

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

平成29年6月19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

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. 液状化の可能性の検討結果
8. まとめ
液状化に関する可能性の検討結果について

1. 概要

- 本資料は、東海第二発電所の敷地の液状化に関する可能性検討について、その評価方針を示し、液状化強度、有効応力解析の条件、現状確認した解析結果等を示すものである。

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

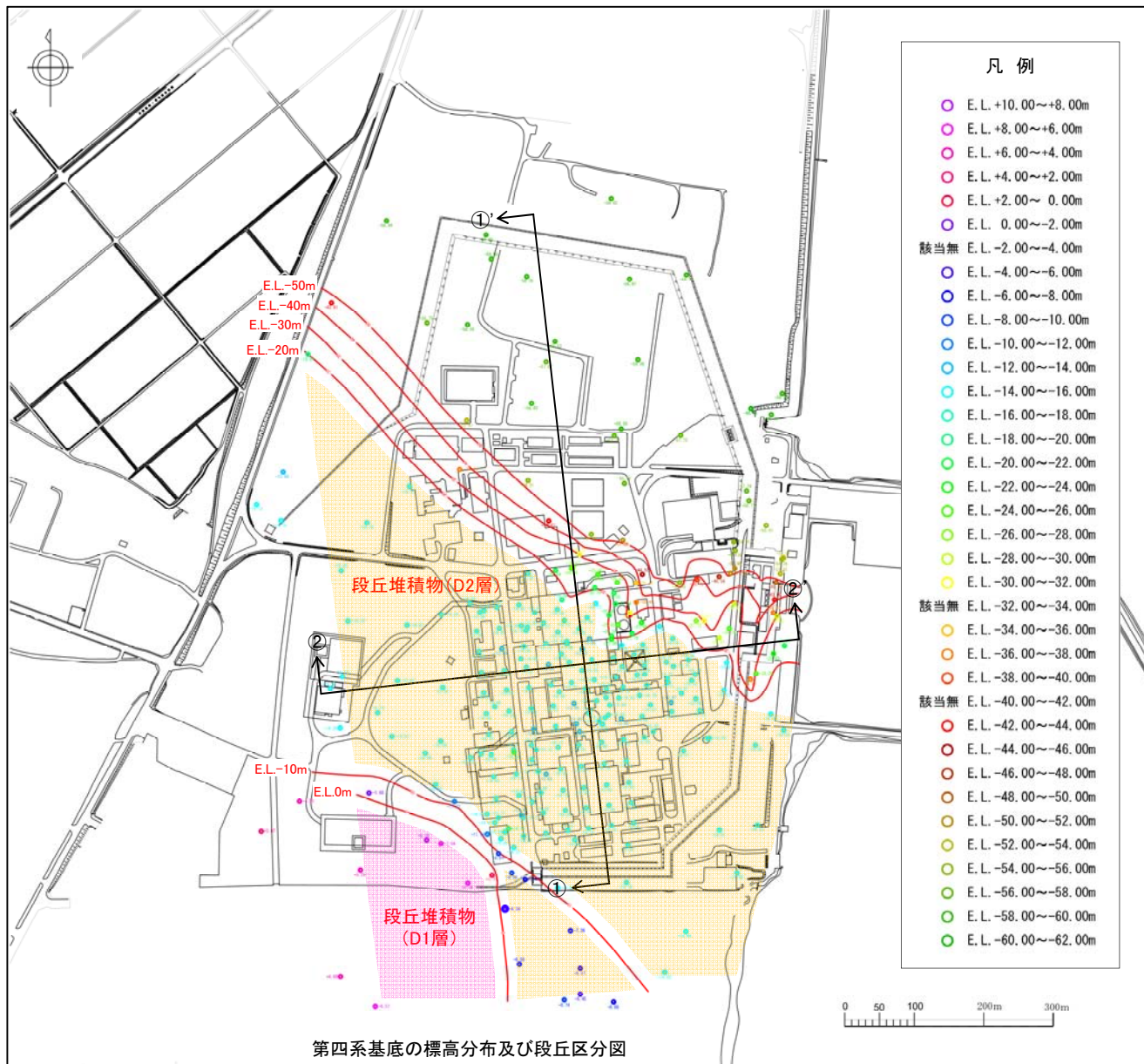
- 敷地の地質は、下位から先白亜系の日立古生層(日立変成岩類), 白亜系の那珂湊層群, 新第三系の離山層, 新第三系鮮新統～第四系下部更新統の久米層, 第四系更新統の東茨城層群及び段丘堆積物, 第四系完新統の沖積層及び砂丘砂層からなる。

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 | | | | |
| | D1c-1 | シルト | | | | | | | |
| | D1g-1 | 砂礫 | | | | | | | |
| | 新第三系 | 鮮新統 | 東茨城層群 | Hi | 暗灰色～褐色の砂及びシルト 灰褐色～青灰色の砂礫 | | 敷地西部のごく一部に分布する。 | | |
| 久米層 | | | Km | 暗オリーブ灰色の砂質泥岩 | | 敷地全体に広く分布する。 原子炉建屋等の基礎岩盤である。 | | | |
| 離山層 | | | Hn | 泥岩・凝灰岩 | | 敷地では北部を中心に久米層の下位に認められる。 | | | |
| 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。 | | | |
| 白亜系 | | 日立古生層 (日立変成岩類) | Hp | 泥岩・砂岩・礫岩 | | 1孔のボーリングで那珂湊層群の下位に認められる。 | | | |

：不整合

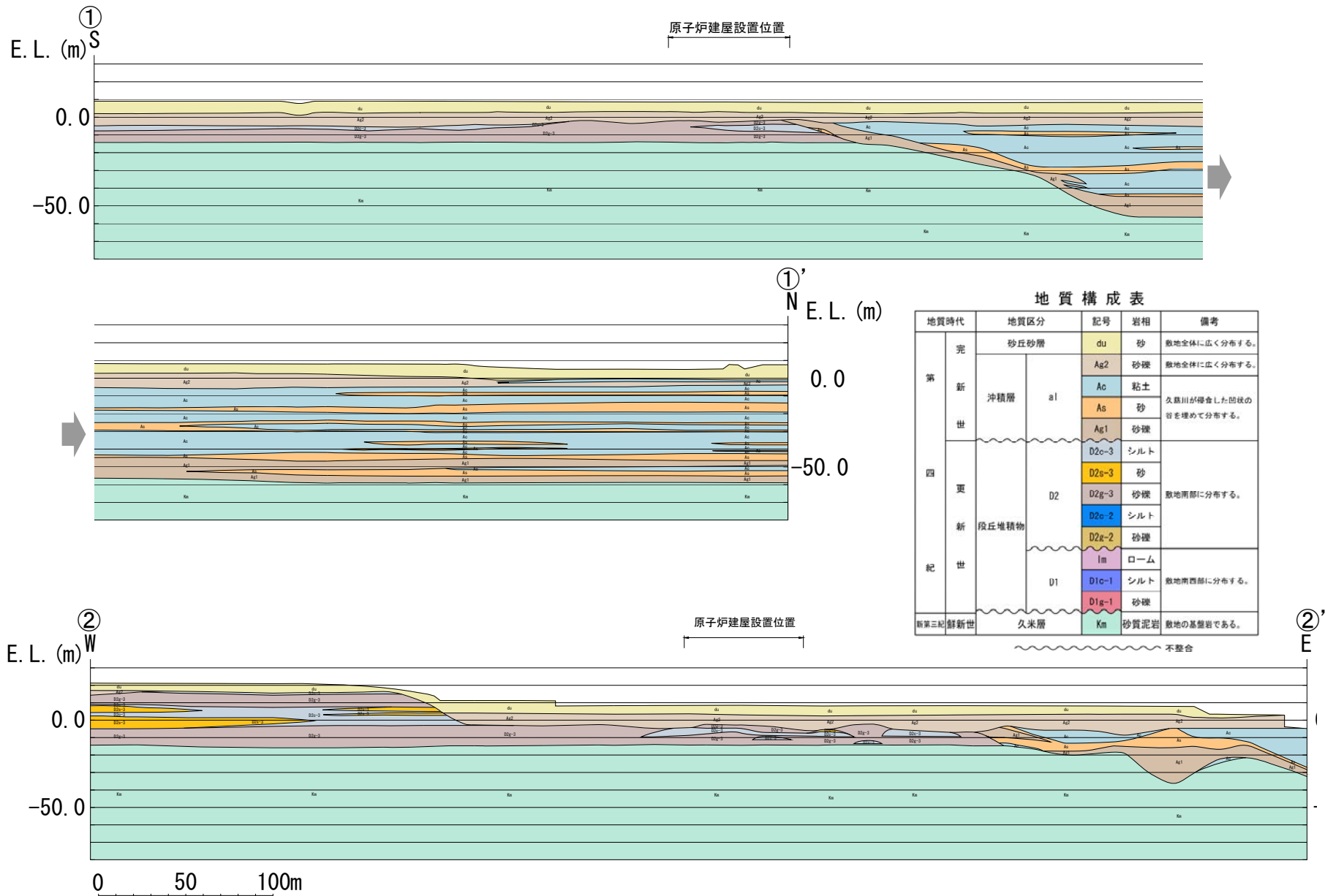
第四系基底の標高分布図及び段丘区分図



敷地における第四系の分布状況は以下のとおり。

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

2. 敷地の地質について 地質断面図(第四系)

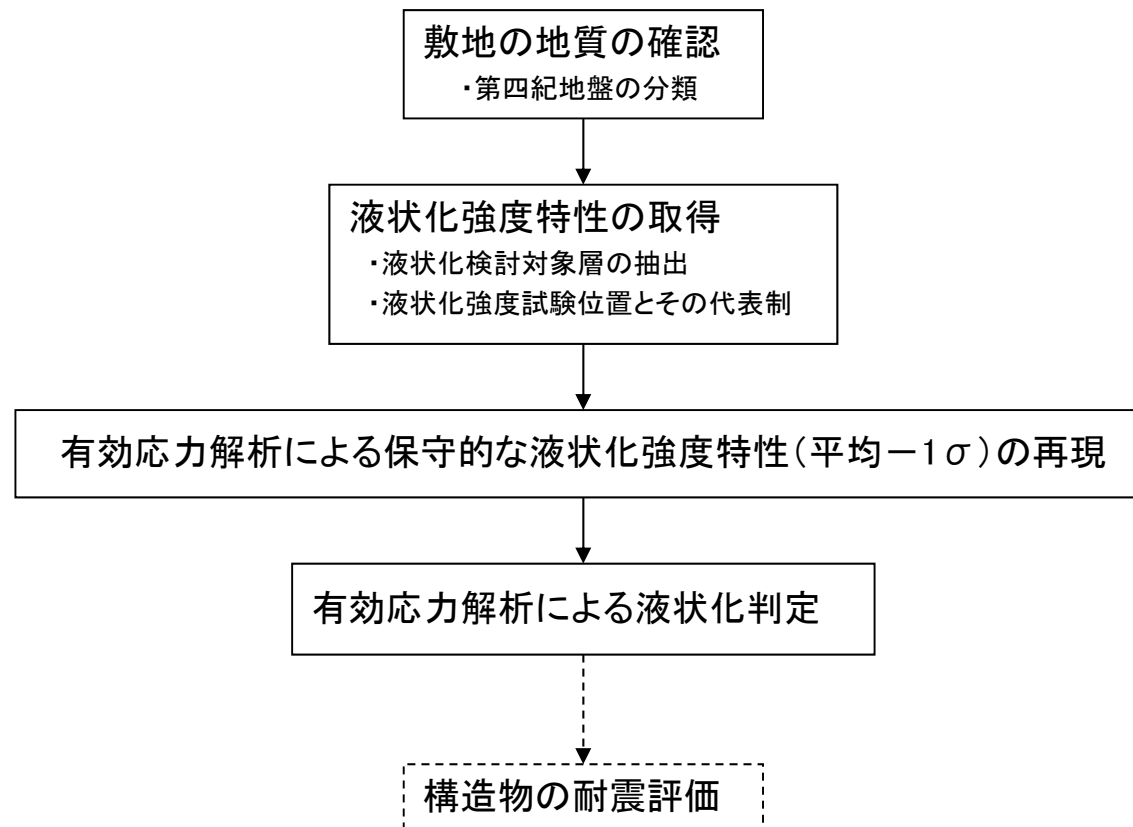


3. 液状化の可能性の検討基本方針

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、代表制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設定（平均 - 1 σ 設定）とし、有効応力解析により液状化判定を行う。



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

◆液状化検討対象層の抽出

- ✓ 道路橋示方書・同解説(V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(V耐震設計編))

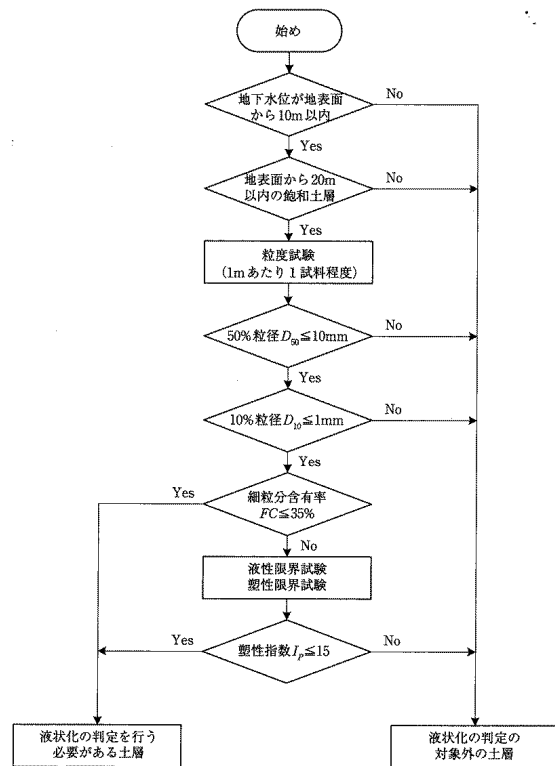
- ①地下水位が地表面から10m以内にあり、かつ、地表面から20m以内の深さに存在する飽和土層
- ②細粒分含有率が35%以下の土層、または、細粒分含有率が35%を超えても塑性指数が15以下の土層
- ③50%粒径が10mm以下で、かつ、10%粒径が1mm以下の土層

○: 検討対象

□: 保守的に検討対象とするもの

—: 検討対象外

□: 液状化検討対象とするもの



液状化検討対象層の抽出フロー
(道路橋示方書・同解説(V耐震設計編))

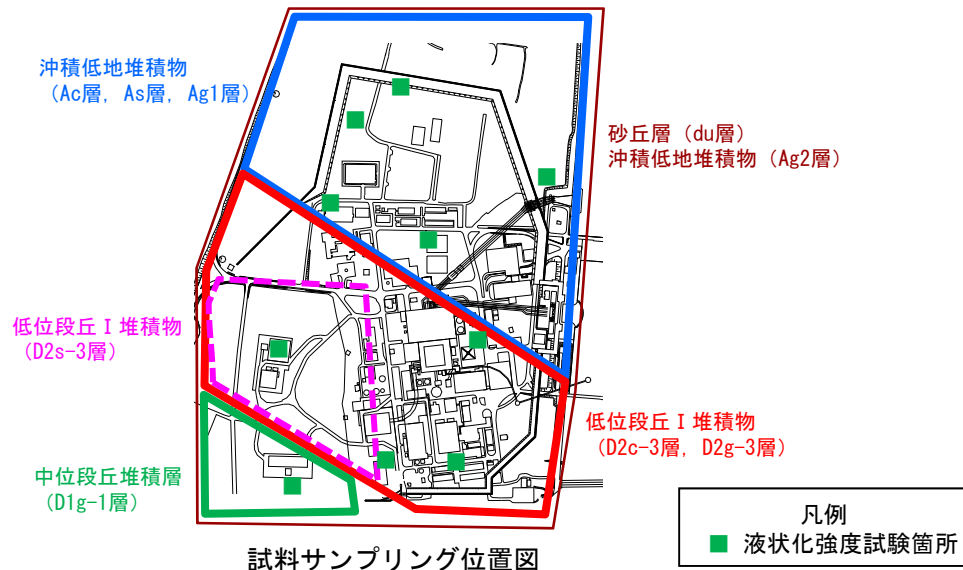
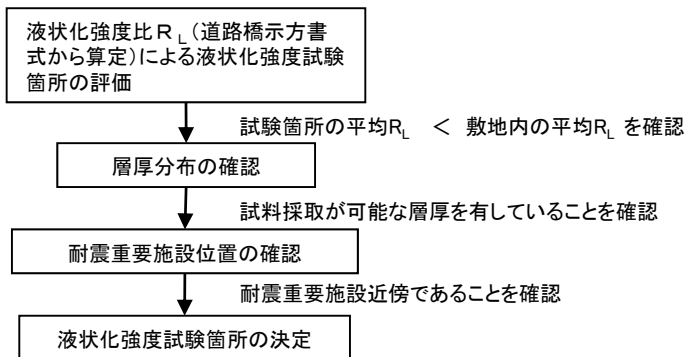
| 地質記号 | 層相 | 道路橋示方書における液状化検討対象層 | 当社の液状化検討対象層 | 備考 |
|------|-------|--------------------|-------------|---|
| du | 砂 | ○ | ○ | |
| al | Ag2 | ○ | ○ | |
| | Ac | — | — | |
| | As | ○ | ○ | ・ 20m以深に分布する範囲についても保守的に検討対象とする。 |
| D2 | Ag1 | — | □ | ・ 20m以深に分布するが保守的に検討対象とする。 |
| | D2c-3 | — | — | |
| | D2s-3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

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>

$$N_s = c_1 N_1 + c_2 \dots (8.2.8)$$

$$N_1 = 170 N / (\sigma_{vb}' + 70) \dots (8.2.9)$$

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

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

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

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

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

<れき質土の場合>

$$N_s = \{1 - 0.36 \log_{10}(D_{50}/2)\} N_1 \dots (8.2.12)$$

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_1 : 有効上載圧 100kN/m² 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

σ_{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/m²)

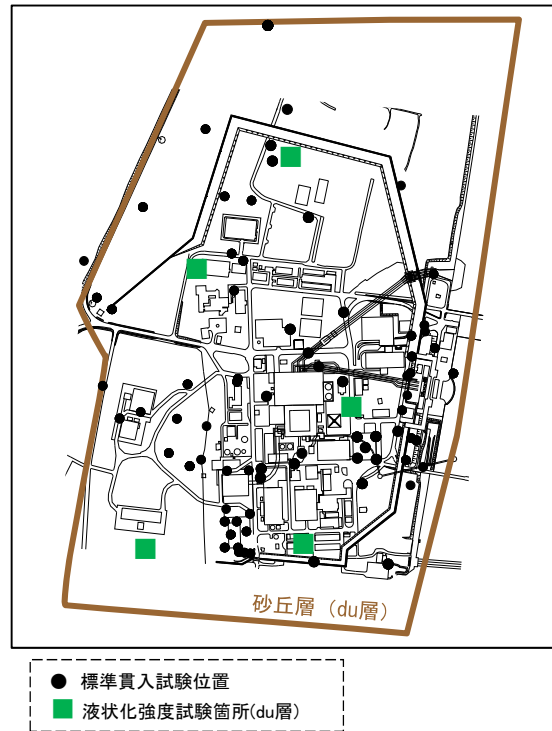
c_1, c_2 : 細粒分含有率による N 値の補正係数

FC : 細粒分含有率 (%) (粒径 75 μ m 以下の土粒子の通過質量百分率)

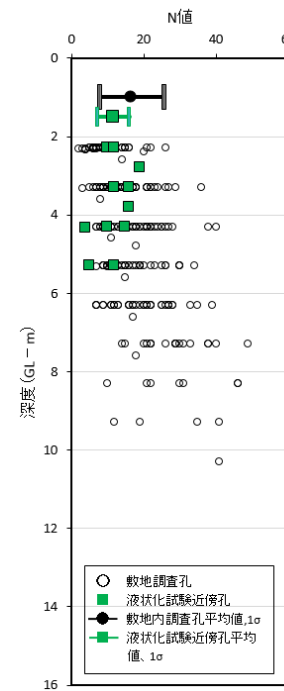
D_{50} : 50% 粒径 (mm)

道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編より抜粋

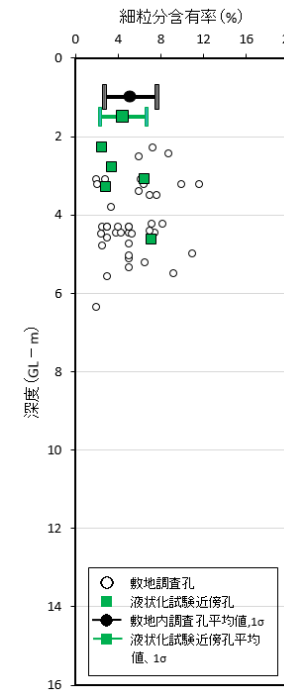
5. 液状化強度の試験箇所とその代表性 液状化強度試験箇所の代表性評価(du層)



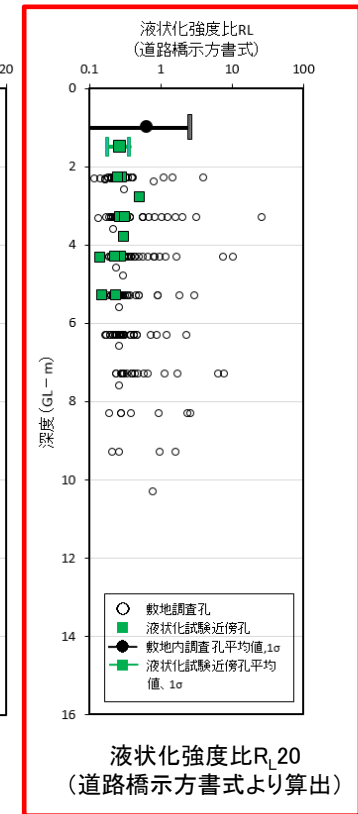
分布範囲及び調査位置



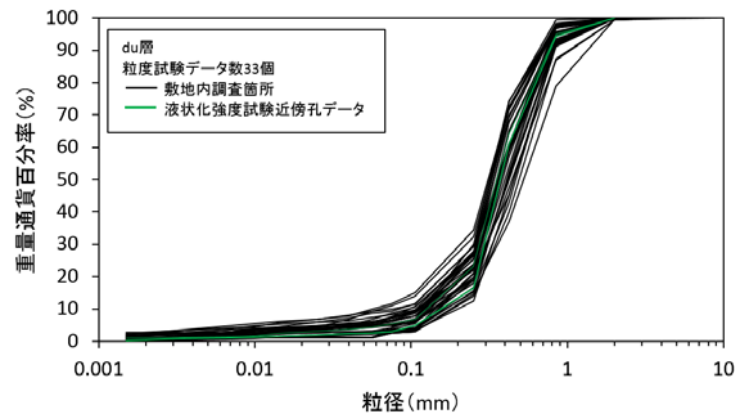
N値



細粒分含有率



液状化強度比 R_L 20
(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。

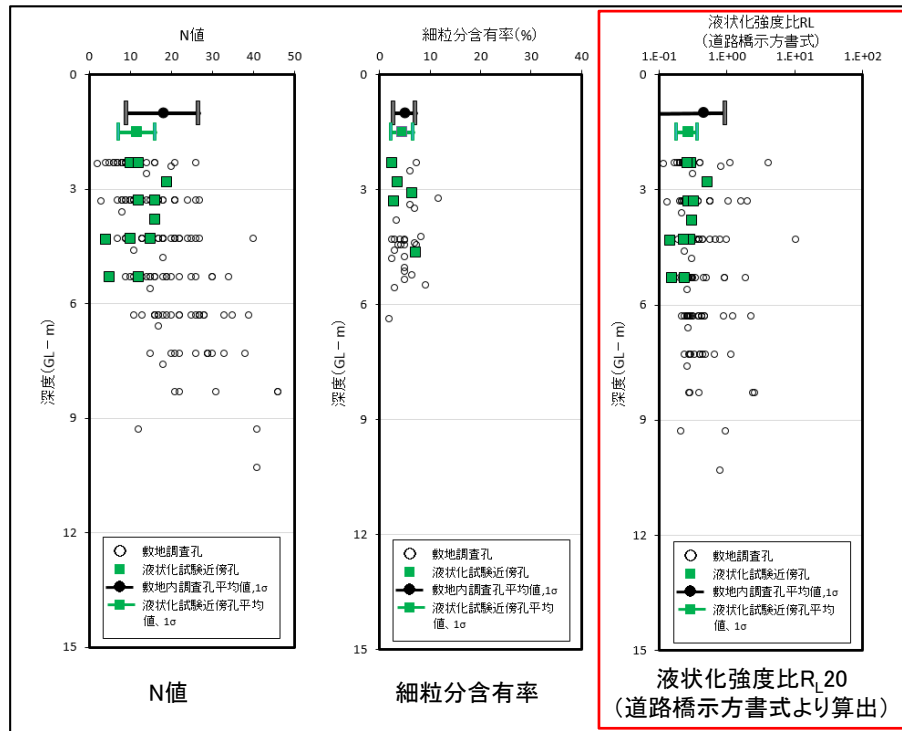


✓ 液状化強度比 R_L の比較により
液状化強度試験箇所平均 $R_L <$ 敷地内調査箇所平均 R_L
を確認した。

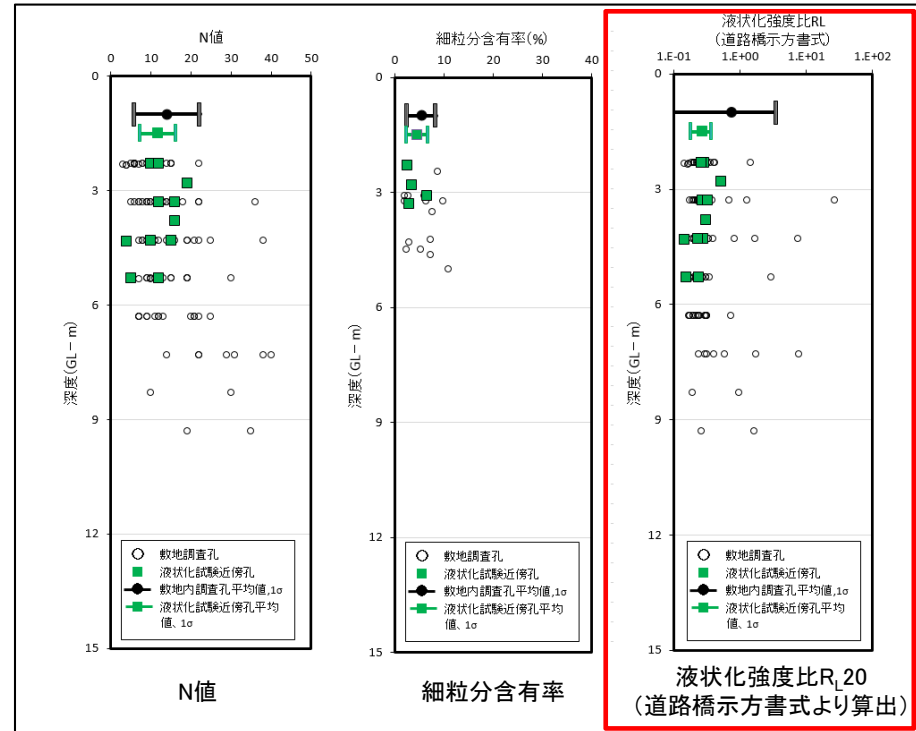
5. 液状化強度の試験箇所とその代表性

液状化強度試験箇所の代表性評価(du層)

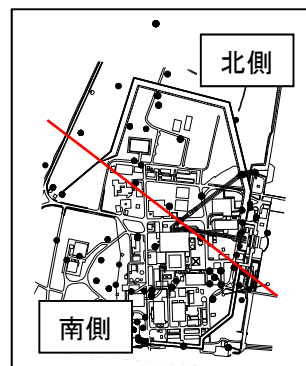
du層は敷地内に広く分布していることから、岩盤（Km層）の深度分布が変化する境界でデータを区分し R_L 値の分布比較を行った（岩盤深度により第四系の堆積環境が異なる場合を想定）。



【南側】



【北側】



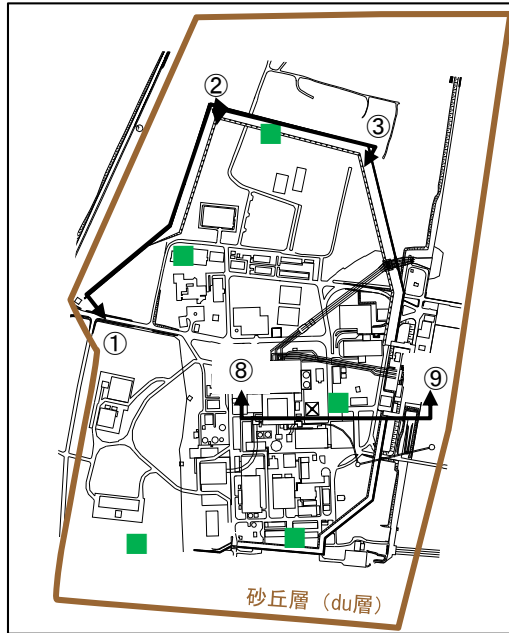
平面分割図

✓ 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。

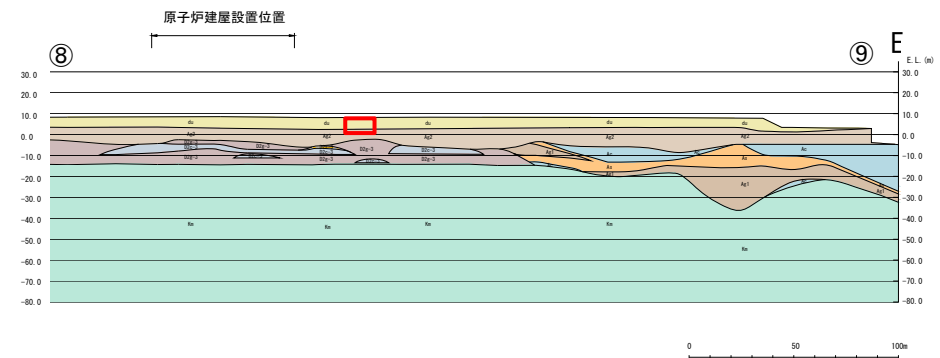
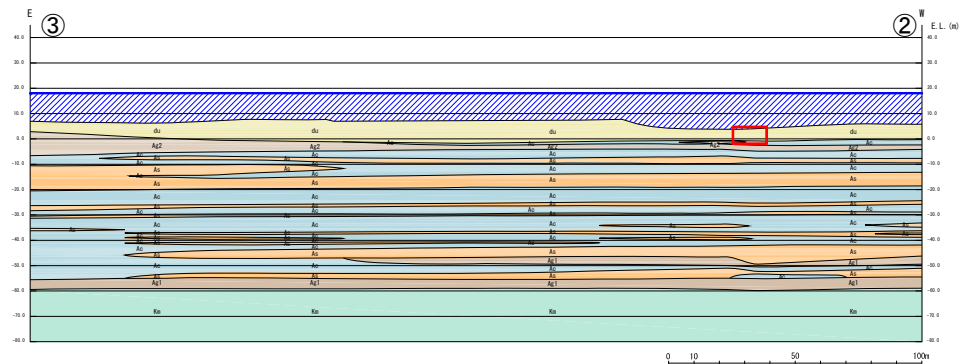
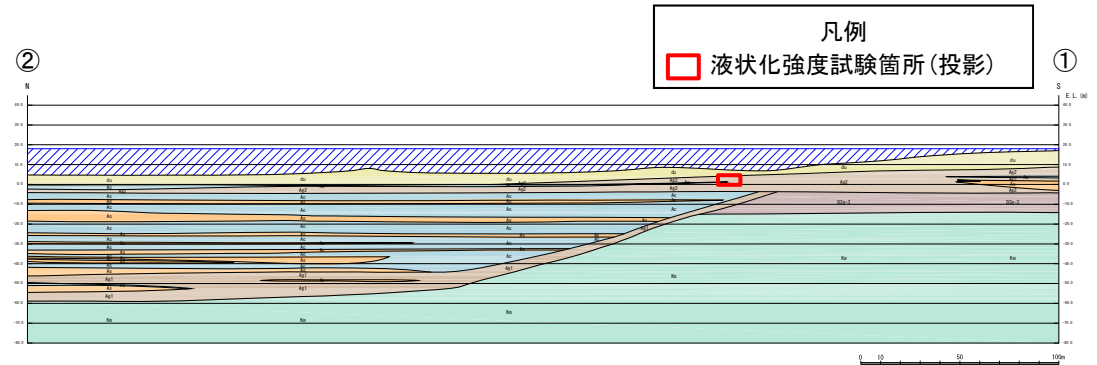


■ 液状化強度試験箇所(du層)

液状化強度試験実施位置図

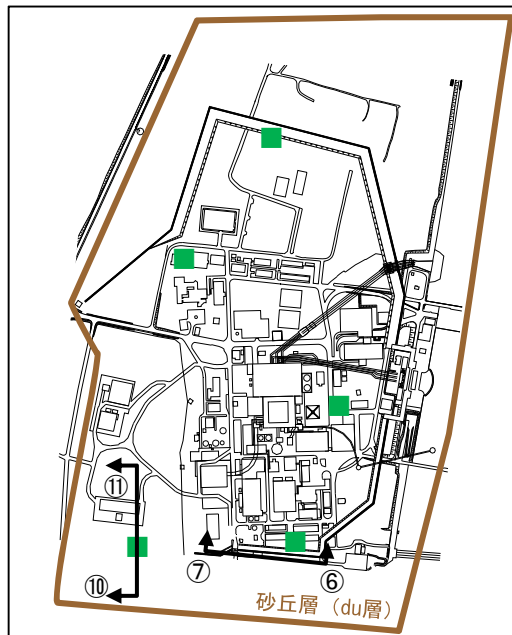
| 地質構成表 | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-----------------------|------------|
| 地質時代 | 地質区分 | 記号 | 岩相 | 備考 | |
| 完新世 | 砂丘砂層 | du | 砂 | 敷地全体に広く分布する。 | |
| | | Ag2 | 砂礫 | 敷地全域に広く分布する。 | |
| | | Ac | 粘土 | | |
| 第四紀 | 沖積層 | a1 | As | 久慈田が硬直した砂礫の層を埋めて分布する。 | |
| | | | Ag1 | 砂礫 | |
| | | D2 | D2z-3 | シルト | |
| | | | D2z-2 | 砂 | |
| 第四紀 | 段丘地積物 | D2 | D2z-3 | 砂礫 | 敷地南側に分布する。 |
| | | | D2z-2 | シルト | |
| | | | D2z-1 | 砂礫 | |
| | | | Is | ローム | |
| 第四紀 | D1 | D1c-1 | シルト | 敷地南西部に分布する。 | |
| | | D1a-1 | 砂礫 | | |
| | | Kn | 砂質泥岩 | 敷地の基盤岩である。 | |
| 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





# 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)



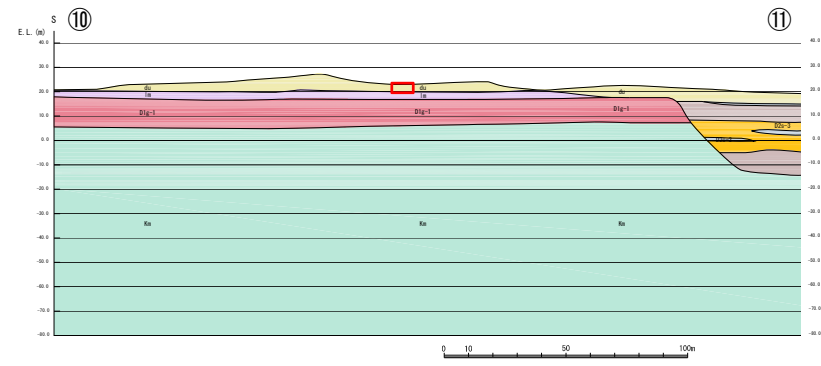
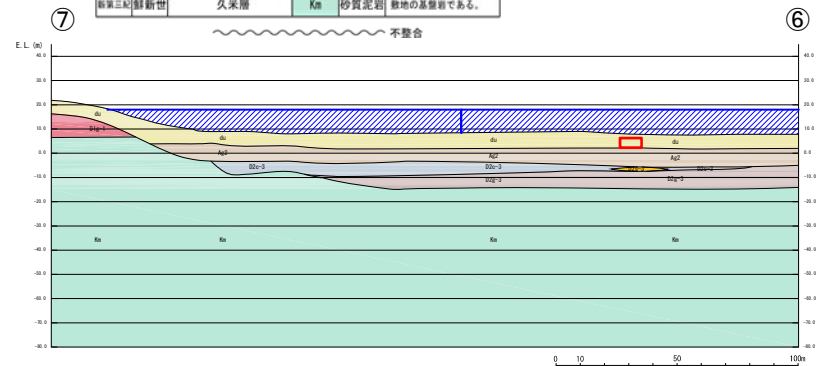
■ 液状化強度試験箇所(du層)

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 四 紀     | 沖積層     | 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。 |                       |
|           | 新 段丘堆積物 | a1    | Ac         | 粘土           | 久慈川が侵食した段丘の面を埋めて分布する。 |
|           |         |       | As         | 砂            |                       |
|           |         |       | Ag1        | 砂礫           |                       |
| 新 第三紀 蘇新世 | D2      | D2c-3 | シルト        | 敷地南部に分布する。   |                       |
|           |         | D2a-3 | 砂          |              |                       |
|           | D1      | D2g-3 | 砂礫         | 敷地西部に分布する。   |                       |
|           |         | D2c-2 | シルト        |              |                       |
|           |         | Ia    | ローム        |              |                       |
|           | D1c-1   | シルト   | 敷地の基盤岩である。 |              |                       |
|           | D1g-1   | 砂礫    |            |              |                       |
|           | 久米層     | Km    | 砂質泥岩       |              |                       |

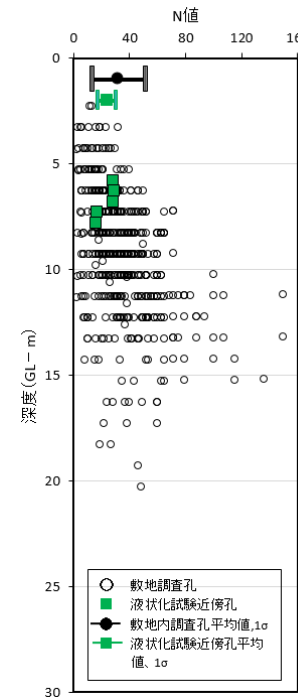
凡例  
□ 液状化強度試験箇所(投影)



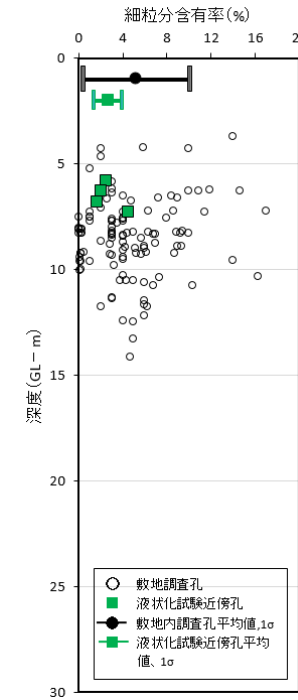
## 5. 液状化強度の試験箇所とその代表性 液状化強度試験箇所の代表性評価(Ag2層)



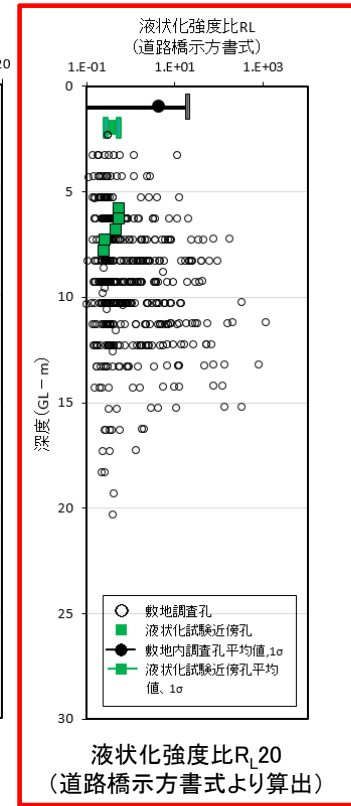
分布範囲及び調査位置



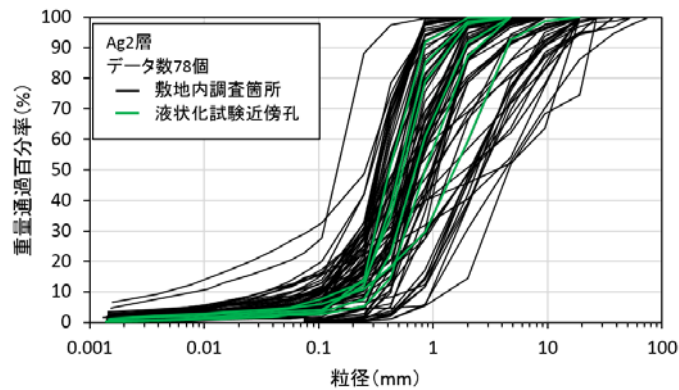
N値



細粒分含有率



液状化強度比 $R_L$  20  
(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。

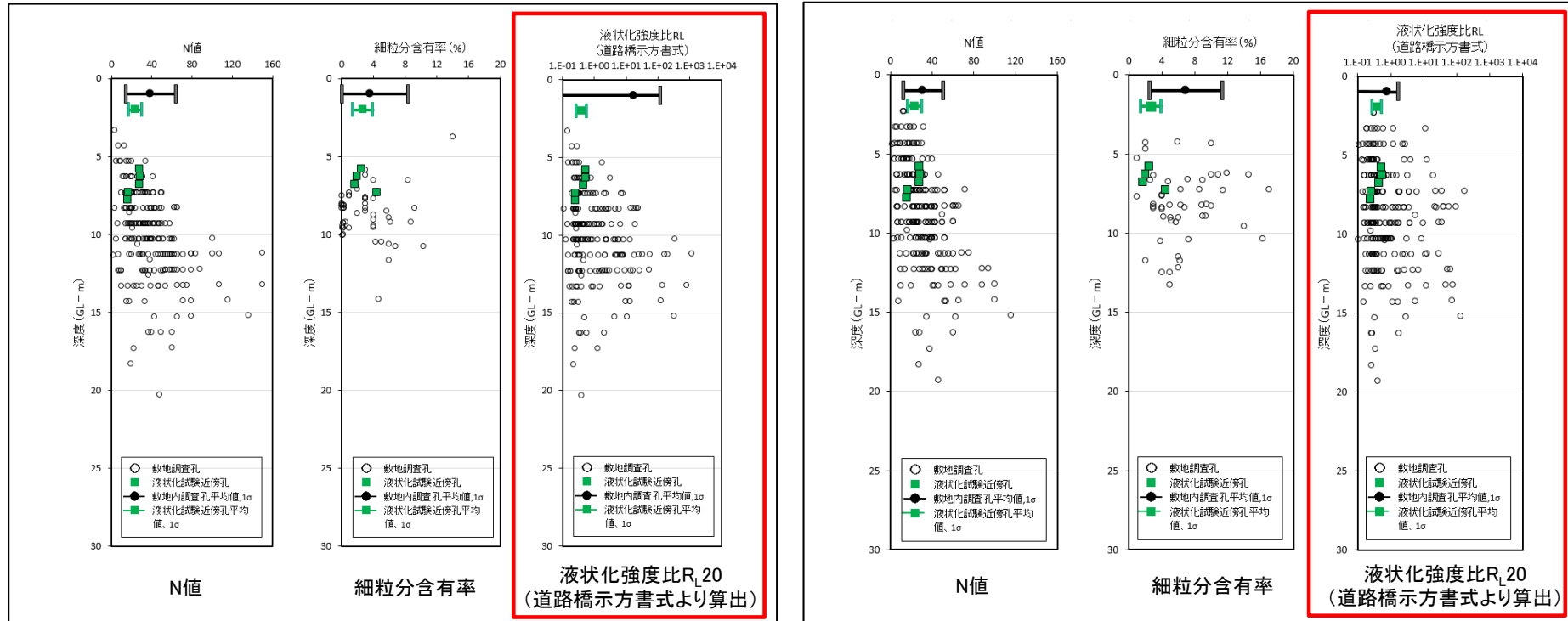


✓ 液状化強度比 $R_L$ の比較により  
液状化強度試験箇所平均 $R_L <$  敷地内調査箇所平均 $R_L$   
を確認した。

## 5. 液状化強度の試験箇所とその代表性

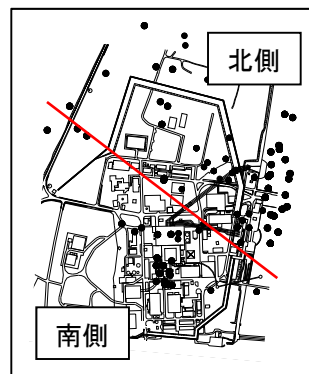
### 液状化強度試験箇所の代表性評価(Ag2層)

Ag2層は敷地内に広く分布していることから、岩盤(Km層)の深度分布が変化する境界でデータを区分し $R_L$ 値の分布比較を行った(岩盤深度により第四系の堆積環境が異なる場合を想定)。



【南側】

【北側】



平面分割図

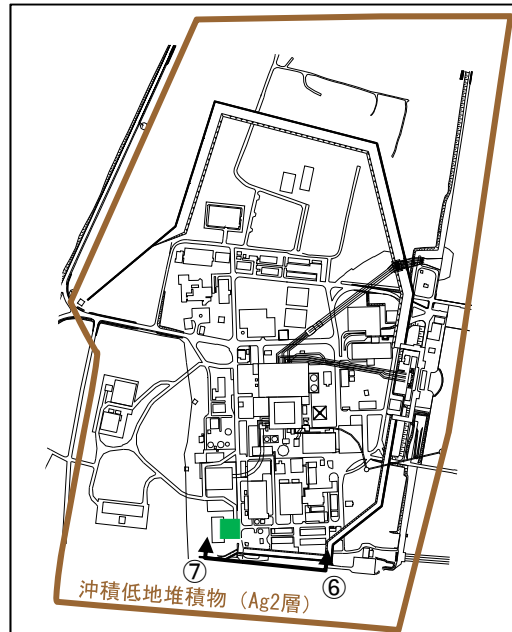
✓ 敷地を南北に分け、 $R_L$ 値の比較を行った結果においても、液状化強度試験箇所平均 $R_L <$ 敷地内調査箇所平均 $R_L$ を確認した。

## 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。



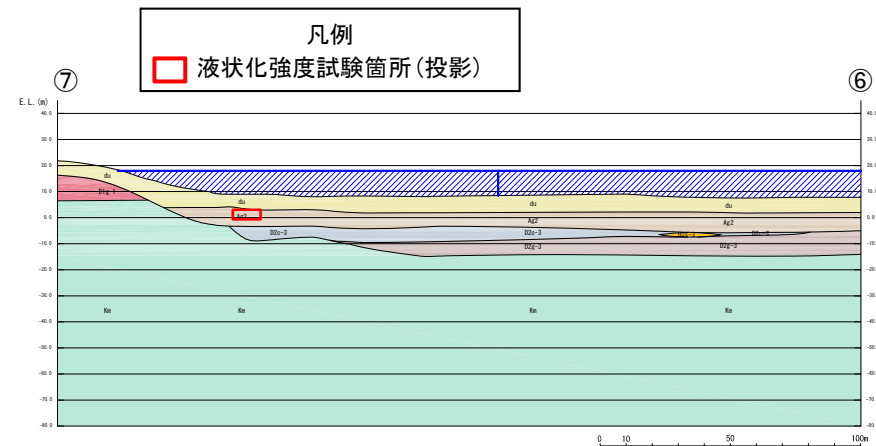
液状化強度試験箇所(Ag2層)

液状化強度試験実施位置図

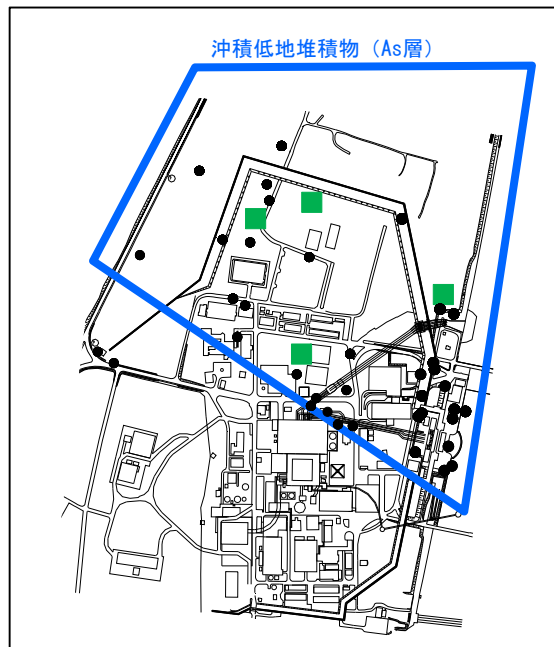
地質構成表

| 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   | al    | 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    |              |                       |
| 四<br>更<br>新<br>紀<br>世 | 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   |              |                       |
|                       | 段丘堆積物 | D1    | D2k-2 | 砂礫           | 敷地南西部に分布する。           |
|                       |       | lm    | ローム   |              |                       |
|                       |       | D1c-1 | シルト   |              |                       |
| 新第三紀<br>鮮新世           | 久米層   | D1g-1 | 砂礫    | 敷地の基盤岩である。   |                       |
|                       |       | Km    | 砂質泥岩  |              |                       |

不整合

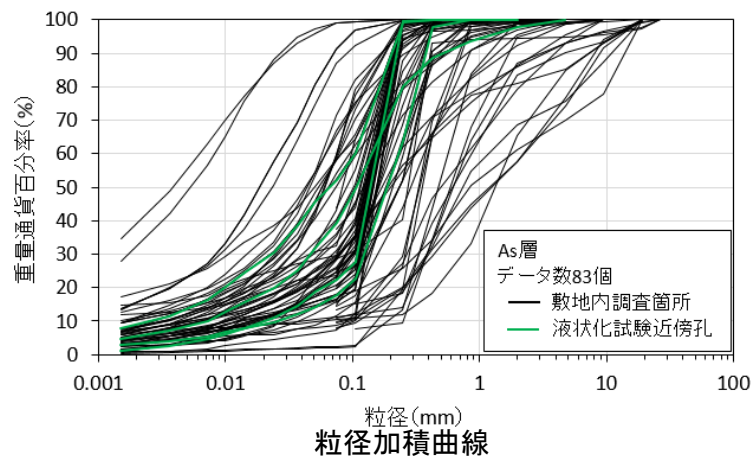


# 5. 液状化強度の試験箇所とその代表性 液状化強度試験箇所の代表性評価(As層)

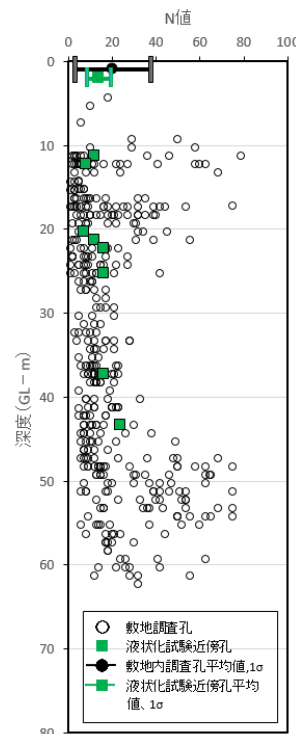


● 標準貫入試験位置  
■ 液状化強度試験箇所(As層)

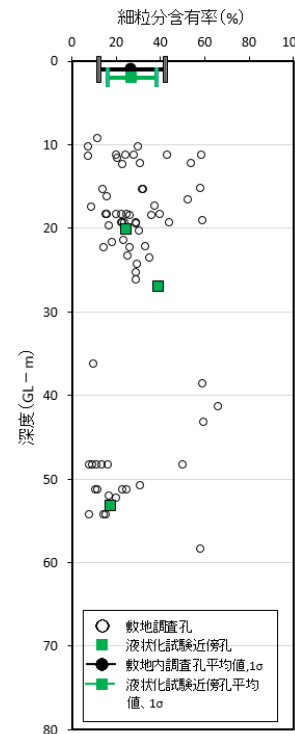
分布範囲及び調査位置



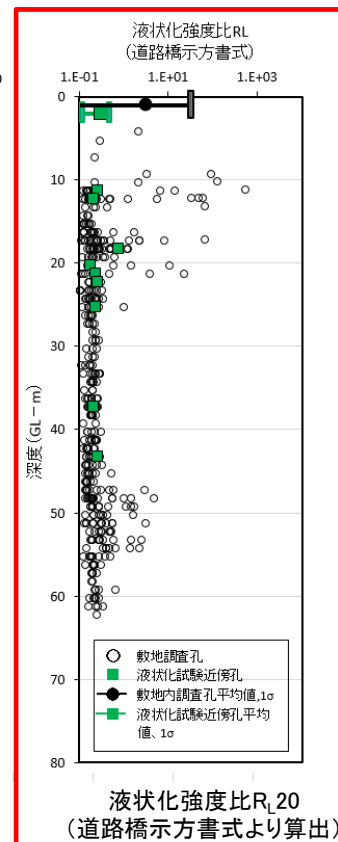
As層  
データ数83個  
— 敷地内調査箇所  
— 液状化試験近傍孔



N値



細粒分含有率



液状化強度比 $R_L$ 20  
(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。

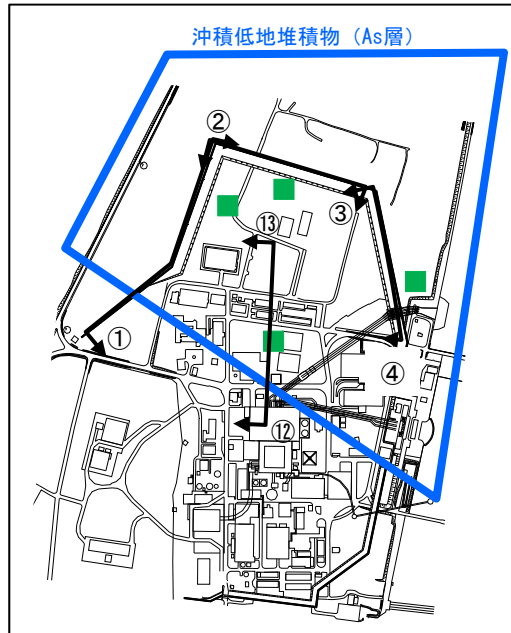


✓ 液状化強度比 $R_L$ の比較により  
液状化強度試験箇所平均 $R_L <$  敷地内調査箇所平均 $R_L$   
を確認した。

# 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(As層)

## 【As層】

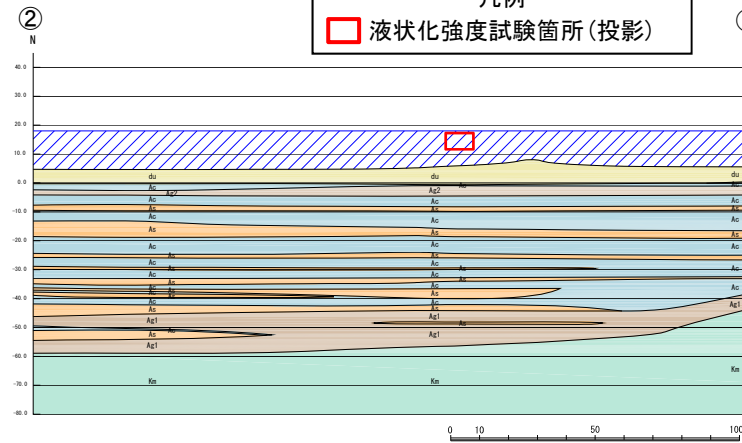
As層液状化強度試験箇所が、試料採取が可能な層厚を有していること及び耐震重要施設（防潮堤）の近傍であることを確認した。



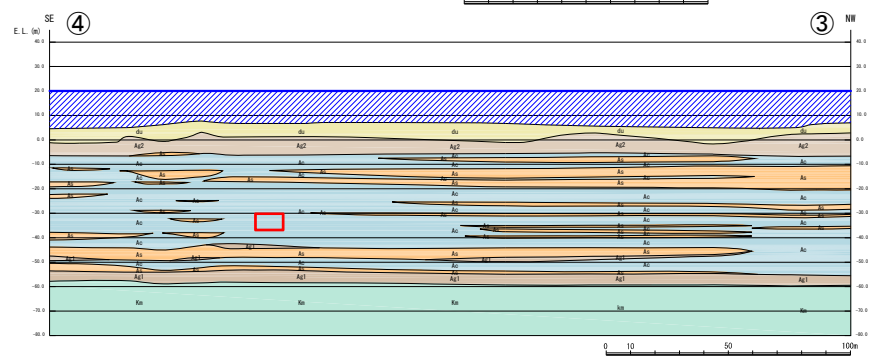
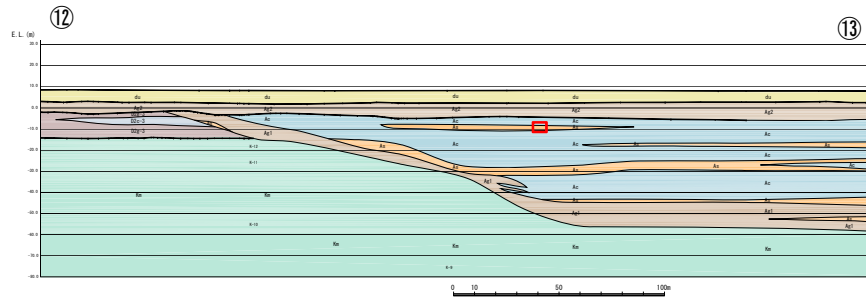
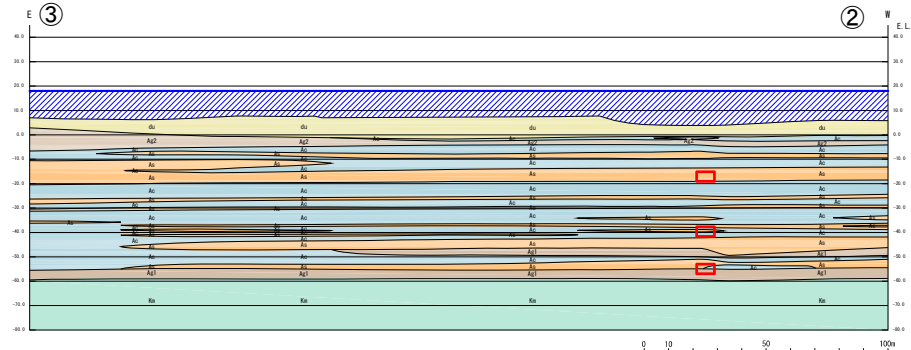
■ 液状化強度試験箇所(As層)

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)

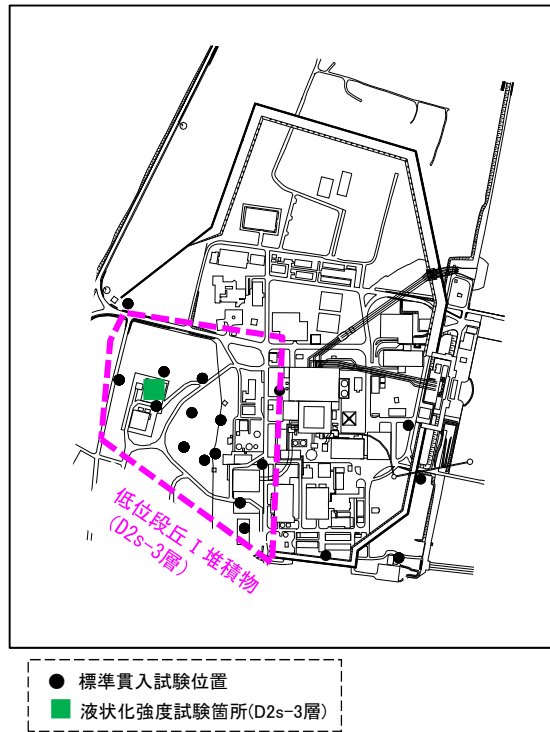


| 地質時代  | 地質区分  | 記号    | 岩種   | 備考                       |
|-------|-------|-------|------|--------------------------|
| 第 三 紀 | 沖積層   | du    | 砂    | 質地定塊に広く分布する。             |
|       |       | As2   | 砂礫   | 質地定塊に広く分布する。             |
|       |       | As    | 砂    | 高層部が礫を主体とした粗粒の砂を埋めて分布する。 |
| 第 四 紀 | 沖積層   | Ag1   | 砂礫   |                          |
|       |       | D0a-3 | シルト  |                          |
|       |       | D0a-3 | 砂    |                          |
| 第 四 紀 | 段丘堆積物 | D02   | 砂礫   | 質地定塊に分布する。               |
|       |       | D0c-3 | シルト  |                          |
|       |       | D0c-2 | 砂礫   |                          |
| 第 四 紀 | 段丘堆積物 | Is    | ローム  |                          |
|       |       | D1a-1 | シルト  | 質地定塊に分布する。               |
|       |       | D1a-1 | 砂礫   |                          |
| 新 第三紀 | 沖積層   | Kn    | 砂質泥岩 | 質地の基盤部である。               |

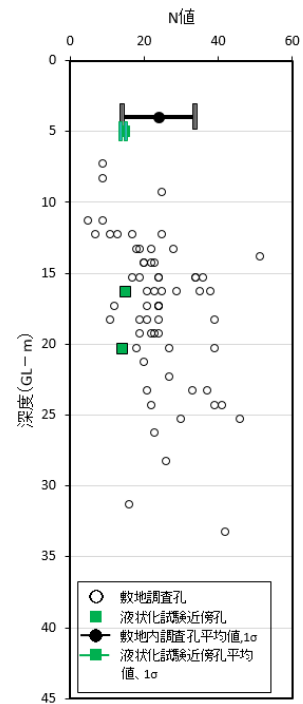




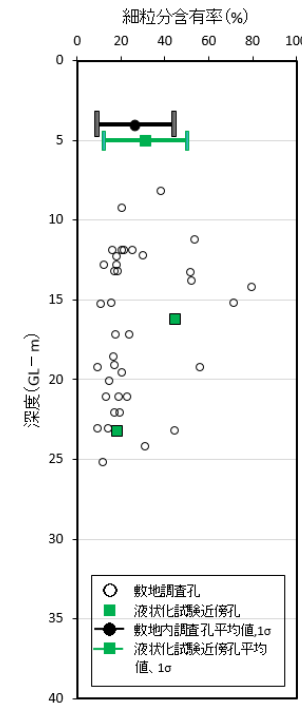
## 5. 液状化強度の試験箇所とその代表性 液状化強度試験箇所の代表性評価(D2s-3層)



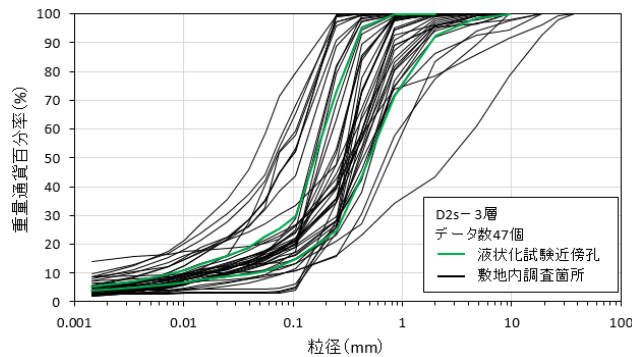
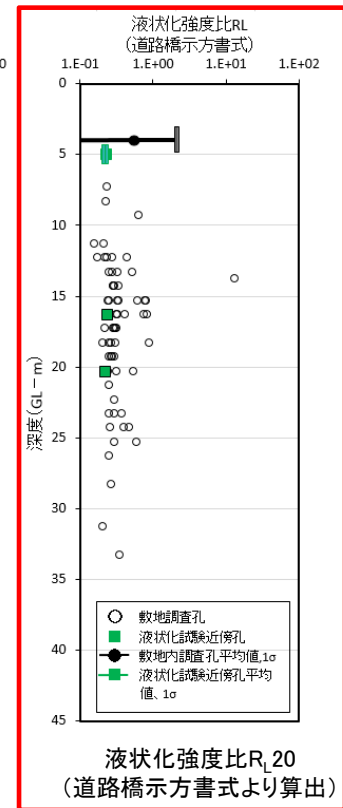
分布範囲及び調査位置



N値



細粒分含有率



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。

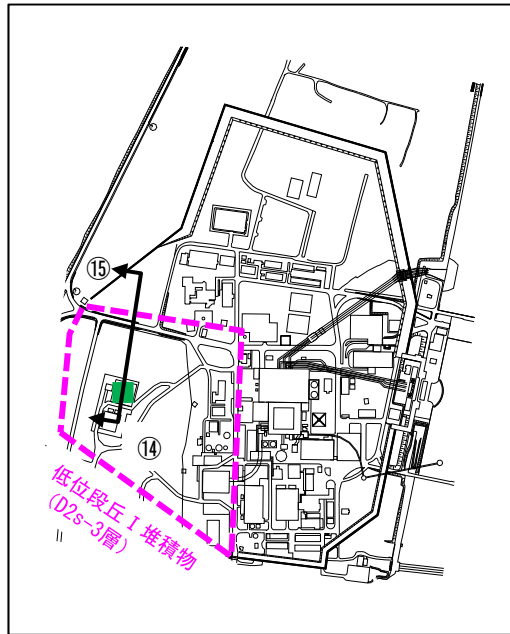


✓ 液状化強度比 $R_L$ の比較により  
液状化強度試験箇所平均 $R_L$  < 敷地内調査箇所平均 $R_L$   
を確認した。

## 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】

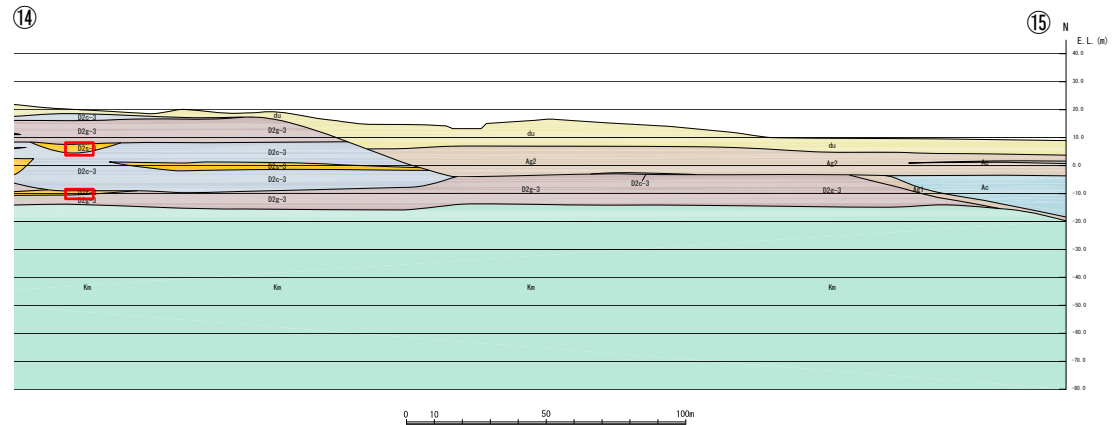
D2s-3層は液状化強度試験箇所が、試料採取が可能な層厚を有していること及び耐震重要施設(緊急時対策所)の近傍であることを確認した。



■ 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)



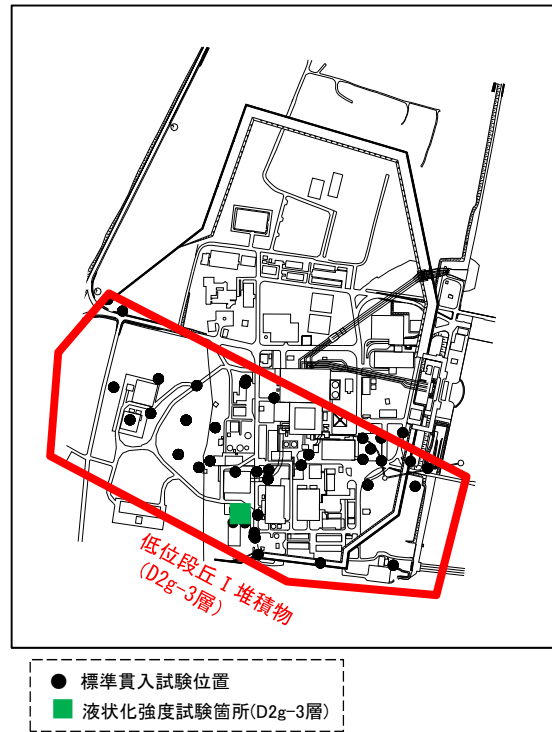
地質構成表

| 地質時代                  | 地質区分  | 記号    | 岩相    | 備考           |                           |
|-----------------------|-------|-------|-------|--------------|---------------------------|
| 完<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   | al    | Ac    | 粘土           | 久慈川が侵食した田畑の<br>首を埋めて分布する。 |
|                       |       | As    | 砂     |              |                           |
|                       |       | Ag1   | 砂礫    |              |                           |
| 四<br>更<br>新<br>紀<br>世 | D2    | D2c-3 | シルト   | 敷地南部に分布する。   |                           |
|                       |       | D2s-3 | 砂     |              |                           |
|                       |       | D2g-3 | 砂礫    |              |                           |
|                       | 段丘堆積物 | D1    | D2c-2 | シルト          | 敷地南西部に分布する。               |
|                       |       |       | D2e-2 | 砂礫           |                           |
|                       |       | Im    | ローム   |              |                           |
|                       |       | D1c-1 | シルト   |              |                           |
| 新第三紀<br>鮮新世           | 久米層   | D1g-1 | 砂礫    | 敷地の基盤岩である。   |                           |
|                       |       | Km    | 砂質泥岩  |              |                           |

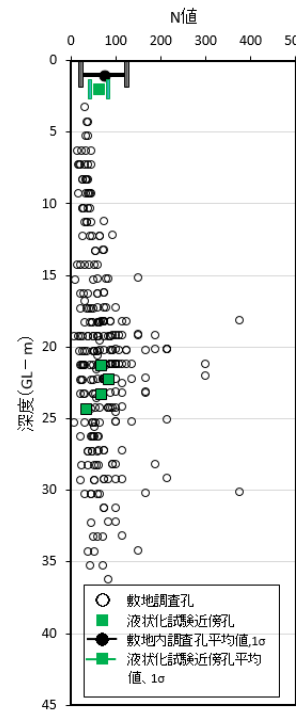
~~~~~ 不整合


5. 液状化強度の試験箇所とその代表性

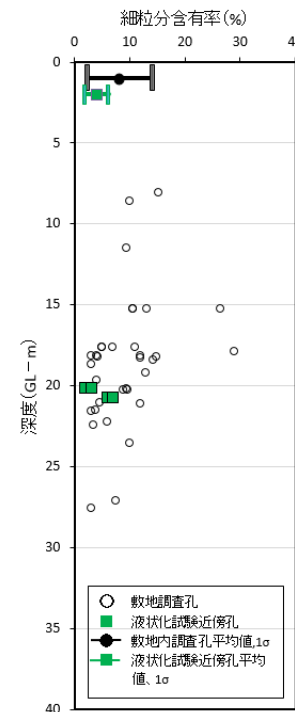
液状化強度試験箇所の代表性評価(D2g-3層)



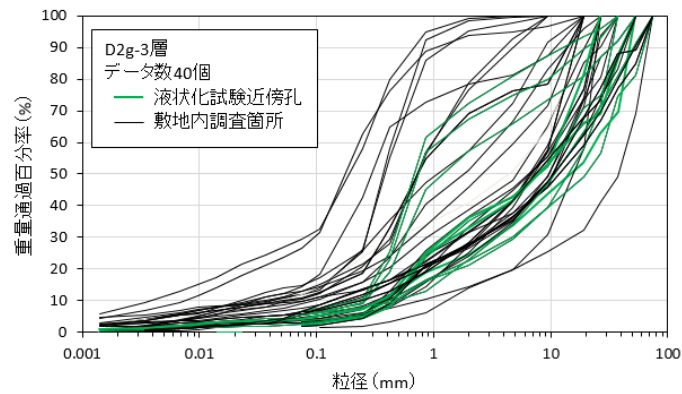
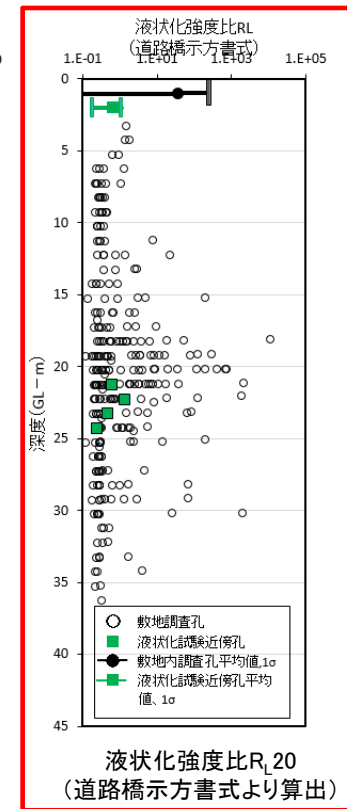
分布範囲及び調査位置



N値



細粒分含有率



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。



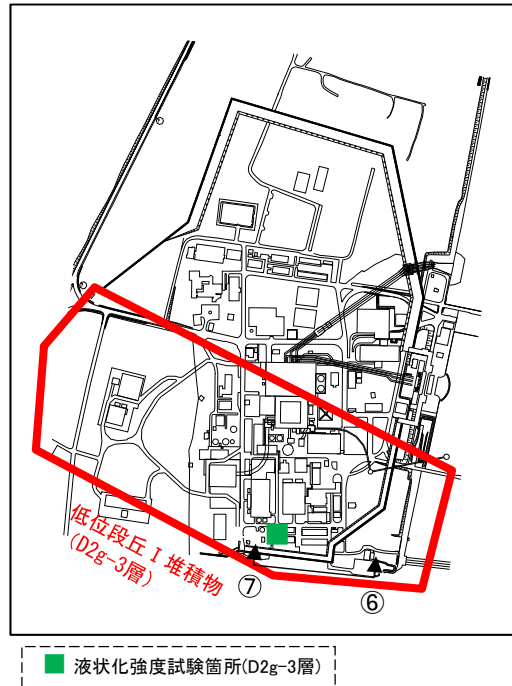
✓ 液状化強度比 R_L の比較により
液状化強度試験箇所平均 R_L < 敷地内調査箇所平均 R_L
を確認した。

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)

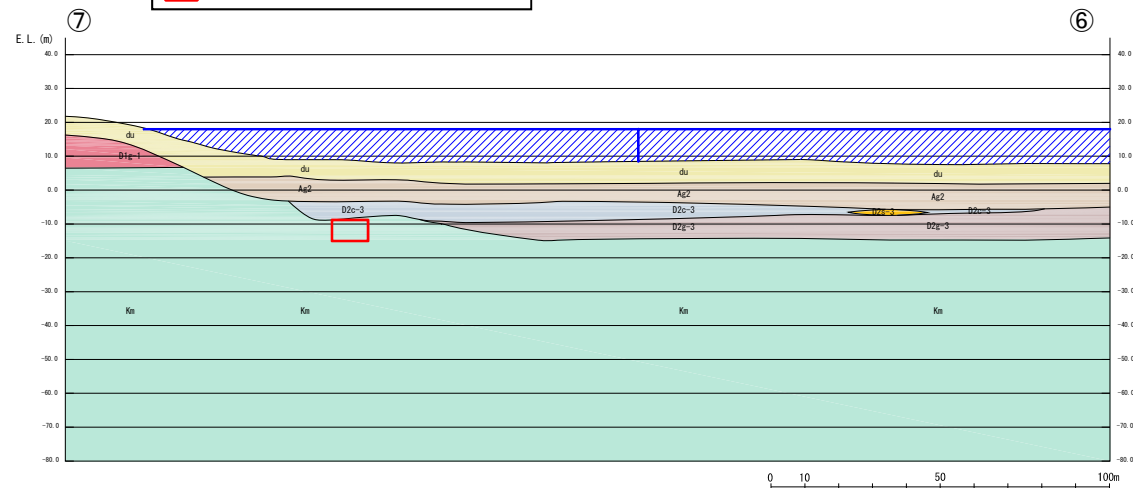
【D2g-3層】

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)

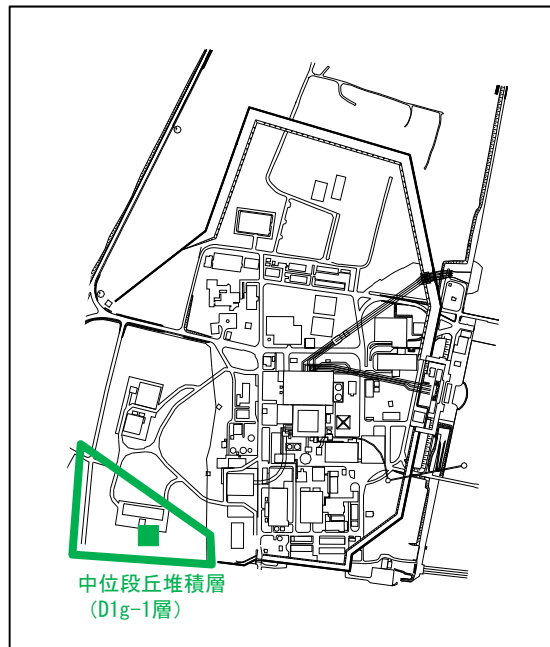


地質構成表

| 地質時代 | 地質区分 | 記号 | 岩相 | 備考 |
|----------|-------|-------|------|-----------------------|
| 第 完 | 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。 |
| 第 新 | 沖積層 | a1 | 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 | |
| | | D2c-3 | シルト | |
| 第 四 | 段丘堆積物 | D2s-3 | 砂 | 敷地周部に分布する。 |
| | | D2g-3 | 砂礫 | |
| | | D2c-2 | シルト | |
| | | D2s-2 | 砂礫 | |
| 第 紀 | U1 | 1m | 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。 |

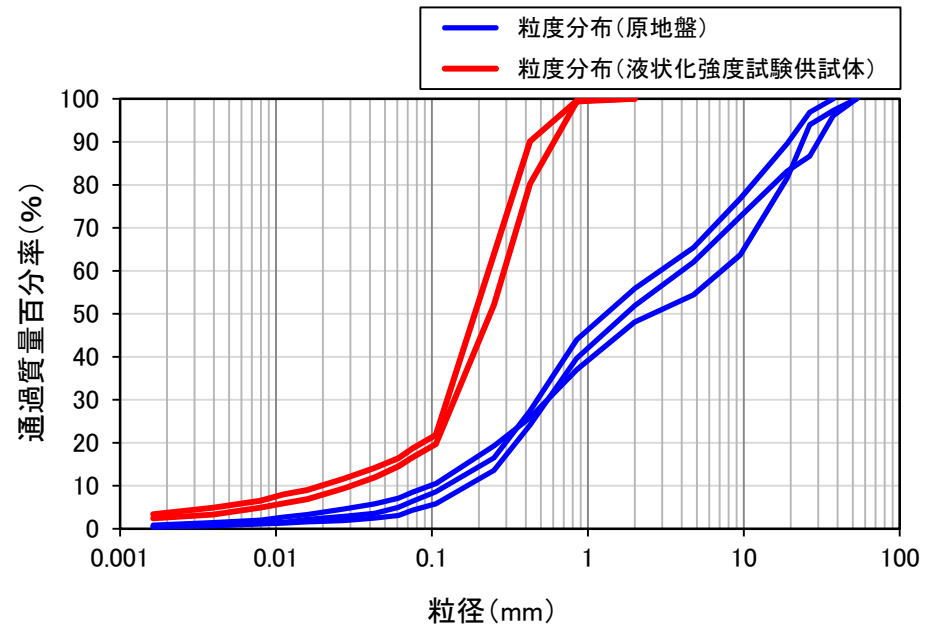
~~~~~ 不整合

## 液状化強度試験箇所の代表性評価(D1g-1層)



■ 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。



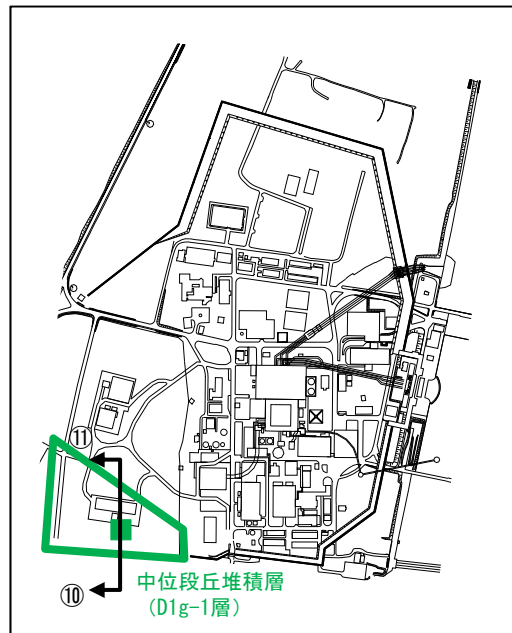
✓ 粒度試験の比較により  
液状化強度試験供試体の粒度分布 < 原地盤の粒度分布  
を確認した。

## 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)

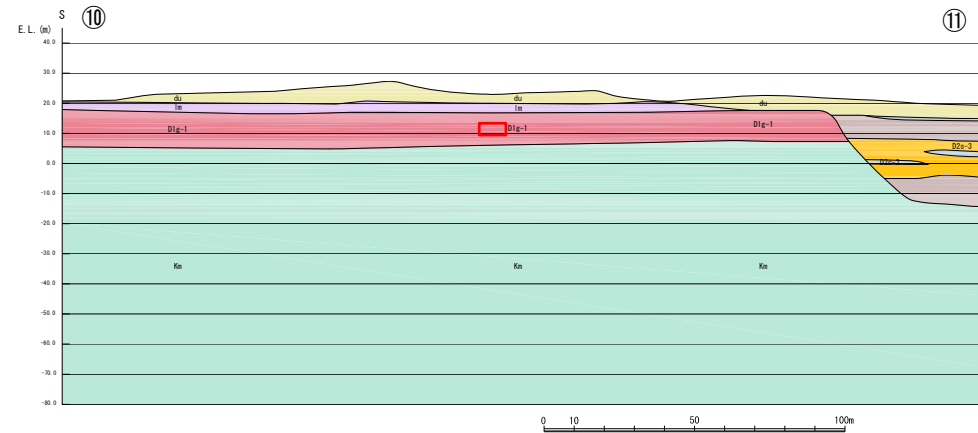
#### 【D1g-1層】

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

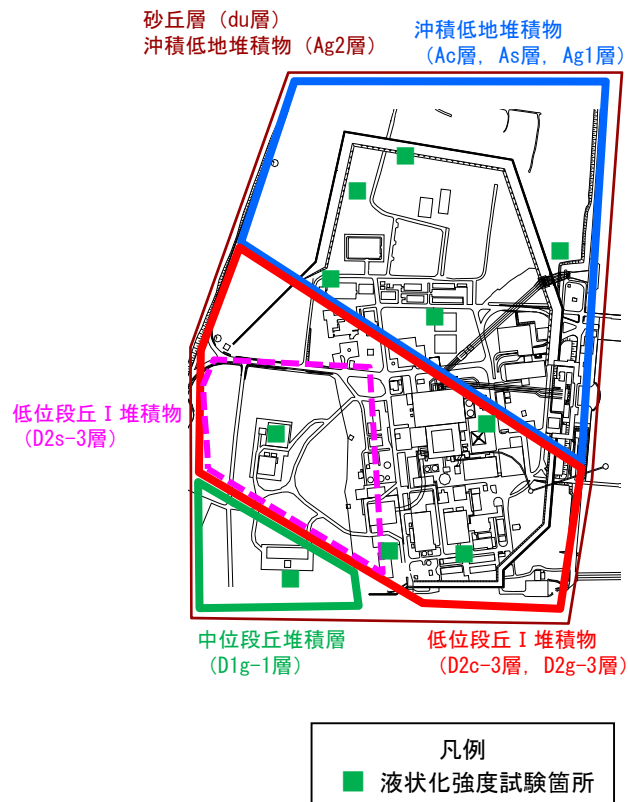
| 地質時代             | 地質区分  | 記号    | 岩相   | 備考                    |
|------------------|-------|-------|------|-----------------------|
| 第<br>新<br>世      | 砂丘砂層  | du    | 砂    | 敷地全体に広く分布する。          |
|                  |       | Ag2   | 砂礫   | 敷地全体に広く分布する。          |
|                  | 沖積層   | Ac    | 粘土   | 久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。 |
|                  |       | As    | 砂    |                       |
|                  |       | Ag1   | 砂礫   |                       |
| 四<br>更<br>新<br>世 | 段丘堆積物 | 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  |                       |
|                  |       | D2e-2 | 砂礫   |                       |
|                  |       | im    | ローム  |                       |
| D1c-1            | シルト   |       |      |                       |
| D1g-1            | 砂礫    |       |      |                       |
| 新第三紀<br>鮮新世      | 久米層   | Km    | 砂質泥岩 | 敷地の基盤岩である。            |

~~~~~ 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(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"> 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。 |
| Ag2層 | <ul style="list-style-type: none"> 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。 |
| As層 | <ul style="list-style-type: none"> 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。 |
| Ag1層 | <ul style="list-style-type: none"> 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。 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。 |
| D2s-3層 | <ul style="list-style-type: none"> 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。 |
| D2g-3層 | <ul style="list-style-type: none"> 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。 |
| D1g-1層 | <ul style="list-style-type: none"> 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。 |

6. 有効応力解析の検討方針

6. 有効応力解析の検討方針

有効応力解析の基本条件

■ 地震応答解析は、構造物と地盤の動的相互作用を考慮できる二次元動的有限要素法解析を用いて、基準地震動 S_s に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次積分の時刻歴非線形応答解析を行う。液状化検討対象層は、液状化の可能性を検討するにあたり、有効応力解析を行う。有効応力解析コードとしては「FLIP」の安定版である「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。

■ 液状化検討対象層の液状化強度特性は、「有効応力解析における液状化判定対象層のパラメータ設定について(資料PD-2-13)」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設定(平均 -1σ 設定)とし、有効応力解析に用いる。

■ 各層の液状化パラメータを右に示す。

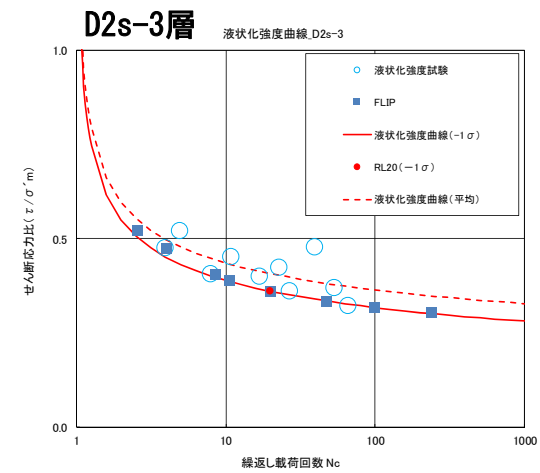
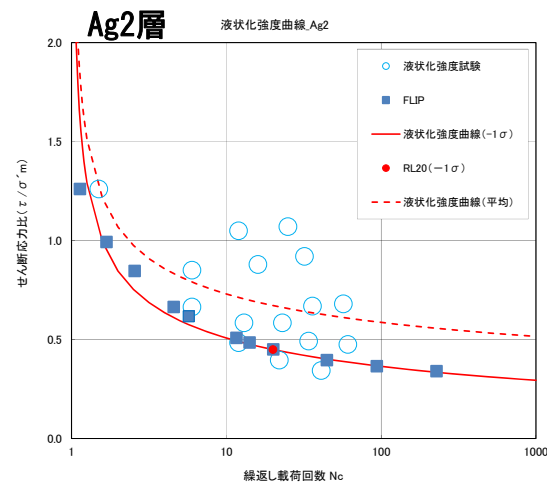
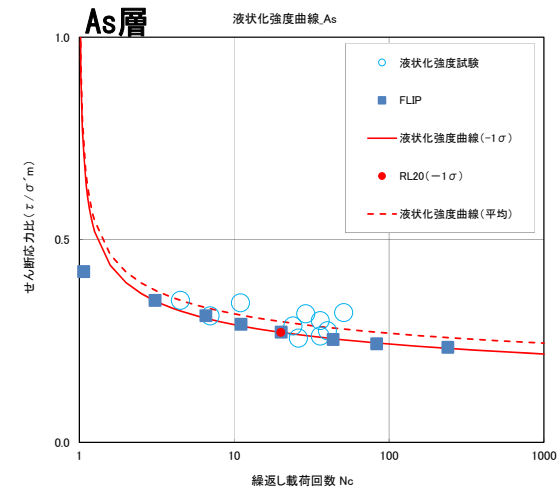
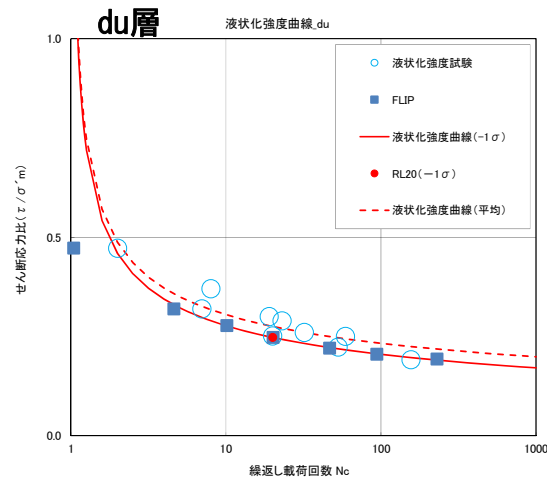
表 各層の液状化パラメータ

| | 間隙比 e | 液状化パラメータ | | | | | | | | |
|-------|---------------------------------|--|--|----------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 基準平均有効 主応力 σ'_{ma} [kN/m ²] | 基準初期 せん断剛性 G_{ma} [kN/m ²] | 最大履歴減衰率 h_{max} | ϕ_p [度] | S_1 | W_1 | P_1 | P_2 | C_1 |
| 埋戻土 | 0.75 | 358 (312) ※()は地下水位以浅 | 253,529 (220,739) ※()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 | 358 (312) ※()は地下水位以浅 | 253,529 (220,739) ※()は地下水位以浅 | 0.220 | 34.8 | 0.047 | 6.5 | 1.26 | 0.80 | 2.00 |
| | Ag2 | 497 (299) ※()は地下水位以浅 | 278,087 (167,137) ※()は地下水位以浅 | 0.233 | 34.9 | 0.028 | 56.5 | 9.00 | 0.60 | 3.40 |
| | Ac | 480 | 121,829 | 0.200 | 非液状化層 | | | | | |
| | As | 378 | 143,284 | 0.216 | 38.3 | 0.046 | 6.9 | 1.00 | 0.75 | 2.27 |
| | Ag1 | 814 (814) ※()は地下水位以浅 | 392,073 (392,073) ※()は地下水位以浅 | 0.221 | 34.9 | 0.029 | 51.6 | 12.00 | 0.60 | 3.35 |
| | D2c-3 | 696 | 285,223 | 0.186 | 非液状化層 | | | | | |
| | D2s-3 | 966 | 650,611 | 0.192 | 33.4 | 0.048 | 17.6 | 4.80 | 0.96 | 3.15 |
| | D2g-3 | 1,167 (1,167) ※()は地下水位以浅 | 1,362,035 (1,362,035) ※()は地下水位以浅 | 0.130 | 41.4 | 0.030 | 45.2 | 8.00 | 0.60 | 3.82 |
| | lm | 223 | 35,783 | 0.151 | 非液状化層 | | | | | |
| | D1c-1 | 696 | 285,223 | 0.186 | 非液状化層 | | | | | |
| D1g-1 | 1,695 (1,710) ※()は地下水位以浅 | 947,946 (956,776) ※()は地下水位以浅 | 0.233 | 34.9 | 0.020 | 10.5 | 7.00 | 0.50 | 2.83 | |

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 -1σ)の再現

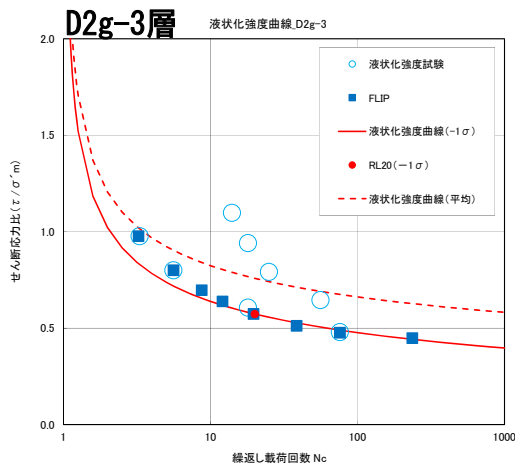
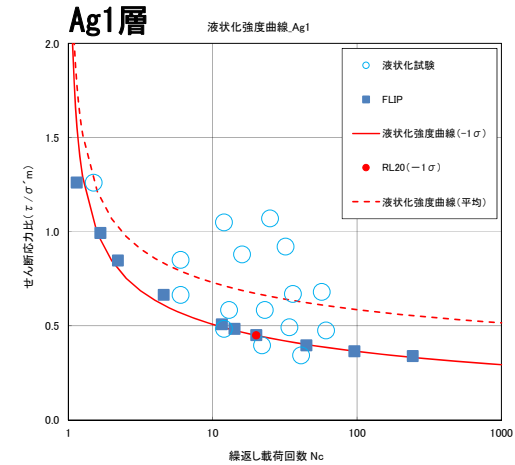
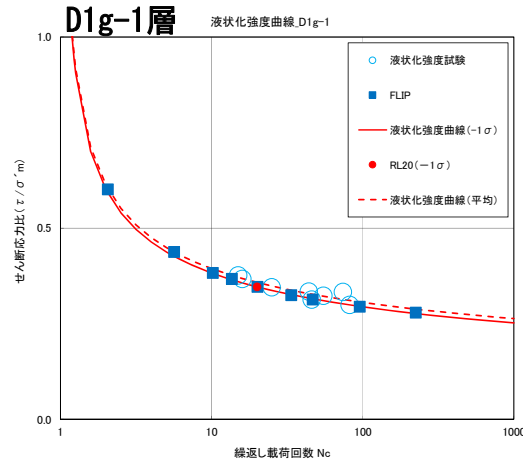
- 液状化強度試験結果の平均と標準偏差を考慮した保守的な設定(平均 -1σ 設定)とした液状化強度曲線を以下に示す。



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 -1σ)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 -1σ 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 その他の解析の条件

■ 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

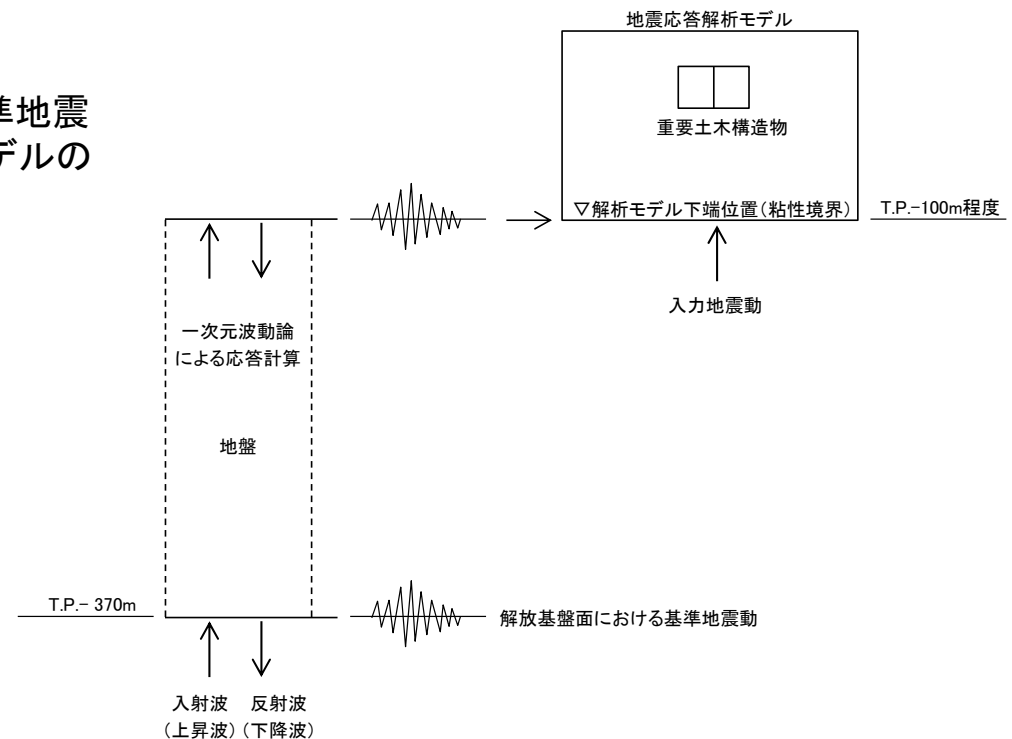
地盤は、マルチスプリング要素でモデル化し、液状化検討対象層は間隙水圧要素も考慮する。

■ 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。



入力地震動算定の概念図

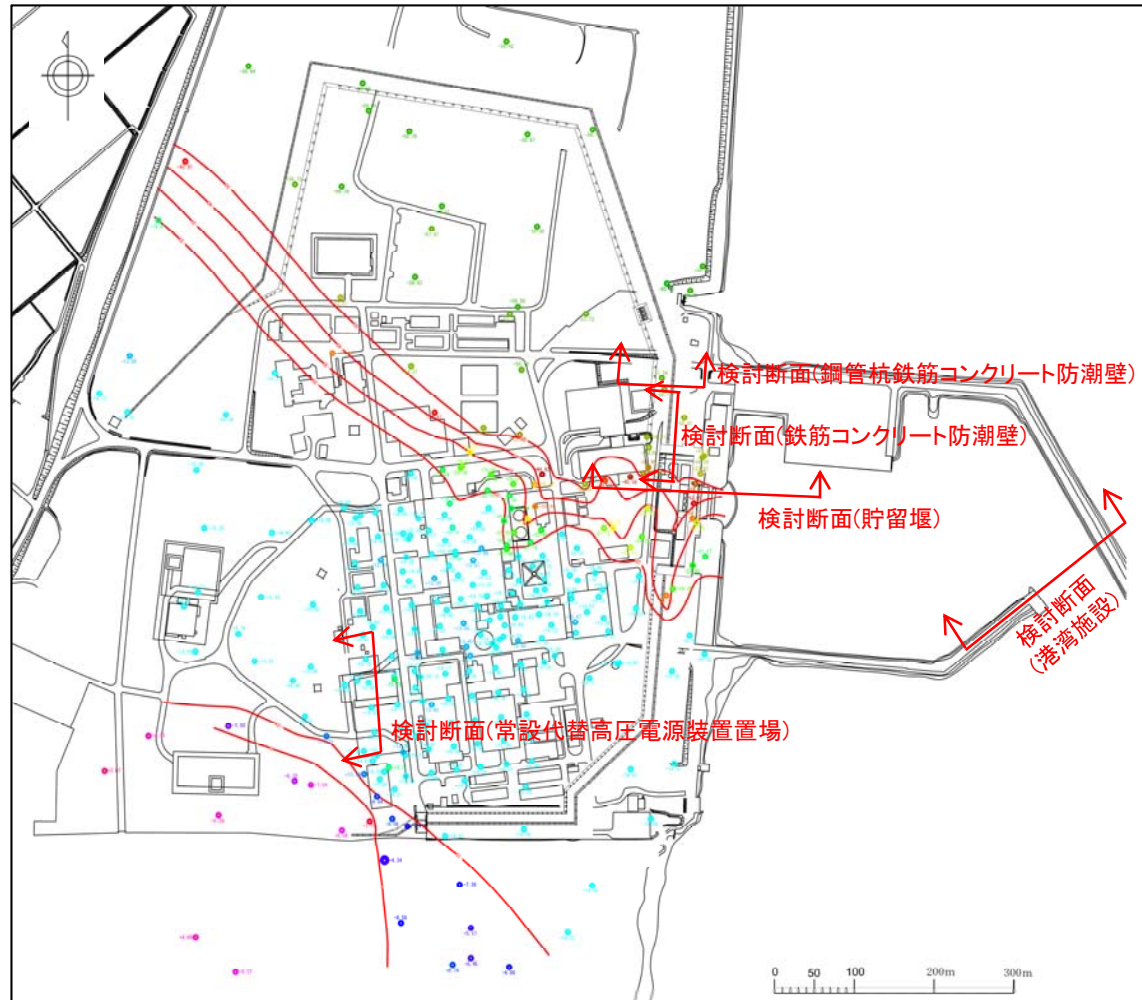
7. 液状化の可能性の検討結果

7. 液状化の可能性の検討結果

検討断面位置

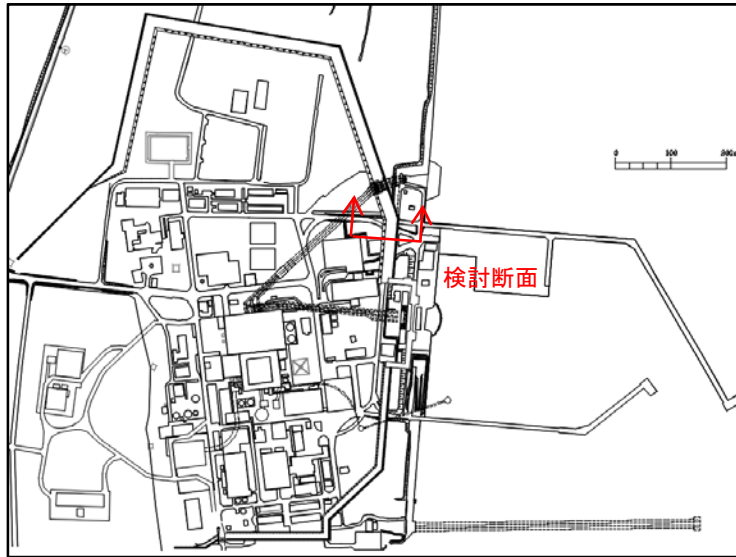
■ 液状化の可能性の検討断面位置を以下に示す。

■ 本検討においては、基準地震動 S_s のうち、加速度応答スペクトルが大きく、継続時間が長い S_s -D1波にて検討した結果を示す。

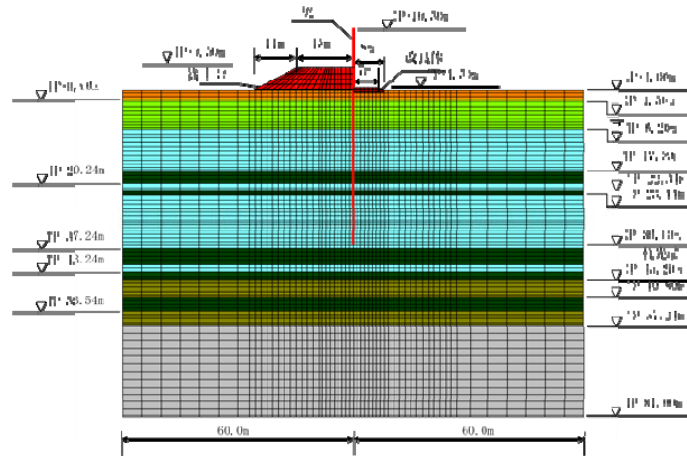


7. 液状化の可能性の検討結果

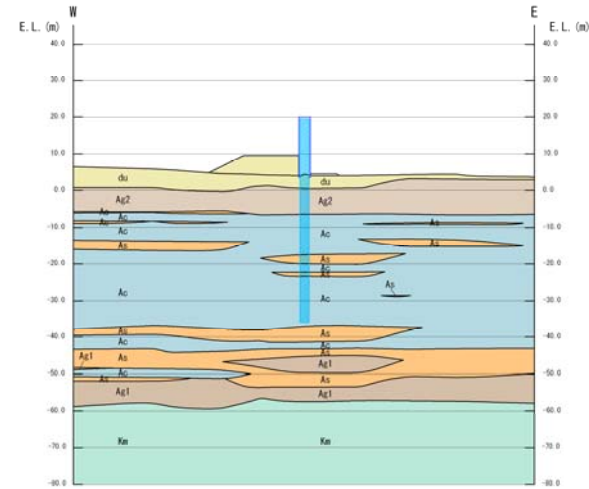
液状化判定結果(鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁)



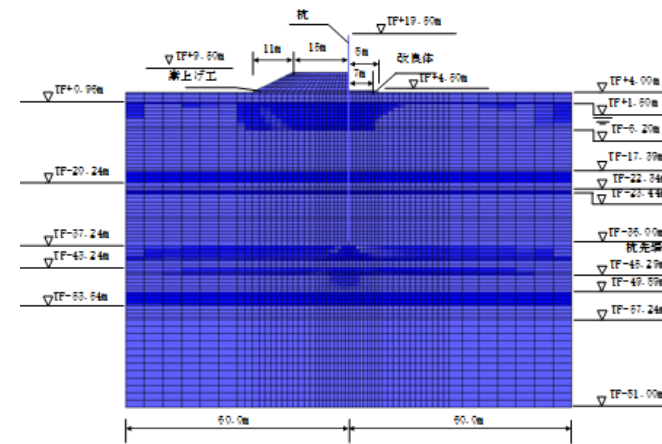
検討断面位置図



解析モデル

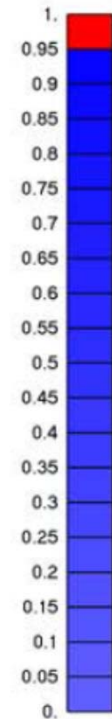


地質断面図



液状化判定結果 (S_S-D1)

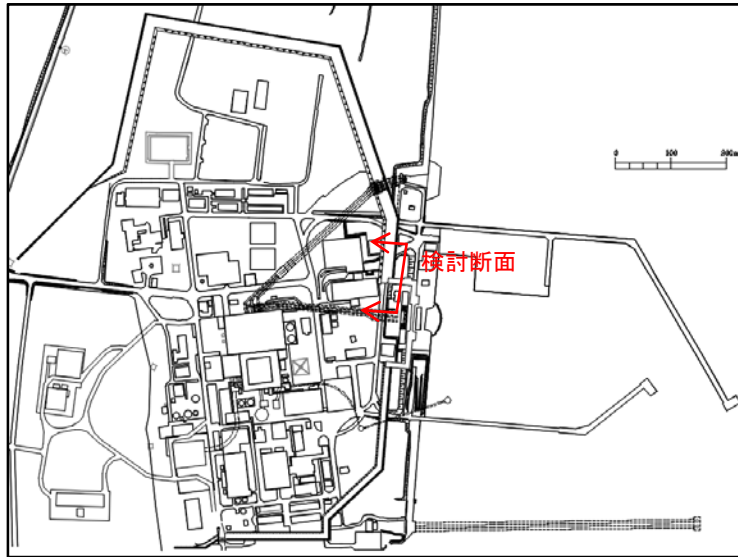
過剰間隙水圧比



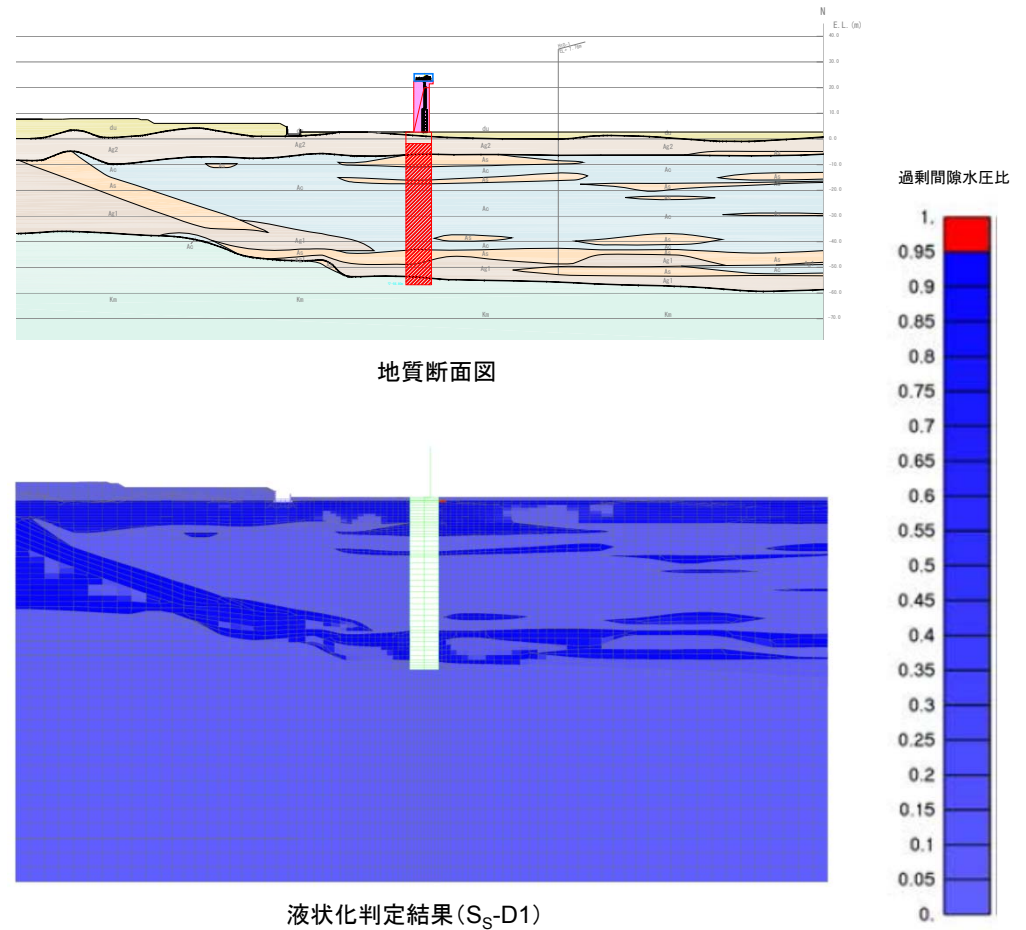
有効応力解析の結果, 地盤の液状化は認められない。

7. 液状化の可能性の検討結果

参考 液状化判定結果(鉄筋コンクリート防潮壁)

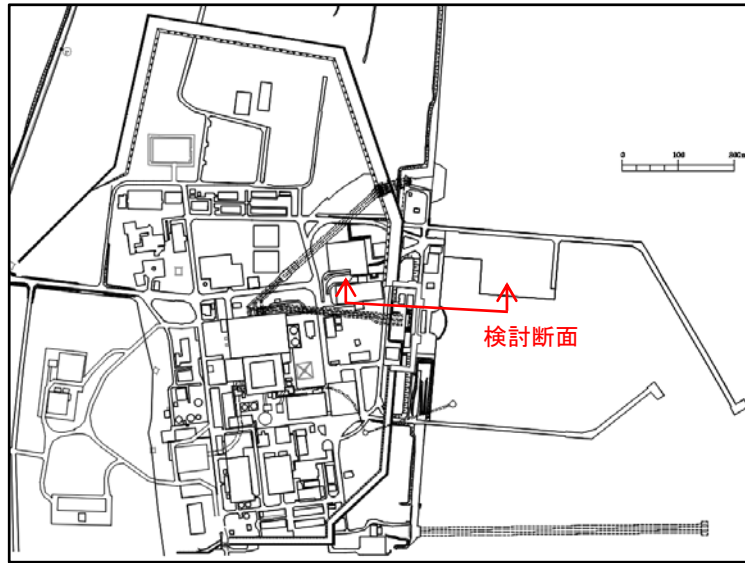


検討断面位置図

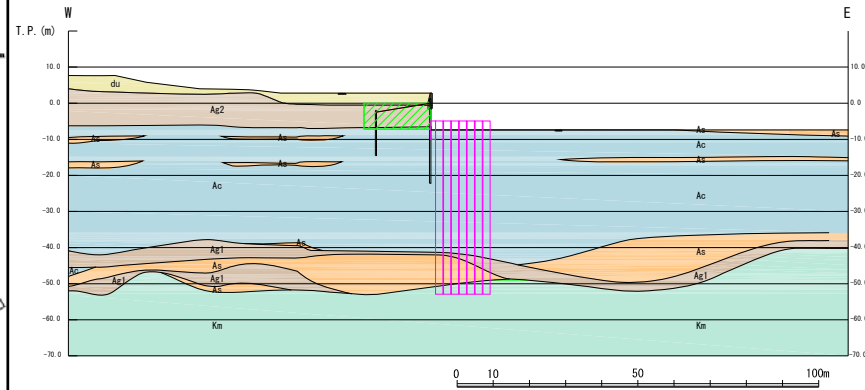


有効応力解析の結果, 地盤の液状化は認められない。

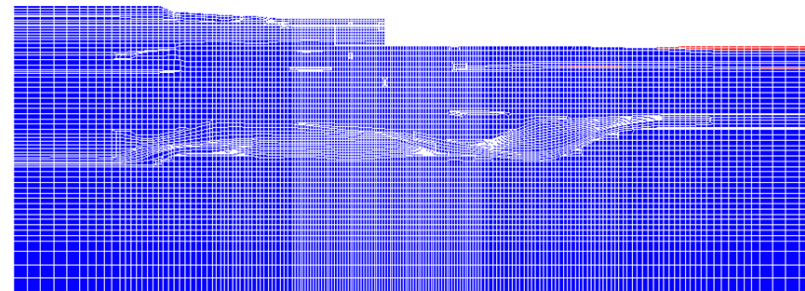
7. 液状化の可能性の検討結果 参考 液状化判定結果(貯留堰)



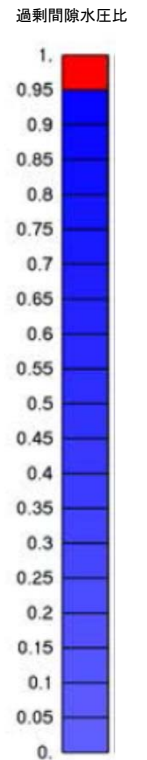
検討断面位置図



地質断面図



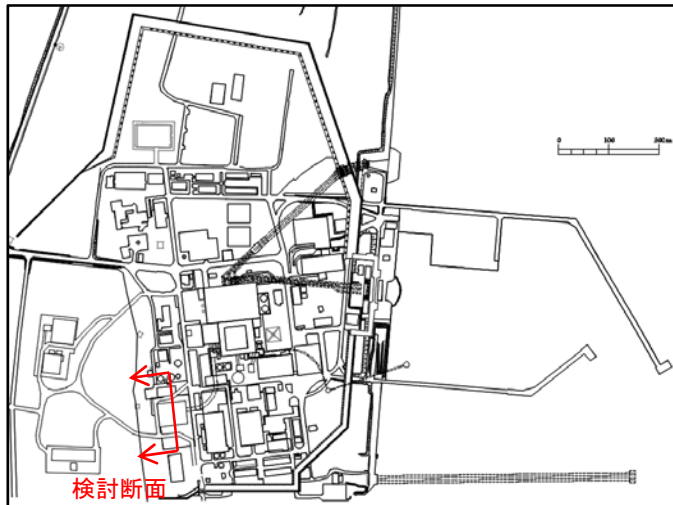
液状化判定結果 (S_s-D1)



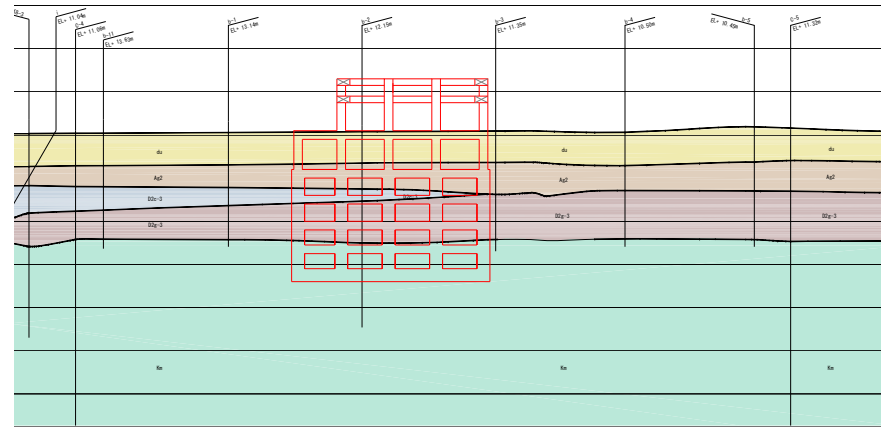
有効応力解析の結果, 地盤の液状化は海底面付近の浅部砂層に僅かに認められる程度であり, その他の地層には認められない。

7. 液状化の可能性の検討結果

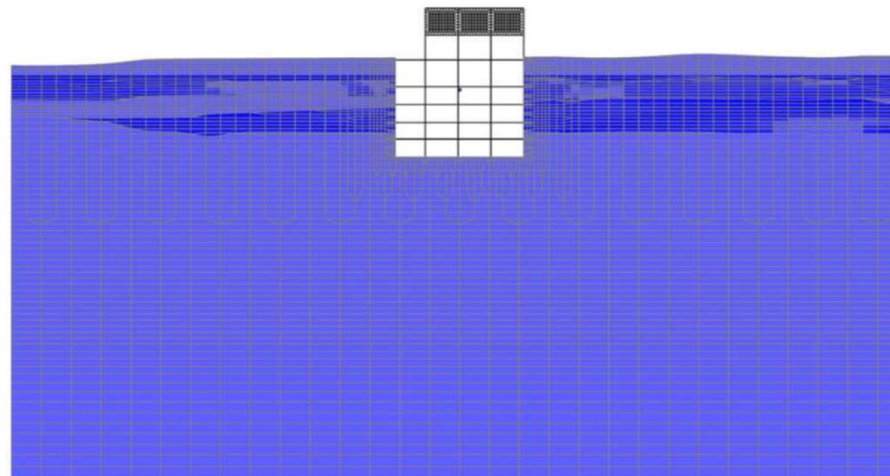
参考 液状化判定結果(常設代替高圧電源装置置場)



検討断面位置図

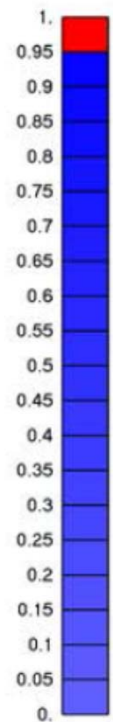


地質断面図



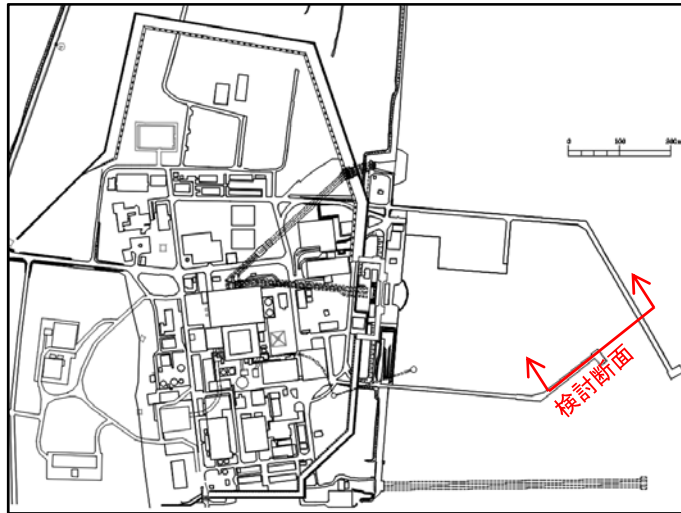
液状化判定結果(S_s-D1)

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。

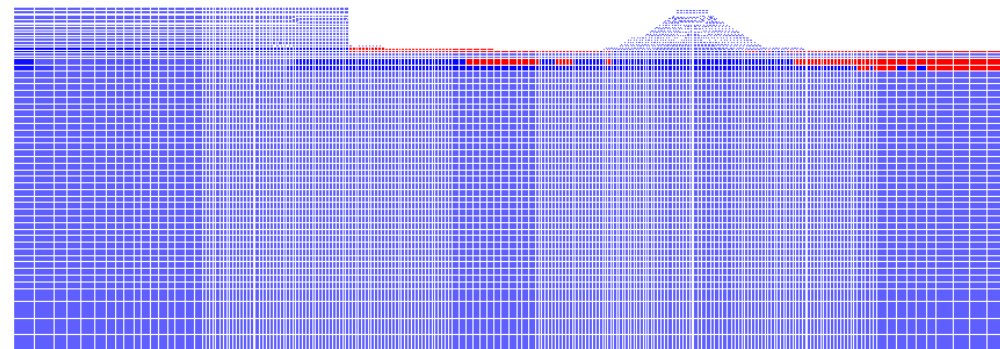
7. 液状化の可能性の検討結果 参考 液状化判定結果(港湾施設)



検討断面位置図

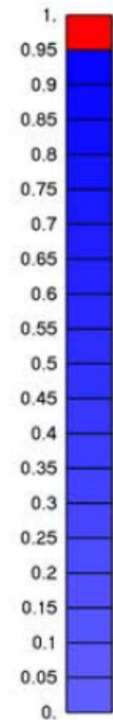
| | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------|----------------------------|--|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 上部コンクリート基礎コンクリート基礎裏石 | 上部工 | H.P. +5.200 H.P. +2.200 | H.W.L. H.P. +1.492 L.W.L. H.P. ±0.000 | H.P. +6.000 H.P. +3.040 | H.P. +5.040 H.P. +5.040 | 上部工 (築上げ) 基礎コンクリート 基礎裏石 | H.P. +5.800 H.P. +6.800 |
| 除石 | ケーソン | H.P. -6.200 | | | | 液状ブロック 液状合基礎裏石 | |
| グラベルマット K5 D50-3 D50-3 | 液置石 基礎裏石 液置石 | H.P. -6.200 | | | | 液置ブロック 除石 グラベルマット | H.P. -6.800 H.P. -7.800 |

地質断面図



液状化判定結果 (S₅-D1)

過剰間隙水圧比



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。

8. まとめ
液状化に関する可能性の検討結果について

8. まとめ 液状化に関する可能性の検討結果について

- 複数の地点で実施した有効応力解析により、現在得られている結果では、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、敷地の陸域における地層には認められない。
- 但し、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁に関しては、有効応力解析による液状化判定の結果、基礎地盤は液状化しないものと判定された場合でも、最大限保守的な仮定として、砂礫層に液状化状態を想定し、砂礫層の杭周面摩擦力を全てゼロとおいたとしても、摩擦杭構造が恒久的な非液状化層である過圧密粘土層のみで所要の安全率をもって防潮壁構造躯体を支持可能であるか照査するものとする。

余白