

## 大型土槽を用いた高強度薬液注入材の注入実証実験その1

薬液注入工法 高濃度 土槽実験

早稲田大学 学生会員 ○中道 馨

早稲田大学 学生会員 山本 馨

早稲田大学 国際会員 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

日本は近年各地で大規模な地震による被害が発生しており、特に液状化現象は甚大な被害を及ぼす可能性がある。薬液注入工法は液状化対策に有効であるとされているが、従来使用されている薬液注入材により改良された地盤強度は  $q_u=100\sim 200\text{ kN/m}^2$  程度であるため、その構造物が受けると考えられる最大地震（レベル2地震）に対しては強度面において、適用不可となる場合もある。既往の研究<sup>1)</sup>により、レベル2地震動に耐えうるとされる、標準配合と比較してシリカ濃度を高めた注入材について検討した。

ここで、繰返し非排水三軸試験の結果から得られる液状化強度比  $R$  と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。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おり、 $R/L>1$  を得るためには一軸圧縮強さ  $q_u$  は現場強度で  $200\text{ kN/m}^2$ 、室内強度で  $400\text{ kN/m}^2$  程度が求められる<sup>2)</sup>。以上より、本研究においては一軸圧縮強さを室内配合試験では  $q_u>400\text{ kN/m}^2$ 、土槽実験では  $q_u>200\text{ kN/m}^2$ 、液状化強度比  $R>1.2$  を目標値として設定した。

本研究では、大型土槽内に作製した模擬地盤にシリカ濃度の高い注入材(シリカ濃度 11.8%)及び一般的に用いられている標準配合の注入材(シリカ濃度 6.2%)を注入し、一軸圧縮試験及び繰返し非排水三軸試験により、改良効果の確認を実施した。

また、既往研究<sup>3)</sup>により、室内試験においては針貫入勾配と一軸圧縮強さには相関関係があることが確認されている。針貫入試験により一軸圧縮強さを推定する手法の施工現場への適用性を検討するために、針貫入試験を実施し、一軸圧縮強さとの相関性について確認した。

本報告は、注入実証試験を実施する前に実施した事前室内配合試験の結果について取りまとめたものである。

## 2. 注入実証実験概要

## 2.1 実験手順

図 2.1 に示す実験フローに従って各種試験を実施した。模擬地盤で用いる砂の物性値は表 2.1 の通りである。

## 2.2 事前室内配合試験

特殊中性・酸性薬液 A を用いて、薬液改良供試体を作製した。供試体の寸法は  $\phi 50\text{ mm}\times 100\text{ mm}$ 、目標相対密度 60%、用いた薬液中のシリカ濃度は 6.2% (標準配合)および 11.8%(高濃度配合)である。供試体は所定期間湿潤養生し、各種試験を実施した。

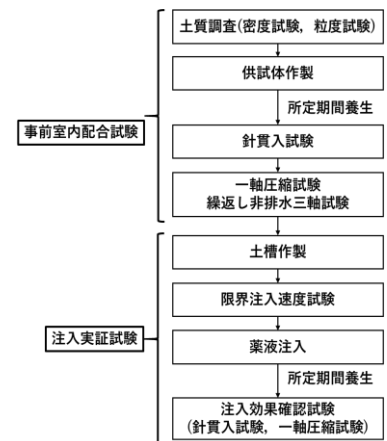


図 2.1 実験フロー

表 2.1 模擬地盤の物性値

項目	記号	単位	数値
土粒子密度	$\rho_s$	$\text{g/cm}^3$	2.707
最大間隙比	$e_{\max}$	-	1.04
最小間隙比	$e_{\min}$	-	0.675
60%粒径	$D_{60}$	mm	0.305

## 2.2.1 事前室内配合試験用の供試体作製・養生

供試体は水中落下法により作製する。プラモールド ( $\phi 50\text{ mm}\times 100\text{ mm}$ ) 内に薬液を投入し、いくつかの層に分けて砂を投入し、締固めながらモールド内を満たしていく。養生期間は 7, 14, 28 日間とし、試験する供試体数は 1 養生日につき各配合 5 本とした。

## 2.2.2 針貫入試験

携行型試験機を用いて、針の貫入長さが 10mm に達した時点で針の貫入長さ  $L$  と貫入荷重  $P$  を読み取り、針貫入勾配  $NP$  を算出する(式 2.1)。これを 1 供試体に対し、12ヶ所に対し実施する。

針貫入勾配( $N/\text{mm}$ )

$$= (\text{貫入荷重}(N))/(\text{貫入長さ}(mm)) \quad \dots(\text{式 2.1})$$

## 2.2.3 繰返し非排水三軸試験 (JGS 0541)

薬液改良供試体について、地震や波浪などによる繰返し応力を非排水条件のもとで受ける強度特性を求めするために、繰返し非排水三軸試験を実施する。

20 回載荷時に両振幅歪みが 5% に達するときの繰返し応力振幅比を液状化強度とする。

## 2.3 注入実証実験

### 2.3.1 限界注入速度試験

最も効果的で経済的な注入をするため、注入時に地盤に割裂を生じさせないように浸透注入できる限界の注入速度を求める。

### 2.3.2 薬液注入

本試験ではニューマックス工法の直線ボーリングを用い、薬液注入材を注入した。初期注入開始深度まで注入ロッドによりボーリングし、所定深度に達したら、地山パッカを膨張させ、注入を実施する。

## 3. 試験結果

ここでは、事前室内配合試験結果について述べる。

図 3.1 に針貫入勾配の推移を示す。28 日養生時でシリカ濃度 11.8% は 4.0N/mm、シリカ濃度 6.2% は 2.0N/mm 程度となった。

図 3.2 に一軸圧縮強さの推移を示す。28 日養生時でシリカ濃度 11.8% は 650kN/m<sup>2</sup> 程度、シリカ濃度 6.2% は 250kN/m<sup>2</sup> 程度となり、シリカ濃度 11.8% は目標強度を満たす結果となった。また、シリカ濃度を高めたことで針貫入勾配と同様に、強度増加が確認できた。

図 3.3 に針貫入勾配と一軸圧縮強さの相関関係を示す。既往研究から得られた関係式： $y = 285x^{0.607}$  (y: 一軸圧縮強さ, x: 針貫入勾配) に対し、本試験結果も同様の相関関係が得られた。この相関関係は一軸圧縮試験をするのに十分な供試体が得られない箇所における強度推定に用いることができる。

図 3.4 に繰返し応力振幅比を示す。シリカ濃度 11.8% では 1.39、シリカ濃度 6.2% では 0.9 となった。シリカ濃度を高めたことで液状化強度は高くなり、目標値の 1.2 を満足する結果となった。

図 3.5 に繰返し応力振幅比と一軸圧縮強さの関係を示す。浸透固化マニュアル及び特殊中性・酸性薬液施工実績は強度比 2 として室内強度に換算したものである。シリカ濃度 11.8% の薬液改良土では  $R=1.39$ 、 $q_u=650\text{kN/m}^2$  となり、目標値を満足する結果となった。

## 4. まとめ

シリカ濃度を 11.8% に高めた薬液注入材の一軸圧縮強さと針貫入勾配は、目標値を満足する結果となった。室内配合試験においては、この高濃度注入材は十分な改良効果が得られる結果となったため、この結果をもとに大型土槽注入実験を実施し、高濃度薬液の施工性や模擬地盤における改良効果について検討する。

<参考>

- 1) 山崎・赤木: 薬液固結砂の長期強度特性について(その 1)薬液ホモゲルの体積変化メカニズムの検討, 第 52 回地盤工学研究発表会, 2017 年
- 2) 浸透固化処理工法研究会 “既設建造物の液状化対策浸透固化処理工法”
- 3) 中道・赤木: 高濃度薬液固結砂の長期強度特性について(その 2)針貫入試験による薬液固結砂の強度推定について, 第 52 回地盤工学研究発表会, 2017 年

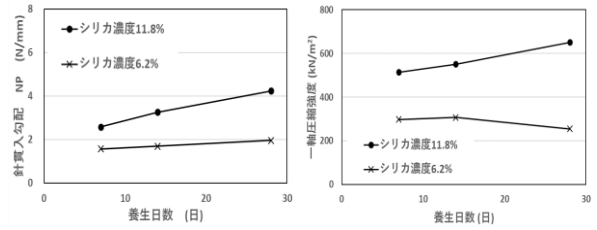


図 3.1 針貫入勾配 図 3.2 一軸圧縮強さ

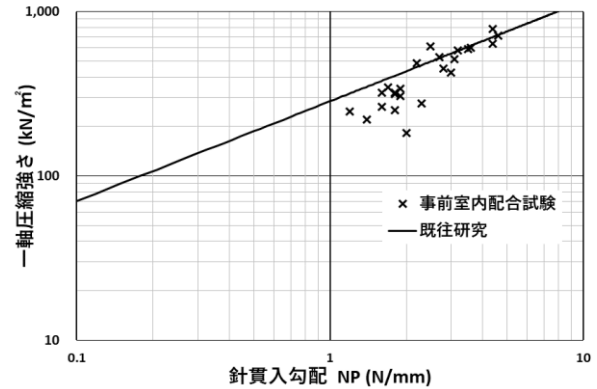


図 3.3 針貫入勾配と一軸圧縮強さの相関関係

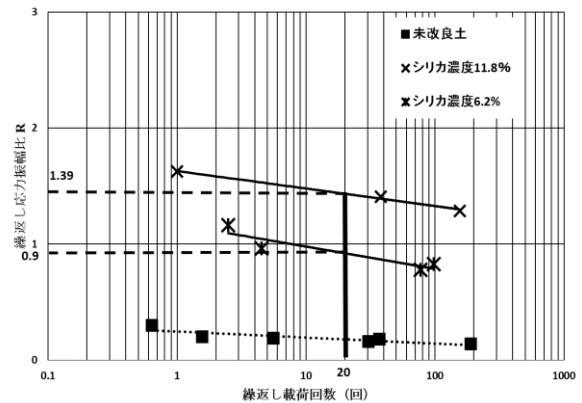


図 3.4 繰返し応力振幅比

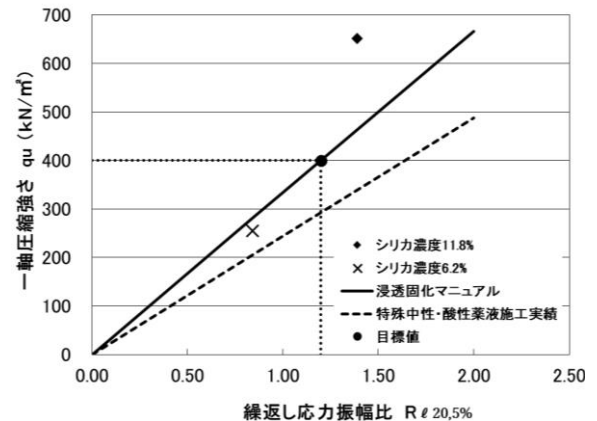


図 3.5 繰返し応力振幅比と一軸圧縮強さの関係