

## 【論点6】 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 (1/10)



### <本論点の経緯>

東海第二発電所敷地地盤の有効応力変化に応じた検討は、設置変更許可段階での液状化強度試験結果を基に設定した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性 ( $-1\sigma$ ) を用いている。

こ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 ( $-1\sigma$ ) については、第481回審査会合（平成29年6月29日）において、液状化強度試験データの信頼性（代表性及び網羅性）の確認が必要であると指摘があった。

この指摘を踏まえて、第562回審査会合（平成30年4月5日）において、工事計画認可申請に係る論点整理の一つとして、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、追加液状化強度試験結果との比較から確認することを説明している。

今回は、追加液状化強度試験結果を含め「液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性」と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」について説明する。また、強制的に液状化させることを仮定した場合の評価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を含めた全液状化強度試験結果と比較しても、十分小さいことを確認する。

### ◆液状化検討対象層の抽出及び液状化強度試験箇所

各指針類で液状化検討対象層として定められているGL-20m以浅の沖積砂・礫質土以外に、GL-20m以深に分布する土層及び洪積層も液状化検討対象と（du層, Ag2層, As層, Ag1層, D2s-3層, D2g-3層, D1g-1層）する。

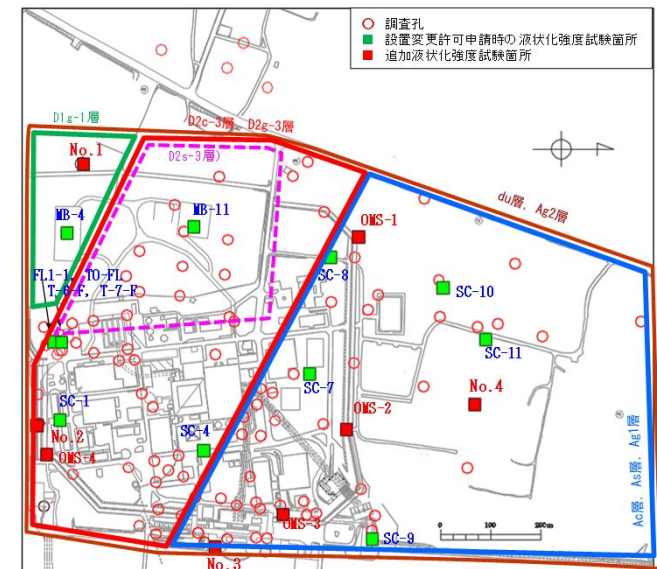
粘性土については、敷地の北部に分布する過圧密粘性土（Ac層）に対して実施した液状化強度試験結果から液状化しない、すなわち非液状化層であることを確認した。

液状化強度試験箇所の選定においては、N値と細粒分含有率 $F_c$ を用いて道路橋示方書式で算定される液状化強度比 $R_L$ が敷地内の対象土層の $R_L$ と比較して保守的であることと試料採取に十分な層厚を有している箇所とした。

また、追加液状化強度試験箇所の選定には、上記の条件以外に、設置変更許可段階での液状化強度試験結果を踏まえ、

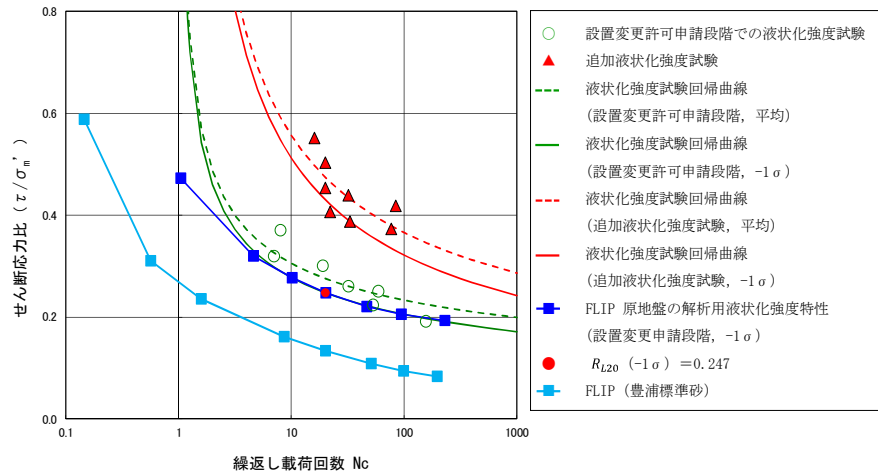
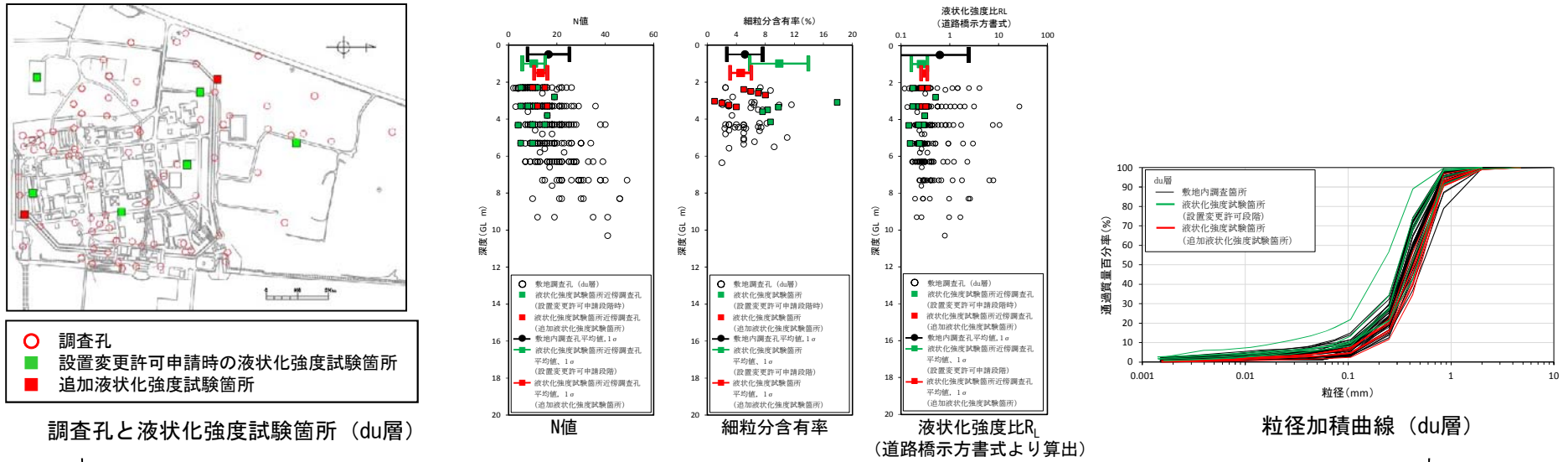
- ・液状化検討対象層の分布状況に対して必要な液状化強度試験データがあるかどうか
- ・耐震重要施設付近での液状化強度試験データがあるかどうか

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液状化強度試験箇所を選定した。



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

1. 設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性 (-1σ) の代表性及び網羅性の評価 (du層)

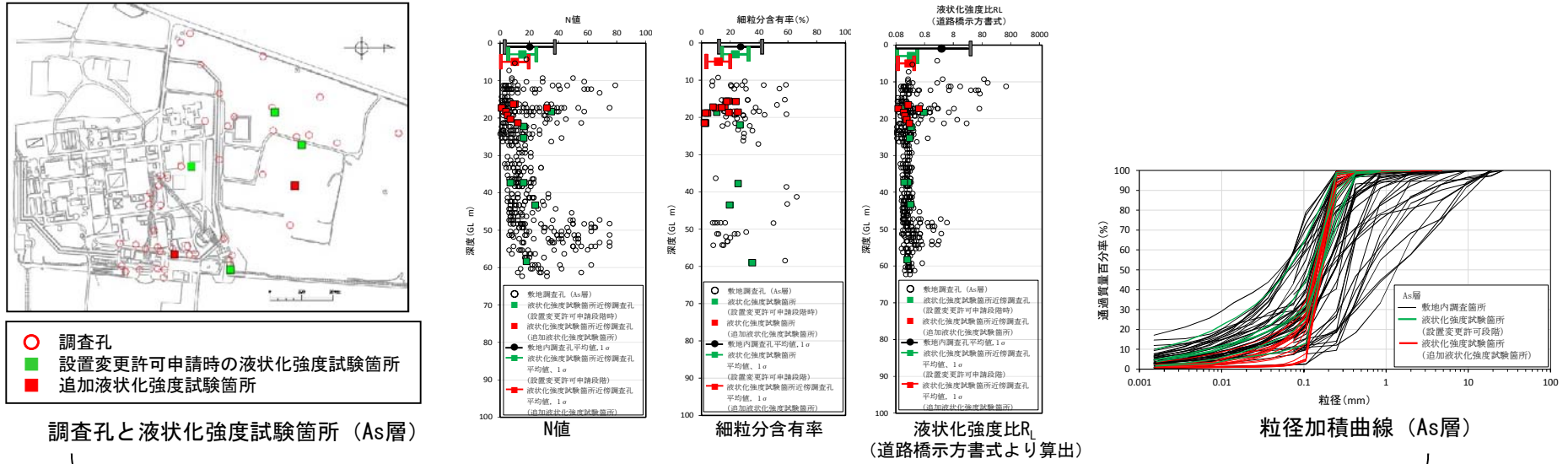


- du層の追加液状化強度試験結果は、設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性 (-1σ) よりも大きいことから設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性 (-1σ) は、代表性を有することを確認した。
- 敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、原地盤のdu層の液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。

【液状化強度試験結果のバラツキについて】

- 均一な粒径を持つ砂質土の液状化強度に影響を及ぼす地盤の物性値はN値及び粒度(細粒分含有率 $F_c$ , 平均粒径 $D_{50}$ )が挙げられる。
- du層は、砂が主体の均一な粒径を示す。
- 液状化強度試験箇所の細粒分含有率 $F_c$ は10%未満であり、液状化強度への影響は小さい。
- 追加液状化強度試験箇所の平均N値及び平均粒径 $D_{50}$ は、設置変更許可申請段階時の液状化強度試験箇所よりやや大きい。
- 追加液状化強度試験結果と設置変更許可申請段階時の液状化強度試験結果の差異は、N値及び $D_{50}$ によるものと考えられる。

2. 設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性 (-1σ) の代表性及び網羅性の評価 (As層)



調査孔と液状化強度試験箇所 (As層)

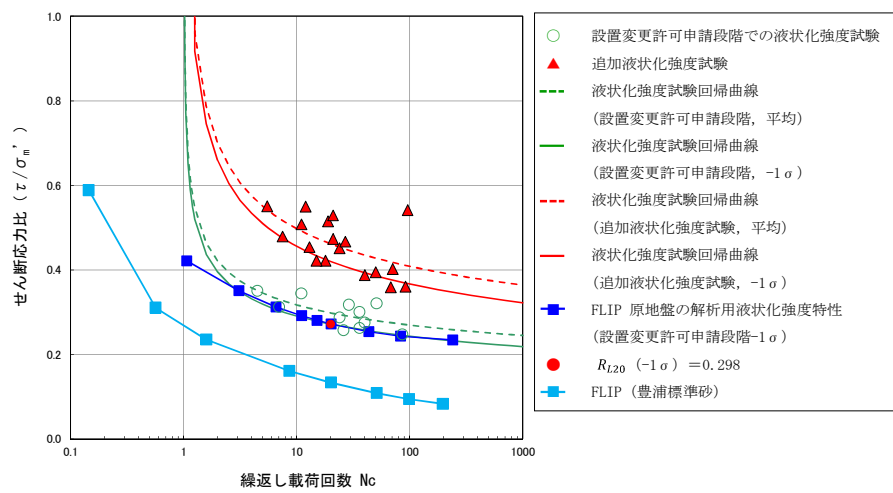
N値

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 (As層)

液状化強度試験箇所平均 $R_L$  < 敷地内調査孔平均 $R_L$ より, 液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性を確認



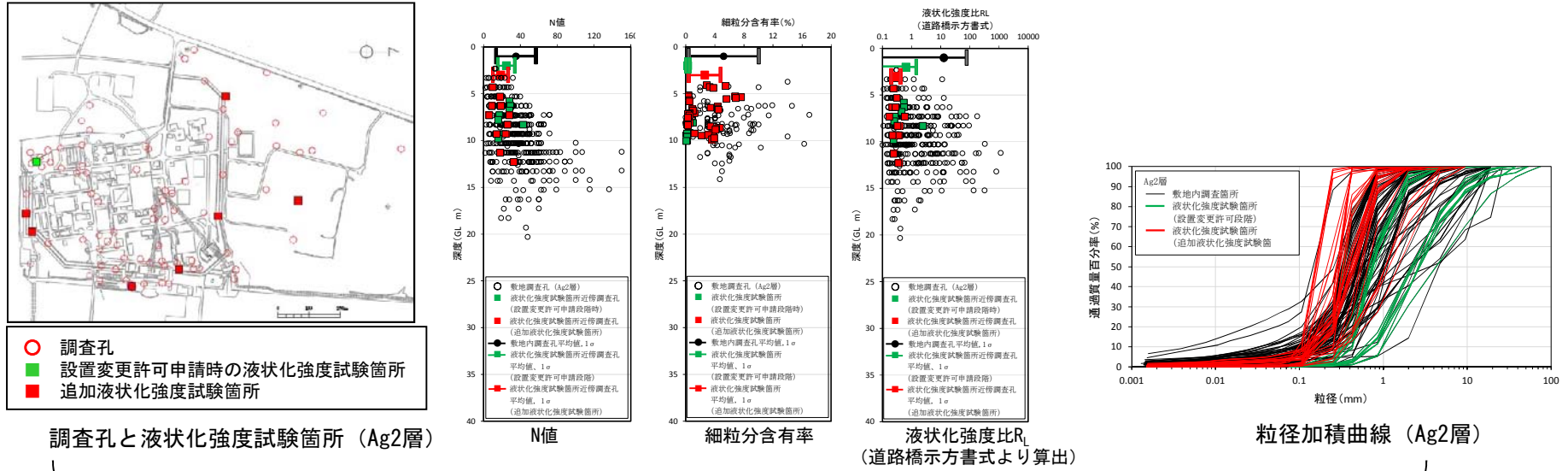
液状化強度試験結果 (As層)

- As層の追加液状化強度試験結果は, 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 (-1σ) よりも大きいことから設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性 (-1σ) は, 代表性を有することを確認した
- 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As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。

- 【液状化強度試験結果のバラツキについて】
- 追加液状化強度試験箇所の平均N値, 平均細粒分含有率 $F_c$ は設置変更許可申請段階時の液状化強度試験箇所より小さい。
  - 設置変更許可申請段階での液状化強度試験箇所の試料採取はトリプルチューブサンプリングにより行い, 追加液状化強度試験試料採取は乱れの影響が小さい凍結サンプリング手法を採用している。
  - 設置変更許可申請段階の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, 試料サンプリング手法の差によるものと考えられる。

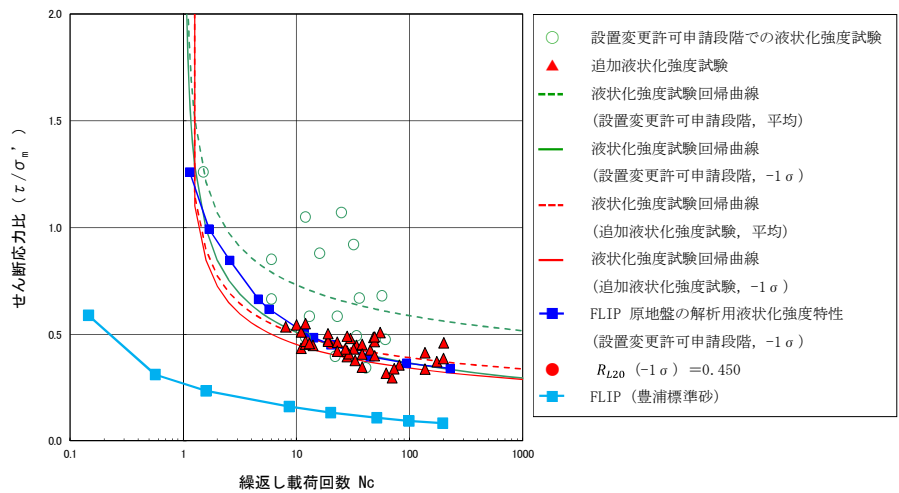


3. 設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性 (-1σ) の代表性及び網羅性の評価 (Ag2層)



調査孔と液状化強度試験箇所 (Ag2層)

液状化強度試験箇所平均 $R_L$  < 敷地内調査孔平均 $R_L$ より液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性を確認

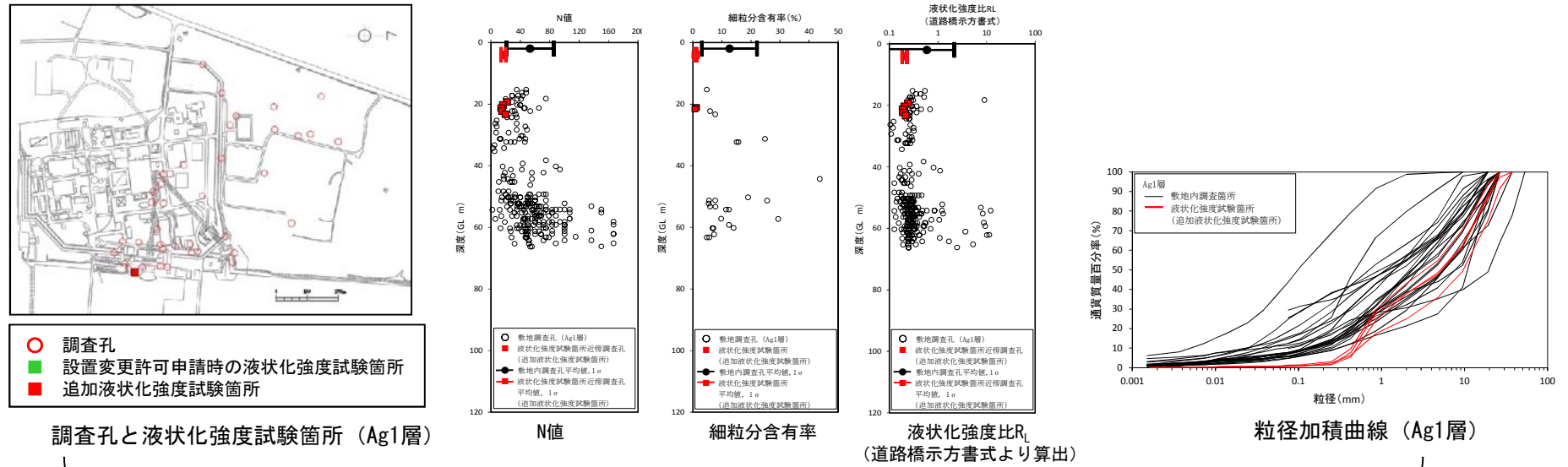


液状化強度試験結果 (Ag2層)

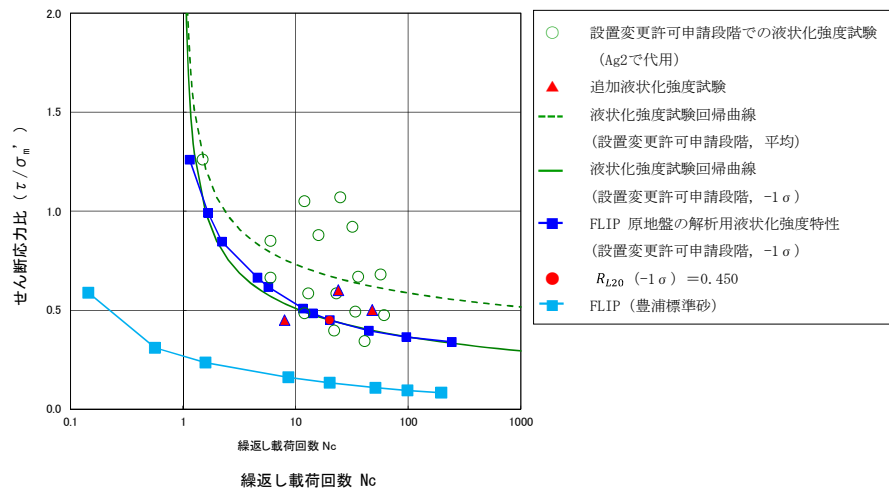
- Ag2層の追加液状化強度試験結果は、設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性 (-1σ) よりもわずかながら小さいものもあるが、その差は小さく、同様な傾向を呈することから設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性 (-1σ) は、代表性を有することを確認した
- 敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、原地盤のAg2層の液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。

- 【液状化強度試験結果のバラツキについて】
- 設置変更許可申請段階の液状化強度試験箇所の平均N値は、追加液状化強度試験箇所の平均N値よりやや大きい。
  - 細粒含有率 $F_c$ は、設置変更許可申請段階及び追加液状化強度試験箇所は10%未満であり、液状化強度への影響は小さい。
  - 粒径加積曲線より、設置変更許可申請段階の液状化強度試験箇所は礫～砂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。
  - 設置変更許可段階における平均粒径 $D_{50}$ は追加液状化強度試験箇所より大きい。
  - 追加液状化強度試験結果と設置変更許可段階時の液状化強度試験結果の差異は、N値及び $D_{50}$ によるものと考えられる。

4. 設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性 (-1σ) の代表性及び網羅性の評価 (Ag1層)



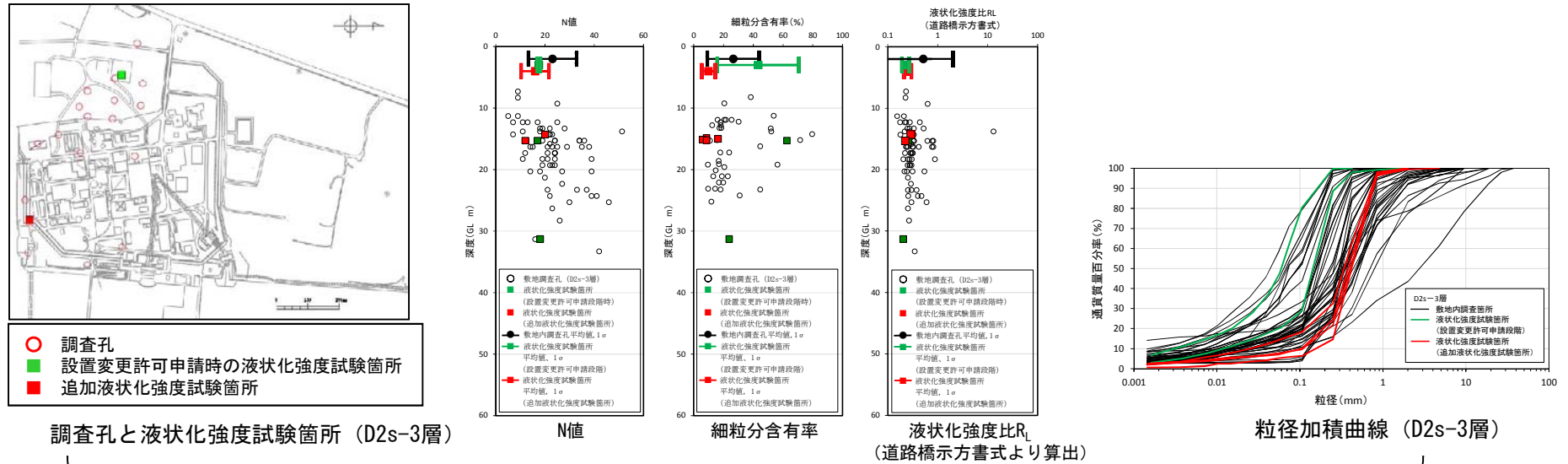
液状化強度試験箇所平均 $R_L <$  敷地内調査孔平均 $R_L$ より、液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性を確認



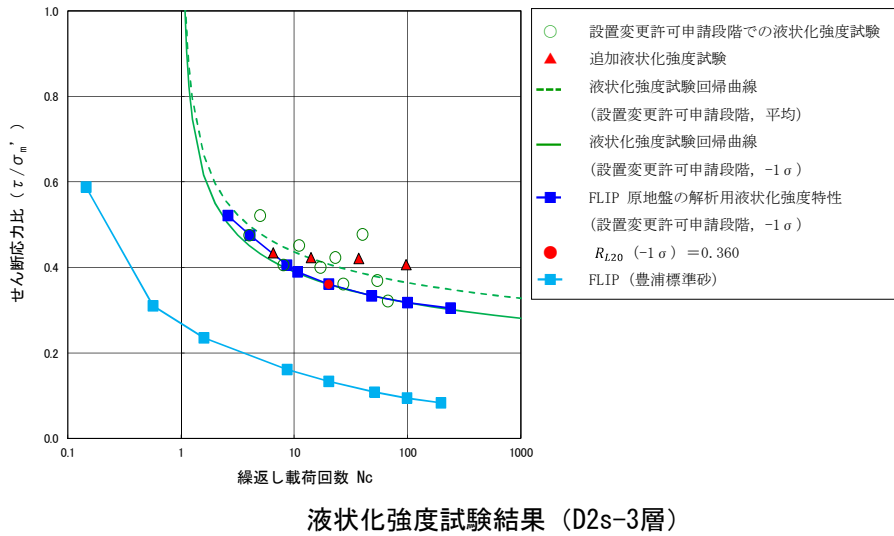
液状化強度試験結果 (Ag1層)

- Ag1層の追加液状化強度試験結果は、設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性 (-1σ) よりもわずかながら小さいものもあるが、その差は小さく、同様な傾向を呈することから設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性 (-1σ) は、代表性を有することを確認した
- 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。

5. 設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性 (-1σ) の代表性及び網羅性の評価 (D2s-3層)



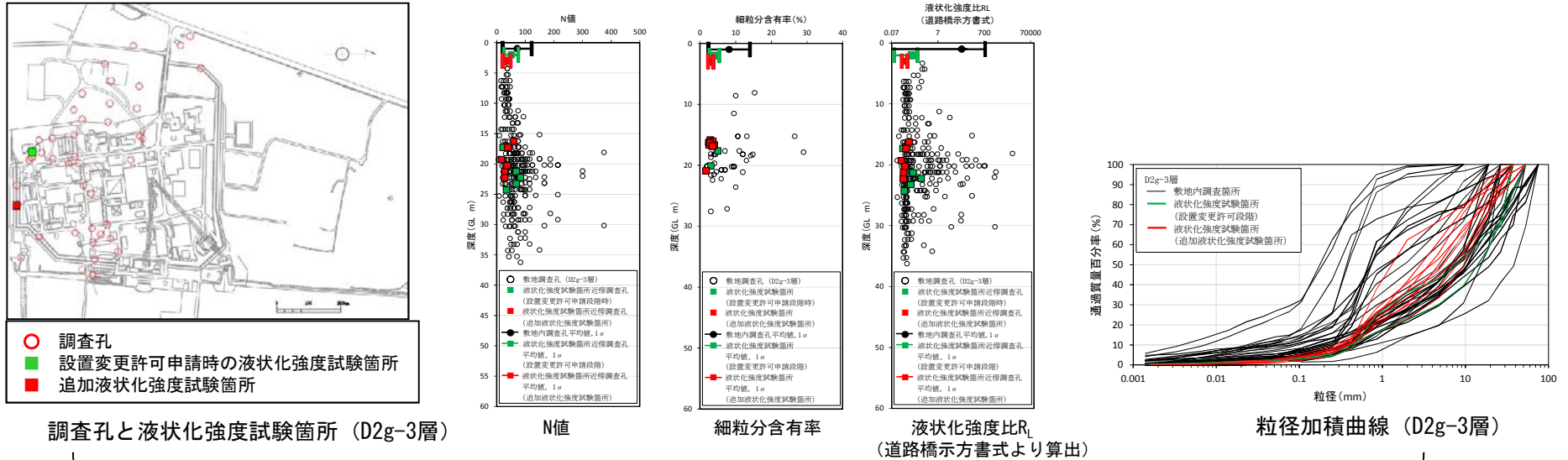
液状化強度試験箇所平均 $R_L$  < 敷地内調査孔平均 $R_L$ より、液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性を確認



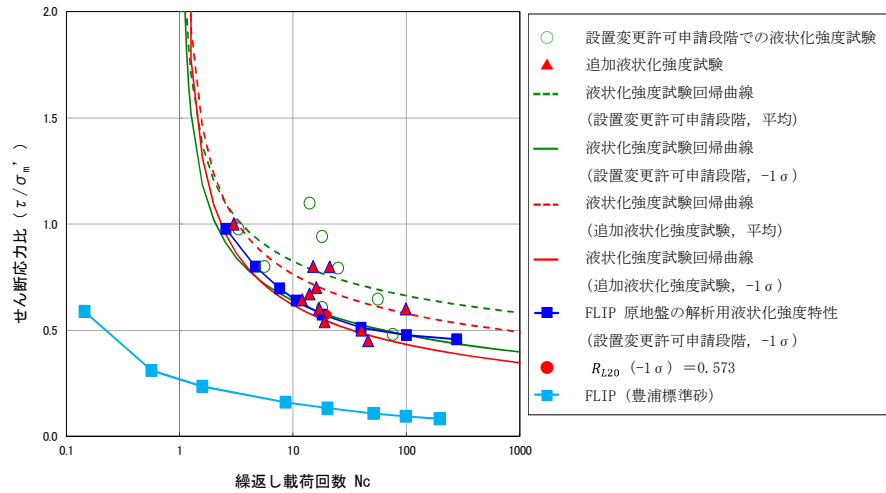
- D2s-3層の追加液状化強度試験結果は、設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性 (-1σ) と概ね同様な傾向を呈することから設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性 (-1σ) は、代表性を有することを確認した
- 敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、原地盤のD2s-3層の液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した

- 【液状化強度試験結果のバラツキについて】
- 設置変更許可段階での液状化強度試験箇所の平均N値は、追加液状化強度試験箇所の平均N値よりやや大きい。
  - 追加液状化強度試験箇所の平均細粒分含有率 $F_{cl}$ は、設置変更許可段階より小さく、10%未満である。
  - 設置変更許可段階の平均粒径 $D_{50}$ と追加液状化強度試験箇所の平均粒径 $D_{50}$ の差による液状化強度への影響度合いは小さいと評価された。
  - D2s-3層の追加液状化強度試験結果は、設置変更許可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。

6. 設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性 (-1σ) の代表性及び網羅性の評価 (D2g-3層)



液状化強度試験箇所平均 $R_L$  < 敷地内調査孔平均 $R_L$ より, 液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性を確認



液状化強度試験結果 (D2g-3層)

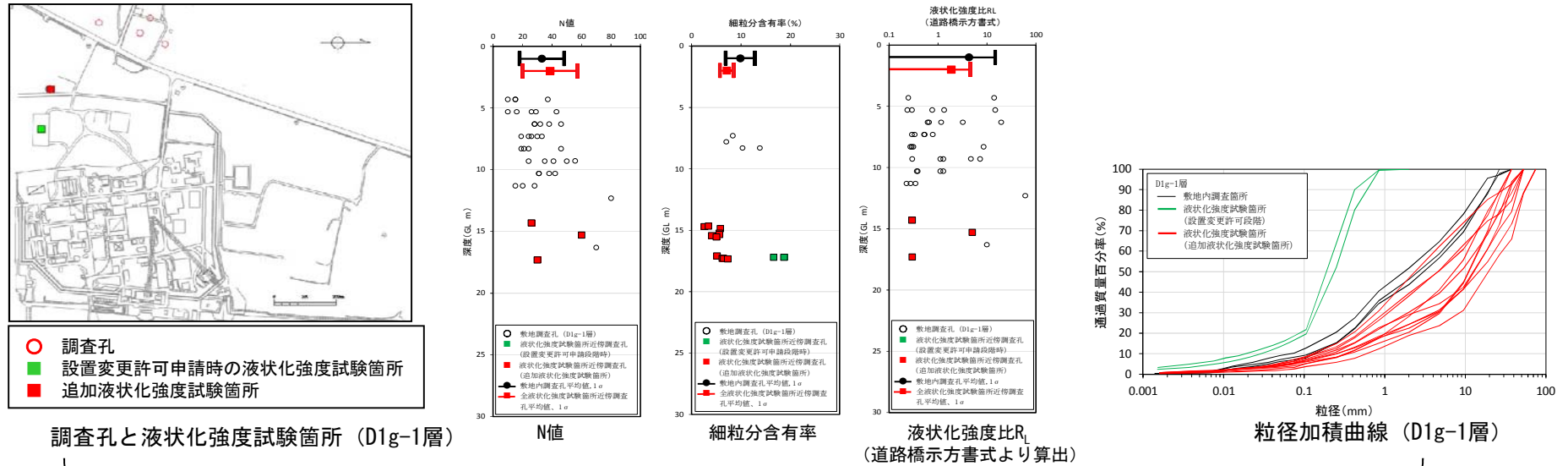
- D2g-3層の追加液状化強度試験結果は, 設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性 (-1σ) よりもわずかながら小さいものもあるが, その差は小さく, 同様な傾向を呈することから設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性 (-1σ) は, 代表性を有することを確認した
- 敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は, 原地盤のD2g-3層の液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。

【液状化強度試験結果のバラツキについて】

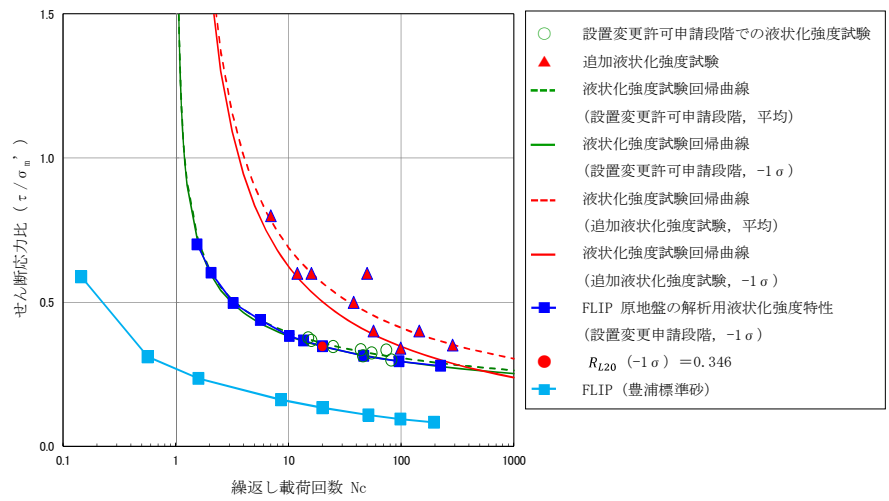
- 設置変更許可申請段階の液状化強度試験箇所の平均N値は追加液状化強度試験箇所の平均N値よりやや大きい。
- 細粒分含有率 $F_c$ は, 設置変更許可申請段階及び追加液状化強度試験箇所は10%未満であり, 影響度合いは小さい。
- 粒径加積曲線より, D2g-3層は礫から粘土までの幅広い範囲の粒径を示す礫が主体の礫質土である。
- 礫質土の均等係数 ( $U_c = D_{50}/D_{10}$ ) の影響は小さいとされている。
- D2g-3層の追加液状化強度試験結果は, 設置変更許可段階における液状化強度試験結果よりやや小さい傾向を示し, その差異は両者のN値の差によるものと考えられる。



7. 設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性 (-1σ) の代表性及び網羅性の評価 (D1g-1層)



液状化強度試験箇所平均 $R_L$  < 敷地内調査孔平均 $R_L$ より、液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性を確認

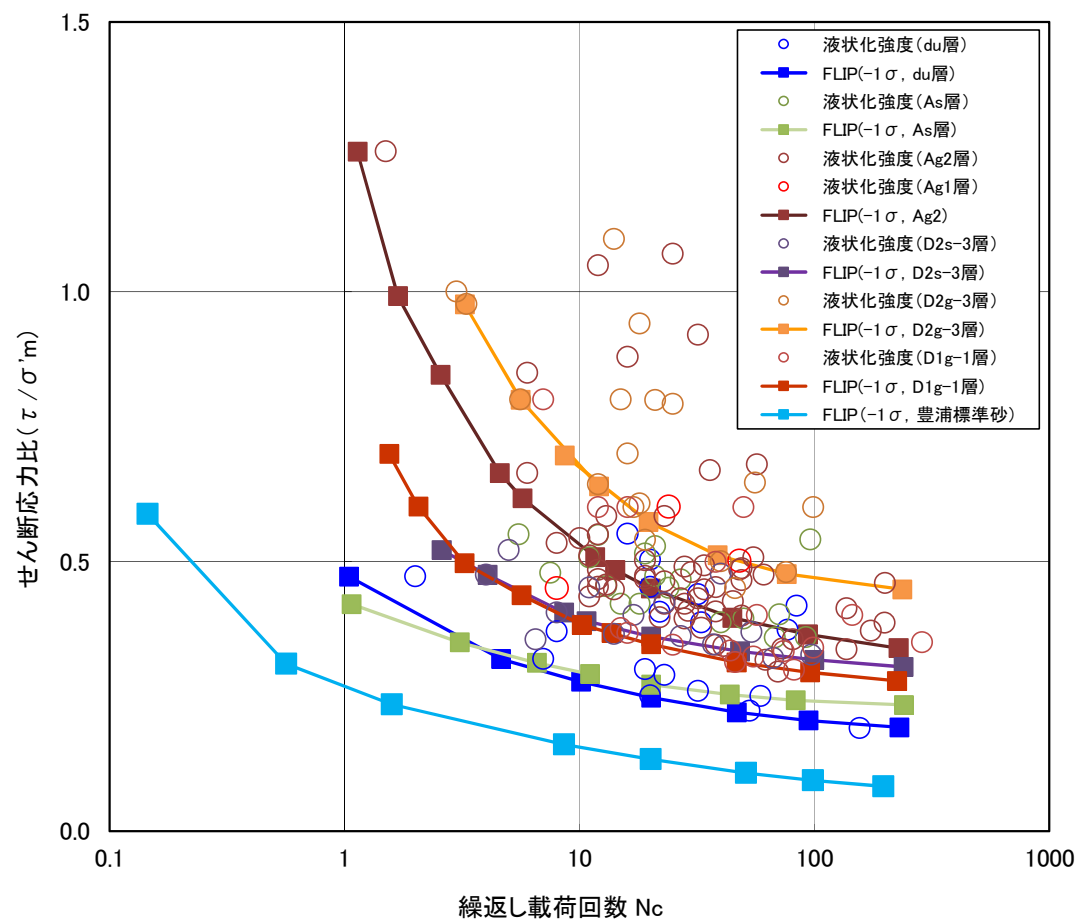


- D1g-1層の追加液状化強度試験結果は、設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性 (-1σ) よりも大きいことから設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性 (-1σ) は、代表性を有することを確認した
- 敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は、原地盤のD1g-1層の液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した

- 【液状化強度試験結果のバラツキについて】
- 追加液状化強度試験結果は、設置変更許可段階での液状化強度試験結果より大きい傾向を示す。
  - 設置変更許可段階での液状化強度試験箇所は砂が主体であるが、追加液状化強度試験箇所は礫が主体である。
  - 同等なN値を有する土の液状化強度は、砂質土より礫質土が大きいとされている。
  - D1g-1層の追加液状化強度試験結果は、設置変更許可段階における液状化強度試験結果より大きい傾向を示し、その差異は両者の粒度分布の差によるものと考えられる。



8. 豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性と原地盤の液状化強度試験結果の比較



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。

9. 結果

- 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選定に問題がないことを確認した。
- du層, As層, D2s-3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( $-1\sigma$ )と同等, または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。
- 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。
- 以上より、設置変更許可申請書で示したFLIP解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性を確認した。
- なお、耐震評価における有効応力解析では、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 ( $-1\sigma$ ) を用いるとともに、地盤のばらつきとして豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性を考慮することで、原地盤の液状化強度特性に対しさらに保守的な耐震評価を実施する。