

島根原子力発電所2号炉 審査資料	
資料番号	特EP(E)-010(説)
提出年月日	2024年1月12日

島根原子力発電所2号炉 第3バッテリー格納槽の 基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価

令和6年1月12日
中国電力株式会社

・常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備である所内常設直流電源設備(3系統目)を間接支持する施設を第3バッテリー格納槽と呼ぶ。

1. 評価概要

- ・ 設置許可基準規則に基づき、評価対象施設を整理

	設置許可基準規則
基礎地盤	第38条
周辺斜面	第39条

- ・ 審査ガイドに準拠し、適合性を確認

	審査ガイドにおける確認事項	本資料の対応
基礎地盤	・ 活断層の有無	2章
	・ 地震力に対する基礎地盤の安定性評価	3章
	・ 周辺地盤の変状による施設への影響評価	4章
	・ 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価	
周辺斜面	・ 地震力に対する周辺斜面の安定性評価	5章

2. 将来活動する可能性のある断層等の有無

- ・ 第3バッテリー格納槽が設置される地盤には、将来活動する可能性のある断層等が露頭していないことを確認

3. 基礎地盤の安定性評価

- ・ 第3バッテリー格納槽を本体審査の施設グループに追加し、重量等に着目して代表施設を選定
- ・ 基礎地盤のすべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認
- ・ 基礎底面の地震時最大接地圧が評価基準値を超えないことを確認
- ・ 基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2,000)を超えないことを確認

4. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価

- ・ 液状化や不等沈下等による影響が生じないことを確認
- ・ 地殻変動及び地震動を考慮した最大傾斜が、評価基準値の目安(1/2,000)を超えないことを確認

5. 周辺斜面の安定性評価

- ・ 第3バッテリー格納槽に影響するおそれのある斜面を抽出
- ・ 評価対象斜面のすべり安全率が評価基準値1.2を上回ることを確認

6. まとめ

1. 評価概要	3
2. 将来活動する可能性のある断層等の有無	
2.1 評価方針	10
2.2 評価対象施設	11
3. 基礎地盤の安定性評価	
3.1 評価方針	13
3.2 評価対象施設のグループ分け	15
3.3 代表施設の選定	16
3.4 評価結果	20
4. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価	
4.1 評価方針	22
4.2 評価結果	23
5. 周辺斜面の安定性評価	
5.1 評価方針	25
5.2 評価対象施設に影響するおそれのある斜面の抽出	27
6. まとめ	30
参考文献	32
【参考資料】	
1. 解析用物性値	33
2. 入力地震動	42
3. 代表施設(2号炉原子炉建物)の評価結果の概要	
3.1 代表施設の選定に関する補足	47
3.2 基礎地盤の安定性評価	48
3.3 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価	62
4. 評価対象斜面(2号炉南側切取斜面)の評価結果の概要	63

1. 評価概要

1. 評価概要

評価概要(1/4)

・「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則(解釈含む)」(以下、「設置許可基準規則」)の要求事項を以下に示す。

<基礎地盤(設置許可基準規則 三十八条)>

第三十八条 重大事故等対処施設は、次に掲げる施設の区分に応じ、それぞれ次に定める地盤に設けなければならない。

- 一 重大事故防止設備のうち常設のもの(以下「常設重大事故防止設備」という。)であって、耐震重要施設に属する設計基準事故対処設備が有する機能を代替するもの(以下「常設耐震重要重大事故防止設備」という。)が設置される重大事故等対処施設(特定重大事故等対処施設を除く。) 基準地震動による地震力が作用した場合においても当該重大事故等対処施設を十分に支持することができる地盤
 - 二 常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備が設置される重大事故等対処施設(特定重大事故等対処施設を除く。) 第四条第二項の規定により算定する地震力が作用した場合においても当該重大事故等対処施設を十分に支持することができる地盤
- 2 重大事故等対処施設(前項第二号の重大事故等対処施設を除く。次項及び次条第二項において同じ。)は、変形した場合においても重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならない。
- 3 重大事故等対処施設は、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない。

<周辺斜面(設置許可基準規則 第三十九条)>

第三十九条 重大事故等対処施設は、次に掲げる施設の区分に応じ、それぞれ次に定める要件を満たすものでなければならない。

- 2 重大事故等対処施設は、第四条第三項の地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

1. 評価概要

評価概要(2/4)

・常設重大事故等対処施設[※]である第3バッテリー格納槽(以下、「評価対象施設」)の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について、設置許可基準規則に適合していることを、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」に準拠し、次の事項について確認する。

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

● 基礎地盤

1. 将来活動する可能性のある断層等の有無
評価対象施設が設置される地盤には、将来活動する可能性のある断層等が露頭していないことを確認する。
2. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価
評価対象施設が設置される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評価基準値1.5を上回ること。
 - ② 基礎底面の接地圧が評価基準値を超えないこと。
 - ③ 基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2,000)を上回らないこと。
3. 周辺地盤の変状による評価対象施設への影響評価
地震発生に伴う周辺地盤の変状による不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等の影響を受けないことを確認する。
4. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響評価
地震発生に伴う地殻変動による基礎地盤の傾斜及び撓みの影響を受けないことを確認する。

● 周辺斜面

1. 地震力に対する周辺斜面の安定性
想定すべり面におけるすべり安全率が評価基準値1.2を上回ることを確認する。

1. 評価概要

評価概要(3/4)

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

設置許可基準規則		確認内容	本資料の 対応
本文	別記		
第38条第1項 施設を十分支持することができる地盤に設けなければならない	本文の「施設を十分支持することができる」＝地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する設計	・動的解析の結果に基づいて算定した基礎の接地圧が、評価基準値を超えないことを確認する。	3章
	上記に加え、地震力が作用することによって弱面上のずれ等が発生しないことを含め、地震力に対する支持性能が確保されていることを確認する	・動的解析の結果に基づく時刻歴のすべり安全率が、評価基準値1.5を上回ることを確認する。 ・動的解析の結果に基づいて求められた基礎底面の傾斜が、評価基準値の目安(1/2,000)を上回らないことを確認する。	3章
第38条第2項 施設は変形した場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならない	本文の「変形」＝地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み	・地震発生に伴う地殻変動によって生じる地盤の傾斜を算出し、地震動による地盤の傾斜も考慮した最大傾斜が、評価基準値の目安を上回らないことを確認する。	4章
	本文の「変形」＝地震発生に伴う建物・構築物間の不等沈下、液状化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状	・施設の設置状況を踏まえ、地震発生に伴う不等沈下、液状化及び揺すり込み沈下等を起因とする施設間の不等沈下が生じないことを確認する。 ・施設の詳細設計段階において、液状化、揺すり込み沈下等の変状を考慮した場合においても、施設の安全機能に影響を及ぼさないように設計する。	4章
第38条第3項 施設は変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない	本文の「変位が生ずるおそれがない地盤」＝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	・施設が設置される地盤には、将来活動する可能性のある断層等が露頭していないことを確認する。	2章

1. 評価概要

評価概要(4/4)

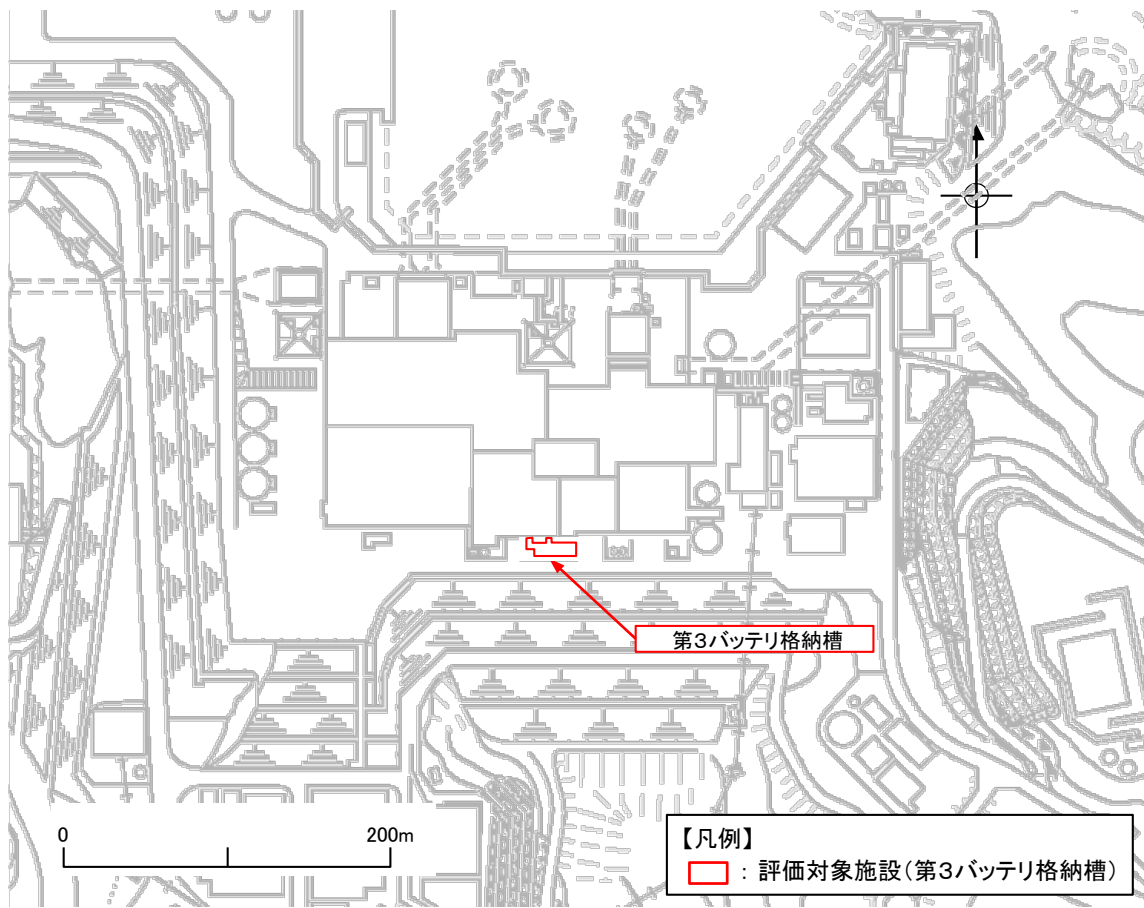
・評価対象施設における周辺斜面の安定性評価について、設置許可基準規則に基づき、以下の項目について確認する。

設置許可基準規則		確認内容	本資料の 対応
本文	別記		
<p>第39条第2項 施設は斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・基準地震動による安定解析を行い、崩壊のおそれがないことを確認する ・崩壊のおそれがある場合には、当該部分の除去及び敷地内土木工作物による斜面の保持等の措置を講ずる ・地質・地盤の構造、地盤等級区分、液状化の可能性及び地下水の影響等を考慮する 	<p>・動的解析の結果に基づく時刻歴のすべり安全率が、評価基準値1.2を上回ることを確認する。</p>	<p>5章</p>

1. 評価概要

評価対象施設

・今回審査の評価対象施設である第3バッテリー格納槽の配置図を以下に示す。



評価対象施設配置図

2. 将来活動する可能性のある断層等の有無

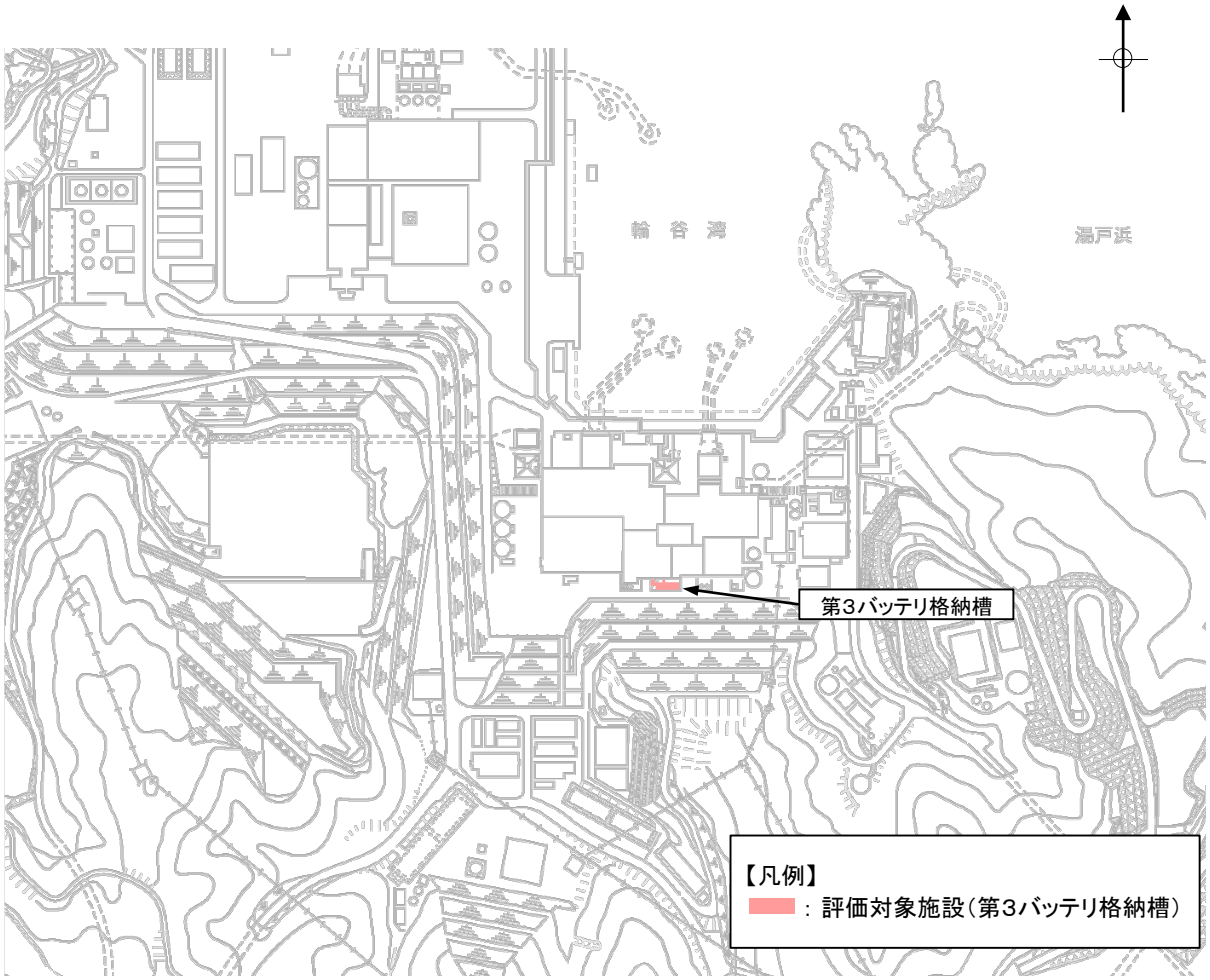
評価方針

・将来活動する可能性のある断層等の有無について、設置許可基準規則に基づき、以下に示す事項を確認する。

＜将来活動する可能性のある断層等の有無＞

評価対象施設が設置される地盤には、将来活動する可能性のある断層等が露頭していないことを確認する。

評価対象施設



評価対象施設	
重大事故等 対処施設	第3バッテリー格納槽

【凡例】
 : 評価対象施設(第3バッテリー格納槽)

評価対象施設配置図

・第38条(地盤)対象施設のうち、今回申請の審査対象は、重大事故等対処施設の第3バッテリー格納槽である。
 ・第3バッテリー格納槽の設置される地盤における、将来活動する可能性のある断層等の有無については、「島根原子力発電所2号炉 第3バッテリー格納槽付近の地盤(敷地の地形、地質・地質構造)」において、現在、審査中である。評価結果については、審査中であることを踏まえ、追而とする。

3. 基礎地盤の安定性評価

評価方針

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

<地震力に対する基礎地盤の安定性評価における評価項目>

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

1) 基礎地盤のすべり

- ・動的解析の結果に基づき、基礎地盤を通るすべり面を仮定し、そのすべり安全率を算定する。
- ・動的解析における時刻歴のすべり安全率が1.5を上回ることを確認する。

2) 基礎の支持力

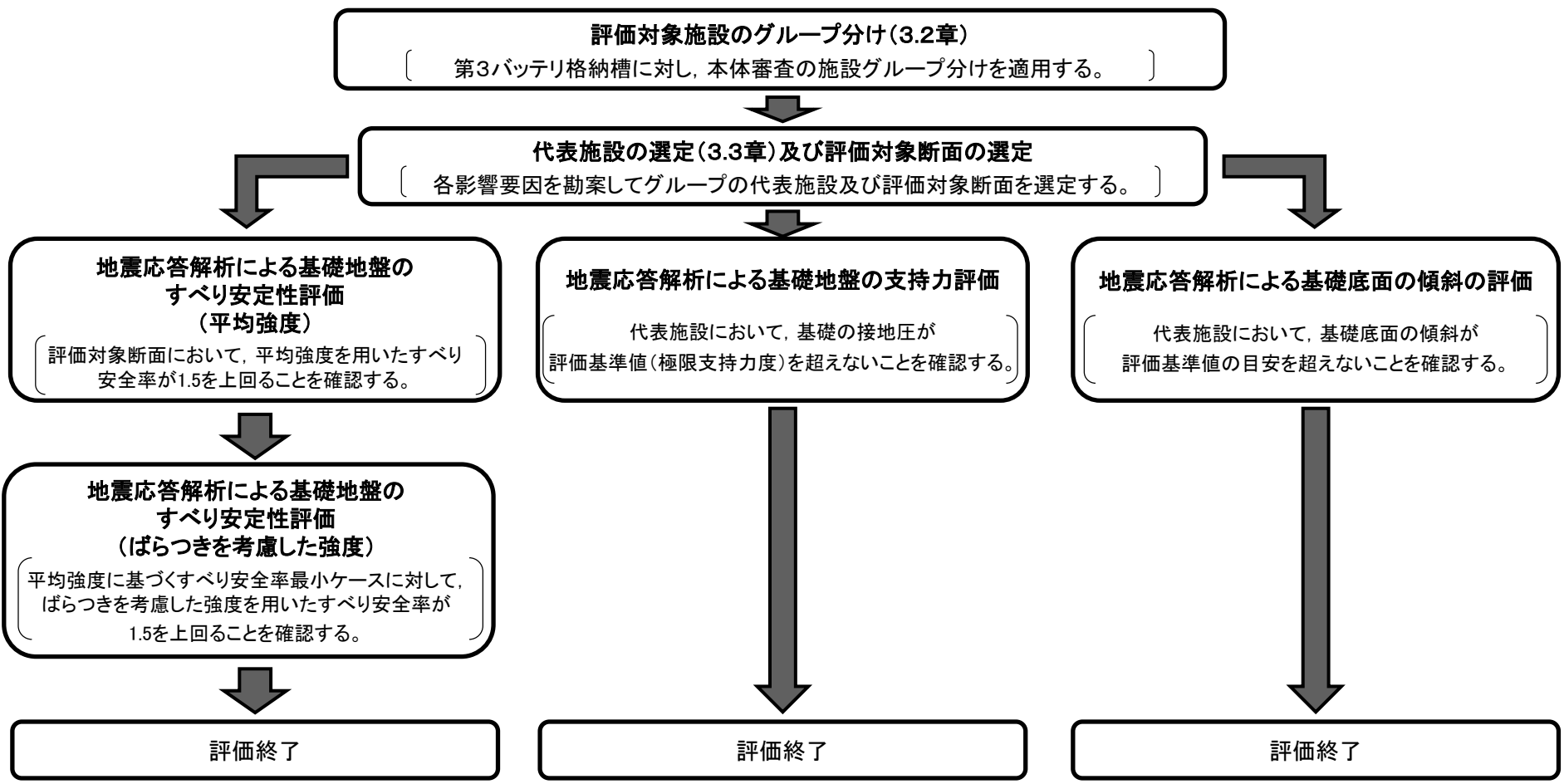
- ・原位置試験の結果等に基づいて基礎の支持力の評価基準値を設定する。
- ・動的解析の結果に基づいて算定した基礎の接地圧が評価基準値を超えないことを確認する。

3) 基礎底面の傾斜

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

評価フロー

・基礎地盤の安定性評価の評価フローを以下に示す。

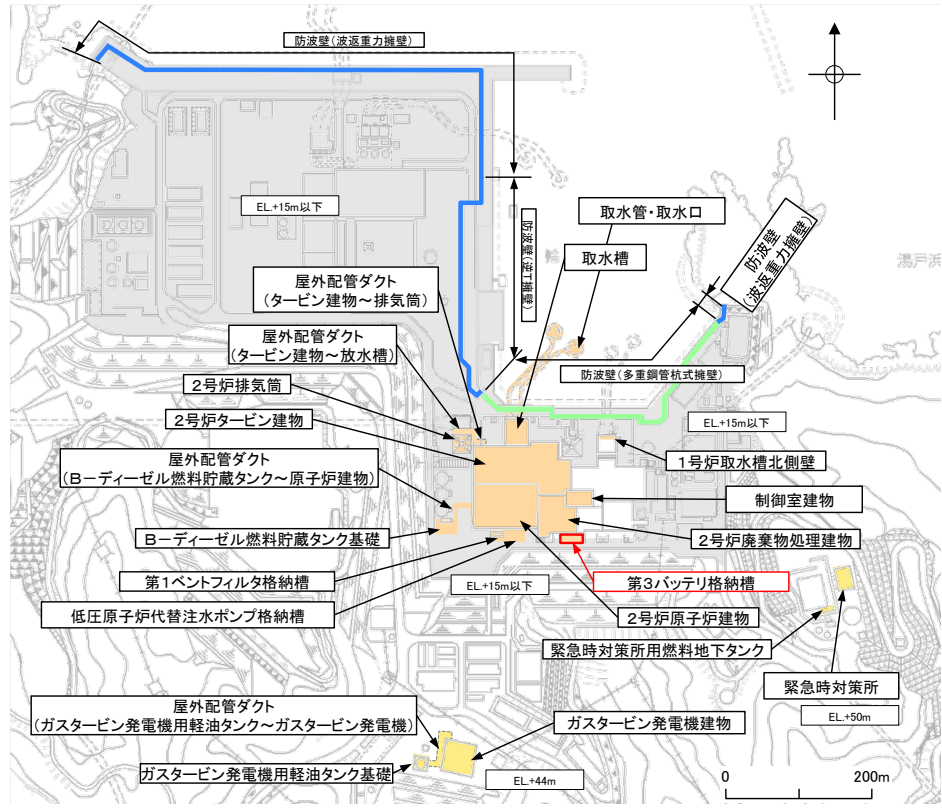


評価フロー

3. 基礎地盤の安定性評価 3.2 評価対象施設のグループ分け

評価対象施設の本体審査におけるグループ分け

- ・本体審査では、以下の観点から施設のグループ分けを行っている。
 - ①液状化範囲の検討結果及び地震増幅特性の違いを踏まえ、EL.+8.5~15m盤に設置されている評価対象施設とEL.+44~50m盤に設置されている評価対象施設に区分する。
 - ②線状構造物の背後に埋戻土が広く分布する防波壁については、液状化の影響が大きいと考えられるため、防波壁とそれ以外に区分する。
 - ③基礎形式による基礎地盤への荷重伝達メカニズムの違いを踏まえ、杭基礎と直接基礎に区分する。
 - ・上記に従いグループ分けを行った結果、グループA(EL.+15m盤以下、防波壁以外、直接基礎)、グループB(EL.+44~50m盤、防波壁以外、直接基礎)、グループC(EL.+15m盤以下、防波壁、杭基礎)、及びグループD(EL.+15m盤以下、防波壁、直接基礎)の4つのグループに分類している。
 - ・なお、設置標高EL.+15m盤以下のグループA、C、Dは液状化影響を考慮し、設置標高EL.+44~50m盤のグループBは液状化影響を考慮しない。
- ・今回審査の評価対象施設である第3バッテリー格納槽は、設置標高「EL.+15m盤以下」、施設区分「防波壁以外」、基礎形式「直接基礎」であることから、グループAに分類される。



評価対象施設配置図

グループ分類	①設置標高	②施設区分	③基礎形式	(参考)液状化影響の考慮
グループA	EL.+15m盤以下	防波壁以外	直接基礎	考慮する
グループB	EL.+44~50m盤	防波壁以外	直接基礎	考慮しない
グループC	EL.+15m盤以下	防波壁	杭基礎	考慮する
グループD	EL.+15m盤以下	防波壁	直接基礎	考慮する

【凡例】

- オレンジ色: グループA(EL.+15m盤以下, 防波壁以外, 直接基礎)
- 黄色: グループB(EL.+44~50m盤, 防波壁以外, 直接基礎)
- 緑色: グループC(EL.+15m盤以下, 防波壁, 杭基礎)
- 青色: グループD(EL.+15m盤以下, 防波壁, 直接基礎)

代表施設の選定方法

・第3バッテリー格納槽が属するグループAの代表施設は、以下に示す基礎地盤安定性の影響要因を踏まえて選定する。

グループAの施設
(EL.+15m盤以下)

・各施設について、施設周辺の地形、地質等を考慮して検討断面を設定する。
 ・各グループにおいて、施設毎に、基礎地盤安定性の影響要因について比較し、代表施設を選定する。

①基礎地盤の岩級
 ②施設直下のシームの分布
 ③施設重量

影響要因	内容
①基礎地盤の岩級	・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。
②施設直下のシームの分布	・施設直下にシームが分布すると, シームによりすべり土塊が形成される可能性がある。
③施設重量	・施設重量が大きいほど, 慣性力により基礎地盤に作用する起動力が大きくなる。

グループAにおける代表施設

グループA(EL.+15m盤以下)の選定結果 (1/2)

・本体審査においてグループAに分類される施設に第3バッテリー格納槽を追加して下表の比較を行った結果、2号炉原子炉建物を代表施設に選定した。

グループAの施設	影響要因			該当する影響要因	簡便法の最小すべり安全率※2	選定理由
	① 基礎地盤の岩級、地形等	② 施設直下のシームの分布	③ 施設総重量(MN) (単位奥行当たりの施設重量※1(MN/m))			
代表施設に選定 2号炉原子炉建物	C _M ~C _H 級	あり	3,278 (46.82)	②, ③	2.78	・施設直下にシームが分布しており、施設総重量が最大である。 ・影響要因の番号付与数が最多であるため、簡便法を実施した結果、すべり安全率は最小である。 以上のことから、代表施設に選定する。
2号炉タービン建物	C _L ~C _H 級	あり	2,112 (41.08)	①, ②	4.80	・2号炉原子炉建物に比べ、局所的にC _L 級岩盤が分布するが、C _H 級が主体であり、施設総重量が小さい。 ・影響要因の番号付与数が2号炉原子建物と同数で最多であるため、簡便法を実施した結果、すべり安全率は2号炉原子炉建物より大きい。 以上のことから、2号炉原子炉建物の評価に代表させる。
2号炉廃棄物処理建物	C _M ~C _H 級	あり	1,167 (21.26)	②	—	・2号炉原子炉建物に比べ、岩級及びシームの分布状況は同等であるが、施設総重量が小さいことから、2号炉原子炉建物の評価に代表させる。
取水槽			382 (11.76)			
低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽			97 (7.27)			
第1ベントフィルタ格納槽			95 (7.06)			
取水管			3 (0.68)			
B-ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎	C _M 級	あり	36 (1.88)	②	—	・2号炉原子炉建物に比べ、岩級はC _M 級であるが、施設総重量が小さいことから、2号炉原子炉建物の評価に代表させる。
屋外配管ダクト(B-ディーゼル燃料貯蔵タンク~原子炉建物)	C _H 級	あり	13 (4.79)	②	—	・2号炉原子炉建物に比べ、シームの分布状況は同等であるが、岩級はC _H 級であること、及び施設総重量も小さいことから、2号炉原子炉建物の評価に代表させる。

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

※1 施設総重量を施設の短辺方向の延長で除した値を記載
 ※2 【参考資料】3.1章「代表施設の選定に関する補足」参照

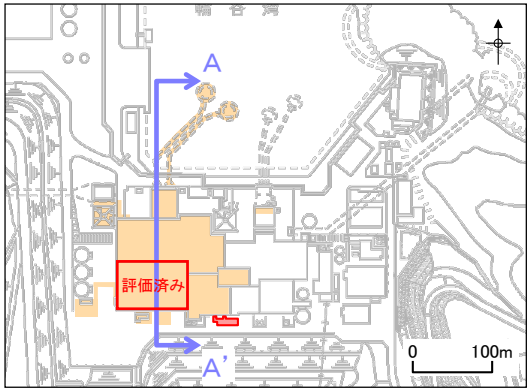
グループA(EL.+15m盤以下)の選定結果 (2/2)

評価対象施設	影響要因			該当する影響要因	簡便法の最小すべり安全率※2	選定理由
	① 基礎地盤の岩級、地形等	② 施設直下のシームの分布	③ 施設総重量(MN) (単位奥行当たりの施設重量※1(MN/m))			
制御室建物	C _H 級	あり	132 (6.00)	②	—	・2号炉原子炉建物に比べ、シームの分布状況は同等であるが、岩級はC _H 級であること、及び施設総重量も小さいことから、2号炉原子炉建物の評価に代表させる。
取水口			2 (0.10)			
2号炉排気筒	C _M ~C _H 級 基礎地盤が特徴的	あり	119 (4.16)	①, ②	6.55	・2号炉原子炉建物に比べ、基礎地盤が特徴的(基礎地盤周辺の地形形状が急勾配)であり、岩級及びシームの分布状況は同等であるが、施設総重量が小さい。 ・影響要因の番号付与数が2号炉原子建物と同数で最多であるため、簡便法を実施した結果、すべり安全率は2号炉原子炉建物より大きい。 以上のことから、2号炉原子炉建物の評価に代表させる。
屋外配管ダクト (タービン建物~放水槽)			18 (2.57)			
屋外配管ダクト (タービン建物~排気筒)			8 (1.24)			
1号炉取水槽北側壁	C _M ~C _H 級	あり	4 (4.08)	②	—	・2号炉原子炉建物に比べ、岩級及びシームの分布状況は同等であるが、施設総重量が小さいことから、2号炉原子炉建物の評価に代表させる。
第3バッテリー格納槽	C _M ~C _H 級	なし	56 (5.09)	—	—	・2号炉原子炉建物に比べ、岩級の分布は同等であるが、施設直下にシームが分布しないこと、及び施設総重量が小さいことから、2号炉原子炉建物の評価に代表させる。

 : 番号を付与する影響要因
 : 影響要因の番号付与が多い
 : 評価対象施設(第3バッテリー格納槽)
 ※1 施設総重量を施設の短辺方向の延長で除した値を記載
 ※2 【参考資料】3.1章「代表施設の選定に関する補足」参照

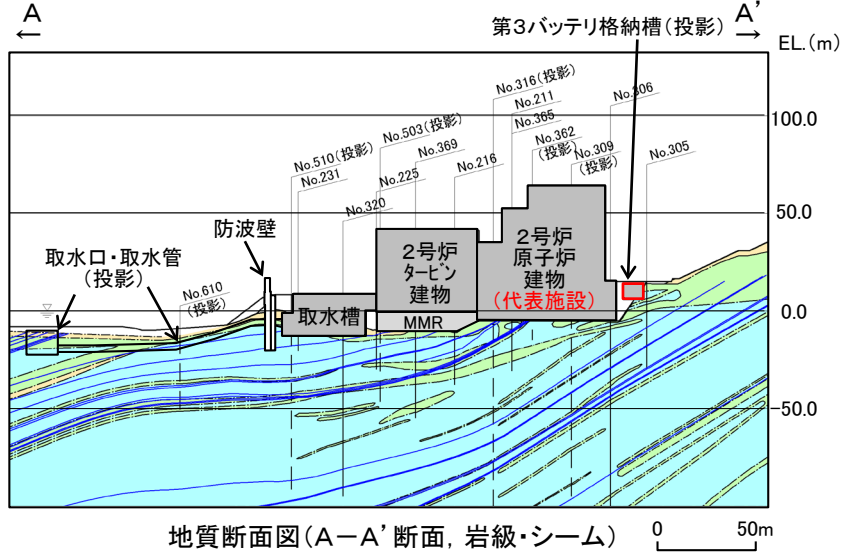
第3バッテリー格納槽の比較結果 グループA

・第3バッテリー格納槽は、2号炉原子炉建物に比べ、岩級の分布は同等であるが、施設直下にシームが分布しないこと、及び施設総重量が小さいことから、2号炉原子炉建物の評価に代表させる。

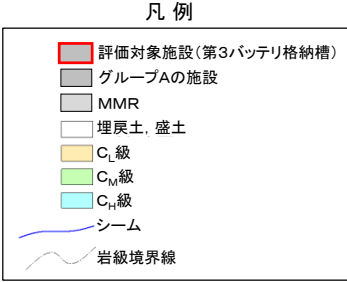


断面位置図

- : グループAの施設
- : グループAの代表施設
- : 評価対象施設 (第3バッテリー格納槽)



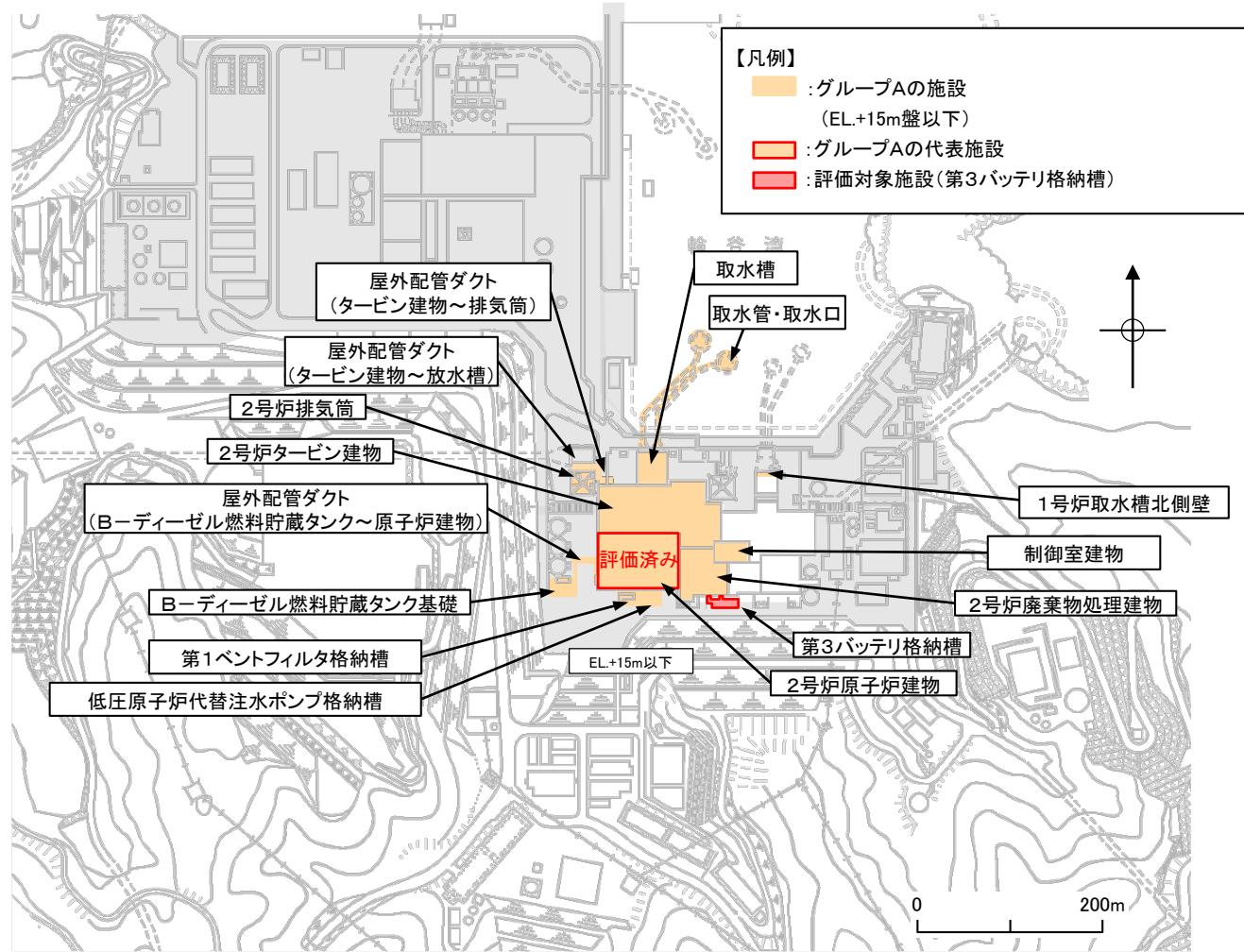
地質断面図 (A-A' 断面, 岩級・シーム)



評価結果

・本体審査においてグループAに分類される施設に、第3バッテリー格納槽を追加して選定した代表施設を以下に示す。
 ・代表施設として選定した2号炉原子炉建物の基準地震動 S_s による基礎地盤安定性評価については本体審査で評価済み※であることから、評価対象施設が設置される地盤は、基礎地盤のすべり、基礎の支持力及び基礎底面の傾斜について、いずれも評価基準値を満足することを確認した。

※【参考資料】3.2章「基礎地盤の安定性評価」参照



グループA (EL.+15m盤以下)	
2号炉原子炉建物	代表施設
2号炉タービン建物	グループAの施設
2号炉廃棄物処理建物	グループAの施設
制御室建物	グループAの施設
取水槽	グループAの施設
2号炉排気筒	グループAの施設
屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒)	グループAの施設
屋外配管ダクト(タービン建物~放水槽)	グループAの施設
第1ベントフィルタ格納槽	グループAの施設
低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	グループAの施設
取水管・取水口	グループAの施設
1号炉取水槽北側壁	グループAの施設
屋外配管ダクト(B-ディーゼル燃料貯蔵タンク~原子炉建物)	グループAの施設
B-ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎	グループAの施設
第3バッテリー格納槽	評価対象施設

■ : 代表施設 ■ : 評価対象施設(第3バッテリー格納槽)

代表施設の選定結果

4. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価

4. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価 4. 1 評価方針

評価方針

・周辺地盤の変状による評価対象施設への影響評価について、設置許可基準規則に基づき、以下に示す事項を確認する。

＜周辺地盤の変状による重要施設への影響評価＞

地震発生に伴う周辺地盤の変状による建物・構築物の液状化、揺すり込み沈下を起因とする施設間の不等沈下が生じないことを確認する。

評価対象施設については、施設の詳細設計段階において、液状化、揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても、施設の安全機能に影響を及ぼさないように設計する。

・評価対象施設における地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価について、設置許可基準規則に基づき、以下に示す事項を確認する。

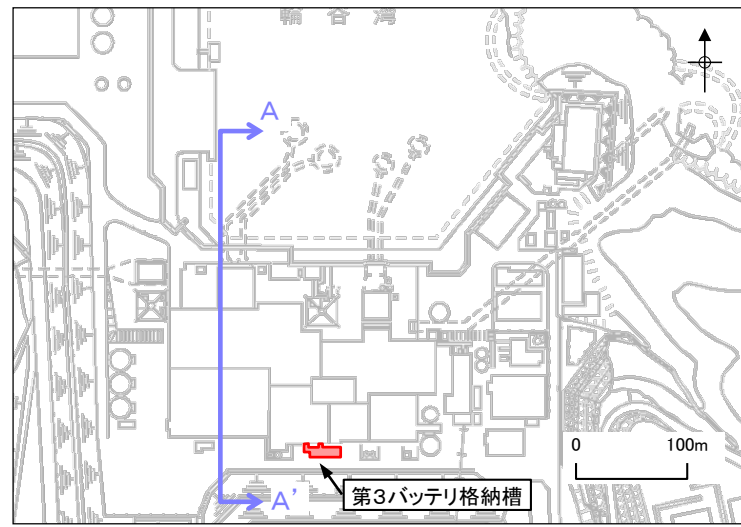
＜地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価＞

地震発生に伴う地殻変動解析による基礎地盤の傾斜及び撓みにより、評価対象施設が重大な影響を受けないことを確認する。

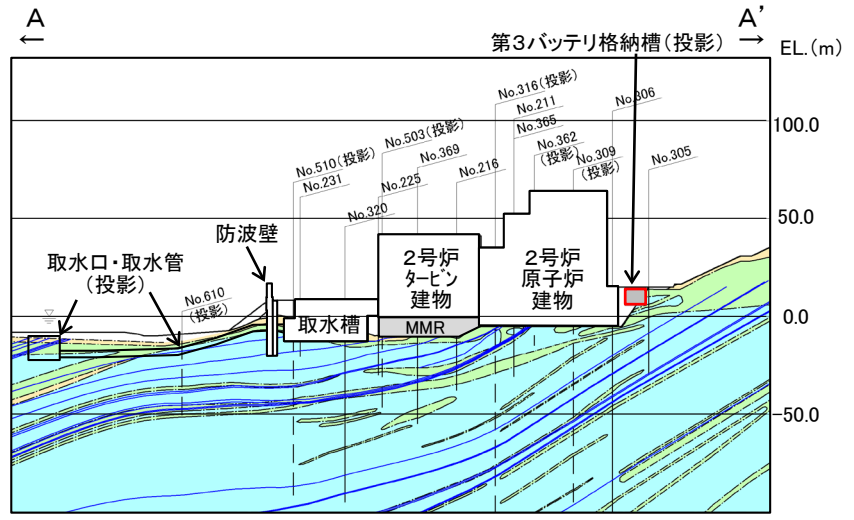
評価結果

- ・評価対象施設は、直接十分な支持力を有する岩盤(成相寺層)で支持されていることから、液状化や揺すり込み沈下を起因とする不等沈下が生じることはない。
- ・地殻変動による影響については、構造規模の大きい2号炉原子炉建物に代表される※ことから、評価対象施設が重大な影響を受けないことを確認した。

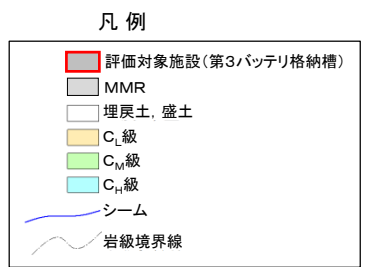
※【参考資料】3. 3章「地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価」参照



■: 評価対象施設(第3バッテリー格納槽)



地質断面図(A-A'断面, 岩級・シーム)



5. 周辺斜面の安定性評価

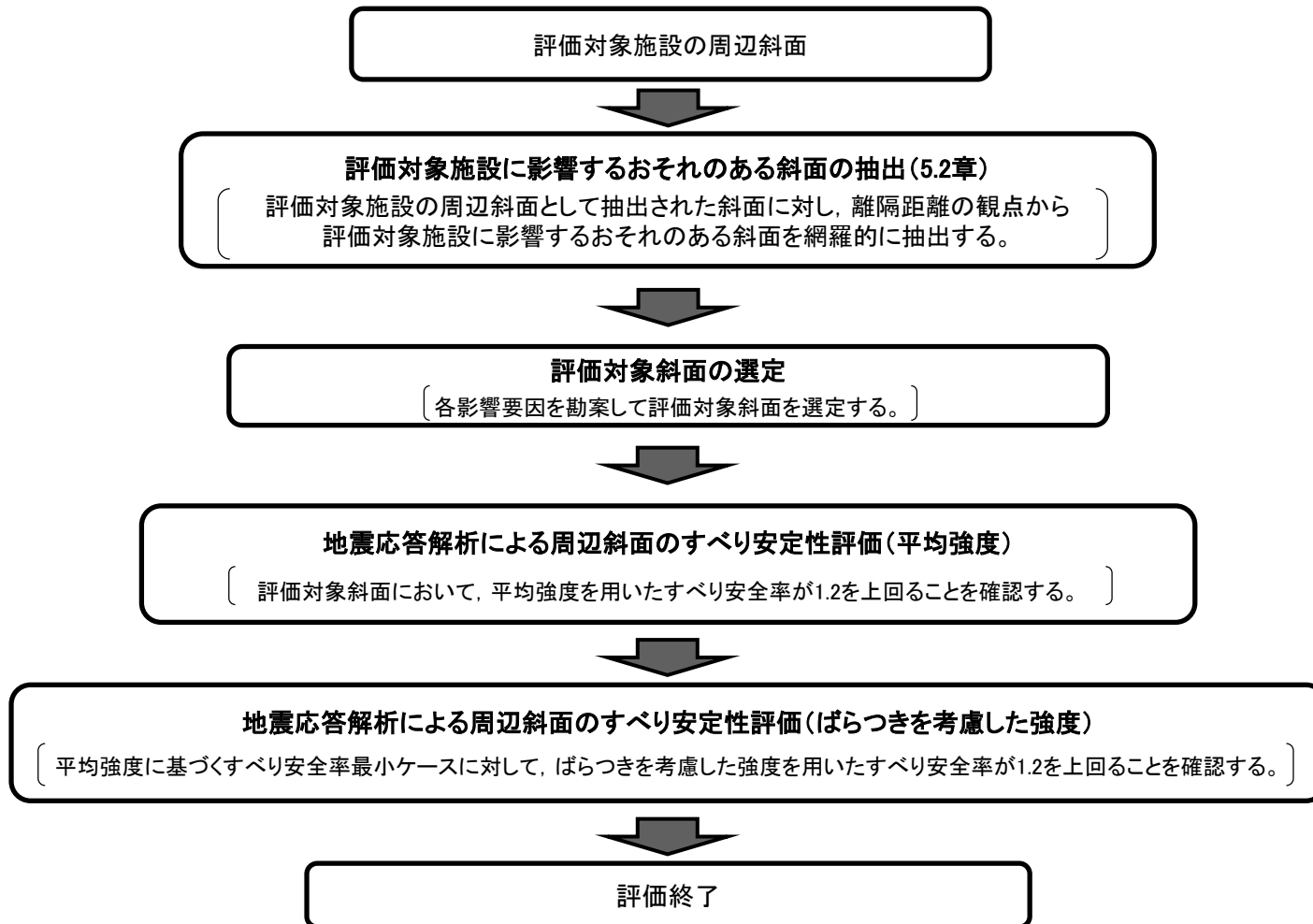
5. 周辺斜面の安定性評価 5.1 評価方針

評価方針

・評価対象施設における周辺斜面の安定性評価について、設置許可基準規則に基づき、以下に示す事項を確認する。

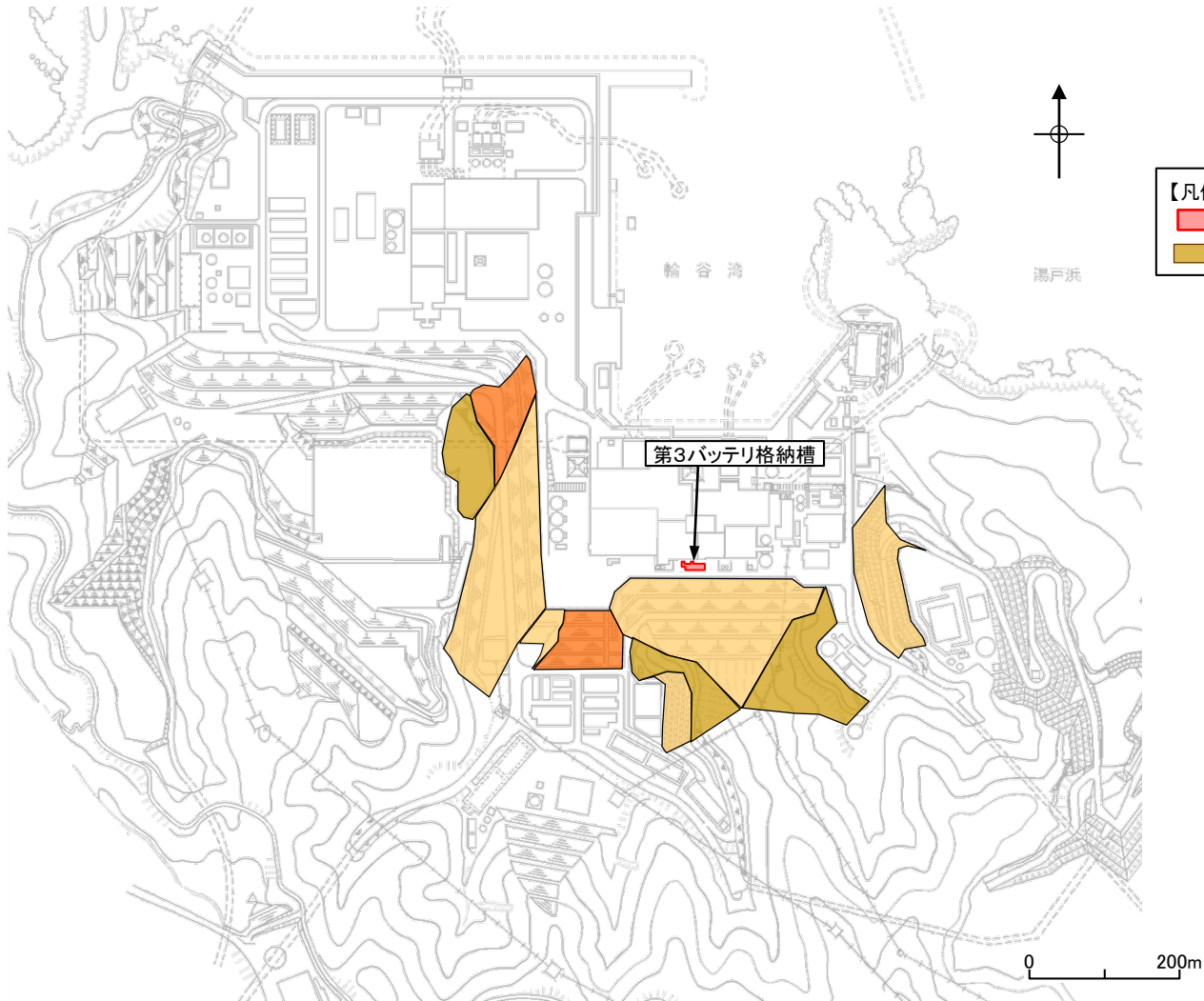
- <地震力に対する周辺斜面の安定性評価における評価項目と評価内容>
- ・周辺斜面のすべり面における地盤安定性(斜面崩壊に対する安全性)について、動的解析における時刻歴のすべり安全率が1.2を上回ることを確認する。
 - ・評価対象斜面の選定及びすべり安定性評価における簡便法・動的解析では、地下水位以深の埋戻土等の液状化によるせん断強度の低下の可能性を検討する。

評価フロー



5. 周辺斜面の安定性評価 5.2 評価対象施設に影響するおそれのある斜面の抽出 評価対象施設の周辺斜面の抽出

・評価対象施設の周辺斜面を下図のとおり網羅的に抽出した。



【凡例】

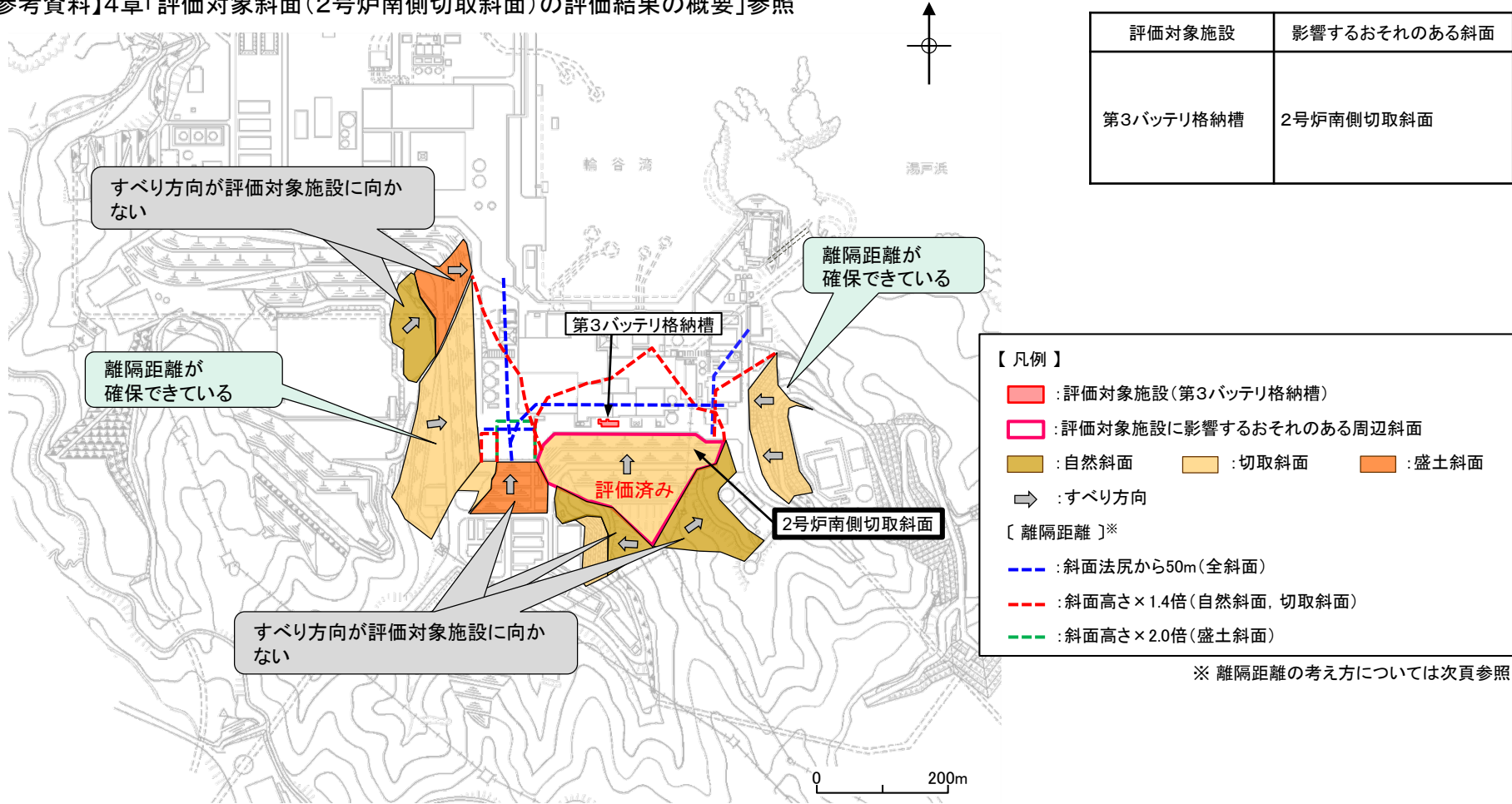
- : 評価対象施設 (第3バッテリー格納槽)
- : 自然斜面
- : 切取斜面
- : 盛土斜面

評価対象施設の周辺斜面 平面位置図

5. 周辺斜面の安定性評価 5.2 評価対象施設に影響するおそれのある斜面の抽出 評価対象施設に影響するおそれのある斜面の抽出

- ・評価対象施設の周辺斜面の中で、すべり方向が評価対象施設に向いており、評価対象施設からの離隔距離がない斜面を、評価対象施設に影響するおそれのある斜面として抽出した。
- ・評価対象斜面として選定した2号炉南側切取斜面の基準地震動Ssによる安定性評価については本体審査で評価済み*であることから、評価対象施設の周辺斜面のすべり面における地盤安定性について、動的解析における時刻歴のすべり安全率が評価基準値1.2を上回ることを確認した。

※【参考資料】4章「評価対象斜面(2号炉南側切取斜面)の評価結果の概要」参照



評価対象施設	影響するおそれのある斜面
第3バッテリー格納槽	2号炉南側切取斜面

【凡例】

- : 評価対象施設(第3バッテリー格納槽)
- : 評価対象施設に影響するおそれのある周辺斜面
- : 自然斜面 ■ : 切取斜面 ■ : 盛土斜面
- ➡ : すべり方向

[離隔距離]*

- : 斜面法尻から50m(全斜面)
- : 斜面高さ×1.4倍(自然斜面, 切取斜面)
- : 斜面高さ×2.0倍(盛土斜面)

※ 離隔距離の考え方については次頁参照

評価対象施設の周辺斜面 平面位置図

5. 周辺斜面の安定性評価 5.2 評価対象施設に影響するおそれのある斜面の抽出 離隔距離の考え方

岩盤斜面及び盛土斜面ともに、土木学会(2009)及びJEAG4601-2015を基本とするが、盛土斜面については、より幅広く斜面を抽出するため、急傾斜地(土砂)を対象とした宅地防災マニュアルの解説も準用し、離隔距離が以下の基準以内の斜面を抽出することとした。

- ・岩盤斜面(自然斜面, 切取斜面): 斜面高さ×1.4倍 あるいは 50m
- ・盛土斜面: 斜面高さ×2.0倍 あるいは 50m

参考文献	記載内容	対象地盤
土木学会(2009) ⁽¹⁾ JEAG4601-2015 ⁽²⁾	地盤安定性評価の対象とする斜面を、「斜面法尻と原子炉建屋との離隔距離が約50m以内の斜面, あるいは斜面の高さの約1.4倍以内の斜面」と規定しており, これに該当する斜面について評価を実施する。	岩盤斜面 盛土斜面
宅地防災マニュアルの解説 ⁽³⁾	斜面上部又は下部とは, 急傾斜地(傾斜30度以上のがけ)の下端及び上端から当該急傾斜地の高さの, それぞれ2倍及び1倍程度の範囲(概ね50mを限度とする)をいう。	急傾斜地 (土砂)

6. まとめ

6. まとめ

[第38条第1項]

- ・動的解析の結果に基づいて算定した基礎の接地圧が評価基準値を超えないことを確認した。
- ・動的解析の結果に基づく時刻歴の基礎地盤のすべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認した。
- ・評価対象施設について、動的解析の結果に基づいて求められた基礎底面の傾斜が評価基準値の目安を上回らないことを確認した。

[第38条第2項]

- ・評価対象施設について、地震発生に伴う地殻変動によって生じる地盤の傾斜を算出し、地震動による地盤の傾斜も考慮した最大傾斜が、評価基準値の目安を上回らないことを確認した。
- ・施設の設置状況を踏まえ、地震発生に伴う不等沈下、液状化及び揺すり込み沈下等を起因とする施設間の不等沈下が生じないことを確認した。施設の詳細設計段階において、液状化、揺すり込み沈下等の変状を考慮した場合においても、施設の安全機能に影響を及ぼさないように設計する。

[第38条第3項]

(追而)

[第39条第2項]

- ・動的解析の結果に基づく時刻歴の周辺斜面のすべり安全率が1.2を上回ることを確認した。

以上のことから、評価対象施設の基礎地盤及び周辺斜面は、基準地震動による地震力に対して十分な安定性を有しており、設置許可基準則第38条及び第39条に適合していることを確認した。(追而を含む)

参考文献

- (1) 土木学会(2009):原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術<技術資料>,
土木学会原子力土木委員会
- (2) 日本電気協会(2016):原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-2015, 一般社団法人日本電気協会
原子力規格委員会
- (3) [編集]宅地防災研究会(2007):宅地防災マニュアルの解説[第二次改訂版][Ⅱ], 宅地防災研究会

【参考資料】

1. 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	
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

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。
- ・減衰特性については、慣用値を解析用物性値として設定した。

岩種	岩級	物理特性	強度特性		変形特性				減衰特性
			ピーク強度	残留強度	静的特性		動的特性		減衰定数
					静弾性係数	静ポアソン比	動せん断弾性係数	動ポアソン比	
岩盤 (成相寺層)	頁岩	C _H 級	密度試験 (飽和) ^{※1}	ブロックせん断 試験 ^{※1}	摩擦抵抗 試験 ^{※1}	平板載荷試験	一軸圧縮試験	PS検層	慣用値 ^{※2}
		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	換算値	換算値	換算値	換算値	
		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 JEAG4601-2015を参考に設定。

設定方法(D級岩盤・シーム・埋戻土・MMR)

・解析用物性値は、各種試験により設定した。※12
・MMR等については、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				減衰特性	
		ピーク強度	残留強度	静的特性		動的特性		減衰定数	
				静弾性係数	静ポアソン比	動せん断弾性係数	動ポアソン比		
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	慣用値※9	動的中型三軸圧縮試験	慣用値※9	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		慣用値※10	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			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			繰返し中空ねじり せん断試験
旧表土※3						動的三軸圧縮試験			動的三軸圧縮試験
MMR※4	慣用値※8	—	—	慣用値※8	慣用値※8	慣用値※8	慣用値※8	慣用値※8	
改良地盤 (高圧噴射攪拌工法)※5	凝灰岩・凝灰角礫岩(C _M 級)を流用								
改良地盤Ⅰ (薬液注入工法)※6	埋戻土、盛土を流用								
改良地盤Ⅱ (薬液注入工法)※7	密度試験 (飽和)(埋 戻土、盛土 を流用)	せん断強度はPS検層に 基づく換算値 内部摩擦角は簡易設定 法に用いたN値に基づく 換算値	ピーク強度 と同じ値	PS検層に基づく 換算値	慣用値※11	G ₀ はPS検層 ひずみ依存特性は 動的大型三軸圧縮試験 (埋戻土、盛土を流用)	慣用値※11	動的大型三軸圧縮試験 (埋戻土、盛土を流用)	

※1 「海底堆積物、崖錐堆積物」は、主要構成地質(礫混り砂質土・礫混り粘性土)が盛土と同じであること、及び評価対象の基礎地盤及び周辺斜面に対して地震時安定性への影響が軽微であることから、「埋戻土・盛土」の値を流用。
 ※2 「埋戻土(購入土)」は、加工砂(主に花崗岩の砕砂)であり、ガスタービン発電機建物周りの埋戻土のみに使用。
 ※3 「旧表土」は、2号炉南側盛土斜面のみに使用。
 ※4 「MMR」は、1・2号炉タービン建物直下のみに使用。
 ※5 防波壁(波返重力擁壁)における改良地盤を指す。
 ※6 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)施設直下の改良地盤及び防波壁(逆T擁壁)周辺の追加改良地盤を指す。

※7 防波壁(逆T擁壁)の支持地盤となる改良地盤を指す。
 ※8 「MMR」の慣用値は、原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針(土木学会、1992年・2005年)を参考に設定。
 ※9 設計用地盤定数の決め方-岩盤編-(地盤工学会、2007年)を参考に設定。
 ※10 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年)を参考に設定。
 ※11 港湾の施設の技術上の基準・同解説((公社)日本港湾協会、H30.5、P1927)を参考に設定。
 ※12 当該物性は基礎地盤及び周辺斜面の簡便法または動的解析に用いる。

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 ρ_s (g/cm ³)	せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	残留強度 τ (N/mm ²)	静弾性係数 E (×10 ³ N/mm ²)	静ポアソン比 ν_s	動せん断弾性係数 G_d (×10 ³ 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 (真入岩)	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			

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						

解析用物性値③

・D級岩盤，シーム，埋戻土，旧表土，MMR及び改良地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		動的変形特性		減衰特性	
	密度 ρ_s (g/cm ³)	せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	残留強度※5 τ (N/mm ²)	弾性係数※5 E (N/mm ²)	静ポアソン比 ν_s	動せん断弾性係数※5 G_d (N/mm ²)	動ポアソン比 ν_d	減衰定数※5 h	
D級岩盤	2.28	0.11	6	$0.11 + \sigma \tan 6^\circ$	$141 \sigma^{0.39}$	0.30	$G_0 = 148 \sigma^{0.49}$ $G/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00062)$	0.45	$\gamma \leq 1 \times 10^{-4}$: $h=0.023$ $\gamma > 1 \times 10^{-4}$: $h=0.023 + 0.071 \cdot \log(\gamma/0.0001)$	
シーム	2.23	0.19	18	$0.19 + \sigma \tan 18^\circ$	$G_{0.5} = 44 \sigma^{0.34}$	0.40	$G_0 = 225 \sigma^{0.31}$ $G/G_0 = 1/[1 + (\gamma/0.00149)^{0.849}]$	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	$G_0 = 749 \sigma^{0.66}$ $G/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00027)$	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	$G_0 = 275 \sigma^{0.61}$ $G/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00048)$	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	$G_0 = 240 \sigma^{0.61}$ $G/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.0011)$	0.45	$h = 0.20 \gamma / (\gamma + 0.000413)$	
MMR※4	2.35	—	—	—	23,500	0.20	9,792	0.20	0.05	
改良地盤 (高圧噴射攪拌工法)	2.44	1.14	47	$0.34 \sigma^{0.54}$	1,470	0.20	6,250	0.38	0.03	
改良地盤Ⅰ (薬液注入工法)	2.11	0.22	22	$0.22 + \sigma \tan 22^\circ$	$E_{0.5} = 115 \sigma^{0.61}$	0.40	$G_0 = 749 \sigma^{0.66}$ $G/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00027)$	0.45	$h = 0.0958 \gamma / (\gamma + 0.00020)$	
改良地盤Ⅱ (薬液注入工法)	改良地盤①	2.11	0.63	38	$0.63 + \sigma \tan 38^\circ$	1,087	0.33	$G_0 = 409$ $G/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00027)$	0.33	$h = 0.0958 \gamma / (\gamma + 0.00020)$
	改良地盤②	2.11	0.49	41	$0.49 + \sigma \tan 41^\circ$	898	0.33	$G_0 = 338$ $G/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00027)$	0.33	
	改良地盤③	2.11	1.14	41	$1.14 + \sigma \tan 41^\circ$	2,088	0.33	$G_0 = 785$ $G/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00027)$	0.33	

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

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

※3 「旧表土」は，2号炉南側盛土斜面のみに使用。

※4 「MMR」は，1・2号炉タービン建物直下のみに使用。

※5 σ は直応力 (N/mm²)， γ はせん断ひずみ

地盤物性のばらつきについて

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

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

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

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

原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-2015(日本電気協会)

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

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 $\tau_0(N/mm^2)$	内部摩擦角 $\phi(^{\circ})$	残留強度 $\tau(N/mm^2)$
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 $\sigma^{0.54}$

		強度特性		
		ばらつきを考慮した強度		
		せん断強度 $\tau_0(N/mm^2)$	内部摩擦角 $\phi(^{\circ})$	残留強度 $\tau(N/mm^2)$
D級岩盤	頁岩, 頁岩・凝灰岩の互層	0.32	9	0.32 + $\sigma \tan 9^{\circ}$
	ドレライト, 安山岩	0.30	33	0.30 + $\sigma \tan 33^{\circ}$
	凝灰岩・凝灰角礫岩	0.09	6	0.09 + $\sigma \tan 6^{\circ}$
シーム		0.13	18	0.13 + $\sigma \tan 18^{\circ}$
埋戻土・盛土		0.21	22	0.21 + $\sigma \tan 22^{\circ}$
埋戻土(購入土)		0.04	21	0.04 + $\sigma \tan 21^{\circ}$
旧表土		0.00	21	$\sigma \tan 21^{\circ}$

【凡例】

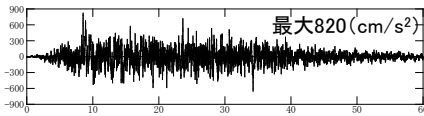
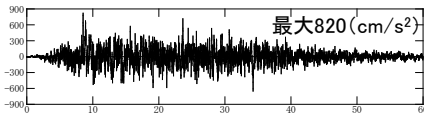
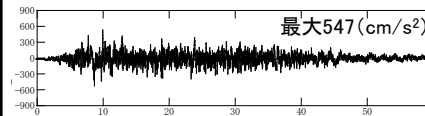
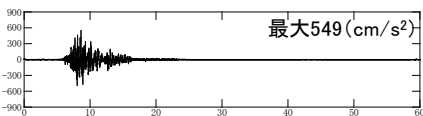
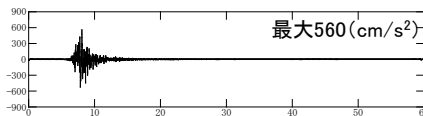
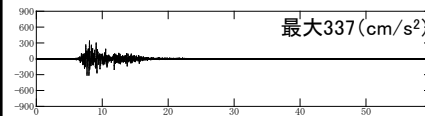
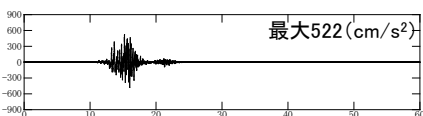
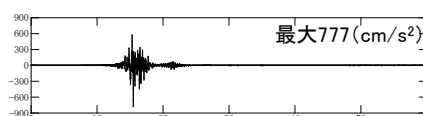
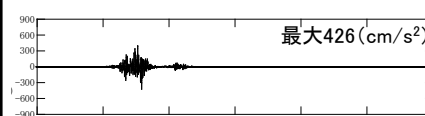
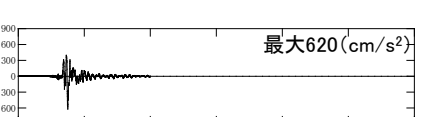
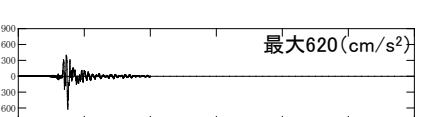
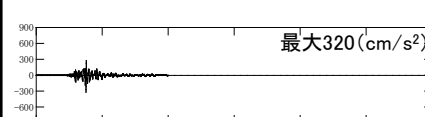
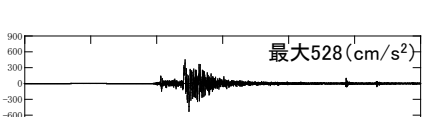
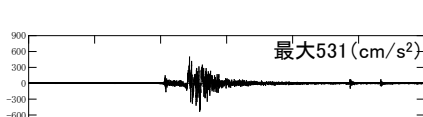
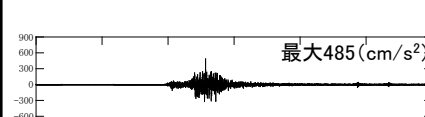
 : ばらつきを考慮し, 平均強度から1 σ による低減を行う。
 : 既に安全側にばらつきが考慮されているため, 更なるばらつきの考慮を実施しない。

【参考資料】

2. 入力地震動

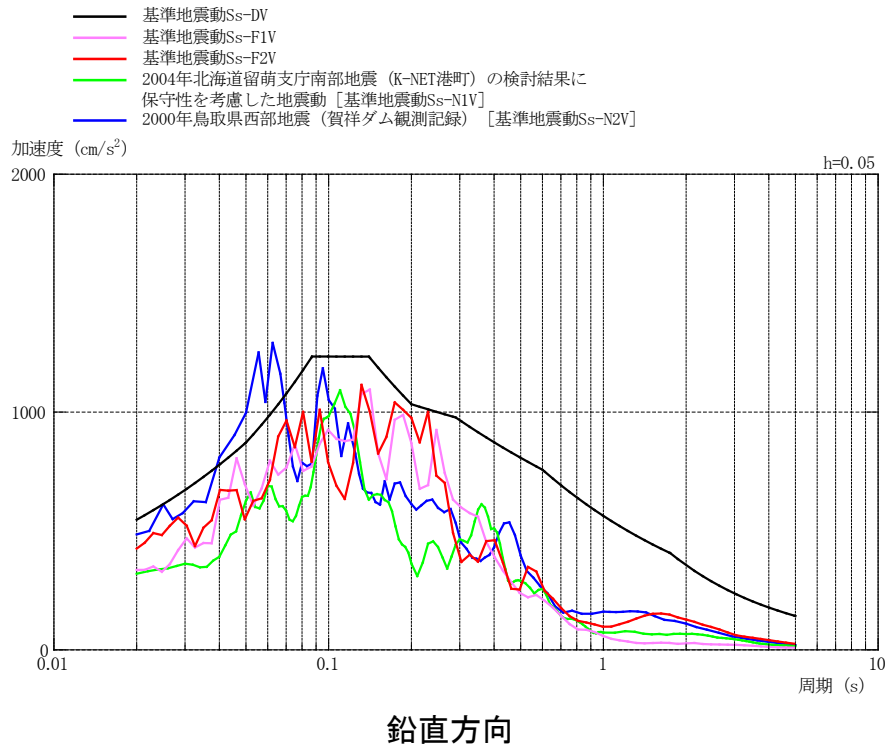
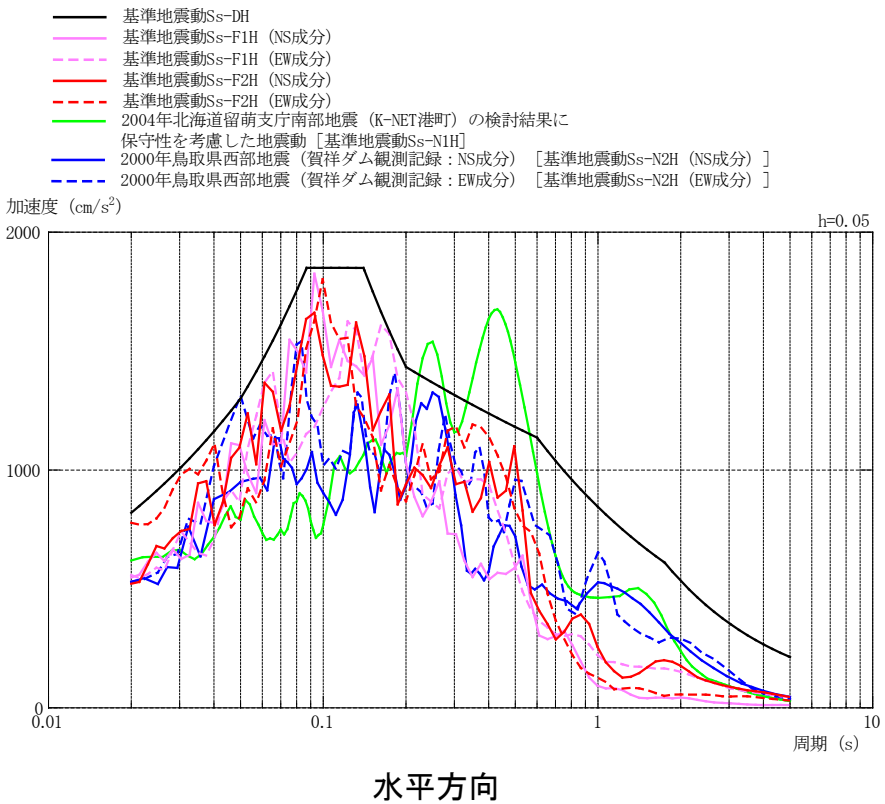
概要

基準地震動の最大加速度値

基準地震動		水平方向(NS成分)	水平方向(EW成分)	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〕			
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 〔宍道断層による地震の短周期の地震動レベルの不確かさ(15倍)破壊開始点5〕			
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 〔宍道断層による地震の短周期の地震動レベルの不確かさ(15倍)破壊開始点6〕			
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〕			
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〕			

※ 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)]

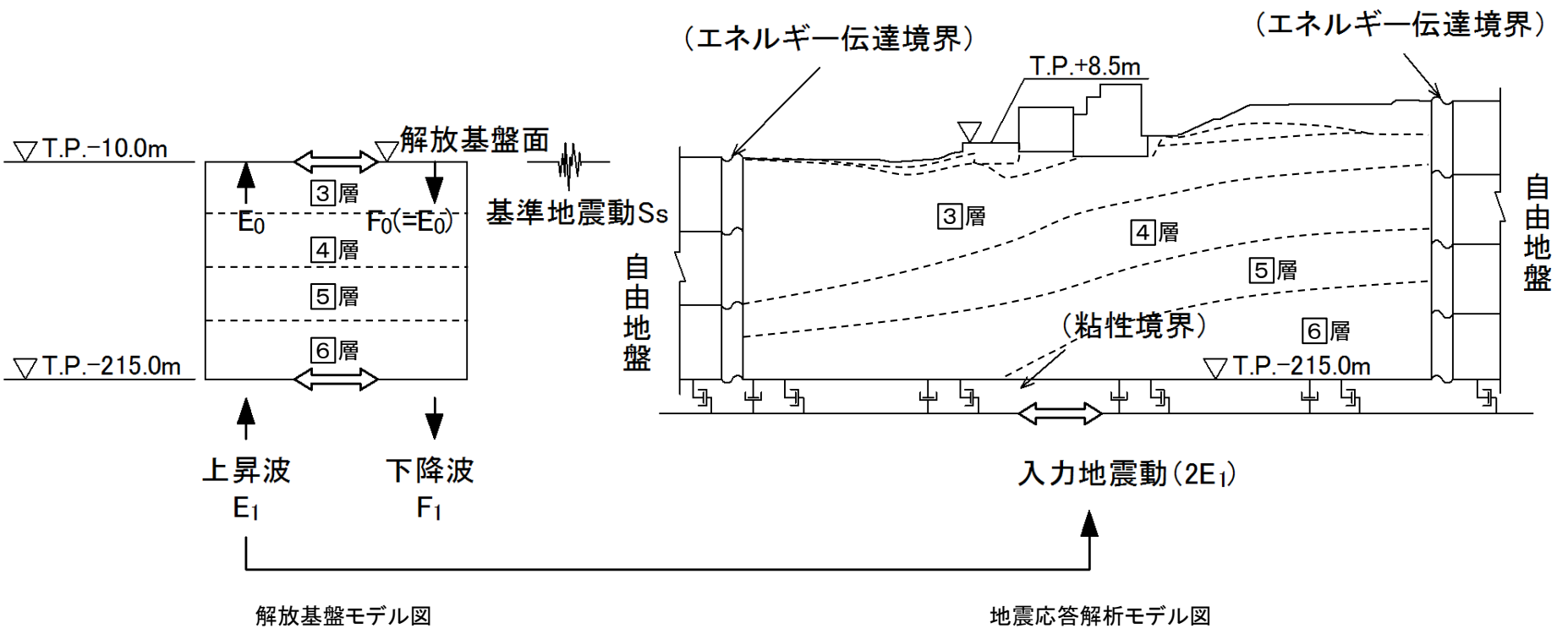
加速度応答スペクトル



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

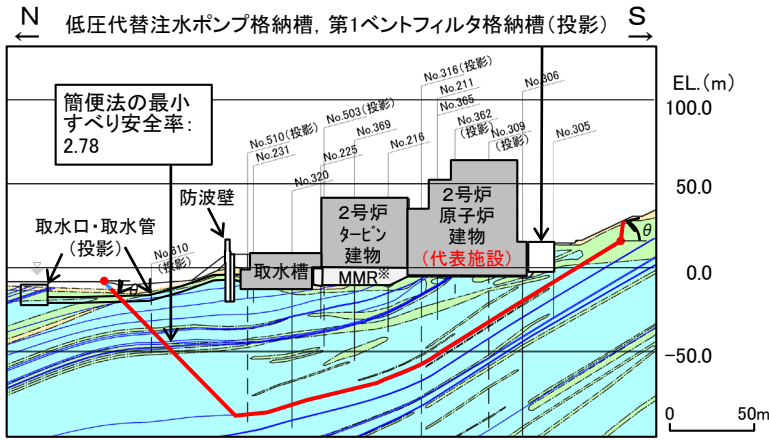
- ・入力地震動については、基準地震動を解放基盤面 (T.P.-10.0m) からモデル下端まで引き戻した地震波を作成した。
- ・「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」である基準地震動 S_s-F1 及び S_s-F2 については、NS方向及びEW方向の地震動として方向性を有して策定されていることから、評価対象断面の方向に応じて方位変換を行って入力地震動を作成した。
- ・地震動を入力する際は、解放基盤モデルの下端における地震動取り出し側の速度層と、地震応答解析モデルの下端における地震動入力側の速度層が整合することを確認している。



【参考資料】

3. 代表施設(2号炉原子炉建物)の評価結果の概要

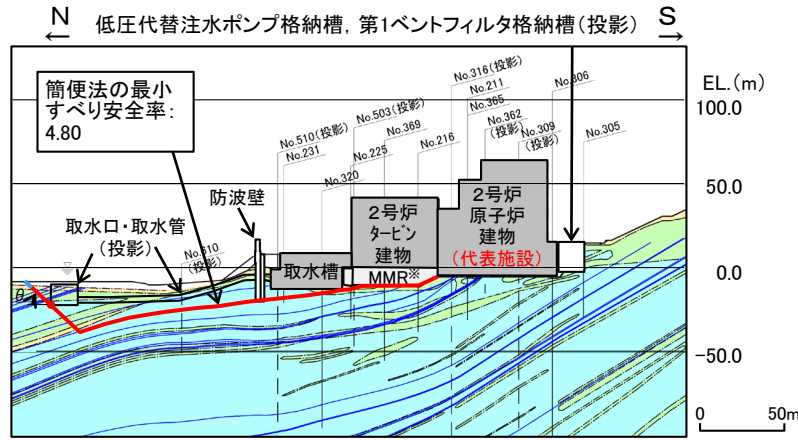
簡便法のすべり安全率(グループA)



角度(°)	左		15	20	25	30	35	40	45
	右	80	80	80	80	80	80	80	80
すべり安全率	6.90	5.89	4.79	4.07	3.54	3.09	2.78		

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

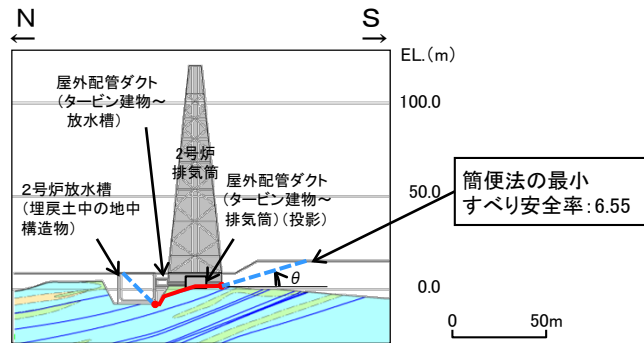
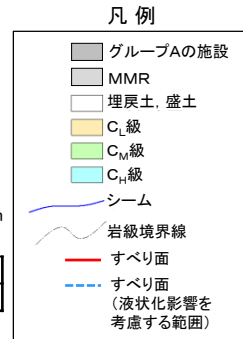
2号炉原子炉建物(南北) 地質断面図(岩級・シーム)



角度(°)	15	20	25	30	35	40	45
すべり安全率	7.28	6.40	5.84	5.42	5.09	4.94	4.80

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

2号炉タービン建物 地質断面図(岩級・シーム)



すべり安全率	6.55
--------	-------------

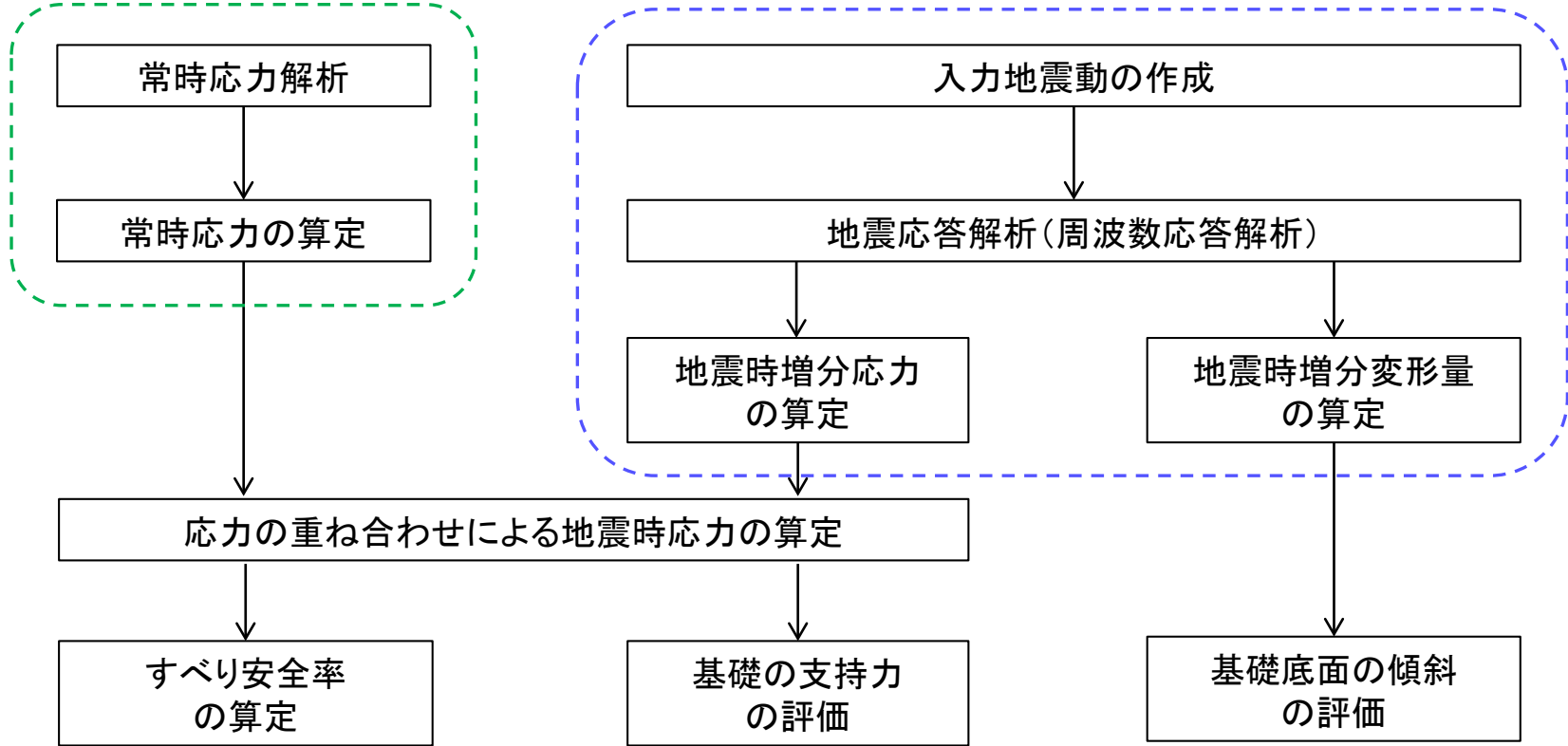
※最小すべり安全率を○で示す。
※埋戻土中の地中構造物である2号炉放水槽を埋戻土でモデル化し, 2号炉排気筒及び屋外配管ダクト(タービン建物~放水槽)の施設重量を考慮した。

2号炉排気筒等 地質断面図(岩級・シーム)

安定性評価フロー

<常時応力解析>

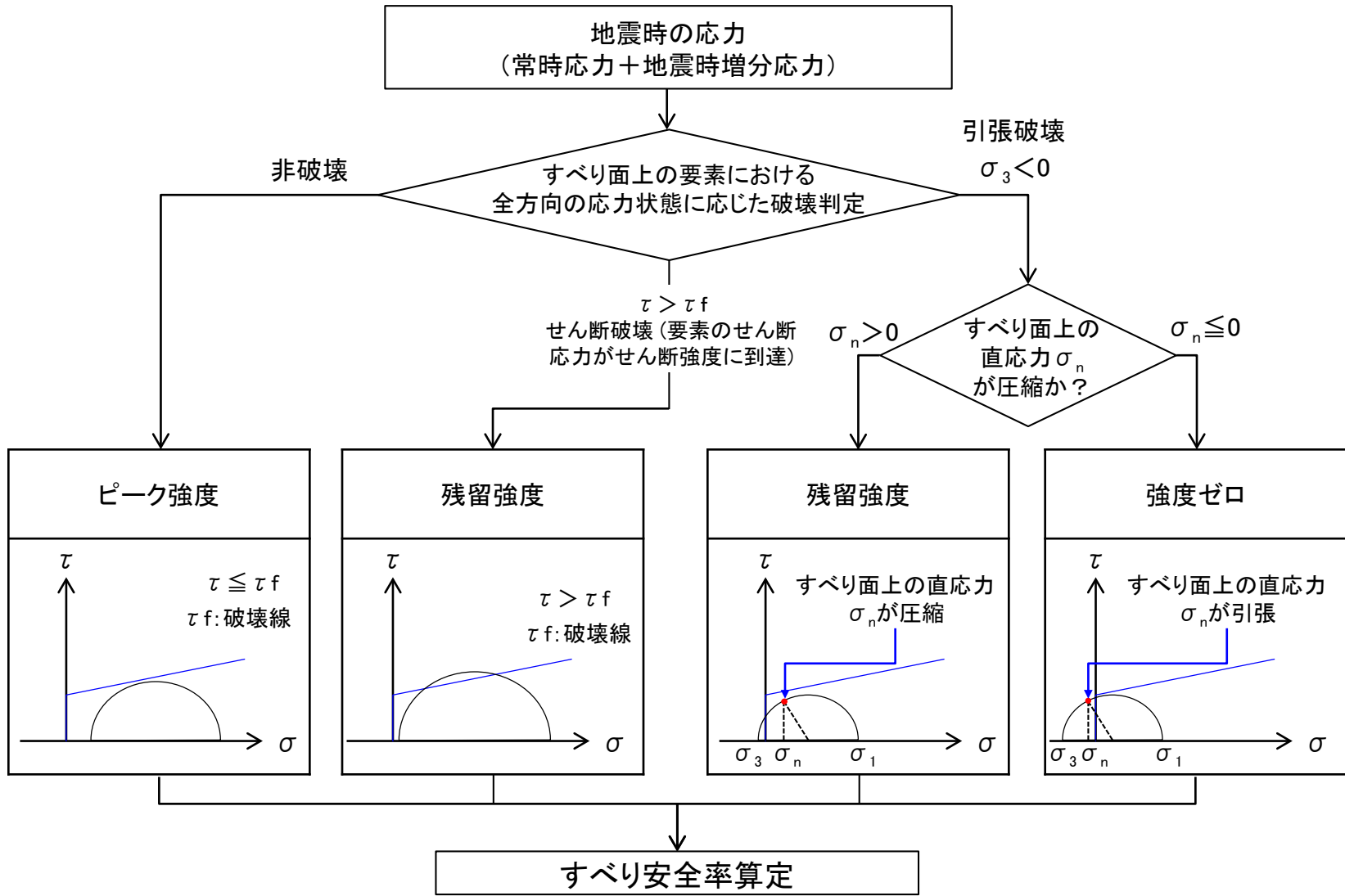
<地震応答解析>



基礎地盤の安定性評価フロー

- ・基礎地盤の安定性は、2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。

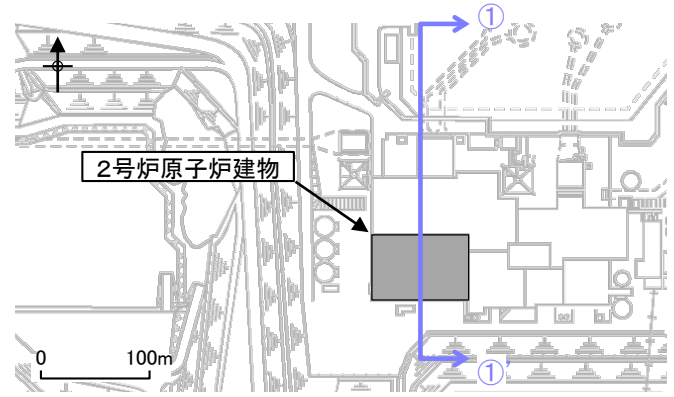
すべり安全率算定時の強度の考え方



・地盤の強度特性については、すべり面上の要素の応力状態に基づいて設定する。

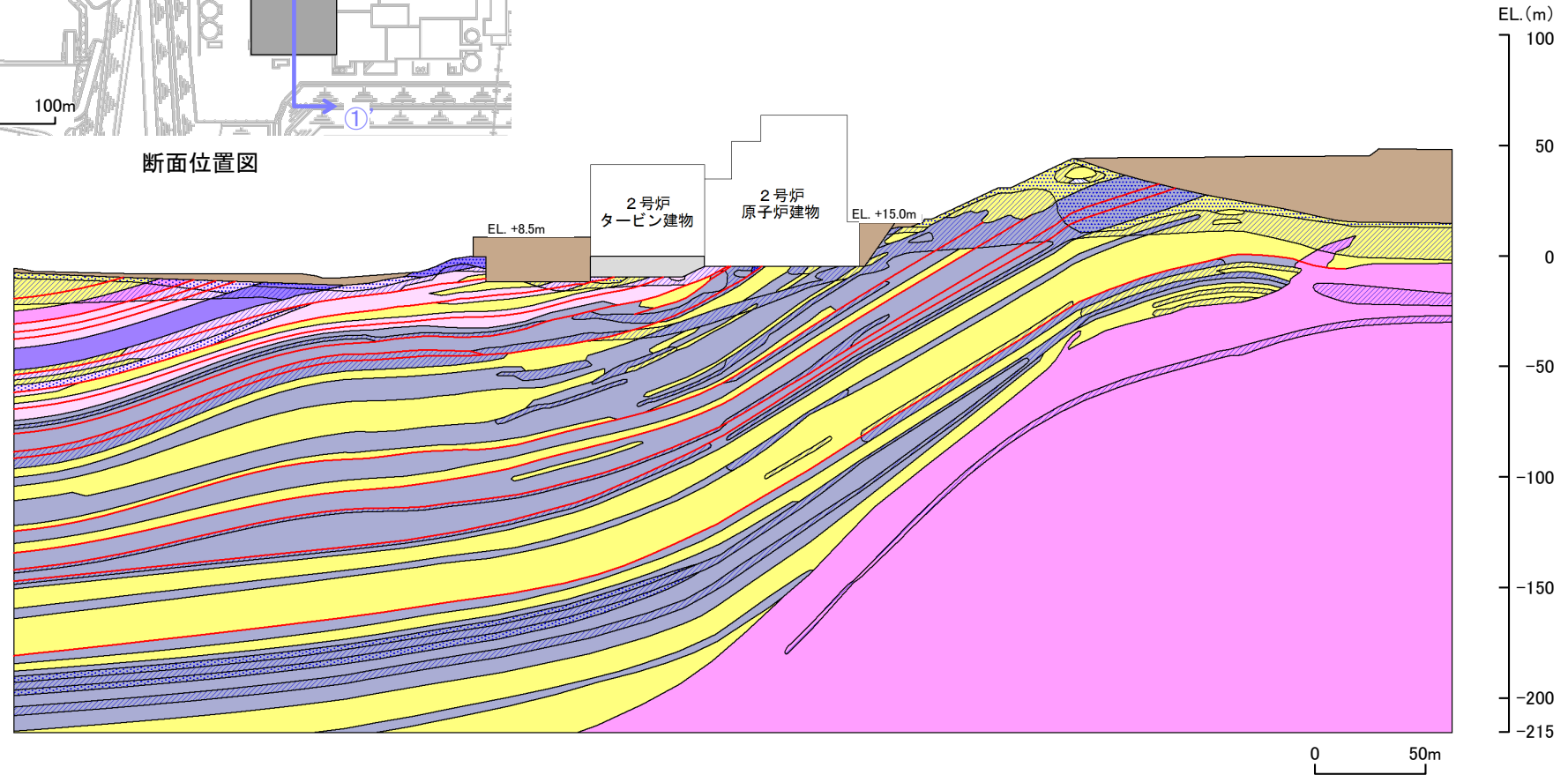
令和3年6月18日
 設置変更許可まともめ資料
 資料6-1 P86 加筆・修正

解析用岩盤分類図(2号炉原子炉建物(南北) ①-①' 断面)



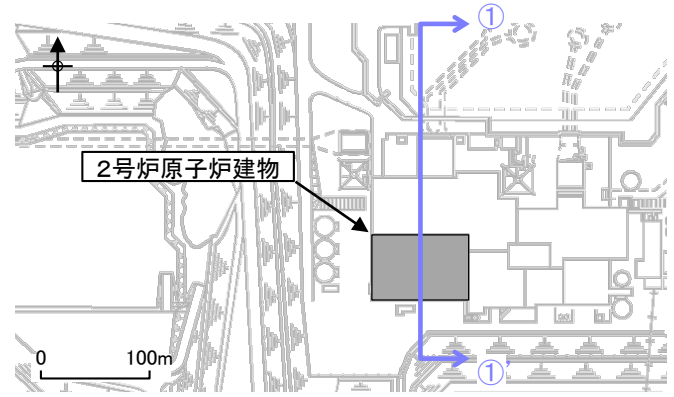
断面位置図

- | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|
| ■ : C _H 級 頁岩 | ■ : C _M 級 頁岩 | ■ : C _L 級 頁岩 | ■ : D級岩盤 |
| ■ : C _H 級 頁岩・凝灰岩の互層 | ■ : C _M 級 頁岩・凝灰岩の互層 | ■ : C _L 級 頁岩・凝灰岩の互層 | ■ : 埋戻土, 盛土 |
| ■ : C _H 級 凝灰岩・凝灰角礫岩 | ■ : C _M 級 凝灰岩・凝灰角礫岩 | ■ : C _L 級 凝灰岩・凝灰角礫岩 | ■ : MMR |
| ■ : C _H 級 ドレライト | ■ : C _M 級 ドレライト | ■ : C _L 級 ドレライト | — : シーム |
| ■ : C _H 級 安山岩 | ■ : C _M 級 安山岩 | ■ : C _L 級 安山岩 | |



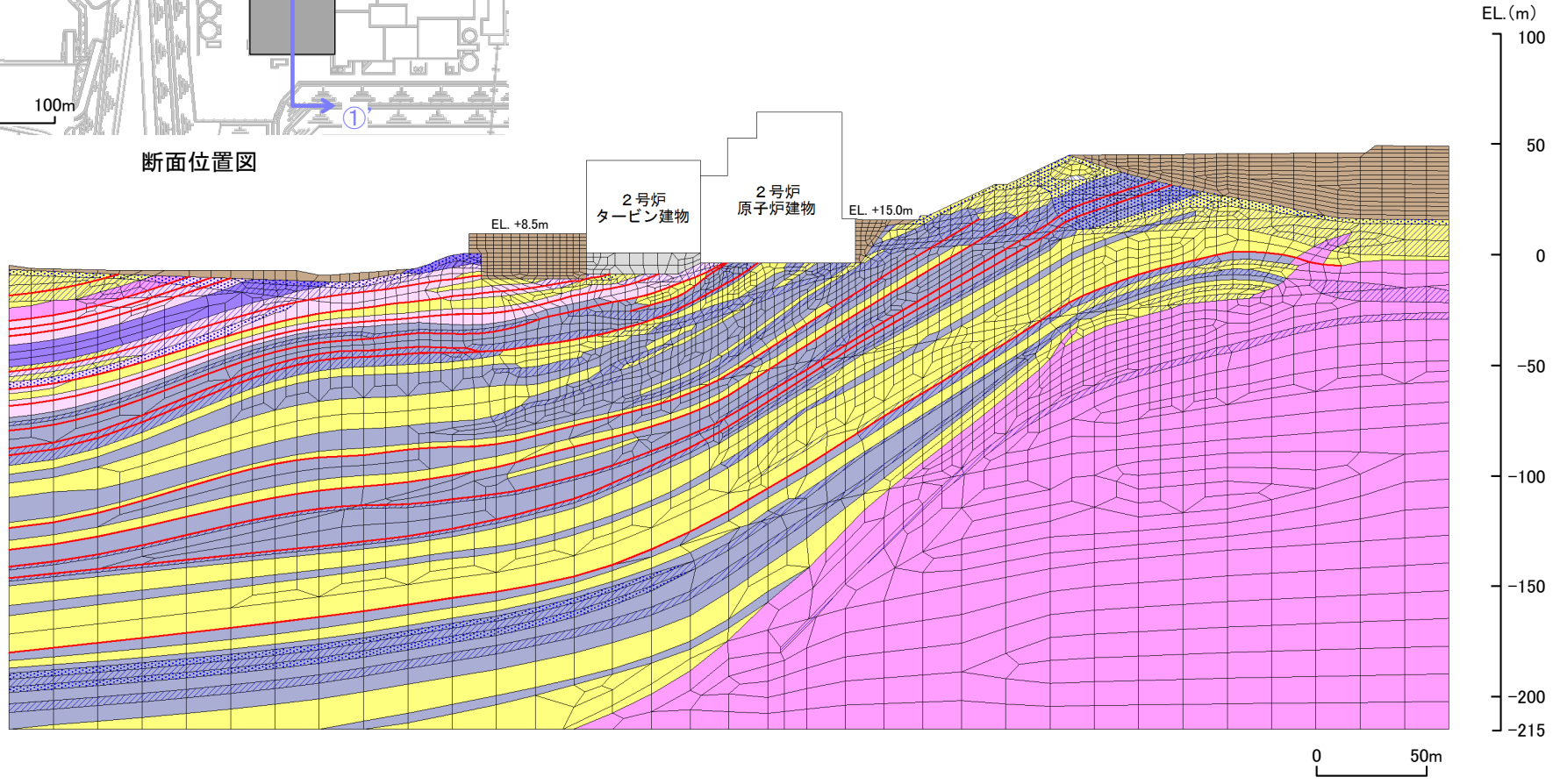
令和3年6月18日
設置変更許可まとめ資料
資料6-1 P87 加筆・修正

解析用要素分割図(2号炉原子炉建物(南北) ①-①' 断面)



断面位置図

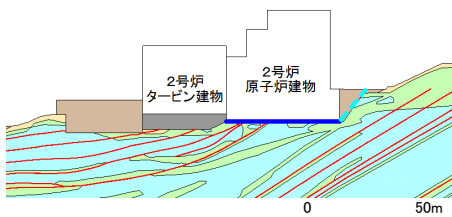
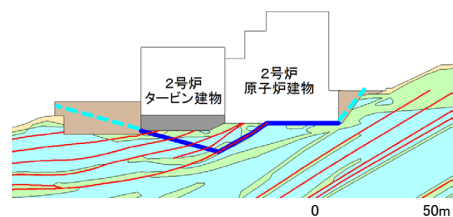
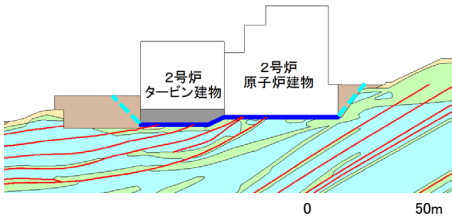
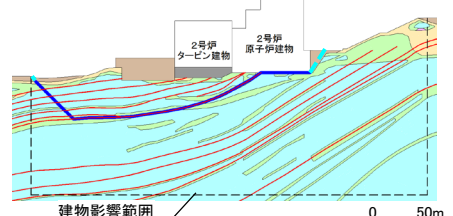
- | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|
| ■ : C _H 級 頁岩 | ■ : C _M 級 頁岩 | ■ : C _L 級 頁岩 | ■ : D級岩盤 |
| ■ : C _H 級 頁岩・凝灰岩の互層 | ■ : C _M 級 頁岩・凝灰岩の互層 | ■ : C _L 級 頁岩・凝灰岩の互層 | ■ : 埋戻土, 盛土 |
| ■ : C _H 級 凝灰岩・凝灰角礫岩 | ■ : C _M 級 凝灰岩・凝灰角礫岩 | ■ : C _L 級 凝灰岩・凝灰角礫岩 | ■ : MMR |
| ■ : C _H 級 ドレライト | ■ : C _M 級 ドレライト | ■ : C _L 級 ドレライト | — : シーム |
| ■ : C _H 級 安山岩 | ■ : C _M 級 安山岩 | ■ : C _L 級 安山岩 | |



令和3年6月18日
設置変更許可まともめ資料
資料6-1 P145 再掲

2号炉原子炉建物基礎地盤(南北) ①-①' 断面(1/3)

・すべり安全率(平均強度)

	すべり面形状	基準地震動 ※1	最小すべり安全率 ※2		すべり面形状	基準地震動 ※1	最小すべり安全率 ※2
1	 <p>基礎底面のすべり面(原子炉建物のみを通る切上がりを考慮しないすべり面)</p>	Ss-D (+,-)	2.18 [8.55]	3	 <p>シーム沿いのすべり面(原子炉建物からシームを通りタービン建物下MMR左端へ抜けるすべり面)</p>	Ss-D (-,+)	3.29 [8.92]
2	 <p>基礎及びMMR底面のすべり面(原子炉建物及びタービン建物下MMR底面を通るすべり面)</p>	Ss-D (+,+)	2.64 [8.93]	4	 <p>シーム沿いのすべり面(原子炉建物からシームを通り建物影響範囲地表面の左端へ抜けるすべり面)</p>	Ss-D (+,+)	2.13 [8.56]

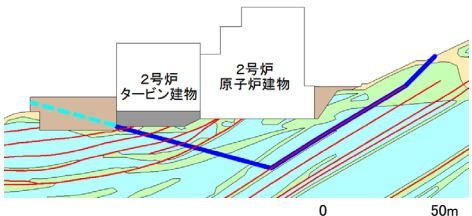
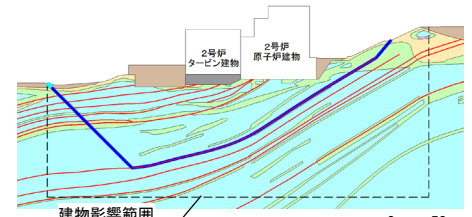
【凡例】

- : C_H級 岩盤
- : C_M級 岩盤
- : C_L級 岩盤
- : D級 岩盤
- : 埋戻土, 盛土
- : シーム
- : すべり面 ※3
- : 最小すべり安全率








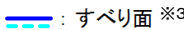
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)
(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
※2 []は, 発生時刻(秒)を示す。
※3 破線は液状化影響を考慮する範囲

2号炉原子炉建物基礎地盤(南北) ①-①' 断面(2/3)

・すべり安全率(平均強度)

	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}
5	 <p>シーム沿いのすべり面(シーム右端からシームを 通ってタービン建物下MMR左端へ抜けるすべり 面)</p>	Ss-N1 (-,+)	4.30 [7.55]
6	 <p>シーム沿いのすべり面(シーム右端からシームを 通って建物影響範囲左端へ抜けるすべり面)</p>	Ss-D (+,-)	3.20 [8.97]

【凡例】

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

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

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

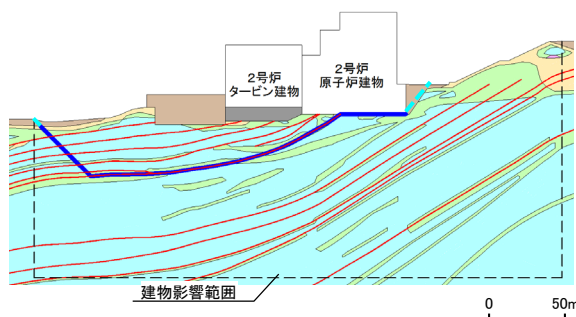
※3 破線は液状化影響を考慮する範囲

・動的解析の結果、平均強度を用いたすべり安全率は1.5を上回ることを確認した。

令和3年6月18日
設置変更許可まとめ資料
資料6-1 P147 再掲

2号炉原子炉建物基礎地盤(南北) ①-①' 断面(3/3)

・強度のばらつきを考慮したすべり安全率

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

【凡例】

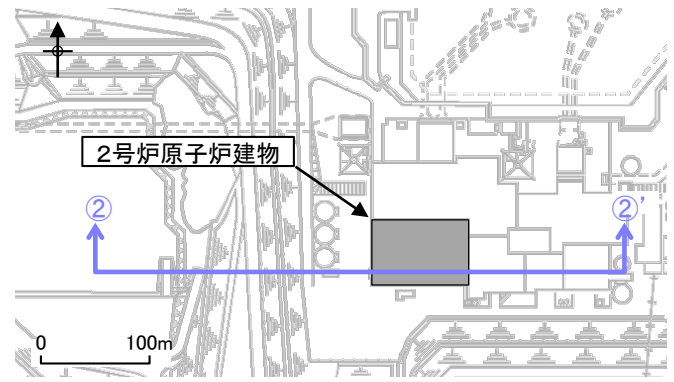
: C₄級岩盤
 : C₃級岩盤
 : C₂級岩盤
 : D級岩盤
 : 埋戻土, 盛土
 : MMR
 : シーム
 : すべり面 ※3

- ※1 基準地震動(+,+)は反転なしを示す。
- ※2 []は, 発生時刻(秒)を示す。
- ※3 破線は液状化影響を考慮する範囲

・平均強度を用いたすべり安全率のうち最小ケースに対して, 強度のばらつきを考慮して評価を行った結果, すべり安全率は1.5を上回ることを確認した。

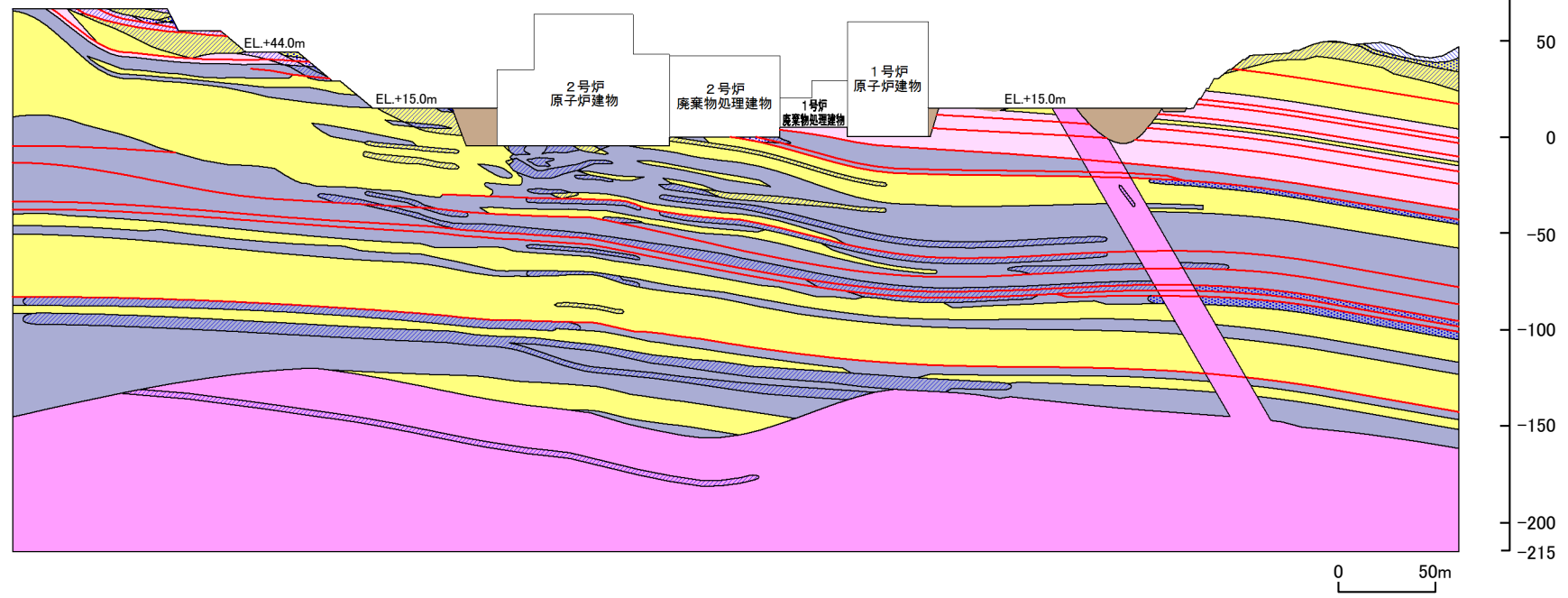
令和3年6月18日
 設置変更許可まともめ資料
 資料6-1 P88 加筆・修正

解析用岩盤分類図(2号炉原子炉建物(東西) ②-②' 断面)



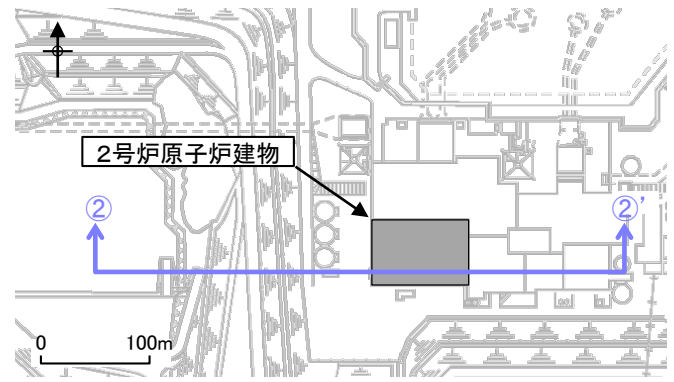
- | | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------|
| : C _H 級 頁岩 | : C _M 級 頁岩 | : C _L 級 頁岩 | : D級岩盤 |
| : C _H 級 頁岩・凝灰岩の互層 | : C _M 級 頁岩・凝灰岩の互層 | : C _L 級 頁岩・凝灰岩の互層 | : 埋戻土、盛土 |
| : C _H 級 凝灰岩・凝灰角礫岩 | : C _M 級 凝灰岩・凝灰角礫岩 | : C _L 級 凝灰岩・凝灰角礫岩 | : MMR |
| : C _H 級 ドレライト | : C _M 級 ドレライト | : C _L 級 ドレライト | : シーム |
| : C _H 級 安山岩 | : C _M 級 安山岩 | : C _L 級 安山岩 | |

断面位置図



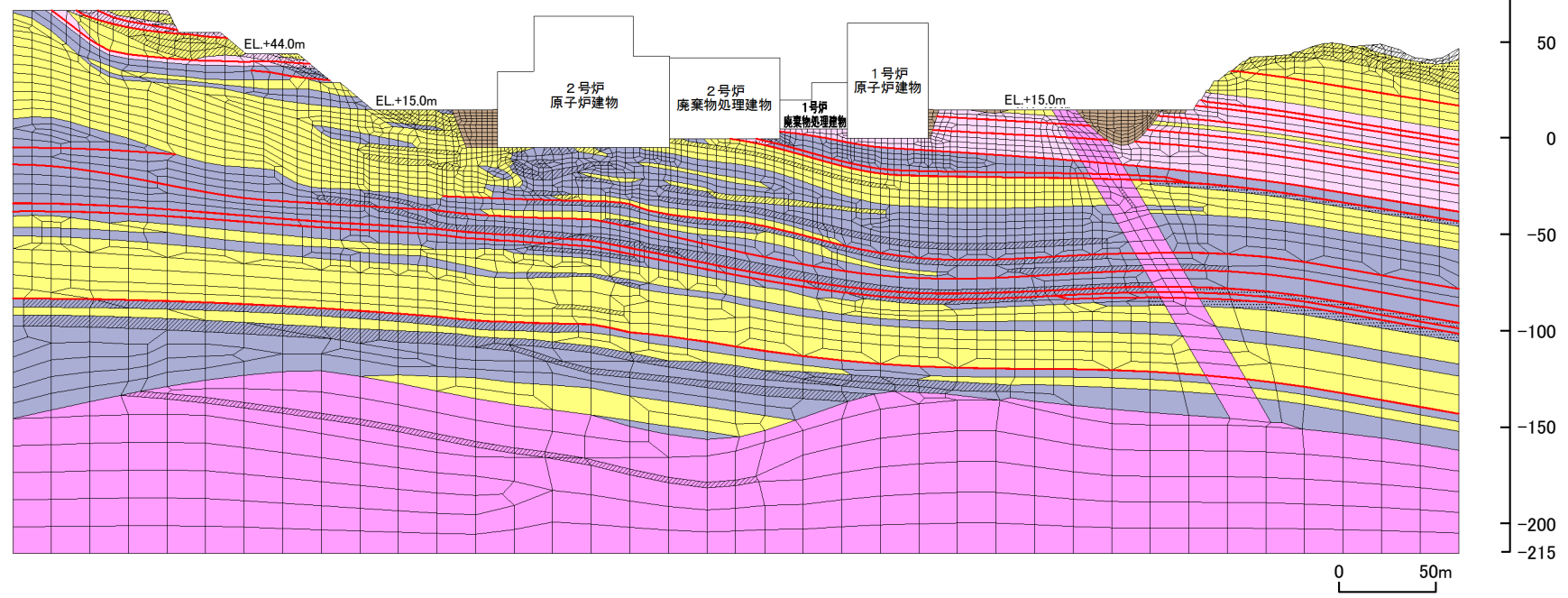
令和3年6月18日
 設置変更許可まともめ資料
 資料6-1 P89 加筆・修正

解析用要素分割図(2号炉原子炉建物(東西) ②-②'断面)



: C _H 級 頁岩	: C _M 級 頁岩	: C _L 級 頁岩	: D級岩盤
: C _H 級 頁岩・凝灰岩の互層	: C _M 級 頁岩・凝灰岩の互層	: C _L 級 頁岩・凝灰岩の互層	: 埋戻土, 盛土
: C _H 級 凝灰岩・凝灰角礫岩	: C _M 級 凝灰岩・凝灰角礫岩	: C _L 級 凝灰岩・凝灰角礫岩	: MMR
: C _H 級 ドレライト	: C _M 級 ドレライト	: C _L 級 ドレライト	: シーム
: C _H 級 安山岩	: C _M 級 安山岩	: C _L 級 安山岩	

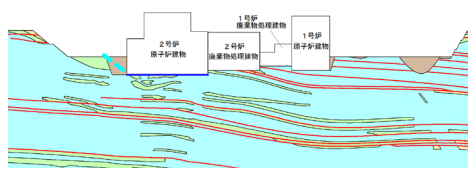
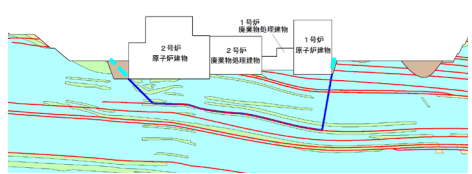
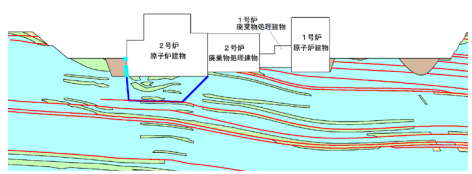
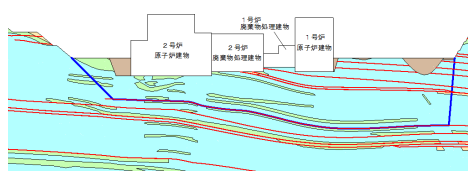
断面位置図



令和3年6月18日
設置変更許可まとめ資料
資料6-1 P149 再掲

2号炉原子炉建物基礎地盤(東西) ②-②' 断面(1/3)

・すべり安全率(平均強度)

	すべり面形状	基準※1 地震動	最小すべり 安全率※2		すべり面形状	基準※1 地震動	最小すべり 安全率※2
1	 <p>基礎底面のすべり面(2号炉原子炉建物のみを通る切上がりを考慮しないすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	6.03 [7.53]	3	 <p>2号炉原子炉建物左端からシームを通して1号炉原子炉建物右端に抜けるすべり面</p>	Ss-N1 (+,+)	4.15 [7.39]
2	 <p>2号炉原子炉建物左端からシームを通して2号炉原子炉建物右端に抜けるすべり面</p>	Ss-N1 (-,+)	7.40 [7.40]	4	 <p>左側斜面法尻からシームを通して右側斜面法尻に抜けるすべり面</p>	Ss-N1 (+,+)	2.57 [7.39]

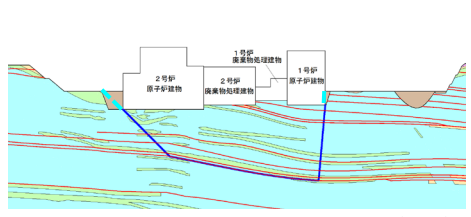
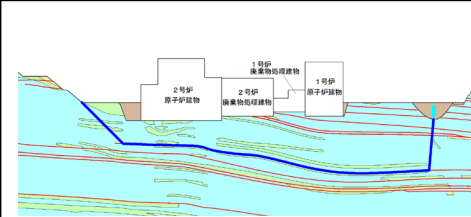
【凡例】

- : C_H級 岩盤
- : C_M級 岩盤
- : C_L級 岩盤
- : D級 岩盤
- : 埋戻土, 盛土
- : シーム
- : すべり面 ※3
- : 最小すべり安全率

※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※2 []は、発生時刻(秒)を示す。
 ※3 破線は液状化影響を考慮する範囲

2号炉原子炉建物基礎地盤(東西) ②-②' 断面(2/3)

・すべり安全率(平均強度)

	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}		すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}
5	 <p>2号炉原子炉建物左端からシームを通して1号炉原子炉建物右端に抜けるすべり面</p> <p>0 50m</p>	Ss-N1 (+,+)	5.36 [7.42]	6	 <p>左側斜面法尻からシームを通して右側の盛土に抜けるすべり面</p> <p>0 50m</p>	Ss-N1 (+,+)	2.67 [7.39]

【凡例】

- : C_H級 岩盤
- : C_M級 岩盤
- : C_L級 岩盤
- : D級 岩盤
- : 埋戻土, 盛土
- : シーム
- : すべり面^{※3}

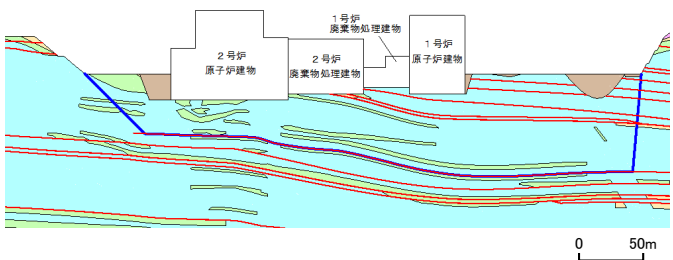
- ※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
- ※2 []は, 発生時刻(秒)を示す。
- ※3 破線は液状化影響を考慮する範囲

・動的解析の結果, 平均強度を用いたすべり安全率は1.5を上回ることを確認した。

令和3年6月18日
設置変更許可まとめ資料
資料6-1 P151再掲

2号炉原子炉建物基礎地盤(東西) ②-②' 断面(3/3)

・強度のばらつきを考慮したすべり安全率

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

【凡例】

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

※1 基準地震動(+,+)は反転なしを示す。
 ※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

・平均強度を用いたすべり安全率のうち最小ケースに対して、強度のばらつきを考慮して評価を行った結果、すべり安全率は1.5を上回ることを確認した。

支持力

・2号炉原子炉建物の地震時最大接地圧は評価基準値を下回っていることから、施設の基礎地盤は十分な支持力を有している。

対象施設	基準地震動 [※]	地震時最大接地圧 (N/mm ²) [発生時刻(秒)]	基礎地盤支持力の評価基準値 (N/mm ²)
2号炉原子炉建物	Ss-D (-, -)	2.19 [14.58]	9.8以上

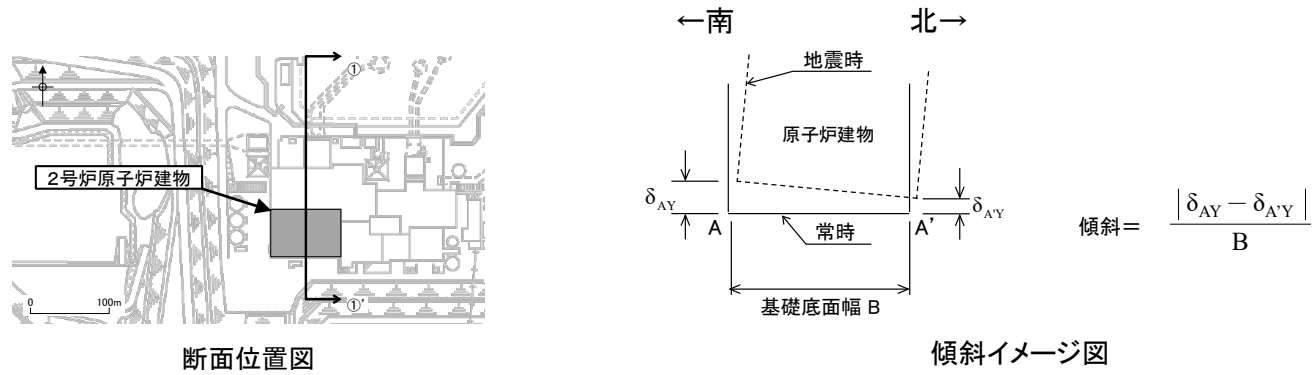
※ 基準地震動(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

基礎底面の傾斜

2号炉原子炉建物における基礎底面の最大傾斜

対象施設	検討断面	基準地震動※	最大鉛直相対変位 (cm) [発生時刻(秒)]	最大傾斜	評価基準値 の目安
2号炉原子炉建物	①-①' 断面 (南北)	Ss-D (-,+)	0.31 [8.60]	1/22,000	1/2,000

※ 基準地震動(-,+)は水平反転を示す。



・2号炉原子炉建物における基礎底面の最大傾斜が評価基準値の目安を下回っていることを確認した。

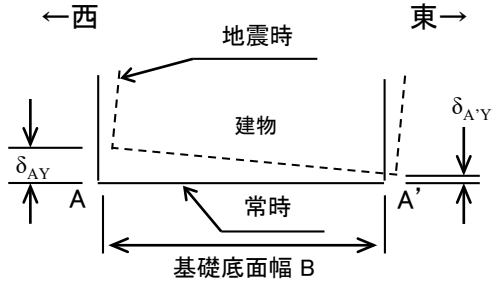
地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価

地殻変動解析による最大傾斜及び地震動による最大傾斜の重ね合わせ結果

対象断層	評価施設	①地殻変動による傾斜		②地震動による最大傾斜		①+② 地殻変動及び地震動を 考慮した最大傾斜※
		最大傾斜	傾斜方向	最大傾斜	傾斜方向	
陸域活断層 (宍道断層)	2号炉原子炉建物	1/17,000 (不確かさケース(断層傾斜角))	西方向	1/22,000 (Ss-D)	北方向	1/9,000
海域活断層 (F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層+F-Ⅴ断層)		1/19,000 (下降最大ケース)	東方向	1/22,000 (Ss-D)	北方向	1/10,000

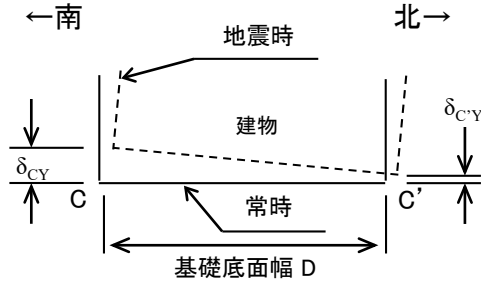
※ ①と②の傾斜方向が異なる場合も、保守的に①と②の傾斜を足し合わせるにより評価を実施する。

地殻変動解析による最大傾斜
(東西方向において最大傾斜)



$$\text{傾斜} = \frac{|\delta_{AY} - \delta_{A'Y}|}{B}$$

地震応答解析による最大傾斜
(南北方向において最大傾斜)



$$\text{傾斜} = \frac{|\delta_{CY} - \delta_{C'Y}|}{D}$$

地震による傾斜の重ね合わせのイメージ

地震による傾斜の重ね合わせによる最大傾斜
(傾斜方向が異なる場合も、保守的に傾斜を足し合わせる)

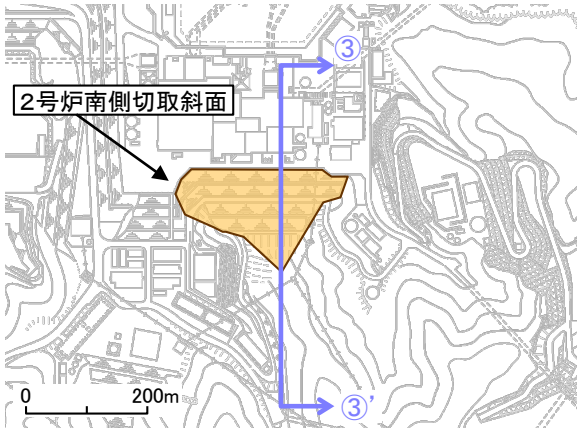
$$\text{最大傾斜} = \frac{|\delta_{AY} - \delta_{A'Y}|}{B} + \frac{|\delta_{CY} - \delta_{C'Y}|}{D}$$

・地殻変動及び地震動を考慮した最大傾斜は、評価基準値の目安を下回っていることを確認した。

【参考資料】

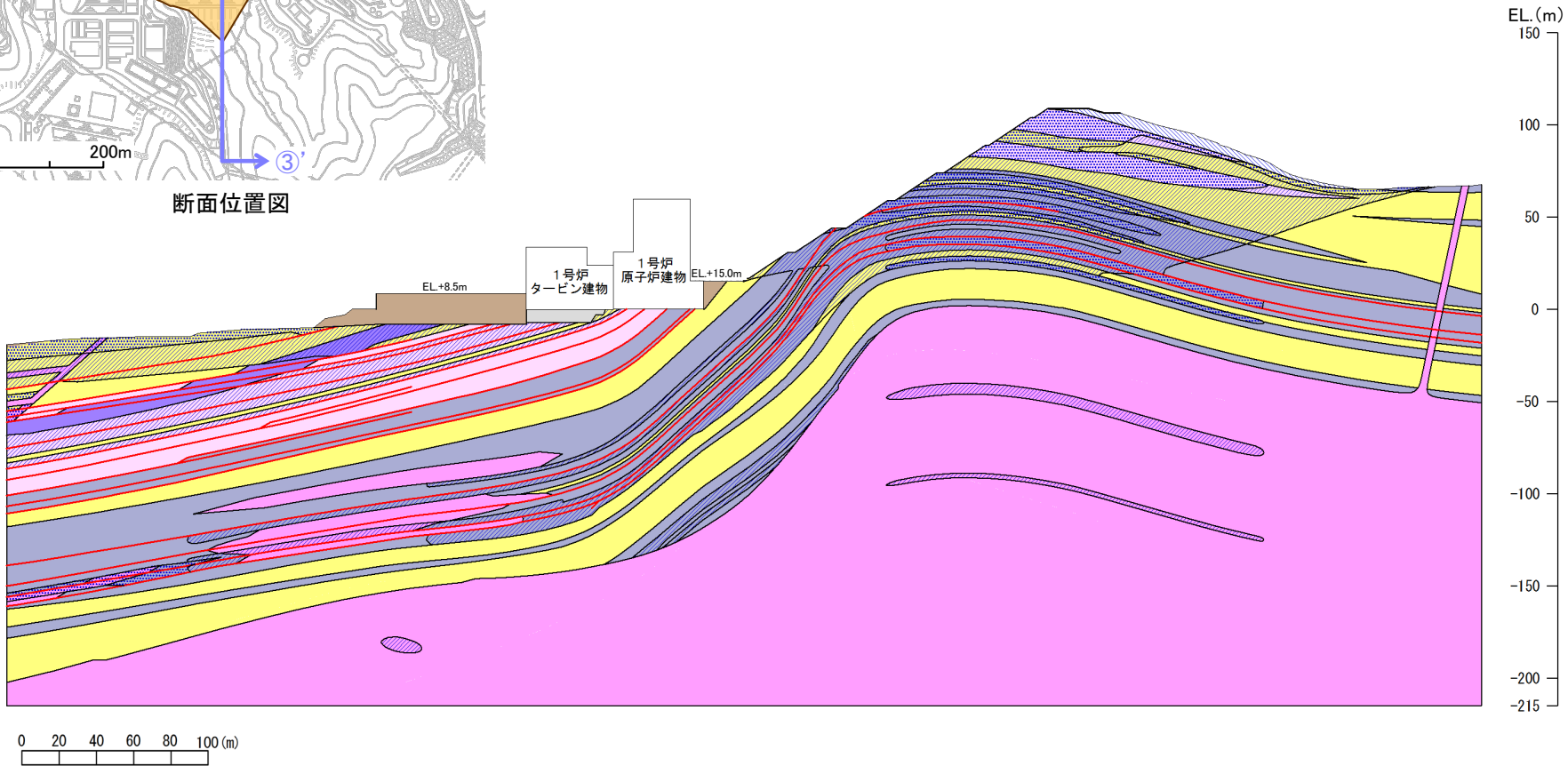
4. 評価対象斜面(2号炉南側切取斜面) の評価結果の概要

解析用岩盤分類図(2号炉南側切取斜面 ③-③'断面)

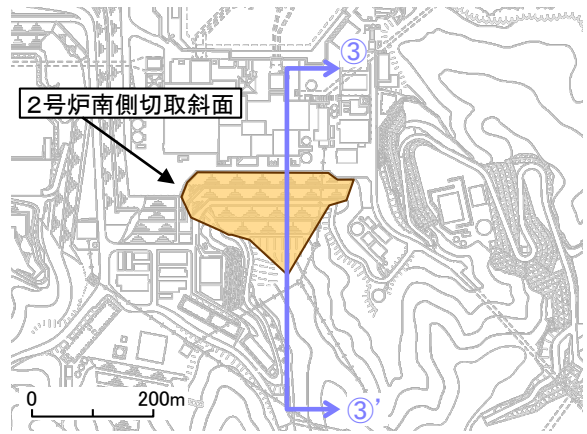


断面位置図

- | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|
| ■ : C _H 級 頁岩 | ■ : C _M 級 頁岩 | ■ : C _L 級 頁岩 | ■ : D級岩盤 |
| ■ : C _H 級 頁岩・凝灰岩の互層 | ■ : C _M 級 頁岩・凝灰岩の互層 | ■ : C _L 級 頁岩・凝灰岩の互層 | ■ : 埋戻土, 盛土 |
| ■ : C _H 級 凝灰岩・凝灰角礫岩 | ■ : C _M 級 凝灰岩・凝灰角礫岩 | ■ : C _L 級 凝灰岩・凝灰角礫岩 | ■ : MMR |
| ■ : C _H 級 ドレライト | ■ : C _M 級 ドレライト | ■ : C _L 級 ドレライト | — : シーム |
| ■ : C _H 級 安山岩 | ■ : C _M 級 安山岩 | | |

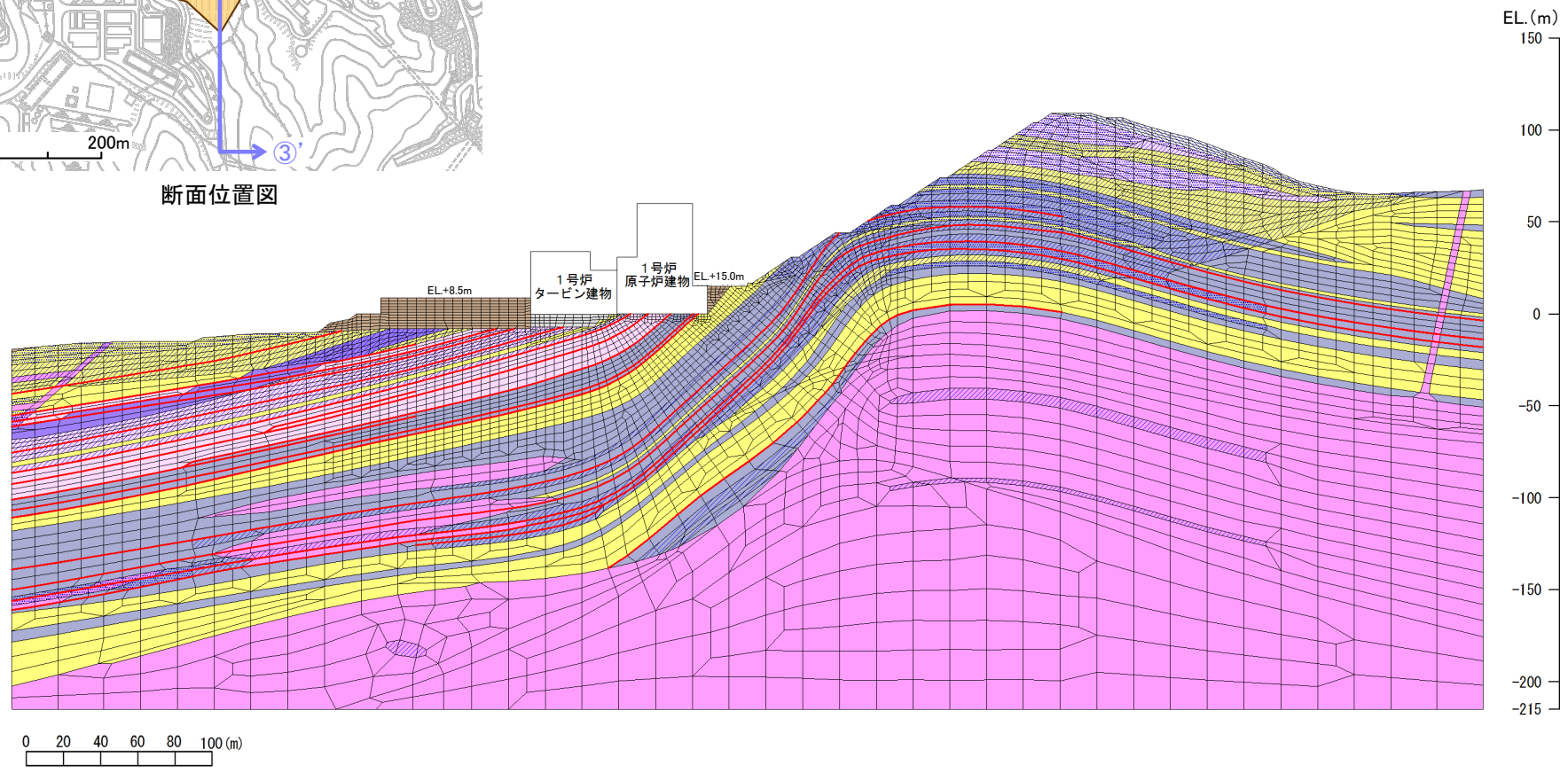


解析用要素分割図(2号炉南側切取斜面 ③-③'断面)



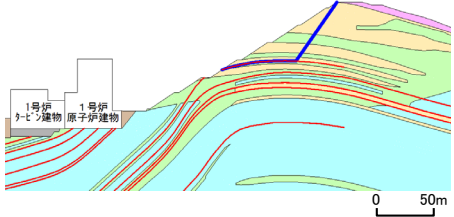
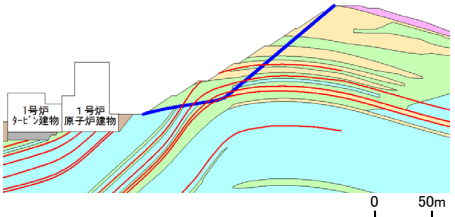
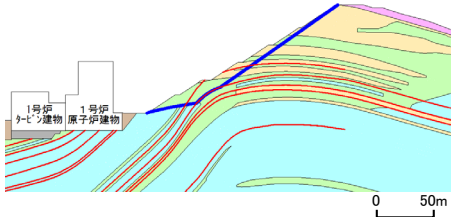
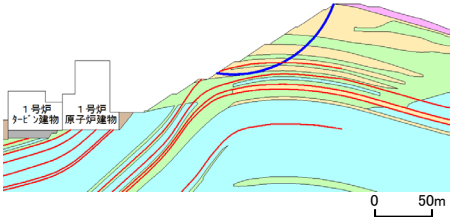
断面位置図

- | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|----------|
| : CH級 頁岩 | : CM級 頁岩 | : CL級 頁岩 | : D級岩盤 |
| : CH級 頁岩・凝灰岩の互層 | : CM級 頁岩・凝灰岩の互層 | : CL級 頁岩・凝灰岩の互層 | : 埋戻土、盛土 |
| : CH級 凝灰岩・凝灰角礫岩 | : CM級 凝灰岩・凝灰角礫岩 | : CL級 凝灰岩・凝灰角礫岩 | : MMR |
| : CH級 ドレライト | : CM級 ドレライト | : CL級 ドレライト | : シーム |
| : CH級 安山岩 | : CM級 安山岩 | | |



2号炉南側切取斜面(③-③'断面)(1/2)

・平均強度でのすべり安全率

	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}		すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}
1	 <p>シーム沿いのすべり面(法肩からシームを通して斜面中腹に抜けるすべり面)</p>	Ss-D (+,-)	1.62 [14.63]	3	 <p>シーム沿いのすべり面(法肩からシームを通して、法尻のC_M級とC_H級の岩級境界付近のC_M級岩盤内を通過して法尻に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	1.56 [7.45]
2	 <p>シーム沿いのすべり面(法肩からシームを通過して、法尻のC_M級とC_H級の岩級境界付近のC_M級岩盤内を通過して法尻に抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	1.66 [7.45]	4	 <p>簡便法により設定したすべり面</p>	Ss-D (-,+)	1.57 [19.15]

【凡例】

- : C_H級 岩盤
- : C_M級 岩盤
- : C_L級 岩盤
- : D級 岩盤
- : 埋戻土, 盛土
- : MMR
- : シーム
- : すべり面
- : 最小すべり安全率

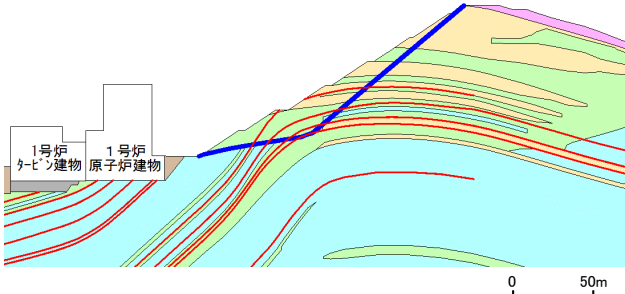
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)¹は水平反転, (+,-)¹は鉛直反転, (-,-)¹は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

・動的解析の結果, 平均強度を用いたすべり安全率は1.2を上回ることを確認した。

2号炉南側切取斜面(③-③'断面)(2/2)

・強度のばらつきを考慮したすべり安全率

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

【凡例】

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

※1 基準地震動(-,+)は水平反転を示す。
 ※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

・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評価を行った結果、すべり安全率は1.2を上回ることを確認した。