

薬液固結砂の高強度化と液状化強度特性

早稲田大学 学生会員 ○山崎 知

早稲田大学 フェロー会員 赤木 寛一

ケミカルグラウト(株) 正会員 川村 淳 渡邊 陽介

1. はじめに

本研究では薬液固結砂の適用範囲拡大を目指し、一軸圧縮強度試験および繰返し非排水三軸試験を実施することで高濃度薬液固結砂の液状化強度特性を確認した。繰返し非排水三軸試験では一般に両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ の繰返し載荷回数 $Nc=20$ 回における繰返し応力振幅比 $\sigma_d/(2\sigma'_0)$ を読み取り、それを液状化強度比 R と定義し、地震時に想定される繰返しせん断応力比 L との比 R/L が地盤の液状化判定に用いられる。 R/L は液状化安全率と呼ばれるものであり、 $R/L > 1$ であれば液状化対策に有効であるとされる¹⁾。レベル2地震時のせん断応力比 L は1.2程度であるとされている。また、 $R/L > 1$ を得るためには一軸圧縮強度 q_u は現場強度で 200kN/m^2 、室内強度で 400kN/m^2 程度が求められる²⁾。以上より、本研究においては $R > 1.2$ および $q_u > 400\text{kN/m}^2$ を目標値として設定した。

2. 実験内容

2.1 実験条件

特殊中性・酸性系薬液および東北珪砂7号を使用し、浸透注入法によって供試体を作製した。供試体の寸法は $\phi 50\text{mm} \times 100\text{mm}$ 、目標相対密度 60% である。特殊中性・酸性系薬液の一般配合ではシリカ濃度は約 6.0% であるが、本試験では濃度 11.8% を用いた。

東北珪砂7号の物理的性質を表2.1に示す。

2.2 実験手順

・浸透注入法による供試体作製

アクリルモールド ($\phi 50 \times 150\text{mm}$) に、高さが 100mm になるように砂を詰めてケース内に設置し、ケースの中を脱気する。脱気が完了したら気圧差を利用して薬液をモールド内に浸透させていく。

・一軸圧縮試験(JGS 0511)

28日間養生時に一軸圧縮強度試験を実施した。試験に用いた供試体は5本である。一軸圧縮強度試験を実施した理由は、繰返し非排水三軸試験を行うにあたって強度の目安を確認するためである。

・繰返し非排水三軸試験(JGS 0541)

繰返し非排水三軸試験は、繰返し荷重に対する飽和土の非排水条件下での強度特性を調べるために実施される。この装置は通常の三軸試験装置と基本的には同様であるが、油圧や空気圧により軸方向に繰返し荷重が載荷できるような構造になっている¹⁾。

繰返し軸差応力の片振幅 σ_d の $1/2$ を有効拘束圧 σ'_0 で除した繰返し応力振幅比 $\sigma_d/(2\sigma'_0)$ を縦軸に、 $DA=1,2,5\%$ および過剰間隙水圧比 $\Delta u/\sigma'_0=95\%$ となる時の繰返し載荷回数 Nc の対数を横軸にとって図示する。(図3.2)

本研究では28日間養生時に繰返し非排水三軸試験を実施した。使用した供試体は4本である。また、本研究における繰返し非排水三軸試験の条件を表2.2に示す。

表 2.1 珪砂 7 号 : 物性値

項目	記号	単位	数値
土粒子密度	ρ_s	g/cm^3	2.62
最大間隙比	e_{\max}	-	0.931
最小間隙比	e_{\min}	-	0.613
60%粒径	D_{60}	mm	0.18

表 2.2 繰返し非排水三軸試験条件

項目	単位	数値
初期等方応力	kN/m^2	500
背圧	kN/m^2	500
圧密応力	kN/m^2	100
有効拘束圧	kN/m^2	100
載荷周波数	Hz	0.1

3. 高濃度薬液固結砂の強度特性

図 3.1 に一軸圧縮強度試験の結果を示す. 今回特殊中性・酸性系薬液を用いた供試体は 28 日間養生時で平均強度 633 kN/m²を示しており, 一般配合(シリカ濃度約 6.0%)の特殊中性・酸性系薬液改良体と比較すると高い強度が得られた³⁾. また, 目標強度 $q_u > 400 \text{ kN/m}^2$ も満足する結果となった.

図 3.2 に DA=5%における繰返し非排水三軸試験結果を示す. 本研究で用いた供試体の $N_c=20$ 回の繰返し応力振幅比 R は 2.18 程度となっており, 目標値 $R > 1.2$ を上回る結果となった. また, 同図に示す一般配合の改良体, 未改良土の結果³⁾と比較しても高い値を示している.

図 3.3 は一軸圧縮強度と繰返し応力振幅比の関係を示したものである. 図中に示す一次直線は米倉らによる恒久グラウト・本設注入工法に掲載されている $q_u \sim R_{L20}$ の関係である⁴⁾. 今回使用した高濃度薬液改良体は米倉らの提示した $q_u \sim R_{L20}$ の関係式に近い結果を示すことが分かった. 一般配合の水中養生 28 日³⁾と比較すると q_u , R_{L20} 共に大きな値を得られたことが分かる.

4. まとめ

- ・一般配合(シリカ濃度約 6.0%)よりもシリカ濃度を高めた特殊中性・酸性系薬液を用いて供試体を作製し, 液状化に対する強度特性を確認するために一軸圧縮強度試験および繰返し非排水三軸試験を実施した.
- ・28 日養生時における一軸圧縮強度は目標値 $q_u > 400 \text{ kN/m}^2$ を上回る強度を示した. 繰返し非排水三軸試験に使用した供試体もこれと同等の強度を保持していると考えられる.
- ・両振幅軸ひずみ DA=5%の繰返し載荷回数 $N_c=20$ 回における繰返し応力振幅比 R は 2.18 程度であることが確認できた. レベル 2 地震時のせん断応力比 L は 1.2 程度であるとされているため, $R=2.18$ であれば液状化安全率 R/L は 1.98 となり 1.0 を上回る.
- ・以上より本研究で用いた高濃度特殊中性・酸性系薬液はレベル 2 地震対策に有効であることが確認できた.

今後の方針として同様の試験を再度実施し, 研究結果の信頼性を高めていきたい.



図 3.1 一軸圧縮試験結果

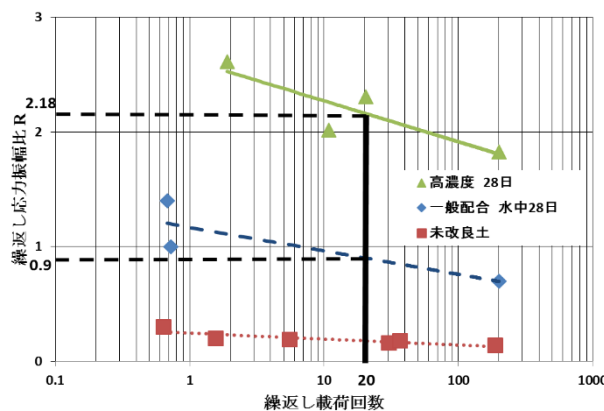


図 3.2 繰返し非排水三軸試験結果

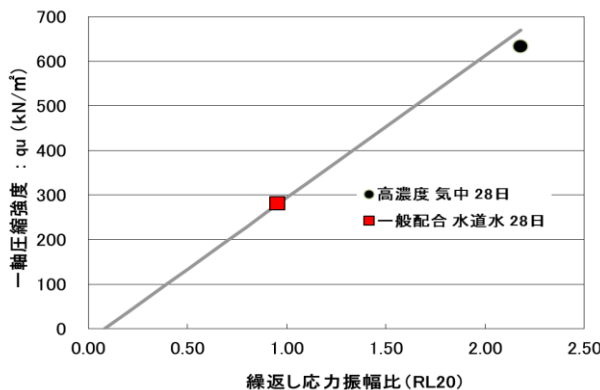


図 3.3 $q_u \sim R_{L20}$ の関係

参考文献

- 1) 社団法人地盤工学会 “土質試験—基本と手引き—” 丸善出版株式会社 pp150 平成 23 年
- 2) 浸透固化処理工法研究会 “既設構造物の液状化対策 浸透固化処理工法”
- 3) 渡邊ら: 厳しい養生条件下での薬液改良土の動的特性, 土木学会第 65 回年次学術講演会, 2010
- 4) 米倉ら: 恒久グラウト・本設注入工法—薬液注入の耐久性と耐震補強の設計施工—, 理工図書 p148, 2007