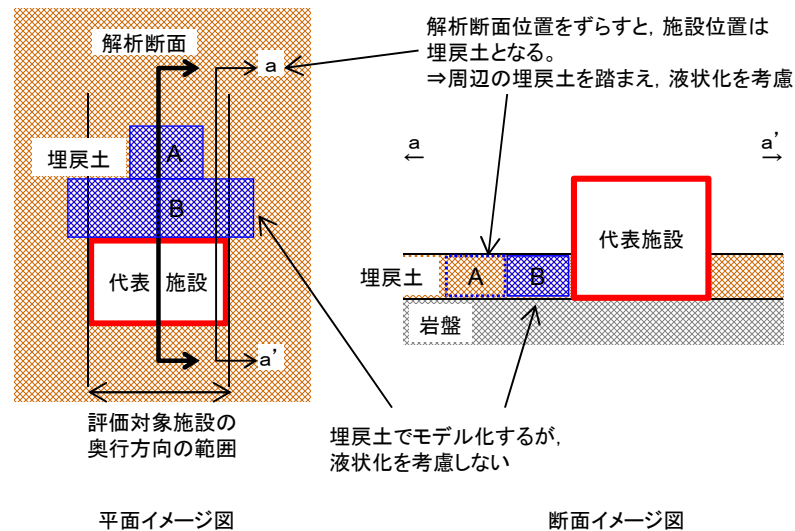
解析領域内に配置される代表施設の隣接施設を対象とし、以下の観点からモデル化を行う。

【埋戻土中の地中構造物】

- ・地盤応答に与える影響は軽微と考えられることから、施設としてモデル化せず、埋戻土でモデル化する。施設の空洞部分も埋戻土とするため、重量の観点から保守的な評価となる。
- ・評価対象施設の奥行方向の範囲において、隣接施設周辺に埋戻土が存在する場合は、液状化を考慮する。(下図参照)

【上記以外の施設】

- ・施設重量が相対的に大きい場合(代表施設の1割程度とする)、代表施設基礎地盤の地盤応答に影響を与える可能性があることから、施設としてモデル化する。

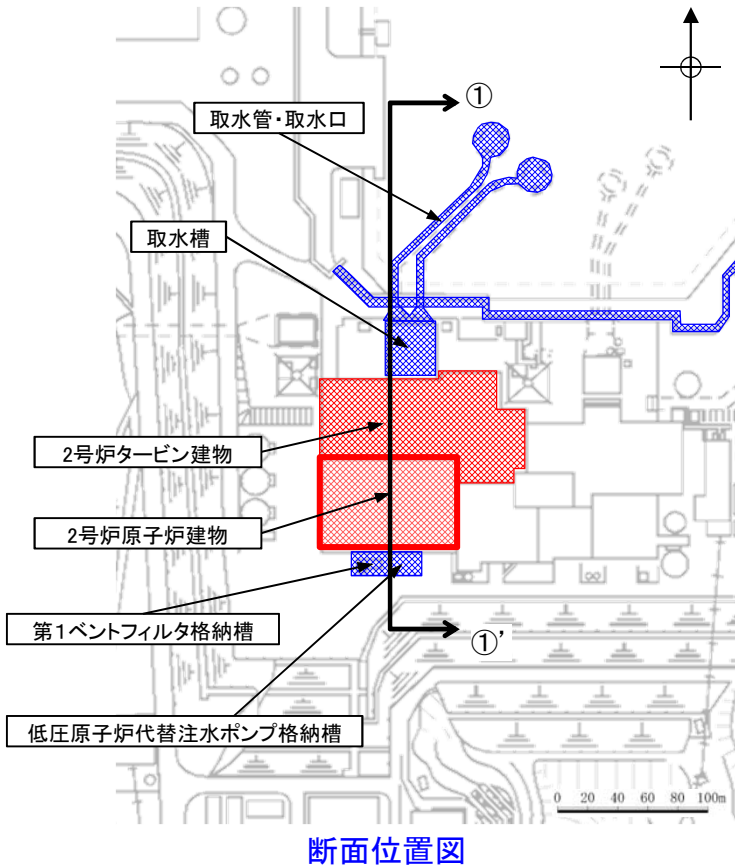


4. 隣接施設のモデル化

2号炉原子炉建物基礎地盤(南北)

- ・モデル化領域(施設の側方「2.5×構造物幅」以上)内に配置されている隣接施設を抽出し、施設重量、埋設の有無等により、施設としてのモデル化の可否を検討した。
- ・なお、抽出する隣接施設は、左下図に示す評価対象断面上の施設とした。

・原子炉建物(南北断面)



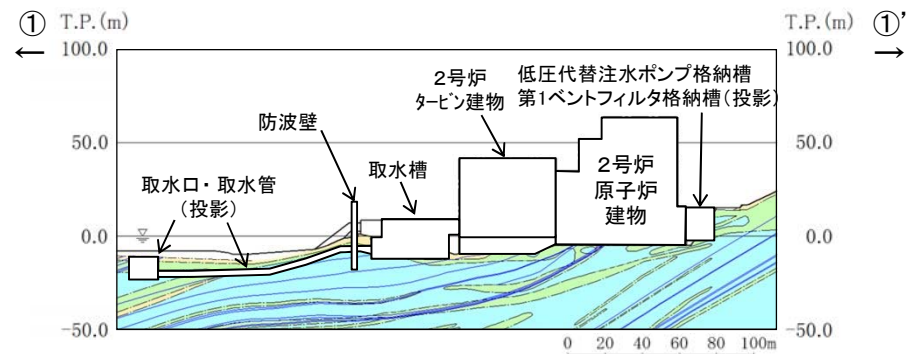
【凡例】

- : 代表施設
- : モデル化する施設
- : モデル化しない施設

↑ ↑ : 評価対象断面

施設名称	埋戻土中の 地中構造物 (該当に●)	施設 総重量 (MN)	代表施設との 重量比 (隣接/代表)	モデル化方法
2号炉原子炉建物	—	3,278	—	代表施設
2号炉タービン建物	—	2,112	0.64	施設としてモデル化する
取水槽	●	—	—	埋戻土でモデル化する (液状化を考慮する)
第1ベントフィルタ格納槽	●	—	—	
低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	●	—	—	
取水口・取水管	—	5	0.001	モデル化しない
防波壁(多重鋼管杭式擁壁)	—	78	0.02	
施設護岸	●	—	—	埋戻土でモデル化する (液状化を考慮しない)

- ・隣接する施設のうち、施設の重量が相対的に大きく、原子炉建物基礎地盤の地盤応答に影響を与える可能性がある2号炉タービン建物を施設としてモデル化した。
- ・取水槽等の地中構造物は、地盤応答に与える影響は軽微と考え、施設としてモデル化しないこととした。



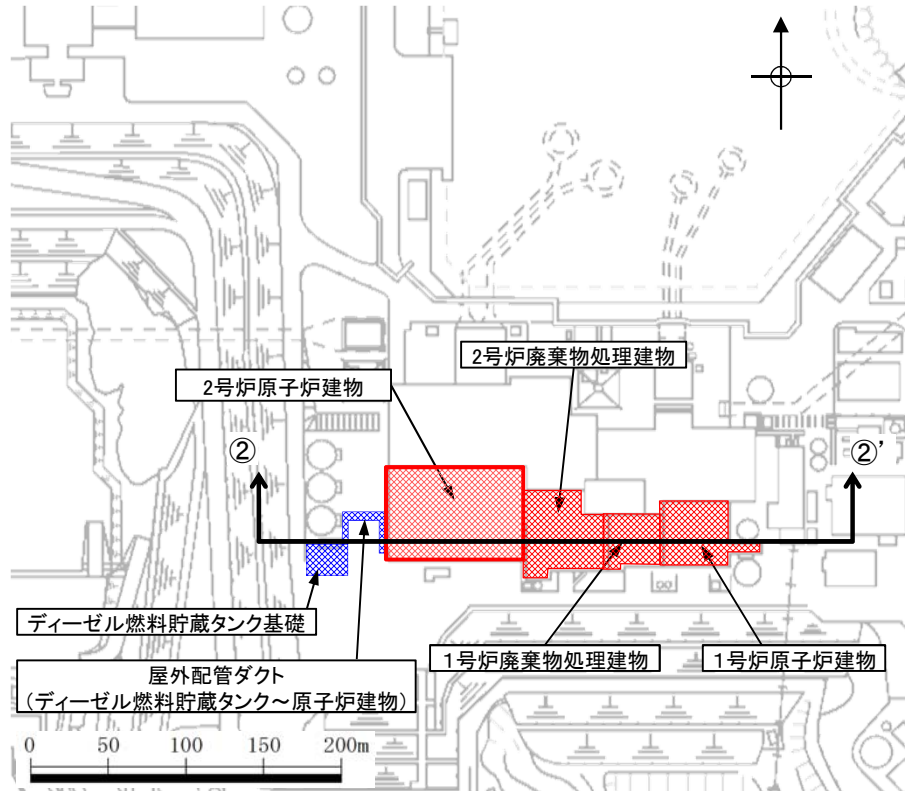
①-①' 断面図

4. 隣接施設のモデル化

2号炉原子炉建物基礎地盤(東西)

- ・モデル化領域(施設の側方「2.5×構造物幅」以上)内に配置されている隣接施設を抽出し、施設重量、埋設の有無等により、施設としてのモデル化の可否を検討した。
- ・なお、抽出する隣接施設は、左下図に示す評価対象断面上の施設とした。

・原子炉建物(東西断面)



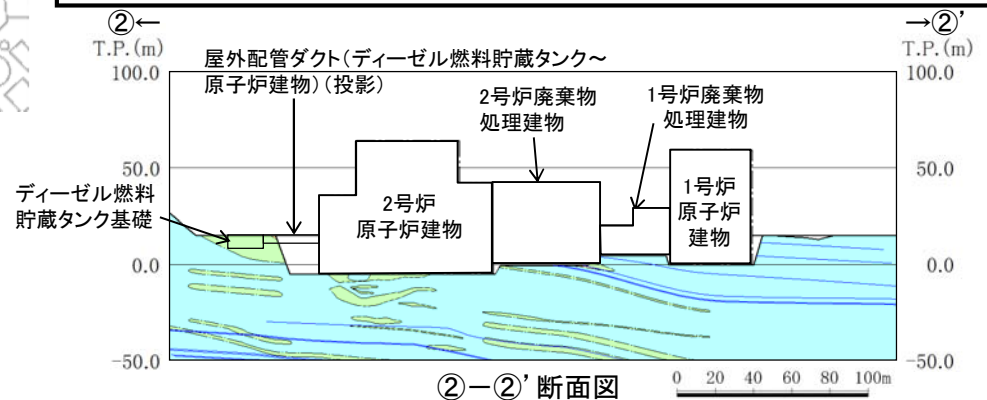
断面位置図

- 【凡例】
- 代表施設 (Red hatched box)
 - モデル化する施設 (Red dotted box)
 - モデル化しない施設 (Blue dotted box)
- ↑ ↑ : 評価対象断面

施設名称	埋戻土中の 地中構造物 (該当に●)	施設 総重量 (MN)	代表施設との 重量比 (隣接/代表)	モデル化方法
2号炉原子炉建物	—	3,278	—	代表施設
2号炉廃棄物処理建物	—	1,167	0.36	施設としてモデル化する
1号炉原子炉建物	—	763	0.23	
1号炉廃棄物処理建物	—	273	0.08	
ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎	●	—	—	埋戻土でモデル化する (液状化を考慮する)
屋外配管ダクト(ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物)	●	—	—	



- ・隣接する施設のうち、施設の重量が相対的に大きく、原子炉建物基礎地盤の地盤応答に影響を与える可能性がある2号炉廃棄物処理建物、1号炉原子炉建物、及び1号炉廃棄物処理建物を施設としてモデル化した。
- ・ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎等の地中構造物は、地盤応答に与える影響は軽微と考え、施設としてモデル化しないこととした。



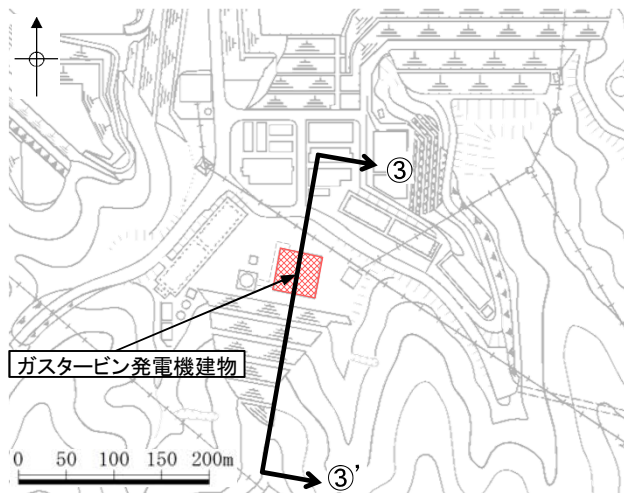
②-②' 断面図

4. 隣接施設のモデル化

ガスタービン発電機建物基礎地盤・周辺斜面

- ・モデル化領域(施設の側方「 $2.5 \times$ 構造物幅」以上)内に配置されている隣接施設を抽出し、施設重量、埋設の有無等により、施設としてのモデル化の可否を検討した。
- ・なお、抽出する隣接施設は、左下図に示す評価対象断面上の施設とした。

・ガスタービン発電機建物(南北断面)



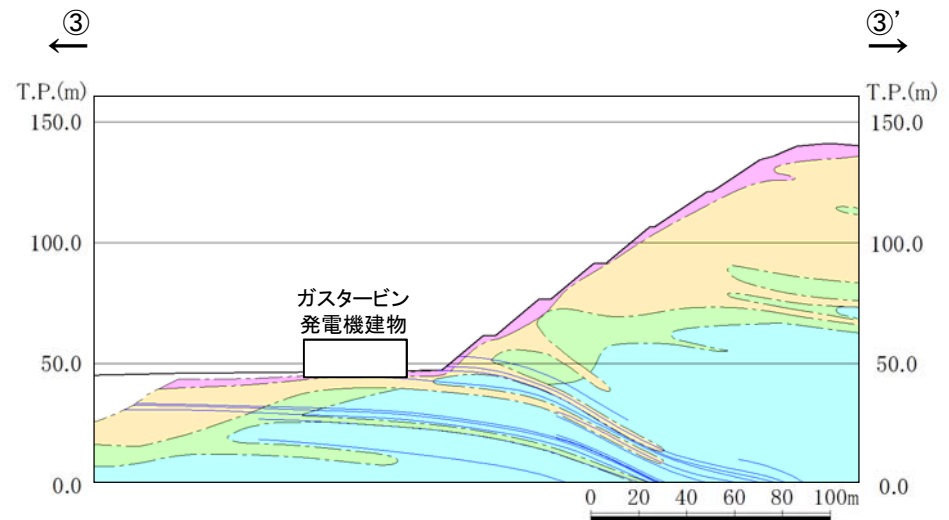
ガスタービン発電機建物

断面位置図

【凡例】

- : 代表施設
- ↗ ↖ : 評価対象断面

・代表施設の周囲に、地盤応答に影響を及ぼす可能性のある施設は存在しない。



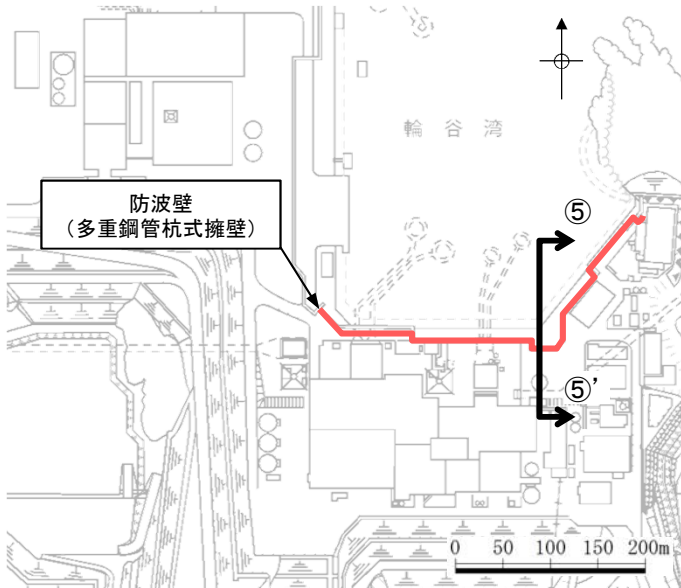
③-③' 断面図

4. 隣接施設のモデル化

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)基礎地盤

- ・モデル化領域(施設の側方「2.5×構造物幅」以上)内に配置されている隣接施設を抽出し、施設重量、埋設の有無等により、施設としてのモデル化の可否を検討した。
- ・なお、抽出する隣接施設は、左下図に示す評価対象断面上の施設とした。

・防波壁(多重鋼管杭式擁壁)(南北断面)



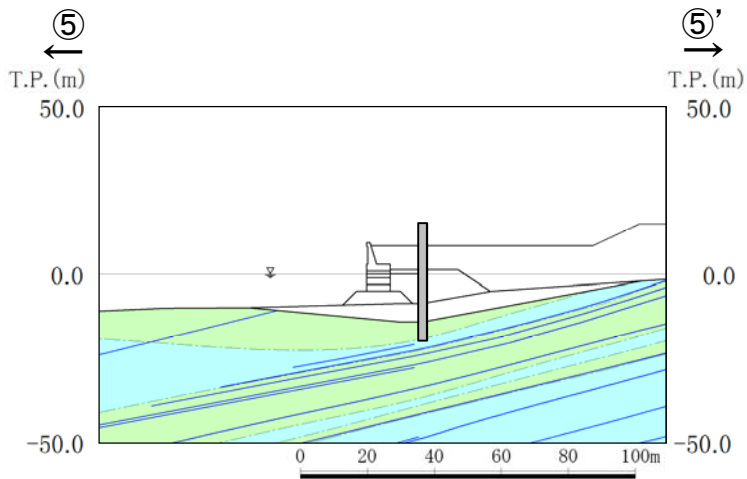
断面位置図

- 【凡例】
- : 代表施設
 - ↕ ↕ : 評価対象断面

施設名称	埋戻土中の 地中構造物 (該当に●)	施設 総重量 (MN)	代表施設との 重量比 (隣接/代表)	モデル化方法
防波壁(多重鋼管杭式擁壁)	—	78	—	代表施設
施設護岸	●	1.6	0.02	埋戻土でモデル化する (液状化を考慮しない)



- ・施設護岸は地中構造物であることから、地盤応答に与える影響は軽微と考え、施設としてモデル化しないこととした。



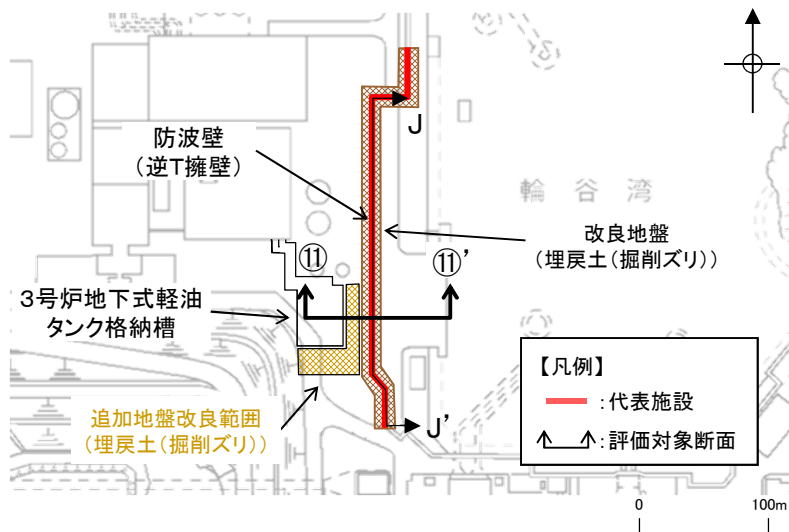
⑤-⑤' 断面図

4. 隣接施設のモデル化

防波壁(逆T擁壁)基礎地盤

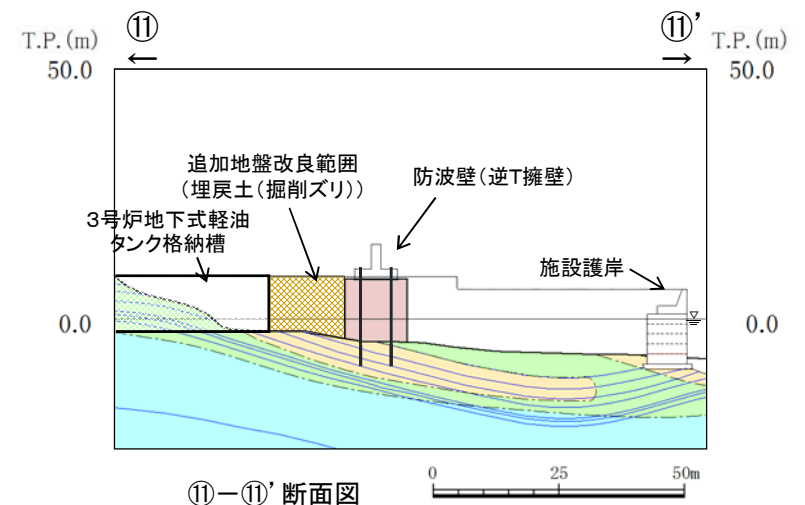
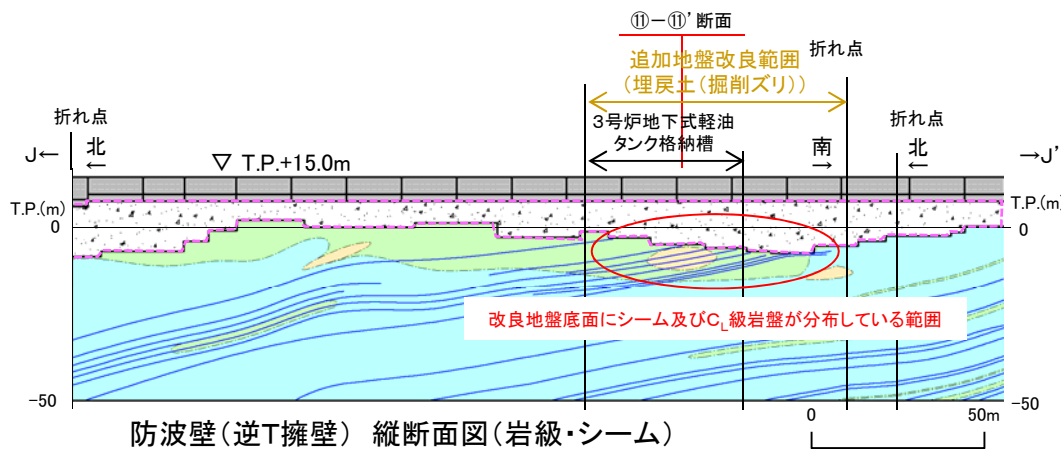
- ・モデル化領域(施設の側方「2.5×構造物幅」以上)内に配置されている隣接施設を抽出し、施設重量、埋設の有無等により、施設としてのモデル化の要否を検討した。
- ・なお、抽出する隣接施設は、左下図に示す評価対象断面上の施設とした。

・防波壁(逆T擁壁)(東西断面)



施設名称	埋戻土中の地中構造物(該当に●)	施設総重量(MN)	代表施設との重量比(隣接/代表)	モデル化方法
防波壁(逆T擁壁)	—	17	—	代表施設
3号炉地下式軽油タンク格納槽	●	—	—	埋戻土でモデル化する(液状化を考慮しない)
施設護岸	●	—	—	

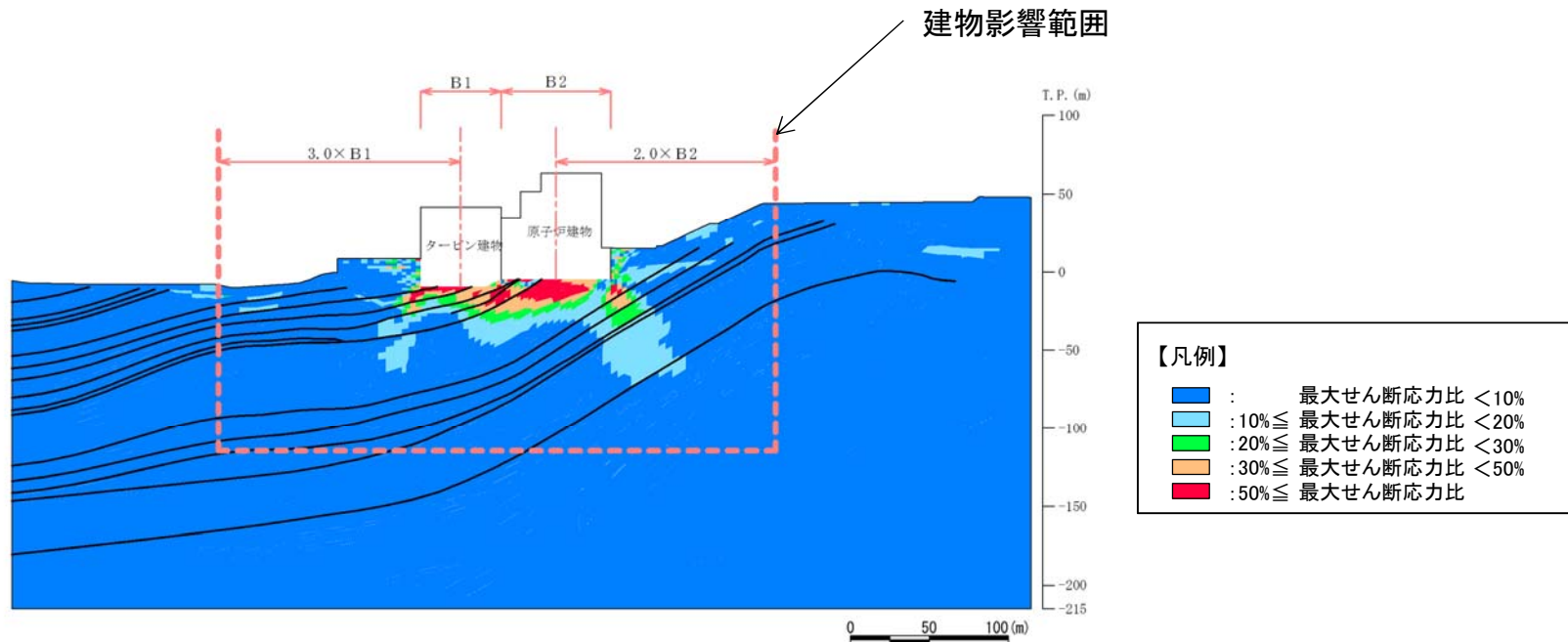
- ・3号炉地下式軽油タンク格納槽及び施設護岸は地中構造物であることから、地盤応答に与える影響は軽微と考え、施設としてモデル化しないこととした。
- ・⑪-⑪'断面で代表する範囲(改良地盤直下にC₁級岩盤及びシームが分布する範囲)には、3号炉地下式軽油タンク格納槽もしくは改良地盤が存在することから、施設護岸と同様に、⑪-⑪'断面において液状化を考慮しないこととした。



5. 建物影響範囲の設定方法

【最大せん断応力比 算定式】

$$\text{最大せん断応力比} = \left| \frac{\text{建屋ありの } \tau_{\max} - \text{建屋なしの } \tau_{\max}}{\text{建屋なしの } \tau_{\max}} \right| \times 100 (\%)$$



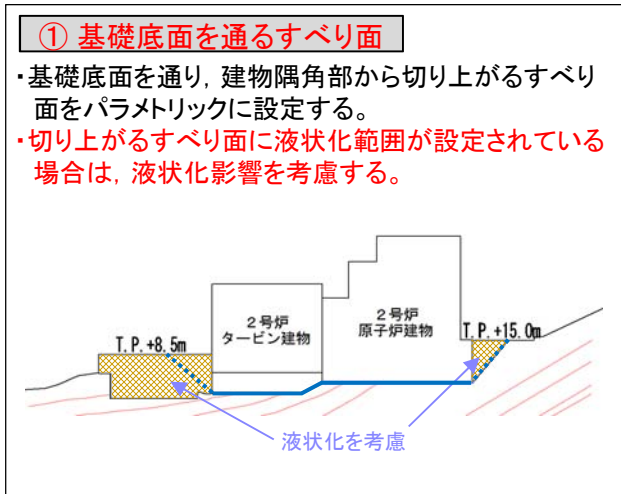
例) 2号炉原子炉建物 最大せん断応力比の分布

- ・土木学会(2009)に基づき, 構築物がある場合とない場合の S_s-D による動的解析(平均強度)を実施し, 両者の解析によって得られる応力変動(最大せん断応力比)を比較することにより, 構築物の影響を受ける可能性がある範囲を決定した。
- ・構築物の影響で応力が変動する領域を概ね包含している範囲を建物影響範囲に設定した上で, その範囲内ですべり面を設定することとした。

6. 要素の局所安全係数図

すべり面の設定(基礎地盤)

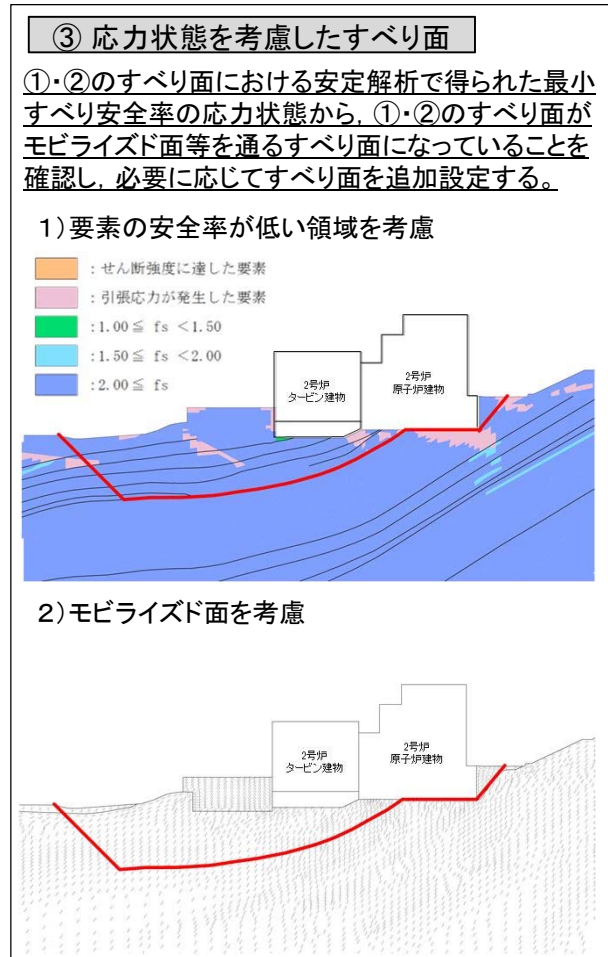
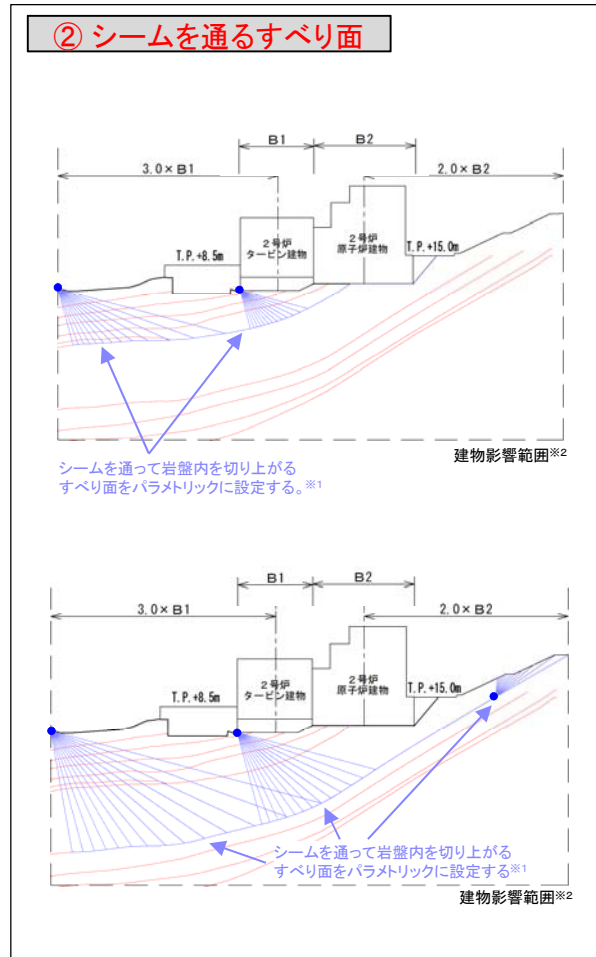
- ・基礎底面を通るすべり面は、建物隅角部から切り上がるすべり面を設定する。
- ・シームを通るすべり面は、シームを通過して岩盤内を切り上がるすべり面をパラメトリックに設定する。
- ・基礎底面を通るすべり面及びシームを通るすべり面における応力状態を踏まえ、必要に応じてすべり面を追加設定する。



※1 5° ~ 85° の範囲をパラメトリックに設定(5° 間隔)
※2 建物影響範囲については、補足資料「5. 建物影響範囲の設定方法」に示す。

凡例

- : シーム
- : すべり面
- : 切上がりの固定点

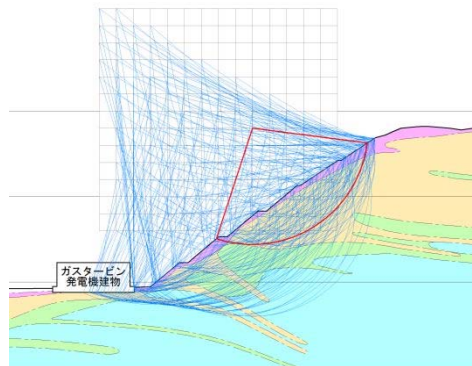


すべり面の設定（周辺斜面）

- ・すべり安全率を算定するすべり面については、簡便法によるすべり面及びシーム等の弱層を通るすべり面を設定し、応力状態を踏まえて必要に応じてすべり面を追加設定する。
- ・シーム等の弱層を通るすべり面は、基礎地盤で設定したものと同様に角度をパラメトリックに設定する。

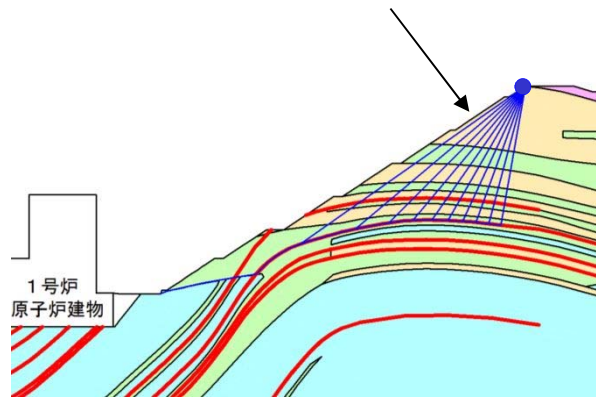
① 簡便法によるすべり面

- ・すべり面の形状を円弧と仮定し、中心と半径を変化させ、すべり安全率が最小となるすべり面を抽出する。
- ・作用させる静的地震力は原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-2015)に基づき、 $K_H=0.3$, $K_V=0.15$ とする。



② シーム等の弱層を通るすべり面

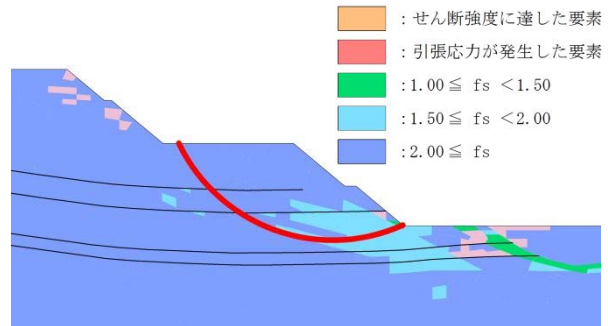
シームから岩盤を切り上げるすべり面をパラメトリックに設定する。



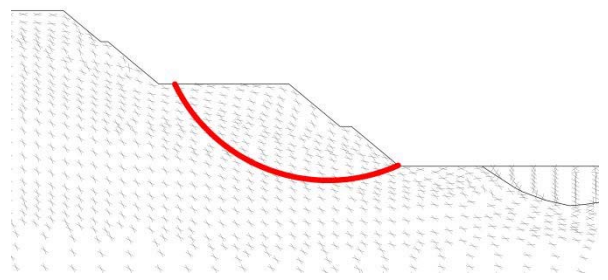
③ 応力状態を考慮したすべり面

①・②のすべり面における安定解析で得られた最小すべり安全率の応力状態から、①・②のすべり面がモビライズド面等を通るすべり面になっていることを確認し、必要に応じてすべり面を追加設定する。

1) 要素の安全率が低い領域を考慮



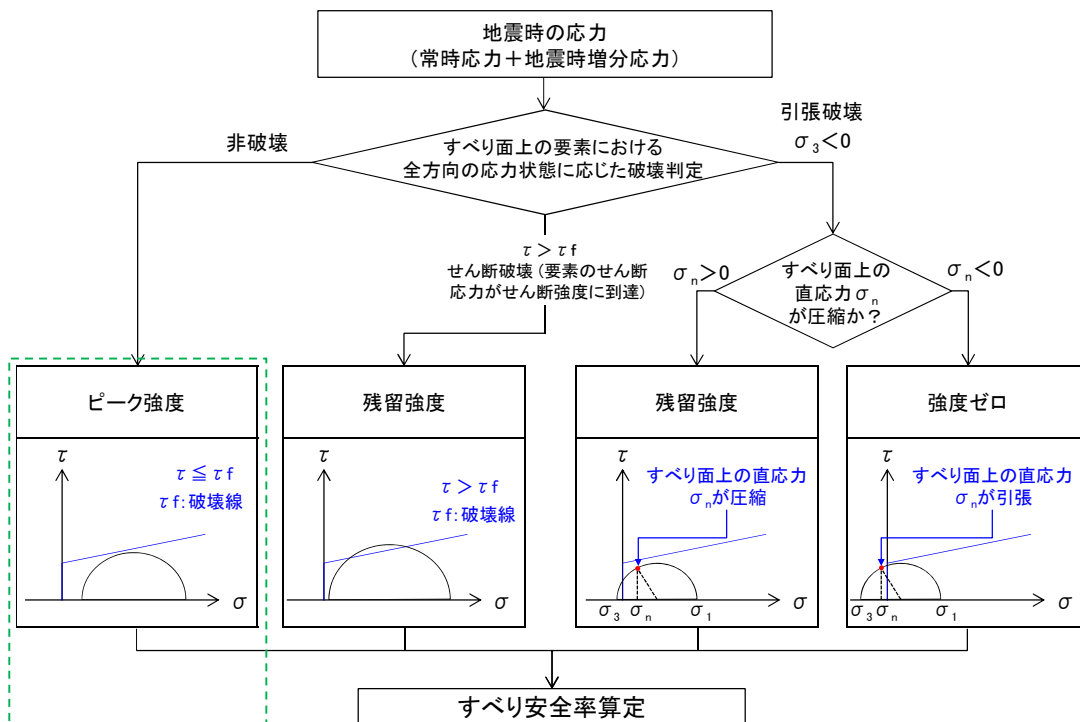
2) モビライズド面を考慮



追加のすべり面の設定の考え方(1/2)

・設定したすべり面について、「破壊領域を通るすべり面」又は「モビライズド面を通るすべり面」になっているか、最小すべり安全率を示す応力状態を踏まえて以下の観点から確認し、これらを通るすべり面になっていない場合は追加設定する。

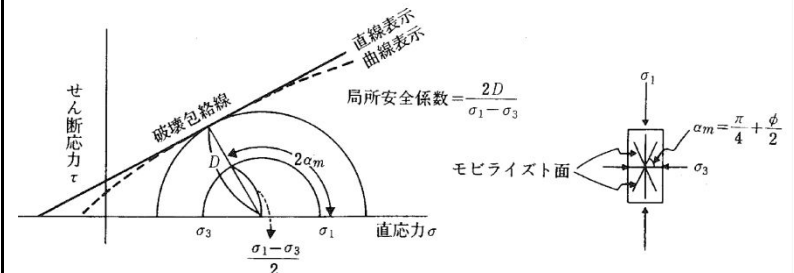
- ① 岩盤の破壊領域を通るすべり面になっているか。
- ② ①になっていない場合は、強度の低いシームを通るすべり面になっているか。
- ③ ①及び②になっていない場合は、モビライズド面を通るすべり面になっているか。



モビライズド面
を通る
すべり面
(右図A参照)

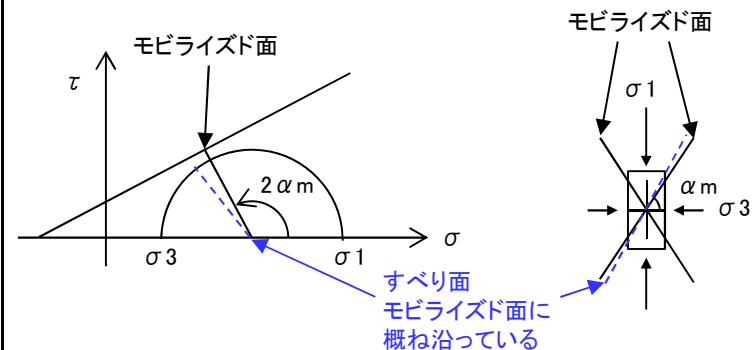
A. 局所安全係数及びモビライズド面

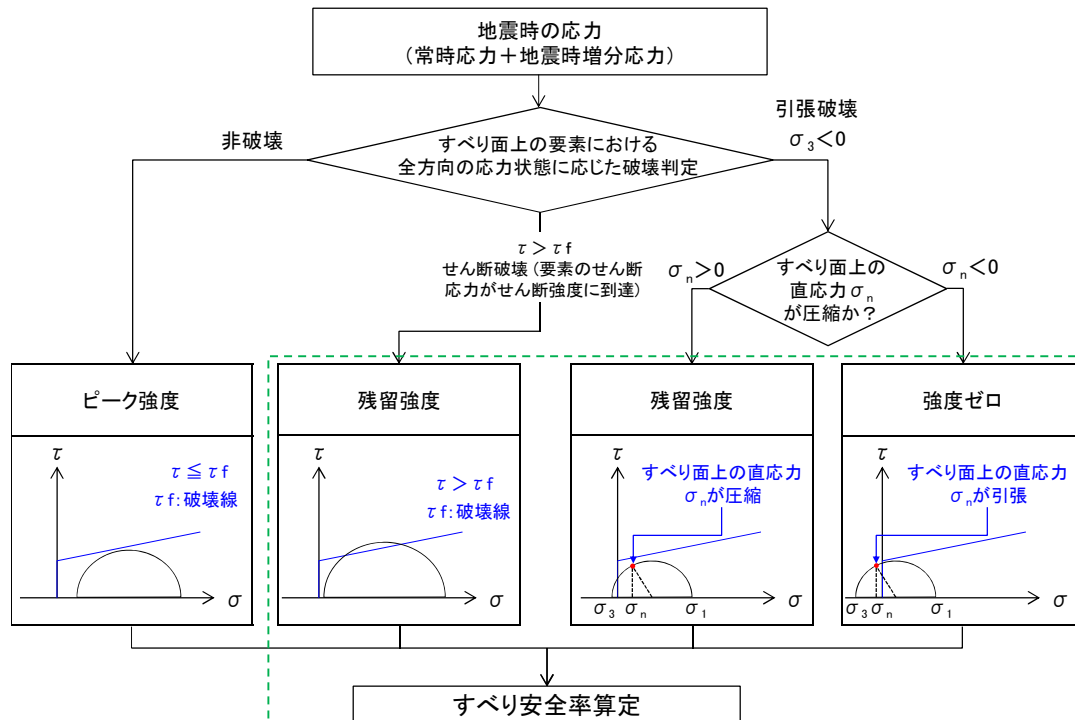
- ・局所安全係数: 下図で求められる要素の安全率。
- ・モビライズド面: 局所安全係数を示すすべり方向。



σ_1, σ_3 : それぞれ最大, 最小主応力 (圧縮を正)
 D : モール円の中心から破壊包絡線への最短距離 (JEAG4601-2008抜粋)

- ・モビライズド面とすべり面の成す角度が小さい場合、すべり面はモビライズド面に概ね沿っているものとする。

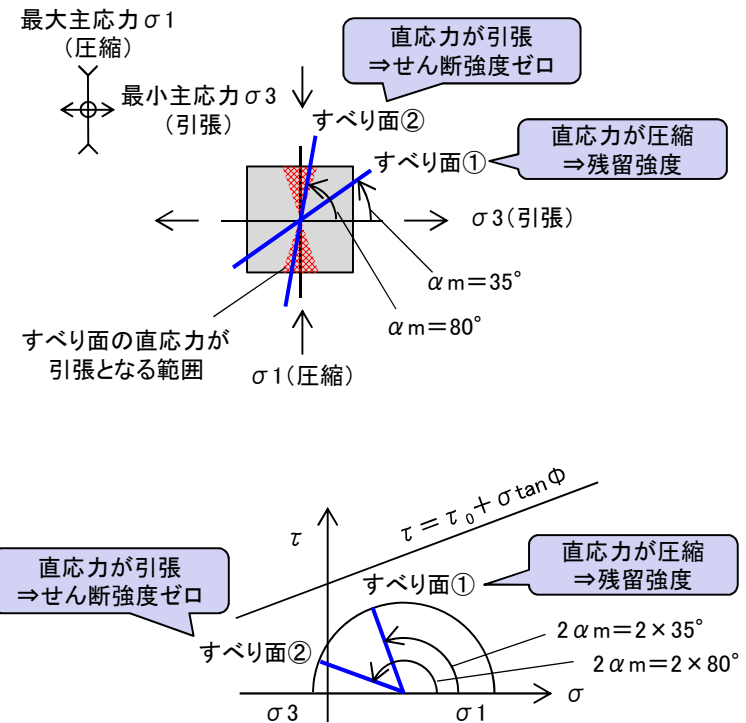




破壊領域を通るすべり面
(引張応力が発生した要素の強度は右図B参照)

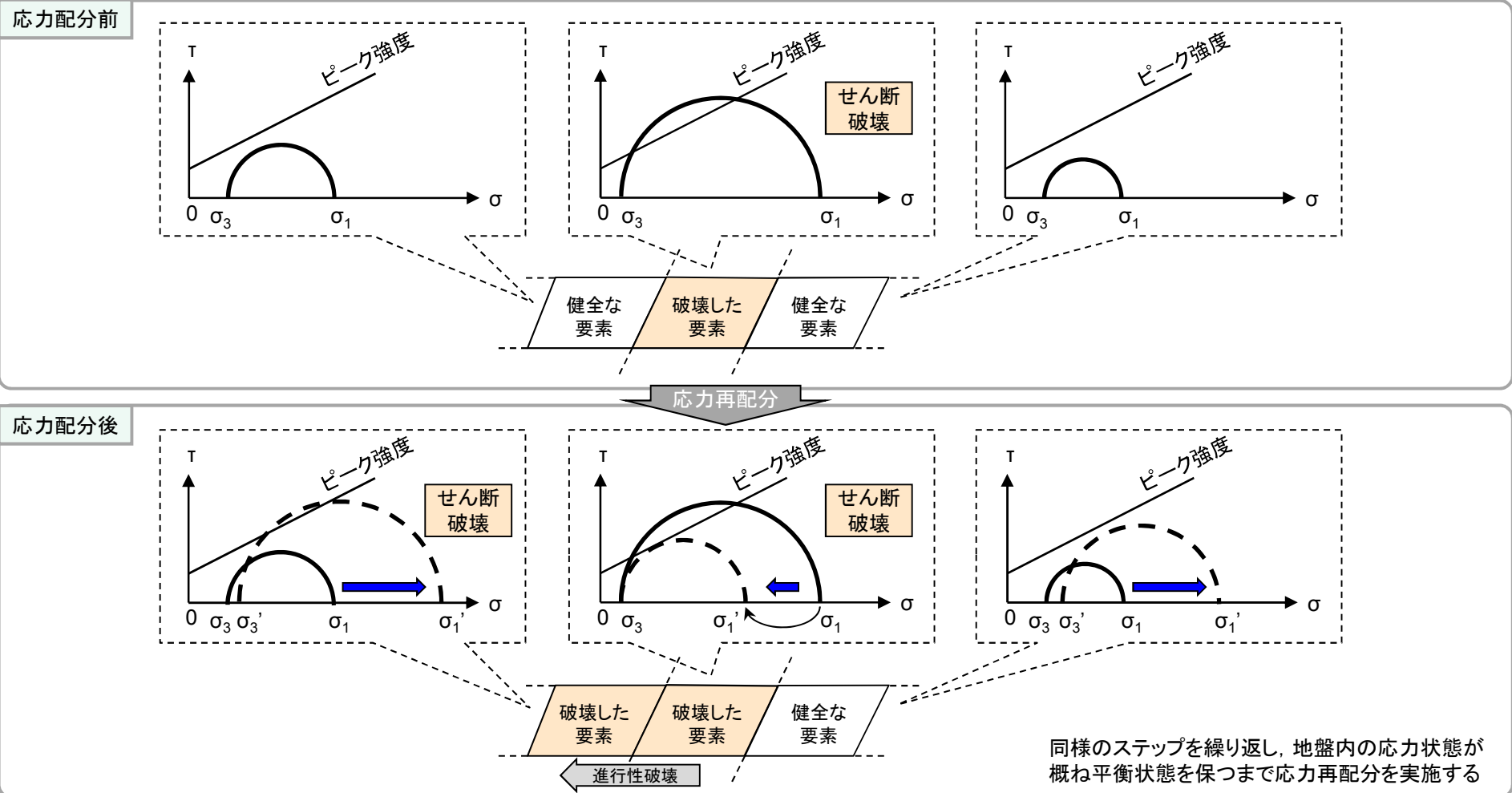
B. 引張応力が発生した要素の強度

・すべり面の直応力が引張になる場合はせん断強度ゼロ, すべり面の直応力が圧縮になる場合は残留強度となる。



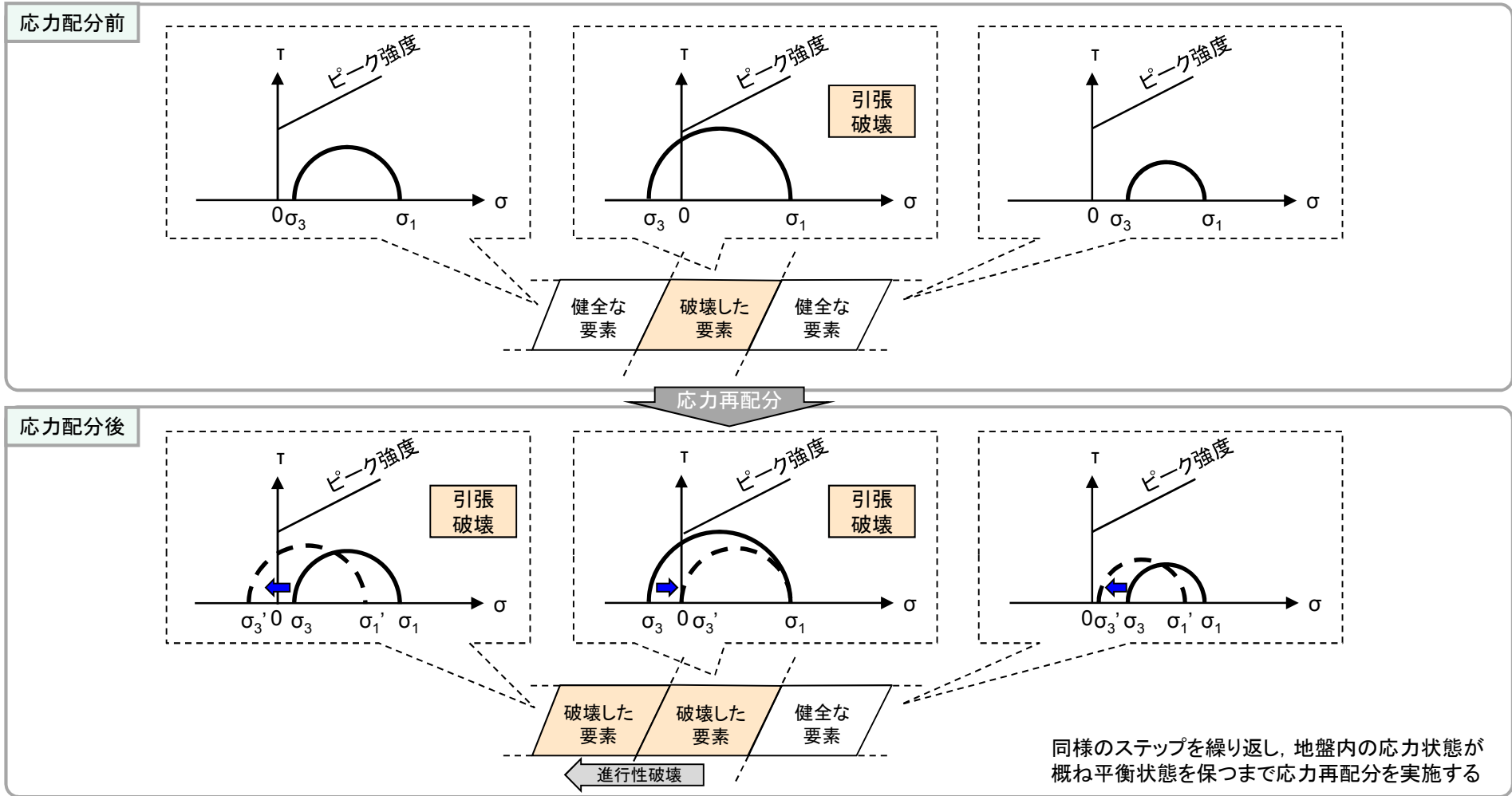
周辺への進行性破壊の検討方法(1/2)

- せん断応力に達する要素もしくは引張応力が発生した要素が連続して分布し、周辺への進行性破壊が懸念される場合は、静的非線形解析を実施し、進行性破壊の有無を確認する。
- 静的非線形解析は、せん断応力に達する要素もしくは引張応力が発生した要素について、その差分応力を周辺要素に配分する以下のステップを繰り返し行い、周辺への進行性破壊を考慮するものである。



応力再配分前後のモールの応力円(せん断破壊の場合)

周辺への進行性破壊の検討方法(2/2)



応力再配分前後のモールの応力円(引張破壊の場合)

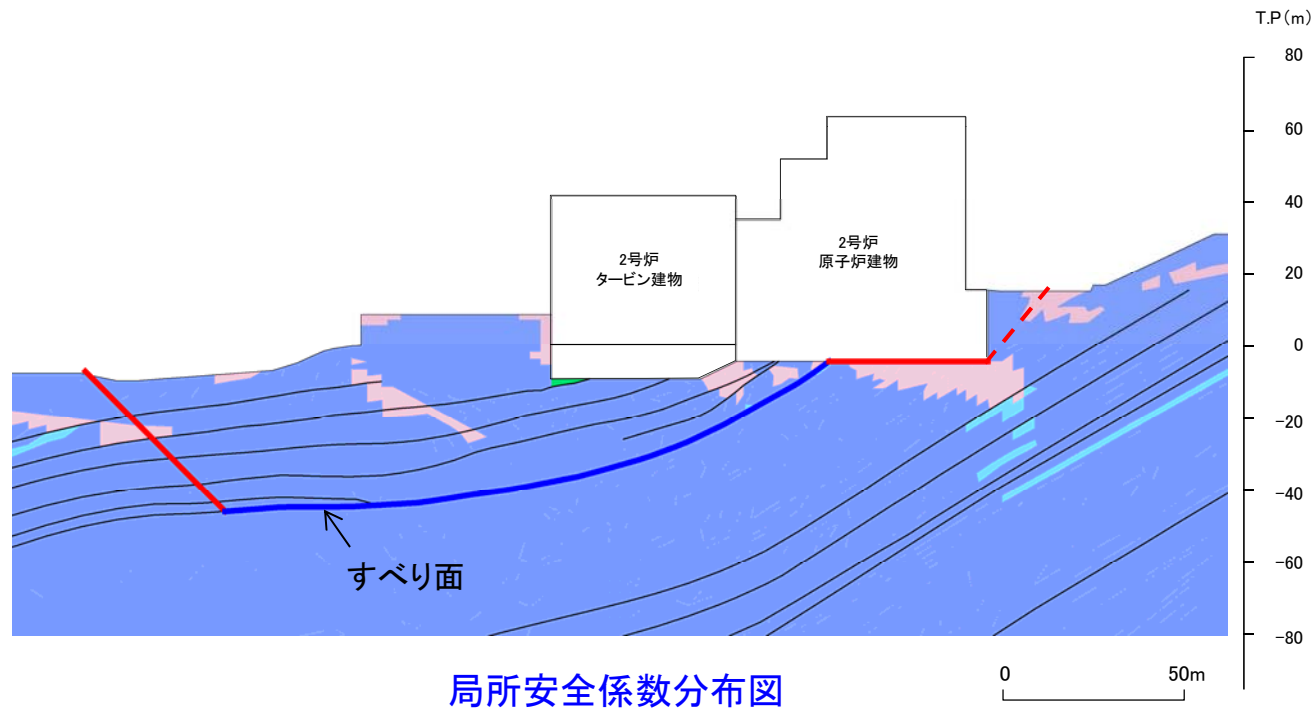
要素ごとの局所安全係数

■2号炉原子炉建物基礎地盤(①-①'断面)

・基準地震動 : Ss-D(+,+)
・時刻 : 8.56秒
・すべり安全率 : 2.13(1.98)

- : せん断強度に達した要素
 - : 引張応力が発生した要素
 - : $1.00 \leq f_s < 1.50$
 - : $1.50 \leq f_s < 2.00$
 - : $2.00 \leq f_s$
 - : シームを通るすべり面
 - : シーム以外※
- ※ 破線は液状化影響を考慮する範囲
(「本編3.5 評価方法」を参照)

※ ()内 強度のばらつきを考慮したすべり安全率を示す。



局所安全係数分布図

・引張応力が発生した要素が原子炉建物隅角部に連続しており、これを通るすべり面になっている。また、せん断強度に達した要素はない。

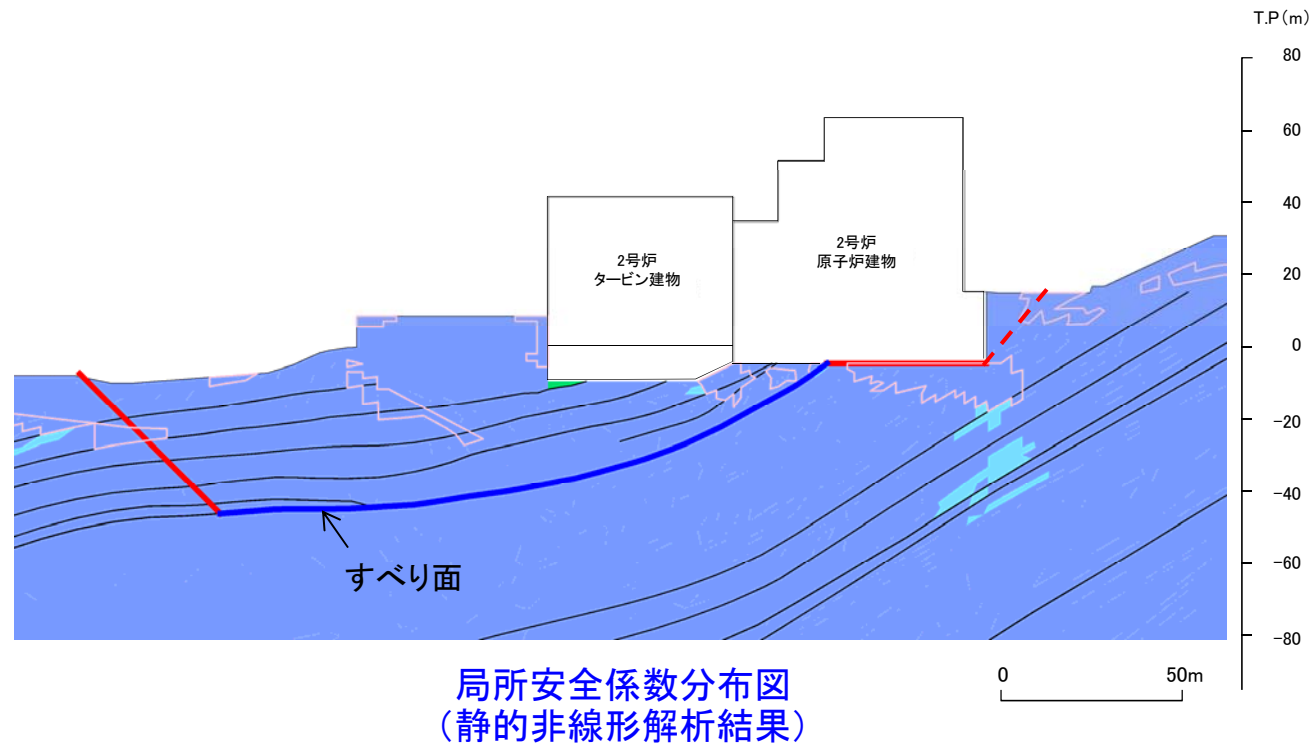
周辺への進行性破壊の検討

■2号炉原子炉建物基礎地盤(①-①'断面)

・基準地震動 : Ss-D(+,+)
・時刻 : 8.56秒
・すべり安全率 : 2.19※1

□ (黄)	: せん断強度に達した要素	} 静的非線形解析前 (前頁参照)	— (青)	: シームを通るすべり面
□ (白)	: 引張応力が発生した要素		— (赤)	: シーム以外※
□ (茶)	: せん断強度に達した要素	} 静的非線形解析後	※	破線は液状化影響を考慮する範囲 (「本編3.5 評価方法」を参照)
□ (紫)	: 引張応力が発生した要素			
□ (緑)	: $1.00 \leq f_s < 1.50$			
□ (青)	: $1.50 \leq f_s < 2.00$			
□ (紫)	: $2.00 \leq f_s$			

※1 静的非線形解析結果の応力状態を踏まえたすべり安全率(平均強度)



局所安全係数分布図
(静的非線形解析結果)

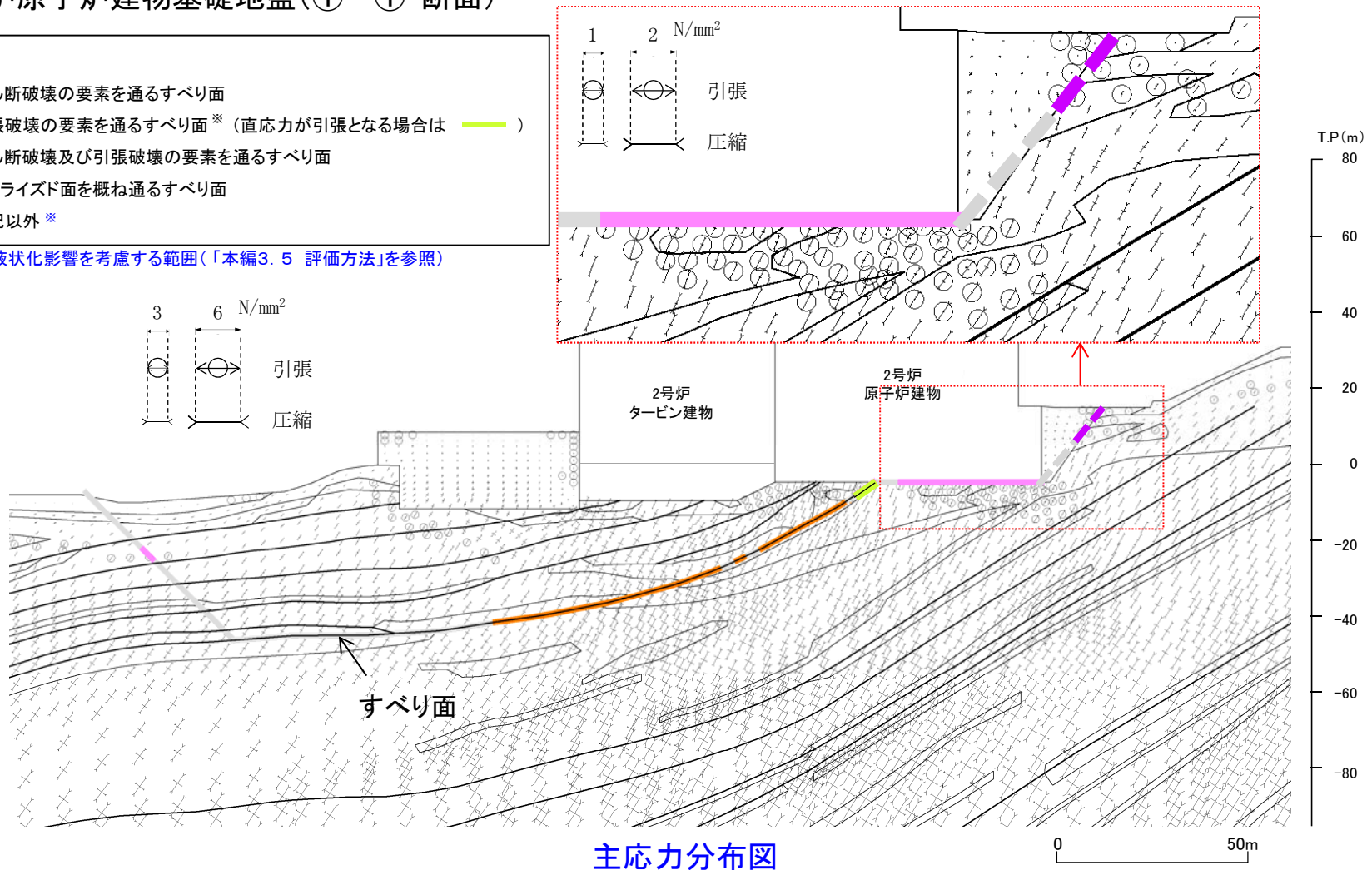
・引張応力が発生した要素が原子炉建物隅角部に連続しているため、静的非線形解析を実施した結果、進行性破壊が発生していないことを確認した。

主応力分布図

■2号炉原子炉建物基礎地盤(①-①'断面)

- 凡例
- : せん断破壊の要素を通るすべり面
 - : 引張破壊の要素を通るすべり面* (直応力が引張となる場合は —)
 - - - : せん断破壊及び引張破壊の要素を通るすべり面
 - ⋯ : モビライズド面を概ね通るすべり面
 - : 上記以外*

※ 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)



主応力分布図

・建物隅角部では、直応力が引張となる範囲は概ね鉛直方向になり、これに沿うすべりは想定されない。

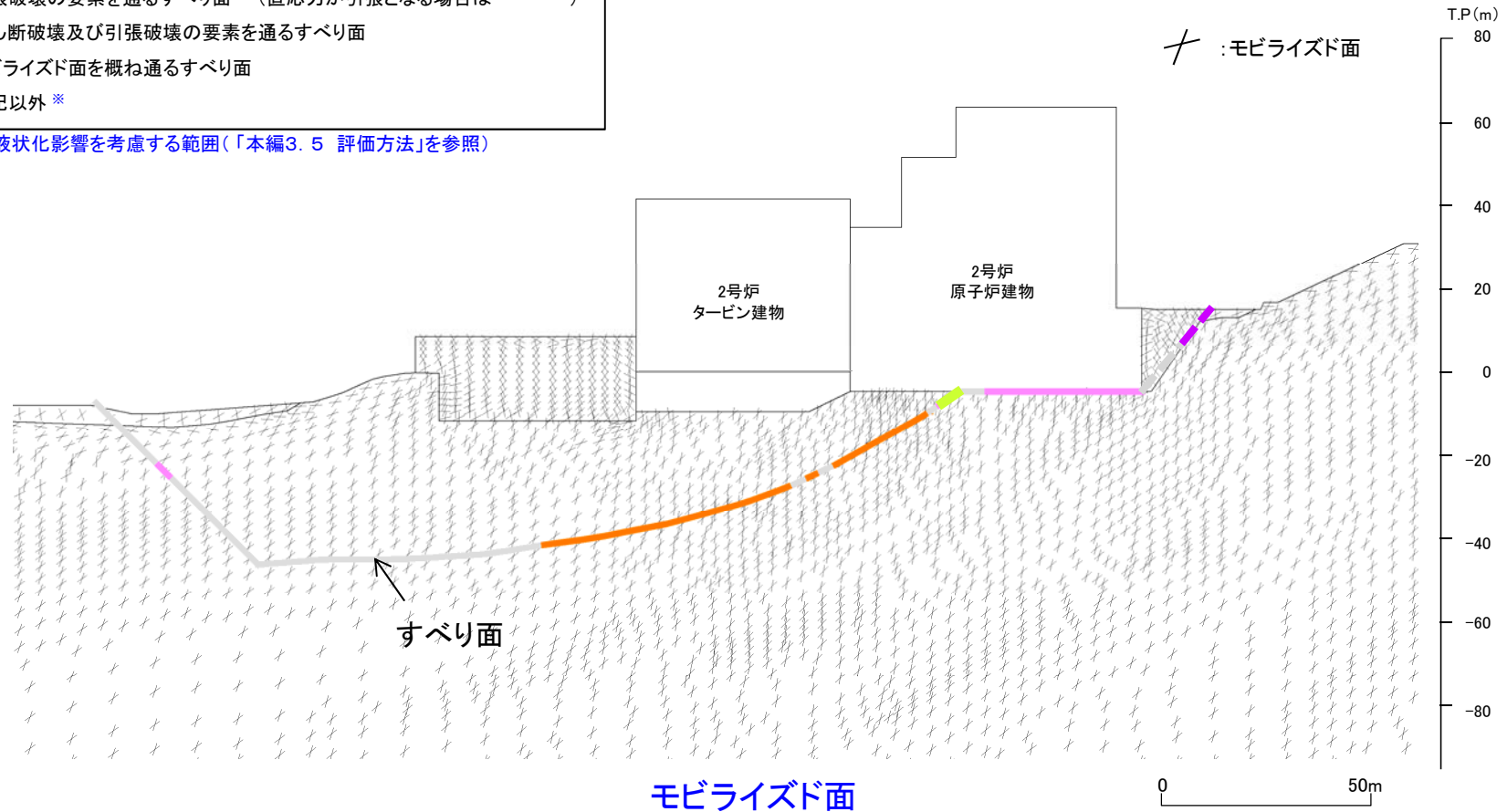
モビライズド面

■2号炉原子炉建物基礎地盤(①-①'断面)

凡例

- : せん断破壊の要素を通るすべり面
- : 引張破壊の要素を通るすべり面※ (直応力が引張となる場合は —)
- : せん断破壊及び引張破壊の要素を通るすべり面
- ⋯ : モビライズド面を概ね通るすべり面
- : 上記以外※

※ 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)



・モビライズド面を通過していないが、すべり安全率がより厳しくなるシームや破壊領域を通るすべり面になっている。

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

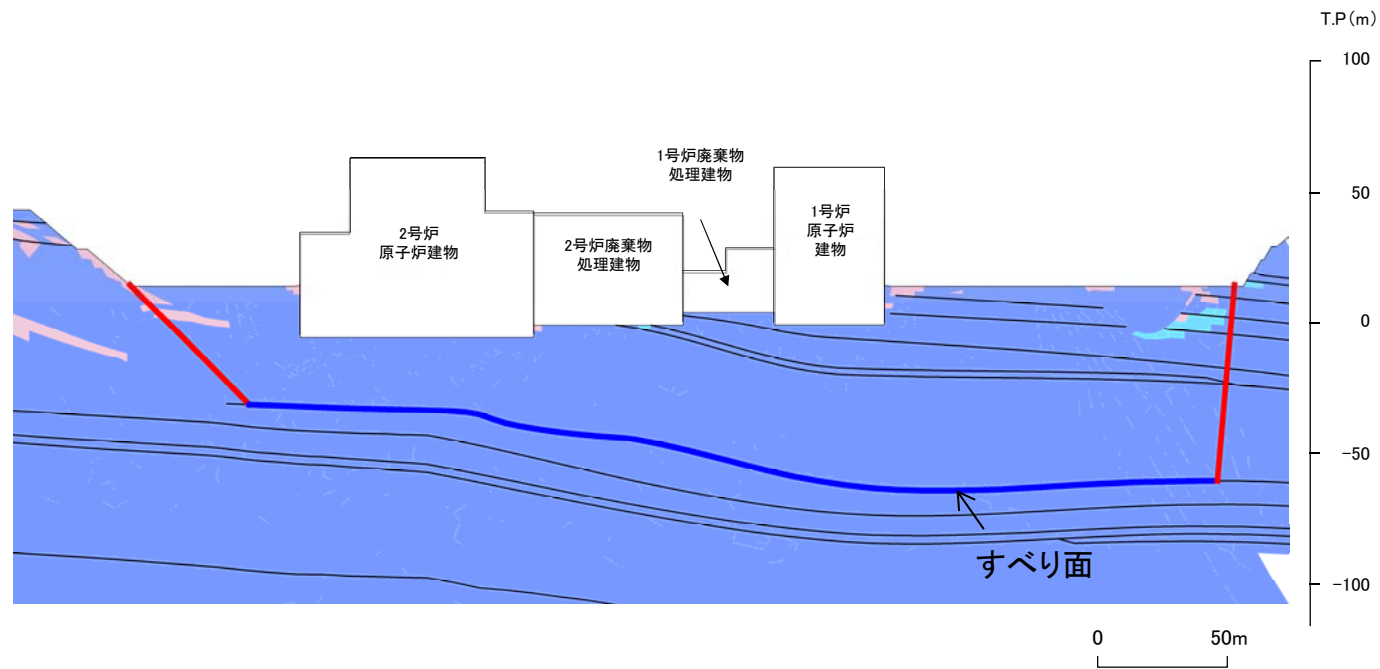
要素ごとの局所安全係数

■2号炉原子炉建物基礎地盤(②-②'断面)

・基準地震動 : Ss-N1(+,+)
・時刻 : 7.39秒
・すべり安全率 : 2.57(2.43)

- : せん断強度に達した要素
- : 引張応力が発生した要素
- : $1.00 \leq f_s < 1.50$
- : $1.50 \leq f_s < 2.00$
- : $2.00 \leq f_s$
- : シームを通るすべり面
- : シーム以外

※ ()内 強度のばらつきを考慮したすべり安全率を示す。

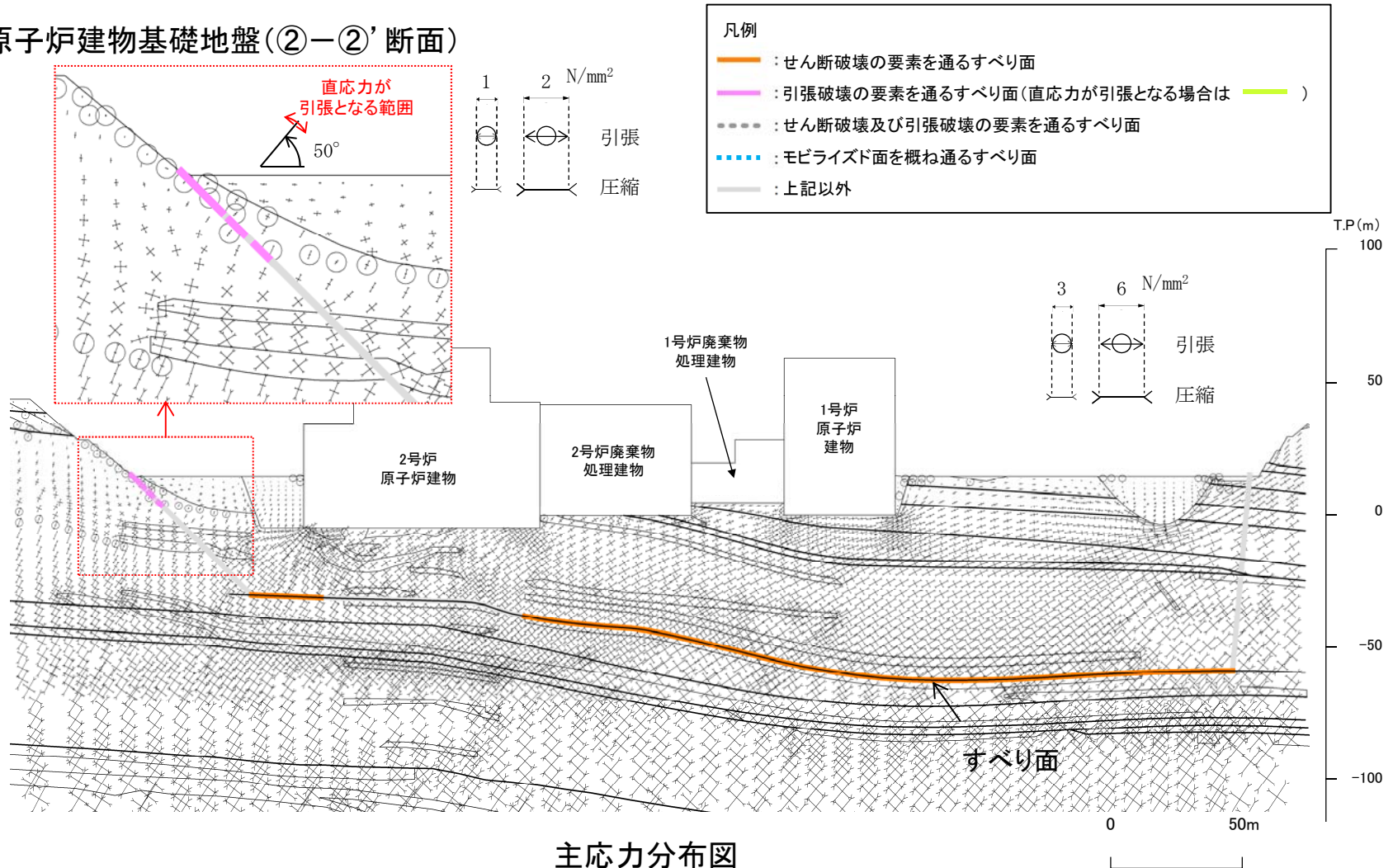


局所安全係数

・引張応力が発生した要素の分布は局所的である。また、せん断強度に達した要素はない。

主応力分布図

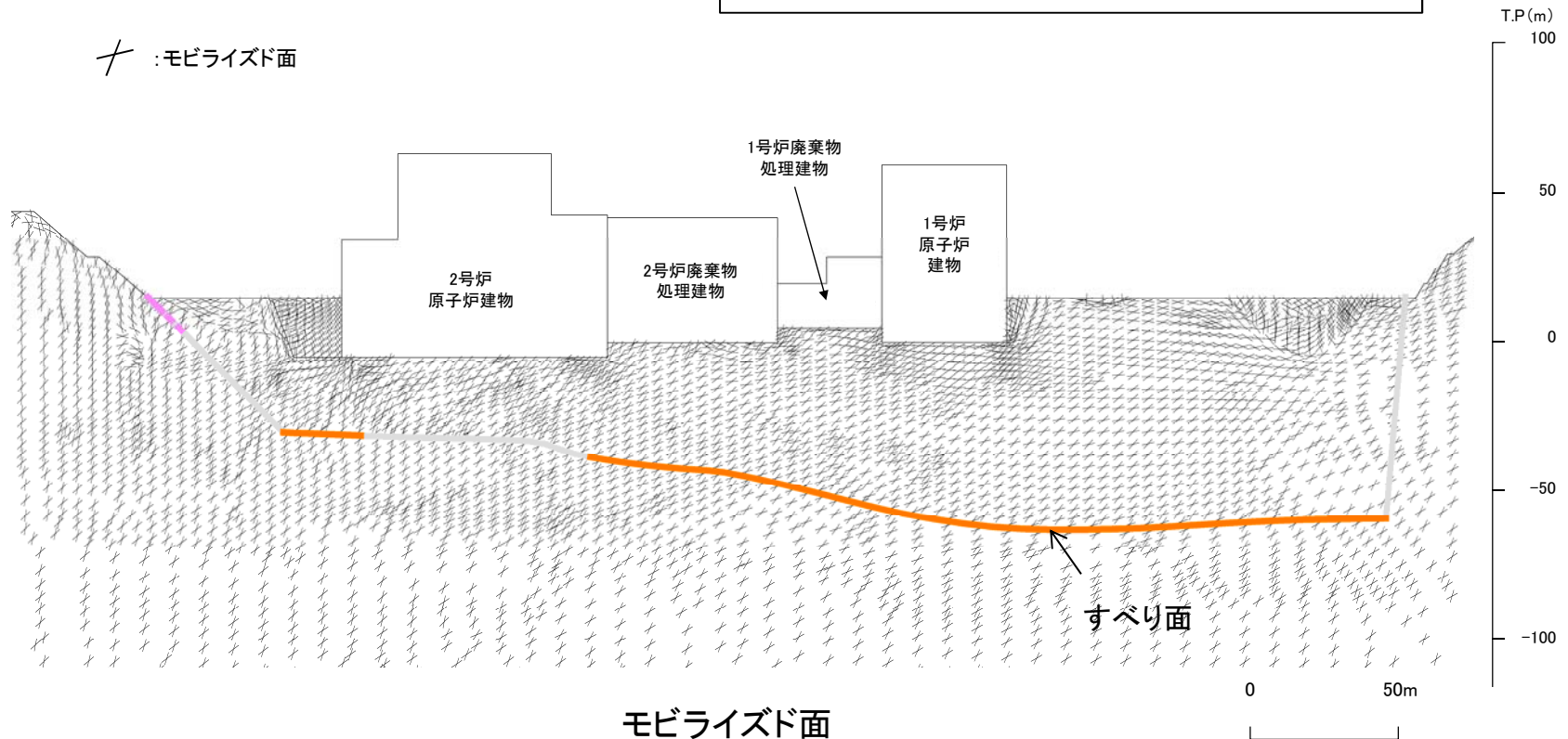
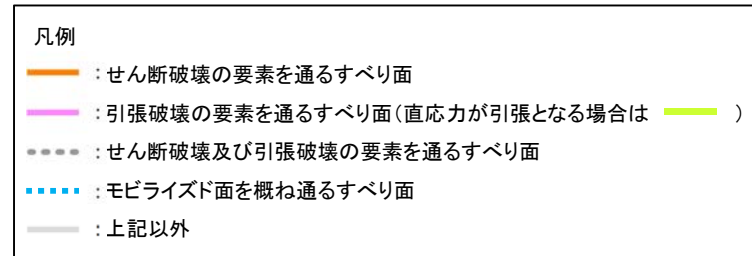
■2号炉原子炉建物基礎地盤(②-②'断面)



主応力分布図

・原子炉建物西側では、直応力が引張となる範囲は50° 前後になり、これに沿うすべりは想定されない。

■2号炉原子炉建物基礎地盤(②-②'断面)



・モビライズド面を通過していないが、強度の低いシームや破壊領域を通るすべりになっている。

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

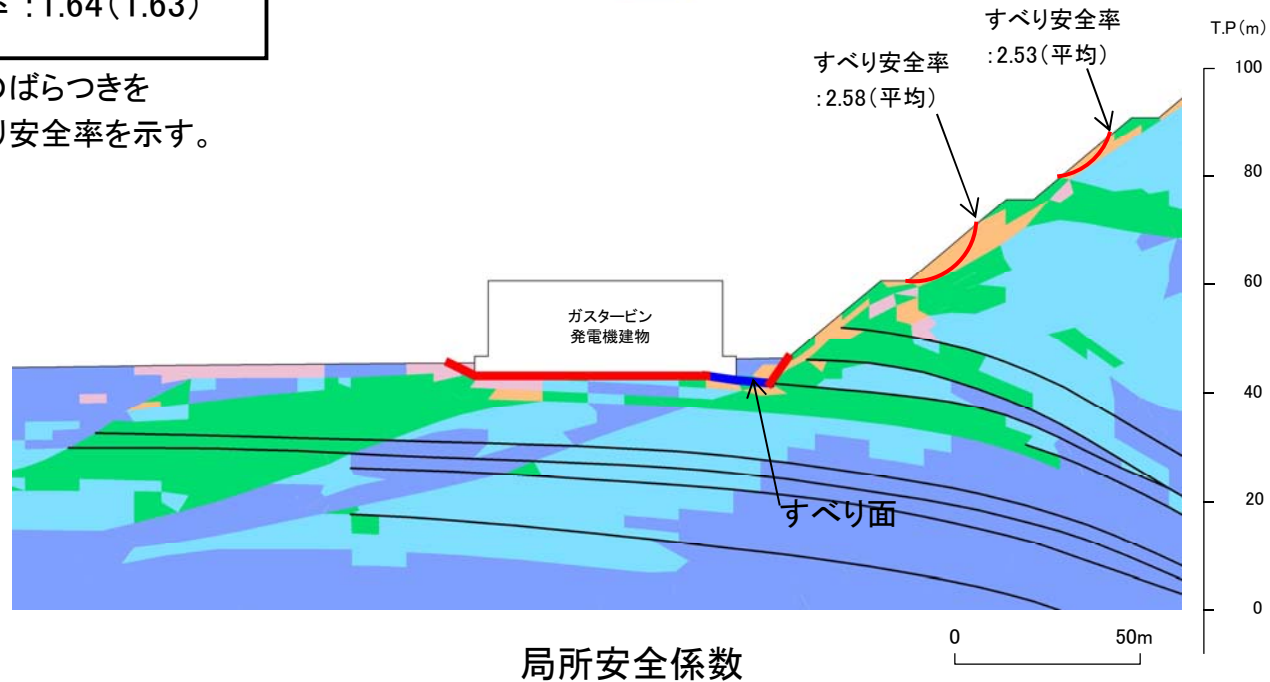
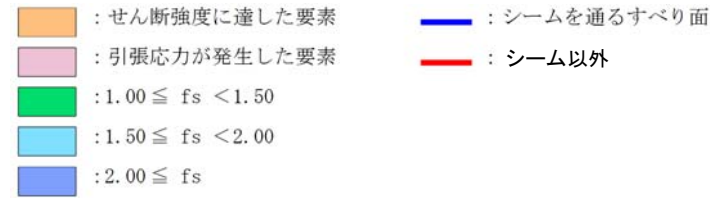
余白

要素ごとの局所安全係数

■ガスタービン発電機建物基礎地盤(③-③'断面)

・基準地震動 : Ss-N1(-,+)
・時刻 : 7.70秒
・すべり安全率 : 1.64(1.63)

※ ()内 強度のばらつきを考慮したすべり安全率を示す。

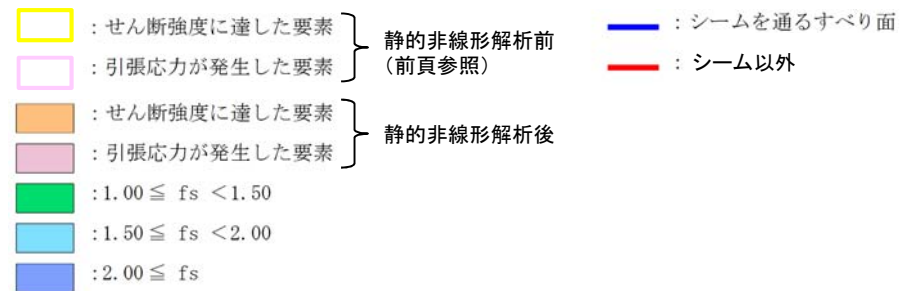


・基礎地盤において引張応力が発生した要素が連続しており、これを通るすべり面になっている。また、せん断強度に達した要素は局所的である。
・なお、斜面部にせん断強度に達した要素があるが局所的である。せん断強度に達した要素を通るすべり面の最小すべり安全率は2.53(平均強度)であり、既設定のすべり面(P231参照)の2.07に包含される。

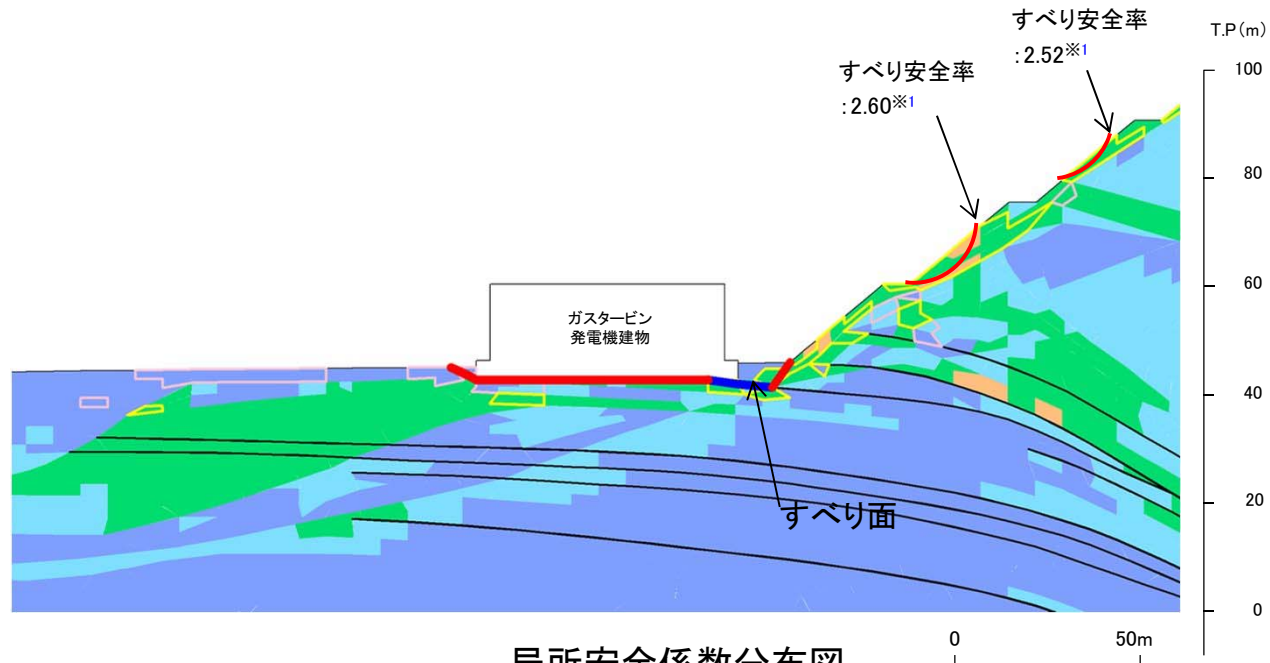
周辺への進行性破壊の検討

■ガスタービン発電機建物基礎地盤(③-③'断面)

・基準地震動 : Ss-N1(-,+)
・時刻 : 7.70秒
・すべり安全率 : 3.34※1



※1 静的非線形解析結果の応力状態を踏まえたすべり安全率(平均強度)



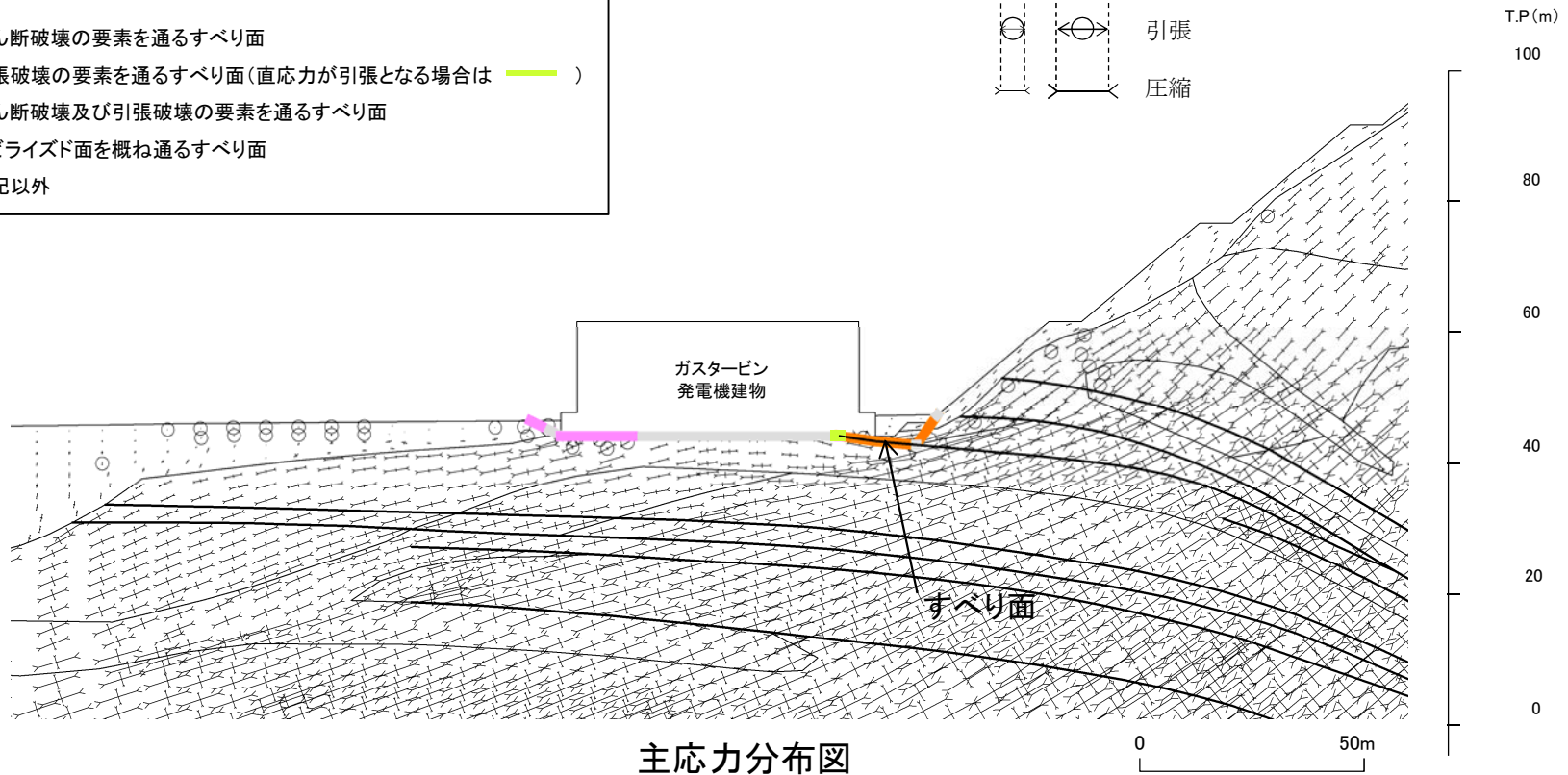
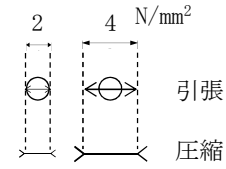
局所安全係数分布図
(静的非線形解析結果)

・引張応力が発生した要素がガスタービン発電機建物に連続しているため、静的非線形解析を実施した結果、進行性破壊が発生していないことを確認した。

主応力分布図

■ガスタービン発電機建物基礎地盤(③-③'断面)

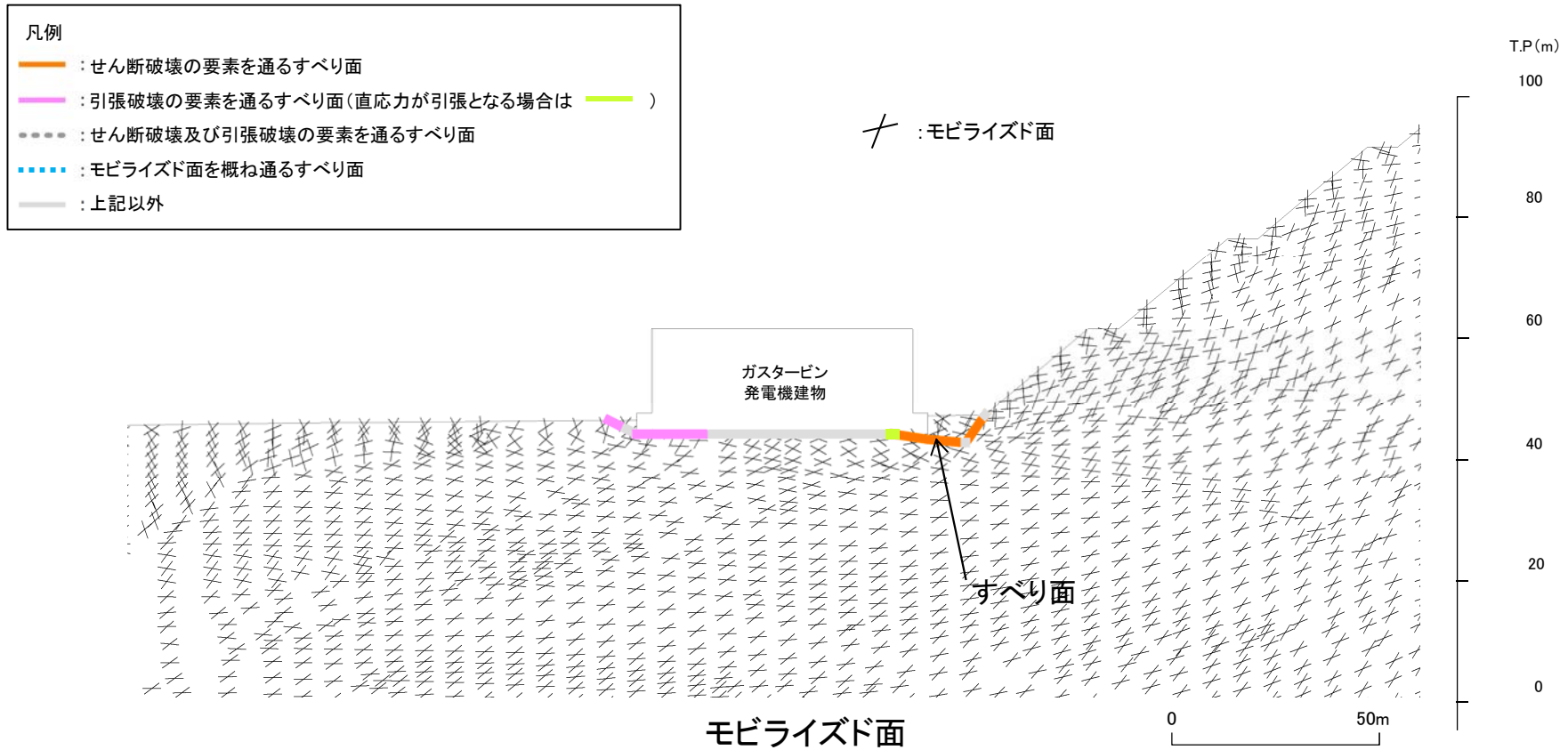
- 凡例
- : せん断破壊の要素を通るすべり面
 - : 引張破壊の要素を通るすべり面(直応力が引張となる場合は —)
 - - - : せん断破壊及び引張破壊の要素を通るすべり面
 - ⋯⋯ : モビライズド面を概ね通るすべり面
 - : 上記以外



主応力分布図

・基礎地盤において引張応力が発生した要素やせん断強度に達した要素は局所的である。

■ガスタービン発電機建物基礎地盤(③-③'断面)



・すべり面はモビライズド面及び強度の低いシームや破壊領域を通るすべりになっている。

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

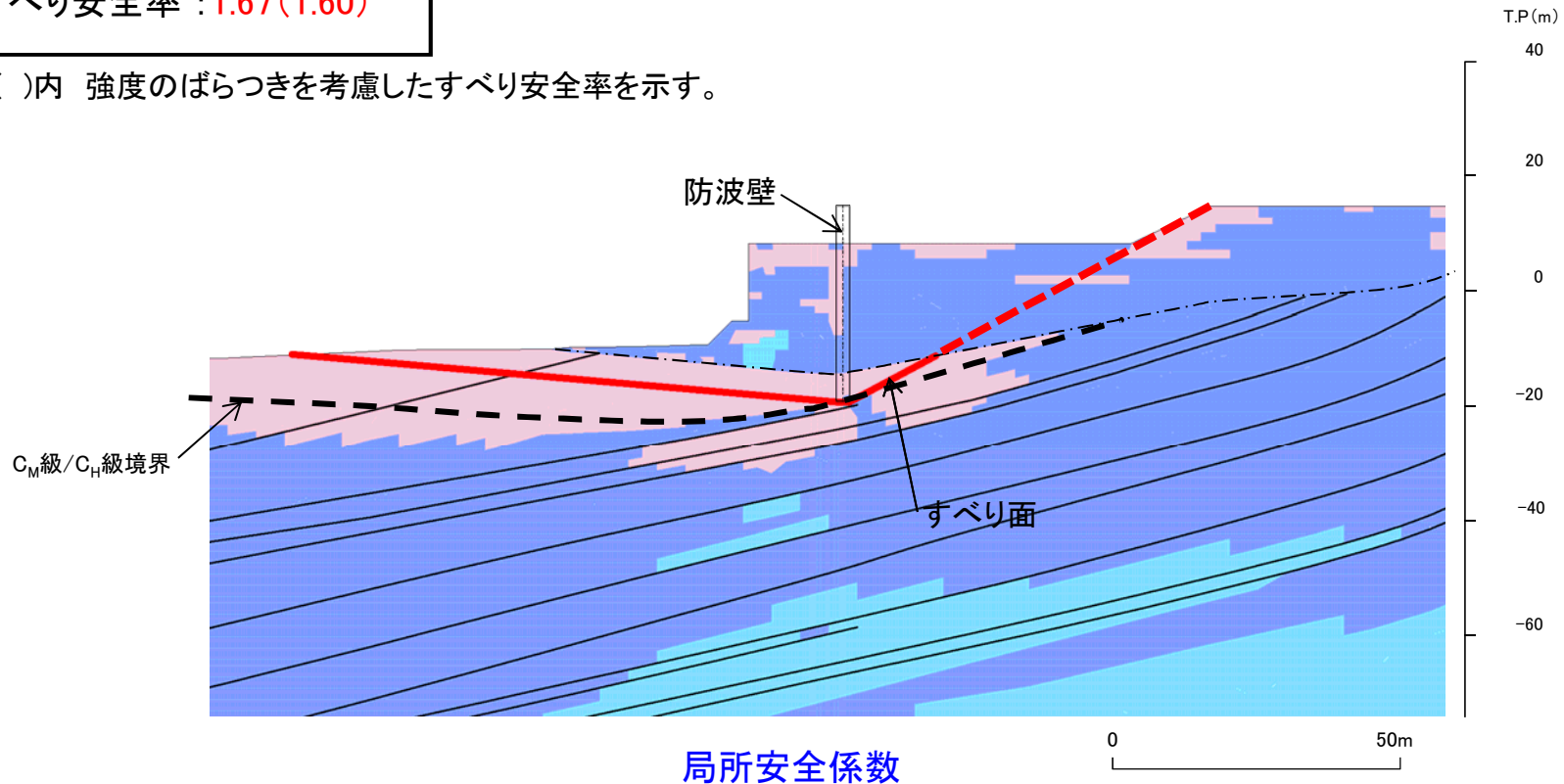
要素ごとの局所安全係数

■防波壁(多重鋼管杭式擁壁)基礎地盤 (⑦-⑦' 断面)

・基準地震動 : Ss-N1(-,+)
・時刻 : 7.55秒
・すべり安全率 : 1.67(1.60)

- : せん断強度に達した要素
 - : 引張応力が発生した要素
 - : $1.00 \leq f_s < 1.50$
 - : $1.50 \leq f_s < 2.00$
 - : $2.00 \leq f_s$
 - : シームを通るすべり面
 - : シーム以外※
- ※ 破線は液状化影響を考慮する範囲
(「本編3.5 評価方法」を参照)

※ ()内 強度のばらつきを考慮したすべり安全率を示す。



・引張応力が発生した要素が防波壁周辺に連続しており、これを通るすべり面になっている。また、せん断強度に達した要素はない。
・引張応力が発生した要素が水平方向に広がっている要因として、C_M級/C_H級の境界による剛性差により、地盤応答が変化しているものと考えられる。

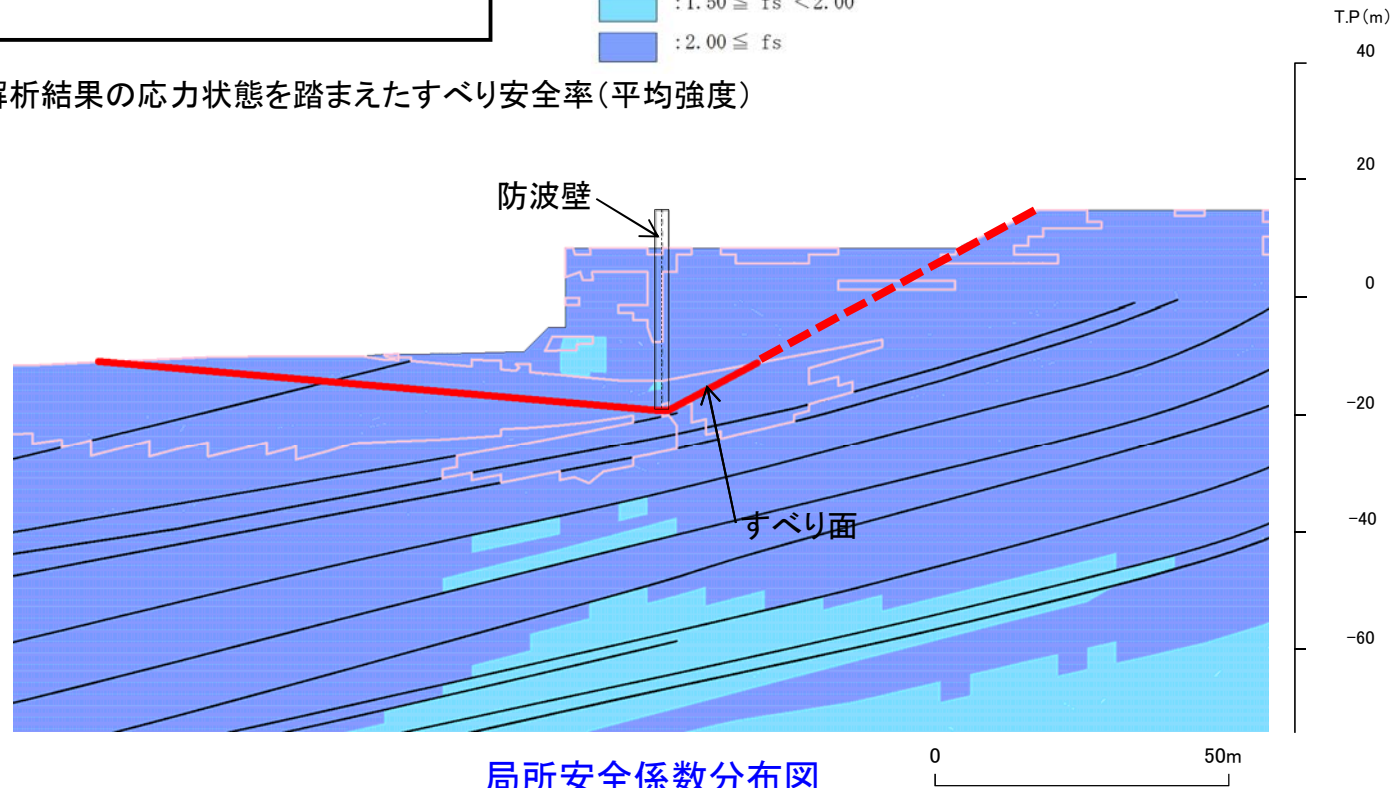
周辺への進行性破壊の検討

■防波壁(多重鋼管杭式擁壁)基礎地盤 (⑦-⑦'断面)

・基準地震動 : Ss-N1(-,+)
・時刻 : 7.55秒
・すべり安全率 : 1.57※1

□ (黄)	: せん断強度に達した要素	} 静的非線形解析前 (前頁参照)	— (青)	: シームを通るすべり面
□ (白)	: 引張応力が発生した要素		— (赤)	: シーム以外※
□ (橙)	: せん断強度に達した要素	} 静的非線形解析後	※ 破線は液状化影響を考慮する範囲 (「本編3.5 評価方法」を参照)	
□ (紫)	: 引張応力が発生した要素			
□ (緑)	: $1.00 \leq fs < 1.50$			
□ (青)	: $1.50 \leq fs < 2.00$			
□ (紫)	: $2.00 \leq fs$			

※1 静的非線形解析結果の応力状態を踏まえたすべり安全率(平均強度)

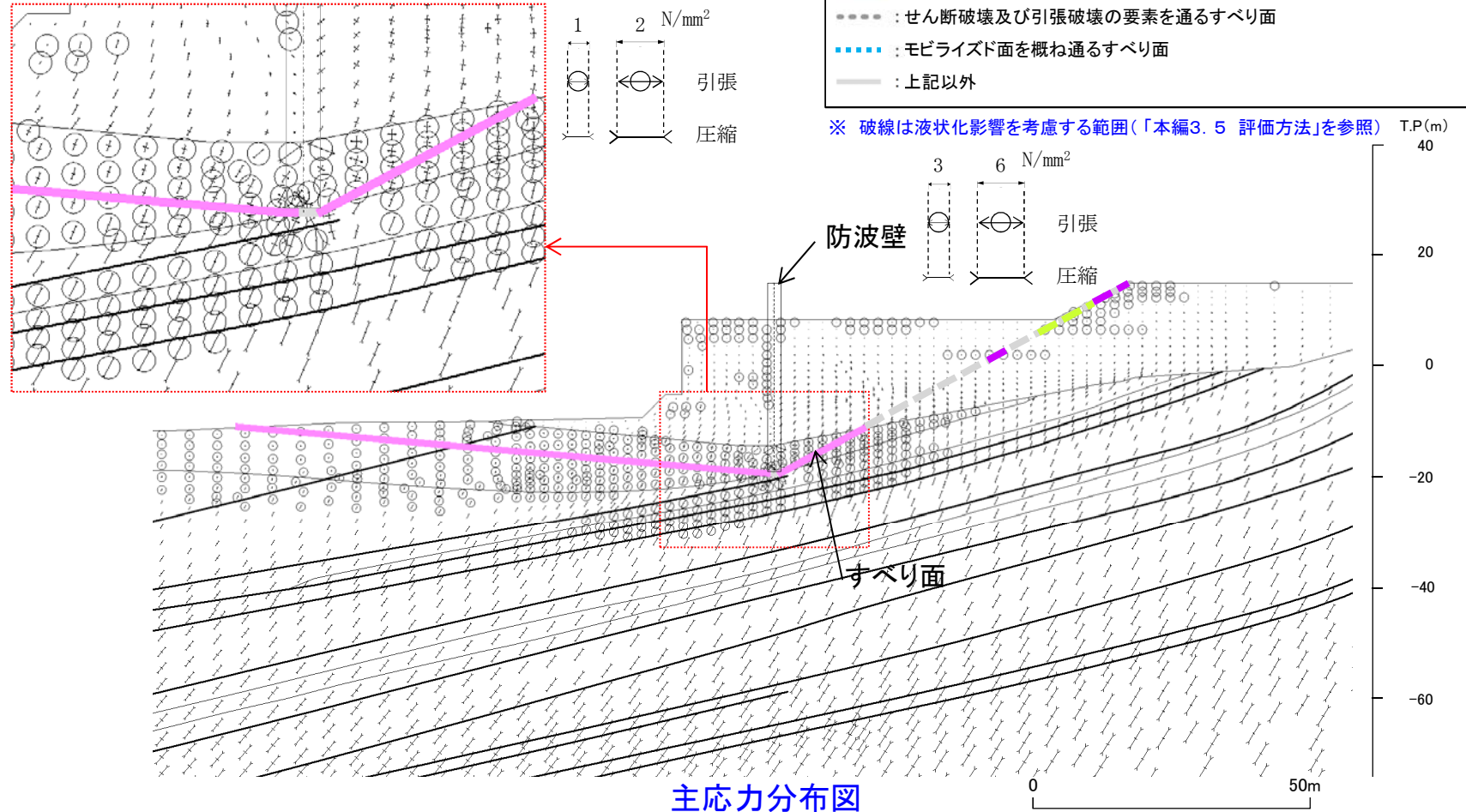


局所安全係数分布図
(静的非線形解析結果)

・引張応力が発生した要素が防波壁周辺に連続しているため、静的非線形解析を実施した結果、進行性破壊が発生していないことを確認した。

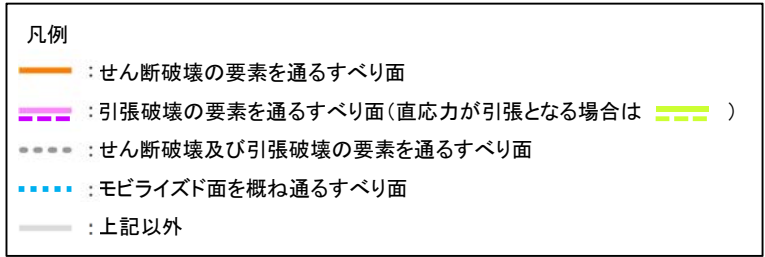
主応力分布図

■防波壁(多重鋼管杭式擁壁)基礎地盤 (⑦-⑦'断面)

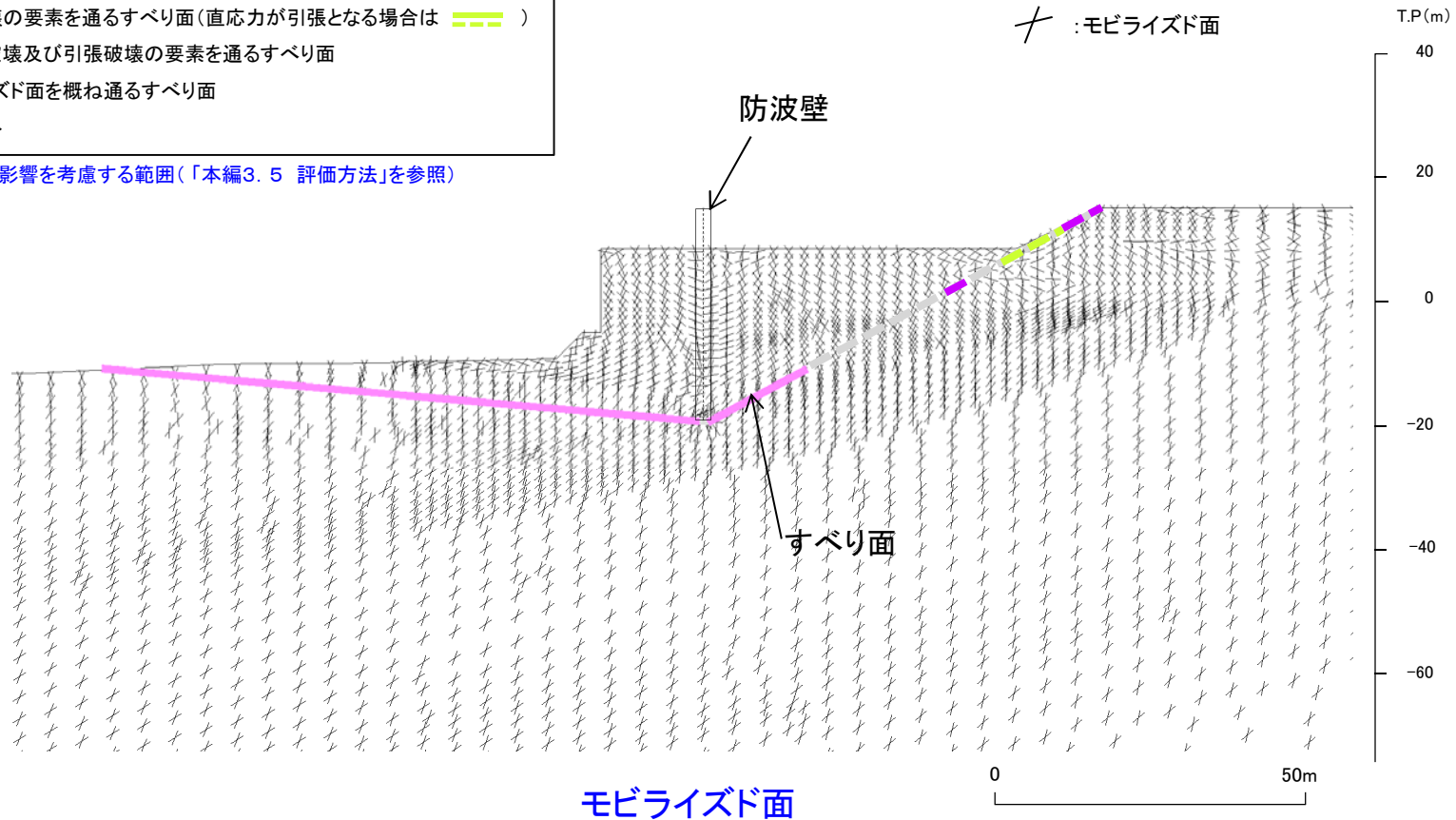


・防波壁周辺では、直応力が引張となる範囲は概ね鉛直方向になり、これに沿うすべりは想定されない。

■防波壁(多重鋼管杭式擁壁)基礎地盤 (⑦-⑦' 断面)



※ 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)



・モビライズド面を通過していないが、破壊領域を通るすべりになっている。

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

余白

要素ごとの局所安全係数

■防波壁(逆T擁壁)基礎地盤 (⑪-⑪'断面)

- ・基準地震動 : $S_s-D(-,-)$
- ・時刻 : 8.98秒
- ・すべり安全率 : 2.03(1.66)

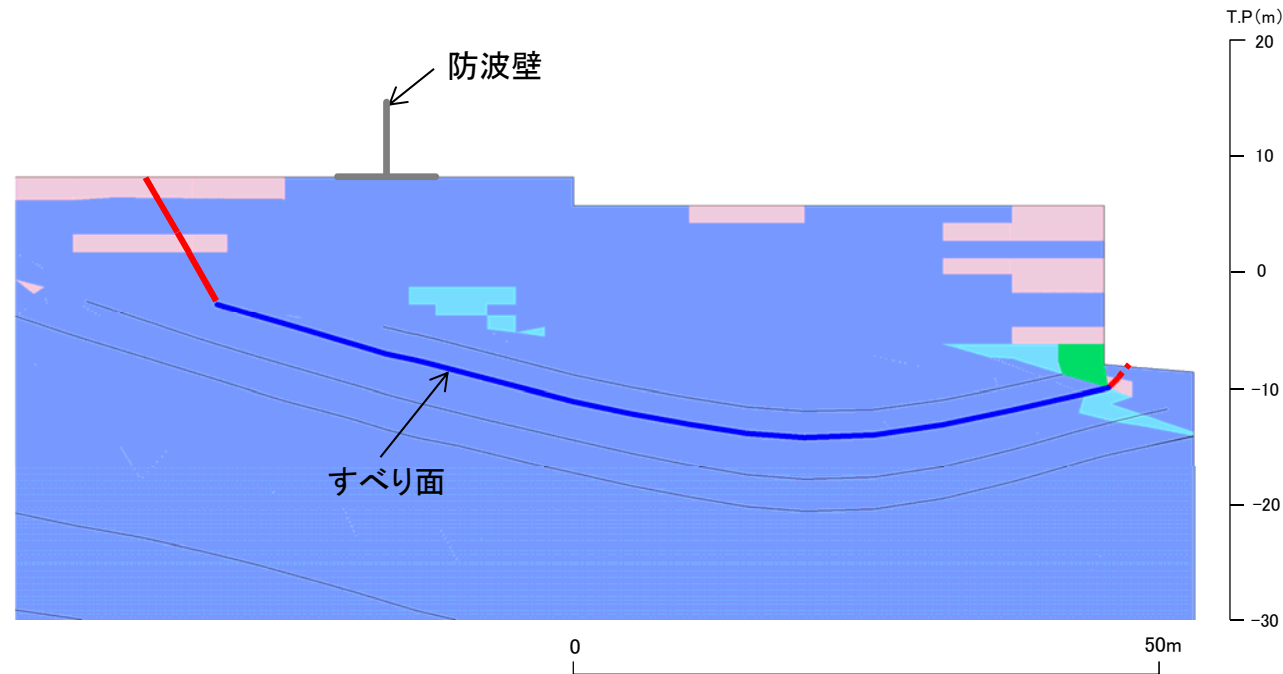
- : せん断強度に達した要素
- : 引張応力が発生した要素
- : $1.00 \leq f_s < 1.50$
- : $1.50 \leq f_s < 2.00$
- : $2.00 \leq f_s$

— : シームを通るすべり面

--- : シーム以外※

※ 破線は液状化影響を考慮する範囲
(「本編3.5 評価方法」を参照)

※ ()内 強度のばらつきを考慮したすべり安全率を示す。



局所安全係数

・引張応力が発生した要素の分布は局所的である。また、せん断強度に達した要素はない。

6. 要素の局所安全係数図

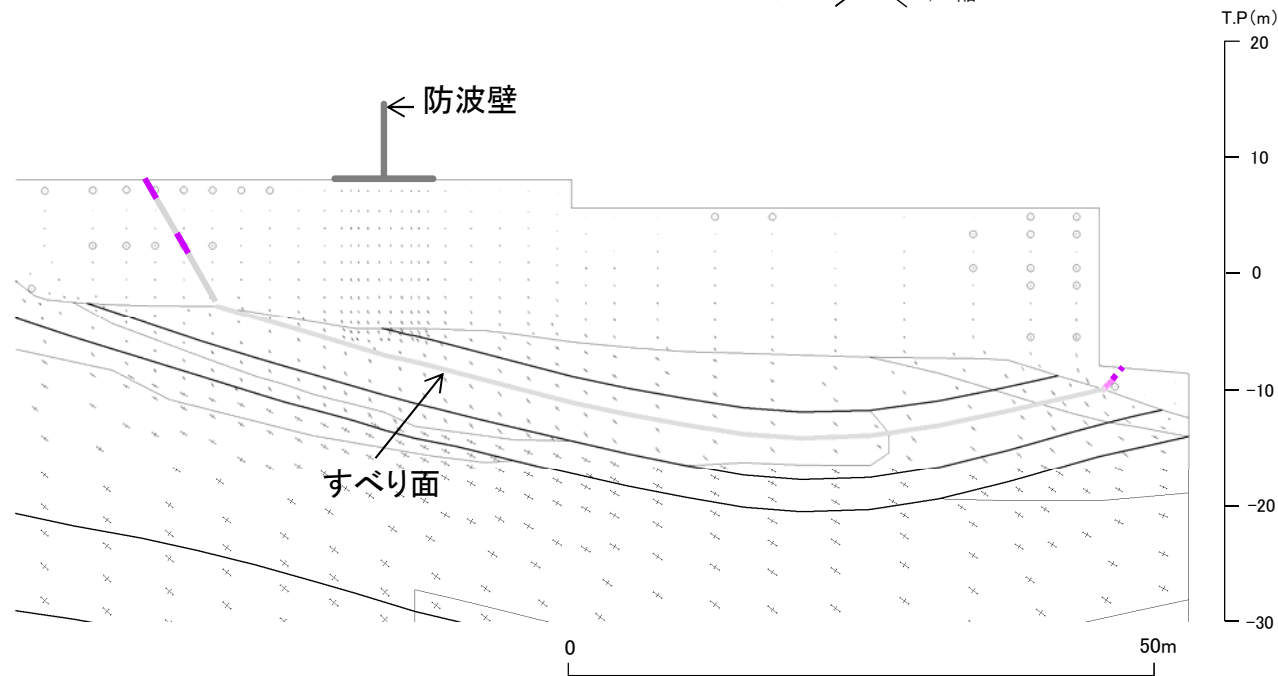
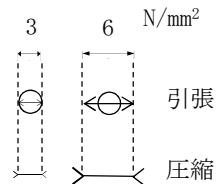
主応力分布図

■防波壁(逆T擁壁)基礎地盤 (⑪-⑪'断面)

凡例

- : せん断破壊の要素を通るすべり面
- : 引張破壊の要素を通るすべり面* (直応力が引張となる場合は —)
- : せん断破壊及び引張破壊の要素を通るすべり面
- : モビライズド面を概ね通るすべり面
- : 上記以外*

* 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)



主応力分布図

・引張応力が発生した要素の分布は局所的である。また、せん断強度に達した要素はない

6. 要素の局所安全係数図

モビライズド面

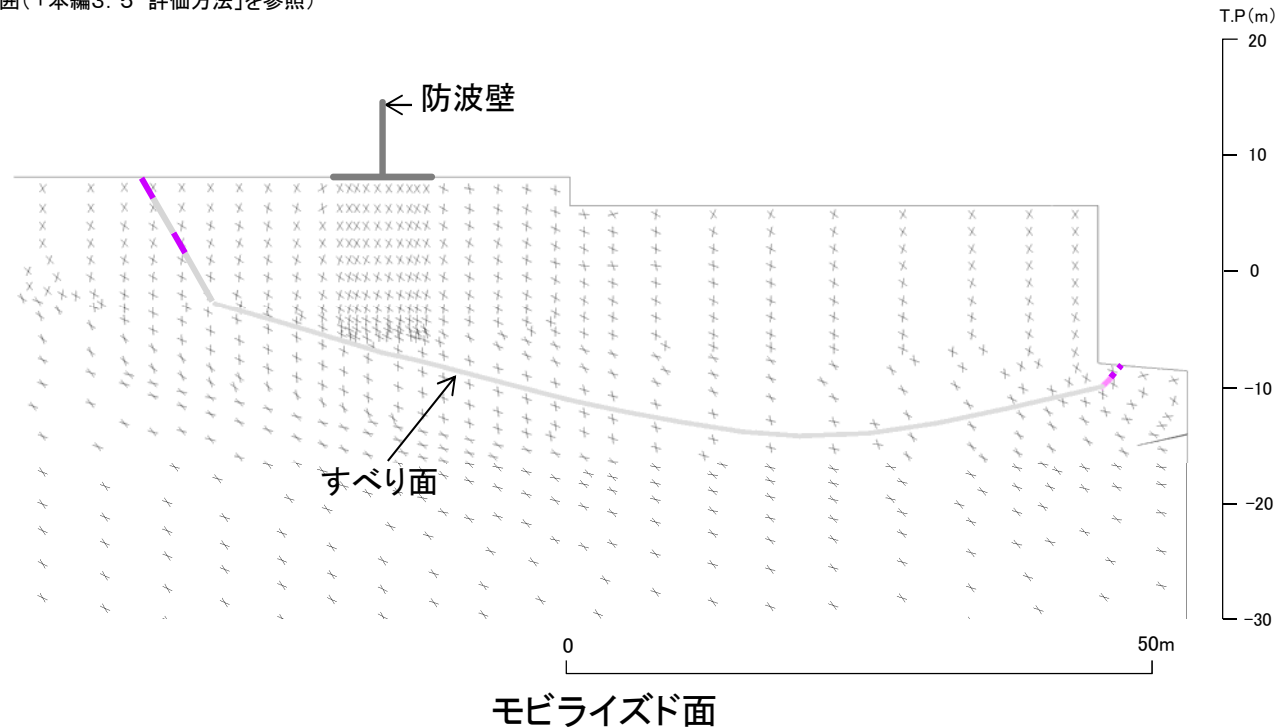
■防波壁(逆T擁壁)基礎地盤 (⑪-⑪' 断面)

凡例

- : せん断破壊の要素を通るすべり面
- : 引張破壊の要素を通るすべり面* (直応力が引張となる場合は —)
- : せん断破壊及び引張破壊の要素を通るすべり面
- : モビライズド面を概ね通るすべり面
- : 上記以外*

* 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)

+ : モビライズド面



・モビライズド面を通過していないが、強度の低いシームや破壊領域を通るすべりになっている。

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

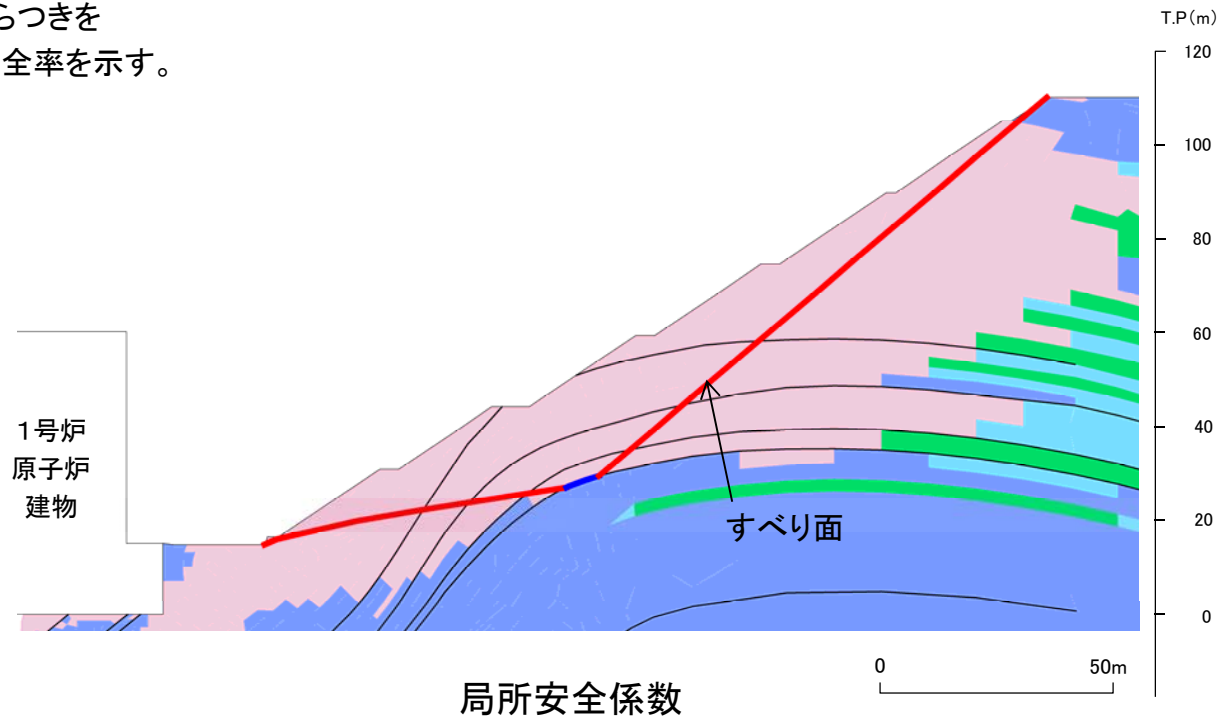
余白

要素ごとの局所安全係数

■2号炉南側切取斜面(①-①'断面)

- ・基準地震動 : Ss-N1(-,+)
- ・時刻 : 7.45秒
- ・すべり安全率 : 1.56(1.51)

※ ()内 強度のばらつきを
考慮したすべり安全率を示す。

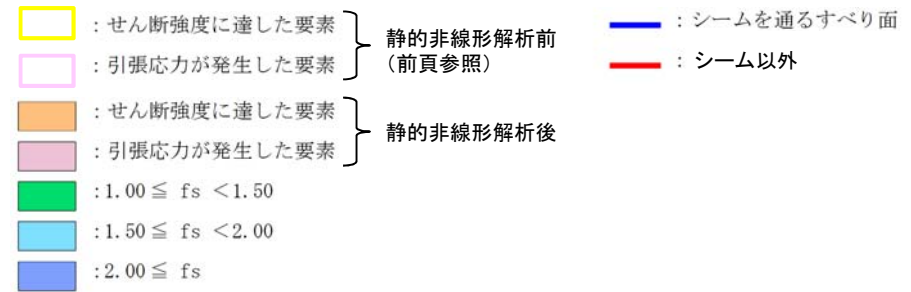


・引張応力が発生した要素が斜面に連続しており、これを通るすべり面になっている。また、せん断強度に達した要素はない。

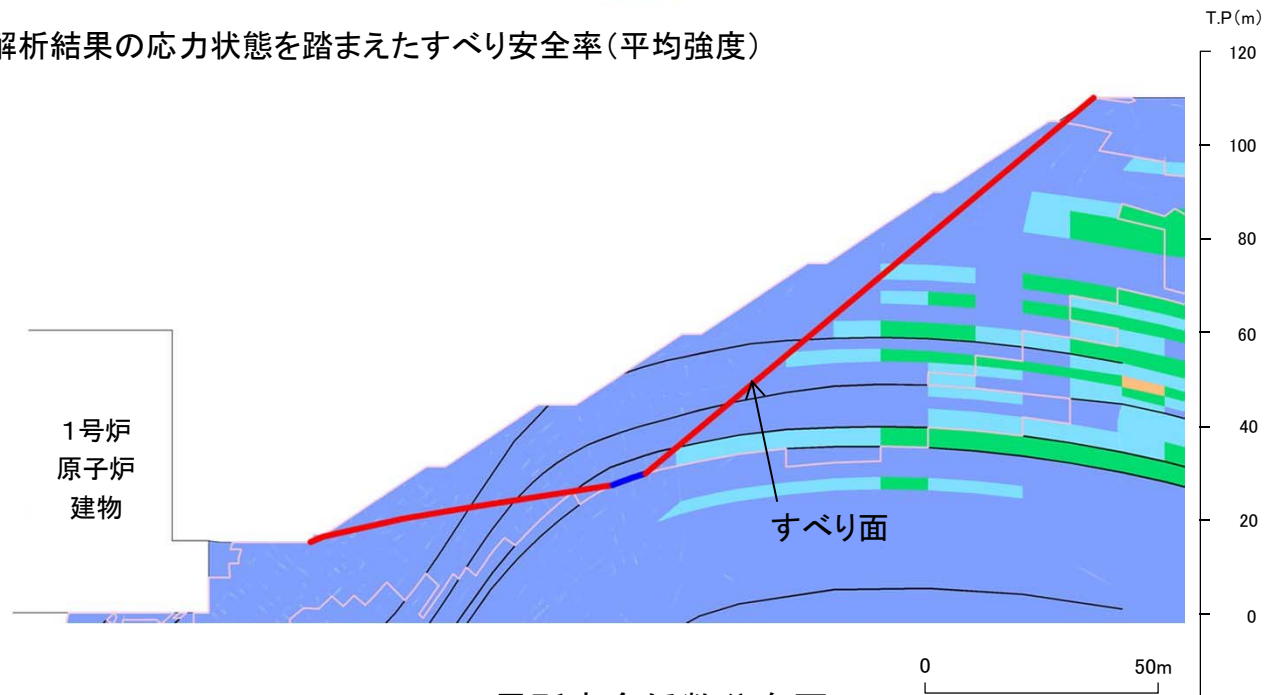
周辺への進行性破壊の検討

■2号炉南側切取斜面(①-①'断面)

- ・基準地震動 : Ss-N1(-,+)
- ・時刻 : 7.45秒
- ・すべり安全率 : 1.67※1



※1 静的非線形解析結果の応力状態を踏まえたすべり安全率(平均強度)

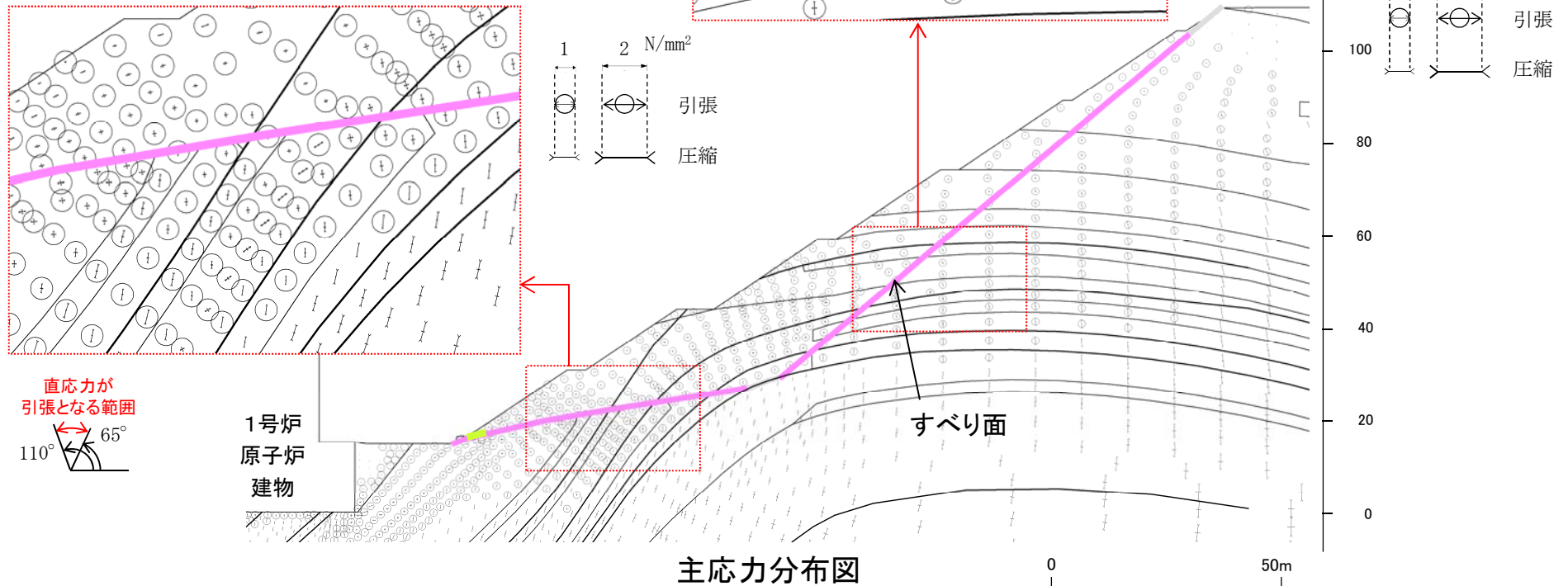
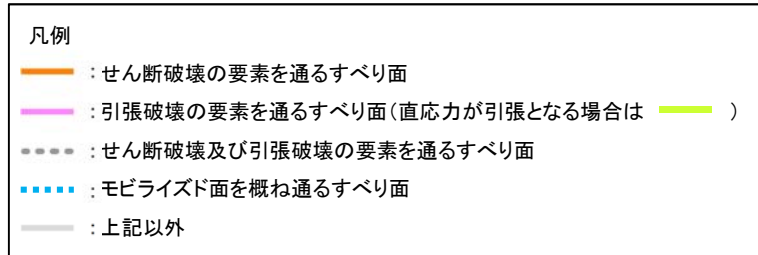


局所安全係数分布図
(静的非線形解析結果)

・引張応力が発生した要素が斜面に連続しているため、静的非線形解析を実施した結果、進行性破壊が発生していないことを確認した。

主応力分布図

■2号炉南側切取斜面(①-①'断面)

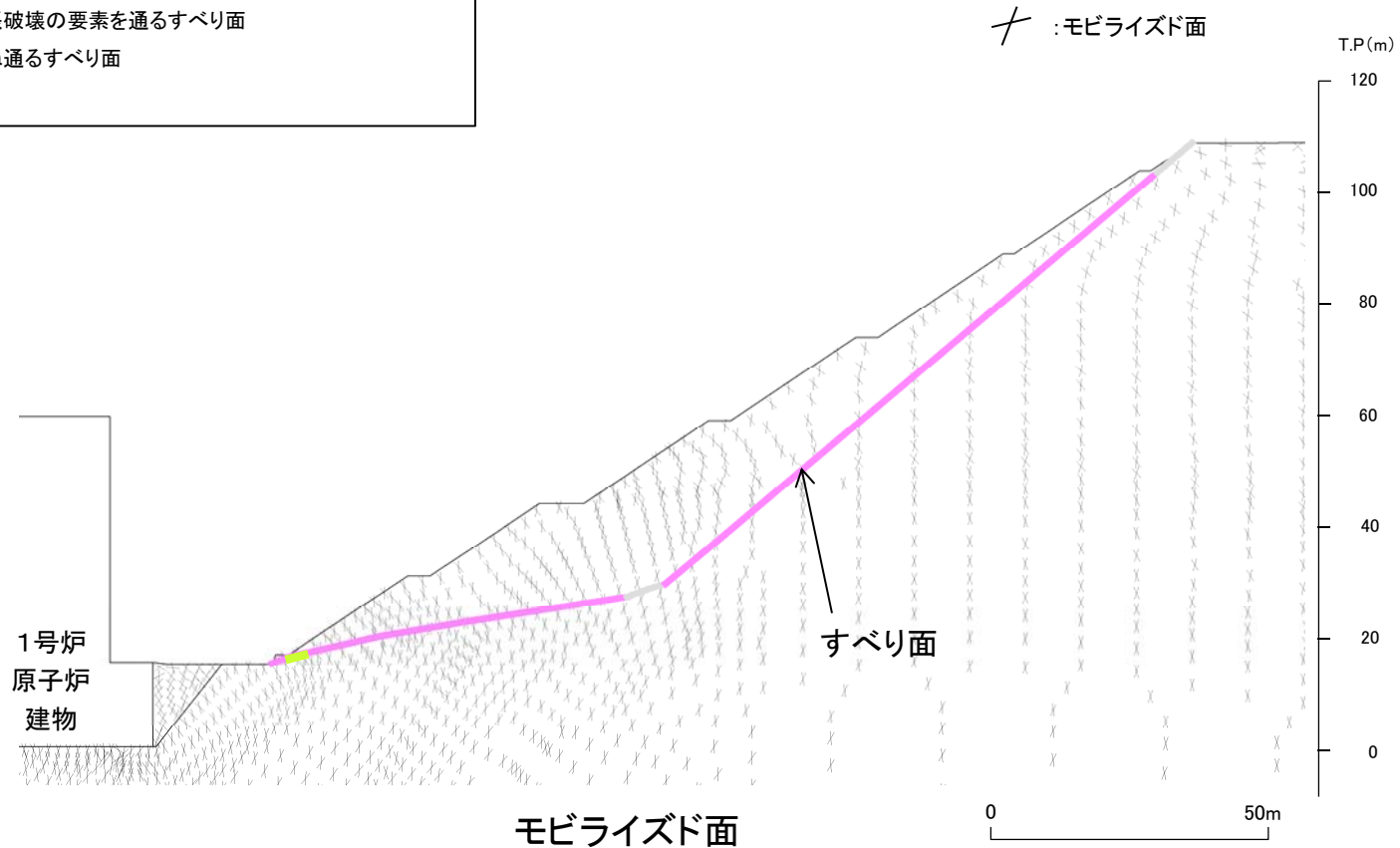
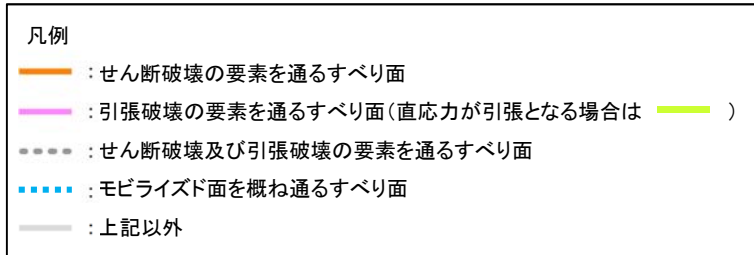


主応力分布図

- ・法尻付近では、直応力が引張となる範囲は約65～110° になり、これに沿うすべりは想定されない。
- ・中腹～法肩では、直応力が引張となる範囲は110° 前後になり、これに沿うすべりは想定されない。

モビライズド面

■2号炉南側切取斜面(①-①'断面)



・モビライズド面を通過していないが、強度の低いシームや破壊領域を通るすべりになっている。

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

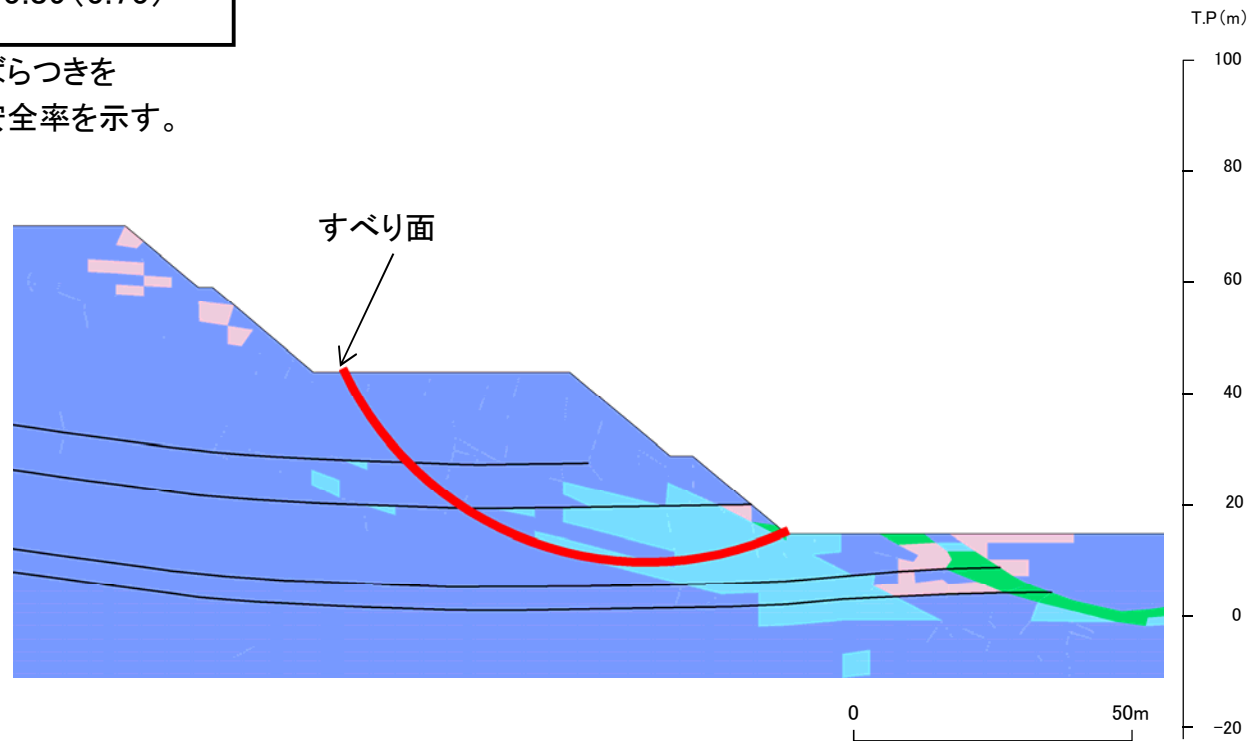
要素ごとの局所安全係数

■対策工を実施した2号炉西側切取斜面(②-②'断面)

- ・基準地震動 : Ss-D(-,+)
- ・時刻 : 8.55秒
- ・すべり安全率 : 5.89(5.75)

※ ()内 強度のばらつきを
考慮したすべり安全率を示す。

- : せん断強度に達した要素
- : 引張応力が発生した要素
- : $1.00 \leq f_s < 1.50$
- : $1.50 \leq f_s < 2.00$
- : $2.00 \leq f_s$
- : シームを通るすべり面
- : シーム以外



局所安全係数

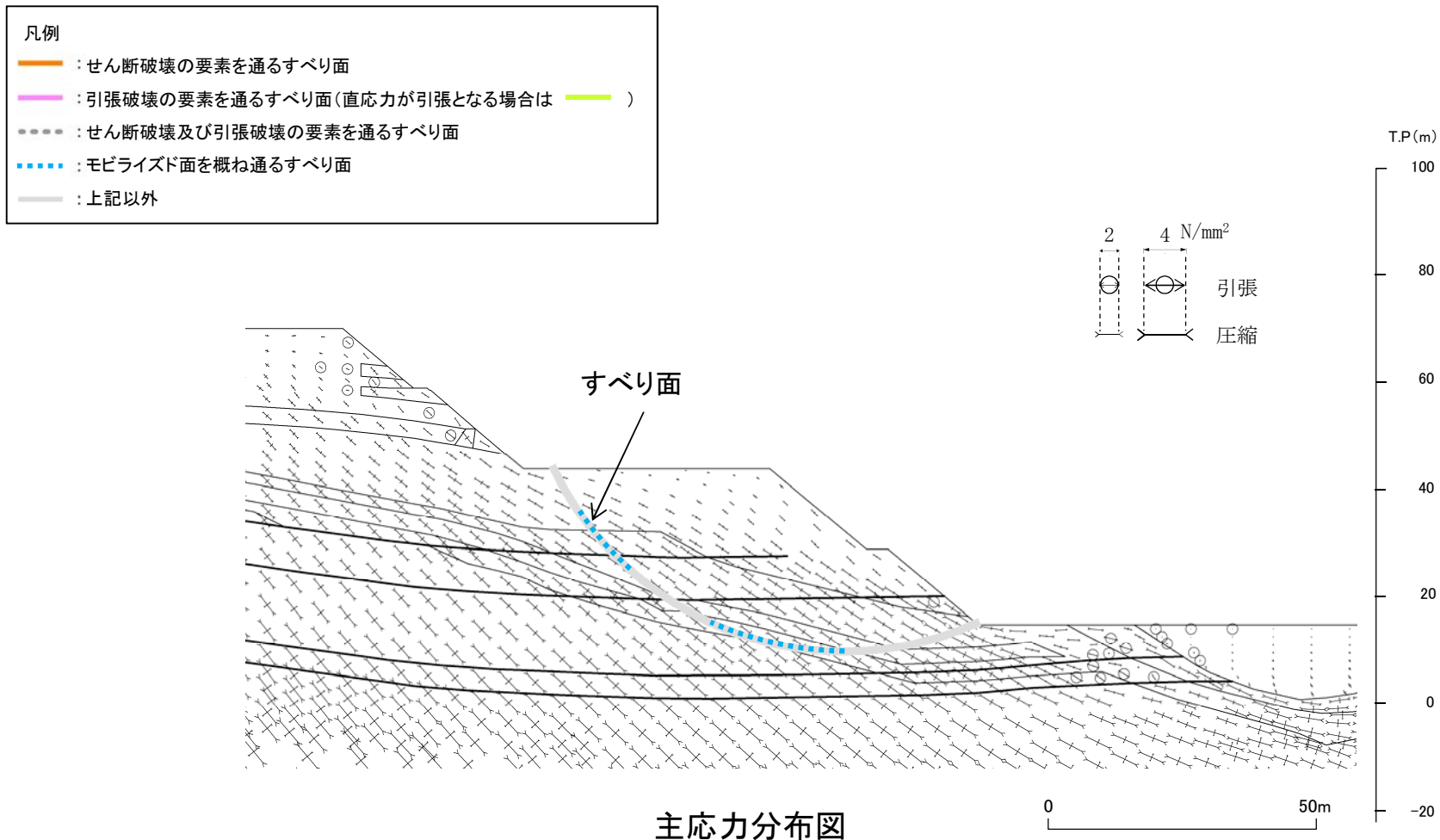
・引張応力が発生した要素やせん断強度に達した要素の分布は局所的である。

6. 要素の局所安全係数図 主応力分布図

第910回審査会合
資料1-2 P160 再掲

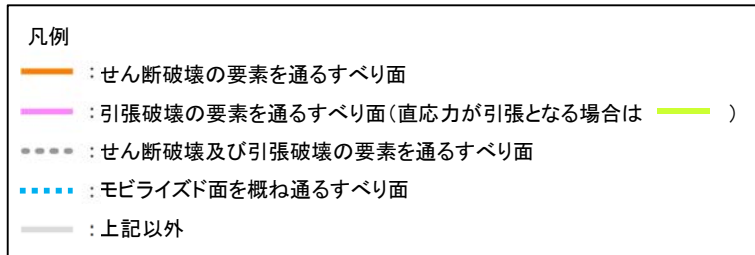
171

■対策工を実施した2号炉西側切取斜面(②-②'断面)

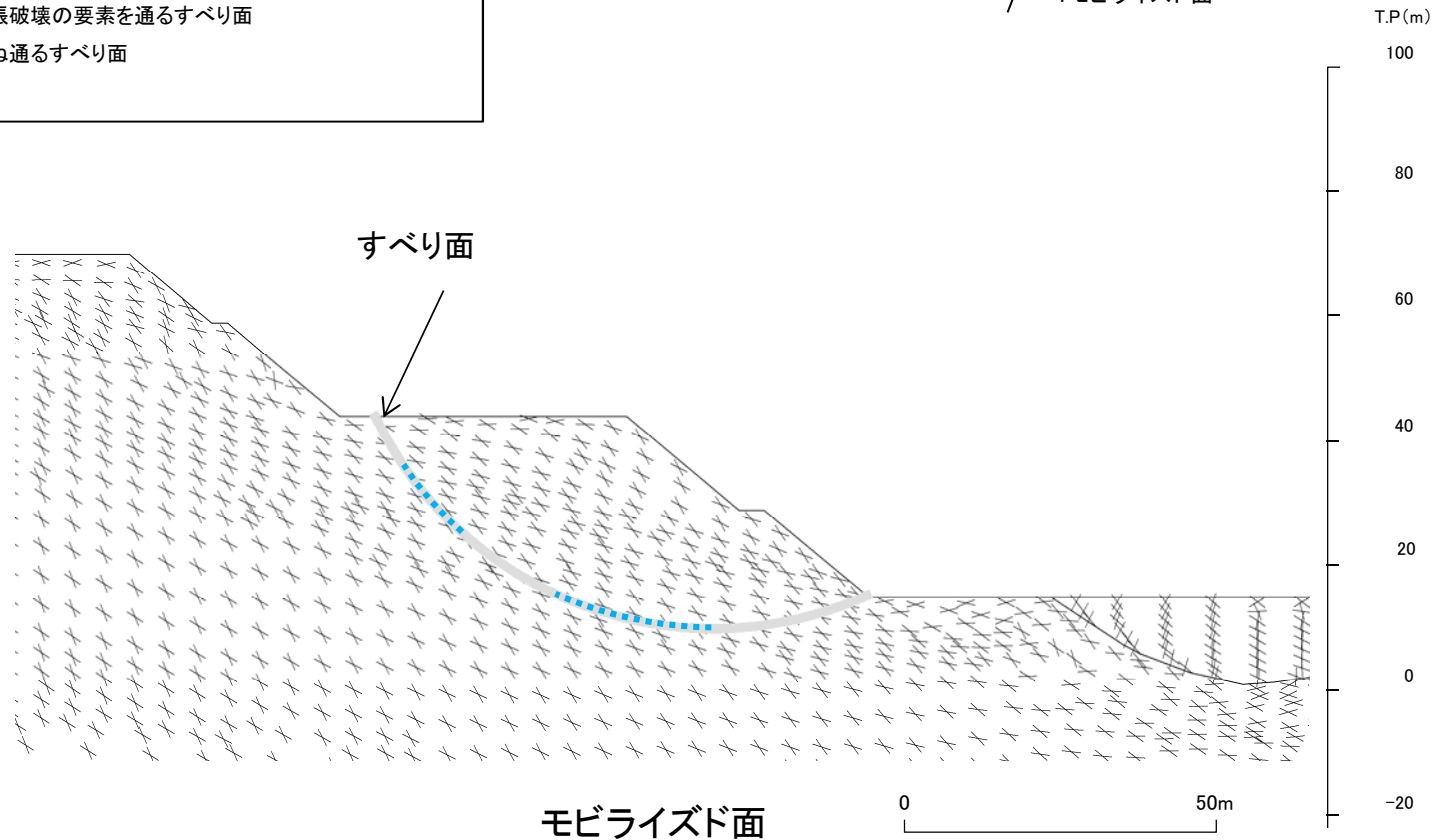


・引張応力が発生した要素やせん断強度に達した要素の分布は局所的である。

■対策工を実施した2号炉西側切取斜面(②-②'断面)



✕ : モビライズド面



・すべり面はモビライズド面を概ね通るすべりになっている。

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

6. 要素の局所安全係数図

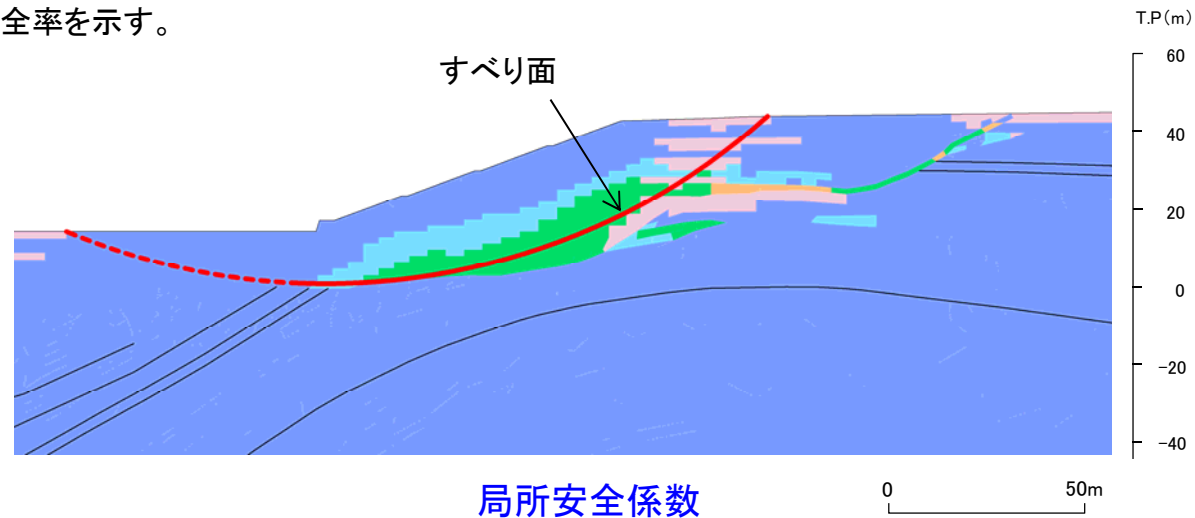
要素ごとの局所安全係数

■2号炉南側盛土斜面(⑥-⑥'断面)

・基準地震動 : Ss-D(-,+)
・時刻 : 13.15秒
・すべり安全率 : 1.61(1.56)

- : せん断強度に達した要素
 - : 引張応力が発生した要素
 - : $1.00 \leq fs < 1.50$
 - : $1.50 \leq fs < 2.00$
 - : $2.00 \leq fs$
 - : シームを通るすべり面
 - : シーム以外*
- ※ 破線は液状化影響を考慮する範囲
(「本編6.4 2号炉南側盛土斜面における液状化範囲の検討」を参照)

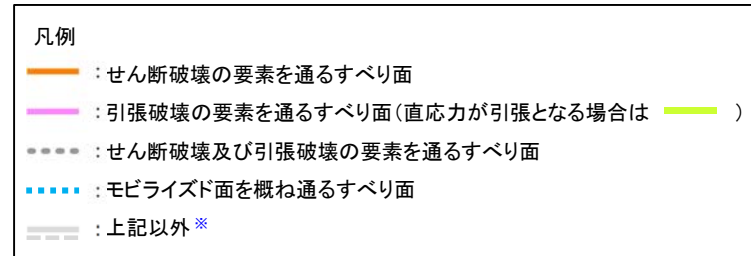
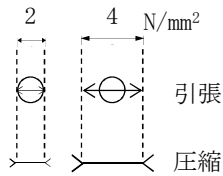
※ ()内 強度のばらつきを
考慮したすべり安全率を示す。



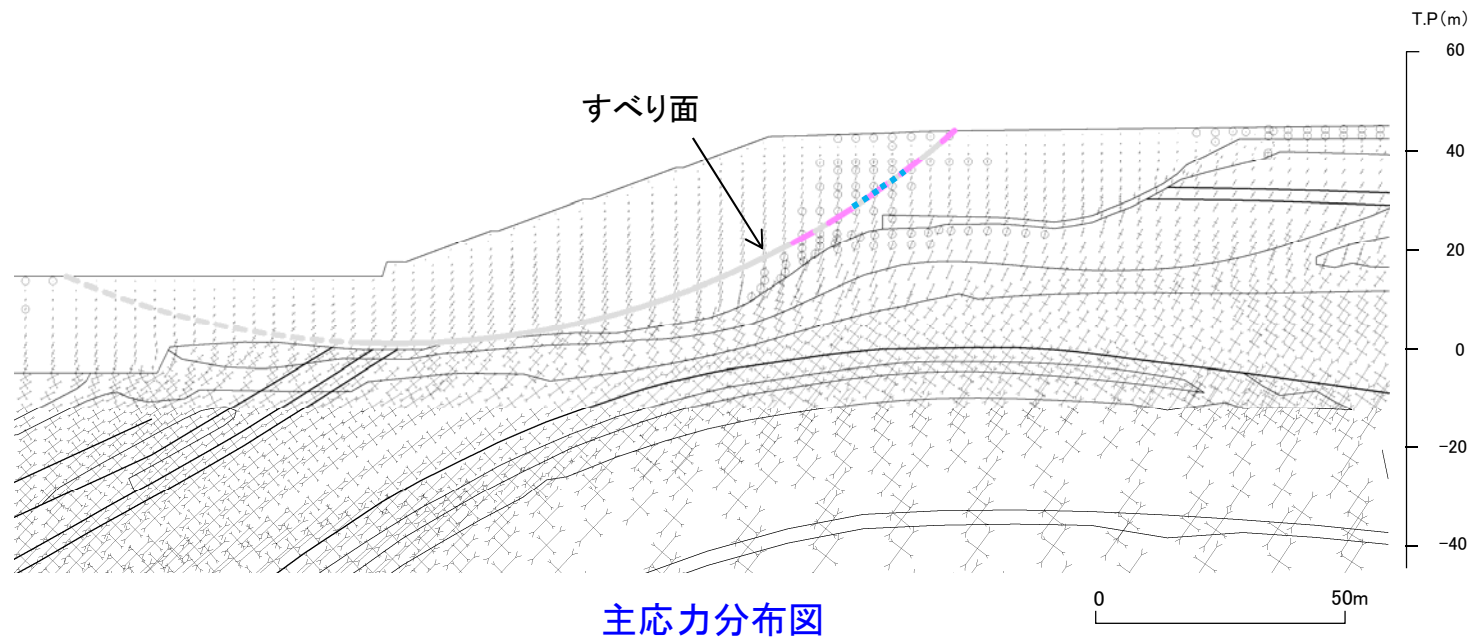
・引張応力が発生した要素やせん断強度に達した要素の分布は局所的である。

6. 要素の局所安全係数図 主応力分布図

■2号炉南側盛土斜面(⑥-⑥)'断面)



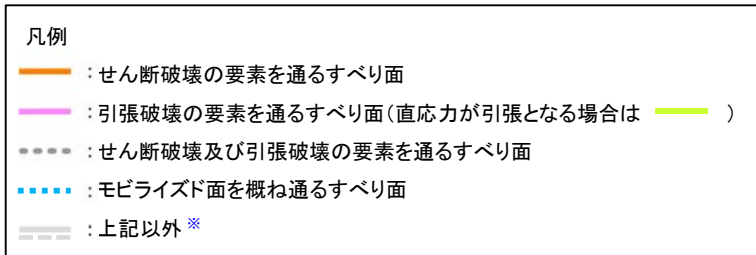
※ 破線は液状化影響を考慮する範囲（「本編6.4 2号炉南側盛土斜面における液状化範囲の検討」を参照）



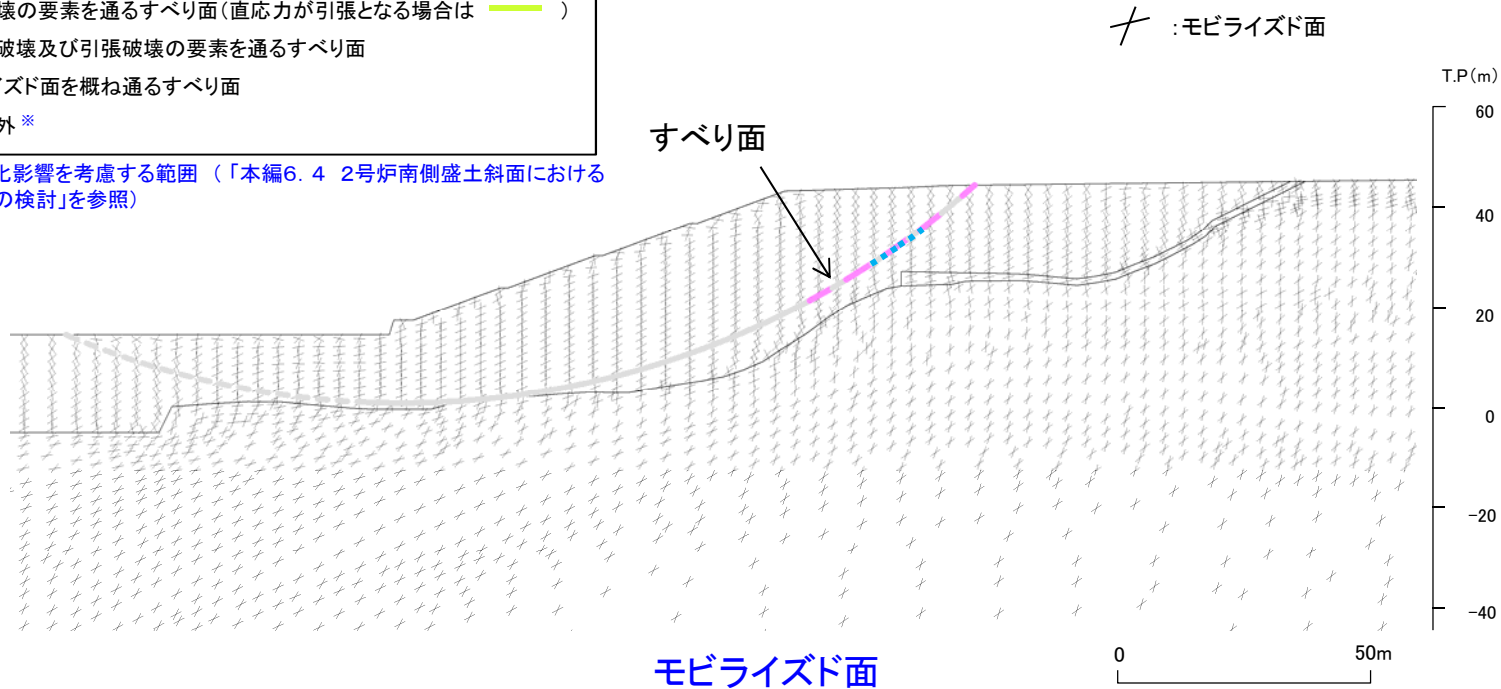
・引張応力が発生した要素やせん断強度に達した要素の分布は局所的である。

6. 要素の局所安全係数図 モビライズド面

■2号炉南側盛土斜面(⑥-⑥'断面)



※ 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編6.4 2号炉南側盛土斜面における液状化範囲の検討」を参照)



・すべり面はモビライズド面を概ね通るすべりになっている。

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

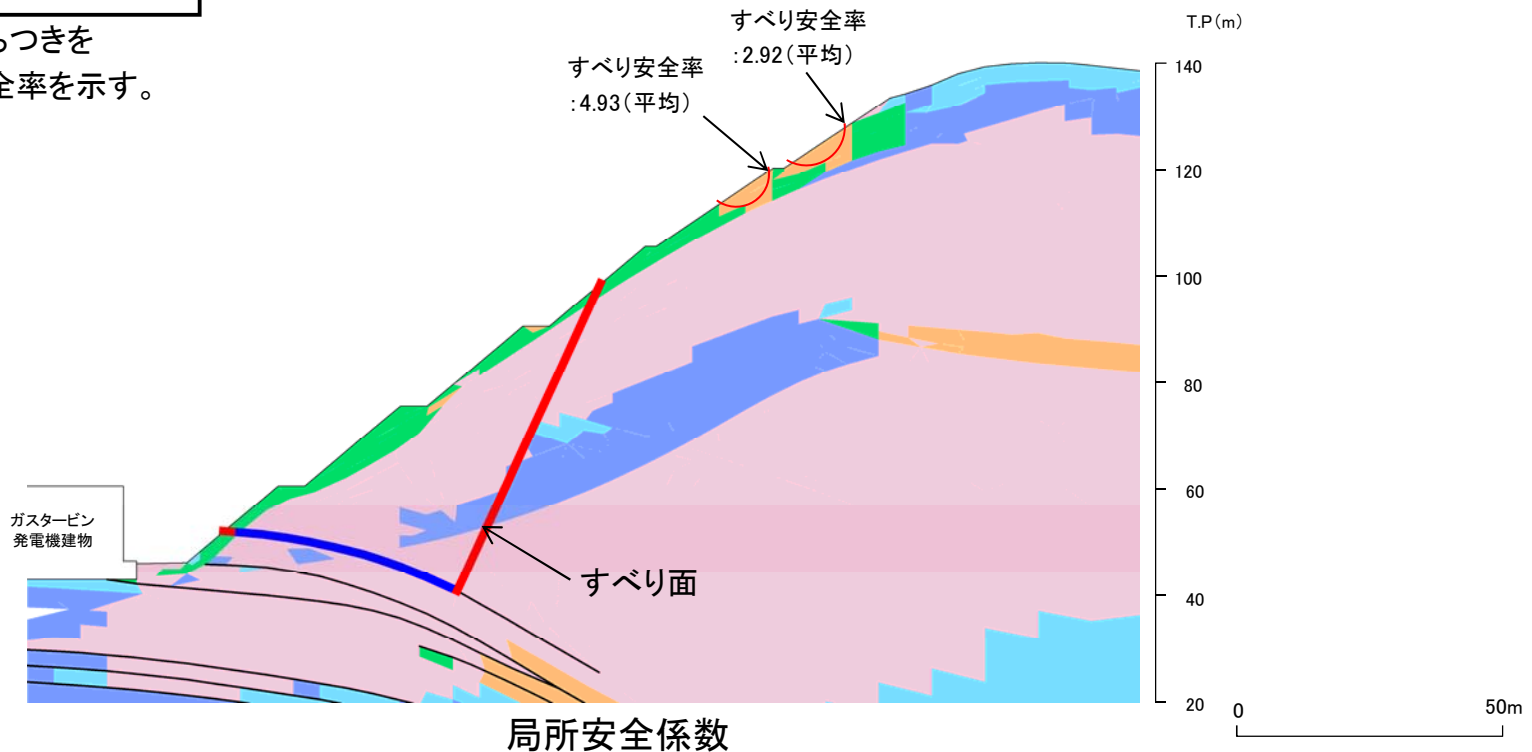
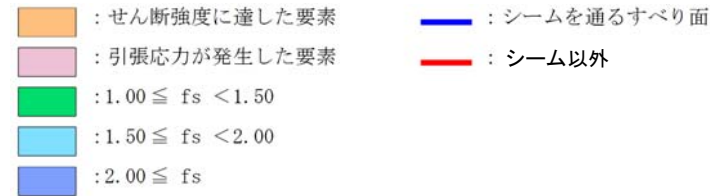
余白

要素ごとの局所安全係数

■ガスタービン発電機建物周辺斜面(⑦-⑦'断面)

- ・基準地震動 : Ss-N1(+,+)
- ・時刻 : 7.59秒
- ・すべり安全率 : 2.07(1.68)

※ ()内 強度のばらつきを
考慮したすべり安全率を示す。



- ・引張応力が発生した要素が斜面に連続しており、これを通るすべり面になっている。
また、せん断強度に達した要素が斜面浅部に分布するが、局所的である。
- ・なお、斜面浅部のせん断強度に達した要素を通るすべり面については、当該応力状態における最小すべり安全率が2.92(平均強度)であり、強度の低い破壊領域を通るすべり面の最小すべり安全率2.07(平均強度)に包含される。

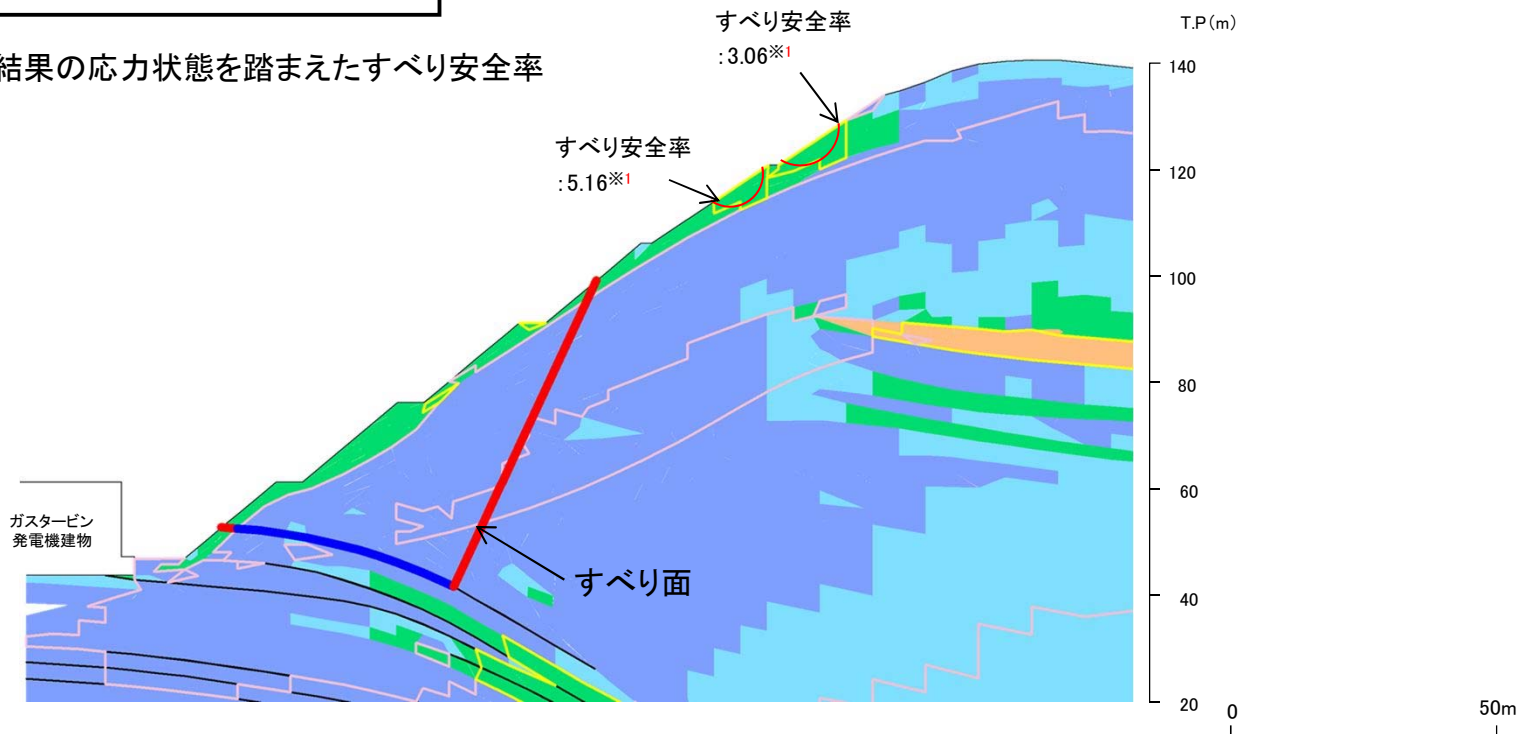
周辺への進行性破壊の検討

■ガスタービン発電機建物周辺斜面(⑦-⑦'断面)

・基準地震動 : Ss-N1(+,+)
 ・時刻 : 7.59秒
 ・すべり安全率 : 2.23※1

□ (黄) : せん断強度に達した要素	} 静的非線形解析前 (前頁参照)	■ (緑) : $1.00 \leq fs < 1.50$
□ (白) : 引張応力が発生した要素		■ (水色) : $1.50 \leq fs < 2.00$
■ (茶) : せん断強度に達した要素	} 静的非線形解析後	■ (青) : $2.00 \leq fs$
■ (紫) : 引張応力が発生した要素		— (赤) : シームを通るすべり面
		— (黒) : シーム以外

※1 静的非線形解析結果の応力状態を踏まえたすべり安全率
(平均強度)

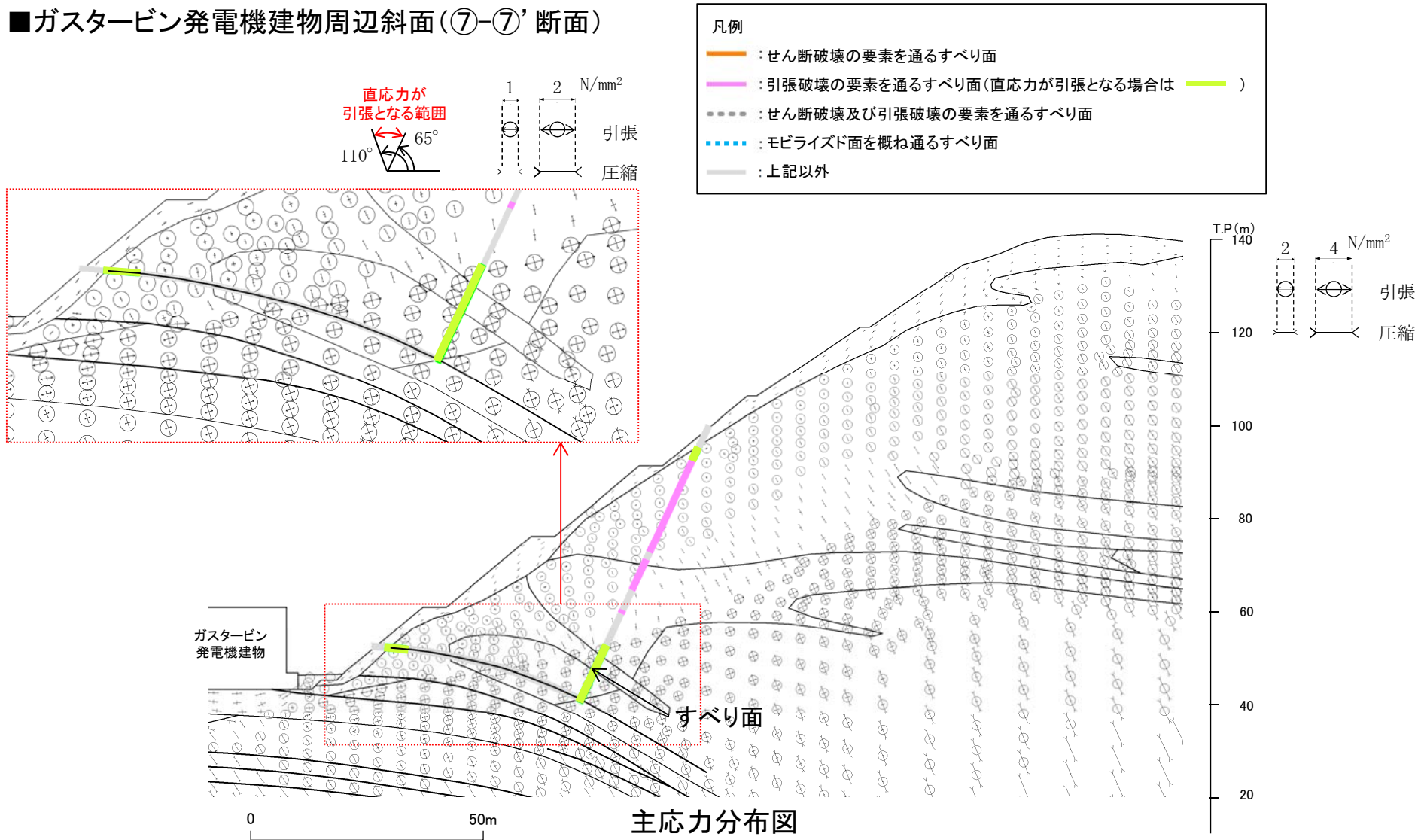


局所安全係数分布図
(静的非線形解析結果)

・引張応力が発生した要素が斜面に連続しているため、静的非線形解析を実施した結果、進行性破壊が発生していないことを確認した。

6. 要素の局所安全係数図 主応力分布図

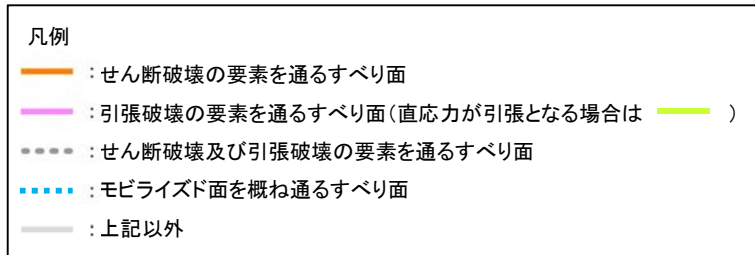
■ガスタービン発電機建物周辺斜面(⑦-⑦'断面)



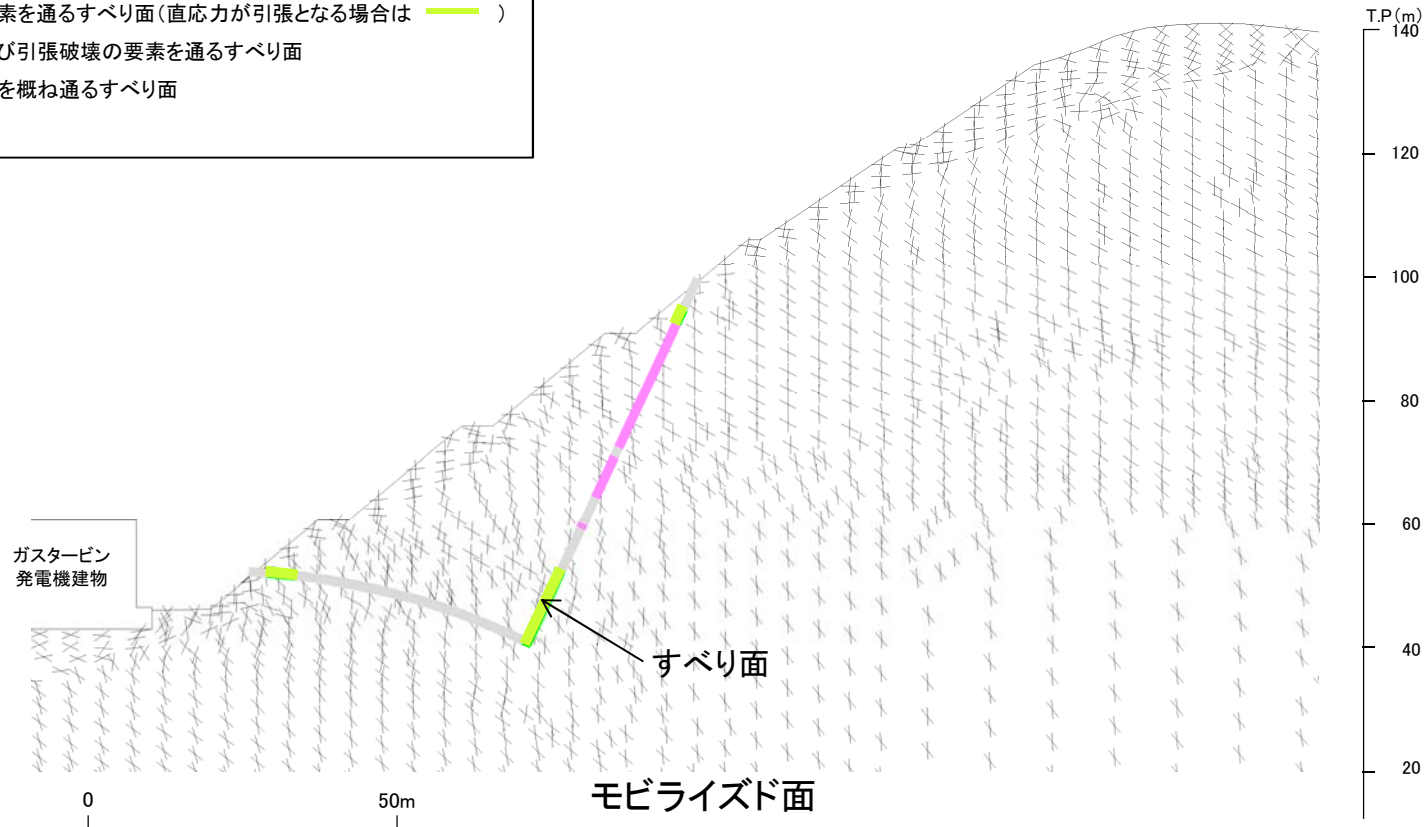
・法尻付近では、直応力が引張となる範囲は概ね65~110° になり、これに沿うすべりになっている。

モビライズド面

■ガスタービン発電機建物周辺斜面(⑦-⑦'断面)



✦ : モビライズド面



・モビライズド面を通過していないが、強度の低いシームや破壊領域を通るすべりになっている。

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

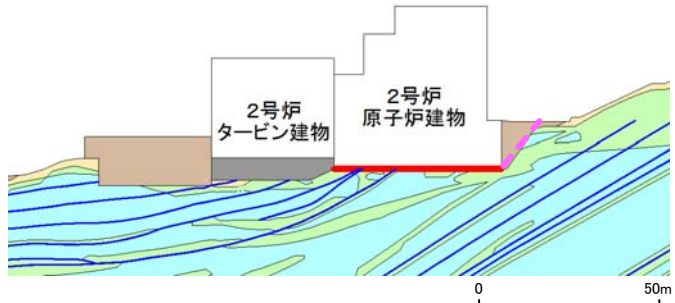
7. すべり安全率一覧

2号炉原子炉建物基礎地盤(南北)
①—①' 断面

7. すべり安全率一覧

2号炉原子炉建物基礎地盤(南北)(①-①)'断面 すべり面番号1)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
1	 <p>基礎底面のすべり面(原子炉建物のみを通る切上がり考慮したすべり面)</p>	Ss-D (+,-)	2.18 [8.55]

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

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)

【凡例】

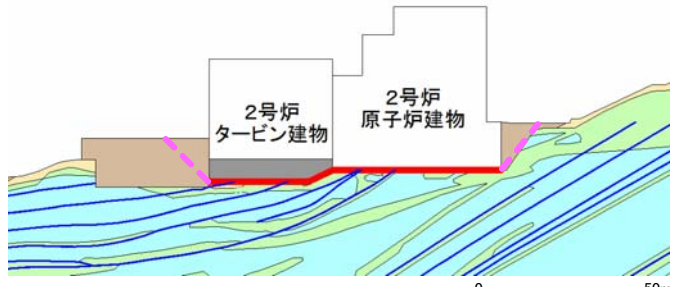
 : C _H 級岩盤	 : C _M 級岩盤	 : C _L 級岩盤	 : D級岩盤
 : 埋戻土、盛土	 : MMR	 : シーム	 : すべり面 ※3

すべり安全率(○ 最小すべり安全率)												
Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2	
		水平NS		水平EW								
(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)			
3.68 [7.52]	2.99 [7.54]	4.78 [25.01]	4.65 [25.01]	4.98 [25.97]	2.96 [25.97]	3.23 [8.93]	2.18 [8.55]	2.94 [8.92]	2.73 [10.08]	7.39 [8.46]	7.28 [15.99]	

7. すべり安全率一覧

2号炉原子炉建物基礎地盤(南北)(①-①)'断面 すべり面番号2)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
2	 <p>基礎及びMMR底面のすべり面(原子炉建物及びタービン建物下MMR底面を通るすべり面)</p>	Ss-D (+,+)	2.64 [8.93]

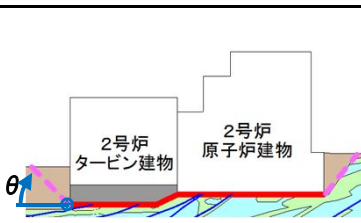
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)

【凡例】

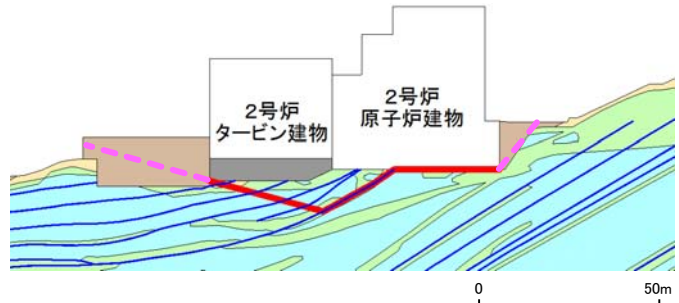
切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW							
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
	4.12 [7.53]	2.76 [7.54]	5.62 [25.01]	4.21 [25.01]	5.58 [25.98]	2.87 [25.98]	2.64 [8.93]	2.68 [8.55]	2.92 [14.58]	3.59 [34.29]	5.75 [8.46]	6.67 [16.03]

※ θをパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

2号炉原子炉建物基礎地盤(南北)(①-①)'断面 すべり面番号3)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	すべり安全率【平均強度】 ^{※2}
3	 <p>シーム沿いのすべり面(原子炉建物からシームを通りタービン建物下MMR左端へ抜けるすべり面)</p>	Ss-D (-,+)	3.29 [8.92]

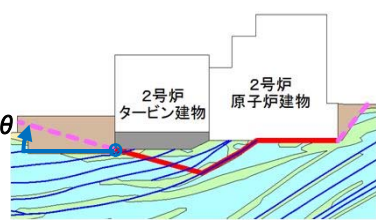
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)

【凡例】

 : C _H 級岩盤	 : C _M 級岩盤	 : C級岩盤	 : D級岩盤
 : 埋戻土、盛土	 : MMR	 : シーム	 : すべり面 ^{※3}

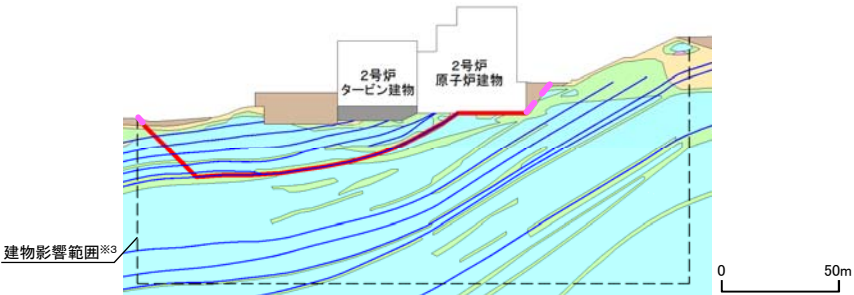
切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率) [※]											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
	(+,+)	(-,+)	水平NS		水平EW		Ss-D		(+,+)	(+,-)		
	4.11 [7.52]	3.40 [7.53]	5.35 [25.02]	4.60 [25.01]	5.79 [25.98]	4.19 [25.98]	4.09 [8.55]	3.78 [8.55]	3.29 [8.92]	4.42 [34.29]	6.71 [8.46]	6.83 [16.03]

※ θをパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

2号炉原子炉建物基礎地盤(南北)(①-①)'断面 すべり面番号4)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面 番号	すべり面形状	基準 地震動※1	すべり安全率 【平均強度】※2	すべり安全率 【ばらつきを考慮した強度】※2
4	 <p>シーム沿いのすべり面(原子炉建物からシームを通り建物影響範囲 地表面の左端へ抜けるすべり面)</p>	Ss-D (+,+)	2.13 [8.56]	1.98 [8.56]

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

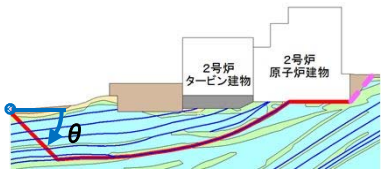
※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

※3 建物影響範囲については、補足資料「5. 建物影響範囲の設定方法」に示す。

※4 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)

【凡例】

- : C_H級岩盤
- : C_M級岩盤
- : C_L級岩盤
- : D級岩盤
- : 埋戻土、盛土
- : MMR
- : シーム
- - - : すべり面※4

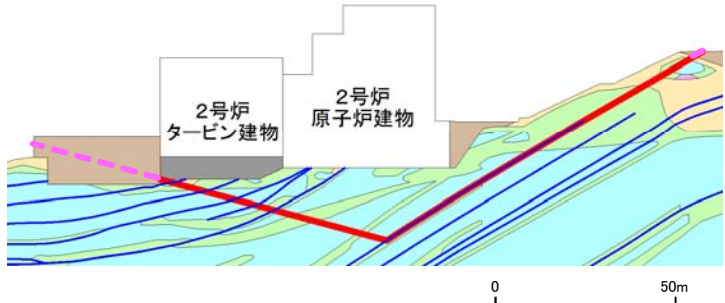
切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW							
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
	2.26 [7.38]	2.16 [7.53]	3.08 [24.37]	2.52 [25.02]	3.08 [24.39]	2.64 [25.97]	2.13 [8.56]	2.16 [8.98]	2.57 [34.30]	2.28 [34.31]	3.31 [8.46]	3.17 [16.03]

※ θをパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

2号炉原子炉建物基礎地盤(南北)(①-①)'断面 すべり面番号5)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	すべり安全率【平均強度】 ^{※2}
5	 <p>シーム沿いのすべり面(シーム右端からシームを通過してタービン建物下MMR左端へ抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	4.30 [7.55]

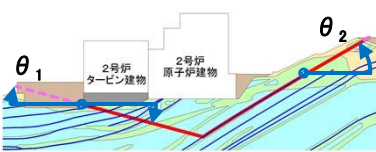
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)

【凡例】

 : C ₄ 級岩盤	 : C _M 級岩盤	 : C _L 級岩盤	 : D級岩盤
 : 埋戻土、盛土	 : MMR	 : シーム	 : すべり面 ^{※3}

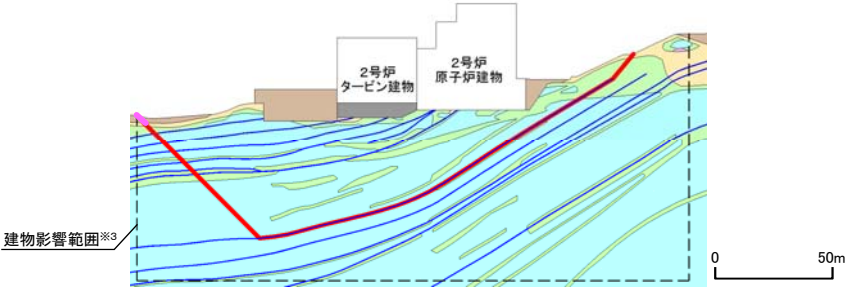
切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率) [※]											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW		(+,+)		(+,-)			
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
	4.45 [7.52]	4.30 [7.55]	6.30 [25.02]	5.40 [25.02]	6.06 [24.39]	5.46 [25.97]	4.43 [8.91]	5.12 [8.54]	4.38 [8.92]	5.04 [14.64]	7.80 [8.93]	8.01 [16.03]

※ θ_1 , θ_2 をパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

2号炉原子炉建物基礎地盤(南北)(①-①)'断面 すべり面番号6)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
6	 <p>シーム沿いのすべり面(シーム右端からシームを通過して建物影響範囲左端へ抜けるすべり面)</p>	Ss-D (+,-)	3.20 [8.97]

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

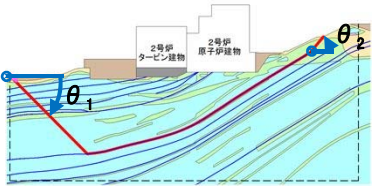
※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

※3 建物影響範囲については、補足資料「5. 建物影響範囲の設定方法」に示す。

※4 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)

【凡例】

- : C_H級岩盤
- : C_M級岩盤
- : C_L級岩盤
- : D級岩盤
- : 埋戻土、盛土
- : MMR
- : シーム
- : すべり面※4

切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW							
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
	3.43 [7.38]	3.43 [7.56]	4.03 [24.38]	3.83 [25.02]	4.20 [24.39]	4.44 [26.06]	3.33 [8.97]	3.20 [8.97]	3.59 [8.97]	3.56 [13.16]	5.77 [8.94]	5.12 [16.04]

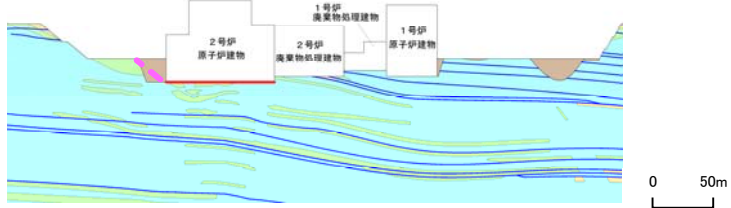
※ θ_1 , θ_2 をパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

2号炉原子炉建物基礎地盤(東西)
②-②' 断面

7. すべり安全率一覧

2号炉原子炉建物基礎地盤(東西)(②-②'断面 すべり面番号1)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
1	 <p>基礎底面のすべり面(2号炉原子炉建物のみを通る切上がりを含めたすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	6.03 [7.53]

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

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)

【凡例】

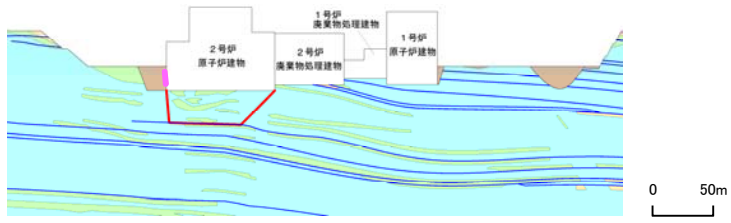
 : C ₄ 級岩盤	 : C _M 級岩盤	 : C _L 級岩盤	 : D級岩盤
 : 埋戻土、盛土	 : MMR	 : シーム	 : すべり面※3

すべり安全率(○ 最小すべり安全率)											
Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
		水平NS		水平EW							
(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(-,-)	(+,+)	(+,-)		
6.03 [7.53]	6.63 [7.52]	7.25 [25.00]	8.10 [25.01]	6.47 [25.97]	6.33 [25.97]	6.60 [8.92]	7.32 [8.55]	6.14 [8.92]	6.14 [8.55]	7.28 [7.94]	7.31 [15.58]

7. すべり安全率一覧

2号炉原子炉建物基礎地盤(東西)(②-②'断面 すべり面番号2)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
2	 <p>2号炉原子炉建物左端からシームを通過して2号炉原子炉建物右端に抜けるすべり面</p>	Ss-N1 (-,+)	7.40 [7.40]

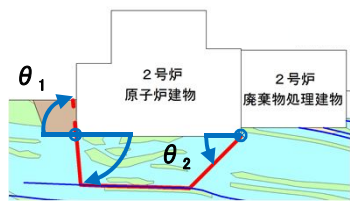
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)

【凡例】

 : C _H 級岩盤	 : C _M 級岩盤	 : C _L 級岩盤	 : D級岩盤
 : 埋戻土、盛土	 : MMR	 : シーム	 : すべり面※3

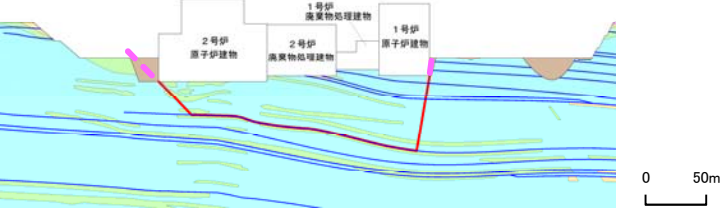
切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW		(-,+)		(+,-)			
	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(-,-)	(+,+)	(+,-)		
	7.40 [7.40]	9.29 [7.74]	9.44 [24.35]	9.98 [25.07]	9.81 [24.39]	9.60 [26.03]	7.70 [8.99]	7.60 [8.98]	8.13 [13.15]	8.38 [34.41]	10.26 [8.12]	12.55 [15.27]

※ θ_1 , θ_2 をパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

2号炉原子炉建物基礎地盤(東西)(②-②)'断面 すべり面番号3)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
3	 <p>2号炉原子炉建物左端からシームを通過して1号炉原子炉建物右端に抜けるすべり面</p>	Ss-N1 (+,+)	4.15 [7.39]

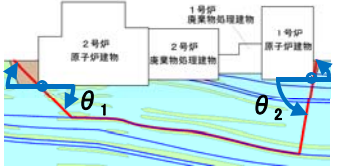
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)

【凡例】

 : C ₄ 級岩盤	 : C _M 級岩盤	 : C _L 級岩盤	 : D級岩盤
 : 埋戻土、盛土	 : MMR	 : シーム	 : すべり面 ※3

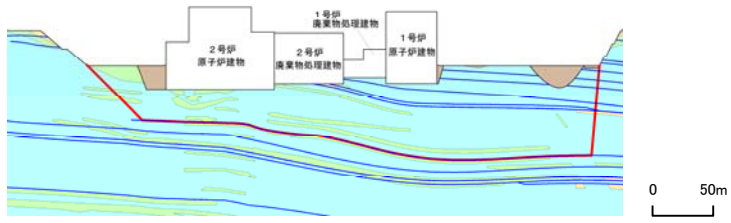
切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW		(-,+)		(+,-)			
	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(-,-)	(+,+)	(+,-)		
	4.39 [7.39]	4.15 [7.39]	5.18 [24.38]	5.09 [24.38]	5.30 [24.39]	5.72 [24.39]	4.42 [8.98]	4.35 [8.98]	4.27 [8.98]	4.28 [8.98]	6.07 [8.13]	5.83 [15.58]

※ θ_1 , θ_2 をパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

2号炉原子炉建物基礎地盤(東西)(②-②)'断面 すべり面番号4)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

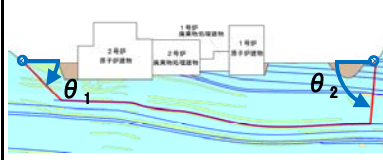
すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2	すべり安全率【ばらつきを考慮した強度】※2
4	 <p>左側斜面法尻からシームを通して右側斜面法尻に抜けるすべり面</p>	Ss-N1 (+,+)	2.57 [7.39]	2.43 [7.39]

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

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

- : C_H級岩盤
- : C_M級岩盤
- : C_L級岩盤
- : D級岩盤
- : 埋戻土、盛土
- : MMR
- : シーム
- : すべり面

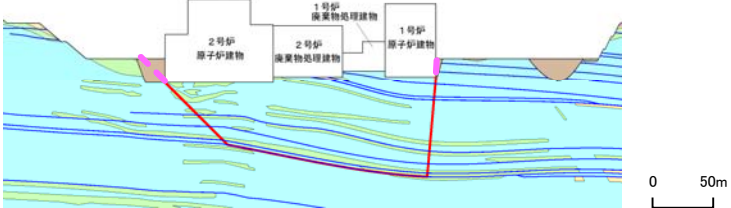
切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW		(-,+)		(+,-)			
	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(-,-)	(+,+)	(+,-)		
	3.18 [7.39]	2.57 [7.39]	3.53 [25.02]	3.26 [24.39]	3.94 [26.02]	3.79 [24.39]	3.11 [8.97]	3.13 [13.17]	2.68 [8.98]	2.70 [8.98]	4.14 [8.13]	4.57 [15.58]

※ θ_1 , θ_2 をパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

2号炉原子炉建物基礎地盤(東西)(②-②)'断面 すべり面番号5)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
5	 <p>2号炉原子炉建物左端からシームを通過して1号炉原子炉建物右端に抜けるすべり面</p>	Ss-N1 (+,+)	5.36 [7.42]

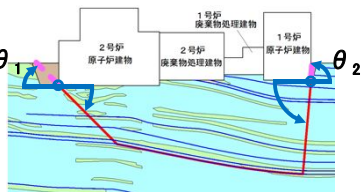
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)

【凡例】

 : C ₄ 級岩盤	 : C _M 級岩盤	 : C _L 級岩盤	 : D級岩盤
 : 埋戻土、盛土	 : MMR	 : シーム	 : すべり面※3

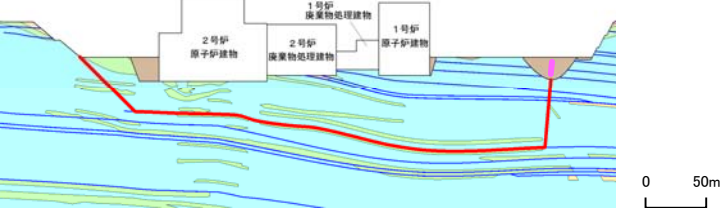
切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW		(-,+)		(+,-)			
	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(-,-)	(+,+)	(+,-)		
	5.91 [7.42]	5.36 [7.42]	7.46 [24.39]	7.06 [24.39]	8.14 [26.09]	7.96 [26.08]	6.61 [17.18]	6.42 [13.16]	6.42 [9.00]	6.42 [8.99]	10.25 [8.13]	9.40 [15.47]

※ θ_1 , θ_2 をパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

2号炉原子炉建物基礎地盤(東西)(②-②'断面 すべり面番号6)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
6	 <p>左側斜面法尻からシームを通して右側の盛土に抜けるすべり面</p>	Ss-N1 (+,+)	2.67 [7.39]

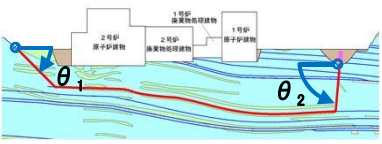
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)

【凡例】

切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW							
	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(-,-)	(+,+)	(+,-)		
	3.40 [7.39]	2.67 [7.39]	3.64 [25.02]	3.39 [24.39]	4.08 [26.02]	3.95 [24.39]	3.26 [34.39]	3.27 [13.17]	2.74 [8.98]	2.77 [8.98]	4.36 [8.13]	4.56 [15.58]

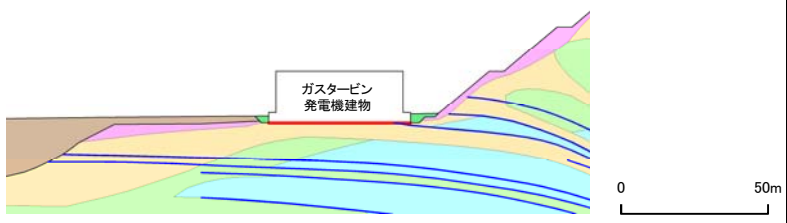
※ θ_1 , θ_2 をパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

ガスタービン発電機建物基礎地盤
③－③' 断面

7. すべり安全率一覧

ガスタービン発電機建物基礎地盤(③-③'断面 すべり面番号1)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
1	 <p>基礎底面のすべり面(ガスタービン発電機建物のみを通る切上がりを考慮しないすべり面)</p>	Ss-D (+,+)	2.90 [8.57]

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

※2 []は, 発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

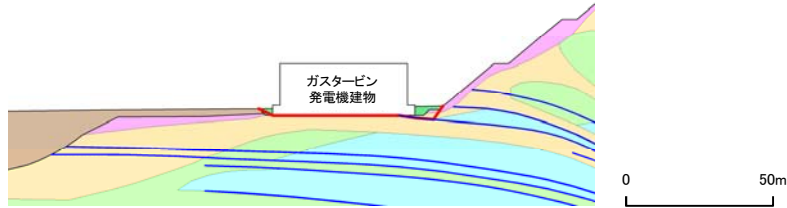
 : C _H 級岩盤	 : C _M 級岩盤	 : C _L 級岩盤	 : D級岩盤
 : 埋戻土, 盛土	 : 埋戻土(購入土)	 : シーム	 : すべり面

すべり安全率(○ 最小すべり安全率)											
Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
		水平NS		水平EW							
(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
4.56 [7.48]	3.89 [7.47]	3.90 [24.39]	4.86 [24.97]	4.19 [24.41]	4.69 [25.95]	2.90 [8.57]	3.11 [23.68]	3.17 [19.16]	3.38 [34.32]	2.92 [8.14]	3.97 [16.14]

7. すべり安全率一覧

ガスタービン発電機建物基礎地盤(③-③'断面 すべり面番号2)









・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

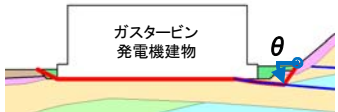
すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2	すべり安全率【ばらつきを考慮した強度】※2
2	 <p>シーム沿いのすべり面(斜面法尻からシームを通過してガスタービン発電機建物左端に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	1.64 [7.70]	1.63 [7.70]

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

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

 : C4級岩盤	 : C3級岩盤	 : C2級岩盤	 : D級岩盤
 : 埋戻土、盛土	 : 埋戻土(購入土)	 : シーム	 : すべり面

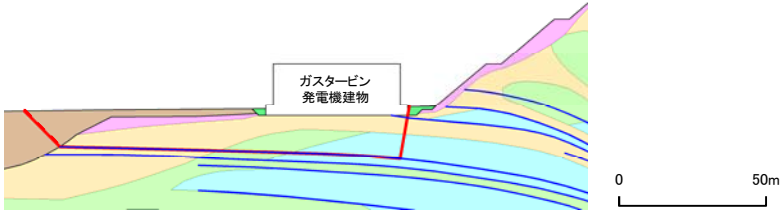
切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW		(+,+)		(+,-)			
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
	2.30 [7.44]	1.64 [7.70]	1.99 [24.39]	2.87 [25.08]	2.55 [24.41]	2.65 [26.13]	1.74 [9.02]	1.77 [9.01]	2.10 [13.03]	2.09 [34.32]	2.97 [8.95]	3.38 [14.02]

※ θをパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

ガスタービン発電機建物基礎地盤(③-③'断面 すべり面番号3)









・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

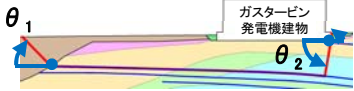
すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
3	 <p>シーム沿いのすべり面(ガスタービン発電機建物右端からシームを通過して埋戻土部に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	1.98 [7.74]

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

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

 : C ₄ 級岩盤	 : C _M 級岩盤	 : C _L 級岩盤	 : D級岩盤
 : 埋戻土、盛土	 : 埋戻土(購入土)	 : シーム	 : すべり面

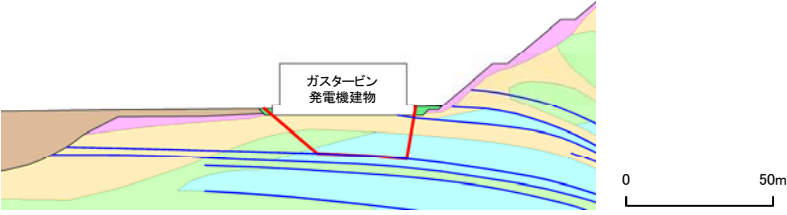
切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW		(+,+)		(+,-)			
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
	2.22 [7.43]	1.98 [7.74]	2.15 [24.39]	2.97 [25.07]	2.38 [24.42]	2.52 [26.13]	2.21 [9.01]	2.26 [9.01]	2.09 [34.43]	2.23 [34.43]	2.68 [8.95]	2.72 [16.05]

※ θ_1 , θ_2 をパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

ガスタービン発電機建物基礎地盤(③-③'断面 すべり面番号4)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

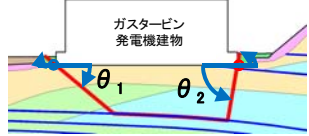
すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
4	 <p>シーム沿いのすべり面(ガスタービン発電機建物右端からシームを通過してガスタービン発電機建物左端に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (+,+)	3.12 [7.45]

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

※2 []は, 発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

 : C ₄ 級岩盤	 : C _M 級岩盤	 : C _L 級岩盤	 : D級岩盤
 : 埋戻土, 盛土	 : 埋戻土(購入土)	 : シーム	 : すべり面

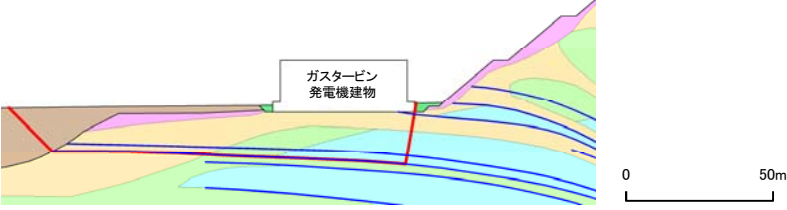
切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW		(+,+)		(+,-)			
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
	3.12 [7.45]	3.23 [7.71]	3.76 [24.40]	4.46 [25.10]	4.45 [24.46]	3.79 [26.15]	3.30 [9.05]	3.48 [9.06]	3.41 [34.44]	3.56 [34.45]	4.22 [8.14]	4.58 [16.14]

※ θ_1, θ_2 をパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

ガスタービン発電機建物基礎地盤(③-③'断面 すべり面番号5)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

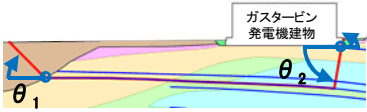
すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
5	 <p>シーム沿いのすべり面(ガスタービン発電機建物右端からシームを通過して埋戻土部に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	2.02 [7.75]

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

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

- : C_H級岩盤
- : C_M級岩盤
- : C_L級岩盤
- : D級岩盤
- : 埋戻土、盛土
- : 埋戻土(購入土)
- : シーム
- : すべり面

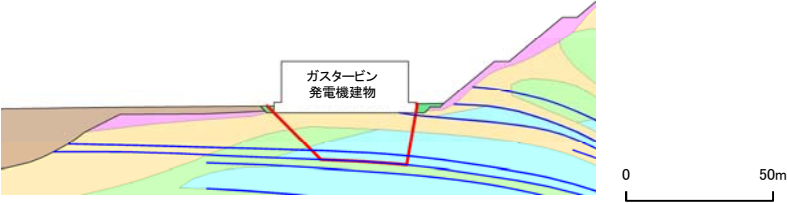
切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW		(+,+)		(+,-)			
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
	2.28 [7.43]	2.02 [7.75]	2.22 [24.39]	3.08 [25.07]	2.43 [24.42]	2.58 [26.14]	2.29 [9.74]	2.37 [9.75]	2.15 [34.43]	2.31 [34.43]	2.69 [8.95]	2.69 [16.05]

※ θ_1 , θ_2 をパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

ガスタービン発電機建物基礎地盤(③-③'断面 すべり面番号6)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

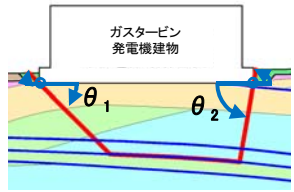
すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
6	 <p>シーム沿いのすべり面(ガスタービン発電機建物右端からシームを通過してガスタービン発電機建物左端に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (+,+)	3.63 [7.46]

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

※2 []は, 発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

: C _H 級岩盤	: C _M 級岩盤	: C _L 級岩盤	: D級岩盤
: 埋戻土, 盛土	: 埋戻土(購入土)	: シーム	: すべり面

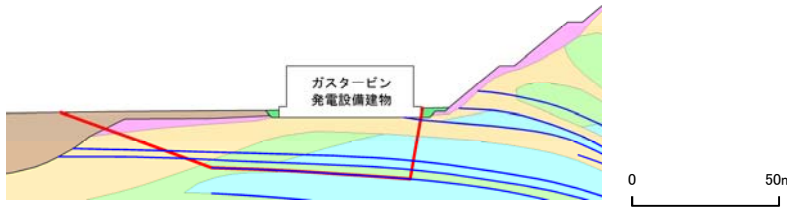
切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW		(+,+)		(+,-)			
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
	3.63 [7.46]	3.91 [7.75]	4.54 [24.45]	5.23 [25.10]	5.23 [24.46]	4.40 [26.16]	4.00 [9.05]	4.18 [9.06]	4.11 [34.45]	4.21 [17.23]	5.00 [8.14]	5.30 [16.14]

※ θ_1, θ_2 をパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

ガスタービン発電機建物基礎地盤(③-③'断面 すべり面番号7)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

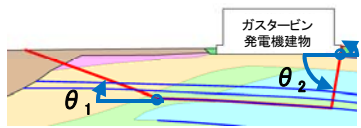
すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
7	 <p>シーム沿いのすべり面(ガスタービン発電機建物右端からシームを通過して地表に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	2.54 [7.75]

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

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

- : C_H級岩盤
- : C_M級岩盤
- : C_L級岩盤
- : D級岩盤
- : 埋戻土、盛土
- : 埋戻土(購入土)
- : シーム
- : すべり面

切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW		(+,+)		(+,-)			
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
	2.86 [7.43]	2.54 [7.75]	2.90 [24.39]	3.88 [25.09]	3.31 [24.43]	3.16 [26.15]	3.00 [9.74]	3.10 [9.02]	2.75 [34.43]	2.93 [34.43]	3.70 [8.95]	3.65 [16.05]

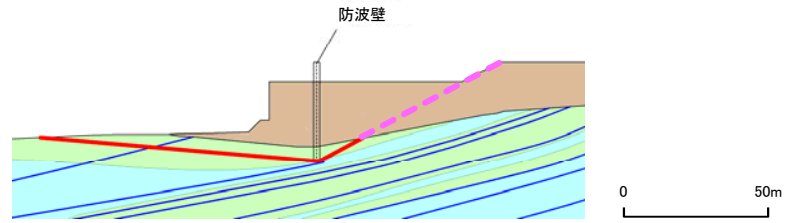
※ θ_1 , θ_2 をパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)基礎地盤
⑦—⑦' 断面

7. すべり安全率一覧

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)基礎地盤(⑦-⑦'断面 すべり面番号1)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面 番号	すべり面形状	基準 地震動※1	すべり安全率 【平均強度】※2	すべり安全率 【ばらつきを考慮した強度】※2
1	 <p>防波壁底面を通るすべり面 (岩盤部のみのすべりを検討)</p>	Ss-N1 (-,+)	1.67 [7.55]	1.60 [7.55]

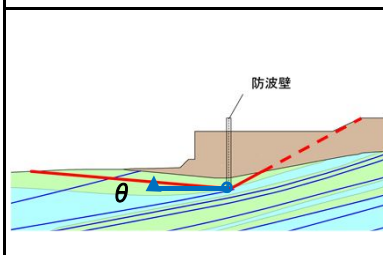
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)

【凡例】

: C _H 級岩盤	: C _M 級岩盤	: C _L 級岩盤	: D級岩盤
: 埋戻土、盛土	: MMR	: シーム	: すべり面※3

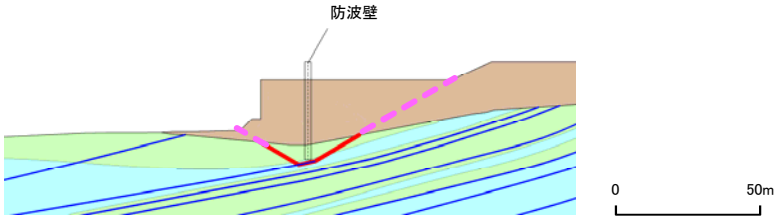
	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
	(+,+)	(-,+)	水平NS		水平EW		Ss-D					
(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)			
	5.14 [7.86]	1.67 [7.55]	10.52 [25.20]	4.06 [24.70]	2.88 [26.27]	3.53 [24.57]	2.30 [23.66]	2.03 [23.66]	2.51 [34.30]	1.86 [34.29]	13.79 [8.93]	3.24 [15.98]

※ θ をパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)基礎地盤(⑦-⑦'断面 すべり面番号2)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
2	 <p>防波壁右側からシームを通して防波壁左側に抜けるすべり面</p>	Ss-N1 (-,+)	1.77 [7.56]

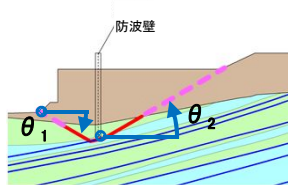
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)

【凡例】

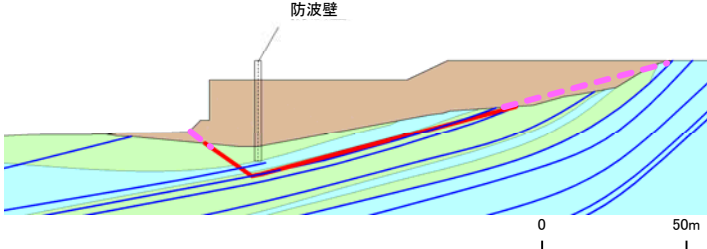
切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW		(+,+)		(+,-)			
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
	4.26 [7.84]	1.77 [7.56]	7.80 [25.20]	5.68 [24.54]	4.68 [26.27]	6.23 [24.58]	2.68 [17.39]	3.16 [17.35]	3.83 [34.33]	2.49 [34.31]	11.30 [8.45]	5.50 [16.03]

※ θ_1 , θ_2 をパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)基礎地盤(⑦-⑦'断面 すべり面番号3)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
3	 <p>防波壁右側からシームを通して防波壁左側に抜けるすべり面</p>	Ss-D (-, -)	2.38 [12.90]

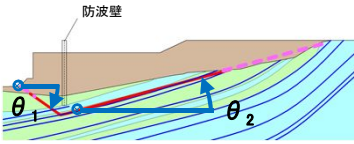
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)

【凡例】

- : C_H級岩盤
- : C_M級岩盤
- : C_L級岩盤
- : D級岩盤
- : 埋戻土、盛土
- : MMR
- : シーム
- - - : すべり面※3

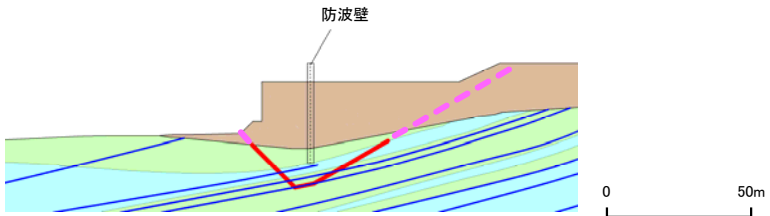
切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW							
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
	7.02 [7.83]	3.06 [7.56]	8.66 [24.36]	8.00 [25.02]	8.79 [24.40]	8.58 [26.04]	3.24 [17.40]	5.31 [13.44]	6.41 [9.20]	2.38 [12.90]	10.71 [8.46]	9.99 [16.03]

※ θ_1 , θ_2 をパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)基礎地盤(⑦-⑦'断面 すべり面番号4)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	すべり安全率【平均強度】 ^{※2}
4	 <p>防波壁右側からシームを通して防波壁左側に抜けるすべり面</p>	Ss-N1 (-,+)	2.62 [7.57]

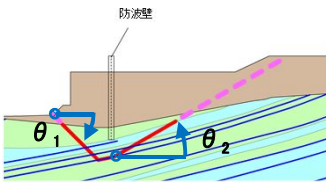
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)

【凡例】

切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率) [※]											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW		(+,+)		(+,-)			
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
	9.93 [7.39]	2.62 [7.57]	8.78 [24.36]	8.21 [25.08]	8.53 [26.28]	8.35 [24.97]	6.05 [23.66]	7.26 [17.42]	7.50 [34.32]	4.07 [12.90]	11.44 [8.45]	10.71 [14.72]

※ θ_1, θ_2 をパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

防波壁(逆T擁壁)基礎地盤
⑪—⑪' 断面

7. すべり安全率一覧

防波壁(逆T擁壁)基礎地盤(⑪-⑪'断面 すべり面番号1)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面 番号	すべり面形状	基準 地震動※1	すべり安全率 【平均強度】※2
1	<p>逆T擁壁底面を通るすべり面</p>	Ss-N2 (NS) (+,+)	7.09 [25.39]

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

※2 []は, 発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

- : C_H級岩盤
- : C_M級岩盤
- : C_L級岩盤
- : D級岩盤
- : 埋戻土, 盛土
- : MMR
- : シーム
- : すべり面

すべり安全率(○ 最小すべり安全率)											
Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
		水平NS		水平EW							
(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
7.17 [9.63]	7.17 [9.59]	7.09 [25.39]	7.67 [25.34]	7.20 [26.78]	7.66 [26.79]	7.54 [14.69]	7.56 [15.58]	7.56 [15.56]	7.59 [14.67]	7.78 [8.19]	7.94 [15.41]

7. すべり安全率一覧

防波壁(逆T擁壁)基礎地盤(⑪-⑪' 断面 すべり面番号2)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
2	<p>地盤改良部底面を通るすべり面</p>	Ss-D (-,+)	3.32 [9.02]

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

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)

【凡例】

: C ₄ 級岩盤	: C _M 級岩盤	: C _L 級岩盤	: D級岩盤
: 埋戻土、盛土	: MMR	: シーム	: すべり面※3

切上り角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
	(+,+)	(-,+)	水平NS		水平EW		Ss-D		Ss-D			
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
	3.35 [7.58]	4.46 [7.38]	4.19 [25.07]	3.79 [24.42]	4.95 [26.14]	4.08 [24.42]	4.73 [14.59]	4.20 [10.42]	3.32 [9.02]	3.70 [8.99]	4.29 [7.96]	5.01 [15.63]

※ θをパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

防波壁(逆T擁壁)基礎地盤(⑪-⑪'断面 すべり面番号3)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
3		Ss-D (-, -)	2.25 [8.98]

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

※2 []は, 発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

- : C_H級岩盤
- : C_M級岩盤
- : C_L級岩盤
- : D級岩盤
- : 埋戻土, 盛土
- : MMR
- : シーム
- : すべり面

切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW							
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
	2.52 [7.67]	2.68 [7.39]	2.36 [25.03]	2.55 [24.36]	2.36 [26.04]	2.41 [24.40]	2.76 [34.41]	2.66 [34.37]	2.38 [8.55]	2.25 [8.98]	2.55 [7.95]	2.77 [15.58]

※ θ_1, θ_2 をパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

防波壁(逆T擁壁)基礎地盤(⑪-⑪)'断面 すべり面番号4)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	すべり安全率【平均強度】 ^{※2}	すべり安全率【ばらつきを考慮した強度】 ^{※2}
4	<p>3号炉地下式軽油タンク格納槽 追加地盤改良範囲(埋戻土(掘削ズリ)) 改良地盤 0 50m B25・26シームを通るすべり面</p>	Ss-D (-, -)	2.03 [8.98]	1.66 [8.98]

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

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)

【凡例】

: C4級岩盤	: C6級岩盤	: C1級岩盤	: D級岩盤
: 埋戻土、盛土	: MMR	: シーム	: すべり面 ^{※3}

切上り角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率) [※]											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
	(+,+)	(-,+)	水平NS		水平EW		Ss-D		Ss-D			
(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-, -)			
	2.52 [7.60]	2.58 [7.39]	2.36 [25.03]	2.38 [24.36]	2.37 [26.03]	2.31 [24.40]	2.62 [34.29]	2.57 [13.00]	2.27 [8.55]	2.03 [8.98]	2.51 [7.94]	2.68 [15.58]

※ θ_1 , θ_2 をパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

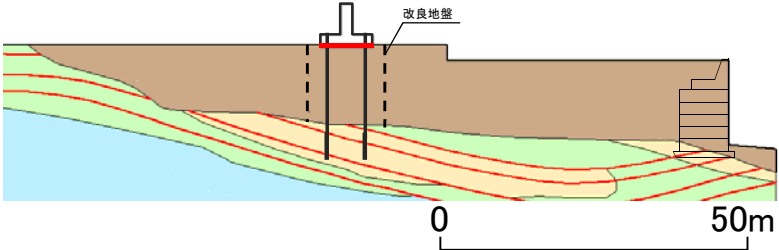
(参考) 対策工を考慮しない場合のすべり安全率

防波壁(逆T擁壁)基礎地盤

⑪—⑪' 断面

防波壁(逆T擁壁)基礎地盤(⑪-⑪'断面 すべり面番号1)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面 番号	すべり面形状	基準 地震動※1	すべり安全率 【平均強度】※2
1	 <p>逆T擁壁底面を通るすべり面</p>	<p>Ss-N2 (NS) (+,+)</p>	<p>7.09 [25.39]</p>

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

※2 []は, 発生時刻(秒)を示す。

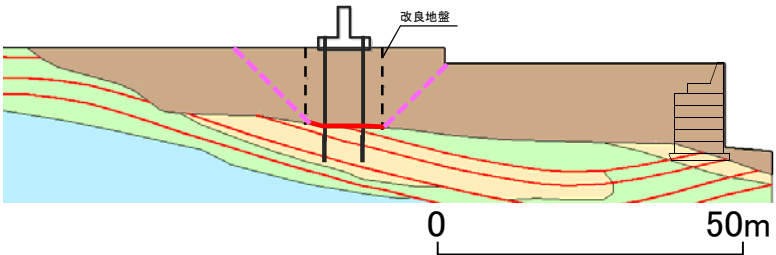
【凡例】

: C _H 級岩盤	: C _M 級岩盤	: C _L 級岩盤	: D級岩盤
: 埋戻土, 盛土	: MMR	: シーム	: すべり面

すべり安全率(○ 最小すべり安全率)											
Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
		水平NS		水平EW							
(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
7.17 [9.63]	7.17 [9.59]	7.09 [25.39]	7.67 [25.34]	7.20 [26.78]	7.66 [26.79]	7.54 [14.69]	7.56 [15.58]	7.56 [15.56]	7.59 [14.67]	7.78 [8.19]	7.94 [15.41]

防波壁(逆T擁壁)基礎地盤(⑪-⑪'断面 すべり面番号2)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
2	 <p>地盤改良部底面を通るすべり面</p>	Ss-N1 (+,+)	2.95 [7.59]

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

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)

【凡例】

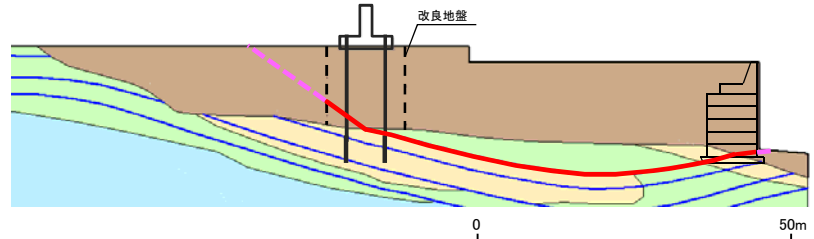
 : C ₄ 級岩盤	 : C _M 級岩盤	 : C _L 級岩盤	 : D級岩盤
 : 埋戻土、盛土	 : MMR	 : シーム	 : すべり面 ※3

すべり安全率(○ 最小すべり安全率)											
Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
		水平NS		水平EW							
(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
2.95 [7.59]	3.93 [7.57]	3.40 [25.05]	3.59 [24.40]	3.89 [25.99]	3.63 [24.41]	3.76 [8.95]	3.66 [12.92]	3.19 [9.01]	3.40 [8.98]	3.52 [7.96]	3.99 [15.63]

7. すべり安全率一覧

防波壁(逆T擁壁)基礎地盤(⑪-⑪'断面 すべり面番号3)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
3	 <p>B27シームを通るすべり面</p>	Ss-D (-, -)	2.06 [8.98]

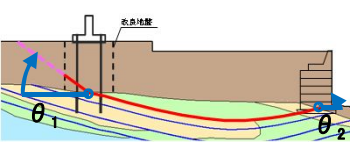
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)

【凡例】

- : C_H級岩盤
- : C_M級岩盤
- : C_L級岩盤
- : D級岩盤
- : 埋戻土、盛土
- : MMR
- : シーム
- : すべり面※3

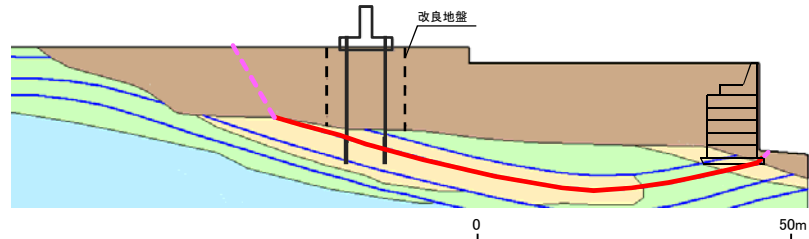
切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW		(+, +)		(+, -)			
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-, -)		
	2.34 [7.67]	2.56 [7.39]	2.18 [25.03]	2.36 [24.36]	2.20 [26.04]	2.23 [24.40]	2.56 [13.14]	2.44 [34.37]	2.26 [8.55]	2.06 [8.98]	2.35 [7.95]	2.60 [16.75]

※ θ_1 , θ_2 をパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

防波壁(逆T擁壁)基礎地盤(⑪-⑪)'断面 すべり面番号4)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2	すべり安全率【ばらつきを考慮した強度】※2
4	 <p>B25・26シームを通るすべり面</p>	Ss-D (-, -)	1.87 [8.92]	1.51 [8.92]

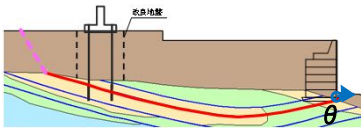
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編3.5 評価方法」を参照)

【凡例】

切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW							
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
	2.33 [7.64]	2.40 [7.39]	2.14 [25.03]	2.20 [24.36]	2.14 [26.03]	2.13 [24.40]	2.42 [34.29]	2.36 [34.35]	2.05 [8.55]	1.87 [8.92]	2.30 [7.94]	2.45 [15.58]

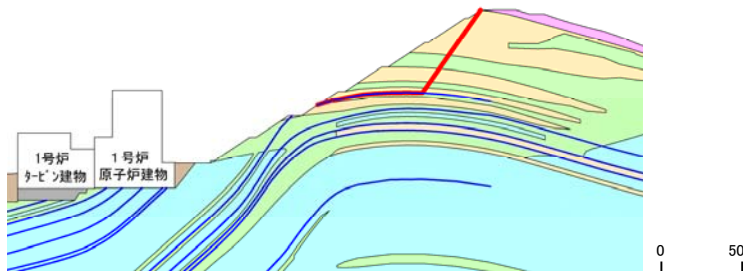
※ θをパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

2号炉南侧切取斜面
①—①' 断面

7. すべり安全率一覧

2号炉南側切取斜面(①-①'断面 すべり面番号1)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

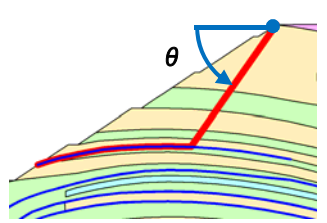
すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
1	 <p>シーム沿いのすべり面(法肩からシームを通過して斜面中腹に抜けるすべり面)</p>	Ss-D (+,-)	1.62 [14.63]

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

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

 : C ₄ 級岩盤	 : C ₃ 級岩盤	 : C ₂ 級岩盤	 : D級岩盤
 : 埋戻土、盛土	 : MMR	 : シーム	 : すべり面

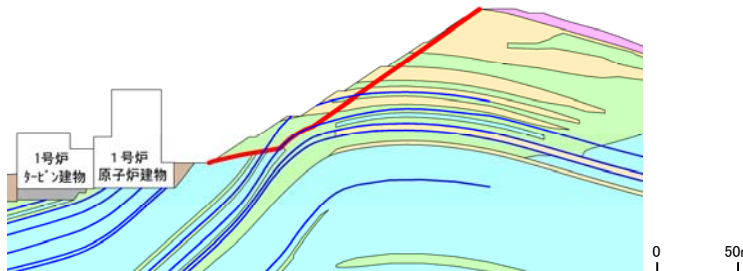
切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW		(+,+)		(+,-)			
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
	1.74 [7.53]	1.68 [7.66]	2.13 [24.40]	2.39 [25.08]	2.47 [24.82]	1.96 [26.12]	1.74 [14.62]	1.62 [14.63]	1.70 [30.66]	1.78 [19.35]	2.47 [8.11]	2.41 [15.05]

※ θをパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

2号炉南側切取斜面(①-①'断面 すべり面番号2)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

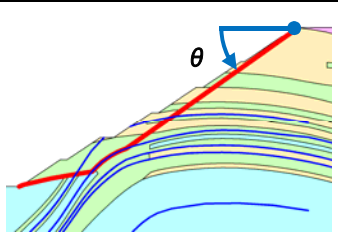
すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
2	 <p>シーム沿いのすべり面(法肩からシームを通過して、法尻のC_M級とC_H級の岩級境界付近のC_M級岩盤内を通過して法尻に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	1.66 [7.45]

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

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

 : C _H 級岩盤	 : C _M 級岩盤	 : C _L 級岩盤	 : D級岩盤
 : 埋戻土、盛土	 : MMR	 : シーム	 : すべり面

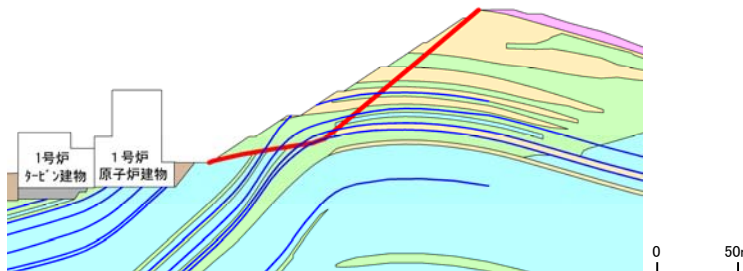
切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW		(+,+)		(+,-)			
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
	2.72 [7.42]	1.66 [7.45]	2.15 [25.11]	3.09 [25.07]	2.47 [26.02]	2.67 [26.11]	2.07 [27.89]	2.28 [9.00]	1.70 [28.10]	1.88 [9.04]	3.24 [8.96]	2.50 [15.78]

※ θをパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

2号炉南側切取斜面(①-①'断面 すべり面番号3)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

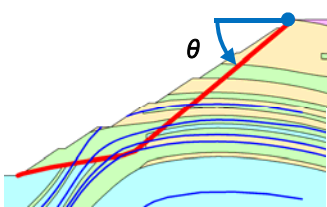
すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2	すべり安全率【ばらつきを考慮した強度】※2
3	 <p>シーム沿いのすべり面(法肩からシームを通過して、法尻のC_M級とC_H級の岩級境界付近のC_M級岩盤内を通過して法尻に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	1.56 [7.45]	1.51 [7.45]

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

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

	: C _H 級岩盤		: C _M 級岩盤		: C _L 級岩盤		: D級岩盤
	: 埋戻土, 盛土		: MMR		: シーム		: すべり面

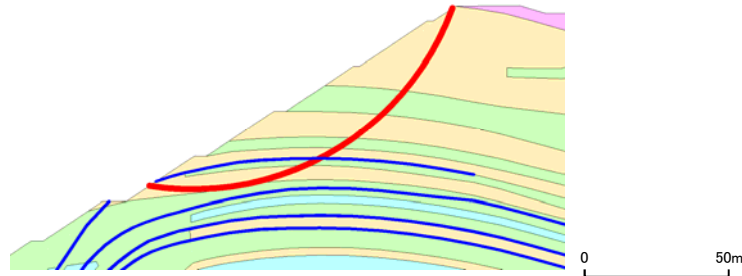
切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW		(+,+)		(+,-)			
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
	2.82 [7.42]	1.56 [7.45]	2.65 [25.11]	3.25 [25.07]	2.48 [26.02]	2.54 [24.45]	2.46 [9.00]	2.37 [9.00]	1.99 [9.05]	1.89 [9.04]	3.31 [8.95]	2.25 [16.28]

※ θをパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

2号炉南側切取斜面(①-①'断面 すべり面番号4)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面 番号	すべり面形状	基準 地震動※1	すべり安全率 【平均強度】※2
4	 <p>簡便法により設定したすべり面</p>	Ss-D (-,+)	1.57 [19.15]

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

※2 []は, 発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

 : C-H級岩盤	 : C-M級岩盤	 : C-L級岩盤	 : D級岩盤
 : 埋戻土, 盛土	 : シーム	 : すべり面	

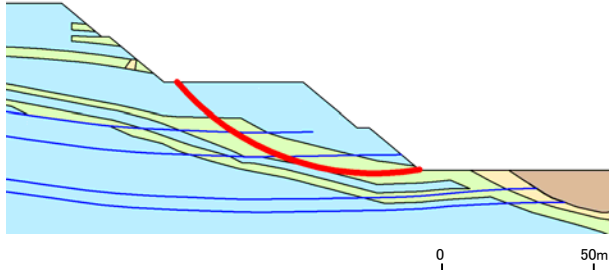
すべり安全率(○ 最小すべり安全率)											
Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
		水平NS		水平EW							
(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
3.21 [7.32]	1.75 [7.45]	2.56 [25.10]	3.31 [25.07]	2.13 [26.03]	3.09 [24.45]	1.77 [27.90]	1.91 [14.64]	1.57 [19.15]	1.93 [9.04]	3.33 [8.96]	3.21 [16.28]

2号炉西侧切取斜面
②—②' 断面

7. すべり安全率一覧

2号炉西側切取斜面(②-②'断面 すべり面番号1)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面 番号	すべり面形状	基準 地震動※1	すべり安全率 【平均強度】※2	すべり安全率 【ばらつきを考慮した強度】※2
1	 <p>簡便法により設定したすべり面</p>	Ss-D (-,+)	5.89 [8.55]	5.75 [8.55]

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

※2 []は, 発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

: CH級岩盤	: CM級岩盤	: CL級岩盤	: D級岩盤
: 埋戻土, 盛土	: シーム	: すべり面	

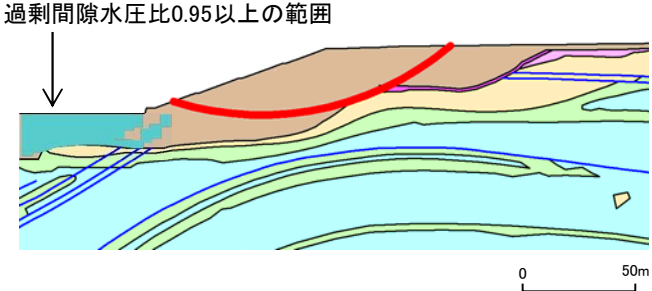
すべり安全率(○ 最小すべり安全率)											
Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
		水平NS		水平EW							
(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
7.27 [7.52]	8.63 [7.31]	7.54 [24.96]	8.80 [24.36]	7.67 [25.93]	8.05 [24.39]	7.42 [34.29]	7.04 [19.14]	5.89 [8.55]	6.03 [8.55]	8.26 [7.88]	6.47 [15.57]

2号炉南侧盛土斜面
⑥—⑥' 断面

7. すべり安全率一覧

2号炉南側盛土斜面(⑥-⑥'断面 すべり面番号1)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
1	 <p>過剰間隙水圧比0.95以上の範囲</p> <p>簡便法により設定したすべり面</p>	<p>Ss-N2 (NS) (-,+)</p>	<p>2.09 [25.10]</p>

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

※2 []は, 発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

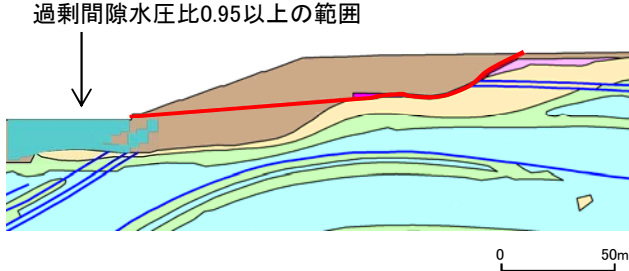
: C _H 級岩盤	: C _M 級岩盤	: C _L 級岩盤	: D級岩盤
: 埋戻土, 盛土	: シーム	: すべり面	: 旧表土

すべり安全率(○ 最小すべり安全率)											
Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
		水平NS		水平EW							
(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
2.97 [8.67]	2.23 [7.81]	2.27 [24.45]	2.09 [25.10]	2.38 [24.46]	2.64 [25.04]	2.28 [9.04]	2.36 [9.05]	2.19 [13.17]	2.42 [34.43]	3.00 [11.16]	2.76 [14.77]

7. すべり安全率一覧

2号炉南側盛土斜面(⑥-⑥'断面 すべり面番号2)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

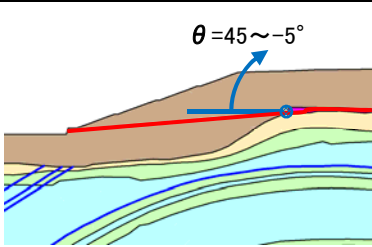
すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
2	 <p>過剰間隙水圧比0.95以上の範囲</p> <p>弱層(旧表土)を通るすべり面</p>	Ss-N2 (NS) (+,+)	1.94 [24.43]

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

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

: C _H 級岩盤	: C _M 級岩盤	: C _L 級岩盤	: D級岩盤
: 埋戻土、盛土	: シーム	: すべり面	: 旧表土

切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW							
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
	2.60 [7.42]	1.98 [7.81]	1.94 [24.43]	1.97 [25.11]	2.19 [24.47]	2.38 [25.03]	2.06 [9.03]	2.15 [9.04]	1.98 [14.80]	2.14 [34.44]	2.81 [9.01]	2.41 [14.76]

※ θをパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

7. すべり安全率一覧

2号炉南側盛土斜面(⑥-⑥'断面 すべり面番号3)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2	すべり安全率【ばらつきを考慮した強度】※2
3		Ss-D (-,+)	1.61 [13.15]	1.56 [13.15]

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

※2 []は, 発生時刻(秒)を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲(「本編6.4 2号炉南側盛土斜面における液状化範囲の検討」を参照)

【凡例】

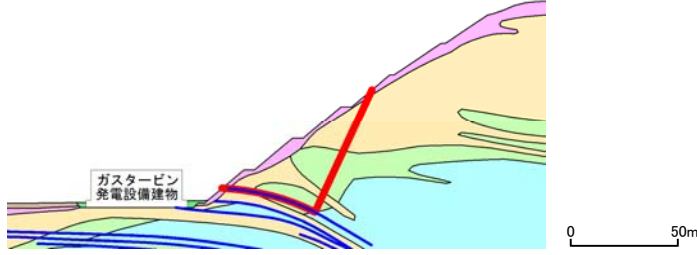
: C _H 級岩盤	: C _M 級岩盤	: C _L 級岩盤	: D級岩盤
: 埋戻土, 盛土	: MMR	: 旧表土	: シーム
			: すべり面 ※3

すべり安全率(○ 最小すべり安全率)											
Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
		水平NS		水平EW							
(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
2.08 [8.64]	1.62 [7.80]	1.76 [24.40]	1.62 [25.09]	1.81 [24.45]	2.02 [25.03]	1.75 [9.00]	1.74 [9.02]	1.61 [13.15]	1.86 [34.41]	2.33 [11.14]	2.32 [14.00]

7. すべり安全率一覧

ガスタービン発電機建物周辺斜面(⑦-⑦'断面 すべり面番号1)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

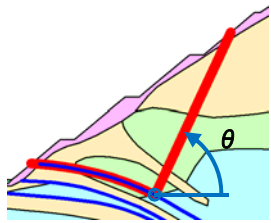
すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2	すべり安全率【ばらつきを考慮した強度】※2
1	 <p>シーム沿いのすべり面(斜面中腹あるいは斜面上方からシームを通り斜面法尻付近へ抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (+,+)	2.07 [7.59]	1.68 [7.59]

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

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

: C _H 級岩盤	: C _M 級岩盤	: C _L 級岩盤	: D級岩盤
: 埋戻土、盛土	: シーム	: すべり面	

切上がり角度(°)	すべり安全率(○ 最小すべり安全率)※											
	Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
			水平NS		水平EW							
	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
	2.07 [7.59]	3.99 [7.71]	4.49 [24.39]	5.23 [25.26]	5.29 [25.34]	4.06 [26.15]	3.93 [14.65]	3.81 [9.94]	4.09 [17.26]	4.08 [8.64]	4.91 [8.97]	5.18 [15.58]

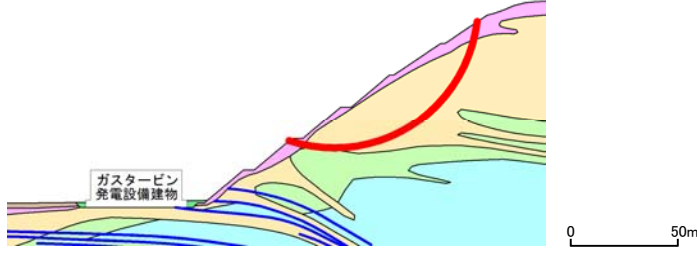
※ θをパラメトリックに設定した際の各地震動のすべり安全率の最小値を示す。

ガスタービン発電機建物周辺斜面
⑦－⑦' 断面

7. すべり安全率一覧

ガスタービン発電機建物周辺斜面(⑦-⑦'断面 すべり面番号2)

・各地震動のすべり安全率一覧を下表に示す。

すべり面番号	すべり面形状	基準地震動※1	すべり安全率【平均強度】※2
2	 <p>簡便法で設定したすべり面</p>	Ss-N1 (-,+)	2.25 [7.58]

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

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

: C _H 級岩盤	: C _M 級岩盤	: C _L 級岩盤	: D級岩盤
: 埋戻土、盛土	: シーム	: すべり面	

すべり安全率(○ 最小すべり安全率)											
Ss-N1		Ss-N2				Ss-D				Ss-F1	Ss-F2
		水平NS		水平EW							
(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(-,+)	(+,+)	(+,-)	(-,+)	(-,-)		
3.14 [7.90]	2.25 [7.58]	2.66 [24.40]	3.10 [25.09]	3.07 [26.29]	2.91 [26.09]	2.48 [8.60]	2.48 [23.70]	2.44 [34.35]	2.55 [34.33]	2.93 [8.12]	3.09 [15.58]

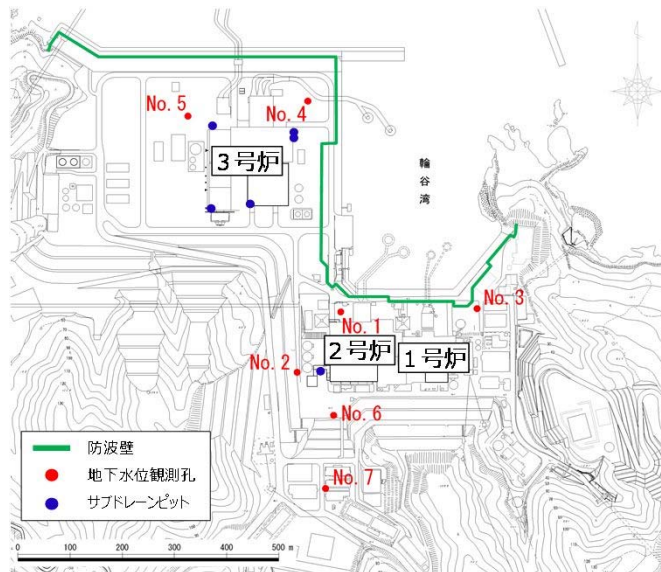
余白

8. 液状化影響検討用地下水位に係るデータ一覧

8. 液状化影響検討用地下水位に係るデータ一覧 地下水位観測データ一覧

- ・島根原子力発電所にて、地下水^位に関連したデータの取得を行っている。観測期間として、ボーリング地下水位は2014年以降、サブドレーン揚水量は2013年以降の観測データがある。
- ・盛土斜面の検討用地下水位との比較に用いているNo.7観測孔の地下水位のデータ欠測期間(2016.9.6～10.4)において、他の観測孔(No.1～6)では、いずれも最高地下水位を記録していないことを確認した。このことから、No.7観測孔の欠測期間においても、観測期間最高地下水位となる可能性は低い。
- ・ボーリング地下水位の観測期間以前(2013.7～2014.10)のサブドレーン^{ピット}による揚水量^{データ}によると、他の観測期間に比較し特異な揚水量の増減は認められなかったことから、当該期間において、地下水位が上がりやすい状況になかったと考えられる。

ボーリング地下水位及びサブドレーン揚水量

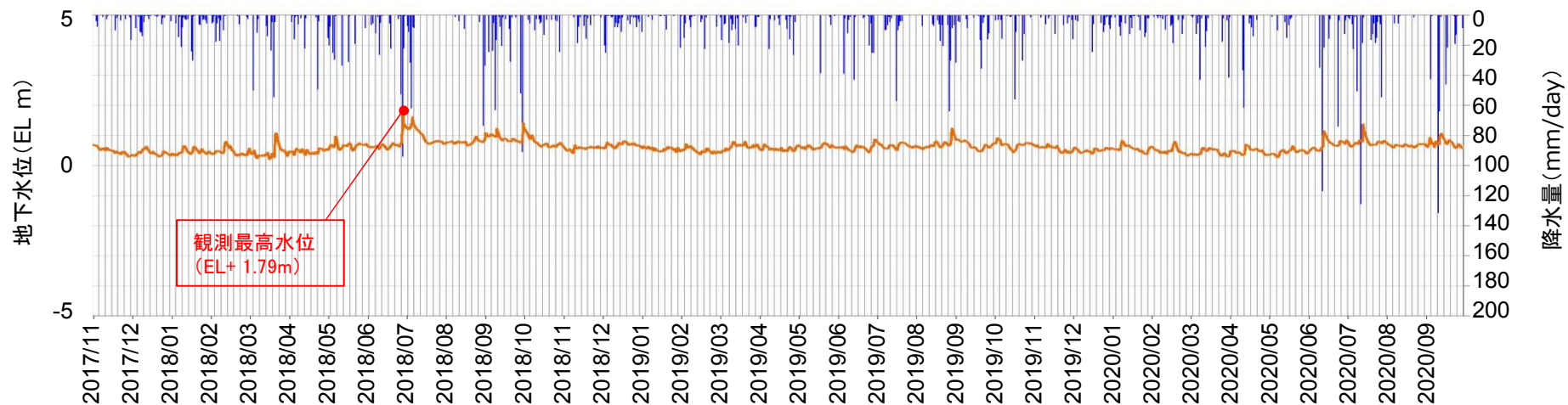
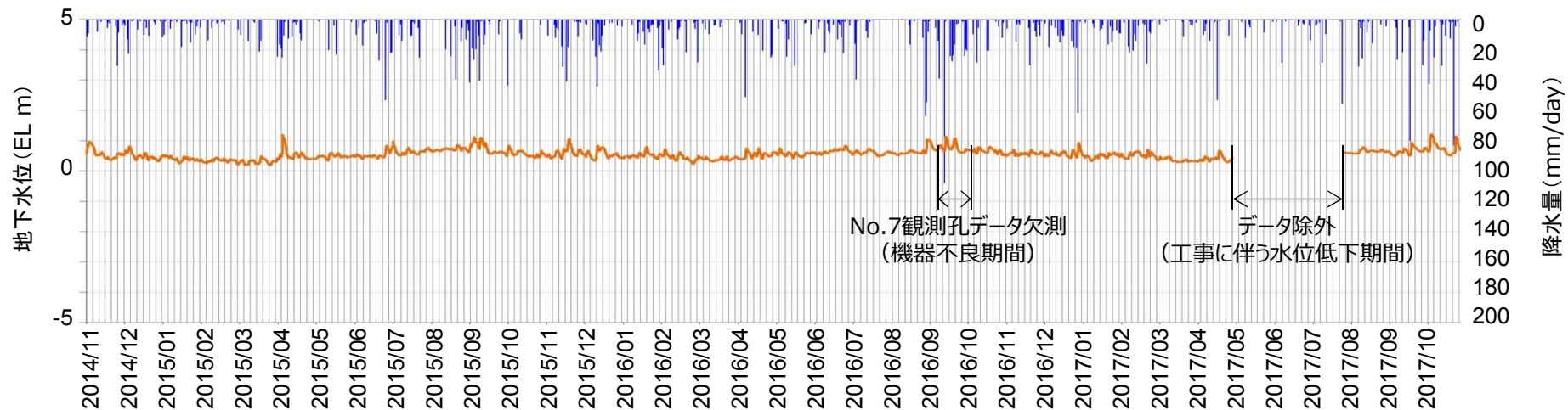


観測孔位置図

データ種別	項目	観測期間	備考
ボーリング 地下水位	地下水観測記録No.1	2014.11～	P236参照
	地下水観測記録No.2	2014.11～	P237参照
	地下水観測記録No.3	2014.11～	P238参照
	地下水観測記録No.4	2014.11～	P239参照
	地下水観測記録No.5	2014.11～	P240参照
	地下水観測記録No.6	2014.11～	P241参照
	地下水観測記録No.7	2014.11～	P242参照
サブドレーン 揚水量	2号サブドレーン	2013.7～	P243参照

8. 液状化影響検討用地下水位に係るデータ一覧 地下水位観測記録 No.1

- 2号炉取水槽西側観測孔 (No.1) の記録を示す。
- 降雨等に伴い、地下水位の上昇が認められるものの、大きな変動は確認されず、概ねEL0~+1mの間を推移している。
- 観測最高水位は、No.7観測孔の地下水位データ欠測期間以外の期間 (2018年6月) において記録している。

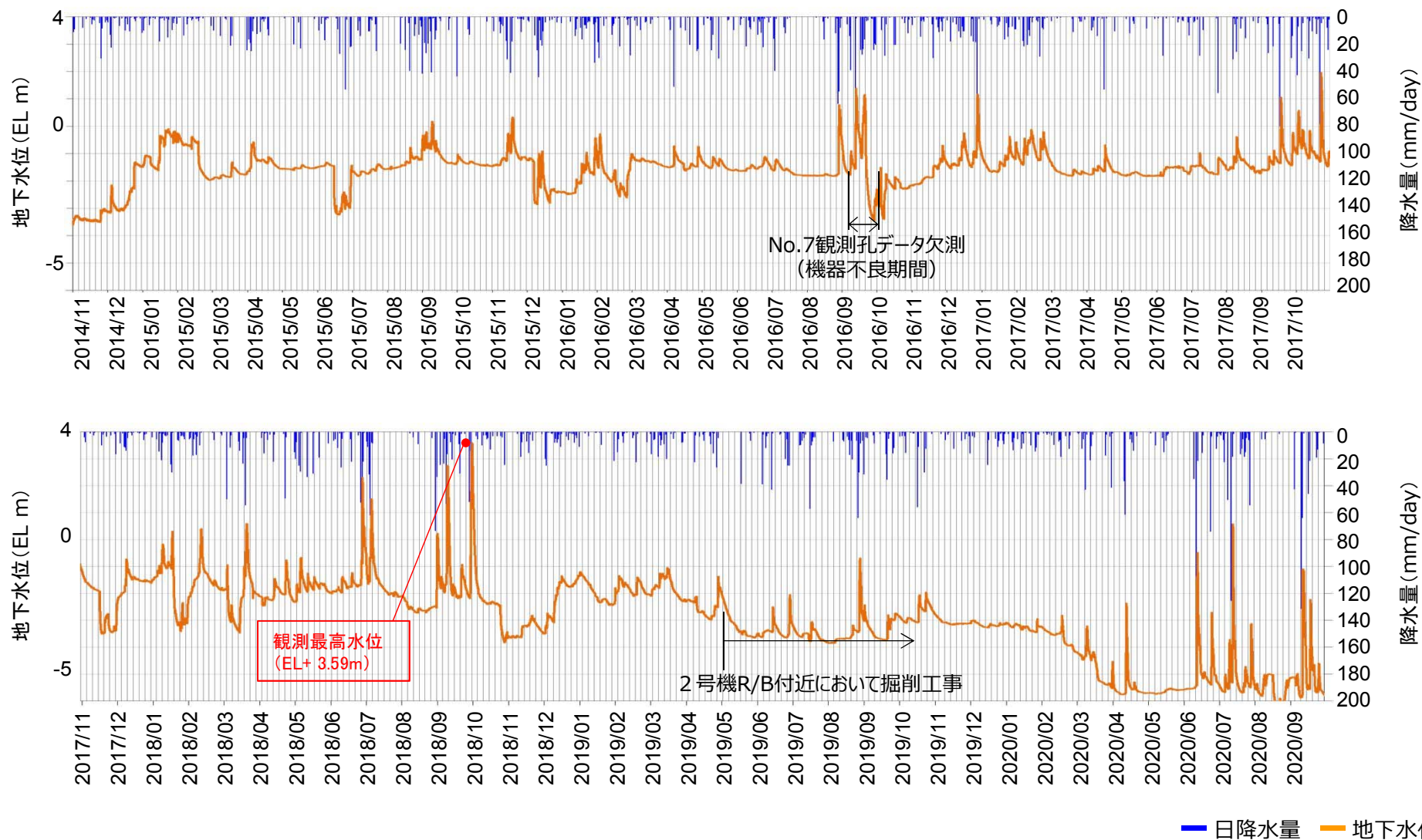


8. 液状化影響検討用地下水位に係るデータ一覧 地下水位観測記録 No.2

第872回審査会合
資料1-1-1 P82 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

237

- 2号炉原子炉建物西側観測孔 (No.2) の記録を示す。
- 観測孔近傍に設置されている地下水位低下設備 (既設) の機能により, 他の観測孔と比較して降雨等に伴う地下水位上昇後の低下が早い傾向がある。
- 一部の降雨時を除くと, 地下水位はEL0mを超えない範囲を推移している。
- 観測最高水位は, No.7観測孔の地下水位データ欠測期間以外 (2018年10月) において記録している。



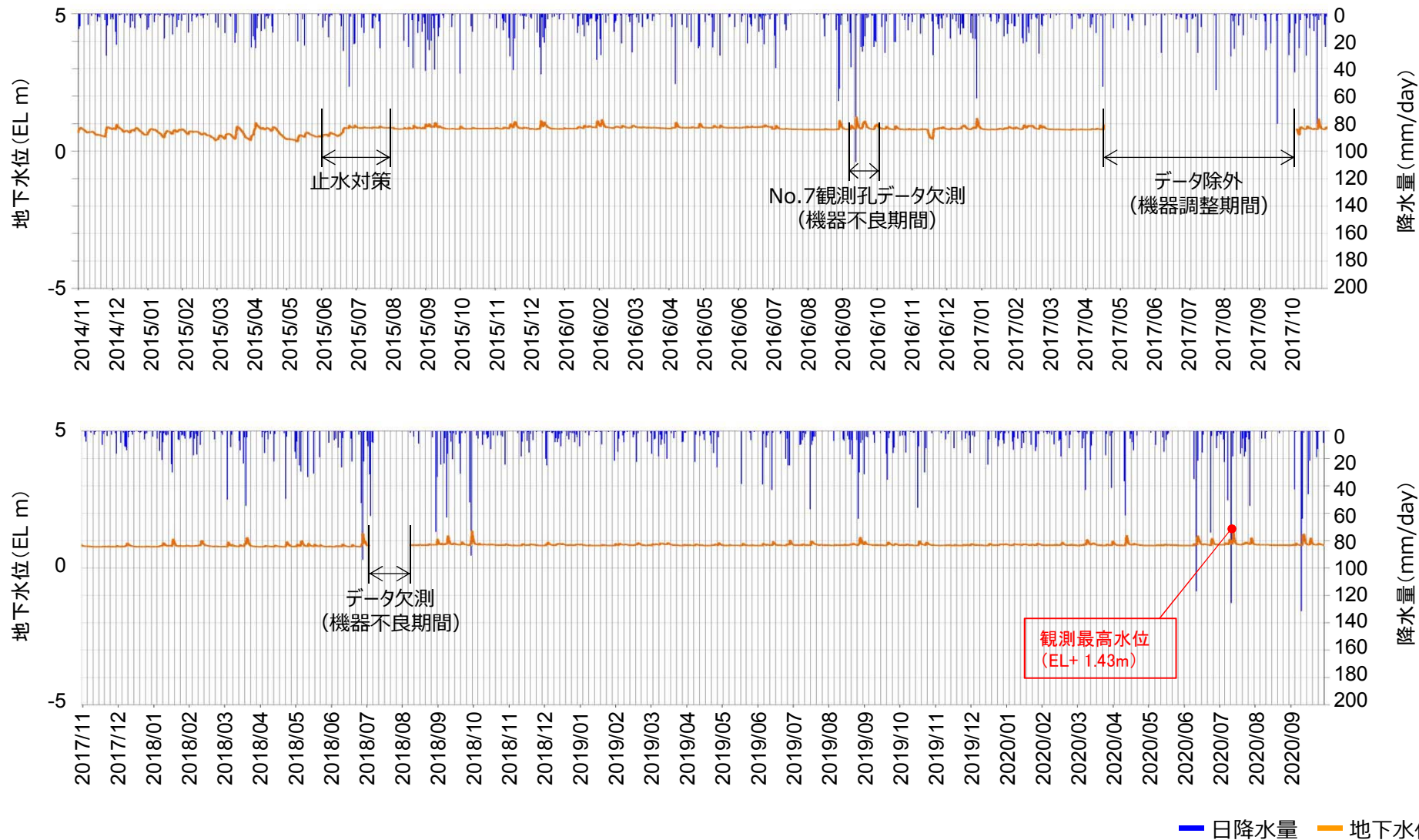
■ 日降水量 ■ 地下水位

8. 液状化影響検討用地下水位に係るデータ一覧 地下水位観測記録 No.3

第872回審査会合
資料1-1-1 P83 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

238

- 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）南側観測孔（No.3）の記録を示す。
- 降雨等に伴い、地下水位の上昇が認められるものの、大きな変動は確認されず、概ねEL0～+1mの間を推移している。
- 2015.6～2015.8にかけて、防波壁周辺の止水対策を実施したことに伴い、地下水位の変動が落ち着いている。
- 観測最高水位は、No.7観測孔の地下水位データ欠測期間以外の期間（2020年7月）において記録している。



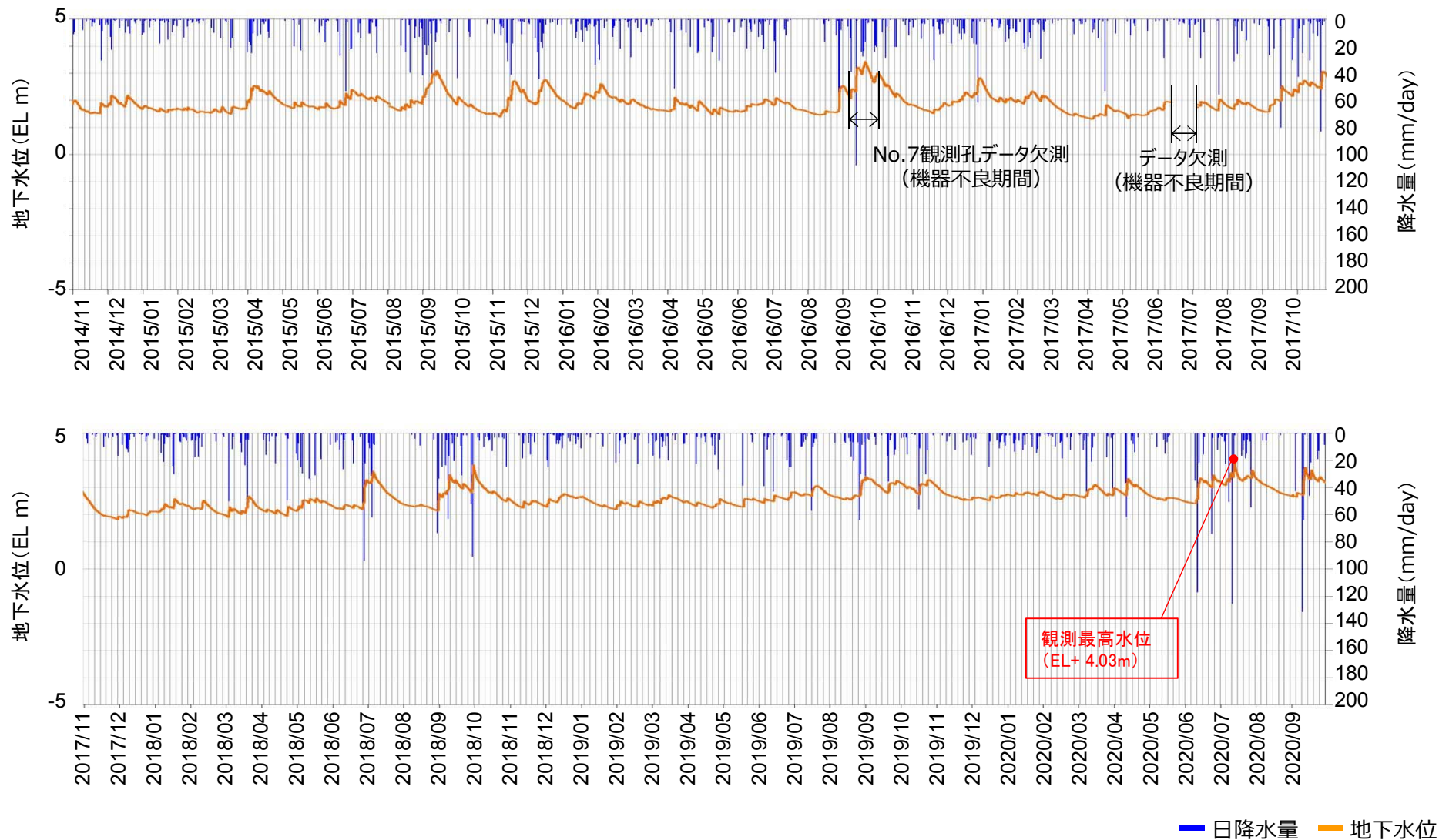
■ 日降水量 ■ 地下水位

8. 液状化影響検討用地下水位に係るデータ一覧 地下水位観測記録 No.4

第872回審査会合
資料1-1-1 P84 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

239

- 3号炉タービン建物北東観測孔（No.4）の記録を示す。
- 既設のサブドレーンピット近傍の観測孔（No.2, No.6）と比較して、降雨等による水位上昇後、緩やかに低下する傾向がある。
- 観測最高水位は、No.7観測孔の地下水位データ欠測期間以外の期間（2020年7月）において記録している。

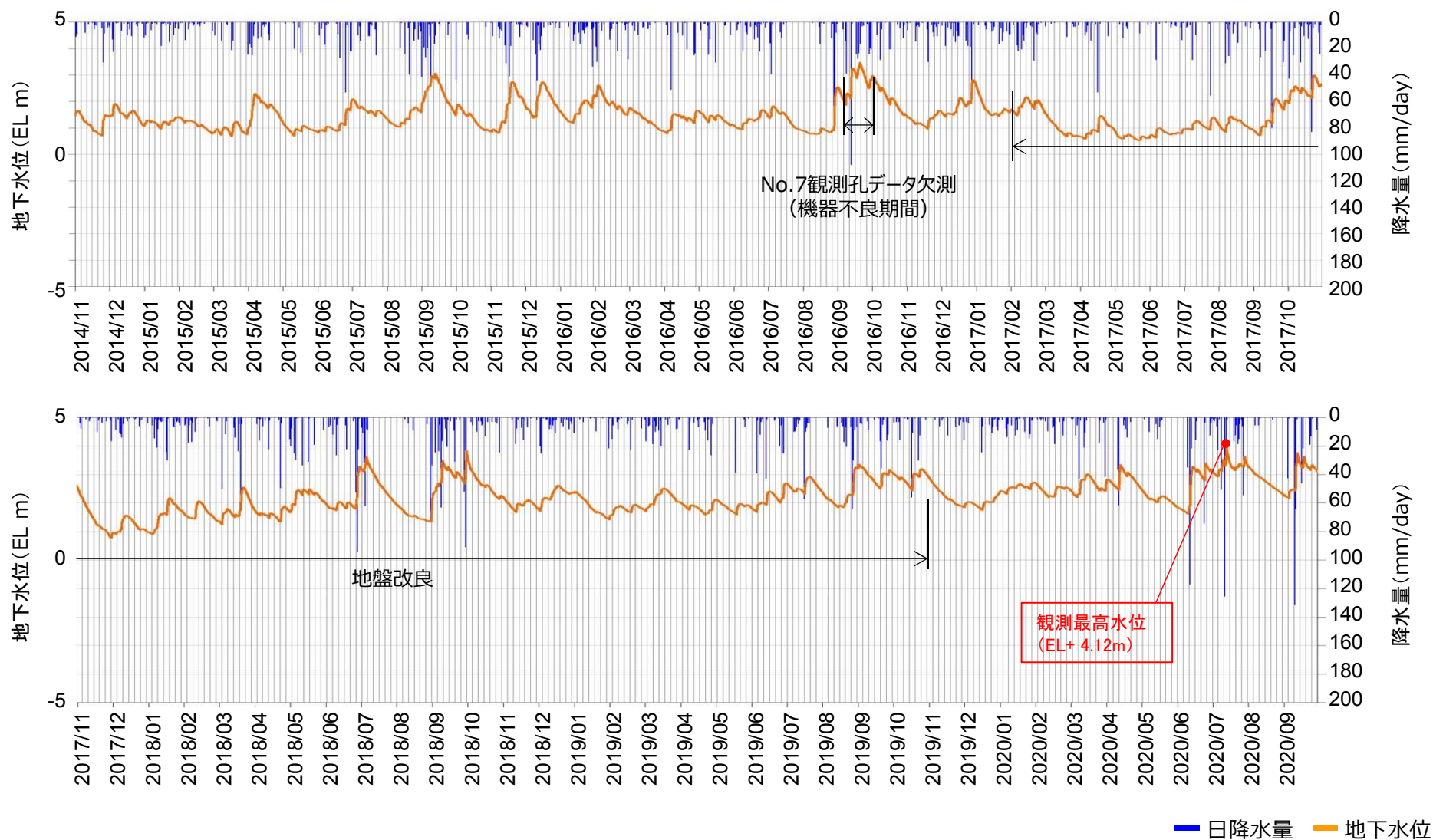


8. 液状化影響検討用地下水位に係るデータ一覧 地下水位観測記録 No.5

第872回審査会合
資料1-1-1 P85 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

240

- 3号炉廃棄物処理建物北西観測孔（No.5）の記録を示す。
- 既設のサブドレーンピット近傍の観測孔（No.2, No.6）と比較して、降雨等による水位上昇後、緩やかに低下する傾向がある。
- 観測最高水位は、No.7観測孔の地下水位データ欠測期間以外の期間（2020年7月）において記録している。

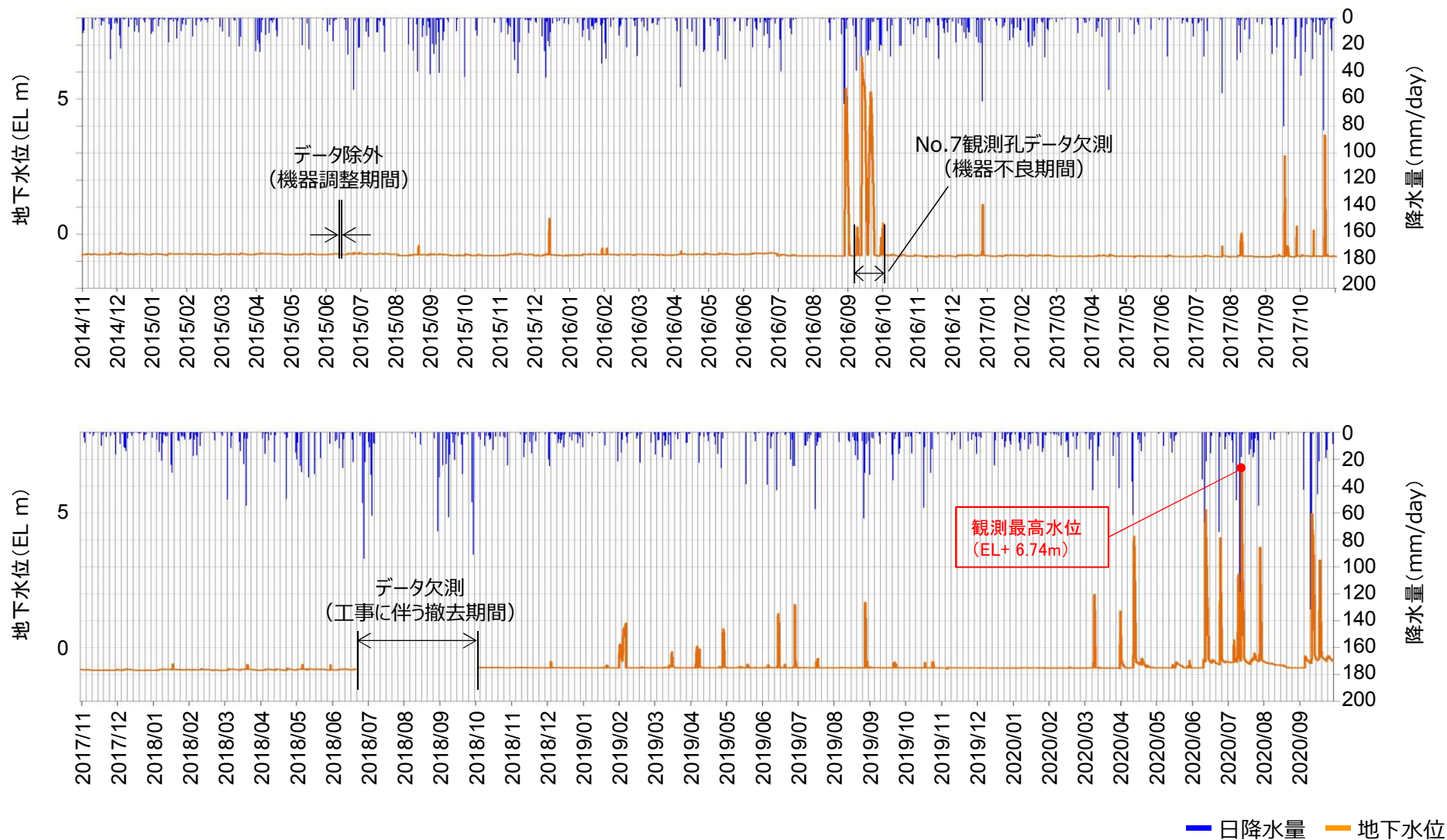


8. 液状化影響検討用地下水位に係るデータ一覧 地下水位観測記録 No.6

第872回審査会合
資料1-1-1 P86 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

241

- 2号炉原子炉建物南側観測孔 (No.6) の記録を示す。
- 観測孔近傍に設置されている地下水位低下設備 (既設) の機能により, 他の観測孔と比較して降雨等に伴う地下水位上昇後の低下が早い傾向がある。
- 一部の降雨時を除くと, EL-1~0mの間を推移している。
- 観測最高水位は, No.7観測孔の地下水位データ欠測期間以外の期間 (2020年7月) において記録している。

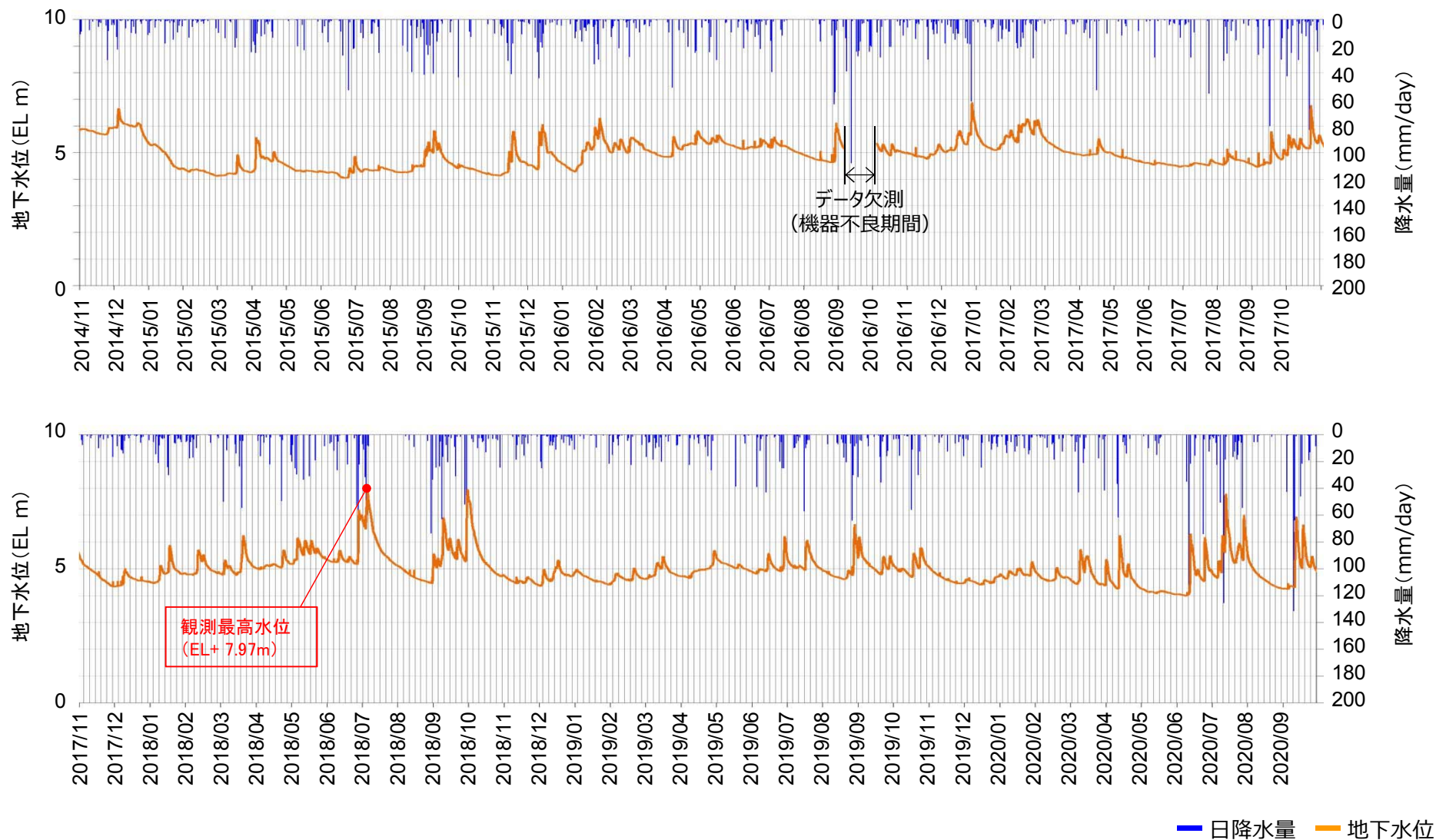


8. 液状化影響検討用地下水位に係るデータ一覧 地下水位観測記録 No.7

第872回審査会合
資料1-1-1 P87 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

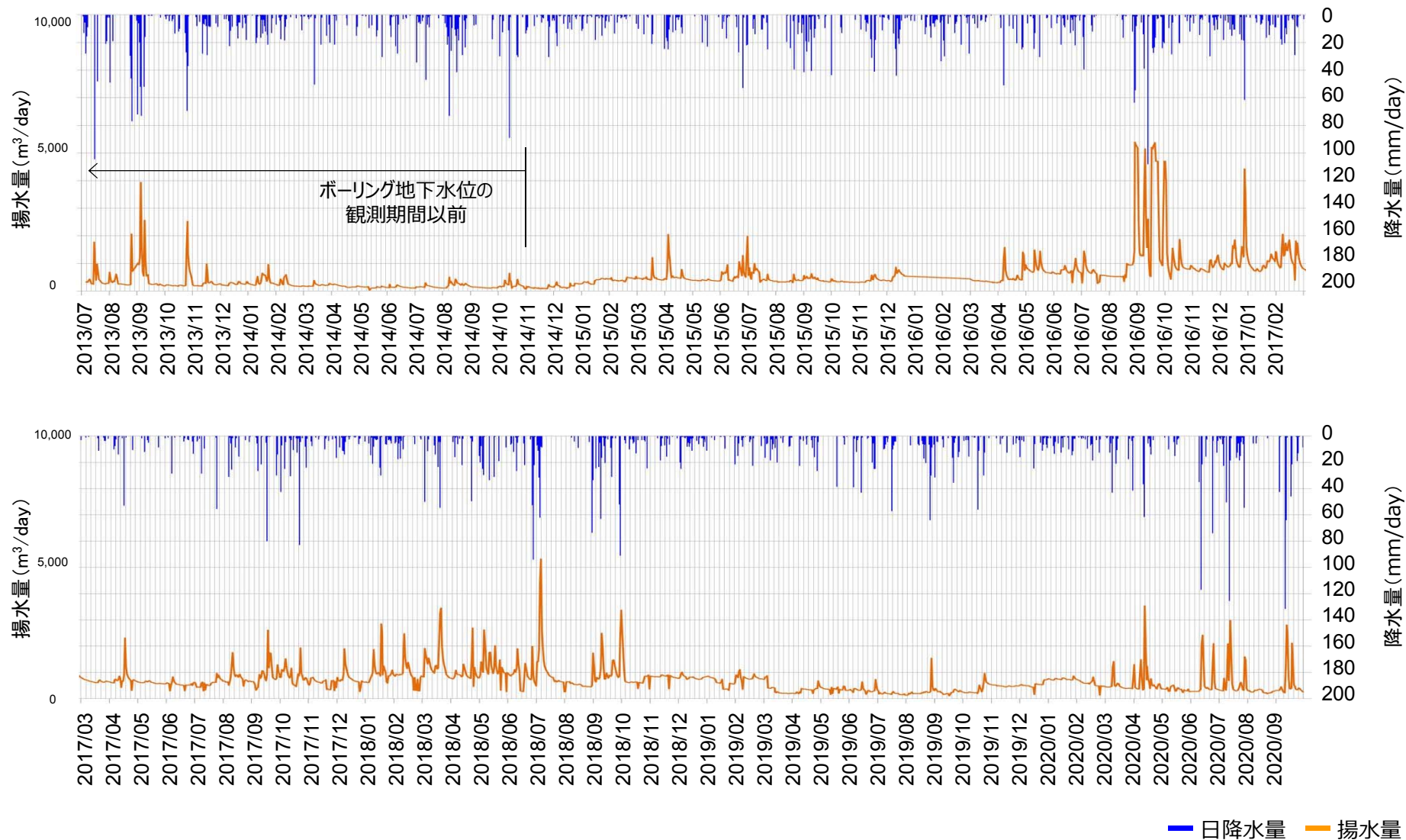
242

- ガスタービン発電機建物北側観測孔 (No.7) の記録を示す。
- 既設のサブドレーンピット近傍の観測孔 (No.2, No.6) と比較して、降雨等による水位上昇後、緩やかに低下する傾向がある。



2号機サブドレーン

- 2号機サブドレーンの揚水量の記録を示す。
- 降雨等によるサブドレーンピットの水位上昇後、揚水ポンプを起動し、通常運転水位まで低下させる運用を行っている。
- ボーリング地下水位の観測期間以前（2013.7～2014.10）のサブドレーン揚水量を見ると、他の観測期間に比較し特異な揚水量の増減は認められなかったことから、当該期間において、地下水位が上がりやすい状況になかったと考えられる。



9. 防波壁の構造概要

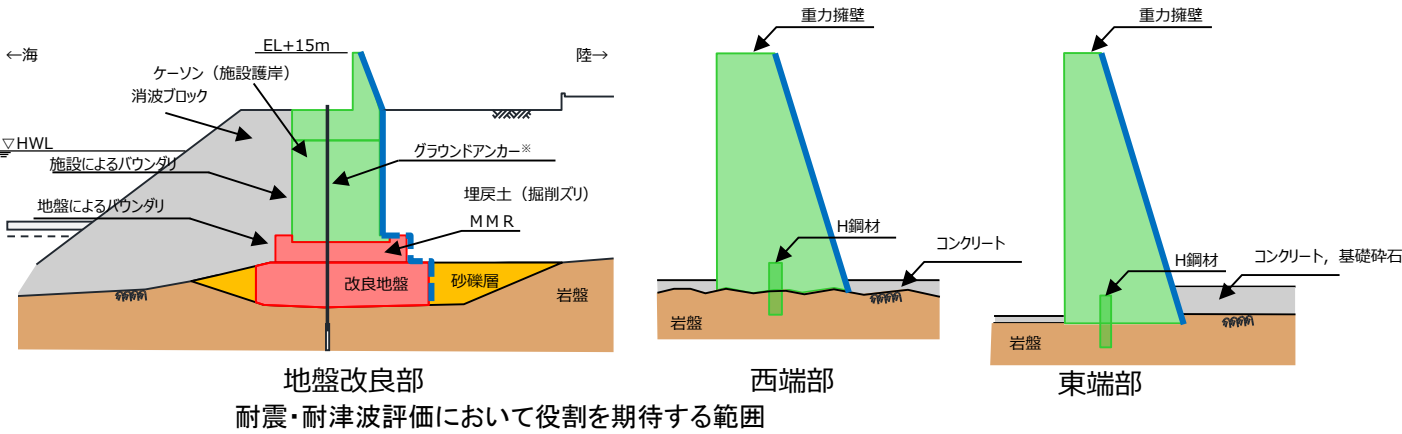
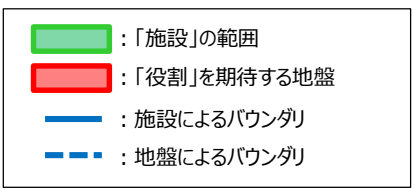
9. 1 防波壁の地盤安定性評価上の区分

地盤安定性評価において考慮する施設等 防波壁(波返重力擁壁)

・「防波壁の構造についての設計方針及び構造成立性」(第909回審査会合)に係る審査における『耐震・耐津波評価上の各部位の役割』の資料(補足P269参照)を参考に、下表のとおり地盤安定性評価において考慮する施設等を整理した。

防波壁(波返重力擁壁)の各部位の役割, 地盤安定性評価において考慮する施設等

部位の名称	耐震・耐津波評価上の役割		地盤安定性評価において考慮する施設等	
	地震時の役割	津波時の役割		
施設	重力擁壁	・止水目地を支持する。	・止水目地を支持するとともに、遮水性を保持する。	考慮する
	止水目地	・重力擁壁間の変形に追従する。	・重力擁壁間の変形に追従し、遮水性を保持する。	安定性評価に影響しないため考慮しない
	ケーソン	・重力擁壁を支持するとともに、遮水性を保持する。	・重力擁壁を支持するとともに、遮水性を保持する。	考慮する
	H鋼	・重力擁壁の滑動を抑制する。	・重力擁壁の滑動を抑制する。	保守的に考慮しない
	グラウンドアンカー	・役割に期待しない。	・役割に期待しない。	考慮しない
地盤	MMR	・ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	・ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・難透水性を保持する。	考慮する
	改良地盤	・ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	・ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・難透水性を保持する。	周辺岩盤相当として考慮する
	岩盤	・ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する	・ケーソン及び重力擁壁を支持する。	考慮する
	埋戻土(掘削ズリ), 砂礫層	・役割に期待しない(解析モデルに取り込み、防波壁への相互作用を考慮する)。	・津波荷重に対して地盤反力として寄与する。	考慮する
	消波ブロック	・役割に期待しない。	・役割に期待しない。	考慮しない

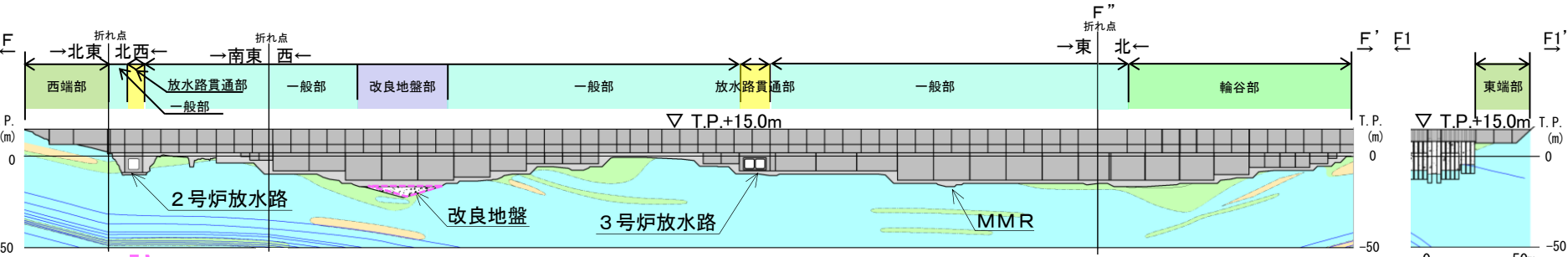


※ 防波壁(波返重力擁壁)は、グラウンドアンカー(自主設備)の効果も期待しなくても、耐震・耐津波安全性を担保している。

耐震・耐津波評価において役割を期待する範囲

地盤安定性評価上の区分 防波壁(波返重力擁壁)(1/2)

- ・防波壁(波返重力擁壁)は、「防波壁の設計方針」(第888回審査会合)に係る審査において、施設の耐震・耐津波評価上の観点から、「一般部」、「改良地盤部」、「放水路貫通部」、「輪谷部」、「東端部」及び「西端部」の6つに区分されている。
- ・基礎地盤の安定性評価の観点から、これら6つの区分はいずれも同様の構造と評価できる。



※ 図中の [] については、地盤改良を実施しているが、元の砂礫層の分布を示すために、改良前の地質状況を示している。

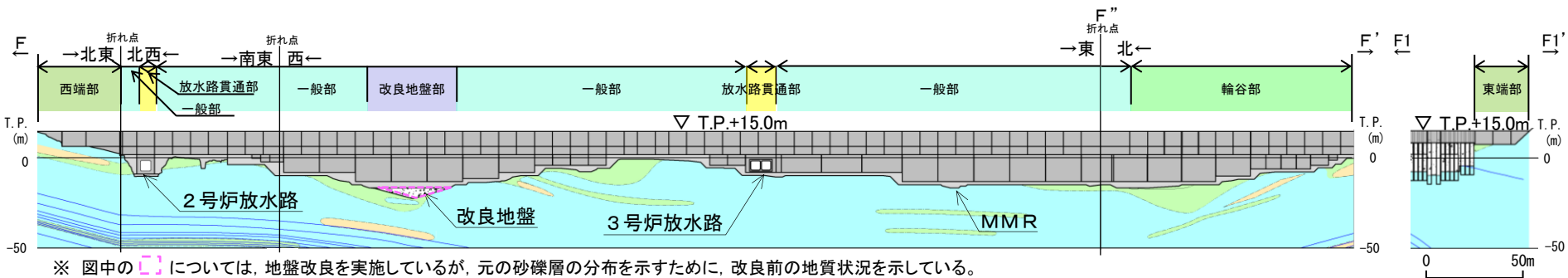
- 凡例
- 防波壁 (Grey block)
 - 改良地盤(砂礫層) (Pink dashed box)
 - CL級 (Yellow box)
 - CH級 (Light blue box)
 - 埋戻土(掘削ズリ・粘性土、砂礫層) (Dotted pattern)
 - CM級 (Green box)
 - 岩級境界線 (Wavy line)
 - シーム (Blue line)

防波壁縦断面図(波返重力擁壁) 縦断面図(岩級・シーム)

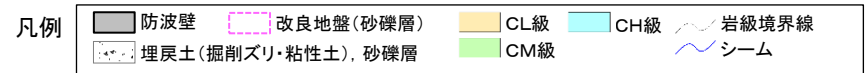
耐震・耐津波評価上の施設の区分※	一般部	改良地盤部	放水路貫通部
標準断面図			
基礎地盤安定性評価上の施設の区分	「一般部」とする	「一般部」と比べ、施設の構造(施設重量)は概ね同様であることから、「一般部」に区分する	

※耐震・耐津波上の施設の区分、標準断面図、構造等の詳細は9.2.1章を参照

地盤安定性評価上の区分 防波壁(波返重力擁壁)(2/2)



※ 図中の [] については、地盤改良を実施しているが、元の砂礫層の分布を示すために、改良前の地質状況を示している。



防波壁縦断面図(波返重力擁壁) 縦断面図(岩級・シーム)

耐震・耐津波評価上の施設の区分※	輪谷部	東端部	西端部
標準断面図			
基礎地盤安定性評価上の施設の区分	「一般部」と比べ、施設の構造(施設重量)は概ね同様であることから、「一般部」に区分する	「一般部」と比べ、小規模・軽量の施設のため、「一般部」に区分する	

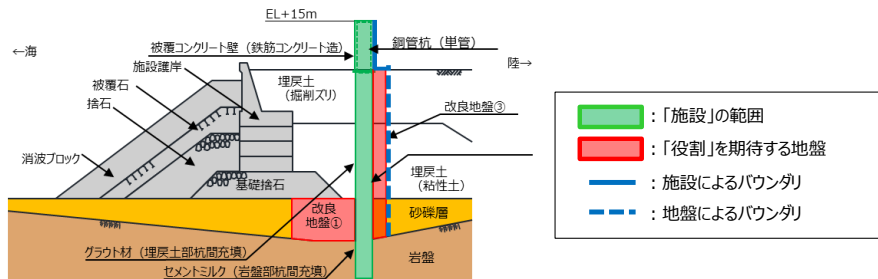
※耐震・耐津波上の施設の区分、標準断面図、構造等の詳細は9.2.1章を参照

地盤安定性評価において考慮する施設 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)

・「防波壁の構造についての設計方針及び構造成立性」(第909回審査会合)に係る審査における『耐震・耐津波評価上の各部位の役割』の資料(補足P286参照)を参考に、下表のとおり地盤安定性評価において考慮する施設等を整理した。

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の各部位の役割, 地盤安定性評価において考慮する施設等

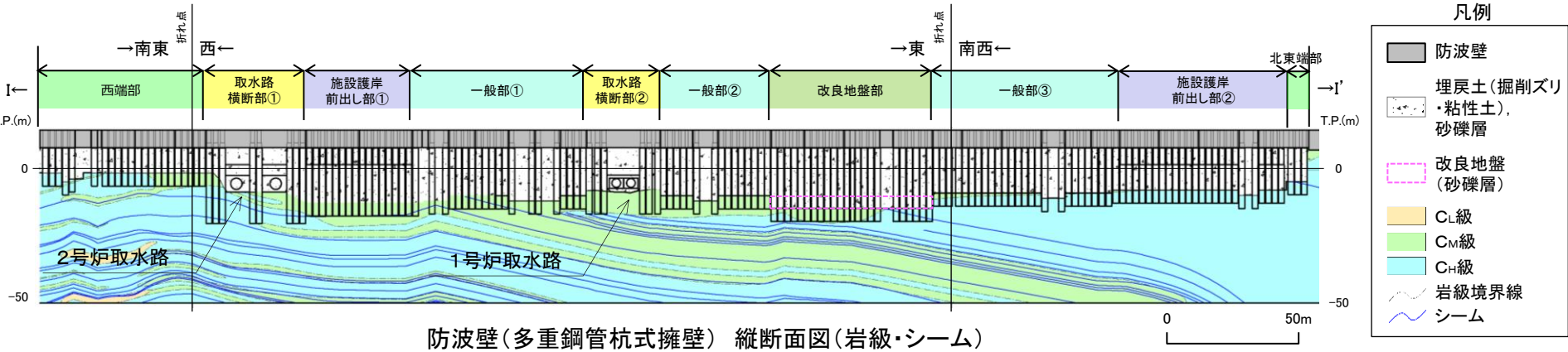
施設	部位の名称	耐震・耐津波評価上の役割		地盤安定性評価において考慮する施設等
		地震時の役割	津波時の役割	
施設	鋼管杭	・被覆コンクリート壁を支持する。	・被覆コンクリート壁を支持する。	考慮する
	被覆コンクリート壁	・止水目地を支持する。	・止水目地を支持するとともに、遮水性を保持する。	考慮する
	止水目地	・被覆コンクリート壁間の変形に追従する。	・被覆コンクリート壁間変形に追従し、遮水性を保持する。	安定性評価に影響しないため考慮しない
地盤	セメントミルク(岩盤部杭間部充填)	・鋼管杭の変形を抑制する。	・鋼管杭の変形を抑制する。 ・難透水性を保持する。	周辺岩盤相当として考慮する
	改良地盤①(砂礫層)	・鋼管杭の変形を抑制する。	・難透水性を保持する。	保守的に埋戻土として考慮する
	改良地盤②(1号炉取水路上部等)	・役割に期待しない。	・難透水性の地盤ではあるが、役割に期待しない。	保守的に埋戻土として考慮する
	改良地盤③(防波壁背後)	・役割に期待しない(解析モデルに取り込み、防波壁への相互作用を考慮する)。	・難透水性を保持する。	保守的に埋戻土として考慮する
	岩盤	・鋼管杭及び被覆コンクリート壁を支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。 ・鋼管杭の変形を抑制する。	・鋼管杭及び被覆コンクリート壁を支持する。 ・鋼管杭の変形を抑制する。	考慮する
	埋戻土(掘削ズリ),埋戻土(粘性土),砂礫層	・役割に期待しない(解析モデルに取り込み、防波壁への相互作用を考慮する)。	・防波壁より陸側については、津波荷重に対して地盤反力として寄与する。	埋戻土として考慮する
	施設護岸, 基礎捨石	・役割に期待しない(解析モデルに取り込み、防波壁への波及的影響を考慮する)。	・役割に期待しない。	埋戻土として考慮する
	捨石, 被覆石			考慮しない
	消波ブロック	・役割に期待しない。	・役割に期待しない。	考慮しない
	グラウト材(埋戻土部杭間部充填)	・役割に期待しない。	・難透水性の地盤ではあるが、役割に期待しない。	考慮しない



耐震・耐津波評価において役割を期待する範囲

地盤安定性評価上の区分 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)(1/2)

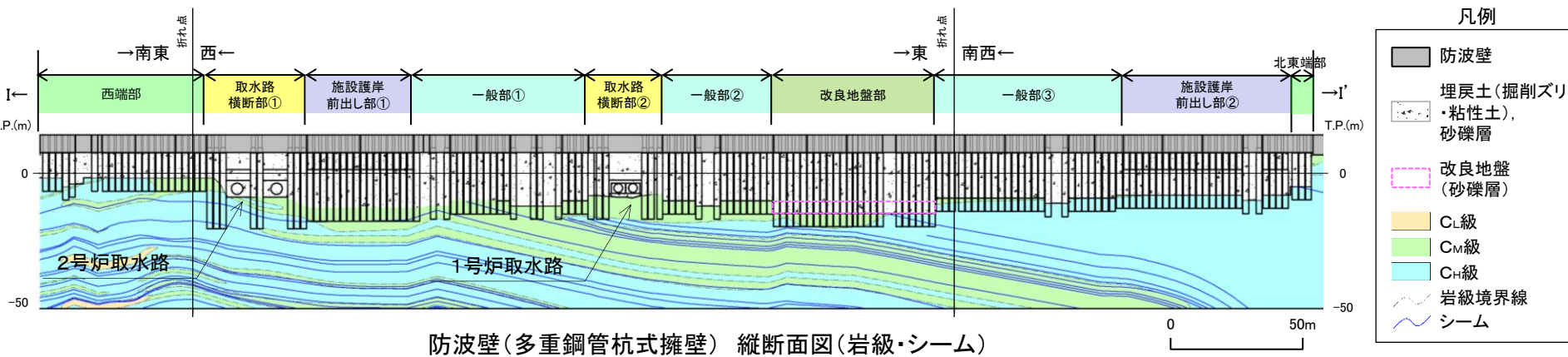
- ・防波壁(多重鋼管杭式擁壁)は、「防波壁の設計方針」(第888回審査会合)に係る審査において、施設の耐震・耐津波評価上の観点から、「一般部」, 「取水路横断部」, 「施設護岸前出し部」, 「輪谷部」, 「東端部」及び「西端部」の6つに区分されている。
- ・基礎地盤の安定性評価の観点から、これら6つの区分は「一般部」, 及び「取水路横断部」の2つに再区分できる。



耐震・耐津波評価上の施設の区分※	一般部	改良地盤部	西端部
標準断面図			
基礎地盤安定性評価上の施設の区分	「一般部」とする	「一般部」と比べ、施設の構造(施設重量, 杭底面幅及び根入れ長)は概ね同様であることから、「一般部」に区分する	

※耐震・耐津波上の施設の区分, 標準断面図, 構造等の詳細は9. 2. 2章を参照

地盤安定性評価上の区分 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)(2/2)



耐震・耐津波評価上の施設の区分※	取水路横断部	施設護岸前出し部	北東端部
標準断面図			
基礎地盤安定性評価上の施設の区分	「一般部」と比べ、施設の構造(施設重量)が異なるため、「取水路横断部」に区分する	「一般部」と比べ、施設の構造(施設重量, 杭底面幅及び根入れ長)は概ね同様であることから、「一般部」に区分する	

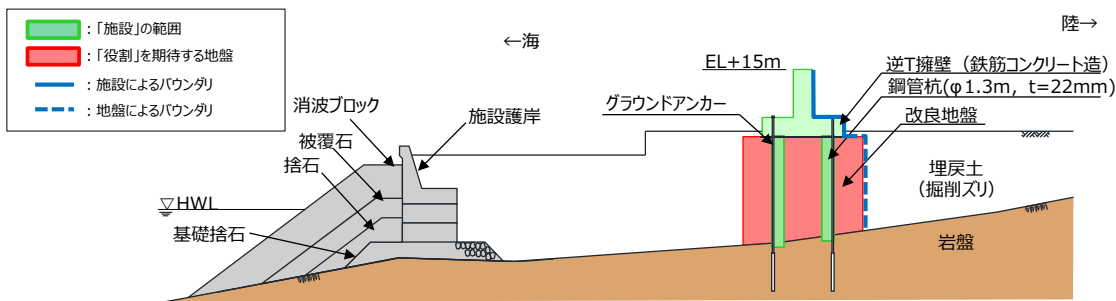
※耐震・耐津波上の施設の区分, 標準断面図, 構造等の詳細は9.2.2章を参照

地盤安定性評価において考慮する施設 防波壁(逆T擁壁)

・「防波壁の構造についての設計方針及び構造成立性」(第909回審査会合)に係る審査における『耐震・耐津波評価上の各部位の役割』の資料(補足P299参照)を参考に、下表のとおり地盤安定性評価において考慮する施設等を整理した。

防波壁(逆T擁壁)の各部位の役割, 地盤安定性評価において考慮する施設等

部位の名称	耐震・耐津波評価上の役割		地盤安定性評価において考慮する施設等
	地震時の役割	津波時の役割	
鋼管杭	・役割に期待しない。※2	・役割に期待しない。※2	考慮しない(モデル化を行わず, 杭の支持力やせん断強度を見込まない)
逆T擁壁	・止水目地を支持する。	・止水目地を支持するとともに, 遮水性を保持する。	考慮する
止水目地	・逆T擁壁間の変形に追従する。	・逆T擁壁間の変形に追従し, 遮水性を保持する。	安定性評価に影響しないため考慮しない
グラウンドアンカー	・逆T擁壁及び改良地盤の滑動・転倒を抑止する。	・逆T擁壁及び改良地盤の滑動・転倒を抑止する。	考慮する
改良地盤※1	・逆T擁壁を支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	・逆T擁壁を支持する。 ・難透水性を保持する。	考慮する(保守的に埋戻土としてモデル化する)
岩盤	・逆T擁壁を支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	・逆T擁壁を支持する。	考慮する
埋戻土(掘削ズリ)	・役割に期待しない(解析モデルに取り込み, 防波壁への相互作用を考慮する)。	・防波壁より陸側については, 津波荷重に対して地盤反力として寄与する。	埋戻土として考慮する
施設護岸, 基礎捨石	・役割に期待しない(解析モデルに取り込み, 防波壁への波及的影響を考慮する)。	・役割に期待しない。	埋戻土として考慮する
被覆石, 捨石			考慮しない
消波ブロック	・役割に期待しない。	・役割に期待しない。	考慮しない



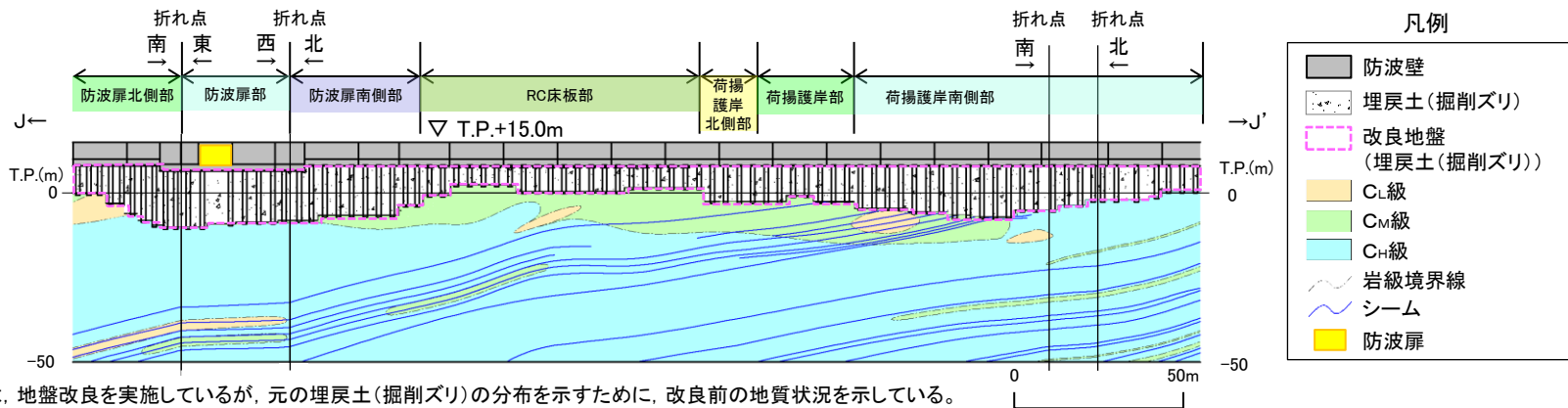
耐震・耐津波評価において役割を期待する範囲

※1 RC床板については, 保守的に改良地盤として扱う。

※2 鋼管杭は役割に期待しないため, 解析モデルに取り込まない。なお, 詳細設計段階においては, 鋼管杭が逆T擁壁に悪影響を与えない設計とする。

地盤安定性評価上の区分 防波壁(逆T擁壁)(1/3)

- ・防波壁(逆T擁壁)は、「防波壁の設計方針」(第888回審査会合)に係る審査において、施設の耐震・耐津波評価上の観点から、「防波扉北側部」、「防波扉部」、「防波扉南側部」、「RC床板部」、「荷揚護岸北側部」、「荷揚護岸部」及び「荷揚護岸南側部」の7つに区分されている。
- ・基礎地盤の安定性評価の観点から、これら7つの区分は「一般部」及び「防波扉部」の2つに再区分できる。



※1 図中の [] については、地盤改良を実施しているが、元の埋戻土(掘削ズリ)の分布を示すために、改良前の地質状況を示している。

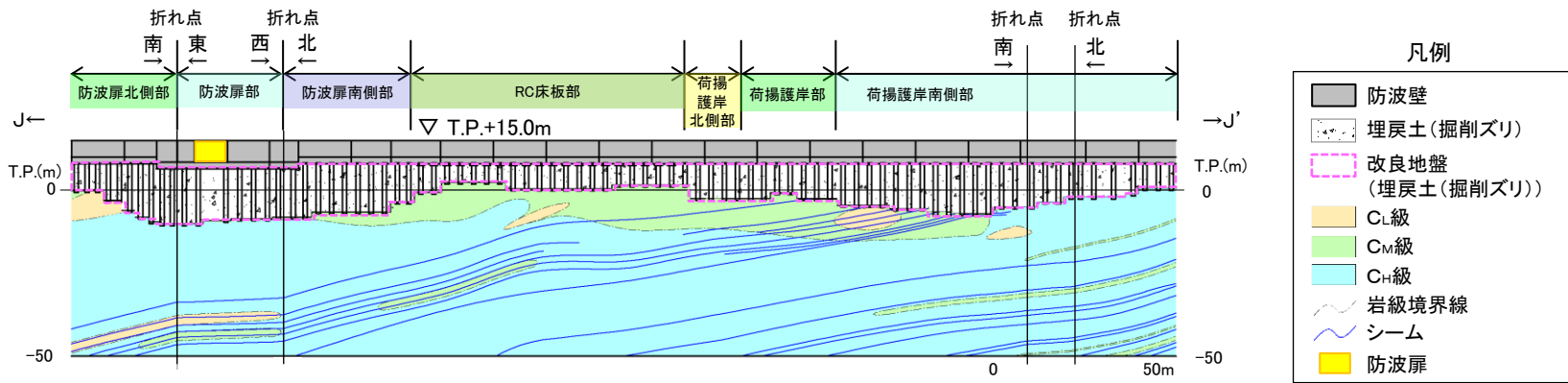
※2 図中の杭は投影している。

防波壁(逆T擁壁) 縦断面図(岩級・シーム)

耐震・耐津波評価上の施設の区分※	防波扉北側部	防波扉部
標準断面図		
基礎地盤安定性評価上の施設の区分	「一般部」とする	「一般部」と比べ、施設の構造(施設重量)が異なるため、「防波扉部」に区分する

※耐震・耐津波上の施設の区分、標準断面図、構造等の詳細は9. 2. 3章を参照

地盤安定性評価上の区分 防波壁(逆T擁壁)(2/3)



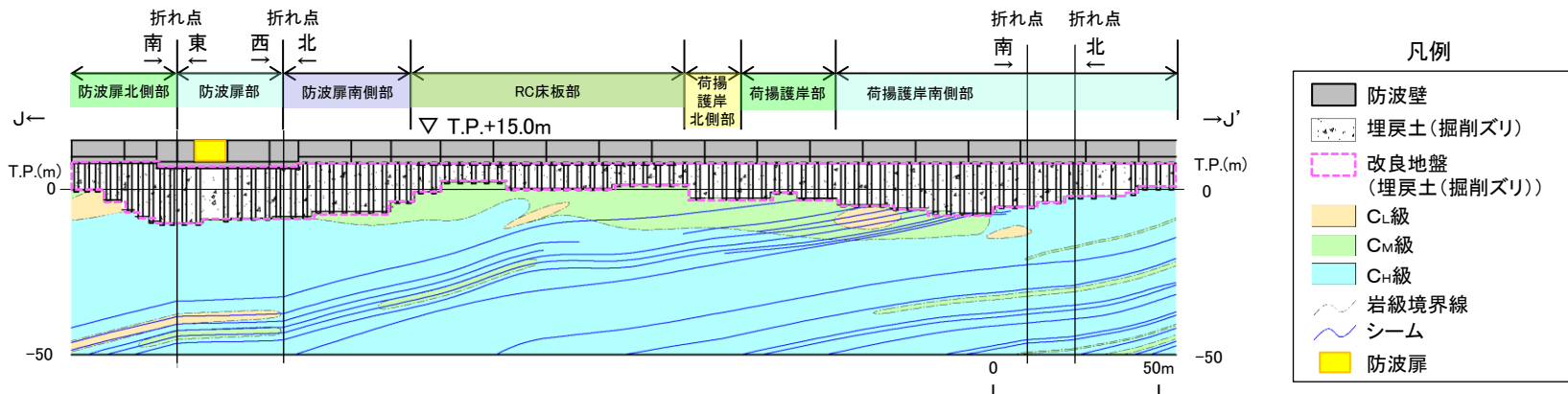
※1 図中の [] については、地盤改良を実施しているが、元の埋戻土(掘削ズリ)の分布を示すために、改良前の地質状況を示している。 ※2 図中の杭は投影している。

防波壁(逆T擁壁) 縦断面図(岩級・シーム)

耐震・耐津波評価上の施設の区分※	防波扉南側部	RC床版部
標準断面図		
基礎地盤安定性評価上の施設の区分	「一般部」と比べ、施設の構造(施設重量)は概ね同様であることから、「一般部」に区分する	

※耐震・耐津波上の施設の区分、標準断面図、構造等の詳細は9.2.3章を参照

地盤安定性評価上の区分 防波壁(逆T擁壁)(3/3)



※1 図中の [] については、地盤改良を実施しているが、元の埋戻土(掘削ズリ)の分布を示すために、改良前の地質状況を示している。 ※2 図中の杭は投影している。

防波壁(逆T擁壁) 縦断面図(岩級・シーム)

耐震・耐津波評価上の施設の区分	荷揚護岸北側部	荷揚護岸部	荷揚護岸南側部
標準断面図			
基礎地盤安定性評価上の施設の区分	「一般部」と比べ、施設の構造(施設重量)は概ね同様であることから、「一般部」に区分する		

※耐震・耐津波上の施設の区分、標準断面図、構造等の詳細は9.2.3章を参照

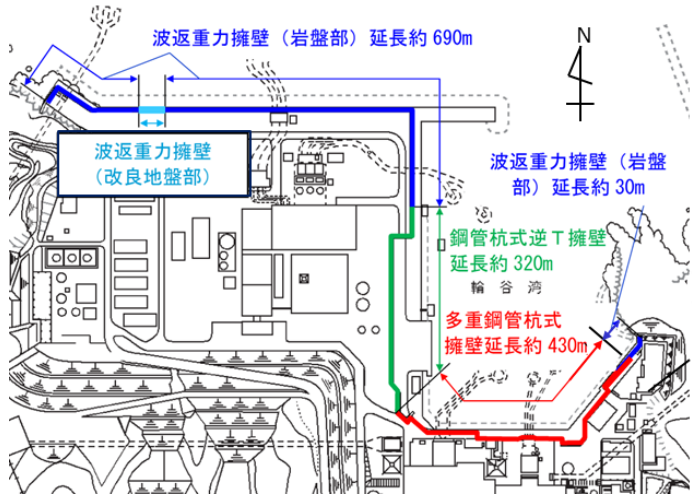
9. 防波壁の構造概要

9. 2 各防波壁の構造

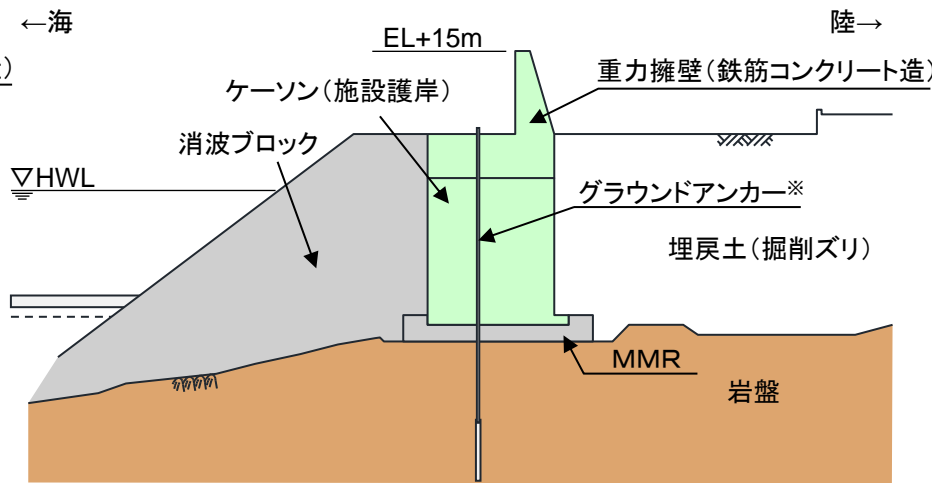
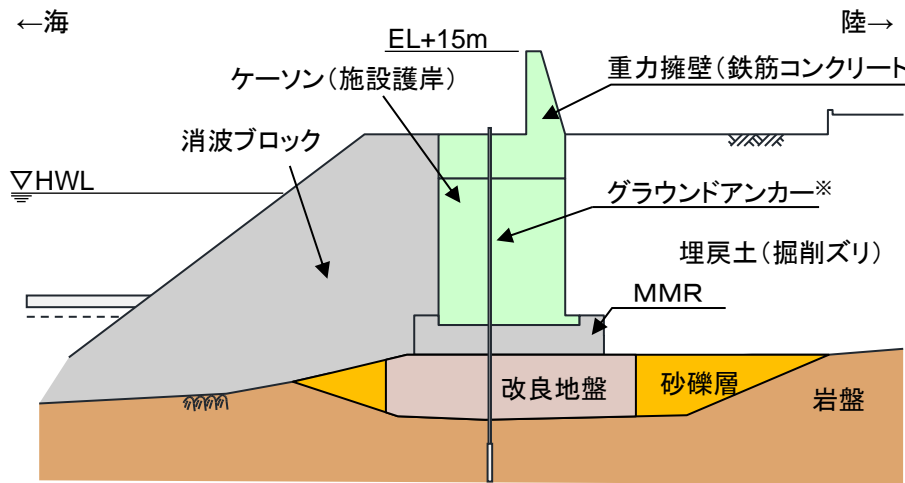
9. 2. 1 防波壁（波返重力擁壁）

- ・「島根原子力発電所2号炉 津波による損傷の防止 論点3 防波壁の設計方針について」（第888回審査会合 資料2-1, 2020年8月20日）の抜粋
- ・「島根原子力発電所2号炉 津波による損傷の防止 論点3 「防波壁の構造についての設計方針及び構造成立性」（第909回審査会合 資料1-2, 2020年10月15日）の抜粋

防波壁(波返重力擁壁)構造概要(1/12)



- 防波壁(波返重力擁壁)は、3号炉北側及び防波壁両端部に配置した。3号炉北側についてはケーソン及びMMR(マンメイドロック)を介して岩盤上に設置し、防波壁両端部については堅硬な地山に直接設置した。なお、砂礫層が分布する箇所については、地盤改良を実施した。
- 重力擁壁は、約10mを1ブロックとした壁体を連続して設置する。このブロック間の境界には、止水性を保持するための止水目地を設置する。
- グラウンドアンカー(永久アンカー)を設置しているが、アンカーの効果を期待しなくても、耐震・耐津波性を担保している。



※ 防波壁(波返重力擁壁)は、グラウンドアンカーの効果を期待しなくても、耐震・耐津波安全性を担保している。

防波壁(波返重力擁壁)(改良地盤部)断面図

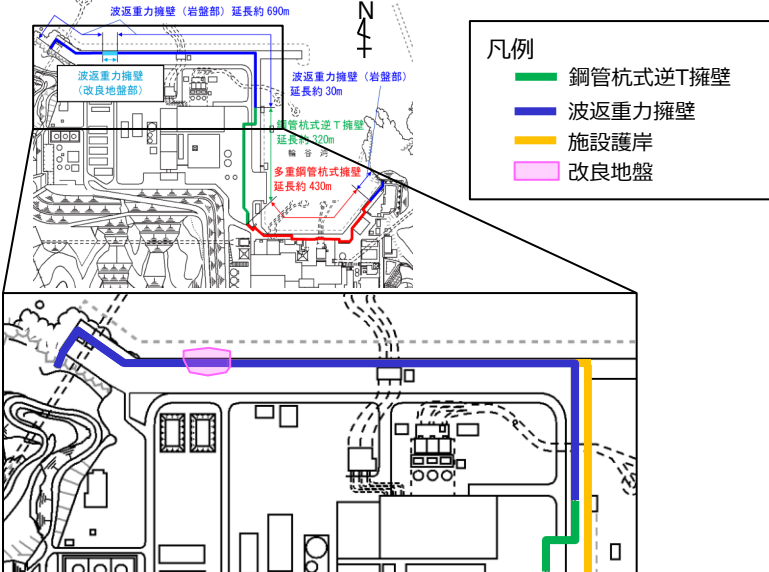
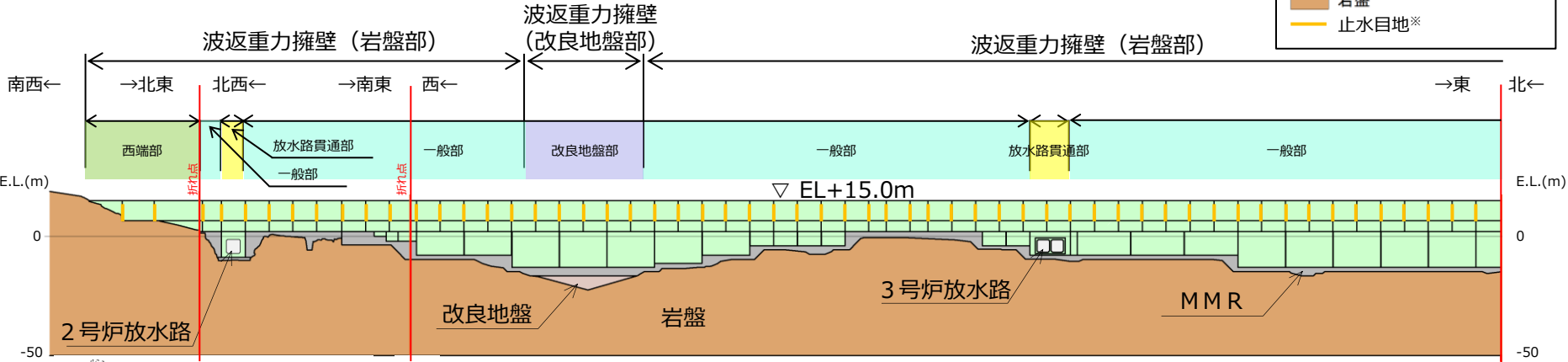
防波壁(波返重力擁壁)(岩盤部)断面図

防波壁(波返重力擁壁)構造概要(2/12)

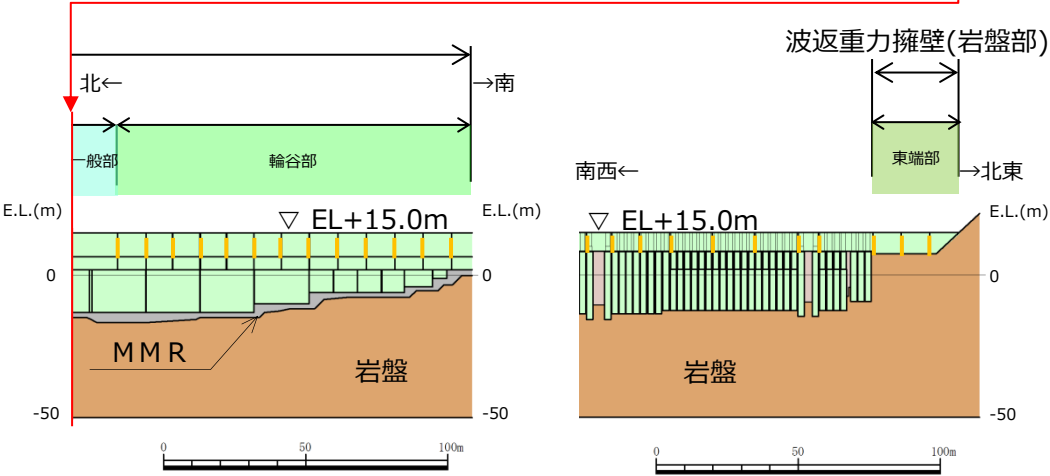
■ 防波壁(波返重力擁壁)については、3号炉北側の概ね全線にわたり岩盤に支持されているが、一部に砂礫層が介在する箇所に対して地盤改良を実施した。また、2、3号炉放水路がケーソンを貫通する箇所がある。

凡例

- 改良地盤
- 防波壁
- MMR・コンクリート構造物
- 岩盤
- 止水目地*



防波壁平面図(波返重力擁壁)

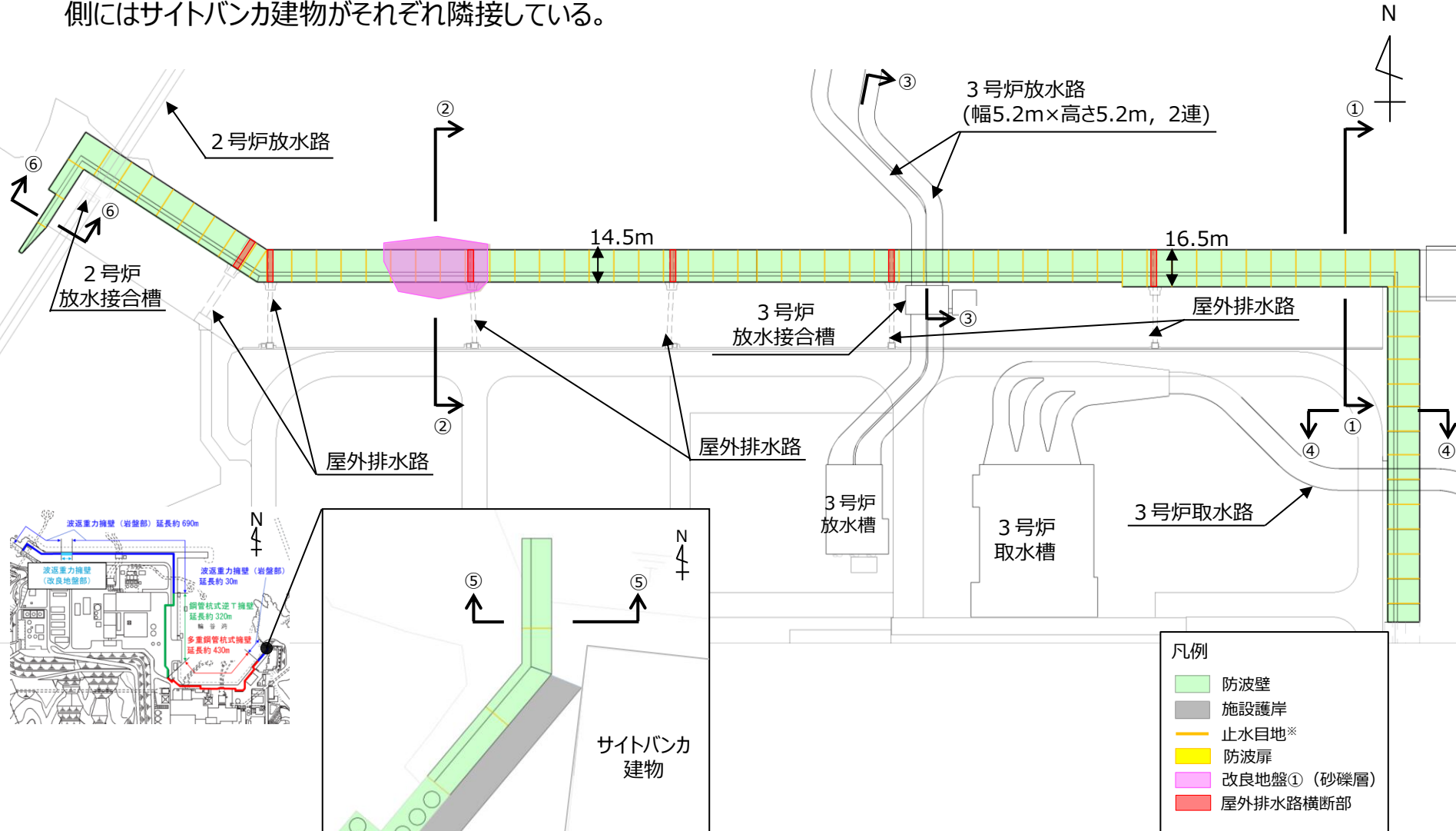


防波壁縦断図(波返重力擁壁)

*止水目地の設置高さ及び根入れ長については、敷地の地盤高さ及び入力津波高さを踏まえて設定する。

防波壁(波返重力擁壁)構造概要(3/12)

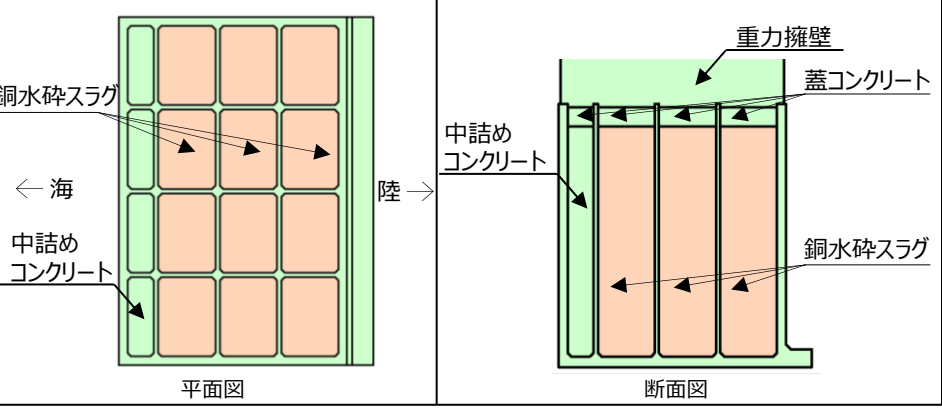
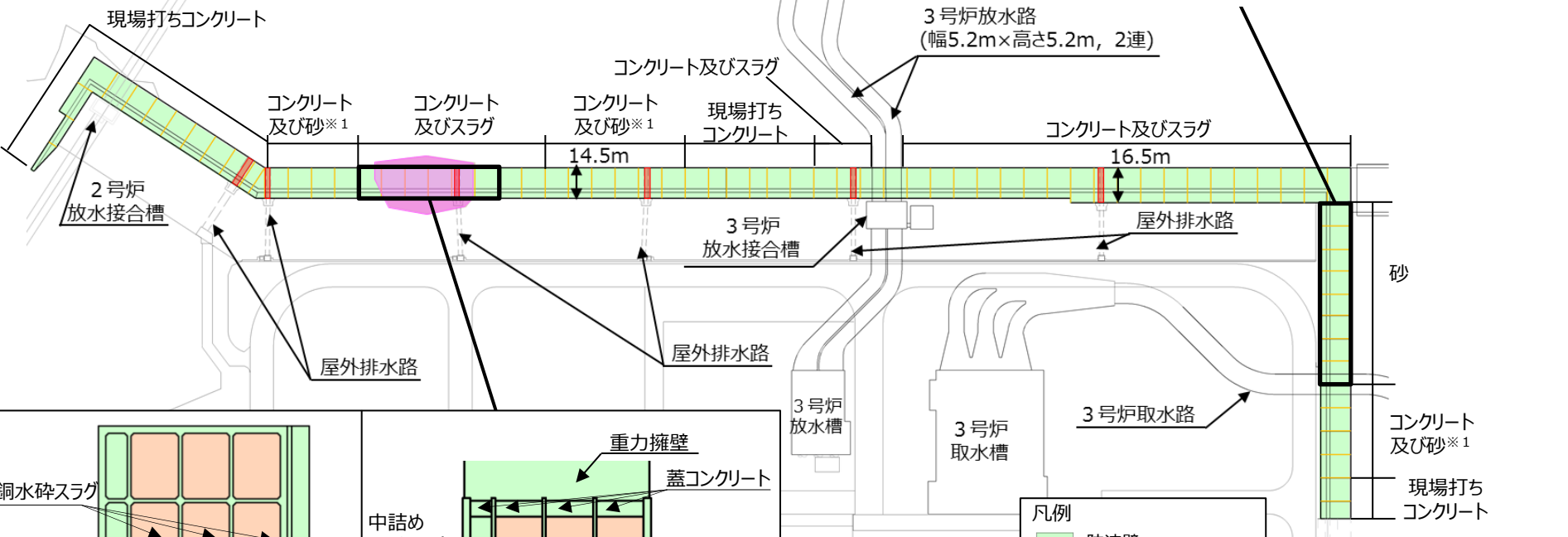
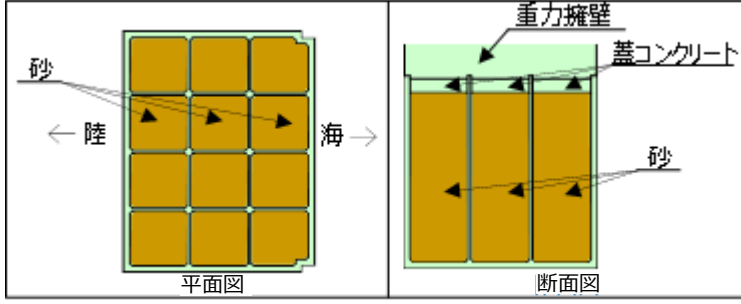
- 防波壁(波返重力擁壁)の平面図(止水目地位置含む)を以下に示す。
- 防波壁放水路横断部(③-③断面)には3号炉放水路(放水接合槽を含む), また, 東端部(⑤-⑤断面)東側にはサイトバンカ建物がそれぞれ隣接している。



※止水目地の設置高さ及び根入れ長については、敷地の地盤高さ及び入力津波高さを踏まえて設定する。

防波壁(波返重力擁壁)構造概要(4/12)

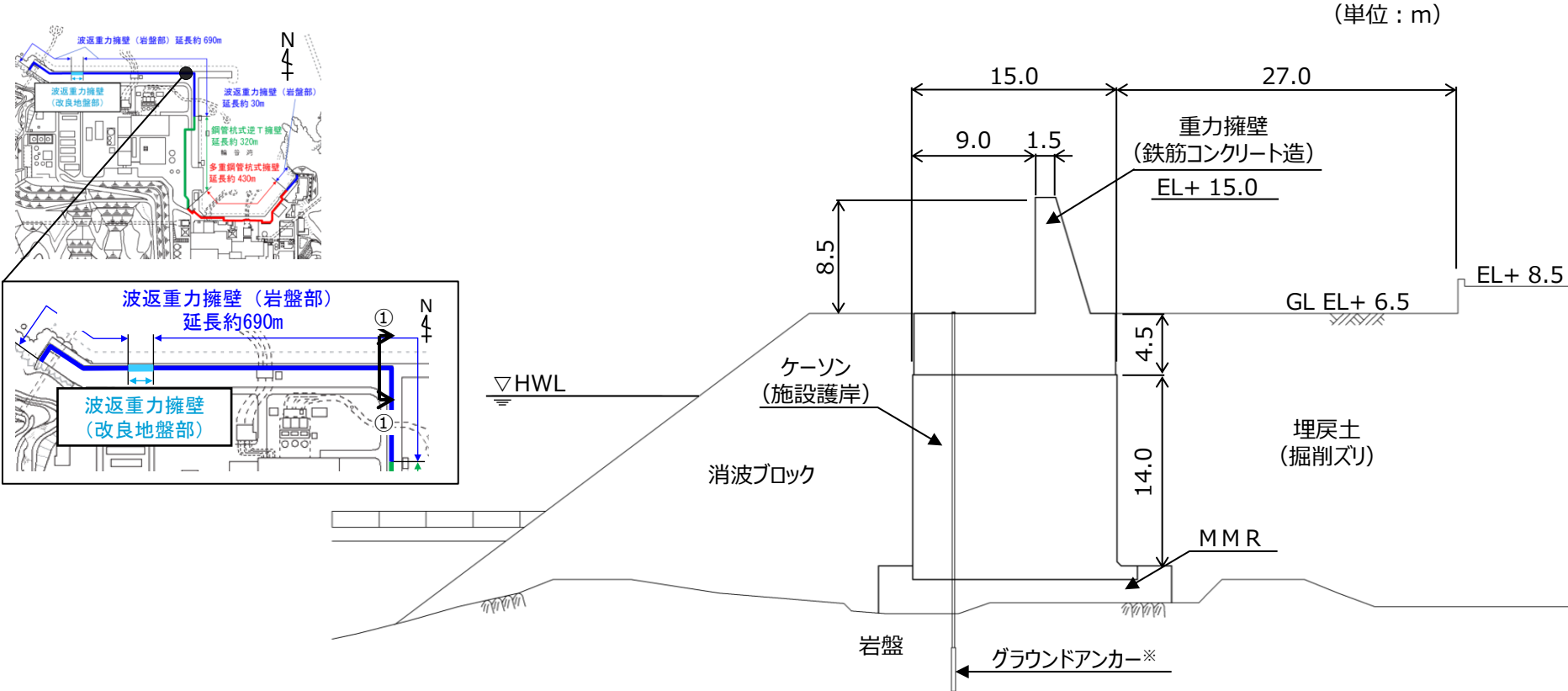
- 防波壁(波返重力擁壁)のケーソン中詰材の施工状況を以下に示す。
- 中詰材の種類は、ケーソンの安定性確保の観点から以下の3種類を選定している。
- なお、一部の区間においては、現場打ちコンクリートとしており、ケーソンを使用しない構造としている。



※1 コンクリート及び砂の場合、左図の中詰材である銅水砕スラグの代わりに砂を使用。
 ※2 止水目地の設置高さ及び根入れ長については、敷地の地盤高さ及び入力津波高さを踏まえて設定する。

防波壁(波返重力擁壁)構造概要(5/12)

- 防波壁(波返重力擁壁)一般部(①-①断面)については、MMRを介して岩盤に直接設置されたケーソン上に重力擁壁を設置した。

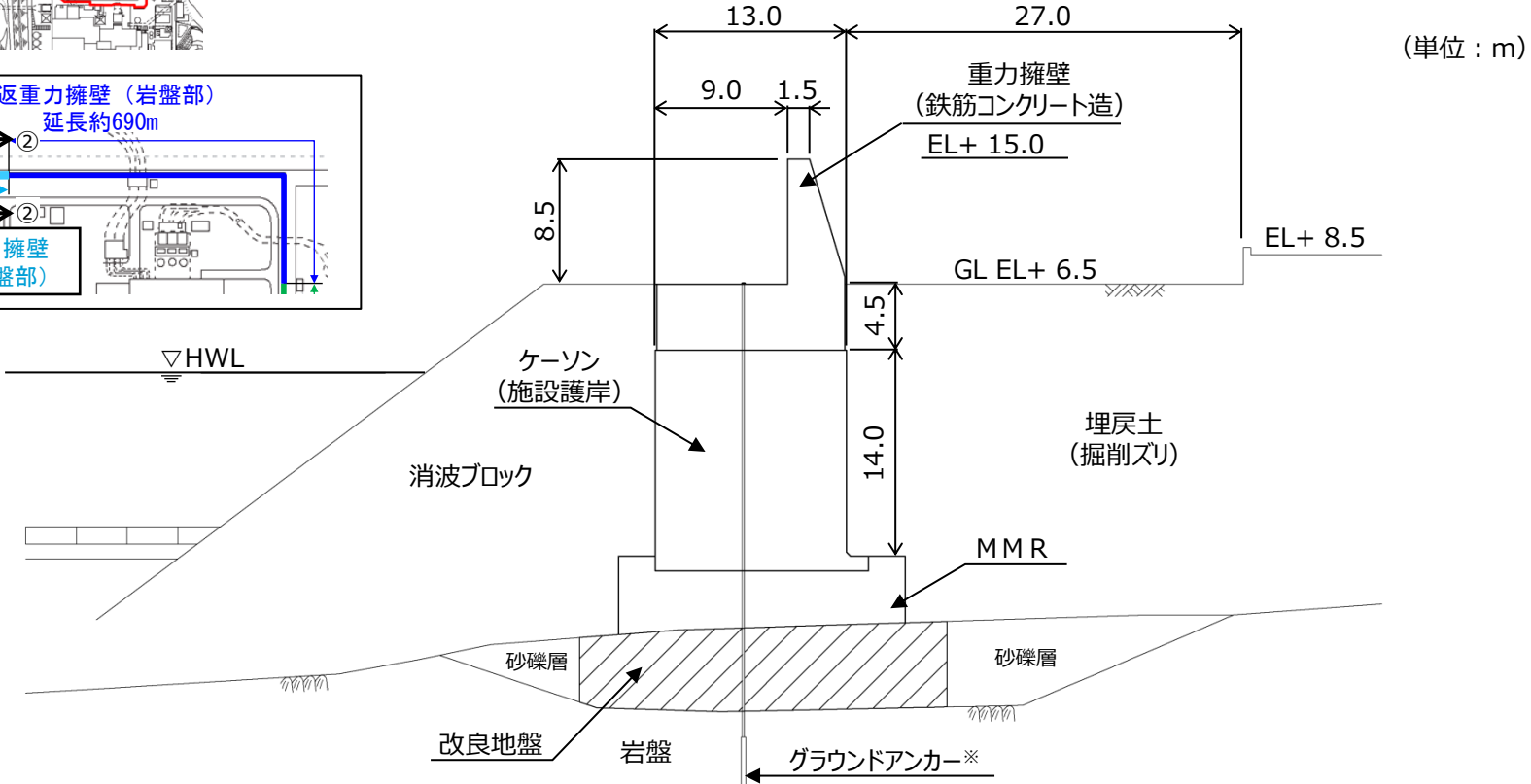
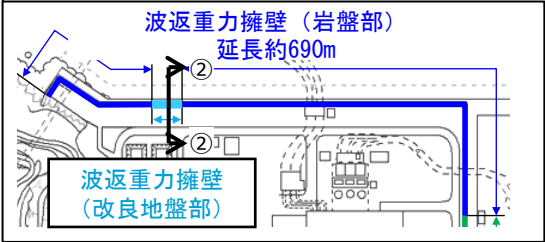
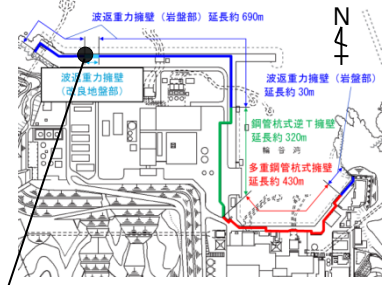


※ 防波壁(波返重力擁壁)は、グラウンドアンカーの効果も期待しなくても、耐震・耐津波安全性を担保している。

防波壁(波返重力擁壁)一般部(①-①断面) 断面図

防波壁(波返重力擁壁)構造概要(6/12)

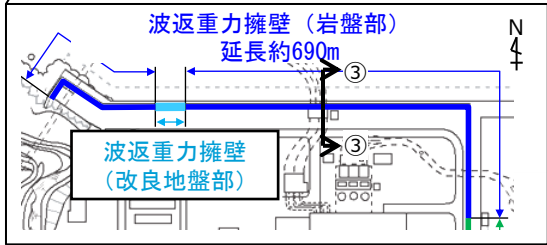
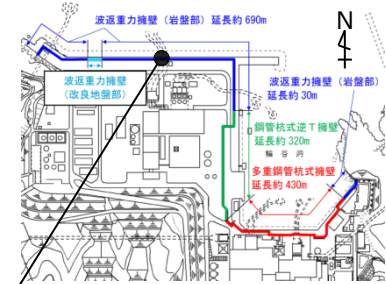
■ 防波壁(波返重力擁壁)改良地盤部(②-②断面)については、ケーソン下部に砂礫層を介在していたことから、高圧噴射攪拌工法による地盤改良を実施した。



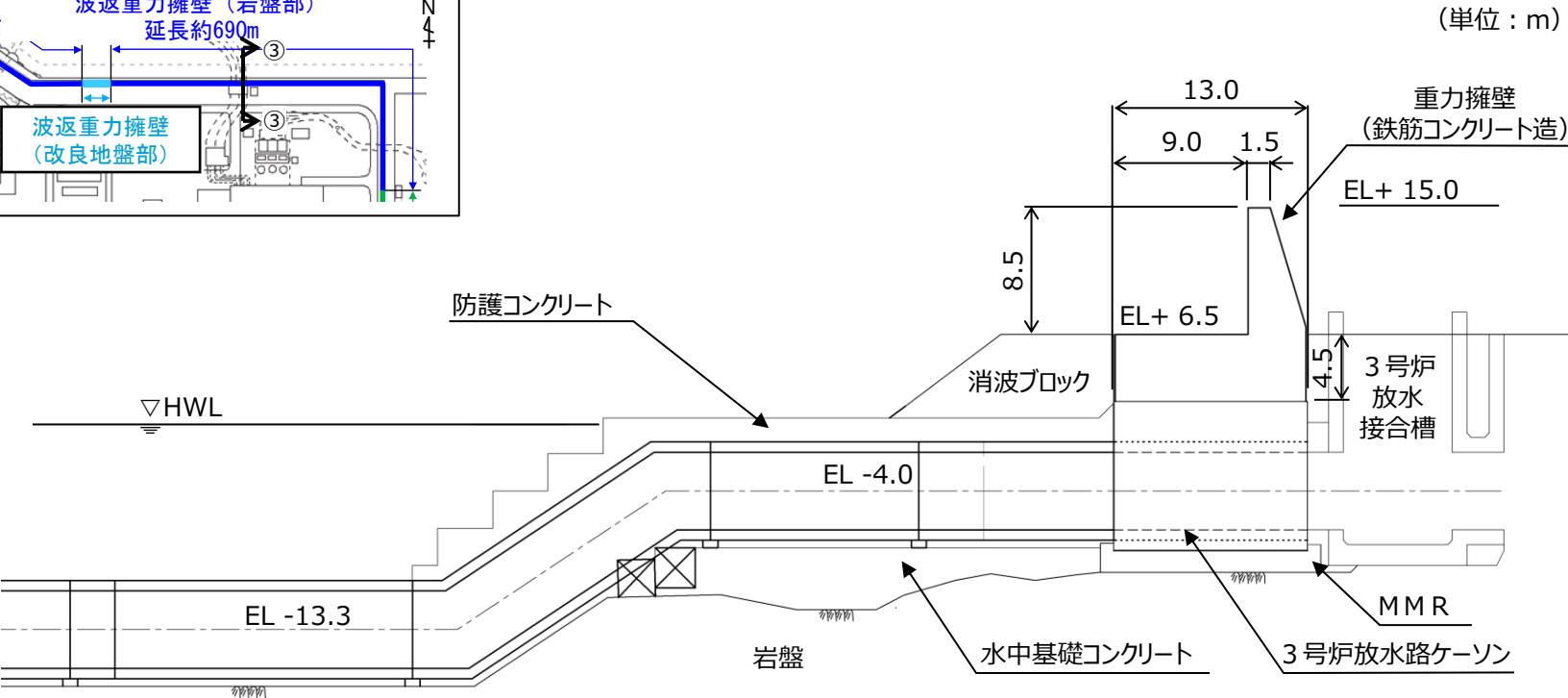
※ 防波壁(波返重力擁壁)は、グラウンドアンカーの効果을期待しなくても、耐震・耐津波安全性を担保している。

防波壁(波返重力擁壁) 改良地盤部 (②-②断面) 断面図

防波壁(波返重力擁壁)構造概要(7/12)



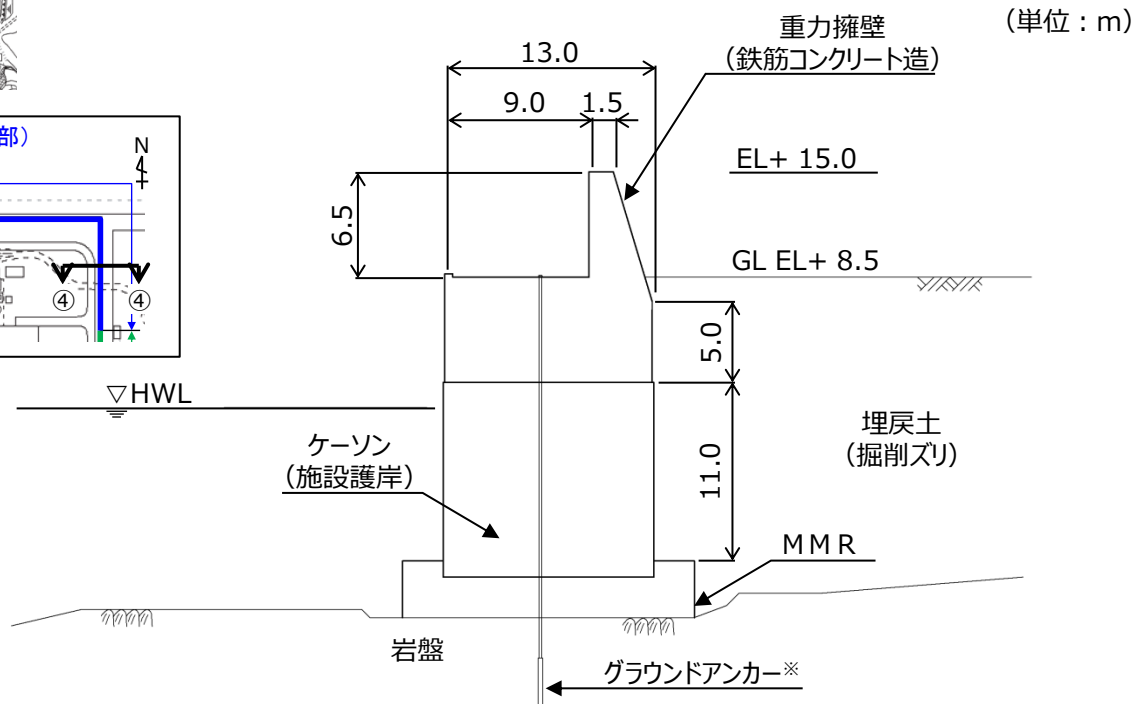
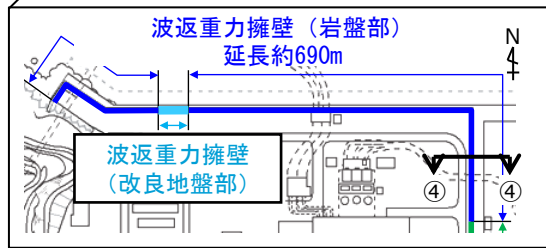
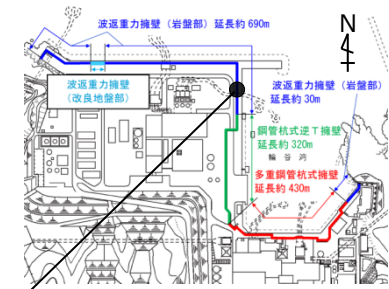
- 防波壁(波返重力擁壁) 放水路貫通部(③-③断面)については, 3号炉放水路(幅5.2m×高さ5.2m, 2連)が貫通するケーソン上に重力擁壁を設置した。
- 3号炉放水路貫通部の放水路(ケーソン)は重力擁壁を間接支持する構造物とする。



防波壁(波返重力擁壁)放水路貫通部(③-③断面) 断面図

防波壁(波返重力擁壁)構造概要(8/12)

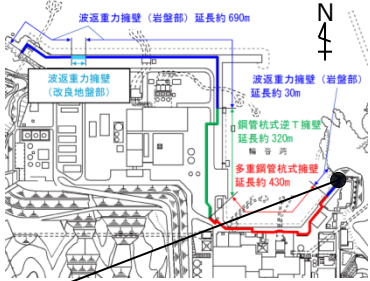
- 防波壁(波返重力擁壁)輪谷部(④-④断面)については、防波壁(波返重力式擁壁)の東側に位置し、輪谷湾に面しており、防波壁の海側に消波ブロックを設置していない断面である。



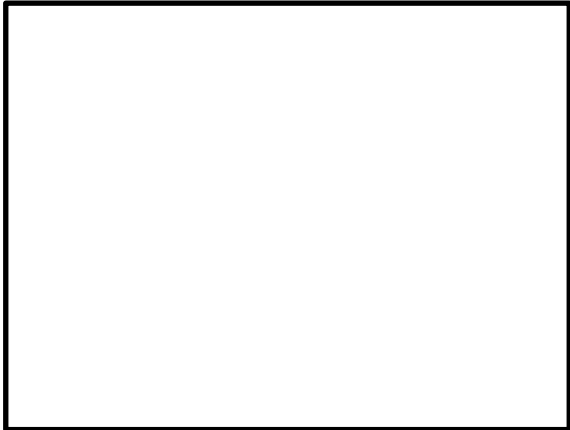
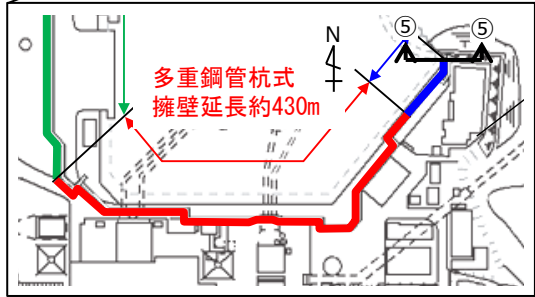
※ 防波壁(波返重力擁壁)は、グラウンドアンカーの効果을期待しなくても、耐震・耐津波安全性を担保している。

防波壁(波返重力擁壁)輪谷部(④-④断面) 断面図

防波壁(波返重力擁壁)構造概要(9/12)



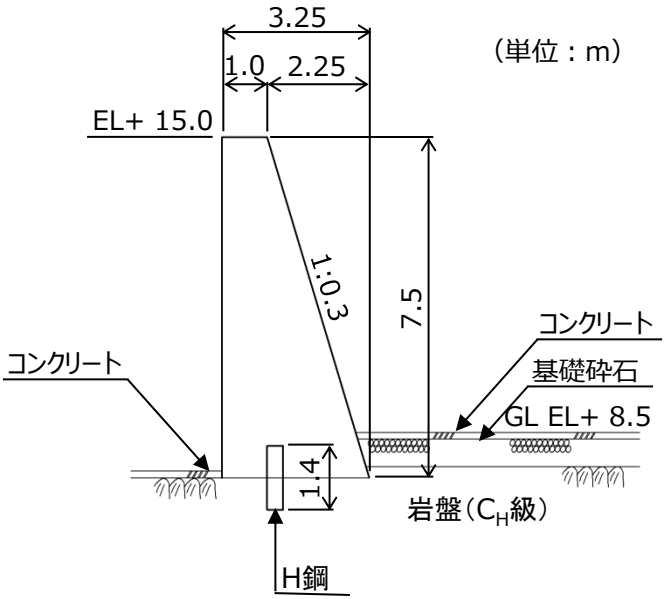
■ 防波壁(波返重力擁壁)東端部(⑤-⑤断面)については、地震及び津波による沈下やずれを生じさせないため、岩盤を露出させ、H鋼(H-350×350×12×19)を1m間隔で打設し、重力擁壁を堅硬な地山に直接設置する設計とした。また、前面及び背面をコンクリートで被覆した。



防波壁東端部 外観写真



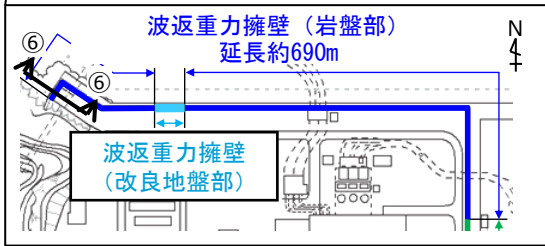
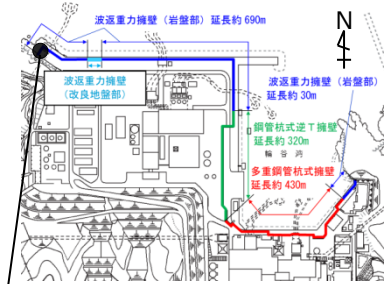
防波壁東端部 岩盤露出状況



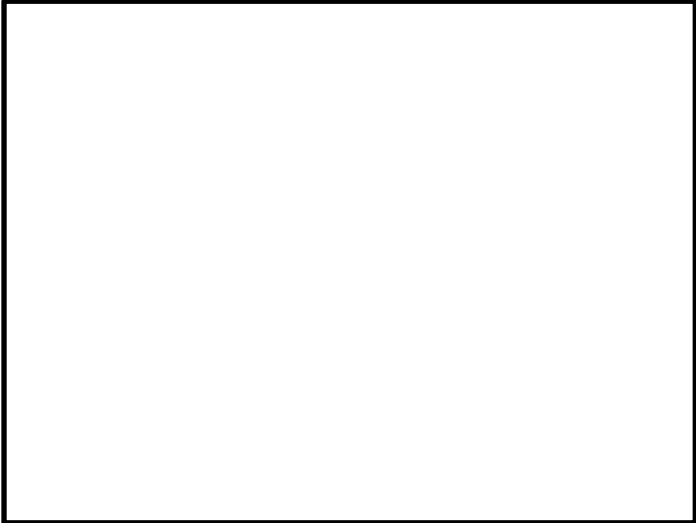
防波壁(波返重力擁壁)東端部
(⑤-⑤断面) 断面図

防波壁(波返重力擁壁)構造概要(10/12)

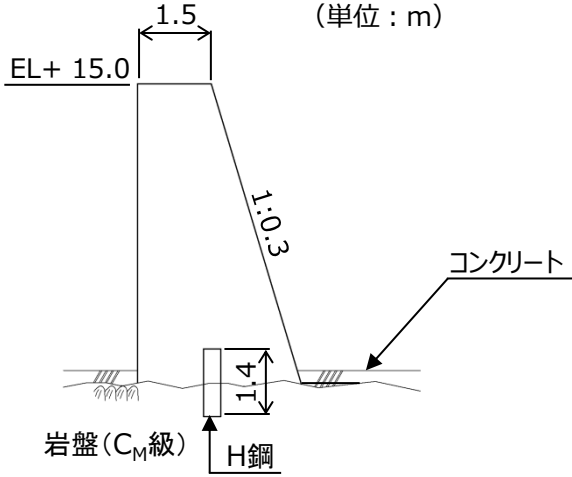
■ 防波壁(波返重力擁壁)西端部(⑥-⑥断面)については、東端部同様、地震及び津波による沈下やずれを生じさせないため、岩盤を露出させ、H鋼(H-350×350×12×19)を1m間隔で打設し、重力擁壁を堅硬な地山に直接設置する設計とした。また、前面及び背面をコンクリートで被覆した。



防波壁西端部 状況写真



防波壁西端部 岩盤露出状況

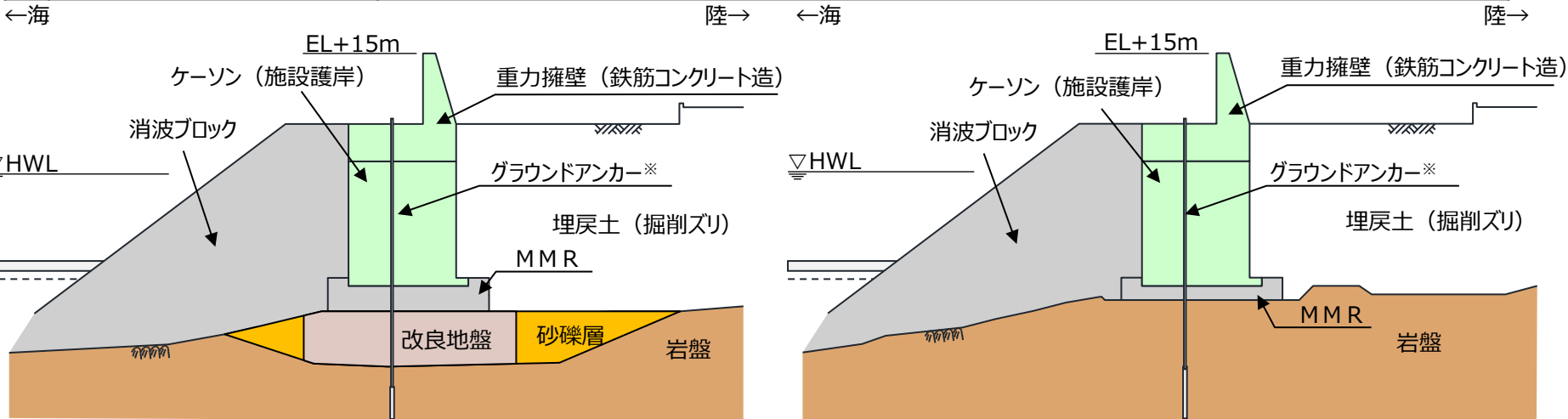


防波壁(波返重力擁壁)西端部(⑥-⑥断面) 断面図

防波壁(波返重力擁壁)構造概要(11/12)

■ 防波壁(波返重力擁壁)を構成する各部位は以下の仕様とした。

部位	仕様
【施設】	
重力擁壁	コンクリート : $f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$ 鉄筋 : SD345
止水目地	ゴムジョイント, シートジョイント : クロロプレンゴム
ケーソン	プレキャストコンクリート
H鋼	H-350×350×12×19, SM490
【地盤】	
MMR	ケーソン架台に打設した基礎コンクリート, $f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$
改良地盤	高圧噴射攪拌工法 (セメント系固化材)



※ 防波壁(波返重力擁壁)は、グラウンドアンカーの効果も期待しなくても、耐震・耐津波安全性を担保している。

防波壁(波返重力擁壁(改良地盤部))断面図

防波壁(波返重力擁壁(岩盤部))断面図

防波壁(波返重力擁壁)構造概要(12/12)

- 防波壁(波返重力擁壁)を構成する評価対象部位及び構造上のバウンダリを下表に示す。
- 防波壁(波返重力擁壁)は重力擁壁, 止水目地, ケーソン, MMR及び地盤改良を構造上のバウンダリとする。
- なお, 設置許可基準規則を踏まえた評価対象部位の役割及び性能目標等について次頁以降で詳述する。

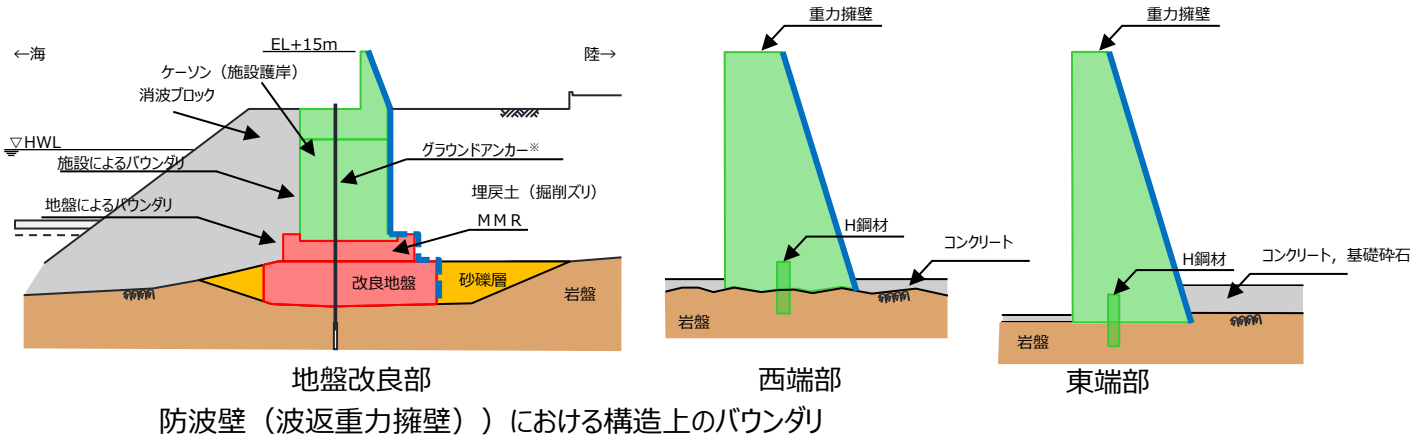
評価対象部位の役割

■ 施設の範囲 ■ 「役割」を期待する地盤

評価対象部位	役割	備考
重力擁壁	止水目地を支持, 遮水性の保持	
止水目地	重力擁壁間の遮水性の保持	
ケーソン	重力擁壁を支持, 遮水性の保持	
H鋼	重力擁壁の滑動を抑制	東端部, 西端部に設置
MMR	ケーソン及び重力擁壁を支持, 基礎地盤のすべり安定性に寄与, 難透水性の保持	基礎地盤, 24N/mm ²
改良地盤	ケーソン及び重力擁壁を支持, 基礎地盤のすべり安定性に寄与, 難透水性の保持	基礎地盤(ケーソン下面と岩盤上面の間に, 砂礫層が介在している区間のみ), 高圧噴射攪拌工法
岩盤	ケーソン及び重力擁壁を支持, 基礎地盤のすべり安定性に寄与	基礎地盤
埋戻土(掘削ズリ), 砂礫層, 消波ブロック	役割に期待しない	

■ : 「施設」の範囲
 ■ : 「役割」を期待する地盤
 — : 施設によるバウンダリ
 - - - : 地盤によるバウンダリ

※ 防波壁(波返重力擁壁)は, グラウンドアンカーの効果も期待しなくても, 耐震・耐津波安全性を担保している。

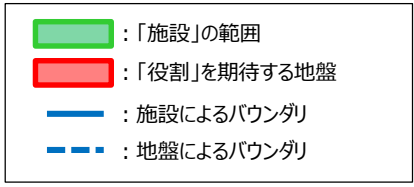


設置許可基準規則に対する確認事項(1/2)

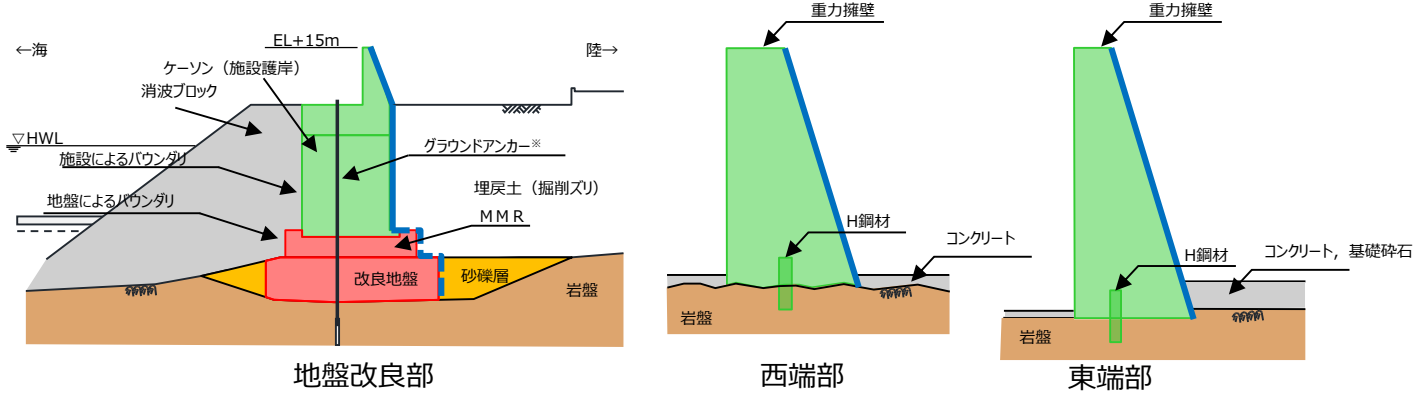
- 新規制基準への適合性において、防波壁（波返重力擁壁）における設置許可基準規則の各条文に対する検討要旨を下表のとおり整理した。
- 以下の条文を確認することにより、防波壁（波返重力擁壁）の各条文への適合性を確認する。

防波壁（波返重力擁壁）における検討要旨

規則	検討要旨
第3条（設計基準対象施設の地盤）	・ 施設（重力擁壁，ケーソン）を支持する地盤を対象とし，すべり，支持力，傾斜等に対する安定性を確認する。
第4条（地震による損傷の防止）	・ 施設と地盤との動的相互作用や液状化検討対象層の地震時の挙動を考慮したうえで，施設の耐震安全性を確認する。
第5条（津波による損傷の防止）	・ 地震（本震及び余震）による影響を考慮したうえで，機能を保持できることを確認する。 ・ 液状化検討対象層の地震時の挙動の考慮を含む。



※ 防波壁（波返重力擁壁）は，グラウンドアンカーの効果も期待しなくても，耐震・耐津波安全性を担保している。



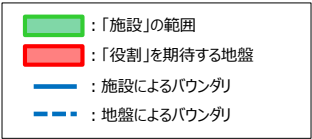
波返重力擁壁（改良地盤部）の「施設」・「地盤」の範囲

設置許可基準規則に対する確認事項(2/2)

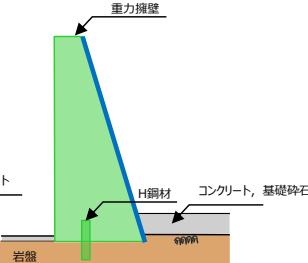
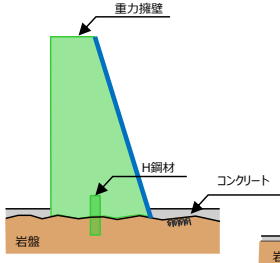
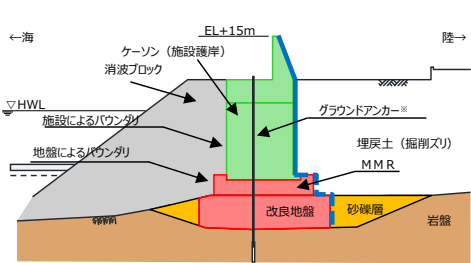
- 防波壁（波返重力擁壁）における条文に対応する各部位の役割を以下のとおり整理した。なお、以下では、津波を遮断する役割を『遮水性』，材料として津波を通しにくい役割を『難透水性』とし，これらを総称として『止水性』と整理する。
- 漂流物衝突荷重の影響により，防波壁の各部位の照査の結果，性能目標を維持できない場合は，防波壁（津波防護施設）の一部として漂流物対策工を追加設置する。なお，当該施設の設計方針については，「指摘6 漂流物衝突荷重の設定方針」において説明する。

防波壁（波返重力擁壁）の各部位の役割

	部位の名称	地震時の役割	津波時の役割
施設	重力擁壁	・止水目地を支持する。	・止水目地を支持するとともに，遮水性を保持する。
	止水目地	・重力擁壁間の変形に追従する。	・重力擁壁間の変形に追従し，遮水性を保持する。
	ケーソン	・重力擁壁を支持するとともに，遮水性を保持する。	・重力擁壁を支持するとともに，遮水性を保持する。
	H鋼	・重力擁壁の滑動を抑制する。	・重力擁壁の滑動を抑制する。
地盤	MMR	・ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	・ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・難透水性を保持する。
	改良地盤	・ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	・ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・難透水性を保持する。
	岩盤	・ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する	・ケーソン及び重力擁壁を支持する。
	埋戻土（掘削ズリ），砂礫層	・役割に期待しない（解析モデルに取り込み，防波壁への相互作用を考慮する）。	・津波荷重に対して地盤反力として寄与する。
	消波ブロック	・役割に期待しない。	・役割に期待しない。



※ 防波壁（波返重力擁壁）は，グラウンドアンカーの効果も期待しなくても，耐震・耐津波安全性を担保している。



地盤改良部
西端部
東端部
役割を期待する範囲

ケーソン構造成立性検討(1/2)

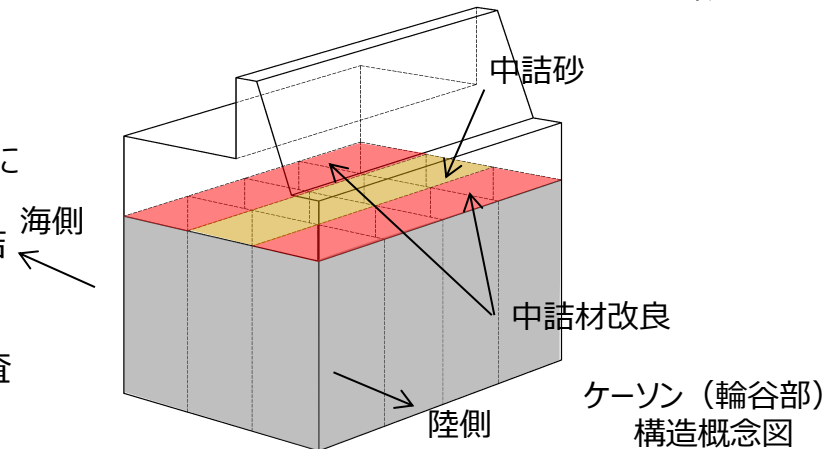
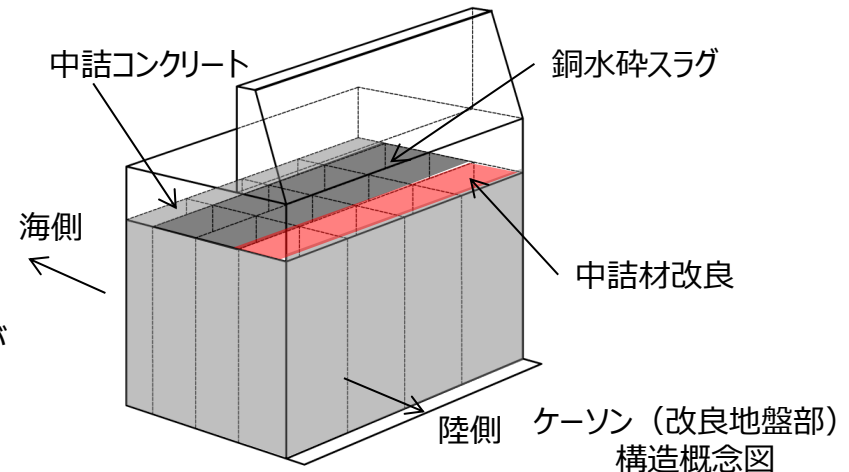
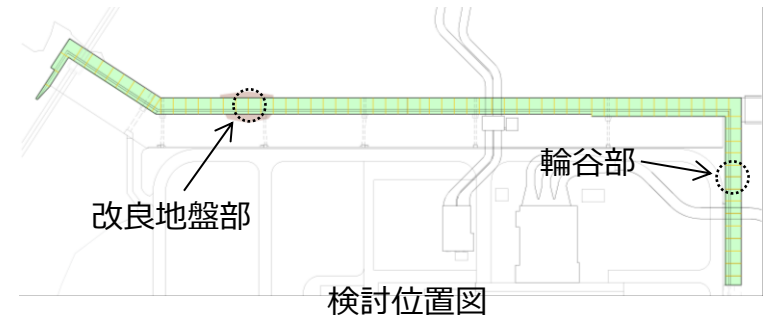
- 防波壁(波返重力擁壁)ケーソンの構造成立性を確認するため、3次元静的 F E M解析による検討を実施する。検討にあたっては、地震時のケーソン背後の地震時土圧及び慣性力によるケーソンへの影響が大きいことから、地震時による検討を実施する。
- ケーソンの評価について、2次元動的 F E M解析によりケーソン全体を評価する方針から、2次元動的 F E M解析から荷重等を抽出し、3次元静的 F E M解析によりケーソンの各部材を評価する方針に見直した。
- また、ケーソンの剛性について、港湾基準に基づきケーソン全体に対してコンクリートの剛性を設定する方針から、中詰材の剛性を期待しない方針に見直した。
- 上記の方針の見直しに伴い、地震時荷重を直接負担する部材等で構造成立性が見込めないことから、対策工として中詰材の一部を改良したもものとして構造成立性を検討する。

【検討断面及び検討用地震動】

- 検討断面は、他の断面と比較してケーソン高さが高く、ケーソンの構造が異なる改良地盤部断面及び輪谷部断面を選定する。
- 地震荷重は基準地震動 S s - Dとする。

【解析条件】

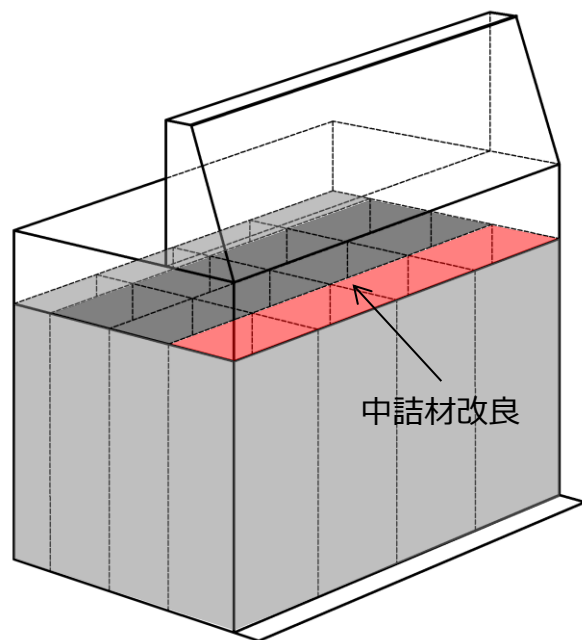
- 2次元動的 F E M解析(有効応力解析)を実施し、ケーソンの頂底板間の相対変形量が最大となる時刻における加速度及び荷重(地震時土圧、動水圧)を抽出し、3次元静的 F E Mモデルに作用させる。
- 2次元動的 F E M解析では、ケーソンの躯体のコンクリート強度と構造に応じた剛性を考慮した解析用物性値を設定する。
- 3次元静的 F E M解析では、2次元動的 F E M解析と同様に、中詰材の剛性を期待せず、重量のみ考慮する。
- 3次元静的 F E M結果を踏まえ、構造部材のうち、前壁、後壁、側壁、隔壁、底板及びフーチングを対象に、短期許容応力度による照査を実施する。



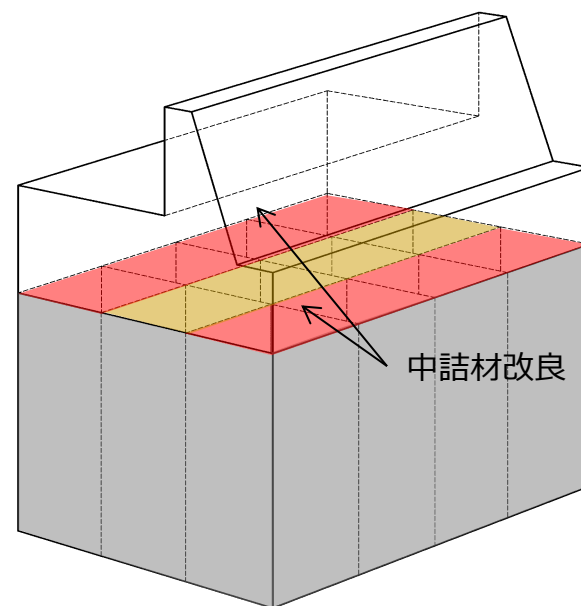
ケーソン構造成立性検討(2/2)

【中詰材の改良範囲及び仕様】

- ケーソンの中詰材の一部を改良（固化処理等）することで、基準地震動 $S_s - D$ に対し、改良地盤部及び輪谷部のケーソンにおける各構造部材において構造成立性が確保されることを確認する。
- 詳細設計段階において、他の断面も適切に検討したうえで、地震時及び津波時の荷重の不確かさ及び物性値のばらつきを考慮しても、ケーソンの各構造部材が津波防護施設としての性能を保持させる設計とし、中詰材の改良範囲及び仕様を決定する。
- 中詰材の改良範囲として、地震時、津波時荷重等が直接作用するケーソン前壁及び後壁の背面の中詰材を改良することを基本とし、ケーソンの照査結果を踏まえ、必要に応じて改良範囲の追加を検討する。また、中詰材改良の仕様として、ケーソンの照査結果を踏まえ、中詰材及びケーソン隔壁内に実施する中詰材改良の解析用物性値（剛性）を設定し、解析用物性値（剛性）の妥当性を試験等により確認する。



ケーソン（改良地盤部）耐震補強対策工（例）



ケーソン（輪谷部）耐震補強対策工（例）

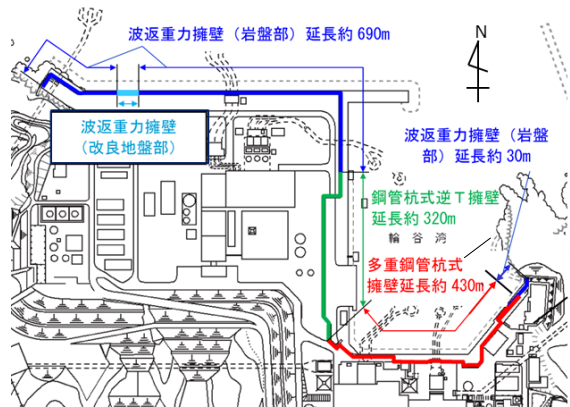
9. 防波壁の構造概要

9. 2 各防波壁の構造

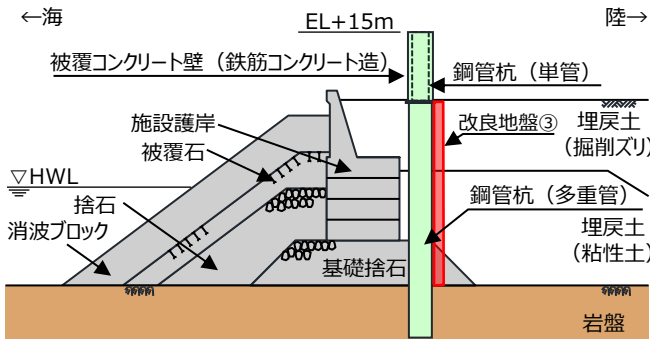
9. 2. 2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）

- ・「島根原子力発電所2号炉 津波による損傷の防止 論点3 防波壁の設計方針について」（第870回審査会合 資料1-2-1, 2020年6月30日）の抜粋に、
「島根原子力発電所2号炉 津波による損傷の防止 論点3 防波壁の設計方針について」（第888回審査会合 資料2-4, 2020年8月20日）の内容を反映
- ・「島根原子力発電所2号炉 津波による損傷の防止 論点3 「防波壁の構造についての設計方針及び構造成立性」（第909回審査会合 資料1-2, 2020年10月15日）の抜粋

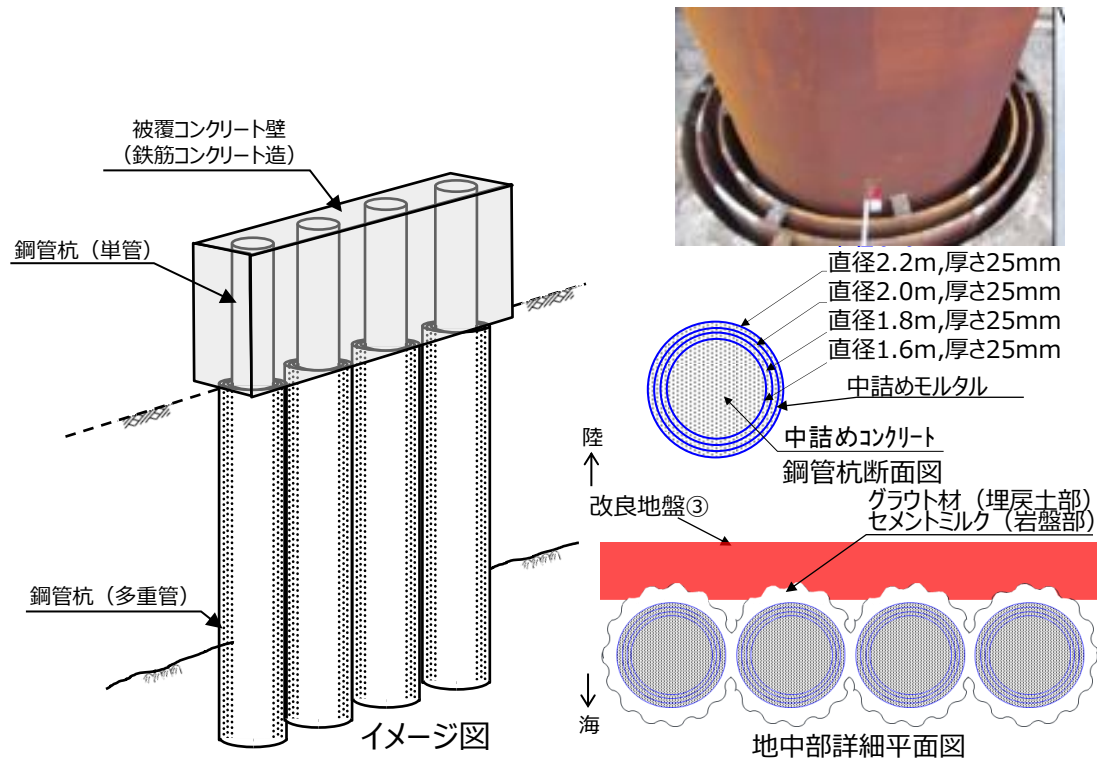
防波壁(多重鋼管杭式擁壁)構造概要(1/12)



- 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の構造概要を示す。
- 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)は、1, 2号炉北側に配置し、鋼管杭を岩盤に打設した(根入れ深さ: 5.0m程度)。
- 鋼管杭は、コンクリートで中詰めされた大口径管の多重構造を採用している。また、岩盤部では隣り合う多重鋼管杭間にセメントミルクを間詰めし、埋戻土部はグラウト材で間詰めた。
- 被覆コンクリート壁は、下部の鋼管杭から連続する鋼管杭を鉄筋コンクリートで被覆した部材で構成される。鋼管杭6本程度を1ブロックの標準とした壁体を連続して設置した。このブロック間の境界には、止水性を保持するための止水目地を設置する。
- 防波壁の背後に止水性を有する地盤改良を実施する対策を行う。



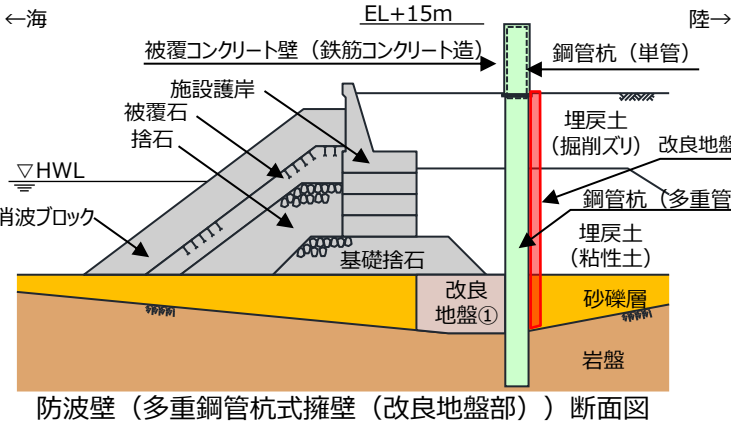
防波壁(多重鋼管杭式擁壁)断面図



陸

海

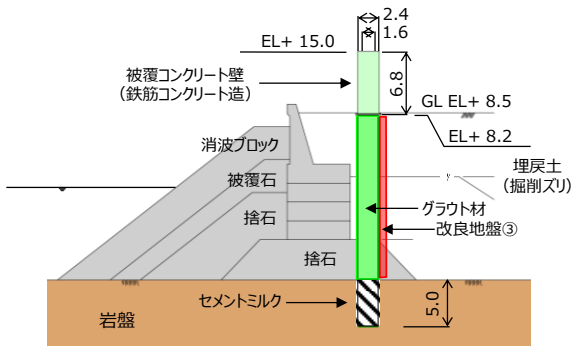
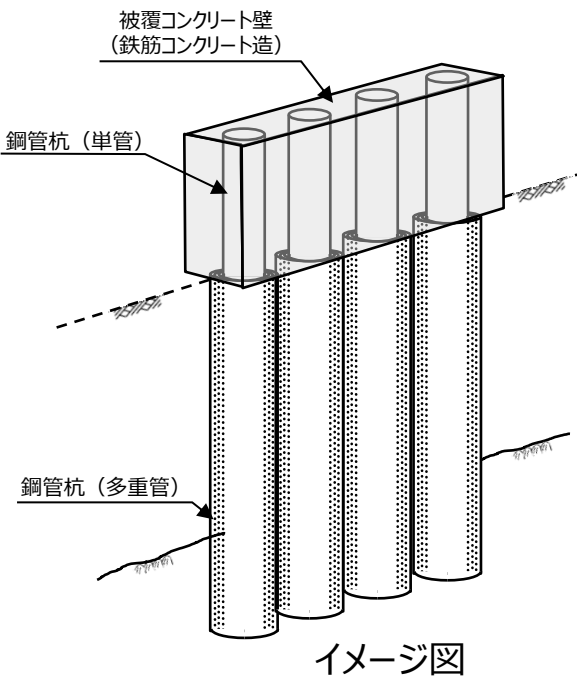
海



防波壁(多重鋼管杭式擁壁(改良地盤部))断面図

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)構造概要(2/12)

■ 地中部の鋼管杭の最外管の間隔は約30cmであり、隣り合う多重鋼管杭間はセメントミルク(岩盤部)又はグラウト材(埋戻土部)で充填されている。

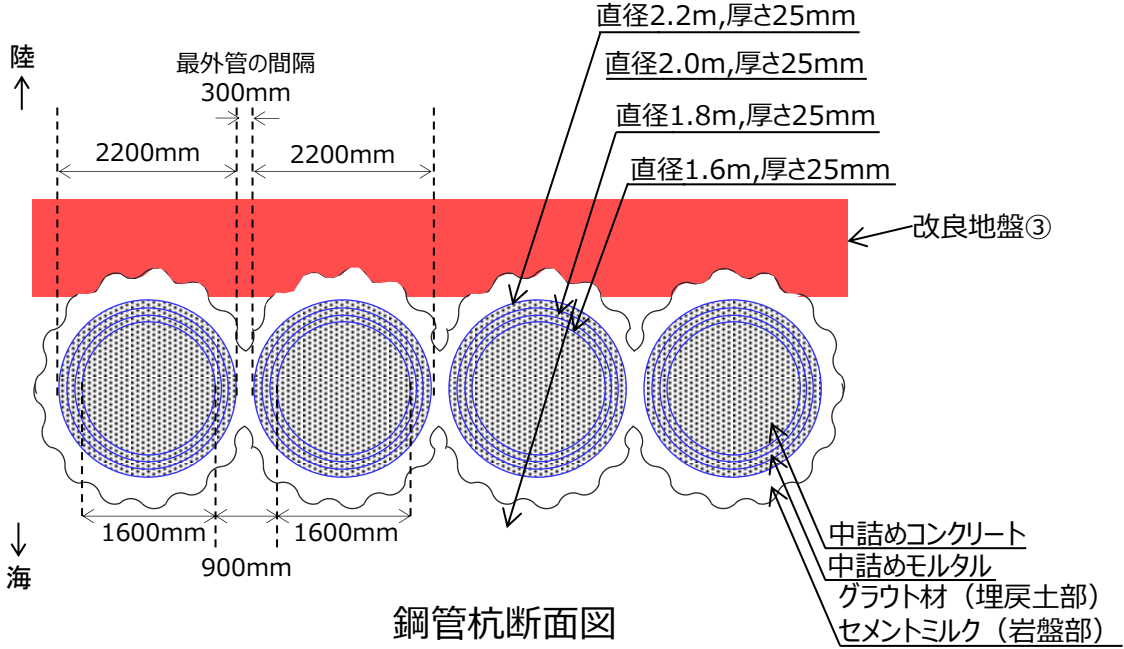


凡例

- 防波壁、防波扉
- MMR・コンクリート構造物
- 岩盤
- セメントミルク
- グラウト材
- 改良地盤③

防波壁(多重鋼管杭式擁壁) 杭間部 断面図

【地中部】

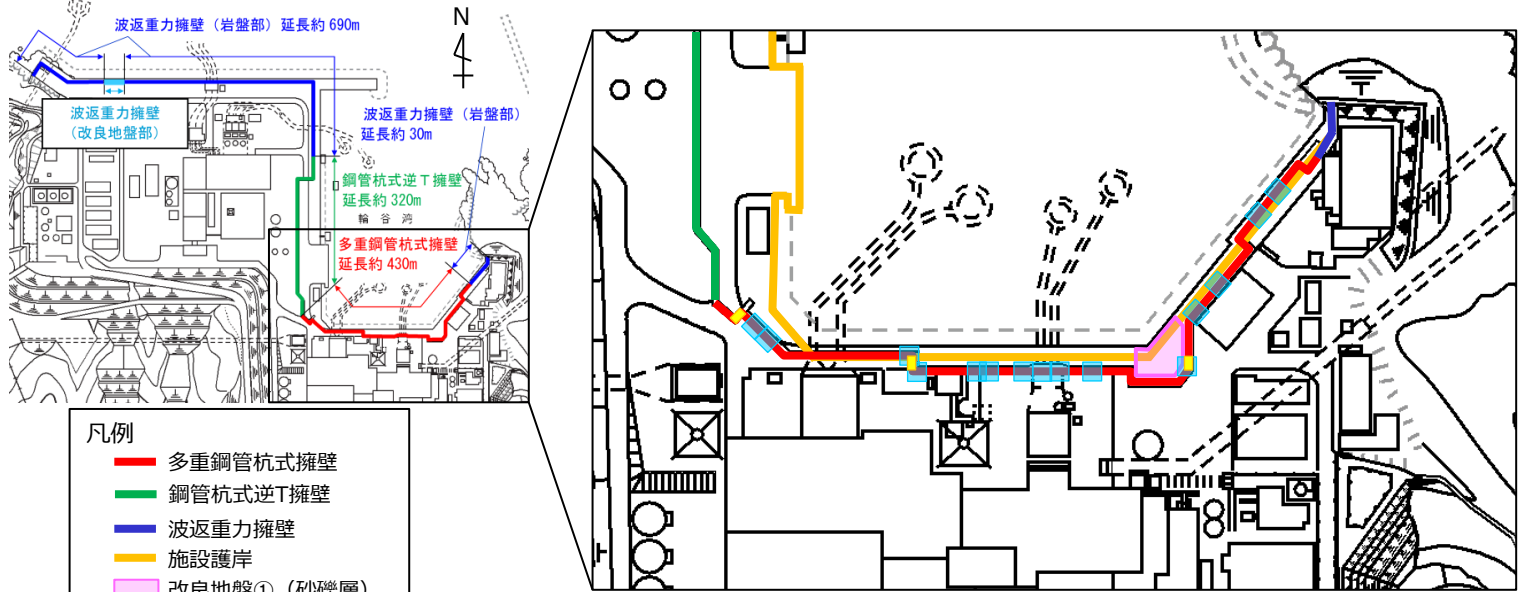


鋼管杭断面図

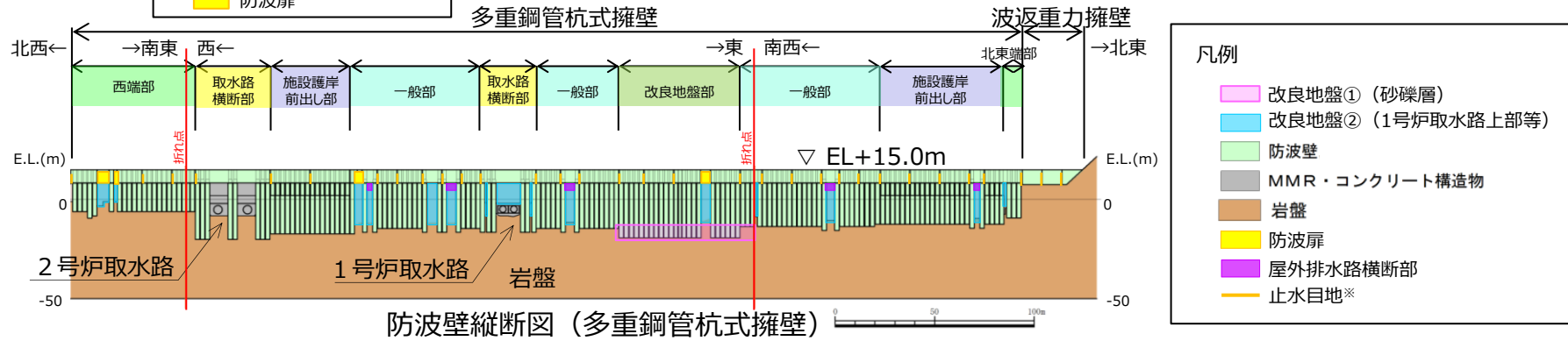
中詰めコンクリート
中詰めモルタル
グラウト材(埋戻土部)
セメントミルク(岩盤部)

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)構造概要(3/12)

- 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)については, 1, 2号炉北側全線にわたり多重鋼管杭を連続的に設置した。
- 岩盤上に砂礫層が堆積している範囲において防波壁前面で薬液注入工法(特殊スラグ系固化材)により地盤改良を実施した(改良地盤①)。
- また, 取水路及び屋外排水路設置箇所等で杭間隔が大きい区間については, 側方の鋼管杭に支持された上部工が横断する構造としており, 横断部の地中については, 止水性を保持する観点から薬液注入工法(セメント系固化材)により地盤改良を実施した(改良地盤②)。



防波壁平面図 (多重鋼管杭式擁壁)

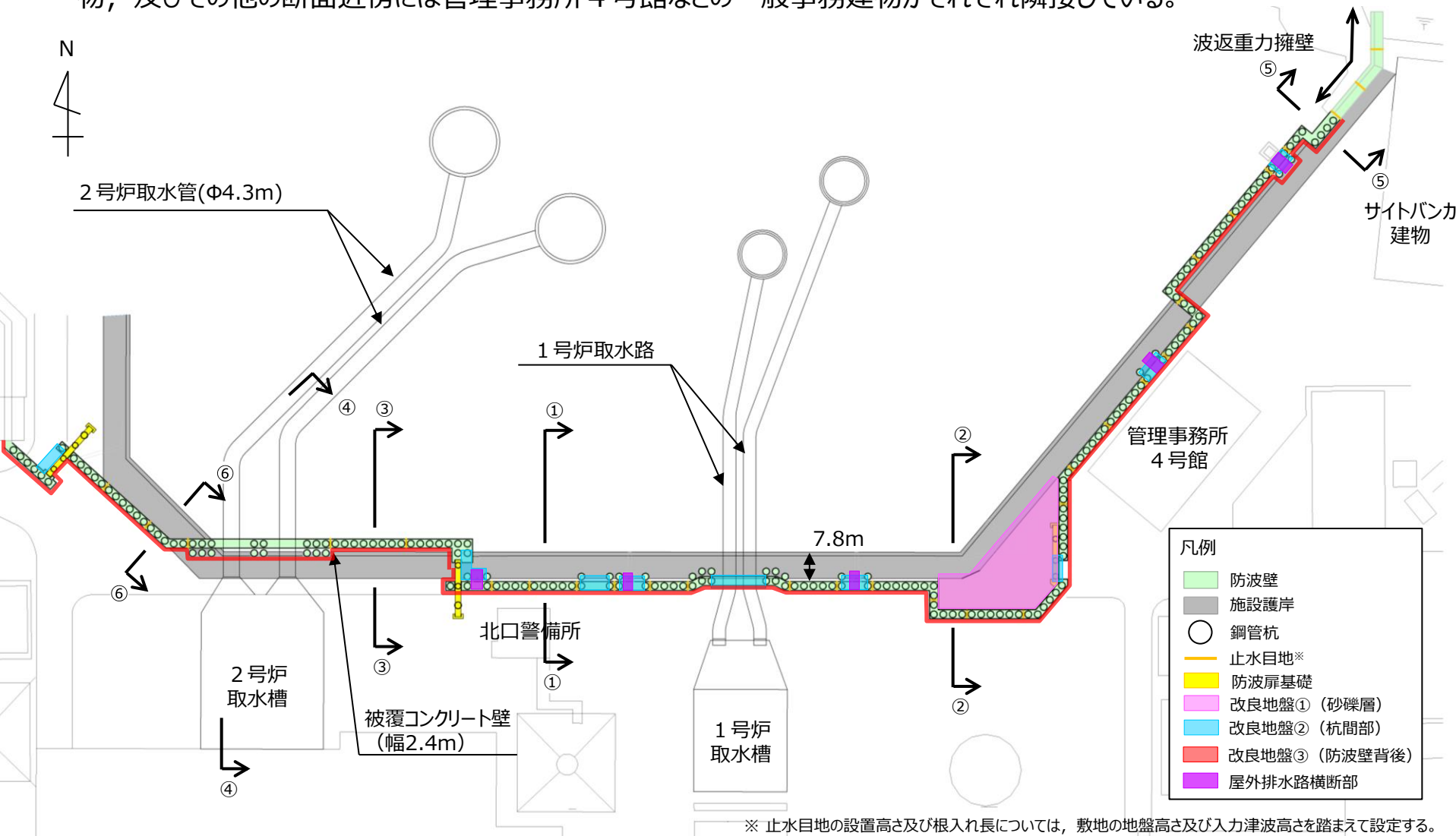


防波壁縦断図 (多重鋼管杭式擁壁)

*止水目地の設置高さ及び根入れ長については、敷地の地盤高さ及び入力津波高さを踏まえて設定する。

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)構造概要(4/12)

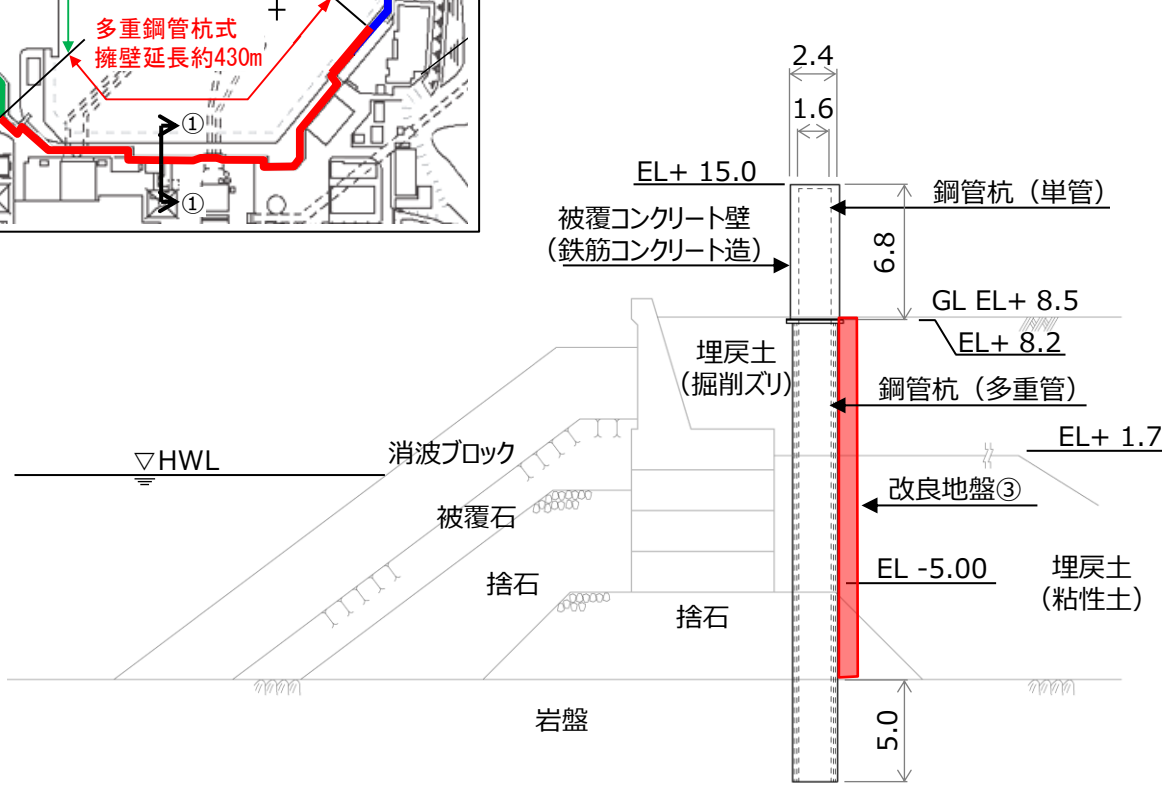
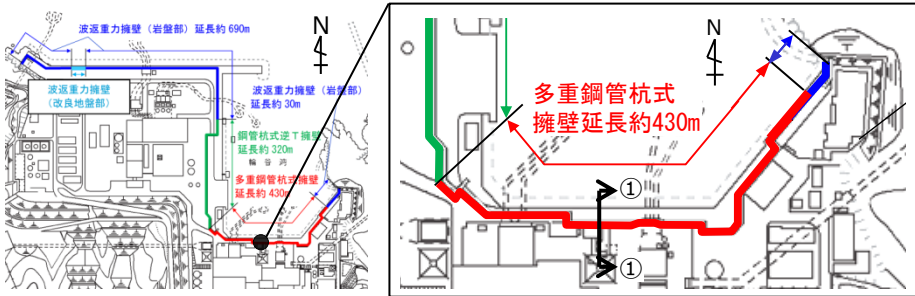
- 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)平面図(止水目地位置含む)を以下に示す。
- 防波壁取水路横断部(④-④断面)南側には2号炉取水槽, 北東端部(⑤-⑤断面)東側にはサイトバンカ建物, 及びその他の断面近傍には管理事務所4号館などの一般事務建物がそれぞれ隣接している。



※ 止水目地の設置高さ及び根入れ長については、敷地の地盤高さ及び入力津波高さを踏まえて設定する。

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)構造概要(5/12)

- 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)一般部(①-①断面)については、施設護岸の南側(陸側)に防波壁(多重鋼管杭式擁壁)が配置される構造となっている。

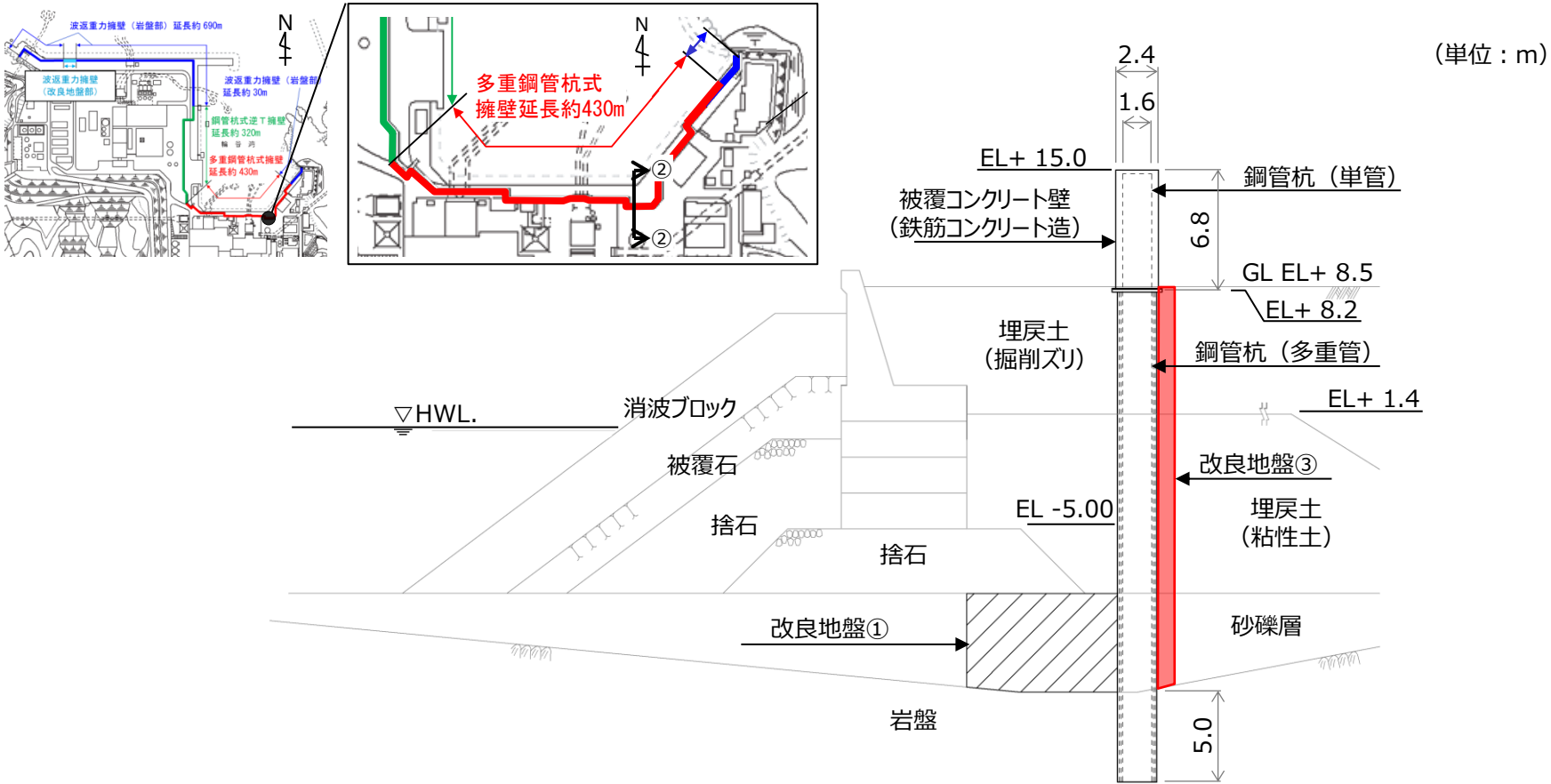


(単位 : m)

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)一般部(①-①断面)断面図

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)構造概要(6/12)

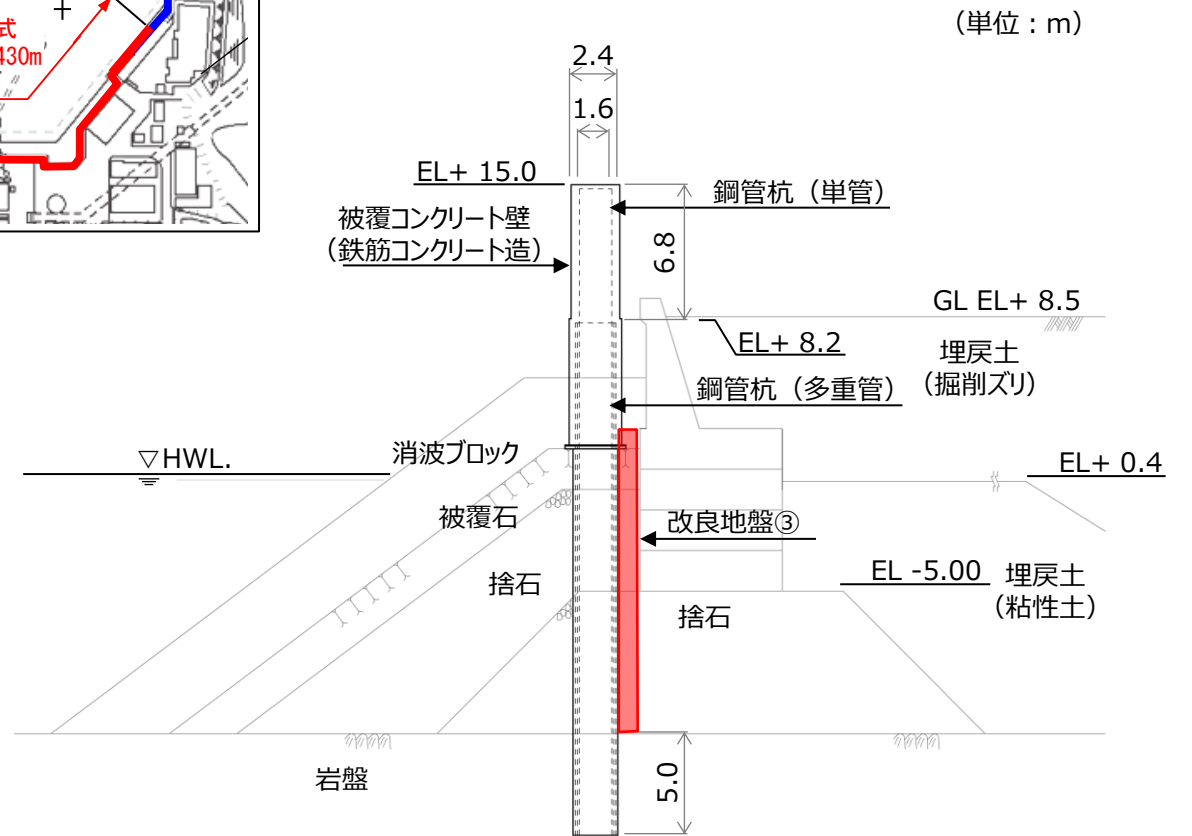
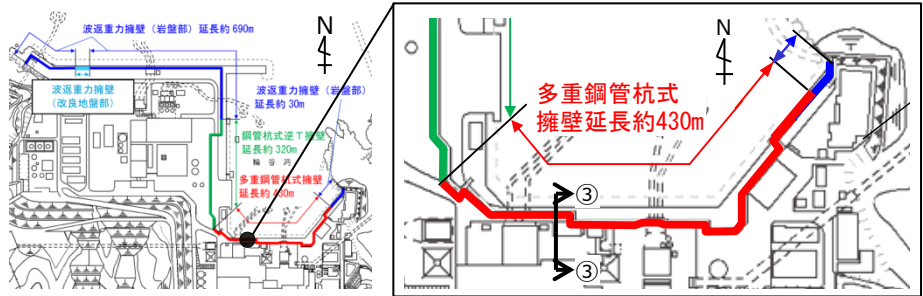
- 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)改良地盤部(②-②断面)については、防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の南東角部に位置し、支持地盤が深く、杭長が最も長い箇所である。周辺の砂礫層(海側)に対しては、薬液注入工法により地盤改良を実施した。



防波壁(多重鋼管杭式擁壁)改良地盤部(②-②断面)断面図

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)構造概要(7/12)

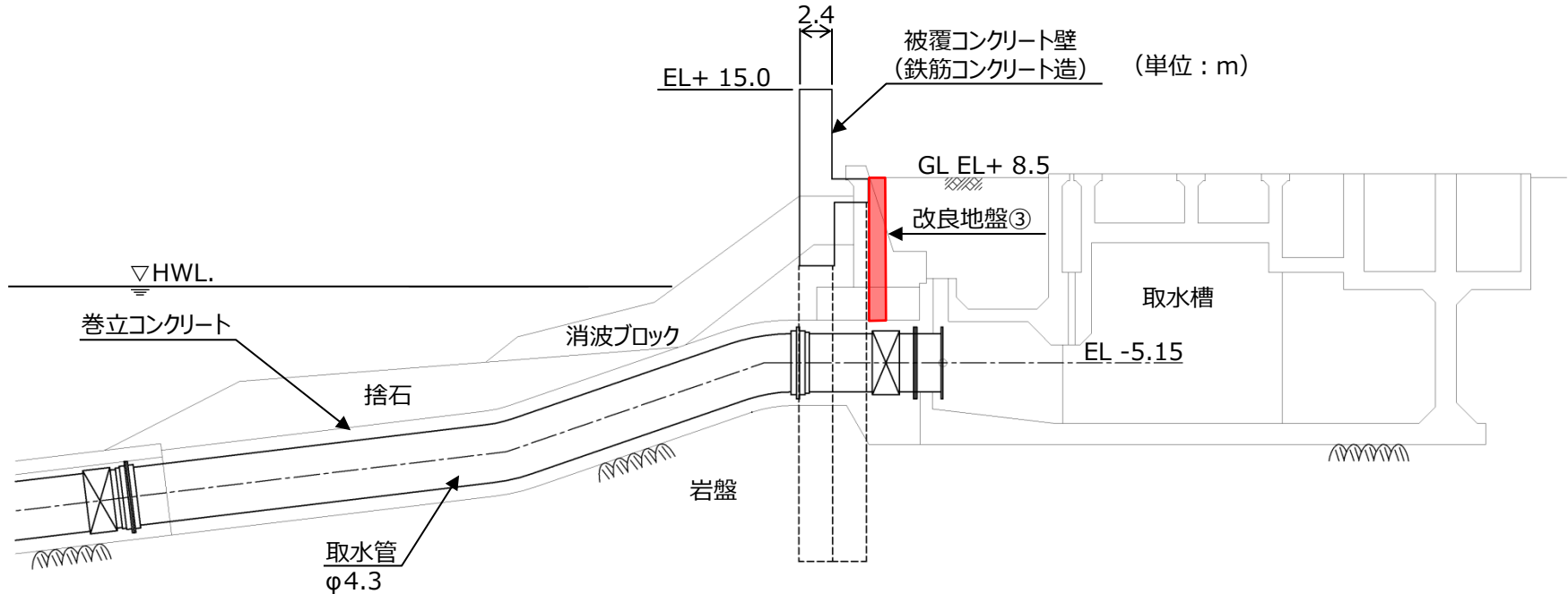
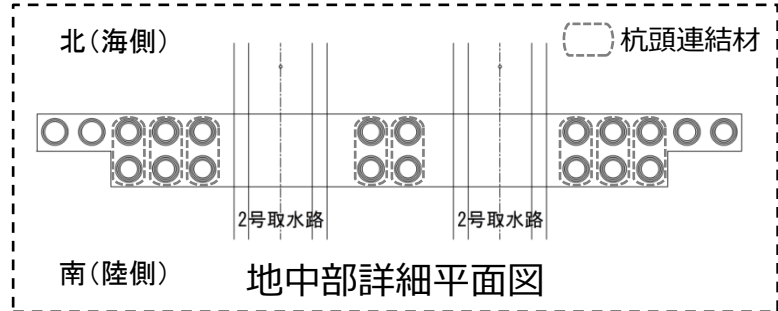
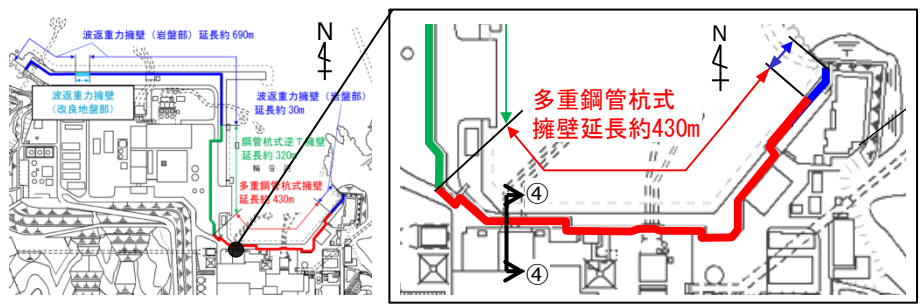
- 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)施設護岸前出し部(③-③断面)については、施設護岸の北側(海側)に防波壁(多重鋼管杭式擁壁)が配置される構造となっている。



防波壁(多重鋼管杭式擁壁) 施設護岸前出し部(③-③断面) 断面図

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)構造概要(8/12)

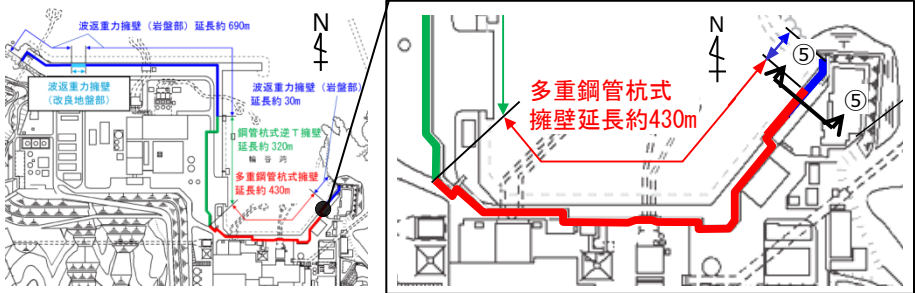
- 防波壁(多重鋼管杭式擁壁) 取水路横断部(④-④断面)については, 2号炉取水管(φ4.3m)を横断するため, 側方の多重鋼管杭を南北方向に2列配置し, 杭頭連結材を設置した。



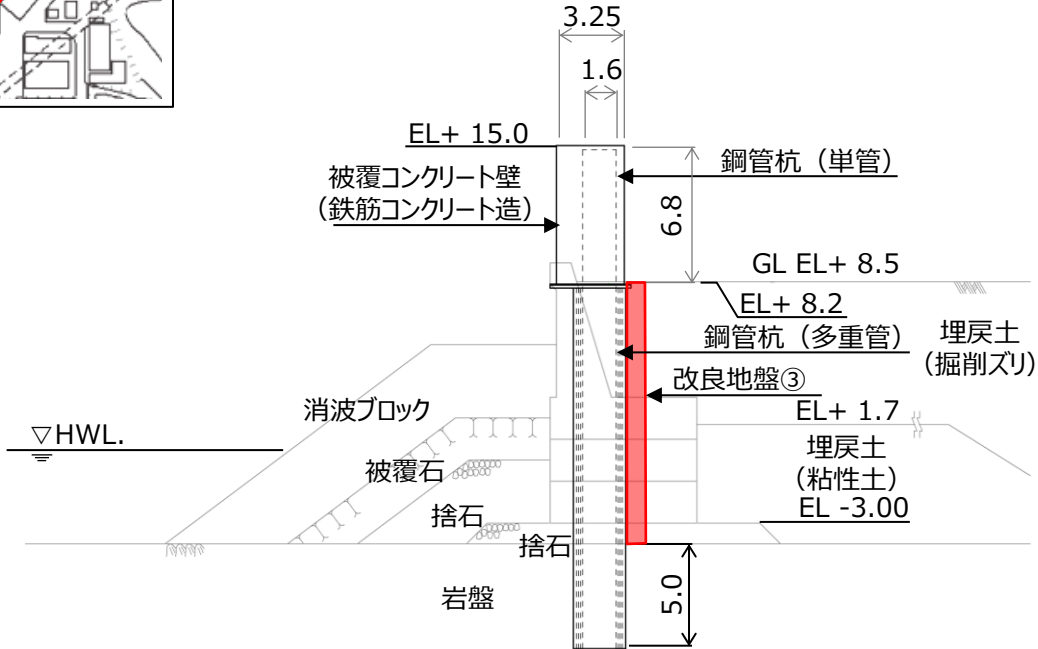
防波壁(多重鋼管杭式擁壁) 取水路横断部(④-④断面) 断面図

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)構造概要(9/12)

- 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)北東端部(⑤-⑤断面)については、施設護岸上に防波壁(多重鋼管杭式擁壁)が配置される構造となっている。



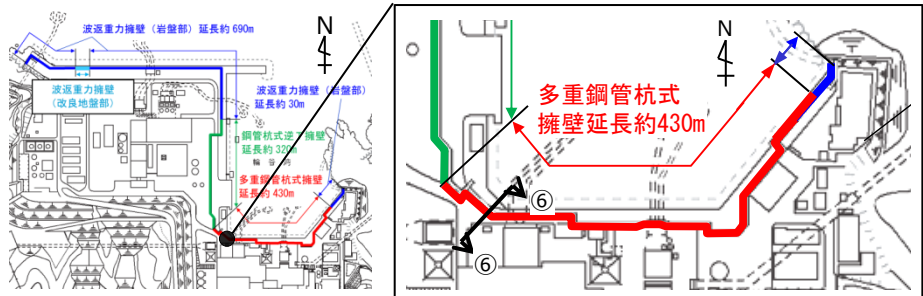
(単位 : m)



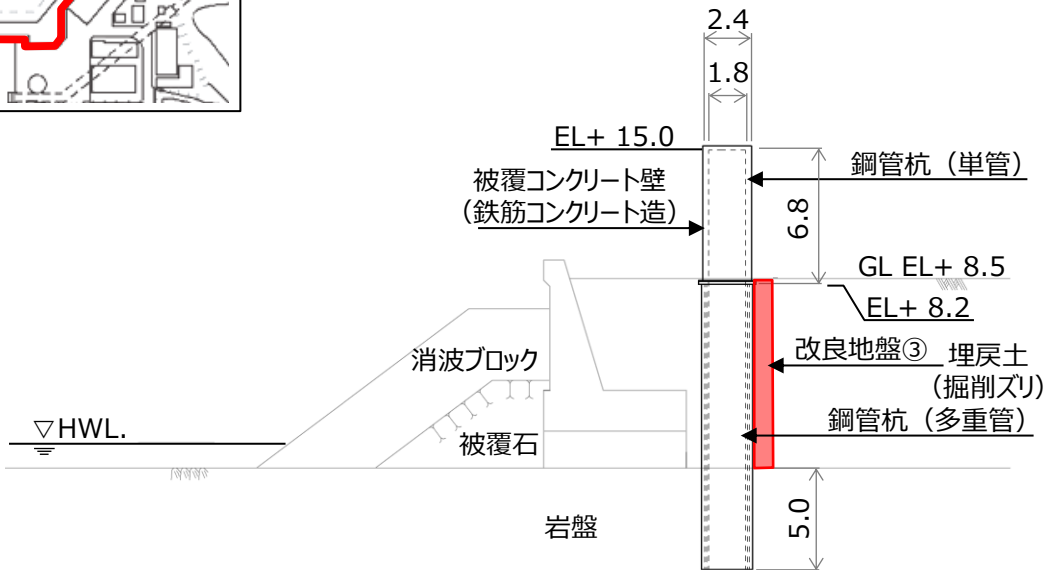
防波壁(多重鋼管杭式擁壁) 北東端部(⑤-⑤断面) 断面図

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)構造概要(10/12)

- 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)西端部(⑥-⑥断面)については、施設護岸の南西側(陸側)に防波壁(多重鋼管杭式擁壁)が配置される構造となっている。



(単位 : m)



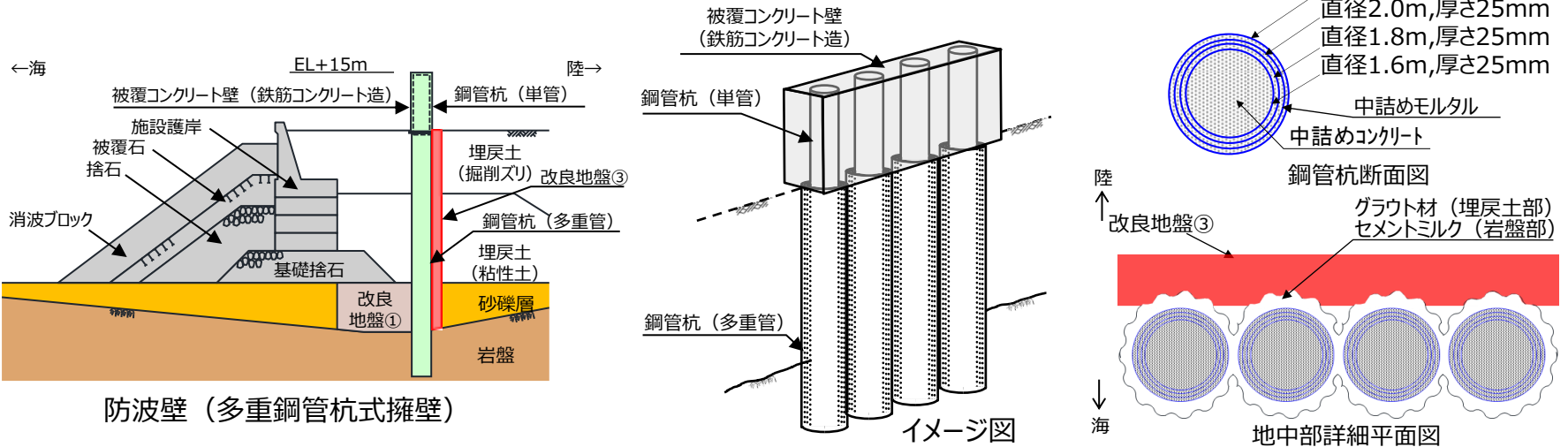
防波壁(多重鋼管杭式擁壁) 西端部(⑥-⑥断面) 断面図

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)構造概要(11/12)

■ 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)を構成する各部位は以下の仕様とした。

部位	仕様
【施設】	
鋼管杭	最内管：φ1600mm,t=25mm,SKK490 最内から2番目の管：φ1800mm,t=25mm,SKK490 最内から3番目の管：φ2000mm,t=25mm,SKK490 最外管：φ2200mm,t=25mm,SKK490又はSM490Y 中詰コンクリート (f'ck=18N/mm ²)
被覆コンクリート壁	コンクリート：f'ck=24N/mm ² 鉄筋：SD345
止水目地	ゴムジョイント, シートジョイント：クロロプレンゴム
【地盤】※	
セメントミルク	q _u =9.8N/mm ² 以上
改良地盤①(砂礫層)	薬液注入工法(セメント系固化材, 特殊スラグ系固化材)

※防波壁の背後に実施する地盤改良(改良地盤③)の仕様は詳細設計段階において説明する。



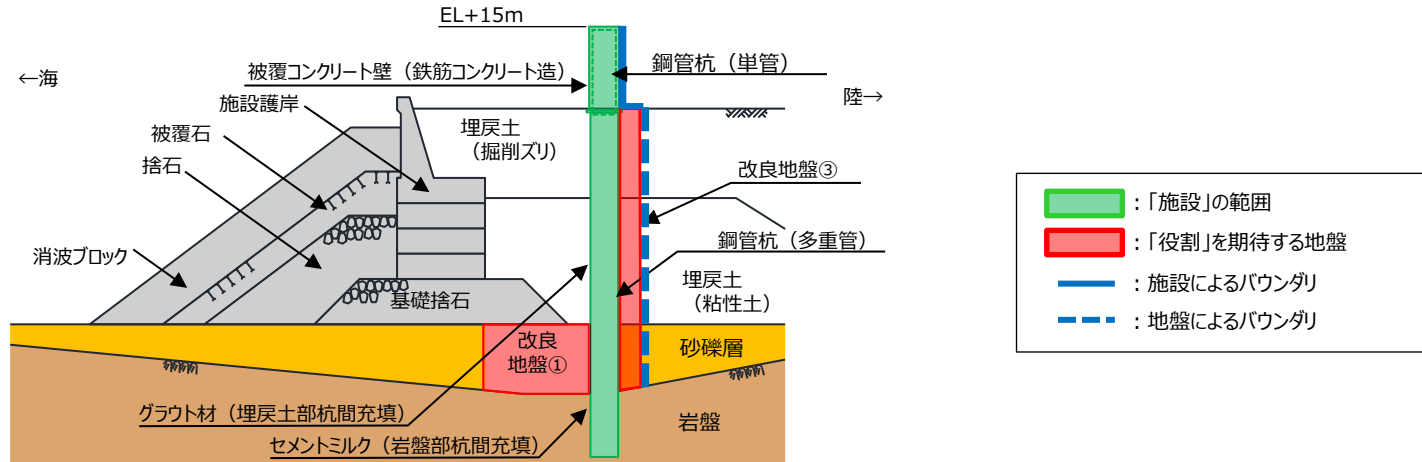
防波壁(多重鋼管杭式擁壁)構造概要(12/12)

- 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)を構成する評価対象部位及び構造上のバウンダリを示す。
- 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)は被覆コンクリート壁及び止水目地を構造上のバウンダリとする。また、地中部の改良地盤③についても構造上のバウンダリとする。

評価対象部位の役割

施設の範囲
 「役割」を期待する地盤

評価対象部位	役割	備考
鋼管杭	被覆コンクリート壁を支持	
被覆コンクリート壁	止水目地を支持, 遮水性の保持	
止水目地	被覆コンクリート壁間の遮水性の保持	
セメントミルク	鋼管杭の変形を抑制, 難透水性の保持	
改良地盤①(砂礫層)	鋼管杭の変形を抑制, 難透水性の保持	薬液注入工法
改良地盤③(防波壁背後)	難透水性の保持	薬液注入工法(計画)
岩盤	鋼管杭及び被覆コンクリート壁を支持, 基礎地盤のすべり安定性に寄与, 鋼管杭の変形を抑制	基礎地盤
改良地盤②(1号炉取水路上部等), 埋戻土(掘削スリ), 埋戻土(粘性土), 砂礫層, 施設護岸, 被覆石, 捨石, 基礎捨石, 消波ブロック, グラウト材	役割に期待しない	



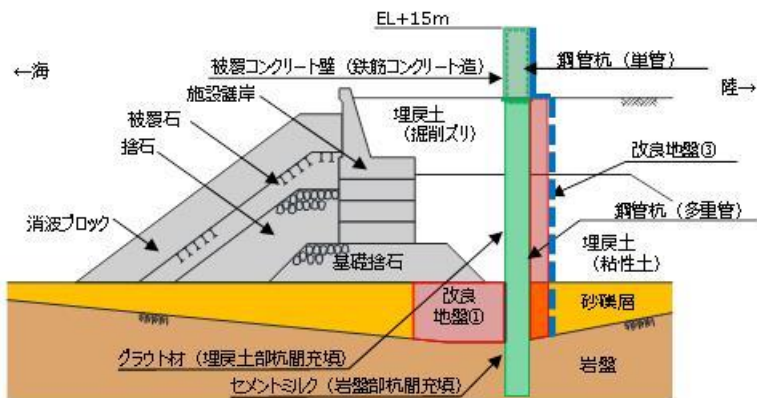
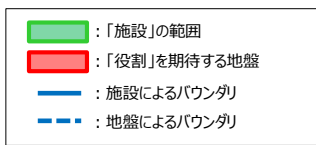
防波壁(多重鋼管杭式擁壁)(改良地盤部)における構造上のバウンダリ

設置許可基準規則に対する確認事項(1/2)

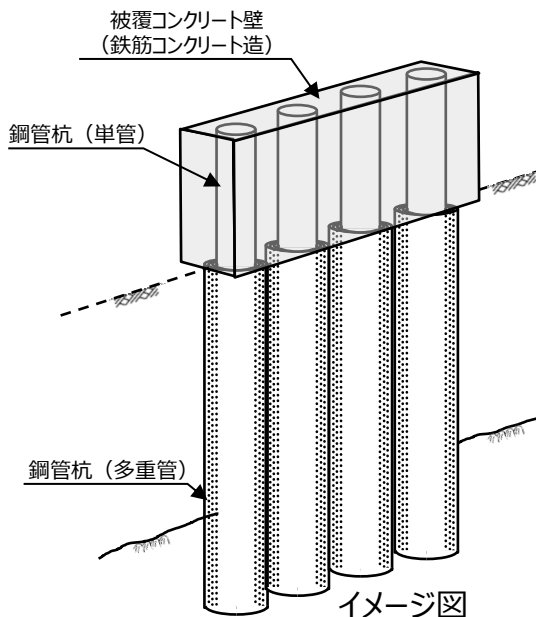
- 新規性基準への適合性において、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）における設置許可基準規則の各条文に対する検討要旨を下表のとおり整理した。
- 以下の条文を確認することにより、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の各条文への適合性を確認する。

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）における検討要旨

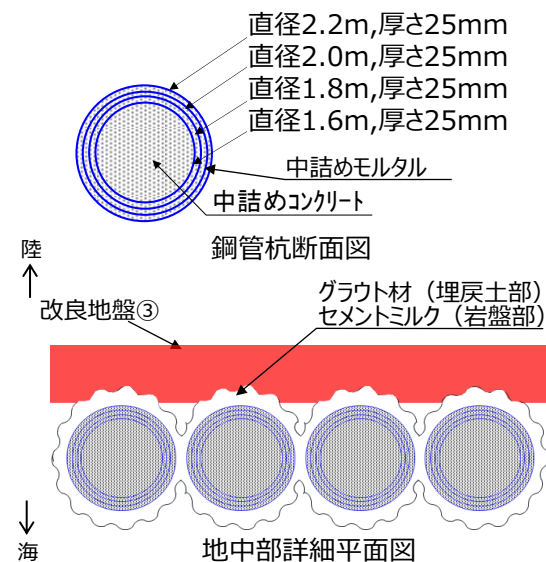
規則	検討要旨
第3条（設計基準対象施設の地盤）	<ul style="list-style-type: none"> 施設（鋼管杭）を支持する地盤を対象とし、すべり、支持力、傾斜等に対する安定性を確認する。
第4条（地震による損傷の防止）	<ul style="list-style-type: none"> 施設と地盤との動的相互作用や液状化検討対象層の地震時の挙動を考慮したうえで、施設の耐震安全性を確認する。
第5条（津波による損傷の防止）	<ul style="list-style-type: none"> 地震（本震及び余震）による影響を考慮したうえで、機能を保持できることを確認する。 液状化検討対象層の地震時の挙動の考慮を含む。



多重鋼管杭式擁壁の「施設」・「地盤」の範囲



イメージ図



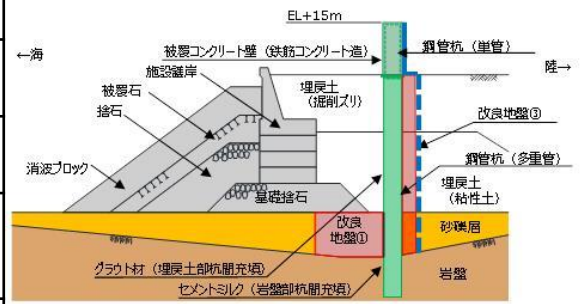
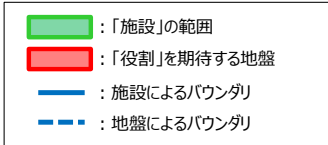
地中部詳細平面図

設置許可基準規則に対する確認事項(2/2)

- 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)における条文に対応する各部位の役割を以下のとおり整理した。なお、以下では、津波を遮断する役割を『遮水性』、材料として津波を通しにくい役割を『難透水性』とし、これらを総称として『止水性』と整理する。
- 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の周辺地盤及び施設護岸については、設置状況に応じて解析モデルに取り込むが、防波壁の前面に位置している施設護岸については、その損傷による防波壁への影響が大きいと考えられるため、それが損傷した場合の防波壁の耐震性への影響を確認する(5.5(4)参照)。
- 鋼管杭間を間詰めしているグラウト材及び改良地盤②は難透水性の地盤ではあるが、地震により施設護岸が損傷し、杭間に直接津波波圧が作用した場合には、止水性を担保することが困難であることから、津波の地盤中からの回り込みに対して万全を期すため、防波壁の背後に地盤改良(改良地盤③)を実施する(5.5(4)参照)。

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の各部位の役割

	部位の名称	地震時の役割	津波時の役割
施設	鋼管杭	・被覆コンクリート壁を支持する。	・被覆コンクリート壁を支持する。
	被覆コンクリート壁	・止水目地を支持する。	・止水目地を支持するとともに、遮水性を保持する。
	止水目地	・被覆コンクリート壁間の変形に追従する。	・被覆コンクリート壁間変形に追従し、遮水性を保持する。
地盤	セメントミルク(岩盤部杭間部充填)	・鋼管杭の変形を抑制する。	・鋼管杭の変形を抑制する。 ・難透水性を保持する。
	改良地盤①(砂礫層)	・鋼管杭の変形を抑制する。	・難透水性を保持する。
	改良地盤②(1号炉取水路上部等)	・役割に期待しない。	・難透水性の地盤ではあるが、役割に期待しない。
	改良地盤③(防波壁背後)	・役割に期待しない(解析モデルに取り込み、防波壁への相互作用を考慮する)。	・難透水性を保持する。
	岩盤	・鋼管杭及び被覆コンクリート壁を支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。 ・鋼管杭の変形を抑制する。	・鋼管杭及び被覆コンクリート壁を支持する。 ・鋼管杭の変形を抑制する。
	埋戻土(掘削ズリ), 埋戻土(粘性土), 砂礫層	・役割に期待しない(解析モデルに取り込み、防波壁への相互作用を考慮する)。	・防波壁より陸側については、津波荷重に対して地盤反力として寄与する。
	施設護岸, 基礎捨石, 捨石, 被覆石	・役割に期待しない(解析モデルに取り込み、防波壁への波及的影響を考慮する)。	・役割に期待しない。
	消波ブロック	・役割に期待しない。	・役割に期待しない。
	グラウト材(埋戻土部杭間部充填)	・役割に期待しない。	・難透水性の地盤ではあるが、役割に期待しない。



役割を期待する範囲

9. 防波壁の構造概要

9. 2 各防波壁の構造

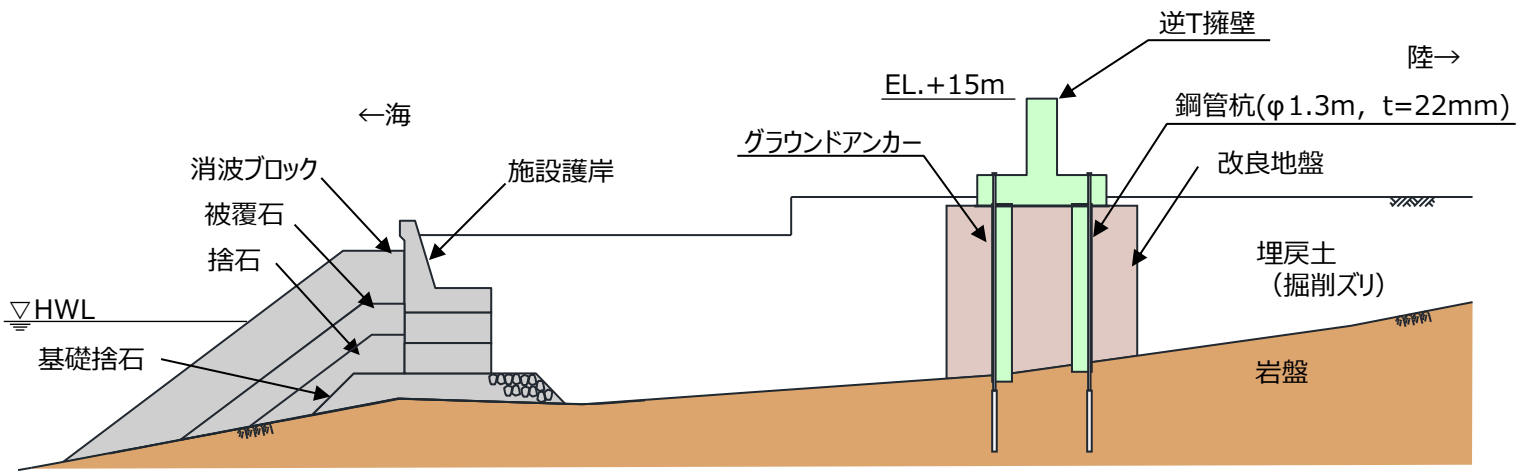
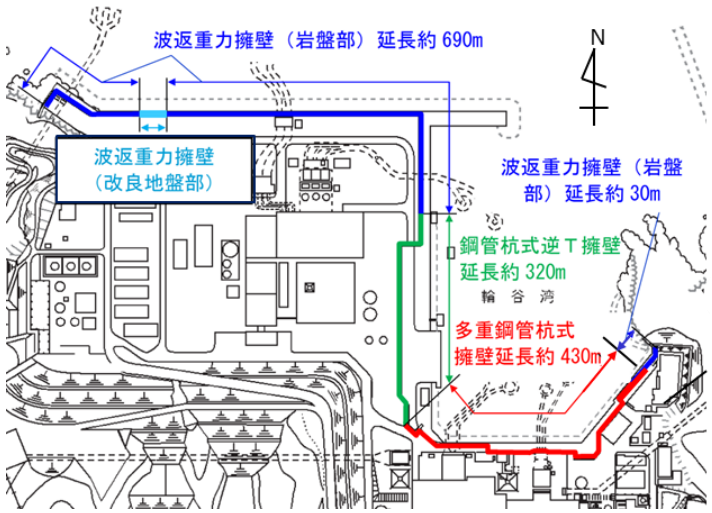
9. 2. 3 防波壁(逆T擁壁)

- ・「島根原子力発電所2号炉 津波による損傷の防止 論点3 防波壁の設計方針について」(第888回審査会合 資料2-1, 2020年8月20日)の抜粋
- ・「島根原子力発電所2号炉 津波による損傷の防止 論点3 「防波壁の構造についての設計方針及び構造成立性」(第909回審査会合 資料1-2, 2020年10月15日)の抜粋

※資料中の「防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)」については、名称を「防波壁(逆T擁壁)」に変更予定

防波壁(逆T擁壁)構造概要(1/10)

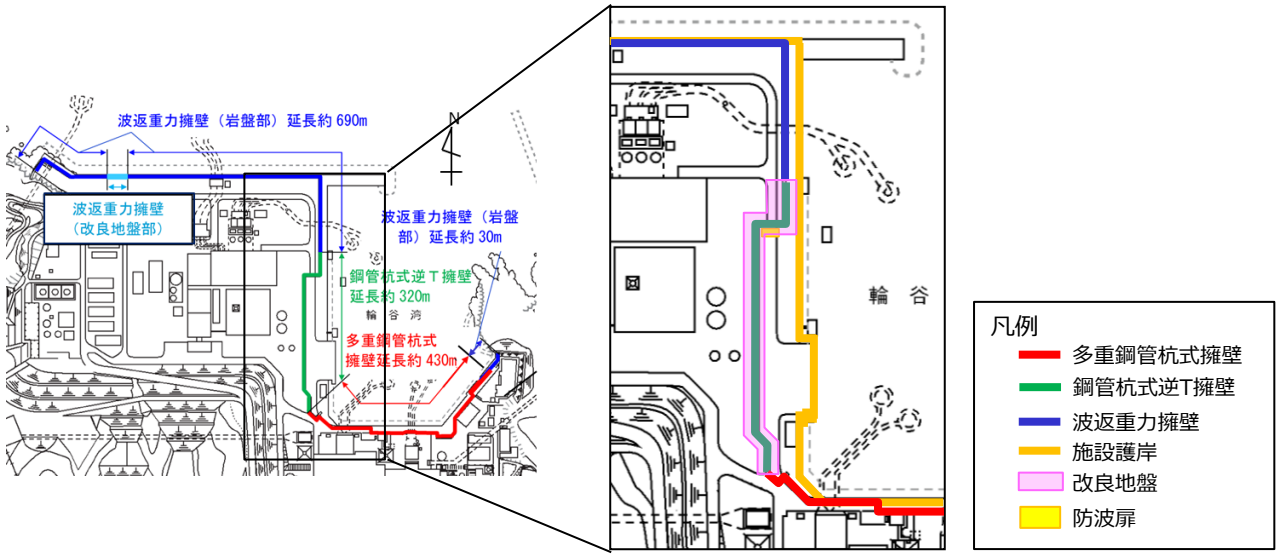
- 防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)は、3号炉東側に配置し、鋼管杭を岩盤に打設した。
- 逆T擁壁は、鋼管杭8本程度(横断方向に2列、縦断方向に4列)を1ブロックの標準とした壁体を連続して設置した。このブロック間の境界には、止水性を保持するための止水目地を設置する。
- 逆T擁壁上に、標準的な1ブロックにおいて海側では8本、陸側では4本を基本にグラウンドアンカーを設置している。



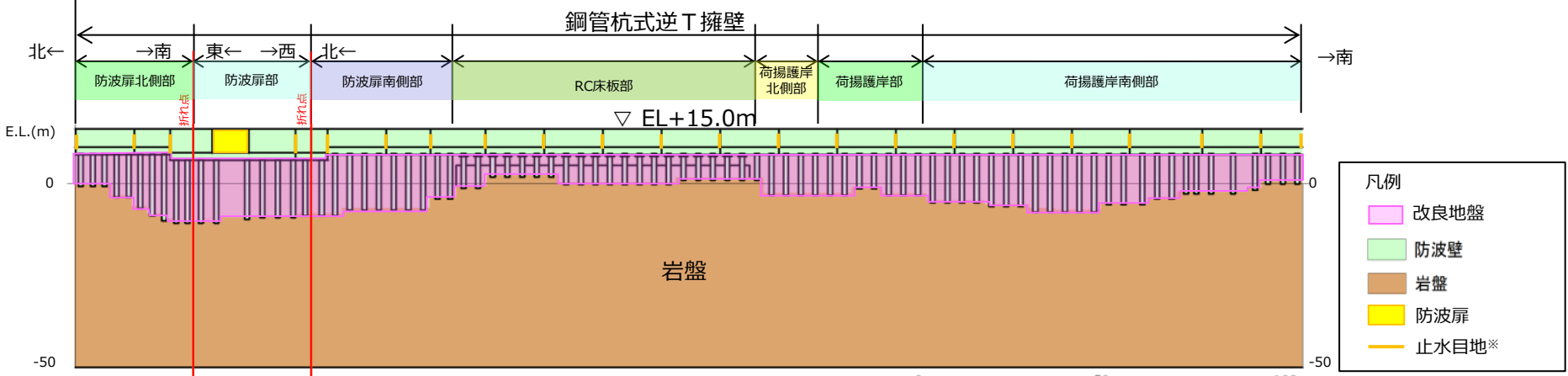
防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)断面図

防波壁(逆T擁壁)構造概要(2/10)

■ 防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)については、3号炉東側全線にわたり鋼管杭を約4m間隔で配置し、逆T擁壁の支持及び止水性の保持の観点から杭間の埋戻土(掘削ズリ)に対して地盤改良を実施した。



防波壁平面図(鋼管杭式逆T擁壁)

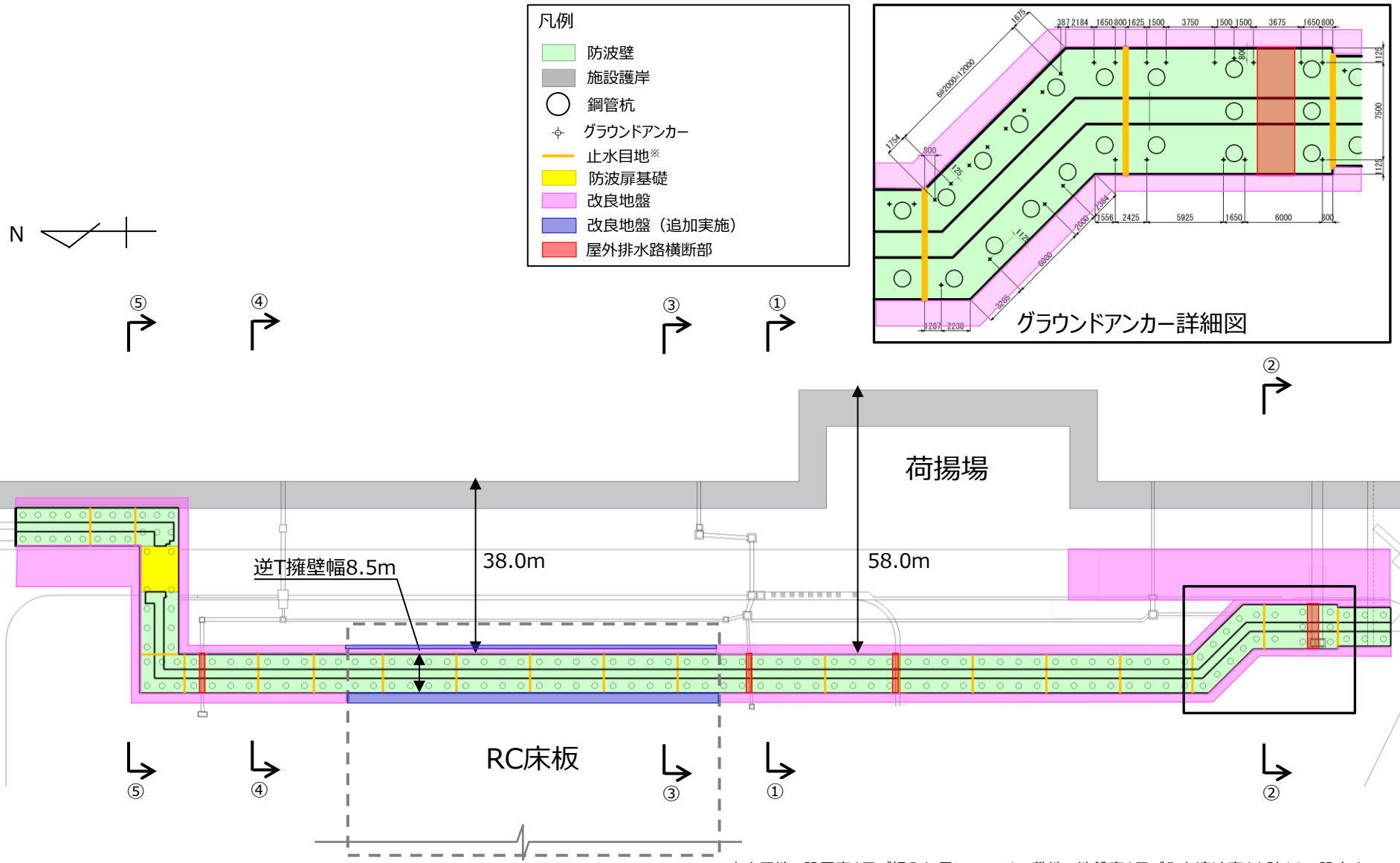


防波壁縦断図(鋼管杭式逆T擁壁)

*止水目地の設置高さ及び根入れ長については、敷地の地盤高さ及び入力津波高さを踏まえて設定する。

防波壁(逆T擁壁)構造概要(3/10)

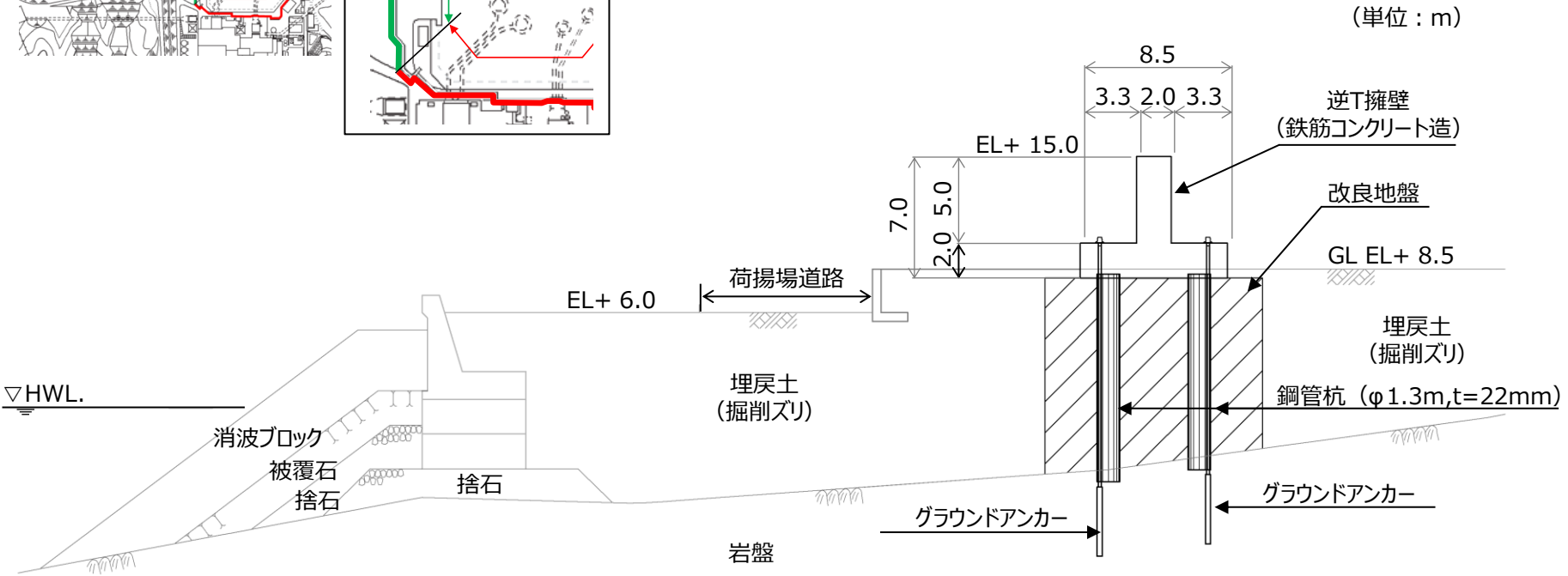
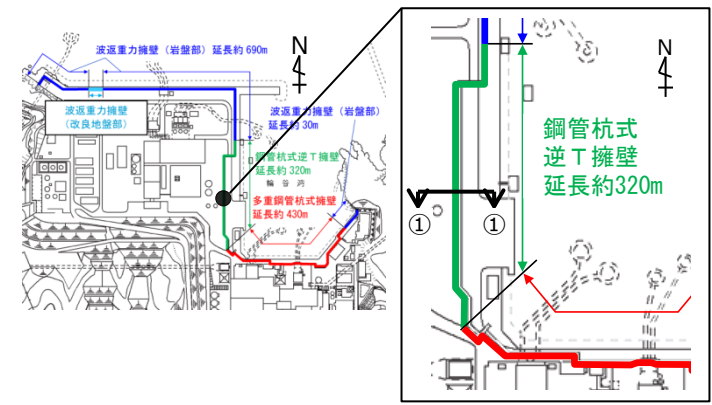
■ 防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)の平面図(止水目地位置含む)を以下に示す。



*止水目地の設置高さ及び根入れ長については、敷地の地盤高さ及び入力津波高さを踏まえて設定する。

防波壁(逆T擁壁)構造概要(4/10)

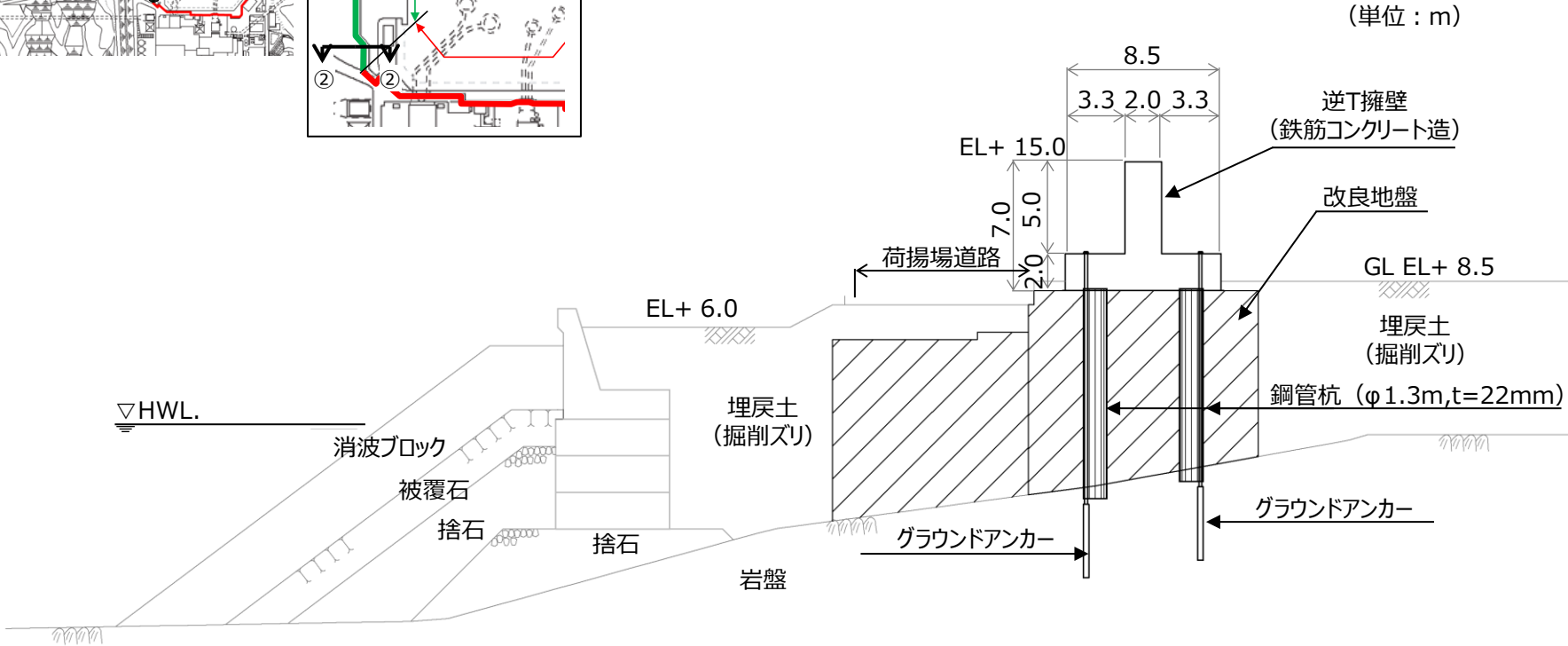
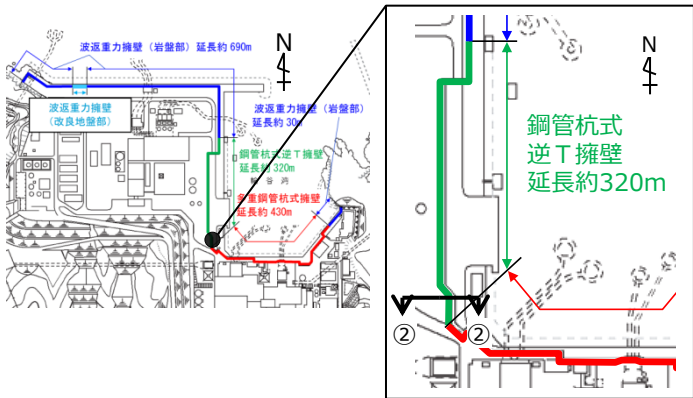
- 防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)荷揚護岸北側部(①-①断面)については、施設護岸の西側(陸側)に防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)が配置される構造となっている。



防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)荷揚護岸北側部(①-①断面) 断面図

防波壁(逆T擁壁)構造概要(5/10)

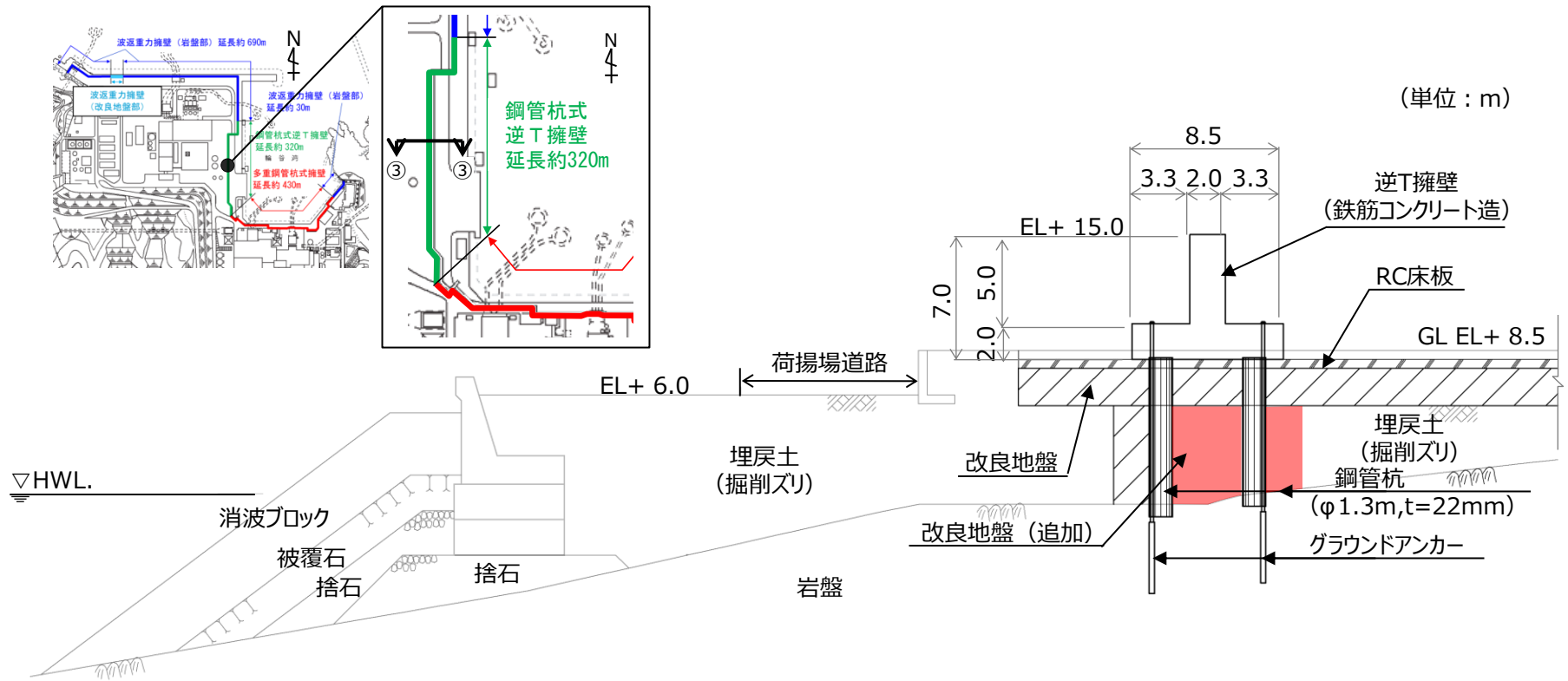
- 防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)荷揚護岸南側部(②-②断面)については、施設護岸の西側(陸側)に防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)が配置される構造となっている。



防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)荷揚護岸南側部(②-②断面) 断面図

防波壁(逆T擁壁)構造概要(6/10)

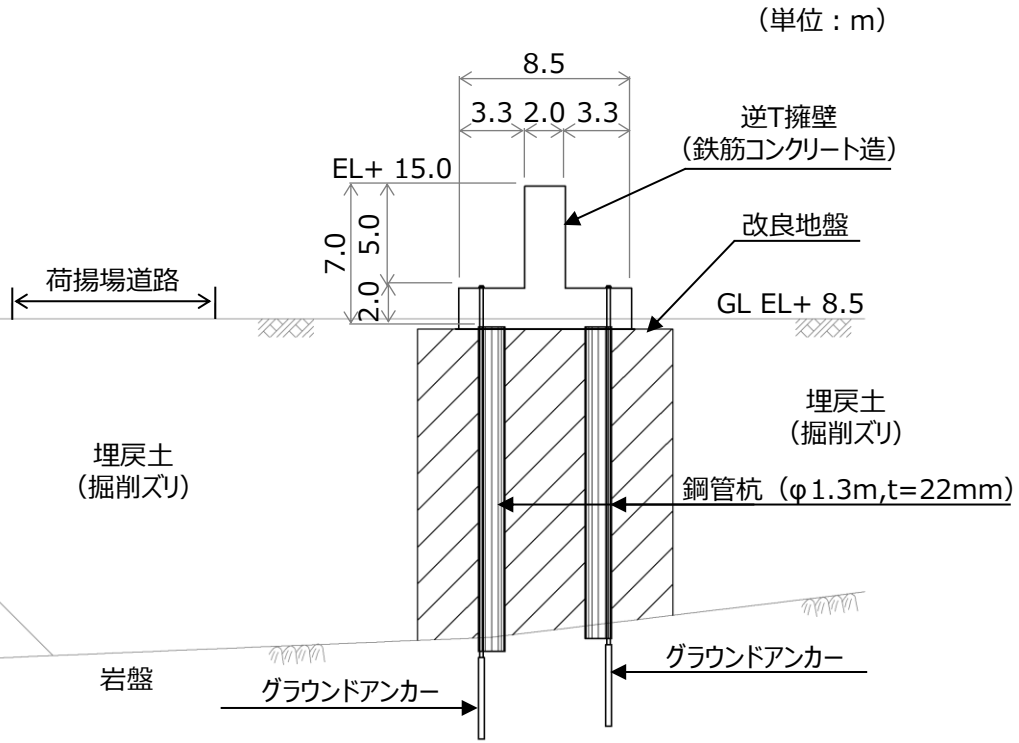
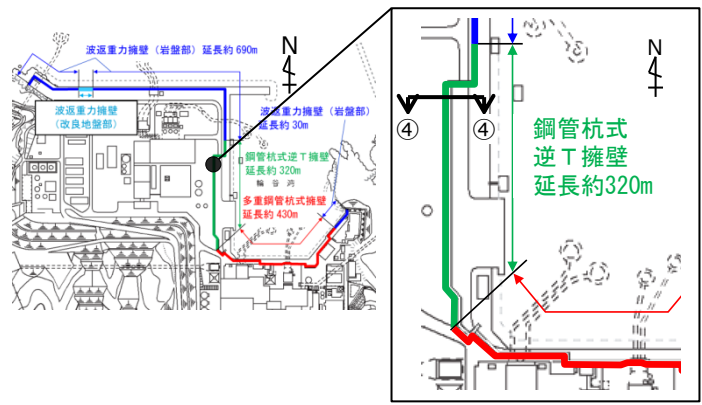
- 防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)RC床版部(③-③断面)については、施設護岸の西側(陸側)に防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)が配置される構造となっている。
- 3号炉建設時において、地盤改良を実施し、その上部にRC床版を設置している。
- 当該区間は岩盤が浅く、鋼管杭が短いことから、地震時及び津波時の鋼管杭の変形量が小さいため津波による地盤中からの回り込みを防止することを目的として、鋼管杭の海側に幅の狭い地盤改良を実施していたが、他の断面同様、逆T擁壁下部全幅にわたり、埋戻土(掘削ズリ)の地盤改良を追加実施する。



防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)RC床版部(③-③断面) 断面図

防波壁(逆T擁壁)構造概要(7/10)

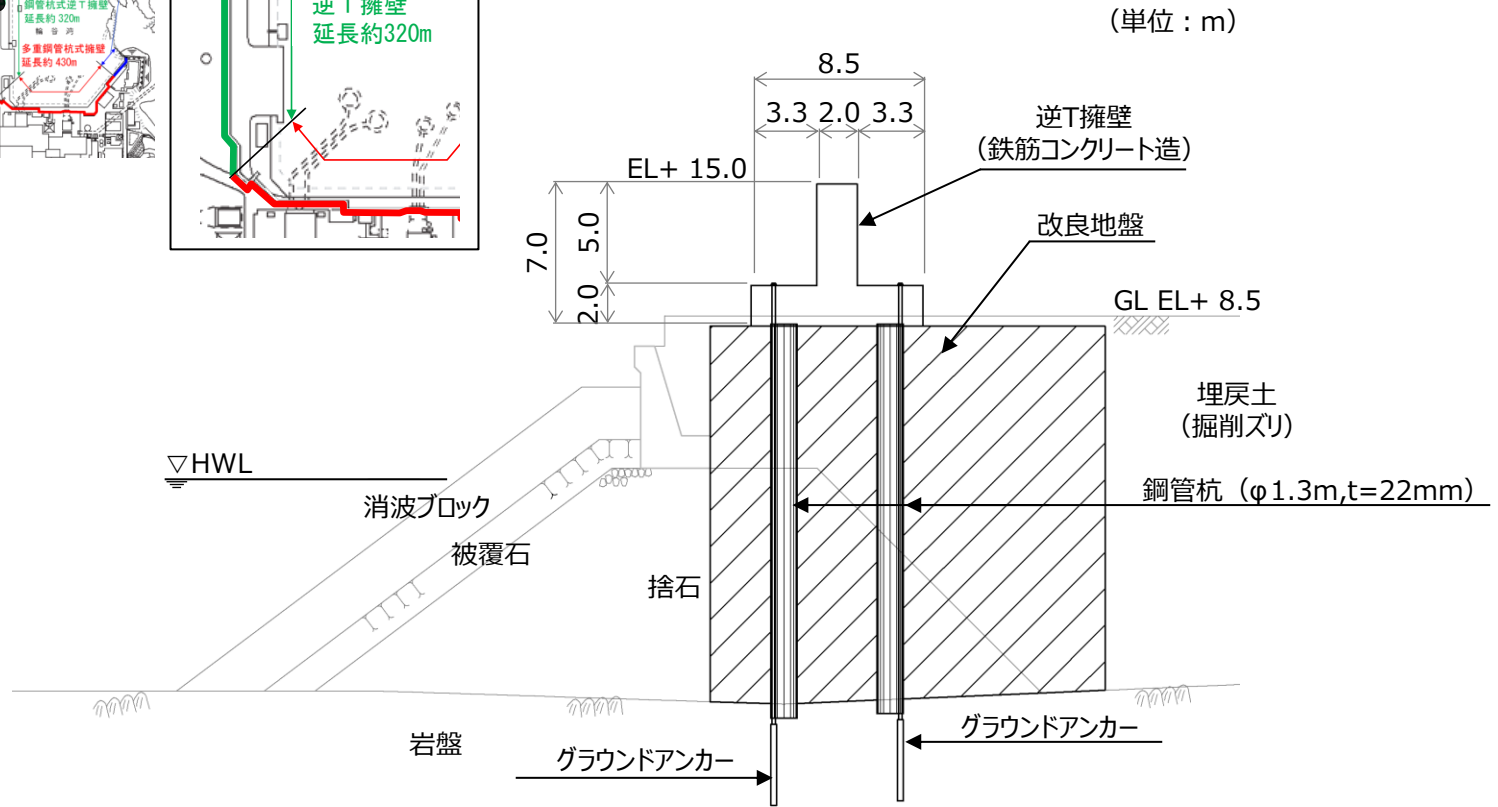
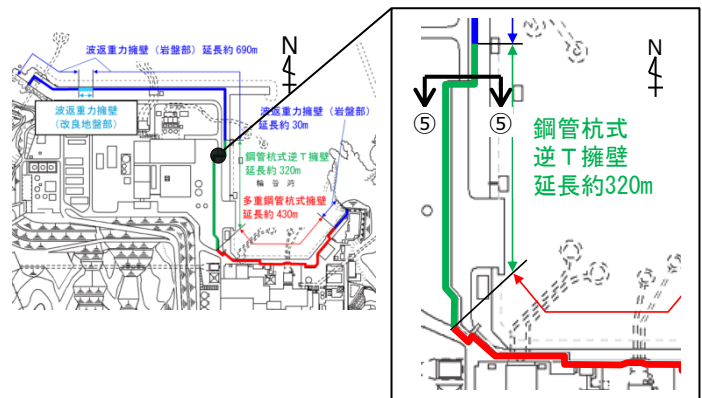
- 防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)防波扉南側部(④-④断面)については, 施設護岸の西側(陸側)に防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)が配置される構造となっている。



防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)防波扉南側部(④-④断面) 断面図

防波壁(逆T擁壁)構造概要(8/10)

- 防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)防波扉北側部(⑤-⑤断面)については、施設護岸の西側(陸側)に防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)が配置される構造となっている。



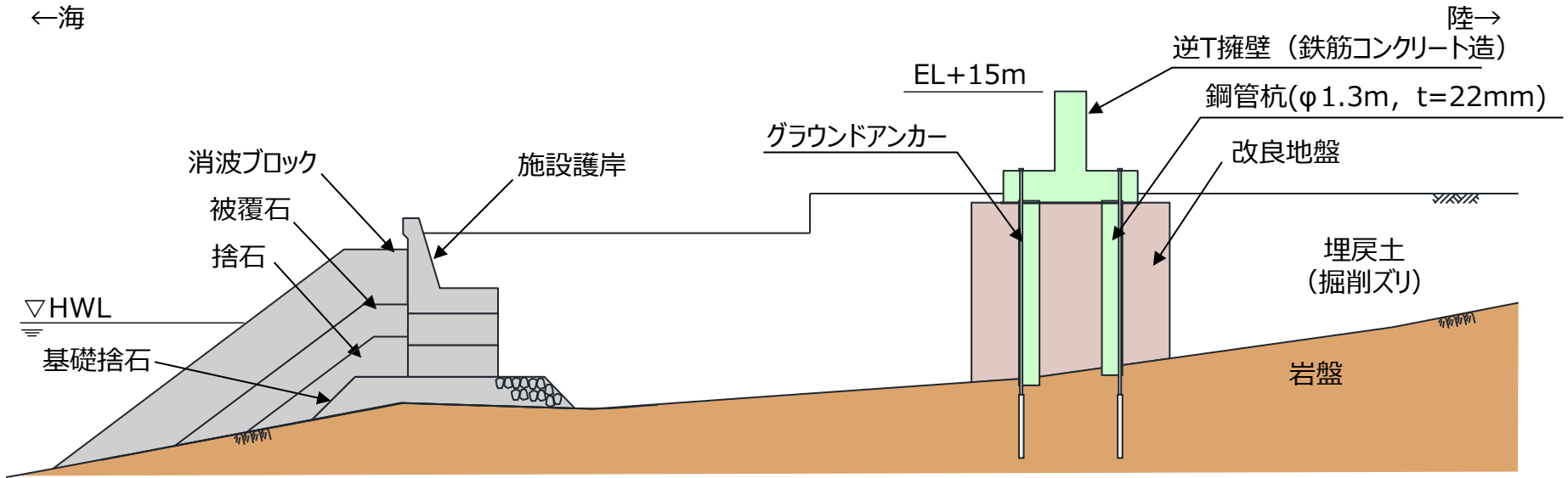
防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)防波扉北側部(⑤-⑤断面) 断面図

防波壁(逆T擁壁)構造概要(9/10)

■ 防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)を構成する各部位は以下の仕様とした。

部位	仕様
【施設】	
鋼管杭	φ1300mm,t=22mm,SKK490
逆T擁壁	コンクリート : f'ck=24N/mm ² 鉄筋 : SD345
止水目地	ゴムジョイント, シートジョイント : クロロプレンゴム
グラウンドアンカー	永久アンカー※ (PC鋼より線)
【地盤】	
改良地盤	薬液注入工法 (セメント系固化材, 特殊スラグ系固化材), 表層改良工法 (セメント系固化材)

※永久アンカーとは、アンカーによって安定を図る永久構造物あるいは斜面などに用いるもので、腐食の恐れがある使用材料に対しては確実な防食・防錆を行ったものをいう。
(グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説(平成24年5月)より抜粋)



防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)

防波壁(逆T擁壁)構造概要(10/10)

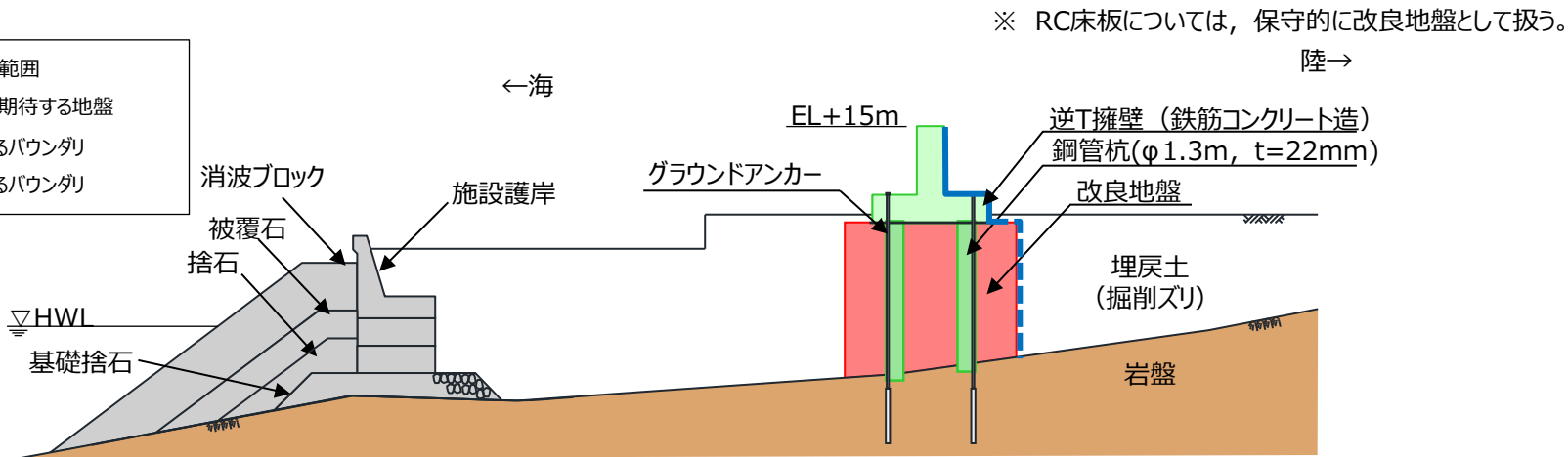
- 防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)を構成する評価対象部位及び構造上のバウンダリを示す。
- 防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)は逆T擁壁及び止水目地を構造上のバウンダリとする。また、地中部の改良地盤についても構造上のバウンダリとする。
- なお、設置許可基準規則を踏まえた評価対象部位の役割及び性能目標等について次頁以降で詳述する。

評価対象部位の役割

■ 施設の範囲 ■ 「役割」を期待する地盤

評価対象部位	役割	備考
鋼管杭	役割に期待しない(解析モデルに取り込み、改良地盤との相互作用を考慮する)	
逆T擁壁	止水目地を支持、遮水性の保持	
止水目地	逆T擁壁間の遮水性の保持	
グラウンドアンカー	逆T擁壁及び改良地盤の滑動・転倒の抑止	
改良地盤※	逆T擁壁の支持、難透水性の保持	薬液注入工法、表層改良工法
岩盤	逆T擁壁を支持、基礎地盤のすべり安定性に寄与	基礎地盤
埋戻土(掘削ズリ)、施設護岸、被覆石、捨石、基礎捨石、消波ブロック	役割に期待しない	

■ : 「施設」の範囲
 ■ : 「役割」を期待する地盤
 — : 施設によるバウンダリ
 - - - : 地盤によるバウンダリ



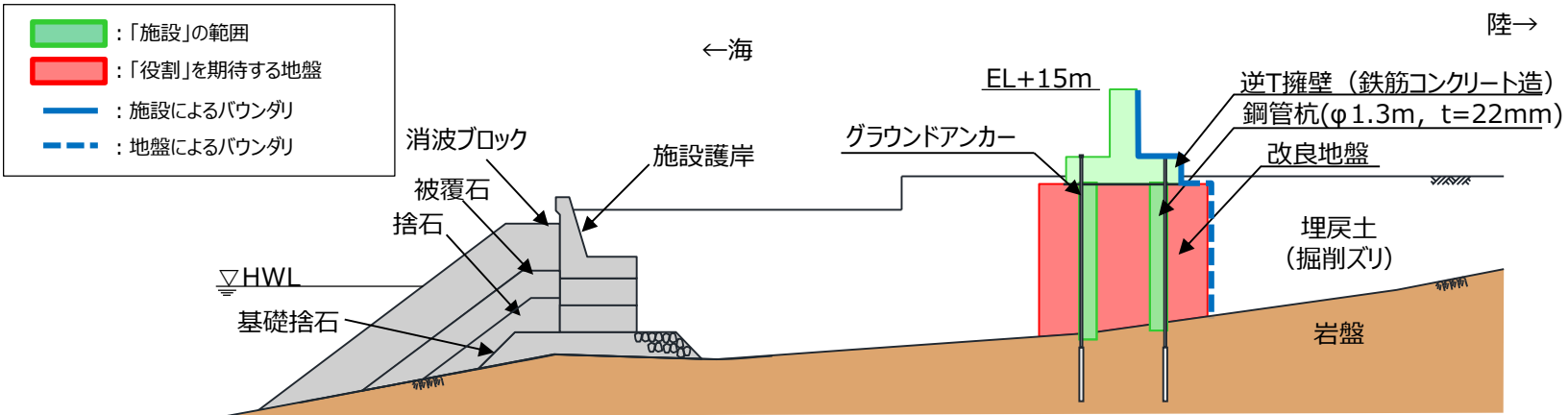
防波壁(鋼管杭式逆T擁壁) (荷揚護岸北側部)における構造上のバウンダリ

設置許可基準規則に対する確認事項(1/2)

- 新規制基準への適合性において、防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）における設置許可基準規則の各条文に対する検討要旨を下表のとおり整理した。
- 以下の条文を確認することにより、防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）の各条文への適合性を確認する。

防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）における検討要旨

規則	検討要旨
第3条（設計基準対象施設の地盤）	・ 施設を支持する地盤を対象とし、すべり、支持力、傾斜等に対する安定性を確認する。
第4条（地震による損傷の防止）	・ 施設と地盤との動的相互作用や液状化検討対象層の地震時の挙動を考慮したうえで、施設の耐震安全性を確認する。
第5条（津波による損傷の防止）	・ 地震（本震及び余震）による影響を考慮したうえで、機能を保持できることを確認する。 ・ 液状化検討対象層の地震時の挙動の考慮を含む。



鋼管杭式逆T擁壁の「施設」・「地盤」の範囲

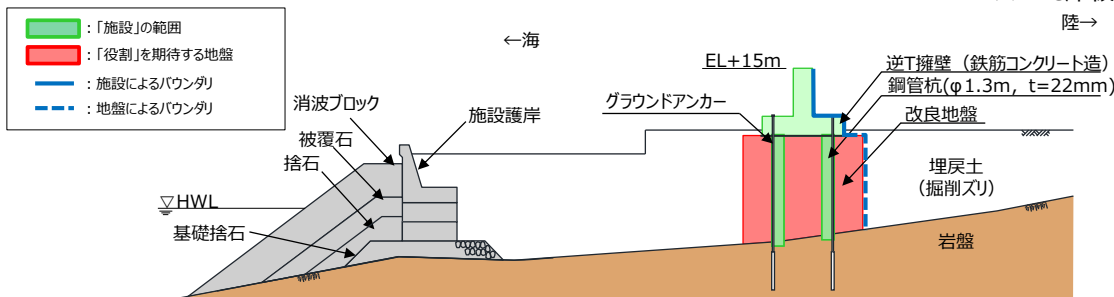
設置許可基準規則に対する確認事項(2/2)

- 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）における条文に対応する各部位の役割を以下のとおり整理した。なお、以下では、津波を遮断する役割を『遮水性』、材料として津波を通しにくい役割を『難透水性』とし、これらを総称として『止水性』と整理する。
- 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）の周辺地盤及び施設護岸については、設置状況に応じて解析モデルに取り込むが、防波壁の前面に位置している施設護岸については、その損傷による防波壁への影響が大きいと考えられるため、それが損傷した場合の防波壁の耐震性への影響を確認する。
- 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）は、改良地盤が逆T擁壁を支持しているが、鋼管杭は改良地盤との相互作用を考慮するため、解析にあたっては鋼管杭を解析モデルに取り込む。なお、詳細設計段階においては、鋼管杭が逆T擁壁に悪影響を与えない設計とする。
- 鋼管杭については、地震時及び津波時において杭先端の岩盤根入れが0.5m程度であることを踏まえ、岩盤からのせん断抵抗を考慮しない設計とする。また、グラウンドアンカーのアンカー力により、逆T擁壁を改良地盤に、改良地盤を岩盤に押し付ける構造としているため、逆T擁壁及び改良地盤の滑動・転倒抑止の役割に期待する設計とする。

防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）の各部位の役割

	部位の名称	地震時の役割	津波時の役割
施設	鋼管杭	・役割に期待しない。（解析モデルに取り込み、改良地盤との相互作用を考慮する）	・役割に期待しない。（解析モデルに取り込み、改良地盤との相互作用を考慮する）
	逆T擁壁	・止水目地を支持する。	・止水目地を支持するとともに、遮水性を保持する。
	止水目地	・逆T擁壁間の変形に追従する。	・逆T擁壁間の変形に追従し、遮水性を保持する。
	グラウンドアンカー	・逆T擁壁及び改良地盤の滑動・転倒を抑止する。	・逆T擁壁及び改良地盤の滑動・転倒を抑止する。
地盤	改良地盤※	・逆T擁壁を支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	・逆T擁壁を支持する。 ・難透水性を保持する。
	岩盤	・逆T擁壁を支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	・逆T擁壁を支持する。
	埋戻土（掘削スリ）	・役割に期待しない（解析モデルに取り込み、防波壁への相互作用を考慮する）。	・防波壁より陸側については、津波荷重に対して地盤反力として寄与する。
	施設護岸、基礎捨石 被覆石、捨石	・役割に期待しない（解析モデルに取り込み、防波壁への波及的影響を考慮する）。	・役割に期待しない。
	消波ブロック	・役割に期待しない。	・役割に期待しない。

※ RC床板については、保守的に改良地盤として扱う。
陸→

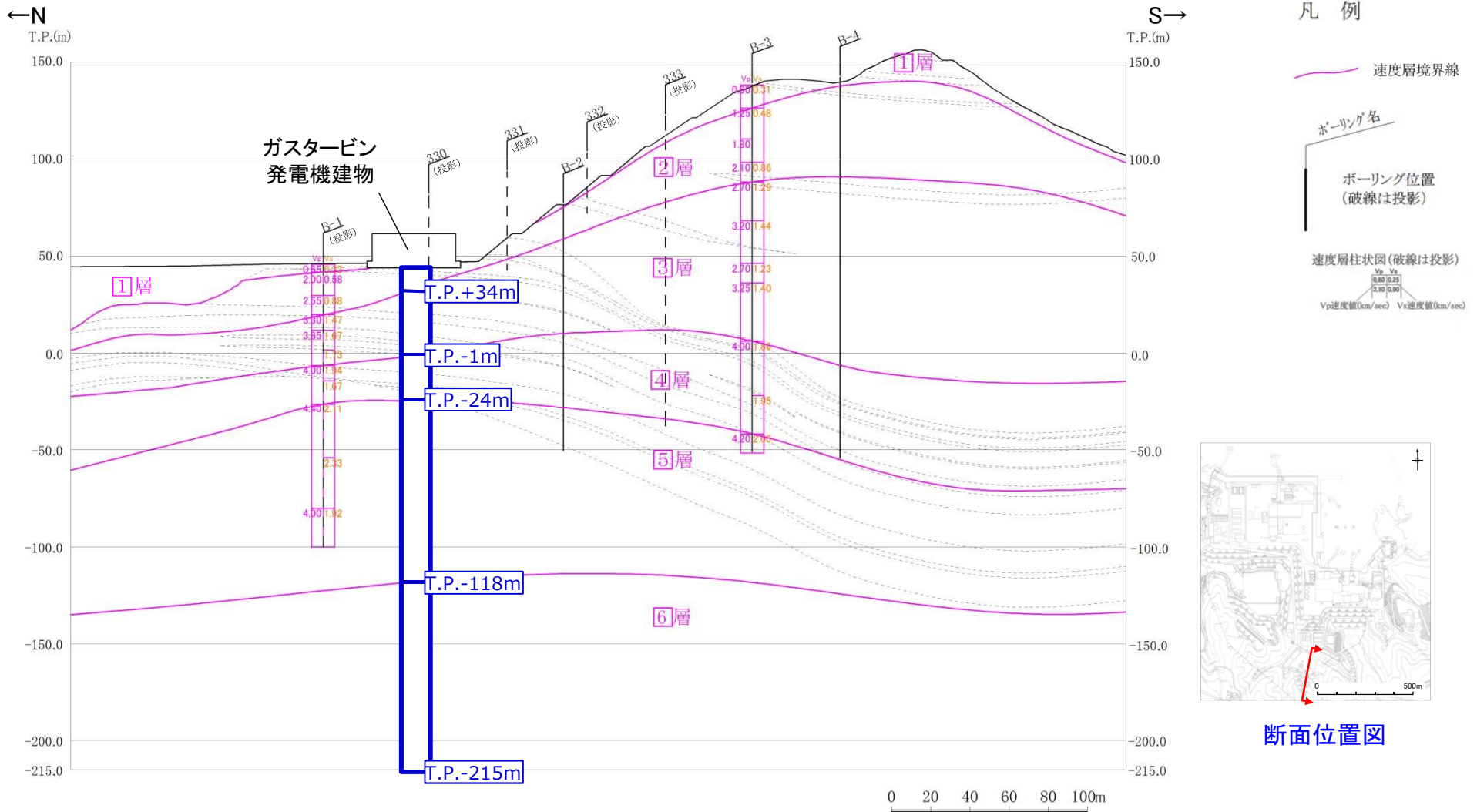


役割を期待する範囲（地震時・津波時）

10. 建物・構築物の地震応答解析における 入力地震動評価

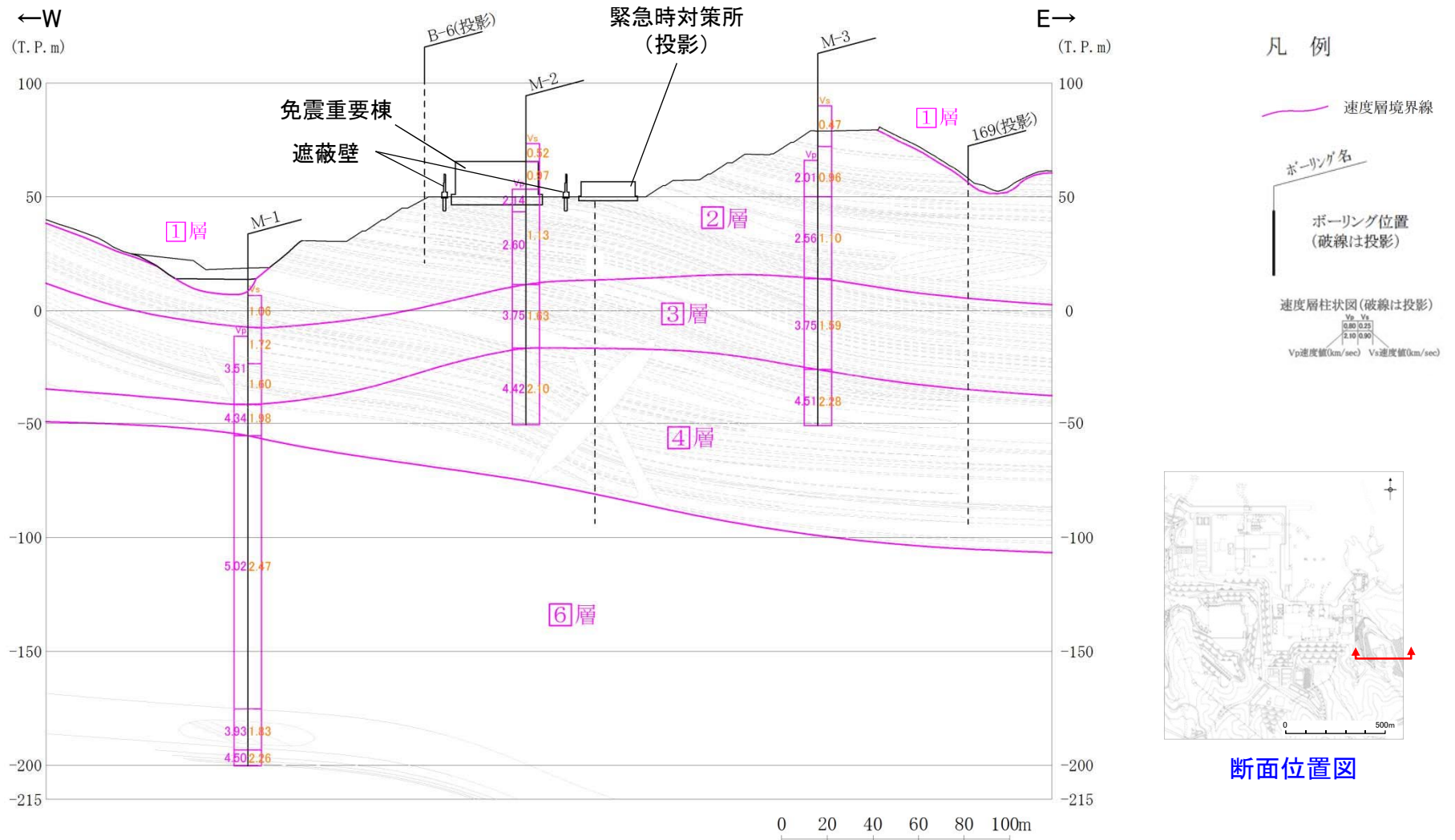
ガスタービン発電機建物エリアの地盤モデル

- ・建物・構築物の入力地震動評価に用いる地盤モデルは、建物・構築物位置の速度層の層厚、物性値に基づき一次元地盤モデルにモデル化する。
- ・ガスタービン発電機建物を設置している高台エリアの一次元地盤モデルを以下に示す。



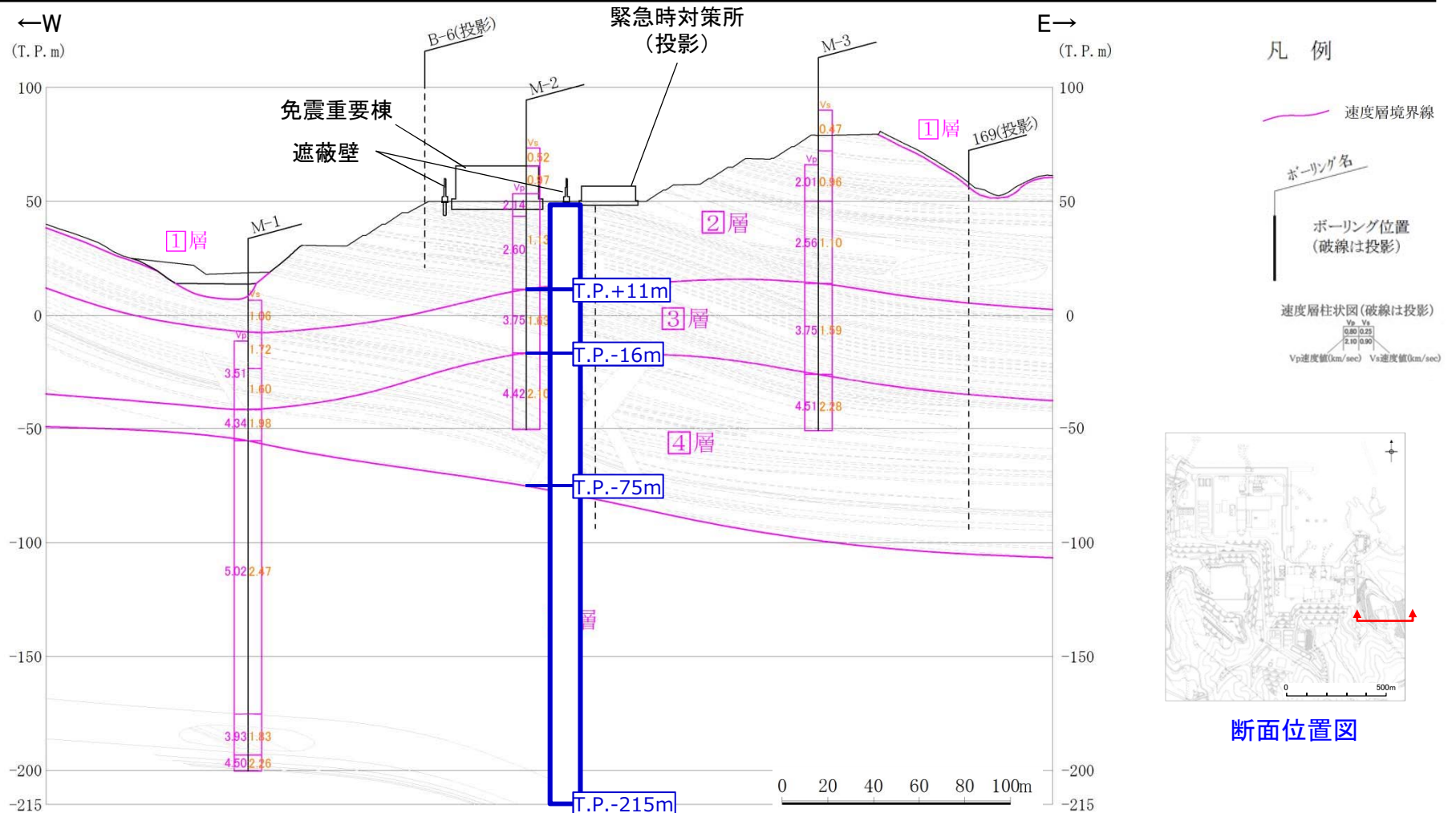
緊急時対策所エリアの地盤モデル(1/2)

- ・緊急時対策所エリアの速度層鉛直断面図は、No.M-1～M-3のPS検層結果及び地質・地質構造に基づき作成した。
- ・速度層構造はPS検層結果に基づいて6層に区分され、地質構造と同様に緩やかな傾斜を示す。



緊急時対策所エリアの地盤モデル(2/2)

- ・緊急時対策所を設置している高台エリアは中央付近のPS検層において直接的な試験結果が得られており、概ね水平成層構造であることから、No.M-2のPS検層結果に基づいて層厚を設定する。
- ・建物・構築物の入力地震動評価に用いる地盤モデルは、建物・構築物位置の速度層の層厚、物性値に基づき一次元地盤モデルにモデル化する。
- ・緊急時対策所を設置している高台エリアの一次元地盤モデルを以下に示す。



11. 地震による盛土斜面崩落事例との比較

11. 地震による盛土斜面崩落事例との比較

地震による斜面崩落事例の抽出

・原子力施設情報公開ライブラリ(NUCIA)から、同公開ライブラリに登録された以下の地震を対象に、原子力発電所における斜面の崩落事例を抽出した。

【対象とした情報】

- ・宮城県沖地震(女川原子力発電所:平成17年8月)
 - ・能登半島地震(志賀原子力発電所:平成19年3月)
 - ・新潟県中越沖地震(柏崎刈羽原子力発電所:平成19年7月)
 - ・駿河湾地震(浜岡原子力発電所:平成21年8月)
 - ・東北地方太平洋沖地震(福島第二, 女川原子力発電所, 東海第二発電所※:平成23年3月)
- ・抽出された柏崎刈羽原子力発電所の土捨場斜面について、情報収集を行い、2号炉南側盛土斜面との比較を行った。

※ NUCIA最終報告となっているものを対象とした。

原子力発電所における斜面の崩落事例

対象地震 (発電所)	件名	地震被害事象及び発生要因の概要
中越沖(柏崎)	【中越沖地震】土捨て場一部崩落(北側斜面)等	地震の震動による土捨て場北側斜面の一部崩落。

11. 地震による盛土斜面崩落事例との比較

新潟県中越沖地震時に観測された最大加速度

・新潟県中越沖地震では、柏崎刈羽原子力発電所において、5号機観測小屋にて964, 1223galの最大加速度値が観測された。

表 3. 2-1 中越沖地震本震時に観測された主な観測点での最大加速度値

観測点		最大加速度値 (単位 : Gal)		
		NS 成分	EW 成分	UD 成分
1号機	地下5階	311 (274) ※1	680 (273) ※1	408
2号機	地下5階	304 (167) ※1	606 (167) ※1	282
3号機	地下5階	308 (192) ※1	384 (193) ※1	311
4号機	地下5階	310 (193) ※1	492 (194) ※1	337
5号機	地下4階	277 (249) ※1	442 (254) ※1	205
6号機	地下3階	271 (263) ※1	322 (263) ※1	488
7号機	地下3階	267 (263) ※1	356 (263) ※1	355
1号機観測小屋		890	890	715
5号機観測小屋		964	1223	539
サービスホール	SG1 (T. M. S. L. +65. 1m) ※2	347	437	590
	SG2 (T. M. S. L. +16. 7m) ※2	340	411	179
	SG3 (T. M. S. L. -31. 9m) ※2	403	647	174
	SG4 (T. M. S. L. -182. 3m) ※2	430	728	160

※1 ()内は設計時の基準地震動 S2 (1号機については EL CENTRO 等) による応答値。

動的設計を行っている原子炉建屋の水平方向を記載。

※2 T. M. S. L. : 東京湾平均海面

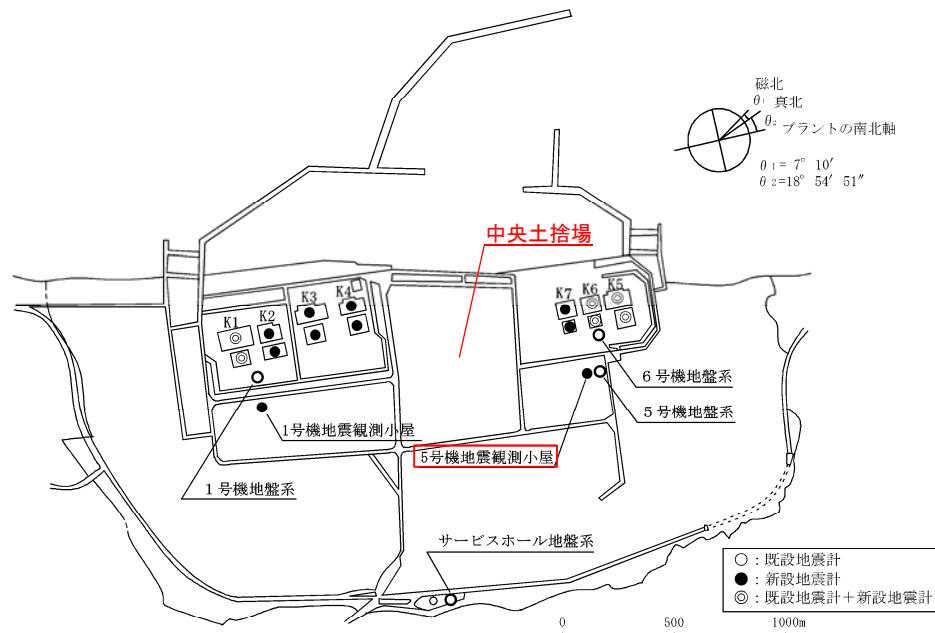
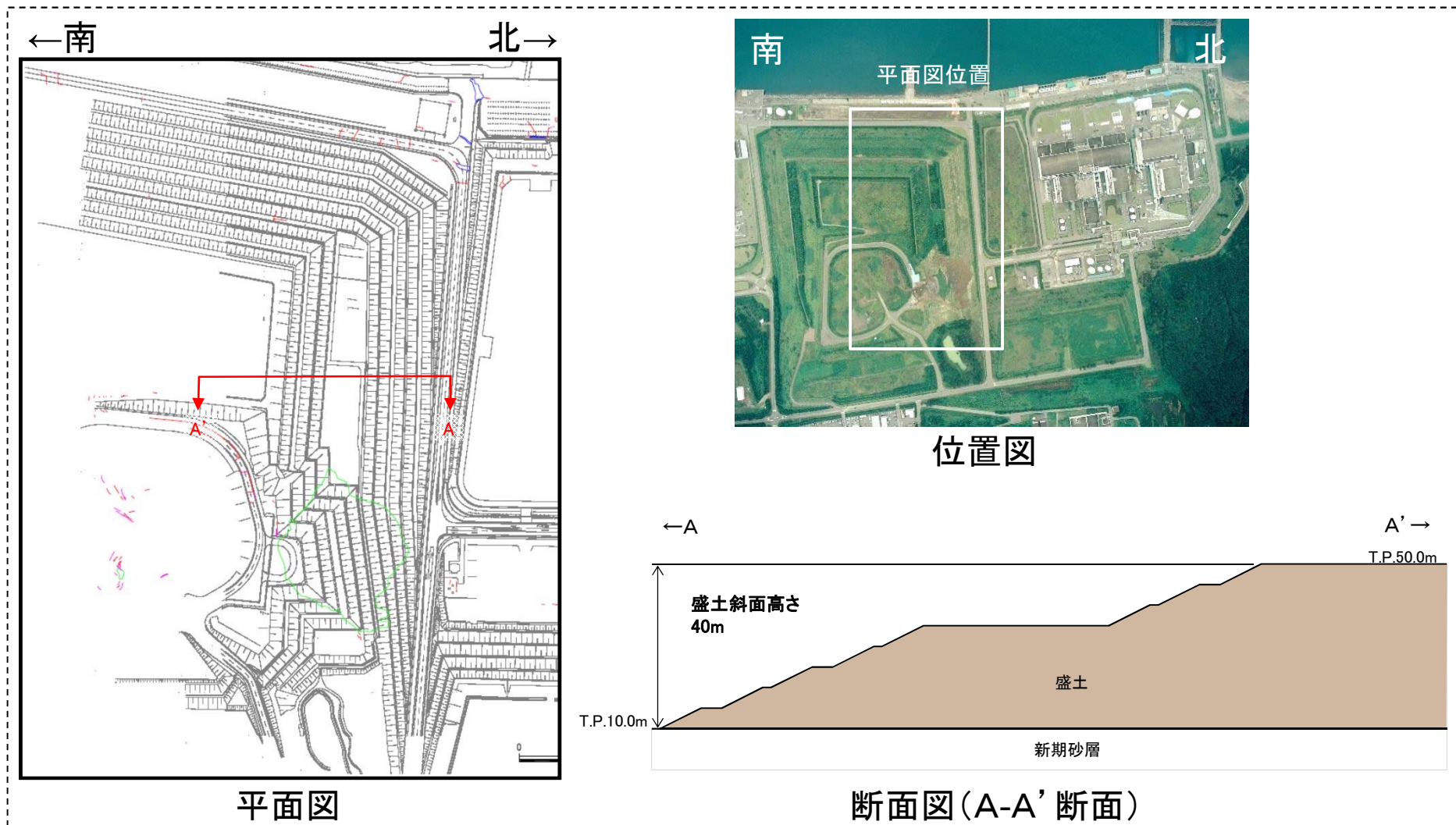


図 3. 1-1 柏崎刈羽原子力発電所における地震観測点の配置

※ 東京電力(株)「柏崎刈羽原子力発電所における平成19年新潟県中越沖地震時に取得された地震観測データの分析及び基準地震動に係る報告書」(2008年9月22日)より引用。
赤字: 弊社にて加筆・修正。

柏崎刈羽原子力発電所 中央土捨場 一般部(1/2)

・柏崎刈羽原子力発電所の中央土捨場は盛土斜面であり、新潟県中越沖地震時において、斜面崩落は生じなかった。



※ 記載内容については、東京電力ホールディングス株式会社からの聞き取り・情報提供をもとに弊社の責任において独自に解釈し、資料化した。

11. 地震による盛土斜面崩落事例との比較

柏崎刈羽原子力発電所 中央土捨場 一般部(2/2)

- ・柏崎刈羽原子力発電所の中央土捨場では、5号機観測小屋にて964, 1223galの最大加速度値が観測された場合でも、斜面崩落は生じなかった。
- ・島根原子力発電所の2号炉南側盛土斜面は、柏崎刈羽原子力発電所の中央土捨場と比較し、斜面高さが低いこと、斜面勾配が緩いこと、密度等の地盤物性値が大きいこと、また、新潟県中越沖地震時における地表面付近の最大加速度が、島根原子力発電所の基準地震動SsIによる2号南側盛土斜面の応答加速度よりも大きいことを確認した。
- ・以上のことから、島根原子力発電所の2号炉南側盛土斜面は、柏崎刈羽原子力発電所の中央土捨場の事例と比較し、同規模の地震が起きた場合、斜面崩落が生じる可能性は低いと考えられる。

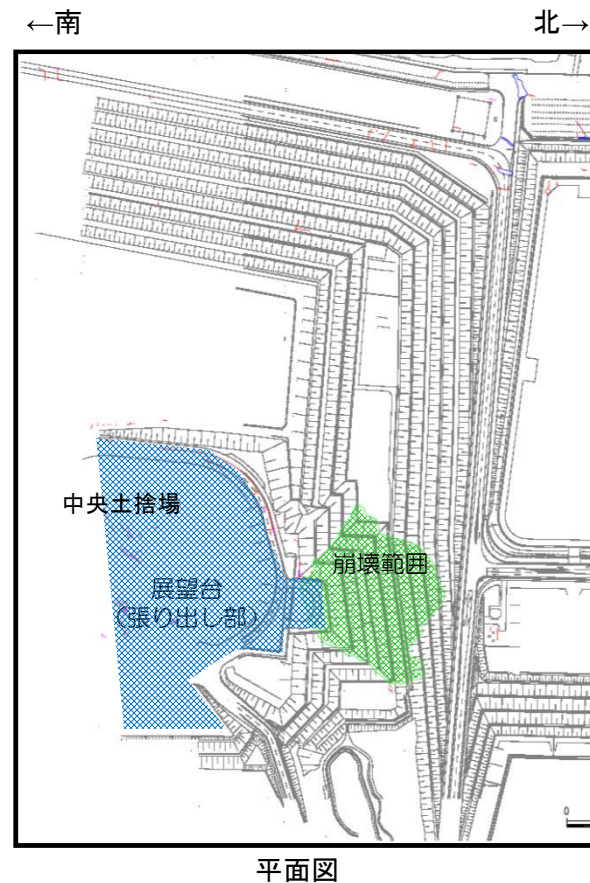
		島根原子力発電所 2号炉南側盛土斜面	柏崎刈羽原子力発電所 中央土捨場※1
斜面高さ(m) 斜面勾配		<p>・耐震重要施設等の周辺斜面に位置する。</p> <p>加速度抽出位置</p> <p>断面図(⑥-⑥'断面)</p>	<p>・耐震重要施設等の周辺斜面ではない。</p> <p>断面図(A-A'断面)</p>
	密度(g/cm ³)	2.11	1.86
地盤物性	せん断強さτ(N/mm ²)	$\tau = 0.22 + \sigma \cdot \tan 22^\circ$	$\tau = 0.0554 + 0.316 \cdot P$
地震動の大きさ		【基準地震動Ss-Dによる最大加速度応答値(2号炉南側盛土斜面法尻部)】 水平方向 699ガル	【新潟県中越沖地震時 最大加速度(5号機観測小屋)】 水平方向 (NS) 964ガル, (EW) 1223ガル

※1 斜面の諸元に係る記載内容については、東京電力ホールディングス株式会社からの聞き取り・情報提供をもとに弊社の責任において独自に解釈し、資料化した。
 なお、埋戻土の物性値は、工事計画に係る説明資料(2020年10月12日)における荒浜側高台保管場所の埋戻土の物性を使用した。
 ※2 σは、垂直応力(N/mm²)、Pは、平均有効拘束圧(N/mm²)を示す。

11. 地震による盛土斜面崩落事例との比較

(参考) 柏崎刈羽原子力発電所 中央土捨場 張り出し部

- ・新潟県中越沖地震時に斜面本体は崩落しなかったが、展望台付近において法尻まで到達しない小規模な表層崩壊が発生した。
- ・表層崩壊は、見学者用の展望台となっている張り出し部付近で発生した局所的な事象であった。なお、島根原子力発電所の2号炉南側盛土斜面では、類似した張り出し地形はない。



新潟県中越沖地震時に中央土捨場の展望台付近で表層崩壊が発生。崩壊土砂は法尻までには到達せず、斜面部に留まっていた。

12. 3次元浸透流解析の解析条件

11. 地震による盛土斜面崩落事例との比較 解析モデル作成(1/2)

- 地下水位の評価においては、敷地を取り囲む分水嶺までを解析範囲とした三次元地形モデルを作成することから、計算機能力を踏まえて適切に地下水位を評価するため、それぞれのエリアで解析モデルを作成した（下表，下図）（解析ソフト：Dtransu-3D・EL,バージョン：ver.2af90MP）。

- なお，両モデルの境界において，重なる部分における地下水位は概ね一致することを確認している。

表 解析モデルの概要

項目	内容
モデル化範囲等	<ul style="list-style-type: none"> ・敷地を取り囲む分水嶺までを対象範囲とする。 ・対象領域内の構造物※をモデル化し，敷地造成時における掘削・埋戻しを反映する。

※耐震裕度向上等の目的で実施した地盤改良等は，難透水層としてモデル化する。

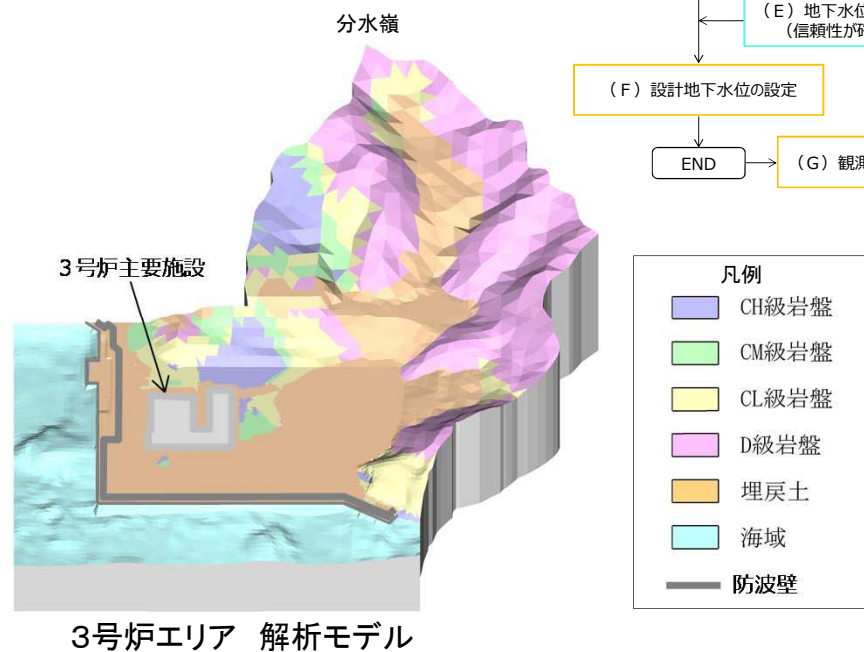
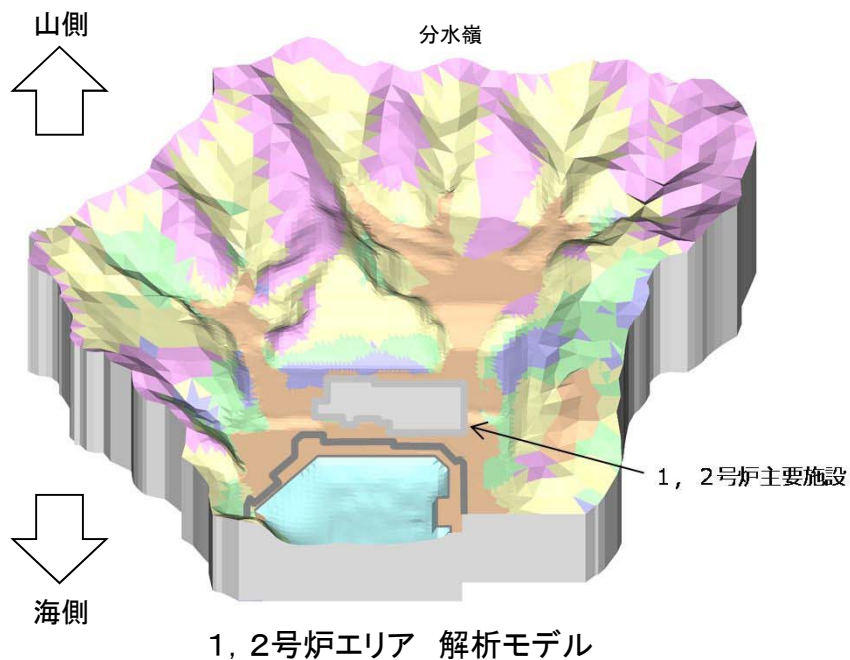
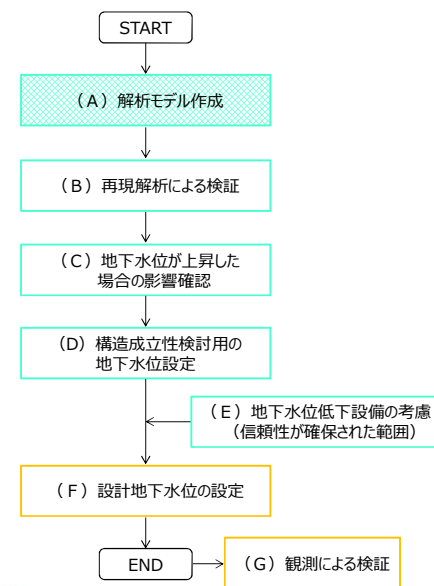
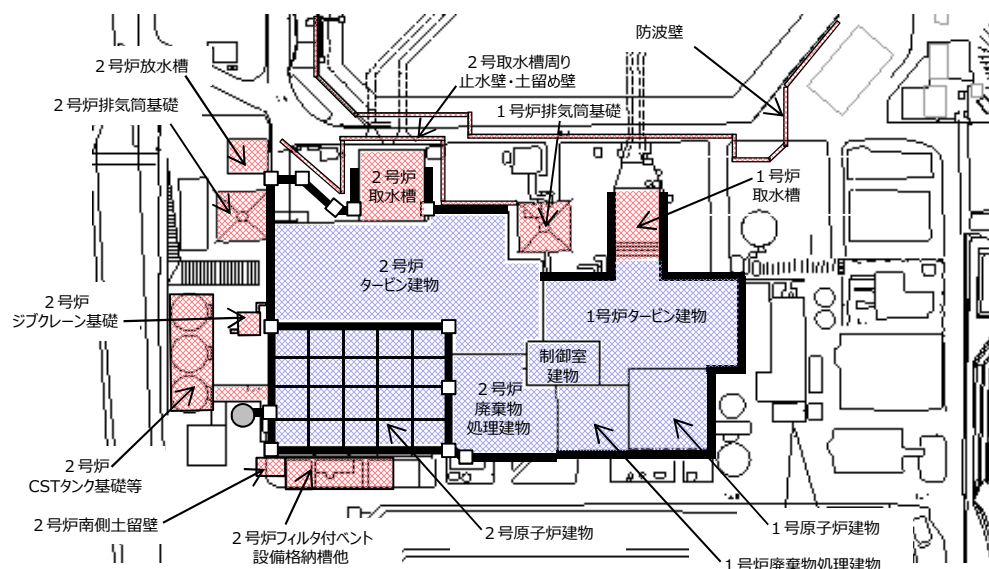


図 解析モデルの概要

11. 地震による盛土斜面崩落事例との比較 解析モデル作成(2/2)

- 1, 2号炉主要建物周辺における構造物等のモデル化方針について、下図に示す。
- 原子炉建物等の主要建物については、揚圧力影響を検証するために不透水層として設定する。
- 主要建物周辺の地下水流に影響を及ぼすと考えられる長大な構造物等については、実際の地下水流を模擬するため、難透水層 ($1.0 \times 10^{-5}(\text{cm/s})$) として設定した。



凡例	
	集水管・接続枡
	サブドレーン
	サブドレーンピット
	不透水層としてモデル化した範囲
	難透水層としてモデル化した範囲

	名称
不透水層としてモデル化	2号原子炉建物
	2号炉タービン建物
	2号炉廃棄物処理建物
	制御室建物
	1号原子炉建物
	1号炉タービン建物
難透水層としてモデル化	1号炉廃棄物処理建物
	2号炉排気筒基礎
	2号炉取水槽
	2号炉放水槽
	2号炉CSTタンク基礎等
	2号炉フィルタ付バント設備格納槽他
	1号炉排気筒基礎
	1号炉取水槽
	防波壁
	2号炉ジブクレーン基礎※
2号炉取水槽周り止水壁・土留壁※	
2号炉南側土留壁※	

※ 2号炉建設時の工事中仮設構造物

図 主要建物周辺における構造物等のモデル化方針

降雨条件の設定及び地下水位低下設備(既設)の機能

- 設置許可段階の構造成立性の確認を行うに当たり、地下水位低下設備(既設)が機能しない状態が継続した場合の定常的な地下水位分布を予測する浸透流解析を実施する。
- 構造成立性確認のための予測解析では、再現解析で妥当性を確認した解析モデルに対して、以下に示す保守性を確保する方針とする。なお、これらの保守性については、詳細設計段階における予測解析においても考慮する方針とする。

・降雨条件→年間降水量として2,400mmを設定(詳細については、敷地の水文環境参照)

島根原子力発電所での地下水位観測期間における平均年間降水量は約1,540mmであり、気象庁松江地方気象台における年間降水量(1941～2018年)の平均値は約1,880mmである。

浸透流解析における降水量の設定条件として、上記松江地方気象台における年間降水量にばらつきを考慮した値(平均値+1σ)に、今後の気候変動予測による降水量の変化※を加味し、降水量を設定する。3-8図に解析用降雨条件と観測降雨条件によるモデル境界地点での水位分布を示す。

・地下水位低下設備(既設)の機能に期待しない

ドレーンは碎石及び土砂が流入して集水機能が低下した状態、揚水ポンプは稼働しない状態とし、揚水経路としない。

※ 気象庁・環境省「日本国内における気候変動の不確実性を考慮した結果について」より

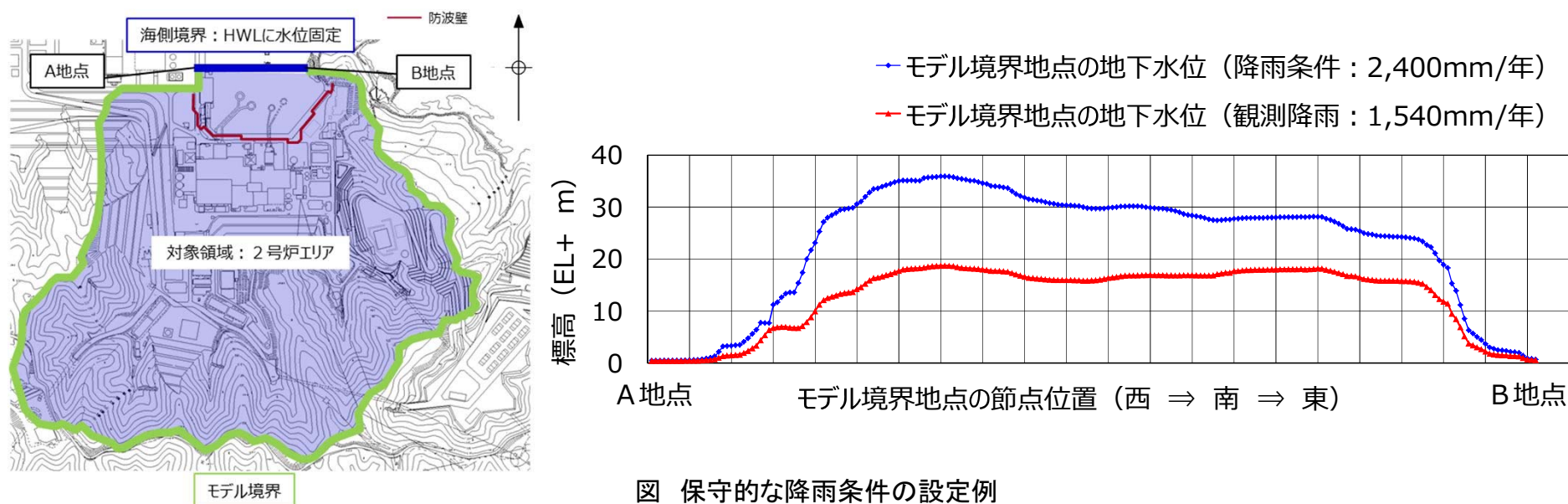
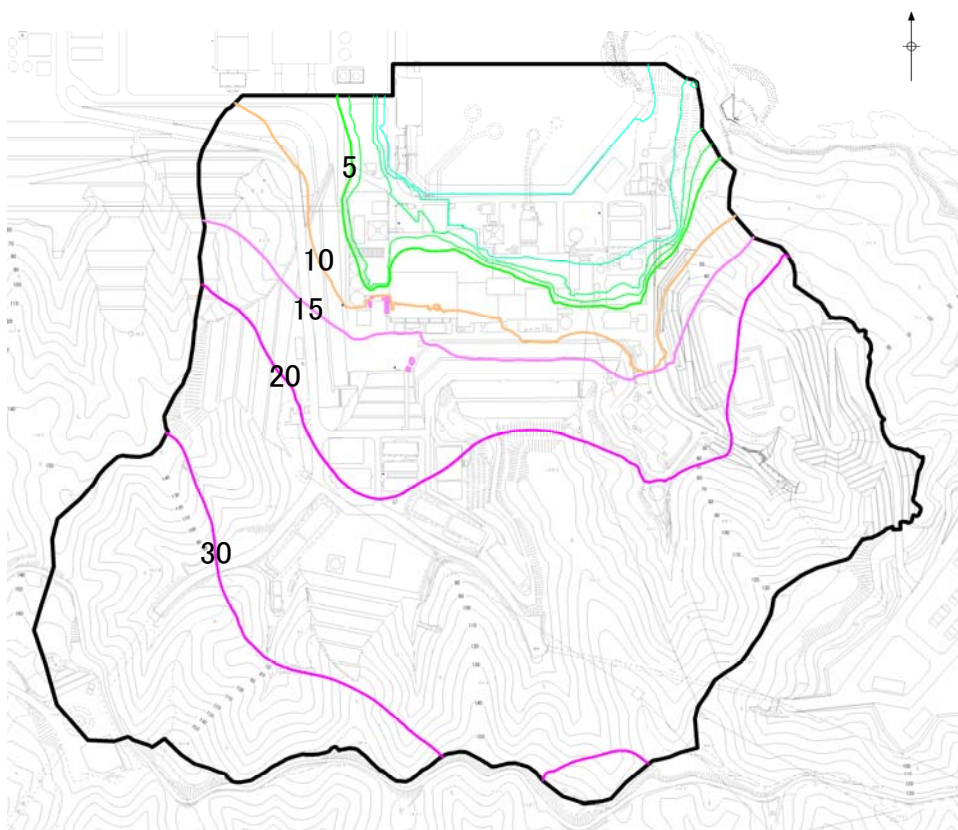


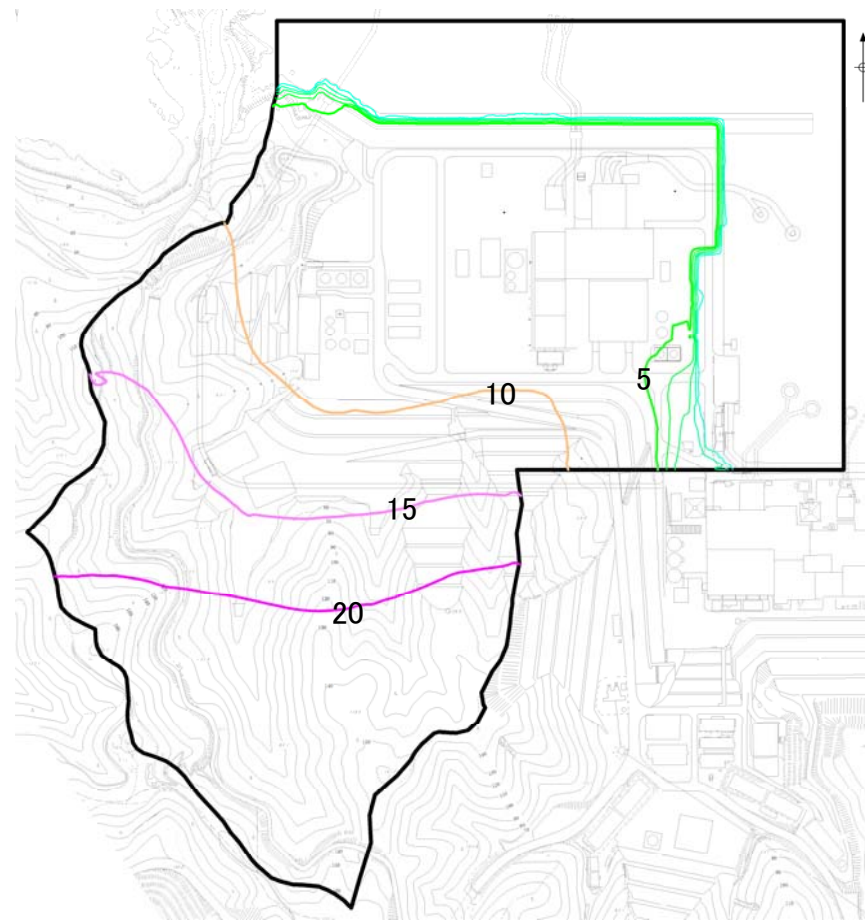
図 保守的な降雨条件の設定例

11. 地震による盛土斜面崩落事例との比較 地下水位分布算定結果

- 地下水位低下設備（既設）が機能しない状態が継続した場合の定常的な地下水位分布を予測した浸透流解析の結果を下図に示す。
- 防波壁周辺の地盤改良により敷地内から海側への排水経路が遮断されることから、敷地内に流入した地下水が滞留し、この結果、地下水位が上昇する。



1, 2号炉エリア

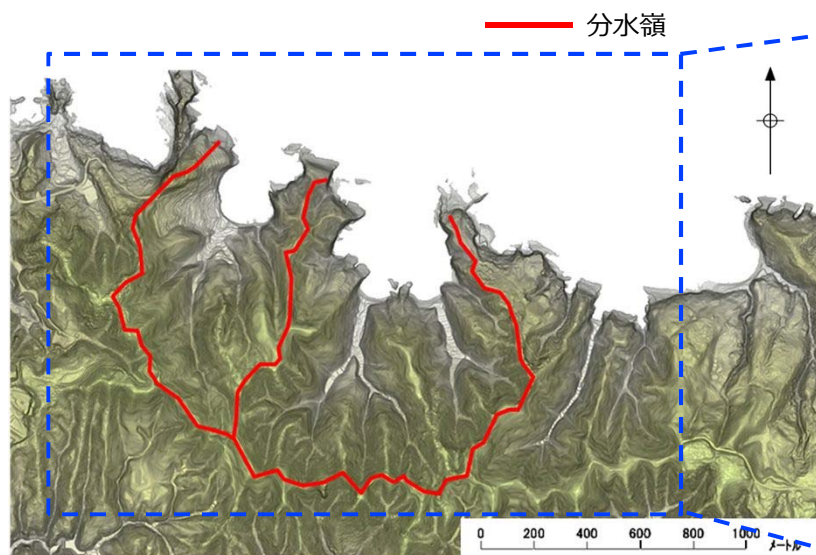


3号炉エリア

図 地下水位低下設備(既設)が機能しない場合の地下水位分布算定結果

11. 地震による盛土斜面崩落事例との比較 敷地の水文環境(1/2)

- 敷地は、北側が海に面し、その他は山地に囲まれている。敷地の地形は、左下図及び右下図に示すとおり、沿岸低山地と後背山地に大別され、沿岸低山地は標高約80m以下の山地で、緩慢な山頂面から海に急傾斜している。また、後背山地は標高約80～160mの山地で、開折谷が発達しており、中央が扇状に大きく広がっている。
- 山側に降った雨は、蒸発散分を除き、表面水として敷地へ流入するものと盛土や岩盤内に浸透し地下水として敷地に流入するものに分かれる。
- 表面水は排水路を通じて海へ排水される。
- また、地下水は主要建物周辺に設置した地下水位低下設備（既設）により集水後、排水路へ排水される。



※航空レーザー測量で取得した2mメッシュのDEMデータに、空中写真により取得した旧地形のDEMデータを合成して作成したもの

図 発電所周辺の分水嶺等の分布状況



.....> 主な地表水の流れ 島根原子力発電所周辺の空中写真
出典：国土地理院（2009年撮影）

図 発電所周辺の主な地表水の流れ

11. 地震による盛土斜面崩落事例との比較 敷地の水文環境(2/2)

- 地下水位の設定に係る浸透流解析における、敷地の地下水位に影響を与える降雨条件について、保守的な評価となるよう検討する。
- 降雨条件については、島根原子力発電所が位置する島根県松江市の気象庁松江地方気象台の過去78年間（1941～2018年）の年間降水量の記録に基づき、年間降水量の平均値及びばらつきを考慮する。
- この期間における年間降水量の平均値は、1,880mm/年であり、ばらつきを考慮した値（平均値+1σ）は2,163mm/年である。
- また、気象庁・環境省における今後の気候変動予測に関する分析によると、西日本日本海側において、地球温暖化が深刻に進展したシナリオでは、将来的に（2080～2100年）年間降水量が約130mm/年増加する可能性があることが報告されている。
- 上記を踏まえ、地下水位の設定に係る浸透流解析を実施するに当たっては、降雨条件として、2,400mm/年を用い、定常的に与えることとする。

表 浸透流解析に用いる降雨条件の考え方

	降水量 (mm/年)
(参考)島根原子力発電所における年間降水量	1,540
松江地方気象台における年間降水量の平均値	1,880
標準偏差	283
平均値+1σ	2,163
将来的な増加量	130
気候変動予測における降水量の増加量を加味した解析用降水量	2,400

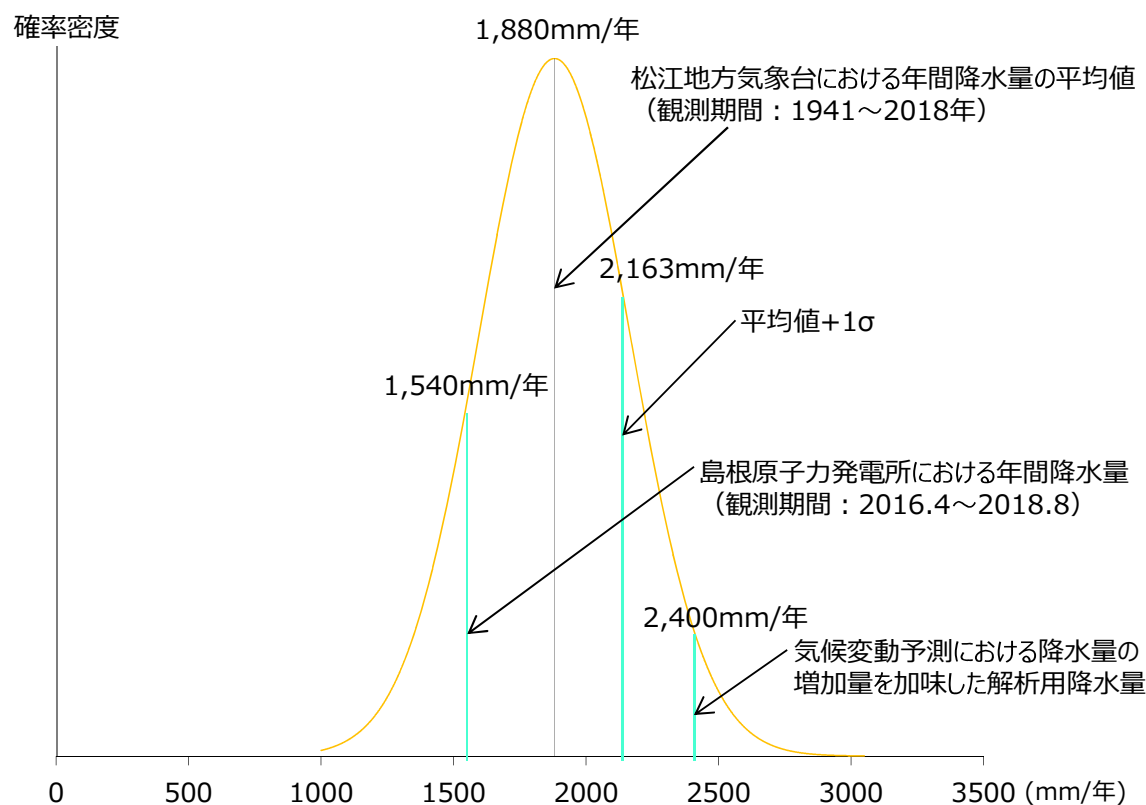


図 松江市の年間降水量の正規分布

11. 地震による盛土斜面崩落事例との比較 解析条件(透水係数)

- 今回、浸透流解析を実施するにあたり、透水試験等に基づき地盤の透水係数を設定している。
- 再現解析結果から、透水係数を含めた解析モデル全体の妥当性を確認した。

表 建設時工認の透水係数

材質	透水係数 (cm/s)
護岸・止水壁	1.0×10^{-8}
頁岩・凝灰岩(下層部)	2.0×10^{-4}
頁岩・凝灰岩(上層部)	5.0×10^{-4}
埋戻し土	5.0×10^{-3}

表 地下水位の設定に係る透水係数

区分	解析用透水係数 (cm/s)	設定方法	【参考】試験結果 (cm/s)
構造物, 改良地盤	1×10^{-5}	『管理型廃棄物埋立護岸 設計・施工・管理マニュアル(改訂版)※』に基づき、不透水性地層相当(難透水層)として設定した。不透水材料として透水係数が 1×10^{-5} cm/s以下であり、適切な厚さを持つことで不透水性地層と同等以上の遮水の効力を発揮できるとされていることから、構造物の透水係数を不透水性地層とした。	-
C _H 級	5×10^{-5}	建設時工認の岩盤の透水係数は頁岩・凝灰岩(上層部)及び(下層部)の2種類を設定していたが、今回、3次元浸透流解析を行うに当たり、解析の精度向上を目的として、敷地の岩級に合わせて透水係数を設定する。	4.5×10^{-5}
C _M 級	6×10^{-4}		5.6×10^{-4}
C _L 級	1×10^{-3}		1.0×10^{-3}
D級	2×10^{-3}	D級岩盤の大部分は地表付近に分布する強風化した土砂状の岩盤であり、その粒度特性を踏まえ、クレーガーの方法により 2.8×10^{-4} cm/s (≒ 3×10^{-4} cm/s)を設定していた。しかし、D級岩盤は割れ目の発達した岩盤と風化の進行した岩盤に大別されるが、粒度試験1・2試料のうち割れ目が発達した黒色頁岩は1試料のみであったため、その特性を透水係数に反映できていないと考える。黒色頁岩の粒度試験結果から設定した透水係数により、揚水量が低減する傾向が認められることから、地下水位が高く算定されると判断し、割れ目が発達したD級岩盤の影響を考慮した透水係数 2×10^{-3} cm/sを採用する。	1.75×10^{-3}
砂礫層	4×10^{-3}	建設時工認では設定されていなかったが、今回、3次元浸透流解析を行うに当たり、解析の精度向上を目的として現場透水試験を実施し、透水係数を設定した。	3.6×10^{-3}
埋戻し土 (掘削ズリ)	2×10^{-1}	建設時工認の埋戻し土の透水係数は、工学的な観点から岩盤の透水係数より1オーダー大きな値とすることで地下水位を保守的に評価することに重点を置き、現場透水試験によらず透水係数を設定していた。今回、3次元浸透流解析を行うに当たり、解析の精度向上を目的として現場透水試験を実施し、透水係数を設定した。	1.7×10^{-1}

※ H20.8 (財) 港湾空間高度化環境研究センター

参考文献

- (1) 土木学会(2009): 原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術<技術資料>, 土木学会原子力土木研究委員会
- (2) 足立紀尚, 林田師照, 安川郁夫, 中野毅, 森本浩行(1997): 土質力学, 実教出版
- (3) 中島康介, 小高猛司, 板橋一雄, 李圭太(2009): 締固め度が礫混じり砂の力学特性に及ぼす影響, 第64回土木学会年次学術講演会
- (4) ロックフィル材料の試験と設計強度編集委員会(1982): ロックフィル材料の試験と設計強度, 土質工学会
- (5) 上本雄也, 澁谷啓, 橋元洋典, 川尻峻三(2011): 砂礫盛土材の締固め特性および変形・強度特性に及ぼす粒度特性の影響, 地盤工学ジャーナル, Vol.6, No.2, P181-190