

島根原子力発電所2号炉
防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の
周辺斜面の安定性評価について
(コメント回答)

令和2年2月28日
中国電力株式会社

審査会合における指摘事項

1

No.	コメント要旨	審査会合	頁
1	地震や津波による斜面崩壊に影響する地形に関して整理した結果を踏まえ、敷地内における該当地形の有無を示すこと。	令和元年11月22日 第802回審査会合	3～15
2	防波壁(西端部)の斜面(⑥-⑥'断面)における標高40m付近より上方の斜面の崩積土の分布について、エビデンスを提示して説明すること。	令和元年11月22日 第802回審査会合	16～38
3	防波壁(西端部)の斜面(⑥-⑥'断面)において、割れ目密集帯を含む層理面沿いの弱面について十分に整理して説明すること。	令和元年11月22日 第802回審査会合	39～51

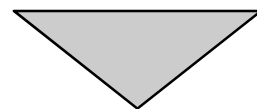
審査会合における指摘事項

No.	コメント要旨	審査会合	頁
4	安定性評価フローについて、防波壁(東端部)と防波壁(西端部)の斜面でそれぞれ評価対象斜面を選定するよう、適正化すること。	令和元年8月30日 第762回審査会合	54
5	防波壁(東端部)の斜面(①-①'断面, ⑤-⑤'断面)について、ボーリング、露頭調査結果等の地質データを踏まえ、表層における低位岩級の分布の設定方法を詳細に説明すること。	令和元年8月30日 第762回審査会合	補足説明 54~62
6	1号放水連絡通路防波扉の背後斜面(⑤-⑤'断面)について、急勾配部や1号炉放水連絡通路の斜面安定性への影響を確認するため、動的解析を実施すること。	令和元年8月30日 第762回審査会合	70, 110
7	防波壁(西端部)の斜面(⑥-⑥'断面)頂部のすべり方向について、地形だけでなく、地質構造(層理面沿いのすべり)も踏まえて検討すること。	令和元年8月30日 第762回審査会合	58
8	防波壁(西端部)の斜面(⑥-⑥'断面)について、切取後の地形や表層土の分布を反映した上で、地質断面図をどのように分類してモデル化するか、使用する物性値も含めて整理して説明すること。	令和元年11月22日 第802回審査会合	74
9	すべり安全率について、最小ケース以外も整理して示すこと。	令和元年8月30日 第762回審査会合	補足説明 125~136

審査会合における指摘事項(No.1)

3

No.	コメント要旨	審査会合	頁
1	地震や津波による斜面崩壊に影響する地形に関して整理した結果を踏まえ、敷地内における該当地形の有無を示すこと。	令和元年11月22日 第802回審査会合	3~15

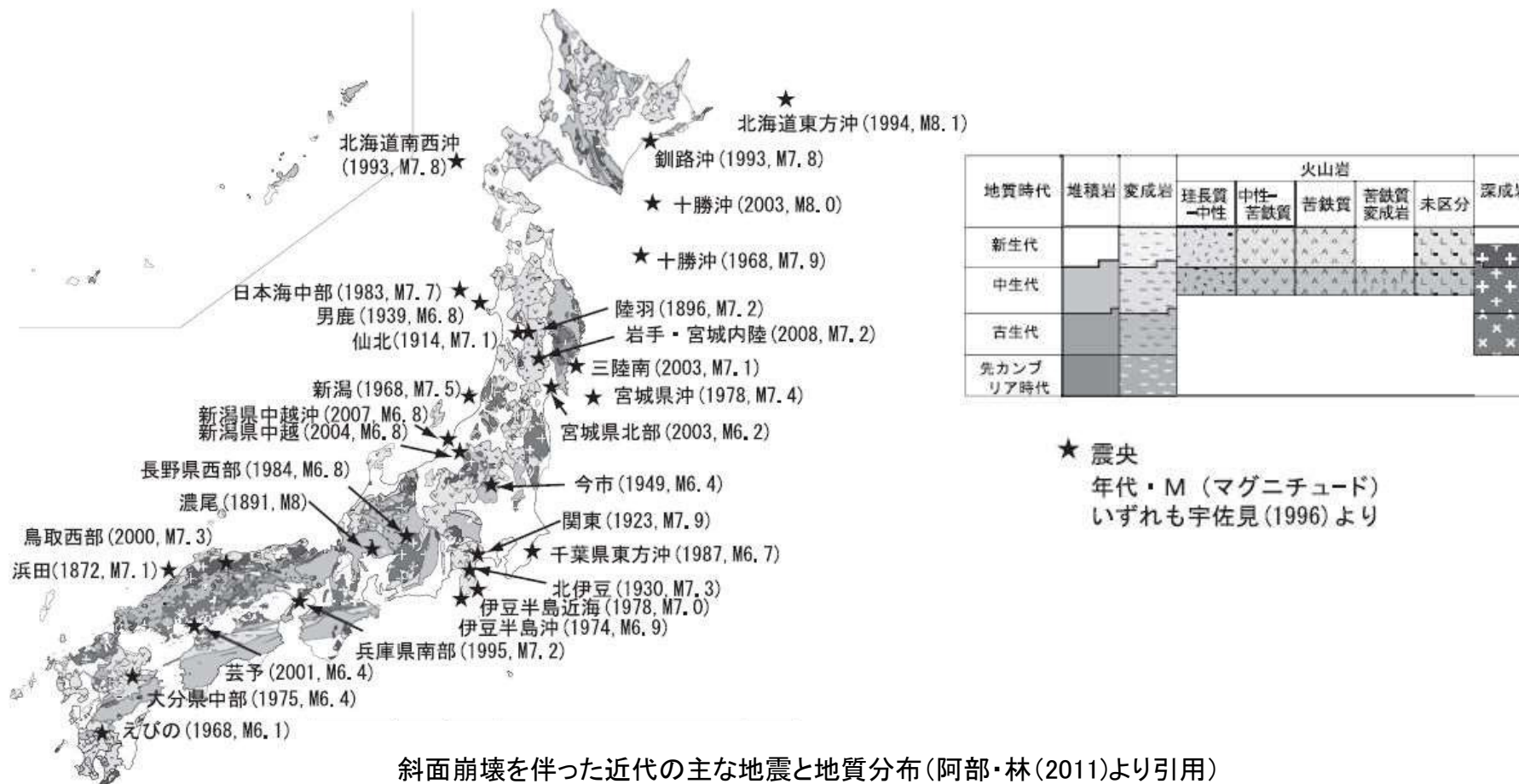


回答方針

- ・過去の地震や津波によって発生した斜面崩壊について、地質・地形的特徴等に着目して発生事例を整理した結果を踏まえ、斜面崩壊に影響する地形について、敷地内における該当地形の有無を示す。

1.1 地震に伴う斜面崩壊の記録

- ・宇佐美ほか(2013)⁽¹⁾は、西暦599年から2012年までに発生した約870の地震についてその概要、被災状況等を取りまとめている。このうち、約200の地震について、「山崩れ」、「崖崩れ」等、地震に伴う斜面崩壊の発生に関連する記載がある。
- ・阿部・林(2011)⁽²⁾を参考とし、地震や斜面崩壊などの自然災害が科学的に記載されるようになった1868年以降の大規模地震に伴う斜面崩壊を対象に、①第四紀の未固結な火山噴出物の堆積域、②新第三紀～第四紀更新世における層理の発達した堆積岩域、③先第三紀の変成岩、堆積岩域、④花崗岩地帯、⑤火山岩類分布域、に大別し、その特徴を整理した。



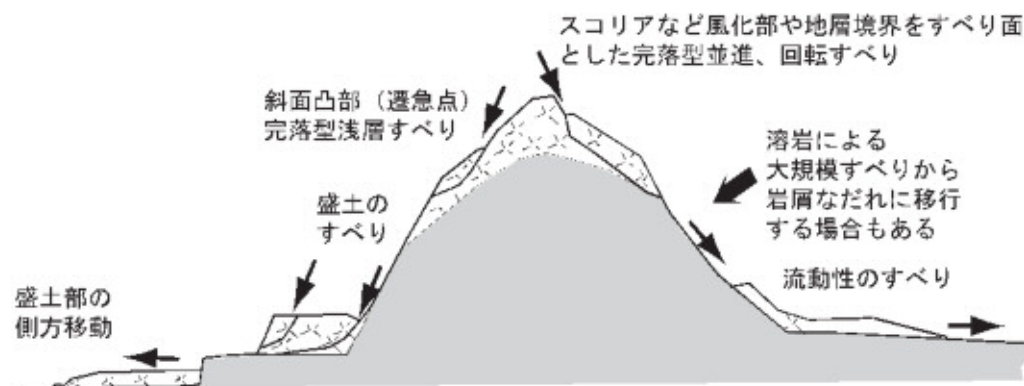
(1) 第四紀の未固結な火山噴出物の堆積域における斜面崩壊

【主な地震】

地震名	発生年	マグニチュード
北伊豆地震	1930	7.3
今市地震	1949	6.4
新潟地震	1964	7.5
十勝沖地震	1968	7.9
えびの地震	1968	6.1
伊豆半島沖地震	1974	6.9
伊豆半島近海地震	1978	5.2
長野県西部地震	1984	6.8
釧路沖地震	1993	7.5
北海道東方沖地震	1994	8.2
十勝沖地震	2003	8.0
三陸南地震	2003	7.1
岩手・宮城沖地震	2008	7.2
北海道胆振東部地震	2018	6.7

【斜面崩壊の特徴】

- ・火山灰, シラス, スコリア等の未固結な火山噴出物による浅層の完落型すべり, 流動性すべりが多く発生する。
- ・昭和59年(1984年)長野県西部地震では、御岳山おんたけの大規模崩壊性すべりによる移動地塊が岩砕なだれとして12km程度流下した。



第四紀未固結火山噴出物堆積域の斜面崩壊の形状
(阿部・林(2011)より引用)

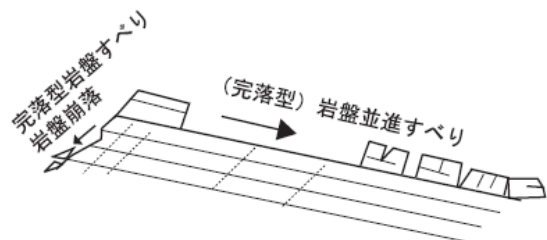
(2) 新第三紀～第四紀更新世の堆積岩地域における斜面崩壊

【主な地震】

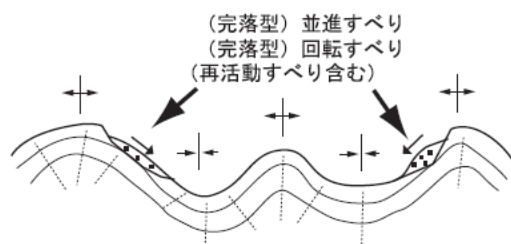
地震名	発生年	マグニチュード
秋田仙北地震	1914	7.1
男鹿地震	1939	6.8
新潟県中越地震	2004	6.8
能登半島地震	2007	6.9
新潟県中越沖地震	2007	6.8
岩手・宮城内陸地震	2008	7.2

【斜面崩壊の特徴】

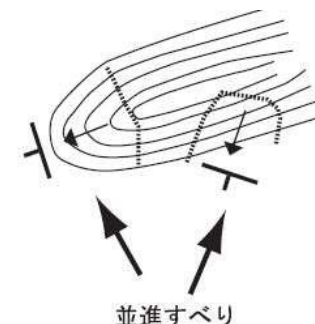
- ・中新世の礫岩・砂岩・泥岩の互層等の堆積地域では既存の層面断層及び砂岩層の層理面で発生している。
- ・鮮新世の泥岩・砂岩・シルト岩の互層等の堆積地域では岩盤並進すべりの発生が多い。これらの斜面崩壊は地層の不連続面としての層理面や層理面の一部をすべり面とし、地震動の増幅しやすいケスタや張り出し尾根など凸状地形で発生している。
- ・更新世の砂岩・泥岩等の堆積する栗原市荒砥沢ダム地点では湖成堆積層をすべり面とし、傾斜が緩やかである。



ケスタ地形



褶曲構造



尾根地形

層理の発達する堆積岩分布域の斜面崩壊形状
(阿部・林(2011)より引用)

(2) 新第三紀～第四紀更新世の堆積岩地域における斜面崩壊に関するまとめ

新第三紀～第四紀更新世の堆積岩分布域に発生した地震と斜面崩壊

地震名	発生日	対象地点	斜面の地質年代	斜面の主な地質	すべり面(傾斜角)	斜面崩壊の運動形態及び特徴	地形	文献
秋田仙北地震	1914	上戸川	鮮新世	シルト質泥岩・砂岩互層	泥岩中の砂岩層中(約10°)	層理面に沿った岩盤並進すべり	尾根部の先端	阿部ほか(2006) ⁽³⁾ 阿部・林(2011)
男鹿地震	1939	北浦町	鮮新世	砂岩・泥岩の互層	不明(約20°)	層理面に沿った岩盤並進すべり	海岸、一部ケスタ	阿部ほか(2006) 阿部・林(2011)
新潟県中越地震	2004	新潟県山古志村	鮮新世	砂岩・泥岩互層、風化砂岩、礫岩	砂岩中の泥質薄層部分を想定(0～5°)	岩盤型並進地すべり・完落型回転すべり	丘陵地尾根部、ケスタ受盤斜面	阿部ほか(2006) 阿部・林(2011)
		小千谷市横渡	鮮新世	シルト岩～砂質泥岩と細粒砂岩の互層	凝灰岩または凝灰質砂岩(約25°)	浅層並進性岩すべり	ケスタ	大八木ほか(2008) ⁽⁴⁾
能登半島地震	2007	輪島市門前町	中新世	礫岩、凝灰岩、凝灰角礫岩等	傾斜40～70°の急斜面	斜面崩壊	急傾斜地	土木学会・地盤工学会(2007) ⁽⁵⁾
新潟県中越沖地震	2007	柏崎市聖ヶ鼻	中新世	砂岩・泥岩互層	既存の層面断層、砂岩層の層理面(25～30°)	完落型岩盤並進すべり	尾根張出し地形	阿部・林(2011) 野崎(2008) ⁽⁶⁾
岩手・宮城内陸地震	2008	栗原市荒砥沢ダム	更新世	砂岩・泥岩互層及び軽石質凝灰岩とこれを覆う溶結凝灰岩	砂とシルト層の互層からなる湖成堆積層(0～5°)	大規模岩盤並進すべり	過去の地すべり変動によって形成された地すべり地形	阿部・林(2011) 井口ほか(2010) ⁽⁷⁾ 山科ほか(2009) ⁽⁸⁾

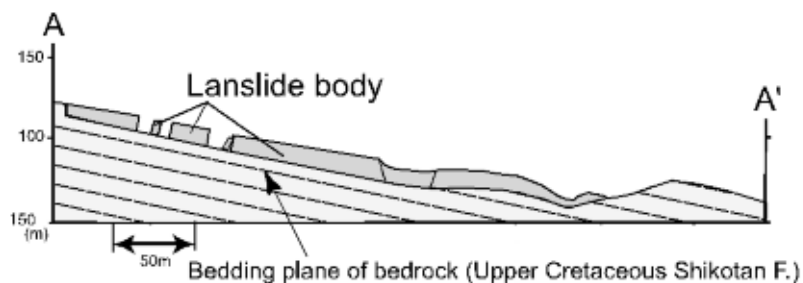
(阿部・林(2011)を参考に作成)

(3) 先第三紀の変成岩，堆積岩域における斜面崩壊

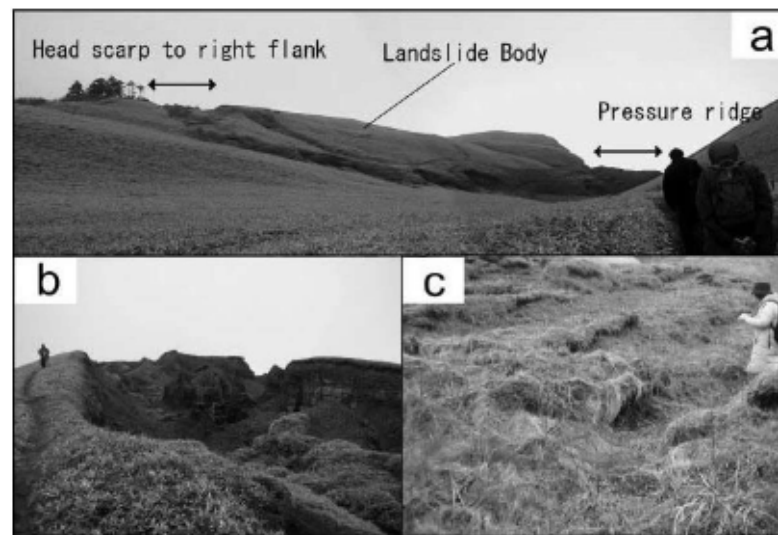
- ・阿部・林(2011)によると1868年以降における先第三紀の変成岩，堆積岩の分布地域に斜面崩壊を発生させた地震は，下記2地震程度とされている。
- ・田近(2009)⁽⁹⁾は，平成6年(1994年)北海道東方沖地震では，色丹島^{しこたん}における白亜紀硬質頁岩・細粒砂岩互層上で初生大規模岩盤並進すべりが発生したとされている。

【主な地震】

地震名	発生年	マグニチュード
濃尾地震	1891	8.0
北海道東方沖地震	1994	8.2



平成6年(1994年)北海道東方沖地震により斜古丹東方^{しやこたん}で発生した岩盤地すべり模式断面図(田近(2009)より引用)



平成6年(1994年)北海道東方沖地震により斜古丹東方で発生した地すべり写真(田近(2009)より引用)

- 写真a: 斜古丹東方の岩盤地すべりの全景
- 写真b: 同地すべりの頭部と分離崖
- 写真c: 同地すべりの末端隆起部

(4) 花崗岩地帯における斜面崩壊

【主な地震】

地震名	発生年	マグニチュード
関東大地震	1923	7.9
兵庫県南部地震	1995	7.2
鳥取県西部地震	2000	7.3
芸予地震	2001	6.4

【斜面崩壊の特徴】

- ・斜面崩壊の多くは砂状のマサによる表層完落型すべりや流動性すべりとして発生する。
- ・節理やクラックに伴う落石や転倒，崩落も多い。

節理など亀裂に沿った
花崗岩の転倒・崩落



花崗岩類分布域における地震地すべりの形状
(阿部・林(2011)より引用)

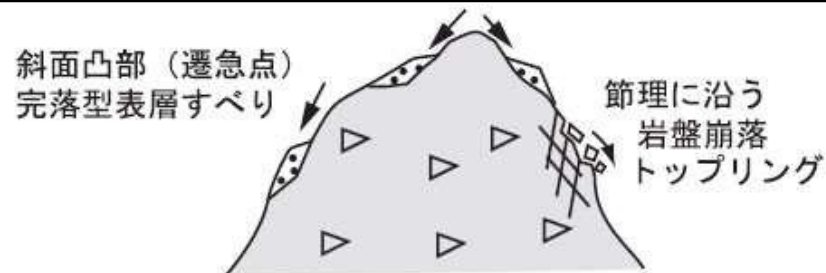
(5) 火山岩類分布域における斜面崩壊

【主な地震】

地震名	発生年	マグニチュード
浜田地震	1872	7.1
陸羽地震	1896	7.2
鳥取県西部地震	2000	7.3

【斜面崩壊の特徴】

・大規模地震時に表層すべりとして数多く発生する傾向が見られる。



火山岩類分布域における地震地すべりの形状
(阿部・林(2011)より引用)



平成12年(2000年)鳥取県西部地震で発生した柱状節理の
発達した玄武岩急崖の斜面崩壊
(島根大学鳥取県西部地震災害調査団(2001)⁽¹⁰⁾より引用)



平成12年(2000年)鳥取県西部地震において溝口町で発生した
玄武岩溶岩の崩壊(内田ほか(2002)⁽¹¹⁾より引用)

1.2 津波に伴う斜面崩壊の記録

- ・渡辺(1998)⁽¹²⁾は、西暦684年から1996年までに発生した約210の津波についてその概要、被災状況等を取りまとめているが、津波に伴う斜面崩壊については数例の記載があるものの詳細な記述は認められない。
- ・宇佐美ほか(2013)には、地震に伴う斜面崩壊の被害についての記載はあるものの、渡辺(1998)と同様に詳細な記述は認められない。
- ・上記地震及び津波のカタログ発刊以降発生した津波を対象に斜面崩壊の発生の有無について調査した結果、平成23年東日本大震災において発生した津波により、斜面崩壊が発生した事例が報告されているため、斜面崩壊事例について取りまとめた。

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震津波による斜面崩壊

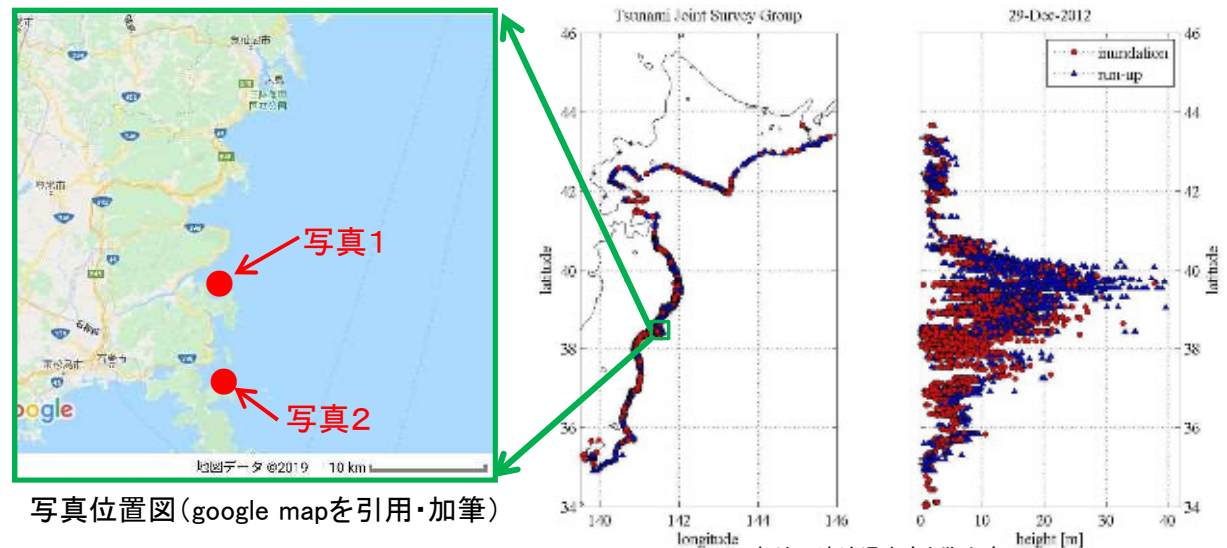
- ・岡ほか(2012)⁽¹³⁾によると、宮城県南三陸町では、津波運搬物がトンネル坑口よりも上部に残っていること、擁壁が海側に転倒していること、線路の軌道が完全に流失し、盛土も洗掘している状況を踏まえ、法面の一部が引き波により浸食を受けた可能性があるとしてされている。
- ・また、石巻市雄勝町^{いしのまき おがつ}においても、津波運搬物が梢に残っている状況から擁壁高の倍以上の高さまで山肌を遡上したと考えられることから、引き波時の海水面の急低下により斜面崩壊が生じ、崩壊土砂が擁壁下部を押し出したとされている。



写真1(南三陸町の斜面崩壊状況)

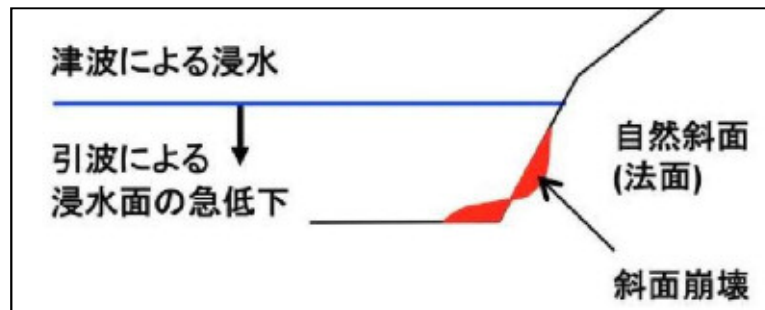


写真2(石巻市雄勝町の斜面崩壊状況)



写真位置図 (google mapを引用・加筆)

各地の津波浸水高と遡上高 (東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ⁽¹⁴⁾より引用)



浸水面の急低下による斜面崩壊の概念図

岡ほか(2012)を引用・加筆

1.3. 文献調査結果

[地震に伴う斜面崩壊の事例]

・阿部・林(2011)を参考として、地震や斜面崩壊などの自然災害が科学的に記載されるようになった1868年以降の大規模地震に伴う斜面崩壊を対象に、発生した斜面崩壊の地質・地形的特徴等を整理した結果、以下の通りとなった。

【①第四紀】

未固結な火山噴出物の堆積域では、火山灰、シラス、スコリア等の未固結な火山噴出物による浅層の完落型のすべり、流動性すべりが多く発生している。

【②新第三紀～第四紀更新世】

- A. 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。
- B. 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。これらの地すべり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。
- C. 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。

【③先第三紀】

変成岩、堆積岩域では、発生事例が少なく、明確な特徴は認められなかったが、頁岩・砂岩互層上において、初生大規模岩盤並進すべりの事例が認められた。

【④花崗岩地帯】

地すべりの多くは砂状のマサによる表層完落型すべりや流動性すべりとして発生している。

【⑤火山岩類分布域】

大規模地震時に表層すべりとして発生している傾向がみられる。

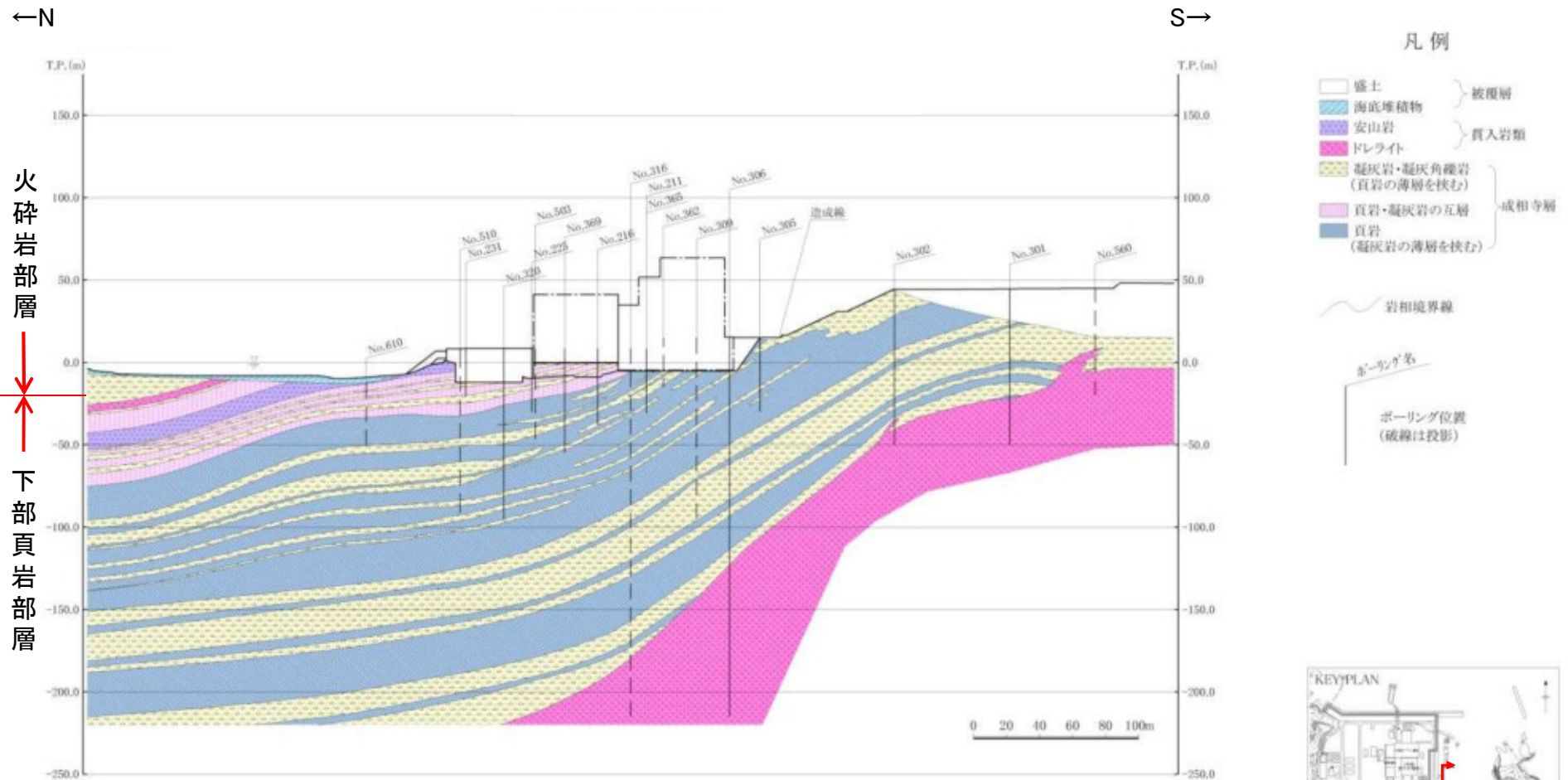
[津波に伴う斜面崩壊の事例]

- ・渡辺(1998)及び宇佐美ほか(2013)によると津波に伴う斜面崩壊について数例の記載があるものの詳細な記述は認められない。
- ・上記文献発刊以降に発生した津波を対象に、斜面崩壊の有無を調査した結果、平成23年東北地方太平洋沖地震による引き津波により、斜面の一部が浸食された事例が確認されたものの、大規模な斜面崩壊の事例は認められなかった。

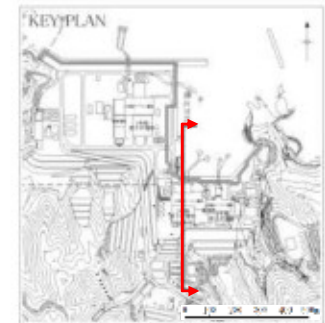
文献調査結果を踏まえた斜面崩壊に影響する地形・地質的特徴に関するまとめ

敷地は新第三紀中新世の堆積岩から成ることから、斜面崩壊に影響する地形・地質として、上記②の新第三紀堆積岩地帯の流れ盤構造を有するケスタ地形及び張り出し尾根の事例を参考に、敷地内の地形・地質の分布状況を検討する。

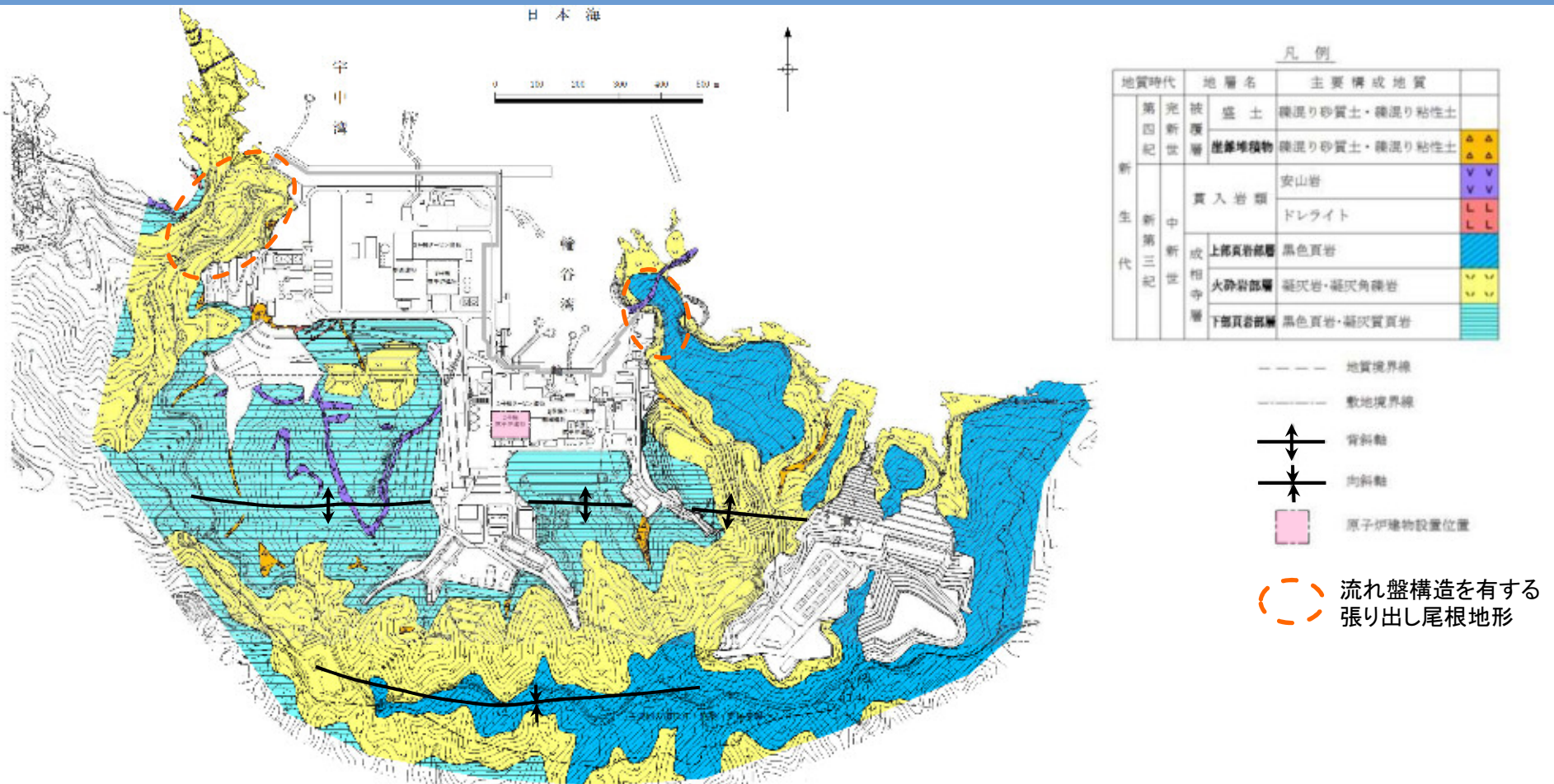
(1) 地質鉛直断面図(2号炉原子炉建物南北断面)



- ・2号炉原子炉建物基礎地盤には、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° 傾斜する流れ盤構造を有する。



(2) 防波壁等の周辺斜面の地形・地質・地質構造



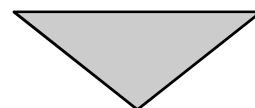
・敷地の地質は、新第三紀中新世の堆積岩類から成る成相寺層と貫入岩類及びそれらを覆う第四紀の崖錐堆積物等から構成される。敷地の南方には、ほぼ東西方向の軸を持つ背斜構造が認められ、軸より北側は緩く北に傾斜する流れ盤構造を有する。
 ・防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面には、北に傾斜する流れ盤構造を有する張り出し尾根地形が認められる。

・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。

審査会合における指摘事項(No.2)

16

No.	コメント要旨	審査会合	頁
2	防波壁(西端部)の斜面(⑥-⑥'断面)における標高40m付近より上方の斜面の崩積土の分布について,エビデンスを提示して説明すること。	令和元年11月22日 第802回審査会合	16~38

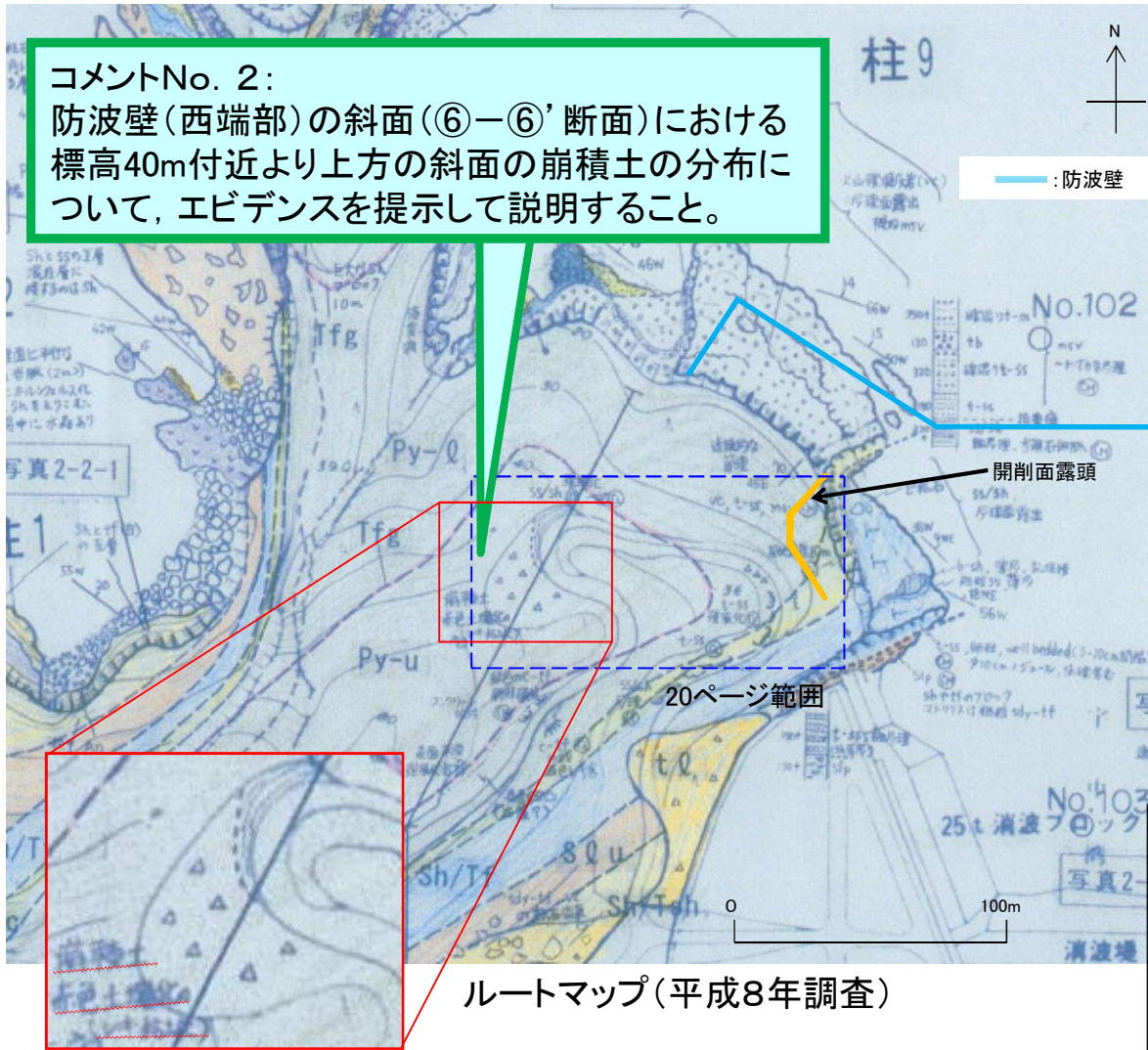


回答方針

- ・防波壁(西端部)の斜面(⑥-⑥'断面)において,ルートマップ(平成8年調査)に記載されている標高40m付近より上方の『崩積土』の分布状況について,露頭調査結果及びボーリング調査結果等のエビデンスを提示して説明する。

防波壁(西端部)の踏査結果 ルートマップ(平成8年調査)

コメントNo. 2:
防波壁(西端部)の斜面(⑥-⑥'断面)における標高40m付近より上方の斜面の崩積土の分布について、エビデンスを提示して説明すること。



ルートマップ(平成8年調査)

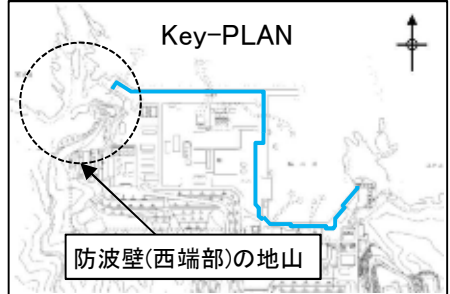
崩積土記載箇所拡大

「崩積土 赤色土壌化(レキ粘土化)」と記載。

地質区分及び凡例

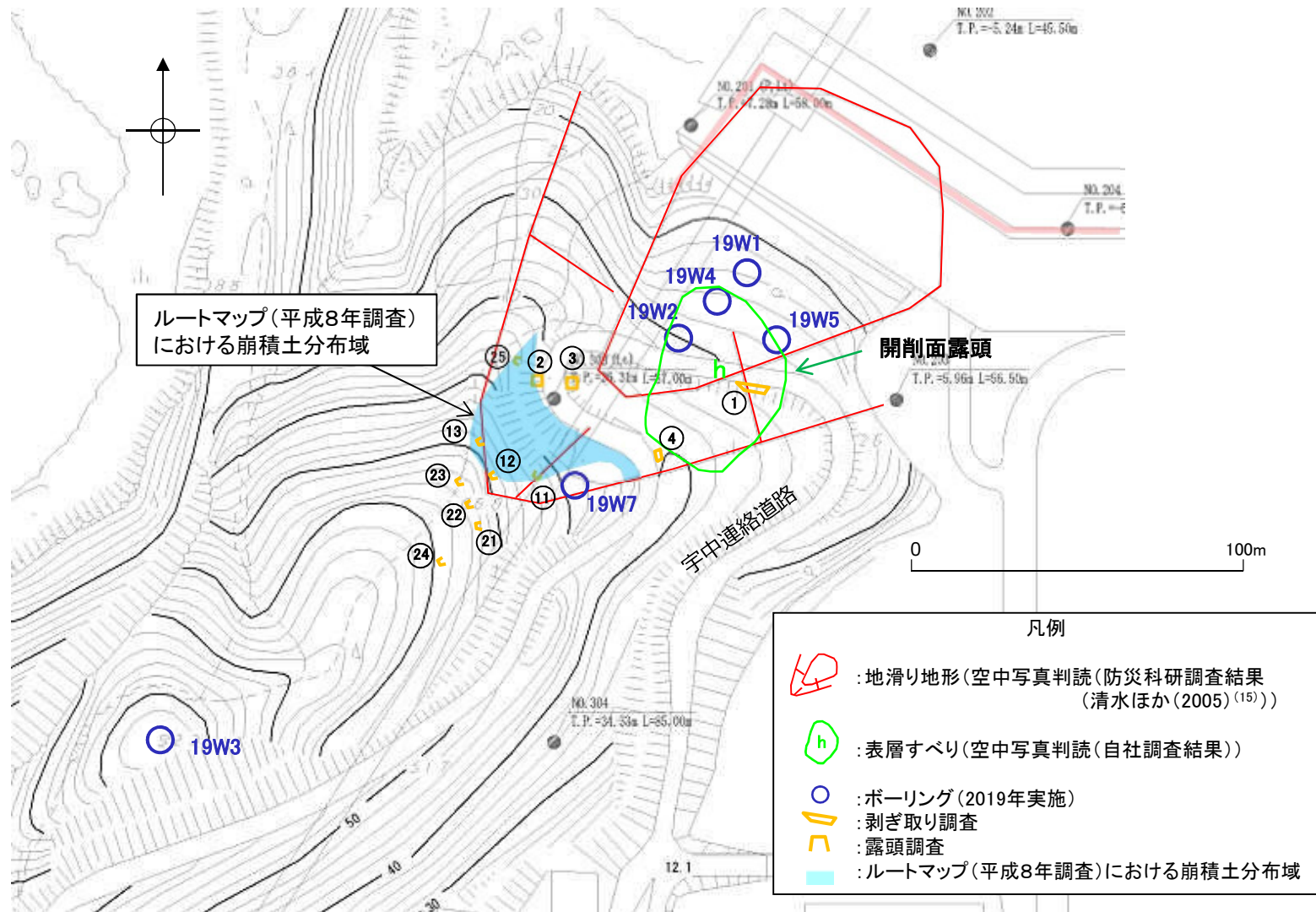
地質時代	地質名	記号	凡例
第四紀 完新世	盛土	bs	地質境界線
	産物堆積物	sl	層理面の走向・傾斜 (今回の調査)
新第三紀 新相物	珉岩	Po	層理面の走向・傾斜 ※(既往の調査)
	粗粒玄武岩	Bo	節理面の走向・傾斜
	上部黒色頁岩層	Sh-u	真入面の走向・傾斜
中生代 成層	最上部フローユニット	Py-us	断面面の走向・傾斜
	下部黒色頁岩層	Sh-l	
	上部フローユニット	Py-u	
	下部フローユニット	Py-l	
白垩紀	粗粒凝灰岩	Tfg	写真2-2-1 写真位置
	黒色頁岩・凝灰岩互層	Sh/Tf	柱1 露柱状四位置
	スランプ層	Slp	ボーリング位置 孔名
	黒色頁岩・凝灰質頁岩互層	Sh/Tsh	測線名
	流紋岩質火砕岩	Ry	弾性波探査測線 断面調作成位置 管桁軸

- ルートマップに用いた略号
- b-Sh, Sh: 黒色頁岩
 - c-tf: 粗粒凝灰岩
 - msv: 塊状
 - Po, An: 安山岩
 - sdv-tf: 砂質凝灰岩
 - Slp: スランプ層
 - ss: 砂岩
 - tb: 凝灰岩礫岩
 - tf: 凝灰岩
 - t-ss: 凝灰質砂岩
 - vc: 火山礫凝灰岩
 - well bedded: 層理発達



防波壁(西端部)の地山

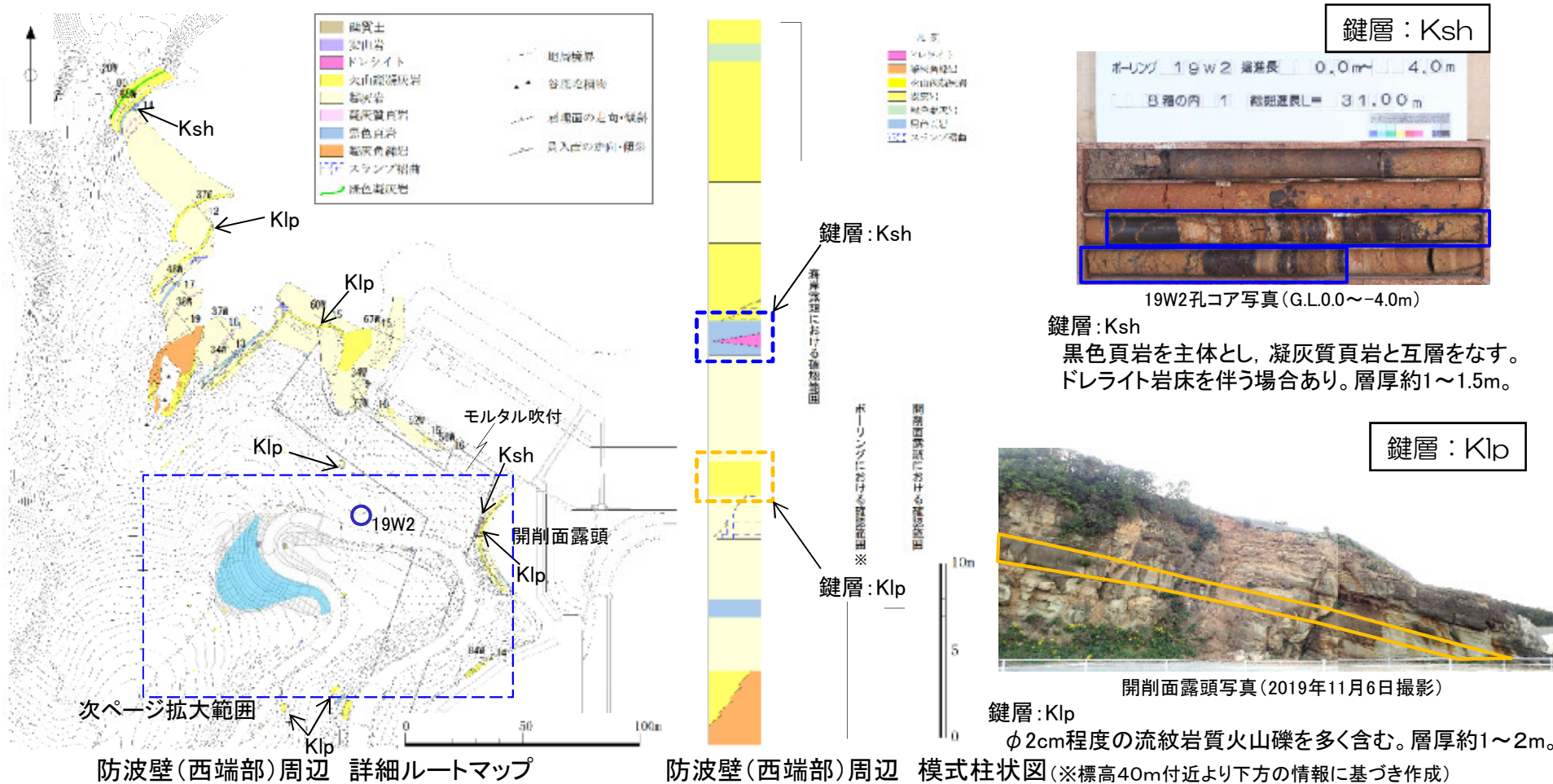
標高40mより上方斜面調査実施地点



調査位置図

ルートマップ(平成8年調査)の標高40m付近より上方の斜面に記載された『崩積土』の分布状況を確認するために、露頭調査(⑪～⑬地点, ⑳～㉔地点)及びボーリング調査(19W3孔, 19W7孔)を追加実施した。

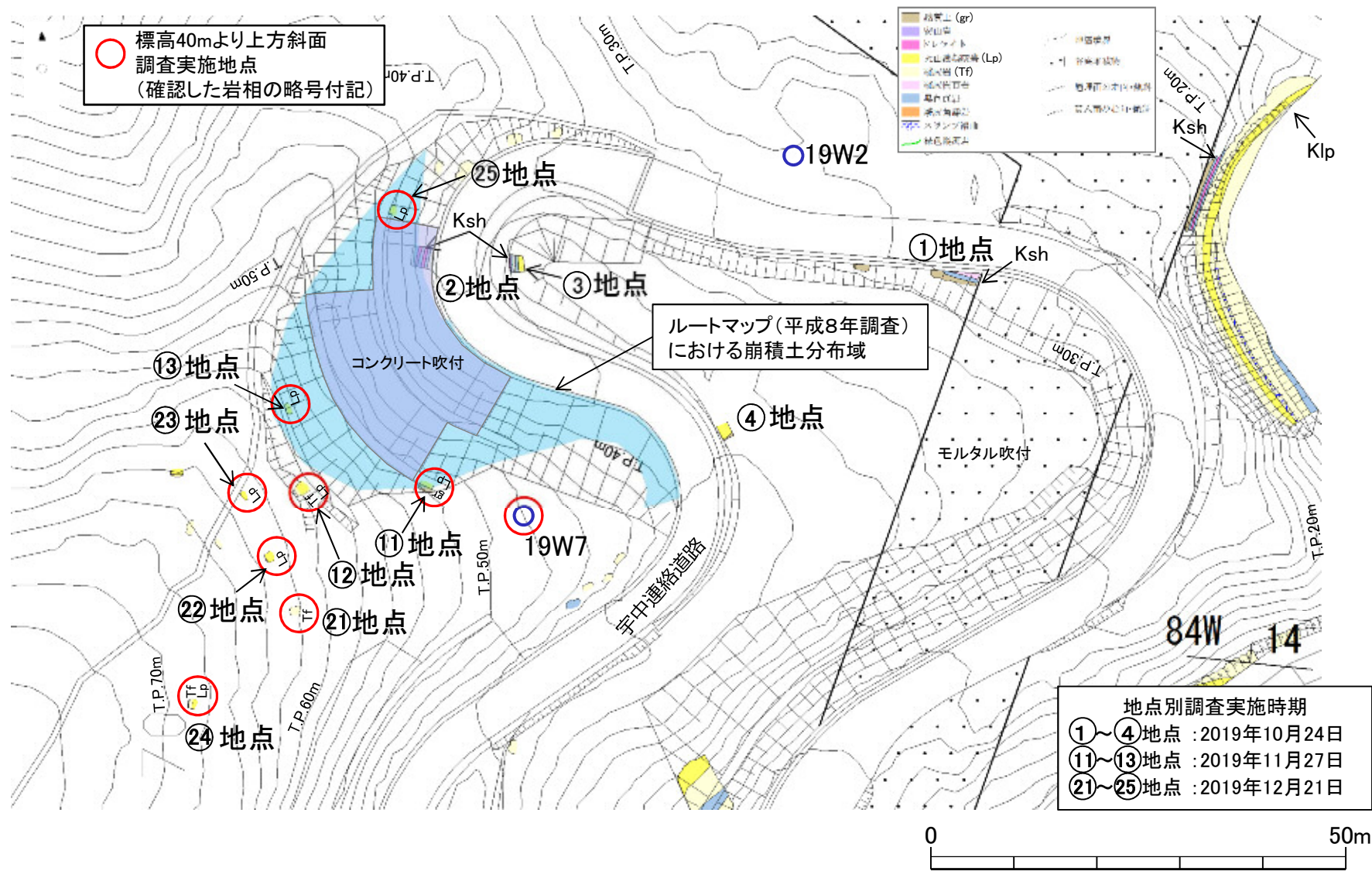
防波壁(西端部)周辺の詳細ルートマップ



防波壁(西端部)周辺において、ボーリングコアや露頭の状況を整理し、より詳細なルートマップを作成した。また、これらの情報に基づき、この地域の詳細な模式柱状図を作成した。

- 調査地点周辺は、凝灰岩及び火山礫凝灰岩を主体とし、凝灰角礫岩や黒色頁岩、ドレライトを挟む。西北西～北西走向、北東緩傾斜であり、局所的なスランプ褶曲が認められる。
- 複数箇所を確認される特徴的な岩相を鍵層として整理した。この付近では、火山礫凝灰岩からなるKlpと黒色頁岩を主体とするKshを鍵層として扱う。

防波壁(西端部)周辺の詳細ルートマップ



防波壁(西端部)周辺 詳細ルートマップ拡大図 (剥ぎ取り調査地点, 露頭調査地点)

露頭調査 ⑪地点



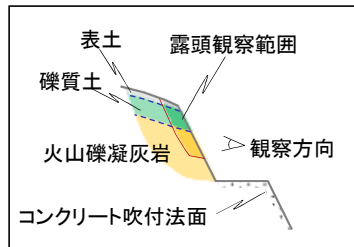
調査位置図 ← 撮影方向



露頭全景(2019年11月27日撮影)



露頭写真(解釈線無, 2019年11月27日撮影)



露頭模式断面



礫質土 拡大写真(2019年11月27日撮影)



露頭写真(解釈線有, 2019年11月27日撮影)

- ・露頭調査⑪地点は、標高52m、コンクリート吹付法面の上部にあり、防災科研地滑り地形の滑落崖内部に位置する。この地点は、宇中連絡道路造成時に掘削された法面中腹部に位置する。
- ・露頭は下位から火山礫凝灰岩、礫質土、表土が認められる。礫質土は淡赤褐～赤褐色を呈し、一部の礫は軟質であり、その層厚は50cm程度である。火山礫凝灰岩は風化によりC_L級～D級を呈する。
- ・礫質土は淡赤褐～赤褐色を呈し、一部の礫が軟質である。これは、ルートマップ(平成8年調査)の『崩積土』の記載に類似した特徴である。

露頭調査 ⑫地点



調査位置図

← 撮影方向



露頭全景(2019年11月27日撮影)



露頭写真(解釈線無, 2019年11月27日撮影)



露頭写真(解釈線有, 2019年11月27日撮影)

- ・露頭調査⑫地点は、標高59～61mにあり、防災科研地滑り地形の滑落崖の境界付近に位置する。この地点は、宇中連絡道路造成時に掘削された法面に位置する。
- ・露頭は下位から火山礫凝灰岩、凝灰岩、表土が認められる。凝灰岩は強風化によりD級、火山礫凝灰岩は風化によりC_L級を呈する。
- ・ルートマップ(平成8年調査)の『崩積土』に対応する地層は認められない。

露頭調査 ⑬地点



調査位置図

← 撮影方向



露頭全景(2019年11月27日撮影)



露頭写真(解釈線無, 2019年11月27日撮影)



露頭写真(解釈線有, 2019年11月27日撮影)

表土

火山礫凝灰岩(C_L級)

- ・露頭調査⑬地点は、標高57mにあり、防災科研地滑り地形の滑落崖の境界付近に位置する。この地点は、宇中連絡道路造成時に掘削された法面に位置する。
- ・露頭は表土が火山礫凝灰岩を直接覆っており、礫質土や粘性土が認められない。火山礫凝灰岩は風化によりC_L級を呈する。
- ・ルートマップ(平成8年調査)の『崩積土』に対応する地層は認められない。

露頭調査 ②1地点



調査位置図

← 撮影方向



露頭全景(2019年12月21日撮影)



露頭写真(解釈線無, 2019年12月21日撮影)



露頭写真(解釈線有, 2019年12月21日撮影)

- ・露頭調査②1地点は、標高62mにあり、防災科研地滑り地形の滑落崖の外に位置する。この地点は、防波壁(西端部)の位置する地山の中腹部に位置する。
- ・露頭は表土が凝灰岩を直接覆っており、礫質土や粘性土が認められない。凝灰岩は強風化によりD級を呈する。
- ・ルートマップ(平成8年調査)の『崩積土』に対応する地層は認められない。

露頭調査 ②地点



調査位置図

← 撮影方向



露頭全景(2019年12月21日撮影)



露頭写真(解釈線無, 2019年12月21日撮影)



露頭写真(解釈線有, 2019年12月21日撮影)

- ・露頭調査②地点は、標高63mにあり、防災科研地滑り地形の滑落崖の外に位置する。この地点は、防波壁(西端部)の位置する地山の中腹部に位置する。
- ・露頭は表土が火山礫凝灰岩を直接覆っており、礫質土や粘性土が認められない。火山礫凝灰岩は露頭上部で強風化によりD級、露頭下部でC_L級を呈する。
- ・ルートマップ(平成8年調査)の『崩積土』に対応する地層は認められない。

露頭調査 ②③地点



調査位置図 ← 撮影方向



露頭写真(解釈線無, 2019年12月21日撮影)



露頭全景(2019年12月21日撮影)



露頭写真(解釈線有, 2019年12月21日撮影)

- ・露頭調査②③地点は、標高63mにあり、防災科研地滑り地形の滑落崖の外に位置する。この地点は、防波壁(西端部)の位置する地山の中腹部に位置する。
- ・露頭は火山礫凝灰岩が露出しており、礫質土、粘性土及び表土が認められない。火山礫凝灰岩は風化によりC_L級を呈する。
- ・ルートマップ(平成8年調査)の『崩積土』に対応する地層は認められない。

露頭調査 ②④ 地点



露頭調査位置図

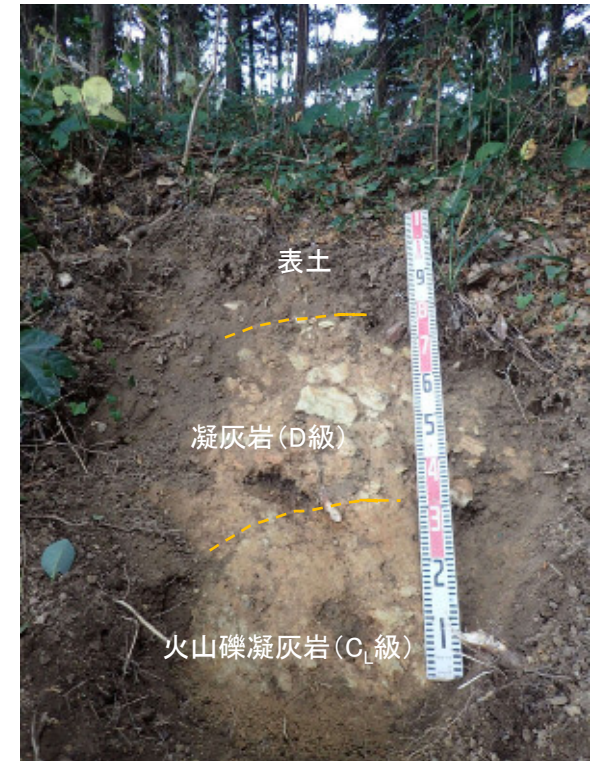
← 撮影方向



露頭全景(2019年12月21日撮影)



露頭写真(解釈線無, 2019年12月21日撮影)



露頭写真(解釈線有, 2019年12月21日撮影)

- ・露頭調査②④地点は、標高69mにあり、防災科研地滑り地形の滑落崖の外に位置する。この地点は、防波壁(西端部)の位置する地山の中腹部に位置する。
- ・露頭は下位から火山礫凝灰岩、凝灰岩、表土が認められ、礫質土や粘性土が認められない。凝灰岩は強風化によりD級、火山礫凝灰岩は風化によりC_L級を呈する。
- ・ルートマップ(平成8年調査)の『崩積土』に対応する地層は認められない。

露頭調査 ②5地点



露頭調査位置図 ← 撮影方向



露頭全景(2019年12月21日撮影)



露頭写真(解釈線無, 2019年12月21日撮影)



露頭写真(解釈線有, 2019年12月21日撮影)

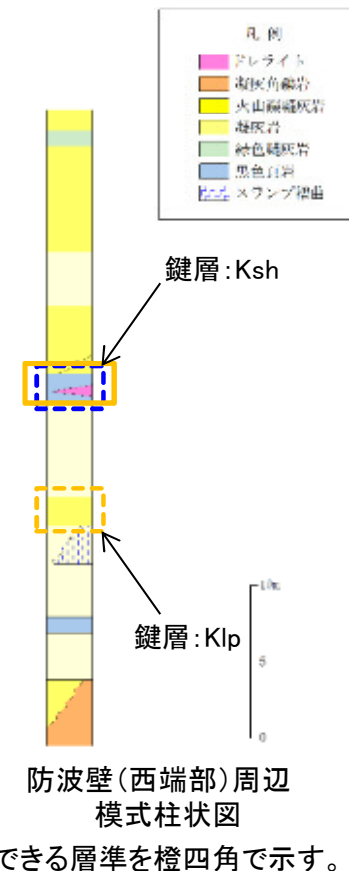
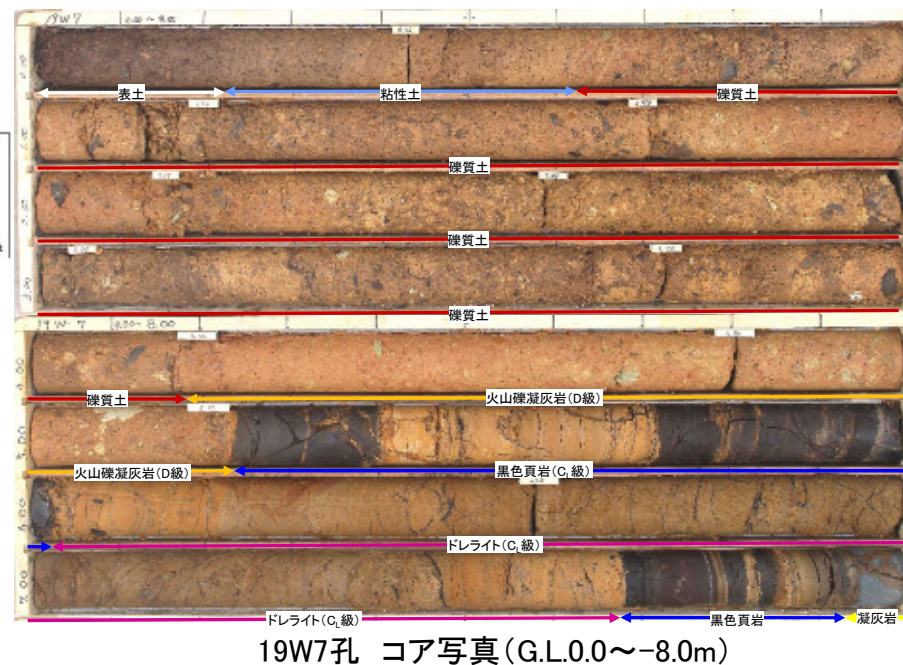
- ・露頭調査②5地点は、標高42mにあり、防災科研地滑り地形の滑落崖に位置する。この地点は、宇中連絡道路造成時に掘削された法面で、コンクリート吹付に隣接する。
- ・露頭は表土が火山礫凝灰岩を直接覆っており、礫質土や粘性土が認められない。火山礫凝灰岩は風化によりC_L級を呈する。
- ・ルートマップ(平成8年調査)の『崩積土』に対応する地層は認められない。

No. 2 防波壁(西端部)の標高40mより上方斜面の性状 ボーリング結果 19W7孔

29

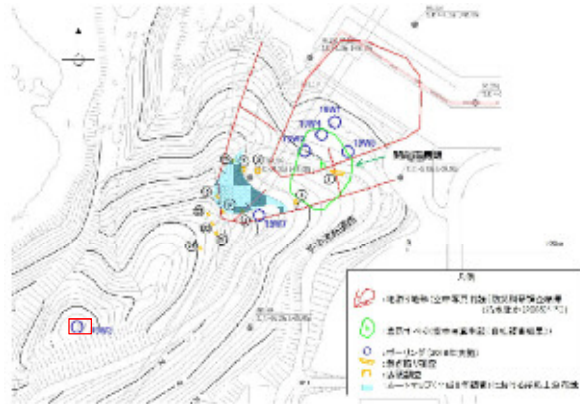


露頭調査位置図

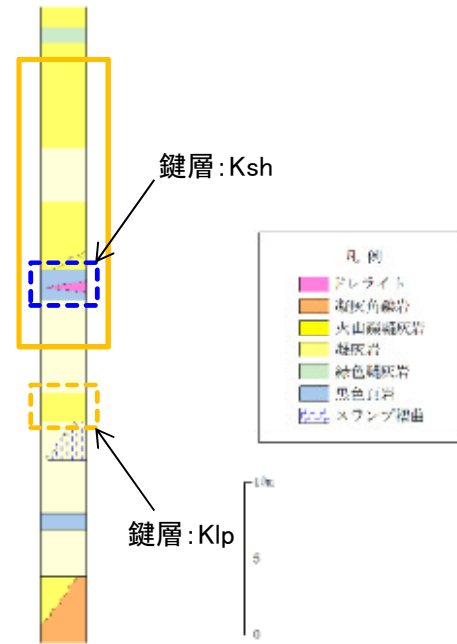


- ・ボーリング19W7孔は、孔口が標高47.54mにあり、防災科研地滑り地形の滑落崖側部に位置する。この地点は、宇中連絡道路造成時の施工範囲外に位置し、空中写真撮影時の地形が保存されている。礫質土の試料を用いた一軸圧縮強度試験を実施するためにコア試料を採取した。
- ・ボーリング調査の結果、下位から黑色頁岩、ドレライト、黑色頁岩、火山礫凝灰岩、礫質土、粘性土が認められ、このうち黑色頁岩は鍵層Kshに相当する。火山礫凝灰岩は強風化により赤褐灰色を呈しD級岩盤、黑色頁岩及びドレライトは風化により褐色を呈しC_L級岩盤である。
- ・GL-0.62~-4.17mは締まりの良い礫質土であり、褐灰~帯赤褐灰色を呈し、一部の礫は軟質である。
- ・火山礫凝灰岩と礫質土の境界は不明瞭で漸移的であることから、礫質土は下位の火山礫凝灰岩が強風化したものと考えられる。

No. 2 防波壁(西端部)の標高40mより上方斜面の性状 ボーリング結果 19W3孔

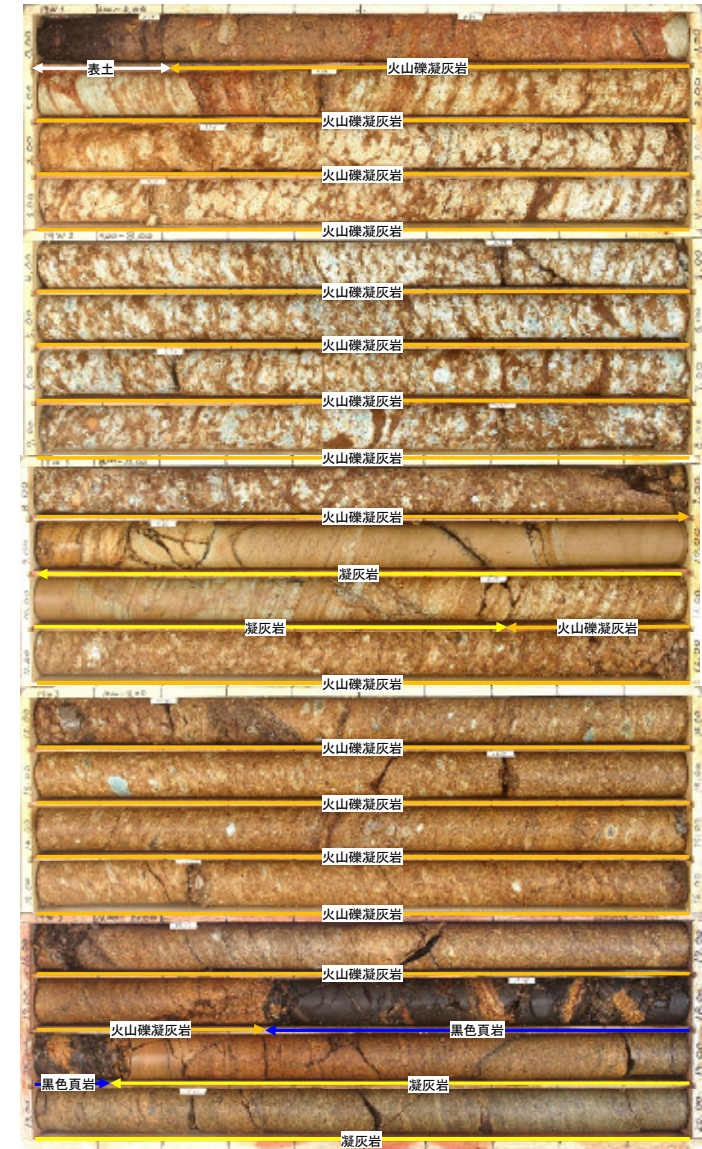


露頭調査位置図



防波壁(西端部)周辺
模式柱状図

コアで確認できる層準を橙四角で示す。



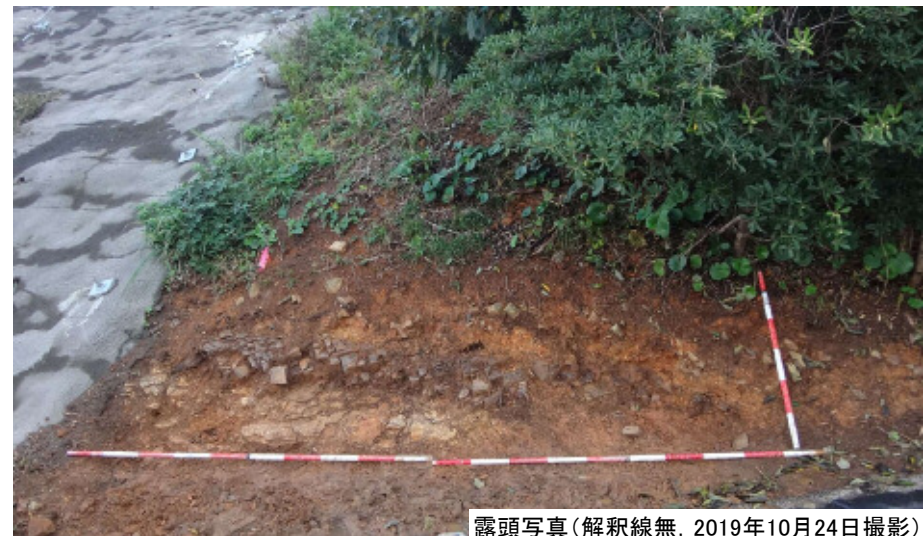
19W3孔 コア写真 (G.L.0.0~20.0m)

- ・ボーリング19W3孔は、孔口が標高92.78mにあり、防波壁(西端部)地山斜面の頂部に位置する。
- ・ボーリングでは下位から凝灰岩、黑色頁岩、火山礫凝灰岩、凝灰岩、火山礫凝灰岩が認められる。このうちG.L.-17.37~-18.12mの黑色頁岩は鍵層Kshに相当する。
- ・G.L.-0.20~-9.00mは火山礫凝灰岩であり、このうちG.L.-0.20~-3.61mは強風化により淡褐灰色~斑黄褐色を呈し、D級岩盤である。
- ・D級岩盤の上位には、表土は認められるが、礫質土は認められない。ルートマップ(平成8年調査)の『崩積土』に対応する地層は認められない。

(参考)宇中連絡道路付近における剥ぎ取り調査 ①地点



調査位置図



露頭写真(解釈線無, 2019年10月24日撮影)



層準対比 19W2孔コア写真(G.L.0.0~-4.0m)
露頭で確認できる層準を橙四角で示す。



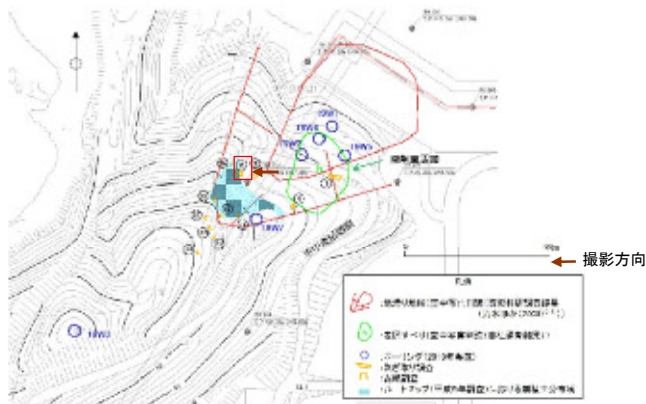
防波壁(西端部)周辺
模式柱状図



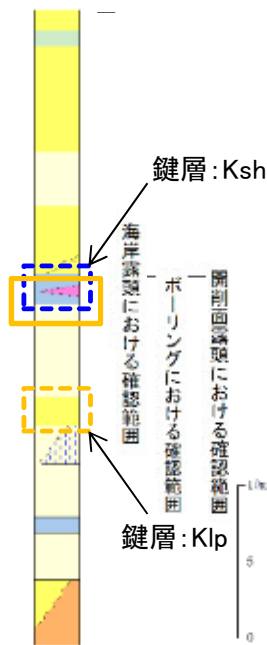
露頭写真(解釈線有, 2019年10月24日撮影)

- ・剥ぎ取り調査①地点では、下位から葉理の発達した凝灰質頁岩、黑色頁岩、礫質土が認められる。
- ・これらは防災科研調査結果の地滑り地形の地滑り土塊とされる箇所において実施したボーリング19W2孔のG.L.-2.4m以浅の層準に対比される。また凝灰質頁岩と黑色頁岩は、鍵層Kshの上部に相当する。

(参考)宇中連絡道路付近における剥ぎ取り調査 ②地点



調査位置図



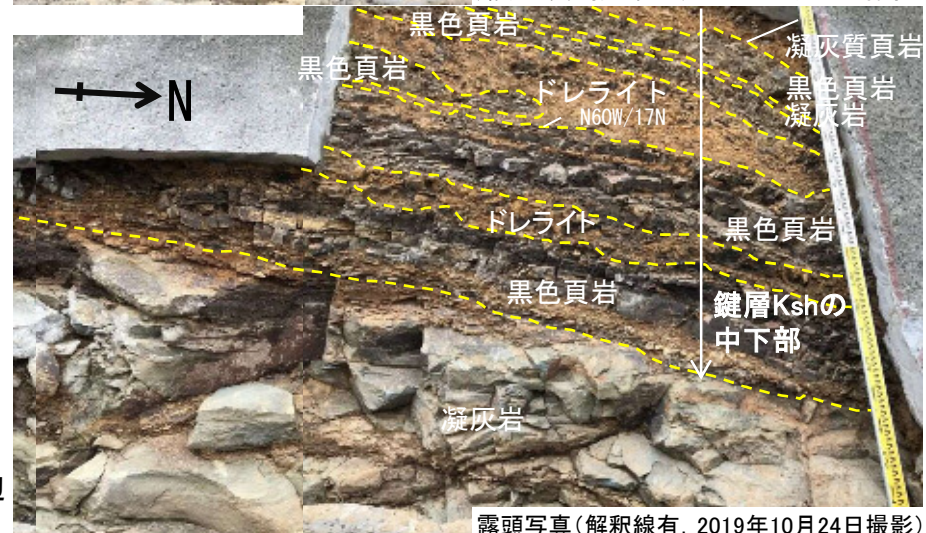
防波壁(西端部)周辺
模式柱状図



層準対比 19W2孔コア写真(G.L.0.0~-4.0m)
露頭で確認できる層準を橙四角で示す。



露頭写真(解釈線無, 2019年10月24日撮影)



露頭写真(解釈線有, 2019年10月24日撮影)

- ・剥ぎ取り調査②地点では、下位から凝灰岩、黒色頁岩、ドレライト、凝灰岩及び黒色頁岩の互層、凝灰質頁岩が認められる。
- ・これらは防災科研調査結果の地滑り地形の地滑り土塊とされる箇所において実施したボーリング19W2孔のG.L.-4.0m以浅の層準に対比される。また凝灰岩より上位の黒色頁岩等は、鍵層Kshの中下部に相当する。

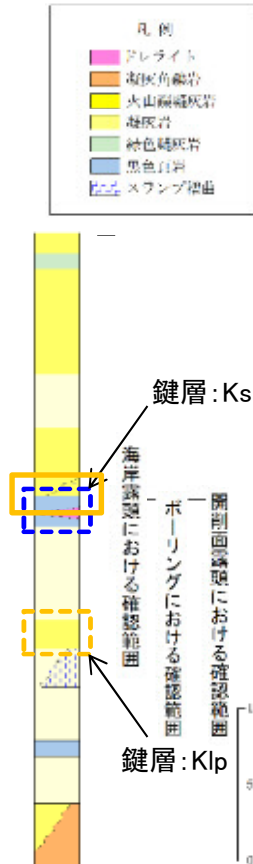
(参考)宇中連絡道路付近における剥ぎ取り調査 ③地点



調査位置図



層準対比 19W2孔コア写真(G.L.0.0~-4.0m)
露頭で確認できる層準を橙四角で示す。



防波壁(西端部)周辺
模式柱状図



露頭写真(解釈線無, 2019年10月24日撮影)



露頭写真(解釈線有, 2019年10月24日撮影)

- ・剥ぎ取り調査③地点では、下位からドレライト、凝灰岩及び黑色頁岩の互層、火山礫凝灰岩が認められる。
- ・これらは防災科研調査結果の地滑り地形の地滑り土塊とされる箇所において実施したボーリング19W2孔のGL-3.0m以浅の層準に対比される。また凝灰岩及び黑色頁岩の互層は、鍵層Kshの上部に相当し、最上部の火山礫凝灰岩は鍵層Kshの上位層の火山礫凝灰岩に相当する。

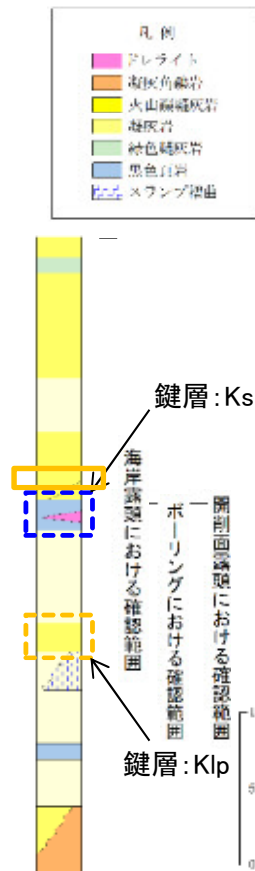
(参考)宇中連絡道路付近における剥ぎ取り調査 ④地点



調査位置図



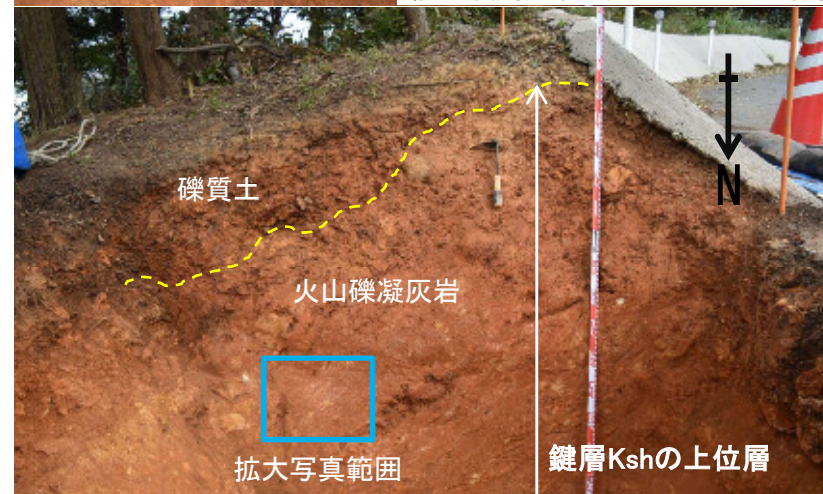
火山礫凝灰岩 拡大写真(2019年11月6日撮影)



防波壁(西端部)周辺
模式柱状図



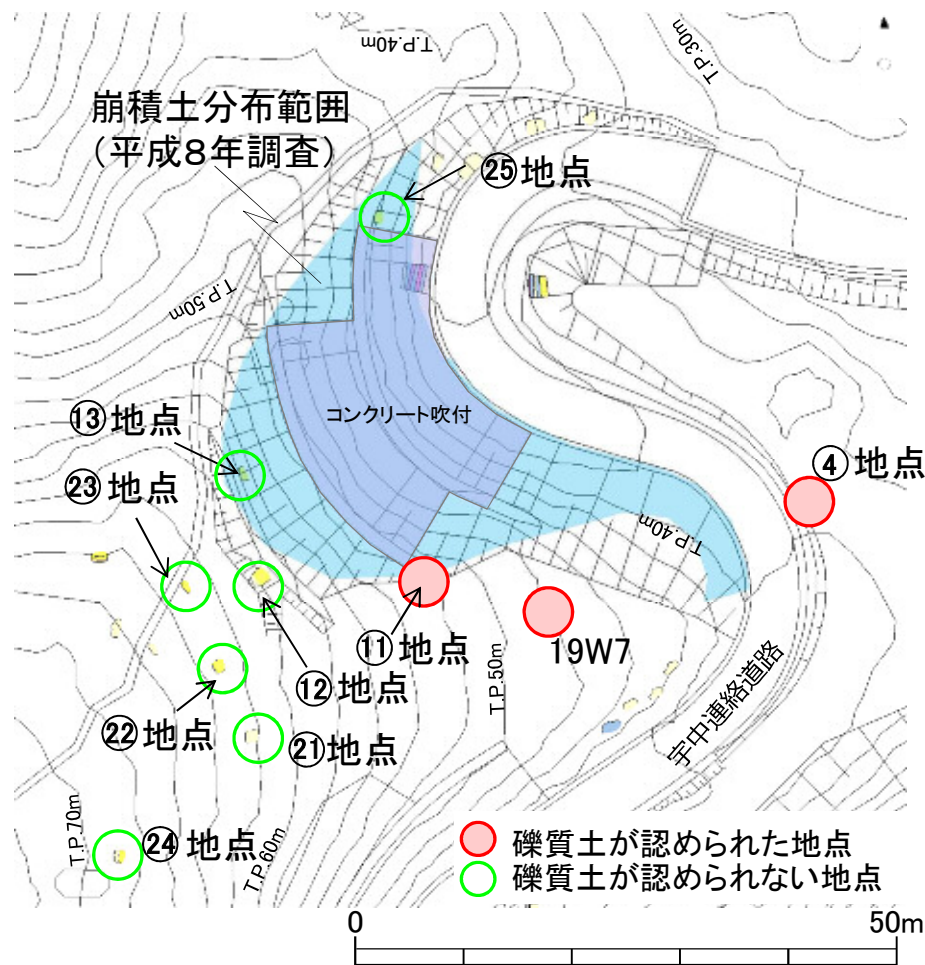
露頭写真(解釈線無, 2019年10月24日撮影)



露頭写真(解釈線有, 2019年10月24日撮影)

- ・剥ぎ取り調査④地点では、下位から火山礫凝灰岩、礫質土が認められる。
- ・礫質土は締まりがよく、その層厚は40cmから15cmであり、標高が高くなるにつれて層厚が薄くなる。
- ・火山礫凝灰岩は、剥ぎ取り調査③地点で確認した鍵層Kshの上位層の火山礫凝灰岩に相当する。
- ・この地点において火山礫凝灰岩と礫質土の境界は不明瞭で漸移的であり、下位の火山礫凝灰岩が強風化したものと考えられる。また、開削面露頭で確認された礫質土の性状とは異なる。

No. 2 防波壁(西端部)の標高40mより上方斜面の性状
『崩積土』の確認調査結果



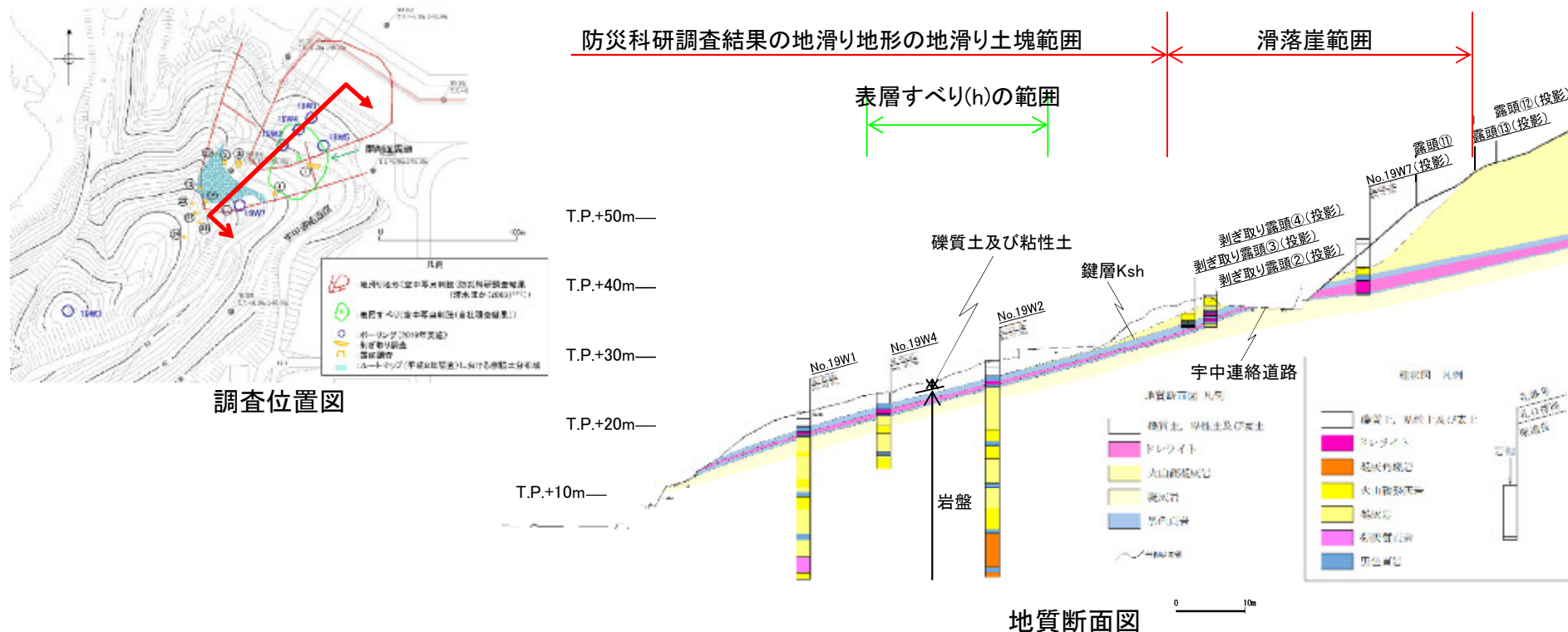
調査結果概要

調査地点	調査結果
④地点	礫質土あり(15~40cm程度) (下位の火山礫凝灰岩が強風化)
⑪地点	礫質土あり(50cm程度) (崩積土に類似した特徴を有する)
⑫地点	礫質土は認められない
⑬地点	礫質土は認められない
⑲地点	礫質土は認められない
⑳地点	礫質土は認められない
㉑地点	礫質土は認められない
㉒地点	礫質土は認められない
㉓地点	礫質土は認められない
㉔地点	礫質土は認められない
㉕地点	礫質土は認められない
19W7	礫質土あり(3.55m) (下位の火山礫凝灰岩が強風化)

ルートマップ(平成8年調査)に記載された『崩積土』の範囲について、標高40mより上方斜面において崩積土及び岩盤の分布状況について検討した結果、以下の特徴が認められた。

- ・崩積土分布範囲周辺の露頭(⑫地点, ⑬地点, ⑲~⑳地点)において礫質土は認められなかった。
- ・④地点及び19W7孔において、下位の火山礫凝灰岩が強風化したと考えられる礫質土が認められ、⑪地点において崩積土に類似した特徴を有する礫質土が認められた。

防波壁(西端部)周辺の地質断面図(標高40mより下方)



防波壁(西端部)周辺において整理したより詳細なルートマップ及び標高40mより上方で実施した露頭調査及びボーリング調査結果を反映した防波壁(西端部)周辺斜面の地質断面を作成した※。

○標高40mより下方

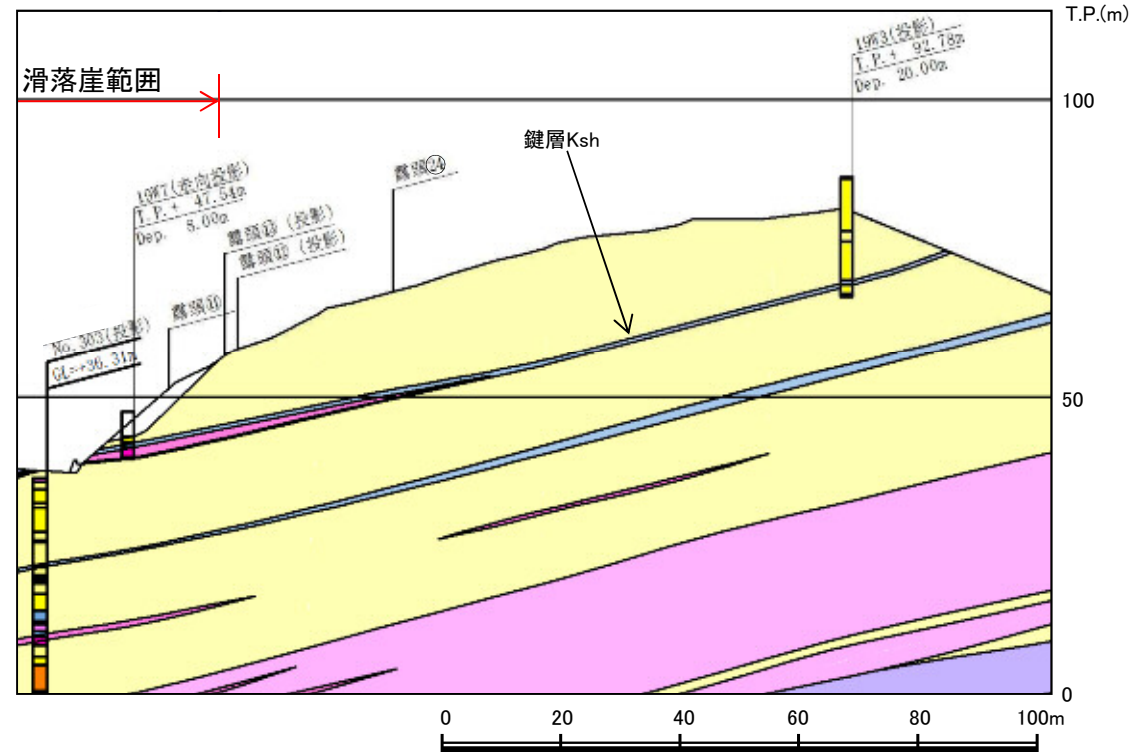
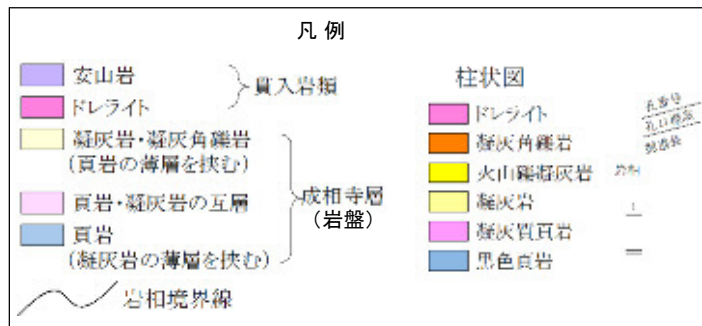
- ・防災科研調査結果の地滑り地形の範囲において、ボーリングコア及び開削面露頭上部に認められる層準が連続することが確認された。
- ・表層すべりの可能性が考えられる礫質土及び粘性土についても、宇中連絡道路直前(剥ぎ取り調査地点④)まで連続し、その範囲は防災科研調査結果の地滑り地形の地滑り土塊及び表層すべり(h)に概ね対応する。また、礫質土及び粘性土の層厚は約2mである。

※標高40m付近に分布する礫質土及び粘性土については、切取後の地形を解析モデルに反映する。p.74参照。

防波壁(西端部)周辺の地質断面図(標高40mより上方)



調査位置図

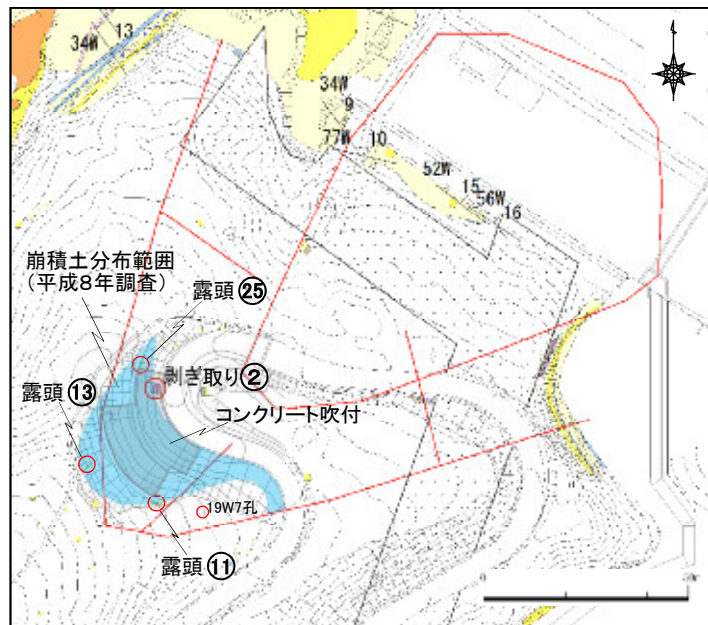


地質断面図

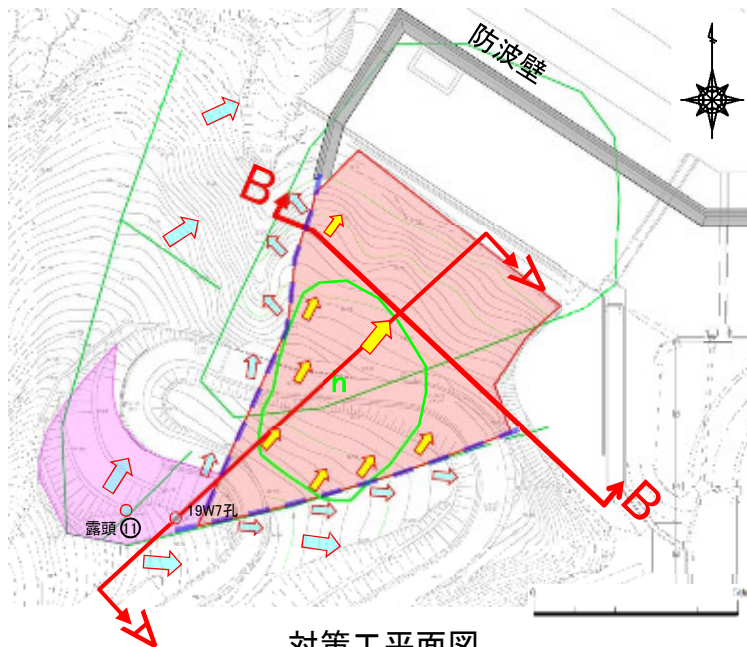
○標高40mより上方

- ・19W3孔において鍵層Kshが認められたことから、標高40mより下方で認められた地質構造が、斜面上部にも連続すると考えられる。
- ・19W7孔においてG.L.-4.17m以浅に認められた礫質土は、締まりが良く、下位の火山礫凝灰岩との境界も不明瞭で漸移的であることから、下位の火山礫凝灰岩が強風化したものと考えられる。
- ・露頭⑬より上部では、礫質土は認められず、岩盤が表土の直下に分布している。また斜面上部の19W3孔も同様に、礫質土は認められない。

No. 2 防波壁(西端部)の標高40mより上方斜面の性状 調査結果を踏まえた対策工の検討



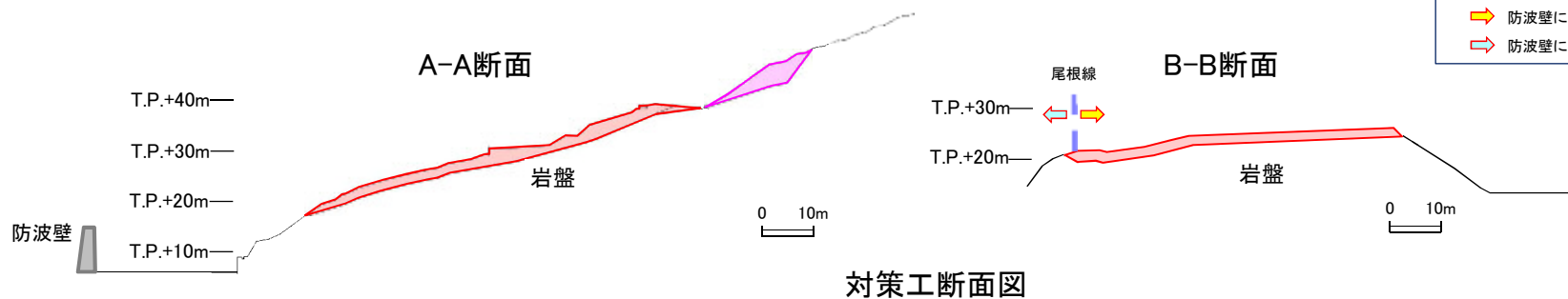
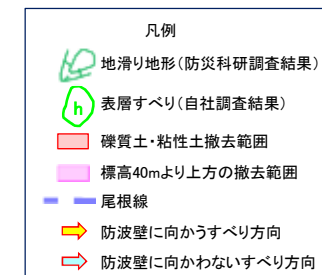
「崩積土」周辺調査位置図



対策工平面図



防波壁(西端部)位置図

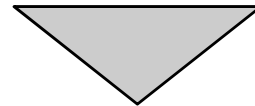


対策工断面図

- ・防災科研調査結果の地滑り地形付近において確認された礫質土及び粘性土については、過去の表層すべりの可能性が完全に否定できないことから、防波壁周辺斜面の安定性確保のため、撤去することとする。撤去範囲は、防波壁に与える影響を考慮し、尾根線に囲まれた内側の範囲について、岩盤部までの礫質土及び粘性土を全て撤去する。
- ・標高40mより上方斜面では、露頭⑪、19W7孔にて礫質土が認められたことから、ルートマップ(平成8年調査)に記載された『崩積土』の範囲について、岩盤まで礫質土を全て撤去する。

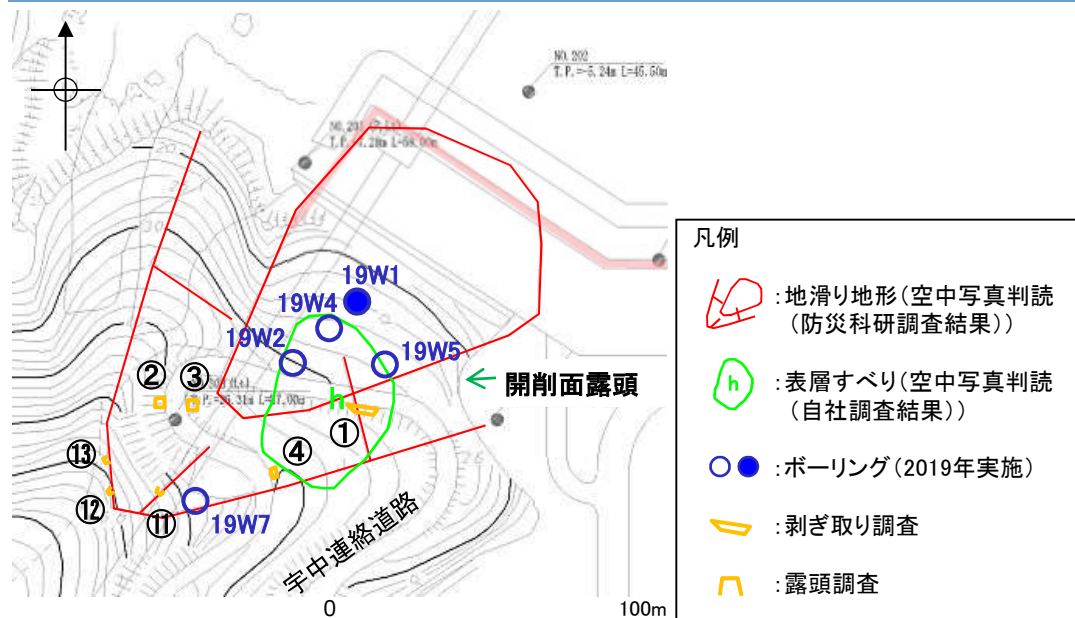
審査会合における指摘事項(No.3)

No.	コメント要旨	審査会合	頁
3	防波壁(西端部)の斜面(⑥-⑥'断面)において、割れ目密集帯を含む層理面沿いの弱面について十分に整理して説明すること。	令和元年11月22日 第802回審査会合	39~51



回答方針

防波壁(西端部)の斜面(⑥-⑥'断面)における割れ目密集帯について、周囲より風化が進行しており、19W1, 19W2, 19W4, 19W5の周辺の範囲において連続性を有すると考えられることから、斜面の安定性評価上、当該箇所をD級岩盤と評価する。



ボーリング調査位置図

- ・開削面露頭の標高22m付近に認められる割れ目密集帯を伴う凝灰岩について、ボーリングコアにより、性状や連続性を確認した。
- ・19W1孔において、G.L.-4.20~-4.45mに割れ目密集帯が認められる。周囲の凝灰岩に比べ粗粒であり、また酸化変質が進行している。コアは岩片状~細礫状を呈する。
- ・この区間の凝灰岩に粘土は認められない。
- ・19W1孔はG.L.-2.08~-4.45mがC_L級である。



コメントNo. 3:
防波壁(西端部)の斜面(⑥-⑥'断面)において、割れ目密集帯を含む層理面沿いの弱面について十分に整理して説明すること。

開削面露頭における凝灰岩の性状



露頭における凝灰岩の状況 (2019年10月24日撮影)



凝灰岩露頭写真



露頭拡大写真

開削面露頭の標高22m付近には、凝灰岩が分布しており、この一部は層厚約10cm程度の割れ目密集帯を伴う(右上写真)。この凝灰岩の性状について確認した。

- ・この凝灰岩の割れ目密集帯の連続性は乏しく、該当露頭の約1m右側において、割れ目間隔は6cm程度となる(右下写真)。右下写真の割れ目間隔の広い面は、表面の割れ目密集帯が、再観察時に観察面にほぼ平行な高角度節理で剥がれたものである。この面を見ると、割れ目のない岩盤となっている。
- ・この割れ目密集帯に粘土は認められない。
- ・露頭の割れ目密集帯は表面のみで認められ、岩盤内部では割れ目間隔の広い状態になっていると考えられる。
- ・割れ目密集帯を伴う凝灰岩はC_M級～C_L級岩盤と評価する。

剥ぎ取り調査②地点における凝灰岩の性状

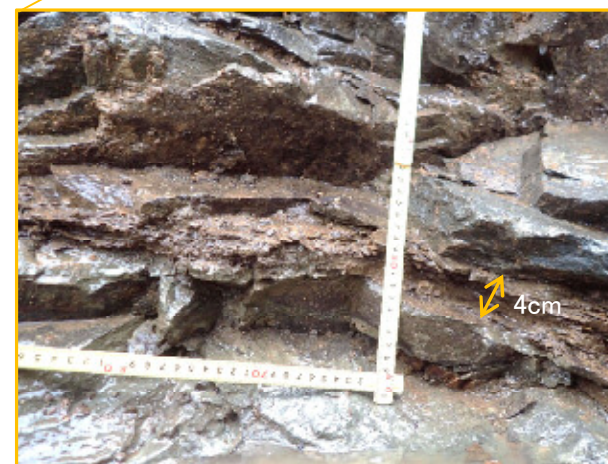
剥ぎ取り調査②地点 (2019年10月24日撮影)



調査位置図



凝灰岩露頭 割れ目なし (2019年11月6日撮影)



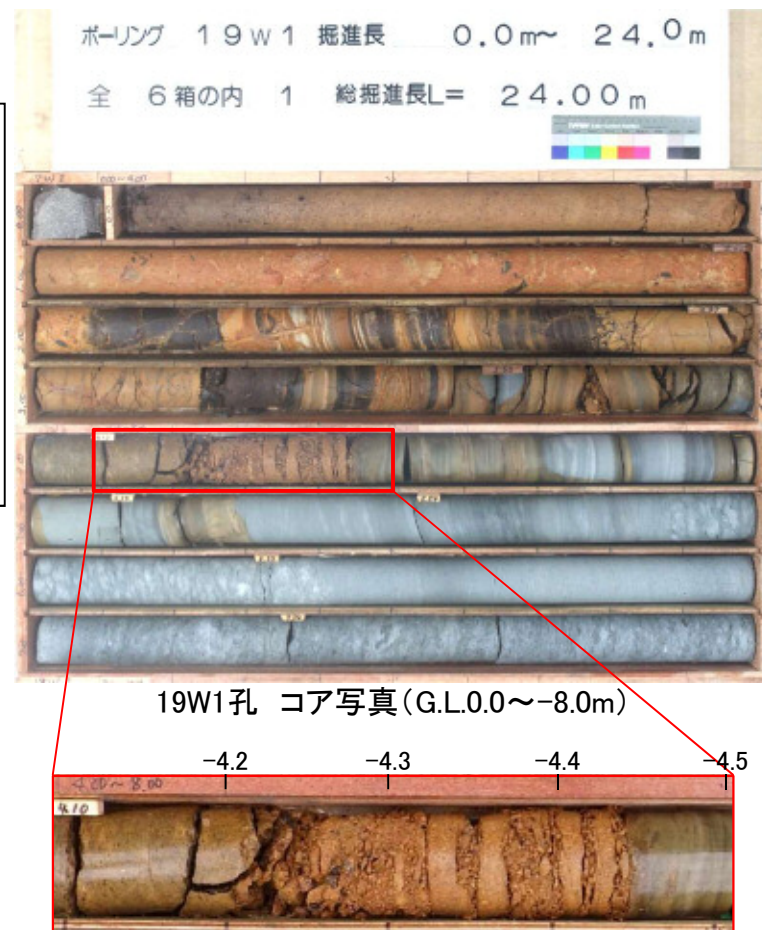
凝灰岩露頭 割れ目密集帯の厚さ4cm

- ・剥ぎ取り調査②地点では、最下位の凝灰岩中に、割れ目密集帯の層準が出現する。露頭右側では割れ目密集帯の厚さは4cmであるが、露頭左側では同一層準に割れ目は認められない。
- ・割れ目密集帯は連続しないと考えられる。
- ・割れ目密集帯を伴う凝灰岩はC_M級～C_L級岩盤と評価する。

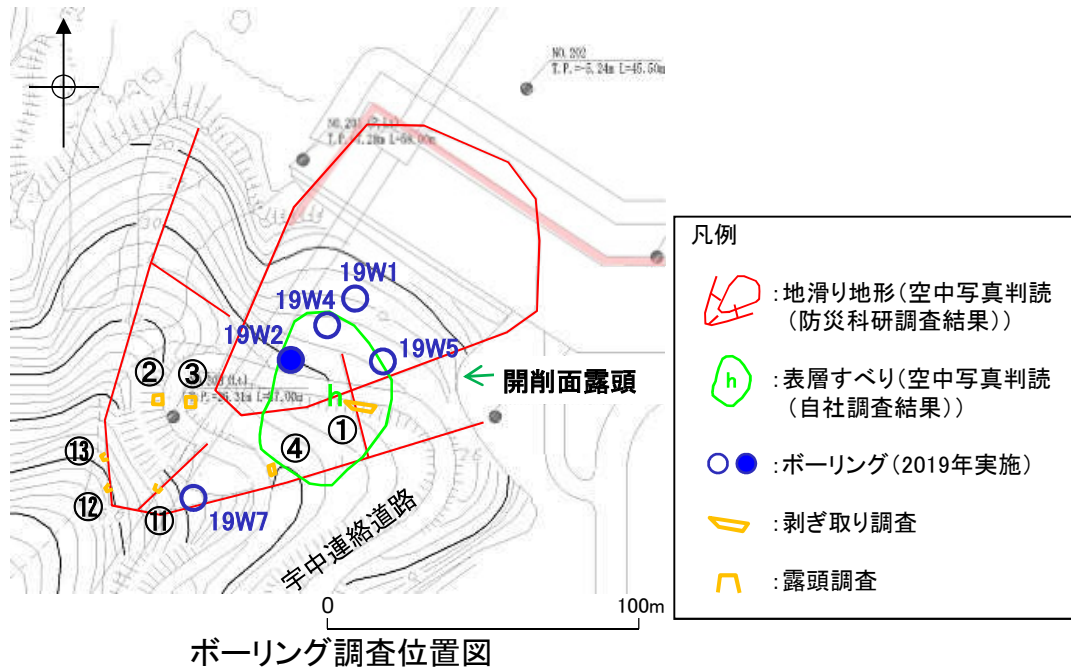


ボーリング調査位置図

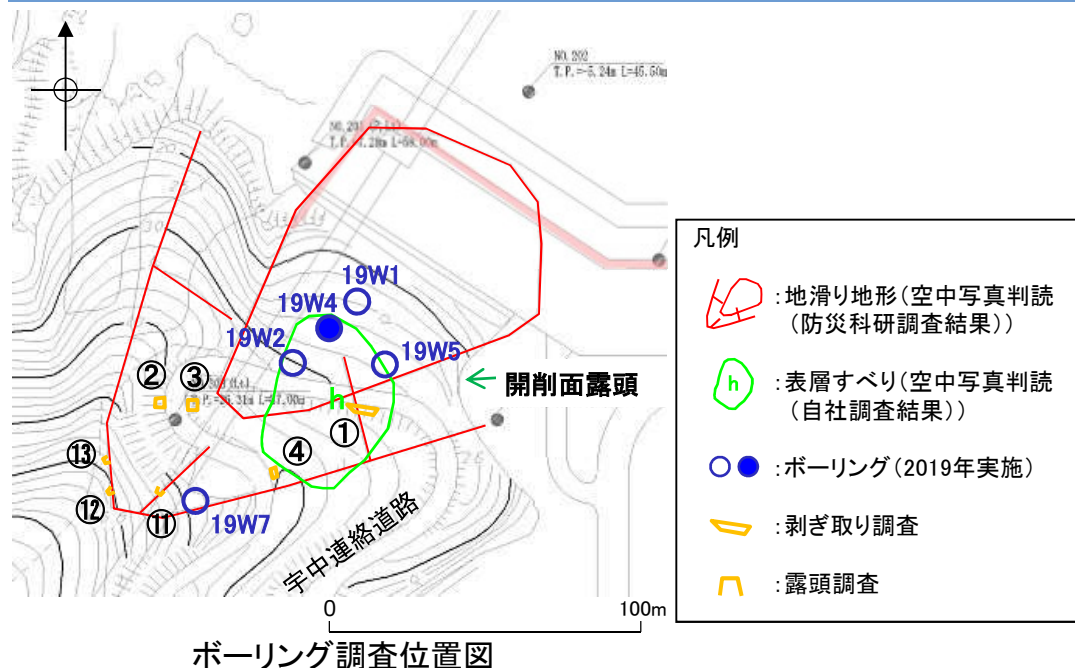
- ・開削面露頭の標高22m付近に認められる割れ目密集帯を伴う凝灰岩について、ボーリングコアにより、性状や連続性を確認した。
- ・19W1孔において、G.L.-4.20~-4.45mに層厚0.25mの割れ目密集帯が認められる。周囲の凝灰岩に比べ粗粒であり、また酸化変質が進行している。コアは岩片状~細礫状を呈する。
- ・この区間の凝灰岩に粘土は認められない。
- ・19W1孔はG.L.-2.08~-4.45mがC_L級であるが、割れ目密集帯については、周囲より風化が進行していることを踏まえ、D級岩盤と評価する。



コア拡大写真



- ・19W2孔は、G.L.-4.38~-4.47mに層厚0.09mの割れ目密集帯が認められる。周囲の凝灰岩に比べ粗粒であり、また酸化変質が進行している。コアは岩片状を呈する。
- ・この区間の凝灰岩に粘土は認められない。
- ・19W2孔はG.L.-2.05~-4.48mがC_L級であるが、割れ目密集帯については、周囲より風化が進行していることを踏まえ、D級岩盤と評価する。

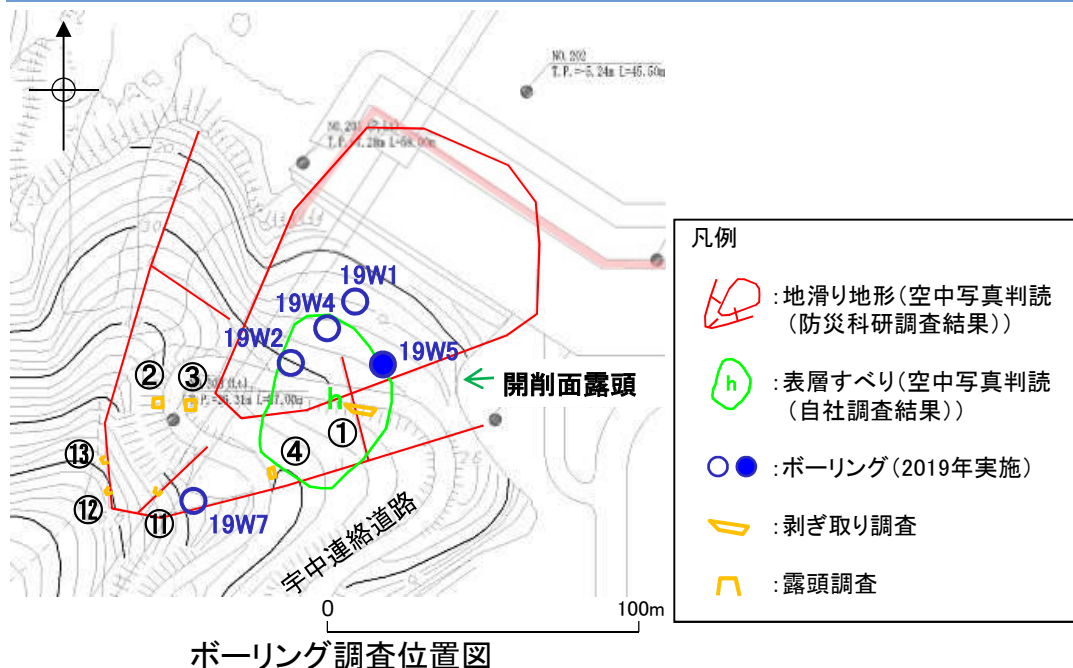


19W4孔 コア写真(G.L.0.0~-8.0m)



コア拡大写真

- ・19W4孔は、G.L.-4.20~-4.23mに層厚0.03mの割れ目密集帯が認められる。周囲の凝灰岩に比べ粗粒であり、また酸化変質が進行している。コアは岩片状を呈する。
- ・この区間の凝灰岩に粘土は認められない。
- ・19W4孔はG.L.-2.45~-4.35mがC_L級であるが、割れ目密集帯については、周囲より風化が進行していることを踏まえ、D級岩盤と評価する。



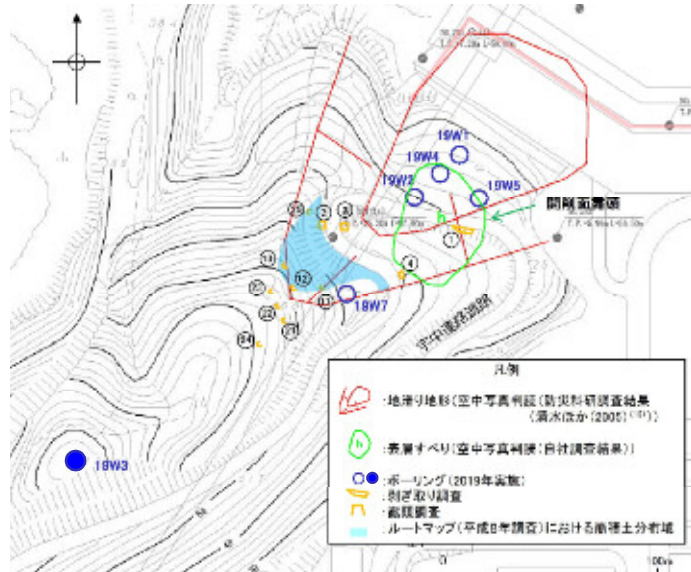
19W5孔 コア写真(G.L.0.0~-8.0m)



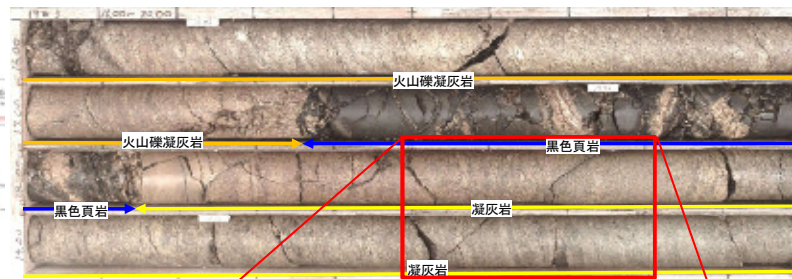
コア拡大写真

- ・19W5孔は、G.L.-4.22~-4.28mに層厚0.06mの割れ目密集帯が認められる。周囲の凝灰岩に比べ粗粒であり、また酸化変質が進行している。コアは岩片状を呈する。
- ・この区間の凝灰岩に粘土は認められない。
- ・19W5孔はG.L.-1.67~-4.28mがC_L級であるが、割れ目密集帯については、周囲より風化が進行していることを踏まえ、D級岩盤と評価する。

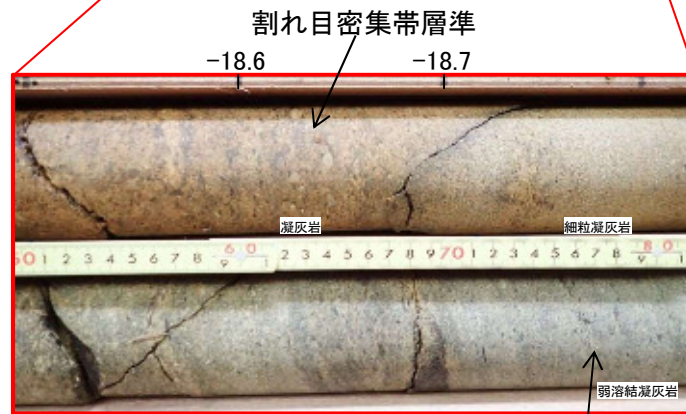
ボーリングコアにおける凝灰岩の性状 19W3孔



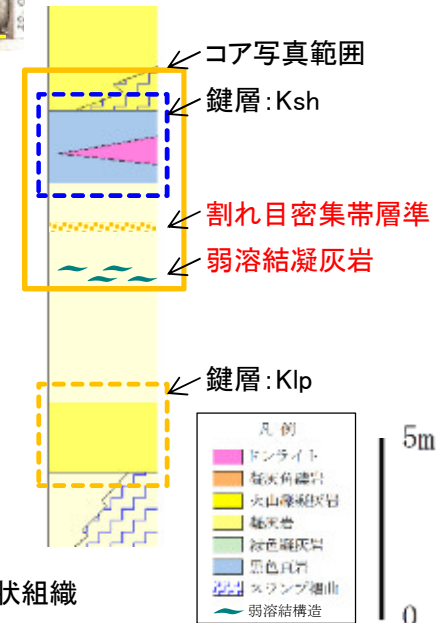
ボーリング調査位置図



19W3孔 コア写真 (G.L.-16.0~-20.0m)



コア拡大写真



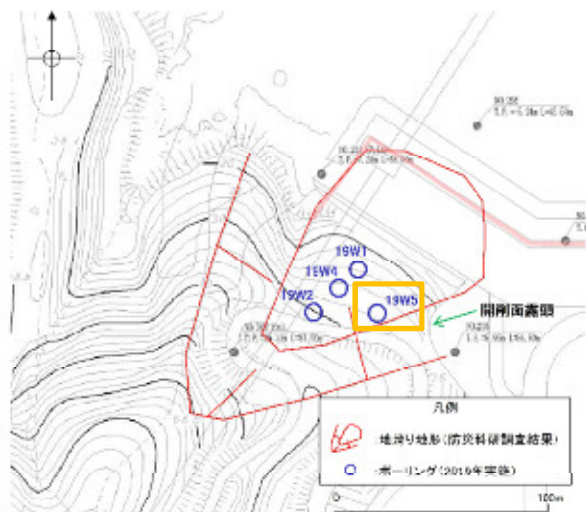
扁平なレンズ状組織

防波壁 (西端部) 周辺
模式柱状図
(部分拡大・赤文字追記)

- ・19W3孔は、G.L.-18.6~-18.7m付近に割れ目密集帯の層準※が認められる。周囲の凝灰岩に比べ粗粒であり、また酸化変質が進行している。コアに明瞭な割れ目は少なく、柱状を呈する。
- ・この区間の凝灰岩に粘土は認められない。
- ・19W3孔のこの層準の岩級はC_L級である。

※割れ目密集帯の層準
 ・割れ目密集帯の層準は、鍵層KshとKlpの間に位置する。層相はφ数mmの粗粒凝灰岩であり、直上位はKshの下位から続く凝灰質頁岩～凝灰岩、直下位は細粒凝灰岩で、粒径の違いが明瞭である。直下位層とは酸化変質程度の境界になっていることがある。また1~2m下位には弱溶結凝灰岩の暗緑灰色を呈する長径数mmの扁平なレンズ状組織が認められる(第802回審査会合 資料1 p.41,42参照)。

(参考)ボーリングコアにおける凝灰岩の性状



ボーリング調査位置図



19W5孔 コア写真(G.L.-4.0~8.0m)



開削面露頭 標高19m付近(2019年10月24日撮影)



露頭拡大写真 露頭表面の扁平な空隙

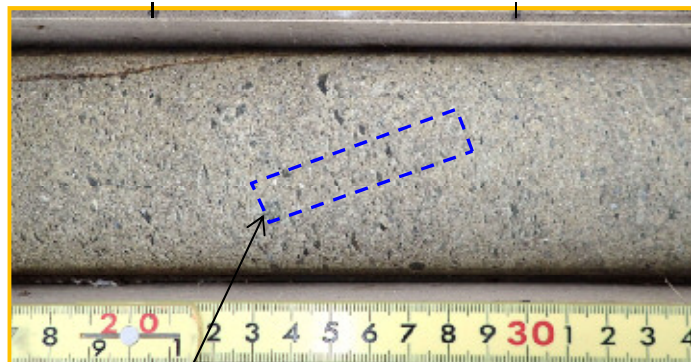
- ・19W5孔G.L.-6.2~-6.3mには、暗緑灰色を呈する長径数mmの扁平なレンズ状組織が平行に配列している。
- ・開削面露頭の標高19m付近には、凝灰岩が分布しており、露頭表面はφ数mm~2cmの扁平なレンズ状の空隙の平行な配列が認められる。

レンズ状組織の平行配列が認められる19W5孔のG.L.-6.25mにおいて、溶結組織を確認するために薄片観察を実施した。



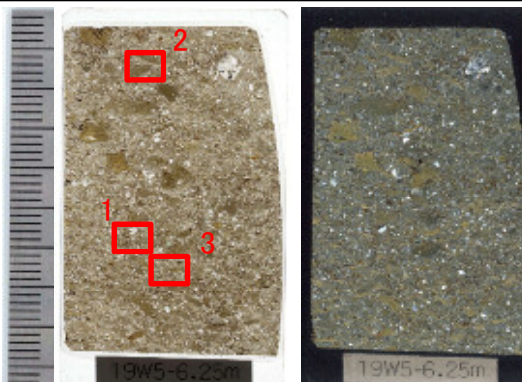
19W5孔 コア写真 (G.L.-4.0~-8.0m)

-6.2 -6.3

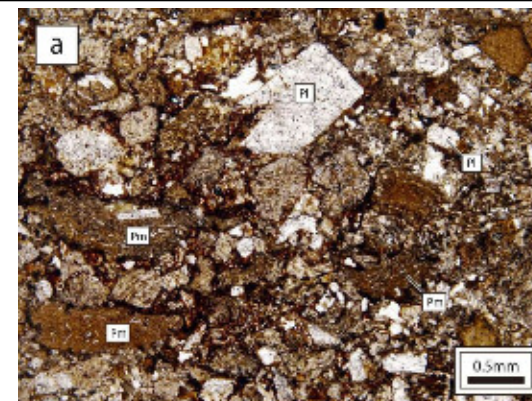


薄片作製位置

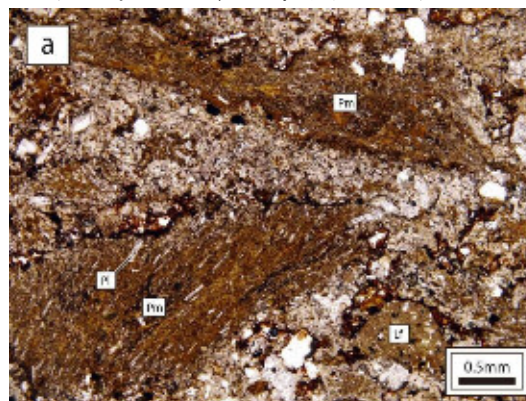
鏡下写真1~3はいずれも単ニコル
Pl: 斜長石, Pm: 軽石, Lf: 岩片



薄片全体像
(左: 単ニコル, 右: 直交ニコル)



1: 凝灰岩



2: 扁平な組織 潰れた軽石(溶結レンズ)

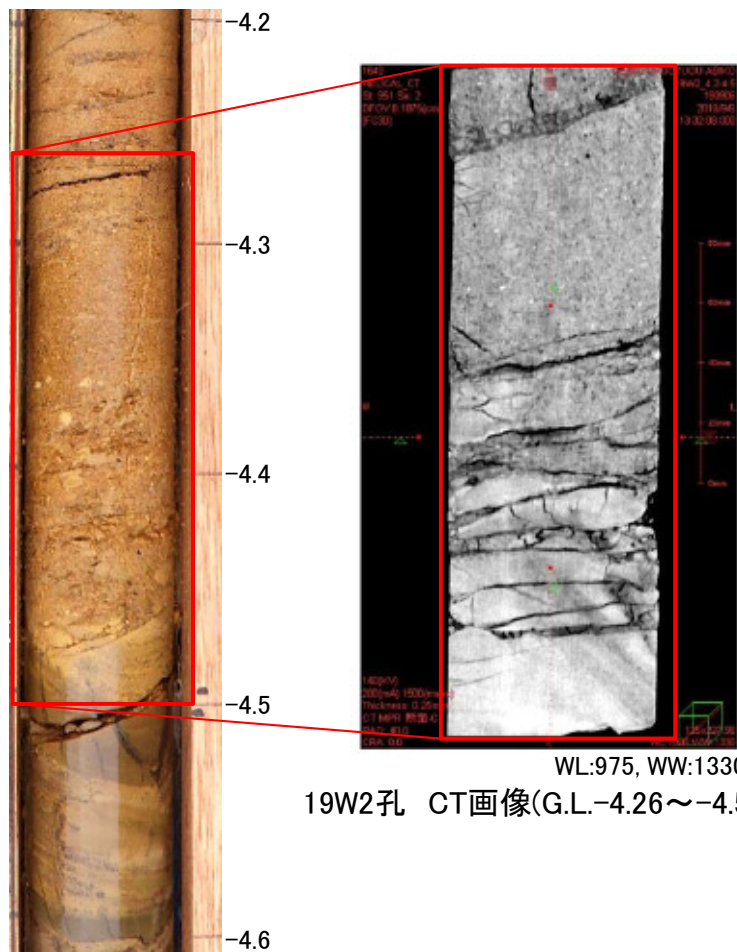


3: 基質部

- ・薄片観察の結果、該当箇所は凝灰岩である。平行配列を呈するレンズ状の組織は潰れた軽石(溶結レンズ)であるが、基質にユータクシティック※が認められる部分は少ない。
- ・溶結凝灰岩に典型的な組織(ユータクシティック)が認められないが、溶結レンズが認められることから、この凝灰岩は弱溶結凝灰岩と考えられる。
- ・開削面露頭及びボーリングコア(19W5)において確認された凝灰岩は、弱溶結凝灰岩である。

※: 火山岩にみられる、組成、組織、色などのちがいによる縞模様。溶結凝灰岩に典型的。(黒田・諏訪(1983)⁽¹⁶⁾より引用)

コアにおける性状 19W2孔 CT画像解析



19W2孔 CT画像(G.L.-4.26~-4.50m)

コア拡大写真
(G.L.-4.20~-4.60m)

19W2孔の割れ目密集帯においてCT画像解析を実施した。

- ・凝灰岩の傾斜方向の断面を観察すると、層理に沿った割れ目が認められ、岩片状を呈する。また、粘土脈の存在を示唆する低密度部は認められない。
- ・系統的な割れ目や岩片、粒子の配列は認められないことから、地すべり等の変動と無関係であると考えられる。

・上記の観察結果から、凝灰岩の割れ目密集帯は、相対的に粗粒な凝灰岩の周辺を変質が選択的に進行した結果、局所的に形成されたと考えられる。

ボーリングコアや露頭で確認された割れ目密集帯を伴う凝灰岩の性状や連続性について検討した結果、以下の特徴が明らかになった。

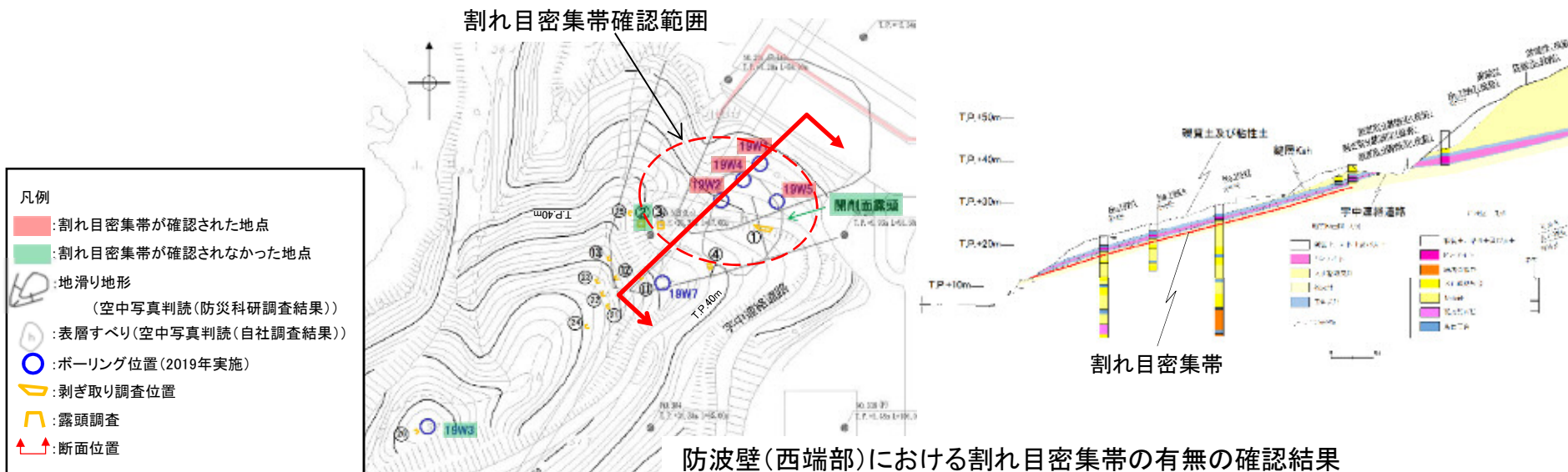
【割れ目密集帯の分布】

- ・開削面露頭 : 割れ目密集帯は表面のみで認められ、岩盤内部には認められない。
 - ・剥ぎ取り調査② : 割れ目密集帯は連続しない。
 - ・ボーリングコア : ボーリングコア(19W1孔, 19W2孔, 19W4孔, 19W5孔)において、割れ目密集帯が認められる。また、19W3孔において、割れ目密集帯が認められない。
- ⇒凝灰岩で認められた割れ目密集帯は、防波壁(西端部)の標高40m付近より下位の斜面に分布すると考えられる。

【岩級評価】

- ・ボーリングコアにおいて、割れ目密集帯を含む区間はC_L級であるが、割れ目密集帯は周囲より風化が進行していることを踏まえ、D級岩盤と評価する。

以上のことから、防波壁(西端部)の標高40m付近より下位の複数のボーリングで割れ目密集帯が確認された範囲については、斜面の安定性評価上、当該箇所をD級岩盤と評価する。



審査会合における指摘事項(No.4～9)

No.	コメント要旨	審査会合	頁
4	安定性評価フローについて、防波壁(東端部)と防波壁(西端部)の斜面でそれぞれ評価対象斜面を選定するよう、適正化すること。	令和元年8月30日 第762回審査会合	54
5	防波壁(東端部)の斜面(①-①'断面, ⑤-⑤'断面)について、ボーリング、露頭調査結果等の地質データを踏まえ、表層における低位岩級の分布の設定方法を詳細に説明すること。	令和元年8月30日 第762回審査会合	補足説明 54～62
6	1号放水連絡通路防波扉の背後斜面(⑤-⑤'断面)について、急勾配部や1号炉放水連絡通路の斜面安定性への影響を確認するため、動的解析を実施すること。	令和元年8月30日 第762回審査会合	70, 110
7	防波壁(西端部)の斜面(⑥-⑥'断面)頂部のすべり方向について、地形だけでなく、地質構造(層理面沿いのすべり)も踏まえて検討すること。	令和元年8月30日 第762回審査会合	58
8	防波壁(西端部)の斜面(⑥-⑥'断面)について、切取後の地形や表層土の分布を反映した上で、地質断面図をどのように分類してモデル化するか、使用する物性値も含めて整理して説明すること。	令和元年11月22日 第802回審査会合	74
9	すべり安全率について、最小ケース以外も整理して示すこと。	令和元年8月30日 第762回審査会合	補足説明 125～136

回答方針

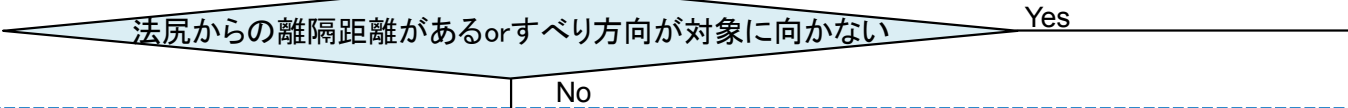
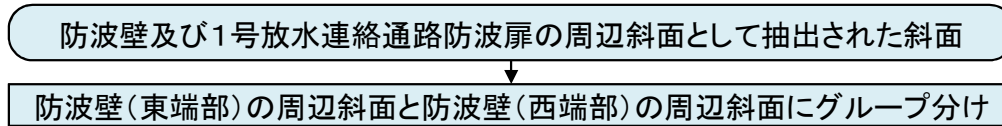
- ・前回会合(令和元年11月22日)、本資料のコメントNo. 1～3における回答内容(礫質土・粘性土の切取、表層土の分布等)及び上記のコメントを踏まえ、追加地質調査を実施し、防波壁(東端部)及び防波壁(西端部)の斜面を対象に、安定性評価を行う。
- ・防波壁(東端部)の1号放水連絡通路防波扉の背後斜面については、動的解析を追加実施する。

1. 評価方針

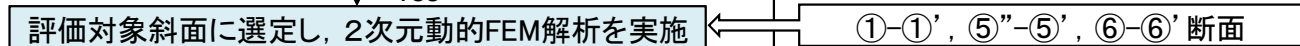
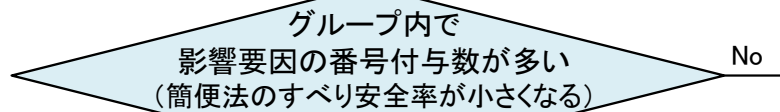
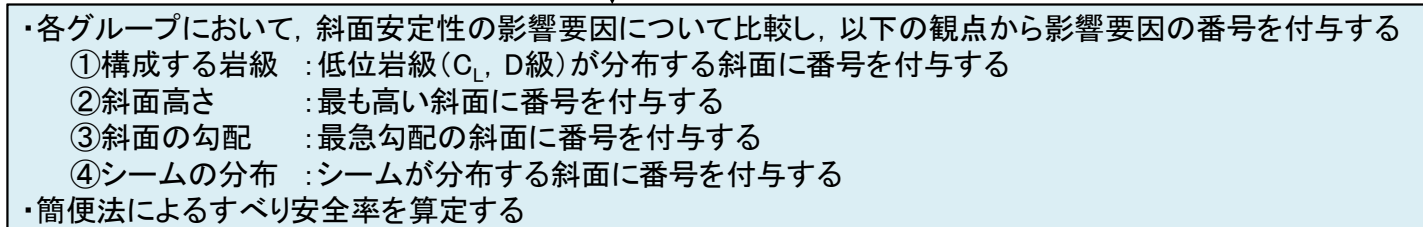
・防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の地震時安定性評価は、以下に示すフローに基づき行う。

【防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の地震時安定性評価フロー】

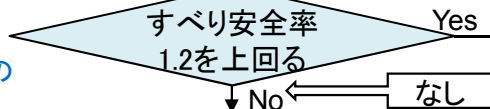
2章
防波壁等に影響する
おそれのある斜面の
網羅的な抽出



3章
評価対象
斜面の選定



7章
すべり安定性の
評価結果※



対策工等の検討を行う
評価対象斜面に選定
しなかった斜面に対し、
追加の検討を行う

地震による斜面安定性評価は防波壁(東端部)及び
防波壁(西端部)の各評価
対象斜面に代表させる

地震により斜面が崩壊
しないため、防波壁及
び1号放水連絡通路防
波扉に影響しない

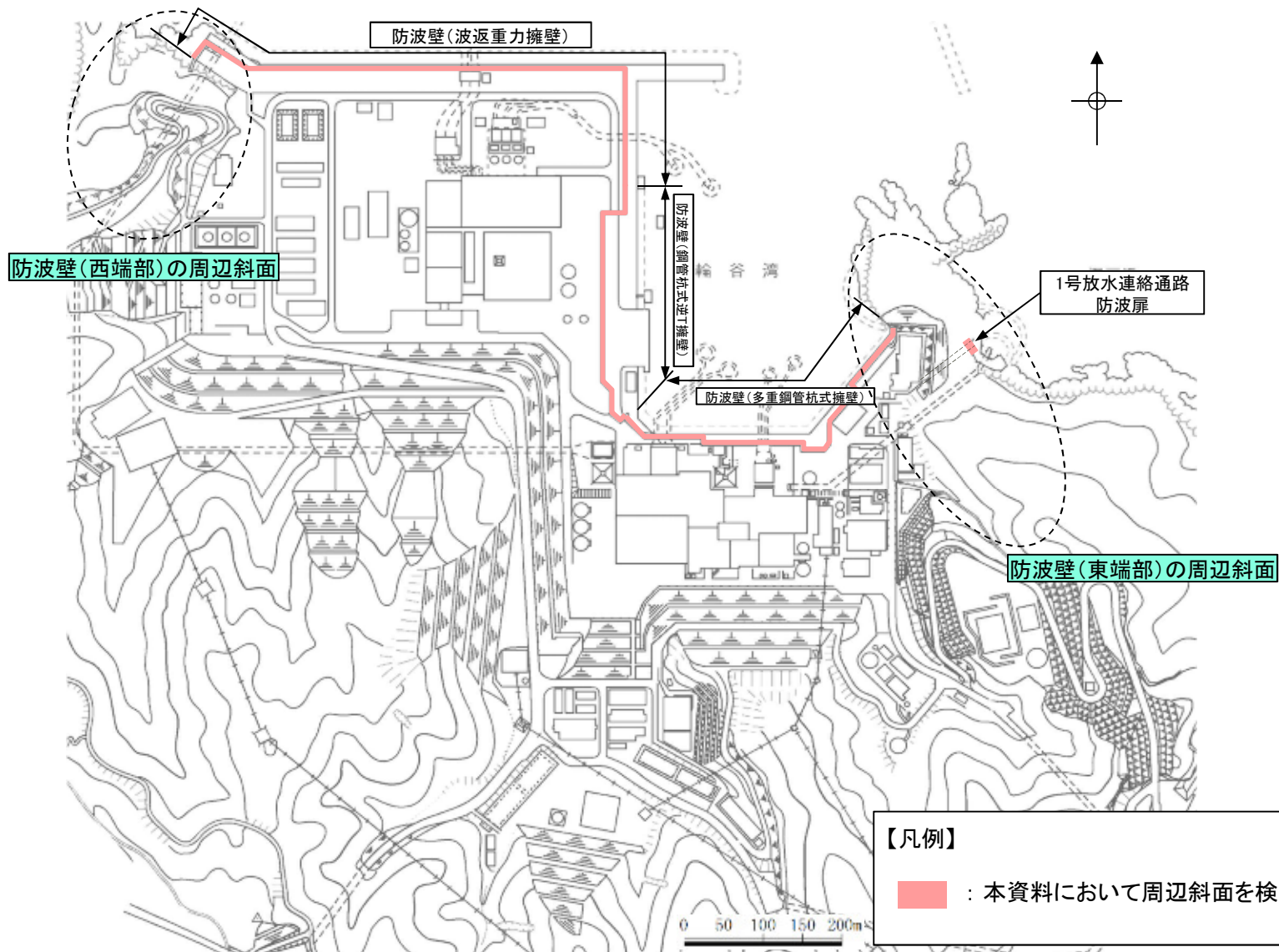
地震により斜面が崩壊しても防波壁及び
1号放水連絡通路
防波扉に影響しない

※ すべり安定性の評価に加え、8章で示すとおり、1・2号炉放水路及び1号炉放水連絡通路の斜面のすべり安定性への影響検討を実施しており、斜面安定性に影響しないことを確認している。

2. 防波壁等に影響するおそれのある斜面の 網羅的な抽出

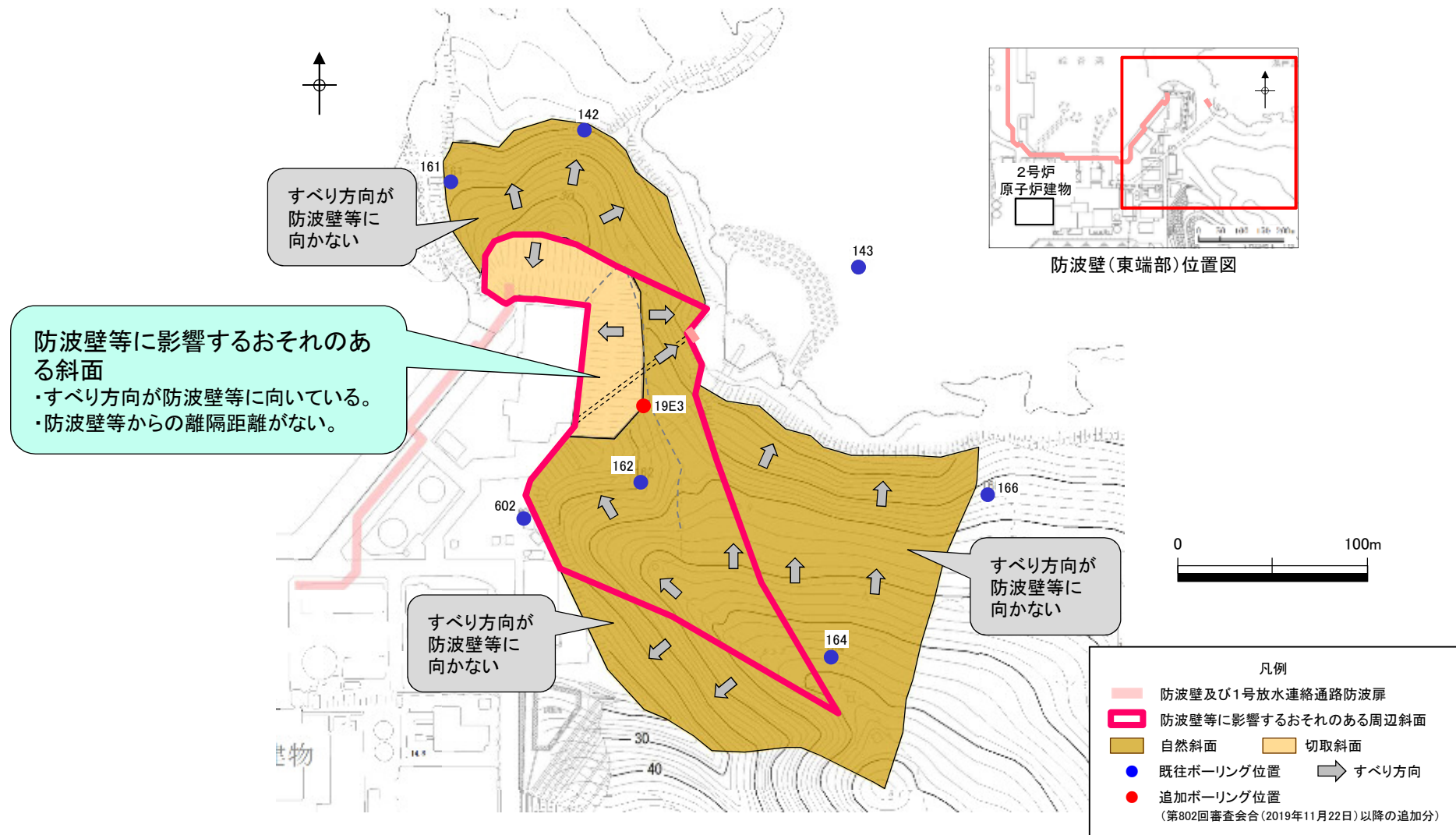
防波壁周辺斜面のグループ分け

・防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面として抽出された斜面について、防波壁(東端部)の周辺斜面と防波壁(西端部)の周辺斜面にグループ分けを実施した。



防波壁(東端部)の斜面

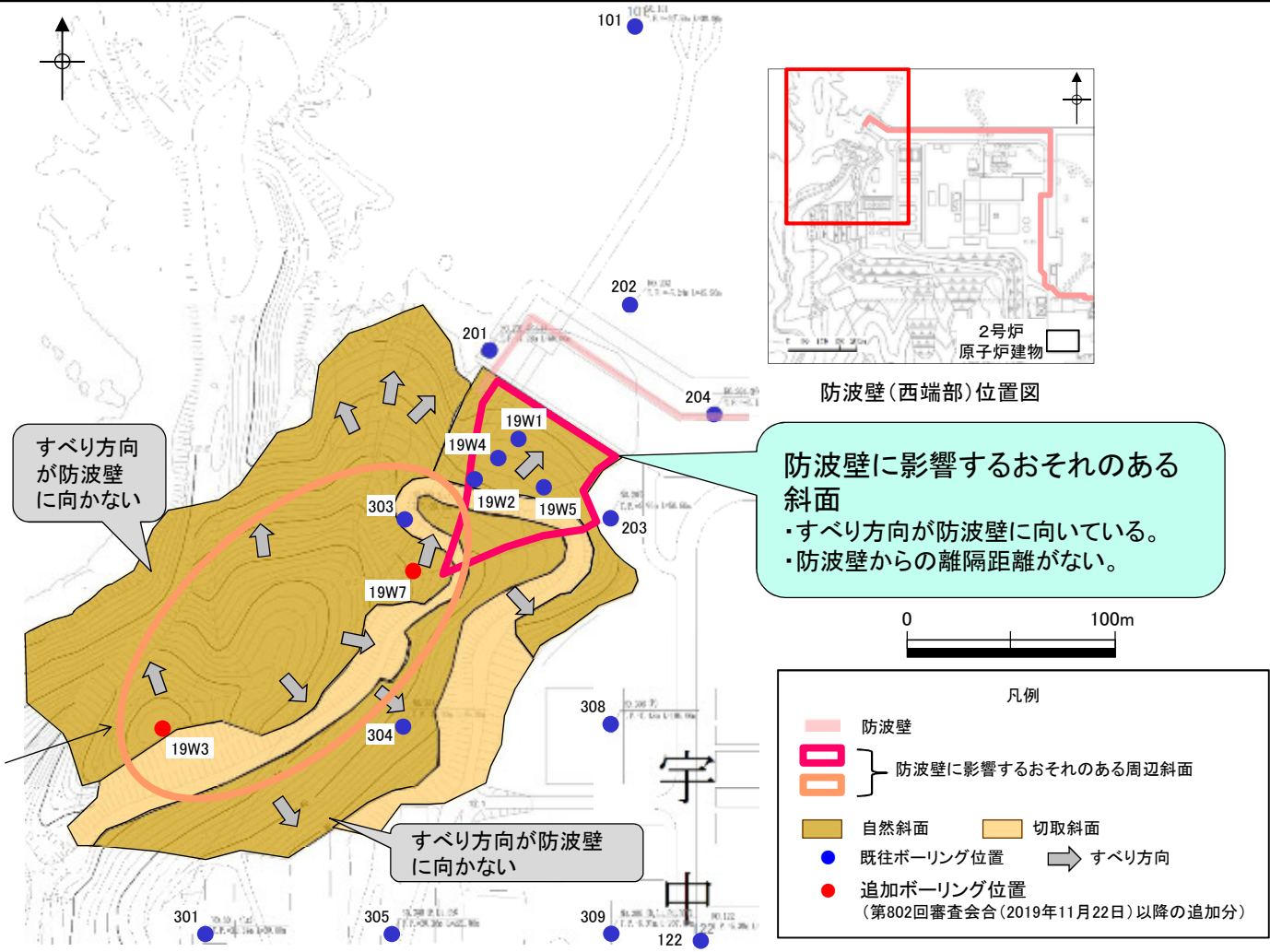
・防波壁(東端部)において、防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面を抽出した。
 ・周辺斜面の中で、すべり方向が防波壁等に向いており、防波壁等からの離隔距離がない斜面を尾根線・谷線で区切り、防波壁等に影響するおそれのある斜面として選定した。



防波壁(西端部)の斜面

コメントNo.7の回答

・防波壁(西端部)において、防波壁の周辺斜面を抽出した。
 ・周辺斜面の中で、すべり方向が防波壁に向いており、防波壁からの離隔距離がない斜面を尾根線・谷線で区切り、防波壁に影響するおそれのある斜面として選定した。また、標高40m以上の斜面については、地形勾配を考慮したすべり方向は防波壁の方向を向いていないが、地質構造の最急勾配方向が防波壁に向いていることから、防波壁に影響するおそれのある斜面に選定する。(コメントNo. 7の回答)



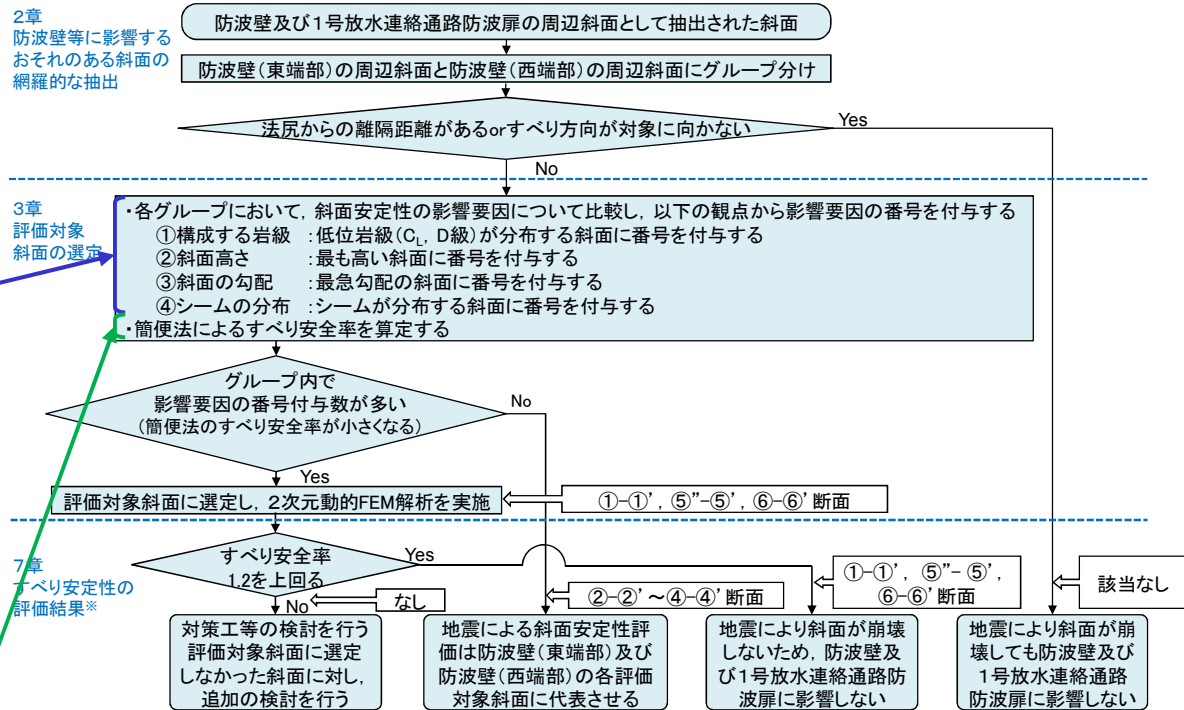
3. 評価対象斜面の選定

選定方針

・評価対象斜面の選定は、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
【影響要因 ①】 斜面を構成する岩級	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。
【影響要因 ②】 斜面高さ	斜面高さが高いほど土塊が大きくなるため, 起動力が大きくなる。
【影響要因 ③】 斜面勾配	斜面勾配が急なほどすべり方向に対する土塊重量の分力が大きくなり, 起動力が大きくなる。
【影響要因 ④】 シームの分布の有無	シームは岩盤に比べてせん断強度が低く, すべり面の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「 $K_H=0.3$, $K_V=0.15$ 」を用いた簡便法により, すべり安全率を算定する。

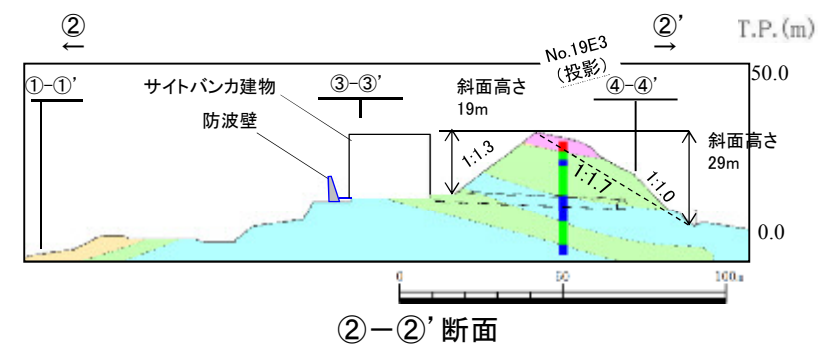
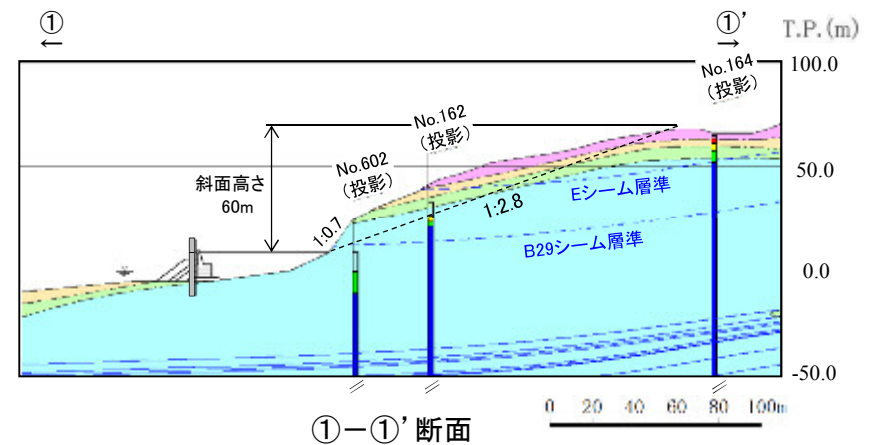
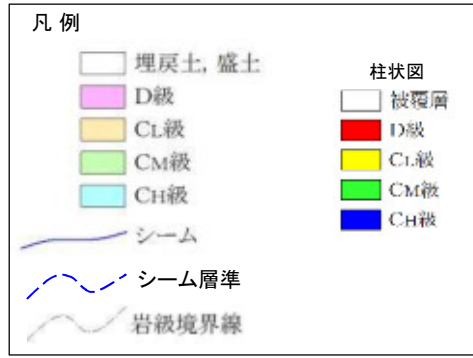
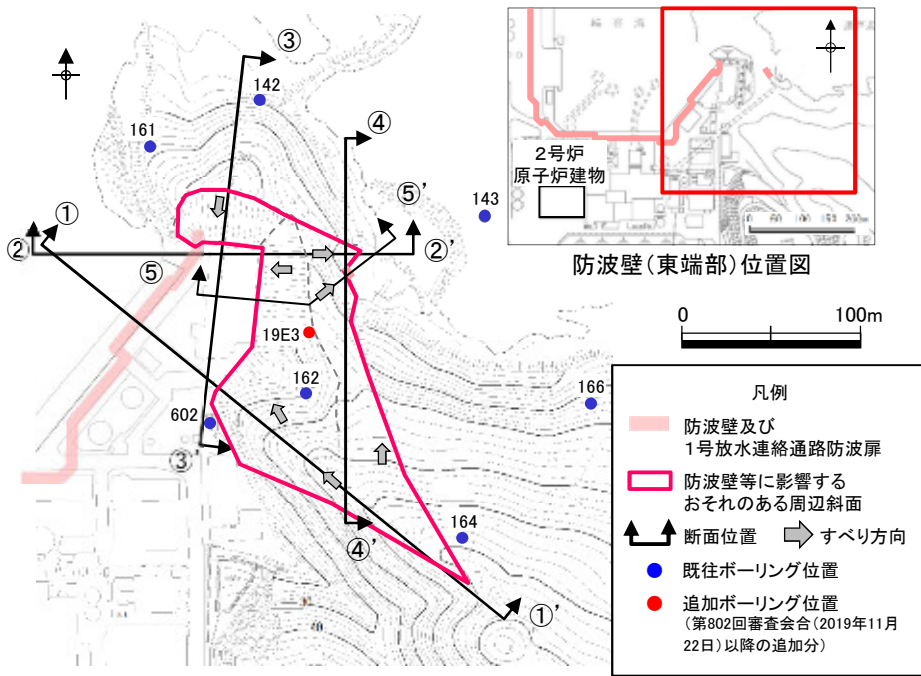


※ すべり安定性の評価に加え, 8章で示すとおり, 1・2号炉放水路及び1号炉放水連絡通路の斜面のすべり安定性への影響検討を実施しており, 斜面安定性に影響しないことを確認している。

3. 評価対象斜面の選定

防波壁(東端部)の斜面(評価対象斜面の選定方法 1/2)

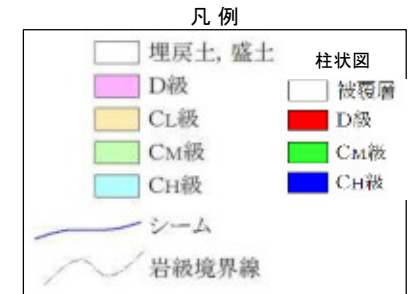
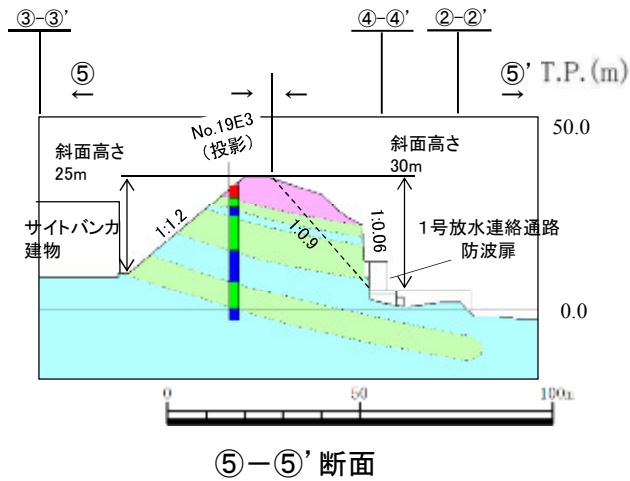
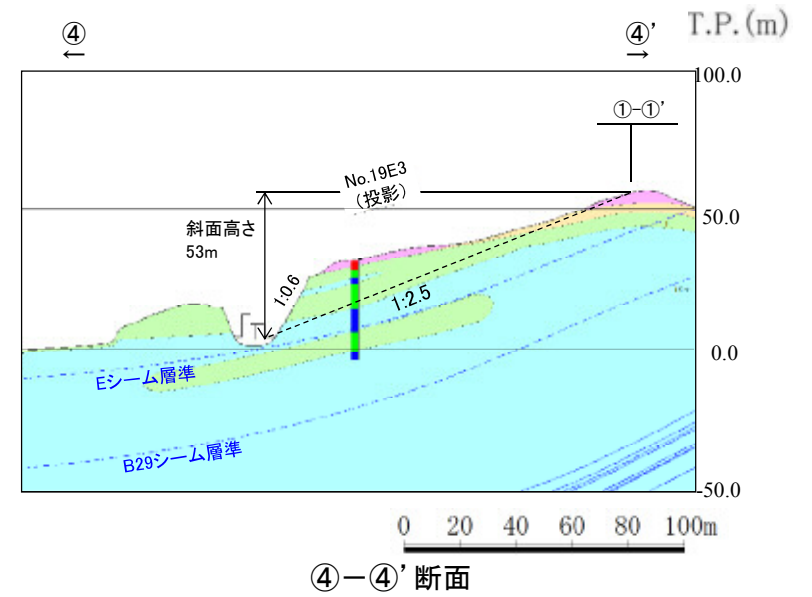
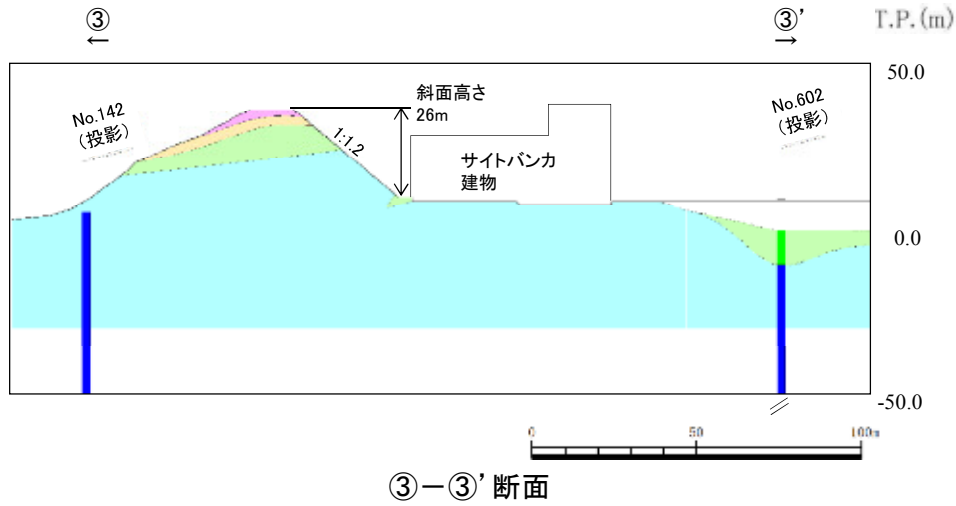
- ・防波壁(東端部)において、2章で選定した防波壁等に影響するおそれのある斜面の中で、最も斜面高さが高くなり、最急勾配方向となるすべり方向に①-①' ~ ⑤-⑤' の5断面を作成し、この中から評価対象斜面を選定する。
- ・なお、①-①' 断面及び④-④' 断面の表層に分布するB29シーム及びEシームについては、地質調査結果に基づき、その連続性が無いことを確認している。(補足説明資料1.1章参照)



3. 評価対象斜面の選定

防波壁(東端部)の斜面(評価対象斜面の選定方法 2/2)

第762回審査会合
資料1-1 p.60 加筆・修正



3. 評価対象斜面の選定

防波壁(東端部)の斜面(評価対象斜面の選定結果 1/2)

・①-①' ~ ⑤-⑤' 断面について下表の比較を行った結果、①-①' 断面及び⑤-⑤' 断面を2次元動的FEM解析の評価対象斜面に選定した。(詳細をp.65~74に記載)

防波壁 東端部斜面	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
	【影響要因①】 構成する岩級	【影響要因②】 斜面高さ	【影響要因③】 斜面の勾配	【影響要因④】 シームの分布 の有無			
①-①'	C _H , C _M , C _L , D級	60m	1:2.8 (一部, 1:0.7の 急勾配部あり)	なし	①, ②	2.82	・C _L , D級岩盤が広範囲に厚く分布すること, 斜面高さが最も高いこと, 及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから, 評価対象斜面に選定する。
②-②'	陸側 すべり C _H , C _M , C _L , D級	19m	1:1.3	なし	①	7.04	・①-①' 断面に比べ, 斜面高さは低いが, 平均勾配が急であるため, ①-①' 断面に代表させず, ⑤-⑤' 断面との比較を行う。 ・⑤-⑤' 断面に比べ, 平均勾配は緩いこと, 表層のD級岩盤は薄いこと, 斜面高さが低いこと, 及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから, ⑤-⑤' 断面の評価に代表させる。
	海側 すべり C _H , C _M , C _L , D級	29m	1:1.7 (一部, 1:1.0の 急勾配部あり)	なし	①	3.16	
③-③'	C _H , C _M , C _L , D級	26m	1:1.2	なし	①	4.94	・①-①' 断面に比べ, 斜面高さは低いが, 平均勾配が急であるため, ①-①' 断面に代表させず, ⑤-⑤' 断面との比較を行う。 ・⑤-⑤' 断面に比べ, 平均勾配は緩いこと, 表層のD級岩盤は薄いこと, 斜面高さが低いこと, 及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから, ⑤-⑤' 断面の評価に代表させる。
④-④'	C _H , C _M , C _L , D級	53m	1:2.5 (一部, 1:0.6の 急勾配部あり)	なし	①	4.45	・⑤-⑤' 断面に比べ, 平均勾配が緩いが, 斜面高さが高いことから, ⑤-⑤' 断面に代表させず, ①-①' 断面との比較を行う。 ・①-①' 断面に比べ, 平均勾配は急であり, 局所的な急勾配部も存在するが, 斜面全体はC _M ~C _H 級主体の堅硬な岩盤で構成されること, 表層のD級岩盤は薄いこと, 斜面高さが低いこと, 及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから, ①-①' 断面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最多(簡便法のすべり安全率が小さい)

赤色 : 選定した評価対象斜面

3. 評価対象斜面の選定

防波壁(東端部)の斜面(評価対象斜面の選定結果 2/2)

コメントNo.6の回答

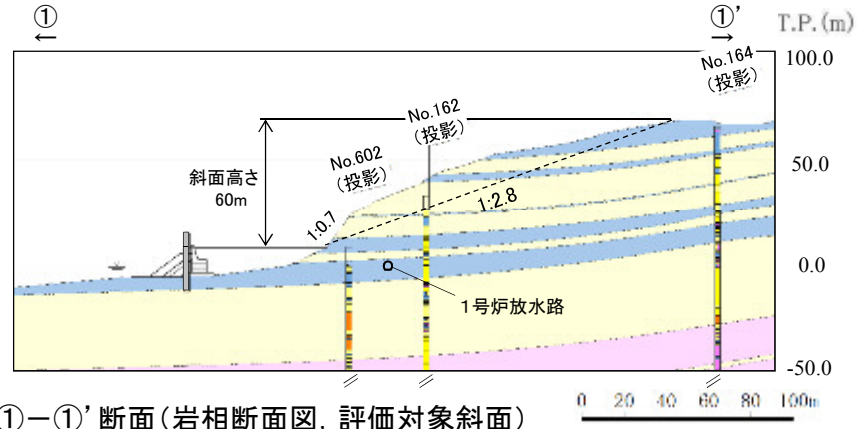
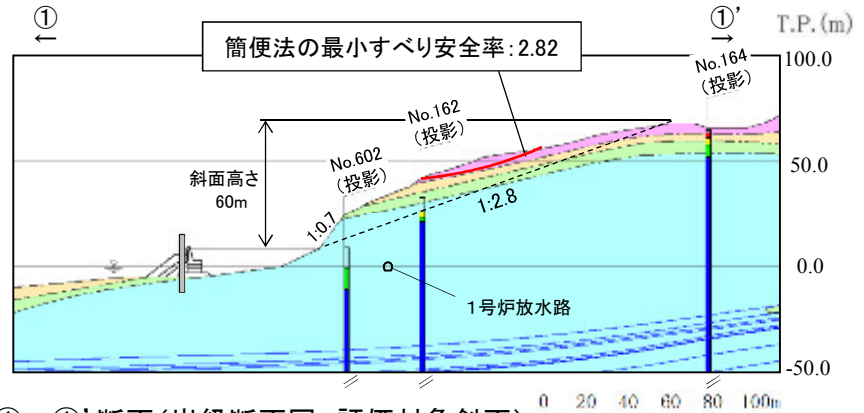
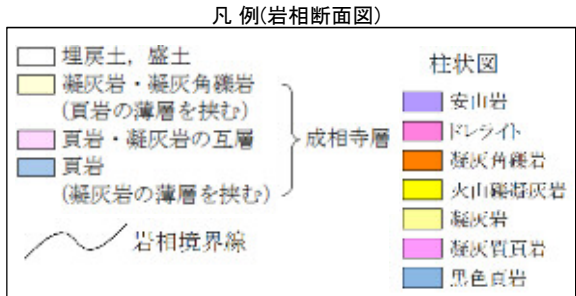
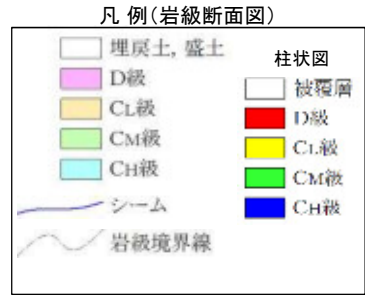
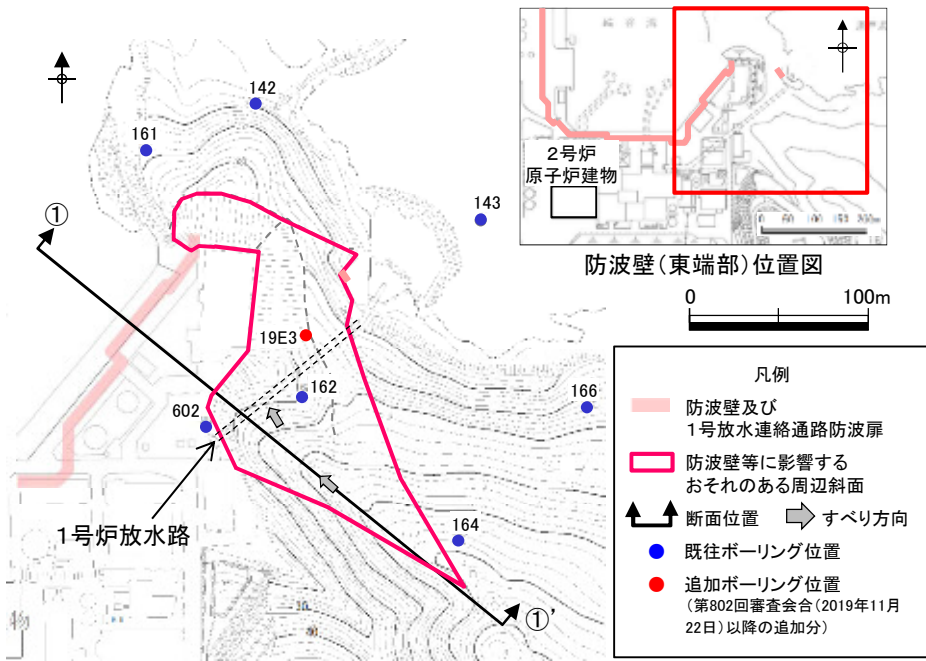
第762回審査会合
資料1-1 p.62 加筆・修正

防波壁 東端部斜面	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	
	【影響要因①】 構成する岩級	【影響要因②】 斜面高さ	【影響要因③】 斜面の勾配	【影響要因④】 シームの分布 の有無				
⑤-⑤'	陸側 すべり	C _H , C _M , D級	25m	1:1.2	なし	①	3.93	<ul style="list-style-type: none"> ・①-①'断面に比べ、斜面高さは低いが、平均勾配が急であるため、①-①'断面に代表させず、当該断面の海側すべりとの比較を行う。 ・当該断面の海側すべりに比べ、平均勾配は緩く、表層のD級岩盤は薄いこと、斜面高さが低いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、当該断面の海側すべりの評価に代表させる。
	海側 すべり	C _H , C _M , D級	30m	1:0.9 (一部, 1:0.06の急勾配部あり)	なし	①, ③	1.89	<ul style="list-style-type: none"> ・斜面全体はC_M~C_H級主体の堅硬な岩盤で構成されるが、表層にD級が厚く分布すること、1号放水連絡通路防波扉付近でほぼ直立した斜面が存在すること、1号放水連絡通路防波扉の方向に流れ盤であること、及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。

 : 番号を付与する影響要因
 : 影響要因の番号付与が最多(簡便法のすべり安全率が小さい)
 : 選定した評価対象斜面

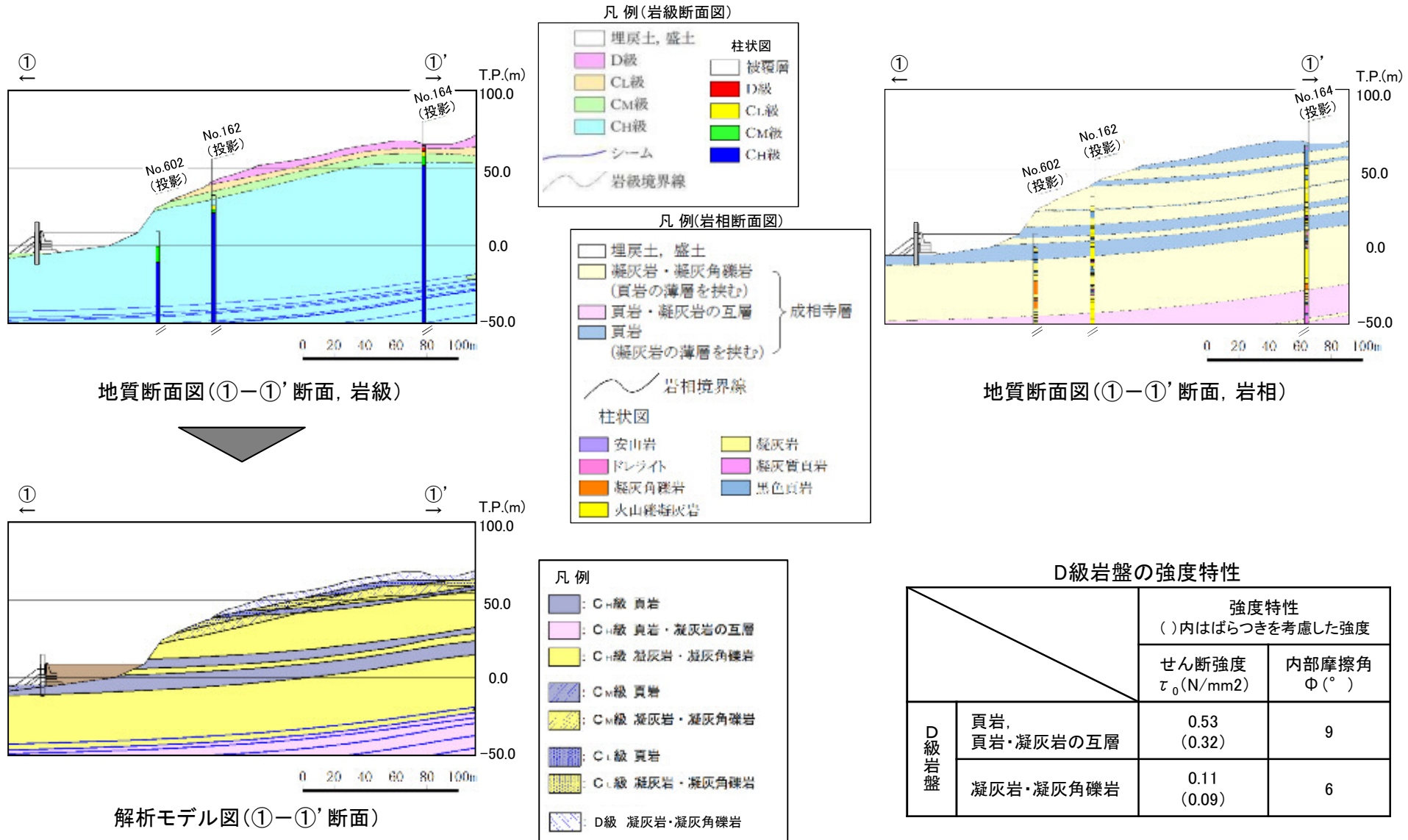
防波壁(東端部)の斜面(①-①'断面の比較結果)

- ・①-①'断面に示す斜面は、防波壁(東端部)の周辺斜面に該当する。
- ・当該斜面は、①-①'～⑤-⑤'断面の中で、C_L、D級岩盤が広範囲に厚く分布すること、斜面高さが60mと最も高いこと、及び岩盤すべりを対象とした簡便法のすべり安全率が2.82と小さいことから、2次元動的FEM解析の評価対象斜面に選定した。
- ・当該斜面には1号炉放水路が存在するが、8章で示すとおり、斜面安定性に影響がないことを確認している。



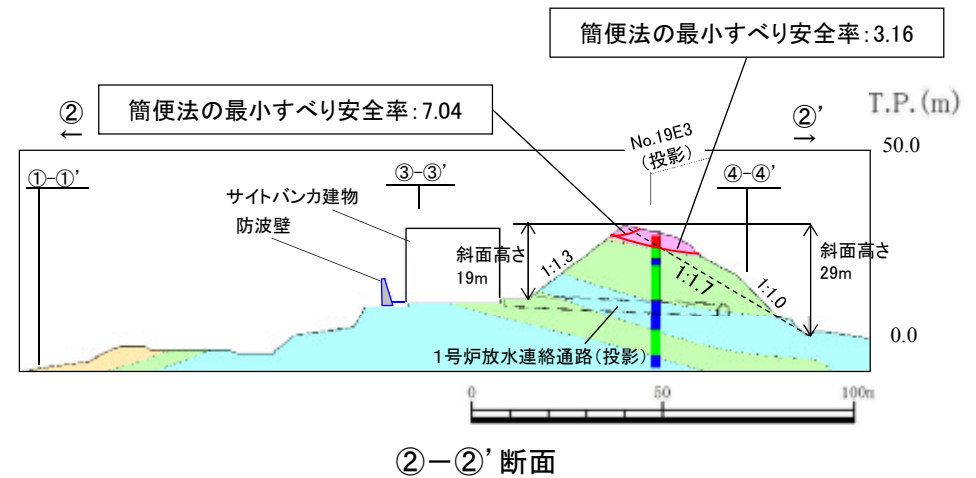
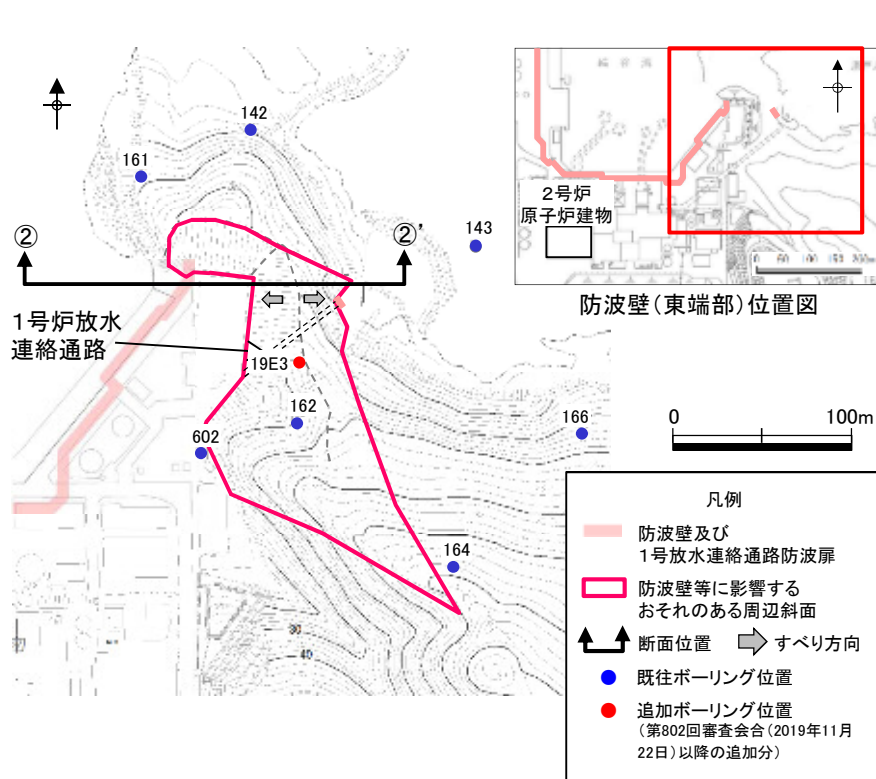
防波壁(東端部)の斜面(①-①'断面)のモデル化

- ・防波壁(東端部)の①-①'断面の解析モデルについては、地質断面図を踏まえて作成する。
- ・表層にはD級岩盤(頁岩)及びD級岩盤(凝灰岩)が分布するが、保守的にせん断強度の低いD級岩盤(凝灰岩)でモデル化する。



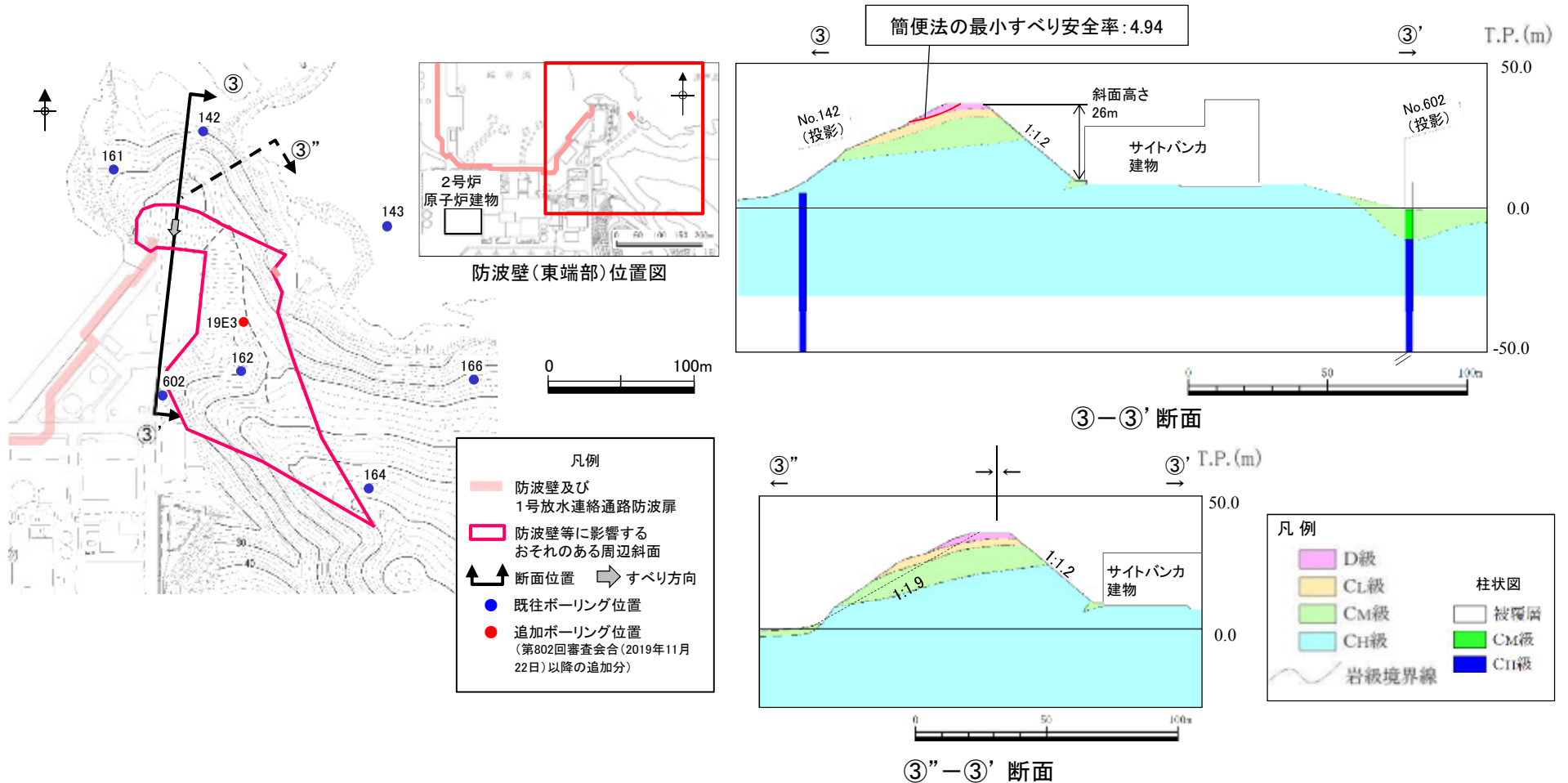
防波壁(東端部)の斜面(②-②'断面の比較結果)

- ・②-②'断面に示す斜面は、陸側すべり(西方向すべり)は防波壁(東端部)の周辺斜面、海側すべり(東方向すべり)は1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面に該当する。
- ・陸側すべり及び海側すべりは、①-①'断面に比べ、斜面高さは低いが、平均勾配が急であるため、①-①'断面に代表させず、⑤-⑤'断面との比較を行う。
- ・⑤-⑤'断面に比べ、平均勾配は緩いこと、表層のD級岩盤は薄いこと、斜面高さが19m・29mと低いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が3.16・7.04と大きいことから、⑤-⑤'断面の評価に代表させる。
- ・当該斜面には1号炉放水連絡通路が存在するが、8章で示すとおり、斜面安定性に影響がないことを確認している。



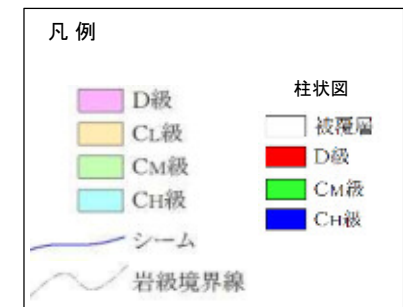
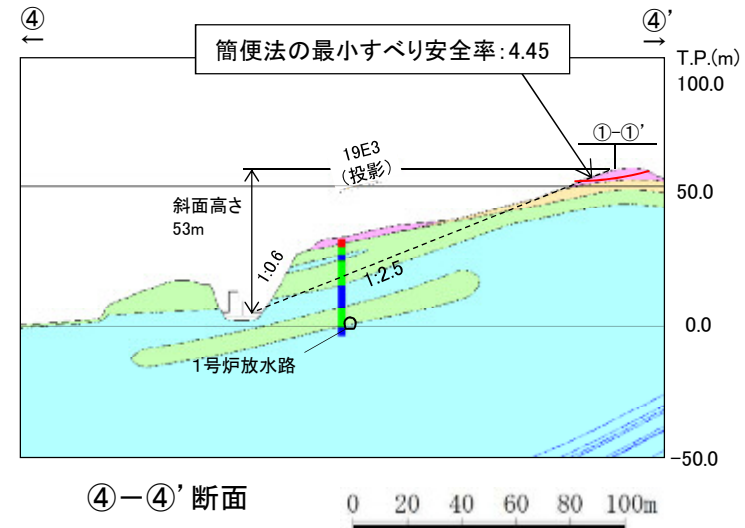
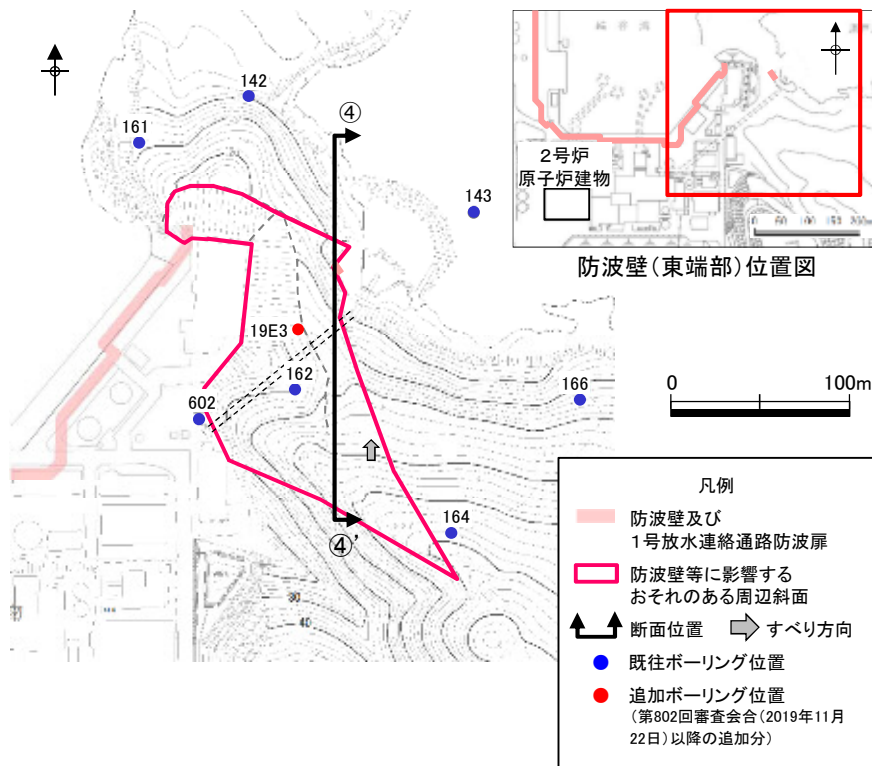
防波壁(東端部)の斜面(③-③')断面の比較結果

- ・③-③'断面に示す斜面は、陸側すべり(南南西方向すべり)が防波壁(東端部)の周辺斜面に該当する。
- ・当該斜面は、①-①'断面に比べ、斜面高さは低いが、平均勾配が急であるため、①-①'断面に代表させず、⑤-⑤'断面との比較を行う。
- ・⑤-⑤'断面に比べ、平均勾配は緩いこと、表層のD級岩盤は薄いこと、斜面高さが26mと低いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が4.94と大きいことから、⑤-⑤'断面の評価に代表させる。
- ・③"-③'断面については、海側斜面の勾配が③-③'断面と同等であることから、③-③'断面に代表させた。



防波壁(東端部)の斜面(④-④')断面の比較結果

- ・④-④'断面に示す斜面は、1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面に該当する。
- ・当該斜面は、⑤-⑤'断面に比べ、平均勾配が緩いが、斜面高さが高いことから、⑤-⑤'断面に代表させず、①-①'断面との比較を行う。
- ・①-①'断面に比べ、平均勾配は急であり、局所的な急勾配部も存在するが、斜面全体はC_M~C_H級主体の堅硬な岩盤で構成されること、表層のD級岩盤は薄いこと、斜面高さが53mと低いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が4.45と大きいことから、①-①'断面の評価に代表させる。
- ・当該斜面には1号炉放水路が存在するが、8章で示すとおり、斜面安定性に影響がないことを確認している。

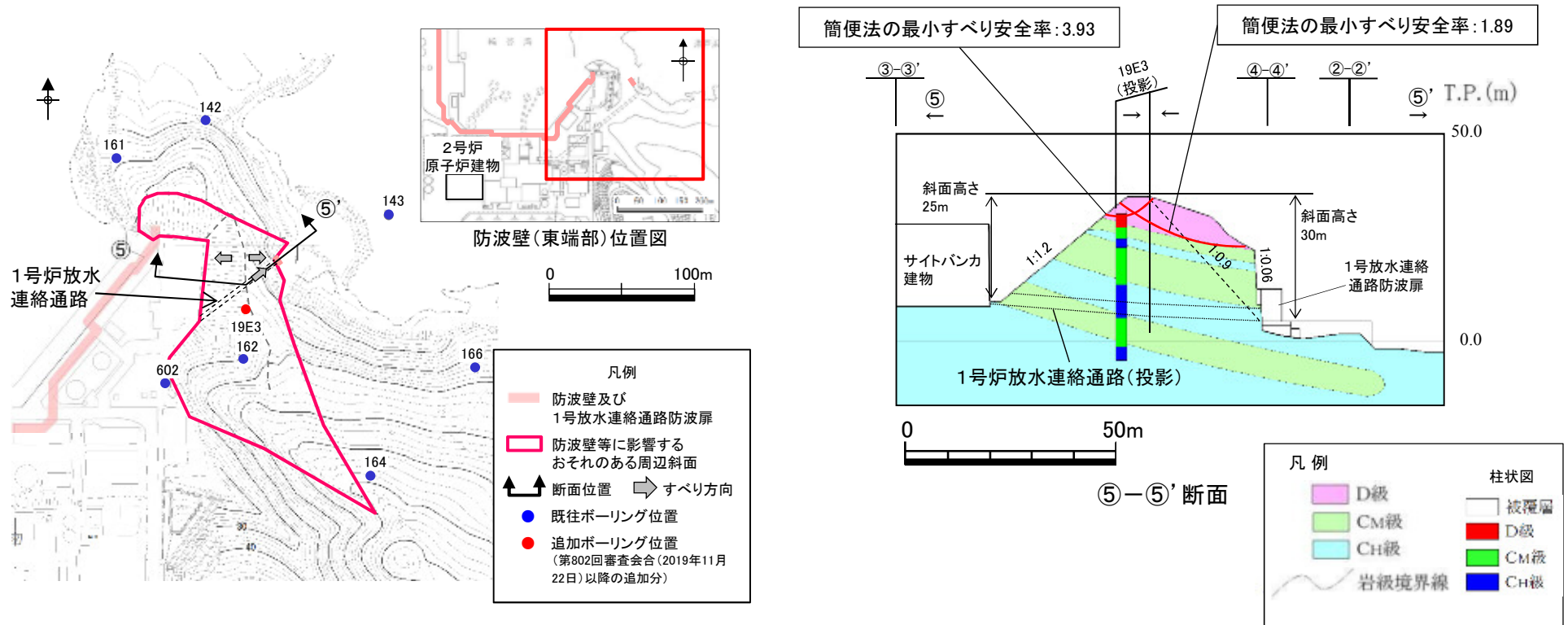


3. 評価対象斜面の選定

防波壁(東端部)の斜面(⑤-⑤')断面の比較結果)

コメントNo.6の回答

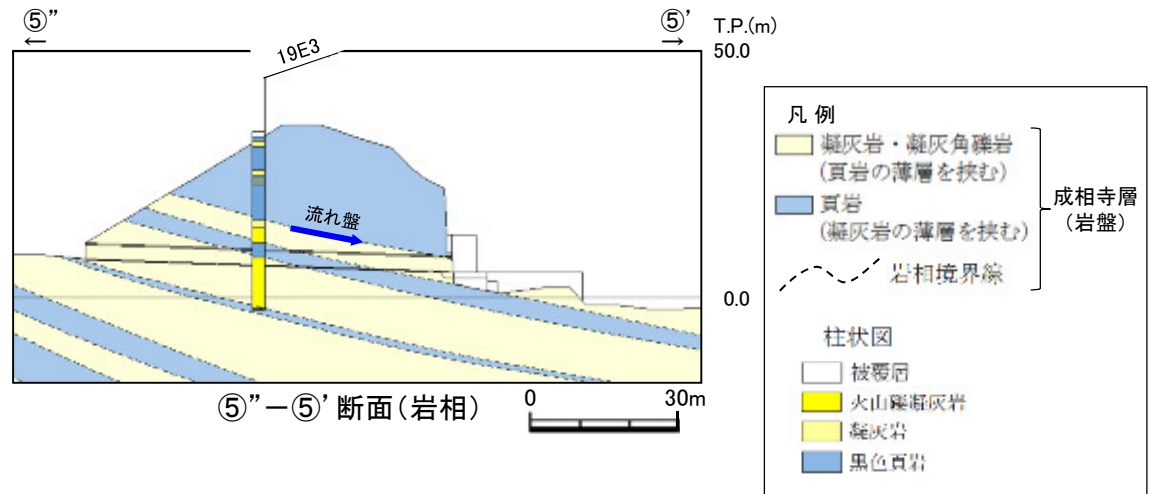
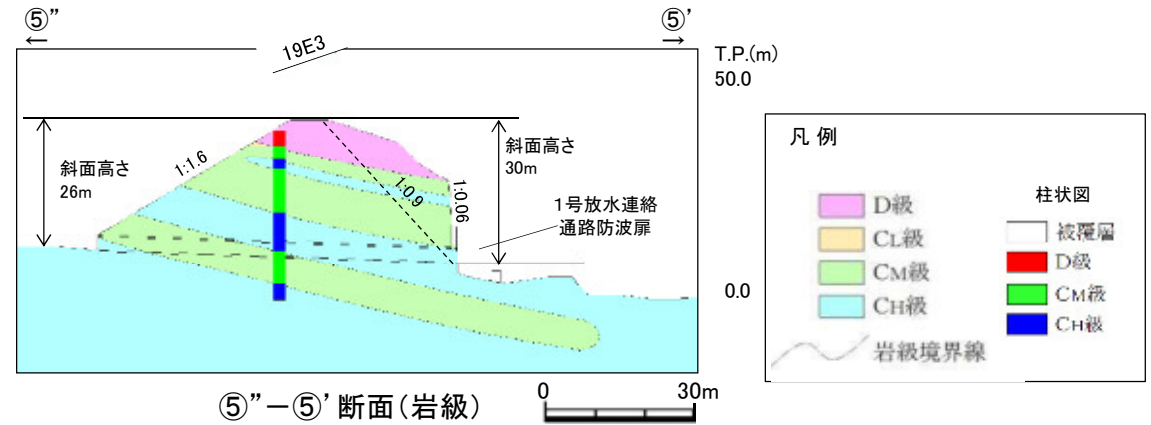
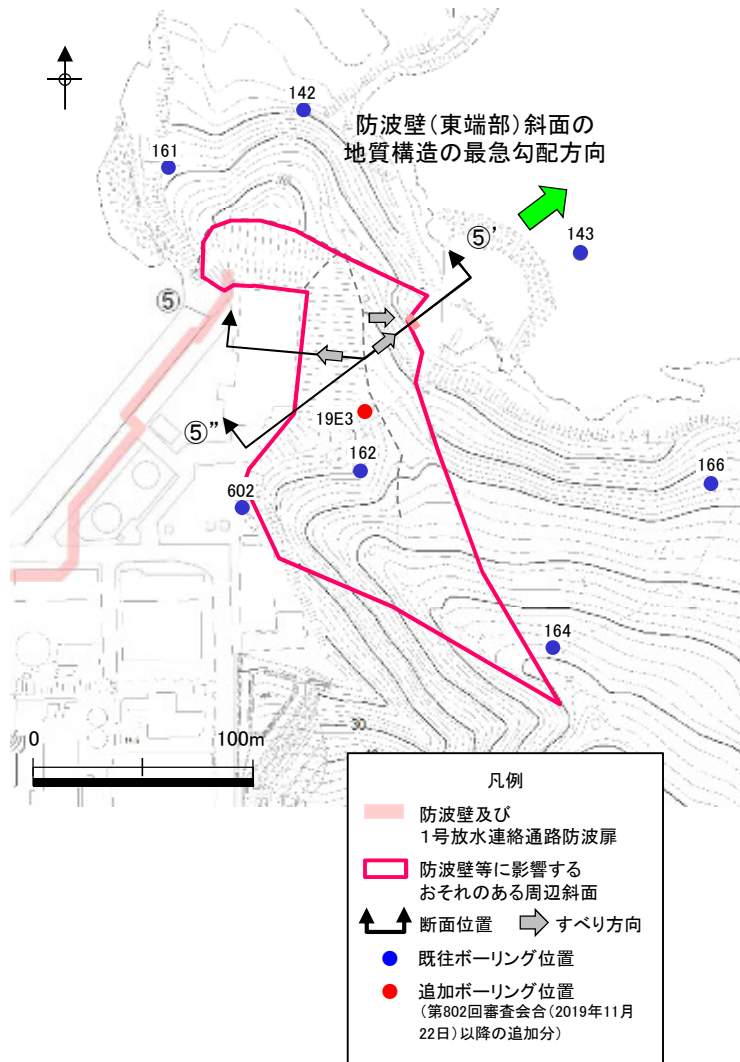
- ・⑤-⑤'断面に示す斜面は、陸側すべり(西方向すべり)は防波壁(東端部)の周辺斜面、海側すべり(北東方向すべり)は1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面に該当する。
- ・陸側すべりの斜面は、①-①'断面に比べ、斜面高さは低いが、平均勾配が急であるため、①-①'断面に代表させず、当該断面の海側すべりとの比較を行う。
- ・陸側すべりの斜面は、当該断面の海側すべりに比べ、平均勾配は緩く、表層のD級岩盤は薄いこと、斜面高さが25mと低いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が3.93と大きいことから、当該断面の海側すべりの評価に代表させる。
- ・海側すべりの斜面は、斜面全体はC_M~C_H級主体の堅硬な岩盤で構成されるが、表層にD級が厚く分布すること、1号放水連絡通路防波扉付近で1:0.06の勾配のほぼ直立した斜面が存在すること、1号放水連絡通路防波扉の方向に流れ盤となっていること、及び簡便法の最小すべり安全率が1.89と小さいことから、評価対象斜面に選定する。
- ・当該斜面には1号炉放水連絡通路が存在するが、8章で示すとおり、斜面安定性に影響がないことを確認している。



3. 評価対象斜面の選定

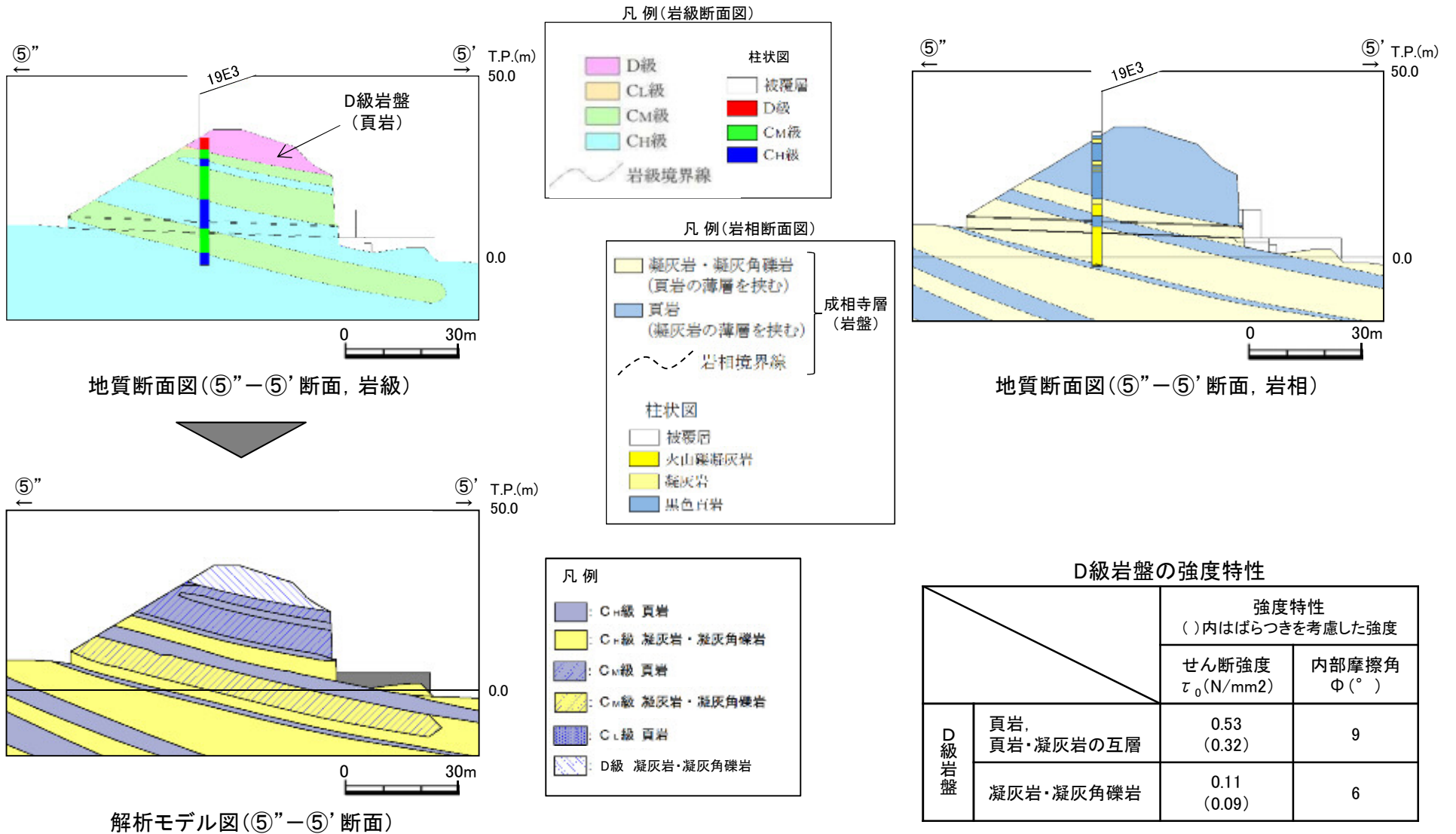
(参考)防波壁(東端部)の斜面(⑤-⑤'断面)の解析断面位置について

・1号放水連絡通路防波扉の背後斜面の安定性評価を行う⑤-⑤'断面について、流れ盤の地質構造となるように、北東-南西方向に⑤''-⑤'断面の地質断面図及び解析モデルを作成し、安定性評価を行うこととした。



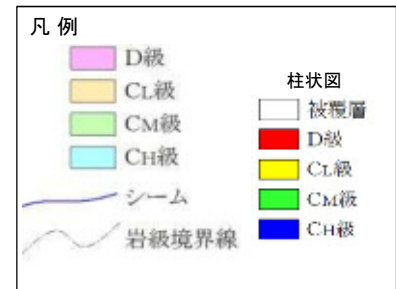
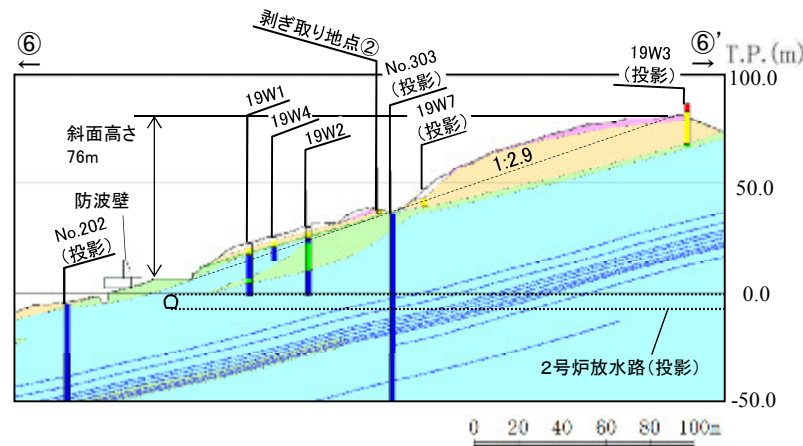
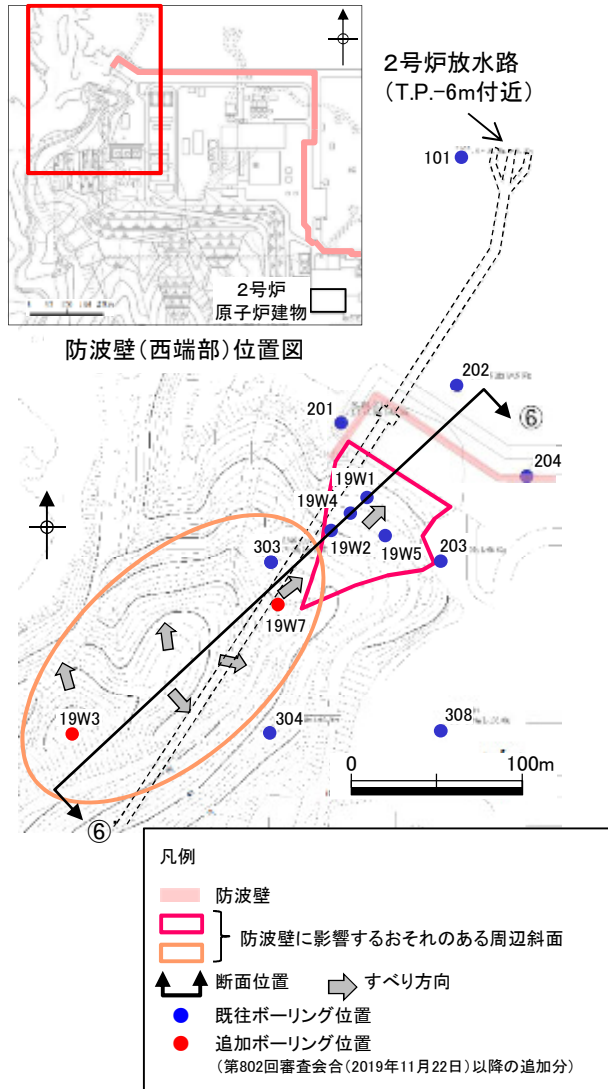
防波壁(東端部)の斜面(⑤”-⑤’断面)のモデル化

- ・防波壁(東端部)の⑤”-⑤’断面の解析モデルについては、地質断面図を踏まえて作成する。
- ・表層にはD級岩盤(頁岩)及びD級岩盤(凝灰岩)が分布するが、保守的にせん断強度の低いD級岩盤(凝灰岩)でモデル化する。

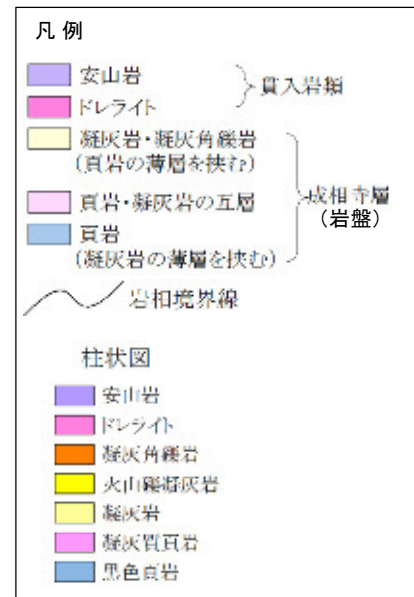
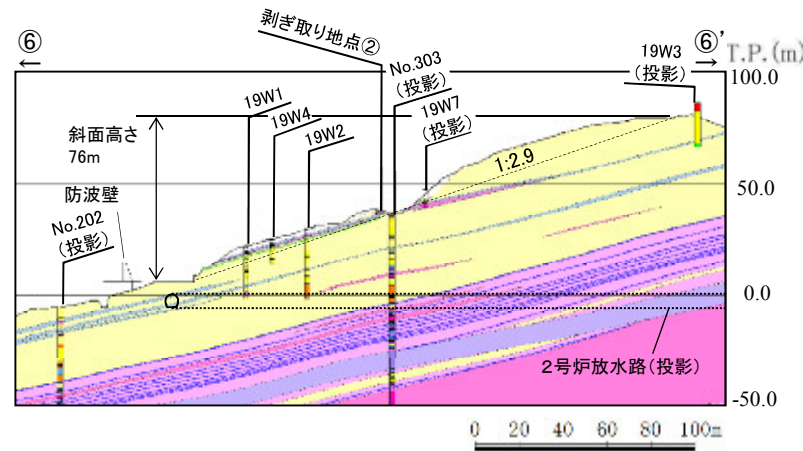


防波壁(西端部)の斜面(評価対象斜面の選定方法及び選定結果)

- ・防波壁(西端部)の2章で抽出した斜面の中で、すべり方向、斜面高さ等を考慮し、防波壁(西端部)の周辺斜面である⑥-⑥'断面を評価対象斜面に選定した。
- ・⑥-⑥'断面の斜面には2号炉放水路が存在するが、8章で示すとおり、斜面安定性に影響がないことを確認している。



⑥-⑥'断面(岩級断面図, 評価対象斜面)

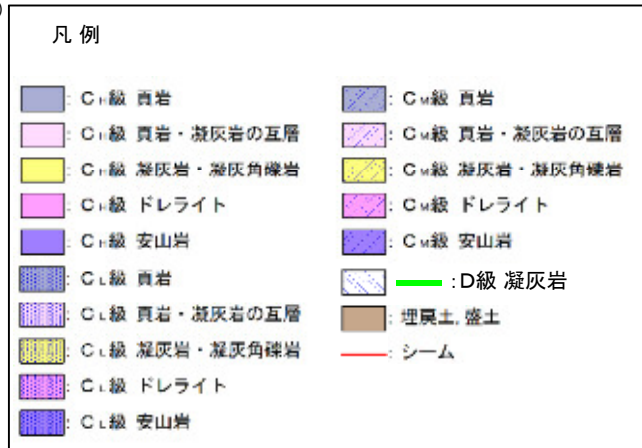
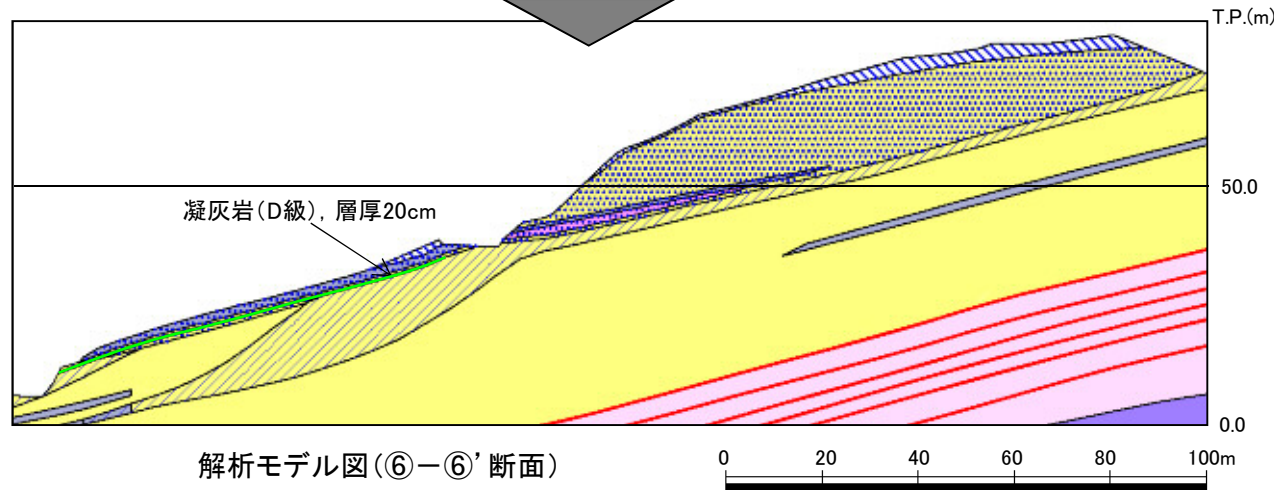
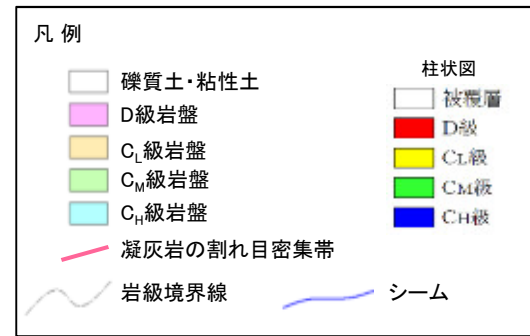
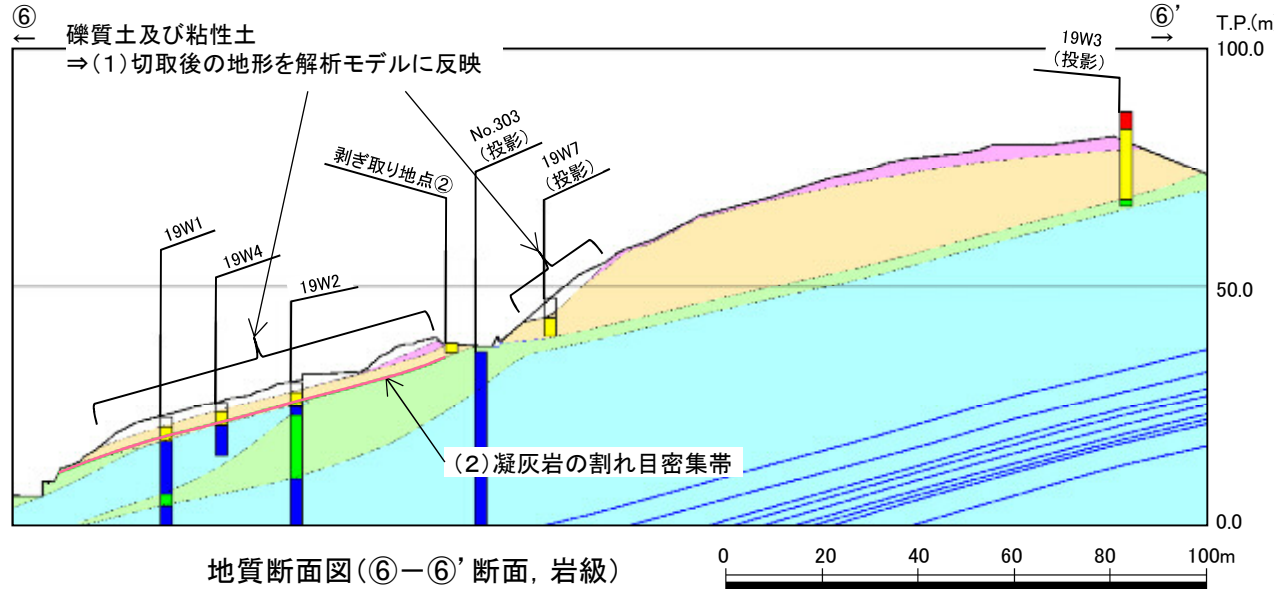


⑥-⑥'断面(岩相断面図, 評価対象斜面)

防波壁(西端部)の斜面(⑥-⑥'断面)のモデル化

コメントNo.8の回答

・防波壁(西端部)の⑥-⑥'断面については、地質断面図を踏まえ、以下のとおり解析モデルを作成する。
 (1) 標高40m付近に分布する礫質土・粘性土については、切取後の地形を解析モデルに反映する。
 (2) 凝灰岩の割れ目密集帯については、コメントNo.3を踏まえ、層厚20cmの凝灰岩(D級)として解析モデルに反映する。



4. 解析用物性値

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	風化程度				
		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

4. 解析用物性値

設定方法(岩盤)

・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	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	換算値	換算値	一軸圧縮 試験		
		C _M 級					
		C _L 級					
	安山岩	C _H 級					
		C _M 級					
		C _L 級					

※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。

4. 解析用物性値

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		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					
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、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、2号炉タービン建物直下のみに使用。
 ※5 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。

4. 解析用物性値

解析用物性値①

・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			

4. 解析用物性値

解析用物性値②

			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					
			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						

4. 解析用物性値

解析用物性値③

・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。

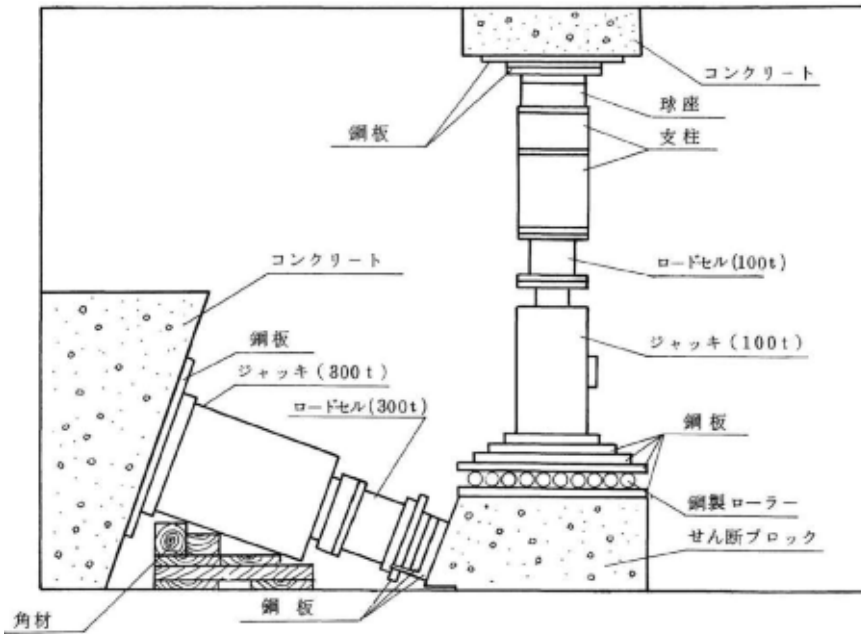
		物理特性	強度特性			静的変形特性		動的変形特性		減衰特性
		密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	せん断強度 $\tau_0(\text{N/mm}^2)$	内部摩擦角 $\phi(^{\circ})$	残留強度 $\tau(\text{N/mm}^2)$	静弾性係数 $E(\text{N/mm}^2)$	静ポアソン比 ν_s	動せん断弾性係数 $G_d(\text{N/mm}^2)$	動ポアソン比 ν_d	減衰定数 h
D級岩盤	頁岩，頁岩・凝灰岩の互層	2.28	0.53	9	$0.53 + \sigma \tan 9^{\circ}$	$206 \sigma^{0.28}$	0.30	$G_0 = 106 \sigma^{0.38} (\text{N/mm}^2)$ $G/G_0 = 1 / (1 + (2 \times (\gamma / 0.0014) \times (G/G_0)^{0.574}))$	0.45	$h = 0.142 \times (1 - (G/G_0))$
	ドレライト，安山岩		0.51	33	$0.51 + \sigma \tan 33^{\circ}$	$256 \sigma^{0.48}$		$G_0 = 797 \sigma^{0.54} (\text{N/mm}^2)$ $G/G_0 = 1 / (1 + (2 \times (\gamma / 0.00035) \times (G/G_0)^{0.758}))$		$h = 0.175 \times (1 - (G/G_0))$
	凝灰岩・凝灰角礫岩		0.11	6	$0.11 + \sigma \tan 6^{\circ}$	$141 \sigma^{0.39}$		$G_0 = 148 \sigma^{0.49} (\text{N/mm}^2)$ $G/G_0 = 1 / (1 + \gamma / 0.00062)$		$\gamma \leq 1 \times 10^{-4} : h = 0.023$ $\gamma > 1 \times 10^{-4} : h = 0.023 + 0.071 \cdot \log(\gamma / 0.0001)$
シーム		2.23	0.19	18	$0.19 + \sigma \tan 18^{\circ}$	$G_{0.5} = 44 \sigma^{0.34}$	0.40	$G_0 = 225 \sigma^{0.31} (\text{N/mm}^2)$ $G/G_0 = 1 / [1 + (\gamma / 0.00149)^{0.849}]$	0.45	$h = \gamma / (2.14 \gamma + 0.017) + 0.031$
埋戻土，盛土 ^{※1}		2.11	0.22	22	$0.22 + \sigma \tan 22^{\circ}$	$E_{0.5} = 115 \sigma^{0.61}$	0.40	$G_0 = 749 \sigma^{0.66} (\text{N/mm}^2)$ $G/G_0 = 1 / (1 + \gamma / 0.00027)$	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	$G_0 = 275 \sigma^{0.61} (\text{N/mm}^2)$ $G/G_0 = 1 / (1 + \gamma / 0.00048)$	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	$G_0 = 240 \sigma^{0.61} (\text{N/mm}^2)$ $G/G_0 = 1 / (1 + \gamma / 0.0011)$	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，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。

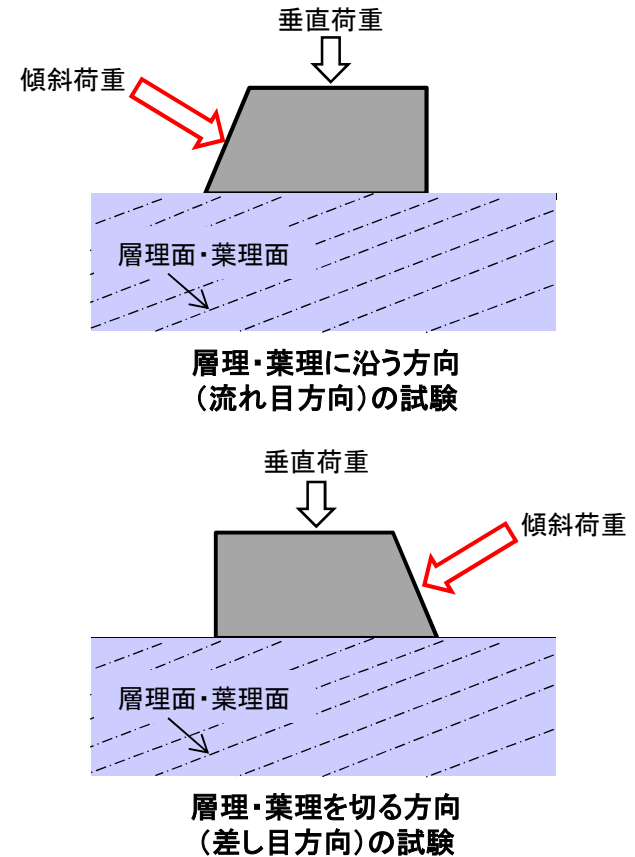
※4 「MMR」は，2号炉タービン建物直下のみに使用。



ブロックせん断試験装置概要図

【凡例】

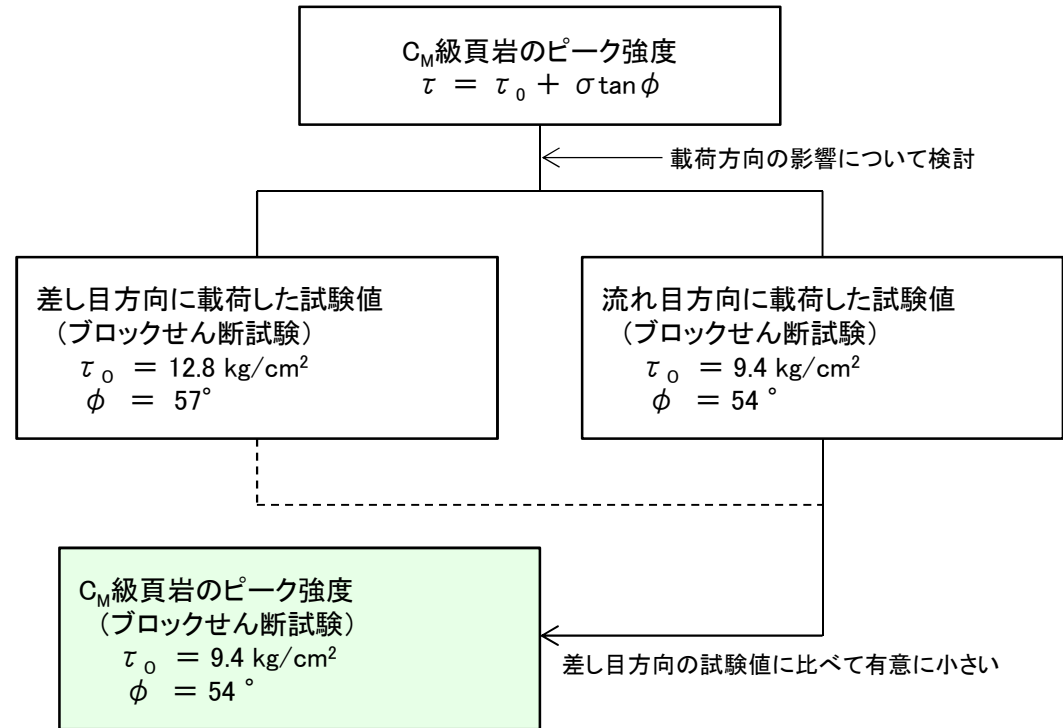
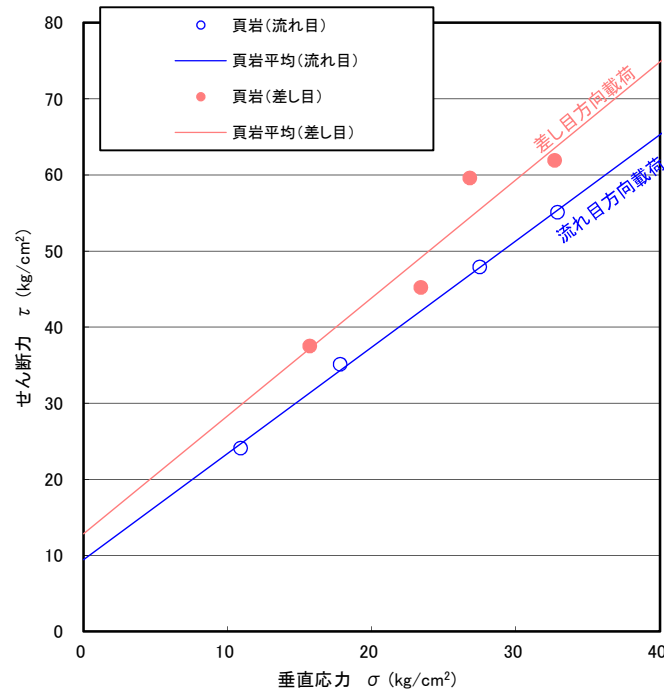
■ : 頁岩



- ・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。

原位置試験結果（例：ブロックせん断試験）

・ブロックせん断試験結果（C_M級頁岩）

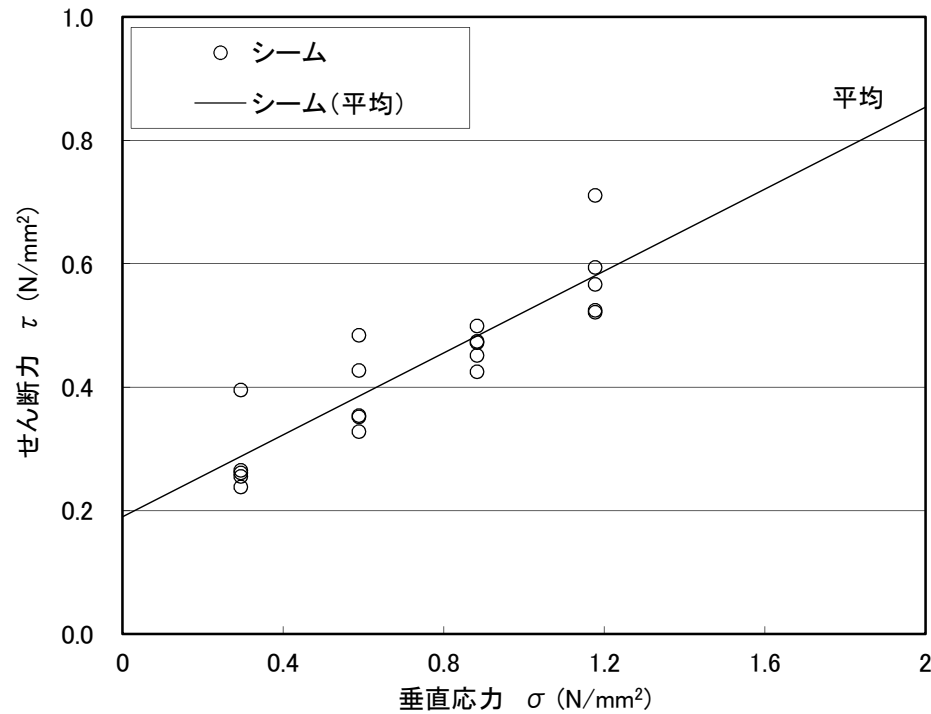


・流れ目方向に荷した試験値は、差し目方向に荷した試験値に比べて有意に小さい。
 ・流れ目方向に荷した試験値をC_M級頁岩のピーク強度として採用する。

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)⁽¹⁷⁾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、異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。

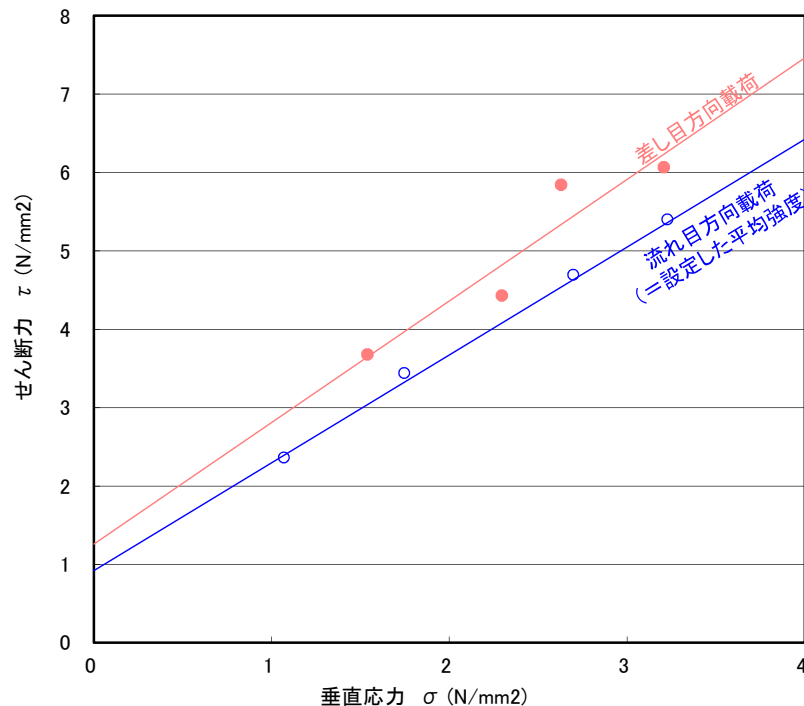
地盤物性のばらつきについて(2/3)

【「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)

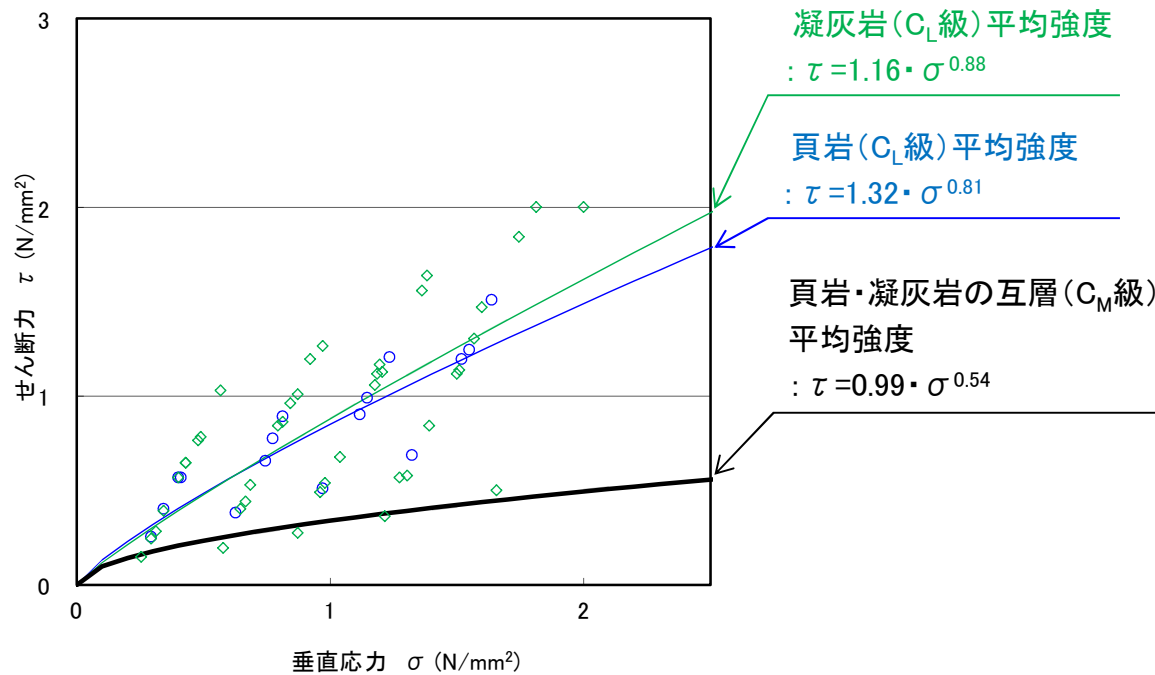
※ 詳細な設定方法については補足説明資料「2.2 強度特性」に示す。

【「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。

ばらつきを考慮した強度特性

			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	$\sigma \tan 21^\circ$

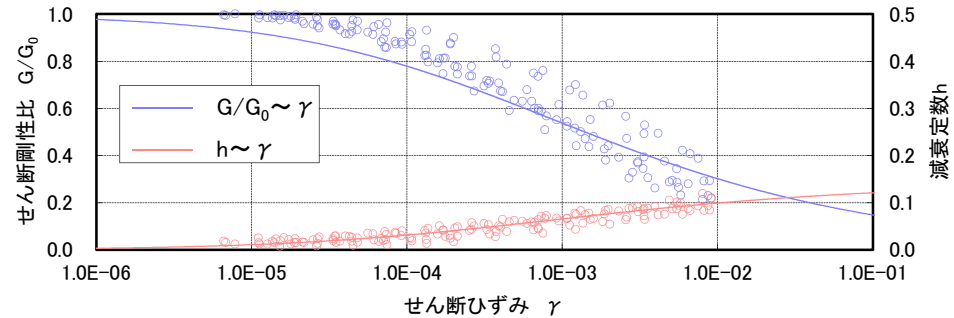
【凡例】

- :ばらつきを考慮し、平均強度から1σ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。

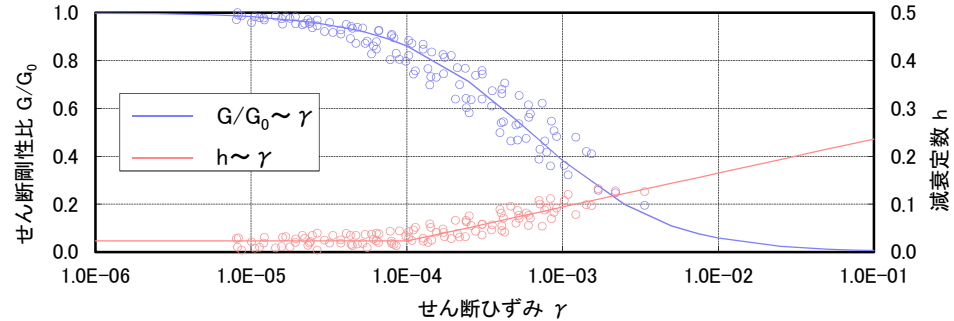
動的変形特性(ひずみ依存特性について)

・ 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。

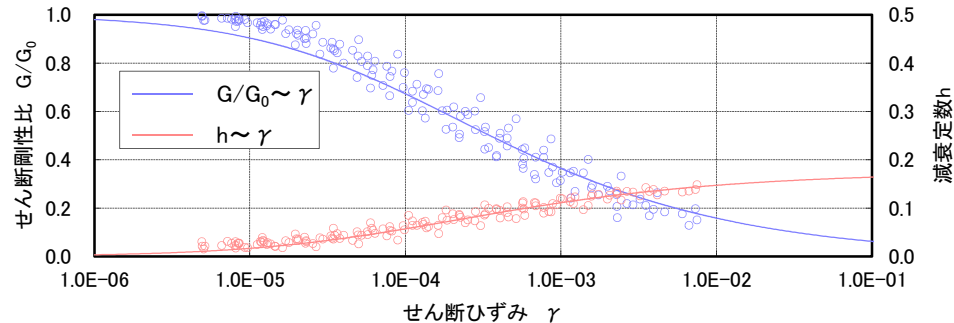
【頁岩, 頁岩・凝灰岩の互層】



【凝灰岩・凝灰角礫岩】

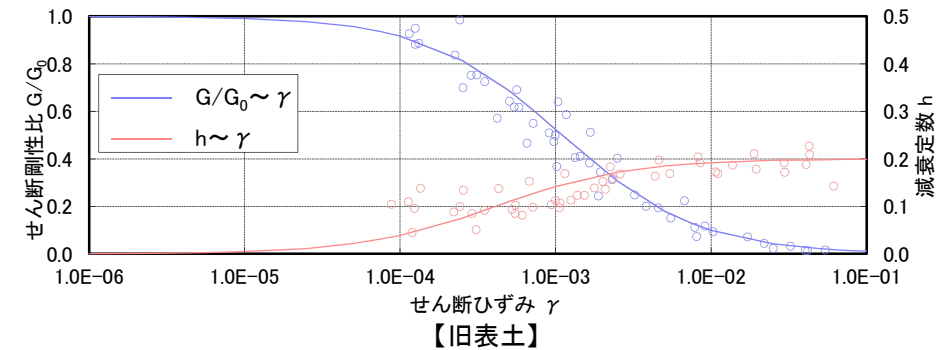
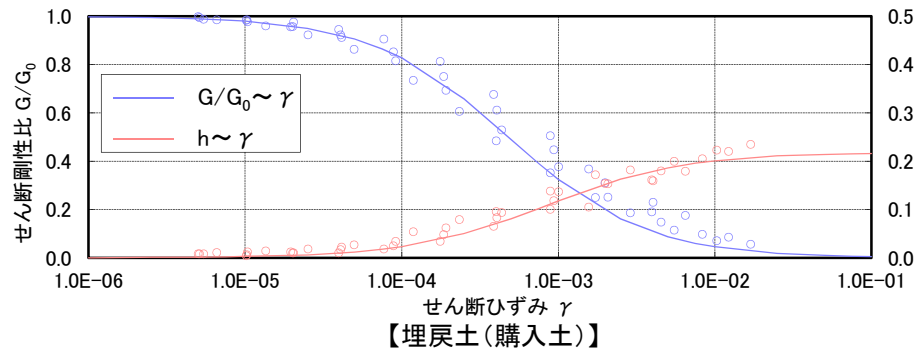
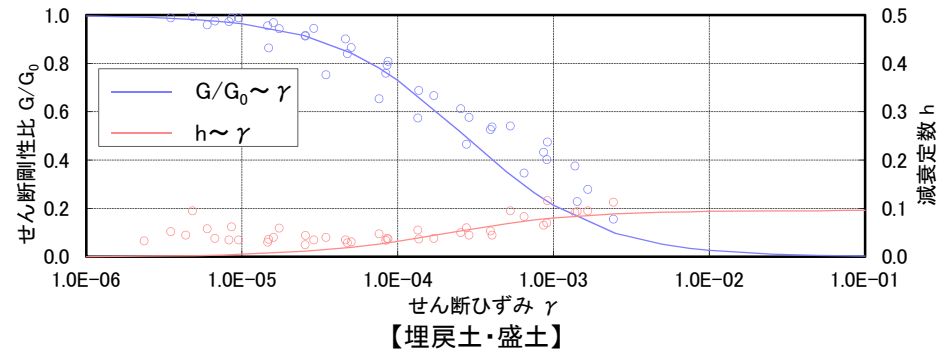
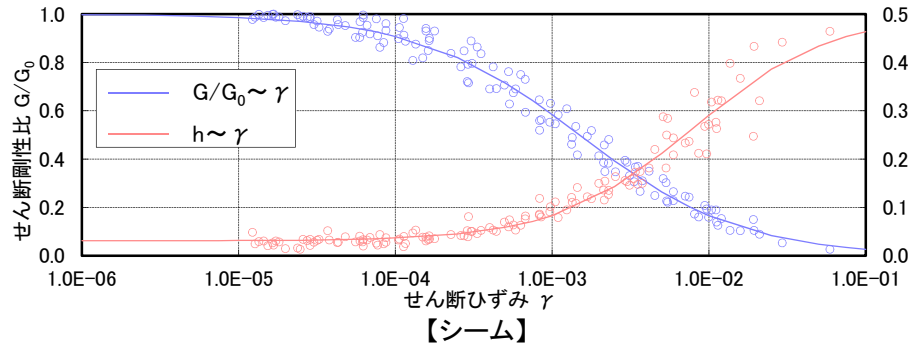


【ドレライト・安山岩】



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。



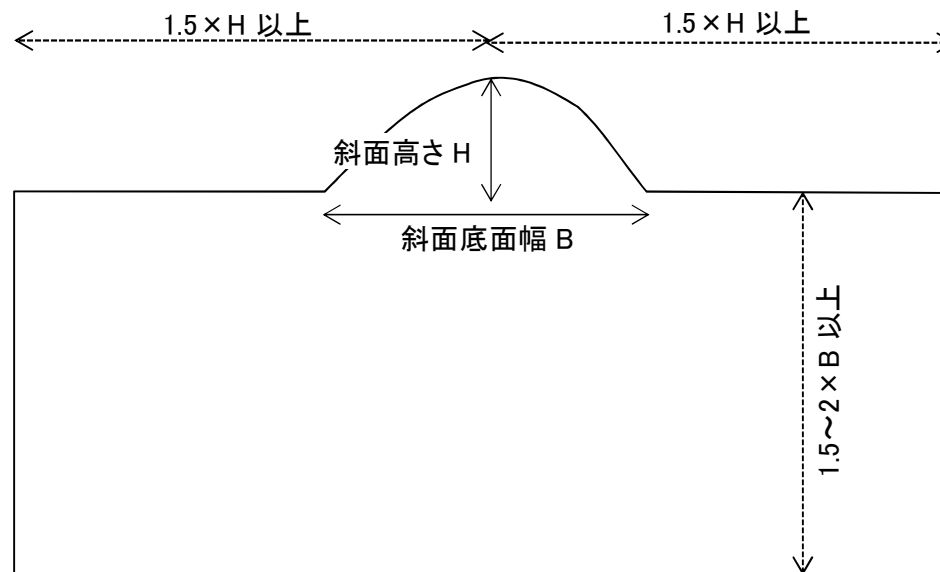
5. 評価方法

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)を参考に、モデル片幅を斜面高さの1.5倍以上、モデル化深さを斜面底面幅の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に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

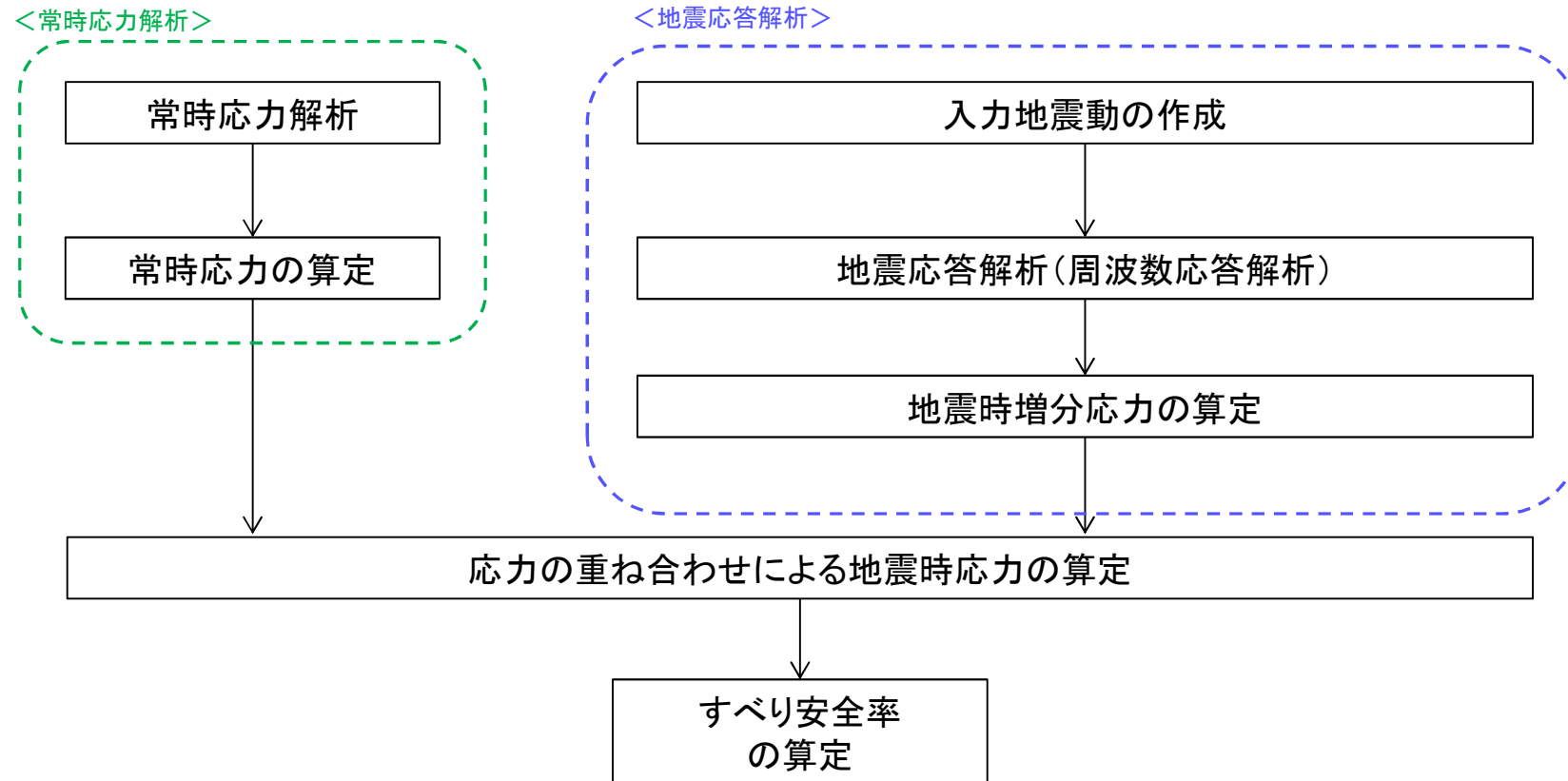
$$k_s = \frac{G}{t}$$

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

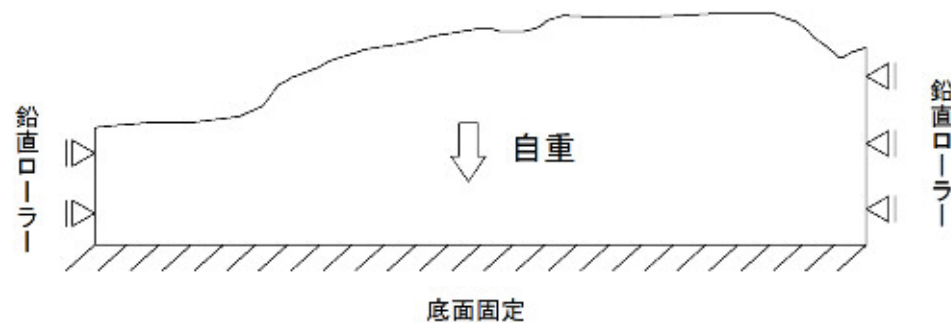


周辺斜面の安定性評価フロー

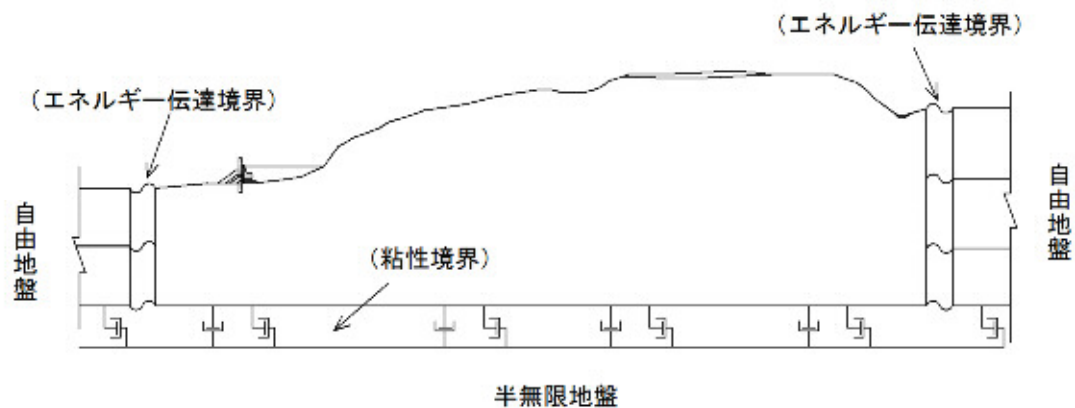
- ・周辺斜面の安定性は、二次元有限要素法に基づく常時応力解析及び地震応答解析(周波数応答解析)により評価した。
- ・地震応答解析については、水平及び鉛直地震動を同時入力した。
- ・D級岩盤, シーム, 埋戻土・盛土, 埋戻土(購入土), 旧表土は、等価線形化法により動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性を考慮した。

- ・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)

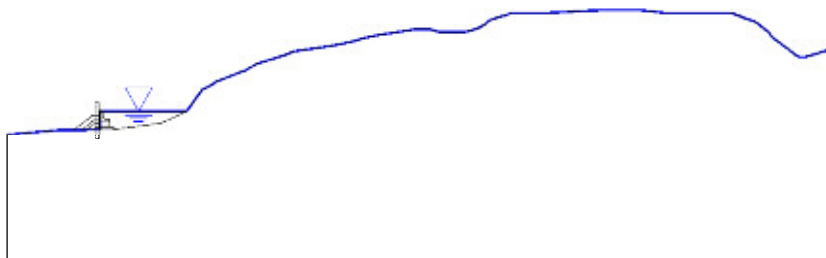


地震応答解析

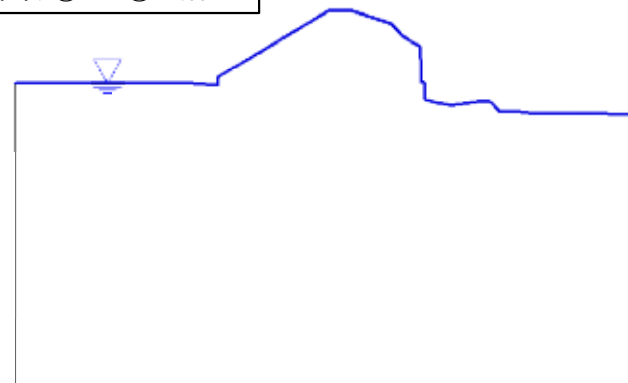


・地下水位は3断面とも地表面に設定した。

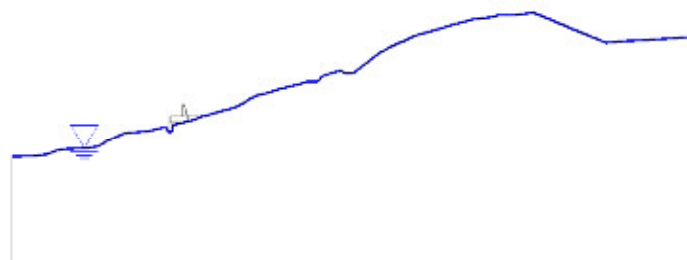
防波壁(東端部)①-①'断面



防波壁(東端部)⑤''-⑤'断面



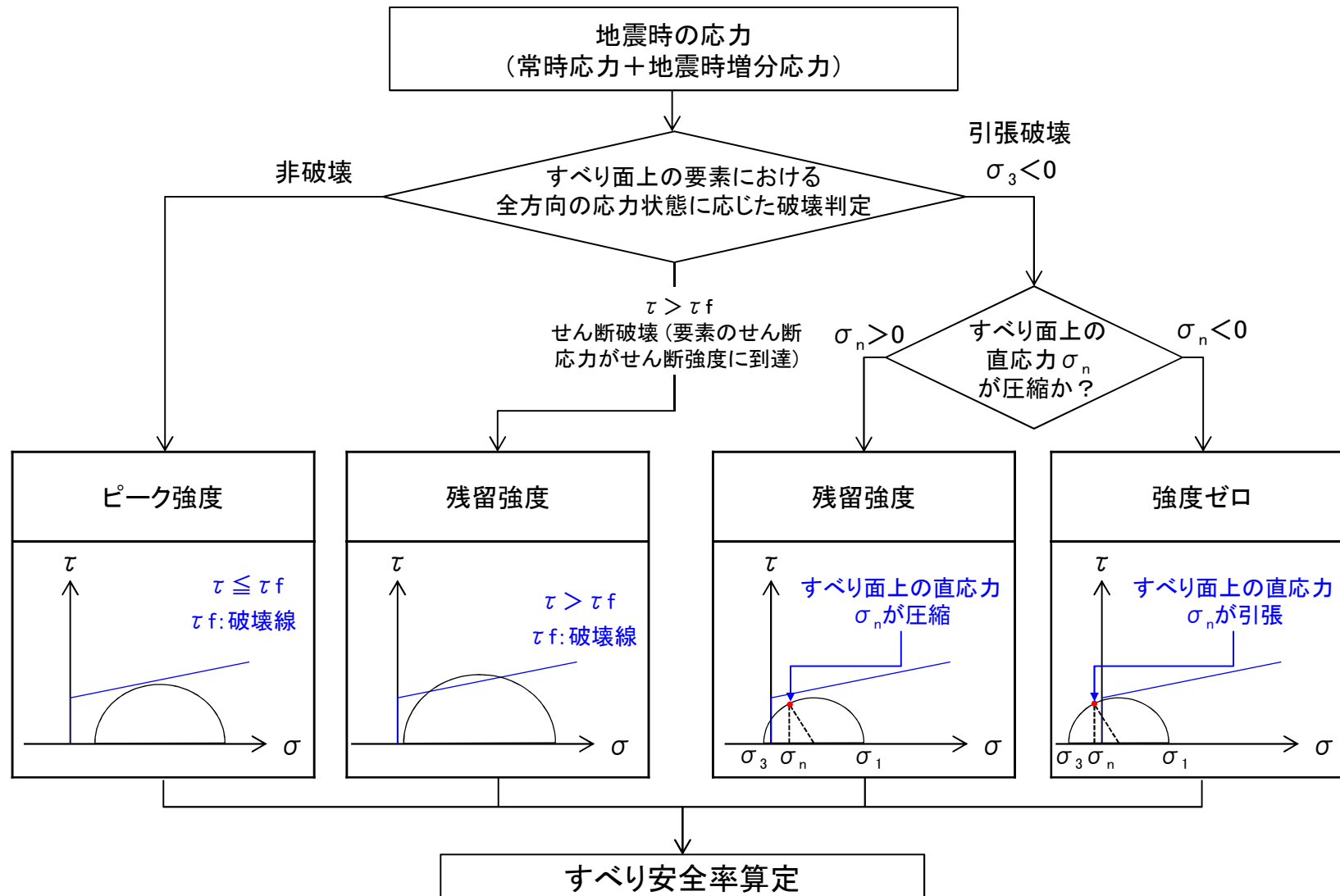
防波壁(西端部)⑥-⑥'断面



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1.2を上回ることを確認する。

$$\text{すべり安全率} = \frac{\Sigma(\text{すべり面上のせん断抵抗力})}{\Sigma(\text{すべり面上のせん断力})} > 1.2 \quad \text{を確認する。}$$



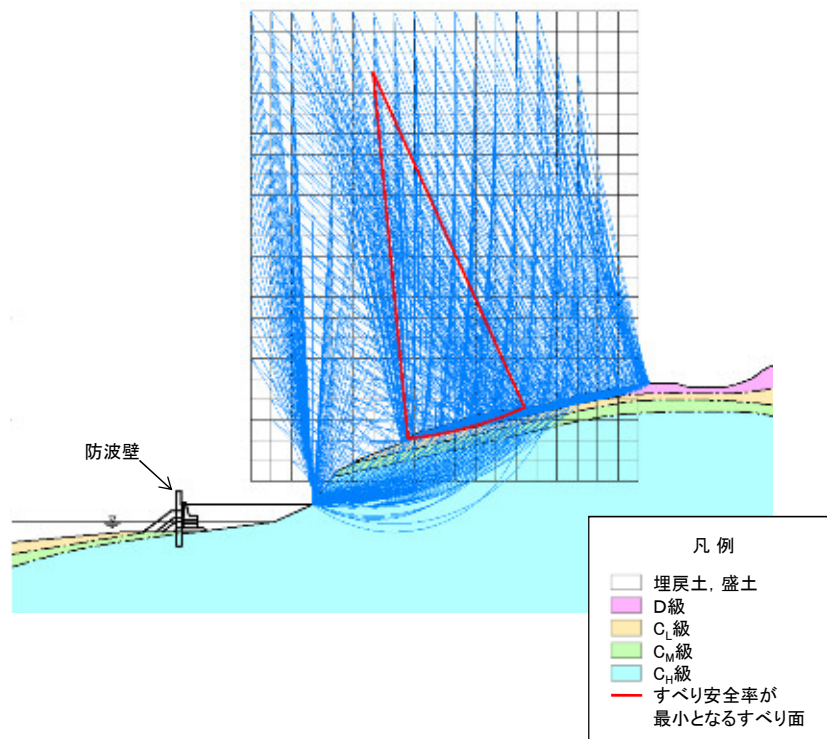
・地盤の強度特性については、すべり面上の要素の応力状態に基づいて設定する。

すべり面の設定(防波壁(東端部), ①-①' 断面)

- ・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。
- ・①-①' 断面の斜面にはシームがないため、シームを通るすべり面は設定しない。

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。

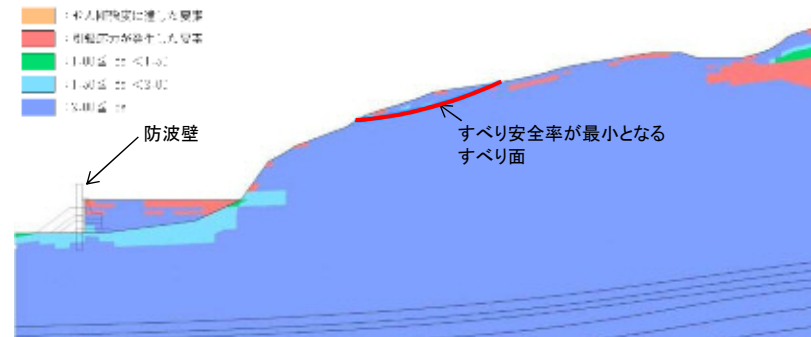


※青線は、各格子を起点としたすべり面のうち、最小すべり安全率となるすべり面。

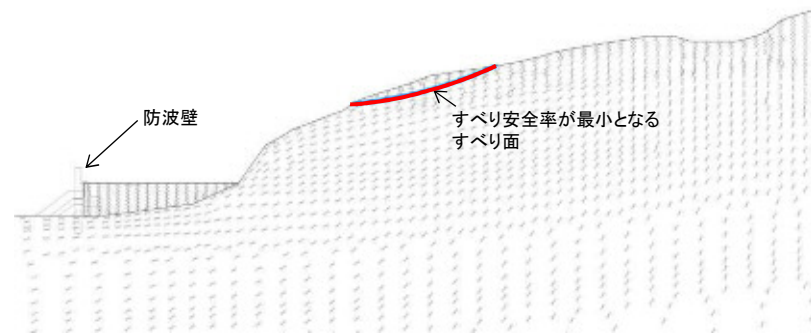
② 応力状態を考慮したすべり面

- ・①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のすべり面が要素の安全率が低い領域及びモビライズド面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

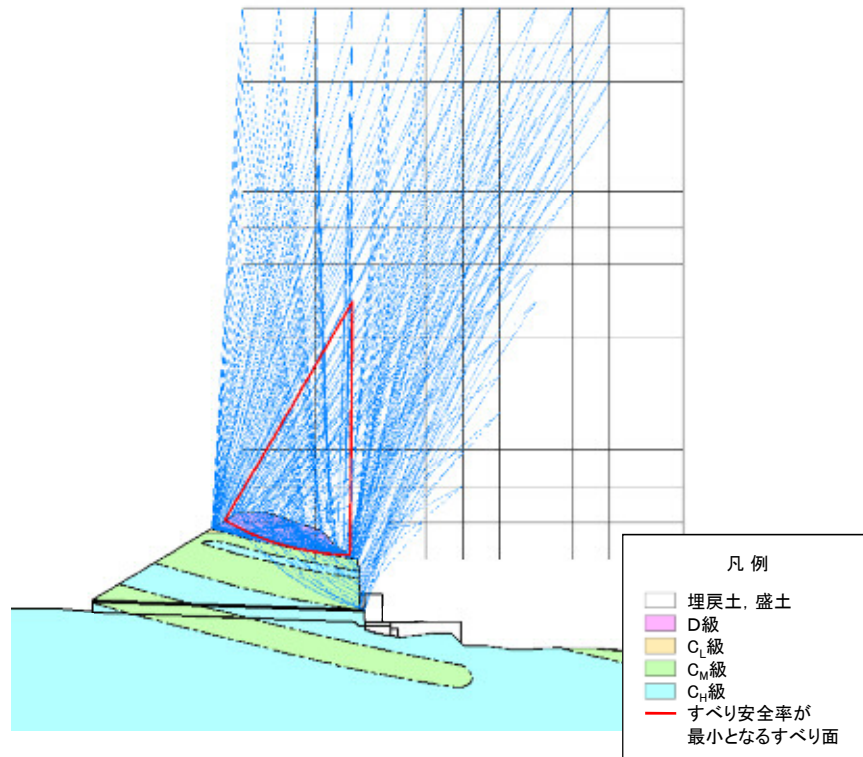


すべり面の設定(防波壁(東端部), ⑤”-⑤’断面)

- ・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。
- ・⑤”-⑤’断面の斜面にはシームがないため, シームを通るすべり面は設定しない。

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。

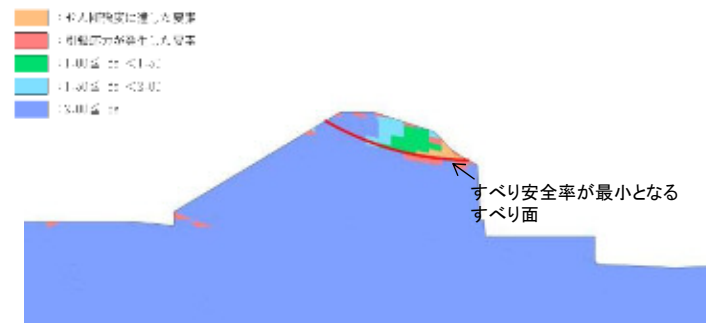


※青線は, 各格子を起点としたすべり面のうち, 最小すべり安全率となるすべり面。

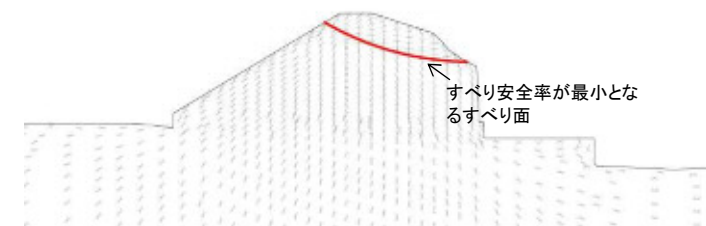
② 応力状態を考慮したすべり面

- ・①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のすべり面が要素の安全率が低い領域及びモビライズド面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

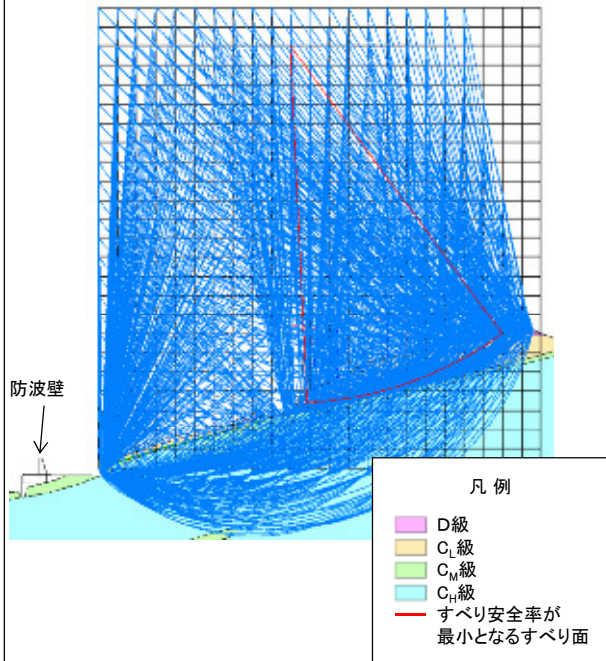


すべり面の設定(防波壁(西端部), ⑥-⑥' 断面)

- ・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D級の薄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。
- ・D級の薄層を通るすべり面は、D級の薄層を通り、端部から切り上がる角度をパラメトリックに設定する。
- ・⑥-⑥' 断面の斜面にはシームがないため、シームを通るすべり面は設定しない。

① 簡便法によるすべり面

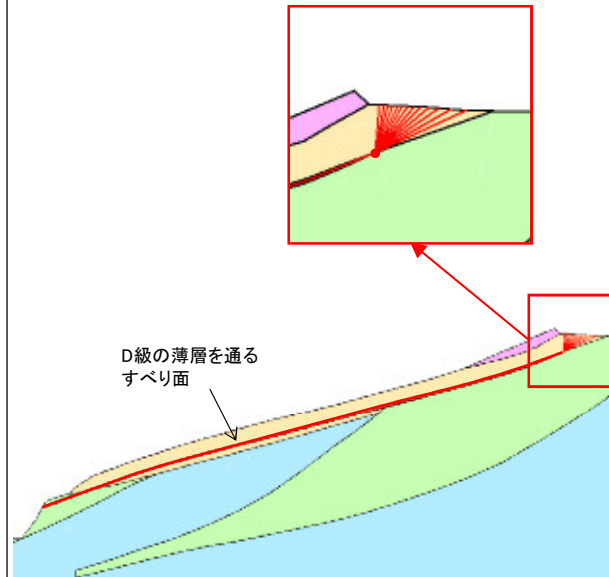
- ・すべり面の形状を円弧と仮定し、中心と半径を変化させ、すべり安全率が最小となるすべり面を抽出する。
- ・作用させる静的地震力は原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-2015)に基づき、 $K_H=0.3$, $K_V=0.15$ とする。



※ 青線は、各格子を起点としたすべり面のうち、最小すべり安全率となるすべり面。

② D級の薄層を通るすべり面

D級の薄層から上方に抜けるすべり面をパラメトリックに設定する。*

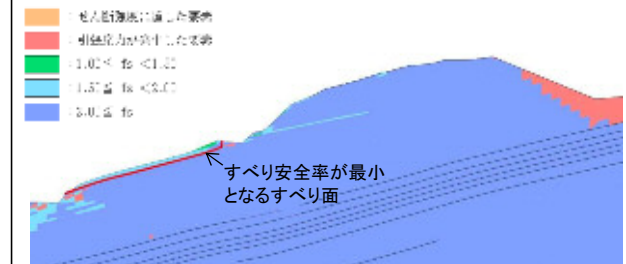


※ 25~85° の範囲を5° 間隔でパラメトリックに設定。

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のすべり面が要素の安全率が低い領域及びモビライズド面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



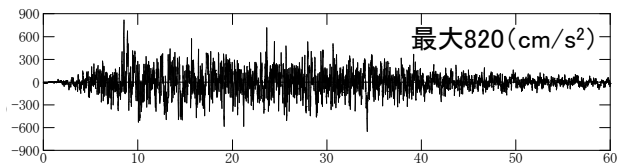
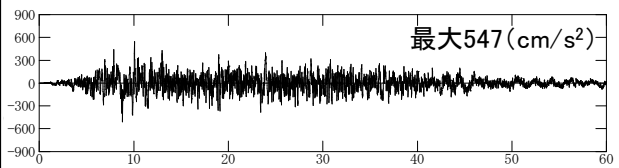
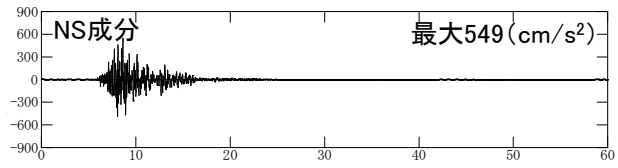
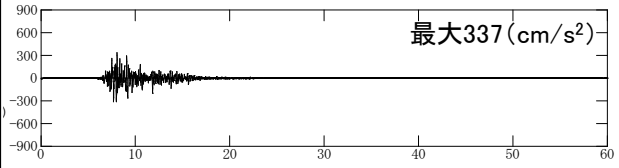
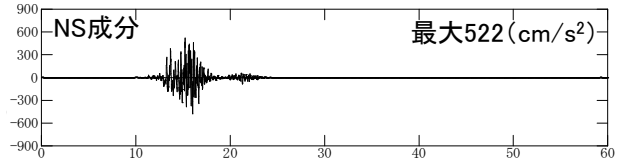
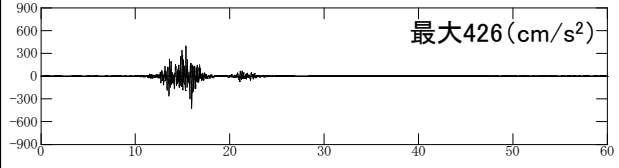
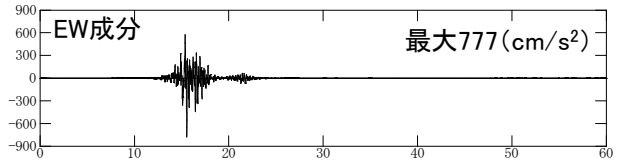
2) モビライズド面を考慮



余白

6. 入力地震動

基準地震動の最大加速度値

基準地震動		水平方向	鉛直方向
Ss-D	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 〔応答スペクトル手法による基準地震動〕	 最大820 (cm/s ²)	 最大547 (cm/s ²)
Ss-F1	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 断層モデル手法による基準地震動 〔突道断層による地震の中越沖地震の短周期レベルの不確かさ破壊開始点5〕	 NS成分 最大549 (cm/s ²) 時間 (s)	 最大337 (cm/s ²) 時間 (s)
Ss-F2	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 断層モデル手法による基準地震動 〔突道断層による地震の中越沖地震の短周期レベルの不確かさ破壊開始点6〕	 NS成分 最大522 (cm/s ²) 時間 (s)	 最大426 (cm/s ²) 時間 (s)
		 EW成分 最大777 (cm/s ²) 時間 (s)	

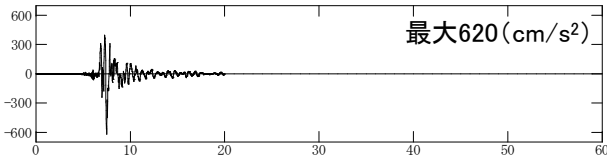
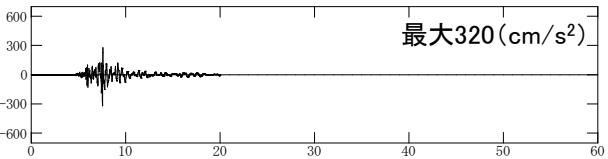
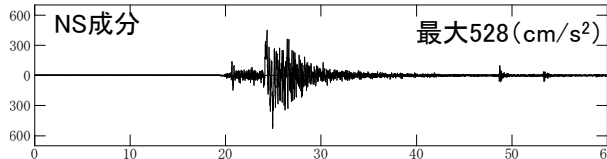
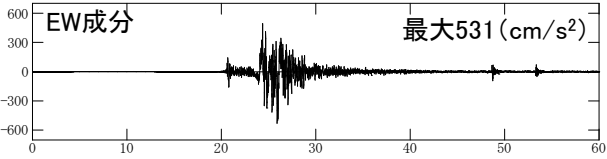
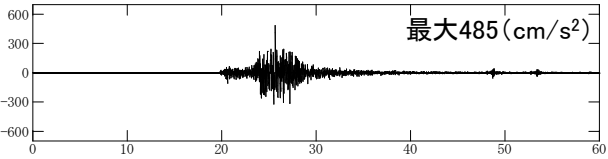
※ 表中のグラフは各基準地震動の加速度時刻歴波形〔縦軸: 加速度 (cm/s²), 横軸: 時間 (s)〕

※ Ss-Dは水平動及び鉛直動の反転を考慮する。

6. 入力地震動

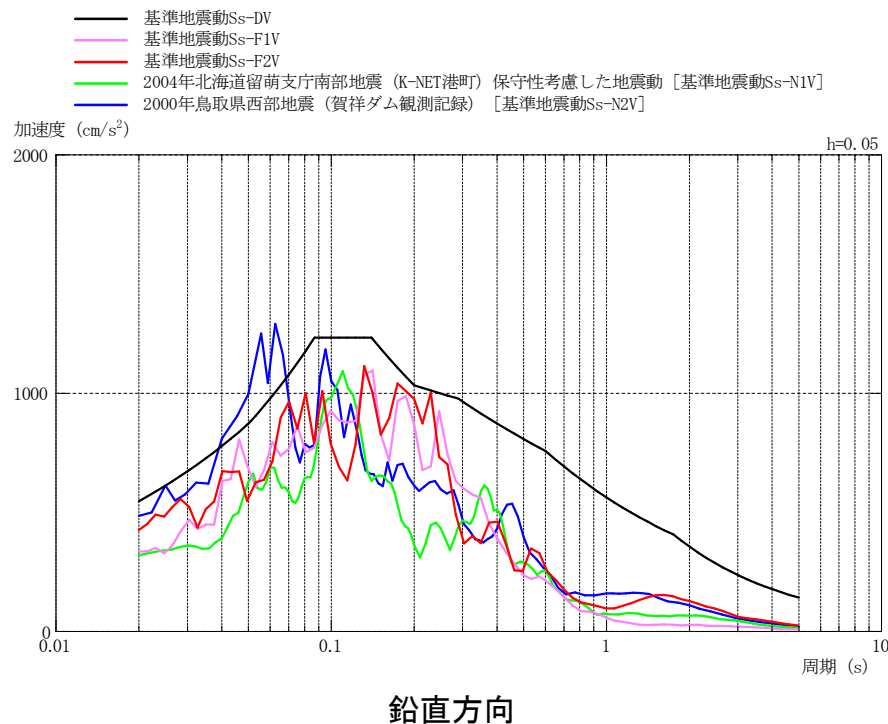
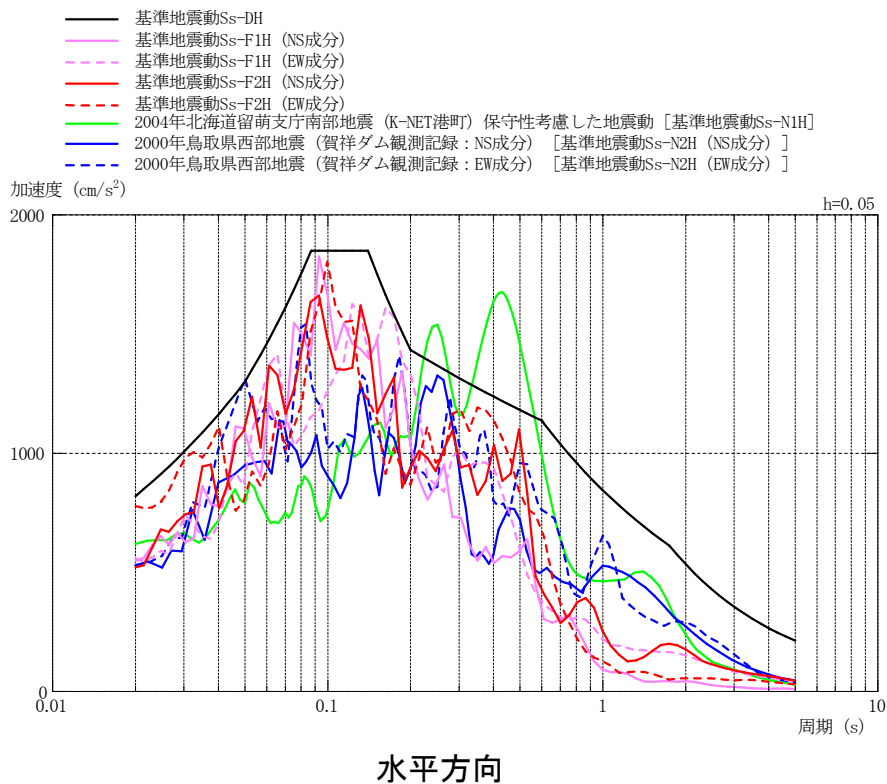
概要(2/2)

基準地震動の最大加速度値

基準地震動		水平方向	鉛直方向
Ss-N1	震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 〔2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)の検討結果に保守性を考慮した地震動〕	 最大620 (cm/s ²)	 最大320 (cm/s ²)
Ss-N2	震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 〔2000年鳥取県西部地震の賀祥ダム(監査廊)の観測記録〕	 NS成分 最大528 (cm/s ²)  EW成分 最大531 (cm/s ²)	 最大485 (cm/s ²)

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

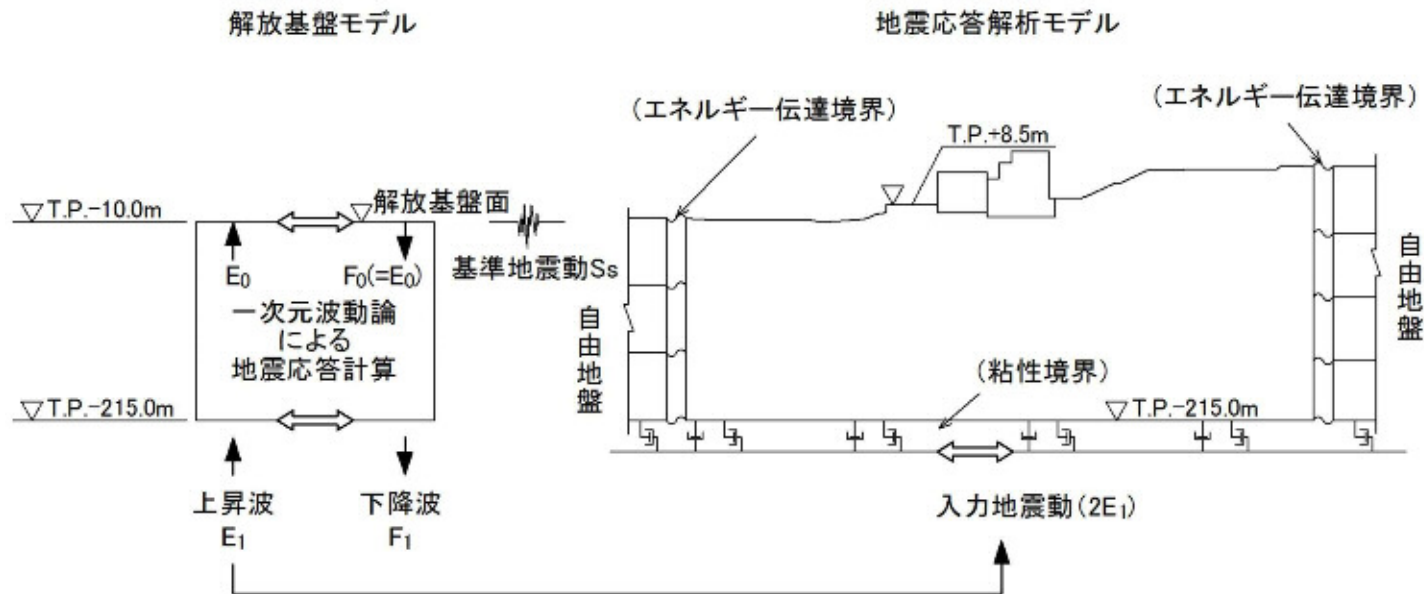
※ Ss-N1及びSs-N2は水平動の反転を考慮する。



基準地震動の加速度応答スペクトル

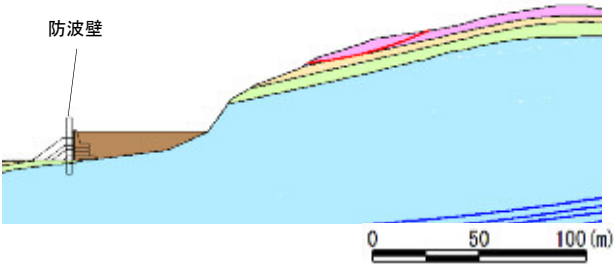
入力地震動の作成方法

- ・入力地震動については、基準地震動を解放基盤面 (T.P.-10.0m) からモデル下端まで引き戻した地震波を作成した。
- ・敷地ごとに震源を特定して策定する地震動である基準地震動 S_s-F1 及び S_s-F2 については、NS方向及びEW方向の地震動として方向性を有して策定されていることから、解析断面の方向に応じて方位変換を行って入力地震動を作成した。



7. すべり安定性の評価結果

防波壁(東端部) ①-①' 断面








	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>簡便法で設定したすべり面</p>	Ss-D (-,+)	2.57 [13.15]	2.13 [13.15]

※1 基準地震動(-,+)は水平反転を示す。

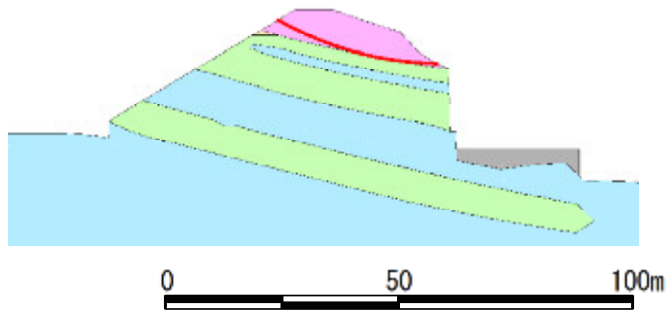
※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

すべり安全率の最小ケース以外も含めた一覧を補足説明資料4章に示す。

【凡例】

 : C ₁ 級岩盤	 : C ₂ 級岩盤	 : C ₃ 級岩盤	 : D級岩盤
 : 埋戻土、盛土	 : シーム	 : すべり面	

- ・平均強度を用いたすべり安全率が1.2を上回ることを確認した。
- ・平均強度を用いたすべり安全率最小ケースに対して、強度のばらつきを考慮しても、すべり安全率は1.2を上回ることを確認した。

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>簡便法で設定したすべり面</p>	Ss-D (+,-)	1.55 [13.24]	1.30 [13.24]

※1 基準地震動(+,-)は鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。すべり安全率の最小ケース以外も含めた一覧を補足説明資料4章に示す。

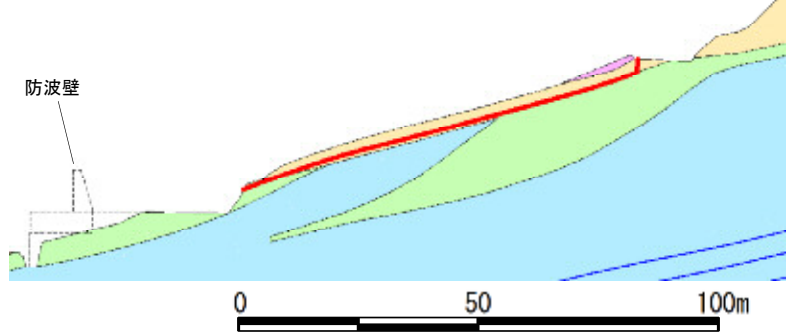
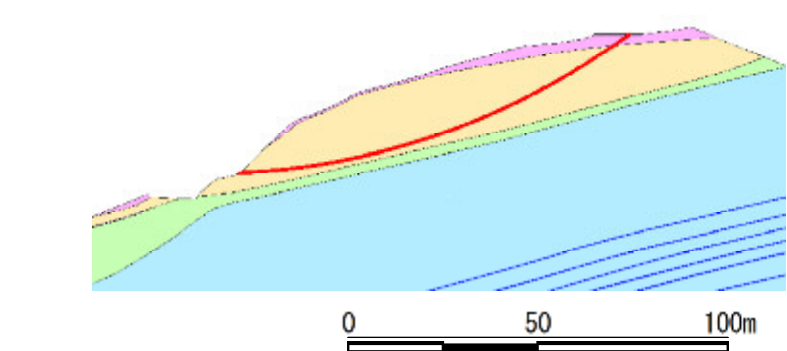
【凡例】

: C_{II}級岩盤
 : C_M級岩盤
 : C_I級岩盤
 : D級岩盤
 : MMR
 : すべり面

- ・平均強度を用いたすべり安全率が1.2を上回ることを確認した。
- ・平均強度を用いたすべり安全率最小ケースに対して、強度のばらつきを考慮しても、すべり安全率は1.2を上回ることを確認した。

7. すべり安定性の評価結果

防波壁(西端部) ⑥-⑥' 断面

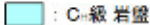
すべり面 番号	すべり面形状	基準 地震動 ※1	すべり安全率 【平均強度】 ※2	すべり安全率 【ばらつきを考慮し た強度】 ※2
1	 <p>D級の薄層を通るすべり面</p>	Ss-D (+,-)	2.31 [8.95]	1.97 [8.95]
2	 <p>簡便法で設定したすべり面</p>	Ss-D (+,-)	2.93 [8.61]	—

※1 基準地震動(+,-)は鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

すべり安全率の最小ケース以外も含めた一覧を補足説明資料4章に示す。

【凡例】

	: C級岩盤		: C _w 級岩盤		: C ₁ 級岩盤		: D級岩盤
	: シーム		: すべり面				

- ・平均強度を用いたすべり安全率が1.2を上回ることを確認した。
- ・平均強度を用いたすべり安全率最小ケースに対して、強度のばらつきを考慮しても、すべり安全率は1.2を上回ることを確認した。

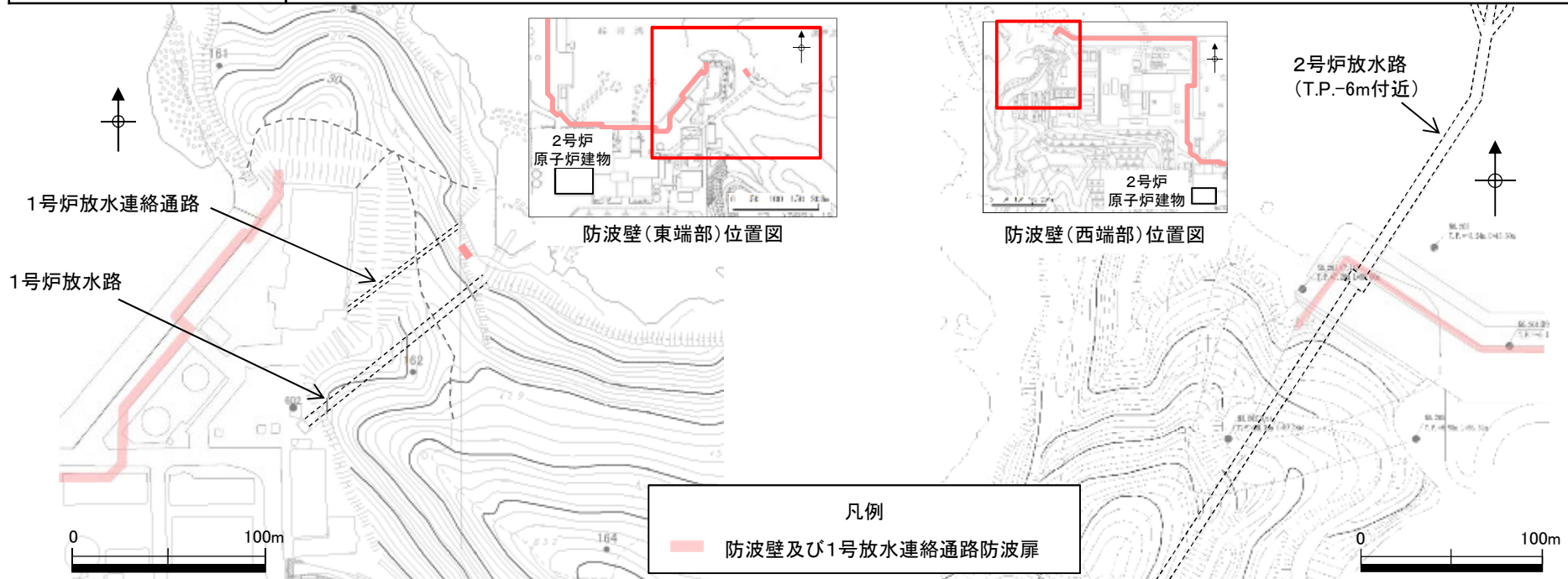
8. 1・2号炉放水路及び1号炉放水連絡通路の 斜面のすべり安定性への影響検討

8. 1・2号炉放水路及び1号炉放水連絡通路の斜面のすべり安定性への影響検討

1・2号炉放水路及び1号炉放水連絡通路の斜面のすべり安定性への影響検討

・防波壁(東端部)及び防波壁(西端部)の斜面には、1・2号炉放水路及び1号炉放水連絡通路が存在することから、斜面のすべり安定性への影響について、下表の観点から確認した。

項目	確認方法
1・2号炉放水路及び1号炉放水連絡通路の有無による想定すべり面への影響	<ul style="list-style-type: none"> ・防波壁(東端部)及び防波壁(西端部)の斜面のすべり方向を考慮して選定した各断面に左記施設の断面を投影し、想定すべり面との位置関係を確認する。 ・掘削前後において、「簡便法によるトンネルを通るすべり面のすべり安全率」及び「掘削解析によるすべり面上のひずみ増分」を確認する。 ・静的震度については、JEAG4601-2015に基づき、斜面位置における基準地震動S_sに対する一次元地震応答解析により設定する。なお、水平震度と鉛直震度については、保守的に全時刻を通しての最大値を組み合わせる。 ・想定すべり面及びトンネルを通るすべり面については、P99～101と同様に、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網羅的に探索している。

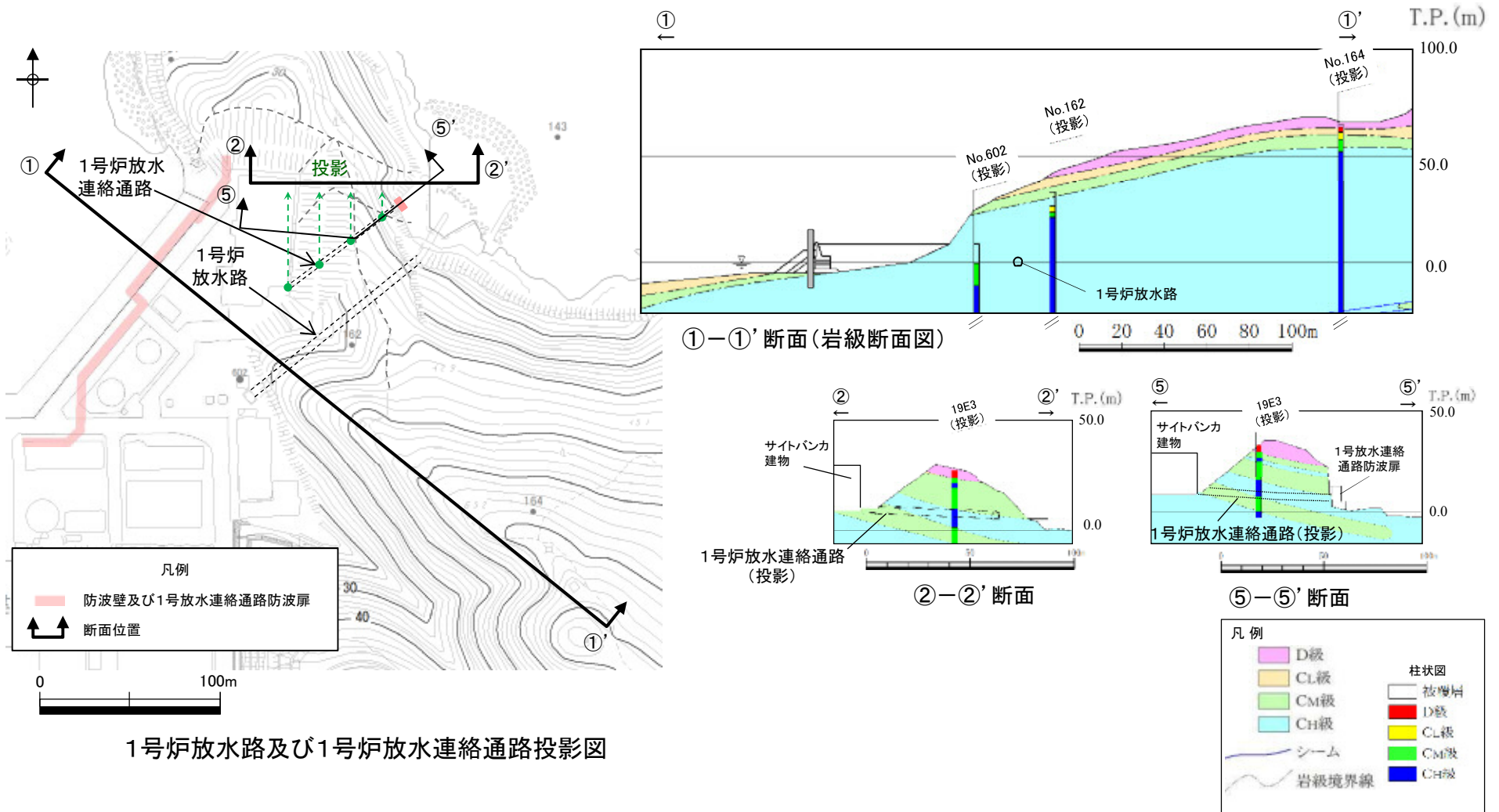


防波壁(東端部) 1号炉放水路及び1号炉放水連絡通路位置図

防波壁(西端部) 2号炉放水路位置図

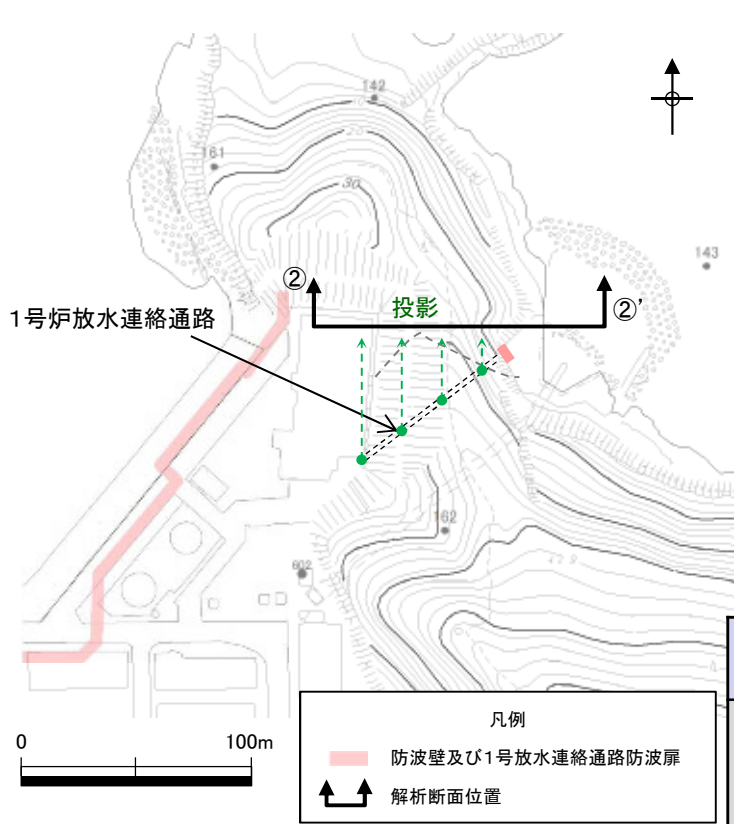
1号炉放水路の斜面のすべり安定性への影響検討

- ・①-①'断面に1号炉放水路を投影した結果、②-②'断面に投影した1号炉放水連絡通路に比べ、斜面に占めるトンネル面積の割合が小さいこと、及び土被り厚が大きいことから、斜面のすべり安定性への影響は連絡通路より小さいと考えられるため、1号炉放水連絡通路の影響検討に代表させる。
- ・②-②'断面と⑤-⑤'断面は地形・地質が同様であるため、1号炉放水連絡通路の影響検討は②-②'断面において実施する。

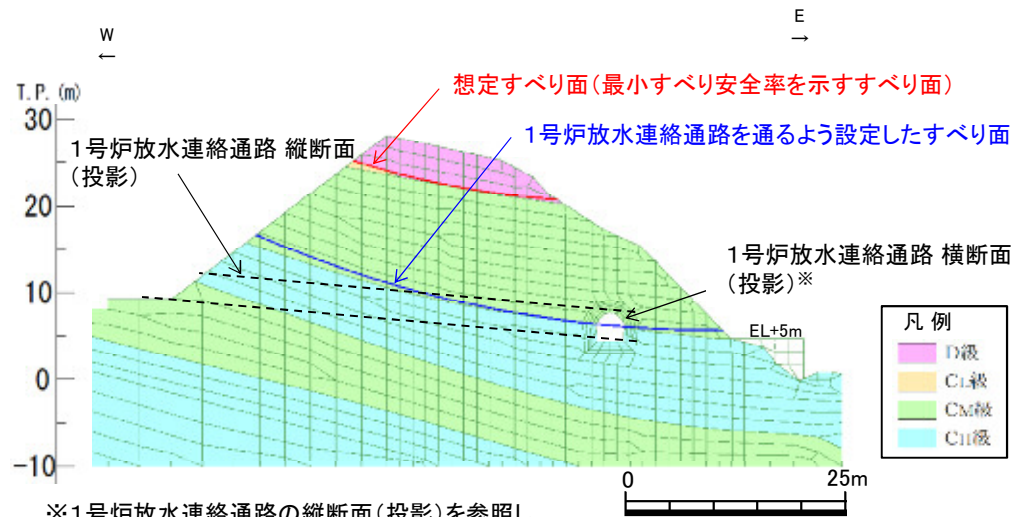


8. 1・2号炉放水路及び1号炉放水連絡通路の斜面のすべり安定性への影響検討
 1号炉放水連絡通路の斜面のすべり安定性への影響検討

- ・②-②'断面に1号炉放水連絡通路を投影した結果、想定すべり面(最小すべり安全率を示すすべり面)は、連絡通路に重ならないことを確認した。
- ・連絡通路を通るすべり面を仮定し、連絡通路掘削前のすべり安全率を算定した結果、掘削前の安全率は3.93であった。連絡通路掘削後のすべり安全率を算定した結果、掘削後のすべり安全率は3.69(▲0.24)であり、影響は軽微であることを確認した。
- ・掘削解析により、連絡通路の有無における想定すべり面上のひずみ増分を計算した結果、最大で0.0046%であり、影響は軽微であることを確認した。



1号炉放水連絡通路投影図



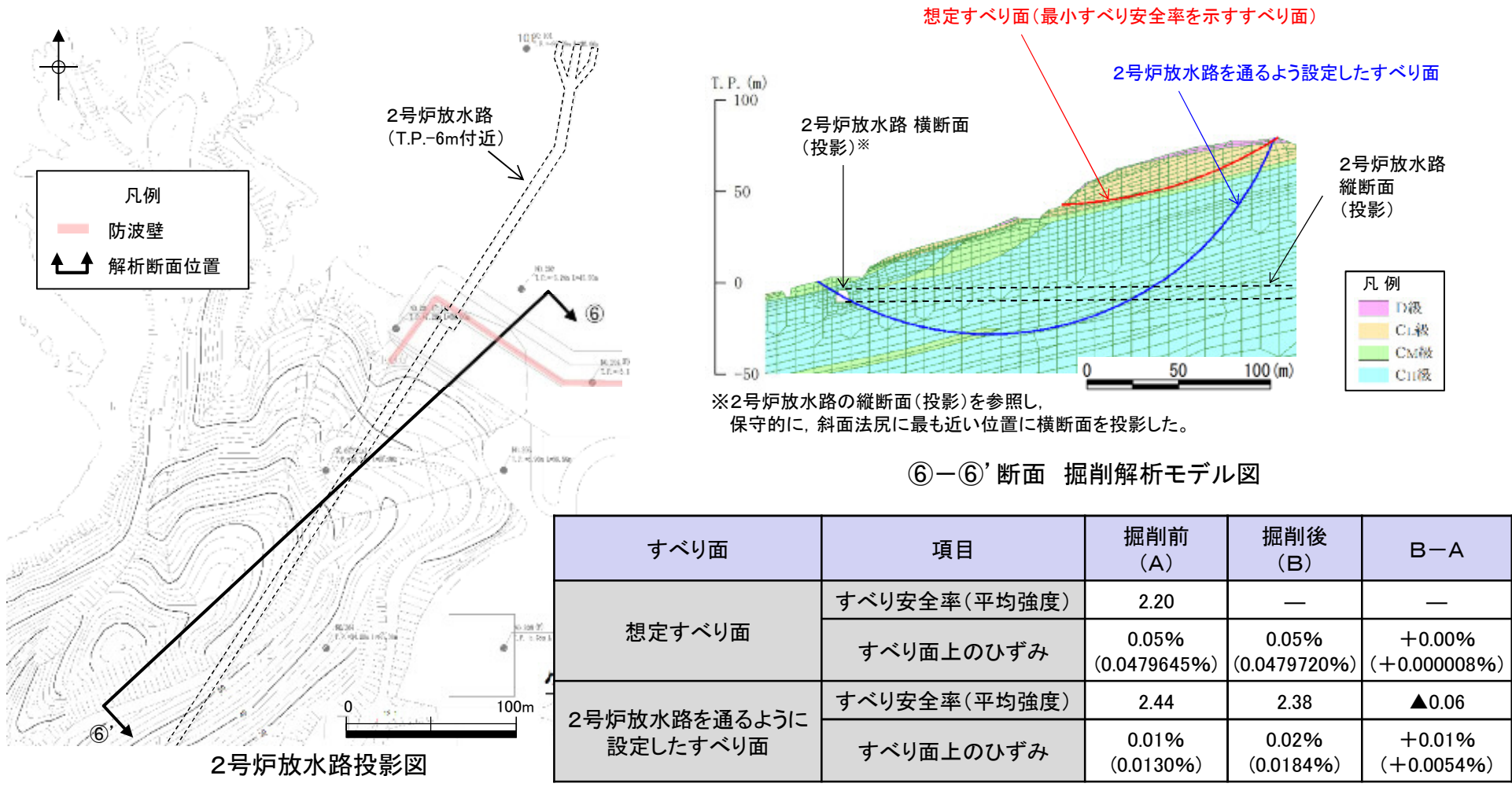
※1号炉放水連絡通路の縦断面(投影)を参照し、保守的に、斜面法尻に最も近い位置に横断面を投影した。

②-②'断面 掘削解析モデル図

すべり面	項目	掘削前 (A)	掘削後 (B)	B-A
想定すべり面	すべり安全率(平均強度)	2.74	—	—
	すべり面上のひずみ	0.09% (0.0929%)	0.09% (0.0931%)	+0.00% (+0.0002%)
1号炉放水連絡通路を通るように設定したすべり面	すべり安全率(平均強度)	3.93	3.69	▲0.24
	すべり面上のひずみ	0.01% (0.0083%)	0.01% (0.0129%)	+0.00% (+0.0046%)

8. 1・2号炉放水路及び1号炉放水連絡通路の斜面のすべり安定性への影響検討 2号炉放水路の斜面のすべり安定性への影響検討

- ・⑥-⑥'断面に2号炉放水路を投影した結果、想定すべり面(最小すべり安全率を示すすべり面)は、放水路に重ならないことを確認した。
- ・放水路を通すべり面を仮定し、放水路掘削前のすべり安全率を算定した結果、掘削前の安全率は2.78であった。放水路掘削後のすべり安全率を算定した結果、掘削後のすべり安全率は2.38(▲0.40)であり、影響は軽微であることを確認した。
- ・掘削解析により、放水路の有無における想定すべり面上のひずみ増分を計算した結果、最大で0.0054%であり、影響は軽微であることを確認した。



⑥-⑥'断面 掘削解析モデル図

9. まとめ

9. まとめ

- ・耐震重要施設である防波壁及び1号放水連絡通路防波扉(第5条(津波による損傷の防止)に係る津波防護の障壁となる地山を兼ねる)の周辺斜面について, 1号炉放水連絡通路, 1・2号放水施設等の人工物に影響を及ぼす観点を含め, 地形・地質学的な考察に基づいてそれぞれ個別に断面選定し, 基準地震動による安定解析を実施した。
- ・その結果, 想定される地震動の地震力により崩壊し, 当該施設の安全機能が重大な影響を受けないことを確認した。
- ・以上のとおり, 島根原子力発電所2号炉の防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面は, 基準地震動による地震力に対して十分な安定性を有しており, 設置許可基準規則第4条4項に適合していることを確認した。

参考文献

- (1) 宇佐美龍夫・石井寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子(2013): 日本被害地震総覧599-2012, 東京大学出版会
- (2) 阿部真郎・林一成(2011): 近年の大規模地震に伴う地すべりの運動形態と地形・地質的発生の場合, 日本地すべり学会誌, 48巻, p.52-61
- (3) 阿部真郎, 高橋明久, 荻田茂, 小松順一, 森屋洋, 吉松弘行(2006): 新第三紀層分布域における地震の震度と地すべりの地形・地質的特徴, 日本地すべり学会誌, Vol.43, No.3, p.155-162
- (4) 大八木規夫・内山庄一郎・井口隆(2008): 「2004年新潟県中越地震による斜面変動分布図」の解説, 防災科学技術研究所研究資料, 第317号, p.1-37
- (5) 土木学会・地盤工学会(2007): 2007年能登半島地震被害調査報告書
- (6) 野崎保(2008): 新潟県中越沖地震による初生的岩盤地すべりと層面すべり, 日本地すべり学会誌, Vol.45, No.1, p.72-77
- (7) 井口隆・大八木規夫・内山庄一郎・清水文健(2010): 2008年岩手・宮城内陸地震で起きた地すべり災害の地形的背景, 防災科学技術研究所主催災害調査, 第43号, p.1-10
- (8) 山科真一・山崎勉・橋本純・笠井忠宏・我妻智浩・渋谷研一(2009): 岩手・宮城内陸地震で発生した荒砥沢地すべり, 日本地すべり学会誌, Vol.45, No.5, p.42-47
- (9) 田近淳(2009): 1994年北海道東方沖地震による色丹島の地すべり, 日本地すべり学会誌, Vol.45, No.6, p.29-32
- (10) 島根大学鳥取県西部地震災害調査団(2001): 鳥取県西部地震災害調査報告書
- (11) 内田勉・山田正雄・森正一・藤井優・久保田哲也(2002): 鳥取県西部地震による落石・岩盤崩壊の発生状況と復旧対策事例, 日本地すべり学会誌, Vol.39, No.1, p.128-136
- (12) 渡辺偉夫(1998): 日本被害津波総覧[第2版], (財)東京大学出版会
- (13) 岡二三生・吉田信之・甲斐誠士・飛田哲男・肥後陽介・鳥居宣之・鏡原聖史・中西典明・木本小百合・山川優樹・東瀬康孝・渦岡良介・京谷孝史(2012): 東北地方太平洋沖地震被害調査報告, 地盤工学ジャーナル, Vol.7, No.1, p.37-55
- (14) 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ: 各地の津波浸水高と遡上高
<http://www.coastal.jp/ttjt/index.php?plugin=attach&refer=FrontPage&openfile=survey.jpg>
- (15) 清水文健・井口隆・大八木規夫(2005): 5万分の1地すべり地形分布図 第26集「浜田・大社」図集, 地滑り地形分布図 惠曇, 防災科学技術研究所研究資料第285号, 防災科学技術研究所
- (16) 黒田吉益・諏訪兼位(1983): 偏光顕微鏡と岩石鉱物[第2版], 共立出版株式会社, p.234
- (17) 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委員会, 2009