

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

## 液状化に関する可能性の検討方針について

(現状における検討結果を含む)

平成29年6月28日  
日本原子力発電株式会社

## 目次 液状化に関する可能性の検討方針について(現状における検討結果を含む)

---

1. 概要
2. 敷地の地質について
3. 液状化の可能性の検討基本方針
4. 液状化検討対象層の抽出
5. 液状化強度の試験箇所とその代表性
6. 有効応力解析の検討方針
7. 入力地震動
8. 液状化検討対象施設の選定
9. 現状における検討結果  
(参考)

---

## 1. 概要

# 1. 概要

---

- 設置許可基準第三条においては、耐震重要施設は、変形した場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならないことが要求されており、特に、それらが設置される地盤について、第四紀層等の砂地盤又は砂礫地盤で地下水位が高い場合には地震発生に伴う液状化の可能性を検討する必要がある。
- 東海第二発電所の地盤は、敷地南部では岩盤である新第三系である久米層上面深度が浅く、敷地北部では深いといった特徴に加えて、その上位の第四系としては、砂層、砂礫層及び非液状化層である過圧密粘土層が堆積している。
- 本資料は、敷地の耐震重要施設等 が設置される地盤のうち、上記の状況に該当するものについての液状化に関する検討方針を示すとともに、原子力規制委員会臨時会議(平成29年6月27日)を踏まえ、特に、第四紀層を支持地盤とする耐震重要施設等のうち、東海第二発電所の安全上の重要施設である、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁(摩擦杭構造)が設置される地盤に着目し、現状における検討結果をご説明するものである。
- なお、別資料にて詳細に説明するとおり、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁(摩擦杭構造)については、仮に液状化検討対象層である砂層及び砂礫層が液状化するとしても、豊富に分布する恒久的な非液状化層である過圧密粘土層だけでも必要な支持力を確保する設計としている。

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

## 1. 概要

# 液状化に関する設置許可基準規則の要求事項について

### 設置許可基準規則

#### 第三条

- 2 耐震重要施設は、**変形**した場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならない。

### 設置許可基準規則解釈

#### (別記1)

- 2 第3条第2項に規定する「**変形**」とは、地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み並びに地震発生に伴う建物・構築物間の不等沈下、**液状化**及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状をいう。

### 基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド

#### 2. 基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に関する安全審査の基本方針

##### (1) 原子炉建屋等の基礎地盤の安定性

原子炉建屋等が設置される地盤は、将来も活動する可能性のある断層等の露頭が無いことが確認された地盤であり、想定される地震動の地震力に対して、当該地盤に設置する耐震設計上の重要度分類Sクラスの機器及びシステムを支持する建物及び構築物の安全機能が重大な影響を受けないことを確認する。具体的な確認事項は以下の通りである。

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

#### 4. 基礎地盤の安定性評価

##### 4.1 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

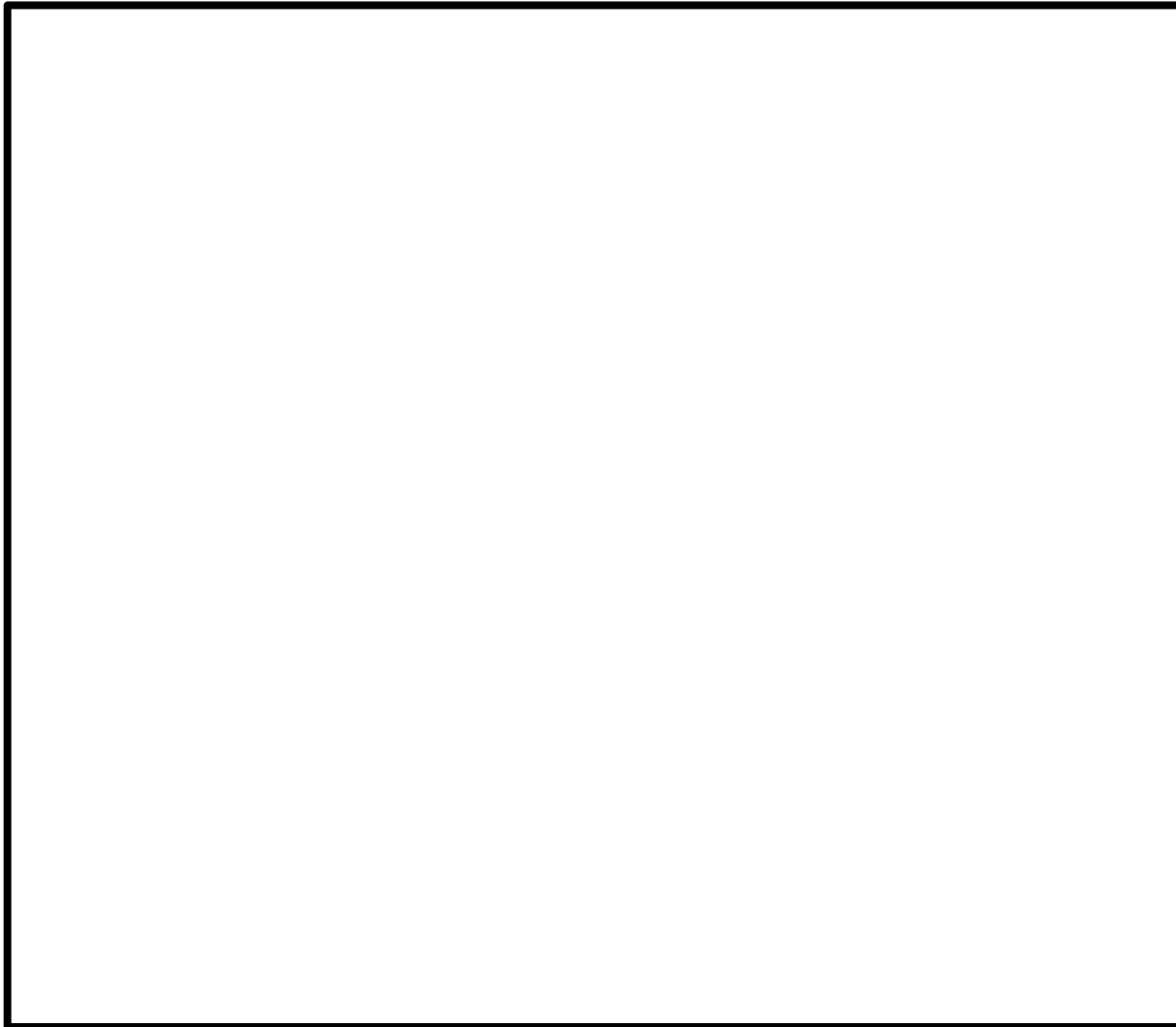
##### (2) 確認事項

- ・建物及び構築物が設置される地盤が**第四紀層等の砂地盤又は砂礫地盤で地下水位が高い場合には、液状化の可能性を検討**していること。

1. 概要

# 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。



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。

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)

耐震重要施設
使用済燃料乾式貯蔵建屋
防潮堤(鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁構造区間)
防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁構造区間)
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)

---

## 2. 敷地の地質について

## 2. 敷地の地質について

### 敷地の地質

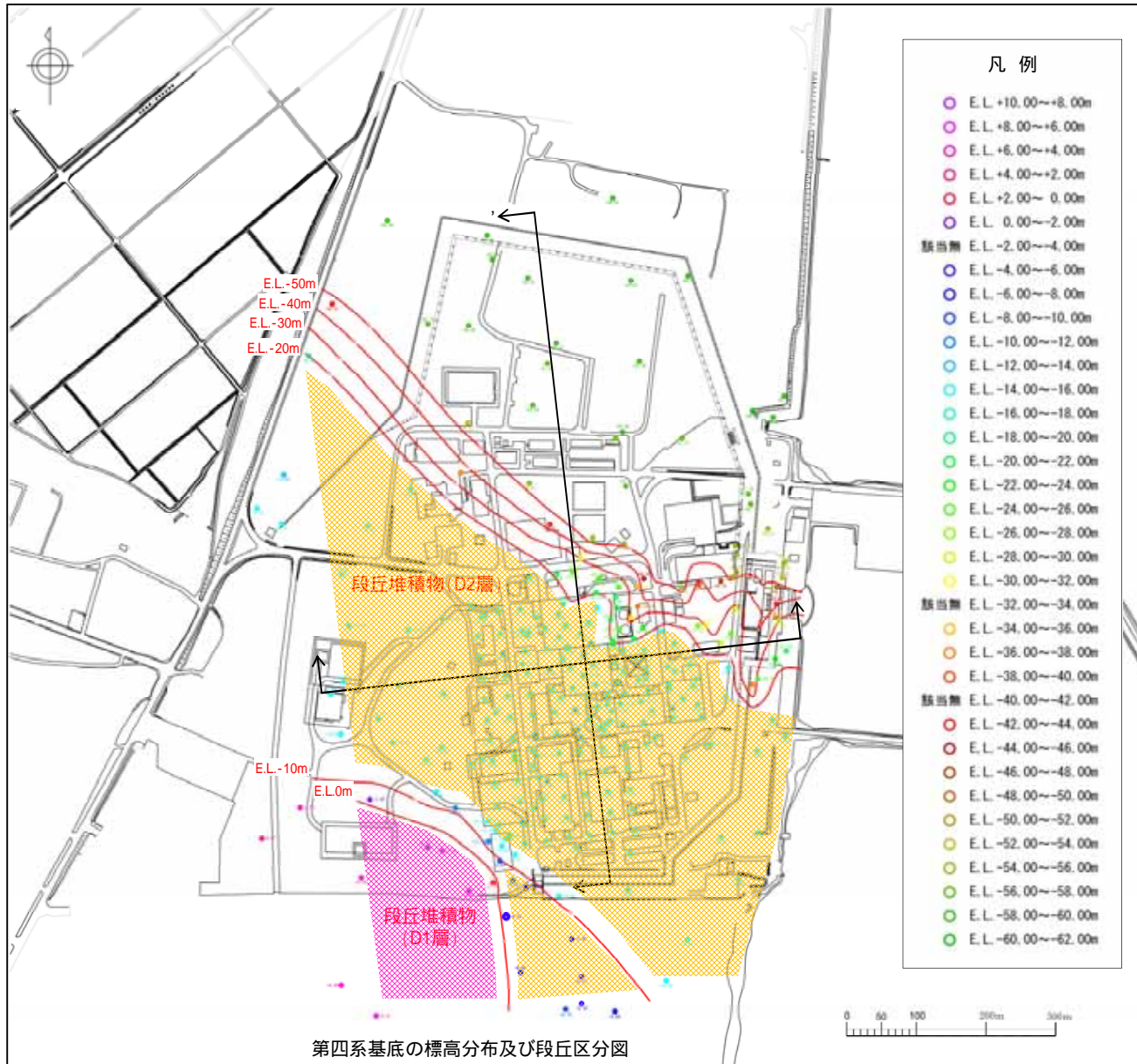
- 敷地の地質は、下位から先白亜系の日立古生層(日立変成岩類)、白亜系の那珂湊層群、新第三系の離山層、新第三系鮮新統～第四系下部更新統の久米層、第四系更新統の東茨城層群及び段丘堆積物、第四系完新統の沖積層及び砂丘砂層からなる。

地質層序表

年代層序区分		地層区分	地質記号	主な層相			備考		
新生界	第四系	完新統	砂丘砂層	du	砂		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				ローム				
	新第三系	鮮新統	東茨城層群	Hi	暗灰色～褐色の砂及びシルト 灰褐色～青灰色の砂礫		敷地西部のごく一部に分布する。		
			久米層	Km	暗オリーブ灰色の砂質泥岩		敷地全体に広く分布する。 原子炉建屋等の基礎岩盤である。		
	白亜系	鮮新統	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。		
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。			
日立古生層 (日立変成岩類)			Hp	泥岩・砂岩・礫岩		1孔のボーリングで那珂湊層群の下位に認められる。			

：不整合





凡 例

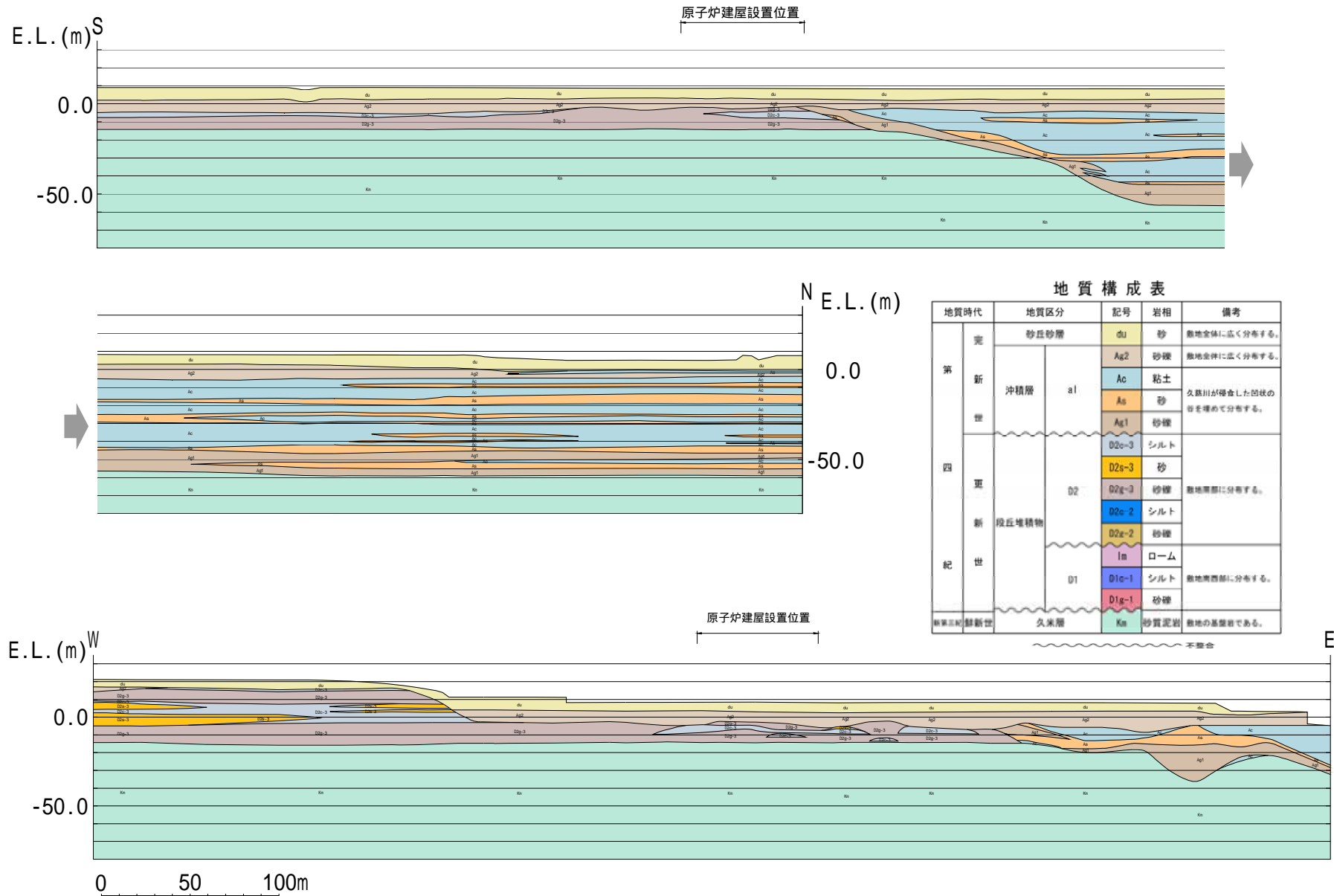
●	E.L.+10.00～+8.00m
●	E.L.+8.00～+6.00m
●	E.L.+6.00～+4.00m
●	E.L.+4.00～+2.00m
●	E.L.+2.00～0.00m
●	E.L.0.00～-2.00m
●	該当無 E.L.-2.00～-4.00m
●	E.L.-4.00～-6.00m
●	E.L.-6.00～-8.00m
●	E.L.-8.00～-10.00m
●	E.L.-10.00～-12.00m
●	E.L.-12.00～-14.00m
●	E.L.-14.00～-16.00m
●	E.L.-16.00～-18.00m
●	E.L.-18.00～-20.00m
●	E.L.-20.00～-22.00m
●	E.L.-22.00～-24.00m
●	E.L.-24.00～-26.00m
●	E.L.-26.00～-28.00m
●	E.L.-28.00～-30.00m
●	E.L.-30.00～-32.00m
●	該当無 E.L.-32.00～-34.00m
●	E.L.-34.00～-36.00m
●	E.L.-36.00～-38.00m
●	E.L.-38.00～-40.00m
●	該当無 E.L.-40.00～-42.00m
●	E.L.-42.00～-44.00m
●	E.L.-44.00～-46.00m
●	E.L.-46.00～-48.00m
●	E.L.-48.00～-50.00m
●	E.L.-50.00～-52.00m
●	E.L.-52.00～-54.00m
●	E.L.-54.00～-56.00m
●	E.L.-56.00～-58.00m
●	E.L.-58.00～-60.00m
●	E.L.-60.00～-62.00m

- 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(du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)

## 2. 敷地の地質について 地質断面図(第四系)



---

### 3. 液状化の可能性の検討基本方針

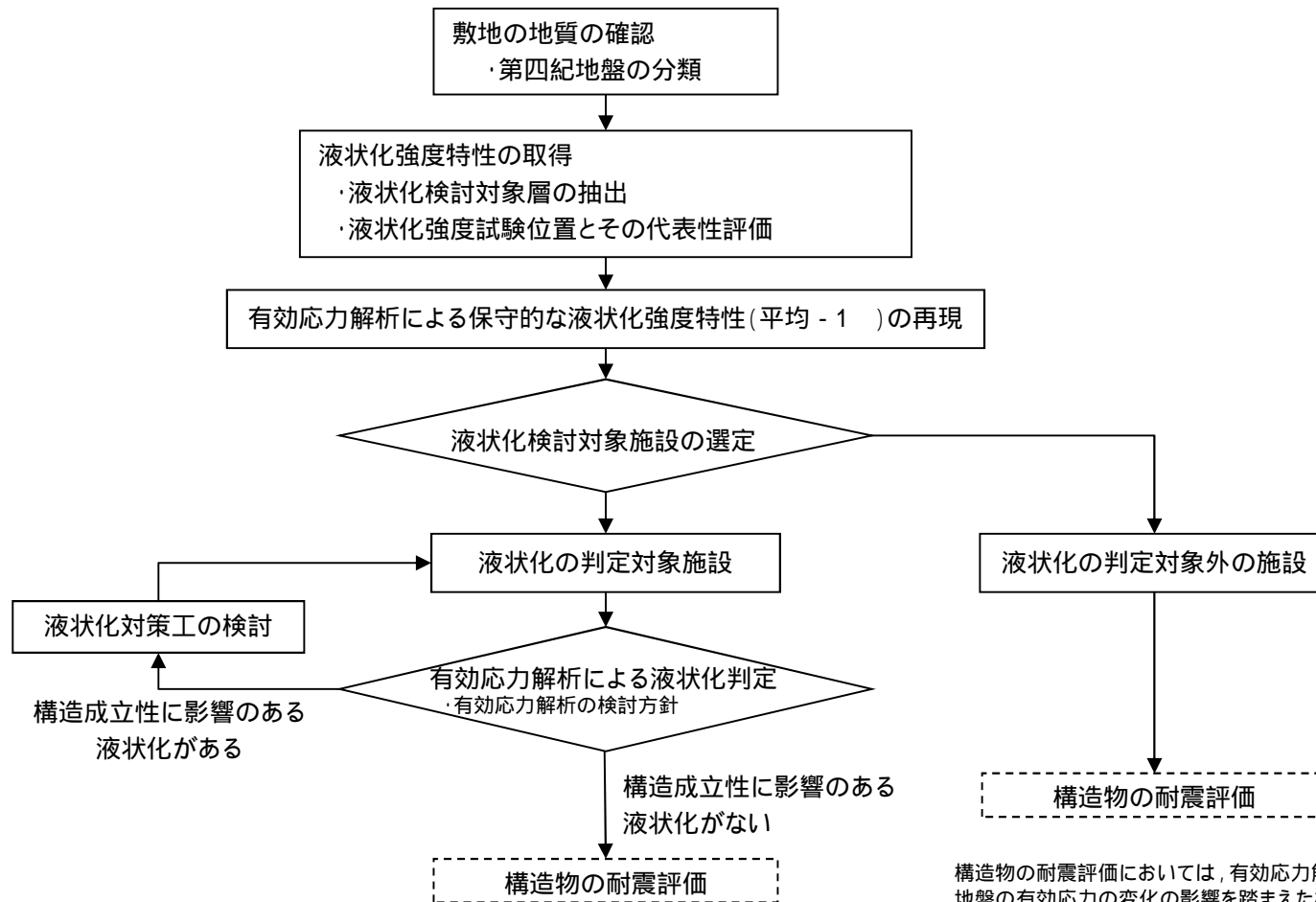
### 3. 液状化の可能性の検討基本方針

以下に液状化に関する可能性の検討のフローを示す。

液状化に関する可能性の検討については、道路橋示方書では検討対象外とされている洪積の砂礫層及び地表面から 20m 以深の沖積砂礫層についても液状化検討対象層とすることで保守的な評価を実施する。

各液状化検討対象層について、代表性を有する液状化強度試験箇所を選定し、液状化強度を取得する。

液状化検討対象層の液状化強度特性は、液状化強度試験結果の平均と標準偏差を考慮した保守的な設定(平均 - 1 設定)とし、有効応力解析により液状化判定を行う。



構造物の耐震評価においては、有効応力解析により、地盤の有効応力の変化の影響を踏まえた検討を行う。

---

## 4 . 液状化検討対象層の抽出

# 4. 液状化検討対象層の抽出

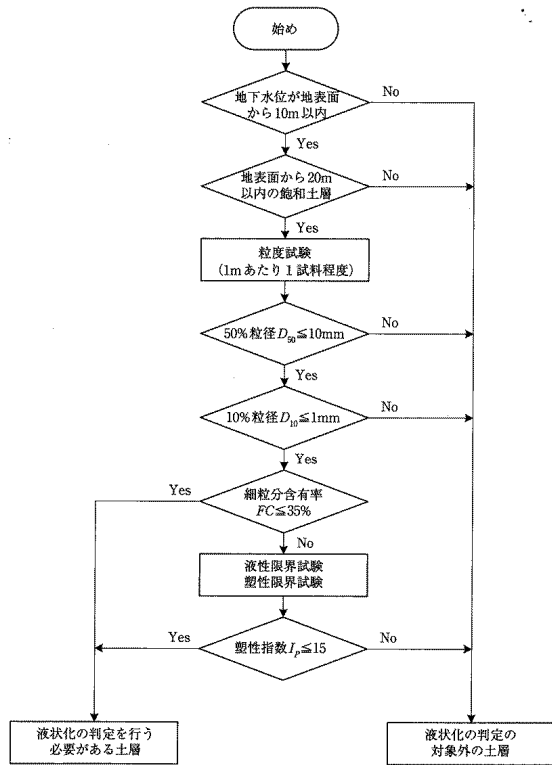
## 液状化検討対象層の抽出

- ✓ 道路橋示方書・同解説(耐震設計編)に基づき液状化検討対象層を抽出する。
- ✓ 道路橋示方書においては、液状化検討対象層を地表面から20m以内の沖積層としているが、本評価では以下のものも対象層として考慮する。  
地表面から20m以深も考慮。  
洪積層(D1層 ~ D2層)についても考慮。

液状化判定の対象となる地層(道路橋示方書・同解説(耐震設計編))

地下水位が地表面から10m以内にあり、かつ、地表面から20m以内の深さに存在する飽和土層  
 細粒分含有率が35%以下の土層、または、細粒分含有率が35%を超えても塑性指数が15以下の土層  
 50%粒径が10mm以下で、かつ、10%粒径が1mm以下である土層

○ : 検討対象  
 ◻ : 保守的に検討対象とするもの  
 □ : 液状化検討対象とするもの  
 - : 検討対象外



液状化検討対象層の抽出フロー  
 (道路橋示方書・同解説(耐震設計編))

地質記号	層相	道路橋示方書における液状化検討対象層	当社の液状化検討対象層	備考
du	砂			
al	Ag2	砂礫		
	Ac	粘土		
	As	砂		• 20m以深に分布する範囲についても保守的に検討対象とする。
D2	Ag1	砂礫		• 20m以深に分布するが保守的に検討対象とする。
	D2c-3	シルト		
	D2s-3	砂		• 洪積層であるが保守的に検討対象層とする。
	D2g-3	砂礫		• 洪積層であるが保守的に検討対象層とする。 • 20m以深に分布する範囲についても保守的に検討対象とする。
D1	lm	ローム		
	D1c-1	シルト		
	D1g-1	砂礫		• 洪積層であるが保守的に検討対象層とする。

---

## 5 . 液状化強度の試験箇所とその代表性

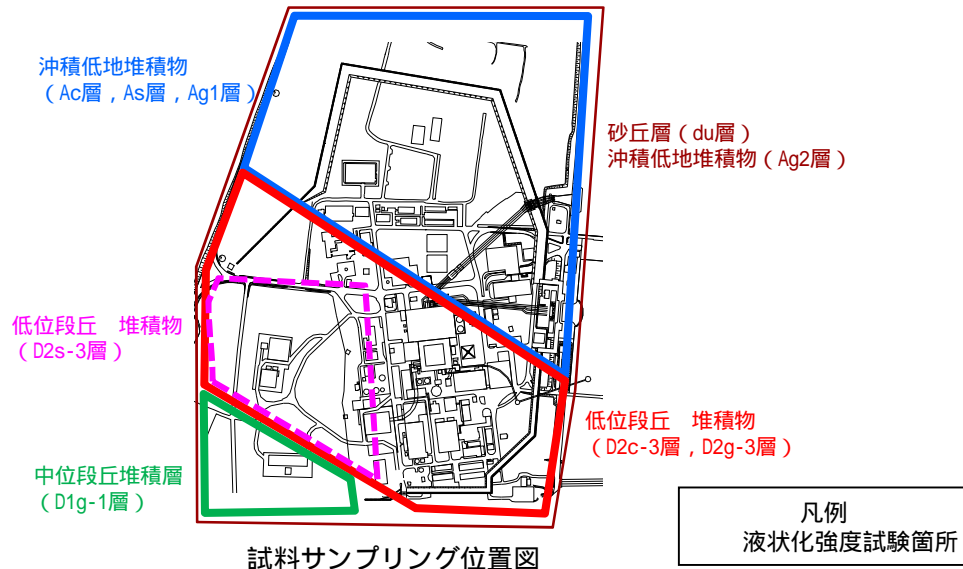
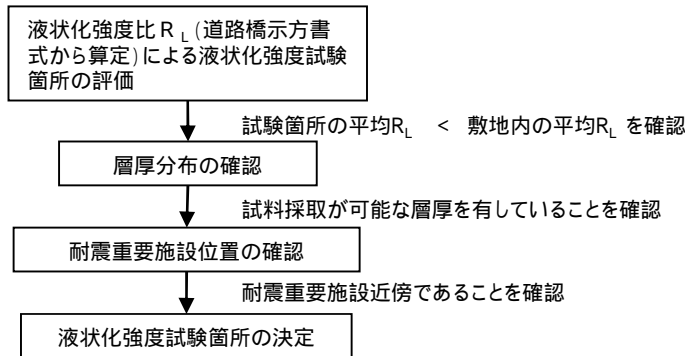
# 液状化強度の取得方針

有効応力解析による液状化判定等を実施するため、液状化強度を取得する。

液状化強度試験の実施箇所の決定に当たっては、以下を考慮する。

- ✓ 液状化強度試験箇所の液状化強度比  $R_L$  は、敷地内における同層の液状化強度比  $R_L$  と比較して保守的な位置であることを確認する。
- ✓ 液状化強度試験箇所の対象層は、試料採取が可能な層厚を有していることを確認する。
- ✓ 液状化強度試験箇所は、耐震重要施設の近傍であることを確認する。

## 液状化強度試験箇所の選定フロー



：液状化強度比  $R_L$  (道路橋示方書式)

液状化強度比  $R_L$  は、道路橋示方書の式に基づき、 $N$  値や物理特性データを用いて算定される。

(3) 繰返し三軸強度比

繰返し三軸強度比  $R_L$  は式 (8.2.7) により算出する。

$$\left. \begin{aligned} R_L &= 0.0882 \sqrt{N_s/1.7} && (N_s < 14) \\ R_L &= 0.0882 \sqrt{N_s/1.7} + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (N_s - 14)^{4.5} && (14 \leq N_s) \end{aligned} \right\} \dots (8.2.7)$$

ここに、

<砂質土の場合>

$$N_s = c_1 N_i + c_2 \dots (8.2.8)$$

$$N_i = 170 N / (\sigma_{vb} + 70) \dots (8.2.9)$$

$$c_1 = 1 \quad (0\% \leq FC < 10\%) \dots (8.2.10)$$

$$c_1 = (FC + 40) / 50 \quad (10\% \leq FC < 60\%) \dots (8.2.10)$$

$$c_1 = FC / 20 - 1 \quad (60\% \leq FC) \dots (8.2.10)$$

$$c_2 = 0 \quad (0\% \leq FC < 10\%) \dots (8.2.11)$$

$$c_2 = (FC - 10) / 18 \quad (10\% \leq FC) \dots (8.2.11)$$

<れき質土の場合>

$$N_s = \{1 - 0.36 \log_{10}(D_{50}/2)\} N_i \dots (8.2.12)$$

ここに、

$R_L$ : 繰返し三軸強度比

$N$ : 標準貫入試験から得られる  $N$  値

$N_i$ : 有効上載圧 100kN/m<sup>2</sup> 相当に換算した  $N$  値

$N_s$ : 粒度の影響を考慮した補正  $N$  値

$\sigma_{vb}$ : 標準貫入試験を行ったときの地表面からの深さにおける有効上載圧 (kN/m<sup>2</sup>)

$c_1, c_2$ : 細粒含有率による  $N$  値の補正係数

$FC$ : 細粒含有率 (%) (粒径 75  $\mu$ m 以下の土粒子の通過質量百分率)

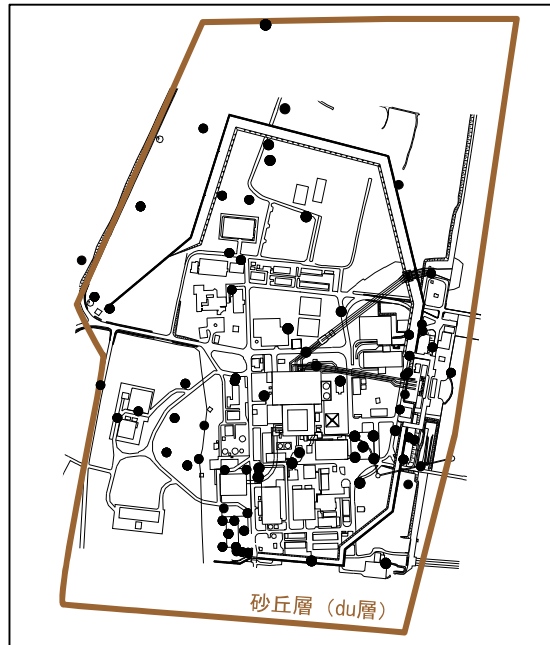
$D_{50}$ : 50% 粒径 (mm)

道路橋示方書・同解説 耐震設計編より抜粋



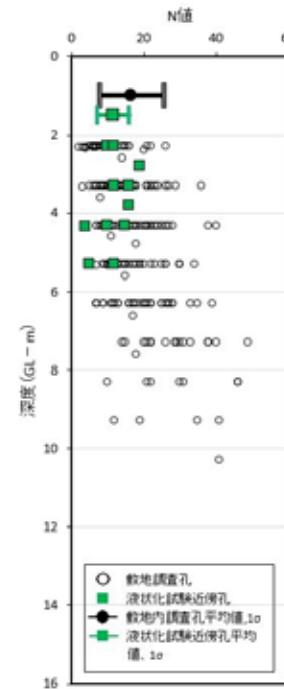
5. 液状化強度の試験箇所とその代表性

液状化強度試験箇所の代表性評価 (du層)

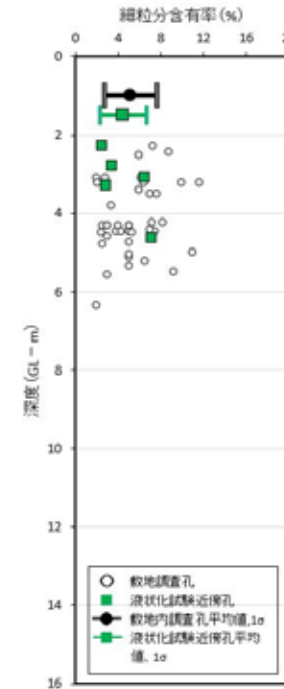


標準貫入試験位置  
液状化強度試験箇所(du層)

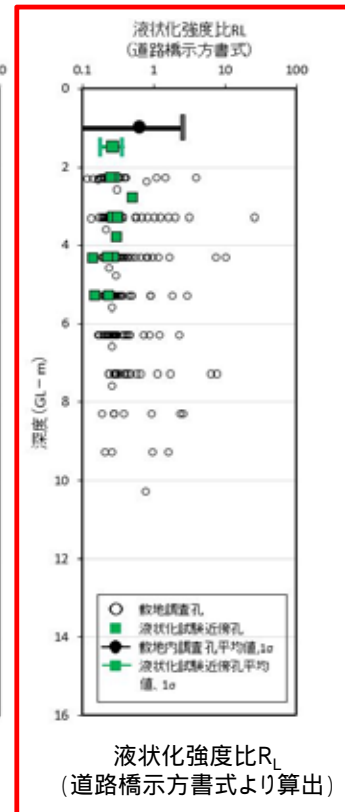
分布範囲及び調査位置



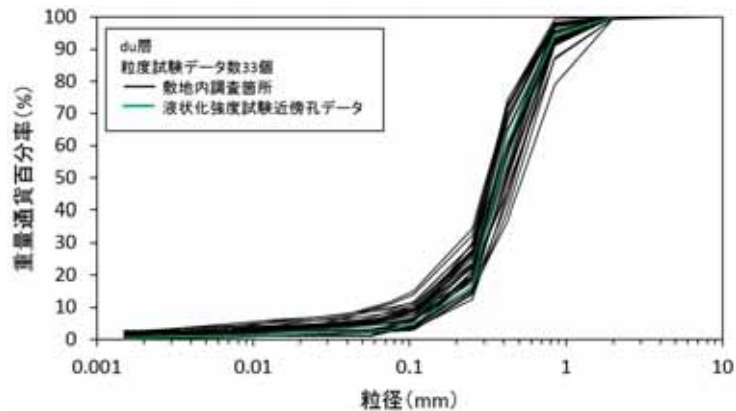
N値



細粒分含有率



液状化強度比 $R_L$   
(道路橋示方書式より算出)



粒径加積曲線

- ・液状化強度試験箇所のN値及び細粒分含有率は敷地内調査箇所の値より小さい。
- ・液状化強度試験箇所の粒径加積曲線は敷地内調査箇所の範囲内で分布している。

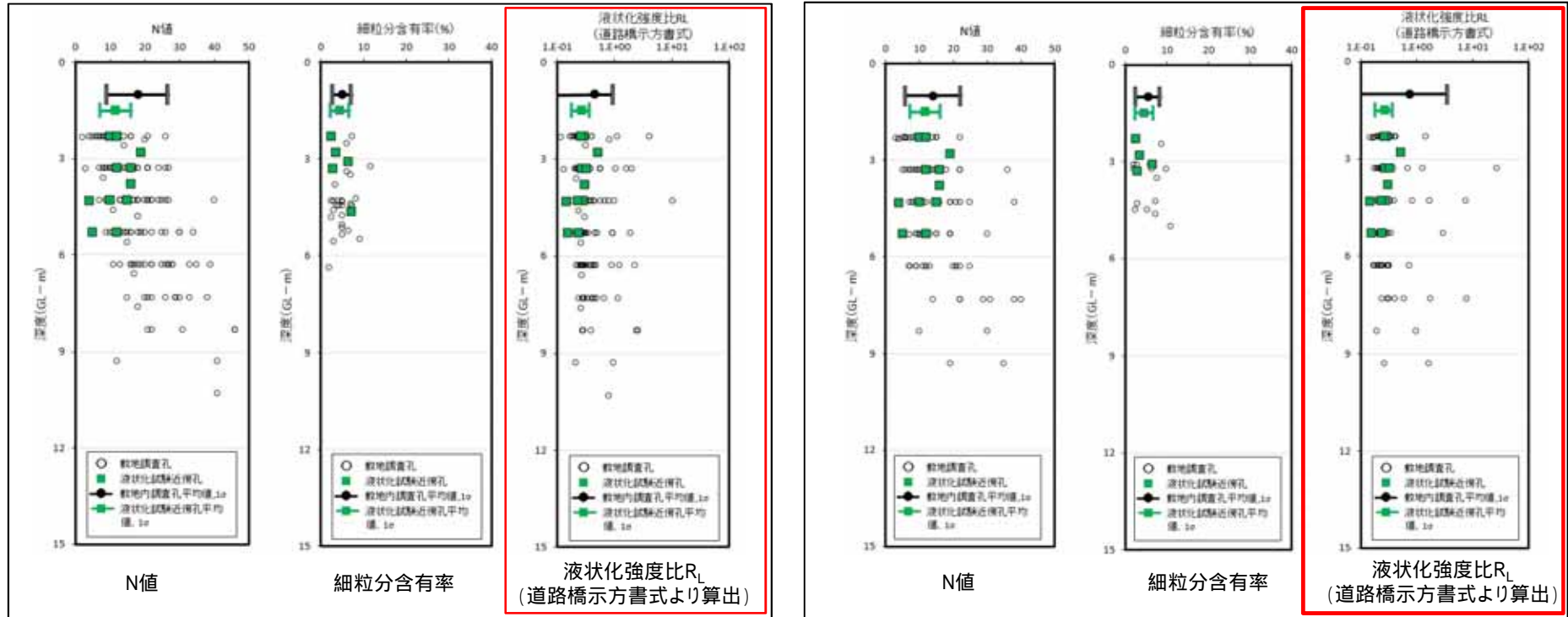


✓ 液状化強度比 $R_L$ の比較により  
液状化強度試験箇所平均 $R_L <$  敷地内調査箇所平均 $R_L$   
を確認した。

5. 液状化強度の試験箇所とその代表性

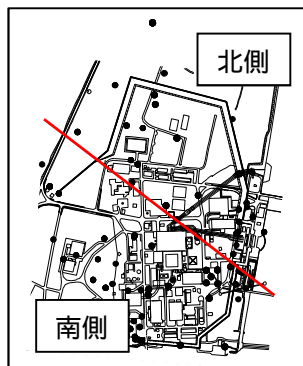
# 液状化強度試験箇所の代表性評価 (du層)

du層は敷地内に広く分布していることから、敷地の北側と南側でデータを区分し  $R_L$  値の分布比較を行った。



【南側】

【北側】



平面分割図

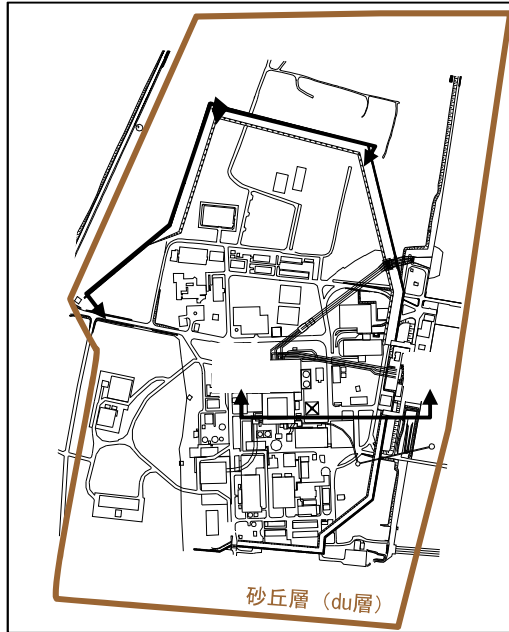
✓ 敷地を南北に分け、 $R_L$  値の比較を行った結果においても、液状化強度試験箇所平均  $R_L <$  敷地内調査箇所平均  $R_L$  を確認した。

## 5. 液状化強度の試験箇所とその代表性

### 液状化強度試験箇所の代表性評価(du層)

【du層】

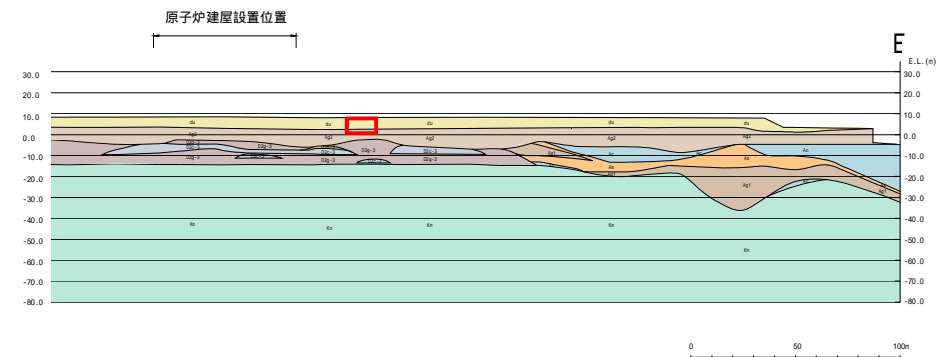
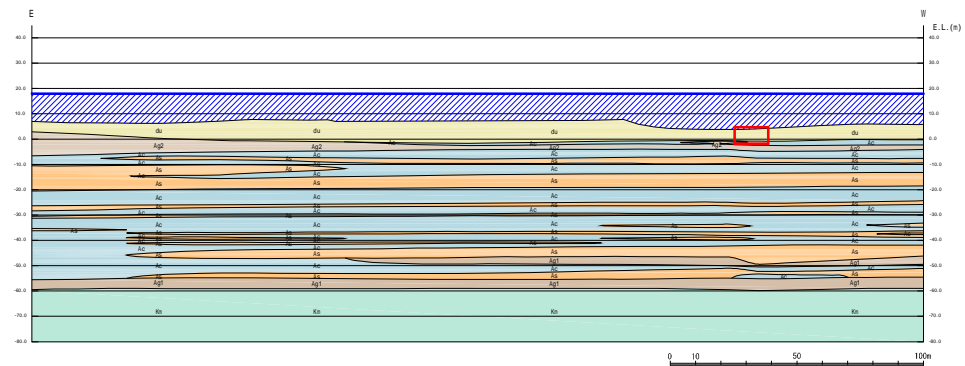
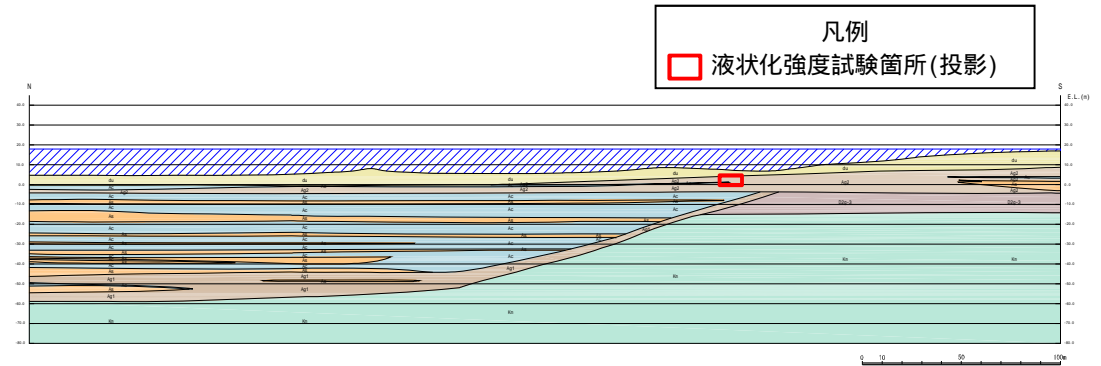
du層の液状化強度試験箇所が、試料採取が可能な層厚を有していること及び耐震重要施設（防潮堤等）の近傍であることを確認した。



液状化強度試験箇所(du層)

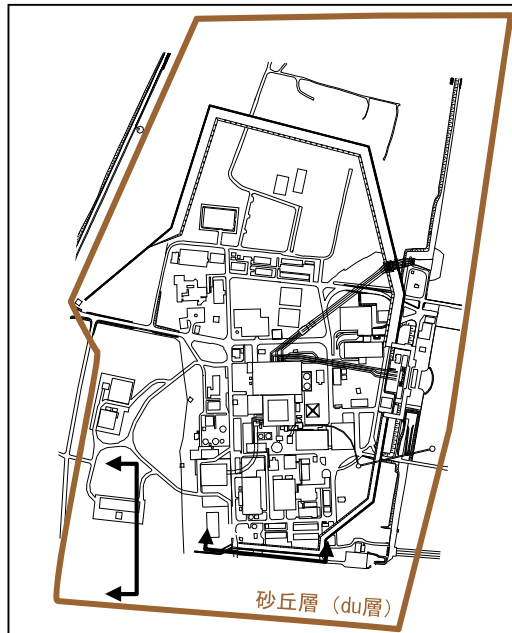
液状化強度試験実施位置図

地質構成表				
地質時代	地質区分	記号	岩相	備考
新	沖積層	du	砂	各地帯に広く分布する。
		Ag2	砂礫	各地帯に広く分布する。
新	沖積層	Ac	粘土	
		As	砂	久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。
新	沖積層	Ag1	砂礫	
		D2a-3	シルト	
新	沖積層	D2a-3	砂	
		D2a-2	砂礫	各地帯に分布する。
新	沖積層	D2a-2	シルト	
		D2a-2	砂礫	
新	沖積層	Is	ローム	
		D1a-1	シルト	各地帯に分布する。
新	沖積層	D1a-1	砂礫	
		ka	砂質泥岩	各地帯に分布する。



5. 液状化強度の試験箇所とその代表性

液状化強度試験箇所の代表性評価 (du層)



液状化強度試験箇所(du層)

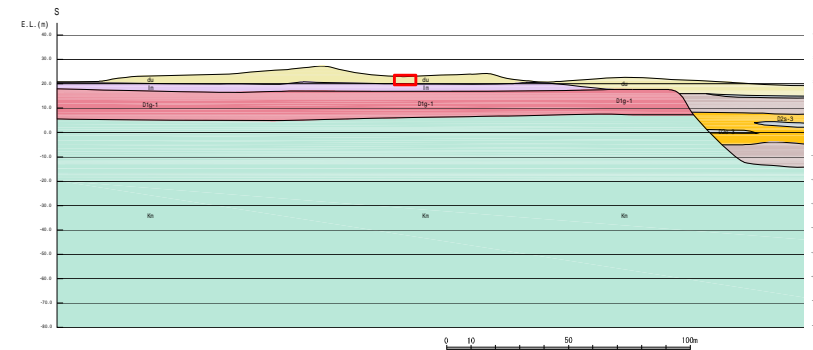
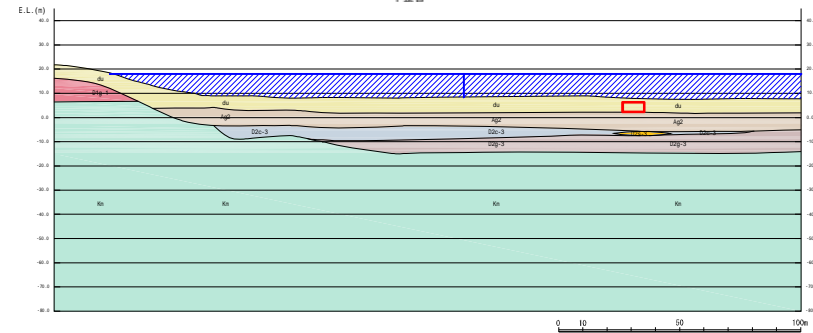
液状化強度試験実施位置図

**地質構成表**

地質時代	地質区分	記号	岩相	備考	
第 3 紀	砂丘砂層	du	砂	敷地全域に広く分布する。	
		Ag2	砂礫	敷地全域に広く分布する。	
	沖積層	a1	Ac	粘土	久慈川が侵食した部域の 谷を埋めて分布する。
		Ag	砂		
		Ag1	砂礫		
第 4 紀	新 段丘堆積物	D2c-3	シルト	敷地周縁に分布する。	
		D2a-3	砂		
		D2a-2	砂礫		
	旧 段丘堆積物	D1	Is	ローム	敷地周縁部に分布する。
			D1c-1	シルト	
		D1	D1a-1	砂礫	
			Kn	砂質泥岩	
新第三紀 更新世	久米層	Kn	砂質泥岩	敷地の基盤岩である。	

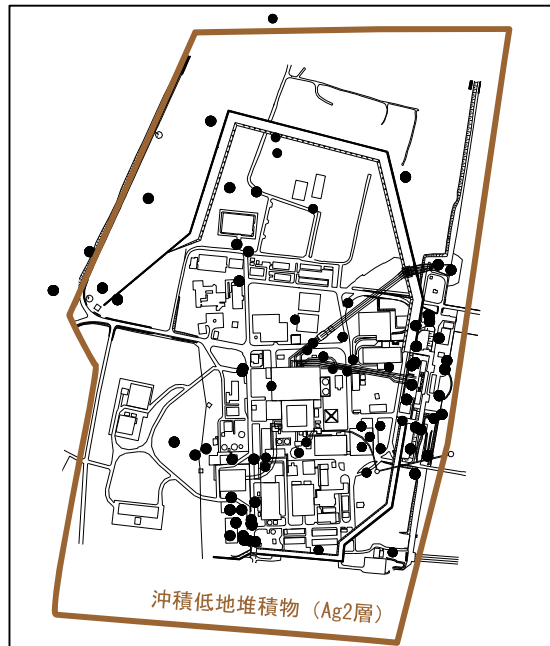
~~~~~ 不整合

凡例  
 液状化強度試験箇所(投影)



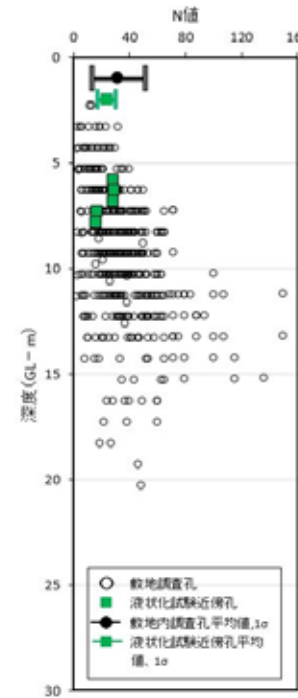
5. 液状化強度の試験箇所とその代表性

液状化強度試験箇所の代表性評価 (Ag2層)

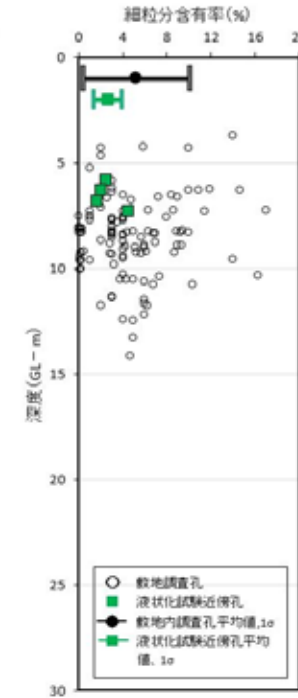


標準貫入試験位置  
液状化強度試験箇所 (Ag2層)

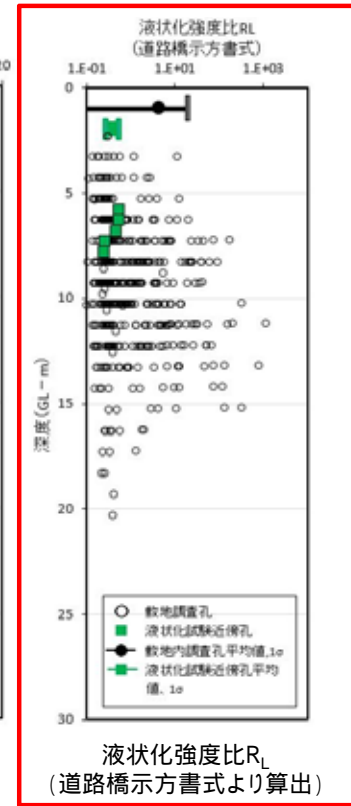
分布範囲及び調査位置



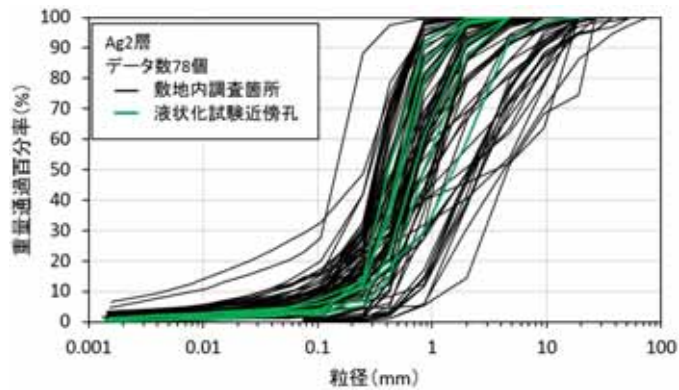
N値



細粒分含有率



液状化強度比  $R_L$   
(道路橋示方書式より算出)



粒径加積曲線

- ・ 液状化強度試験箇所のN値及び細粒分含有率は敷地内調査箇所の値より小さい。
- ・ 液状化強度試験箇所の粒径加積曲線は敷地内調査箇所の範囲内で分布している。



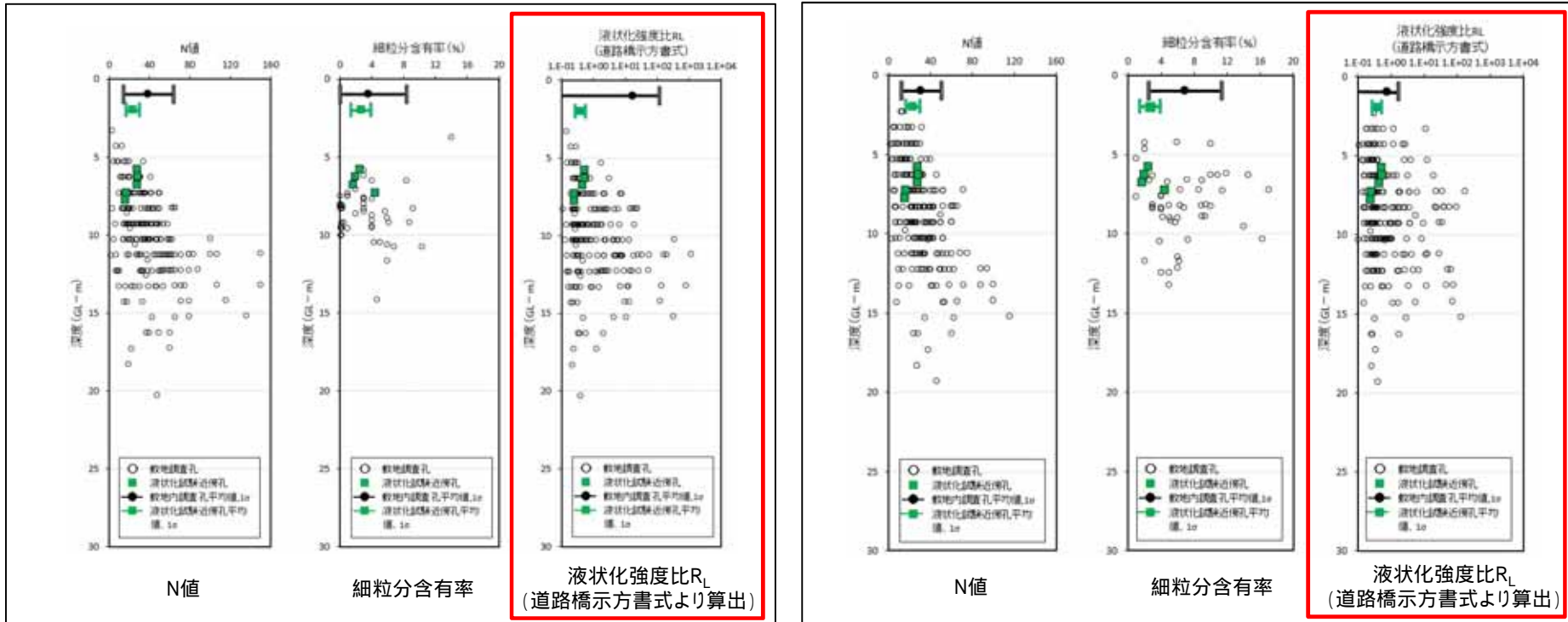
- ✓ 液状化強度比  $R_L$  の比較により  
液状化強度試験箇所平均  $R_L <$  敷地内調査箇所平均  $R_L$   
を確認した。



5. 液状化強度の試験箇所とその代表性

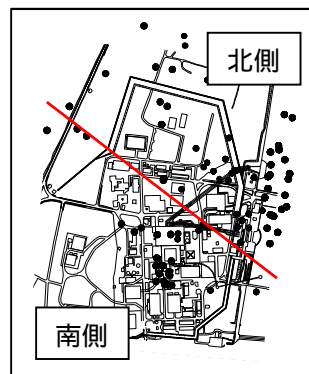
# 液状化強度試験箇所の代表性評価 (Ag2層)

Ag2層は敷地内に広く分布していることから、敷地の北側と南側でデータを区分し  $R_L$  値の分布比較を行った。



【南側】

【北側】



平面分割図

✓ 敷地を南北に分け、 $R_L$  値の比較を行った結果においても、液状化強度試験箇所平均  $R_L <$  敷地内調査箇所平均  $R_L$  を確認した。

## 5. 液状化強度の試験箇所とその代表性

### 液状化強度試験箇所の代表性評価 (Ag2層)

#### 【Ag2層】

Ag2層の液状化強度試験箇所が、試料採取が可能な層厚を有していること及び耐震重要施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋等）の近傍であることを確認した。



液状化強度試験箇所 (Ag2層)

液状化強度試験実施位置図

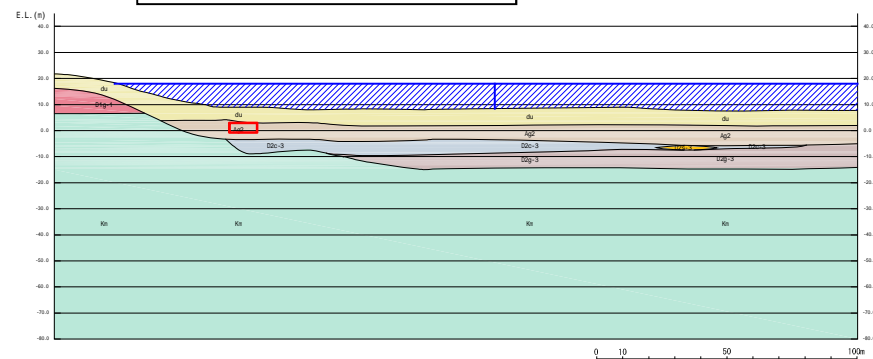
地質構成表

| 地質時代                  | 地質区分  | 記号             | 岩相   | 備考                    |
|-----------------------|-------|----------------|------|-----------------------|
| 第<br>新<br>世           | 砂丘砂層  | du             | 砂    | 敷地全体に広く分布する。          |
|                       |       | Ag2            | 砂礫   | 敷地全体に広く分布する。          |
|                       | 沖積層   | Ac             | 粘土   | 久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。 |
|                       |       | A <sub>s</sub> | 砂    |                       |
|                       |       | Ag1            | 砂礫   |                       |
| 第<br>四<br>重<br>新<br>世 | 段丘堆積物 | D2c-3          | シルト  | 敷地西部に分布する。            |
|                       |       | D2c-3          | 砂    |                       |
|                       |       | D2c-3          | 砂礫   |                       |
|                       |       | D2c-2          | シルト  |                       |
|                       | D1    | D2a-2          | 砂礫   | 敷地西部に分布する。            |
|                       |       | Im             | ローム  |                       |
|                       |       | D1c-1          | シルト  |                       |
| 新第三紀<br>新世            | 久米層   | D1g-1          | 砂礫   | 敷地の基盤岩である。            |
|                       |       | Km             | 砂質泥岩 |                       |

不整合

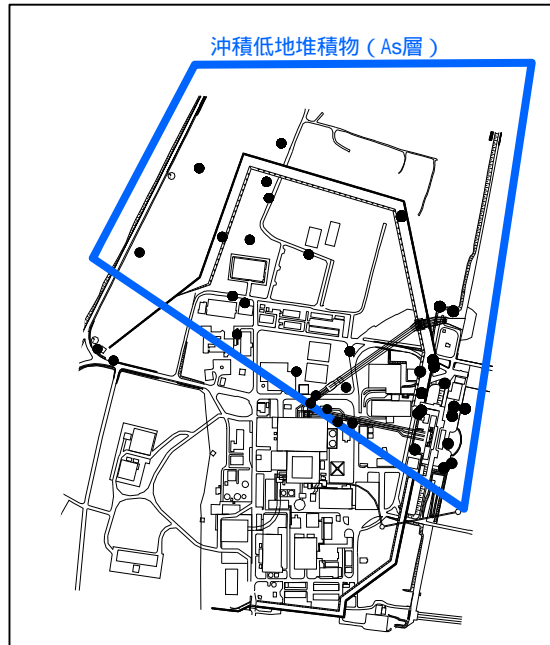
凡例

□ 液状化強度試験箇所 (投影)



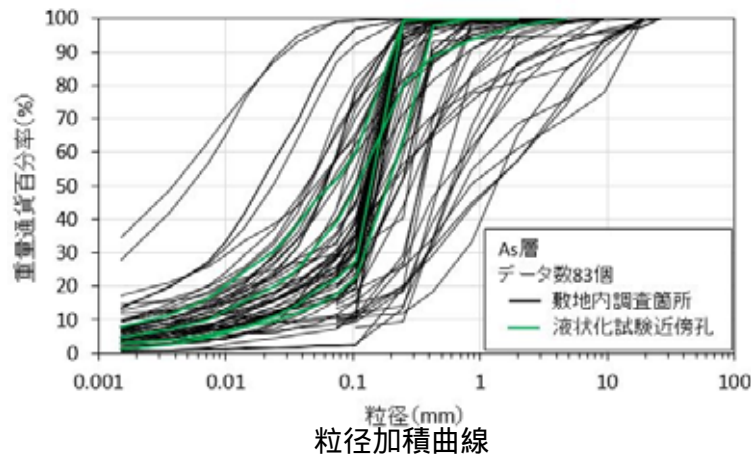
5. 液状化強度の試験箇所とその代表性

液状化強度試験箇所の代表性評価 (As層)

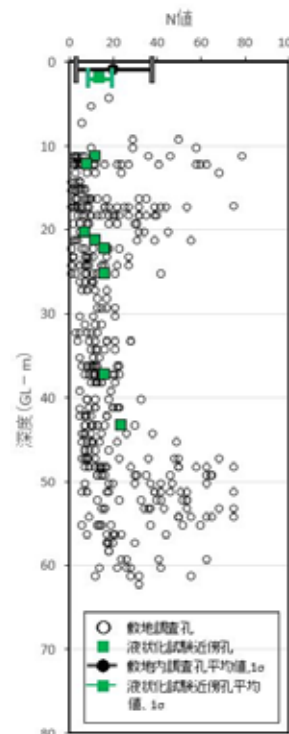


標準貫入試験位置  
液状化強度試験箇所 (As層)

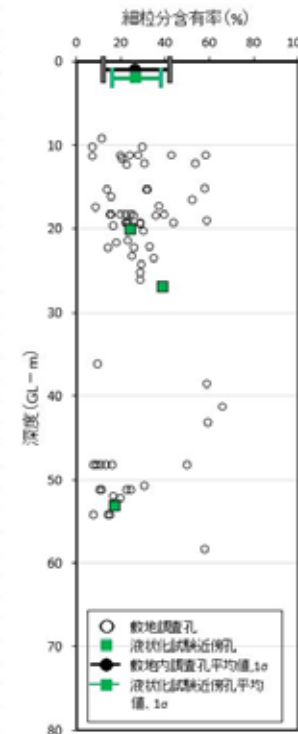
分布範囲及び調査位置



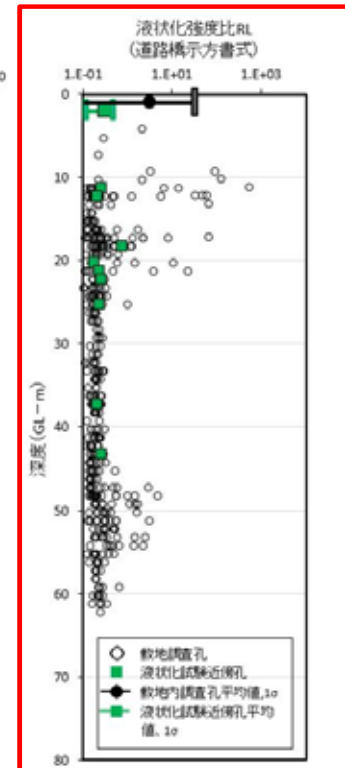
粒径加積曲線



N値



細粒分含有率



液化強度比 $R_L$   
(道路橋示方書式より算出)

- ・ 液状化強度試験箇所のN値及び細粒分含有率は敷地内調査箇所の値より小さいか同等の値を示す。
- ・ 液状化強度試験箇所の粒径加積曲線は敷地内調査箇所の範囲内で分布している。



✓ 液化強度比 $R_L$ の比較により  
液状化強度試験箇所平均 $R_L <$  敷地内調査箇所平均 $R_L$   
を確認した。

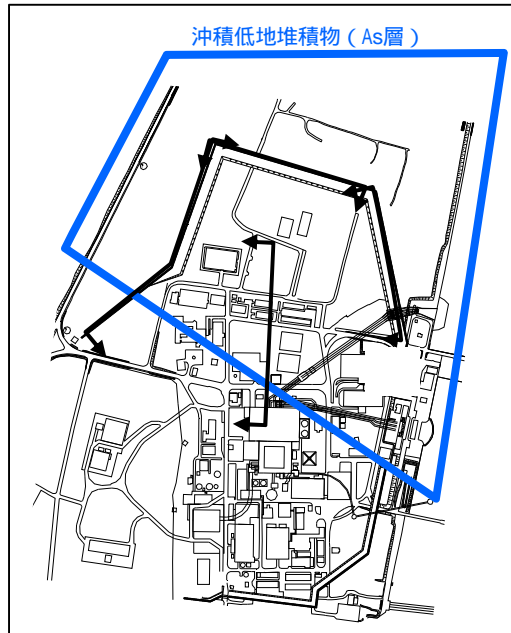


## 5. 液状化強度の試験箇所とその代表性

### 液状化強度試験箇所の代表性評価 (As層)

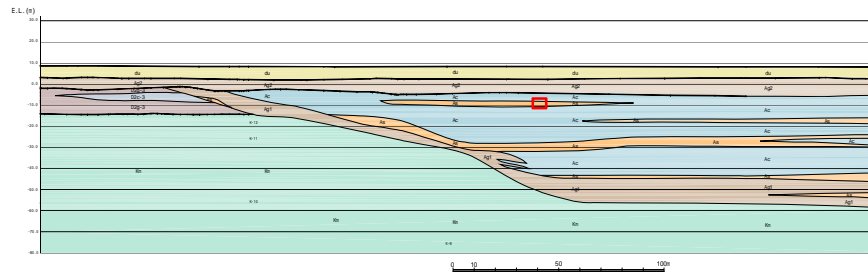
#### 【As層】

As層液状化強度試験箇所が、試料採取が可能な層厚を有していること及び耐震重要施設（防潮堤）の近傍であることを確認した。

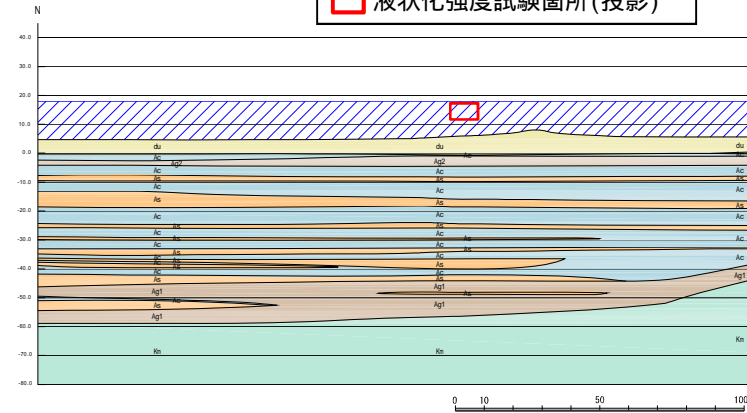


液状化強度試験箇所(As層)

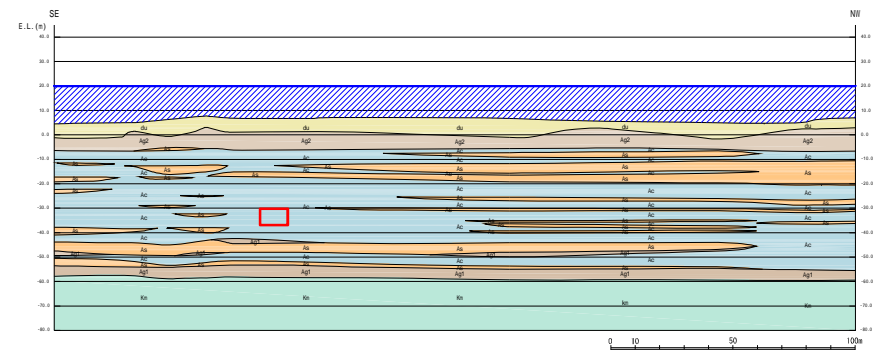
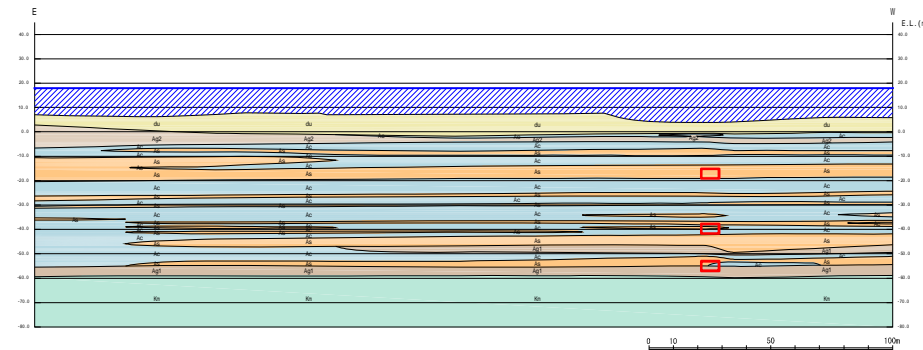
液状化強度試験実施位置図



凡例  
 液状化強度試験箇所(投影)

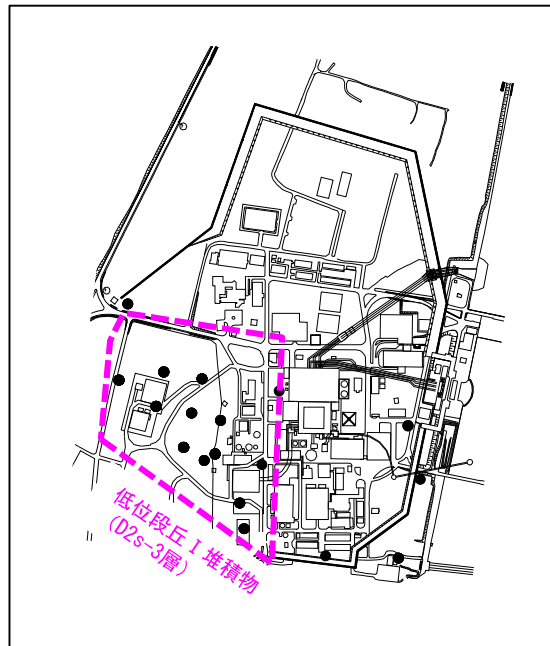


| 地質構成表     |       |       |     |                        |
|-----------|-------|-------|-----|------------------------|
| 地質時代      | 地質区分  | 記号    | 岩種  | 備考                     |
| 第Ⅲ期       | 沖積層   | As1   | 砂   | 表層部は粗く分層する。            |
|           |       | As2   | 砂礫  | 礫の粒径に比べて粗く分層する。        |
|           |       | As3   | 粘土  | 表層部が硬質した状態の砂を構成して分層する。 |
| 第Ⅳ期       | 砂     | As4   | 砂礫  |                        |
|           |       | As5-1 | シルト |                        |
|           |       | As5-2 | 砂   |                        |
| 第Ⅴ期       | 新 沖積層 | As6-1 | 砂礫  | 表層部は粗く分層する。            |
|           |       | As6-2 | シルト |                        |
|           |       | As6-3 | 砂   |                        |
| 第Ⅵ期       | 旧 沖積層 | As7   | シルト | 表層部は粗く分層する。            |
|           |       | As8   | シルト |                        |
|           |       | As9   | 砂礫  | 表層部は粗く分層する。            |
| ~~~~~ 不整合 |       |       |     |                        |



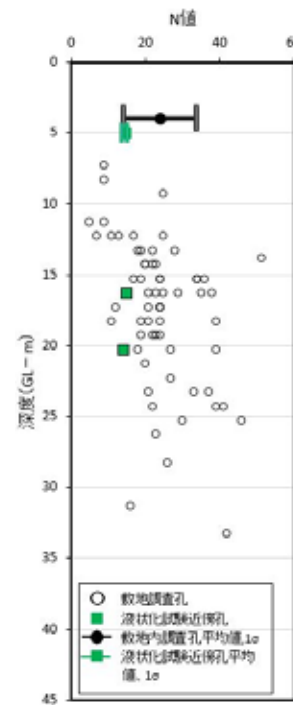
5. 液状化強度の試験箇所とその代表性

液状化強度試験箇所の代表性評価 (D2s-3層)

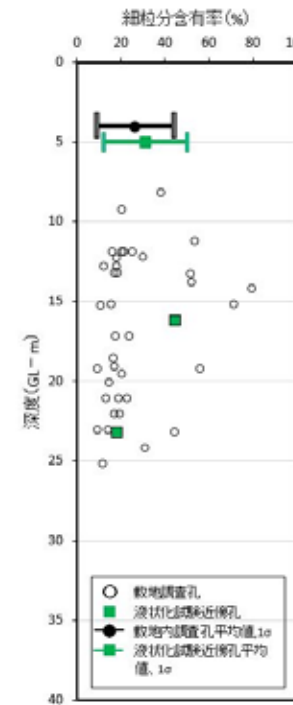


標準貫入試験位置  
液状化強度試験箇所 (D2s-3層)

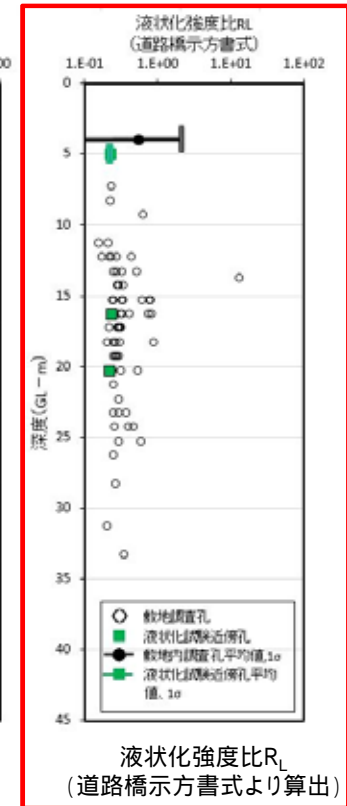
分布範囲及び調査位置



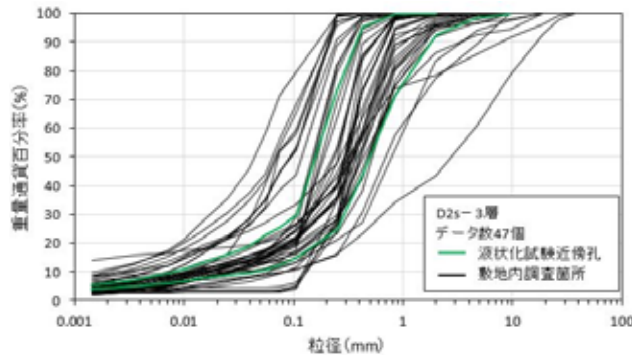
N値



細粒分含有率



液状化強度比  $R_L$   
(道路橋示方書式より算出)



粒径加積曲線

- ・液状化強度試験箇所のN値は小さく、細粒分含有率は敷地内調査箇所値の範囲内で分布するものの、平均値は若干大きくなっている。
- ・液状化強度試験箇所の粒径加積曲線は敷地内調査箇所の範囲内で分布している。



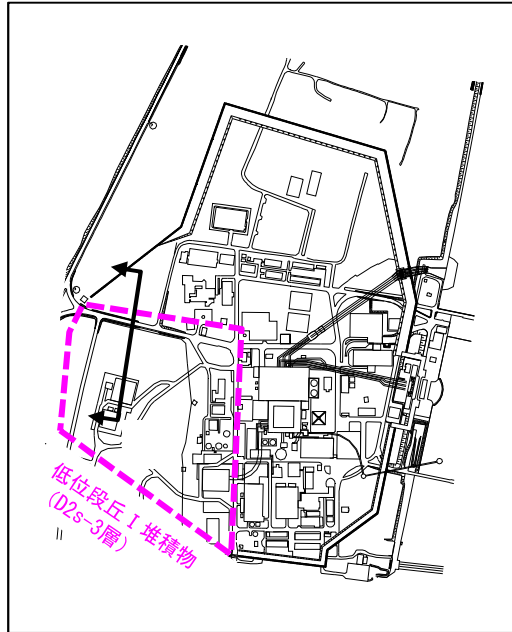
✓ 液状化強度比  $R_L$  の比較により  
液状化強度試験箇所平均  $R_L <$  敷地内調査箇所平均  $R_L$   
を確認した。

## 5. 液状化強度の試験箇所とその代表性

### 液状化強度試験箇所の代表性評価(D2s-3層)

#### 【D2s-3層】

D2s-3層は液状化強度試験箇所が、試料採取が可能な層厚を有していること及び耐震重要施設(緊急時対策所)の近傍であることを確認した。



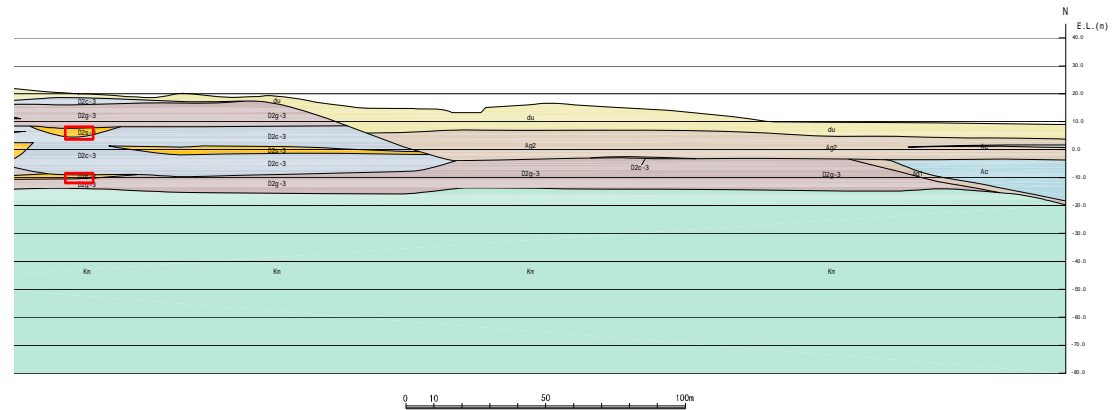
液状化強度試験箇所(D2s-3層)

液状化強度試験実施位置図

凡例  
 液状化強度試験箇所(投影)

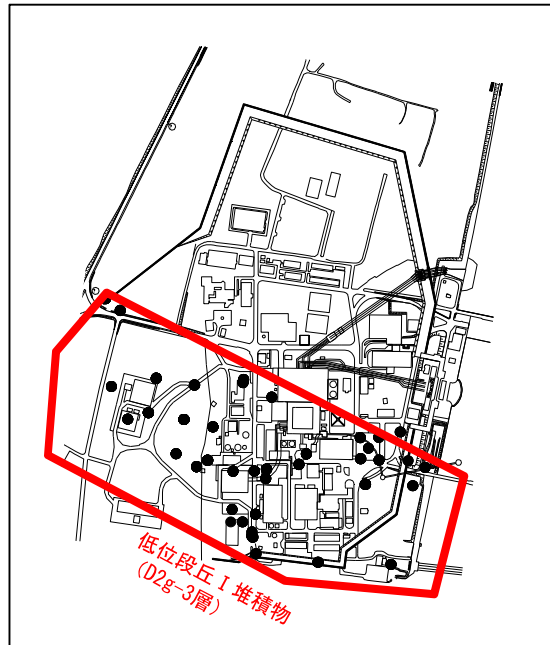
地質構成表

| 地質時代             | 地質区分  | 記号    | 岩相    | 備考         |                           |
|------------------|-------|-------|-------|------------|---------------------------|
| 新<br>世           | 沖積層   | a1    | ds    | 砂          | 敷地全体に広く分布する。              |
|                  |       |       | Ag2   | 砂礫         | 敷地全体に広く分布する。              |
|                  |       |       | Ac    | 粘土         |                           |
|                  |       |       | As    | 砂          | 久慈川が侵食した凹地の<br>底を埋めて分布する。 |
|                  |       |       | Ag1   | 砂礫         |                           |
| 四<br>葉<br>新<br>世 | 段丘堆積物 | D2    | D2o-3 | シルト        |                           |
|                  |       |       | D2s-3 | 砂          |                           |
|                  |       |       | D2g-3 | 砂礫         | 敷地両側に分布する。                |
|                  |       |       | D2o-2 | シルト        |                           |
|                  |       |       | D2g-2 | 砂礫         |                           |
|                  |       |       | Im    | ローム        |                           |
| 紀                | D1    | D1o-1 | シルト   | 敷地両側に分布する。 |                           |
|                  |       |       | D1g-1 | 砂礫         |                           |
| 新第三紀更新世          | 久米層   | Km    | 砂質泥岩  | 敷地の基盤岩である。 |                           |



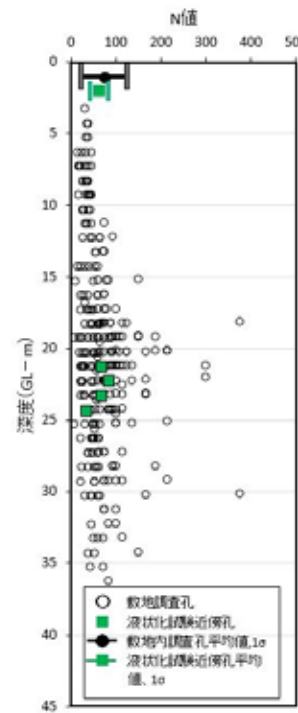
5. 液状化強度の試験箇所とその代表性

液状化強度試験箇所の代表性評価 (D2g-3層)

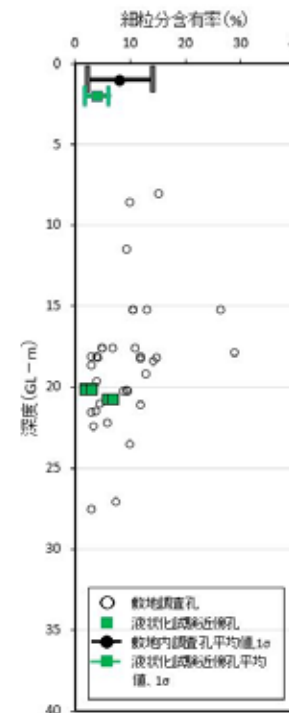


標準貫入試験位置  
液状化強度試験箇所 (D2g-3層)

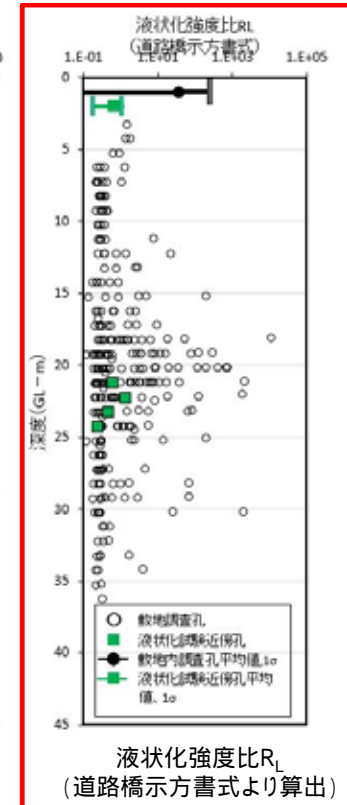
分布範囲及び調査位置



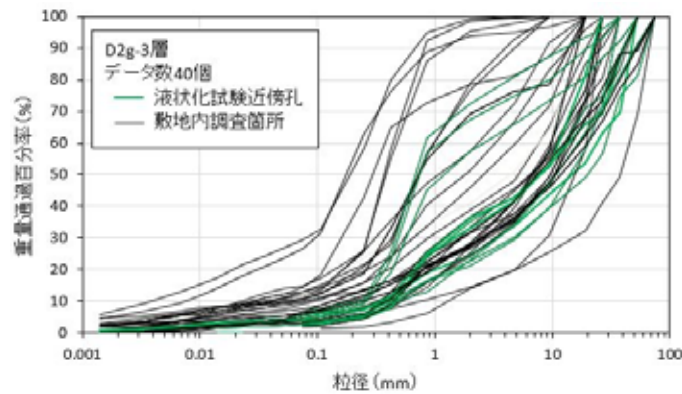
N値



細粒分含有率



液状化強度比  $R_L$   
(道路橋示方書式より算出)



粒径加積曲線

- ・ 液状化強度試験箇所のN値及び細粒分含有率の平均値は敷地内調査箇所の値より小さい。
- ・ 液状化強度試験箇所の粒径加積曲線は敷地内調査箇所の範囲内で分布している。



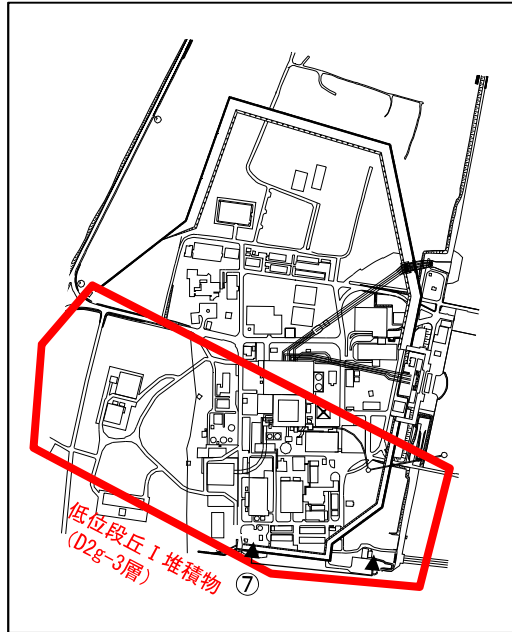
✓ 液状化強度比  $R_L$  の比較により  
液状化強度試験箇所平均  $R_L <$  敷地内調査箇所平均  $R_L$   
を確認した。

5. 液状化強度の試験箇所とその代表性

液状化強度試験箇所の代表性評価 (D2g-3層)

【D2g-3層】

D2g-3層は液状化強度試験箇所が、試料採取が可能な層厚を有していること及び耐震重要施設 (使用済燃料乾式貯蔵建屋等) の近傍であることを確認した。

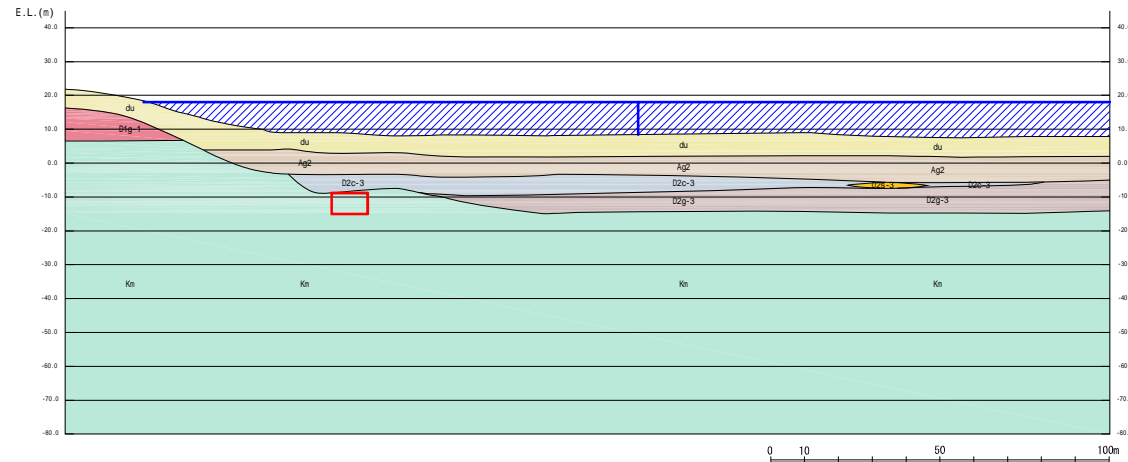


液状化強度試験箇所 (D2g-3層)

液状化強度試験実施位置図

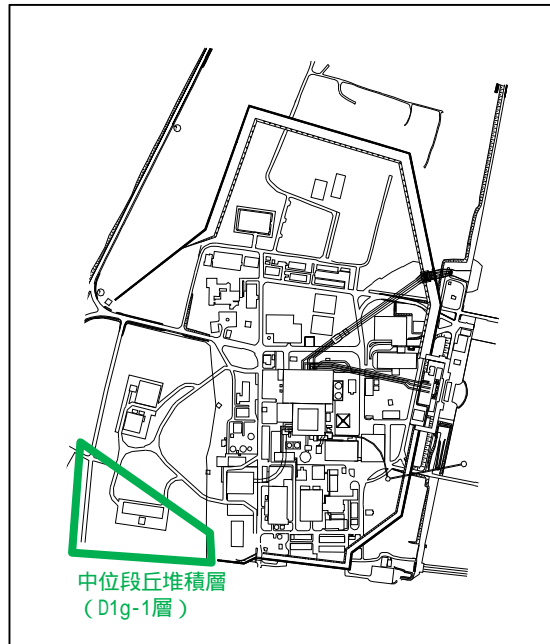
凡例  
 □ 液状化強度試験箇所 (投影)

| 地質時代 | 地質区分  | 記号    | 岩相   | 備考                    |
|------|-------|-------|------|-----------------------|
| 第三紀  | 沖積層   | du    | 砂    | 敷地全体に広く分布する。          |
|      |       | Ag2   | 砂礫   | 敷地全域に広く分布する。          |
|      |       | 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   |                       |
| 第四紀  | 段丘堆積物 | D2c-3 | シルト  | 敷地西部に分布する。            |
|      |       | D2s-3 | 砂    |                       |
|      |       | D2g-3 | 砂礫   |                       |
|      |       | D2c-2 | シルト  |                       |
|      |       | D2a-2 | 砂礫   |                       |
| 第四紀  | D1    | Im    | ローム  | 敷地西部部に分布する。           |
|      |       | D1c-1 | シルト  |                       |
|      |       | D1g-1 | 砂礫   |                       |
| 第三紀  | 久米層   | Km    | 砂質泥岩 | 敷地の基盤岩である。            |



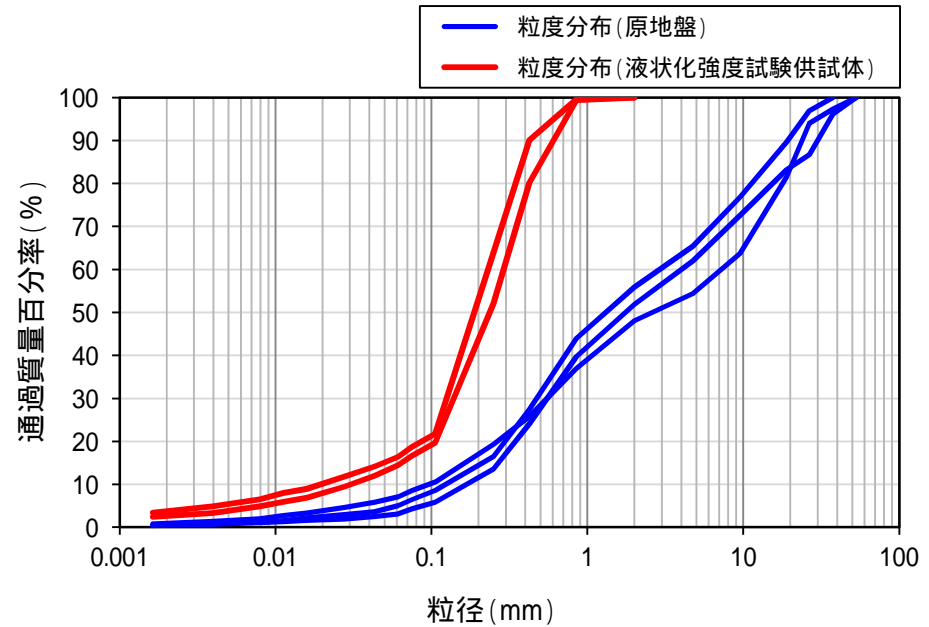
## 液状化強度試験箇所の代表性評価(D1g-1層)

D1g-1層については、敷地内で標準貫入試験を実施していないことから、原地盤と液状化強度試験供試体の粒度分布を比較することで、その保守性を確認する。



液状化強度試験箇所(D1g-1層)

分布範囲及び調査位置



・液状化強度試験の供試体は、(試験への適応粒径の観点から)原地盤と比べ細粒なものを選定しており、液状化強度としては保守側の設定となっている。



✓ 粒度試験の比較により  
液状化強度試験供試体の粒度分布 < 原地盤の粒度分布  
を確認した。

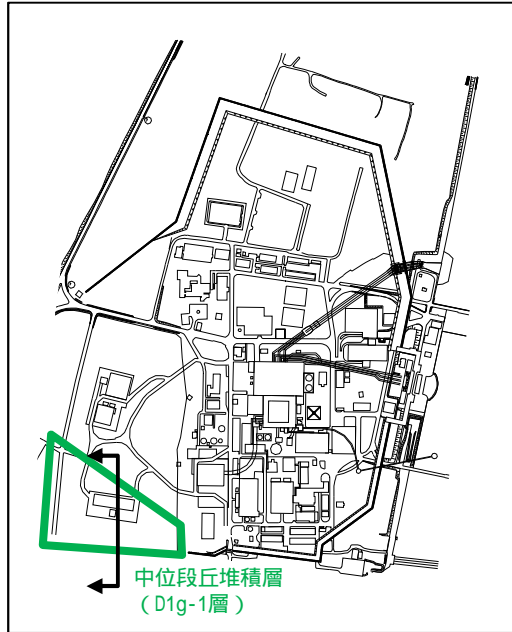


## 5. 液状化強度の試験箇所とその代表性

### 液状化強度試験箇所の代表性評価(D1g-1層)

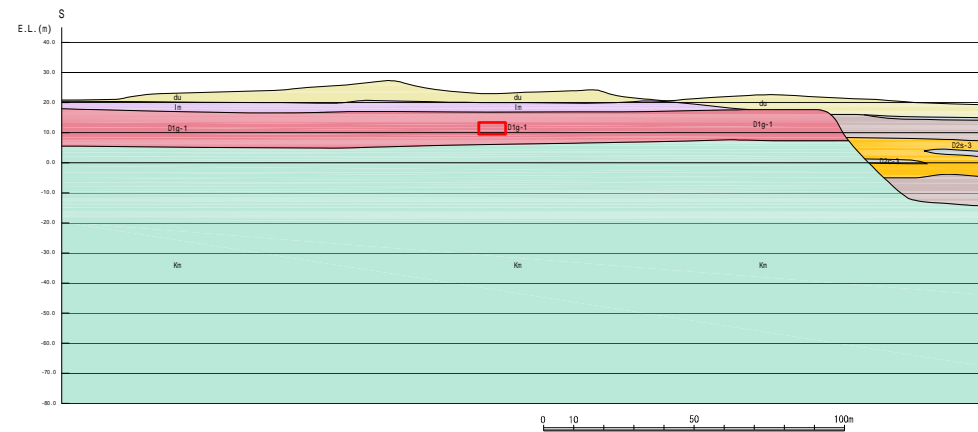
#### 【D1g-1層】

D1g-1層は液状化強度試験箇所が、試料採取が可能な層厚を有していること及び耐震重要施設(使用済燃料乾式貯蔵建屋等)の近傍であることを確認した。



液状化強度試験箇所 (D1g-1層)

液状化強度試験実施位置図



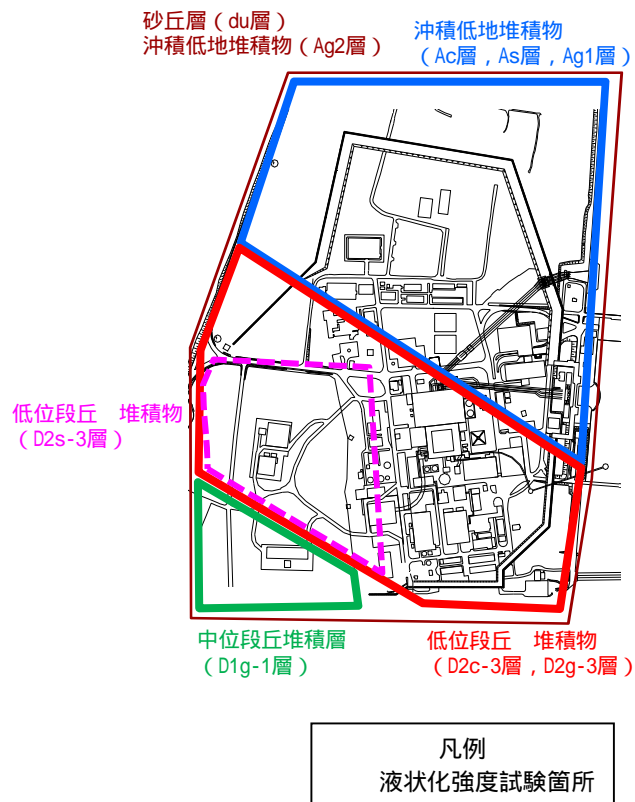
地質構成表

| 地質時代        | 地質区分  | 記号    | 岩相   | 備考                    |
|-------------|-------|-------|------|-----------------------|
| 第 3 紀 新 世   | 砂丘砂層  | du    | 砂    | 敷地全域に広く分布する。          |
|             |       | Ag2   | 砂礫   | 敷地全域に広く分布する。          |
|             | 沖積層   | Ac    | 粘土   | 久積川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。 |
|             |       | As    | 砂    |                       |
|             |       | Ag1   | 砂礫   |                       |
| 第 4 紀 更 新 世 | 段丘堆積物 | D2e-3 | シルト  | 敷地南部に分布する。            |
|             |       | D2s-3 | 砂    |                       |
|             |       | D2g-3 | 砂礫   |                       |
|             |       | D2e-2 | シルト  |                       |
|             |       | D2s-2 | 砂礫   |                       |
|             |       | Im    | ローム  |                       |
| 第 4 紀 旧 世   | D1    | D1e-1 | シルト  | 敷地南部部に分布する。           |
|             |       | D1g-1 | 砂礫   |                       |
| 第 4 紀 最新世   | 久米層   | Km    | 砂質泥岩 | 敷地の基盤岩である。            |

不整合

## 液状化強度試験箇所の代表性評価(まとめ)

液状化強度試験箇所の代表性を確認するため、液状化強度との相関が最も高いN値及び相関が高い細粒分含有率について、液状化強度試験箇所と周辺調査箇所との比較を行い整理した。



| 地層名    | 代表性の評価                                                                                                                                                                                |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| du層    | <ul style="list-style-type: none"> <li>du層の液状化強度試験箇所は、敷地内調査箇所と比べてN値及び細粒分含有率の平均値が小さく、これらから道路橋示方書式により算定される液状化強度比が小さいことから、代表性を有していると評価した。</li> </ul>                                     |
| Ag2層   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ag2層の液状化強度試験箇所は、敷地内調査箇所と比べてN値及び細粒分含有率の平均値が小さく、これらから道路橋示方書式により算定される液状化強度比が小さいことから、代表性を有していると評価した。</li> </ul>                                    |
| As層    | <ul style="list-style-type: none"> <li>As層の液状化強度試験箇所は、敷地内調査箇所と比べてN値の平均値は小さく、細粒分含有率の平均値がほぼ同等であるが、これらから道路橋示方書式により算定される液状化強度比が小さいことから、代表性を有していると評価した。</li> </ul>                         |
| Ag1層   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ag1層は、分布深度が深く、硬質な巨礫を含む砂礫層であるため試料採取が困難である。</li> <li>Ag1層はAg2層と同時代に堆積した砂礫層であることやN値がAg2層より大きいこと等を踏まえ、物性設定においては、保守的にAg2層の試験結果を用いる方針とする。</li> </ul> |
| D2s-3層 | <ul style="list-style-type: none"> <li>D2s-3層の液状化強度試験箇所は、敷地内調査箇所と比べて細粒分含有率の平均値が若干大きいですが、N値の平均値は小さく、これらから道路橋示方書式により算定される液状化強度比が小さいことから、代表性を有していると評価した。</li> </ul>                      |
| D2g-3層 | <ul style="list-style-type: none"> <li>D2g-3層の液状化強度試験箇所は、敷地内調査箇所と比べてN値及び細粒分含有率が小さく、これらから道路橋示方書式により算定される液状化強度比が小さいことから、代表性を有していると評価した。</li> </ul>                                      |
| D1g-1層 | <ul style="list-style-type: none"> <li>液状化強度試験供試体の粒度分布は原地盤よりも小さいことから、液状化強度としては保守側の設定であり、代表性を有していると評価した。</li> </ul>                                                                    |



---

## 6. 有効応力解析の検討方針

## 有効応力解析コード「FLIP」について

### 解析コード「FLIP」の構成則と特徴

- ・ FLIP (Finite element analysis of Liquefaction Program) は、1988年に運輸省港湾技術研究所 (現、(独)港湾空港技術研究所) において開発された平面ひずみ状態を対象とする有効応力解析法に基づく、2次元地震応答解析プログラムである。
- ・ FLIPの主な特徴として、以下の ~ を挙げることが出来る。

有限要素法に基づくプログラムである。

平面ひずみ状態を解析対象とする。

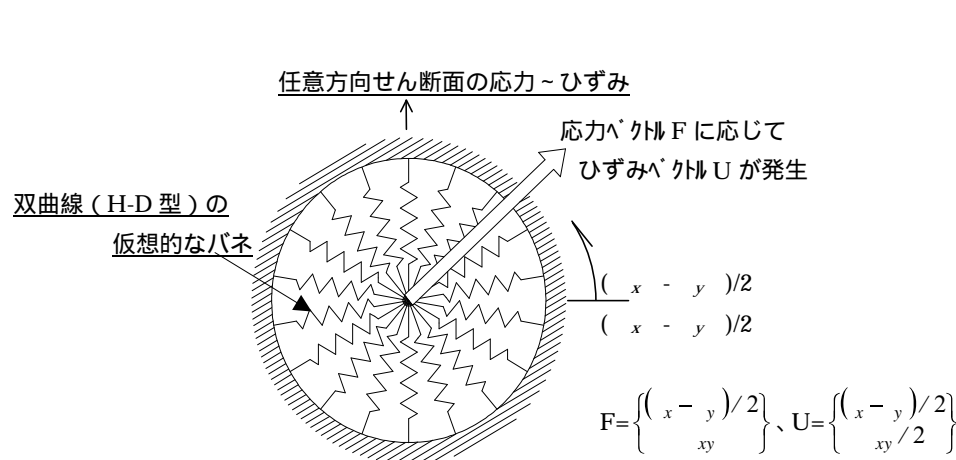
地盤の液状化を考慮した地震応答解析を行い、部材断面力や残留変形等を計算する。

土の応力 - ひずみモデルとして、マルチスプリングモデルを採用している。

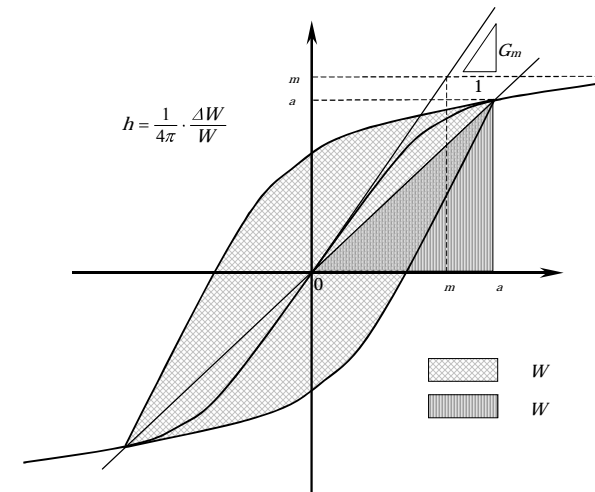
液状化現象は有効応力法により考慮する。そのために必要な過剰間隙水圧発生モデルとして井合モデルを用いている。

### 砂の応力 - ひずみモデル(マルチスプリングモデル)

- ・ 砂の変形特性を規定するマルチスプリングモデルは、任意方向のせん断面において仮想的な単純せん断バネの作用があるものとし、これらのせん断バネの作用により、土全体のせん断抵抗が発揮されるものである。
- ・ 土の応力 - ひずみ関係は、このせん断バネの特性によって種々の表現が可能であるが、「FLIP」では双曲線(Hardin-Drnevich)型モデルを適用している。また、履歴ループについては、その大きさを任意に調整可能なように拡張したMasing則を用いている。



マルチスプリングモデルの概念図



非排水条件での土の応力 - ひずみ関係の概念図

## 解析条件(1)

要素の最大高さ ( $h_{max}$ ) は、応力の変化をなめらかに表現でき、地震波の伝播を十分に考慮できるように下式により算定した。

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

$\lambda_s$  : せん断波の波長(m)

$V_s$  : せん断波の速度(m/s)

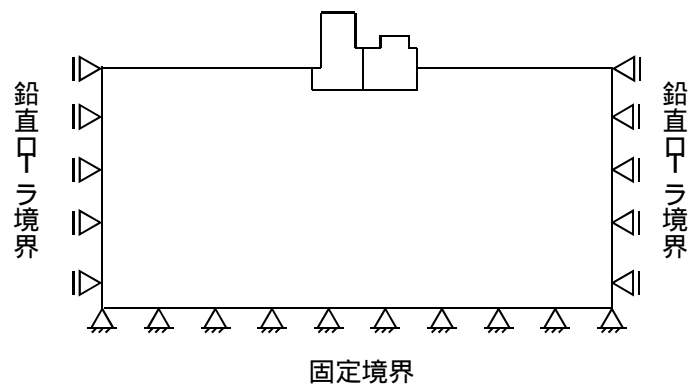
$f_{max}$  : 考慮する地震動の最大周波数

$m$  : 分割係数(5または4)

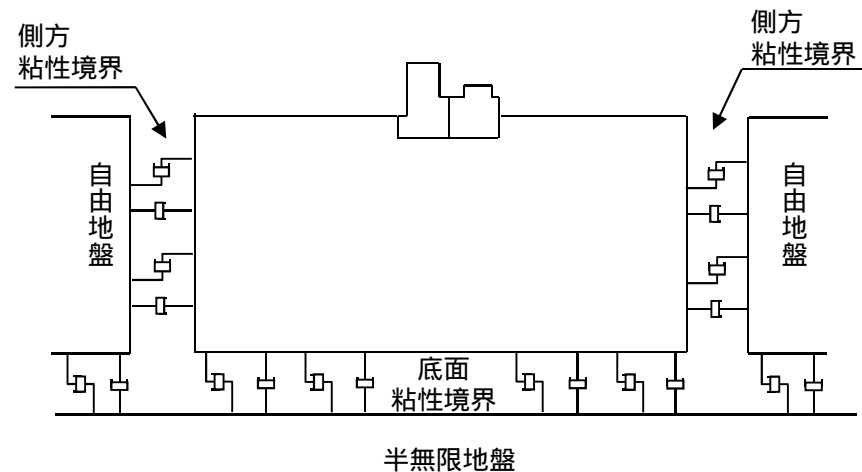
機器評価用のFRSを算定する場合は、その固有周期を考慮した上で、適切な最大周波数を設定する。

常時応力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、底面及び側方を粘性境界として設定した。

常時応力解析時



地震応答解析時



## 解析条件(2)

### 構造部材

構造部材は、線形要素あるいは履歴モデル考慮する非線形要素によりモデル化する。

### 地盤

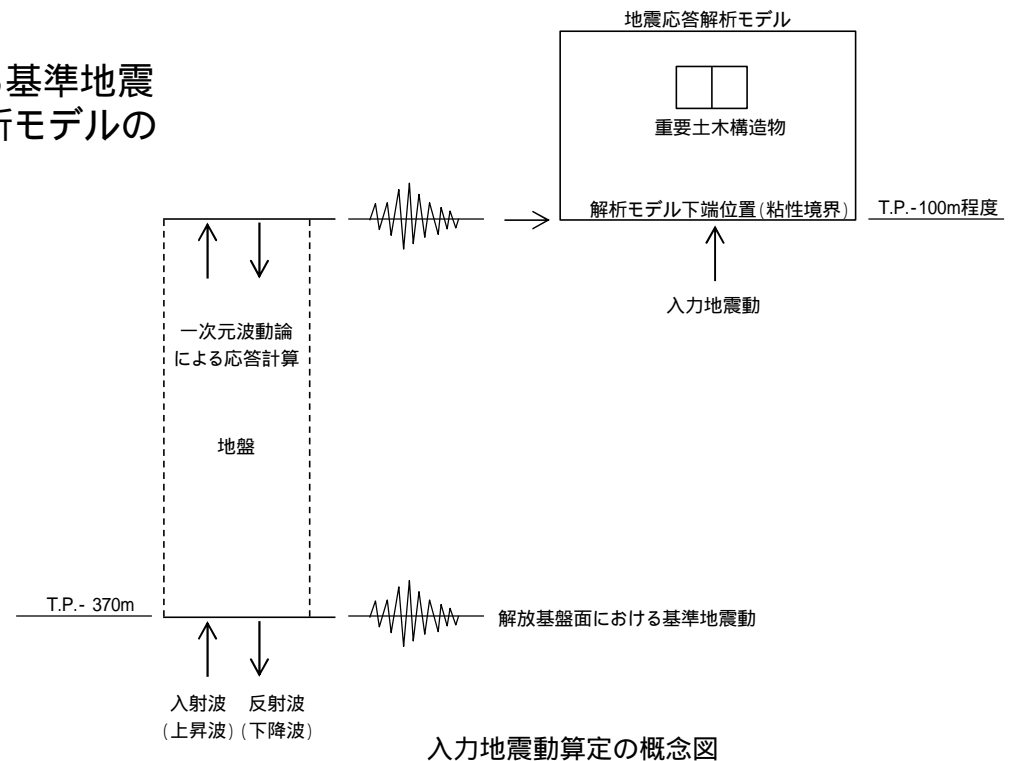
地盤は、マルチスプリング要素でモデル化し、液状化検討対象層は間隙水圧要素も考慮する。

### 減衰定数

減衰特性は、固有値解析等で求められる固有振動数に対応するRayleigh減衰と、地盤及び構造物の履歴減衰を考慮する。ただし、構造物を線形要素でモデル化する場合は構造物の履歴減衰は考慮しないこととなる。

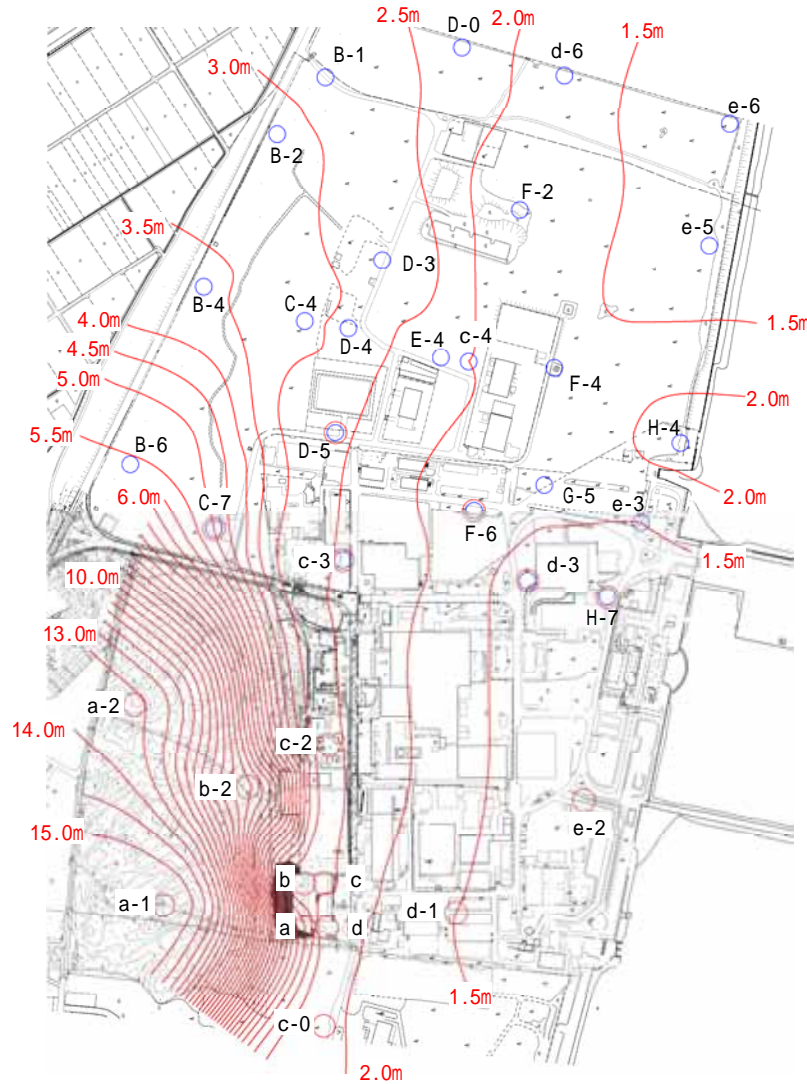
### 入力地震動

入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 $S_s$ を、一次元波動論によって地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。



## 地下水位分布

有効応力解析においては、敷地内の観測最高水位に基づき地下水位を設定する。  
(2017年6月時点にてデータの取り纏めを行い、コンターを作成)



観測最高地下水位コンター図(T.P + m)

| 観測孔名 | 計測期間                     | 最高水位<br>(T.P. + m) | 最高水位<br>計測時期 |
|------|--------------------------|--------------------|--------------|
| a    | 1995 ~ 1999              | 3.49               | 1998年10月8日   |
| b    | 1995 ~ 1999              | 2.52               | 1998年9月25日   |
| c    | 1995 ~ 1999              | 2.53               | 1998年9月22日   |
| d    | 1995 ~ 1999              | 2.28               | 1998年9月22日   |
| a-1  | 1995 ~ 1999, 2004 ~ 2009 | 15.42              | 2006年8月7日    |
| a-2  | 2004 ~ 2009              | 13.60              | 2006年7月28日   |
| b-2  | 2004 ~ 2009              | 9.06               | 2006年7月30日   |
| c-0  | 1995 ~ 1999, 2004 ~ 2009 | 2.05               | 1998年9月19日   |
| c-2  | 1995 ~ 1999, 2004 ~ 2017 | 2.58               | 2012年7月7日    |
| c-3  | 2004 ~ 2017              | 2.49               | 2012年7月7日    |
| c-4  | 2004 ~ 2017              | 2.00               | 2012年6月25日   |
| d-1  | 1995 ~ 1999, 2004 ~ 2009 | 1.50               | 1998年9月18日   |
| d-3  | 2004 ~ 2017              | 1.44               | 2013年10月27日  |
| d-6  | 2004 ~ 2017              | 1.58               | 2013年10月28日  |
| e-2  | 2004 ~ 2017              | 1.38               | 2006年10月8日   |
| e-3  | 2004 ~ 2017              | 1.50               | 2013年10月16日  |
| e-5  | 2004 ~ 2017              | 1.30               | 2013年10月21日  |
| e-6  | 2004 ~ 2017              | 1.26               | 2013年10月21日  |
| B-1  | 2005 ~ 2017              | 2.90               | 2006年7月30日   |
| B-2  | 2005 ~ 2017              | 3.09               | 2006年7月30日   |
| B-4  | 2005 ~ 2017              | 3.56               | 2006年7月31日   |
| B-6  | 2005 ~ 2017              | 5.51               | 2006年8月17日   |
| C-4  | 2005 ~ 2017              | 3.17               | 2012年6月27日   |
| C-7  | 2005 ~ 2017              | 4.99               | 2006年8月18日   |
| D-0  | 2006 ~ 2017              | 2.37               | 2012年6月22日   |
| D-3  | 2005 ~ 2017              | 2.88               | 2006年10月7日   |
| D-4  | 2006 ~ 2017              | 2.76               | 2012年6月25日   |
| D-5  | 2006 ~ 2017              | 2.54               | 2012年7月16日   |
| E-4  | 2006 ~ 2017              | 2.26               | 2012年6月25日   |
| F-2  | 2005 ~ 2015              | 1.74               | 2013年10月30日  |
| F-4  | 2005 ~ 2017              | 1.55               | 2013年10月27日  |
| F-6  | 2005 ~ 2017              | 1.77               | 2012年6月24日   |
| G-5  | 2005 ~ 2017              | 1.53               | 2013年10月27日  |
| H-4  | 2006 ~ 2017              | 2.13               | 2013年10月16日  |
| H-7  | 2005 ~ 2017              | 1.33               | 2013年10月27日  |

## 液状化判定に係る評価基準値について

有効応力解析コード「FLIP」での地震応答解析結果により算出される各地盤要素の間隙水圧に対し、液状化の定義を明確にした上で、評価基準値を以下のように設定し、液状化判定を行う。

### 液状化の定義

レベル2地震動による液状化研究小委員会活動成果報告(土木学会, 2003)では、地盤の液状化の事象の定義として、以下のように記載されている。

#### 【液状化】

地震の繰返しせん断力などによって、飽和した砂や砂礫などの緩い非粘性土からなる地盤内での間隙水圧が上昇・蓄積し、有効応力がゼロまで低下し液体状となり、その後地盤の流動を伴う現象。

### 規格・基準における液状化と過剰間隙水圧に関する記載事例

地盤材料試験の方法と解説(公益社団法人地盤工学会, 2009)では、液状化と関連する過剰間隙水圧について、以下のように記載されている。

【土の液状化強度特性を求めるための繰返し非排水三軸試験(pp.730～749)】

各繰返しサイクルにおける過剰間隙水圧  $u$  の最大値が有効拘束圧  $\sigma_0$  の95%になったときの繰返し載荷回数  $N_{u95}$  を求める。



過剰間隙水圧を指標とした液状化の評価基準値について、“液状化の定義”及び“規格・基準における記載事例”に基づき、以下のように設定する。

・過剰間隙水圧  $u$  の最大値が有効拘束圧  $\sigma_0$  の95%に達した状態を液状化と判定する。



# 液状化強度とパラメータ設定

各層の液状化パラメータを以下に示す。

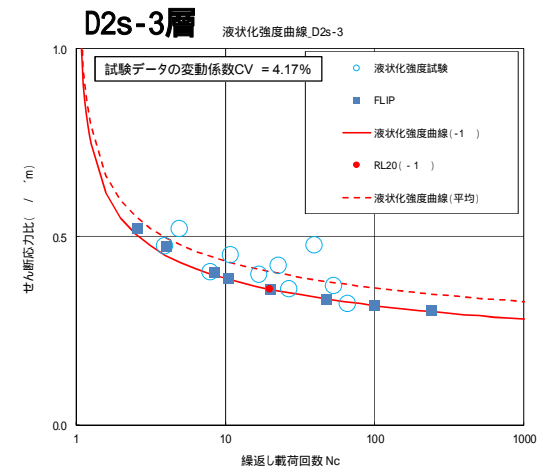
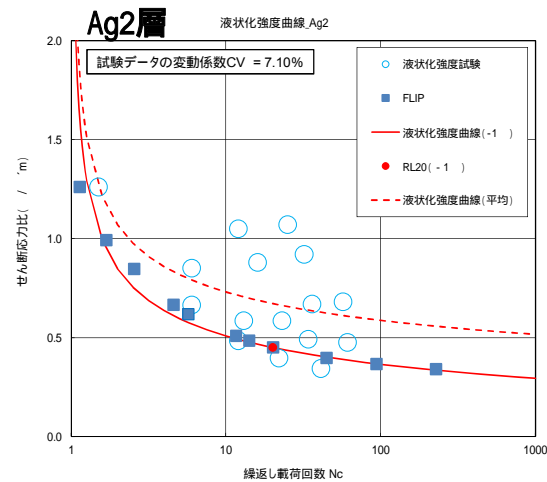
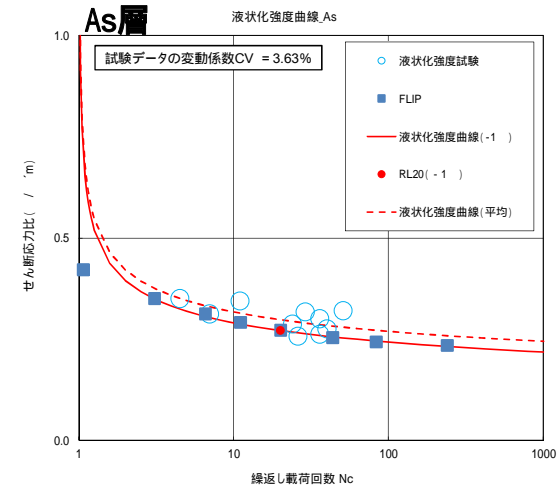
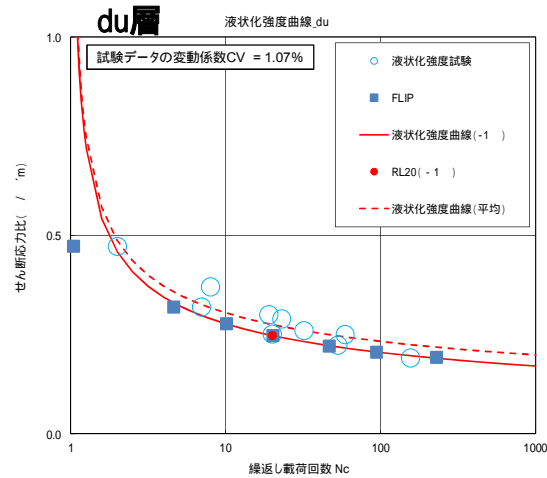
各層の液状化パラメータ

|       | 液状化パラメータ |                                            |                                           |                                        |            |                |                |                |                |                |      |
|-------|----------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|
|       | 間隙比<br>e | 基準平均有効<br>主応力 'ma<br>[ kN/m <sup>2</sup> ] | 基準初期<br>せん断剛性Gma<br>[ kN/m <sup>2</sup> ] | 最大履歴減衰率<br>hmax                        | p<br>[ 度 ] | S <sub>1</sub> | W <sub>1</sub> | P <sub>1</sub> | P <sub>2</sub> | C <sub>1</sub> |      |
| 埋戻土   | 0.75     | 358<br>(312)<br>( )は地下水位以浅                 | 253,529<br>(220,739)<br>( )は地下水位以浅        | 0.220                                  | 34.8       | 0.047          | 6.5            | 1.26           | 0.80           | 2.00           |      |
| 第四系   | du       | 0.75                                       | 358<br>(312)<br>( )は地下水位以浅                | 253,529<br>(220,739)<br>( )は地下水位以浅     | 0.220      | 34.8           | 0.047          | 6.5            | 1.26           | 0.80           | 2.00 |
|       | Ag2      | 0.67                                       | 497<br>(299)<br>( )は地下水位以浅                | 278,087<br>(167,137)<br>( )は地下水位以浅     | 0.233      | 34.9           | 0.028          | 56.5           | 9.00           | 0.60           | 3.40 |
|       | Ac       | 1.59                                       | 480                                       | 121,829                                | 0.200      | 非液状化層          |                |                |                |                |      |
|       | As       | 1.20                                       | 378                                       | 143,284                                | 0.216      | 38.3           | 0.046          | 6.9            | 1.00           | 0.75           | 2.27 |
|       | Ag1      | 0.67                                       | 814<br>(814)<br>( )は地下水位以浅                | 392,073<br>(392,073)<br>( )は地下水位以浅     | 0.221      | 34.9           | 0.029          | 51.6           | 12.00          | 0.60           | 3.35 |
|       | D2c-3    | 1.09                                       | 696                                       | 285,223                                | 0.186      | 非液状化層          |                |                |                |                |      |
|       | D2s-3    | 0.79                                       | 966                                       | 650,611                                | 0.192      | 33.4           | 0.048          | 17.6           | 4.80           | 0.96           | 3.15 |
|       | D2g-3    | 0.43                                       | 1,167<br>(1,167)<br>( )は地下水位以浅            | 1,362,035<br>(1,362,035)<br>( )は地下水位以浅 | 0.130      | 41.4           | 0.030          | 45.2           | 8.00           | 0.60           | 3.82 |
|       | lm       | 2.80                                       | 223                                       | 35,783                                 | 0.151      | 非液状化層          |                |                |                |                |      |
|       | D1c-1    | 1.09                                       | 696                                       | 285,223                                | 0.186      | 非液状化層          |                |                |                |                |      |
| D1g-1 | 0.67     | 1,695<br>(1,710)<br>( )は地下水位以浅             | 947,946<br>(956,776)<br>( )は地下水位以浅        | 0.233                                  | 34.9       | 0.020          | 10.5           | 7.00           | 0.50           | 2.83           |      |



## 有効応力解析による保守的な液状化強度特性(平均 - 1 )の再現

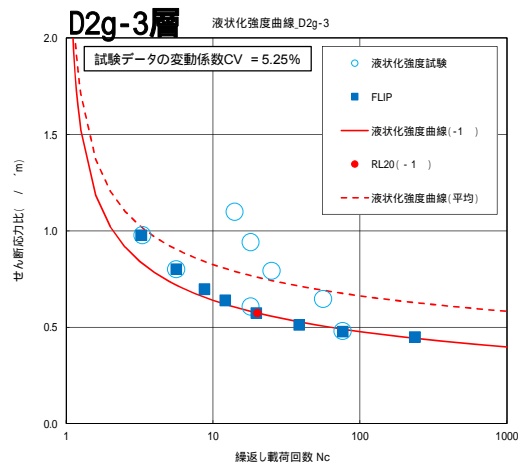
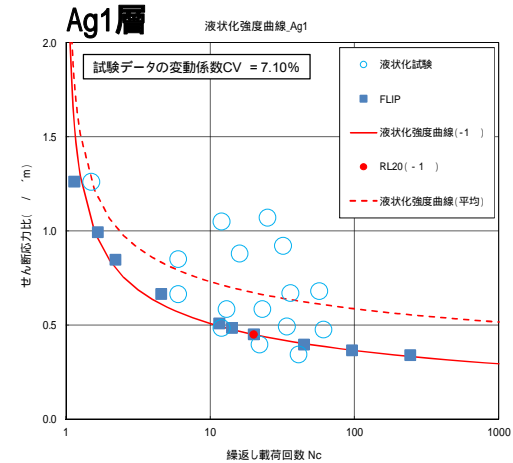
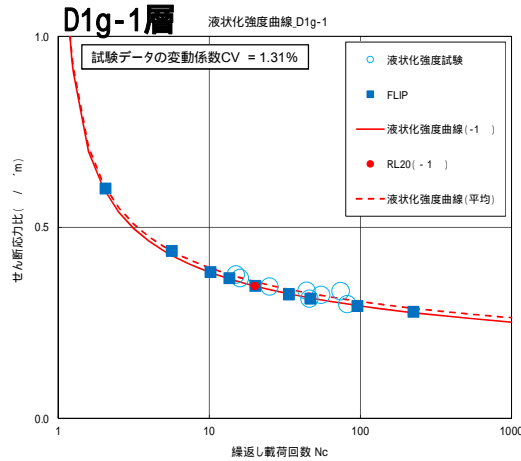
液状化強度試験結果の平均と標準偏差を考慮した保守的な設定(平均 - 1 設定)とした液状化強度曲線を以下に示す。



6. 有効応力解析の検討方針

# 有効応力解析による保守的な液状化強度特性(平均 - 1 )の再現

液状化強度試験結果の平均と標準偏差を考慮した保守的な設定(平均 - 1 設定)とした液状化強度曲線を以下に示す。



---

## 7. 入力地震動

7. 入力地震動

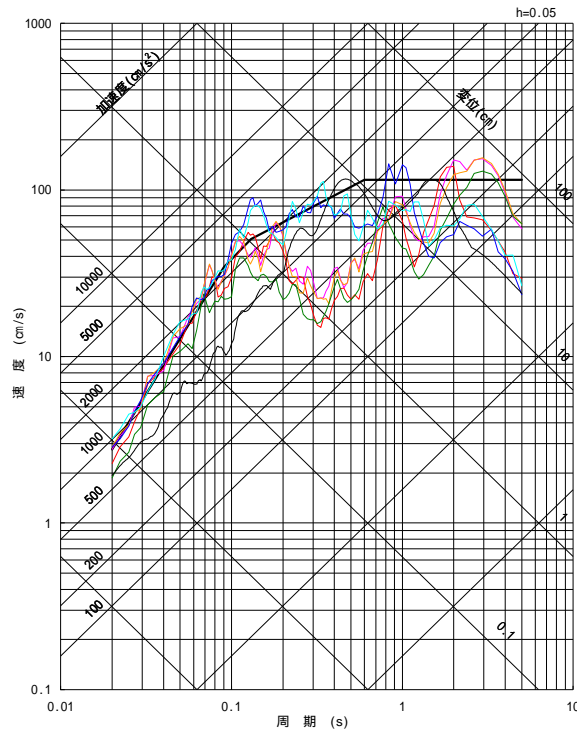
入力地震動(基準地震動Ss)の概要

| 基準地震動 | 検討用地震動                 |                                |                          | 最大加速度 (Gal) |      |     |     |
|-------|------------------------|--------------------------------|--------------------------|-------------|------|-----|-----|
|       |                        |                                |                          | NS          | EW   | UD  |     |
| Ss-D1 | 応答スペクトル手法による評価結果を包絡し策定 |                                |                          | 870         |      | 560 |     |
| Ss-11 | 断層モデルを用いた手法による地震動評価    | 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1.5倍               | 破壊開始点1      | 717  | 619 | 579 |
| Ss-12 |                        |                                |                          | 破壊開始点2      | 871  | 626 | 602 |
| Ss-13 |                        |                                |                          | 破壊開始点3      | 903  | 617 | 599 |
| Ss-14 |                        | 断層傾斜角45度                       | 破壊開始点2                   | 586         | 482  | 451 |     |
| Ss-21 |                        | 東北地方太平洋沖地震                     | 短周期レベル1.5倍               | -           | 901  | 887 | 620 |
| Ss-22 |                        |                                | アスペリティ位置敷地近傍かつ短周期レベル1.5倍 | -           | 1009 | 874 | 736 |
| Ss-31 | 2004年留萌支庁南部地震を考慮した地震動  |                                |                          | 610         |      | 280 |     |

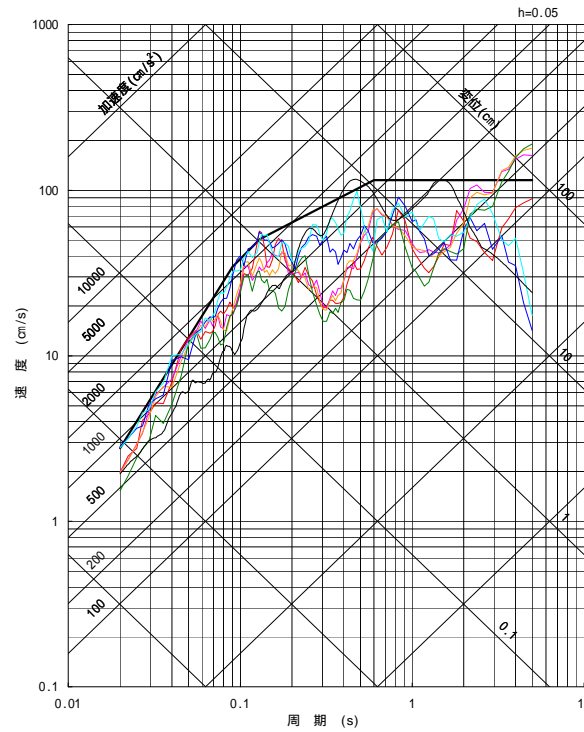
Ss-11, Ss-12, Ss-13は破壊開始点の位置が異なる。

## 7. 入力地震動

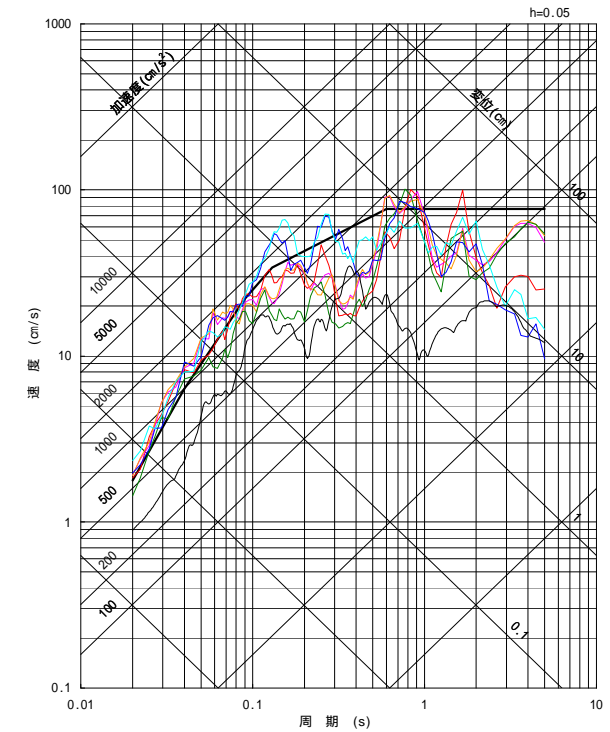
# 入力地震動(基準地震動Ss)の疑似速度応答スペクトル



NS方向



EW方向

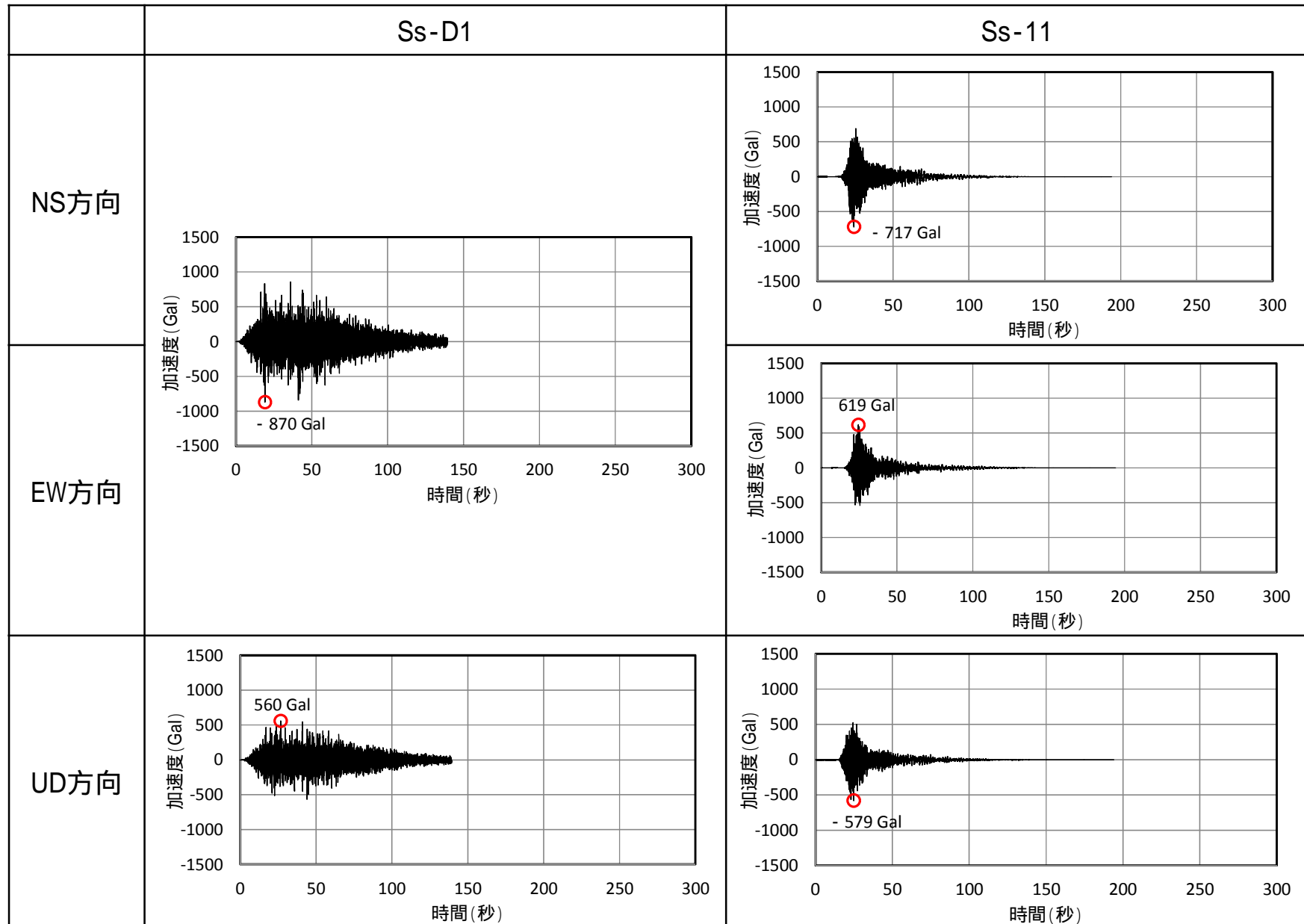


UD方向

- 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

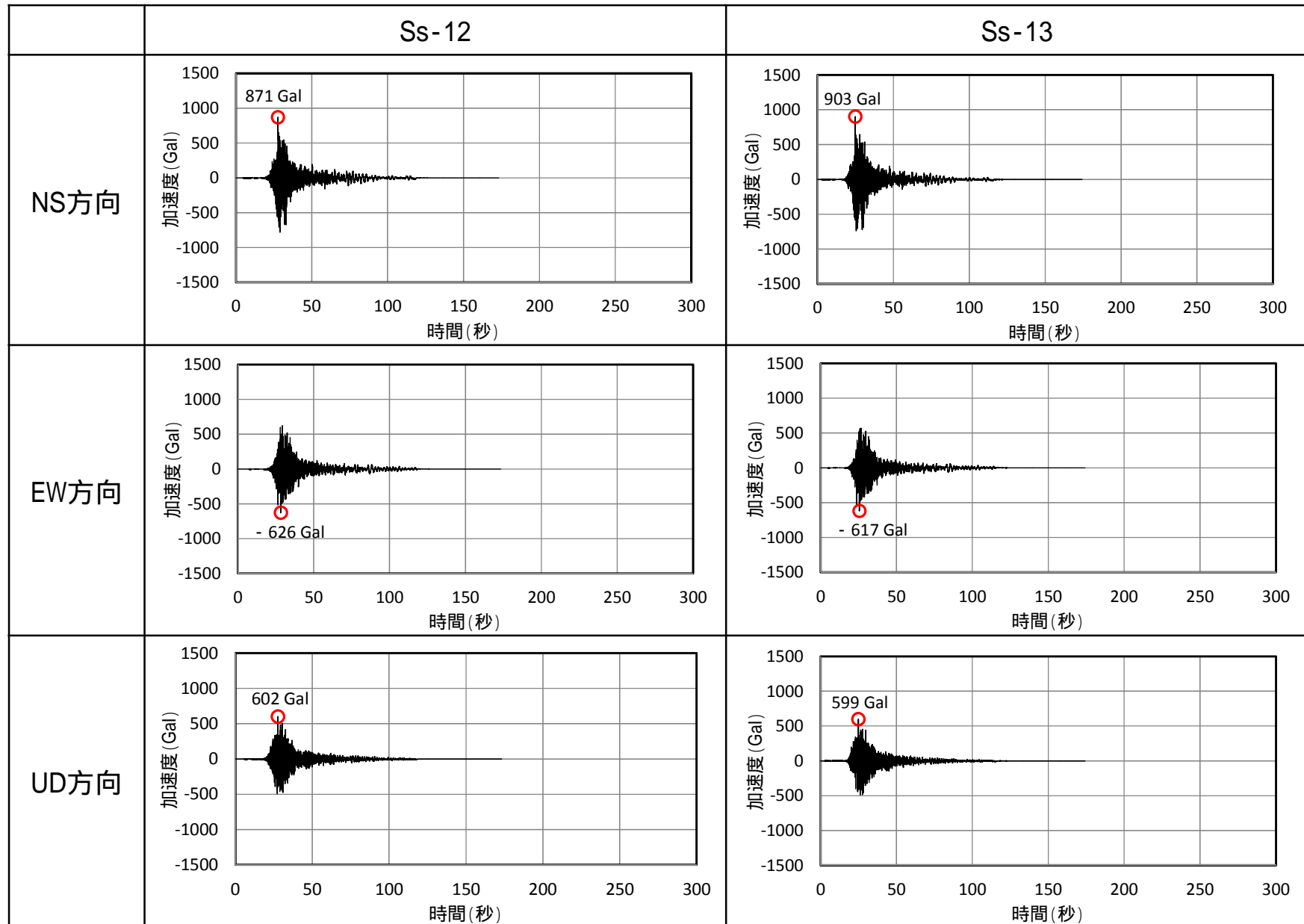
7. 入力地震動

入力地震動(基準地震動Ss)時刻歴波形(1)



7. 入力地震動

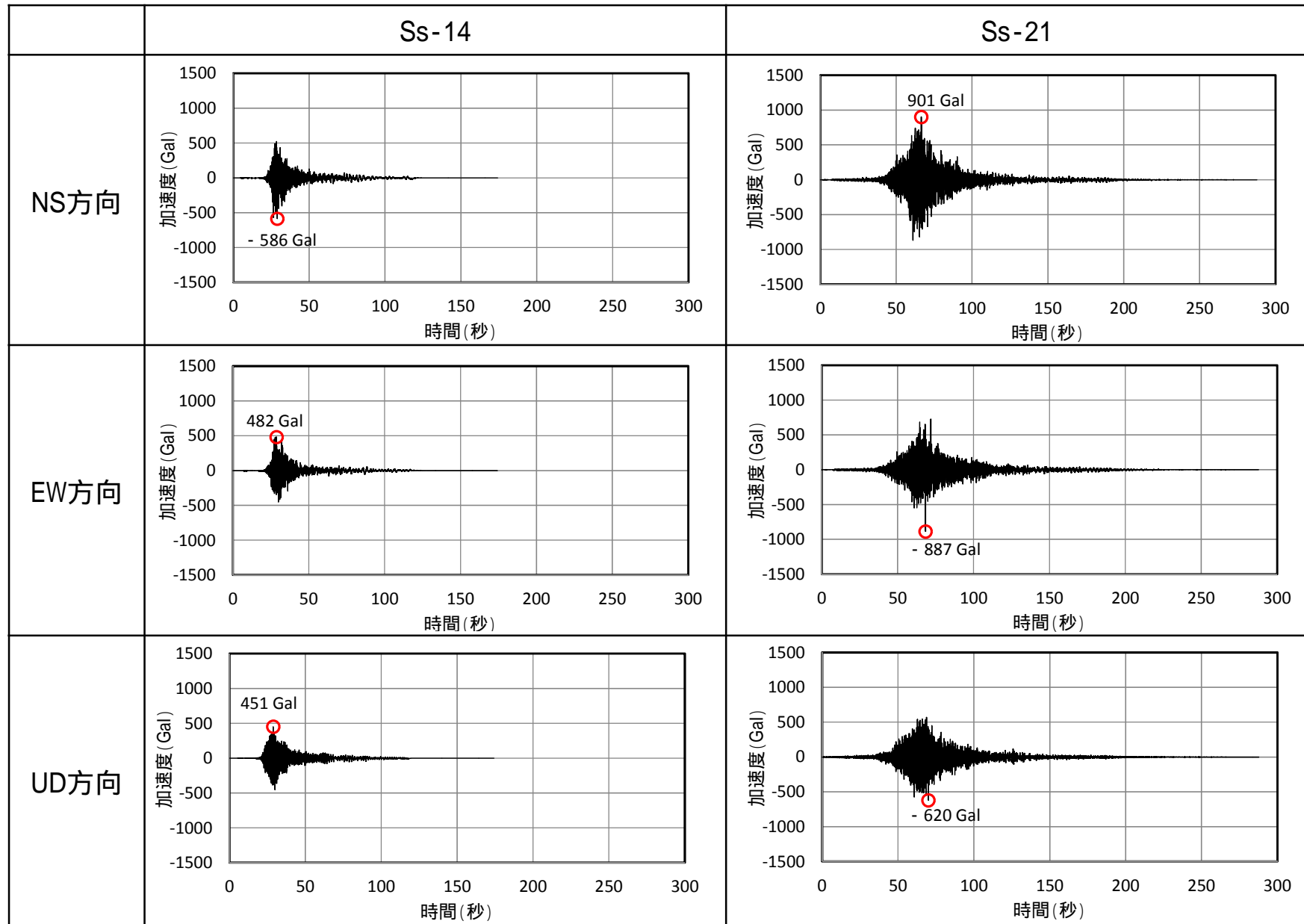
入力地震動(基準地震動Ss)時刻歴波形(2)





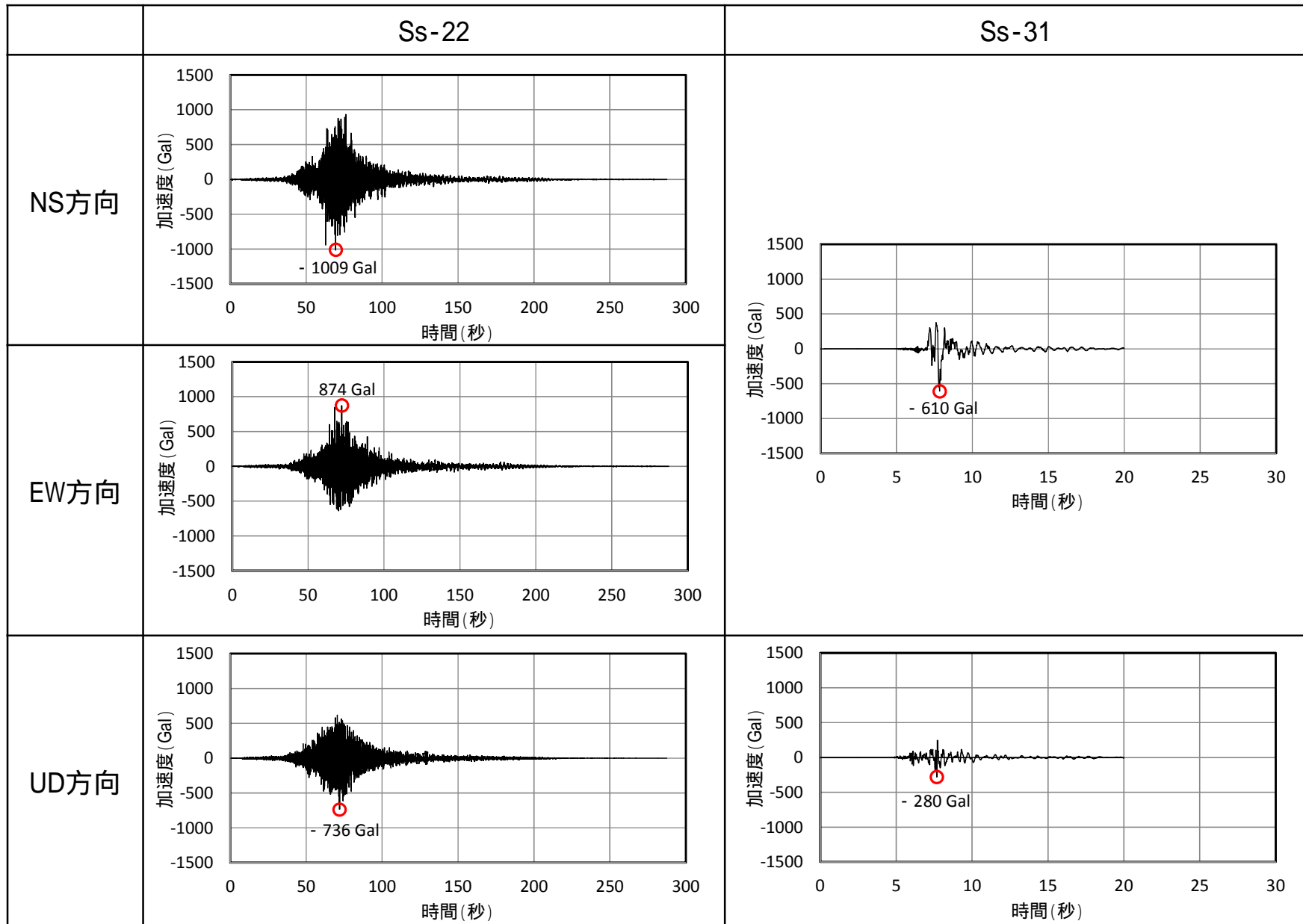
7. 入力地震動

入力地震動(基準地震動Ss)時刻歴波形(3)



7. 入力地震動

入力地震動(基準地震動Ss)時刻歴波形(4)

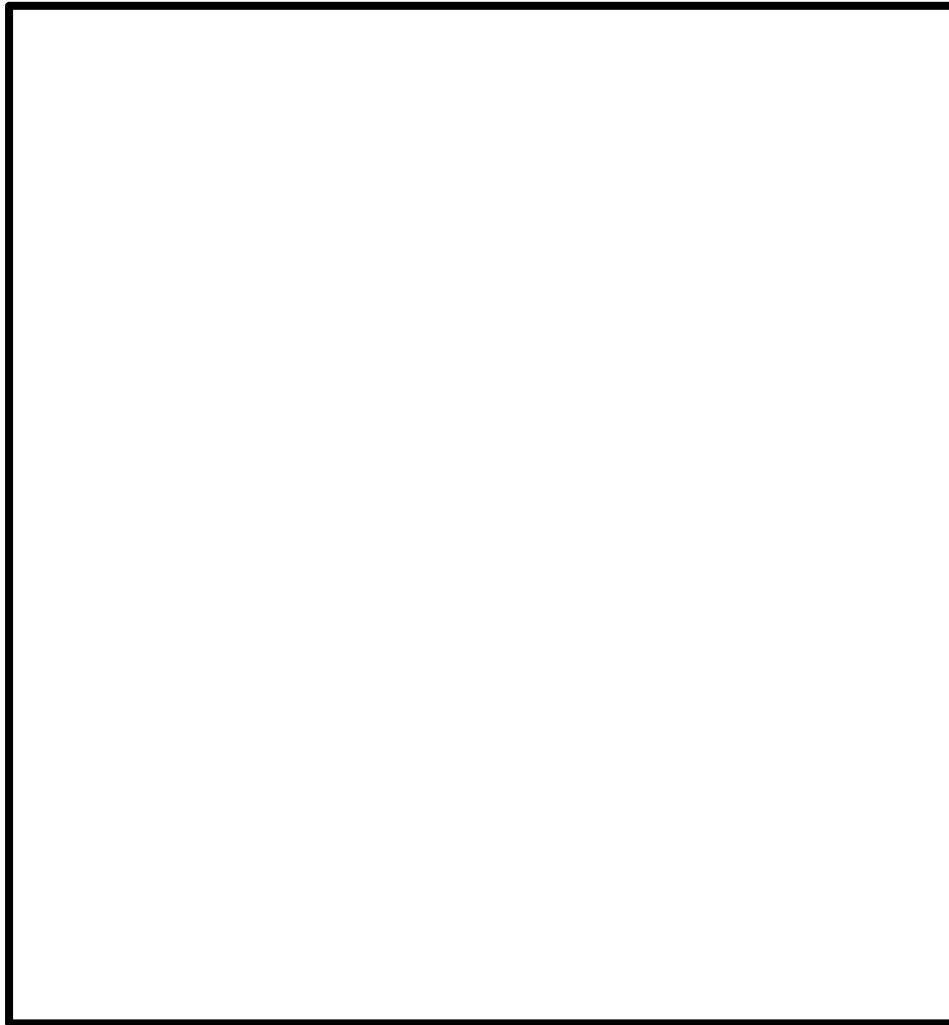


---

## 8 . 液状化検討対象施設の選定

## 8. 液状化検討対象施設の選定

構造物の基礎形式に着目し、液状化の判定対象施設の選定を行った。



対象施設と代表断面位置

上記より、防潮堤(鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁構造区間)、非常用海水系配管(屋外二重管)について、有効応力解析による液状化判定を行う。

基礎地盤評価対象施設一覧

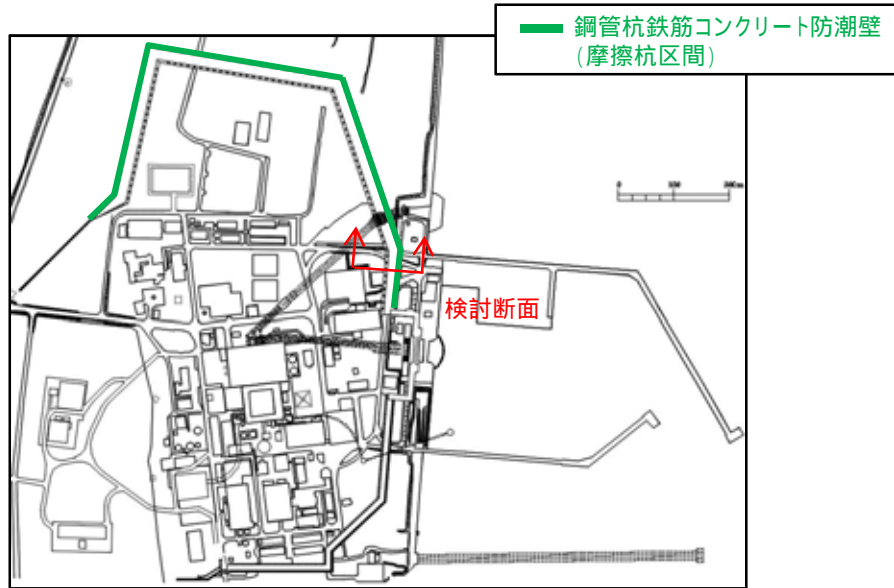
| 基礎形式              | 施設                        |
|-------------------|---------------------------|
| 岩盤に直接支持している施設     | 常設代替高压電源装置                |
|                   | 緊急用海水ポンプピット               |
|                   | 緊急用海水取水管                  |
|                   | SA用海水ピット取水塔               |
|                   | 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                     |
|                   | 常設代替高压電源装置電路燃料移送配管        |
|                   | 軽油貯蔵タンク                   |
| 岩盤に杭構造で支持している施設   | 防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁構造区間)      |
|                   | 放水路ゲート                    |
|                   | 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        |
|                   | 可搬型重大事故等対処施設用軽油タンクピット(西側) |
|                   | 可搬式重大事故等対処施設用軽油タンクピット(南側) |
|                   | 非常用ガス処理系排気筒(排気筒)          |
|                   | 防潮堤(鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁構造区間)   |
|                   | 取水構造物(取水路、海水ポンプ室)         |
| 貯留堰               |                           |
| 第四紀層に杭構造で支持している施設 | 防潮堤(鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁構造区間)   |
| 第四紀層に直接支持している施設   | 非常用海水系配管(屋外二重管)           |

---

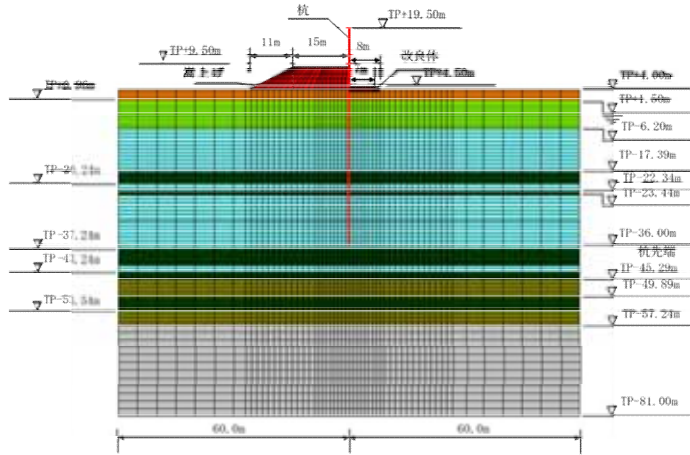
## 9. 現状における検討結果

9. 現状における検討結果

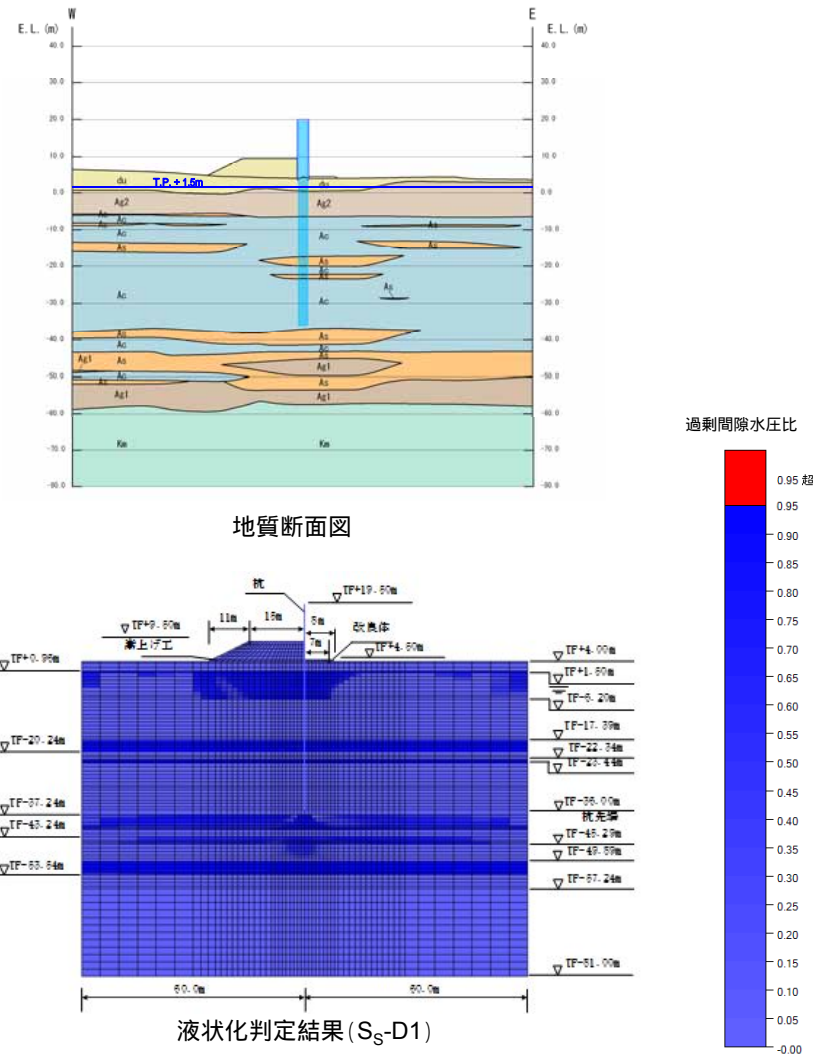
液状化判定結果 (鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 その1)



検討断面位置図



解析モデル



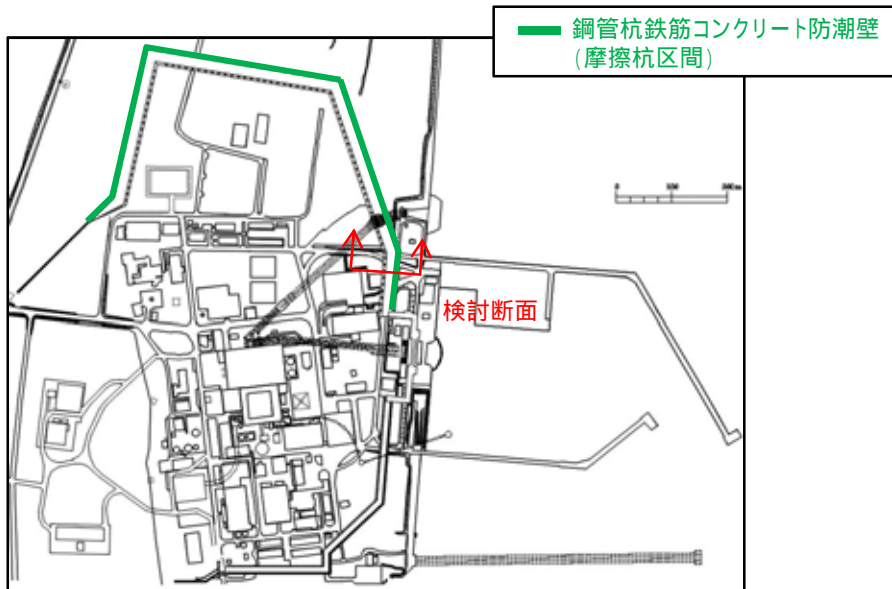
地質断面図

液状化判定結果 (S<sub>L</sub>-D1)

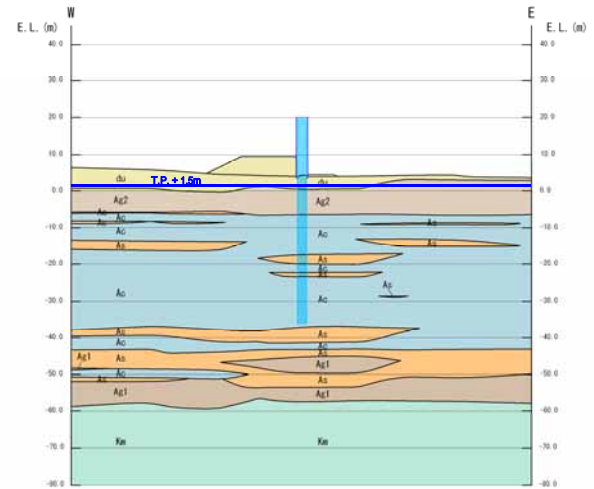
有効応力解析の結果、地盤の液状化は認められない。

9. 現状における検討結果

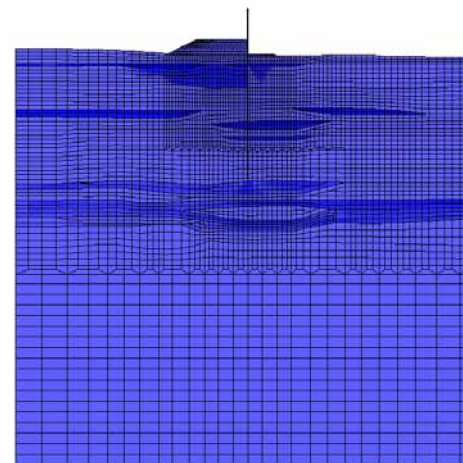
液状化判定結果 (鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 その2)



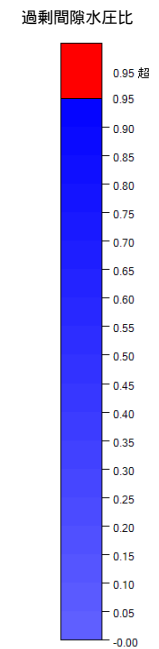
検討断面位置図



地質断面図



液状化判定結果 (S<sub>s</sub>-31)

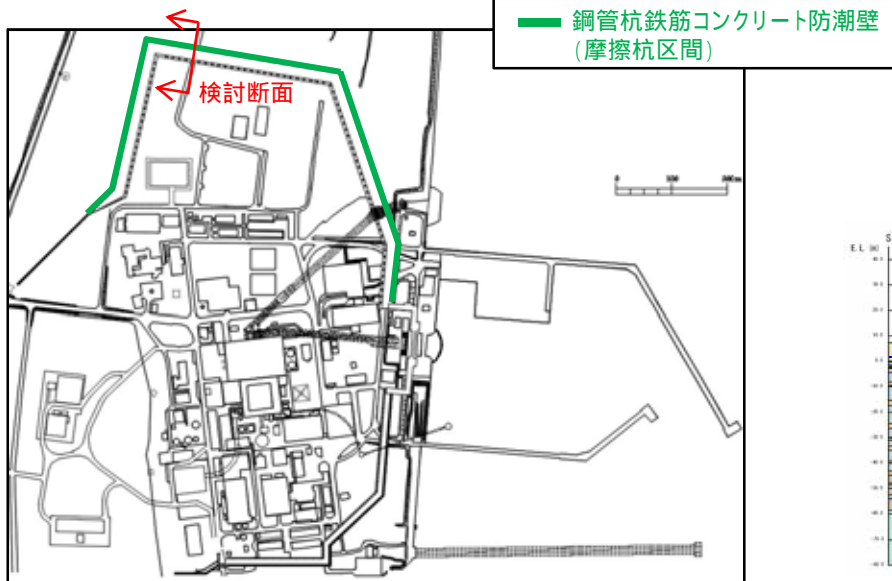


有効応力解析の結果、地盤の液状化は認められない。

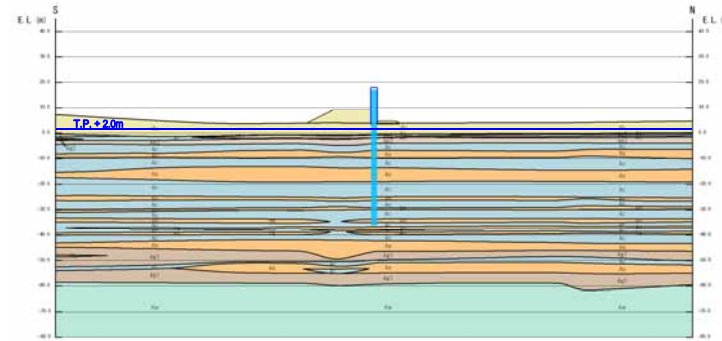


9. 現状における検討結果

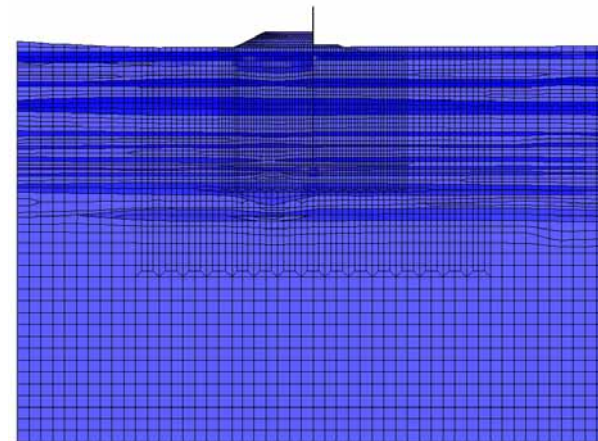
液状化判定結果(鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 その3)



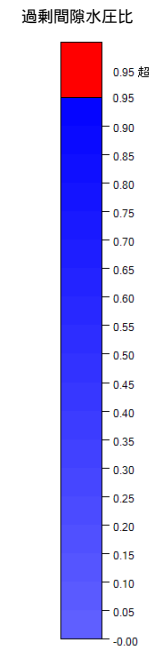
検討断面位置図



地質断面図



液状化判定結果(S<sub>S</sub>-31)



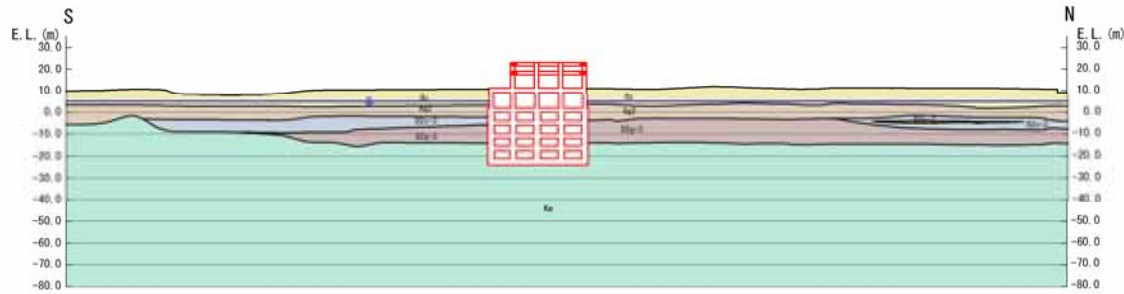
有効応力解析の結果、地盤の液状化は認められない。

---

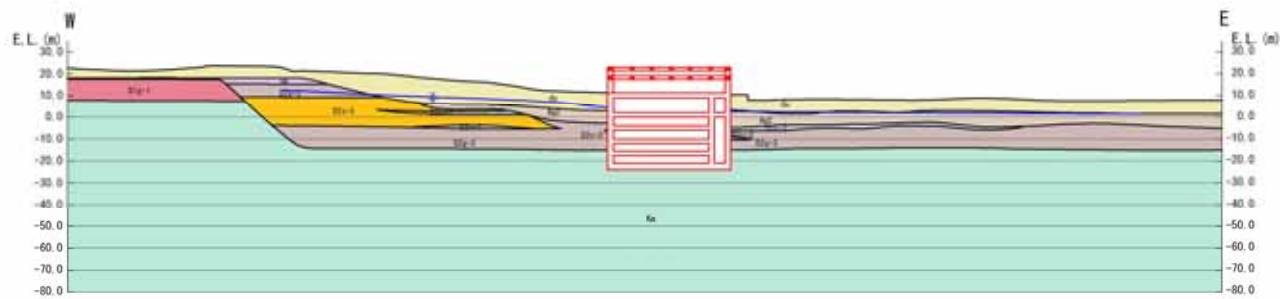
(参考)

# 地質断面図 岩盤に直接支持している施設(1/4)

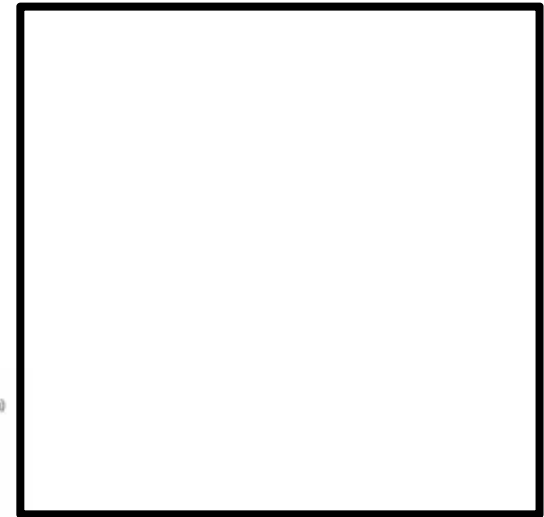
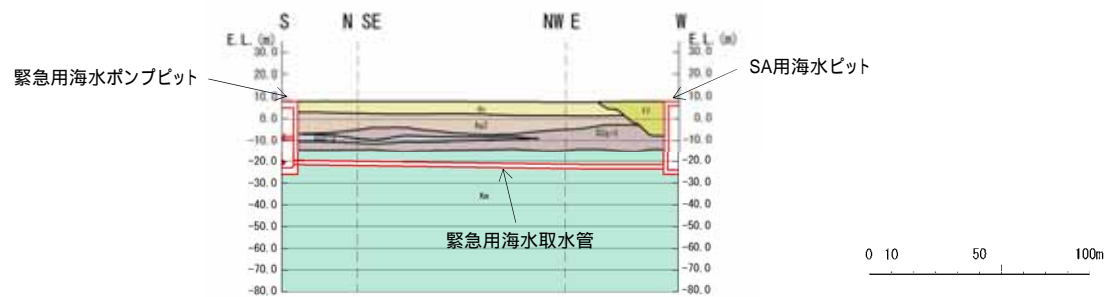
・常設代替高圧電源装置, 軽油貯蔵タンク(NS断面)



・常設代替高圧電源装置, 軽油貯蔵タンク(EW断面)



・緊急用海水ポンプピット, 緊急用海水取水管(縦断面)



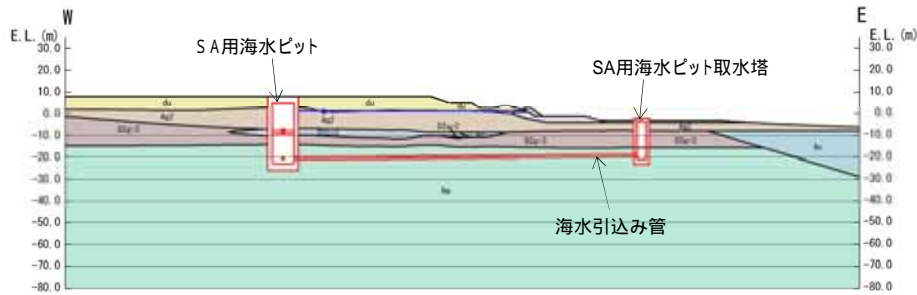
地質構成表

| 地質時代    | 地質区分         | 記号    | 岩相   | 備考                                 |
|---------|--------------|-------|------|------------------------------------|
| 新 第三紀   | 沖積低地<br>堆積層  | Ag    | 砂    | 敷地全域に広く分布する。                       |
|         |              | Ag2   | 砂礫   | 敷地全域に広く分布する。                       |
|         |              | Ac    | 粘土   | 久慈川が通過した河床の<br>砂を埋めて分布する。          |
| 旧 第三紀   | 低位段丘1<br>堆積層 | Ag1   | 砂礫   | 敷地全域に埋没線状<br>として分布する。              |
|         |              | D2a-3 | シルト  |                                    |
|         |              | D2a-2 | 砂    |                                    |
|         |              | D2a-1 | 砂礫   |                                    |
|         |              | D2b-2 | 砂礫   |                                    |
| 紀 第三紀   | 中位段丘<br>堆積層  | sa    | ローム  | 敷地の東西側に分布し、<br>いりゆる礫層状土質を<br>構成する。 |
|         |              | D1a-1 | シルト  |                                    |
| 第三紀新第三紀 | 久米層          | Ka    | 砂質頁岩 | 敷地の基礎地である。                         |

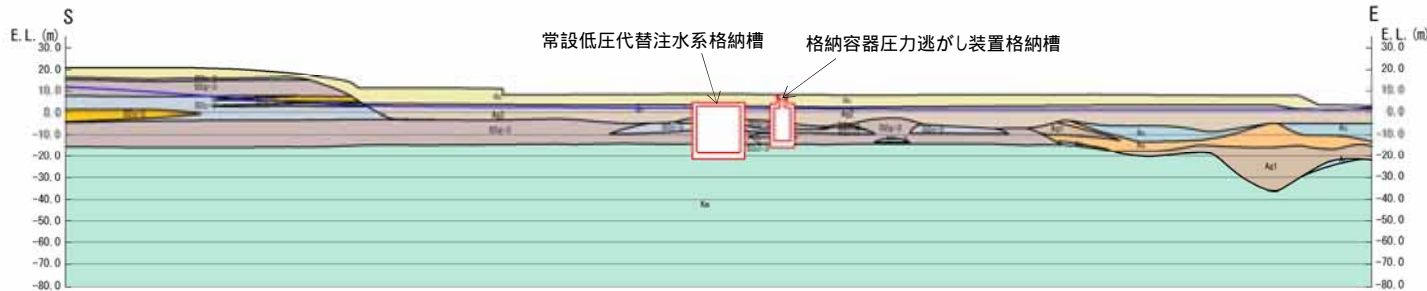
~~~~~ 不整合

# 地質断面図 岩盤に直接支持している施設 (2/4)

・SA用海水ピット, 海水引込み管, SA用海水ピット取水塔 (EW断面)



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



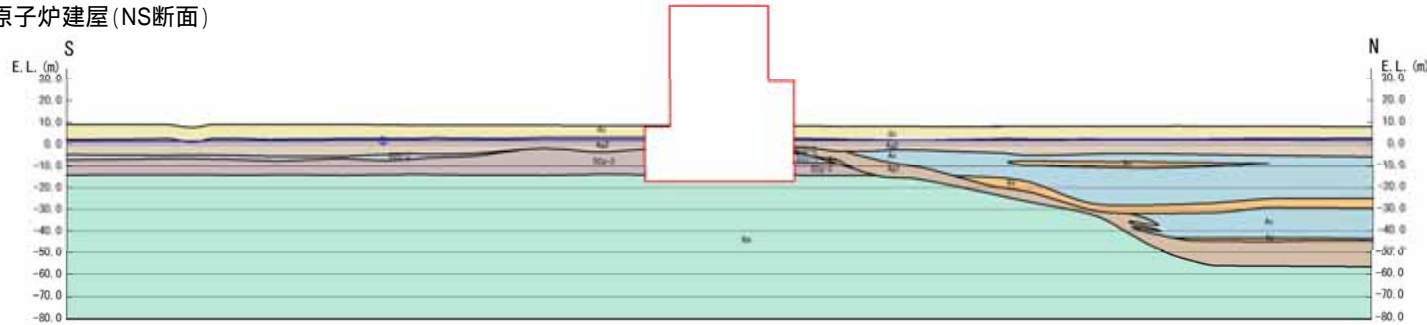
**地質構成表**

| 地質時代    | 地質区分         | 記号         | 説明   | 備考                                |              |
|---------|--------------|------------|------|-----------------------------------|--------------|
| 第3紀     | 沖積低地<br>堆積層  | 砂丘層        | du   | 砂                                 | 敷地全体に広く分布する。 |
|         |              | 久慈川<br>堆積層 | Ag2  | 砂礫                                | 敷地全体に広く分布する。 |
|         |              | Ac         | 粘土   | 久慈川が運搬した河床の<br>砂を纏めて分布する。         |              |
|         |              | Ac         | 砂    |                                   |              |
|         |              | Ag1        | 砂礫   |                                   |              |
| 第4紀     | 低地段丘I<br>堆積層 | D2c-3      | シルト  |                                   |              |
|         |              | D2c-2      | 砂    |                                   |              |
|         |              | D2c-1      | 砂礫   | 敷地南側に埋没跡と<br>して分布する。              |              |
|         |              | D2c-2      | シルト  |                                   |              |
|         |              | D2c-2      | 砂礫   |                                   |              |
| 第4紀     | 中位段丘<br>堆積層  | ls         | ローム  | 敷地の南西部に分布し、<br>いわゆる崩落積層を<br>構成する。 |              |
|         |              | D1c-1      | シルト  |                                   |              |
|         |              | D1c-1      | 砂礫   |                                   |              |
| 第三紀新第三紀 | 久米層          | Kn         | 砂質泥岩 | 敷地の基層岩である。                        |              |

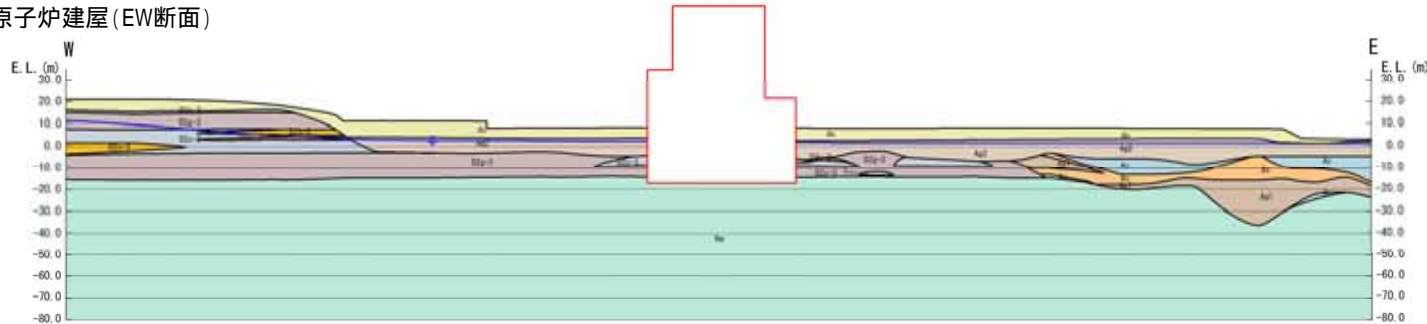
~~~~~ 不整合

# 地質断面図 岩盤に直接支持している施設 (3/4)

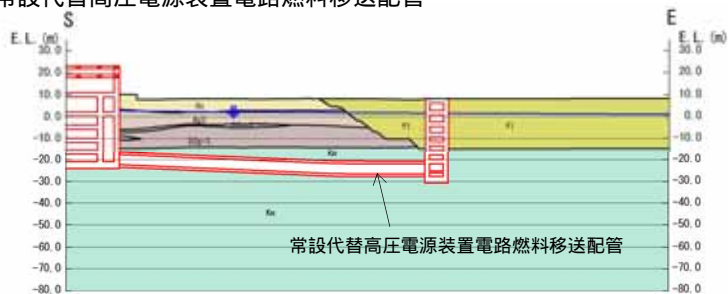
・原子炉建屋 (NS断面)



・原子炉建屋 (EW断面)



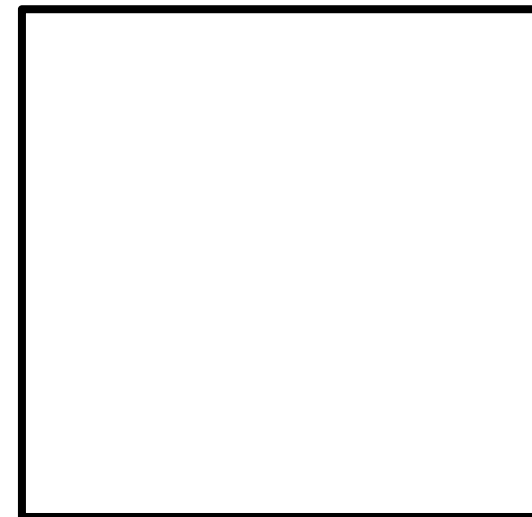
・常設代替高圧電源装置電路燃料移送配管



**地質構成表**

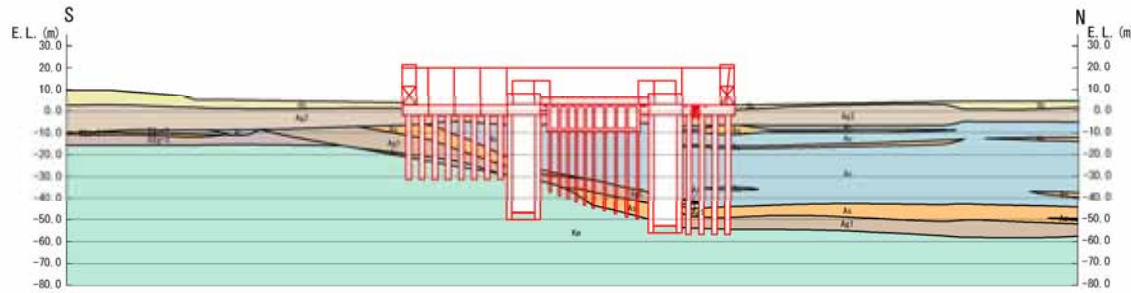
| 地質時代        | 地質区分        | 記号    | 層名                                  | 備考                        |
|-------------|-------------|-------|-------------------------------------|---------------------------|
| 第 3 紀       | 沖積低地<br>堆積層 | Ag    | 砂                                   | 各地域に広く分布する。               |
|             |             | Ag2   | 砂礫                                  | 各地域に広く分布する。               |
|             |             | Ag3   | 粘土                                  | 久慈川が侵襲した区域の<br>目を埋めて分布する。 |
|             | 低位段丘<br>堆積層 | Ag4   | 砂礫                                  |                           |
|             |             | D2a-3 | シルト                                 |                           |
|             |             | D2a-2 | 砂                                   |                           |
|             |             | D2a-1 | 砂礫                                  | 断層帯部に堆積物として分布する。          |
|             |             | D2a-0 | シルト                                 |                           |
|             |             | D2a-2 | 砂礫                                  |                           |
|             |             | D2a-1 | シルト                                 |                           |
| 中位段丘<br>堆積層 | Ag          | ローム   | 断層の両側部に分布し、<br>いわゆる崩落堆積物層を<br>構成する。 |                           |
|             | D1a-1       | 砂礫    |                                     |                           |
| 第三紀鮮新世      | 久米層         | Kn    | 砂質泥岩                                | 断層の東側部である。                |

~~~~~ 不整合

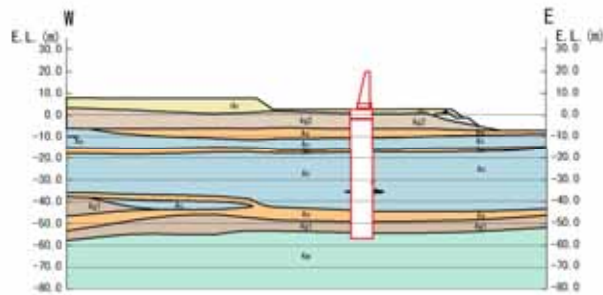


# 地質断面図 岩盤に直接支持している施設 (4/4)

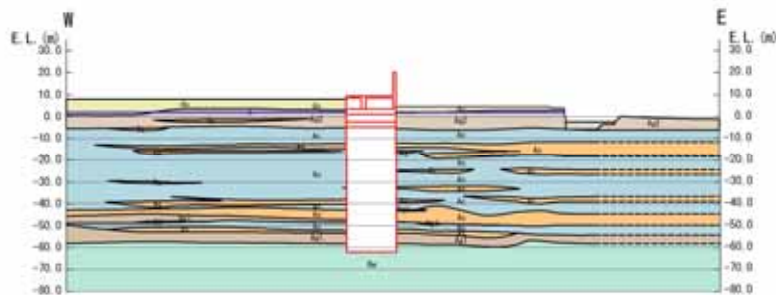
・防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁構造区間)(NS断面)



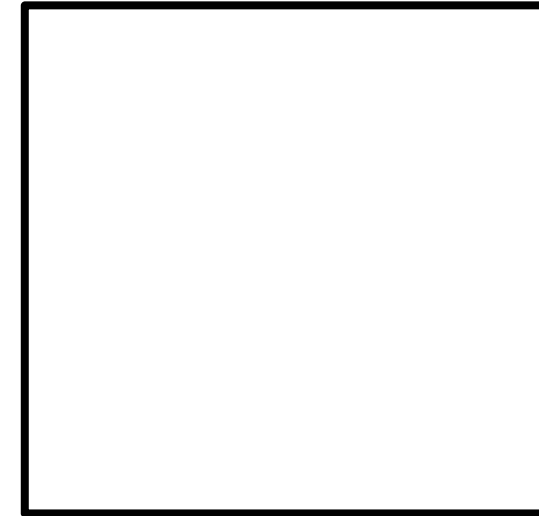
・防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁構造区間)(NS断面)



・放水路ゲート



0 10 50 100m



地質構成表

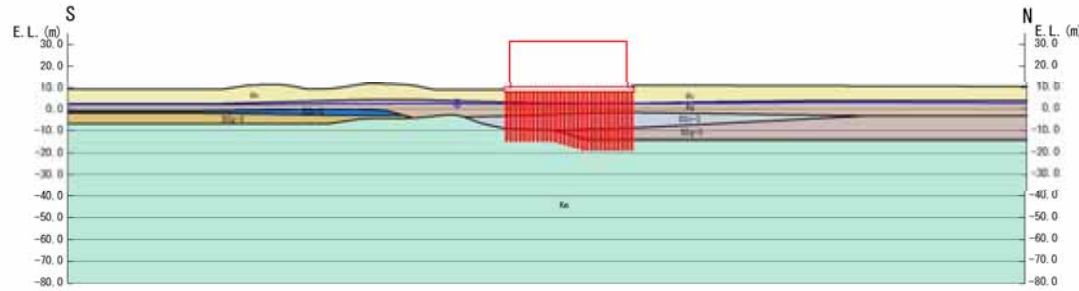
| 地質時代       | 地質区分         | 記号    | 説明   | 備考                                |
|------------|--------------|-------|------|-----------------------------------|
| 新<br>世     | 沖積低地<br>堆積層  | Aa    | 砂    | 敷地全域に広く分布する。                      |
|            |              | Ag    | 砂礫   | 敷地全域に広く分布する。                      |
|            |              | Aa    | 粘土   | 久慈川が侵食した伏の<br>谷を埋めて分布する。          |
|            |              | Ag    | 砂礫   |                                   |
| 中<br>世     | 低位段丘1<br>堆積層 | D2a-3 | シルト  |                                   |
|            |              | D2a-2 | 砂    |                                   |
|            |              | D2a-1 | 砂礫   | 敷地東側に埋設線路<br>として分布する。             |
|            |              | D2a-2 | シルト  |                                   |
| 新<br>世     | 中位段丘<br>堆積層  | in    | ローム  | 敷地の南西部に分布し、<br>いわゆる埋没段丘を<br>構成する。 |
|            |              | D1a-1 | シルト  |                                   |
| 第三紀<br>鮮新世 | 久米層          | Ka    | 砂質頁岩 | 敷地の基礎層である。                        |
|            |              |       |      |                                   |

~~~~~ 不整合

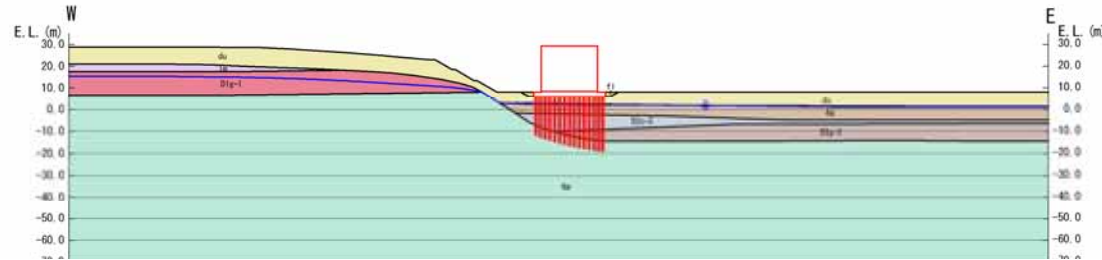


# 地質断面図 岩盤に杭構造で支持している施設 (1/4)

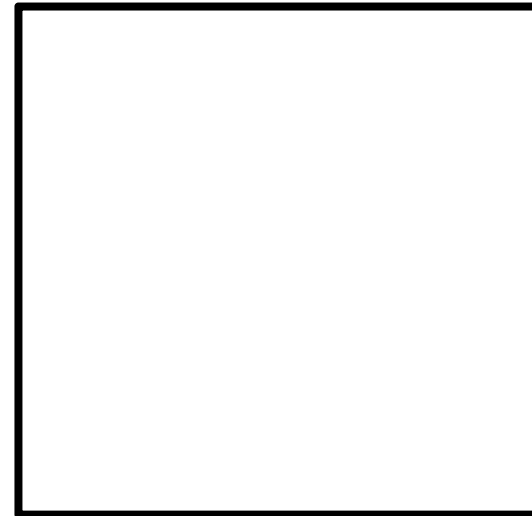
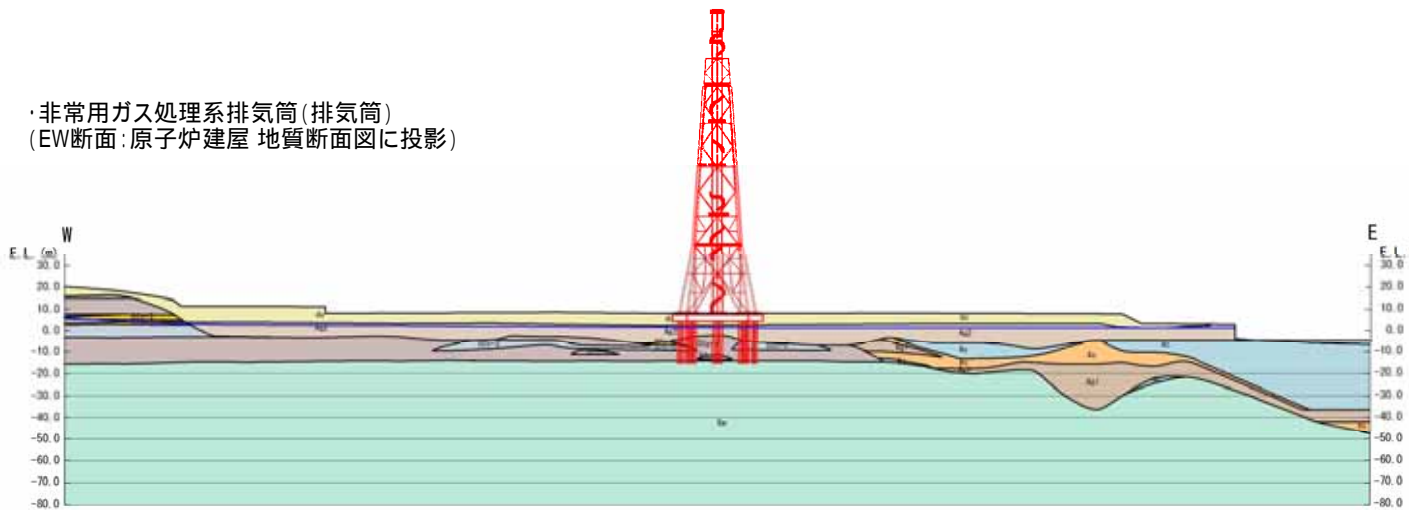
・使用済燃料乾式貯蔵建屋 (NS断面)



・使用済燃料乾式貯蔵建屋 (EW断面)



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



地質構成表

| 地質時代   | 地質区分          | 記号   | 岩相                                | 備考           |
|--------|---------------|------|-----------------------------------|--------------|
| 新<br>世 | 沖積低地<br>堆積層   | 砂丘層  | 砂                                 | 敷地全体に広く分布する。 |
|        |               |      | 砂礫                                | 敷地全体に広く分布する。 |
|        | 久慈川<br>堆積層    | 粘土   | 敷地全体に広く分布する。                      |              |
|        |               | 砂    | 敷地全体に広く分布する。                      |              |
| 新<br>世 | 低台段丘 I<br>堆積層 | 砂礫   | 敷地南側に埋没砂礫<br>として分布する。             |              |
|        |               | シルト  |                                   |              |
|        | 段丘堆積層 I       | 砂礫   |                                   |              |
|        |               | シルト  |                                   |              |
| 紀<br>世 | 中段段丘<br>堆積層   | 砂礫   | 敷地の南側に分布し、<br>いわゆる扇状砂礫層を<br>構成する。 |              |
|        |               | シルト  |                                   |              |
| 第三紀新新世 | 久米層           | 砂質泥岩 | 敷地の基礎岩である。                        |              |

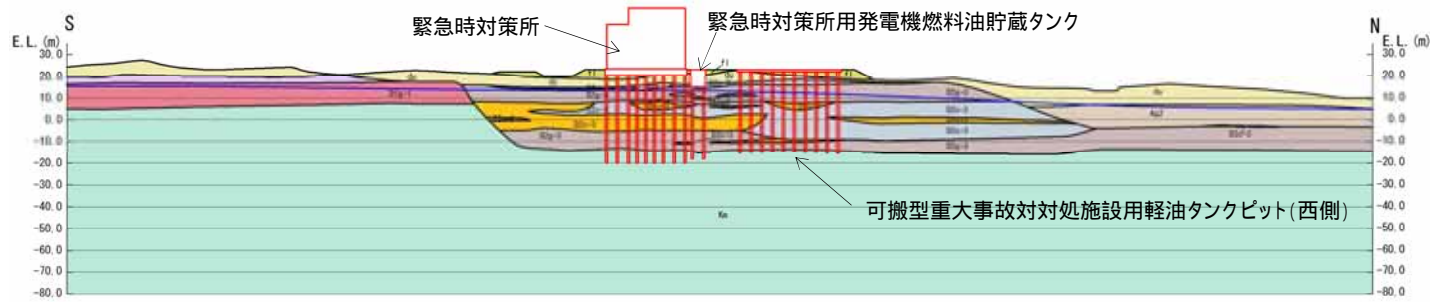
不整合

0 10 50 100m

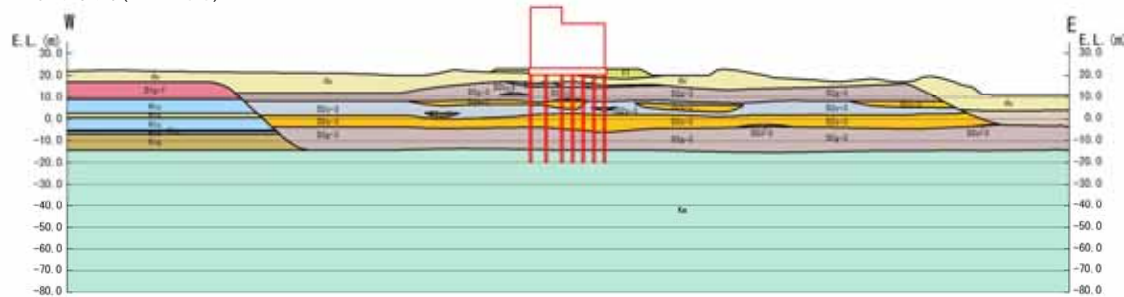


# 地質断面図 岩盤に杭構造で支持している施設 (2/4)

・緊急時対策所, 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク, 可搬型重大事故等対処施設用軽油タンクピット(西側) (NS断面)



・緊急時対策所(EW断面)

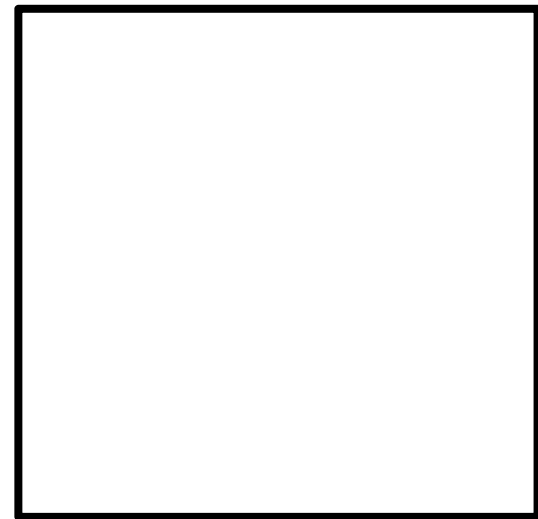


地質構成表

| 地質時代        | 地質区分         | 記号     | 前期    | 備考         |                                    |
|-------------|--------------|--------|-------|------------|------------------------------------|
| 新<br>鮮<br>世 | 沖積低地<br>堆積層  | 砂丘層    | As    | 砂          | 敷地全体に広く分布する。                       |
|             |              |        | As2   | 砂礫         | 敷地全体に広く分布する。                       |
|             |              | As     | As    | 粘土         | 久慈川が侵食した跡の<br>谷を埋めて分布する。           |
|             |              | As1    | As1   | 砂礫         |                                    |
|             |              |        | D2s-3 | シルト        |                                    |
| 四<br>紀      | 低地段丘1<br>堆積層 | 段丘堆積層2 | D2s-3 | 砂          | 敷地南側に埋没橋道<br>として分布する。              |
|             |              |        | D2s-3 | 砂礫         |                                    |
|             |              | D2s-2  | D2s-2 | シルト        |                                    |
|             |              | D2s-2  | D2s-2 | 砂礫         |                                    |
| 紀<br>世      | 中低段丘<br>堆積層  | 段丘堆積層1 | Is    | ローム        | 敷地の南西部に分布し、<br>いわゆる懸崖状土層を<br>構成する。 |
|             |              |        | D1s-1 | シルト        |                                    |
|             |              | D1s-1  | D1s-1 | 砂礫         |                                    |
| 第三紀新鮮世      | 久米層          | Km     | 砂質頁岩  | 敷地の基礎地である。 |                                    |

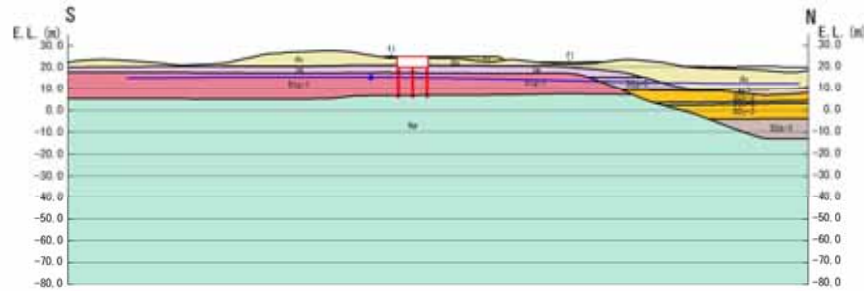
~~~~~ 不整合

0 10 50 100m

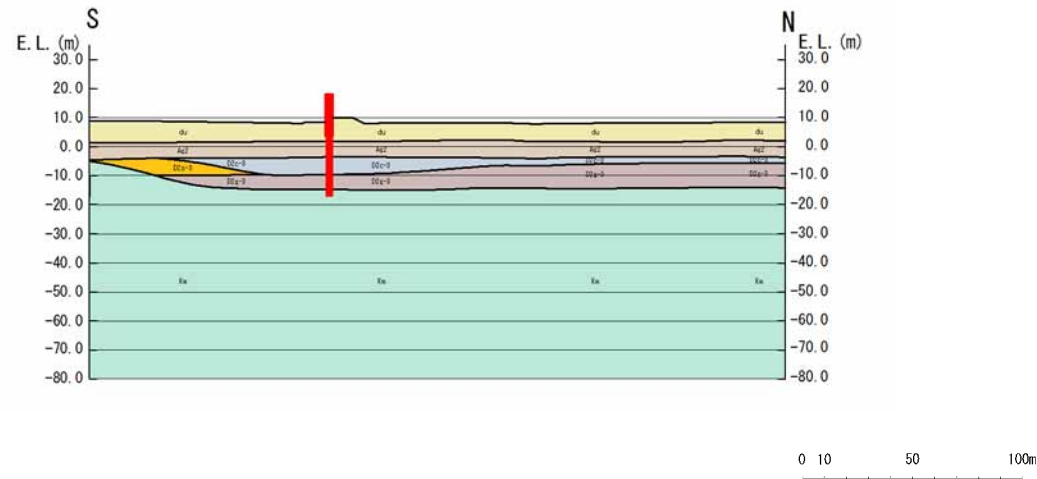


# 地質断面図 岩盤に杭構造で支持している施設 (3/4)

・可搬型重大事故等対処施設用軽油タンクピット(南側) (NS断面)



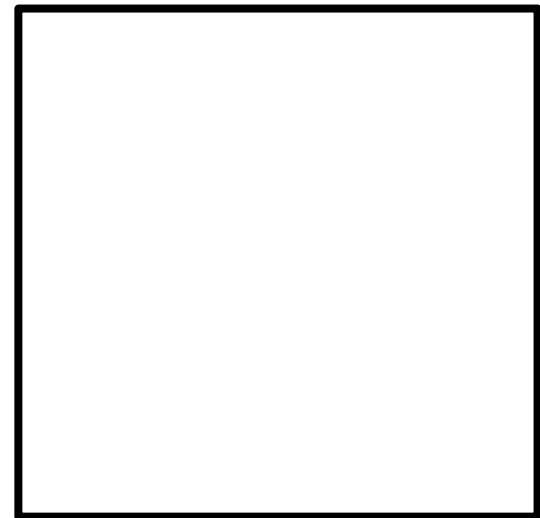
・防潮堤(鋼管杭鉄筋コンクリート壁構造区間) (NS断面)



**地質構成表**

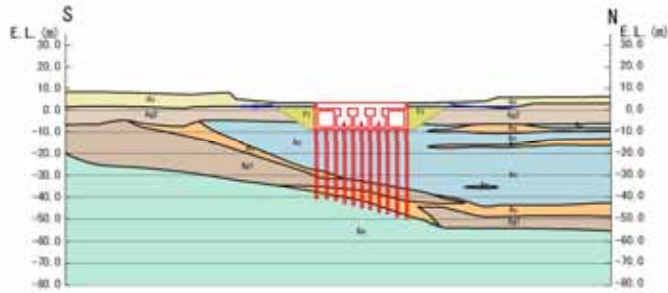
| 地質時代 | 地質区分         | 記号    | 名称  | 備考                              |
|------|--------------|-------|-----|---------------------------------|
| 第3紀  | 沖積低地<br>堆積層  | Aa    | 砂   | 敷地全域に広く分布する。                    |
|      |              | Ag1   | 砂礫  | 敷地全域に広く分布する。                    |
|      |              | Ag2   | 粘土  |                                 |
|      |              | Ag3   | 砂   | 久慈川が侵食した段状の谷を埋めて分布する。           |
| 第4紀  | 低地段丘1<br>堆積層 | D2a-3 | シルト |                                 |
|      |              | D2b-3 | 砂   |                                 |
|      |              | D2c-3 | 砂礫  | 敷地東側に堆積段丘として分布する。               |
|      |              | D2d-3 | シルト |                                 |
|      |              | D2e-3 | 砂礫  |                                 |
|      |              | D2f-3 | シルト |                                 |
|      |              | D2g-3 | 砂礫  |                                 |
| 第4紀  | 中位段丘<br>堆積層  | is    | ローム | 敷地の西側に分布し、<br>いわゆる扇状地を<br>構成する。 |
|      |              | D1a-1 | シルト |                                 |
| 第3紀  | 新第三紀         | D1b-1 | 砂礫  |                                 |
|      |              | Ka    | 砂岩  | 敷地の最層地である。                      |

~~~~~ 不整合

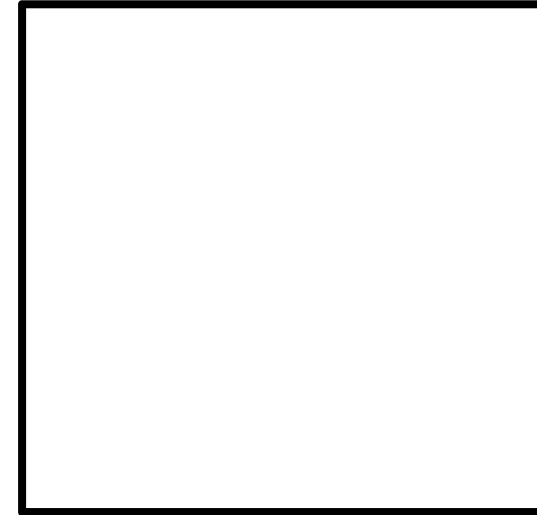
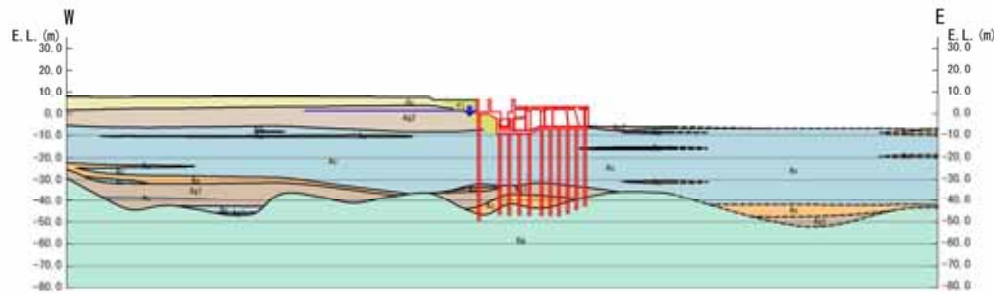


# 地質断面図 岩盤に杭構造で支持している施設 (4/4)

・海水ポンプ室 (NS断面)

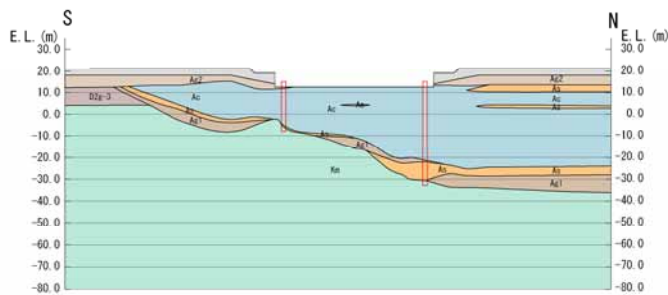


・取水構造物 (取水路, 海水ポンプ室) (EW断面)

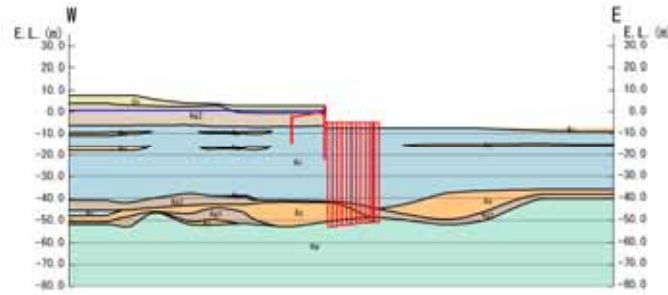


0 10 50 100m

・貯留堰 (NS断面)



・貯留堰 (EW断面)



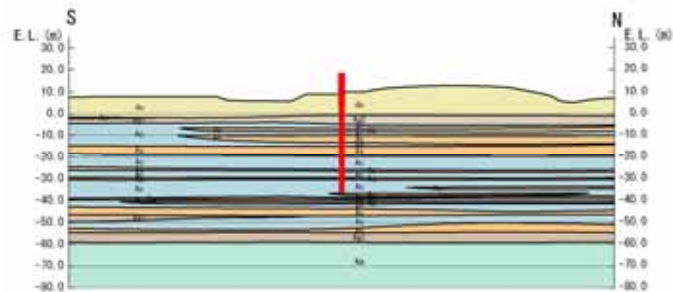
地質構成表

| 地質時代   | 地質区分     | 記号    | 層種  | 備考                         |
|--------|----------|-------|-----|----------------------------|
| 第三紀新鮮世 | 沖積堆積層    | ms    | 砂   | 扇地全域に広く分布する。               |
|        |          | Ag2   | 砂礫  | 扇地全域に広く分布する。               |
|        |          | Ac    | 粘土  | 久慈川が侵蝕した段状の砂を埋めて分布する。      |
| 第四紀    | 低位段丘1堆積層 | Ag1   | 砂礫  |                            |
|        |          | D2a-3 | シルト |                            |
|        |          | D2a-2 | 砂   |                            |
|        | 中位段丘堆積層  | D2a-3 | シルト | 扇地全域に埋没堆積として分布する。          |
|        |          | D2a-2 | 砂礫  |                            |
|        |          | D2a-1 | シルト |                            |
| 第三紀鮮新世 | 久米層      | im    | 頁岩  | 扇地の境界線に分布し、いわゆる扇頂部位置を構成する。 |
|        |          | Kn    | 砂礫  | 扇地の最縁部である。                 |

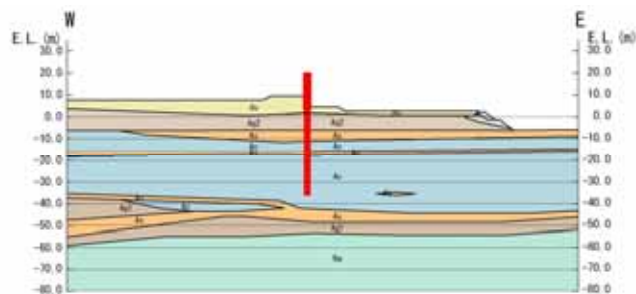
~~~~~ 不整合

# 地質断面図 第四紀層に杭構造で支持している施設

・防潮堤(鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁構造区間)(NS断面)



・防潮堤(鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁構造区間)(EW断面)

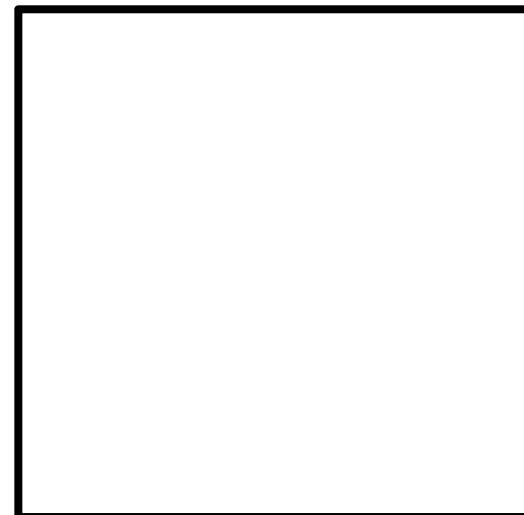


地質構成表

| 地質時代   | 地質区分         | 記号    | 層相   | 備考                                 |
|--------|--------------|-------|------|------------------------------------|
| 第四紀    | 沖積低地<br>堆積層  | au    | 砂    | 敷地全体に広く分布する。                       |
|        |              | Ag2   | 砂礫   | 敷地全体に広く分布する。                       |
|        |              | Ac    | 粘土   | 久慈川が運搬した河川の<br>砂を埋めて分布する。          |
|        |              | Ac    | 砂    |                                    |
|        |              | Ag1   | 砂礫   |                                    |
|        |              | D2g-3 | シルト  |                                    |
| 第四紀    | 低地段丘1<br>堆積層 | D2g-3 | 砂    | 敷地奥部に埋没構造<br>として分布する。              |
|        |              | D2g-2 | 砂礫   |                                    |
|        |              | D2g-1 | シルト  |                                    |
|        |              | D2g-2 | 砂礫   |                                    |
| 第四紀    | 中位段丘<br>堆積層  | in    | ローム  | 敷地の奥部側に分布し、<br>いわゆる崩壊性土質を<br>構成する。 |
|        |              | D1g-1 | シルト  |                                    |
|        |              | D1g-1 | 砂礫   |                                    |
| 第三紀新第三 | 久米層          | ka    | 砂質泥岩 | 敷地の奥部側である。                         |

~~~~~ 不整合

0 10 50 100m

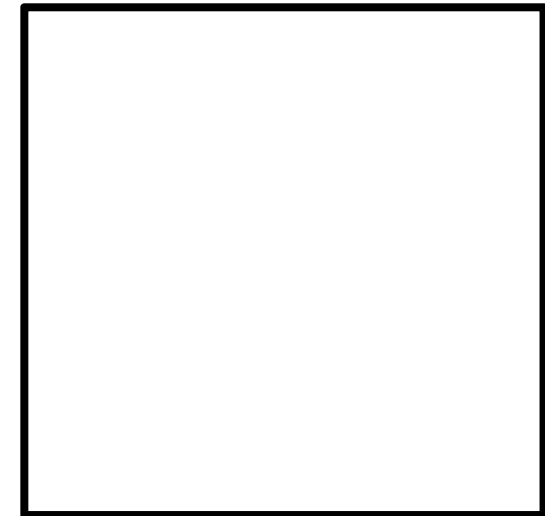


# 地質断面図 第四紀層に直接支持している施設

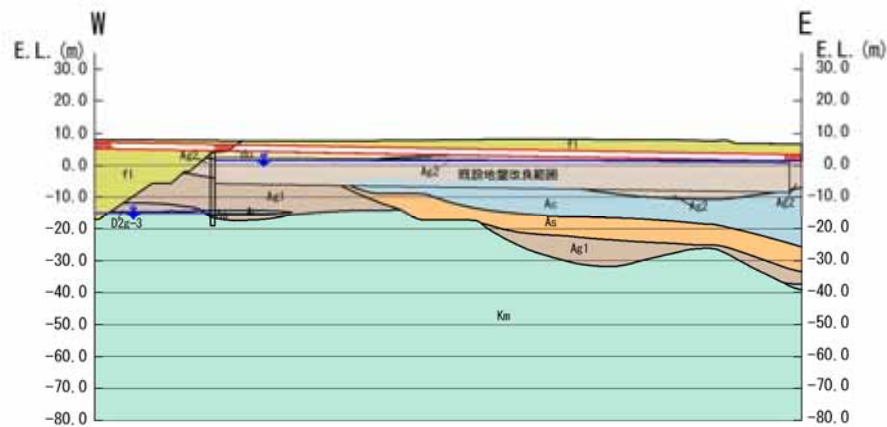
**地質構成表**

| 地質時代   | 地質区分         | 記号    | 層名   | 備考                               |
|--------|--------------|-------|------|----------------------------------|
| 新<br>世 | 沖積低地<br>堆積層  | As    | 砂    | 敷地全域に広く分布する。                     |
|        |              | Ag2   | 砂礫   | 敷地全域に広く分布する。                     |
|        | 低地段丘1<br>堆積層 | Ac    | 粘土   | 久慈川が侵食した段丘の<br>谷を埋めて分布する。        |
|        |              | As    | 砂    |                                  |
|        |              | Ag1   | 砂礫   |                                  |
| 中<br>世 | 低地段丘1<br>堆積層 | D2e-3 | シルト  | 敷地奥部に埋没線状<br>として分布する。            |
|        |              | D2e-2 | 砂    |                                  |
|        |              | D2e-1 | 砂礫   |                                  |
|        |              | D2e-3 | シルト  |                                  |
|        |              | D2e-2 | 砂礫   |                                  |
| 新<br>世 | 中位段丘<br>堆積層  | Is    | ローム  | 敷地の奥部に分布し、<br>いわゆる埋没線状を<br>構成する。 |
|        |              | D1e-1 | シルト  |                                  |
|        |              | D1e-1 | 砂礫   |                                  |
| 第三紀新新世 | 久米層          | Km    | 砂質泥岩 | 敷地の奥層位である。                       |

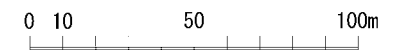
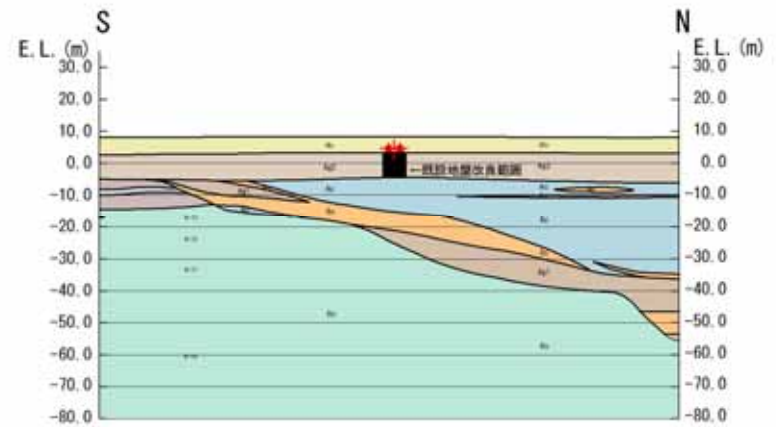
~~~~~ 不整合



・屋外二重管(縦断面)

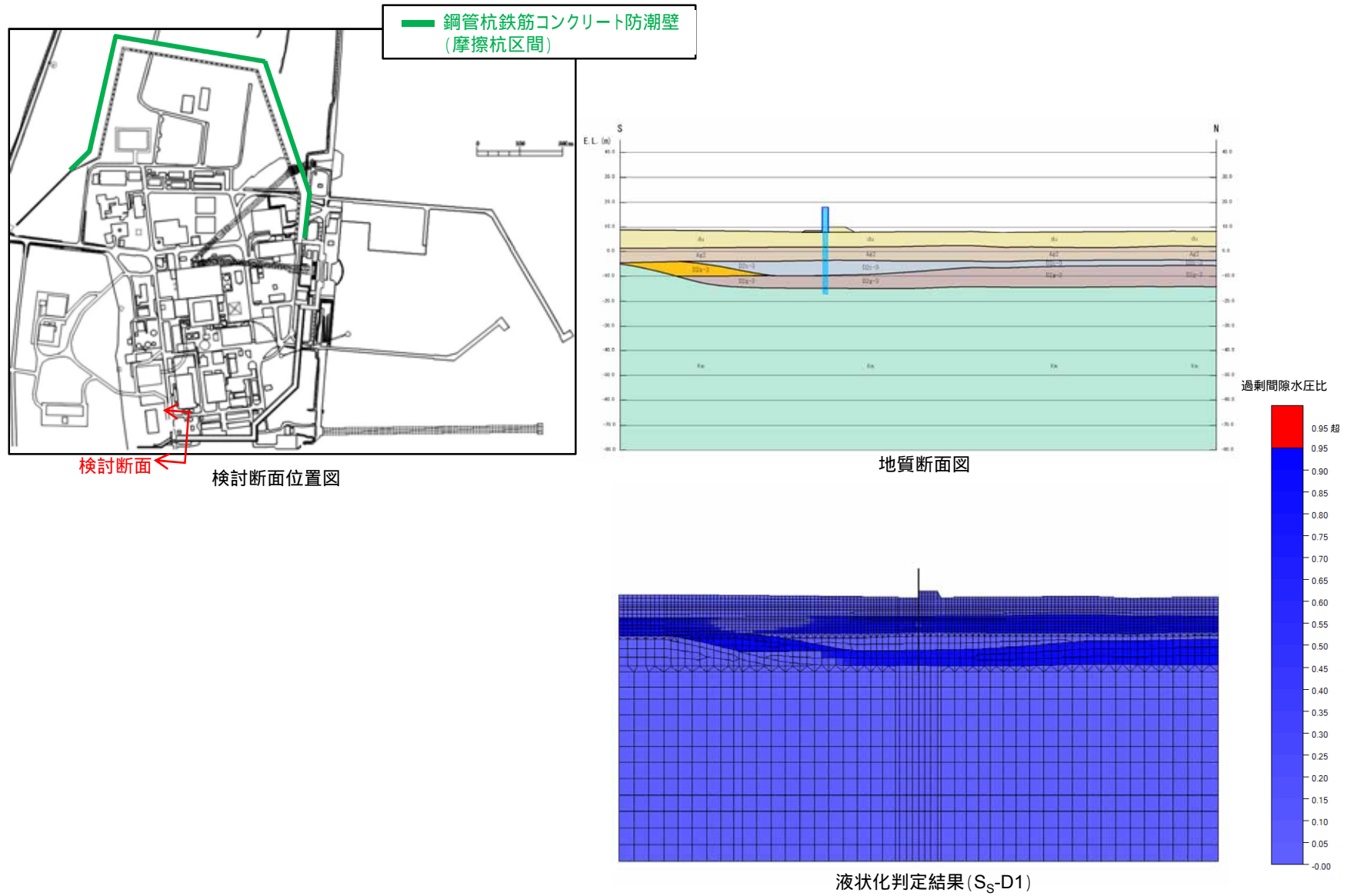


・屋外二重管(横断面)



8. 液状化の可能性の検討結果

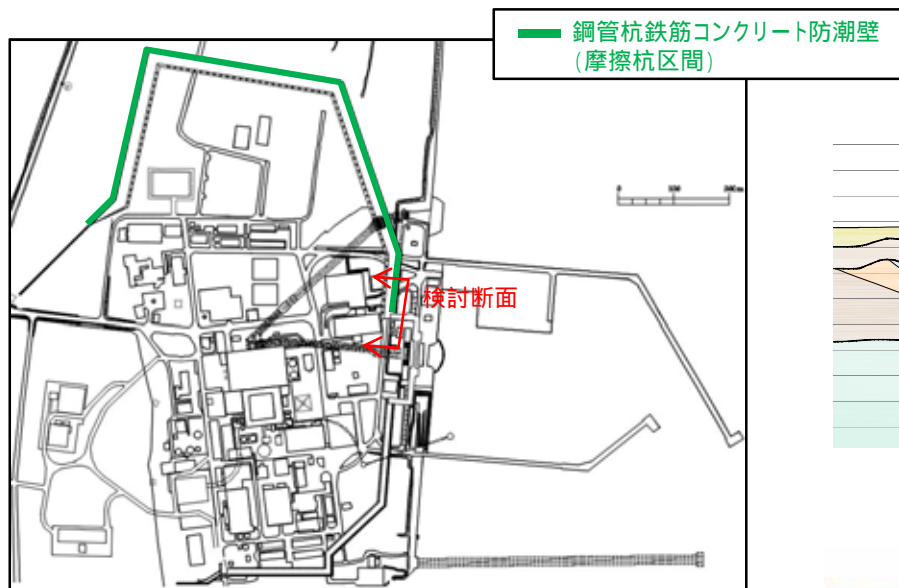
参考 液状化判定結果 (鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 その4)



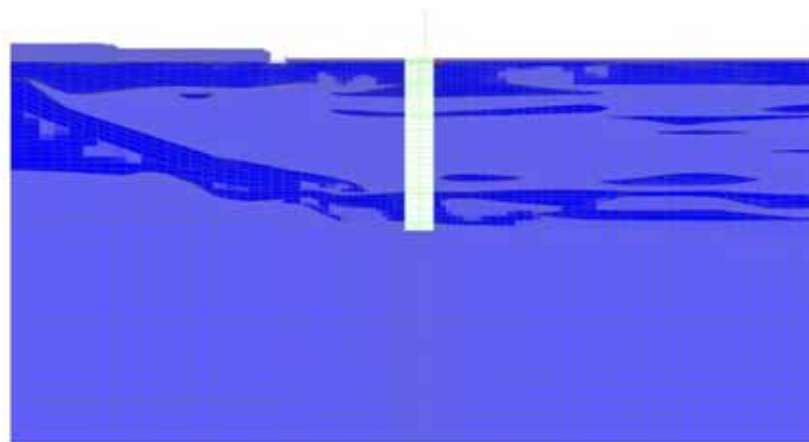
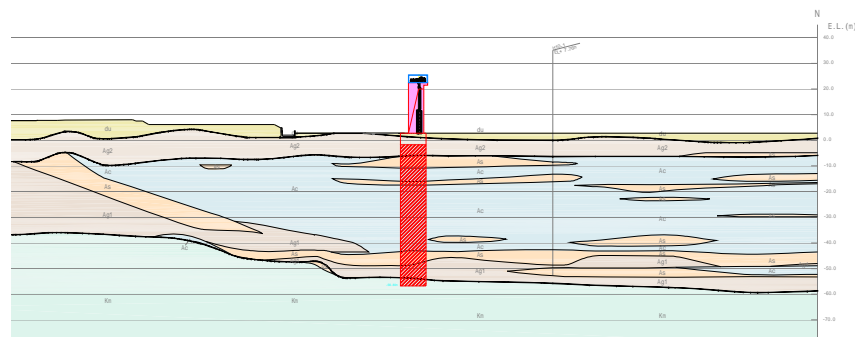
有効応力解析の結果, 地盤の液状化は認められない。



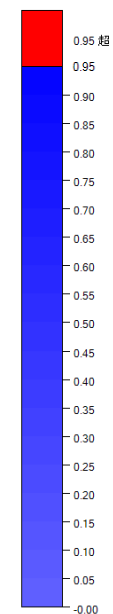
# 参考 液状化判定結果(鉄筋コンクリート防潮壁)



検討断面位置図



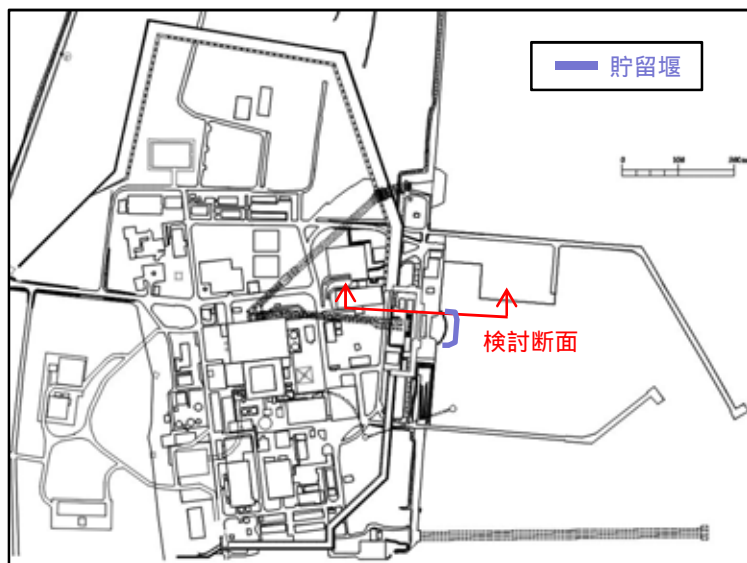
過剰間隙水圧比



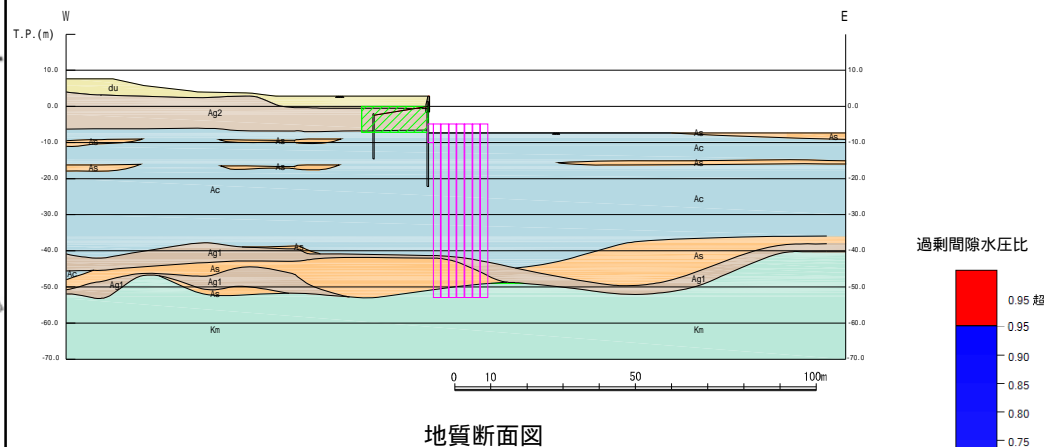
有効応力解析の結果, 地盤の液状化は認められない。



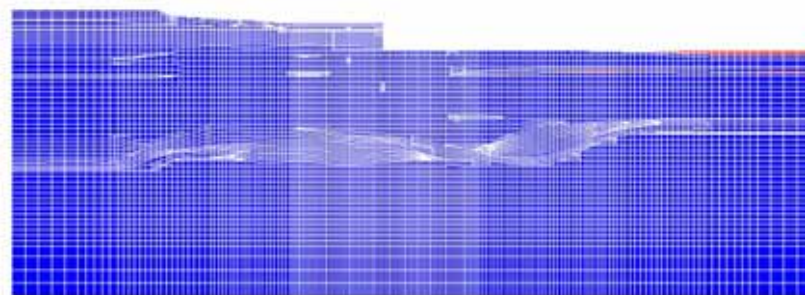
# 参考 液状化判定結果(貯留堰)



検討断面位置図



地質断面図



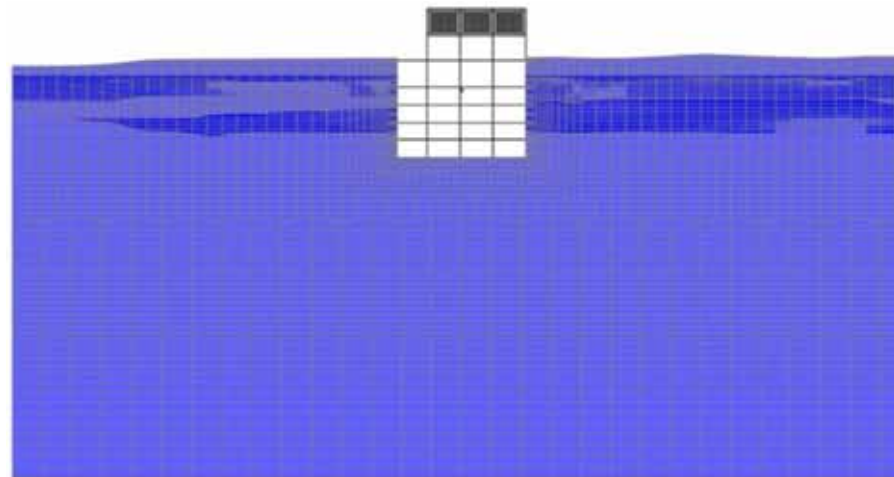
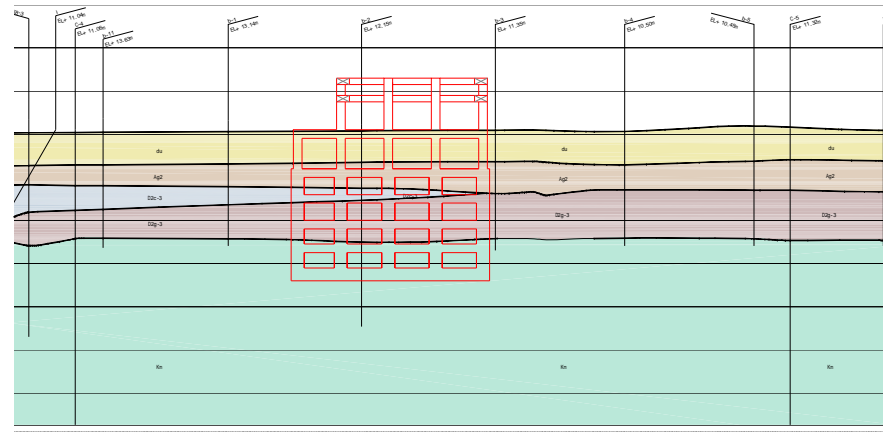
液状化判定結果 (S<sub>s</sub>-D1)

有効応力解析の結果、地盤の液状化は海底面付近の浅部砂層に僅かに認められる程度であり、その他の地層には認められない。

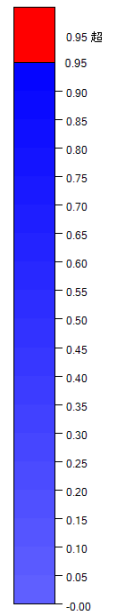
# 参考 液状化判定結果(常設代替高压電源装置)



検討断面位置図



過剰間隙水圧比



有効応力解析の結果, 地盤の液状化は認められない。

