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8月7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。

⇩

【以上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，従来の全応力解析（Super Flush）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。

※ 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 ･････････････････ 39
2.3 評価方法 ･････････････････ 55
2.4 入力地震動 ･････････････････ 68
2.5 評価結果 ･････････････････ 76
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 ･････････････････ 104
3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響 ･････････････････ 106
4. 周辺斜面の安定性評価 ･････････････････ 115
5. まとめ ･････････････････ 121

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 …… 39
2.3 評価方法 …… 55
2.4 入力地震動 …… 68
2.5 評価結果 …… 76
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 …… 104
3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響 …… 106
4. 周辺斜面の安定性評価 …… 115
5. まとめ …… 121

1.1 評価概要

■原子炉建屋等の耐震重要施設等※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

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 ･･････････････････ 39
2.3 評価方法 ･･････････････････ 55
2.4 入力地震動 ･･････････････････ 68
2.5 評価結果 ･･････････････････ 76
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 ･･････････････････ 104
3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響 ･･････････････････ 106
4. 周辺斜面の安定性評価 ･･････････････････ 115
5. まとめ ･･････････････････ 121

1.2 評価対象施設

■設置許可基準規則3条及び4条の対象となる「耐震重要施設」及び設置許可基準規則38条及び39条の対象となる「常設重大事故等対処施設※」を以下に示す。

耐震重要施設
【使用済燃料乾式貯蔵建屋】
防潮堤
放水路ゲート

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）

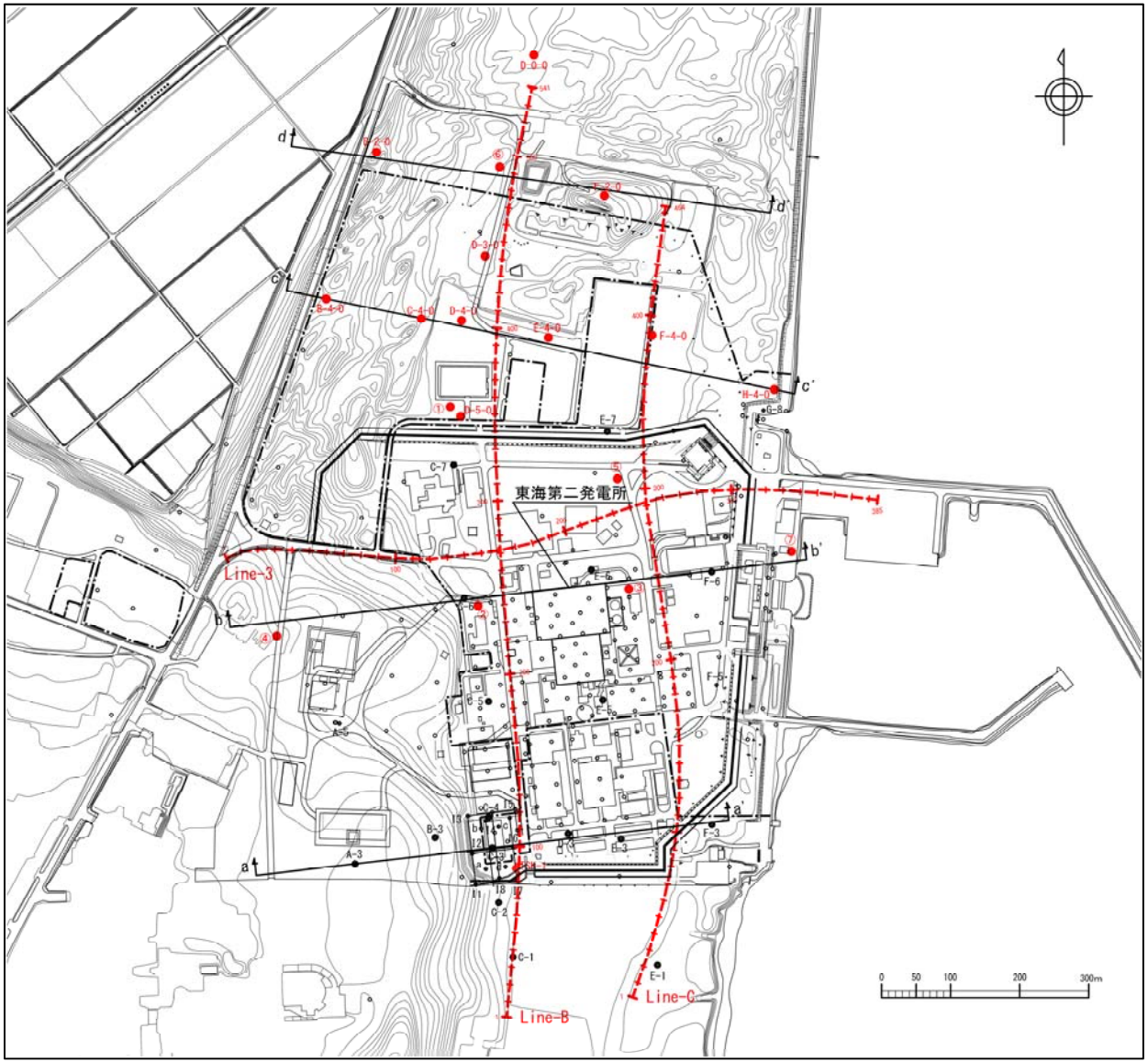
目　次

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 ･･････････････････ 39
2.3 評価方法 ･･････････････････ 55
2.4 入力地震動 ･･････････････････ 68
2.5 評価結果 ･･････････････････ 76
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 ･･････････････････ 104
3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響 ･･････････････････ 106
4. 周辺斜面の安定性評価 ･･････････････････ 115
5. まとめ ･･････････････････ 121

敷地の調査内容

第467回審査会合
資料1修正

- 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）
　　スィープ周波数：15～130Hz
　　（一部12～100Hz）
　　起震間隔：5m（一部10m）
　（油圧インパクター 1台）
　　起震間隔：5m
　垂直方向分解能：
　　約5m（浅部）～約15m（深部）

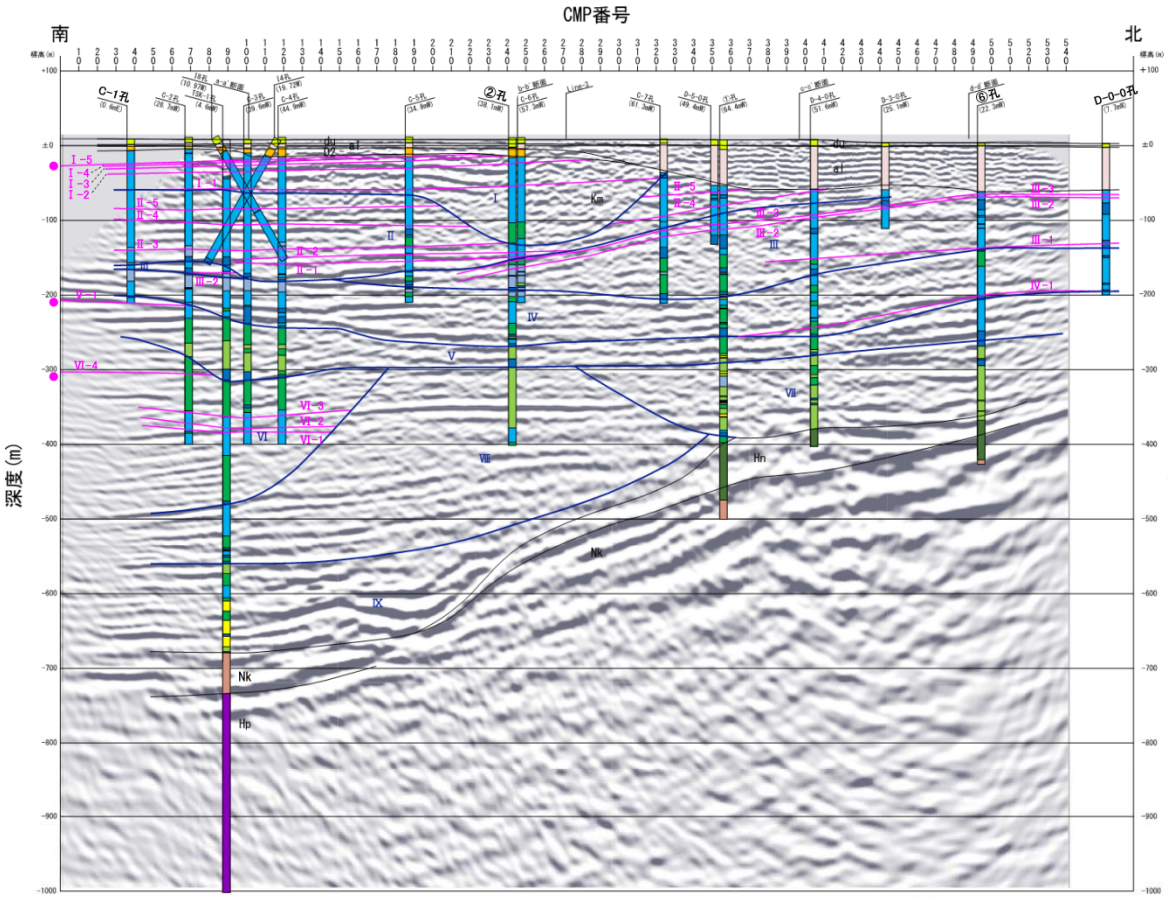
凡　例

- 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
- a～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）

地質断面図

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。

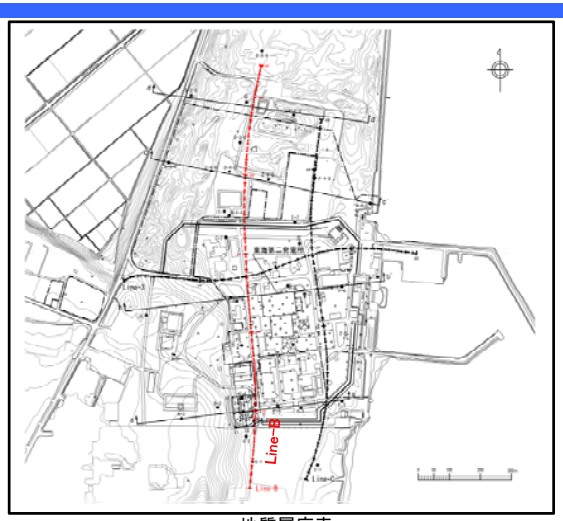


●：日本原子力研究開発機構の敷地に連続する鍵層

※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）

H:V=1:1　0　100　200m



地質層序表

年代層序区分			地質名	記号		主な層相と分布
新生界	第四系	完新統	砂丘砂層	du		常法の良い中砂～細砂からなる。敦地全域に広がる。
			沖積層	al		シルト層～粘土層を主とし，砂層，砂礫層を挟む。敦地北側の旧久慈川を埋積して分布する。
		更新統	段丘堆積物（D2）	D2		砂礫層を主とし，シルト層，砂層を挟む。砂丘砂層，沖積層に被覆されて分布する。
			段丘堆積物（D1）	D1		砂礫層を主とし，シルト層，砂層を挟む。敦地の西南側に分布する。
	新第三系	鮮新統	久米層	Km	上部	砂質泥岩を主とし砂岩薄層を挟む。生物擾乱，乱堆積構造が一般的に見られ，北部で層厚250m，南部で200m以浅に分布する。ユニット区分Ⅰ～Ⅸが敷当する。
					下部	砂岩層を多く挟み，層厚240～380mで砂岩泥岩互層が多く分布する。南部で破整した層厚300m以深は細粒～中粒の砂岩層が見られる。ユニット区分Ⅶ～Ⅸが敷当する。
			夏山層	Hn		砂質泥岩，凝灰岩が分布し，凝灰岩は偽礫や流動状の変形が多く見られる。
	白亜系		梨平凝灰岩	Nk		黒色を帯びる泥岩が多く，硬質である。
	先白亜系		日立古生層	Hp		非変成の硬質な砂岩，泥岩及び頁岩からなる。

〰：不整合

久米層岩相区分

地層名	岩　質	柱状図凡例	層　相
久米層	砂質泥岩		砂質泥岩を主とする。砂質泥岩には生物擾乱，乱堆積構造が一般的に見られる。
	砂岩-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。
			泥岩，シルト岩の細互層を主とする。
			細粒砂岩，中粒砂岩を主とする極互層。炭質物薄層を頻繁に挟む。
	砂　岩		シルト混り細粒砂岩～中粒砂岩からなる。
	礫　岩		偽礫のほか基盤岩礫等の複数の異種礫及び貝化石片を多く含む。

断面図凡例

Ⅰ　ユニット区分番号

地層境界

侵食境界

鍵層

ボーリング位置

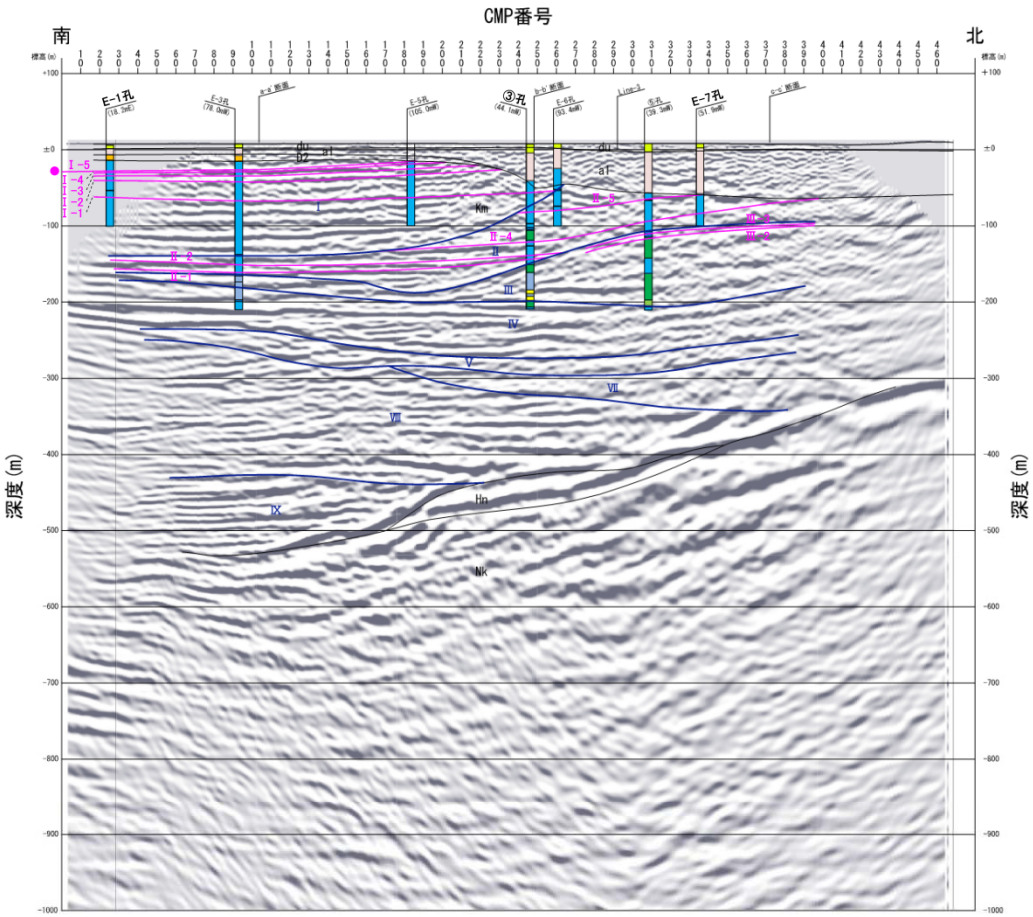
C-1孔 ← 孔名

(0.6mE) ← 投影距離　方向

- 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（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，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。

地質断面図

第467回審査会合
資料1修正



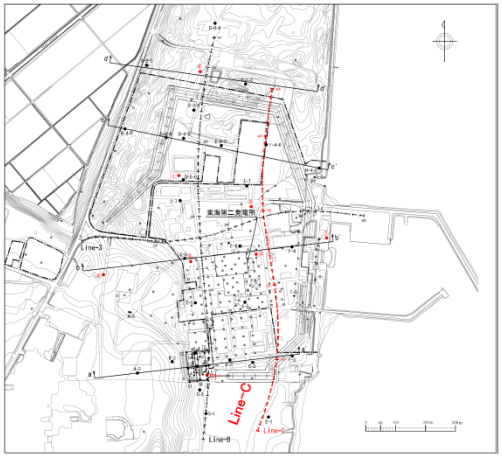
地質断面図（Line-C）

0　100　200m

H:V=1:1

●：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



地質層序表

年代層序区分			地質名	記号	主な層相と分布
新生界	第四系	完新統	砂丘砂層	du	淘汰の良い中砂～粗砂からなる。敷地全域に広がる。
			沖積層	aI	シルト層～粘土層を主とし、砂層、砂礫層を挟む。敷地北側の旧久慈川を埋積して分布する。
		更新統	段丘堆積物（D2）	D2	砂礫層を主とし、シルト層、砂層を挟む。砂丘砂層、沖積層に被覆されて分布する。
			段丘堆積物（D1）	D1	砂礫層を主とし、シルト層、砂層を挟む。敷地の西南側に分布する。
	新第三系	鮮新統	久米層	Km	上部：砂質泥岩を主とし砂岩薄層を挟む。生物擾乱、乱堆積構造が一般的に見られ、北部で標高250m、南部で200m以遠に分布する。ユニット区分Ⅰ～Ⅴが該当する。
					下部：砂岩層を多く挟み、標高240～280mで砂岩泥岩細互層が多く分布する。南部で確認した標高600m以深は細粒～中粒の砂岩層が見られる。ユニット区分Ⅴ～Ⅸが該当する。
			舞山層	Hn	砂質泥岩、凝灰岩が分布し、凝灰岩は偽礫や流動状の変形が多く見られる。
	白亜系		船川湾層群	Nk	黒色を帯びる泥岩が多く、硬質である。
	先白亜系		日立古生層	Hp	非変成の硬質な砂岩、泥岩及び頁岩からなる。

～～ 不整合

久米層岩相区分

地層名	岩　質	柱状図凡例	層　相
久米層	砂質泥岩		砂質泥岩を主とする。砂質泥岩には生物擾乱、乱堆積構造が一般的に見られる。
	砂岩-砂質泥岩互層		厚さ5～10cmの粗粒～中粒砂岩の薄層を挟む砂質泥岩を主体とする。
			泥岩、シルト岩の細互層を主とする。
			細粒砂岩、中粒砂岩を主とする細互層。炭質物薄層を頻繁に挟む。
	砂　岩		シルト混り細粒砂岩～中粒砂岩からなる。
	礫　岩		偽礫のほか基盤岩礫等の複数の異種礫及び貝化石片を多く含む。

断面図凡例

I　ユニット区分番号

地層境界

侵食境界

鍵層

ボーリング位置

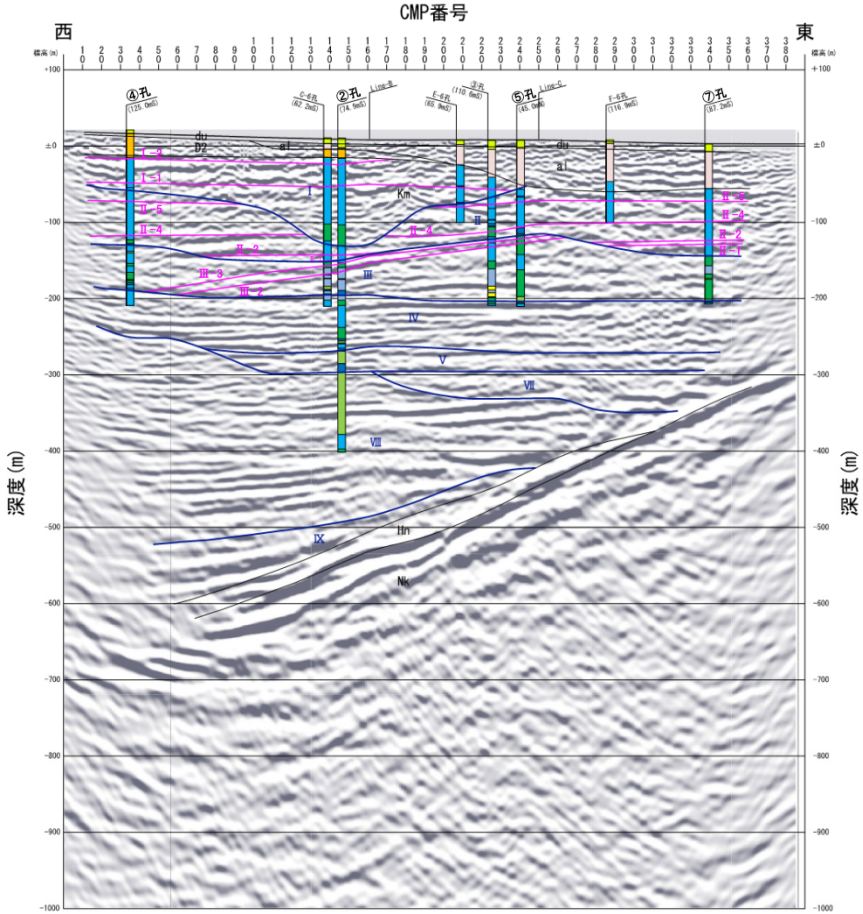
C-1孔 ← 孔名

(0.6mE) ← 投影距離　方向

- 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。

地質断面図

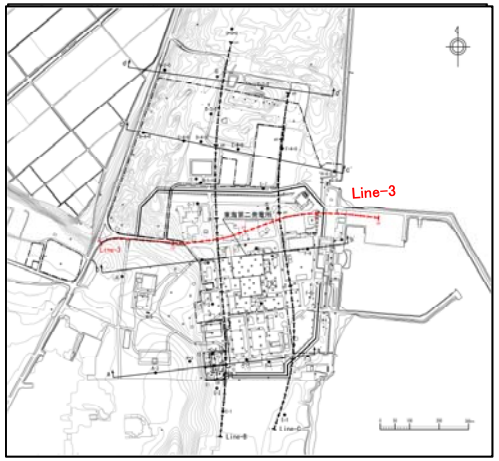
第467回審査会合
資料1修正



地質断面図（Line-3）　0　100　200m

H:V=1:1

※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



地質層序表

年代層序区分			地質名	記号		主な層相と分布
新生界	第四系	完新統	砂丘砂層	du		淘汰の良い中砂～細砂からなる。敷地全域に広がる。
			沖積層	al		シルト層～粘土層を主とし、砂層、砂礫層を挟む。敷地北側の旧久慈川を埋積して分布する。
		更新統	段丘堆積物（D2）	D2		砂礫層を主とし、シルト層、砂層を挟む。移丘砂層、沖積層に被覆されて分布する。
			段丘堆積物（D1）	D1		砂礫層を主とし、シルト層、砂層を挟む。敷地の西側に分布する。
	新第三系	鮮新統	久米層	Km	上部	砂質泥岩を主とし砂岩薄層を挟む。生物擾乱。乱堆積構造が一般的に見られ、北縁で標高250m、南縁で200m以浅に分布する。ユニット区分Ⅰ～Ⅳが該当する。
					下部	砂岩層を多く挟み、標高260～380mで砂岩泥岩細互層が多く分布する。南縁で褶曲した標高600m以深は細粒～中粒の砂岩層が見られる。ユニット区分Ⅴ～Ⅸが該当する。
			常山層	Hn		砂質泥岩、凝灰岩が分布し、凝灰岩は偽礫や泥塊状の変形が多く見られる。
	白亜系		那珂湊層群	Nk		黒色を帯びる泥岩が多く、破質である。
	先白亜系		日立古生層	Hp		非変成の破質な砂岩、泥岩及び礫岩からなる。

：不整合

久米層岩相区分

地層名	岩　質	柱状図凡例	層　相
久米層	砂質泥岩		砂質泥岩を主とする。砂質泥岩には生物擾乱、乱堆積構造が一般的に見られる。
	砂岩-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。
			泥岩、シルト岩の細互層を主とする。
			細粒砂岩、中粒砂岩を主とする細互層。炭質物薄層を頻繁に挟む。
	砂　岩		シルト混り細粒砂岩～中粒砂岩からなる。
	礫　岩		偽礫のほか基盤岩礫等の複数の異種礫及び貝化石片を多く含む。

断面図凡例

Ⅰ　ユニット区分番号

地層境界

侵食境界

鍵層

ボーリング位置

C-1孔　孔名

(0.6mE)　投影距離　方向

- 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～②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。

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明示した。

■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 ･･････････････････ 39
2.3 評価方法 ･･････････････････ 55
2.4 入力地震動 ･･････････････････ 68
2.5 評価結果 ･･････････････････ 76
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 ･･････････････････ 104
3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響 ･･････････････････ 106
4. 周辺斜面の安定性評価 ･･････････････････ 115
5. まとめ ･･････････････････ 121

評価項目・内容

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

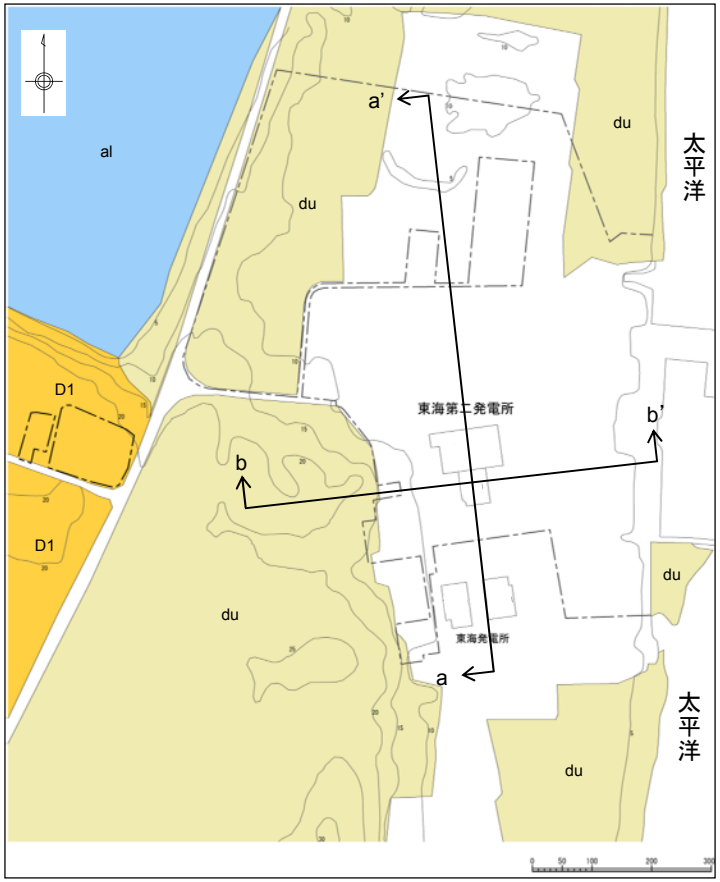
・支持力公式に基づき，基礎の支持力の評価基準値を設定する。
・動的解析に基づいて求められた基礎の接地圧が評価基準値を超えていないことを確認する。

3）基礎底面の傾斜

・基本設計段階の目安値を，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。



敷地の地質平面図

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		
				D1	lm	ローム		敷地南西部に分布する。 敷地周辺のM2段丘堆積物に対比される。 本層上部に分布する風化火山灰層に含まれる テフラの年代： ・赤城鹿沼テフラ　＞45,000年BP ・赤城水沼1テフラ　55,000年BP～60,000BP
					D1c-1	シルト		
					D1g-1	砂礫		
			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。
	新第三系	鮮新統	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。

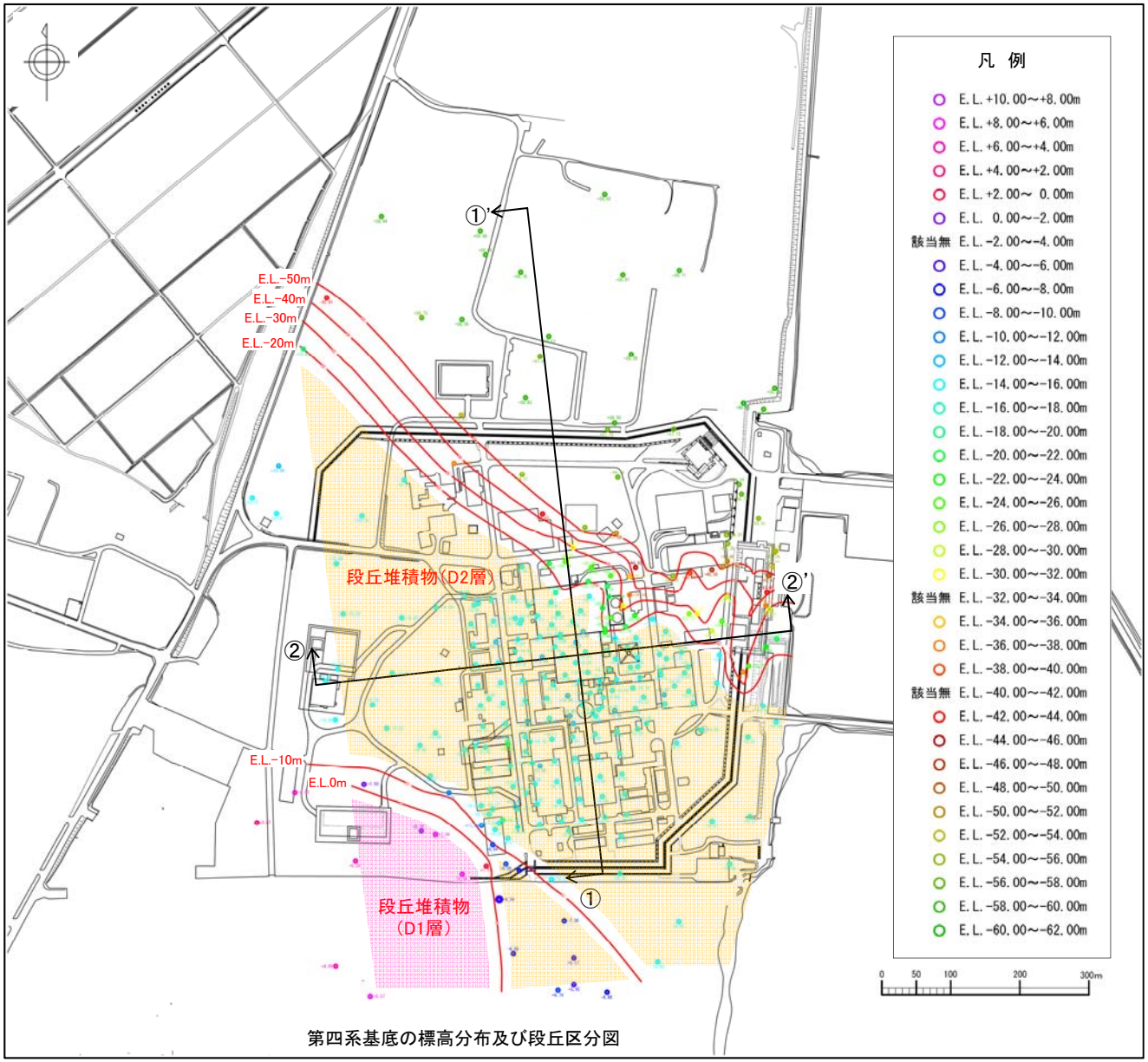
～～～

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	暗青灰色～灰褐色の粘土・砂 灰褐色～黄褐色の礫混じり砂	
					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	
					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）



第四系基底の標高分布及び段丘区分図

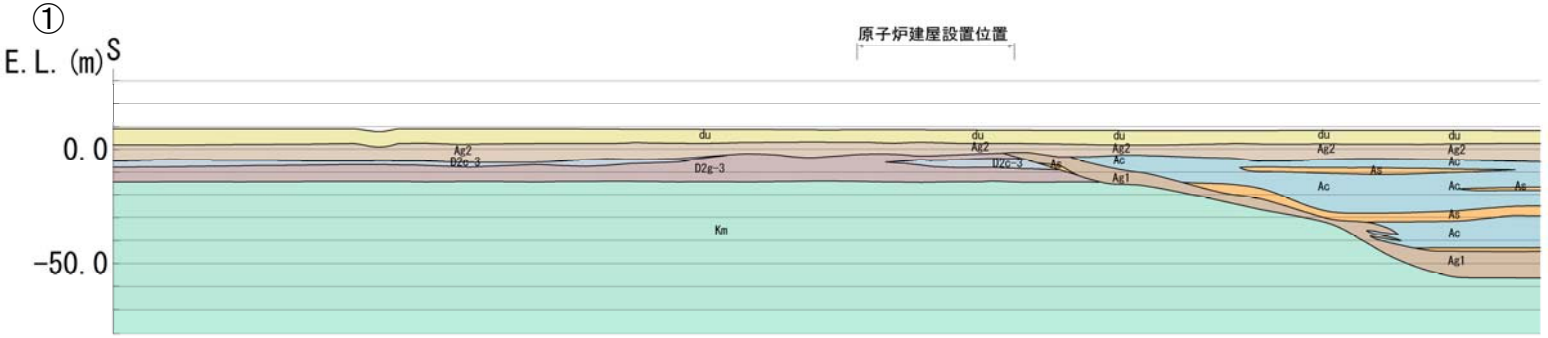
敷地における第四系の分布状況は以下のとおり。

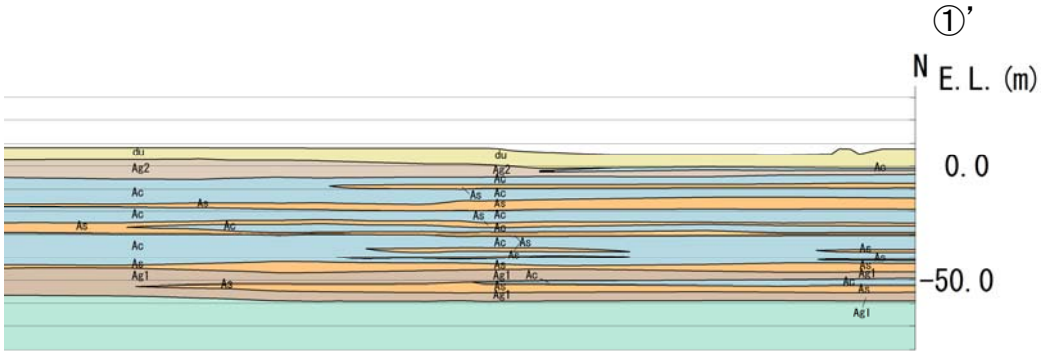
- 敷地の南部には，主に砂礫，砂及びシルトからなる段丘堆積物（D1層，D2層）が分布し，その上位には砂礫からなる沖積層（Ag2層）が分布する。
  - D1層の分布標高は約21m～約5mであり，上部には厚さ2.5m～3.0m程度の風化火山灰層を伴う。
  - D2層の分布標高は約0m～約-14mであり，沖積層下の埋没段丘となっている。
- 敷地北部は久慈川の侵食により形成された凹状の谷となっている。この谷底の標高は約-60mであり，ほぼ平坦な面である。
  - 第四系の基底部付近に主として砂礫層（Ag1層）が分布し，その上位には粘土層（Ac層），砂層（As層）及び礫混じり砂層（Ag2層）が互層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

凡　例

- 第四系基底面等高線
- 段丘堆積物（D1層）
- 段丘堆積物（D2層）

敷地の地質（地質断面図）

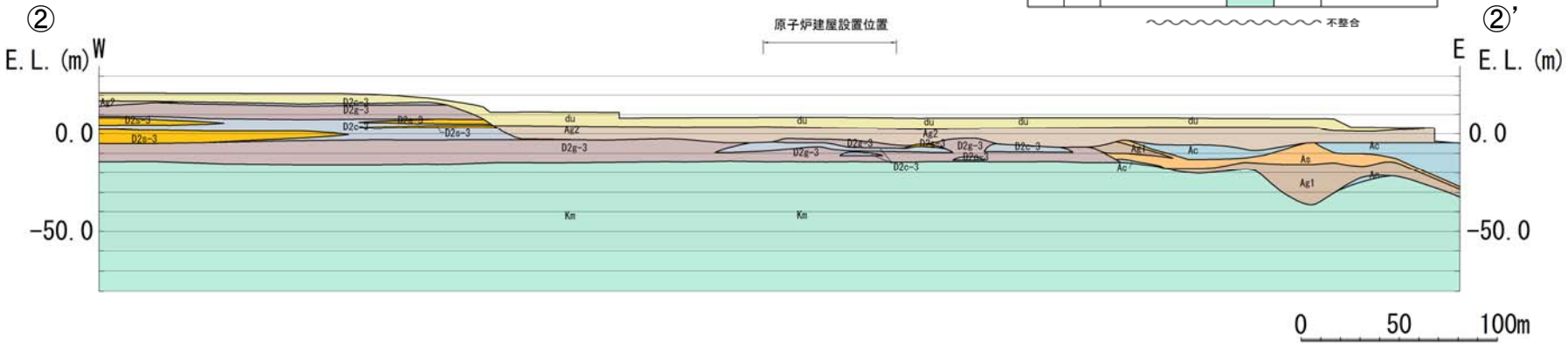




地 質 構 成 表

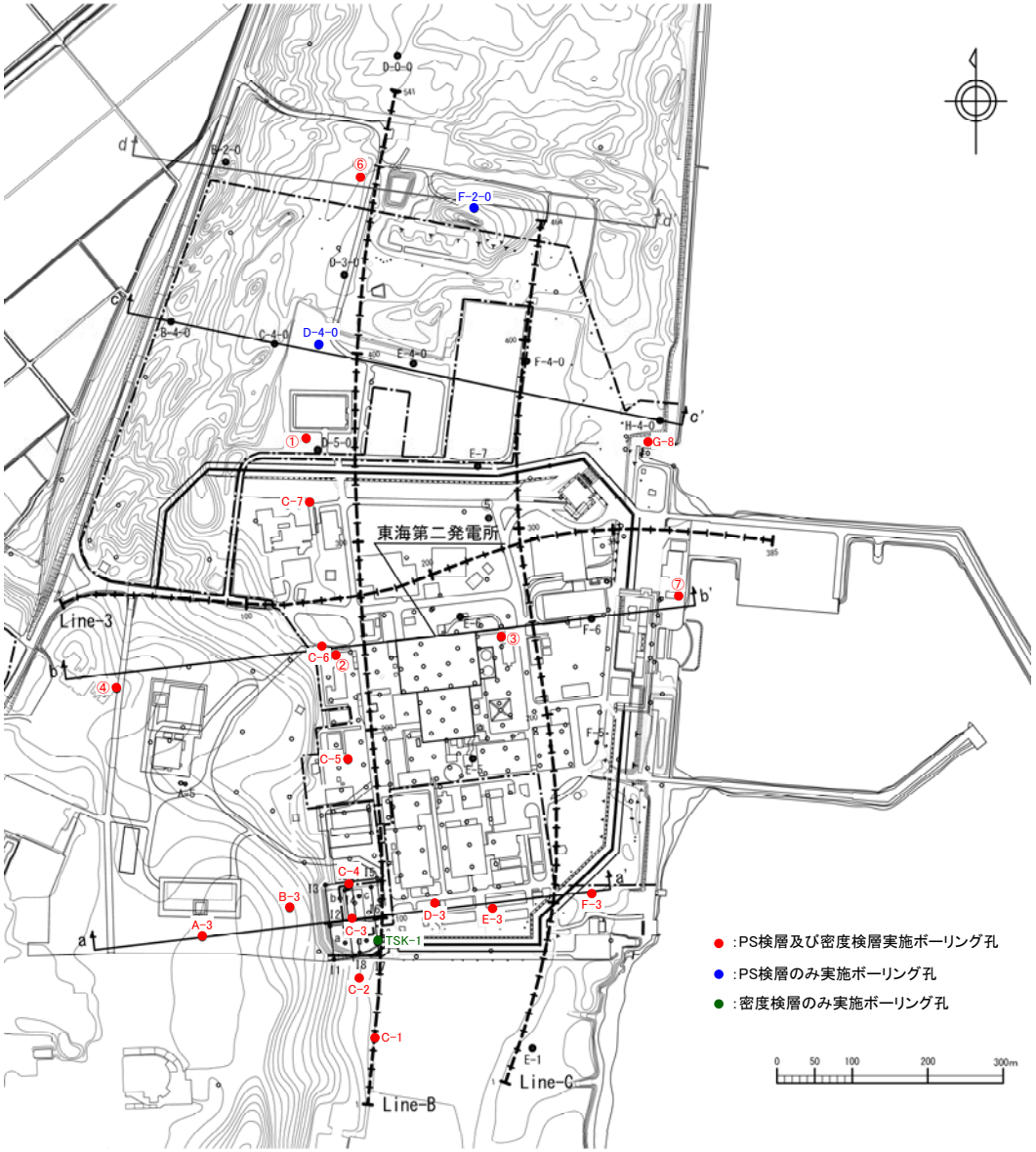
地質時代		地質区分		記号	岩相	備考
第四紀	完新世	砂丘砂層		du	砂	敷地全体に広く分布する。
		沖積層	al	Ag2	砂礫	敷地全体に広く分布する。
				Ac	粘土	久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。
				As	砂	
				Ag1	砂礫	
	更新世	段丘堆積物	D2	D2c-3	シルト	敷地南部に分布する。
				D2s-3	砂	
				D2g-3	砂礫	
				D2c-2	シルト	
				D2g-2	砂礫	
			D1	lm	ローム	敷地南西部に分布する。
				D1c-1	シルト	
				D1g-1	砂礫	
新第三紀	鮮新世	久米層		Km	砂質泥岩	敷地の基盤岩である。

不整合



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。

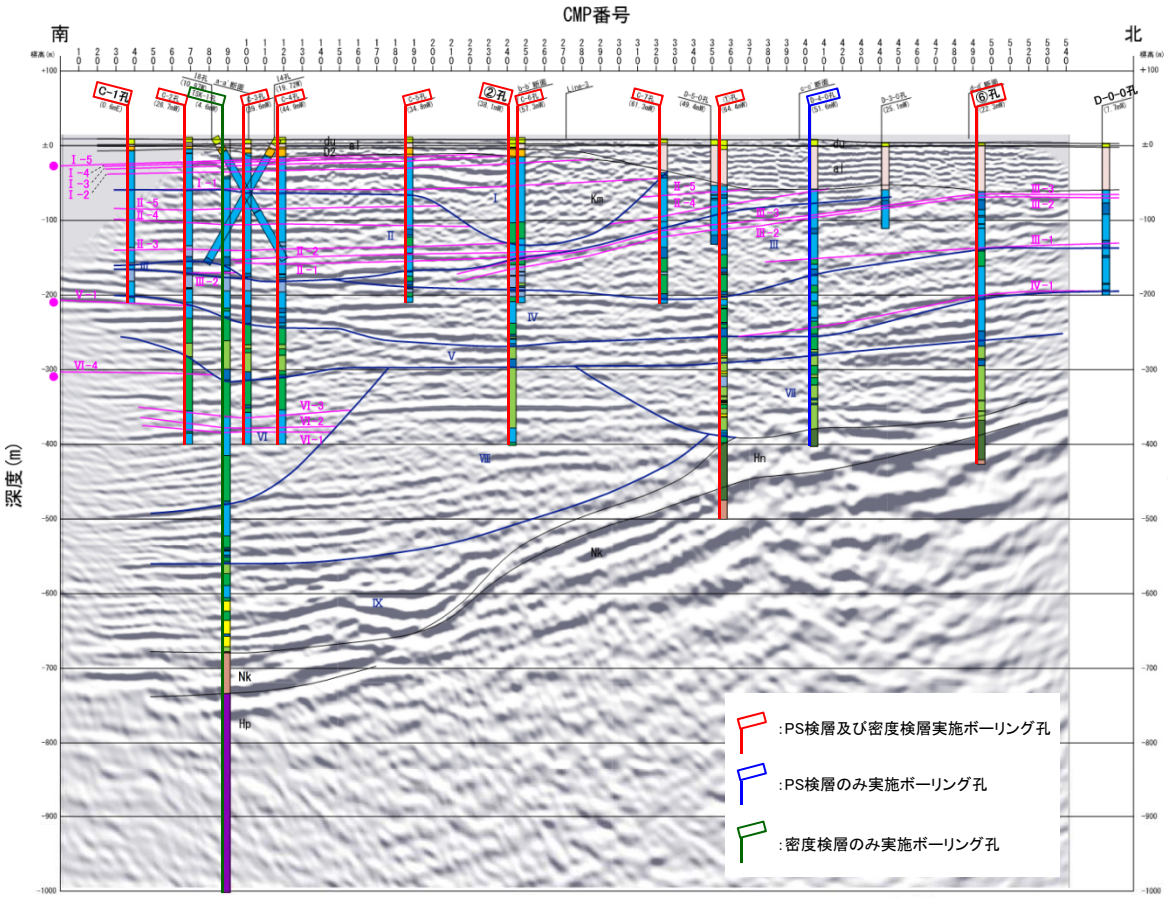


PS検層，密度検層実施位置図

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。

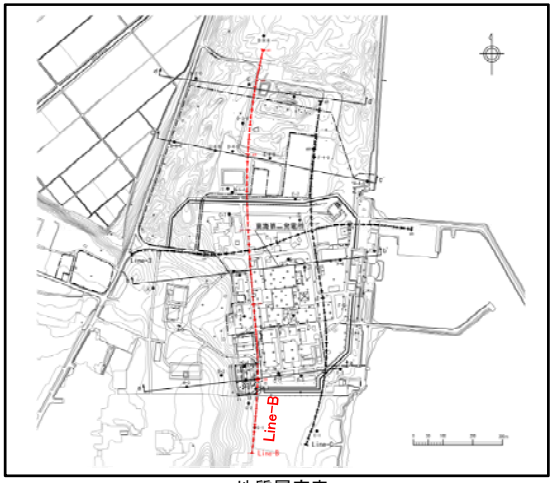


●：日本原子力研究開発機構の敷地に連続する鍵層

※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）

H:V=1:1　0　100　200m



地質層序表

年代層序区分			地質名	記号		主な層相と分布
新生界	第四系	完新統	砂丘砂層	du		海浜の良い中砂～粗砂からなる。敷地全域に広がる。
			沖積層	al		シルト層～粘土層を主とし，砂層，砂礫層を挟む。敷地北側の旧久慈川を埋積して分布する。
		更新統	段丘堆積物（D2）	D2		砂礫層を主とし，シルト層，砂層を挟む。砂丘砂層，沖積層に被覆されて分布する。
			段丘堆積物（D1）	D1		砂礫層を主とし，シルト層，砂層を挟む。敷地の西南側に分布する。
	新第三系	鮮新統	久米層	Km	上部	砂質泥岩を主とし砂岩薄層を挟む。生物擾乱，乱堆積構造が一般的に見られ，化石で標高250m，南側で200m以南に分布する。ユニット区分Ⅰ～Ⅳが對当する。
					下部	砂岩層を多く挟み，標高240～380mで砂岩泥岩細互層が多く分布する。南部で礫質した標高600m以深は細粒～中粒の砂岩層が見られる。ユニット区分Ⅴ～Ⅸが對当する。
			礫山層	Hn		砂質泥岩，凝灰岩が分布し，凝灰岩は偽礫や試験状の変形が多く見られる。
	白亜系		新城薄層部	Nk		黒色を帯びる泥岩が多く，硬質である。
	先白亜系		日立市生層	Hp		非変成の硬質な砂岩，泥岩及び礫岩からなる。

〰：不整合

久米層岩相区分

地層名	岩　質	柱状図凡例	層　相
久米層	砂質泥岩		砂質泥岩を主とする。砂質泥岩には生物擾乱，乱堆積構造が一般的に見られる。
	砂岩-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。
			泥岩，シルト岩の細互層を主とする。
			細粒砂岩，中粒砂岩を主とする種互層，炭質物薄層を頻繁に挟む。
	砂　岩		シルト混り細粒砂岩～中粒砂岩からなる。
	礫　岩		偽礫のほか基盤岩礫等の複数の異種礫及び貝化石片を多く含む。

断面図凡例

Ⅰ　ユニット区分番号

地層境界

侵食境界

鍵層

ボーリング位置

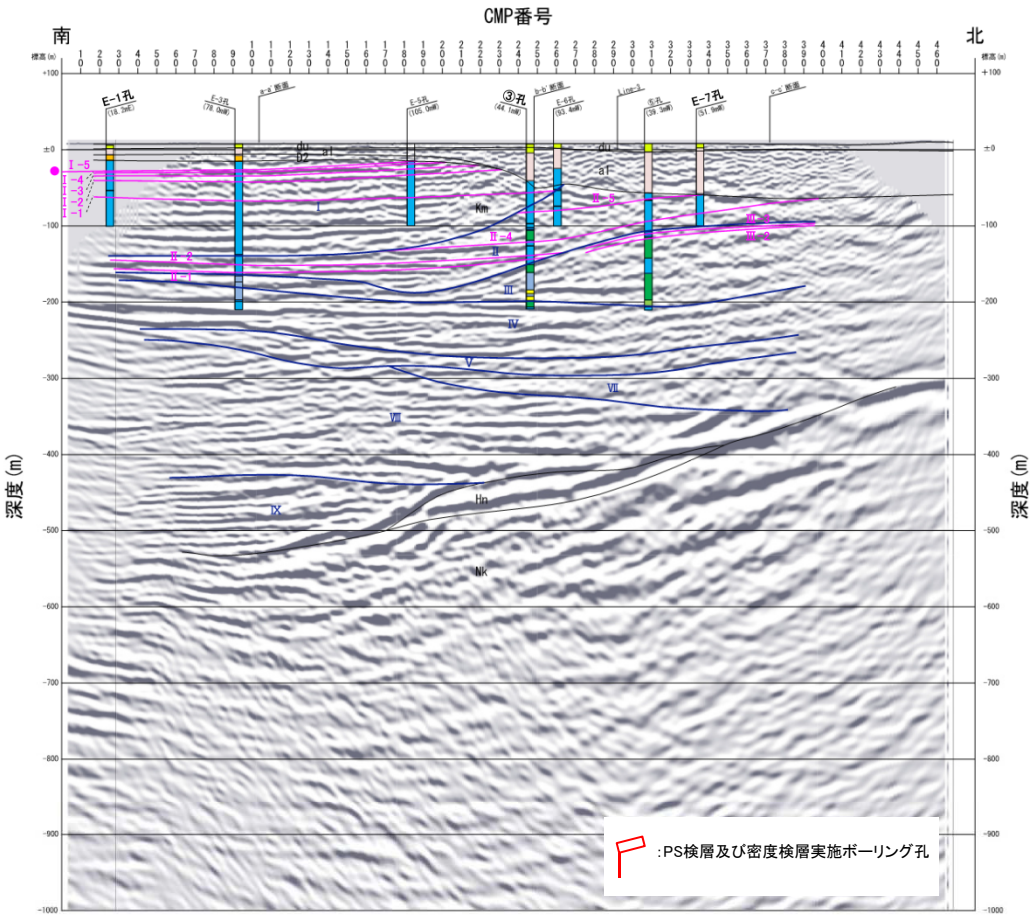
C-1孔　孔名

(0.6mE)　投影距離　方向

- 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（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，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。

久米層の岩級区分について(PS検層実施箇所②)

第467回審査会合
資料1修正



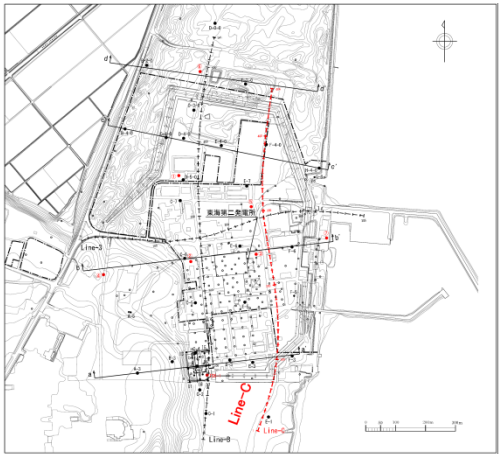
地質断面図(Line-C)

0　100　200m

H:V=1:1

●: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



地質層序表

年代層序区分			地質名	記号	主な層相と分布
新生界	第四系	完新統	砂丘砂層	du	淘汰の良い中砂～粗砂からなる。敷地全域に広がる。
			沖積層	al	シルト層～粘土層を主とし、砂層、砂礫層を挟む。敷地北側の旧久慈川を埋積して分布する。
		更新統	段丘堆積物（D2）	D2	砂礫層を主とし、シルト層、砂層を挟む。砂丘砂層、沖積層に被覆されて分布する。
			段丘堆積物（D1）	D1	砂礫層を主とし、シルト層、砂層を挟む。敷地の西南側に分布する。
	新第三系	鮮新統	久米層	Km	砂質泥岩を主とし砂岩薄層を挟む。生物擾乱、乱堆積構造が一般的に見られ、北部で標高250m、南部で200m以遠に分布する。ユニット区分Ⅰ～Ⅳが該当する。
				上部	
				下部	砂岩層を多く挟み、標高240～280mで砂岩泥岩細互層が多く分布する。南部で褶曲した標高600m以深は細粒～中粒の砂岩層が見られる。ユニット区分Ⅴ～Ⅸが該当する。
			難山層	Hn	砂質泥岩、凝灰岩が分布し、凝灰岩は偽礫や流動状の変形が多く見られる。
	白亜系		船川湾層群	Nk	黒色を帯びる泥岩が多く、硬質である。
	先白亜系		日立古生層	Hp	非変成の硬質な砂岩、泥岩及び頁岩からなる。

～～ :不整合

久米層岩相区分

地層名	岩　質	柱状図凡例	層　相
久米層	砂質泥岩		砂質泥岩を主とする。砂質泥岩には生物擾乱、乱堆積構造が一般的に見られる。
	砂岩-砂質泥岩互層		厚さ5～10cmの粗粒～中粒砂岩の薄層を挟む砂質泥岩を主体とする。
			泥岩、シルト岩の細互層を主とする。
			細粒砂岩、中粒砂岩を主とする細互層。炭質物薄層を頻繁に挟む。
	砂　岩		シルト混り細粒砂岩～中粒砂岩からなる。
	礫　岩		偽礫のほか基盤岩礫等の複数の異種礫及び貝化石片を多く含む。

断面図凡例

I　ユニット区分番号

地層境界

侵食境界

鍵層

ボーリング位置

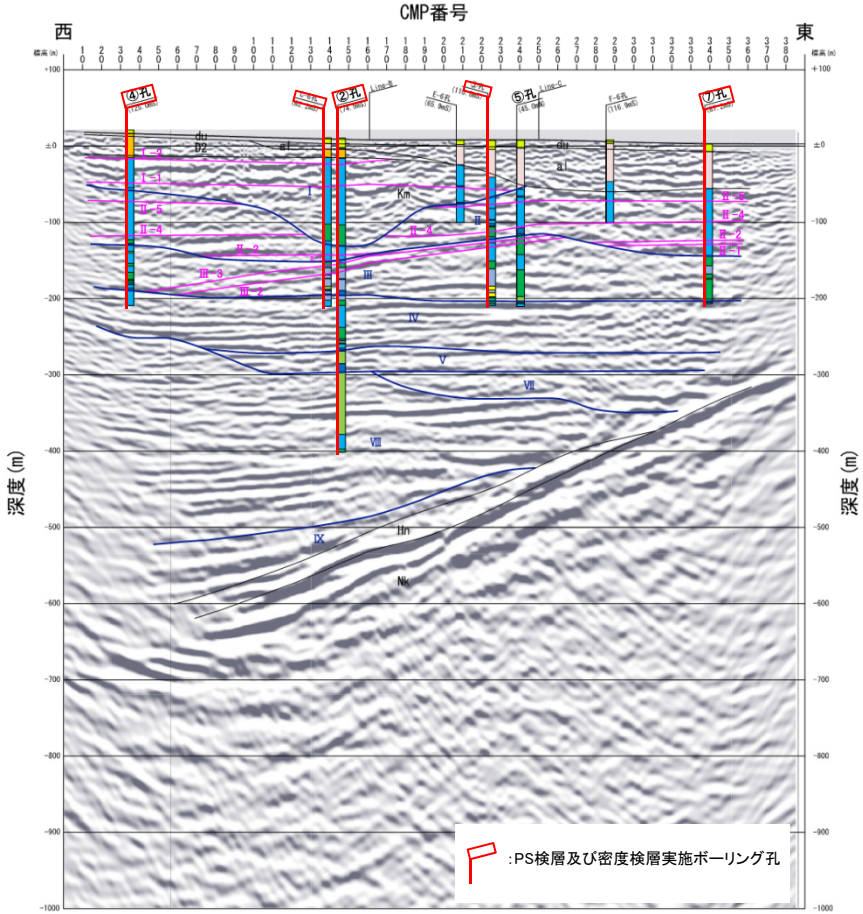
C-1孔 ← 孔名

(0.6mE) ← 投影距離　方向

- 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。

久米層の岩級区分について（PS検層実施箇所③）

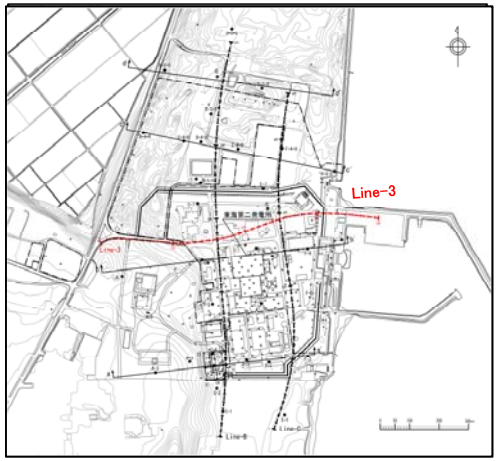
第467回審査会合
資料1修正



地質断面図（Line-3）　0　100　200m

H:V=1:1

※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



地質層序表

年代層序区分			地質名	記号		主な層相と分布
新生界	第四系	完新統	砂丘砂層	du		淘汰の良い中砂～細砂からなる。敷地全域に広がる。
			沖積層	al		シルト層～粘土層を主とし、砂層、砂礫層を挟む。敷地北側の旧久慈川を埋積して分布する。
		更新統	段丘堆積物（D2）	D2		砂礫層を主とし、シルト層、砂層を挟む。移丘砂層、沖積層に被覆されて分布する。
			段丘堆積物（D1）	D1		砂礫層を主とし、シルト層、砂層を挟む。敷地の西側側に分布する。
	新第三系	鮮新統	久米層	Km	上部	砂質泥岩を主とし砂岩薄層を挟む。生物擾乱。乱堆積構造が一般的に見られ、北縁で標高250m、南縁で200m以浅に分布する。ユニット区分Ⅰ～Ⅳが該当する。
					下部	砂岩層を多く挟み、標高260～380mで砂岩泥岩細互層が多く分布する。所縁で褶曲した標高600m以深は細粒～中粒の砂岩層が見られる。ユニット区分Ⅴ～Ⅸが該当する。
			常山層	Hn		砂質泥岩、凝灰岩が分布し、凝灰岩は偽礫や泥塊状の変形が多く見られる。
	白亜系		那珂湊層群	Nk		黒色を帯びる泥岩が多く、破質である。
	先白亜系		日立古生層	Hb		非変成の破質な砂岩、泥岩及び礫岩からなる。

～～～：不整合

久米層岩相区分

地層名	岩　質	柱状図凡例	層　相
久米層	砂質泥岩		砂質泥岩を主とする。砂質泥岩には生物擾乱、乱堆積構造が一般的に見られる。
	砂岩-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。
			泥岩、シルト岩の細互層を主とする。
			細粒砂岩、中粒砂岩を主とする細互層。炭質物薄層を頻繁に挟む。
	砂　岩		シルト混り細粒砂岩～中粒砂岩からなる。
	礫　岩		偽礫のほか基盤岩礫等の複数の異種礫及び貝化石片を多く含む。

断面図凡例

Ⅰ　ユニット区分番号

地層境界

侵食境界

鍵層

ボーリング位置

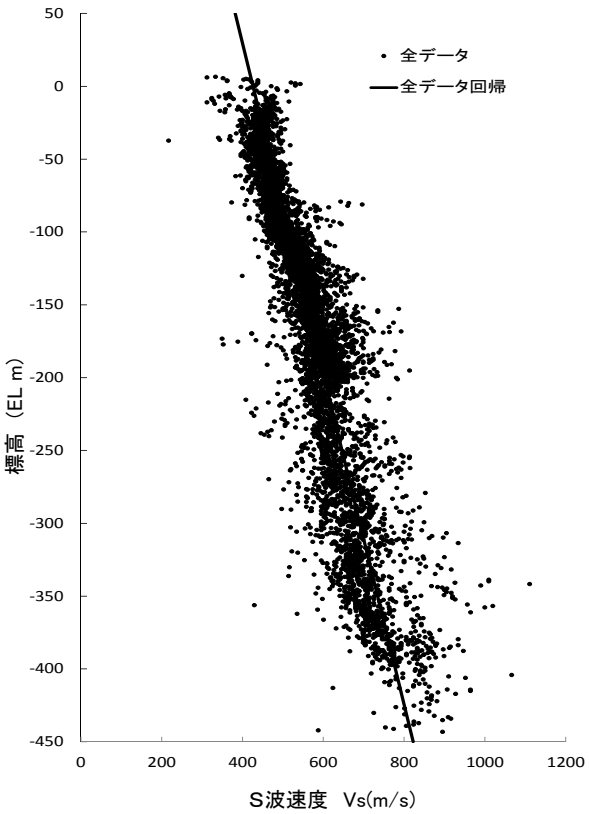
C-1孔　孔名

(0.6mE)　投影距離　方向

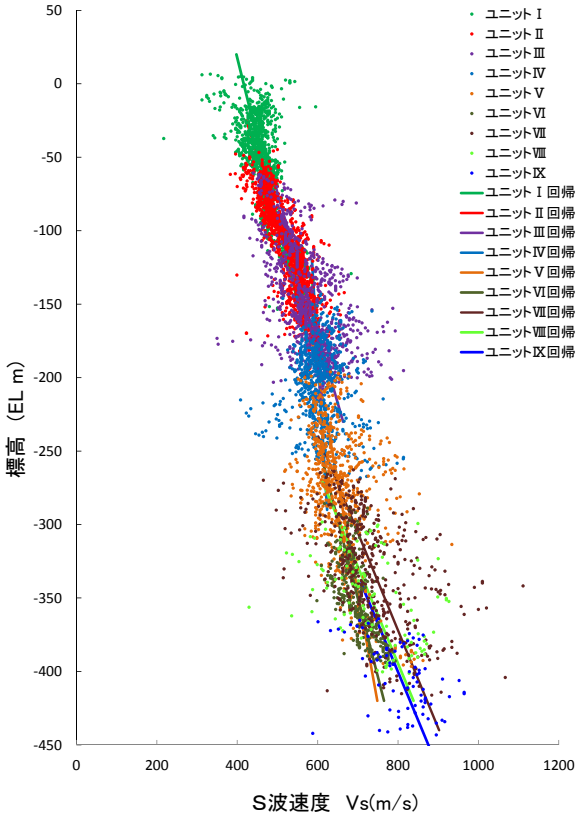
- 久米層中には複数の鍵層が概ね水平に連続して認められ，断層を示唆する系統的な不連続や累積的な変位・変形は認められない。
  - ✓ 西部（④孔～②孔）では，ユニットⅠ及びⅡの鍵層が概ね水平に連続している。
  - ✓ 中部（②孔～⑤孔）では，ユニットⅢ及びⅡの鍵層が連続し，西側に傾斜する傾向が認められるが，上位の鍵層Ⅰ－1は概ね水平であり，また，下位のユニットⅣに認められる反射面も概ね水平である。
  - ✓ 東部（⑤孔～⑦孔）では，ユニットⅡの鍵層が概ね水平に連続している。
- なお，連続性が確認された鍵層の分布は，反射法地震探査記録に認めれる反射パターンの特徴と調和的である。
- ボーリング調査の結果，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。

久米層の岩級区分について（検討結果）

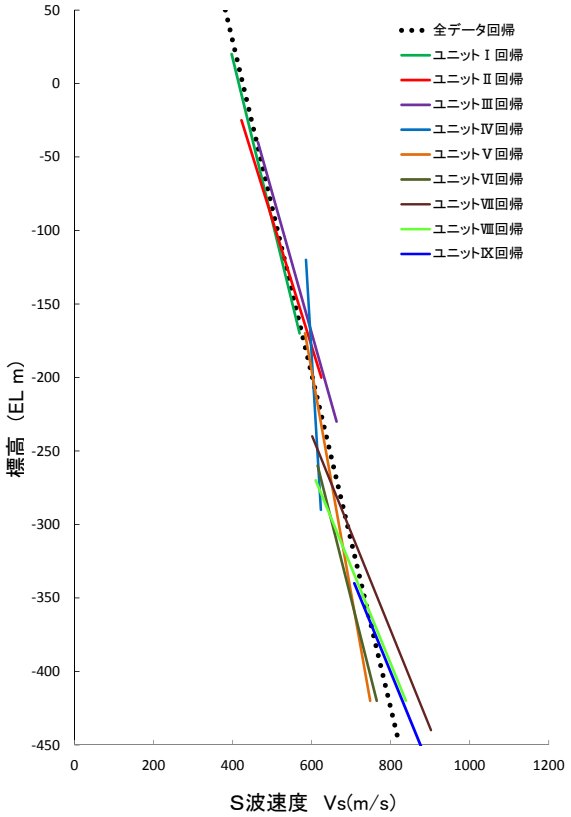
■ユニット毎のPS検層を比較した結果を以下に示す。



①全データ



②ユニット毎



③回帰直線の比較

■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関わらず，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。

基礎地盤評価対象断面の選定

■基礎地盤評価対象断面の選定を行うにあたり，「岩盤の深さ」と「構造物の支持形式」に着目し，施設毎のグルーピングを行った。

基礎地盤評価対象施設位置

基礎地盤評価対象施設一覧

グループ	施設
①浅い岩盤に岩着支持している施設	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
	【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
②浅い岩盤に杭構造で支持している施設	【使用済燃料乾式貯蔵建屋】
	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
	非常用ガス処理系排気筒【排気筒】
	防潮堤（杭基礎構造区間）
③深い岩盤に岩着支持している施設	防潮堤（地中連続壁基礎構造区間）
	放水路ゲート
④深い岩盤に杭構造で支持している施設	防潮堤（杭基礎構造区間）
	【取水構造物（取水路，海水ポンプ室）】
	貯留堰
	非常用海水系配管【屋外二重管】

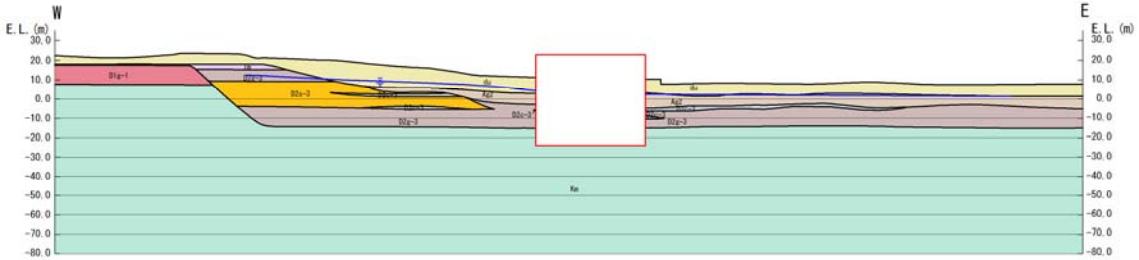
【　】は，耐震重要施設を支持する建物・構築物を示す。

浅い岩盤：概ねE.L.-20m付近に上面が分布する久米層

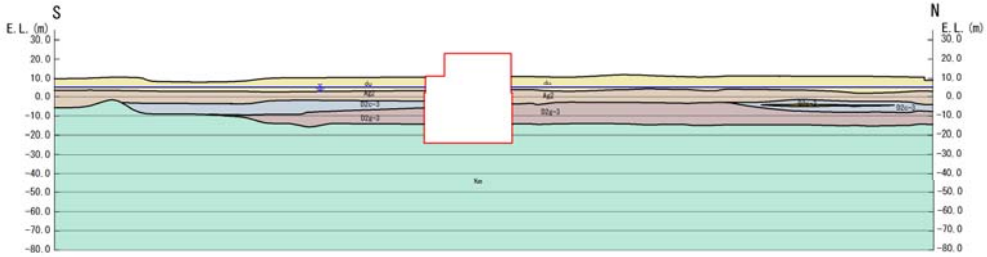
深い岩盤：概ねE.L.-60m付近に上面が分布する久米層

基礎地盤評価対象断面の選定（グループ①　地質断面図）

・常設代替高圧電源装置，軽油貯蔵タンク（EW断面）

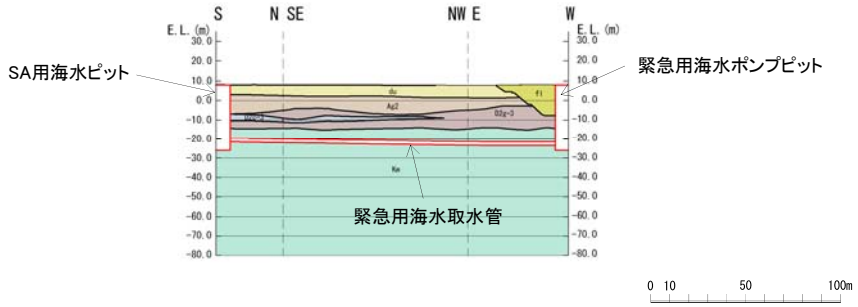


・常設代替高圧電源装置，軽油貯蔵タンク（NS断面）



対象施設と断面位置

・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

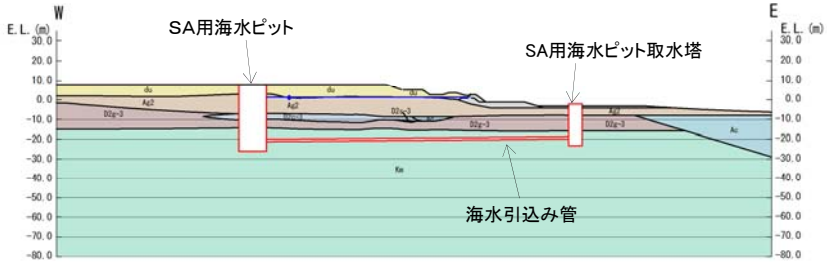
地質時代		地質区分		記号	岩相	備考
第四紀	完新世	砂丘層		du	砂	敷地全体に広く分布する。
		沖積低地堆積層	久慈川堆積層	Ag2	砂礫	敷地全体に広く分布する。
				Ac	粘土	久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。
				As	砂	
				Ag1	砂礫	
	更新世	低位段丘Ⅰ堆積層	段丘堆積層2	D2c-3	シルト	敷地南部に埋没段丘として分布する。
				D2s-3	砂	
				D2g-3	砂礫	
				D2c-2	シルト	
				D2g-2	砂礫	
		中位段丘堆積層	段丘堆積層1	lm	ローム	敷地の南西部に分布し、いわゆる鎌田段丘面を構成する。
				D1c-1	シルト	
				D1g-1	砂礫	
第三紀	鮮新世	久米層		Kn	砂質泥岩	敷地の基盤岩である。

～～～ 不整合

グループ①（浅い岩盤に岩着支持している施設）の地質断面図

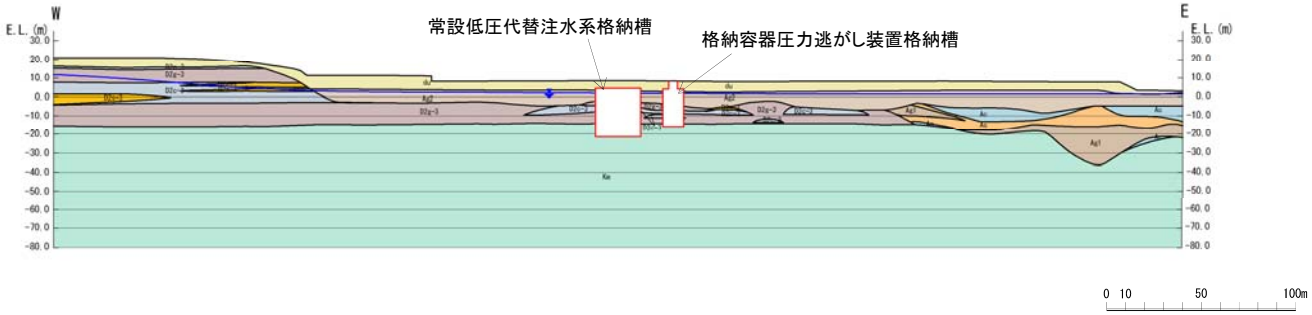
基礎地盤評価対象断面の選定（グループ①　地質断面図）

・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）



対象施設と断面位置

・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）



グループ①（浅い岩盤に岩着支持している施設）の地質断面図

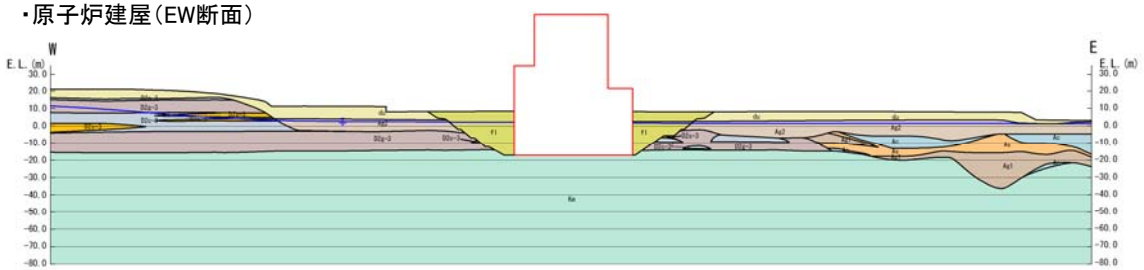
地 質 構 成 表

地質時代		地質区分		記号	岩相	備考
第四紀	完新世	砂丘層		du	砂	敷地全体に広く分布する。
		沖積低地堆積層	久慈川堆積層	Ag2	砂礫	敷地全体に広く分布する。
				Ac	粘土	久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。
				As	砂	
				Ag1	砂礫	
	更新世	低位段丘Ⅰ堆積層	段丘堆積層2	D2c-3	シルト	敷地南部に埋没段丘として分布する。
				D2s-3	砂	
				D2g-3	砂礫	
				D2c-2	シルト	
				D2g-2	砂礫	
		中位段丘堆積層	段丘堆積層1	lm	ローム	敷地の南西部に分布し、いわゆる鎌田段丘面を構成する。
				D1c-1	シルト	
				D1g-1	砂礫	
第三紀	鮮新世	久米層		Km	砂質泥岩	敷地の基盤岩である。

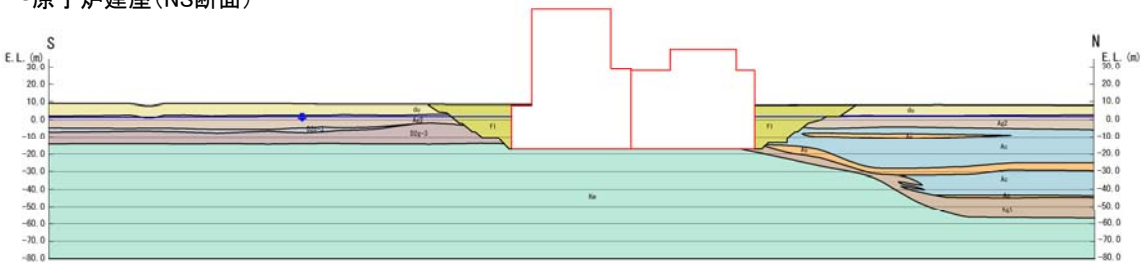
～～～

基礎地盤評価対象断面の選定（グループ①　地質断面図）

・原子炉建屋（EW断面）

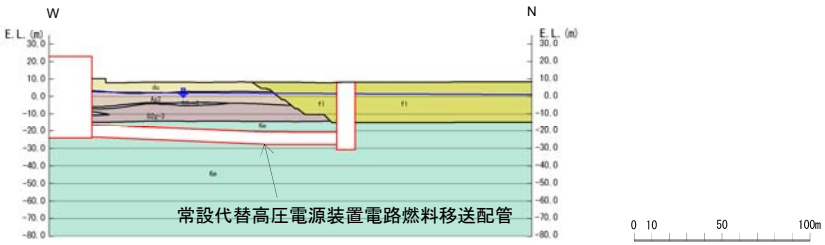


・原子炉建屋（NS断面）



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	備考
第四紀	完新世	砂丘層		du	砂	敷地全体に広く分布する。
		沖積低地堆積層	久慈川堆積層	Ag2	砂礫	敷地全体に広く分布する。
				Ac	粘土	久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。
				As	砂	
				Ag1	砂礫	
	更新世	低位段丘Ⅰ堆積層	段丘堆積層2	D2c-3	シルト	敷地南部に埋没段丘として分布する。
				D2s-3	砂	
				D2g-3	砂礫	
				D2c-2	シルト	
				D2g-2	砂礫	
		中位段丘堆積層	段丘堆積層1	lm	ローム	敷地の南西部に分布し、いわゆる鎮田段丘面を構成する。
				D1c-1	シルト	
				D1g-1	砂礫	
第三紀	鮮新世	久米層		Km	砂質泥岩	敷地の基盤岩である。

～～～

基礎地盤評価対象断面の選定結果（グループ①）

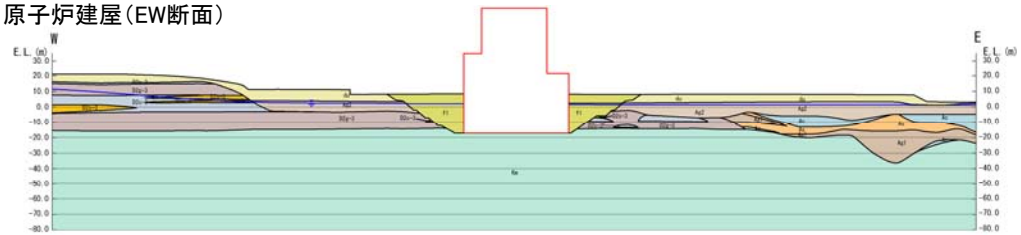
■浅い岩盤に岩着支持している施設のうち，規模，重量が最も大きい原子炉建屋の評価断面を代表断面として選定した。

対象施設と代表断面位置

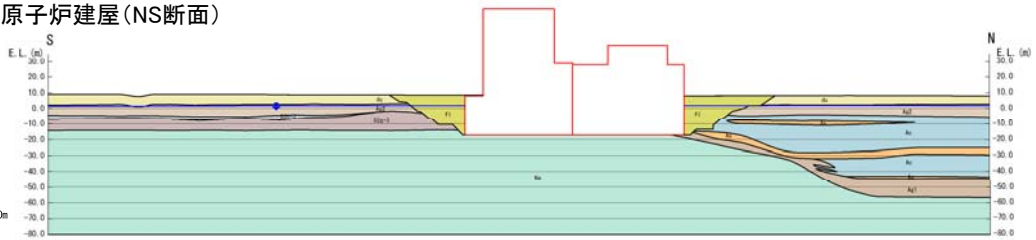
①浅い岩盤に岩着支持している施設

施設	評価方針
常設代替高圧電源装置	規模・重量が最も大きい**原子炉建屋**を代表施設とする。 東西南北の地形・地質に有意な差は無いことから，**EW・NSの両断面**を代表断面とする。
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	
【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	

・原子炉建屋（EW断面）



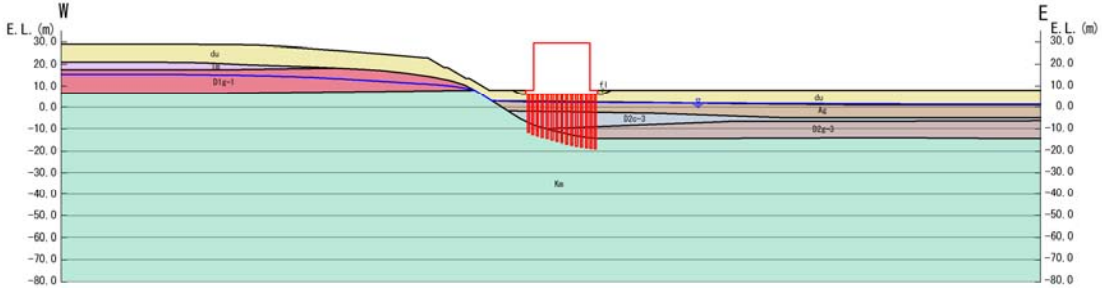
・原子炉建屋（NS断面）



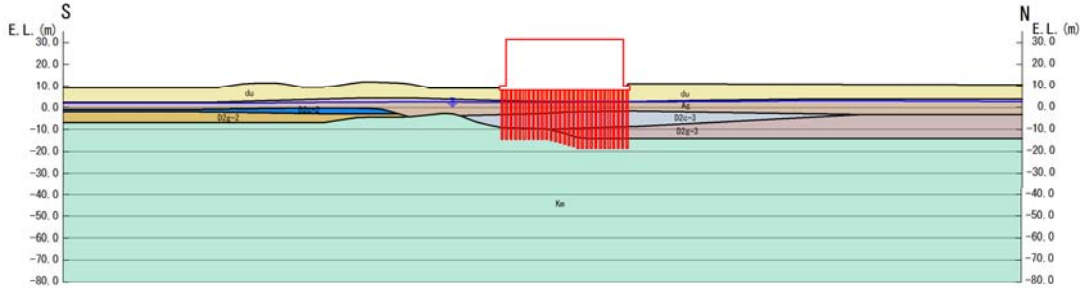
【　】は，耐震重要施設を支持する建物・構築物を示す。

基礎地盤評価対象断面の選定（グループ②　地質断面図）

・使用済燃料乾式貯蔵建屋（EW断面）

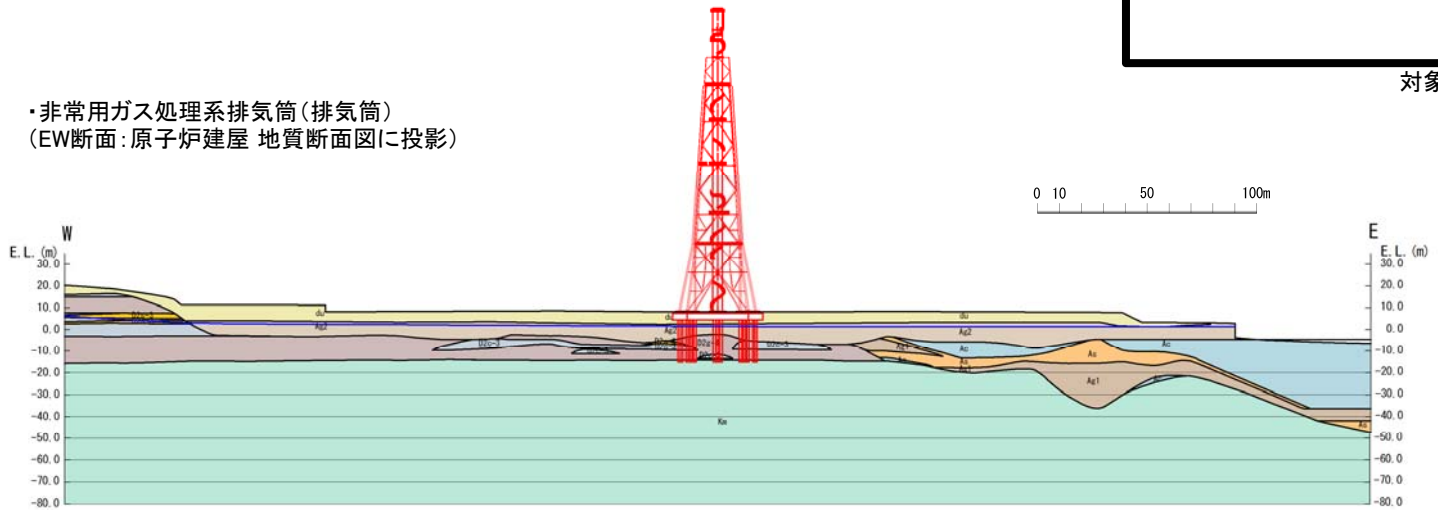


・使用済燃料乾式貯蔵建屋（NS断面）



対象施設と断面位置

・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）



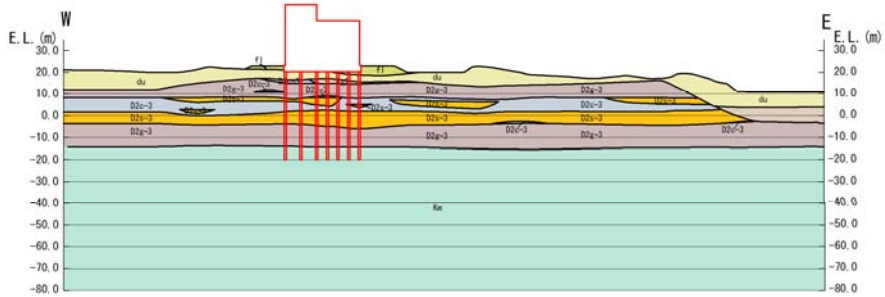
地 質 構 成 表

地質時代			地質区分		記号	岩相	備考
第四紀	完新世		砂丘層		du	砂	敷地全体に広く分布する。
			沖積低地堆積層	久慈川堆積層	Ag2	砂礫	敷地全体に広く分布する。
					Ac	粘土	久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。
					As	砂	
					Ag1	砂礫	
	更新世		低位段丘Ⅰ堆積層	段丘堆積層2	D2c-3	シルト	敷地南部に埋没段丘として分布する。
					D2s-3	砂	
					D2g-3	砂礫	
					D2c-2	シルト	
					D2g-2	砂礫	
			中位段丘堆積層	段丘堆積層1	lm	ローム	敷地の南西部に分布し、いわゆる鎌田段丘面を構成する。
					D1c-1	シルト	
					D1g-1	砂礫	
第三紀	鮮新世		久米層		Km	砂質泥岩	敷地の基盤岩である。

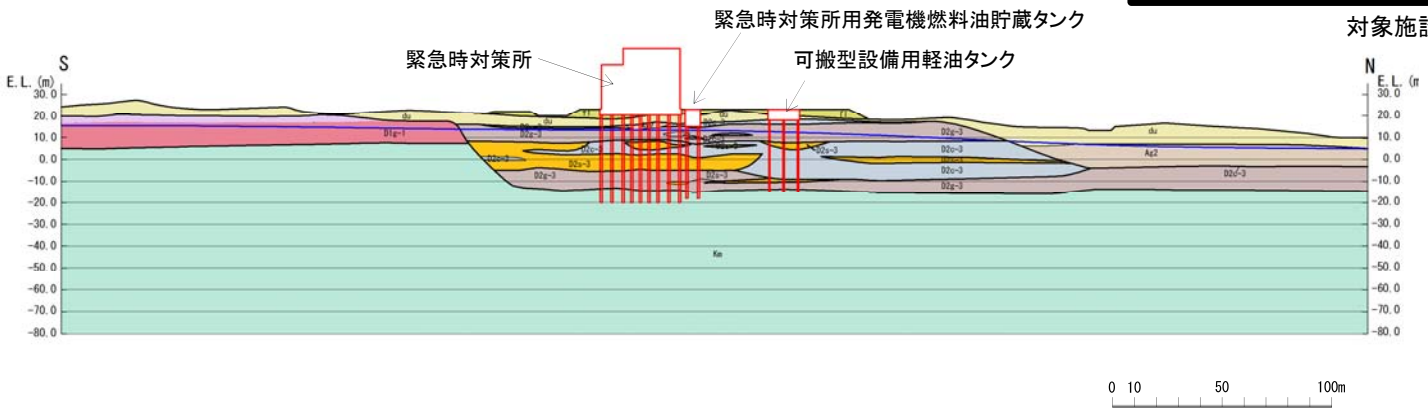
～～～

基礎地盤評価対象断面の選定（グループ②　地質断面図）

・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

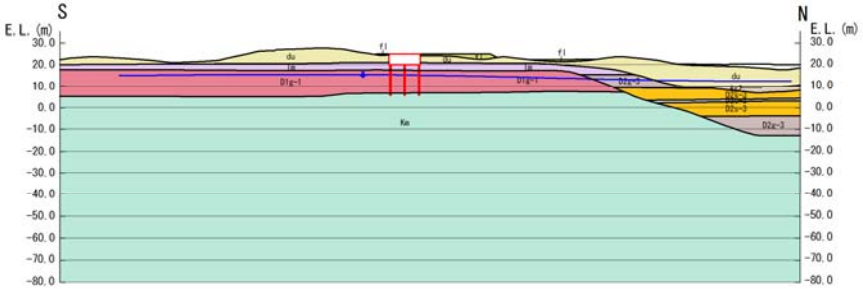
地 質 構 成 表

地質時代		地質区分		記号	岩相	備考
第四紀	完新世	砂丘層		du	砂	敷地全体に広く分布する。
		沖積低地堆積層	久慈川堆積層	Ag2	砂礫	敷地全体に広く分布する。
				Ac	粘土	久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。
				As	砂	
				Ag1	砂礫	
	更新世	低位段丘Ⅰ堆積層	段丘堆積層2	D2c-3	シルト	敷地南部に埋没段丘として分布する。
				D2s-3	砂	
				D2g-3	砂礫	
				D2c-2	シルト	
				D2g-2	砂礫	
		中位段丘堆積層	段丘堆積層1	lm	ローム	敷地の南西部に分布し、いわゆる鎌田段丘面を構成する。
				D1c-1	シルト	
				D1g-1	砂礫	
第三紀	鮮新世	久米層		Km	砂質泥岩	敷地の基盤岩である。

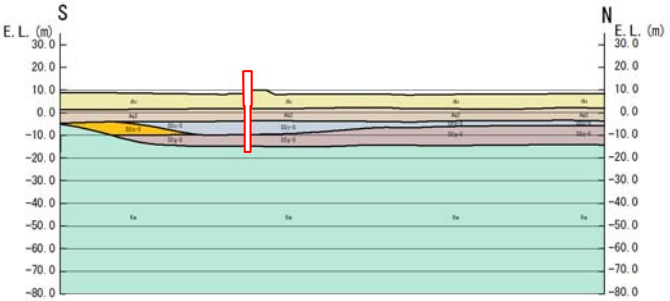
～～～

基礎地盤評価対象断面の選定（グループ②　地質断面図）

・可搬型設備用軽油タンク（南側）　（NS断面）



・防潮堤（杭基礎構造区間）　（NS断面）



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	備考
第四紀	完新世	砂丘層		du	砂	敷地全体に広く分布する。
		沖積低地堆積層	久慈川堆積層	Ag2	砂礫	敷地全体に広く分布する。
				Ac	粘土	久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。
				As	砂	
				Ag1	砂礫	
	更新世	低位段丘Ⅰ堆積層	段丘堆積層2	D2c-3	シルト	敷地南部に埋没段丘として分布する。
				D2s-3	砂	
				D2g-3	砂礫	
				D2c-2	シルト	
				D2g-2	砂礫	
		中位段丘堆積層	段丘堆積層1	lm	ローム	敷地の南西部に分布し、いわゆる鯨田段丘面を構成する。
				D1c-1	シルト	
				D1g-1	砂礫	
第三紀	鮮新世	久米層		Km	砂質泥岩	敷地の基盤岩である。

～～～

基礎地盤評価対象断面の選定結果（グループ②）

■浅い岩盤に杭構造で支持している施設のうち，堆積層が厚い高台で，規模，重量が最も大きい緊急時対策所の評価断面を代表断面として選定した。

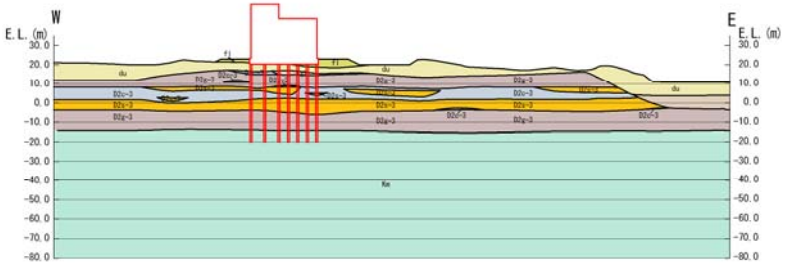
対象施設と代表断面位置

【　】は，耐震重要施設を支持する建物・構築物を示す。

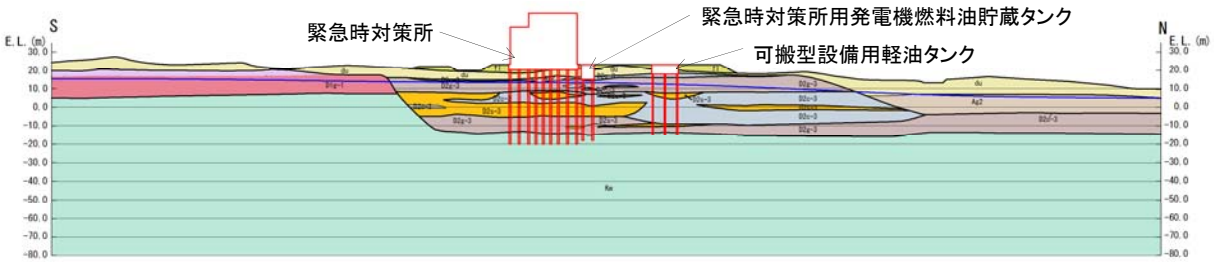
②浅い岩盤に杭構造で支持している施設

施設	評価方針
【使用済燃料乾式貯蔵建屋】	堆積層が厚い高台で，規模・重量が最も大きい**緊急時対策所**を代表施設とする。 東西南北の地形・地質に有意な差は無いことから，**EW・NSの両断面**を代表断面とする。
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	
非常用ガス処理系排気筒【排気筒】	
防潮堤（杭基礎構造区間）	

・緊急時対策所（EW断面）



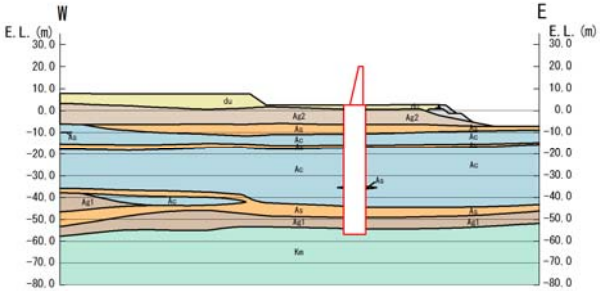
・緊急時対策所，緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク，可搬型設備用軽油タンク　（NS断面）



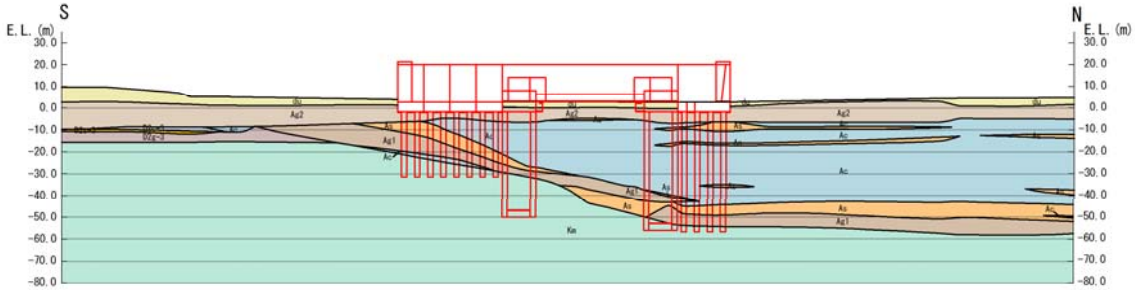
0 10 50 100m

基礎地盤評価対象断面の選定（グループ③　地質断面図）

・防潮堤（地中連続壁基礎構造区間）（EW断面）

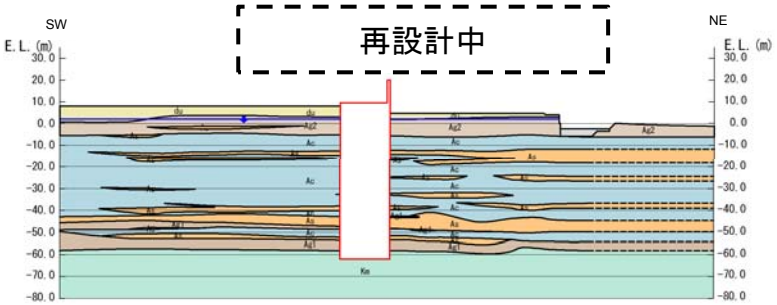


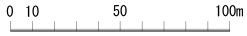
・防潮堤（地中連続壁基礎構造区間）（NS断面）



対象施設と断面位置

・放水路ゲート





地 質 構 成 表

地質時代		地質区分		記号	岩相	備考
第四紀	完新世	砂丘層		du	砂	敷地全体に広く分布する。
		沖積低地堆積層	久慈川堆積層	Ag2	砂礫	敷地全体に広く分布する。
				Ac	粘土	久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。
				As	砂	
				Ag1	砂礫	
	更新世	低位段丘Ⅰ堆積層	段丘堆積層2	D2c-3	シルト	敷地南部に埋没段丘として分布する。
				D2s-3	砂	
				D2g-3	砂礫	
				D2c-2	シルト	
				D2g-2	砂礫	
		中位段丘堆積層	段丘堆積層1	lm	ローム	敷地の南西部に分布し、いわゆる鯉田段丘面を構成する。
				D1c-1	シルト	
				D1g-1	砂礫	
第三紀	鮮新世	久米層		Km	砂質泥岩	敷地の基盤岩である。

不整合

グループ③（深い岩盤に岩着支持している施設）の地質断面図

基礎地盤評価対象断面の選定結果（グループ③）

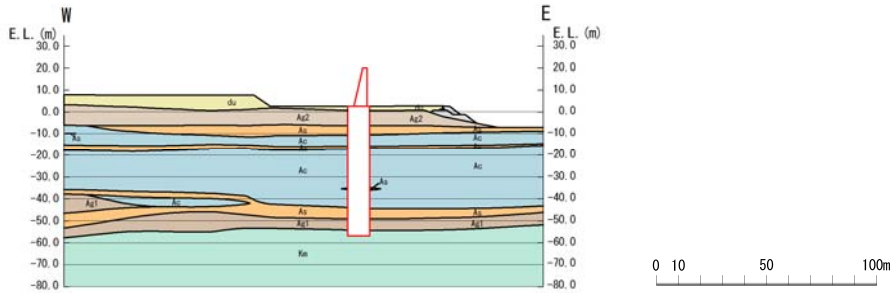
■深い岩盤に岩着支持している施設のうち，支持形式や地形の影響を考慮し，防潮堤（地中連続壁基礎区間）の汀線直交方向を代表断面として選定した。

対象施設と代表断面位置

③深い岩盤に岩着支持している施設

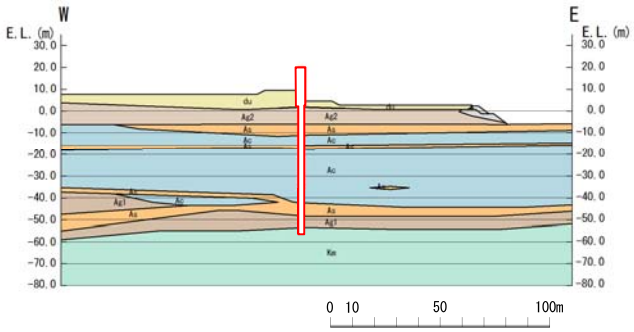
施設	評価方針
防潮堤（地中連続壁基礎構造区間）	安定した支持岩盤である久米層への接地面が小さい**防潮堤（地中連続壁基礎区間）**を代表施設とする。 また，地形に標高差を生じる断面方向が安定性評価にとって厳しいことから，**汀線直交方向**を代表断面とする。
放水路ゲート	

・防潮堤（地中連続壁基礎構造区間）（EW断面，汀線直交方向）

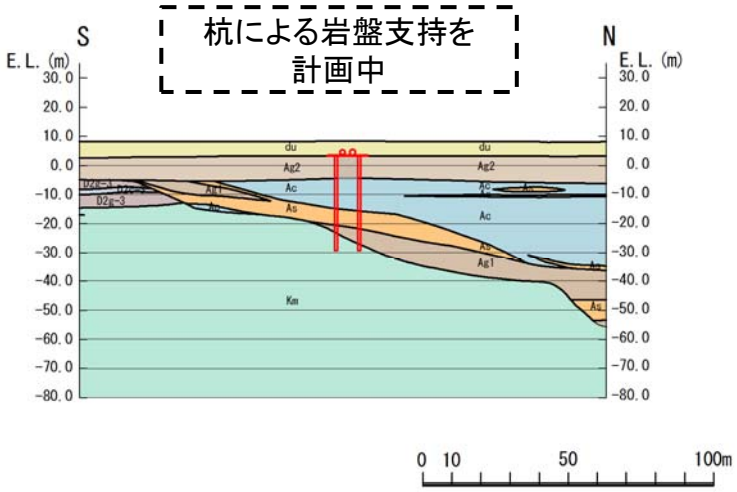


基礎地盤評価対象断面の選定（グループ④　地質断面図）

・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）



グループ④（深い岩盤に杭構造で支持している施設）の地質断面図

対象施設と断面位置

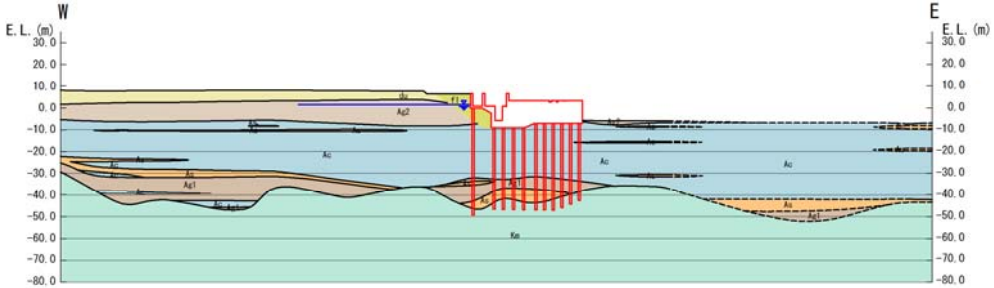
地 質 構 成 表

地質時代		地質区分		記号	岩相	備考
第四紀	完新世	砂丘層		du	砂	敷地全体に広く分布する。
		沖積低地堆積層	久慈川堆積層	Ag2	砂礫	敷地全体に広く分布する。
				Ac	粘土	久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。
				As	砂	
				Ag1	砂礫	
	更新世	低位段丘Ⅰ堆積層	段丘堆積層2	D2c-3	シルト	敷地南部に埋没段丘として分布する。
				D2s-3	砂	
				D2g-3	砂礫	
				D2c-2	シルト	
				D2g-2	砂礫	
		中位段丘堆積層	段丘堆積層1	lm	ローム	敷地の南西部に分布し、いわゆる鯉田段丘面を構成する。
				D1c-1	シルト	
				D1g-1	砂礫	
第三紀	鮮新世	久米層		Km	砂質泥岩	敷地の基盤岩である。

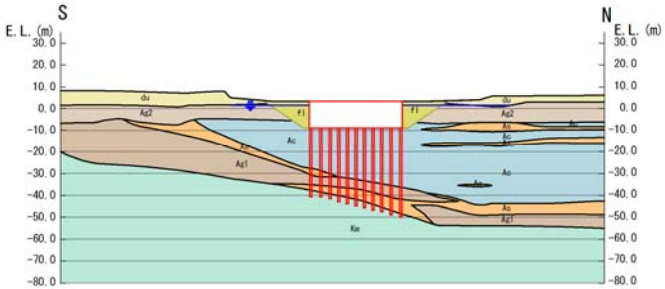
～～～

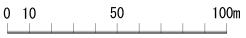
基礎地盤評価対象断面の選定（グループ④　地質断面図）

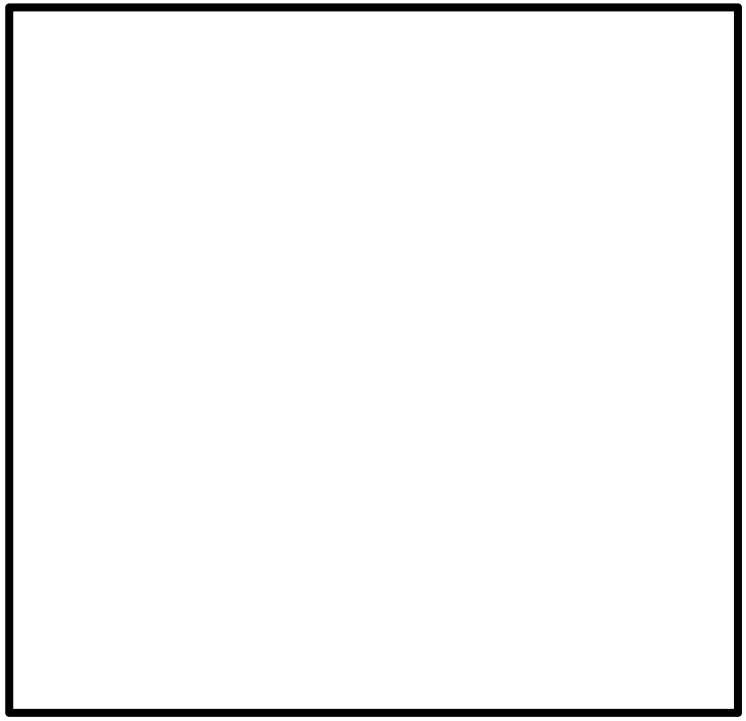
・取水構造物（取水路，海水ポンプ室）（EW断面）



・取水構造物（取水路，海水ポンプ室）（NS断面）

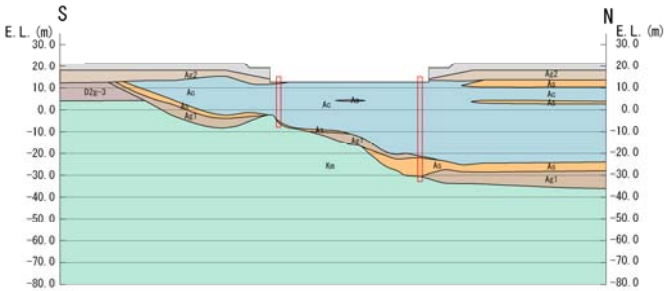




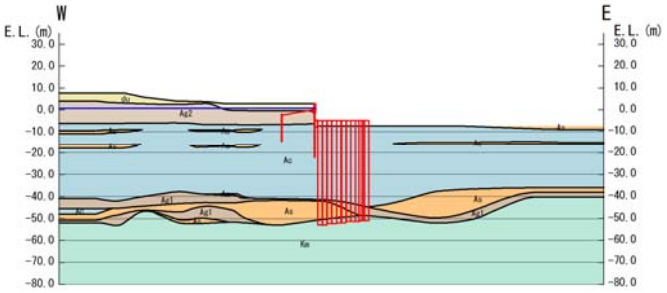


対象施設と断面位置

・貯留堰（NS断面）



・貯留堰（EW断面）



地 質 構 成 表

地質時代		地質区分		記号	岩相	備考
第四紀	完新世	砂丘層		du	砂	敷地全体に広く分布する。
		沖積低地堆積層	久慈川堆積層	Ag2	砂礫	敷地全体に広く分布する。
				Ac	粘土	久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。
				As	砂	
				Ag1	砂礫	
	更新世	低位段丘Ⅰ堆積層	段丘堆積層2	D2c-3	シルト	敷地南部に埋没段丘として分布する。
				D2s-3	砂	
				D2g-3	砂礫	
				D2c-2	シルト	
				D2g-2	砂礫	
		中位段丘堆積層	段丘堆積層1	lm	ローム	敷地の南西部に分布し、いわゆる鯉田段丘面を構成する。
				D1c-1	シルト	
				D1g-1	砂礫	
第三紀	鮮新世	久米層		Km	砂質泥岩	敷地の基盤岩である。

～～～

基礎地盤評価対象断面の選定結果（グループ④）

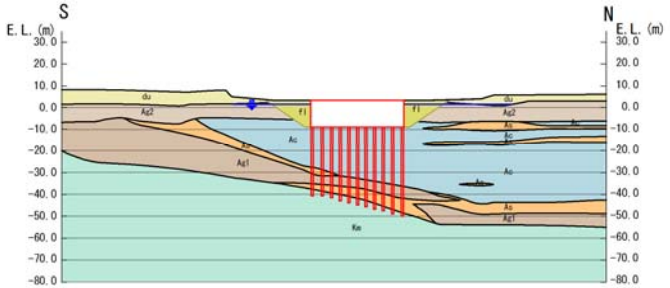
■深い岩盤に杭構造で支持している施設のうち，規模，重量が相対的に大きい取水構造物（取水路，海水ポンプ室）の評価断面を代表断面として選定した。

対象施設と代表断面位置

④深い岩盤杭構造で支持している施設

施設	評価方針
防潮堤 （杭基礎構造区間）	規模・重量が相対的に大きい**取水構造物（取水路，海水ポンプ室）**を代表施設とする。 堆積層と杭を通るすべりに対しては，久米層上面の傾斜による影響が大きいと考えられることから，**汀線平行方向**を代表断面とする。
【取水構造物 （取水路，海水ポンプ室）】	
貯留堰	
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）（NS断面，汀線平行方向）



0 10 50 100m

【　】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 ･････････････････ 39

2.3 評価方法 ･････････････････ 55

2.4 入力地震動 ･････････････････ 68

2.5 評価結果 ･････････････････ 76

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 ･････････････････ 104

3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響 ･････････････････ 106

4. 周辺斜面の安定性評価 ･････････････････ 115

5. まとめ ･････････････････ 121

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											第三系
	fl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	fl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検層と密度より算出	PS検層と密度より算出	PS検層と密度より算出	PS検層と密度より算出	PS検層と密度より算出	PS検層と密度より算出	PS検層と密度より算出	PS検層と密度より算出	PS検層と密度より算出	PS検層と密度より算出	PS検層と密度より算出	PS検層と密度より算出
動ポアソン比		PS検層より算出	PS検層より算出	PS検層より算出	PS検層より算出	PS検層より算出	PS検層より算出	PS検層より算出	PS検層より算出	PS検層より算出	PS検層より算出	PS検層より算出	PS検層より算出
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p44参照）	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験		Ag2層で代用する。（補足説明資料p44参照）	三軸圧縮試験

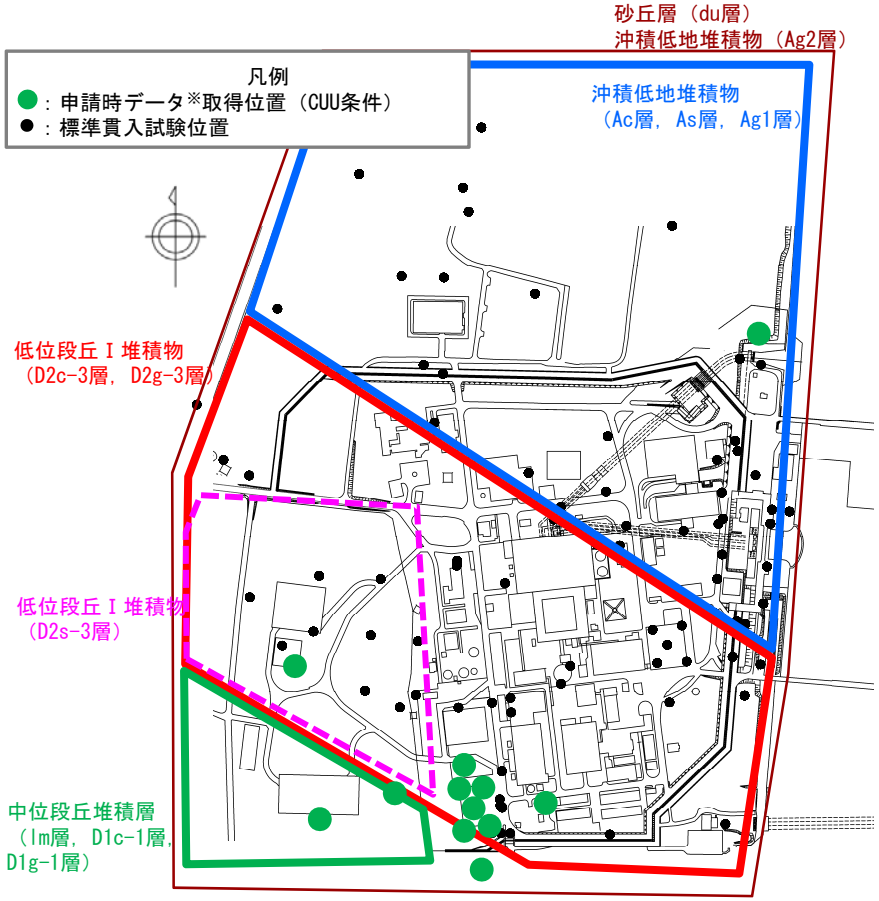
：深度方向に厚みをもって堆積している地盤の安定性評価を実施するため、一部の地層に対してはCU条件による三軸圧縮試験を追加実施して強度設定を行った。

地盤物性値の追加データ取得（調査の目的）

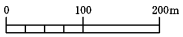
■耐震重要施設等の設置場所が敷地内に点在しているが、従前の第四紀層の強度・変形特性に関する物性値の取得場所には偏りがあり、網羅性・代表性の観点から、改めて敷地全域にて試料のサンプリングを行い三軸圧縮試験を追加実施した。

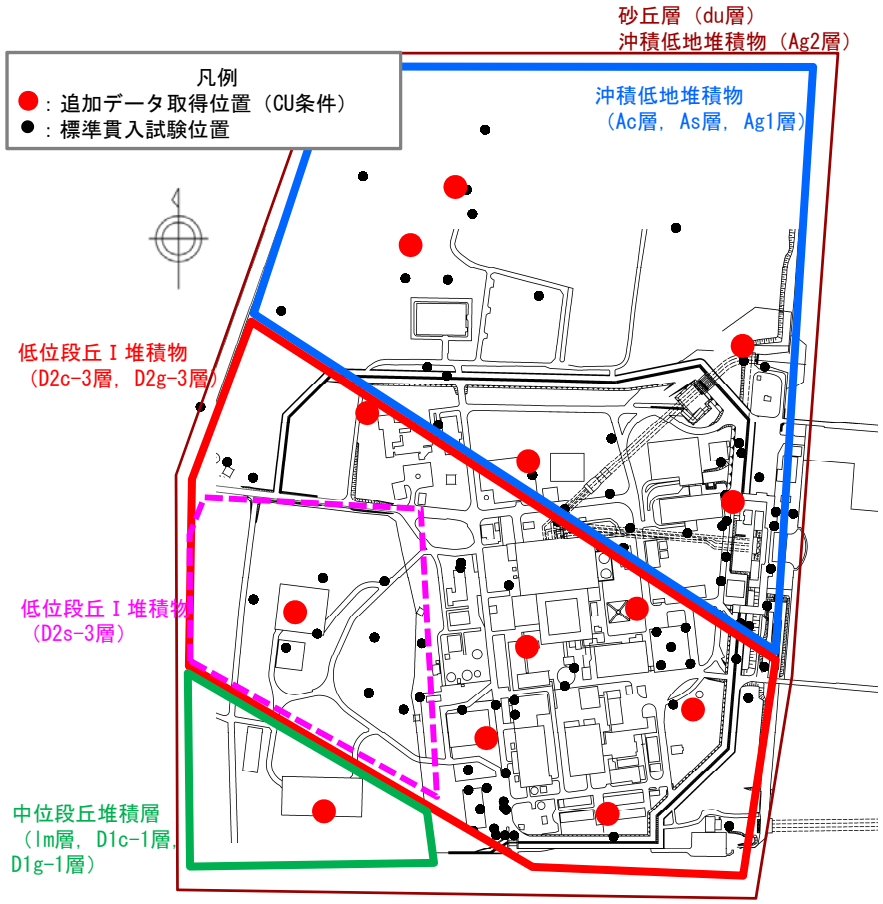
■三軸圧縮試験の実施にあたっては、第四紀層はそれぞれ厚さをもって分布していることから、地層の分布深度に伴う強度・変形特性を適切に把握できるCU条件とした（従前の試験はCUU条件）。

■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レタ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。

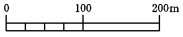


試料サンプリング位置図（申請時データ※）





試料サンプリング位置図（追加取得データ）



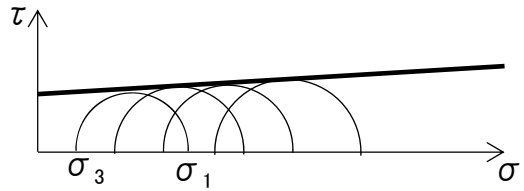
※申請時データは，平成8年の設置変更許可申請時に実施した地質調査等により取得した。

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σ'$_v$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σ$_3$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σ$_3$におけるせん断強度をモール円で表し、包絡線からc，Φ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。



CUU試験結果のイメージ

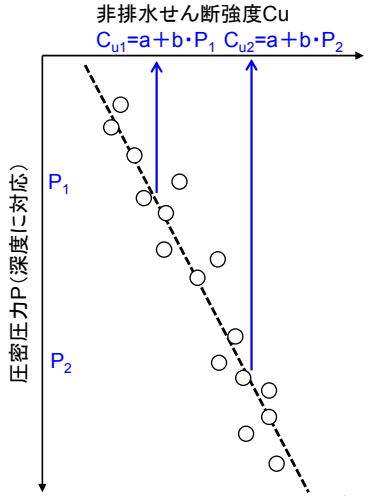
✓ 当時の地盤安定性評価は原子炉建屋のように，第四紀層が浅部で薄く分布しているような地盤条件に限られており，深度方向への強度増分による影響は比較的小さかったことから，上記の試験を採用していた。

✓ 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σ'$_v$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。



CU試験結果のイメージ

✓ 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タンシーが卓越するという特徴を持つ。<u>正のダイレタンシー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。</u> → 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

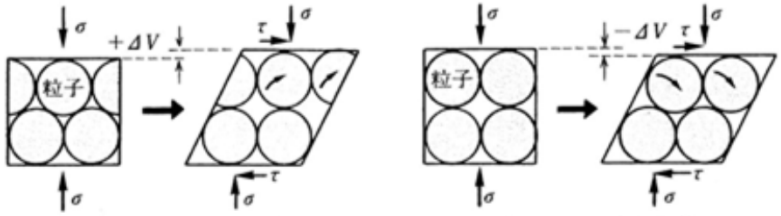
・土粒子の回転・すべり摩擦

・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）

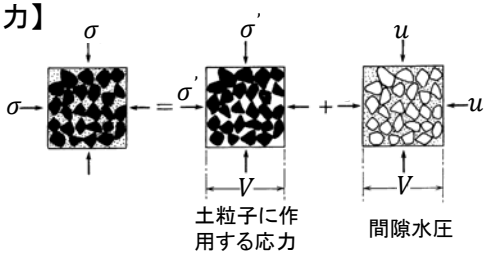
→正のダイレイタンシー：体積膨張
→負のダイレイタンシー：体積減少
} 砂質土の重要な特徴



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は】

緩詰砂

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

密詰砂

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

ダイレ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

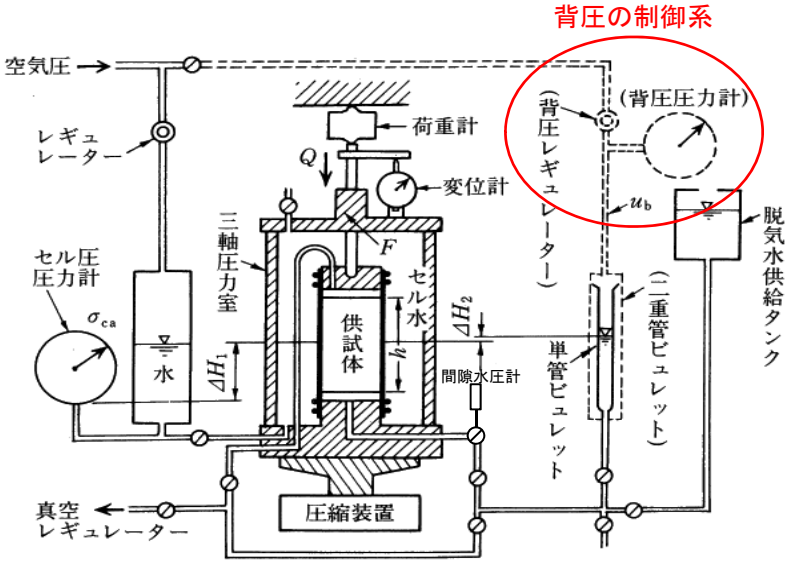
- 背圧により，間隙水に一定の圧力をかけることで，間隙中の空気の体積を減らすとともに溶解させ，飽和度を上げる。
- 特に，飽和した相対密度が密な砂質土の場合は，せん断過程で間隙水圧が負圧（$u_{BP} - u < 0$）になるのを防ぐ目的から，できるだけ高い背圧を用いるとされている。※

※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

- 正のダイレタンシーにより，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，正のダイレタンシー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，応力ー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。

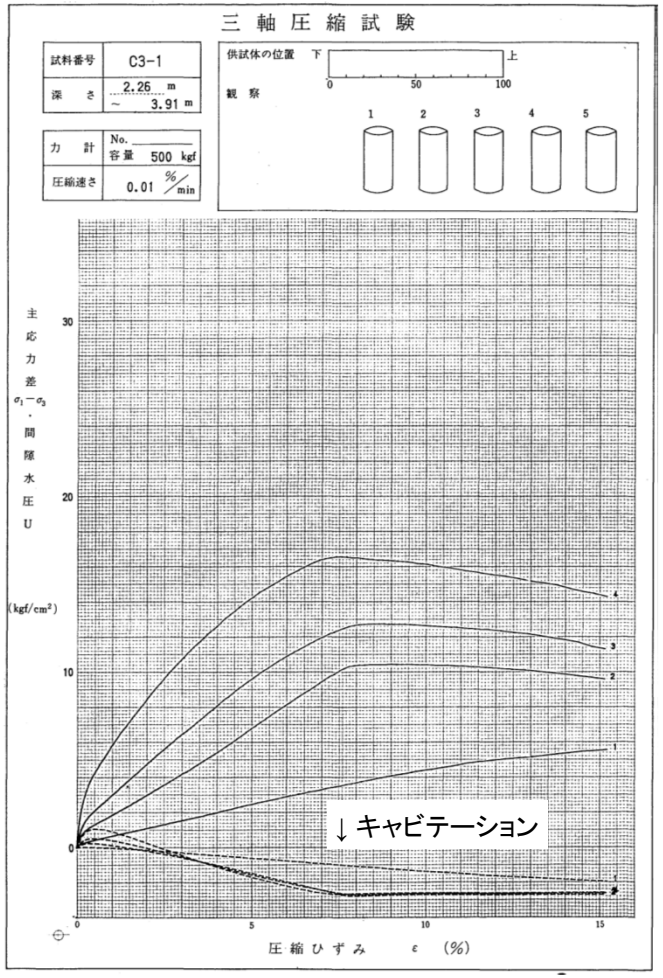
正のダイレタンシーが卓越するような密な砂層，礫層のせん断強度を適正に評価するには，キャビテーションを生じないよう，ある程度高い背圧にて三軸圧縮試験を行うことが重要である。
なお，キャビテーションを生じない適正な背圧であれば，供試体のせん断強度は背圧の値には影響されず，試験時の有効拘束圧に依存して決まる。



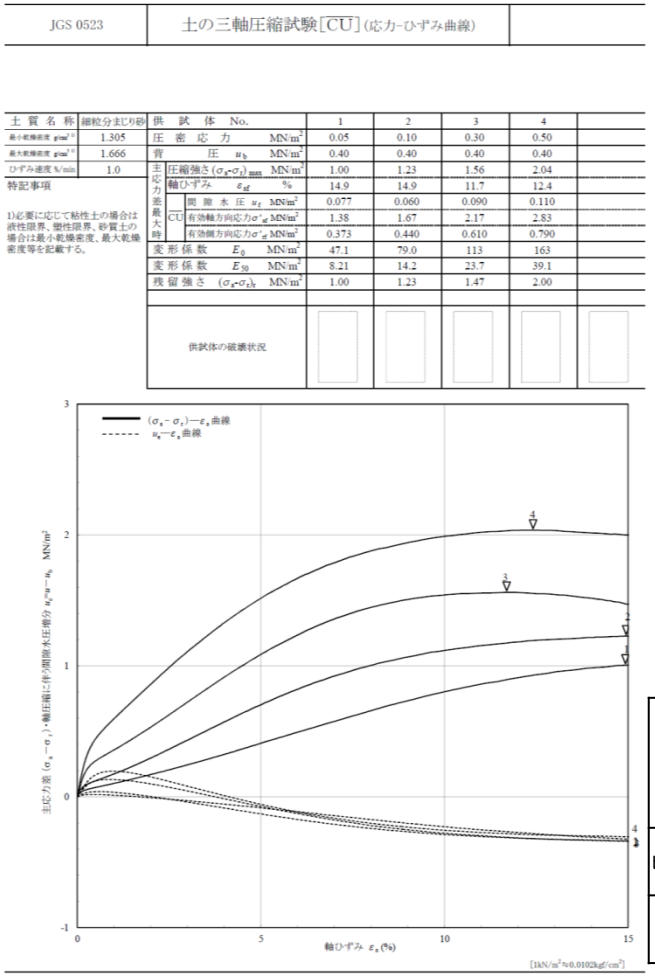
三軸圧縮試験装置の概要

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）

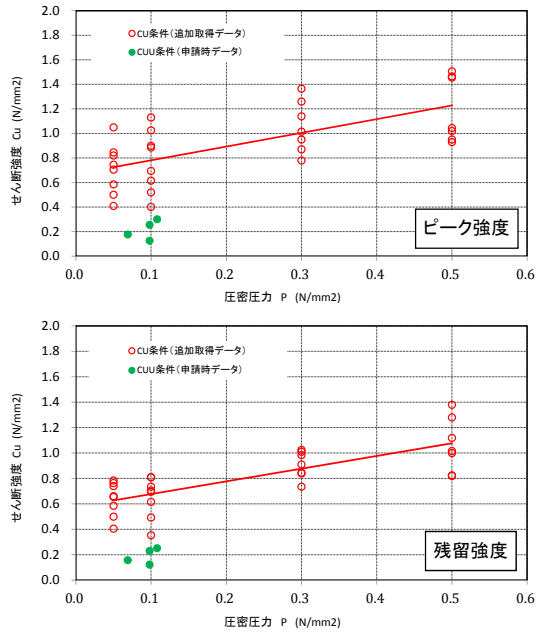
du層



平成8年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）



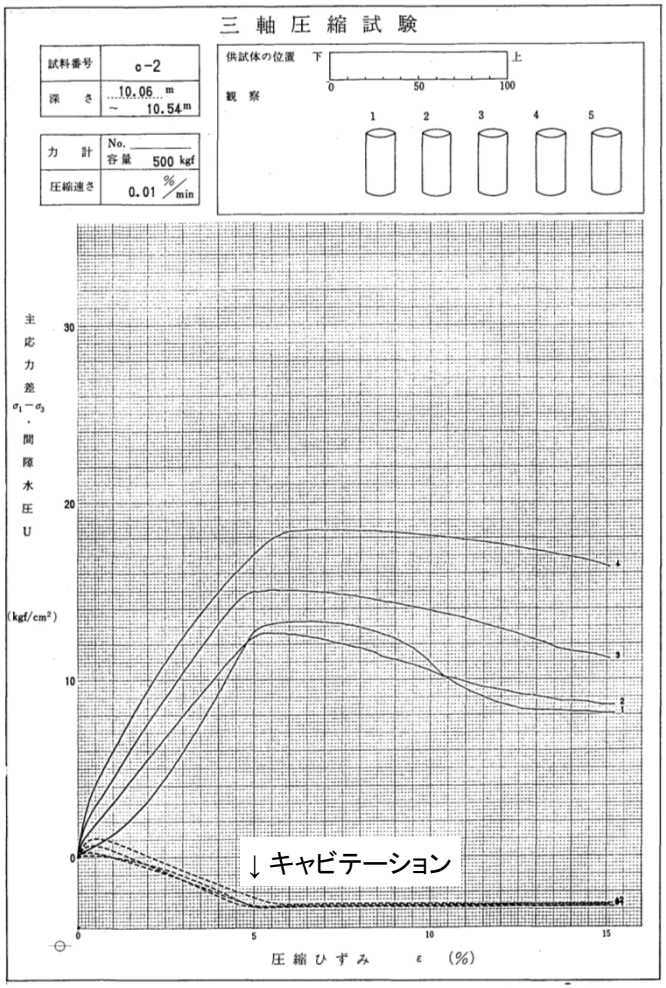
du層	申請時データ（CUU条件）		追加取得データ（CU条件）	
	せん断強度 τ_0(N/mm²)	内部摩擦角 ϕ(°)	P依存式の切片	P依存式の傾き
ピーク強度	0.059	34.1	0.670	1.12
残留強度	0.047	32.8	0.577	1.00

せん断強度特性の比較結果

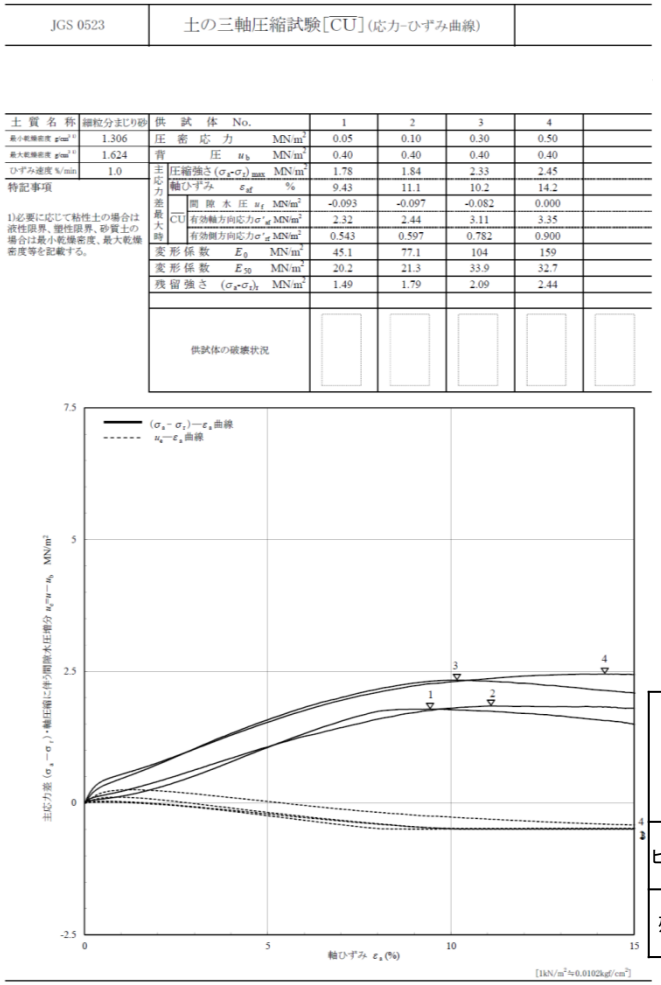
- ✓ 申請時データは，背圧の設定が低くキャビテーションを生じていることから，せん強度特定を過小評価している。
- ✓ 追加取得データでは，キャビテーションは生じておらず，適正なせん強度が求められている。

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）

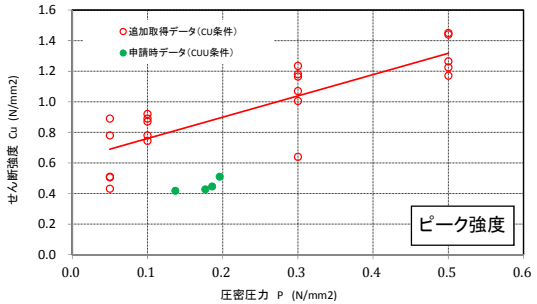
Ag2層

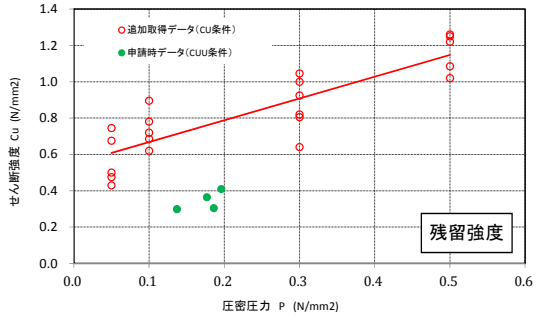


平成8年の背圧設定による試験結果（申請時データ）



適正化した背圧による試験結果（追加取得データ）





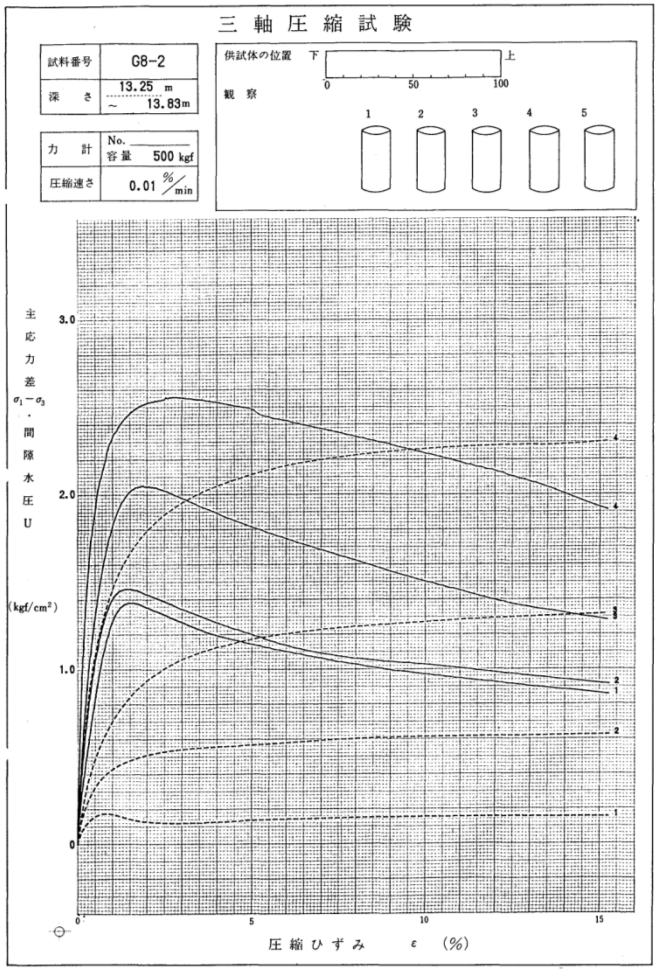
Ag2層	申請時データ(CUU条件)		追加取得データ(CU条件)	
	せん断強度 τ_0(N/mm²)	内部摩擦角 ϕ(°)	P依存式の切片	P依存式の傾き
ピーク強度	0.099	36.7	0.620	1.40
残留強度	0.084	32.1	0.548	1.20

せん断強度特性の比較結果

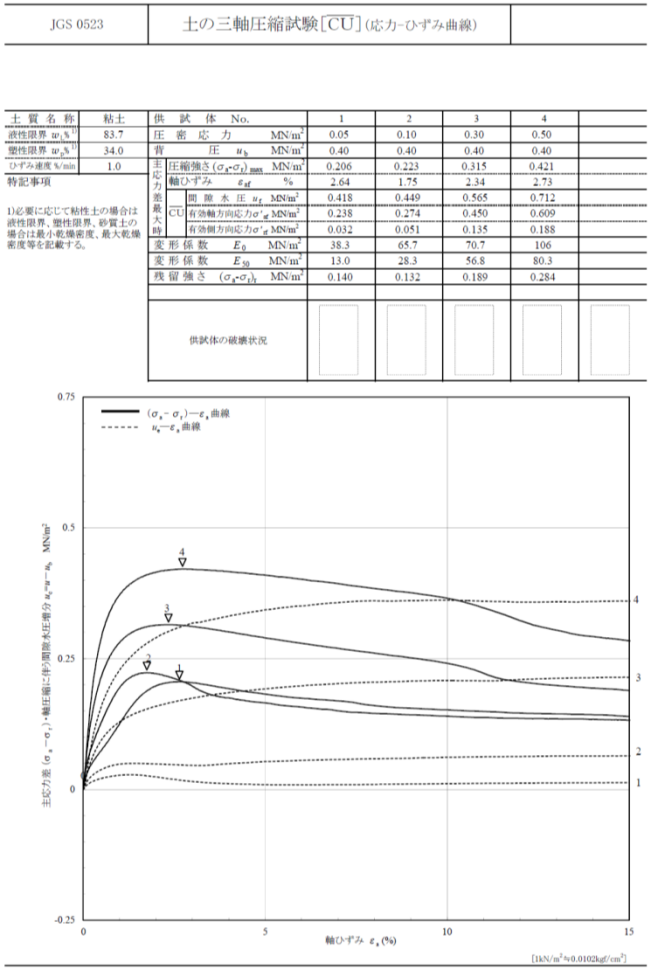
- ✓ 申請時のデータは，背圧の設定が低く，著しいキャビテーションを生じていることから，せん断強度特定を過小評価している。
- ✓ 追加取得データでは，背圧を適正化しているため，比較的適正なせん断強度が求められている。

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）

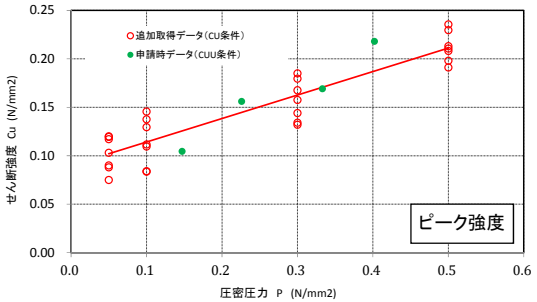
Ac層

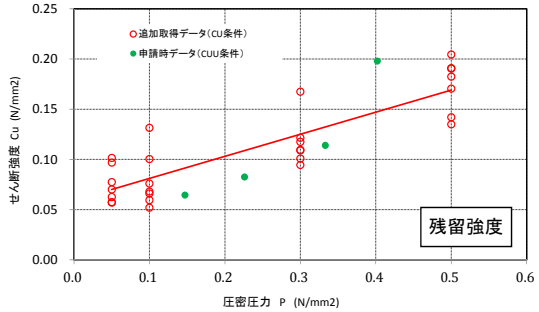


平成8年の背圧設定による試験結果（申請時データ）



適正化した背圧による試験結果（追加取得データ）





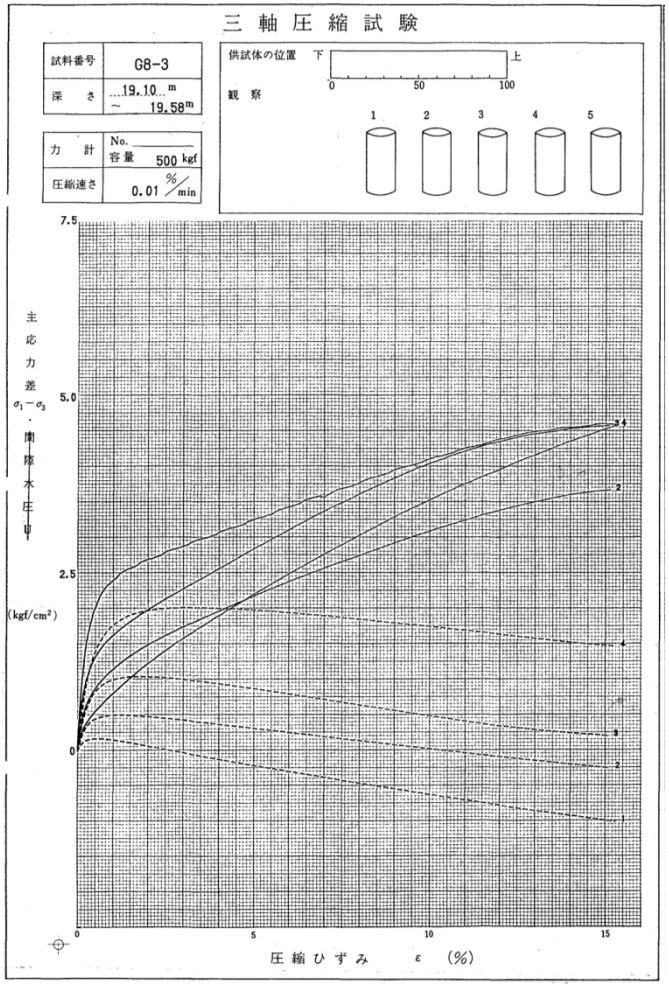
Ac層	申請時データ（CUU条件）		追加取得データ（CU条件）	
	せん断強度 τ_0 (N/mm²)	内部摩擦角 ϕ(°)	P依存式の切片	P依存式の傾き
ピーク強度	0.087	10.1	0.090	0.242
残留強度	0.039	12.3	0.059	0.220

せん断強度特性の比較結果

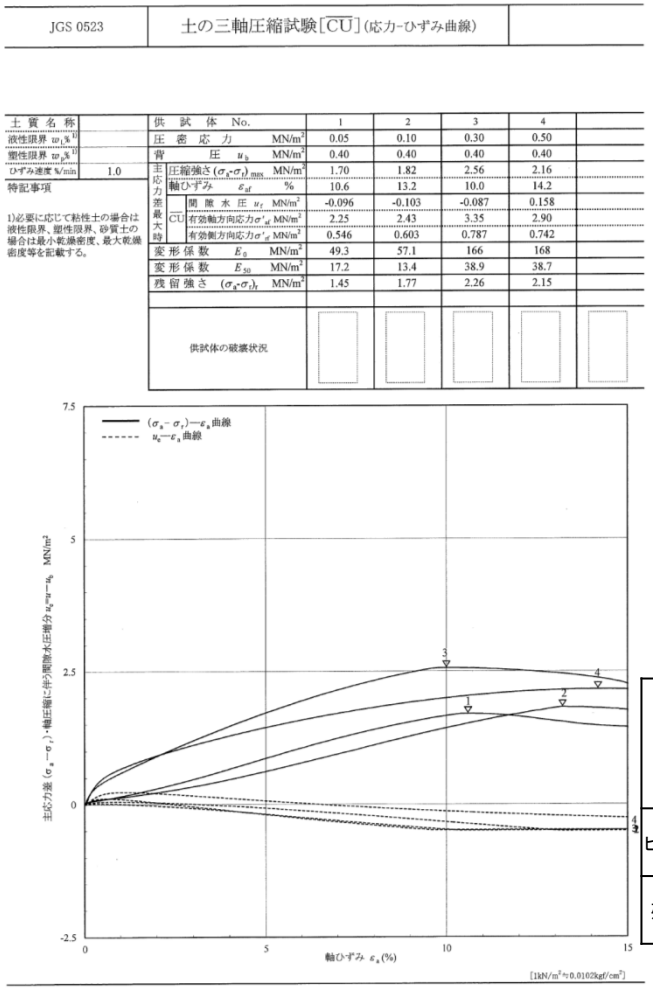
- ✓ 粘性土であるAc層については，ダイレタンシー特性がほとんど無いことから，キャビテーションを生じるおそれはない。
- ✓ よって，申請時データと追加取得データで有意な差はない。

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）

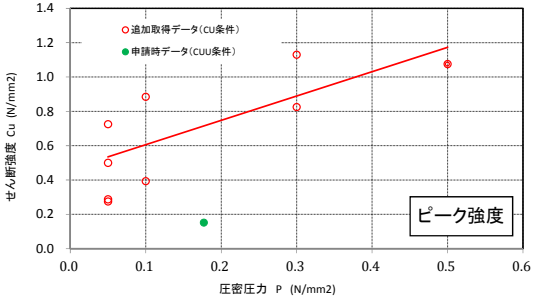
As層

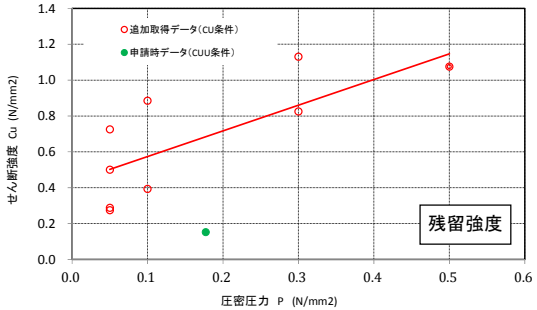


平成8年の背圧設定による試験結果（申請時データ）



適正化した背圧による試験結果（追加取得データ）





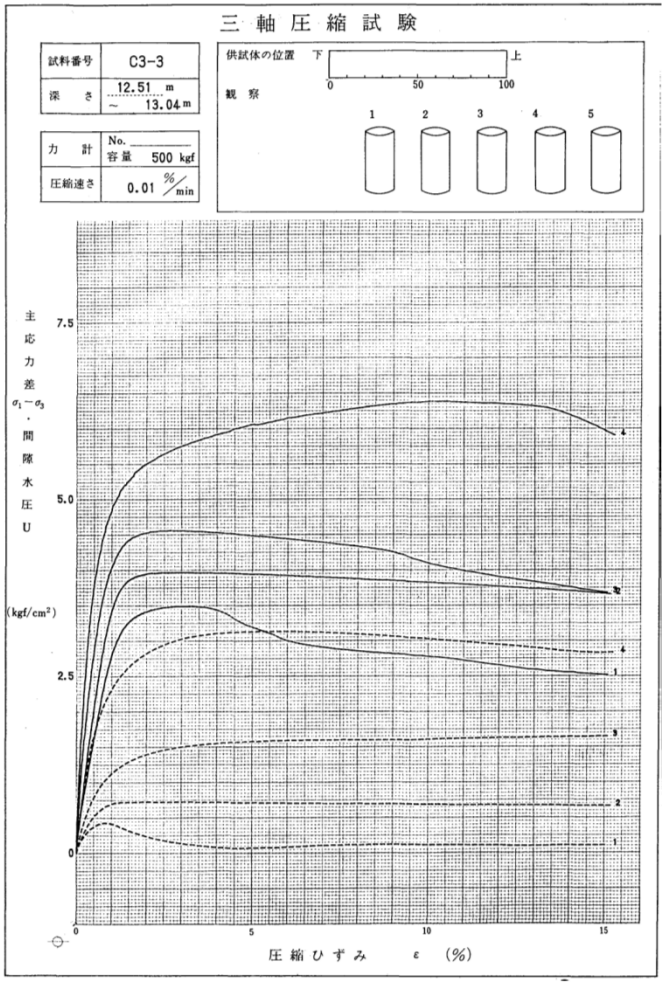
As層	申請時データ（CUU条件）		追加取得データ（CU条件）	
	せん断強度 τ_0 (N/mm²)	内部摩擦角 ϕ(°)	P依存式の切片	P依存式の傾き
ピーク強度	0.021	25.3	0.464	1.42
残留強度	0.018	25.7	0.430	1.43

せん断強度特性の比較結果

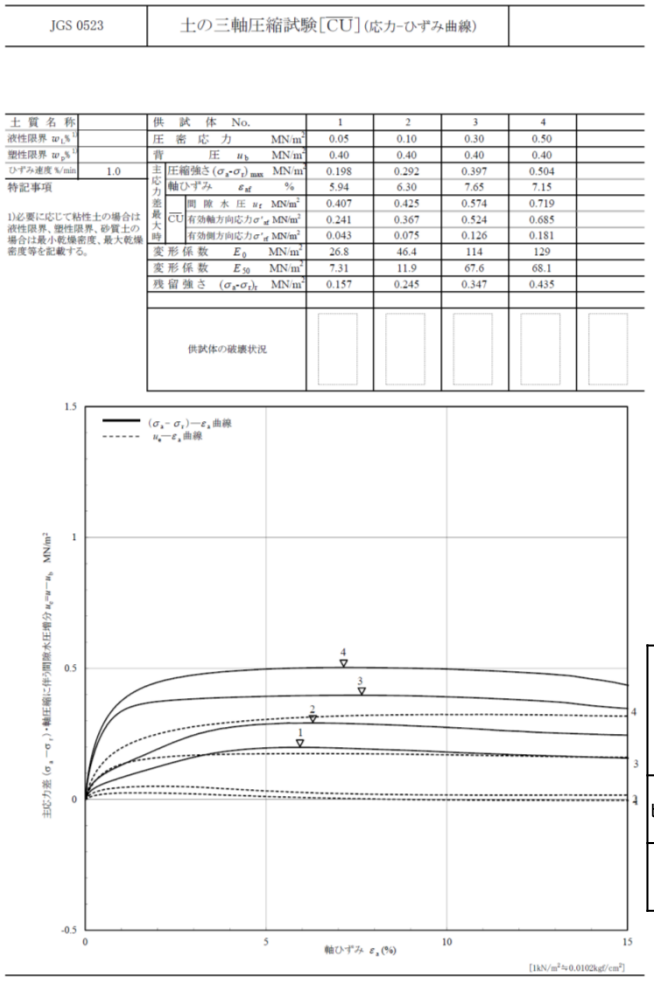
- ✓ 申請時データは，間隙水圧の推移より考察すると，粘性分が比較的卓越している供試体であり、キャビテーションを生じるほどでは無いが，正のダイレタンシーによる間隙水圧の低下が確認される。さらに，強度上昇のピークをむかえることなく試験が終了している傾向にある。
- ✓ 今回の試験では，せん断に伴い密な砂質地盤に見られる正のダイレタンシーが確認され，背圧を適正化したことにより適切な強度が取得された。

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）

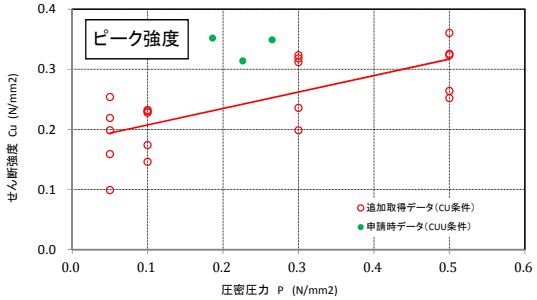
D2c-3層

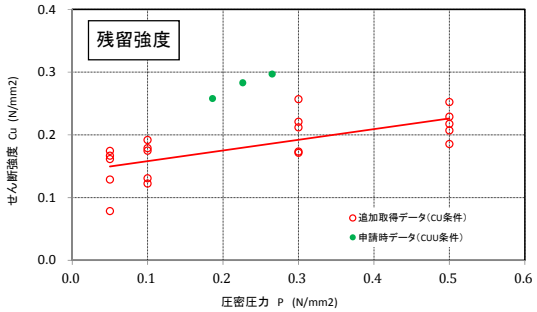


平成8年の背圧設定による試験結果（申請時データ）



適正化した背圧による試験結果（追加取得データ）





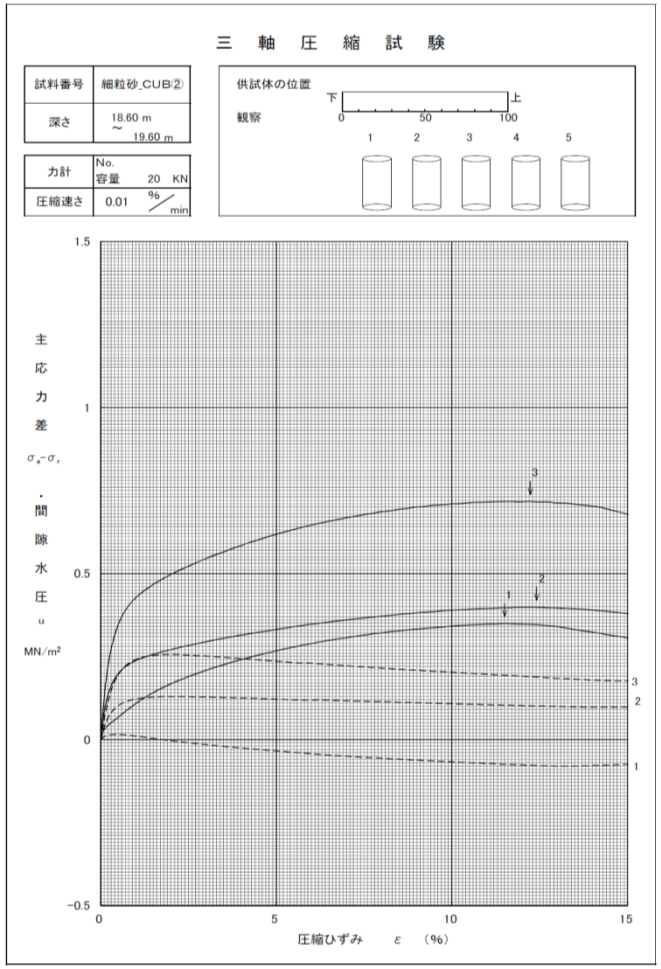
D2c-3層	申請時データ(CUU条件)		追加取得データ(CU条件)	
	せん断強度 τ_0(N/mm²)	内部摩擦角 ϕ(°)	P依存式の切片	P依存式の傾き
ピーク強度	0.103	9.5	0.180	0.274
残留強度	0.083	8.4	0.141	0.170

せん断強度特性の比較結果

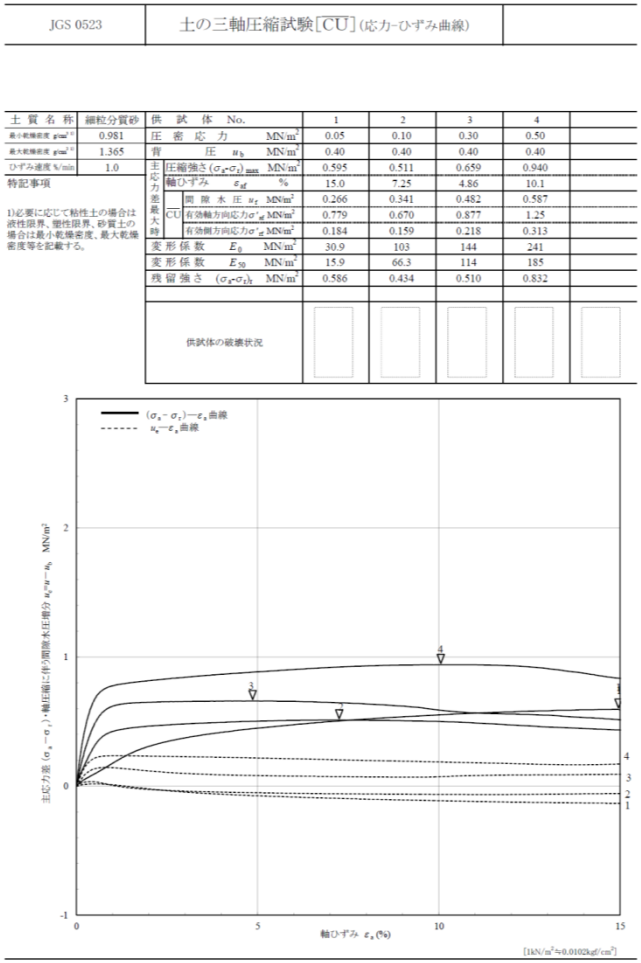
- ✓ 粘性土であるD2c-3層については，ダイレタンシー特性がないことから，キャビテーションを生じるおそれはない。
- ✓ よって，申請時データに比べ，追加取得データは小さいせん断強度に評価されているが，ばらつきの範囲内であると考える。

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）

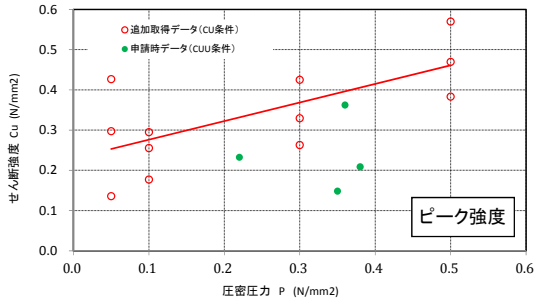
D2s-3層

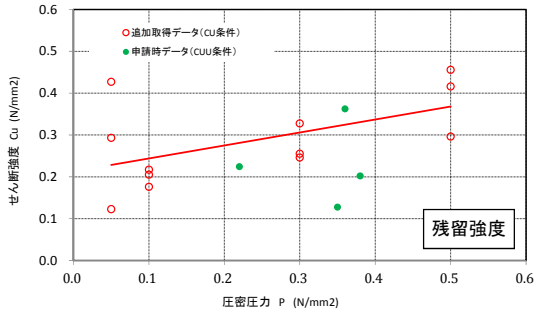


平成25年の背圧設定による試験結果（申請時データ）



適正化した背圧による試験結果（追加取得データ）





D2s-3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 τ_0(N/mm²)	内部摩擦角 ϕ(°)	P依存式の切片	P依存式の傾き
ピーク強度	0.133	13.3	0.230	0.462
残留強度	0.123	13.3	0.213	0.310

せん断強度特性の比較結果

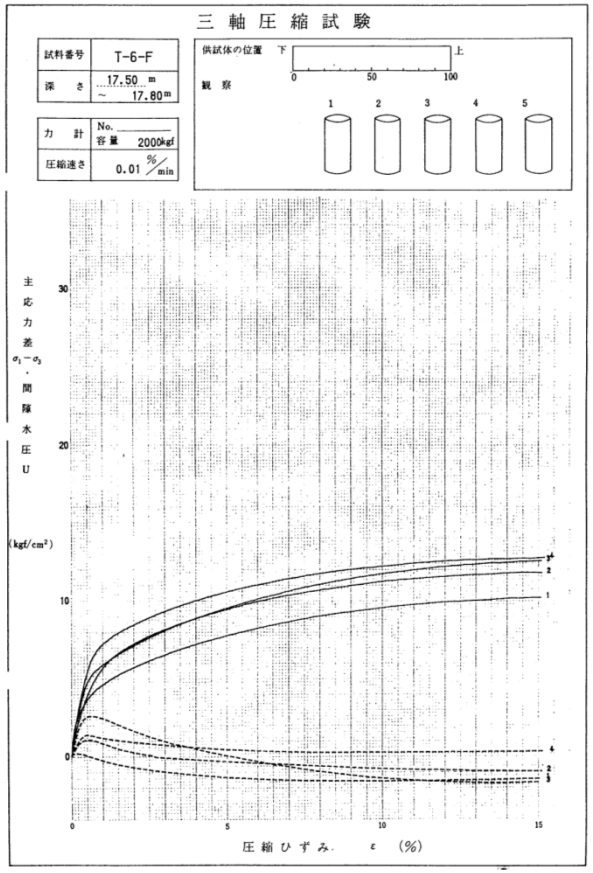
- ✓ D2s-3層の供試体は，いずれの試験においても比較的細粒なものを含んでおり，正のダイレタンシー特性は強く現れていない。
- ✓ よって，いずれの試験においてもキャビテーションは生じておらず，申請時データと追加取得データに，有意な差はない。

地盤物性値の追加データ取得（申請時データとの比較）

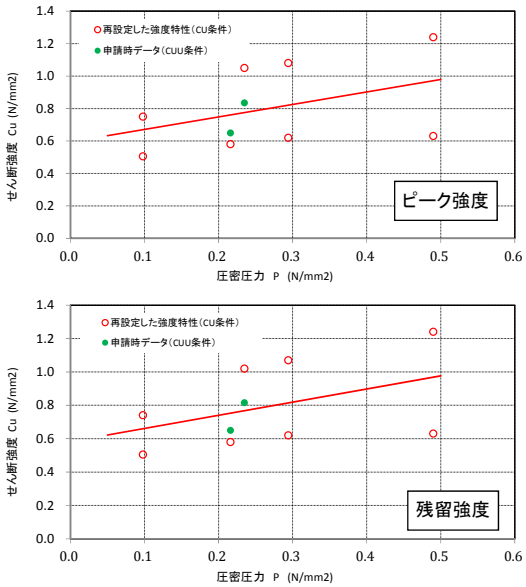
D2g-3層

D2g-3層については，ボーリング（トリプルチューブサンプリング）で試料採取を試みたものの，平均粒径が大きいため，不攪乱試料を取得することは出来なかった。よって，申請時の物性としてH8年の設置変更許可申請時に実施した三軸圧縮試験※のうち，CU条件の試験結果により，強度特性を再設定する。

※当時は，立坑内で凍結工法によるコアサンプリングを行うことで不攪乱試料を採取した。



平成8年の背圧設定による試験結果



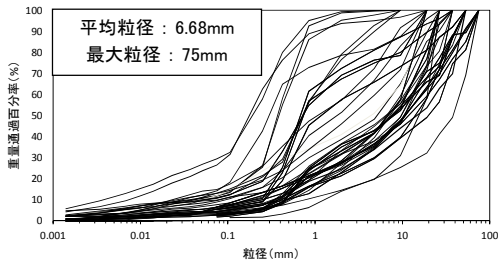
As層	申請時データ（CUU条件）		再設定した強度特性（CU条件）	
	せん断強度 τ_0(N/mm^2)	内部摩擦角 ϕ(°)	P依存式の切片	P依存式の傾き
ピーク強度	0.165	37.2	0.594	0.770
残留強度	0.165	36.4	0.582	0.788

せん断強度特性の比較結果

【参考情報】
サンプリング方法の比較とD2g-3層の粒度

○ボーリングによる採取方法（今回の調査）
・φ116mmトリプルチューブサンプラーの内径（コア径）
→ φ83mm

○立坑による採取方法（H8年の調査）
・立坑（径4m，深度G.L.-20.5m）
・凍結工法
・φ150mmダイヤモンドコアカッターの内径
→ φ120mm

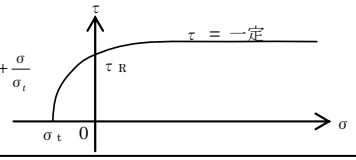


粒径加積曲線（D2g-3層）

- ✓ H8年の背圧設定において，キャビテーションは発生していない。
- ✓ よって，同条件である当時のCUU条件（申請時データ）と再設定した強度特性（CU条件）に有意な差はない。

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											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(※) ρ_t(g/cm³)	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	$1.72-1.03\times10^{-4}\cdot Z$
静的変形特性	静弾性係数 (N/mm²)	$4.00+199\cdot\sigma_c'$		10.5+142・σc'	11.4	21.1+14.8・σc'	10.5+142・σc'	32.3+5.46・σc'	16.0+48.3・σc'	83.4+160・σc'	7.26+19.6・σc'	32.3+5.46・σc'	10.5+142・σc'	221−2.23・z
動的変形特性	初期せん断(※)剛性 G_0 (N/mm²)	80.3		109	—	—	—	129	249	538	24.8	139	109	—
		87.3		116	$\rho_{sat}/1000\times Vs^2$ Vs=163−1.54z	$\rho_{sat}/1000\times Vs^2$ Vs=211−1.19z	246						116	$\rho_t/1000\times Vs^2$ Vs＝433−0.771・Z
	動ポアソン比(※) ν_d	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	$0.463+1.03\times10^{-4}\cdot Z$
	せん断剛性のひずみ依存性 $G/G_0\sim\gamma$	$\frac{1}{1+1540\gamma^{1.04}}$		$\frac{1}{1+2520\gamma^{1.14}}$	$\frac{1}{1+269\gamma^{0.909}}$	$\frac{1}{1+422\gamma^{0.951}}$	$\frac{1}{1+1730\gamma^{1.11}}$	$\frac{1}{1+269\gamma^{0.862}}$	$\frac{1}{1+1100\gamma^{0.994}}$	$\frac{1}{1+237\gamma^{0.732}}$	$\frac{1}{1+222\gamma^{0.975}}$	$\frac{1}{1+269\gamma^{0.862}}$	$\frac{1}{1+2520\gamma^{1.14}}$	$\frac{1}{1+107\gamma^{0.824}}$
	減衰定数 $h\sim\gamma$	$\frac{\gamma}{(4.27\gamma+0.00580)}+0.0102$		$\frac{\gamma}{(4.10\gamma+0.00577)}+0.00413$	$\frac{\gamma}{(6.65\gamma+0.0104)}+0.0222$	$\frac{\gamma}{(4.40\gamma+0.0122)}+0.0144$	$\frac{\gamma}{(3.73\gamma+0.0102)}+0.00791$	$\frac{\gamma}{(6.62\gamma+0.00949)}+0.0205$	$\frac{\gamma}{(5.68\gamma+0.00560)}+0.0132$	$\frac{\gamma}{(9.70\gamma+0.00754)}+0.0233$	$\frac{\gamma}{(8.21\gamma+0.0261)}+0.0121$	$\frac{\gamma}{(6.62\gamma+0.00949)}+0.0205$	$\frac{\gamma}{(4.10\gamma+0.00577)}+0.00413$	$\frac{\gamma}{(4.41\gamma+0.0494)}+0.0184$
強度特性	ピーク強度 C_u(N/mm²)	0.491P +0.200	1.12P +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 τ_0(N/mm²)	0.500P +0.195	1.00P +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	$\tau^2=0.632\cdot\sigma$ ($\sigma<0.572$N/mm²) $\tau=0.601$ ($\sigma\geqq0.572$N/mm²)
備　考		第三系の強度特性は右図より設定する。 $\left(\frac{\tau}{\tau_R}\right)^2=1+\frac{\sigma}{\sigma_t}$  $\sigma_t=0.141-0.00114\cdot Z$ $\tau_R=0.364-0.00168\cdot Z$ $C_{CUU}=0.837-0.00346\cdot Z$ $\phi=0^\circ$ Z：標高E.L.表示(m)											

：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、一部の地層に対してはCU条件による三軸圧縮試験を追加実施して強度設定を行った。

（※）：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。

解析用地盤物性一覧表（地盤改良体）

■解析用地盤物性のうち，地盤改良体について以下に掲載する。

項目		地盤改良体（セメント混合系）		設定根拠
		一軸圧縮強度（8.5N/mm²以下）	一軸圧縮強度（8.5N/mm²以上）	
物理特性	密度 ρ_t(g/cm³)	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 (N/mm²)	581	2159	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 G_0（N/mm²）	$G_0 = \rho_t / 1000 \times Vs^2$ $Vs = 147.6 \times q_u^{0.417}$（m/s） q_u：地盤改良体の一軸圧縮強さ（kgf/cm²）		文献(※)より“一軸圧縮強さq_u～せん断波速度Vs”の関係式を引用し設定
	動ポアソン比 ν_d	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 $G/G_0 \sim \gamma$	$G/G_0 = \dfrac{1}{1+\gamma/0.000537}$	$G/G_0 = \dfrac{1}{1+\gamma/0.001560}$	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 $h \sim \gamma$	$h = 0.152\dfrac{\gamma/0.000537}{1+\gamma/0.000537}$	$h = 0.178\dfrac{\gamma/0.001560}{1+\gamma/0.001560}$	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 C_u(N/mm²)	1.44 P + 1.76	1.60 P + 7.80	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 τ_0(N/mm²)	1.44 P + 0.808	1.60 P + 2.05	

（※）：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 - 1σ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。

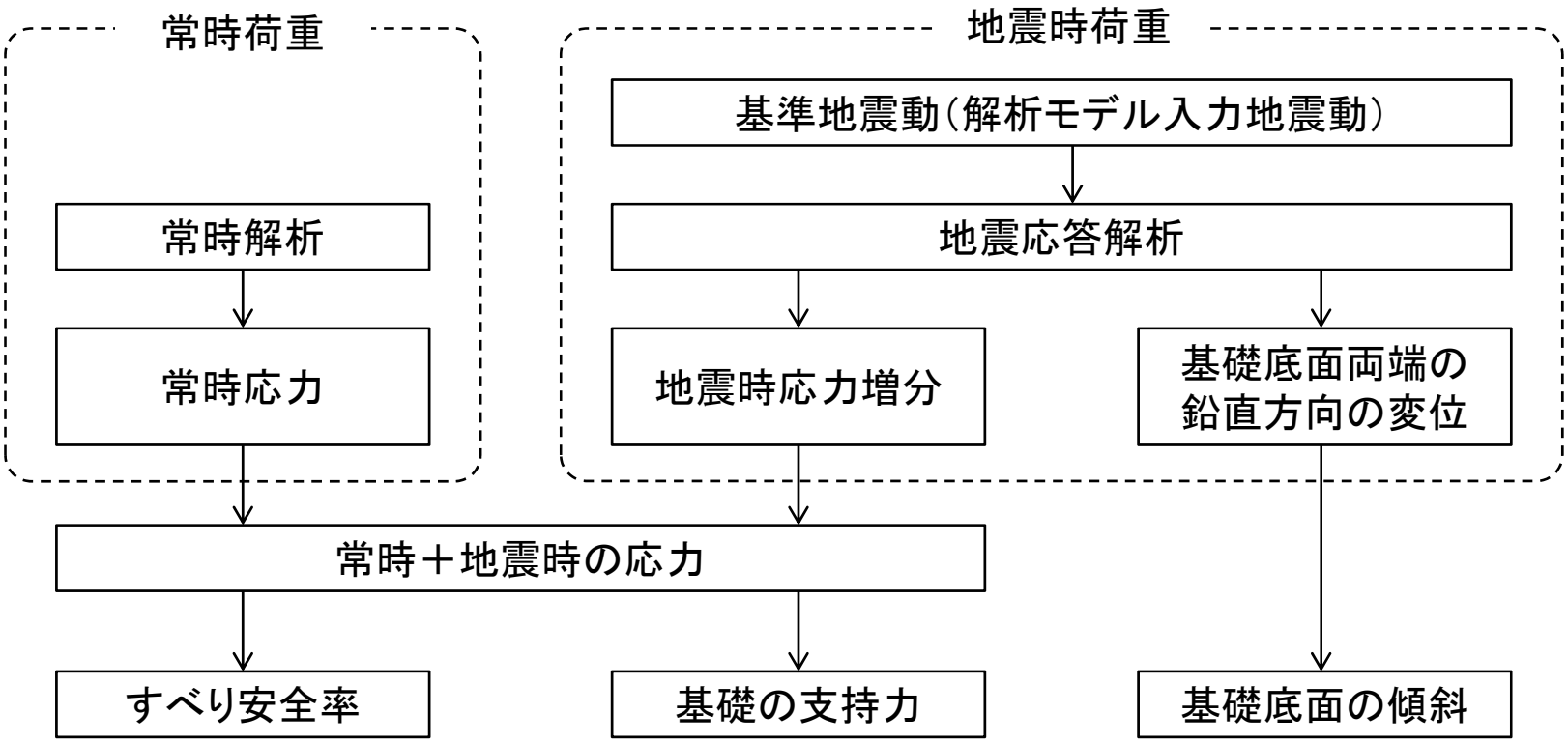
・地盤物性値を±10%して算定したすべり安全率の差を算定した結果，すべり安全率に関しては，せん断強度等の抵抗力に関係する地盤物性値の影響が非常に強く，剛性等の影響は比較的小さいことを確認した。
・「代表値±係数×標準偏差」を用いた確率論的手法による地盤物性値のばらつき評価の結果，確率論的手法によって評価したすべり安全率が，確率論的に地盤物性値を「代表値－1.0×標準偏差」に設定して評価したすべり安全率を下回る確率は小さいことを明らかにした。

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 ･････････････････ 39
2.3 評価方法 ･････････････････ 55
2.4 入力地震動 ･････････････････ 68
2.5 評価結果 ･････････････････ 76
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 ･････････････････ 104
3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響 ･････････････････ 106
4. 周辺斜面の安定性評価 ･････････････････ 115
5. まとめ ･････････････････ 121

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。

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

λ_s　：せん断波の波長(m)

V_s　：せん断波の速度（m/s）

$f_{\max}$　：考慮する地震動の最大周波数（20Hz）

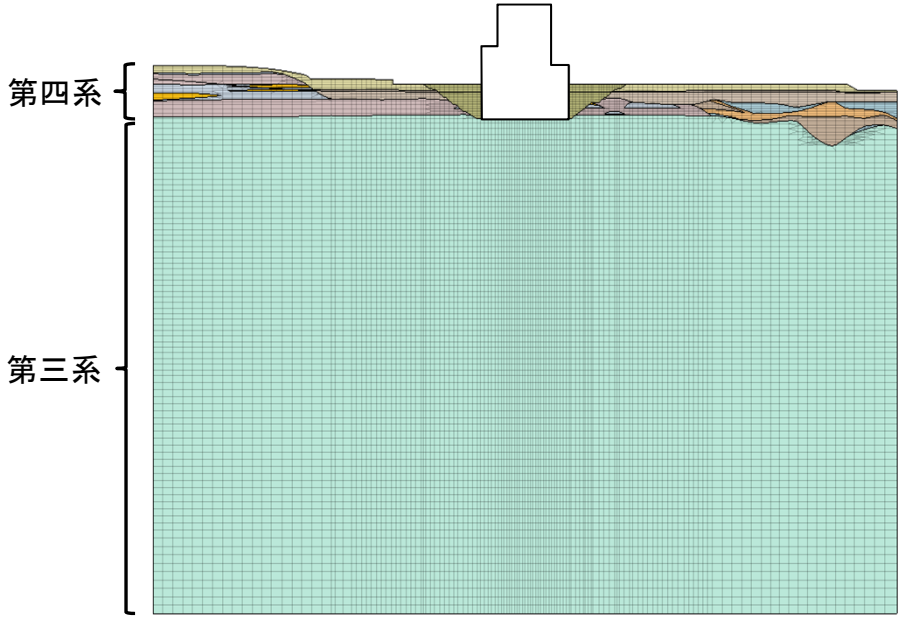
m　：分割係数（5または4）

要素の最大高さの設定

＜第1条件＞
第四系，第三系ともに分割係数5または4を基本とする。

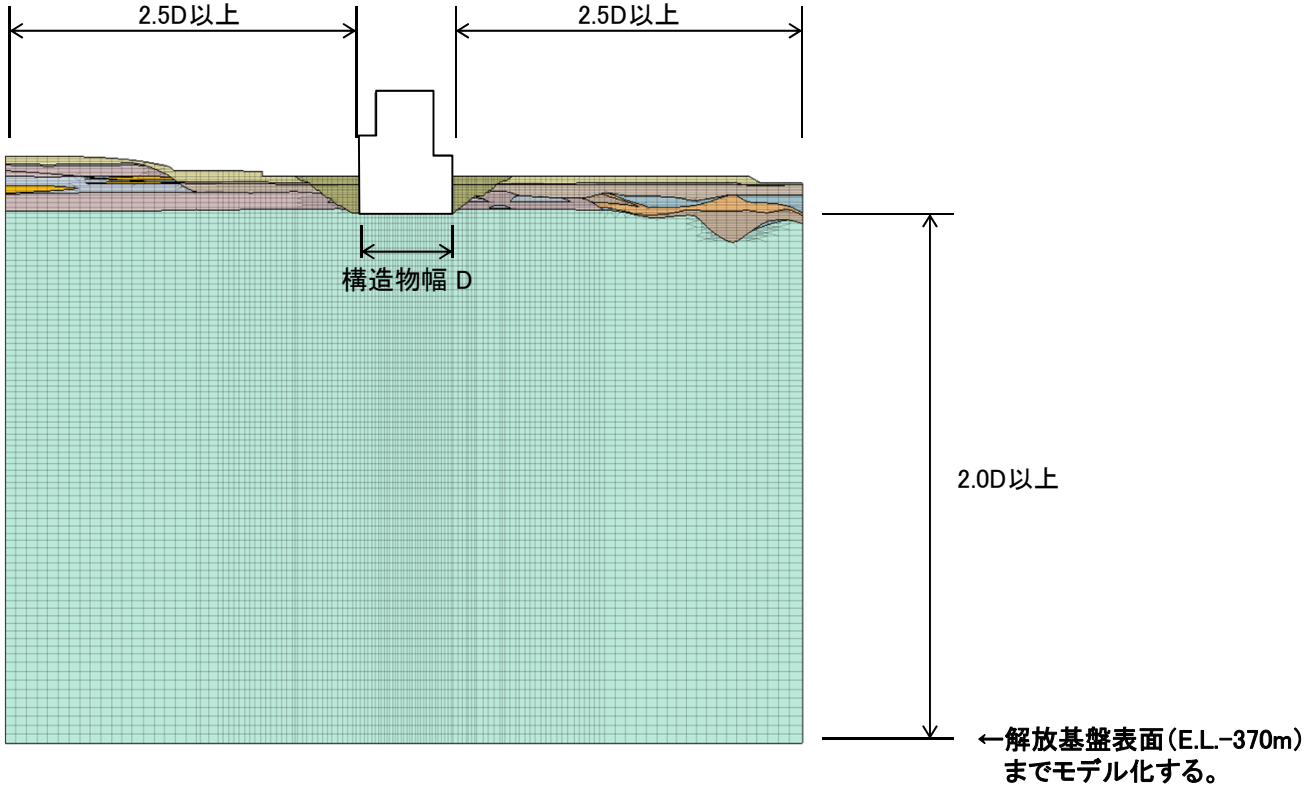
＜第2条件＞
第1条件にてH_{max}が1m以下となる場合は，1mとする。

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）

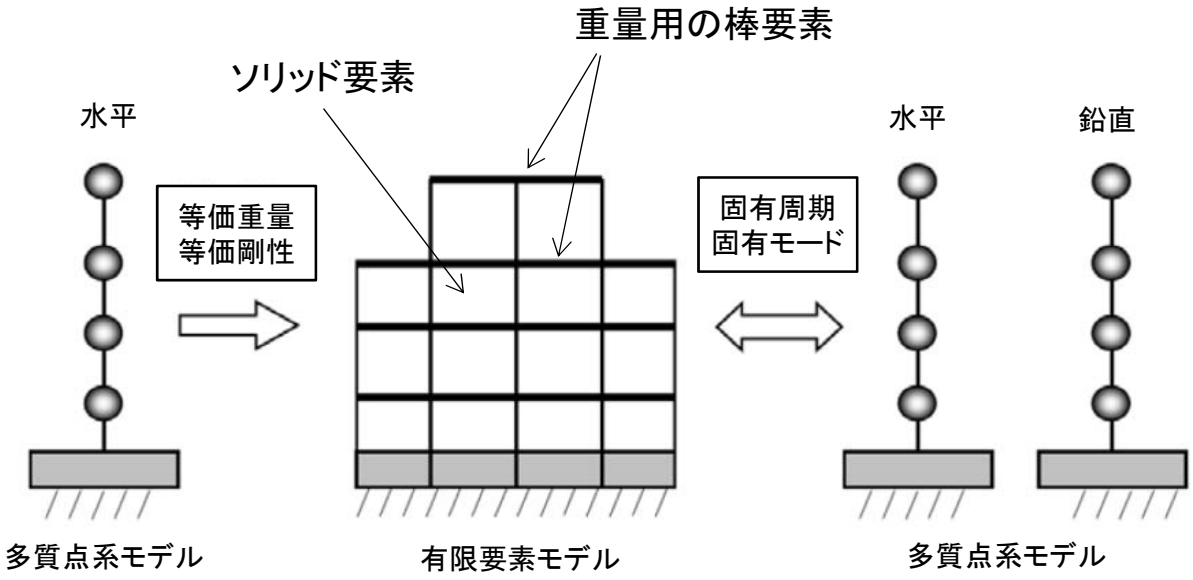
■解析メッシュ図の範囲については，評価対象構造物から側方境界及び底面境界まで，十分な離隔を設ける。



【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。

建屋のモデル化

■建屋と地盤の相互作用の影響を考慮し，規模の大きい原子炉建屋等をモデル化した。
■モデルにあたっては，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_Φを用いて，せん断剛性，変形係数及びポアソン比を求め，等価な有限要素モデルを作成した。

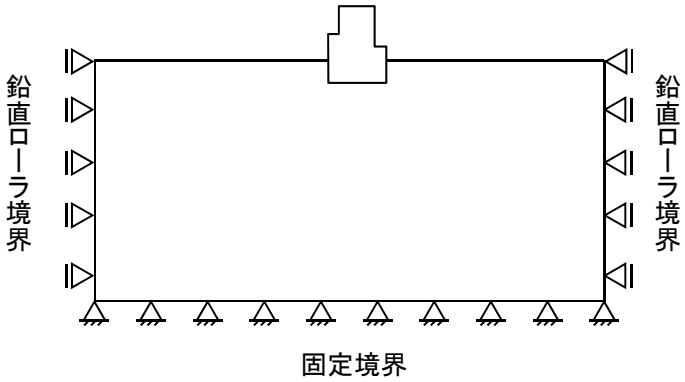


建屋モデル化手法の概念図

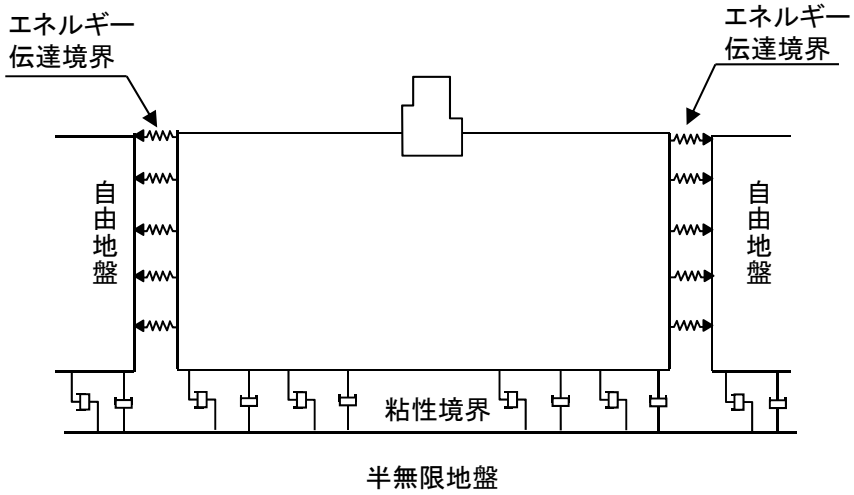
境界条件

■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）

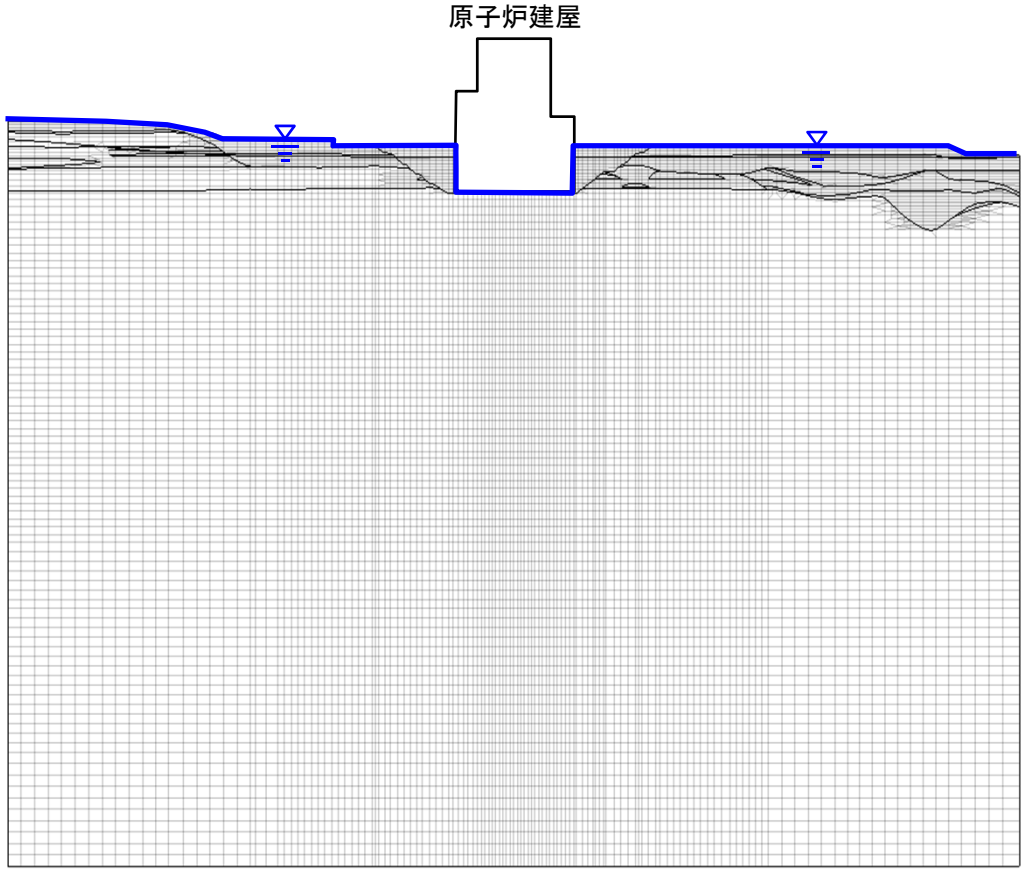


● 動的解析時（動的応力算定）



地下水位の設定

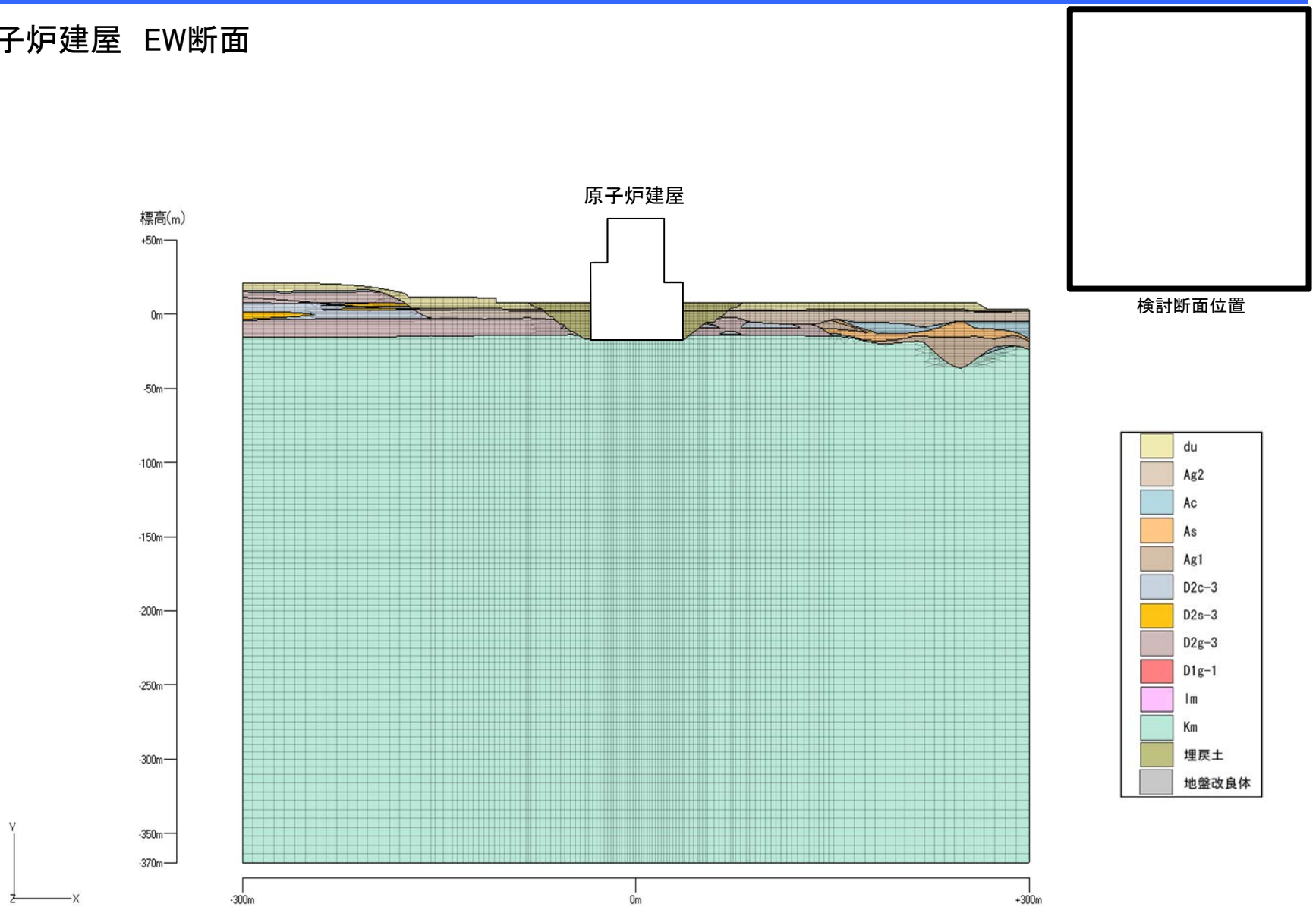
■原子炉建屋の地下水位は，原子炉建屋周辺においては地表面とし，構造物位置においては排水設備があることから，構造物基礎下端に設定した。
なお，その他の構造物の地下水位は地表面に設定した。



原子炉建屋（EW断面）の地下水位設定

解析用要素分割図〔原子炉建屋　EW断面〕

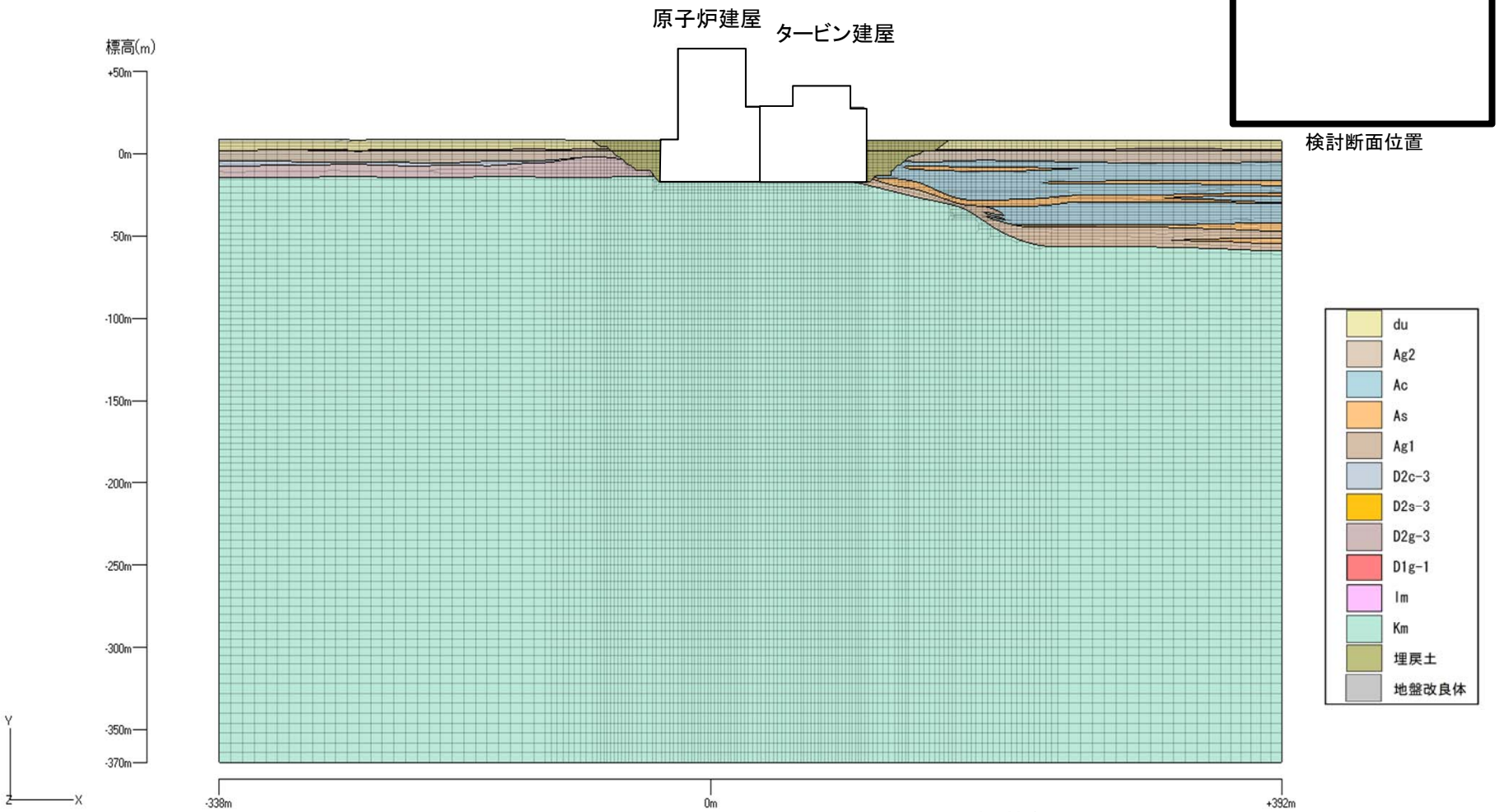
■原子炉建屋　EW断面



※解放基盤表面は，E.L.-370m

解析用要素分割図〔原子炉建屋　NS断面〕

■原子炉建屋　NS断面



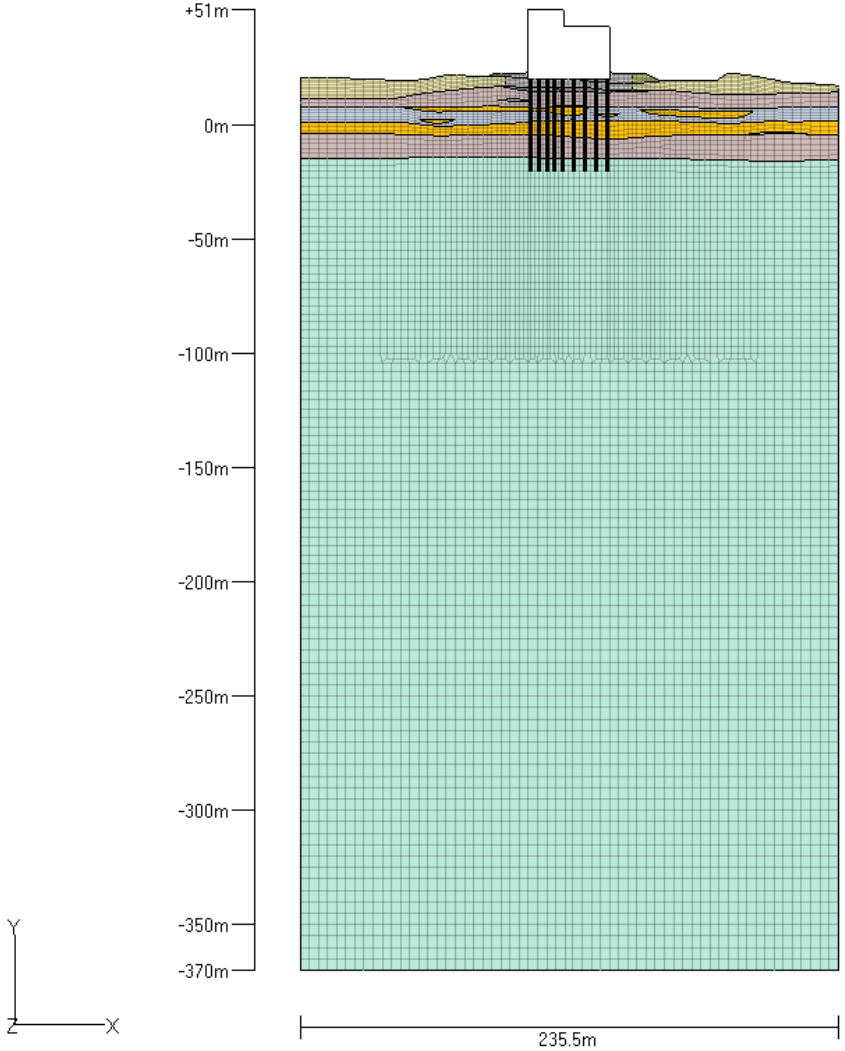
検討断面位置

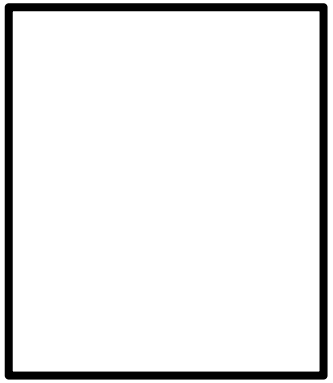
※解放基盤表面は，E.L.-370m

解析用要素分割図〔緊急時対策所　EW断面〕

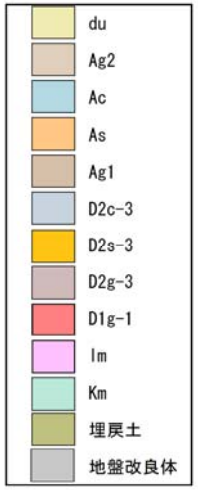
■緊急時対策所　EW断面

緊急時対策所





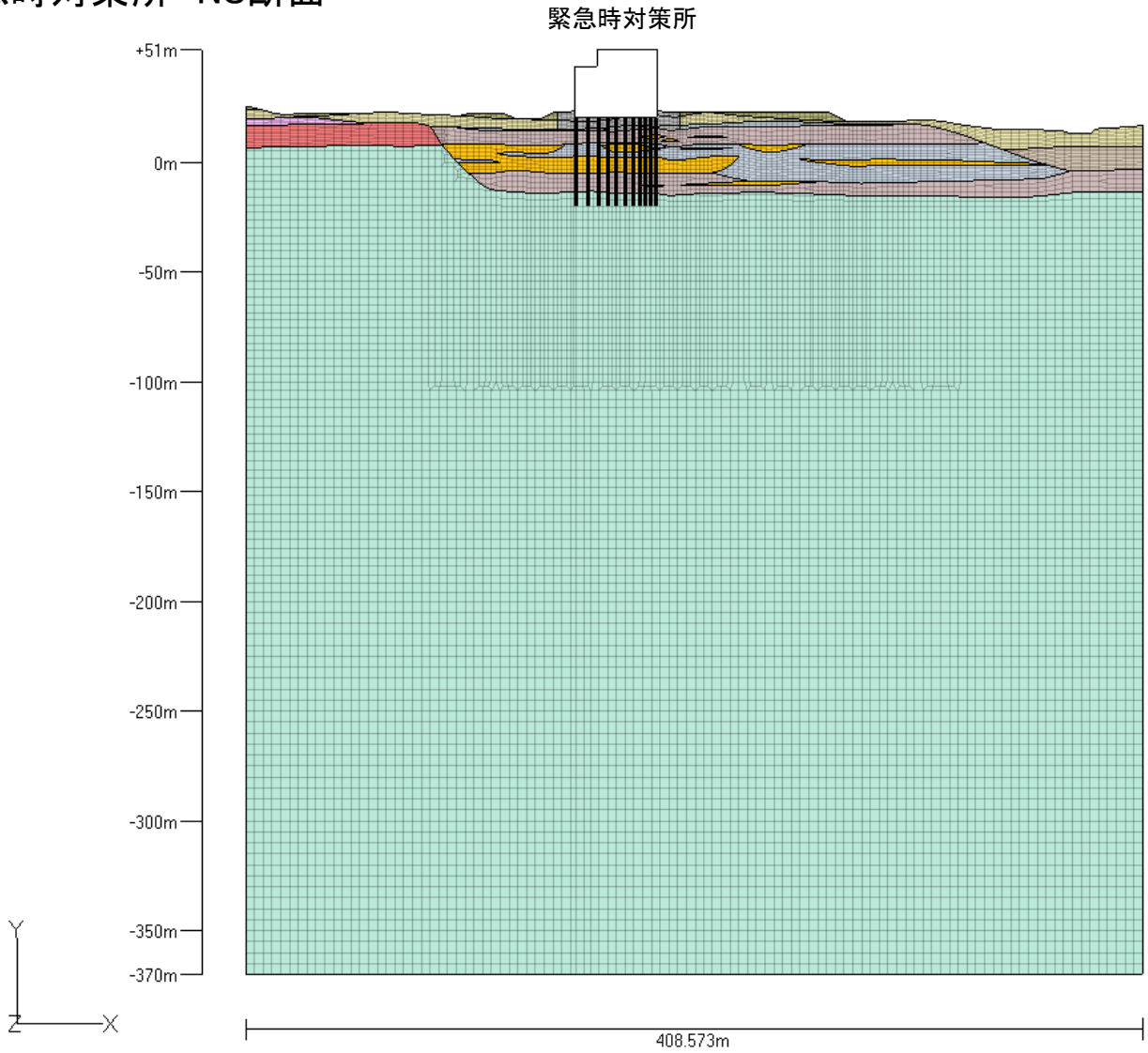
検討断面位置

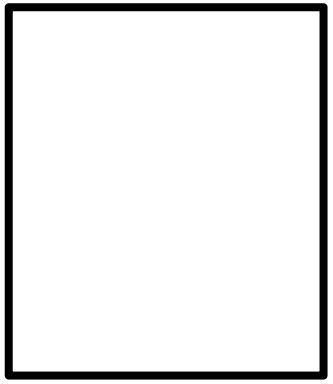


※解放基盤表面は，E.L.-370m

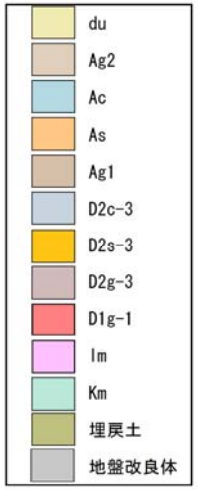
解析用要素分割図〔緊急時対策所　NS断面〕

■緊急時対策所　NS断面





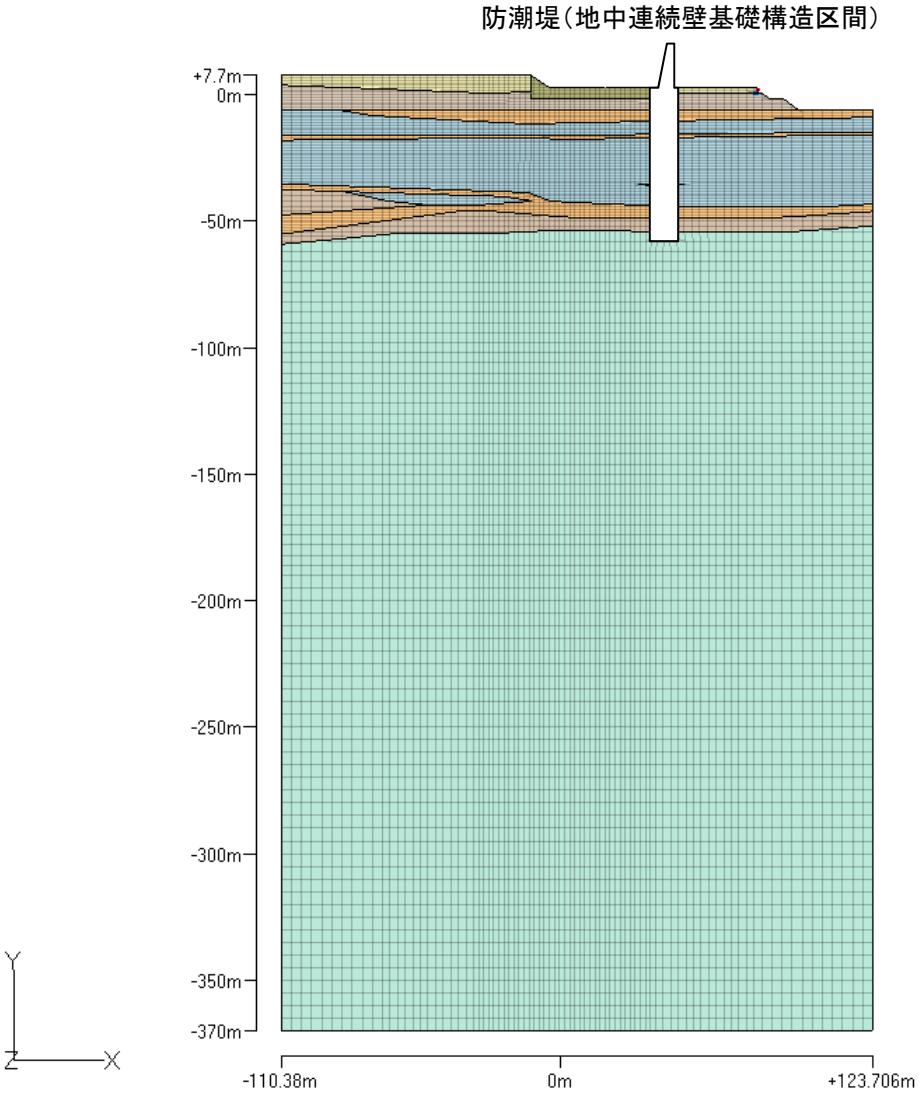
検討断面位置

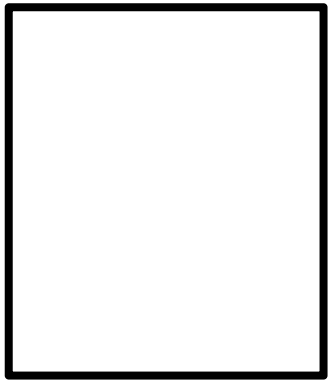


※解放基盤表面は，E.L.-370m

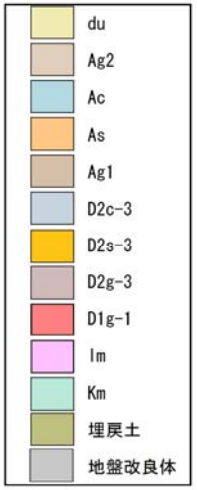
解析用要素分割図〔防潮堤(地中連続壁基礎構造区間) 汀線直交断面〕

■防潮堤(地中連続壁基礎構造区間) 汀線直交断面





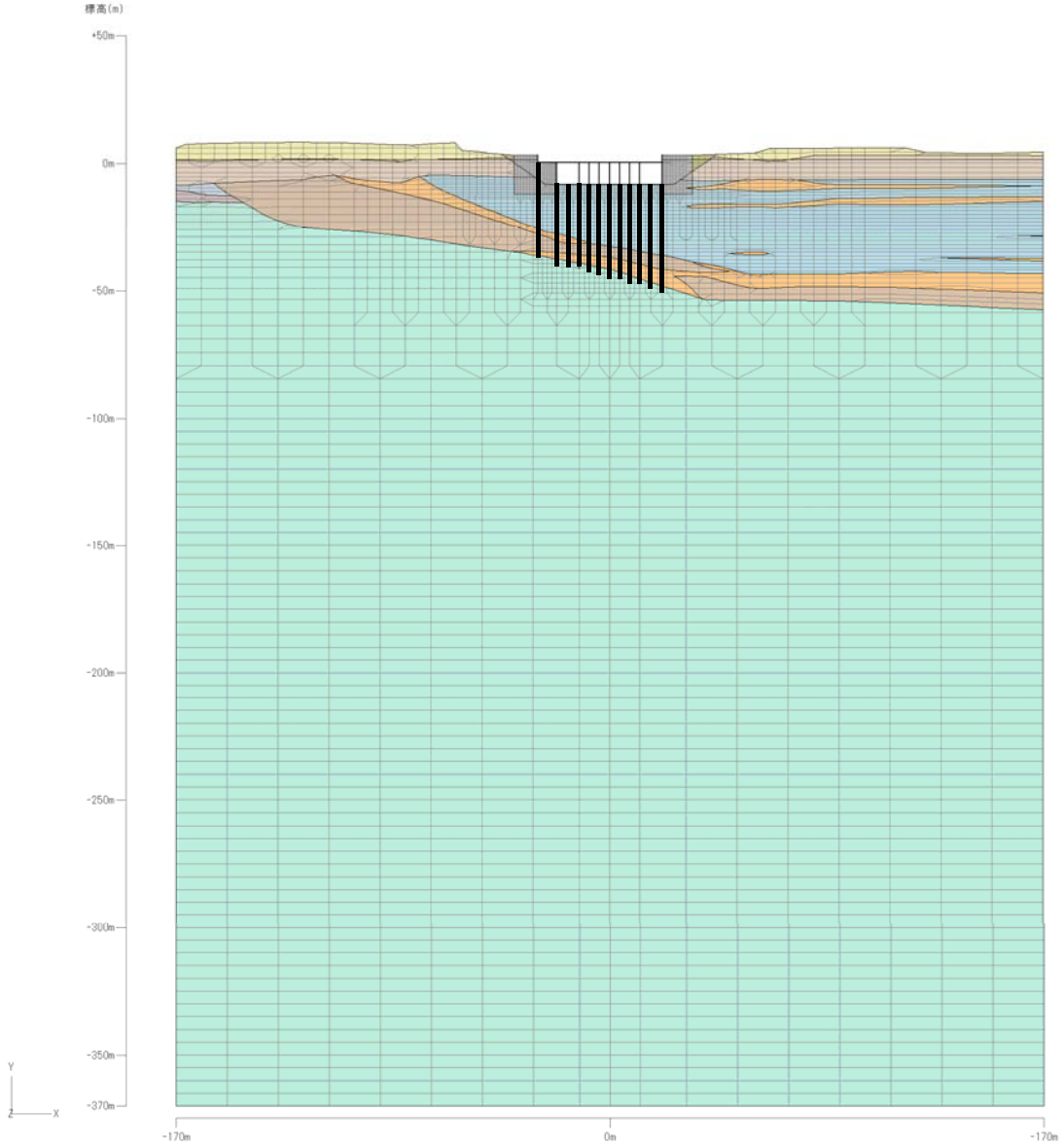
検討断面位置

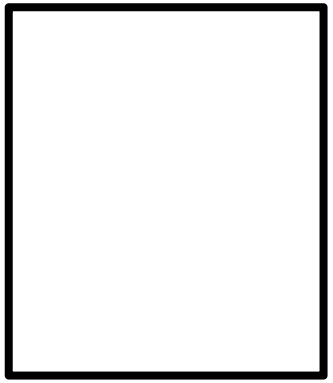


※解放基盤表面は，E.L.-370m

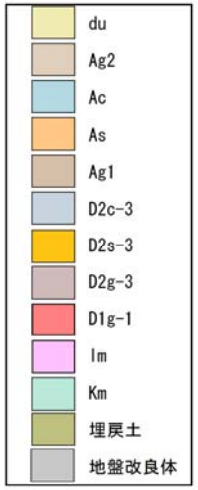
解析用要素分割図〔取水構造物(取水路，海水ポンプ室) 汀線平行断面〕

■取水構造物(取水路，海水ポンプ室) 汀線平行断面





検討断面位置



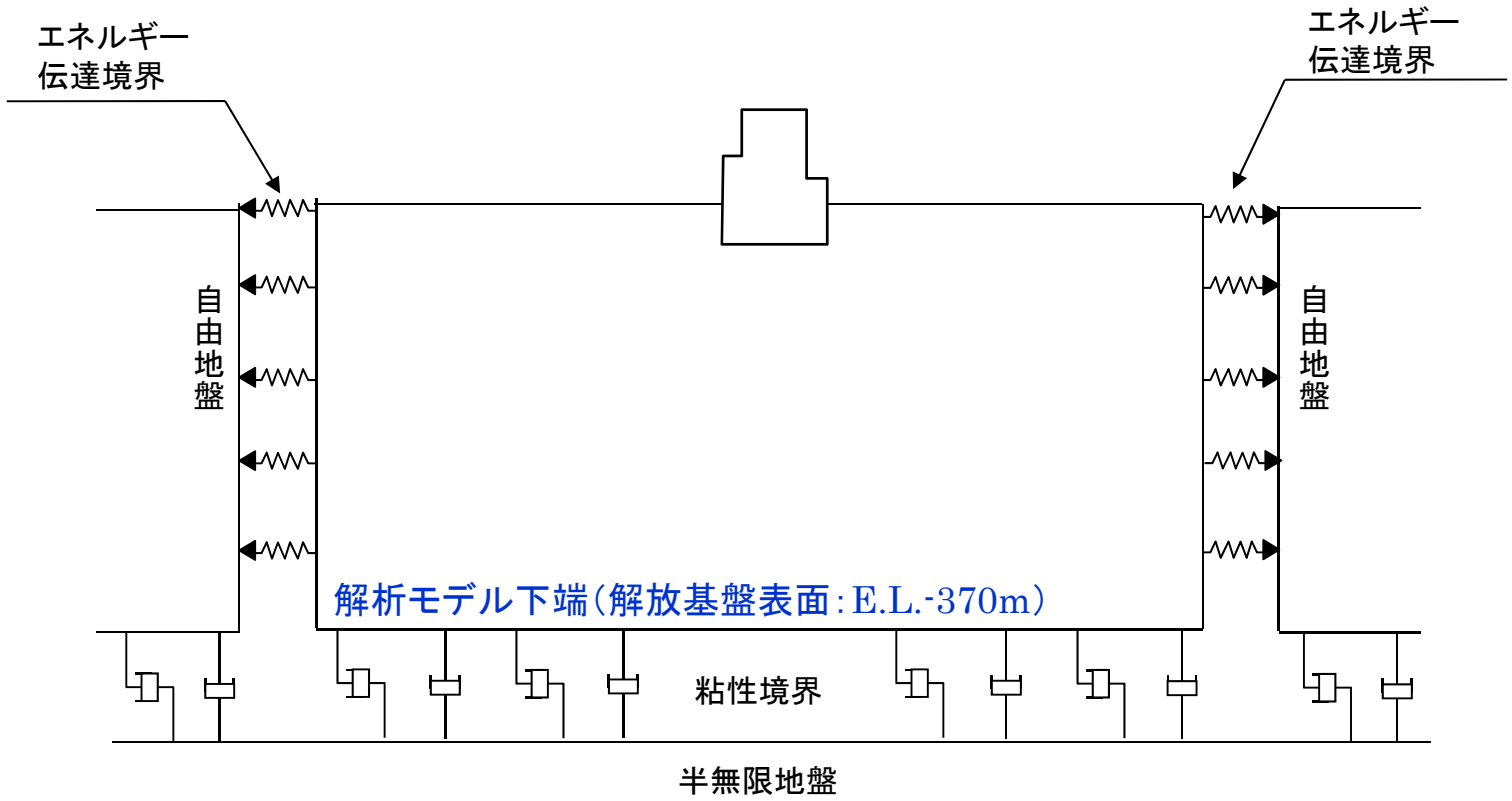
※解放基盤表面は，E.L.-370m

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 ･･････････････････ 39
2.3 評価方法 ･･････････････････ 55
2.4 入力地震動 ･･････････････････ 68
2.5 評価結果 ･･････････････････ 76
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 ･･････････････････ 104
3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響 ･･････････････････ 106
4. 周辺斜面の安定性評価 ･･････････････････ 115
5. まとめ ･･････････････････ 121

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。

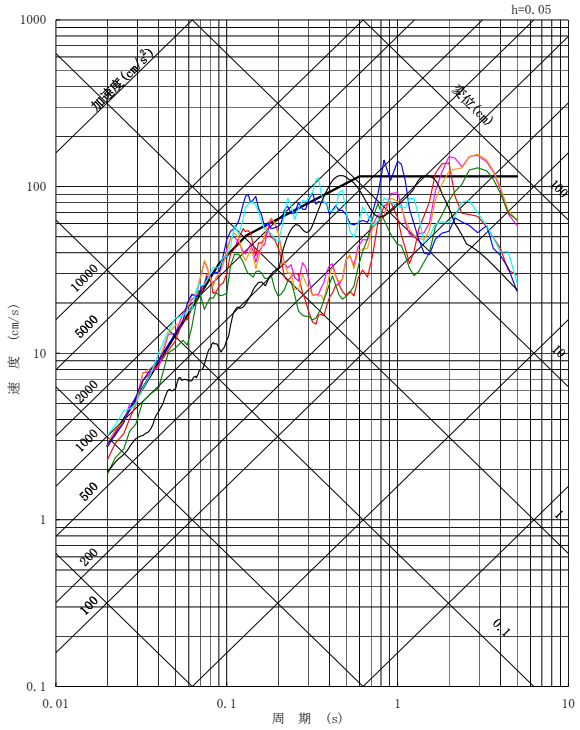


入力地震動（基準地震動Ss）の概要

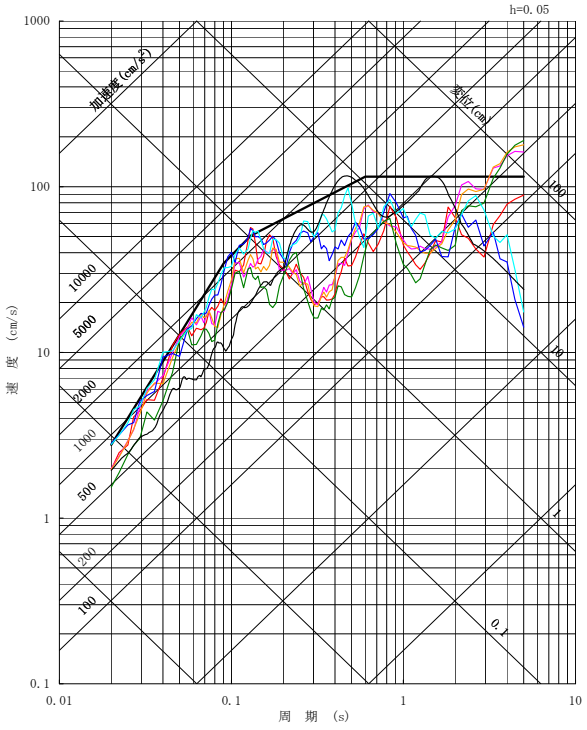
基準地震動		最大加速度（cm/s²）		
		NS成分	EW成分	UD成分
Ss-D1	応答スペクトル手法による基準地震動	870		560
Ss-11	F1断層，北方陸域の断層，塩ノ平地震断層の連動による地震 （短周期レベルの不確かさ，破壊開始点1）	717	619	579
Ss-12	F1断層，北方陸域の断層，塩ノ平地震断層の連動による地震 （短周期レベルの不確かさ，破壊開始点2）	871	626	602
Ss-13	F1断層，北方陸域の断層，塩ノ平地震断層の連動による地震 （短周期レベルの不確かさ，破壊開始点3）	903	617	599
Ss-14	F1断層，北方陸域の断層，塩ノ平地震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）	586	482	451
Ss-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）	901	887	620
Ss-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）	1009	874	736
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		280

※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。

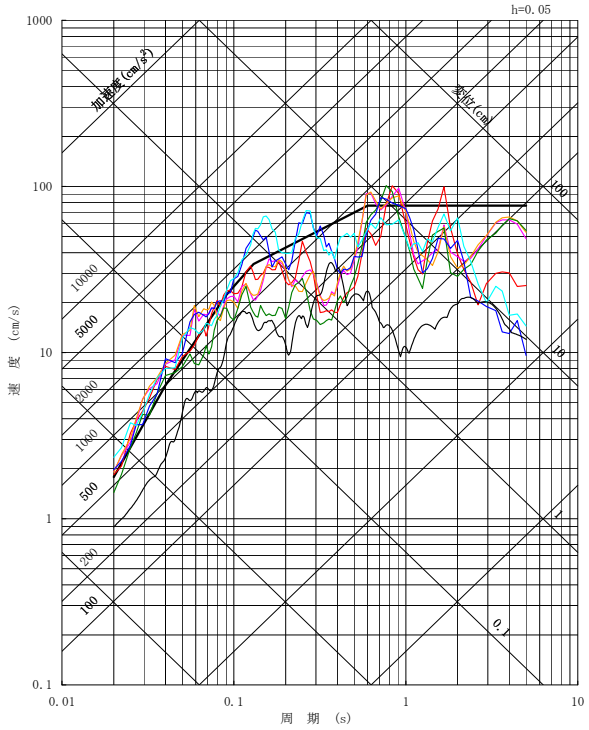
入力地震動（基準地震動Ss）の疑似速度応答スペクトル



NS方向



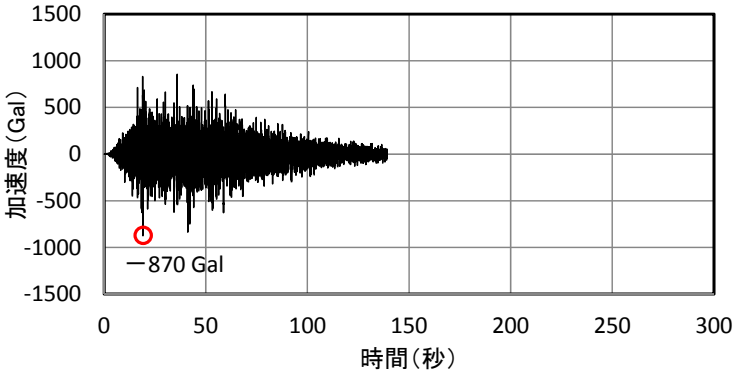
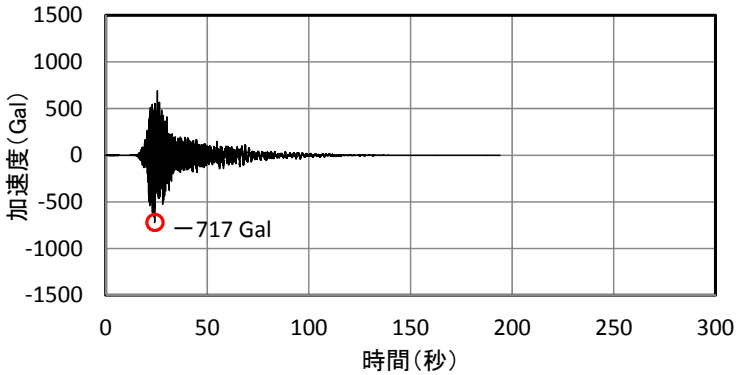
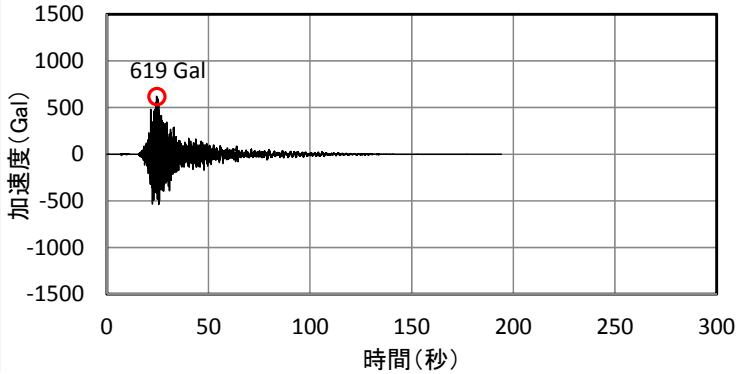
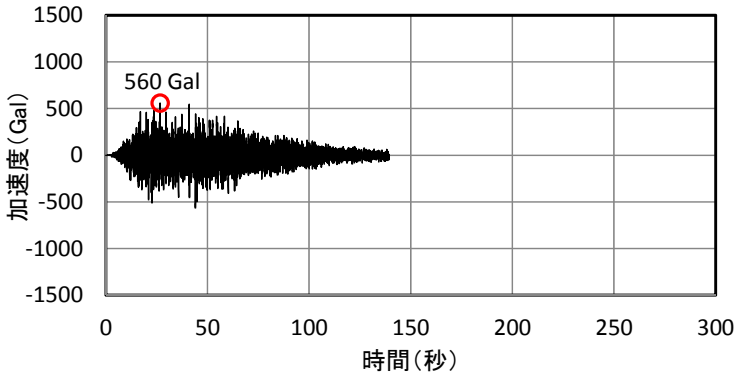
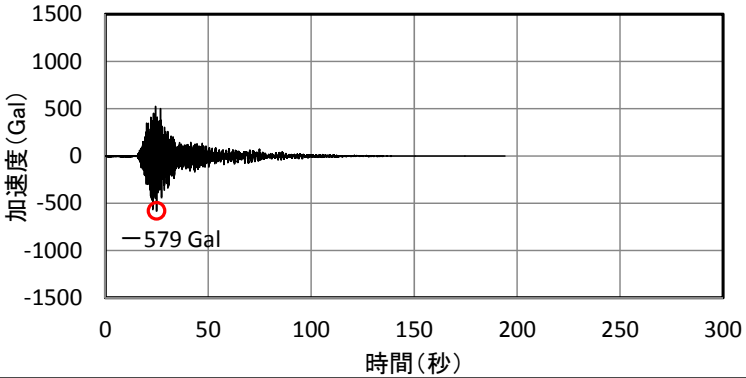
EW方向



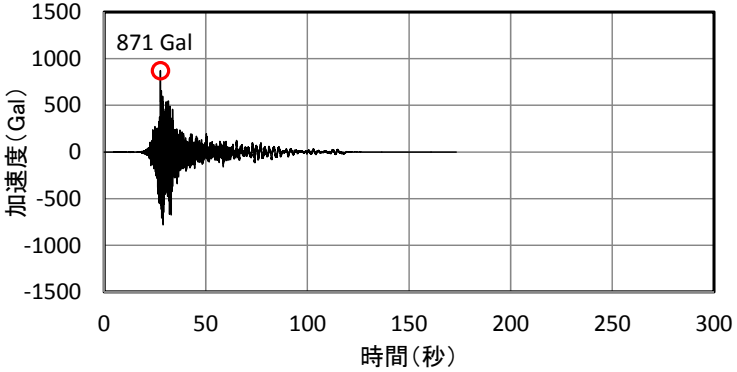
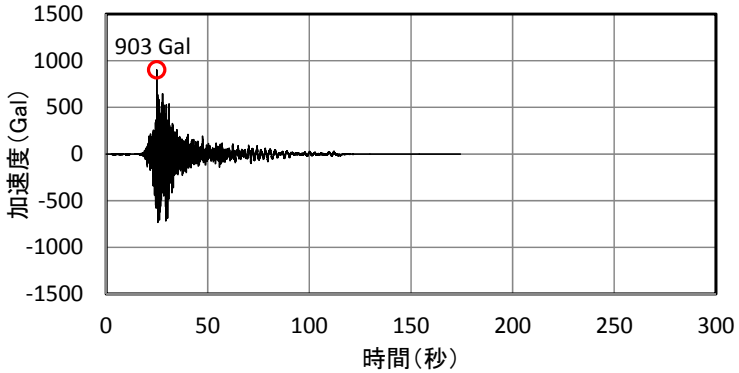
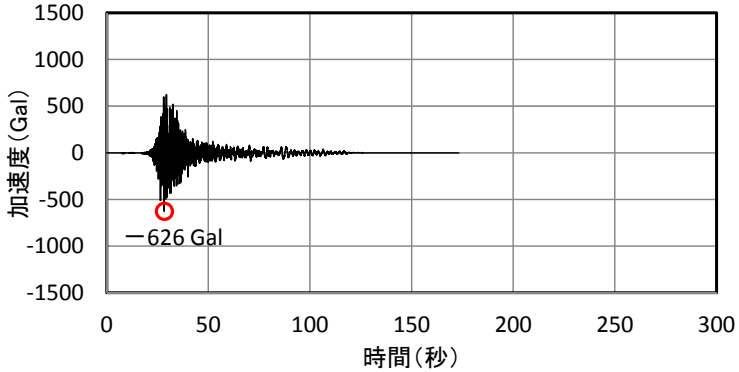
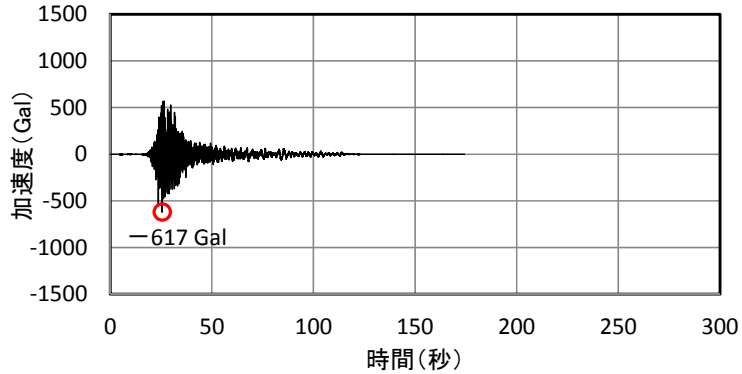
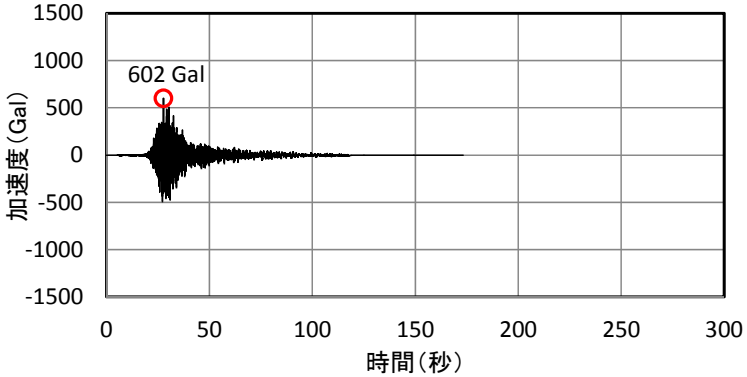
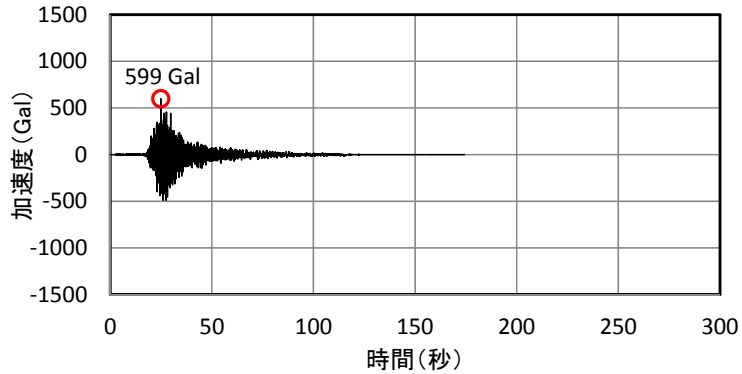
UD方向

- Ss－D1　応答スペクトル手法による基準地震動
- Ss－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）
- Ss－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）
- Ss－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）
- Ss－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）
- Ss－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）
- Ss－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）
- 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

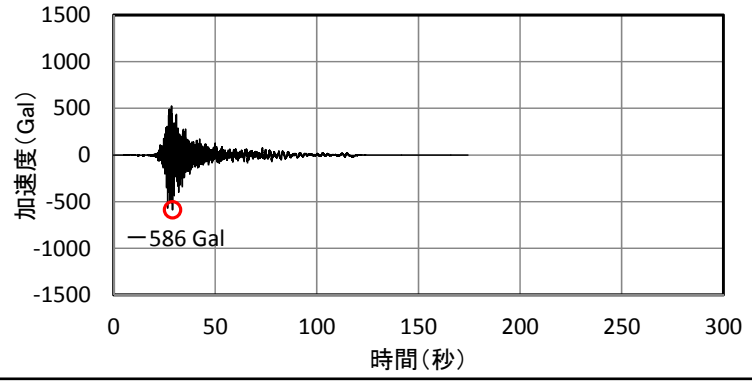
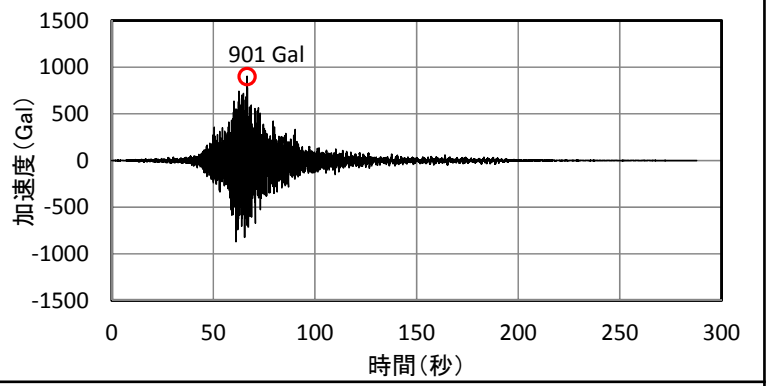
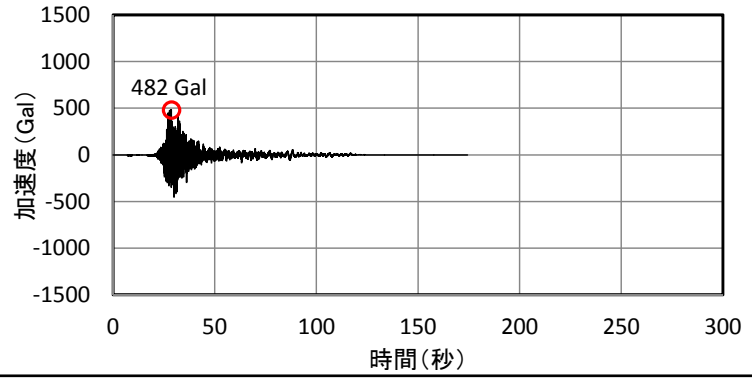
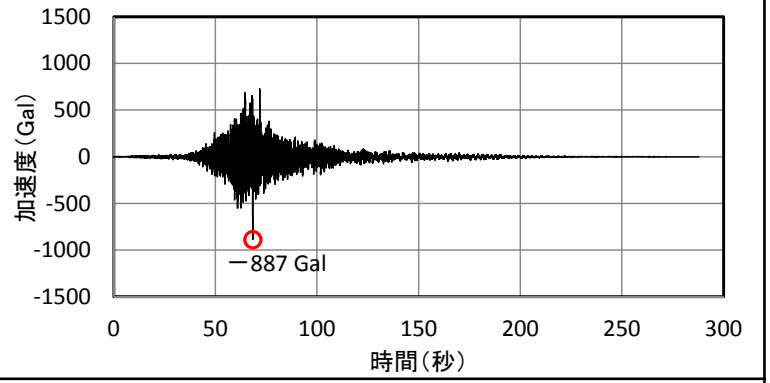
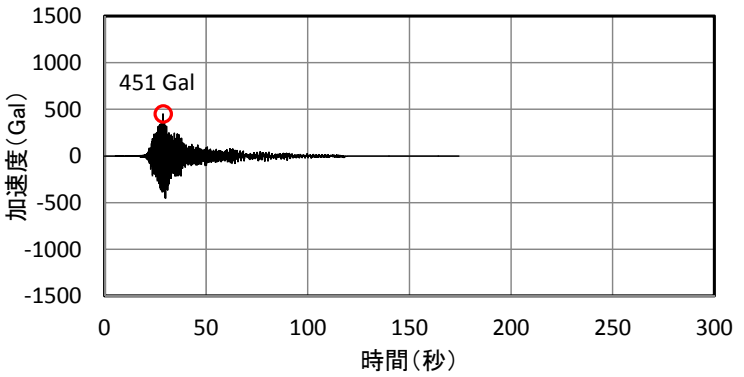
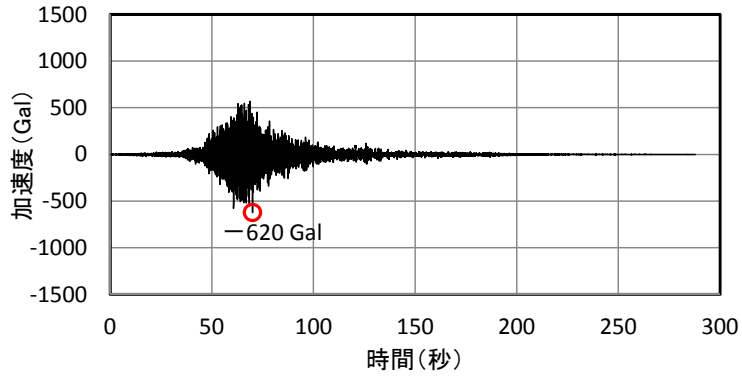
入力地震動（基準地震動Ss）時刻歴波形(1)

	Ss-D1	Ss-11
NS方向		
EW方向		
UD方向		

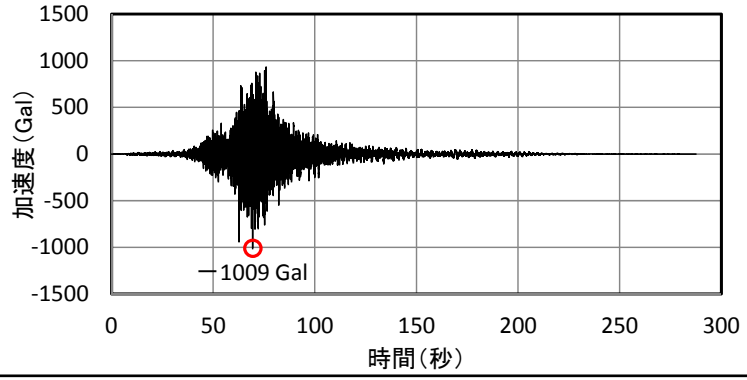
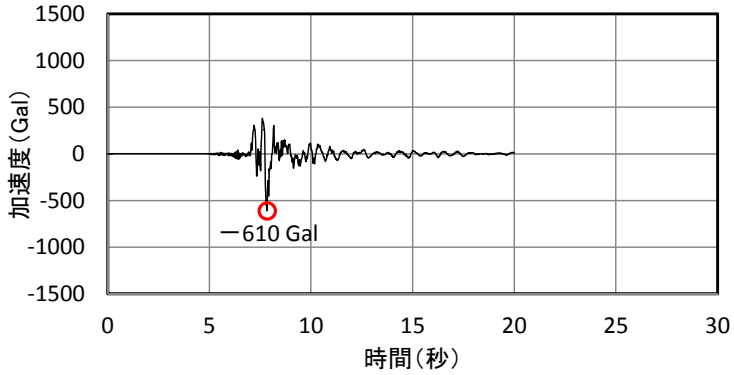
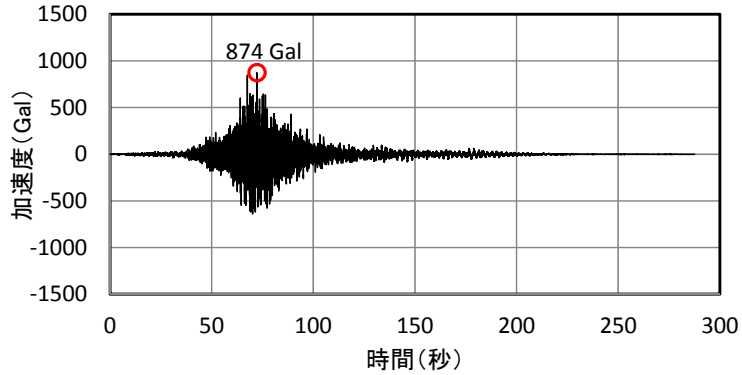
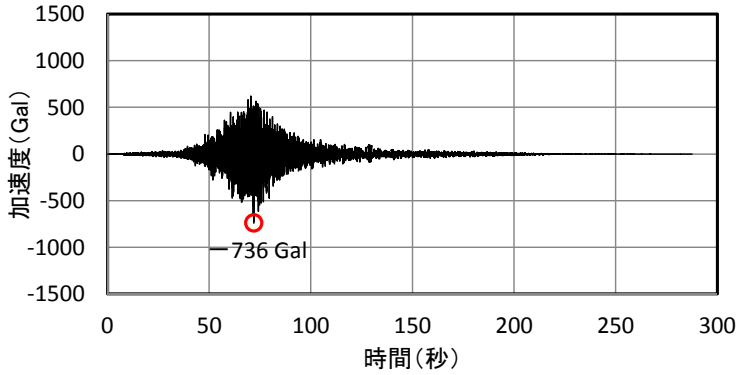
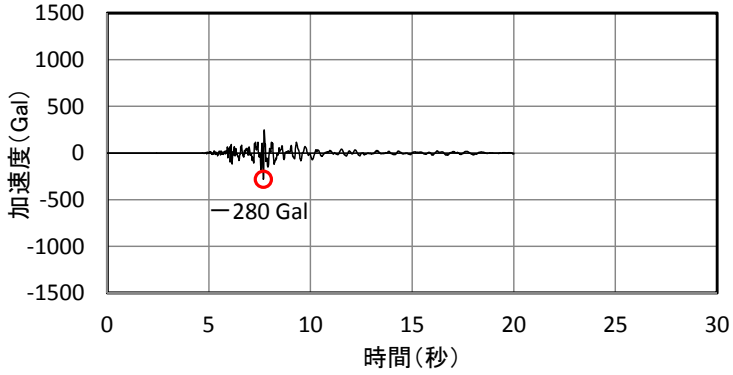
入力地震動（基準地震動Ss）時刻歴波形(2)

	Ss-12	Ss-13
NS方向		
EW方向		
UD方向		

入力地震動（基準地震動Ss）時刻歴波形(3)

	Ss-14	Ss-21
NS方向		
EW方向		
UD方向		

入力地震動（基準地震動Ss）時刻歴波形(4)

	Ss-22	Ss-31
NS方向		
EW方向		
UD方向		

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 ･････････････････ 39
2.3 評価方法 ･････････････････ 55
2.4 入力地震動 ･････････････････ 68
2.5 評価結果 ･････････････････ 76
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 ･････････････････ 104
3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響 ･････････････････ 106
4. 周辺斜面の安定性評価 ･････････････････ 115
5. まとめ ･････････････････ 121

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。

評価対象施設の整理

↓

評価対象断面の設定
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）を代表断面として設定

↓

地震応答解析に基づく基礎地盤のすべり評価
平均強度に基づくすべり安全率評価
すべての解析ケースにおいて二次元解析に基づくすべり安全率が1.5を上回ることを確認

↓

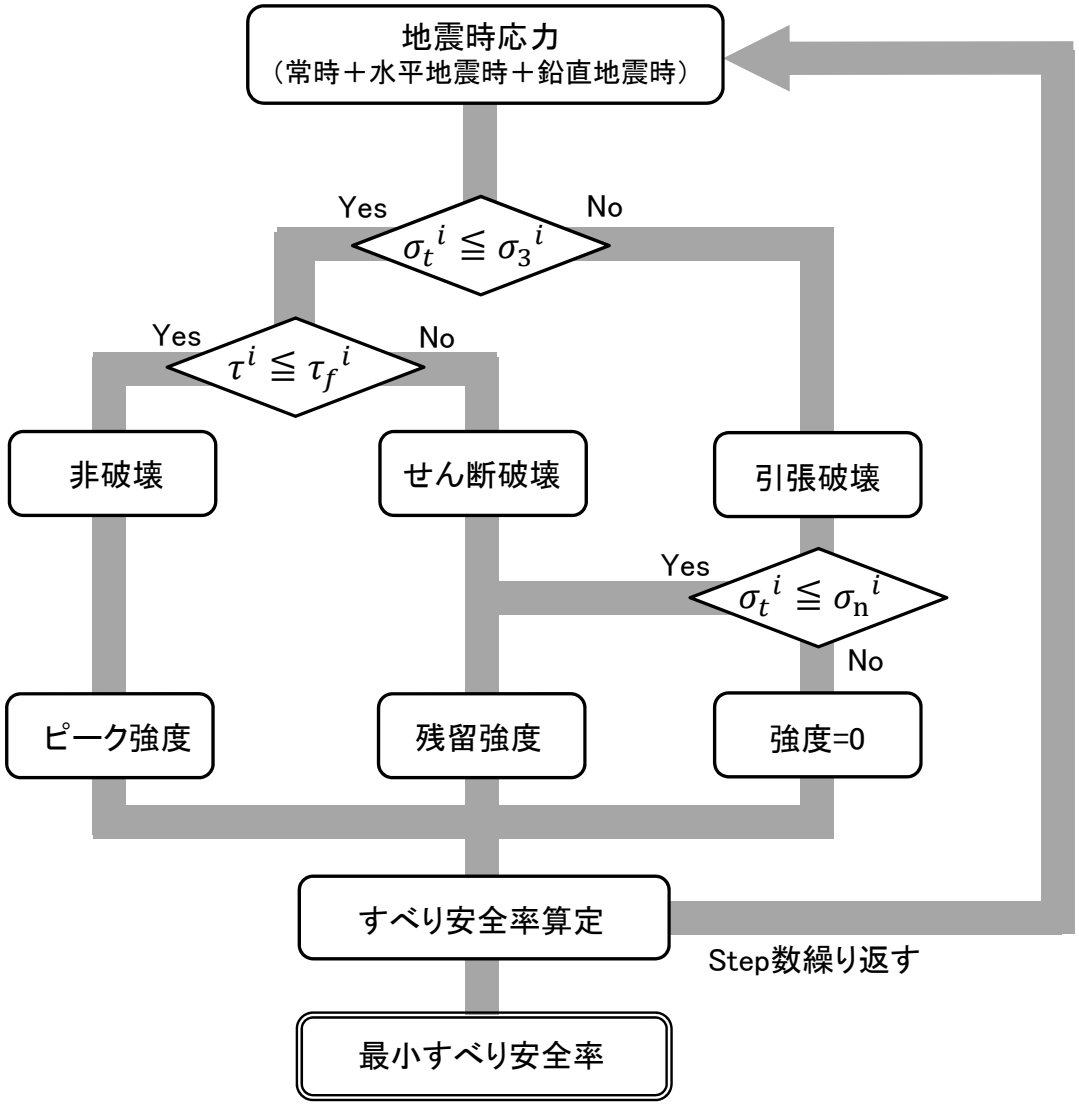
地震応答解析に基づく基礎地盤のすべり評価
強度のばらつき（平均－１σ強度）を考慮したすべり安全率評価
平均強度に基づくすべり安全率最小ケースに対して，二次元解析に基づくすべり安全率が1.5を上回ることを確認

↓

評価終了

基礎地盤のすべり(すべり安全率の算定)

■すべり線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。



すべり安全率の算定フロー

$\sigma_3{}^i$	:最小主応力
$\sigma_t{}^i$	:引張強度
$\sigma_n{}^i$	:すべり面の垂直応力
τ^i	:せん断応力
$\tau_f{}^i$	:せん断強度

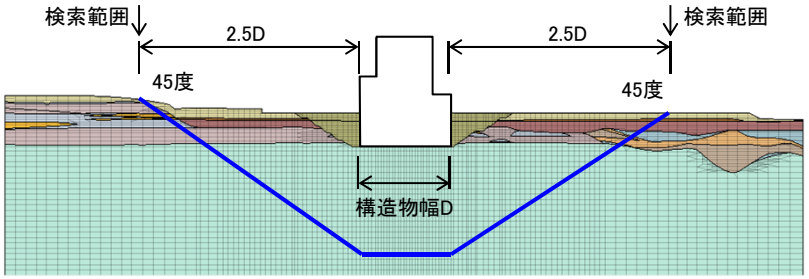
圧縮:正符号，引張:負符号

基礎地盤のすべり(すべり面の検索①)

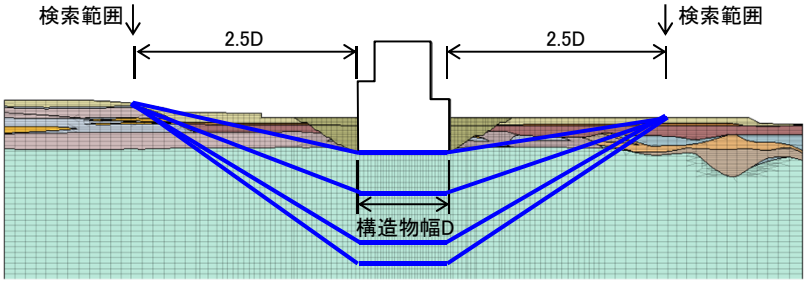
■東海第二発電所の敷地内には断層等の弱面が存在しないことから，均質な地盤内を十分な範囲で無作為に検索する方法として，以下の手順を考えた。

深さ方向の検索

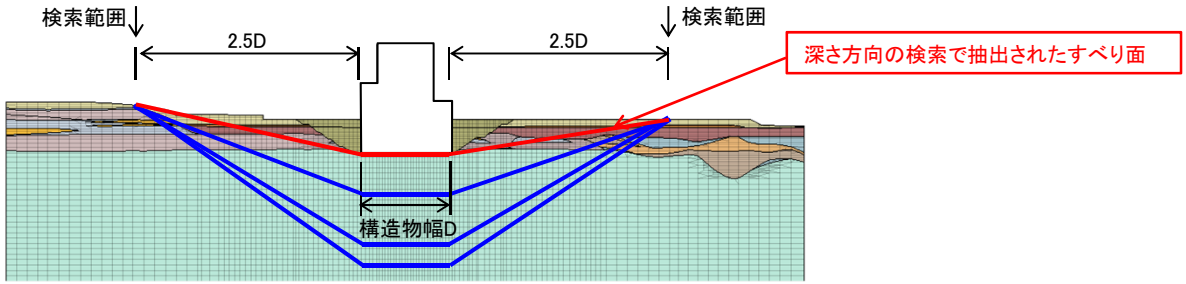
① 検索範囲2.5Dの端部から，下方45度方向傾斜部と構造物幅で構成されるすべり面を設定する。すべり面の水平面が岩盤に入っていることを確認する。



② ①で設定したすべり面から，水平面を上部にスライドさせた複数のすべり面を設定する。



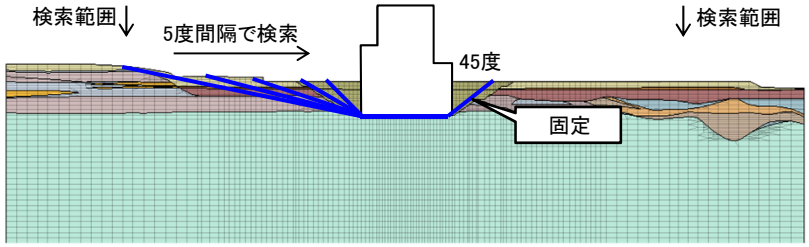
③ 各すべり面における全時刻のすべり安全率を算出し，最もすべり安全率が小さくなるすべり面を決定する。



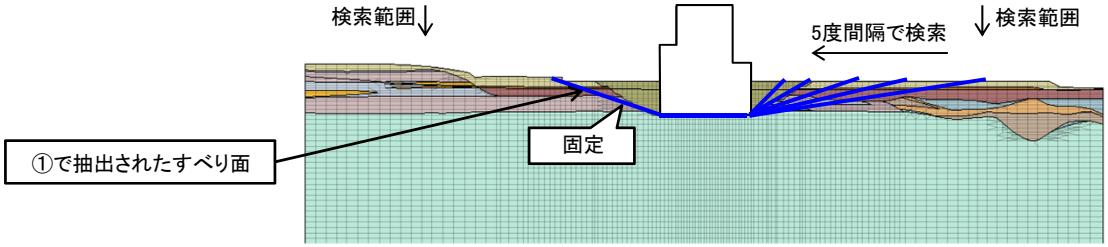
基礎地盤のすべり(すべり面の検索②)

すべり面角度の検索

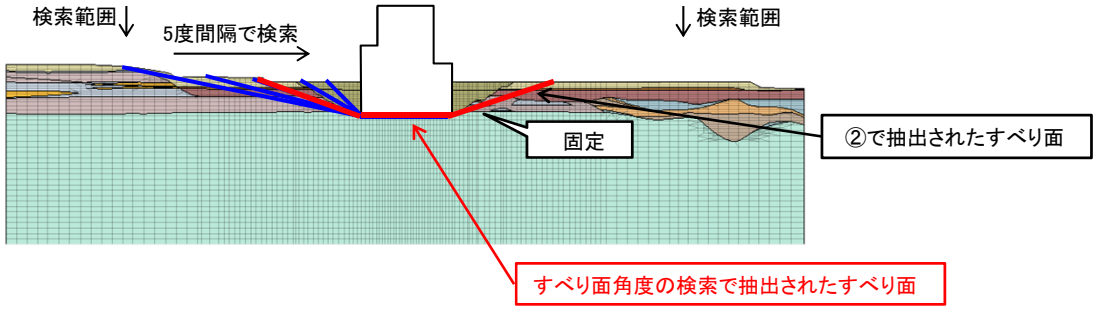
①深さ方向スクリーニングで抽出されたすべり面の片側の角度を45度に固定して，検索範囲より内側を5度間隔で検索し，最小すべり安全率となる角度を決定する。



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。



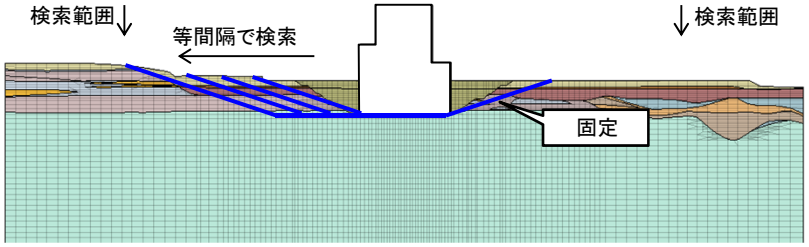
③ ②で決定した角度を固定して，再度逆側の角度を5度間隔で検索し，最小すべり安全率となる角度を決定する。



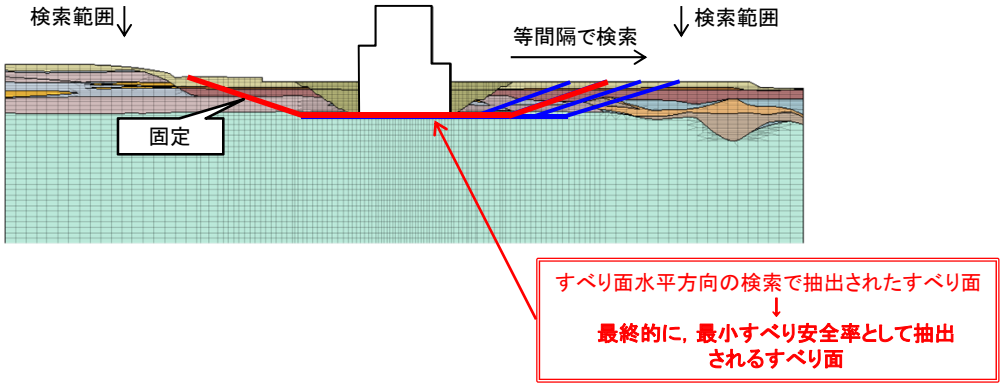
基礎地盤のすべり(すべり面の検索③)

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。

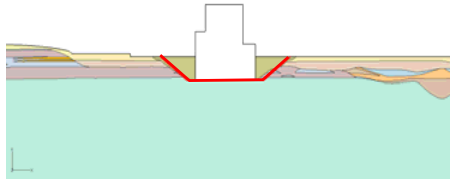
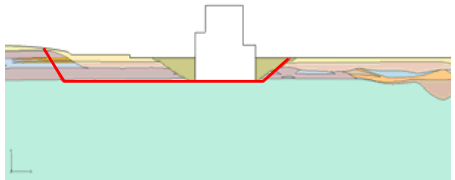
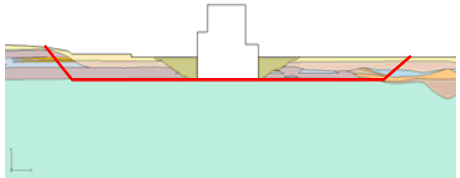
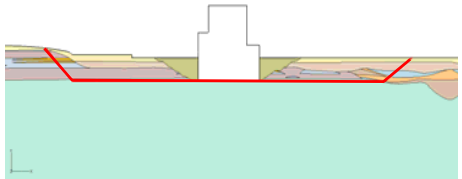


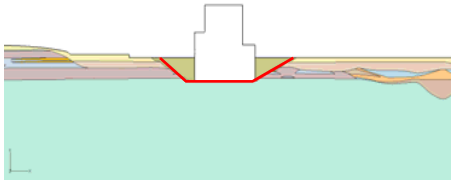
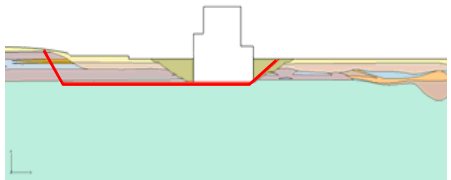
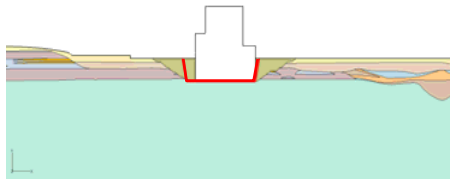
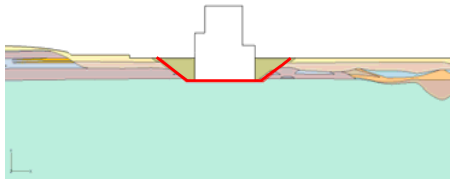
② ①で決定したすべり立ち上げ位置を固定して，逆側のすべり線立ち上げ位置を検索範囲まで等間隔で検索し，最小すべり安全率となる位置を決定する。



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。

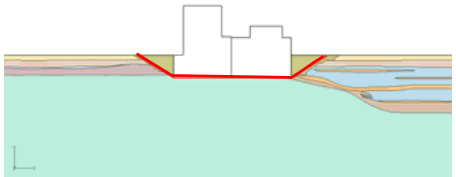
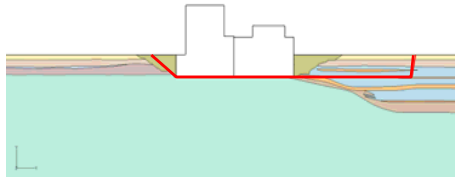
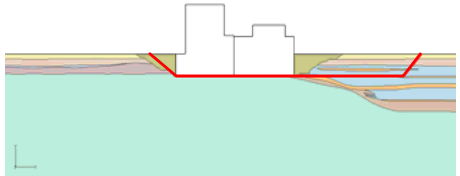
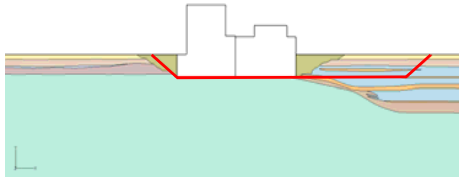
基準地震動	すべり面形状	すべり安全率
Ss-D1		4.0 （正，逆） 〔53.80〕
Ss-11		8.0 〔25.58〕
Ss-12		7.4 〔27.94〕
Ss-13		7.9 〔25.17〕

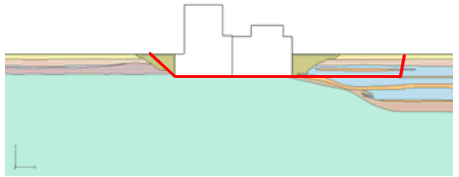
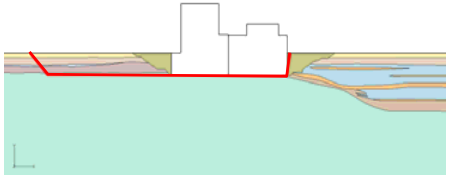
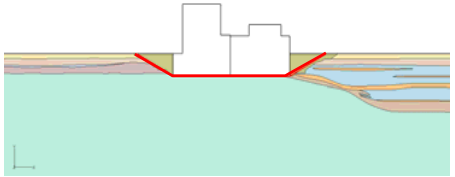
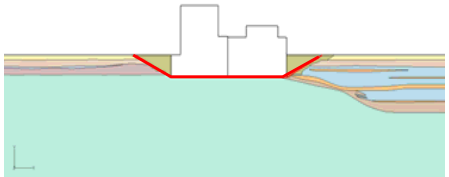
基準地震動	すべり面形状	すべり安全率
Ss-14		9.8 〔28.75〕
Ss-21		7.8 〔65.86〕
Ss-22		6.7 〔72.93〕
Ss-31		3.9 （正，正） 〔8.64〕

※ ◯ 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。

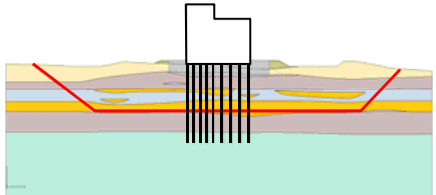
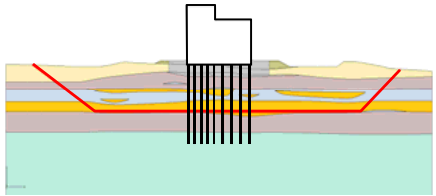
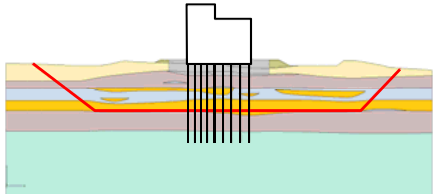
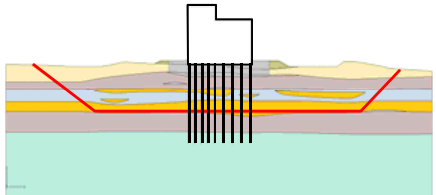
基準地震動	すべり面形状	すべり安全率
Ss-D1		3.8 （正，逆） 〔53.80〕
Ss-11		9.1 〔69.53〕
Ss-12		5.4 〔31.54〕
Ss-13		5.7 〔28.76〕

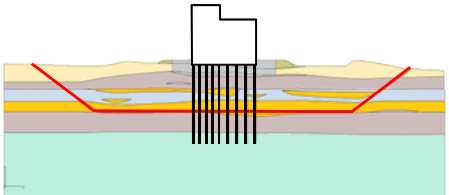
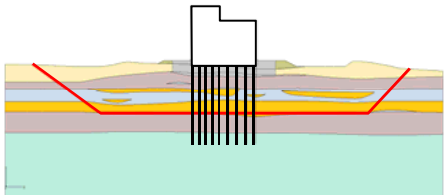
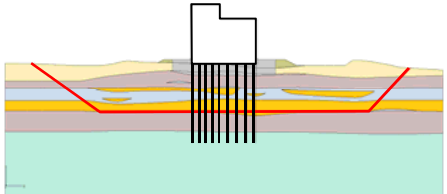
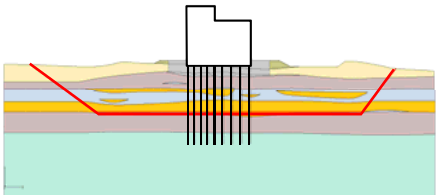
基準地震動	すべり面形状	すべり安全率
Ss-14		7.0 〔31.69〕
Ss-21		5.4 〔66.18〕
Ss-22		5.2 〔74.15〕
Ss-31		3.4 （逆，正） 〔8.63〕

※ ◯ 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
Ss-D1		3.2 （正,正） 〔53.90〕
Ss-11		7.4 〔25.63〕
Ss-12		7.0 〔27.99〕
Ss-13		7.4 〔26.69〕

基準地震動	すべり面形状	すべり安全率
Ss-14		8.9 〔28.86〕
Ss-21		7.0 〔71.43〕
Ss-22		5.2 〔76.30〕
Ss-31		3.0 （逆,正） 〔8.77〕

※ ◯ 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。

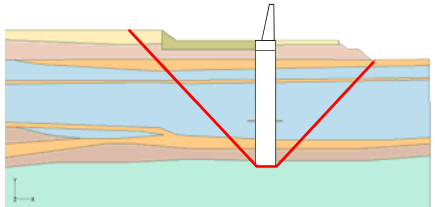
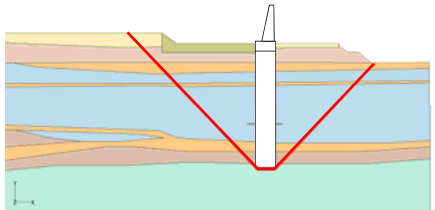
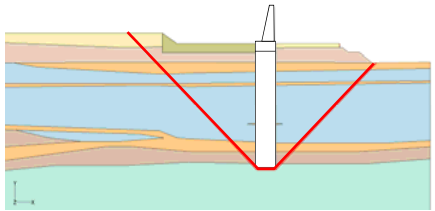
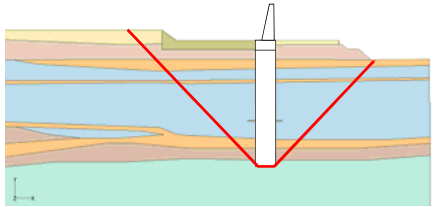
基準地震動	すべり面形状	すべり安全率
Ss-D1		
Ss-11		
Ss-12		
Ss-13		

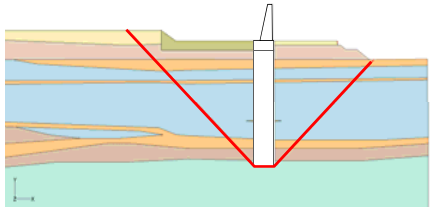
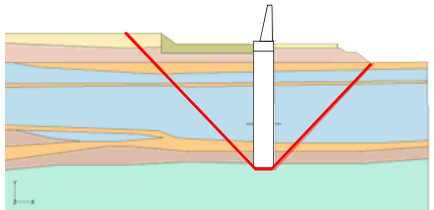
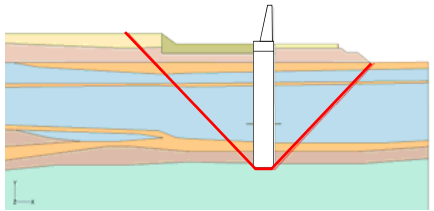
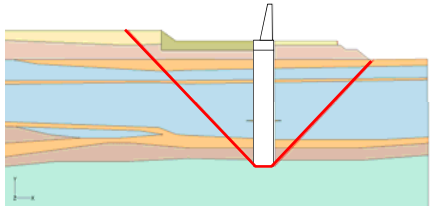
基準地震動	すべり面形状	すべり安全率
Ss-14		
Ss-21		
Ss-22		
Ss-31		

※ ◯ 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）　汀線直交断面）

■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。

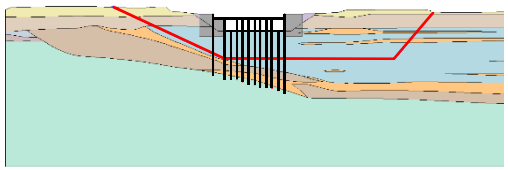
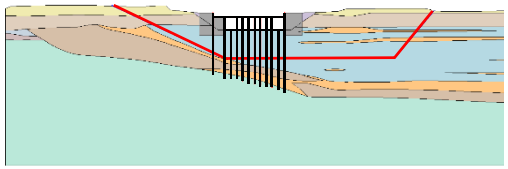
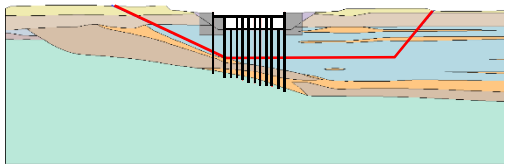
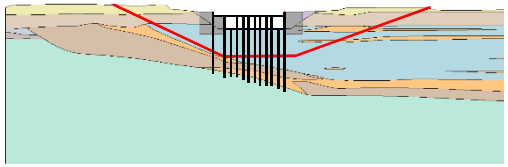
基準地震動	すべり面形状	すべり安全率
Ss-D1		13.4 （逆,正） 〔19.56〕
Ss-11		25.3 〔24.67〕
Ss-12		24.8 〔28.94〕
Ss-13		25.5 〔26.06〕

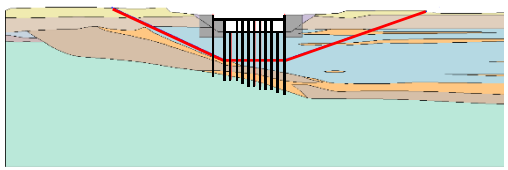
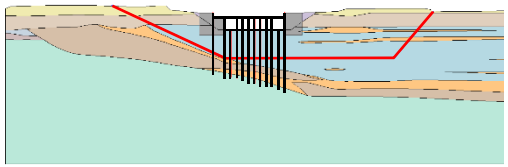
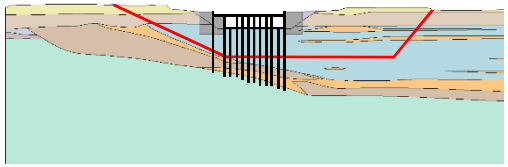
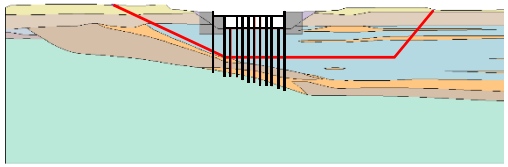
基準地震動	すべり面形状	すべり安全率
Ss-14		26.4 〔29.23〕
Ss-21		22.4 〔81.68〕
Ss-22		20.0 〔68.34〕
Ss-31		14.1 （正,正） 〔8.48〕

※ ◯ 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）　汀線平行断面）

■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		2.9 （逆，逆） 〔26.93〕
Ss-11		4.8 〔27.89〕
Ss-12		3.3 〔31.59〕
Ss-13		5.0 〔28.79〕

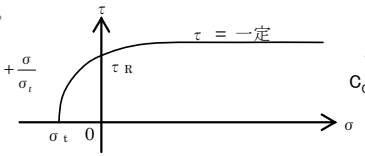
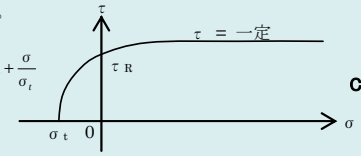
基準地震動	すべり面形状	すべり安全率
Ss-14		6.5 〔31.78〕
Ss-21		2.7 〔66.34〕
Ss-22		4.2 〔102.77〕
Ss-31		2.2 （正，正） 〔8.83〕

※ ◯ 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。

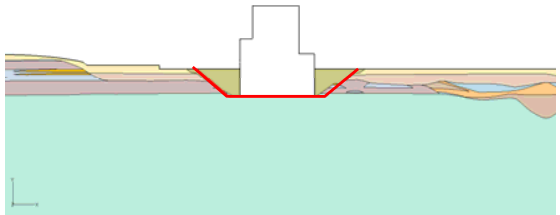
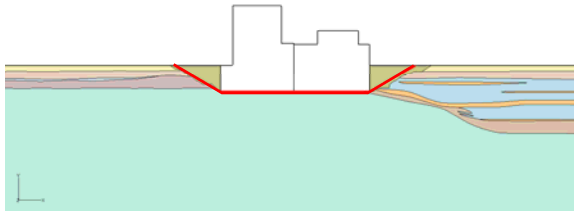
主な地層の解析用物性値（非排水せん断強度）

項目		fl層	第四系											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 C_u(N/mm²)	0.491P +0.200	1.12P +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）参照
平均強度	残留強度 τ_0(N/mm²)	0.500P +0.195	1.00P +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	τ^2=0.632・σ（σ<0.572N/mm²） τ=0.601（σ≧0.572N/mm²）
−1σ強度	**ピーク強度 C_u(N/mm²)**	**0.491P +0.046**	**1.12P +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）参照**
−1σ強度	**残留強度 τ_0(N/mm²)**	**0.500P +0.040**	**1.00P +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**	**τ^2=0.442・σ（σ<0.552N/mm²） τ=0.494（σ≧0.552N/mm²）**
備　考（1）		第三系の強度特性は右図より設定する。 $\left(\frac{\tau}{\tau_R}\right)^2 = 1 + \frac{\sigma}{\sigma_t}$  σ_t = 0.141−0.00114・Z τ_R = 0.364−0.00168・Z C_{CUU} = 0.837−0.00346・Z ϕ = 0° Z：標高E.L.表示(m)											
備　考（2）		第三系の強度特性は右図より設定する。 $\left(\frac{\tau}{\tau_R}\right)^2 = 1 + \frac{\sigma}{\sigma_t}$  **σ_t = 0.083−0.00114・Z** **τ_R = 0.290−0.00168・Z** **C_{CUU} = 0.699−0.00346・Z** **ϕ = 0°** **Z：標高E.L.表示(m)**											

：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）

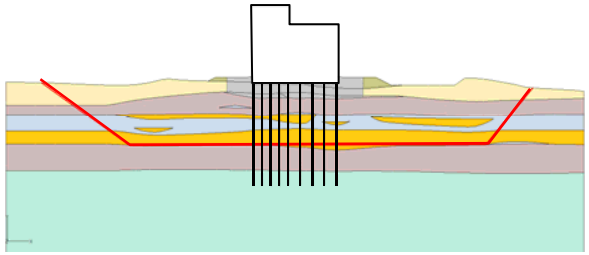
■強度のばらつきを考慮した評価の結果，すべり安全率は評価基準値1.5以上であることを確認した。

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

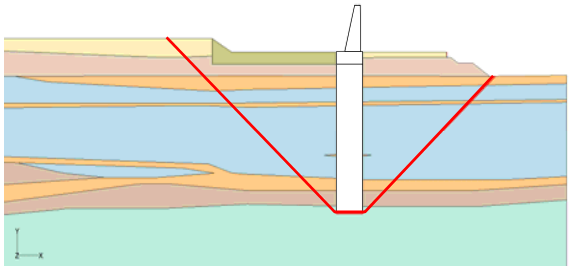
■強度のばらつきを考慮した評価の結果，すべり安全率は評価基準値1.5以上であることを確認した。

評価対象断面 及び地震動	すべり面形状	すべり安全率 〔平均強度〕	すべり安全率 〔平均－1σ強度〕
緊急時対策所 EW断面 【Ss-31（逆，正）】		3.0 〔8.77〕	2.3 〔8.77〕
緊急時対策所 NS断面 【Ss-31（正，正）】			

※〔 〕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）　汀線直交断面）

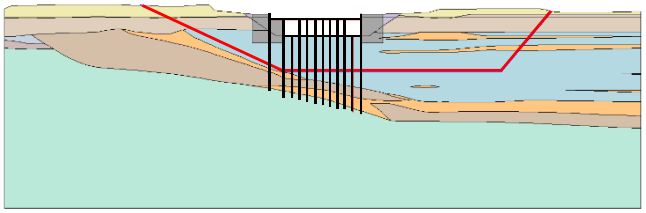
■強度のばらつきを考慮した評価の結果，すべり安全率は評価基準値1.5以上であることを確認した。

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

■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 及び地震動	すべり面形状	すべり安全率 〔平均強度〕	すべり安全率 〔平均－1σ強度〕
取水構造物 （取水路，海水ポンプ室） 汀線平行方向断面 【Ss-31（正，正）】		2.2 〔8.83〕	1.7 〔8.82〕

※〔 〕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））

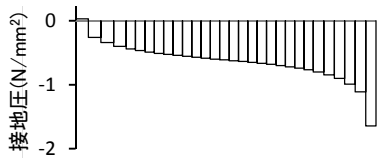
■基礎地盤の支持力は，道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成24年3月）の支持力公式による評価基準値と，二次元有限要素法に基づく地震応答解析（周波数応答解析）により求められる基礎の最大接地圧を比較することにより確認する。

■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支持力の評価

「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（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/m²）
c ：基礎底面より下にある地盤の粘着力（kN/m²）
γ_1 ：基礎底面より下にある地盤の単位体積重量（kN/m³）
ただし，地下水位以下では水中単位体積重量とする。
γ_2 ：基礎底面より上にある周辺地盤の単位体積重量（kN/m³）
ただし，地下水位以下では水中単位体積重量とする。
α, β ：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_γ ：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，取水構造物（取水路，海水ポンプ室））

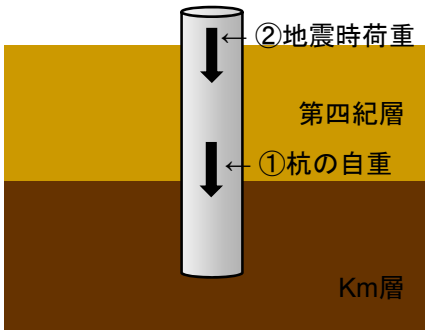
■基礎地盤の支持力は，道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成24年3月）の支持力公式による評価基準値と，二次元有限要素法に基づく地震応答解析（周波数応答解析）により求められる杭の最大鉛直力を比較することにより確認する。

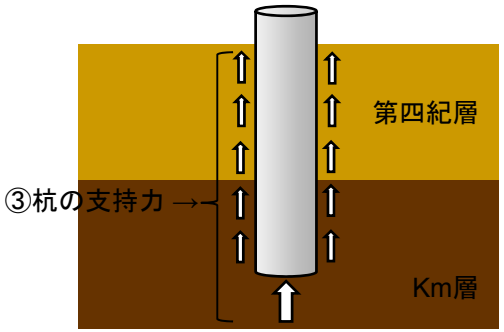
■地震時の杭の最大鉛直力は，常時応力と動的解析による地震時応力を重ね合わせて算出する。

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（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（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を算定





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。

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

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。

評価対象断面及び地震動	極限支持力（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 EW断面	15,084	8,776 〔44.33〕（逆,逆）	8,514 〔25.41〕	8,737 〔29.56〕	8,732 〔26.78〕	8,535 〔29.07〕	8,628 〔68.29〕	8,755 〔73.26〕	8,666 〔8.72〕（正,正）
緊急時対策所 NS断面									

※ ◯ 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。

基礎の支持力（防潮堤（地中連続壁基礎構造区間）　汀線直交断面）

■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。

評価対象断面及び地震動	評価基準値（N/mm^2）	地震時最大接地圧（N/mm^2）							
		Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
防潮堤（地中連続壁基礎構造区間）汀線直交断面	6.5	2.09（正，逆）〔44.30〕	1.91〔24.65〕	1.95〔29.54〕	1.94〔26.76〕	1.87〔29.74〕	2.01〔69.27〕	2.07〔69.41〕	2.07（正，正）〔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。

基礎の支持力（取水構造物（取水路，海水ポンプ室）　汀線平行方向断面）

■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。

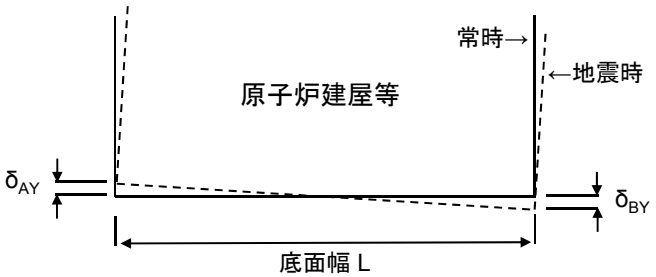
評価対象断面 及び地震動	極限支持力 （kN）	地震時最大鉛直力（kN）							
		Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
取水構造物 （取水路，海水ポンプ室） 汀線平行方向断面	10,205	8,049 （負，正） 〔23.11〕	3,602 〔68.58〕	6,285 〔30.22〕	5,183 〔27.43〕	3,752 〔29.84〕	7,201 〔66.30〕	4,798 〔92.33〕	8,179 （正，正） 〔8.99〕

※ ◯ 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。

基礎の傾斜（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 許容値の目安	備考
原子炉建屋 緊急時対策所 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）： 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，発生区間等により判断）



※代表施設のうち防潮堤（鉄筋コンクリート壁構造区間）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。

基礎の傾斜（原子炉建屋）

■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 EW断面	1/2,000	2.66 （正，正） 〔53.87〕	0.94 〔25.65〕	1.12 〔27.99〕	1.04 〔25.22〕	0.70 〔28.83〕	0.98 〔66.18〕	1.51 〔76.29〕	3.39 （正，正） 〔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 NS断面	1/2,000	1.18 （正，正） 〔53.85〕	0.35 〔23.86〕	0.62 〔30.32〕	0.54 〔27.54〕	0.51 〔29.91〕	0.80 〔61.91〕	0.74 〔67.14〕	1.35 （逆，正） 〔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。

基礎の傾斜（緊急時対策所）

■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 EW断面	1/2,000	1.02 〔53.95〕 （正,逆）	0.32 〔25.72〕	0.38 〔28.04〕	0.38 〔26.04〕	0.27 〔28.89〕	0.45 〔68.91〕	0.69 〔73.09〕	1.43 〔8.76〕 （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 NS断面	1/2,000								

※ ◯ 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）　汀線平行方向断面）

■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 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 （取水路，海水ポンプ室） 汀線平行方向断面	1/2,000	1.07 （正，逆） 〔20.26〕	0.42 〔28.27〕	0.55 〔31.06〕	0.52 〔28.60〕	0.45 〔28.73〕	1.05 〔66.81〕	0.77 〔72.32〕	1.30 （正，正） 〔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。

まとめ

■敷地の地質の基礎情報として，その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検層等に基づく第三紀層の工学的分類を示した。

■「岩盤の深さ」や「構造物の支持形式」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，海水ポンプ室等）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_s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 ･･････････････････ 39
2.3 評価方法 ･･････････････････ 55
2.4 入力地震動 ･･････････････････ 68
2.5 評価結果 ･･････････････････ 76
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 ･･････････････････ 104
3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響 ･･････････････････ 106
4. 周辺斜面の安定性評価 ･･････････････････ 115
5. まとめ ･･････････････････ 121

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p25～「基礎地盤評価対象断面の選定」の項に記載する。

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 ･････････････････ 39
2.3 評価方法 ･････････････････ 55
2.4 入力地震動 ･････････････････ 68
2.5 評価結果 ･････････････････ 76
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 ･････････････････ 104
3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響 ･････････････････ 106
4. 周辺斜面の安定性評価 ･････････････････ 115
5. まとめ ･････････････････ 121

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	― （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

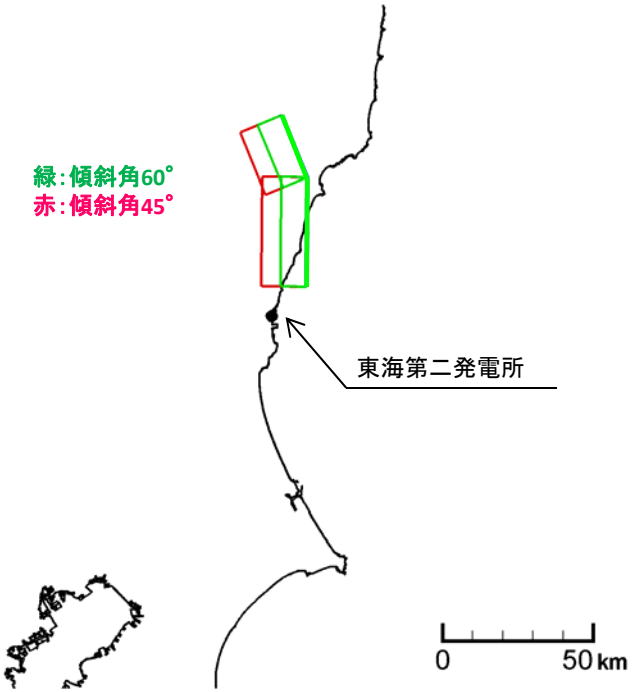
■基礎地盤の傾斜は，食い違いの弾性論（Okada(1992)）に基づく解析から求まる地盤の変形より算出する。

■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。

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。



活断層位置図

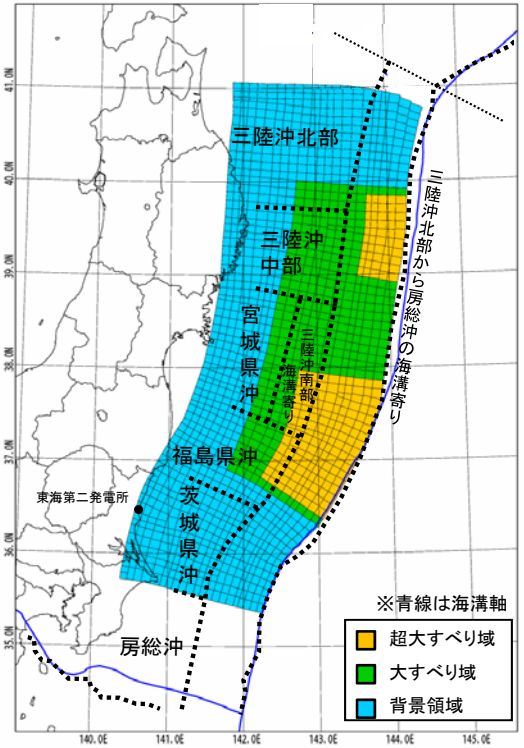
	断層長さ	傾斜角	すべり角	すべり量	上端深さ	下端深さ
断層パラメータ	58.3 km	①45 ° ②60 °	270 °	①3.43 m ②4.20 m	0 km	15 km
設定根拠	断層調査結果に基づき設定	断層調査結果に基づき“不確かさ”を考慮	断層調査結果に基づき設定	原子力発電所の津波評価技術（2002）に基づき設定		
パラメータスタディ	－	○	－	○	－	－

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^2
平均応力降下量：$\Delta\sigma$	3.0　MPa
剛性率：μ	4.7×10^{10}　N/m^2
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_0	6.1×10^{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	28.9 m
	面積比率（断層面積）	全体面積の15%（20,010 km^2）※
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^2）※
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^2）※

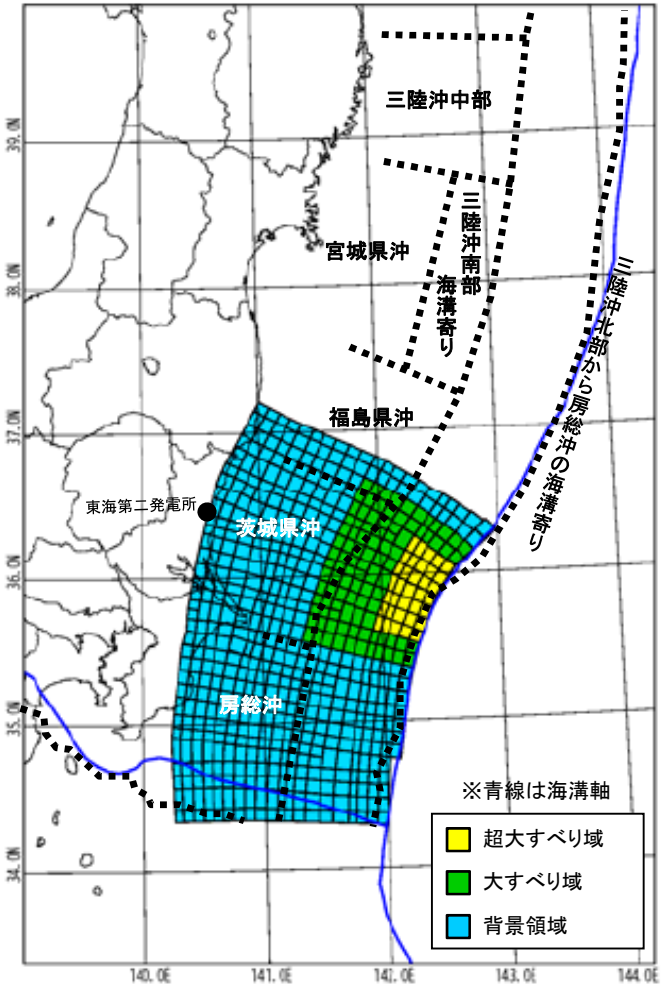
【概略パラメータスタディ結果】

超大すべり域・大すべり域の位置	防潮堤前面 最大水位上昇量(m)	取水口前面 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

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^2
平均応力降下量：⊿σ	3.0　MPa
剛性率：μ	4.7×10^{10}　N/m^2
モーメントマグニチュード：Mw	8.7
平均すべり量：D	6.1 m
地震モーメント：M_0	1.5×10^{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（断層面積）	全体面積の5%（2,659 km^2）※
大すべり域	すべり量	12.1 m
	面積比率（断層面積）	全体面積の15%（8,231km^2）※
背景領域	すべり量	3.8 m
	面積比率（断層面積）	全体面積の80%（42,794 km^2）※

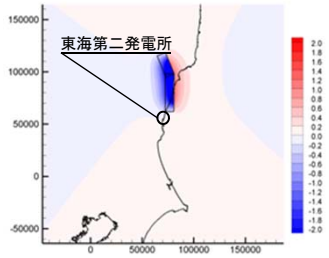
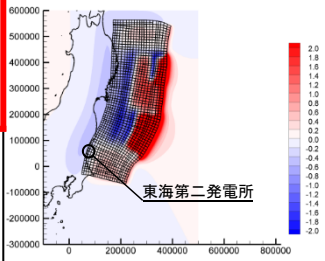
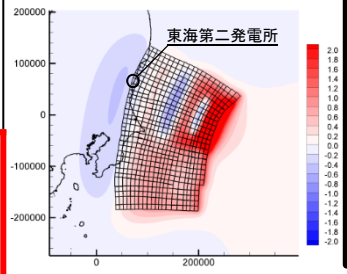
【概略パラメータスタディ結果】

超大すべり域・大すべり域の位置		防潮堤前面最大水位上昇量（m）	取水口前面最大水位下降量（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	
F1断層， 北方陸域の断層， 塩ノ平地震断層の連動	傾斜角　45°	1／177,304	1／177,434	※□の解析ケースについて表示  （広域） （敷地拡大）
	傾斜角　60°	1／145,235	1／154,633	
東北地方太平洋沖型 の地震	最大水位上昇ケース	1／99,048	1／102,747	※□の解析ケースについて表示  （広域） （敷地拡大）
	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 想定する津波波源	最大水位上昇ケース	1／90,401	1／86,123	※□の解析ケースについて表示  （広域） （敷地拡大）
	最大水位下降ケース	1／89,928	1／85,633	

評価結果（地殻変動と地震時最大傾斜との重ね合わせ）

【原子炉建屋】	F1断層， 北方陸域の断層， 塩ノ平地震断層の連動 （Ss-11,12,13,14との重畳）	東北地方太平洋沖型 の地震 （Ss-21,22との重畳）	茨城県沖から房総沖に 想定する津波波源 （Ss-21,22との重畳）
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 地震動を考慮した最大傾斜 （①＋②）	1／5,853	1／4,333	1／4,314

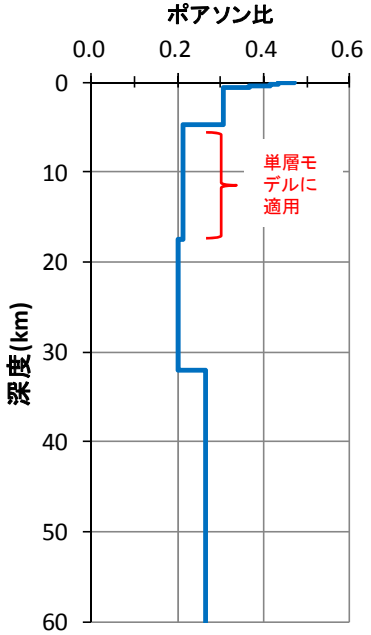
【緊急時対策所】	F1断層， 北方陸域の断層， 塩ノ平地震断層の連動 （Ss-11,12,13,14との重畳）	東北地方太平洋沖型 の地震 （Ss-21,22との重畳）	茨城県沖から房総沖に 想定する津波波源 （Ss-21,22との重畳）
①地殻変動による最大傾斜	1／154,633	1／102,747	1／85,633
②地震動による最大傾斜	／	／	／
③地殻変動及び 地震動を考慮した最大傾斜 （①＋②）	／	／	／

※「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」を重畳させている。

■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。

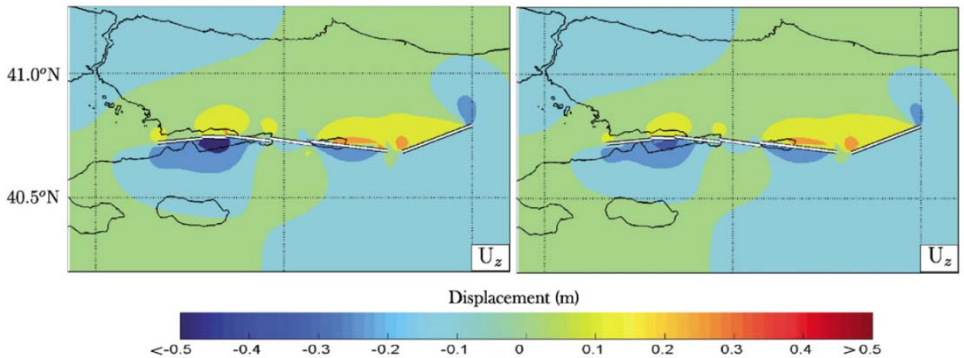
食い違いの弾性論による地盤変動量評価においてOkada(1992)を用いることの妥当性について

- 東海第二発電所の地盤変動量評価を食い違いの弾性論に基づく手法により解析するにあたり，均質地盤を仮定したOkada (1992)による単層モデルを適用した。
- 地盤変位量に影響する地盤物性値はポアソン比である。地盤変動量評価においては，東海第二発電所の一次元地盤モデルのうち，深さ4.8km～17.5kmの上部地殻のポアソン比を適用した（図－１）。
- 地表面に現れる変位は，断層面上の各点におけるすべりにより地表までの地盤に生じる変位・変形の累積である。断層面と地表の間の大部分は上部地殻のポアソン比に近い。ポアソン比が急激に変化するのは深さ約700m未満のごく表層の地盤に限定されており，地盤変位への影響は小さい（図－１）。
- 既往研究によれば，成層構造を考慮すること及び単層モデルのポアソン比を変化させることによる影響は有意でない（図－２，図－３）。
- 以上のことから，地盤物性の成層構造が地盤変動量評価結果に与える影響はわずかであると考えられる。



図－１　東海第二発電所の一次元地盤モデル

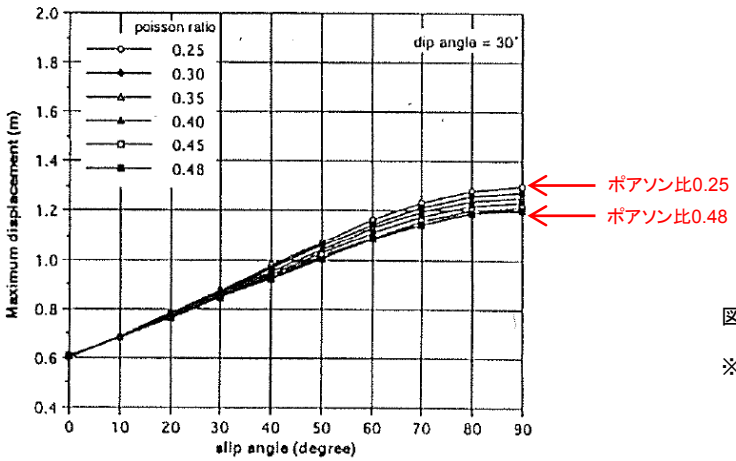
※地盤変動量評価に用いた断層モデルの下端は，15km（活断層）～60km（プレート間地震）程度である。



図－２　1999年トルコ・イズミット地震による鉛直地盤変位量の比較（Wang et al. ,2003)）（左）単層モデル，（右）多層モデル
※Wriight et al. (2001)による6枚の断層モデルを適用している。鉛直地盤変位量分布に有意な違いはみられない。

上端深度 (km)	下端深度 (km)	ポアソン比	備考
0.0	1.0	0.301	単層モデルに適用
1.0	13.0	0.234	
13.0	30.0	0.223	
30.0	∞	0.244	

比較に用いた地盤構造モデル



図－３　単層モデルに適用するポアソン比を変化させたときの最大鉛直地盤変位量の比較（藤澤・他，1996）
※横軸はすべり角（0：横ずれ，90：逆断層），縦軸は最大鉛直地盤変位量。地盤全体のポアソン比を2倍程度に変化させても，鉛直地盤変位量の変化はわずかである。

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 ･･････････････････ 39
2.3 評価方法 ･･････････････････ 55
2.4 入力地震動 ･･････････････････ 68
2.5 評価結果 ･･････････････････ 76
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 ･･････････････････ 104
3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響 ･･････････････････ 106
4. 周辺斜面の安定性評価 ･･････････････････ 115
5. まとめ ･･････････････････ 121

周辺斜面評価対象断面の選定

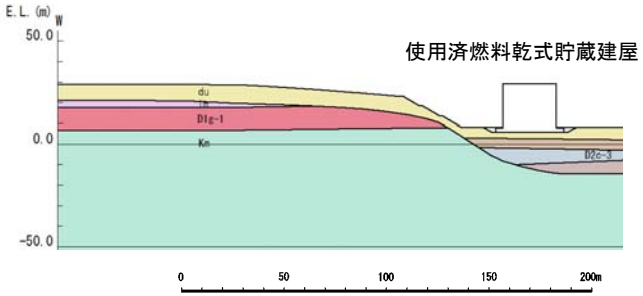
■重要施設に影響を及ぼす可能性のある周辺斜面について検討し，評価対象断面を選定する。

施設全体配置図

西側の高台と重要施設配置

施設		最大勾配	人工改変範囲	離隔距離	評価方針
①	使用済燃料乾式貯蔵建屋	約52%※	大	約21m	・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，**使用済燃料乾式貯蔵建屋の周辺斜面**を選定した。
②	常設代替高圧電源装置	約18%※	小	約36m	
	軽油貯蔵タンク				

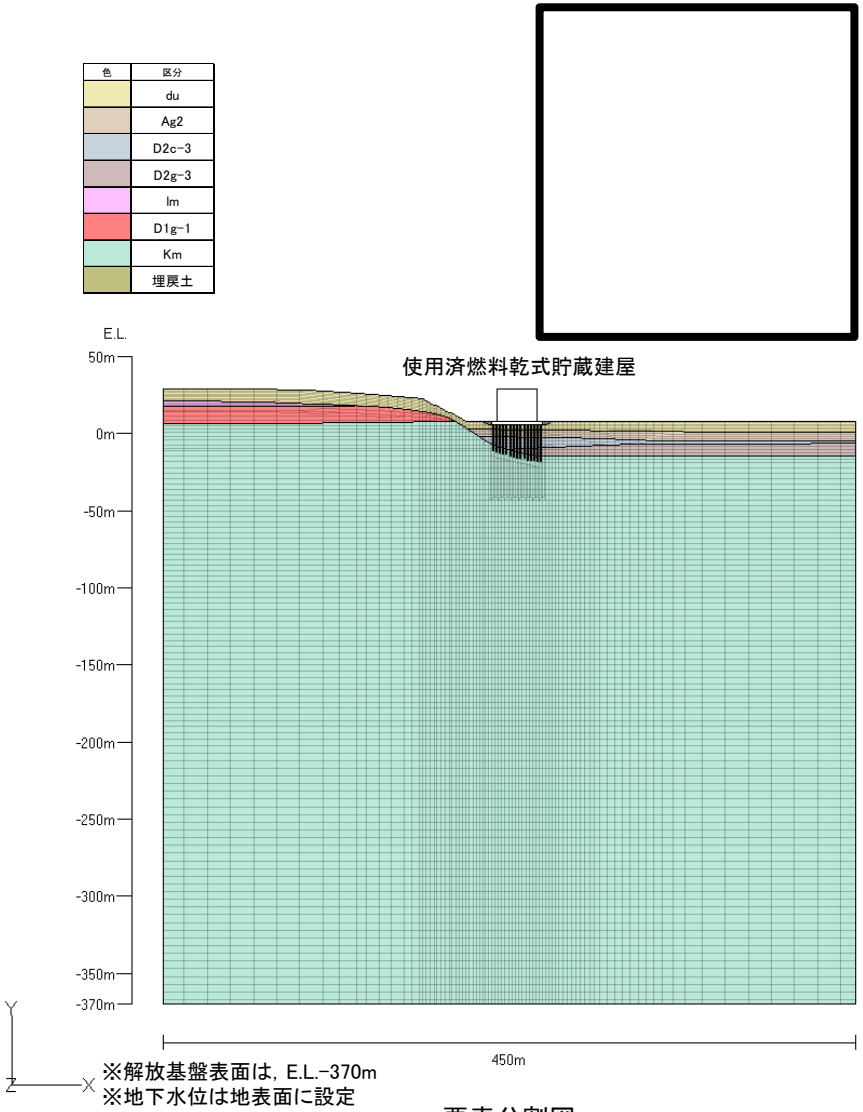
※縦/横の比率をパーセント表記する。



地質断面図

代表断面の概要とすべり面検索方針

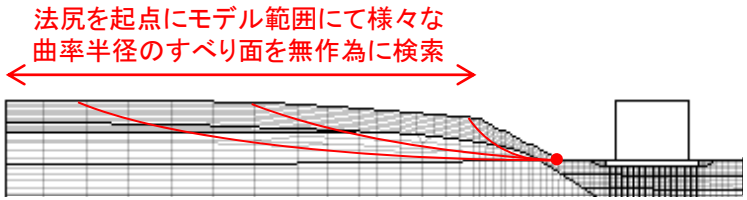
■解析用要素分割図とすべり面の検索方針を以下に記載する。



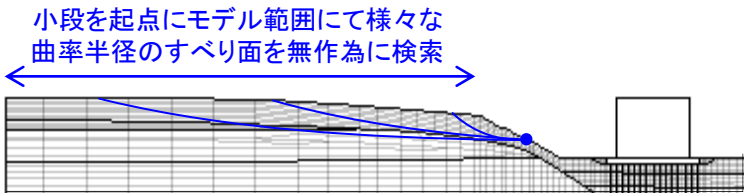
※解放基盤表面は，E.L.-370m
※地下水位は地表面に設定

要素分割図

・検索条件①（斜面法尻を起点としたすべり面）



・検索条件②（斜面小段を起点としたすべり面）

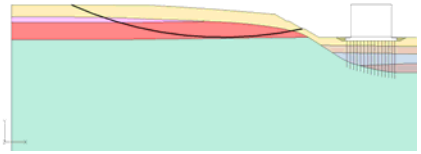
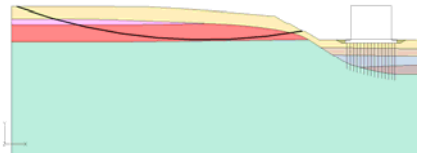
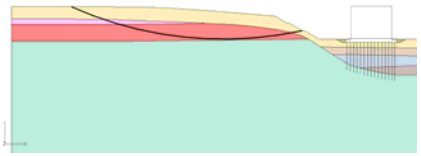
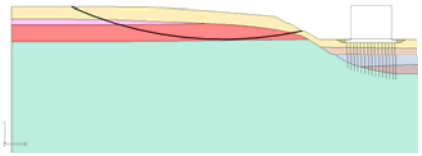


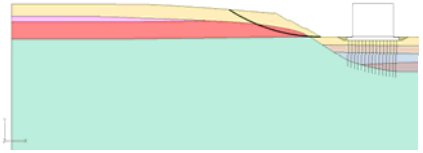
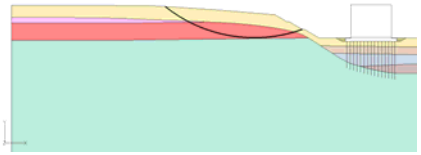
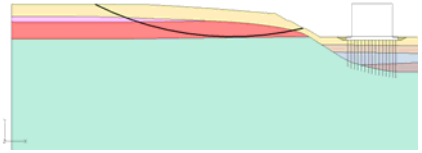
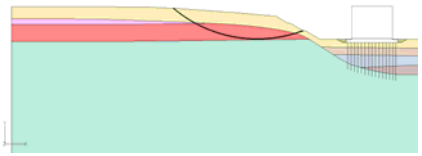
入力地震動毎に，すべり安全率が最小となるすべり面を抽出する。

すべりの面検索方針

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。

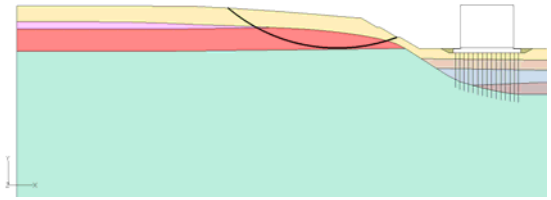
基準地震動	すべり面形状	すべり安全率
Ss-D1		5.6 （逆，正） 〔53.87〕
Ss-11		9.5 〔25.65〕
Ss-12		9.1 〔27.99〕
Ss-13		9.7 〔25.22〕

基準地震動	すべり面形状	すべり安全率
Ss-14		13.4 〔31.51〕
Ss-21		9.6 〔69.16〕
Ss-22		8.9 〔83.77〕
Ss-31		5.1 （正，正） 〔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。

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 及び地震動	すべり面形状	すべり安全率 〔平均強度〕	すべり安全率 〔平均－1σ強度〕
使用済燃料乾式貯蔵建屋斜面 【Ss-31（正，正）】		5.1 〔8.66〕	3.9 〔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 ･････････････････ 39
2.3 評価方法 ･････････････････ 55
2.4 入力地震動 ･････････････････ 68
2.5 評価結果 ･････････････････ 76
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 ･････････････････ 104
3.2 地殻変動による基礎地盤の変形の影響 ･････････････････ 106
4. 周辺斜面の安定性評価 ･････････････････ 115
5. まとめ ･････････････････ 121

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
- 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.
- 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.
- 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.
- Wright, T., E. Fielding, B. Parsons (2001) Triggered slip : observations of the 17 August 1999 Izmit (Turkey) earthquake using radar interferometry, Geophysical Research Letters, Vol. 28, pp.1079-1082.

余白