

伊方発電所3号機 原子炉建屋等の基礎地盤及び周辺斜面の 安定性評価について

(補足説明)

平成27年3月26日

四国電力株式会社

目次

1. 評価方針	5
2. 地質の概要	11
3. 解析用物性値	20
4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価	30
(1) 断面選定	33
(2) モデルの作成	48
(3) 評価① 基礎地盤のすべり	68
(4) 評価② 基礎の支持力	74
(5) 評価③ 基礎底面の傾斜	78
5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価	82
6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価	87
7. 周辺斜面の安定性評価	91
(1) 評価断面の選定	94
(2) モデルの作成	117
(3) 評価 周辺斜面のすべり	126
8. まとめ	131

安定性評価フロー (1/3)

1. 評価方針

○設置許可基準規則に基づき、評価対象施設を整理。

	耐震重要施設	重大事故等対処施設
基礎地盤	3条	38条
周辺斜面	4条	39条

評価対象施設

設置位置	管理番号	名称	設置位置	管理番号	名称
10m 盤以下	1	原子炉建屋	32m 盤以下	6	緊急時対策所
	2	海水取水口		7	軽油タンク
	3	海水取水路		8	空冷式非常用発電装置
	4	海水管ダクト		9	軽油移送配管
	5	海水ピット		10	重油移送配管
			84m 盤以下	11	重油タンク

○審査ガイドに準拠し、適合性を確認。

基礎地盤	・活断層の有無 (⇒ 第2章)
	・地震力に対する基礎地盤の安定性評価 (⇒ 第4章)
	・周辺地盤の変状による施設への影響評価 (⇒ 第5章)
周辺斜面	・地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価 (⇒ 第6章)
	・地震力に対する周辺斜面の安定性評価 (⇒ 第7章)

2. 地質の概要

○敷地内及び敷地近傍(発電所から半径5km)には活断層が分布していないことを確認。

3. 解析用物性値

○原位置岩盤せん断試験等に基づき、解析用岩盤分類に応じた解析用物性値を設定。

項目	岩盤					断層	
	I級	II級	III級①	III級②	III級	軟質無	軟質含
単位体積重量	CH級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CM級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CL級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	表土の物理試験結果	断層(軟質無)の物理試験結果	断層(軟質含)の物理試験結果	
せん断強度	CH級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CM級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CL級岩盤の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	断層(軟質無)の静的およびせん断試験結果	断層(軟質含)の静的およびせん断試験結果	
内部摩擦角	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)	
残留強度	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)	
弾塑性係数	CH級岩盤の平圧縮荷試験結果	CM級岩盤の孔内水圧縮試験と平圧縮荷試験より総合評価して設定	CL級岩盤の孔内水圧縮試験と平圧縮荷試験より総合評価して設定	表土の三軸圧縮試験結果	断層(軟質無)の静的およびせん断試験結果	断層(軟質含)の静的およびせん断試験結果	
静的ポアソン比	CH級岩盤の岩石供試体による一軸圧縮試験結果	CM級岩盤の岩石供試体による一軸圧縮試験結果	II級岩盤の試験結果を適用	表土の三軸圧縮試験結果	II級岩盤の静的/動的の比率から算定	表土の試験結果を適用	
動弾性係数	CH級岩盤の弾性波測定、PS検層等より算定	CM級岩盤の弾性波測定、PS検層等より算定	CL級岩盤の弾性波測定、PS検層等より算定	表土の振動三軸試験結果	動的およびせん断試験より算定	動的およびせん断試験より算定	
動的ポアソン比	CH級岩盤の弾性波測定、PS検層等より算定	CM級岩盤の弾性波測定、PS検層等より算定	CL級岩盤の弾性波測定、PS検層等より算定	静的ポアソン比と同じ値を設定	II級とIII級の間での値を設定	静的ポアソン比と同じ値を設定	
減衰定数	CH級岩盤の弾性波測定、PS検層等より算定	一般的な値を設定	一般的な値を設定	表土の振動三軸試験結果	動的およびせん断試験より算定	動的およびせん断試験より算定	

※ 地盤物性のばらつきを考慮した影響検討も実施

	岩盤					断層	
	I級	II級	III級①	III級②	III級	軟質無	軟質含
単位体積重量 (kN/m ³)	29.4	27.5	25.5	18.6		26.5	19.6
せん断強度 (kN/m ²)	981	490	130	39		324	78
内部摩擦角 (°)	50	41	23	17		34	24
残留強度 (kN/m ²)	$\tau = 569 + \sigma \tan 43^\circ$	$\tau = \sigma \tan 41^\circ$	$\tau = \sigma \tan 23^\circ$	$\tau = \sigma \tan 17^\circ$		$\tau = \sigma \tan 34^\circ$	$\tau = \sigma \tan 24^\circ$
弾塑性係数 (kN/m ²)	3.63×10^8	1.18×10^8	0.49×10^8	0.0392×10^8		$27000 (\sigma_v)^{0.54}$	$1750 (\sigma_v)^{0.60}$
静的ポアソン比	0.29	0.32	0.32	0.45		0.36	0.45
動弾性係数 (×10 ⁸ kN/m ²)	58.8 ^{#1} , 42.2 ^{#2} , 23.5 ^{#3}	10.8	3.51	0.127	$G_v/G_{v,44} = 1/(1+10.4 \gamma^{0.787})$ $G_v = 43900 \text{ (kN/m}^2)$	$G_v/G_{v,44} = 0.3 \log \gamma - 0.58$ $G_v = 294000 \text{ (kN/m}^2)$	$G_v/G_{v,44} = 0.40 \log \gamma - 0.60$ $G_v = 4130 (\sigma_v)^{0.53} \text{ (kN/m}^2)$
動的ポアソン比	0.34	0.36	0.38	0.45		0.40	0.45
減衰定数	2.0 (%)	3.0 (%)	3.0 (%)	10.0 (%)	$h=1/(0.062+(3.90 \times 10^{-3} \gamma)^{1.13})$	$h=0.08 \log \gamma + 0.36$ $(\gamma \times 10^3)$	$h=0.17 \log \gamma + 0.58$ $(\gamma \times 10^3)$ $h=0.017 \log \gamma + 0.09$ $(\gamma \times 10^3)$

安定性評価フロー (2/3)

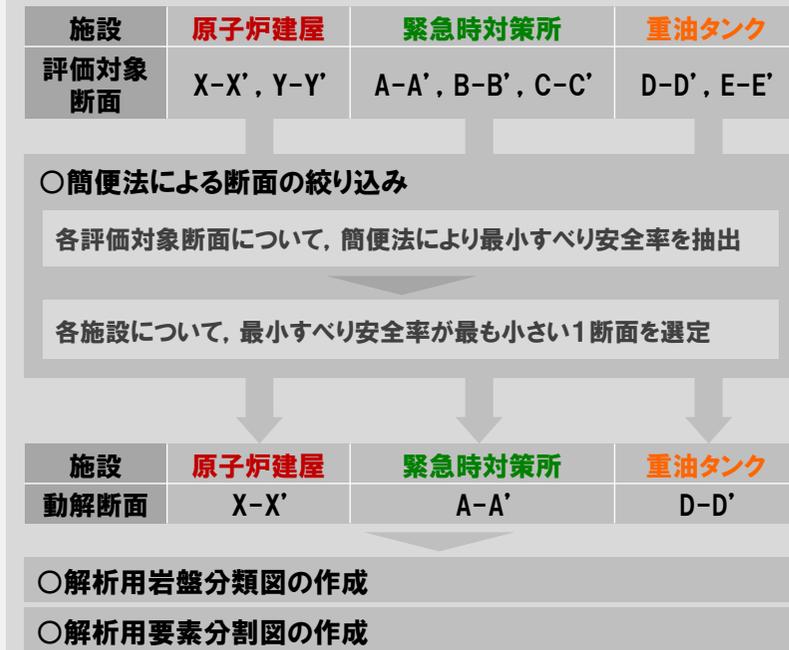
基礎地盤

4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m 盤 以下	1	原子炉建屋	X-X', Y-Y'
	2	海水取水口	原子炉建屋の評価で代表
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	
32m 盤 以下	6	緊急時対策所	A-A', B-B', C-C'
	7	軽油タンク	緊急時対策所の評価で代表
	8	空冷式非常用発電装置	
84m 盤 以下	9	重油タンク	D-D', E-E'
	10	重油移送配管	重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成



(3) 評価① 基礎地盤のすべり

○すべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認。

(4) 評価② 基礎の支持力

○基礎底面の地震時最大接地圧が評価基準値7.84N/mm²を超えないことを確認。

(5) 評価③ 基礎底面の傾斜

○基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認。

5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価

○各施設の接地状況を踏まえ、不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等の影響が生じないことを確認。

6. 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による地盤の傾斜を算出し、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(1/2000)を超えないことを確認。

安定性評価フロー (3/3)

周辺斜面

7. 地震力に対する周辺斜面の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m盤以下	1	原子炉建屋	X-X', Y1-Y1', Y2-Y2', E-E' (a~dブロック) すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	2	海水取水口	地下に設置されているため崩壊土を被らない また、海水取水口は閉塞しない
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	C-C' (h・k・mブロック) すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
32m盤以下	6	緊急時対策所	すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	7	軽油タンク	
	8	空冷式非常用発電装置	X-X'
84m盤以下	9	重油タンク	すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	10	重油移送配管	原子炉建屋, 重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常用発電装置
評価対象断面	X-X'・Y1-Y1'・Y2-Y2'・E-E'	C-C'	X-X'

○簡便法による断面の絞り込み

各評価対象断面について、簡便法により最小すべり安全率を抽出

各施設について、最小すべり安全率が最も小さい1断面を選定

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常用発電装置
動解断面	X-X'	C-C'	X-X'

動解断面	X-X'	C-C'
------	------	------

○解析用岩盤分類図の作成

○解析用要素分割図の作成

(3) 評価 周辺斜面のすべり

○すべり安全率が評価基準値1.2を上回ることを確認。

8. まとめ

-
- 1. 評価方針**
 - 2. 地質の概要**
 - 3. 解析用物性値**
 - 4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価**
 - 5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価**
 - 6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価**
 - 7. 周辺斜面の安定性評価**
 - 8. まとめ**

1. 評価方針

1. 評価方針

○設置許可基準規則に基づき、評価対象施設を整理。

	耐震重要施設	重大事故等対処施設
基礎地盤	3条	38条
周辺斜面	4条	39条

評価対象施設

設置位置	管理番号	名称	設置位置	管理番号	名称
10m 盤以下	1	原子炉建屋	32m 盤以下	6	緊急時対策所
	2	海水取水口		7	軽油タンク
	3	海水取水路		8	空冷式非常用発電装置
	4	海水管ダクト		9	軽油移送配管
	5	海水ピット	84m 盤以下	10	重油移送配管
				11	重油タンク

○審査ガイドに準拠し、適合性を確認。

基礎地盤	・活断層の有無 (⇒ 第2章)
	・地震力に対する基礎地盤の安定性評価 (⇒ 第4章)
	・周辺地盤の変状による施設への影響評価 (⇒ 第5章)
周辺斜面	・地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価 (⇒ 第6章)
	・地震力に対する周辺斜面の安定性評価 (⇒ 第7章)

2. 地質の概要

○敷地内及び敷地近傍(発電所から半径5km)には活断層が分布していないことを確認。

3. 解析用物性値

○原位置岩盤せん断試験等に基づき、解析用岩盤分類に応じた解析用物性値を設定。

項目	岩盤					断層 (軟質無)		断層 (軟質含)	
	I級	II級	III級①	III級②	III級	軟質無	軟質含		
単位体積重量	CH級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CM級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CL級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	表土の物理試験結果	断層 (軟質無) の物理試験結果	断層 (軟質含) の物理試験結果			
せん断強度	CH級岩盤の岩石供試体よりせん断試験結果	CM級岩盤の岩石供試体よりせん断試験結果	CL級岩盤の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	断層 (軟質無) の静的およびせん断試験結果	断層 (軟質含) の原位置岩盤せん断試験結果			
内部摩擦角	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)			
弾性係数	CH級岩盤の平面せん断試験結果	CM級岩盤の孔内水圧室試験と平面せん断試験より総合評価して設定	CL級岩盤の孔内水圧室試験と三軸圧縮試験より総合評価して設定	表土の三軸圧縮試験結果	断層 (軟質無) の静的およびせん断試験結果	断層 (軟質含) の静的およびせん断試験結果			
静的ポアソン比	CH級岩盤の岩石供試体による一軸圧縮試験結果	CM級岩盤の岩石供試体による一軸圧縮試験結果	II級岩盤の試験結果を適用	表土の三軸圧縮試験結果	II級岩盤の静的/動的の比率から算定	表土の試験結果を適用			
動弾性係数	CH級岩盤の弾性波探査、PS検層等より算定	CM級岩盤の弾性波探査、PS検層等より算定	CL級岩盤の弾性波探査、PS検層等より算定	表土の振動三軸試験結果	動的およびせん断試験より算定	動的およびせん断試験より算定			
動的ポアソン比	CH級岩盤の弾性波探査、PS検層等より算定	CM級岩盤の弾性波探査、PS検層等より算定	CL級岩盤の弾性波探査、PS検層等より算定	静的ポアソン比と同じ値を設定	II級とIII級の間で同じ値を設定	静的ポアソン比と同じ値を設定			
減衰定数	CH級岩盤の弾性波探査、PS検層等より算定	一般的な値を設定	一般的な値を設定	表土の振動三軸試験結果	一般的な値を設定	動的およびせん断試験より算定			

※ 地盤物性のばらつきを考慮した影響検討も実施

	岩盤					断層	
	I級	II級	III級①	III級②	III級	軟質無	軟質含
単位体積重量 (kN/m ³)	29.4	27.5	25.5	18.6		26.5	19.6
せん断強度 (kN/m ²)	981	490	130	39		324	78
内部摩擦角 (°)	50	41	23	17		34	24
弾性係数 (kN/m ²)	$\tau = 569 + \sigma \tan 43^\circ$		$\tau = \sigma \tan 41^\circ$	$\tau = \sigma \tan 23^\circ$	$\tau = \sigma \tan 17^\circ$	$\tau = \sigma \tan 34^\circ$	$\tau = \sigma \tan 24^\circ$
静的ポアソン比	0.29		0.32	0.32	0.45	0.36	0.45
動弾性係数 (×10 ⁸ kN/m ²)	58.8 ^{#1}	42.2 ^{#2}	23.5 ^{#3}	10.8	3.51	0.127	
動的ポアソン比	0.34		0.36	0.38	0.45	0.40	0.45
減衰定数	2.0 (%)		3.0 (%)	3.0 (%)	10.0 (%)	$h=0.08 \log \gamma + 0.36$ ($\gamma > 10^3$)	$h=0.17 \log \gamma + 0.58$ ($\gamma > 10^3$) $h=0.017 \log \gamma + 0.09$ ($\gamma < 10^3$)

評価方針

- 原子炉建屋等の耐震重要施設^{※1}及び常設重大事故等対処施設^{※2}の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について、耐震重要施設の基礎地盤については設置許可基準規則^{※3} 3条、周辺斜面については4条、常設重大事故等対処施設の基礎地盤については38条、周辺斜面については39条に適合していることを審査ガイドに準拠し確認する。

【基礎地盤】

1. 活断層の有無

原子炉建屋等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

原子炉建屋等が設置される地盤の安定性について以下の観点から確認する。

- ① 基礎地盤のすべり
- ② 基礎の支持力
- ③ 基礎底面の傾斜

3. 周辺地盤の変状による施設への影響評価

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変形の影響評価

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評価

基準地震動の地震力により周辺斜面が崩壊し施設に影響を与えないことを確認する。

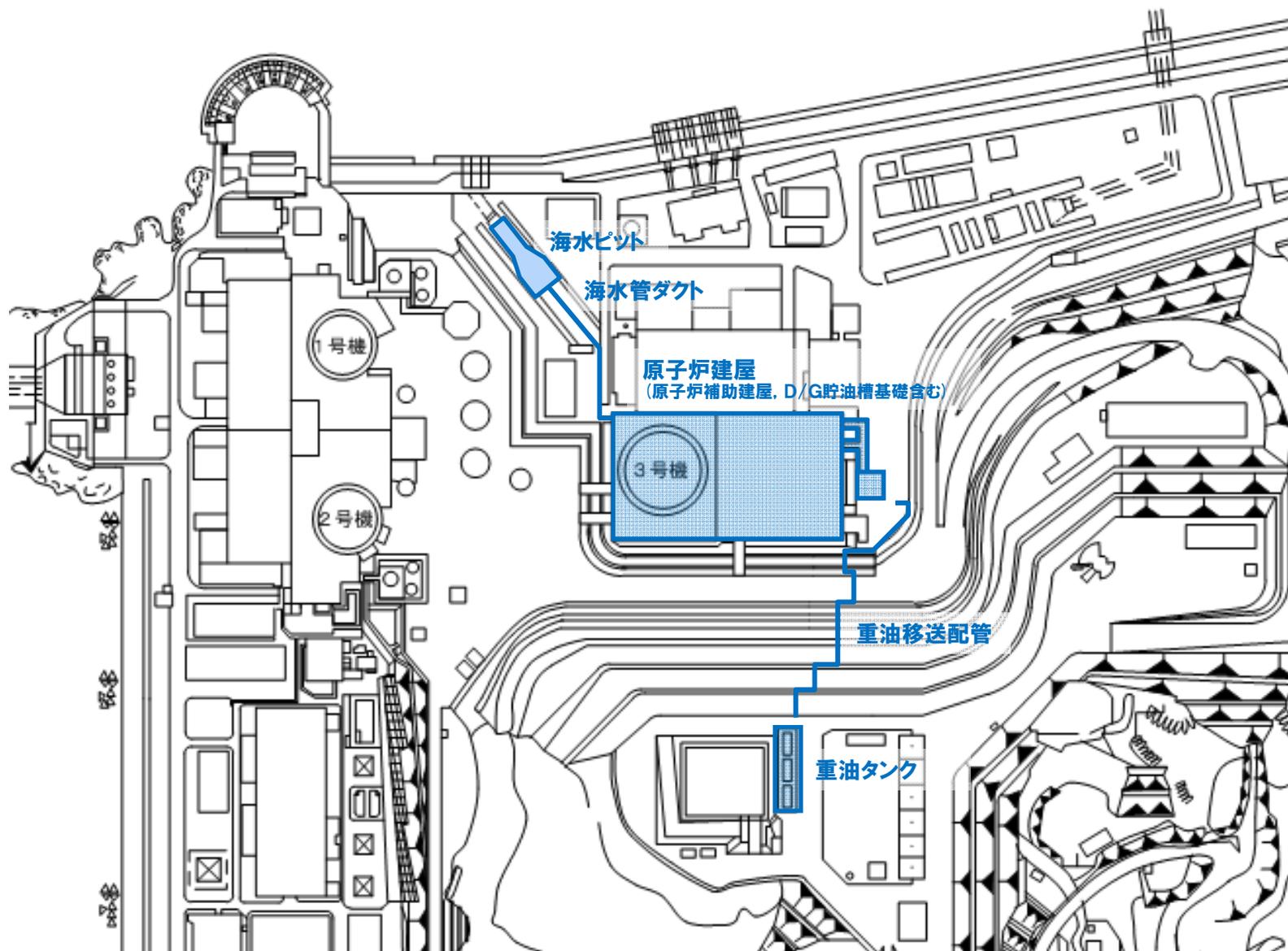
※1 耐震設計上の重要度分類Sクラスの機器・系統及びそれらを支持する建物・構築物

※2 常設耐震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)

※3 「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)」

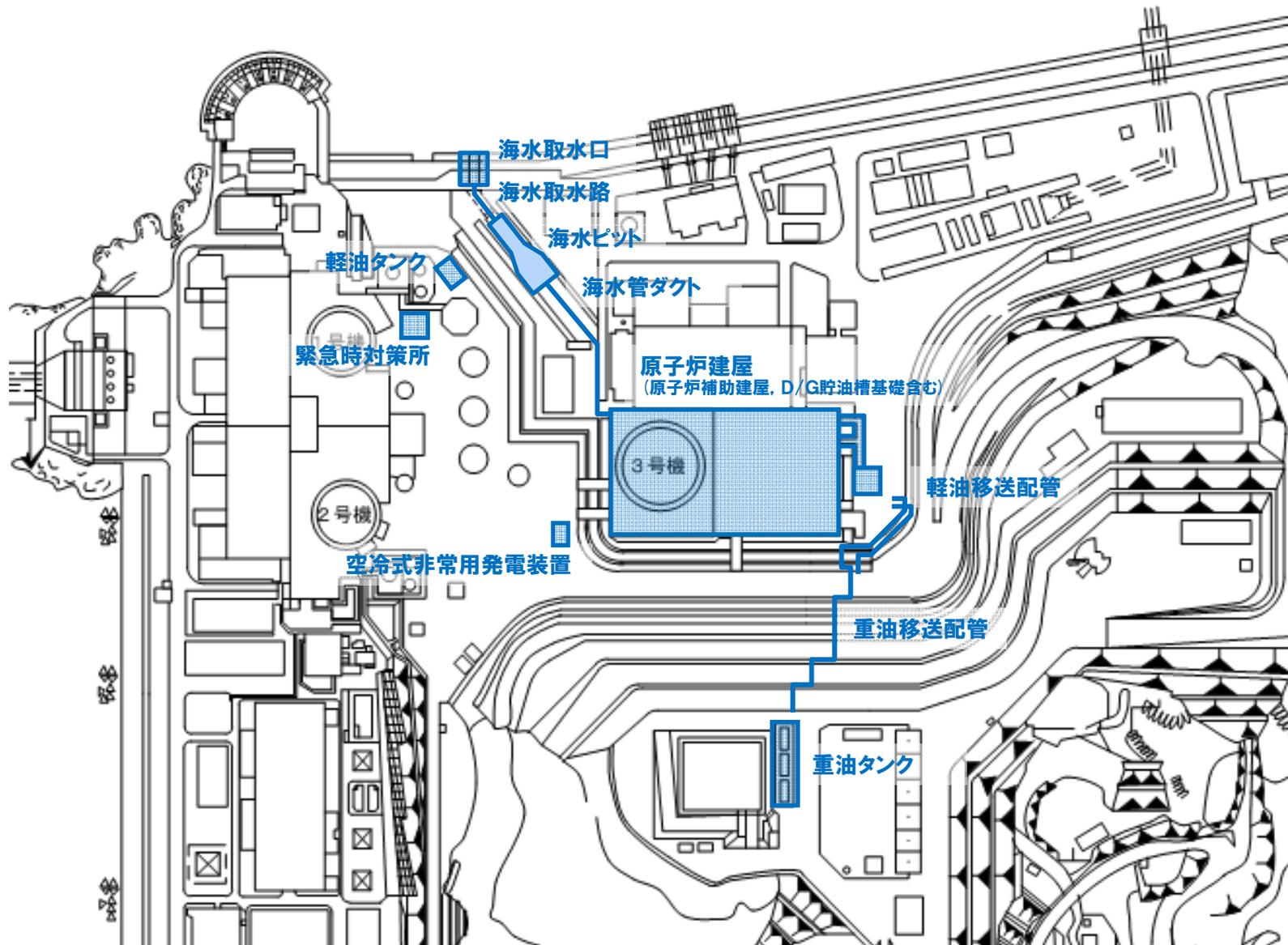
① 耐震重要施設 配置図

○設置許可基準規則3条及び4条の対象となる「耐震重要施設」を以下に示す。



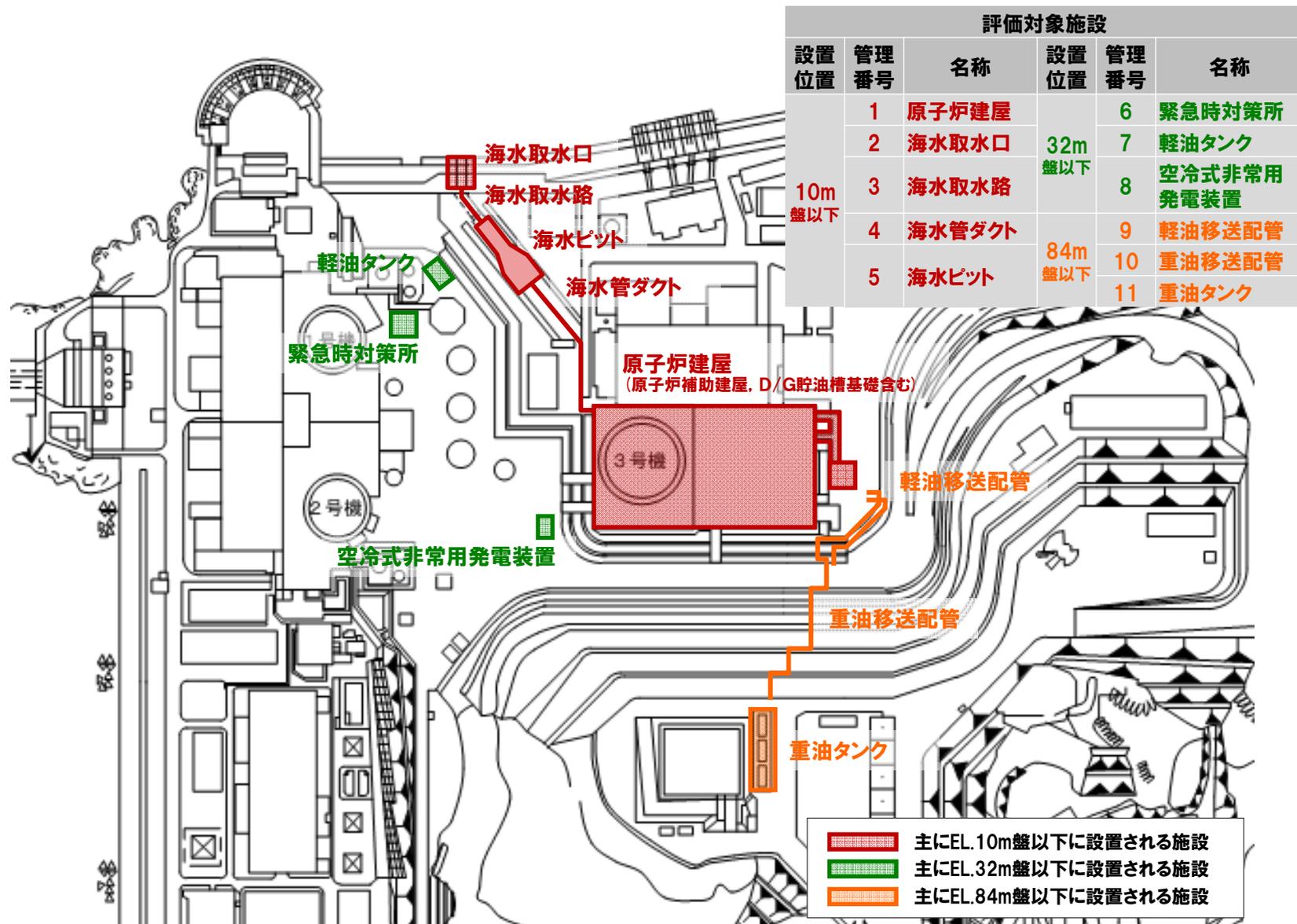
② 常設重大事故等対処施設 配置図

○設置許可基準規則38条及び39条の対象となる「常設重大事故等対処施設」を以下に示す。



評価対象施設 配置図

○以上を整理し、評価対象施設を以下に示す。



-
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 3. 解析用物性値
 4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価
 5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価
 6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価
 7. 周辺斜面の安定性評価
 8. まとめ

2. 地質の概要

1. 評価方針

○設置許可基準規則に基づき、評価対象施設を整理。

	耐震重要施設	重大事故等対処施設
基礎地盤	3条	38条
周辺斜面	4条	39条

評価対象施設

設置位置	管理番号	名称	設置位置	管理番号	名称
10m 盤以下	1	原子炉建屋	32m 盤以下	6	緊急時対策所
	2	海水取水口		7	軽油タンク
	3	海水取水路		8	空冷式非常用発電装置
	4	海水管ダクト		9	軽油移送配管
	5	海水ピット		10	重油移送配管
			84m 盤以下	11	重油タンク

○審査ガイドに準拠し、適合性を確認。

基礎地盤	・活断層の有無 (⇒ 第2章)
	・地震力に対する基礎地盤の安定性評価 (⇒ 第4章)
	・周辺地盤の変状による施設への影響評価 (⇒ 第5章)
周辺斜面	・地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価 (⇒ 第6章)
	・地震力に対する周辺斜面の安定性評価 (⇒ 第7章)

2. 地質の概要

○敷地内及び敷地近傍(発電所から半径5km)には活断層が分布していないことを確認。

3. 解析用物性値

○原位置岩盤せん断試験等に基づき、解析用岩盤分類に応じた解析用物性値を設定。

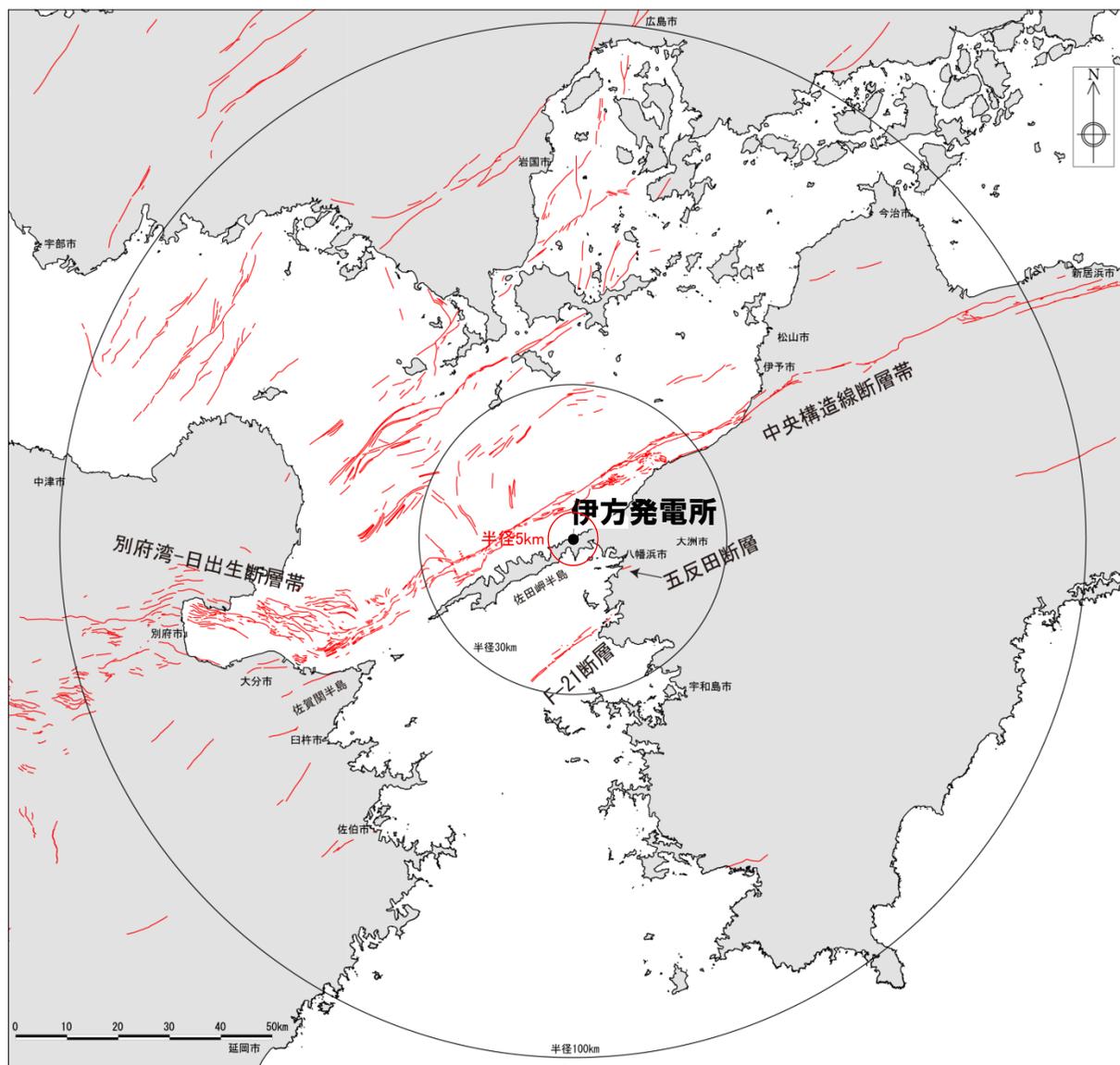
項目	岩盤					断層 (軟質無)		断層 (軟質含)	
	I級	II級	III級①	III級②	III級	軟質無	軟質含	軟質無	軟質含
単位体積重量	CH級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CM級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CL級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	表土の物理試験結果	表土の物理試験結果	断層 (軟質無) の物理試験結果	断層 (軟質含) の物理試験結果	断層 (軟質無) の物理試験結果	断層 (軟質含) の物理試験結果
せん断強度	CH級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CM級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CL級岩盤の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	断層 (軟質無) の静的およびせん断試験結果	断層 (軟質含) の静的およびせん断試験結果	断層 (軟質無) の静的およびせん断試験結果	断層 (軟質含) の静的およびせん断試験結果
内部摩擦角	CH級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CM級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CL級岩盤の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	断層 (軟質無) の静的およびせん断試験結果	断層 (軟質含) の静的およびせん断試験結果	断層 (軟質無) の静的およびせん断試験結果	断層 (軟質含) の静的およびせん断試験結果
弾性係数	CH級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CM級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CL級岩盤の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	断層 (軟質無) の静的およびせん断試験結果	断層 (軟質含) の静的およびせん断試験結果	断層 (軟質無) の静的およびせん断試験結果	断層 (軟質含) の静的およびせん断試験結果
静的ポアソン比	CH級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CM級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CL級岩盤の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	断層 (軟質無) の静的およびせん断試験結果	断層 (軟質含) の静的およびせん断試験結果	断層 (軟質無) の静的およびせん断試験結果	断層 (軟質含) の静的およびせん断試験結果
動的弾性係数	CH級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CM級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CL級岩盤の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	断層 (軟質無) の動的およびせん断試験結果	断層 (軟質含) の動的およびせん断試験結果	断層 (軟質無) の動的およびせん断試験結果	断層 (軟質含) の動的およびせん断試験結果
動的ポアソン比	CH級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CM級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CL級岩盤の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	断層 (軟質無) の動的およびせん断試験結果	断層 (軟質含) の動的およびせん断試験結果	断層 (軟質無) の動的およびせん断試験結果	断層 (軟質含) の動的およびせん断試験結果
減衰定数	CH級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CM級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CL級岩盤の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	断層 (軟質無) の動的およびせん断試験結果	断層 (軟質含) の動的およびせん断試験結果	断層 (軟質無) の動的およびせん断試験結果	断層 (軟質含) の動的およびせん断試験結果

	岩盤					断層	
	I級	II級	III級①	III級②	III級	軟質無	軟質含
単位体積重量 (kN/m ³)	29.4	27.5	25.5	18.6		26.5	19.6
せん断強度 (kN/m ²)	981	490	130	39		324	78
内部摩擦角 (°)	50	41	23	17		34	24
弾性係数 (kN/m ²)	$\tau = 569 + \sigma \tan 43^\circ$	$\tau = \sigma \tan 41^\circ$	$\tau = \sigma \tan 23^\circ$	$\tau = \sigma \tan 17^\circ$		$\tau = \sigma \tan 34^\circ$	$\tau = \sigma \tan 24^\circ$
静的ポアソン比	0.29	0.32	0.32	0.45		0.36	0.45
動的弾性係数 (×10 ⁸ kN/m ²)	58.8 ^{#1} 42.2 ^{#2} 23.5 ^{#3}	10.8	3.51	0.127		$G_v/G_v^{ref} = 1/(1+10.4\gamma^{0.787})$ $G_v = 43900 \text{ (kN/m}^2)$	$G_v/G_v^{ref} = 0.3 \log \gamma - 0.58$ $G_v = 294000 \text{ (kN/m}^2)$
動的ポアソン比	0.34	0.36	0.38	0.45		0.40	0.45
減衰定数	2.0 (%)	3.0 (%)	3.0 (%)	10.0 (%)		$h = 0.08 \log \gamma + 0.36$ ($\gamma > 10^4$)	$h = 0.17 \log \gamma + 0.58$ ($\gamma > 10^4$) $h = 0.017 \log \gamma + 0.09$ ($\gamma < 10^4$)

※ 地盤物性のばらつきを考慮した影響検討も実施

敷地周辺の主な活断層分布

○敷地内及び敷地近傍（発電所から半径5km）には活断層が分布していないことを確認している。



敷地における地質調査

- 敷地における地質調査としては、伊方発電所原子炉設置変更許可申請時（3号炉）に、地表弾性波探査、ボーリング調査、試掘坑での調査等を実施するなど、敷地の地質・地質構造を把握している。

設置変更許可申請時の主な調査内容

【地表弾性波探査】

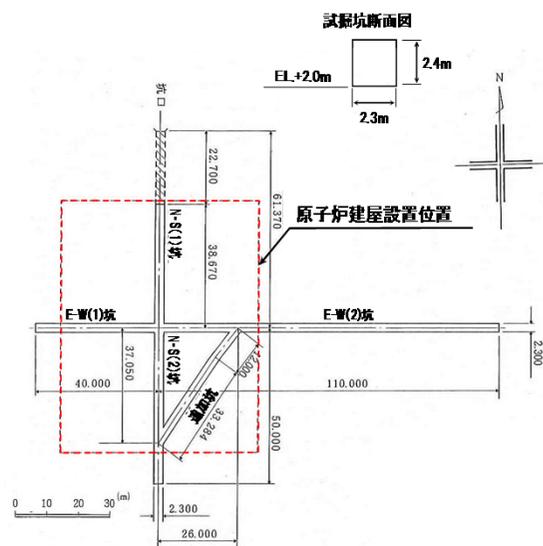
東西方向:11測線, 南北方向:12測線

【ボーリング調査】

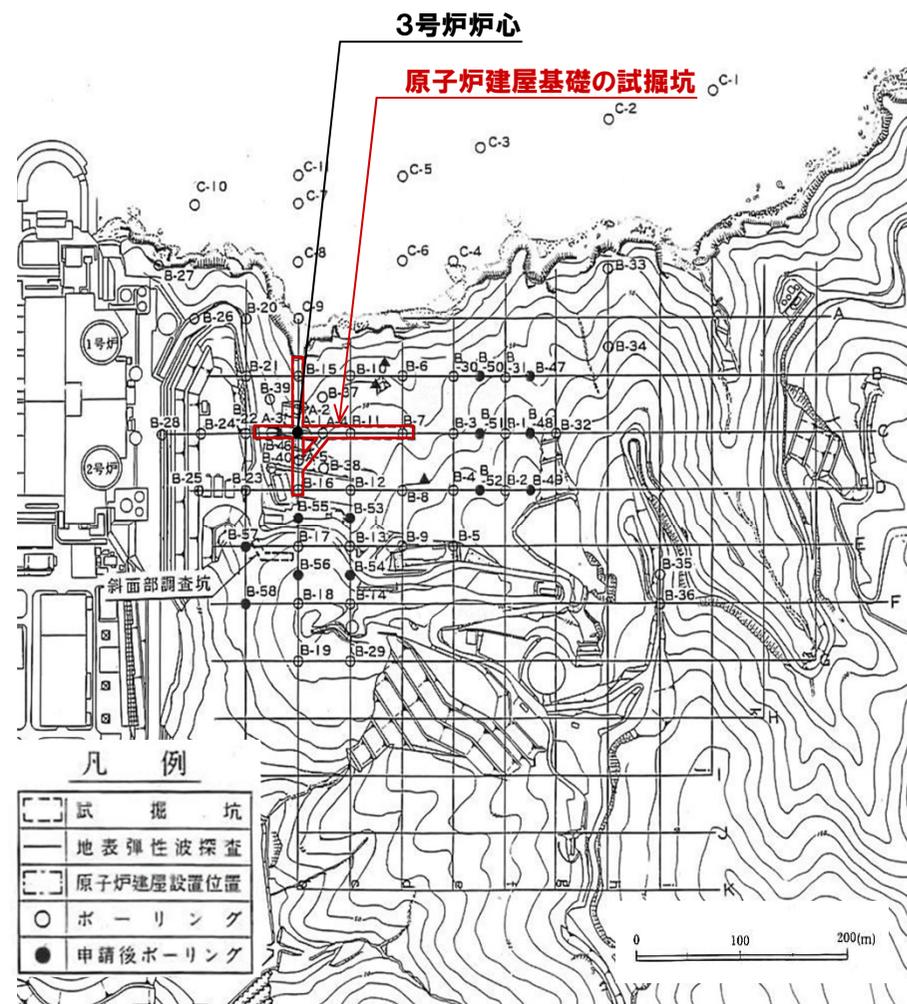
ボーリング調査は敷地内50m間隔の格子状
建屋設置位置では総延長1500m

【試掘坑での調査】

建屋基礎コンクリート底面高さ(最下部EL.+0.6m)を考慮して
EL.+2.0mに試掘坑を掘削。本坑約260m(うち斜坑30m含む)
と追加坑40mの合計約300m



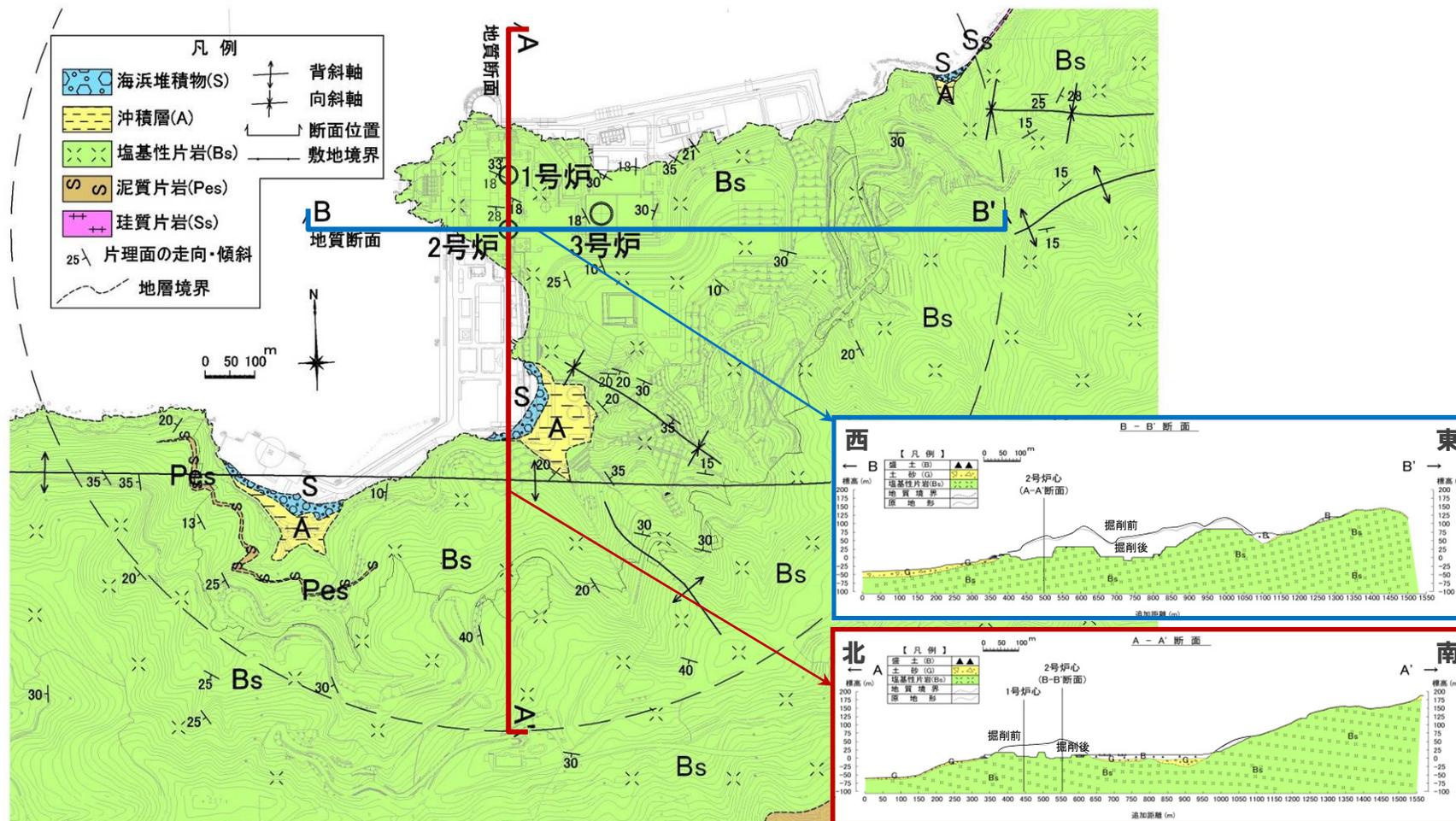
伊方発電所原子炉設置変更許可申請書(3号炉)に加筆



伊方発電所原子炉設置変更許可申請書(3号炉)に加筆

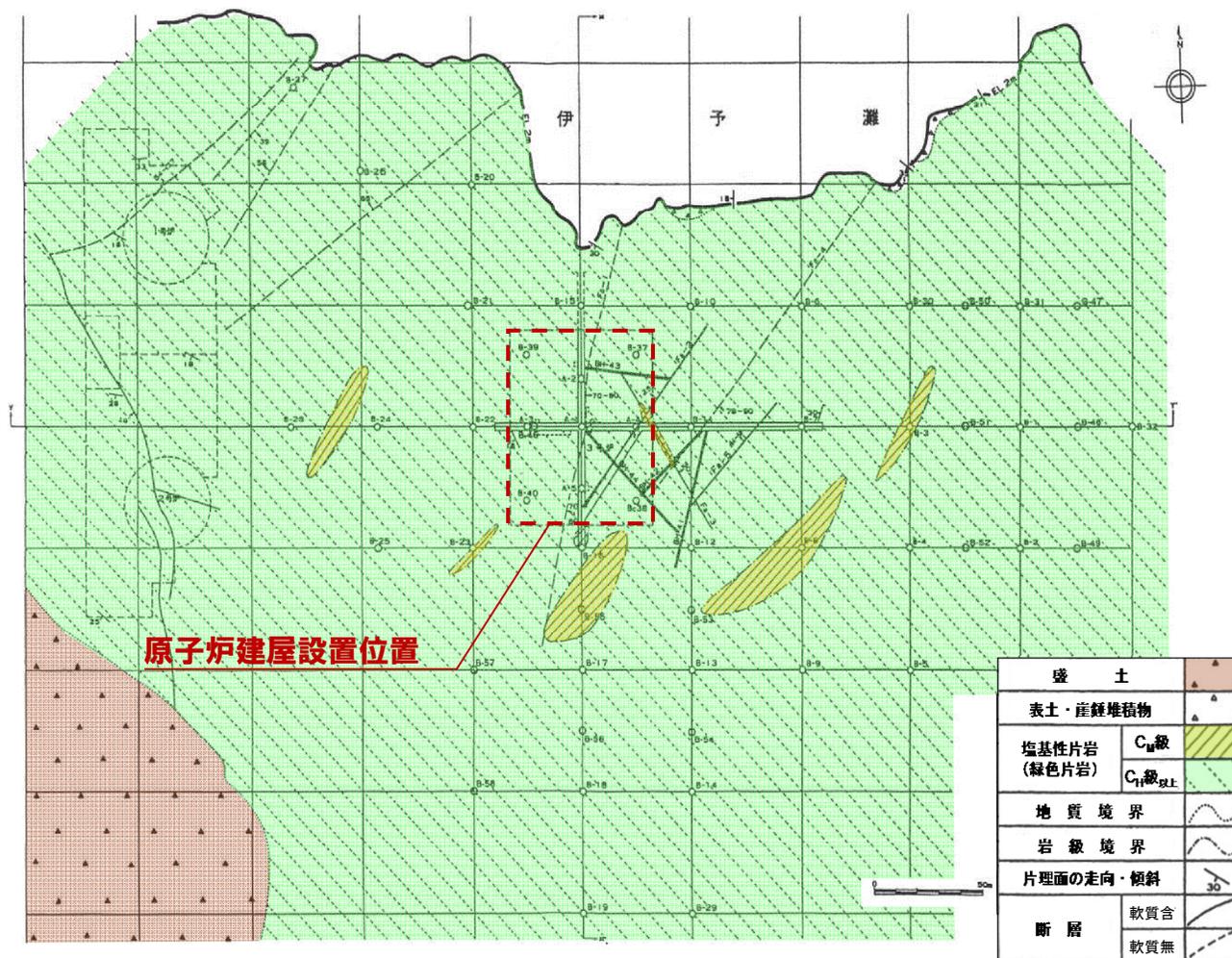
敷地・敷地近傍における地質の特徴

- 伊方発電所の敷地及びその近傍の地盤は、三波川変成岩類のうち、珪質片岩及び泥質片岩の薄層を局所に挟んでいるが、主に塩基性片岩(緑色片岩)からなる。



敷地における地質の特徴

- 原子炉建屋基礎岩盤は、CH級以上の堅硬な塩基性片岩(緑色片岩)で構成されており、片理面を有するものの、塊状かつ堅硬であり剥離性も弱い。
- 片理面の走向はN30° ~40° Wで南西方向に10° ~30° で緩やかに傾斜している。



地質水平断面図(EL.+2.0m)

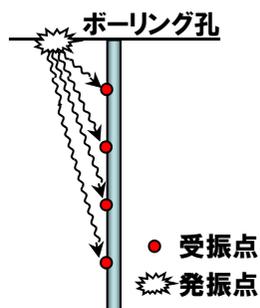
敷地における速度構造

- 敷地のほとんどが塩基性片岩であることから3号炉設置変更許可申請時に試掘坑およびボーリング孔より各種試験を実施し、速度構造について評価を実施している。

【PS検層】

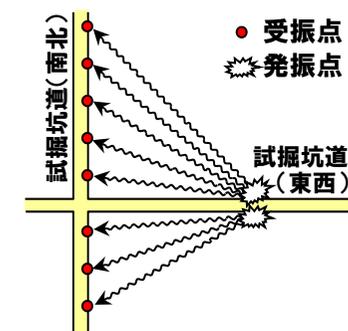
原子炉建屋直下における深さ方向の速度構造を把握するため試掘坑内からのボーリング孔を利用してPS検層(ダウンホール法)を実施。

なお、片理面の傾斜は $10\sim 30^\circ$ と緩いことから、ボーリング孔を利用したPS検層では片理面と比較的高角に交差する方向の速度構造の確認ができる。



【試掘坑の坑道間における弾性波探査】

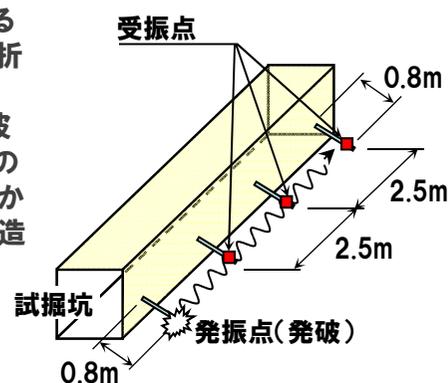
方向による速度構造の変化を確認するため試掘坑道間における弾性波探査を実施。試掘坑道間における弾性波探査は、南北方向の坑道側壁に受振点を設置し、東西方向の坑道に発振点を設けて試験を実施。



【試掘坑道沿いの弾性波探査】

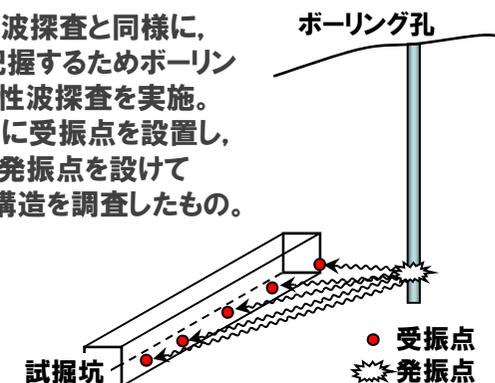
平面的な速度構造を把握するため試掘坑道沿いにおいて屈折法により弾性波探査を実施。

なお、試掘坑道沿いの弾性波探査では、試掘坑での片理面の傾斜が、 $10\sim 30^\circ$ と緩いことから片理面に沿う方向の速度構造を把握することができる。



【ボーリング孔と試掘坑道間における弾性波探査】

試掘坑の坑道間における弾性波探査と同様に、方向による速度構造の変化を把握するためボーリング孔と試掘坑との間において弾性波探査を実施。探査は、南北方向の坑道両側に受振点を設置し、試掘坑周辺のボーリング孔内に発振点を設けてボーリング孔と坑道間との速度構造を調査したもの。



- 各種試験の結果、 $V_p=5.3\sim 5.5\text{km/s}$ 、 $V_s=2.5\sim 2.7\text{km/s}$ である。

敷地における断層の特徴

- 伊方3号炉の原子炉設置位置付近において比較的破砕幅が大きく連続性がある断層はFa-1～Fa-5断層である。

また、3号炉の海水ピット付近にf1～f4断層が分布する。観察および分析等より、これらの断層は将来活動する可能性のある断層等には該当しない。

また、3号炉西方にS₁断層、S₃断層が分布するが、その付近に3号炉申請に係る重要施設はなく、変位が施設に影響を及ぼすものではない。

【断層（軟質無）】

肉眼観察、物理試験、針貫入試験の結果として断層内物質が岩石相当の物性を有して粘土状の軟質部を介しないと判断できる断層

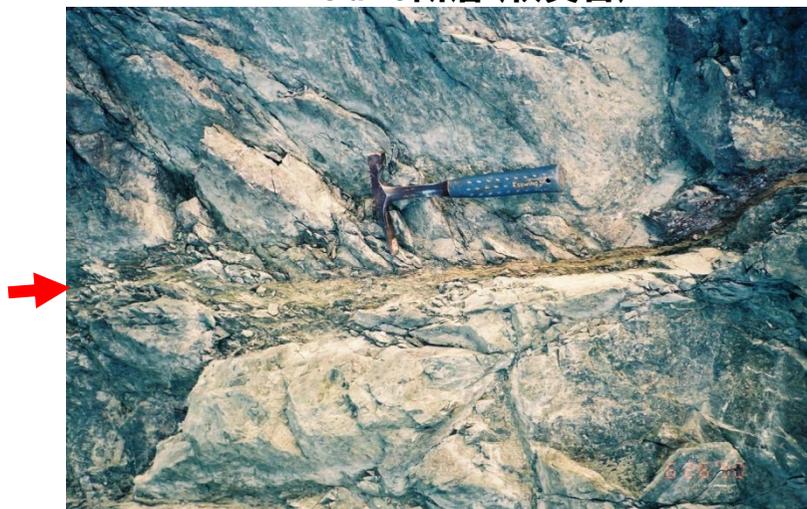
【断層（軟質含）】

上記以外の断層

断層名	走向*・傾斜	破砕幅 fr:cm 粘土幅 cl:cm	断層内物質による区分
Fa-1断層	N5°22' E/67~82° SE	fr:3~10	軟質無
Fa-2断層	N38° E/25° NW	fr:3~10, cl:0.3	軟質含
Fa-3断層	N31° W/50° NE	fr:5~40 cl:0.2~4	軟質含
Fa-4断層	N43° E/78~90° SE	fr:1.5~4 (海岸でfr:20~30)	軟質無
Fa-5断層	N44° E/54~58° NW	fr:5~10, cl:0.4	軟質含
f1断層	N40~54° E/54~77° N	fr:2~10	軟質無
f2断層	N45° E/39° SE	fr:5~10	軟質無
f3断層	N36° E/58° NW	fr:5~20	軟質無
f4断層	N56° E/65° NW	fr:5~10	軟質無
S ₁ 断層	N12° W/38° W	fr:2~50 cl:部分的に細かく破砕	軟質含
S ₃ 断層	N8° E~35° W/40~50° W	fr:2~40 cl:0.5~3	軟質含

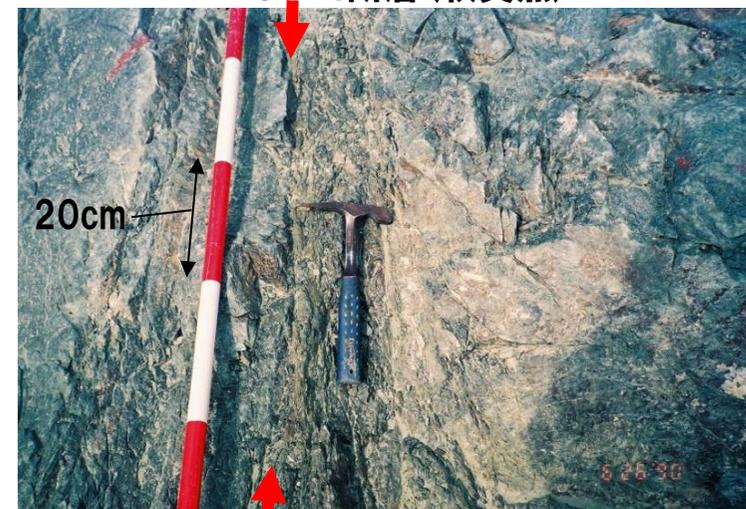
※ 磁北での走向を示す

Fa-3断層（軟質含）



※基礎掘削面で平成2年撮影

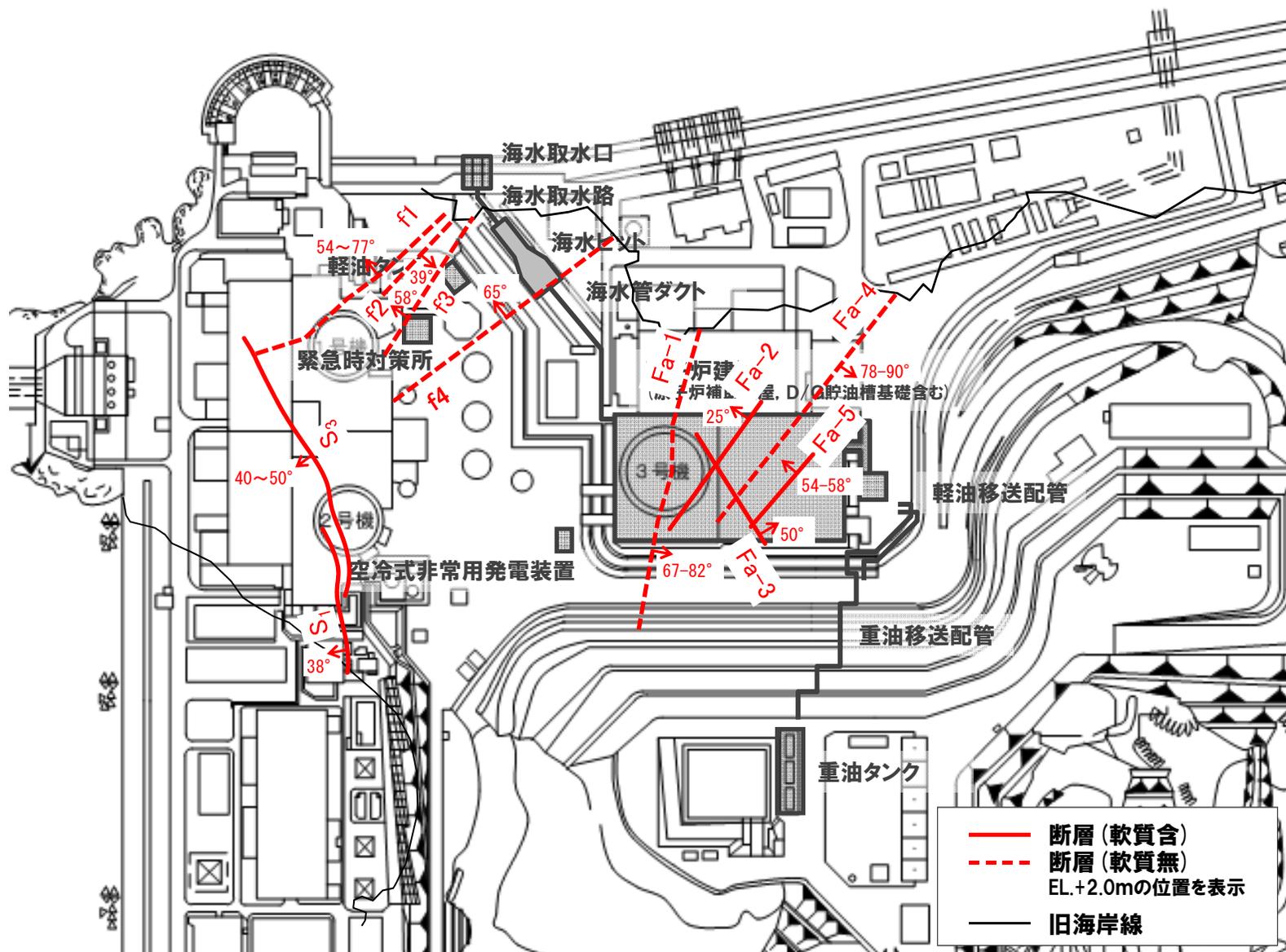
Fa-4断層（軟質無）



※基礎掘削面で平成2年撮影

敷地における断層の特徴

○評価対象施設と断層の位置関係は下図のとおりである。



-
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 3. 解析用物性値
 4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価
 5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価
 6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価
 7. 周辺斜面の安定性評価
 8. まとめ

3. 解析用物性値

1. 評価方針

○設置許可基準規則に基づき、評価対象施設を整理。

	耐震重要施設	重大事故等対処施設
基礎地盤	3条	38条
周辺斜面	4条	39条

評価対象施設

設置位置	管理番号	名称	設置位置	管理番号	名称
10m 盤以下	1	原子炉建屋	32m 盤以下	6	緊急時対策所
	2	海水取水口		7	軽油タンク
	3	海水取水路		8	空冷式非常用発電装置
	4	海水管ダクト		9	軽油移送配管
	5	海水ピット		10	重油移送配管
			84m 盤以下	11	重油タンク

○審査ガイドに準拠し、適合性を確認。

基礎地盤	・活断層の有無 (⇒ 第2章)
	・地震力に対する基礎地盤の安定性評価 (⇒ 第4章)
	・周辺地盤の変状による施設への影響評価 (⇒ 第5章)
周辺斜面	・地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価 (⇒ 第6章)
	・地震力に対する周辺斜面の安定性評価 (⇒ 第7章)

2. 地質の概要

○敷地内及び敷地近傍(発電所から半径5km)には活断層が分布していないことを確認。

3. 解析用物性値

○原位置岩盤せん断試験等に基づき、解析用岩盤分類に応じた解析用物性値を設定。

項目	岩盤					断層 (軟質無)		断層 (軟質含)	
	I級	II級	III級①	III級②	III級	軟質無	軟質含	軟質無	軟質含
単位体積重量	CH級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CM級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CL級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	表土の物理試験結果	表土の物理試験結果	断層 (軟質無) の物理試験結果	断層 (軟質含) の物理試験結果		
せん断強度	CH級岩盤の岩石供試体よりせん断試験結果	CM級岩盤の岩石供試体よりせん断試験結果	CL級岩盤の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	断層 (軟質無) の静的およびせん断試験結果	断層 (軟質含) の静的およびせん断試験結果		
内部摩擦角	CH級岩盤の岩石供試体よりせん断試験結果	CM級岩盤の岩石供試体よりせん断試験結果	CL級岩盤の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	断層 (軟質無) の静的およびせん断試験結果	断層 (軟質含) の静的およびせん断試験結果		
残留強度	CH級岩盤の岩石供試体よりせん断試験結果	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)		
弾塑性係数	CH級岩盤の平圧縮荷試験結果	CM級岩盤の孔内水平圧縮試験と平圧縮荷試験より総合評価して設定	CL級岩盤の孔内水平圧縮試験と平圧縮荷試験より総合評価して設定	表土の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	断層 (軟質無) の静的およびせん断試験結果	断層 (軟質含) の静的およびせん断試験結果		
静的ポアソン比	CH級岩盤の岩石供試体による一軸圧縮試験結果	CM級岩盤の岩石供試体による一軸圧縮試験結果	II級岩盤の試験結果を適用	表土の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	II級岩盤の静的/動的の比率から算定	表土の試験結果を適用		
動弾性係数	CH級岩盤の弾性波探査、PS検層等より算定	CM級岩盤の弾性波探査、PS検層等より算定	CL級岩盤の弾性波探査、PS検層等より算定	表土の振動三軸試験結果	表土のPS検層等より算定	動的およびせん断試験より算定	動的およびせん断試験より算定		
動的ポアソン比	CH級岩盤の弾性波探査、PS検層等より算定	CM級岩盤の弾性波探査、PS検層等より算定	CL級岩盤の弾性波探査、PS検層等より算定	静的ポアソン比と同じ値を設定	静的ポアソン比と同じ値を設定	II級とIII級の間で同じ値を設定	静的ポアソン比と同じ値を設定		
減衰定数	CH級岩盤の弾性波探査、PS検層等より算定	一般的な値を設定	一般的な値を設定	表土の振動三軸試験結果	一般的な値を設定	動的およびせん断試験より算定	動的およびせん断試験より算定		

	岩盤					断層	
	I級	II級	III級①	III級②	III級	軟質無	軟質含
単位体積重量 (kN/m ³)	29.4	27.5	25.5	18.6		26.5	19.6
せん断強度 (kN/m ²)	981	490	130	39		324	78
内部摩擦角 (°)	50	41	23	17		34	24
残留強度 (kN/m ²)	$\tau = 569 + \sigma \tan 43^\circ$		$\tau = \sigma \tan 41^\circ$	$\tau = \sigma \tan 23^\circ$	$\tau = \sigma \tan 17^\circ$	$\tau = \sigma \tan 34^\circ$	$\tau = \sigma \tan 24^\circ$
弾塑性係数 (kN/m ²)	3.63×10^6		1.18×10^6	0.49×10^6	0.0392×10^6	$27000 (\sigma_v)^{0.34}$	$1750 (\sigma_v)^{0.60}$
静的ポアソン比	0.29	0.32	0.32	0.45		0.36	0.45
動弾性係数 (×10 ⁶ kN/m ²)	58.8 ^{#1}	42.2 ^{#2}	23.5 ^{#3}	10.8	3.51	$G_v/G_v^{ref} = 1/(1+10.4 \gamma^{0.787})$ $G_v^{ref} = 43900 \text{ (kN/m}^2\text{)}$	$G_v/G_v^{ref} = 0.3 \log \gamma - 0.58$ $G_v^{ref} = 294000 \text{ (kN/m}^2\text{)}$
動的ポアソン比	0.34	0.36	0.38	0.45		0.40	0.45
減衰定数	2.0 (%)	3.0 (%)	3.0 (%)	$h=1/(0.062+(3.90 \times 10^{-3} \gamma)) + 1.3$	10.0 (%)	$h=0.08 \log \gamma + 0.36$ $(\gamma > 10^4)$	$h=0.17 \log \gamma + 0.58$ $(\gamma > 10^4)$ $h=0.017 \log \gamma + 0.09$ $(\gamma < 10^4)$

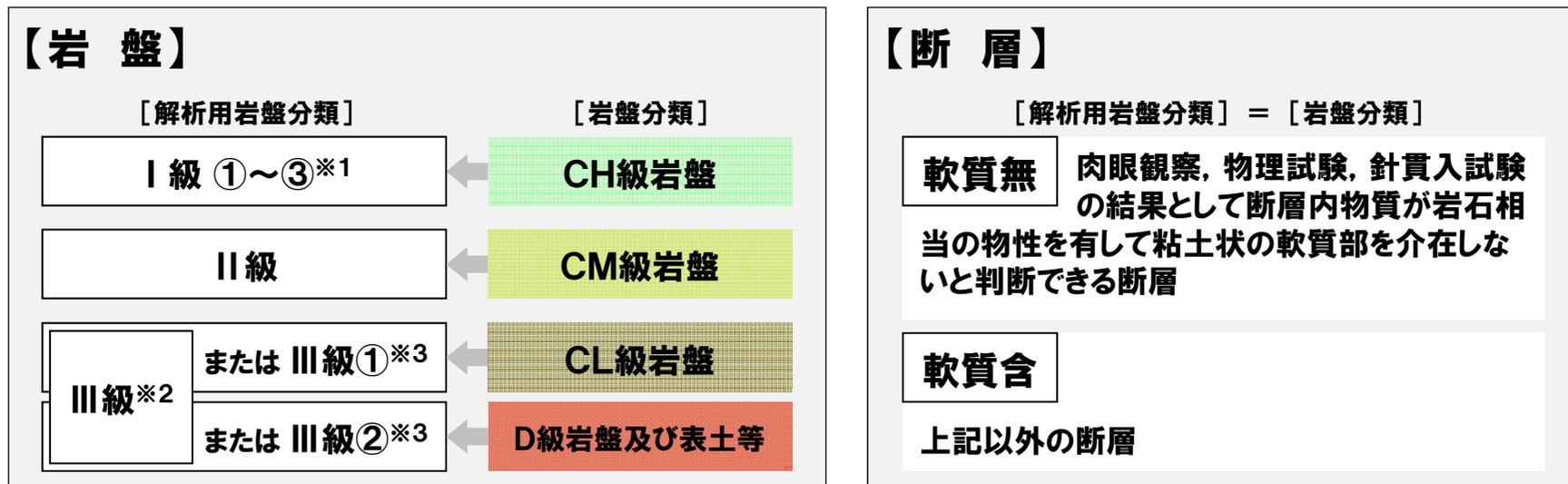
※ 地盤物性のばらつきを考慮した影響検討も実施

解析用岩盤分類について

- 解析用岩盤分類を実施するにあたってはまず、電中研方式の分類法を基本的な考え方とし、これを参考に地質調査結果に基づきCH級、CM級、CL級及びD級岩盤の4段階に岩盤分類を行った。

詳細データ集pp.2-4参照（1.1. 岩盤分類の考え方）

- 同一の岩盤分類においても、風化の程度、割れ目の状態等によって強度特性、変形特性及び動的特性に幅があることから、工学的分類として以下のとおり解析用岩盤分類に整理した。



※1 工学的観点から動的特性に応じて分類 (①Vs=2.7km/s ②Vs=2.3km/s ③Vs=1.7km/s)

※2 III級：表土の物性を適用

※3 III級①, ②：評価対象の基礎地盤・斜面に対して、地震時安定性に直接影響する範囲にCL級岩盤並びにD級岩盤及び表土等が分布する場合は、より精緻な物性値として各々CL級岩盤の物性並びに非線形性を考慮した表土の物性を適用

解析用物性値

○解析用岩盤分類に応じた解析用物性値の設定の考え方を下表に示す。

	CH級岩盤	CM級岩盤	CL級岩盤	非線形性を考慮した表土	表土	断層（軟質無）	断層（軟質含）
項目	岩盤					断層	
	I級	II級	III級①	III級②	III級	軟質無	軟質含
単位体積重量	CH級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CM級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	CL級岩盤の岩石供試体による物理試験結果	表土の物理試験結果		断層（軟質無）の物理試験結果	断層（軟質含）の物理試験結果
せん断強度	CH級岩盤の岩盤せん断試験結果	CM級岩盤の岩石試験および原位置岩盤せん断試験より総合評価して設定	CL級岩盤の三軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果		断層（軟質無）の静的ねじりせん断試験結果	断層（軟質含）の原位置断層せん断試験結果
内部摩擦角		同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)				
残留強度	CH級岩盤の岩盤せん断試験結果	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)		同上(φ成分のみ)	同上(φ成分のみ)
静弾性係数	CH級岩盤の平板載荷試験結果	CM級岩盤の孔内水平載荷試験と平板載荷試験より総合評価して設定	CL級岩盤の孔内水平載荷試験と平板載荷試験より総合評価して設定	表土の三軸圧縮試験結果		断層（軟質無）の静的ねじりせん断試験結果	断層（軟質含）の静的ねじりせん断試験結果
静的ポアソン比	CH級岩盤の岩石供試体による一軸圧縮試験結果	CM級岩盤の岩石供試体による一軸圧縮試験結果	II級岩盤の試験結果を流用	表土の三軸圧縮試験結果		II級岩盤の静的／動的の比率から算定	表土の試験結果を流用
動弾性係数	CH級岩盤の弾性波探査、PS検層等より算定	CM級岩盤の弾性波探査、PS検層等より算定	CL級岩盤の弾性波探査、PS検層等より算定	表土の振動三軸試験結果	表土のPS検層等より算定	動的ねじりせん断試験より算定	動的ねじりせん断試験より算定
動的ポアソン比	CH級岩盤の弾性波探査、PS検層等より算定	CM級岩盤の弾性波探査、PS検層等より算定	CL級岩盤の弾性波探査、PS検層等より算定	静的ポアソン比と同じ値を設定		II級とIII級の間値を設定	静的ポアソン比と同じ値を設定
減衰定数	CH級岩盤の弾性波探査、PS検層等より算定	一般的な値を設定	一般的な値を設定	表土の振動三軸試験結果	一般的な値を設定	動的ねじりせん断試験より算定	動的ねじりせん断試験より算定

詳細データ集pp.5-63参照 (II 解析用物性値の設定根拠)

解析用物性値

○解析用岩盤分類に応じた解析用物性値を下表に示す。

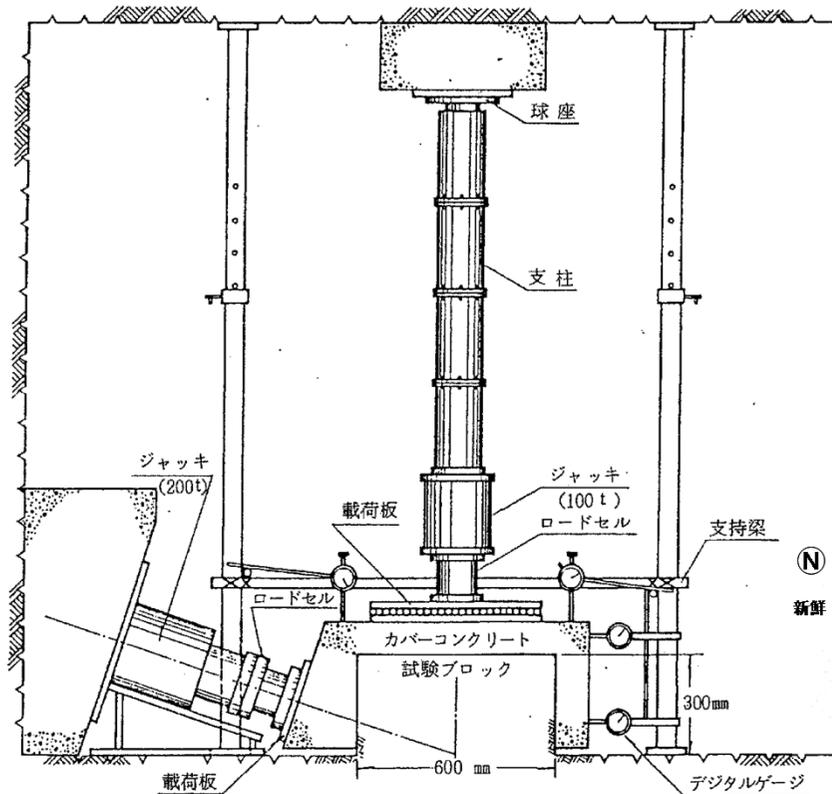
	岩盤					断層			
	I 級			II 級	III 級①	III 級②	III 級	軟質無	軟質含
	①	②	③						
単位体積重量 (kN/m ³)	29.4			27.5	25.5	18.6		26.5	19.6
せん断強度 (kN/m ²)	981			490	130	39		324	78
内部摩擦角 (°)	50			41	23	17		34	24
残留強度 (kN/m ²)	$\tau = 569 + \sigma \tan 43^\circ$			$\tau = \sigma \tan 41^\circ$	$\tau = \sigma \tan 23^\circ$	$\tau = \sigma \tan 17^\circ$		$\tau = \sigma \tan 34^\circ$	$\tau = \sigma \tan 24^\circ$
静弾性係数 (kN/m ²)	3.63×10^6			1.18×10^6	0.49×10^6	0.0392×10^6		$27000 (\sigma_v)^{0.34}$	$1750 (\sigma_v)^{0.60}$
静的ポアソン比	0.29			0.32	0.32	0.45		0.36	0.45
動弾性係数 ($\times 10^6$ kN/m ²)	58.8^{*1}	42.2^{*2}	23.5^{*3}	10.8	3.51	G_d/G_0^{*4} $= 1 / (1 + 10.4 \gamma^{0.787})$ $G_0 = 43900$ (kN/m ²)	0.127	G_d/G_0^{*4} $= -0.33 \log \gamma - 0.58$ $G_0 = 294000$ (kN/m ²)	G_d/G_0^{*4} $= -0.40 \log \gamma - 0.60$ $G_0 = 4130 (\sigma_v)^{0.53}$ (kN/m ²)
動的ポアソン比	0.34			0.36	0.38	0.45		0.40	0.45
減衰定数	2.0 (%)			3.0 (%)	3.0 (%)	$h = 1 / \{0.062 + (3.90 \times 10^{-3} / \gamma)\} + 1.3$	10.0 (%)	$h = 0.08 \log \gamma + 0.36$ ($\gamma > 10^{-4}$)	$h = 0.17 \log \gamma + 0.58$ ($\gamma \geq 10^{-3}$) $h = 0.017 \log \gamma + 0.09$ ($\gamma < 10^{-3}$)

*1 Vs=2.7km/s *2 Vs=2.3km/s *3 Vs=1.7km/s *4 動せん断弾性係数

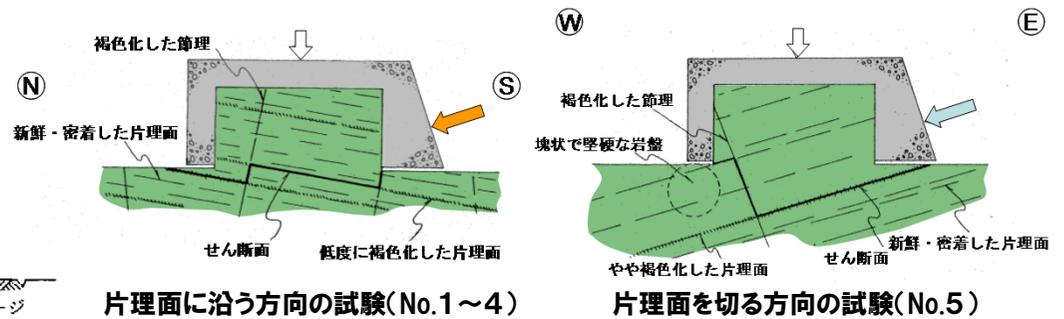
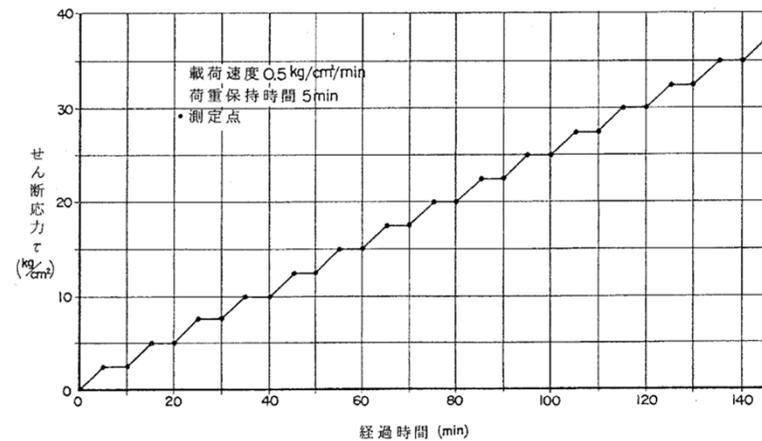
(参考) 原位置試験の例：原位置岩盤せん断試験

3号炉の基礎岩盤の強度特性を把握するために、CH級岩盤を対象に原位置せん断試験を実施した。
 試験は、試掘坑内の5箇所の位置で実施した。岩盤を幅60cm、長さ60cm、高さ30cmのブロックに切り出し、片理面による異方性を考慮し、片理面に沿う方向(南→北)の試験(No.1～4)と片理面を一部切る方向(東→西)の試験(No.5)を実施した。

原位置せん断試験装置



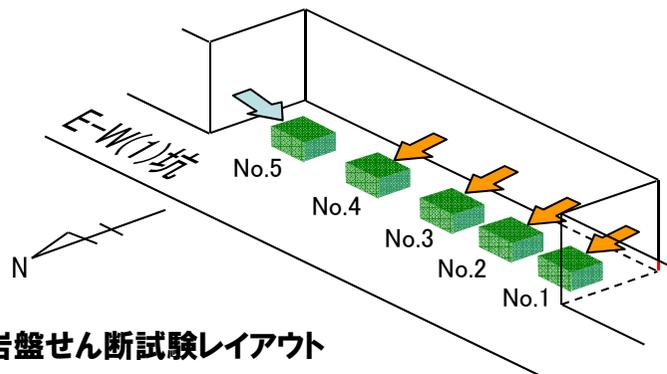
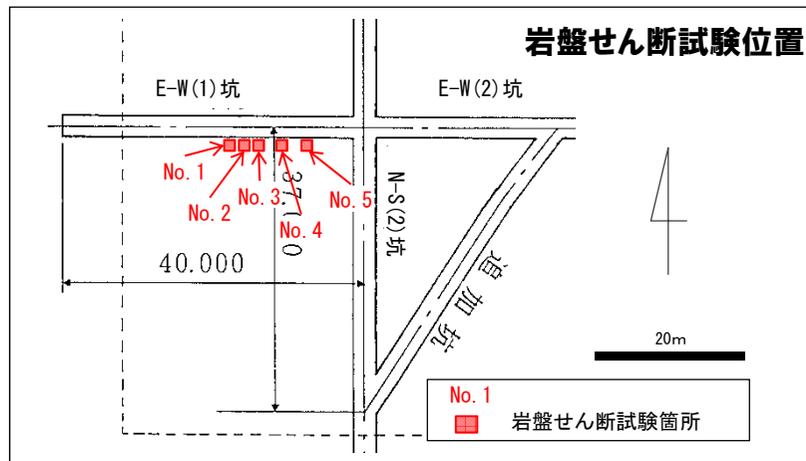
載荷パターン



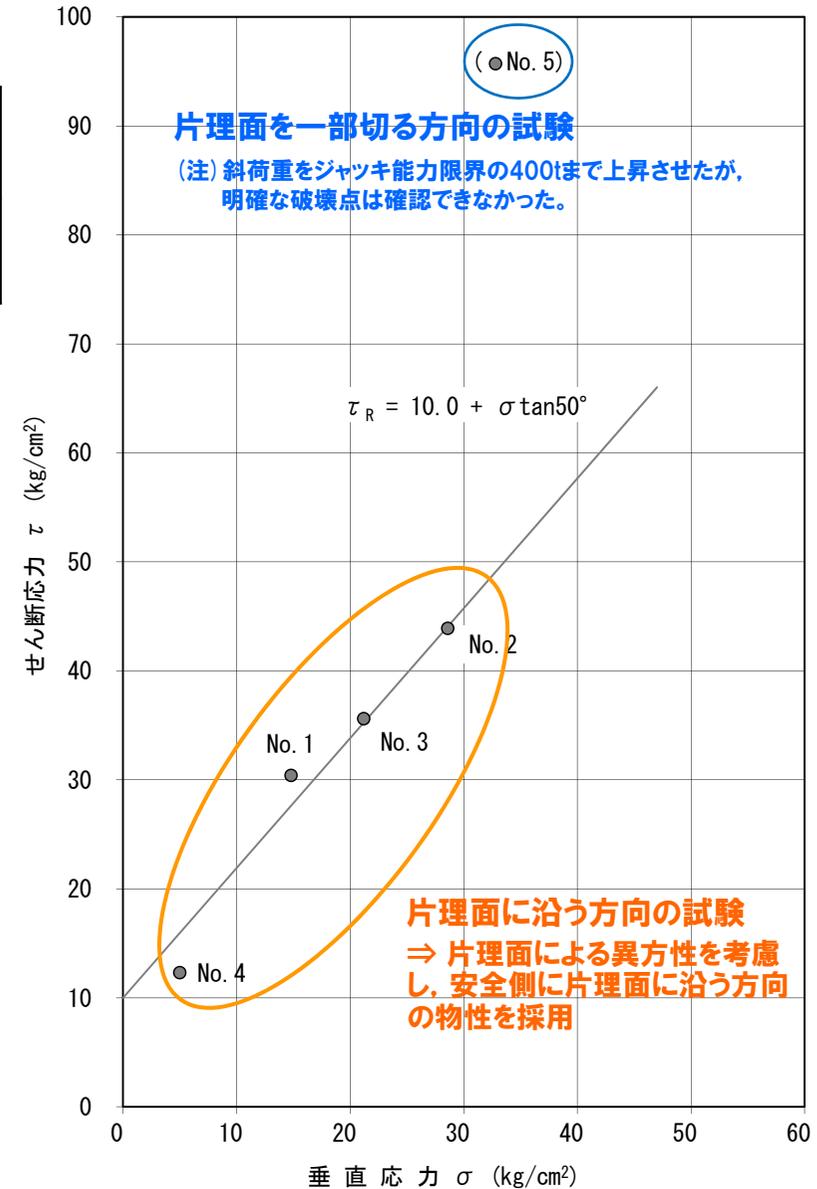
(参考) 原位置試験の例：原位置岩盤せん断試験

原位置せん断試験結果(CH級岩盤)

岩級 \ 項目	せん断強度 (kgf/cm ²)	内部摩擦角 (°)
CH級	10	50



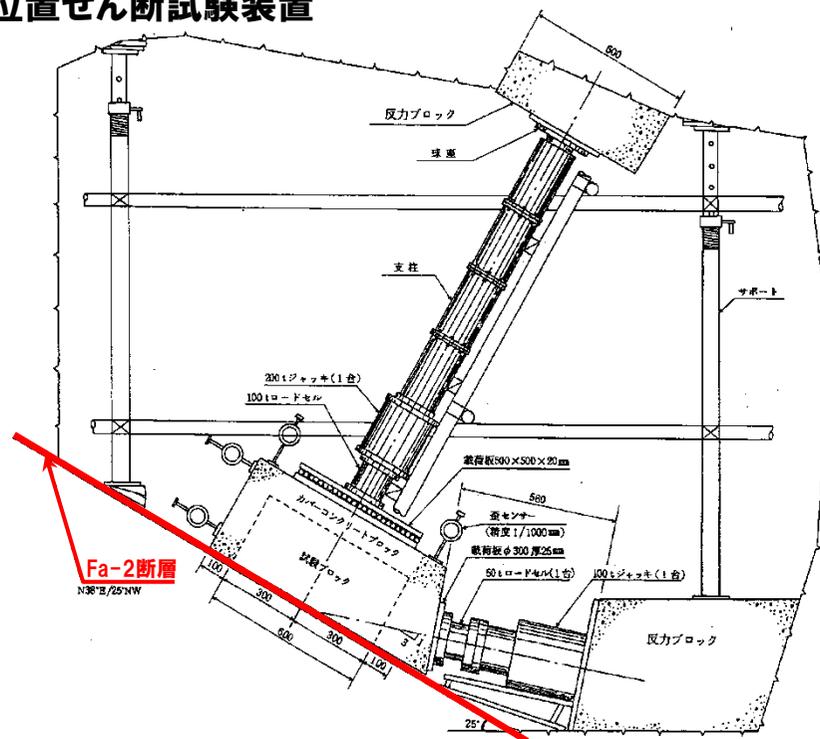
岩盤せん断試験レイアウト



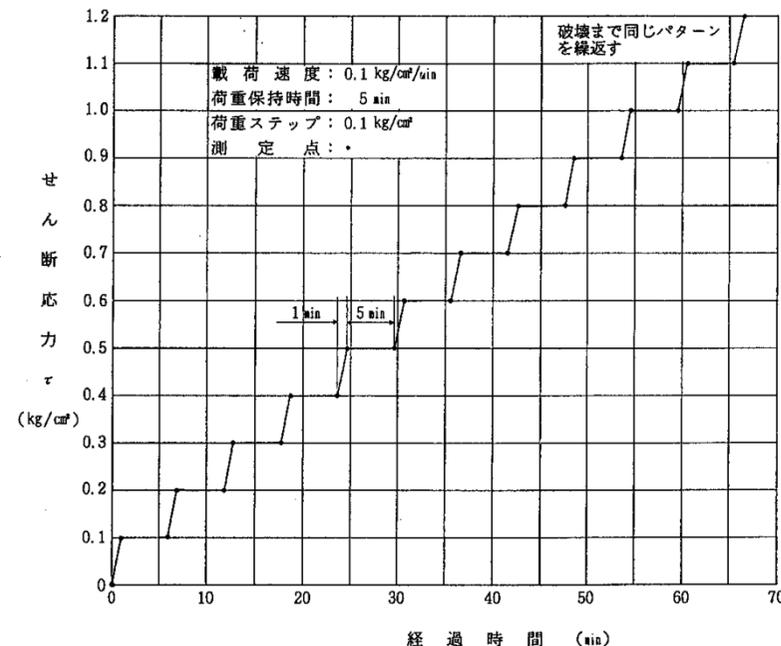
(参考) 原位置試験の例：原位置断層せん断試験

断層内物質の強度特性を把握するために、Fa-2断層(軟質含)を対象に原位置せん断試験を実施した。試験は、試掘坑内の5箇所の位置で実施した。Fa-2断層は、破碎幅数cm~10cmと小規模であるため、試験は断層上部の岩盤を幅60cm、長さ60cm、高さ30~50cmのブロックに切り出し、せん断面と断層面が一致するように整形して、断層面の下から上へ载荷して行った。

原位置せん断試験装置



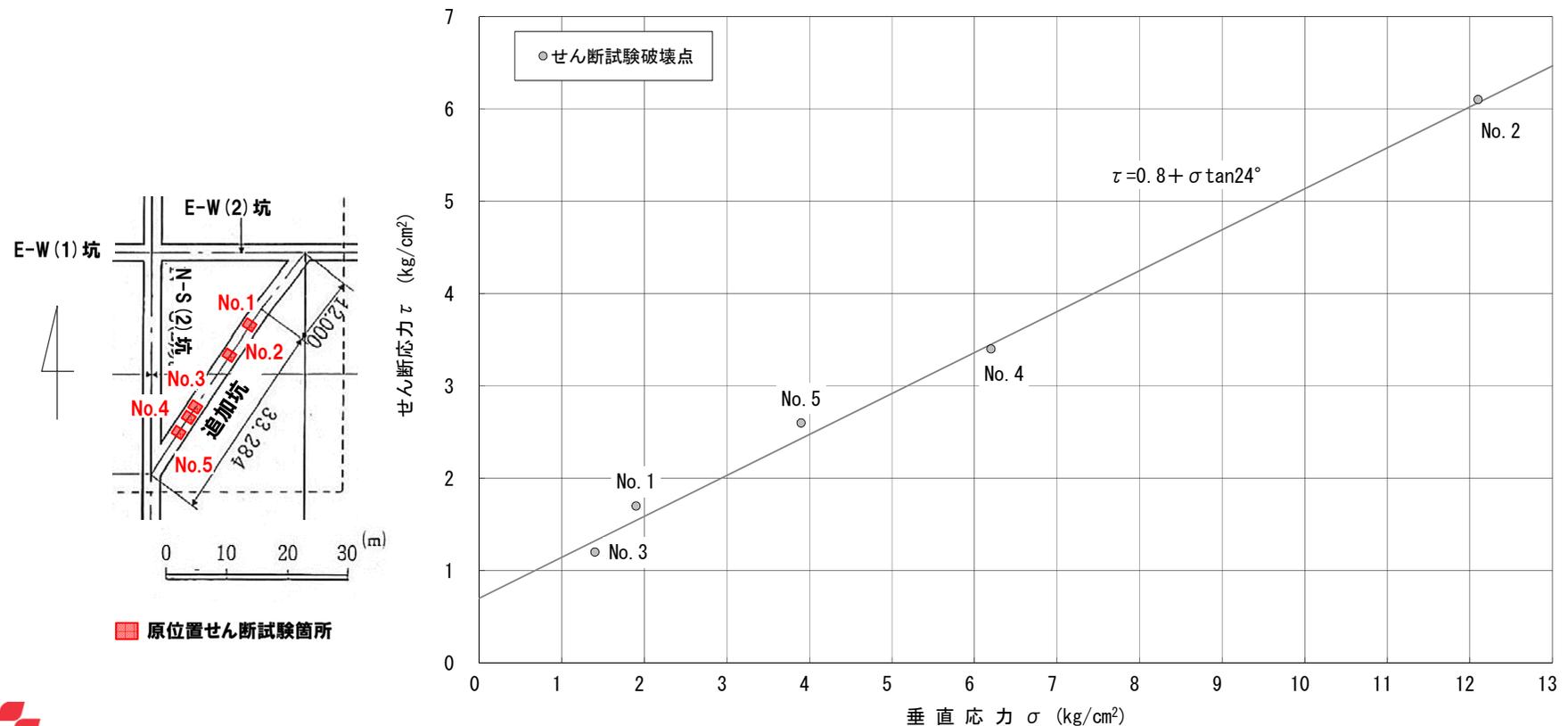
载荷パターン



(参考) 原位置試験の例：原位置断層せん断試験

原位置せん断試験結果(Fa-2断層)

断層 \ 項目	せん断強度 (kgf/cm ²)	内部摩擦角 (°)
Fa-2 (軟質含)	0.8	24



地盤物性のばらつきについて

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およ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±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±係数×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×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について考慮する。

○伊方発電所敷地の岩盤は、片理面を有する塩基性片岩で構成されており、本章及び詳細データ集に示したとおり、片理面と載荷方向を考慮した上で、強度の下限を示すと考えられる「片理面に沿う方向」に載荷した場合の原位試験の結果に基づき、強度特性を設定している。したがって、設定している強度特性は、安全側にばらつきを考慮したものとなっている。

○また、断層等の非岩盤物性（断層（軟質無），断層（軟質含），Ⅲ級，Ⅲ級②）については、試験結果をもとに標準偏差 σ を求め、強度特性を 1σ 低減させた物性値ですべり安全率を算出し、結果に影響を与えないことを確認している。

詳細データ集pp.97-102参照（Ⅲ.7.断層等の非岩盤物性における強度のばらつきに関する検討）

-
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 3. 解析用物性値
 4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価
 - (1) 断面選定
 - (2) モデルの作成
 - (3) 評価① 基礎地盤のすべり
 - (4) 評価② 基礎の支持力
 - (5) 評価③ 基礎底面の傾斜
 5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価
 6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価
 7. 周辺斜面の安定性評価
 8. まとめ

4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

基礎地盤

4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m 盤 以下	1	原子炉建屋	X-X', Y-Y'
	2	海水取水口	原子炉建屋の評価で代表
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	
32m 盤 以下	6	緊急時対策所	A-A', B-B', C-C'
	7	軽油タンク	緊急時対策所の評価で代表
	8	空冷式非常用発電装置	
84m 盤 以下	9	重油タンク	D-D', E-E'
	10	重油移送配管	重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成

施設	原子炉建屋	緊急時対策所	重油タンク
評価対象断面	X-X', Y-Y'	A-A', B-B', C-C'	D-D', E-E'

○簡便法による断面の絞り込み

各評価対象断面について、簡便法により最小すべり安全率を抽出

各施設について、最小すべり安全率が最も小さい1断面を選定

施設	原子炉建屋	緊急時対策所	重油タンク
動解断面	X-X'	A-A'	D-D'

○解析用岩盤分類図の作成

○解析用要素分割図の作成

(3) 評価① 基礎地盤のすべり

○すべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認。

(4) 評価② 基礎の支持力

○基礎底面の地震時最大接地圧が評価基準値7.84N/mm²を超えないことを確認。

(5) 評価③ 基礎底面の傾斜

○基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認。

5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価

○各施設の接地状況を踏まえ、不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等の影響が生じないことを確認。

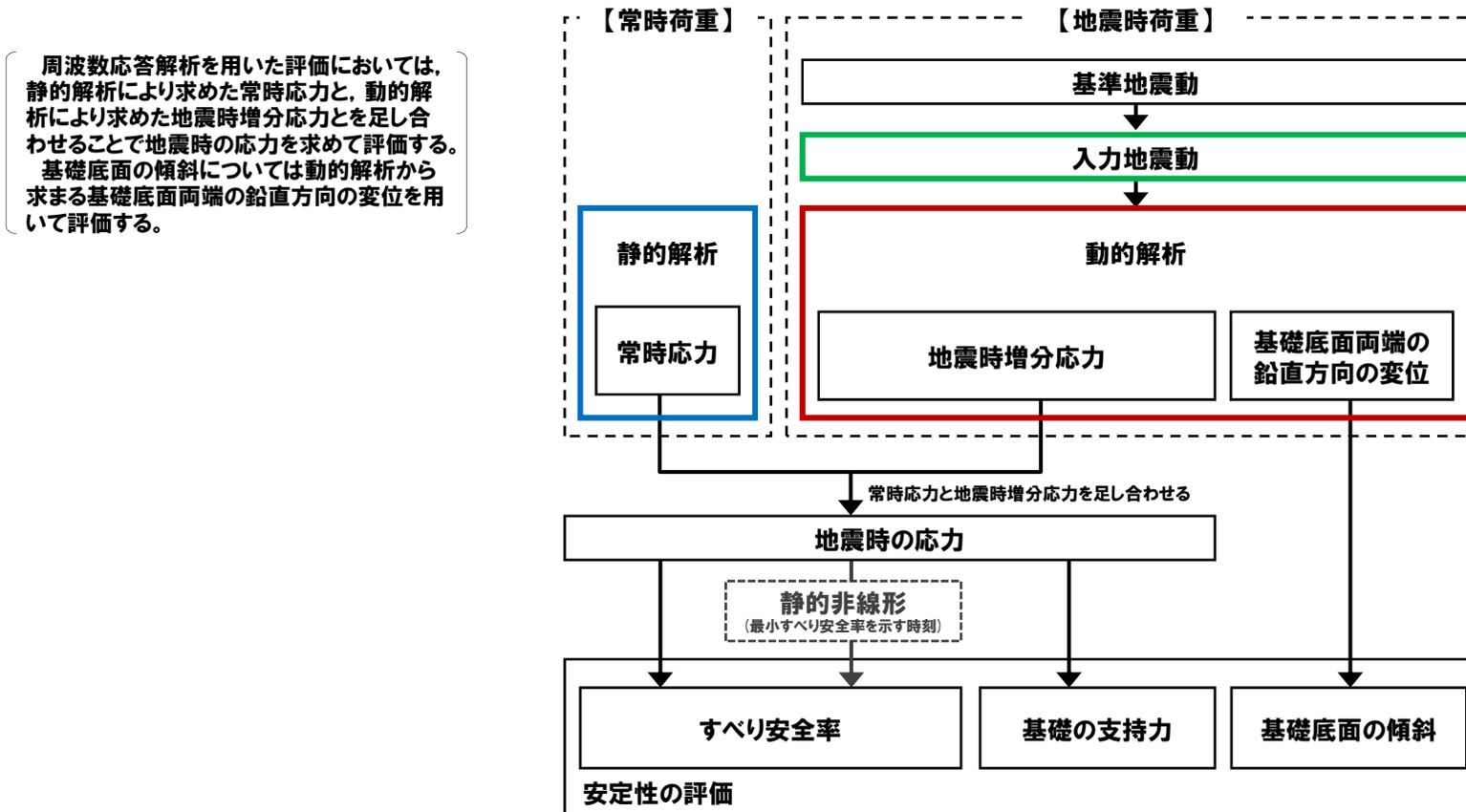
6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価

○地震発生に伴う地殻変動による地盤の傾斜を算出し、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(1/2000)を超えないことを確認。

評価方法

- 下図に示す地盤の動的解析（周波数応答解析）により評価を実施する。動的解析は二次元動的有限要素法により実施し、水平動及び鉛直動を同時入力する。また、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必要に応じて考慮する。

＜周波数応答解析を用いた評価フロー＞



-
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 3. 解析用物性値
 4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価
 - (1) 評価断面の選定
 - (2) モデルの作成
 - (3) 評価① 基礎地盤のすべり
 - (4) 評価② 基礎の支持力
 - (5) 評価③ 基礎底面の傾斜
 5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価
 6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価
 7. 周辺斜面の安定性評価
 8. まとめ

4. (1) 評価断面の選定 (原子炉建屋, 緊急時対策所, 重油タンク)⁽¹⁾ 評価断面の選定

基礎地盤

4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m 盤 以下	1	原子炉建屋	X-X', Y-Y'
	2	海水取水口	原子炉建屋の評価で代表
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	
32m 盤 以下	6	緊急時対策所	A-A', B-B', C-C'
	7	軽油タンク	緊急時対策所の評価で代表
	8	空冷式非常用発電装置	
84m 盤 以下	9	重油タンク	D-D', E-E'
	10	重油移送配管	重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成

施設	原子炉建屋	緊急時対策所	重油タンク
評価対象断面	X-X', Y-Y'	A-A', B-B', C-C'	D-D', E-E'

○簡便法による断面の絞り込み

各評価対象断面について、簡便法により最小すべり安全率を抽出

各施設について、最小すべり安全率が最も小さい1断面を選定

施設	原子炉建屋	緊急時対策所	重油タンク
動解断面	X-X'	A-A'	D-D'

○解析用岩盤分類図の作成

○解析用要素分割図の作成

(3) 評価① 基礎地盤のすべり

○すべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認。

(4) 評価② 基礎の支持力

○基礎底面の地震時最大接地圧が評価基準値7.84N/mm²を超えないことを確認。

(5) 評価③ 基礎底面の傾斜

○基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認。

5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価

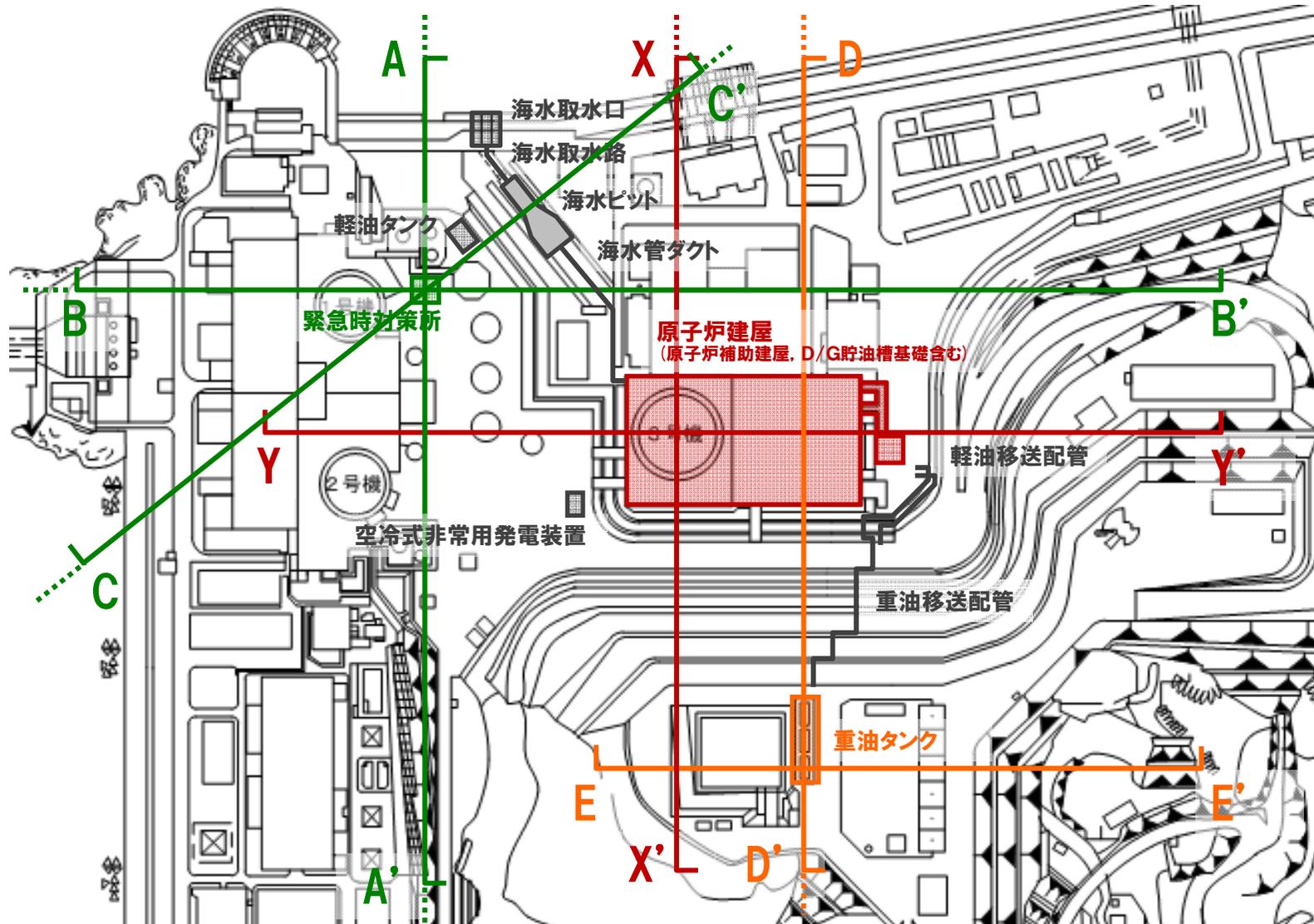
○各施設の接地状況を踏まえ、不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等の影響が生じないことを確認。

6. 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による地盤の傾斜を算出し、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(1/2000)を超えないことを確認。

4. (1) 評価断面の選定 (原子炉建屋, 緊急時対策所, 重油タンク)

- 原子炉建屋, 緊急時対策所及び重油タンクに対する評価断面として, 地形・地質・断層性状を考慮し, 各施設の直交2断面を基本とし, X-X', Y-Y' 断面 (原子炉建屋), A-A', B-B' 断面 (緊急時対策所), D-D', E-E' 断面 (重油タンク) を選定する。
- 加えて, 緊急時対策所については, 北東側の斜面に正対する断面としてC-C' 断面 (緊急時対策所) も選定する。



4. (1) 評価断面の選定 (海水取水口, 海水取水路, 海水ピット, 海水管ダクト, 軽油タンク, 空冷式非常用発電装置, 重油移送配管, 軽油移送配管)

基礎地盤

4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m 盤以下	1	原子炉建屋	X-X', Y-Y'
	2	海水取水口	原子炉建屋の評価で代表
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	
32m 盤以下	6	緊急時対策所	A-A', B-B', C-C'
	7	軽油タンク	緊急時対策所の評価で代表
	8	空冷式非常用発電装置	
84m 盤以下	9	重油タンク	D-D', E-E'
	10	重油移送配管	重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成

施設	原子炉建屋	緊急時対策所	重油タンク
評価対象断面	X-X', Y-Y'	A-A', B-B', C-C'	D-D', E-E'

○簡便法による断面の絞り込み

各評価対象断面について、簡便法により最小すべり安全率を抽出

各施設について、最小すべり安全率が最も小さい1断面を選定

施設	原子炉建屋	緊急時対策所	重油タンク
動解断面	X-X'	A-A'	D-D'

○解析用岩盤分類図の作成

○解析用要素分割図の作成

(3) 評価① 基礎地盤のすべり

○すべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認。

(4) 評価② 基礎の支持力

○基礎底面の地震時最大接地圧が評価基準値7.84N/mm²を超えないことを確認。

(5) 評価③ 基礎底面の傾斜

○基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認。

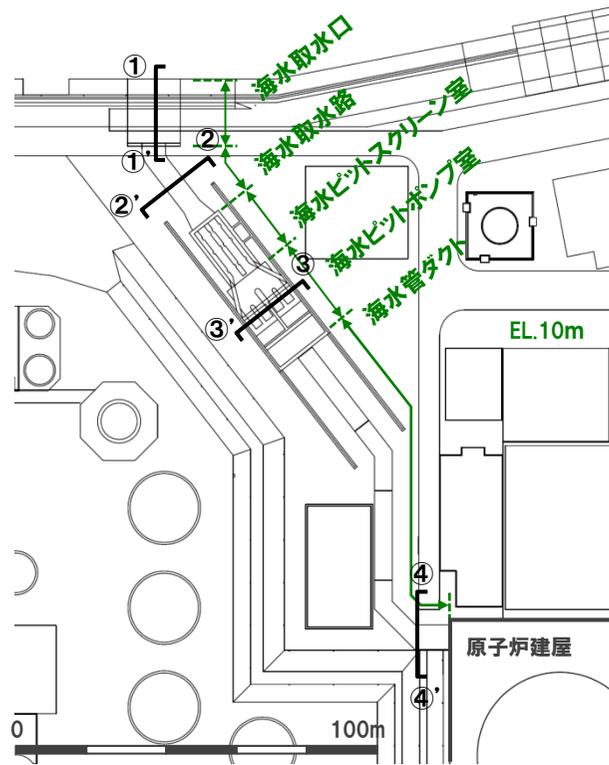
5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価

○各施設の接地状況を踏まえ、不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等の影響が生じないことを確認。

6. 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による地盤の傾斜を算出し、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(1/2000)を超えないことを確認。

4. (1) 評価断面の選定 (海水取水口, 海水取水路, 海水ピット, 海水管ダクト)

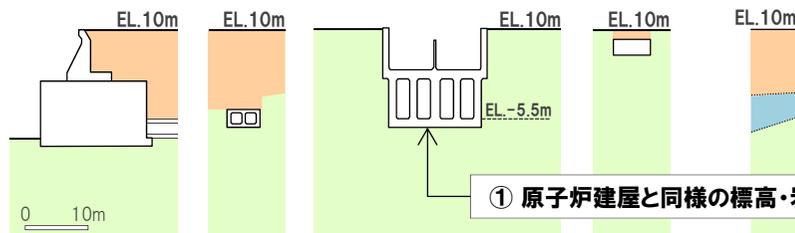


- 海水取水口・海水取水路・海水ピット※1・海水管ダクトはEL.10m盤以下に位置し、CH級岩盤 (塩基性片岩) に支持されている。
- 原子炉建屋もEL.10m盤以下に位置し、CH級岩盤 (塩基性片岩) に支持されている。
- 海水取水口・海水取水路・海水ピット・海水管ダクトは、以下の理由により原子炉建屋の評価に代表させる。

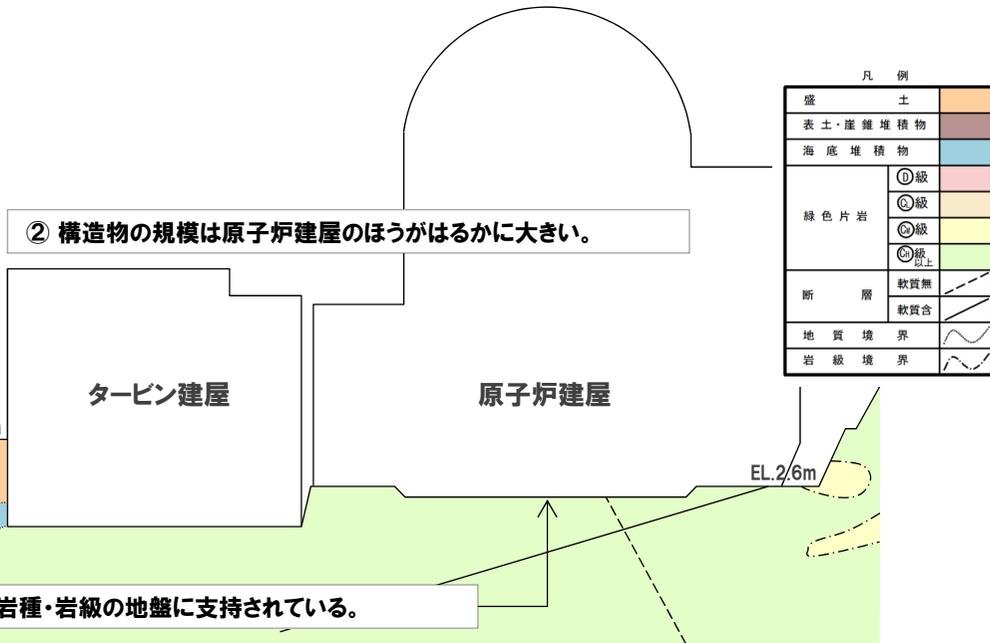
- ① 原子炉建屋と同様の標高・岩種・岩級の地盤に支持されている。
- ② 構造物の規模は原子炉建屋のほうがはるかに大きい。
- ③ 原子炉建屋と異なり、岩掘削による掘り込み式の構造物である。
- ④ 断層性状 (位置・形状等の分布状況, 断層内物質による区分等) の観点では、原子炉建屋のほうが厳しい。

③ 原子炉建屋と異なり、岩掘削による掘り込み式の構造物である。

海水取水口 (①-①' 断面) 海水取水路 (②-②' 断面) 海水ピット※1 (③-③' 断面) 海水管ダクト (④-④' 断面)



① 原子炉建屋と同様の標高・岩種・岩級の地盤に支持されている。



② 構造物の規模は原子炉建屋のほうがはるかに大きい。

凡例		
盛土	[Orange]	
表土・崖堆積物	[Brown]	
海底堆積物	[Blue]	
緑色片岩	①級	[Pink]
	②級	[Yellow]
	③級	[Light Green]
	③級以上	[Dark Green]
断層	軟質無	[Dashed line]
	軟質含	[Dashed line with dots]
地質境界	[Wavy line]	
岩級境界	[Dotted line]	

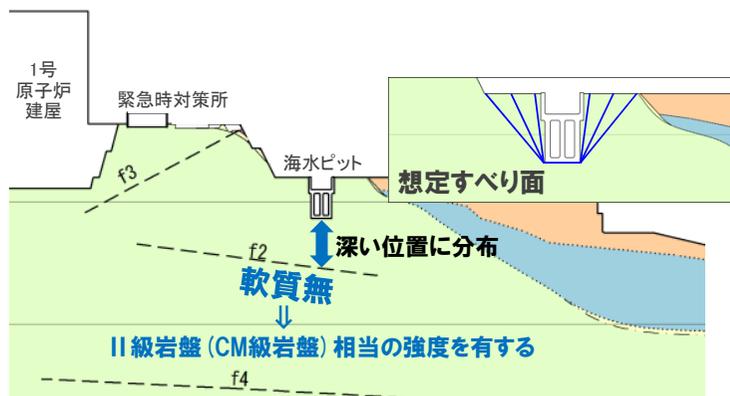
※1 海水ピットスクリーン室と海水ピットポンプ室を合わせた総称

4. (1) 評価断面の選定 (海水取水口, 海水取水路, 海水ピット, 海水管ダクト)

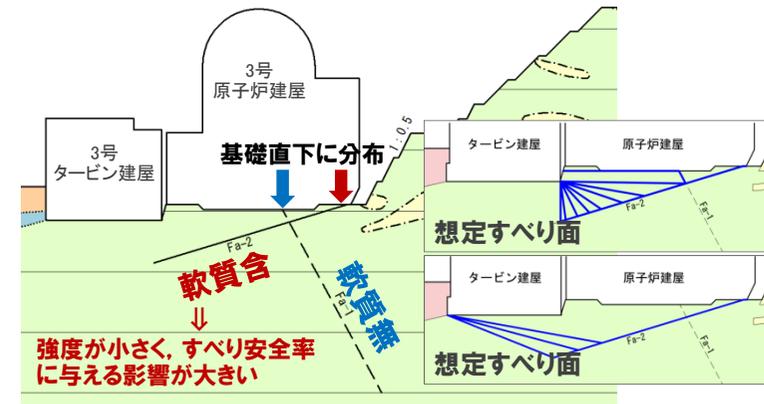
④ 断層性状 (位置・形状等の分布状況, 断層内物質による区分等) の観点では, 原子炉建屋のほうが厳しい

(ア) 原子炉建屋は基礎直下に断層が分布し, 想定すべり面を形成し得るが, 海水ピットは深い位置に断層が分布し, 想定すべり面を形成し難い。

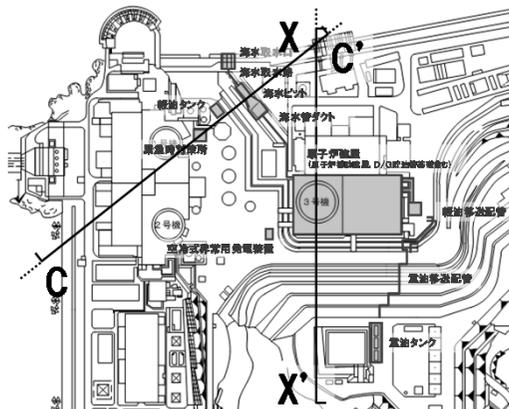
(イ) 原子炉建屋の基礎直下に分布する断層は, すべり安全率にとって厳しい**軟質含**の断層 (強度が小さい) であるが, 海水ピットの下方に分布する断層は, **軟質無**の断層 (II級岩盤 (CM級岩盤) 相当の強度を有する) である。



C-C' 断面図



X-X' 断面図

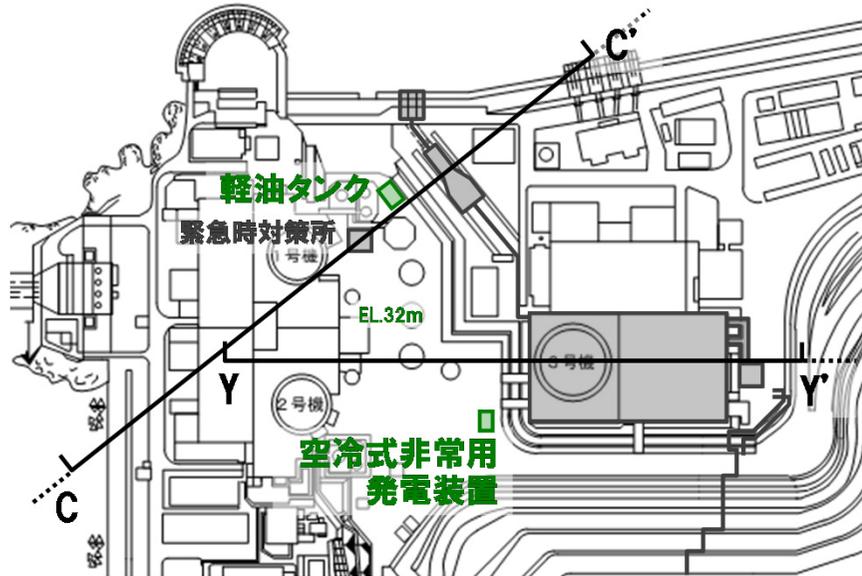


X-X' 断面

C-C' 断面

断層名	走向※・傾斜	破砕幅 fr:cm 粘土幅 cl:cm	断層内物質による区分
Fa-1断層	N5~22° E/67~82° SE	fr:3~10	軟質無
Fa-2断層	N38° E/25° NW	fr:3~10, cl:0.3	軟質含
Fa-3断層	N31° W/50° NE	fr:5~40, cl:0.2~4	軟質含
Fa-4断層	N43° E/78~90° SE	fr:1.5~4 (海岸でfr:20~30)	軟質無
Fa-5断層	N44° E/54~58° NW	fr:5~10, cl:0.4	軟質含
f1断層	N40~54° E/54~77° N	fr:2~10	軟質無
f2断層	N45° E/39° SE	fr:5~10	軟質無
f3断層	N36° E/58° NW	fr:5~20	軟質無
f4断層	N56° E/65° NW	fr:5~10	軟質無
S ₁ 断層	N12° W/38° W	fr:2~50, cl:部分的に細かく破砕	軟質含
S ₂ 断層	N8° E~35° W/40~50° W	fr:2~40, cl:0.5~3	軟質含

4. (1) 評価断面の選定 (軽油タンク, 空冷式非常用発電装置)



○軽油タンク及び空冷式非常用発電装置はEL.32m盤に位置し、CH級岩盤 (塩基性片岩) に支持されている。

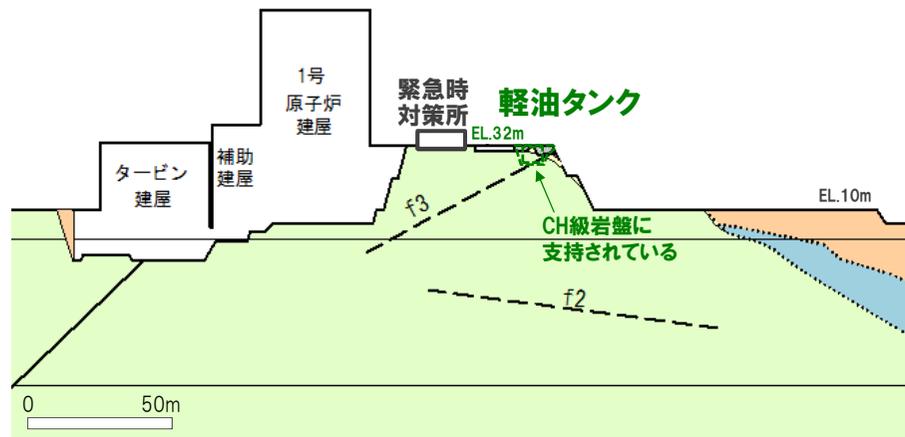
○緊急時対策所もEL.32m盤に位置し、CH級岩盤 (塩基性片岩) に支持されている。

○軽油タンク及び空冷式非常用発電装置は、緊急時対策所と同様の標高・岩種・岩級の地盤に支持されている。

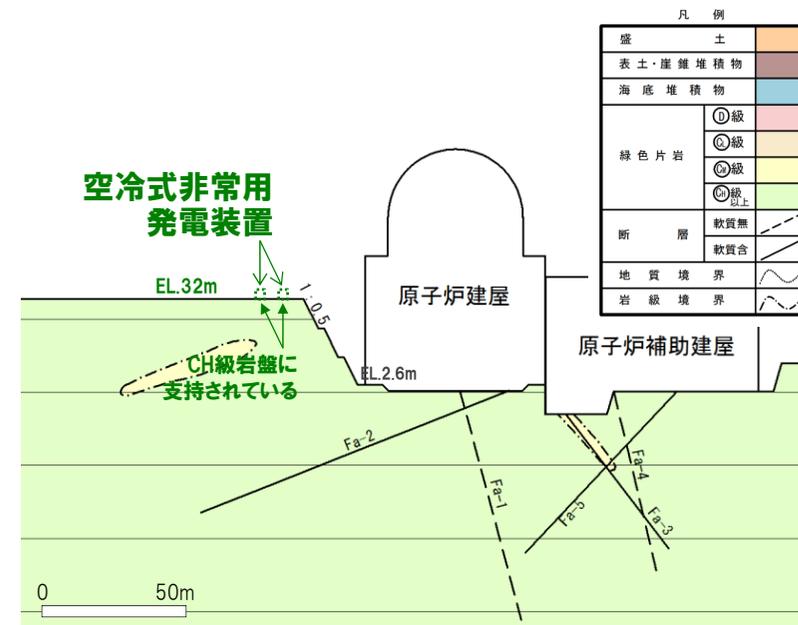
構造物の規模について、軽油タンクは緊急時対策所と同等、空冷式非常用発電装置は緊急時対策所よりも小さい。

断層性状について、軽油タンクは緊急時対策所と同じであり、空冷式非常用発電装置は直下に断層が無い。

したがって、軽油タンク及び空冷式非常用発電装置の評価は緊急時対策所の評価に代表させる。



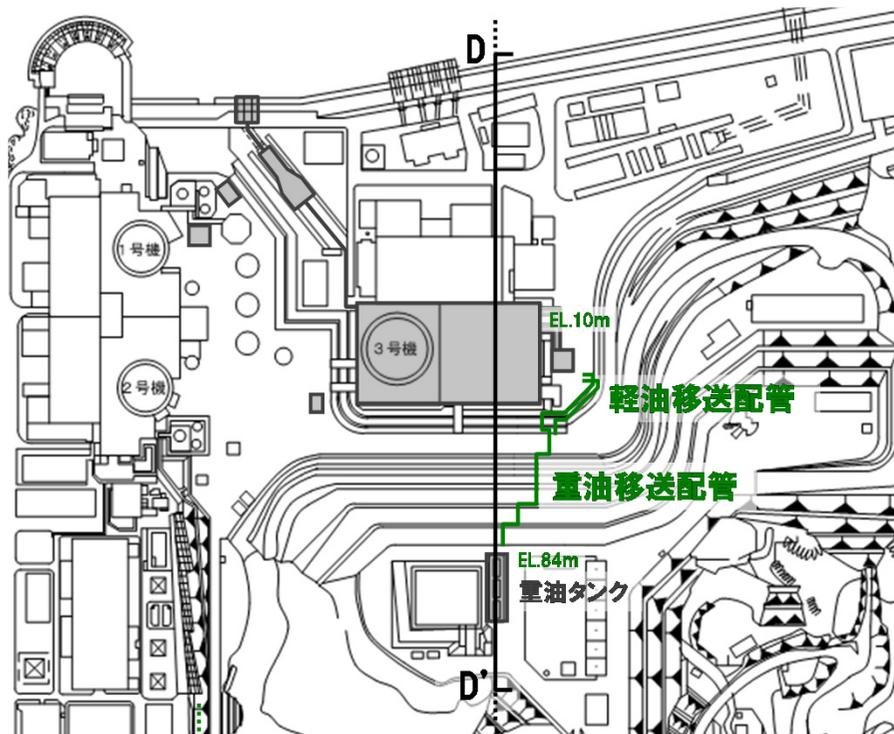
C-C' 断面図



Y-Y' 断面図

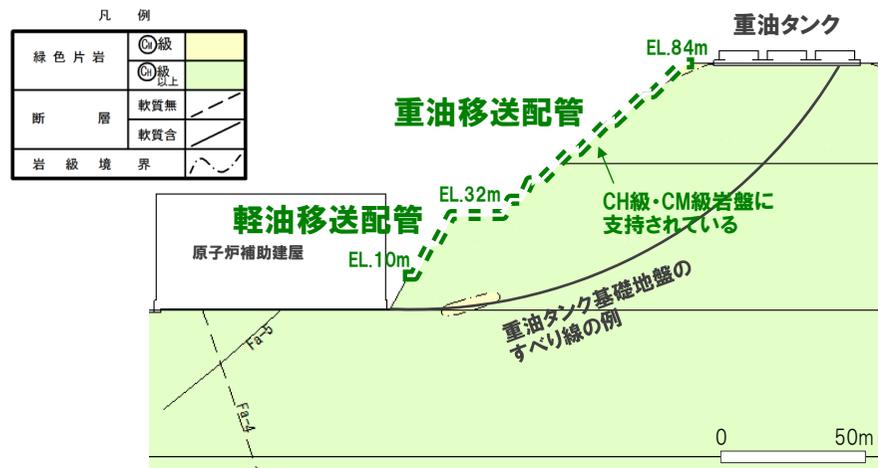
凡 例	
盛 土	
表土・崖堆積物	
海底堆積物	
緑色片岩	①級
	②級
	③級
	④級上
断 層	
軟質無	
軟質含	
地質境界	
岩級境界	

4. (1) 評価断面の選定 (重油移送配管, 軽油移送配管)



- 重油移送配管及び軽油移送配管はEL.84m～10m盤にかけて位置し、CH級・CM級岩盤（塩基性片岩）に支持されている。
- 重油タンクはEL.84m盤に位置し、CH級岩盤（塩基性片岩）に支持されており、EL.84m～10m盤にかけて基礎地盤の安定性評価を行う。
- 断層性状について、重油移送配管及び軽油移送配管の直下には断層が無い。

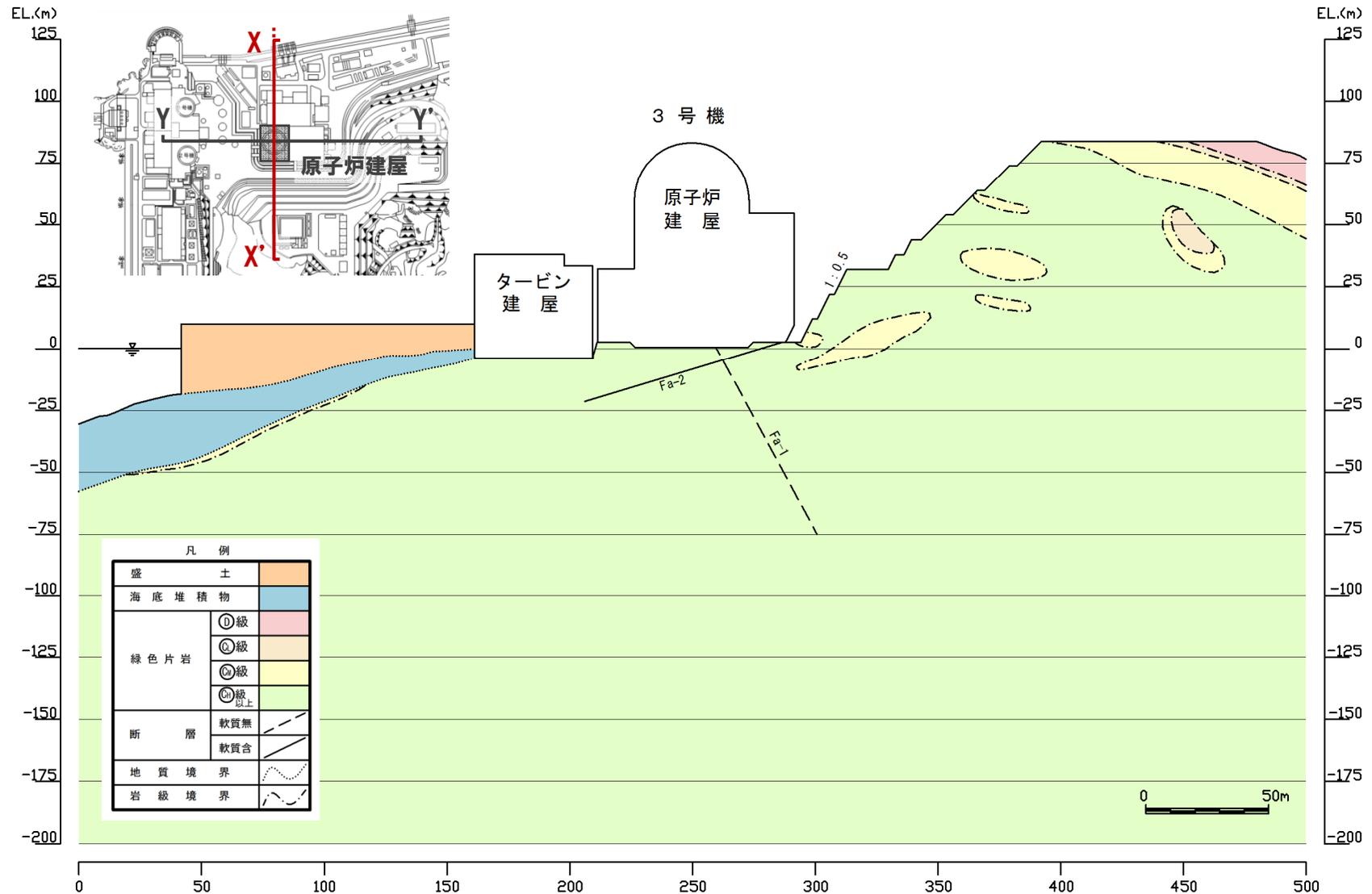
○したがって、重油移送配管及び軽油移送配管の評価は重油タンクの評価に代表させる。



D-D' 断面図

地質断面図 (X-X' 断面)

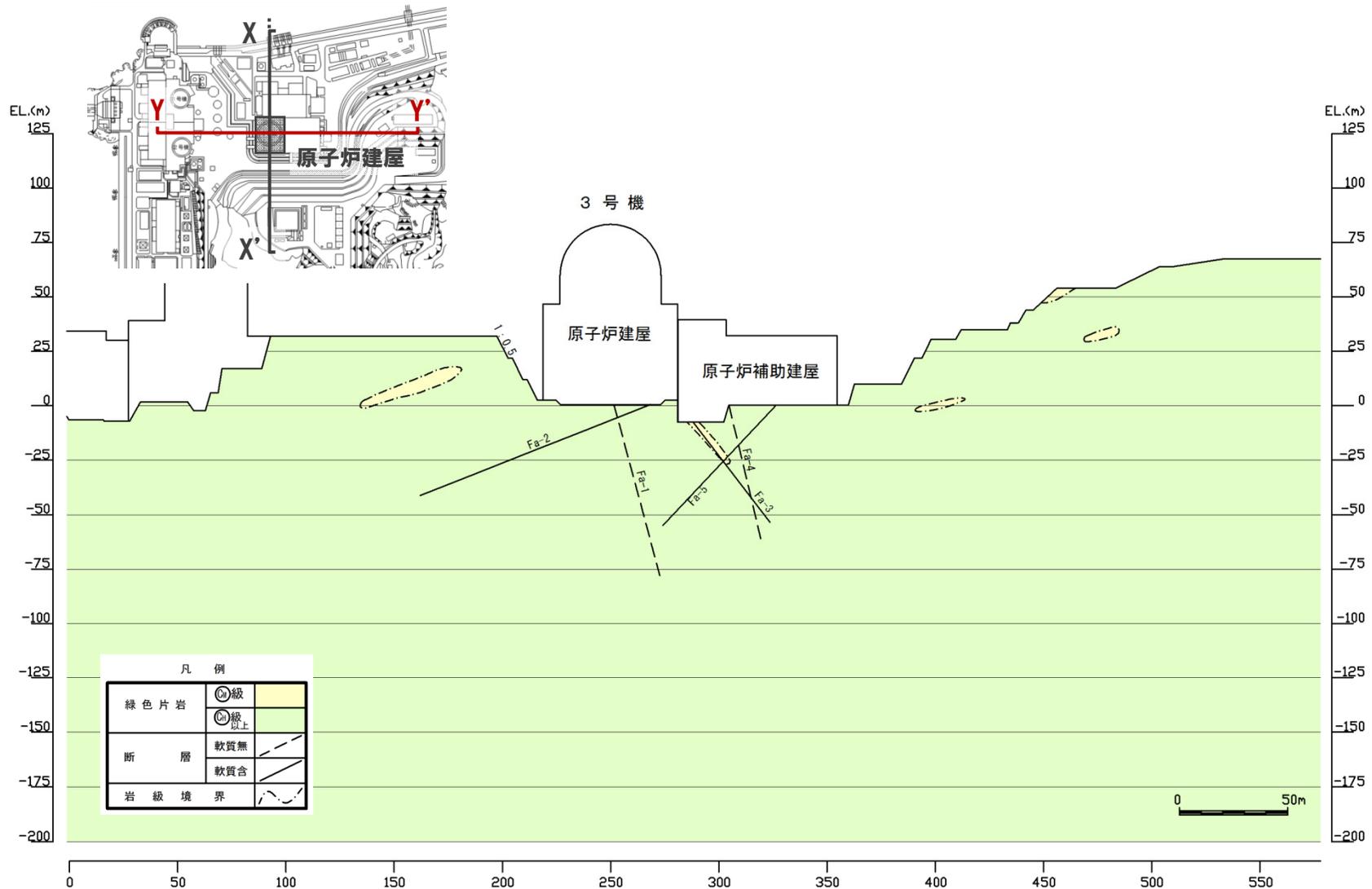
○原子炉建屋直下は、斜面の一部にC_M級岩盤が分布するものの、概ねC_H級岩盤が分布している。



地質断面図 (X-X' 断面)

地質断面図 (Y-Y' 断面)

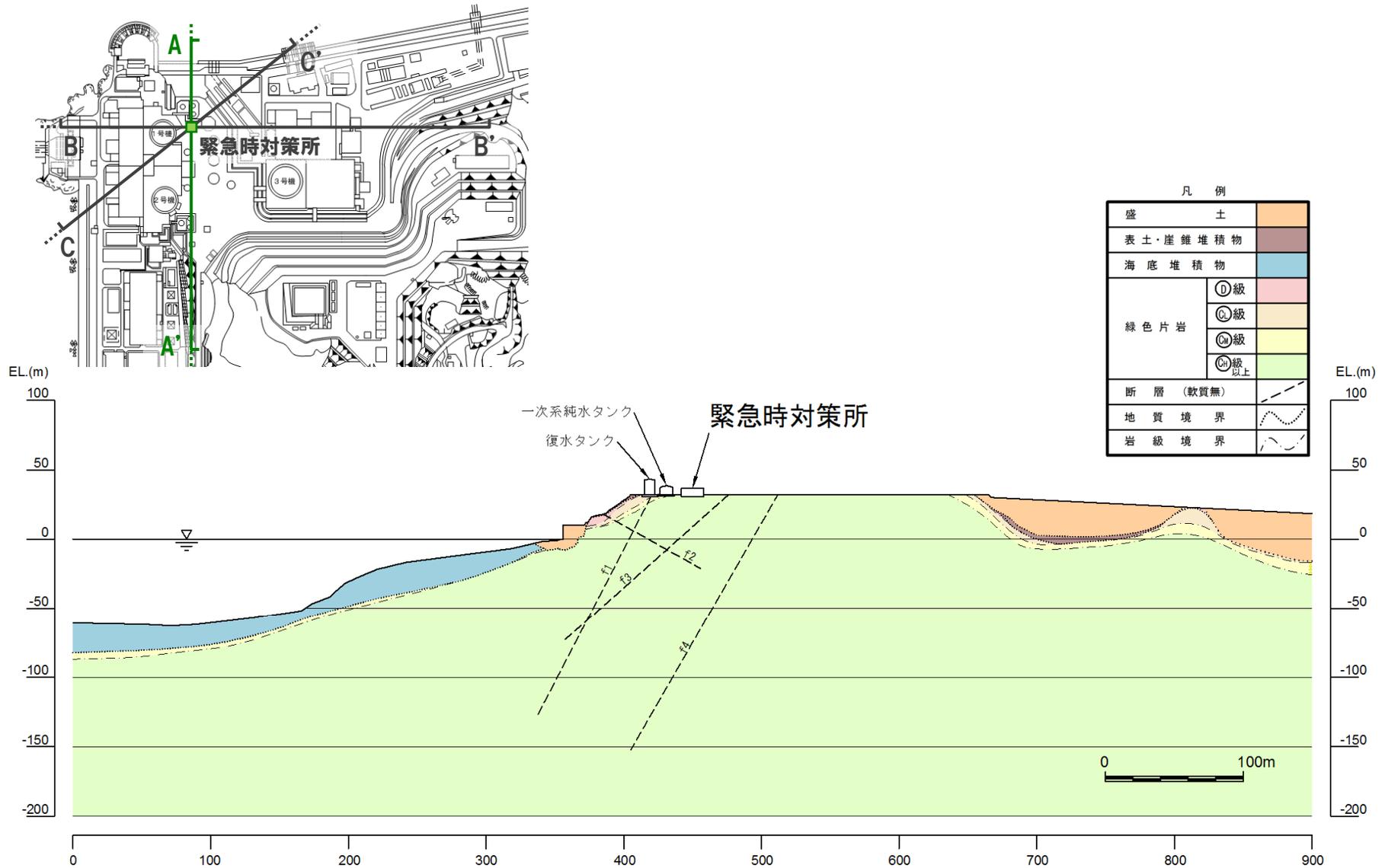
○原子炉建屋直下は、斜面の一部にC_M級岩盤が分布するものの、概ねC_H級岩盤が分布している。



地質断面図 (Y-Y' 断面)

地質断面図 (A-A' 断面)

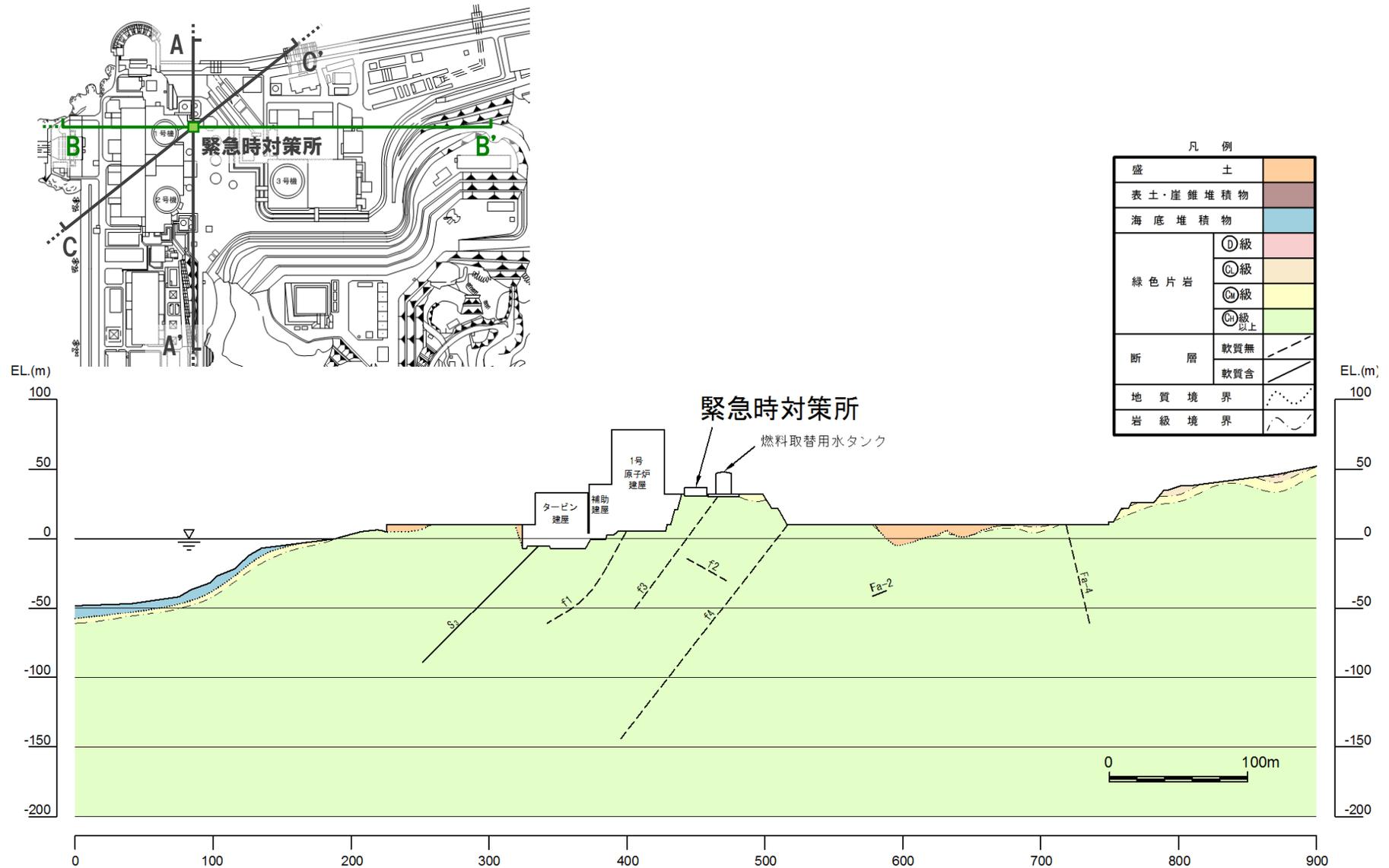
○緊急時対策所直下はC_H級岩盤が分布している。



地質断面図 (A-A' 断面)

地質断面図 (B-B' 断面)

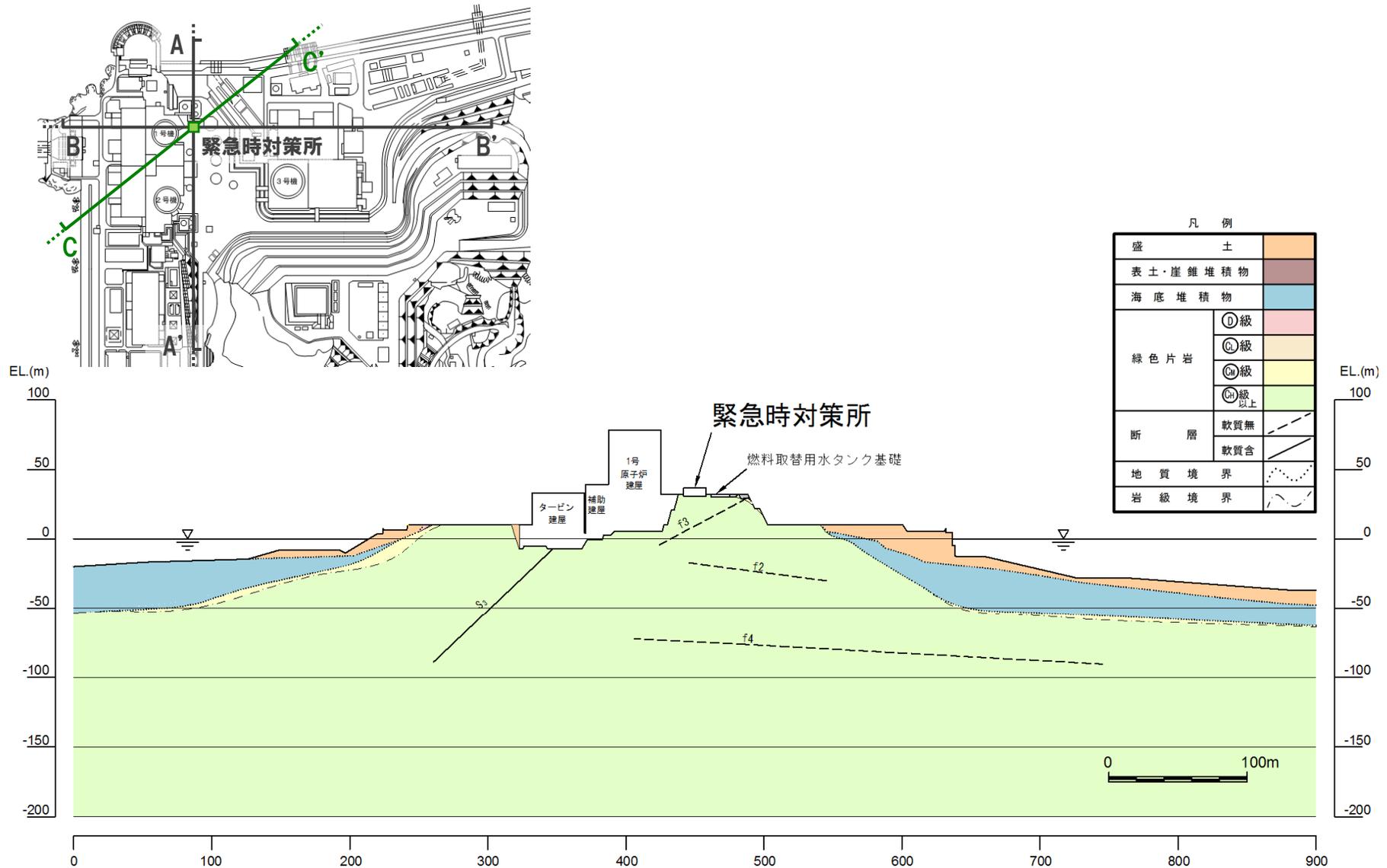
○緊急時対策所直下はC_H級岩盤が分布している。



地質断面図 (B-B' 断面)

地質断面図 (C-C' 断面)

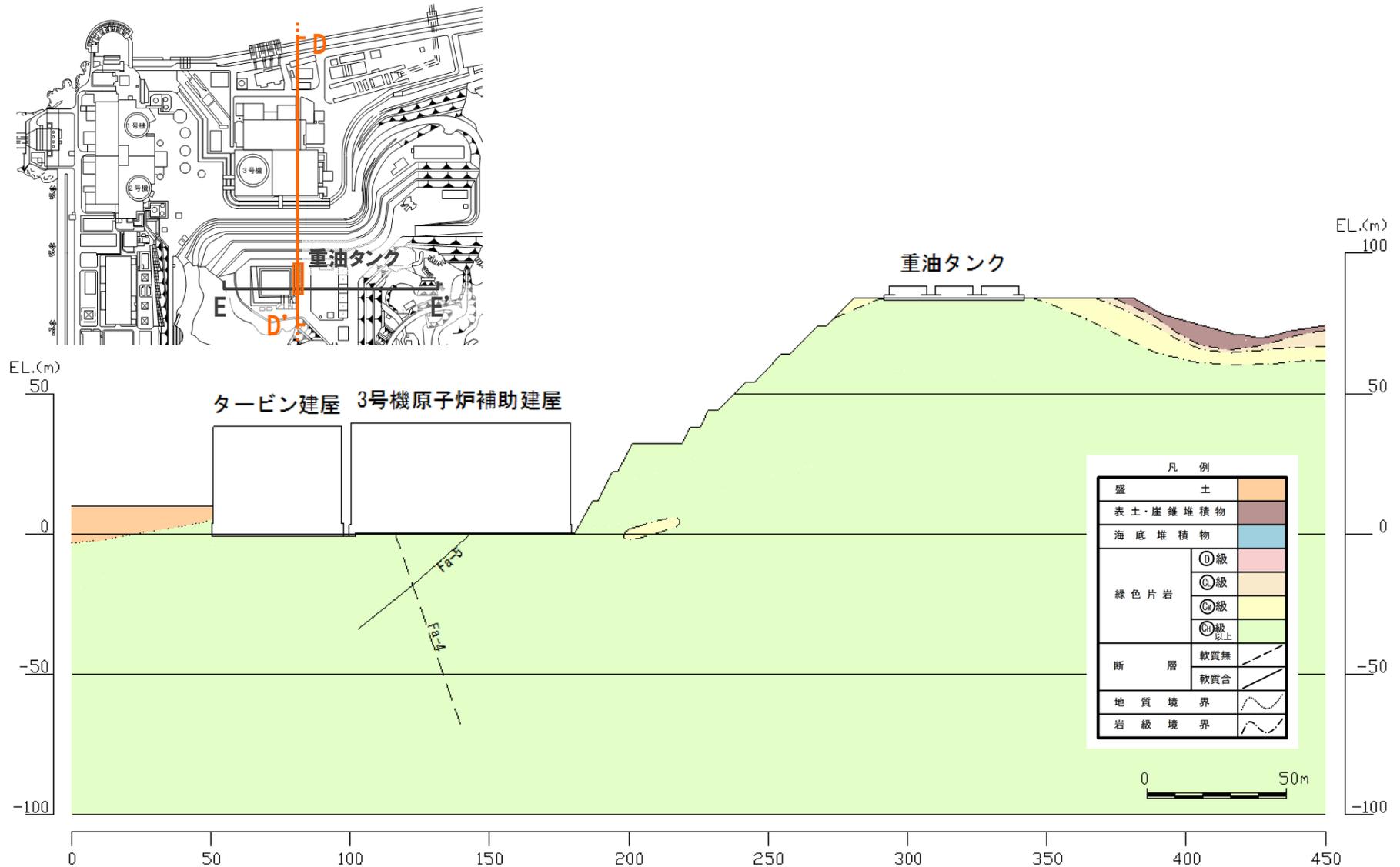
○緊急時対策所直下はC_H級岩盤が分布している。



地質断面図 (C-C' 断面)

地質断面図 (D-D' 断面)

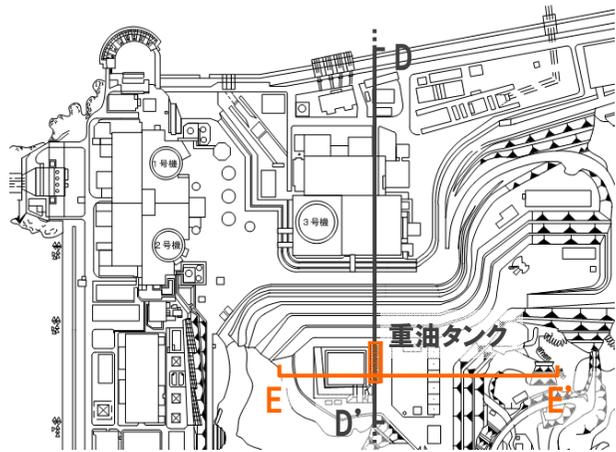
○重油タンク直下はC_H級岩盤が分布している。



地質断面図 (D-D' 断面)

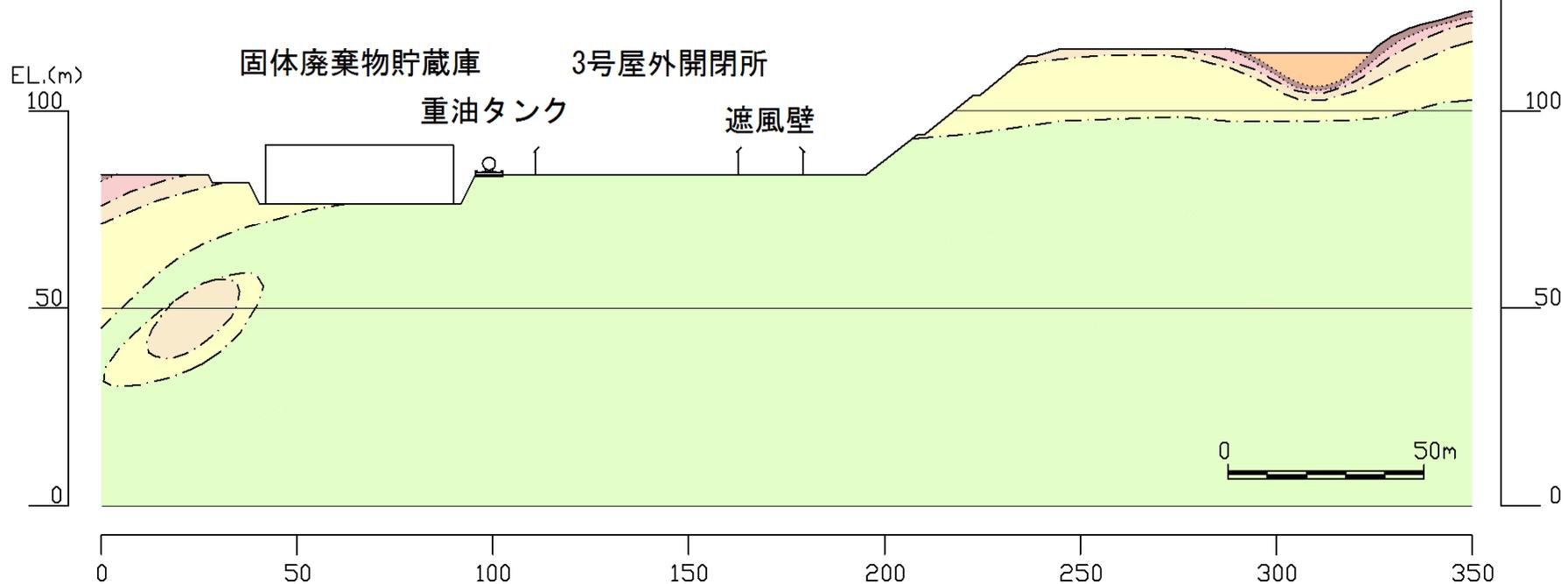
地質断面図 (E-E' 断面)

○重油タンク直下はC_H級岩盤が分布している。



凡例

盛土	
表土・産錐堆積物	
海底堆積物	
緑色片岩	①級
	②級
	③級
	④級以上
断層	軟質無
	軟質含
地質境界	
岩級境界	



地質断面図 (E-E' 断面)

-
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 3. 解析用物性値
 4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価
 - (1) 評価断面の選定
 - (2) モデルの作成
 - (3) 評価① 基礎地盤のすべり
 - (4) 評価② 基礎の支持力
 - (5) 評価③ 基礎底面の傾斜
 5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価
 6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価
 7. 周辺斜面の安定性評価
 8. まとめ

4. (2) モデルの作成

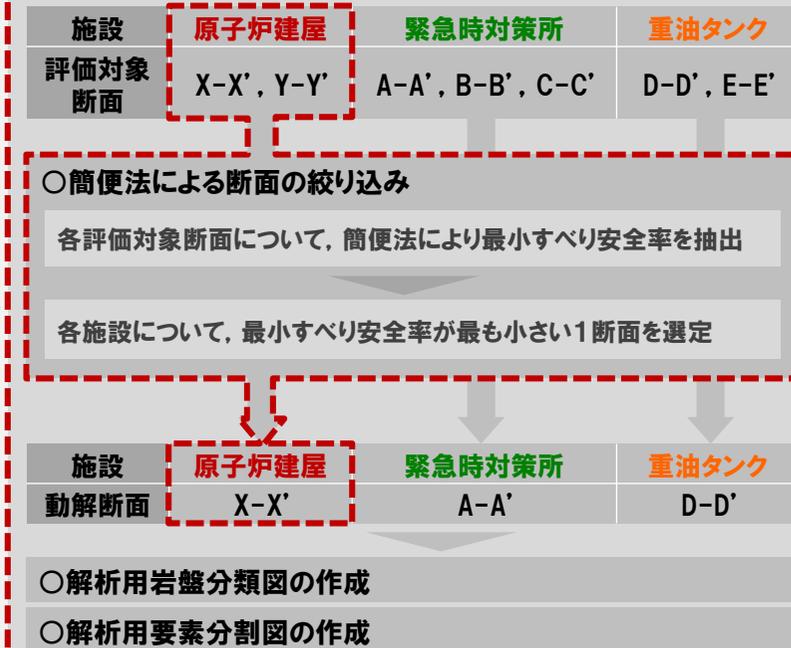
基礎地盤

4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m 盤 以下	1	原子炉建屋	X-X', Y-Y'
	2	海水取水口	原子炉建屋の評価で代表
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	
32m 盤 以下	6	緊急時対策所	A-A', B-B', C-C'
	7	軽油タンク	緊急時対策所の評価で代表
	8	空冷式非常用発電装置	
84m 盤 以下	9	重油タンク	D-D', E-E'
	10	重油移送配管	重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成



(3) 評価① 基礎地盤のすべり

○すべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認。

(4) 評価② 基礎の支持力

○基礎底面の地震時最大接地圧が評価基準値7.84N/mm²を超えないことを確認。

(5) 評価③ 基礎底面の傾斜

○基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認。

5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価

○各施設の接地状況を踏まえ、不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等の影響が生じないことを確認。

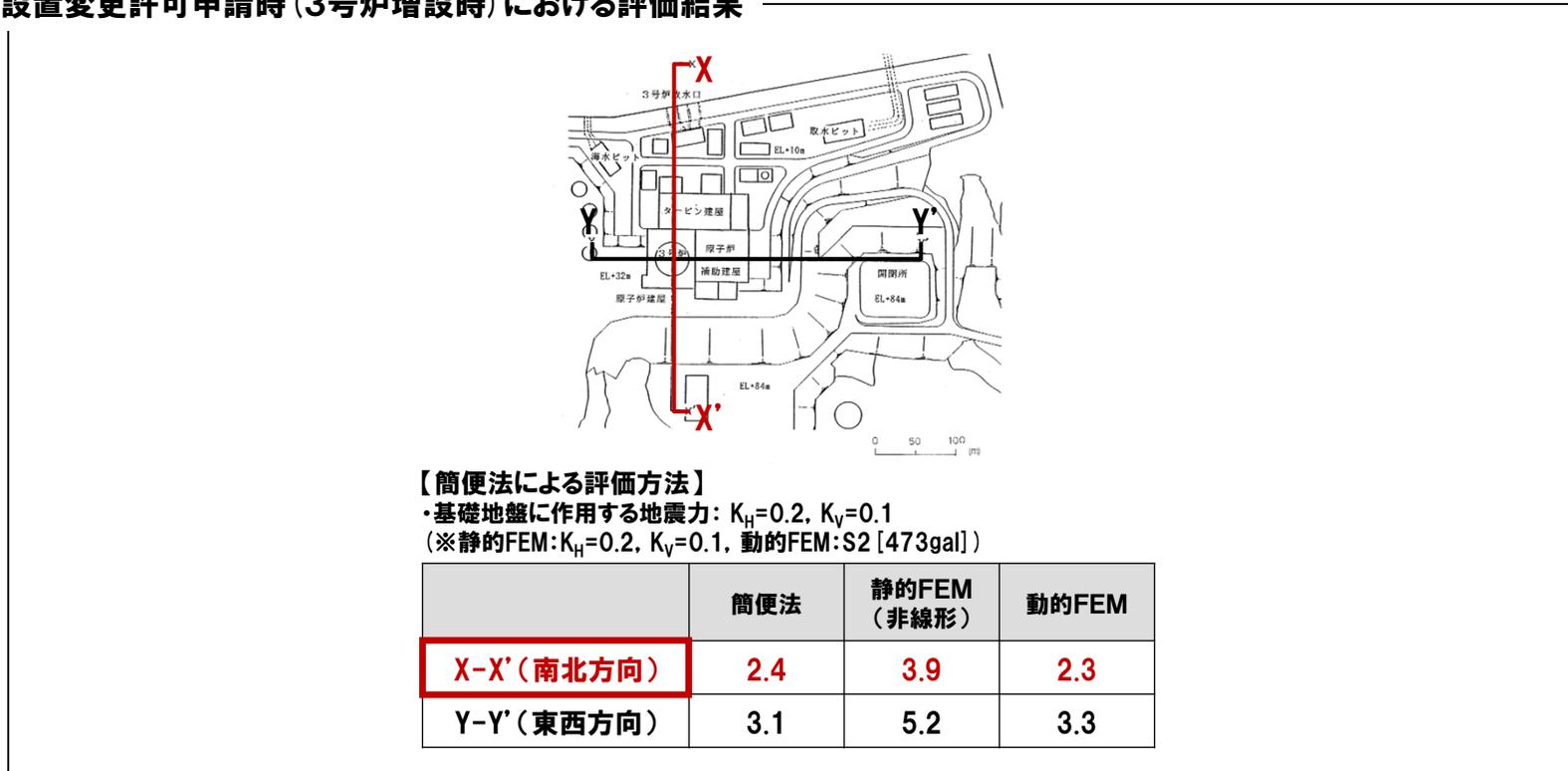
6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価

○地震発生に伴う地殻変動による地盤の傾斜を算出し、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(1/2000)を超えないことを確認。

原子炉建屋 (簡便法による断面の絞り込み)

○周囲の斜面に正対する断面として一次選定したX-X' 断面・Y-Y' 断面について、設置変更許可申請時 (3号炉増設時) に実施した簡便法による評価結果を参考に、最小すべり安全率が最も厳しくなる1断面を選定する。

設置変更許可申請時 (3号炉増設時) における評価結果

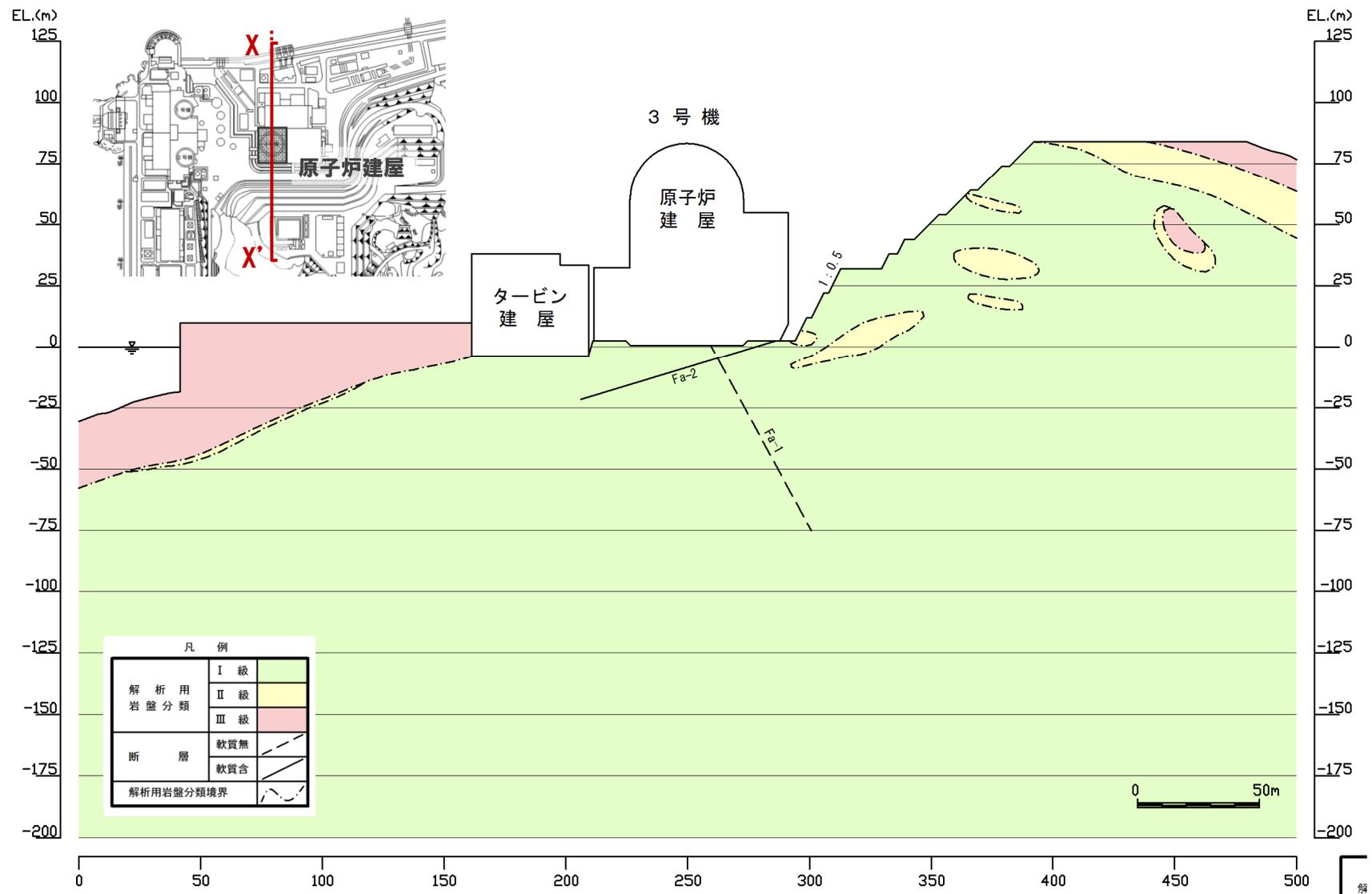


詳細データ集 pp.105-110参照 (III.8.原子炉建屋基礎地盤の断面選定に関する補足)

○X-X' 断面 (南北断面) のすべり安全率が最も厳しいことから、**X-X' 断面 (南北断面) を動解断面として選定する。**

○なお、設置変更許可申請時 (3号炉増設時) には、地形、地質、地盤等の状況、とりわけ断層の3次元的形状を踏まえた静的三次元安定性解析 (立体岩盤ブロックモデルによる評価) を実施し、X-X' 断面を評価断面とすることを支持する結果となっている。

原子炉建屋 (X-X' 断面 解析用岩盤分類図)



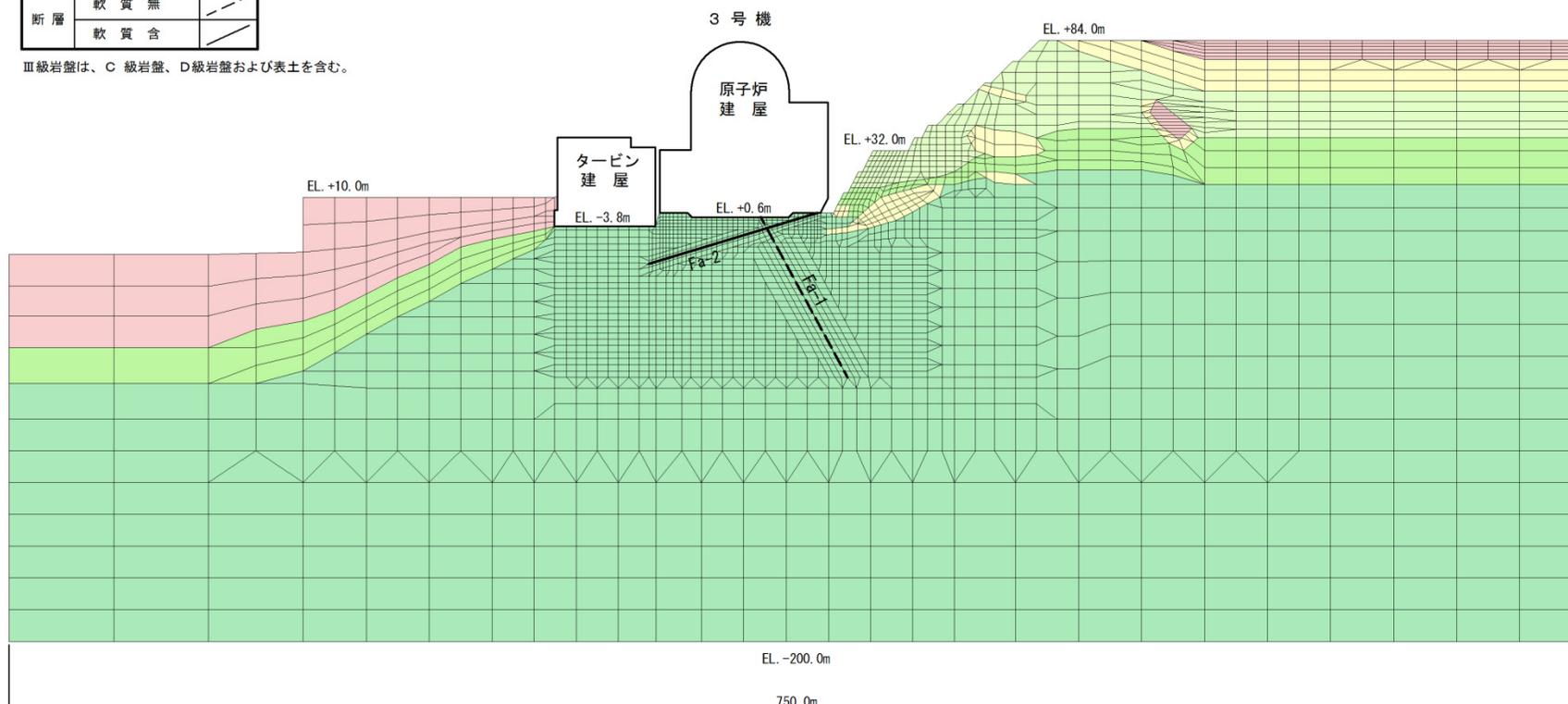
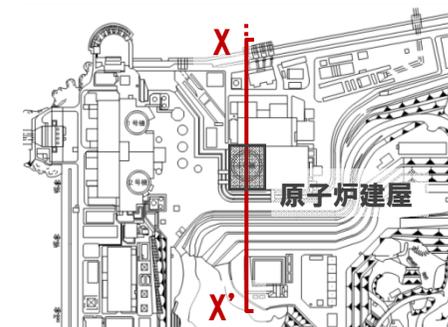
解析用岩盤分類図 (X-X' 断面)

原子炉建屋 (X-X' 断面 解析用要素分割図)

凡 例

I 級	Vs = 2.7 km/s	
	Vs = 2.3 km/s	
	Vs = 1.7 km/s	
II 級		
III 級		
断層	軟質 無	
	軟質 含	

III級岩盤は、C級岩盤、D級岩盤および表土を含む。



解析用要素分割図 (X-X' 断面)

4. (2) モデルの作成

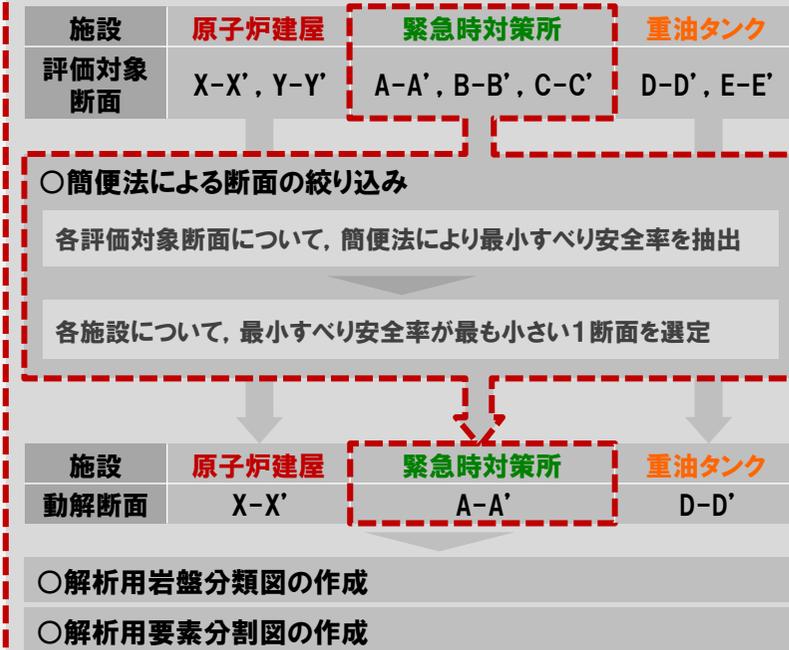
基礎地盤

4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m 盤 以下	1	原子炉建屋	X-X', Y-Y'
	2	海水取水口	原子炉建屋の評価で代表
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	
32m 盤 以下	6	緊急時対策所	A-A', B-B', C-C'
	7	軽油タンク	緊急時対策所の評価で代表
	8	空冷式非常用発電装置	
84m 盤 以下	9	重油タンク	D-D', E-E'
	10	重油移送配管	重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成



(3) 評価① 基礎地盤のすべり

○すべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認。

(4) 評価② 基礎の支持力

○基礎底面の地震時最大接地圧が評価基準値7.84N/mm²を超えないことを確認。

(5) 評価③ 基礎底面の傾斜

○基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認。

5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価

○各施設の接地状況を踏まえ、不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等の影響が生じないことを確認。

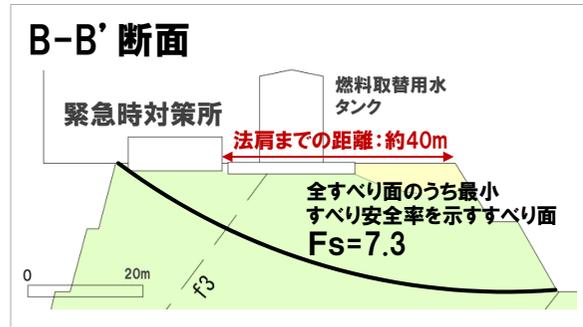
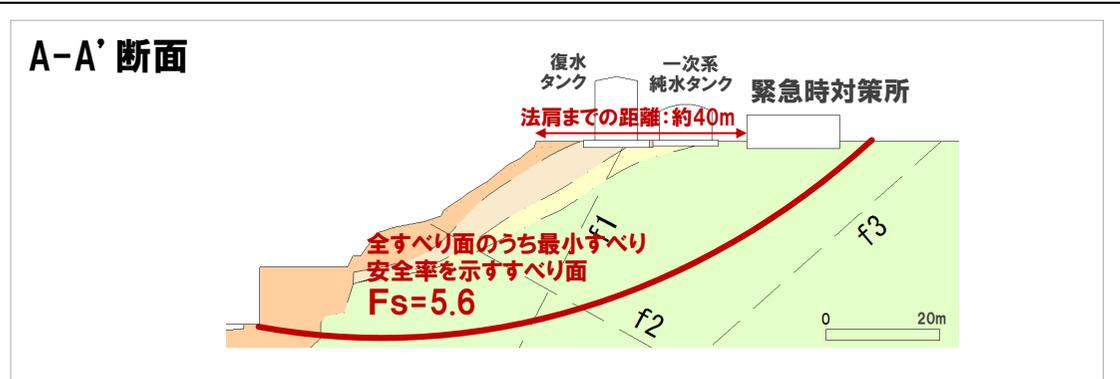
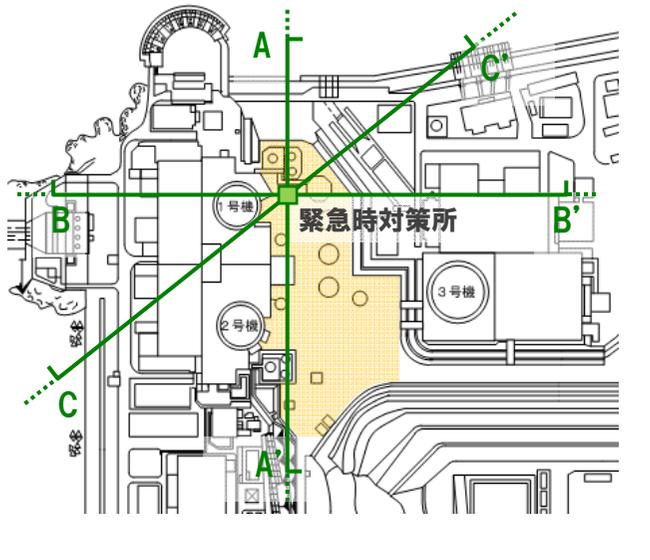
6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価

○地震発生に伴う地殻変動による地盤の傾斜を算出し、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(1/2000)を超えないことを確認。

緊急時対策所 (簡便法による断面の絞り込み)

○周囲の斜面に正対する断面として一次選定したA-A'断面・B-B'断面・C-C'断面について、簡便法による評価結果を参考に、最小すべり安全率が最も厳しくなる1断面を選定する。

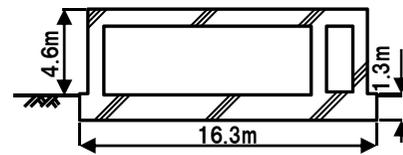
※ 円弧すべり及び複合すべり(断層沿いのすべり)を対象



【簡便法による評価方法】

・基礎地盤に作用する地震力: $K_H = 0.3, K_V = 0.15$

	簡便法
A-A' (南北断面)	5.6
B-B' (東西断面)	7.3
C-C' (斜面直交断面)	7.0



凡例

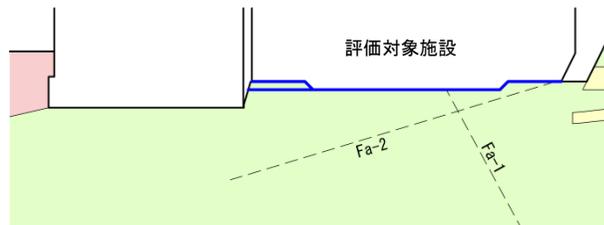
解析用 岩盤分類	I級	
	II級	
	III級	
	III級①	
	III級②	
断層 (軟質無)		
解析用岩盤分類境界		

○次頁に示す「簡便法の考え方」に基づき、最小すべり安全率を示すすべり面を抽出した結果、A-A'断面(南北断面)のすべり安全率が最も厳しくなったことから、**A-A'断面を動解断面として選定する。**

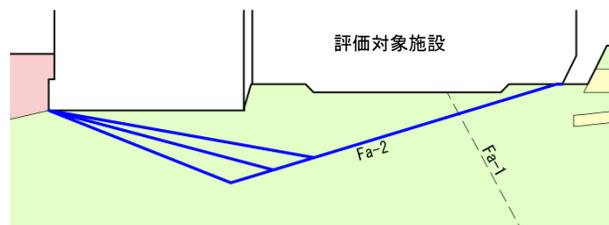
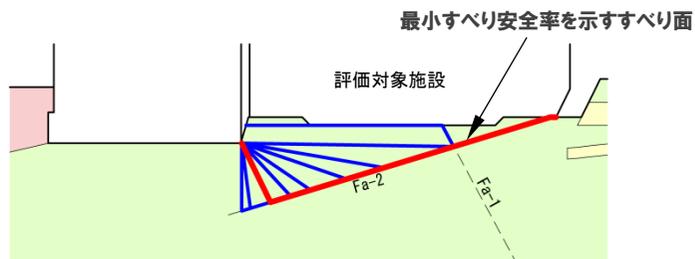
(参考) 簡便法の考え方

○ 複合すべり面法

- ・ 基礎底面沿いのすべり面



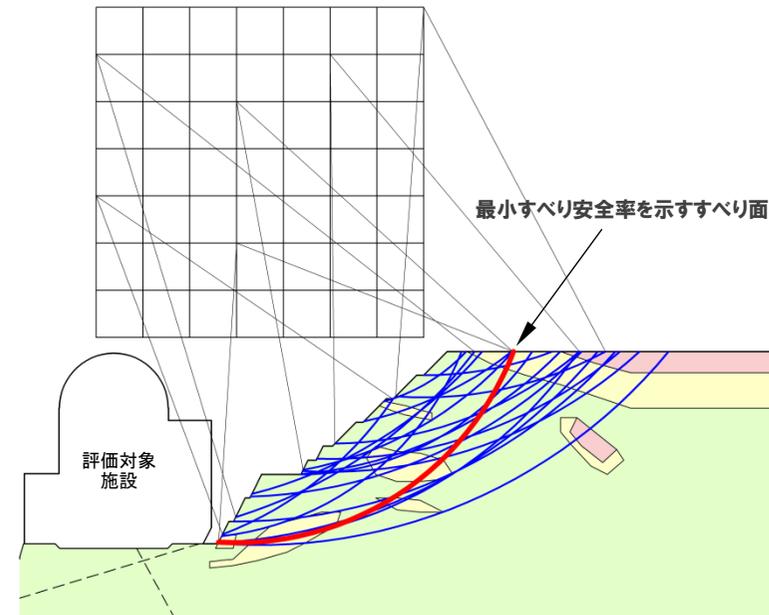
- ・ 断層沿いのすべり面
(断層を通り地表面に抜ける角度をパラメトリックに想定)



----- : 断層

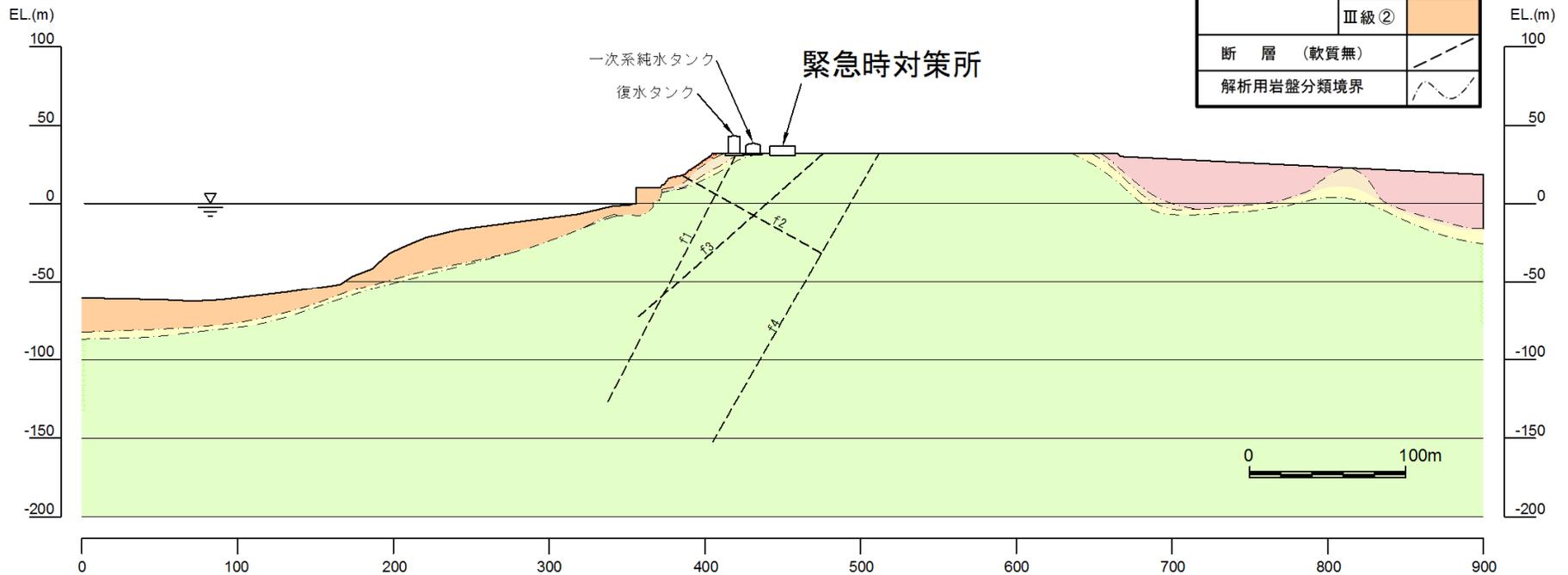
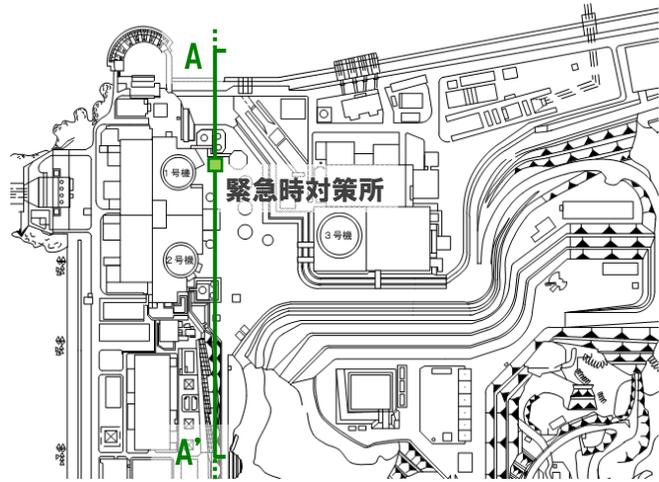
○ 円弧すべり面法

- ・ 円弧の中心位置 (格子位置) 及び半径をパラメトリックに与え、
最小すべり安全率を示すすべり面を抽出する。



簡便法のイメージ

緊急時対策所 (A-A' 断面 解析用岩盤分類図)

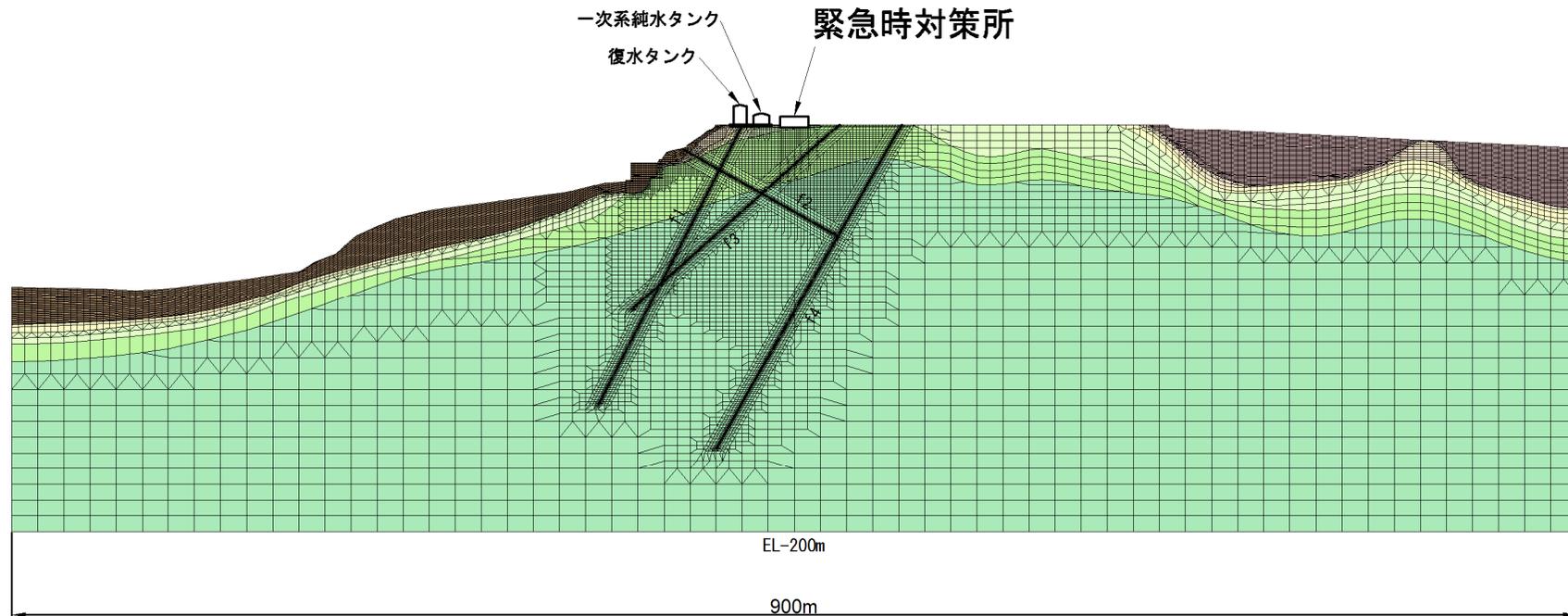
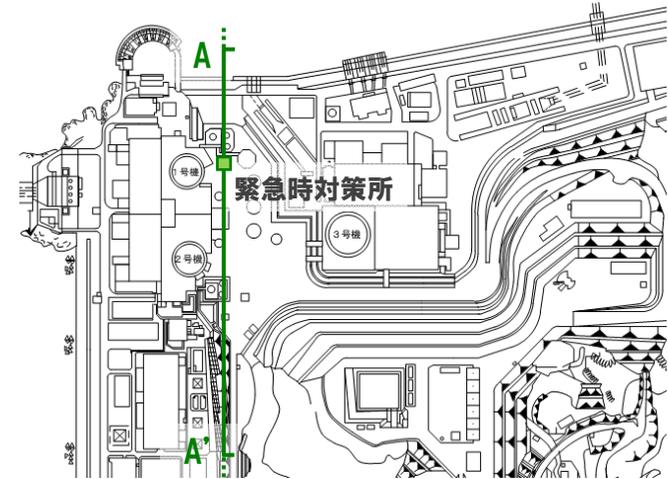
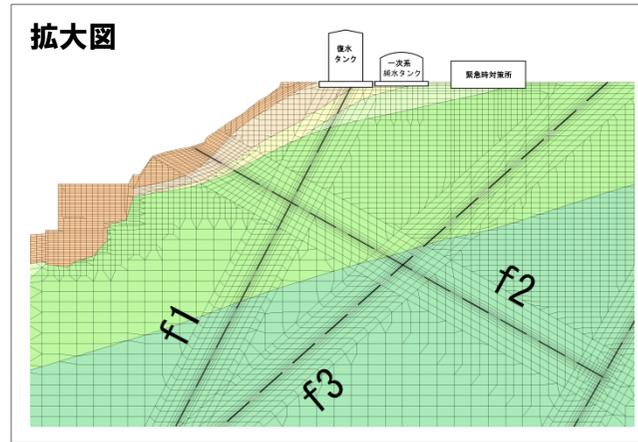


解析用岩盤分類図 (A-A' 断面)

緊急時対策所 (A-A' 断面 解析用要素分割図)

凡 例

I 級	$V_s = 2.7 \text{ km/s}$	
	$V_s = 2.3 \text{ km/s}$	
	$V_s = 1.7 \text{ km/s}$	
II 級		
III 級		
III 級 ①		
III 級 ②		
断層 (軟質無)		



解析用要素分割図 (A-A' 断面)

4. (2) モデルの作成

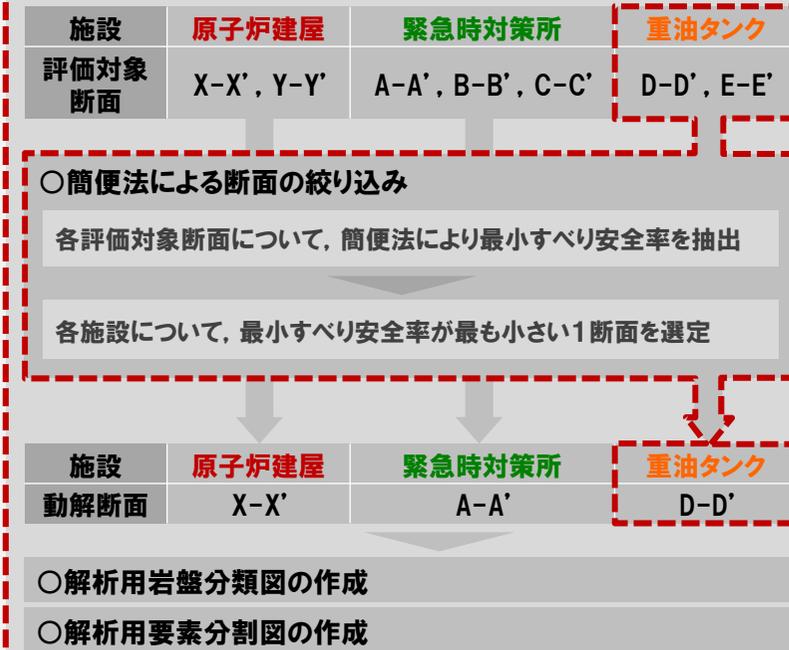
基礎地盤

4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m 盤 以下	1	原子炉建屋	X-X', Y-Y'
	2	海水取水口	原子炉建屋の評価で代表
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	
32m 盤 以下	6	緊急時対策所	A-A', B-B', C-C'
	7	軽油タンク	緊急時対策所の評価で代表
	8	空冷式非常用発電装置	
84m 盤 以下	9	重油タンク	D-D', E-E'
	10	重油移送配管	重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成



(3) 評価① 基礎地盤のすべり

○すべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認。

(4) 評価② 基礎の支持力

○基礎底面の地震時最大接地圧が評価基準値7.84N/mm²を超えないことを確認。

(5) 評価③ 基礎底面の傾斜

○基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認。

5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価

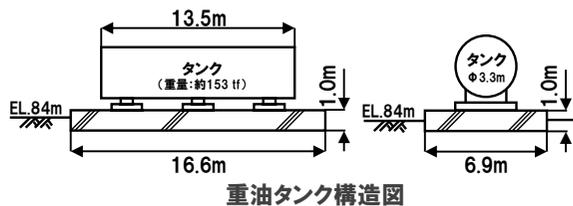
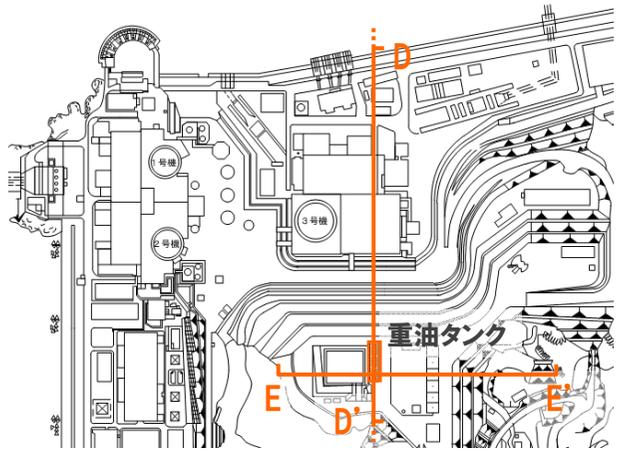
○各施設の接地状況を踏まえ、不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等の影響が生じないことを確認。

6. 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による地盤の傾斜を算出し、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(1/2000)を超えないことを確認。

重油タンク (簡便法による断面の絞り込み)

○周囲の斜面に正対する断面として一次選定したD-D'断面・E-E'断面について、簡便法による評価結果を参考に、最小すべり安全率が最も厳しくなる1断面を選定する。

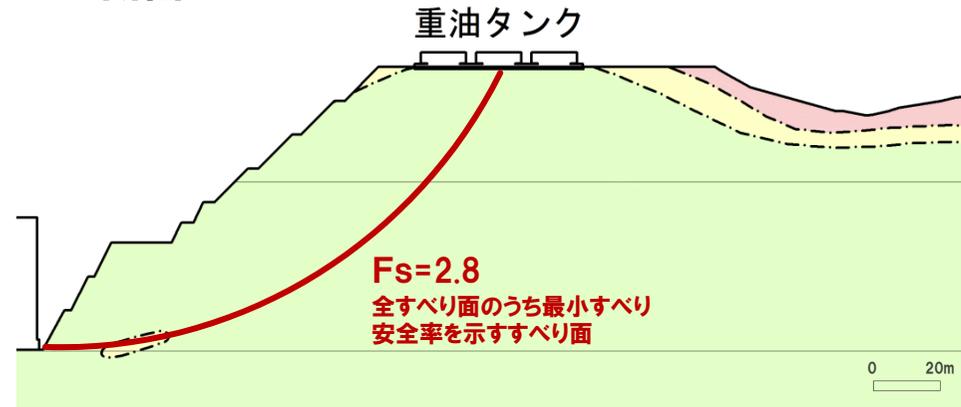


【簡便法による評価方法】

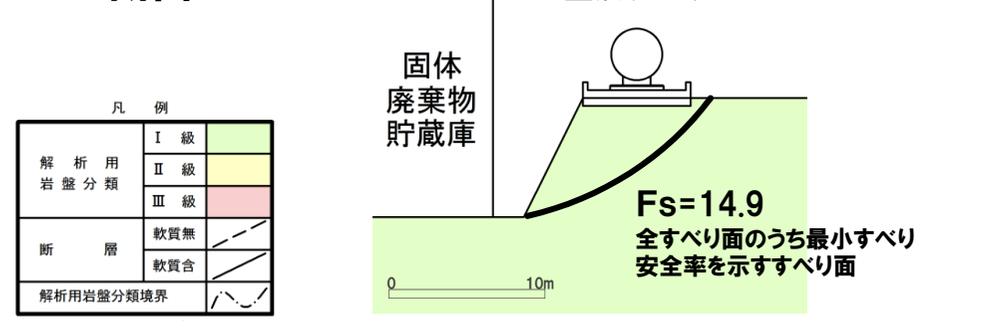
・基礎地盤に作用する地震力: $K_H=0.3, K_V=0.15$

	簡便法
D-D' (南北方向)	2.8
E-E' (東西方向)	14.9

D-D' 断面



E-E' 断面

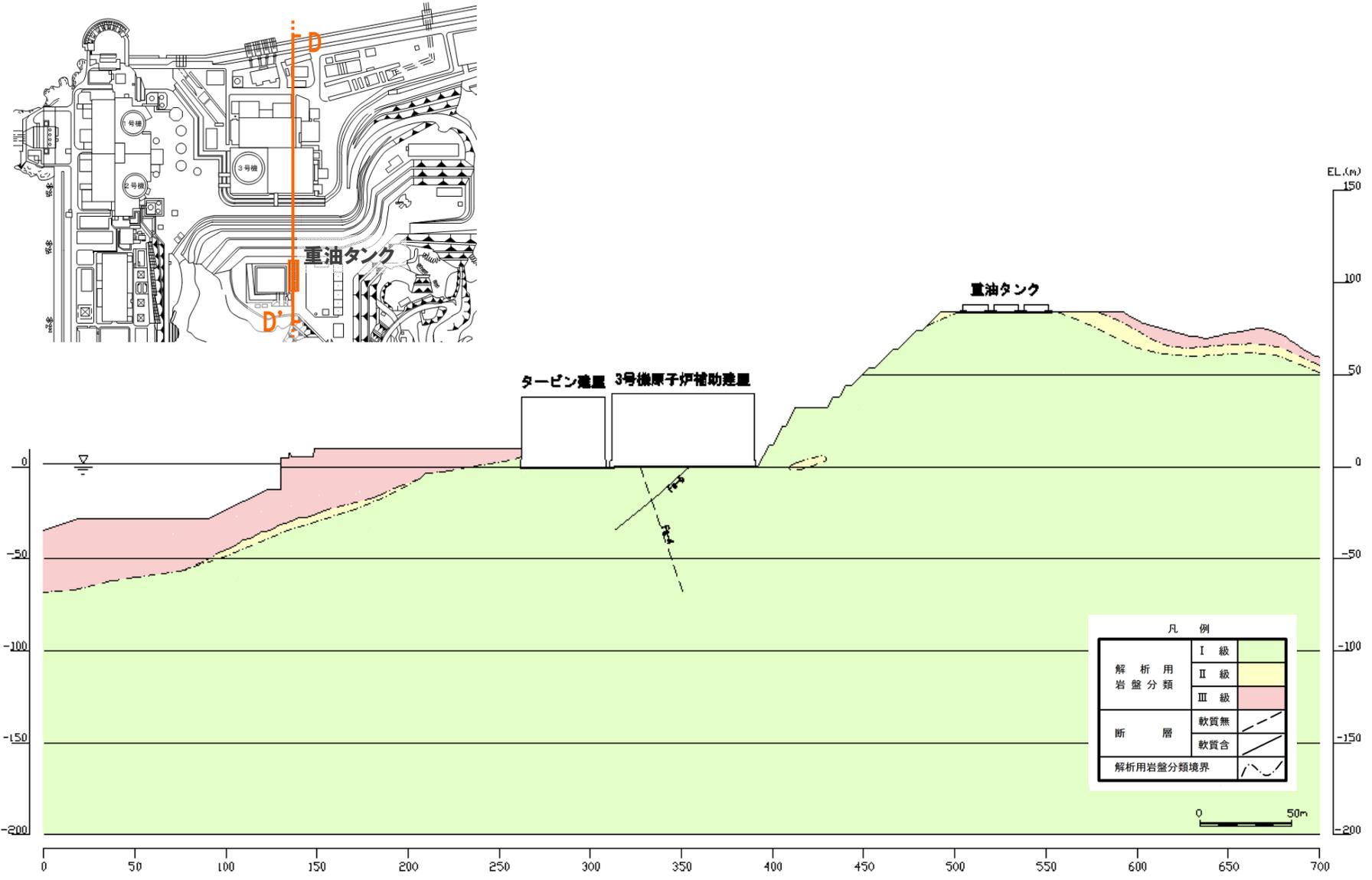


凡例

解析用岩盤分類	I 級	
	II 級	
	III 級	
断層	軟質無	
	軟質含	
解析用岩盤分類境界		

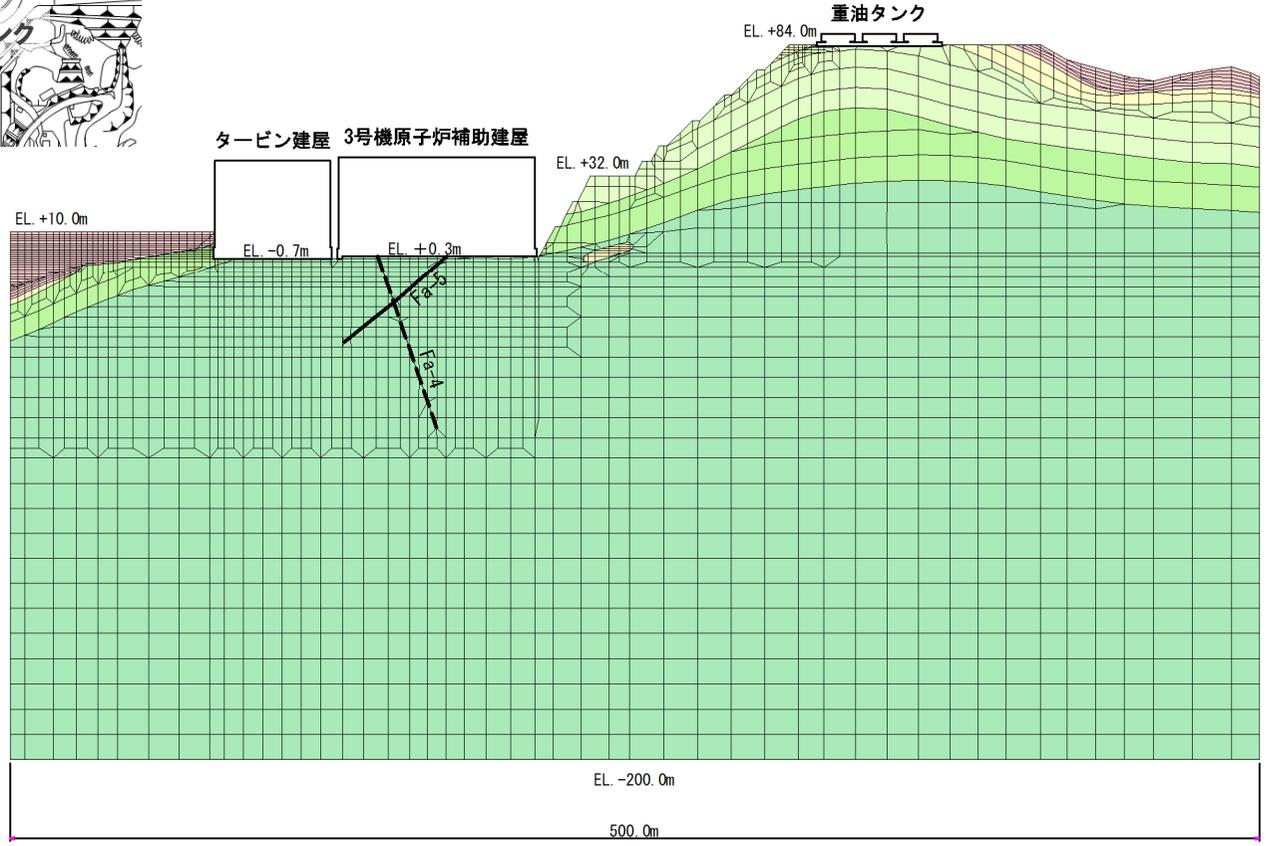
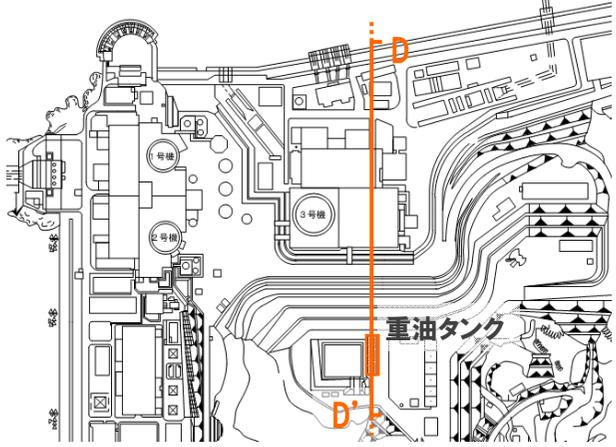
○p.55に示した「簡便法の考え方」に基づき、最小すべり安全率を示すすべり面を抽出した結果、D-D'断面(南北断面)のすべり安全率が最も厳しくなったことから、**D-D'断面を動解断面として選定する。**

重油タンク (D-D' 断面) 解析用岩盤分類図



解析用岩盤分類図 (D-D' 断面)

重油タンク (D-D' 断面) 解析用要素分割図



凡例

I 級	Vs = 2.7 km/s	
	Vs = 2.3 km/s	
	Vs = 1.7 km/s	
II 級		
III 級		
断層	軟質無	
	軟質有	

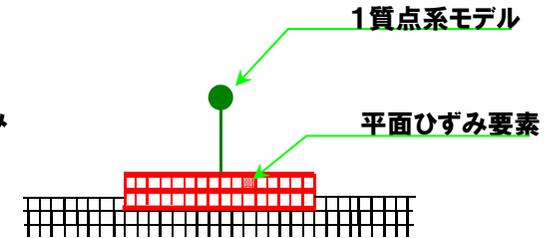
解析用要素分割図 (D-D' 断面)

(補足) 構造物のモデル化

- 地盤の動的解析を行うにあたっては、構造物が地盤の応答に与える影響を反映するため、構造物をモデル化した。
- モデル化にあたっては、水平動及び鉛直動の同時入力に対応したモデルを用いる必要がある。

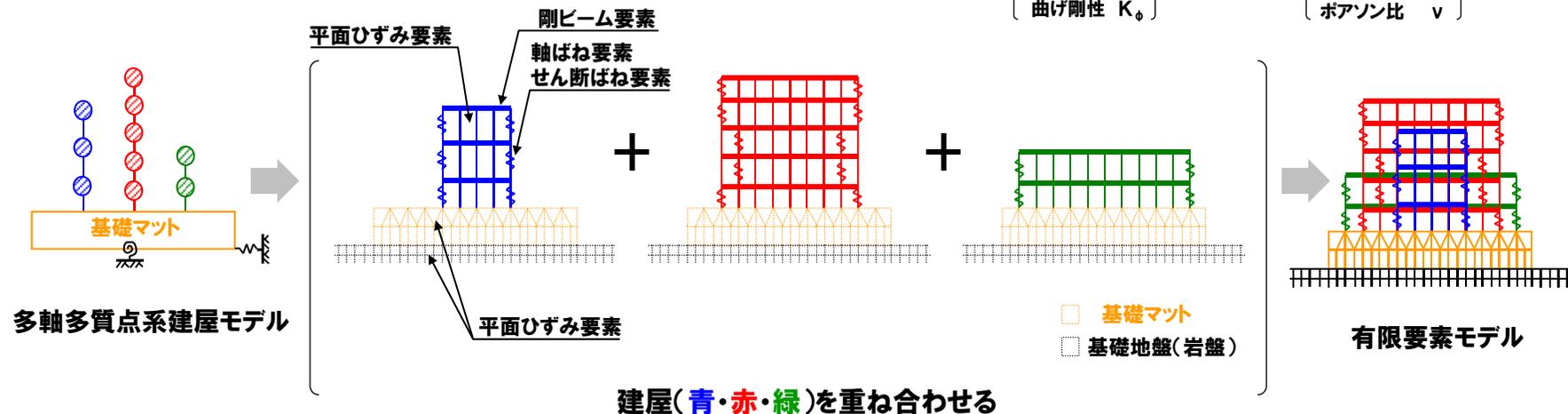
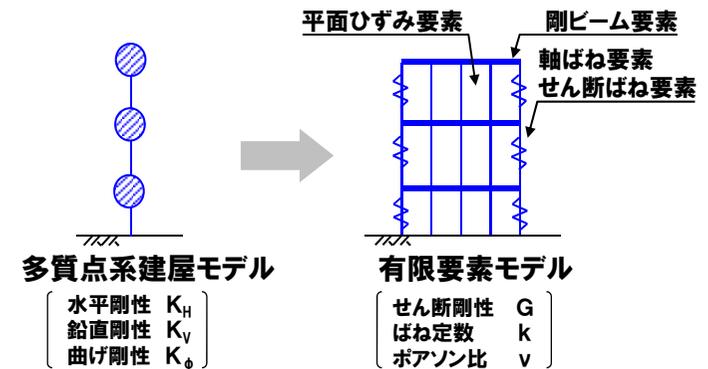
【屋外タンク・緊急時対策所】

- ・屋外タンク・緊急時対策所は、鉛直方向を剛とみなせる低層の構造物であることから、水平方向のみモデル化すればよいため、1質点系でモデル化を行った。



【原子炉建屋・原子炉補助建屋・タービン建屋】

- ・原子炉建屋等は、複雑な構造物であることから、以下のとおりモデル化を行った。
- ・「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)を参考に、多質点系建屋モデルから建屋各層の水平剛性 K_H 、鉛直剛性 K_V 及び曲げ剛性 K_ϕ を用いて、せん断剛性、ばね定数及びポアソン比を求め、等価な有限要素モデルを作成する。

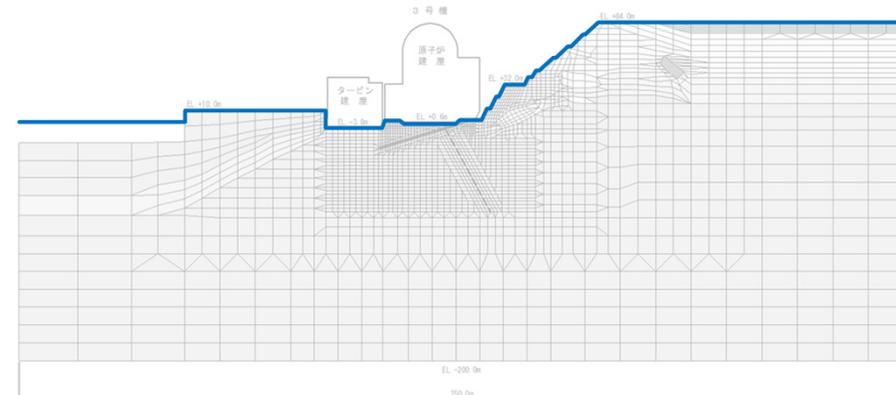


(補足) 解析用地下水位の設定

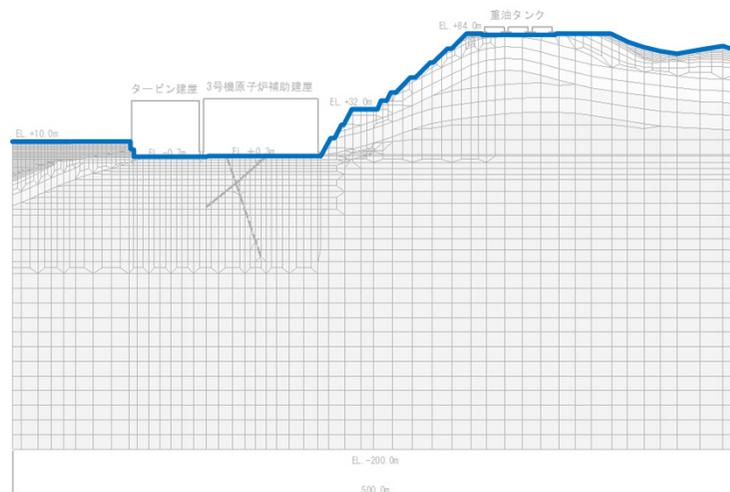
○解析用地下水位は以下のとおり設定する。

対象箇所	設定地下水位位置
斜面部	CL級岩盤上面
建屋部	基礎底面
その他	地表面

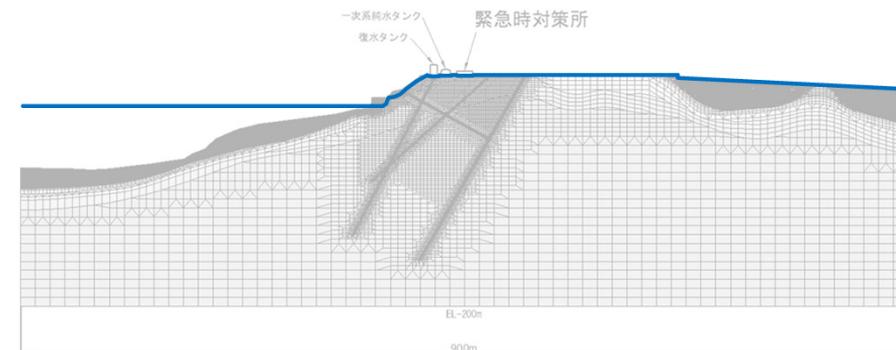
※ 3号炉建設時における地下水位調査結果より、地下水位はCL級岩盤上端より深い位置にあることを確認しており、地下水位はCL級岩盤上端に設定。



X-X' 断面 (原子炉建屋基礎地盤・周辺斜面)



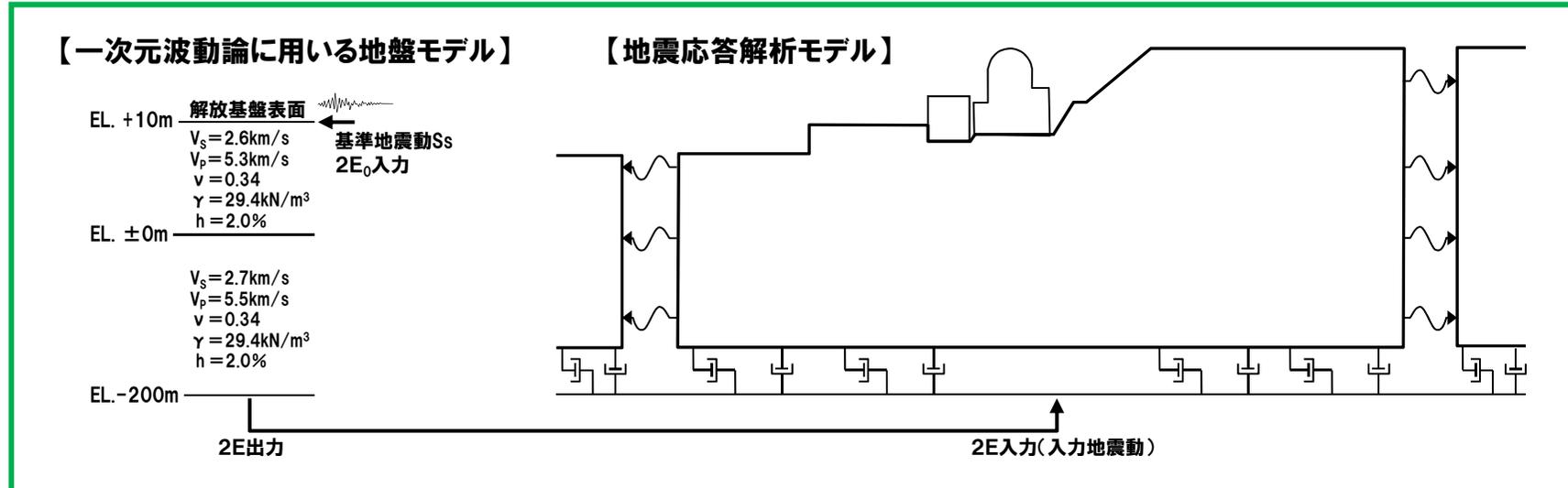
D-D' 断面 (重油タンク基礎地盤)



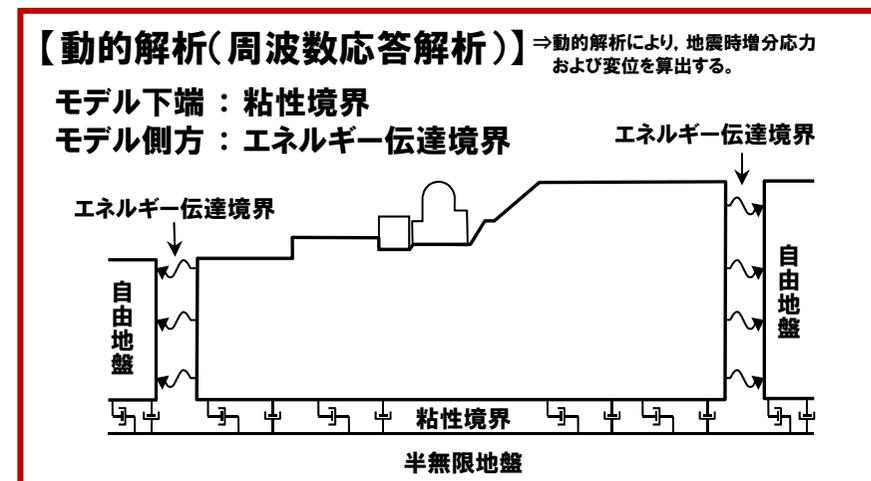
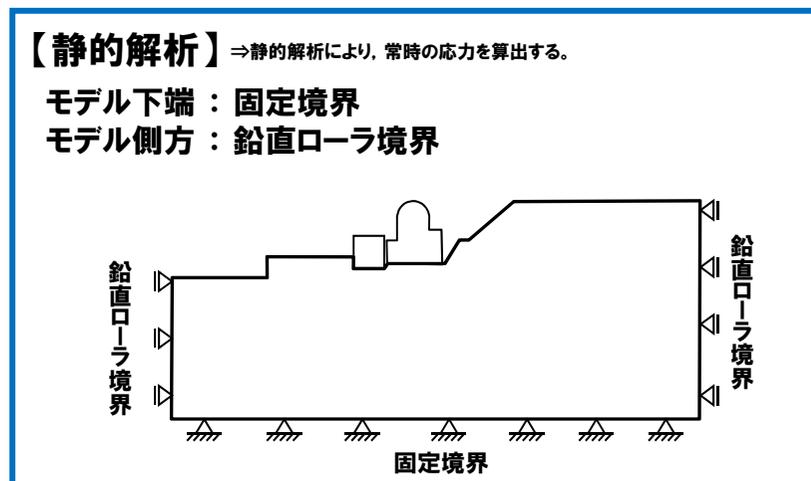
A-A' 断面 (緊急時対策所基礎地盤)

(補足) 入力地震動及び解析用要素分割図作成の考え方

○入力地震動の設定方法は下図のとおりである。



○静的解析及び動的解析(周波数応答解析)に用いる解析用要素分割図は、下図に示す考え方に基づき、次頁以降のとおり作成した。



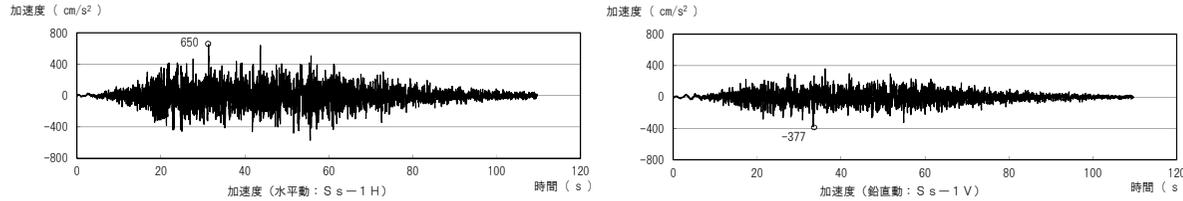
基準地震動

4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価 (2) モデルの作成

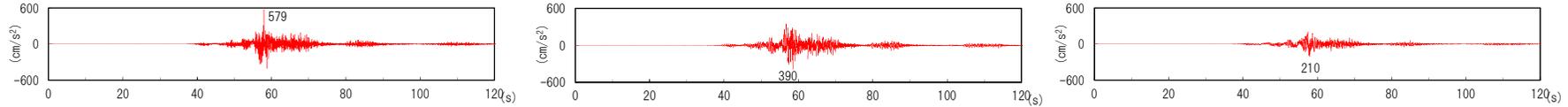
基準地震動Ss				最大加速度振幅(cm/s ²)	
震源を特定して策定する地震動	応答スペクトルに基づく手法	設計用模擬地震波	水平動	Ss-1H	650
			鉛直動	Ss-1V	377
	断層モデルを用いた手法	敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 480km連動・壇の手法・ $\angle\sigma$ 20MPa・西破壊	水平動NS	Ss-2-1NS	579
			水平動EW	Ss-2-1EW	390
			鉛直動UD	Ss-2-1UD	210
		敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 480km連動・壇の手法・ $\angle\sigma$ 20MPa・中央破壊	水平動NS	Ss-2-2NS	456
			水平動EW	Ss-2-2EW	478
			鉛直動UD	Ss-2-2UD	195
		敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 480km連動・壇の手法・ $\angle\sigma$ 20MPa・第17スベリティ西破壊	水平動NS	Ss-2-3NS	371
			水平動EW	Ss-2-3EW	418
			鉛直動UD	Ss-2-3UD	263
		敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 480km連動・F&Mの手法・ $\angle\sigma$ 1.5倍・西破壊	水平動NS	Ss-2-4NS	452
			水平動EW	Ss-2-4EW	494
			鉛直動UD	Ss-2-4UD	280
		敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 480km連動・F&Mの手法・ $\angle\sigma$ 1.5倍・中央破壊	水平動NS	Ss-2-5NS	452
			水平動EW	Ss-2-5EW	388
			鉛直動UD	Ss-2-5UD	199
		敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 480km連動・F&Mの手法・ $\angle\sigma$ 1.5倍・東破壊	水平動NS	Ss-2-6NS	291
			水平動EW	Ss-2-6EW	360
			鉛直動UD	Ss-2-6UD	201
敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 54km・入倉・三宅の手法・ $\angle\sigma$ 1.5倍・中央破壊	水平動NS	Ss-2-7NS	458		
	水平動EW	Ss-2-7EW	371		
	鉛直動UD	Ss-2-7UD	178		
敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 480km連動・壇の手法・ $\angle\sigma$ 20MPa・中央破壊・入れ替え	水平動NS	Ss-2-8NS	478		
	水平動EW	Ss-2-8EW	456		
	鉛直動UD	Ss-2-8UD	195		
震源を特定せず策定する地震動		2004年北海道留萌支庁南部の地震 基盤地震動の基準化波	水平動	Ss-3-1H	620
			鉛直動	Ss-3-1V	320
		2000年鳥取県西部地震 賀祥ダム(監査廊)の観測記録	水平動NS	Ss-3-2NS	528
			鉛直動UD	Ss-3-2UD	485

基準地震動

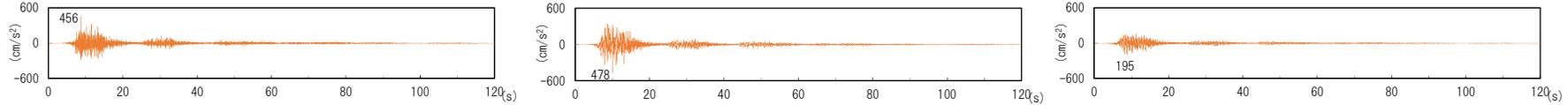
○Ss-1



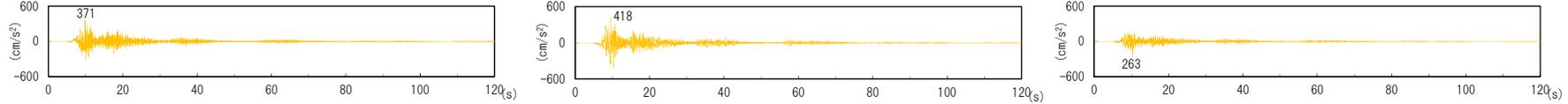
○Ss-2-1(480km Δ σ 20MPa(壇)・西破壊・ハイブリッド)



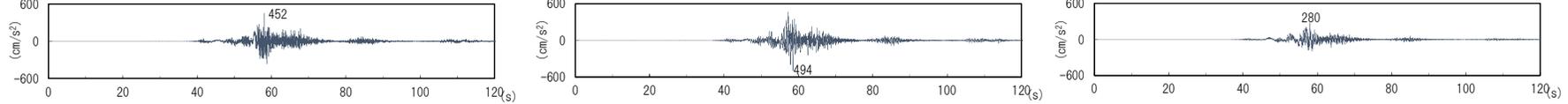
○Ss-2-2(480km基本 Δ σ 20MPa(壇)・中央破壊・ハイブリッド)



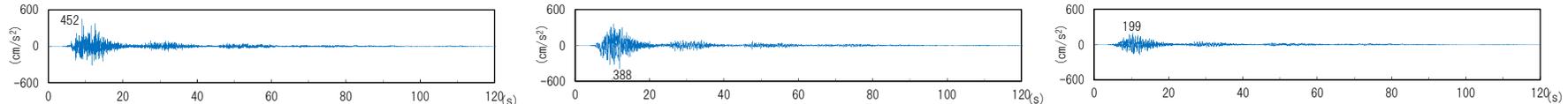
○Ss-2-3(480km基本 Δ σ 20MPa(壇)・第1アスペリティ西破壊・ハイブリッド)



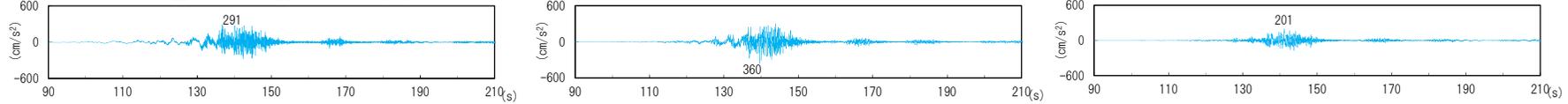
○Ss-2-4(480km Δ σ 1.5倍(F&M)・西破壊・ハイブリッド)



○Ss-2-5(480km基本 Δ σ 1.5倍(F&M)・中央破壊・ハイブリッド)



○Ss-2-6(480km基本 Δ σ 1.5倍(F&M)・東破壊・ハイブリッド)



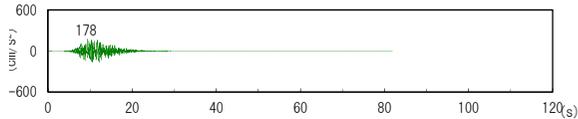
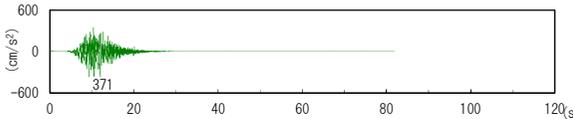
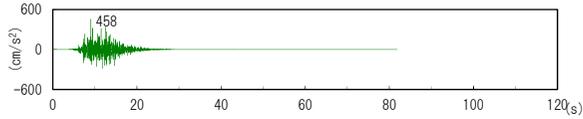
NS方向

EW方向

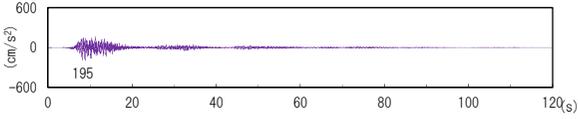
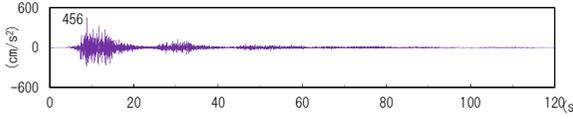
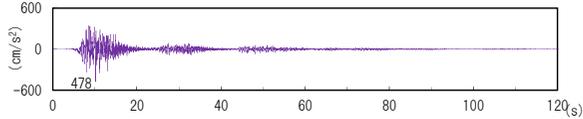
UD方向

基準地震動

○Ss-2-7(54kmΔσ1.5倍(入倉・三宅)・中央破壊・ハイブリッド)



○Ss-2-8(Ss-2-2 NS・EW入れ替えケース)



NS方向

EW方向

UD方向

※ Ss-2 (断層モデルを用いた手法による基準地震動) については、工学的判断としてEWとNSを入れ替えたケースをSs-2-8として設定している。

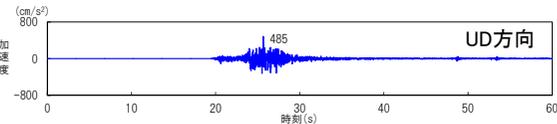
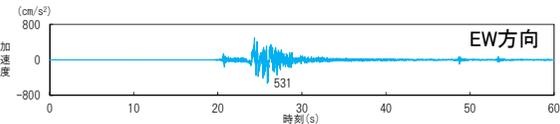
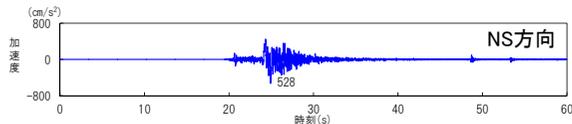
- 基準地震動Ss-2の策定においては、要素地震のNS成分の長周期側が小さい特徴を補うため、ハイブリッド合成を行い、長周期側には理論地震動をあてがった波を基準地震動に設定している。ハイブリッドに際しては、極短周期側まで理論地震動を採用する方針とし、結果的に接続周期を0.8秒とした。
- これより、NS方向の周期0.02～0.2秒の短周期側および0.8秒以上の長周期側については、信頼性の高い、保守的な評価となっていると考える。周期0.2～0.8秒の間は観測記録のパワーが小さいが、断層モデル波における一部の周期帯の落ち込みは、基準地震動Ss-1によってカバーされるものとする。
- しかしながらEGFの結果においては、EW方向の周期0.2～0.3秒付近でSs-1を超過する結果が得られている。仮に、要素地震のNS方向の波がEW方向の波と同程度のレベルであった場合には、NS方向でもSs-1を超過する可能性を否定できない。
- そこで、工学的判断として、EW方向の周期0.2～0.3秒でSs-1を超過するケースについて、EWとNSを入れ替えたケースをSs-2として設定することとする。NSとEWを入れ替えるケースとしては、Ss-1を超過する度合いが大きく、かつスケール則として基本に考えている壇の手法に基づく結果である、480km応力降下量20MPaの中央破壊ハイブリッドを選定する。

平成26年11月7日審査会合資料抜粋

○Ss-3-1(2004年北海道留萌支庁南部地震 解放基盤波)



○Ss-3-2(2000年鳥取県西部地震 賀祥ダム観測記録)



○Ss-1 (応答スペクトルに基づく手法による基準地震動) については水平動及び鉛直動の位相反転、Ss-3-1及びSs-3-2 (震源を特定せず策定する地震動) については水平動の位相反転を考慮する。

-
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 3. 解析用物性値
 4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価
 - (1) 評価断面の選定
 - (2) モデルの作成
 - (3) 評価① 基礎地盤のすべり
 - (4) 評価② 基礎の支持力
 - (5) 評価③ 基礎底面の傾斜
 5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価
 6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価
 7. 周辺斜面の安定性評価
 8. まとめ

4. (3) 評価① 基礎地盤のすべり

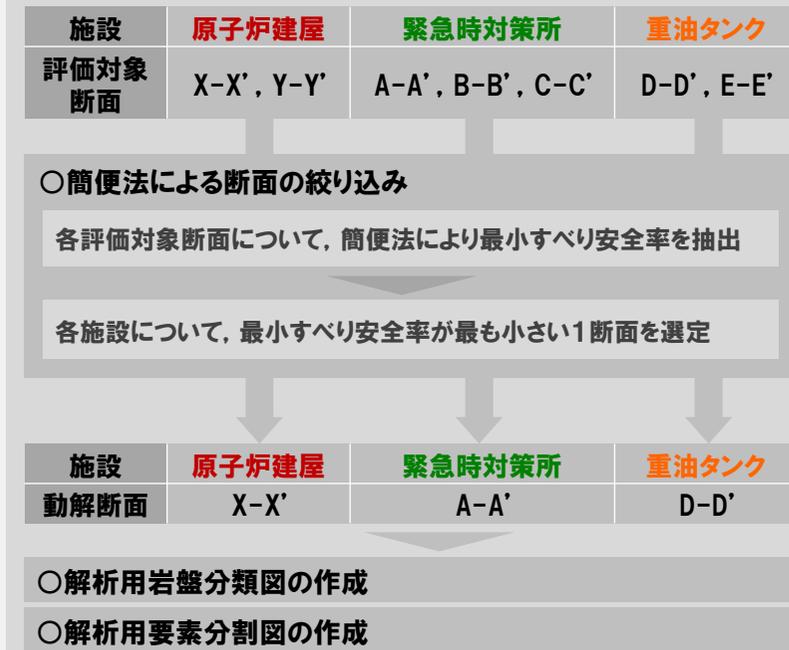
基礎地盤

4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m 盤 以下	1	原子炉建屋	X-X', Y-Y'
	2	海水取水口	原子炉建屋の評価で代表
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	
32m 盤 以下	6	緊急時対策所	A-A', B-B', C-C'
	7	軽油タンク	緊急時対策所の評価で代表
	8	空冷式非常用発電装置	
84m 盤 以下	9	重油タンク	D-D', E-E'
	10	重油移送配管	重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成



(3) 評価① 基礎地盤のすべり

○すべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認。

(4) 評価② 基礎の支持力

○基礎底面の地震時最大接地圧が評価基準値7.84N/mm²を超えないことを確認。

(5) 評価③ 基礎底面の傾斜

○基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認。

5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価

○各施設の接地状況を踏まえ、不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等の影響が生じないことを確認。

6. 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による地盤の傾斜を算出し、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(1/2000)を超えないことを確認。

評価内容 すべり安全率

【基礎地盤のすべり】

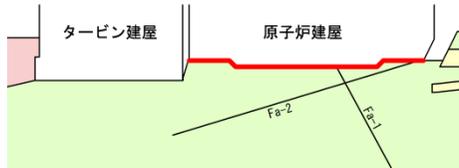
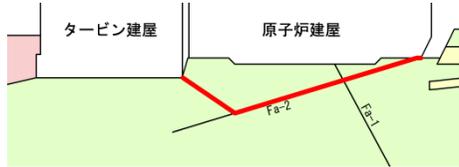
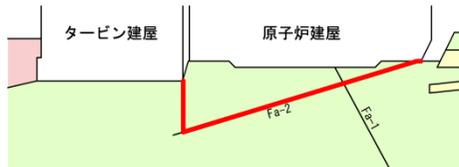
- 想定したすべり面上の応力状態をもとに、すべり面上のせん断抵抗力の和をすべり面上のせん断力の和で除して求める。

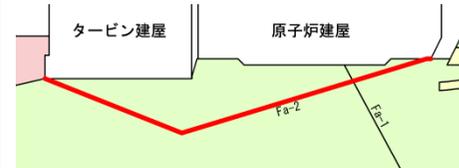
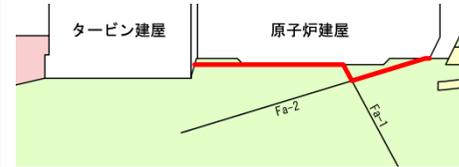
$$\text{すべり安全率} = \frac{\Sigma(\text{すべり面上のせん断抵抗力})}{\Sigma(\text{すべり面上のせん断力})}$$

- 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。
- すべり面は、簡便法によるすべり、応力状態を考慮したすべり、断層沿いのすべり等を想定する。

詳細データ集pp.68-75参照 (Ⅲ.2. すべり面設定の考え方)

評価結果 すべり安全率 原子炉建屋 (X-X' 断面)

	すべり面形状	基準地震動	最小すべり安全率
1	 <p>基礎底面のすべり面</p>	Ss-1 (+,-)	3.6
2	 <p>断層(軟質含)沿いのすべり面 (モビライズド面を考慮したすべり面)</p>	Ss-1 (-,-)	1.8 [2.1]
3	 <p>断層(軟質含)沿いのすべり面 (タービン建屋を含まない)</p>	Ss-3-1 (+,+)	1.9

	すべり面形状	基準地震動	最小すべり安全率
4	 <p>断層(軟質含)沿いのすべり面 (タービン建屋を含む)</p>	Ss-1 (+,-)	2.6
5	 <p>断層(軟質含)および断層(軟質無)沿いのすべり面</p>	Ss-1 (-,-)	2.5



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

※ 類似したすべり面形状については、安全率が最も小さいものについて掲載。

※ []内の数値は、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」(原子力規制委員会, 2013)に基づき実施した静的非線形解析による最小すべり安全率。

評価結果 すべり安全率 緊急時対策所 (A-A' 断面)

	すべり面形状	基準地震動	最小すべり安全率
1	<p>緊急時対策所</p> <p>基礎底面のすべり面</p>	Ss-1 (+,-)	16.9
2	<p>簡便法によるすべり面</p>	Ss-1 (+,+)	2.7
3	<p>モビライズ面及び要素安全率が低い領域を考慮したすべり面 (断層~岩盤)</p>	Ss-1 (+,-)	3.0

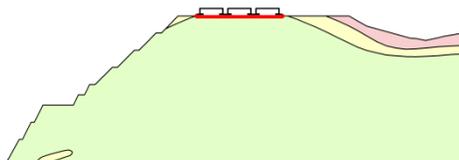
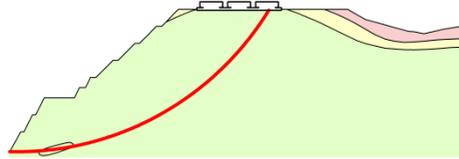
	すべり面形状	基準地震動	最小すべり安全率
4	<p>モビライズ面及び要素安全率が低い領域を考慮したすべり面 (断層~断層)</p>	Ss-1 (+,+)	2.1
5	<p>モビライズ面及び要素安全率が低い領域を考慮したすべり面 (岩盤~断層)</p>	Ss-1 (+,+)	3.5
6	<p>モビライズ面を考慮したすべり面 (岩盤)</p>	Ss-1 (+,-)	2.6

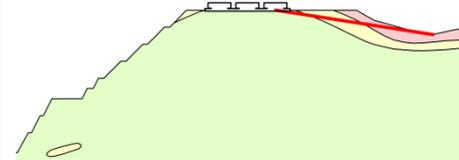
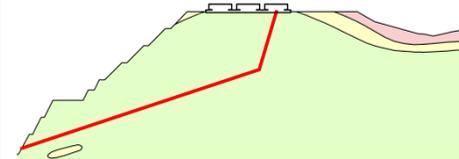
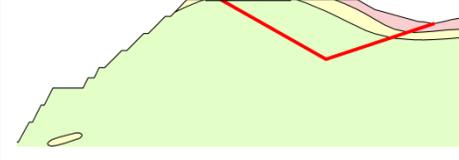
※ 基準地震動の (+,+) は位相反転なし, (-,+) は水平反転, (+,-) は鉛直反転, (-,-) は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※ 類似したすべり面形状については、安全率が最も小さいものについて掲載。

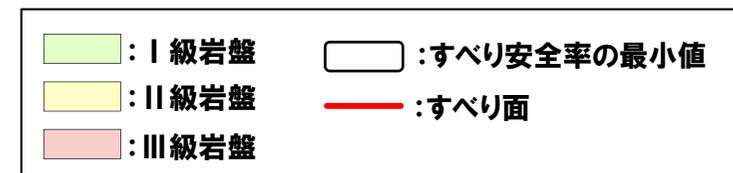
	: I 級岩盤		: 断層
	: II 級岩盤		: すべり安全率の最小値
	: III 級岩盤①		: すべり面
	: III 級岩盤②		

評価結果 すべり安全率 重油タンク (D-D' 断面)

	すべり面形状	基準地震動	最小すべり安全率
1	 基礎底面のすべり面	Ss-1 (-, -)	8.1
2	 簡便法によるすべり面	Ss-1 (+, -)	2.0
3	 要素安全率が低い領域を考慮したすべり面	Ss-1 (+, -)	2.2

	すべり面形状	基準地震動	最小すべり安全率
4	 要素安全率が低い領域を考慮したすべり面	Ss-3-2 EW (+, +)	2.7
5	 モビライズド面を考慮したすべり面	Ss-3-1 (-, +)	2.3
6	 モビライズド面を考慮したすべり面	Ss-1 (-, -)	3.5

※ 基準地震動の (+,+) は位相反転なし, (-,+) は水平反転, (+,-) は鉛直反転, (-,-) は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※ 類似したすべり面形状については、安全率が最も小さいものについて掲載。



-
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 3. 解析用物性値
 4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価
 - (1) 評価断面の選定
 - (2) モデルの作成
 - (3) 評価① 基礎地盤のすべり
 - (4) 評価② 基礎の支持力
 - (5) 評価③ 基礎底面の傾斜
 5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価
 6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価
 7. 周辺斜面の安定性評価
 8. まとめ

4. (4) 評価② 基礎の支持力

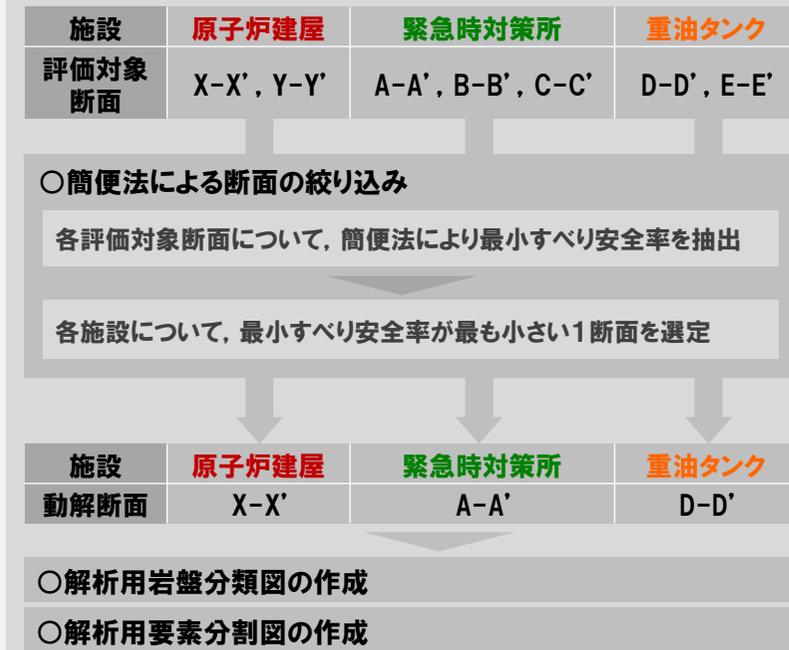
基礎地盤

4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m 盤 以下	1	原子炉建屋	X-X', Y-Y'
	2	海水取水口	原子炉建屋の評価で代表
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	
32m 盤 以下	6	緊急時対策所	A-A', B-B', C-C'
	7	軽油タンク	緊急時対策所の評価で代表
	8	空冷式非常用発電装置	
84m 盤 以下	9	重油タンク	D-D', E-E'
	10	重油移送配管	重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成



(3) 評価① 基礎地盤のすべり

○すべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認。

(4) 評価② 基礎の支持力

○基礎底面の地震時最大接地圧が評価基準値7.84N/mm²を超えないことを確認。

(5) 評価③ 基礎底面の傾斜

○基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認。

5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価

○各施設の接地状況を踏まえ、不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等の影響が生じないことを確認。

6. 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による地盤の傾斜を算出し、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(1/2000)を超えないことを確認。

評価内容 支持力

【基礎の支持力】

基礎底面の地震時最大接地圧が、評価基準値（CM級以上の地盤の許容支持力 $7.84\text{N}/\text{mm}^2$ ）を超えないことを確認する。

※ CM級以上の地盤の許容支持力は、平板載荷試験結果において、載荷強さ $7.84\text{N}/\text{mm}^2$ までの範囲では破壊に至らず、変曲点も認められないことから、 $7.84\text{N}/\text{mm}^2$ 以上であると評価する。

詳細データ集pp.64-65参照（II.6. 支持力の評価基準値）

評価結果 支持力

○地震時最大接地圧は、評価基準値 (7.84N/mm²) を下回っていることから、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)]
原子炉建屋 (X-X' 断面)	Ss-1 (-,+)	2.15 [43.74]
緊急時対策所 (A-A' 断面)	Ss-3-2NS (-,+)	0.23 [25.69]
重油タンク (D-D' 断面)	Ss-1 (-,-)	0.24 [33.74]

※ 基準地震動の (+,+) は位相反転なし, (-,+) は水平反転, (+,-) は鉛直反転, (-,-) は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※ 許容支持力は、平板載荷試験結果において、載荷強さ7.84N/mm²までの範囲では破壊に至らず、変曲点も認められないことから、7.84N/mm²以上であると評価する。

-
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 3. 解析用物性値
 4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価
 - (1) 評価断面の選定
 - (2) モデルの作成
 - (3) 評価① 基礎地盤のすべり
 - (4) 評価② 基礎の支持力
 - (5) 評価③ 基礎底面の傾斜
 5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価
 6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価
 7. 周辺斜面の安定性評価
 8. まとめ

4. (5) 評価③ 基礎底面の傾斜

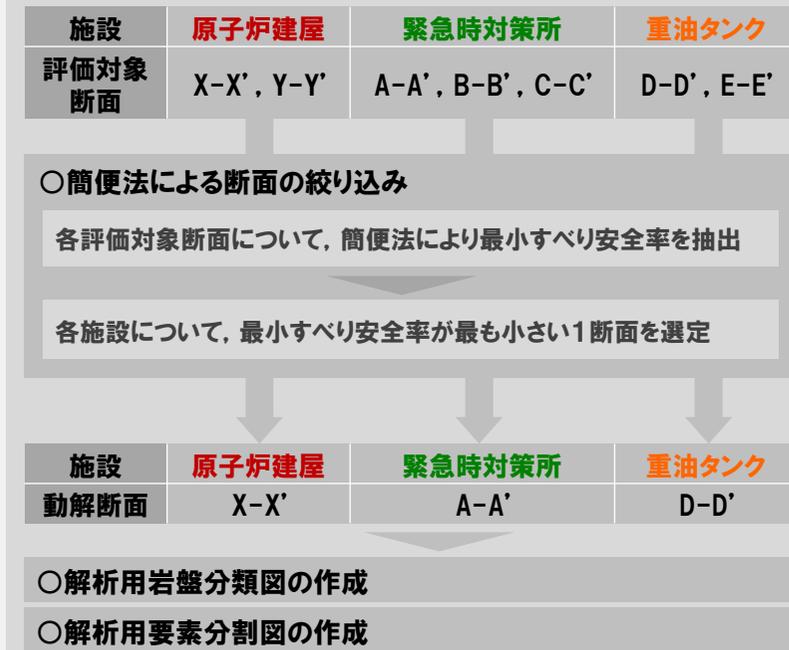
基礎地盤

4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m 盤 以下	1	原子炉建屋	X-X', Y-Y'
	2	海水取水口	原子炉建屋の評価で代表
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	
32m 盤 以下	6	緊急時対策所	A-A', B-B', C-C'
	7	軽油タンク	緊急時対策所の評価で代表
	8	空冷式非常用発電装置	
84m 盤 以下	9	重油タンク	D-D', E-E'
	10	重油移送配管	重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成



(3) 評価① 基礎地盤のすべり

○すべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認。

(4) 評価② 基礎の支持力

○基礎底面の地震時最大接地圧が評価基準値7.84N/mm²を超えないことを確認。

(5) 評価③ 基礎底面の傾斜

○基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認。

5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価

○各施設の接地状況を踏まえ、不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等の影響が生じないことを確認。

6. 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による地盤の傾斜を算出し、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(1/2000)を超えないことを確認。

評価内容 傾斜

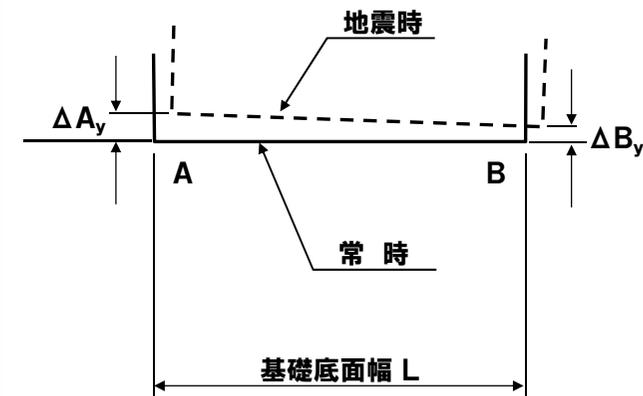
【基礎底面の傾斜】

基礎底面の両端それぞれの鉛直方向の変位の差を基礎底面幅で除して傾斜を求め、評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認する。

評価結果 傾斜

○基礎底面に生じる傾斜は、評価基準値の目安である1/2,000を下回っていることから、重要な機器・システムの安全機能に支障を与えるものではない。

対象施設	基準地震動	最大相対変位 $ \Delta A_y - \Delta B_y $ [発生時刻 (秒)]	最大傾斜 $\frac{ \Delta A_y - \Delta B_y }{L}$
原子炉建屋 (X-X' 断面)	Ss-1 (+,+)	0.25cm [51.74]	1/29,000 (L=76.4m)
緊急時対策所 (A-A' 断面)	Ss-1 (-,+)	0.03cm [43.75]	1/54,000 (L=16.3m)
重油タンク (D-D' 断面)	Ss-1 (-,+)	0.14cm [51.72]	1/35,000 (L=50.2m)



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

-
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 3. 解析用物性値
 4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価
 5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価
 6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価
 7. 周辺斜面の安定性評価
 8. まとめ

5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価

基礎地盤

4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m 盤 以下	1	原子炉建屋	X-X', Y-Y'
	2	海水取水口	原子炉建屋の評価で代表
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	
32m 盤 以下	6	緊急時対策所	A-A', B-B', C-C'
	7	軽油タンク	緊急時対策所の評価で代表
	8	空冷式非常用発電装置	
84m 盤 以下	9	重油タンク	D-D', E-E'
	10	重油移送配管	重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成

施設	原子炉建屋	緊急時対策所	重油タンク
評価対象断面	X-X', Y-Y'	A-A', B-B', C-C'	D-D', E-E'

○簡便法による断面の絞り込み

各評価対象断面について、簡便法により最小すべり安全率を抽出

各施設について、最小すべり安全率が最も小さい1断面を選定

施設	原子炉建屋	緊急時対策所	重油タンク
動解断面	X-X'	A-A'	D-D'

○解析用岩盤分類図の作成

○解析用要素分割図の作成

(3) 評価① 基礎地盤のすべり

○すべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認。

(4) 評価② 基礎の支持力

○基礎底面の地震時最大接地圧が評価基準値7.84N/mm²を超えないことを確認。

(5) 評価③ 基礎底面の傾斜

○基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認。

5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価

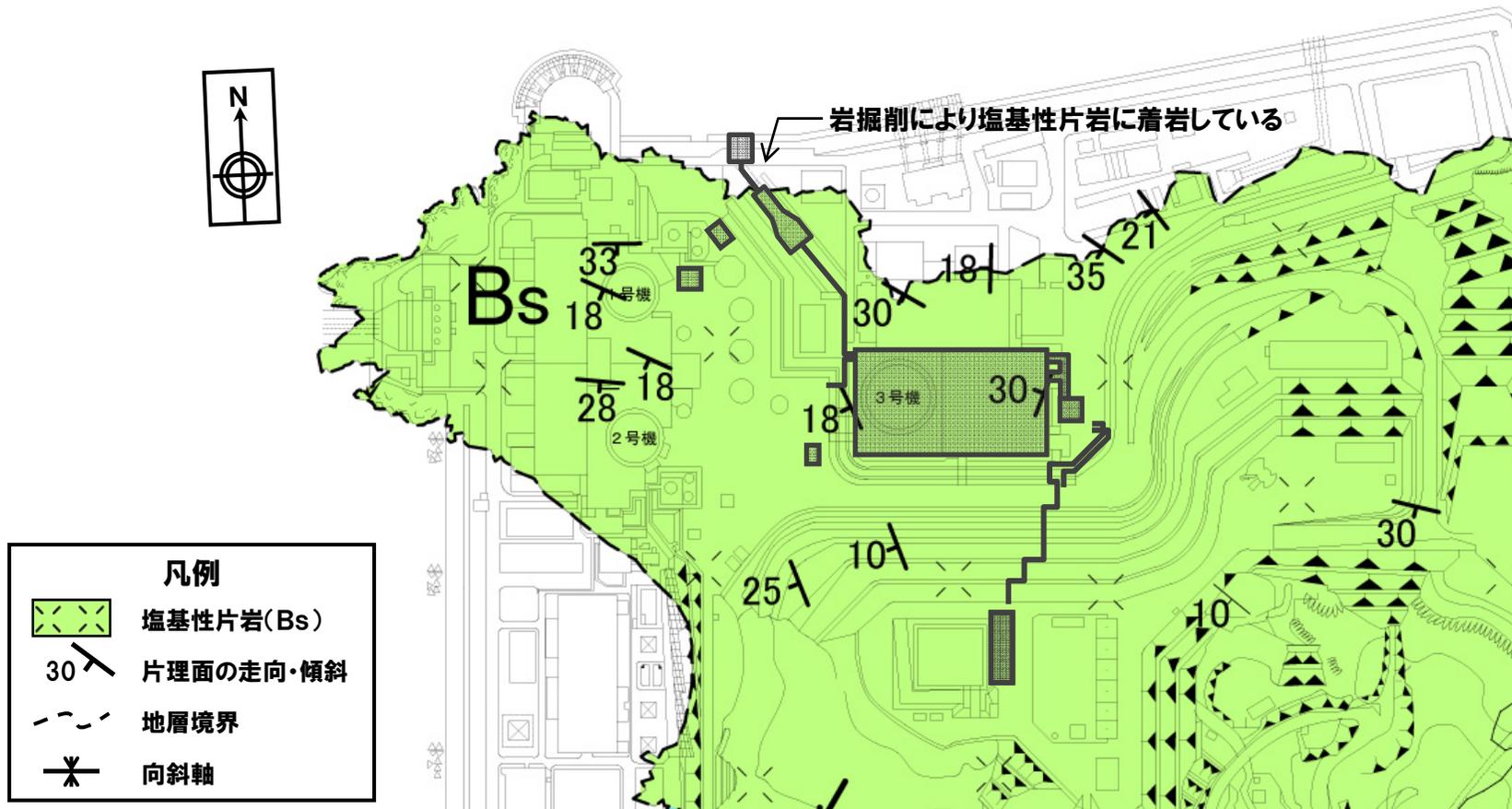
○各施設の接地状況を踏まえ、不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等の影響が生じないことを確認。

6. 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による地盤の傾斜を算出し、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(1/2000)を超えないことを確認。

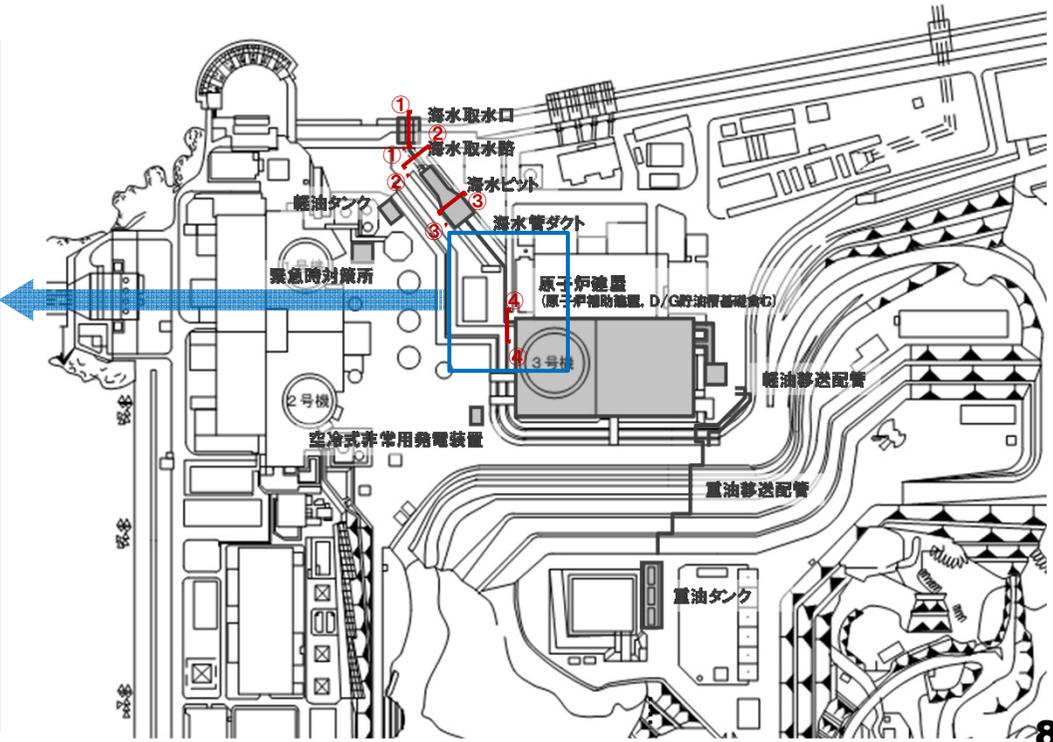
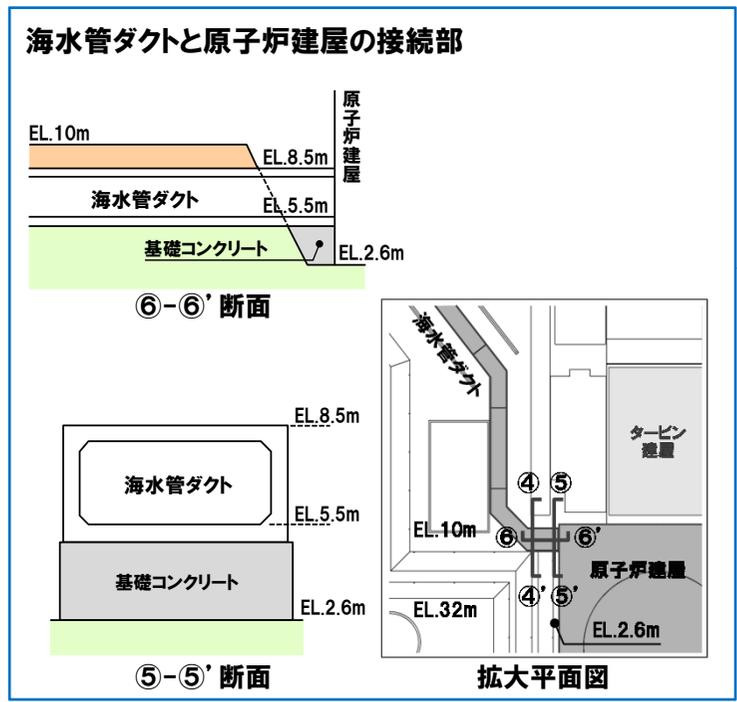
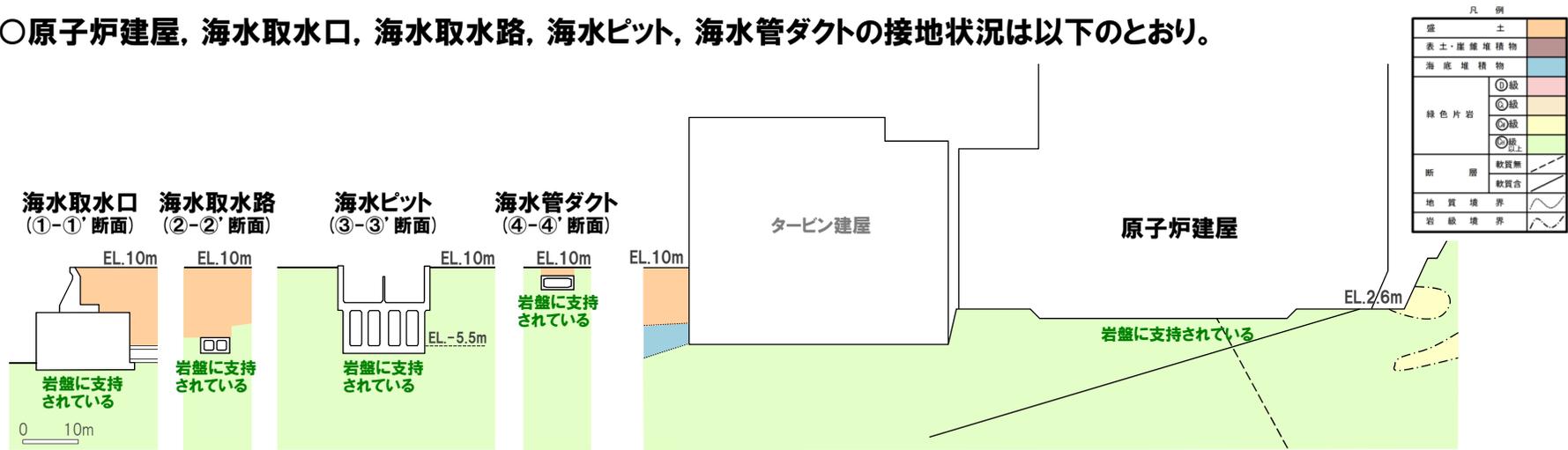
周辺地盤の変状による施設への影響評価

- 原子炉建屋等の耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設は、新鮮かつ堅硬な岩盤（塩基性片岩）に支持されていることから、不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等の影響が生じることはない。



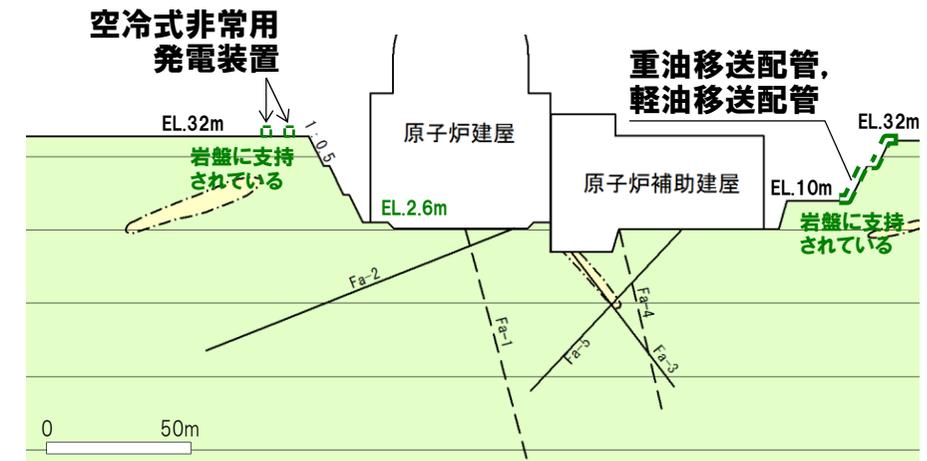
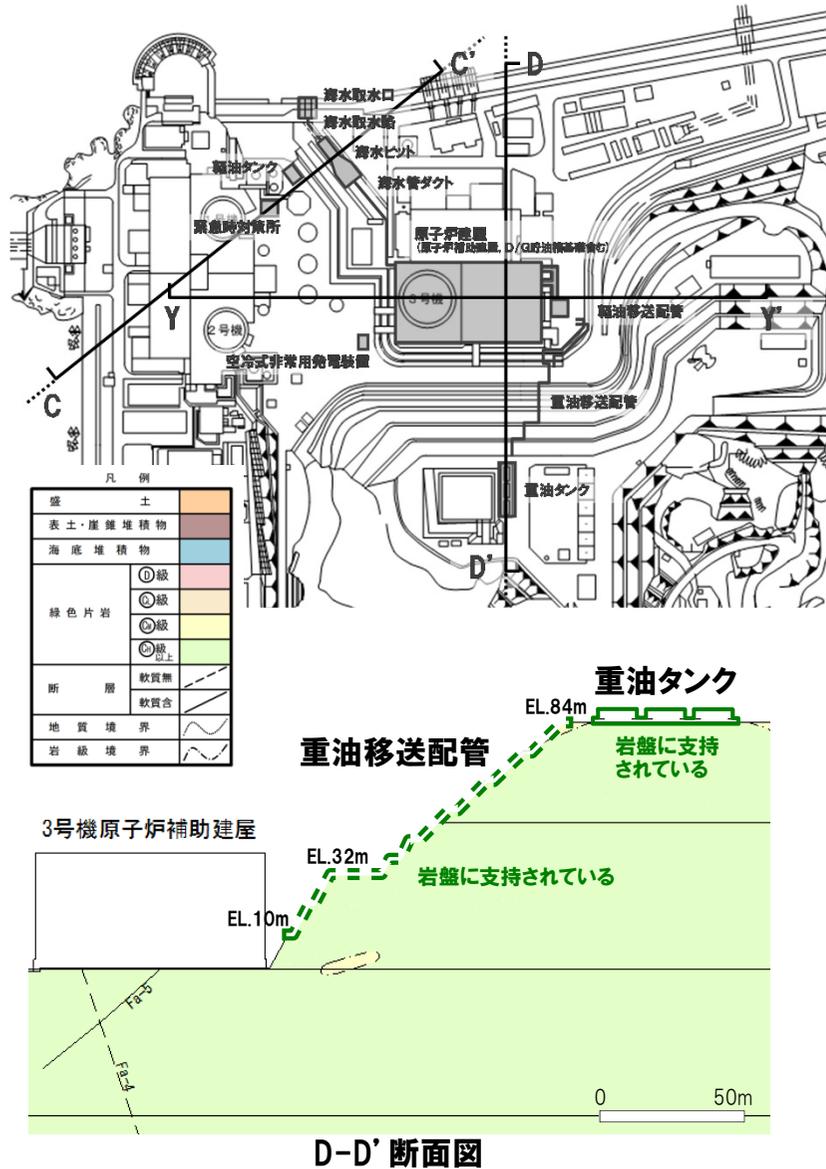
周辺地盤の変状による施設への影響評価

○原子炉建屋、海水取水口、海水取水路、海水ピット、海水管ダクトの接地状況は以下のとおり。

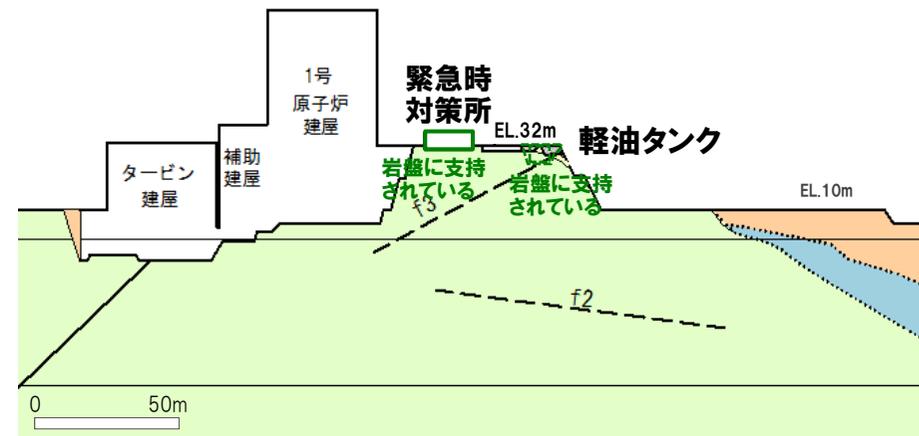


周辺地盤の変状による施設への影響評価

○緊急時対策所、軽油タンク、空冷式非常用発電装置、重油タンク、重油移送配管、軽油移送配管の接地状況は以下のとおり。



Y-Y' 断面図



C-C' 断面図

-
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 3. 解析用物性値
 4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価
 5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価
 6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価
 7. 周辺斜面の安定性評価
 8. まとめ

6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価

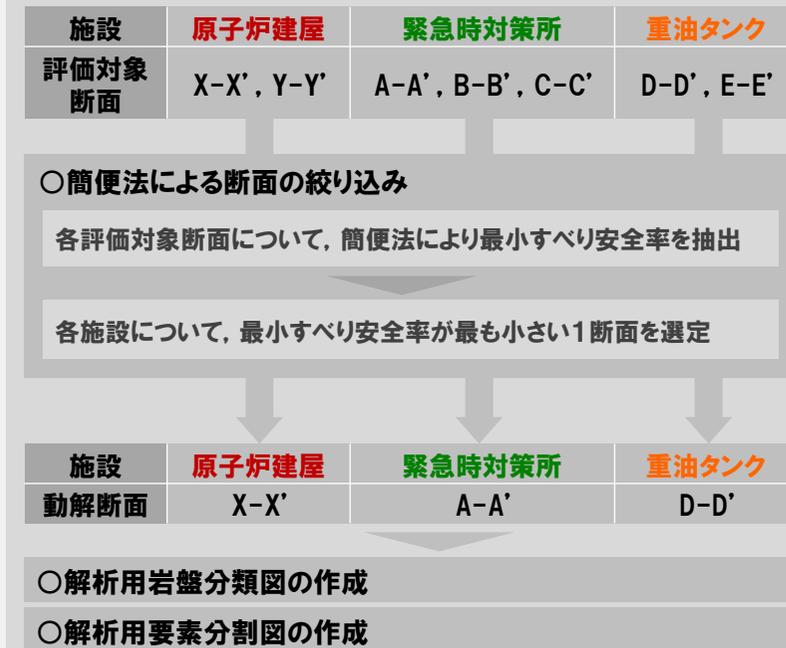
基礎地盤

4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m 盤 以下	1	原子炉建屋	X-X', Y-Y'
	2	海水取水口	原子炉建屋の評価で代表
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	
32m 盤 以下	6	緊急時対策所	A-A', B-B', C-C'
	7	軽油タンク	緊急時対策所の評価で代表
	8	空冷式非常用発電装置	
84m 盤 以下	9	重油タンク	D-D', E-E'
	10	重油移送配管	重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成



(3) 評価① 基礎地盤のすべり

○すべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認。

(4) 評価② 基礎の支持力

○基礎底面の地震時最大接地圧が評価基準値7.84N/mm²を超えないことを確認。

(5) 評価③ 基礎底面の傾斜

○基礎底面の傾斜が評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認。

5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価

○各施設の接地状況を踏まえ、不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等の影響が生じないことを確認。

6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価

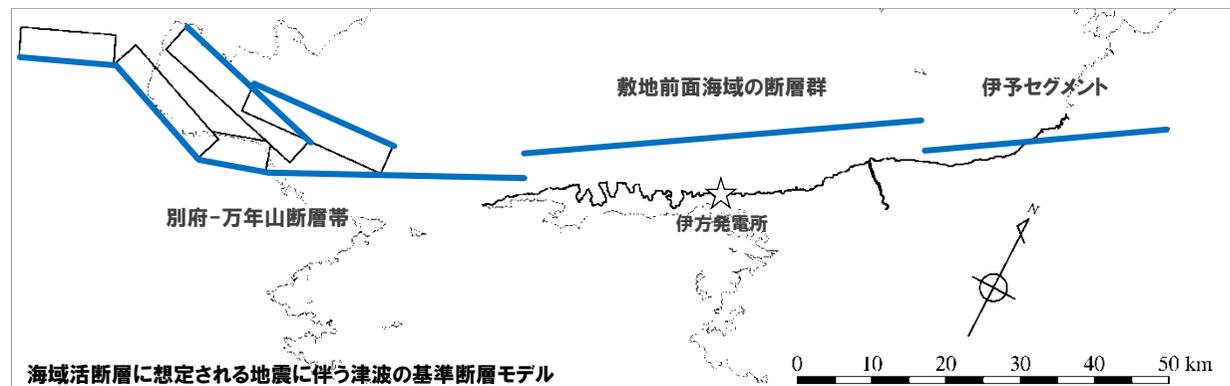
○地震発生に伴う地殻変動による地盤の傾斜を算出し、地殻変動及び地震動を考慮した最大傾斜が、評価基準値の目安(1/2000)を超えないことを確認。

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による地盤の傾斜について、敷地に比較的近く、規模が大きい断層（中央構造線断層帯及び別府-万年山断層帯）に想定される地震を対象に評価を実施する。
- 地震発生に伴う地殻変動による地盤変動量は、半無限均質弾性体を仮定した地震断層運動に伴う周辺地盤の変動分布を計算する手法（Mansinha and Smylie, 1971）を用いて算出する。
- 評価に用いる断層パラメータは、津波評価を参考に下表のとおり設定した。

断層名	剛性率 (N/m ²)	傾斜角 (度)	すべり角 (度)	長さ (km)	幅 (km)	Mw	MO (N・m)	すべり量 (m)
敷地前面海域の断層群 +伊予セグメント	3.3E+10	北75	165	87	15.5	7.61	3.27E+20	7.37
豊予海峡	3.3E+10	90	150	34.7	15.00	7.24	9.11E+19	5.30
別府地溝南縁	3.3E+10	北75	-90	9.5	15.53	7.15	6.67E+19	3.33
		北75	-90	16.8				
		北75	-90	12.8				
別府湾断層帯	3.3E+10	南75	-90	22.5	15.53	7.29	7.34E+19	6.37
		南75	-90	20.5	15.53		3.34E+19	3.18

※ 海域活断層に想定される地震に伴う津波のうち敷地前面において水位上昇側の最も厳しいケース



地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価

①地殻変動による最大傾斜	②地震動による最大傾斜 (再掲)	③地殻変動及び地震動を考慮した最大傾斜 (①+②)
	<ul style="list-style-type: none"> •原子炉建屋 1/29,000 •重油タンク 1/35,000 •緊急時対策所 1/54,000 	<ul style="list-style-type: none"> •原子炉建屋 1/14,000 •重油タンク 1/15,000 •緊急時対策所 1/18,000

○基礎底面に生じる傾斜は、評価基準値の目安である1/2,000を下回っていることから、重要な機器・システムの安全機能に支障を与えるものではない。

-
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 3. 解析用物性値
 4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価
 5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価
 6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価
 7. 周辺斜面の安定性評価
 - (1) 評価断面の選定
 - (2) モデルの作成
 - (3) 評価 周辺斜面のすべり
 8. まとめ

7. 周辺斜面の安定性評価

周辺斜面

7. 地震力に対する周辺斜面の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m 盤 以下	1	原子炉建屋	X-X', Y1-Y1', Y2-Y2', E-E' (a~dブロック) すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	2	海水取水口	地下に設置されているため崩壊土を被らない また、海水取水口は閉塞しない
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	C-C' (h・k・mブロック) すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
32m 盤 以下	6	緊急時対策所	すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	7	軽油タンク	
	8	空冷式非常用発電装置	X-X'
84m 盤 以下	9	重油タンク	すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	10	重油移送配管	原子炉建屋、重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常用発電装置
評価対象断面	X-X'・Y1-Y1' ・Y2-Y2'・E-E'	C-C'	X-X'

○簡便法による断面の絞り込み

各評価対象断面について、簡便法により最小すべり安全率を抽出

各施設について、最小すべり安全率が最も小さい1断面を選定

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常用発電装置
動解断面	X-X'	C-C'	X-X'

動解断面	X-X'	C-C'
------	------	------

○解析用岩盤分類図の作成

○解析用要素分割図の作成

(3) 評価 周辺斜面のすべり

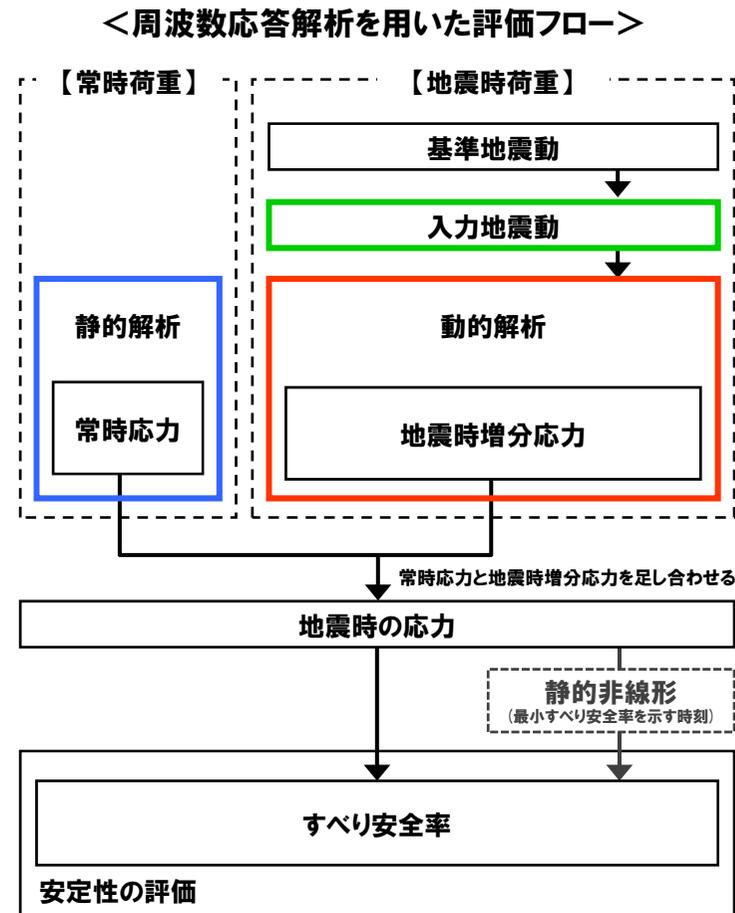
○すべり安全率が評価基準値1.2を上回ることを確認。

8. まとめ

評価方法

- 下図に示す地盤の動的解析（周波数応答解析）により評価を実施する。動的解析は二次元動的有限要素法により実施し、水平動及び鉛直動を同時入力する。また、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必要に応じて考慮する。

周波数応答解析を用いた評価においては、静的解析により求めた常時応力と、動的解析により求めた地震時増分応力とを足し合わせることで地震時の応力を求めて評価する。



-
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 3. 解析用物性値
 4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価
 5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価
 6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価
 7. 周辺斜面の安定性評価
 - (1) 評価断面の選定
 - (2) モデルの作成
 - (3) 評価 周辺斜面のすべり
 8. まとめ

7. (1) 評価断面の選定 (原子炉建屋)

周辺斜面

7. 地震力に対する周辺斜面の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m盤以下	1	原子炉建屋	X-X', Y1-Y1', Y2-Y2', E-E' (a~dブロック) すべりの方向が対象施設に向かない、 または離隔距離が十分
	2	海水取水口	地下に設置されているため崩壊土を被らない また、海水取水口は閉塞しない
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	C-C' (h・k・mブロック) すべりの方向が対象施設に向かない、 または離隔距離が十分
32m盤以下	6	緊急時対策所	すべりの方向が対象施設に向かない、 または離隔距離が十分
	7	軽油タンク	
	8	空冷式非常用発電装置	X-X'
84m盤以下	9	重油タンク	すべりの方向が対象施設に向かない、 または離隔距離が十分
	10	重油移送配管	原子炉建屋、重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常用発電装置
評価対象断面	X-X'・Y1-Y1'・Y2-Y2'・E-E'	C-C'	X-X'

○簡便法による断面の絞り込み

各評価対象断面について、簡便法により最小すべり安全率を抽出

各施設について、最小すべり安全率が最も小さい1断面を選定

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常用発電装置
動解断面	X-X'	C-C'	X-X'

動解断面	X-X'	C-C'
------	------	------

○解析用岩盤分類図の作成

○解析用要素分割図の作成

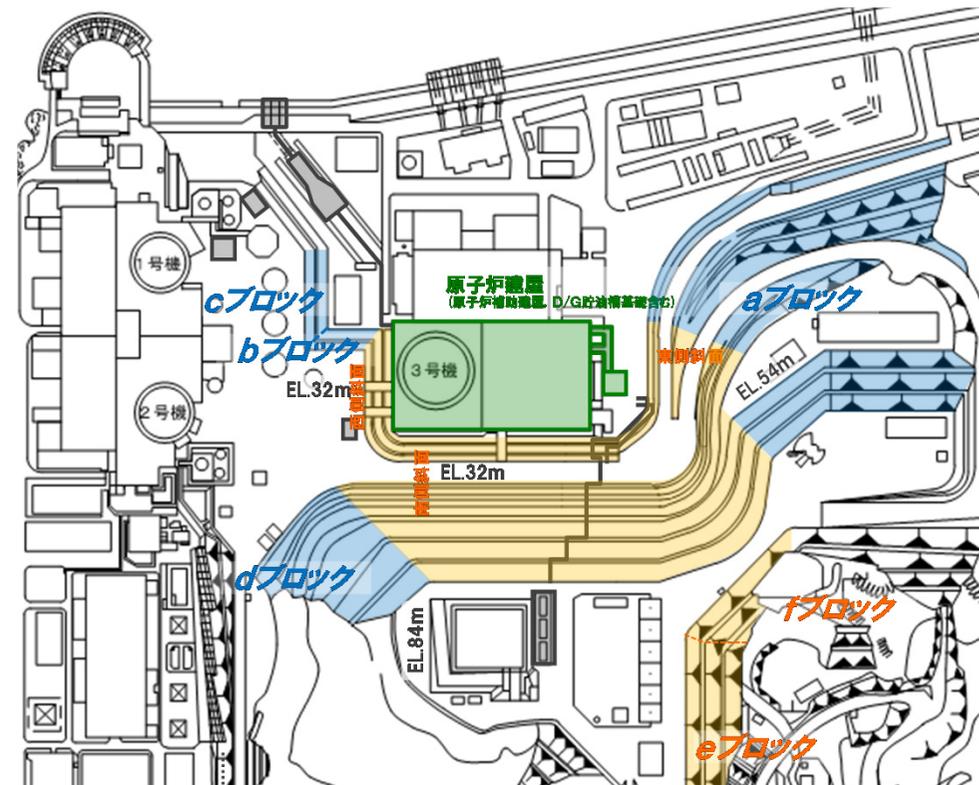
(3) 評価 周辺斜面のすべり

○すべり安全率が評価基準値1.2を上回ることを確認。

8. まとめ

7. (1) 評価断面の選定 (原子炉建屋)

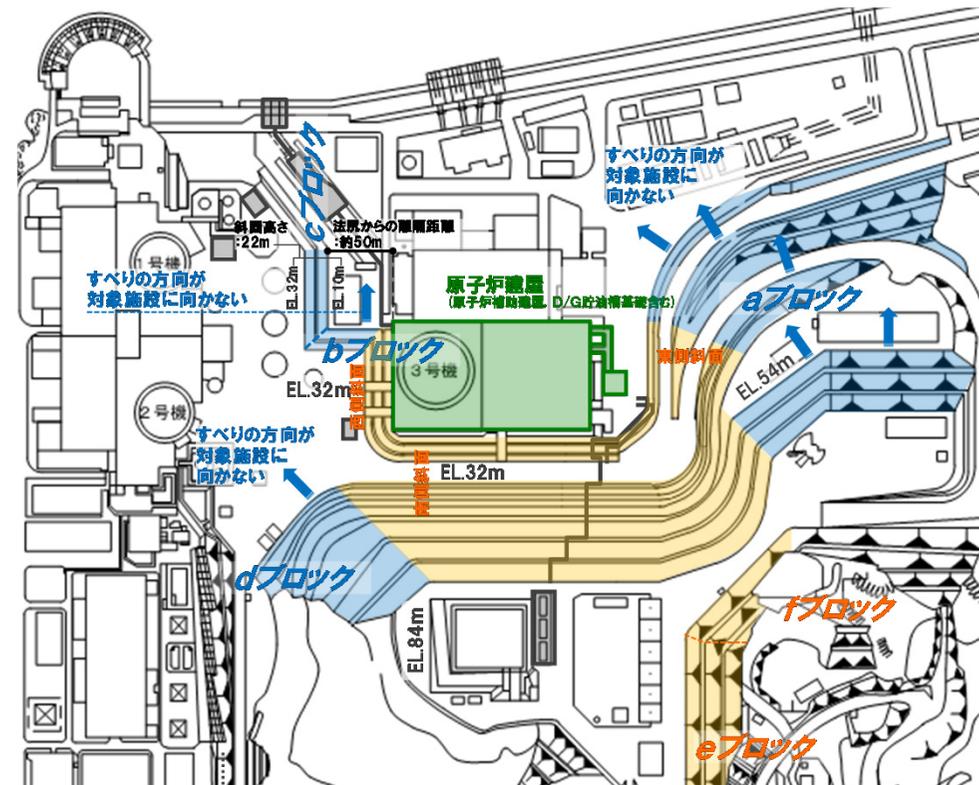
(1) 原子炉建屋の周辺には、a~dブロック、e・fブロック、南側斜面、西側斜面、東側斜面が存在する。



7. (1) 評価断面の選定 (原子炉建屋)

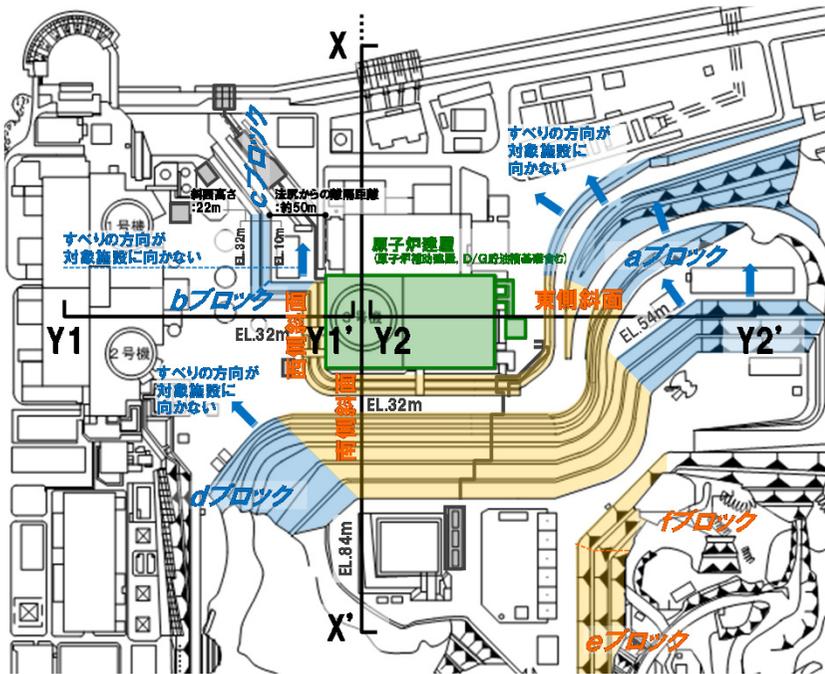
(2) a・b・dブロックは、斜面崩壊が生じたとしても対象施設へ向かわない方向へ滑動するため、原子炉建屋に影響を及ぼさない。

cブロックは、斜面高さが約22m (EL.32m~10m) であり、原子炉建屋は斜面法尻から十分な離隔距離※が確保されるため、斜面崩壊が生じたとしても原子炉建屋に影響を及ぼさないことから評価対象斜面ではないと評価する。



※ 斜面崩壊土砂の到達距離に関する各種文献の記載は以下のとおり。
 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：斜面高さの1.4倍 (50m未満となる場合は50m)
 宅地防災マニュアルの解説：斜面高さの2.0倍 (上限は50m)

7. (1) 評価断面の選定 (原子炉建屋)



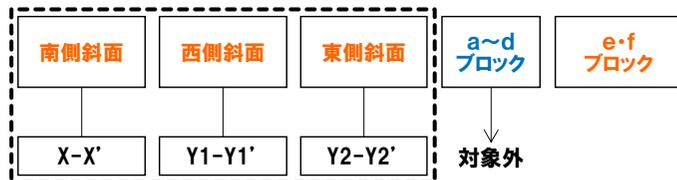
(3) 南側・西側・東側斜面は、対象施設を取り囲むように位置しており、見かけの傾斜が厳しくなるよう(偽傾斜とならないよう)斜面に正対する断面としてX-X', Y1-Y1', Y2-Y2'断面を選定する。

○地形・地質の観点では以下のとおりであり、X-X'断面が最も厳しいと考えられる。

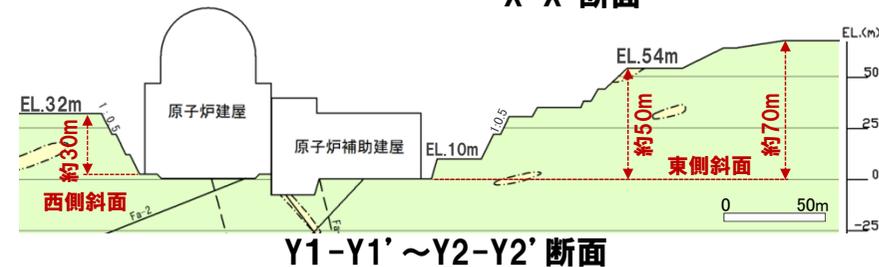
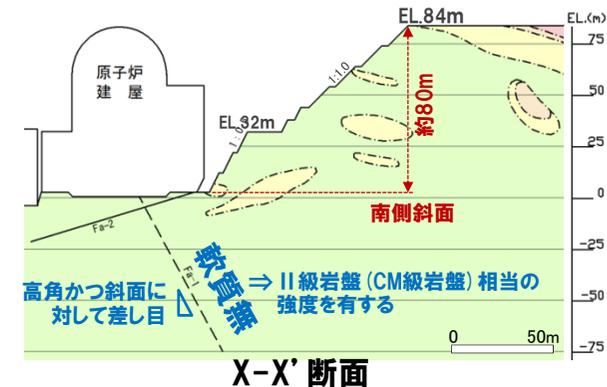
- ・岩級は、いずれも主にCH級岩盤で構成されるが、X-X'断面ではCM級岩盤がやや多く分布する。
- ・勾配は、西側が1:0.5、南側・東側が1:0.5~1:1.0である。
- ・高さは、西側約30m、東側約50~70m、南側約80mである。

○断層性状について、Fa-1断層が斜面直下に一部分布するが(p.19参照)、以下のとおり安定性には影響を及ぼさないと考えられる。

- ・II級岩盤(CM級)相当の強度を有する軟質無の断層である。
- ・すべり安全率に影響を及ぼしやすい低角の断層ではない。
- ・斜面に対して差し目で分布する。



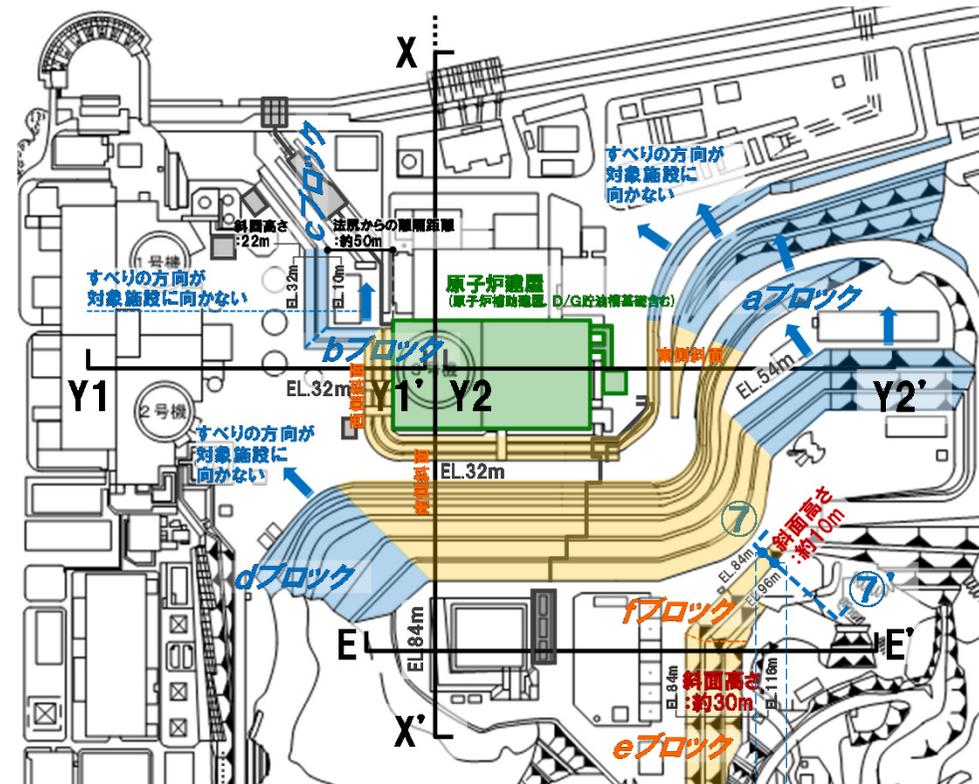
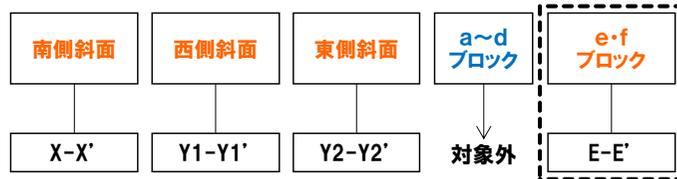
凡例	
盛土	(Brown)
表土・崖壁堆積物	(Light Brown)
海底堆積物	(Blue)
緑色片岩	①級
	②級
	③級
	④級以上
断層	軟質無
	軟質含
地質境界	(Wavy line)
岩級境界	(Dashed line)



7. (1) 評価断面の選定 (原子炉建屋)

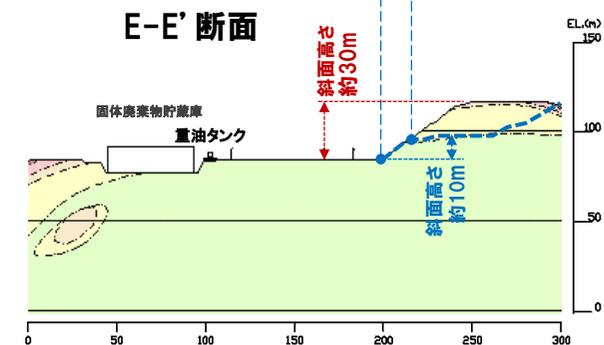
(4) e・fブロックについて、fブロックはEL.84m盤からの斜面高さがeブロックと比較して同等または低い。

そこで、e・fブロックを代表してeブロックを通るE-E'断面を選定する。



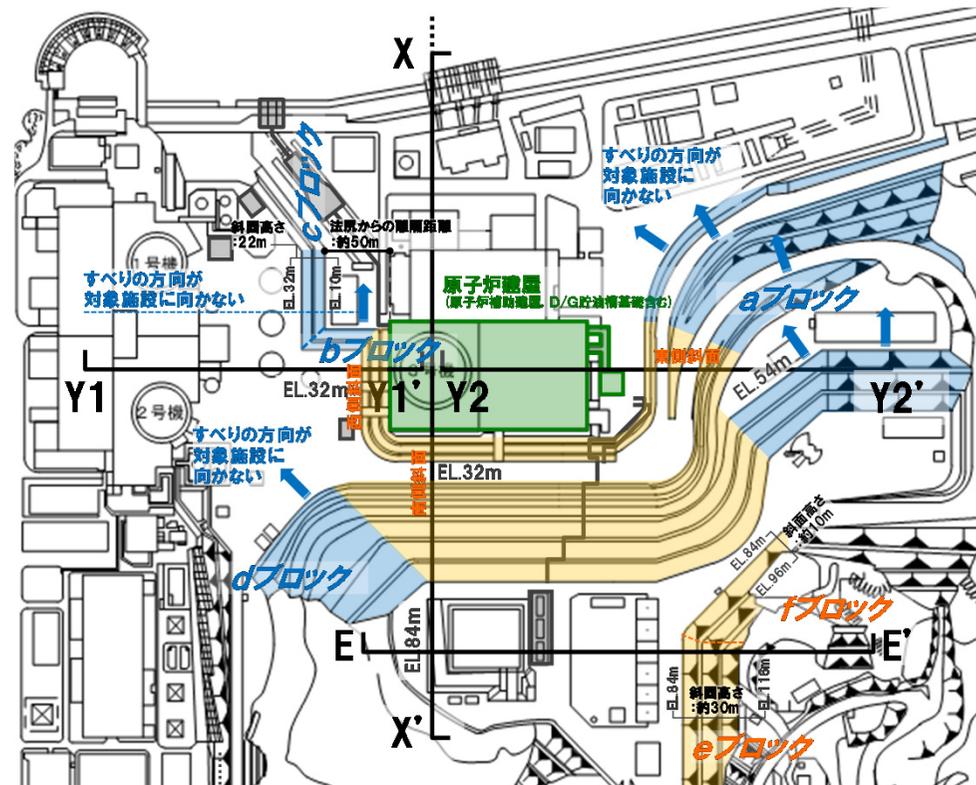
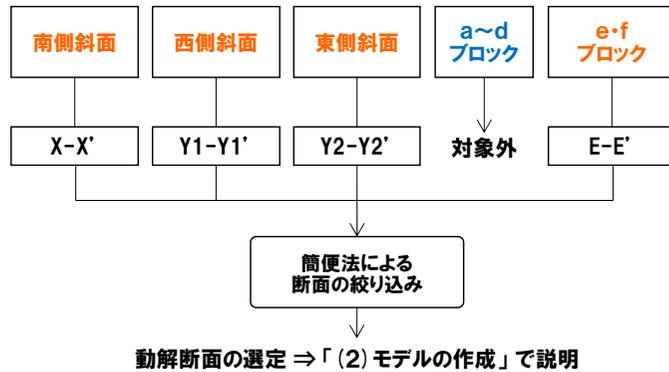
凡例

盛土	
表土・崖堆積物	
海底堆積物	
緑色片岩	①級
	②級
	③級
	④級以上
断層	軟質無
	軟質含
地質境界	
岩級境界	



7. (1) 評価断面の選定 (原子炉建屋)

(5) 以上のとおり、X-X', Y1-Y1', Y2-Y2', E-E' 断面を選定する。



7. (1) 評価断面の選定 (海水取水口, 海水取水路, 海水ピット, 海水管ダクト)

周辺斜面

7. 地震力に対する周辺斜面の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m盤以下	1	原子炉建屋	X-X', Y1-Y1', Y2-Y2', E-E' (a~dブロック) すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	2	海水取水口	地下に設置されているため崩壊土を被らない また、海水取水口は閉塞しない
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	C-C' (h・k・mブロック) すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
32m盤以下	6	緊急時対策所	すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	7	軽油タンク	
	8	空冷式非常用発電装置	X-X'
84m盤以下	9	重油タンク	すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	10	重油移送配管	
	11	軽油移送配管	原子炉建屋, 重油タンクの評価で代表

(2) モデルの作成

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常用発電装置
評価対象断面	X-X'・Y1-Y1'・Y2-Y2'・E-E'	C-C'	X-X'

○簡便法による断面の絞り込み

各評価対象断面について、簡便法により最小すべり安全率を抽出

各施設について、最小すべり安全率が最も小さい1断面を選定

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常用発電装置
動解断面	X-X'	C-C'	X-X'
動解断面	X-X'		C-C'

○解析用岩盤分類図の作成

○解析用要素分割図の作成

(3) 評価 周辺斜面のすべり

○すべり安全率が評価基準値1.2を上回ることを確認。

8. まとめ

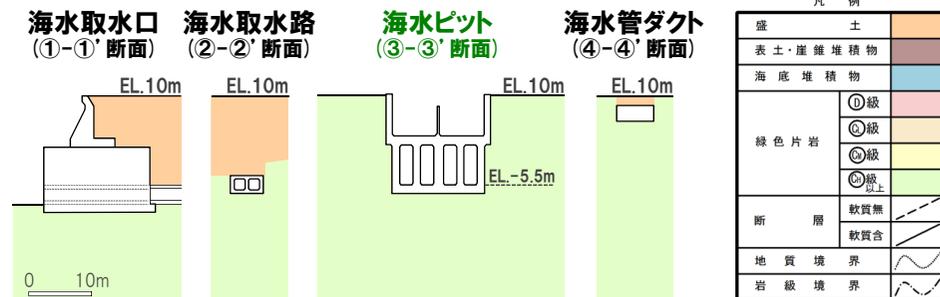
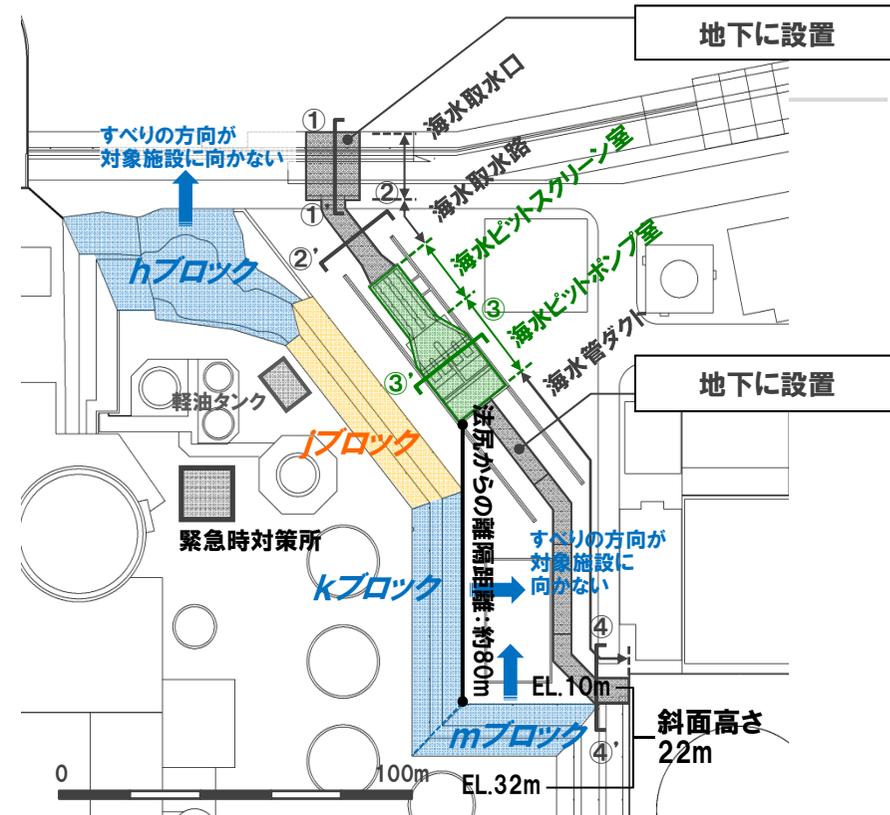
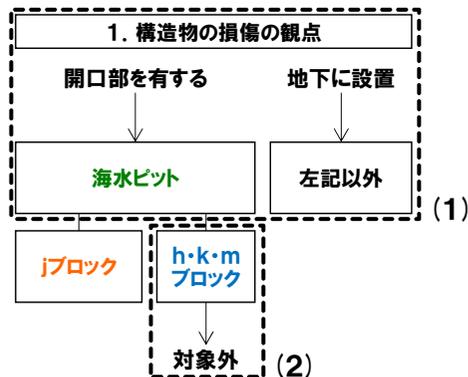
7. (1) 評価断面の選定 (海水取水口, 海水取水路, 海水ピット, 海水管ダクト)

1. 構造物の損傷の観点

(1) 斜面崩壊が生じた場合に影響を受ける開口部を有する施設は海水ピット※1である。

(2) h・kブロックは斜面崩壊が生じたとしても対象施設へ向かわない方向へ滑動するため、海水ピットに影響を及ぼさない。

mブロックについては、斜面高さが約22m (EL.32m~10m) であり、海水ピットは斜面法尻から十分な離隔距離※2が確保されるため、斜面崩壊が生じたとしても海水ピットに影響を及ぼさないことから評価対象斜面ではないと評価する。



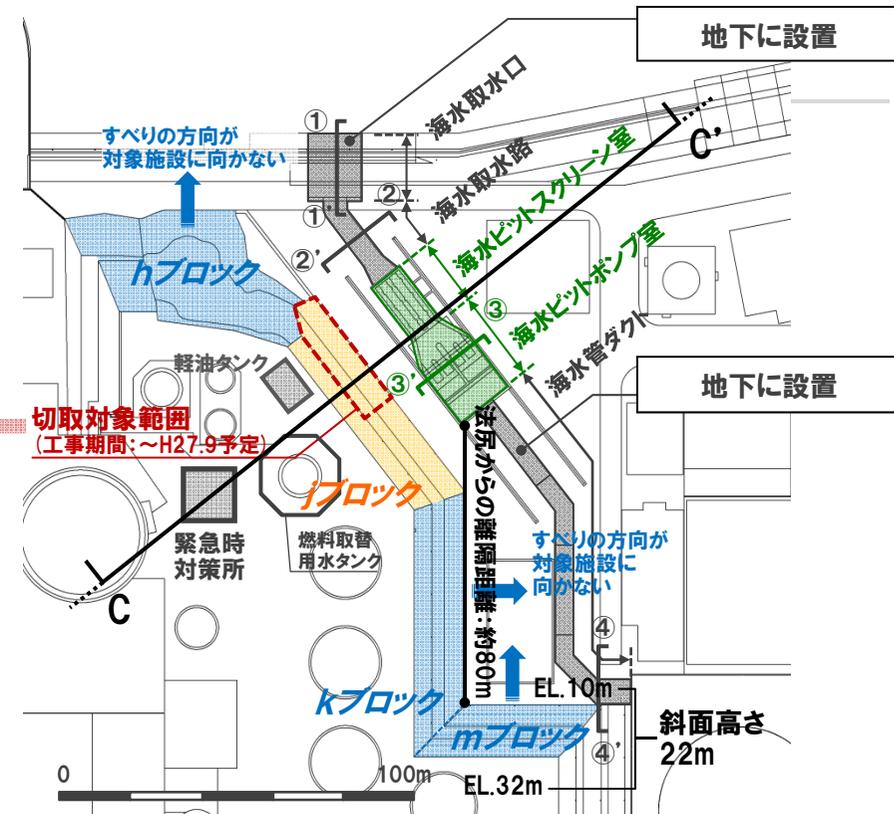
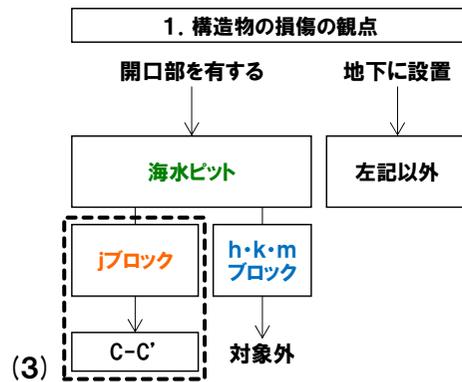
※1 海水ピットスクリーン室と海水ピットポンプ室を合わせた総称

※2 斜面崩壊土砂の到達距離に関する各種文献の記載は以下のとおり。
 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：斜面高さの1.4倍 (50m未満となる場合は50m)
 宅地防災マニュアルの解説：斜面高さの2.0倍 (上限は50m)

7. (1) 評価断面の選定 (海水取水口, 海水取水路, 海水ピット, 海水管ダクト)

(3) **jブロック**は、以下の理由によりC-C'断面を選定する。

- ・見かけの傾斜が厳しくなるよう(偽傾斜とならないよう)斜面に正対する断面
 - ・斜面上部(EL.32m盤)に位置する, 比較的重量の大きい地上構造物を多く通るよう, 緊急時対策所及び燃料取替用水タンク基礎を通る断面
- (※ 軽油タンクは, 岩盤掘削を伴う掘り込み式の構造物であるため, 設置前と比較して見かけの重量が小さくなることから, 軽油タンクを通らない断面を選定する)



7. (1) 評価断面の選定 (緊急時対策所, 軽油タンク, 空冷式非常用発電装置)

周辺斜面

7. 地震力に対する周辺斜面の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m 盤 以下	1	原子炉建屋	X-X', Y1-Y1', Y2-Y2', E-E' (a~dブロック) すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	2	海水取水口	地下に設置されているため崩壊土を被らない また、海水取水口は閉塞しない
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	C-C' (h・k・mブロック) すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
32m 盤 以下	6	緊急時対策所	すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	7	軽油タンク	
	8	空冷式非常用 発電装置	X-X'
84m 盤 以下	9	重油タンク	すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	10	重油移送配管	原子炉建屋, 重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常 用発電装置
評価対象 断面	X-X'・Y1-Y1' ・Y2-Y2'・E-E'	C-C'	X-X'

○簡便法による断面の絞り込み

各評価対象断面について、簡便法により最小すべり安全率を抽出

各施設について、最小すべり安全率が最も小さい1断面を選定

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常 用発電装置
動解断面	X-X'	C-C'	X-X'

動解断面	X-X'	C-C'
------	------	------

○解析用岩盤分類図の作成

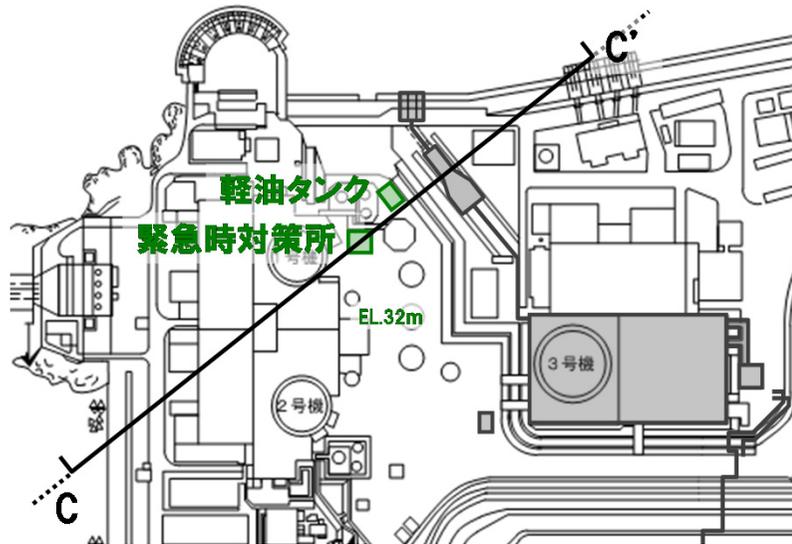
○解析用要素分割図の作成

(3) 評価 周辺斜面のすべり

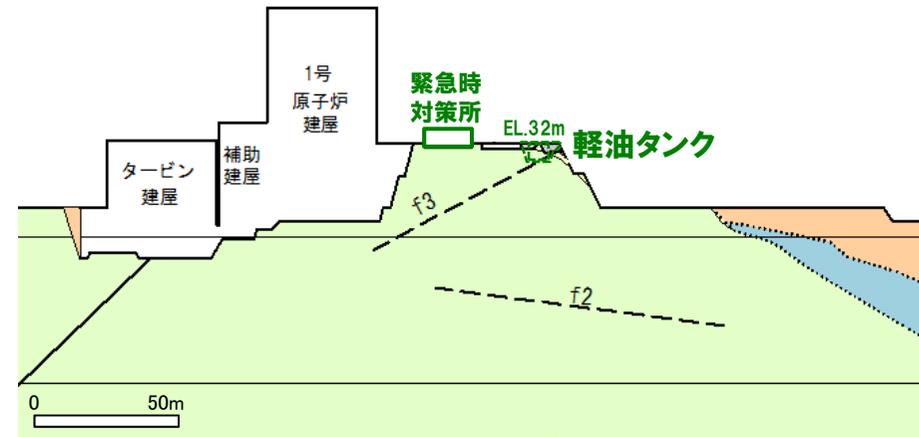
○すべり安全率が評価基準値1.2を上回ることを確認。

8. まとめ

7. (1) 評価断面の選定 (緊急時対策所, 軽油タンク)



○緊急時対策所及び軽油タンクの周辺に斜面は存在しない。

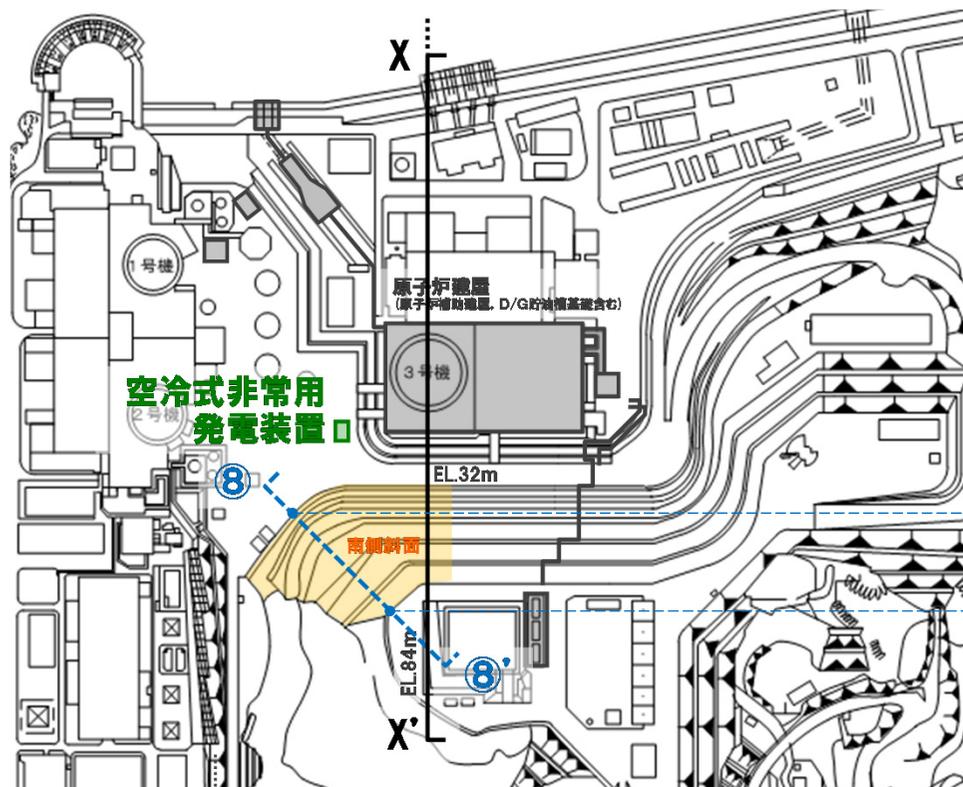


C-C' 断面図

凡例

盛土	
表土・崖錐堆積物	
海底堆積物	
緑色片岩	①級
	②級
	③級
	③級以上
断層	軟質無
	軟質含
地質境界	
岩級境界	

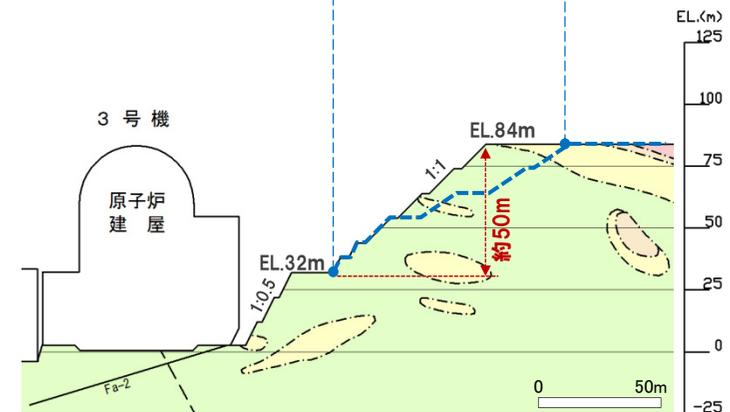
7. (1) 評価断面の選定 (空冷式非常用発電装置)



- 空冷式非常用発電装置の周辺には南側斜面が存在する。
- 斜面に正対する断面としてX-X'断面と⑧-⑧'断面とを比較した場合、X-X'断面のほうが⑧-⑧'断面より斜面勾配が有意に大きいことから、X-X'断面を選定する。

凡例

盛土	
表土・産雜堆積物	
海底堆積物	
緑色片岩	①級
	②級
	③級
	④級以上
断層	軟質無
	軟質合
地質境界	
岩級境界	



X-X'断面図

7. (1) 評価断面の選定 (重油タンク, 重油移送配管, 軽油移送配管)

周辺斜面

7. 地震力に対する周辺斜面の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m 盤 以下	1	原子炉建屋	X-X', Y1-Y1', Y2-Y2', E-E' (a~dブロック) すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	2	海水取水口	地下に設置されているため崩壊土を被らない また、海水取水口は閉塞しない
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	C-C' (h・k・mブロック) すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
32m 盤 以下	6	緊急時対策所	すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	7	軽油タンク	
	8	空冷式非常用発電装置	X-X'
84m 盤 以下	9	重油タンク	すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	10	重油移送配管	原子炉建屋, 重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常用発電装置
評価対象断面	X-X'・Y1-Y1' ・Y2-Y2'・E-E'	C-C'	X-X'

○簡便法による断面の絞り込み

各評価対象断面について、簡便法により最小すべり安全率を抽出

各施設について、最小すべり安全率が最も小さい1断面を選定

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常用発電装置
動解断面	X-X'	C-C'	X-X'

動解断面	X-X'	C-C'
------	------	------

○解析用岩盤分類図の作成

○解析用要素分割図の作成

(3) 評価 周辺斜面のすべり

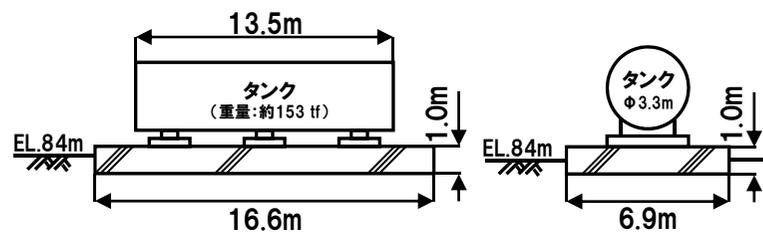
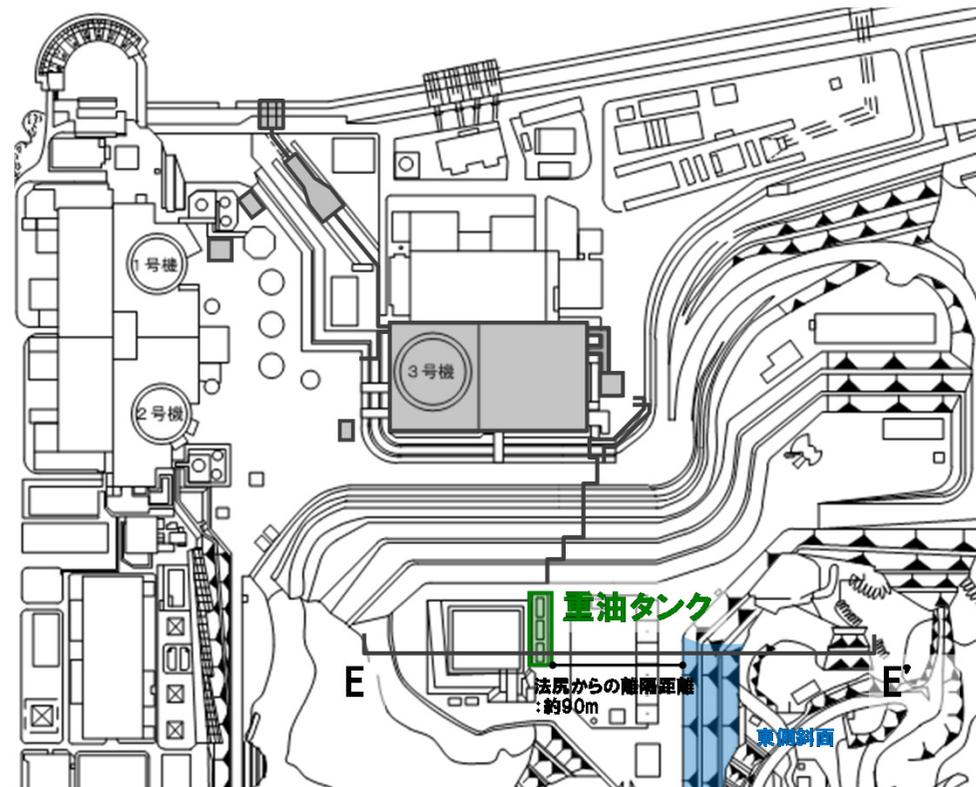
○すべり安全率が評価基準値1.2を上回ることを確認。

8. まとめ

7. (1) 評価断面の選定 (重油タンク)

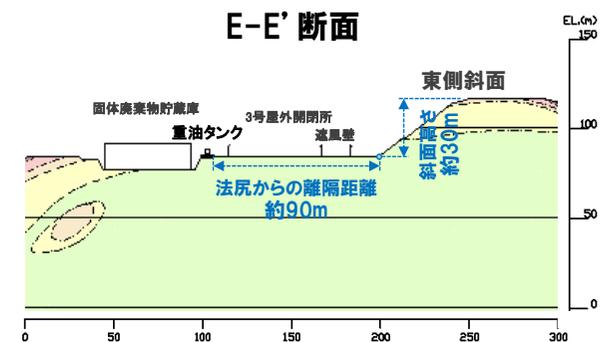
- 重油タンクの周辺には東側斜面が存在する。
- 重油タンクは斜面法尻から十分な離隔距離*が確保されるため、斜面崩壊が生じたとしても重油タンクに影響を及ぼさないことから評価対象斜面ではないと評価する。

※ 斜面崩壊土砂の到達距離に関する各種文献の記載は以下のとおり。
 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：斜面高さの1.4倍 (50m未満となる場合は50m)
 宅地防災マニュアルの解説：斜面高さの2.0倍 (上限は50m)

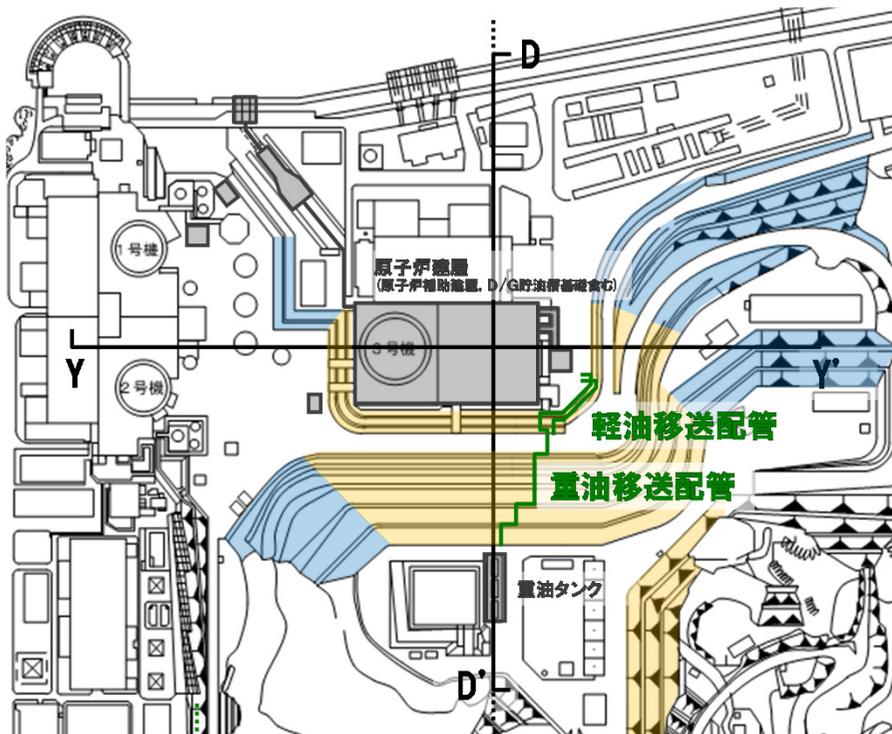


重油タンク構造図

凡例	
盛土	
表土・崖錐堆積物	
海底堆積物	
緑色片岩	①級
	②級
	③級
	④級
	⑤級以上
断層	軟質無
	軟質含
地質境界	
岩級境界	



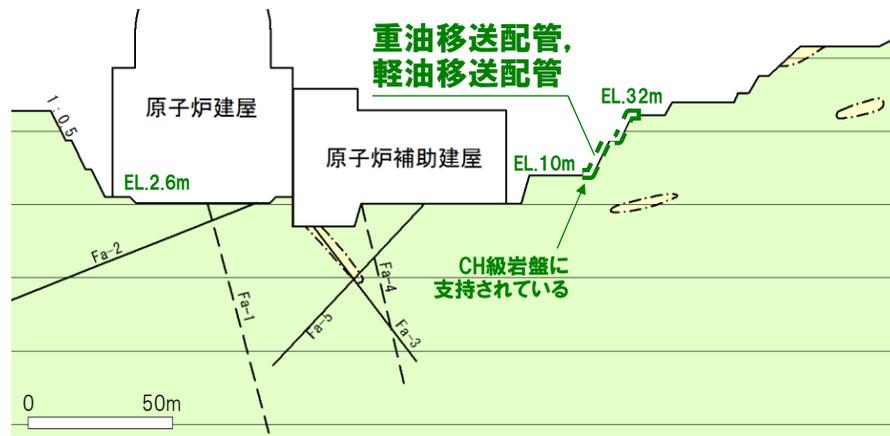
7. (1) 評価断面の選定 (重油移送配管, 軽油移送配管)



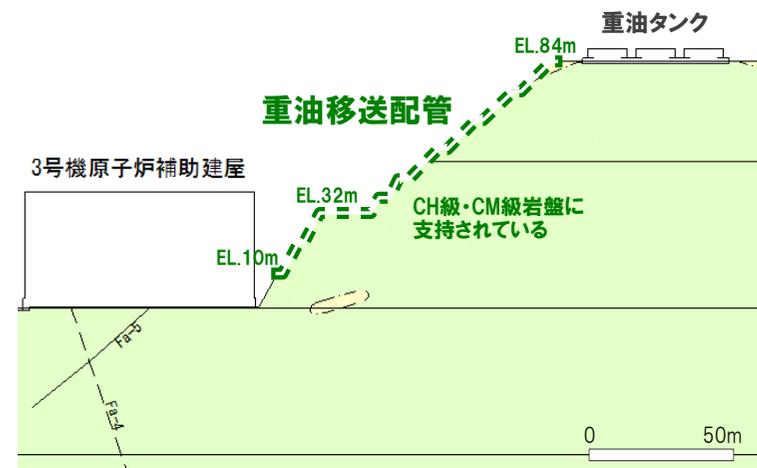
○重油移送配管及び軽油移送配管の周辺斜面に関する評価は、これらの設置位置を踏まえ、原子炉建屋又は重油タンクの周辺斜面の評価に代表させる。

凡例

緑色片岩	ⓐ級	
	ⓑ級以上	
断層	軟質無	---
	軟質含	---/---
岩級境界		---



Y-Y' 断面図



D-D' 断面図

7. (1) 評価断面の選定 (まとめ)

周辺斜面

7. 地震力に対する周辺斜面の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m盤以下	1	原子炉建屋	X-X', Y1-Y1', Y2-Y2', E-E' (a~dブロック) すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	2	海水取水口	地下に設置されているため崩壊土を被らない また、海水取水口は閉塞しない
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	C-C' (h・k・mブロック) すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
32m盤以下	6	緊急時対策所	すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	7	軽油タンク	
	8	空冷式非常用発電装置	X-X'
84m盤以下	9	重油タンク	すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	10	重油移送配管	原子炉建屋, 重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常用発電装置
評価対象断面	X-X'・Y1-Y1'・Y2-Y2'・E-E'	C-C'	X-X'

○簡便法による断面の絞り込み

各評価対象断面について、簡便法により最小すべり安全率を抽出

各施設について、最小すべり安全率が最も小さい1断面を選定

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常用発電装置
動解断面	X-X'	C-C'	X-X'

動解断面	X-X'	C-C'
------	------	------

○解析用岩盤分類図の作成

○解析用要素分割図の作成

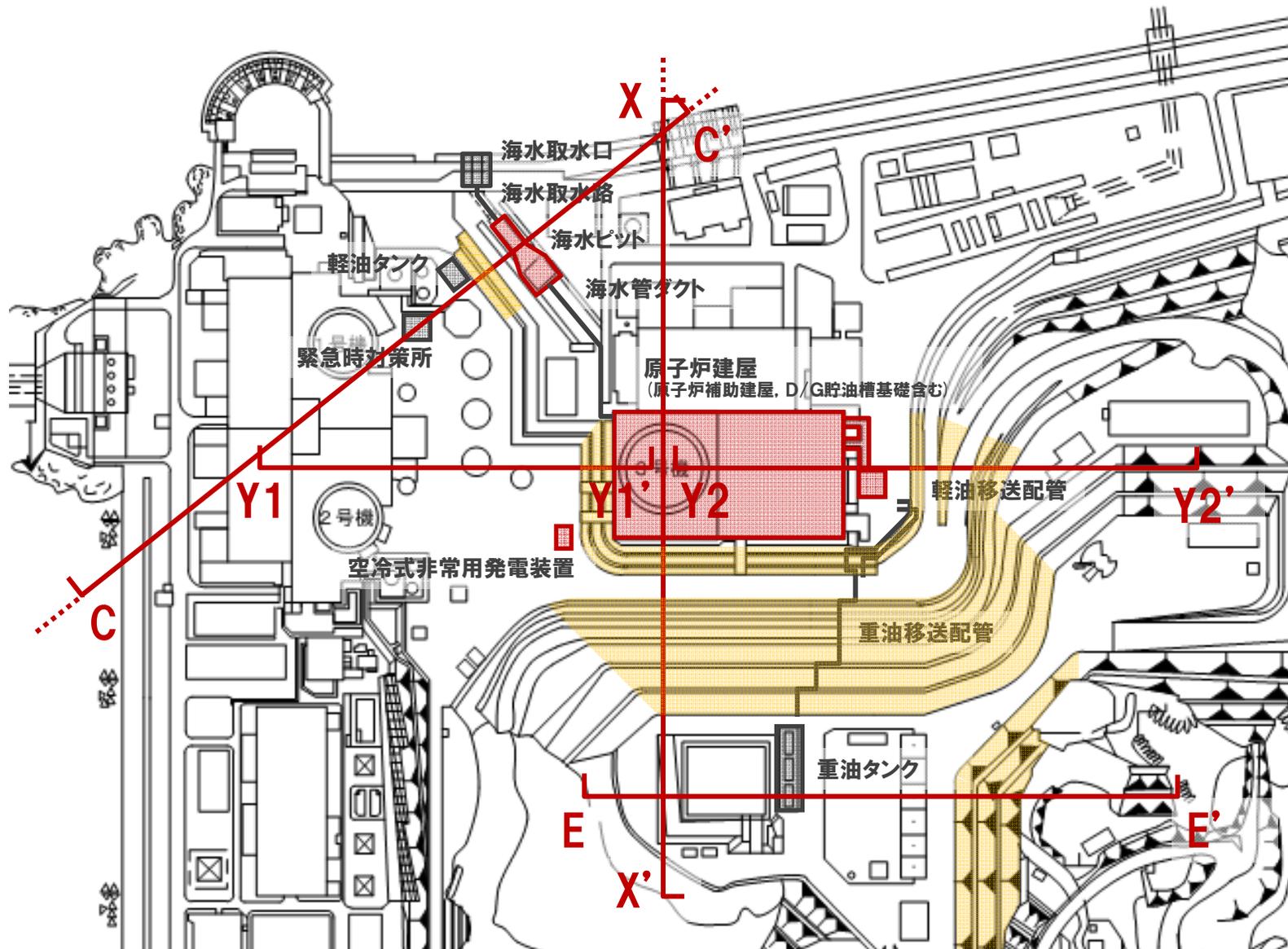
(3) 評価 周辺斜面のすべり

○すべり安全率が評価基準値1.2を上回ることを確認。

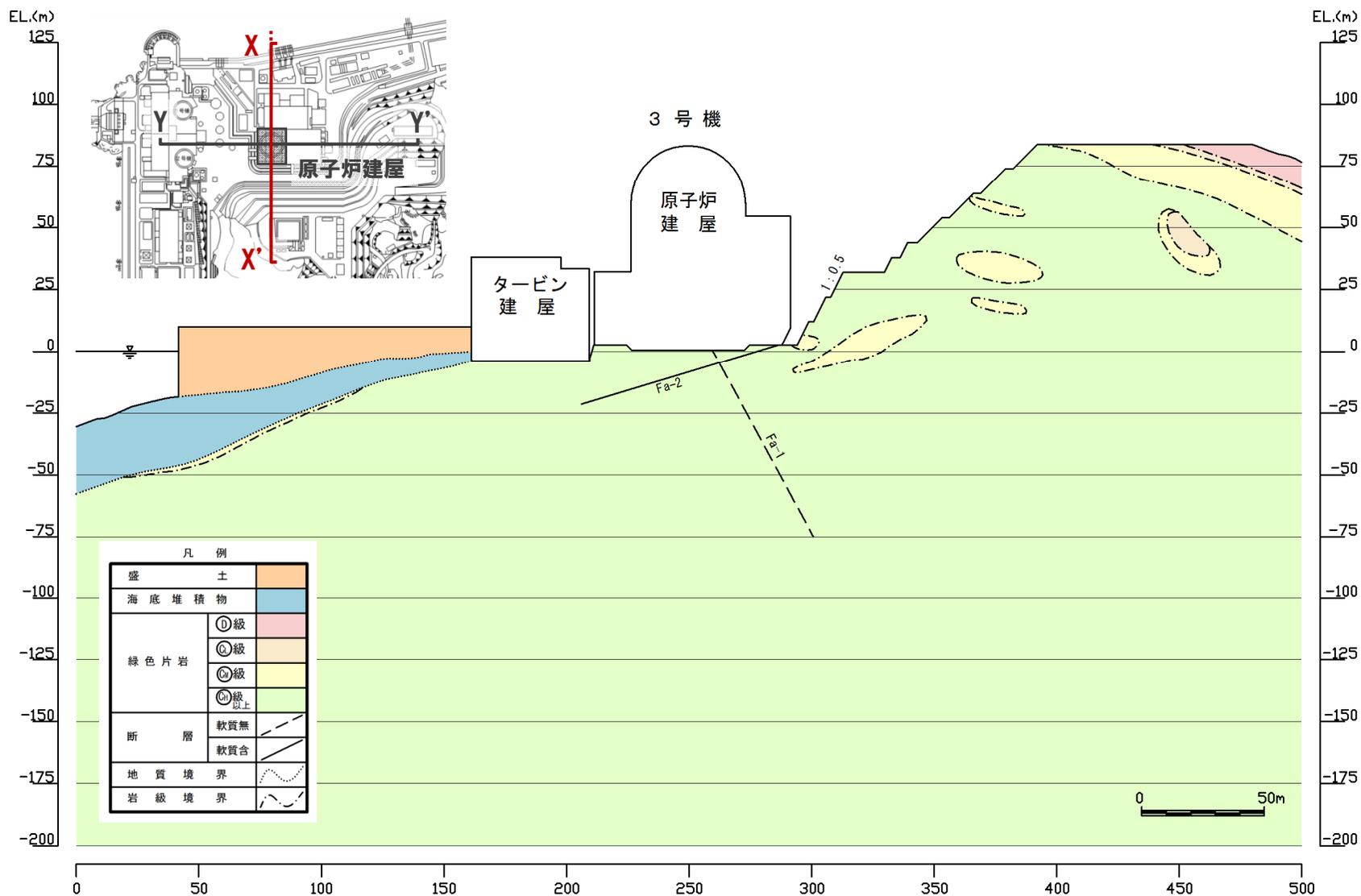
8. まとめ

7. (1) 評価断面の選定 (まとめ)

○以上とおり、地形・地質・断層性状を考慮し、対象施設周辺斜面の評価対象断面としてX-X'・Y1-Y1'・Y2-Y2'・C-C'・E-E'断面を選定する。

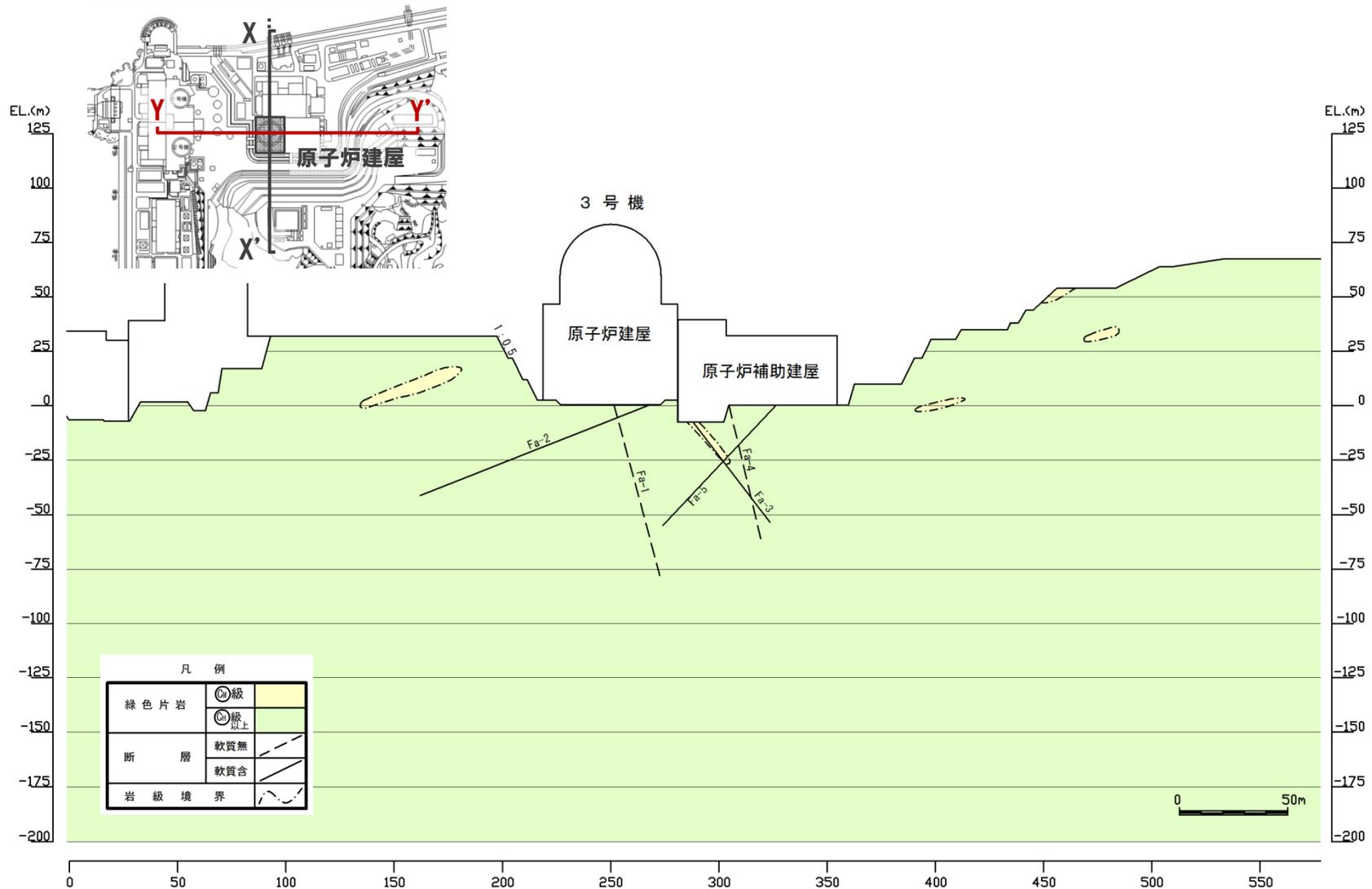


地質断面図 (X-X' 断面)



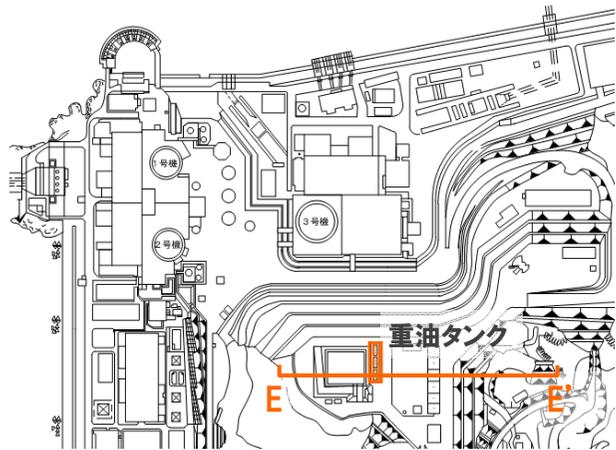
地質断面図 (X-X' 断面)

地質断面図 (Y-Y' 断面 (Y1-Y1'・Y2-Y2'))



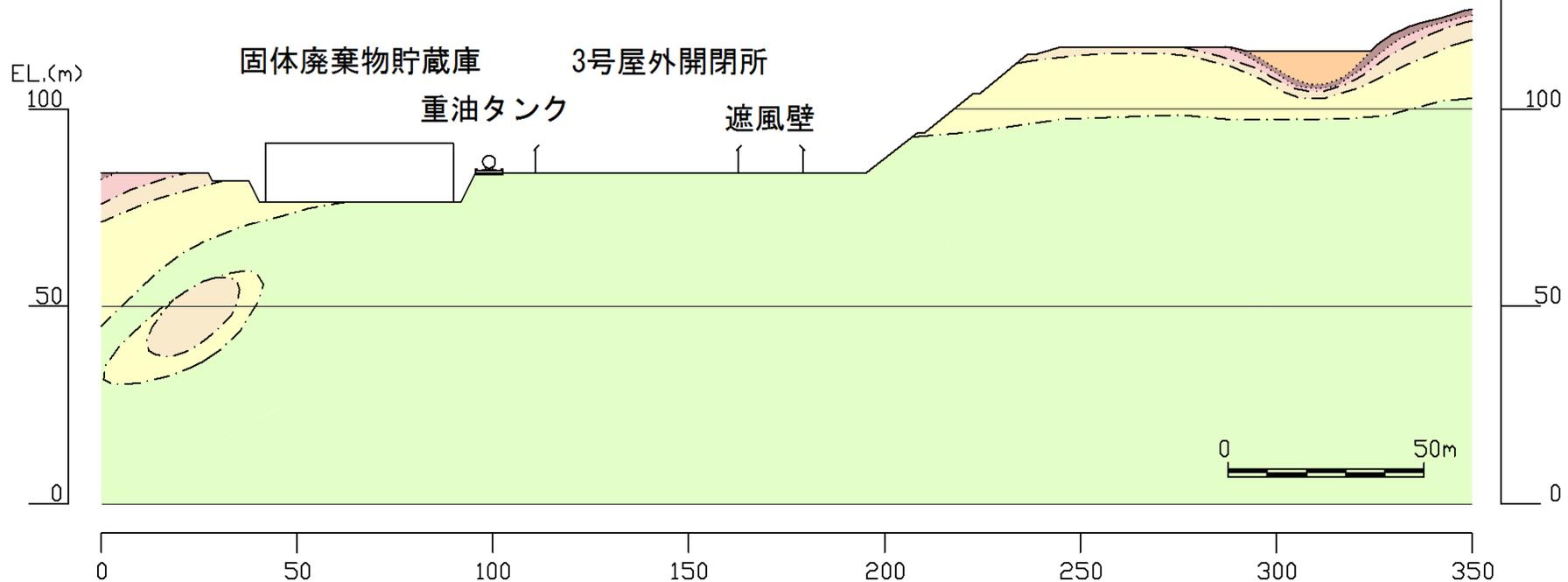
地質断面図 (Y-Y' 断面)

地質断面図 (E-E' 断面)



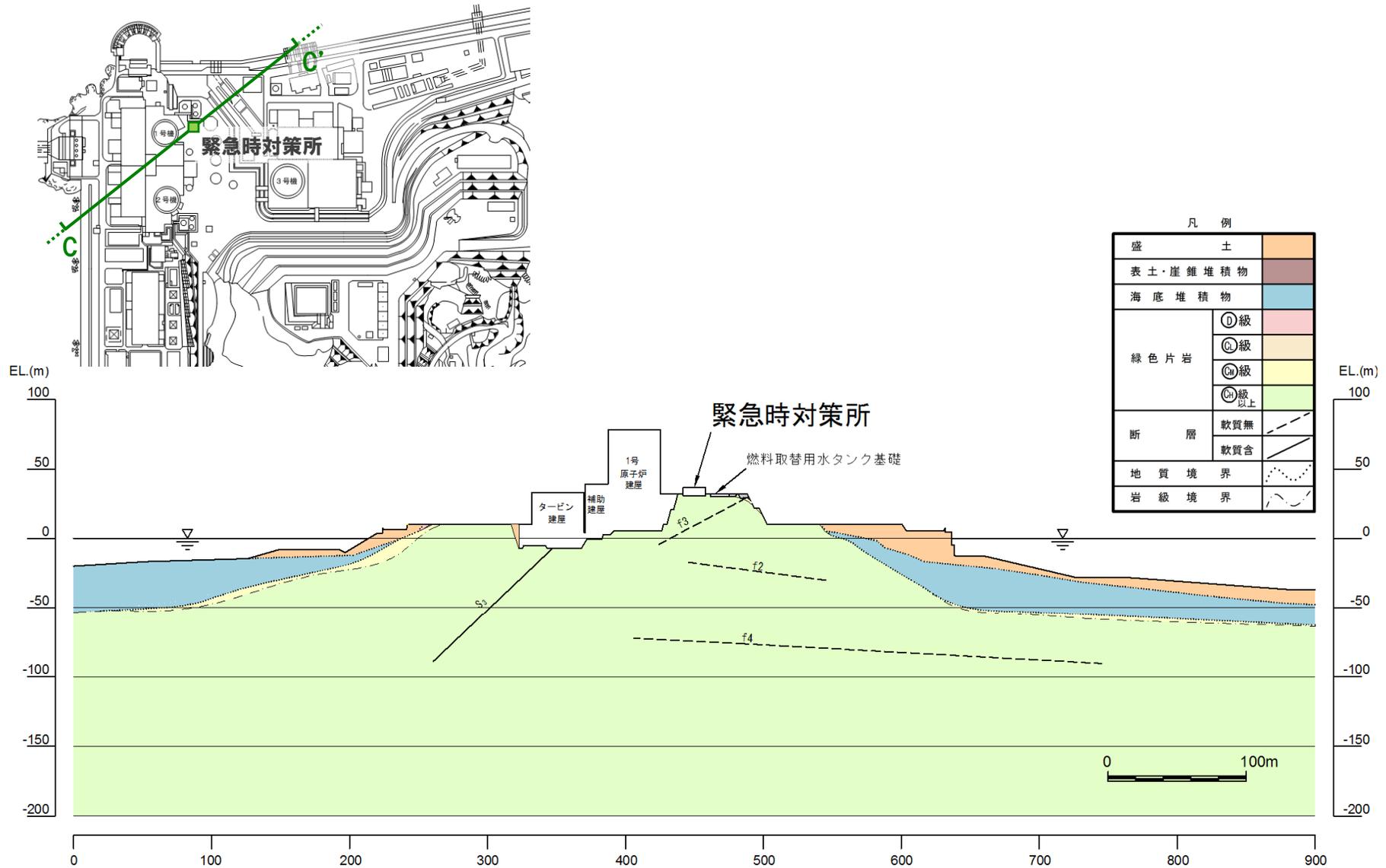
凡例

盛土	
表土・崖錐堆積物	
海底堆積物	
緑色片岩	①級
	②級
	③級
	④級以上
断層	軟質無
	軟質含
地質境界	
岩級境界	



地質断面図 (E-E' 断面)

地質断面図 (C-C' 断面)



地質断面図 (C-C' 断面)

-
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 3. 解析用物性値
 4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価
 5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価
 6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価
 7. 周辺斜面の安定性評価
 - (1) 評価断面の選定
 - (2) モデルの作成
 - (3) 評価 周辺斜面のすべり
 8. まとめ

7. (2) モデルの作成 ~原子炉建屋 (簡便法による断面の絞り込み)~

周辺斜面

7. 地震力に対する周辺斜面の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m 盤 以下	1	原子炉建屋	X-X', Y1-Y1', Y2-Y2', E-E' (a~dブロック) すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	2	海水取水口	地下に設置されているため崩壊土を被らない また、海水取水口は閉塞しない
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	C-C' (h・k・mブロック) すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
32m 盤 以下	6	緊急時対策所	すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	7	軽油タンク	
	8	空冷式非常用発電装置	X-X'
84m 盤 以下	9	重油タンク	すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	10	重油移送配管	原子炉建屋, 重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常用発電装置
評価対象断面	X-X'・Y1-Y1'・Y2-Y2'・E-E'	C-C'	X-X'

○簡便法による断面の絞り込み

各評価対象断面について、簡便法により最小すべり安全率を抽出

各施設について、最小すべり安全率が最も小さい1断面を選定

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常用発電装置
動解断面	X-X'	C-C'	X-X'

動解断面	X-X'	C-C'
------	------	------

○解析用岩盤分類図の作成

○解析用要素分割図の作成

(3) 評価 周辺斜面のすべり

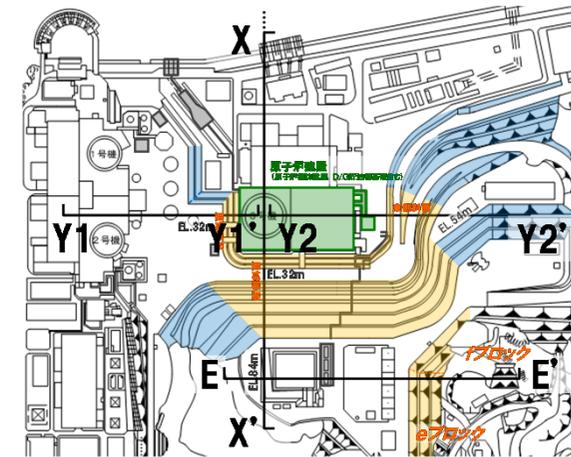
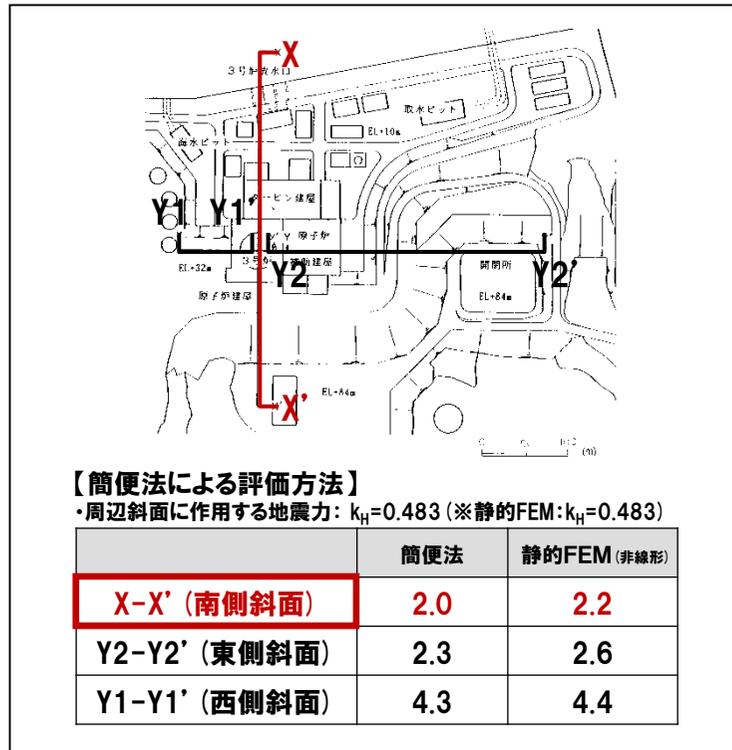
○すべり安全率が評価基準値1.2を上回ることを確認。

8. まとめ

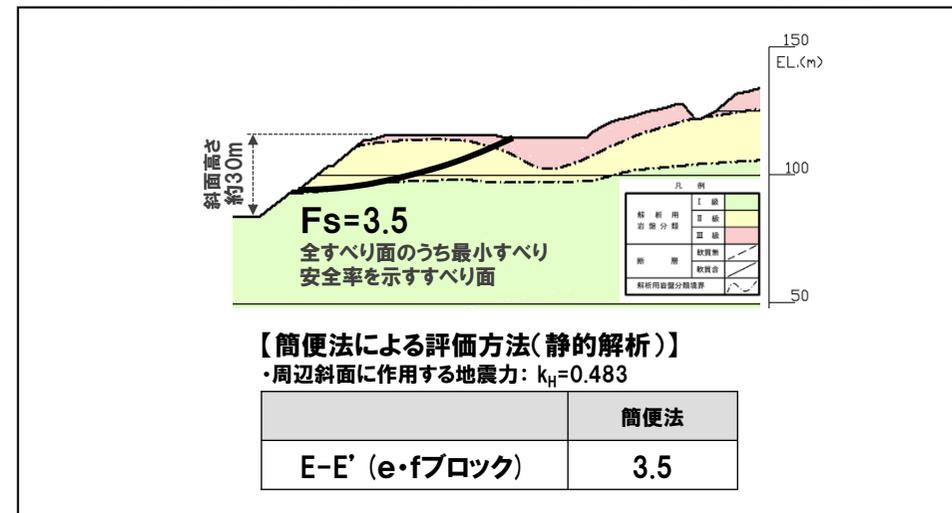
原子炉建屋 (簡便法による断面の絞り込み)

○一次選定したX-X'・Y1-Y1'・Y2-Y2'・E-E'断面について、簡便法による評価結果を参考に、最小すべり安全率が最も厳しくなる1断面を選定する。

【X-X'・Y1-Y1'・Y2-Y2'断面】
(設置変更許可申請時(3号炉増設時)における評価結果を再掲)



【E-E'断面】
(p.55に示した「簡便法の考え方」に基づき、最小すべり安全率を示すすべり面を抽出)



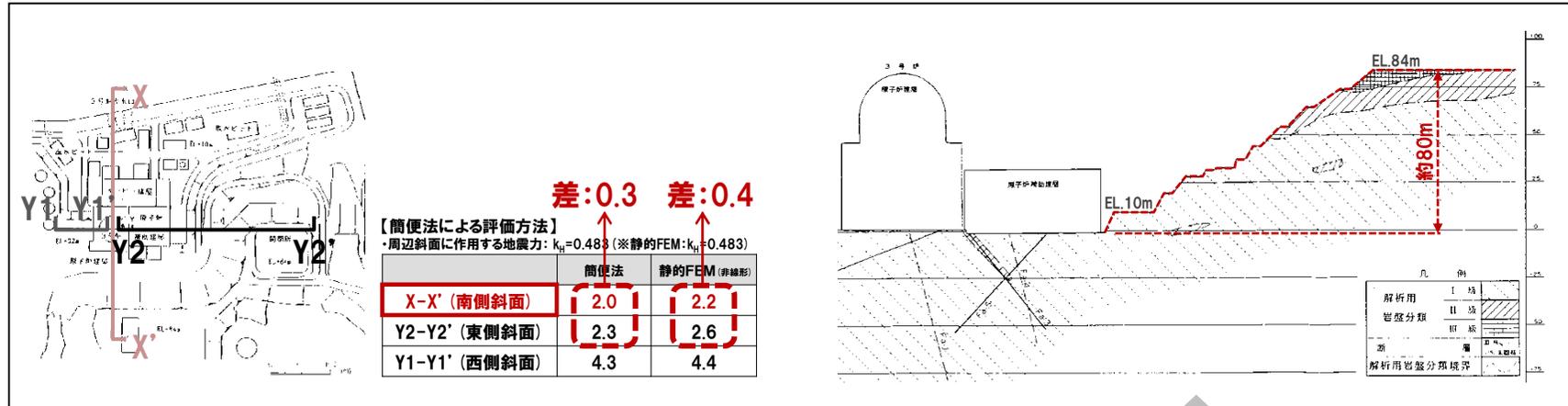
○p.55に示した「簡便法の考え方」に基づき、最小すべり安全率を示すすべり面を抽出した結果、X-X'断面(南側斜面)のすべり安全率が最も厳しいことから、**X-X'断面(南側斜面)を動解断面として選定する。**

原子炉建屋 (簡便法による断面の絞り込み)

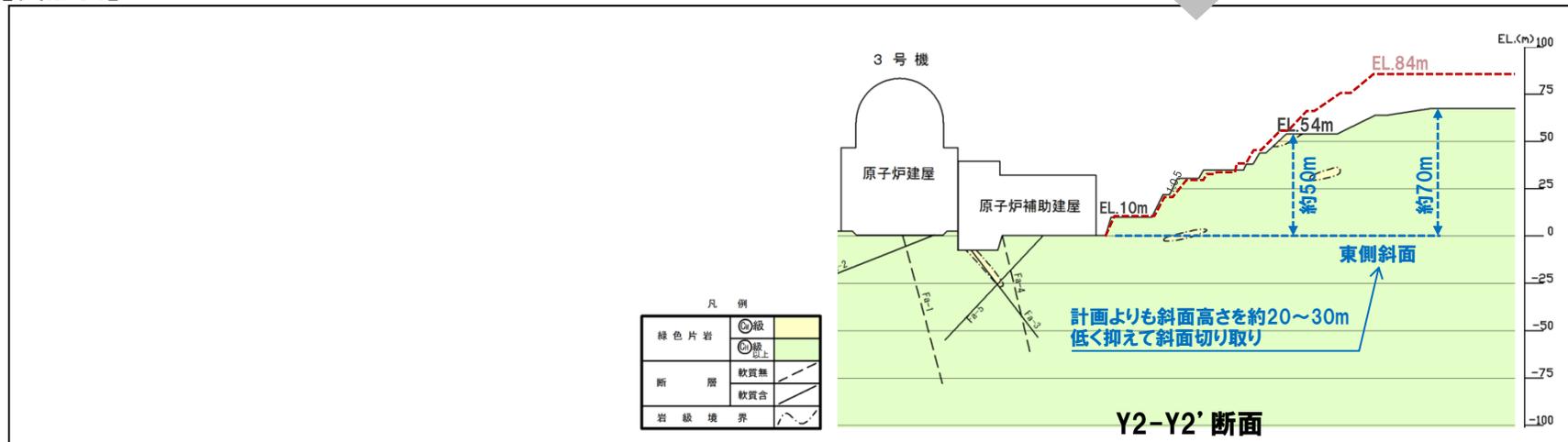
○なお、X-X' 断面とY2-Y2' 断面については、最小すべり安全率の差が0.3~0.4程度とやや小さい。

しかし、Y2-Y2' 断面は、設置変更許可申請時 (3号炉増設時) よりも斜面高さを約20~30m低く抑えて斜面切り取り工事を実施しており、Y2-Y2' 断面の実形状を踏まえれば、その最小すべり安全率はさらに大きくなっていると考えられる。したがって、X-X' 断面とY2-Y2' 断面の最小すべり安全率の差はさらに大きくなっていると考える。

【設置変更許可申請時 (3号炉増設時)】



【実形状】



7. (2) モデルの作成

周辺斜面

7. 地震力に対する周辺斜面の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m盤以下	1	原子炉建屋	X-X', Y1-Y1', Y2-Y2', E-E' (a~dブロック) すべりの方向が対象施設に向かない、 または離隔距離が十分
	2	海水取水口	地下に設置されているため崩壊土を被らない また、海水取水口は閉塞しない
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	C-C' (h・k・mブロック) すべりの方向が対象施設に向かない、 または離隔距離が十分
32m盤以下	6	緊急時対策所	すべりの方向が対象施設に向かない、 または離隔距離が十分
	7	軽油タンク	
	8	空冷式非常用発電装置	X-X'
84m盤以下	9	重油タンク	すべりの方向が対象施設に向かない、 または離隔距離が十分
	10	重油移送配管	原子炉建屋、重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常用発電装置
評価対象断面	X-X'・Y1-Y1'・Y2-Y2'・E-E'	C-C'	X-X'

○簡便法による断面の絞り込み

各評価対象断面について、簡便法により最小すべり安全率を抽出

各施設について、最小すべり安全率が最も小さい1断面を選定

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常用発電装置
動解断面	X-X'	C-C'	X-X'

動解断面 X-X' C-C'

○解析用岩盤分類図の作成

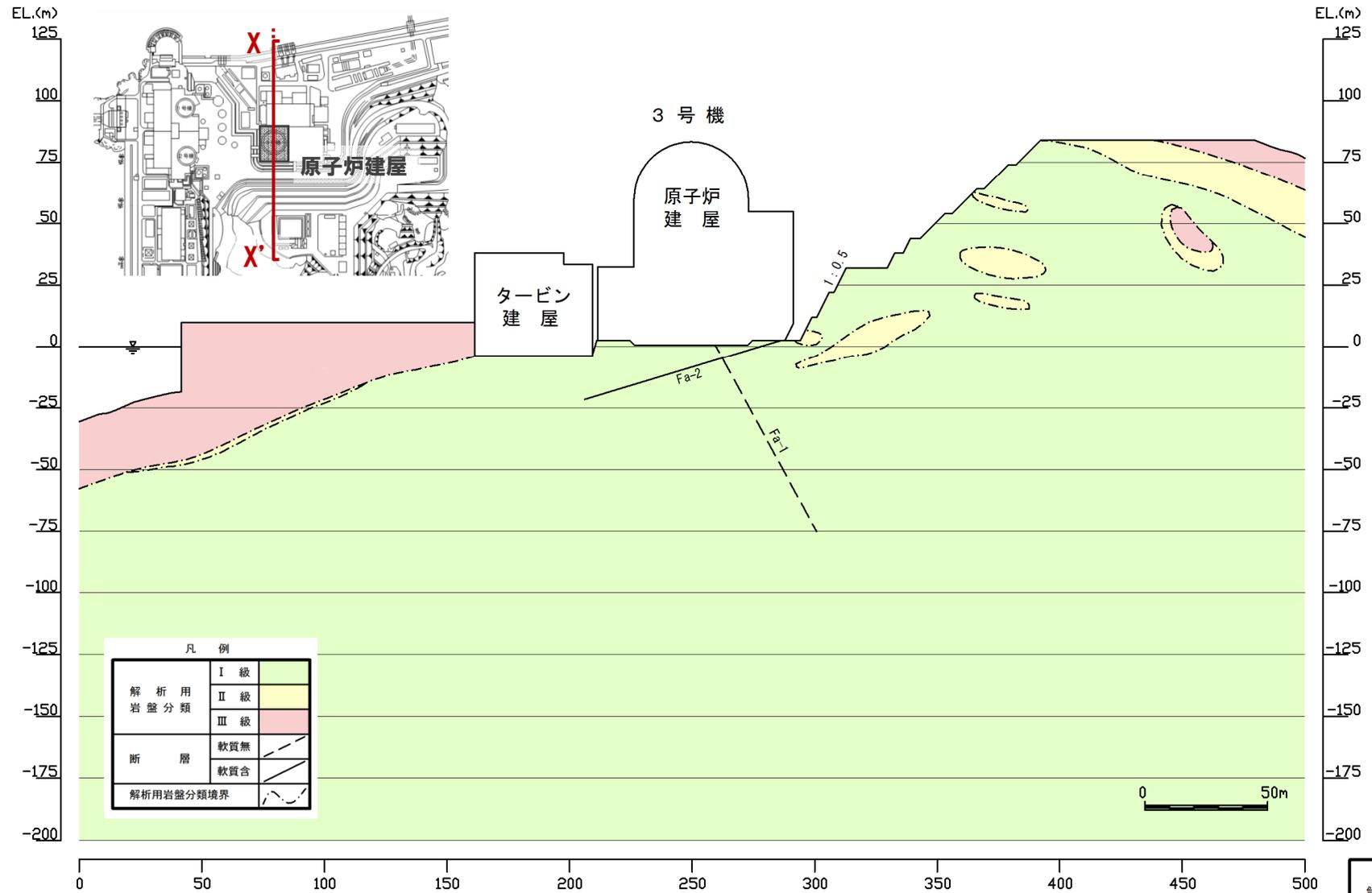
○解析用要素分割図の作成

(3) 評価 周辺斜面のすべり

○すべり安全率が評価基準値1.2を上回ることを確認。

8. まとめ

解析用岩盤分類図 (X-X' 断面)



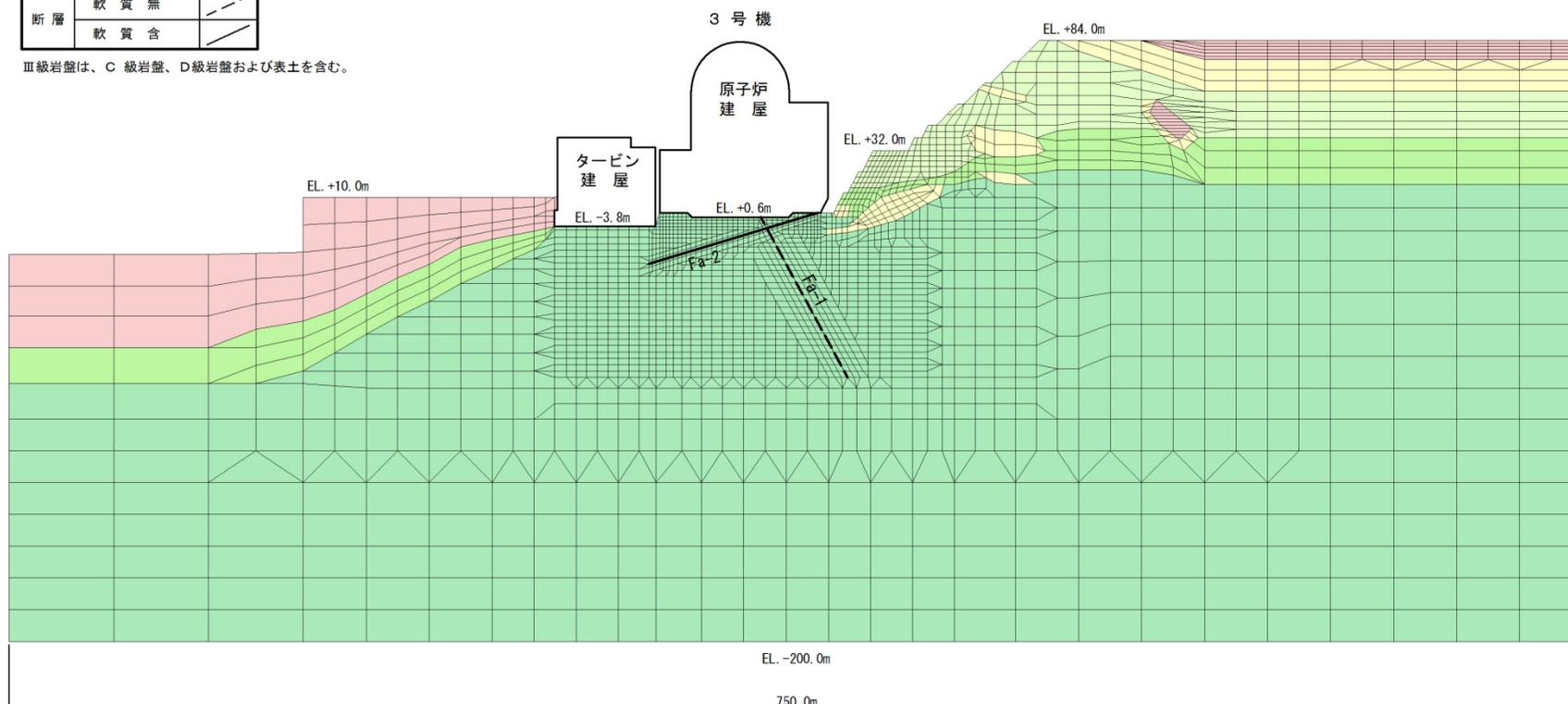
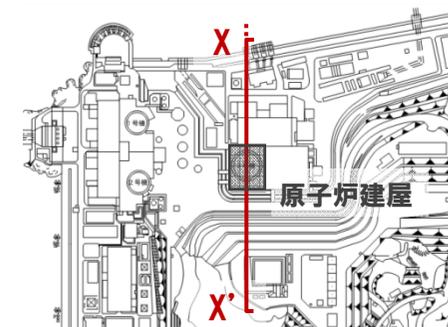
解析用岩盤分類図 (X-X' 断面)

解析用要素分割図 (X-X' 断面)

凡 例

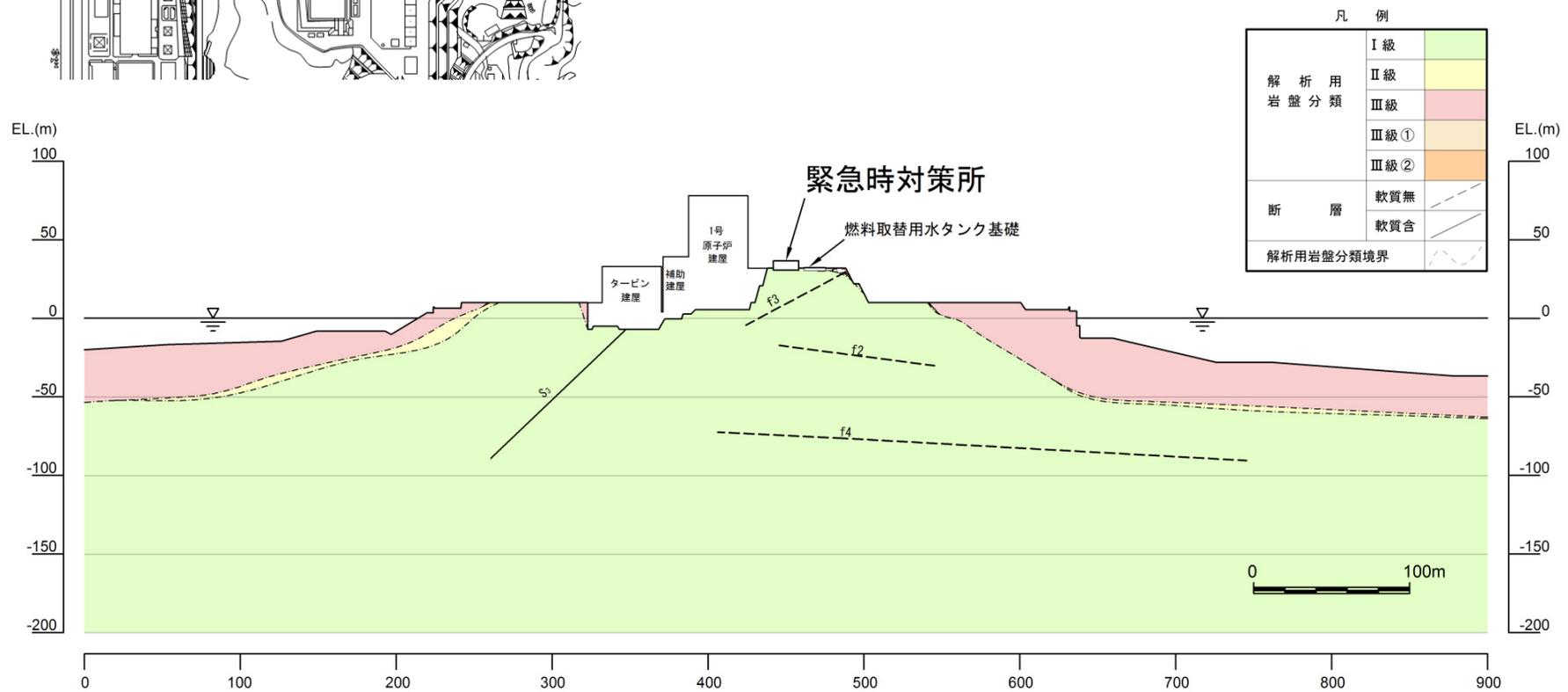
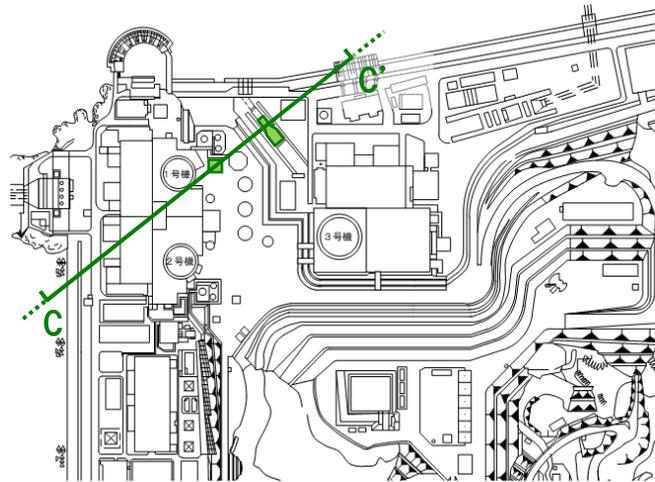
I 級	Vs = 2.7 km/s	
	Vs = 2.3 km/s	
	Vs = 1.7 km/s	
II 級		
III 級		
断 層	軟 質 無	
	軟 質 含	

III級岩盤は、C級岩盤、D級岩盤および表土を含む。



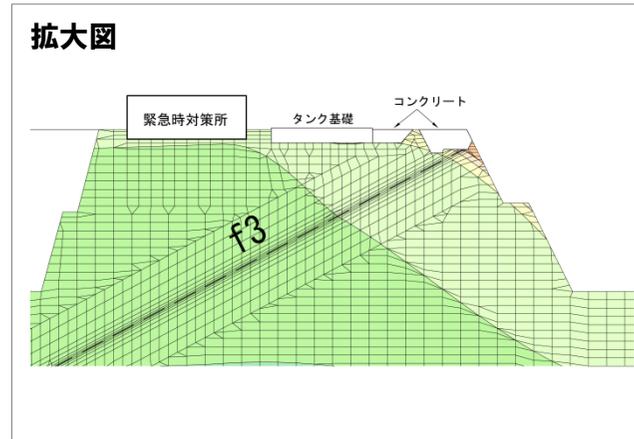
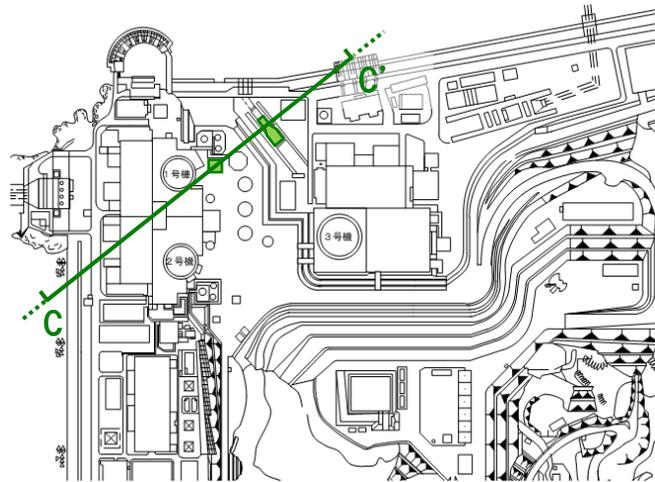
解析用要素分割図 (X-X' 断面)

解析用岩盤分類図 (C-C' 断面)



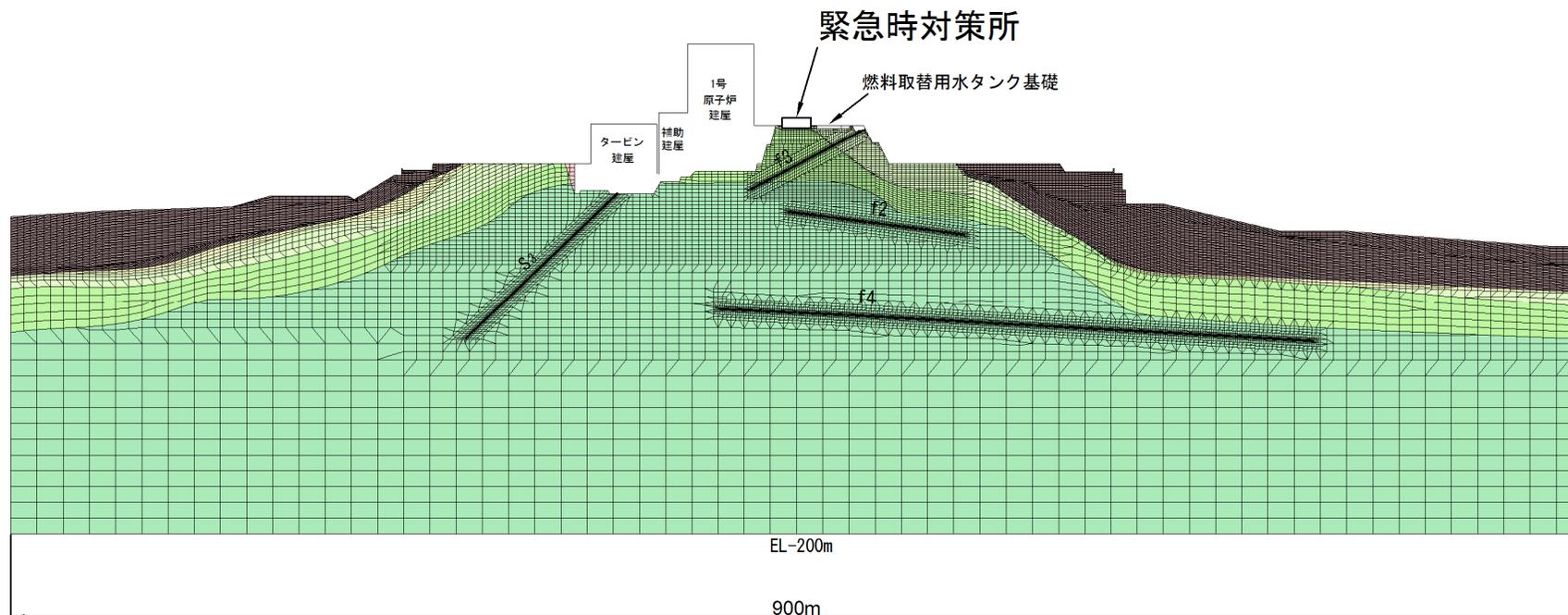
解析用岩盤分類図 (C-C' 断面)

解析用要素分割図 (C-C' 断面)



凡例

I 級	Vs = 2.7 km/s	
	Vs = 2.3 km/s	
	Vs = 1.7 km/s	
II 級		
III 級		
III 級 ①		
III 級 ②		
断層 (軟質無)		
断層 (軟質含)		



解析用要素分割図 (C-C' 断面)

-
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 3. 解析用物性値
 4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価
 5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価
 6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価
 7. 周辺斜面の安定性評価
 - (1) 評価断面の選定
 - (2) モデルの作成
 - (3) 評価 周辺斜面のすべり
 8. まとめ

7. (3) 評価 周辺斜面のすべり

周辺斜面

7. 地震力に対する周辺斜面の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m 盤 以下	1	原子炉建屋	X-X', Y1-Y1', Y2-Y2', E-E' (a~dブロック) すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	2	海水取水口	地下に設置されているため崩壊土を被らない また、海水取水口は閉塞しない
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	C-C' (h・k・mブロック) すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
32m 盤 以下	6	緊急時対策所	すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	7	軽油タンク	
	8	空冷式非常用発電装置	X-X'
84m 盤 以下	9	重油タンク	すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	10	重油移送配管	原子炉建屋、重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常用発電装置
評価対象断面	X-X'・Y1-Y1'・Y2-Y2'・E-E'	C-C'	X-X'

○簡便法による断面の絞り込み

各評価対象断面について、簡便法により最小すべり安全率を抽出

各施設について、最小すべり安全率が最も小さい1断面を選定

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常用発電装置
動解断面	X-X'	C-C'	X-X'

動解断面	X-X'	C-C'
------	------	------

○解析用岩盤分類図の作成

○解析用要素分割図の作成

(3) 評価 周辺斜面のすべり

○すべり安全率が評価基準値1.2を上回ることを確認。

8. まとめ

評価内容 すべり安全率

【周辺斜面のすべり】

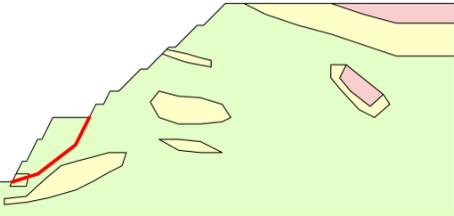
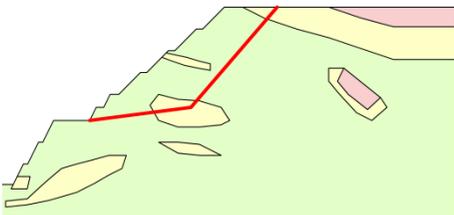
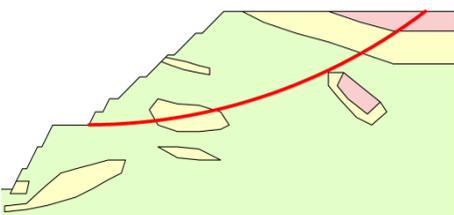
- 想定したすべり面上の応力状態をもとに、すべり面上のせん断抵抗力の和をすべり面上のせん断力の和で除して求める。

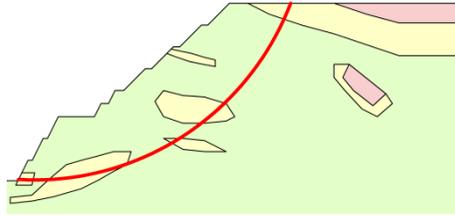
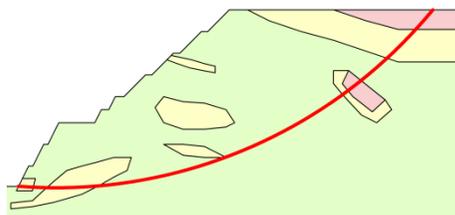
$$\text{すべり安全率} = \frac{\Sigma(\text{すべり面上のせん断抵抗力})}{\Sigma(\text{すべり面上のせん断力})}$$

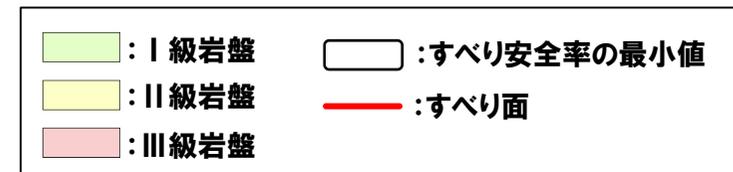
- すべり安全率が評価基準値1.2を上回ることを確認する。
- すべり面は、簡便法によるすべり、応力状態を考慮したすべり、断層沿いのすべり等を想定する。

詳細データ集pp.68-75参照 (III.2. すべり面設定の考え方)

評価結果 すべり安全率 X-X' 断面

	すべり面形状	基準地震動	最小すべり安全率
1	 モビライズド面を考慮したすべり面	Ss-1 (+,-)	4.0
2	 モビライズド面を考慮したすべり面	Ss-1 (+,-)	2.1
3	 要素安全率が低い領域を考慮したすべり面	Ss-1 (+,-)	1.3 [1.3]

	すべり面形状	基準地震動	最小すべり安全率
4	 簡便法によるすべり面	Ss-3-1 (-,+)	1.7
5	 簡便法によるすべり面	Ss-3-1 (-,+)	1.7



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

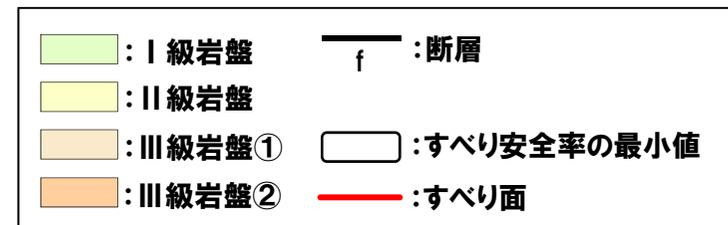
※ 類似したすべり面形状については、安全率が最も小さいものについて掲載。

※ []内の数値は、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」(原子力規制委員会, 2013)に基づき実施した静的非線形解析による最小すべり安全率。

評価結果 すべり安全率 C-C' 断面

	すべり面形状	基準地震動	最小すべり安全率
1	<p>簡便法によるすべり面</p>	Ss-1 (-, -)	2.6
2	<p>法肩部のすべり面</p>	Ss-1 (-, -)	3.1
3	<p>断層沿いのすべり面</p>	Ss-1 (-, -)	4.6

	すべり面形状	基準地震動	最小すべり安全率
4	<p>要素安全率が低い領域を考慮したすべり面</p>	Ss-1 (-, -)	2.6
5	<p>モビライズド面を考慮したすべり面</p>	Ss-1 (-, -)	2.3



※ 基準地震動の(+,+)は位相反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※ 類似したすべり面形状については、安全率が最も小さいものについて掲載。

-
1. 評価方針
 2. 地質の概要
 3. 解析用物性値
 4. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価
 5. 周辺地盤の変状による施設への影響評価
 6. 地殻変動による基礎地盤の変形の影響評価
 7. 周辺斜面の安定性評価
 8. まとめ

8. まとめ

周辺斜面

7. 地震力に対する周辺斜面の安定性評価

(1) 評価断面の選定

設置位置	管理番号	評価対象施設	評価対象断面
10m盤以下	1	原子炉建屋	X-X', Y1-Y1', Y2-Y2', E-E' (a~dブロック) すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	2	海水取水口	地下に設置されているため崩壊土を被らない
	3	海水取水路	
	4	海水管ダクト	
	5	海水ピット	C-C' (h・k・mブロック) すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
32m盤以下	6	緊急時対策所	すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	7	軽油タンク	
	8	空冷式非常用発電装置	X-X'
84m盤以下	9	重油タンク	すべりの方向が対象施設に向かない, または離隔距離が十分
	10	重油移送配管	原子炉建屋, 重油タンクの評価で代表
	11	軽油移送配管	

(2) モデルの作成

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常用発電装置
評価対象断面	X-X'・Y1-Y1'・Y2-Y2'・E-E'	C-C'	X-X'

○簡便法による断面の絞り込み

各評価対象断面について、簡便法により最小すべり安全率を抽出

各施設について、最小すべり安全率が最も小さい1断面を選定

施設	原子炉建屋	海水ピット	空冷式非常用発電装置
動解断面	X-X'	C-C'	X-X'

動解断面	X-X'	C-C'
------	------	------

○解析用岩盤分類図の作成

○解析用要素分割図の作成

(3) 評価 周辺斜面のすべり

○すべり安全率が評価基準値1.2を上回ることを確認。

まとめ

- 原子炉建屋等の耐震重要施設※¹及び常設重大事故等対処施設※²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した。
- 原子炉建屋等の耐震重要施設※¹及び常設重大事故等対処施設※²が設置される地盤は、基準地震動による地震力に対して、基礎の支持力、基礎地盤のすべり、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。
- 原子炉建屋等の耐震重要施設※¹及び常設重大事故等対処施設※²は、新鮮かつ堅硬な岩盤に支持されていることから、不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等の影響が生じないことを確認した。
- 地殻変動による基礎底面の傾斜について、評価基準値を満足することを確認した。
- 原子炉建屋等の耐震重要施設※¹及び常設重大事故等対処施設※²の周辺斜面は、基準地震動による地震力に対して、すべり安全率が評価基準値を満足することを確認した。
- 以上のとおり、伊方発電所3号炉の耐震重要施設※¹及び常設重大事故等対処施設※²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、設置許可基準規則※³ 3条、4条、38条及び39条に適合していることを確認した。

※¹ 耐震設計上の重要度分類Sクラスの機器・系統及びそれらを支持する建物・構築物

※² 常設耐震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)

※³ 「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)

参考文献

- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2008」, 一般社団法人 日本電気協会 原子力規格委員会, 2008
- ・「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
- ・「The displacement fields of inclined faults」, Mansinha,L. and Smilie,D.E., Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.61, 5, 1971
- ・「宅地防災マニュアルの解説[第二次改訂版][Ⅱ]」, [編集]宅地防災研究会, 2007