

枠囲みの範囲は、防護上の観点から、
公開できません

玄海原子力発電所3号炉、4号炉審査資料

資料番号

TS-013改2


提出年月日

2020年11月24日

玄海原子力発電所3号炉及び4号炉 基礎地盤及び周辺斜面の安定性について (使用済燃料乾式貯蔵施設)

2020年11月24日
九州電力株式会社

1. 評価方針	2
2. 地質の概要	9
3. 評価対象断面	17
3. 1 基礎地盤	18
3. 2 周辺斜面	23
4. 解析用物性値	25
5. 評価方法	45
6. 評価結果	63
7. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価	71
7. 1 周辺地盤の変状による重要施設への影響	72
7. 2 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響	75
8. まとめ	77
(参考資料)	80

- 
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 3. 評価対象断面
 4. 解析用物性値
 5. 評価方法
 6. 評価結果
 7. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価
 8. まとめ

1. 評価方針(対象施設)

- 使用済燃料貯蔵施設は、兼用キャスクである使用済燃料乾式貯蔵容器と周辺施設である使用済燃料乾式貯蔵建屋等※1で構成される。
- 基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価については、耐震Sクラスに分類※2する使用済燃料乾式貯蔵容器を固定する使用済燃料乾式貯蔵建屋について設置許可基準規則第3条(地盤)及び第4条(周辺斜面)に適合することを確認する。

※1 機器・配管系に分類される支持部・計装設備・クレーン類。

※2 基準地震動 S_s による地震力に対して、機能を維持できるものとする。



対象施設位置図

1. 評価方針

【設置許可基準規則の要求事項】 (1)設計基準対象施設の地盤、及び周辺斜面

(設計基準対象施設の地盤)

第三条 設計基準対象施設は、次条第二項の規定により算定する地震力(設計基準対象施設のうち、地震の発生によって生ずるおそれがあるそ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が特に大きいもの(以下「耐震重要施設」という。))及び兼用キャスクにあっては、同条第三項に規定する基準地震動による地震力を含む。が作用した場合においても当該設計基準対象施設を十分に支持することができる地盤に設けなければならない。ただし、兼用キャスクにあっては、地盤により十分に支持されなくてもその安全機能が損なわれない方法により設けることができるときは、この限りでない。

2 耐震重要施設及び兼用キャスクは、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 耐震重要施設及び兼用キャスクは、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。ただし、兼用キャスクにあっては、地盤に変位が生じてもその安全機能が損なわれない方法により設けることができるときは、この限りでない。

解釈

第3条(設計基準対象施設の地盤)

1 別記1のとおりとする。ただし、兼用キャスク及びその周辺施設(以下「兼用キャスク貯蔵施設」という。)については、別記4のとおりとする。

(地震による損傷の防止)

第四条

6 兼用キャスクは、次のいずれかの地震力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。

二 基準地震動による地震力

7 兼用キャスクは、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。

解釈

第4条(地震による損傷の防止)

1 別記2のとおりとする。ただし、炉心内の燃料被覆材の放射性物質の閉じ込めの機能については以下のとおりとし、兼用キャスク貯蔵施設については別記4のとおりとする。

1. 評価方針

【設置許可基準規則の要求事項】 (2)別記4

(別記4)

第3条(設計基準対象施設の地盤)

- 1 第3条第1項に規定する「設計基準対象施設を十分に支持することができる」とは、兼用キャスク貯蔵施設について、自重その他の貯蔵時に想定される荷重に加え、第4条第2項の規定により算定する地震力(兼用キャスクにあっては、基準地震動による地震力を含む。)が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する設計であることをいう。
なお、兼用キャスクについては、上記に加え、基準地震動による地震力が作用することによって弱面上のずれ等が発生しないことを含め、基準地震動による地震力に対する支持性能が確保されていることを確認することが含まれる。

- 2 第3条第2項については、本規程別記1第3条第2項のとおりとする。また、輸送荷姿その他の兼用キャスクを基礎等に固定せず、かつ、緩衝体の装着等により兼用キャスク蓋部が金属部へ衝突しない方法により設置する場合は、地盤が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ものとする。

- 3 第3条第3項については、本規程別記1第3条第3項のとおりとする。また、輸送荷姿その他の兼用キャスクを基礎等に固定せず、かつ、緩衝体の装着等により兼用キャスク蓋部が金属部へ衝突しない方法により設置する場合は、その安全機能が損なわれないものとする。

第4条(地震による損傷の防止)

- 4 第4条第7項に規定する「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」ことを満たすために、兼用キャスクの周辺斜面について、基準地震動による地震力を作用させた安定解析を行い、崩壊のおそれがないことを確認するとともに、崩壊のおそれがある場合には、当該部分の除去、敷地内土木工作物による斜面の保持等の措置を講ずることにより、兼用キャスクの安全機能が損なわれるおそれがないようにすること。

また、安定解析に当たっては、次の方針によること。

- 一 安定性の評価対象は、兼用キャスクが設置される場所を考慮し、兼用キャスクに影響を与えるおそれのある斜面とすること。
- 二 地質・地盤の構造、地盤等級区分、液状化の可能性、地下水の影響等を考慮して、すべり安全率等により評価すること。
- 三 評価に用いる地盤モデル、地盤パラメータ、地震力の設定等は、基礎地盤の支持性能の評価に準じて行うこと。特に地下水の影響に留意すること。

1. 評価方針

【設置許可基準規則の要求事項】 (3)別記1

(別記1)

第3条(設計基準対象施設の地盤)

- 1 第3条第1項に規定する「設計基準対象施設を十分に支持することができる」とは、設計基準対象施設について、自重及び運転時の荷重等に加え、耐震重要度分類(本規程第4条2の「耐震重要度分類」をいう。以下同じ。)の各クラスに応じて算定する地震力(第3条第1項に規定する「耐震重要施設」(本規程第4条2のSクラスに属する施設をいう。)にあつては、第4条第3項に規定する「基準地震動による地震力」を含む。)が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する設計であることをいう。

なお、耐震重要施設については、上記に加え、基準地震動による地震力が作用することによって弱面上のずれ等が発生しないことを含め、基準地震動による地震力に対する支持性能が確保されていることを確認することが含まれる。
- 2 第3条第2項に規定する「変形」とは、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並びに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をいう。

このうち上記の「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」については、広域的な地盤の隆起又は沈降によって生じるもののほか、局所的なものを含む。これらのうち、上記の「局所的なもの」については、支持地盤の傾斜及び撓みの安全性への影響が大きいおそれがあるため、特に留意が必要である。
- 3 第3条第3項に規定する「変位」とは、将来活動する可能性のある断層等が活動することにより、地盤に与えるずれをいう。

また、同項に規定する「変位が生ずるおそれがない地盤に設ける」とは、耐震重要施設が将来活動する可能性のある断層等の露頭がある地盤に設置された場合、その断層等の活動によって安全機能に重大な影響を与えるおそれがあるため、当該施設を将来活動する可能性のある断層等の露頭が無いことを確認した地盤に設置することをいう。

なお、上記の「将来活動する可能性のある断層等」とは、後期更新世以降(約12～13万年前以降)の活動が否定できない断層等とする。

その認定に当たって、後期更新世(約12～13万年前)の地形面又は地層が欠如する等、後期更新世以降の活動性が明確に判断できない場合には、中期更新世以降(約40万年前以降)まで遡って地形、地質・地質構造及び応力場等を総合的に検討した上で活動性を評価すること。なお、活動性の評価に当たって、設置面での確認が困難な場合には、当該断層の延長部で確認される断層等の性状等により、安全側に判断すること。

また、「将来活動する可能性のある断層等」には、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を含む。



(余 白)

1. 評価方針

- 設置許可基準規則における設計基準対象施設の要求事項及び「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」を参照し、次の事項について確認を行う。

【基礎地盤】

1. 活断層の有無

基礎地盤には、将来活動する可能性のある断層等が露頭していないことを確認する。

2. 地震力に対する基礎地盤の安定性

基礎地盤の支持性能について以下を満足することを確認する。

- ① 想定すべり線におけるすべり安全率が1.5を上回ること。
- ② 基礎底面の接地圧が極限支持力度を下回ること。
- ③ 基礎底面の傾斜が1/2,000以下であること。

3. 周辺地盤の変状による重要施設への影響

地震発生に伴う周辺地盤の変状による不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等の影響がないことを確認する。


4. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響

地震発生に伴う地殻変動による基礎地盤の傾斜及び撓みの影響がないことを確認する。

【周辺斜面】

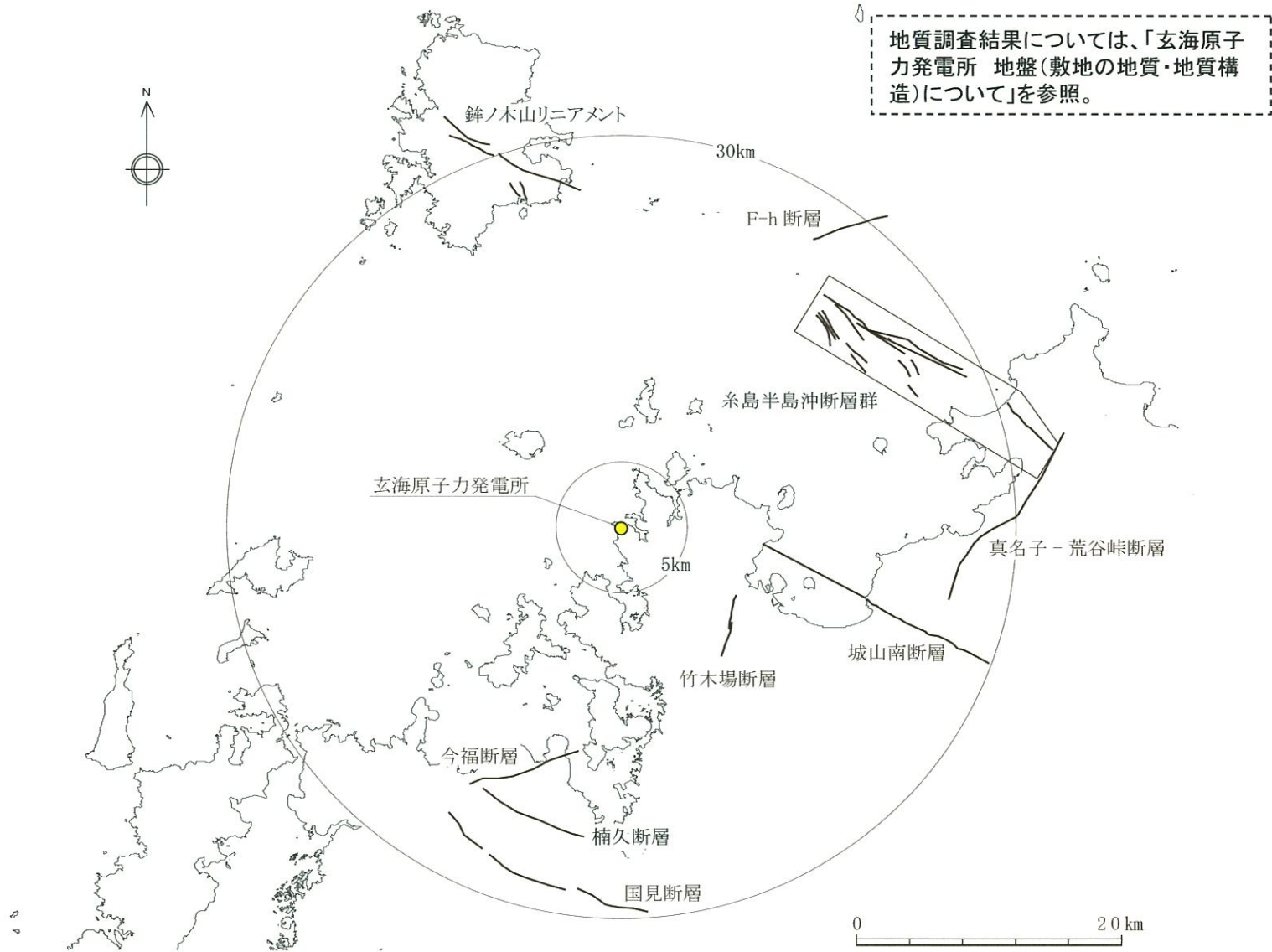
1. 地震力に対する周辺斜面の安定性

想定すべり線におけるすべり安全率が1.2を上回ることを確認する。

- 
1. 評価方針
 - 2. 地質の概要**
 3. 評価対象断面
 4. 解析用物性値
 5. 評価方法
 6. 評価結果
 7. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価
 8. まとめ

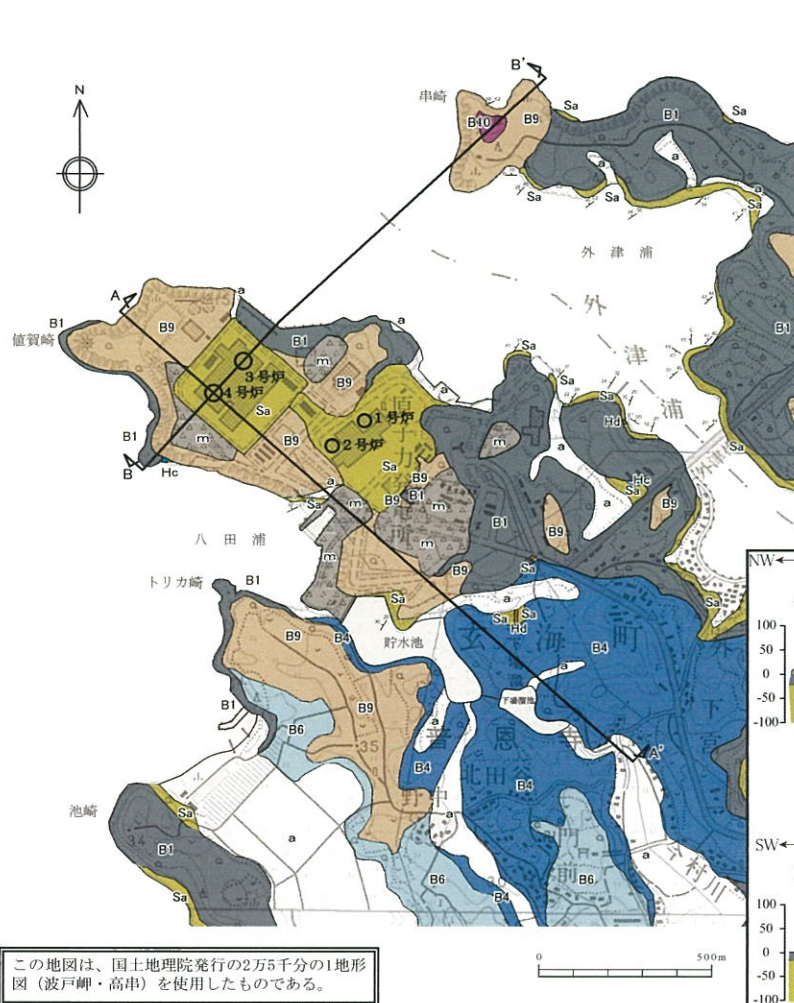
2. 地質の概要

■ 地質調査の結果、敷地内及び敷地近傍には、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している。



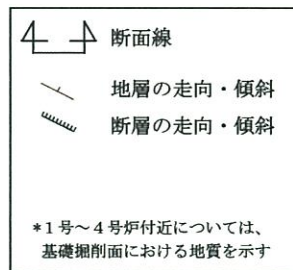
2. 地質の概要（敷地における地質）

- 敷地には、古第三紀漸新世～新第三紀前期中新世の佐世保層群を基盤とし、これに貫入する玢岩、これらを不整合に覆う八ノ久保砂礫層、東松浦玄武岩類等が分布する。



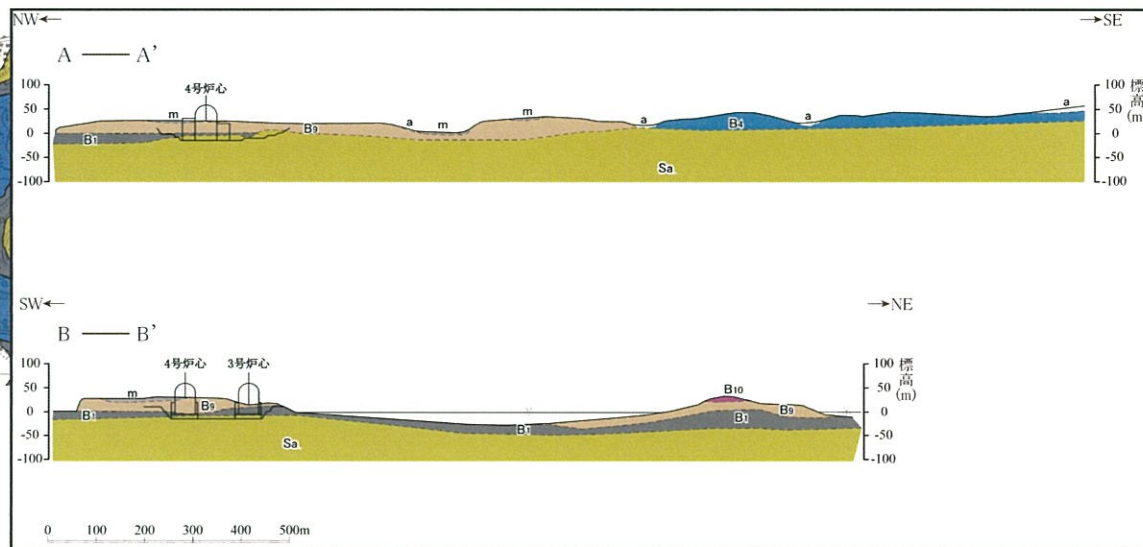
敷地内地質平面図

記号凡例



地質凡例

時代		地層名	
第四紀	m	盛土	
	a	沖積層	
新第三紀	B10	東松浦玄武岩	かんらん石玄武岩
	B9	無斑晶質玄武岩	
	B6		
	B4		
中新世	B1	かんらん石粗粒玄武岩類	
	Hc	八ノ久保砂礫層	
	Hd	肥前粗粒玄武岩類(玢岩)	
古第三紀	漸新世	Sa	佐世保層群



敷地内地質断面図

2. 地質の概要（地質調査位置図）

- 対象施設設置位置は既往調査エリアの範囲内であり、対象施設の基盤となる佐世保層群は同斜構造を示す地質・地質構造である。既往調査時には、対象施設位置で直交する2断面（ $X_{SC}-X_{SC}'$ 及び Y_S-Y_S' ）付近において、60m程度の間隔でボーリングを実施した。

凡 例

- 評価対象施設
- └┘ 評価断面位置
- ボーリング
- ボーリング(傾斜孔)

敷地内調査位置図

2. 地質の概要（対象施設設置位置付近の地質の特徴：地質水平断面図）

- 対象施設設置位置付近の地質は、原子炉施設設置位置と同様に佐世保層群を基盤とし、これに貫入する玢岩と、これらを不整合関係で覆う八ノ久保砂礫層、東松浦玄武岩類及び沖積層によって構成されている。
- 佐世保層群は、N40°～60° E/ 20°～30° NWの走向・傾斜を示す同斜構造を呈している。

地質凡例

地質時代	地層名	地質	
新生代	第四紀	沖積層	表土（盛土等を含む）
	鮮新世	東松浦玄武岩類	無斑晶質玄武岩
			凝灰岩
			かんらん石粗粒玄武岩
	新第三紀	八ノ久保砂礫層	砂礫層
		中新世	肥前粗粒玄武岩類
古第三紀	漸新世	佐世保層群	頁岩
			砂岩

記号凡例

	断層
(G- : 3, 4号坑試掘坑で確認された断層)	
(g- : 1, 2号坑試掘坑で確認された断層)	
(f- : 上記以外の断層)	
	岩種境界線
○	ボーリング
○	ボーリング
	(孔底標高EL. -15.0m以浅)
	(孔口標高EL. -15.0m以深)
	ボーリング(傾斜孔)
○	孔口
EL. -15.0m位置	
	試掘坑
	断面線

地質水平断面図(EL.-15m)

2. 地質の概要（対象施設設置位置付近の地質の特徴：水平岩盤分類図）

■ 対象施設設置位置付近は、①級及び②級を主体とした硬質な岩盤が分布している。



水平岩盤分類図(EL.-15m)

凡例

岩種	岩級
表土（盛土等を含む）	①級岩盤
無斑晶質玄武岩	②級岩盤
凝灰岩	③級岩盤
かんらん石粗粒玄武岩	
八ノ久保砂礫層	
珩岩	
頁岩	
砂岩	

記号凡例

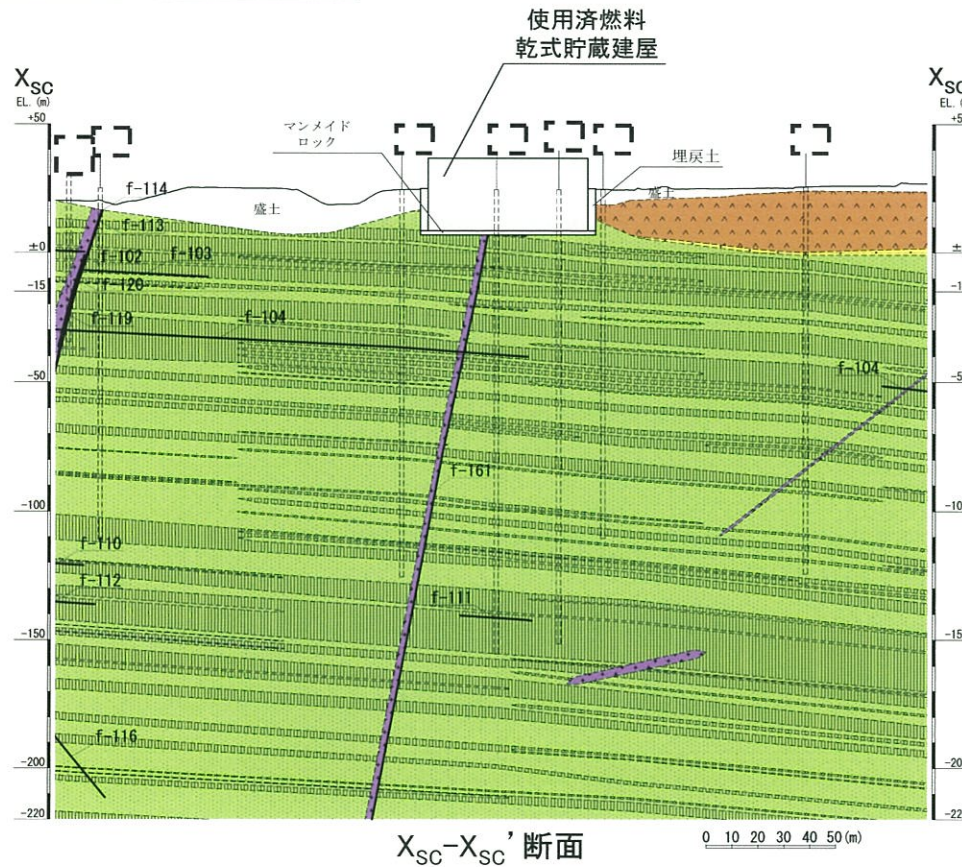
断層	
(G- : 3, 4号炉試掘坑で確認された断層)	
(g- : 1, 2号炉試掘坑で確認された断層)	
(f- : 上記以外の断層)	
岩盤分類線	
岩種境界線	
ボーリング	
ボーリング	
(孔底標高EL. -15.0m以浅 孔口標高EL. -15.0m以深)	
ボーリング(傾斜孔)	
孔口 EL. -15.0m位置	
試掘坑	
断面線	

2. 地質の概要 (地質鉛直断面図: X_{SC}-X_{SC}' 断面)

地質凡例			
地質時代	地層名	地質	
新生代	第四紀	沖積層	表土 (盛土等を含む)
	鮮新世	東松浦玄武岩類	無斑晶質玄武岩
			凝灰岩
			かんらん石粗粒玄武岩
	新第三紀	ハノ久保砂礫層	砂礫層
		肥前粗粒玄武岩類	玢岩
	古第三紀	漸新世	頁岩
			砂岩

記号凡例	
□ ()	ボーリング孔 (投影)
□ ()	試掘坑 (投影)
- - -	岩種境界線
—	断層

(G- : 3.4号炉試掘坑で確認された断層)
 (g- : 1,2号炉試掘坑で確認された断層)
 (f- : 上記以外の断層)



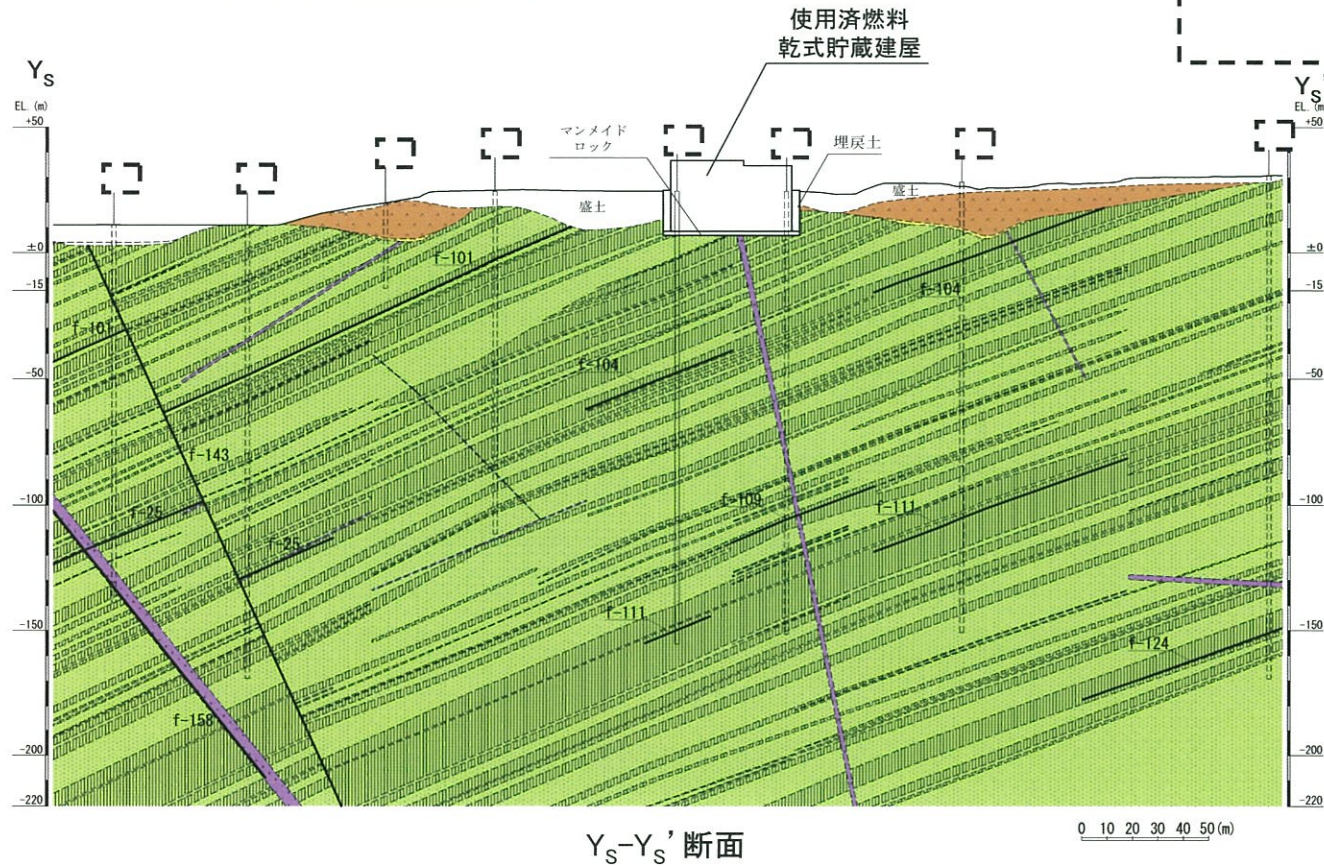
断面位置図

2. 地質の概要 (地質鉛直断面図: Y_S-Y_S' 断面)

地質凡例				
地質時代	地層名	地質		
新生代	第四紀	沖積層	表土 (盛土等を含む)	
	鮮新世	東松浦玄武岩類	無斑晶質玄武岩	
			凝灰岩	
			かんらん石粗粒玄武岩	
	新第三紀	八ノ久保砂礫層	砂礫層	
			肥前粗粒玄武岩類	玢岩
	中新世	佐世保層群	頁岩	
			砂岩	
	古第三紀	漸新世		

記号凡例	
□ (○)	ボーリング孔 (投影)
□ (□)	試掘坑 (投影)
---	岩種境界線
—	断層

(G: 3, 4号炉試掘坑で確認された断層)
 (g: 1, 2号炉試掘坑で確認された断層)
 (f: 上記以外の断層)

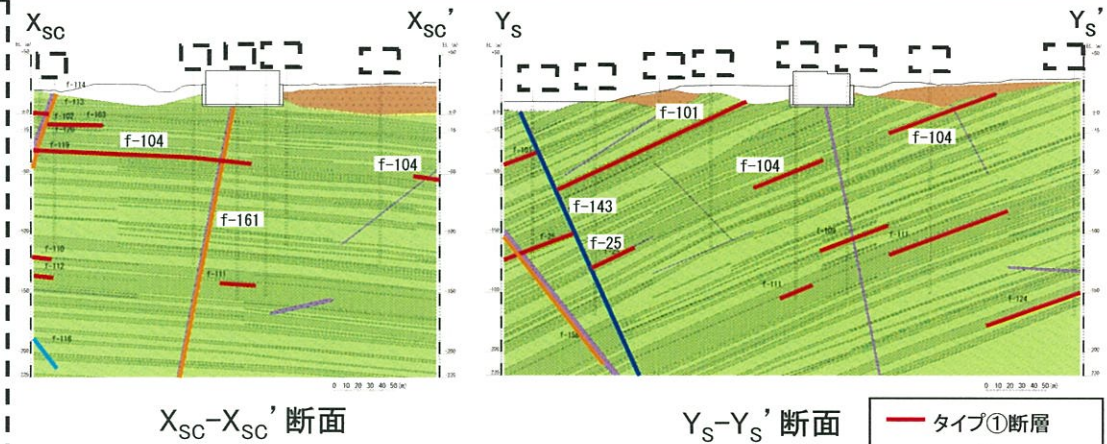


- 
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 - 3. 評価対象断面**
 4. 解析用物性値
 5. 評価方法
 6. 評価結果
 7. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価
 8. まとめ

- 
- 3. 評価対象断面
 - 3.1 基礎地盤
 - 3.2 周辺斜面

3.1 基礎地盤（対象施設設置位置付近の断層の特徴）

- 対象施設設置位置付近の地質は佐世保層群を基盤としており、対象施設設置位置付近には佐世保層群の層理に沿う断層であるタイプ①断層が最も多く認められる。
- 対象施設設置位置付近に認められる4つの断層タイプの断層について、特徴は以下の通り。
 - タイプ①断層については、連続性を有するf-101断層、f-104断層等が認められる。
 - タイプ②-1断層については、分布の割合は少なく、連続性を有さない。
 - タイプ②-2断層については、連続性を有するf-143断層が認められる。
 - タイプ③断層については、施設直下に高角度傾斜のf-161断層が認められる。



—	タイプ①断層
—	タイプ②-1断層
—	タイプ②-2断層
—	タイプ③断層

地質水平断面図(EL.-15m)

地質凡例		地層名	地質	
新生代	第四紀	沖積層	表土(盛土等を含む)	
		無斑晶質玄武岩		
	鮮新世	東松浦玄武岩類	凝灰岩	
			かんらん石粗粒玄武岩	
	新第三紀	ハノ久保砂礫層	砂礫層	
		中新世	肥前粗粒玄武岩類	玢岩
			佐世保層群	頁岩
古第三紀	漸新世	砂岩		

記号凡例

— 断層
 (G: 3, 4号試験掘坑で確認された断層)
 (g: 1, 2号試験掘坑で確認された断層)
 (f: 上記以外の断層)

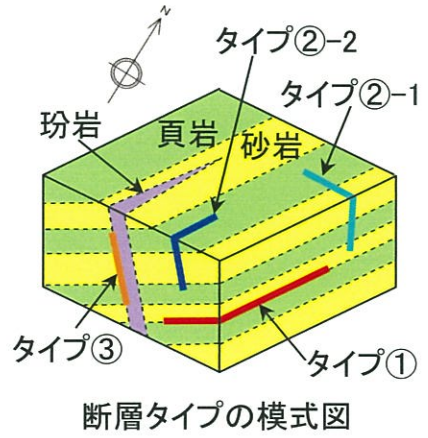
- - - 岩種境界線

○ ボーリング
 ○ ボーリング
 (孔底標高EL. -15.0m以浅)
 (孔口標高EL. -15.0m以深)
 ○ ボーリング(傾斜孔)

○ EL. -15.0m位置

□ □ □ □ 試験掘坑

└─┬─┘ 断面線



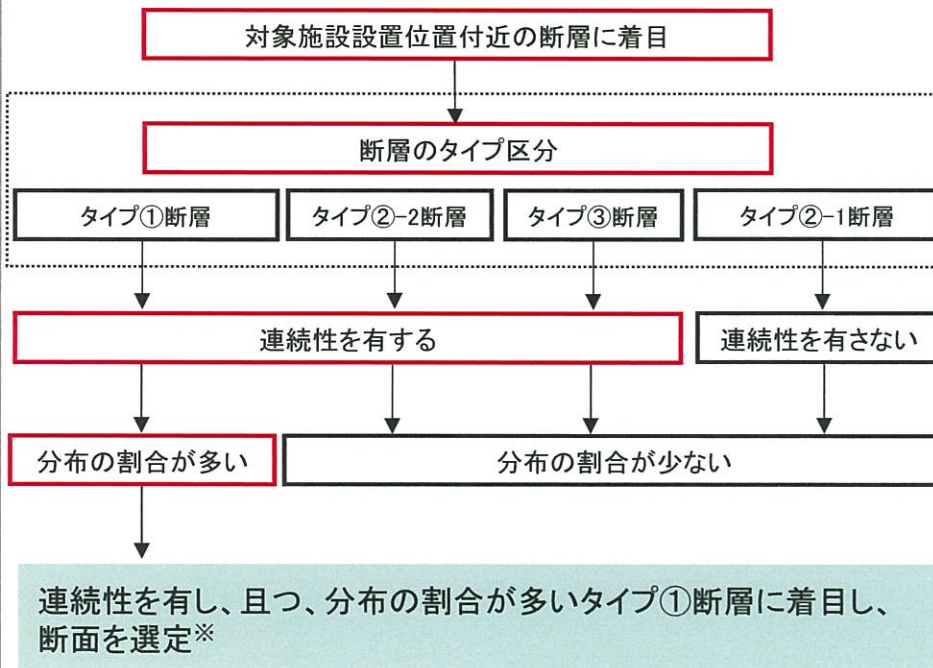
対象施設設置位置付近の断層タイプ

断層タイプ	性状
①	佐世保層群の層理に沿う断層
②-1	佐世保層群の層理に斜交するNW走向の断層
②-2	佐世保層群の層理に斜交するNE走向の断層
③	佐世保層群に貫入した玢岩に沿う断層

3.1 基礎地盤（評価対象断面の選定の考え方）

- 対象施設設置位置付近において連続性を有し、且つ、分布の割合が多い断層は、タイプ①断層（f-104断層等）である。
- すべり安全率が厳しいと想定されるタイプ①断層の傾斜方向である Y_S-Y_S' 断面及びそれに直交する $X_{SC}-X_{SC}'$ 断面の2断面を評価対象断面として選定する。

評価対象断面選定のフロー



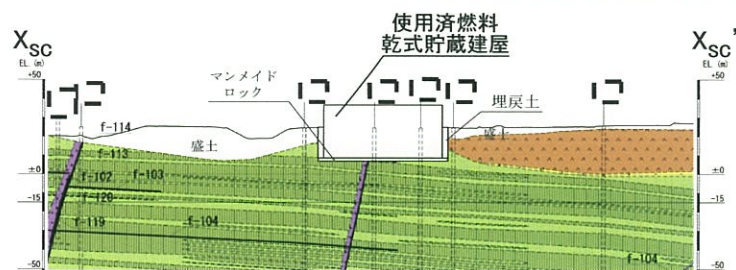
※タイプ①断層以外に連続性を有する断層としてf-143断層、f-161断層が認められるものの、これらの断層についても以下の特徴からタイプ①断層に着目し選定した断面で考慮できることを確認した。

- ・f-143断層は、タイプ①断層と同走向・逆傾斜である。
- ・f-161断層は、高角度傾斜の断層であり、断面方向による見かけの傾斜角度の変化が小さい。

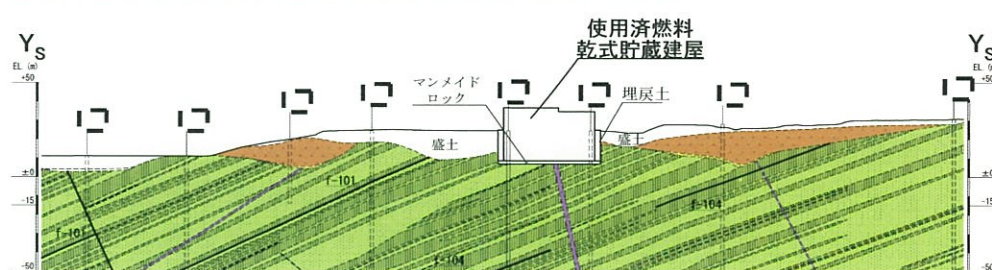
3.1 基礎地盤（盛土及び表土の分布状況）

追加

- 対象施設設置位置付近の盛土・表土の等層厚線図から、盛土・表土は最も厚い箇所で16m程度である。
- $X_{SC}-X_{SC}'$ 断面及び Y_S-Y_S' 断面は、盛土・表土の最も厚い箇所を通ることから、当評価対象断面で盛土・表土の影響を考慮した評価が可能である。



$X_{SC}-X_{SC}'$ 断面



Y_S-Y_S' 断面



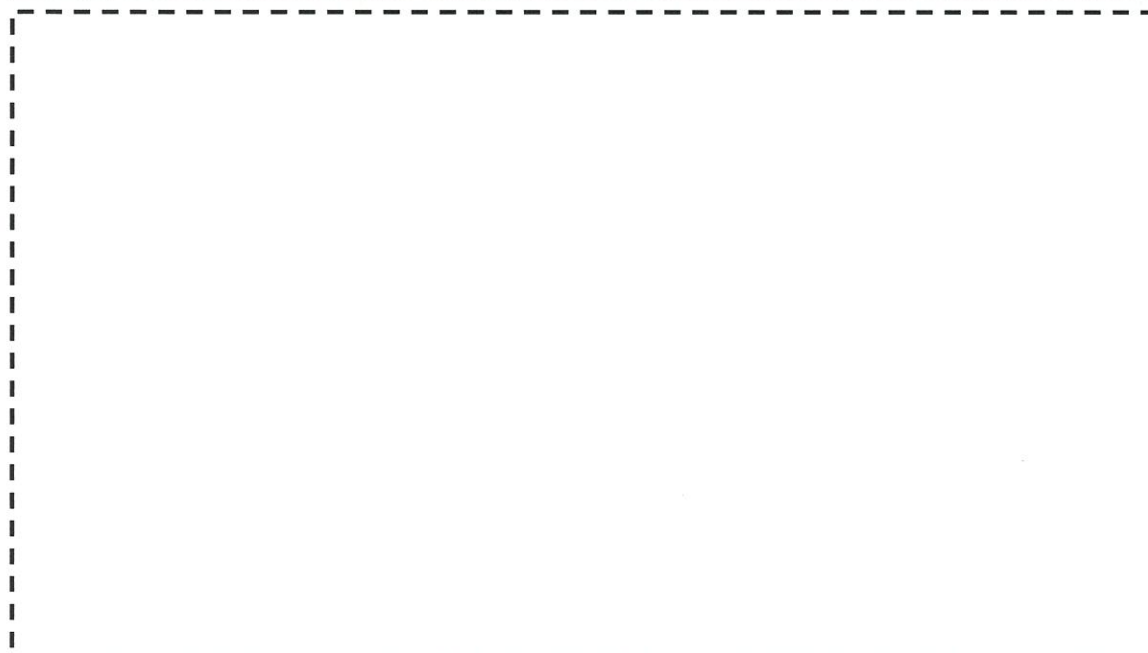
(余 白)

- 
- 3. 評価対象断面**
 - 3.1 基礎地盤
 - 3.2 周辺斜面**

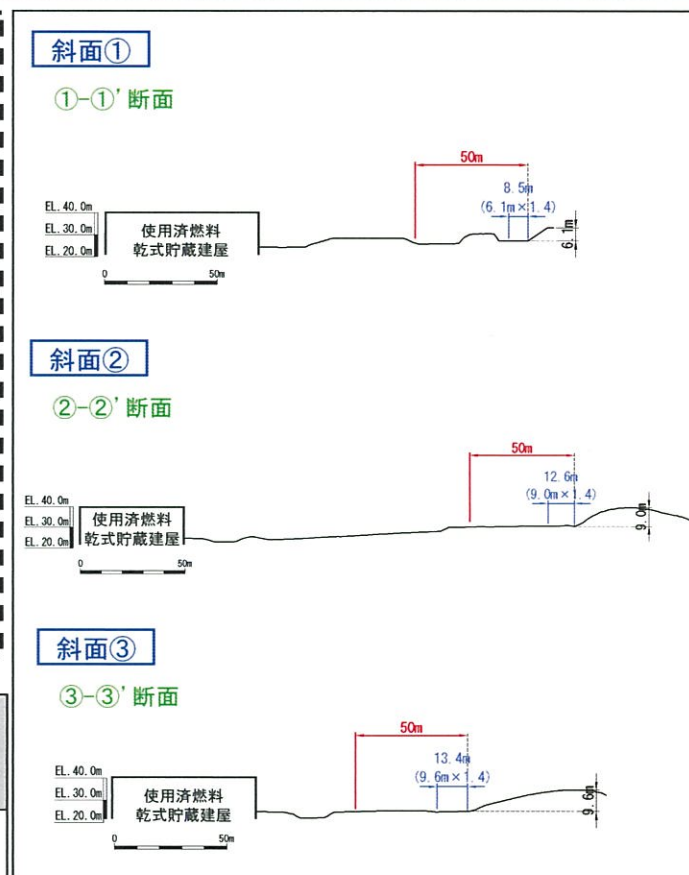
3. 評価対象断面（評価対象斜面の選定）

更新

- 周辺斜面選定にあたって、「宅地防災マニュアルの解説」を参考に、水平面とのなす角度が30度以上、又は、斜面高さが5m以上のいずれかに該当する斜面を抽出する。
- 対象施設の周辺には、下図の3箇所の周辺斜面（斜面①～③）が存在する。
- 文献※に基づく斜面崩壊に伴う土砂の到達距離を考慮し、対象施設と周辺斜面との離隔距離が法尻から50mの範囲以内、あるいは法尻から1.4H（斜面高さ×1.4）の範囲以内のいずれかに該当する場合、その周辺斜面を評価対象斜面として選定する。
- 斜面①～③は対象施設に対して十分な離隔距離があると判断できるため、評価対象斜面とすべき斜面は存在しない。




周辺斜面位置図



	斜面の性状			対象施設との 離間距離L	スクリーニング結果 ○: 評価対象 ×: 評価対象外
	高さH	勾配	地質		
斜面①	約6.1m	約1:1.4	㊸級主体の 岩盤斜面	約120m(約20H)	対象施設との離間距離が十分ある。 ×
斜面②	約9.0m	約1:2.8	㊸級主体の 岩盤斜面	約180m(約20H)	同上。 ×
斜面③	約9.6m	約1:5.0	㊸級主体の 岩盤斜面	約90m(約9.3H)	同上。 ×

※「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」、
「土質工学ハンドブック」、「土木工学ハンドブック」
「土砂災害防止法」、「宅地防災マニュアルの解説」

- 
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 3. 評価対象断面
 4. **解析用物性値**
 5. 評価方法
 6. 評価結果
 7. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価
 8. まとめ

4. 解析用物性値（岩盤分類について）

平成31年3月19日
まとめ資料
TJ-015改(P-30)再掲

- 当該地点の基礎地盤は、主に中硬岩主体であることから、硬岩を対象とした電研式岩盤分類の適用は不適切と判断し、独自の岩盤分類を実施。
- 岩盤分類は、当該地点の岩盤特性を考慮し、風化の程度、硬さ、割れ目状態等により①、②、③級の三段階としている。
- 弱層部は、地質観察結果に基づき断層及びシームに分類。

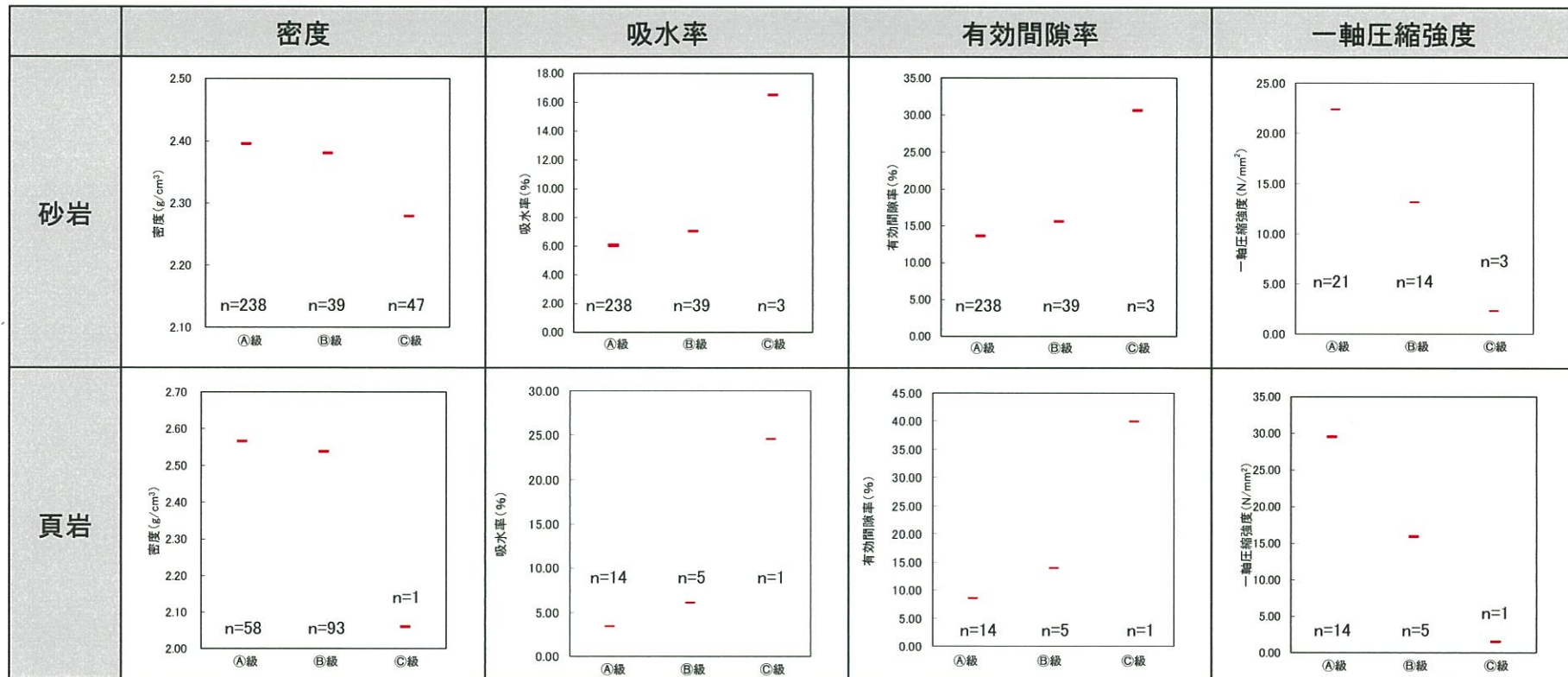
岩盤分類	性 状
① 級	<p>岩石組織は新鮮、緻密でほとんど風化していない。 砂岩は塊状で節理は少なく、あっても節理面は密着している。 頁岩は剥離を有し、剥離面は密着している。 玢岩・玄武岩は硬質で、節理を有する。節理面は密着している。</p>
② 級	<p>岩石組織は緻密であるが、比較的新鮮なものと、やや風化して黄褐色に変色したものを混在する。 砂岩は塊状で節理は少ないが、節理面は褐色に汚染されている場合が多く、ゆるみが認められる。 頁岩は組織内に剥離及び不規則な節理を有し、それらの面にゆるみが認められ、局所的に軟質な部分を伴う。 玢岩・玄武岩は硬質であるが、一部節理面、岩石境界面沿いに風化した軟質部を伴う。また節理面にはゆるみが認められる。</p>
③ 級	<p>岩石組織は全て褐色に変色し、風化して軟質である。 また、粘性土化し、岩石組織を残存しない部分を伴う。 砂岩は比較的節理が発達し、節理面はゆるんでいる。 頁岩は剥離、節理が顕著に発達し、それらの面はゆるみ、粘土を挟在する。 玢岩・玄武岩は一部硬質部を残すが、大部分は軟質である。また、節理面沿いに砂状～粘土状を呈し、節理面は不明瞭である。</p>

分類(弱層部)	性 状
断層	岩石が破碎されて粘土化、角礫化し、本来の構造が乱されているもの
シーム	細かい割れ目が発達し、鱗片状を呈し一部軟質化しているが、本来の構造に著しい乱れが認められないもの

4. 解析用物性値（岩盤分類について）

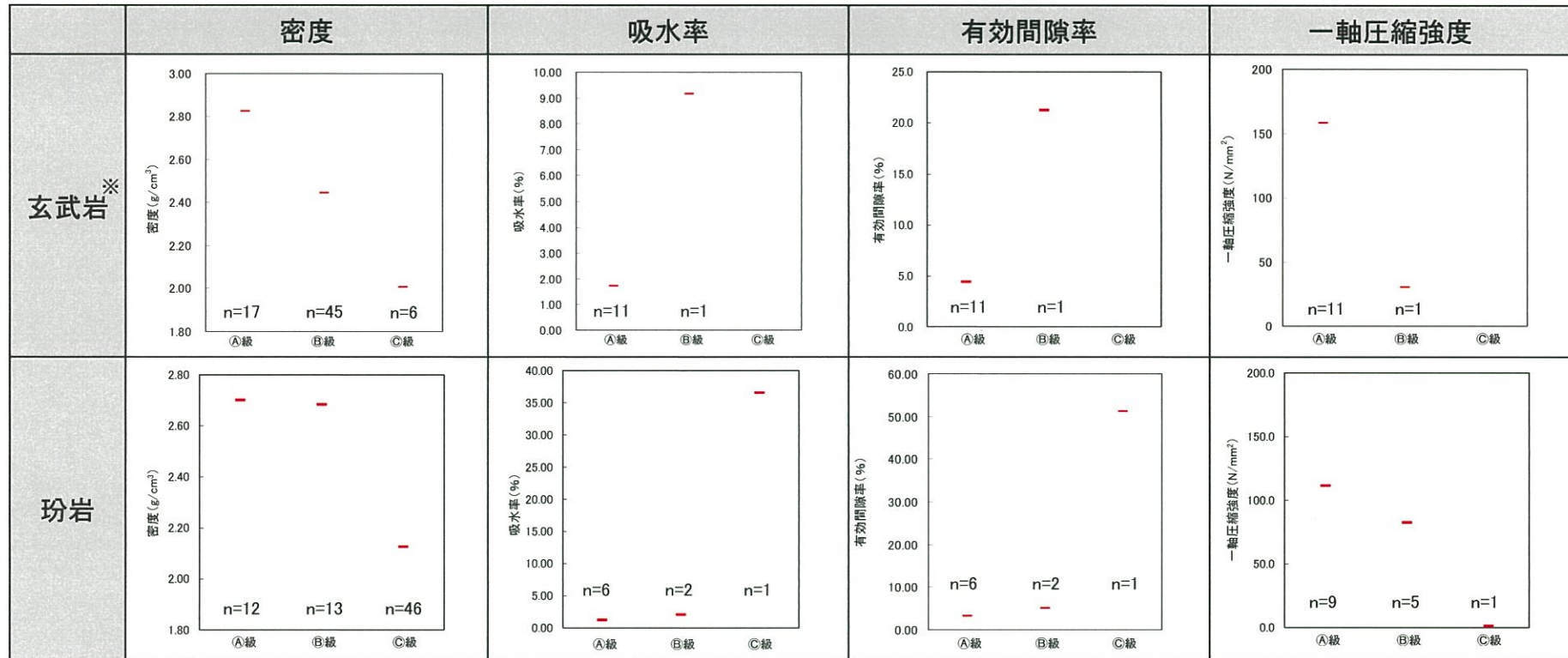
平成31年 3月19日
まとめ資料
TJ-015改(P-31)再掲

- 岩盤分類の妥当性を検証するため、各種調査・試験結果と岩級区分の対応について検討を実施。
- 下表のとおり、物理特性・力学特性ともに、概ね①、②、③級の序列を示すことから、当該地点の岩盤分類は妥当であると判断される。



4. 解析用物性値（岩盤分類について）

平成31年3月19日
まとめ資料
TJ-015改(P-32)再掲



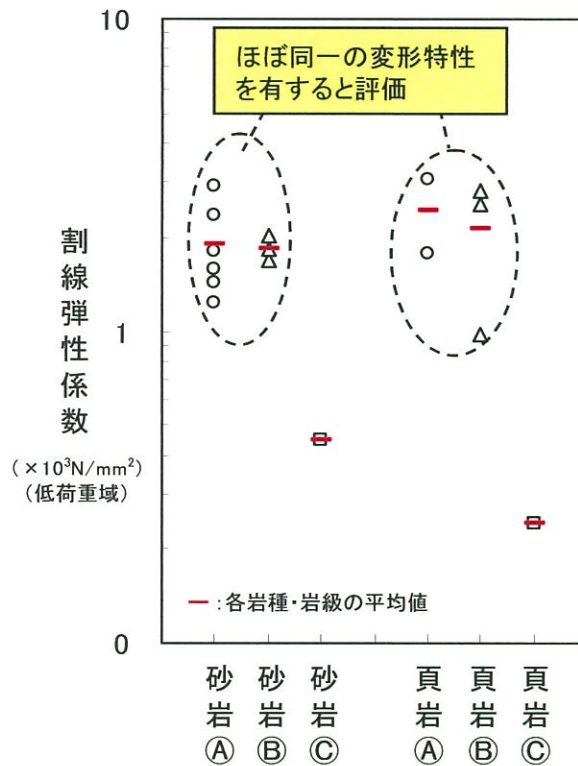
※ 炉心周辺のボーリング及び試掘坑の試料の試験結果を示しているが、C級については試料が得られていない。なお、解析に用いる密度は、岩盤試験位置周辺で採取した試料の試験結果を含めて示している。

4. 解析用物性値（岩盤分類について）

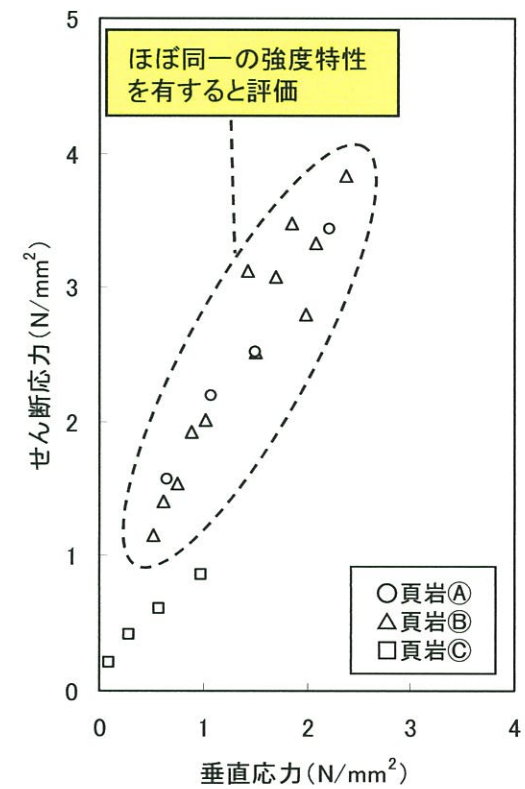
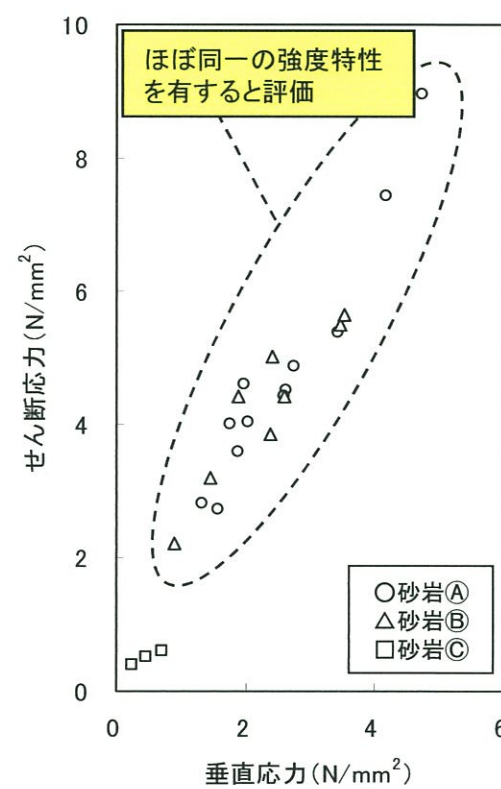
平成31年 3月19日
まとめ資料
TJ-015改 (P-33) 再掲

- 試掘坑内で実施した岩盤試験結果より、砂岩及び頁岩の①・②級は、ほぼ同一の変形特性、強度特性を示す。
- 一方、砂岩及び頁岩の③級は、変形特性、強度特性ともに①・②級と明瞭な差を示す。
- 以上のことから、砂岩及び頁岩の解析用物性値は、①・②級を同一グループとし、①・②級と③級の2つに区分する。

変形特性

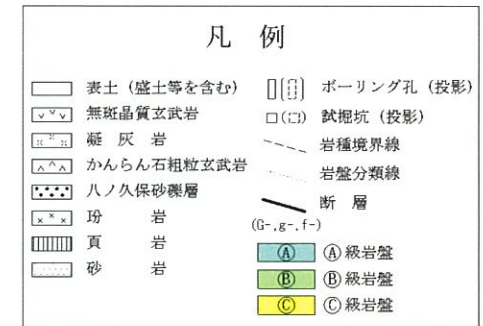
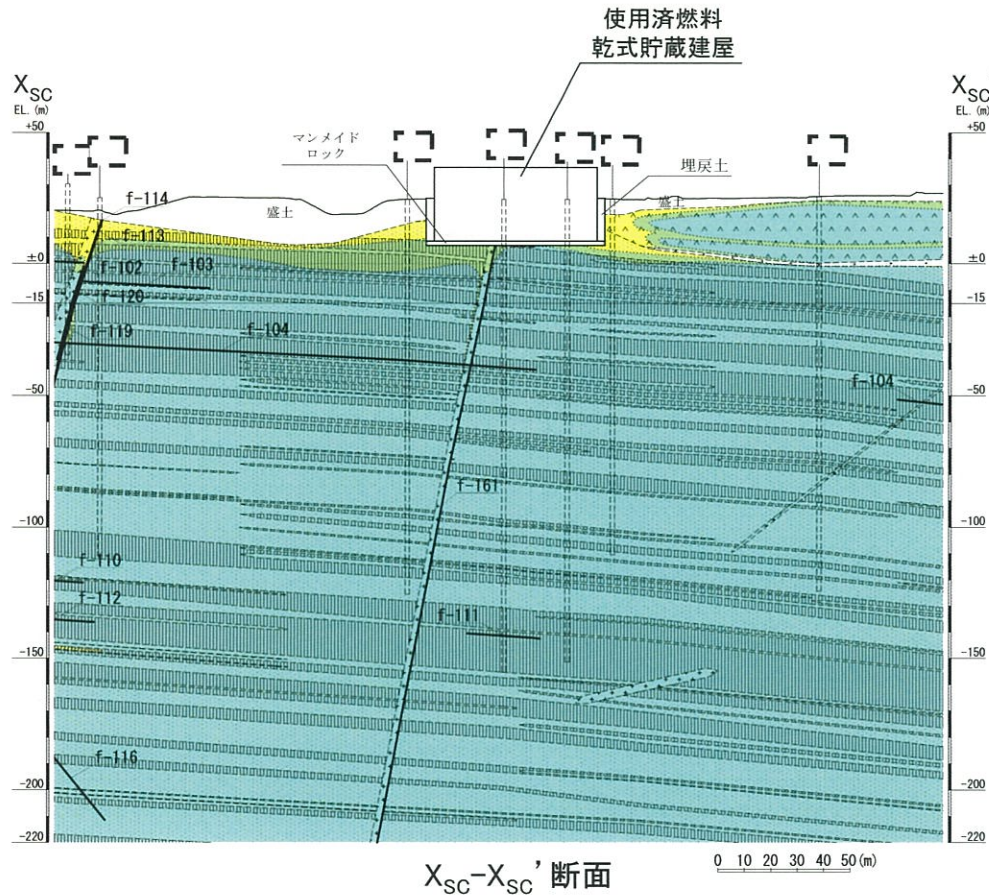


強度特性



4. 解析用物性値（解析用岩盤分類について： $X_{SC}-X_{SC}'$ 断面）

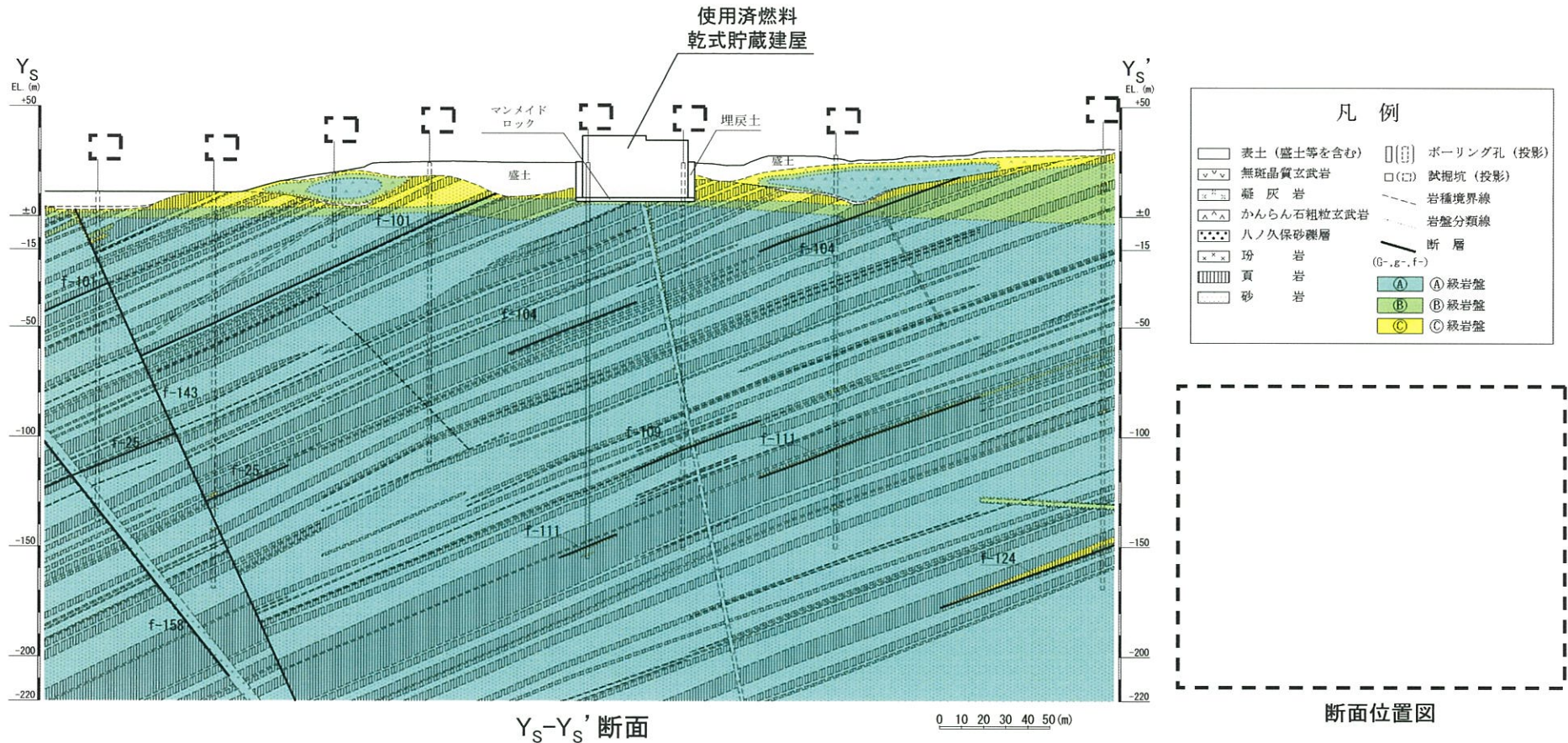
■対象施設の地盤は、①級及び②級を主体とした硬質な岩盤で構成される。



断面位置図

4. 解析用物性値（解析用岩盤分類について:Y_S-Y_S'断面）

■対象施設の地盤は、①級及び②級を主体とした硬質な岩盤で構成される。



4. 解析用物性値 (解析用物性値一覧表)

平成31年 3月19日
まとめ資料
TJ-015改 (P-42) 再掲

■ 地震応答解析に用いる岩盤や断層等の物性値は、各種試験結果や慣用値等に基づき設定。

物性値		物理特性	強度特性			変形特性									
			密度 ρ (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)	動的変形特性		静的変形特性						
岩種・岩級						動せん断弾性係数 G_d ($\times 10^3$ N/mm ²)	動ポアソン比 ν_d	減衰定数 h (%)	静弾性係数 E_s ($\times 10^3$ N/mm ²)	静ポアソン比 ν_s					
砂岩	ⒶⒷ級	密度試験結果 2.39	-----岩盤せん断試験結果----- 0.84 56.4 1.71 $\sigma^{0.82}$			PS検層による速度層毎の V_s 、 V_p 及び密度により算定			慣用値 ^{※3} 3	岩盤変形試験結果 1.88	一軸圧縮試験結果 0.25				
	Ⓒ級	密度試験結果 2.27	-----岩盤せん断試験結果----- 0.30 22.6 0.51 $\sigma^{0.35}$							岩盤変形試験結果 0.45	慣用値 ^{※3} 0.30				
頁岩	ⒶⒷ級	密度試験結果 2.55	-----岩盤せん断試験結果----- 0.67 52.6 1.50 $\sigma^{0.78}$							岩盤変形試験結果 (層理に直角) 0.89 (層理に平行) 3.03	慣用値 ^{※3} (層理に直角) 0.10 (層理に平行) 0.30				
	Ⓒ級	密度試験結果 2.06	-----岩盤せん断試験結果----- 0.17 35.5 0.73 $\sigma^{0.70}$							岩盤変形試験結果 (層理に直角) 0.10 (層理に平行) 0.33	慣用値 ^{※3} (層理に直角) 0.10 (層理に平行) 0.30				
玄武岩	Ⓐ級	密度試験結果 2.82	-----玢岩Ⓐ級を使用----- 2.51 56.4 2.75 $\sigma^{0.80}$							砂岩ⒶⒷ級に基づき算定	一軸圧縮試験結果 0.22				
	Ⓑ級	密度試験結果 2.45	-----玢岩Ⓑ級を使用----- 1.86 56.4 2.53 $\sigma^{0.78}$									砂岩ⒶⒷ級に基づき算定	一軸圧縮試験結果 0.26		
	Ⓒ級	密度試験結果 2.01	-----玢岩Ⓒ級を使用----- 0.42 41.5 1.09 $\sigma^{0.50}$									砂岩ⒶⒷ級に基づき算定	一軸圧縮試験結果 0.33		
玢岩	Ⓐ級	密度試験結果 2.70	-----砂岩ⒶⒷ級に基づき算定----- 2.51 56.4 2.75 $\sigma^{0.80}$									砂岩ⒶⒷ級に基づき算定	一軸圧縮試験結果 0.27		
	Ⓑ級	密度試験結果 2.68	-----砂岩ⒶⒷ級に基づき算定----- 1.86 56.4 2.53 $\sigma^{0.78}$									砂岩ⒶⒷ級に基づき算定	一軸圧縮試験結果 0.29		
	Ⓒ級	密度試験結果 2.12	-----岩盤せん断試験結果----- 0.42 41.5 1.09 $\sigma^{0.50}$									岩盤変形試験結果	一軸圧縮試験結果 0.36		
凝灰岩	Ⓒ級	密度試験結果 1.90	-----玄武岩Ⓒ級を使用----- 0.42 41.5 1.09 $\sigma^{0.50}$									玄武岩Ⓒ級を使用	玄武岩Ⓒ級を使用 0.33		
八ノ久保 砂礫層	—	密度試験結果 2.00	-----静的三軸圧縮試験結果----- 0.27 21.4 $\sigma \tan 21.4^\circ$									砂岩ⒶⒷ級に基づき算定	慣用値 ^{※3} 0.30		
シーム	—	密度試験結果 2.10	-----静的三軸圧縮試験結果----- 0.06 19.6 $\sigma \tan 19.6^\circ$									繰返し三軸試験結果 $G_0=0.308 \sigma_m^{0.45}$ $G/G_0=1/(1+457 \gamma^{0.76})$	繰返し三軸試験結果 $h=[\gamma/(1.803 \gamma+0.006)+0.061] \times 100$	静的三軸圧縮試験結果 $0.051 \sigma_3^{0.49}$	慣用値 ^{※3} 0.40
断層	—	密度試験結果 2.04	-----静的三軸圧縮試験結果----- 0.03 16.1 $\sigma \tan 16.1^\circ$									繰返し三軸試験結果 $G_0=0.287 \sigma_m^{0.70}$ $G/G_0=1/(1+447 \gamma^{0.82})$	繰返し三軸試験結果 $h=[\gamma/(4.609 \gamma+0.007)+0.052] \times 100$	静的三軸圧縮試験結果 $0.076 \sigma_3^{0.64}$	
埋戻土 ^{※1} ^{※2}	—	密度試験結果 1.99	-----静的三軸圧縮試験結果----- 0.02 28.3 $\sigma \tan 28.3^\circ$			繰返し三軸試験結果 $G_0=0.298 \sigma_m^{0.86}$ $G/G_0=1/(1+114 \sigma^{0.67})$	繰返し三軸試験結果 $h=[\gamma/(7.700 \gamma+0.006)+0.026] \times 100$	静的三軸圧縮試験結果 $0.037 \sigma_3^{0.65}$							
マンメイド ロック	—	慣用値 ^{※3} 2.35	—			E_s 及び ν_d より算定 8.6	慣用値 ^{※3} 0.20	慣用値 ^{※3} 5	設計基準強度より算定 20.6			慣用値 ^{※3} 0.20			

※1 表土(盛土等を含む)の物性値については、埋戻土の物性値を用いる。

※2 埋戻土については、原子炉周辺でサンプリングした試料による試験結果を基に物性値を設定。新設の建物・構築物周辺においても、同等以上の強度特性を有する材料にて埋戻すこととしている。

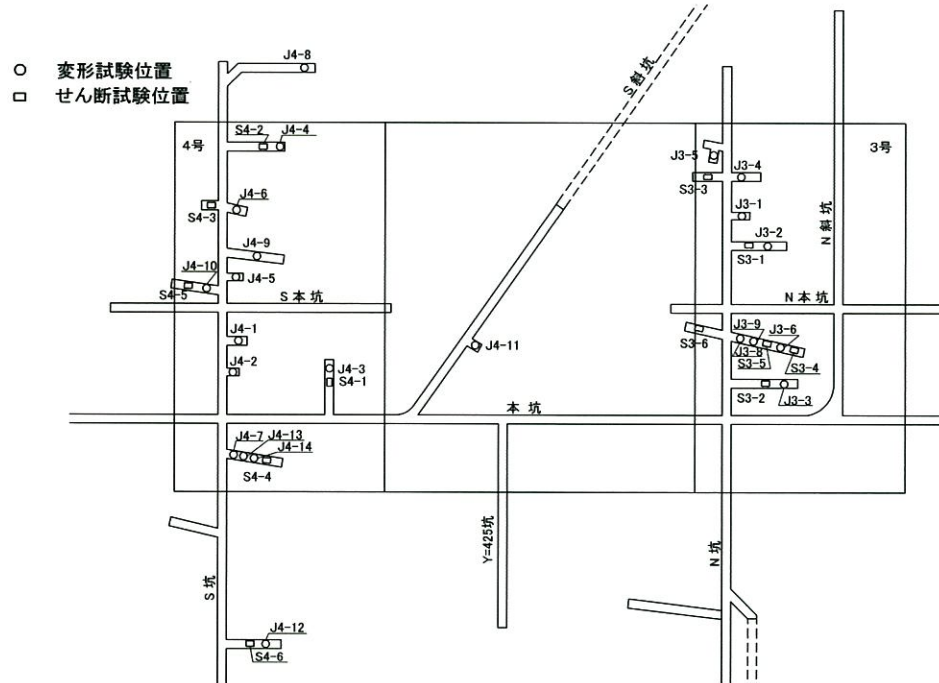
※3 原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術(技術資料)(土木学会原子力土木委員会、2009年2月)、岩盤斜面の安定解析と計測((社)土木学会、平成6年12月)、

原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説((社)日本建築学会、2005制定)等を参考に設定。

4. 解析用物性値（岩盤の物性値）

平成31年3月19日
まとめ資料
TJ-015改(P-43)再掲

■ 岩盤の解析用物性値は、試掘坑で実施した岩盤せん断試験及び岩盤変形試験等により設定。



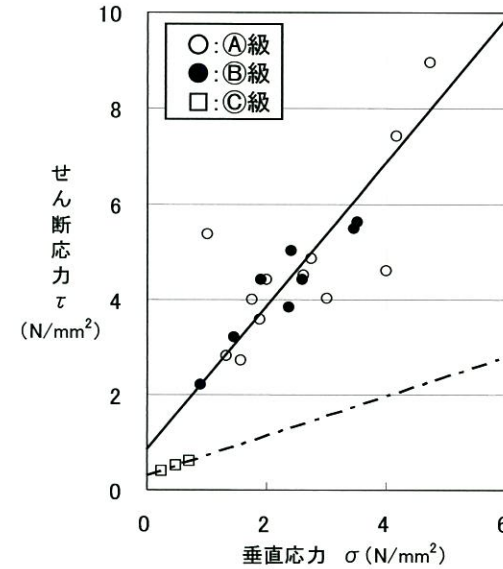
(岩盤せん断試験)

	試験位置	岩種	岩盤分類	備考
3号側	S3-1~2	砂岩	(A)	
	S3-3		(B)	
	S3-4	頁岩	(B)	流れ目
	S3-5			差し目
	S3-6			層理に平行
4号側	S4-1	砂岩	(A)	
	S4-2		(B)	
	S4-3	(C)		
	S4-4	頁岩	(A)	
	S4-5		(C)	
	S4-6		(C)	

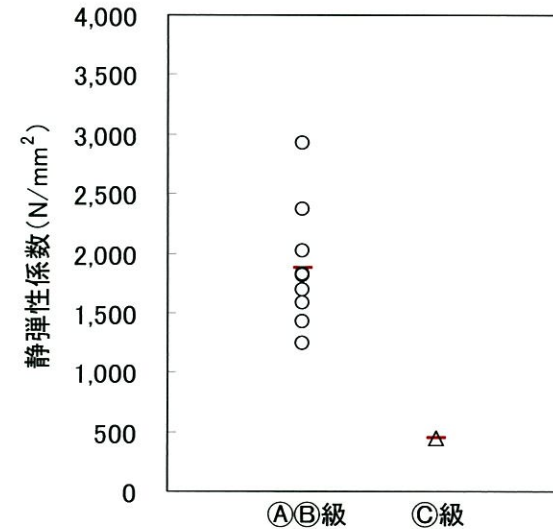
(岩盤変形試験)

	試験位置	岩種	岩盤分類	備考	
3号側	J3-1~3	砂岩	(A)		
	J3-4		(B)		
	J3-5	頁岩	(A)		
	J3-6		(B)	層理に直角	
	J3-8			層理に平行	
	J3-9				
	4号側	J4-1~3	砂岩	(A)	
		J4-4~5		(B)	
		J4-6	(C)		
J4-7		頁岩	(A)		
J4-8~9			(B)		
J4-10			(C)		
J4-11		玢岩	(B)		
J4-12			(C)		
J4-13	頁岩	(A)	層理に直角		
J4-14			層理に平行		

原位置試験実施位置



岩盤せん断試験結果(砂岩)

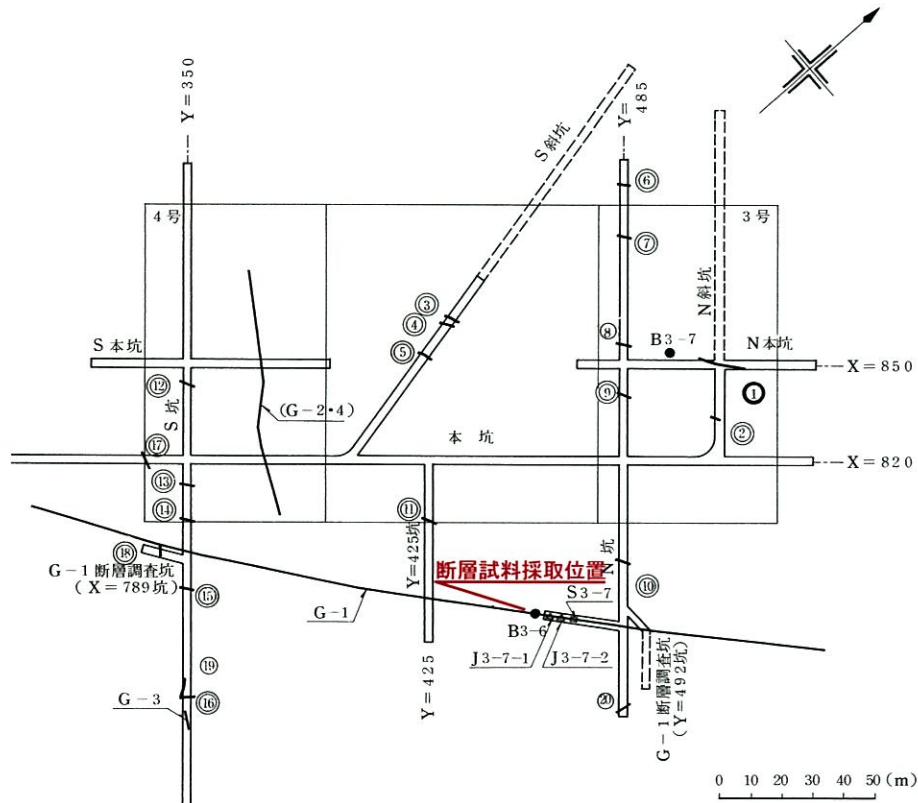


岩盤変形試験結果(砂岩)

4. 解析用物性値（断層の物性値）

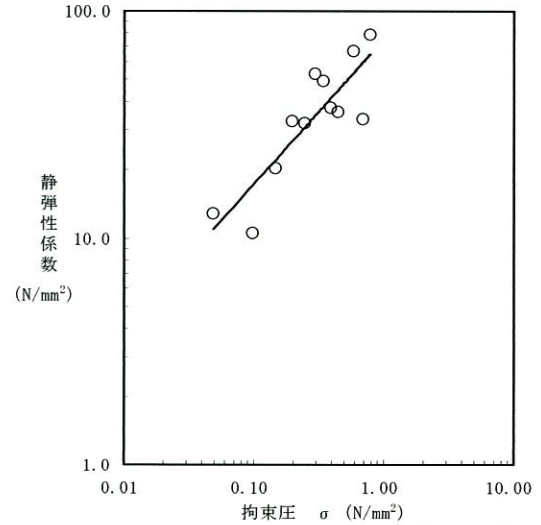
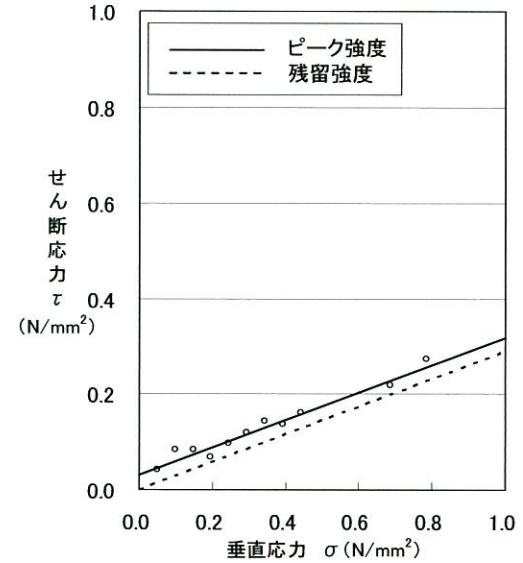
平成31年3月19日
まとめ資料
TJ-015改(P-44)再掲

■ 断層の解析用物性値は、試掘坑内で採取したブロック試料による静的三軸圧縮試験等により設定。



凡 例	
△ 変形及び支持力試験位置 (G-1断層)	○ シーム (円内はシーム番号)
□ セン断試験位置 (G-1断層)	◎ 物理試験試料を採取したシーム
● ブロックサンプル採取位置 (G-1断層及びシーム①)	⊙ 力学試験試料を採取したシーム

試料採取位置







静的三軸圧縮試験結果(断層)

4. 解析用物性値（速度構造）

■ 対象施設設置位置付近の速度構造を把握するために、ボーリング孔においてPS検層を実施している。



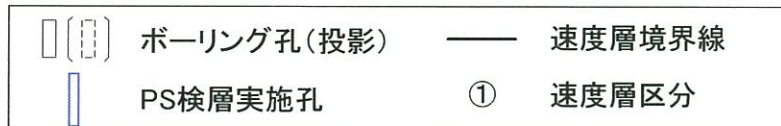
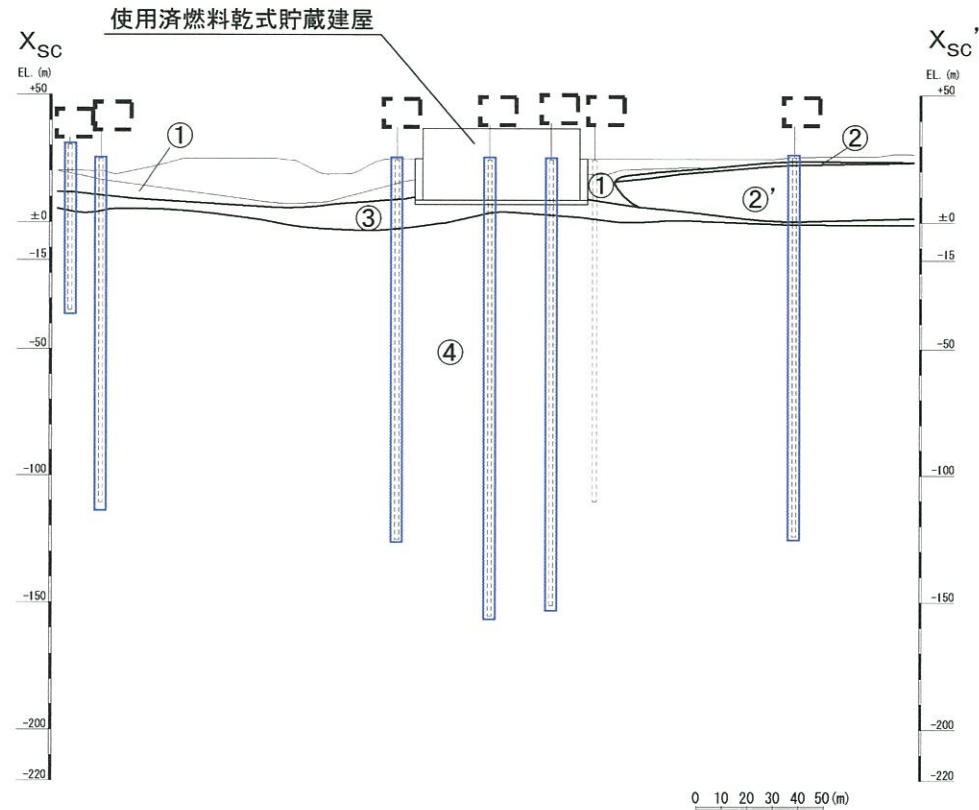
凡 例

-  評価断面位置
-  ボーリング
-  ボーリング(傾斜孔)
-  PS検層実施孔

PS検層実施位置図(ボーリング孔)

4. 解析用物性値（速度構造： $X_{SC}-X_{SC}'$ 断面）

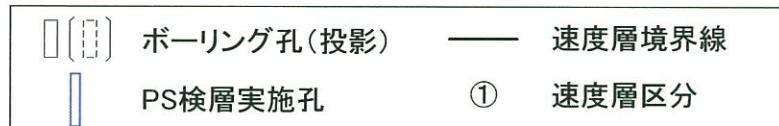
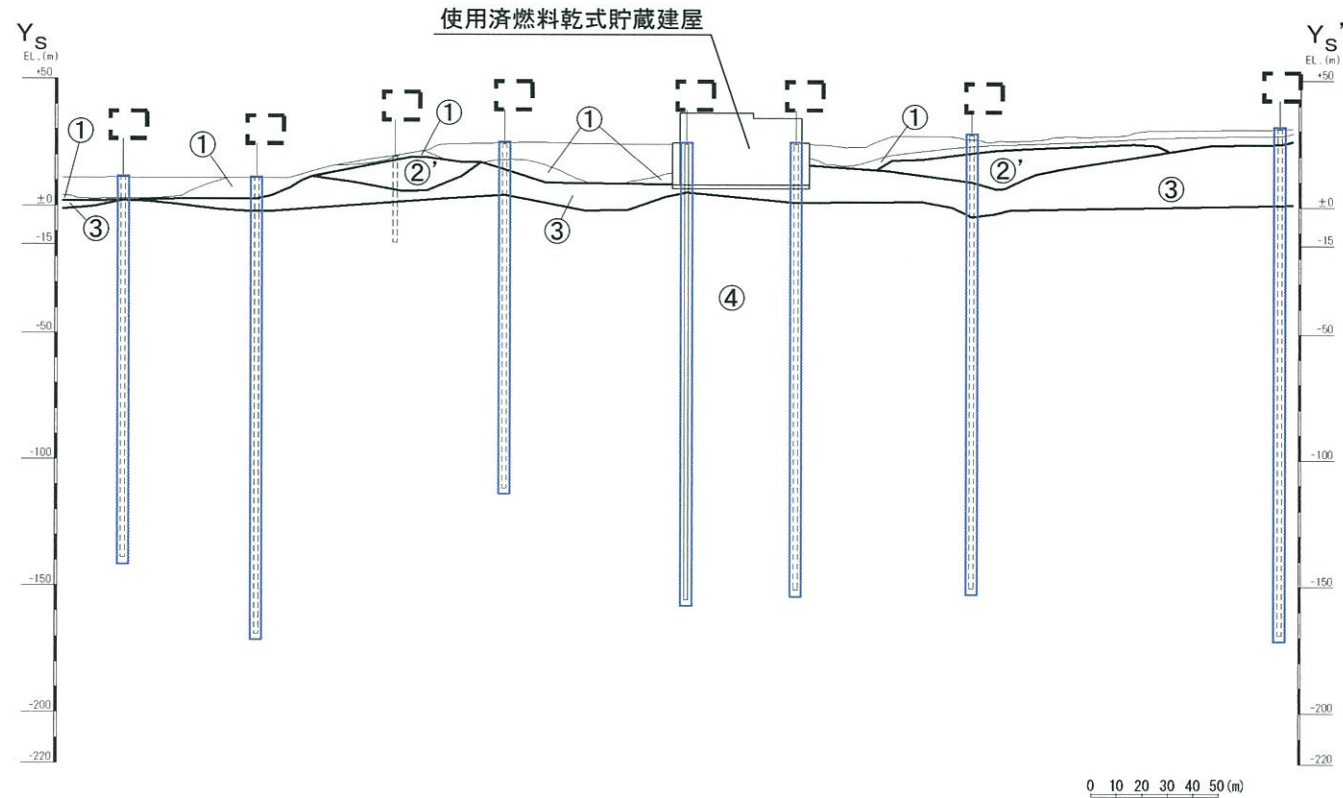
- PS検層結果及び地質構造に基づき、基礎地盤の速度構造を①～④速度層に区分。
- 対象施設は、③速度層($V_s=0.75\text{km/s}$)の硬質な岩盤上に設置されている。



速度層区分	V_p (km/s)		V_s (km/s)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
①	0.92	0.25	0.26	0.05
②	2.06	0.66	0.84	0.24
②'	4.46	0.38	2.32	0.32
③	2.22	0.28	0.75	0.16
④	3.36	0.11	1.62	0.08

4. 解析用物性値（速度構造: $Y_S - Y_S'$ 断面）

- PS検層結果及び地質構造に基づき、基礎地盤の速度構造を①～④速度層に区分。
- 対象施設は、③速度層 ($V_S = 0.75 \text{ km/s}$) の硬質な岩盤上に設置されている。



速度層区分	V_P (km/s)		V_S (km/s)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
①	0.92	0.25	0.26	0.05
②	2.06	0.66	0.84	0.24
②'	4.46	0.38	2.32	0.32
③	2.22	0.28	0.75	0.16
④	3.36	0.11	1.62	0.08







(余 白)

4. 解析用物性値（発電用原子炉施設設置位置付近と対象施設設置位置付近の比較；①岩石試験結果） 追加

- 発電用原子炉施設設置位置（既許可）と同様の解析用物性値を用いることの妥当性の検証として、対象施設設置位置付近のボーリングコアを基に岩石試験を実施し比較を行った。
- 下図に試験実施孔を示す。



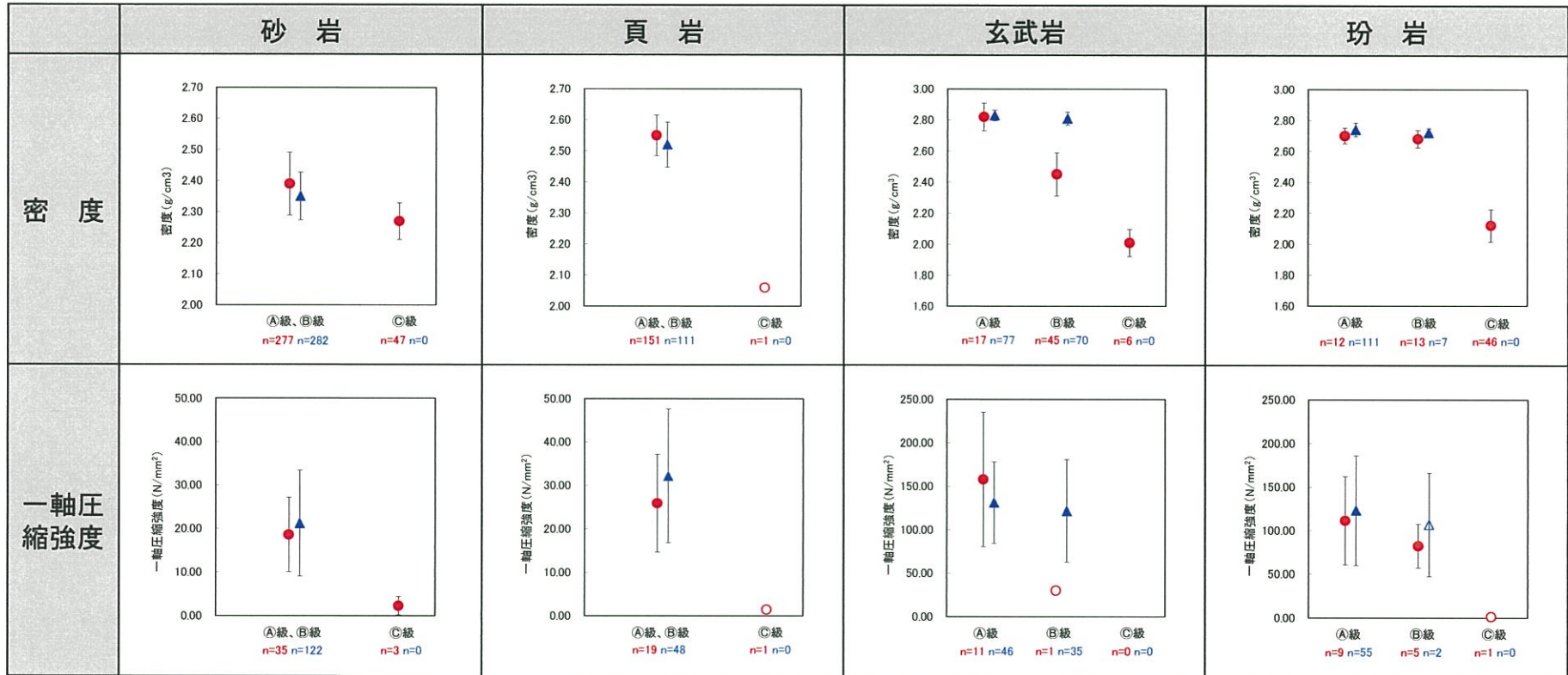
凡 例

-  評価断面位置
-  ボーリング
-  ボーリング（傾斜孔）
-  試験実施孔

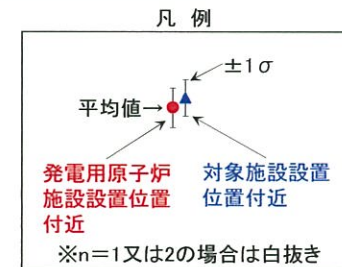
試験実施位置図（ボーリング孔）

4. 解析用物性値 (発電用原子炉施設設置位置付近と対象施設設置位置付近の比較; ①岩石試験結果) 追加

■ 密度及び一軸圧縮強度について比較した結果、対象施設設置位置付近の岩盤は、発電用原子炉施設設置位置付近の岩盤と概ね同等の物性を有することを確認した。



※ 発電用原子炉施設設置位置付近及び対象施設設置位置付近のボーリング並びに試掘坑の試料の試験結果を示しているが、C級については試料が得られていないものがある。



4. 解析用物性値（発電用原子炉施設設置位置付近と対象施設設置位置付近の比較；②PS検層結果）

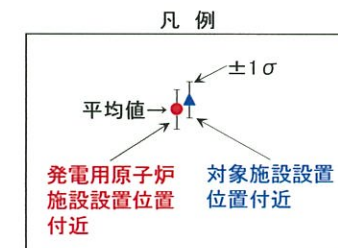
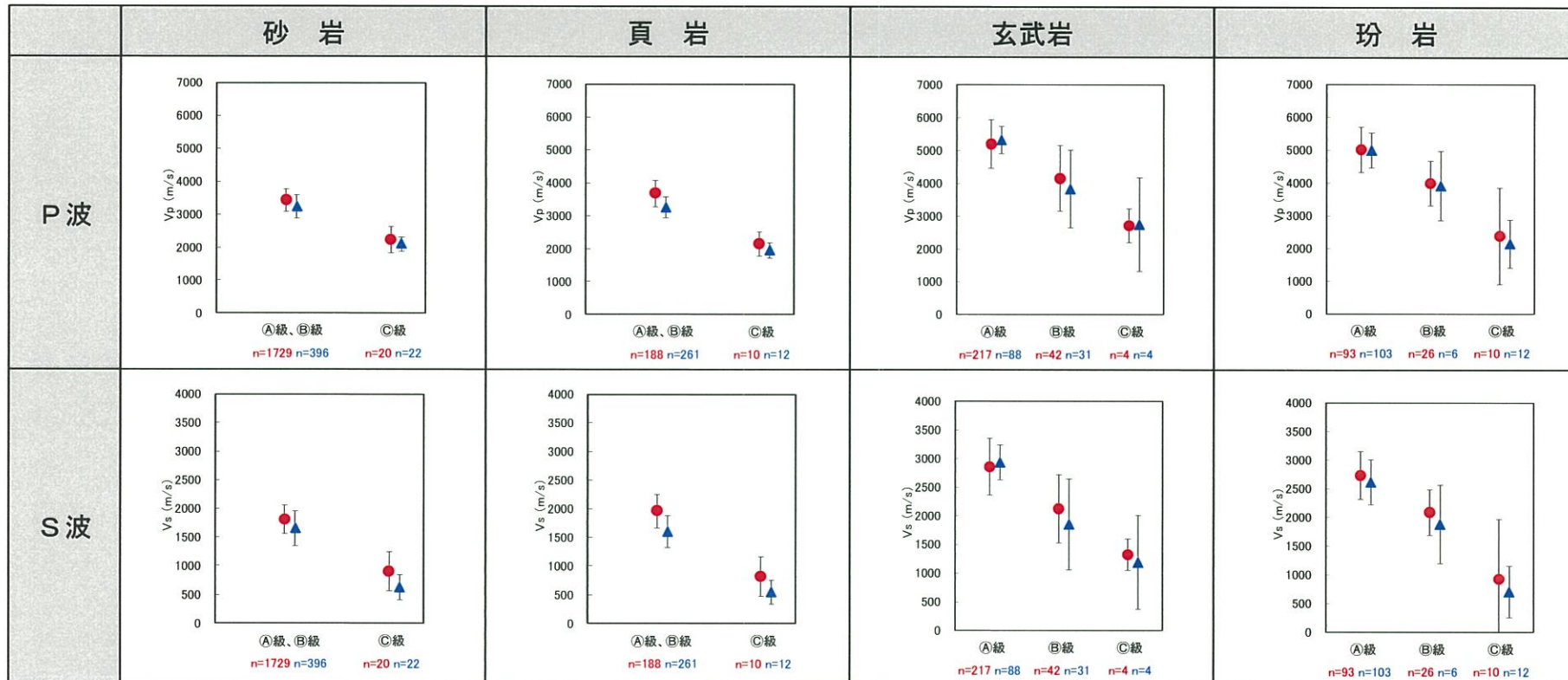
追加

- 発電用原子炉施設設置位置付近及び対象施設設置位置付近で実施したPS検層（サスペンション法）から算出したP波速度及びS波速度の比較を行った。
- 下図にPS検層（サスペンション法）実施孔とデータ取得孔の位置を示す。

4. 解析用物性値 (発電用原子炉施設設置位置付近と対象施設設置位置付近の比較; ②PS検層結果)

追加

■ P波速度及びS波速度について比較した結果、対象施設設置位置付近の岩盤は、発電用原子炉施設設置位置付近の岩盤と概ね同等の物性を有することを確認した。

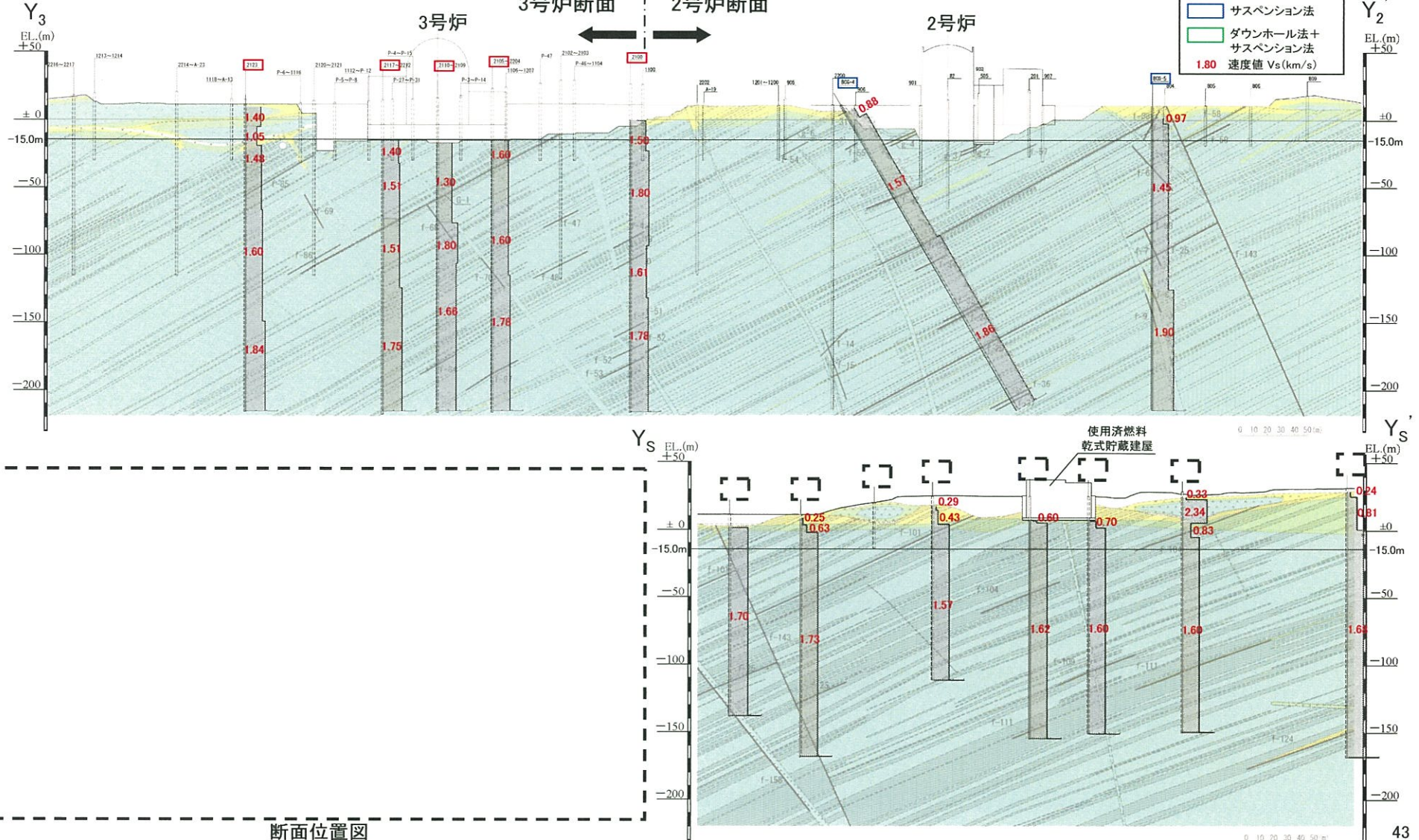


4. 解析用物性値 (発電用原子炉施設設置位置付近と対象施設設置位置付近の比較; ③速度構造)

追加

■ 原子炉建屋設置標高 (EL.-15.0m) 以深の速度構造を比較すると、発電用原子炉施設設置位置付近では V_s =約1.3~1.8km/sであるのに対して、対象施設設置位置付近では V_s =約1.5~1.7km/sであり、敷地全体として速度構造に大きな差異は認められない。

【S波速度構造】



断面位置図

4. 解析用物性値（地盤物性のばらつきの考慮）

- 解析用物性値については、各種試験における平均値を代表値として使用する。
- ただし、調査及び試験に含まれる不確かさを考慮し、すべり安全率に支配的である強度特性についてそのばらつきを考慮した評価についても併せて実施する。

原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2008(日本電気協会)


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

原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術(土木学会、2009)

- 地盤物性値のばらつき評価法について確率論的な検討を行い、以下の結論が得られている。
- ・地盤物性値を $\pm 10\%$ して算定したすべり安全率の差は、せん断強度等の抵抗力に関する地盤物性の影響が非常に大きく、剛性等の影響は比較的小さい。
 - ・「代表値 \pm 係数 \times 標準偏差」による確率論的手法による地盤物性のばらつきの評価では、地盤物性値がばらついても「代表値 $-1.0 \times$ 標準偏差」によって確率論的に評価したすべり安全率を下回る確率が小さい。

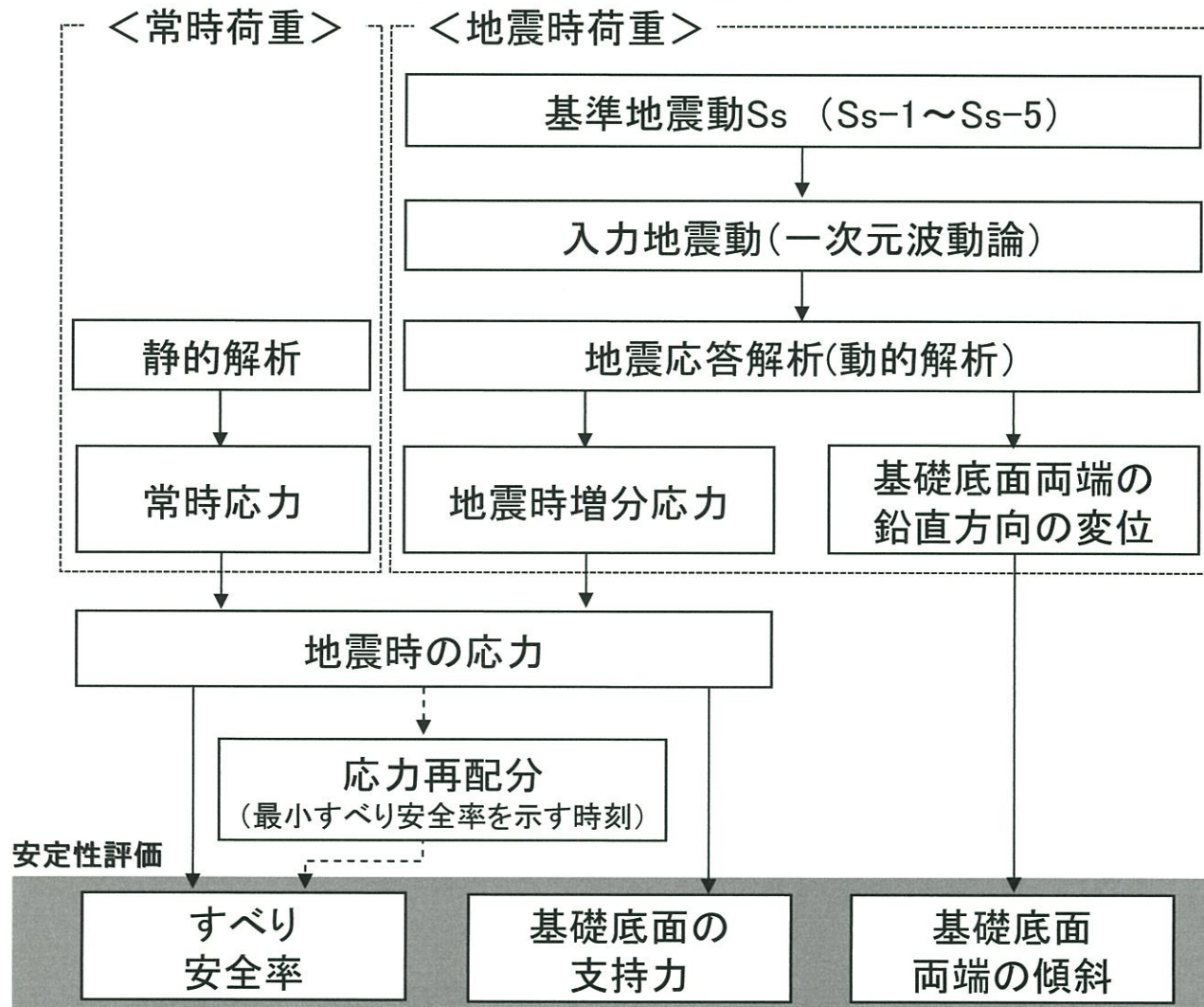
すべり安全率に対しては強度特性のばらつきが大きく影響することから、地盤物性のうち**強度特性に関するばらつきを考慮する。**

抵抗力にもっとも寄与する岩盤の強度特性のばらつきを考慮した評価(代表値 $-1.0 \times$ 標準偏差)についても併せて実施する。

- 
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 3. 評価対象断面
 4. 解析用物性値
 - 5. 評価方法**
 6. 評価結果
 7. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価
 8. まとめ

5. 評価方法（評価フロー）

- すべり安全率、基礎底面の支持力及び傾斜については2次元動的FEMによる地震応答解析により評価。
- 地震応答解析では、周波数応答解析を用い、等価線形化法により断層、シーム及び埋戻土の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性を考慮する。

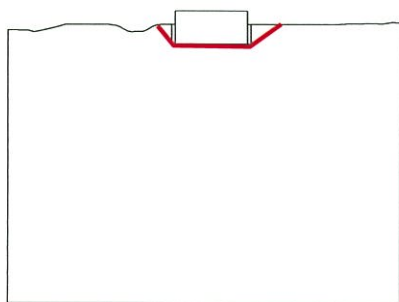


5. 評価方法(評価内容)

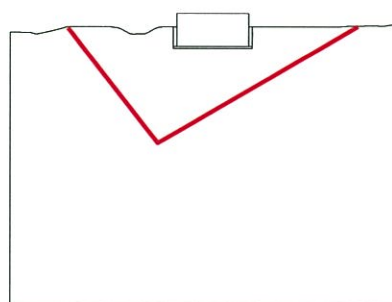
【①基礎地盤のすべり】

想定したすべり線上の応力状態をもとに、すべり線上のせん断抵抗力の和をすべり線上のせん断力の和で除して求めたすべり安全率が、評価基準値1.5を上回ることを確認する。

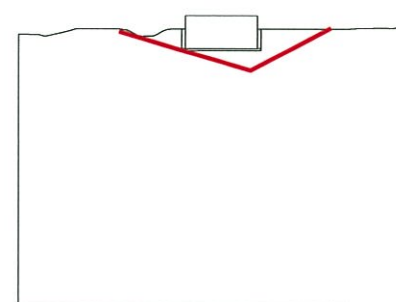
(想定すべり線の例)



建屋基礎底面のすべり線



断層・シーム沿いのすべり線



応力状態を考慮した岩盤内のすべり線

【②基礎の支持力】

建屋基礎底面の最大接地圧が、岩盤の極限支持力を下回る事を確認する。

【③基礎底面の傾斜】

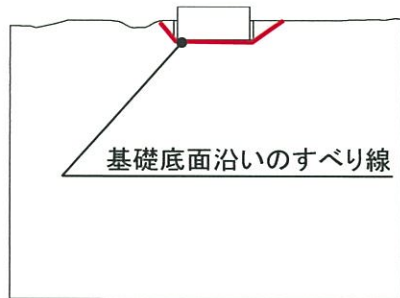
建屋基礎底面両端それぞれの鉛直方向変位の差を基礎底面幅で除して求めた傾斜が、評価基準値の目安である1/2,000以下であることを確認する。

5. 評価方法（すべり線の選定）

- すべり安全率を算定するすべり線は、基礎底面を通るすべり線のほか、不連続面等の分布、局所安全係数等に基づき、地盤内部の不安定領域（地盤要素の安全率が低い領域）を踏まえて、最小のすべり安全率を示すものを選定する。

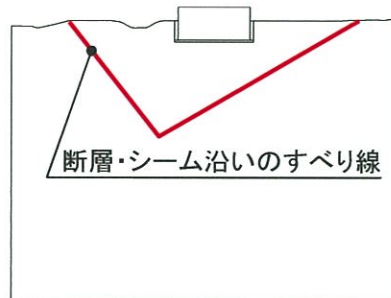
すべり線選定のイメージ

（建屋基礎底面を通るすべり線）



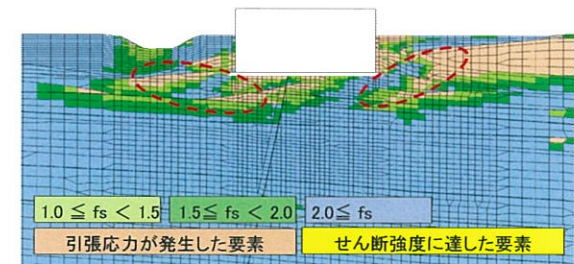
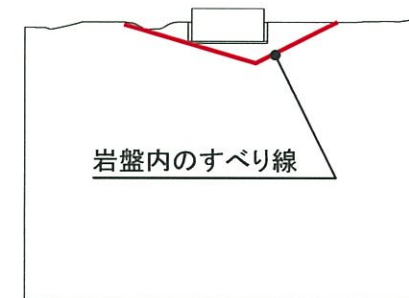
建屋基礎底面を通り、地表面に抜けるすべり線を想定

（断層・シームを通るすべり線）



局所安全係数が小さい断層・シームを通るすべり線を選定

（地盤内部の不安定領域を通るすべり線）



岩盤部の局所安全係数や応力状態等の不安定領域を考慮しすべり線を選定

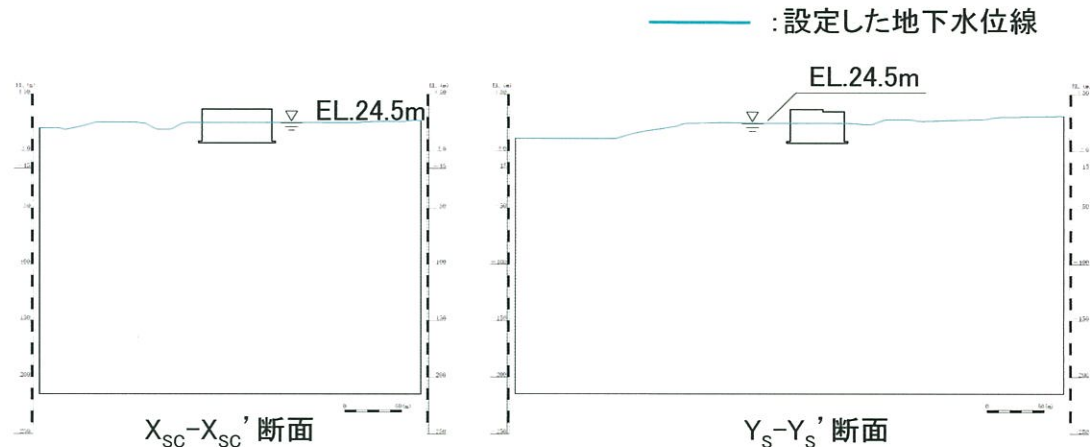
- その他、建屋基礎底面沿いのすべり線や断層・シーム沿いのすべり線を組み合わせたすべり線についても検討。
- また、地表面に抜ける岩盤内のすべり線については、その傾斜角度についてケーススタディ（低角、高角）を実施。

5. 評価方法（解析条件）

地下水位の設定

■ 解析用地下水位は、地表面※に設定。

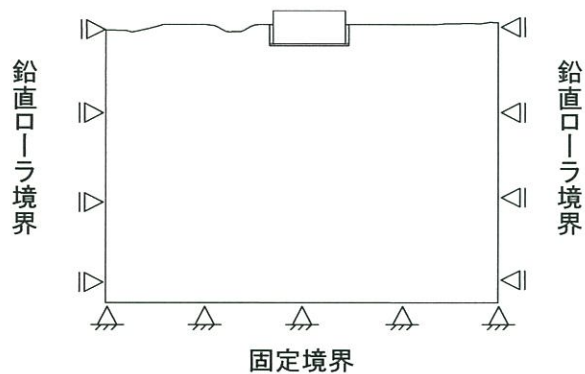
※ 地下水位が高い方が、浮力は大きくなり、地盤の初期動せん断弾性係数及び強度が安全側となるため、本申請において新設する建物・構築物（今後、設備の詳細設計を実施）は、排水設備の効果を見込まず、地表面に地下水位を設定。



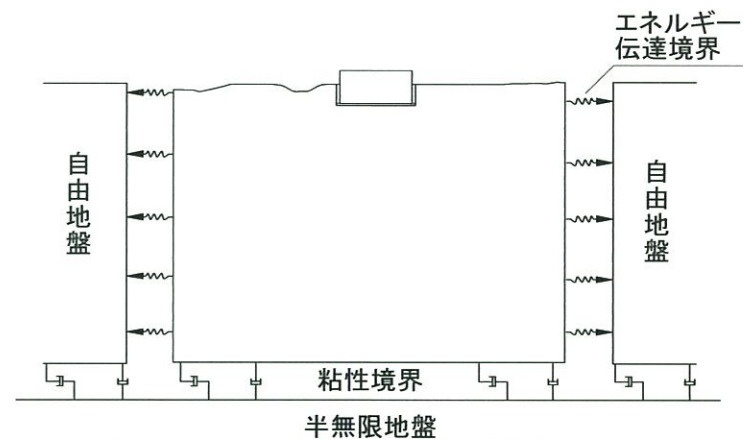
境界条件

■ 動的解析では、側方をエネルギー伝達境界、底面を粘性境界とし、エネルギーの逸散を考慮する。

【静的解析時】



【動的解析時】



5. 評価方法（静的解析）

- 静的解析では、施工過程を踏まえて、基礎掘削時の地盤の自重、及び建屋構築時の建屋・埋戻しの荷重を考慮し、常時応力を算出する。

基礎掘削時

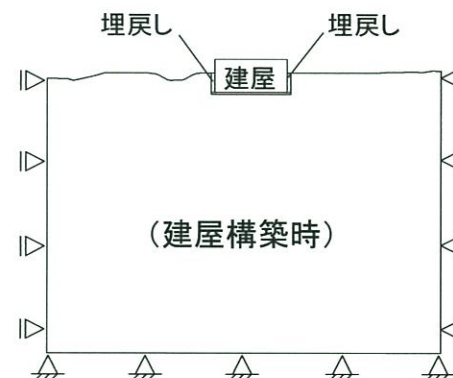
- ・ 地盤の自重を考慮



建屋構築時

- ・ 建屋及び埋戻しの荷重を考慮
(建屋は平面ひずみ要素にてモデル化)

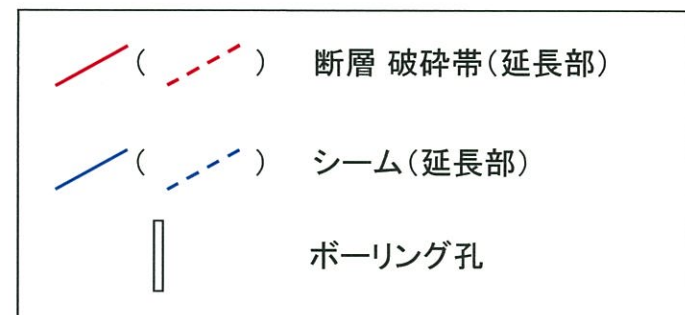
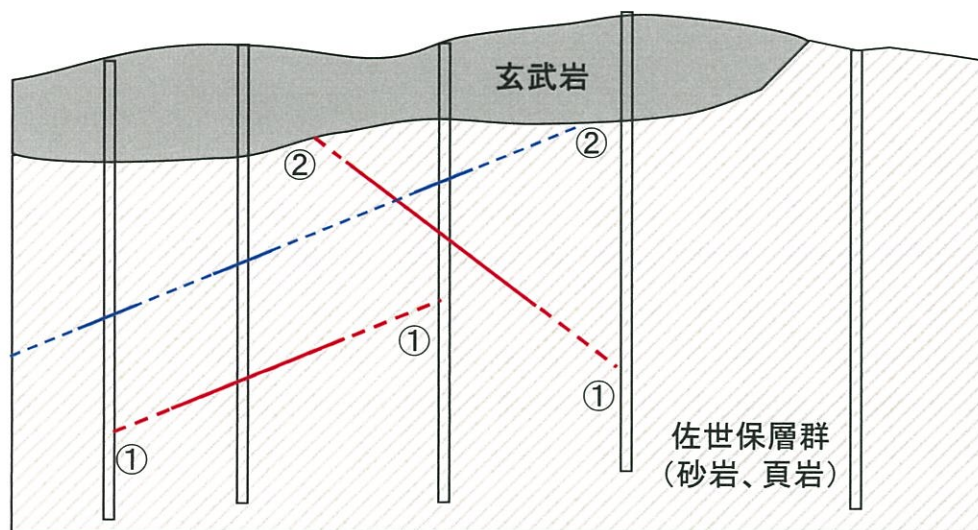
本申請において新設する建物・構築物は、モデル化。
既設の建物・構築物は、新設する建物・構築物と同一の基礎掘削面上にある場合は、想定すべり線を詳細に検討するため、モデル化。その他の場合は、現地盤と同等の重量であり、解析結果に与える影響は小さいと判断し、現地盤としてモデル化。



5. 評価方法（解析用要素分割図作成の考え方）

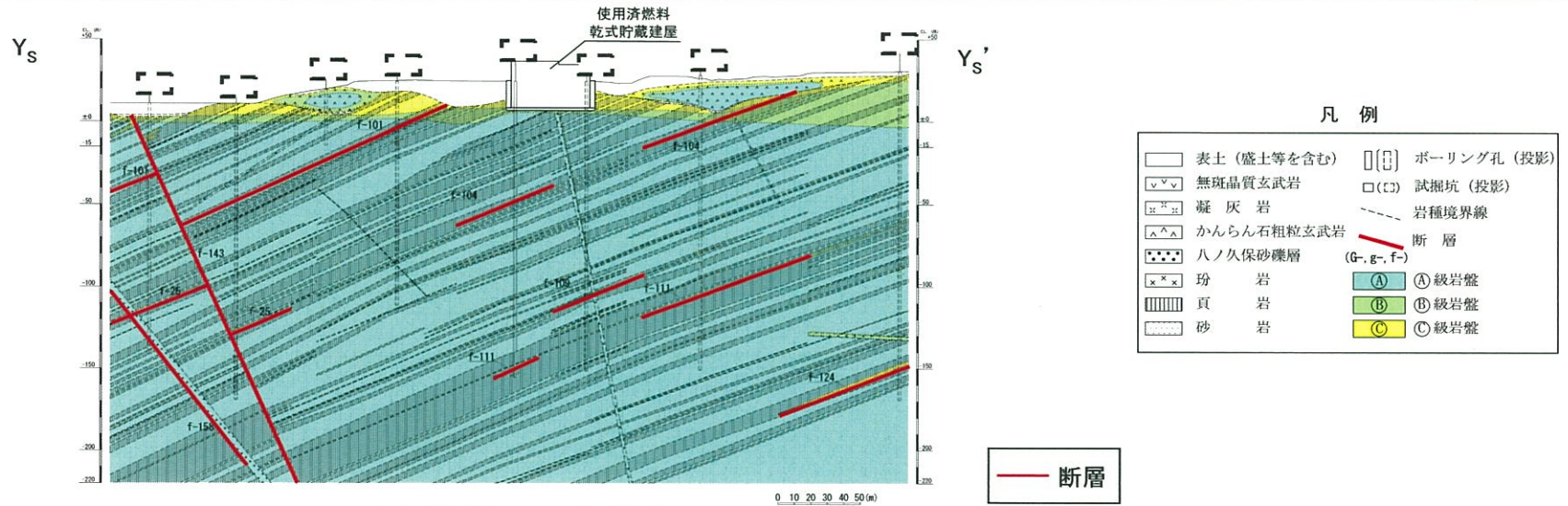
- 断層及びシームのモデル化については、ボーリング等による止めの確認ができるところまで、保守的に延長させる。

解析モデル作成方針	
断層	<ul style="list-style-type: none"> ・ 止めの確認ができるところまで延長させてモデル化 ・ 止めの確認は、①ボーリング孔、②断層による変位が及んでいない地層（玄武岩等）で実施 ・ 延長先にシームが分布する場合、シームを含めて断層としてモデル化
シーム	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2孔間以上連続するシームについて、止めの確認ができるところまで延長させてモデル化 ・ 止めの確認は、①ボーリング孔、②断層による変位が及んでいない地層（玄武岩等）で実施



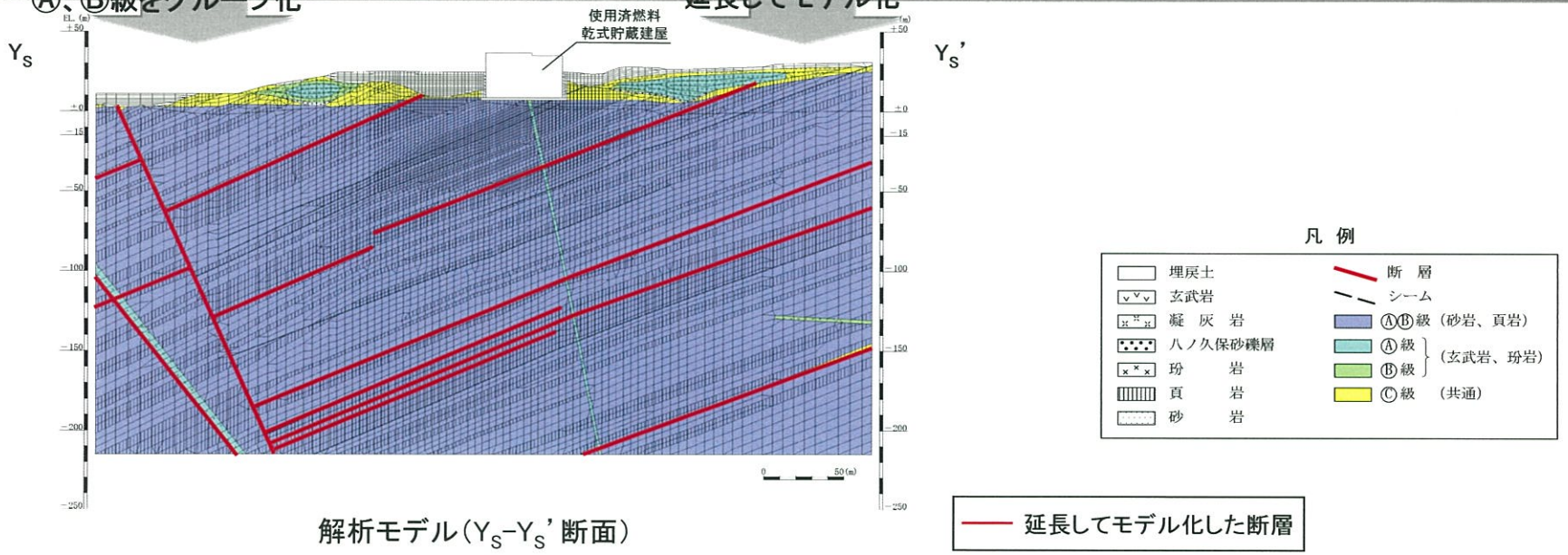
断層及びシームのモデル化の考え方

5. 評価方法（解析用要素分割図作成の考え方）



岩盤分類図 (Y_s - Y_s' 断面)

砂岩及び頁岩の A、B 級をグループ化
断層等を延長してモデル化

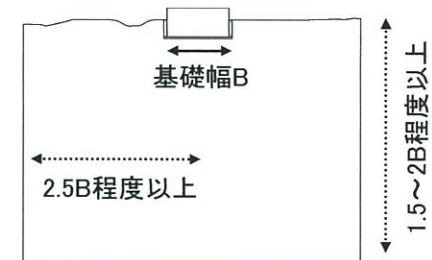


解析モデル (Y_s - Y_s' 断面)

5. 評価方法（地盤モデルの作成）

【モデル領域】

- 解析モデル範囲は、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分に広い領域とする。
- 具体的には、JEAG-4601等を参考に、モデル片幅を建屋基礎幅の2.5倍以上、モデル高さを構造物基礎幅の1.5～2倍以上を確保する。



モデル領域設定の考え方

【地盤のモデル化】

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

$$\text{要素の最大高さ} = \frac{1}{4} \times \frac{\text{地盤のせん断波速度 } V_s (m/s)}{20(Hz)^{*2}}$$

要素高さの最大値の目安^{*1}

※1 原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601 1987((社)日本電気協会、1987)、コンクリート標準示方書[耐震性能照査編]((社)土木学会、2002)、鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計(鉄道総合技術研究所 編、1999)等を参考に設定。

※2 評価対象地盤の卓越周波数は、概ね20Hz以内であることを確認している。

【断層のモデル化】

- 断層及びシームはジョイント要素によりモデル化し、ジョイント要素に用いるせん断ばね定数 k_s 及び垂直ばね定数 k_n は下式により与える。
- 下式中の断層及びシームの層厚 t については、試掘坑やボーリング等で確認した幅の平均値を用いて、各々の断層毎に設定する。

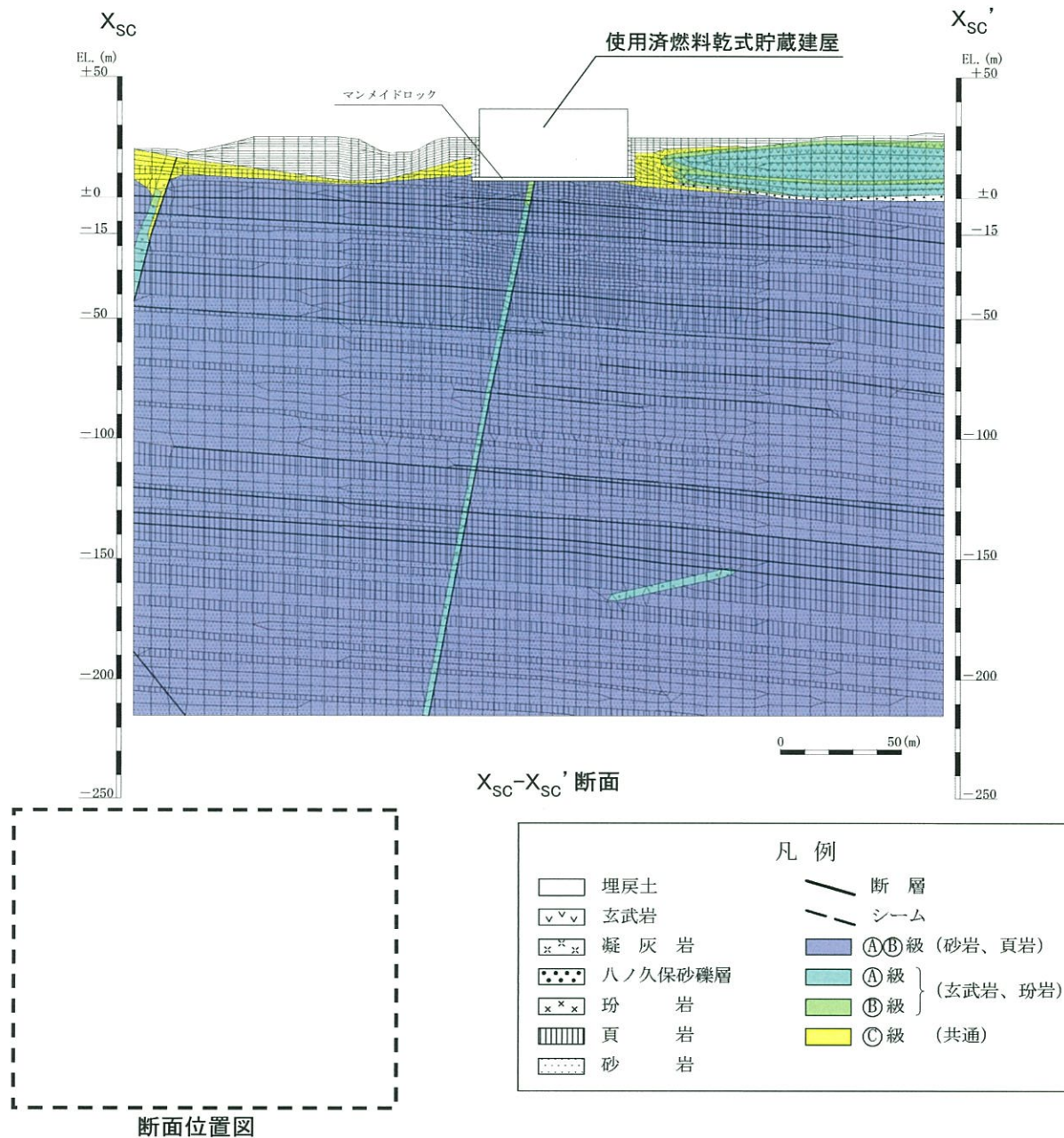


$$k_s = \frac{G}{t} \quad k_n = \frac{(1-\nu_d)E}{(1+\nu_d)(1-2\nu_d)t}$$

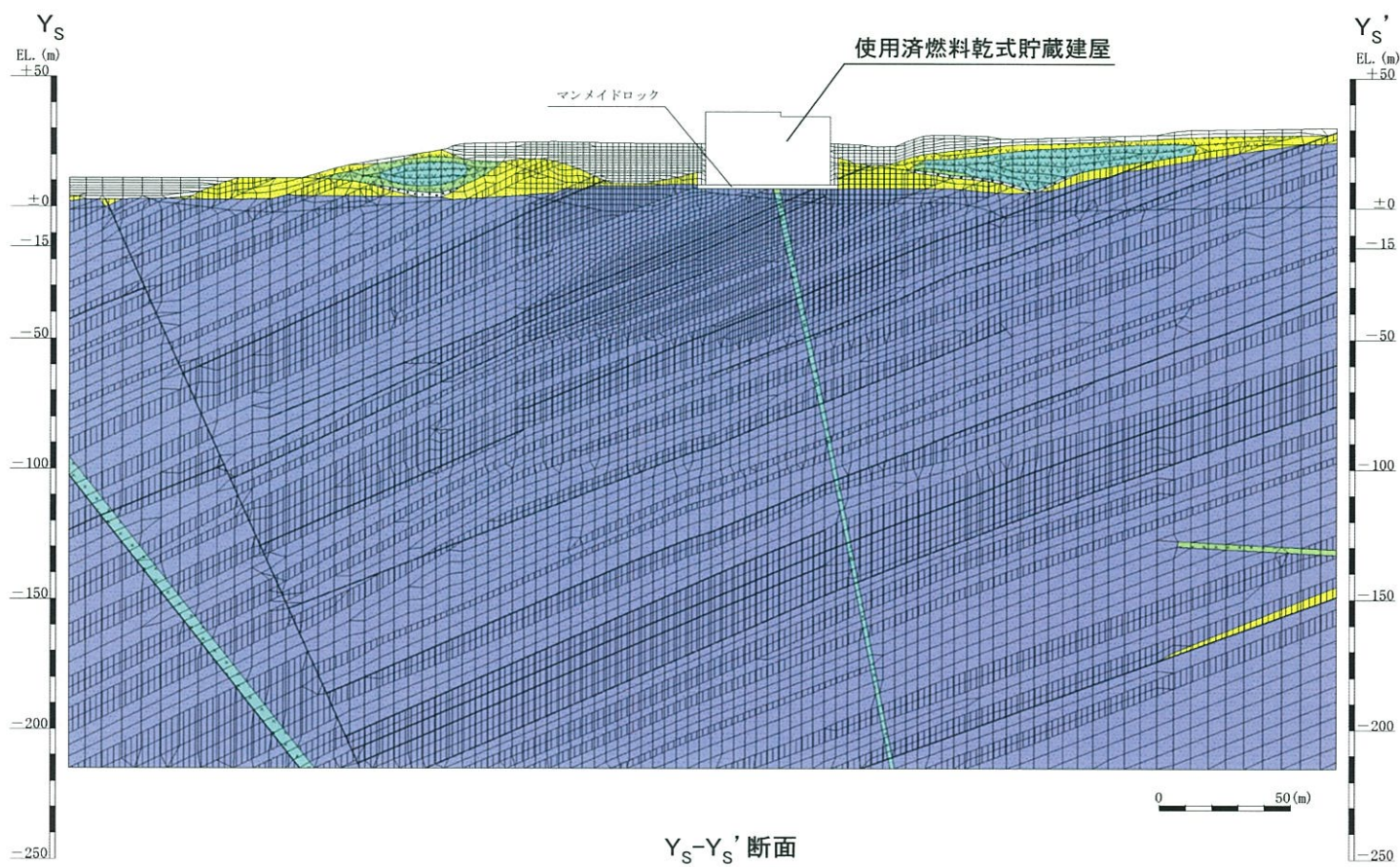
G : 動せん断弾性係数
 t : 断層の層厚
 E : 動弾性係数($E=2(1+\nu_d)G$)
 ν_d : 動ポアソン比

ジョイント要素に用いるばね定数

5. 評価方法（解析用要素分割図、 $X_{SC}-X_{SC}'$ 断面）



5. 評価方法（解析用要素分割図、 Y_S - Y_S' 断面）



Y_S - Y_S' 断面

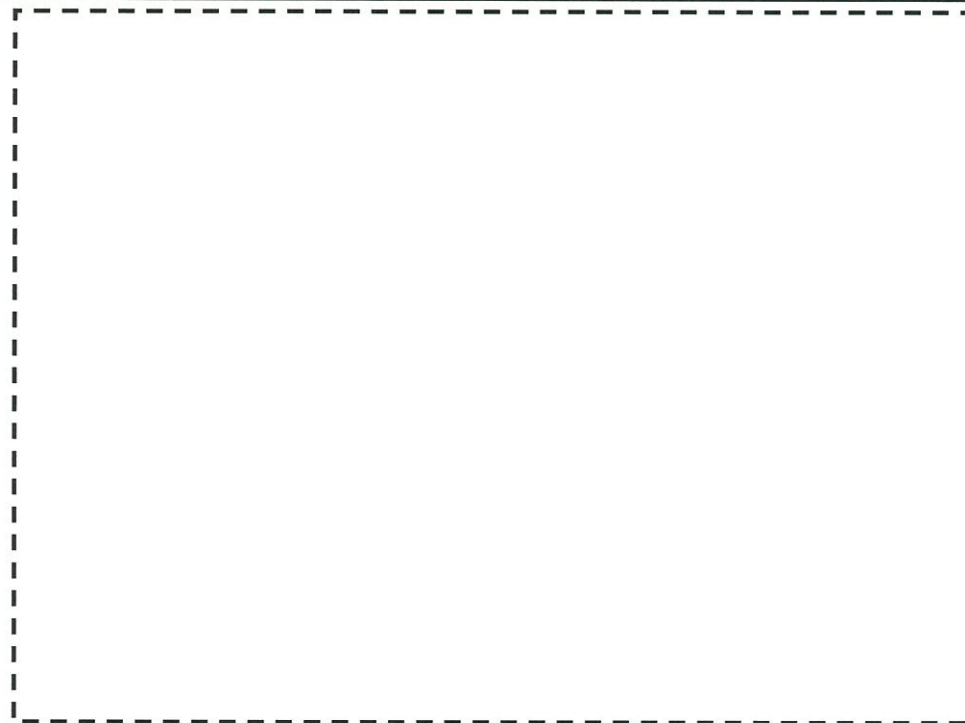


断面位置図

凡例	
	埋戻土
	玄武岩
	凝灰岩
	八ノ久保砂礫層
	珩岩
	頁岩
	砂岩
	断層
	シーム
	①②級 (砂岩、頁岩)
	③級
	④級
	⑤級 (共通)
	(玄武岩、珩岩)

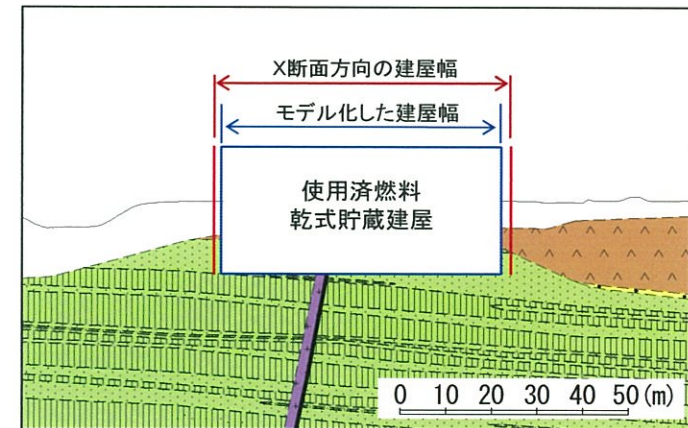
5. 評価方法（建屋のモデル化）

- 評価対象断面に対して斜交した対象施設を、評価対象断面の交点を中心に回転させ、対象施設の長手方向がX方向断面（短手方向がY方向断面）と平行になる位置で、建屋をモデル化する。
- 上記モデル化を行うことにより、評価対象断面上における建屋幅が短くなり建屋底面における抵抗力が小さくなることから、建屋底面すべりのすべり安全率を保守的に評価することが可能である。

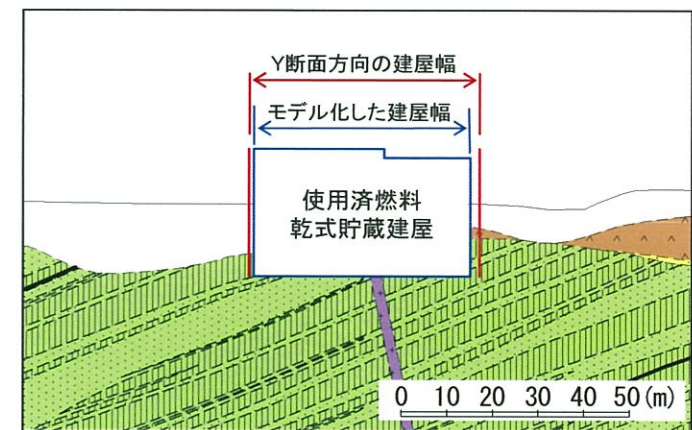


平面位置図

□ : 対象施設 □ : 建屋モデルの位置 ↑↑ : 評価断面位置



$X_{SC}-X_{SC}'$ 断面(拡大図)



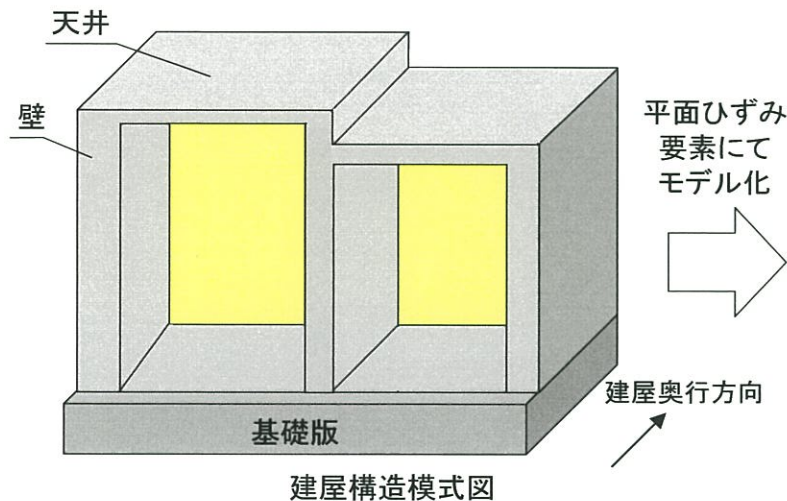
Y_S-Y_S' 断面(拡大図)

5. 評価方法（建屋のモデル化）

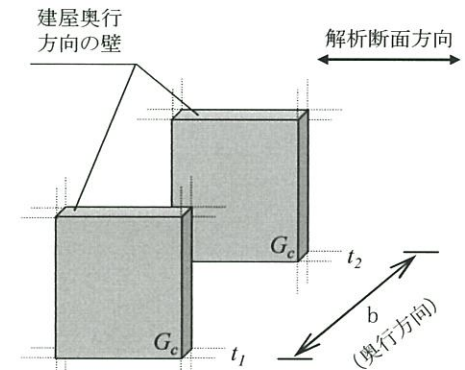
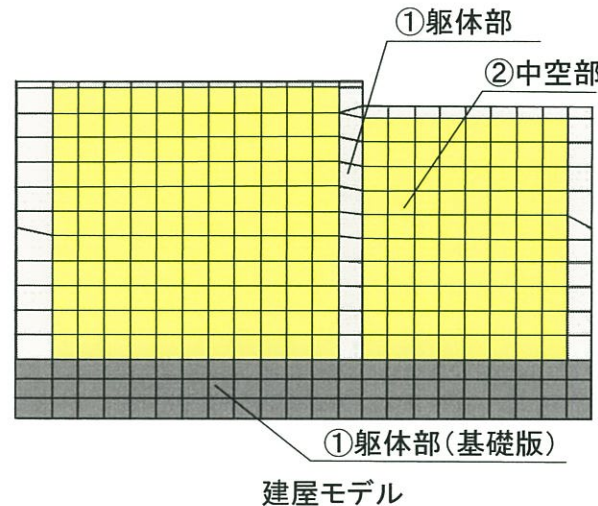
- 使用済燃料乾式貯蔵容器を貯蔵した時の建屋重量を考慮し、建屋モデルを作成する。
- 建屋モデルは平面ひずみ要素にて①躯体部(基礎版含む)及び②中空部としてモデル化する。
- 建屋モデルの重量について、①躯体部は鉄筋コンクリート重量とし、②中空部は使用済燃料乾式貯蔵容器※1、建屋奥行方向に連続しない鉄筋コンクリート及び機器・配管系の重量を中空部の各メッシュに均等配分※2する。
- 建屋モデルの剛性は、実際の建屋形状を考慮して設定する。

※1 約 $1.48 \times 10^3 \text{kN/基} \times 40 \text{基}$ 。使用済燃料が全て装荷された時の重量。

※2 使用済燃料乾式貯蔵容器は基礎版に固定するものの、建屋のモデル化においては、中空部に重量を均等配分し建屋重心位置を高くすることで、地震時応答が保守的な評価となるように設定。



- : ①躯体部 建屋奥行方向に鉄筋コンクリートが連続する箇所
- : ②中空部 建屋奥行方向に鉄筋コンクリートが連続しない箇所



$$G_{eq} = \frac{t_1 + t_2}{b} G_c$$

- G_{eq} : 中空部の動せん断弾性係数
- G_c : 鉄筋コンクリートの動せん断弾性係数
- t : 壁の厚さ
- b : 建屋奥行長さ

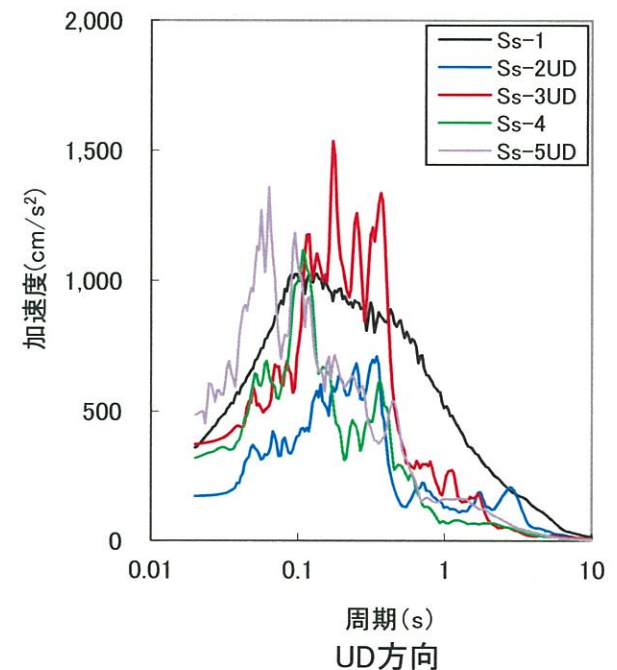
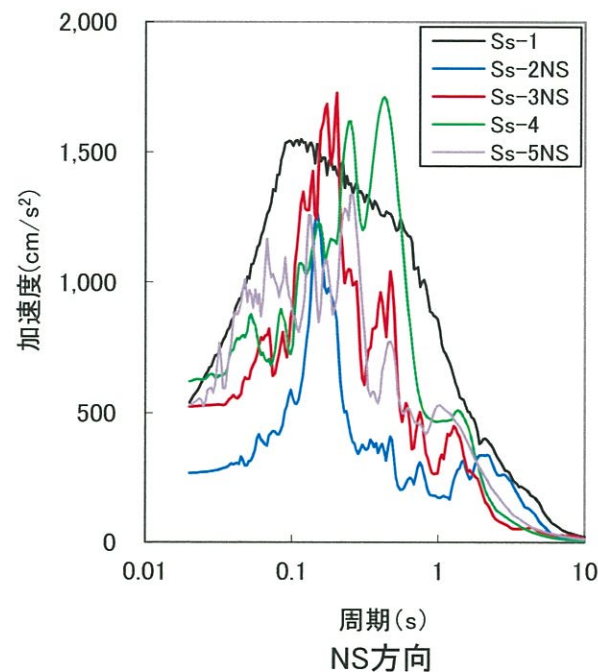
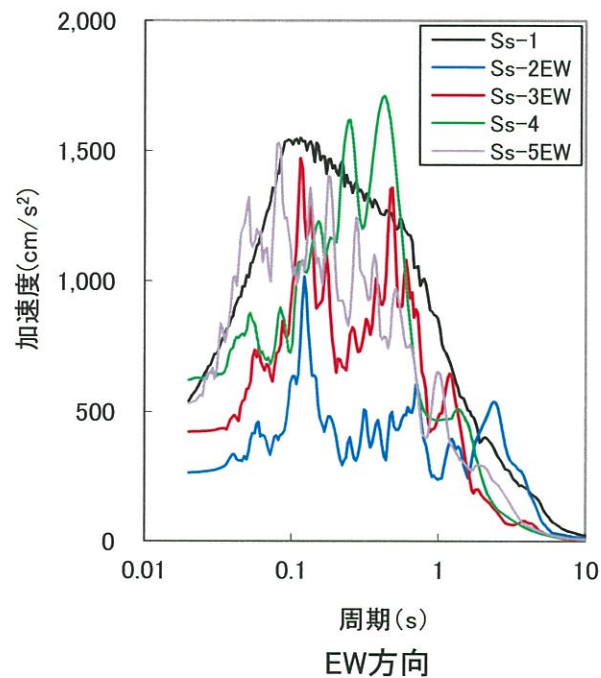
中空部の剛性の考え方

	①躯体部 (建屋奥行方向に鉄筋コンクリートが連続する箇所)	②中空部 (建屋奥行方向に鉄筋コンクリートが連続しない箇所)
重量	鉄筋コンクリートの単位体積重量を設定	使用済燃料乾式貯蔵容器、建屋奥行方向に連続しない鉄筋コンクリート及び機器・配管系について、それぞれ割増した重量の合計を全体の中空部の体積で除して求めた単位体積重量を設定
剛性	鉄筋コンクリートの動せん断弾性係数を設定	鉄筋コンクリートの動せん断弾性係数に建屋奥行長さに対する壁の厚さの割合を乗じて求めた動せん断弾性係数を設定

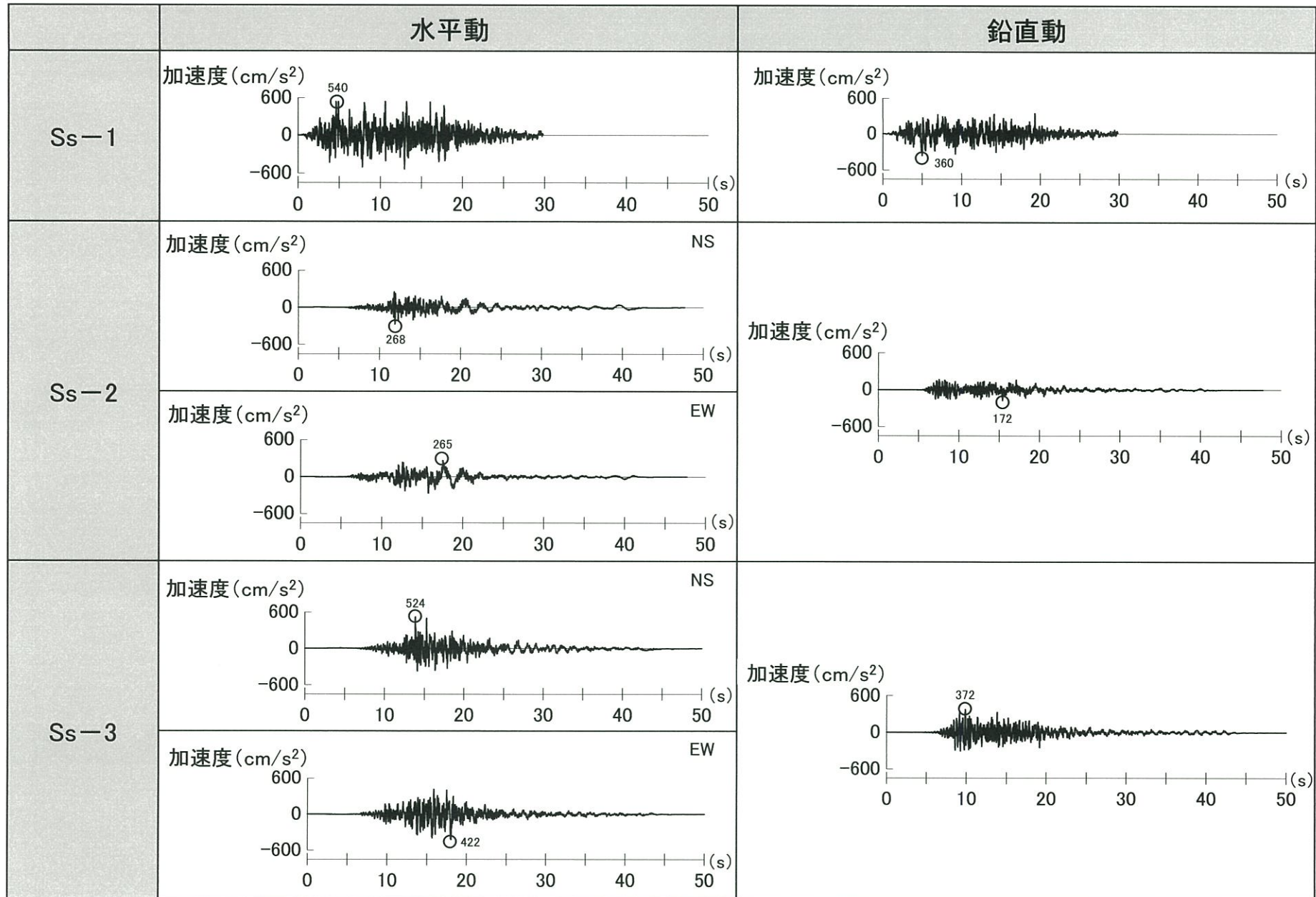
5. 評価方法（基準地震動）

■ 解放基盤表面(EL.-15m)で定義される基準地震動Ss-1～Ss-5に対する、基礎地盤の安定性を評価する。

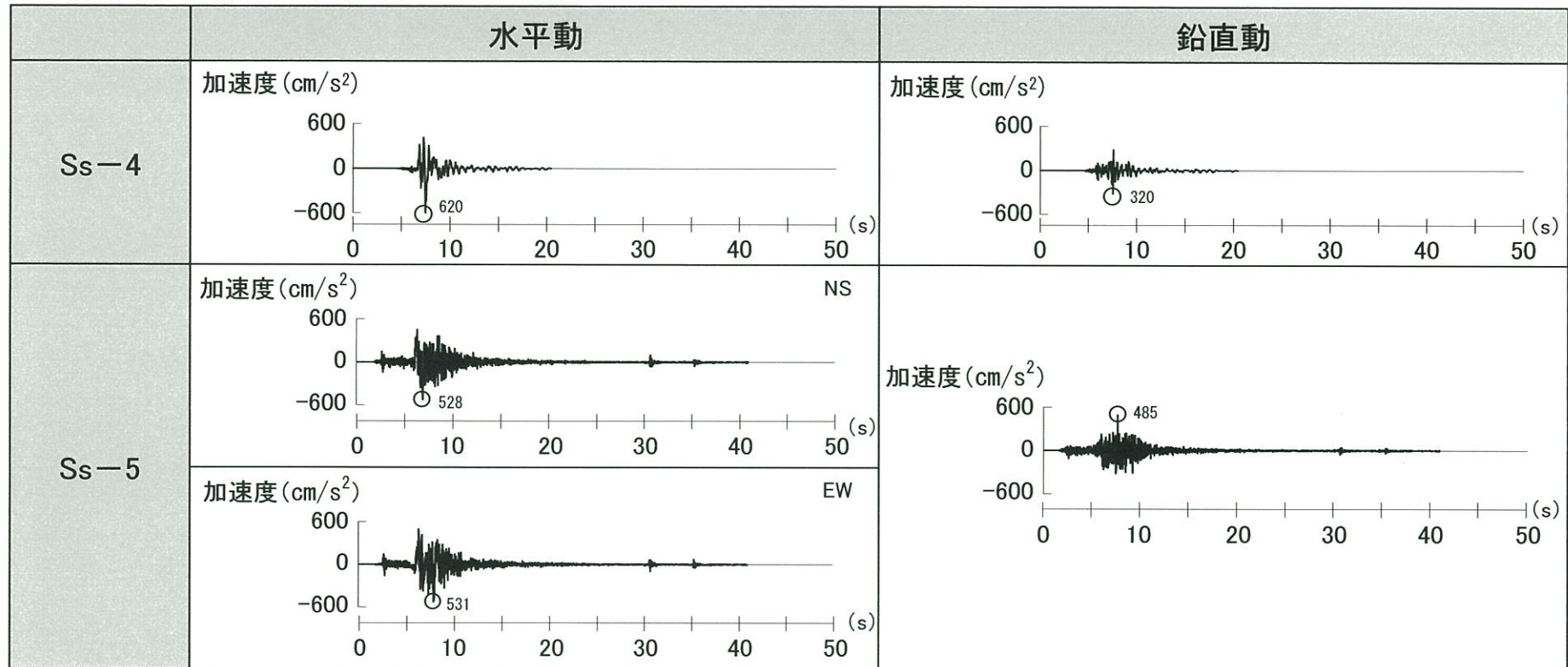
基準地震動 (水平動、鉛直動)	備考
Ss-1	応答スペクトルに基づく地震動評価による基準地震動
Ss-2	断層モデルを用いた手法による地震動評価による基準地震動
Ss-3	
Ss-4	2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動
Ss-5	2000年鳥取県西部地震の賀祥ダム観測記録



5. 評価方法（基準地震動）

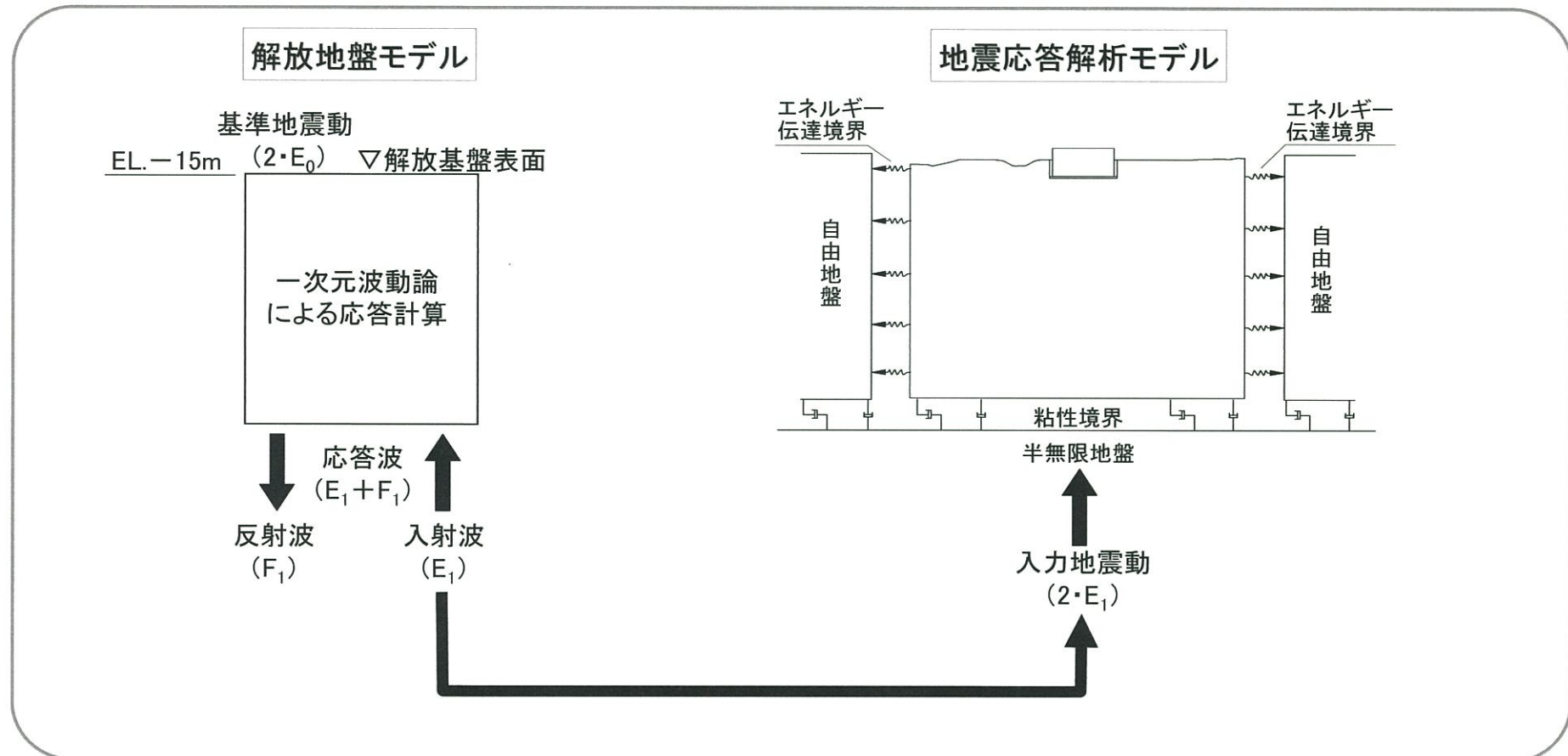


5. 評価方法（基準地震動）



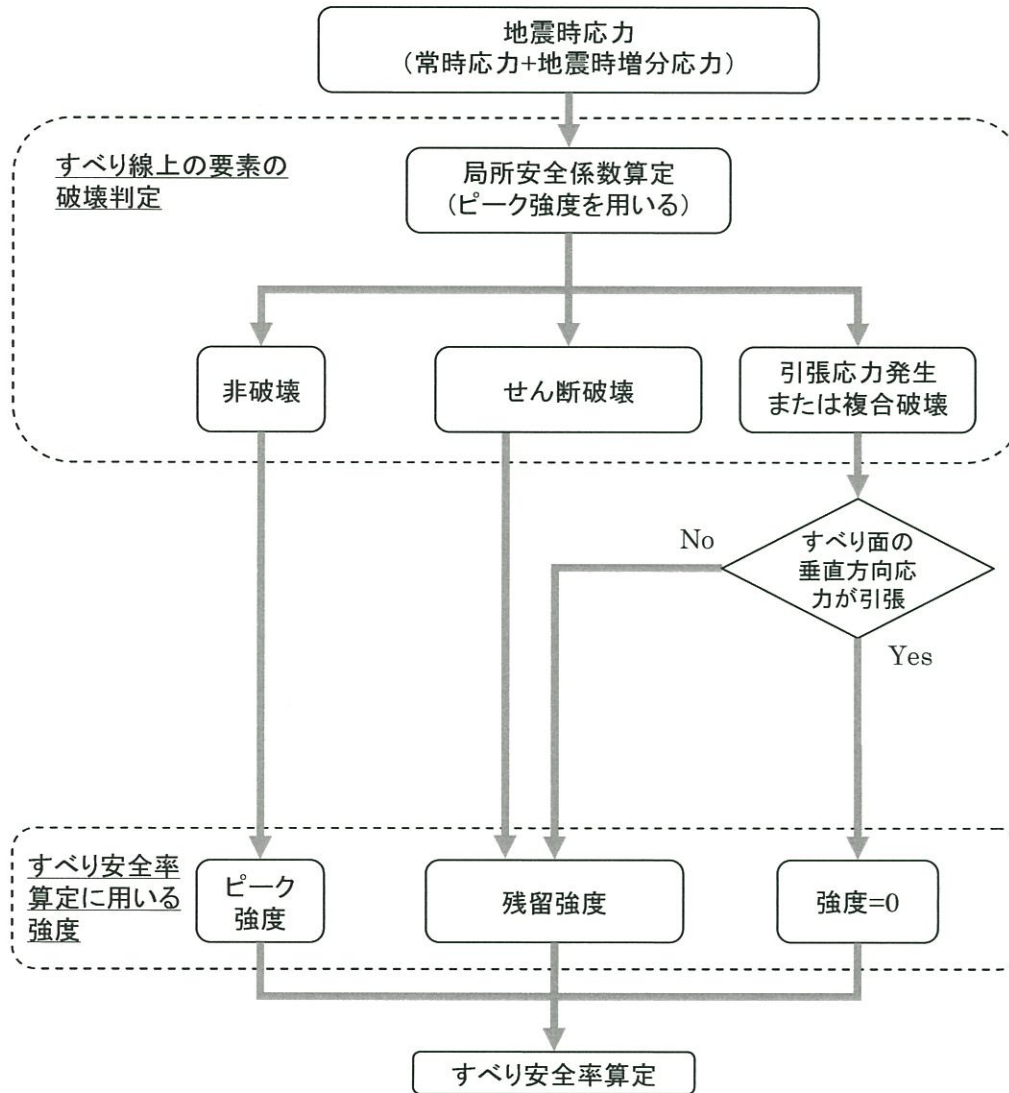
5. 評価方法（入力地震動）

- 入力地震動は、解放基盤表面(EL.-15m)で定義される基準地震動を、地震応答解析モデルの入力位置で評価したものをを用いる。
- 評価対象断面である $X_{SC}-X_{SC}'$ 断面及び Y_S-Y_S' 断面の方向は、プラントノースに合わせた基準地震動策定時のEW方向及びNS方向と同じであることから、入力地震動策定の際は、方位変換は行わず使用する。
- 入力地震動の策定については、速度構造がほぼ水平成層であることから、一次元波動論にて評価する。
- 入力地震動は水平及び鉛直方向の基準地震動を基に設定し、これらを同時に解析モデルに作用させる。



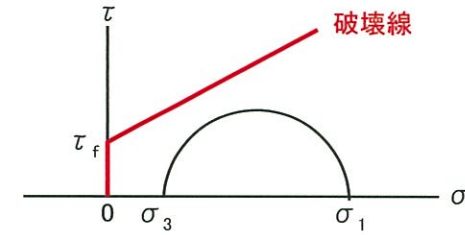
5. 評価方法（岩盤強度の考え方について）

■ 岩盤及び断層・シームの強度特性については、すべり線上の要素の破壊形態に応じて設定する。

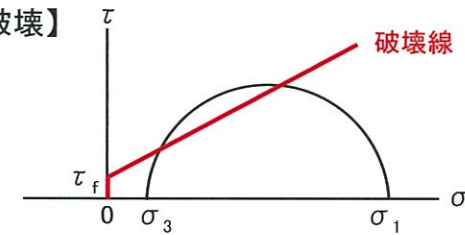


すべり安全率の算定フロー

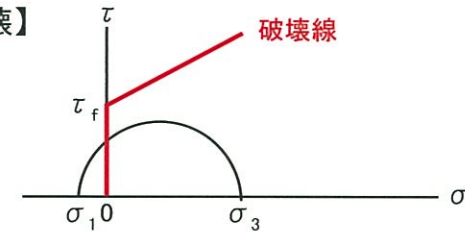
【非破壊】



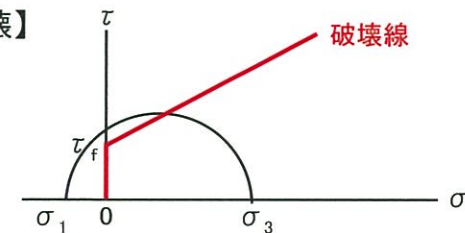
【せん断破壊】




【引張破壊】



【複合破壊】



- 
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 3. 評価対象断面
 4. 解析用物性値
 5. 評価方法
 - 6. 評価結果**
 7. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価
 8. まとめ

6. 評価結果

■ 対象施設の基礎地盤について、基準地震動 S_s による地震力に対する安定性を評価した結果、以下の①～③について満足することを確認した。詳細を次頁以降に示す。

①想定すべり線におけるすべり安全率が1.5を上回ること

②基礎底面の接地圧が極限支持力度を下回ること

③基礎底面の傾斜が1/2,000以下であること

6. 評価結果 (①基礎地盤のすべり($X_{SC}-X_{SC}'$ 断面))

すべり線 番号	すべり線形状	すべり安全率	基本強度			すべり安全率	基本強度				
				時間(s)	強度 -1 σ			時間(s)	強度 -1 σ		
1 (建屋底面 のすべり)		Ss-1	(正、正)	10.8	8.18	—	Ss-5 NS	(正、正)	8.7	7.03	—
			(逆、正)	7.3	5.03	—		(逆、正)	9.4	6.40	—
			(正、逆)	10.0	7.94	—		(正、逆)	9.1	7.02	—
			(逆、逆)	8.5	8.30	—		(逆、逆)	9.9	6.42	—
		Ss-2	(正、正)	14.1	18.92	—	Ss-5 EW	(正、正)	9.1	7.98	—
		Ss-3	(正、正)	8.9	18.13	—		(逆、正)	9.0	6.45	—
		Ss-4	(正、正)	7.5	7.57	—		(正、逆)	10.5	8.00	—
			(逆、正)	8.7	7.57	—		(逆、逆)	10.4	6.43	—
2 (建屋底面+ 断層・シーム のすべり)		Ss-1	(正、正)	11.9	8.26	—	Ss-5 NS	(正、正)	11.2	6.41	—
			(逆、正)	10.2	5.03	—		(逆、正)	11.3	7.03	—
			(正、逆)	10.7	8.30	—		(正、逆)	13.3	7.03	—
			(逆、逆)	9.9	8.30	—		(逆、逆)	12.4	6.42	—
		Ss-2	(正、正)	20.7	17.72	—	Ss-5 EW	(正、正)	13.0	6.45	—
		Ss-3	(正、正)	13.5	18.13	—		(逆、正)	12.7	6.45	—
		Ss-4	(正、正)	10.6	7.70	—		(正、逆)	13.5	6.44	—
			(逆、正)	10.3	7.57	—		(逆、逆)	15.3	8.01	—
3 (建屋底面+ 岩盤中のす べり)		Ss-1	(正、正)	9.1	9.49	—	Ss-5 NS	(正、正)	7.2	7.03	—
			(逆、正)	6.2(7.2※1)	5.03	4.9		(逆、正)	7.6	6.41	—
			(正、逆)	8.5	8.30	—		(正、逆)	8.0	7.05	—
			(逆、逆)	6.8	8.31	—		(逆、逆)	8.0	6.43	—
		Ss-2	(正、正)	12.1	18.92	—	Ss-5 EW	(正、正)	8.5	6.45	—
		Ss-3	(正、正)	9.8	15.79	—		(逆、正)	7.6	6.45	—
		Ss-4	(正、正)	6.6	7.72	—		(正、逆)	9.5	6.44	—
			(逆、正)	8.1	7.75	—		(逆、逆)	9.2	6.44	—
4 (岩盤中の すべり)		Ss-1	(正、正)	14.8	8.17	—	Ss-5 NS	(正、正)	15.5	6.40	—
			(逆、正)	19.7	8.26	—		(逆、正)	14.4	7.02	—
			(正、逆)	16.1	8.21	—		(正、逆)	17.5	6.42	—
			(逆、逆)	18.8	8.29	—		(逆、逆)	15.2	7.03	—
		Ss-2	(正、正)	22.9	17.73	—	Ss-5 EW	(正、正)	16.7	6.44	—
		Ss-3	(正、正)	20.4	16.50	—		(逆、正)	15.5	7.99	—
		Ss-4	(正、正)	18.5	7.57	—		(正、逆)	16.3	6.43	—
			(逆、正)	13.4	7.57	—		(逆、逆)	18.0	8.99	—

すべり安全率の最小値

※1 応力再配分を実施した場合の安全率

注) 類似したすべり線形状については、安全率が最も小さいものについて掲載



(余 白)

6. 評価結果 (①基礎地盤のすべり(Y_S-Y_S' 断面))

すべり線 番号	すべり線形状	すべり安全率	基本強度			すべり安全率	基本強度				
				時間(s)	強度 -1 σ			時間(s)	強度 -1 σ		
1 (建屋底面 のすべり)		Ss-1	(正、正)	8.7	8.15	—	Ss-5 NS	(正、正)	9.4	6.97	—
			(逆、正)	9.4	12.99	—		(逆、正)	9.1	6.97	—
			(正、逆)	7.9	13.24	—		(正、逆)	8.5	6.97	—
			(逆、逆)	6.2	13.25	—		(逆、逆)	9.7	6.97	—
		Ss-2	(正、正)	17.2	11.95	—	Ss-5 EW	(正、正)	9.5	7.97	—
		Ss-3	(正、正)	8.3	13.96	—		(逆、正)	9.6	7.97	—
		Ss-4	(正、正)	4.7	7.54	—		(正、逆)	10.7	7.94	—
(逆、正)	5.6		7.54	—	(逆、逆)	11.5	6.41	—			
2 (建屋底面+ 断層・シーム のすべり)		Ss-1	(正、正)	8.7	13.00	—	Ss-5 NS	(正、正)	8.5	7.02	—
			(逆、正)	9.0	13.25	—		(逆、正)	9.1	6.97	—
			(正、逆)	8.1	13.25	—		(正、逆)	7.9	6.97	—
			(逆、逆)	5.9	13.25	—		(逆、逆)	9.7	6.37	—
		Ss-2	(正、正)	15.8	11.86	—	Ss-5 EW	(正、正)	8.7	7.97	—
		Ss-3	(正、正)	8.1	13.96	—		(逆、正)	9.3	6.40	—
		Ss-4	(正、正)	4.6	7.54	—		(正、逆)	9.9	7.94	—
(逆、正)	5.9		7.54	—	(逆、逆)	10.1	6.41	—			
3 (断層・シーム のすべり)		Ss-1	(正、正)	6.5	12.99	—	Ss-5 NS	(正、正)	6.1	7.03	—
			(逆、正)	7.1	13.25	—		(逆、正)	7.4	6.38	—
			(正、逆)	7.8	12.99	—		(正、逆)	6.4	6.98	—
			(逆、逆)	5.1	13.25	—		(逆、逆)	7.1	6.37	—
		Ss-2	(正、正)	13.8	11.86	—	Ss-5 EW	(正、正)	6.9	7.98	—
		Ss-3	(正、正)	6.7	13.96	—		(逆、正)	6.7	6.40	—
		Ss-4	(正、正)	4.0	7.54	—		(正、逆)	8.1	7.94	—
(逆、正)	6.5		7.34	—	(逆、逆)	7.8	6.41	—			
4 (断層・シーム のすべり)		Ss-1	(正、正)	2.9	13.25	—	Ss-5 NS	(正、正)	3.2	6.38	—
			(逆、正)	3.2	7.90	—		(逆、正)	2.7	6.99	—
			(正、逆)	2.5(3.1※1)	8.22	2.5		(正、逆)	3.1	6.38	—
			(逆、逆)	3.1	13.00	—		(逆、逆)	2.7	7.01	—
		Ss-2	(正、正)	5.6	14.36	—	Ss-5 EW	(正、正)	3.5	6.41	—
		Ss-3	(正、正)	3.7	15.25	—		(逆、正)	3.5	7.97	—
		Ss-4	(正、正)	2.9	7.35	—		(正、逆)	3.1	6.42	—
(逆、正)	2.8		7.53	—	(逆、逆)	3.1	7.97	—			

すべり安全率の最小値

※1 応力再配分を実施した場合の安全率

注) 類似したすべり線形状については、安全率が最も小さいものについて掲載

6. 評価結果 (①基礎地盤のすべり(Y_S-Y_S' 断面:玄武岩下面のすべり検討)) 追加

すべり線 番号	すべり線形状	すべり安全率		基本強度		強度 -1 σ	すべり安全率		基本強度		強度 -1 σ
					時間(s)					時間(s)	
5 (玄武岩下面 のすべり)		Ss-1	(正、正)	2.7	4.97	—	Ss-5 NS	(正、正)	3.4	6.39	—
			(逆、正)	3.0	4.97	—		(逆、正)	3.1	6.97	—
			(正、逆)	2.7	13.26	—		(正、逆)	3.7	6.37	—
			(逆、逆)	3.2	13.26	—		(逆、逆)	2.8	6.98	—
		Ss-2	(正、正)	4.9	11.94	—	Ss-5 EW	(正、正)	3.5	6.42	—
		Ss-3	(正、正)	3.3	13.96	—		(逆、正)	3.0	7.95	—
		Ss-4	(正、正)	3.3	7.52	—		(正、逆)	3.6	6.42	—
			(逆、正)	2.7	7.52	—		(逆、逆)	3.5	7.95	—
6 (玄武岩下面 のすべり)		Ss-1	(正、正)	2.6	4.95	—	Ss-5 NS	(正、正)	2.9	6.37	—
			(逆、正)	3.1	7.86	—		(逆、正)	2.9	6.96	—
			(正、逆)	2.7	10.64	—		(正、逆)	3.1	6.36	—
			(逆、逆)	2.9	7.86	—		(逆、逆)	2.9	6.96	—
		Ss-2	(正、正)	4.4	11.92	—	Ss-5 EW	(正、正)	3.1	6.40	—
		Ss-3	(正、正)	3.7	14.2	—		(逆、正)	3.2	7.93	—
		Ss-4	(正、正)	3.7	7.31	—		(正、逆)	3.0	6.41	—
			(逆、正)	2.9	7.52	—		(逆、逆)	3.1	7.93	—
7 (建屋底面+ 玄武岩下面 のすべり)		Ss-1	(正、正)	4.1	4.96	—	Ss-5 NS	(正、正)	4.6	6.38	—
			(逆、正)	4.8	12.99	—		(逆、正)	4.1	6.97	—
			(正、逆)	3.7	13.25	—		(正、逆)	4.7	6.37	—
			(逆、逆)	4.0	13.25	—		(逆、逆)	4.1	6.97	—
		Ss-2	(正、正)	7.2	11.94	—	Ss-5 EW	(正、正)	4.7	6.41	—
		Ss-3	(正、正)	4.9	13.96	—		(逆、正)	4.6	7.95	—
		Ss-4	(正、正)	4.1	7.53	—		(正、逆)	4.7	6.41	—
			(逆、正)	3.6	7.53	—		(逆、逆)	5.0	7.94	—

すべり安全率の最小値

※1 応力再配分を実施した場合の安全率

注) 類似したすべり線形状については、安全率が最も小さいものについて掲載

6. 評価結果 (②基礎の支持力)

- 建屋基礎底面の最大接地圧は、基礎地盤を構成する主な岩盤である砂岩及び頁岩の㊸級の極限支持力 $13.7\text{N}/\text{mm}^2$ を下回ることを確認した。

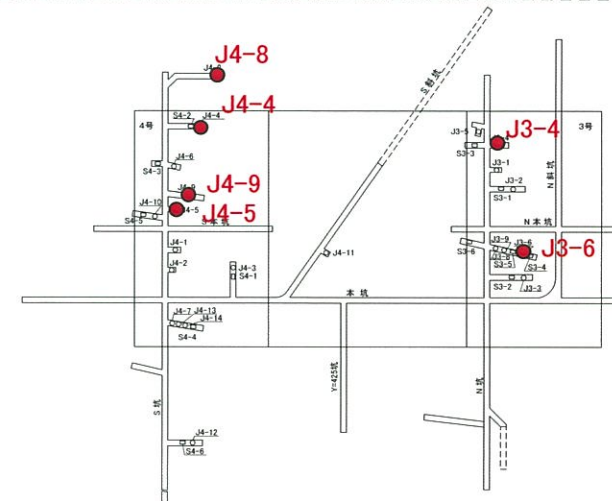
		基礎底面の最大接地圧	
		$X_{SC} - X_{SC}'$ 断面	$Y_S - Y_S'$ 断面
Ss-1		$0.82\text{N}/\text{mm}^2$	$1.01\text{N}/\text{mm}^2$
		5.14s	13.26s
Ss-2		$0.72\text{N}/\text{mm}^2$	$0.79\text{N}/\text{mm}^2$
		13.14s	11.94s
Ss-3		$0.82\text{N}/\text{mm}^2$	$0.90\text{N}/\text{mm}^2$
		9.89s	14.23s
Ss-4		$0.80\text{N}/\text{mm}^2$	$0.91\text{N}/\text{mm}^2$
		7.61s	7.50s
Ss-5	NS	$0.76\text{N}/\text{mm}^2$	$0.85\text{N}/\text{mm}^2$
		7.81s	7.70s
EW		$0.75\text{N}/\text{mm}^2$	$0.89\text{N}/\text{mm}^2$
		6.76s	7.50s

支持力試験結果

試験箇所	岩種・岩級	支持力試験値
J3-4	砂岩㊸	$13.7\text{N}/\text{mm}^2$ 以上*
J3-6	頁岩㊸	$13.7\text{N}/\text{mm}^2$ 以上*
J4-4	砂岩㊸	$13.7\text{N}/\text{mm}^2$ 以上*
J4-5	砂岩㊸	$13.7\text{N}/\text{mm}^2$ 以上*
J4-8	頁岩㊸	$13.7\text{N}/\text{mm}^2$ 以上*
J4-9	頁岩㊸	$13.7\text{N}/\text{mm}^2$ 以上*

* ジャッキの載荷限界 $13.7\text{N}/\text{mm}^2$ に達しても破壊に至らない

基礎地盤は主に砂岩・頁岩の㊸級以上で構成されることから、極限支持力は、 $13.7\text{N}/\text{mm}^2$ 以上と評価できる。



試掘坑内における支持力試験位置

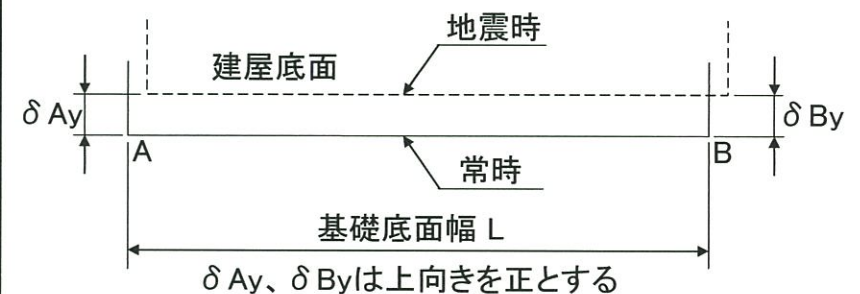
6. 評価結果 (③基礎底面の傾斜)


■ 建屋基礎底面の傾斜について、評価基準値の目安である1/2,000以下であることを確認した。

		$X_{SC} - X_{SC}'$ 断面 L=61.5m	$Y_S - Y_S'$ 断面 L=47.7m	
基礎底面両端の 相対変位 $\delta A_y - \delta B_y$	Ss-1	1.2mm 9.34s	0.9mm 4.98s	
	Ss-2	0.4mm 11.96s	0.7mm 12.02s	
	Ss-3	0.9mm 9.96s	0.9mm 13.97s	
	Ss-4	1.3mm 7.55s	1.2mm 7.51s	
	Ss-5	NS	1.0mm 7.00s	0.8mm 6.99s
EW		0.8mm 7.98s	0.7mm 7.42s	
基礎底面両端の 傾斜 $\delta A_y - \delta B_y$ / L	Ss-1	1/51,000	1/53,000	
	Ss-2	1/154,000	1/68,000	
	Ss-3	1/68,000	1/53,000	
	Ss-4	1/47,000	1/40,000	
	Ss-5	NS	1/62,000	1/60,000
		EW	1/77,000	1/68,000



断面位置図



- 
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 3. 評価対象断面
 4. 解析用物性値
 5. 評価方法
 6. 評価結果
 7. **周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価**
 8. まとめ



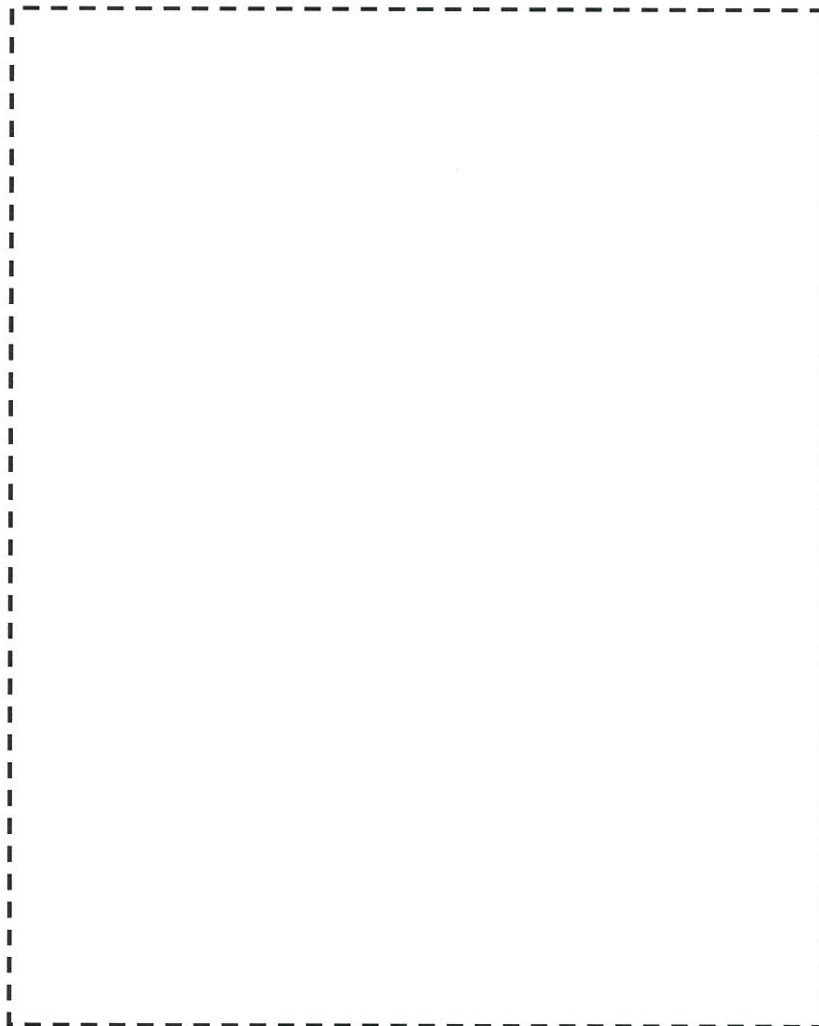
7. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価

7.1 周辺地盤の変状による重要施設への影響

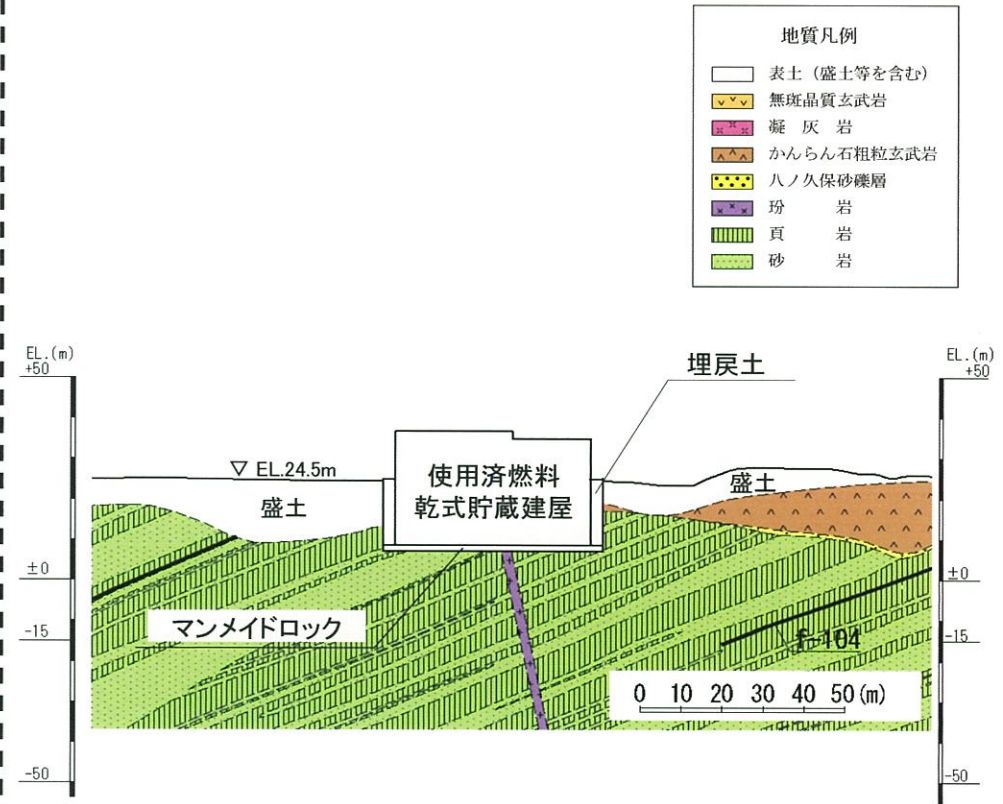
7.2 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響

7.1 周辺地盤の変状による重要施設への影響

■ 対象施設は、マンメイドロックを介して岩着する設計としていることから、不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等の影響はない。



対象施設配置図



使用済燃料乾式貯蔵建屋断面図



(余 白)



7. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価

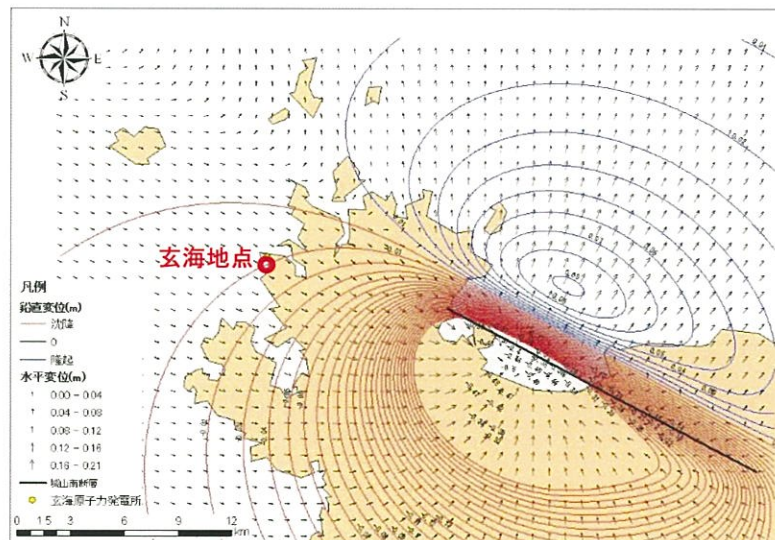
7.1 周辺地盤の変状による重要施設への影響

7.2 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響

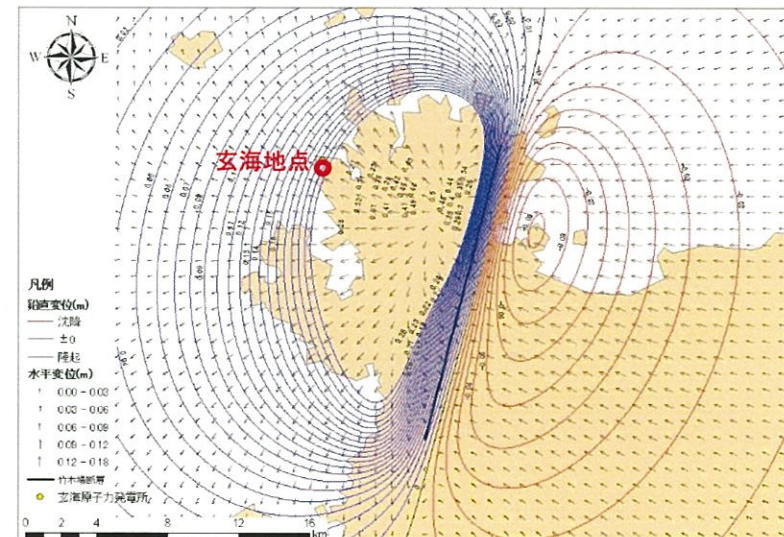
7.2 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響

- 当該地点の敷地内及び敷地近傍には、活断層が分布していないことから、顕著な地殻変動の影響を受けることはないが、地震発生に伴う地殻変動による地盤の傾斜について、検討敷地近傍の活断層として、Ss-2及びSs-3を定義する城山南断層及び竹木場断層を対象に検討を実施。
- 地殻変動による最大傾斜は、評価対象の活断層と当該サイトが十分に離れており、敷地内での地殻変動による傾斜がほぼ同程度であることから、3号原子炉建屋の最大傾斜にて代表して評価した。
- 地震発生に伴う地殻変動による地盤変動量は、半無限成層地盤に生じる変位量を弾性条件で求めるWang et al.(2003)の手法を用いて算出し、評価基準値の目安である1/2,000以下であることを確認した。


	①地殻変動による最大傾斜	②地震動による最大傾斜	地殻変動+地震動(①+②)
城山南断層(Ss-2)	1/263,000	1/68,000	1/54,000
竹木場断層(Ss-3)	1/31,000	1/53,000	1/20,000



城山南断層



竹木場断層

- 
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 3. 評価対象断面
 4. 解析用物性値
 5. 評価方法
 6. 評価結果
 7. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価
 8. まとめ

8. まとめ

- 兼用キャスクである使用済燃料乾式貯蔵容器を固定する使用済燃料貯蔵建屋が設置される基礎地盤及び周辺斜面について、以下のことを確認した。
 - 将来活動する可能性のある断層等は存在しないこと
 - 対象施設の基礎地盤について、基準地震動 S_s による地震力に対する安定性を評価した結果、
 - ✓ 想定すべり線におけるすべり安全率が1.5を上回ること
 - ✓ 基礎底面の接地圧が極限支持力度を下回ること
 - ✓ 基礎底面の傾斜が1/2,000以下であること
 - 不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等の影響はないこと
 - 地殻変動による傾斜の影響について、基礎底面の傾斜が1/2,000以下であること
 - 対象施設が設置される地点周辺には、評価対象となる斜面が存在しないこと
- 以上のとおり、兼用キャスクである使用済燃料乾式貯蔵容器を固定する使用済燃料貯蔵建屋の基礎地盤は、基準地震動 S_s による地震力に対して、十分な安定性を有している。



(余 白)