

東海第二発電所  
設置変更許可段階で示したFLIP解析用液状化強度特性の  
代表性及び網羅性について

平成30年5月14日  
日本原子力発電株式会社

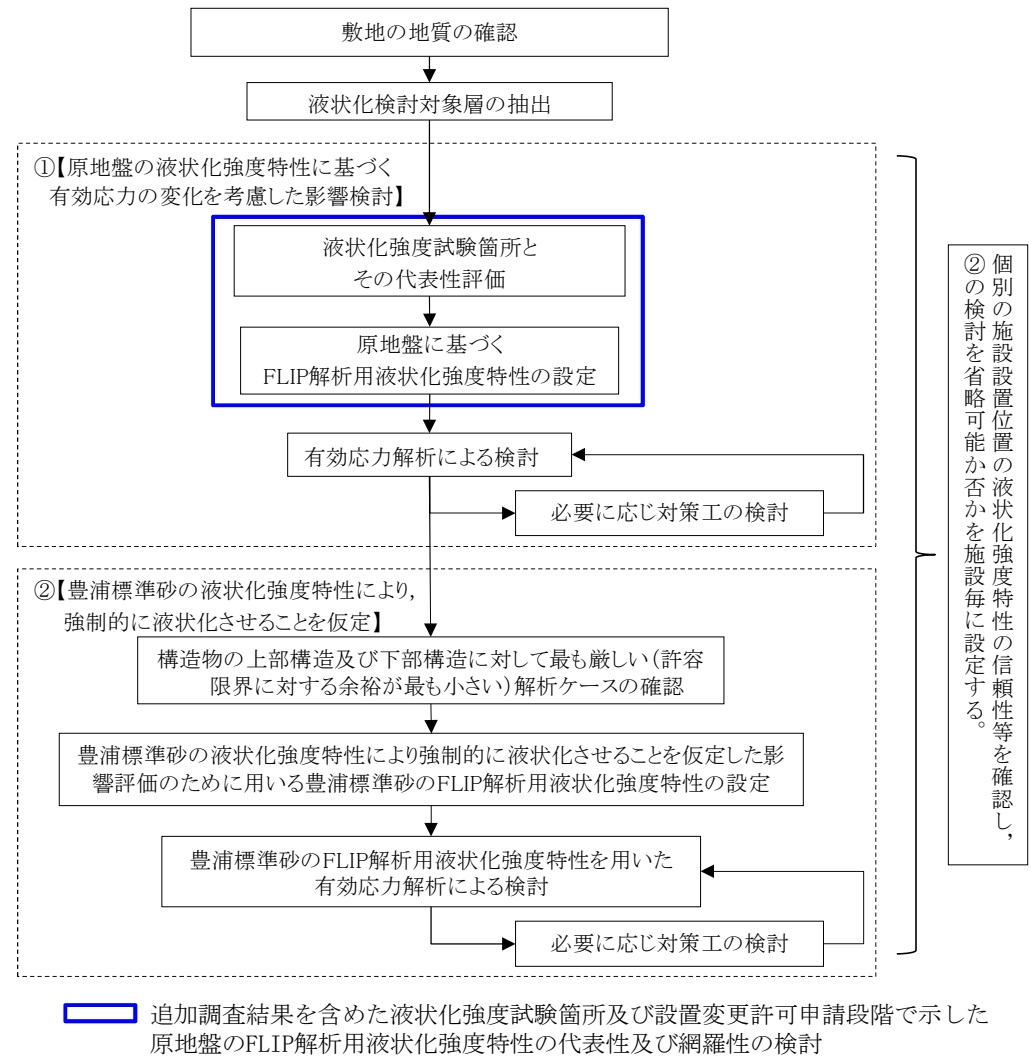
# 液状化強度試験の代表性及び網羅性

## 液状化影響の検討方針

- 液状化検討対象層の抽出では、道路橋示方書で対象としている地層を基本とし、さらに、道路橋示方書では検討対象外としている更新統及びG.L. -20m以深の土層も抽出対象とする。
- 原地盤の液状化強度試験結果に基づき、最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差を用いて設定した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性 ( $-1\sigma$ ) を用い、基準地震動  $S_s$  に対する有効応力解析により耐震評価を実施する。
- さらに、原地盤のFLIP解析用液状化強度特性 ( $-1\sigma$ ) を用いた検討結果のうち、構造物の上部構造及び下部構造のそれぞれについて、最も許容限界に対する余裕が小さい解析ケースに対し、豊浦標準砂の液状化強度特性より強制的に液状化させることを仮定した有効応力解析を行い、耐震評価を実施する。

設置変更許可申請段階以降に実施した追加調査結果を含め、液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性を確認する。また、設置変更許可段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性 ( $-1\sigma$ ) の代表性及び網羅性については、追加液状化強度試験結果との比較を基に確認する。

また、強制的に液状化させることを仮定した場合における影響評価のために用いている敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性が追加液状化強度試験結果と比較しても、十分に小さいことを確認する。



屋外重要土木構造物及び津波防護施設の液状化影響評価フロー

# 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。
- ✓ 粘性土層は非液状化層と分類する。
- ✓ 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以内の沖積砂・礫質土層としているが、本評価では以下の層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））

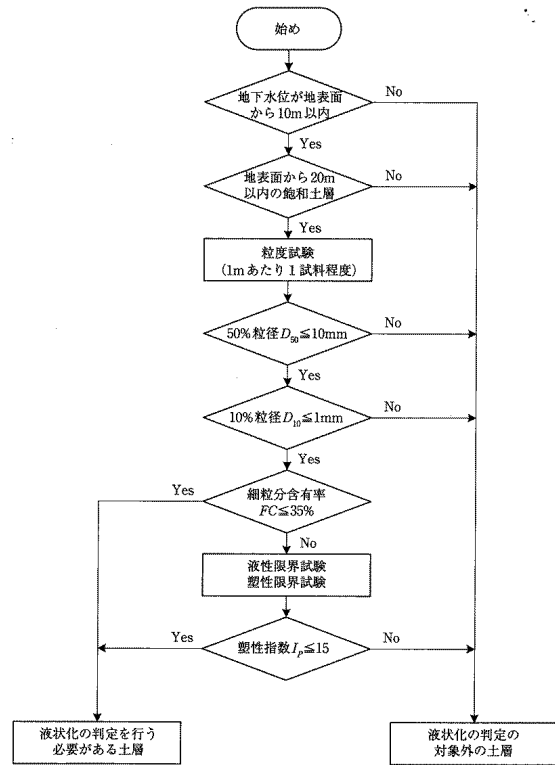
- ①地下水位が地表面から10m以内にあり、かつ、地表面から20m以内の深さに存在する飽和土層
- ②細粒分含有率が35%以下の土層、または、細粒分含有率が35%を超えても塑性指数が15以下の土層
- ③50%粒径が10mm以下で、かつ、10%粒径が1mm以下である土層

○：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） 平成24年3月)

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	○	○	
Ag2	砂礫	○	○	
	粘土	—	—	
al	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。
	Ag1	—	□	・ 20m以深に分布するが保守的に検討対象とする。
D2	D2c-3	—	—	
	D2s-3	—	□	・ 洪積層であるが保守的に検討対象とする。
	D2g-3	—	□	・ 洪積層であるが保守的に検討対象とする。 ・ 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とする。

# 液状化強度試験箇所を選定

## ▶ 液状化強度試験箇所を選定

追加液状化強度試験は、液状化検討対象層の分布状況及び耐震重要施設位置及び設置変更許可申請段階での液状化強度試験データの取得状況を踏まえ、液状化強度試験データの拡充を目的に実施した。

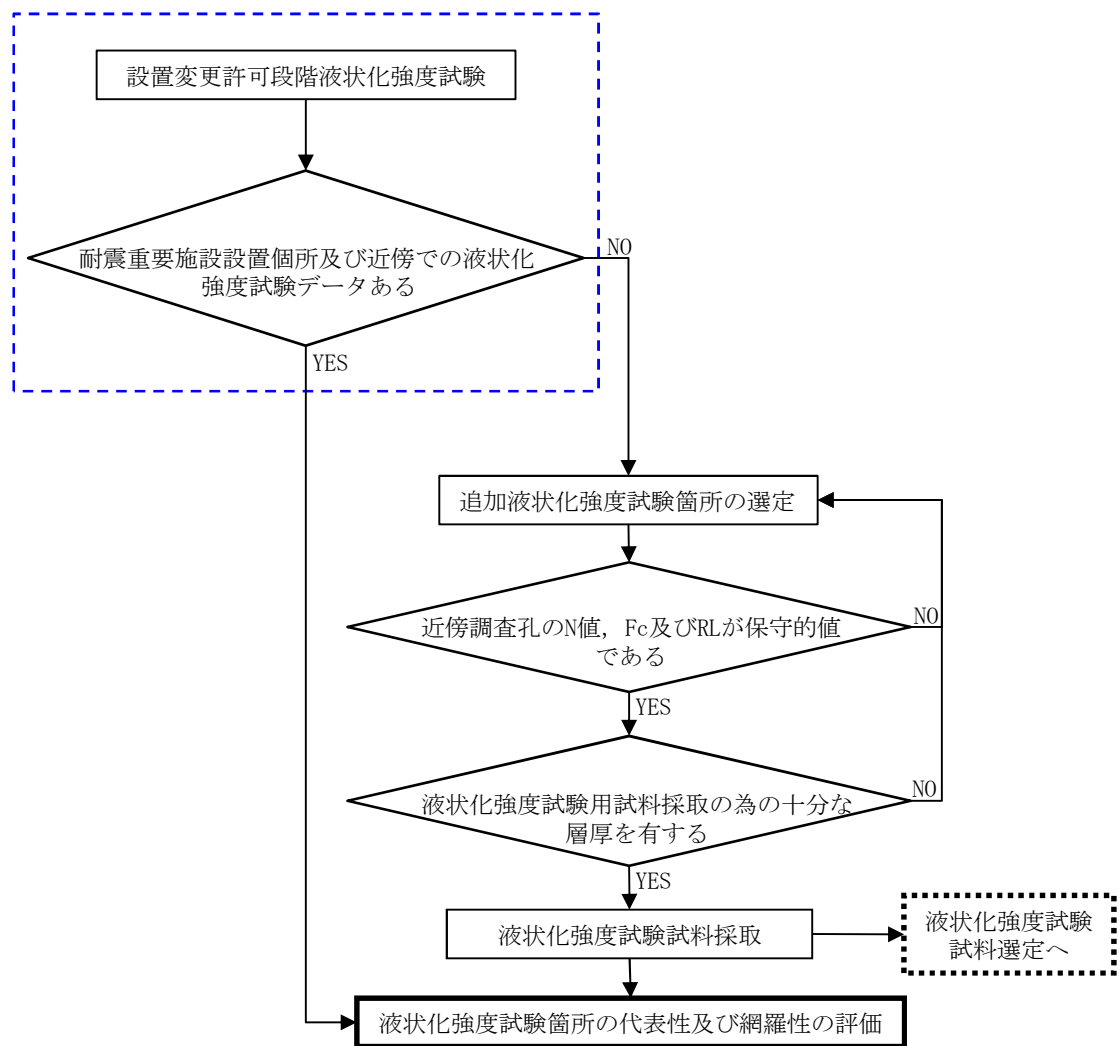
追加液状化強度試験箇所を選定では、

- ・液状化検討対象層の分布状況に対して必要な液状化強度試験データがあるかどうか。
- ・耐震重要施設近傍での液状化強度試験データがあるかどうか。

について検討を行い、データ拡充が必要な液状化検討対象層及び地点を選定を行った。各選定地点において、既存の調査結果を基に、N値と細粒分含有率Fcを用いて道路橋示方書式で算定される液状化強度試験箇所における平均液状化強度比 $R_L$ が敷地全体の同層の平均 $R_L$ と比較して、保守的な値であること、及び試料採取が可能な層厚を有しているかを確認し、液状化強度試験試料採取を行った。

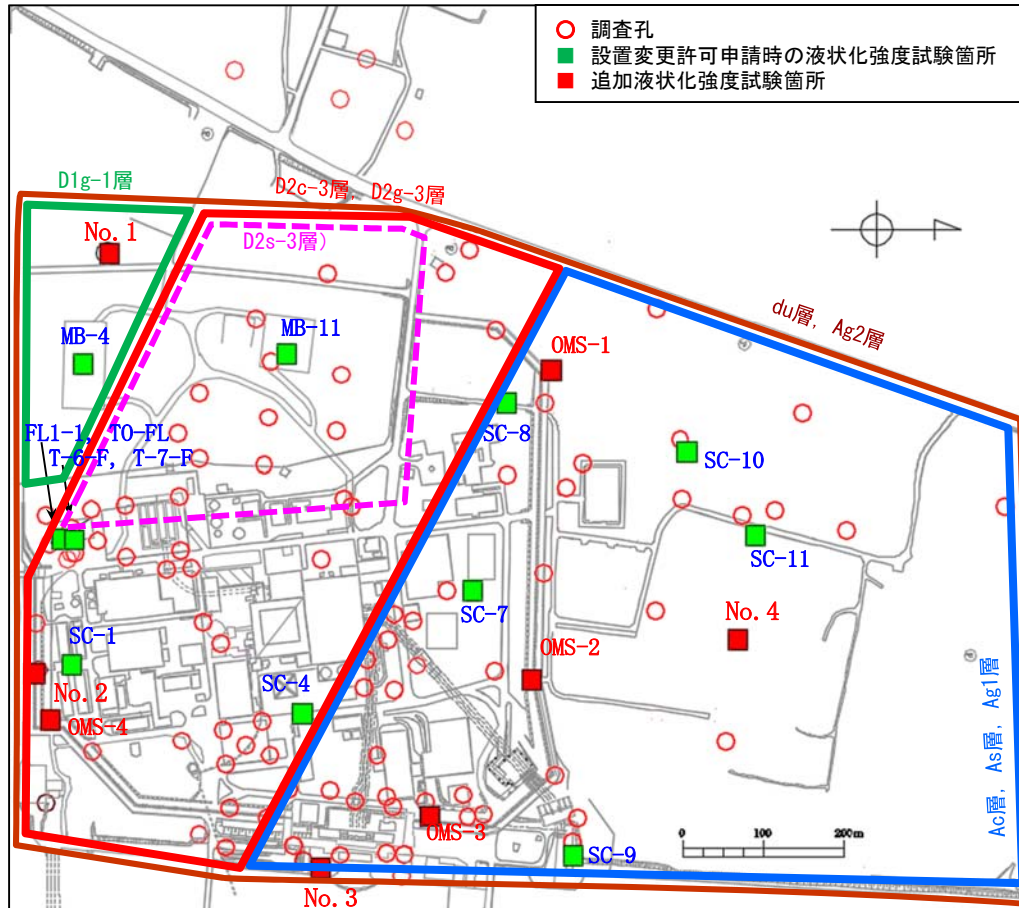
敷地の北部に分布する過圧密粘土Acの地層は、設置変更許可申請段階における液状化強度試験の結果、非液状化層であることを確認していることから、追加液状化強度試験は液状化検討対象層として抽出されたdu層、As層、Ag2層、Ag1層、D2s-3層、D2g-3層及びD1g-1層で実施した。

設置変更許可申請段階における結果を踏まえての検討



液状化強度試験箇所選定フロー

# 液状化強度試験箇所の特徴性及び網羅性評価



液状化検討対象層の分布範囲，敷地内調査孔及び液状化強度試験箇所

液状化強度試験箇所一覧

サンプリング箇所	du	Ag2	As	Ag1	D2s-3	D2g-3	D1g-1
SC-1	■						
SC-4	■						
SC-7	■		■				
SC-8	■						
SC-9			■				
SC-10			■				
SC-11	■		■				
MB-4	■						■
MB-11					■		
FL1-1, TO-FL		■					
T-6-F, T-7-F						■	
No. 1							■
No. 2		■				■	
No. 3		■		■			
No. 4		■	■				
OMS-1	■	■					
OMS-2		■					
OMS-3		■	■				
OMS-4	■	■			■		

■ 設置変更許可申請時の液状化強度試験  
 ■ 追加液状化強度試験

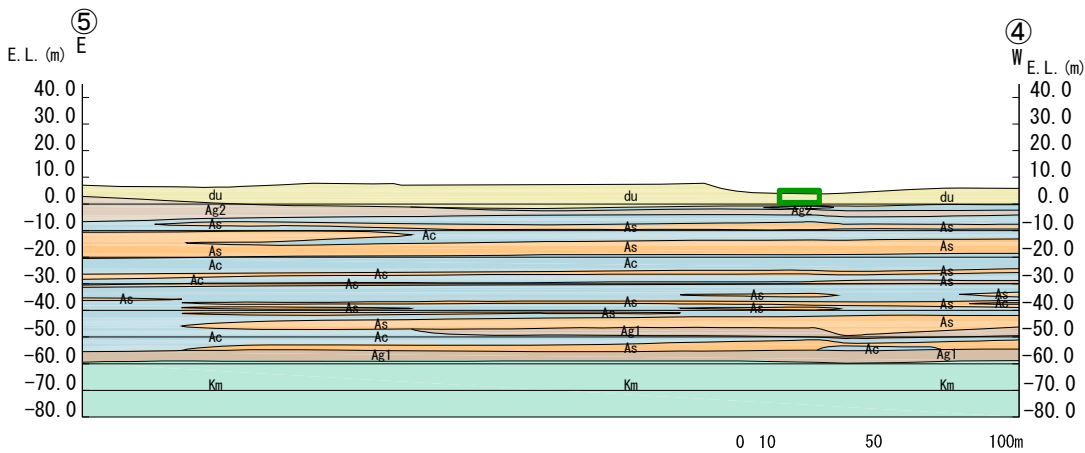
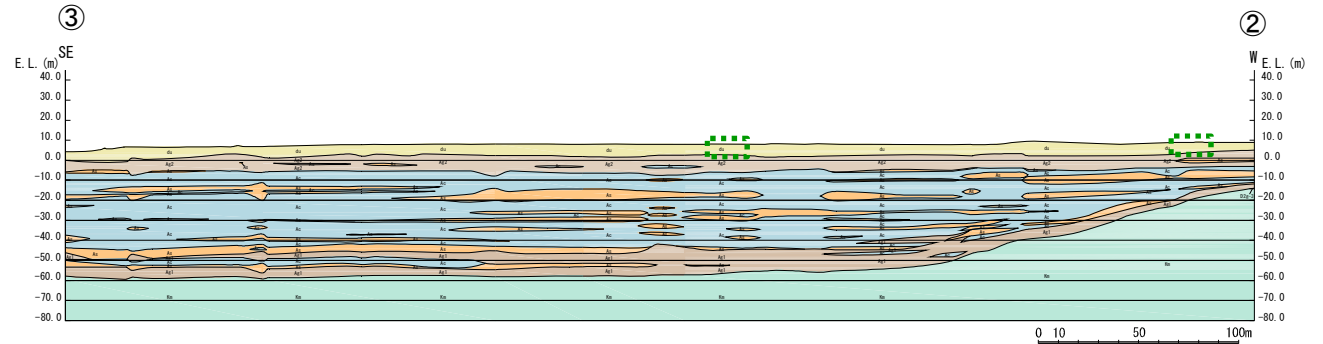
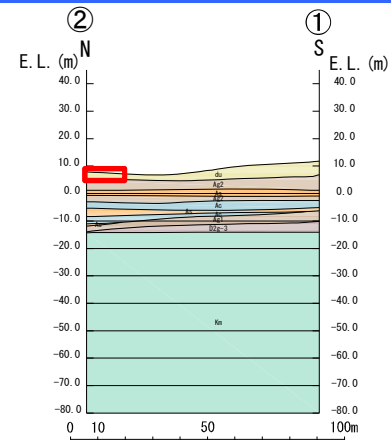
# 液状化強度試験箇所（du層）の代表性及び網羅性の評価



- 調査孔
- 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所
- 追加液状化強度試験箇所

調査孔と液状化強度試験箇所（du層）

- 凡例
- 液状化強度試験箇所（設置変更許可申請段階）
  - 液状化強度試験箇所（設置変更許可申請段階、投影）
  - 液状化強度試験箇所（追加調査）
  - 液状化強度試験箇所（追加調査、投影）



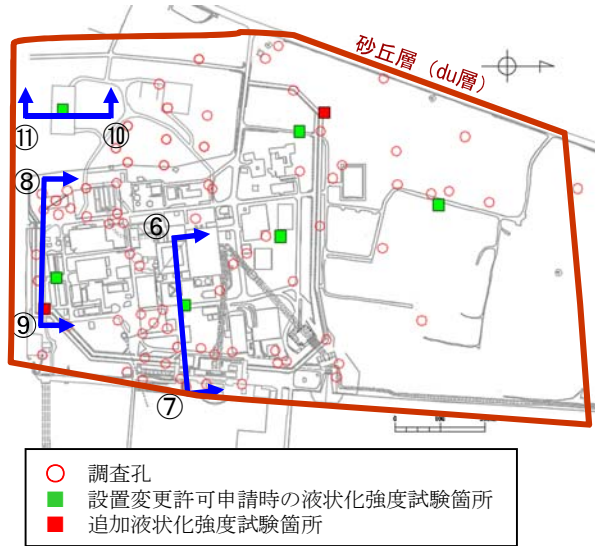
**地質構成表**

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

~~~~~ 不整合



# 液状化強度試験箇所 の 代表性 及び 網羅性 の 評価 (du層)

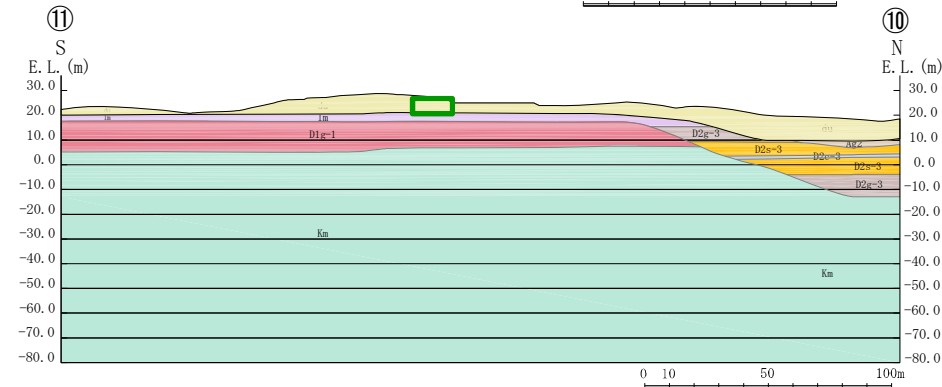
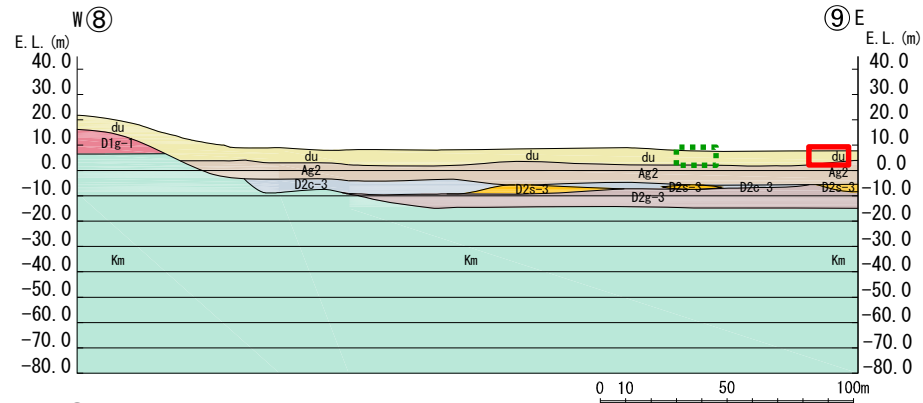
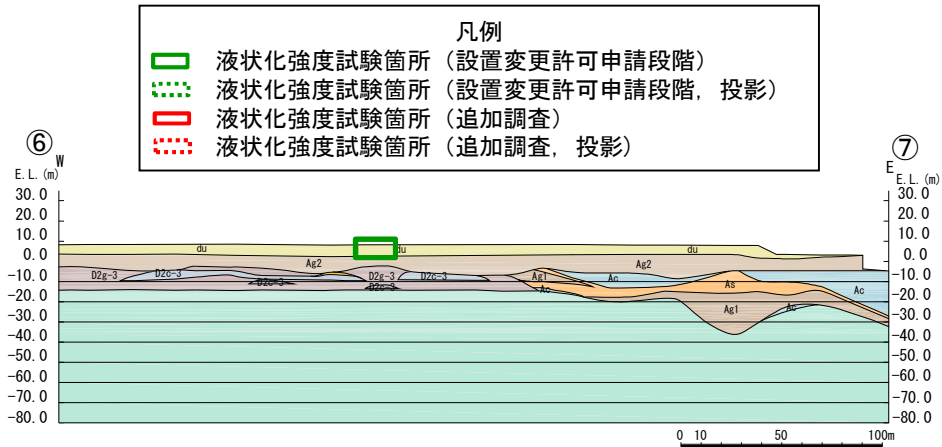


- 調査孔
- 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所
- 追加液状化強度試験箇所

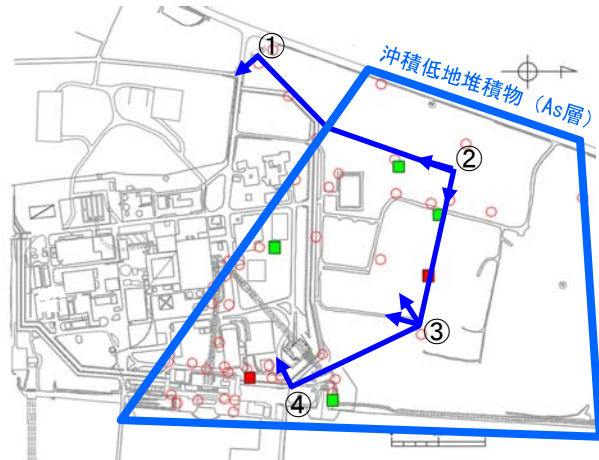
調査孔と液状化強度試験箇所 (du層)

## 地質構成表

| 地質時代    | 地質区分 | 記号    | 岩相    |     |      |
|---------|------|-------|-------|-----|------|
| 第 新 世   | 砂丘砂層 | du    | 砂     |     |      |
|         |      | Ag2   | 砂礫    |     |      |
|         | 沖積層  | al    | Ac    | 粘土  |      |
|         |      |       | As    | 砂   |      |
|         |      |       | Ag1   | 砂礫  |      |
| 四 更 新 世 | D2   | D2c-3 | シルト   |     |      |
|         |      | D2s-3 | 砂     |     |      |
|         |      | D2g-3 | 砂礫    |     |      |
|         |      | D2c-2 | シルト   |     |      |
|         |      | D2g-2 | 砂礫    |     |      |
|         | D1   | lm    | lm    | ローム |      |
|         |      |       | D1c-1 | シルト |      |
|         |      | D1    | D1g-1 | 砂礫  |      |
|         |      |       | 久米層   | Km  | 砂質泥岩 |
|         |      |       |       |     | 不整合  |



# 液状化強度試験箇所 の 代表性 及び 網羅性 評価 (As層)



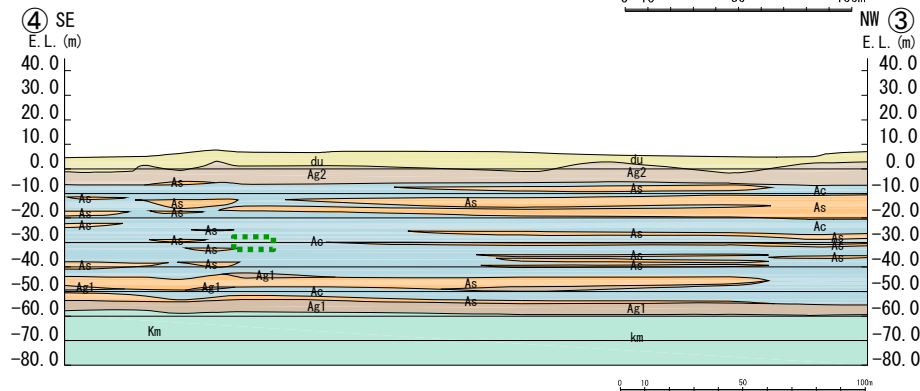
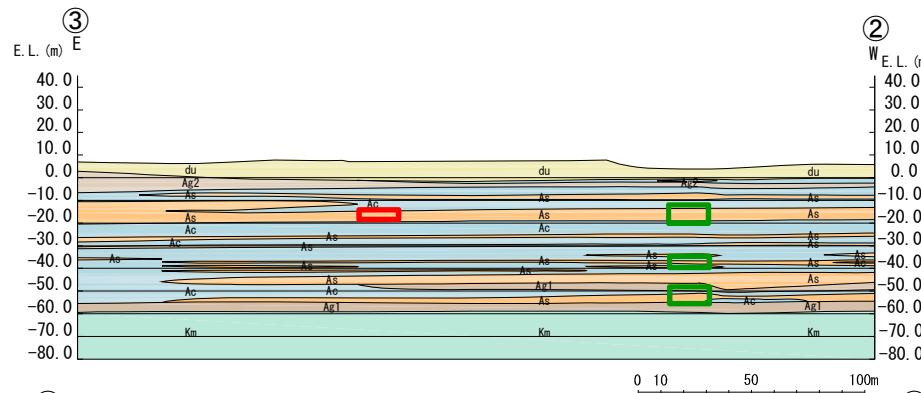
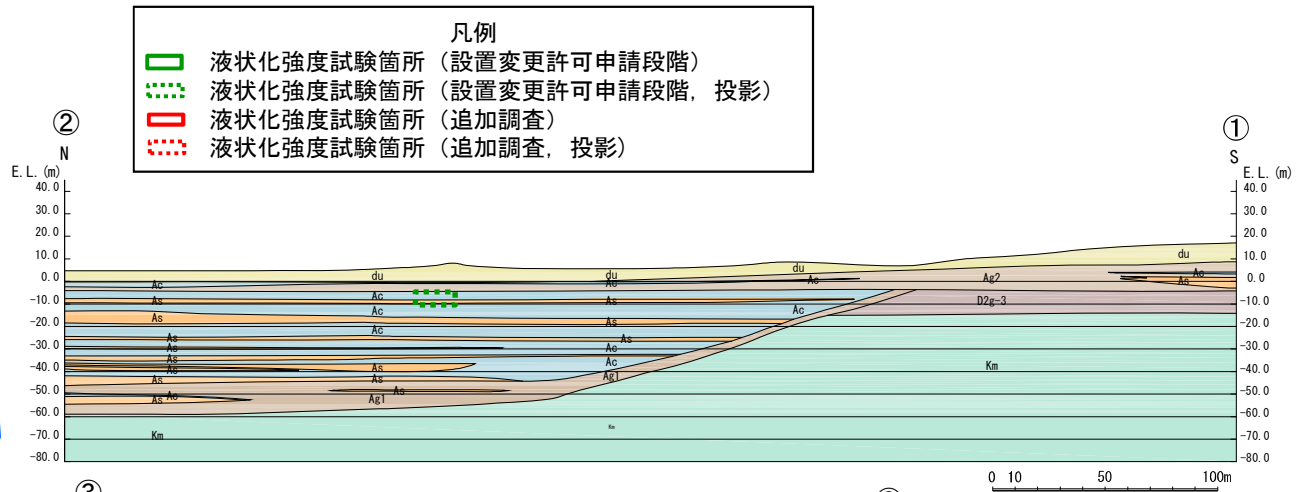
- 調査孔
- 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所
- 追加液状化強度試験箇所

調査孔と液状化強度試験箇所 (As層)

地質構成表

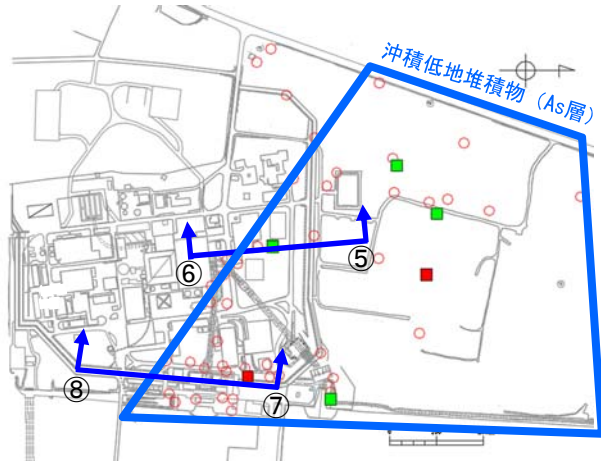
| 地質時代     | 地質区分  | 記号    | 岩相   |    |
|----------|-------|-------|------|----|
| 第 新 世    | 砂丘砂層  | du    | 砂    |    |
|          |       | Ag2   | 砂礫   |    |
|          | 沖積層   | a1    | Ac   | 粘土 |
|          |       | As    | 砂    |    |
|          |       | Ag1   | 砂礫   |    |
| 四 更 新 世  | 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

~~~~~ 不整合





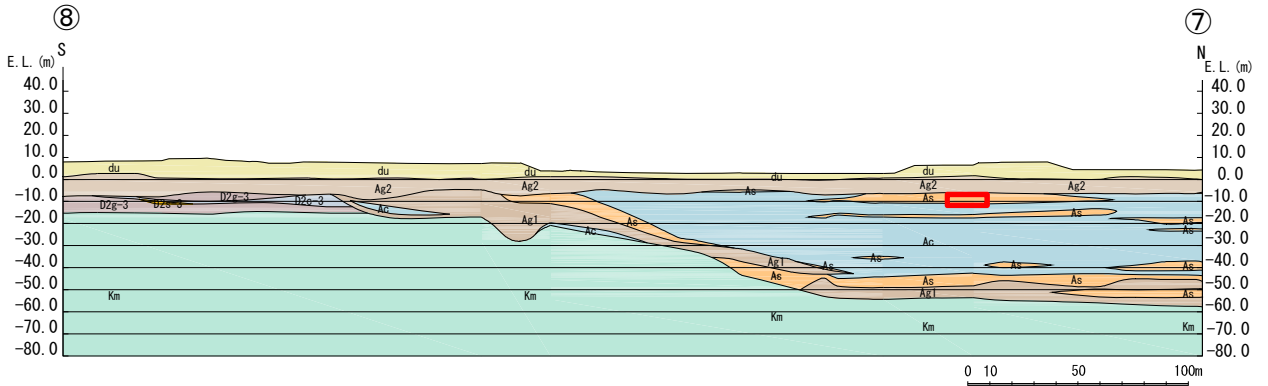
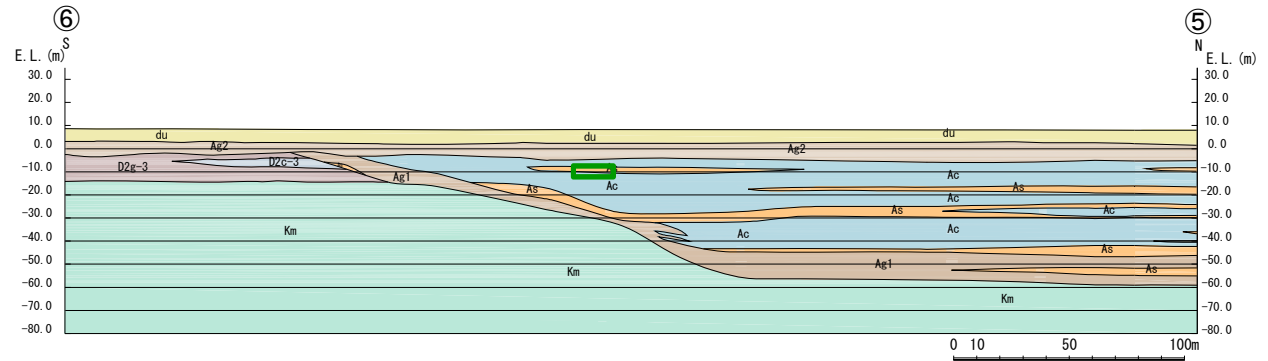
# 液状化強度試験箇所 の 代表性 及び 網羅性 評価 (As層)



- 調査孔
- 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所
- 追加液状化強度試験箇所

調査孔と液状化強度試験箇所 (As層)

- 凡例
- ▭ 液状化強度試験箇所 (設置変更許可申請段階)
  - ▭ 液状化強度試験箇所 (設置変更許可申請段階, 投影)
  - ▭ 液状化強度試験箇所 (追加調査)
  - ▭ 液状化強度試験箇所 (追加調査, 投影)

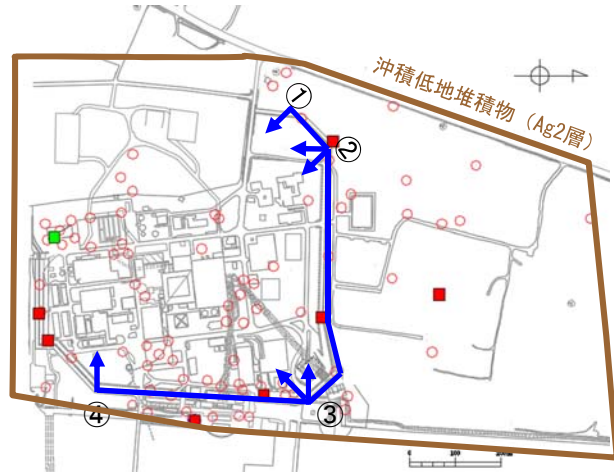


地質構成表

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

~~~~~ 不整合

# 液状化強度試験箇所 の 代表性 及び 網羅性 の 評価 (Ag 2 層)



- 凡例
- 液状化強度試験箇所 (設置変更許可申請段階)
  - 液状化強度試験箇所 (設置変更許可申請段階, 投影)
  - 液状化強度試験箇所 (追加調査)
  - 液状化強度試験箇所 (追加調査, 投影)

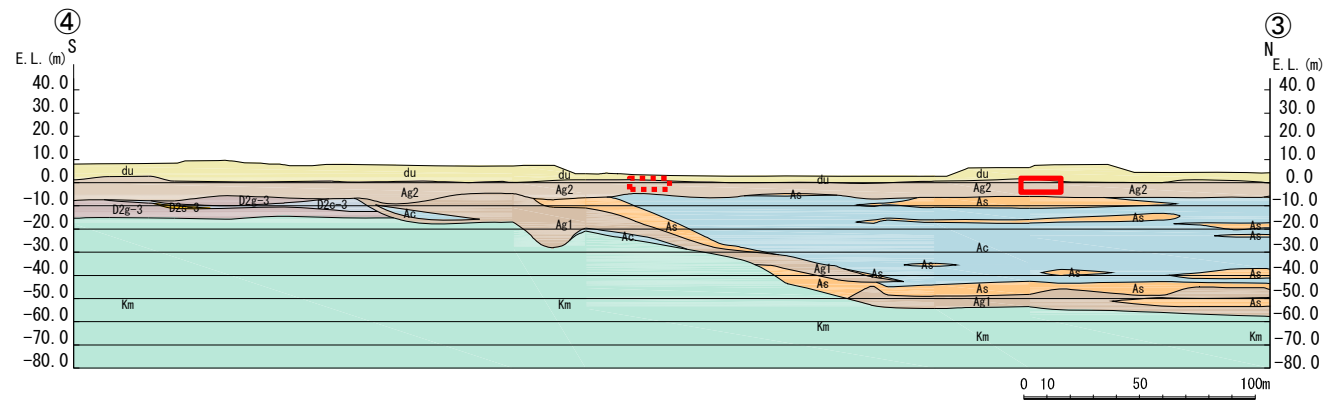
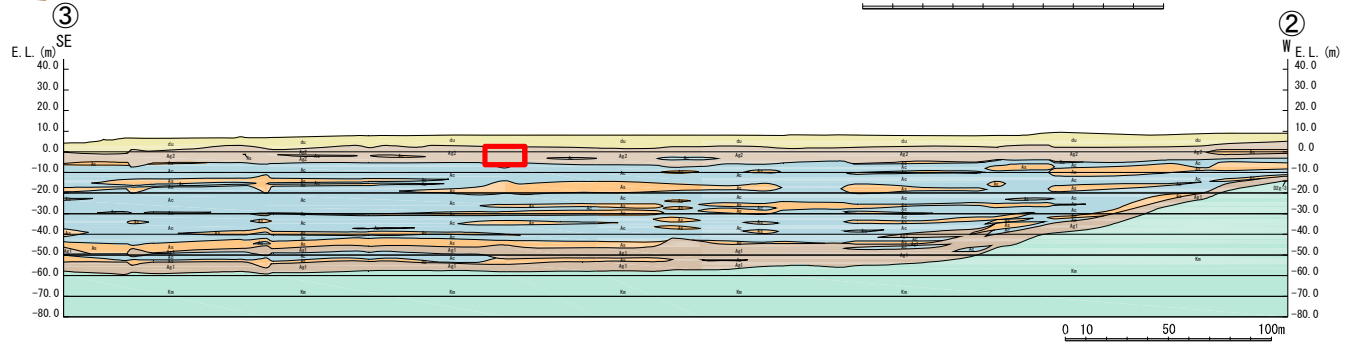
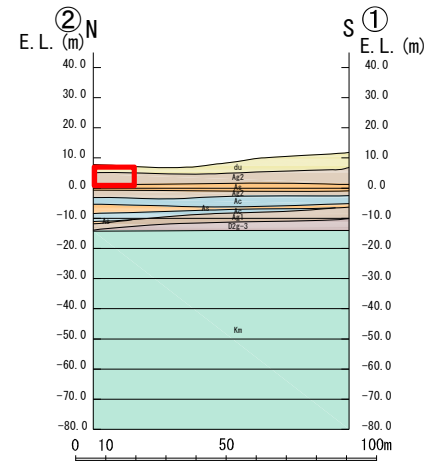
- 調査孔
- 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所
- 追加液状化強度試験箇所

調査孔と液状化強度試験箇所 (Ag2層)

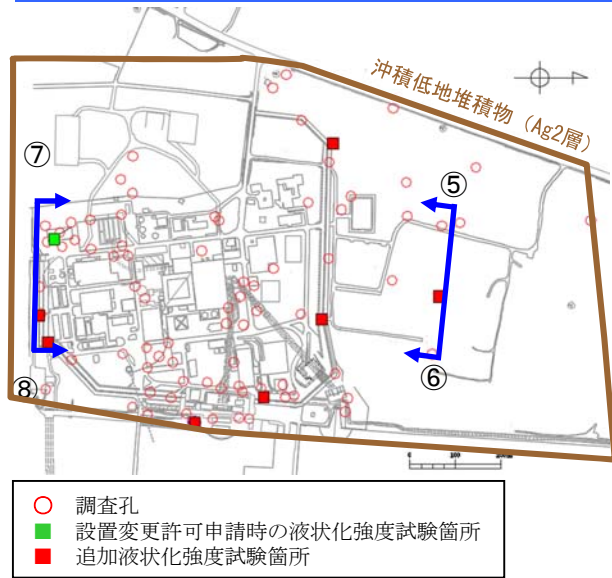
地質構成表

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

~~~~~ 不整合



# 液状化強度試験箇所 の 代表性 及び 網羅性 の 評価 (Ag 2 層)

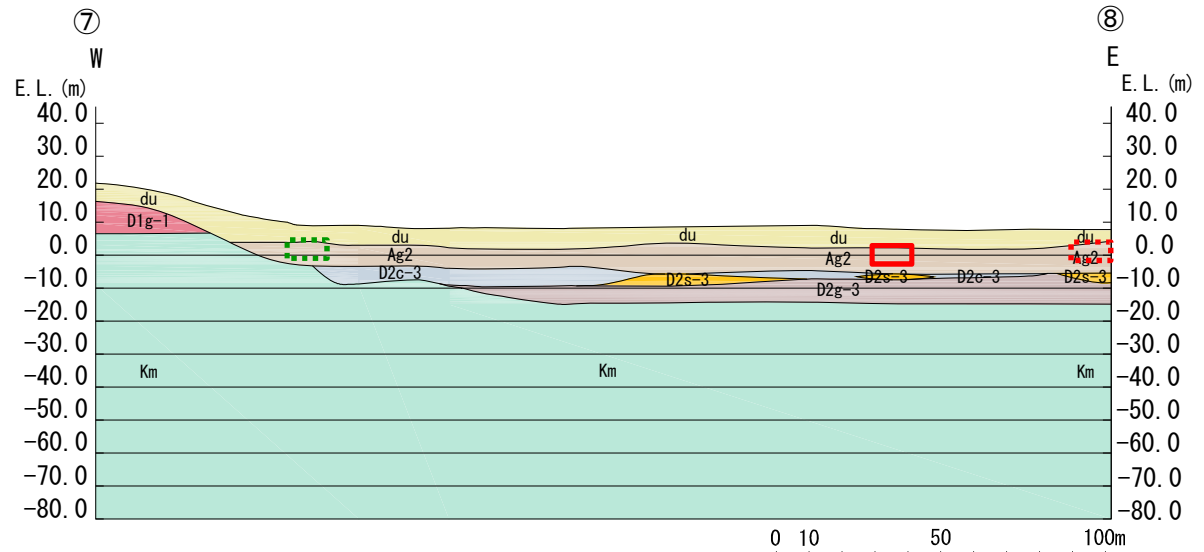
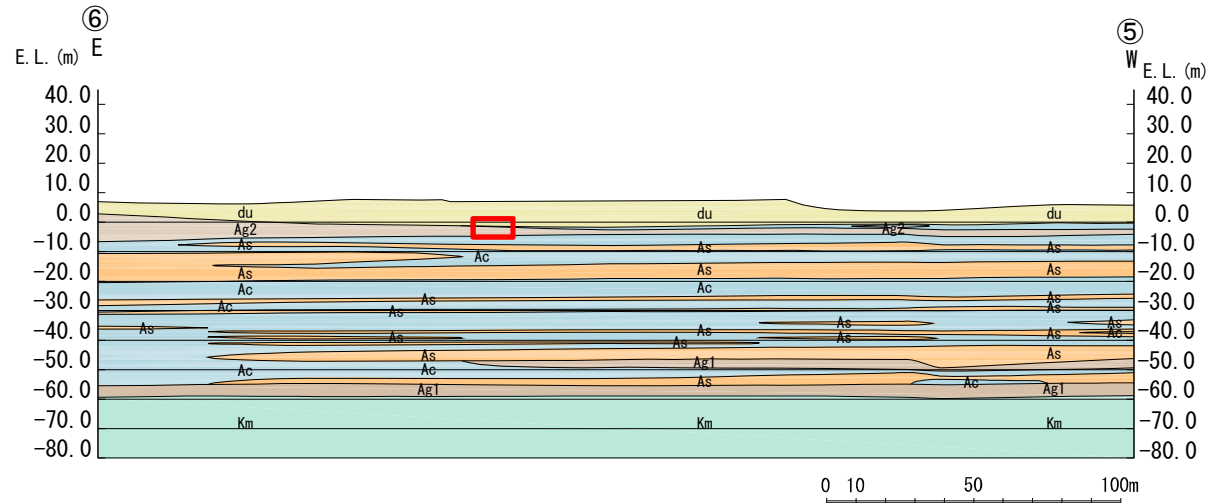
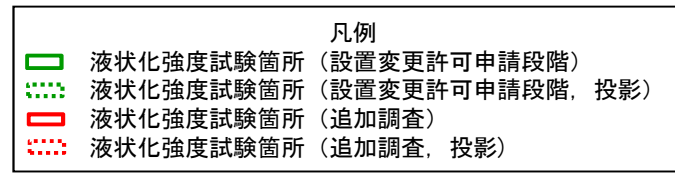


調査孔と液状化強度試験箇所 (Ag2層)

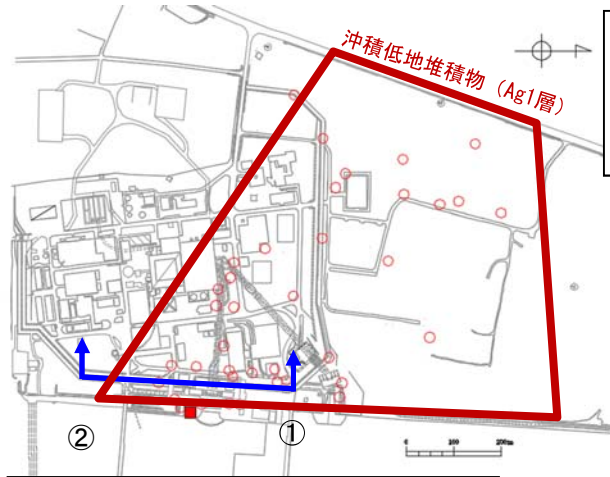
地質構成表

| 地質時代     | 地質区分  | 記号    | 岩相    |     |
|----------|-------|-------|-------|-----|
| 第 新 世    | 完 沖積層 | du    | 砂     |     |
|          |       | Ag2   | 砂礫    |     |
|          |       | Ac    | 粘土    |     |
|          |       | As    | 砂     |     |
|          | 四 更 世 | D2    | Ag1   | 砂礫  |
|          |       |       | D2c-3 | シルト |
|          |       |       | D2s-3 | 砂   |
| 第 新 紀 世  | 段丘堆積物 | D2g-3 | 砂礫    |     |
|          |       | D2c-2 | シルト   |     |
|          |       | D2g-2 | 砂礫    |     |
|          |       | Im    | ローム   |     |
|          |       | D1    | D1c-1 | シルト |
| 新第三紀 鮮新世 | 久米層   | D1g-1 | 砂礫    |     |
|          |       | Km    | 砂質泥岩  |     |

~~~~~ 不整合



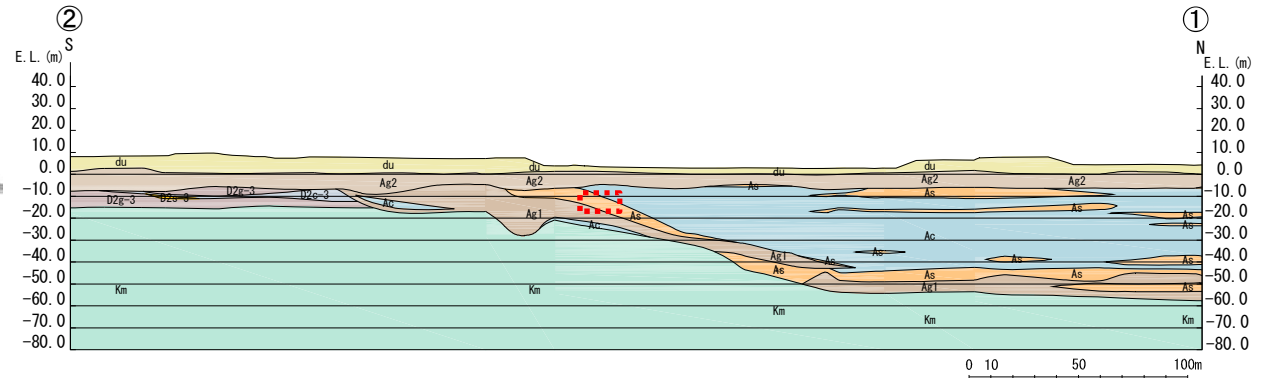
# 液状化強度試験箇所 の 代表性 及び 網羅性 の 評価 (Ag1層)



- 調査孔
- 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所
- 追加液状化強度試験箇所

調査孔と液状化強度試験箇所 (Ag1層)

- 凡例
- ▭ 液状化強度試験箇所 (設置変更許可申請段階)
  - ⋯ 液状化強度試験箇所 (設置変更許可申請段階, 投影)
  - ▭ 液状化強度試験箇所 (追加調査)
  - ⋯ 液状化強度試験箇所 (追加調査, 投影)

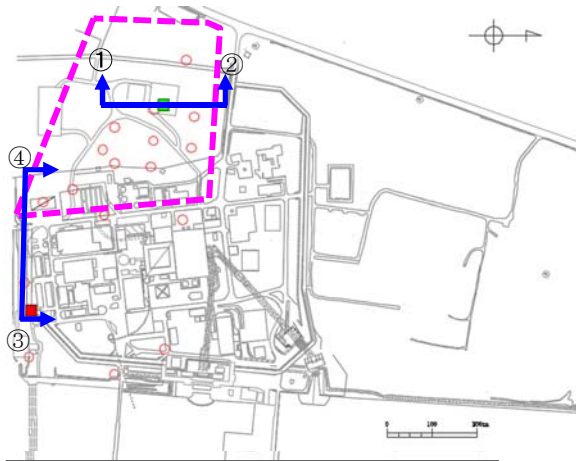


地質構成表

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

~~~~~ 不整合

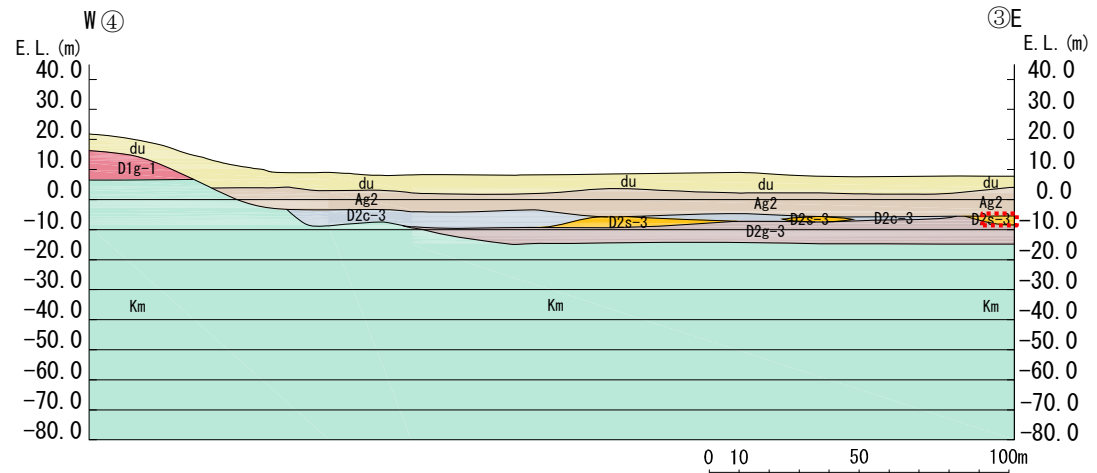
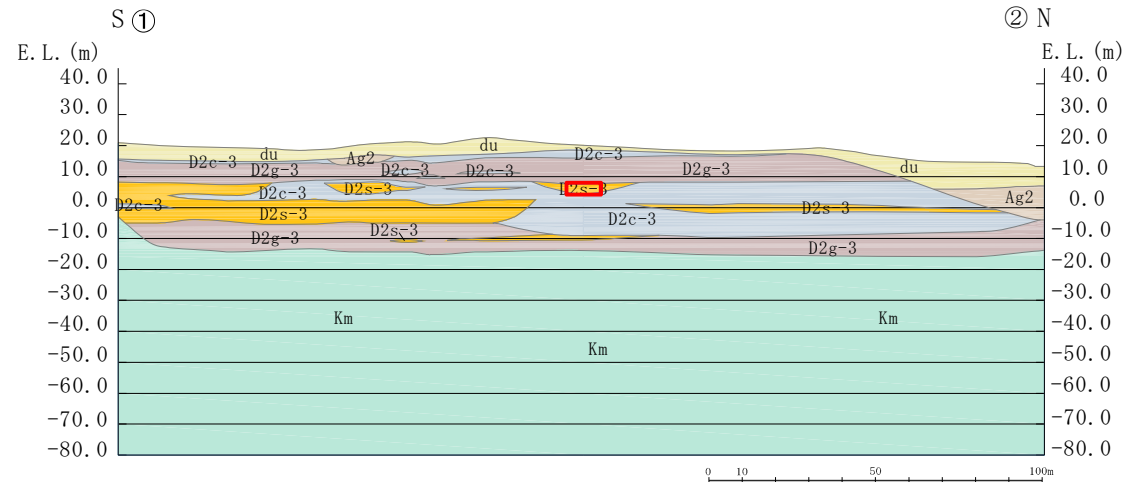
# 液状化強度試験箇所 の 代表性 及び 網羅性 の 評価 (D2s-3層)



- 調査孔
- 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所
- 追加液状化強度試験箇所

調査孔と液状化強度試験箇所 (D2g-3層)

- 凡例
- 液状化強度試験箇所 (設置変更許可申請段階)
  - 液状化強度試験箇所 (設置変更許可申請段階, 投影)
  - 液状化強度試験箇所 (追加調査)
  - 液状化強度試験箇所 (追加調査, 投影)



地質構成表

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

~~~~~ 不整合

# 液状化強度試験箇所 の 代表性 及び 網羅性 の 評価 (D2g-3層)



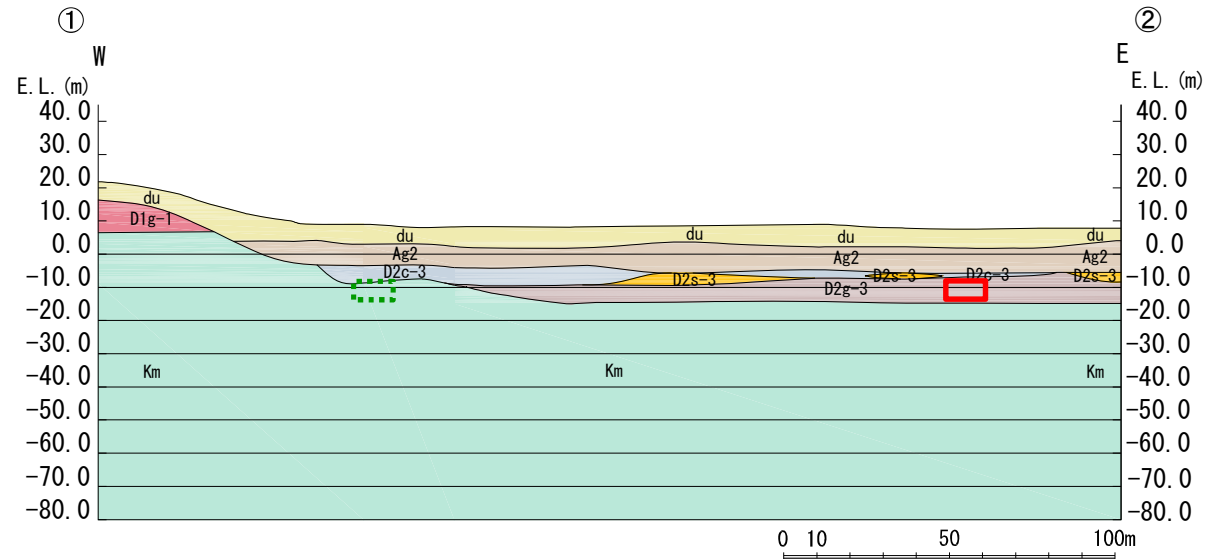
- 調査孔
- 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所
- 追加液状化強度試験箇所

調査孔と液状化強度試験箇所 (D2g-3層)

地質構成表

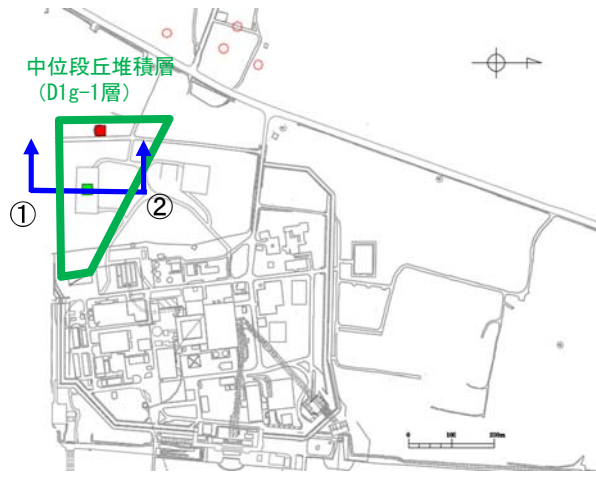
| 地質時代            | 地質区分 | 記号    | 岩相    |     |    |
|-----------------|------|-------|-------|-----|----|
| 第四紀             | 完新世  | 砂丘砂層  |       |     |    |
|                 |      | du    | 砂     |     |    |
|                 |      | 沖積層   | al    | Ag2 | 砂礫 |
|                 |      |    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

- 凡例
- 液状化強度試験箇所 (設置変更許可申請段階)
  - 液状化強度試験箇所 (設置変更許可申請段階, 投影)
  - 液状化強度試験箇所 (追加調査)
  - 液状化強度試験箇所 (追加調査, 投影)





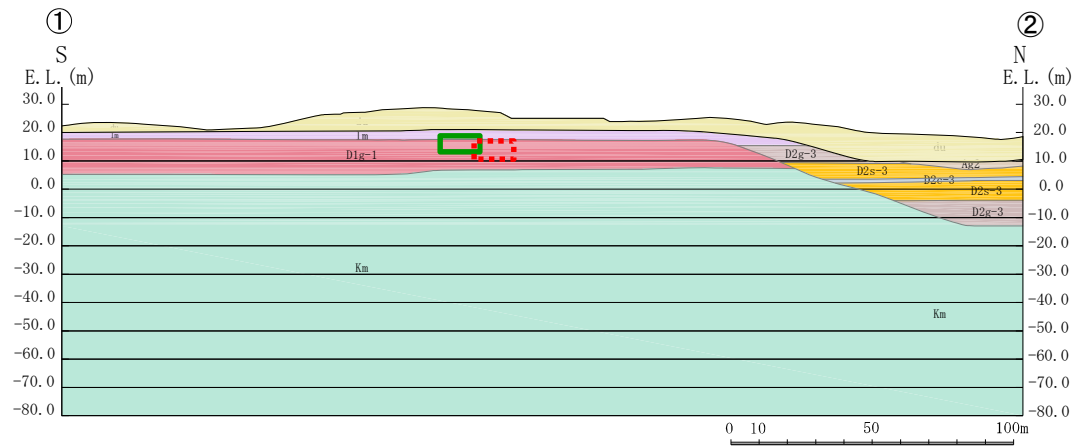
# 液状化強度試験箇所 の 代表性 及び 網羅性 の 評価 (D1g-1層)



- 調査孔
- 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所
- 追加液状化強度試験箇所

調査孔と液状化強度試験箇所 (D1g-1層)

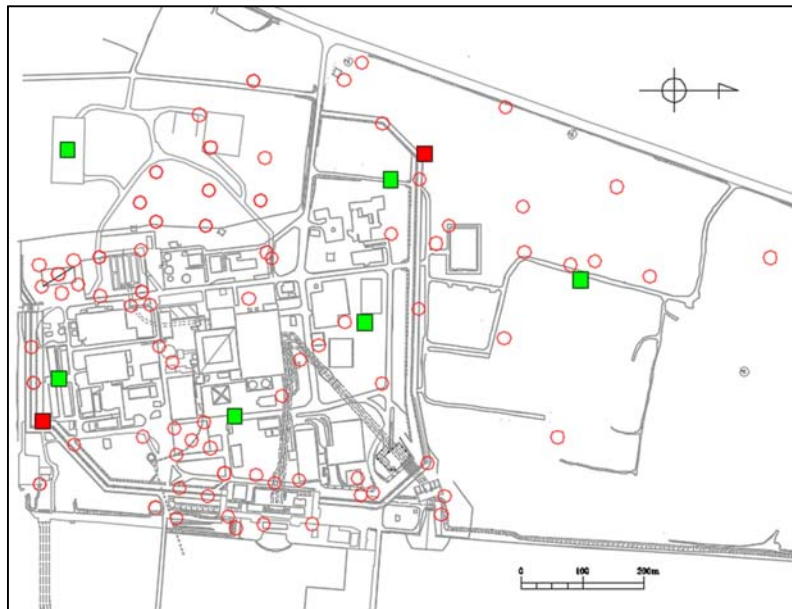
- 凡例
- 液状化強度試験箇所 (設置変更許可申請段階)
  - 液状化強度試験箇所 (設置変更許可申請段階, 投影)
  - 液状化強度試験箇所 (追加調査)
  - 液状化強度試験箇所 (追加調査, 投影)



地質構成表

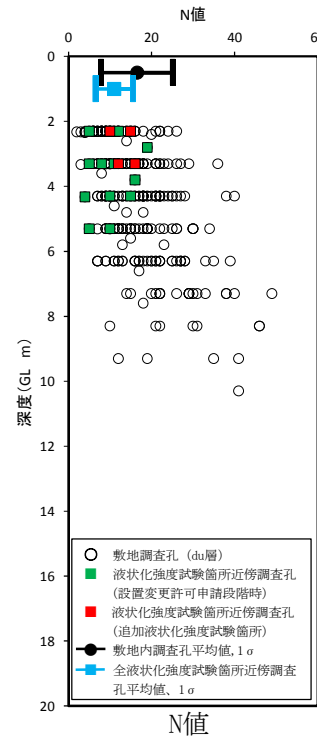
| 地質時代      | 地質区分 | 記号    | 岩相    |       |     |
|-----------|------|-------|-------|-------|-----|
| 第四紀       | 完新世  | 砂丘砂層  |       |       |     |
|           |      | du    | 砂     |       |     |
|           | 新世   | 沖積層   | al    | Ag2   | 砂礫  |
|           |      |       |       | Ac    | 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

# 液状化強度試験箇所 の 代表性 及び 網羅性 の 評価 ( d u 層 )

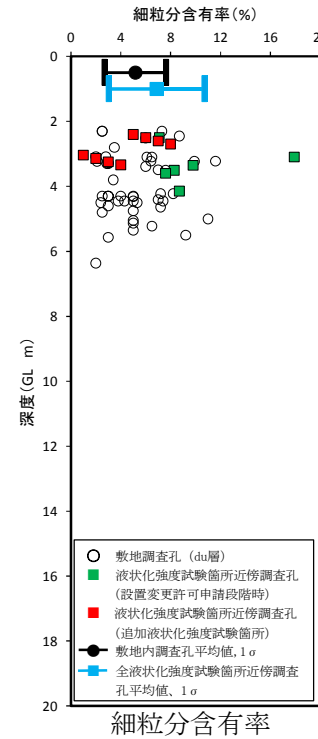


○ 調査孔  
 ■ 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所  
 ■ 追加液状化強度試験箇所

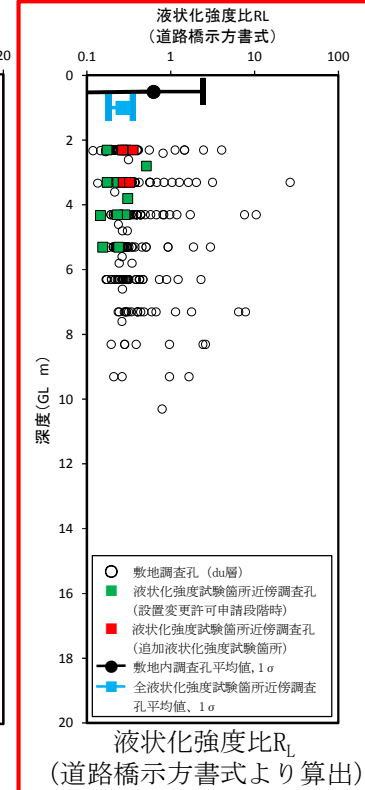
調査孔と液状化強度試験箇所 (du層)



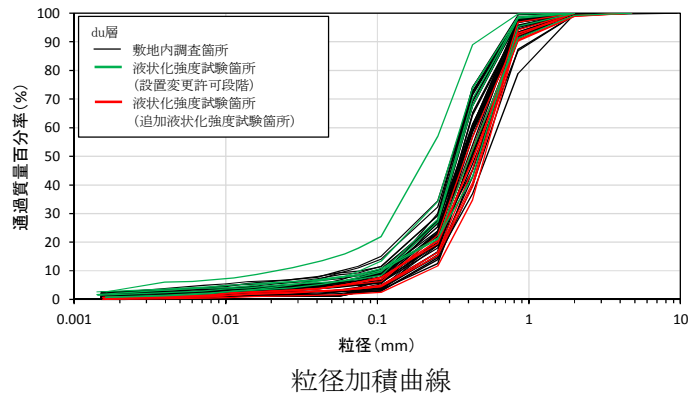
N値



細粒分含有率



液状化強度比 $R_L$   
 (道路橋示方書式より算出)

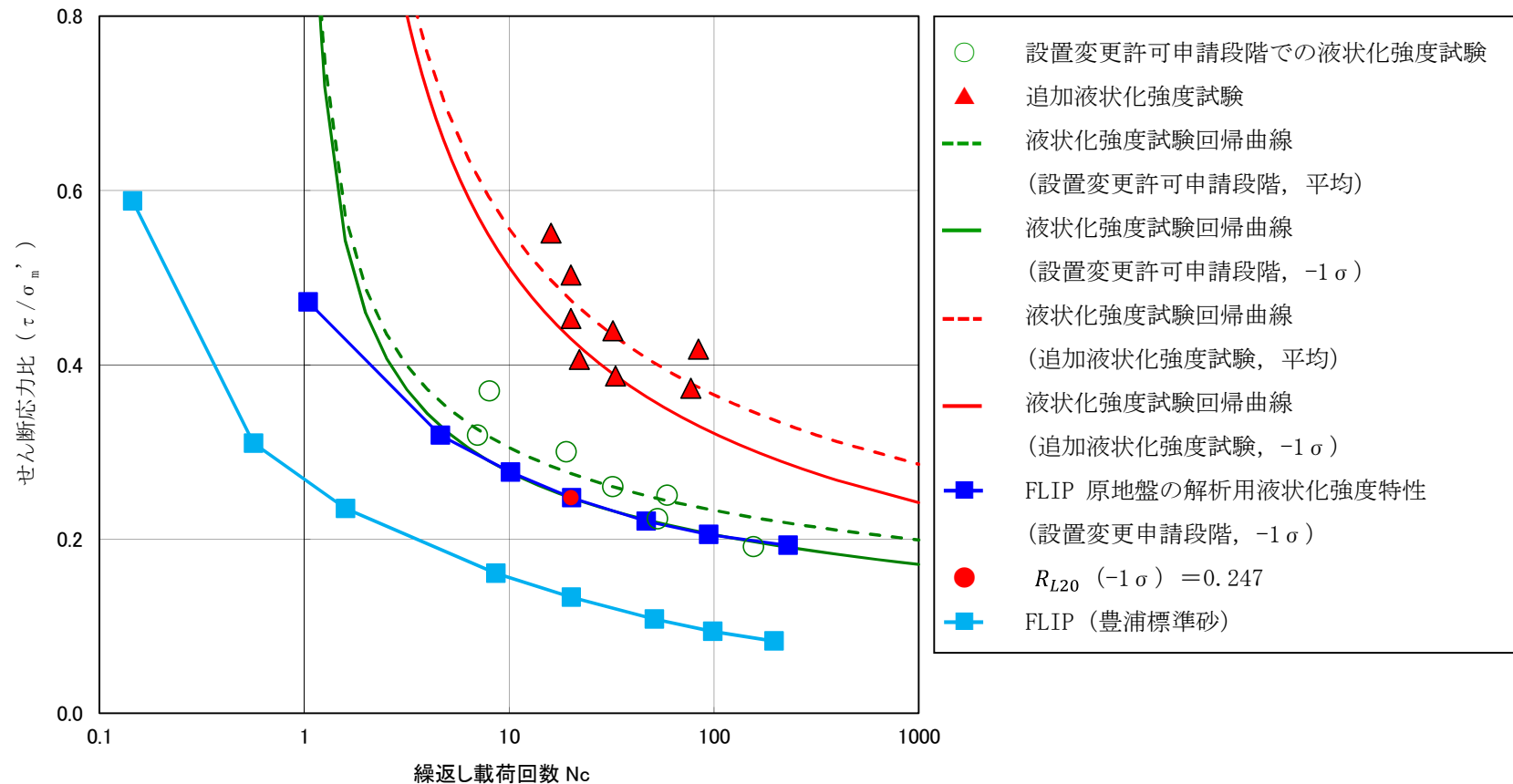


粒径加積曲線

- ・ 液状化強度試験箇所近傍孔の平均N値は、敷地内調査孔の平均N値より小さい。
- ・ 液状化強度試験箇所の平均細粒分含有率 $F_c$ は、敷地内調査孔の平均 $F_c$ 値よりやや大きめであるが、平均 $F_c$ 値は10%未満である。
- ・ 液状化強度試験箇所の粒度分布は、敷地内調査孔の結果と概ね同様である。

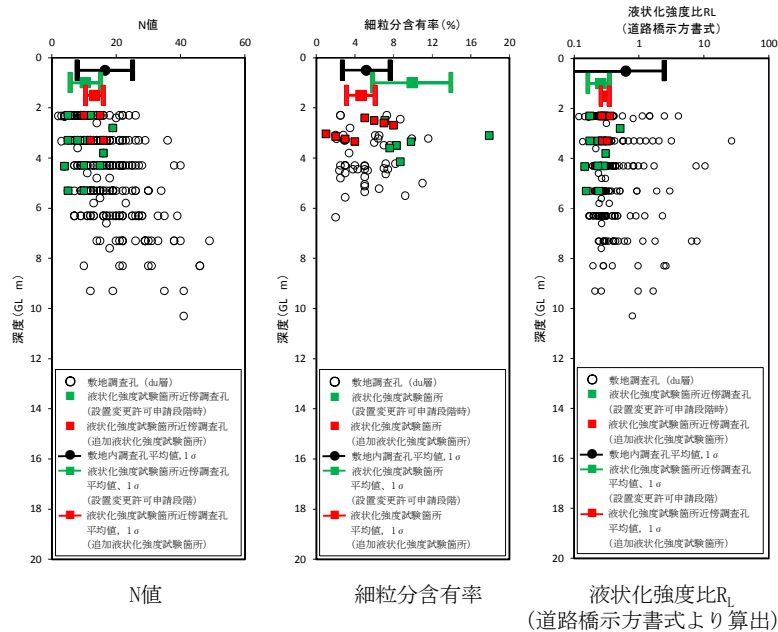
✓液状化強度比 $R_L$ の比較により、  
 液状化強度試験箇所近傍孔平均 $R_L <$  敷地内調査孔平均 $R_L$   
 を確認した。

# FLIP解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性（du層）

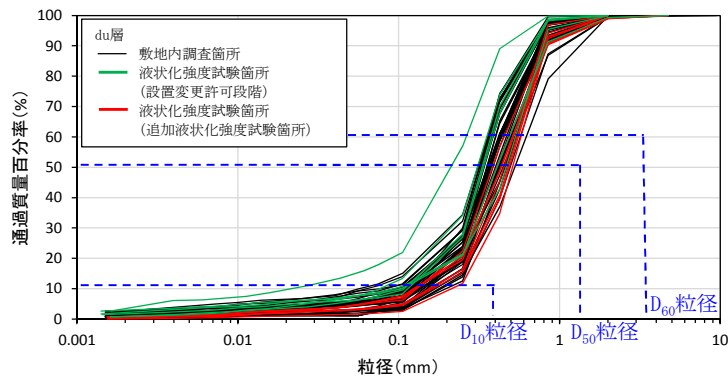


- ・追加液状化強度試験は、設置変更許可申請時の液状化強度試験結果から設定した原地盤のdu層のFLIP解析用液状化強度特性 ( $-1\sigma$ ) よりも大きいことを確認した。
- ・敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、原地盤のdu層の液状化強度試験結果よりも十分小さいことを確認した。

# 液状化強度試験箇所の特徴性及び網羅性の評価 (du層)

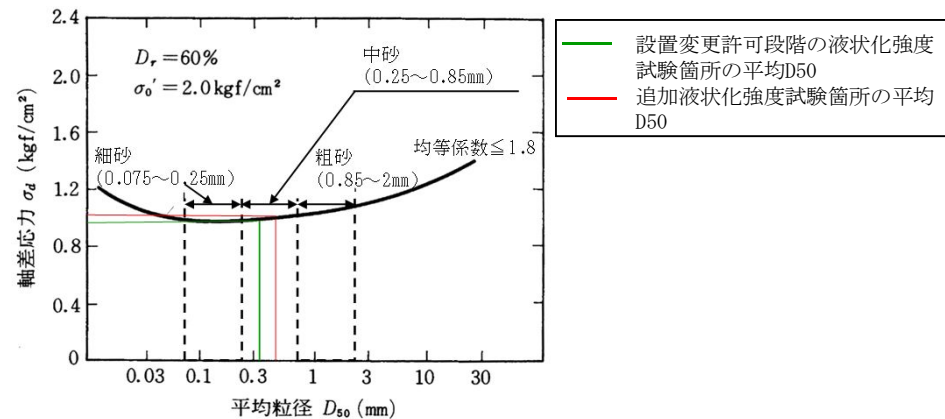


- 道路橋示方書式で算定される液状化強度比 $R_L$ は、細粒分を含む粒度の影響を考慮した補正N値で評価されている。
- du層の細粒分含有率 $F_c$ は設置変更許可申請段階における液状化強度試験箇所及び追加液状化強度試験箇所において、10%未満であることから、 $F_c$ 値の液状化強度への影響は小さい。
- 粒度試験結果、設置変更許可申請段階における液状化強度試験箇所及び追加液状化強度試験箇所は、荒砂～細砂の粒径を呈し、粒径が概ね均一な砂分が支配的である。
- 設置変更許可申請段階における液状化強度試験箇所及び追加液状化強度試験箇所の粒度試験結果による平均粒径 $D_{50}$ は、設置変更許可申請段階の液状化強度試験箇所において0.223～0.469 (平均値0.34) であり、追加液状化強度試験箇所において0.408～0.511 (平均値0.45) であり、追加液状化強度試験箇所の方がやや大きい傾向にある。
- 平均粒径 ( $D_{50}$ ) と液状化強度の関係について述べている (文献※1) を参考にすると、設置変更許可段階における液状化強度試験箇所と追加液状化強度試験箇所の $D_{50}$ の差により、液状化強度が約7%増加する評価結果となった。



|       |       |       |       |    |      |
|-------|-------|-------|-------|----|------|
| 0.005 | 0.075 | 0.250 | 0.850 | 2  | 4.75 |
| 粘土    | シルト   | 細砂    | 中砂    | 粗砂 | 細礫   |
|       |       | 砂     |       |    | 中礫   |

粒径加積曲線

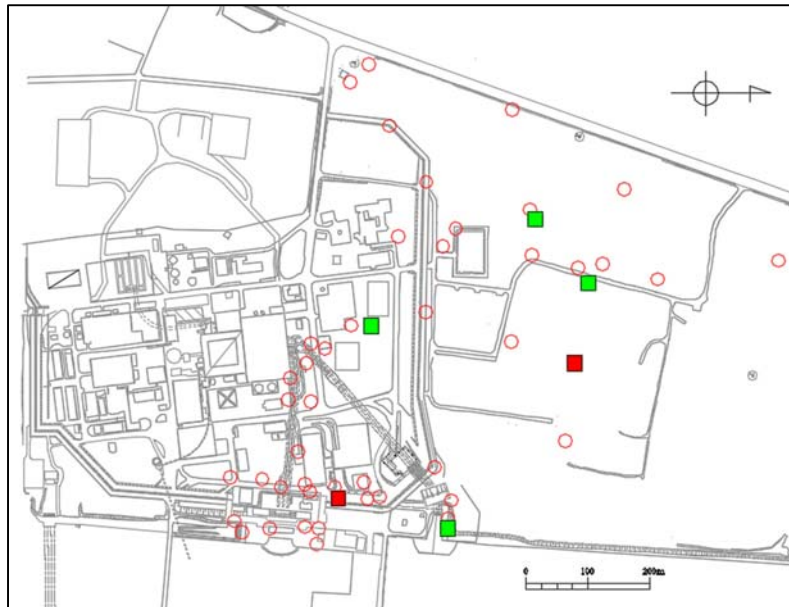


平均粒径が液状化強度に及ぼす影響※1

(文献※1) Wong R. T., H. B. Seed and C. K. Chan.: Cyclic loading liquefaction of Gravelly Soils, ASCE, Vol. 101, No. GT6, pp. 571-583, 1975

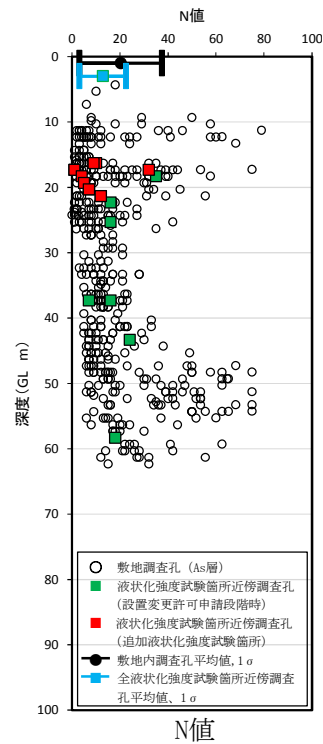


# 液状化強度試験の代表性及び網羅性評価 (As層)



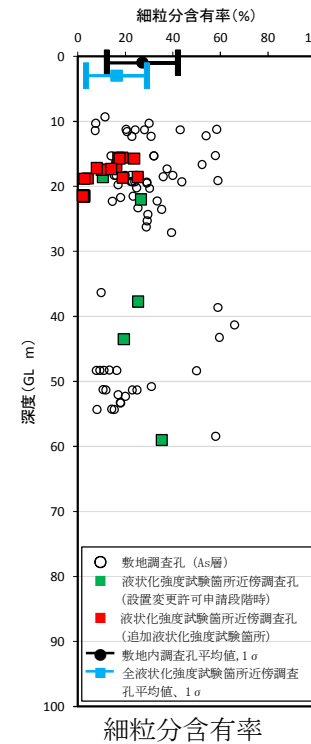
- 調査孔
- 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所
- 追加液状化強度試験箇所

調査孔と液状化強度試験箇所 (As層)



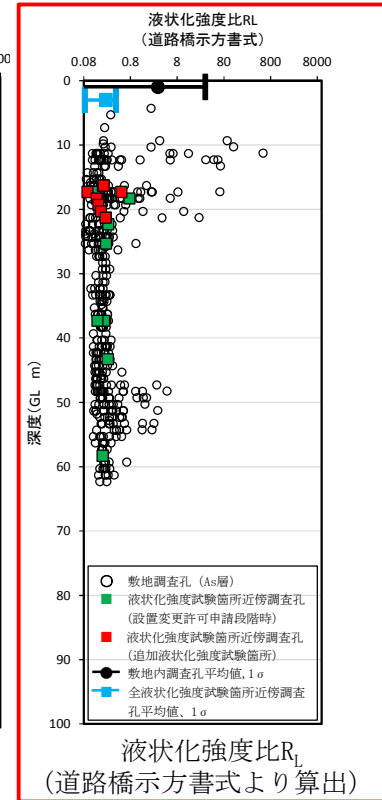
- 敷地調査孔 (As層)
- 液状化強度試験箇所近傍調査孔 (設置変更許可申請段階時)
- 液状化強度試験箇所近傍調査孔 (追加液状化強度試験箇所)
- 敷地内調査孔平均値, 1σ
- 全液状化強度試験箇所近傍調査孔平均値, 1σ

N値



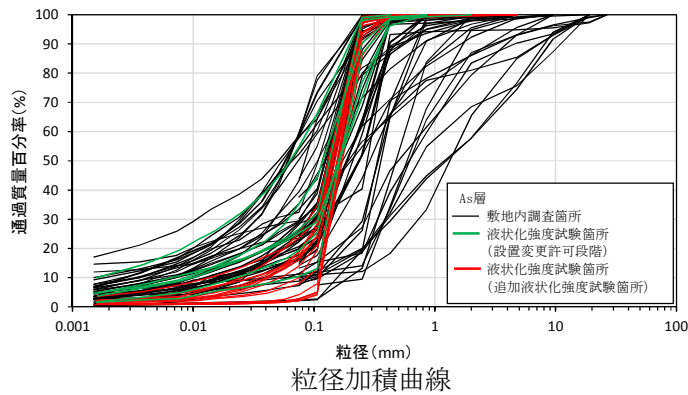
- 敷地調査孔 (As層)
- 液状化強度試験箇所近傍調査孔 (設置変更許可申請段階時)
- 液状化強度試験箇所近傍調査孔 (追加液状化強度試験箇所)
- 敷地内調査孔平均値, 1σ
- 全液状化強度試験箇所近傍調査孔平均値, 1σ

細粒分含有率



- 敷地調査孔 (As層)
- 液状化強度試験箇所近傍調査孔 (設置変更許可申請段階時)
- 液状化強度試験箇所近傍調査孔 (追加液状化強度試験箇所)
- 敷地内調査孔平均値, 1σ
- 全液状化強度試験箇所近傍調査孔平均値, 1σ

液状化強度比 $R_L$   
(道路橋示方書式より算出)



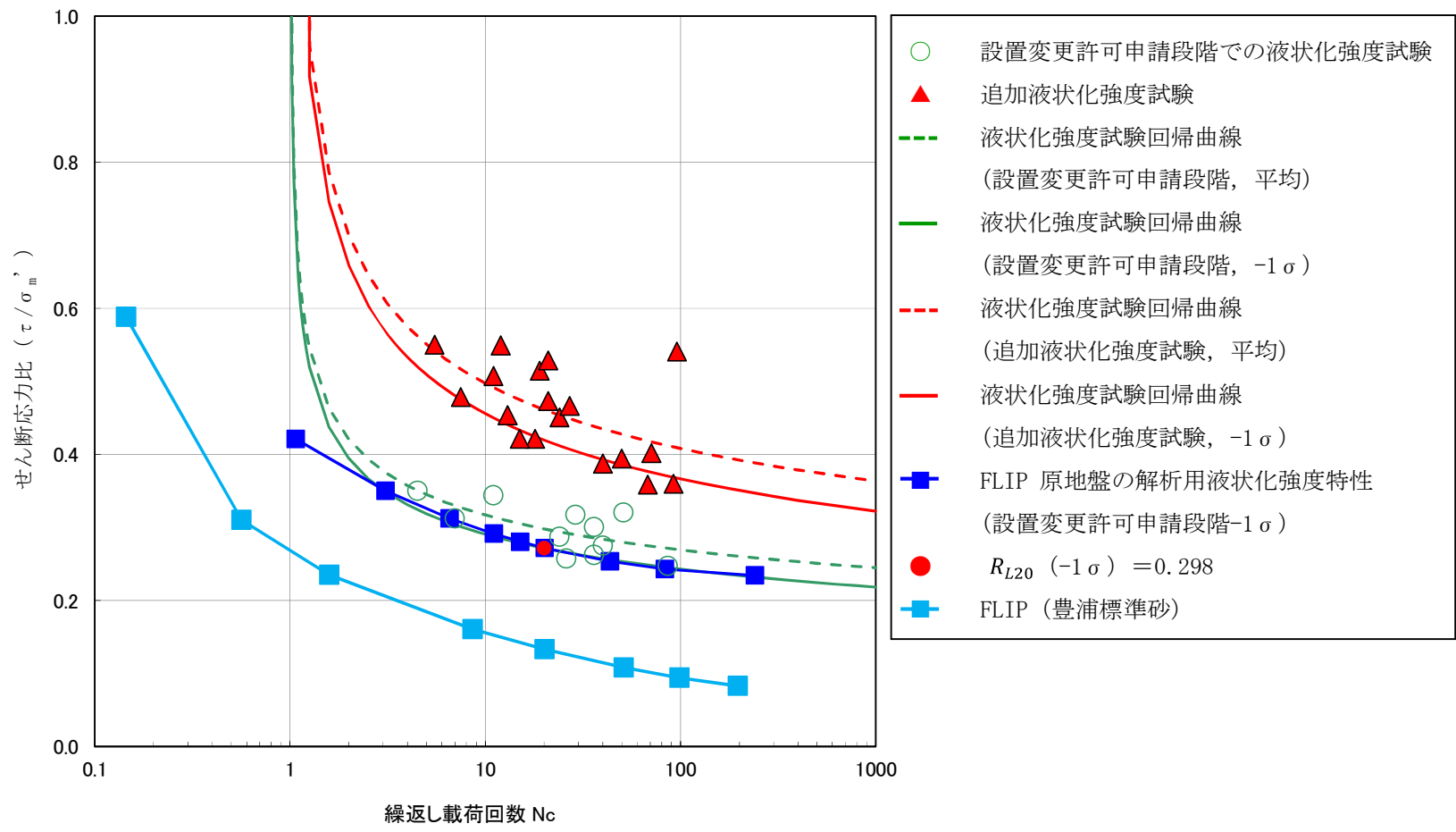
- As層
- 敷地内調査箇所
- 液状化強度試験箇所 (設置変更許可段階)
- 液状化強度試験箇所 (追加液状化強度試験箇所)

粒径加積曲線

- ・ 液状化強度試験箇所の平均N値は、敷地内調査孔の平均N値より小さい。
- ・ 液状化強度試験箇所の平均細粒分含有率 $F_c$ は、敷地内調査孔の平均 $F_c$ 値より小さい。
- ・ 液状化強度試験箇所の粒径加積曲線は、敷地内調査孔の試験結果の範囲内である。

✓液状化強度比 $R_L$ の比較により、  
液状化強度試験箇所近傍孔平均 $R_L <$  敷地内調査孔平均 $R_L$   
を確認した。

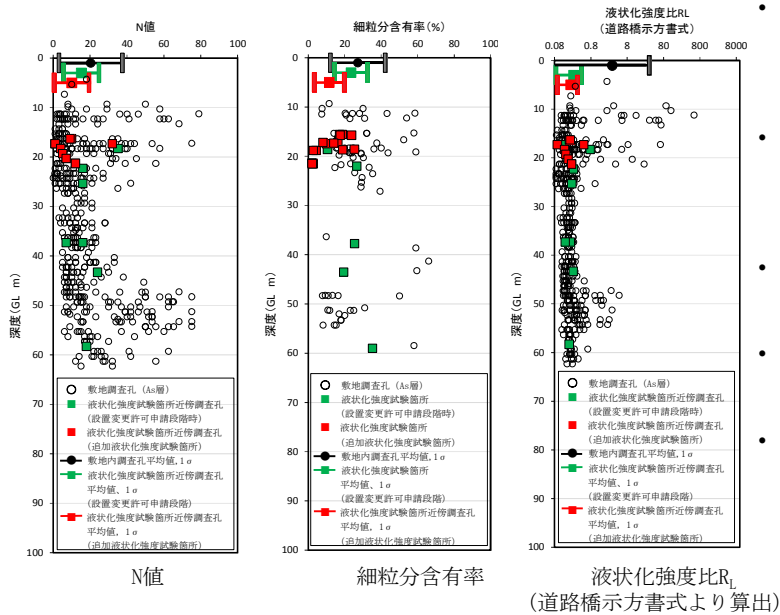
# FLIP解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性評価 (As層)



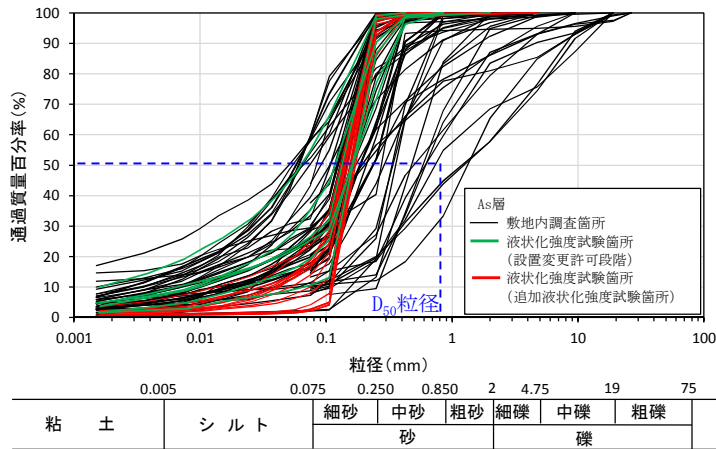
- ・追加液状化強度試験結果は、設置変更許可申請時の液状化強度試験結果から設定した原地盤のAs層のFLIP解析用液状化強度特性 ( $-1\sigma$ ) よりも大きいことを確認した。
- ・敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、原地盤のAs層の液状化強度試験結果よりも十分小さいことを確認した。



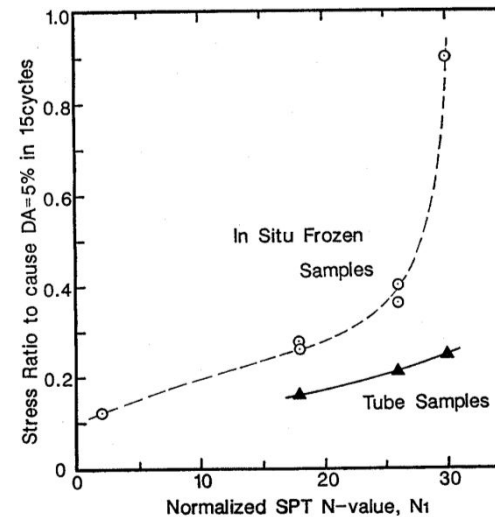
# FLIP解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性評価 (As層)



- 追加液状化強度試験時のAs層の試料採取は、設置変更許可申請段階で試料の採取に用いたトリプルチューブサンプリングより、試料採取時の乱れの影響が小さいとされる凍結サンプリング手法を採用した。
- 凍結サンプリング試料とチューブサンプリング試料の液状化強度試験結果を比較すると、凍結サンプリングは試料の乱れが少なく、原地盤の土骨格そのままの状態に近い試料を用いた液状化強度試験が可能であるという知見がある (文献※2)。
- 追加液状化強度試験箇所の平均N値及び平均細粒分含有率  $F_c$  は、設置変更許可申請段階の平均N値及び平均平均細粒分含有率  $F_c$  より小さい。
- 粒度試験による設置変更許可申請段階における液状化強度試験箇所及び追加液状化強度試験箇所の平均粒径  $D_{50}$  の差は小さく、全調査孔に比べ、概ね均一な砂が主体の粒径分布を呈している。
- As層の設置変更許可申請段階における液状化強度試験結果と追加液状化強度試験結果の差異は、凍結サンプリングとチューブサンプリングによる試料採取方法によるものと考えられる。



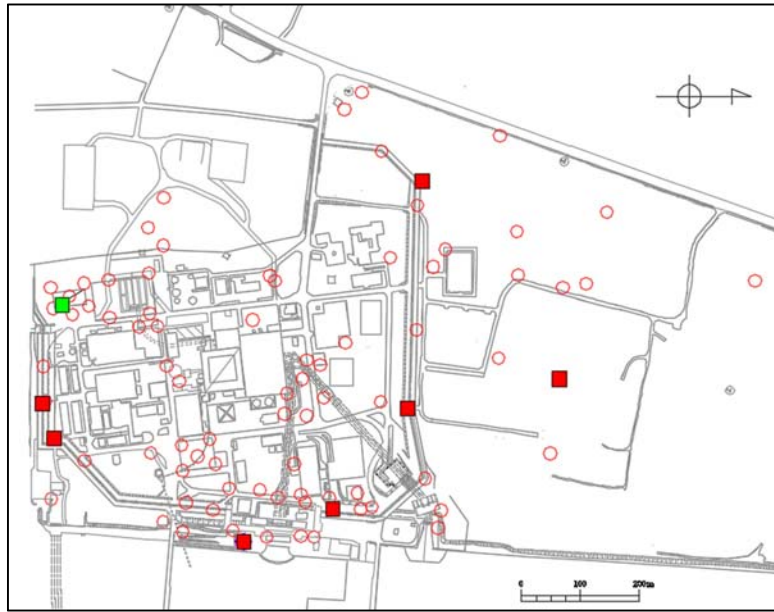
粒径加積曲線



砂の凍結サンプリングとチューブサンプリングによる液状化強度比の比較※2

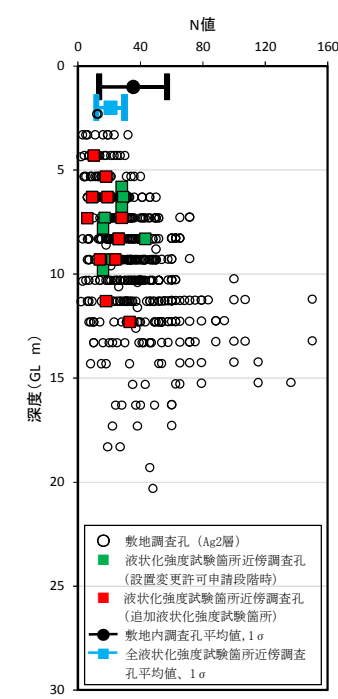
(文献※2) Yoshimi Y., Tokimatsu K. and Hosaka Y.: Evaluation of liquefaction resistance of clean sands based on high-quality undisturbed samples, JSSMFE Vol.29, No.1, pp.93-104, Mar.1989

# 室内液状化強度試験箇所 の 代表性 及び 網羅性 の 評価 (Ag2層)

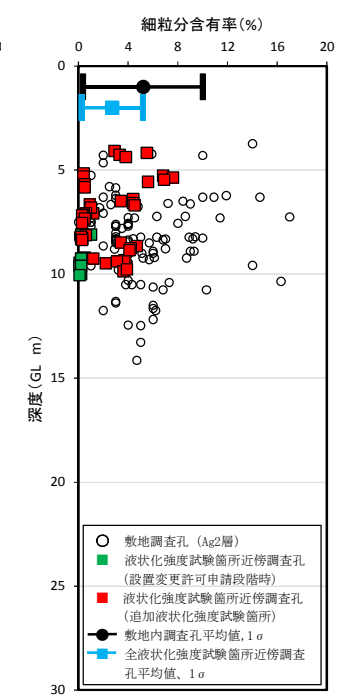


○ 調査孔  
 ■ 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所  
 ■ 追加液状化強度試験箇所

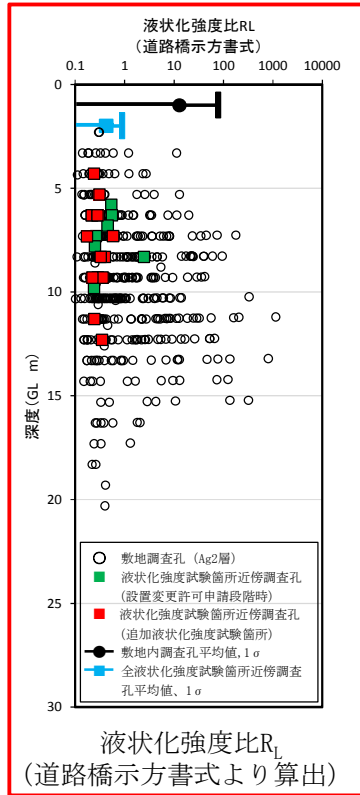
調査孔と液状化強度試験箇所 (Ag2層)



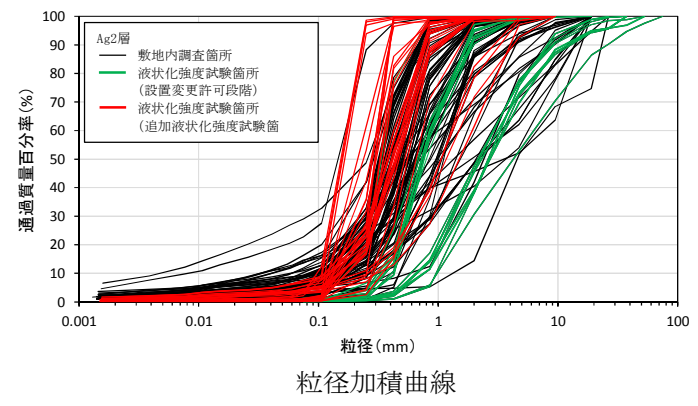
N値



細粒分含有率



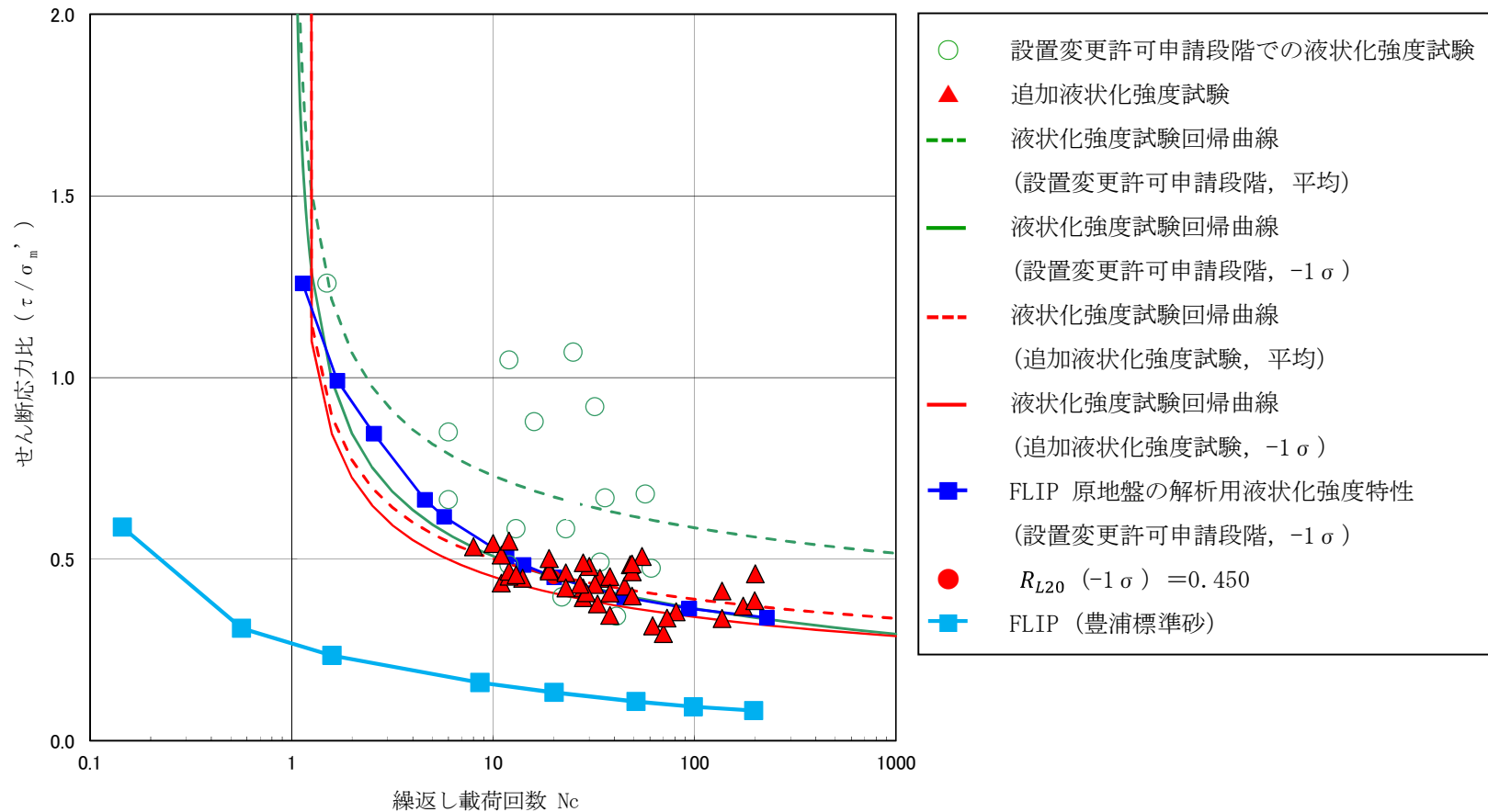
液状化強度比 $R_L$   
 (道路橋示方書式より算出)



- ・液状化強度試験箇所近傍孔の平均N値は、敷地内調査孔の平均N値より小さい。
- ・液状化強度試験箇所の平均細粒分含有率 $F_c$ は、敷地内調査孔の平均 $F_c$ 値より小さい。
- ・液状化強度試験箇所の粒度分布は、敷地内調査孔の試験結果の範囲内である。

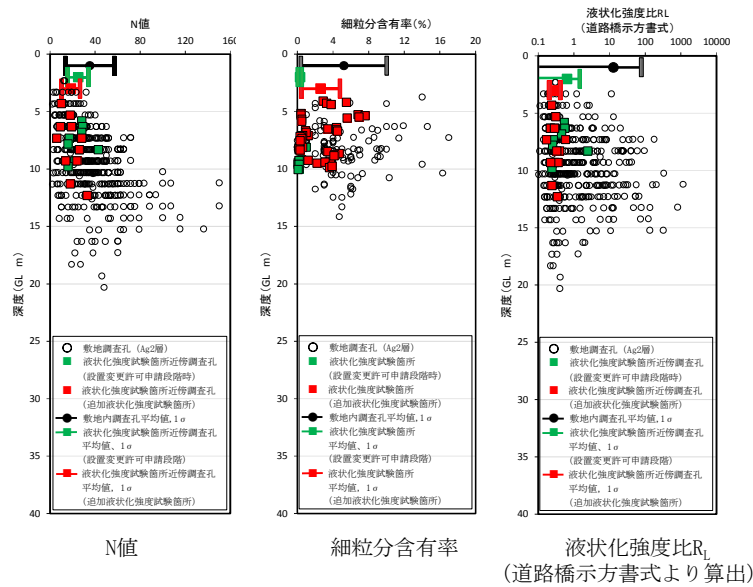
✓液状化強度比 $R_L$ の比較により、  
 液状化強度試験箇所近傍孔平均 $R_L <$  敷地内調査孔平均 $R_L$   
 を確認した。

# FLIP解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性 (A g 2層)

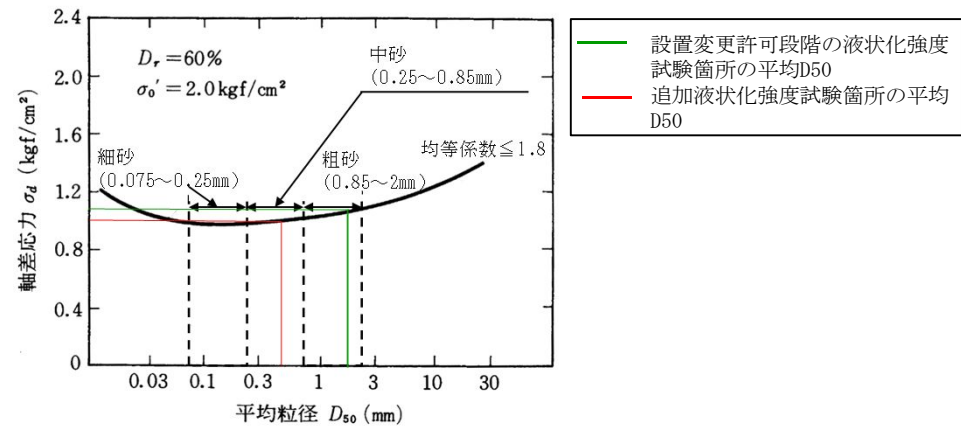
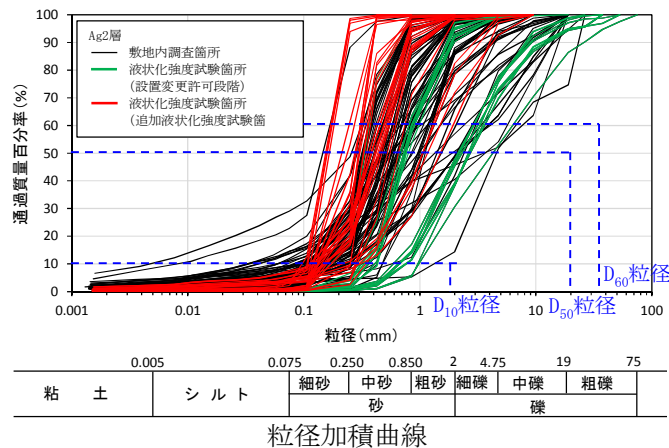


- 追加液状化強度試験結果の回帰曲線 ( $-1\sigma$ ) は、設置変更許可申請時の液状化強度試験結果から設定した原地盤のAg2層のFLIP解析用液状化強度特性 ( $-1\sigma$ ) と平均的には概ね同様の傾向を呈している。
- 敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、原地盤のAg2層の液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。

# FLIP解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性評価 (Ag2層)

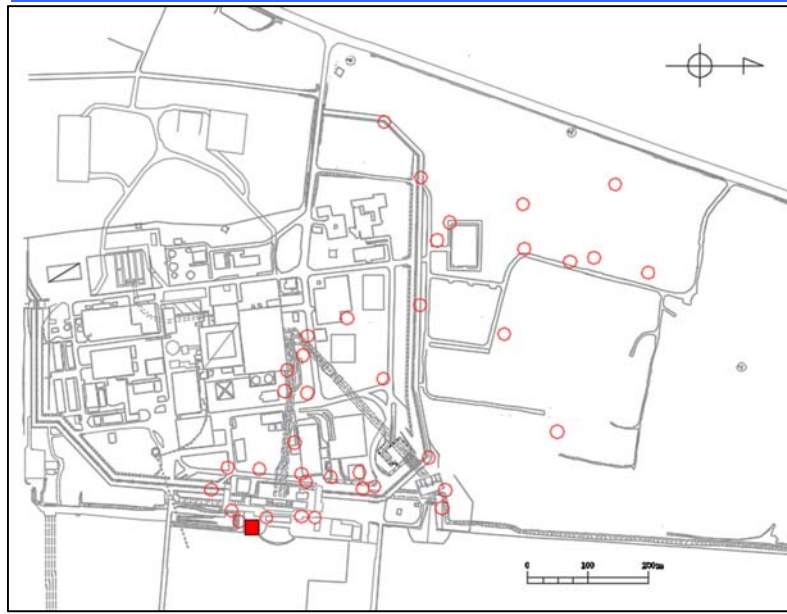


- 道路橋示方書式で算定される液状化強度比 $R_L$ は、細粒分を含む粒度の影響を考慮した補正N値で評価されている。
- Ag2層の細粒分含有率 $F_c$ は、設置変更許可申請段階における液状化強度試験箇所及び追加液状化強度試験箇所において、10%未満であることから、 $F_c$ 値の液状化強度への影響は小さい。
- 粒度試験結果、設置変更許可申請段階の液状化強度試験箇所は礫～砂までの粒径を呈しており、追加液状化強度試験箇所は粒径が概ね均一な砂分が支配的である。
- 設置変更許可申請段階における液状化強度試験箇所及び追加液状化強度試験箇所の粒度試験による均等係数 ( $U_c=D_{60}/D_{10}$ ) は3.58及び3.55であることから、粒径加積曲線が概ね同様である。また、設置変更許可申請段階における液状化強度試験箇所の平均粒径 ( $D_{50}=1.67\text{mm}$ ) は追加液状化強度試験箇所 ( $D_{50}=0.44\text{mm}$ ) より大きくなっている。
- 平均粒径 ( $D_{50}$ ) と液状化強度について述べている (文献※1) を参考にすると、設置変更許可段階における液状化強度試験箇所と追加液状化強度試験箇所の $D_{50}$ の差により、液状化強度が約12%小さめという評価結果となった。



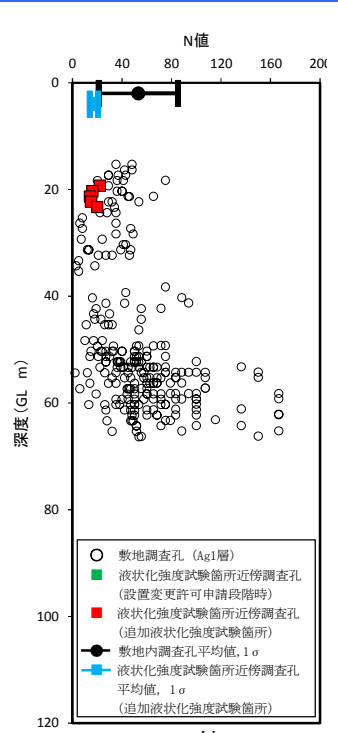
平均粒径及び均等係数が液状化強度に及ぼす影響※1  
(文献※1) Wong R. T., H.B.Seed and C.K.Chan.: Cyclic loading liquefaction of Gravelly Soils, ASCE, Vol.101, No. GT6, pp.571-583, 1975

# 液状化強度試験箇所への代表性及び網羅性の評価 (A g 1 層)

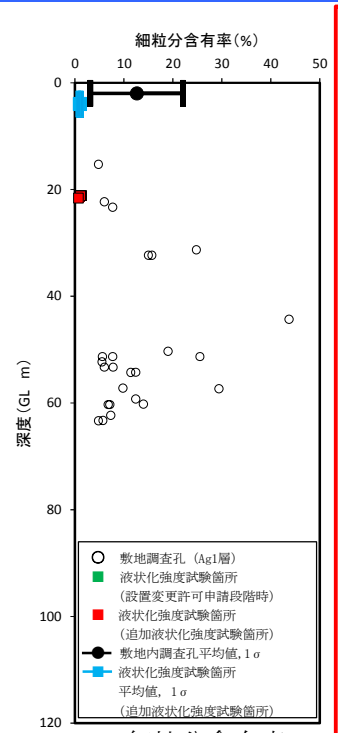


○ 調査孔  
 ■ 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所  
 ■ 追加液状化強度試験箇所

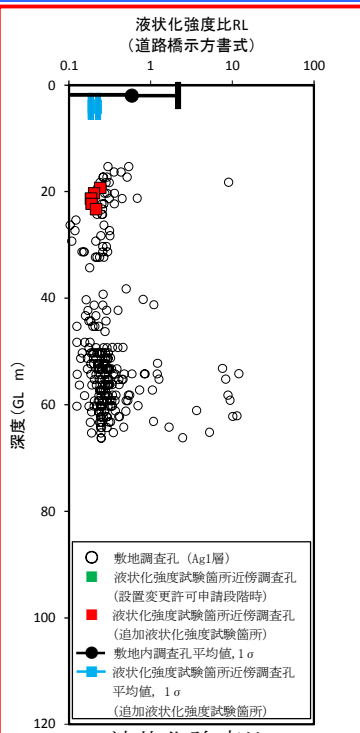
調査孔と液状化強度試験箇所 (Ag1層)



N値

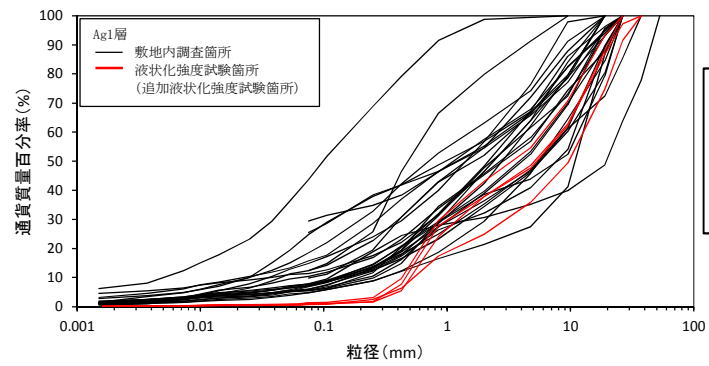


細粒分含有率



液状化強度比 $R_L$

(道路橋示方書式より算出)



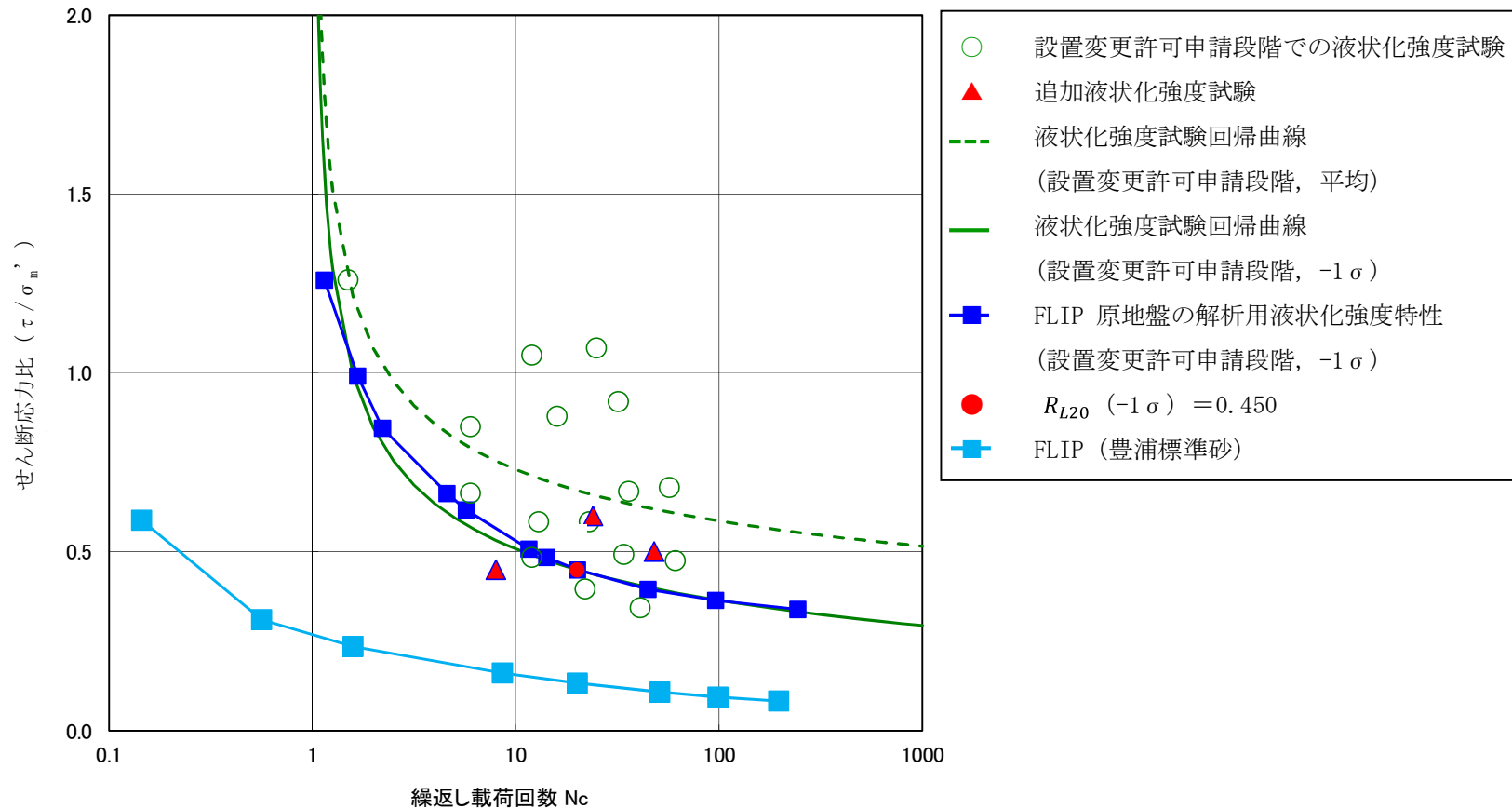
粒径加積曲線

- ・液状化強度試験箇所近傍孔の平均N値は、敷地内調査孔の平均N値より小さい。
- ・液状化強度試験箇所の平均細粒分含有率 $F_c$ は敷地内調査孔の平均 $F_c$ 値より小さい。
- ・液状化強度試験箇所の粒度分布は、敷地内調査孔の試験結果の範囲内である。

✓液状化強度比 $R_L$ の比較により、  
 液状化強度試験箇所近傍孔平均 $R_L <$  敷地内調査孔平均 $R_L$   
 を確認した。



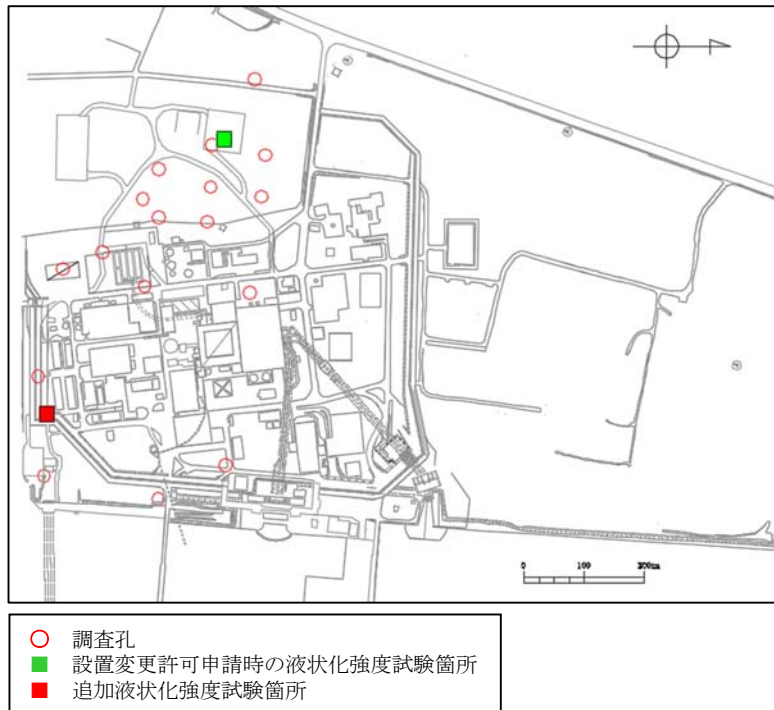
# FLIP解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性 (A g 1層)



- 追加液状化強度試験結果は、設置変更許可申請時の液状化強度試験結果から設定した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性 ( $-1\sigma$ ) を概ね上回ることを確認した。
- 敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、原地盤のAg1層の液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。

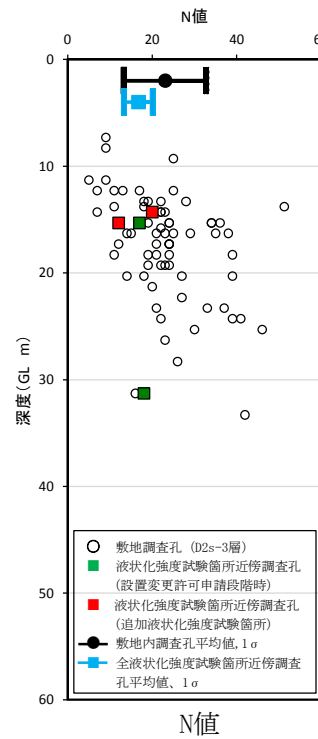


# 液状化強度試験箇所への代表性及び網羅性の評価 (D2s-3層)



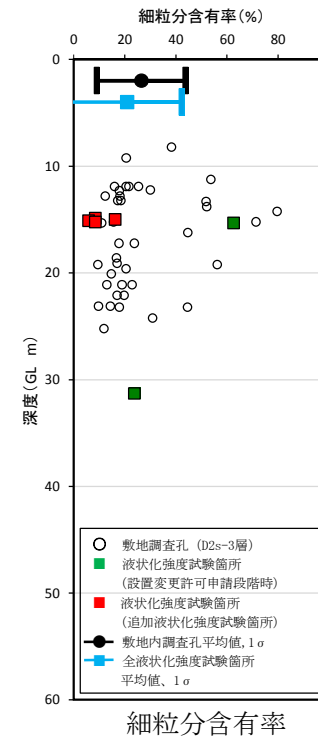
- 調査孔
- 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所
- 追加液状化強度試験箇所

調査孔と液状化強度試験箇所 (D2s-3層)



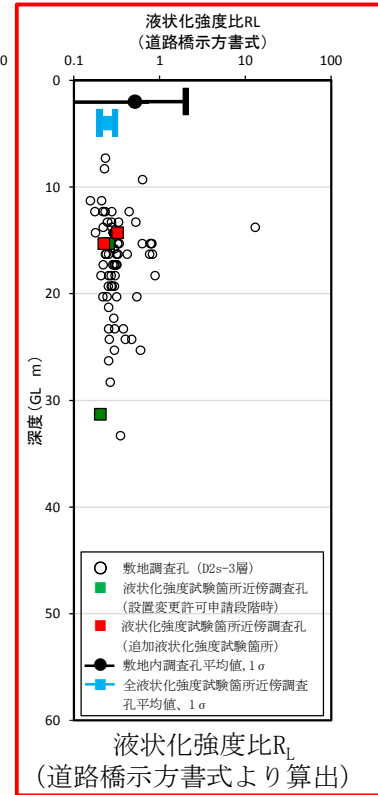
- 敷地調査孔 (D2s-3層)
- 液状化強度試験箇所近傍調査孔 (設置変更許可申請段階時)
- 液状化強度試験箇所近傍調査孔 (追加液状化強度試験箇所)
- 敷地内調査孔平均値、1σ
- 全液状化強度試験箇所近傍調査孔平均値、1σ

N値



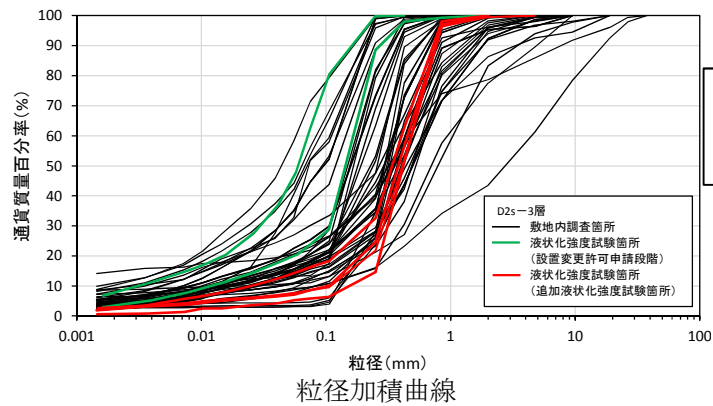
- 敷地調査孔 (D2s-3層)
- 液状化強度試験箇所近傍調査孔 (設置変更許可申請段階時)
- 液状化強度試験箇所近傍調査孔 (追加液状化強度試験箇所)
- 敷地内調査孔平均値、1σ
- 全液状化強度試験箇所近傍調査孔平均値、1σ

細粒分含有率



- 敷地調査孔 (D2s-3層)
- 液状化強度試験箇所近傍調査孔 (設置変更許可申請段階時)
- 液状化強度試験箇所近傍調査孔 (追加液状化強度試験箇所)
- 敷地内調査孔平均値、1σ
- 全液状化強度試験箇所近傍調査孔平均値、1σ

液状化強度比 $R_L$   
(道路橋示方書式より算出)



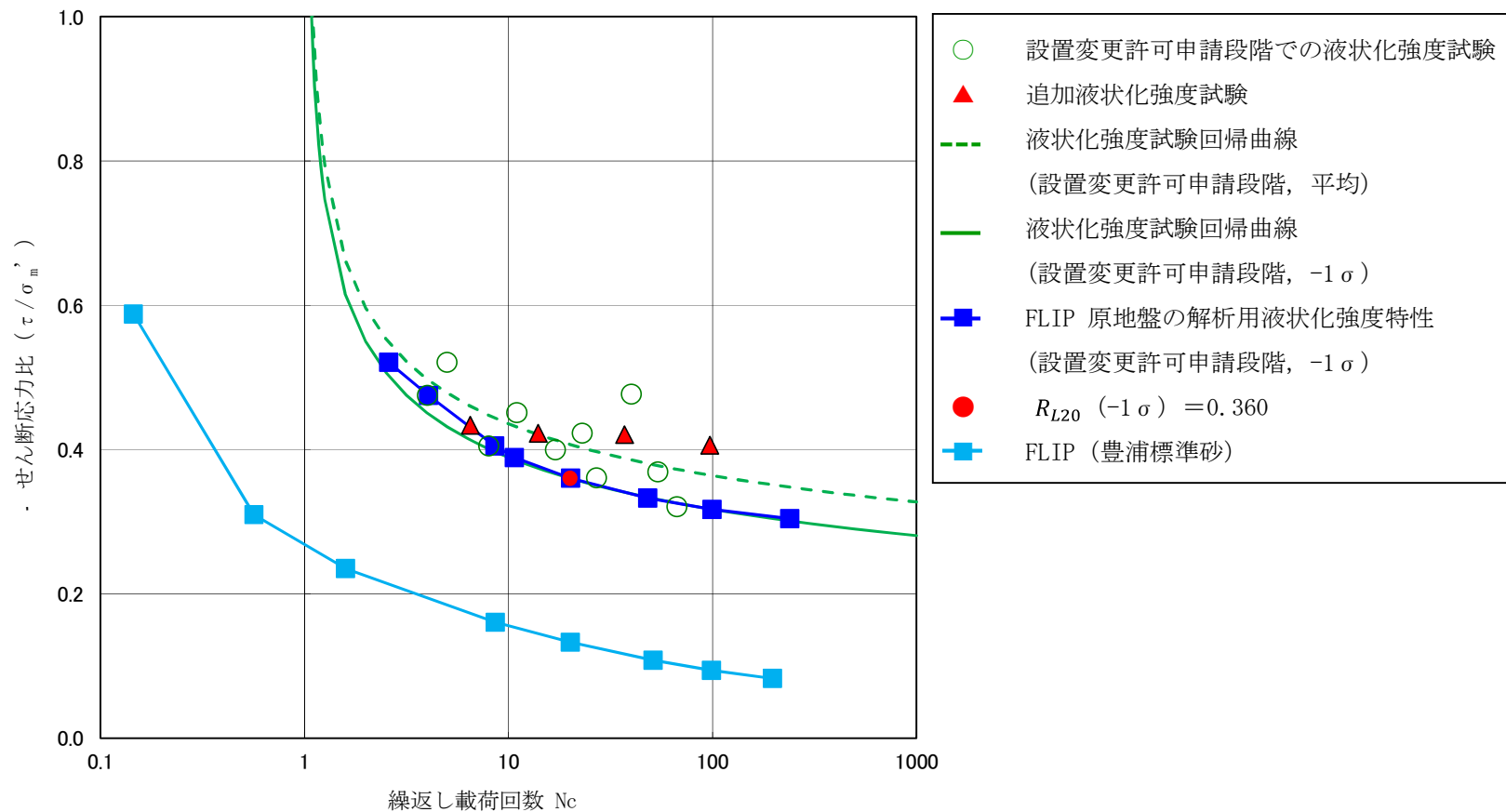
- D2s-3層
- 敷地内調査箇所
- 液状化強度試験箇所 (設置変更許可申請段階)
- 液状化強度試験箇所 (追加液状化強度試験箇所)

粒径加積曲線

- 液状化強度試験箇所近傍孔の平均N値は、敷地内調査孔の平均N値より小さい。
- 液状化強度試験箇所の粒度分布は、敷地内調査孔の試験結果の範囲内である。

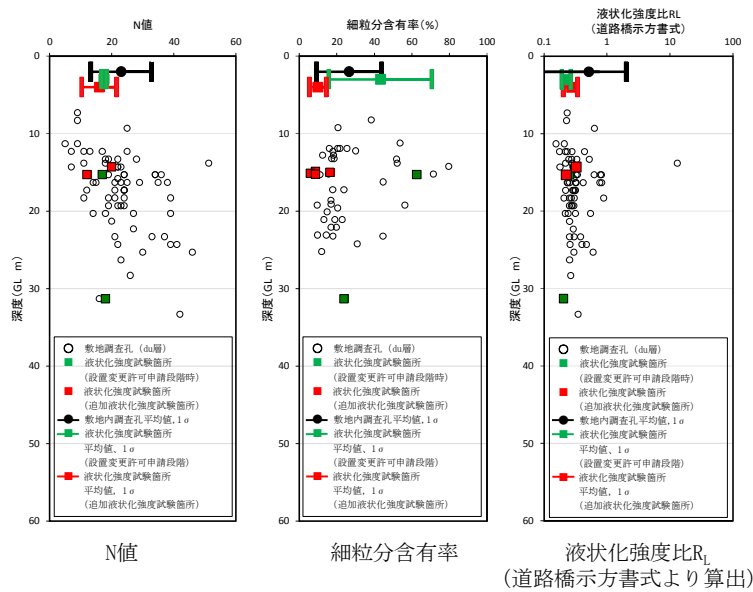
✓ 液状化強度比 $R_L$ の比較により、  
液状化強度箇所近傍孔平均 $R_L <$  敷地内調査孔平均 $R_L$   
を確認した。

# FLIP解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性 (D 2 s - 3 層)

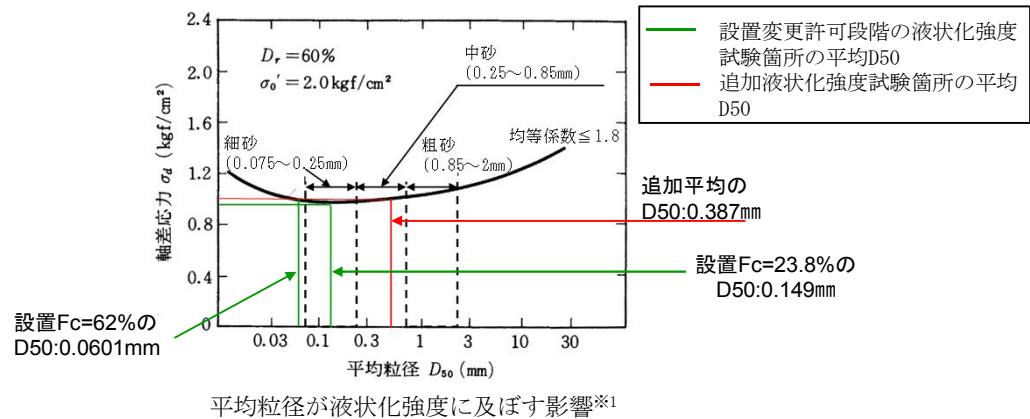
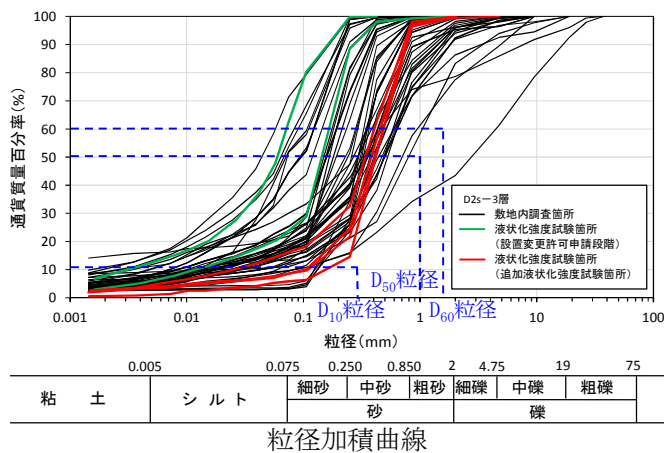


- 追加液状化強度試験結果は、設置変更許可申請段階における液状化強度試験結果から設定した原地盤のD2s-3層のFLIP解析用液状化強度特性 ( $-1\sigma$ ) と概ね同様の傾向であることを確認した。
- 敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、原地盤のD2s-3層の液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。

# FLIP解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性評価 (D<sub>2s</sub>-3層)

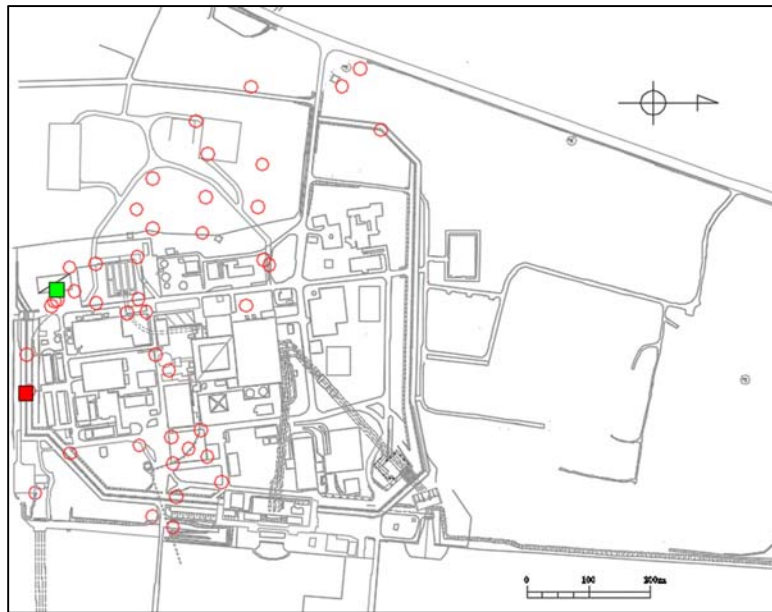


- 追加液状化強度試験箇所の平均N値は、設置変更許可申請段階の液状化強度試験箇所の平均N値よりやや小さい。
- 追加液状化強度試験箇所の平均細粒分含有率Fcは、設置変更許可申請段階の平均細粒分含有率24~62%より小さく、10%未満である。
- 粒度試験の結果、追加液状化強度試験箇所は細粒分を若干含有するものの、土粒子の粒径が0.25~0.85mmの中砂が主体の砂質土である。一方、設置変更許可申請段階の液状化強度試験箇所は細粒分含有率は24~62%と多く、砂分については土粒子の粒径0.075~0.25mmの細砂が主体である。
- 設置変更許可申請段階における液状化強度試験箇所の均等係数 ( $U_c = D_{60}/D_{10}$ ) は22.5~14.2、平均粒径 $D_{50}$ は0.06~0.149mmであり、追加液状化強度試験箇所の均等係数の平均値は6.66、平均粒径 $D_{50}$ の平均値は0.39であったことから、両者に大きな差はない。設置変更許可申請段階における液状化強度試験箇所と追加液状化強度試験箇所の均等係数の差は、細粒分含有率Fcの差によるものと考えられる。
- 均等係数がほぼ一定の砂質土の液状化強度は、平均粒径 ( $D_{50}$ ) が0.1mmの細砂の場合において最も小さいとの知見がある (文献※1)。D<sub>2s</sub>-3層の設置変更許可申請段階における液状化強度試験箇所及び追加液状化強度試験箇所の平均粒径 ( $D_{50}$ ) による液状化強度への影響は約5%の差であると評価され、粒度による影響は支配的ではない。
- D<sub>2s</sub>-3層の追加液状化強度試験結果は、設置変更許可申請段階における液状化強度と概ね同様であり、粒度及びN値の差による液状化強度への影響が小さいことを示していると考えられる。



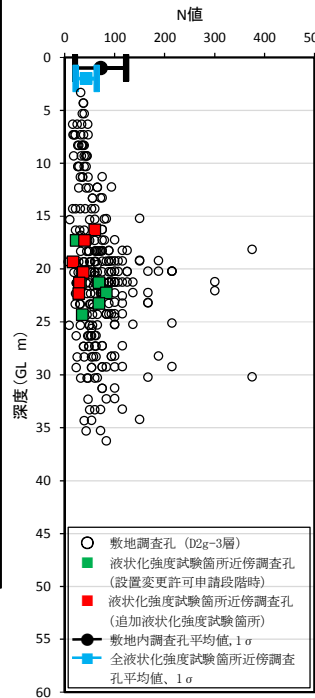
(文献※1) Wong R. T., H. B. Seed and C. K. Chan.: Cyclic loading liquefaction of Gravelly Soils, ASCE, Vol. 101, No. GT6, pp. 571-583, 1975

# 液状化強度試験箇所への代表性及び網羅性の評価 (D2g-3層)

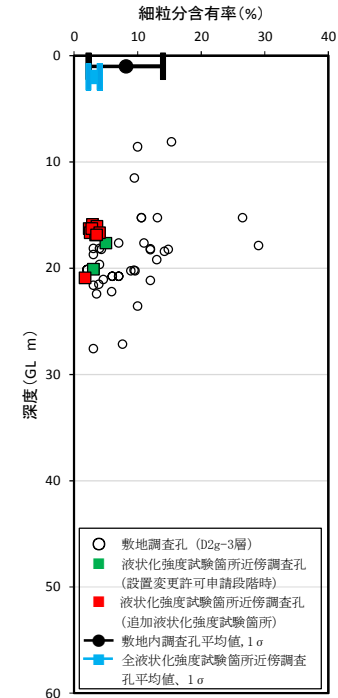


○ 調査孔  
 ■ 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所  
 ■ 追加液状化強度試験箇所

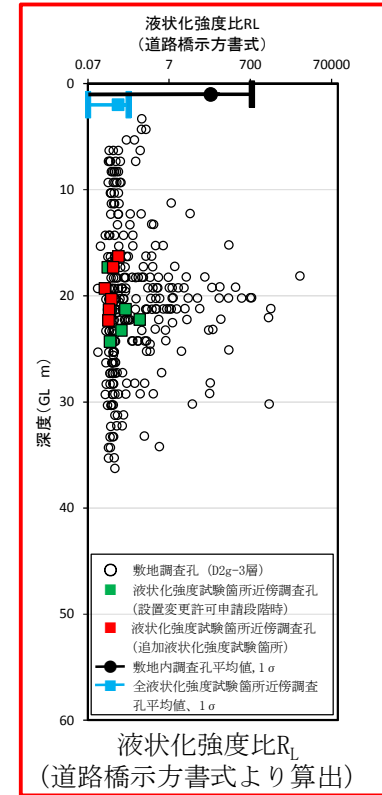
調査孔と液状化強度試験箇所 (D2g-3層)



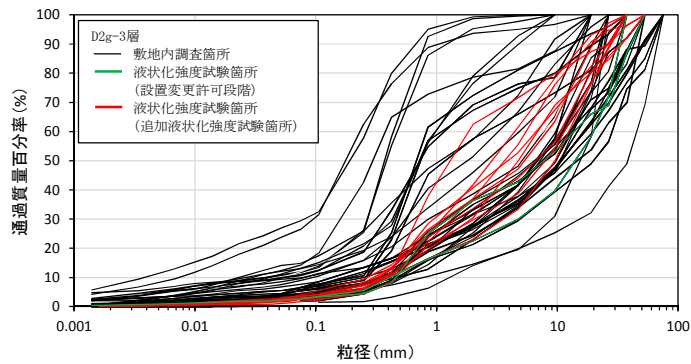
N値



細粒分含有率



液状化強度比 $R_L$   
 (道路橋示方書式より算出)

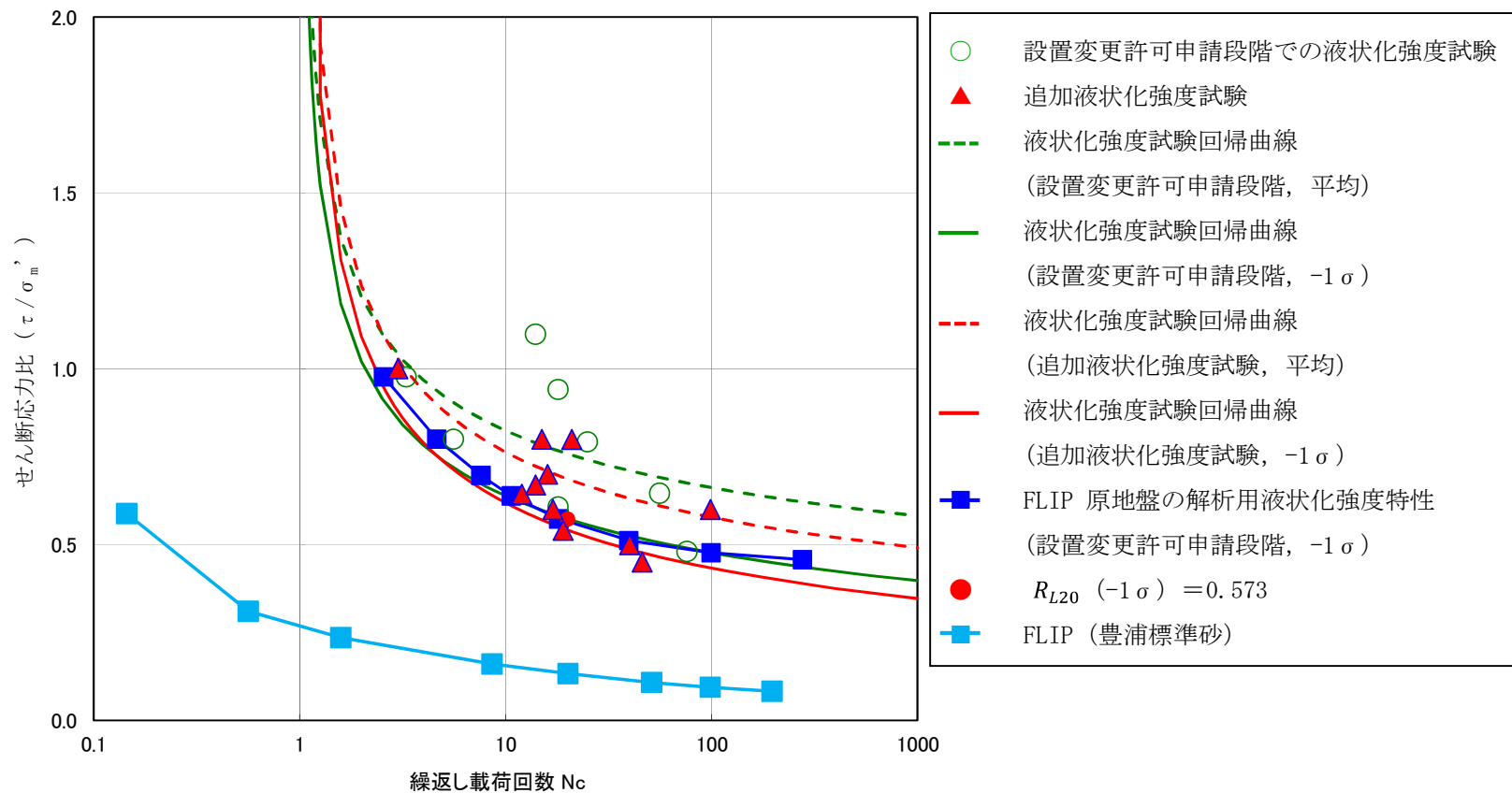


粒径加積曲線

- ・液状化強度試験箇所近傍孔の平均N値は、敷地内調査孔の平均N値より小さい。
- ・液状化強度試験箇所の平均細粒分含有率 $F_{cl}$ は、敷地内調査孔の平均 $F_{cl}$ 値より小さい。
- ・液状化強度試験箇所の粒度分布は、敷地内調査孔の試験結果の範囲内である。

✓液状化強度比 $R_L$ の比較により、  
 液状化強度箇所近傍孔平均 $R_L <$  敷地内調査孔平均 $R_L$   
 を確認した。

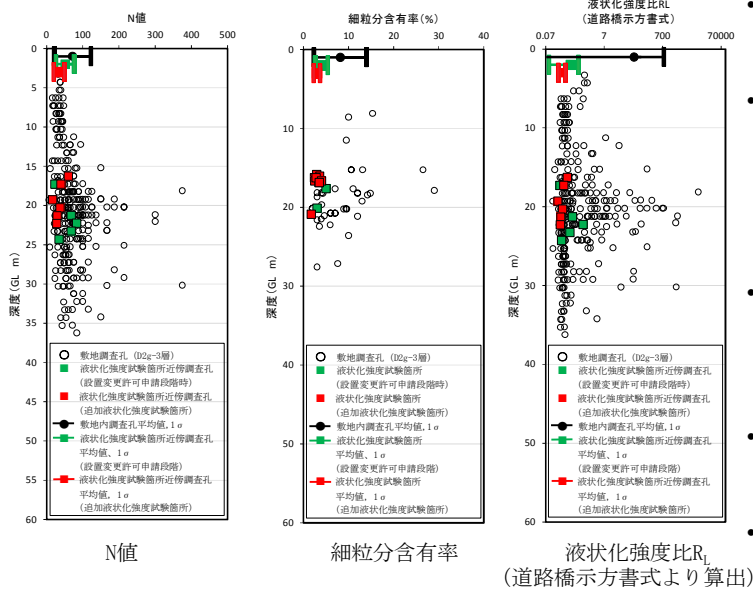
# FLIP解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性 (D 2 g - 3 層)



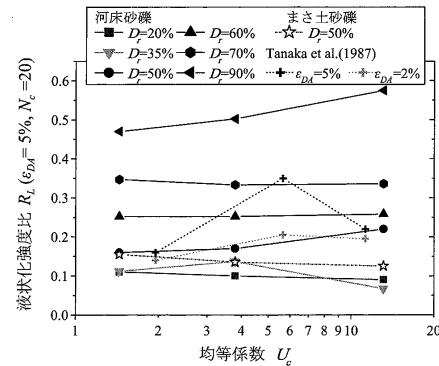
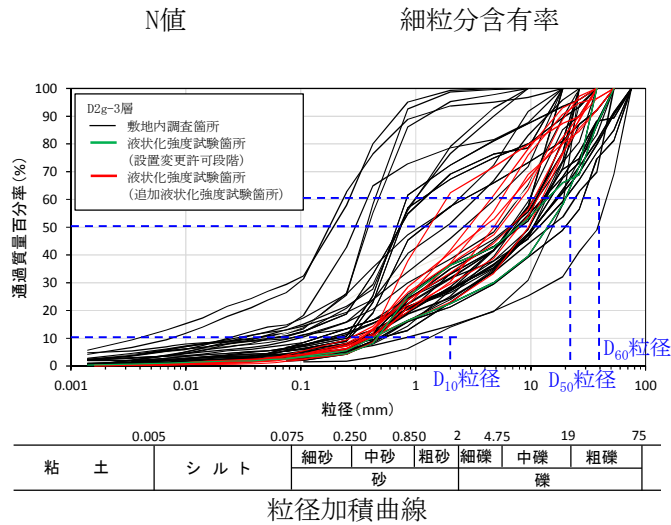
- 追加液状化強度試験結果は、設置変更許可申請段階における液状化強度試験結果から設定した原地盤のD2g-3層のFLIP解析用液状化強度特性 ( $-1\sigma$ ) と概ね同様の傾向であることを確認した。
- 敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、原地盤のD2g-3層の液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。



# FLIP解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性評価 (D2g-3層)



- 追加液状化強度試験箇所の平均N値は、設置変更許可申請段階の液状化強度試験箇所の平均N値よりやや小さい。
- 設置変更許可申請段階における液状化強度試験箇所及び追加液状化強度試験箇所の平均細粒分含有率 $F_c$ は、10%未満であり、道路橋示方書式による液状化強度比 $R_L$ 算定時に細粒分含有率の影響を考慮しない範囲 ( $F_c \leq 10\%$ ) であることから、細粒分含有率の差による液状化強度への影響は小さい。
- D2g-3層は粒度分析の結果、礫分が主体となっており、設置変更許可申請段階における液状化強度試験箇所及び追加液状化強度試験箇所の粒度試験結果による均等係数 ( $U_c = D_{60}/D_{10}$ ) は9.6~47.6, 1.8~15.9と幅広い範囲を示している。
- 礫分を含有する土の液状化強度について、均等係数 ( $U_c = D_{60}/D_{10}$ ) の影響は小さいことが知られている (文献※3)。
- D2g-3層の追加液状化強度試験箇所の液状化強度は、設置変更許可申請段階における液状化強度試験箇所の液状化強度よりやや小さい傾向にある。この差異は、主に両者のN値の差によるものと考えられる。

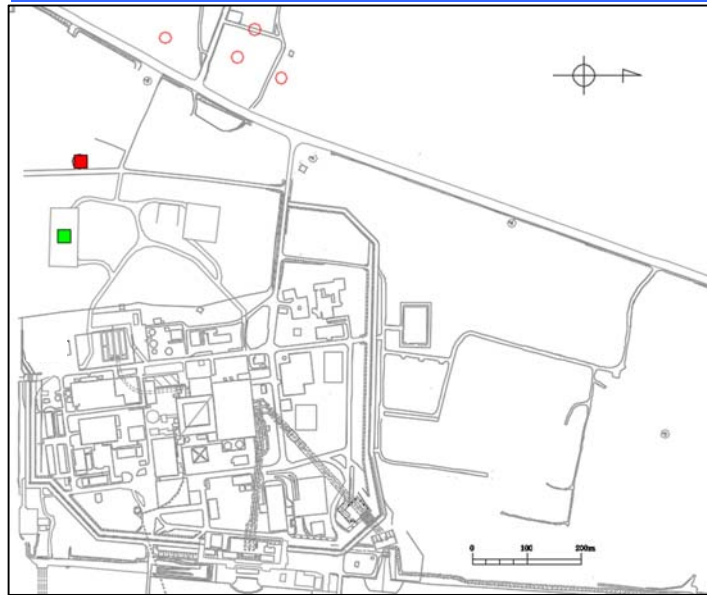


礫質土の均等係数が液状化強度に及ぼす影響※3

(文献※3) 国生 剛治, 原 忠: 砂礫の液状化強度及び液状化後の非排水せん断強度に及ぼす粒度分布の影響, 土木学会論文集No. 645, III-50, pp. 245~253, 2000

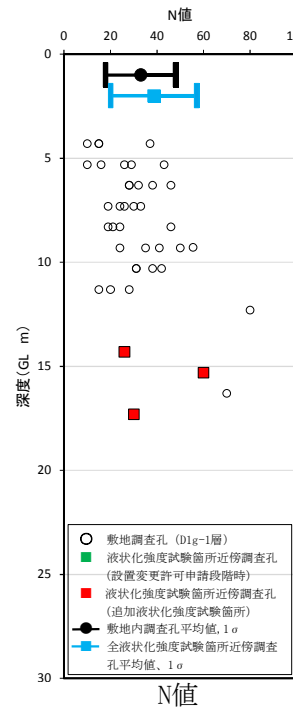


# 液状化強度試験箇所 の 代表性 及び 網羅性 の 評価 (D1g-1層)

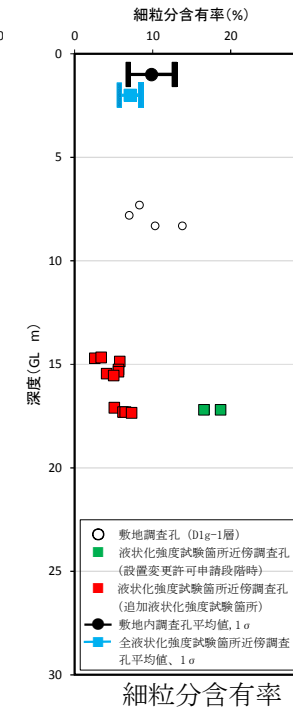


- 調査孔
- 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所
- 追加液状化強度試験箇所

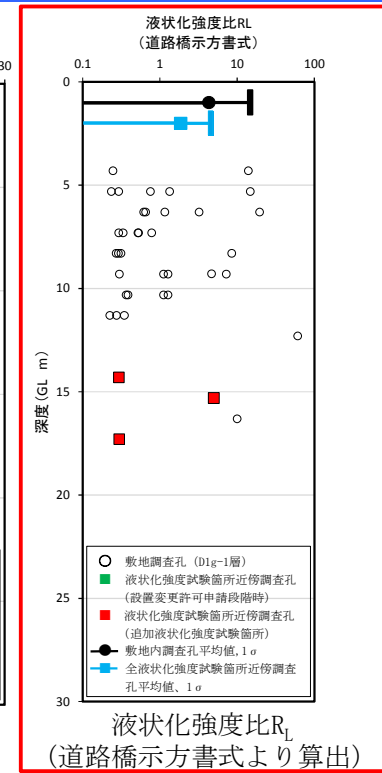
調査孔と液状化強度試験箇所 (D1g-1層)



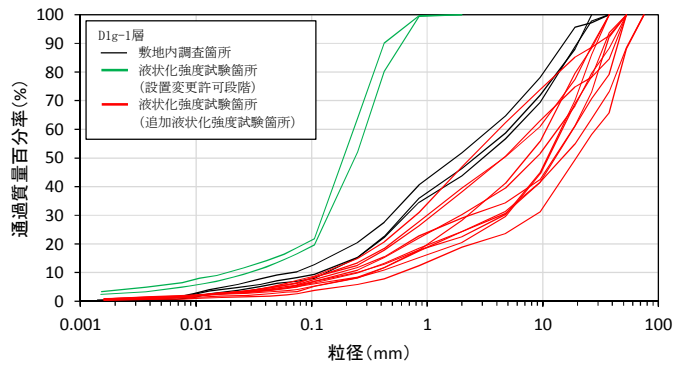
N値



細粒分含有率



液状化強度比 $R_L$   
(道路橋示方書式より算出)

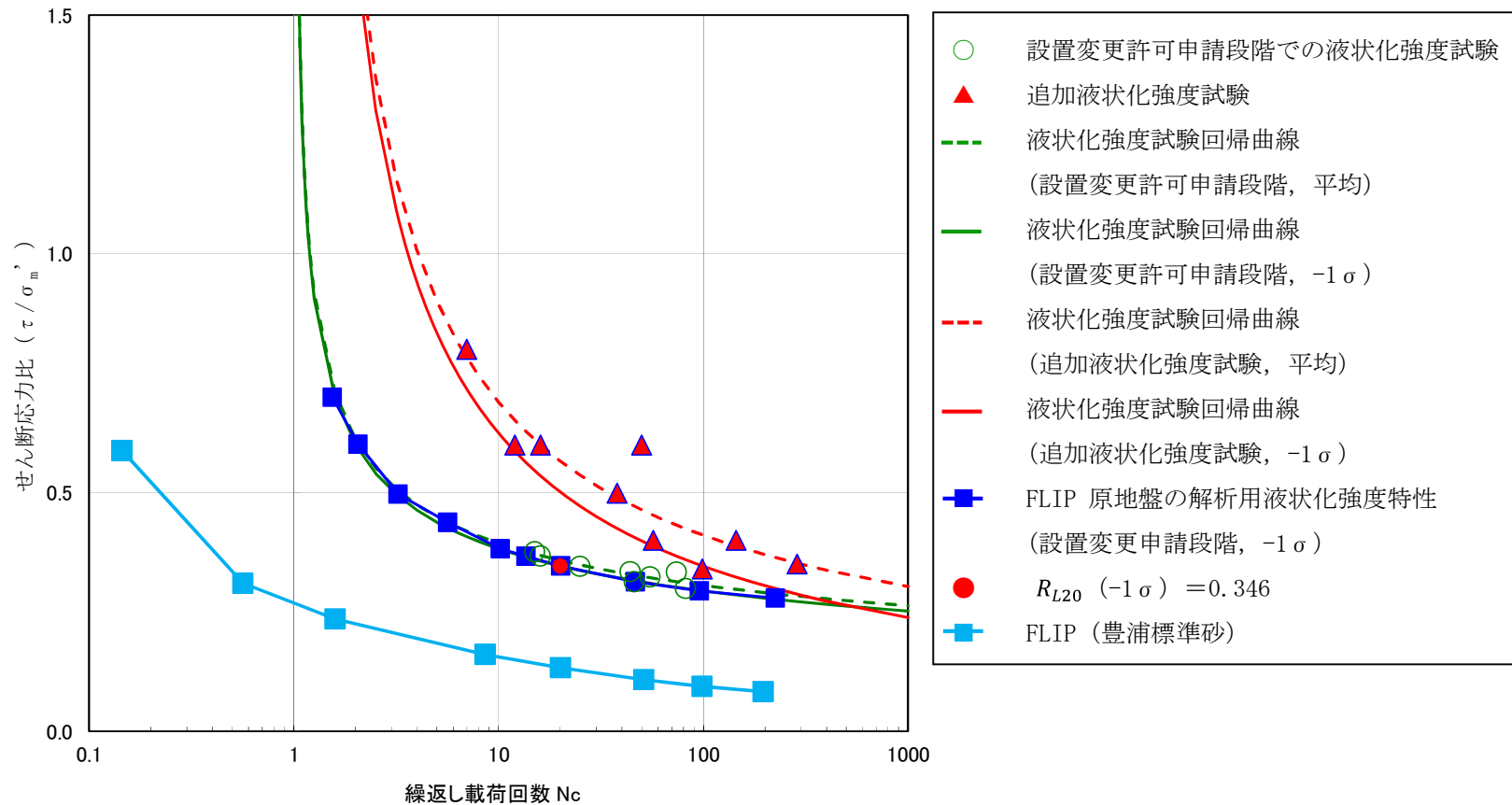


粒径加積曲線

- 液状化強度試験箇所の細粒分含有率 $F_c$ は、敷地内調査孔の平均N値に比べて小さい。
- 液状化強度試験箇所の粒度分布は、敷地内調査孔と同様であるか、あるいは、粒径が小さ目の傾向であり、概ね均一である。

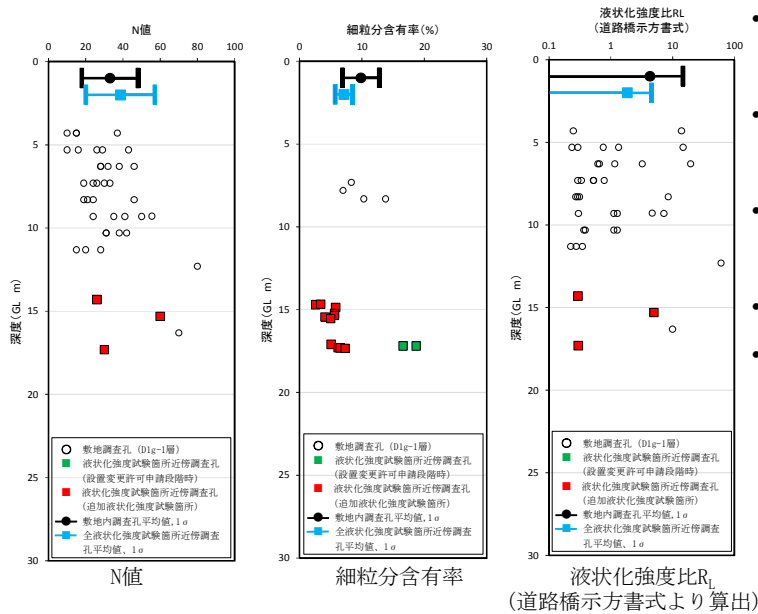
✓液状化強度比 $R_L$ の比較により、  
液状化強度試験箇所平均 $R_L <$  敷地内調査孔平均 $R_L$   
を確認した。

# FLIP解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性 (D 1 g - 1 層)

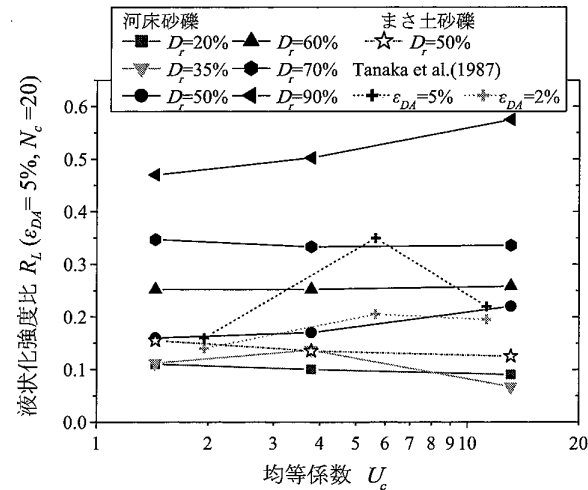
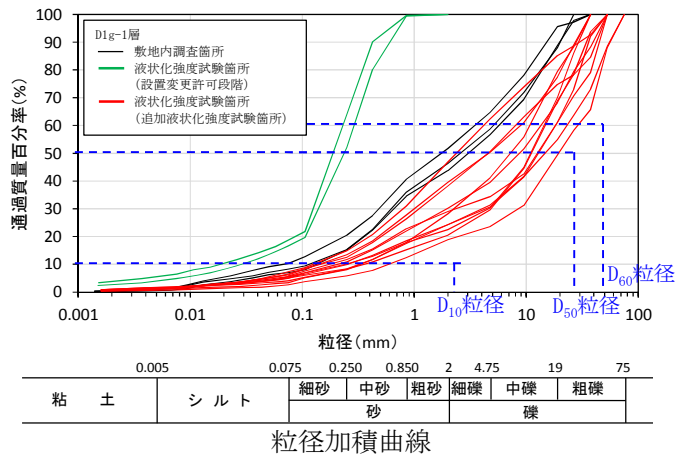


- 追加液状化強度試験結果は、設置変更許可申請段階での液状化強度試験結果から設定した原地盤のD1g-1層のFLIP解析用液状化強度特性 ( $-1\sigma$ ) よりも大きいことを確認した。
- 敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、原地盤のD1g-1層の液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。

# FLIP解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性評価 (D1g-1層)



- 追加液状化強度試験箇所の細粒分含有率は、設置変更許可段階の液状化強度試験箇所の細粒分含有率より小さい。
- 設置変更許可段階における液状化強度試験箇所の試料は粒度分析の結果、砂分が支配的であったのに対し、追加液状化強度試験箇所の試料は粒度分析の結果、礫分が支配的であった。
- 同様のN値を有する土の液状化強度は、砂質土の液状化強度より礫質土の液状化強度が大きい傾向にある。
- 礫質土の液状化強度は、(文献※3)により、粒度の影響よりN値の影響が大きいとされている。
- D1g-1層の追加液状化強度試験箇所の液状化強度は、設置変更許可段階における液状化強度試験箇所の液状化強度より大きい傾向にある。この差異は、主に両者の粒度分布によるものであると考えられる。



礫質土の均等係数が液状化強度に及ぼす影響※3

(文献※3) 国生 剛治, 原 忠: 砂礫の液状化強度及び液状化後の非排水せん断強度に及ぼす粒度分布の影響, 土木学会論文集No. 645, III-50, pp. 245~253, 2000

# 液状化強度試験の代表性及び網羅性の評価

敷地内での液状化検討対象層の設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所とFLIP解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性について検討した。

液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性については、液状化強度と密接な相関関係を示すN値、細粒分含有率 $F_c$ 及び道路橋示方書（平成24年3月V耐震設計編）式で算定される液状化強度比 $R_L$ との比較により検討した。また、設置変更許可申請段階で示した液状化検討対象層の原地盤のFLIP解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性については、追加液状化強度試験結果との比較により検討した。

| 土層名 | 代表性及び網羅性の評価                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| du層 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・液状化強度試験箇所は、敷地内調査孔と比較して               <ol style="list-style-type: none"> <li>①平均N値が小さい。</li> <li>②平均細粒分含有率<math>F_c</math>がやや大きい、細粒分含有率<math>F_c</math>の平均値は10%未満であることから、道路橋示方書式で算定される液状化強度比<math>R_L</math>に及ぼす細粒分含有率<math>F_c</math>の影響は小さい（文献※4）。</li> </ol> </li> <li>・液状化強度試験箇所のN値と細粒分含有率<math>F_c</math>から算定する道路橋示方書式の平均液状化強度比<math>R_L</math>は、敷地全体のN値と細粒分含有率<math>F_c</math>から算定する道路橋示方書式の平均液状化強度比<math>R_L</math>よりも小さいことから、液状化強度試験箇所は代表性及び網羅性を有することを確認した。</li> <li>・du層の追加液状化強度試験で求められた液状化強度特性は、du層の設置変更許可段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性（<math>-1\sigma</math>）よりも大きいことを確認した。</li> <li>・強制的に液状化させることを仮定した場合の影響評価のために用いている敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、全ての液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。</li> </ul> |
| As層 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・液状化強度試験箇所は、敷地内調査孔と比較して               <ol style="list-style-type: none"> <li>①平均N値が小さい。</li> <li>②平均細粒分含有率<math>F_c</math>が小さく、下限値付近の値である。</li> </ol> </li> <li>・液状化強度試験箇所のN値と細粒分含有率<math>F_c</math>から算定する道路橋示方書式の平均液状化強度比<math>R_L</math>のは、敷地全体のN値と細粒分含有率<math>F_c</math>から算定する道路橋示方書式の平均液状化強度比<math>R_L</math>よりも小さいことから、液状化強度試験箇所は代表性及び網羅性を有することを確認した。</li> <li>・As層の追加液状化強度試験で求められた液状化強度特性は、Ag2層の設置変更許可段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性（<math>-1\sigma</math>）よりも大きいことを確認した。</li> <li>・強制的に液状化させることを仮定した場合の影響評価のために用いている敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、全ての液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。</li> </ul>                                                                                                         |

（文献※4）道路橋示方書・同解説（V耐震設計編，平成24年3月）

# 液状化強度試験の代表性及び網羅性の評価

| 土層名    | 代表性及び網羅性の評価                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ag2層   | <ul style="list-style-type: none"> <li>液状化強度試験箇所は、敷地内調査孔と比較して               <ol style="list-style-type: none"> <li>①平均N値が小さい。</li> <li>②平均細粒分含有率Fcが小さく、平均値以下の値である。</li> </ol> </li> <li>液状化強度試験箇所のN値と細粒分含有率Fcから算定する道路橋示方書式の平均液状化強度比<math>R_L</math>は、敷地全体のN値と細粒分含有率Fcから算定する道路橋示方書式の平均液状化強度比<math>R_L</math>よりも小さいことから、液状化強度試験箇所は代表性及び網羅性を有することを確認した。</li> <li>Ag2層の追加液状化強度試験で求められた液状化強度特性は、設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性 (<math>-1\sigma</math>) よりもわずかながら小さいものもあったが、その差は小さく、同様の傾向を呈していることから、Ag2層の設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP液状化強度特性 (<math>-1\sigma</math>) は、代表性を有することを確認した。</li> <li>強制的に液状化させることを仮定した場合の影響評価のために用いている敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、全ての液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。</li> </ul> |
| Ag1層   | <ul style="list-style-type: none"> <li>液状化強度試験箇所は、敷地内調査孔と比較して               <ol style="list-style-type: none"> <li>①平均N値が小さい。</li> <li>②平均細粒分含有率Fcが小さく、下限値付近の値である</li> </ol> </li> <li>液状化強度試験箇所のN値と細粒分含有率Fcから算定する道路橋示方書式の平均液状化強度比<math>R_L</math>は、敷地全体のN値と細粒分含有率Fcから算定する道路橋示方書式の平均液状化強度比<math>R_L</math>よりも小さいことから、液状化強度試験箇所は代表性及び網羅性を有することを確認した。</li> <li>Ag1層の追加液状化強度試験で求められた液状化強度特性は、設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性 (<math>-1\sigma</math>) よりもわずかながら小さいものもあったが、その差は小さく、同様の傾向を呈していることから、Ag1層の設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP液状化強度特性 (<math>-1\sigma</math>) は、代表性を有することを確認した。</li> <li>強制的に液状化させることを仮定した場合の影響評価のために用いている敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、全ての液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。</li> </ul>  |
| D2s-3層 | <ul style="list-style-type: none"> <li>液状化強度試験箇所は、敷地内調査孔と比較して               <ol style="list-style-type: none"> <li>①平均N値が小さい。</li> <li>②平均細粒分含有率Fcがやや大きめである。</li> </ol> </li> <li>液状化強度試験箇所のN値と細粒分含有率Fcから算定する道路橋示方書式の平均液状化強度比<math>R_L</math>は、敷地全体のN値と細粒分含有率Fcから算定する道路橋示方書式の平均液状化強度比<math>R_L</math>よりも小さいことから、液状化強度試験箇所は代表性及び網羅性を有することを確認した。</li> <li>D2s-3層の追加液状化強度試験で求められた液状化強度特性は、設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性 (<math>-1\sigma</math>) よりもわずかながら小さいものもあったが、その差は小さく、同様の傾向を呈していることから、D2s-3層の設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP液状化強度特性 (<math>-1\sigma</math>) は、代表性を有することを確認した。</li> <li>強制的に液状化させることを仮定した場合の影響評価のために用いている敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、全ての液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。</li> </ul>   |

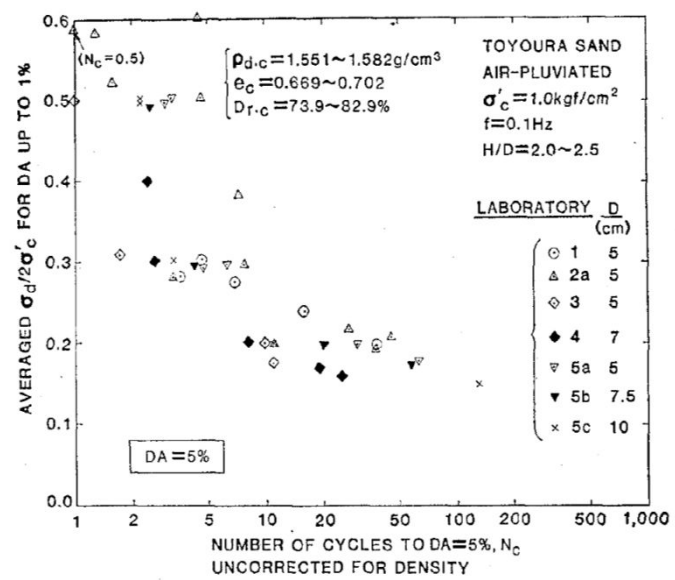
# 液状化強度試験の代表性及び網羅性の評価

| 土層名    | 代表性及び網羅性の評価                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D2g-3層 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 液状化強度試験箇所は、敷地内調査孔と比較して、               <ul style="list-style-type: none"> <li>①平均N値が小さい。</li> <li>②平均細粒分含有率Fcが小さく、下限値付近の値である。</li> </ul> </li> <li>• 液状化強度試験箇所のN値と細粒分含有率Fcから算定する道路橋示方書式の平均液状化強度比<math>R_L</math>は、敷地全体のN値と細粒分含有率Fcから算定する道路橋示方書式の平均液状化強度比<math>R_L</math>よりも小さいことから、液状化強度試験箇所は代表性及び網羅性を有することを確認した。</li> <li>• D2g-3層の追加液状化強度試験で求められた液状化強度特性は、設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性（<math>-1\sigma</math>）よりもわずかながら小さいものもあったが、その差は小さく、同様の傾向を呈していることから、D2g-3層の設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP液状化強度特性（<math>-1\sigma</math>）は、代表性を有することを確認した。</li> <li>• 強制的に液状化させることを仮定した場合の影響評価のために用いている敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、全ての液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。</li> </ul> |
| D1g-1層 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 液状化強度試験箇所は、敷地内調査孔と比較して、               <ul style="list-style-type: none"> <li>①平均N値はやや大きめである。</li> <li>②平均細粒分含有率Fcが小さく、下限値付近の値である。</li> </ul> </li> <li>• 液状化強度試験箇所のN値と細粒分含有率Fcから算定する道路橋示方書式の平均液状化強度比<math>R_L</math>は敷地全体のN値と細粒分含有率Fcから算定する道路橋示方書式の平均液状化強度比<math>R_L</math>よりも小さいことから、液状化強度試験箇所は代表性及び網羅性を有することを確認した。</li> <li>• 追加液状化強度試験で求められた液状化強度特性は、設置変更許可段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性（<math>-1\sigma</math>）よりも大きいことを確認した。</li> <li>• 強制的に液状化させることを仮定した場合の影響評価のために用いている敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、全ての液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。</li> </ul>                                                                                                                |

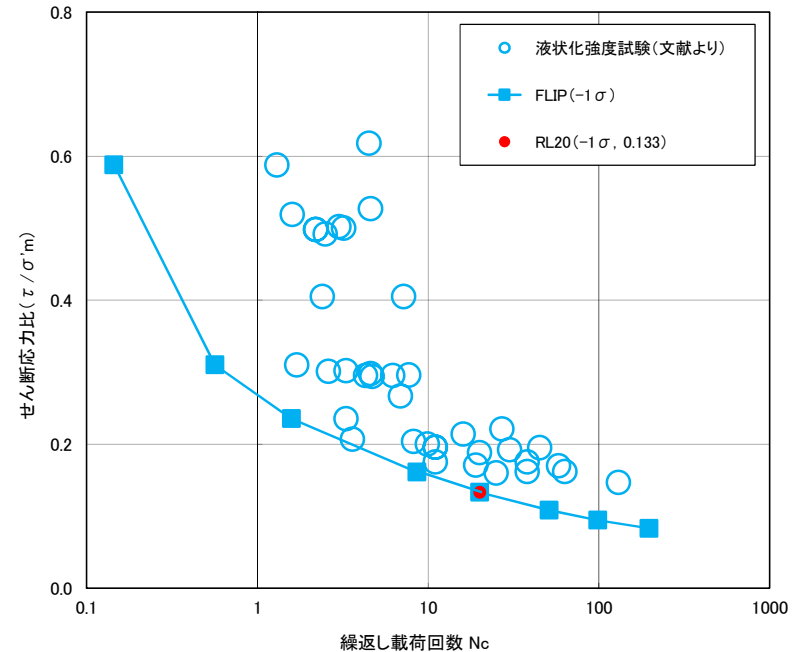


# 豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性と敷地全体の全ての地層の液状強度試験結果との対比

- 豊浦標準砂は山口県豊浦で算出される天然の珪砂であり、敷地には存在しないものである。
- 豊浦標準砂は、淡黄色の丸みのある均一な粒子からなり、非常に液状化しやすい特性を有していることから、液状化強度特性に関する研究等における実験などで多く用いられている。
- 豊浦標準砂の保守的な液状化強度特性文献（CYCLIC UNDRAINED TRIAXIAL STRENGTH OF SAND BY A COOPERATIVE TEST PROGRAM, Soils and Foundations, JSSMFE. 26-3. , 1986)から引用した相対密度73.9~82.9%の豊浦標準砂の液状化強度試験データに対し、それらを全て包含し、より一層保守側となる豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性を設定する。

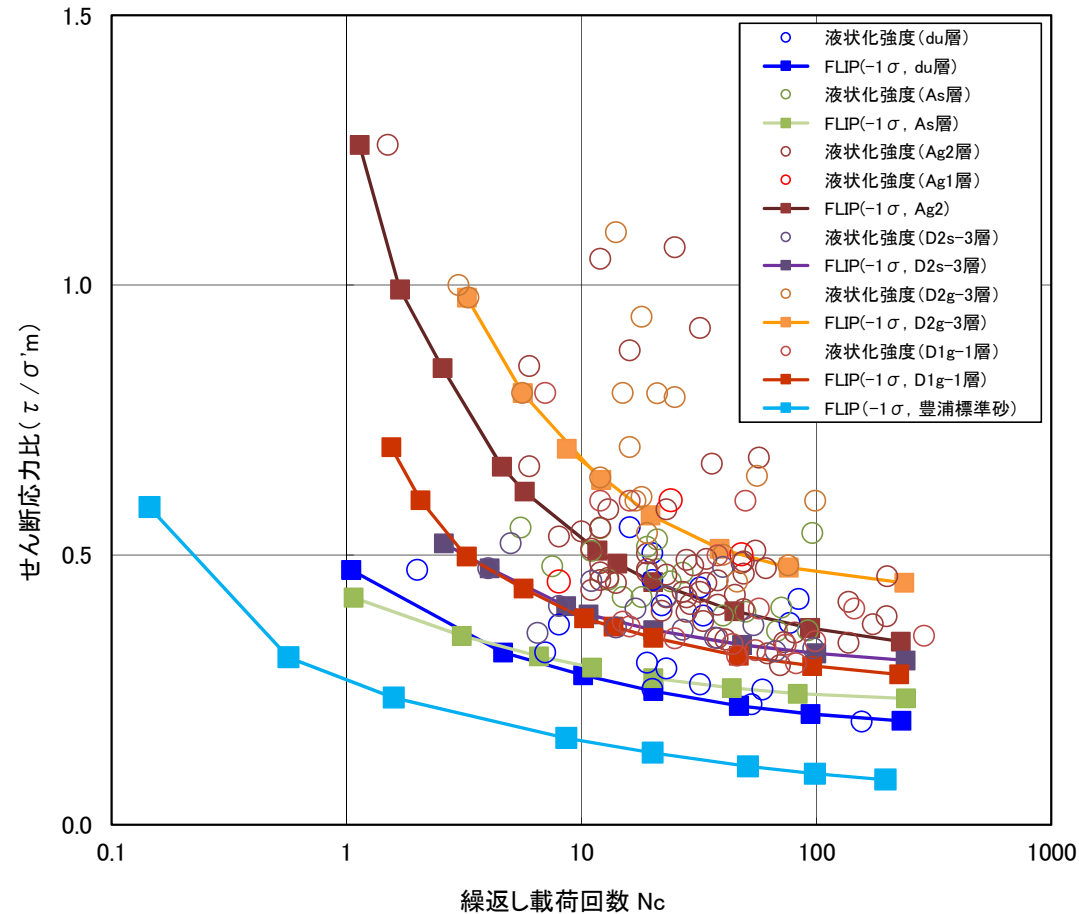


豊浦標準砂の液状化強度試験データ  
(文献: CYCLIC UNDRAINED TRIAXIAL STRENGTH OF SAND BY A COOPERATIVE TEST PROGRAM, Soils and Foundations, JSSMFE. 26-3. , 1986からの引用)



FLIPによる豊浦標準砂の保守的な液状化強度特性

# 豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性と敷地全体の全ての地層の液状強度試験結果との対比



■ 敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、東海第二発電所の原地盤の液状化検討対象層における全ての液状化強度試験結果より十分に小さいことを確認した。  
 よって、豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、強制的に液状化させることを仮定した影響評価を行う場合において用いる。

# 液状化強度試験の代表性及び網羅性の評価

## まとめ

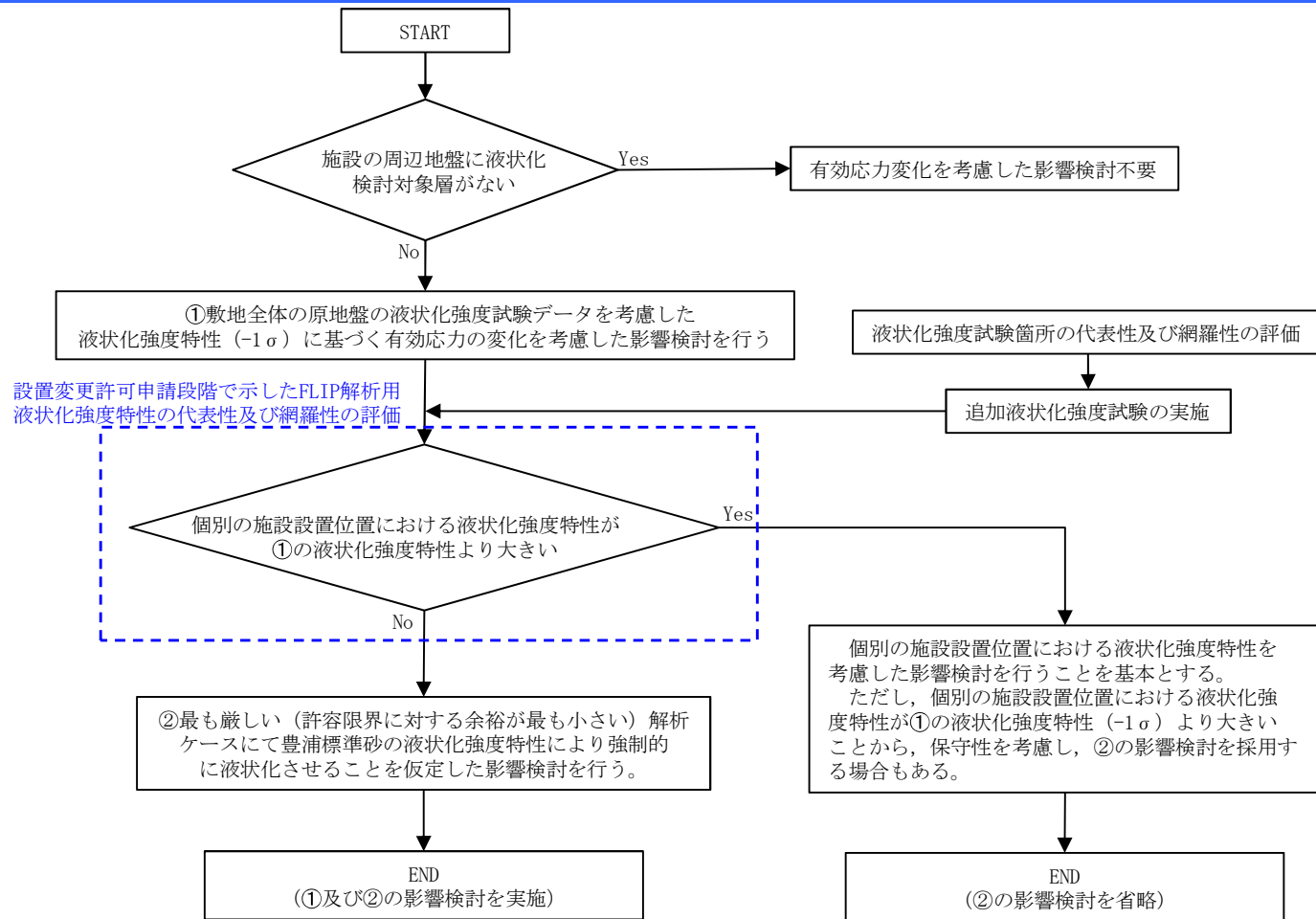
液状化強度試験箇所の道路橋示方書算定式で算定される平均液状化強度比 $R_L$ が敷地内調査孔の道路橋示方書算定式で算定される平均液状化強度比 $R_L$ より小さいことから、液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性を有することを確認した。

また、du層、As層及びD1g-1層の追加液状化強度試験で求められた液状化強度特性は、設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性 ( $-1\sigma$ ) よりも大きいことを確認した。一方、Ag2層、Ag1層、D2s-3層及びD2g-3層の追加液状化強度試験で求められた液状化強度特性は、設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性 ( $-1\sigma$ ) よりもわずかながら小さいものもあったが、その差は小さく、同様の傾向を呈していることから、各液状化検討対象層の設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性 ( $-1\sigma$ ) は、代表性を有するものであることを確認した。さらに、強制的に液状化させることを仮定した場合の影響評価のために用いている敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、敷地における全ての地層の液状化強度試験結果よりも、十分に小さいことを確認した。

以上の結果を踏まえ、屋外重要土木構造物及び津波防護施設（防潮堤）の設計方針を下記に示す。

- 敷地の広い範囲に渡って設置される津波防護施設（防潮堤）や施設数が多い屋外重要土木構造物の有効応力解析による検討では、設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性 ( $-1\sigma$ ) を用いて基準地震動  $S_s$  に対する有効応力解析を行う。
- 屋外重要土木構造物及び津波防護施設（防潮堤）の上部構造及び下部構造それぞれに対し、許容限界に対する余裕が最も小さい解析ケースについて、原地盤の液状化強度試験結果よりも十分に小さい豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した場合の影響検討を実施する。

# 液状化強度試験の代表性及び網羅性



敷地の広い範囲に渡って設置される屋外重要土木構造物及び津波防護施設は、原地盤の液状化強度試験データを考慮した液状化強度特性 (-1σ) を用いた評価を実施することを基本とし、上部構造及び下部構造それぞれに対して最も厳しい解析ケースについて、豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した評価を実施する。

「個別の施設設置位置における液状化強度特性」による評価について、使用済み燃料乾式貯蔵建屋（以下DC建屋という）を対象とすることを検討中。「敷地全体の原地盤の液状化強度特性」には、DC建屋の設置位置の地層で得られた液状化強度特性があり、DC建屋の検討において当該地層の液状化強度特性を用いる場合には、設置位置近傍の標準貫入試験等の結果と合わせ信頼性を確認した上で適用する