

島根原子力発電所 2 号炉 審査資料	
資料番号	EP(E)－068改03
提出年月	令和 2 年 9 月 ● 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(コメント回答)

令和2年9月●日
中国電力株式会社

Energia

審査会合における指摘事項

No.	コメント要旨	審査会合	頁
1	代表施設や評価対象断面以外の各施設・断面のすべり安定性評価について、代表施設や評価対象断面の評価に代表できる理由を詳細に記載すること。	令和2年6月19日 第868回審査会合	P20～69
2	防波壁(多重鋼管杭式擁壁)における検討断面の設定の考え方について詳細に記載すること。	令和2年6月19日 第868回審査会合	P48～52, 63
3	防波壁の構造の詳細を説明すること。	令和2年6月19日 第868回審査会合	補足説明 8章
4	各施設をモデル化する際の手順とパラメータ等の詳細を説明すること。	令和2年6月19日 第868回審査会合	補足説明 3章
5	周辺斜面の地下水位の設定方針及び液状化の考え方について説明すること。	令和2年6月19日 第868回審査会合	P100～103, 188～ 192, 206～232
6	防波壁(多重鋼管杭式擁壁)における杭の支持力の設計方法及び計算プロセスを説明すること。	令和2年6月19日 第868回審査会合	P111,112
7	敷地に分布する埋戻土の物性設定について詳細を説明すること。	令和2年6月19日 第868回審査会合	補足説明 2.7章
8	局所安全係数分布図において、せん断強度に達した要素等を通るすべり面を設定しない理由を説明すること。	令和2年6月19日 第868回審査会合	補足説明 6章
9	すべり安全率一覧表において、各すべり安全率の時刻を記載すること。	令和2年6月19日 第868回審査会合	補足説明 7章

1. 評価概要	3
2. 地質の概要	9
3. 基礎地盤の安定性評価	
3.1 評価方針	20
3.2 代表施設の選定	28
3.3 評価対象断面の選定	58
3.4 解析用物性値	81
3.5 評価方法	97
3.6 入力地震動	114
3.7 評価結果	119
4. 周辺地盤の変状による重要施設への影響評価	
4.1 評価方針	133
4.2 評価結果	135
5. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価	
5.1 評価方針	143
5.2 評価結果	149
6. 周辺斜面の安定性評価	
6.1 評価方針	153
6.2 評価対象斜面の選定	161
6.3 評価方法	187
6.4 評価結果	196
6.5 液状化影響検討	206
7. まとめ	233
参考文献	
【別冊】 補足説明資料	

1. 評価概要

評価概要(1／3)

・原子炉建物等の耐震重要施設^{※1}及び重大事故等対処施設^{※2}(以下、「評価対象施設」)の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則(解釈含む)」(以下、「設置許可基準規則」)に適合していることを確認する。

※1 耐震重要度分類Sクラスの機器・系統及びそれらを支持する建物・構築物、津波防護施設等

※2 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設

<基礎地盤(設置許可基準規則3条, 38条)>

第3条

- 1 耐震重要施設は、次条第2項、第3項の規定により算定する地震力[※]が作用した場合においても当該耐震重要施設を十分に支持することができる地盤に設けなければならない。
- 2 耐震重要施設は、変形した場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならない。
- 3 耐震重要施設は、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない。

第38条

- 1 重大事故等対処施設は、基準地震動による地震力が作用した場合においても当該重大事故等対処施設を十分に支持することができる地盤に設けなければならない。
- 2 重大事故等対処施設は、変形した場合においても重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならない。
- 3 重大事故等対処施設は、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない。

<周辺斜面(設置許可基準規則 第4条第4項, 第39条第2項)>

第4条

- 4 耐震重要施設は、前項の地震[※]の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

第39条

- 2 重大事故等対処施設は、第4条第3項の地震[※]の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

※ 地震の発生によって生ずるおそれがある設計基準対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定する地震力

1. 評価概要

評価概要(2/3)

第868回審査会合
資料3-1 P5 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

5

・評価対象施設における基礎地盤の安定性評価について、設置許可基準規則に基づき、以下の項目について確認する。

設置許可基準規則		確認内容	本資料の 対応
本文	別記		
第3条第1項 第38条第1項 施設を十分支持することができる地盤に設けなければならない	本文の「施設を十分支持することができる」＝地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する設計	・動的解析の結果に基づいて算定した基礎の接地圧が評価基準値を超えないことを確認する。	3章
	上記に加え、地震力が作用することによって弱面上のずれ等が発生しないことを含め、地震力に対する支持性能が確保されてることを確認する	・動的解析の結果に基づく時刻歴のすべり安全率が1.5を上回ることを確認する。 ・なお、杭を介して岩盤で支持する施設は、周囲に分布する地下水位以深の埋戻土、盛土等の液状化特性を考慮した場合においても、杭本体が成立するように設計することから、基礎地盤のすべりとしては、杭体を貫通するようすべりは仮定せず、杭基礎先端以深の基礎地盤を通るすべり面を対象とした評価を実施する。 ・動的解析の結果に基づいて求められた基礎底面の傾斜が評価基準値の目安を超えないことを確認する。	3章
第3条第2項 第38条第2項 施設は変形した場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならない	本文の「変形」＝地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み	・地震発生に伴う地殻変動によって生じる地盤の傾斜を算出し、地震動による地盤の傾斜も考慮した最大傾斜が、評価基準値の目安を超えないことを確認する。	5章
	本文の「変形」＝地震発生に伴う建物・構築物間の不等沈下、液状化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状	・施設の設置状況を踏まえ、地震発生に伴う不等沈下、液状化及び揺すり込み沈下等により、評価対象施設の安全機能が重大な影響を受けないことを確認する。	4章
第3条第3項 第38条第3項 施設は変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない	本文の「変位が生ずるおそれがない地盤」＝震源として考慮する活断層のほか、地震活動に伴って永久変位が生じる断層に加え、支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面が生じるおそれがない地盤	・敷地には将来活動する可能性のある断層等が分布していないことを確認する。	2章

1. 評価概要

評価概要(3／3)

第868回審査会合
資料3-1 P6 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

6

・評価対象施設における周辺斜面の安定性評価について、設置許可基準規則に基づき、以下の項目について確認する。

設置許可基準規則		確認内容	本資料の 対応
本文	別記		
第4条第4項 第39条第2項 施設は斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない	・基準地震動による安定解析を行い、崩壊のおそれがないことを確認する ・崩壊のおそれがある場合には、当該部分の除去あるいは敷地内土木工作物による斜面の保持等の措置を講ずる ・地質・地盤の構造、地盤等級区分、液状化の可能性及び地下水の影響等を考慮する	・動的解析の結果に基づく時刻歴のすべり安全率が1.2を上回ることを確認する。 ・地下水位分布の状況を踏まえ、液状化影響検討を実施する。	6章

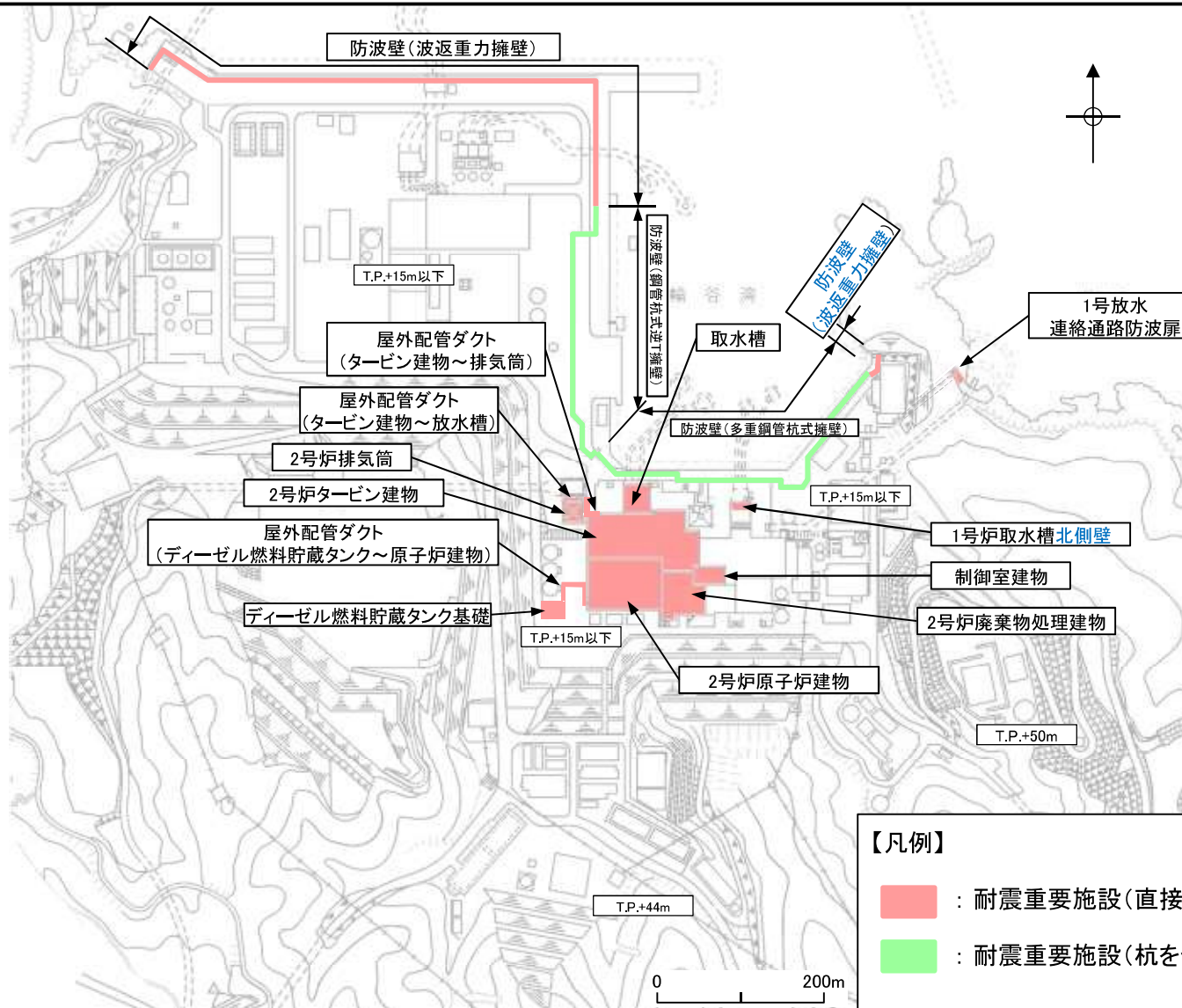
1. 評価概要

評価対象施設(1/2)

第868回審査会合
資料3-1 P7 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

7

・設置許可基準規則3条及び4条の対象となる「耐震重要施設」を以下に示す。



取水槽

取水管・取水口

T.P.+15m以下

屋外配管ダクト
(タービン建物～排気筒)

2号炉排気筒

2号炉タービン建物

2号炉原子炉建物

第1ベントフィルタ格納槽

T.P.+15m以下

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽

T.P.+15m以下

制御室建物

2号炉廃棄物処理建物

T.P.+50m

緊急時対策所用燃料地下タンク

緊急時対策所

屋外配管ダクト
(ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)

T.P.+44m

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎

ガスタービン発電機建物

【凡例】

：重大事故等対処施設(直接)

0 200m

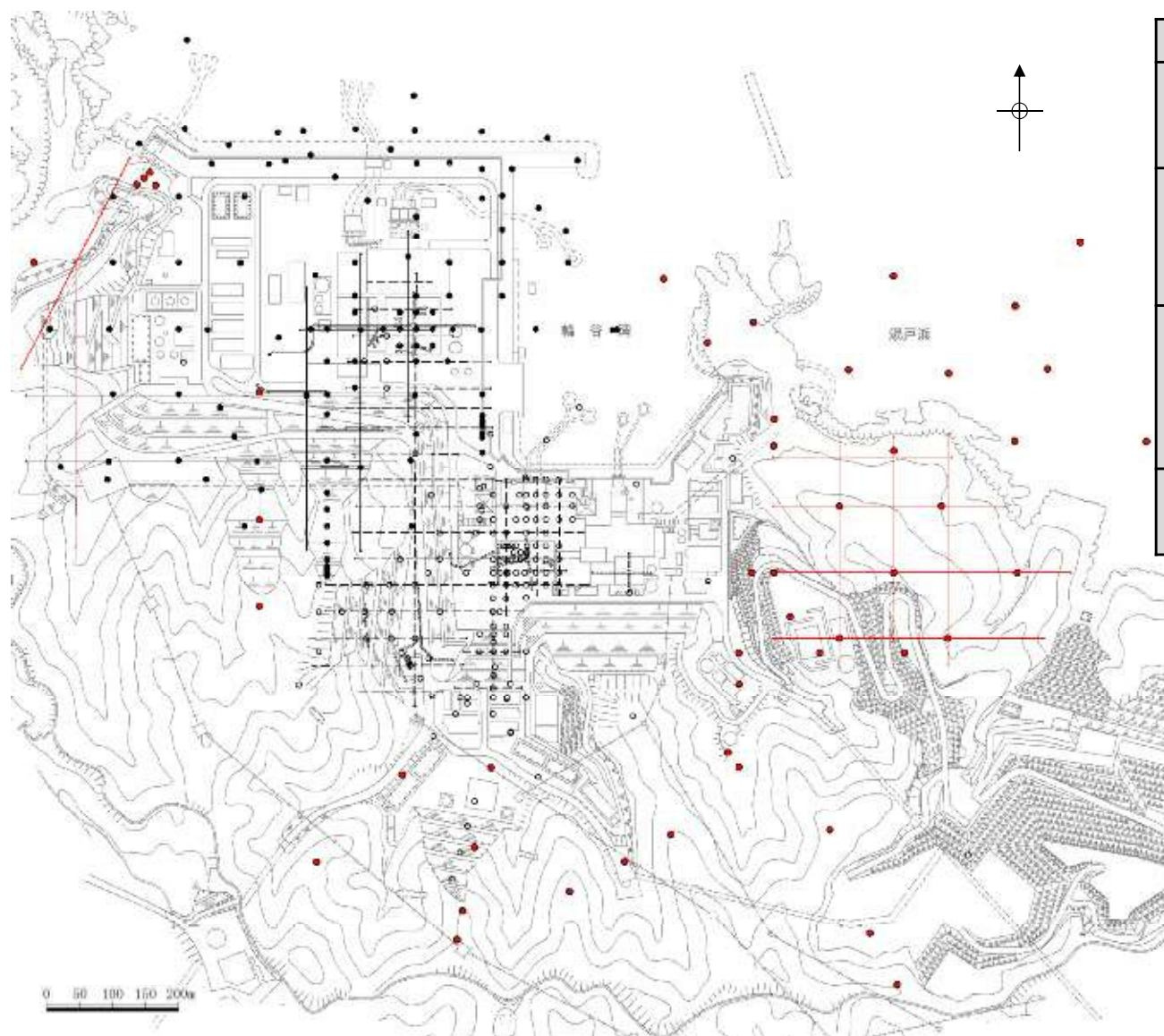
2. 地質の概要

2. 地質の概要

敷地内地質調査内容

第868回審査会合
資料3-1 P10 再掲

10



調査数量一覧表				
調査項目	1・2号炉調査他 1968～1982年度 2006～2008年度	3号炉調査 1995～2002年度	その他調査 1995年度 2007～2008年度 2011～2015年度 2019年度	合計
弾性波探査	5,600m (24測線)	2,520m (6測線)	3,320m (9測線)	11,440m (39測線)
	8,120m (30測線)			
ボーリング調査	155孔 (延9,230m)	113孔 (延12,293m)	49孔 (延4,963m)	317孔 (延26,486m)
	268孔 (延21,523m)			
試掘坑調査	840m	930m	—	1,770m
	1,770m			

凡 例

- 1・2号炉調査他ボーリング位置
- 3号炉調査ボーリング位置
- その他調査ボーリング位置
- 1・2号炉調査他弾性波探査測線
- 3号炉調査弾性波探査測線
- その他調査弾性波探査測線
- 1・2号炉調査試掘坑・試験坑
- 3号炉調査試掘坑・試験坑

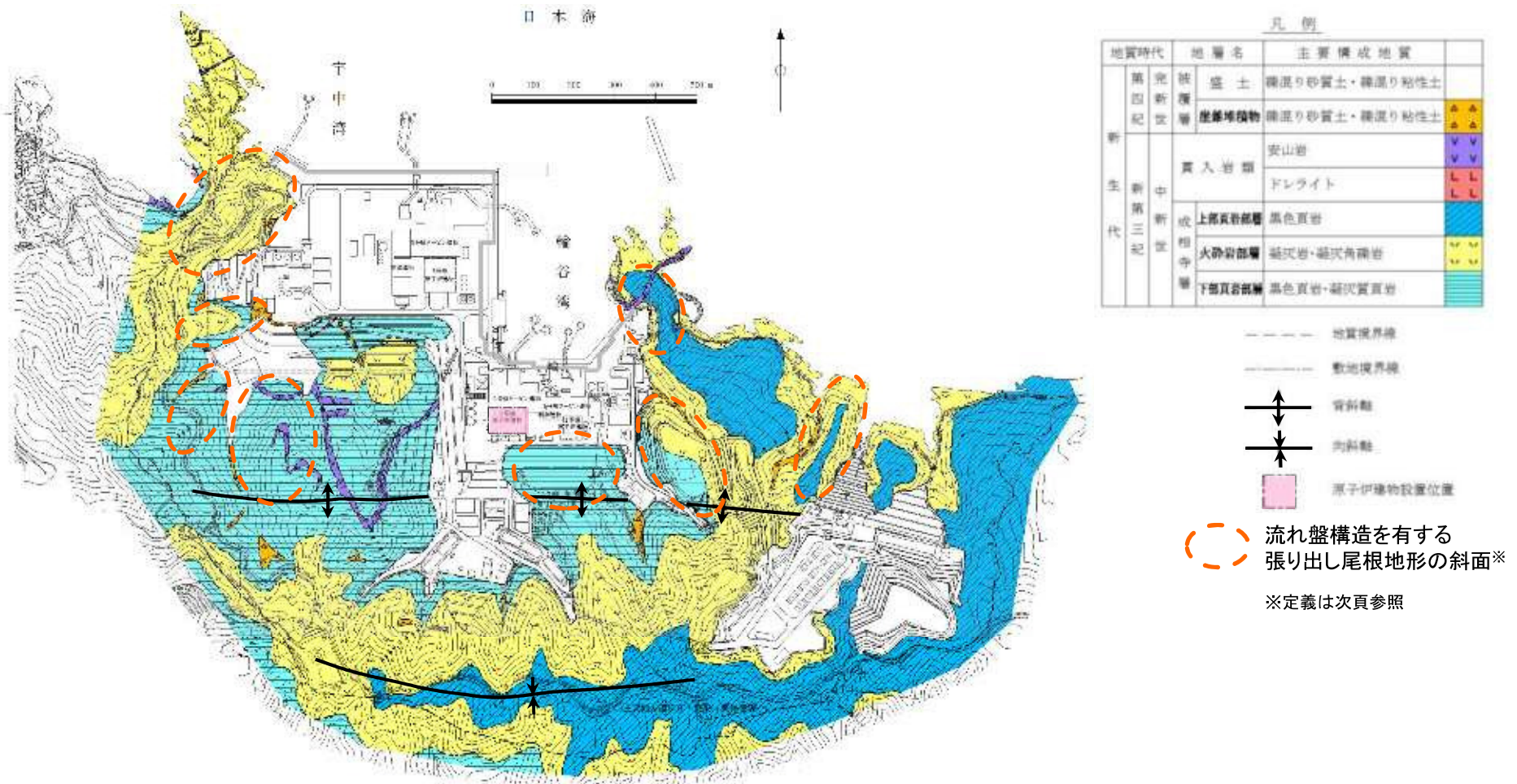
・敷地の地質・地質構造を把握するため、文献調査、地表地質踏査を行うとともに、地表からの弾性波探査、ボーリング調査、試掘坑調査を実施した。

2. 地質の概要

敷地の地質平面図

第868回審査会合
資料3-1 P11 再掲

11



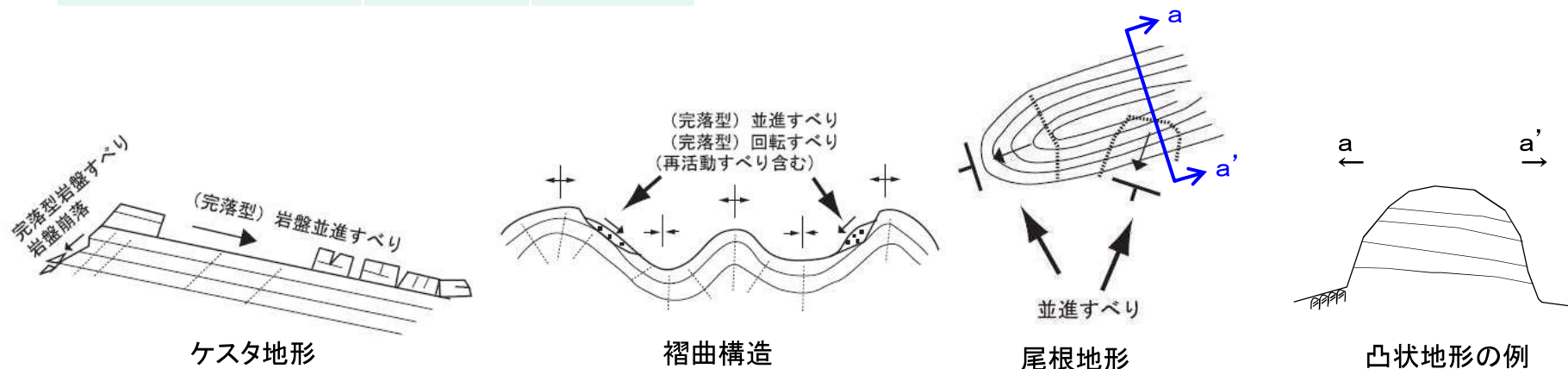
- ・敷地の地質は、新第三紀中新世の堆積岩類から成る成相寺層と貫入岩類及びそれらを覆う第四系の崖錐堆積物等から構成される。
- ・敷地の南方には、ほぼ東西方向の軸を持つ背斜構造が認められる。
- ・敷地には、連続する破碎部や断層、耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の支持地盤を切る地滑り面は認められない。
- ・敷地には、北に傾斜する流れ盤構造を有する張り出し尾根地形が認められることから、斜面崩壊に影響する地形として、流れ盤構造を有する張り出し尾根地形に着目して、斜面の安定性評価を実施する。

【主な地震】

地震名	発生年	マグニチュード
秋田仙北地震	1914	7.1
男鹿地震	1939	6.8
新潟県中越地震	2004	6.8
能登半島地震	2007	6.9
新潟県中越沖地震	2007	6.8
岩手・宮城内陸地震	2008	7.2

【斜面崩壊の特徴】

- ・中新世の礫岩・砂岩・泥岩の互層等の堆積地域では既存の層面断層及び砂岩層の層理面で発生している。
- ・鮮新世の泥岩・砂岩・シルト岩の互層等の堆積地域では岩盤並進すべりの発生が多い。これらの斜面崩壊は地層の不連続面としての層理面や層理面の一部をすべり面とし、地震動の増幅しやすいケスタや張り出し尾根など凸状地形で発生している。
- ・更新世の砂岩・泥岩等の堆積する栗原市荒砥沢ダム地点では湖成堆積層をすべり面とし、傾斜が緩やかである。

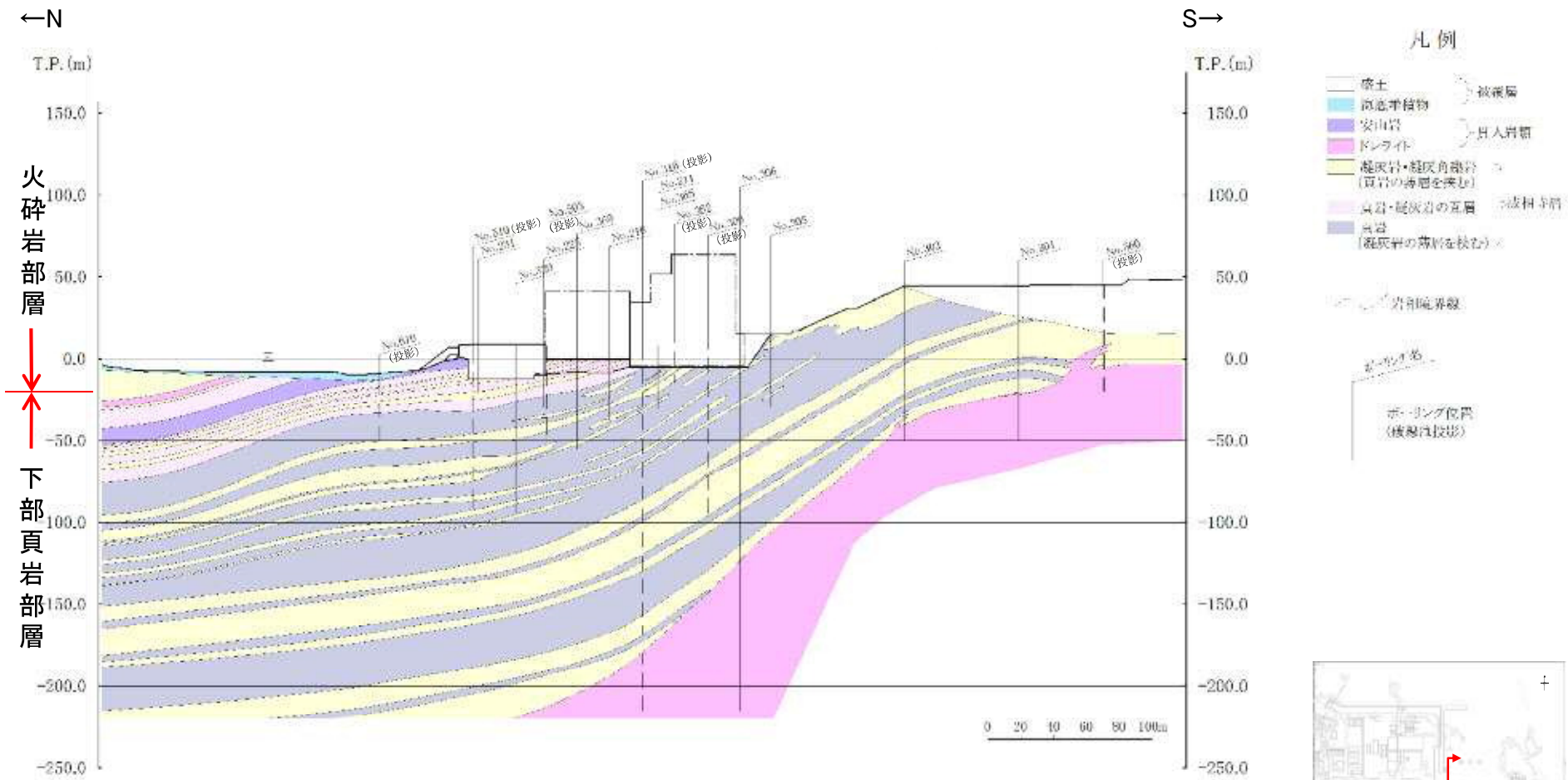


層理の発達する堆積岩分布域の斜面崩壊形状
(阿部・林(2011)⁽¹⁾より引用, 凸状地形の例及びその断面位置は加筆)

・上記の文献に基づき、以下のとおり定義する。

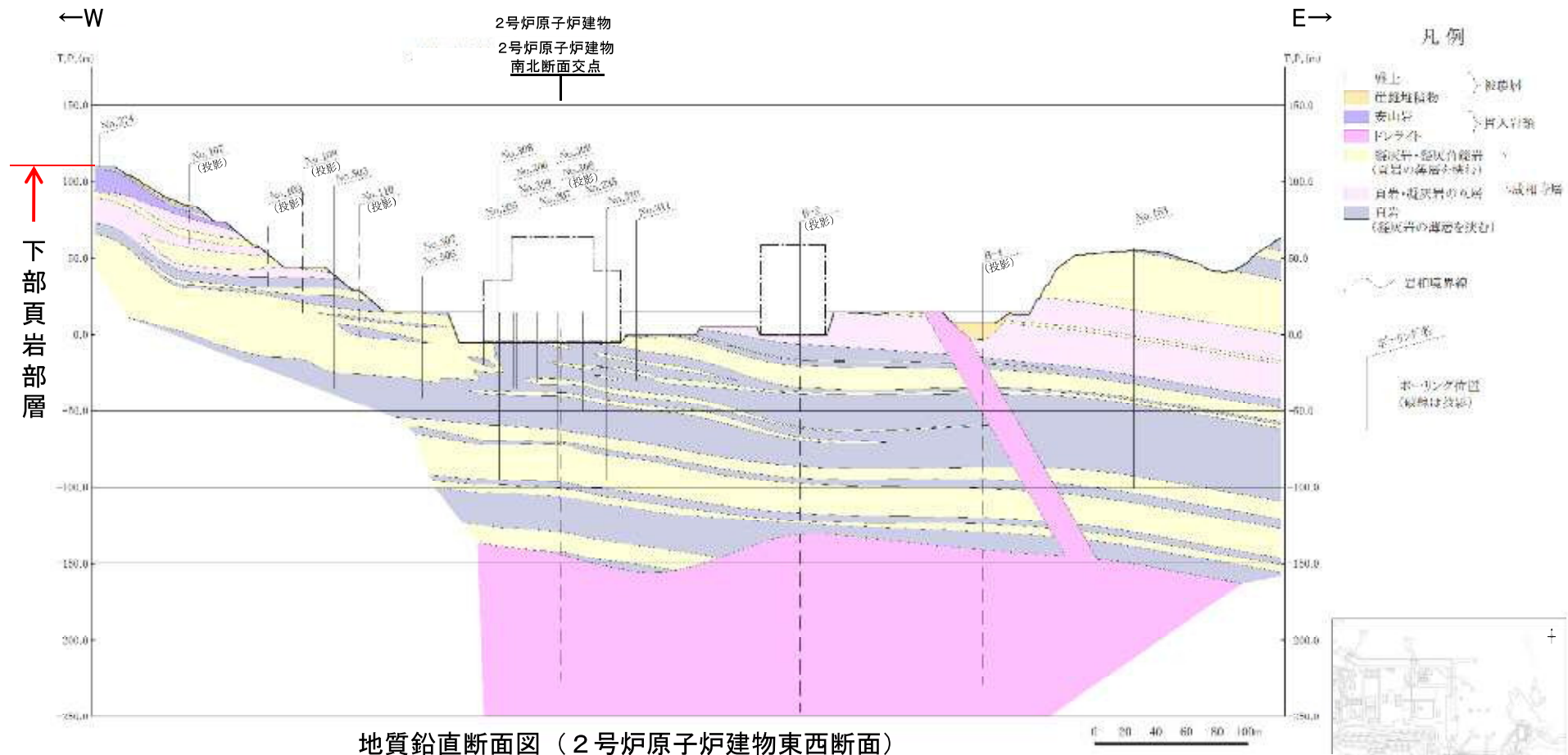
- ①流れ盤構造を有し、並進すべりが起こる可能性のある地質構造である。
- ②現地形が、張り出した尾根のように地震動の増幅しやすい凸状地形である。

地質鉛直断面図(2号炉原子炉建物南北断面)



- ・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。

地質鉛直断面図(2号炉原子炉建物東西断面)

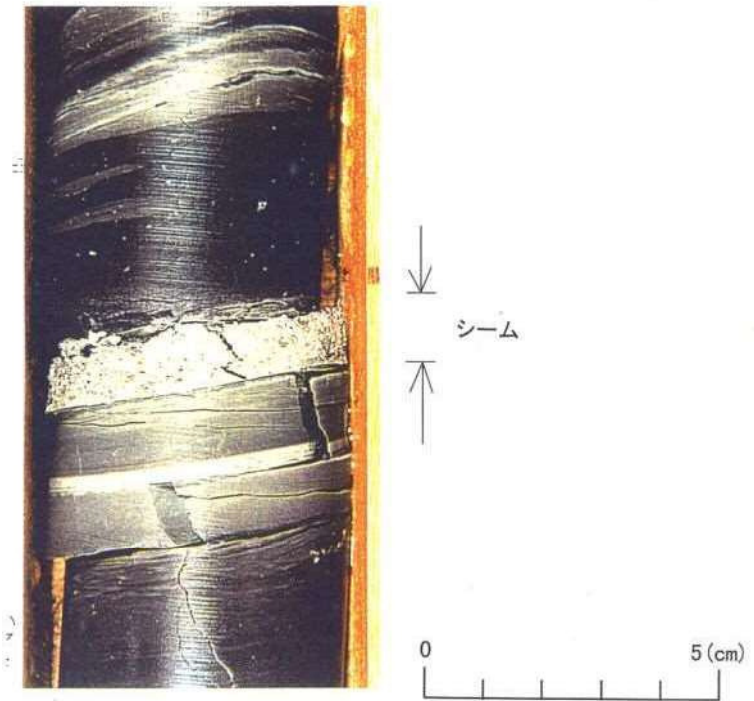


- 成相寺層の構造は、概ね西北西－東南東の走向を示し、東西方向の地層の傾斜は概ね水平である。

※ その他の地質平面図及び断面図は補足説明資料の1章を参照。



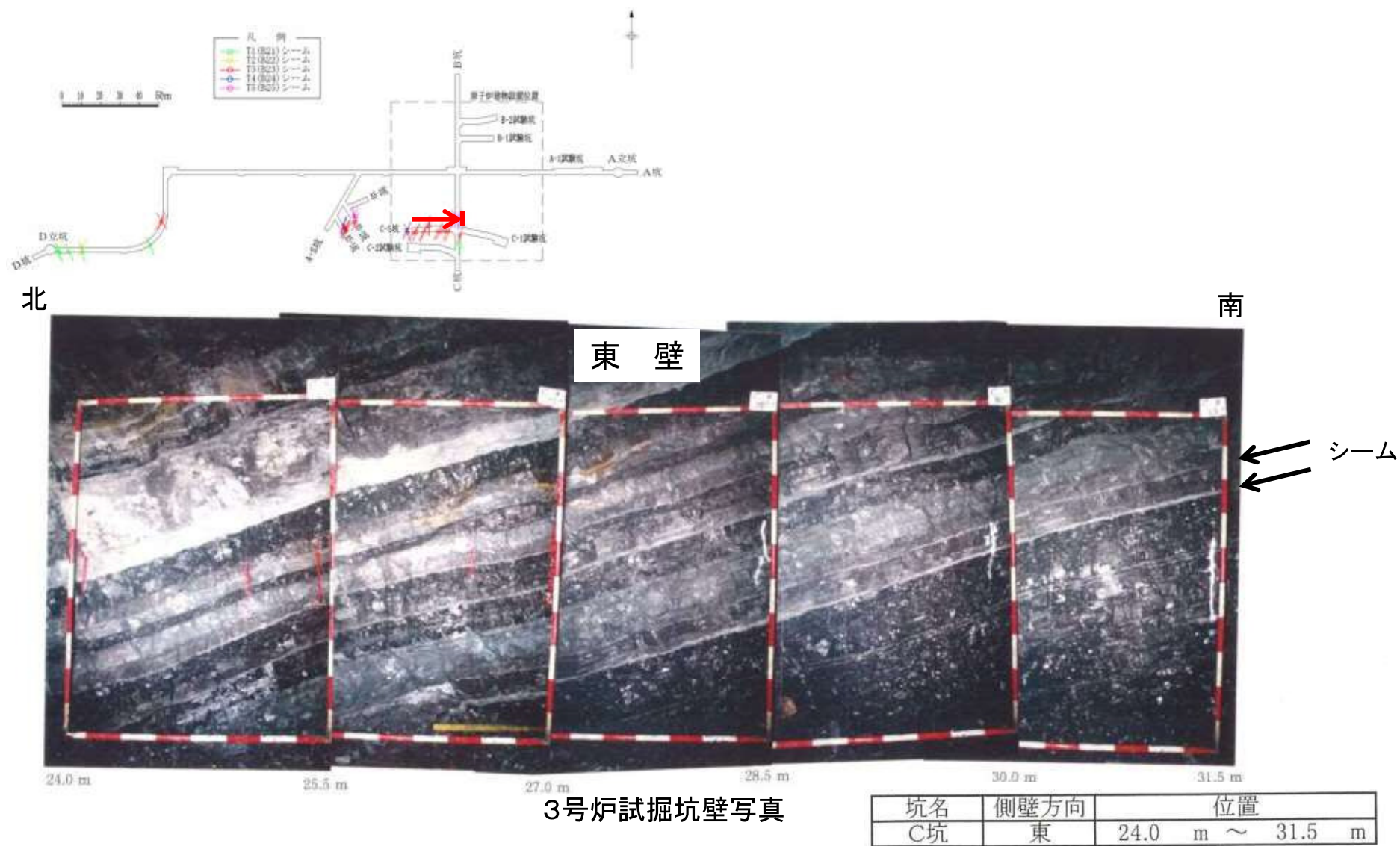
3号炉試掘坑（C-S坑）におけるシーム



ボーリングコアにおけるシーム

- ・ 試掘坑調査及びボーリング調査の結果、敷地には粘土分を含み、平板状あるいは平面状の形態を持ち、この面に沿って変位している可能性がある薄い粘土層(シーム)が認められる。
- ・ これらのシームは、将来活動する可能性のある断層等には該当しないことを確認している。

※ 敷地の地質・地質構造及びシームの活動性評価については、審査会合(平成28年1月15日)において、「概ね必要な検討がなされている」と評価されている。



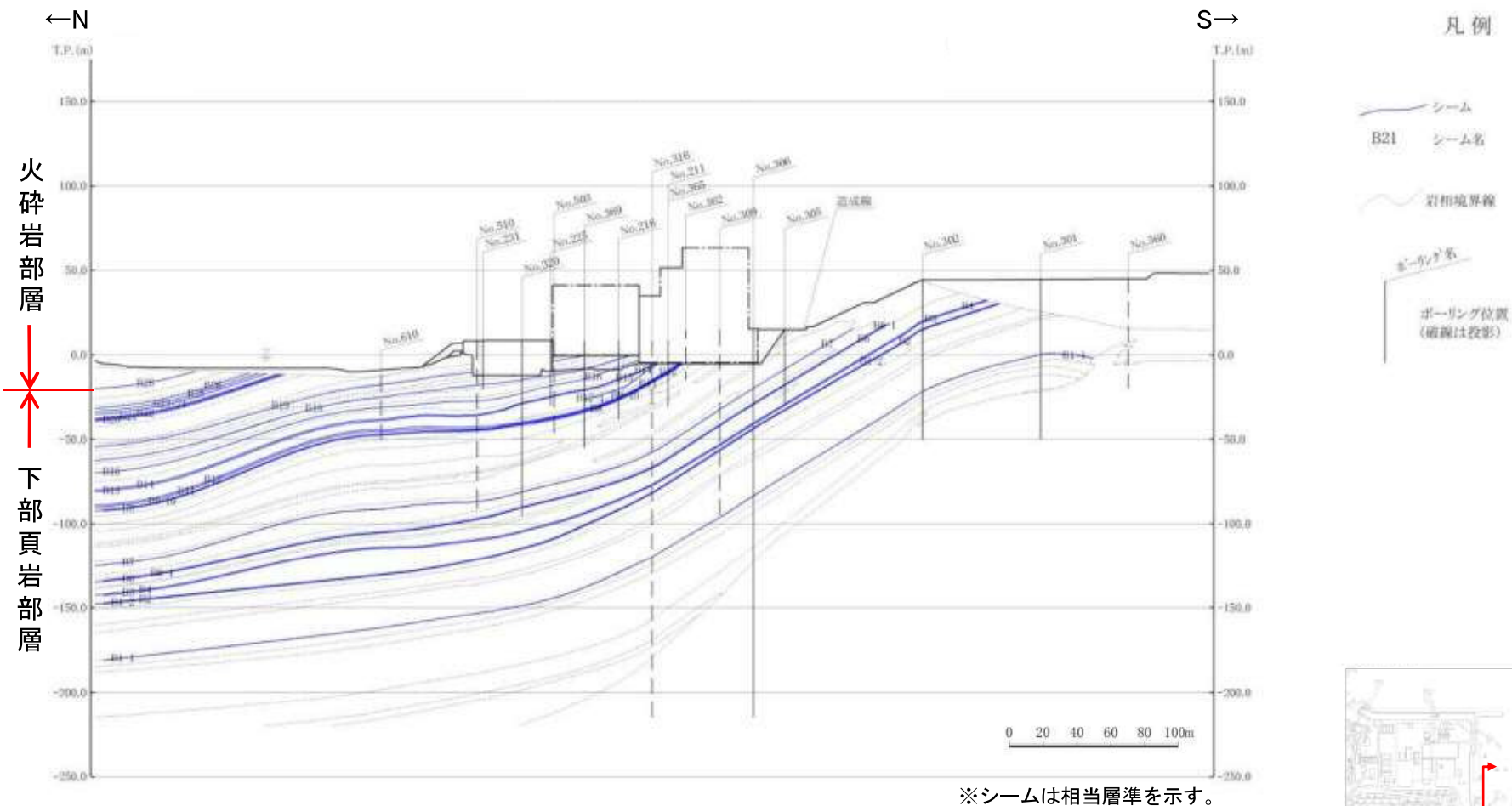
・シームは、地層を切ることなく、地層と同様の走向・傾斜で分布する。

2. 地質の概要

シーム分布鉛直断面図(2号炉原子炉建物南北断面)

第868回審査会合
資料3-1 P17 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

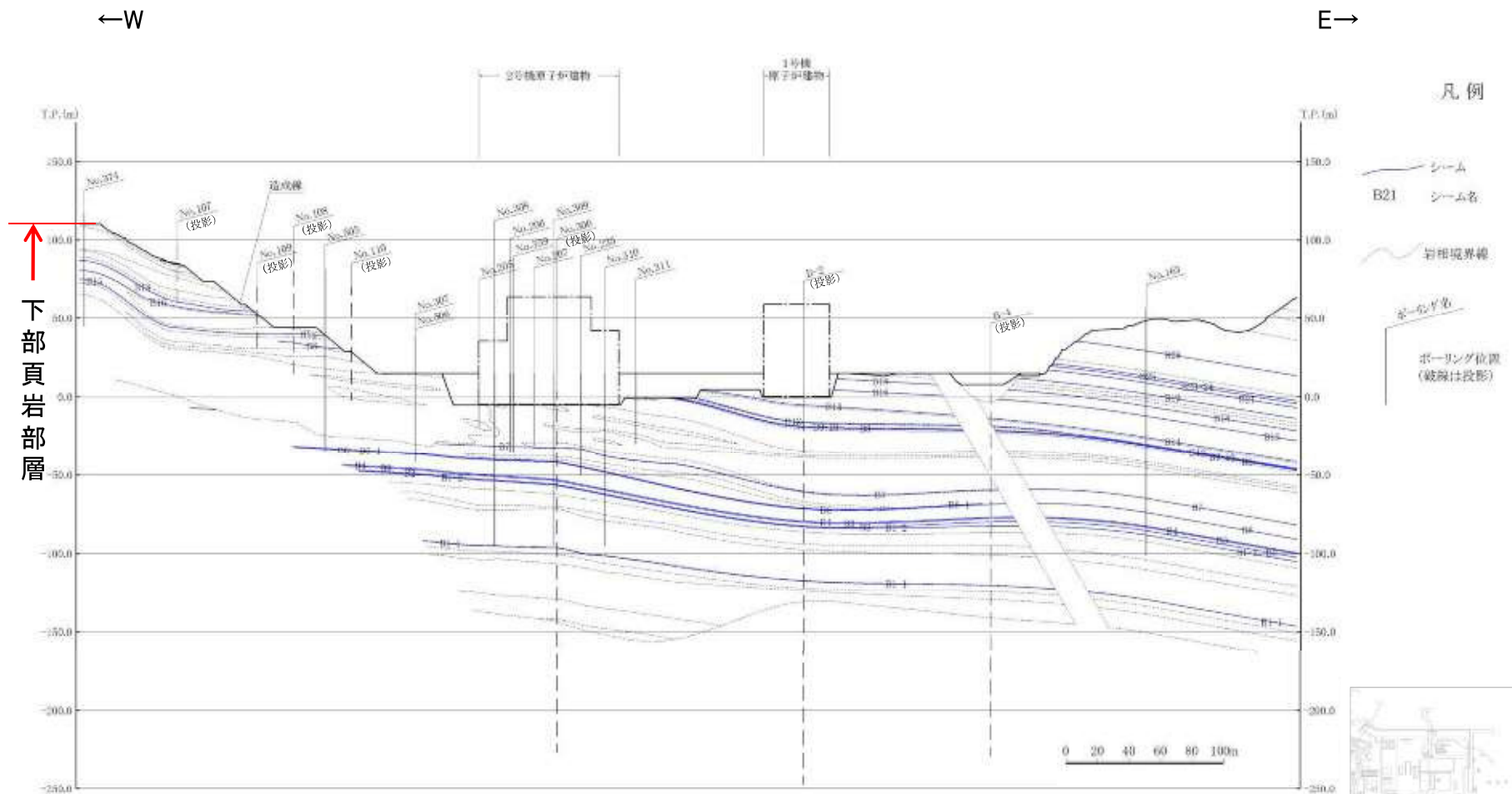
17



シーム分布鉛直断面図(2号炉原子炉建物基礎地盤(南北))

・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。

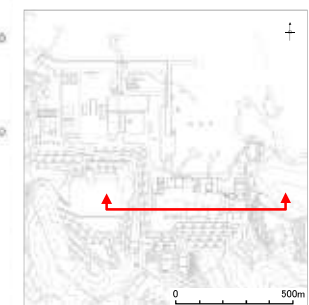
シーム分布鉛直断面図(2号炉原子炉建物東西断面)



※シームは相当層準を示す。

シーム分布鉛直断面図 (2号炉原子炉建物東西断面)

・シームは、地層の走向・傾斜と同一で、ほぼ水平に分布する。



地質の概要 まとめ

＜敷地の地質・地質構造＞

- ・敷地には、連続する破碎部や断層、耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の支持地盤を切る地滑り面は認められない。
- ・敷地には、北に傾斜する流れ盤構造を有する張り出し尾根地形が認められることから、斜面崩壊に影響する地形として、当該地形に着目して斜面の安定性評価を実施する。
- ・敷地には、平板状あるいは平面状の形態を持ち、この面に沿って変位している可能性のある薄い粘土層（シーム）が認められるが、将来活動する可能性のある断層等には該当しないことを確認している。

3. 基礎地盤の安定性評価

3. 1 評価方針

評価方針

・評価対象施設における基礎地盤の安定性評価について、設置許可基準規則に基づき、以下の項目について確認する。

＜地震力に対する基礎地盤の安定性評価における評価項目＞

評価対象施設が設置される地盤について、基礎地盤のすべり、基礎の支持力及び基礎底面の傾斜の観点から確認する。

1) 基礎地盤のすべり

- ・動的解析の結果に基づき、基礎地盤を通るすべり面を仮定し、そのすべり安全率を算定する。
- ・動的解析における時刻歴のすべり安全率が1.5を上回ることを確認する。
- ・なお、杭を介して岩盤で支持する施設は、周囲に分布する地下水位以深の埋戻土、盛土等の液状化特性を考慮した場合においても、杭本体が成立するように設計することから、基礎地盤のすべりとしては、杭体を貫通するようなすべりは仮定せず、杭基礎先端以深の基礎地盤を通るすべり面を対象とした評価を実施する。

2) 基礎の支持力

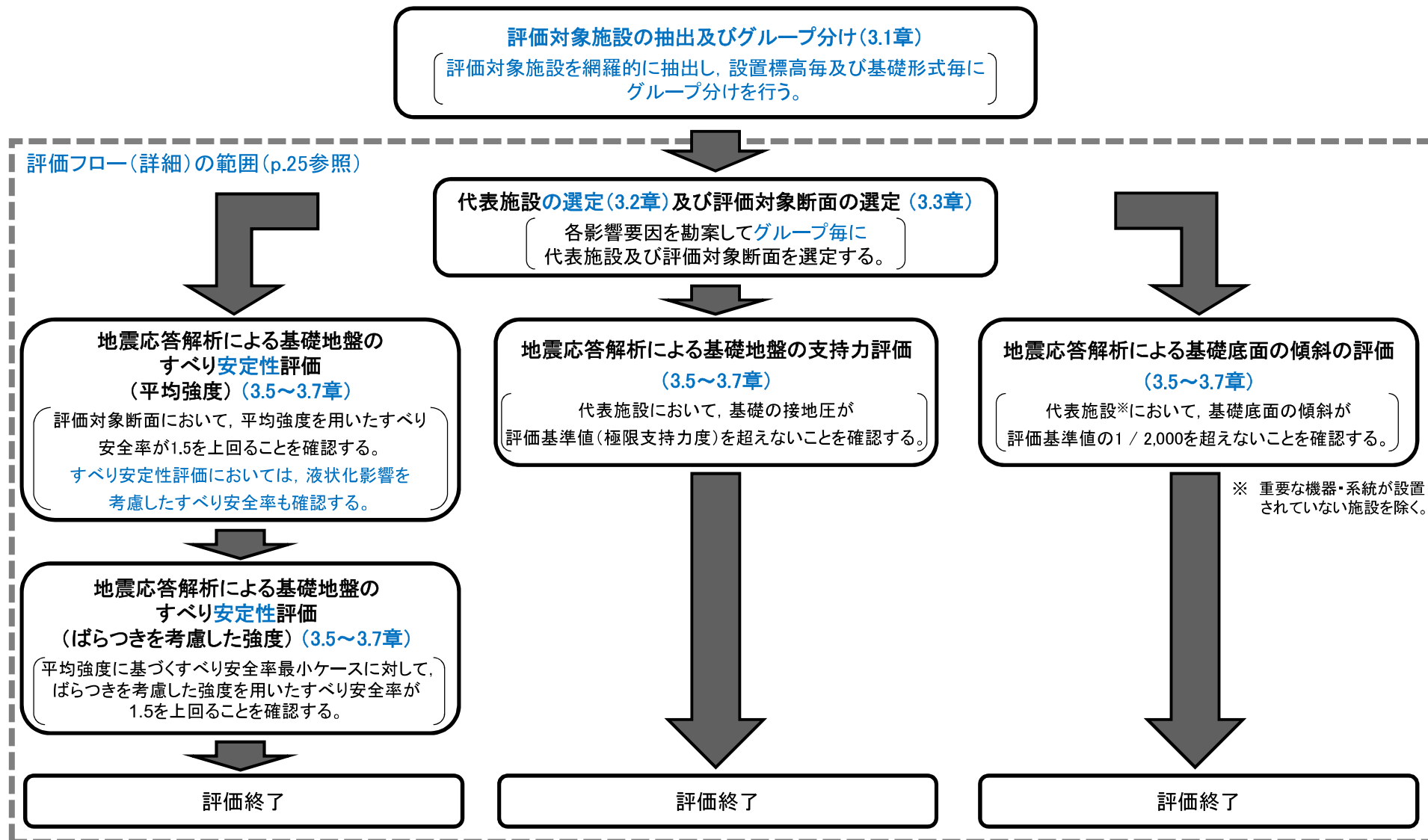
- ・原位置試験の結果等に基づいて基礎の支持力の評価基準値を設定する。
- ・動的解析の結果に基づいて算定した基礎の接地圧が評価基準値の目安を超えないことを確認する。

3) 基礎底面の傾斜

- ・動的解析の結果に基づいて求められた基礎底面の傾斜が評価基準値の目安を超えないことを確認する。
- ・一般建築物の構造的な障害が発生する限界値の目安を参考に、基礎底面の傾斜1/2,000を評価基準値に設定する。

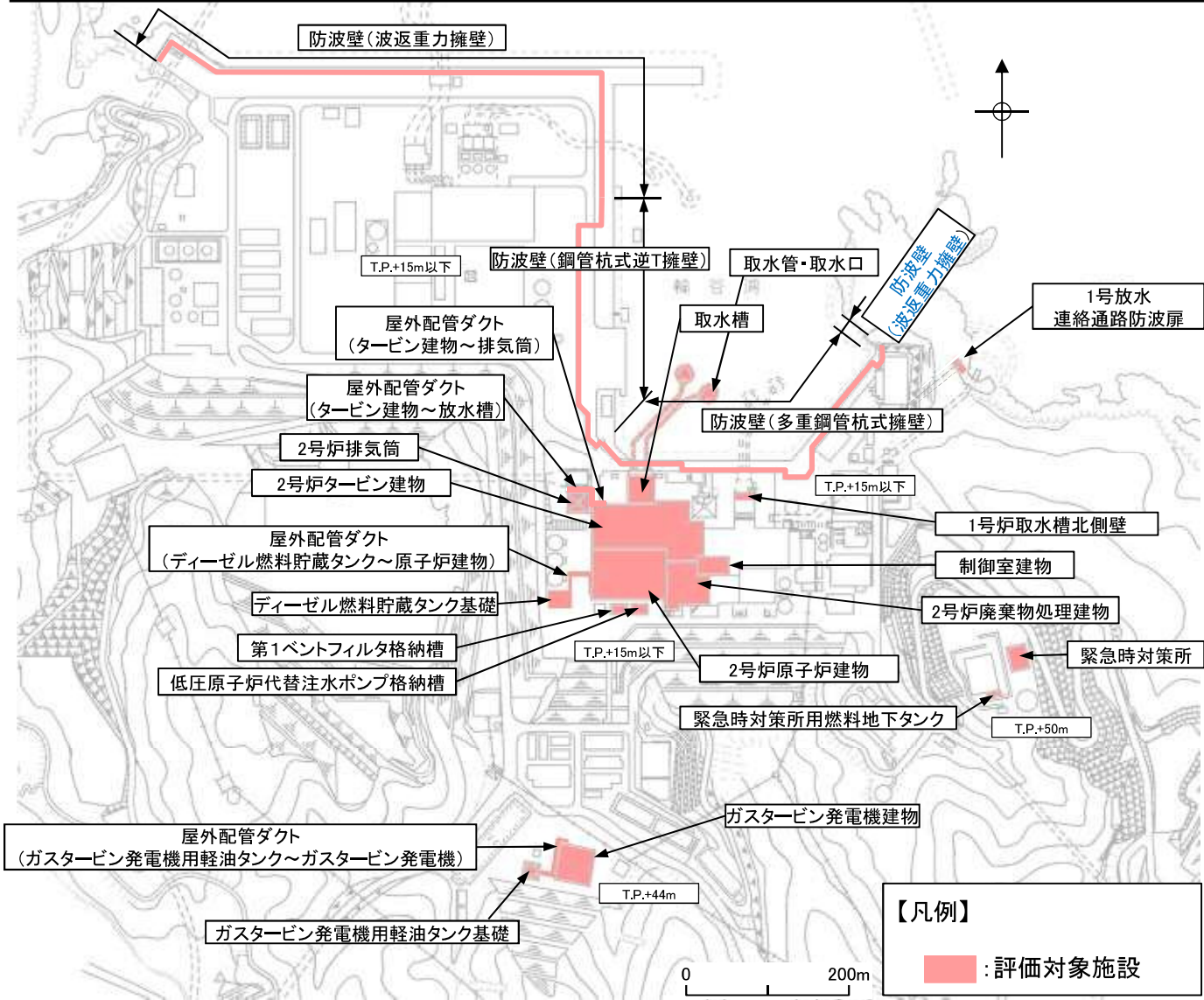
評価フロー(全体概要)

・基礎地盤の安定性評価の評価フロー(全体概要)を以下に示す。



評価対象施設の網羅的な抽出

・評価対象施設(「耐震重要施設」及び「重大事故等対処施設」)を以下に示す。

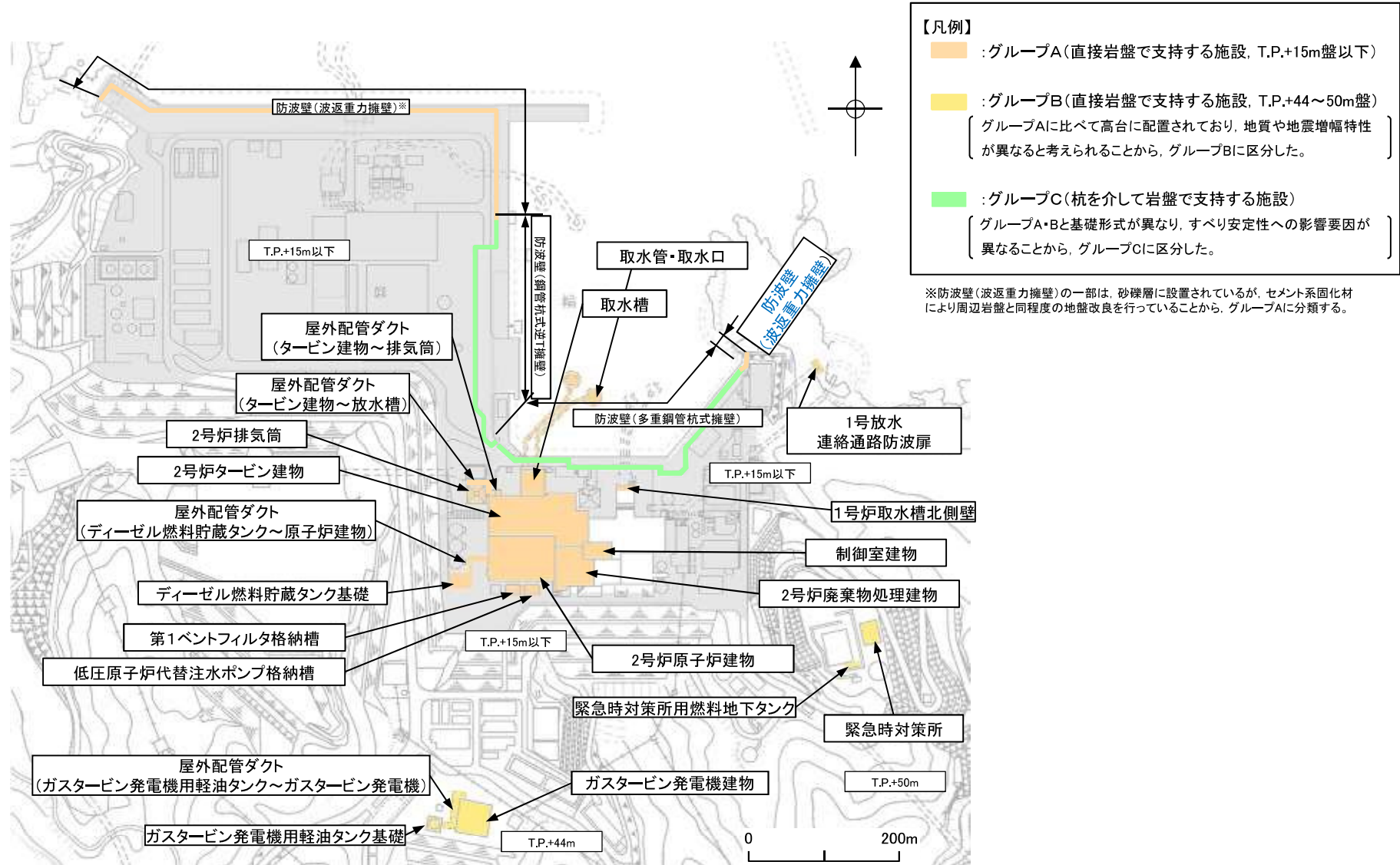


※耐震重要施設	2号炉原子炉建物
	2号炉タービン建物
	2号炉廃棄物処理建物
	制御室建物
	取水槽
	2号炉排気筒
	屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒)
	屋外配管ダクト(タービン建物~放水槽)
	1号放水連絡通路防波扉
	防波壁(波返重力擁壁)
	防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)
	防波壁(多重鋼管杭式擁壁)
	1号炉取水槽北側壁
	屋外配管ダクト(ディーゼル燃料貯蔵タンク~原子炉建物)
重大事故等対処施設	ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎
	第1ベントフィルタ格納槽
	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽
	取水槽
	ガスタービン発電機建物
	ガスタービン発電機用軽油タンク基礎
	屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)
	緊急時対策所
	緊急時対策所用燃料地下タンク

※ 重大事故等対処施設を兼ねる施設を含む。

評価対象施設のグループ分け

・評価対象施設については、設置標高毎及び基礎形式毎にグループA(直接岩盤で支持する施設, T.P.+15m盤以下), グループB(直接岩盤で支持する施設, T.P.+44~50m盤), 及びグループC(杭を介して岩盤で支持する施設)の3つのグループに分類した。



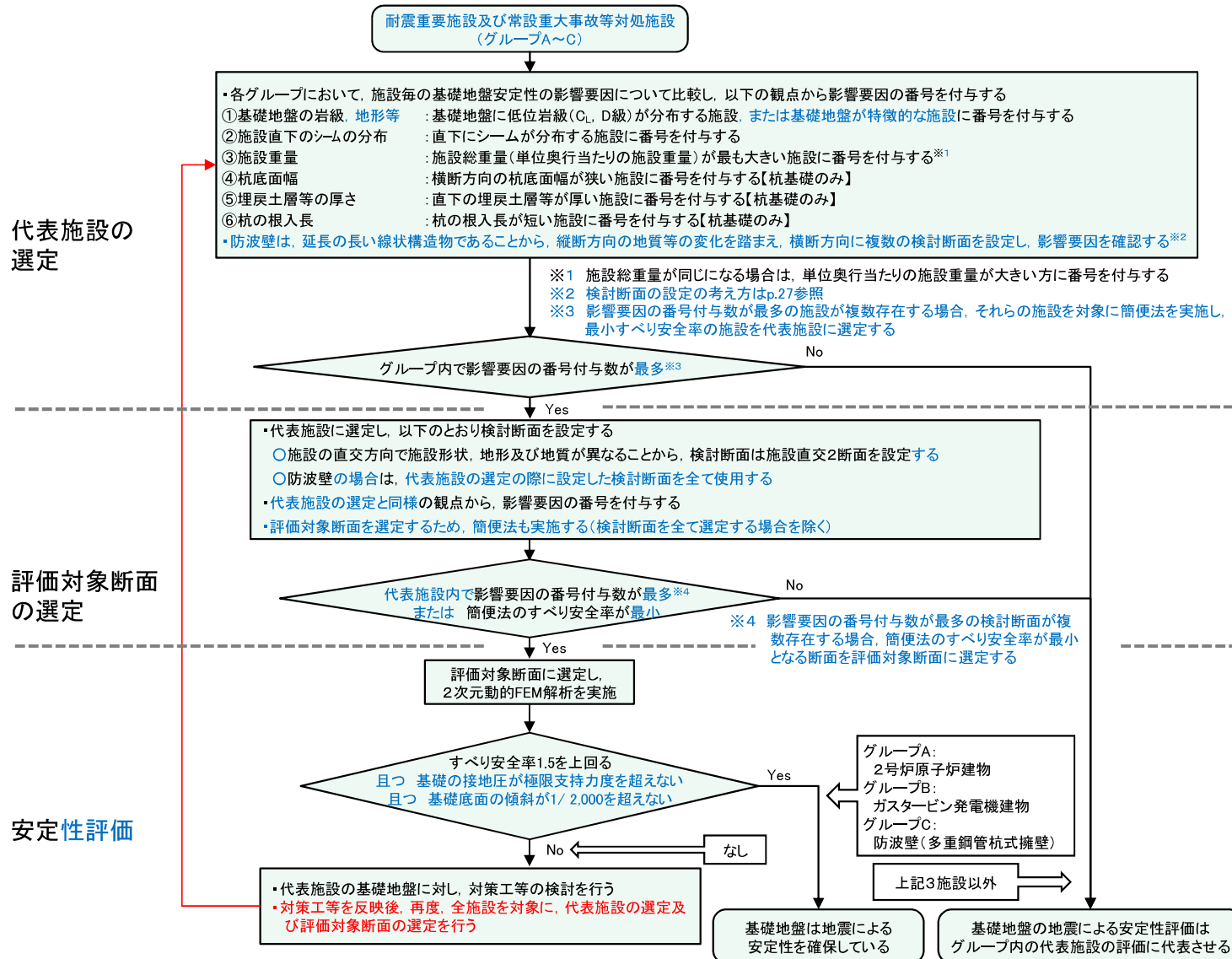
3. 基礎地盤の安定性評価 3.1 評価方針

評価フロー(詳細)

第868回審査会合
資料3-1 P25 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

25

・評価対象施設について、以下に示すフローに基づき、基礎地盤の安定性評価を行う。



代表施設の
選定

評価対象断面
の選定

安定性評価

3. 基礎地盤の安定性評価 3.1 評価方針

評価方法

第868回審査会合
資料3-1 P26 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

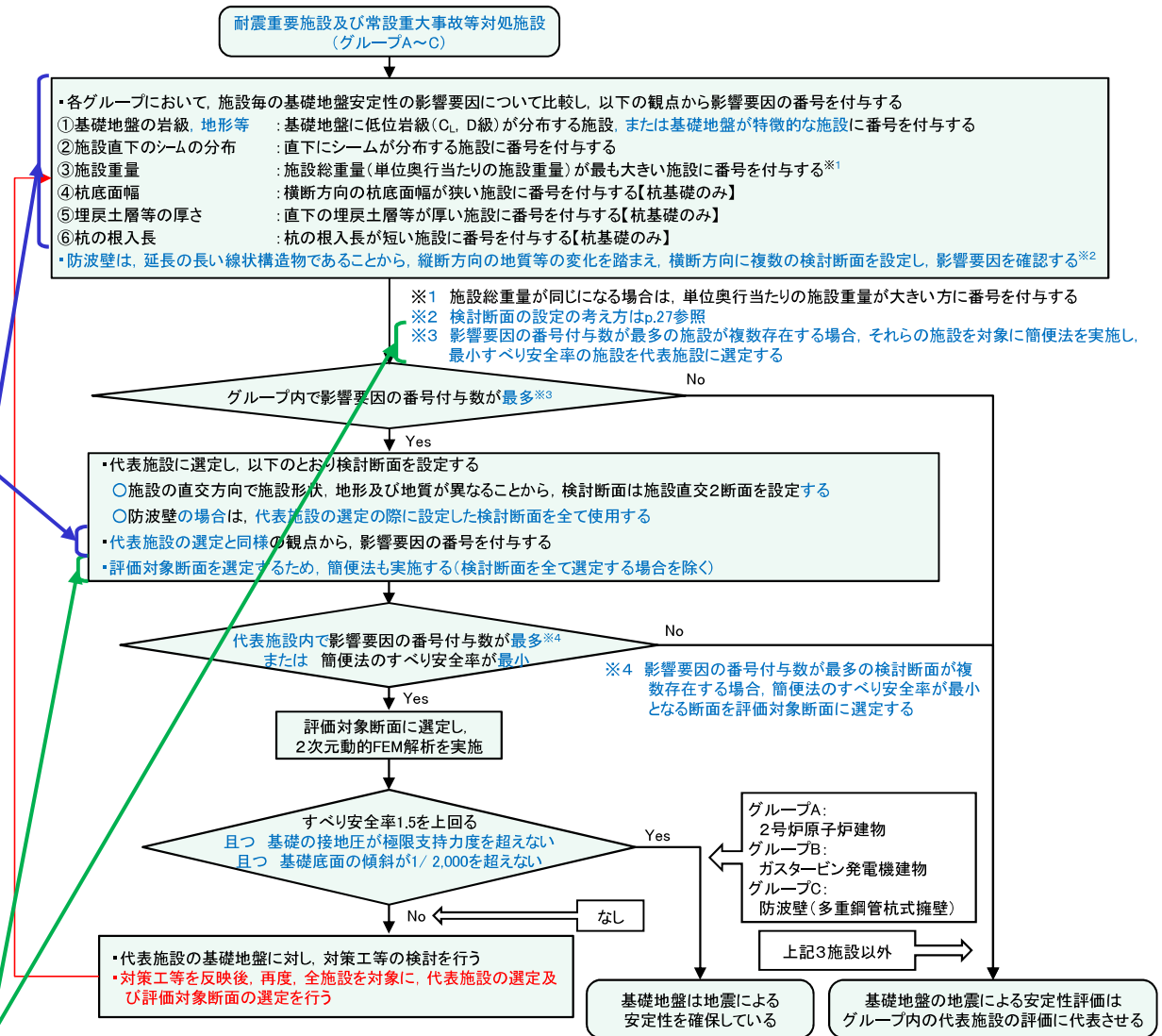
26

・代表施設及び**評価対象**断面の選定は、以下に示す影響要因及び簡便法のすべり安全率を踏まえて行う。

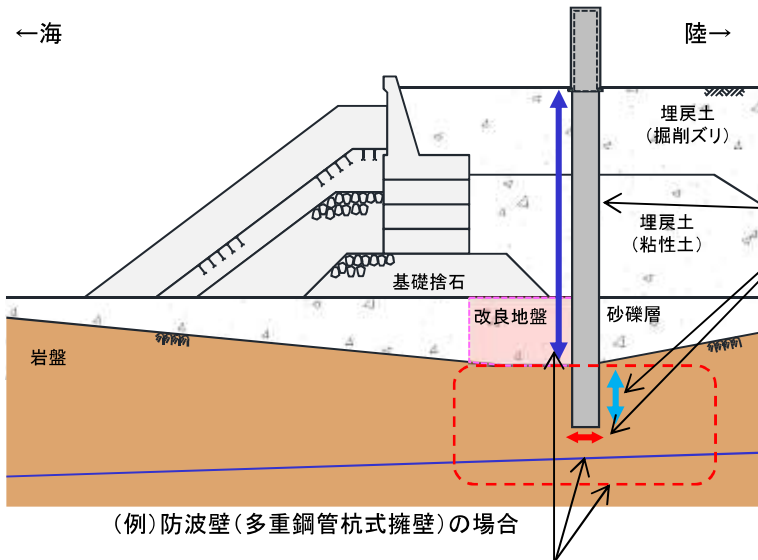
影響要因	内容
①基礎地盤の岩級、地形等	・C_L級、D級の低位岩級は、C_H級、C_M級の高位岩級に比べてせん断強度が低い。 ・基礎地盤周辺の地形が急勾配、砂地盤改良部に支持される等、基礎地盤が特徴的である場合、せん断強度が低くなる可能性がある。
②施設直下のシームの分布	・施設直下にシームが分布すると、シームによりすべり土塊が形成される可能性がある。
③施設重量 (単位奥行当たりの施設重量)	・施設重量(単位奥行当たりの施設重量)が大きいほど、慣性力により基礎地盤に作用する起動力が大きくなる。
④杭底面幅 【杭基礎のみ】	・底面すべりにおいて、横断方向の杭底面幅が狭いほど、せん断強度の大きい岩盤を通るすべり面が短くなり、せん断抵抗力が小さくなる。
⑤埋戻土層等の厚さ 【杭基礎のみ】	・埋戻土層等が厚いほど、杭下端を通るすべり土塊の重量が大きくなり、基礎地盤に作用する起動力が大きくなる。
⑥根入れ長 【杭基礎のみ】	・杭の根入れ長が短いほど、せん断強度の大きい岩盤を切り上げるすべり面が短くなり、せん断抵抗力が小さくなる。

【簡便法によるすべり安全率】

・JEAG4601-2015に基づく静的震度「 $K_H=0.2$, $K_V=0.1$ 」を用いた簡便法により、すべり安全率を算定する。



防波壁における検討断面の設定の考え方



STEP1: 施設の構造毎の区分

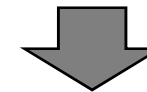
施設の構造により施設重量、杭底面幅、根入れ長等が変わることから、縦断面図において、基礎地盤の安定性評価の観点から施設の構造で区分する。

関連する影響要因:

影響要因③: 単位奥行当たりの施設重量

影響要因④: 杭底面幅【杭基礎のみ】

影響要因⑥: 根入れ長【杭基礎のみ】

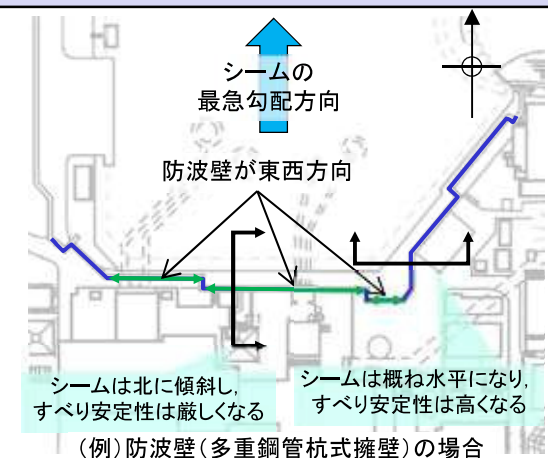


STEP2: 検討断面の設定

施設の区分毎に、以下の観点からすべり安定性が厳しいと考えられる検討断面を設定する。

- ・縦断面図において、C_L級、D級岩盤が分布する等により、相対的にせん断強度の低くなる箇所、もしくは基礎地盤が改良地盤等の特徴的である箇所
- ・施設直下にシームの浅い箇所、多く分布する箇所
- ・埋戻土層等が厚く、すべり土塊の重量及び起動力が大きくなる箇所

〔島根サイトのシームは北方向に緩く傾斜しており、すべり安定性が厳しくなると考えられる断面方向は南北方向となることから、防波壁が東西方向の範囲(検討断面は南北方向となる)において検討断面を設定する(右図参照)。〕



関連する影響要因:

影響要因①: 基礎地盤の岩級、地形等

影響要因②: 施設直下のシームの分布

影響要因⑤: 埋戻土層等の厚さ【杭基礎のみ】

3. 基礎地盤の安定性評価

3. 2 代表施設の選定

グループA(直接岩盤で支持する施設, T.P.+15m盤以下)の選定結果 (1/2)

・直接岩盤で支持する施設のうち, T.P.+15m以下に設置された施設について下表の比較を行った結果, 2号炉原子炉建物を代表施設に選定した。(詳細はP.31～42参照)

評価対象施設	影響要因			該当する 影響要因	簡便法 の最小 すべり 安全率	選定理由
	① 基礎地盤 の岩級, 地形等	② 施設直下 のシームの 分布	③ 施設総重量(MN) (単位奥行当たりの 施設重量※1(MN/m))			
代表施設に選定 2号炉原子炉建物	C _M ～C _H 級	あり	3,278 (46.82)	②, ③	2.82	・施設直下にシームが分布していること及び施設総重量が最大である。 ・影響要因の番号付与数が最多であるため, 簡便法を実施した結果, すべり安全率は最小である。 以上のことから, 代表施設に選定する。
2号炉タービン建物	C _L ～C _H 級	あり	2,112 (41.08)	①, ②	4.83	・2号炉原子炉建物に比べ, 局所的にC _L 級岩盤が分布するが, C _H 級が主体であり, 施設総重量が小さい。 ・影響要因の番号付与数が2号炉原子建物と同数で最多であるため, 簡便法を実施した結果, すべり安全率は2号炉原子炉建物より大きい。 以上のことから, 2号炉原子炉建物の評価に代表させる。
2号炉廃棄物処理建物	C _M ～C _H 級	あり	1,167 (21.26)	②	—	・2号炉原子炉建物に比べ, 岩級及びシームの分布状況は同等であるが, 施設総重量が小さいことから, 2号炉原子炉建物の評価に代表させる。
取水槽			382 (11.76)			
低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽			97 (7.27)			
第1ベントフィルタ格納槽			95 (7.06)			
取水管			3 (0.68)			
ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎	C _M 級	あり	36 (1.88)	②	—	・2号炉原子炉建物に比べ, 岩級はC _M 級であるが, 施設総重量が小さいことから, 2号炉原子炉建物の評価に代表させる。
屋外配管ダクト(ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物)	C _H 級	あり	13 (4.79)	②	—	・2号炉原子炉建物に比べ, シームの分布状況は同等であるが, 岩級はC _H 級であること, 及び施設総重量も小さいことから, 2号炉原子炉建物の評価に代表させる。

■ : 番号を付与する影響要因

■ : 影響要因の番号付与が多い

■ : 選定した代表施設

※1 施設総重量を施設の短辺方向の延長で除した値を記載。

3. 基礎地盤の安定性評価 3.2 代表施設の選定

第868回審査会合資料3-1 P30 加筆・修正※修正箇所を青字で示す

30

グループA(直接岩盤で支持する施設, T.P.+15m盤以下)の選定結果 (2/2)

評価対象施設	影響要因			該当する 影響要因	簡便法 の最小 すべり 安全率	選定理由
	① 基礎地盤 の岩級、 地形等	② 施設直下 のシームの 分布	③ 施設総重量(MN) (単位奥行当たりの 施設重量※1(MN/m))			
制御室建物	C _H 級	あり	132 (6.00)	②	—	・2号炉原子炉建物に比べ、シームの分布状況は同等であるが、岩級はC _H 級であること、及び施設総重量も小さいことから、2号炉原子炉建物の評価に代表させる。
取水口			2 (0.10)			
2号炉排気筒	C _M ～C _H 級 基礎地盤 が特徴的	あり	119 (4.16)	①, ②	8.96	・2号炉原子炉建物に比べ、基礎地盤が特徴的(基礎地盤周辺の地形形状が急勾配)であり、岩級及びシームの分布状況は同等であるが、施設総重量が小さい。 ・影響要因の番号付与数が2号炉原子建物と同数で最多であるため、簡便法を実施した結果、すべり安全率は2号炉原子炉建物より大きい。 以上のことから、2号炉原子炉建物の評価に代表させる。
屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽)			18 (2.57)			
屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)			8 (1.24)			
1号炉取水槽北側壁	C _M ～C _H 級	あり	4 (4.08)	②	—	・2号炉原子炉建物に比べ、岩級及びシームの分布状況は同等であるが、施設総重量が小さいことから、2号炉原子炉建物の評価に代表させる。
1号放水連絡通路防波扉	C _M ～C _H 級	なし	6 (0.98)	—	—	・2号炉原子炉建物に比べ、岩級は同等であるが、シームが分布しないこと及び施設総重量も小さいことから、2号炉原子炉建物の評価に代表させる。
防波壁(波返重力擁壁)※4	C _M ～C _H 級 基礎地盤 が特徴的	あり	145※2 (7.27※3)	①, ②	4.30	・2号炉原子炉建物に比べ、基礎地盤が特徴的(一部、砂地盤改良部に支持される、P.39参照)であり、岩級及びシームの分布状況は同等であるが、施設総重量が小さい。 ・影響要因の番号付与数が2号炉原子建物と同数で最多であるため、簡便法を実施した結果、すべり安全率は2号炉原子炉建物より大きい。 以上のことから、2号炉原子炉建物の評価に代表させる。

：番号を付与する影響要因

※1 施設総重量を施設の短辺方向の延長で除した値を記載。

※2 1ブロック当たりの値を示す。

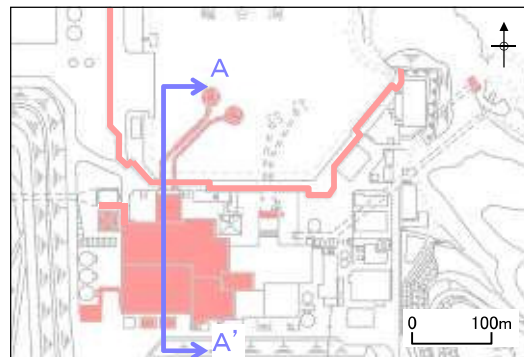
※3 1ブロック当たりの施設重量を縦断方向の延長(20m)で除した値を記載。

※4 防波壁(波返重力擁壁)は延長が長く、縦断方向に地質等が変化することから、影響要因②、③については、それぞれ最も厳しい諸元を記載。

：影響要因の番号付与が多い

2号炉原子炉建物, 2号炉タービン建物等の比較結果 グループA

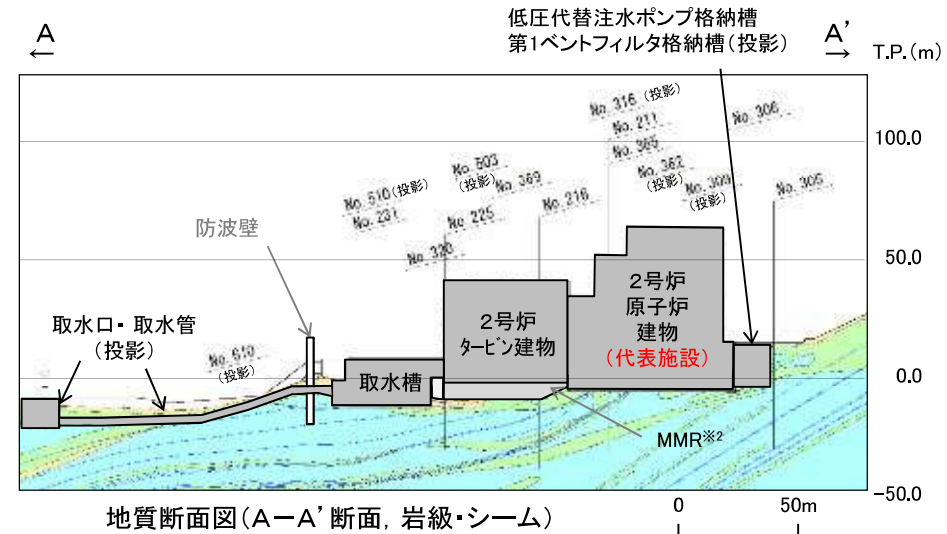
- ・2号炉原子炉建物は、 $C_M \sim C_H$ 級の岩盤(成相寺層)が主体であり、施設直下にシームが分布していること、施設総重量が最大であること、影響要因の番号付与数が同数である2号炉タービン建物、2号炉排気筒、屋外配管ダクト(タービン建物～放水槽、タービン建物～排気筒)及び防波壁(波返重力擁壁)に比べ、簡便法のすべり安全率が小さいことから、代表施設に選定した。(P41,42参照)
- ・タービン建物は、2号炉原子炉建物に比べ、局所的に C_L 級岩盤が分布するが、 C_H 級が主体であり、施設総重量が小さい。影響要因の番号付与数が最多で2号炉原子炉建物と同数であるため、簡便法を実施した結果、すべり安全率は2号炉原子炉建物より大きい。(P41,42参照)
- ・以上のことから、2号炉原子炉建物の評価に代表させる。
- ・取水槽等※1は、2号炉原子炉建物に比べ、岩級及びシームの分布状況は同等であるが、施設総重量が小さいことから、2号炉原子炉建物の評価に代表させる。
- ・取水口は、2号炉原子炉建物に比べ、シームの分布状況は同等であるが、岩級は C_H 級であること、及び施設総重量も小さいことから、2号炉原子炉建物の評価に代表させる。



評価対象施設配置図 評価対象施設



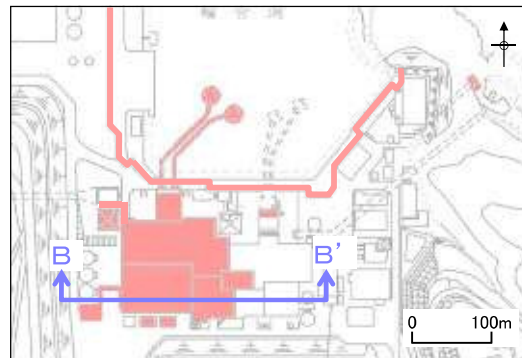
※1 取水槽、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽、第1ベントフィルタ格納槽及び取水管を示す。



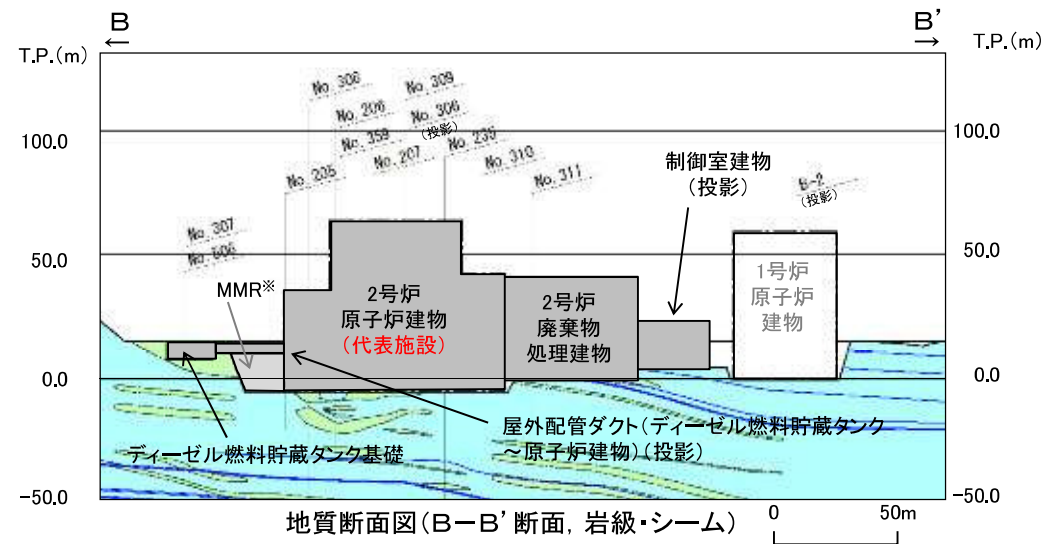
※2 マンメイドロック(人工岩盤)の略称

2号炉廃棄物処理建物, ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎等の比較結果 グループA

- ・2号炉廃棄物処理建物は, 2号炉原子炉建物に比べ, 岩級及びシームの分布状況は同等であるが, 施設総重量が小さいことから, 2号炉原子炉建物の評価に代表させる。
- ・ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎は, 2号炉原子炉建物に比べ, 岩級はC_M級であるが, 施設総重量が小さいことから, 2号炉原子炉建物の評価に代表させる。
- ・屋外配管ダクト(ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物)は, 2号炉原子炉建物に比べ, シームの分布状況は同等であるが, 岩級はC_H級であること, 及び施設総重量も小さいことから, 2号炉原子炉建物の評価に代表させる。
- ・制御室建物は, 2号炉原子炉建物に比べ, 岩級及びシームの分布状況は同等であるが, 施設総重量が小さいことから, 2号炉原子炉建物の評価に代表させる。



評価対象施設配置図 ■: 評価対象施設

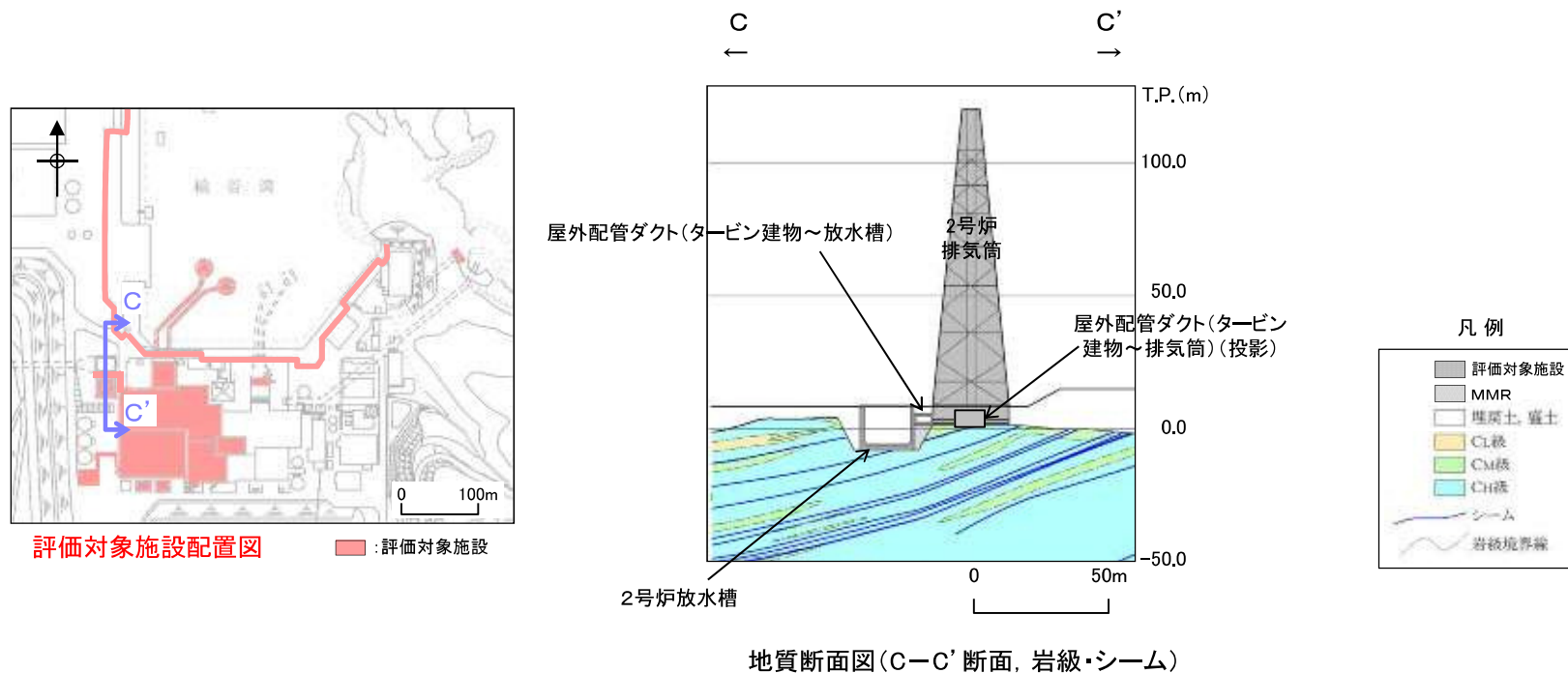


※ マンメイドロック(人工岩盤)の略称

2号炉排気筒, 屋外配管ダクト(タービン建物～放水槽)等の比較検討結果 グループA

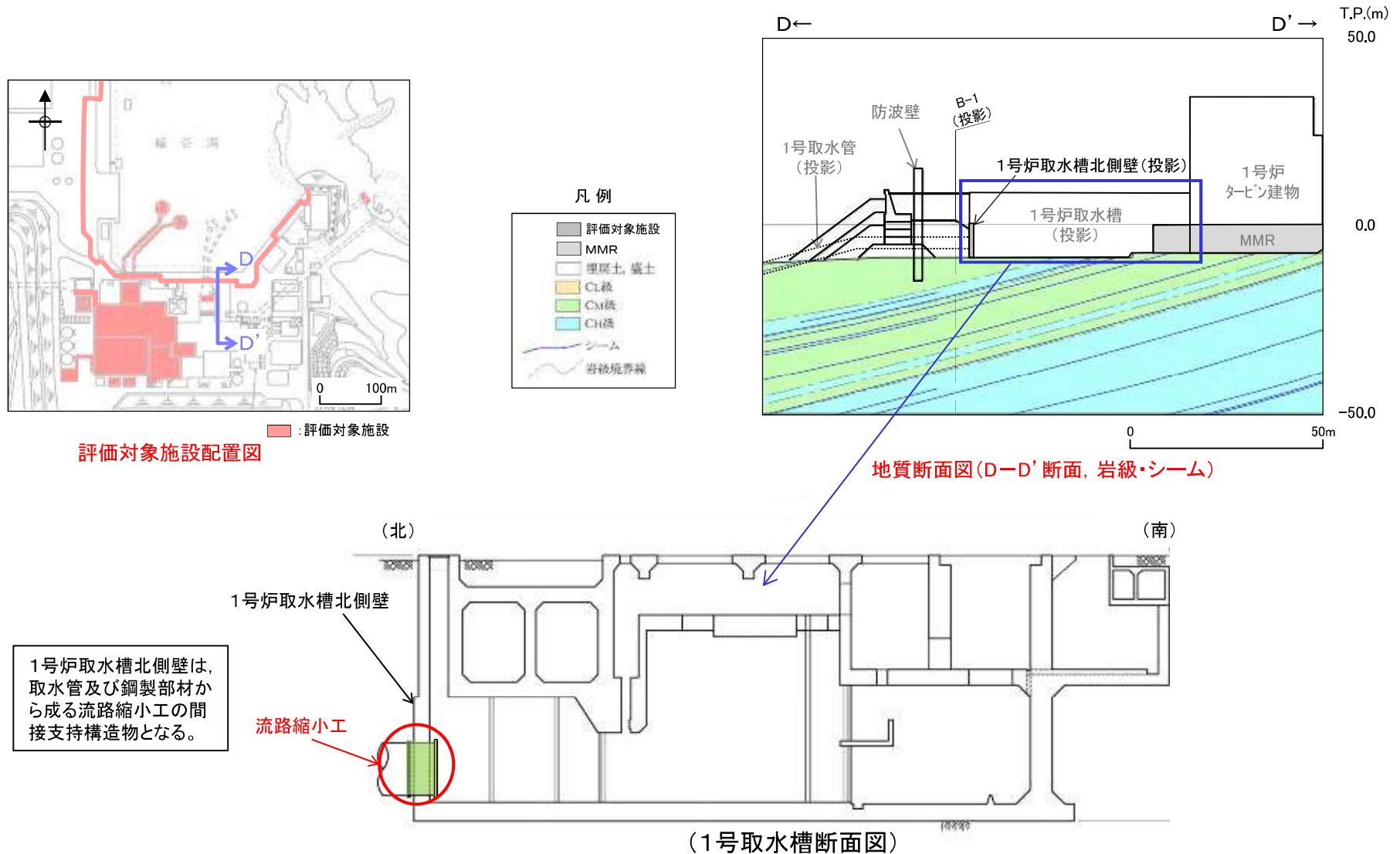
- ・2号炉排気筒, 屋外配管ダクト(タービン建物～放水槽)及び屋外配管ダクト(タービン建物～排気筒)は, 2号炉原子炉建物に比べ, 基礎地盤が特徴的(基礎地盤周辺の地形形状が急勾配)であり, 岩級及びシームの分布状況は同等であるが, 施設総重量が小さい。
- ・影響要因の番号付与数が2号炉原子炉建物と同数で最多であるため, 簡便法を実施した結果, すべり安全率は2号炉原子炉建物より大きい。(P41,42参照)

以上のことから, 2号炉原子炉建物の評価に代表させる。



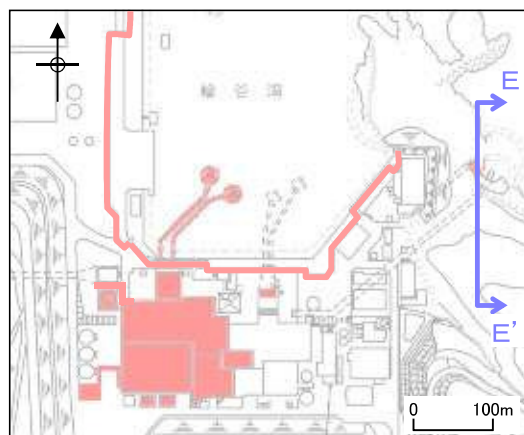
1号炉取水槽北側壁の比較結果 グループA

・1号炉取水槽北側壁は、2号炉原子炉建物に比べ、岩級及びシームの分布状況は同等であるが、施設総重量が小さいことから、2号炉原子炉建物の評価に代表させる。



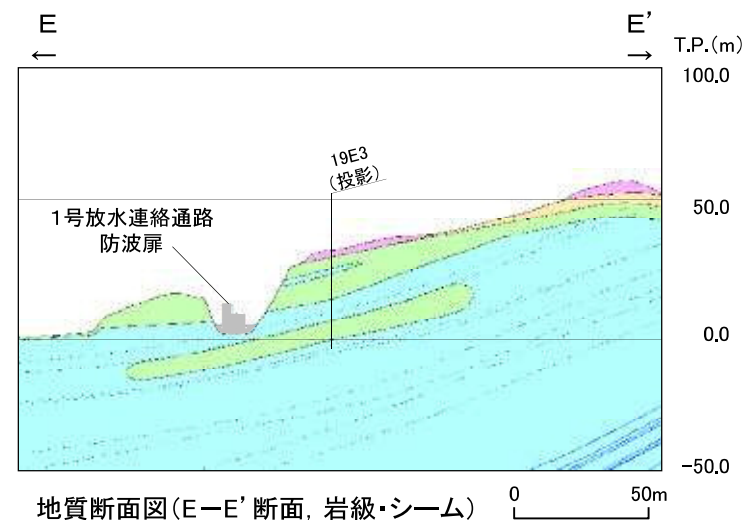
1号放水連絡通路防波扉の比較結果 グループA

- ・1号放水連絡通路防波扉は、2号炉原子炉建物に比べ、岩級は同等であるが、シームが分布しないこと及び施設総重量も小さいことから、2号炉原子炉建物の評価に代表させる。



評価対象施設配置図

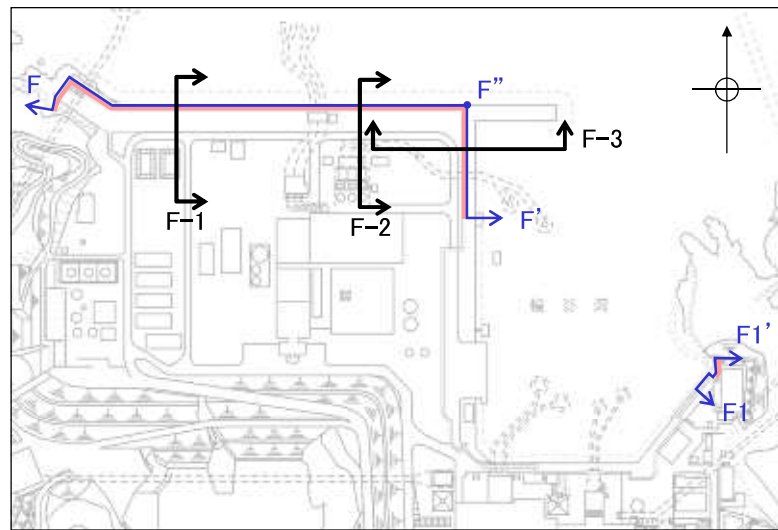
■ : 評価対象施設



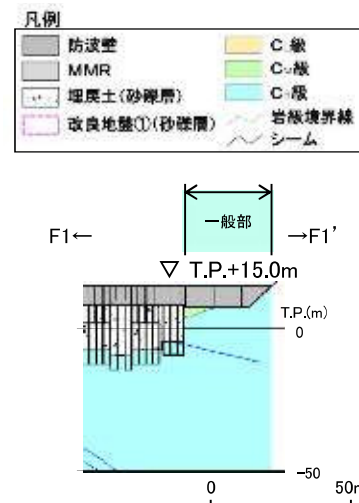
余白

防波壁(波返重力擁壁)の検討断面の設定 グループA

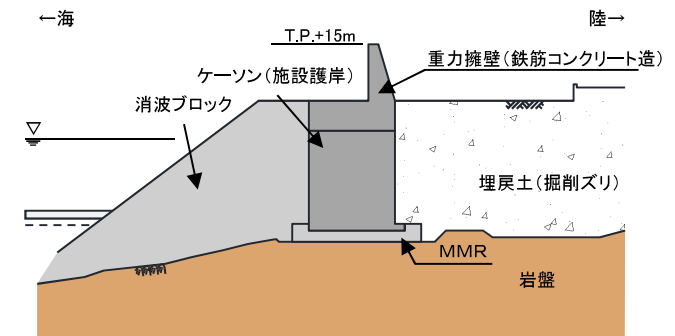
- ・防波壁(波返重力擁壁)は、基礎地盤の安定性評価の観点から、縦断方向に施設の構造は同様である(補足説明資料8章を参照)。
- ・すべり安全率が厳しい検討断面を設定する観点から、基礎地盤に着目し、埋戻土層等が最も厚いF-2断面、改良地盤に支持されるF-1断面、及びC_M級岩盤が最も厚いF-3断面の計3断面を検討断面に設定した。(設定理由の詳細は次頁参照)



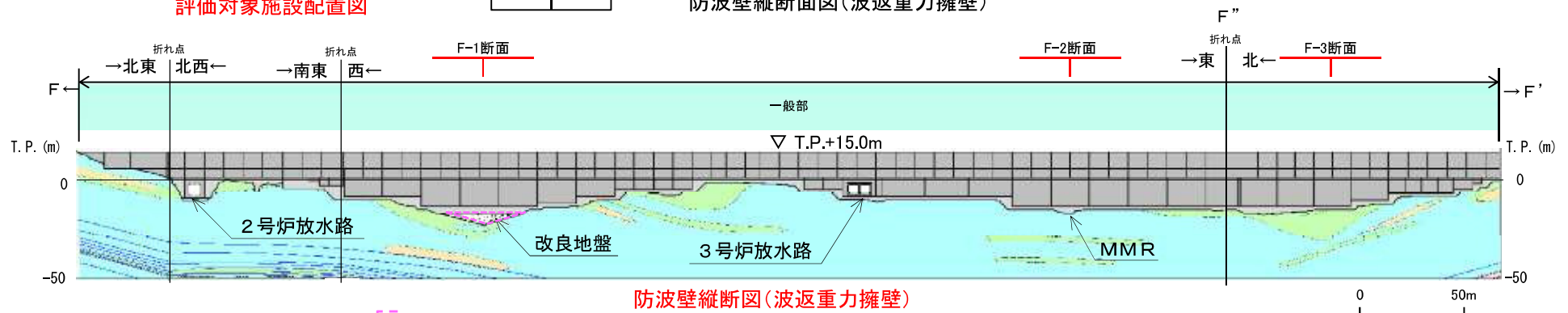
評価対象施設配置図



防波壁縦断面図(波返重力擁壁)



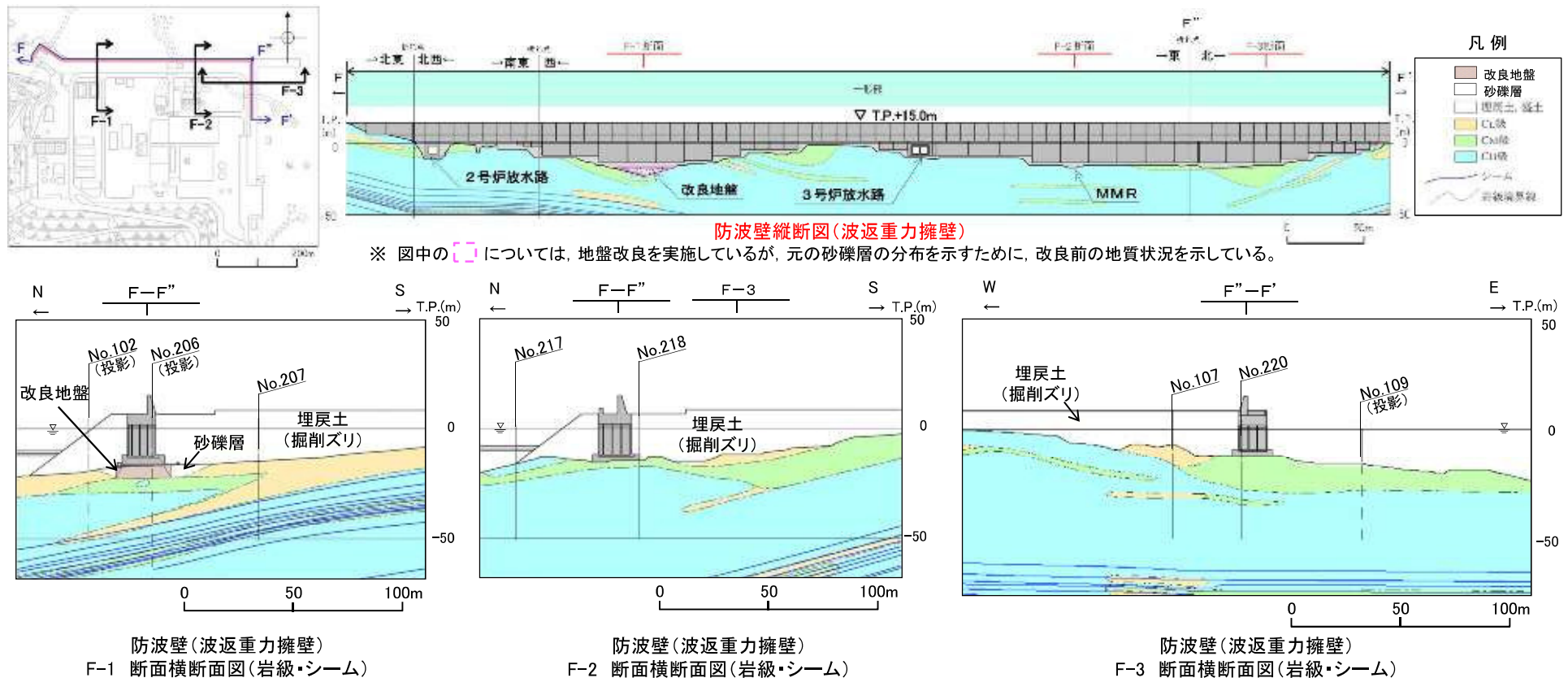
防波壁(波返重力擁壁(岩盤部))標準断面図



防波壁縦断面図(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)の検討断面の設定(詳細)及び比較結果 グループA



- ・防波壁(波返重力擁壁)のうち、砂地盤改良部にケーソンを設置している区間において、埋戻土層等が最も厚いF-1断面を検討断面に設定する。
- ・防波壁(波返重力擁壁)のうち、埋戻土層等が最も厚いF-2断面を検討断面に設定する。
- ・防波壁(波返重力擁壁)のうち、基礎地盤にC_M級が分布し、その層厚が最も厚いF-3断面を検討断面に設定する。
- ・検討断面F-1～3断面の地質状況等を確認した結果、防波壁(波返重力擁壁)は、2号炉原子炉建物に比べ、基礎地盤が特徴的(一部、砂地盤改良部に支持される、次頁参照)であり、岩級及びシームの分布状況は同等であるが、施設総重量が小さい。
- ・F-2及びF-3断面は、F-1断面に比べ、岩盤に支持され、岩級及び埋戻土層等の層厚は同等以下であることから、F-1の評価に代表できる。
- ・影響要因の番号付与数が2号炉原子炉建物と同数で最多であるため、F-1～3断面のうち、砂地盤改良部に支持されるF-1断面において簡便法を実施した結果、すべり安全率は2号炉原子炉建物より大きい。(P41, 42参照)

以上のことから、2号炉原子炉建物の評価に代表させる。

防波壁(波返重力擁壁)の改良地盤について

- ・改良地盤部で実施したPS検層(サスペンション)により、岩盤部(支持地盤)と概ね同等の速度層に改良されていることを確認した。
- ・改良地盤部のP波速度、S波速度は、概ね岩盤部(C_M 級岩盤)と同程度の値であり、速度層区分と比較すると、第[2]層から第[3]層程度の値である。

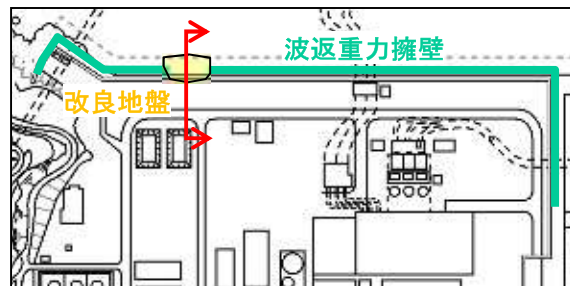
試験位置 深度(m)	No. 1			No. 2		
	Vp (m/s)	Vs (m/s)	層区分	Vp (m/s)	Vs (m/s)	層区分
23	4,329	2,232	ケーソン底盤 (コンクリート)	3,831	1,290	ケーソン底盤 (コンクリート)
24	3,003	1,245	24.4	2,833	853	23.8
25	3,195	1,543	改良地盤	3,413	1,222	改良地盤
26	3,165	1,560		3,378	1,086	
27	3,268	1,783	27.1	3,472	1,031	26.5
28	-	-	岩盤	3,676	1,404	岩盤
29	-	-		3,676	1,326	
30	-	-		3,663	1,368	

改良地盤と岩盤のPS検討結果の比較
(平均値、括弧内は上下限值)

	P波速度 Vp (km/s)	S波速度 Vs (km/s)
改良地盤	3.2 (2.833~3.413)	1.3 (853~1.560)
岩盤	3.6 (3.472~3.676)	1.3 (1.031~1.404)

※ 改良地盤と岩盤の境界部の値は除く

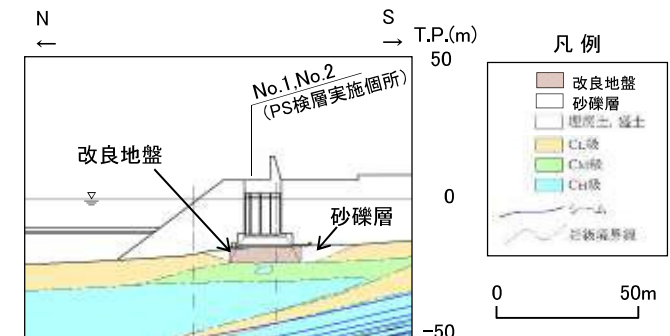
第[2]層 ($C_L \sim C_M$ 級岩盤)	2.1	0.9
第[3]層 ($C_M \sim C_H$ 級岩盤)	3.6	1.6



位置図



PS検層実施箇所



砂地盤改良部断面図(岩級・シーム)

余白

簡便法の比較検討結果

評価対象施設	影響要因			該当する 影響要因	簡便法の 最小すべり安全率
	① 基礎地盤 の岩級, 地形等	② 施設直下 のシームの分布	③ 施設総重量(MN) (単位奥行当たりの施設重量※ ¹ (MN/m))		
2号炉原子炉建物	C _M ～C _H 級	あり	3,278 (46.82)	②, ③	2.82
2号炉タービン建物	C _L ～C _H 級	あり	2,112 (41.08)	①, ②	4.83
2号炉排気筒	C _M ～C _H 級 基礎地盤が特徴的	あり	119 (4.16)	①, ②	8.96
屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽)			18 (2.57)		
屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)			8 (1.24)		
防波壁(波返重力擁壁)※ ⁴	C _M ～C _H 級 基礎地盤が特徴的	あり	145※ ² (7.27※ ³)	①, ②	4.30

※¹ 施設総重量を施設の短辺方向の延長で除した値を記載。

※² 1ブロック当たりの値を示す。

※³ 1ブロック当たりの施設重量を縦断方向の延長(20m)で除した値を記載。

※⁴ 防波壁(波返重力擁壁)は延長が長く、縦断方向に地質等が変化することから、影響要因②、③については、それぞれ最も厳しい諸元を記載。

【検討方法】

- ・ 影響要因の番号付与数が最多の施設が複数存在することから、簡便法によりすべり安全率を算定し、比較検討を行った。
- ・ 簡便法は、JEAG4601-2015に基づく静的震度「 $K_H=0.2$, $K_V=0.1$ 」を用い、2次元動的FEM解析のすべり面の設定と同様の考え方によりパラメトリックに設定した。
- ・ 施設重量は、断面図上の耐震重要施設等を考慮し、耐震性の確認されていない施設は考慮しないこととした。

【検討結果】

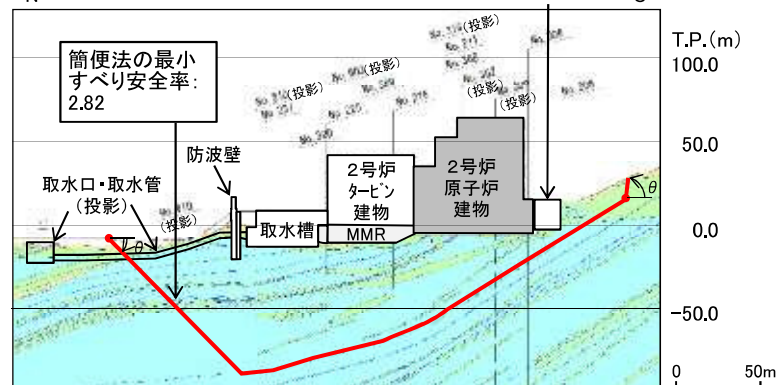
- ・ 簡便法の結果、2号炉原子炉建物のすべり安全率が2.82となり、2号炉タービン建物、2号炉排気筒等よりも小さいことを確認した。

3. 基礎地盤の安定性評価 3.2 代表施設の選定

42

簡便法のすべり安全率

←N 低压代替注水ポンプ格納槽, 第1ベントフィルタ格納槽(投影) S→

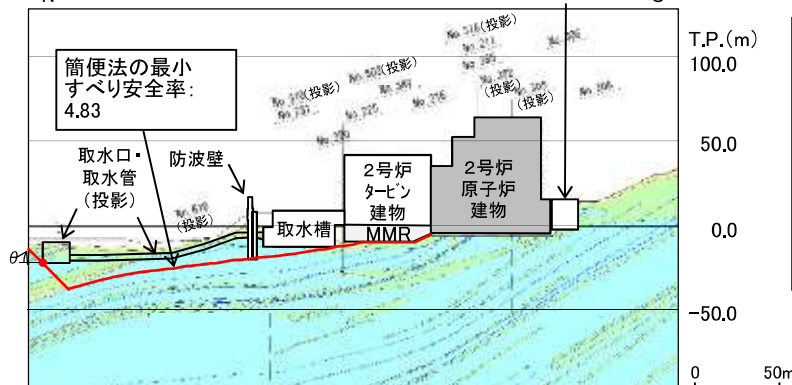


角度(°)	左	15	20	25	30	35	40	45
	右	80	80	80	80	80	80	80
すべり安全率		7.07	6.02	4.89	4.14	3.59	3.14	2.82

※最小すべり安全率を○で示す。右側は30～85°の最小値となる80°を記載。
※評価対象施設である2号炉タービン建物, 2号炉原子炉建物, 取水槽等の施設重量を考慮した。

2号炉原子炉建物(南北) 地質断面図(岩級・シーム)

←N 低压代替注水ポンプ格納槽, 第1ベントフィルタ格納槽(投影) S→

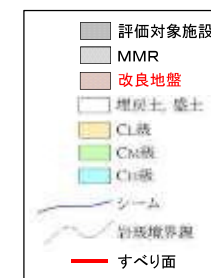


角度(°)	15	20	25	30	35	40	45
すべり安全率	7.34	6.45	5.89	5.46	5.13	4.97	4.83

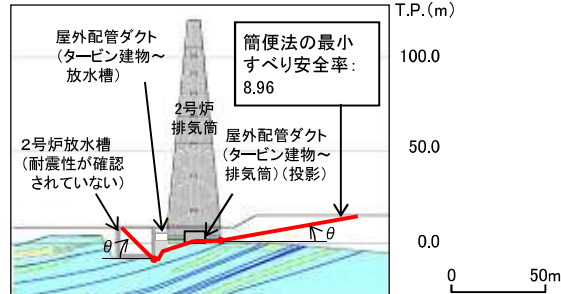
※最小すべり安全率を○で示す。
※評価対象施設である2号炉タービン建物, 2号炉原子炉建物, 取水槽等の施設重量を考慮した。

2号炉タービン建物 地質断面図(岩級・シーム)

凡 例



←N S→

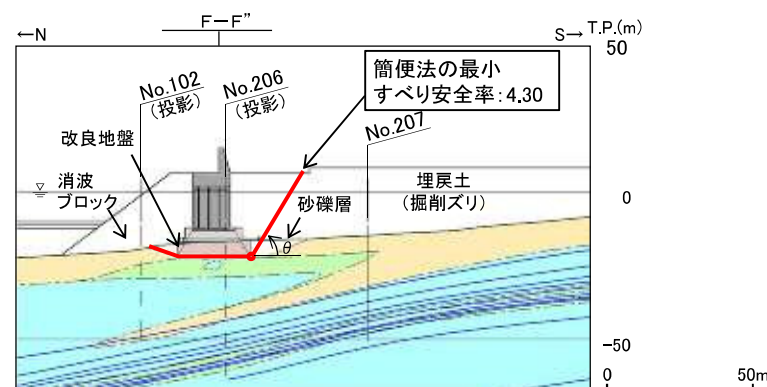


角度(°)	左	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	右	5	10	15	20	25	30	35	40	45
すべり安全率		9.04	8.96	9.18	9.54	10.03	10.64	11.35	11.28	11.29

角度(°)	左	45	45	45	45	45	45	45
	右	50	55	60	65	70	75	80
すべり安全率		11.41	11.56	11.72	11.90	12.09	12.29	12.49

※最小すべり安全率を○で示す。左側は15～45°の最小値となる45°を記載。
※耐震性が確認されていない2号炉放水槽を埋戻土でモデル化し, 2号炉排気筒及び屋外配管ダクト(タービン建物～放水槽)の施設重量を考慮した。

2号炉排気筒等 地質断面図(岩級・シーム)



角度(°)	15	20	25	30	35	40	45	50
すべり安全率	4.41	4.30	4.34	4.46	4.63	4.87	5.20	5.62

角度(°)	55	60	65	70	75	80	85
すべり安全率	6.13	6.72	7.49	8.50	9.87	11.80	14.66

※最小すべり安全率を○で示す。左側の切り上がりは砂礫層の境界部で固定。
※砂礫層は盛土でモデル化し, 施設前面の消波ブロック等はモデル化しないこととした。

防波壁(波返重力擁壁)F-1断面 地質断面図(岩級・シーム)

グループB(直接岩盤で支持する施設, T.P.+44~50m盤)の選定結果

・直接岩盤で支持する施設のうち, T.P.+44m~50mに設置された施設について下表の比較を行った結果, ガスタービン発電機建物を代表施設に選定した。(詳細はP44, 45参照)

設置盤	評価対象施設	影響要因			該当する 影響要因	選定理由
		① 基礎地盤 の岩級, 地 形等	② 施設直下 のシームの 分布	③ 施設総重量(MN) (単位奥行当たりの 施設重量※ ¹ (MN/m))		
T.P.+44m盤	代表施設に選定 ガスタービン発電機建物	C _L 級	あり	411 (8.96)	①, ②, ③	・C _L 級の岩盤が主体であること, 施設直下にシームが分布していること, 及び施設総重量が最大であることから, 代表施設に選定する。
	ガスタービン発電機用軽油タンク基礎	C _L 級	あり	19 (1.05)	①, ②	・ガスタービン発電機建物に比べ, 岩級及びシームの分布状況は同等であるが, 施設総重量が小さいことから, ガスタービン発電機建物の評価に代表させる。
	屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)			4 (1.60)		
T.P.+50m盤	緊急時対策所用燃料地下タンク	C _L ~C _H 級	あり	4 (1.02)	①, ②	・ガスタービン発電機建物に比べ, シームの分布状況は同等であるが, 岩級はC _H 級が主体であること, 及び施設総重量も小さいことから, ガスタービン発電機建物の評価に代表させる。
	緊急時対策所	C _M ~C _H 級	あり	93 (3.72)	②	・ガスタービン発電機建物に比べ, シームの分布状況は同等であるが, 岩級はC _M ~C _H 級であること, 及び施設総重量も小さいことから, ガスタービン発電機建物の評価に代表させる。

□ : 番号を付与する影響要因

□ : 影響要因の番号付与が多い

□ : 選定した代表施設

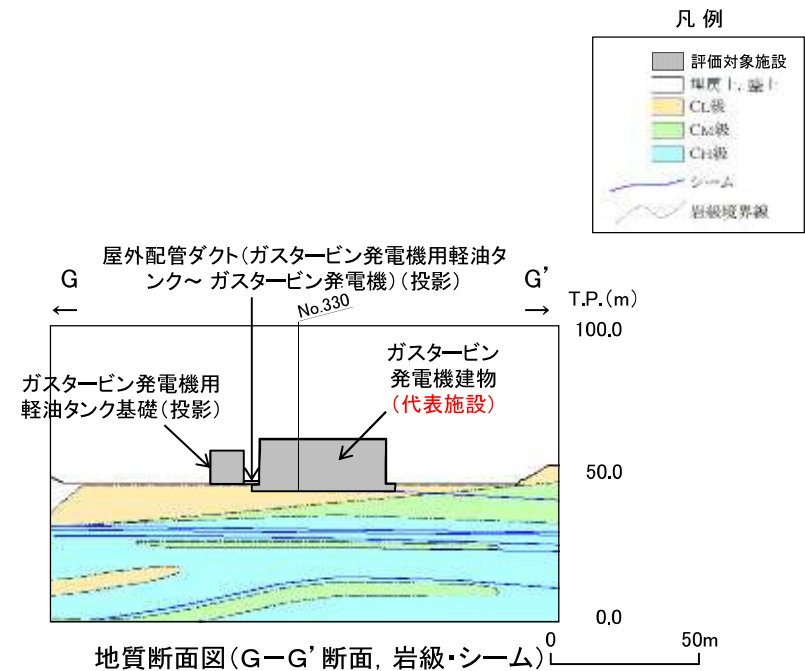
※1 施設総重量を施設の短辺方向の延長で除した値を記載。

ガスタービン発電機建物等の比較結果 グループB

- ・ガスタービン発電機建物は、C_L級の岩盤が主体であること、施設直下にシームが分布していること、及び施設総重量が最大であることから、代表施設に選定する。
- ・ガスタービン発電機用軽油タンク基礎及び屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)は、ガスタービン発電機建物に比べ、岩級及びシームの分布状況は同等であるが、施設総重量が小さいことから、ガスタービン発電機建物の評価に代表させる。

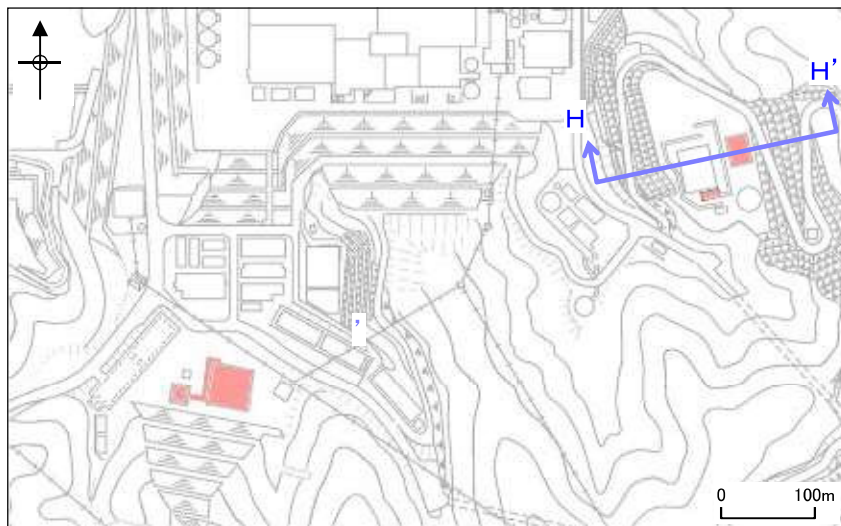


評価対象施設配置図

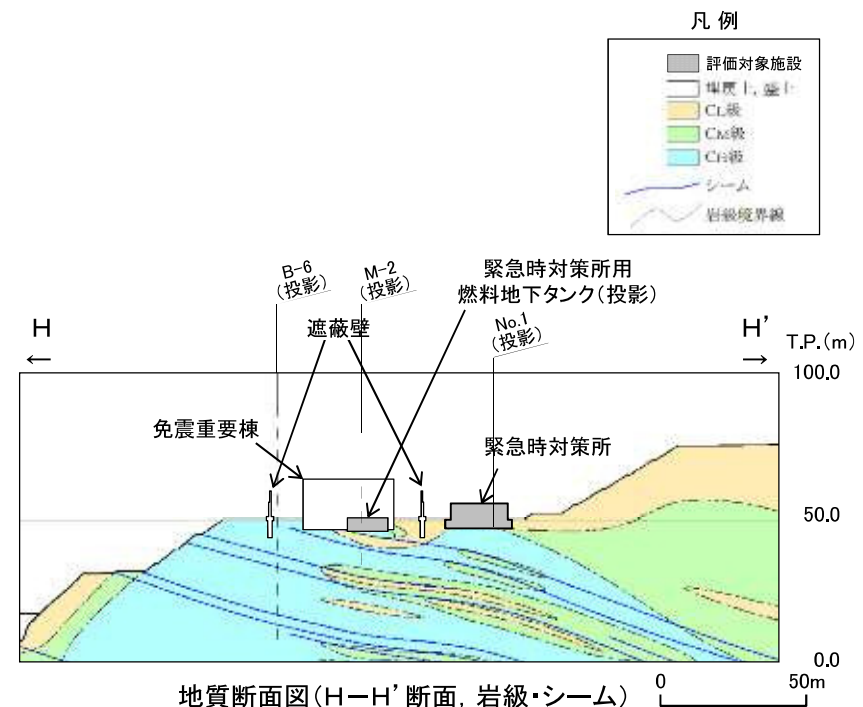


緊急時対策所及び緊急時対策所用燃料地下タンクの比較結果 グループB

- ・緊急時対策所用燃料地下タンクは、ガスタービン発電機建物に比べ、シームの分布状況は同等であるが、岩級はC_H級が主体であること、及び施設総重量も小さいことから、ガスタービン発電機建物の評価に代表させる。
- ・緊急時対策所は、ガスタービン発電機建物に比べ、シームの分布状況は同等であるが、岩級はC_M～C_H級であること、施設総重量も小さいことから、ガスタービン発電機建物の評価に代表させる。



評価対象施設配置図



地質断面図(H-H' 断面, 岩級・シーム)

余白

グループC(杭を介して岩盤で支持する施設)の選定結果

・杭を介して岩盤で支持する施設である防波壁(多重鋼管杭式擁壁)及び防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)について下表の比較を行った結果、防波壁(多重鋼管杭式擁壁)を代表施設に選定した。(詳細はP48～56参照)

設置盤	評価対象施設	影響要因						該当する影響要因	選定理由
		① 基礎地盤 の岩級、地 形等	② 施設 直下の シームの 分布	③ 施設総重量※ ¹ (MN) (単位奥行当たりの 施設重量※ ² (MN/m))	④ 杭底面幅 (m)	⑤ 埋戻土層等 の厚さ (m)	⑥ 根入れ長 (m)		
T.P.+15m 以下	代表施設に選定 防波壁 (多重鋼管杭 式擁壁)	C _M ～C _H 級 基礎地盤 が特徴的	あり	74 (1.97)	2.2	22.8	5	①, ②, ③, ④, ⑤	・防波壁の一部が施設護岸よりも前(海側)に位置しており、防波壁前面のせん断抵抗力が低くなると考えられること、施設直下にシームが分布していること、単位奥行当たりの施設重量が大きいこと、杭底面幅が小さいこと、及び埋戻土層等が厚いことから、代表施設に選定する。
	防波壁 (鋼管杭式逆 T擁壁)	C _L ～C _H 級	あり	10 (1.00)	6.6	18.5	0※ ⁴	①, ②, ⑥	・防波壁(多重鋼管杭式擁壁)に比べ、基礎地盤の一部にC _L 級の岩盤が分布しており、根入れ長が短い、単位奥行当たりの施設総重量が小さいこと、杭底面幅が大きいこと、及び埋戻土層等が薄いことから、防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の評価に代表させる。

黄色 : 番号を付与する影響要因 茶色 : 影響要因の番号付与が多い 赤色 : 選定した代表施設

※1 1ブロック当たりの値を示す。

※2 1ブロック当たりの施設重量を縦断方向の延長(多重鋼管杭式擁壁:37.8m, 鋼管杭式逆T擁壁:9.8m)で除した値を記載。

※3 両施設とも延長が長く、縦断方向に地質等が変化することから、影響要因②～⑥については、それぞれ最も厳しい諸元を記載。

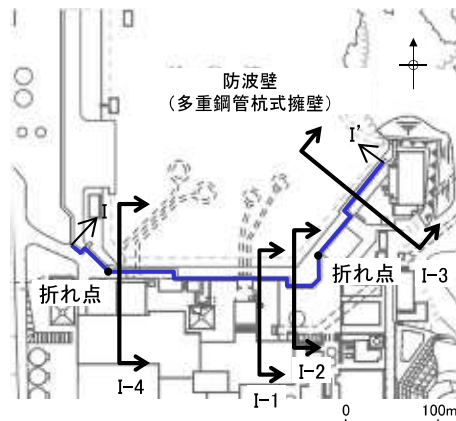
防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の諸元の根拠はP48～52参照。構造の詳細は補足説明資料8.2.2参照

防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)の諸元の根拠はP53～56参照。構造の詳細は補足説明資料8.2.3参照

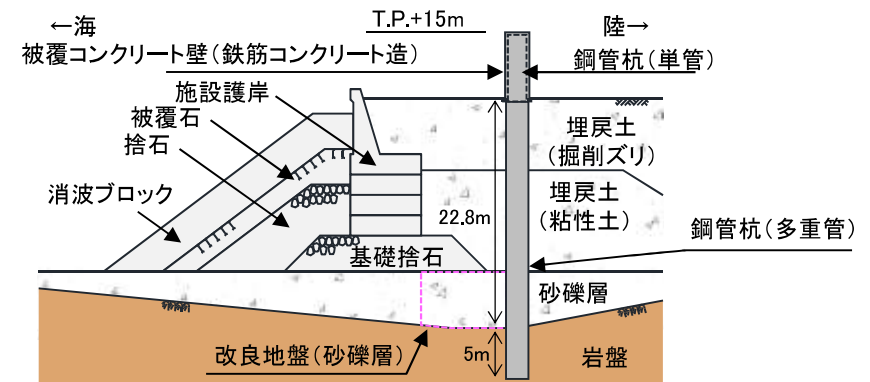
※4 杭の根入れ長は、 $D/2=0.65m$ (D:杭の直径=1.3m)であり、1D以下であることから、代表施設の選定においては根入れ長0mと評価する。

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の検討断面の設定及び比較結果 グループC

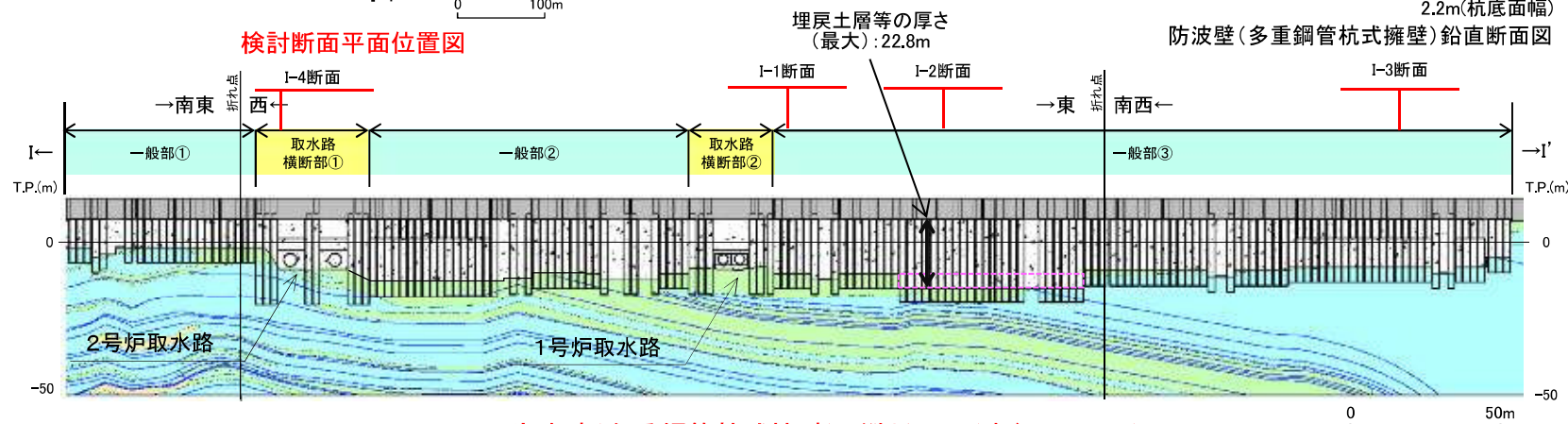
- ・防波壁(多重鋼管杭式擁壁)は、基礎地盤の安定性評価の観点から、「一般部」及び「取水路横断面」の2つに区分される。(次頁参照)
- ・すべり安全率が厳しい検討断面を設定する観点から、「一般部」からI-1～3断面、「取水路横断面」からI-4断面の計4断面を検討断面に設定した(設定理由の詳細はP50～52参照)。
- ・検討断面 I-1～4の地質状況等を確認した結果、防波壁(多重鋼管杭式擁壁)は、防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)と比べ、杭の根入れ長は5mと長い、施設直下にシームが分布していること、単位奥行当たりの施設重量が大きいこと、杭底面幅が2.2mと小さいこと、及び埋戻土層等が22.8mと厚いことから、代表施設に選定した。



検討断面平面位置図



防波壁(多重鋼管杭式擁壁)鉛直断面図



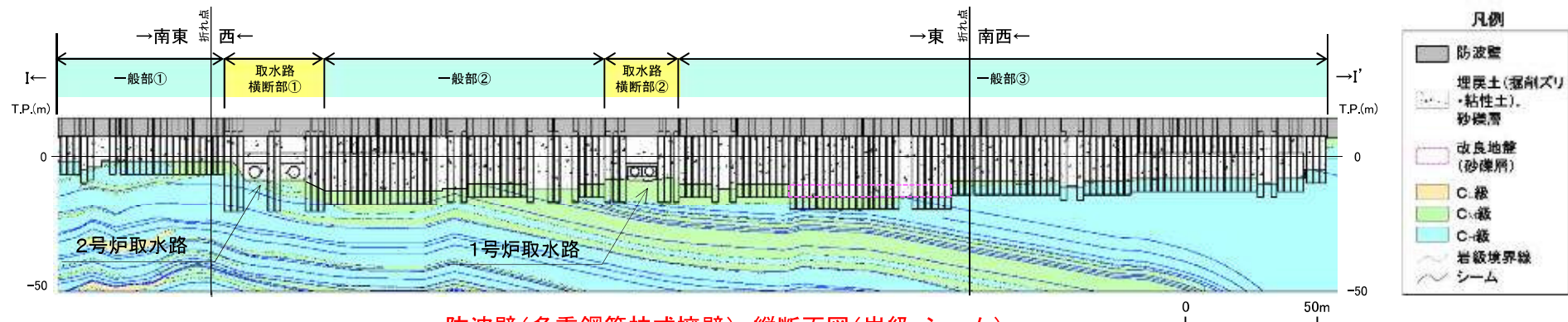
防波壁(多重鋼管杭式擁壁) 縦断面図(岩級・シーム)

※1 図中の杭部については、杭が位置しているが、埋戻土の形状を示すために、周辺地盤の地質状況を示している。

※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(多重鋼管杭式擁壁)の構造毎の区分 グループC

- ・防波壁(多重鋼管杭式擁壁)は、施設の構造(施設重量、杭底面幅及び杭根入れ長)が異なることから、「一般部」及び「取水路横断面部」に区分される。
(構造の詳細は補足説明資料8章を参照)。



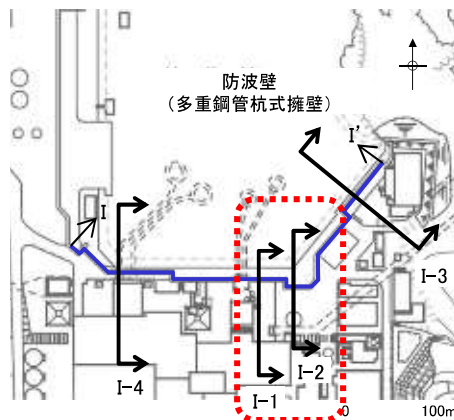
防波壁(多重鋼管杭式擁壁) 縦断面図(岩級・シーム)

	一般部	取水路横断面部
標準断面図		
区分した理由	当該施設の一般的な構造であり、杭底面幅2.2m、根入れ長5mの4重管鋼管杭で支持される。	- 取水路が防波壁下部を横断するため、一般部に比べてブロック(目地間)の延長が長くなり、杭を介して岩盤に作用する施設重量は大きくなっている。 - 南北方向に杭を2列配置しているため、杭底面幅は4.4m、根入れ長7mの4重管鋼管杭で支持される。

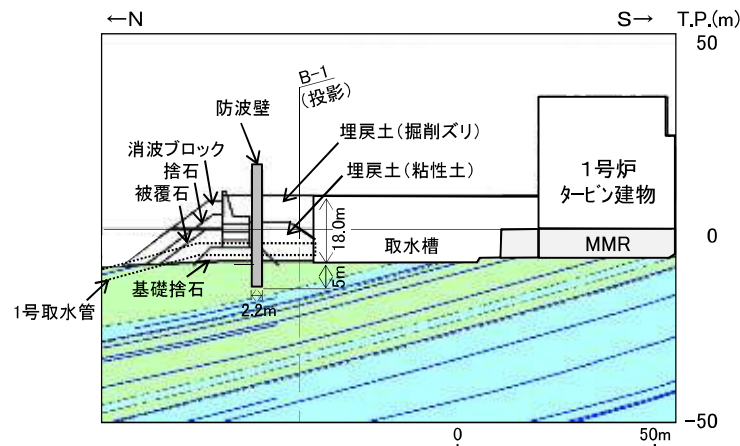
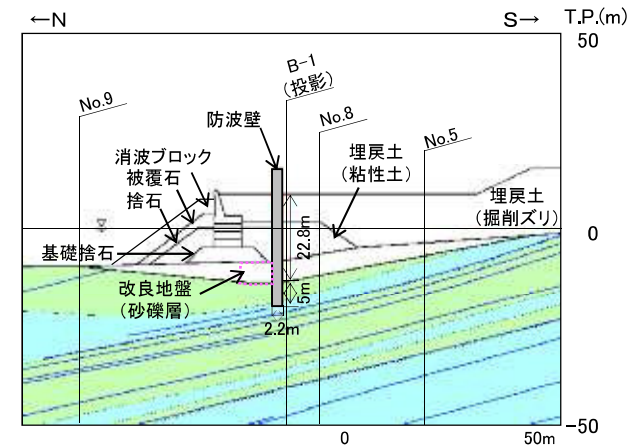
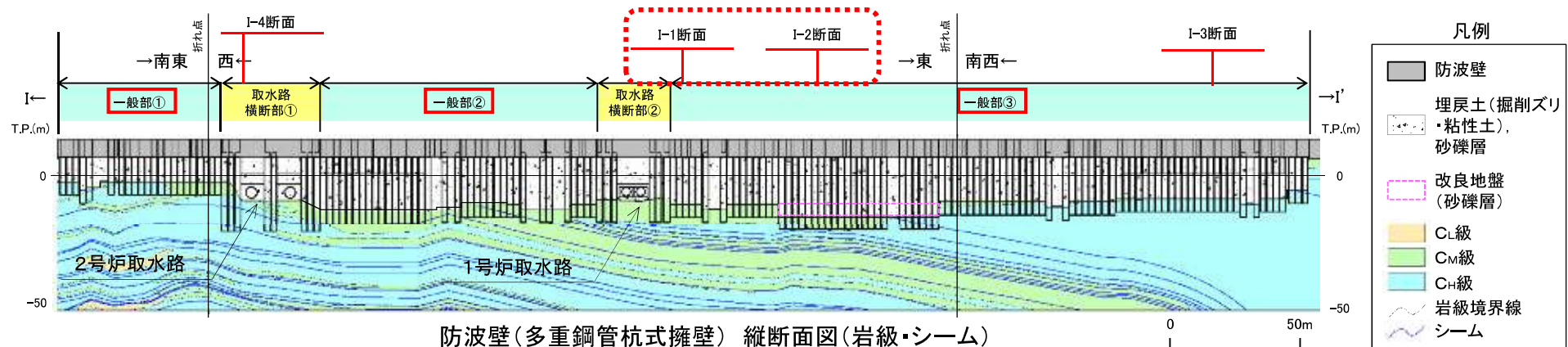
防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の検討断面の設定(詳細) グループC(1/3)

- ・一般部(①～③)のうち、施設直下がC_M級岩盤となっている範囲で、シームが多く、浅くなっているI-1断面を検討断面に設定する。
- ・一般部(①～③)のうち、埋戻土層等が最も厚くなっている範囲で、施設直下のシームが北方向に緩く傾斜し、その分布が多く、浅くなっているI-2断面を検討断面に設定する。

一般部



検討断面平面位置図

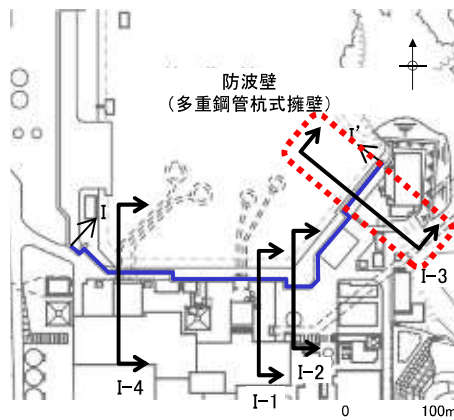
防波壁(多重鋼管杭式擁壁)
I-1断面横断面図(岩級・シーム)防波壁(多重鋼管杭式擁壁)
I-2断面横断面図(岩級・シーム)

防波壁(多重鋼管杭式擁壁) 縦断面図(岩級・シーム)

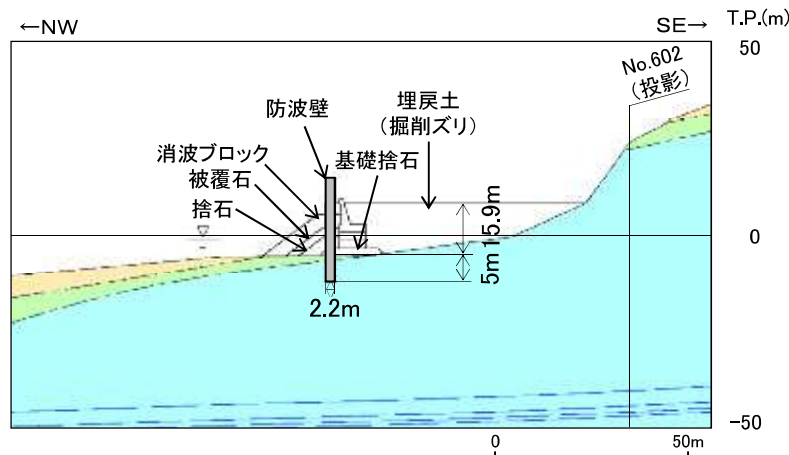
防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の検討断面の設定(詳細) グループC(2/3)

- ・一般部(①～③)のうち、防波壁が施設護岸よりも前(海側)に位置しており、防波壁前面のせん断抵抗力が低くなると考えられる区間は西端付近と北東端付近の2区間ある。
- ・このうち、北東端付近の区間を採用し、同区間の地質状況が一樣であることから、区間中央付近のI-3断面を検討断面に設定する。
- ・なお、西端付近の区間は、施設護岸よりも前に位置し地質状況が同様かつ施設重量が大きい取水路横断部①の評価に含まれる。

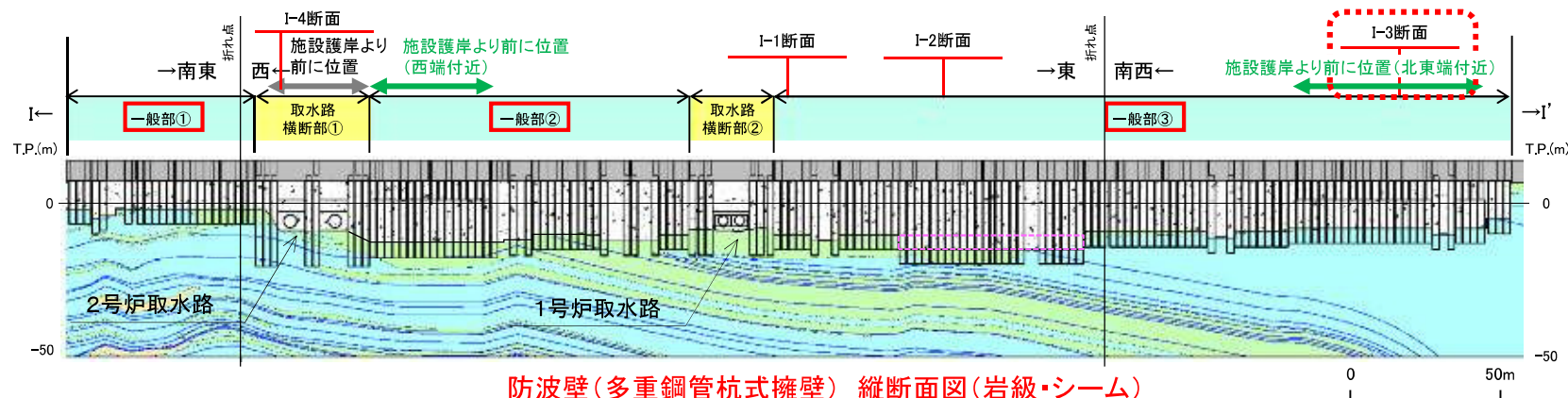
一般部



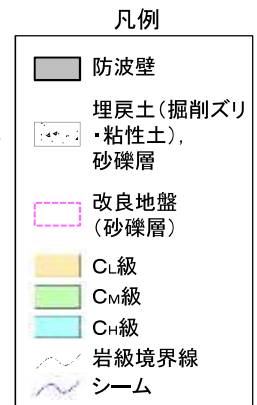
検討断面平面位置図



防波壁(多重鋼管杭式擁壁) I-3断面横断面図(岩級・シーム)

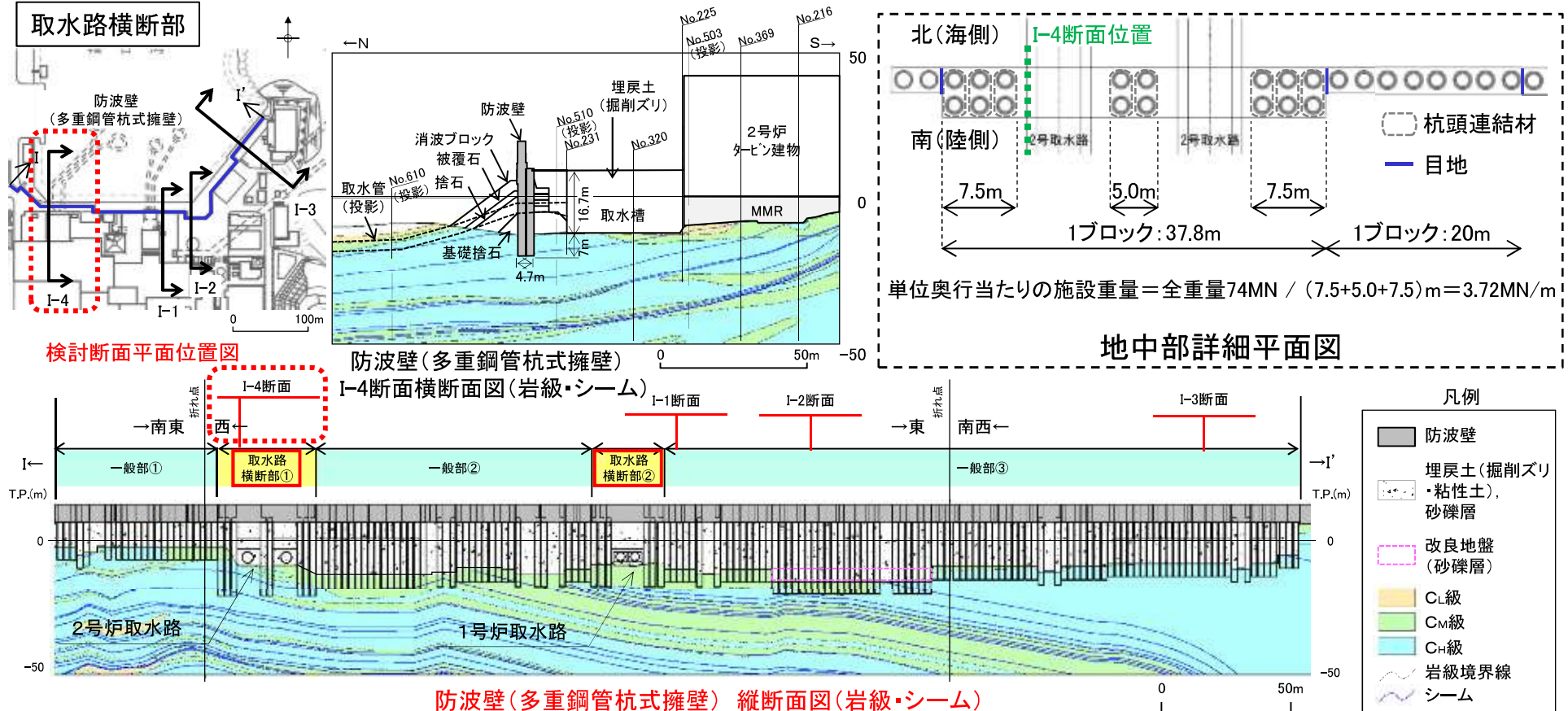


防波壁(多重鋼管杭式擁壁) 縦断面図(岩級・シーム)



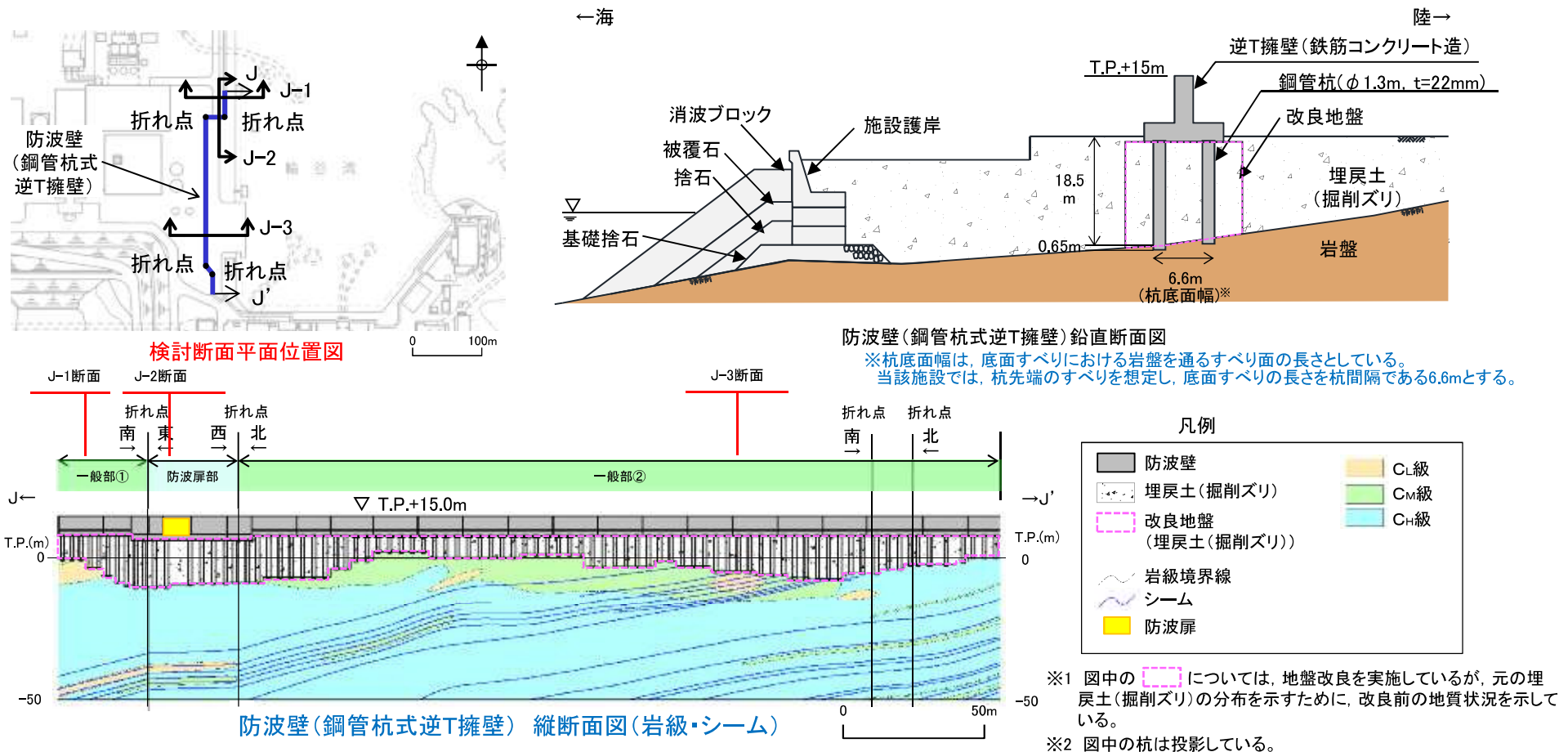
防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の検討断面の設定(詳細) グループC(3/3)

- ・取水路横断面部(①及び②)は、一般部に比べてブロック(目地間)の延長が長くなり、杭を介して岩盤に作用する施設重量は大きくなっている(下図参照)。そのため、側方の多重鋼管杭を南北方向に2列配置し、杭頭連結材を設置するとともに、根入れを2m深くしている。
- ・シーム深さは取水路横断面部①及び②で同程度であるが、上部工のブロックの延長が長く、その重量が重くなること、及び防波壁が施設護岸よりも前(海側)に位置しており、防波壁前面のせん断抵抗力が低くなると考えられることから、取水路横断面部①を選択し、取水路横断面部①の中で施設直下のシームが北方向に緩く傾斜し、その分布が浅いI-4断面を検討断面に設定する。
- ・I-4断面は、鋼管杭が配置されていない範囲であることからI-4断面に杭を投影し、杭を介して岩盤に作用する施設重量(3.72MN/m)を保守的に考慮する。
- ・なお、一般部等にも杭間隔が空いている箇所があるが、南北方向に2列配置していることから、杭を介して岩盤に作用する施設重量は等しいため、一般部の杭間隔が空いていない箇所と同様の構造と評価する。



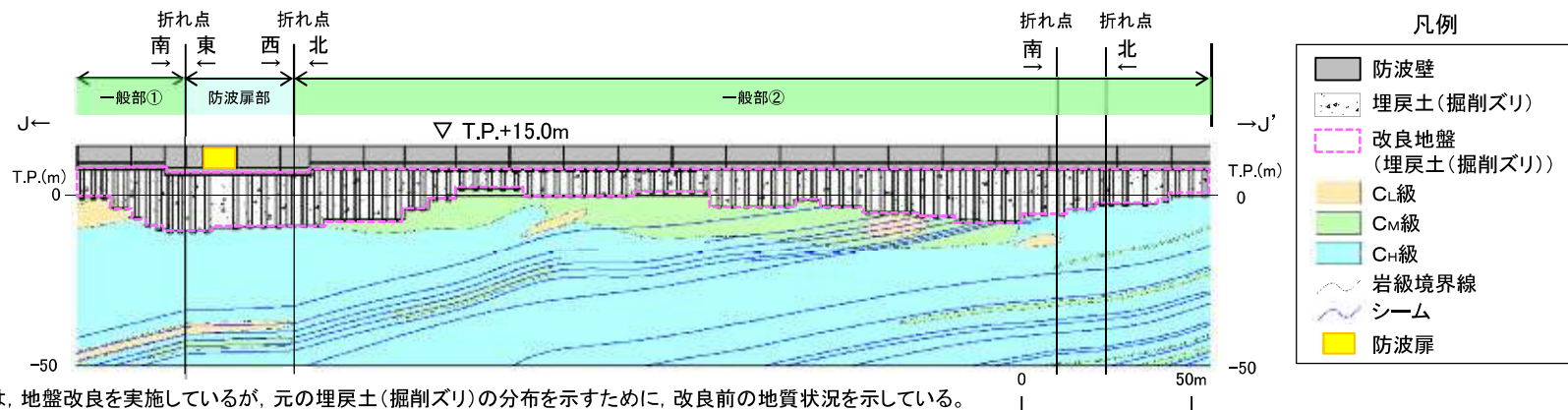
防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)の検討断面の設定及び比較結果 グループC

- ・防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)は、基礎地盤の安定性評価の観点から、「一般部」及び「防波扉部」の2つに区分される(次頁参照)。
- ・すべり安全率が厳しい検討断面を設定する観点から、「一般部」のうち施設直下にC_L級岩盤が分布するJ-1断面及びJ-3断面、「防波扉部」のうち埋戻土層等が最も厚いJ-2断面の計3断面を検討断面に設定した。(設定理由の詳細はP55, 56参照)
- ・検討断面J-1～3の地質状況等を確認した結果、防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)は、防波壁(多重鋼管杭式擁壁)に比べ、基礎地盤の一部にC_L級の岩盤が分布しており、根入れ長が短いこと、単位奥行当たりの施設総重量が小さいこと、杭底面幅が大きいこと、及び埋戻土層等が薄いことから、防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の評価に代表させる。



防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)の構造毎の区分 グループC

・防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)は、杭底面幅及び杭根入れ長は縦断方向に同様であるが、施設の構造(施設重量)が異なることから、「一般部」及び「防波扉部」の2つに区分される(構造の詳細は補足説明資料8章を参照)。



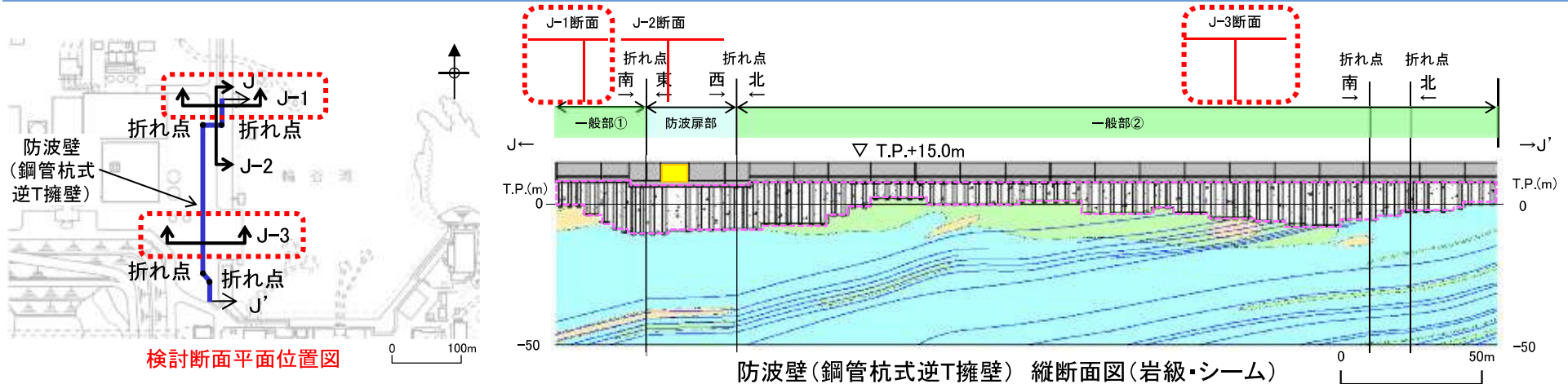
※1 図中の [] については、地盤改良を実施しているが、元の埋戻土(掘削ズリ)の分布を示すために、改良前の地質状況を示している。

※2 図中の杭は投影している。

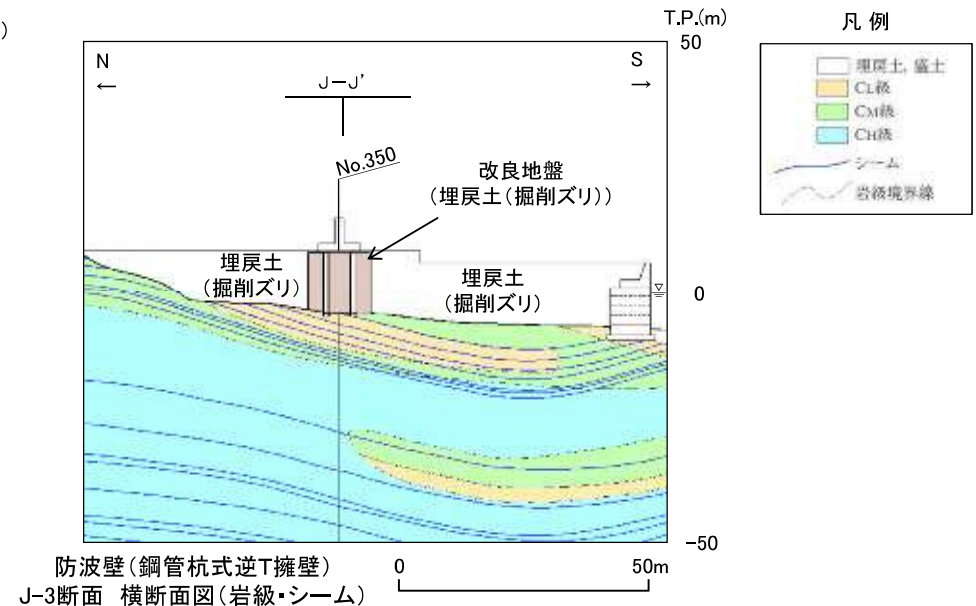
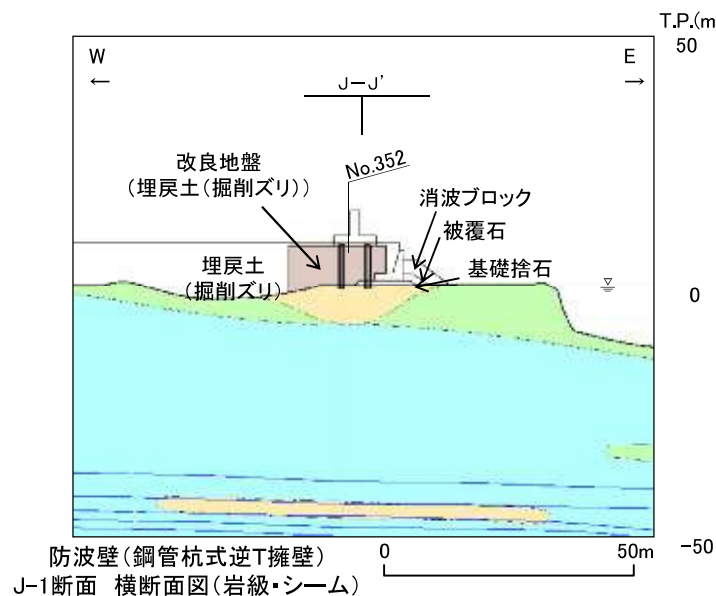
防波壁(鋼管杭式逆T擁壁) 縦断面図(岩級・シーム)

	一般部	防波扉部
標準断面図		
区分した理由	当該施設の一般的な構造であり、杭底面幅6.6mである。杭根入れ長は0mと評価する。	- 荷揚護岸へのアクセスのため、防波扉が設置されており、基礎は地中埋設となっている。 - 杭底面幅6.6mである。杭根入れ長は0mと評価する。

防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)の検討断面の設定(詳細) グループC(1/2)

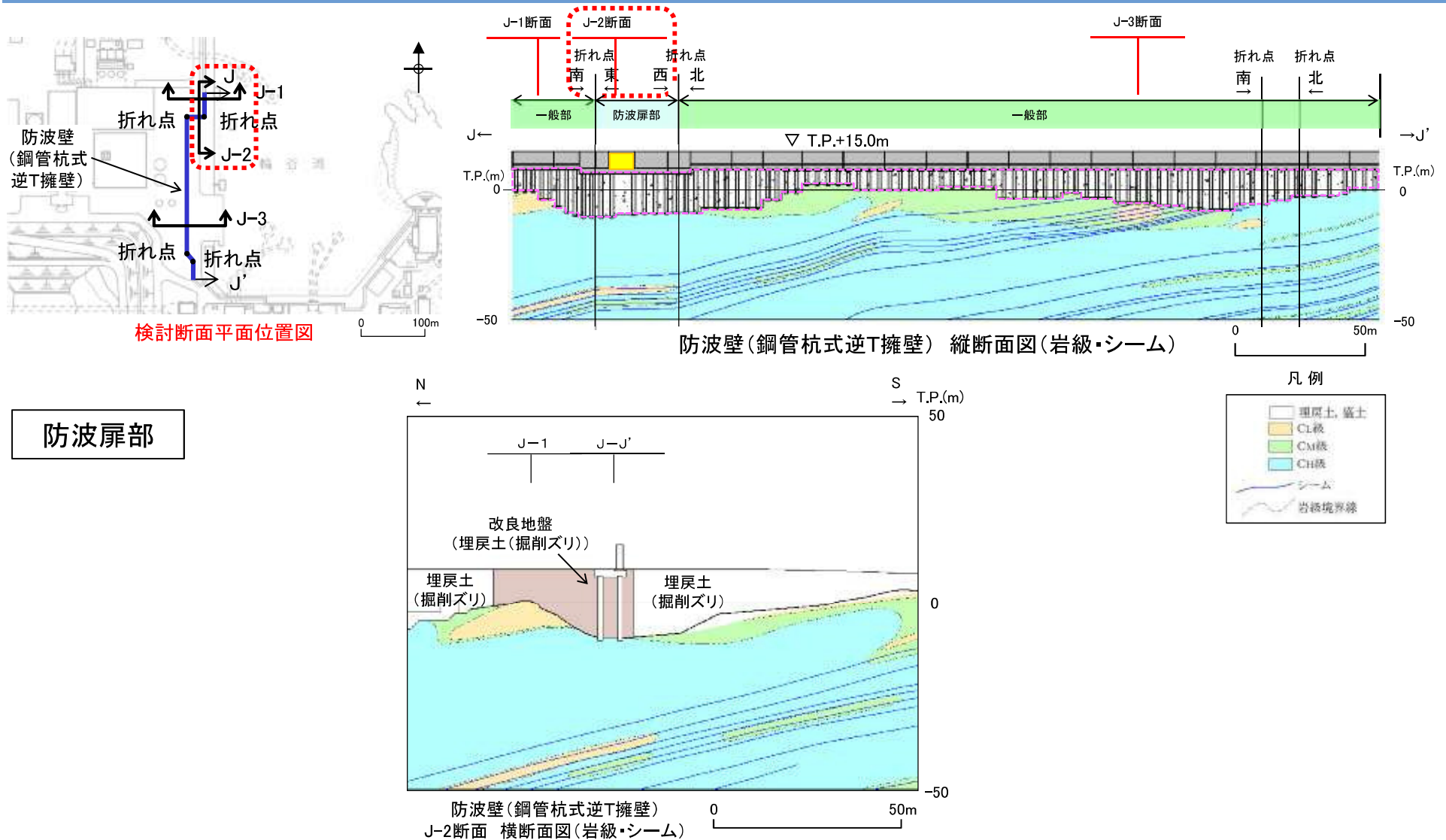


一般部



- ・一般部(①及び②)は、一般部①及び②に各1箇所、施設直下にC_L級岩盤が分布している箇所がある。一般部のC_L級分布範囲において、埋戻土層等の厚さ及びシームの分布は概ね同様である。
- ・一般部(①及び②)のうち、施設直下にC_L級岩盤が厚く分布するJ-1断面及びJ-3断面を検討断面に設定する。

防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)の検討断面の設定(詳細) グループC(2/2)



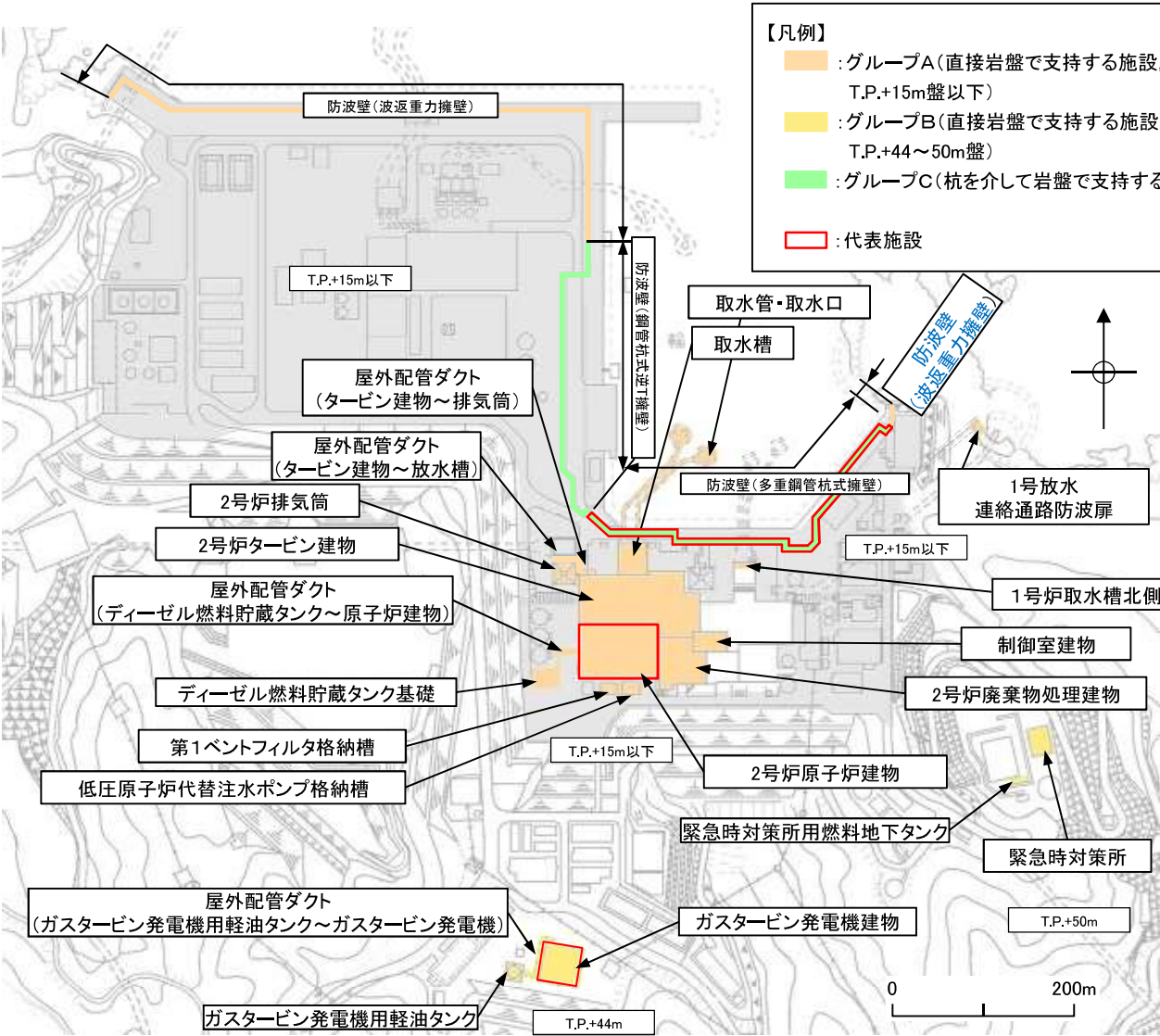
- ・防波扉部は、施設直下の岩級は同等であり、シームは分布していない。
- ・防波扉部のうち、支持地盤が最も深いJ-2断面を検討断面に設定する。

3. 基礎地盤の安定性評価 3. 2 代表施設の選定

選定結果

第868回審査会合
資料3-1 P40 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

・各グループから選定した代表施設を以下に示す。



グループA(直接岩盤で支持する施設)	
T.P.+15m以下	2号炉原子炉建物
	2号炉タービン建物
	2号炉廃棄物処理建物
	制御室建物
	取水槽
	2号炉排気筒
	屋外配管ダクト(タービン建物～排気筒)
	屋外配管ダクト(タービン建物～放水槽)
	1号放水連絡通路防波扉
	防波壁(波返重力擁壁)
	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
	取水管・取水口
	1号炉取水槽北側壁
T.P.+44m～50m	屋外配管ダクト(ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物)
	ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎
	ガスタービン発電機建物
	ガスタービン発電機用軽油タンク基礎
T.P.+15m以下	屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)
	緊急時対策所
	緊急時対策所用燃料地下タンク
グループB(直接岩盤で支持する施設)	
T.P.+44m～50m	ガスタービン発電機建物
	ガスタービン発電機用軽油タンク基礎
	屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)
	緊急時対策所
T.P.+15m以下	緊急時対策所用燃料地下タンク
	緊急時対策所
グループC(杭を介して岩盤で支持する施設)	
T.P.+15m以下	防波壁(多重鋼管杭式擁壁)
	防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)

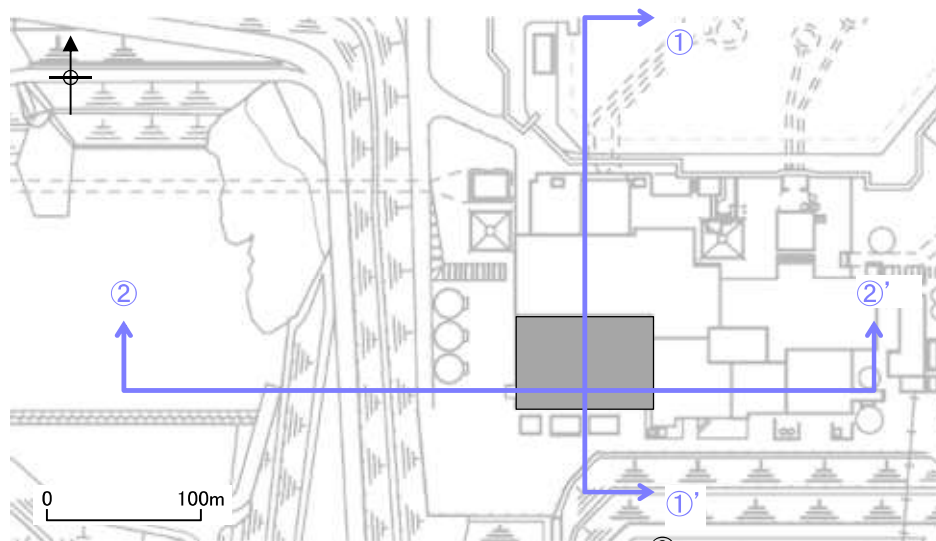
3. 基礎地盤の安定性評価

3. 3 評価対象断面の選定

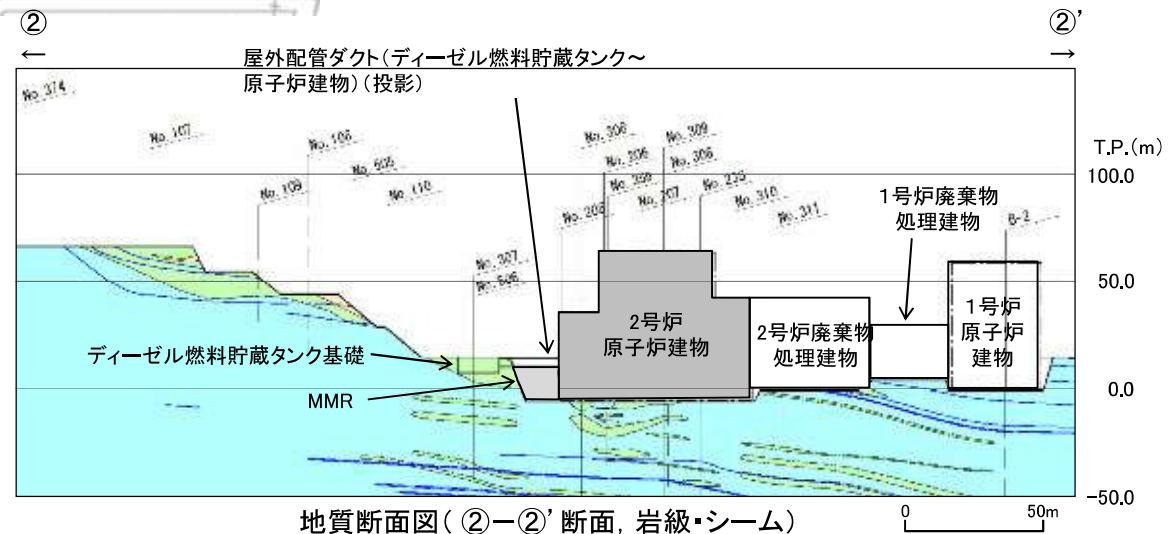
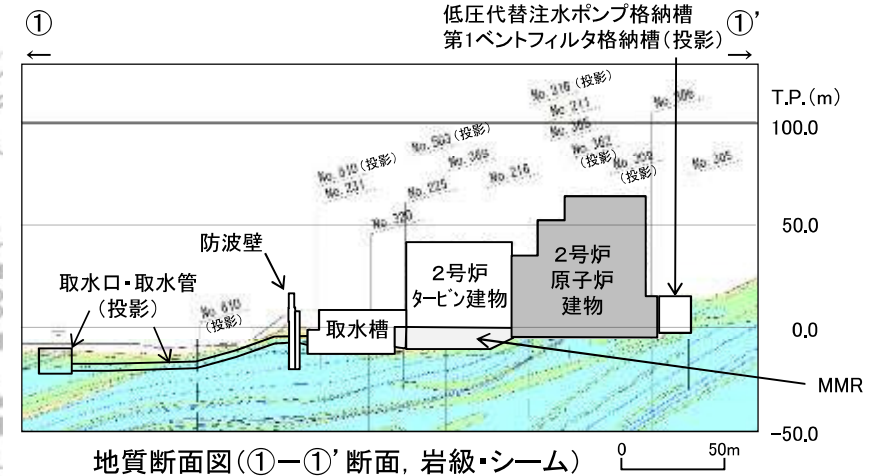
評価対象断面の選定(2号炉原子炉建物) (1/2)

第868回審査会合
資料3-1 P43 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

59



評価対象施設配置図



- ・2号炉原子炉建物の検討断面について、以下のとおり施設に直交する①-①'断面及び②-②'断面を設定した。
- ・2号炉原子炉建物周辺は、施設重量の大きい建物が密集することから、影響要因のうち施設重量を比較する際は、両断面上の建物の総重量も併せて比較した。
- ・①-①'断面及び②-②'断面の比較の結果、影響要因の諸元が同程度であることを踏まえ、両断面とも評価対象断面に選定した。

評価対象断面の選定(2号炉原子炉建物)(2/2)

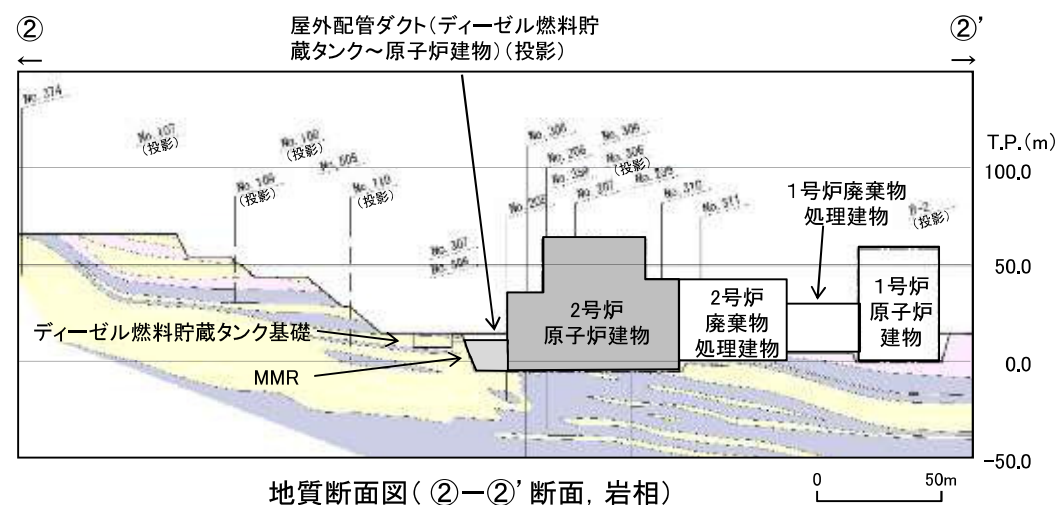
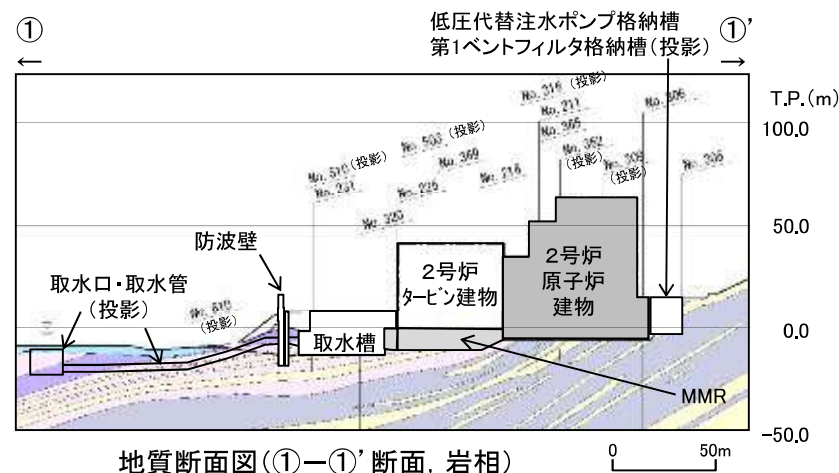
検討断面	影響要因				該当する 影響要因	選定理由
	① 基礎地盤 の岩級、地 形等	② 施設直下 のシームの 分布	③			
			施設総重量(MN) (単位奥行当たりの 施設重量※ ¹ (MN/m))	【参考】 隣接施設も含めた 施設重量※ ² (MN)		
評価対象断面に選定						
①－①’	C _M ～C _H 級	あり	3,278 (36.66)	5,772	②, ③	両断面の影響要因の諸元が同程度であることを踏まえ、両断面とも評価対象断面に選定する。
②－②’		あり	3,278 (46.82)	5,481	②, ③	

凡例



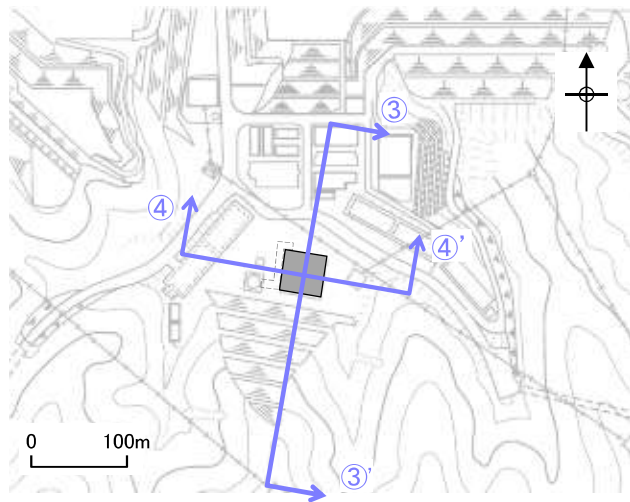
※1 施設総重量を施設の断面直交方向の延長で除した値を記載。

※2 ①-①'断面は、2号炉原子炉建物、2号炉タービン建物及び2号炉取水槽の施設総重量の和を記載。②-②'断面は、2号炉原子炉建物、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の施設総重量の和を記載。詳細は補足説明資料の4章を参照。



評価対象断面の選定(ガスタービン発電機建物)(1/2)

- ・ガスタービン発電機建物について、施設に直交する③-③'断面及び④-④'断面を検討断面に設定した。
- ・④-④'断面では、ガスタービン発電機建物及び輪谷貯水槽(西側)の施設重量を考慮した。
- ・検討断面において影響要因及び簡便法のすべり安全率の比較を行った結果、③-③'断面を評価対象断面に選定した。(比較結果は次頁参照)



評価対象施設配置図

③-③'断面 簡便法の結果

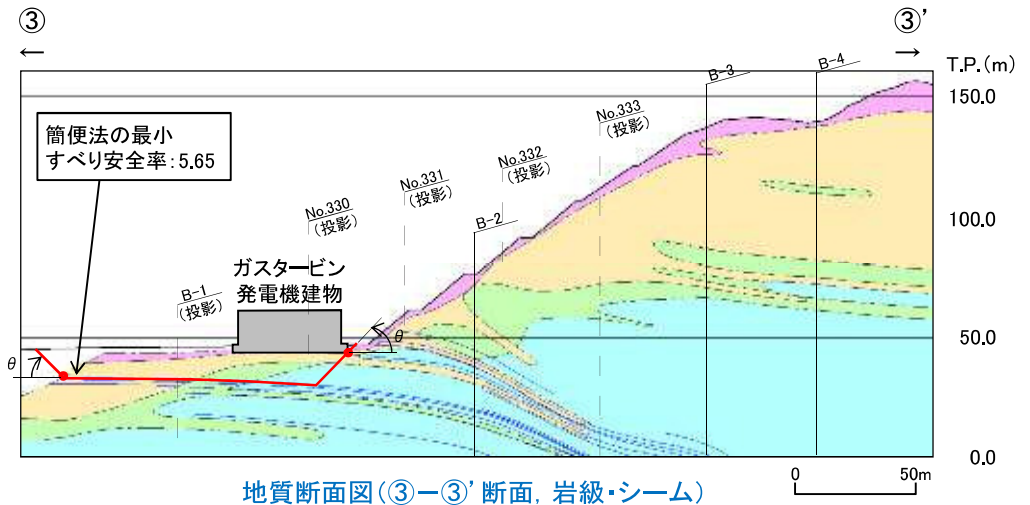
角度 (°)	左	15	20	25	30	35	40	45
	右	45	45	45	45	45	45	45
すべり安全率		6.12	6.00	5.91	5.84	5.77	5.71	5.65

※最小すべり安全率を 5.65 で示す。右側は20~80°の最小値となる45°を記載。

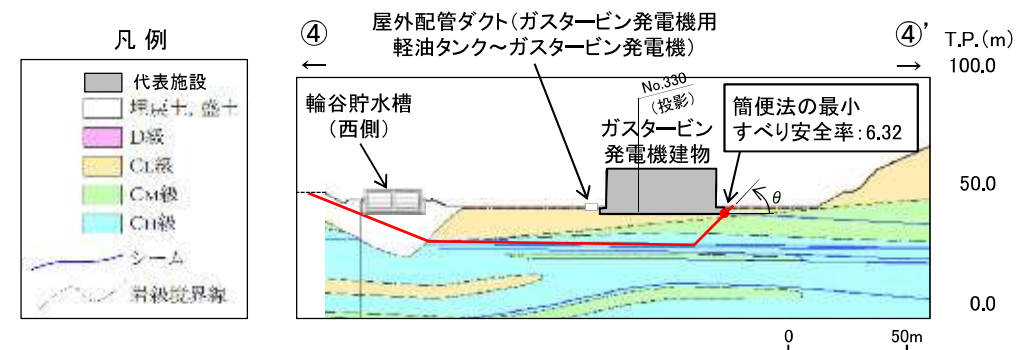
④-④'断面 簡便法の結果

角度 (°)	10	15	20	25	30	35	40	45
すべり安全率	11.75	10.62	9.28	8.34	7.66	7.12	6.71	6.32

※最小すべり安全率を 6.32 で示す。左側の切り上がりは輪谷貯水槽(西側)の隅角部で固定。

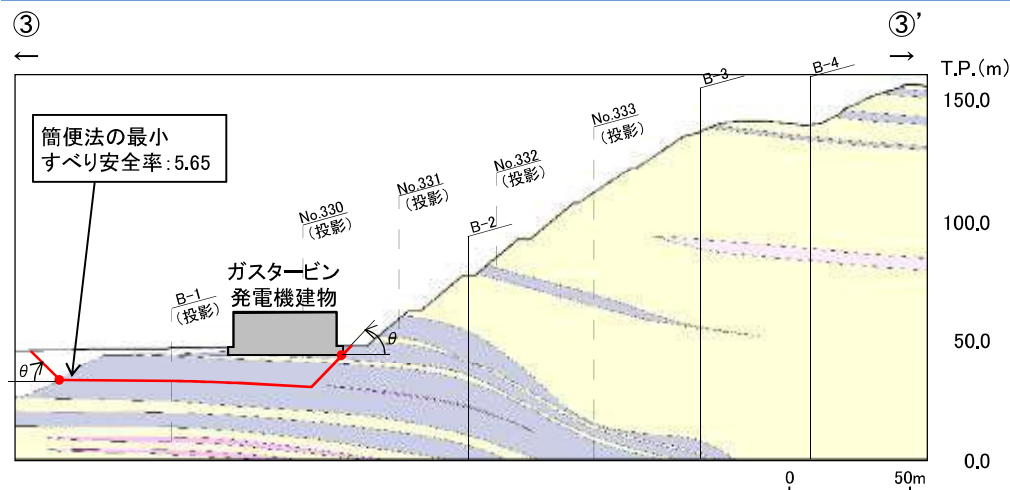


地質断面図(③-③'断面, 岩級・シーム)

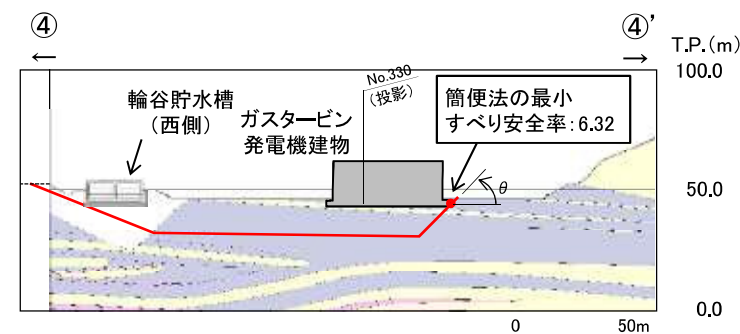


地質断面図(④-④'断面, 岩級・シーム)

評価対象断面の選定(ガスタービン発電機建物)(2/2)

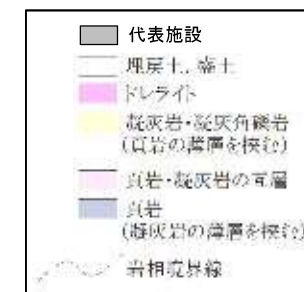


地質断面図(③-③'断面, 岩相)



地質断面図(④-④'断面, 岩相)

凡例



検討断面	影響要因			該当する 影響要因	簡便法の すべり 安全率	選定理由
	① 基礎地盤 の岩級, 地形 等	② 施設直下 のシームの 分布	③ 施設総重量(MN) (単位奥行当たりの 施設重量※1(MN/m))			
評価対象断面に選定 ③-③'	C _L 級	あり	411 (8.96)	①, ②, ③	5.65	・施設直下にシームが分布していること, シームの最急勾配方向であること, 単位奥行当たりの施設重量が大きいこと, 表層にD級岩盤が分布すること, 及び簡便法のすべり安全率が小さいことから, 評価対象断面に選定する。
④-④'	C _L 級	あり	411 (8.57)	①, ②	6.32	・③-③'断面に比べ, 単位奥行当たりの施設重量が小さいこと, 及び簡便法のすべり安全率が大きいことから, ③-③'断面の評価に代表させる。

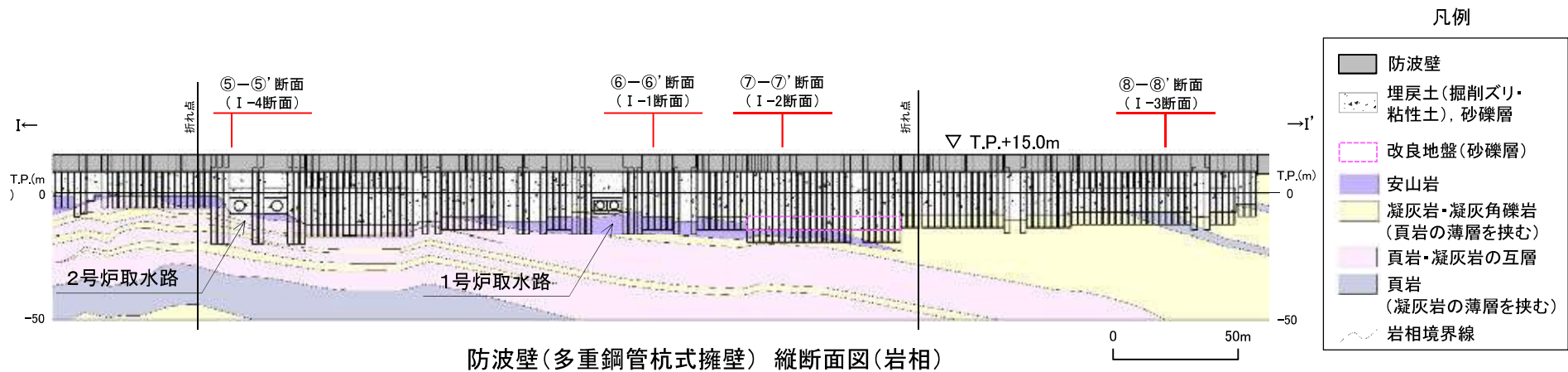
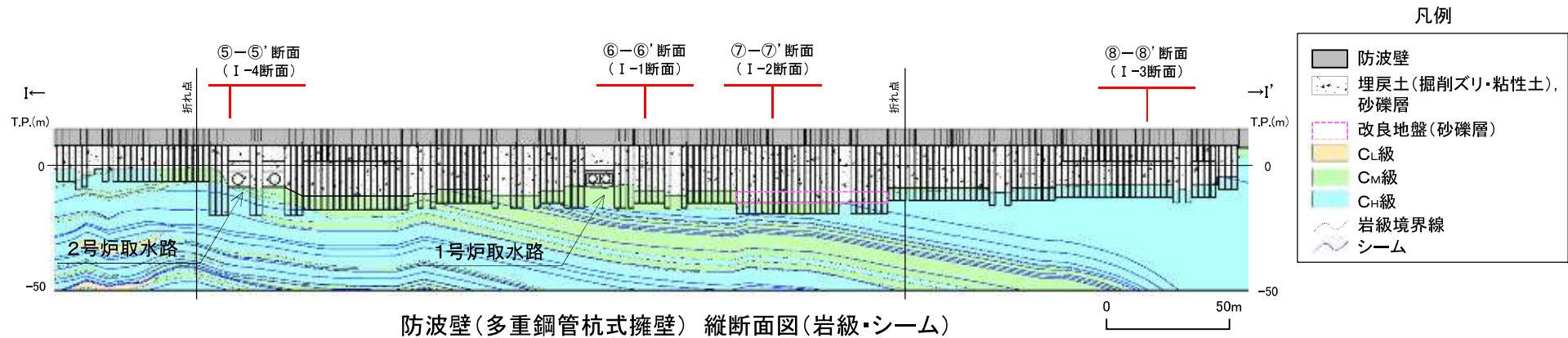
※1 施設総重量を施設の断面直交方向の延長で除した値を記載。

3. 基礎地盤の安定性評価 3.3 評価対象断面の選定

63

グループC(杭を介して岩盤で支持する施設) 防波壁(多重鋼管杭式擁壁) 検討断面の設定

・防波壁(多重鋼管杭式擁壁)では、代表施設の選定の際に設定した検討断面 I-1～4断面(⑤-⑤'～⑧-⑧'断面)の4断面全てを評価対象断面の選定に用いる検討断面に設定した。



評価対象断面の選定結果

・防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の検討断面4断面について、下表の比較を行った結果、⑦ー⑦'断面を評価対象断面に選定した。(詳細はP65～68参照)

検討断面	影響要因						該当する 影響要因	簡便法 における 最小すべり 安全率	選定理由
	① 基礎地盤 の岩級、 地形等	② 施設 直下の シームの 分布	③ 施設総重量※ ¹ (MN) (単位奥行当たりの 施設重量※ ² (MN/m))	④ 杭底面幅 (m)	⑤ 埋戻土層 等の厚さ (m)	⑥ 根入れ長 (m)			
⑤ー⑤'断面	C _H 級 基礎地盤 が特徴的	あり	74 (3.72)	4.7	16.7	7	①, ②, ③	10.40	・⑦ー⑦'断面に比べ、基礎地盤が特徴的(施設護岸よりも前(海側)に位置している)であり、単位奥行当たりの施設重量が大きいこと、基礎地盤はC _H 級の岩盤が主体であること、杭底面幅が大きいこと、埋戻土層等が薄いこと、根入れ長が長いこと、及び最小すべり安全率が大きいことから、⑦ー⑦'断面の評価に代表させる。
⑥ー⑥'断面	C _M ～C _H 級	あり	17 (1.33)	2.2	18.0	5	②, ④, ⑥	11.14	・⑦ー⑦'断面に比べ、単位奥行当たりの施設重量が小さいこと、埋戻土層等が薄いこと、及び最小すべり安全率が大きいことから、⑦ー⑦'断面の評価に代表させる。
⑦ー⑦'断面	C _M ～C _H 級	あり	23 (1.56)	2.2	22.8	5	②, ④, ⑤, ⑥	8.25	・施設直下にシームが分布していること、杭底面幅が小さいこと、埋戻土層等が厚いこと、根入れ長が短いこと、及び最小すべり安全率が小さいことから、評価対象断面に選定する。
⑧ー⑧'断面	C _H 級 基礎地盤 が特徴的	なし	21 (1.38)	2.2	15.9	5	①, ④, ⑥	8.69	・⑦ー⑦'断面に比べ、基礎地盤が特徴的(施設護岸よりも前(海側)に位置している)であるが、C _H 級の岩盤が主体であること、施設直下にシームが分布しないこと、単位奥行当たりの施設重量が小さいこと、埋戻土層等が薄いこと、及び最小すべり安全率が大きいことから、⑦ー⑦'断面の評価に代表させる。

■ : 番号を付与する影響要因

■ : 影響要因の番号付与が多い

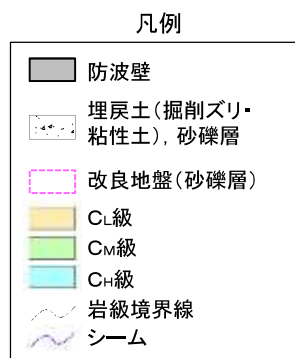
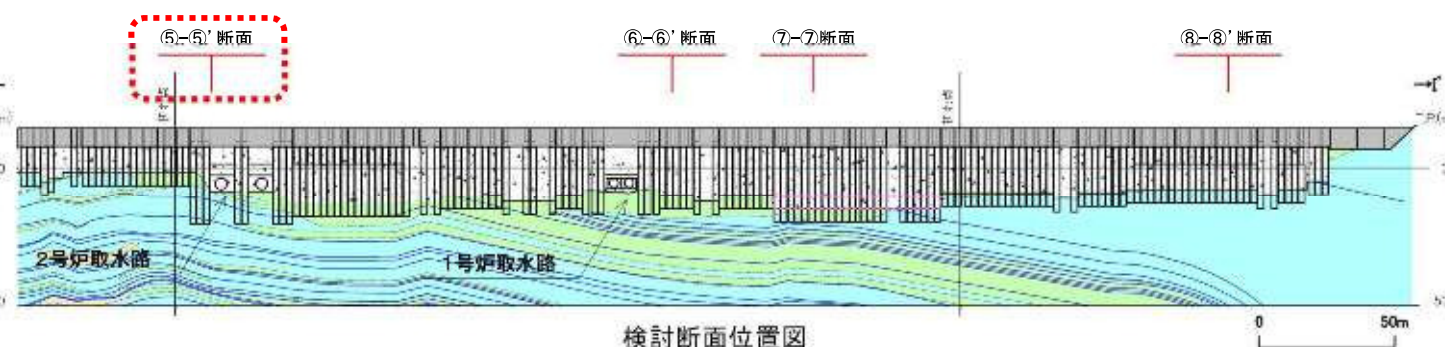
□ : 選定した代表施設

※1 1ブロック当たりの値(延長12.5m～37.8m/ブロック)を示す。

※2 1ブロック当たりの施設重量を縦断方向の延長(12.5m～37.8m)で除した値を記載。

第868回審査会合
資料3-1 P50 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

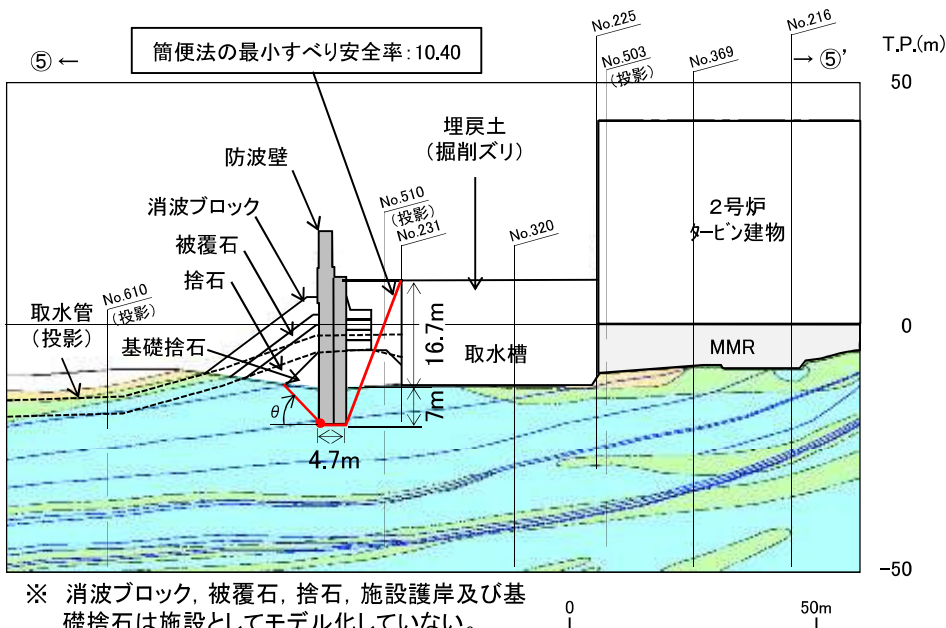
第868回審査会合
資料3-1 P50 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す



⑤-⑤' 断面 簡便法の結果

角度 (°)	10	15	20	25	30	35	40	45
すべり 安全率	17.57	16.55	15.25	13.84	12.47	11.54	10.88	10.40

※最小すべり安全率を○で示す。右側の切り下がり取水槽北側端部で固定。



※ 消波ブロック、被覆石、捨石、施設護岸及び基礎捨石は施設としてモデル化していない。

防波壁(多重鋼管杭式擁壁) ⑤-⑤' 断面横断面図(岩級・シーム)

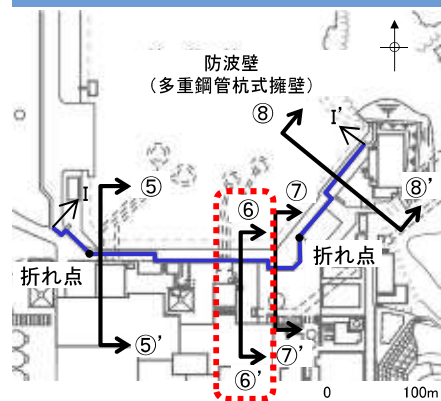
・⑤-⑤'断面は、⑦-⑦'断面に比べ、基礎地盤が特徴的(施設護岸よりも前(海側)に位置している)であり、単位奥行当たりの施設重量が大きい^①が、基礎地盤はC_H級の岩盤(成相寺層)が主体であること、杭底面幅が4.7mと大きいこと、埋戻土層等が16.7mと薄いこと、根入れ長が7mと長いこと、及び最小すべり安全率が10.40と大きいことから、⑦-⑦'断面の評価に代表させる。

3. 基礎地盤の安定性評価 3.3 評価対象断面の選定

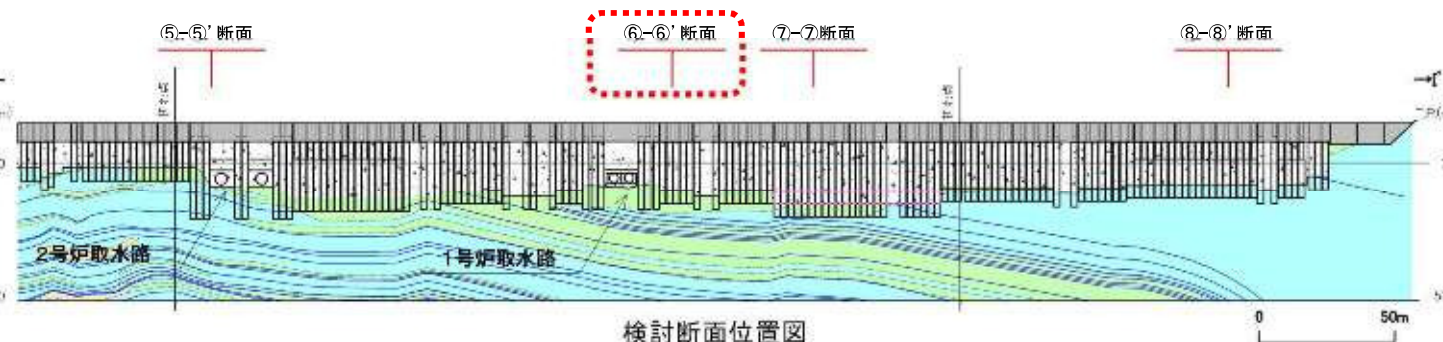
第868回審査会合
資料3-1 P51 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

66

評価対象断面の選定(防波壁(多重鋼管杭式擁壁)⑥-⑥'断面)



検討断面平面位置図



検討断面位置図

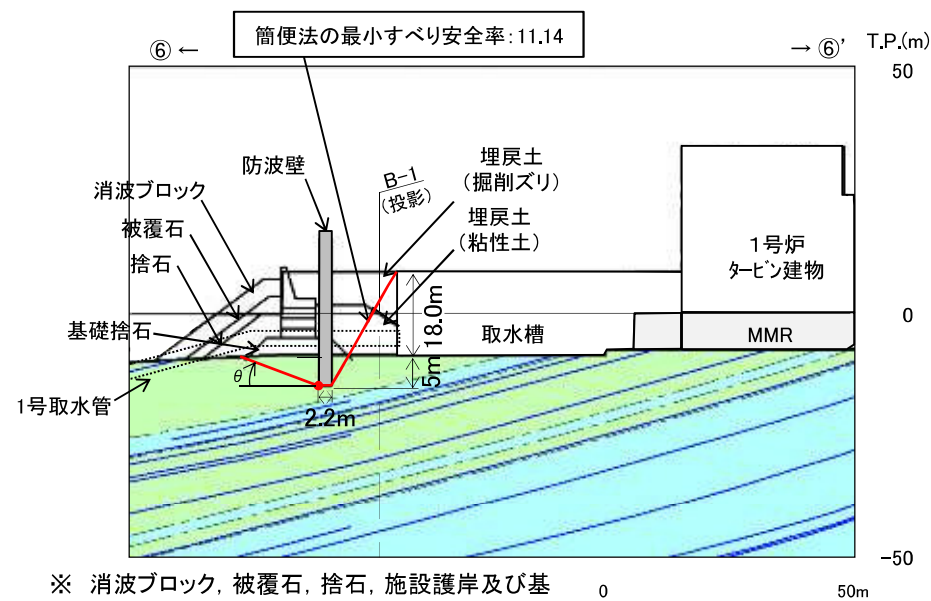
凡例



⑥-⑥'断面 簡便法の結果

角度 (°)	5	10	15	20	25	30	35	40	45
すべり 安全率	13.93	12.24	11.39	11.14	11.25	11.56	11.89	12.22	12.42

※最小すべり安全率を 11.14 で示す。右側の切り下がり取水槽北側端部で固定。



※ 消波ブロック、被覆石、捨石、施設護岸及び基礎捨石は施設としてモデル化していない。

防波壁(多重鋼管杭式擁壁) ⑥-⑥'断面横断面図(岩級・シーム)

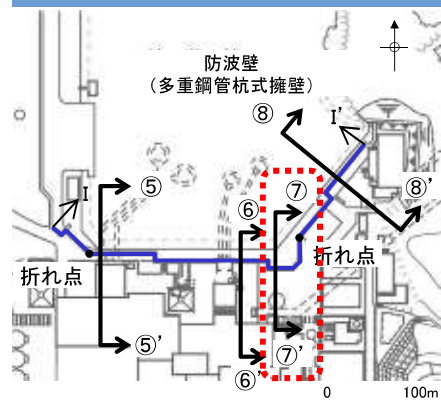
・⑥-⑥'断面は、⑦-⑦'断面に比べ、単位奥行当たりの施設重量が小さいこと、埋戻土層等が18.0mと薄いこと、及び最小すべり安全率が11.14と大きいことから、⑦-⑦'断面の評価に代表させる。

3. 基礎地盤の安定性評価 3.3 評価対象断面の選定

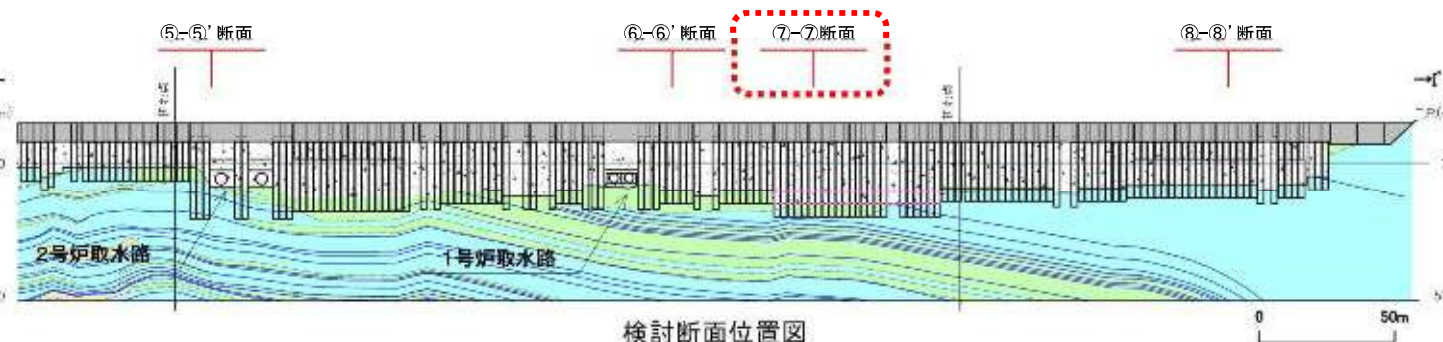
第868回審査会合
資料3-1 P52 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

67

評価対象断面の選定(防波壁(多重鋼管杭式擁壁) ⑦-⑦' 断面)

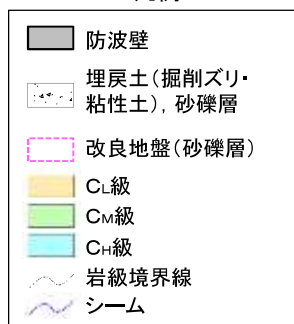


検討断面平面位置図



検討断面位置図

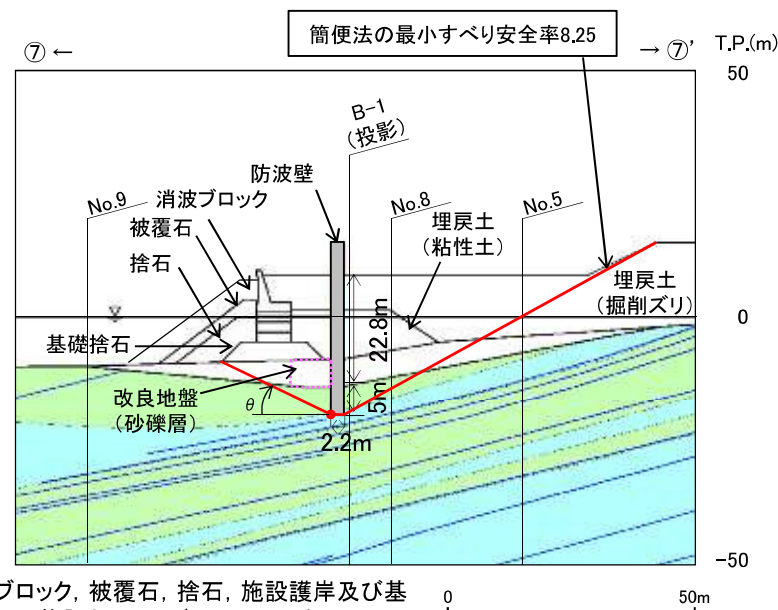
凡例



⑦-⑦' 断面 簡便法の結果

角度 (°)	10	15	20	25	30	35	40	45
すべり 安全率	10.25	8.77	8.37	8.25	8.34	8.48	8.58	8.70

※最小すべり安全率を 8.25 で示す。右側の切り下がりには地形変化点で固定。



※ 消波ブロック, 被覆石, 捨石, 施設護岸及び基礎捨石は施設としてモデル化していない。

防波壁(多重鋼管杭式擁壁) ⑦-⑦' 断面横断面図(岩級・シーム)

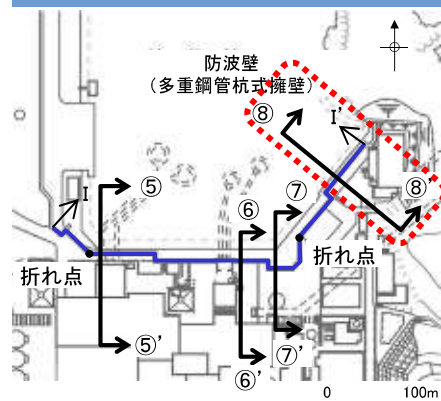
- ⑦-⑦' 断面は, 基礎地盤が $C_M \sim C_H$ 級の岩盤(成相寺層)が主体であり, 施設直下にシームが分布していること, 杭底面幅が2.2mと小さいこと, 埋戻土層等が22.8mと厚いこと, 根入れ長が5mと短いこと, 及び最小すべり安全率が8.25と小さいことから, 評価対象断面に選定する。

3. 基礎地盤の安定性評価 3.3 評価対象断面の選定

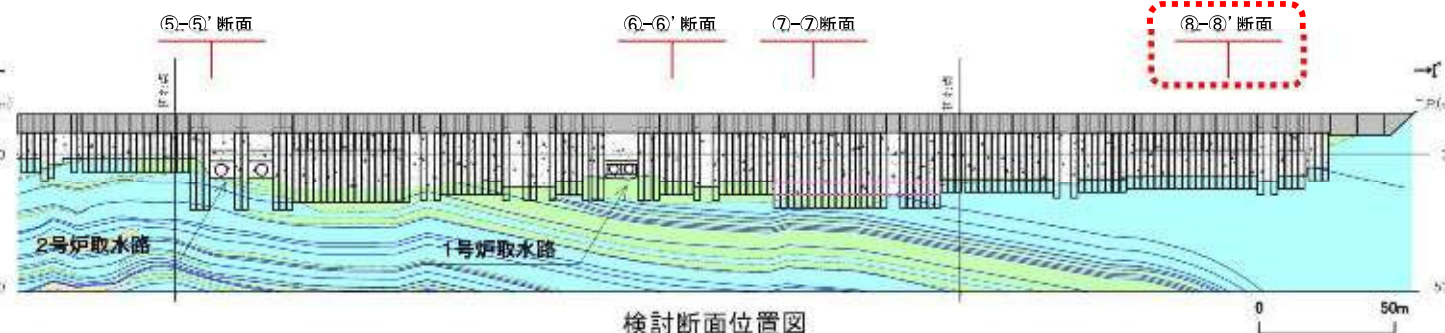
第868回審査会合
資料3-1 P53 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

68

評価対象断面の選定(防波壁(多重鋼管杭式擁壁)⑧-⑧'断面)

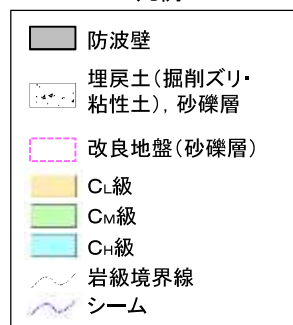


検討断面平面位置図



検討断面位置図

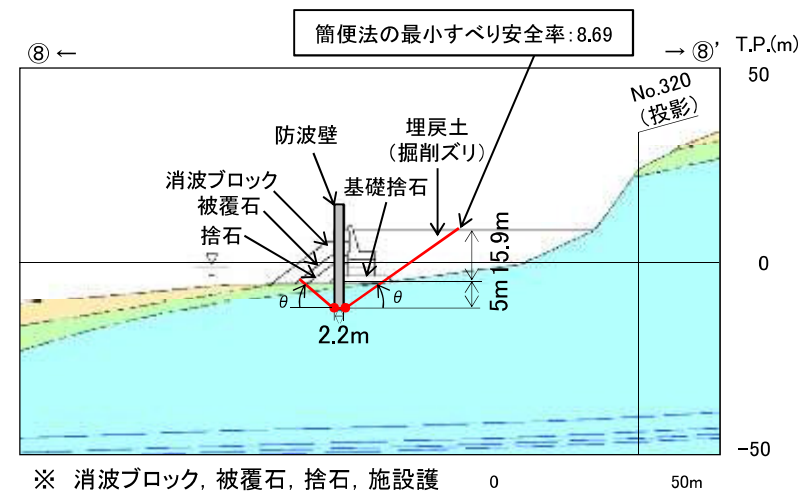
凡例



⑧-⑧'断面 簡便法の結果

角度 (°)	左	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	右	20	25	30	35	40	45	55	65	75	85
すべり 安全率		10.21	9.25	8.81	8.69	8.84	9.30	11.15	15.46	28.51	191.33

※最小すべり安全率を 8.69 で示す。左側は5~45°の最小値となる40°を記載。



※ 消波ブロック、被覆石、捨石、施設護岸及び基礎捨石は施設としてモデル化していない。

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)⑧-⑧'断面横断面図(岩級・シーム)

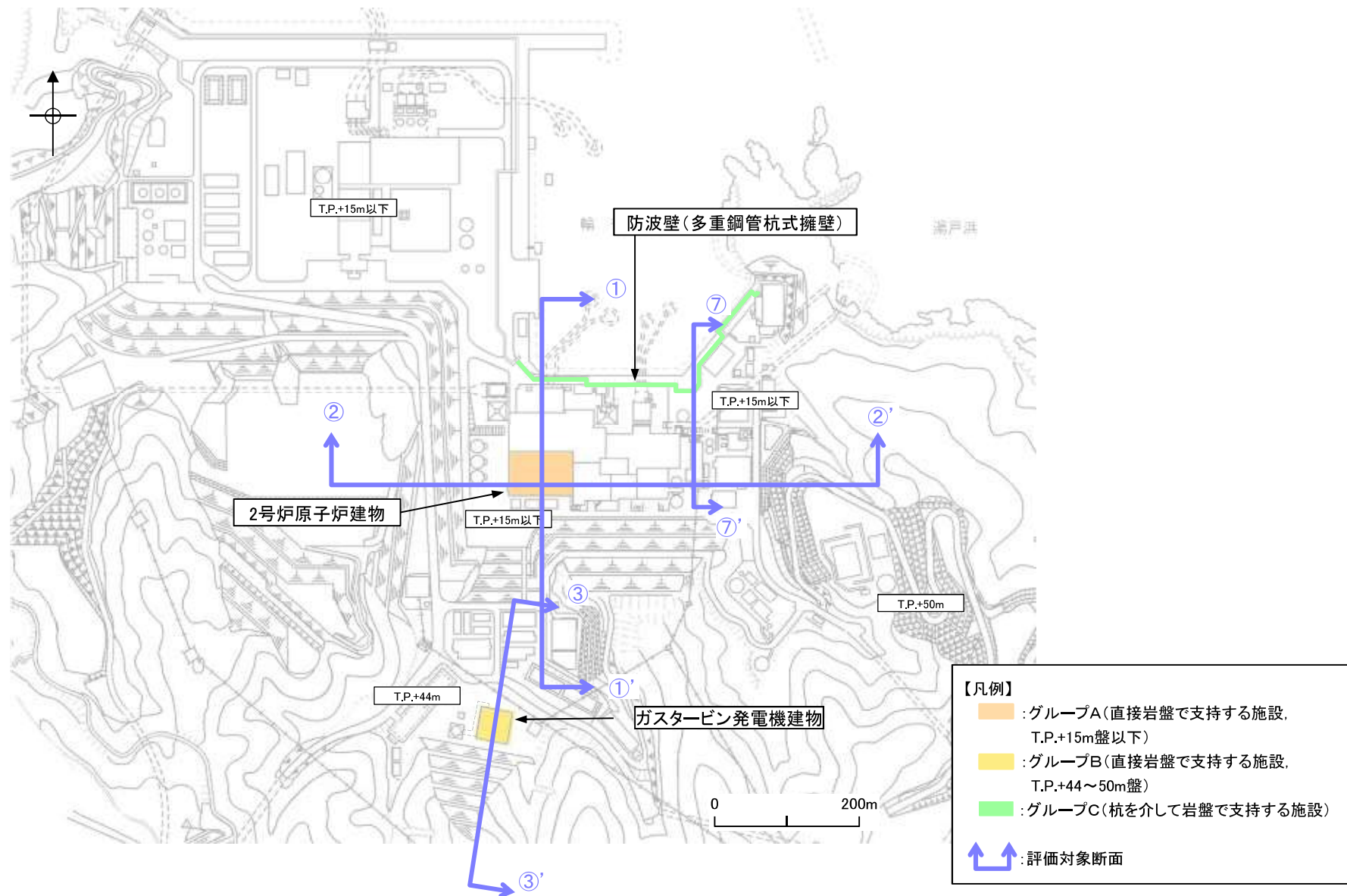
・⑧-⑧'断面は、⑦-⑦'断面に比べ、基礎地盤が特徴的(施設護岸よりも前(海側)に位置している)であるが、C_H級の岩盤が主体であること、施設直下にシームが分布しないこと、単位奥行当たりの施設重量が小さいこと、埋戻土層等が15.9mと薄いこと、及び最小すべり安全率が8.69と大きいことから、⑦-⑦'断面の評価に代表させる。

3. 基礎地盤の安定性評価 3.3 評価対象断面の選定

選定結果

第868回審査会合
資料3-1 P54 再掲

69

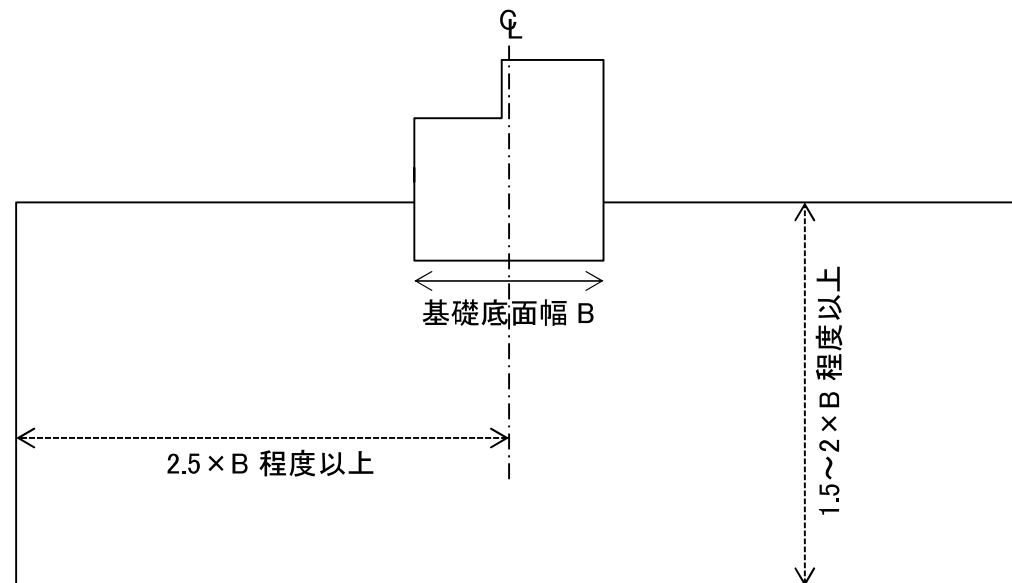


モデル化領域

- ・原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-2015(日本電気協会)に基づき、モデル片幅を基礎底面幅の2.5倍以上、モデル化深さを基礎底面幅の1.5~2倍以上確保するように設定した。

原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-2015(日本電気協会)

- ・動的解析用モデル下端の深さは、地形による影響や建屋から生じる逸散波動が、入射波動に比して十分に無視しうる深さであればよい。逸散エネルギーを吸収するように考慮された境界条件を用いる場合にはモデル下端をより浅くしてもよく、一般に基礎底面幅の1.5~2倍とする。
- ・動的解析用モデルの側方境界はそれぞれ基礎底面幅の2.5倍以上離れた点に設ければよいことが多い。また、側方にエネルギー伝達境界を設けることにより解析範囲を縮小することができる。



モデル化領域設定の考え方

地盤及びシームのモデル化

- ・地盤は、平面ひずみ要素でモデル化し、要素の最大高さ $H_{\max}$ は、地震波の伝播を十分に考慮できるよう下式により算定した。
- ・シームはジョイント要素でモデル化し、せん断ばね定数 k_s 及び垂直ばね定数 k_n を下式により設定した。

地盤要素のモデル化

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

 λ_s : せん断波の波長(m) V_s : せん断波の速度(m/s) $f_{\max}$: 考慮する地震動の最大周波数(20Hz) m : 分割係数(=5)

シームのモデル化

$$k_s = \frac{G}{t}$$

 G : せん断弾性係数(N/mm²) t : シームの平均層厚(mm)

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

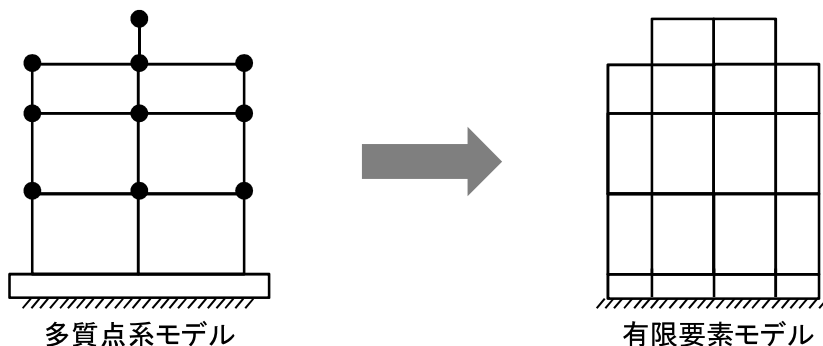
 ν_d : 動ポアソン比

建物のモデル化

- ・評価対象断面上の代表施設及び規模の大きい施設を対象にモデル化を行った。
 - (1) 代表施設 : 2号炉原子炉建物, ガスタービン発電機建物, 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)
 - (2) 規模の大きい施設 : 1, 2号炉タービン建物, 1, 2号炉廃棄物処理建物, 1号炉原子炉建物
- ・建物の構造を考慮してモデル化した。また, 水平動及び鉛直動の同時入力に対応したモデルを用いた。
- ・防波壁(多重鋼管杭式擁壁)においては, 杭構造物であるので, 線形の梁要素でモデル化した。

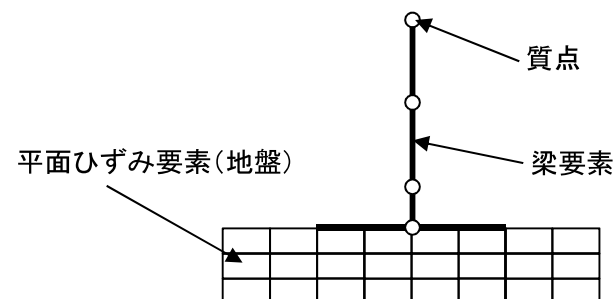
【原子炉建物, タービン建物, 廃棄物処理建物】

- ・複雑な構造であることから, 土木学会(2009)⁽²⁾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_θ 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とした。



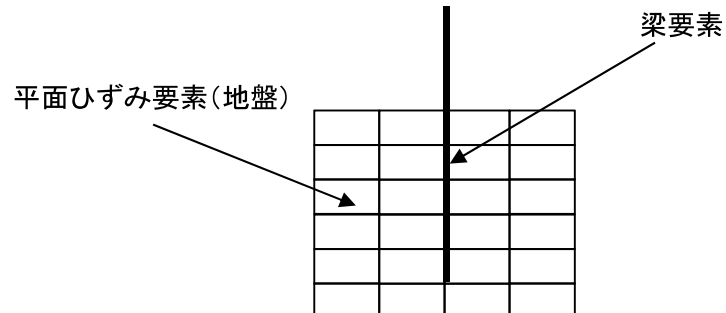
【ガスタービン発電機建物】

- ・比較的単純な構造であることから, 多質点系モデルでモデル化した。



【防波壁(多重鋼管杭式擁壁)】

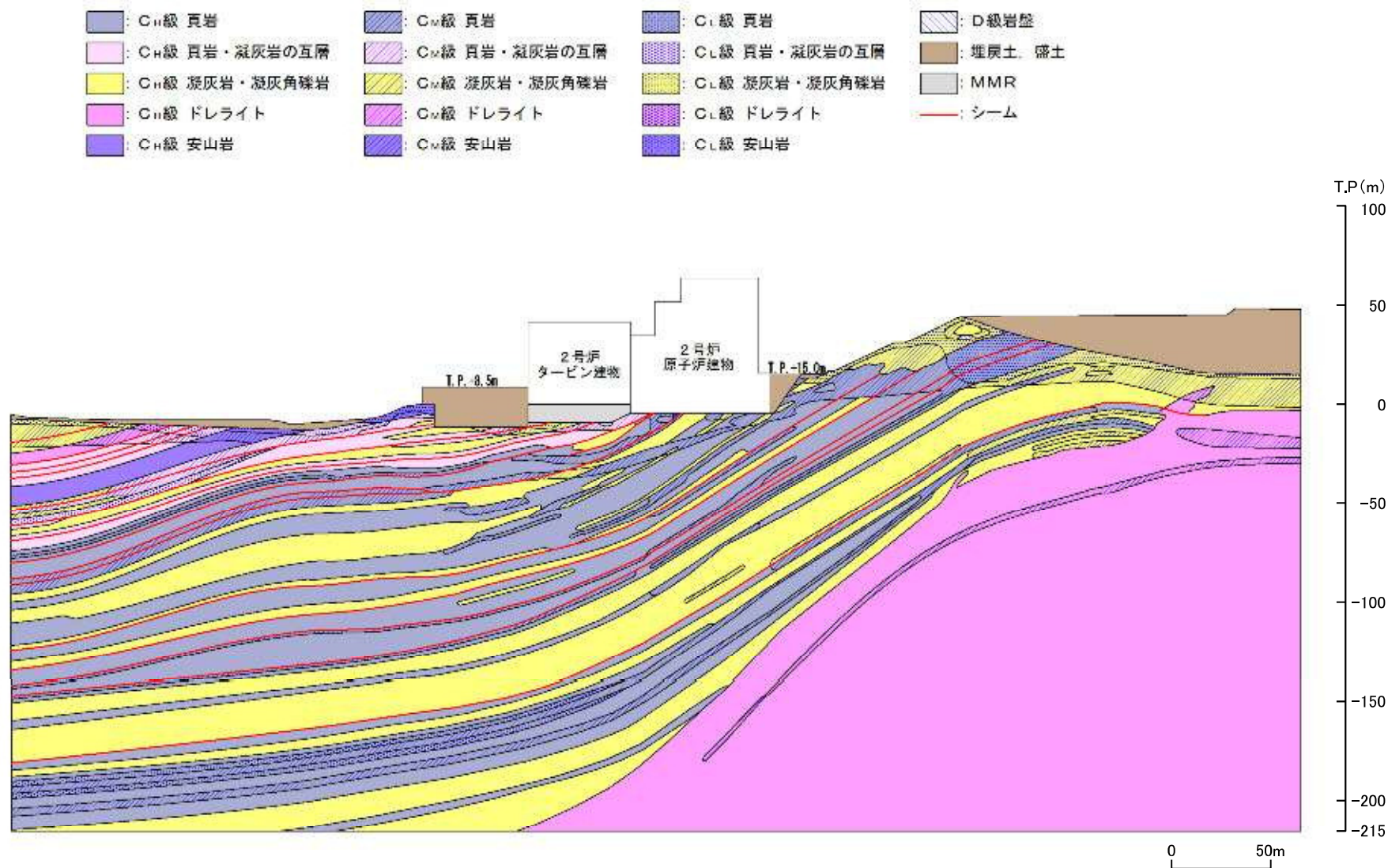
- ・線形の梁要素によりモデル化した。



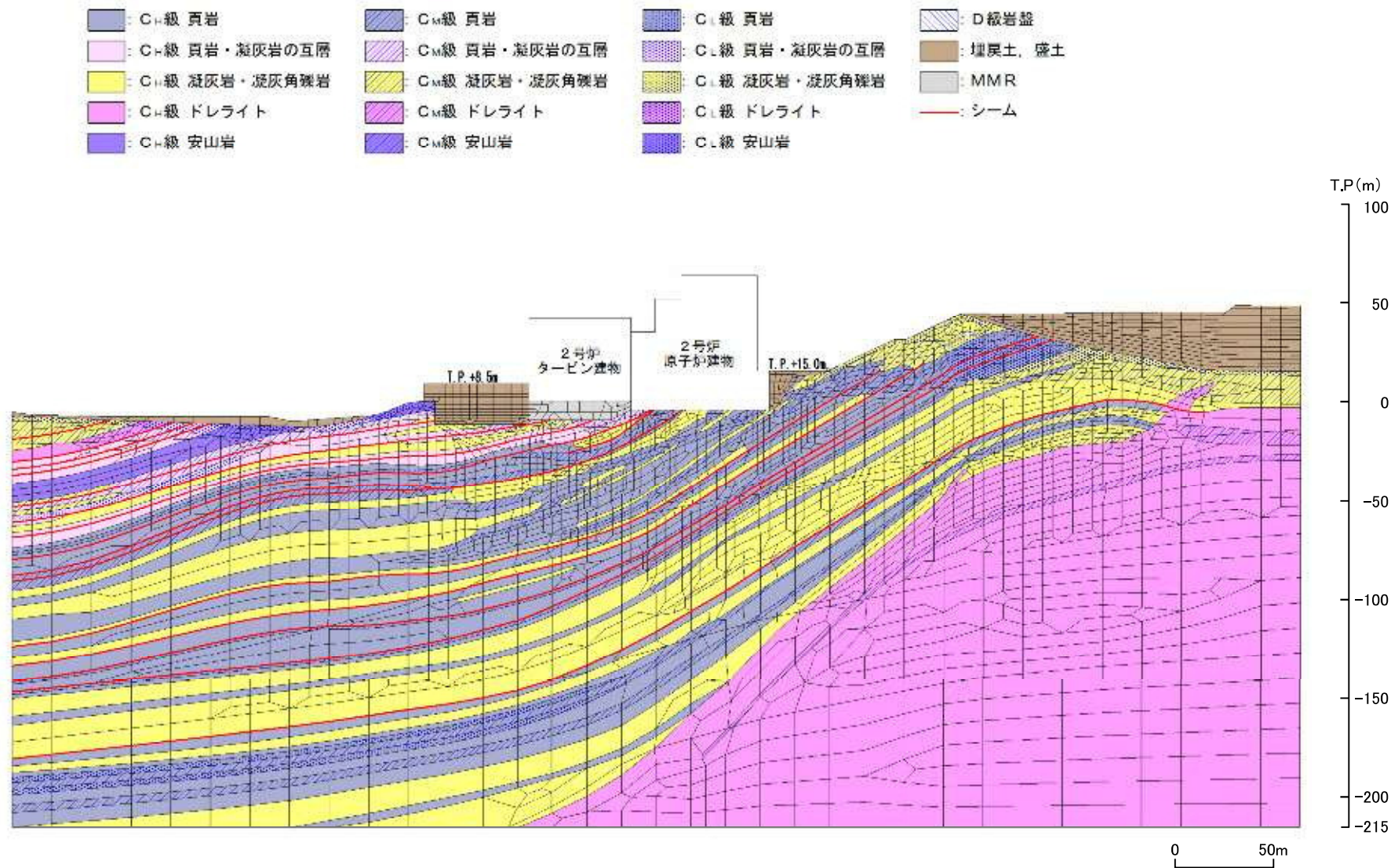
※1 建物のモデル化方法の詳細は補足資料「3. 建物のモデル化方法」に示す。

※2 規模の大きい施設の設定方法については補足資料「4. 隣接施設のモデル化について」に示す。

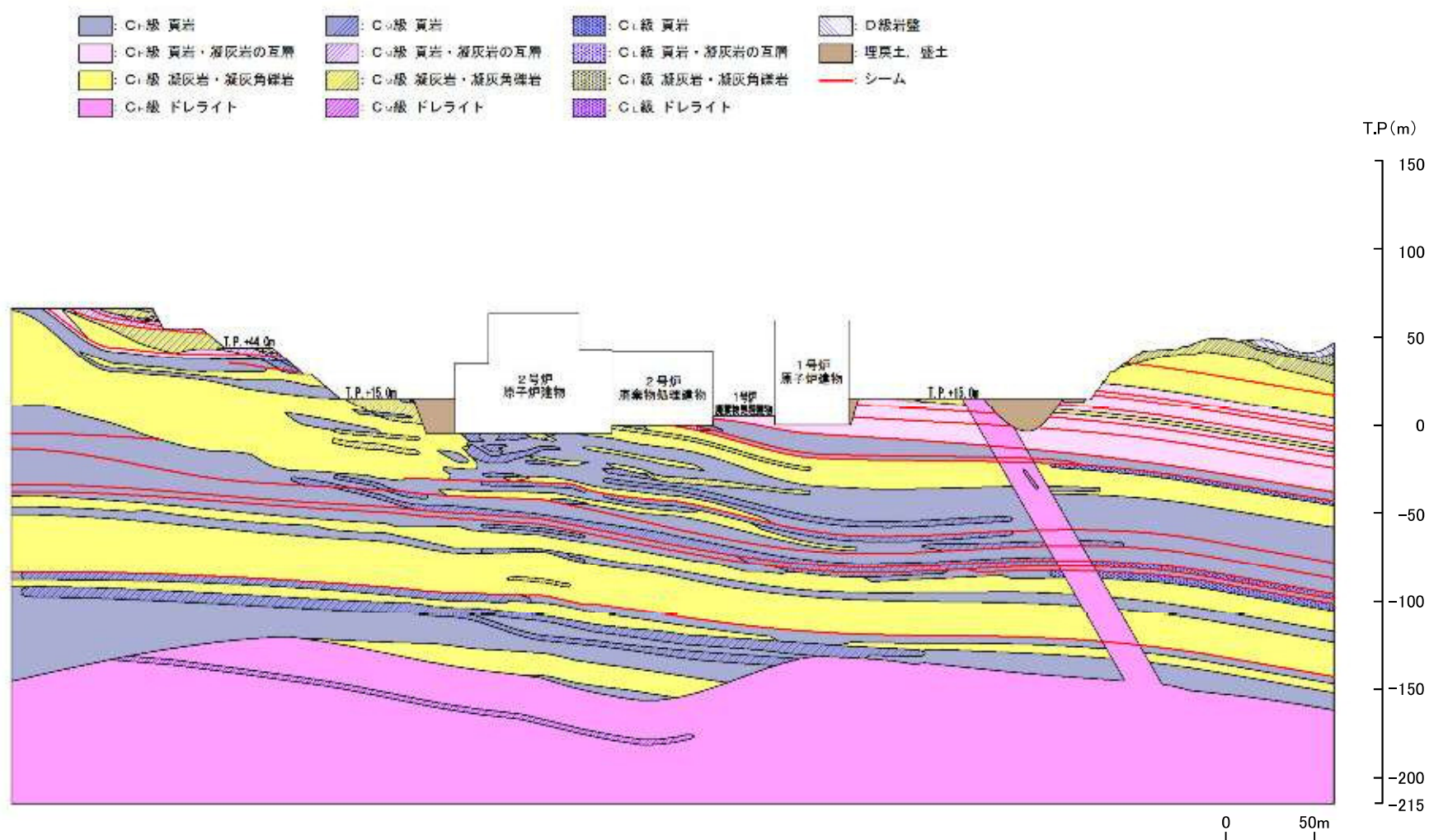
解析用岩盤分類図(2号炉原子炉建物(南北) ①-①' 断面)



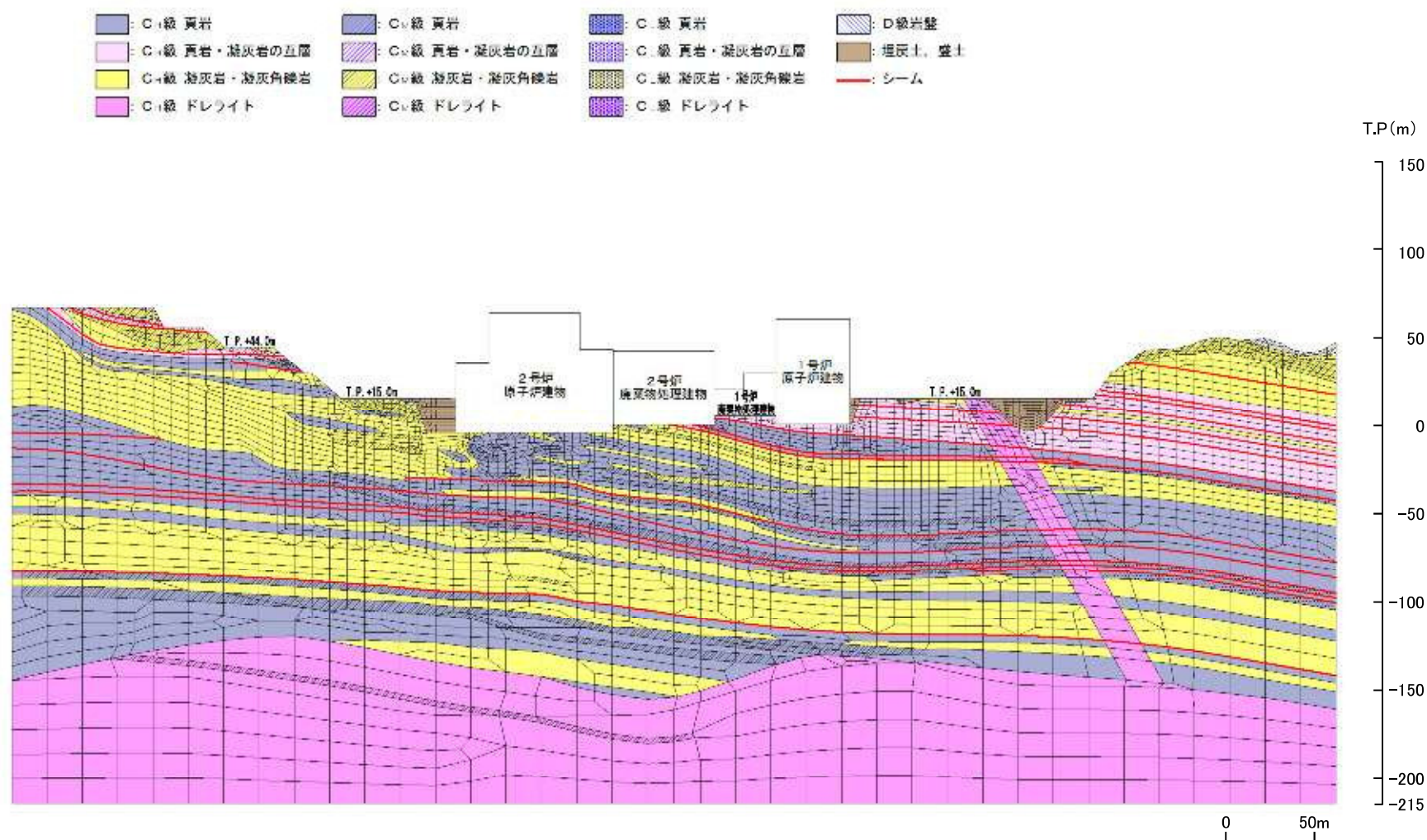
解析用要素分割図(2号炉原子炉建物(南北) ①-①' 断面)



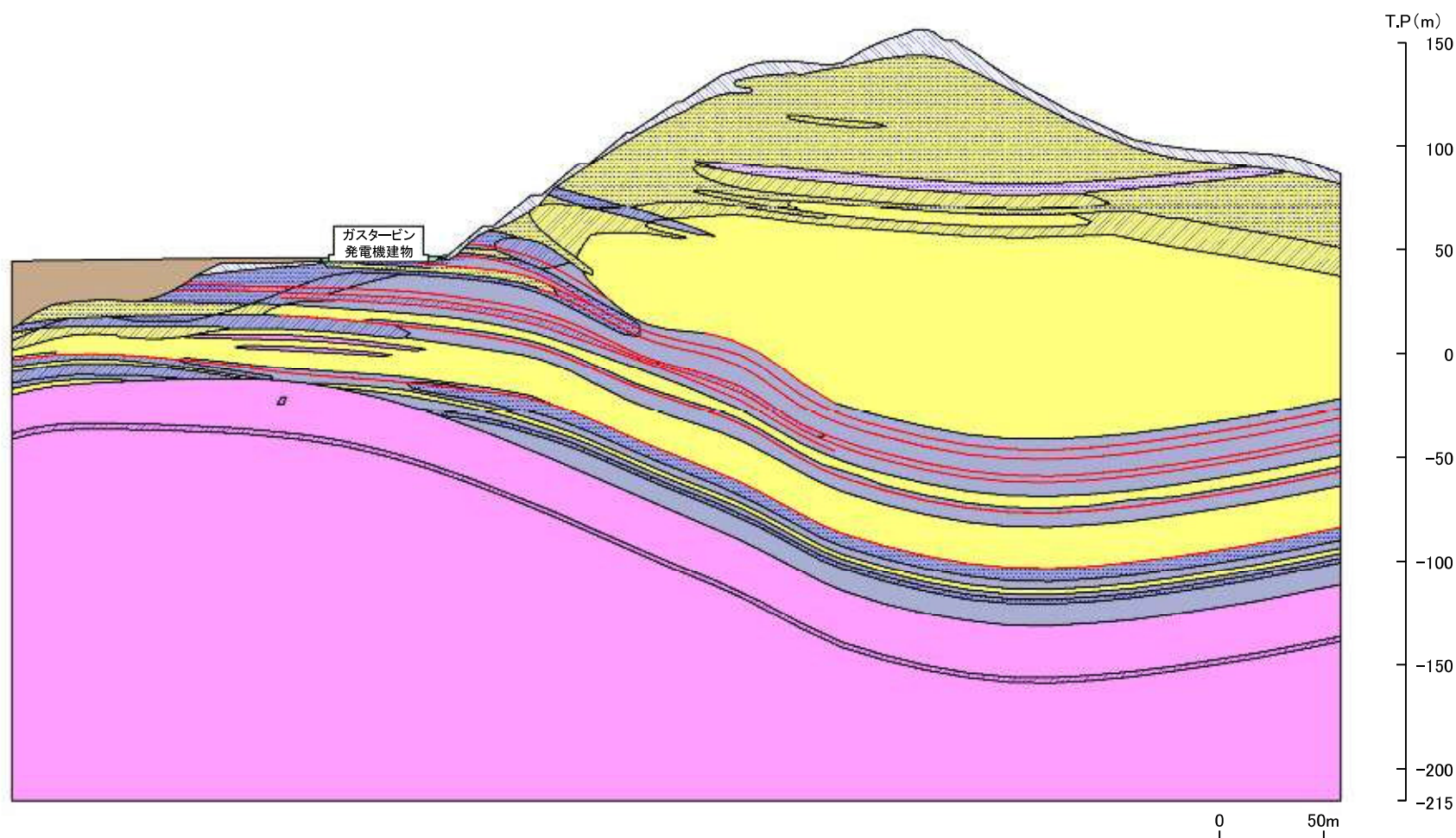
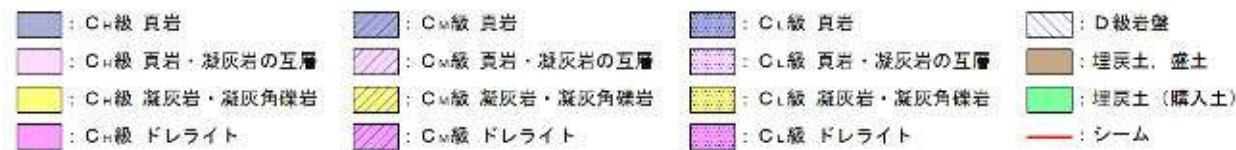
解析用岩盤分類図(2号炉原子炉建物(東西) ②-②' 断面)



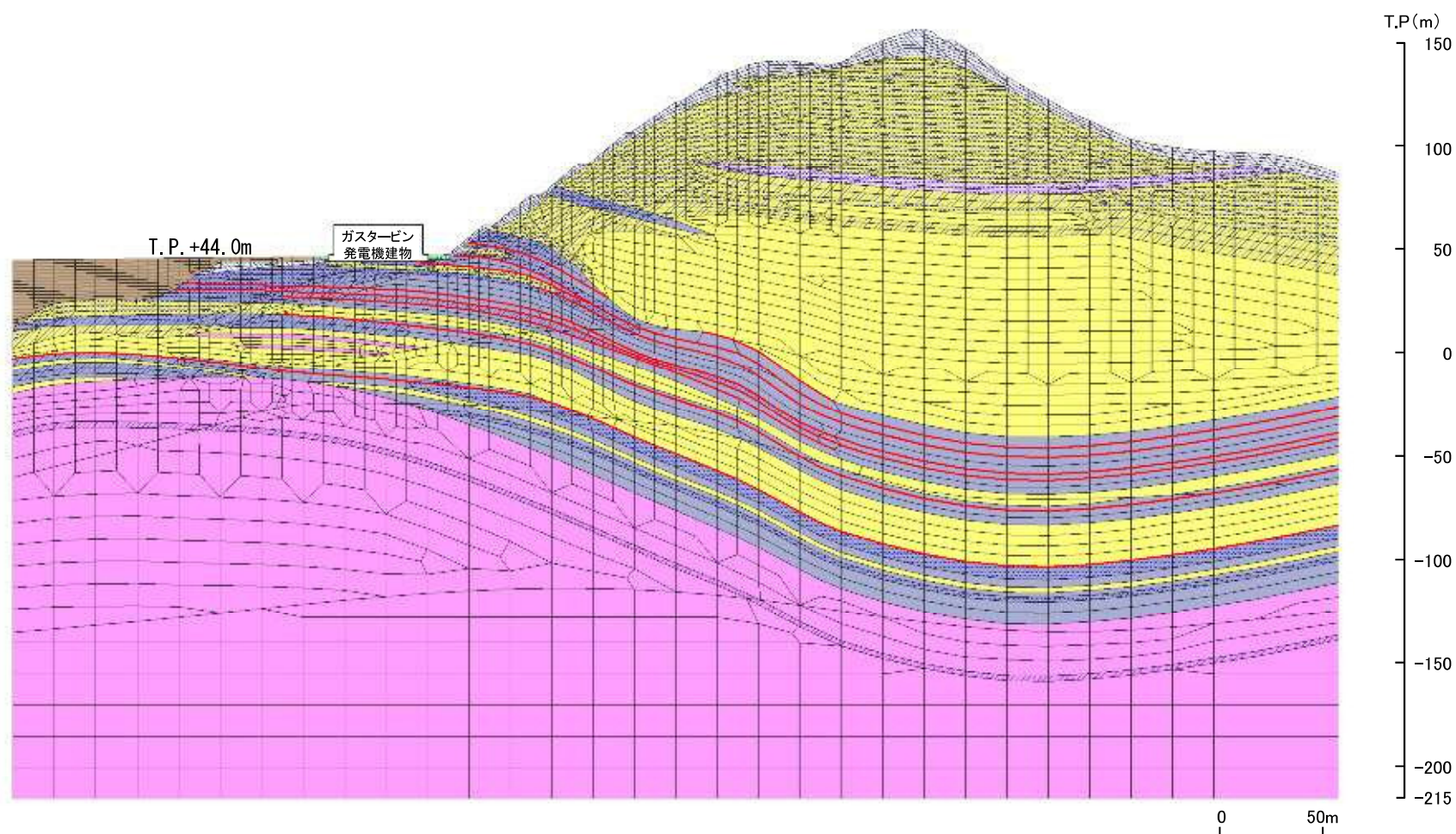
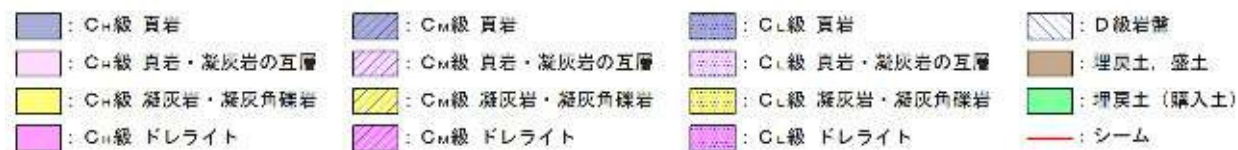
解析用要素分割図(2号炉原子炉建物(東西) ②-②' 断面)



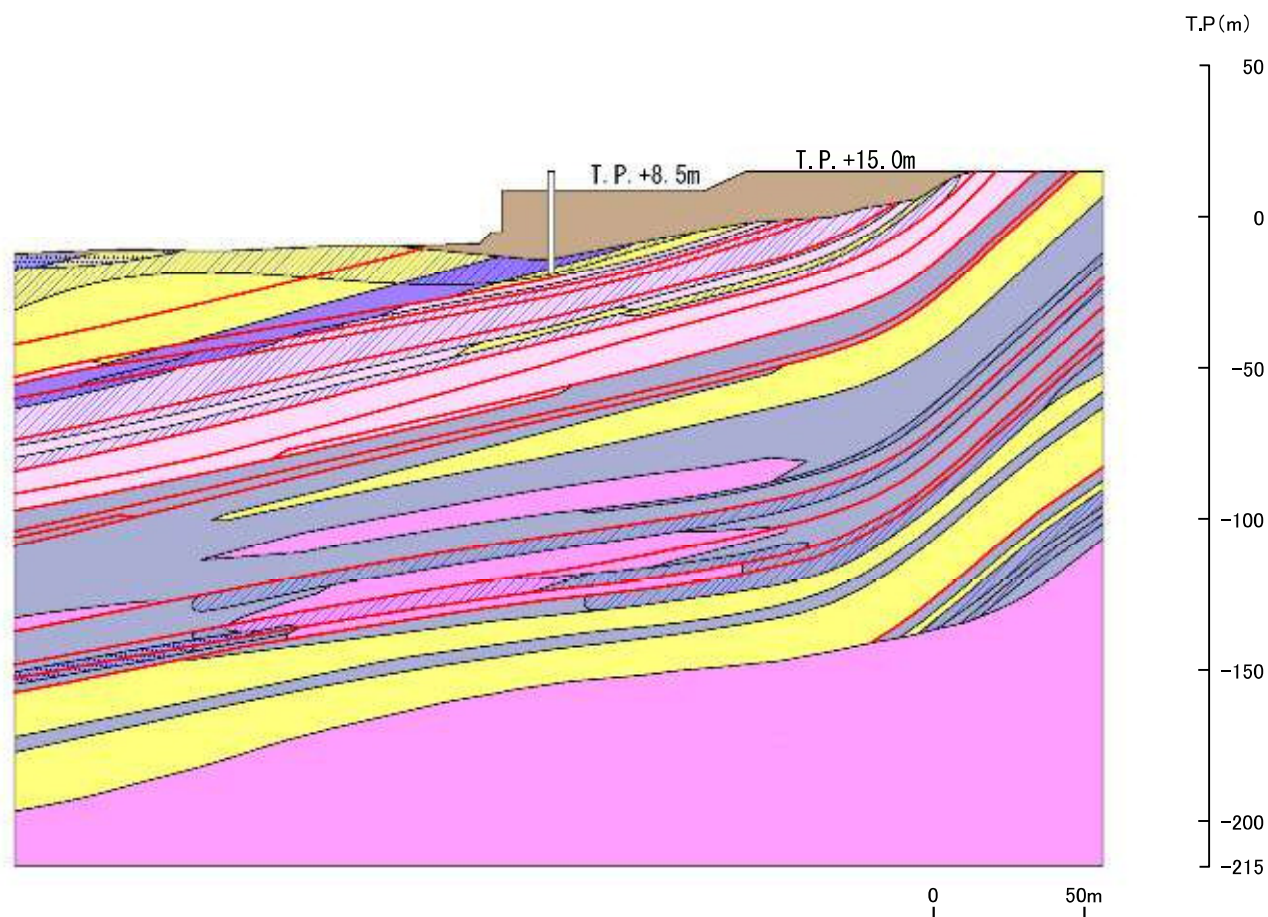
解析用岩盤分類図(ガスタービン発電機建物 ③-③' 断面)



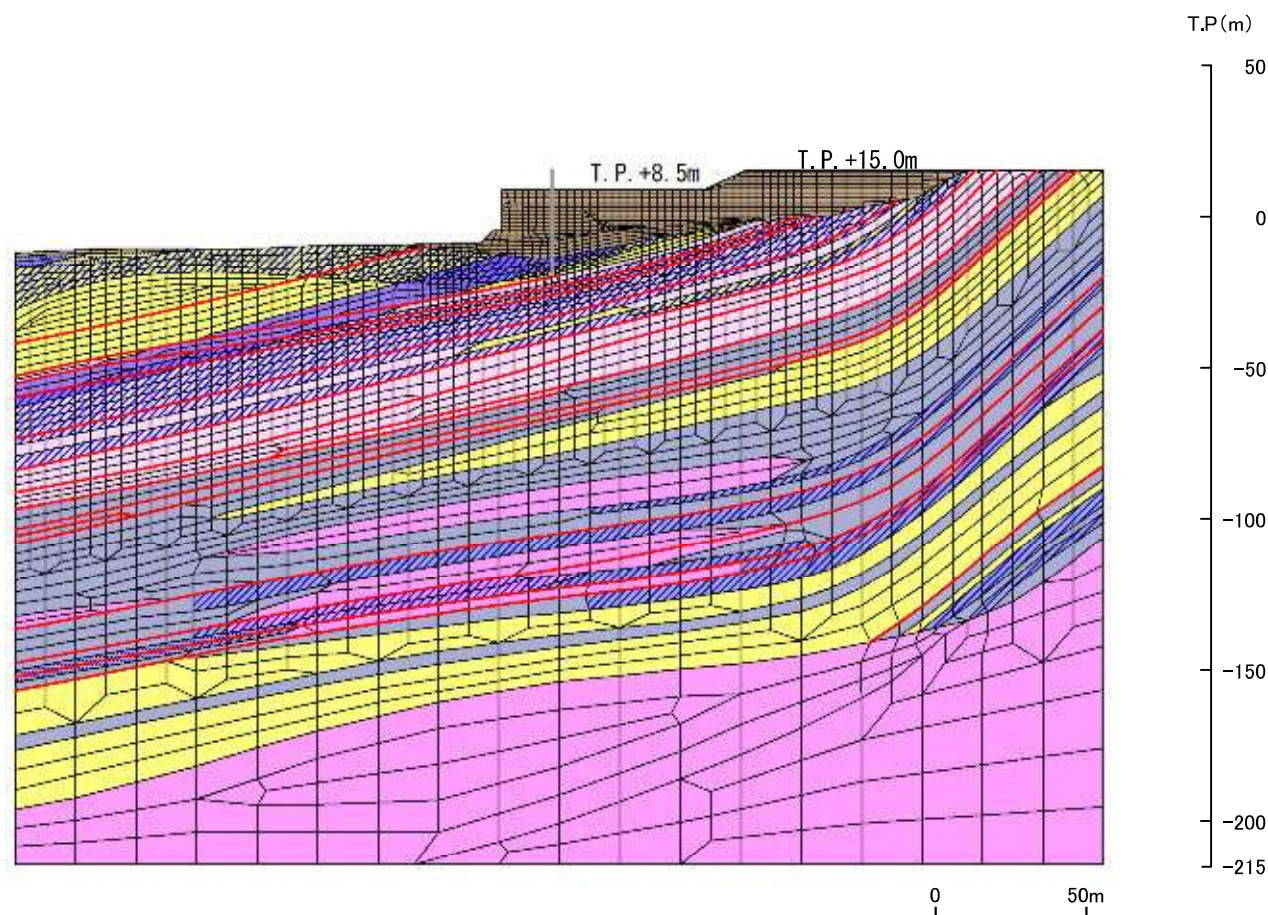
解析用要素分割図(ガスタービン発電機建物 ③-③' 断面)



解析用岩盤分類図(防波壁(多重鋼管杭式擁壁) ⑦-⑦' 断面)



解析用要素分割図(防波壁(多重鋼管杭式擁壁) ⑦-⑦' 断面)



3. 基礎地盤の安定性評価

3. 4 解析用物性値

岩盤分類方法

- ・岩盤分類は、電研式岩盤分類を基本とし、「風化程度」、「割れ目間隔」、「割れ目状態」を分類の指標として、岩種毎にC_H級、C_M級、C_L級、D級に分類した。

【岩盤分類】

風化程度	
1	新鮮である。ハンマーの軽打で澄んだ金属音を発する。
2	概ね新鮮であるが、部分的に褐色の風化汚染が認められる。ハンマーの軽打で一部低い金属音を発する。
3	全体的にやや風化変質している。ハンマーの軽打でやや濁った金属音を発する。
4	岩芯まで風化変質している。ハンマーの軽打で容易に岩片状となる。
5	強風化を受け、砂～粘土状を呈する。

割れ目間隔	
I	30cm以上(コア形状は長柱状)
II	10cm～30cm(コア形状は柱状)
III	5cm～10cm(コア形状は短柱状)
IV	3cm～5cm(コア形状は岩片状(柱状に復元可能))
V	3cm以下(コア形状に短片状(柱状に復元不可能))
VI	割れ目として認識できない土砂状の岩盤(コア形状は土砂状)

割れ目状態	
α	新鮮
β	割れ目が汚染され、岩石組織が若干変質
γ	粘土、風化物質、外来物資を介在する

【岩級区分】

割れ目 間 隔	風化程度 割れ目状態	1	2	3	4	5
I	α	C _H	C _H			
	β	C _H	C _H	C _M		
	γ	C _H	C _H	C _M	C _L	
II	α	C _H	C _H	C _M		
	β	C _H	C _M	C _M	C _L	
	γ	C _M	C _M	C _L	C _L	
III	α	C _M	C _M	C _M	C _L	
	β	C _M	C _L	C _L	C _L	
	γ	C _M	C _L	C _L	C _L	
IV	α	C _L	C _L	C _L		
	β	C _L	C _L	C _L	C _L	
	γ	C _L	C _L	C _L	C _L	
V	α	C _L	C _L	C _L	D	
	β	C _L	D	D	D	
	γ			D	D	D
VI	α					
	β					
	γ				D	D

3. 基礎地盤の安定性評価 3. 4 解析用物性値 設定方法(岩盤)

第868回審査会合
資料3-1 P69 再掲

83

- ・各種試験により解析用物性値を設定した。
- ・分布範囲が小さいため試験を実施していない物性値については、他岩種の試験値を基に換算等を行い解析用物性値を設定した。

岩種		岩級	物理特性	強度特性		変形特性						
				ピーク強度	残留強度	静的特性		動的特性				
						静弾性係数	静ポアソン比					
岩盤 (成相寺層)	頁岩	C _H 級	密度試験 (飽和)※1	ブロックせん断試験※1	摩擦抵抗試験※1	平板載荷試験		PS検層 より算出				
		C _M 級										
		C _L 級										
	頁岩と凝灰岩 の互層	C _H 級							C _M 級	C _L 級		
		凝灰岩・ 凝灰角礫岩							C _H 級	C _M 級	C _L 級	
									岩盤 (貫入岩)	ドレライト	C _H 級	C _M 級
	安山岩										C _H 級	C _M 級
		換算値									換算値	一軸圧縮 試験

※1 一部、3号炉の試験値を用いて設定している。

※2 詳細な設定方法については補足説明資料「2. 解析物性値の設定方法」に示す。

設定方法(D級岩盤・シーム・埋戻土・旧表土・MMR)

- ・解析用物性値は、各種試験により設定した。
- ・MMRについては、慣用値を解析用物性値として設定した。

	物理特性	強度特性		変形特性	
		ピーク強度	残留強度	静的特性	動的特性
D級岩盤	密度試験 (飽和)	中型三軸圧縮試験	ピーク強度と同じ値	中型三軸圧縮試験	動的中型三軸圧縮試験
シーム		単純せん断試験		単純せん断試験	動的単純せん断試験
埋戻土, 盛土※1,5		大型三軸圧縮試験		大型三軸圧縮試験	動的大型三軸圧縮試験
埋戻土(購入土)※2		三軸圧縮試験		三軸圧縮試験	繰返し中空ねじり せん断試験
旧表土※3					動的三軸圧縮試験
MMR※4	慣用値	—	—	慣用値	慣用値

※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(主に花崗岩の砕砂)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。

※6 詳細な設定方法については補足説明資料「2. 解析用物性値の設定方法」に示す。

3. 基礎地盤の安定性評価 3. 4 解析用物性値

解析用物性値①

第868回審査会合
資料3-1 P71 再掲

85

・岩盤の解析用物性値を以下に示す。

			物理特性	強度特性			静的変形特性		動の変形特性		減衰特性
			密度 $\rho_s (\text{g/cm}^3)$	せん断強度 $\tau_0 (\text{N/mm}^2)$	内部摩擦角 $\phi (^{\circ})$	残留強度 $\tau (\text{N/mm}^2)$	静弾性係数 $E (\times 10^3 \text{ N/mm}^2)$	静ポアソン比 ν_s	動せん断弾性係数 $G_d (\times 10^3 \text{ N/mm}^2)$	動ポアソン比 ν_d	減衰定数 h
岩盤 (成相寺層)	頁岩	C _H 級	2.57	1.14	54	1.48 $\sigma^{0.72}$	3.74	0.19	解析用物性値② 参照		0.03
		C _M 級	2.52	0.92	54	0.34 $\sigma^{0.54}$	1.95	0.20			
		C _L 級	2.44	0.28	45	0.34 $\sigma^{0.54}$	0.54	0.20			
	頁岩と凝灰岩 の互層	C _H 級	2.56	1.14	54	1.28 $\sigma^{0.72}$	3.74	0.19			
		C _M 級	2.49	0.92	54	0.34 $\sigma^{0.54}$	1.95	0.20			
		C _L 級	2.33	0.28	28	0.34 $\sigma^{0.54}$	0.43	0.20			
	凝灰岩・ 凝灰角礫岩	C _H 級	2.51	1.54	55	1.28 $\sigma^{0.72}$	7.78	0.19			
		C _M 級	2.44	1.14	47	0.34 $\sigma^{0.54}$	1.47	0.20			
		C _L 級	2.30	0.60	28	0.34 $\sigma^{0.54}$	0.43	0.25			
岩盤 (貫入岩)	ドレライト	C _H 級	2.78	2.14	52	1.56 $\sigma^{0.72}$	7.78	0.22			
		C _M 級	2.60	1.58	52	0.36 $\sigma^{0.54}$	1.47	0.25			
		C _L 級	2.53	0.83	43	0.36 $\sigma^{0.54}$	0.43	0.25			
	安山岩	C _H 級	2.68	2.14	52	1.56 $\sigma^{0.72}$	7.78	0.25			
		C _M 級	2.68	1.58	52	0.36 $\sigma^{0.54}$	1.47	0.25			
		C _L 級	2.59	0.83	43	0.36 $\sigma^{0.54}$	0.43	0.25			

第868回審査会合
資料3-1 P72 再掲

			動せん断弾性係数 G _d (× 10 ³ N/mm ²)						動ポアソン比 ν _d					
			第①速度層	第②速度層	第③速度層	第④速度層	第⑤速度層	第⑥速度層	第①速度層	第②速度層	第③速度層	第④速度層	第⑤速度層	第⑥速度層
岩盤 (成相寺層)	頁岩	C _H 級	0.16	2.08	6.58	9.77	10.28	14.19	0.45	0.39	0.38	0.34	0.34	0.35
		C _M 級	0.16	2.04	6.45	9.58	10.08	13.92						
		C _L 級	0.15	1.98	6.25	9.28	9.76	13.47						
	頁岩と凝灰岩 の互層	C _H 級	0.16	2.07	6.55	9.73	10.24	14.14						
		C _M 級	0.16	2.02	6.37	9.47	9.96	13.75						
		C _L 級	0.15	1.89	5.96	8.86	9.32	12.87						
	凝灰岩・ 凝灰角礫岩	C _H 級	0.16	2.03	6.43	9.54	10.04	13.86						
		C _M 級	0.15	1.98	6.25	9.28	9.76	13.47						
		C _L 級	0.14	1.86	5.89	8.75	9.20	12.70						
岩盤 (貫入岩)	ドレライト	C _H 級	0.17	2.25	7.12	10.57	11.12	15.35						
		C _M 級	0.16	2.11	6.66	9.89	10.40	14.36						
		C _L 級	0.16	2.05	6.48	9.62	10.12	13.97						
	安山岩	C _H 級	0.17	2.17	6.86	10.19	10.72	14.80						
		C _M 級	0.17	2.17	6.86	10.19	10.72	14.80						
		C _L 級	0.16	2.10	6.63	9.85	10.36	14.30						

3. 基礎地盤の安定性評価 3. 4 解析用物性値

解析用物性値③

第868回審査会合
資料3-1 P73 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

87

・D級岩盤，シーム，埋戻土，旧表土及びMMRの解析用物性値を以下に示す。

		物理特性	強度特性			静的変形特性		動の変形特性		減衰特性
		密度 ρ_s (g/cm ³)	せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	残留強度 τ (N/mm ²)	静弾性係数 E (N/mm ²)	静ポアソン比 ν_s	動せん断弾性係数 G_d (N/mm ²)	動ポアソン比 ν_d	減衰定数 h
D級岩盤	頁岩，頁岩・凝灰岩の互層	2.28	0.53	9	$0.53 + \sigma \tan 9^\circ$	$206 \sigma^{0.28}$	0.30	$G_o = 106 \sigma^{0.38}$ (N/mm ²) $G/G_o = 1/(1 + (2 \times (\gamma/0.0014) \times (G/G_o)^{0.574}))$	0.45	$h = 0.142 \times (1 - (G/G_o))$
	ドレライト，安山岩		0.51	33	$0.51 + \sigma \tan 33^\circ$	$256 \sigma^{0.48}$		$G_o = 797 \sigma^{0.54}$ (N/mm ²) $G/G_o = 1/(1 + (2 \times (\gamma/0.00035) \times (G/G_o)^{0.758}))$		$h = 0.175 \times (1 - (G/G_o))$
	凝灰岩・凝灰角礫岩		0.11	6	$0.11 + \sigma \tan 6^\circ$	$141 \sigma^{0.39}$		$G_o = 148 \sigma^{0.49}$ (N/mm ²) $G/G_o = 1/(1 + (\gamma/0.00062))$		$\gamma \leq 1 \times 10^{-4}$: $h = 0.023$ $\gamma > 1 \times 10^{-4}$: $h = 0.023 + 0.071 \cdot \log(\gamma/0.0001)$
シーム		2.23	0.19	18	$0.19 + \sigma \tan 18^\circ$	$G_{0.5} = 44 \sigma^{0.34}$	0.40	$G_o = 225 \sigma^{0.31}$ (N/mm ²) $G/G_o = 1/[1 + (\gamma/0.00149)^{0.849}]$	0.45	$h = \gamma / (2.14 \gamma + 0.017) + 0.031$
埋戻土，盛土※1.5		2.11	0.22	22	$0.22 + \sigma \tan 22^\circ$	$E_{0.5} = 115 \sigma^{0.61}$	0.40	$G_o = 749 \sigma^{0.66}$ (N/mm ²) $G/G_o = 1/(1 + (\gamma/0.00027))$	0.45	$h = 0.0958 \gamma / (\gamma + 0.00020)$
埋戻土(購入土)※2		2.01	0.04	21	$0.04 + \sigma \tan 21^\circ$	$E_{0.5} = 227 \sigma^{0.75}$	0.40	$G_o = 275 \sigma^{0.61}$ (N/mm ²) $G/G_o = 1/(1 + (\gamma/0.00048))$	0.45	$h = 0.2179 \gamma / (\gamma + 0.00085)$
旧表土※3		2.00	0.03	21	$0.03 + \sigma \tan 21^\circ$	$E_{0.5} = 37 \sigma^{0.79}$	0.40	$G_o = 240 \sigma^{0.61}$ (N/mm ²) $G/G_o = 1/(1 + (\gamma/0.0011))$	0.45	$h = 0.20 \gamma / (\gamma + 0.000413)$
MMR※4		2.35	—	—	—	23,500	0.20	9,792	0.20	0.05

※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。

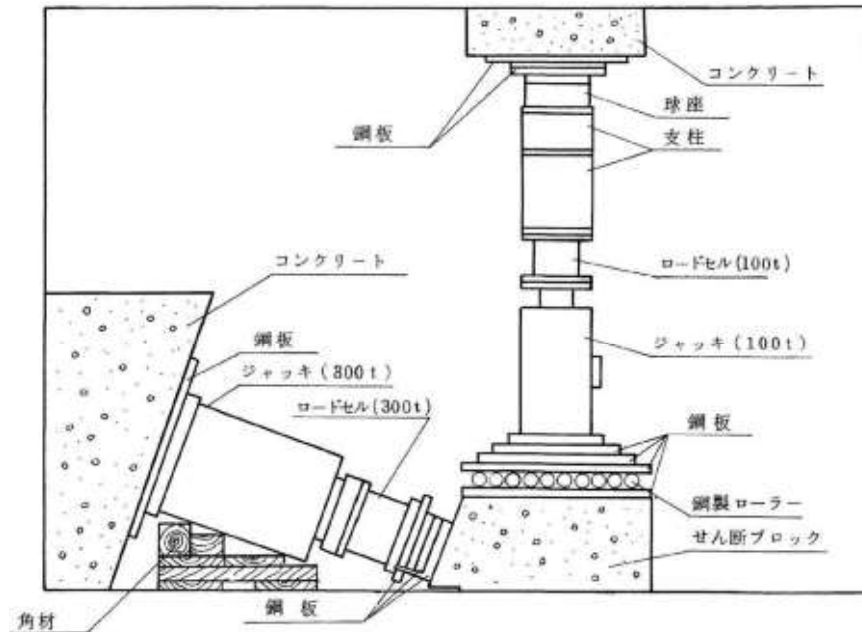
※2「埋戻土(購入土)」は，加工砂(主に花崗岩の砕砂)であり，ガスタービン発電機建物周りの埋戻土のみに使用。

※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。

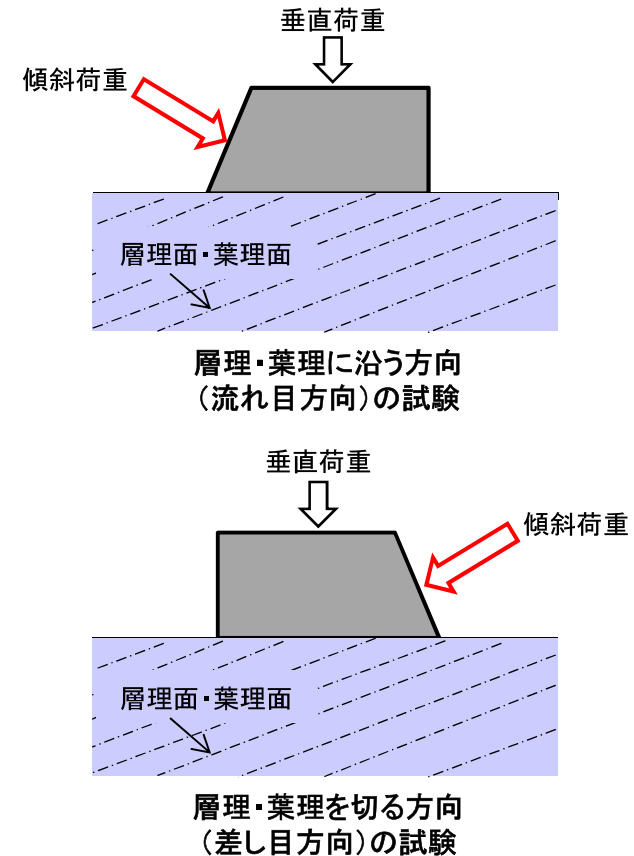
原位置試験（例：ブロックせん断試験・摩擦抵抗試験）



ブロックせん断試験装置概要図

【凡例】

■ : 頁岩



- ・岩盤の強度特性を把握するため、岩種毎にブロックせん断試験及び摩擦抵抗試験を実施した。
- ・頁岩は層理・葉理が発達することから、その異方性を考慮して、層理・葉理に沿う方向（流れ目方向）及び層理・葉理を切る方向（差し目方向）に載荷した。
- ・ブロックせん断試験終了後、破壊した試験ブロックを用いて摩擦抵抗試験を行い、残留強度を求めた。

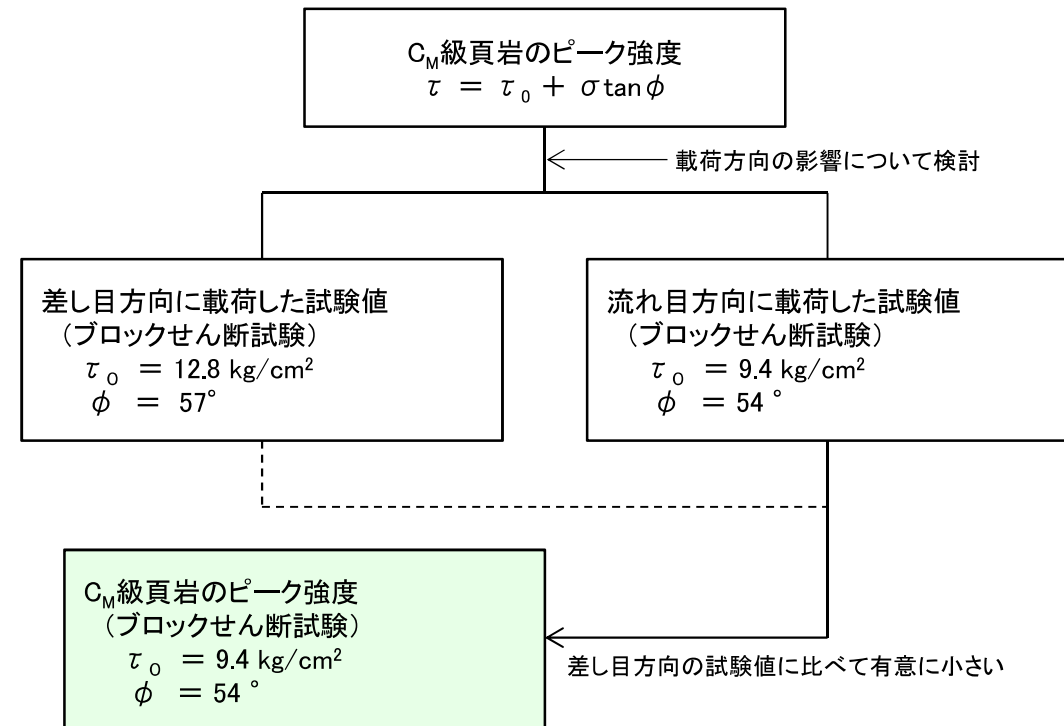
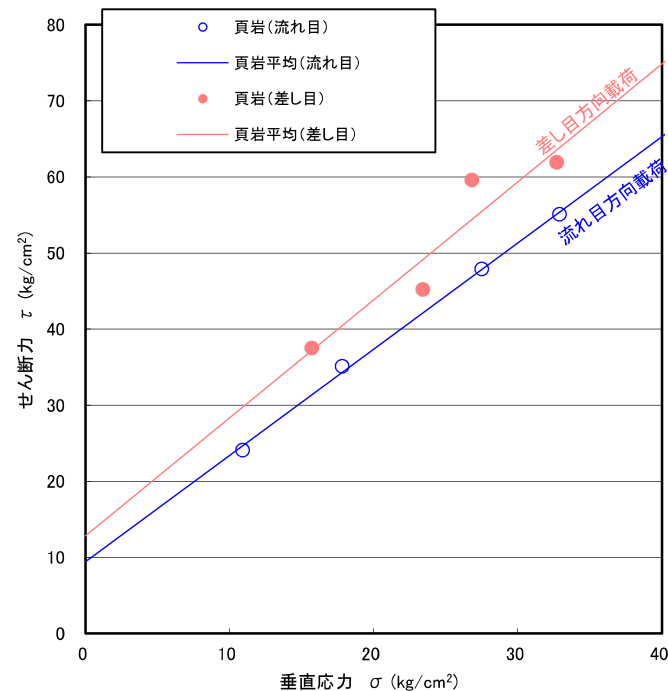
3. 基礎地盤の安定性評価 3.4 解析用物性値

原位置試験結果（例：ブロックせん断試験）

第868回審査会合
資料3-1 P75 再掲

89

・ブロックせん断試験結果（ C_M 級頁岩）

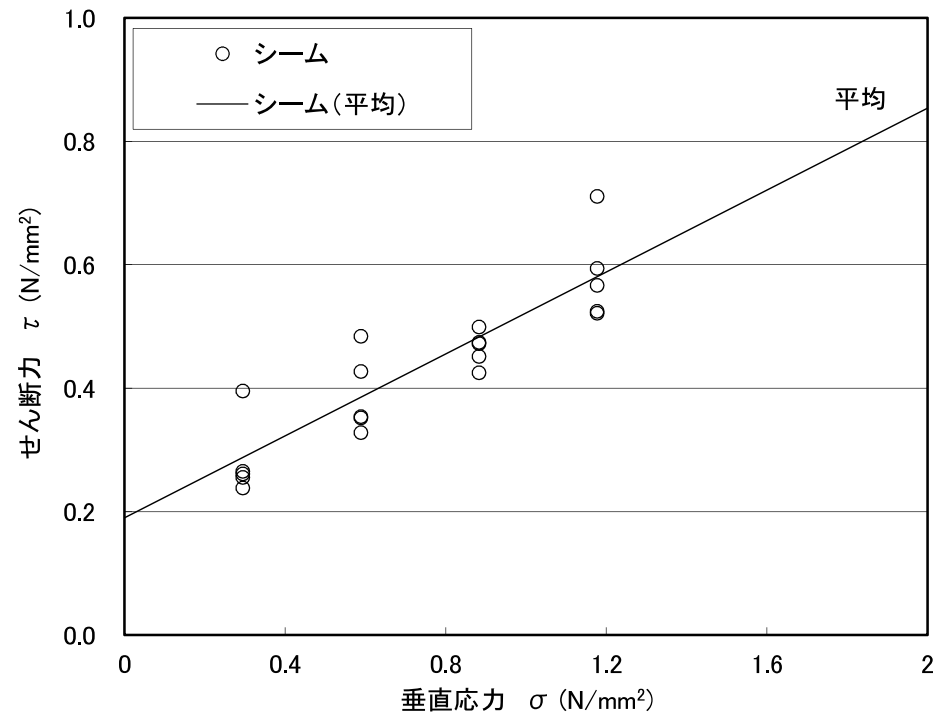


- ・流れ目方向に載荷した試験値は、差し目方向に載荷した試験値に比べて有意に小さい。
- ・流れ目方向に載荷した試験値を C_M 級頁岩のピーク強度として採用する。

単純せん断試験結果(シーム)

・単純せん断試験結果(シーム)

	せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
シーム	0.19	18



・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。

- ・土木学会(2009)他によると、すべり安全率に対する地盤物性値のばらつきの影響については、強度特性が支配的であるとされていることから、地盤物性のうち強度特性に関するばらつきについて考慮する。
- ・ばらつきを考慮した強度特性については、平均強度から1 σ による低減を実施した。
- ・なお、頁岩、その他一部の岩盤については、平均強度が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。

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)

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

- ・地盤物性値を $\pm 10\%$ して算定したすべり安全率の差を算定した結果、すべり安全率に関しては、せん断強度等の抵抗力に係る地盤物性値の影響が非常に強く、剛性等の影響は比較的小さいことを確認した。
- ・「代表値 $\pm$ 係数 $\times$ 標準偏差」を用いた確率論的手法による地盤物性値のばらつき評価の結果、確率論的手法によって評価したすべり安全率が、確定論的に地盤物性値を「代表値 $-1.0 \times$ 標準偏差」に設定して評価したすべり安全率を下回る確率は小さいことを明らかにした。

原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-2015(日本電気協会)

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

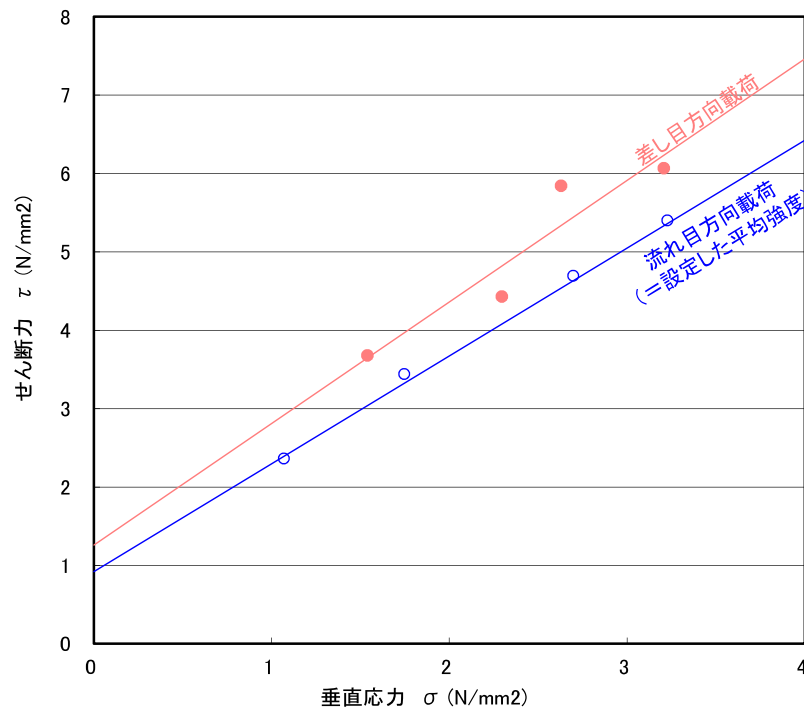
地盤物性のばらつきについて(2/3)

【「頁岩」のピーク強度】

- ・頁岩は、層理・葉理の発達する強度異方性の顕著な層状岩盤である。
- ・その平均強度は、原位置試験結果のうち、強度の下限を示すと考えられる「層理・葉理に沿う方向(流れ目方向)」に載荷した試験値に基づいて設定している。

以上のことから、平均強度は既に安全側に強度の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。

頁岩・凝灰岩の互層についても、凝灰岩よりせん断強度の低い頁岩の試験値に基づいて設定していることから、更なるばらつきの考慮は実施しない。

頁岩(C_M級)

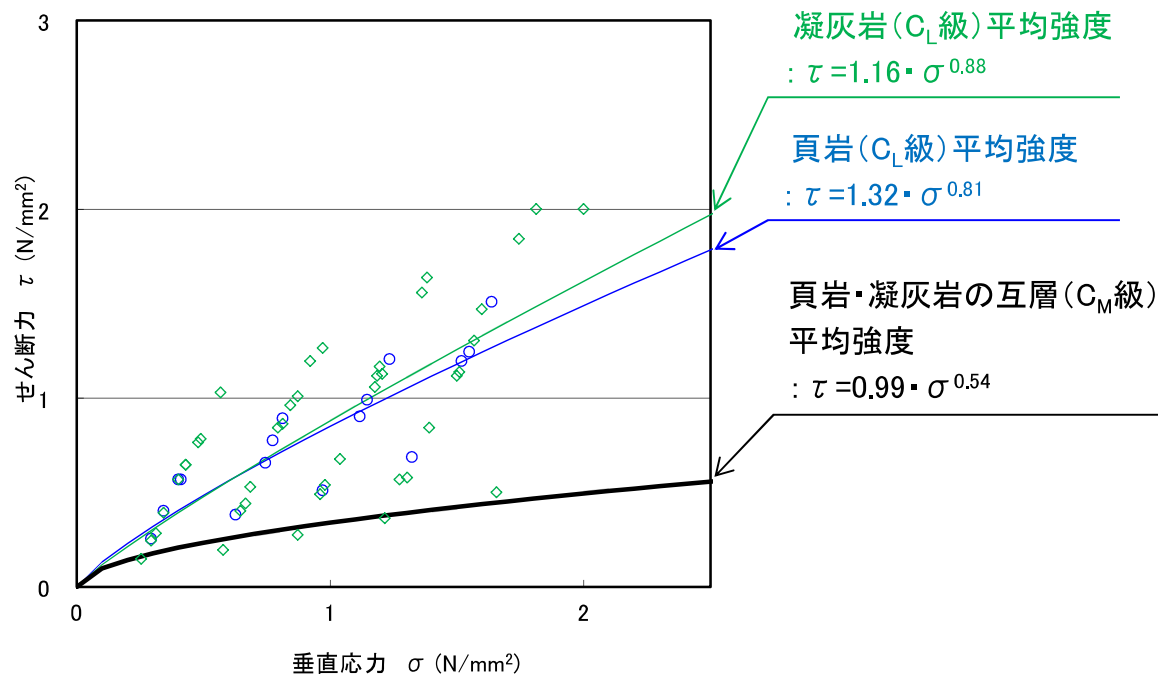
※ 詳細な設定方法については補足説明資料「2.2 強度特性」に示す。

【「頁岩と凝灰岩の互層(C_M級, C_L級)」及び「凝灰岩・凝灰角礫岩(C_M級, C_L級)」】

- ・試験値が上位岩級(C_H級, C_M級, C_L級の順)を超えるため, 上位岩級と同値にする等, 保守的な方法で平均強度を補正して設定している。
- ・当該方法により設定した平均強度は, 試験値の概ね下限を示す。

以上のことから, 平均強度は既に安全側に強度の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。

例) 頁岩と凝灰岩の互層(C_L級)(上位岩級と同値に設定)



【平均強度・ばらつきを考慮した強度の設定の流れ】

頁岩(C_L級), 凝灰岩(C_L級)のいずれも頁岩・凝灰岩の互層(C_M級)の平均強度を上回る。



頁岩・凝灰岩の互層(C_L級)の平均強度は, 保守的にC_M級と同値に補正する。

頁岩・凝灰岩の互層(C_L級)平均強度

$$: \tau = 0.99 \cdot \sigma^{0.54}$$



頁岩・凝灰岩の互層(C_L級)は試験値の概ね下限を示す。



既に安全側に強度の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。

※ 詳細な設定方法については補足説明資料「2.2 強度特性」に示す。

3. 基礎地盤の安定性評価 3.4 解析用物性値 ばらつきを考慮した強度特性

第868回審査会合
資料3-1 P80 再掲

94

			強度特性		
			ばらつきを考慮した強度		
			せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	残留強度 τ (N/mm ²)
岩盤 (成相寺層)	頁岩	C _H 級	1.14	54	1.34 $\sigma^{0.72}$
		C _M 級	0.92	54	0.34 $\sigma^{0.54}$
		C _L 級	0.28	45	0.34 $\sigma^{0.54}$
	頁岩と凝灰岩 の互層	C _H 級	1.14	54	1.12 $\sigma^{0.72}$
		C _M 級	0.92	54	0.34 $\sigma^{0.54}$
		C _L 級	0.28	28	0.34 $\sigma^{0.54}$
	凝灰岩・ 凝灰角礫岩	C _H 級	1.35	55	1.12 $\sigma^{0.72}$
		C _M 級	0.70	47	0.34 $\sigma^{0.54}$
		C _L 級	0.60	28	0.34 $\sigma^{0.54}$
岩盤 (貫入岩)	ドレライト	C _H 級	1.65	52	1.36 $\sigma^{0.72}$
		C _M 級	0.84	52	0.34 $\sigma^{0.54}$
		C _L 級	0.73	43	0.34 $\sigma^{0.54}$
	安山岩	C _H 級	1.65	52	1.36 $\sigma^{0.72}$
		C _M 級	0.84	52	0.34 $\sigma^{0.54}$
		C _L 級	0.73	43	0.34 $\sigma^{0.54}$

※ 詳細な設定方法については、補足説明資料「2.2 強度特性」に示す。

		強度特性		
		ばらつきを考慮した強度		
		せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	残留強度 τ (N/mm ²)
D級岩盤	頁岩、頁岩・凝灰岩の互層	0.32	9	0.32 + $\sigma \tan 9^\circ$
	ドレライト、安山岩	0.30	33	0.30 + $\sigma \tan 33^\circ$
	凝灰岩・凝灰角礫岩	0.09	6	0.09 + $\sigma \tan 6^\circ$
シーム		0.13	18	0.13 + $\sigma \tan 18^\circ$
埋戻土・盛土		0.21	22	0.21 + $\sigma \tan 22^\circ$
埋戻土(購入土)		0.04	21	0.04 + $\sigma \tan 21^\circ$
旧表土		0.00	21	$\sigma \tan 21^\circ$

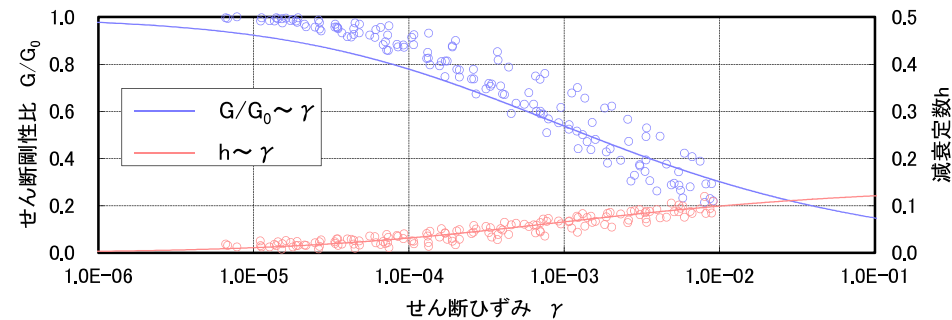
【凡例】

- : ばらつきを考慮し、平均強度から1 σ による低減を行う。
- : 既に安全側にばらつきが考慮されているため、更なるばらつきの考慮を実施しない。

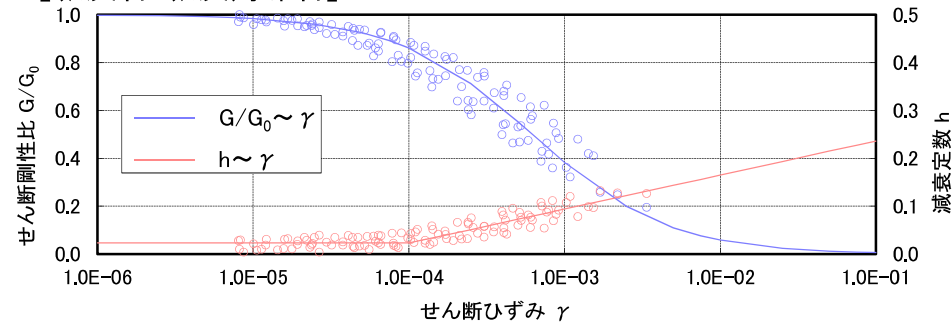
動的変形特性(ひずみ依存特性について)

- ・ D級岩盤のひずみ依存特性については、各土質材料における動的変形試験の試験結果より設定した。

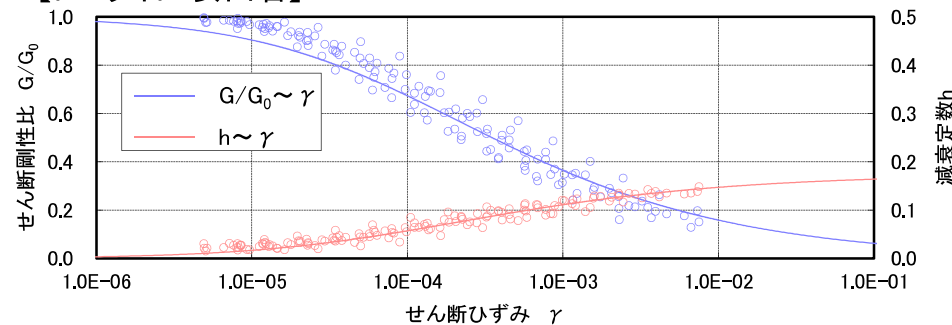
【頁岩, 頁岩・凝灰岩の互層】



【凝灰岩・凝灰角礫岩】

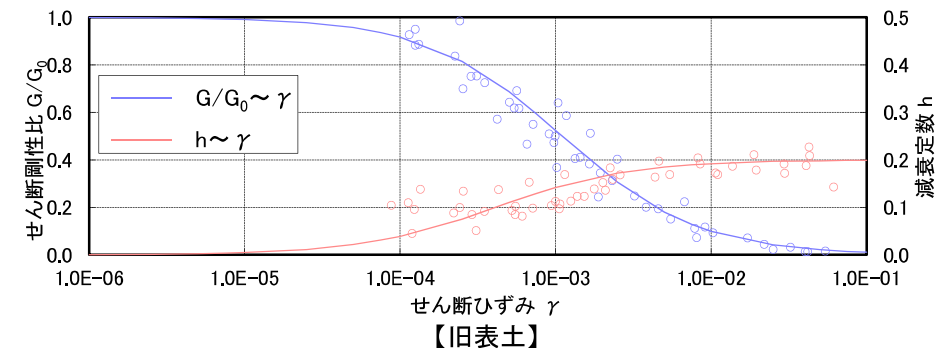
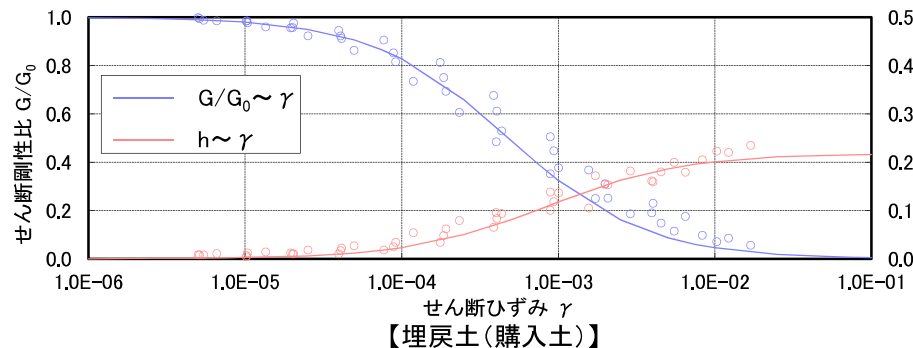
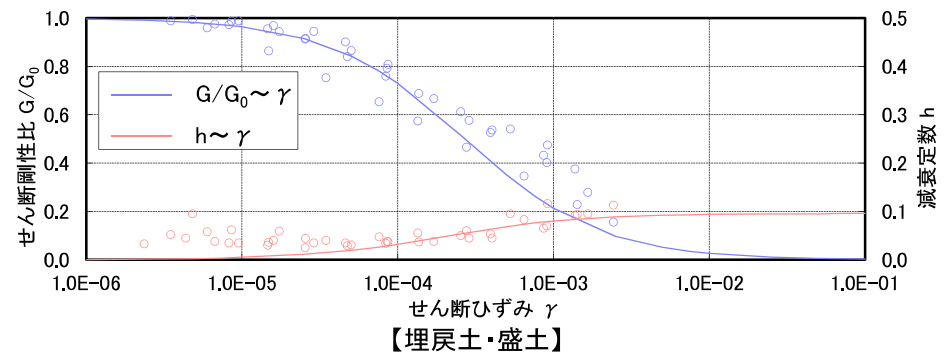
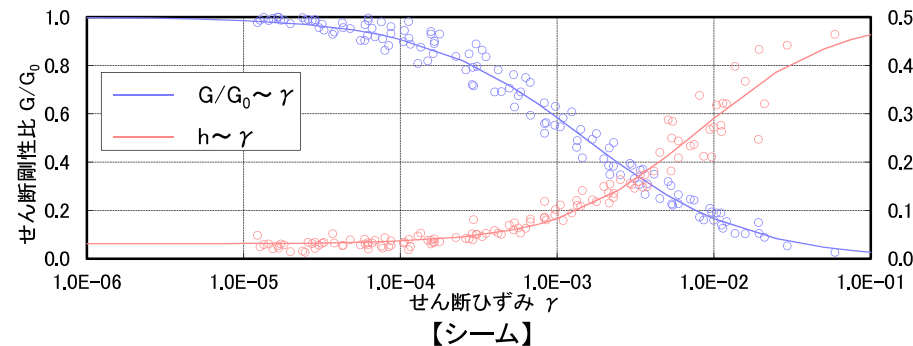


【ドレライト・安山岩】



動的変形特性(ひずみ依存特性について)

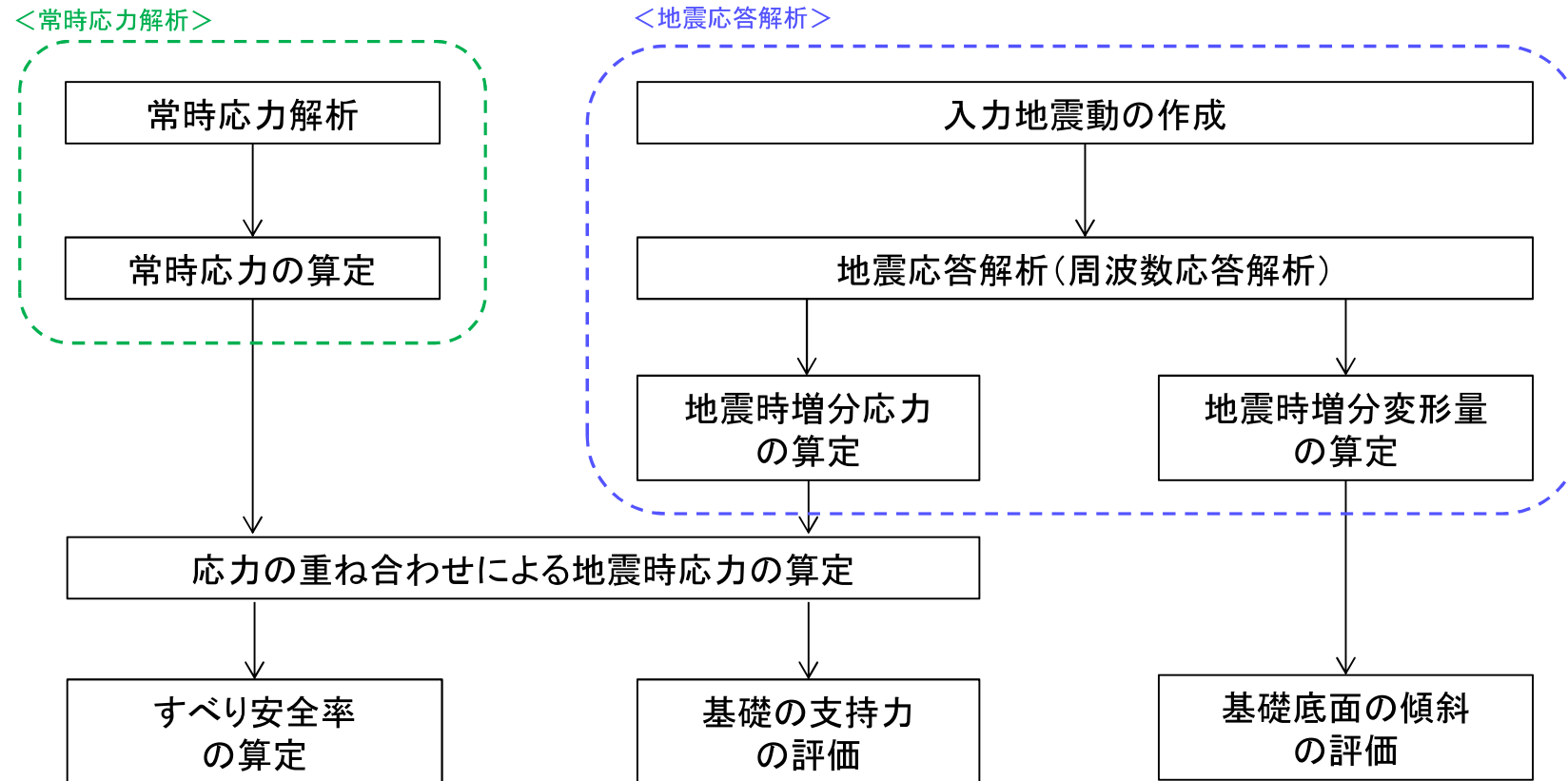
- ・ シーム, 埋戻土・盛土, 埋戻土(購入土), 旧表土のひずみ依存特性については, 各土質材料における動的変形試験の試験結果より設定した。



3. 基礎地盤の安定性評価

3. 5 評価方法

安定性評価フロー



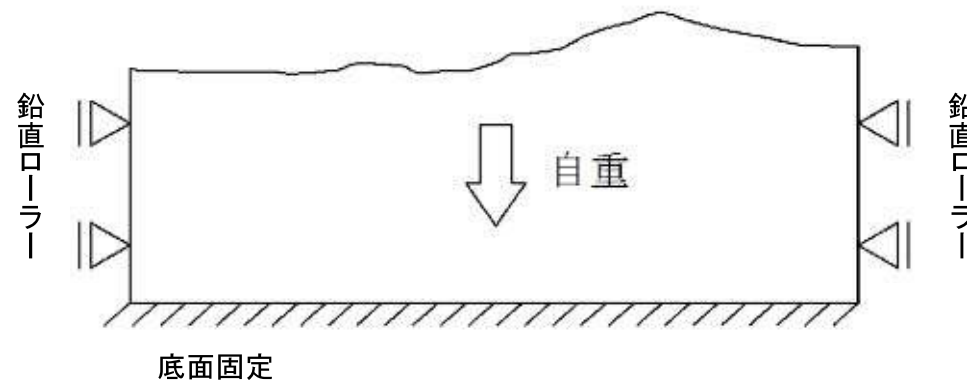
基礎地盤の安定性評価フロー

- ・基礎地盤の安定性は、二次元有限要素法に基づく常時応力解析及び地震応答解析(周波数応答解析)により評価した。
- ・地震応答解析については、水平及び鉛直地震動を同時入力した。
- ・D級岩盤、シーム、埋戻土・盛土、埋戻土(購入土)、旧表土は、等価線形化法により動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性を考慮した。

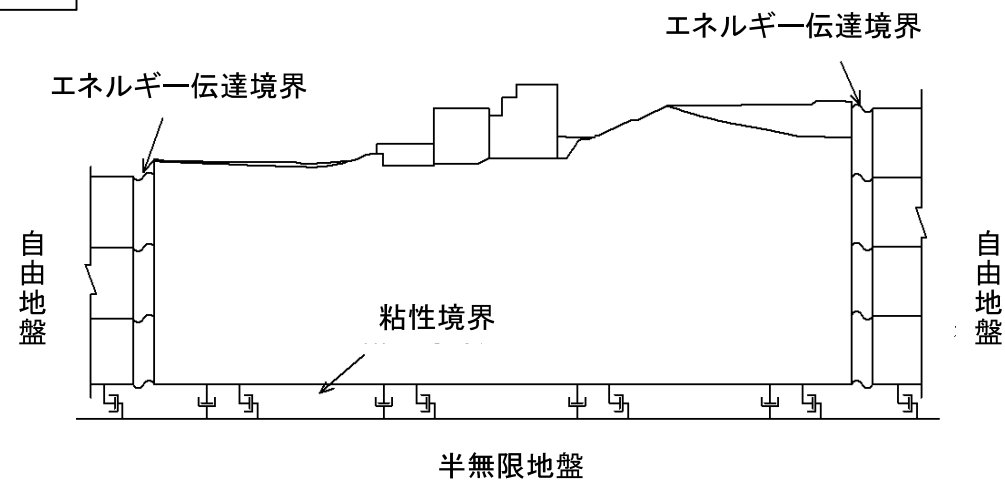
境界条件

- ・常時応力解析の境界条件は、底面を固定境界、側方を鉛直ローラー境界として設定した。
- ・地震応答解析時の境界条件は、底面を粘性境界、側方をエネルギー伝達境界とし、エネルギー逸散を考慮した。

常時応力解析(静的解析)



地震応答解析



地下水位の設定方針

[建物・構築物の地下水位設定]

- ・基礎地盤の安定性評価における建物・構築物の地下水位の設定に当たっては、建物・構築物の設計方針との整合を図るため、地下水位低下設備の機能に期待する建物の地下水位は建物基礎上面とし、地下水位低下設備の機能に期待しない建物・構築物の地下水位は地表面とする。

⇒ 原子炉建物, タービン建物, 廃棄物処理建物, 制御室建物及び排気筒の地下水位 : 建物基礎上面

上記以外の建物・構築物の地下水位 : 地表面

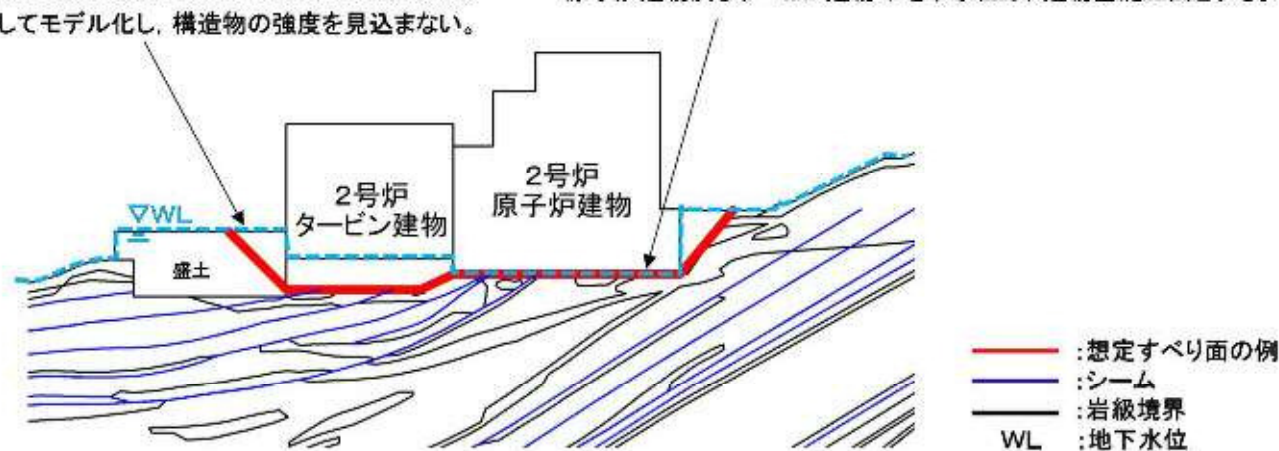
[建物・構築物の周辺地盤の地下水位設定]

- ・建物・構築物の周辺地盤の地下水位は、先行サイトでの審査実績を踏まえ、保守的に地表面に設定した荷重条件で安定解析を実施する。
- ・地下水位低下設備の機能に期待しない場合の地下水位分布を予測した浸透流解析の結果※、原子炉建物基礎地盤等の主要建物が設置される地盤レベルでは、地下水位が地表付近まで上昇する結果となったことから、地下水位以深の埋戻土・盛土が地震動により強度が低下する可能性を考慮し、岩盤部のみのすべりに対する検討も実施する。(詳細はP103参照)

※「島根原子力発電所2号炉 地震による損傷の防止(コメント回答) [地下水位の設定]」(第872回審査会合, 2020年7月7日)において説明済

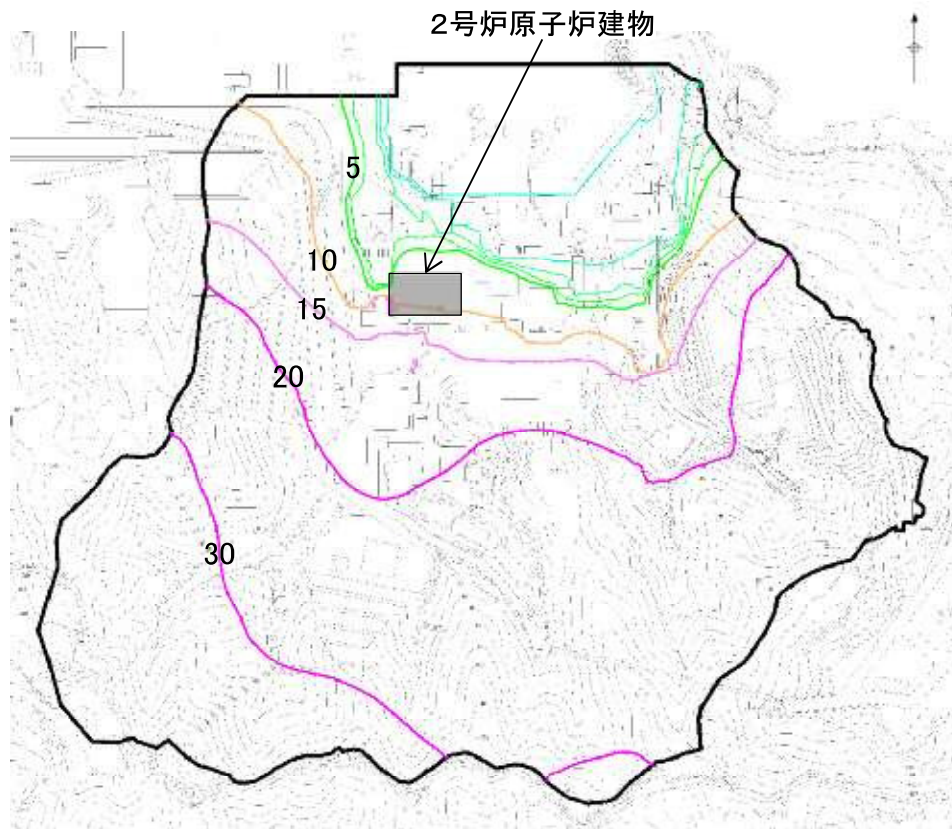
周辺地盤の地下水位は保守的な評価として地表面に設定する。
取水槽等は盛土としてモデル化し、構造物の強度を見込まない。

原子炉建物及びタービン建物の地下水位は、建物基礎上面とする。

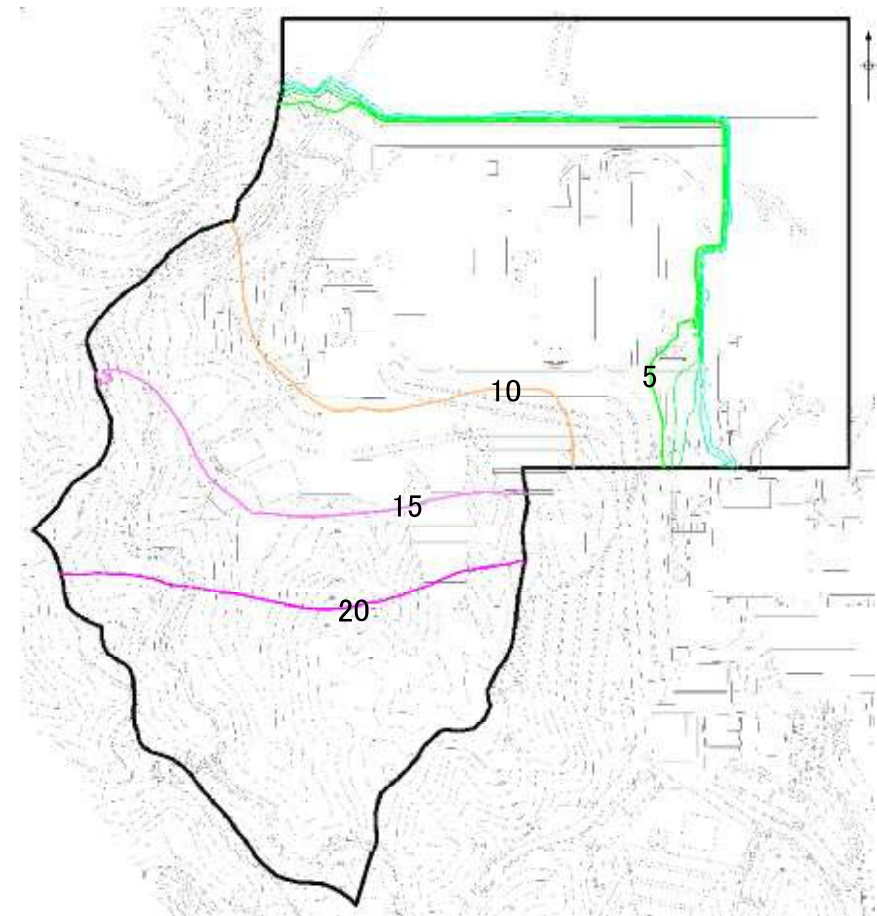


基礎地盤安定性評価における地下水位設定イメージ

地下水位が上昇した場合の影響確認



1, 2号炉エリア



3号炉エリア

浸透流解析結果(定常解析)

※「島根原子力発電所2号炉 地震による損傷の防止(コメント回答) [地下水位の設定]」(第872回審査会合, 2020年7月7日) において説明済

・地下水位低下設備(既設)の機能に期待しない場合の浸透流解析(定常解析)の結果、原子炉建物周辺の地下水位は地表面付近まで上昇する。

地盤安定性評価における地下水の扱い

[原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-2015(日本電気協会)]

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

[原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術<技術資料>(土木学会, 2009)]

- ・全応力による安定性評価を選択するのであれば、自重計算を行い、初期(常時)応力を算定する。つぎにこれを初期条件として動的応答解析を全応力解析で行い、応力分布(全応力分布)を求める。強度特性値は破壊規準も全応力のもとで設定して、これらに照らして安定性の評価を行う。
- ・基礎地盤の安定性評価においては、統一的な応力解析を実施する立場から、常時応力解析により算出し、地震時応力も全応力解析とする。また、力学特性値も全応力表示によるものを用いることとする。



- ・上記文献及び先行サイトでの審査実績を踏まえ、地盤の安定性評価については、全応力静的有限要素解析により常時応力を、全応力動的有限要素解析(等価線形化法)により地震時増分応力を求め、全応力表示の強度に対して評価を行う。

[設定地下水位による評価への影響]

- ・常時応力及び地震時応力は全応力表示の物性値を用いた全応力解析により評価することから、基礎地盤の地下水位を地表面に設定することは、地盤の単位体積重量を飽和重量とすることと同義になる。

〈すべり安全率〉

- ・単位体積重量が大きくなると、すべり安全率評価上は、起動力、抵抗力の両方に影響があるが、シーム、埋戻土、低位岩級等、すべり安定上厳しいすべり面を想定する場合、相対的に起動力の方が大きくなるため、単位体積重量を飽和重量として考慮する場合、すべり安全率評価上、保守的な評価となる。

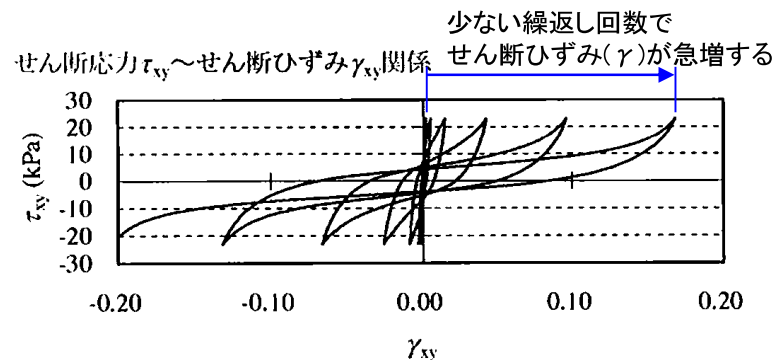
〈基礎底面の接地圧、基礎底面の傾斜〉

- ・地下水位は影響しない。

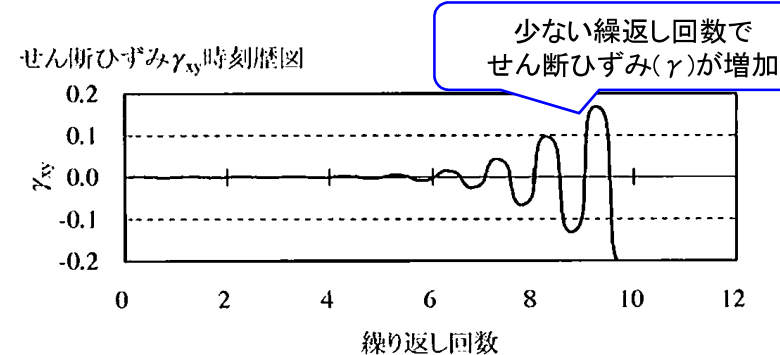
液状化影響を考慮したすべり安全率の算定方法

・液状化影響を考慮したすべり安全率は以下のとおり算定する。

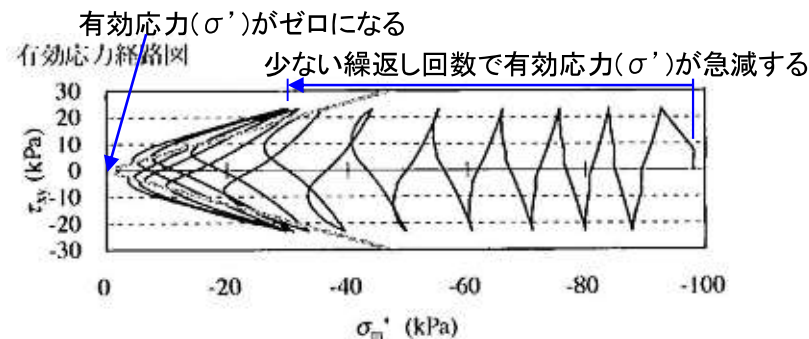
- ①液状化影響を考慮する対象は、地下水位以深の液状化評価対象層である埋戻土・盛土とする。
- ②すべり安全率の算定は、前頁のとおりに、全応力動的有限要素解析(等価線形化法)により行い、評価基準値を上回るか確認する。
- ③液状化により強度が低下する可能性を考慮し、液状化範囲のせん断強度をゼロとする。
- ④液状化が発生すると、地盤の有効応力がゼロまで低下して液体の挙動を示し、地盤が応力を受け持たずに流動化することから、液状化範囲の地盤応力は限りなく小さくなる。よって、これらの応力状態を表現できない全応力動的有限要素解析(等価線形化法)では、液状化範囲の起動力もないものとして扱う。



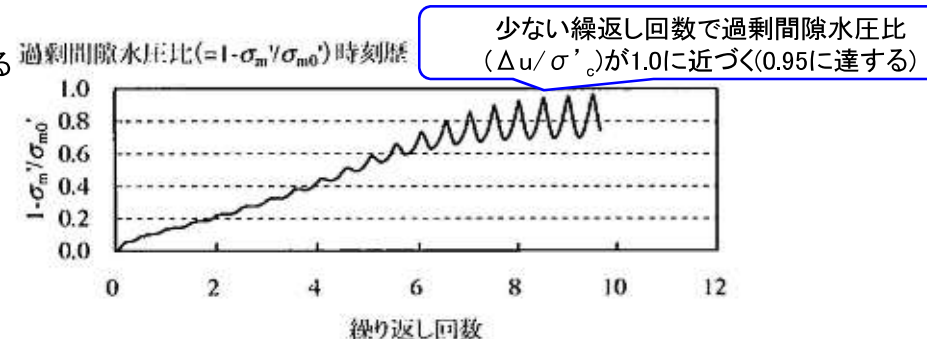
(a) せん断応力-せん断ひずみ関係



(c) せん断ひずみ



(b) 有効応力経路



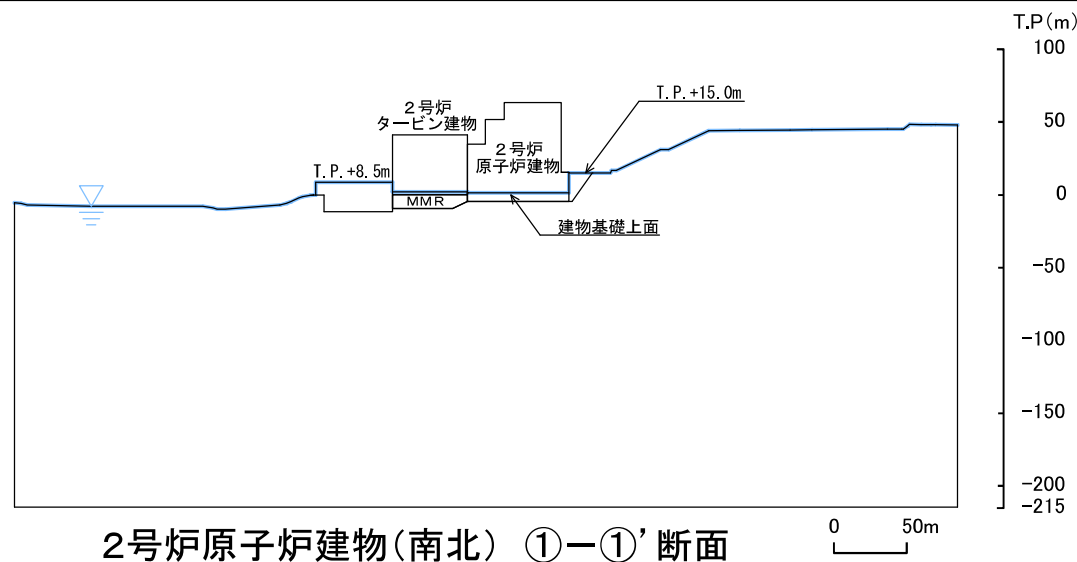
(d) 過剰間隙水圧比

液状化試験の例(液状化する場合)

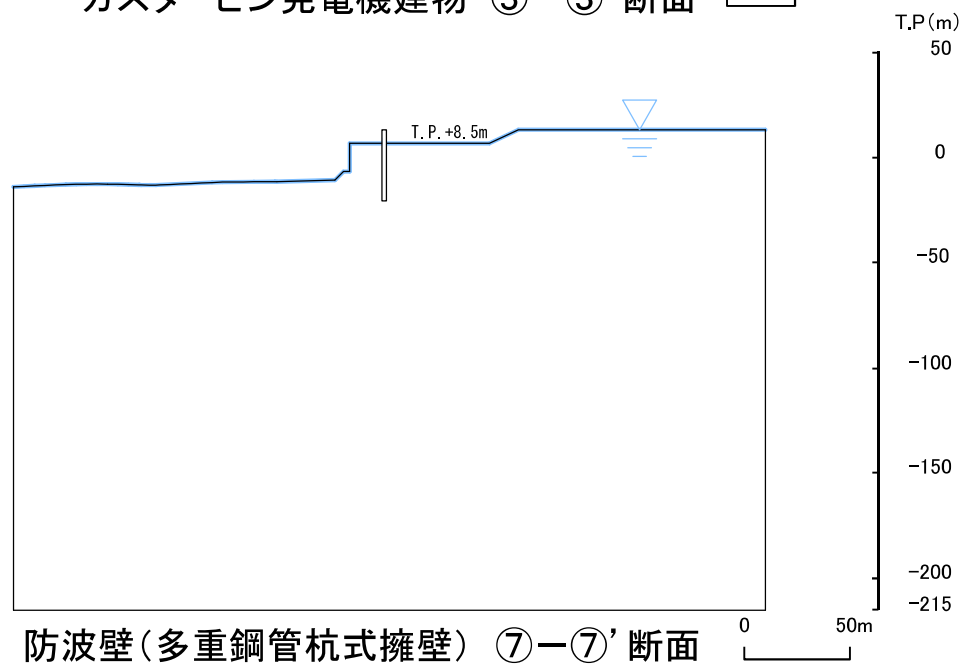
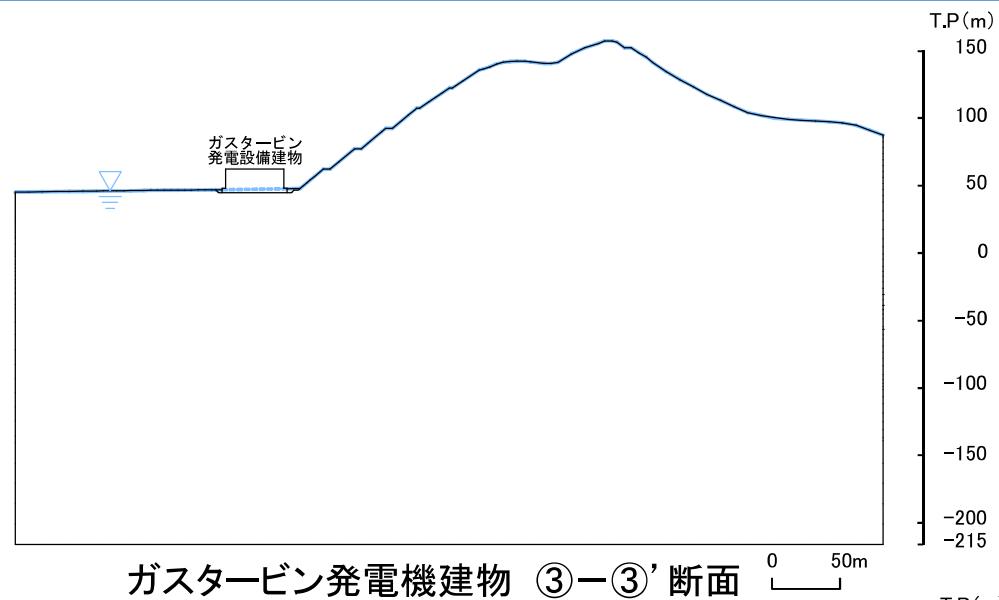
井合進: サイクリックモビリティ, 地盤工学会誌, H20.10

地下水位の設定(1/2)

・地下水位は、地表面あるいは建物基礎上面に設定した。



地下水位の設定(2/2)

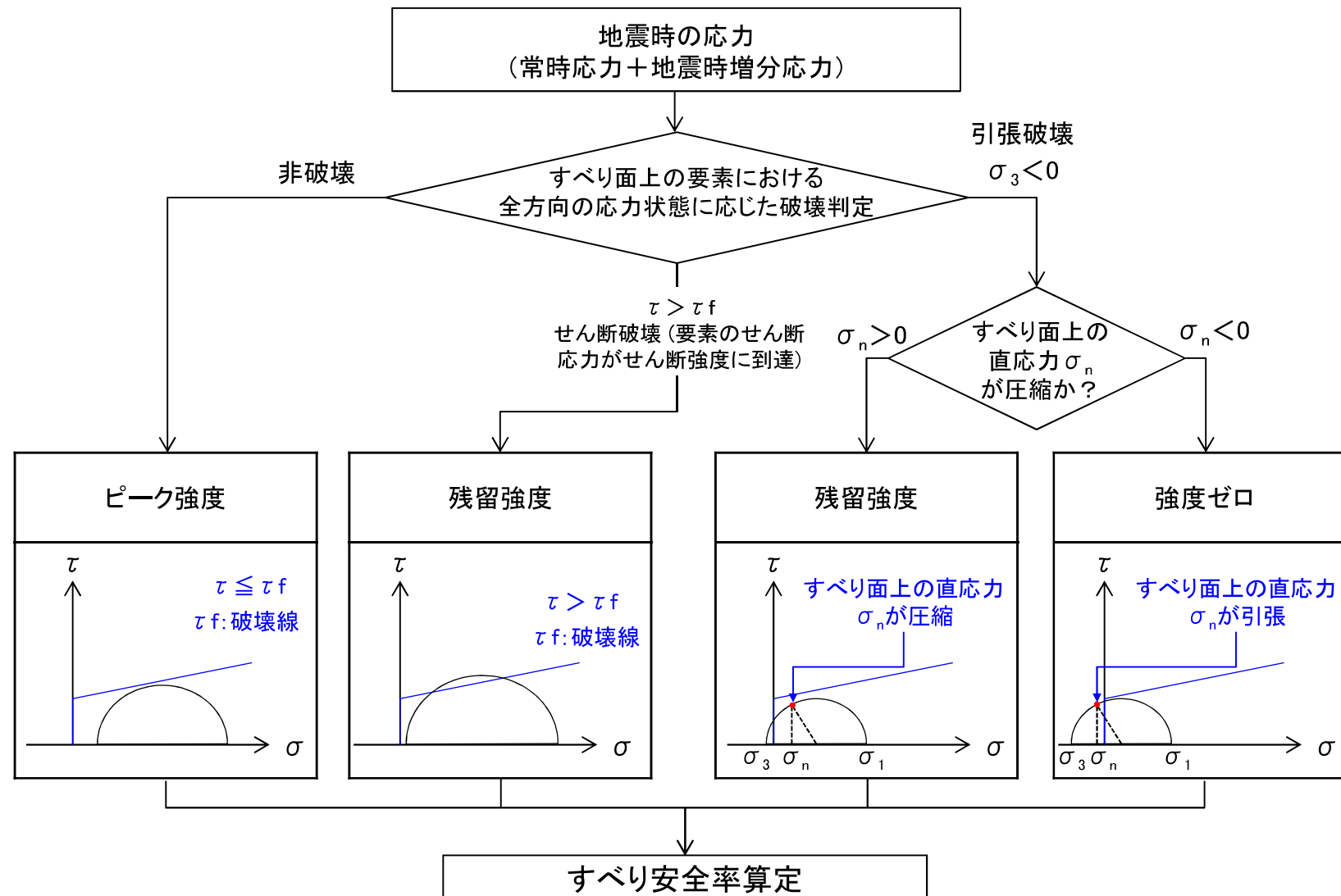


すべり安全率の算定

- ・想定したすべり面におけるすべり安全率により評価する。
- ・すべり安全率は、想定したすべり面上の応力状態をもとに、すべり面上のせん断抵抗力の和をすべり面上のせん断力の和で除して求める。
- ・すべり安全率が評価基準値の1. 5を上回ることを確認する。

$$\text{すべり安全率} = \frac{\Sigma(\text{すべり面上のせん断抵抗力})}{\Sigma(\text{すべり面上のせん断力})} > 1. 5 \quad \text{を確認する。}$$

すべり安全率算定時の強度の考え方



・地盤の強度特性については、すべり面上の要素の応力状態に基づいて設定する。

3. 基礎地盤の安定性評価 3.5 評価方法

すべり面の設定(1/2)

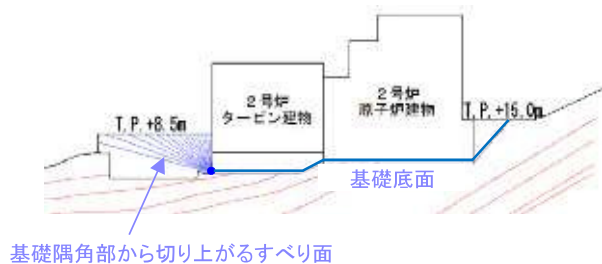
第868回審査会合
資料3-1 P91 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

108

- ・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の他に、地下水位以深の埋戻土・盛土が地震動により強度が低下する可能性を考慮し、岩盤部のみのすべりに対する検討も実施する。
- ・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。(詳細は次頁参照)
- ・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 基礎底面を通るすべり面

- ・基礎底面を通り、建物隅角部から切り上がるすべり面をパラメトリックに設定する。



- ・地下水位以深の埋戻土・盛土が地震動により強度が低下する可能性を考慮し、岩盤部のみのすべりに対する検討も実施する。



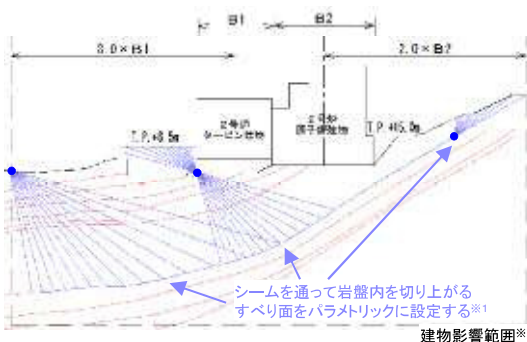
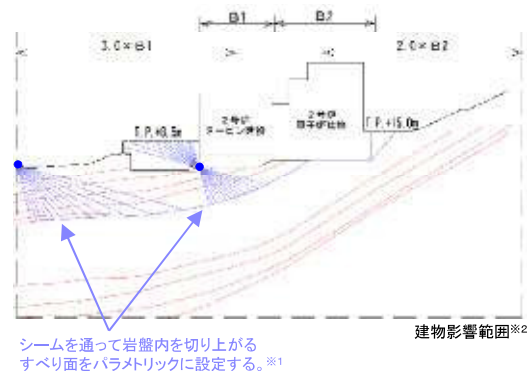
※1 5°～85°の範囲をパラメトリックに設定(5°間隔)

※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

② シームを通るすべり面

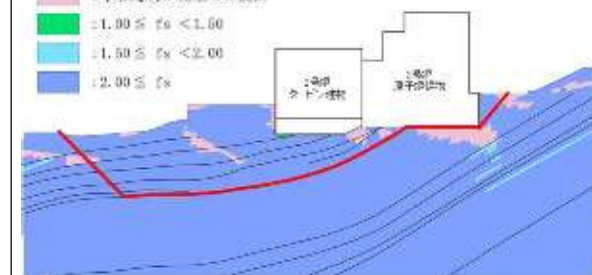


③ 応力状態を考慮したすべり面

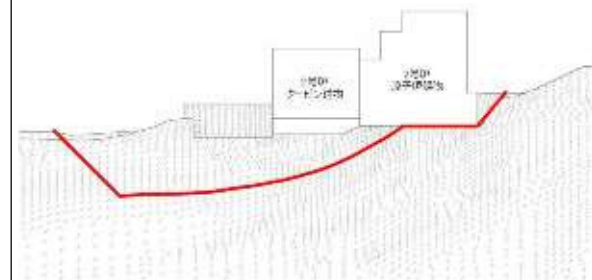
- ①・②のすべり面における安定解析で得られた最小すべり安全率の応力状態から、①・②のすべり面がモビライズド面等を通るすべり面になっていることを確認し、必要に応じてすべり面を追加設定する。

1) 要素の安全率が低い領域を考慮

- オレンジ : せん断強度に達した要素
- ピンク : 引張応力が発生した要素
- 緑 : $1.00 \leq \sigma_x < 1.50$
- 青 : $1.50 \leq \sigma_x < 2.00$
- 紫 : $2.00 \leq \sigma_x$



2) モビライズド面を考慮



3. 基礎地盤の安定性評価 3.5 評価方法

すべり面の設定(2/2)

第868回審査会合
資料3-1 P92 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

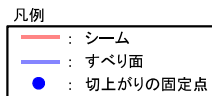
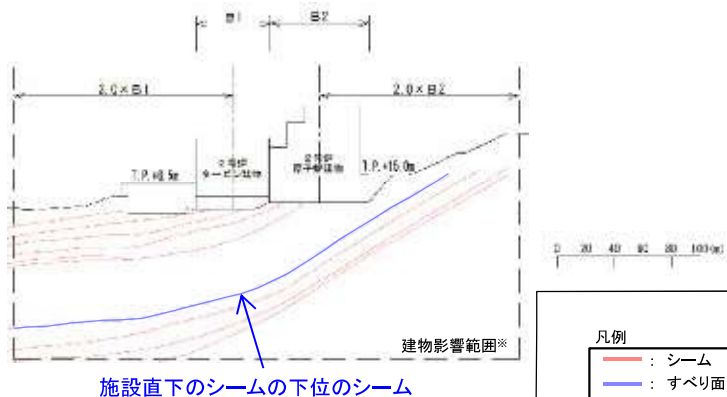
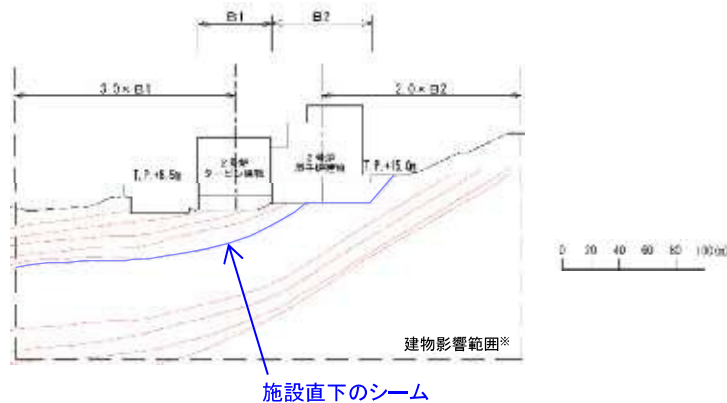
109

・シームを通るすべり面は、検討対象のシームを設定した後、岩盤を通るすべり面を固定点を設定してパラメトリックに設定する。

- ①岩盤はせん断強度が大きいので、岩盤を通るすべり面が短くなるように、施設直下のシーム、及びその下位のシームを設定する。
- ②応力が集中する建物隅角部や建物影響範囲、シーム端部を固定点とし、パラメトリックに設定する。

①検討対象のシームの設定

岩盤を切り上げるすべり面が短くなる施設直下のシーム、及びその下位のシームを設定する。

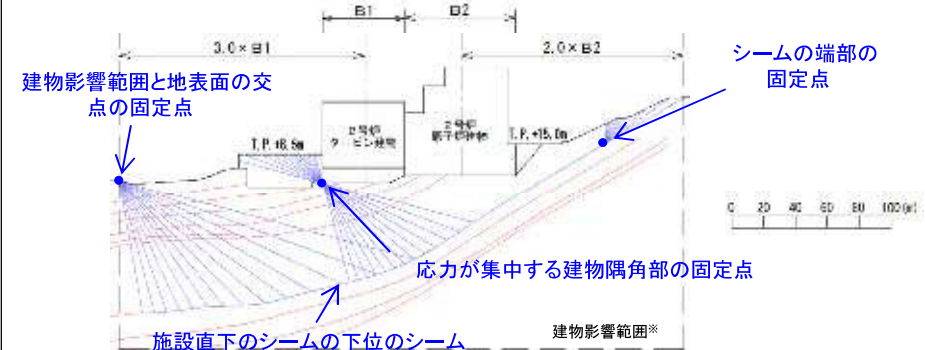
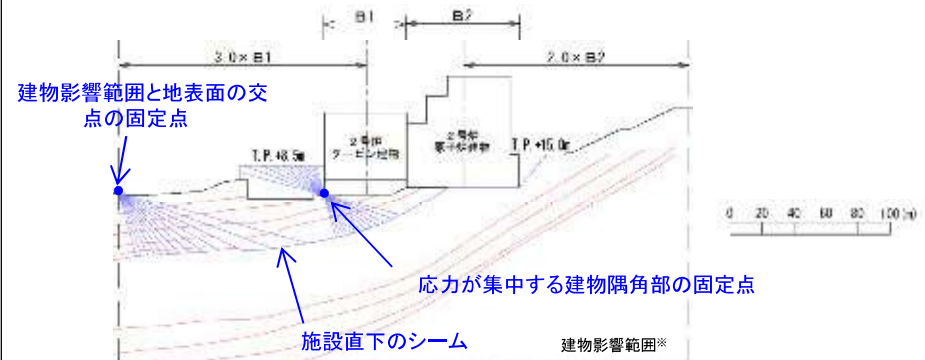


②岩盤を切り上げるすべり面の設定(固定点の設定)

以下の考え方で固定点を設定、切り上げるすべり面は5°～45°の範囲を、切り下がるすべり面は5°～85°の範囲を5°間隔にパラメトリックに設定する。

【固定点の設定の考え方】

- ・応力が集中する建物隅角部に固定点を設定する。
- ・すべり土塊が大きくなると起動力が大きくなることから、建物影響範囲と地表面の交点を固定点に設定する。
- ・シームが連続しない場合は、シームの端部を固定点に設定する。



※ 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。