

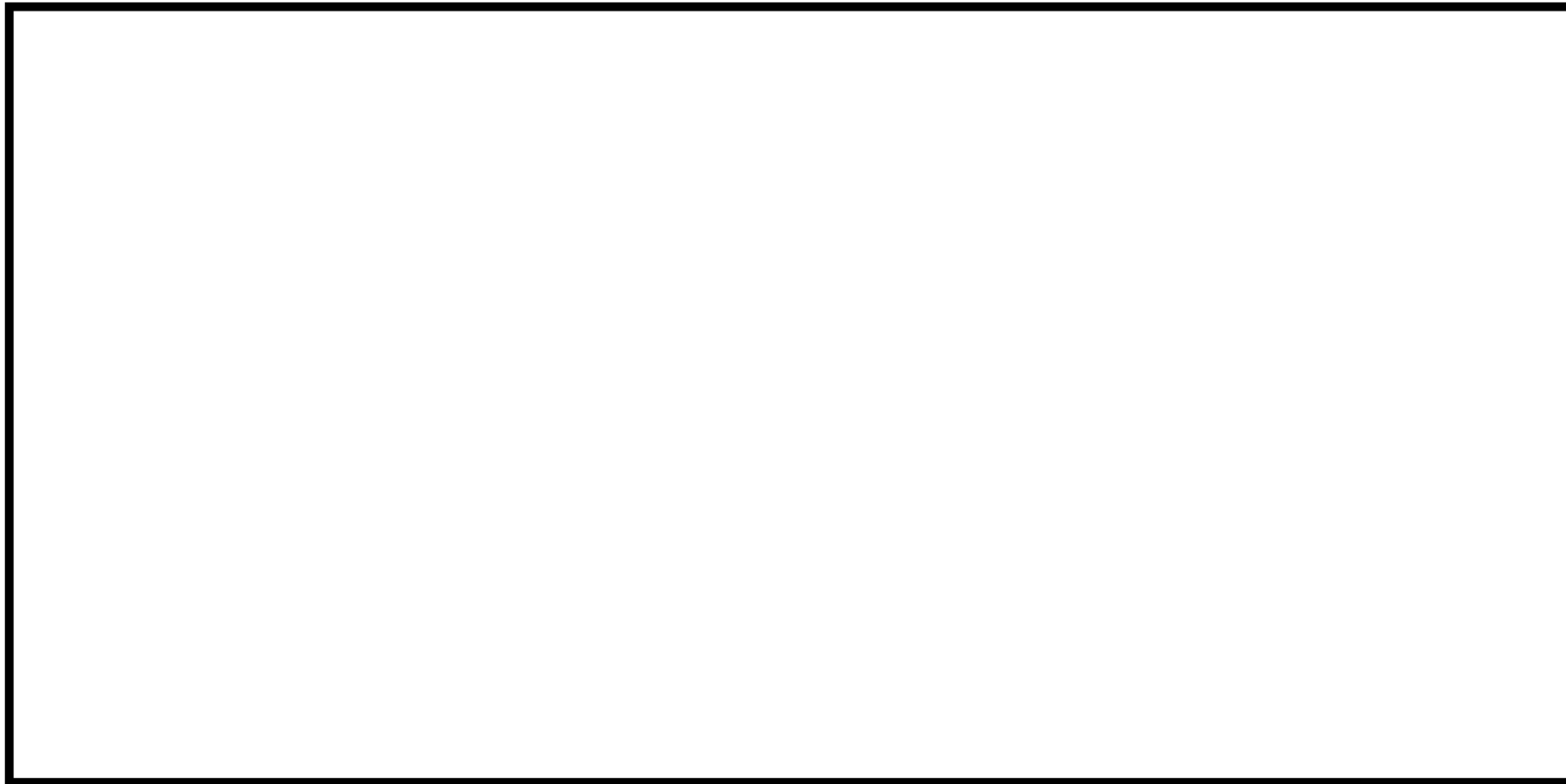
## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

本日の説明主旨	2
審査会合における指摘事項に対する回答	4
1. 液状化評価の基本方針	51
2. 液状化検討対象層の抽出	54
3. 液状化検討対象施設の抽出	61
<b>4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性</b>	<b>84</b>
5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定	113
6. 液状化の評価方針	148
7. 全体のまとめ	150
補足説明資料	153
補足説明資料1 液状化検討対象層の選定について (Ac層)	154
補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性	157
補足説明資料3 せん断波速度の代表性確認指標としての妥当性確認	182
補足説明資料4 埋戻土のN値の取扱いについて	192
補足説明資料5 建設時における埋戻土の施工及び品質管理について	203
補足説明資料6 液状化に関連する基本物性の補足	212
補足説明資料7 1,2号埋戻土及び3号埋戻土の区分けについて	217
補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認	219
参考文献	250

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.1 埋戻土 液状化強度試験箇所の選定 (1/3)

- 試料採取位置は、「ボーリングが実施可能であること」、「試料採取が可能な位置及び深度であること」を条件に、埋戻土が分布する範囲を網羅する10地点(1,2号埋戻土)と7地点(3号埋戻土)を選定した。



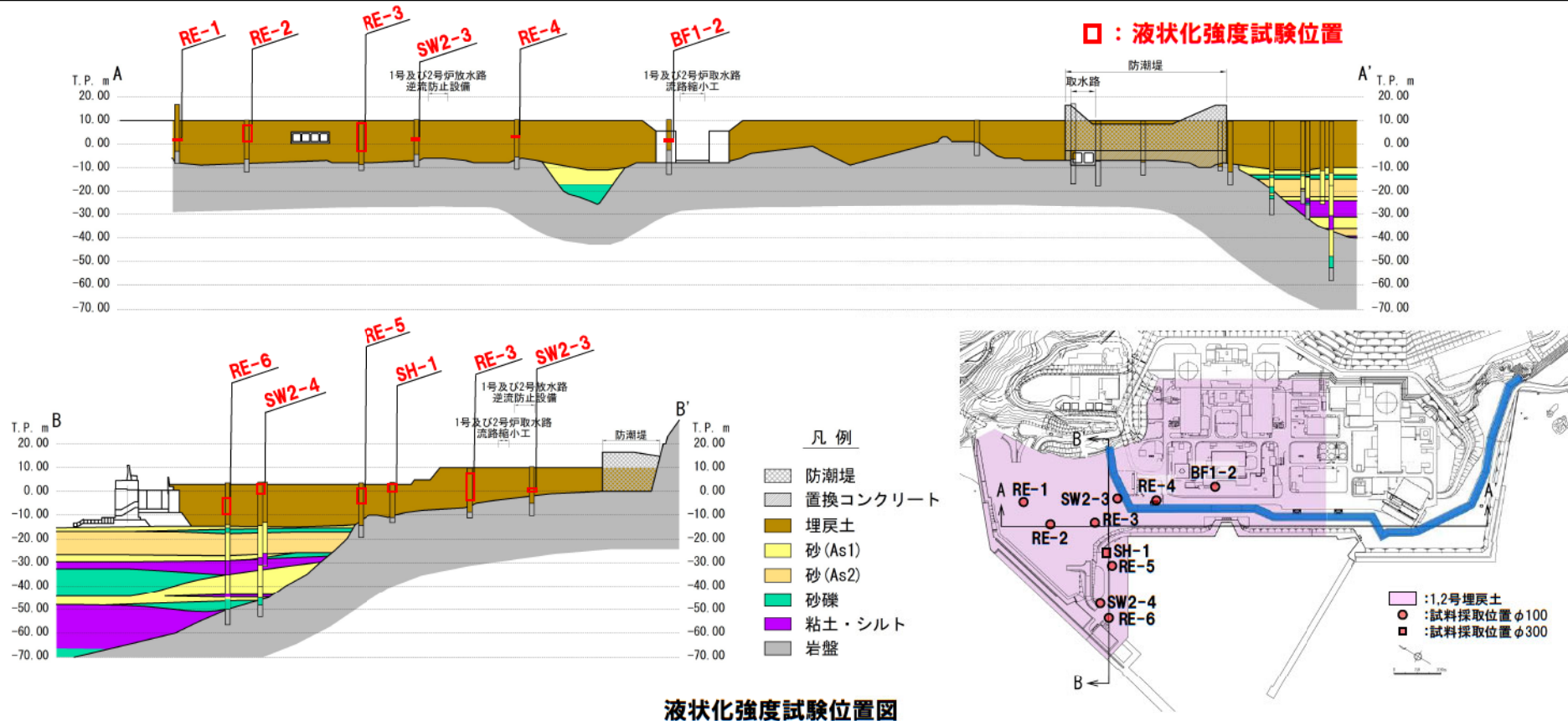
調査位置

:枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.1 埋戻土 液状化強度試験箇所の選定 (2/3)

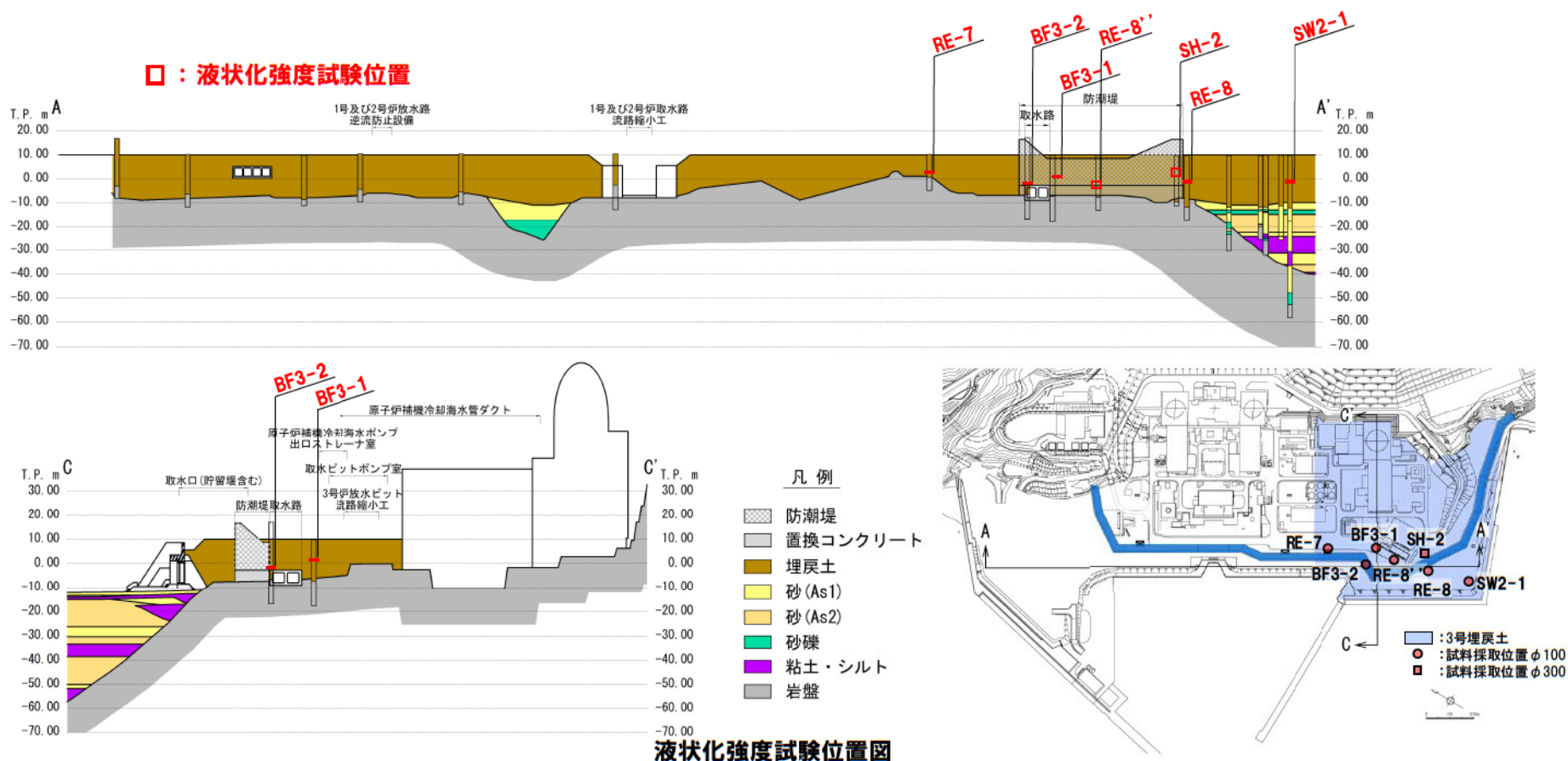
- 1,2号埋戻土の液状化強度試験位置については、1,2号埋戻土の分布範囲から、BF1-2, SW2-3, SW2-4, RE-1, RE-2, RE-3, RE-4, RE-5, RE-6, SH-1の10地点を選定した。
- 供試体は、1,2号埋戻土の地下水位前後からサンプリングしている。
- 埋戻土及び砂層の基本物性については補足説明資料2に示す。



## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.1 埋戻土 液状化強度試験箇所の選定 (3/3)

- 3号埋戻土の液状化強度試験位置については、3号埋戻土の分布範囲から、BF3-1、BF3-2、SW2-1、RE-7、RE-8、RE-8'、SH-2の7地点を選定した。
- 供試体は、3号埋戻土の地下水位前後からサンプリングしている。
- 埋戻土及び砂層の基本物性については補足説明資料2に示す。



## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.1 埋戻土 液状化強度試験位置の代表性確認（指標の選定）

- 液状化強度試験の試料採取位置とその周辺で実施したボーリング調査位置の物理特性を比較して、試料採取位置の代表性を確認する。
- 代表性確認の指標として用いる物理特性は、以下の観点で選定した。
  - 粒度分布：
    - 基本的な土の物性値。各基準類における液状化判定に平均粒径、10%粒径が用いられており、液状化強度比 $R_L$ との相関が高い。
  - 細粒分含有率：
    - 各基準類の液状化判定における液状化強度比 $R_L$ の算定式において、液状化強度比 $R_L$ を補正するパラメータとして用いられており、液状化強度比 $R_L$ との相関が高い。
  - せん断波速度（参考）：
    - 参考文献において、せん断波速度と液状化強度特性の良好な相関関係が認められるものの、液状化強度評価式の対象土層や実験条件が泊発電所の埋戻土とは完全一致するものではない。
    - また、埋戻土のせん断波速度と液状化強度の相関について確認した結果、ある程度の相関は確認できるものの、一般的に強い相関があるとされる傾向を示すにはデータのばらつきが大きいと考えられる（詳細は補足説明資料3に示す。）。
- N値については、以下の観点から、指標として適切ではないと判断した。
  - 埋戻土は、標準貫入試験を行った際、礫自体を打撃することによりN値が著しく大きくなる場合（以下、「礫あたり」という。）が考えられる。
  - また、空隙箇所を含めて標準貫入試験を行った際には空打ち状態となり、N値を過小評価してしまうことが考えられる。
  - このことから、N値が過大／過小となる範囲が出現し、実地盤の性状をN値で代表できない可能性がある。
  - 埋戻土のN値の取扱いについて補足説明資料4に示す。



- 以上より、試料採取位置の代表性確認指標として、粒度分布、細粒分含有率、せん断波速度（参考）を選定する。

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.1 埋戻土 液状化強度試験位置の代表性確認 (1,2号埋戻土) (1/4)

- 1,2号側について、液状化強度試験位置と周辺調査位置を以下に示す。
- 周辺調査位置については、「ボーリングが実施可能である地点」を条件に選定した。



調査位置

:枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.1 埋戻土 液状化強度試験位置の代表性確認 (1,2号埋戻土) (2/4)

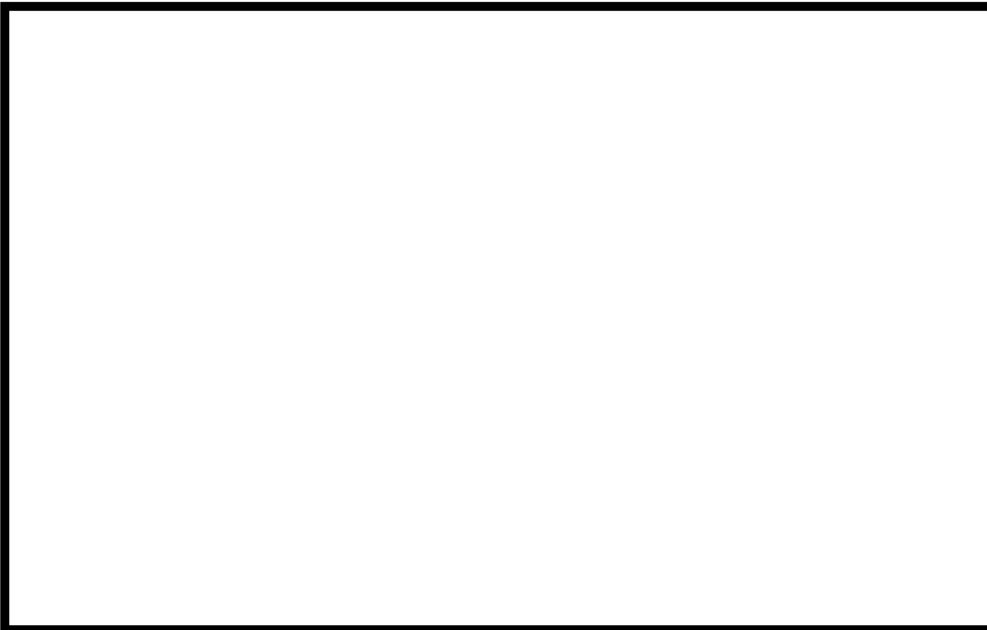
#### 【粒度分布を指標とした代表性確認】

○ 粒度分布について、1,2号埋戻土は礫質土及び砂質土が認められ、液状化強度試験位置においても礫質土及び砂質土が認められ、1,2号炉敷地全体の粒度分布の範囲に含まれている。



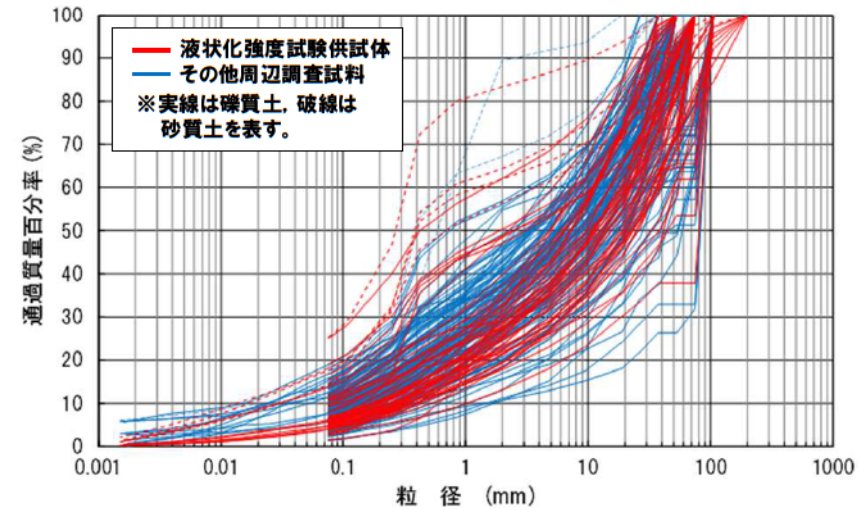
○ 粒度分布を指標とした比較において、液状化強度試験位置は代表性を有しているといえる。

液状化検討対象施設	
No.	名称
1	取水口(貯留堰含む)
2	取水路
3	取水ビットスクリーン室 3号炉取水ビットスクリーン室防水壁
4	取水ビットポンプ室
5	原子炉補機冷却海水ポンプ 出口ストレーナ室
6	原子炉補機冷却海水管ダクト
7	B1.B2-ディーゼル発電機 燃料油貯油槽トレンチ
8	1,2号埋戻土近傍の防潮堤
9	3号埋戻土近傍の防潮堤
10	3号炉放水ビット流路縮小工
11	屋外排水路逆流防止設備
12	1号及び2号炉取水路流路縮小工
13	1号及び2号炉放水路逆流防止設備
14	アクセスルートのうち盛土構造による 道路部



粒度分布の調査位置

□ : 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



粒径加積曲線

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.1 埋戻土 液状化強度試験位置の代表性確認 (1,2号埋戻土) (3/4)

#### 【細粒分含有率を指標とした代表性確認】

○ 細粒分含有率について、液状化強度試験位置は1,2号側周辺調査位置と同程度の範囲である。



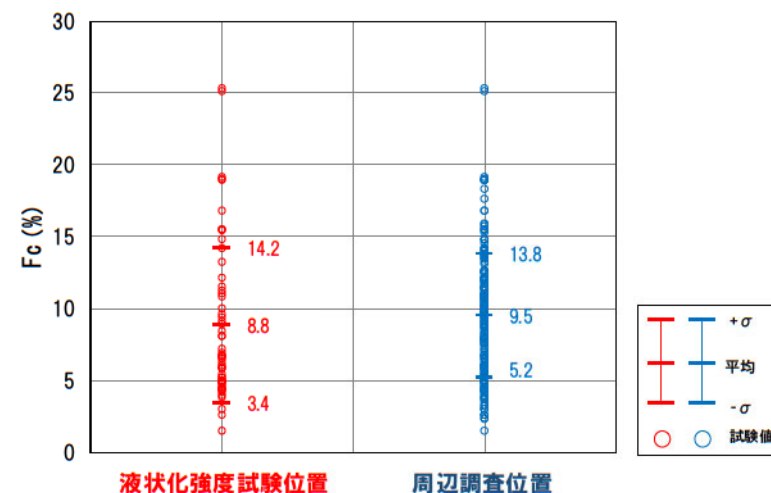
○ 細粒分含有率を指標とした比較において、液状化強度試験位置は代表性を有しているといえる。

液状化検討対象施設	
No.	名称
1	取水口(貯留堰含む)
2	取水路
3	取水ビットスクリーン室 3号炉取水ビットスクリーン室防水壁
4	取水ビットポンプ室
5	原子炉補機冷却海水ポンプ 出口ストレーナ室
6	原子炉補機冷却海水管ダクト
7	B1,B2-ディーゼル発電機 燃料油貯油槽トレンチ
8	1,2号埋戻土近傍の防潮堤
9	3号埋戻土近傍の防潮堤
10	3号炉放水ビット流路縮小工
11	屋外排水路逆流防止設備
12	1号及び2号炉取水路流路縮小工
13	1号及び2号炉放水路逆流防止設備
14	アクセスルートのうち盛土構造による 道路部



粒度分布の調査位置

□ : 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



細粒分含有率



## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.1 埋戻土 液状化強度試験位置の代表性確認 (1,2号埋戻土) (4/4)

【せん断波速度(参考)を指標とした代表性確認】

○ せん断波速度(参考)について、液状化強度試験位置は1,2号側周辺調査位置と同程度の範囲である。



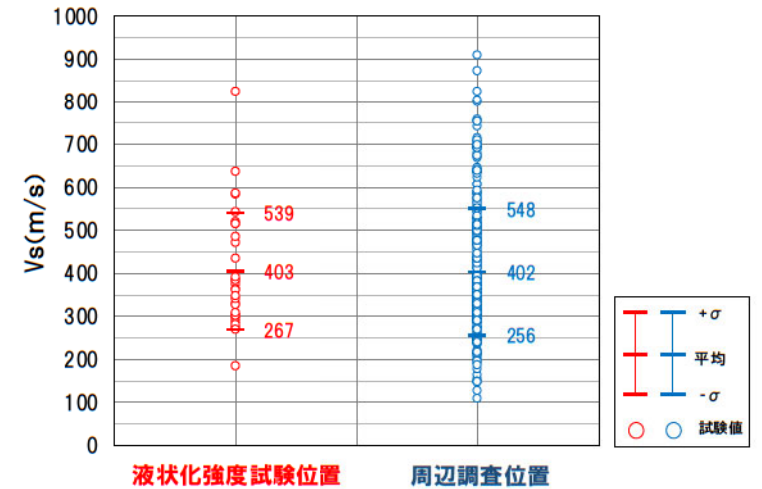
○ せん断波速度(参考)を指標とした比較において、液状化強度試験位置は代表性を有しているといえる。

液状化検討対象施設	
No.	名称
1	取水口(貯留堰含む)
2	取水路
3	取水ビットスクリーン室 3号炉取水ビットスクリーン室防水壁
4	取水ビットポンプ室
5	原子炉補機冷却海水ポンプ 出口ストレーナ室
6	原子炉補機冷却海水管ダクト
7	B1.B2-ディーゼル発電機 燃料油貯油槽トレンチ
8	1,2号埋戻土近傍の防潮堤
9	3号埋戻土近傍の防潮堤
10	3号炉放水ビット流路縮小工
11	屋外排水路逆流防止設備
12	1号及び2号炉取水路流路縮小工
13	1号及び2号炉放水路逆流防止設備
14	アクセスルートのうち盛土構造による 道路部



粒度分布の調査位置

□ : 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



せん断波速度

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.1 埋戻土 液状化強度試験位置の代表性確認 (3号埋戻土) (1/4)

- 3号側について、液状化強度試験位置と周辺調査位置を以下に示す。
- 周辺調査位置については、「ボーリングが実施可能である地点」を条件に選定した。



調査位置

:枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.1 埋戻土 液状化強度試験位置の代表性確認 (3号埋戻土) (2/4)

#### 【粒度分布を指標とした代表性確認】

○ 粒度分布について、3号埋戻土は礫質土及び砂質土が認められ、液状化強度試験位置においても礫質土及び砂質土が認められ、3号炉敷地全体の粒度分布の範囲に含まれている。



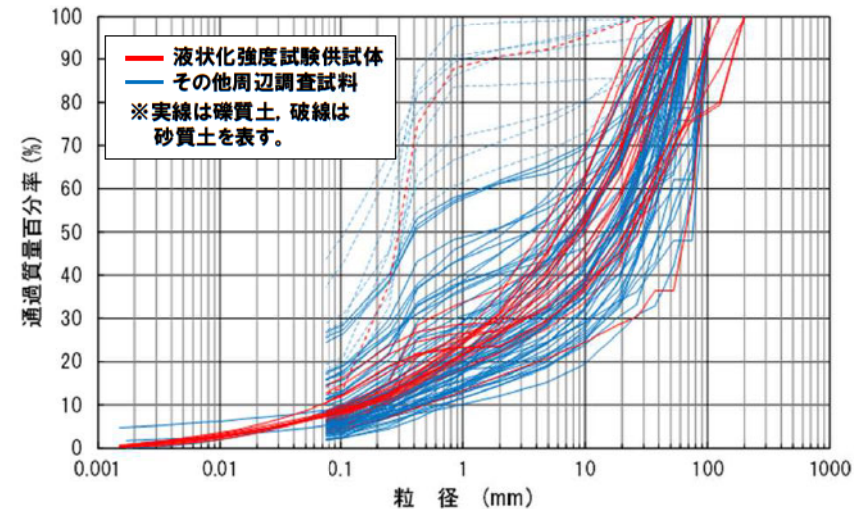
○ 粒度分布を指標とした比較において、液状化強度試験位置は代表性を有しているといえる。

液状化検討対象施設	
No.	名称
1	取水口(貯留堰含む)
2	取水路
3	取水ビットスクリーン室 3号炉取水ビットスクリーン室防水壁
4	取水ビットポンプ室
5	原子炉補機冷却海水ポンプ 出口ストレーナ室
6	原子炉補機冷却海水管ダクト
7	B1.B2-ディーゼル発電機 燃料油貯油槽トレンチ
8	1,2号埋戻土近傍の防潮堤
9	3号埋戻土近傍の防潮堤
10	3号炉放水ビット流路縮小工
11	屋外排水路逆流防止設備
12	1号及び2号炉取水路流路縮小工
13	1号及び2号炉放水路逆流防止設備
14	アクセスルートのうち盛土構造による 道路部



粒度分布の調査位置

□ : 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



粒径加積曲線

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.1 埋戻土 液状化強度試験位置の代表性確認 (3号埋戻土) (3/4)

#### 【細粒分含有率を指標とした代表性確認】

○ 細粒分含有率について、液状化強度試験位置は3号側周辺調査位置と同程度の範囲である。

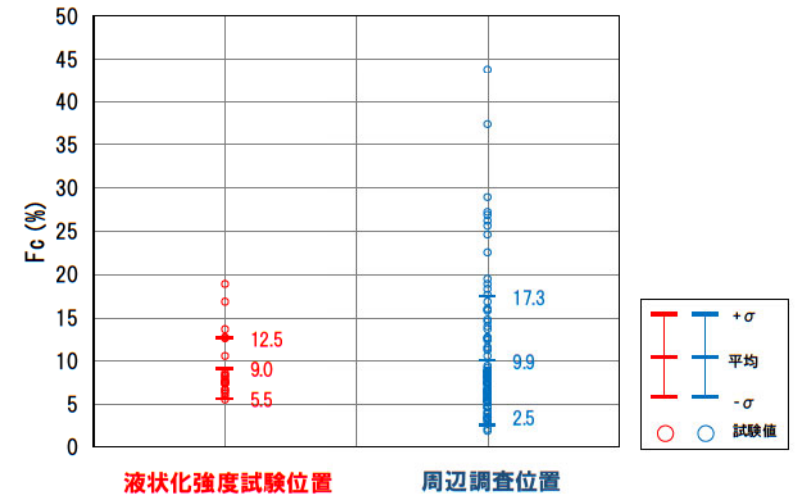


○ 細粒分含有率を指標とした比較において、液状化強度試験位置は代表性を有しているといえる。

液状化検討対象施設	
No.	名称
1	取水口(貯留堰含む)
2	取水路
3	取水ビットスクリーン室 3号炉取水ビットスクリーン室防水壁
4	取水ビットポンプ室
5	原子炉補機冷却海水ポンプ 出口ストレーナ室
6	原子炉補機冷却海水管ダクト
7	B1.B2-ディーゼル発電機 燃料油貯油槽トレンチ
8	1,2号埋戻土近傍の防潮堤
9	3号埋戻土近傍の防潮堤
10	3号炉放水ビット流路縮小工
11	屋外排水路逆流防止設備
12	1号及び2号炉取水路流路縮小工
13	1号及び2号炉放水路逆流防止設備
14	アクセスルートのうち盛土構造による 道路部

粒度分布の調査位置

□ : 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



細粒分含有率

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.1 埋戻土 液状化強度試験位置の代表性確認 (3号埋戻土) (4/4)

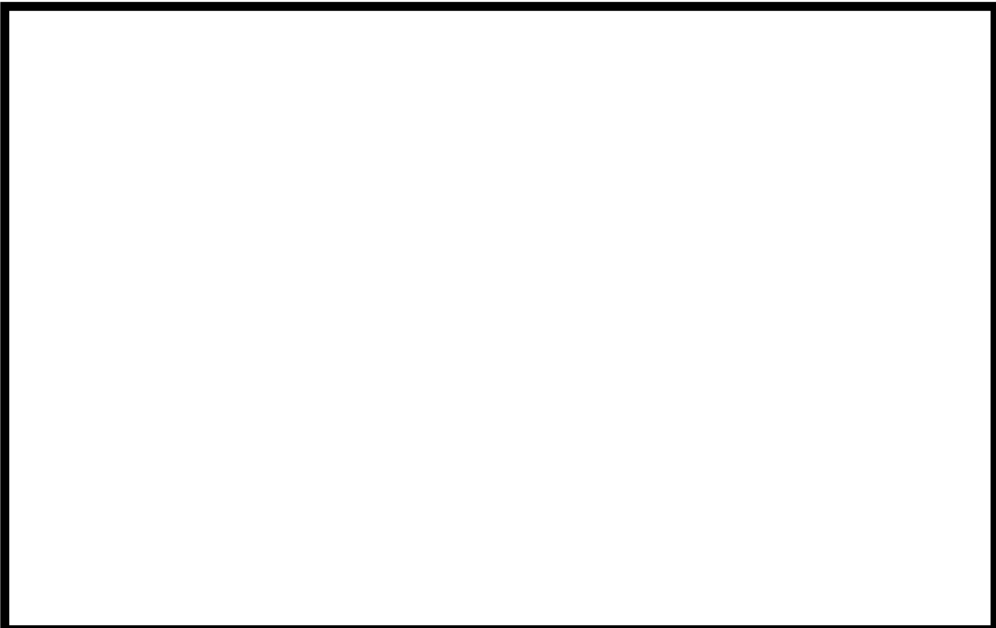
【せん断波速度(参考)を指標とした代表性確認】

○ せん断波速度(参考)について、液状化強度試験位置は3号側周辺調査位置と同程度の範囲である。



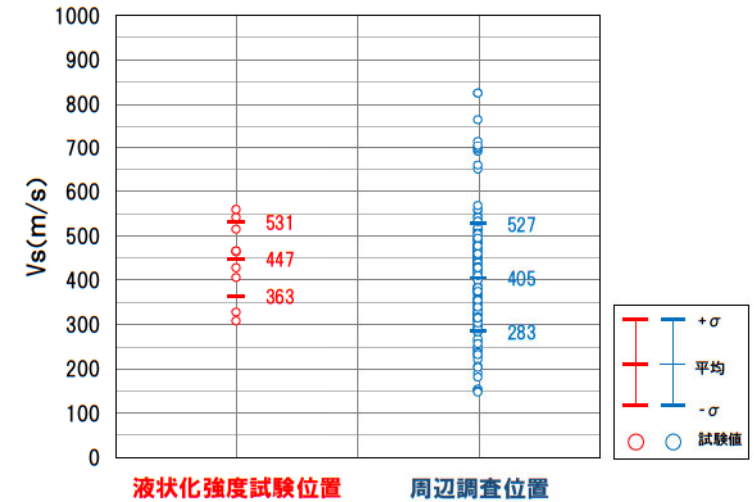
○ せん断波速度(参考)を指標とした比較において、液状化強度試験位置は代表性を有しているといえる。

液状化検討対象施設	
No.	名称
1	取水口(貯留堰含む)
2	取水路
3	取水ビットスクリーン室 3号炉取水ビットスクリーン室防水壁
4	取水ビットポンプ室
5	原子炉補機冷却海水ポンプ 出口ストレーナ室
6	原子炉補機冷却海水管ダクト
7	B1.B2-ディーゼル発電機 燃料油貯油槽トレンチ
8	1,2号埋戻土近傍の防潮堤
9	3号埋戻土近傍の防潮堤
10	3号炉放水ビット流路縮小工
11	屋外排水路逆流防止設備
12	1号及び2号炉取水路流路縮小工
13	1号及び2号炉放水路逆流防止設備
14	アクセスルートのうち盛土構造による 道路部



粒度分布の調査位置

□ : 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



せん断波速度

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.1 埋戻土 液状化強度試験位置の代表性確認

- 1,2号埋戻土及び3号埋戻土について、液状化強度試験位置と周辺調査位置で粒度分布・細粒分含有率・せん断波速度(参考)を指標として試料採取位置の代表性を評価した。
- 1,2号埋戻土
  - 粒度分布について、礫質土及び砂質土の特性が認められるが、液状化強度試験位置は礫質土及び砂質土ともに概ね試験結果全体の範囲に含まれている。
  - 細粒分含有率について、液状化強度試験位置は1,2号側周辺調査位置と同程度の範囲である。
  - せん断波速度(参考)について、液状化強度試験位置は1,2号側周辺調査位置と同程度の範囲である。
- 3号埋戻土
  - 粒度分布について、礫質土及び砂質土の特性が認められるが、液状化強度試験位置は礫質土及び砂質土ともに概ね試験結果全体の範囲に含まれている。
  - 細粒分含有率について、液状化強度試験位置は3号側周辺調査位置と同程度の範囲である。
  - せん断波速度(参考)について、液状化強度試験位置は3号側周辺調査位置と同程度の範囲である。



- 以上より、埋戻土について試料採取位置は代表性を有していると評価した。

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.2 砂層 液状化強度試験箇所の選定 (1/2)

- 試料採取位置は、砂層が分布する範囲を網羅する7地点を選定した。
- 採取位置は、「ボーリングが実施可能であること」、「試料採取が可能な位置及び深度であること」、「試料採取可能な層厚を有していること」を条件に選定した。



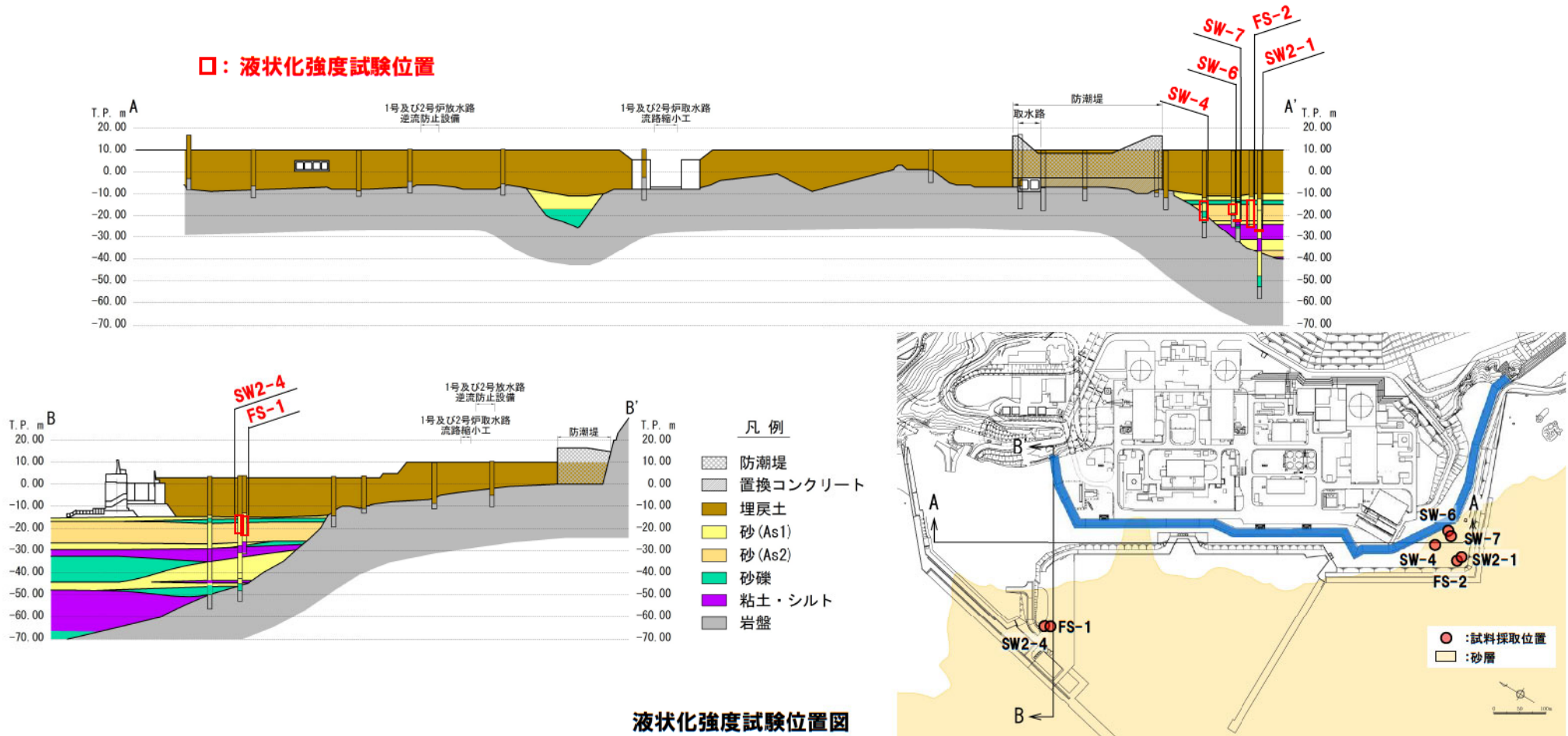
調査位置

:枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

# 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

## 4.2 砂層 液状化強度試験箇所を選定 (2/2)

- 砂層の液状化強度試験位置については、砂層の分布範囲から、SW2-1, SW2-4, SW-4, SW-6, SW-7, FS-1, FS-2の7地点を選定した。
- 埋戻土及び砂層の基本物性については補足説明資料2に示す。





## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.2 砂層 液状化強度試験位置の代表性確認(指標の選定)

- 試料採取位置とその周辺で物理特性を比較して、試料採取位置の代表性を確認する。
- 代表性確認の指標として用いる物理特性は、一般に液状化検討の対象となる砂であることを踏まえて、以下の観点で選定した。
  - 粒度分布：  
基本的な土の物性値。各基準類における液状化判定に平均粒径、10%粒径が用いられており、液状化強度比 $R_L$ との相関が高い。
  - 細粒分含有率：  
各基準類の液状化判定における液状化強度比 $R_L$ の算定式において、液状化強度比 $R_L$ を補正するパラメータとして用いられており、液状化強度比 $R_L$ との相関が高い。
  - N値：  
各基準類の液状化判定における液状化強度比 $R_L$ の算定式がいずれもN値をパラメータとした式である。また、有効応力解析(FLIP)の簡易パラメータ設定法にN値が用いられており、液状化強度比 $R_L$ との相関が高い。



- 以上より、試料採取位置の代表性確認指標として、粒度分布、細粒分含有率、N値を選定した。

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.2 砂層 液状化強度試験位置の代表性確認

- 砂層について、液状化強度試験位置と周辺調査位置を以下に示す。
- 周辺調査位置については、「ボーリングが実施可能であること」を条件に選定した。



調査位置

:枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.2 砂層 液状化強度試験位置の代表性確認 (As1層) (1/3)

#### 【粒度分布を指標とした代表性確認】

○ 粒度分布について、液状化強度試験位置は周辺調査位置と概ね同程度の分布である。



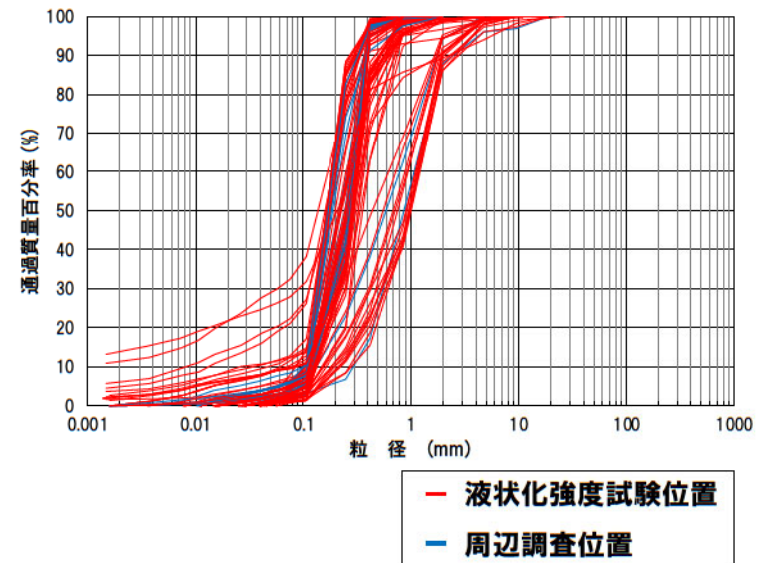
○ 粒度分布を指標とした比較において、液状化強度試験位置は代表性を有しているといえる。

液状化検討対象施設	
No.	名称
1	取水口(貯留堰含む)
2	取水路
3	取水ビットスクリーン室 3号炉取水ビットスクリーン室防水壁
4	取水ビットポンプ室
5	原子炉補機冷却海水ポンプ 出口ストレーナ室
6	原子炉補機冷却海水管ダクト
7	B1.B2-ディーゼル発電機 燃料油貯油槽トレンチ
8	1,2号埋戻土近傍の防潮堤
9	3号埋戻土近傍の防潮堤
10	3号炉放水ビット流路縮小工
11	屋外排水路逆流防止設備
12	1号及び2号炉取水路流路縮小工
13	1号及び2号炉放水路逆流防止設備
14	アクセスルートのうち盛土構造による 道路部



□ : 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

粒度分布の調査位置



粒径加積曲線

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.2 砂層 液状化強度試験位置の代表性確認 (As1層) (2/3)

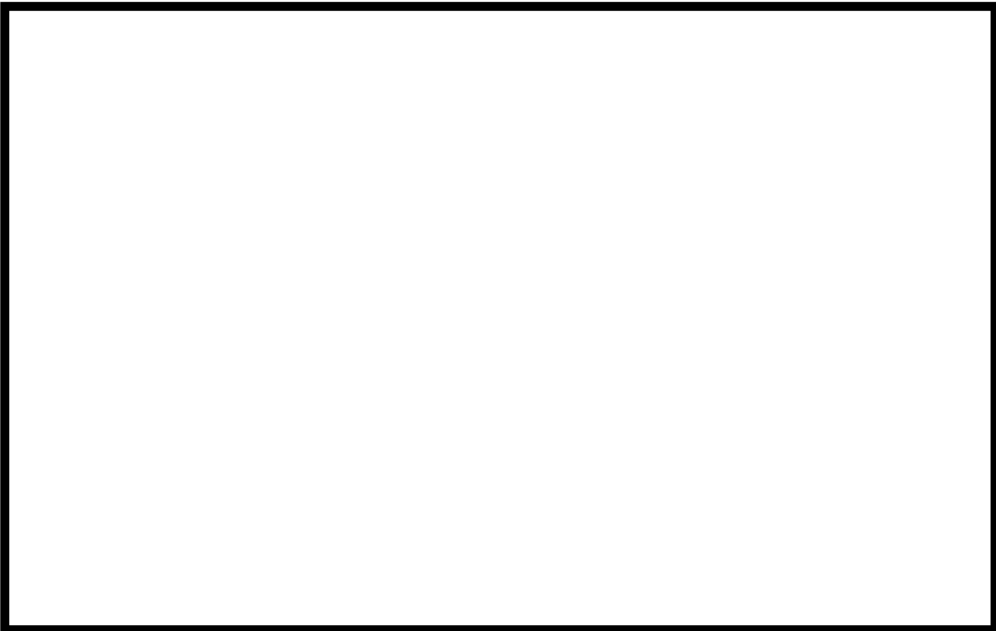
#### 【細粒分含有率を指標とした代表性確認】

○ 細粒分含有率について、液状化強度試験位置は周辺調査位置と同程度の範囲である。



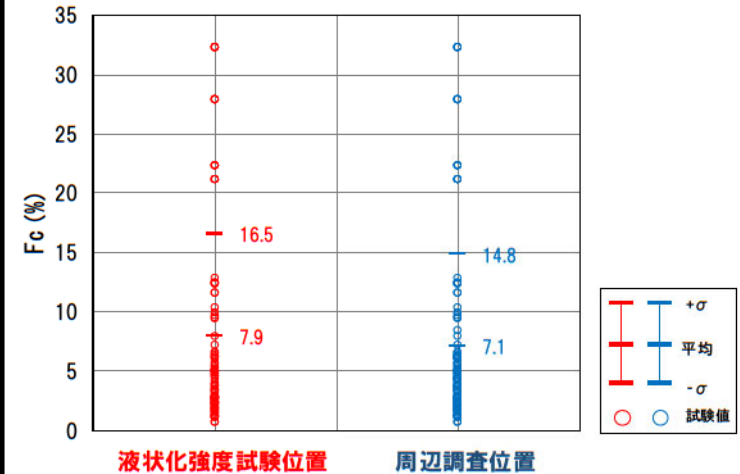
○ 細粒分含有率を指標とした比較において、液状化強度試験位置は代表性を有しているといえる。

液状化検討対象施設	
No.	名称
1	取水口(貯留堰含む)
2	取水路
3	取水ピットスクリーン室 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁
4	取水ピットポンプ室
5	原子炉補機冷却海水ポンプ 出口ストレーナ室
6	原子炉補機冷却海水管ダクト
7	B1.B2-ディーゼル発電機 燃料油貯油槽トレンチ
8	1,2号埋戻土近傍の防潮堤
9	3号埋戻土近傍の防潮堤
10	3号炉放水ピット流路縮小工
11	屋外排水路逆流防止設備
12	1号及び2号炉取水路流路縮小工
13	1号及び2号炉放水路逆流防止設備
14	アクセスルートのうち盛土構造による 道路部



□ : 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

細粒分含有率の調査位置



細粒分含有率

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.2 砂層 液状化強度試験位置の代表性確認 (As1層) (3/3)

#### 【N値を指標とした代表性確認】

○ N値について、液状化強度試験位置は周辺調査位置と同程度の範囲である。



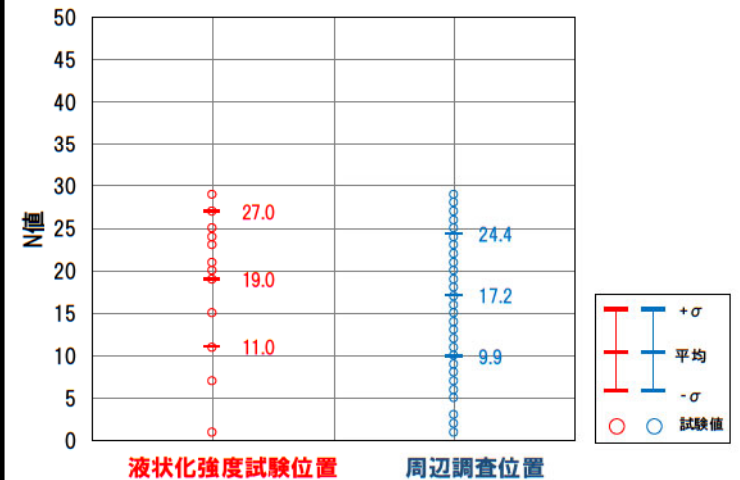
○ N値を指標とした比較において、液状化強度試験位置は代表性を有しているといえる。

液状化検討対象施設	
No.	名称
1	取水口(貯留堰含む)
2	取水路
3	取水ピットスクリーン室 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁
4	取水ピットポンプ室
5	原子炉補機冷却海水ポンプ 出口ストレーナ室
6	原子炉補機冷却海水管ダクト
7	B1.B2-ディーゼル発電機 燃料油貯油槽トレンチ
8	1,2号埋戻土近傍の防潮堤
9	3号埋戻土近傍の防潮堤
10	3号炉放水ピット流路縮小工
11	屋外排水路逆流防止設備
12	1号及び2号炉取水路流路縮小工
13	1号及び2号炉放水路逆流防止設備
14	アクセスルートのうち盛土構造による 道路部



: 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

N値の調査位置



N値

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.2 砂層 液状化強度試験位置の代表性確認 (As2層) (1/3)

#### 【粒度分布を指標とした代表性確認】

○ 粒度分布について、液状化強度試験位置は周辺調査位置と概ね同程度の分布である。



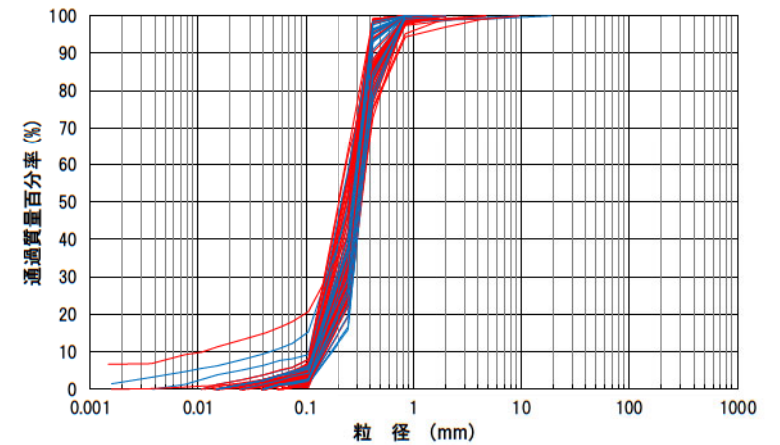
○ 粒度分布を指標とした比較において、液状化強度試験位置は代表性を有しているといえる。

液状化検討対象施設	
No.	名称
1	取水口(貯留堰含む)
2	取水路
3	取水ピットスクリーン室 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁
4	取水ピットポンプ室
5	原子炉補機冷却海水ポンプ 出口ストレーナ室
6	原子炉補機冷却海水管ダクト
7	B1.B2-ディーゼル発電機 燃料油貯油槽トレンチ
8	1,2号埋戻土近傍の防潮堤
9	3号埋戻土近傍の防潮堤
10	3号炉放水ピット流路縮小工
11	屋外排水路逆流防止設備
12	1号及び2号炉取水路流路縮小工
13	1号及び2号炉放水路逆流防止設備
14	アクセスルートのうち盛土構造による 道路部



□ : 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

粒度分布の調査位置



— 液状化強度試験位置  
— 周辺調査位置

粒径加積曲線

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.2 砂層 液状化強度試験位置の代表性確認 (As2層) (2/3)

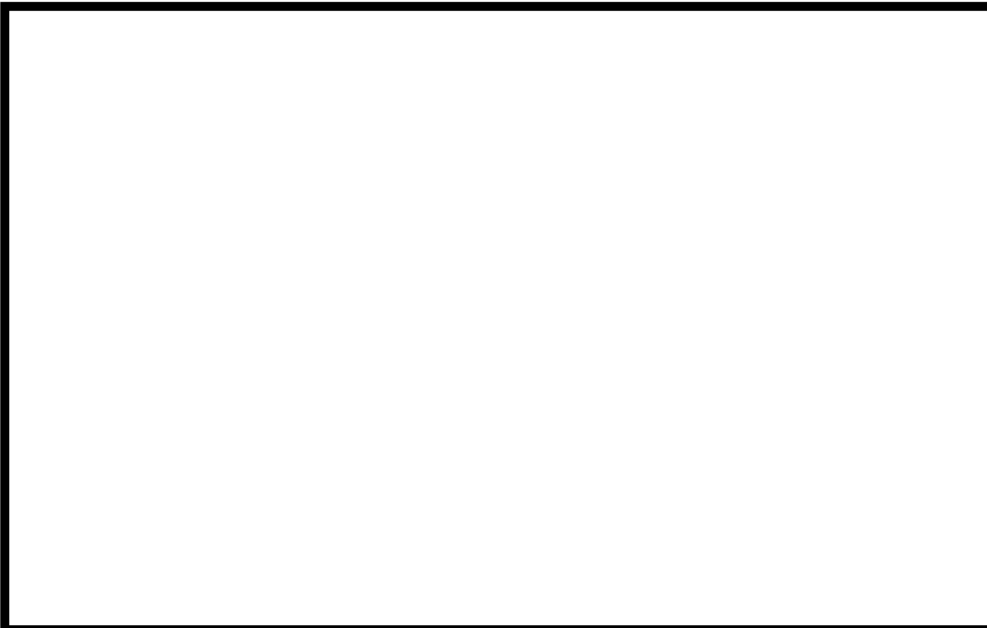
#### 【細粒分含有率を指標とした代表性確認】

○ 細粒分含有率について、液状化強度試験位置は周辺調査位置と同程度の範囲である。



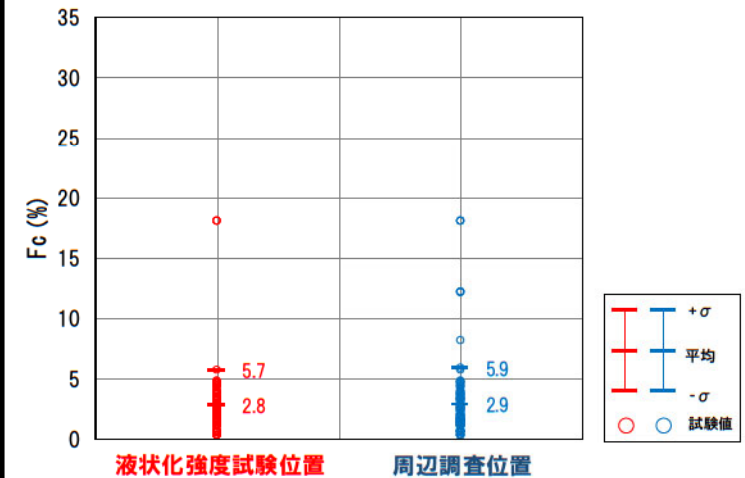
○ 細粒分含有率を指標とした比較において、液状化強度試験位置は代表性を有しているといえる。

液状化検対象施設	
No.	名称
1	取水口(貯留堰含む)
2	取水路
3	取水ピットスクリーン室 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁
4	取水ピットポンプ室
5	原子炉補機冷却海水ポンプ 出口ストレーナ室
6	原子炉補機冷却海水管ダクト
7	B1.B2-ディーゼル発電機 燃料油貯油槽トレンチ
8	1,2号埋戻土近傍の防潮堤
9	3号埋戻土近傍の防潮堤
10	3号炉放水ピット流路縮小工
11	屋外排水路逆流防止設備
12	1号及び2号炉取水路流路縮小工
13	1号及び2号炉放水路逆流防止設備
14	アクセスルートのうち盛土構造による 道路部



: 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

細粒分含有率の調査位置



細粒分含有率

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.2 砂層 液状化強度試験位置の代表性確認 (As2層) (3/3)

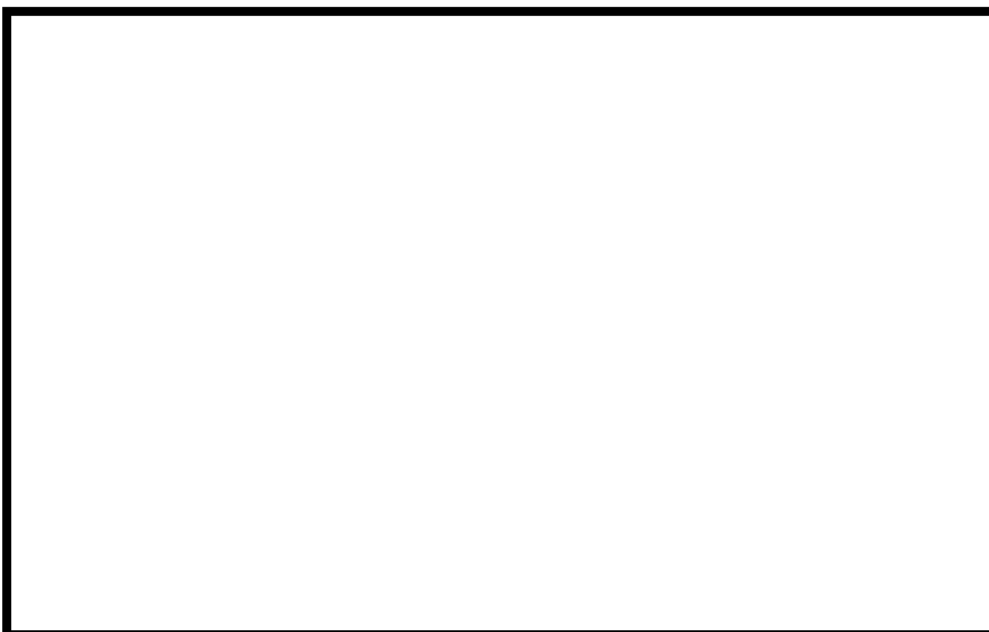
#### 【N値を指標とした代表性確認】

○ N値について、液状化強度試験位置は周辺調査位置と同程度の範囲である。



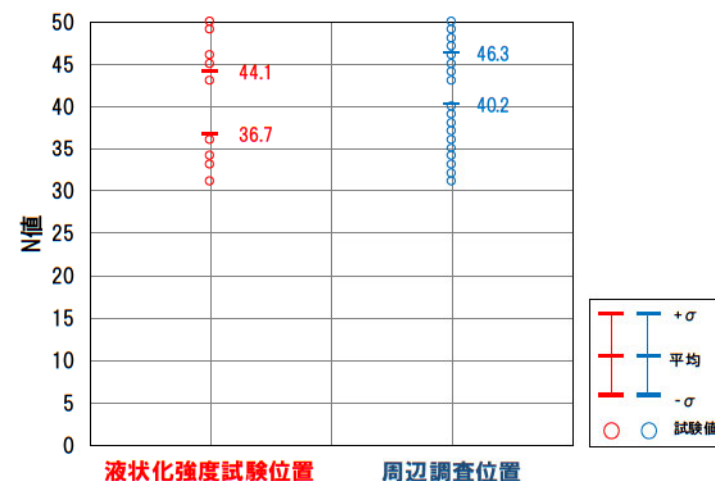
○ N値を指標とした比較において、液状化強度試験位置は代表性を有しているといえる。

液状化検討対象施設	
No.	名称
1	取水口(貯留堰含む)
2	取水路
3	取水ビットスクリーン室 3号炉取水ビットスクリーン室防水壁
4	取水ビットポンプ室
5	原子炉補機冷却海水ポンプ 出口ストレーナ室
6	原子炉補機冷却海水管ダクト
7	B1.B2-ディーゼル発電機 燃料油貯油槽トレンチ
8	1,2号埋戻土近傍の防潮堤
9	3号埋戻土近傍の防潮堤
10	3号炉放水ビット流路縮小工
11	屋外排水路逆流防止設備
12	1号及び2号炉取水路流路縮小工
13	1号及び2号炉放水路逆流防止設備
14	アクセスルートのうち盛土構造による 道路部



: 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

N値の調査位置



N値



## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.2 砂層 液状化強度試験位置の代表性確認

- As1, As2層について、試料採取位置とその周辺でN値・細粒分含有率・粒度分布を指標として試料採取位置の代表性を評価した。
- As1層
  - 粒度分布について、液状化強度試験位置はAs1層周辺調査位置と同程度の範囲となった。
  - 細粒分含有率について、液状化強度試験位置はAs1層周辺調査位置と同程度の範囲となった。
  - N値について、液状化強度試験位置はAs1層周辺調査位置と同程度の範囲となった。
- As2層
  - 粒度分布について、液状化強度試験位置はAs2層周辺調査位置と同程度の範囲となった。
  - 細粒分含有率について、液状化強度試験位置はAs2層周辺調査位置と同程度の範囲となった。
  - N値について、液状化強度試験位置はAs2層周辺調査位置と同程度の範囲となった。



- 以上より、砂層について試料採取位置は代表性を有していると評価した。

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.3 まとめ

#### 【埋戻土】

##### <液状化強度試験箇所の選定>

- 試料採取位置は、埋戻土が分布する範囲を網羅する10地点(1,2号埋戻土)と7地点(3号埋戻土)を選定した。
- 採取位置は、「ボーリングが実施可能であること」、「試料採取が可能な位置及び深度であること」を条件に選定した。
- 地下水位以浅／以深の両方を含む範囲から採取深度を選定した。

##### <代表性評価>

- 試料採取位置とその周辺で3項目の指標(粒度分布, 細粒分含有率, せん断波速度(参考))を比較して, 試料採取位置の代表性を確認した。

#### 【砂層】

##### <液状化強度試験箇所の選定>

- 試料採取位置は、砂層が分布する範囲を網羅する7地点を選定した。
- 採取位置は、「ボーリングが実施可能であること」、「試料採取が可能な位置及び深度であること」、「試料採取可能な層厚を有していること」を条件に選定した。

##### <代表性評価>

- 試料採取位置とその周辺で3項目の指標(粒度分布, 細粒分含有率, N値)を比較して, 試料採取位置の代表性を確認した。



- 試料採取可能な範囲の中から, 複数の地点を液状化強度試験箇所として選定した。
- 埋戻土, 砂層ともに, 液状化強度試験位置が代表性を有していることを確認した。

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.4 追加液状化強度試験 必要性検討 (1/2)

- 液状化強度試験位置は敷地全体の埋戻土を網羅していることを確認したものの、液状化検討対象施設近傍での試験実施状況の観点から追加液状化強度試験の必要性を検討した。
- 検討に当たっては、施工時期や施工仕様の違いを踏まえ、1,2号炉及び3号炉の埋立整地工事及び取放水設備工事における施工範囲を考慮した（詳細は補足説明資料5に示す。）。



調査位置

:枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.4 追加液状化強度試験 必要性検討 (2/2)

- 追加の液状化強度試験の必要性について、検討結果を下表に示す。
- 対象施設の設置と液状化試験の試料採取位置の状況を確認し、建設時における施工時期と範囲 (P207～210参照) を考慮し、液状化強度試験を既に実施している施設は追加液状化強度試験を不要とし、実施していない施設はデータ拡充を目的とした追加液状化強度試験が必要と判断した。

施設名称	施設近傍の液状化強度試験	追加の液状化強度試験の必要性検討	追加試験候補位置
取水口 (貯留堰を含む)	-	対象施設建設時(3号機建設時)の施工範囲において、データ拡充を目的とした追加が必要。	①
取水路	BF3-2	対象施設近傍で液状化強度試験を実施しているため不要。	-
取水ビットスクリーン室 3号炉取水ビットスクリーン室防水壁	BF3-1	対象施設近傍で液状化強度試験を実施しているため不要。	-
取水ビットポンプ室	-	対象施設建設時(3号機建設時)の施工範囲において、データ拡充を目的とした追加が必要。	②
原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレナ室	-	対象施設建設時(3号機建設時)の施工範囲において、データ拡充を目的とした追加が必要。	②
原子炉補機冷却海水管ダクト	-	対象施設建設時(3号機建設時)の施工範囲において、データ拡充を目的とした追加が必要。	③, ④
B1,B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ	-	対象施設建設時(3号機建設時)の施工範囲において、データ拡充を目的とした追加が必要。	⑤
1,2号埋戻土近傍の防潮堤	SW2-3, RE-4	対象施設近傍で液状化強度試験を実施しているが、1,2号埋戻土の施工時期が異なる範囲において、データ拡充を目的とした追加が必要。	⑥, ⑦
3号埋戻土近傍の防潮堤	BF3-2, RE-8, RE-8", SH-2, RE-7, BF3-1	対象施設近傍で液状化強度試験を実施しているが、3号埋戻土の施工時期が異なる範囲において、データ拡充を目的とした追加が必要。	⑧
3号炉放水ビット流路縮小工	-	対象施設建設時(3号機建設時)の施工範囲において、データ拡充を目的とした追加が必要。	⑨
屋外排水路逆流防止設備	RE-4, RE-7	1号炉系統及び3号炉系統の近傍で液状化強度試験を実施しているが、2号炉系統近傍に対し、1,2号埋戻土の施工時期が既に試験を実施している箇所と異なる範囲において、データ拡充を目的とした追加が必要。	⑦
1号及び2号炉取水路流路縮小工	-	対象施設建設時(1,2号機建設時)の施工範囲において、データ拡充を目的とした追加が必要。	⑥
1号及び2号炉放水路逆流防止設備	SW2-3	対象施設近傍で液状化強度試験を実施しているため不要。	-
アクセスルートのうち盛土構造による道路部	-	対象施設直下において、データ拡充を目的とした追加が必要。	⑩

■ : 追加の液状化強度試験を必要と判断した施設

## 4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性

### 4.4 追加液状化強度試験 候補位置の選定

- 追加の液状化強度試験の試料採取位置は、下図に示す①～⑩の10地点を設定した。
- 試料採取位置は、液状化検討対象施設の近傍、かつ採取可能な箇所を選定することを基本とする。



調査位置

:枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

<b>本日の説明主旨</b> .....	2
<b>審査会合における指摘事項に対する回答</b> .....	4
1. 液状化評価の基本方針 .....	51
2. 液状化検討対象層の抽出 .....	54
3. 液状化検討対象施設の抽出 .....	61
4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性 .....	84
<b>5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定</b> .....	<b>113</b>
6. 液状化の評価方針 .....	148
7. 全体のまとめ .....	150
<b>補足説明資料</b> .....	153
<b>補足説明資料1 液状化検討対象層の選定について (Ac層)</b> .....	154
<b>補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性</b> .....	157
<b>補足説明資料3 せん断波速度の代表性確認指標としての妥当性確認</b> .....	182
<b>補足説明資料4 埋戻土のN値の取扱いについて</b> .....	192
<b>補足説明資料5 建設時における埋戻土の施工及び品質管理について</b> .....	203
<b>補足説明資料6 液状化に関連する基本物性の補足</b> .....	212
<b>補足説明資料7 1,2号埋戻土及び3号埋戻土の区分けについて</b> .....	217
<b>補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認</b> .....	219
参考文献 .....	250

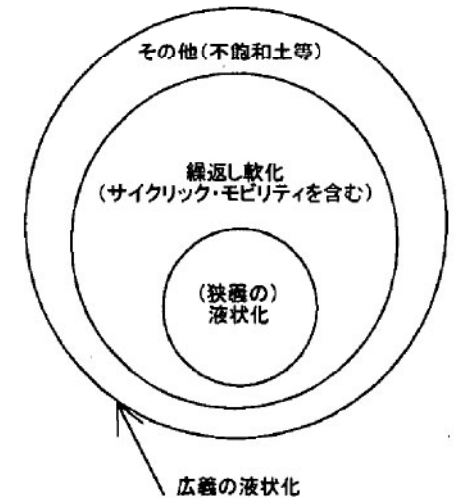
## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.1 液状化強度試験結果の分類に対する基本的考え方 (1/6)

- 泊発電所の敷地地盤は掘削岩砕を埋め戻して造成しており、道路橋示方書では液状化判定の対象外である粒径や粒度分布であることから、液状化に対する抵抗性が比較的高いと考えられる。
- また、砂層のうち特にAs2層についてはN値が30以上と比較的大きい。
- 以上から泊発電所の液状化検討対象層は、液状化によってせん断振幅が急増し、地盤全体が泥水状態となり、噴砂や噴水を伴う「ゆるい砂」や「埋立地盤」とは異なり、ひずみの増大に伴って体積膨張を起こし、ある程度の剛性と強度を回復する「ねばり」をもった挙動をされると考えられる。
- そこで、泊発電所の液状化検討対象層が地震時にどのような挙動をするかを把握する目的で、液状化強度試験結果を「液状化」、「繰返し軟化(サイクリックモビリティを含む)」、「非液状化」に分類した。
- なお、分類には、土木学会地震工学委員会「レベル2地震動による液状化研究小委員会」活動成果報告書を参考にした。

【土木学会地震工学委員会(2003)の報告書より】

- (狭義の)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」をともなう現象、または「流動ポテンシャル」をもった地盤となる現象。
- 広義の液状化
  - 緩い砂地盤や砂礫地盤に限定せず、密な砂地盤や密な砂礫地盤さらに粘性土地盤でも地震などを含む種々の外力によって有効応力が低下し、地盤の強度または剛性の低下により有害な沈下や変形などが起こる現象。一般に飽和地盤が多いが、不飽和地盤においても起こる類似の現象(ただし、そのメカニズムは必ずしも解明されていない)も含むものとする。
- 繰返し軟化
  - 繰返し载荷による間隙水圧上昇と剛性低下によりせん断ひずみが発生し、それが繰返し回数とともに徐々に増大するが、土のもつダイレイタンスー特性や粘性のためにひずみは有限の大きさにとどまり、大きなひずみ範囲にいたるまでの流動は起きない。
- サイクリック・モビリティ
  - 繰返し载荷において土が「繰返し軟化」する過程で、限られたひずみ範囲ではせん断抵抗が小さくなくても、ひずみが大きく成長しようとする、正のダイレイタンスー特性のためにせん断抵抗が急激に作用し、せん断ひずみの成長に歯止めがかかる現象。主に、密な砂や礫質土、過圧密粘土のように正のダイレイタンスー特性が著しい土において顕著に現れる。



液状化に関連する言葉の定義

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.1 液状化強度試験結果の分類に対する基本的考え方 (2/6)

○ 液状化強度試験結果は、「① 間隙水圧が上昇・蓄積する。(過剰間隙水圧比95%を超える。）」、「② 有効応力がゼロまで低下する。」、「③ 液体状となり流動する。(ひずみが急増する。）」、「④ 正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。(有効応力が回復する。）」の4項目に該当するかどうかを判定し、下表に基づいて分類する。

液状化強度試験結果の判定項目と分類

○ : 該当する  
× : 該当しない

判定項目※1	液状化	繰返し軟化		非液状化
			サイクリックモビリティ	
① 間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	○	○	×
② 有効応力がゼロまで低下する。	○	×	○	×
③ 液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	○	×	×	×
④ 正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	×	○	○	○ or ×※2

※1 土木学会地震工学委員会の定義に基づき判定項目を策定したが、液状化強度試験の結果に対して判定できるよう、括弧内の判断項目を補足した。

※2 項目の判定はするものの、「非液状化」の分類に影響は及ぼさない。



## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.1 液状化強度試験結果の分類に対する基本的考え方 (3/6)

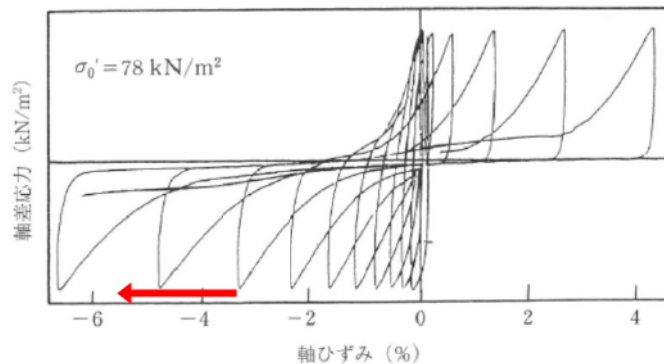
○ 液状化に分類される文献の事例を示す。

試験結果		液状化の判断
① 間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	液状化
② 有効応力がゼロまで低下する。	○	
③ 液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	○	
④ 正のダイレイタンス特性により せん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	×	

※1 地盤工学会 (2009) : 地盤材料試験の方法と解説

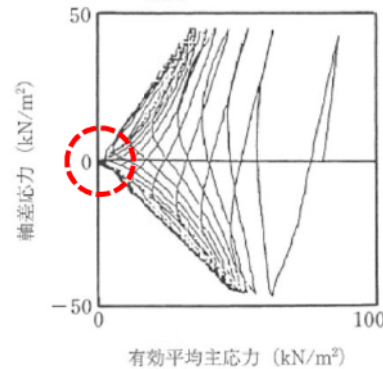
※2 井合 (2008) : サイクリックモビリティ, 地盤工学会誌

ひずみが急に増大し、脆性的な破壊が生じる。

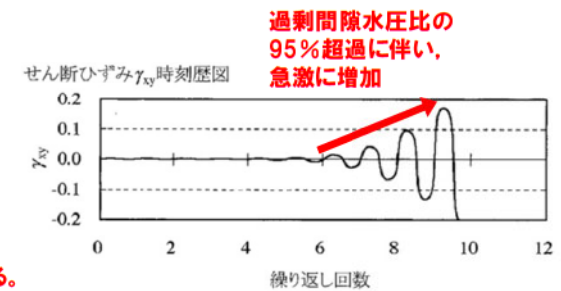


③④ 軸差応力-軸ひずみ関係※1

有効応力がゼロになり、液体状になる。

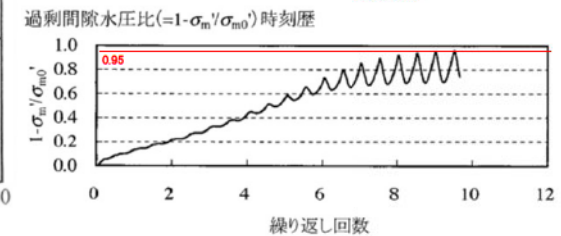


② 有効応力経路※1



③④ せん断ひずみ-繰返し回数関係※2

過剰間隙水圧比は95%を超過する。



① 過剰間隙水圧比-繰返し回数関係※2

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

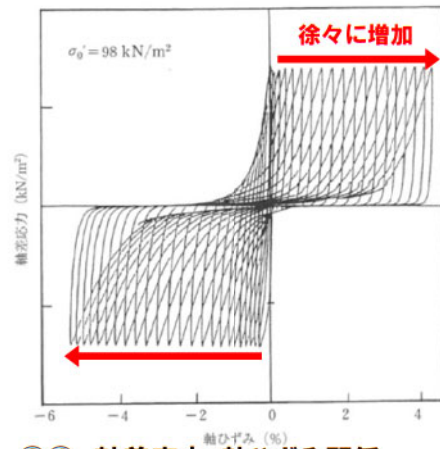
### 5.1 液状化強度試験結果の分類に対する基本的考え方 (4/6)

○ 繰返し軟化 (サイクリックモビリティ) に分類される文献の事例を示す。

試験結果		液状化の判断
① 間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化 (サイクリックモビリティ)
② 有効応力がゼロまで低下する。	○	
③ 液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
④ 正のダイレイタンシー特性により せん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	

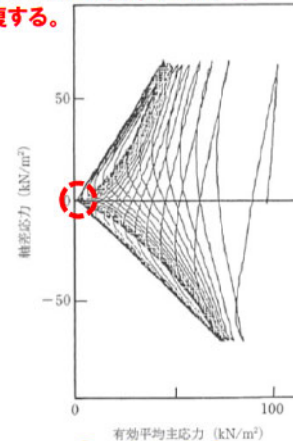
※1 地盤工学会 (2009) : 地盤材料試験の方法と解説

※2 井合 (2008) : サイクリックモビリティ, 地盤工学会誌

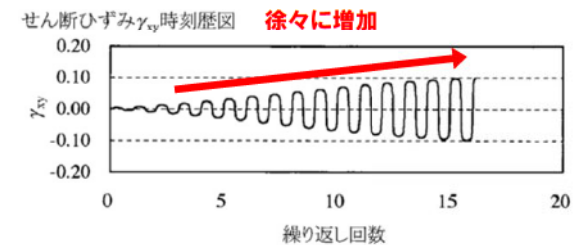


③④ 軸差応力-軸ひずみ関係

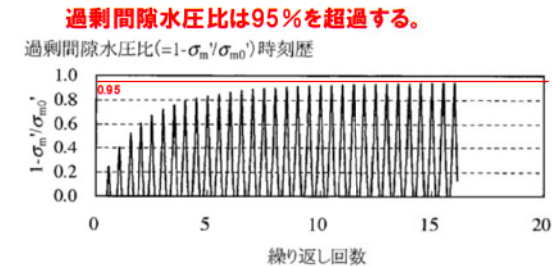
一時的に、ゼロまで低下するが、外力の増加とともに回復する。



② 有効応力経路



③④ せん断ひずみ-繰返し回数関係



① 過剰間隙水圧比-繰返し回数関係

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.1 液状化強度試験結果の分類に対する基本的考え方 (5/6)

- 参考文献に記載の液状化に関する内容を以下に示す。

#### 【土質工学用語辞典(1985)】

- 間隙水圧が上昇して有効応力が減少する結果、飽和砂質土がせん断強さを失うことを液状化という。

#### 【地盤工学会(2006)】

- 砂などの繰返し载荷において、有効拘束圧がゼロに近づいてから、载荷時にせん断剛性の回復、除荷時に有効応力の減少を繰返していくが、ひずみは有限の大きさとどまる現象をサイクリックモビリティといい、液状化とは区別して用いられることがある。

#### 【安田(1991)】

- 密詰め砂の場合には大ひずみは生じない。一時的に有効拘束圧が0になっても、その後にせん断力を加えると負の過剰間隙水圧が発生して有効拘束圧が増加(回復)し、有限の小さなひずみ振幅しか発生しない。この現象を“サイクリックモビリティ”と呼んで液状化と区別することもある。

#### 【石原(2017)】

- 間隙水圧は徐々に上昇しているが、最終的にこれが初期の拘束圧力 $\sigma'_0$ に等しくなっている時点が厳密な意味で液状化の発生ということになる。
- 砂質土は、その密度や細粒分の含有率によって同じ振幅の繰返し軸荷重を加えても、間隙水圧の上昇そして軸ひずみ発生の様相が多少変わってくる。
- 細粒分が多い場合、軸ひずみは増大しても間隙水圧は100%上昇しないことが多い。しかし、土は著しく軟化し、繰返し強度が低下しているため、実用上この場合も液状化とみなすことが多い。本来は“繰返し軟化”というべき

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

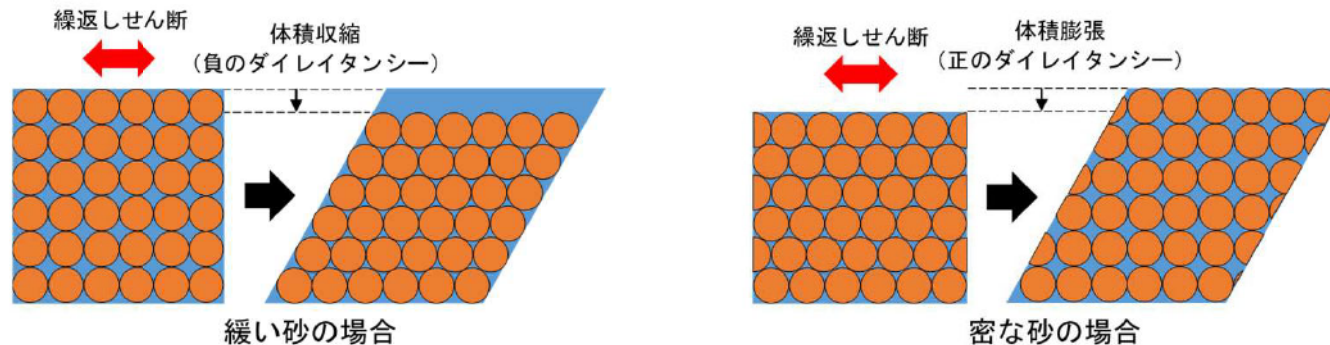
### 5.1 液状化強度試験結果の分類に対する基本的考え方 (6/6)

#### 【井合(2008)】

- サイクリックモビリティとは、密な砂地盤が繰返しせん断を受け、過剰間隙水圧の増加に伴って、せん断ひずみ振幅が徐々に増大する現象である。
- 地盤の液状化は、ゆるい砂地盤が繰返しせん断を受け、せん断振幅が増し、地盤全体が泥水状態となり、噴砂や噴水を伴うことが多いので、現象的にサイクリックモビリティとは異なる。

#### 【吉見(1991)】

- ゆるい砂の液状化と異なる点は、密な砂では、せん断ひずみがある限度を超えると、せん断によって体積が膨張しようとする傾向(正のダイレイタンス)が現れるので、非排水条件のもとでは、せん断ひずみが大きくなると間隙水圧が増加し、したがって有効応力が回復することである。
- 有効応力がゼロになるのは、せん断応力がゼロになる瞬間だけであり、せん断応力が作用している間は有効応力が存在するので、間隙水圧比が100%に達した後も、繰返しせん断に対して相当な剛性を保持する。
- 密な砂では、ゆるい砂で見られるような破局的なクイックサンドは起こらず、有限なひずみ振幅を持つせん断変形が繰り返されるにすぎない。

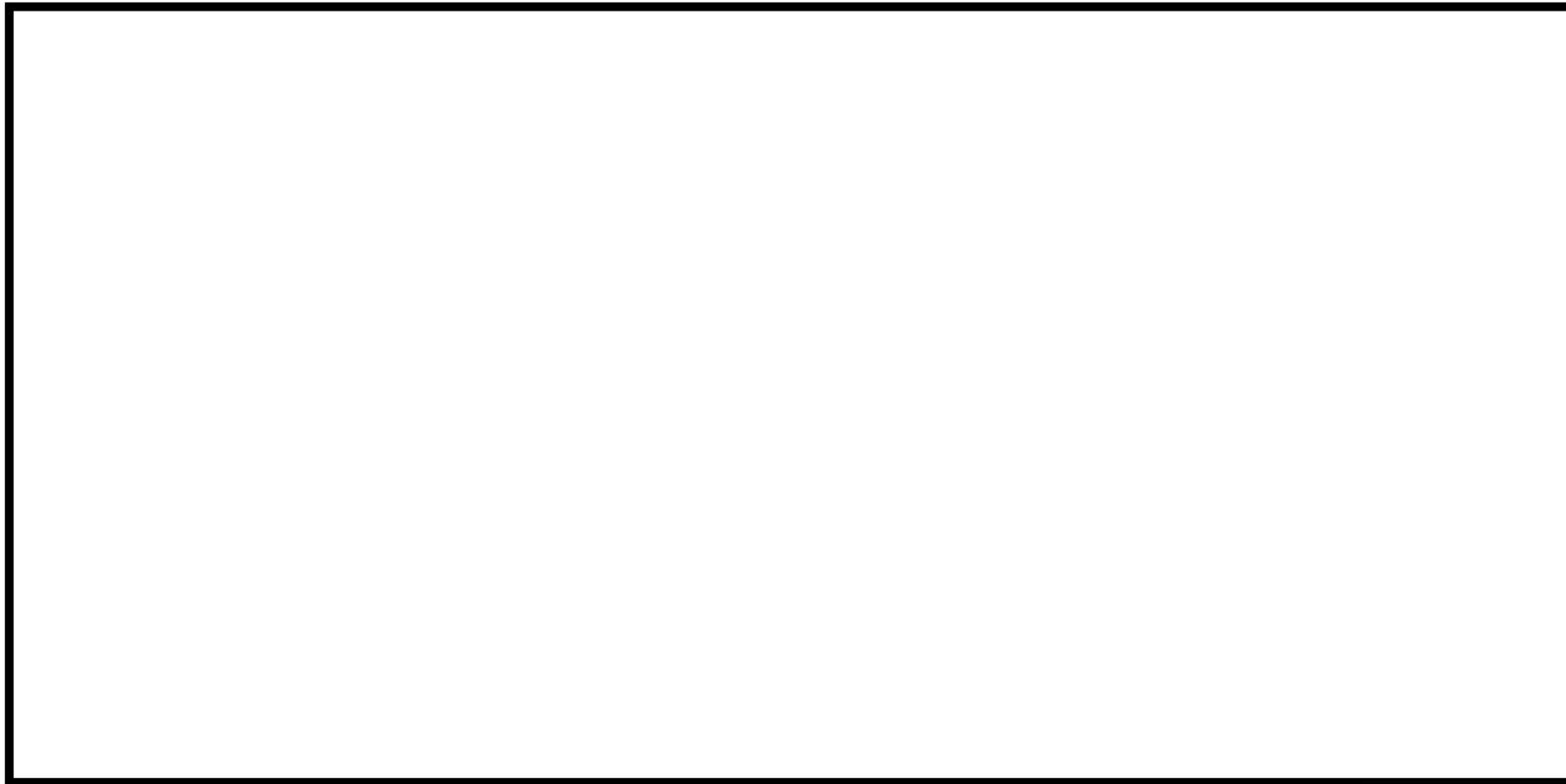


地盤のダイレイタンス特性の概要

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.2 液状化強度試験の試料採取位置 (1/2)

○ 試料採取位置は、埋戻土が分布する範囲を網羅する10地点 (1,2号埋戻土)と7地点 (3号埋戻土)を選定した。



調査位置

:枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.2 液状化強度試験の試料採取位置 (2/2)

○ 試料採取位置は、砂層が分布する範囲を網羅する7地点を選定した。



調査位置

:枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

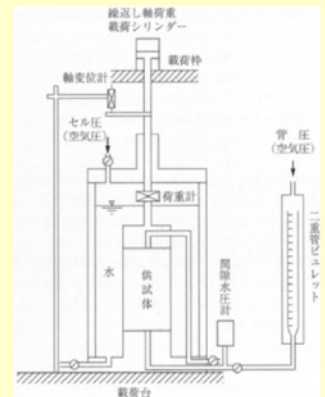
## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.3 液状化強度試験方法

○ 液状化強度試験方法を以下に示す。

#### 【埋戻土】

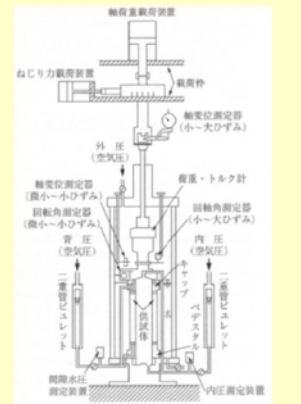
- 液状化強度試験方法：繰返し非排水三軸試験
- 試料採取方法：GPサンプリング
- 供試体寸法：①直径100mm, 高さ200mm ②直径300mm, 高さ600mm
- 載荷波形：正弦波 (0.1Hz)
- 圧密応力：200kPa (供試体採取深度の有効上載圧を考慮して設定)
- その他：地盤工学会 (2009) 地盤材料試験の方法と解説に基づき, 繰返し回数200回を上限として, 両振幅軸ひずみ10%に達するまで試験を実施。  
せん断応力比を0.200~0.908の間で設定。



繰返し非排水三軸試験装置

#### 【砂層】

- 液状化強度試験方法：繰返し非排水三軸試験, 中空円筒供試体による繰返しねじりせん断試験
- 試料採取方法：GPサンプリング, トリプルチューブサンプリング, 凍結サンプリング
- 供試体寸法：(三軸) 直径50mm, 高さ100mm (ねじり) 外径70mm, 内径30mm, 高さ100mm
- 載荷波形：正弦波 (0.1Hz, 0.2Hz)
- 圧密応力：190~450kPa (供試体採取深度の有効上載圧を考慮して設定)
- その他：地盤工学会 (2009) 地盤材料試験の方法と解説に基づき, 繰返し回数200回を上限として, 両振幅軸ひずみ10% (ねじりせん断試験は両振幅せん断ひずみ15%) に達するまで試験を実施。せん断応力比を0.152~0.686の間で設定。



繰返しねじりせん断試験装置

※GPサンプリング:ゲルブッシュ・サンプリングの略称である。従来の三重管サンブラーや水圧式サンブラーに高濃度ポリマー溶液を組み合わせるサンプリング方法である。マトリックスの流出を防ぎ、サンブラーの回転に伴う試料の乱れを抑制し、乱れの少ない試料を採取することができる。

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.4 液状化強度試験結果(1,2号埋戻土)(1/3)

○ 1,2号埋戻土の液状化強度試験結果を以下に示す。

試料番号		SW2-3 (φ100)				SW2-4 (φ100)			BF1-2 (φ100)			
サンプリング方法		GPサンプリング				GPサンプリング			GPサンプリング			
地表からの深度 (m)		9.90~11.15				3.03~4.45			10.45~11.25			
標高 T.P. (m)		0.5~-0.75				0.87~-0.55			-0.05~-0.85			
供試体No.		16	17	18	19	5	7	8	25	26	27	28
地盤材料の工学的分類		礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.681				2.741			2.706			
圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		200				200			200			
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_o$		0.608	0.836	0.727	0.501	0.759	0.615	0.823	0.726	0.508	0.618	0.574
繰返し 両振幅 軸ひずみの 回数	DA = 1%	12.9	0.4	0.9	6.0	2.0	9.0	0.7	1.5	19.8	2.0	3.5
	DA = 2%	27.7	0.9	2.5	13.8	12.9	28.8	3.0	5.0	39.4	4.5	8.0
	DA = 5%	42.6	3.5	9.0	38.1	32.6	55.2	12.9	12.7	77.1	9.5	16.8
	DA = 10%	—	7.5	18.9	98.7	33.8	67.7	26.0	20.6	98.9	12.8	23.6
	過剰間隙水圧比95% $N_{95}$	11.0	2.0	2.0	6.0	6.0	6.0	2.0	3.0	23.0	3.0	6.0

試料番号		RE-1 (φ100)	RE-2 (1) (φ100)	RE-2 (2) (φ100)			RE-2 (3) (φ100)			
サンプリング方法		GPサンプリング	GPサンプリング	GPサンプリング			GPサンプリング			
地表からの深度 (m)		17.35~17.55	4.80~5.00	8.73~10.73			10.73~11.73			
標高 T.P. (m)		-0.65~-0.85	5.30~5.10	1.37~-0.63			-0.63~-1.63			
供試体No.		25	6	9	13	14	15	16	17	18
地盤材料の工学的分類		礫質土	砂質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.652	2.781	2.704	2.667	2.717	2.725	2.740	2.738	2.735
圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		200	200	200			200			
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_o$		0.333	0.252	0.501	0.602	0.554	0.704	0.555	0.481	0.459
繰返し 両振幅 軸ひずみの 回数	DA = 1%	17.6	9.5	68.9	1.5	0.9	0.5	0.9	2.5	3.0
	DA = 2%	30.5	13.8	99.3	5.0	3.5	0.9	3.0	7.5	6.5
	DA = 5%	45.7	19.1	123.9	13.5	10.9	3.0	10.0	23.9	15.6
	DA = 10%	—	23.7	—	—	—	—	—	—	—
	過剰間隙水圧比95% $N_{95}$	22.0	19.0	38.0	4.0	2.0	2.0	3.0	6.0	5.0



## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.4 液状化強度試験結果(1,2号埋戻土)(2/3)

○ 1,2号埋戻土の液状化強度試験結果を以下に示す。

試料番号		RE-3 (1) (φ 100)				RE-3 (2) (φ 100)			RE-3 (3) (φ 100)				
サンプリング方法		GPサンプリング				GPサンプリング			GPサンプリング				
地表からの深度 (m)		2.80~4.23				4.40~5.70			7.45~15.56				
標高 T.P. (m)		7.00~5.57				5.40~4.10			2.35~-5.76				
供試体No.		3	5	1'	2'	6	7	8	9	11	14	18	
地盤材料の工学的分類		礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.706	2.688	2.708	2.698	2.703	2.765	2.756	2.750	2.709	2.717	2.728	
圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		200				200			200				
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_o$		0.503	0.428	0.401	0.383	0.401	0.502	0.451	0.413	0.502	0.381	0.352	
繰返し 載荷回数	軸 振 幅 の 幅	DA = 1%	1.0	0.9	4.0	2.0	18.7	1.0	1.5	2.0	0.7	0.8	3.5
		DA = 2%	3.0	2.5	10.0	4.5	45.5	4.0	3.5	5.0	1.5	2.0	7.5
		DA = 5%	5.5	5.5	26.4	8.5	75.9	11.1	9.5	14.7	3.5	4.5	18.7
		DA = 10%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	過剰間隙水圧比95% $N_{95}$	4.0	2.0	10.0	4.0	—	—	—	—	—	5.0	6.0	

□: 試験結果を例示したケース

試料番号		RE-4 (φ 100)	RE-5 (1) (φ 100)		RE-5 (2) (φ 100)			RE-5 (3) (φ 100)					
サンプリング方法		GPサンプリング	GPサンプリング		GPサンプリング			GPサンプリング					
地表からの深度 (m)		9.75~9.95	3.03~3.43		3.43~10.05			4.15~6.60					
標高 T.P. (m)		0.55~0.35	0.47~0.07		0.07~-6.55			-0.65~-3.1					
供試体No.		17	6	7	8	9	18	20	10	13	16	17	
地盤材料の工学的分類		礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.691	2.787	2.791	2.665	2.670	2.728	2.748	2.663	2.677	2.792	2.785	
圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		200	200		200			200					
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_o$		0.705	0.702	0.908	0.349	0.503	0.653	0.756	0.402	0.553	0.450	0.433	
繰返し 載荷回数	軸 振 幅 の 幅	DA = 1%	1.5	11.8	0.5	25.7	9.5	0.9	0.2	10.5	0.8	2.0	2.0
		DA = 2%	7.5	49.8	1.5	39.8	27.7	4.0	0.4	27.2	2.5	5.0	4.5
		DA = 5%	19.8	99.0	5.5	56.7	53.6	18.6	1.0	67.1	8.5	12.8	11.3
		DA = 10%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	過剰間隙水圧比95% $N_{95}$	5.0	—	2.0	35.0	48.0	1.0	1.0	15.0	3.0	3.0	4.0	

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.4 液状化強度試験結果(1,2号埋戻土)(3/3)

○ 1,2号埋戻土の液状化強度試験結果を以下に示す。

試料番号		RE-6 (φ 100)				SH-1 (1) (φ 300)				SH-1 (2) (φ 300)			
サンプリング方法		GPサンプリング				GPサンプリング				GPサンプリング			
地表からの深度 (m)		7.50~14.15				1.55~2.15				2.90~3.55			
標高 T.P. (m)		-4.00~-10.65				2.25~1.65				0.90~0.25			
供試体No.		16	17	18	20	1-1	1-4	1-5	1-6	2-2	2-3	2-4	2-6
地盤材料の工学的分類		礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	砂質土	砂質土	砂質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.751	2.639	2.618	2.724	2.745	2.761	2.760	2.736	2.725	2.711	2.716	2.712
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		200				200				200			
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_c$		0.404	0.503	0.374	0.361	0.311	0.235	0.200	0.212	0.311	0.359	0.440	0.328
繰返し 両振幅 軸ひずみの 載荷回数	DA = 1%	3.5	0.5	2.5	2.0	2.0	9.0	61.9	45.9	8.0	15.9	6.0	23.6
	DA = 2%	10.0	1.5	5.5	5.0	3.5	11.0	69.7	52.7	11.6	22.8	11.6	29.2
	DA = 5%	26.2	4.5	12.6	14.0	5.5	14.0	76.0	59.2	16.6	28.9	16.8	34.8
	DA = 10%	45.0	9.5	20.6	24.6	6.5	16.8	80.9	64.9	19.8	—	—	37.9
	過剰間隙水圧比95% $N_{95}$	10.0	2.0	5.0	6.0	—	—	64.0	55.0	15.0	22.0	—	28.0
試料番号		SH-1 (3) (φ 300)											
サンプリング方法		GPサンプリング											
地表からの深度 (m)		4.40~5.00											
標高 T.P. (m)		-0.6~-1.2											
供試体No.		3-2	3-3	3-4	3-5								
地盤材料の工学的分類		礫質土	礫質土	礫質土	礫質土								
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.750	2.757	2.744	2.774								
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		200											
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_c$		0.358	0.423	0.490	0.328								
繰返し 両振幅 軸ひずみの 載荷回数	DA = 1%	10.9	4.0	1.5	14.9								
	DA = 2%	21.1	10.0	5.5	24.5								
	DA = 5%	40.1	21.7	15.3	39.6								
	DA = 10%	60.7	—	27.9	61.8								
	過剰間隙水圧比95% $N_{95}$	19.0	12.0	—	23.0								

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.4 液状化強度試験結果 (3号埋戻土)

○ 3号埋戻土の液状化強度試験結果を以下に示す。

試料番号		SW2-1 (φ100)				BF3-1 (φ100)	BF3-2 (φ100)		RE-7 (φ100)	RE-8 (φ100)			
サンプリング方法		GPサンプリング				GPサンプリング	GPサンプリング		GPサンプリング	GPサンプリング			
地表からの深度 (m)		10.05~11.30				8.60~8.80	18.65~19.05		8.05~8.25	9.78~10.48			
標高 T.P. (m)		-0.35~-1.60				1.20~1.00	-1.95~-2.35		2.05~1.85	-0.08~-0.78			
供試体No.		12	13	14	15	11	21	22	21	19'	20'	21'	
地盤材料の工学的分類		礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	砂質土	礫質土	礫質土	礫質土	
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.761				2.779	2.688		2.947	2.681	2.659	2.700	
圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		200				200	200		200	200			
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$		0.757	0.651	0.542	0.435	0.785	0.670	0.651	0.336	0.500	0.399	0.376	
繰返し 載荷回数	軸 ひずみの 両振幅	DA = 1%	1.0	0.9	3.5	48.8	0.4	1.5	4.5	5.5	0.9	3.0	4.0
		DA = 2%	5.5	4.0	8.5	65.7	0.9	9.5	14.8	10.7	3.0	7.5	9.0
		DA = 5%	15.0	14.6	22.7	104.9	6.5	19.2	32.8	17.3	8.0	19.6	20.7
		DA = 10%	28.7	42.8	44.8	—	13.7	25.4	55.5	21.8	—	—	—
	過剰間隙水圧比95% $N_{u95}$	4.0	9.0	8.0	67.0	2.0	17.0	30.0	11.0	5.0	5.0	9.0	

□: 試験結果を例示したケース

試料番号		RE-8'' (1) (φ100)				RE-8'' (2) (φ100)				SH-2 (φ300)				
サンプリング方法		GPサンプリング				GPサンプリング				GPサンプリング				
地表からの深度 (m)		11.12~11.80				12.25~13.45				4.77~8.40				
標高 T.P. (m)		-1.32~-2.00				-2.45~-3.65				4.98~1.30				
供試体No.		3	4	1'	3'	5	6	4'	5'	1-5	1-6	3-1	3-4	
地盤材料の工学的分類		礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	礫質土	
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.633	2.651	2.628	2.626	2.633	2.654	2.622	2.655	2.738	2.751	2.683	2.675	
圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		200				200				200				
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$		0.401	0.351	0.374	0.454	0.400	0.502	0.602	0.706	0.438	0.485	0.526	0.359	
繰返し 載荷回数	軸 ひずみの 両振幅	DA = 1%	1.5	2.0	3.5	1.5	9.5	2.0	0.8	0.7	11.8	13.7	0.6	49.6
		DA = 2%	5.0	10.0	8.5	6.5	42.8	10.5	3.0	2.0	16.6	17.7	2.0	57.0
		DA = 5%	12.8	49.6	17.9	27.5	150.4	39.2	15.1	8.5	21.0	21.9	6.0	67.0
		DA = 10%	22.0	82.8	33.2	50.8	—	74.9	36.9	—	—	24.9	—	—
	過剰間隙水圧比95% $N_{u95}$	8.0	5.0	8.0	7.0	18.0	6.0	3.0	2.0	22.0	20.0	—	52.0	

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.4 液状化強度試験結果 (As1層) (1/5)

○ As1層の液状化強度試験結果を以下に示す。

試料番号		SW-4-1 (φ50)		SW-4-7 (φ50)		SW-4-10 (φ50)				SW-6-5 (φ50)			
サンプリング方法		トリプルチューブサンプリング		トリプルチューブサンプリング		トリプルチューブサンプリング				トリプルチューブサンプリング			
地表からの深度 (m)		21.90~22.80		27.65~28.65		30.65~31.65				25.70~26.70			
標高 T.P. (m)		-12.20~-13.10		-17.95~-18.95		-20.95~-21.95				-16.00~-17.00			
供試体No.		2	4	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.719		2.754		2.789				2.749			
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		310		370		400				350			
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_c$		0.292	0.243	0.188	0.233	0.250	0.226	0.182	0.202	0.257	0.213	0.192	0.171
繰返し 両振幅 軸ひずみの 回数	DA = 1%	0.9	17.0	40.7	0.4	2.5	1.5	41.7	27.7	0.8	10.8	19.7	66.8
	DA = 2%	2.0	28.8	44.9	0.9	4.0	2.5	48.7	33.0	2.0	13.6	21.6	70.7
	DA = 5%	4.5	40.9	50.9	4.0	6.0	4.0	55.5	39.7	5.0	18.9	24.7	76.8
	DA = 10%	7.5	43.9	57.1	10.3	8.5	6.0	59.7	43.5	11.6	35.6	28.9	90.3
	過剰間隙水圧比95% $N_{u95}$	5.0	37.0	49.0	4.0	6.0	4.0	52.0	33.0	5.0	17.0	24.0	73.0

試料番号		SW-6-6 (φ50)				SW-6-7 (φ50)			
サンプリング方法		トリプルチューブサンプリング				トリプルチューブサンプリング			
地表からの深度 (m)		26.70~27.70				27.70~28.70			
標高 T.P. (m)		-17.00~-18.00				-18.00~-19.00			
供試体No.		1	2	3	4	1	2	3	4
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.743				2.744			
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		360				370			
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_c$		0.256	0.213	0.160	0.182	0.255	0.212	0.160	0.187
繰返し 両振幅 軸ひずみの 回数	DA = 1%	1.5	4.5	125.9	22.9	0.6	5.5	48.6	24.5
	DA = 2%	3.0	5.5	131.9	25.5	1.5	7.5	53.5	27.8
	DA = 5%	5.5	8.0	138.7	28.8	2.5	10.6	58.8	33.6
	DA = 10%	10.0	10.5	144.7	31.5	4.0	13.8	63.7	40.9
	過剰間隙水圧比95% $N_{u95}$	5.0	7.0	135.0	27.0	3.0	10.0	55.0	31.0

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.4 液状化強度試験結果 (As1層) (2/5)

○ As1層の液状化強度試験結果を以下に示す。

試料番号		SW-7-10 (φ50)				SW2-4(2) (φ50)				SW2-4(4) (φ50)	
サンプリング方法		トリプルチューブサンプリング				GPサンプリング				GPサンプリング	
地表からの深度 (m)		32.00~33.00				22.15~22.55				26.63~26.73	
標高 T.P. (m)		-22.20~-23.20				-18.25~-18.65				-22.73~-22.83	
供試体No.		1	2	3	4	37	38	39	40	55	
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.718				2.704				2.738	
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		410				260				300	
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_c$		0.236	0.196	0.218	0.171	0.295	0.264	0.232	0.250	0.220	
繰返し 両振幅 軸ひずみの 回数	DA = 1%	0.7	13.6	3.0	144.7	3.0	2.0	55.6	18.0	8.5	
	DA = 2%	1.5	16.6	4.5	153.8	5.0	4.0	70.6	24.3	10.8	
	DA = 5%	3.0	21.0	8.5	166.0	10.9	15.4	90.6	43.0	14.6	
	DA = 10%	5.0	27.7	17.5	179.6	11.6	69.9	90.7	48.6	18.6	
	過剰間隙水圧比95% $N_{u95}$	3.0	19.0	7.0	157.0	6.0	9.0	64.0	27.0	14.0	

試料番号		FS-1-② (1) 三軸 (φ50)				FS-1-② (2) 三軸 (φ50)				FS-1-② (3) 三軸 (φ50)			
サンプリング方法		凍結サンプリング				凍結サンプリング				凍結サンプリング			
地表からの深度 (m)		18.21~18.41				18.36~18.56				18.51~18.71			
標高 T.P. (m)		-14.41~-14.61				-14.56~-14.76				-14.71~-14.91			
供試体No.		1-7	2-6	3-6	4-6	1-8	2-7	3-7	4-7	1-9	2-8	3-8	4-8
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.669	2.681	2.692	2.658	2.687	2.687	2.653	2.662	2.626	2.640	2.686	2.659
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		190				190				190			
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_c$		0.251	0.216	0.298	0.391	0.253	0.301	0.447	0.348	0.455	0.254	0.358	0.549
繰返し 両振幅 軸ひずみの 回数	DA = 1%	5.5	39.0	1.5	0.5	9.5	3.5	0.3	1.5	0.3	20.0	1.5	0.3
	DA = 2%	8.5	45.0	3.0	1.5	14.0	7.5	0.7	3.0	0.6	27.0	4.5	0.7
	DA = 5%	14.0	56.0	6.0	4.5	28.0	15.0	2.5	8.0	2.0	40.0	13.0	3.0
	DA = 10%	24.0	62.0	11.0	7.5	41.0	25.0	4.5	13.0	4.5	61.0	17.0	6.5
	過剰間隙水圧比95% $N_{u95}$	15.0	52.0	8.5	-	25.0	15.0	-	11.0	-	37.0	-	-

□: 試験結果を例示したケース

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.4 液状化強度試験結果 (As1層) (3/5)

○ As1層の液状化強度試験結果を以下に示す。

試料番号		FS-1-② (A-1) 三軸 (φ 50)				FS-1-② (A-2) 三軸 (φ 50)				FS-1-④ (A-2) 三軸 (φ 50)			
サンプリング方法		凍結サンプリング				凍結サンプリング				凍結サンプリング			
地表からの深度 (m)		19.95~20.21				20.20~20.42				26.85~27.11			
標高 T.P. (m)		-16.15~-16.41				-16.4~-16.62				-23.05~-23.31			
供試体No.		2-13	3-14	1-15	4-14	2-14	3-15	4-15	1-16	4-41	1-38	3-40	2-40
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.670	2.677	2.689	2.659	2.675	2.674	2.652	2.670	2.713	2.720	2.724	2.720
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		190				190				250			
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_o$		0.254	0.203	0.229	0.173	0.251	0.304	0.347	0.277	0.462	0.375	0.308	0.206
繰返し 両振幅 軸ひずみの 回数	DA = 1%	4.0	26.0	6.0	813.0	21.0	4.0	0.4	5.0	0.1	0.4	0.8	0.8
	DA = 2%	5.5	30.0	9.0	823.0	29.0	8.0	0.8	9.0	0.2	0.7	2.0	4.0
	DA = 5%	10.0	38.0	14.0	835.0	44.0	17.0	4.0	17.0	0.6	4.0	4.0	11.0
	DA = 10%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	過剰間隙水圧比95% $N_{u95}$	9.0	35.0	13.0	827.0	37.0	14.0	4.0	14.0	—	—	—	9.0

試料番号		FS-1-② (1) 中空 (φ 70)				FS-1-② (2) 中空 (φ 70)				FS-1-② (3) 中空 (φ 70)			
サンプリング方法		凍結サンプリング				凍結サンプリング				凍結サンプリング			
地表からの深度 (m)		18.70~19.26				18.81~19.01				18.96~19.20			
標高 T.P. (m)		-14.90~-15.46				-15.01~-15.21				-15.16~15.40			
供試体No.		4-12	1-10	2-9	3-9	4-10	1-11	2-10	3-10	4-11	1-12	3-11	2-11
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.652	2.671	2.688	2.705	2.684	2.694	2.662	2.658	2.682	2.746	2.689	2.676
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		190				190				190			
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_o$		0.354	0.505	0.302	0.404	0.352	0.304	0.231	0.277	0.281	0.352	0.251	0.316
繰返し 両振幅 軸ひずみの 回数	DA = 1%	1.5	0.6	69.0	1.5	2.5	6.5	173.0	14.0	13.0	2.0	29.0	3.5
	DA = 2%	3.0	1.5	77.0	2.5	6.0	8.5	181.0	17.0	16.0	3.0	33.0	5.0
	DA = 5%	5.5	3.5	90.0	8.5	12.0	16.0	191.0	27.0	22.0	6.0	40.0	8.5
	DA = 10%	11.0	11.0	112.0	26.0	22.0	32.0	205.0	48.0	32.0	13.0	54.0	15.0
	過剰間隙水圧比95% $N_{u95}$	6.0	5.0	87.0	7.0	10.0	13.0	186.0	22.0	20.0	6.0	37.0	8.0

□: 試験結果を例示したケース

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.4 液状化強度試験結果 (As1層) (4/5)

○ As1層の液状化強度試験結果を以下に示す。

試料番号		FS-1-④ (1) 中空 (φ70)				FS-1-④ (2) 中空 (φ70)				FS-1-④ (3) 中空 (φ70)				
サンプリング方法		凍結サンプリング				凍結サンプリング				凍結サンプリング				
地表からの深度 (m)		26.06~26.36				26.21~26.51				26.44~26.68				
標高 T.P. (m)		-22.26~-22.56				-22.41~-22.71				-22.64~-22.88				
供試体No.		2-36	1-34	4-37	3-36	2-37	1-35	4-38	3-37	1-36	4-39	3-38	2-38	
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.647	2.706	2.724	2.680	2.674	2.684	2.695	2.730	2.678	2.706	2.719	2.696	
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		250				250				250				
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_c$		0.301	0.390	0.346	0.323	0.354	0.428	0.392	0.369	0.296	0.445	0.252	0.191	
繰返し載荷回数	軸ひすみの両振幅	DA = 1%	117.0	1.0	4.0	4.5	46.0	0.2	3.0	4.0	4.0	0.2	10.0	272.0
		DA = 2%	132.0	2.5	6.5	7.0	62.0	0.6	5.0	7.0	5.0	0.4	13.0	279.0
		DA = 5%	151.0	4.0	10.0	12.0	92.0	1.5	8.0	15.0	7.0	1.0	15.0	284.0
		DA = 10%	175.0	6.5	15.0	20.0	136.0	3.5	12.0	33.0	9.0	2.0	18.0	288.0
	過剰間隙水圧比95% $N_{u95}$	147.0	5.0	11.0	12.0	87.0	3.0	10.0	16.0	8.0	-	15.0	282.0	

試料番号		FS-2-③ (1) 三軸 (φ50)				FS-2-③ (2) 三軸 (φ50)				FS-2-③ (3) 三軸 (φ50)				
サンプリング方法		凍結サンプリング				凍結サンプリング				凍結サンプリング				
地表からの深度 (m)		22.19~22.46				22.39~22.70				22.59~22.90				
標高 T.P. (m)		-12.39~-12.66				-12.59~-12.90				-12.79~-13.10				
供試体No.		1-7	2-5	3-5	4-8	1-8	2-6	4-9	3-6	1-9	2-7	4-10	3-7	
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.710	2.723	2.711	2.702	2.675	2.689	2.675	2.695	2.682	2.688	2.702	2.694	
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		330				330				330				
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_c$		0.301	0.252	0.197	0.227	0.251	0.153	0.202	0.223	0.250	0.202	0.152	0.177	
繰返し載荷回数	軸ひすみの両振幅	DA = 1%	0.5	10.0	35.0	8.0	2.0	1062.0	15.0	14.0	2.0	10.0	87.0	37.0
		DA = 2%	1.0	13.0	38.0	11.0	3.0	1071.0	18.0	17.0	2.5	12.0	90.0	40.0
		DA = 5%	4.0	18.0	44.0	15.0	7.0	1088.0	24.0	23.0	4.0	15.0	94.0	44.0
		DA = 10%	8.0	23.0	53.0	21.0	14.0	1104.0	30.0	27.0	7.0	18.0	101.0	53.0
	過剰間隙水圧比95% $N_{u95}$	4.0	15.0	39.0	12.0	6.0	1073.0	20.0	20.0	4.0	13.0	90.0	41.0	

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.4 液状化強度試験結果 (As1層) (5/5)

○ As1層の液状化強度試験結果を以下に示す。

試料番号		FS-2-③ (1) 中空 (φ70)				FS-2-⑤ (1) 中空 (φ70)				FS-2-⑤ (2) 中空 (φ70)				
サンプリング方法		凍結サンプリング				凍結サンプリング				凍結サンプリング				
地表からの深度 (m)		24.42~24.95				27.98~28.23				28.13~28.48				
標高 T.P. (m)		-14.62~-15.15				-18.18~-18.43				-18.33~-18.68				
供試体No.		1-16	1-15	4-16	3-13	4-32	3-30	2-31	1-32	4-33	3-31	1-33	2-33	
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.749	2.735	2.720	2.755	2.698	2.741	2.719	2.737	2.750	2.695	2.737	2.736	
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		330				380				380				
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_c$		0.351	0.301	0.254	0.277	0.300	0.251	0.278	0.402	0.257	0.354	0.303	0.274	
繰返し 載荷回数	軸 ひずみの 両振幅	DA = 1%	6.0	8.0	25.0	58.0	6.5	42.0	44.0	0.6	79.0	2.5	2.0	43.0
		DA = 2%	8.5	11.0	29.0	68.0	8.5	52.0	50.0	1.5	84.0	4.0	3.0	45.0
		DA = 5%	14.0	17.0	35.0	84.0	13.0	73.0	59.0	3.0	89.0	8.0	5.0	48.0
		DA = 10%	26.0	30.0	44.0	116.0	18.0	118.0	68.0	5.0	94.0	18.0	6.5	50.0
	過剰間隙水圧比95% $N_{u95}$		16.0	17.0	34.0	80.0	14.0	66.0	58.0	4.0	90.0	10.0	6.0	49.0



## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.4 液状化強度試験結果 (As2層) (1/6)

○ As2層の液状化強度試験結果を以下に示す。

試料番号		SW-6-2 (φ 50)			SW2-1 (T5) (φ 50)			SW2-4 (1) (φ 50)		SW2-4 (3) (φ 50)		
サンプリング方法		GPサンプリング			トリプルチューブサンプリング			GPサンプリング		GPサンプリング		
地表からの深度 (m)		23.40~24.40			36.00~37.00			18.15~18.35		23.05~24.03		
標高 T.P. (m)		-13.70~-14.70			-26.30~-27.30			-14.25~-14.45		-19.15~-20.13		
供試体No.		2	3	4	1	2	3	20	21	42	43	44
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.729			2.794			2.746		2.728		
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		330			450			220		260		
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_c$		0.214	0.285	0.186	0.294	0.318	0.234	0.309	0.277	0.332	0.297	0.316
繰返し 両振幅 軸ひずみの 回数	DA = 1%	16.6	1.5	25.0	0.8	0.9	30.7	4.5	6.5	0.8	5.0	5.0
	DA = 2%	19.9	2.5	28.7	3.5	5.0	42.8	8.0	10.0	2.5	18.4	13.0
	DA = 5%	25.8	4.5	35.1	12.9	22.9	49.6	17.6	17.5	6.0	74.2	29.7
	DA = 10%	—	6.5	46.2	—	57.6	49.7	—	26.7	11.5	—	39.6
	過剰間隙水圧比95% $N_{u95}$	21.0	4.0	31.0	8.0	11.0	50.0	10.0	12.0	5.0	46.0	17.0

試料番号		FS-1-③ (1) 三軸 (φ 50)		FS-1-③ (2) 三軸 (φ 50)		FS-1-③ (3) 三軸 (φ 50)	
サンプリング方法		凍結サンプリング		凍結サンプリング		凍結サンプリング	
地表からの深度 (m)		21.99~22.44		22.47~22.70		22.62~22.85	
標高 T.P. (m)		-18.29~-18.74		-18.44~-19.00		-18.92~-19.15	
供試体No.		1-18	3-17	1-19	2-18	1-20	2-19
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.692	2.694	2.681	2.678	2.682	2.668
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		220		220		220	
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_c$		0.551	0.453	0.437	0.356	0.376	0.340
繰返し 両振幅 軸ひずみの 回数	DA = 1%	0.6	0.6	0.6	7.0	0.6	0.6
	DA = 2%	0.6	0.7	0.6	21.0	0.7	0.6
	DA = 5%	0.8	10.0	0.8	56.0	6.0	0.7
	DA = 10%	6.0	16.0	7.0	62.0	21.0	3.0
	過剰間隙水圧比95% $N_{u95}$	—	—	4.0	49.0	8.0	2.0

□: 試験結果を例示したケース

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.4 液状化強度試験結果 (As2層) (2/6)

○ As2層の液状化強度試験結果を以下に示す。

試料番号		FS-1-④ (1) 三軸 (φ50)				FS-1-④ (2) 三軸 (φ50)				FS-1-④ (3) 三軸 (φ50)		
サンプリング方法		凍結サンプリング				凍結サンプリング				凍結サンプリング		
地表からの深度 (m)		25.12~25.49				25.27~25.64				25.42~25.79		
標高 T.P. (m)		-21.42~-21.79				-21.57~-21.94				-21.72~-22.09		
供試体No.		1-30	2-32	3-31	4-32	1-31	2-33	3-32	4-33	1-32	3-33	
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.712	2.690	2.718	2.712	2.701	2.708	2.697	2.786	2.764	2.690	
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		250				250				250		
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_o$		0.405	0.454	0.376	0.502	0.409	0.306	0.562	0.351	0.353	0.402	
繰返し 載荷回数	軸 ひずみの 両 振幅	DA = 1%	1.0	0.5	0.8	0.1	0.4	34.0	0.1	0.6	2.5	0.3
		DA = 2%	8.5	0.9	4.5	0.3	0.8	50.0	0.3	1.5	8.5	0.6
		DA = 5%	28.0	4.5	17.0	0.7	3.5	71.0	0.7	8.5	20.0	2.0
		DA = 10%	31.0	11.0	34.0	2.5	5.5	96.0	2.0	20.0	38.0	5.0
	過剰間隙水圧比95% $N_{u95}$	—	—	20.0	2.5	—	63.0	2.5	8.5	20.0	4.0	

試料番号		FS-1-③ (A-1) 三軸 (φ50)		FS-1-④ (A-1) 三軸 (φ50)						
サンプリング方法		凍結サンプリング		凍結サンプリング						
地表からの深度 (m)		22.06~22.55		24.34~24.95						
標高 T.P. (m)		-18.36~-18.85		-20.64~-21.25						
供試体No.		2-17	1-17	3-28	4-27	1-25	2-27	4-30	4-29	
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.670	2.659	2.696	2.750	2.719	2.726	2.729	2.723	
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		220		250						
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_o$		0.467	0.522	0.307	0.350	0.413	0.513	0.407	0.459	
繰返し 載荷回数	軸 ひずみの 両 振幅	DA = 1%	0.5	0.3	0.7	0.7	0.7	0.8	0.4	0.4
		DA = 2%	1.0	0.6	5.0	8.0	10.0	10.0	0.8	0.8
		DA = 5%	10.0	6.0	21.0	24.0	56.0	44.0	5.0	6.0
		DA = 10%	—	—	—	—	—	—	—	—
	過剰間隙水圧比95% $N_{u95}$	—	—	18.0	19.0	51.0	43.0	—	—	

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.4 液状化強度試験結果 (As2層) (3/6)

○ As2層の液状化強度試験結果を以下に示す。

試料番号		FS-1-③ (1) 中空 (φ70)				FS-1-③ (2) 中空 (φ70)				FS-1-③ (3) 中空 (φ70)				
サンプリング方法		凍結サンプリング				凍結サンプリング				凍結サンプリング				
地表からの深度 (m)		23.06~23.36				23.29~23.81				23.70~23.96				
標高 T.P. (m)		-19.36~-19.66				-19.59~-20.11				-20.00~-20.26				
供試体No.		4-22	2-21	3-21	2-20	3-23	2-22	3-22	2-24	4-23	1-21	3-25	2-25	
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.751	2.715	2.716	2.718	2.737	2.746	2.724	2.737	2.742	2.750	2.741	2.730	
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		220				220				220				
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_o$		0.497	0.593	0.396	0.351	0.542	0.326	0.403	0.445	0.494	0.597	0.551	0.686	
繰返し 載荷回数	軸 ひずみの 両振幅	DA = 1%	3.0	0.7	4.0	60.0	0.6	81.0	4.0	1.5	8.5	0.6	2.0	0.2
		DA = 2%	8.0	2.0	8.5	75.0	2.0	97.0	8.0	4.0	23.0	1.5	8.0	0.6
		DA = 5%	21.0	8.5	22.0	97.0	13.0	123.0	17.0	10.0	60.0	17.0	48.0	2.0
		DA = 10%	52.0	24.0	48.0	130.0	99.0	199.0	32.0	26.0	—	91.0	142.0	4.5
	過剰間隙水圧比95% $N_{u95}$		26.0	16.0	22.0	95.0	23.0	120.0	18.0	13.0	61.0	30.0	56.0	4.0

試料番号		FS-2-④ (1) 三軸 (φ50)		FS-2-④ (2) 三軸 (φ50)			FS-2-④ (3) 三軸 (φ50)		
サンプリング方法		凍結サンプリング		凍結サンプリング			凍結サンプリング		
地表からの深度 (m)		26.53~26.75		26.65~26.90			26.98~27.13		
標高 T.P. (m)		-16.73~-16.95		-16.85~-17.10			-17.18~-17.33		
供試体No.		1-23	3-21	1-24	2-23	3-22	4-26		
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.728	2.733	2.790	2.930	2.911	3.007		
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		360		360			360		
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_o$		0.203	0.507	0.512	0.402	0.653	0.599		
繰返し 載荷回数	軸 ひずみの 両振幅	DA = 1%	147.0	0.4	0.4	0.3	0.2	0.7	
		DA = 2%	154.0	0.8	0.8	0.7	0.5	3.5	
		DA = 5%	164.0	9.5	6.0	8.5	3.5	32.0	
		DA = 10%	168.0	11.0	12.0	17.0	4.5	44.0	
	過剰間隙水圧比95% $N_{u95}$		161.0	—	12.0	12.0	—	38.0	

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.4 液状化強度試験結果 (As2層) (4/6)

○ As2層の液状化強度試験結果を以下に示す。

試料番号		FS-2-⑥ (1) 三軸 (φ50)		FS-2-⑥ (2) 三軸 (φ50)			FS-2-⑥ (3) 三軸 (φ50)			
サンプリング方法		凍結サンプリング		凍結サンプリング			凍結サンプリング			
地表からの深度 (m)		30.43~30.60		30.58~30.90			30.73~31.05			
標高 T.P. (m)		-20.63~-20.80		-20.78~-21.10			-20.93~-21.25			
供試体No.		1-47	3-43	1-48	3-44	3-45	1-49	3-46	4-48	
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.813	2.750	2.836	2.767	2.730	2.702	2.721	2.691	
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		400		400			400			
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_c$		0.255	0.353	0.377	0.612	0.454	0.255	0.605	0.451	
繰返し 載荷回数	軸 ひずみの 両振幅	DA = 1%	8.5	0.6	0.6	0.3	0.2	3.5	0.2	0.4
		DA = 2%	40.0	2.5	3.5	0.6	0.4	5.5	0.5	0.8
		DA = 5%	170.0	18.0	30.0	4.5	0.6	10.0	2.5	11.0
		DA = 10%	—	20.0	36.0	11.0	4.0	14.0	7.0	13.0
	過剰間隙水圧比95% $N_{u95}$		108.0	—	—	9.5	—	12.0	—	—

試料番号		FS-2-④ (A-1) 三軸 (φ50)			FS-2-⑤ (A-1) 三軸 (φ50)			FS-2-⑥ (A-1) 三軸 (φ50)			
サンプリング方法		凍結サンプリング			凍結サンプリング			凍結サンプリング			
地表からの深度 (m)		26.98~27.23			28.83~29.13			31.35~31.62			
標高 T.P. (m)		-17.18~-17.43			-19.03~19.33			-21.55~-21.82			
供試体No.		1-26	3-24	2-25	1-37	3-35	4-38	4-50	1-53	3-48	
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.826	2.793	2.739	2.748	2.760	2.689	2.750	2.692	2.806	
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		360			380			400			
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_c$		0.511	0.414	0.462	0.461	0.307	0.262	0.411	0.356	0.336	
繰返し 載荷回数	軸 ひずみの 両振幅	DA = 1%	0.4	0.8	0.5	0.6	0.9	127.0	0.3	0.3	0.3
		DA = 2%	0.9	12.0	3.0	3.0	5.0	166.0	0.6	0.5	0.7
		DA = 5%	7.0	29.0	21.0	15.0	15.0	208.0	4.0	4.0	6.0
		DA = 10%	—	—	—	—	—	208.0	—	—	—
	過剰間隙水圧比95% $N_{u95}$		—	—	—	—	15.0	—	—	—	—

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.4 液状化強度試験結果 (As2層) (5/6)

○ As2層の液状化強度試験結果を以下に示す。

試料番号		FS-2-④ (1) 中空 (φ70)				FS-2-④ (2) 中空 (φ70)				FS-2-④ (3) 中空 (φ70)			
サンプリング方法		凍結サンプリング				凍結サンプリング				凍結サンプリング			
地表からの深度 (m)		26.01~26.23				26.16~26.45				25.90~26.60			
標高 T.P. (m)		-16.21~-16.43				-16.36~-16.65				-16.10~-16.80			
供試体No.		4-21	2-19	3-18	1-20	4-22	2-20	1-21	3-19	2-21	3-17	4-23	3-20
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.708	2.723	2.743	2.713	2.736	2.717	2.746	2.707	2.732	2.696	2.710	2.715
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		360				360				360			
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_c$		0.503	0.415	0.457	0.353	0.454	0.555	0.507	0.478	0.512	0.427	0.455	0.405
繰返し 両振幅 軸ひずみの 回数	DA = 1%	0.6	3.5	1.5	7.5	9.0	0.8	0.8	2.0	0.5	4.0	0.9	21.0
	DA = 2%	1.5	8.0	4.0	11.0	30.0	2.0	2.0	7.5	1.0	8.0	1.5	26.0
	DA = 5%	3.5	23.0	18.0	16.0	81.0	6.5	8.0	30.0	3.0	19.0	4.0	33.0
	DA = 10%	8.0	58.0	58.0	22.0	168.0	18.0	31.0	—	6.0	45.0	6.5	43.0
	過剰間隙水圧比95% $N_{95}$	7.0	29.0	25.0	17.0	88.0	11.0	14.0	41.0	—	23.0	6.0	35.0

試料番号		FS-2-⑥ (1) 中空 (φ70)				FS-2-⑥ (2) 中空 (φ70)				FS-2-⑥ (3) 中空 (φ70)			
サンプリング方法		凍結サンプリング				凍結サンプリング				凍結サンプリング			
地表からの深度 (m)		29.98~30.18				30.13~30.33				30.28~30.56			
標高 T.P. (m)		-20.18~-20.38				-20.33~-20.53				-20.48~-20.76			
供試体No.		1-44	3-40	4-44	2-43	1-45	3-41	4-45	2-44	1-46	3-42	2-45	4-46
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.723	2.755	2.696	2.748	2.709	2.714	2.747	2.773	2.730	2.764	2.769	2.740
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		400				400				400			
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_c$		0.407	0.353	0.383	0.456	0.405	0.358	0.385	0.459	0.406	0.338	0.377	0.467
繰返し 両振幅 軸ひずみの 回数	DA = 1%	2.5	30.0	10.0	2.0	2.0	28.0	3.0	1.5	2.0	14.0	56.0	0.7
	DA = 2%	6.0	44.0	25.0	5.0	5.5	43.0	6.5	4.0	4.0	20.0	86.0	2.0
	DA = 5%	16.0	75.0	64.0	13.0	12.0	76.0	16.0	11.0	9.0	32.0	139.0	6.0
	DA = 10%	34.0	121.0	136.0	30.0	24.0	135.0	40.0	28.0	19.0	50.0	—	19.0
	過剰間隙水圧比95% $N_{95}$	22.0	74.0	68.0	19.0	17.0	79.0	21.0	16.0	12.0	34.0	140.0	11.0

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.4 液状化強度試験結果 (As2層) (6/6)

○ As2層の液状化強度試験結果を以下に示す。

試料番号		FS-2-⑥ (4) 中空 (φ70)				FS-2-⑥ (5) 中空 (φ70)				
サンプリング方法		凍結サンプリング				凍結サンプリング				
地表からの深度 (m)		34.35~34.55				34.50~34.70				
標高 T.P. (m)		-24.55~-24.75				-24.70~-24.90				
供試体No.		4-68	2-70	3-66	1-71	4-69	2-71	3-67	1-72	
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.739	2.827	2.796	2.762	2.709	2.768	2.693	2.793	
圧密応力 $\sigma_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		440				440				
繰返応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma_0$		0.411	0.357	0.384	0.309	0.357	0.305	0.256	0.491	
繰返し 載荷回数	軸 ひずみの 両振幅	DA = 1%	2.0	74.0	1.5	9.5	2.5	6.0	2041.0	0.5
		DA = 2%	4.5	117.0	3.5	14.0	5.0	9.0	2290.0	0.9
		DA = 5%	9.0	232.0	7.0	26.0	12.0	17.0	2511.0	3.0
		DA = 10%	21.0	344.0	13.0	55.0	34.0	30.0	—	8.0
	過剰間隙水圧比95% $N_{u95}$		14.0	204.0	10.0	28.0	17.0	19.0	2407.0	6.0

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

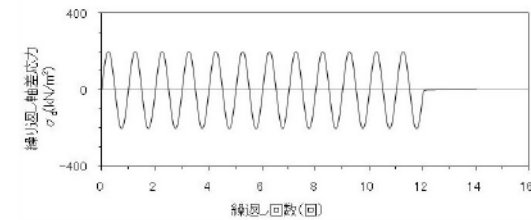
### 5.4 液状化強度試験結果 (例 1,2号埋戻土)

#### ○ 液状化強度試験結果 ( RE-3 (2) )

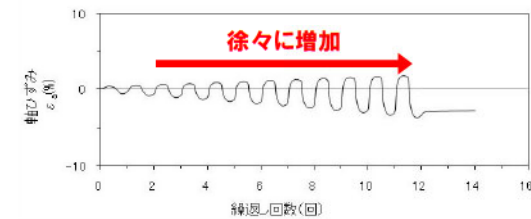
試験条件		
供試体	No.7	
圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> )	200	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.502	
試験結果		液状化の判断
① 間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	×	非液状化
② 有効応力がゼロまで低下する。	×	
③ 液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
④ 正のダイレイタンス特性により せん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	



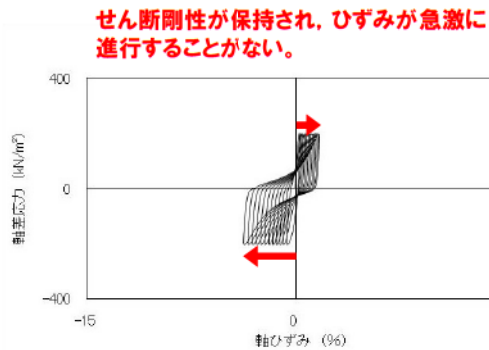
試験後の供試体



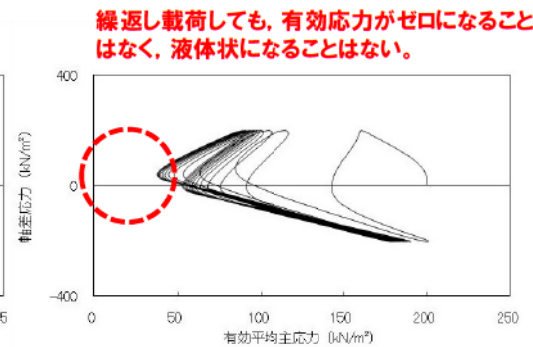
軸差応力-繰返し回数関係



③④ 軸ひずみ-繰返し回数関係

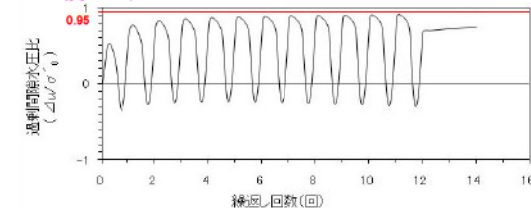


③④ 軸差応力-軸ひずみ関係



② 有効応力経路

過剰間隙水圧比は95%を超過しない。  
せん断応力作用時には、正のダイレイタンス効果により、過剰間隙水圧は低下し、有効応力が回復する。



① 過剰間隙水圧比-繰返し回数関係

# 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

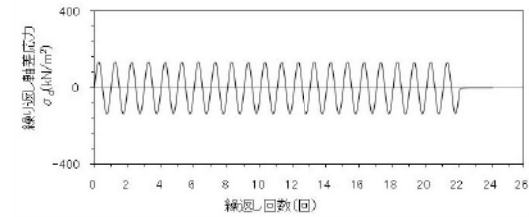
## 5.4 液状化強度試験結果 (例 3号埋戻土)

### ○ 液状化強度試験結果 ( RE-7 )

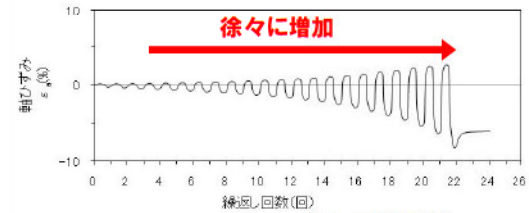
試験条件		
供試体	No.21	
圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> )	200	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.336	
試験結果		液状化の判断
① 間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化
② 有効応力がゼロまで低下する。	×	
③ 液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
④ 正のダイレイタンス特性により せん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	



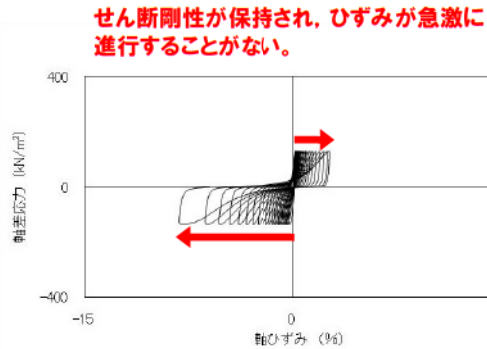
試験後の供試体



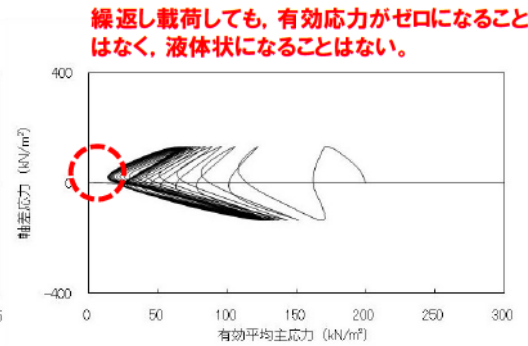
軸差応力-繰返し回数関係



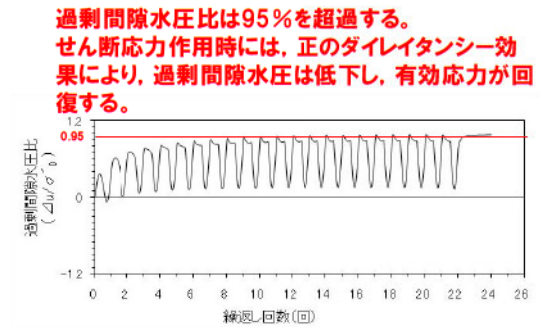
③④ 軸ひずみ-繰返し回数関係



③④ 軸差応力-軸ひずみ関係



② 有効応力経路



① 過剰間隙水圧比-繰返し回数関係



# 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

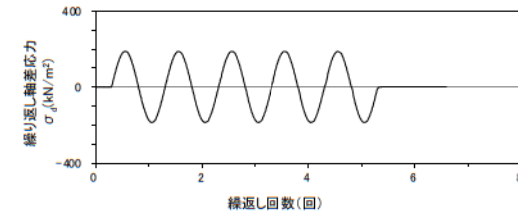
## 5.4 液状化強度試験結果(例 As1層) (1/2)

### ○ 液状化強度試験結果 (FS-1-④) (A-2) 三軸

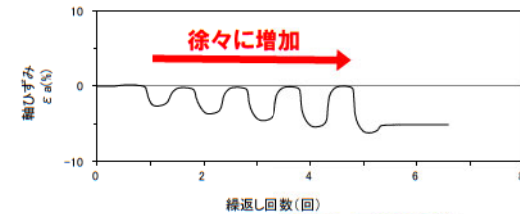
試験条件		
供試体	No.1-38	
圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> )	250	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.375	
試験結果		液状化の判断
① 間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	×	非液状化
② 有効応力がゼロまで低下する。	×	
③ 液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
④ 正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	



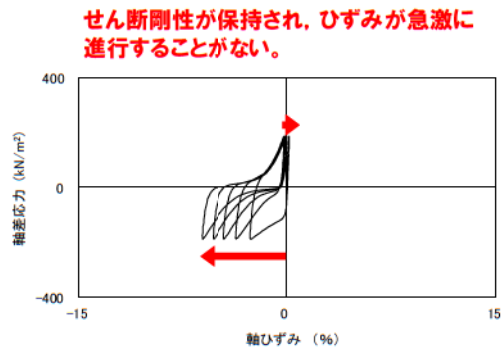
試験後の供試体



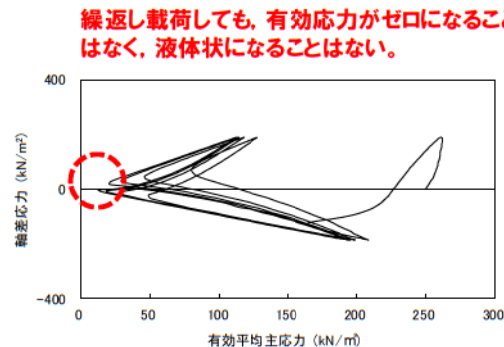
軸差応力-繰返し回数関係



③④ 軸ひずみ-繰返し回数関係

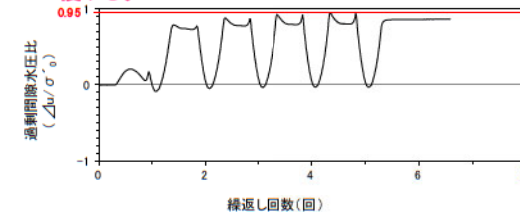


③④ 軸差応力-軸ひずみ関係



② 有効応力経路

過剰間隙水圧比は95%を超過しない。  
せん断応力作用時には、正のダイレイタンス効果により、過剰間隙水圧は低下し、有効応力が回復する。



① 過剰間隙水圧比-繰返し回数関係

# 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

## 5.4 液状化強度試験結果(例 As1層)(2/2)

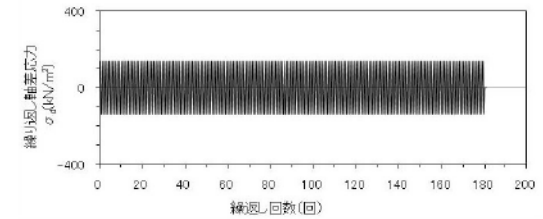
### ○ 液状化強度試験結果 (SW7-10)

試験条件		
供試体	No.4	
圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> )	410	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.171	
試験結果		液状化の判断
① 間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	液状化
② 有効応力がゼロまで低下する。	×	
③ 液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	○	
④ 正のダイレイタンス特性によりせん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	×	

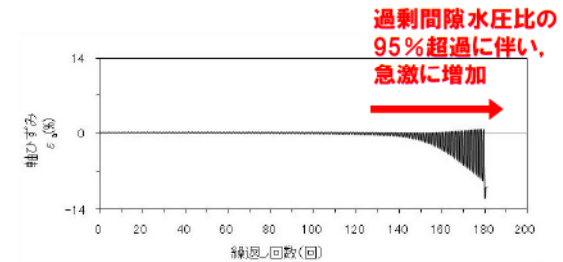


試験後の供試体

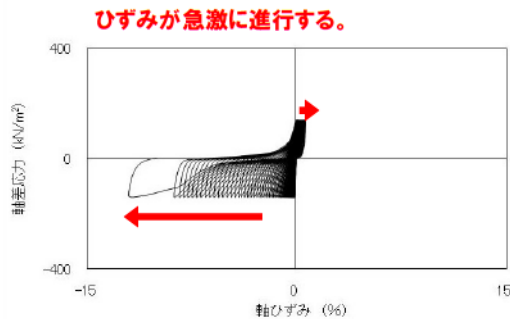
※有効応力がゼロまで低下していないが保守的に液状化に区分した。



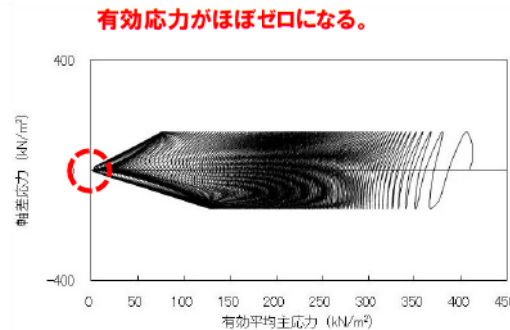
軸差応力-繰返し回数関係



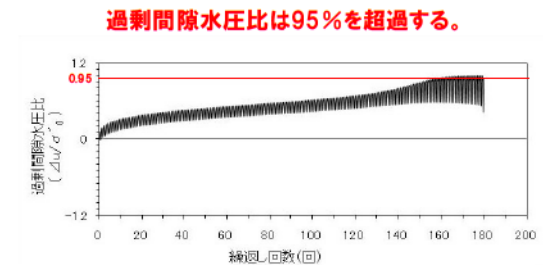
③④ 軸ひずみ-繰返し回数関係



③④ 軸差応力-軸ひずみ関係



② 有効応力経路



① 過剰間隙水圧比-繰返し回数関係

# 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

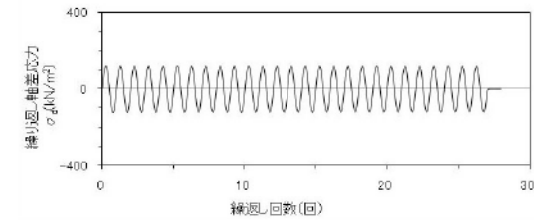
## 5.4 液状化強度試験結果 (例 As2層)

### ○ 液状化強度試験結果 ( SW2-4 (1) )

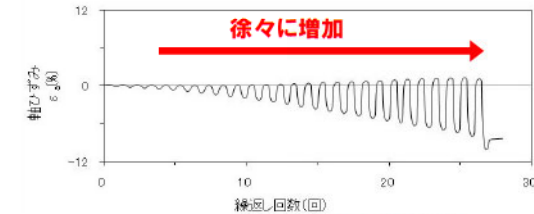
試験条件		
供試体	No.21	
圧密応力 $\sigma'_c$ (kN/m <sup>2</sup> )	220	
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$	0.277	
試験結果		液状化の判断
① 間隙水圧が上昇・蓄積する。 (過剰間隙水圧比95%を超える。)	○	繰返し軟化
② 有効応力がゼロまで低下する。	×	
③ 液体状となり流動する。 (ひずみが急増する。)	×	
④ 正のダイレイタンシー特性により せん断抵抗が作用する。 (有効応力が回復する。)	○	



試験後の供試体

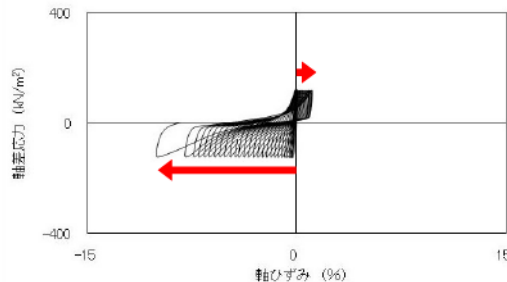


軸差応力-繰返し回数関係



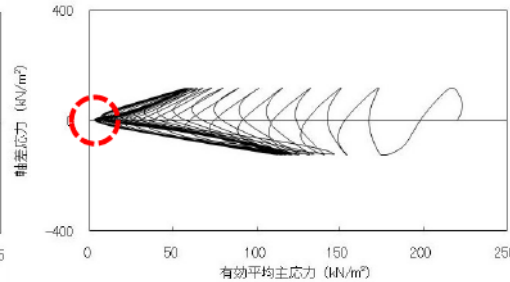
③④ 軸ひずみ-繰返し回数関係

せん断剛性が保持され、ひずみが急激に進行することがない。



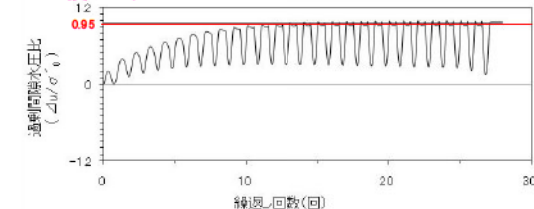
③④ 軸差応力-軸ひずみ関係

繰返し載荷しても、有効応力がゼロになることはなく、液体状になることはない。



② 有効応力経路

過剰間隙水圧比は95%を超過する。  
せん断応力作用時には、正のダイレイタンシー効果により、過剰間隙水圧は低下し、有効応力が回復する。



① 過剰間隙水圧比-繰返し回数関係

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.4 液状化強度試験結果 (1/3)

○ 分類した結果を以下に示す。

	液状化	繰返し軟化		非液状化
			サイクリック モビリティ	
1,2号埋戻土	0	47	1	10
3号埋戻土	0	22	0	1
As1層	2	77	11	11
As2層	1	68	5	28

- 1,2号及び3号埋戻土の液状化強度試験結果は、多くのケースが「繰返し軟化」に分類される。
- As1層及びAs2層は、一部が「液状化」に分類されるものの、多くのケースが「繰返し軟化」に分類される。



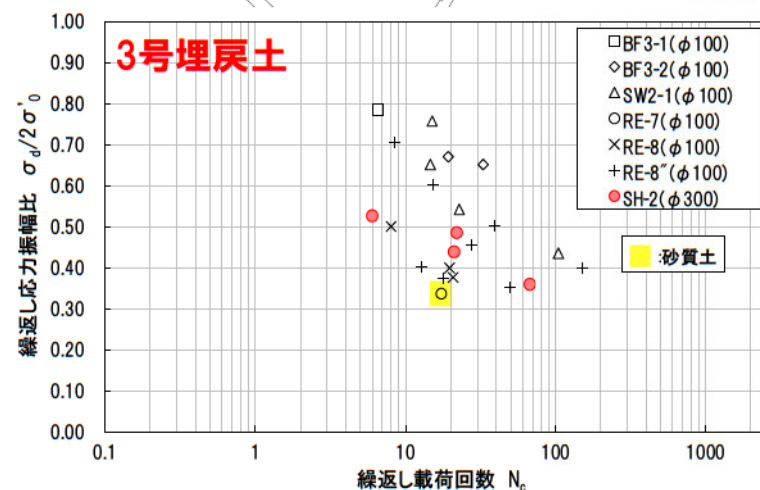
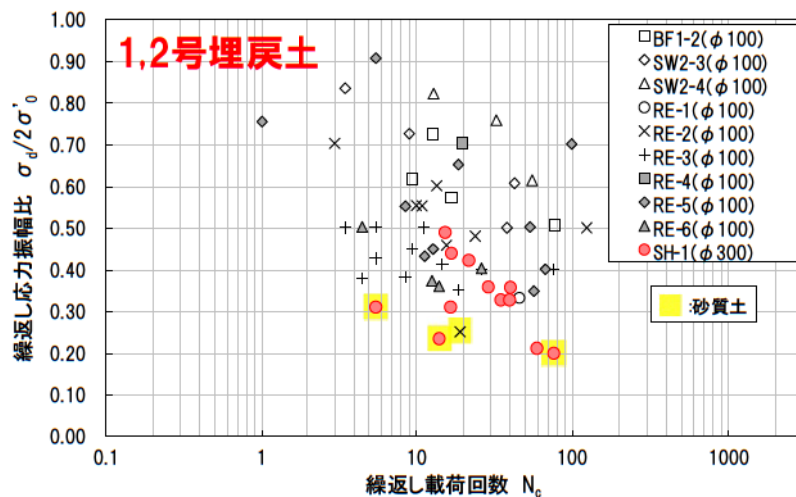
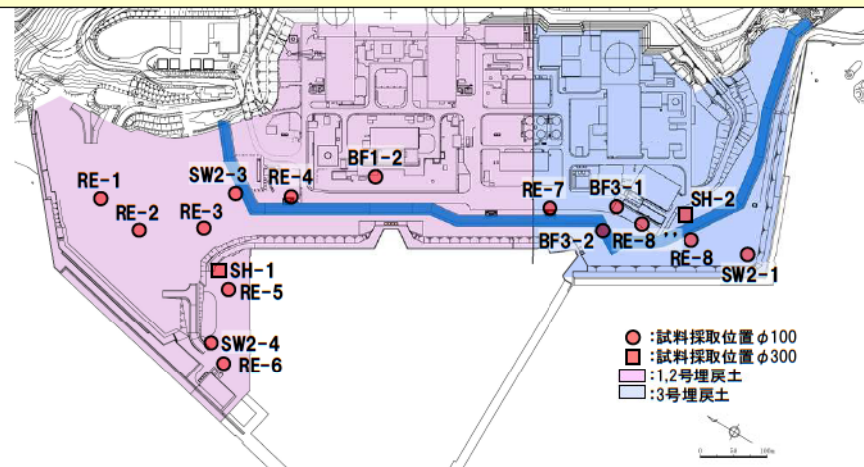
#### 【液状化強度試験結果の考察】

- 泊発電所の埋戻土は、多くのケースが「繰返し軟化」に分類されることから、液体状となり支持力を完全に喪失するような事象は発生せず、ひずみが漸増するねばり強い挙動を示す。
- 泊発電所のAs1層及びAs2層は、一部が「液状化」に分類されるものの大部分が「繰返し軟化」に分類されることから、全体としては液体状となり支持力を完全に喪失するような事象は発生せず、ひずみが漸増するねばり強い挙動を示す。

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.4 液状化強度試験結果 (2/3)

○ 1,2号埋戻土, 3号埋戻土について, 液状化強度試験で得られた両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ に対する繰返し応力振幅比と繰返し载荷回数との関係を示す。

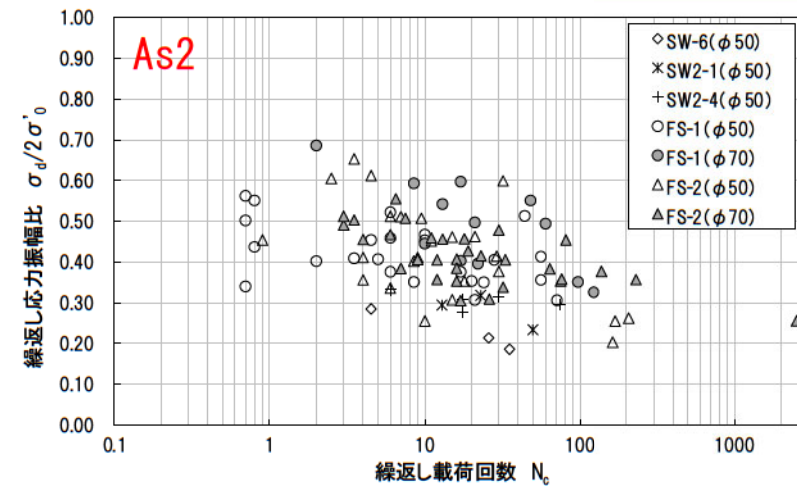
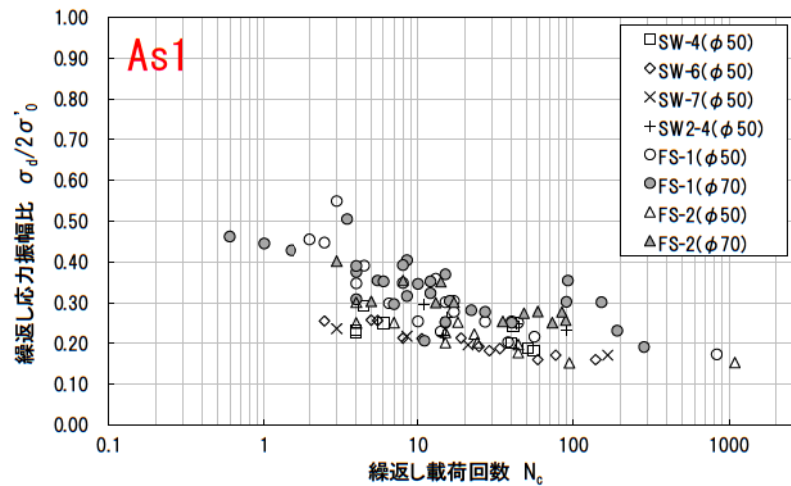
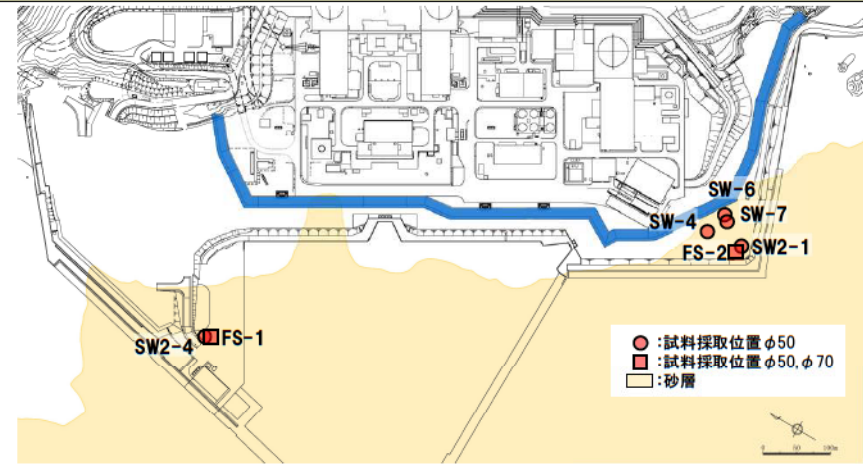


埋戻土の液状化強度試験結果

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.4 液状化強度試験結果 (3/3)

○ As1層, As2層について, 液状化強度試験で得られた両振幅軸ひずみDA=5%に対する繰返し応力振幅比と繰返し载荷回数との関係を示す。

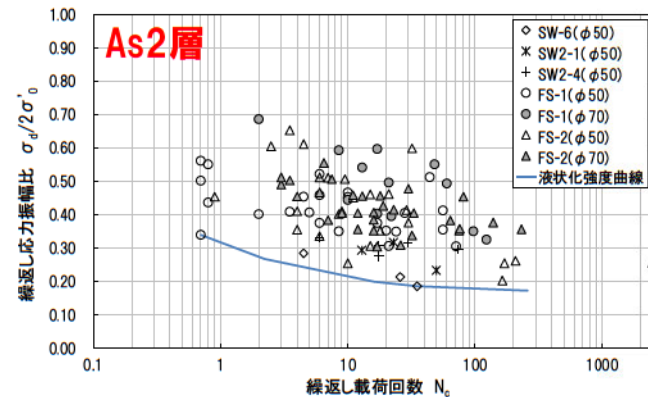
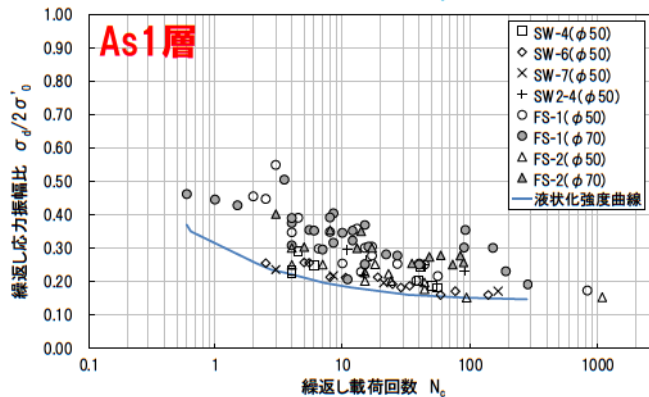
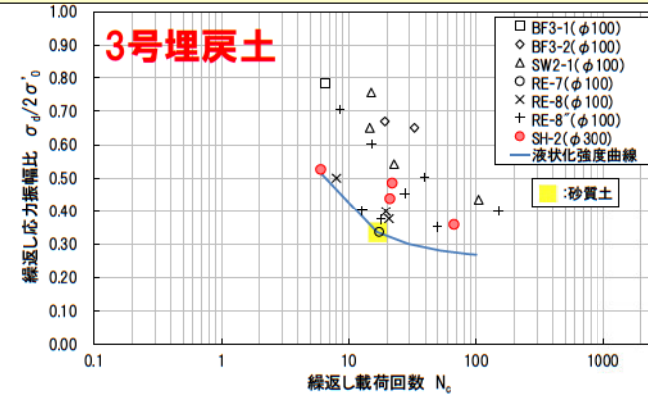
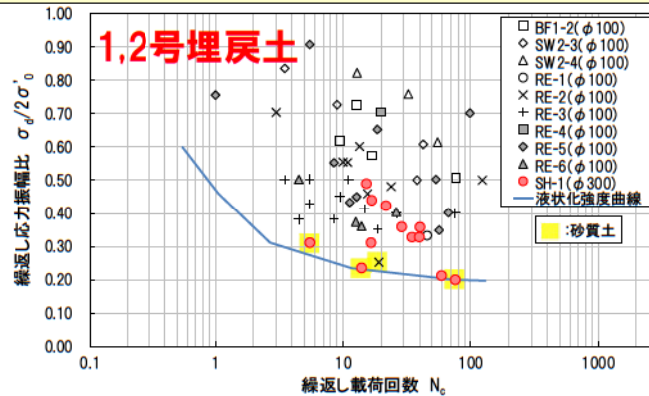


砂層の液状化強度試験結果

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.5 液状化強度特性の設定

- 埋戻土はφ100mmの試験結果はばらつきが大きく、φ300mmの試験結果はばらつきが小さくなっている。
- これは供試体寸法に対する礫の比率が小さいφ300mmの供試体の方が、礫の入り方のばらつきによる影響が小さいためと考えられる。
- また、砂質土の液状化強度特性は低い傾向がある。
- これらの供試体径の違い及び粒度分布のばらつきを踏まえて、液状化強度特性を下限値で設定することを基本とする。
- 砂層は対象施設に近い陸側で試料採取しているものの採取可能範囲が限定的であるため、液状化強度特性を下限値で設定することを基本とする。



液状化強度試験結果に基づく埋戻土及び砂層の液状化強度曲線（下限値設定）

## 5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定

### 5.6 まとめ

#### 【液状化強度試験方法と試験条件】

- 埋戻土・砂層のそれぞれについて、採用したサンプリング方法・試験方法及び試験条件について示した。

#### 【液状化強度試験結果の整理】

- 液状化強度試験結果の一覧と両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ に対する繰返し応力振幅比と繰返し载荷回数について示した。

#### 【液状化強度試験結果の分類】

- 泊発電所の液状化検討対象層が、地震時にどのような挙動をするかを把握する目的で、液状化強度試験結果を「液状化」、「繰返し軟化（サイクリックモビリティを含む）」、「非液状化」に分類した。
- 埋戻土、砂層ともに、ほとんどの液状化強度試験結果が「繰返し軟化（サイクリックモビリティを含む）」に分類された。

#### 【液状化強度特性の設定】

- 埋戻土については、供試体径の違い及び粒度分布のばらつきを踏まえて、液状化強度特性を下限値で設定することを基本とする。
- 砂層については、採取可能範囲が限定的であることを勘案して、液状化強度特性を下限値で設定することを基本とする。



- 以上により、液状化強度試験方法・試験条件・試験結果を示した。



## 6. 液状化の評価方針

本日の説明主旨	2
審査会合における指摘事項に対する回答	4
1. 液状化評価の基本方針	51
2. 液状化検討対象層の抽出	54
3. 液状化検討対象施設の抽出	61
4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性	84
5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定	113
<b>6. 液状化の評価方針</b>	<b>148</b>
7. 全体のまとめ	150
補足説明資料	153
補足説明資料1 液状化検討対象層の選定について (Ac層)	154
補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性	157
補足説明資料3 せん断波速度の代表性確認指標としての妥当性確認	182
補足説明資料4 埋戻土のN値の取扱いについて	192
補足説明資料5 建設時における埋戻土の施工及び品質管理について	203
補足説明資料6 液状化に関連する基本物性の補足	212
補足説明資料7 1,2号埋戻土及び3号埋戻土の区分けについて	217
補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認	219
参考文献	250

## 6. 液状化の評価方針

- 泊発電所における液状化影響評価については、道路橋示方書の評価方法を参考に、道路橋示方書においては対象外とされているG.L.-20m以深の土層等についても液状化強度試験を実施し、すべての埋戻土、砂層を液状化検討対象層とすることで保守的な構造物の評価を実施する。
- 液状化影響の検討については、地下水排水設備の機能に期待する施設においては、その機能を考慮した設計地下水位、地下水排水設備の機能に期待しない施設においては、自然水位に基づき設定した水位又は地表面にて設計地下水位を設定し、液状化検討対象層の分布状況を踏まえて、検討の必要性を判断する。
- 有効応力解析に用いる液状化強度特性については、敷地全体の液状化強度試験から得られる液状化強度特性を保守的（下限値）に設定する。
- なお、液状化考慮と液状化非考慮で耐震安全性評価上どちらが保守的な評価となるかを確認するため、液状化等を考慮した評価（有効応力解析）と考慮しない評価（全応力解析）の結果を比較して、解析手法を選定する。
- 有効応力解析においては、解析コード「FLIP」を用いることとし、解析に用いる液状化パラメータは保守的に設定した液状化強度を満足するように設定する。

## 7. 全体のまとめ

本日の説明主旨	2
審査会合における指摘事項に対する回答	4
1. 液状化評価の基本方針	51
2. 液状化検討対象層の抽出	54
3. 液状化検討対象施設の抽出	61
4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性	84
5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定	113
6. 液状化の評価方針	148
7. 全体のまとめ	150
補足説明資料	153
補足説明資料1 液状化検討対象層の選定について (Ac層)	154
補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性	157
補足説明資料3 せん断波速度の代表性確認指標としての妥当性確認	182
補足説明資料4 埋戻土のN値の取扱いについて	192
補足説明資料5 建設時における埋戻土の施工及び品質管理について	203
補足説明資料6 液状化に関連する基本物性の補足	212
補足説明資料7 1,2号埋戻土及び3号埋戻土の区分けについて	217
補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認	219
参考文献	250

## 7. 全体のまとめ (1/2)

### ○ 液状化に関する検討のまとめを以下に示す。

#### 【1. 液状化評価の基本方針】

- 検討フローを示すとともに、液状化評価に関する基本方針について示した。

#### 【2. 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した。
- ただし、道路橋示方書において対象外となる以下の土層も保守的に対象とした。
  - ・ 地表面から20m以深の土層
  - ・ 50%粒径 $D_{50}$ が10mm以上となる土層

#### 【3. 液状化検討対象施設の抽出】

- 設計基準対象施設（建物・構築物、屋外重要土木構造物及び津波防護施設）及び重大事故等対処施設を抽出し、液状化の影響を検討する必要がある施設を液状化検討対象施設として選定した。

#### 【4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性】

- 試料の採取位置は、「液状化検討対象施設の近傍」、「試料採取が可能な位置及び深度である箇所」を選定することを基本とした。
- 液状化強度試験の試料採取位置について、敷地全体と基本物性値を比較し、その代表性を確認した。
  - ・ 埋戻土は、粒度分布と細粒分含有率 $F_c$ とせん断波速度 $V_s$ （参考）を指標にして代表性を評価した。
  - ・ 砂層は、粒度分布と細粒分含有率 $F_c$ と $N$ 値を指標にして代表性を評価した。

## 7. 全体のまとめ (2/2)

### 【5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定】

- 埋戻土、砂層のそれぞれについて、採用したサンプリング方法・試験方法及び試験条件について示した。
- 液状化強度試験結果の一覧と両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ に対する繰返し応力振幅比と繰返し载荷回数との関係について示した。
- 液状化強度試験結果を「液状化」「繰返し軟化(サイクリックモビリティを含む)」「非液状化」に分類し、ほとんどの液状化強度試験結果が「繰返し軟化」に分類されることを確認した。
- 有効応力解析に用いる液状化強度特性については、敷地全体の液状化強度試験から得られる液状化強度特性を保守的(下限値)に設定する。

### 【6. 液状化の評価方針】

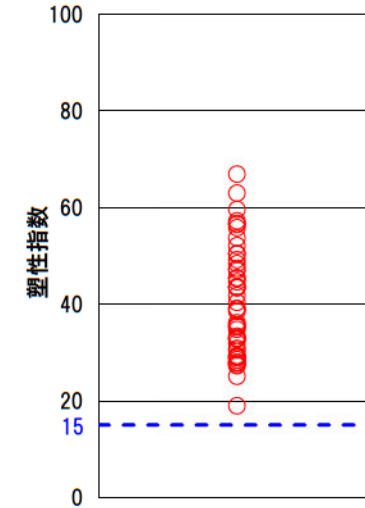
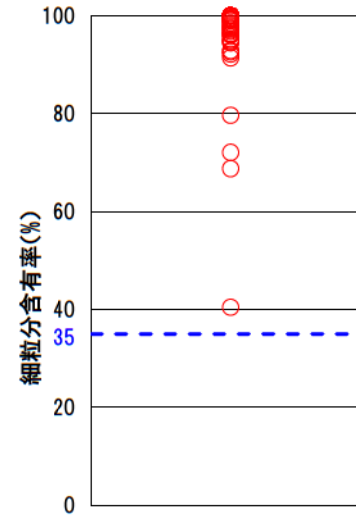
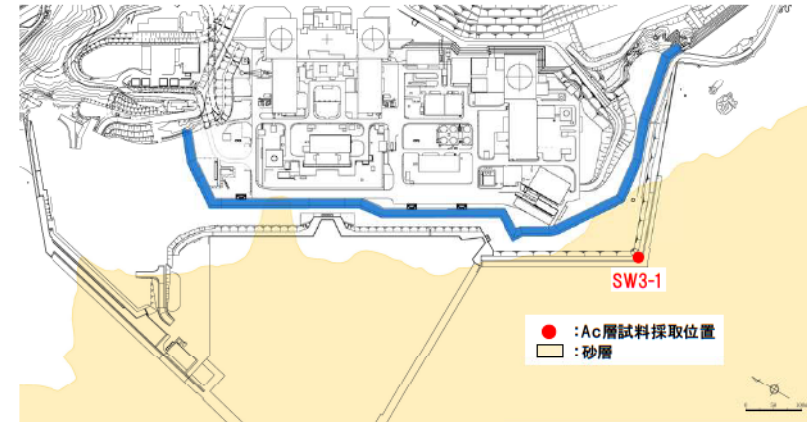
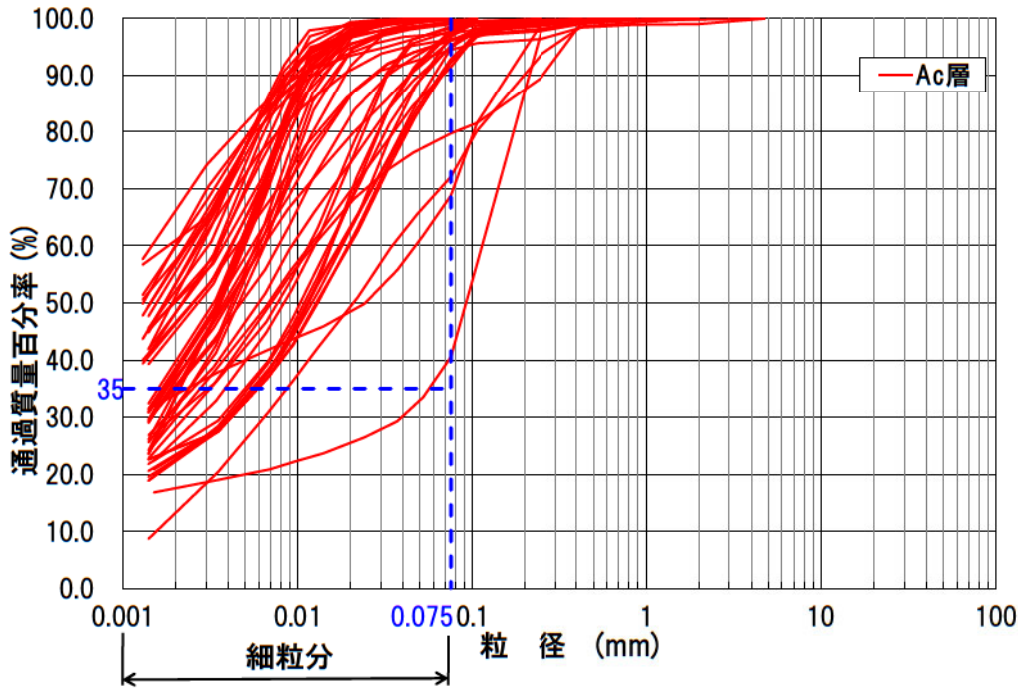
- すべての埋戻土、砂層を液状化検討対象層とすることで保守的な構造物の評価を実施する。
- 地下水排水設備の機能に期待する施設においては、その機能を考慮した設計地下水位、地下水排水設備の機能に期待しない施設においては、自然水位に基づき設定した水位又は地表面にて設計地下水位を設定し、液状化検討対象層の分布状況を踏まえて、検討の必要性を判断する。
- 耐震安全性評価上どちらが保守的な評価となるかを確認するため、液状化等を考慮した評価と考慮しない評価の結果を比較して、解析手法を選定する。

<b>本日の説明主旨</b> .....	2
<b>審査会合における指摘事項に対する回答</b> .....	4
1. 液状化評価の基本方針 .....	51
2. 液状化検討対象層の抽出 .....	54
3. 液状化検討対象施設の抽出 .....	61
4. 液状化強度試験 試料採取位置選定とその代表性 .....	84
5. 液状化強度試験結果と液状化強度特性の設定 .....	113
6. 液状化の評価方針 .....	148
7. 全体のまとめ .....	150
<b>補足説明資料</b> .....	<b>153</b>
<b>補足説明資料1 液状化検討対象層の選定について (Ac層)</b> .....	154
<b>補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性</b> .....	157
<b>補足説明資料3 せん断波速度の代表性確認指標としての妥当性確認</b> .....	182
<b>補足説明資料4 埋戻土のN値の取扱いについて</b> .....	192
<b>補足説明資料5 建設時における埋戻土の施工及び品質管理について</b> .....	203
<b>補足説明資料6 液状化に関連する基本物性の補足</b> .....	212
<b>補足説明資料7 1,2号埋戻土及び3号埋戻土の区分けについて</b> .....	217
<b>補足説明資料8 粒度分布の代表性確認指標としての妥当性確認</b> .....	219
<b>参考文献</b> .....	250

# 1 液状化検討対象層の選定について (Ac層)

# 補足説明資料1 液状化検討対象層の選定について (Ac層) Ac層の細粒分含有率, 塑性指数

○ Ac層については, 細粒分含有率 $F_c > 35\%$ , かつ塑性指数 $p > 15$ を満足していることから, 液状化検討の対象外とする。

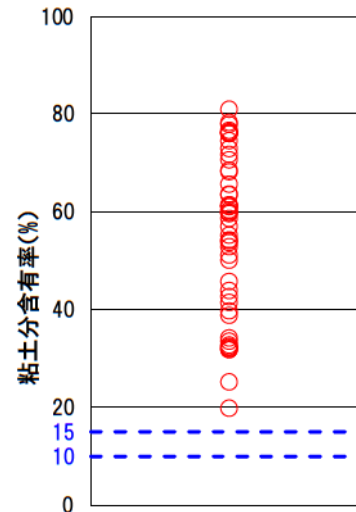
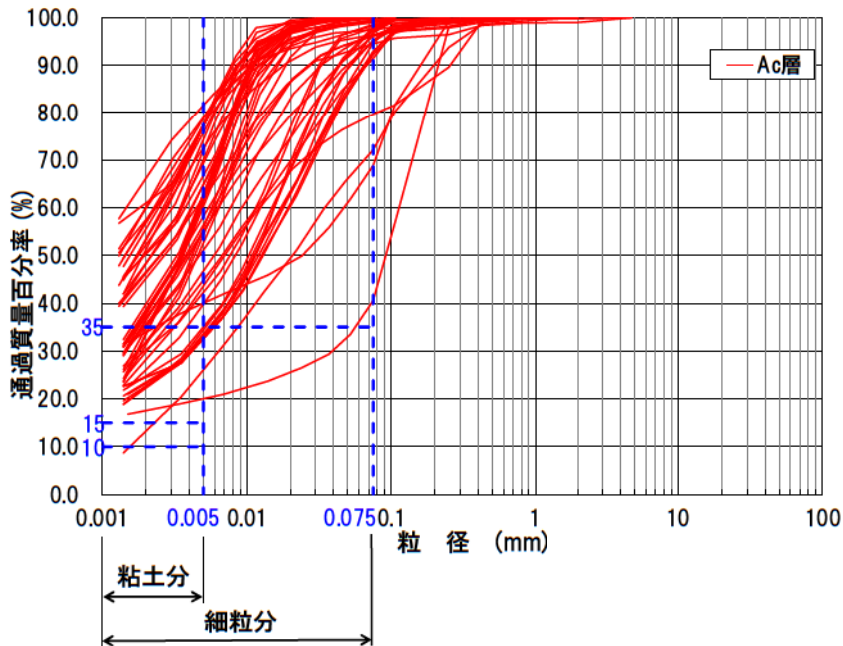




# 補足説明資料1 液状化検討対象層の選定について (Ac層)

## Ac層の粘土分含有率

- 日本建築学会 (2019) 及び鉄道総合技術研究所 (2012) において、粘土分含有率 $P_c$ を液状化判定の指標としていることから、Ac層の粘土分含有率 $P_c$ についても確認した。
- 日本建築学会 (2019) では、「粘土分 (0.005mm以下の粒径を持つ土粒子) 含有率が10%以下、または塑性指数が15以下の埋立地盤あるいは盛土地盤については液状化の検討を行う。」とされている。
- 鉄道総合技術研究所 (2012) では、細粒分含有率 $F_c$ が35%を越えても粘土分含有率 $P_c$ が15%以下の土層は液状化の判定を行う必要があるとされている。
- Ac層の粘土分含有率 $P_c$ は**すべて15%以上**であり、液状化検討の対象外となる。



液状化検討対象層の判定基準

文献名	細粒分含有率 $F_c$	塑性指数 $I_P$	粘土分含有率 $P_c$
道路標示方書 (2012)	35%以下	15以下	/
日本建築学会 (2019)	35%以下	15以下	10%以下
鉄道総合技術研究所 (2012)	35%以下	/	15%以下

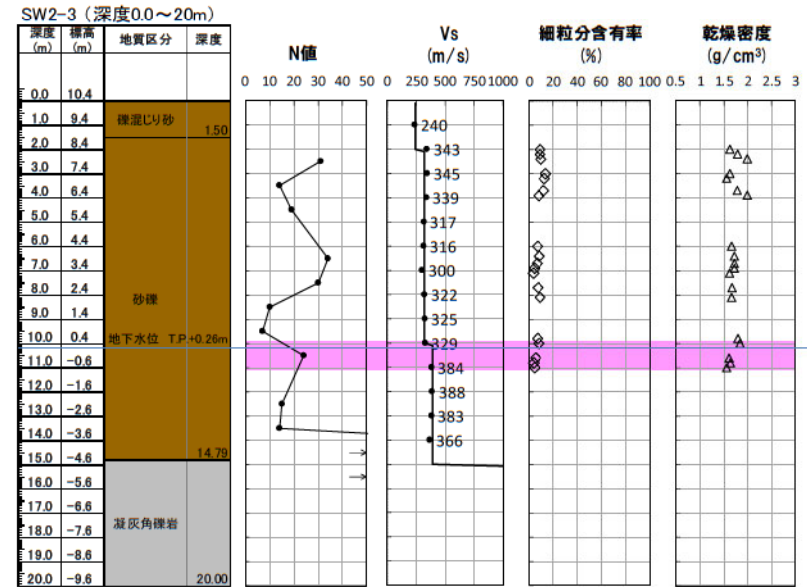
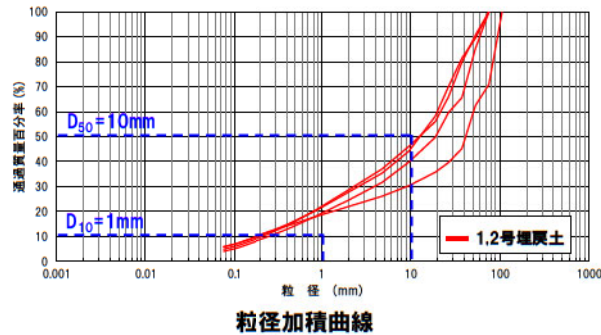
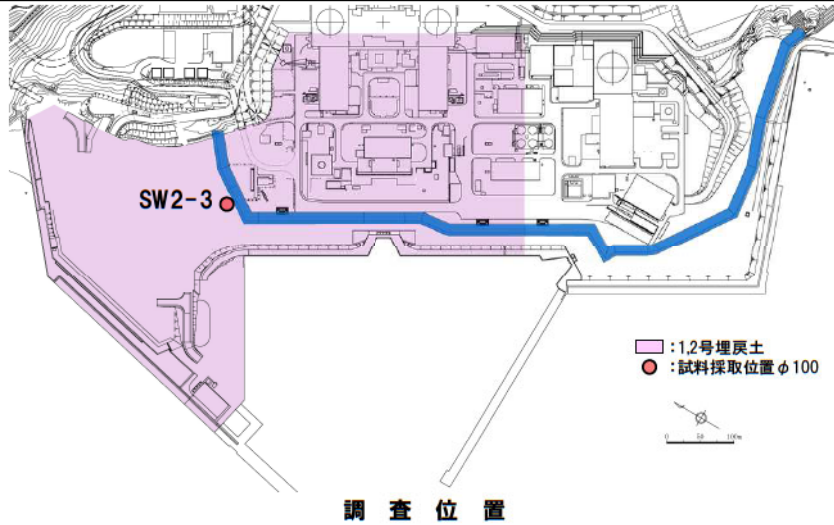
※各指標について、いずれかの判定基準に該当する土層は液状化検討対象層とする。  
 ※日本建築学会 (2019) の塑性指数及び粘土分含有率については造成地盤を対象とした判定基準として扱われている。

## 2 埋戻土・砂層の基本物性

## 補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性

### 試料採取位置 (SW2-3地点) の基本物性 <1,2号埋戻土>

- SW2-3地点の基本物性を以下に示す。
- N値は7~50以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 $D_{50}$ は13.3~41.8mmで10mm以上であり、 $D_{10}$ は0.19~0.26mmで1mm以下である。細粒分含有率は $F_c=4.2\sim 8.4\%$ である。せん断波速度 $V_s$ は $V_s=300\sim 388\text{m/s}$ である。

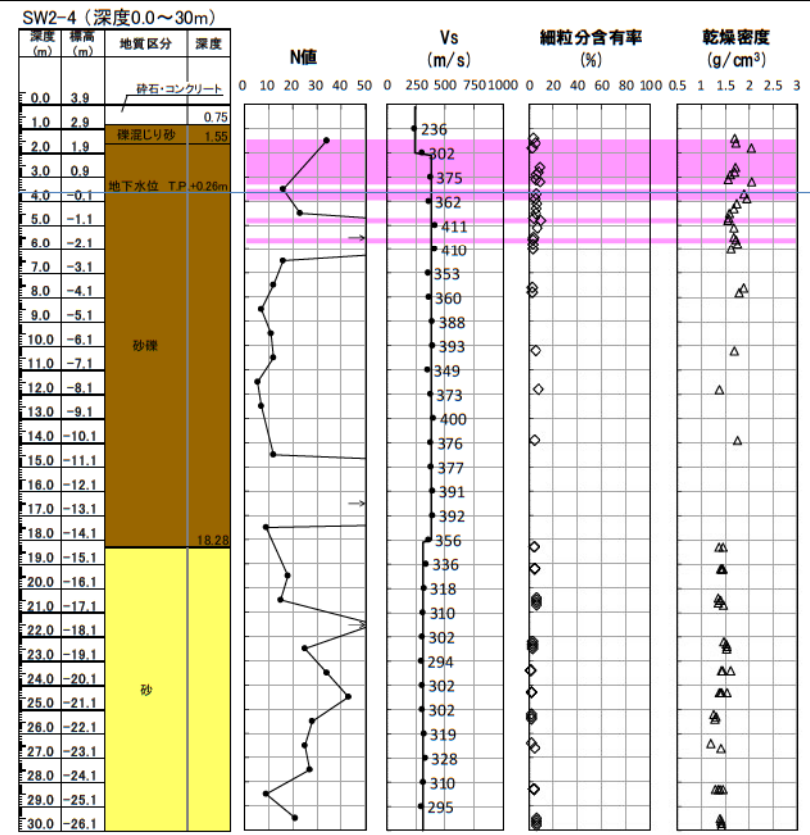
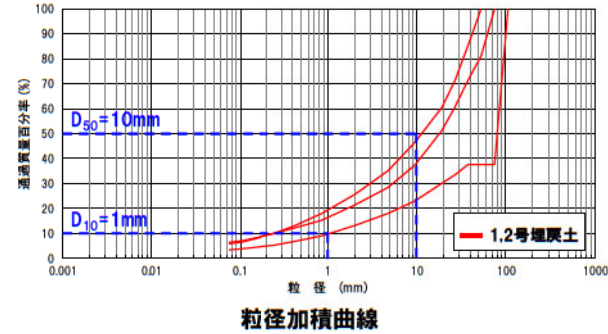
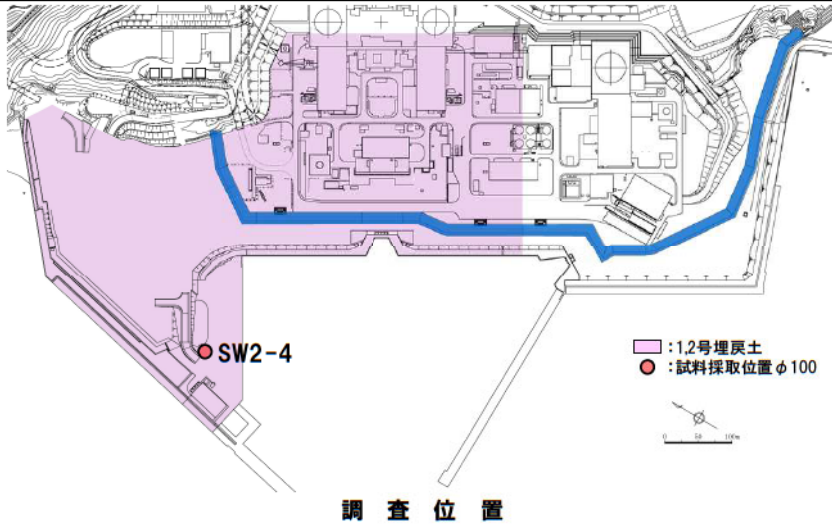


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

## 補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性

### 試料採取位置 (SW2-4地点) の基本物性 <1,2号埋戻土>

- SW2-4地点の基本物性を以下に示す。
- N値は5~50以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 $D_{50}$ は11.8~81.1mmで10mm以上であり、 $D_{10}$ は0.24~1.11mmで1mm以上となる1データを含んでいる。細粒分含有率は $F_c=5.9\sim 9.1\%$ である。せん断波速度 $V_s$ は $V_s=349\sim 411\text{m/s}$ である。

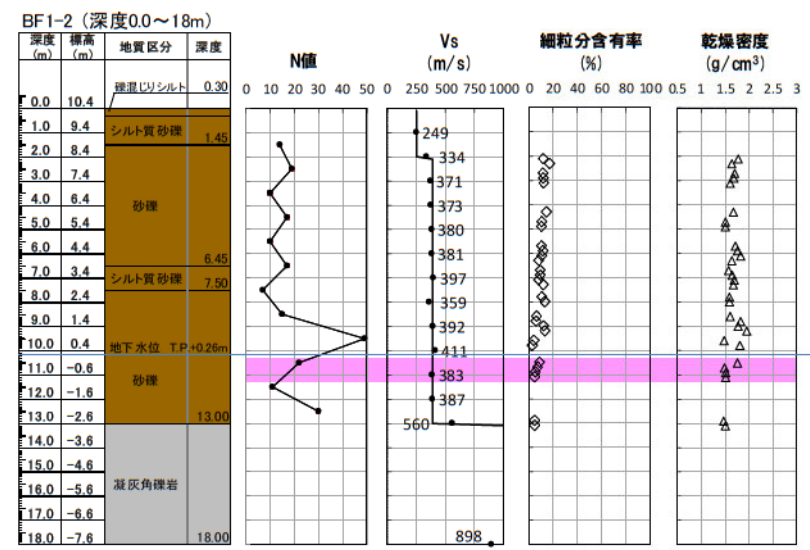
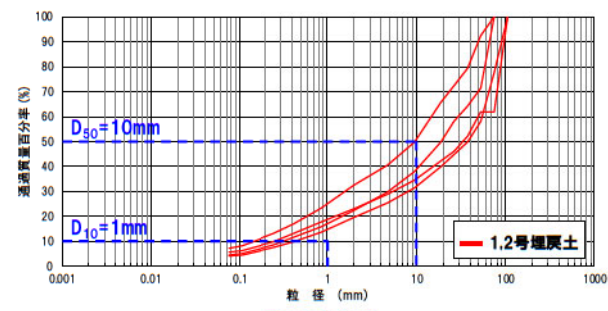
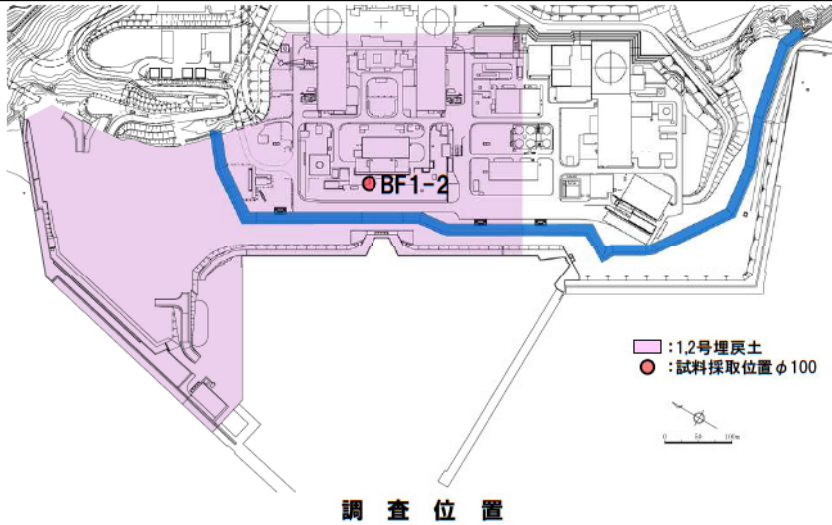


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

## 補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性

### 試料採取位置 (BF1-2地点) の基本物性 <1,2号埋戻土>

- BF1-2地点の基本物性を以下に示す。
- N値は7~49とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 $D_{50}$ は9.7~38.1mmで1データを除き10mm以上であり、 $D_{10}$ は0.16~0.44mmで1mm以下である。細粒分含有率は $F_c=4.5\sim 8.9\%$ である。せん断波速度 $V_s$ は $V_s=359\sim 560\text{m/s}$ である。

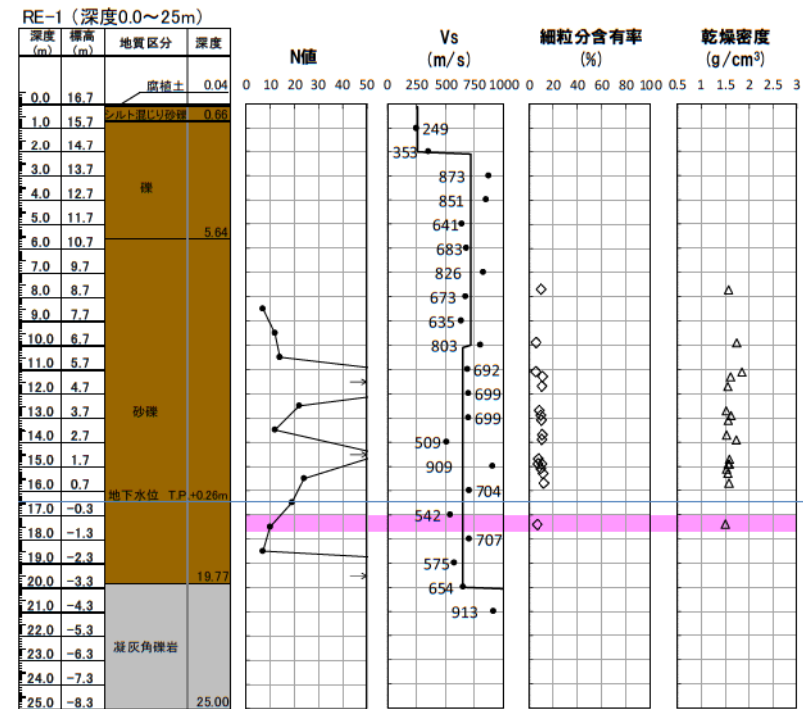
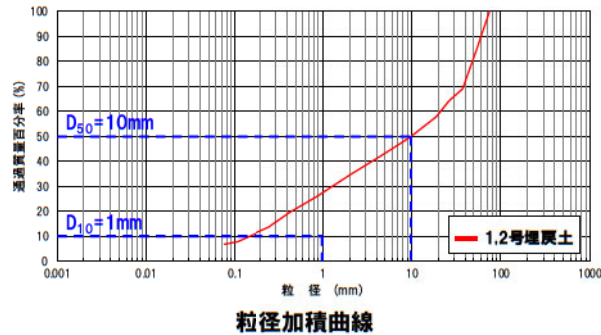
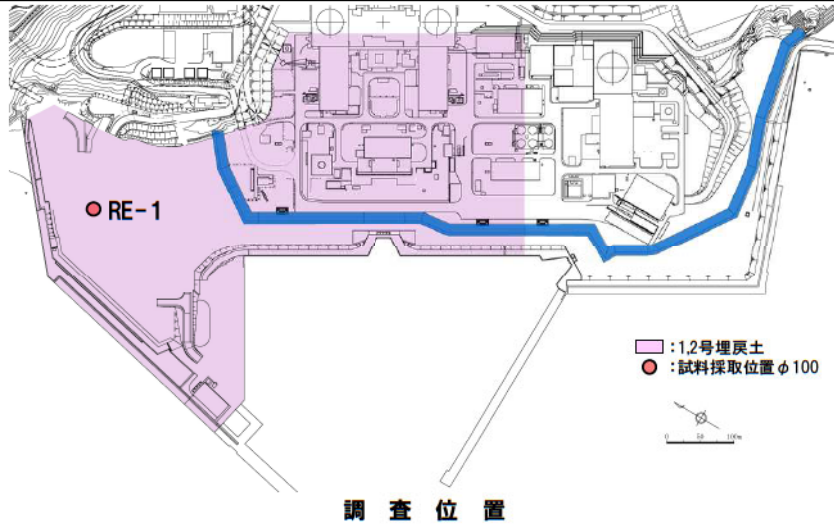


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

## 補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性

### 試料採取位置 (RE-1地点) の基本物性 <1,2号埋戻土>

- RE-1地点の基本物性を以下に示す。
- N値は7~50以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 $D_{50}$ は10.08mmで10mm以上であり、 $D_{10}$ は0.16mmで1mm以下である。細粒分含有率は $F_c=6.7\%$ である。せん断波速度 $V_s$ は $V_s=509\sim909\text{m/s}$ である。

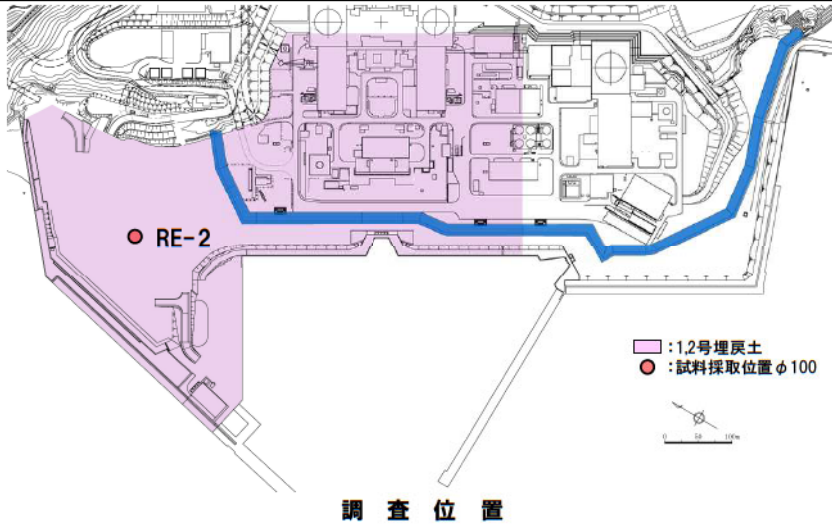


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

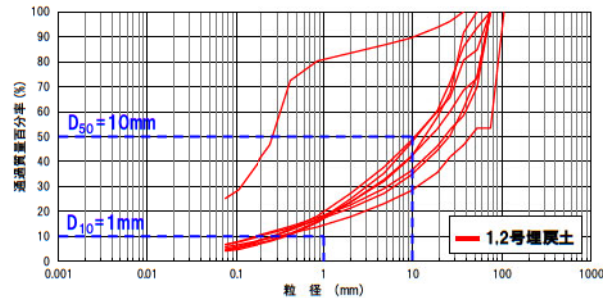
## 補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性

### 試料採取位置 (RE-2地点) の基本物性 <1,2号埋戻土>

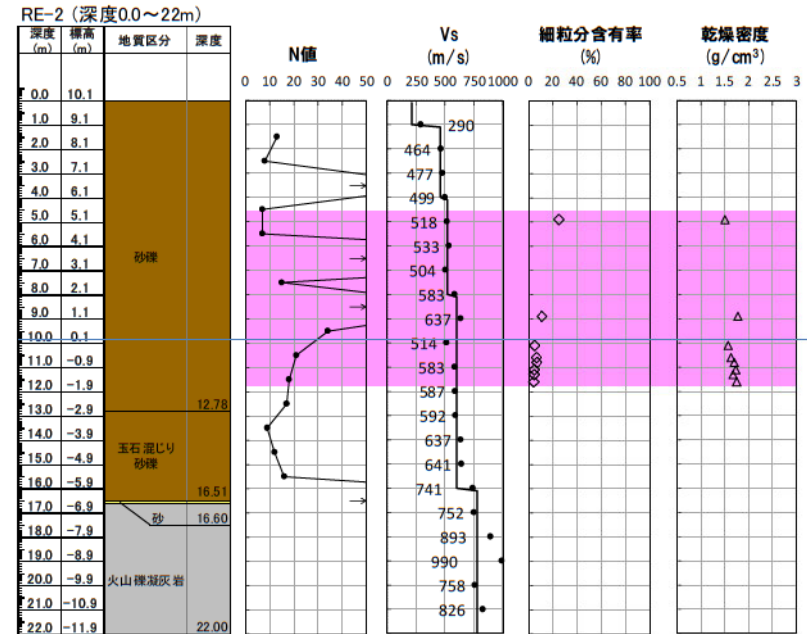
- RE-2地点の基本物性を以下に示す。
- N値は7~50以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 $D_{50}$ は0.27~45.25mmで7データ/8データが10mm以上であり、 $D_{10}$ は0.19~0.39mmで1mm以下である。細粒分・砂分が多い1データは、T.P.4.9mの浅い位置のデータである。細粒分含有率は $F_c=4.0\sim 25.3\%$ である。せん断速度 $V_s$ は $V_s=464\sim 741\text{m/s}$ である。



調査位置



粒径加積曲線

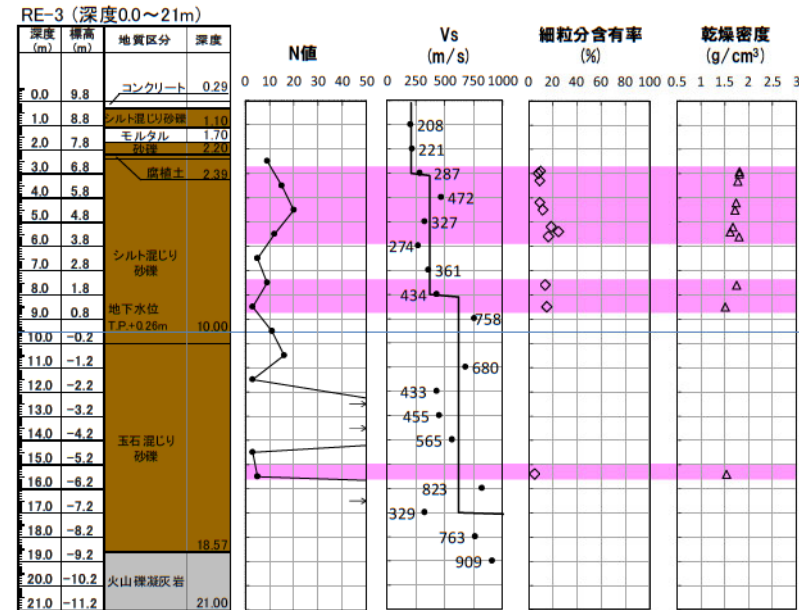
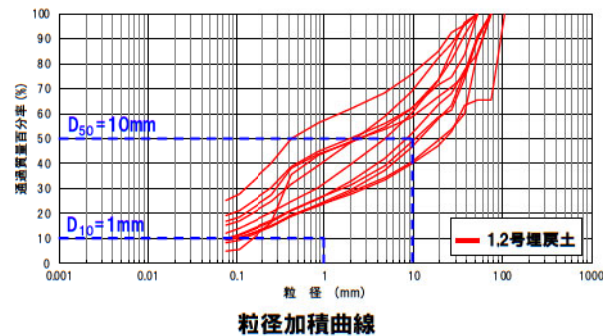
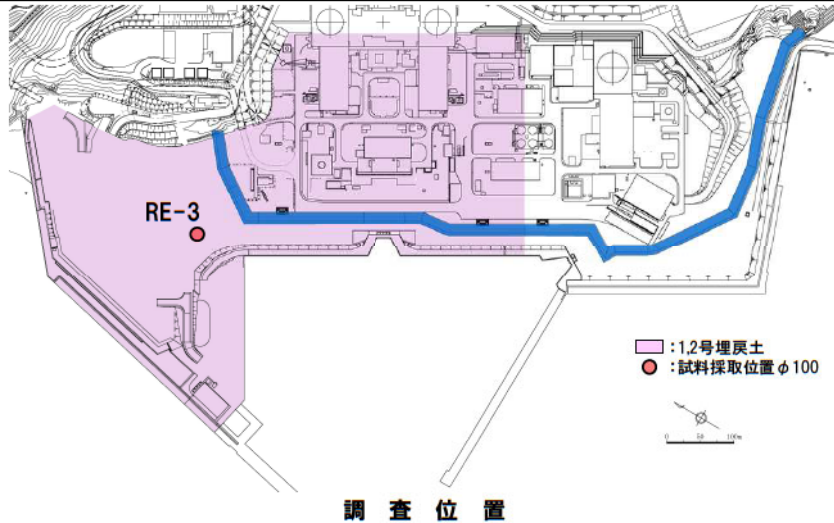


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

液状化強度試験位置

# 補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性 試料採取位置 (RE-3地点) の基本物性 <1,2号埋戻土>

- RE-3地点の基本物性を以下に示す。
- N値は3～50以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 $D_{50}$ は0.43～22.82mmで4データ/11データが10mm以上であり、 $D_{10}$ は0.08mm～0.16mmで1mm以下である。細粒分含有率は $F_c=4.9\sim 25.1\%$ である。せん断速度 $V_s$ は $V_s=274\sim 823\text{m/s}$ である。



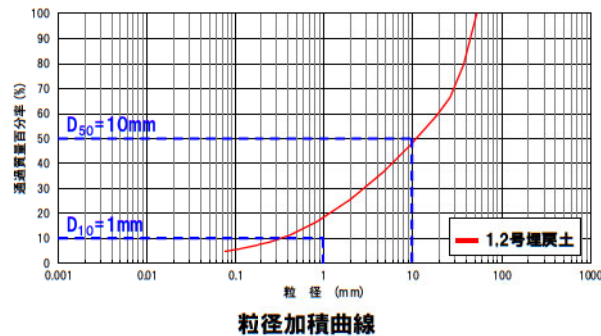
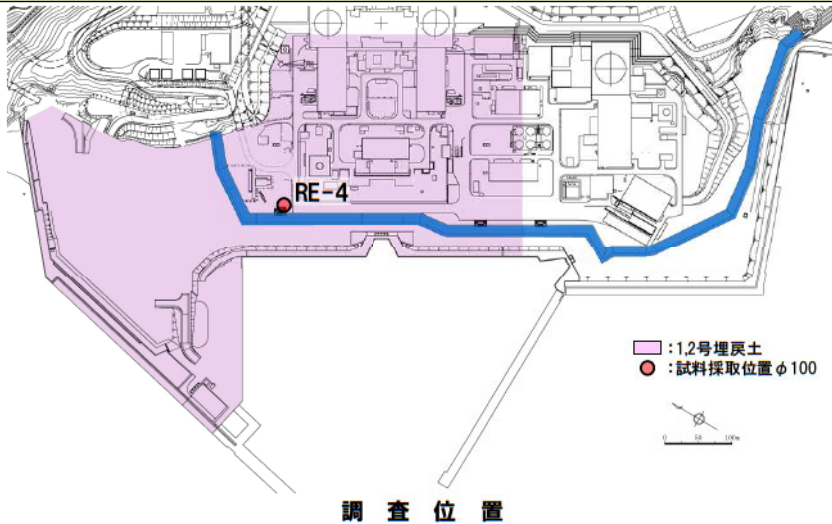
ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果



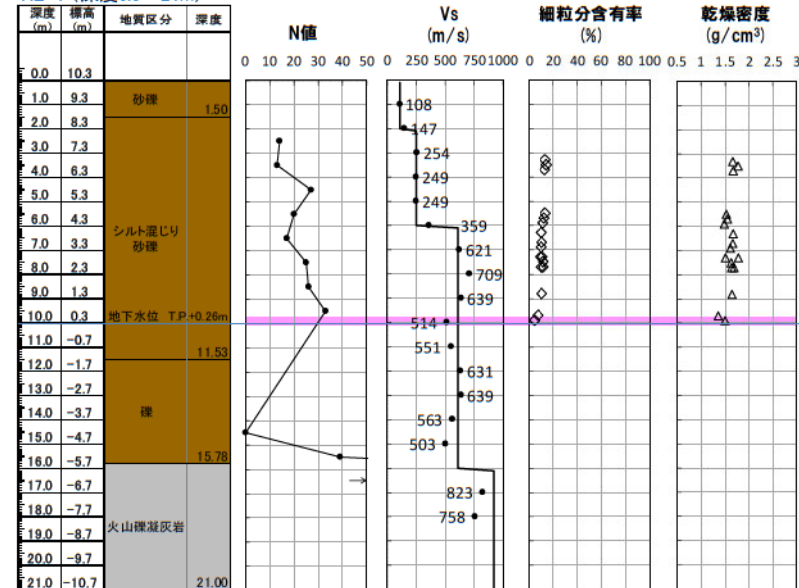
## 補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性

### 試料採取位置 (RE-4地点) の基本物性 <1,2号埋戻土>

- RE-4地点の基本物性を以下に示す。
- N値は0~39とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 $D_{50}$ は11.64mmで10mm以上であり、 $D_{10}$ は0.34mmで1mm以下である。細粒分含有率は $F_c=4.8\%$ である。せん断速度 $V_s$ は $V_s=249\sim709\text{m/s}$ である。



RE-4 (深度0.0~21m)

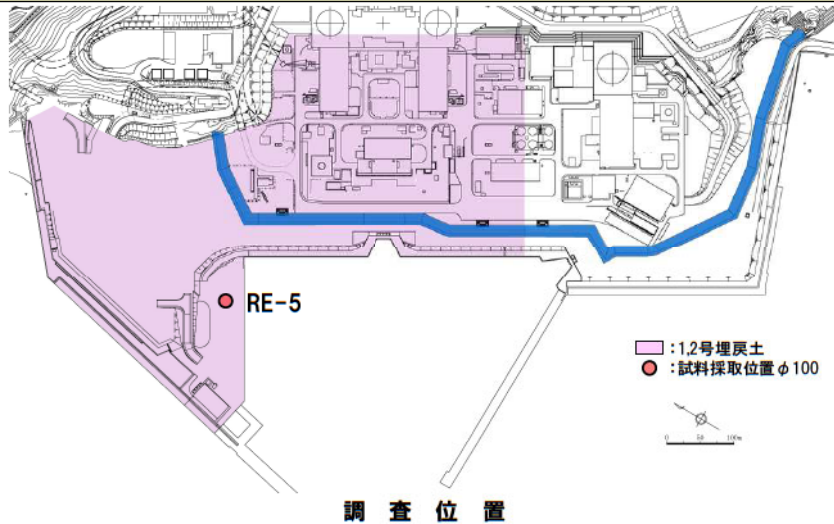


ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

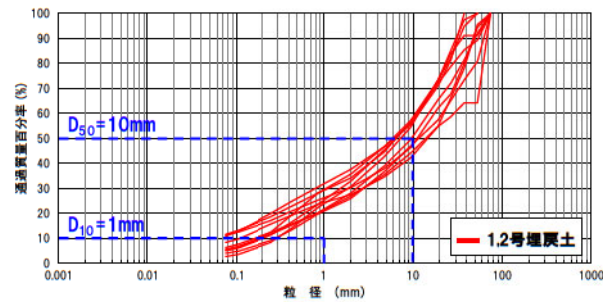
液状化強度試験位置

# 補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性 試料採取位置 (RE-5地点) の基本物性 <1,2号埋戻土>

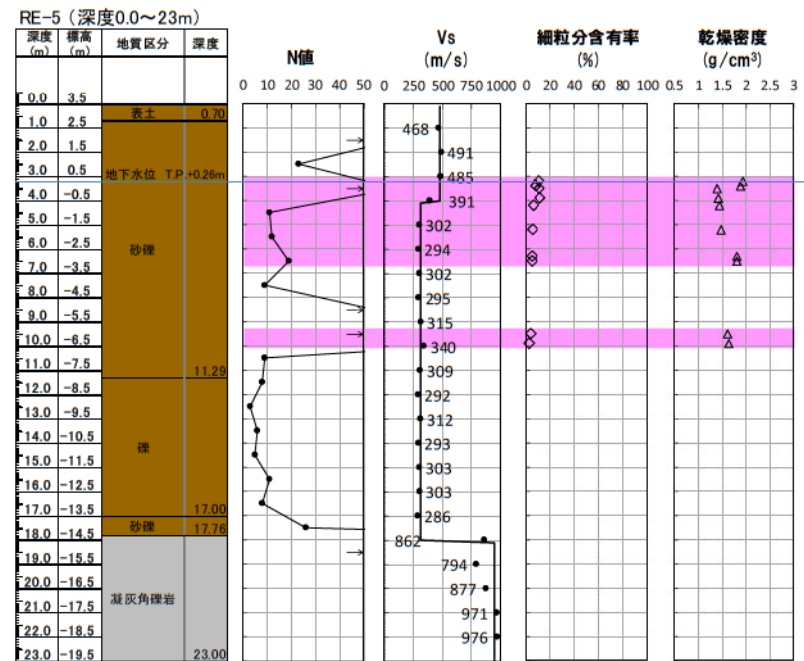
- RE-5地点の基本物性を以下に示す。
- N値は3~50以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 $D_{50}$ は6.26~15.40mmで4データ/10データが10mm以上であり、 $D_{10}$ は0.11~0.31mmで1mm以下である。細粒分含有率は $F_c=2.6\sim 11.5\%$ である。せん断速度 $V_s$ は $V_s=286\sim 340\text{m/s}$ である。



調査位置



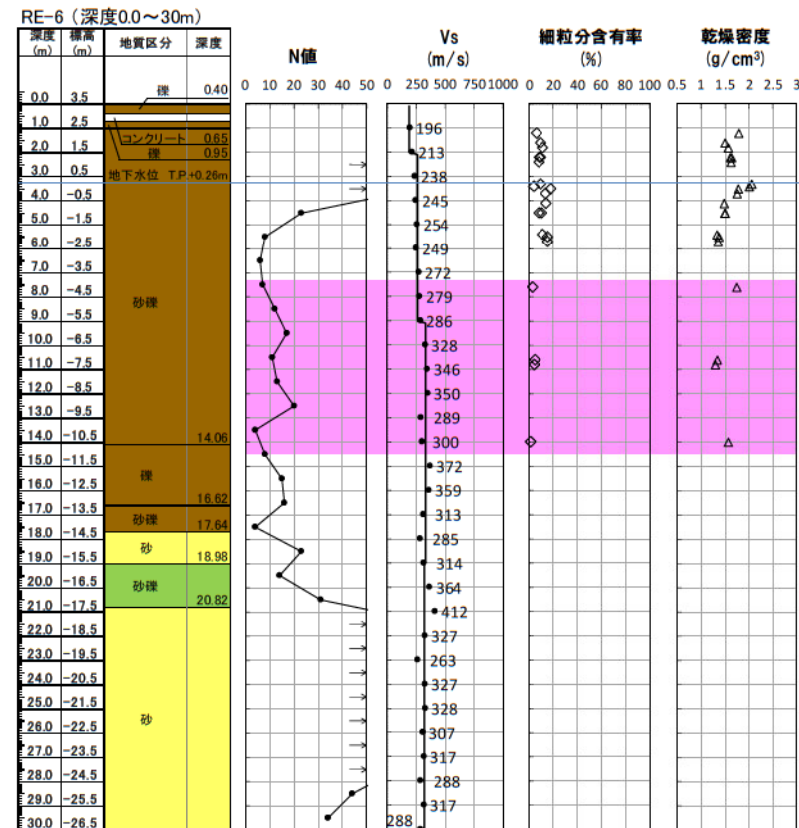
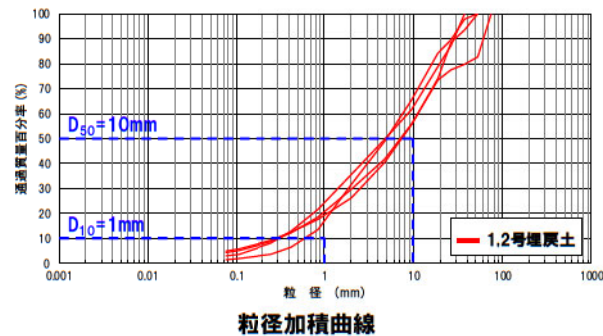
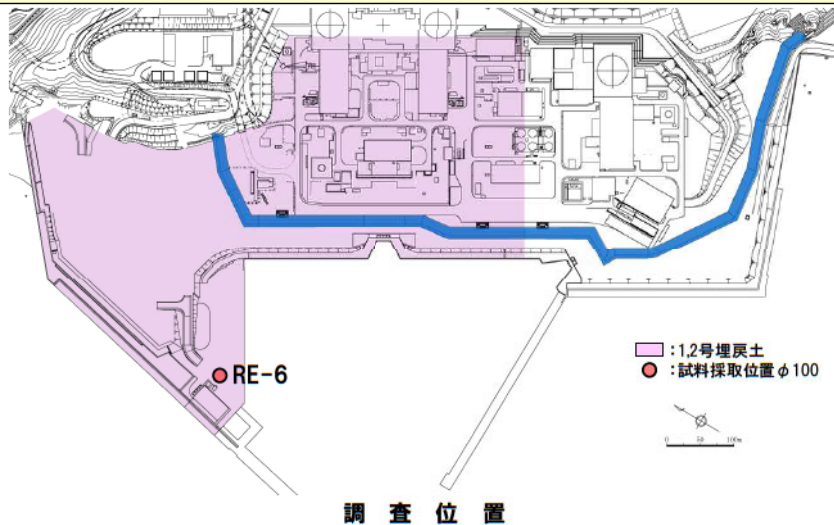
粒径加積曲線



ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果

# 補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性 試料採取位置 (RE-6地点) の基本物性 <1,2号埋戻土>

- RE-6地点の基本物性を以下に示す。
- N値は4~50以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 $D_{50}$ は4.87~7.73mmで10mm以上のデータはなく、 $D_{10}$ は0.29~0.64mmで1mm以下である。細粒分含有率は $F_c=1.5\sim5.0\%$ である。せん断速度 $V_s$ は $V_s=238\sim372\text{m/s}$ である。

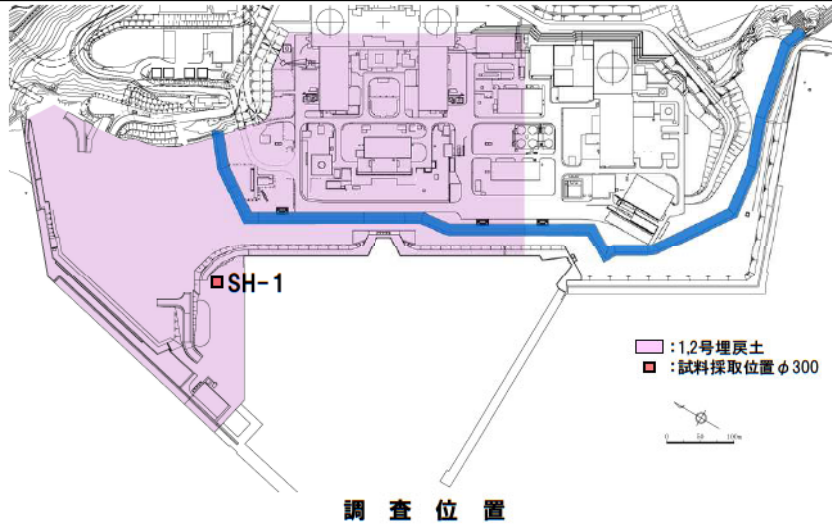


液状化強度試験位置

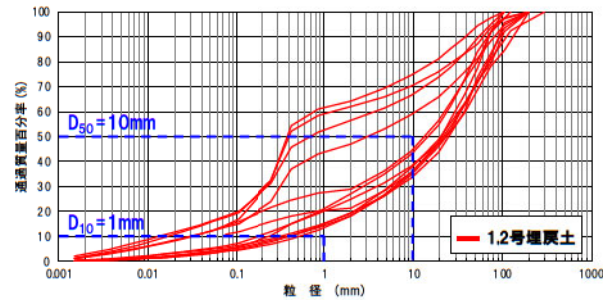
## 補足説明資料2 埋戻土・砂層の基本物性

### 試料採取位置 (SH-1地点) の基本物性 <1,2号埋戻土>

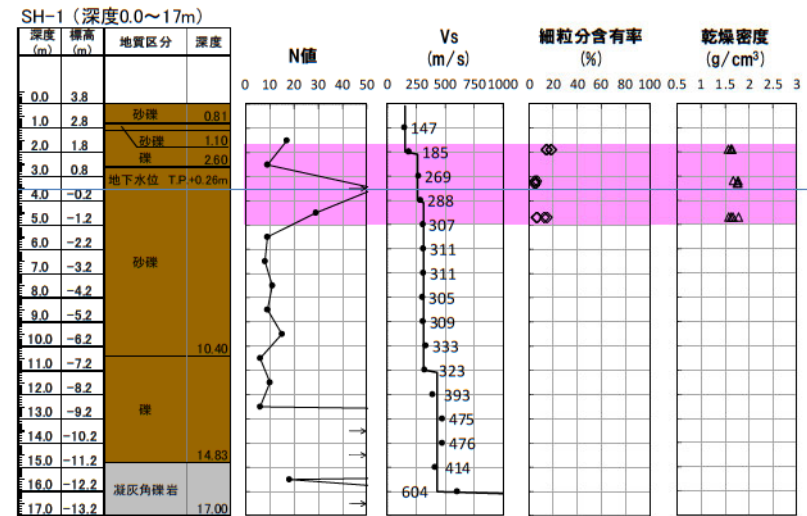
- SH-1地点の基本物性を以下に示す。
- N値は6~50以上とばらつきが認められる。
- 供試体の粒度分布は、 $D_{50}$ は0.39~25.08mmで8データ/12データが10mm以上であり、 $D_{10}$ は0.01~0.55mmで1mm以下である。細粒分含有率は $F_c=4.3\sim 19\%$ である。せん断速度 $V_s$ は $V_s=269\sim 476\text{m/s}$ である。



調査位置



粒径加積曲線



ボーリング柱状図及び原位置・室内試験結果