

薬液の希釈が浸透固化改良土の液状化強度に及ぼす影響

日本大学工学部 学生会員 ○稲田 慎太郎  
五洋建設株式会社 技術研究所 正会員 林 健太郎 秋本 哲平  
日本大学工学部 正会員 仙頭 紀明

1. はじめに

液状化対策として、既設構造物直下での浸透固化処理工法が適用されている。しかし、均等係数の相違により改良地盤の固結形状が大きく異なることが報告されている。その原因として均等に近い砂は粒径が揃い、薬液が間隙水と置換されやすいのに対し、均等係数の大きい砂は間隙の大きさが不均一なため間隙が小さく、薬液で置換されにくい箇所では間隙水が残留し、ゲル化の際に薬液が希釈され、強度が低下する可能性がある。

本実験では均等係数が大きい砂と、均等係数が小さい砂で供試体を作製し、中空ねじりせん断試験と一軸圧縮試験を行い、希釈が液状化強度に及ぼす影響を考察した。さらに既存のデータとの比較・検討を行った。

2. 実験方法

試験には均等係数が異なる2種類の砂質土を用いた。粒径加積曲線を図-1に、物理特性を表-1に示す。珪砂5号・F砂ともに未改良1ケース、改良2ケースの計6ケース行った。表-2に実験ケースを示す。未改良の珪砂5号は空中落下法、それ以外は水中落下法により作製した。なお相対密度が60%になるように密度を調整した。改良のケースでは高さ14cm、外径6.75cm、内径3cmの中空円筒上のモールドを使用し、2種類の中空円筒状供試体は以下の方法で作製した。なお薬液はシリカ濃度6%とし、薬液1ℓ当りの配合表を表-3に示す。薬液に砂を直接投入する方法(薬液砂投入法)ではモールド内に3cm程度薬液を入れ、事前に薬液と砂の混合させたスラリーを水中落下させた。これは事前にスラリー状にすることで試料の分級を防ぐためである。薬液注入法ではモールド内に3cm程度蒸留水を入れ、蒸留水と砂の混合させたスラリーを水中落下させた。その後約30分かけて間隙水を薬液で置換した。養生期間は14日以上とした。液状化試験は中空ねじりせん断試験装置を用いた。供試体には脱気水を通し、背圧を100kPa 载荷して飽和させた。供試体のB値は95%以上を目標とし、供試体は有効拘束圧を100kPaで等方圧密し、応力制御にて繰返しせん断した。なお繰返し载荷は両振幅8%に至るまで载荷した。

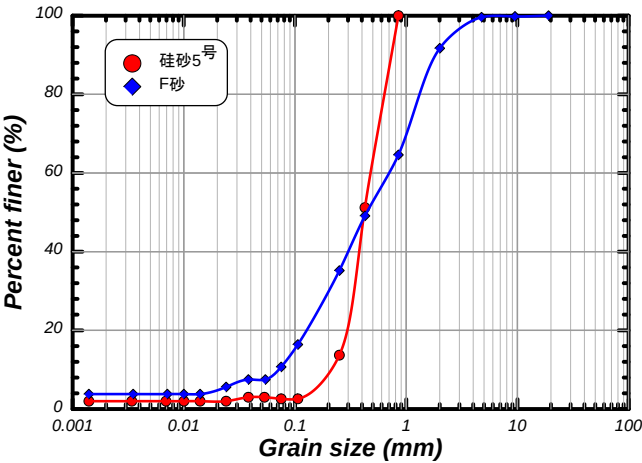


図-1 粒径加積曲線

表-1 物理特性

|      | $\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$ | $U_c$ | $e_{\min}$ | $e_{\max}$ |
|------|--------------------------------|-------|------------|------------|
| 珪砂5号 | 2.641                          | 2.30  | 0.475      | 0.782      |
| F砂   | 2.592                          | 16.9  | 0.545      | 1.027      |

表-2 実験ケース

| ケース | 試料                       | 改良方法   |
|-----|--------------------------|--------|
| 1   | 飯豊珪砂5号<br>( $U_c=2.30$ ) | 未改良    |
| 2   |                          | 薬液砂投入法 |
| 3   |                          | 薬液注入法  |
| 4   | F砂<br>( $U_c=16.9$ )     | 未改良    |
| 5   |                          | 薬液砂投入法 |
| 6   |                          | 薬液注入法  |

表-3 薬液配合表

|           |        |
|-----------|--------|
| シリカ濃度 (%) | 6      |
| 総量 (g)    | 1058.8 |
| 水ガラス (g)  | 92.4   |
| 硫酸 (g)    | 11.4   |
| クエン酸 (g)  | 37.4   |
| 特殊シリカ (g) | 120.5  |
| 水 (g)     | 797.2  |

キーワード 液状化対策, 浸透固化処理工法, 希釈

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地 日本大学工学部土木工学科 TEL024-956-8710

### 3. 実験結果

図-2 に液状化試験結果の一例を示す。応力-ひずみ関係を見ると改良砂は大きいせん断応力を作用させているにもかかわらず、せん断ひずみの蓄積が抑制されている。このことから改良砂は靱性的な挙動を示すのに対し、未改良砂は脆性的な挙動を示していることがわかる。有効応力経路を比較すると改良砂は応力点がゼロ点に達する事がなく、液状化が抑制されていることがわかる。

図-3 に液状化強度曲線を示す。珪砂5号とF砂の未改良砂では液状化強度( $R_{L20}$ )はほぼ等しいが、改良砂で  $R_{L20}$  の増加が確認できた。既往の一軸圧縮強さ( $q_u$ )と液状化強度( $R_{L20}$ )を表-4 に示す<sup>1),2),3)</sup>。この表をもとにして作成した繰返し回数 20 回の時の  $R_{L20}$  と  $q_u$  の関係を図-4 に示す<sup>4)</sup>。この図からどの砂質土でも  $q_u$  が上昇するにつれて  $R_{L20}$  も上昇していることがわかる。改良砂の挙動をみると、珪砂5号とF砂を比較すると  $R_{L20}$  は概ね同じ値を示しているのに対し、F砂の  $q_u$  の値は珪砂5号の 1/2 程度しかでない。これはまさ土同様、F砂は均等係数が大きく粒径が相対的に粗いため、供試体に微細なクラック等が発生したためだと考えられる。また  $R_{L20}$  概ね同じ値を示したのは、拘束圧をかけているためクラック等の影響が現れにくかったと考えられる。本実験での薬液砂投入法と薬液注入法を比較すると、薬液注入法の方は  $R_{L20}$ 、 $q_u$  共に小さい。これらは先述したように、間隙に残留した間隙水により薬液が希釈された可能性が示唆された。

### 4. まとめ

本実験の実験結果により珪砂5号とF砂で比較すると、F砂の  $q_u$  が小さい値を示した。これは均等係数が大きいF砂の粒径が粗く脆いため、クラック等が発生したための結果といえる。また薬液砂投入法と薬液注入法で比較すると、薬液注入法の方が  $R_{L20}$ 、 $q_u$  共に小さい値を示した。これより間隙中の薬液が希釈された可能性が示唆される。

### 参考文献

- 1) 斎藤、秋本、林、仙頭(2016):均等係数が異なる砂質土を対象とした浸透固化改良土の液状化強度特性, 土木学会第71回年次学術講演概要集, III-300
- 2) 有本、仙頭(2015):溶液型薬液改良砂の強震時における非排水繰返しせん断特性, 土木学会東北支部技術研究発表会(平成26年度), III-10
- 3) 小室、仙頭(2014):地盤改良した砂質土の強震時における繰返しせん断特性に関する研究, 土木学会東北支部技術研究発表会(平成25年度), III-12
- 4) 沿岸技術研究センター(2010):浸透固化処理工法技術マニュアル, p105

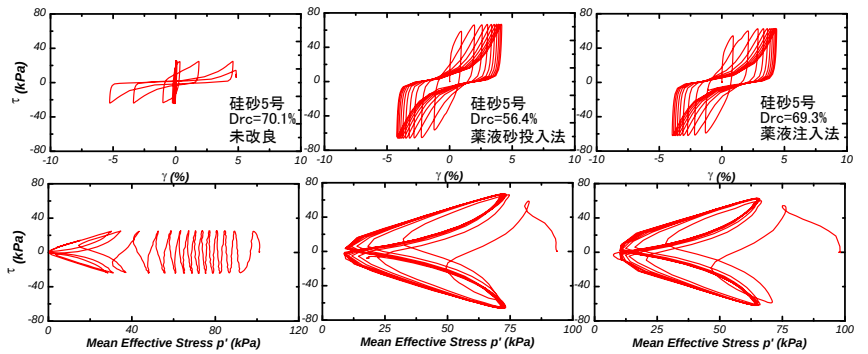


図-2 実験結果の例

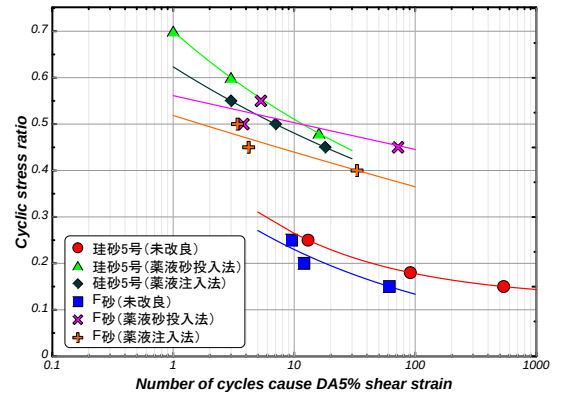


図-3 液状化強度曲線

表-4 一軸圧縮強度と液状化強度

| q <sub>u</sub><br>(kN/m <sup>2</sup> ) | R <sub>L20</sub> | シリカ濃度<br>(%) | 試料   | 備考       |
|----------------------------------------|------------------|--------------|------|----------|
| 0                                      | 0.234            | 未改良          | 珪砂5号 | 本実験      |
| 99.0                                   | 0.464            | 6(砂投入)       |      |          |
| 76.4                                   | 0.445            | 6(注入)        |      |          |
| 0                                      | 0.195            | 未改良          | F砂   |          |
| 41.6                                   | 0.485            | 6(砂投入)       |      |          |
| 30.5                                   | 0.416            | 6(注入)        |      |          |
| 0                                      | 0.18             | 未改良          | まさ土  | 齋藤(2016) |
| 18.6                                   | 0.33             | 6            |      |          |
| 17.2                                   | 0.39             |              |      |          |
| 48.0                                   | 0.45             |              |      |          |
| 0                                      | 0.20             | 未改良          | 珪砂5号 | 有本(2015) |
| 85.6                                   | 0.65             | 6            |      |          |
| 164.0                                  | 0.70             | 8            |      |          |
| 22.4                                   | 0.40             | 4            |      | 小室(2014) |
| 84.6                                   | 0.69             | 6            |      |          |
| 122.4                                  | 0.73             | 8            |      |          |

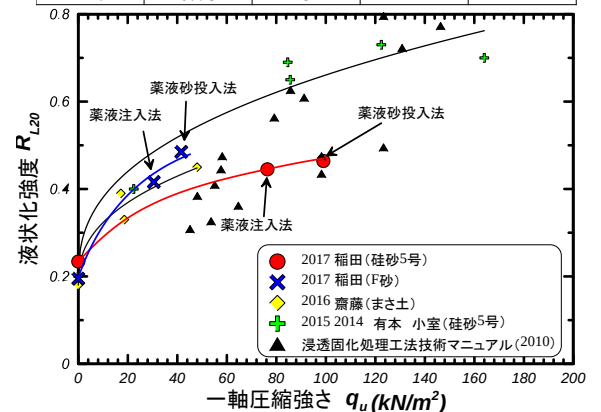


図-4 一軸圧縮強度と液状化強度