

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密
又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の 基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について

平成29年9月8日
日本原子力発電株式会社

第486回合同審査会合を踏まえた本資料の位置付けについて

【第486回合同審査会合における議論の要旨】

- 第486回合同審査会合では、敷地の耐震重要施設等※に関する液状化影響の検討方針について、以下を示した。
 - ・ 耐震重要施設等※については、十分な支持性能を有する岩盤に直接または杭を介して設置する。
 - ・ 耐震重要施設等※については、地盤の液状化を仮定し、その影響を考慮しても安全機能が損なわれない構造とする。



【第486回合同審査会合を踏まえた当社の耐震重要施設等※設計方針】

- ◆ 当社における耐震重要施設等※は、直接または杭を介して十分な支持性能を有する岩盤（久米層）に支持されており、かつ杭においては、その周辺地盤を強制的に液状化させるよう仮定した場合においても、支持機能及び杭本体の構造成立性が担保されるような構造とする。また、その際に地盤変状が生じた場合においても、その安全機能が損なわれないよう、適切な対策を講ずる計画とする。



【上記を踏まえた、本資料の位置付けについて】

当社の耐震重要施設等※は、設置許可基準規則第三条第1項及び第2項における液状化等の地盤変状に対する要求事項を満たす設計方針としていることから、本資料は、二次元等価線形全応力解析（SuperFLUSH）を基本に、安定性評価を行い各項目について記載したものである。なお、設置許可基準規則第三条第3項については、第467回審査会合資料1に示すとおり、敷地には将来活動する可能性のある断層等は存在しないことを確認している。

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

目 次

1. 評価概要	
1.1 評価概要	4
1.2 評価対象施設	6
1.3 敷地の地質・地質構造の概要	8
2. 基礎地盤の安定性評価	
2.1 評価方針	14
2.2 解析用物性値	37
2.3 評価方法	48
2.4 入力地震動	68
2.5 評価結果	72
3. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価	
3.1 周辺地盤の変状による重要施設への影響	102
3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響	104
4. 周辺斜面の安定性評価	113
5. まとめ	119

目 次

1. 評価概要	
1.1 評価概要	4
1.2 評価対象施設	6
1.3 敷地の地質・地質構造の概要	8
2. 基礎地盤の安定性評価	
2.1 評価方針	14
2.2 解析用物性値	37
2.3 評価方法	48
2.4 入力地震動	68
2.5 評価結果	72
3. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価	
3.1 周辺地盤の変状による重要施設への影響	102
3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響	104
4. 周辺斜面の安定性評価	113
5. まとめ	119

1. 評価概要

1.1 評価概要

- 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、審査ガイドに準拠し以下に示す事項を確認する。

基礎地盤の安定性評価

1. 将来活動する可能性のある断層等の有無

耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設が設置される地盤に、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

以下の事項を確認することにより、地震力に対して施設の安全機能が重大な影響を受けないことを確認する。

- 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重要施設への影響評価

地震発生に伴う周辺地盤の変状による建物・構造物間の不等沈下、液状化、揺すり込み沈下等により、当該建物及び構造物の安全機能が重大な影響を受けないことを確認する。

4. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響評価

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

周辺斜面の安定性評価

1. 地震力に対する周辺斜面の安定性評価

地震力に対して周辺斜面が崩壊し、施設の安全機能が重大な影響を受けないことを確認する。

※1：耐震重要度分類Sクラスの機器・系統及びこれらを支持する建物・構築物

※2：常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備が設置されている重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く）

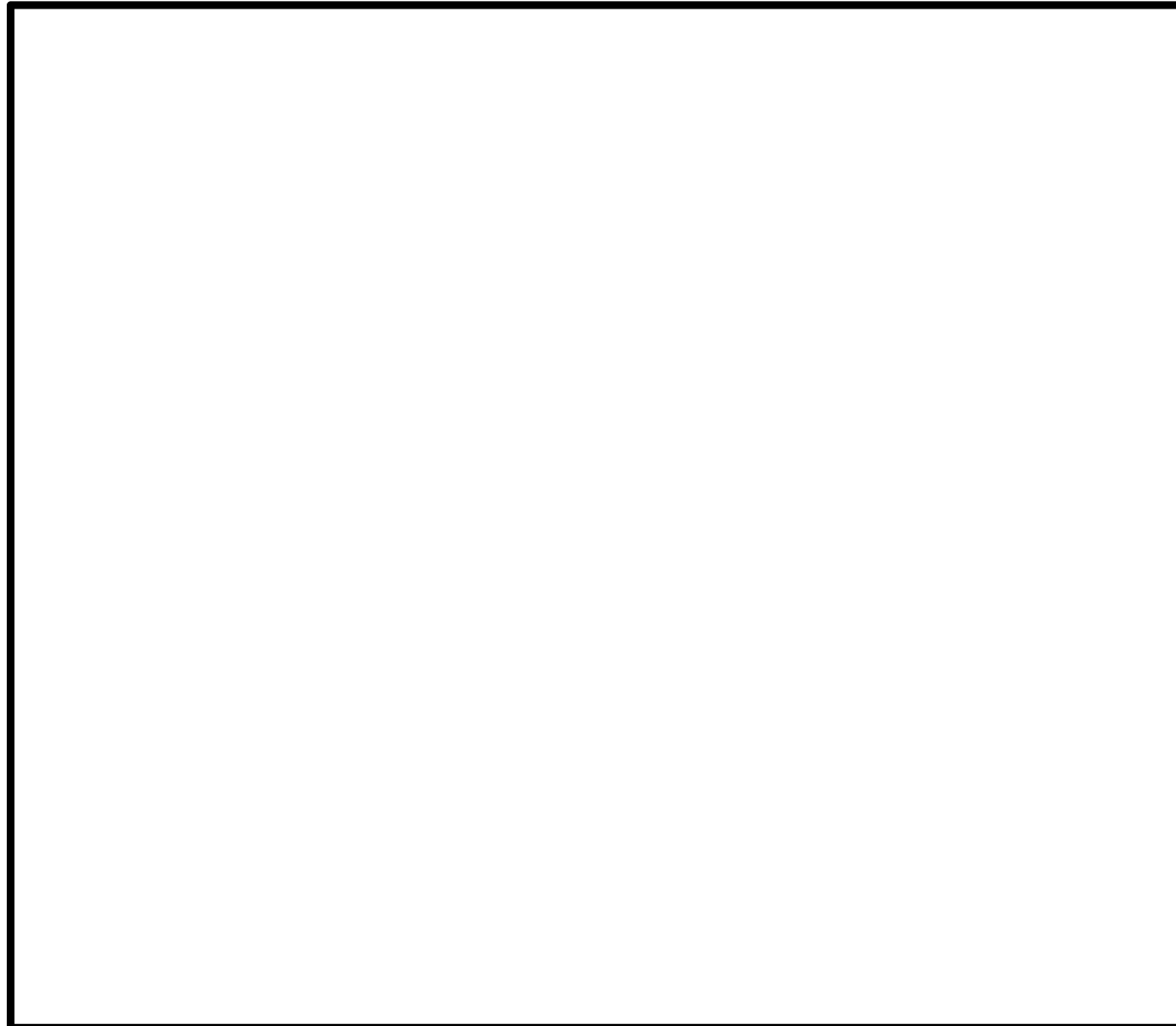
目 次

1. 評価概要	
1.1 評価概要	4
1.2 評価対象施設	6
1.3 敷地の地質・地質構造の概要	8
2. 基礎地盤の安定性評価	
2.1 評価方針	14
2.2 解析用物性値	37
2.3 評価方法	48
2.4 入力地震動	68
2.5 評価結果	72
3. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価	
3.1 周辺地盤の変状による重要施設への影響	102
3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響	104
4. 周辺斜面の安定性評価	113
5. まとめ	119

1. 評価概要

1.2 評価対象施設

- 設置許可基準規則第三条及び第四条の対象となる「耐震重要施設」及び設置許可基準規則第三十八条及び第三十九条の対象となる「常設重大事故等対処施設※」を以下に示す。



耐震重要施設
【使用済燃料乾式貯蔵建屋】
防潮堤
鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）

常設重大事故等対処施設
緊急時対策所
緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク
常設代替高圧電源装置
緊急用海水ポンプピット
緊急用海水取水管
SA用海水ピット取水塔
海水引込み管
SA用海水ピット
格納容器圧力逃がし装置格納槽
常設低圧代替注水系格納槽
可搬型設備用軽油タンク

耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設
【原子炉建屋】
常設代替高圧電源装置電路、燃料移送配管
軽油貯蔵タンク
非常用海水系配管【屋外二重管】
【取水構造物（取水路、海水ポンプ室）】
貯留堰
非常用ガス処理系排気筒【排気筒】

評価対象施設の平面配置

【 】は、耐震重要施設を支持する建物・構築物を示す。

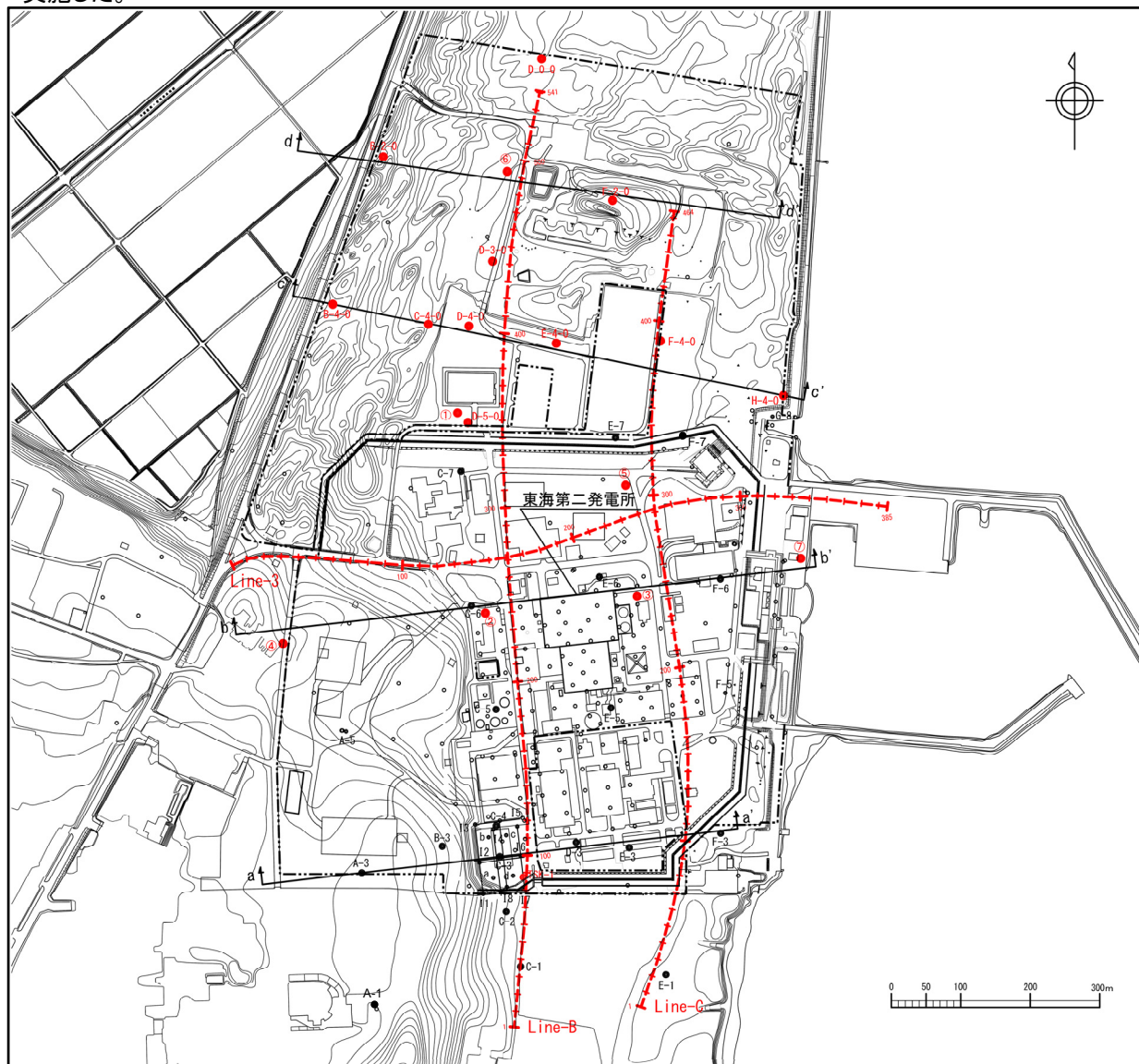
※ 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く）

目 次

1. 評価概要	
1.1 評価概要	4
1.2 評価対象施設	6
1.3 敷地の地質・地質構造の概要	8
2. 基礎地盤の安定性評価	
2.1 評価方針	14
2.2 解析用物性値	37
2.3 評価方法	48
2.4 入力地震動	68
2.5 評価結果	72
3. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価	
3.1 周辺地盤の変状による重要施設への影響	102
3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響	104
4. 周辺斜面の安定性評価	113
5. まとめ	119

敷地の調査内容

- ・敷地の地質・地質構造の評価にあたっては、審査会合(H27.5.29)の指摘を踏まえ、追加でボーリング調査及び反射法地震探査等を実施した。
- ・久米層の構造評価にあたっては、これらの追加実施した調査結果も含め、岩相区分、侵食境界、鍵層の分布、反射法地震探査結果に基づくユニット区分を追加で実施した。



審査会合(H27.5.29)の指摘を踏まえ
申請(H26.5.20)以降の評価に追加

- ・ボーリング調査
19孔, 合計約5,100m
- ・ボアホールテレビ調査
15孔, 合計約2,300m
- ・反射法地震探査
3測線 合計約4,250m
受振器: 速度型地震計(3個グループ)
受振間隔: 10m
震源:
(中型バイブレーター 1台)
スイープ周波数: 15~130Hz
(一部12~100Hz)
起震間隔: 5m (一部10m)
(油圧インパクト 1台)
起震間隔: 5m
垂直方向分解能:
約5m(浅部)~約15m(深部)

凡 例

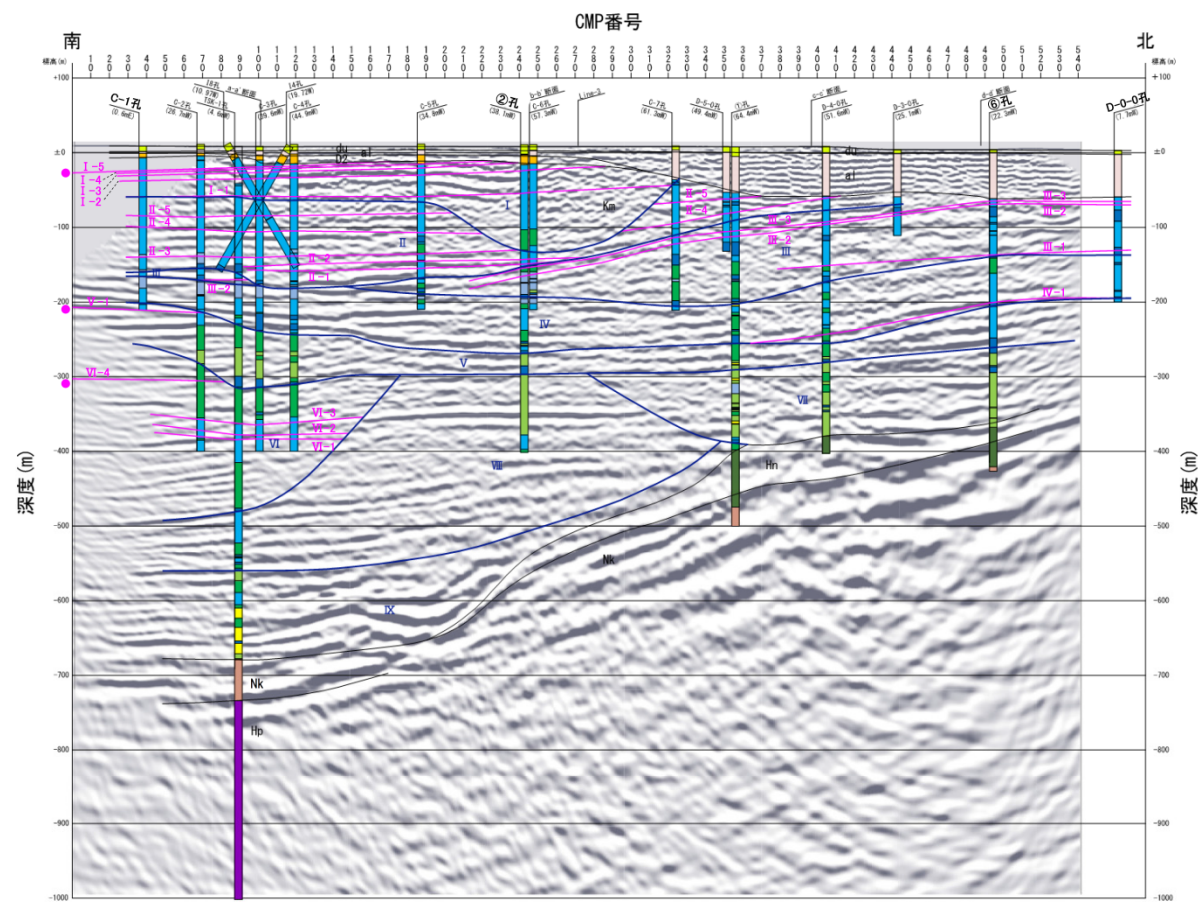
- 鉛直ボーリング
- 鉛直ボーリング
- 斜めボーリング, ボアホールテレビ調査
- 鉛直ボーリング, ボアホールテレビ調査(追加分)
- +— 反射法地震探査測線(追加分)

--- 敷地境界

□ : 岩相区分, 鍵層の分布等に基づく詳細解析を実施

a1 a' : 地質断面の範囲(上記反射法地震探査測線位置においても地質断面図を作成)

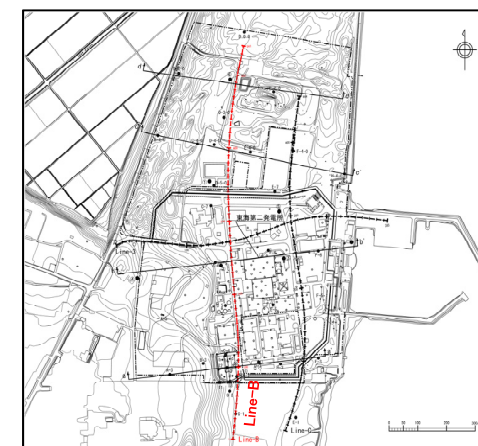
コア観察結果及び反射法地震探査の結果から、地質断面図を作成した。



●: 日本原子力研究開発機構の敷地に連続する鍵層

※ボーリング調査で認められた地質境界、鍵層及び侵食境界を反射法地震探査記録に投影

地質断面図 (Line-B)



地質層序表

年代別区分		国産	動作	主な登場人物
新 生	新築時代	特設路線	無	東京の長い約一駅間しかない。路線は未だ完成しない。
		河原町線	全	1号車は上り専用として、砂町、新大塚線、砂町支線の御成川川原で運行して、砂町駅で折り返す。
	更新路線	御成川線	全	御成川を主とし、シムト線、砂町を併走。砂町駅、新大塚駅の御成川川原で運行して、砂町駅で折り返す。
		砂町支線(旧)	全	御成川を主とし、シムト線、砂町を併走。砂町の西側には分岐する。
	新築路線	久米線	上	砂町支線と久米線、横濱23区間で運行する路線を2号車とする。南で運行していた久米線は横濱一年の砂町支線と併走する。ユニツバ線が砂町支線となる。
自衛系	自衛系	無	砂町支線と久米線、横濱23区間で運行する路線を2号車とする。南で運行していた久米線は横濱一年の砂町支線と併走する。ユニツバ線が砂町支線となる。	
	自衛系	無	砂町支線と久米線、横濱23区間で運行する路線を2号車とする。南で運行していた久米線は横濱一年の砂町支線と併走する。ユニツバ線が砂町支線となる。	
	自衛系	無	砂町支線と久米線、横濱23区間で運行する路線を2号車とする。南で運行していた久米線は横濱一年の砂町支線と併走する。ユニツバ線が砂町支線となる。	

久米層岩相区分

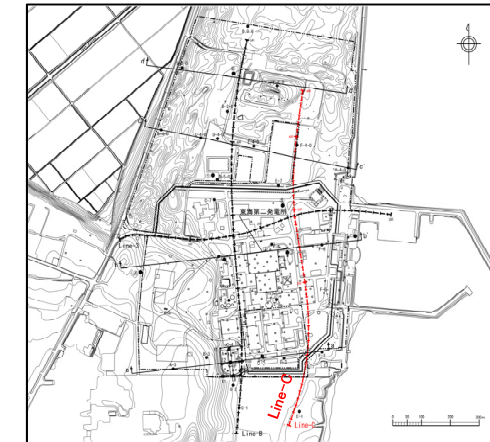
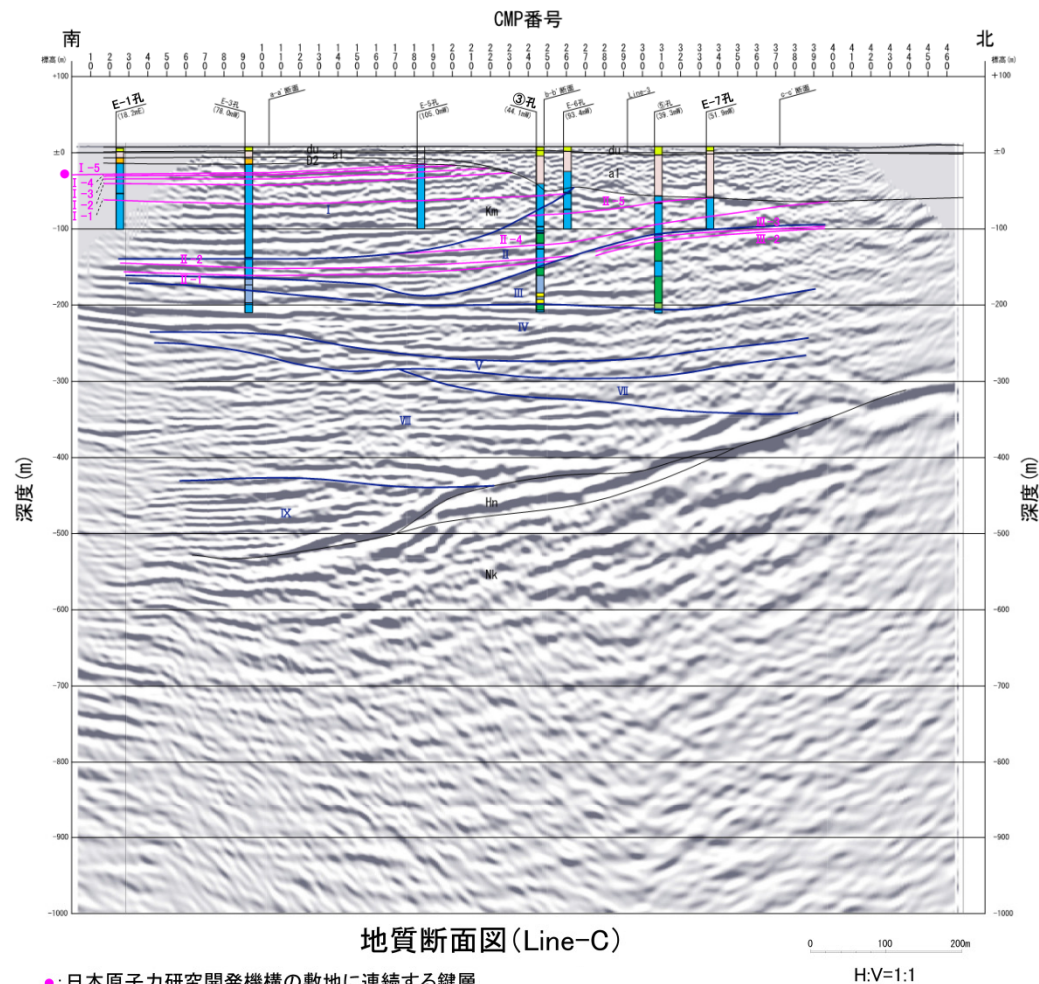
大不毛有栖島		
地名名	産 産	採取回数例
久米島	砂岩笠岩	砂岩笠岩を主とする。砂岩笠岩には生物化石、地層構造が一瞥的に見られる。
	砂岩・砂岩笠岩互層	厚さ5～10cmの細粒～中粒砂岩の層理を挟む砂岩笠岩を主体とする。
		灰岩、シルト岩の相互互層を主とする。
		細粒砂岩、中粒砂岩を主とする互層理。炭質物質層を頻りに挟む。
	砂 岩	シルト層り細粒砂岩～中粒砂岩が主となる。
	礫 岩	礫層のほか基盤に露出する礫の基盤の基岩層及び化石を多く含む。

断面图凡例

I ユニット区分番号 ボーリング位置
 地層境界 C-1孔 孔名
 侵食境界 (0.6mE) 投影距離 方向
 鍵層

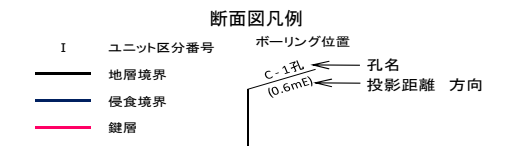
- ・ 欠米層中には複数の鍵層が概ね水平に連続して認められ、断層を示唆する系統的な不連続や累積的な変位・変形は認められない。
 - ✓ 南部(C-1孔～②孔)では、ユニットⅠ及びⅡの複数の鍵層が概ね水平に連続している。
 - ✓ 中部～北部(②孔～⑥孔)では、鍵層Ⅲ-3及びⅢ-2が連続し南側に傾斜する傾向が認められるが、下位のユニットⅤ、ユニットⅦ及びユニットⅧ付近に認められる反射面は概ね水平であり、中部では上位の鍵層Ⅰ-1も概ね水平である。
 - ✓ 北部(⑥孔～D-0-0孔)では、ユニットⅢ及びユニットⅣの鍵層が概ね水平に連続している。
- ・ なお、連続性が確認された鍵層の分布は、反射法地震探査記録に認めれる反射パターンの特徴と調和的である。
- ・ ボーリング調査の結果、欠米層には癒着して固結した面構造が認められるが、粘土土状破砕部を伴う断層は認められない。
- ・ 以上のことから、将来活動する可能性のある断層等は存在しないことを確認した。

地質断面図



地質層序表			
年代層区分	地層名	符号	主な層相と分布
第四系	砂丘砂層	ds	潮流の強い砂～細砂からなる。敷地全域に広がる。
	埋没層	a1	シルト質～粘土質を主とし、砂質、砂層を挟む。敷地北部の旧久米川を埋没して分布する。
	砂丘堆積物 (D1)	D1	砂層を主とし、シルト層、砂層を挟む。砂質砂層、砂層に被覆されて分布する。
	砂丘堆積物 (D2)	D2	砂層を主とし、シルト層、砂層を挟む。敷地の西南側に分布する。
新第三系	久米層	ka	砂質泥岩を主とし砂質層を挟む。生物炭、乱層構造が一様に認められる。北部で厚さ20m、南部で200m以上に分布する。ユニット区分1～4が該当する。
	新第三系	ka	砂質泥岩を主とし砂質層を挟む。生物炭、乱層構造が一様に認められる。北部で厚さ20m、南部で200m以上に分布する。ユニット区分1～4が該当する。
白亜系	砂質泥岩	ka	砂質泥岩。炭質泥岩が分布し、炭質泥岩は砂質泥岩の上部に多く見られる。
白亜系	砂質泥岩	ka	砂質泥岩。炭質泥岩が分布し、炭質泥岩は砂質泥岩の上部に多く見られる。
白亜系	砂質泥岩	ka	砂質泥岩。炭質泥岩が分布し、炭質泥岩は砂質泥岩の上部に多く見られる。

久米層相区分			
地層名	岩質	柱状図凡例	層相
久米層	砂質泥岩	砂質泥岩	砂質泥岩を主とする。砂質泥岩には生物炭、乱層構造が一様に認められる。
	砂質泥岩	砂質泥岩	厚さ5～10cmの砂質～中粒砂岩の層を挟む砂質泥岩を主とする。
	砂質泥岩	砂質泥岩	泥岩、シルト岩の砂質泥岩を主とする。
	砂質泥岩	砂質泥岩	細粒砂岩、中粒砂岩を主とする砂質泥岩、炭質泥岩を挟む。
	砂質泥岩	砂質泥岩	シルト質～中粒砂岩～中粒砂岩からなる。
砂岩	砂岩	砂岩	砂質泥岩のほかに炭質泥岩等の炭質泥岩及び炭質泥岩を多く含む。

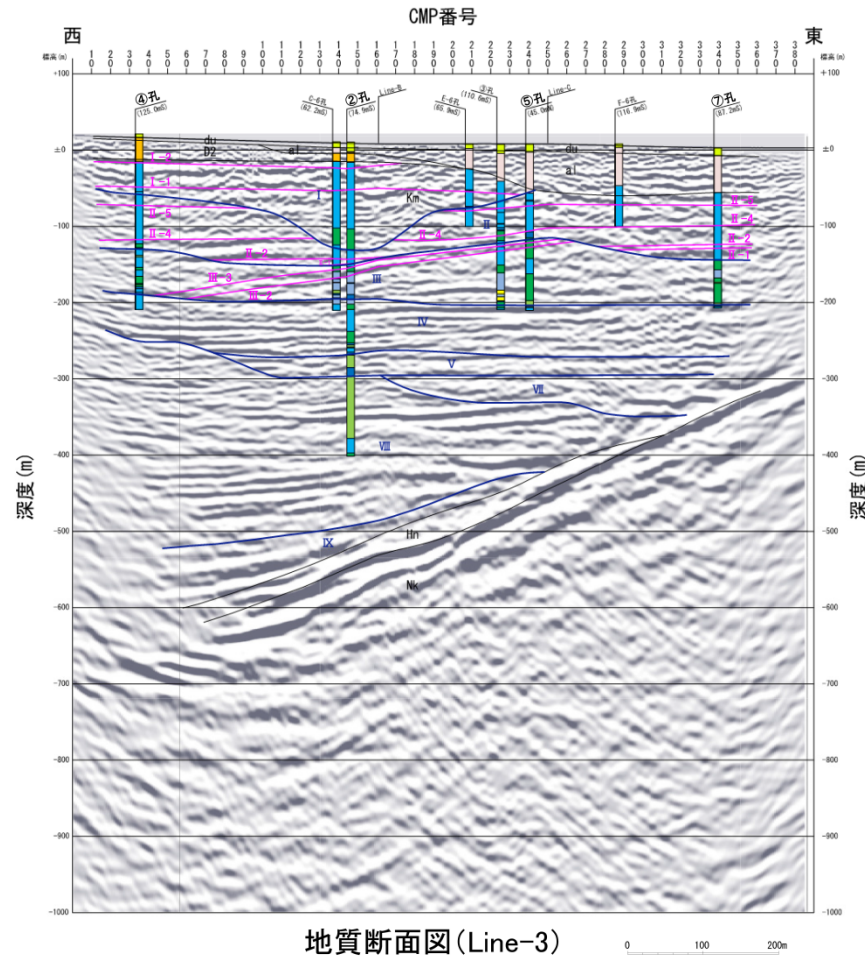


- 久米層中には複数の鍵層が概ね水平に連続して認められ、断層を示唆する系統的な不連続や累積的な変位・変形は認められない。
- 南部 (E-1孔～③孔) では、ユニット I 及び II の鍵層が概ね水平に連続している。
- 中部～北部 (③孔～E-7) では、鍵層 II-4 及び II-5 が連続し、南側に緩く傾斜する傾向が認められるが、下位のユニット IV 及びユニット V 付近に認められる反射面も概ね水平である。
- なお、連続性が確認された鍵層の分布は、反射法地震探査記録に認められる反射パターンの特徴と調和的である。
- ボーリング調査の結果、久米層には癒着して固結した面構造が認められるが、粘土状破砕部を伴う断層は認められない。
- 以上のことから、将来活動する可能性のある断層等は存在しないことを確認した。

1. 評価概要 1.3 敷地の地質・地質構造の概要

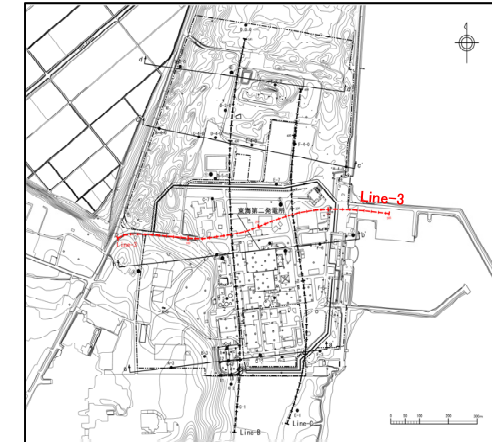
地質断面図

第467回審査会合
資料1修正



※ボーリング調査で認められた地質境界、鍵層及び侵食境界を反射法地震探査記録に投影

- 久米層中には複数の鍵層が概ね水平に連続して認められ、断層を示唆する系統的な不連続や累積的な変位・変形は認められない。
- ✓ 西部(④孔～⑤孔)では、ユニットⅠ及びⅡの鍵層が概ね水平に連続している。
- ✓ 中部(②孔～③孔)では、ユニットⅢ及びⅡの鍵層が連続し、西側に傾斜する傾向が認められるが、上位の鍵層Ⅰ～Ⅱは概ね水平であり、また、下位のユニットⅣに認められる反射面も概ね水平である。
- ✓ 東部(⑤孔～⑦孔)では、ユニットⅡの鍵層が概ね水平に連続している。
- なお、連続性が確認された鍵層の分布は、反射法地震探査記録に認められる反射パターンの特徴と調和的である。
- ボーリング調査の結果、久米層には癒着して固結した面構造が認められるが、粘土状破砕部を伴う断層は認められない。
- 以上のことから、将来活動する可能性のある断層等は存在しないことを確認した。



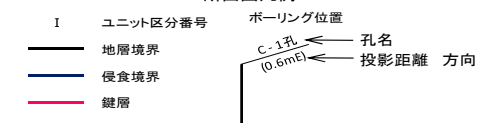
地質層序表

年代層序区分	地層名	記号	主な層相と分布
新第三系	砂質泥岩	al	海成の古い中砂～粗砂からなる。断層帯域に広がる。
	沖積層	al	シルト層～粘土層を主とし、砂層、砂礫層を挟む。陸地帯域の旧入道川を埋積して分布する。
	扇状地堆積物 (旧)	Q2	砂礫層を主とし、シルト層、砂層を挟む。砂質砂層、沖積層に被覆されて分布する。
	扇状地堆積物 (新)	Q1	砂礫層を主とし、シルト層、砂層を挟む。断層の西側側に分布する。
	久米層	Km	砂質泥岩を主とし砂礫層を挟む。生物層。且地層構造が一時的に乱れる。上部で断層の域。断層で50mに達する。ユニット区分Ⅰ～Ⅹで概算する。
白亜系	砂質泥岩	na	砂質泥岩を多く挟み、礫層(50～100m)で砂質泥岩相互層が多く分布する。断層で断層した礫層500m以上は断層～中位の砂質泥岩が見られる。ユニット区分Ⅶ～Ⅹで概算する。
	礫層	na	砂質泥岩、泥炭層が分布し、泥炭層は礫層や泥炭層の互層が多く見られる。
	砂質泥岩	na	断層を伴う泥炭層が多く、断層である。
白亜系	砂質泥岩	na	断層を伴う泥炭層が多く、断層である。
白亜系	砂質泥岩	na	断層を伴う泥炭層が多く、断層である。

久米層岩相区分

地層名	岩 質	地層記号	層 相
久米層	砂質泥岩	na	砂質泥岩を主とする。砂質泥岩には生物層、乱層構造が一時的に見られる。
	砂質砂質泥岩互層	na	厚さ5～10cmの泥岩～中粒砂岩の層を挟む砂質泥岩を主体とする。
	砂質砂質泥岩互層	na	泥岩、シルト岩の交互層を主とする。
	砂質砂質泥岩互層	na	細粒砂岩、中粒砂岩を主とする。泥岩、泥炭層を挟み断層に依る。
	砂 砂	na	シルト層より細粒砂岩～中粒砂岩からなる。
礫 岩	na	礫の厚さ基盤岩層等の断層の異層層及び化石石片を多く含む。	

断面図凡例



まとめ

- 基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について、審査ガイドに準拠した評価項目を示すとともに、評価対象となる耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設を配置も含めて示した。
- 敷地の地質・地質構造の概要を再掲することで、敷地の地質に関する基礎情報を示すとともに、耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設が設置される地盤に、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。

目 次

1. 評価概要	
1.1 評価概要	4
1.2 評価対象施設	6
1.3 敷地の地質・地質構造の概要	8
2. 基礎地盤の安定性評価	
2.1 評価方針	14
2.2 解析用物性値	37
2.3 評価方法	48
2.4 入力地震動	68
2.5 評価結果	72
3. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価	
3.1 周辺地盤の変状による重要施設への影響	102
3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響	104
4. 周辺斜面の安定性評価	113
5. まとめ	119

地震力に対する基礎地盤の安定性評価における評価項目と評価内容

1) 基礎地盤のすべり

- ・ 動的解析の結果に基づき、基礎地盤の内部及び基礎底面を通るすべり面を仮定する。
- ・ 動的解析におけるすべり安全率が、評価基準値1.5以上であることを確認する。

2) 基礎の支持力

- ・ 支持力算出式に基づき、基礎の支持力の評価基準値を設定する。
- ・ 動的解析に基づいて求められた基礎の接地圧が評価基準値を超えていないことを確認する。

3) 基礎底面の傾斜

- ・ 基本設計段階の目安値は、一般建築物の構造的な障害が発生する限界値を参考に1/2,000に設定する。
- ・ 動的解析の結果に基づいて求められた基礎の傾斜を許容値の目安と比較する。

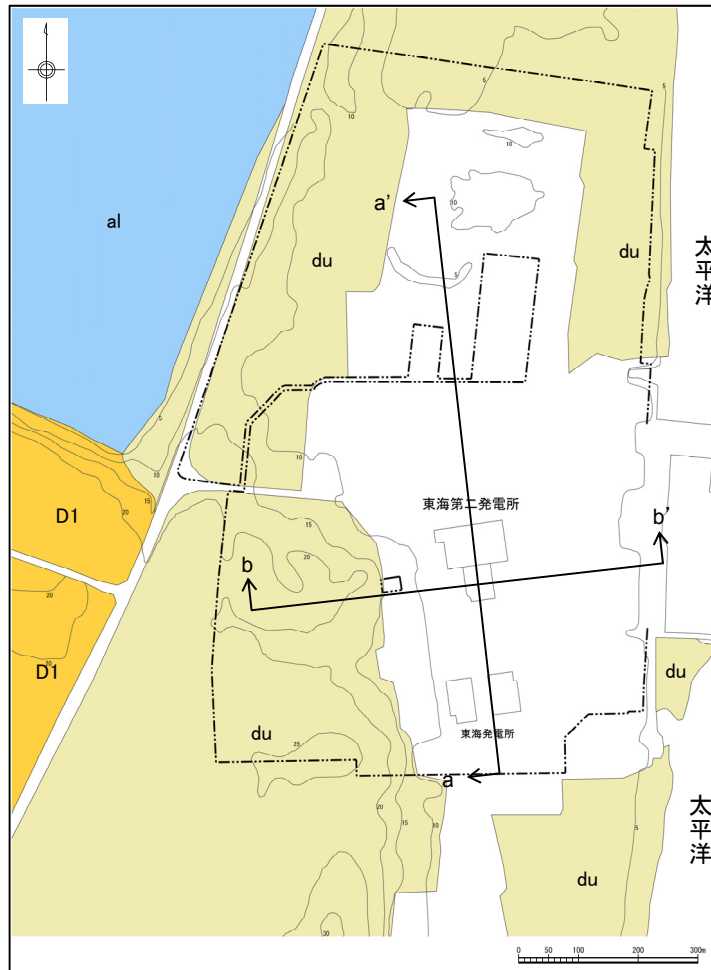
敷地の地質(地質平面図)

敷地に分布する地層のうち、最下位の日立古生層(日立変成岩類)は硬質な泥岩、砂岩及び礫岩からなる。那珂湊層群は硬質な泥岩、砂岩及び礫岩からなる。離山層は泥岩、凝灰岩からなる。久米層は砂質泥岩を主としている。東茨城層群と段丘堆積物は砂礫、砂及びシルトからなり、沖積層は粘土を主として砂及び礫混じり砂を挟む。各層は不整合関係で接している。砂丘砂層は均質な細～中粒砂からなり、敷地全体に広く分布する。

地質層序表

年代層序区分			地層区分	地質記号	主な層相		備 考	
新 生 界	第四系	完新統	砂丘砂層	du		灰褐色～黄灰色の砂～中粒砂	敷地全体に広く分布する。	
			沖積層	al	Ag2	砂礫	暗青灰色～灰褐色の粘土・砂 灰褐色～黄褐色の礫混じり砂	最上位の砂層は敷地全体に広く分布する。 久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。
					Ac	粘土		
					As	砂		
		Ag1			砂礫			
		更新統	段丘堆積物	D2	D2c-3	シルト	黄褐色～青灰色の砂礫・砂・シルト	敷地南部に分布する。 敷地周辺のL1段丘堆積物に対比される。 シルト層中の炭物質の年代： 40,830±2,670年BP～48,330±年BPオーバー (14C年代測定法)
					D2s-3	砂		
					D2g-3	砂礫		
					D2c-2	シルト		
					D2g-2	砂礫		
					lm	ローム		
					D1c-1	シルト		
	D1g-1				砂礫			
	新第三系	鮮新統	東茨城層群	Hi		暗灰色～褐色の砂及びシルト 灰褐色～青灰色の砂礫	敷地西部のごく一部に分布する。	
			久米層	Km		暗オリーブ灰色の砂質泥岩	敷地全体に広く分布する。 原子炉建屋等の基礎岩盤である。	
			離山層	Hn		泥岩・凝灰岩	敷地では北部を中心に久米層の下位に認められる。	
白亜系			那珂湊層群	Nk	泥岩・砂岩	敷地全体で久米層、離山層の下位に認められる。		
先白亜系		日立古生層 (日立変成岩類)	Hp	泥岩・砂岩・礫岩	1孔のボーリングで那珂湊層群の下位に認められる。			

~~~~~ : 不整合



敷地の地質平面図

| 凡例 |        |
|----|--------|
|    | 盛土・埋戻土 |
|    | 砂丘砂層   |
|    | 沖積層    |
|    | 段丘堆積物  |
|    | 敷地境界線  |

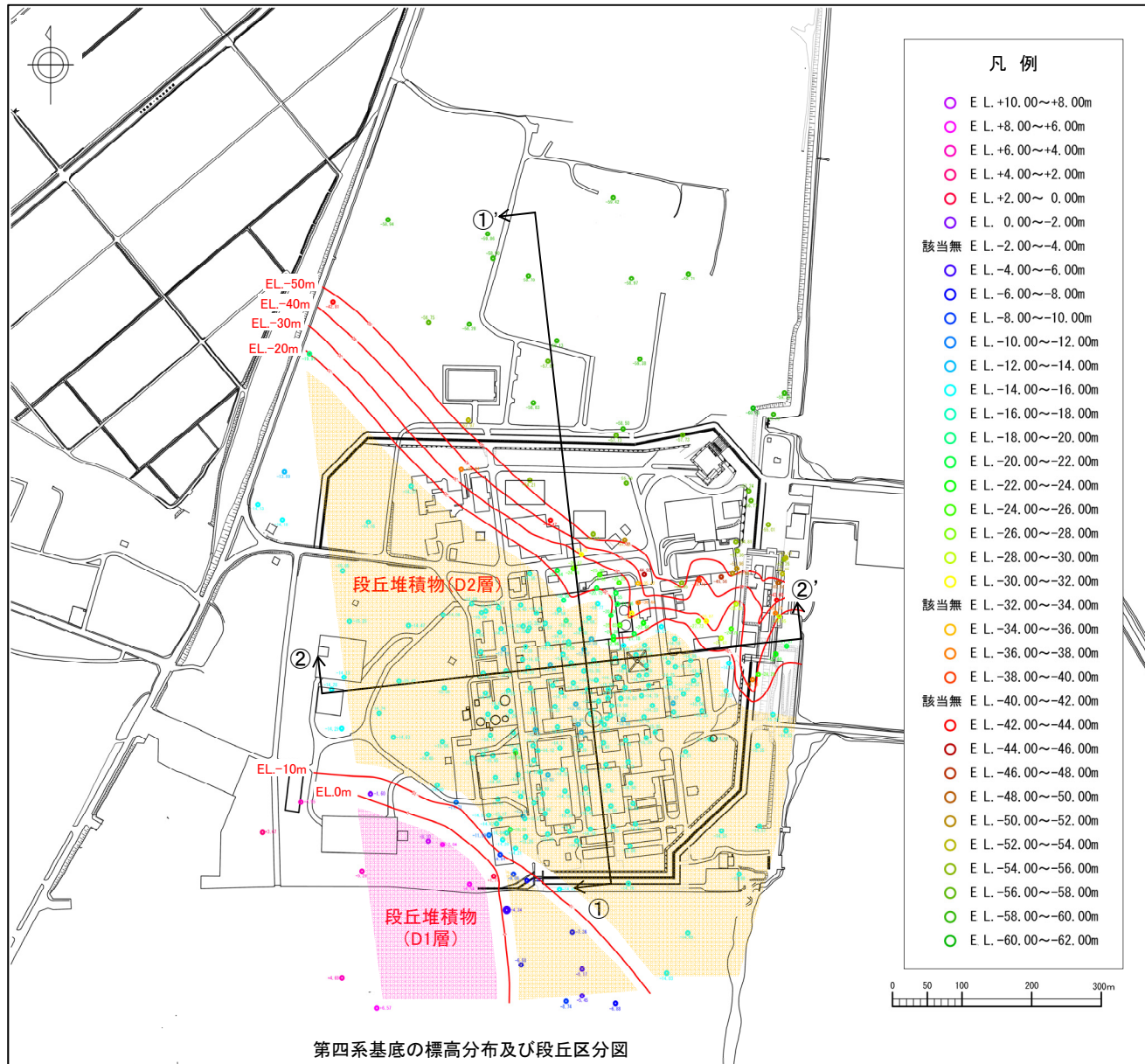
## 2. 基礎地盤の安定性評価 2.1 評価方針

### 敷地の地質(地質層序)

| 年代層序区分 |     |     | 地層区分  | 地質記号 |       | 主な層相          | 代表的なコア写真 |
|--------|-----|-----|-------|------|-------|---------------|----------|
| 新生界    | 第四系 | 完新統 | 砂丘砂層  | du   |       | 灰褐色～黄灰色の砂～中粒砂 |          |
|        |     |     | 沖積層   | al   | Ag2   | 砂礫            |          |
|        |     |     |       |      | Ac    | 粘土            |          |
|        |     |     |       |      | As    | 砂             |          |
|        |     |     |       |      | Ag1   | 砂礫            |          |
|        |     | 更新統 | 段丘堆積物 | D2   | D2c-3 | シルト           |          |
|        |     |     |       |      | D2s-3 | 砂             |          |
|        |     |     |       |      | D2g-3 | 砂礫            |          |
|        |     |     |       |      | D2c-2 | シルト           |          |
|        |     |     |       |      | D2g-2 | 砂礫            |          |
|        |     |     |       | D1   | lm    | ローム           |          |
|        |     |     |       |      | D1c-1 | シルト           |          |
|        |     |     |       |      | D1g-1 | 砂礫            |          |
|        |     |     |       |      |       |               |          |
|        |     |     |       |      |       |               |          |

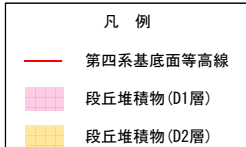
~~~~~ :不整合


敷地の地質(第四系基底の標高分布図及び段丘区分図)



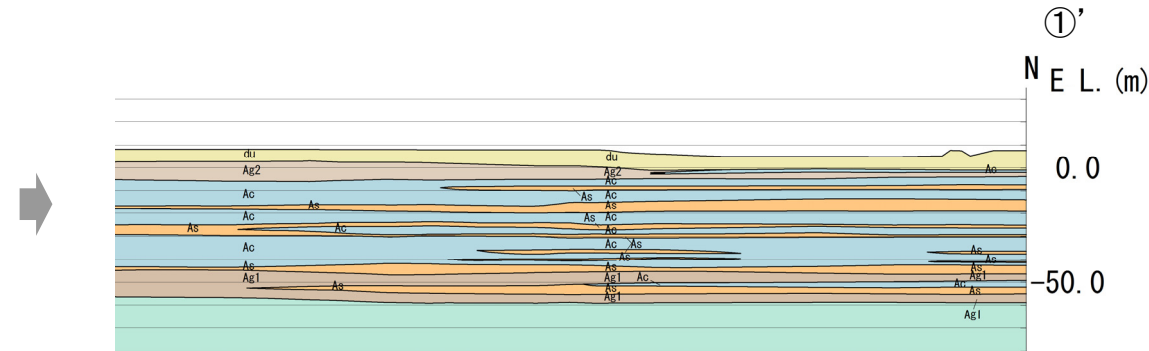
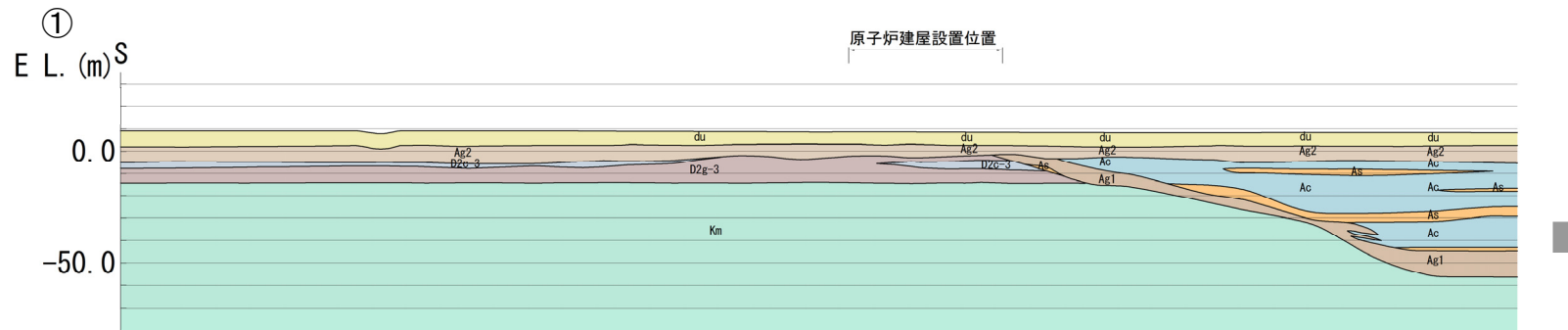
敷地における第四系の分布状況は以下のとおり。

- 敷地の南部には、主に砂礫、砂及びシルトからなる段丘堆積物(D1層、D2層)が分布し、その上位には砂礫からなる沖積層(Ag2層)が分布する。
 - ・ D1層の分布標高は約21m~約5mであり、上部には厚さ2.5m~3.0m程度の風化火山灰層を伴う。
 - ・ D2層の分布標高は約0m~約-14mであり、沖積層下の埋没段丘となっている。
- 敷地北部は久慈川の侵食により形成された凹状の谷となっている。この谷底の標高は約-60mであり、ほぼ平坦な面である。
 - ・ 第四系の基底部付近に主として砂礫層(Ag1層)が分布し、その上位には粘土層(Ac層)、砂層(As層)及び礫混じり砂層(Ag2層)が互層状を呈して分布している。
- 最上位には、敷地全体にわたり細粒~中粒の均一な砂からなる砂丘砂層が分布している。



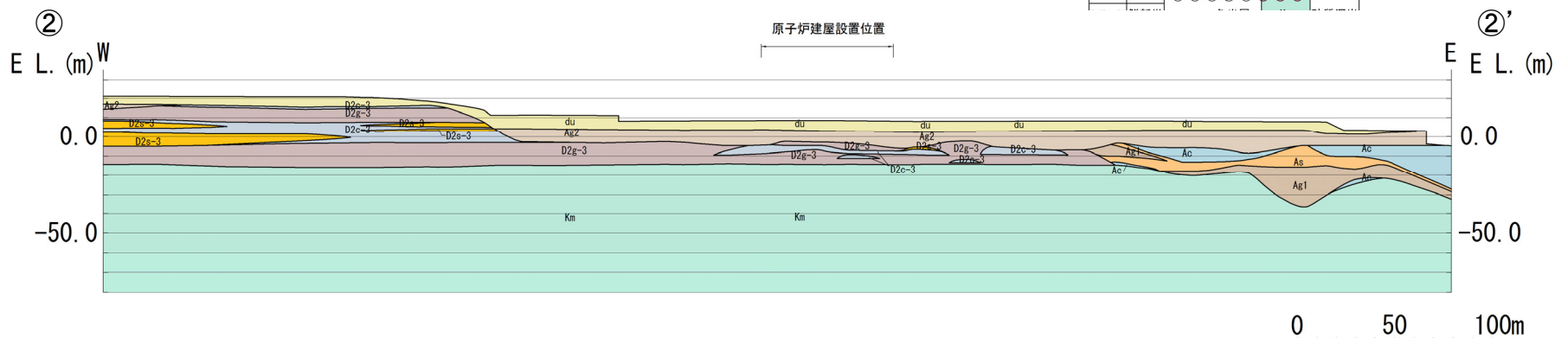
2. 基礎地盤の安定性評価方針 2.1 評価方針

敷地の地質(地質断面図)



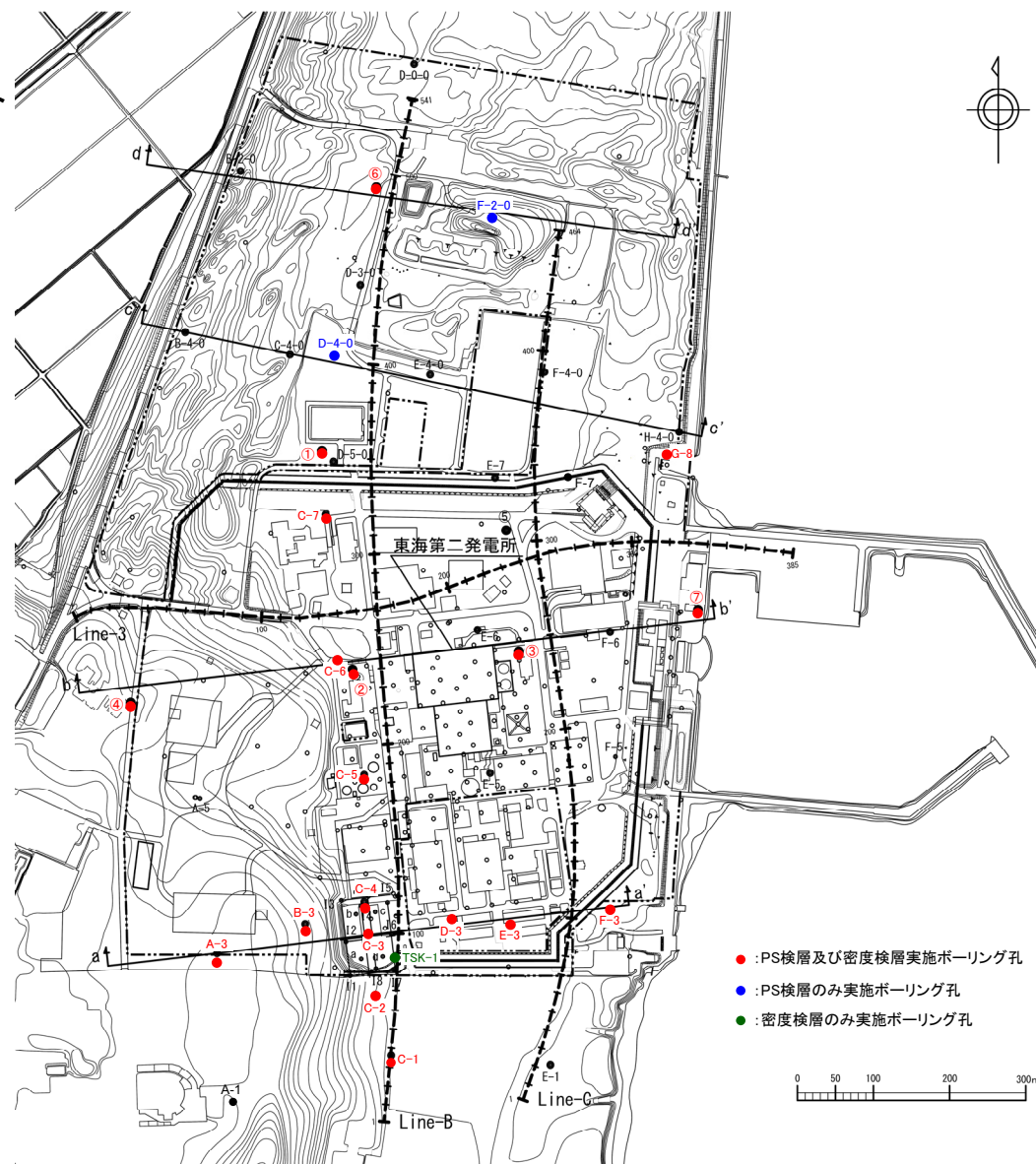
地質構成表

| 地質時代 | 地質区分 | 記号 | 岩相 |
|------|------|------|-----------|
| 第四紀 | 完新世 | 砂丘砂層 | du 砂 |
| | | | Ag2 砂礫 |
| | | | Ac 粘土 |
| | 更新世 | 沖積層 | al As 砂 |
| | | | Ag1 砂礫 |
| | | | D2c-3 シルト |
| | | | D2s-3 砂 |
| | | | D2g-3 砂礫 |
| | | | D2c-2 シルト |
| | | | D2g-2 砂礫 |
| 第三紀 | 新世 | | Im ローム |
| | | | D1c-1 シルト |
| | | | D1g-1 砂礫 |



久米層の岩級区分について(検討方針)

- 久米層の岩級区分(ユニットの工学的な取扱い)を検討するため、PS検層を用いてユニット毎のデータ比較を行う。

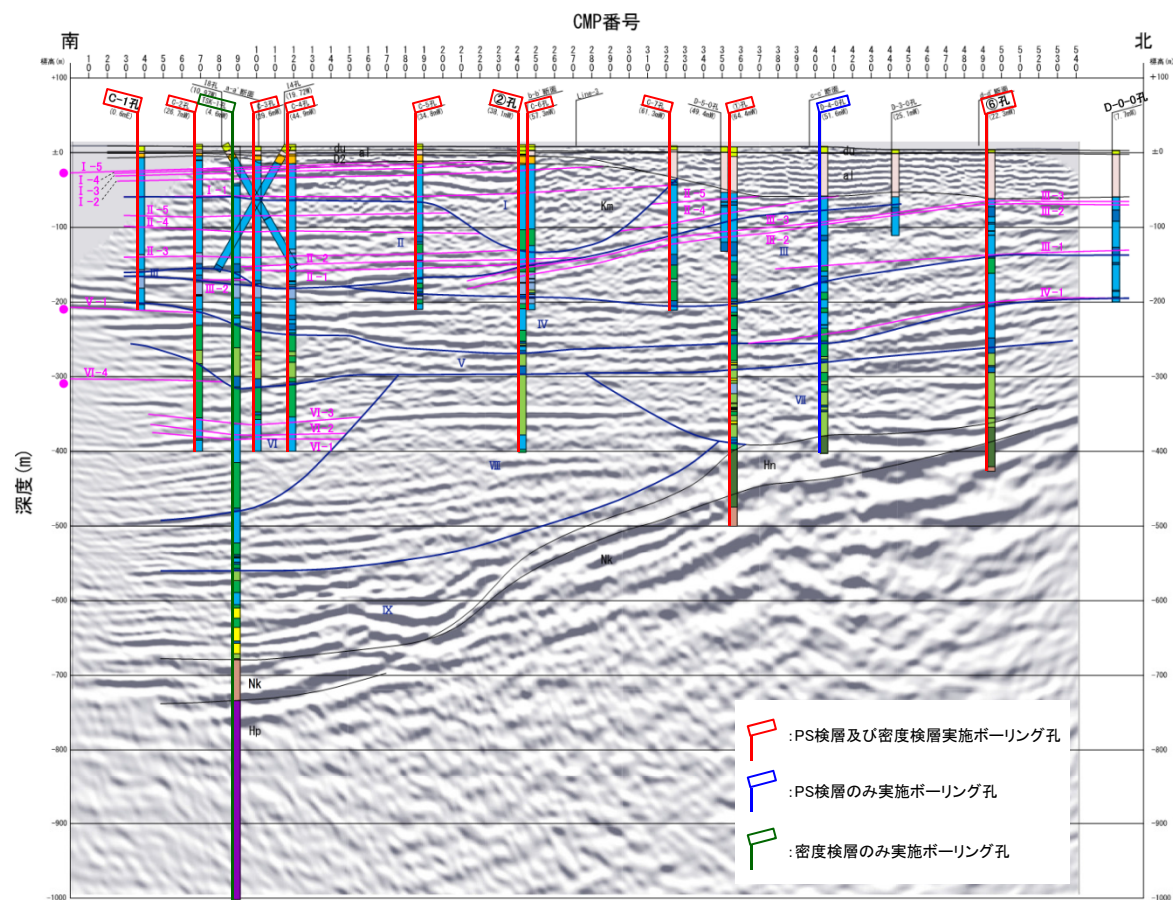


PS検層, 密度検層実施位置図

久米層の岩級区分について(PS検層実施箇所①)

第467回審査会合
資料1修正

コア観察結果及び反射法地震探査の結果から、地質断面図を作成した。



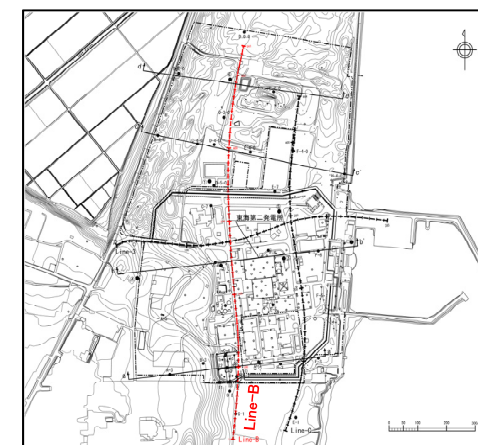
地質断面図 (Line-B)

H:V=1:1 0 100 200m

●: 日本原子力研究開発機構の敷地に連続する鍵層

※ボーリング調査で認められた地質境界、鍵層及び侵食境界を反射法地震探査記録に投影

- ・ 久米層中には複数の鍵層が概ね水平に連続して認められ、断層を示唆する系統的な不連続や累積的な変位・変形は認められない。
 - ✓ 南部（①孔～②孔）では、ユニットⅠ及びⅡの複数の鍵層が概ね水平に連続している。
 - ✓ 中部～北部（②孔～⑥孔）では、鍵層Ⅲ-3及びⅢ-2が連続し南側に傾斜する傾向が認められるが、下位のユニットⅤ、ユニットⅦ及びユニットⅧ付近に認められる反射面は概ね水平であり、中部では上位の鍵層Ⅰ-1も概ね水平である。
 - ✓ 北部（⑥孔～D-0-0孔）では、ユニットⅢ及びユニットⅣの鍵層が概ね水平に連続している。
- ・ なお、連続性が確認された鍵層の分布は、反射法地震探査記録に認めれる反射パターンの特徴と調和的である。
- ・ ボーリング調査の結果、久米層には癒着して固結した面構造が認められるが、粘土土状破砕部を伴う断層は認められない。
- ・ 以上のことから、将来活動する可能性のある断層等は存在しないことを確認した。



地質層序表

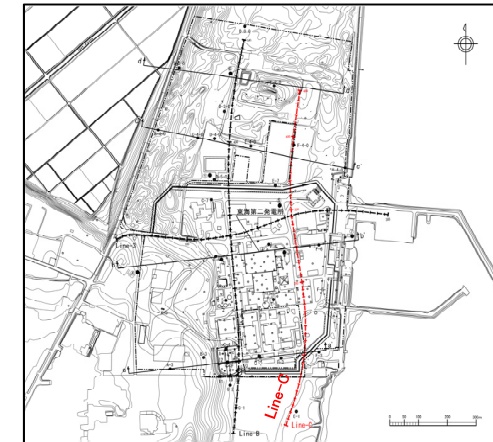
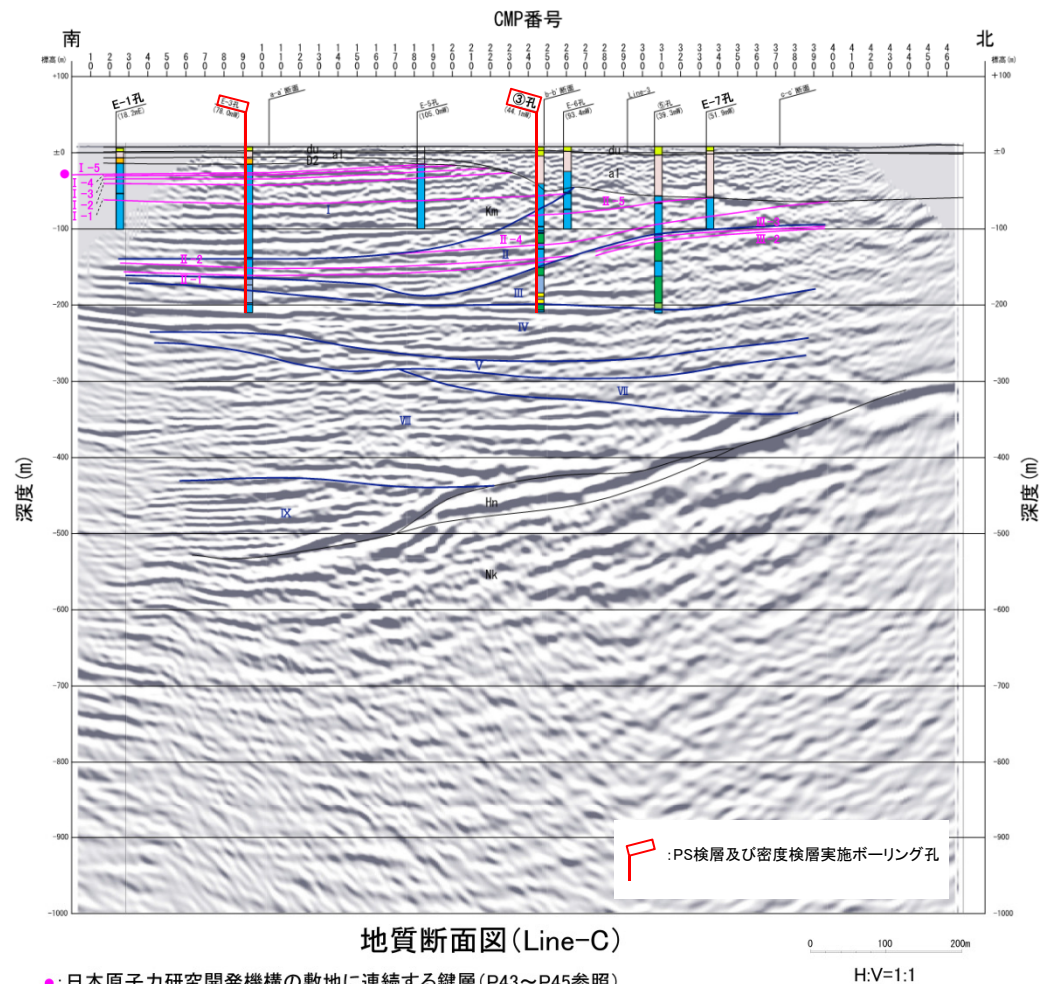
| | | 代表植物 | | 主な生態的特徴 |
|---|---------|----------|----|---|
| 新 | 常緑広葉樹高木 | 代表名 | 欽松 | 主として常緑の葉を有する |
| | 常緑低木 | 雄花の着生 | 雄花 | 雄花は葉の裏側・腋生・雄球果を有する。雌雄同株・雌雄異株 |
| | | 雌雄同株 | af | シロノチとヒメチとを主とし、砂質、砂礫質を好み、乾燥地帯の低木層に発達して分布する |
| | | 雌雄異株 | af | 砂礫質を主とし、シロノチ、砂質を好み、砂礫質、砂礫質に発達して分布する |
| 旧 | 常緑低木 | 雌雄同株 | af | 砂礫質を主とし、シロノチ、砂質を好み、砂礫質、砂礫質に発達して分布する |
| | | 雌雄異株 (旧) | af | 砂礫質を主とし、シロノチ、砂質を好み、砂礫質、砂礫質に発達して分布する |
| | 常緑低木 | 雄花の着生 | 雄花 | 雄花は葉の裏側・腋生・雄球果を有する。雌雄同株・雌雄異株 |
| | | 雌雄同株 | af | 砂礫質を主とし、シロノチ、砂質を好み、砂礫質、砂礫質に発達して分布する |
| 新 | 常緑低木 | 雄花の着生 | 雄花 | 雄花は葉の裏側・腋生・雄球果を有する。雌雄同株・雌雄異株 |
| | | 雌雄同株 | af | 砂礫質を主とし、シロノチ、砂質を好み、砂礫質、砂礫質に発達して分布する |
| | 常緑低木 | 雄花の着生 | 雄花 | 雄花は葉の裏側・腋生・雄球果を有する。雌雄同株・雌雄異株 |
| | | 雌雄同株 | af | 砂礫質を主とし、シロノチ、砂質を好み、砂礫質、砂礫質に発達して分布する |

久米層岩相区分

| 大不活石の地質図 | | | |
|----------|-----------|------------------------------------|---|
| 地名 | 岩質 | 特徴・産例 | 備 |
| 久米町 | 砂質泥岩 | 砂質泥岩を主とする。砂質泥岩には生物化石、乱層構造が一般的に見れる。 | |
| | 砂岩・砂質泥岩互層 | 厚35~10cmの細粒～中粒砂の層を挟む砂質泥岩と主体とする。 | |
| | | 泥岩、シルト岩の粗互層を主とする。 | |
| | | 細粒砂岩、中粒砂岩を主とする粗粒泥岩、炭質泥岩層を頻りに挟む。 | |
| | 砂 | シルト層より細粒砂岩～中粒砂岩を主とする。 | |
| | 砂 岩 | 砂岩の厚さ異なる砂岩層の複数の互層化及び化石石を多く含む。 | |

断面图凡例

I ユニット区分番号 ボーリング位置
 地層境界 C-1孔 孔名
 侵食境界 (0.6mE) 投影距離 方向
 鍵層



地質層序表

| 年代層序区分 | | 地質名 | 特徴 | 主な層相と分布 |
|--------|------|---------|------------------------------|-----------------------------------|
| 第四系 | 更新統 | 砂質砂礫 | 上 | 高度の高い中砂～粗砂からなる。断層を伴って分布する。 |
| | | 沖積層 | 中 | シルト層～粘土層を主とし、砂質、砂層を伴う。断層を伴って分布する。 |
| | 沖積層 | 砂質泥岩 | 下 | シルト層、砂層を伴う。断層を伴って分布する。 |
| | | 砂質泥岩(中) | 中 | 砂層を主とし、シルト層、砂層を伴う。断層を伴って分布する。 |
| | | 砂質泥岩(下) | 下 | 砂層を主とし、シルト層、砂層を伴う。断層を伴って分布する。 |
| | | 久米層 | 上 | 砂質泥岩を主とし、砂質泥岩を伴う。断層を伴って分布する。 |
| 第三系 | 砂質泥岩 | 上部 | 砂質泥岩を主とし、砂質泥岩を伴う。断層を伴って分布する。 | |
| | | 下部 | 砂質泥岩を主とし、砂質泥岩を伴う。断層を伴って分布する。 | |
| | 砂質泥岩 | 中部 | 砂質泥岩を主とし、砂質泥岩を伴う。断層を伴って分布する。 | |
| | | 下部 | 砂質泥岩を主とし、砂質泥岩を伴う。断層を伴って分布する。 | |
| 白亜系 | 砂質泥岩 | 中 | 砂質泥岩を主とし、砂質泥岩を伴う。断層を伴って分布する。 | |
| 白亜系 | 砂質泥岩 | 下 | 砂質泥岩を主とし、砂質泥岩を伴う。断層を伴って分布する。 | |

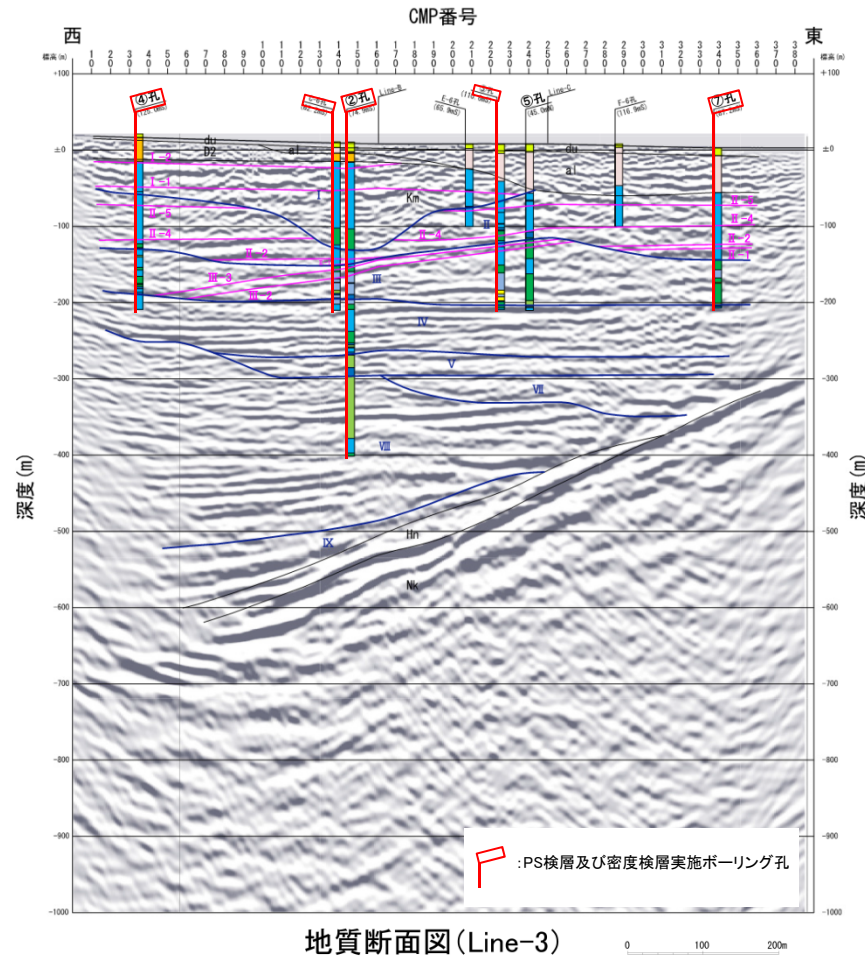
久米層岩相区分

| 地層名 | 岩 質 | 特徴 | 層 相 |
|-----|-----------------------------|--------------------------------------|-----|
| 久米層 | 砂質泥岩 | 砂質泥岩を主とする。砂質泥岩には生物化石、乱堆積構造が一般的に見られる。 | |
| | 砂質泥岩互層 | 厚さ5～10cmの細粒～中粒砂岩の薄層を挟む砂質泥岩を主体とする。 | |
| | 砂 岩 | 泥岩、シルト岩の細互層を主とする。 | |
| | 砂 岩 | 細粒砂岩、中粒砂岩を主とする。断層を伴う。断層を伴って分布する。 | |
| 礫 岩 | シルト質中粒砂岩～中粒砂岩からなる。 | | |
| 礫 岩 | 礫のほかに基岩岩片等の礫の混入層及び頁岩片を多く含む。 | | |

断面図凡例

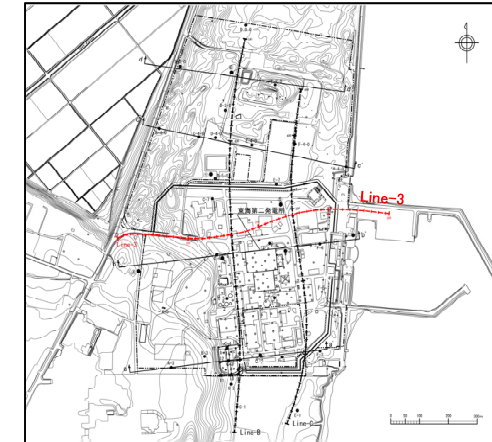
| I | ユニット区分番号 | ボーリング位置 |
|---|----------|-----------|
| — | 地層境界 | ● 孔名 |
| — | 侵食境界 | — 投影距離 方向 |
| — | 鍵層 | |

- 久米層中には複数の鍵層が概ね水平に連続して認められ、断層を示唆する系統的な不連続や累積的な変位・変形は認められない。
- ✓ 南部(E-1孔～E-3孔)では、ユニットI及びIIの鍵層が概ね水平に連続している。
- ✓ 中部～北部(E-3孔～E-7)では、鍵層II-4及びII-5が連続し、南側に緩く傾斜する傾向が認められるが、下位のユニットIV及びユニットV付近に認められる反射面も概ね水平である。
- なお、連続性が確認された鍵層の分布は、反射法地震探査記録に認められる反射パターンの特徴と調和的である。
- ボーリング調査の結果、久米層には癒着して固結した面構造が認められるが、粘土状破砕部を伴う断層は認められない。
- 以上のことから、将来活動する可能性のある断層等は存在しないことを確認した。



※ボーリング調査で認められた地質境界、鍵層及び侵食境界を反射法地震探査記録に投影

- 久米層中には複数の鍵層が概ね水平に連続して認められ、断層を示唆する系統的な不連続や累積的な変位・変形は認められない。
- 西部(④孔～⑤孔)では、ユニットⅠ及びⅡの鍵層が概ね水平に連続している。
- 中部(②孔～⑤孔)では、ユニットⅢ及びⅡの鍵層が連続し、西側に傾斜する傾向が認められるが、上位の鍵層Ⅰ-1は概ね水平であり、また、下位のユニットⅣに認められる反射面も概ね水平である。
- 東部(⑤孔～⑦孔)では、ユニットⅡの鍵層が概ね水平に連続している。
- なお、連続性が確認された鍵層の分布は、反射法地震探査記録に認められる反射パターンの特徴と調和的である。
- ボーリング調査の結果、久米層には癒着して固結した面構造が認められるが、粘土状破砕部を伴う断層は認められない。
- 以上のことから、将来活動する可能性のある断層等は存在しないことを確認した。



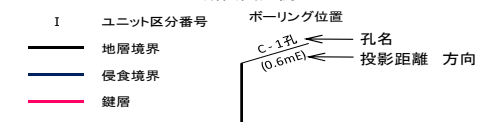
地質層序表

| 年代層序区分 | 地質名 | 記号 | 主な層相と分布 |
|--------|-----------|----|--|
| 新第三系 | 砂質泥岩 | al | 海成の古い中砂～粗砂からなる。断層帯域に広がる。 |
| | 沖積層 | al | シルト層～粘土層を主とし、砂層、砂礫層を挟む。断層帯域の旧久米川を埋積して分布する。 |
| | 扇状地堆積物(旧) | Q2 | 砂礫層を主とし、シルト層、砂層を挟む。砂質砂層、沖積層に被覆されて分布する。 |
| | 扇状地堆積物(新) | Q1 | 砂礫層を主とし、シルト層、砂層を挟む。断層帯域に分布する。 |
| | 久米層 | Km | 砂質泥岩を主とし砂質泥岩を挟む。生物化石。且地層構造が一時的に乱れる。上部で断層に被覆。断層で50mに達する。ユニット区分Ⅰ～砂質泥岩。 |
| 白亜系 | 砂質泥岩 | na | 砂質泥岩を主とし砂質泥岩を挟む。生物化石。且地層構造が一時的に乱れる。上部で断層に被覆。断層で50mに達する。ユニット区分Ⅰ～砂質泥岩。 |
| | 砂質泥岩 | na | 砂質泥岩を主とし砂質泥岩を挟む。生物化石。且地層構造が一時的に乱れる。上部で断層に被覆。断層で50mに達する。ユニット区分Ⅰ～砂質泥岩。 |
| | 砂質泥岩 | na | 砂質泥岩を主とし砂質泥岩を挟む。生物化石。且地層構造が一時的に乱れる。上部で断層に被覆。断層で50mに達する。ユニット区分Ⅰ～砂質泥岩。 |
| 白亜系 | 砂質泥岩 | na | 砂質泥岩を主とし砂質泥岩を挟む。生物化石。且地層構造が一時的に乱れる。上部で断層に被覆。断層で50mに達する。ユニット区分Ⅰ～砂質泥岩。 |
| 白亜系 | 砂質泥岩 | na | 砂質泥岩を主とし砂質泥岩を挟む。生物化石。且地層構造が一時的に乱れる。上部で断層に被覆。断層で50mに達する。ユニット区分Ⅰ～砂質泥岩。 |
| 白亜系 | 砂質泥岩 | na | 砂質泥岩を主とし砂質泥岩を挟む。生物化石。且地層構造が一時的に乱れる。上部で断層に被覆。断層で50mに達する。ユニット区分Ⅰ～砂質泥岩。 |

久米層岩相区分

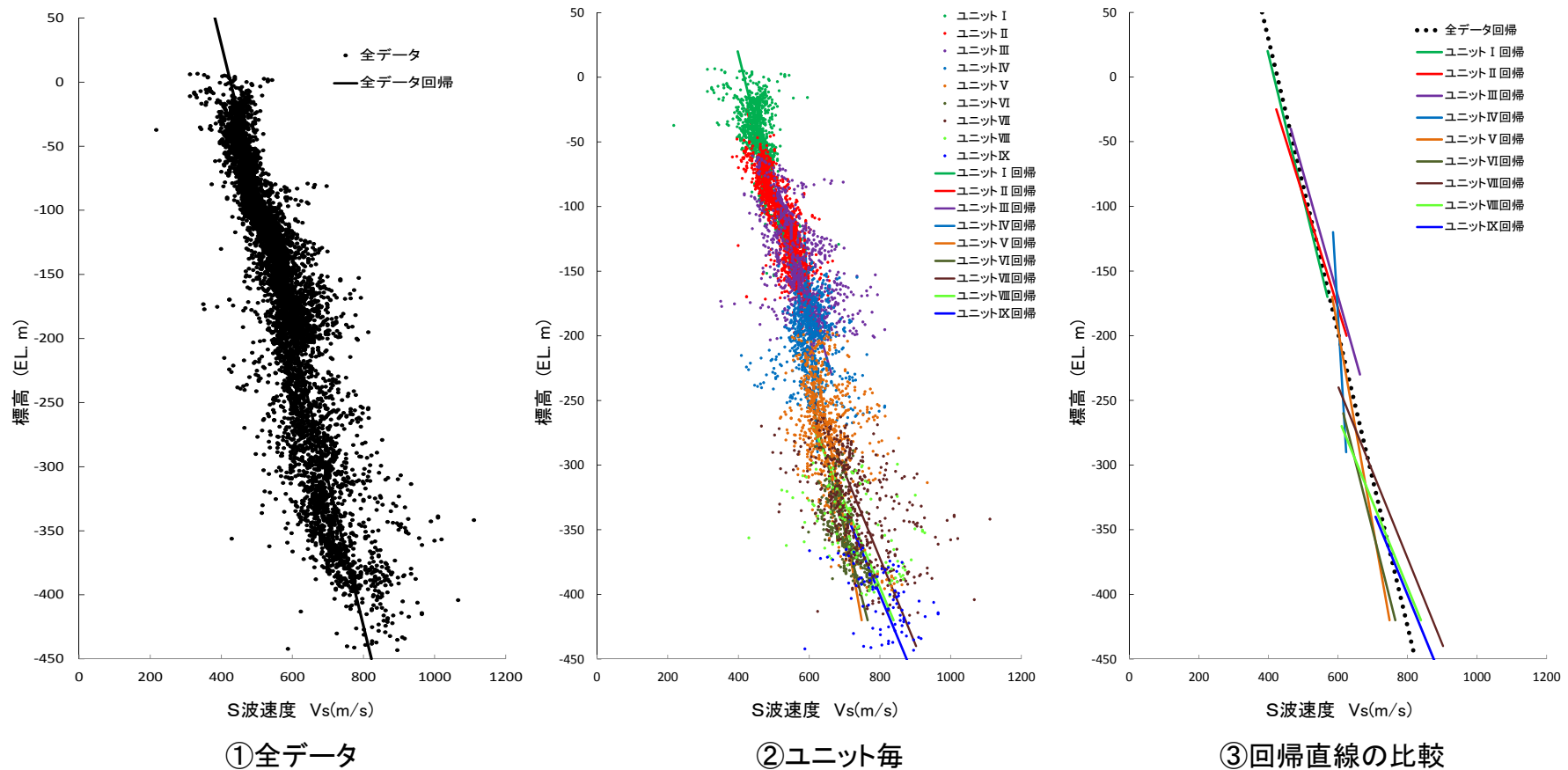
| 地層名 | 岩 質 | 粒状図凡例 | 層 相 |
|-----|------------------------------|-------------------------------------|-----|
| 久米層 | 砂質泥岩 | 砂質泥岩を主とする。砂質泥岩には生物化石、乱堆積構造が一時的に現れる。 | |
| | 砂質-砂質泥岩互層 | 厚さ5～10cmの砂質泥岩～中粒砂岩の層を挟む砂質泥岩を主体とする。 | |
| | 泥岩、シルト岩の細互層 | 泥岩、シルト岩の細互層を主とする。 | |
| | 砂 岩 | 細粒砂岩、中粒砂岩を主とする。砂質泥岩、泥岩の層を挟む。 | |
| | 粗 砂 | シルト混り粗粒砂岩～中粒砂岩からなる。 | |
| 粗 砂 | 粗粒砂岩、中粒砂岩を主とする。砂質泥岩、泥岩の層を挟む。 | | |

断面図凡例



久米層の岩級区分について(検討結果)

■ ユニット毎のPS検層を比較した結果を以下に示す。

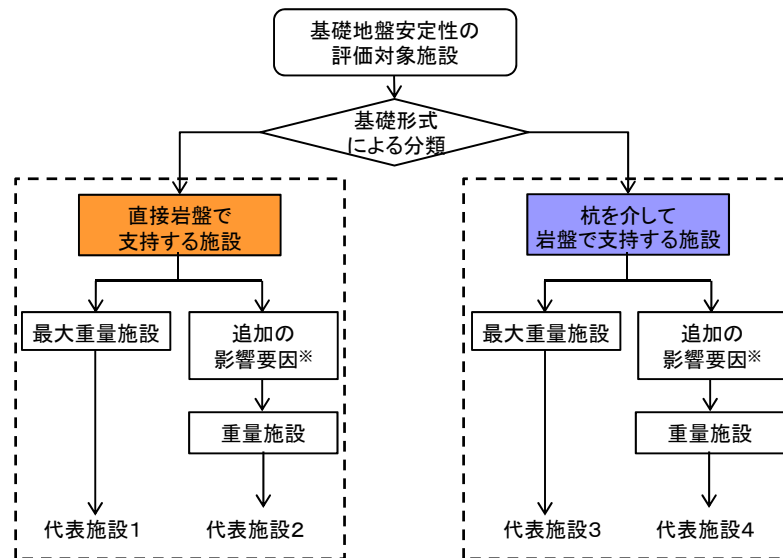


- 久米層のユニット毎のPS検層結果に有意な差はなく、敷地全域のデータと比較しても同様の傾向を示す。
- また、ユニット間の浸食境界は岩石化しており、周囲の岩盤と同様の性状を示す。

以上より、久米層はユニット区分にかかわらず、せん断波速度の深度依存性を有する同一の岩盤として取り扱う。

代表施設の選定方針

- 基礎地盤安定性評価の代表施設選定フローを以下に示す。
- 基礎形式毎に、最大重量となる施設を選定し、また、追加の影響要因※と重量を勘案した代表施設の選定を行う。



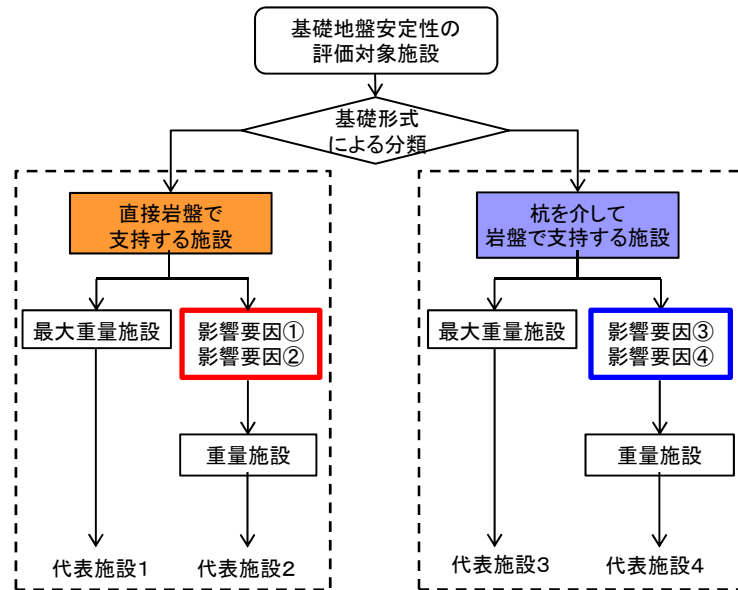
代表施設選定フロー

※基礎地盤安定性において考慮すべき、追加の影響要因について、次項にまとめる。

基礎地盤安定性の評価対象施設

基礎地盤安定性に影響を及ぼす要因の整理

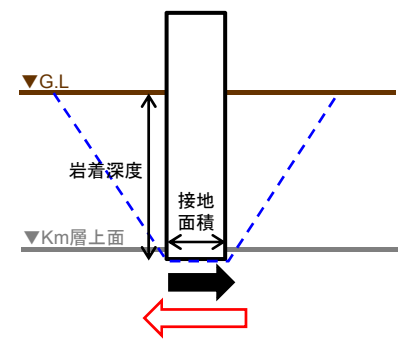
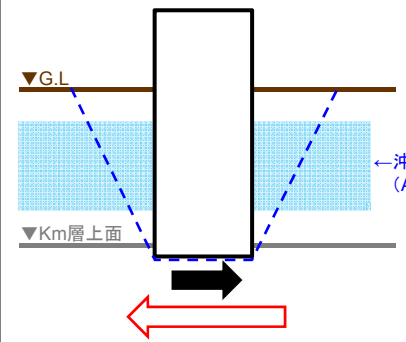
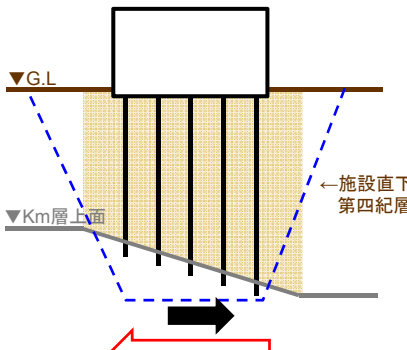
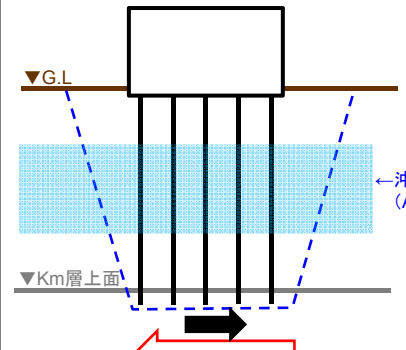
■ 基礎地盤安定性において考慮すべき、追加の影響要因について、以下にまとめる。



代表施設選定フロー

【杭を介して岩盤で支持する施設の基礎地盤安定性評価】
杭を介して岩盤で支持する構造物のすべりに対する安定性評価については、杭下端以深の基礎岩盤（久米層）を通るすべり面を基本としており、杭を横断するようなすべり面は設定しない。

なお、杭の支持力については、「道路橋示方書・同解説（Ⅰ 共通編・Ⅳ 下部構造編）」（（社）日本道路協会、平成24年3月）に基づき、杭下端支持力及び杭周面摩擦力を考慮した評価を行う。

| 基礎形式 | 【影響要因①】
深部で岩着し接地面積が小さい | 【影響要因②】
沖積粘性土（Ac層）の分布 |
|----------------|--|--|
| 直接岩盤で支持する施設 |  <p>深部で岩着し接地面積が小さい構造物は、地震時に基礎岩盤が負担するせん断力が大きくなるが、せん断抵抗力は相対的に小さい。</p> |  <p>比較的せん断強度の小さい沖積粘性土（Ac層）が厚く分布する場合には、地震時に基礎岩盤が負担するせん断力が大きくなる。</p> |
| 基礎形式 | 【影響要因③】
支持岩盤の傾斜 | 【影響要因④】
沖積粘性土（Ac層）の分布 |
| 杭を介して岩盤で支持する施設 |  <p>施設直下の第四紀層は、岩盤上面の傾斜により、基礎岩盤に滑動力として影響する可能性がある。</p> |  <p>比較的せん断強度の小さい沖積粘性土（Ac層）が厚く分布する場合には、地震時に基礎岩盤が負担するせん断力が大きくなる。</p> |

代表施設の選定結果

- 右の代表断面選定フローに従い、代表施設を設定した結果を以下に示す。
 ■ 基礎形式毎に、最大重量となる施設を選定し、また、前項に示した影響要因と重量を勘案した代表施設の選定を行う。

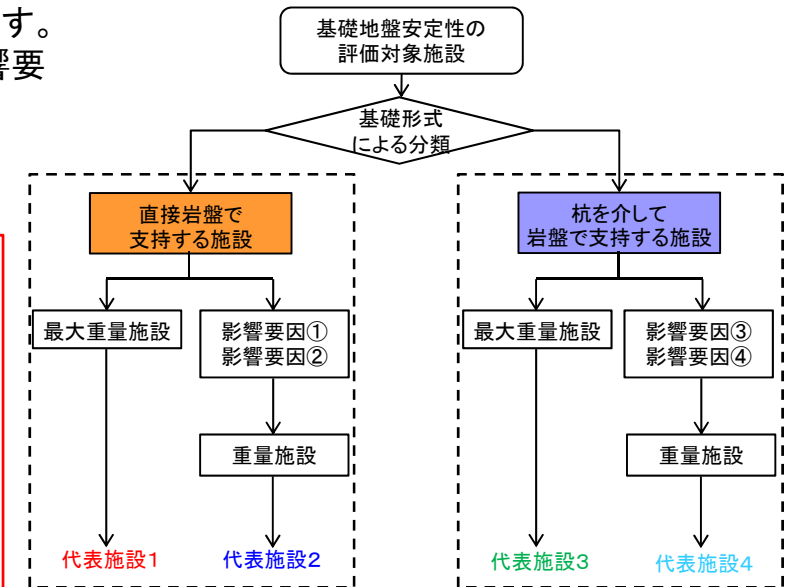
| 基礎形式 | 対象施設 | 施設の重量(kN) | 該当する影響要因 |
|-------------|--------------------------|-------------|----------|
| 直接岩盤で支持する施設 | 【原子炉建屋】 | 1,933,000 | 最大重量 |
| | 常設代替高圧電源装置(軽油貯蔵タンクを含む) | ※ 1,472,000 | |
| | 防潮堤(地中連続壁基礎構造区間) | ※ 597,000 | ①, ② |
| | 防潮堤(地中連続壁基礎構造区間(放水路エリア)) | ※ 500,000 | ①, ② |
| | 常設代替高圧電源装置電路, 燃料移送配管 | ※ 279,000 | |
| | 常設低圧代替注水系格納槽 | ※ 190,000 | |
| | 緊急用海水ポンプピット | ※ 120,000 | |
| | SA用海水ピット | ※ 94,000 | |
| | SA用海水ピット取水塔 | ※ 17,000 | |
| | 格納容器圧力逃がし装置格納槽 | ※ 11,000 | |
| | 緊急用海水取水管 | ※ 8,000 | |
| | 海水引込み管 | ※ 7,000 | |

影響要因①: 深部で岩着し接地面積が小さい, 影響要因②: 沖積粘性土(Ac層)の分布

| 基礎形式 | 対象施設 | 施設の重量(kN) | 該当する影響要因 |
|----------------|----------------------|-----------|----------|
| 杭を介して岩盤で支持する施設 | 緊急時対策所 | ※ 399,000 | 最大重量 |
| | 【取水構造物(取水路, 海水ポンプ室)】 | 248,000 | ③, ④ |
| | 【使用済燃料乾式貯蔵建屋】 | 245,000 | ③ |
| | 防潮堤(杭基礎構造区間) | ※ 59,000 | ③, ④ |
| | 貯留堰 | ※ 22,000 | ③, ④ |
| | 可搬型設備用軽油タンク | ※ 19,000 | |
| | 非常用ガス処理系排気筒【排気筒】 | 16,000 | |
| | 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク | ※ 9,000 | |
| | 非常用海水系配管【屋外二重管】 | 7,000 | ③, ④ |

影響要因③: 支持岩盤の傾斜, 影響要因④: 沖積粘性土(Ac層)の分布

※ 基本設計段階の概算重量



代表施設選定フロー

代表施設1

・直接岩盤で支持する施設のうち、最大重量となる原子炉建屋

代表施設2

・直接岩盤で支持する施設のうち、深部で岩着し接地面積が小さく、かつ沖積粘性土(Ac層)が厚く分布している施設で、重量が大きい防潮堤(地中連続壁基礎構造区間)

代表施設3

・杭を介して岩盤で支持する施設のうち、最大重量となる緊急時対策所

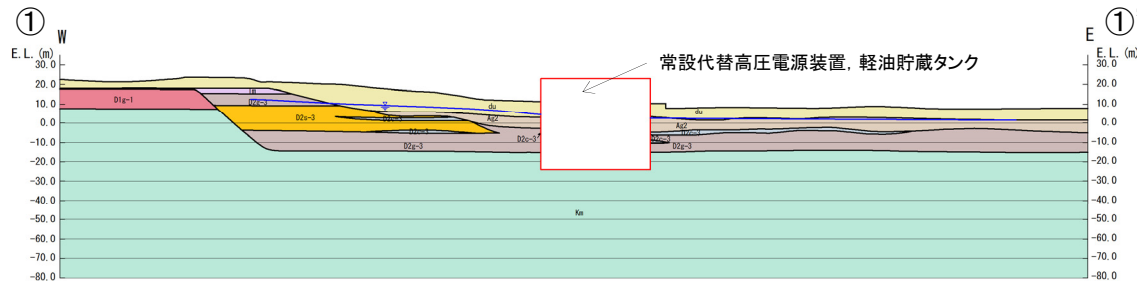
代表施設4

・杭を介して岩盤で支持する施設のうち、支持岩盤が傾斜しており、かつ沖積粘性土(Ac層)が厚く分布している施設で、重量が大きい取水構造物(取水路, 海水ポンプ室)

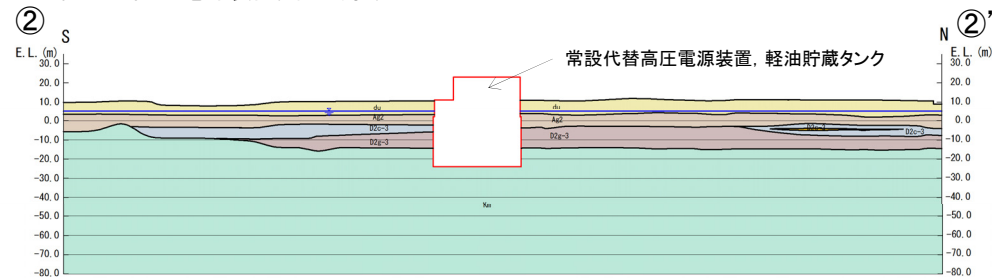
2. 基礎地盤の安定性評価 2.1 評価方針

地質断面図(直接岩盤で支持する施設)(1)

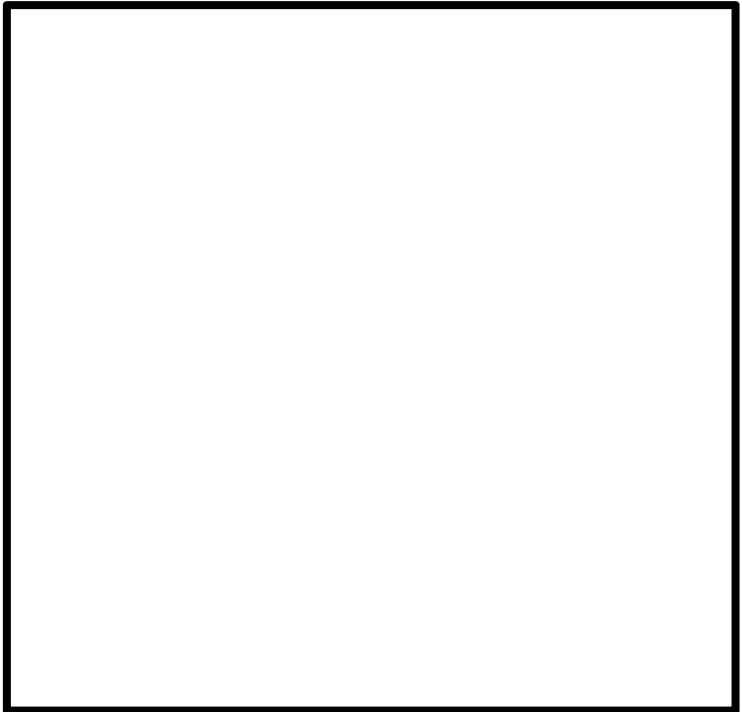
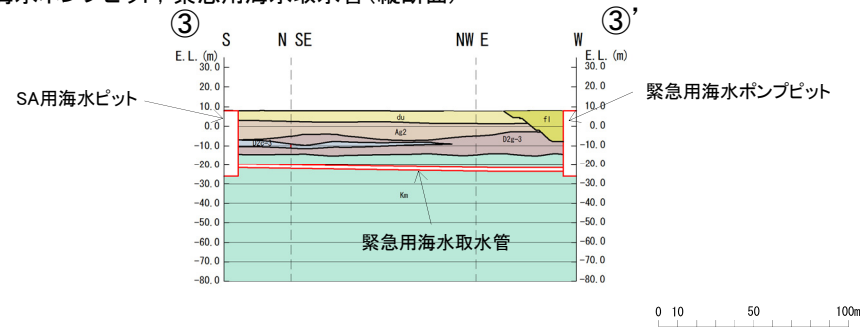
・常設代替高圧電源装置, 軽油貯蔵タンク(EW断面)



・常設代替高圧電源装置, 軽油貯蔵タンク(NS断面)



・緊急用海水ポンプピット, 緊急用海水取水管(縦断面)



地質構成表

対象施設と断面位置

| 地質時代 | 地質区分 | 記号 | 岩相 |
|-------------|-------------|-------|---------|
| 第
四
紀 | 完
新
世 | 砂丘砂層 | du 砂 |
| | | Ag2 | 砂礫 |
| | | Ac | 粘土 |
| | | As | 砂 |
| | 更
新
世 | Ag1 | 砂礫 |
| | | D2c-3 | シルト |
| | | D2s-3 | 砂 |
| | | D2g-3 | 砂礫 |
| | | D2c-2 | シルト |
| | | D2g-2 | 砂礫 |
| | | Im | ローム |
| | | D1c-1 | シルト |
| | | D1g-1 | 砂礫 |
| | | 久米層 | Km 砂質泥岩 |
| 新第三紀 | 鮮新世 | | |

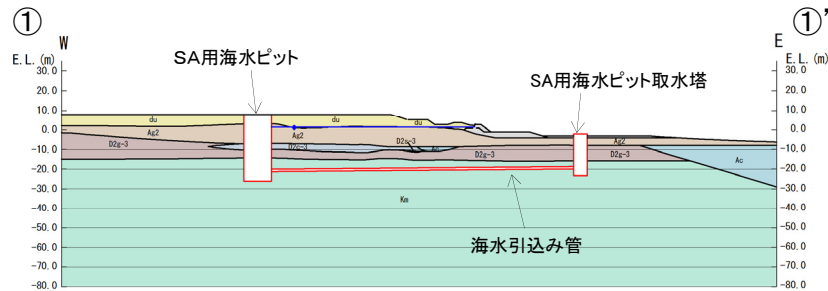
~~~~~ 不整合

※f1は埋戻土

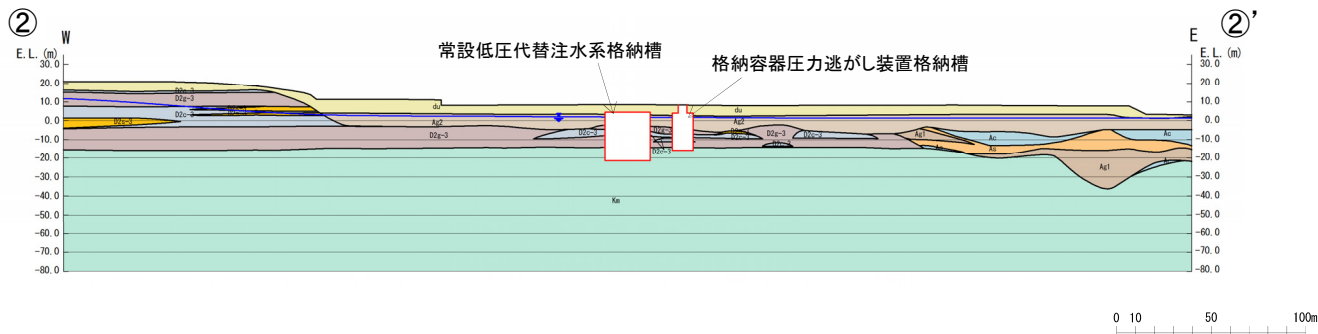
## 2. 基礎地盤の安定性評価 2.1 評価方針

### 地質断面図(直接岩盤で支持する施設)(2)

・SA用海水ピット, 海水引込み管, SA用海水ピット取水塔(EW断面)



・格納容器圧力逃がし装置格納槽, 常設低圧代替注水系格納槽(EW断面: 原子炉建屋 地質断面図に投影)



対象施設と断面位置

地質構成表

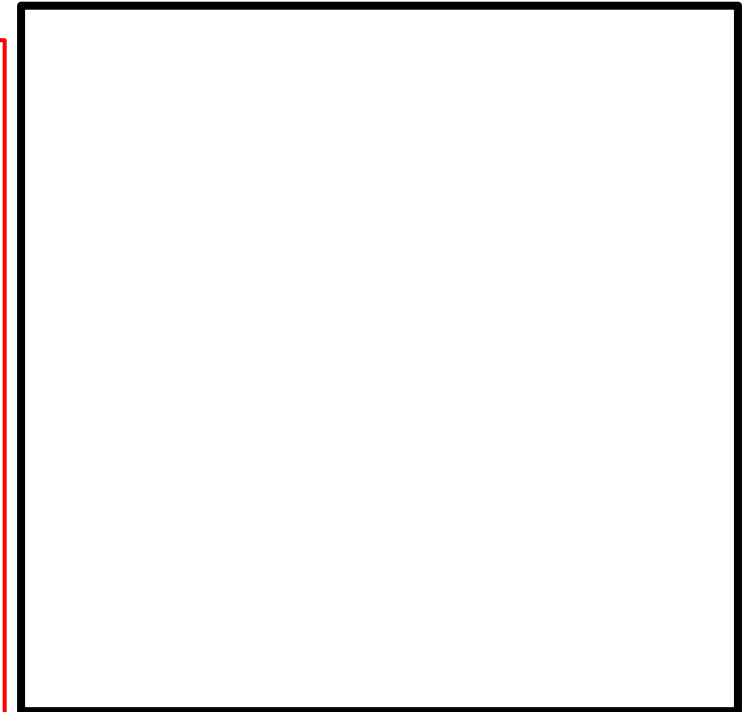
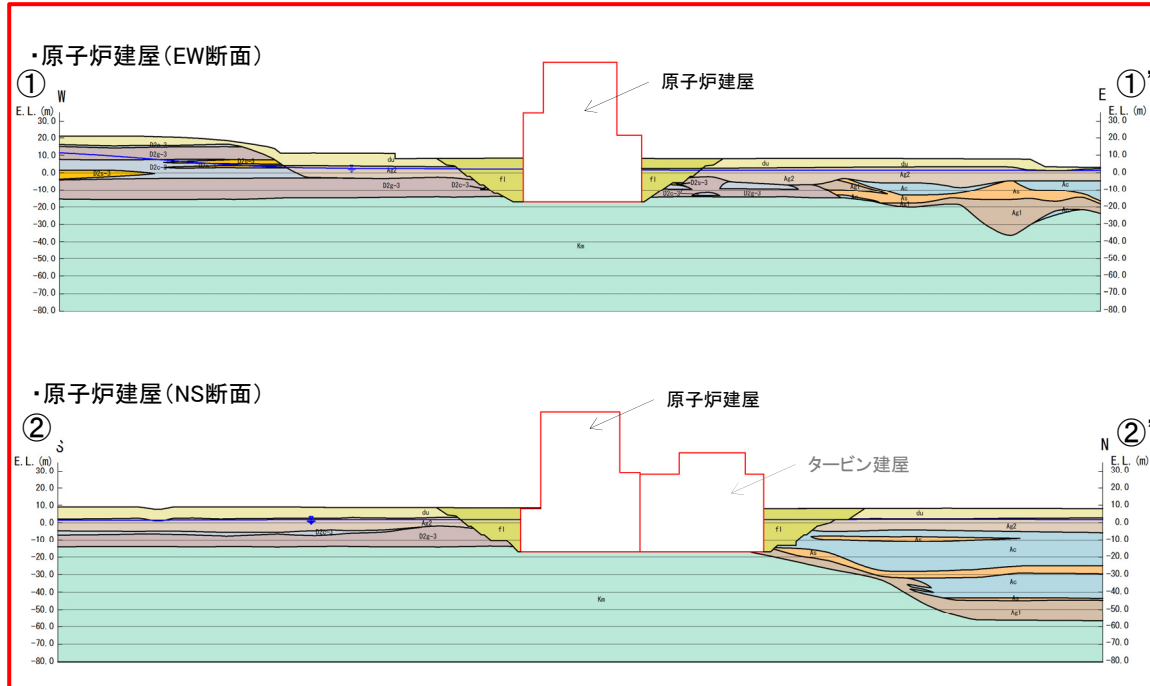
| 地質時代        | 地質区分        | 記号   | 岩相        |
|-------------|-------------|------|-----------|
| 第<br>四<br>紀 | 完<br>新<br>世 | 砂丘砂層 | du 砂      |
|             |             |      | Ag2 砂礫    |
|             |             |      | Ac 粘土     |
|             |             |      | As 砂      |
|             |             |      | Ag1 砂礫    |
|             | 更<br>新<br>世 | 沖積層  | a1        |
|             |             |      | D2c-3 シルト |
|             |             |      | D2s-3 砂   |
|             |             | D2   | D2g-3 砂礫  |
|             |             |      | D2c-2 シルト |
|             |             |      | D2g-2 砂礫  |
|             |             |      | lm ローム    |
|             |             | D1   | D1c-1 シルト |
|             |             |      | D1g-1 砂礫  |
|             |             |      | Km 砂質泥岩   |
| 新第三紀        | 鮮新世         | 久米層  | Km 砂質泥岩   |

~~~~~ 不整合

※flは埋戻土

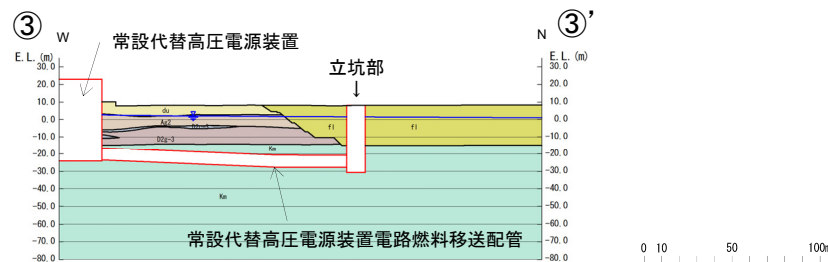
地質断面図(直接岩盤で支持する施設)(3)

代表施設1(原子炉建屋)



対象施設と断面位置

・常設代替高圧電源装置電路燃料移送配管



地質構成表

| 地質時代 | 地質区分 | 記号 | 岩相 |
|------|------|-------|------|
| 第四紀 | 完新世 | du | 砂 |
| | | Ag2 | 砂礫 |
| | | Ac | 粘土 |
| | 沖積層 | As | 砂 |
| | | Ag1 | 砂礫 |
| | | D2c-3 | シルト |
| | 更新世 | D2s-3 | 砂 |
| | | D2g-3 | 砂礫 |
| | | D2o-2 | シルト |
| | | D2g-2 | 砂礫 |
| | | Im | ローム |
| | | D1c-1 | シルト |
| | | D1g-1 | 砂礫 |
| 第三紀 | 鮮新世 | 久米層 | 砂質泥岩 |
| | | Km | 砂質泥岩 |

～不整合～

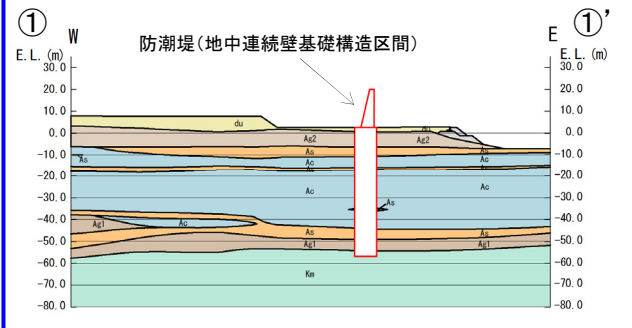
※f1は埋戻土

2. 基礎地盤の安定性評価 2.1 評価方針

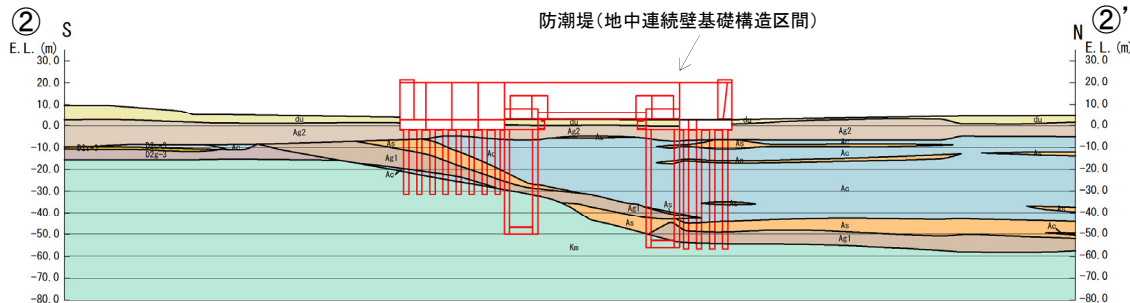
地質断面図(直接岩盤で支持する施設)(4)

代表施設2(防潮堤(地中連続壁基礎構造区間))

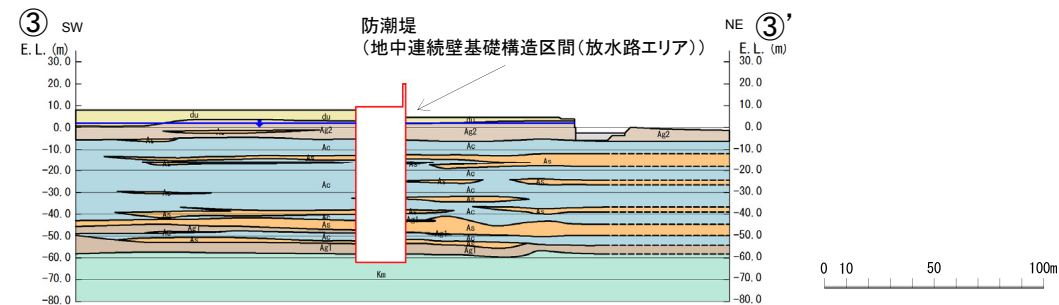
・防潮堤(地中連続壁基礎構造区間)(EW断面)



・防潮堤(地中連続壁基礎構造区間)(NS断面)



・防潮堤(地中連続壁基礎構造区間(放水路エリア))



0 10 50 100m

対象施設と断面位置

地質構成表

| 地質時代 | 地質区分 | 記号 | 岩相 |
|------|------|-------|------|
| 新第三紀 | 完新世 | 砂丘砂層 | du |
| | | | 砂 |
| | | | Ag2 |
| | | | 砂礫 |
| | | | Ac |
| | 第四紀 | 沖積層 | a1 |
| | | | 粘土 |
| | | | As |
| | | | 砂 |
| | | | Ag1 |
| | | | 砂礫 |
| | | D2c-3 | シルト |
| | | D2s-3 | 砂 |
| | | D2 | |
| | | D2g-3 | 砂礫 |
| | | D2c-2 | シルト |
| | | D2g-2 | 砂礫 |
| | | Im | ローム |
| 新第三紀 | 鮮新世 | D1 | |
| | | D1c-1 | シルト |
| 新第三紀 | 鮮新世 | D1g-1 | 砂礫 |
| | | Kn | 砂質泥岩 |

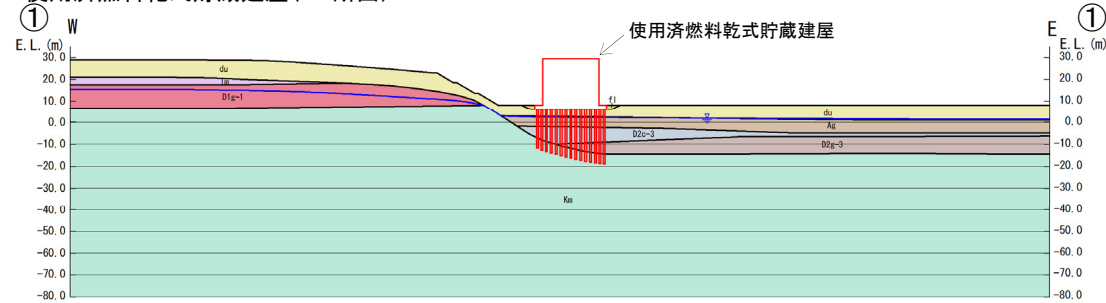
久米層

※①は埋戻土

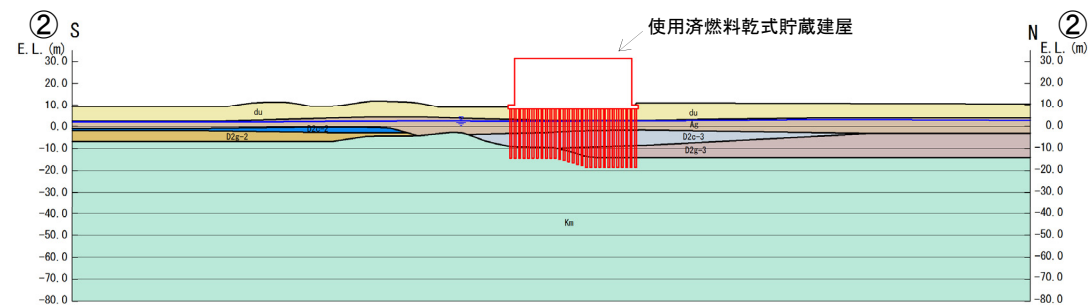
2. 基礎地盤の安定性評価 2.1 評価方針

地質断面図(杭を介して岩盤で支持する施設)(1)

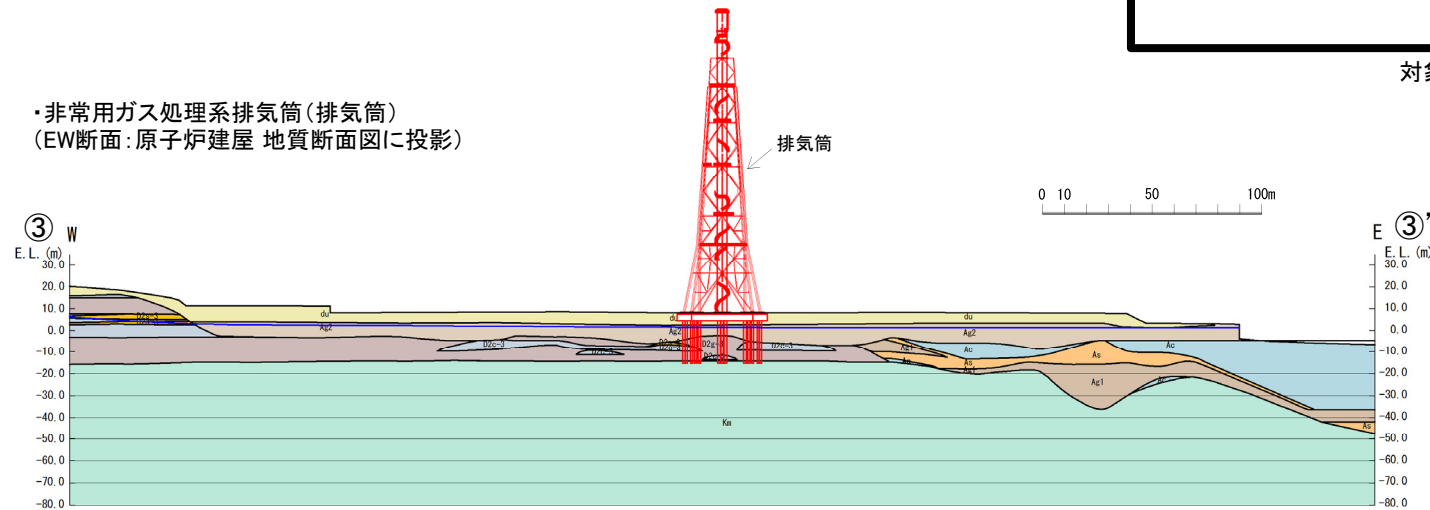
・使用済燃料乾式貯蔵建屋(EW断面)



・使用済燃料乾式貯蔵建屋(NS断面)



・非常用ガス処理系排気筒(排気筒)
(EW断面:原子炉建屋 地質断面図に投影)



対象施設と断面位置

地質構成表

| 地質時代 | 地質区分 | 記号 | 岩相 |
|--------------|-----------------------|-------|-----------|
| 第
四
紀 | 完
新
世 | 砂丘砂層 | du 砂 |
| | | | Ag2 砂礫 |
| | | | Ac 粘土 |
| | | | As 砂 |
| | | | Ag1 砂礫 |
| | 中
新
世 | 沖積層 | al シルト |
| | | | D2c-3 砂 |
| | | | D2s-3 砂礫 |
| | | | D2c-2 シルト |
| | | | D2g-2 砂礫 |
| 新
第三
紀 | 段
丘
堆
積
物 | lm | ローム |
| | | D1c-1 | シルト |
| | | D1g-1 | 砂礫 |
| | | Km | 砂質泥岩 |

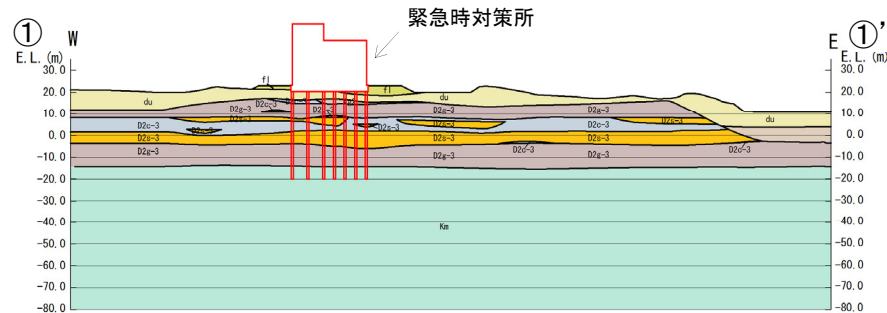
~~~~~ 不整合 ※flは埋戻土

## 2. 基礎地盤の安定性評価 2.1 評価方針

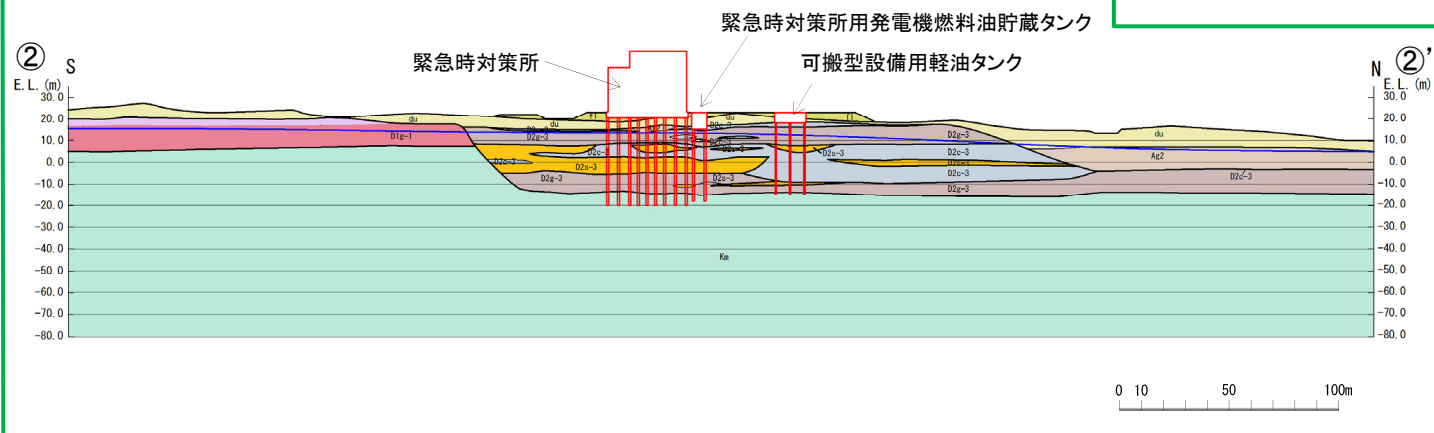
### 地質断面図(杭を介して岩盤で支持する施設)(2)

代表施設3(緊急時対策所)

・緊急時対策所(EW断面)



・緊急時対策所, 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク, 可搬型設備用軽油タンク (NS断面)



対象施設と断面位置

地質構成表

| 地質時代 | 地質区分  | 記号    | 岩相   |
|------|-------|-------|------|
| 第四紀  | 沖積層   | du    | 砂    |
|      |       | Ag2   | 砂礫   |
|      |       | Ac    | 粘土   |
|      |       | As    | 砂    |
|      | 段丘堆積物 | Ag1   | 砂礫   |
|      |       | D2g-3 | シルト  |
|      |       | D2g-3 | 砂    |
|      |       | D2g-3 | 砂礫   |
|      |       | D2g-2 | シルト  |
|      |       | D2g-2 | 砂礫   |
| 新第三紀 | 鮮新世   | Im    | ローム  |
|      |       | D1g-1 | シルト  |
|      |       | D1g-1 | 砂礫   |
| 新第三紀 | 鮮新世   | Km    | 砂質泥岩 |

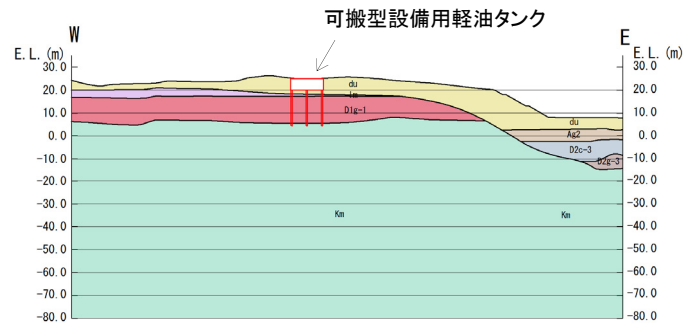
~~~~~ 不整合

※flは埋戻土

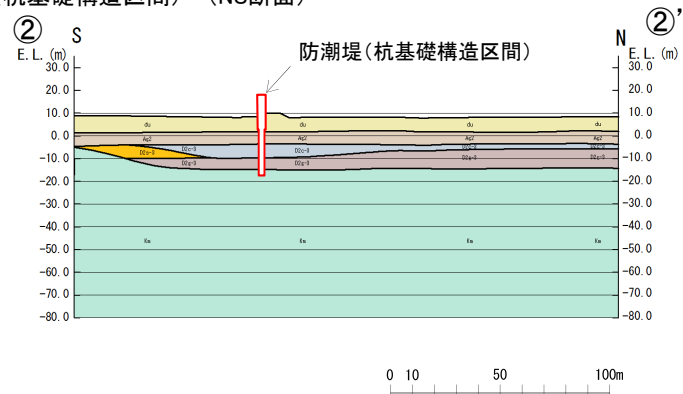
2. 基礎地盤の安定性評価 2.1 評価方針

地質断面図(杭を介して岩盤で支持する施設)(3)

・可搬型設備用軽油タンク(南側) (EW断面)



・防潮堤(杭基礎構造区間) (NS断面)



グループ③の地質断面図

地質構成表

| 地質時代 | 地質区分 | 記号 | 岩相 |
|------|------|------|-----------|
| 第四紀 | 完新世 | 砂丘砂層 | du 砂 |
| | | | Ag2 砂礫 |
| | 沖積層 | a1 | Ac 粘土 |
| | | | As 砂 |
| | | | Ag1 砂礫 |
| | 更新世 | | D2c-3 シルト |
| | | | D2s-3 砂 |
| | | D2 | D2g-3 砂礫 |
| | | | D2g-2 シルト |
| | | | D2g-1 砂礫 |
| | | | Im ローム |
| | | D1 | D1c-1 シルト |
| | | | D1g-1 砂礫 |
| 新第三紀 | 鮮新世 | 久米層 | Km 砂質泥岩 |

~~~~~ 不整合

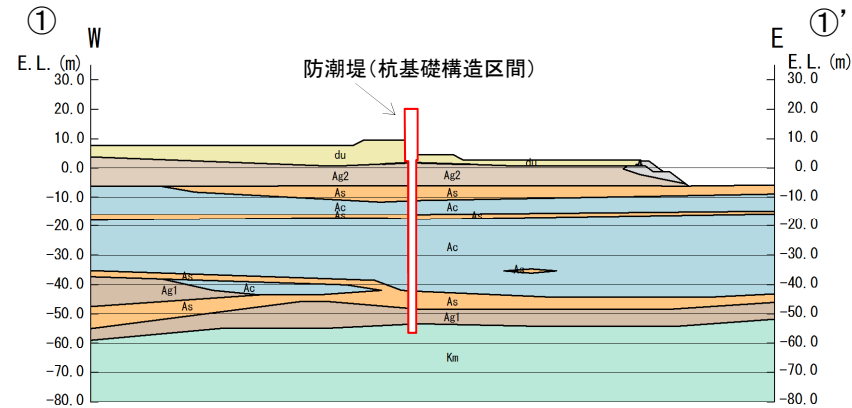
※flは埋戻土

対象施設と断面位置

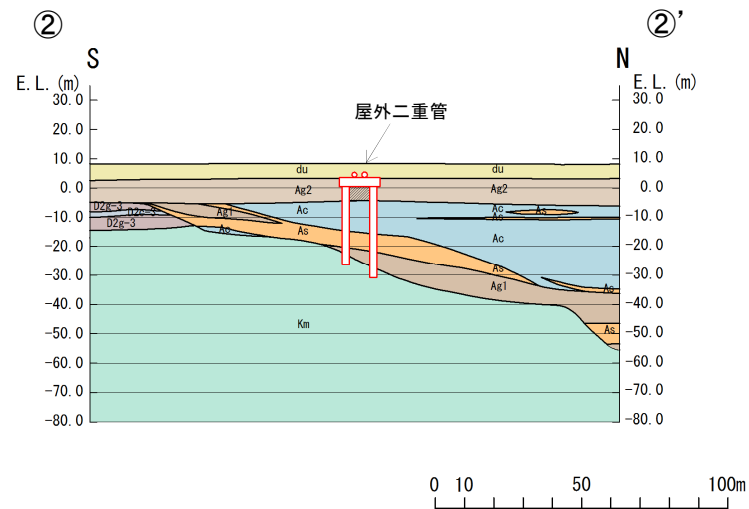
## 2. 基礎地盤の安定性評価 2.1 評価方針

### 地質断面図(杭を介して岩盤で支持する施設)(4)

・防潮堤(杭基礎構造区間)(EW断面)



・非常用海水系配管(屋外二重管)(NS断面)



地質構成表

| 地質時代 | 地質区分 | 記号    | 岩相   |
|------|------|-------|------|
| 第四紀  | 完新世  | du    | 砂    |
|      |      | Ag2   | 砂礫   |
|      |      | Ac    | 粘土   |
|      |      | As    | 砂    |
|      | 更新世  | Ag1   | 砂礫   |
|      |      | D2c-3 | シルト  |
|      |      | D2s-3 | 砂    |
|      |      | D2g-3 | 砂礫   |
|      |      | D2c-2 | シルト  |
|      |      | D2g-2 | 砂礫   |
|      |      | lm    | ローム  |
|      |      | D1c-1 | シルト  |
|      |      | D1g-1 | 砂礫   |
|      |      | Km    | 砂質泥岩 |
| 第三紀  | 鮮新世  | 久米層   | Km   |

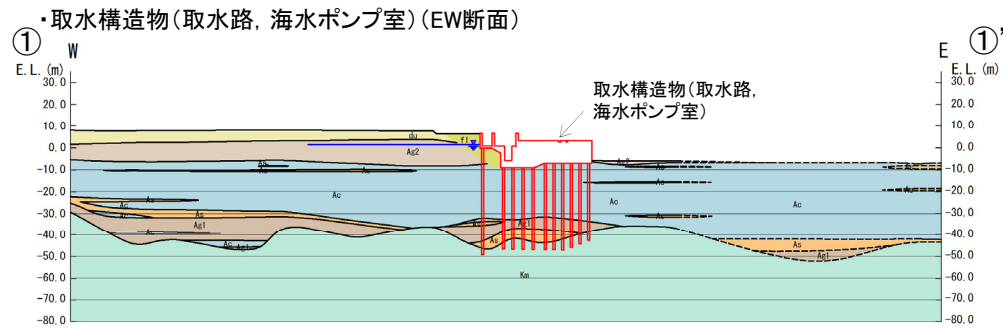
~~~~~ 不整合

※flは埋戻土

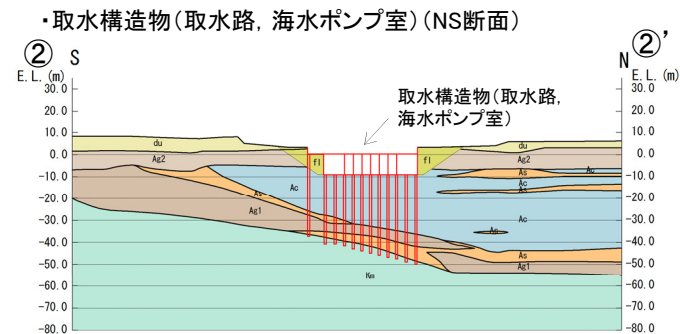
対象施設と断面位置

2. 基礎地盤の安定性評価 2.1 評価方針

地質断面図(杭を介して岩盤で支持する施設)(5)



代表施設4(取水構造物(取水路, 海水ポンプ室))



0 10 50 100m

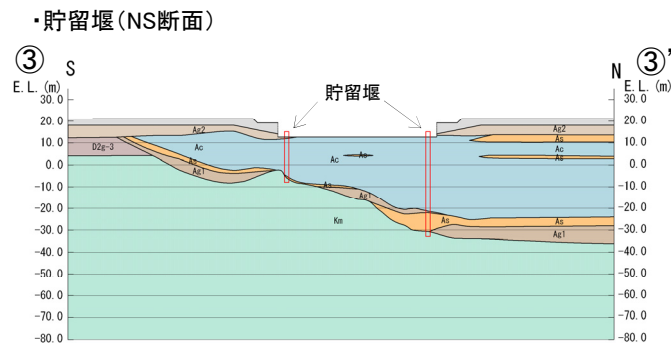
対象施設と断面位置

地質構成表

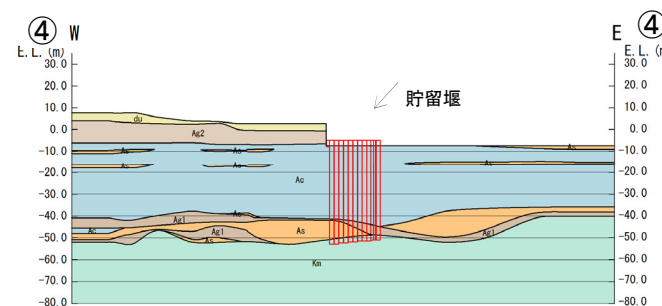
| 地質時代 | 地質区分 | 記号 | 岩相 |
|----------|-------|-------|------|
| 第三紀 新世 | 完 | du | 砂 |
| | 沖積層 | Ag2 | 砂礫 |
| | | Ac | 粘土 |
| | | As | 砂 |
| | 更 | Ag1 | 砂礫 |
| | | D2g-3 | シルト |
| | | D2s-3 | 砂 |
| | | D2g-3 | 砂礫 |
| | | D2g-2 | シルト |
| | | D2g-2 | 砂礫 |
| | | Im | ローム |
| 第四紀 新世 | 段丘堆積物 | D1g-1 | シルト |
| | | D1g-1 | 砂礫 |
| | | D1g-1 | 砂礫 |
| 新第三紀 鮮新世 | 久米層 | Km | 砂質泥岩 |

~~~~~ 不整合

※川は埋戻土



④ 貯留堰(EW断面)



# 目 次

---

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 1. 評価概要                 |     |
| 1.1 評価概要                | 4   |
| 1.2 評価対象施設              | 6   |
| 1.3 敷地の地質・地質構造の概要       | 8   |
| 2. 基礎地盤の安定性評価           |     |
| 2.1 評価方針                | 14  |
| 2.2 解析用物性値              | 37  |
| 2.3 評価方法                | 48  |
| 2.4 入力地震動               | 68  |
| 2.5 評価結果                | 72  |
| 3. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価 |     |
| 3.1 周辺地盤の変状による重要施設への影響  | 102 |
| 3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響   | 104 |
| 4. 周辺斜面の安定性評価           | 113 |
| 5. まとめ                  | 119 |

## 2. 基礎地盤の安定性評価 2.2 解析用物性値 解析用地盤物性一覧表(設定根拠)

■ 解析用物性値は、下表に示す試験・調査結果に基づき設定した。

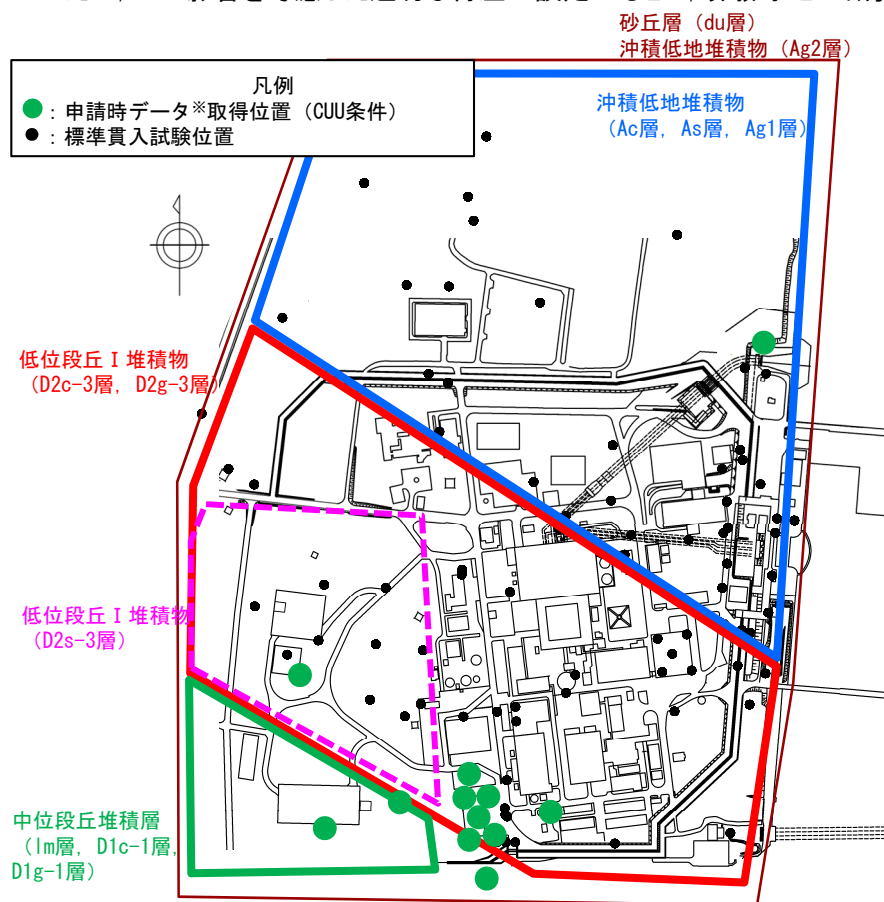
| 項目           | 埋戻土                              | 第四系         |             |             |             |                         |             |             |             |             |                        |                         | 新第三系        |
|--------------|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|-------------------------|-------------|
|              | f1層                              | du層         | Ag2層        | Ac層         | As層         | Ag1層                    | D2c-3層      | D2s-3層      | D2g-3層      | lm層         | D1c-1層                 | D1g-1層                  | Km層         |
| 密度           | f1層の主要な構成材料はdu層であることから、du層で代用する。 | 室内物理試験      | 室内物理試験      | 室内物理試験      | 室内物理試験      | 強度特性等と併せてAg2層で代用する。     | 室内物理試験      | 室内物理試験      | 室内物理試験      | 室内物理試験      | 同じ洪積粘性土であるD2c-3層で代用する。 | 強度特性等と併せてAg2層で代用する。     | 室内物理試験      |
| 静弾性係数        |                                  | 三軸圧縮試験      | 三軸圧縮試験      | 三軸圧縮試験      | 三軸圧縮試験      |                         | 三軸圧縮試験      | 三軸圧縮試験      | 三軸圧縮試験      | 三軸圧縮試験      |                        |                         | 三軸圧縮試験      |
| 初期せん断剛性      |                                  | PS換層と密度より算出 | PS換層と密度より算出 | PS換層と密度より算出 | PS換層と密度より算出 | PS換層と密度より算出             | PS換層と密度より算出 | PS換層と密度より算出 | PS換層と密度より算出 | PS換層と密度より算出 | PS換層と密度より算出            | PS換層と密度より算出             | PS換層と密度より算出 |
| 動ポアソン比       |                                  | PS換層より算出    | PS換層より算出    | PS換層より算出    | PS換層より算出    | PS換層より算出                | PS換層より算出    | PS換層より算出    | PS換層より算出    | PS換層より算出    | PS換層より算出               | PS換層より算出                | PS換層より算出    |
| せん断剛性のひずみ依存性 |                                  | 繰返し三軸試験     | 繰返し三軸試験     | 繰返し三軸試験     | 繰返し三軸試験     | 繰返し三軸試験                 | 繰返し三軸試験     | 繰返し三軸試験     | 繰返し三軸試験     | 繰返し三軸試験     | 同じ洪積粘性土であるD2c-3層で代用する。 | 強度特性等と併せてAg2層で代用する。     | 繰返し三軸試験     |
| 減衰定数         |                                  | 繰返し三軸試験     | 繰返し三軸試験     | 繰返し三軸試験     | 繰返し三軸試験     | 繰返し三軸試験                 | 繰返し三軸試験     | 繰返し三軸試験     | 繰返し三軸試験     | 繰返し三軸試験     |                        |                         | 繰返し三軸試験     |
| 強度特性         | 三軸圧縮試験※                          | 三軸圧縮試験      | 三軸圧縮試験      | 三軸圧縮試験      | 三軸圧縮試験      | Ag2層で代用する。(補足説明資料p47参照) | 三軸圧縮試験      | 三軸圧縮試験      | 三軸圧縮試験      | 三軸圧縮試験      | 同じ洪積粘性土であるD2c-3層で代用する。 | Ag2層で代用する。(補足説明資料p47参照) | 三軸圧縮試験      |

: 深度方向に厚みをもって堆積している地盤の安定性評価を実施するため、CU条件による三軸圧縮試験に基づき強度設定を行った。  
※申請時のf1層の強度特性はdu層で代用

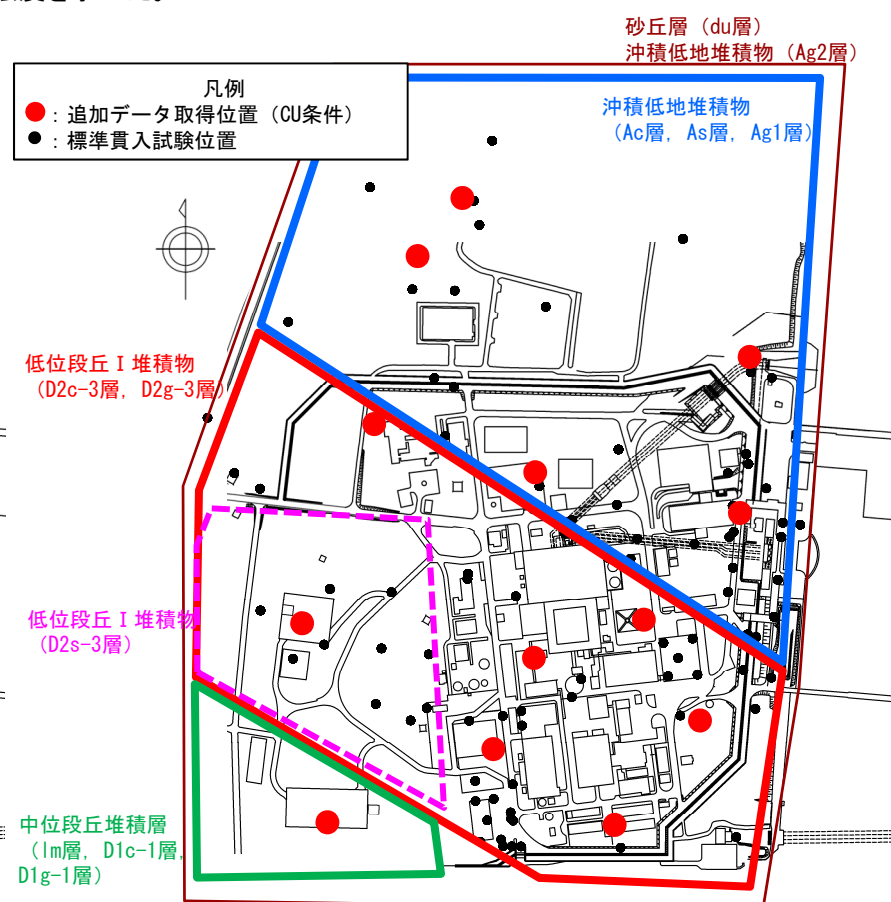
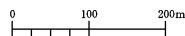
: 申請時以降、新たに検討対象となった評価対象断面内に分布する地層について、追加で記載

## 地盤物性値の追加データ取得(調査の目的)

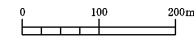
- 耐震重要施設等の設置場所が敷地内に点在しているが、従前の第四紀層の強度・変形特性に関する物性値の取得場所には偏りがあり、網羅性・代表性の観点から、改めて敷地全域にて試料のサンプリングを行い三軸圧縮試験を追加実施した。
- 三軸圧縮試験の実施にあたっては、第四紀層はそれぞれ厚さをもって分布していることから、地層の分布深度に伴う強度・変形特性を適切に把握できるCU条件とした(従前の試験はCUU条件)。
- 東海第二発電所に分布する原地盤の砂層、礫層は密に締まっており、せん断に伴い正のダイラテンシーが卓越するという特徴を有することが判明したため、この影響を考慮した適切な背圧の設定のもとで、非排水せん断強度を求めた。



試料サンプリング位置図 (申請時データ※)



試料サンプリング位置図 (追加取得データ)



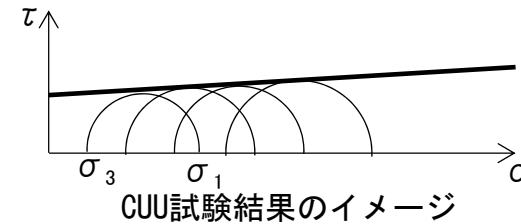
※申請時データは、平成9年の設置変更許可申請時に実施した地質調査等により取得した。

## 地盤物性値の追加データ取得(試験条件の見直し)

### ■ 申請時の強度特性(CUU条件)

#### 【CUU条件の方法】

- ・試料採取位置の有効上載圧 $\sigma'_v$ により、試料を等方圧密する。(排水状態)
  - ・地震時の応力増分を考慮して、所定の側圧 $\sigma_3$ を加える。(非排水状態)
  - ・せん断試験を実施する。(非排水状態)
  - ・複数の側圧 $\sigma_3$ におけるせん断強度をモール円で表し、包絡線から $c$ 、 $\phi$ を設定。
- 単一の圧密圧力下(深度)での強度特性を表現している。

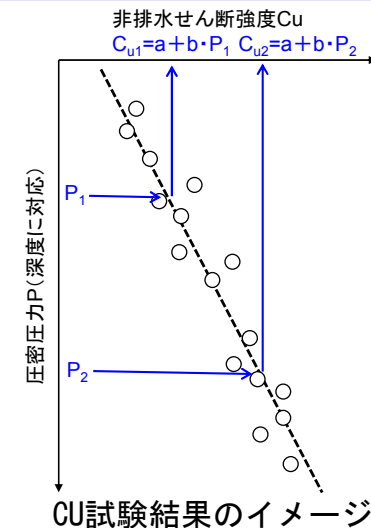


- ✓ 当時の地盤安定性評価は原子炉建屋のように、第四紀層が浅部で薄く分布しているような地盤条件に限られており、深度方向への強度増分による影響は比較的小さかったことから、上記の試験を採用していた。
- ✓ これらは、原子炉建屋と同等の地層構成を持つ使用済燃料乾式貯蔵建屋周辺にて取得されたものである。

### ■ 追加データとして取得した強度特性(CU条件)

#### 【CU条件の方法】

- ・有効上載圧 $\sigma'_v$ により、試料を等方圧密する。(排水状態)
  - ・せん断試験を実施する。(非排水状態)
  - ・せん断強度と圧密圧力の関係から直線式として強度を整理する。
- 圧密圧力(深度)の増加に伴うせん断強度の増加を表現している。



- ✓ 耐震重要施設等が敷地北側等、第四紀層が厚く分布する範囲に設置されていることから、圧密圧力(深度)の増加に伴うせん断強度の増加を表現することが出来るCU条件にて強度を取得した。

### ◆ 追加データ取得における試験条件のうち背圧について

- ✓ 東海第二発電所に分布する砂礫層は密に締まっており、せん断に伴い正のダイレイタンスが卓越するという特徴を持つ。正のダイレイタンスによるキャビテーションを防止するため、試験条件として適切な背圧を設定した。→ 次項にて詳細を説明する。



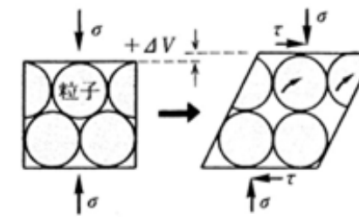
## 地盤物性値の追加データ取得(試験条件の見直し)

## ■ 砂質土のせん断挙動

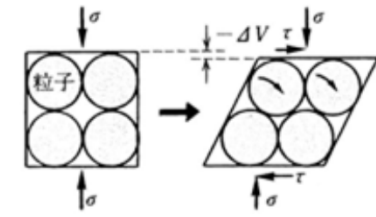
砂質土のせん断強度成分

- ・土粒子の回転・すべり摩擦
- ・土粒子の噛み合わせ抵抗
  - 抵抗力(せん断強度)以上の外力を加えると新しい粒子配列に移行
- ・せん断時の体積変化(ダイレイタンシー特性)
  - 正のダイレイタンシー: 体積膨張
  - 負のダイレイタンシー: 体積減少

砂質土の重要な特徴



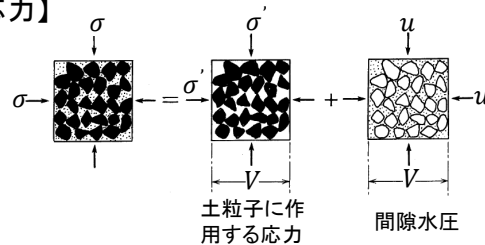
密な砂質土の体積膨張



緩詰の砂質土の体積減少

砂質土のせん断時の体積変化(ダイレイタンシー特性)

【有効応力】



$$\Delta \sigma' = \sigma - \Delta u$$

有効応力    全応力    間隙水圧

【非排水条件でのせん断時におけるダイレイタンシーと間隙水圧の関係】

緩詰砂

負のダイレイタンシー  $\Delta V < 0 \Rightarrow \Delta u > 0$  (正の間隙水圧)  $\Rightarrow \Delta \sigma' < 0$ 

密詰砂

正のダイレイタンシー  $\Delta V > 0 \Rightarrow \Delta u < 0$  (負の間隙水圧)  $\Rightarrow \Delta \sigma' > 0$ 

ダイレイタンシー特性は有効応力の増減に寄与する重要な要素であることから、これを制限するような背圧設定は、適切ではない。

## 地盤物性値の追加データ取得(試験条件の見直し)

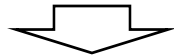
### ■ 三軸圧縮試験における背圧の役割

- ・ 背圧により、間隙水に一定の圧力をかけることで、間隙中の空気の体積を減らすとともに溶解させ、飽和度を上げる。
- ・ 特に、飽和した相対密度が密な砂質土の場合は、せん断過程で間隙水圧が負圧( $u_{BP} - u < 0$ )になるのを防ぐ目的から、できるだけ高い背圧を用いるとされている。※

※地盤材料試験の方法と解説(公益社団法人地盤工学会, 2009)

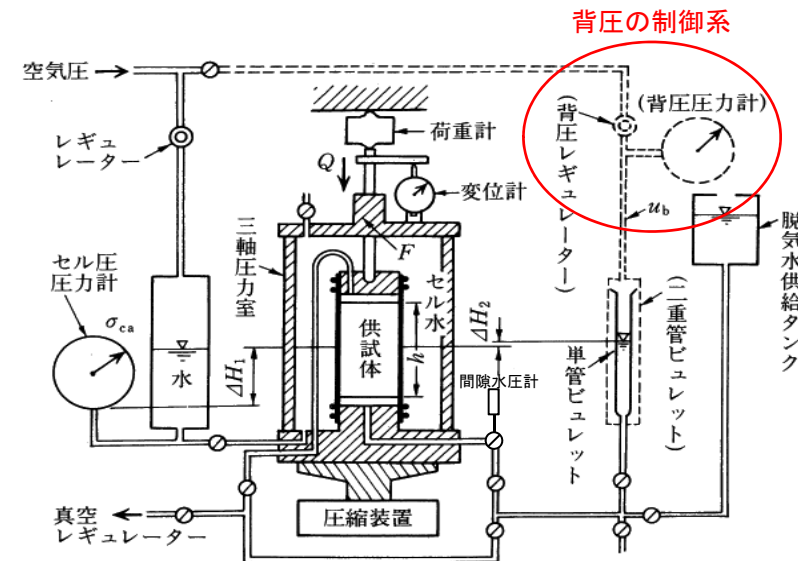
### ■ キャビテーション

- ・ 正のダイレイタンスにより、負の間隙水圧が生じた結果として、供試体中の間隙水内に溶存していた空気が気体化する現象をキャビテーションと呼ぶ。
- ・ キャビテーションが発生すると、正のダイレイタンスにより本来であれば増加するはずの有効応力が増加出来ずに、応力-ひずみ曲線が頭打ちとなり、非排水せん断強度を過小評価することとなる。



正のダイレイタンスが卓越するような密な砂層、礫層のせん断強度を適正に評価するには、キャビテーションを生じないよう、ある程度高い背圧にて三軸圧縮試験を行うことが重要である。

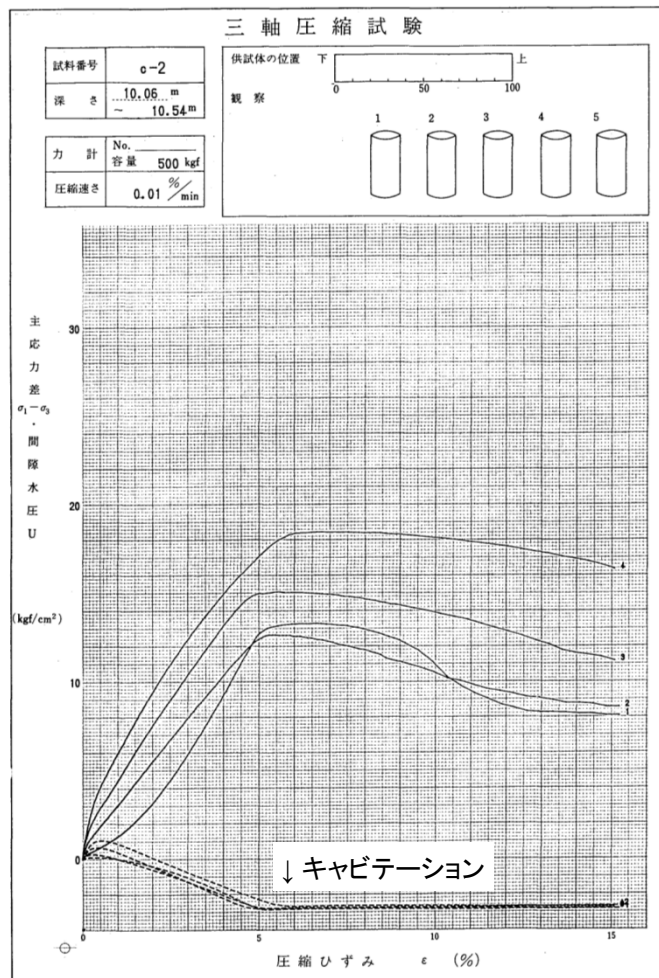
なお、キャビテーションを生じない適正な背圧であれば、供試体のせん断強度は背圧の値には影響されず、試験時の有効拘束圧に依存して決まる。



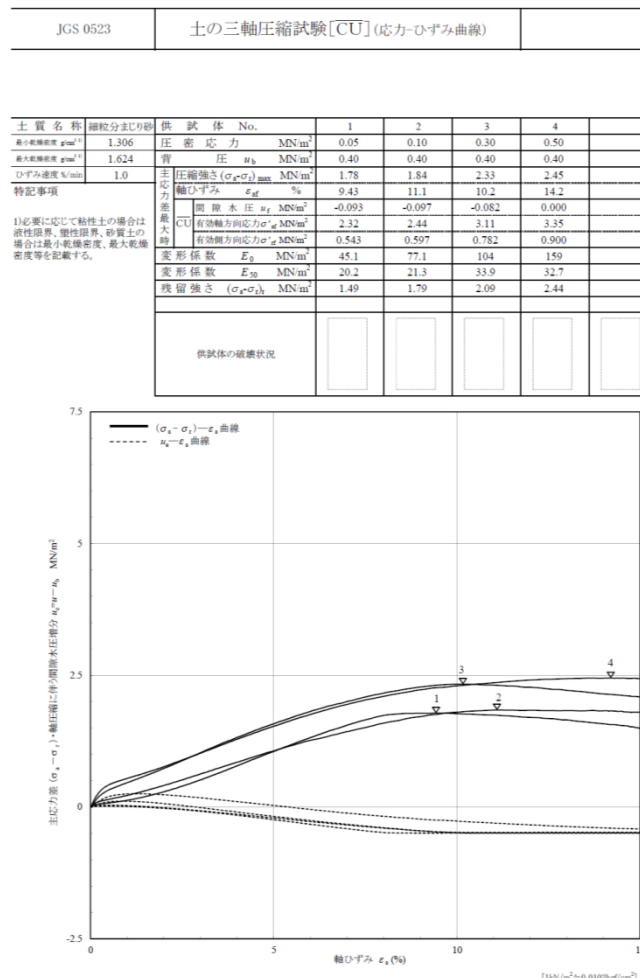
三軸圧縮試験装置の概要

## 地盤物性値の追加データ取得(申請時データと追加取得データとの比較)

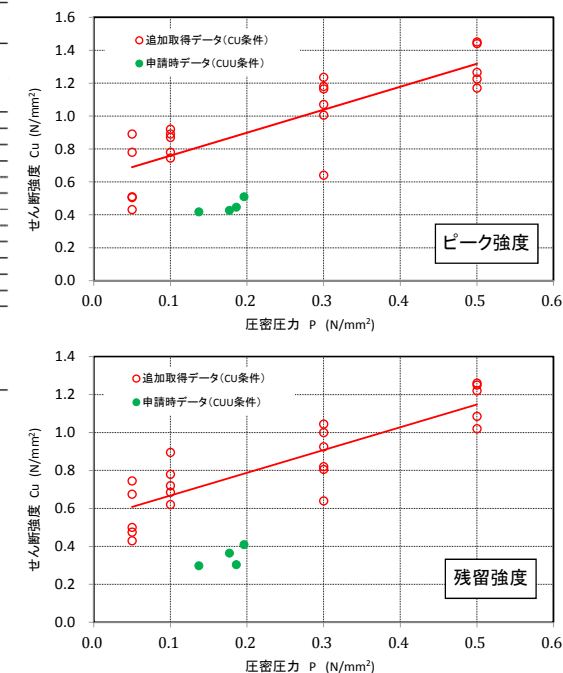
Ag2層



平成7年度の背圧設定による試験結果(申請時データ)



適正化した背圧による試験結果(追加取得データ)



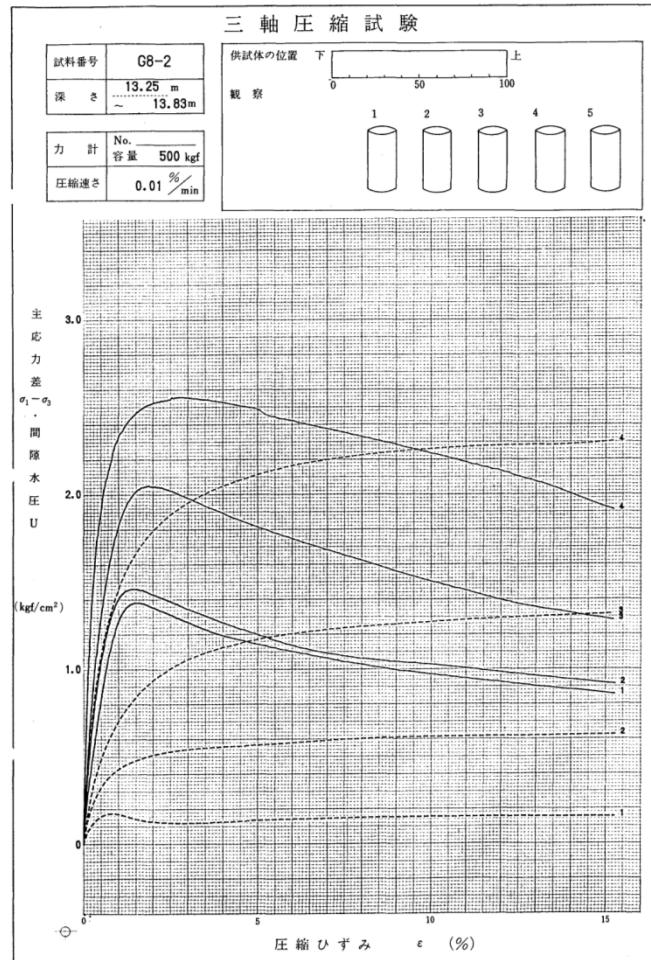
| Ag2層  | 申請時データ(CUU条件)                       |                  | 追加取得データ(CU条件) |         |
|-------|-------------------------------------|------------------|---------------|---------|
|       | せん断強度 $\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 内部摩擦角 $\phi$ (°) | P依存式の切片       | P依存式の傾き |
| ピーク強度 | 0.099                               | 36.7             | 0.620         | 1.40    |
| 残留強度  | 0.084                               | 32.1             | 0.548         | 1.20    |

せん断強度特性の比較結果

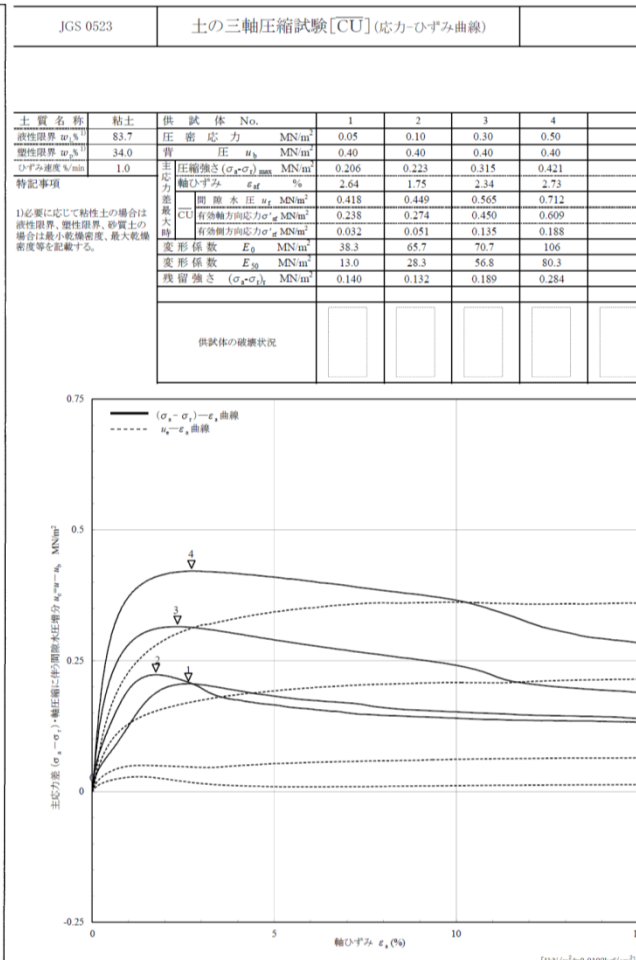
- ✓ 申請時のデータは、背圧の設定が低く、著しいキャビテーションを生じていることから、せん断強度特定を過小評価している。
- ✓ 追加取得データでは、背圧を適正化しているため、比較的適正なせん断強度が求められている。

## 地盤物性値の追加データ取得(申請時データと追加取得データとの比較)

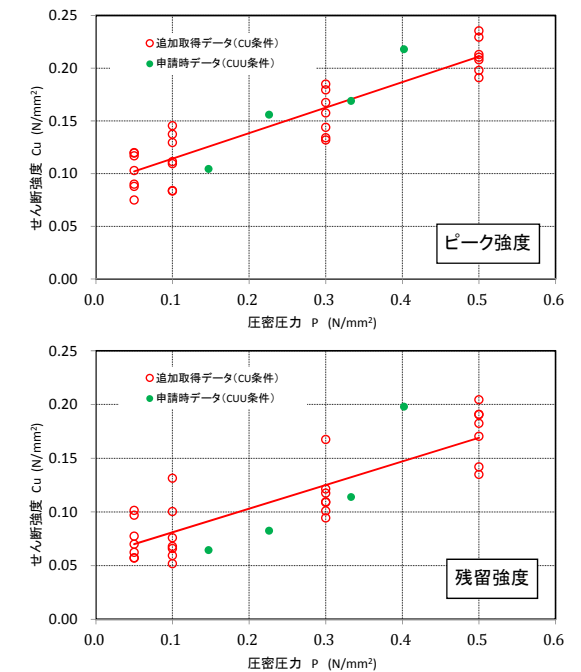
## Ac層



平成7年度の背圧設定による試験結果(申請時データ)



適正化した背圧による試験結果(追加取得データ)



| Ac層   | 申請時データ(CUU条件)                       |                  | 追加取得データ(CU条件) |         |
|-------|-------------------------------------|------------------|---------------|---------|
|       | せん断強度 $\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 内部摩擦角 $\phi$ (°) | P依存式の切片       | P依存式の傾き |
| ピーク強度 | 0.087                               | 10.1             | 0.090         | 0.242   |
| 残留強度  | 0.039                               | 12.3             | 0.059         | 0.220   |

せん断強度特性の比較結果

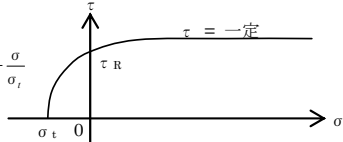
- ✓ 粘性土であるAc層については、ダイレイタンスー特性がほとんど無いことから、キャビテーションを生じるおそれはない。
- ✓ よって、申請時データと追加取得データで有意な差はない。



## 2. 基礎地盤の安定性評価 2.2 解析用物性値

### 解析用地盤物性一覧表(設定結果)

■ 解析用物性値一覧表を以下に示す。

| 項目     |                                                       | fl層                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 第四系             |                                               |                                                                           |                                             |                                                                           |                                              |                                              |                                              |                                             |                                              | 新第三系                                          |                                                                                                      |
|--------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | du層             | Ag2層                                          | Ac層                                                                       | As層                                         | Ag1層                                                                      | D2c-3層                                       | D2s-3層                                       | D2g-3層                                       | lm層                                         | D1c-1層                                       | D1g-1層                                        | Km層                                                                                                  |
| 物理特性   | 密度(※)<br>$\rho_t(\text{g/cm}^3)$                      | 1.82                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                 | 1.89                                          | —                                                                         | —                                           | —                                                                         | 1.77                                         | 1.92                                         | 2.15                                         | 1.43                                        | 1.77                                         | 1.89                                          | —                                                                                                    |
|        |                                                       | 1.98                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                 | 2.01                                          | 1.65                                                                      | 1.74                                        | 2.01                                                                      |                                              |                                              |                                              | 1.47                                        |                                              | 2.01                                          | $1.72-1.03 \times 10^{-4} \cdot Z$                                                                   |
| 静的変形特性 | 静弾性係数<br>(N/mm <sup>2</sup> )                         | 4.00+199・σ <sub>c</sub> '                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                 | 10.5+142・σ <sub>c</sub> '                     | 11.4                                                                      | 21.1+14.8・σ <sub>c</sub> '                  | 10.5+142・σ <sub>c</sub> '                                                 | 32.3+5.46・σ <sub>c</sub> '                   | 16.0+48.3・σ <sub>c</sub> '                   | 83.4+160・σ <sub>c</sub> '                    | 7.26+19.6・σ <sub>c</sub> '                  | 32.3+5.46・σ <sub>c</sub> '                   | 10.5+142・σ <sub>c</sub> '                     | 221-2.23・z                                                                                           |
| 動的変形特性 | 初期せん断(※)<br>剛性<br>G <sub>0</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | 80.3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                 | 109                                           | —                                                                         | —                                           | —                                                                         | 129                                          | 249                                          | 538                                          | 24.8                                        | 139                                          | 109                                           | —                                                                                                    |
|        |                                                       | 87.3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                 | 116                                           | $\frac{\rho_{sat}}{V_s} / 1000 \times V_s^2$<br>V <sub>s</sub> =163-1.54z |                                             | $\frac{\rho_{sat}}{V_s} / 1000 \times V_s^2$<br>V <sub>s</sub> =211-1.19z |                                              |                                              |                                              |                                             |                                              | 246                                           | 116                                                                                                  |
|        | 動<br>ポアソン比(※)<br>ν <sub>d</sub>                       | 0.385                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                 | 0.286                                         | —                                                                         | —                                           | —                                                                         | 0.488                                        | 0.465                                        | 0.462                                        | 0.494                                       | 0.487                                        | 0.286                                         | —                                                                                                    |
|        |                                                       | 0.493                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                 | 0.491                                         | 0.486                                                                     | 0.484                                       | 0.483                                                                     |                                              |                                              |                                              |                                             |                                              | 0.491                                         | $0.463+1.03 \times 10^{-4} \cdot Z$                                                                  |
|        | せん断剛性のひずみ依存性<br>G/G <sub>0</sub> ~γ                   | $\frac{1}{1+1540\gamma^{1.04}}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                 | $\frac{1}{1+2520\gamma^{1.14}}$               | $\frac{1}{1+269\gamma^{0.909}}$                                           | $\frac{1}{1+422\gamma^{0.951}}$             | $\frac{1}{1+1730\gamma^{1.11}}$                                           | $\frac{1}{1+269\gamma^{0.862}}$              | $\frac{1}{1+1100\gamma^{0.994}}$             | $\frac{1}{1+237\gamma^{0.732}}$              | $\frac{1}{1+222\gamma^{0.975}}$             | $\frac{1}{1+269\gamma^{0.862}}$              | $\frac{1}{1+2520\gamma^{1.14}}$               | $\frac{1}{1+107\gamma^{0.824}}$                                                                      |
|        |                                                       | $\frac{\gamma}{(4.27\gamma+0.00580)}+0.0102$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                 | $\frac{\gamma}{(4.10\gamma+0.00577)}+0.00413$ | $\frac{\gamma}{(6.65\gamma+0.0104)}+0.0222$                               | $\frac{\gamma}{(4.40\gamma+0.0122)}+0.0144$ | $\frac{\gamma}{(3.73\gamma+0.0102)}+0.00791$                              | $\frac{\gamma}{(6.62\gamma+0.00949)}+0.0205$ | $\frac{\gamma}{(5.68\gamma+0.00560)}+0.0132$ | $\frac{\gamma}{(9.70\gamma+0.00754)}+0.0233$ | $\frac{\gamma}{(8.21\gamma+0.0261)}+0.0121$ | $\frac{\gamma}{(6.62\gamma+0.00949)}+0.0205$ | $\frac{\gamma}{(4.10\gamma+0.00577)}+0.00413$ | $\frac{\gamma}{(4.41\gamma+0.0494)}+0.0184$                                                          |
| 強度特性   | ピーク強度<br>C <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )          | 0.491P<br>+0.200                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1.12P<br>+0.670 | 1.40P+0.620                                   | 0.242P+0.090                                                              | 1.42P+0.464                                 | 1.40P+0.620                                                               | 0.274P+0.180                                 | 0.462P+0.230                                 | 0.770P+0.594                                 | 0.338P+0.050                                | 0.274P+0.180                                 | 1.40P+0.620                                   | 備考参照                                                                                                 |
|        | 残留強度<br>τ <sub>0</sub> (N/mm <sup>2</sup> )           | 0.500P<br>+0.195                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1.00P<br>+0.577 | 1.20P+0.548                                   | 0.220P+0.059                                                              | 1.43P+0.430                                 | 1.20P+0.548                                                               | 0.170P+0.141                                 | 0.310P+0.213                                 | 0.788P+0.582                                 | 0.280P+0.036                                | 0.170P+0.141                                 | 1.20P+0.548                                   | $\tau^z=0.632 \cdot \sigma$<br>(σ<0.572N/mm <sup>2</sup> )<br>τ=0.601<br>(σ≥0.572N/mm <sup>2</sup> ) |
| 備 考    |                                                       | 新第三系の強度特性は右図より設定する。 <div><div><math>\left(\frac{\tau}{\tau_R}\right)^2=1+\frac{\sigma}{\sigma_t}</math></div><div></div><div><math>\sigma_t = 0.141-0.00114 \cdot Z</math><br/><math>\tau_R = 0.364-0.00168 \cdot Z</math><br/><math>C_{CUU} = 0.837-0.00346 \cdot Z</math><br/><math>\phi = 0^\circ</math><br/>Z: 標高EL表示(m)</div></div> |                 |                                               |                                                                           |                                             |                                                                           |                                              |                                              |                                              |                                             |                                              |                                               |                                                                                                      |

深度方向に厚みをもって堆積している地盤の安定性評価を実施するため、CU条件による三軸圧縮試験に基づき強度設定を行った。

申請時以降、新たに検討対象となった評価対象断面内に分布する地層について、追加で記載

(※): 上段は地下水位面以浅、下段は地下水位面以深に対する値を示す。



## 2. 基礎地盤の安定性評価 2.2 解析用物性値

### 解析用地盤物性一覧表(地盤改良体)

- 地盤改良体の物性値については、対象施設毎に計画している地盤改良の設計用一軸圧縮強さに基づき、以下のように設定する。

| 項目     |                                        | 地盤改良体（セメント混合系）                                                                                                                                      |                                                                                                                                                     | 設定根拠                                           |
|--------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
|        |                                        | A：緊急時対策所                                                                                                                                            | B：取水構造物（取水路、海水ポンプ室）                                                                                                                                 |                                                |
| 物理特性   | 密度<br>$\rho_t(\text{g/cm}^3)$          | 改良対象の原地盤の平均密度×1.1                                                                                                                                   | 改良対象の原地盤の平均密度×1.1                                                                                                                                   | 既設改良体のコアによる密度試験に基づき係数（×1.1）を設定                 |
| 静的変形特性 | 静弾性係数<br>(N/mm <sup>2</sup> )          | 581                                                                                                                                                 | 581                                                                                                                                                 | 既設改良体を模擬した再構成試料による一軸圧縮試験に基づき設定                 |
| 動的変形特性 | 初期せん断剛性<br>$G_0$ (N/mm <sup>2</sup> )  | $G_0 = \rho_t / 1000 \times V_s^2$<br>$V_s = 147.6 \times q_u^{0.417} \text{ (m/s)}$<br>$q_u = 51.0 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$<br>$q_u$ : 設計用一軸圧縮強さ | $G_0 = \rho_t / 1000 \times V_s^2$<br>$V_s = 147.6 \times q_u^{0.417} \text{ (m/s)}$<br>$q_u = 40.8 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$<br>$q_u$ : 設計用一軸圧縮強さ | 文献(*)より「一軸圧縮強さ $q_u$ ～せん断波速度 $V_s$ 」の関係式を引用し設定 |
|        | 動ポアソン比<br>$\nu_d$                      | 0.431                                                                                                                                               | 0.431                                                                                                                                               | 既設改良体のPS検層に基づき設定                               |
|        | 動せん断弾性係数のひずみ依存性<br>$G/G_0 \sim \gamma$ | $G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma/0.000537}$                                                                                                             | $G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma/0.000537}$                                                                                                             | 既設改良体を模擬した再構成試料による動的変形試験に基づき、H-Dモデルにて設定        |
|        | 減衰定数<br>$h \sim \gamma$                | $h = 0.152 \frac{\gamma/0.000537}{1 + \gamma/0.000537}$                                                                                             | $h = 0.152 \frac{\gamma/0.000537}{1 + \gamma/0.000537}$                                                                                             | 既設改良体を模擬した再構成試料による動的変形試験に基づき、H-Dモデルにて設定        |
| 強度特性   | ピーク強度<br>$C_u(\text{N/mm}^2)$          | 1.44 P + 1.76                                                                                                                                       | 1.44 P + 1.76                                                                                                                                       | 既設改良体を模擬した再構成試料による三軸圧縮試験（CU条件）に基づき設定           |
|        | 残留強度<br>$\tau_o(\text{N/mm}^2)$        | 1.44 P + 0.808                                                                                                                                      | 1.44 P + 0.808                                                                                                                                      |                                                |

(※): 地盤工学への物理探査技術の適用と事例(地盤工学会, 2001), わかりやすい土木技術 ジェットグラウト工法(鹿島出版社 柴崎ら, 1983)

## 地盤物性のばらつきについて

- 解析用物性値は、各種地盤調査・試験結果における平均値を代表値として設定した。ただし、調査及び試験の結果に含まれる不確かさを考慮し、すべり安全率に対する影響として支配的である強度特性について、ばらつき(平均 -  $1\sigma$ 強度)を考慮した評価も併せて実施した。

### 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2015(日本電気協会)

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

### 原子力発電所の基礎地盤及び周辺地盤の安定性評価基準<技術資料>(土木学会, 2009)

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

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

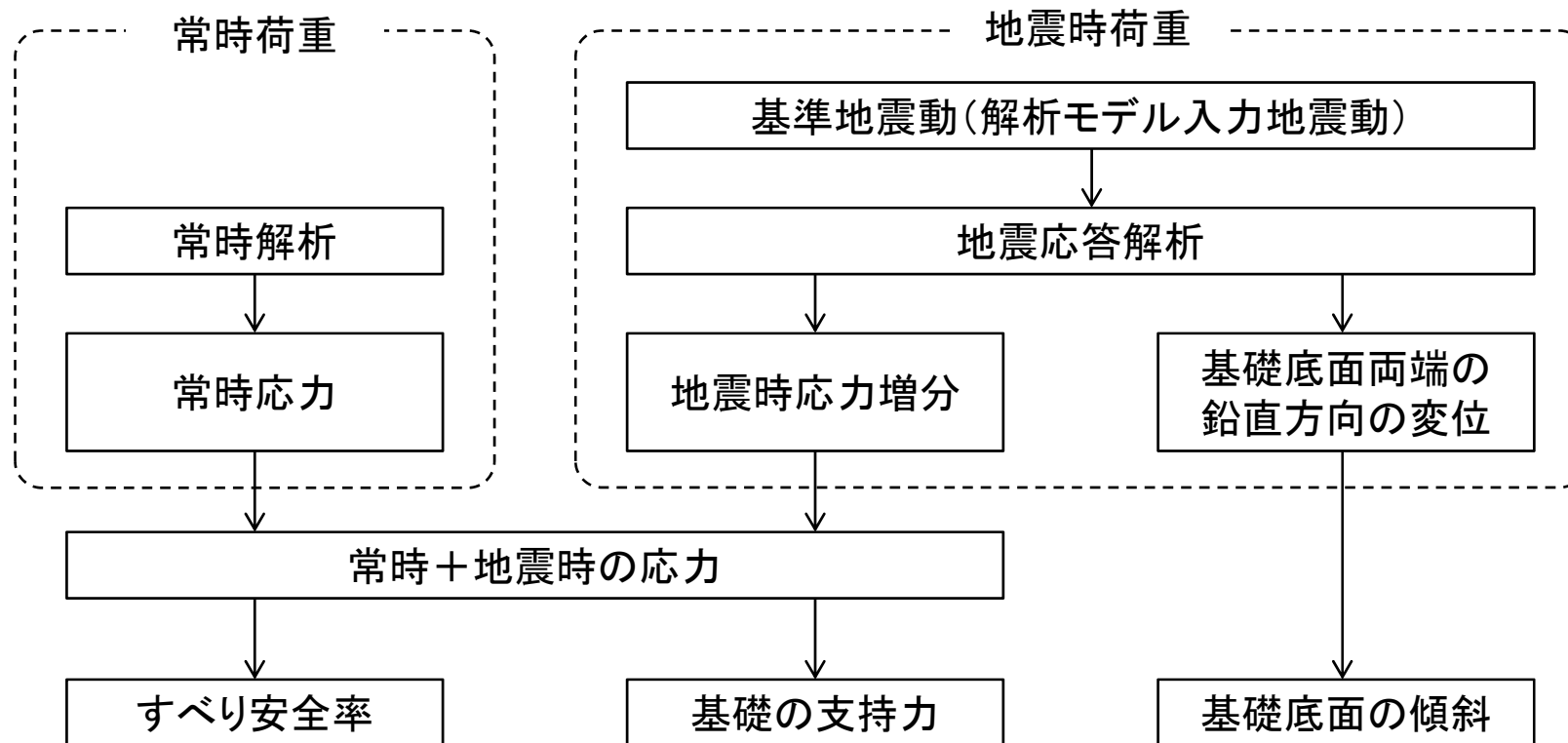
# 目 次

---

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 1. 評価概要                 |     |
| 1.1 評価概要                | 4   |
| 1.2 評価対象施設              | 6   |
| 1.3 敷地の地質・地質構造の概要       | 8   |
| 2. 基礎地盤の安定性評価           |     |
| 2.1 評価方針                | 14  |
| 2.2 解析用物性値              | 37  |
| 2.3 評価方法                | 48  |
| 2.4 入力地震動               | 68  |
| 2.5 評価結果                | 72  |
| 3. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価 |     |
| 3.1 周辺地盤の変状による重要施設への影響  | 102 |
| 3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響   | 104 |
| 4. 周辺斜面の安定性評価           | 113 |
| 5. まとめ                  | 119 |

## 周波数応答解析手法

- 東海第二発電所の各施設の基礎地盤安定性は、二次元有限要素法に基づく地震応答解析(周波数応答解析)により評価を実施した。
- 地震応答解析は、水平及び鉛直地震動を同時に入力した。
- 地盤は、等価線形化法により動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性を必要に応じて考慮した。



安定性評価フロー

## 解析モデル作成の留意点(要素分割の考え方)

■ 地盤は平面ひずみ要素でモデル化し、要素の最大高さ( $H_{\max}$ )は、下式により算定した。

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

$\lambda_s$  : せん断波の波長(m)

$V_s$  : せん断波の速度(m/s)

$f_{\max}$  : 考慮する地震動の最大周波数(20Hz)

$m$  : 分割係数(5または4)

要素の最大高さの設定

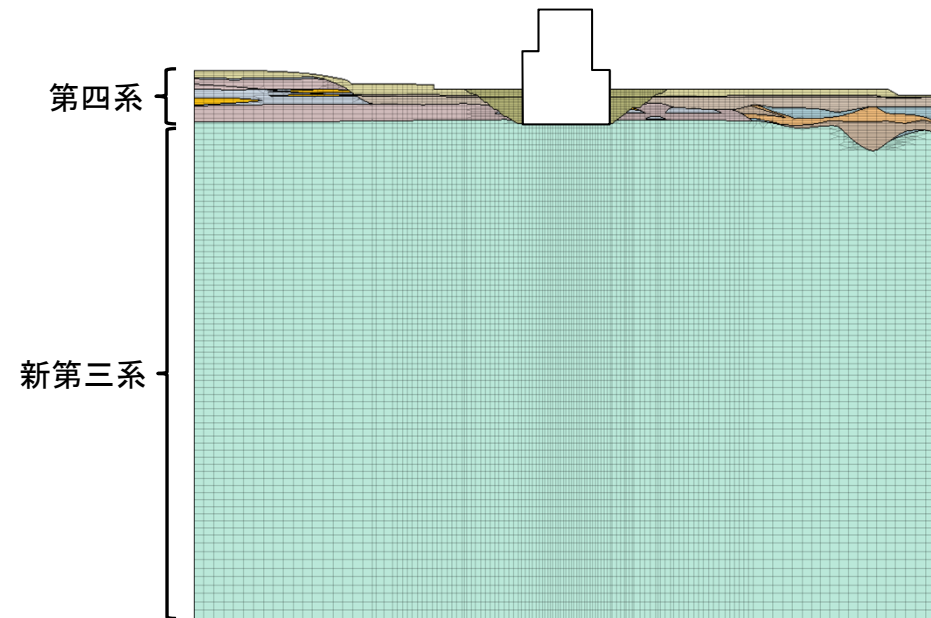
<第1条件>

第四系、新第三系ともに分割係数5または4を基本とする。

<第2条件>

第1条件にて $H_{\max}$ が1m以下となる場合は、1mとする。

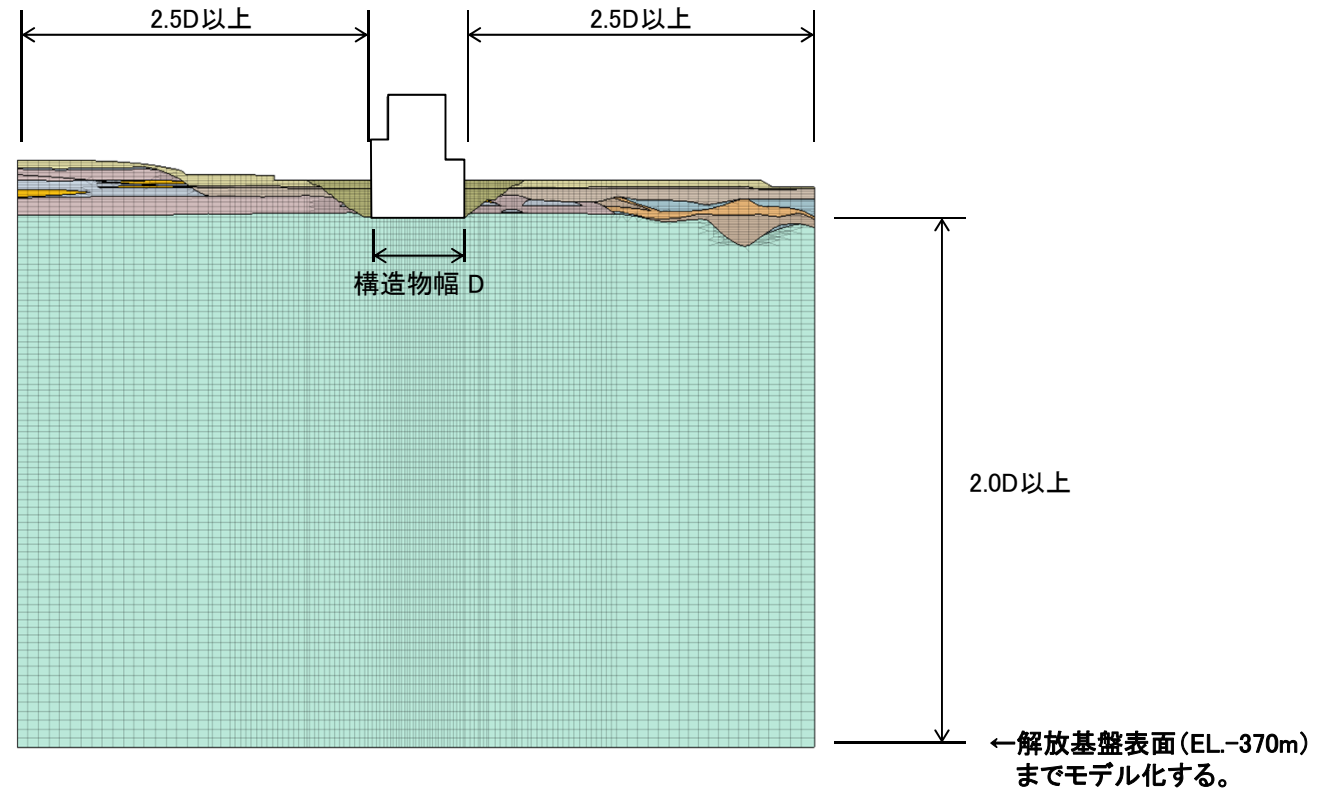
分割係数の考え方





## 解析モデル作成の留意点(解析メッシュ図の範囲)

■ 解析メッシュ図の範囲については、評価対象構造物から側方境界及び底面境界まで、十分な離隔を設ける。



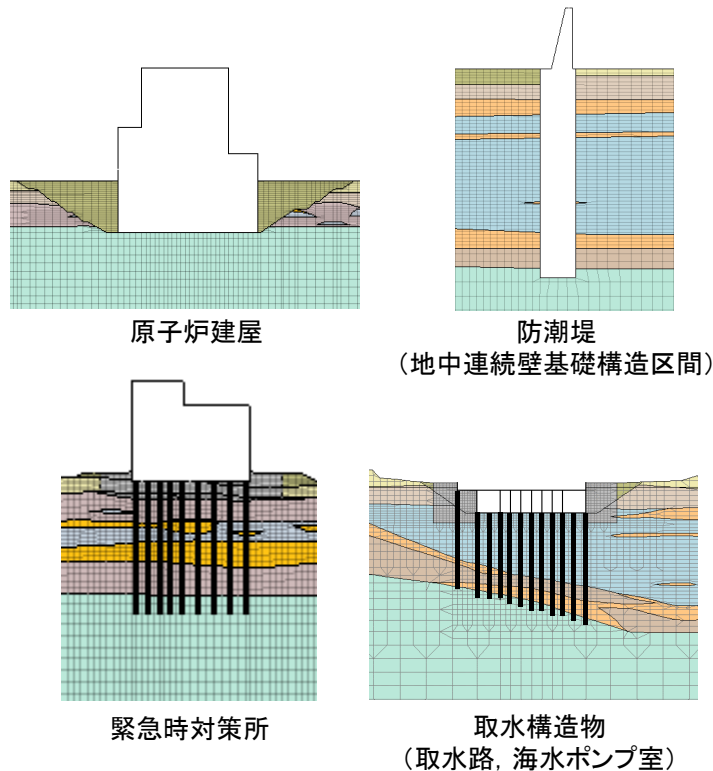
【参考】JEAG4601-2015における解析範囲の考え方

- ・逸散エネルギーを吸収するように考慮された境界条件を用いる場合にはモデル下端をより浅くしてもよく、一般に基礎底面幅の1.5～2倍とする。
- ・動的解析用モデルの側方境界はそれぞれ基礎底面幅の2.5倍以上離れた点に設ければよいことが多い。また、側方にエネルギー伝達境界を設けることにより解析範囲を縮小することができる。

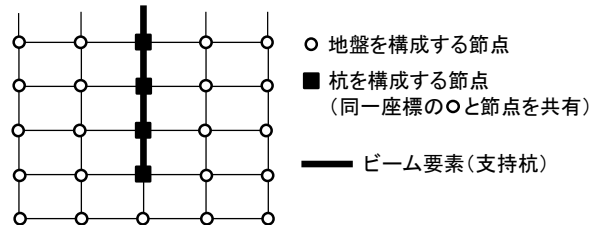
## 2. 基礎地盤の安定性評価 2.3 評価方法

### 構造物のモデル化

■ 2次元有限要素法における構造物のモデル化方法について、以下に示す。

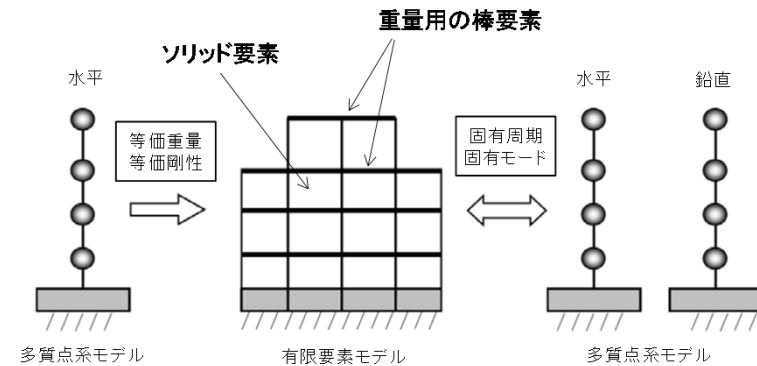


杭のモデル化(緊急時対策所, 取水構造物(取水路, 海水ポンプ室))



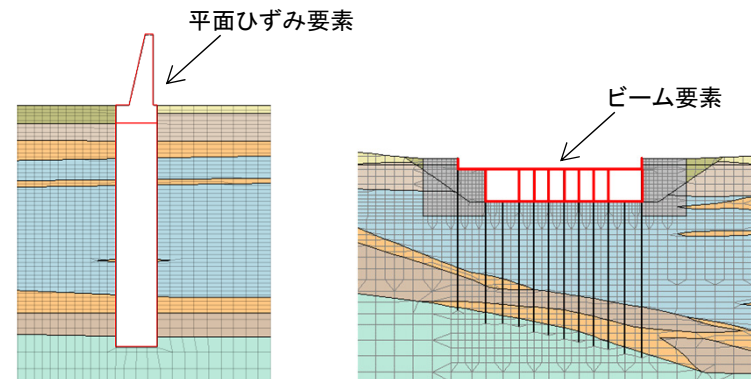
- 杭はビーム要素とし、設計仕様に応じた曲げ・せん断に係る断面諸元を設定する。
- 周辺地盤と杭は節点を共有させる。

原子炉建屋及び緊急時対策所のモデル化



- モデル作成にあたっては、水平及び鉛直地震動の同時入力に対応したモデル化を実施した。
- モデル化にあたっては、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 $K_\phi$ を用いて、せん断剛性、変形係数及びポアソン比を求め、等価有限要素モデルを作成した。

防潮堤(地中連続壁基礎構造区間)及び取水構造物(取水路, 海水ポンプ室)のモデル化

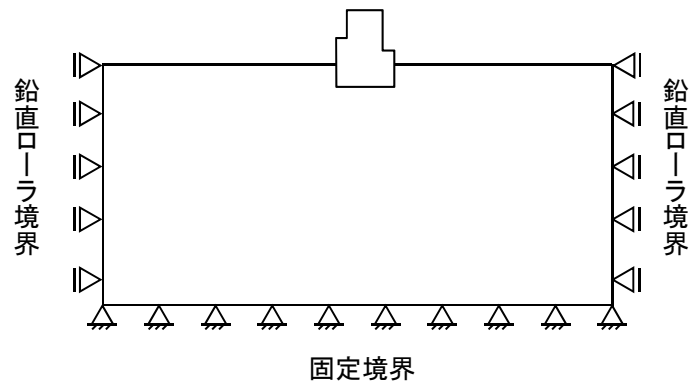


- 防潮堤(地中連続壁基礎構造区間)は、線形の平面ひずみ要素にてモデル化する。
- 取水構造物(取水路, 海水ポンプ室)は、線形のビーム要素にてモデル化する。
- 各々、鉄筋コンクリートの設計基準強度に応じて、せん断剛性、ポアソン比等を設定する。

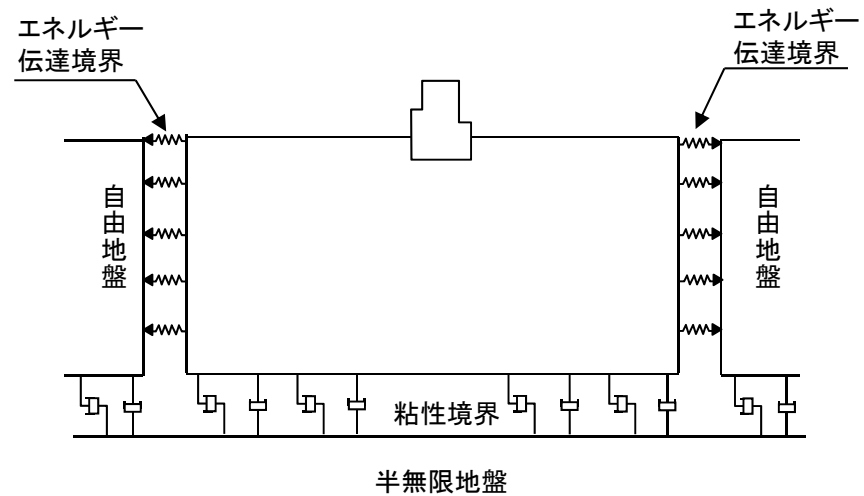
## 境界条件

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

### ● 静的解析時(常時応力算定)

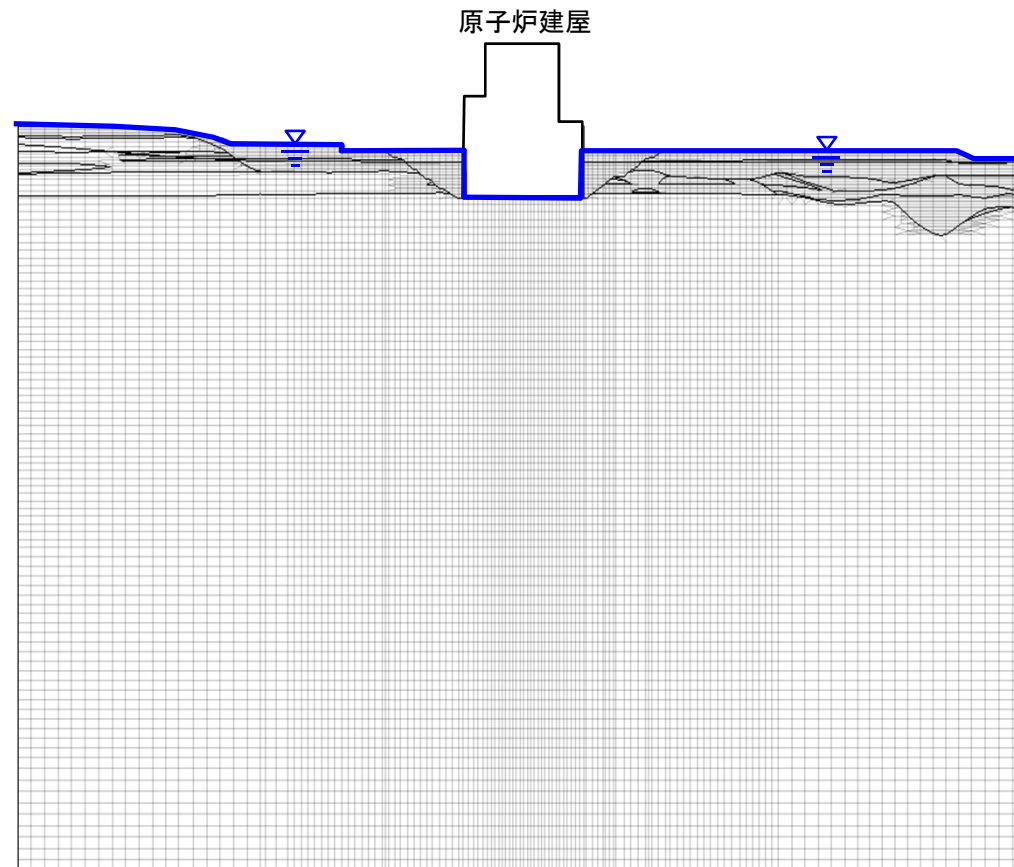


### ● 動的解析時(動的応力算定)



## 地下水位の設定

- 原子炉建屋の地下水位は、原子炉建屋周辺においては地表面とし、構造物位置においては排水設備があることから、構造物基礎下端に設定した。なお、その他の構造物の地下水位は地表面に設定した。



原子炉建屋(EW断面)の地下水位設定

---

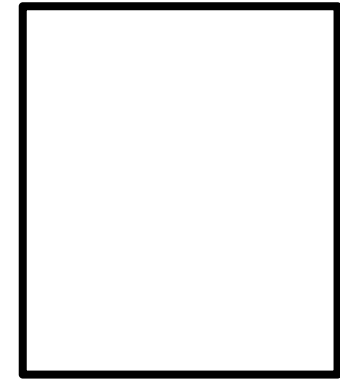
余白



# 地質断面図（原子炉建屋 EW断面）

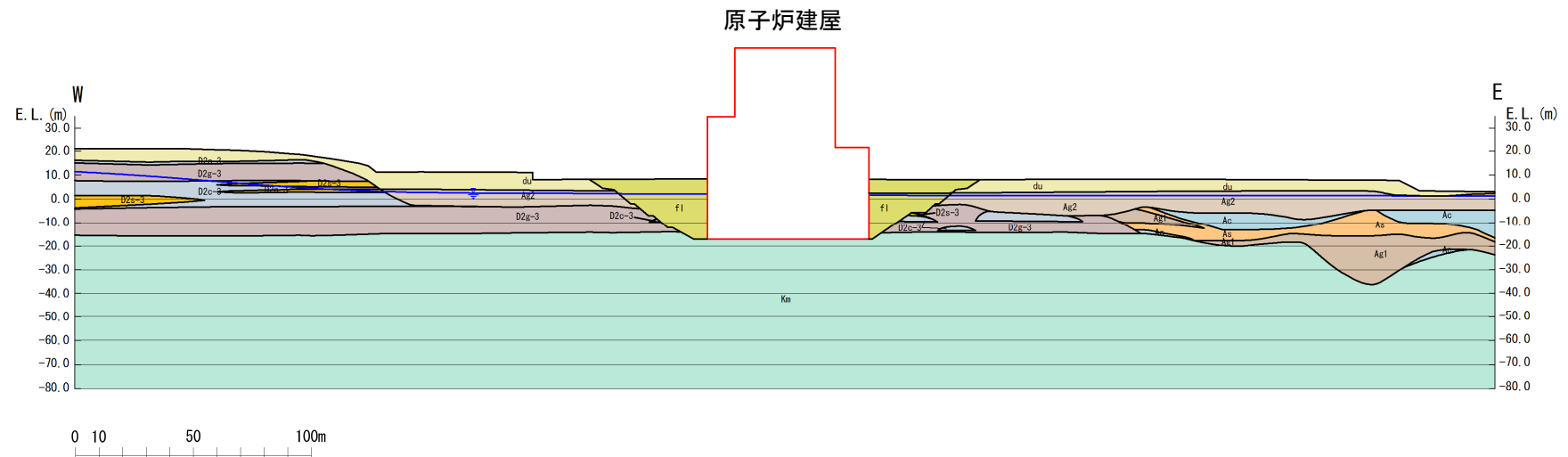
## ■ 原子炉建屋 EW断面

| 地質構成表    |      |      |           |
|----------|------|------|-----------|
| 地質時代     | 地質区分 | 記号   | 岩相        |
| 第四紀      | 完新世  | 砂丘砂層 | du 砂      |
|          |      |      | Ag2 砂礫    |
|          | 新世   | 沖積層  | al Ac 粘土  |
|          |      |      | As 砂      |
|          |      |      | Ag1 砂礫    |
|          | 更新世  |      | D2c-3 シルト |
|          |      |      | D2s-3 砂   |
|          |      |      | D2g-3 砂礫  |
|          |      |      | D2c-2 シルト |
|          |      |      | D2g-2 砂礫  |
|          |      |      | lm ローム    |
|          |      |      | D1c-1 シルト |
|          |      |      | D1g-1 砂礫  |
|          | 久米層  | Km   | 砂質泥岩      |
| 新第三紀 鮮新世 |      |      |           |
| 不整合      |      |      |           |
| ※flは埋戻土  |      |      |           |



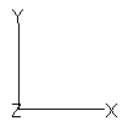
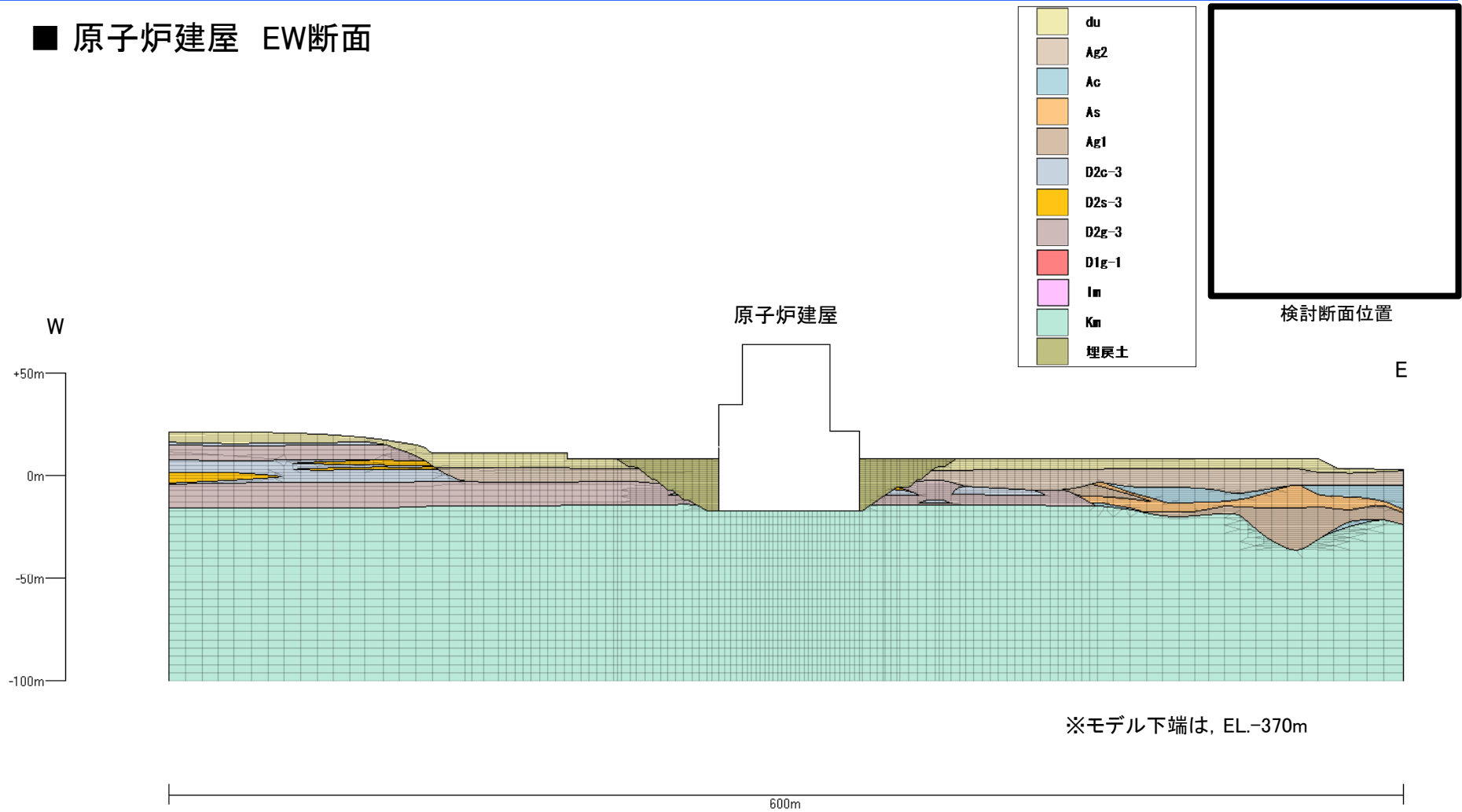
検討断面位置

要素分割図のモデル化範囲



# 解析用要素分割図（原子炉建屋 EW断面）

## ■ 原子炉建屋 EW断面



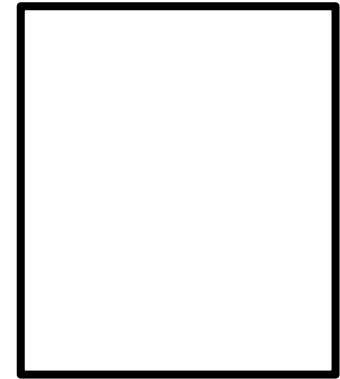
# 地質断面図（原子炉建屋 NS断面）

## ■ 原子炉建屋 NS断面

| 地質構成表 |      |       |      |
|-------|------|-------|------|
| 地質時代  | 地質区分 | 記号    | 岩相   |
| 第四紀   | 完新世  | du    | 砂    |
|       |      | Ag2   | 砂礫   |
|       |      | Ac    | 粘土   |
|       | 沖積層  | As    | 砂    |
|       |      | Ag1   | 砂礫   |
|       |      | D2c-3 | シルト  |
|       | 更新世  | D2s-3 | 砂    |
|       |      | D2g-3 | 砂礫   |
|       |      | D2c-2 | シルト  |
|       |      | D2g-2 | 砂礫   |
|       |      | lm    | ローム  |
|       |      | D1    | シルト  |
|       |      | D1g-1 | 砂礫   |
|       |      | Km    | 砂質泥岩 |
| 新第三紀  | 鮮新世  |       |      |

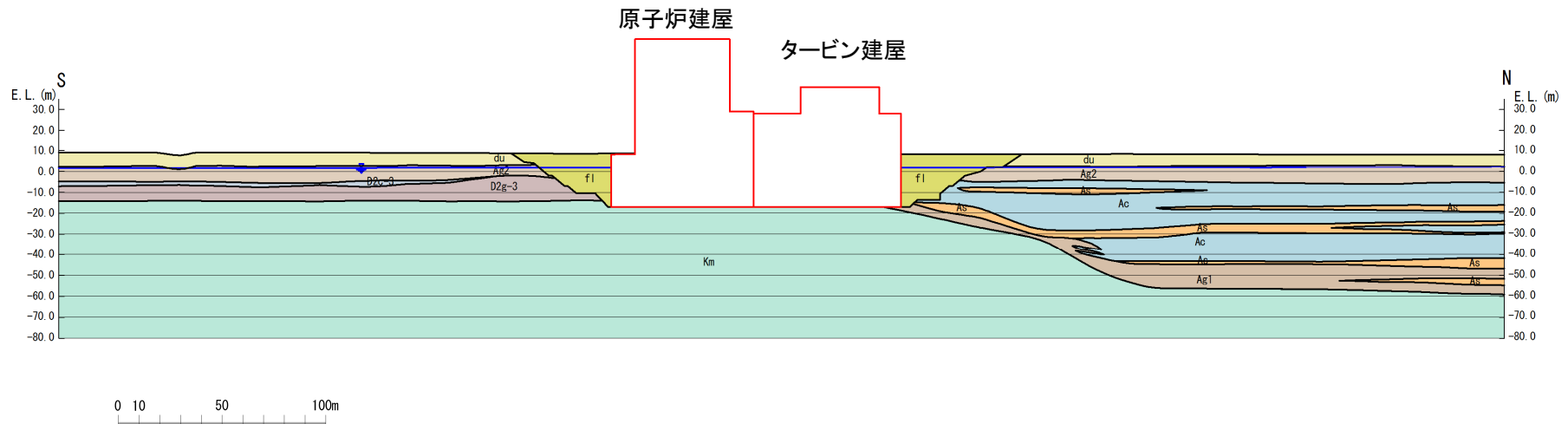
～ 不整合

※flは埋戻土



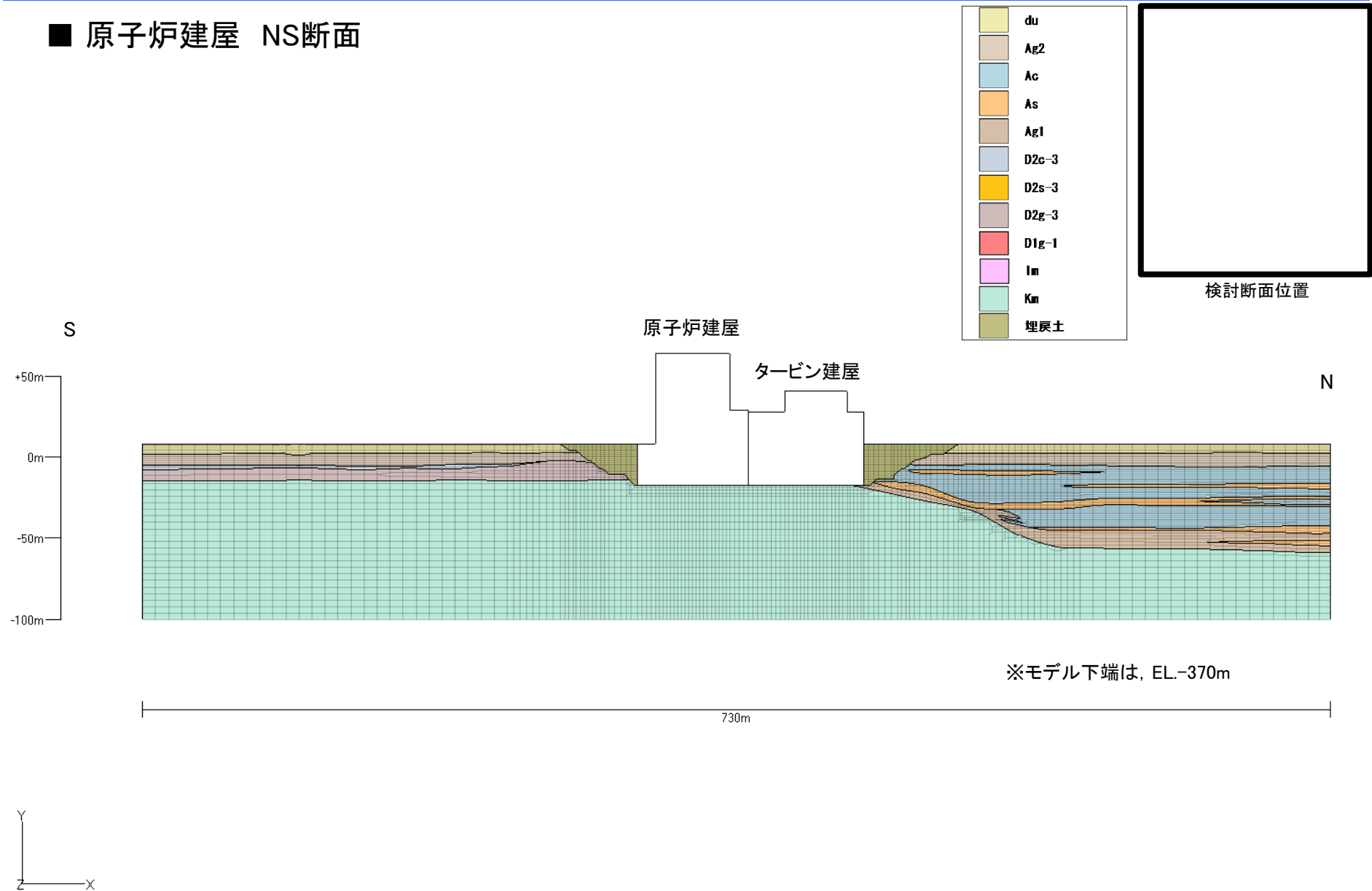
検討断面位置

要素分割図のモデル化範囲



# 解析用要素分割図（原子炉建屋 NS断面）

## ■ 原子炉建屋 NS断面



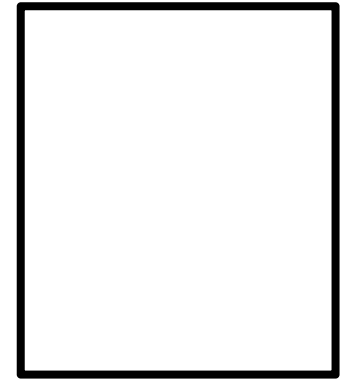
# 地質断面図（緊急時対策所 EW断面）

## ■ 緊急時対策所 EW断面

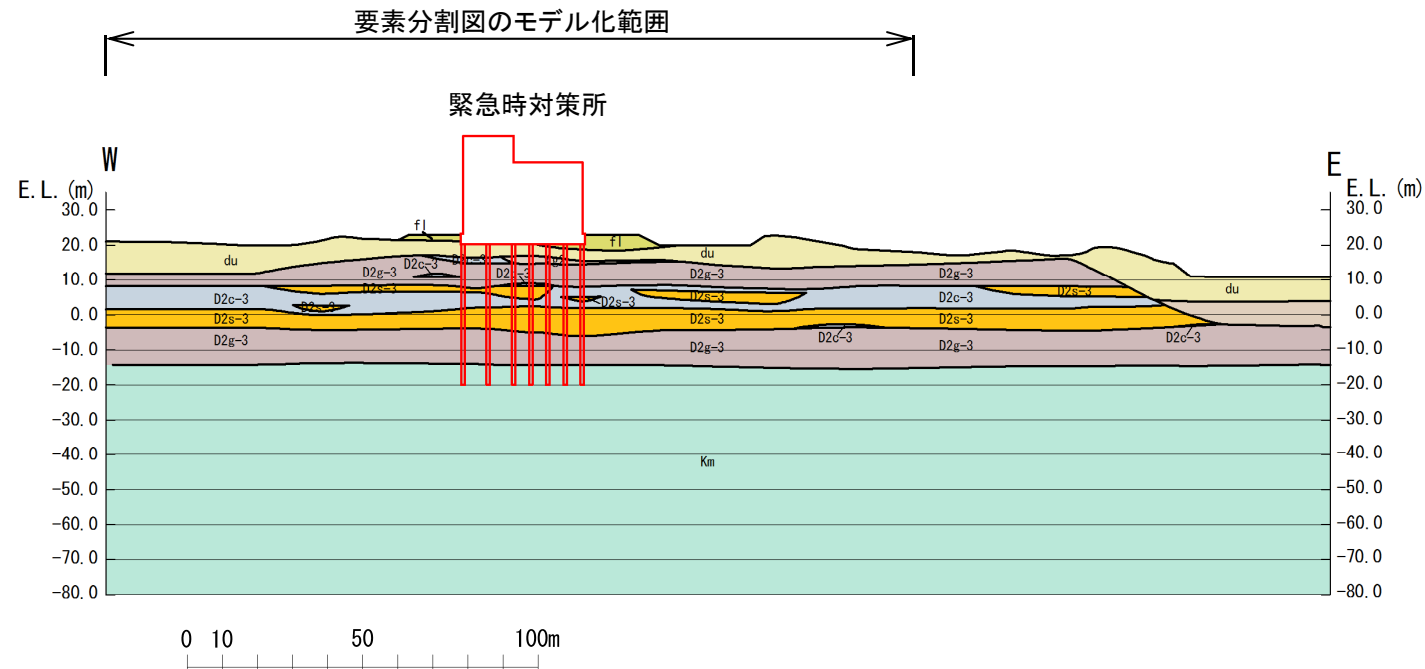
| 地質時代                                         | 地質区分  | 記号    | 岩相        |
|----------------------------------------------|-------|-------|-----------|
| 第<br>新<br>世<br><br>四<br>更<br>新<br>世<br><br>紀 | 砂丘砂層  | du    | 砂         |
|                                              |       | Ag2   | 砂礫        |
|                                              | 沖積層   | Ac    | 粘土        |
|                                              |       | As    | 砂         |
|                                              |       | Ag1   | 砂礫        |
|                                              |       | D2c-3 | シルト       |
|                                              | 段丘堆積物 | D2s-3 | 砂         |
|                                              |       | D2g-3 | 砂礫        |
|                                              |       | D2c-2 | シルト       |
|                                              |       | D2g-2 | 砂礫        |
|                                              |       | lm    | ローム       |
|                                              |       | D1    | D1c-1 シルト |
|                                              | 久米層   | D1g-1 | 砂礫        |
|                                              |       | Km    | 砂質泥岩      |
| 新第三紀 鮮新世                                     |       |       |           |

～ 不整合

※flは埋戻土



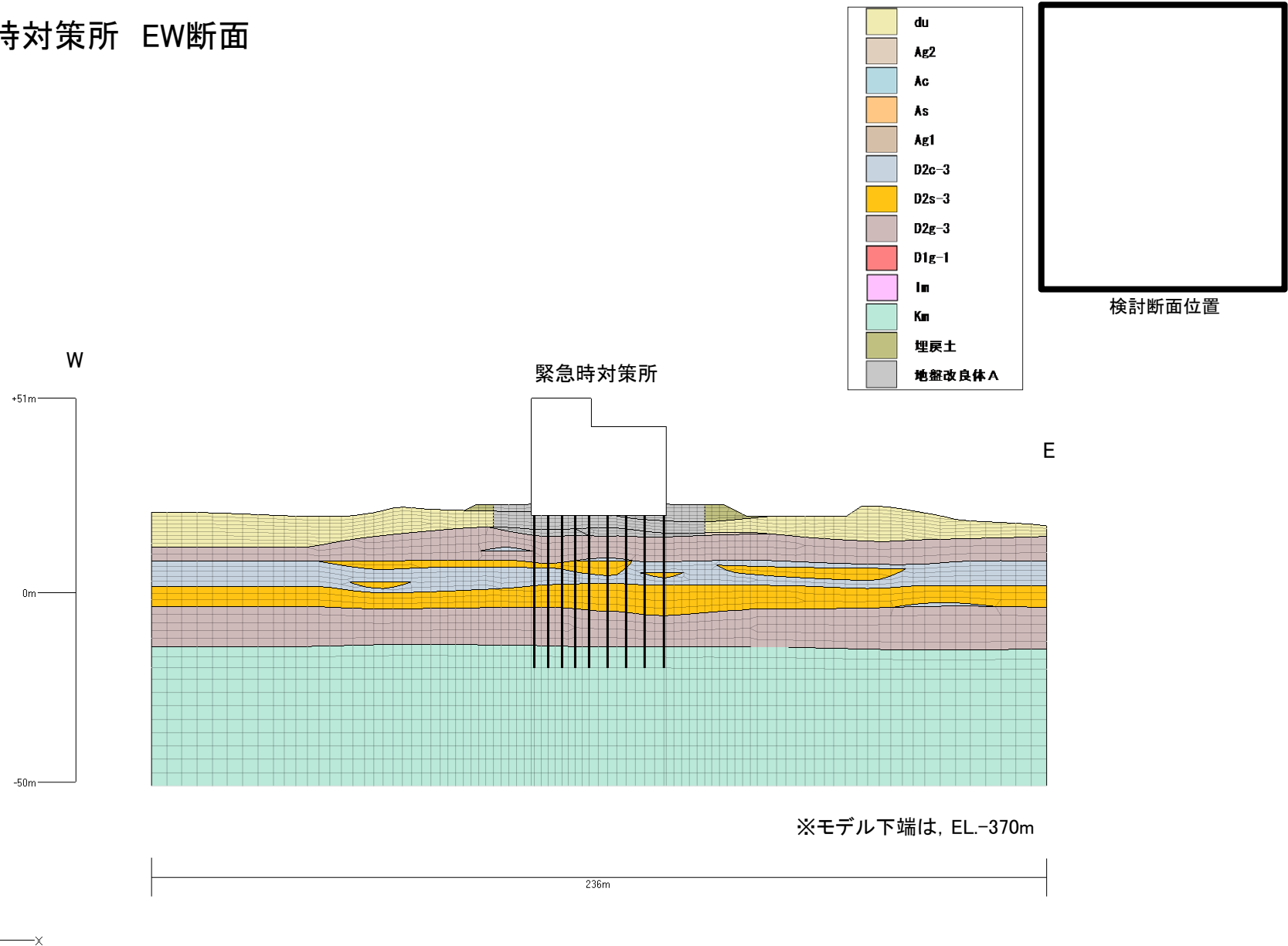
検討断面位置





# 解析用要素分割図（緊急時対策所 EW断面）

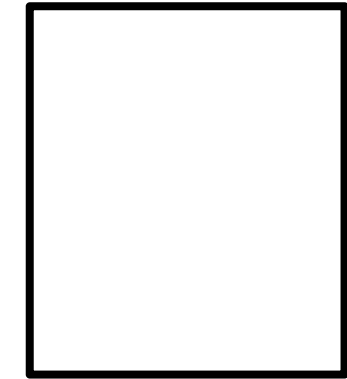
## ■ 緊急時対策所 EW断面



# 地質断面図（緊急時対策所 NS断面）

## ■ 緊急時対策所 NS断面

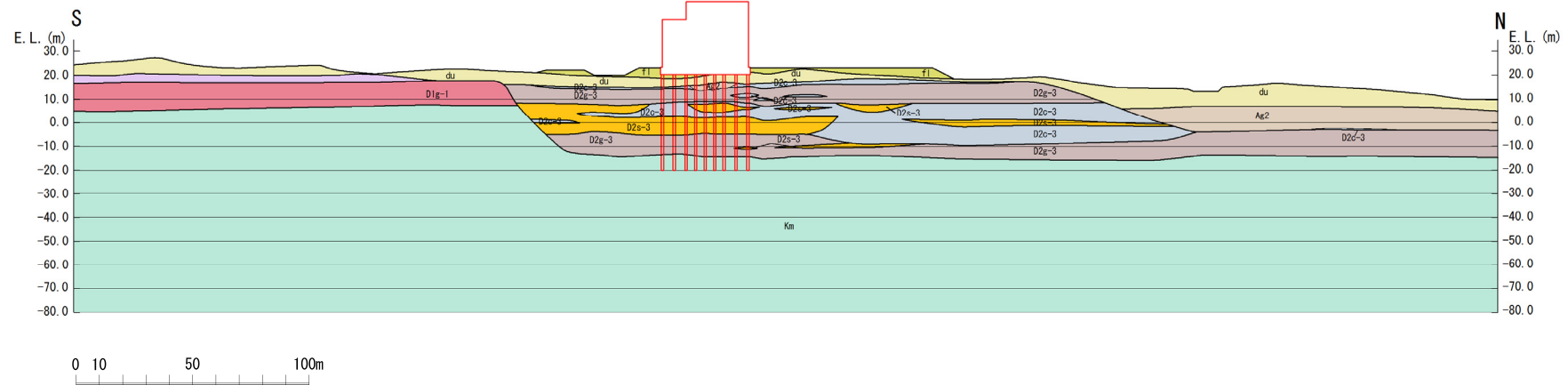
| 地質構成表 |      |      |             |
|-------|------|------|-------------|
| 地質時代  | 地質区分 | 記号   | 岩相          |
| 第四紀   | 完新世  | 砂丘砂層 | du 砂        |
|       |      |      | Ag2 砂礫      |
|       | 新世   | 沖積層  | al Ac 粘土    |
|       |      |      | As 砂        |
|       |      |      | Ag1 砂礫      |
|       | 更新世  |      | D2c-3 シルト   |
|       |      |      | D2s-3 砂     |
|       |      |      | D2g-3 砂礫    |
|       |      |      | D2g-2 シルト   |
|       |      |      | D2g-2 砂礫    |
|       |      |      | lm ローム      |
|       |      |      | D1c-1 シルト   |
|       |      |      | D1g-1 砂礫    |
|       |      |      | 久米層 Km 砂質泥岩 |
|       |      |      | 不整合         |
|       |      |      | ※flは埋戻土     |



検討断面位置

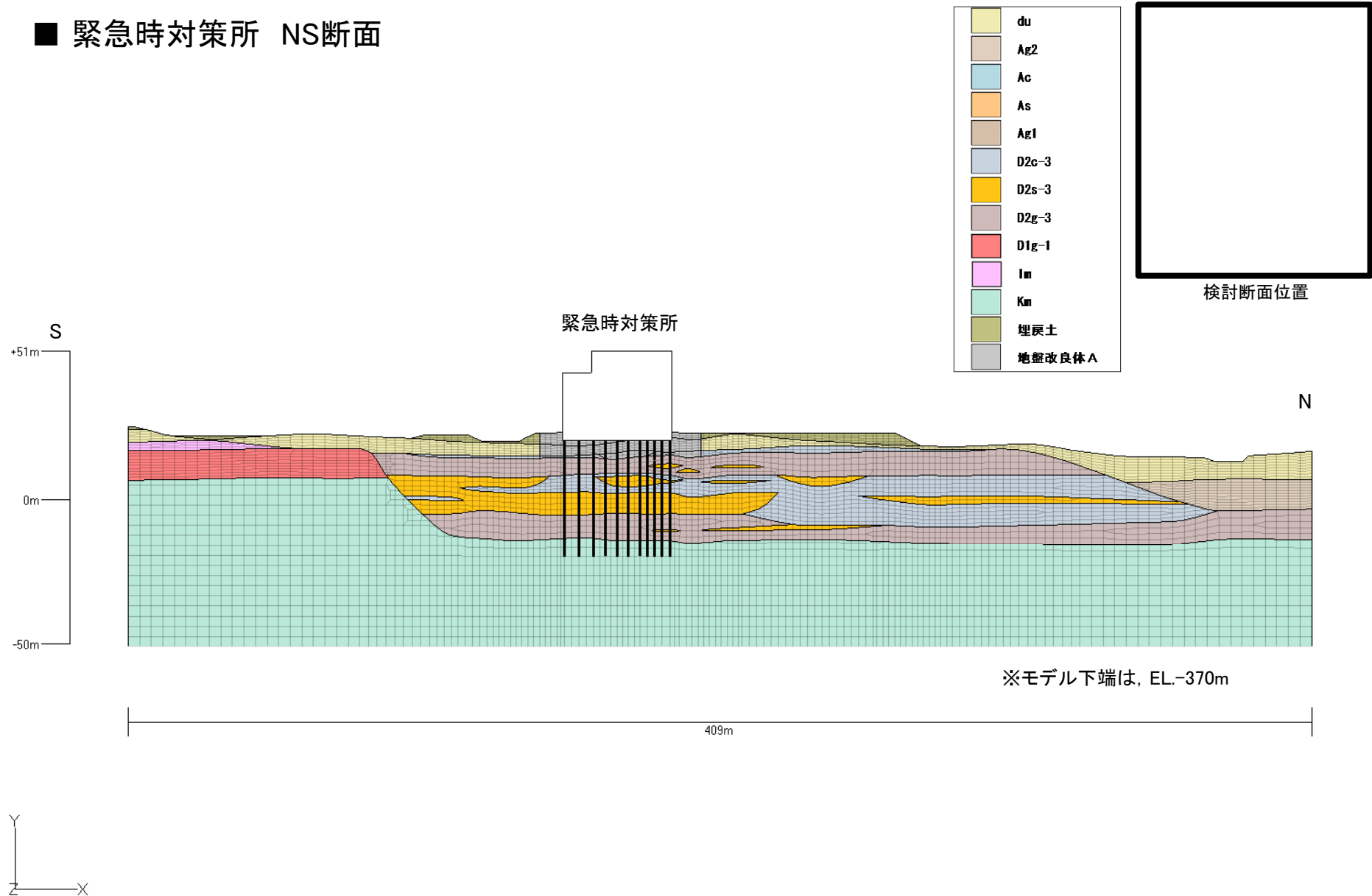
要素分割図のモデル化範囲

緊急時対策所



# 解析用要素分割図（緊急時対策所 NS断面）

## ■ 緊急時対策所 NS断面

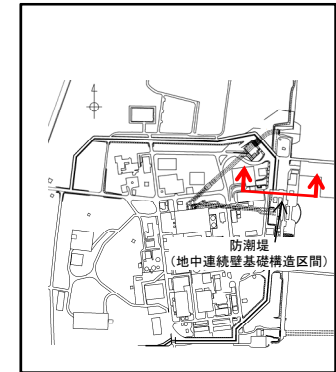


## 地質断面図（防潮堤（地中連続壁基礎構造区間） 汀線直交断面）

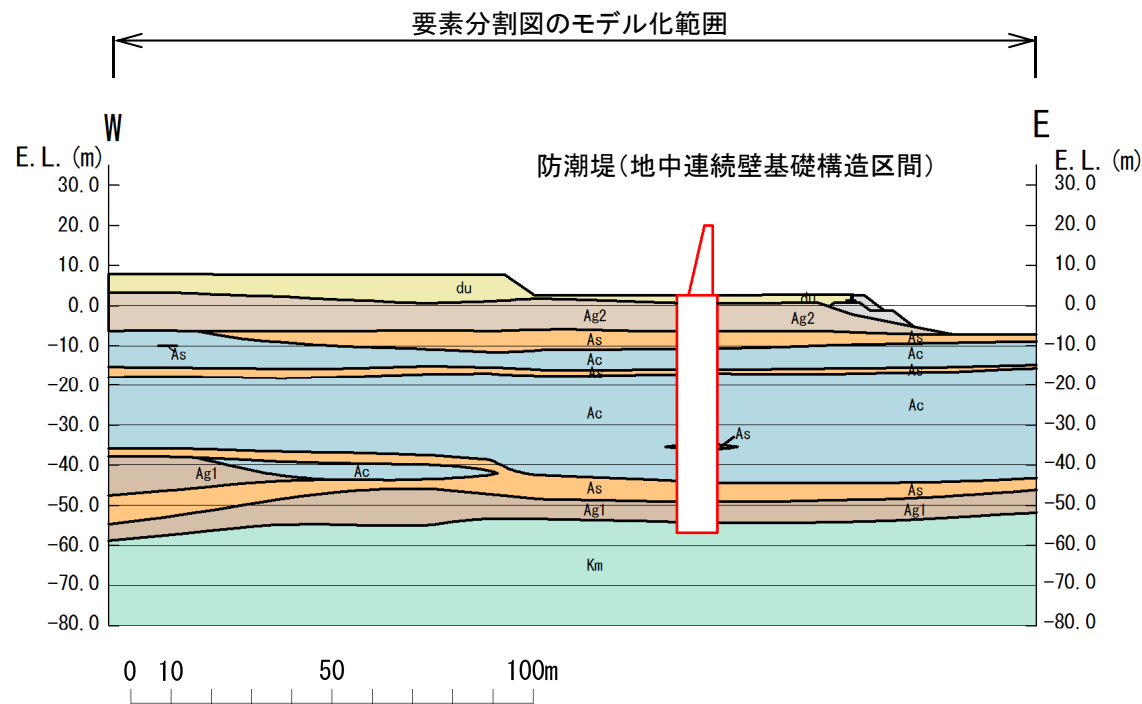
### ■ 防潮堤（地中連続壁基礎構造区間） 汀線直交断面

| 地質構成表 |      |      |             |
|-------|------|------|-------------|
| 地質時代  | 地質区分 | 記号   | 岩相          |
| 第四紀   | 完新世  | 砂丘砂層 | du 砂        |
|       |      |      | Ag2 砂礫      |
|       |      |      | Ac 粘土       |
|       |      |      | As 砂        |
|       |      |      | Ag1 砂礫      |
|       | 沖積層  | a1   | D2c-3 シルト   |
|       |      |      | D2s-3 砂     |
|       |      |      | D2g-3 砂礫    |
|       |      |      | D2c-2 シルト   |
|       |      |      | D2g-2 砂礫    |
| 第四紀   | 更新世  |      | lm コーム      |
|       |      |      | D1c-1 シルト   |
|       |      |      | D1g-1 砂礫    |
|       |      |      | 久米層 Km 砂質泥岩 |
| 新第三紀  | 鮮新世  |      |             |

～ 不整合  
※flは埋戻土

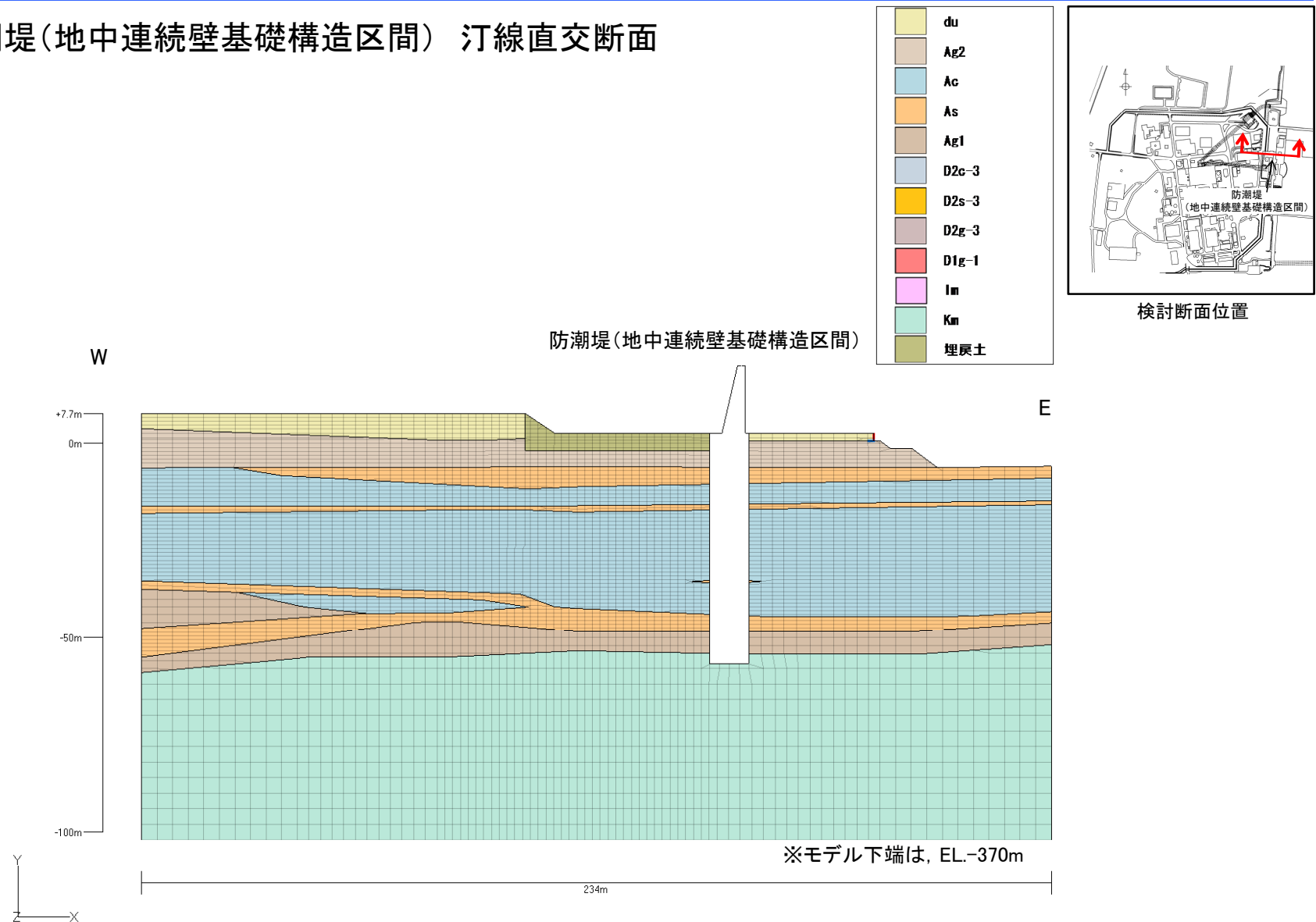


検討断面位置



# 解析用要素分割図（防潮堤（地中連続壁基礎構造区間） 汀線直交断面）

## ■ 防潮堤（地中連続壁基礎構造区間） 汀線直交断面

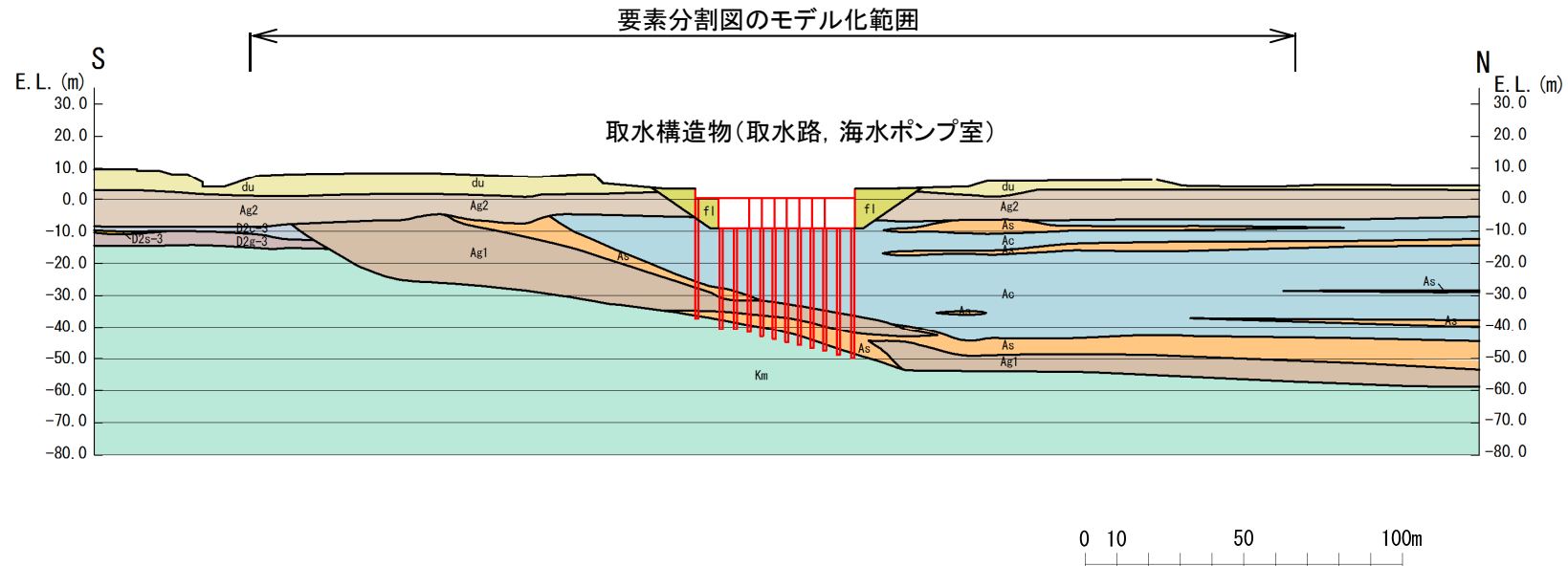


## 地質断面図（取水構造物（取水路，海水ポンプ室） 汀線平行断面）

### ■ 取水構造物（取水路，海水ポンプ室） 汀線平行断面

| 地 質 構 成 表                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |      |  |    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------|--|----|----|
| 地質時代                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  | 地質区分 |  | 記号 | 岩相 |
| 第<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>< |  |      |  |    |    |

検討断面位置

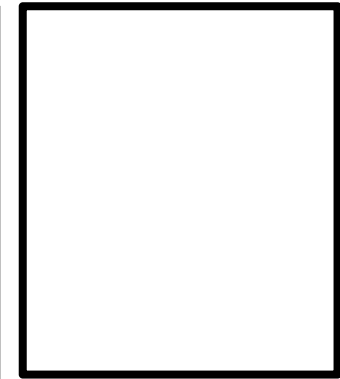




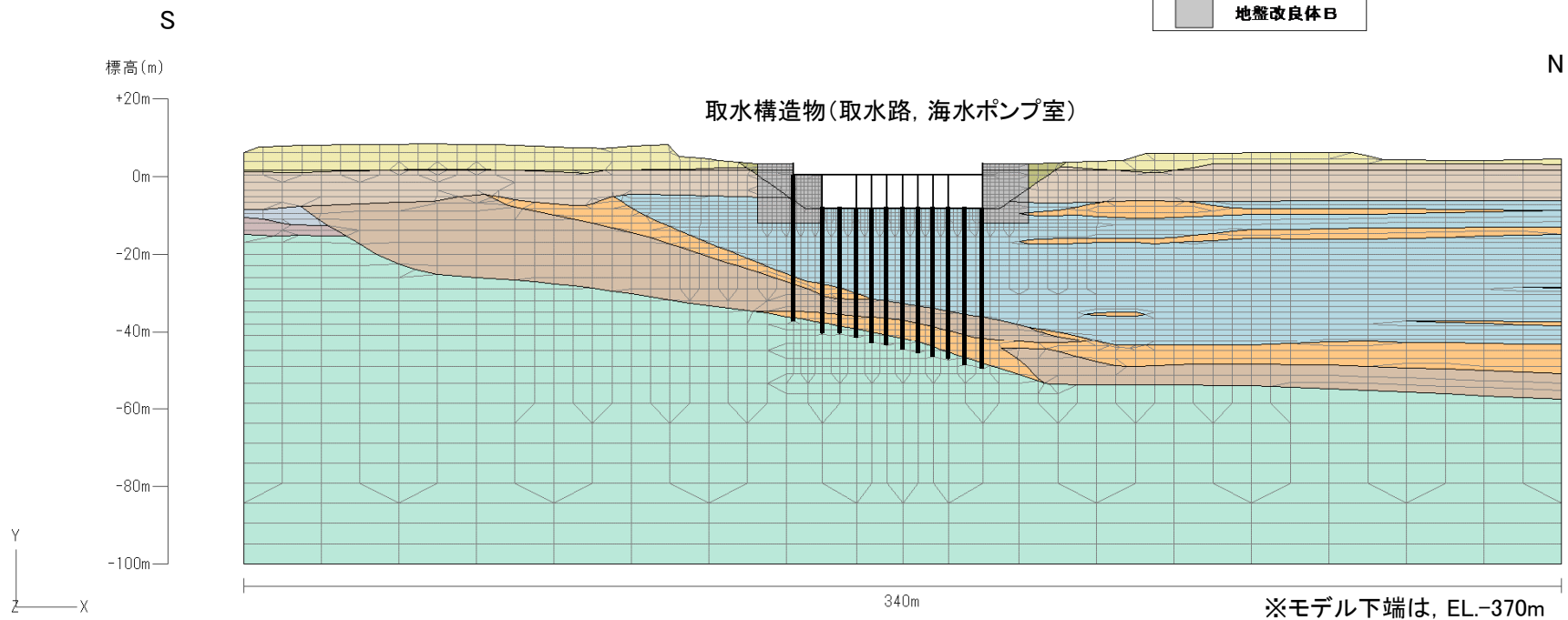
## 解析用要素分割図（取水構造物（取水路，海水ポンプ室） 汀線平行断面）

### ■ 取水構造物（取水路，海水ポンプ室） 汀線平行断面

|  |        |
|--|--------|
|  | du     |
|  | Ag2    |
|  | Ac     |
|  | As     |
|  | Ag1    |
|  | D2c-3  |
|  | D2s-3  |
|  | D2g-3  |
|  | D1g-1  |
|  | Im     |
|  | Km     |
|  | 埋戻土    |
|  | 地盤改良体B |



検討断面位置



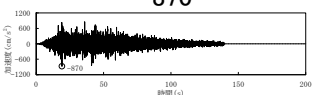
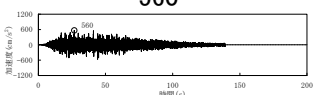
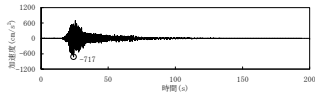
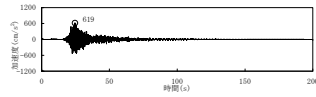
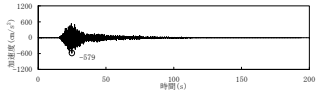
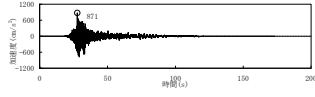
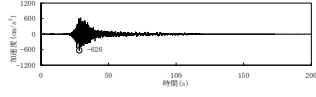
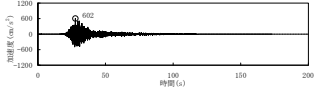
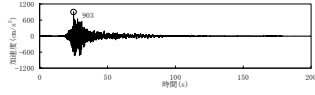
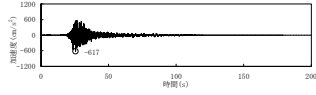
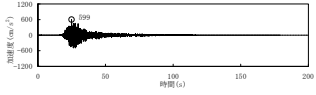
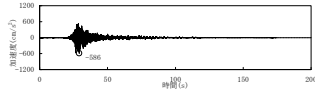
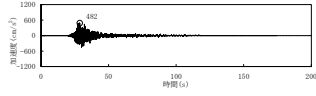
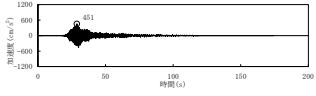
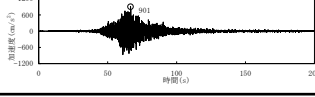
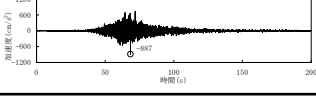
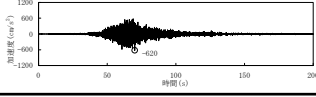
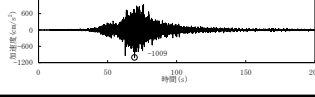
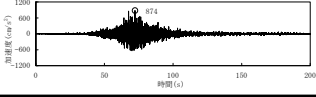
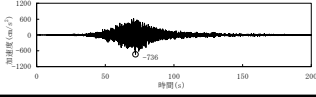
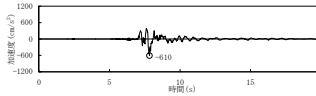
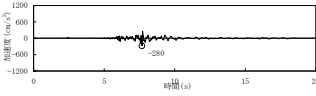
# 目 次

---

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 1. 評価概要                 |     |
| 1.1 評価概要                | 4   |
| 1.2 評価対象施設              | 6   |
| 1.3 敷地の地質・地質構造の概要       | 8   |
| 2. 基礎地盤の安定性評価           |     |
| 2.1 評価方針                | 14  |
| 2.2 解析用物性値              | 37  |
| 2.3 評価方法                | 48  |
| 2.4 入力地震動               | 68  |
| 2.5 評価結果                | 72  |
| 3. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価 |     |
| 3.1 周辺地盤の変状による重要施設への影響  | 102 |
| 3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響   | 104 |
| 4. 周辺斜面の安定性評価           | 113 |
| 5. まとめ                  | 119 |

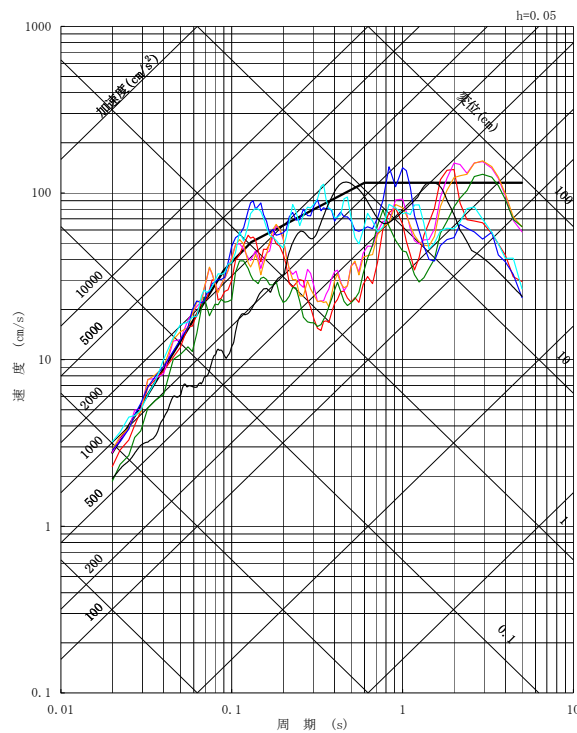
## 入力地震動(基準地震動Ss)時刻歴波形

■ 基準地震動Ssの最大加速度の一覧を示す。

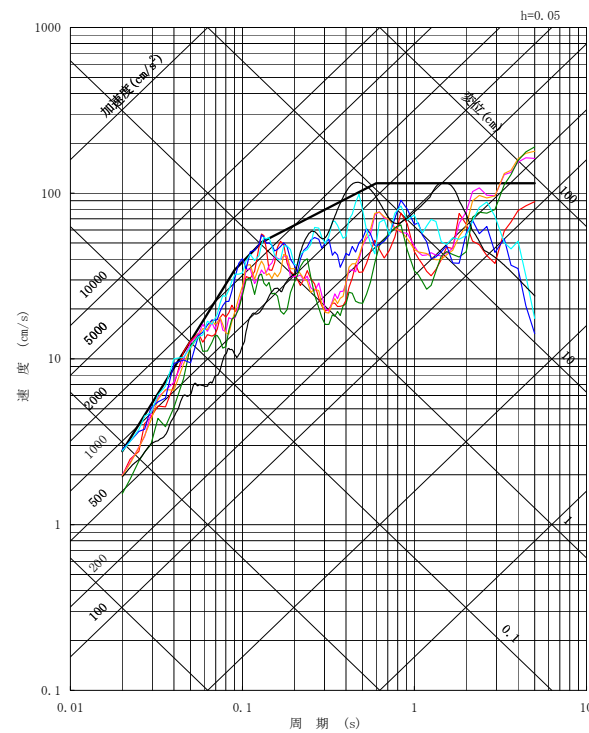
| 基準地震動 |                                                         | 最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )                                                                   |                                                                                              |                                                                                              |
|-------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                         | NS成分                                                                                         | EW成分                                                                                         | UD成分                                                                                         |
| Ss-D1 | 応答スペクトル手法による基準地震動                                       | 870<br>    |                                                                                              | 560<br>   |
| Ss-11 | F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の運動による地震<br>(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点1) | 717<br>    | 619<br>   | 579<br>   |
| Ss-12 | F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の運動による地震<br>(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点2) | 871<br>    | 626<br>   | 602<br>   |
| Ss-13 | F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の運動による地震<br>(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点3) | 903<br>    | 617<br>   | 599<br>   |
| Ss-14 | F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の運動による地震<br>(断層傾斜角の不確かさ, 破壊開始点2)  | 586<br>   | 482<br>  | 451<br>  |
| Ss-21 | 2011年東北地方太平洋沖型地震<br>(短周期レベルの不確かさ)                       | 901<br>  | 887<br> | 620<br> |
| Ss-22 | 2011年東北地方太平洋沖型地震<br>(SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳)             | 1009<br> | 874<br> | 736<br> |
| Ss-31 | 2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動                       | 610<br>  |                                                                                              | 280<br> |

入力地震動(基準地震動S<sub>s</sub>)の疑似速度応答スペクトル■基準地震動S<sub>s</sub>を示す。

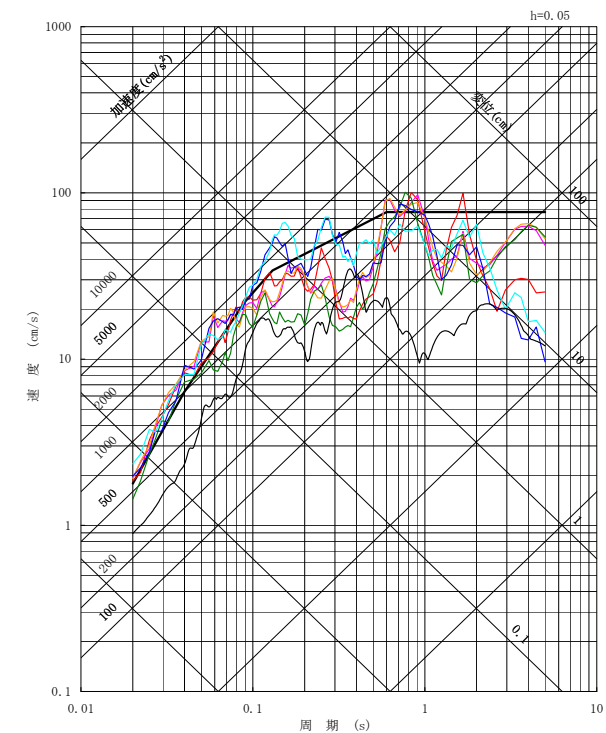
- S<sub>s</sub>-D1 応答スペクトル手法による基準地震動
- S<sub>s</sub>-11 F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点1)
- S<sub>s</sub>-12 F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点2)
- S<sub>s</sub>-13 F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点3)
- S<sub>s</sub>-14 F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(断層傾斜角の不確かさ, 破壊開始点2)
- S<sub>s</sub>-21 2011年東北地方太平洋沖型地震(短周期レベルの不確かさ)
- S<sub>s</sub>-22 2011年東北地方太平洋沖型地震(SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳)
- S<sub>s</sub>-31 2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動



NS成分



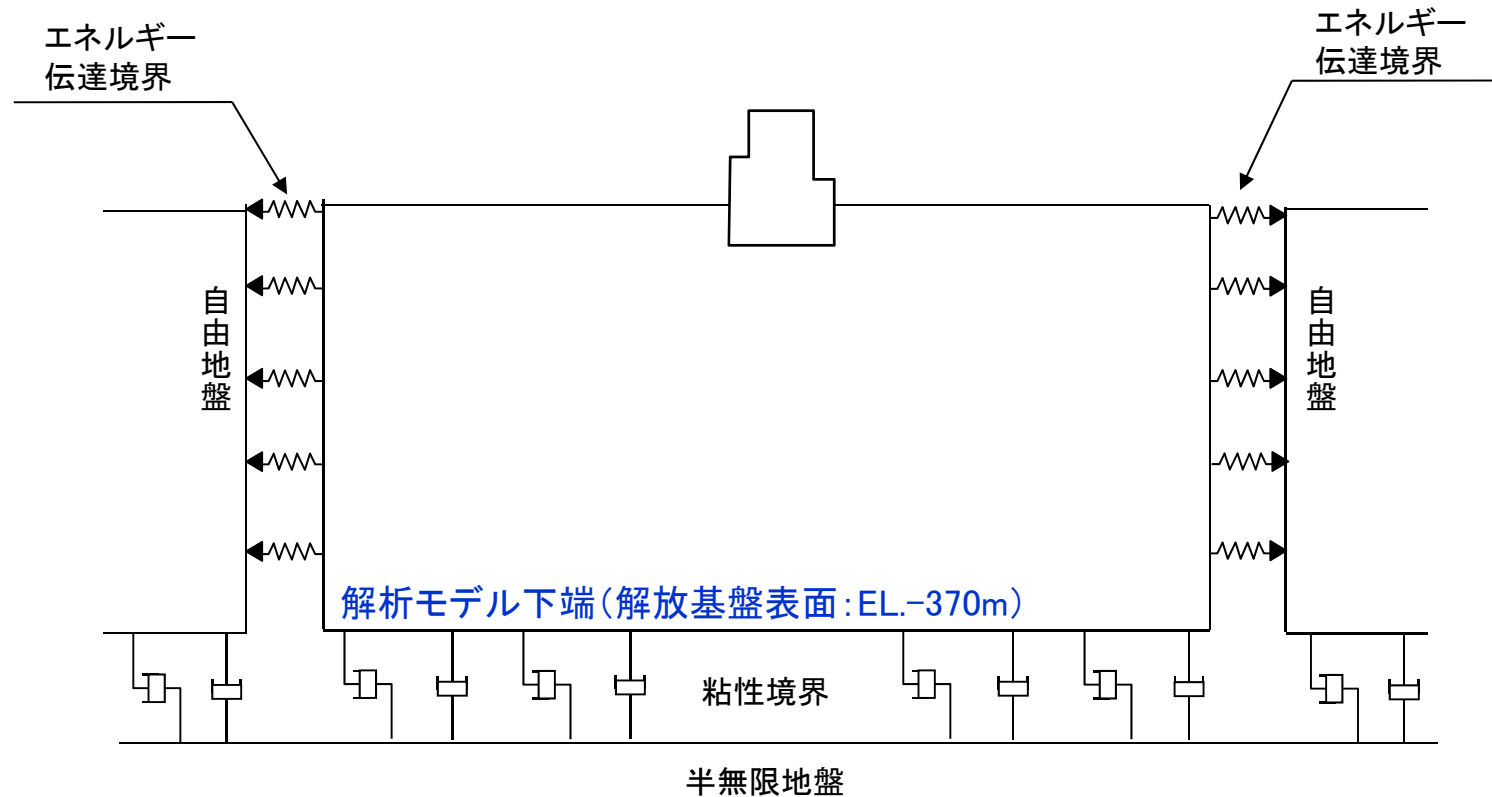
EW成分



UD成分

## 入力地震動の考え方

- 東海第二発電所の各施設の地盤安定性評価では、解放基盤表面までモデル化し、モデル下端から基準地震動Ssを水平方向及び鉛直方向に同時入力した。



※Ss-D1は水平・鉛直反転を考慮し、(正, 正), (正, 逆), (逆, 正), (逆, 逆)の組合せについて, 評価を行う。  
※Ss-31は水平反転を考慮し、(正, 正), (逆, 正)の組合せについて, 評価を行う。

# 目 次

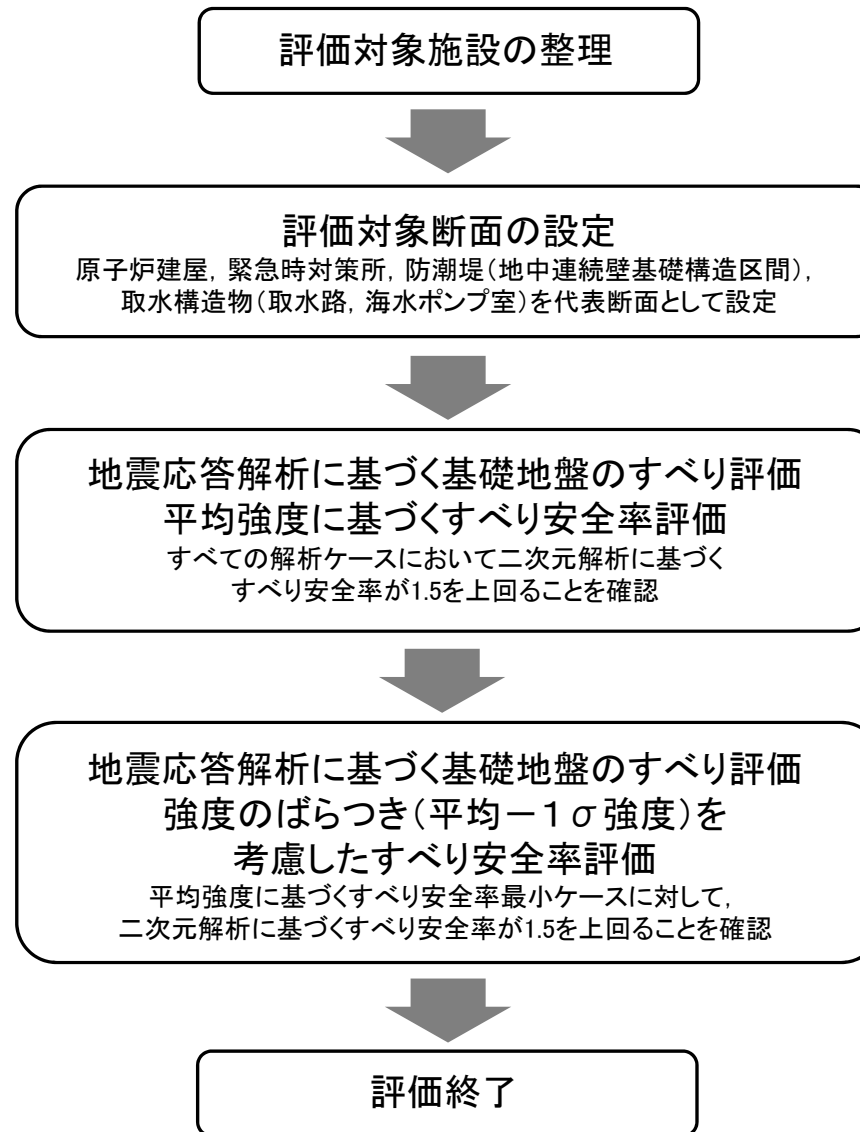
---

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 1. 評価概要                 |     |
| 1.1 評価概要                | 4   |
| 1.2 評価対象施設              | 6   |
| 1.3 敷地の地質・地質構造の概要       | 8   |
| 2. 基礎地盤の安定性評価           |     |
| 2.1 評価方針                | 14  |
| 2.2 解析用物性値              | 37  |
| 2.3 評価方法                | 48  |
| 2.4 入力地震動               | 68  |
| 2.5 評価結果                | 72  |
| 3. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価 |     |
| 3.1 周辺地盤の変状による重要施設への影響  | 102 |
| 3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響   | 104 |
| 4. 周辺斜面の安定性評価           | 113 |
| 5. まとめ                  | 119 |



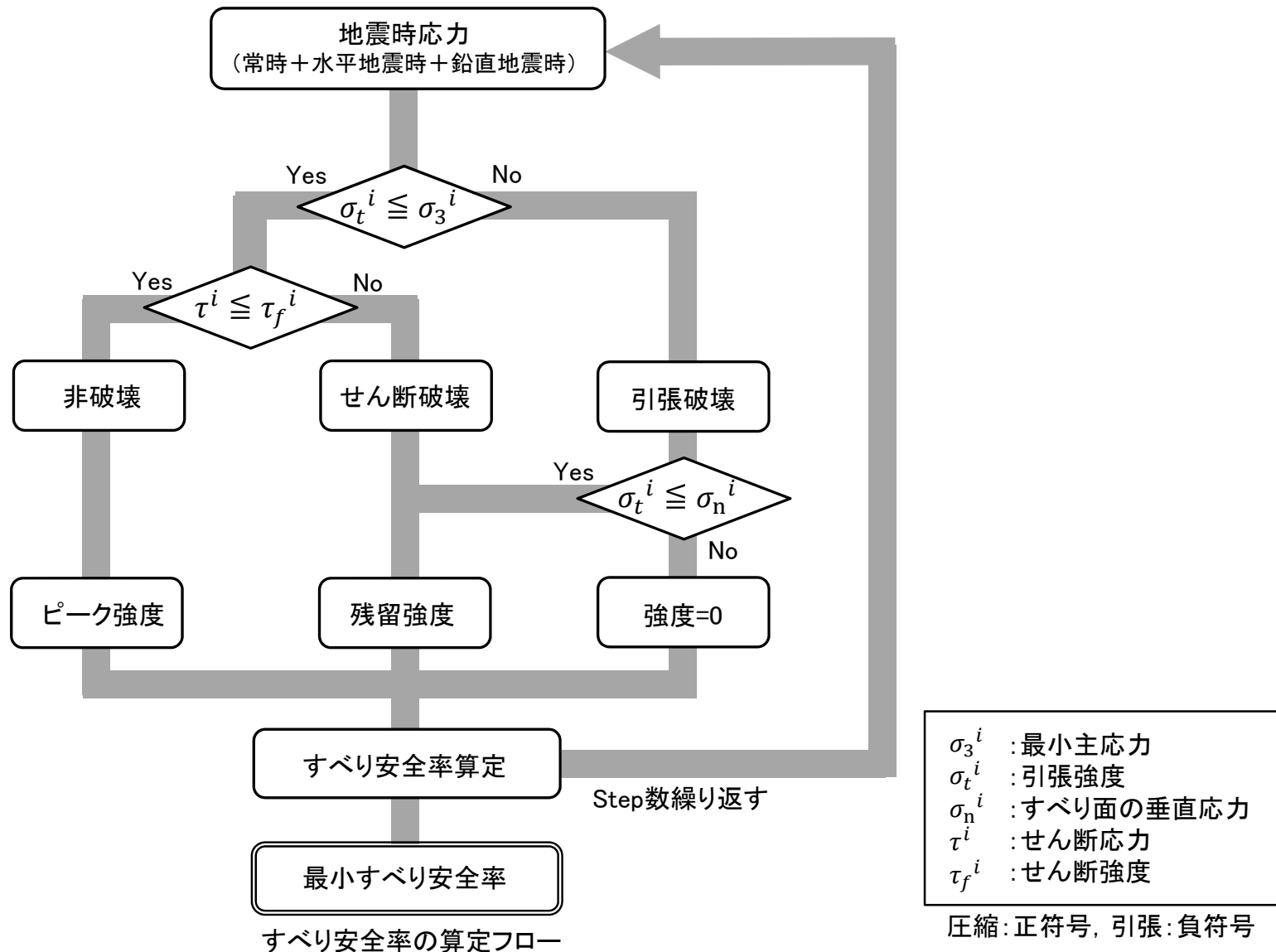
## 基礎地盤のすべり(評価方針)

■ 基礎地盤のすべり評価は、下図の流れに従い実施する。



## 基礎地盤のすべり(すべり安全率の算定)

■ すべり面が通過する各要素の応力状態に応じ、適切な強度を選択しすべり安全率を算定する。

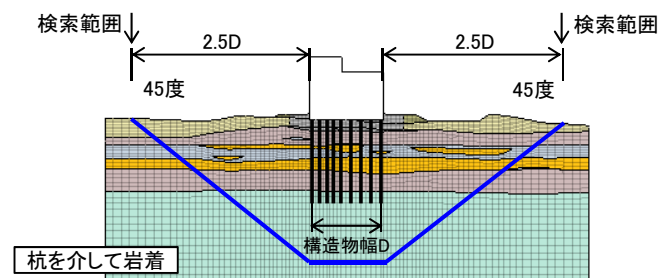
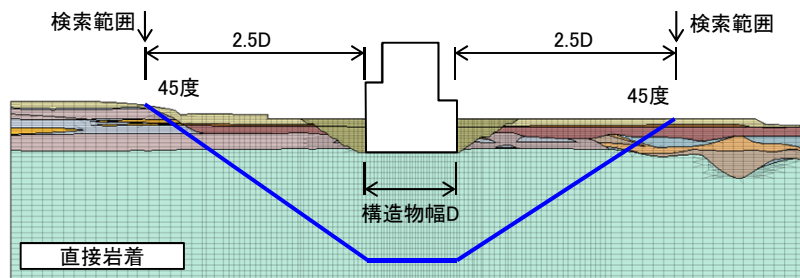


## 基礎地盤のすべり(すべり面の検索①)

- 東海第二発電所の敷地内には断層等の弱面が存在しないことから、均質な地盤内を十分な範囲で無作為に検索する方法として、以下の手順を考えた。

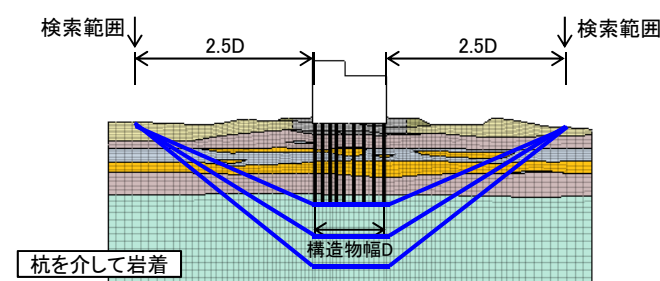
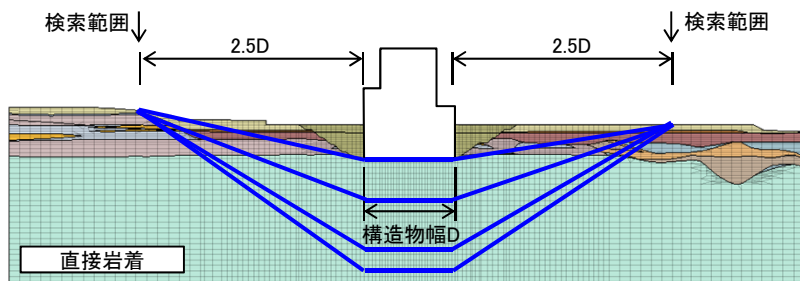
### 深さ方向の検索

- ① 検索範囲2.5Dの端部から、下方45度方向傾斜部と構造物幅で構成されるすべり面を設定する。すべり面の水平面が岩盤に入っていることを確認する。

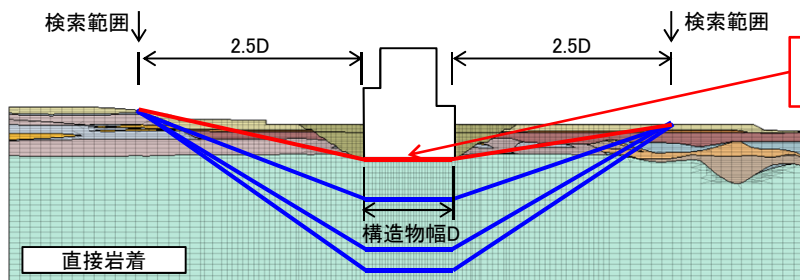


【参考】JEAG4601-2015における解析範囲(構造物による地盤への影響範囲)の考え方・動的解析用モデルの側方境界はそれぞれ基礎底面幅の2.5倍以上離れた点に設けられたいことが多い。

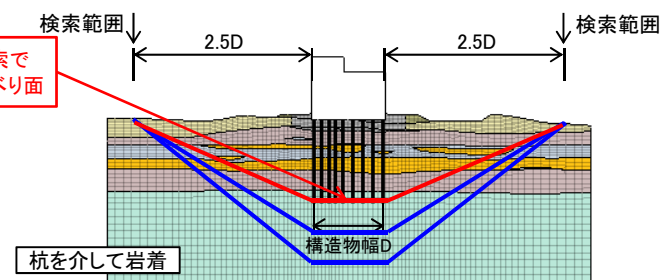
- ② ①で設定したすべり面から、水平面を上部(基礎岩盤内)にスライドさせた複数のすべり面を設定する。



- ③ 各すべり面における全時刻のすべり安全率を算出し、最もすべり安全率が小さくなるすべり面を決定する。



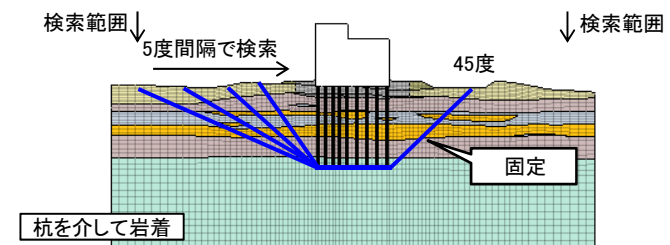
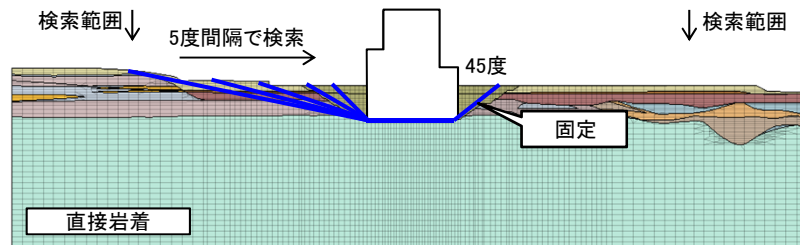
深さ方向の検索で抽出されたすべり面



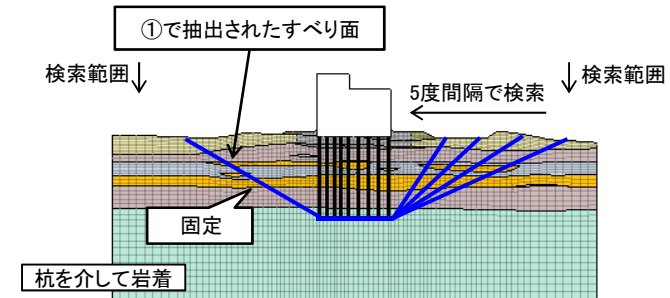
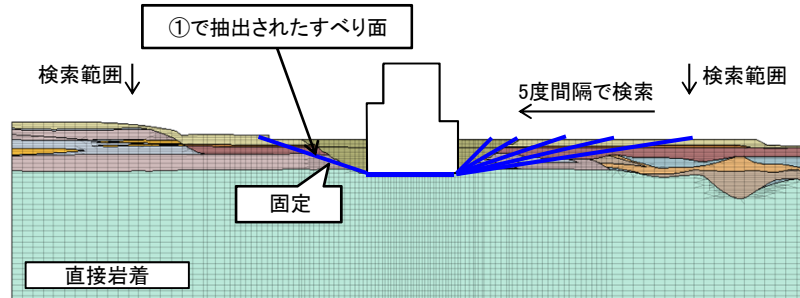
## 基礎地盤のすべり(すべり面の検索②)

### すべり面角度の検索

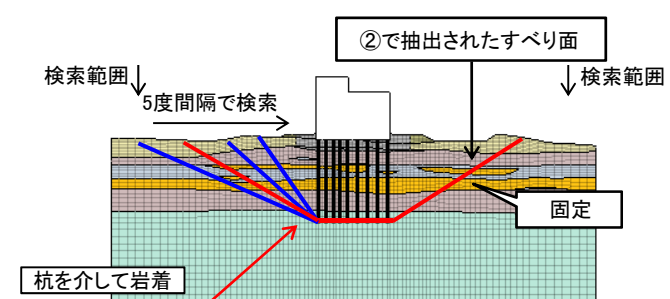
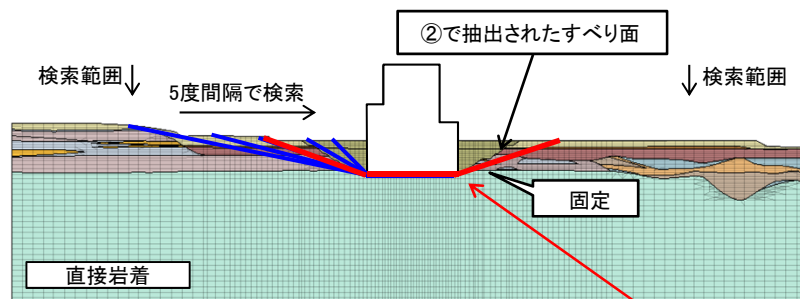
- ① 深さ方向スクリーニングで抽出されたすべり面の片側の角度を45度に固定して、検索範囲より内側を5度間隔で検索し、最小すべり安全率となる角度を決定する。



- ② ①で決定した角度を固定して、逆側の角度を5度間隔で検索し、最小すべり安全率となる角度を決定する。



- ③ ②で決定した角度を固定して、再度逆側の角度を5度間隔で検索し、最小すべり安全率となる角度を決定する。

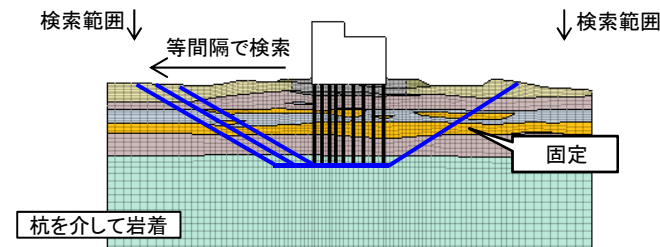
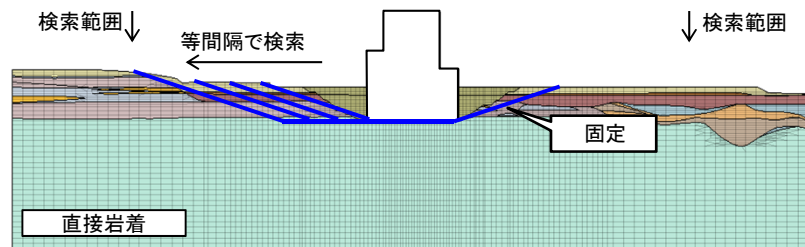


すべり面角度の検索で抽出されたすべり面

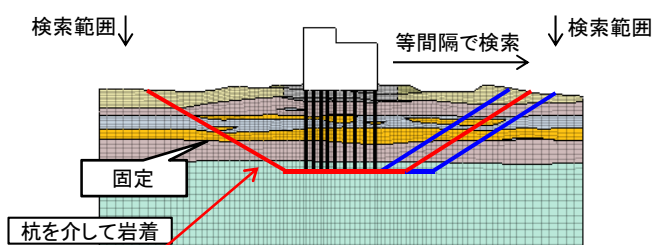
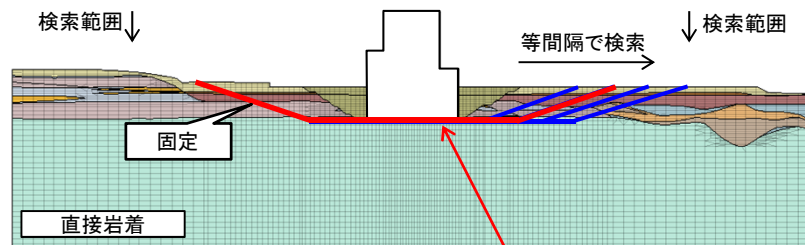
## 基礎地盤のすべり(すべり面の検索③)

### すべり面水平方向の検索

- ① 片側のすべり線立ち上げ位置を固定して、逆側のすべり線立ち上げ位置を検索範囲まで等間隔で検索し、最小すべり安全率となる位置を決定する。



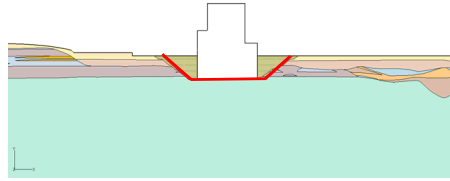
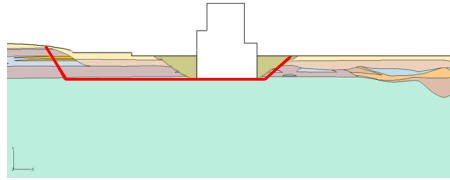
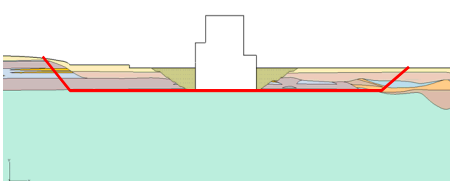
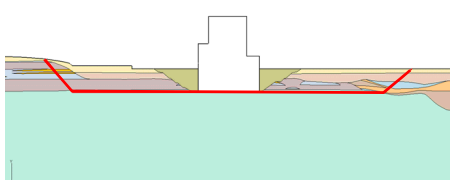
- ② ①で決定したすべり立ち上げ位置を固定して、逆側のすべり線立ち上げ位置を検索範囲まで等間隔で検索し、最小すべり安全率となる位置を決定する。

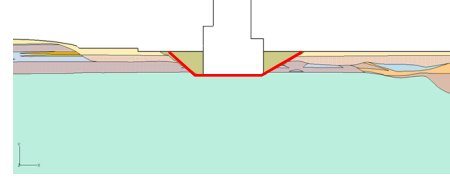
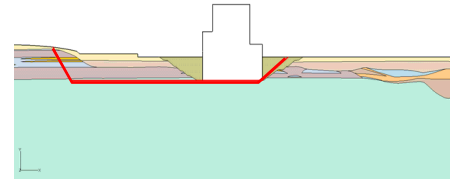
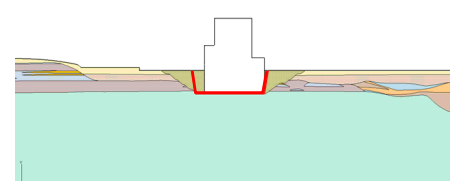
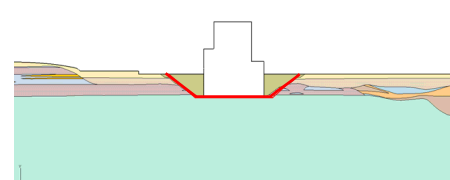


すべり面水平方向の検索で抽出されたすべり面  
↓  
最終的に、最小すべり安全率として抽出  
されるすべり面

## 基礎地盤のすべり(原子炉建屋 EW断面)

■ すべり安全率は、評価基準値1.5以上であることを確認した。

| 基準地震動 | すべり面形状                                                                              | すべり安全率                   |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Ss-D1 |    | 4.0<br>(正, 逆)<br>[53.80] |
| Ss-11 |    | 8.0<br>[25.58]           |
| Ss-12 |   | 7.4<br>[27.94]           |
| Ss-13 |  | 7.9<br>[25.17]           |

| 基準地震動 | すべり面形状                                                                                | すべり安全率                  |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Ss-14 |    | 9.8<br>[28.75]          |
| Ss-21 |    | 7.8<br>[65.86]          |
| Ss-22 |   | 6.7<br>[72.93]          |
| Ss-31 |  | 3.9<br>(正, 正)<br>[8.64] |

※ ○ は、最小すべり安全率を示す。

※ [ ] は、発生時刻(秒)を示す。

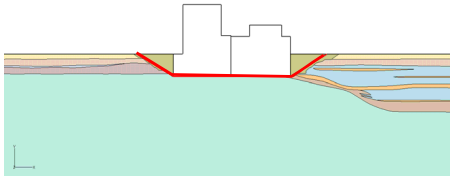
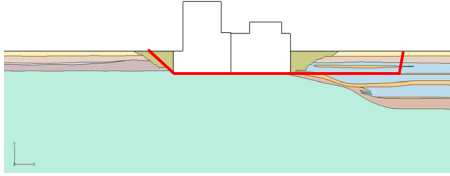
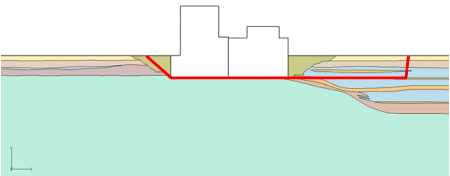
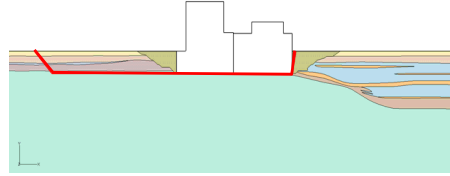
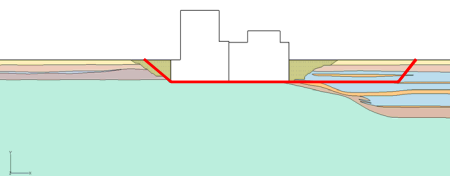
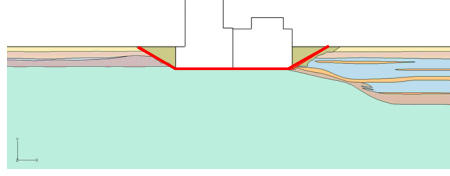
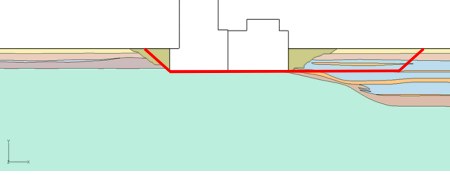
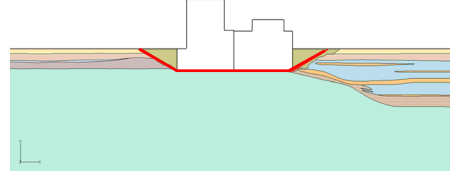
※ Ss-D1は水平・鉛直反転を考慮し、(正, 正), (正, 逆), (逆, 正), (逆, 逆)の組合せのうち最小となるすべり安全率を記載。

※ Ss-31は水平反転を考慮し、(正, 正), (逆, 正)の組合せのうち最小となるすべり安全率を記載。



## 基礎地盤のすべり(原子炉建屋 NS断面)

■ すべり安全率は、評価基準値1.5以上であることを確認した。

| 基準地震動 | すべり面形状                                                                              | すべり安全率                   | 基準地震動 | すべり面形状                                                                                | すべり安全率                  |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Ss-D1 |    | 3.8<br>(正, 逆)<br>[53.80] | Ss-14 |    | 7.0<br>[31.69]          |
| Ss-11 |    | 9.1<br>[69.53]           | Ss-21 |    | 5.4<br>[66.18]          |
| Ss-12 |   | 5.4<br>[31.54]           | Ss-22 |   | 5.2<br>[74.15]          |
| Ss-13 |  | 5.7<br>[28.76]           | Ss-31 |  | 3.4<br>(逆, 正)<br>[8.63] |

※ ○ は、最小すべり安全率を示す。

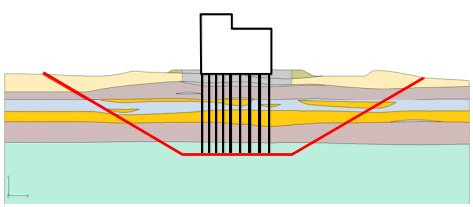
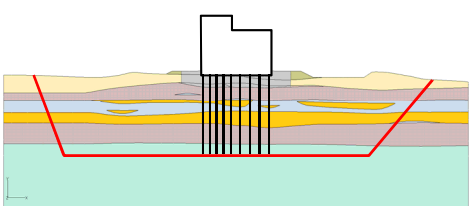
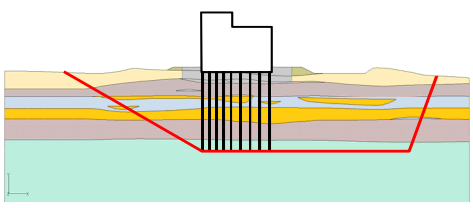
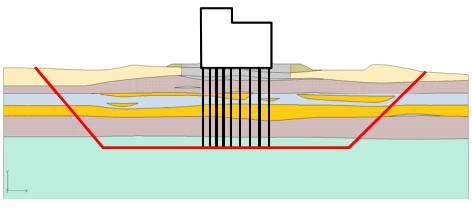
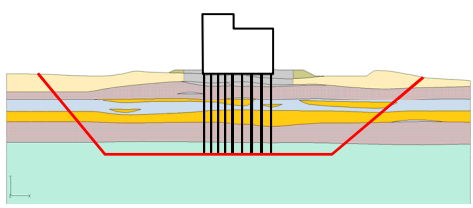
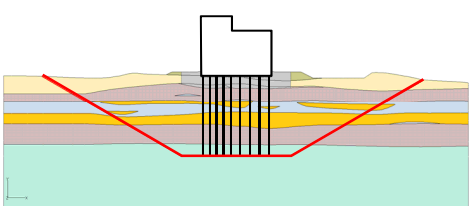
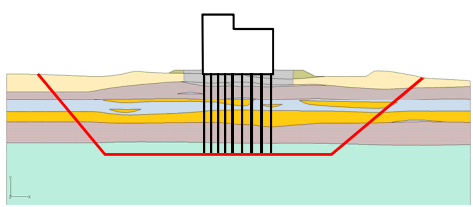
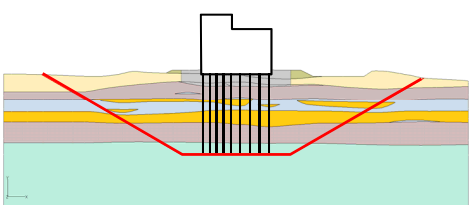
※ [ ] は、発生時刻(秒)を示す。

※ Ss-D1は水平・鉛直反転を考慮し、(正, 正), (正, 逆), (逆, 正), (逆, 逆)の組合せのうち最小となるすべり安全率を記載。

※ Ss-31は水平反転を考慮し、(正, 正), (逆, 正)の組合せのうち最小となるすべり安全率を記載。

## 基礎地盤のすべり(緊急時対策所 EW断面)

■ すべり安全率は、評価基準値1.5以上であることを確認した。

| 基準地震動 | すべり面形状                                                                              | すべり安全率                  | 基準地震動 | すべり面形状                                                                                | すべり安全率                 |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Ss-D1 |    | 5.3<br>(正,正)<br>[53.90] | Ss-14 |    | 9.4<br>[28.94]         |
| Ss-11 |    | 9.7<br>[25.60]          | Ss-21 |    | 8.4<br>[71.41]         |
| Ss-12 |   | 8.8<br>[28.85]          | Ss-22 |   | 8.3<br>[76.30]         |
| Ss-13 |  | 8.9<br>[26.07]          | Ss-31 |  | 4.4<br>(逆,正)<br>[8.75] |

※ ○ は、最小すべり安全率を示す。

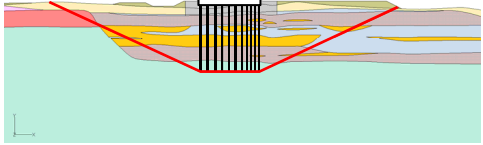
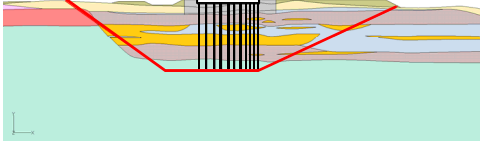
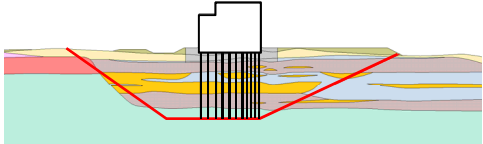
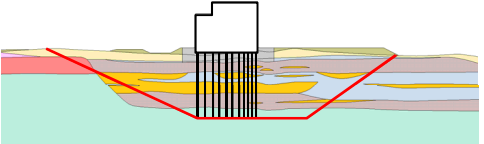
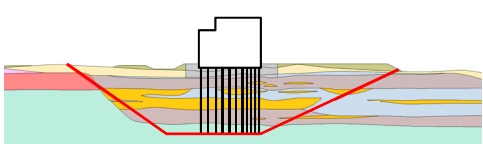
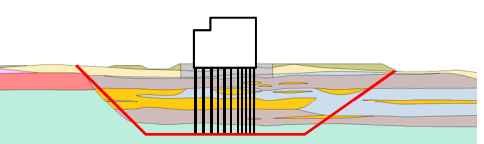
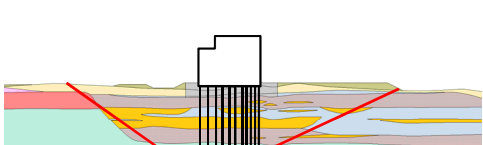
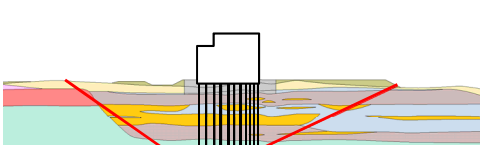
※ [ ] は、発生時刻(秒)を示す。

※ Ss-D1は水平・鉛直反転を考慮し、(正, 正), (正, 逆), (逆, 正), (逆, 逆)の組合せのうち最小となるすべり安全率を記載。

※ Ss-31は水平反転を考慮し、(正, 正), (逆, 正)の組合せのうち最小となるすべり安全率を記載。

## 基礎地盤のすべり(緊急時対策所 NS断面)

■ すべり安全率は、評価基準値1.5以上であることを確認した。

| 基準地震動 | すべり面形状                                                                              | すべり安全率                  | 基準地震動 | すべり面形状                                                                                | すべり安全率                 |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Ss-D1 |    | 4.8<br>(正,正)<br>[53.89] | Ss-14 |    | 8.3<br>[31.71]         |
| Ss-11 |    | 10.7<br>[69.53]         | Ss-21 |    | 6.7<br>[66.21]         |
| Ss-12 |    | 6.5<br>[31.54]          | Ss-22 |    | 7.0<br>[71.88]         |
| Ss-13 |  | 6.9<br>[28.75]          | Ss-31 |  | 4.2<br>(逆,正)<br>[8.74] |

※ ○ は、最小すべり安全率を示す。

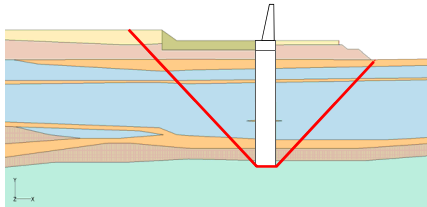
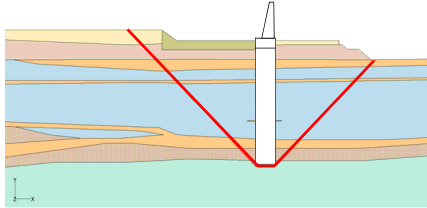
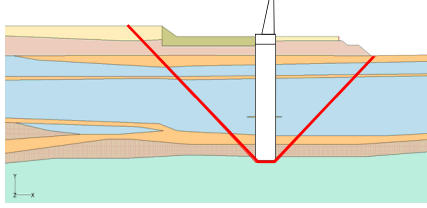
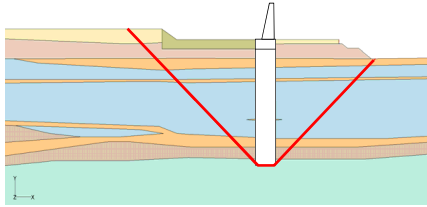
※ [ ] は、発生時刻(秒)を示す。

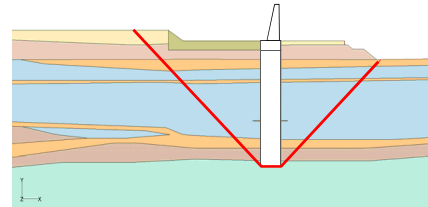
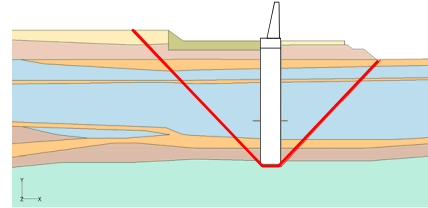
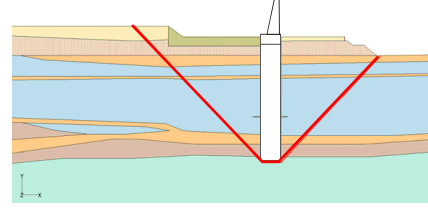
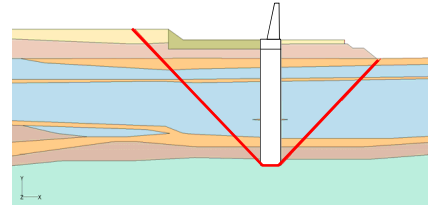
※ Ss-D1は水平・鉛直反転を考慮し、(正, 正), (正, 逆), (逆, 正), (逆, 逆)の組合せのうち最小となるすべり安全率を記載。

※ Ss-31は水平反転を考慮し、(正, 正), (逆, 正)の組合せのうち最小となるすべり安全率を記載。

## 基礎地盤のすべり(防潮堤(地中連続壁基礎構造区間))

■ すべり安全率は、評価基準値1.5以上であることを確認した。

| 基準地震動 | すべり面形状                                                                              | すべり安全率                   |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Ss-D1 |    | 13.4<br>(逆,正)<br>[19.56] |
| Ss-11 |    | 25.3<br>[24.67]          |
| Ss-12 |   | 24.8<br>[28.94]          |
| Ss-13 |  | 25.5<br>[26.06]          |

| 基準地震動 | すべり面形状                                                                                | すべり安全率                  |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Ss-14 |    | 26.4<br>[29.23]         |
| Ss-21 |    | 22.4<br>[81.68]         |
| Ss-22 |   | 20.0<br>[68.34]         |
| Ss-31 |  | 14.1<br>(正,正)<br>[8.48] |

※ ○ は、最小すべり安全率を示す。

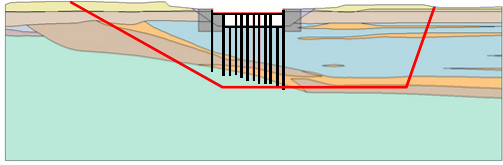
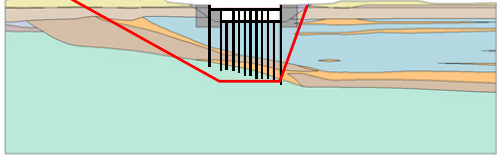
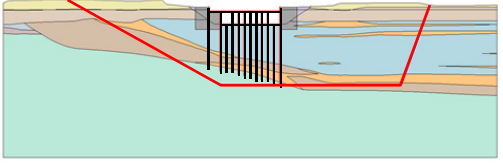
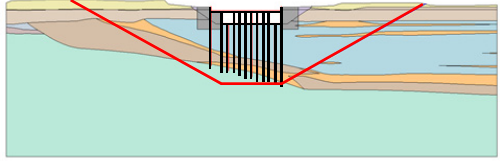
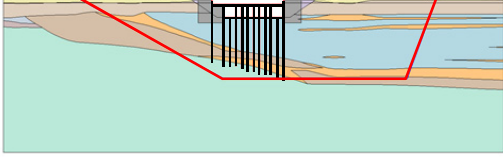
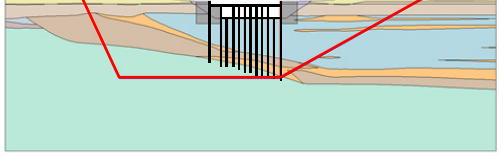
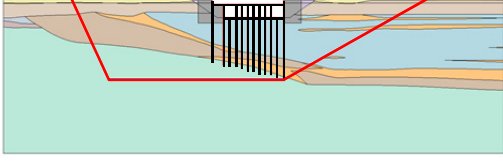
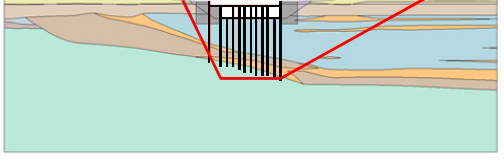
※ [ ] は、発生時刻(秒)を示す。

※ Ss-D1は水平・鉛直反転を考慮し、(正, 正), (正, 逆), (逆, 正), (逆, 逆)の組合せのうち最小となるすべり安全率を記載。

※ Ss-31は水平反転を考慮し、(正, 正), (逆, 正)の組合せのうち最小となるすべり安全率を記載。

## 基礎地盤のすべり(取水構造物(取水路, 海水ポンプ室))

■ すべり安全率は、評価基準値1.5以上であることを確認した。

| 基準地震動 | すべり面形状                                                                              | すべり安全率                   | 基準地震動 | すべり面形状                                                                                | すべり安全率                  |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Ss-D1 |    | 8.0<br>(逆, 正)<br>[23.03] | Ss-14 |    | 11.7<br>[29.78]         |
| Ss-11 |    | 11.7<br>[68.53]          | Ss-21 |    | 9.0<br>[66.24]          |
| Ss-12 |   | 8.7<br>[30.18]           | Ss-22 |   | 10.1<br>[67.34]         |
| Ss-13 |  | 8.0<br>[28.69]           | Ss-31 |  | 7.7<br>(正, 正)<br>[9.33] |

※ ○ は、最小すべり安全率を示す。

※ [ ] は、発生時刻(秒)を示す。

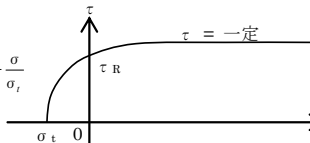
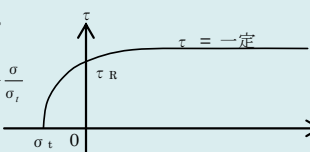
※ Ss-D1は水平・鉛直反転を考慮し、(正, 正), (正, 逆), (逆, 正), (逆, 逆)の組合せのうち最小となるすべり安全率を記載。

※ Ss-31は水平反転を考慮し、(正, 正), (逆, 正)の組合せのうち最小となるすべり安全率を記載。

## 基礎地盤のすべり(強度のばらつき評価)

- 物性のばらつきのうち、評価に最も影響を及ぼす強度のばらつきについて検討を実施した。
- 物性のばらつきとして、強度を「平均－1σ強度」に設定した。
- 各評価断面において、最も安全率が小さいケースを対象に検討を実施した。

主な地層の解析用物性値(非排水せん断強度)

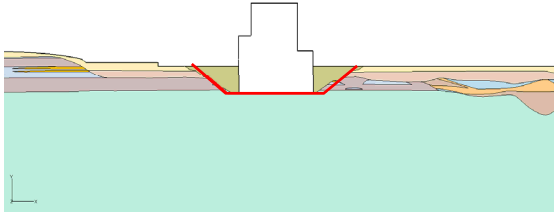
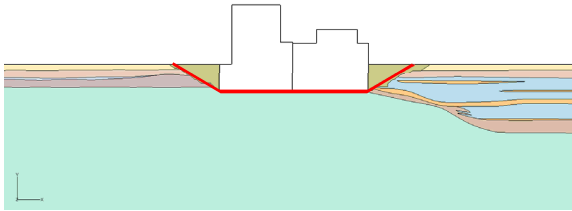
| 項目    |                                              | fl層                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 第四系             |             |              |             |             |              |              |              |              |              | 新第三系        |                                                                                                              |
|-------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | du層             | Ag2層        | Ac層          | As層         | Ag1層        | D2c-3層       | D2s-3層       | D2g-3層       | lm層          | D1c-1層       | D1g-1層      | Km層                                                                                                          |
| 平均強度  | ピーク強度<br>C <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | 0.491P<br>+0.200                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1.12P<br>+0.670 | 1.40P+0.620 | 0.242P+0.090 | 1.42P+0.464 | 1.40P+0.620 | 0.274P+0.180 | 0.462P+0.230 | 0.770P+0.594 | 0.338P+0.050 | 0.274P+0.180 | 1.40P+0.620 | 備考（1）<br>参照                                                                                                  |
|       | 残留強度<br>τ <sub>o</sub> (N/mm <sup>2</sup> )  | 0.500P<br>+0.195                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1.00P<br>+0.577 | 1.20P+0.548 | 0.220P+0.059 | 1.43P+0.430 | 1.20P+0.548 | 0.170P+0.141 | 0.310P+0.213 | 0.788P+0.582 | 0.280P+0.036 | 0.170P+0.141 | 1.20P+0.548 | $\tau^z=0.632 \cdot \sigma$<br>( $\sigma < 0.572N/mm^2$ )<br>$\tau = 0.601$<br>( $\sigma \geq 0.572N/mm^2$ ) |
| -1σ強度 | ピーク強度<br>C <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | 0.491P<br>+0.046                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1.12P<br>+0.438 | 1.40P+0.457 | 0.242P+0.069 | 1.42P+0.204 | 1.40P+0.457 | 0.274P+0.128 | 0.462P+0.131 | 0.770P+0.323 | 0.338P+0.043 | 0.274P+0.128 | 1.40P+0.457 | 備考（2）<br>参照                                                                                                  |
|       | 残留強度<br>τ <sub>o</sub> (N/mm <sup>2</sup> )  | 0.500P<br>+0.040                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1.00P<br>+0.424 | 1.20P+0.419 | 0.220P+0.035 | 1.42P+0.204 | 1.20P+0.419 | 0.170P+0.109 | 0.310P+0.121 | 0.770P+0.319 | 0.280P+0.030 | 0.170P+0.109 | 1.20P+0.419 | $\tau^z=0.442 \cdot \sigma$<br>( $\sigma < 0.552N/mm^2$ )<br>$\tau = 0.494$<br>( $\sigma \geq 0.552N/mm^2$ ) |
| 備考（1） |                                              | <div>新第三系の強度特性は右図より設定する。</div> <div></div> <div><math display="block">\left(\frac{\tau}{\tau_R}\right)^2 = 1 + \frac{\sigma}{\sigma_t}</math><math display="block">\sigma_t = 0.141 - 0.00114 \cdot Z</math><math display="block">\tau_R = 0.364 - 0.00168 \cdot Z</math><math display="block">C_{ouu} = 0.837 - 0.00346 \cdot Z</math><math display="block">\phi = 0^\circ</math><p>Z：標高EL表示(m)</p></div>  |                 |             |              |             |             |              |              |              |              |              |             |                                                                                                              |
| 備考（2） |                                              | <div>新第三系の強度特性は右図より設定する。</div> <div></div> <div><math display="block">\left(\frac{\tau}{\tau_R}\right)^2 = 1 + \frac{\sigma}{\sigma_t}</math><math display="block">\sigma_t = 0.083 - 0.00114 \cdot Z</math><math display="block">\tau_R = 0.290 - 0.00168 \cdot Z</math><math display="block">C_{ouu} = 0.699 - 0.00346 \cdot Z</math><math display="block">\phi = 0^\circ</math><p>Z：標高EL表示(m)</p></div> |                 |             |              |             |             |              |              |              |              |              |             |                                                                                                              |

: 平均－1σ強度



## 基礎地盤のすべり(強度のばらつき評価)(原子炉建屋)

■ 強度のばらつきを考慮した評価の結果, すべり安全率は評価基準値1.5以上であることを確認した。

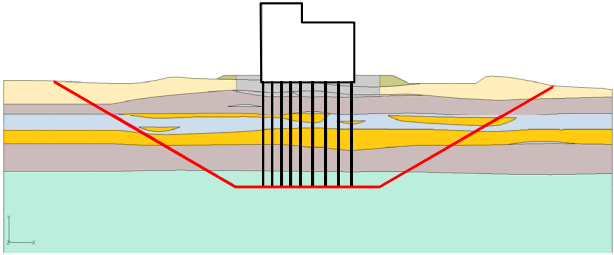
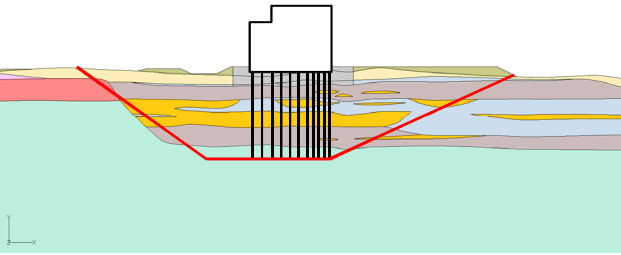
| 評価対象断面<br>及び地震動            | すべり面形状                                                                              | すべり安全率<br>〔平均強度〕 | すべり安全率<br>〔平均-1 $\sigma$ 強度〕 |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------|
| 原子炉建屋EW断面<br>【Ss-31(正, 正)】 |   | 3.9<br>〔8.64〕    | 3.2<br>〔8.64〕                |
| 原子炉建屋NS断面<br>【Ss-31(逆, 正)】 |  | 3.4<br>〔8.63〕    | 2.8<br>〔8.63〕                |

※基準地震動の(逆, 正)は, 水平反転を示す。

※〔 〕は, 発生時刻(秒)を示す。

## 基礎地盤のすべり(強度のばらつき評価)(緊急時対策所)

■ 強度のばらつきを考慮した評価の結果、すべり安全率は評価基準値1.5以上であることを確認した。

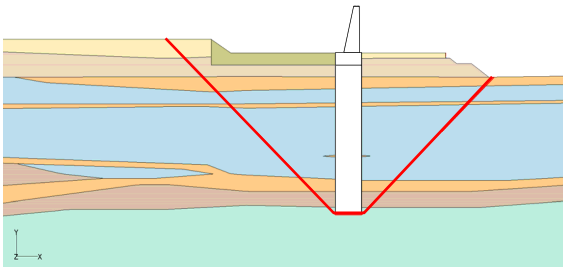
| 評価対象断面<br>及び地震動                 | すべり面形状                                                                              | すべり安全率<br>〔平均強度〕 | すべり安全率<br>〔平均-1 $\sigma$ 強度〕 |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------|
| 緊急時対策所<br>EW断面<br>【Ss-31(逆, 正)】 |   | 4.4<br>〔8.75〕    | 3.3<br>〔8.75〕                |
| 緊急時対策所<br>NS断面<br>【Ss-31(逆, 正)】 |  | 4.2<br>〔8.74〕    | 3.2<br>〔8.74〕                |

※基準地震動の(逆, 正)は、水平反転を示す。

※〔 〕は、発生時刻(秒)を示す。

## 基礎地盤のすべり(強度のばらつき評価)(防潮堤(地中連続壁基礎構造区間))

■ 強度のばらつきを考慮した評価の結果, すべり安全率は評価基準値1.5以上であることを確認した。

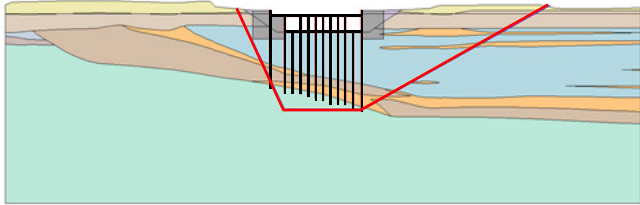
| 評価対象断面<br>及び地震動                                 | すべり面形状                                                                             | すべり安全率<br>〔平均強度〕 | すべり安全率<br>〔平均-1 $\sigma$ 強度〕 |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------|
| 防潮堤<br>(地中連続壁基礎構造区間)<br>汀線直交断面<br>【Ss-D1(逆, 正)】 |  | 13.4<br>〔19.56〕  | 10.8<br>〔19.56〕              |

※基準地震動の(逆, 逆)は, 水平反転, 上下反転を示す。

※〔 〕は, 発生時刻(秒)を示す。

## 基礎地盤のすべり(強度のばらつき評価)(取水構造物(取水路, 海水ポンプ室))

■ 強度のばらつきを考慮した評価の結果, すべり安全率は評価基準値1.5以上であることを確認した。

| 評価対象断面<br>及び地震動                                     | すべり面形状                                                                             | すべり安全率<br>〔平均強度〕 | すべり安全率<br>〔平均－1 $\sigma$ 強度〕 |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------|
| 取水構造物<br>(取水路, 海水ポンプ室)<br>汀線平行方向断面<br>【Ss-31(正, 正)】 |  | 7.7<br>〔9.33〕    | 6.3<br>〔9.33〕                |

※〔 〕は, 発生時刻(秒)を示す。

## 基礎の支持力(評価方針)(原子炉建屋, 防潮堤(地中連続壁基礎構造区間))

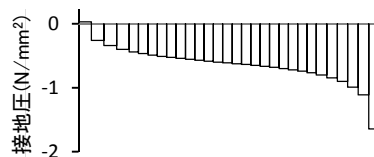
- 基礎地盤の支持力は, 道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編)((社)日本道路協会, 平成24年3月)の支持力公式による評価基準値と, 二次元有限要素法に基づく地震応答解析(周波数応答解析)により求められる基礎の最大接地圧を比較することにより確認する。

- 地震時の最大接地圧は, 常時応力と動的解析による地震時応力を重ね合わせて算出する。

### ①常時荷重(自重)の評価

### ②地震時解析

地震時解析(周波数応答解析)を実施し, 基礎底面の地盤に作用する鉛直方向の最大鉛直応力度(接地圧)を算定



### ③支持力度の評価

「道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編)((社)日本道路協会, 平成24年3月)」に示される式より極限支持力度を算定(ケーソン基礎として評価)

$$q_d = \alpha c N_c + \frac{1}{2} \beta \gamma_1 B N_\gamma + \gamma_2 D_f N_q$$

$q_d$  : 基礎底面地盤の極限支持力度 (kN/m<sup>2</sup>)

$c$  : 基礎底面より下にある地盤の粘着力 (kN/m<sup>2</sup>)

$\gamma_1$  : 基礎底面より下にある地盤の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)  
ただし, 地下水位以下では水中単位体積重量とする。

$\gamma_2$  : 基礎底面より上にある周辺地盤の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)  
ただし, 地下水位以下では水中単位体積重量とする。

$\alpha, \beta$  : 基礎底面の形状係数

$B$  : 基礎幅 (m)

$D_f$  : 基礎の有効根入れ深さ (m)

$N_c, N_q, N_\gamma$  : 支持力係数

十分な支持性能を有することを確認  
最大鉛直応力度(②) < 極限支持力度(③)

## 基礎の支持力(評価方針)(緊急時対策所)

- 基礎地盤の支持力は、道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編)((社)日本道路協会, 平成24年3月)の支持力公式による評価基準値と、二次元有限要素法に基づく地震応答解析(周波数応答解析)により求められる杭の最大鉛直力を比較することにより確認する。
- 地震時の杭の最大鉛直力は、常時応力と動的解析による地震時応力を重ね合わせて算出する。

### ①常時荷重(自重)の評価

### ②地震時荷重の評価

地震時解析(周波数応答解析)を実施し、杭頭に係る慣性力(最大鉛直力)を算出

### ③支持力の評価

「道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編)((社)日本道路協会, 平成24年3月)」の式(中掘り杭)より極限支持力を算定

$$R_u = q_d \cdot A + U \cdot \sum L_i \cdot f_i$$

$R_u$ : 地盤から決まる杭の極限支持力(kN)

$q_d$ : 杭先端における単位面積あたりの極限支持力(kN/m<sup>2</sup>)

$A$ : 杭先端面積(m<sup>2</sup>)

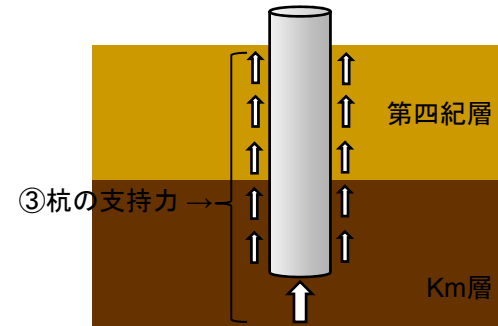
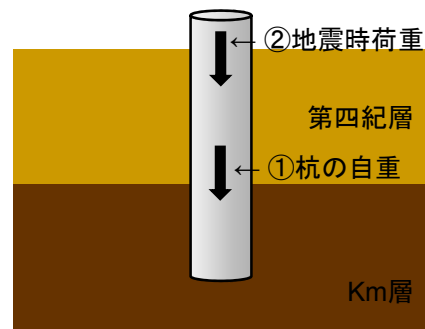
$U$ : 杭の周長(m)

$L_i$ : 周面摩擦力を考慮する層の層厚(m)

$f_i$ : 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度(kN/m<sup>2</sup>)

$$q_d = 3 \cdot q_u$$

$q_u$ : 支持岩盤の一軸圧縮強度(kN/m<sup>2</sup>)



十分な支持性能を有することを確認  
最大鉛直力(①+②) < 極限支持力(③)



## 基礎の支持力(評価方針)(取水構造物(取水路, 海水ポンプ室))

- 基礎地盤の支持力は、道路橋示方書・同解説(Ⅰ 共通編・Ⅳ 下部構造編)((社)日本道路協会, 平成24年3月)の支持力公式による評価基準値と、二次元有限要素法に基づく地震応答解析(周波数応答解析)により求められる杭の最大鉛直力を比較することにより確認する。
- 地震時の杭の最大鉛直力は、常時応力と動的解析による地震時応力を重ね合わせて算出する。

### ①常時荷重(自重)の評価

### ②地震時荷重の評価

地震時解析(周波数応答解析)を実施し、杭頭に係る慣性力(最大鉛直力)を算出

### ③支持力の評価

「道路橋示方書・同解説(Ⅰ 共通編・Ⅳ 下部構造編)((社)日本道路協会, 平成24年3月)」の式(打込み杭)より極限支持力を算定

$$R_u = P_u + U \cdot \sum l_i \cdot f_i$$

$R_u$ : 地盤から決まる杭頭での極限支持力(kN)

$U$ : 杭の周長(m)

$l_i$ : 支持層より上面の周面摩擦力を考慮する層の層厚(m)

$f_i$ : 支持層より上面の周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度(kN/m<sup>2</sup>)

$$P_u = 440 \cdot q_u^{1/2} \cdot A_t^{2/5} \cdot A_b^{1/3}$$

$P_u$ : 杭先端の極限支持力(kN)

$q_u$ : 支持岩盤の一軸圧縮強度(kN/m<sup>2</sup>)

$A_t$ : 鋼管杭の先端純断面積(m<sup>2</sup>)

$A_b$ : 鋼管杭の先端閉塞面積(m<sup>2</sup>)

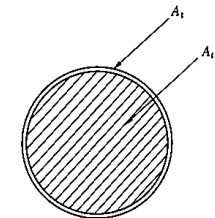
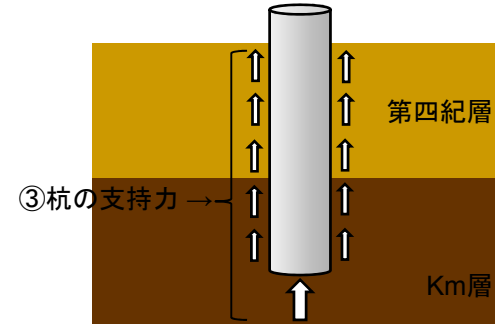
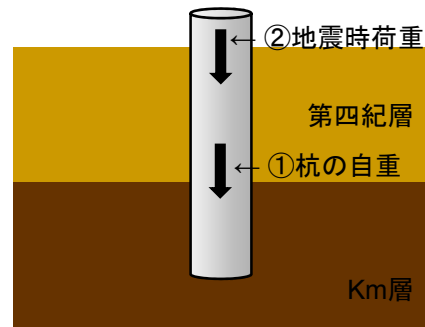


図-参 10.1 鋼管杭の先端面積



十分な支持性能を有することを確認  
最大鉛直力(①+②) < 極限支持力(③)

## 基礎の支持力(原子炉建屋)

■ 地震時最大接地圧は、基礎地盤支持力の評価基準値を超えていないことを確認した。

| 評価対象断面<br>及び地震動 | 評価基準値<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 地震時最大接地圧 (N/mm <sup>2</sup> ) |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                          |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
|                 |                               | Ss-D1                         | Ss-11           | Ss-12           | Ss-13           | Ss-14           | Ss-21           | Ss-22           | Ss-31                    |
| 原子炉建屋<br>EW断面   | 4.5                           | 1.45<br>(逆, 正)<br>[53.85]     | 1.04<br>[25.61] | 1.12<br>[29.54] | 1.11<br>[26.74] | 1.04<br>[29.05] | 1.11<br>[72.59] | 1.25<br>[83.77] | 1.64<br>(正, 正)<br>[8.67] |
| 原子炉建屋<br>NS断面   | 4.5                           | 1.50<br>(正, 正)<br>[53.83]     | 1.21<br>[25.41] | 1.19<br>[29.56] | 1.15<br>[26.78] | 1.13<br>[31.68] | 1.27<br>[62.66] | 1.39<br>[70.77] | 1.62<br>(逆, 正)<br>[8.66] |

※ ○ は、地震時最大接地圧の最大値を示す。

※ [ ] は、発生時刻(秒)を示す。

※ Ss-D1は水平・鉛直反転を考慮し、(正, 正), (正, 逆), (逆, 正), (逆, 逆)の組合せのうち最大となる地震時最大接地圧を記載。

※ Ss-31は水平反転を考慮し、(正, 正), (逆, 正)の組合せのうち最大となる地震時最大接地圧を記載。

## 【補足】極限支持力の算定について

$$q_d = \alpha c N_c + \frac{1}{2} \beta \gamma_1 B N_\gamma + \gamma_2 D_f N_q$$

$q_d$  : 基礎底面地盤の極限支持力度 (kN/m<sup>2</sup>)

$c$  : 基礎底面より下にある地盤の粘着力 (kN/m<sup>2</sup>)

$\gamma_1$  : 基礎底面より下にある地盤の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

ただし、地下水位以下では水中単位体積重量とする。

$\gamma_2$  : 基礎底面より上にある周辺地盤の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

ただし、地下水位以下では水中単位体積重量とする。

$\alpha, \beta$  : 基礎底面の形状係数

$B$  : 基礎幅 (m)

$D_f$  : 基礎の有効根入れ深さ (m)

$N_c, N_q, N_\gamma$  : 支持力係数

## 【各入力パラメータについての補足】

$c$  : 当該深度の久米層の粘着力

$\gamma_1$  : 当該深度の久米層の単位体積重量

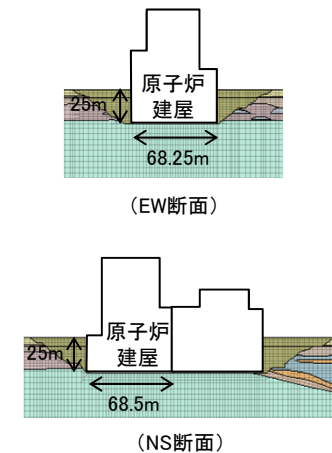
$\gamma_2$  : 側方の第四紀層の平均的な単位体積重量

$\alpha, \beta$  : 長方形基礎として設定

$B$  : 左記の断面図に基づき設定

$D_f$  : 左記の断面図に基づき設定

$N_c, N_q, N_\gamma$  : 最も保守的にせん断抵抗角  $\phi=0$  として設定



## 2. 基礎地盤の安定性評価 2.5 評価結果

### 基礎の支持力(緊急時対策所)

■ 地震時最大鉛直力は、杭の極限支持力の評価基準値を超えていないことを確認した。

| 評価対象断面<br>及び地震動 | 極限支持力<br>(kN) | 地震時最大鉛直力(kN)              |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                          |
|-----------------|---------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------------|
|                 |               | Ss-D1                     | Ss-11            | Ss-12            | Ss-13            | Ss-14            | Ss-21            | Ss-22            | Ss-31                    |
| 緊急時対策所<br>EW断面  | 15,083        | 8,776<br>[44.33]<br>(逆,逆) | 8,514<br>[25.41] | 8,737<br>[29.56] | 8,732<br>[26.78] | 8,535<br>[29.07] | 8,628<br>[68.29] | 8,755<br>[73.26] | 8,666<br>[8.72]<br>(正,正) |
| 緊急時対策所<br>NS断面  | 15,107        | 9,538<br>[45.06]<br>(正,逆) | 9,305<br>[24.69] | 9,496<br>[29.58] | 9,487<br>[26.80] | 9,256<br>[29.78] | 9,490<br>[69.06] | 9,539<br>[70.79] | 9,312<br>[8.77]<br>(正,正) |

※ ○ は、地震時最大鉛直力の最大値を示す。

※ [ ] は、発生時刻(秒)を示す。

※ Ss-D1は水平・鉛直反転を考慮し、(正, 正), (正, 逆), (逆, 正), (逆, 逆)の組合せのうち最大となる地震時最大鉛直力を記載。

※ Ss-31は水平反転を考慮し、(正, 正), (逆, 正)の組合せのうち最大となる地震時最大鉛直力を記載。

#### 【補足】極限支持力の算定について

$$R_u = q_d \cdot A + U \cdot \sum L_i \cdot f_i$$

$R_u$ : 地盤から決まる杭の極限支持力(kN)

$q_d$ : 杭先端における単位面積あたりの極限支持力(kN/m<sup>2</sup>)

$A$ : 杭先端面積(m<sup>2</sup>)

$U$ : 杭の周長(m)

$L_i$ : 周面摩擦力を考慮する層の層厚(m)

$f_i$ : 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度(kN/m<sup>2</sup>)

$$q_d = 3 \cdot q_u$$

$q_u$ : 支持岩盤の一軸圧縮強度(kN/m<sup>2</sup>)

【各入力パラメータについての補足】

$A$ : 杭外径(φ1.0m)に応じて設定

$U$ : 杭外径(φ1.0m)に応じて設定

$L_i$ : 左記の地層分布に基づき、杭毎の各層厚に応じて設定

$f_i$ : [砂質土]各層の平均N値より設定(ただし、上限値100kN/m<sup>2</sup>)

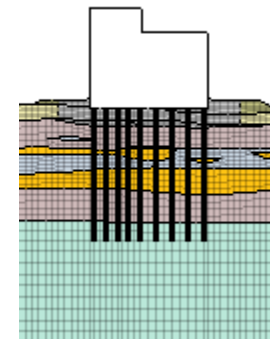
[粘性土]各層の平均N値又は粘着力 $c$ より設定(ただし、上限値100kN/m<sup>2</sup>)

$q_u$ : 久米層の粘着力 $c \times 2$ により設定



※ 杭本体に係る数値は、基本設計段階の情報

各々の杭で算定した極限支持力のうち、最小となるものを採用している。



## 基礎の支持力(防潮堤(地中連続壁基礎構造区間))

■ 地震時最大接地圧は、基礎地盤支持力の評価基準値を超えていないことを確認した。

| 評価対象断面<br>及び地震動                | 評価基準値<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 地震時最大接地圧(N/mm <sup>2</sup> ) |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                          |
|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
|                                |                               | Ss-D1                        | Ss-11           | Ss-12           | Ss-13           | Ss-14           | Ss-21           | Ss-22           | Ss-31                    |
| 防潮堤<br>(地中連続壁基礎構造区間)<br>汀線直交断面 | 7.7                           | 2.09<br>(正, 逆)<br>[44.30]    | 1.91<br>[24.65] | 1.95<br>[29.54] | 1.94<br>[26.76] | 1.87<br>[29.74] | 2.01<br>[69.27] | 2.07<br>[69.41] | 2.07<br>(正, 正)<br>[8.80] |

※ ○ は、地震時最大接地圧の最大値を示す。

※ [ ] は、発生時刻(秒)を示す。

※ Ss-D1は水平・鉛直反転を考慮し、(正, 正), (正, 逆), (逆, 正), (逆, 逆)の組合せのうち最大となる地震時最大接地圧を記載。

※ Ss-31は水平反転を考慮し、(正, 正), (逆, 正)の組合せのうち最大となる地震時最大接地圧を記載。

## 【補足】極限支持力の算定について

$$q_d = \alpha c N_c + \frac{1}{2} \beta \gamma_1 B N_\gamma + \gamma_2 D_f N_q$$

$q_d$  : 基礎底面地盤の極限支持力度(kN/m<sup>2</sup>)

$c$  : 基礎底面より下にある地盤の粘着力(kN/m<sup>2</sup>)

$\gamma_1$  : 基礎底面より下にある地盤の単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>)

ただし、地下水位以下では水中単位体積重量とする。

$\gamma_2$  : 基礎底面より上にある周辺地盤の単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>)

ただし、地下水位以下では水中単位体積重量とする。

$\alpha, \beta$  : 基礎底面の形状係数

$B$  : 基礎幅(m)

$D_f$  : 基礎の有効根入れ深さ(m)

$N_c, N_q, N_\gamma$  : 支持力係数

## 【各入力パラメータについての補足】

$c$  : 当該深度の久米層の粘着力

$\gamma_1$  : 当該深度の久米層の単位体積重量

$\gamma_2$  : 側方の第四紀層の平均的な単位体積重量

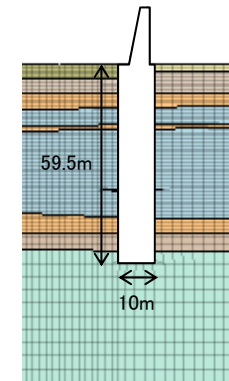
$\alpha, \beta$  : 長方形基礎として設定

$B$  : 左記の断面図に基づき設定

$D_f$  : 左記の断面図に基づき設定

$N_c, N_q, N_\gamma$  : 最も保守的にせん断抵抗角  $\phi=0$  として設定

防潮堤  
(地中連続壁基礎構造区間)



## 基礎の支持力(取水構造物(取水路, 海水ポンプ室))

■ 地震時最大鉛直力は、杭の極限支持力の評価基準値を超えていないことを確認した。

| 評価対象断面<br>及び地震動                    | 極限支持力<br>(kN) | 地震時最大鉛直力(kN)               |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                           |
|------------------------------------|---------------|----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------------|
|                                    |               | Ss-D1                      | Ss-11            | Ss-12            | Ss-13            | Ss-14            | Ss-21            | Ss-22            | Ss-31                     |
| 取水構造物<br>(取水路, 海水ポンプ室)<br>汀線平行方向断面 | 10,204        | 8,049<br>(逆, 正)<br>[23.11] | 3,602<br>[68.58] | 6,285<br>[30.22] | 5,183<br>[27.43] | 3,752<br>[29.84] | 7,201<br>[66.30] | 4,798<br>[92.33] | 8,179<br>(正, 正)<br>[8.99] |

※ ○ は、地震時最大鉛直力の最大値を示す。

※ [ ] は、発生時刻(秒)を示す。

※ Ss-D1は水平・鉛直反転を考慮し、(正, 正), (正, 逆), (逆, 正), (逆, 逆)の組合せのうち最大となる地震時最大鉛直力を記載。

※ Ss-31は水平反転を考慮し、(正, 正), (逆, 正)の組合せのうち最大となる地震時最大鉛直力を記載。

## 【補足】極限支持力の算定について

$$R_u = P_u + U \cdot \sum l_i \cdot f_i$$

$R_u$ : 地盤から決まる杭頭での極限支持力(kN)

$U$ : 杭の周長(m)

$l_i$ : 支持層より上面の周面摩擦力を考慮する層の層厚(m)

$f_i$ : 支持層より上面の周面摩擦力を考慮する  
層の最大周面摩擦力度(kN/m<sup>2</sup>)

$$P_u = 440 \cdot q_u^{1/2} \cdot A_t^{2/5} \cdot A_i^{1/3}$$

$P_u$ : 杭先端の極限支持力(kN)

$q_u$ : 支持岩盤の一軸圧縮強度(kN/m<sup>2</sup>)

$A_t$ : 鋼管杭の先端純断面積(m<sup>2</sup>)

$A_i$ : 鋼管杭の先端閉塞面積(m<sup>2</sup>)

## 【各入力パラメータについての補足】

$U$ : 竣工図の情報(外径φ1.016m)に基づき設定

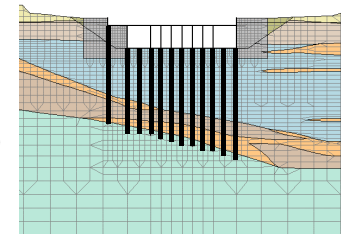
$l_i$ : 左記の地層分布に基づき、杭毎の各層厚に応じて設定

$f_i$ : [砂質土]各層の平均N値より設定(ただし、上限値100kN/m<sup>2</sup>)

[粘性土]各層の平均N値又は粘着力 $c$ より設定(ただし、上限値100kN/m<sup>2</sup>)

$q_u$ : 久米層の粘着力 $c \times 2$ により設定(ただし、上限値10,000kN/m<sup>2</sup>)

$A_t, A_i$ : 竣工図の情報(外径φ1.016m, 肉厚0.016m)に基づき設定

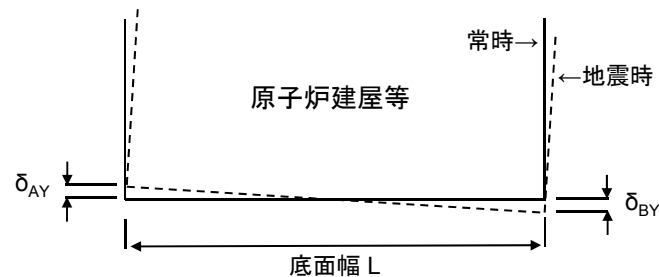


各々の杭で算定した極限支持力のうち、最小となるものを採用している。

## 基礎底面の傾斜(評価方針)

- 二次元有限要素法に基づく地震応答解析(周波数応答解析)による鉛直変位から求められる基礎底面の傾斜について、基本設計段階の目安値(1/2,000)との比較を行う。

| 対象施設※                                 | 最大傾斜の<br>許容値の目安 | 備考                                                                   |
|---------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------|
| 原子炉建屋<br>緊急時対策所<br>取水構造物(取水路, 海水ポンプ室) | 1/2,000         | 審査ガイドの目安値(基本設計段階の目安値):<br>一般建築物の構造的な障害が発生する限界(亀裂の発生率,<br>発生区間等により判断) |



※代表施設のうち防潮堤(地中連壁基礎構造区間)については、傾斜が問題となるような構造物ではないことから、本評価を省略する。

## 基礎底面の傾斜(原子炉建屋)

■ 地震時の基礎底面の傾斜は、許容値の目安である1/2,000以内であることを確認した。

| 評価対象断面<br>及び地震動 | 設計基準値   | 上段:最大相対変位(cm), 下段:最大傾斜    |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                          |
|-----------------|---------|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
|                 |         | Ss-D1                     | Ss-11           | Ss-12           | Ss-13           | Ss-14           | Ss-21           | Ss-22           | Ss-31                    |
| 原子炉建屋<br>EW断面   | 1/2,000 | 2.66<br>(正, 正)<br>[53.87] | 0.94<br>[25.65] | 1.12<br>[27.99] | 1.04<br>[25.22] | 0.70<br>[28.83] | 0.98<br>[66.18] | 1.51<br>[76.29] | 3.39<br>(正, 正)<br>[8.69] |
|                 |         | 1/2,562                   | 1/7,284         | 1/6,099         | 1/6,581         | 1/9,820         | 1/6,993         | 1/4,532         | 1/2,011                  |
| 原子炉建屋<br>NS断面   | 1/2,000 | 1.18<br>(正, 正)<br>[53.85] | 0.35<br>[23.86] | 0.62<br>[30.32] | 0.54<br>[27.54] | 0.51<br>[29.91] | 0.80<br>[61.91] | 0.74<br>[67.14] | 1.35<br>(逆, 正)<br>[8.66] |
|                 |         | 1/5,790                   | 1/19,594        | 1/10,992        | 1/12,737        | 1/13,474        | 1/8,590         | 1/9,202         | 1/5,065                  |

※ ○ は、最大相対変位及び最大傾斜の最大値を示す。

※ [ ] は、発生時刻(秒)を示す。

※ Ss-D1は水平・鉛直反転を考慮し、(正, 正), (正, 逆), (逆, 正), (逆, 逆)の組合せのうち最大となる最大相対変位及び最大傾斜を記載。

※ Ss-31は水平反転を考慮し、(正, 正), (逆, 正)の組合せのうち最大となる最大相対変位及び最大傾斜を記載。



## 基礎底面の傾斜(緊急時対策所)

■ 地震時の基礎底面の傾斜は、許容値の目安である1/2,000以内であることを確認した。

| 評価対象断面<br>及び地震動 | 設計基準値   | 上段:最大相対変位(cm), 下段:最大傾斜   |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                         |
|-----------------|---------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|
|                 |         | Ss-D1                    | Ss-11           | Ss-12           | Ss-13           | Ss-14           | Ss-21           | Ss-22           | Ss-31                   |
| 緊急時対策所<br>EW断面  | 1/2,000 | 1.02<br>〔53.95〕<br>(正,逆) | 0.32<br>〔25.72〕 | 0.38<br>〔28.04〕 | 0.38<br>〔26.04〕 | 0.27<br>〔28.89〕 | 0.45<br>〔68.91〕 | 0.69<br>〔73.09〕 | 1.43<br>〔8.76〕<br>(逆,正) |
|                 |         | 1/3,479                  | 1/11,070        | 1/9,359         | 1/9,388         | 1/13,209        | 1/7,859         | 1/5,136         | 1/2,487                 |
| 緊急時対策所<br>NS断面  | 1/2,000 | 1.28<br>〔53.96〕<br>(正,逆) | 0.26<br>〔26.47〕 | 0.41<br>〔30.04〕 | 0.39<br>〔30.13〕 | 0.37<br>〔28.64〕 | 0.85<br>〔62.02〕 | 0.81<br>〔74.30〕 | 1.50<br>〔8.78〕<br>(正,正) |
|                 |         | 1/2,957                  | 1/14,578        | 1/9,148         | 1/9,768         | 1/10,060        | 1/4,412         | 1/4,643         | 1/2,521                 |

※ ○ は、最大相対変位及び最大傾斜の最大値を示す。

※ [ ] は、発生時刻(秒)を示す。

※ Ss-D1は水平・鉛直反転を考慮し、(正, 正), (正, 逆), (逆, 正), (逆, 逆)の組合せのうち最大となる最大相対変位及び最大傾斜を記載。

※ Ss-31は水平反転を考慮し、(正, 正), (逆, 正)の組合せのうち最大となる最大相対変位及び最大傾斜を記載。

## 基礎の傾斜(取水構造物(取水路, 海水ポンプ室))

■ 地震時基礎傾斜は、許容値の目安である1/2,000以内であることを確認した。

| 評価対象断面<br>及び地震動                    | 設計基準値   | 上段:最大相対変位(cm), 下段:最大傾斜    |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                          |
|------------------------------------|---------|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
|                                    |         | Ss-D1                     | Ss-11           | Ss-12           | Ss-13           | Ss-14           | Ss-21           | Ss-22           | Ss-31                    |
| 取水構造物<br>(取水路, 海水ポンプ室)<br>汀線平行方向断面 | 1/2,000 | 1.07<br>(正, 逆)<br>[20.26] | 0.42<br>[28.27] | 0.55<br>[31.06] | 0.52<br>[28.60] | 0.45<br>[28.73] | 1.05<br>[66.81] | 0.77<br>[72.32] | 1.30<br>(正, 正)<br>[9.25] |
|                                    |         | 1/3,861                   | 1/9,783         | 1/7,478         | 1/7,870         | 1/9,124         | 1/3,926         | 1/5,354         | 1/3,177                  |

※ ○ は、最大相対変位及び最大傾斜の最大値を示す。

※ [ ] は、発生時刻(秒)を示す。

※ Ss-D1は水平・鉛直反転を考慮し、(正, 正), (正, 逆), (逆, 正), (逆, 逆)の組合せのうち最大となる最大相対変位及び最大傾斜を記載。

※ Ss-31は水平反転を考慮し、(正, 正), (逆, 正)の組合せのうち最大となる最大相対変位及び最大傾斜を記載。

## 基礎地盤安定性評価における断面選定の妥当性に関する確認

■ 各代表施設の安定性評価結果を踏まえ、断面選定の妥当性について以下考察する。

| 代表断面            |                      |               |           |           |          | 安定性評価結果 |         |       | 参考  |
|-----------------|----------------------|---------------|-----------|-----------|----------|---------|---------|-------|-----|
| 基礎形式            | 施設                   | 安定性への影響要因     |           |           | 断面       | すべり安全率  |         |       |     |
|                 |                      | 施設の重量<br>(kN) | 影響<br>要因① | 影響<br>要因② |          | 平均強度    | 平均-1σ強度 | 評価基準値 |     |
| 直接岩盤で<br>支持する施設 | 原子炉建屋                | 1,933,000     | —         | —         | EW       | 3.9     | 3.2     | 1.5   | 3.1 |
|                 |                      |               |           |           | NS       | 3.4     | 2.8     | 1.5   | 2.7 |
|                 | 防潮堤<br>(地中連続壁基礎構造区間) | 597,000       | ○         | ○         | 汀線<br>直交 | 13.4    | 10.8    | 1.5   | 2.8 |

- ・ 直接岩盤で支持する施設のうち最大重量である原子炉建屋の平均-1 $\sigma$ 強度におけるすべり安全率は、2.8で最も厳しい評価結果となる。
  - ・ また、深部で岩着し接地面積が小さく、かつ沖積粘性土(Ac層)が厚く分布している施設として選定した防潮堤(地中連続壁基礎構造区間)においても、第四紀層のせん断強度をゼロと仮定した場合のすべり安全率については、同程度の厳しい評価結果となる。
- いずれの代表断面においても、相対的に厳しい評価結果となっていることから、断面選定は妥当であるものと判断される。

| 代表断面                   |                       |               |           |           |          | 安定性評価結果 |         |       | 参考  |
|------------------------|-----------------------|---------------|-----------|-----------|----------|---------|---------|-------|-----|
| 基礎形式                   | 施設                    | 安定性への影響要因     |           |           | 断面       | すべり安全率  |         |       |     |
|                        |                       | 施設の重量<br>(kN) | 影響<br>要因③ | 影響<br>要因④ |          | 平均強度    | 平均-1σ強度 | 評価基準値 |     |
| 杭を介して<br>岩盤で<br>支持する施設 | 緊急時対策所                | 399,000       | —         | —         | EW       | 4.4     | 3.3     | 1.5   | 3.2 |
|                        |                       |               |           |           | NS       | 4.2     | 3.2     | 1.5   | 3.0 |
|                        | 取水構造物<br>(取水路・海水ポンプ室) | 248,000       | ○         | ○         | 汀線<br>平行 | 7.7     | 6.3     | 1.5   | 3.7 |

- ・ 杭を介して岩盤で支持する施設のうち最大重量である緊急時対策所の平均-1 $\sigma$ 強度におけるすべり安全率は、3.2で最も厳しい評価結果となる。
  - ・ また、支持岩盤が傾斜しており、かつ沖積粘性土(Ac層)が厚く分布している施設として選定した取水構造物(取水路、海水ポンプ室)においても、第四紀層のせん断強度をゼロと仮定した場合のすべり安全率については、同程度の厳しい評価結果となる。
- いずれの代表断面においても、相対的に厳しい評価結果となっていることから、断面選定は妥当であるものと判断される。

## まとめ

---

- 敷地の地質の基礎情報として、平面図と断面図によりその分布状況を示すとともに、地質層序に基づく第四紀層の詳細分類と、PS検層等に基づく新第三紀層の工学的分類を示した。
- すべり安全率に影響を及ぼす要因に着目したグルーピングにより、基礎地盤の安定性評価における代表施設として、原子炉建屋、緊急時対策所、防潮堤(地中連続壁基礎構造区間)、取水構造物(取水路、海水ポンプ室)を選定し、評価対象断面を決定した。
- 解析用地盤物性について、三軸圧縮強度における新規データ取得状況とその妥当性を示した。
- 基準地震動 $S_g$ に対する安定性評価により、「基礎地盤のすべり」、「基礎の支持力」、「基礎底面の傾斜」を確認することにより、地震力に対して施設の安全機能が重大な影響を受けないことを確認した。

# 目 次

---

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 1. 評価概要                 |     |
| 1.1 評価概要                | 4   |
| 1.2 評価対象施設              | 6   |
| 1.3 敷地の地質・地質構造の概要       | 8   |
| 2. 基礎地盤の安定性評価           |     |
| 2.1 評価方針                | 14  |
| 2.2 解析用物性値              | 37  |
| 2.3 評価方法                | 48  |
| 2.4 入力地震動               | 68  |
| 2.5 評価結果                | 72  |
| 3. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価 |     |
| 3.1 周辺地盤の変状による重要施設への影響  | 102 |
| 3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響   | 104 |
| 4. 周辺斜面の安定性評価           | 113 |
| 5. まとめ                  | 119 |

## 周辺地盤の変状による重要施設への影響

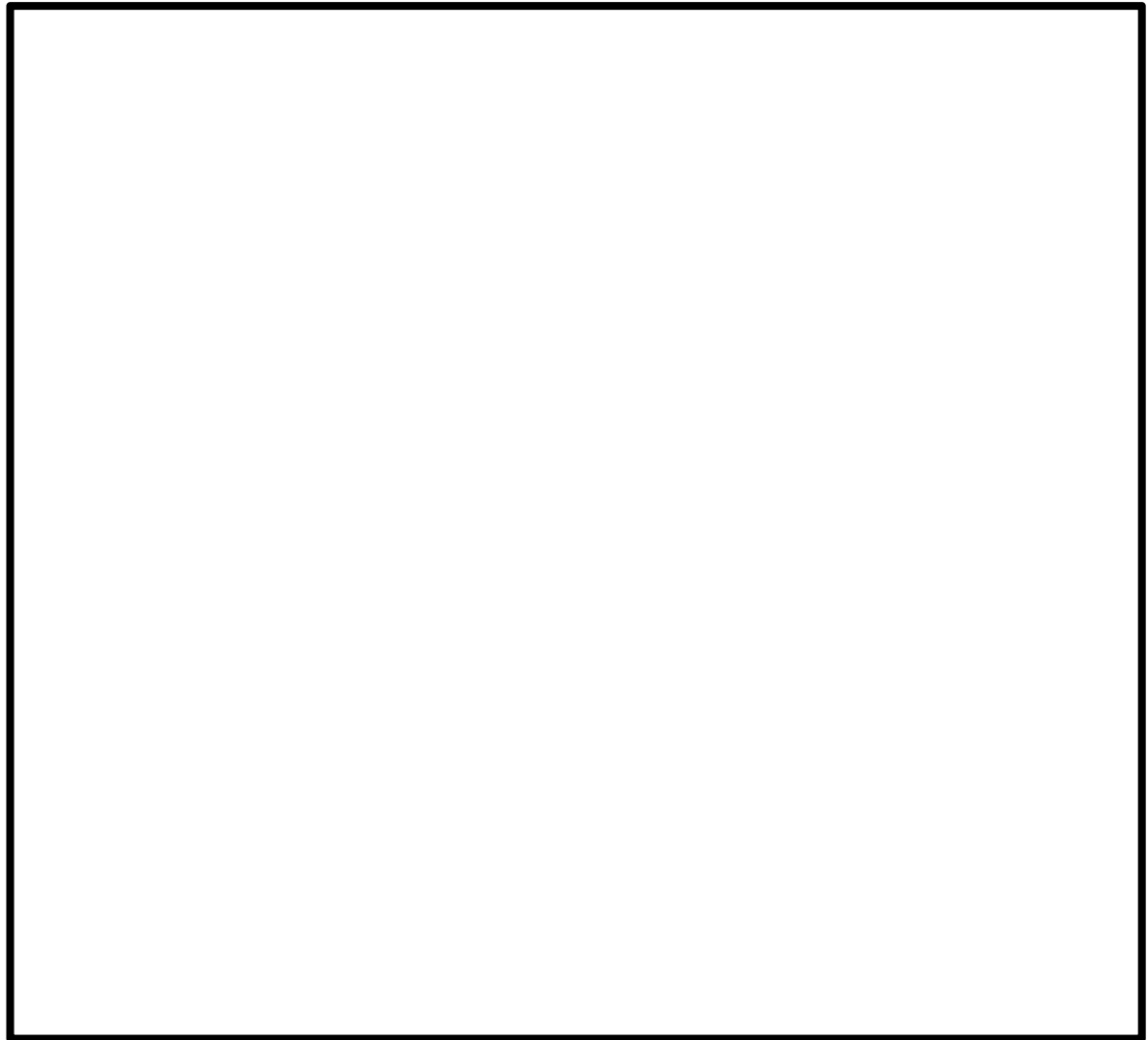
■周辺地盤の変状による重要施設への影響評価結果を以下に示す。

耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設は、直接または杭を介して十分な支持性能を有する岩盤(久米層)に支持されており、かつ杭においては、その周辺地盤を強制的に液状化させるよう仮定した場合においても、支持機能及び杭本体の構造成立性が担保されるような構造とする。また、その際に地盤変状が生じた場合においても、その安全機能が損なわれないよう、適切な対策を講ずる計画とする。



耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の安全機能については、揺すり込み沈下や液状化による不等沈下等を含む周辺地盤の変状により、影響を受けるおそれはない。

※対象施設の基礎形式については、本資料のp.28～に記載する。



重要施設の平面配置

【 】は、耐震重要施設を支持する建物・構築物を示す。

# 目 次

---

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 1. 評価概要                 |     |
| 1.1 評価概要                | 4   |
| 1.2 評価対象施設              | 6   |
| 1.3 敷地の地質・地質構造の概要       | 8   |
| 2. 基礎地盤の安定性評価           |     |
| 2.1 評価方針                | 14  |
| 2.2 解析用物性値              | 37  |
| 2.3 評価方法                | 48  |
| 2.4 入力地震動               | 68  |
| 2.5 評価結果                | 72  |
| 3. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価 |     |
| 3.1 周辺地盤の変状による重要施設への影響  | 102 |
| 3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響   | 104 |
| 4. 周辺斜面の安定性評価           | 113 |
| 5. まとめ                  | 119 |



## 評価方針

- 敷地内及び敷地近傍には活断層が確認されていないことから、地震発生に伴う地殻変動により施設が重大な影響を受けることはないと考えられるが、基準地震動及び基準津波として採用された震源及び波源モデルに対し評価を行う。
- 上記の震源及び波源モデルとしては、「敷地周辺の活断層」及び「日本海溝沿いのプレート境界」がある。

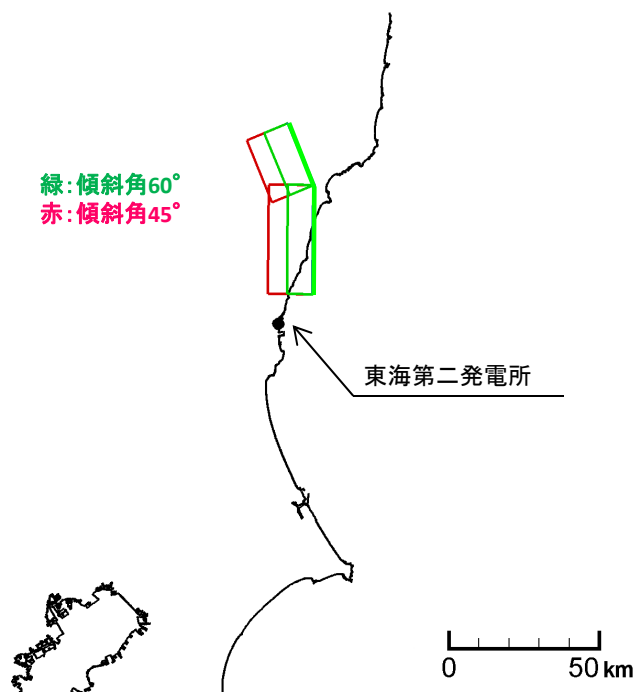
評価対象となる震源および波源モデル

|               | 基準地震動                     | 基準津波                                   |
|---------------|---------------------------|----------------------------------------|
| 敷地周辺の活断層      | F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動 | —<br>(発生する津波の規模が小さいため, 基準津波の対象としていない。) |
| 日本海溝沿いのプレート境界 | 東北地方太平洋沖型の地震              | 茨城県沖から房総沖に想定する津波波源                     |

- 基礎地盤の傾斜は、食い違いの弾性論（Okada (1992)）に基づく解析から求まる地盤の変形より算出する。
- 評価対象施設は、施設の規模等を考慮し「原子炉建屋」, 「緊急時対策所」とする。
- 評価基準値は、地震時と同様に1/2,000とする。

### 3. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価 3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響 評価条件(F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動)

- 断層調査結果等に基づき, 主要な断層パラメータを設定する。
- すべり量, 断層上端深さ等については, 津波評価の考え方を参考に条件を設定する。
- 断層パラメータのうち傾斜角とすべり量について, 現実的な範囲でのパラメータスタディを実施する。



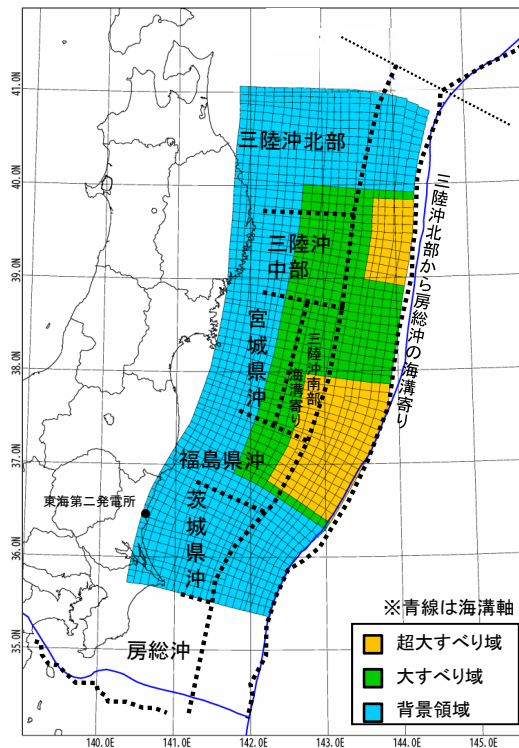
|             | 断層長さ         | 傾斜角                 | すべり角         | すべり量                      | 上端深さ | 下端深さ  |
|-------------|--------------|---------------------|--------------|---------------------------|------|-------|
| 断層<br>パラメータ | 58.3 km      | ①45°<br>②60°        | 270°         | ①3.43 m<br>②4.20 m        | 0 km | 15 km |
| 設定根拠        | 断層調査結果に基づき設定 | 断層調査結果に基づき“不確かさ”を考慮 | 断層調査結果に基づき設定 | 原子力発電所の津波評価技術(2002)に基づき設定 |      |       |
| パラメータスタディ   | —            | ○                   | —            | ○                         | —    | —     |

断層位置図(F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動)

### 3. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価 3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響 評価条件(東北地方太平洋沖型の地震)

- プレート境界の大規模波源については、東北地方太平洋沖地震の地震観測記録や津波痕跡高の再現解析に基づく特性化震源モデルを用いた想定を行うことが合理的である。
- 地殻変動解析では地盤の変位・変形を評価対象としていることから、海底地盤の変位と直接関係する津波の特性化震源モデルを用いる。

- 東北地方太平洋型の津波波源のうち、敷地での水位変動量（上昇側・下降側）が最大となる波源モデルを採用し、断層パラメータを設定する。



特性化波源モデル(一例)

| パラメータ                   | 設定値                                   |
|-------------------------|---------------------------------------|
| 断層面積:S                  | 134,733 km <sup>2</sup>               |
| 平均応力降下量: $\Delta\sigma$ | 3.0 MPa                               |
| 剛性率: $\mu$              | $4.7 \times 10^{10}$ N/m <sup>2</sup> |
| モーメントマグニチュード:Mw         | 9.1                                   |
| 平均すべり量:D                | 9.6 m                                 |
| 地震モーメント:M <sub>0</sub>  | $6.1 \times 10^{22}$ Nm               |

※断層面積は左図の特性化波源モデル値。  
ただし、超巨大すべり域、巨大すべり域の位置により若干変動する。

| パラメータ   | 設定値                                            |
|---------|------------------------------------------------|
| 超巨大すべり域 | すべり量 28.9 m                                    |
|         | 面積比率(断層面積) 全体面積の15% (20,010 km <sup>2</sup> )※ |
| 巨大すべり域  | すべり量 13.5 m                                    |
|         | 面積比率(断層面積) 全体面積の25% (33,825 km <sup>2</sup> )※ |
| 背景領域    | すべり量 3.2 m                                     |
|         | 面積比率(断層面積) 全体面積の60% (80,898 km <sup>2</sup> )※ |

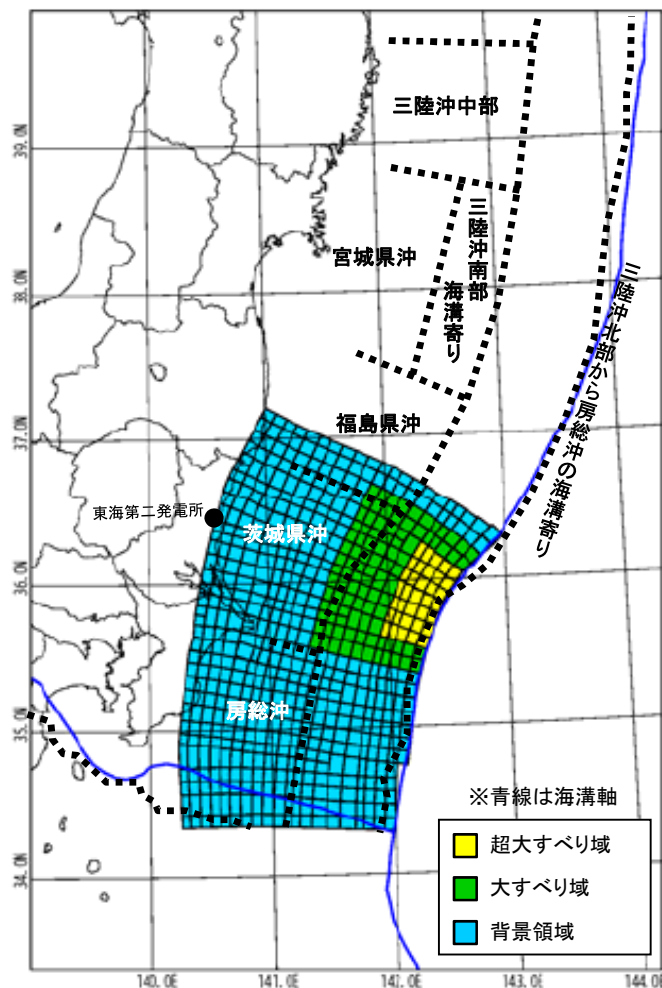
#### 【概略パラメータスタディ結果】

| 超巨大すべり域・巨大すべり域の位置 | 防潮堤前面<br>最大水位上昇量(m) | 取水口前面<br>最大水位下降量(m) |
|-------------------|---------------------|---------------------|
| 基準                | 7.36                | -3.52               |
| 南へ10km移動          | 8.13                | -3.19               |
| 南へ20km移動          | 8.09                | -3.04               |
| 南へ30km移動          | 7.75                | -3.69               |

□ : 断層パラメータを採用したケース

### 3. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価 3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響 評価条件(茨城県沖から房総沖に想定する津波波源)

■ 茨城県沖から房総沖に想定する津波波源のうち、敷地での水位変動量（上昇側・下降側）が最大となる波源モデルを採用し、断層パラメータを設定する。



特性化波源モデル(一例)

| パラメータ                   | 設定値                                   |
|-------------------------|---------------------------------------|
| 断層面積: $S$               | 53,684 km <sup>2</sup>                |
| 平均応力降下量: $\Delta\sigma$ | 3.0 MPa                               |
| 剛性率: $\mu$              | $4.7 \times 10^{10}$ N/m <sup>2</sup> |
| モーメントマグニチュード: $M_w$     | 8.7                                   |
| 平均すべり量: $D$             | 6.1 m                                 |
| 地震モーメント: $M_0$          | $1.5 \times 10^{22}$ Nm               |

※ 断層面積は左図の特性化波源モデル値。  
ただし、超大すべり域、大すべり域の位置により若干変動する。

| パラメータ  |                | 設定値                                    |
|--------|----------------|----------------------------------------|
| 超大すべり域 | すべり量           | 24.3 m                                 |
|        | 面積比率<br>(断層面積) | 全体面積の5%<br>(2,659 km <sup>2</sup> )※   |
| 大すべり域  | すべり量           | 12.1 m                                 |
|        | 面積比率<br>(断層面積) | 全体面積の15%<br>(8,231 km <sup>2</sup> )※  |
| 背景領域   | すべり量           | 3.8 m                                  |
|        | 面積比率<br>(断層面積) | 全体面積の80%<br>(42,794 km <sup>2</sup> )※ |

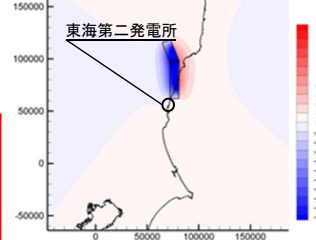
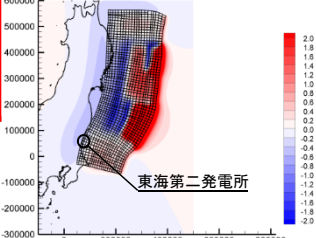
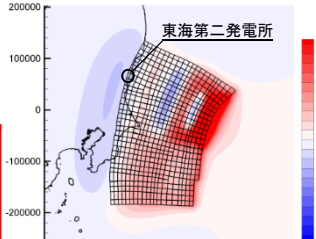
#### 【概略パラメータスタディ結果】

| 超大すべり域<br>・大すべり域の<br>位置 |     | 防潮堤前面<br>最大水位上昇量<br>(m) | 取水口前面<br>最大水位下降量<br>(m) |
|-------------------------|-----|-------------------------|-------------------------|
| 基準                      | A-1 | 16.78                   | -5.16                   |
| 南へ10km移動                | A-2 | 17.34                   | -5.17                   |
| 南へ20km移動                | A-3 | 17.60                   | -5.24                   |
| 南へ30km移動                | A-4 | 17.22                   | -5.44                   |
| 南へ40km移動                | A-5 | 16.22                   | -5.47                   |
| 南へ50km移動                | A-6 | 14.68                   | -5.42                   |
| 南へ60km移動                | A-7 | 12.20                   | -5.20                   |
| 南へ70km移動                | A-8 | 10.38                   | -5.03                   |

□: 断層パラメータを  
採用したケース

## 評価結果(地殻変動による最大傾斜)

- 評価の結果、地震に伴う地殻変動による基礎の傾斜は、基本設計段階の目安値である1/2,000を下回ることを確認した。

| 波源モデル                           | 解析ケース     | 地殻変動による最大傾斜 |           | 鉛直変位量分布図                                                                                                                  |        |
|---------------------------------|-----------|-------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
|                                 |           | 原子炉建屋       | 緊急時対策所    | (広域)                                                                                                                      | (敷地拡大) |
| F1断層,<br>北方陸域の断層,<br>塩ノ平地震断層の連動 | 傾斜角 45°   | 1/177,304   | 1/177,434 | <p>※口の解析ケースについて表示</p>  <p>(敷地拡大)</p>   |        |
|                                 | 傾斜角 60°   | 1/145,235   | 1/154,633 |                                                                                                                           |        |
| 東北地方太平洋沖型<br>の地震                | 最大水位上昇ケース | 1/99,048    | 1/102,747 | <p>※口の解析ケースについて表示</p>  <p>(敷地拡大)</p>  |        |
|                                 | 最大水位下降ケース | 1/103,251   | 1/108,688 |                                                                                                                           |        |
| 茨城県沖から房総沖に<br>想定する津波波源          | 最大水位上昇ケース | 1/90,401    | 1/86,123  | <p>※口の解析ケースについて表示</p>  <p>(敷地拡大)</p> |        |
|                                 | 最大水位下降ケース | 1/89,928    | 1/85,633  |                                                                                                                           |        |

### 3. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価 3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響 評価結果(地殻変動と地震時最大傾斜との足し合わせ)

| 【原子炉建屋】                          | F1断層,<br>北方陸域の断層,<br>塩ノ平地震断層の連動<br>(Ss-11,12,13,14との足し合わせ) | 東北地方太平洋沖型<br>の地震<br>(Ss-21,22との足し合わせ) | 茨城県沖から房総沖に<br>想定する津波波源<br>(Ss-21,22との足し合わせ) |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|
| ①地殻変動による最大傾斜                     | 1/145,235                                                  | 1/99,048                              | 1/89,928                                    |
| ②地震動による最大傾斜                      | 1/6,099                                                    | 1/4,532                               | (1/4,532)※                                  |
| ③地殻変動及び<br>地震動を考慮した最大傾斜<br>(①+②) | 1/5,853                                                    | 1/4,333                               | 1/4,314                                     |

| 【緊急時対策所】                         | F1断層,<br>北方陸域の断層,<br>塩ノ平地震断層の連動<br>(Ss-11,12,13,14との足し合わせ) | 東北地方太平洋沖型<br>の地震<br>(Ss-21,22との足し合わせ) | 茨城県沖から房総沖に<br>想定する津波波源<br>(Ss-21,22との足し合わせ) |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|
| ①地殻変動による最大傾斜                     | 1/154,633                                                  | 1/102,747                             | 1/85,633                                    |
| ②地震動による最大傾斜                      | 1/9,148                                                    | 1/4,412                               | (1/4,412)※                                  |
| ③地殻変動及び<br>地震動を考慮した最大傾斜<br>(①+②) | 1/8,637                                                    | 1/4,230                               | 1/4,195                                     |

※「茨城県沖から房総沖に想定する津波波源」に対応する地震動は策定していないことから、  
同じプレート境界地震で、地震規模がより大きな「東北地方太平洋沖型の地震」を足し合わせている。



■ 重要施設の基礎底面に生じる傾斜は、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」に記載の評価の目安である1/2,000を下回っていることから、重要な機器・系統の安全機能に支障を与えるものではない。



### 3. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価 3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響 地盤変動量評価における上部マントルの影響に関して

- 地殻変動量評価においては、地盤全体を上部地殻の物性値(ポアソン比)をもつ様な半無限弾性体と仮定して、食い違いの弾性論(Okada(1992))に基づく解析を実施し地盤の変形量を算定している。
- 評価対象としている波源のうち、日本海溝沿いのプレート境界に設定する波源においては、断層下端(深度約60km)が上部マントル(深度約32km以深)に及ぶことから、この影響について考察する。

- ・ 上部地殻と上部マントルで、特に地殻変動量評価に影響を及ぼす諸元として以下が挙げられる。

- ①ポアソン比
- ②剛性率

#### ①ポアソン比

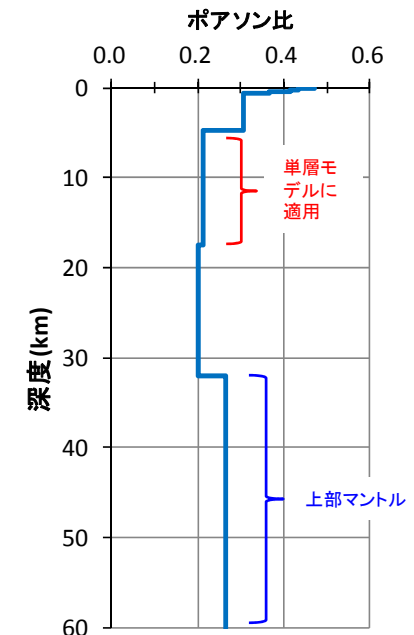
- ・ ポアソン比は、食い違いの弾性論(Okada(1992))における唯一の地盤パラメータであるが、解析に用いている上部地殻の値(0.21)と上部マントル(深度約32km以深)の値(0.24)で大きな差はない。
- ・ また、文献※によると、単層モデルのポアソン比を変化させることによる地盤変位への影響は有意ではないことが報告されている。  
→上部マントルのポアソン比による、地殻変動量評価への影響は無い。

※ Wang, R., F.L. Martin and F. Roth (2003) : Computation of deformation induced by earthquakes in a multi-layered elastic crust – FORTRAN programs EDGRN/EDCMP, Computer & Geosciences, Vol.29, pp.195-207.

※藤澤康雄, 金田義行, 津久井啓介, 後藤智明(1996) : Poisson比を考慮した津波波源に関する一考察(仮題), 津波工学研究報告, 第13号, pp.123-133.

#### ②剛性率

- ・ 剛性率は、食い違いの弾性論(Okada(1992))における入力条件である断層すべり量の算定に用いている。断層すべり量の算定にあたっては、上部地殻の剛性率を用いているが、上部マントルの剛性率は、上部地殻よりも大きいことが知られている。剛性率が小さいほど、算定されるすべり量は大きくなる。  
→上部地殻の剛性率を用いてすべり量を算定することで、保守側の評価となっている。



東海第二発電所直下の地盤モデル



## まとめ

---

- 評価対象施設の基礎形式や設計方針により、耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の安全機能については、揺すり込み沈下や液状化による不等沈下等を含む周辺地盤の変状により影響を受けるおそれはないことを確認した。
- 食い違いの弾性論（Okada(1992)）に基づく解析結果から、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により施設が重大な影響を受けないことを確認した。

# 目 次

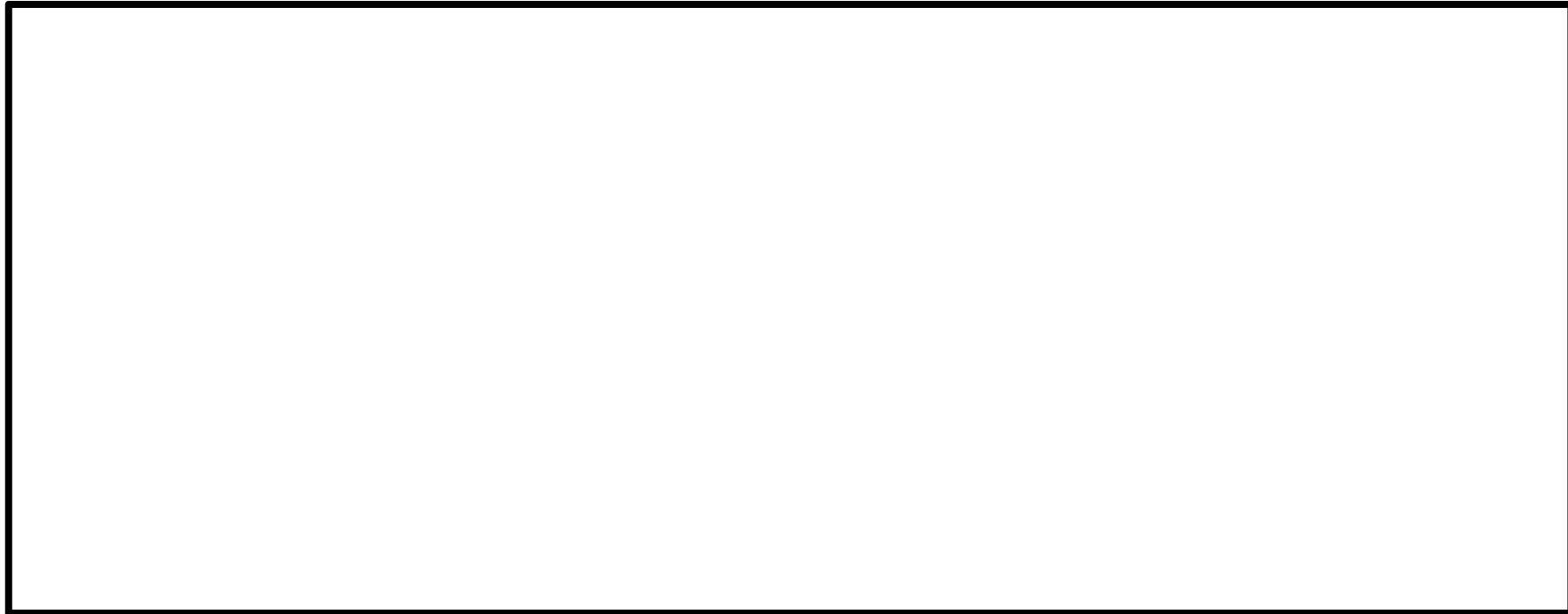
---

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 1. 評価概要                 |     |
| 1.1 評価概要                | 4   |
| 1.2 評価対象施設              | 6   |
| 1.3 敷地の地質・地質構造の概要       | 8   |
| 2. 基礎地盤の安定性評価           |     |
| 2.1 評価方針                | 14  |
| 2.2 解析用物性値              | 37  |
| 2.3 評価方法                | 48  |
| 2.4 入力地震動               | 68  |
| 2.5 評価結果                | 72  |
| 3. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価 |     |
| 3.1 周辺地盤の変状による重要施設への影響  | 102 |
| 3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響   | 104 |
| 4. 周辺斜面の安定性評価           | 113 |
| 5. まとめ                  | 119 |

#### 4. 周辺斜面の安定性評価

### 周辺斜面評価対象断面の選定

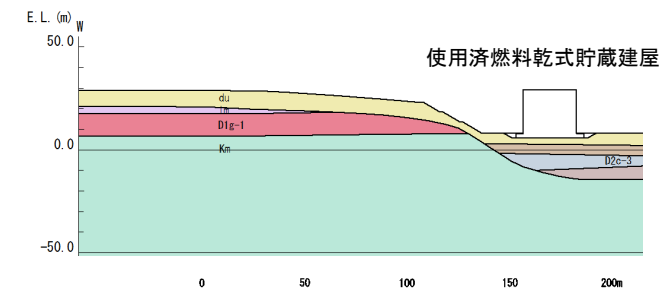
- 重要施設に影響を及ぼす可能性のある周辺斜面について検討し、評価対象断面を選定する。



施設全体配置図

西側の高台と重要施設配置

|   | 施設                    | 最大<br>勾配 | 人工<br>改変範囲 | 離隔<br>距離 | 評価方針                                                                                                                                              |
|---|-----------------------|----------|------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ① | 使用済燃料乾式貯蔵建屋           | 約52%※    | 大          | 約21m     | <ul style="list-style-type: none"> <li>2つの評価対象断面はほぼ同等の法高であることから、最大勾配と人工改変範囲及び重要施設との離隔距離の大きさから、より厳しい断面として、<b>使用済燃料乾式貯蔵建屋の周辺斜面</b>を選定した。</li> </ul> |
| ② | 常設代替高圧電源装置<br>軽油貯蔵タンク | 約18%※    | 小          | 約36m     |                                                                                                                                                   |



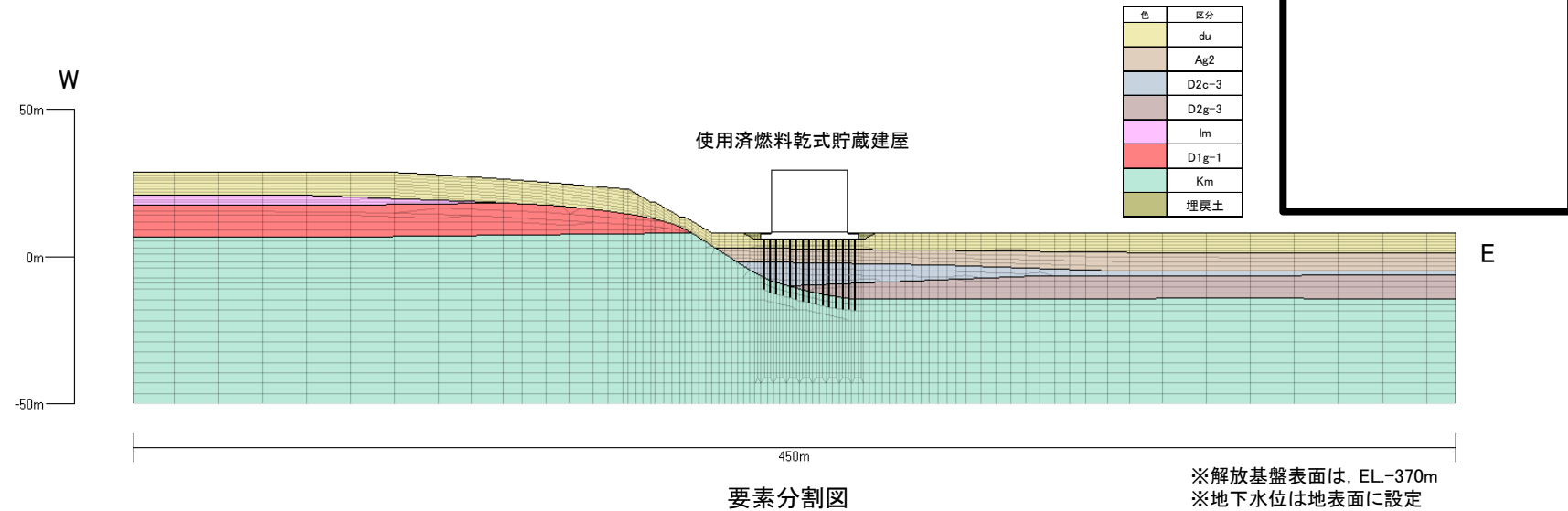
地質断面図

※縦/横の比率をパーセント表記する。

#### 4. 周辺斜面の安定性評価

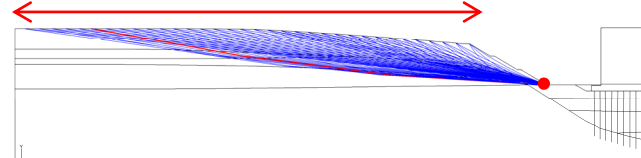
### 代表断面の概要とすべり面検索方針

■ 解析用要素分割図とすべり面の検索方針を以下に記載する。



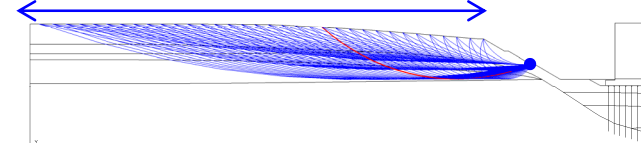
・検索条件①(斜面法尻を起点としたすべり面)

法尻を起点にモデル範囲にて様々な  
曲率半径のすべり面を無作為に検索



・検索条件②(斜面小段を起点としたすべり面)

小段を起点にモデル範囲にて様々な  
曲率半径のすべり面を無作為に検索



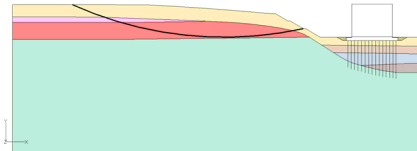
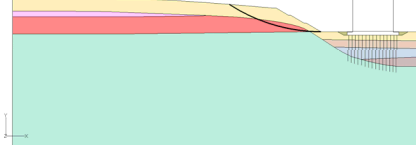
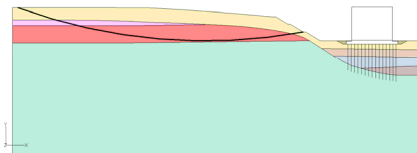
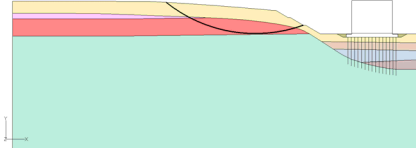
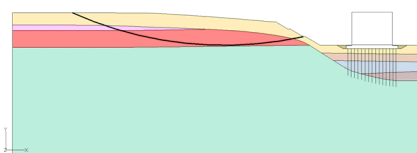
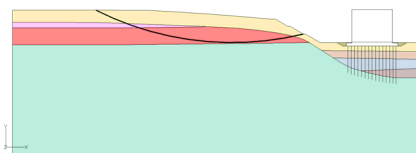
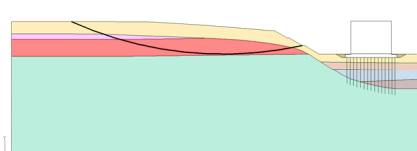
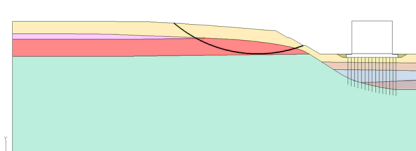
入力地震動毎に、すべり安全率が最小となるすべり面を抽出する。

すべりの面検索方針

#### 4. 周辺斜面の安定性評価

### 周辺斜面のすべり安定性評価結果

■ すべり安全率は、評価基準値1.2以上であることを確認した。

| 基準地震動 | すべり面形状                                                                              | すべり安全率                   | 基準地震動 | すべり面形状                                                                                | すべり安全率                  |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Ss-D1 |    | 5.6<br>(逆, 正)<br>[53.87] | Ss-14 |    | 13.4<br>[31.51]         |
| Ss-11 |    | 9.5<br>[25.65]           | Ss-21 |    | 9.6<br>[69.16]          |
| Ss-12 |    | 9.1<br>[27.99]           | Ss-22 |    | 8.9<br>[83.77]          |
| Ss-13 |  | 9.7<br>[25.22]           | Ss-31 |  | 5.1<br>(正, 正)<br>[8.66] |

※ ○ は、最小すべり安全率を示す。

※ [ ] は、発生時刻(秒)を示す。

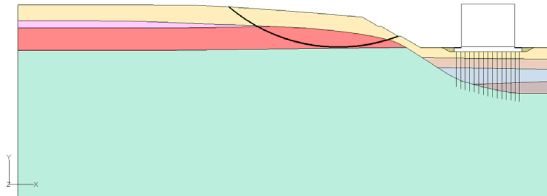
※ Ss-D1は水平・鉛直反転を考慮し、(正, 正), (正, 逆), (逆, 正), (逆, 逆)の組合せのうち最小となるすべり安全率を記載。

※ Ss-31は水平反転を考慮し、(正, 正), (逆, 正)の組合せのうち最小となるすべり安全率を記載。

#### 4. 周辺斜面の安定性評価

### 周辺斜面のすべり(強度のばらつき評価)安定性評価結果

■ 強度のばらつきを考慮した評価の結果, すべり安全率は評価基準値1.2以上であることを確認した。

| 評価対象断面<br>及び地震動                | すべり面形状                                                                             | すべり安全率<br>〔平均強度〕 | すべり安全率<br>〔平均-1 $\sigma$ 強度〕 |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------|
| 使用済燃料乾式貯蔵建屋斜面<br>【Ss-31(正, 正)】 |  | 5.1<br>〔8.66〕    | 3.9<br>〔8.66〕                |

※〔 〕は, 発生時刻(秒)を示す。

## まとめ

---

- 使用済燃料乾式貯蔵建屋の周辺斜面を代表とし安定性評価を実施した結果、地震力による地盤のすべりに対して周辺斜面は評価基準値1.2以上の安全率を確保していることを確認した。したがって、周辺斜面によって、施設の安全機能が重大な影響を受けるおそれはない。



# 目 次

---

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 1. 評価概要                 |     |
| 1.1 評価概要                | 4   |
| 1.2 評価対象施設              | 6   |
| 1.3 敷地の地質・地質構造の概要       | 8   |
| 2. 基礎地盤の安定性評価           |     |
| 2.1 評価方針                | 14  |
| 2.2 解析用物性値              | 37  |
| 2.3 評価方法                | 48  |
| 2.4 入力地震動               | 68  |
| 2.5 評価結果                | 72  |
| 3. 周辺地盤の変状及び地殻変動による影響評価 |     |
| 3.1 周辺地盤の変状による重要施設への影響  | 102 |
| 3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響   | 104 |
| 4. 周辺斜面の安定性評価           | 113 |
| 5. まとめ                  | 119 |

## 5. まとめ

### 基礎地盤の安定性評価

#### 1. 将来活動する可能性のある断層等の有無

耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設が設置される地盤に、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。

#### 2. 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

以下の事項を確認することにより、地震力に対して施設の安全機能が重大な影響を受けないことを確認した。

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重要施設への影響評価

地震発生に伴う揺すり込み沈下や液状化による不等沈下等を含む周辺地盤の変状により施設の安全機能が重大な影響を受けないことを確認した。

#### 4. 地殻変動による基礎地盤の傾斜の影響評価

地震発生に伴う地殻変動による基礎地盤の傾斜及び撓みにより施設が重大な影響を受けないことを確認した。

### 周辺斜面の安定性評価

#### 1. 地震力に対する周辺斜面の安定性評価

地震力に対して周辺斜面が評価基準値以上の安全率を確保していることから、施設の安全機能が重大な影響を受けないことを確認した。

# 参考文献

---

- 原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-2015, 一般社団法人 日本電気協会 原子力規格委員会, 2015.
- 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
- 道路橋示方書・同解説( I 共通編・IV下部構造編), 公益社団法人 日本道路協会, 平成24年3月
- Okada, Y. (1992) : Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.82, pp.1018-1040.
- 藤澤康雄・金田義行・津久井啓介・後藤智明 (1996) : Poisson比を考慮した津波波源に関する一考察(仮題), 津波工学研究報告, 第13号, pp.123-133.
- Wang, R., F.L. Martin, and F. Roth (2003) : Computation of deformation induced by earthquakes in a multi-layered elastic crust – FORTRAN programs EDGRN/EDCMP, Computers and Geosciences, Vo. 29, pp.195-207.