

懸濁型薬液注入工法の室内浸透試験

八戸工業大学 学生会員 ○有川 正
 八戸工業大学 正会員 橋詰 豊
 八戸工業大学大学院 正会員 金子 賢治
 三井化学産資株式会社 正会員 櫻井 康一

1. はじめに

液状化対策工法の一つとして、薬液注入工法がある。このうち懸濁型薬液は、微粒子を持つことより浸透性があまり良くないとされ、狭い範囲での使用に限られてきた。この様な背景から近年開発された超微粒子懸濁型地盤改良材は、浸透性に優れ砂地盤の液状化対策にも摘要可能とされる。しかし実験的、学術的データが不十分である。そこで地盤材の粒径等の違いによる影響や注入状況をより詳細に検討するため、注入距離と一軸圧縮強度の関係を調べて、注入の状況を把握する必要がある。本研究では、粒度分布が異なる砂を対象に一次元的な改良材の浸透距離について検討するとともに、大型水槽を用いた三次元的な注入距離も併せて検討する。

2. 実験概要

実験に用いた注入材は、平均粒径 $4\mu\text{m}$ 、85%粒径 (G_{85}) が $7\mu\text{m}$ の高炉スラグ微粉末を主成分とする懸濁型改良材である。表-1 に基本的物性を、表-2 に粘度の比較表を示す。実験に用いた超微粒子懸濁型地盤改良材は、水と灯油の中間位の低粘度であるため、浸透距離を大幅に長くできる可能性がある。また、注入材のサンドゲル強度は標準で $0.4\sim 0.7(\text{MN}/\text{m}^2)$ である。

本研究では地盤材料による注入状況の違いを調べるため川砂と珪砂6号を用いた。前者は青森県十和田産の川砂で、近隣に堆積している砂の代表として用いた。後者は粒径のそろった比較的注入しやすい材料として用いた。表-3 にそれぞれの物性値を示す。なお地盤材料に対する注入材のグラウタビリティー比 $\text{GR}(D_{15}/G_{85})$ は川砂が 24.3、珪砂6号が 38.6 であり、十分浸透改良が可能であると判断できる。

供試体作成は内径 5.2cm 高さ 3.0m の透明の塩化ビニル管を使用した。川砂と珪砂6号を落下法にて相対密度 60% になるように投入し、それぞれ3本ずつ作製した。まず供試体最下部より水を注入し十分に飽和にさせた後、注入圧力 10~500kPa で薬液を圧入した。

表-1 懸濁型薬液の物性値

初期粘度	$3.6(\text{mPa}\cdot\text{s})$
非流動化時間	1~3(日)
サンドゲル強度	$0.4\sim 0.7(\text{MN}/\text{m}^2)$
平均粒度	$4(\mu\text{m})$

表-2 粘度比較表

物質名	粘度
水 (20°C)	1.0
超微粒子懸濁型地盤注入材	3.0~6.0
ニトロベンゼン (20°C)	2.0
灯油 (20°C)	10.0
サラダ油 (20°C)	65.0

表-3 使用砂の物性値

材料名	川砂	珪砂6号
土粒子の密度 (g/cm^3)	2.76	2.63
最大密度 (g/cm^3)	1.71	1.54
最小密度 (g/cm^3)	1.40	1.26
最適含水比 (%)	17.12	13.90
最大乾燥密度 (g/cm^3)	1.72	1.54
D_{15}	0.17	0.27

薬液注入量は 間隙量の 2 倍程度を目安とした。その後 28 日間、恒温室内にて養生をしたのち、切断機により高さ約 10cm に切断、コンクリート研磨機により切断面を研磨調整後にアクリルカッターにて脱型した。

次に 3 次元的な薬液注入状況を調べるために大型土槽にて注入実験を行った。土槽内に川砂を相対密度 60 % になるように、層厚 10cm ずつ締固めながら敷き詰めた。土槽最下部の一角から 3 日間くらいかけてゆっくりと飽和させ、その後同口から水頭差 1.0 m の自然流下で薬液を注入した。28 日間室内養生を行った後飽和水を完全に排出し、フェノールフタレイン溶液で注入範囲を確認しながら、未固結土を取り除いた上で改良体の形を確認した。採寸後、改良体を最上端から高さ 20cm 毎に水平に切断しながら取り出した後に、およそ $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 20\text{cm}$ の直方体に切り分けたあと高さ調整をし、トリマーでトリミングして $\phi 50 \times h 100\text{mm}$ の供試体に整形した。

Key Words: 懸濁型, 薬液注入工法, 薬液注入距離

〒 031-8501 青森県八戸市妙字大開 88-1 八戸工業大学 地盤工学研究室 TEL: 0178-25-3111(内 2657)

3. 実験結果

供試体作成高さで一軸圧縮強さの関係を図-1に示す。いずれも多少のばらつきはあるものの、供試体位置が高くなるにつれて一軸圧縮強さが下がっている。また、粒径が細かい川砂の方がより下層で強度が高く発現し、その分上層まで注入しづらい事がわかる。

高さで弾性波速度(V_p)との関係を図-2に示す、一軸強度と同様な傾向を示し、両者の関係性が高い事がうかがえる。これを基に一軸圧縮強度と弾性波速度の関係を図-3に示す。高い相関性が見て取れ、弾性波速度を測ることにより非破壊での強度推定ができる可能性があることがわかる。変形係数と供試体高さの関係を図-4に示す。なお変形係数は E_{50} で定義している。図より注入距離が増えるにつれて変形係数が小さくなっている。また、ばらつきがあるものの注入距離により変形係数の上限が決まってくる事が明らかである。

大型土槽注入試験の結果を図-5と図-6に示す。また、改良された固結体の写真を写真-7に、クラック状況の写真を写真-8に示す。両図とも一次元の注入試験と同様な傾向となり注入距離が長くなるにつれて強度、弾性波速度が低くなっているのがわかる。また、固結体の形状に関しては、本来球状に近い形になるべきと考えられるが、施工中にクラックが入ってしまい、この形状に沿った形で固結体が形成されてしまい、固結体が端から50~60cm位のところが膨らんだ形状となった。

4. おわりに

粒度分布の幅が狭い砂(珪砂6号)は、薬液が3m近くまで浸透し、液状化対策が可能である。一方粒度分布の幅が広い砂(川砂)は、1.6m程度しか浸透せず、改良範囲が狭い結果となった。また、3次元の土槽実験では球体に近い形になるのではなく、クラックが発生したことにより、クラックに沿った形状になった。しかし浸透距離と強度、弾性波速度等については関係性が示された。

今後はクラックを生じさせないように配慮しながら実現場に近い地盤の応力状態で実験する必要がある、どの程度まで改良範囲の拡大ができるか調べる必要がある。

参考文献

- 1) 橋詰豊・小山直輝・金子賢治・熊谷浩二・櫻井康一：懸濁型薬液を用いた薬液注入工法の浸透距離と改良強度の

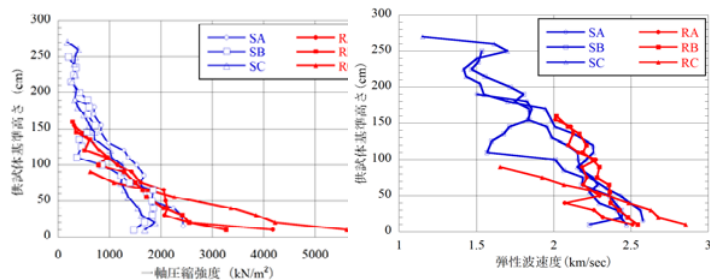


図-1 一軸圧縮強度と供試体高さの関係

図-2 弾性波速度と供試体高さの関係

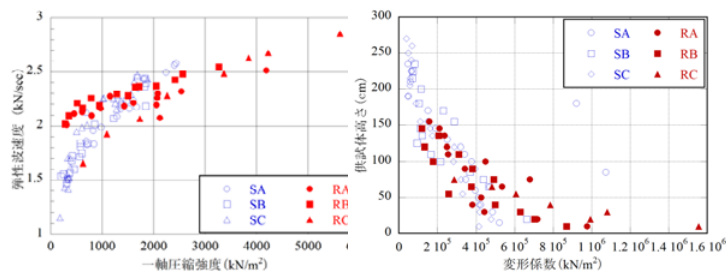


図-3 一軸圧縮強度と弾性波速度の関係

図-4 変形係数と供試体高さの関係

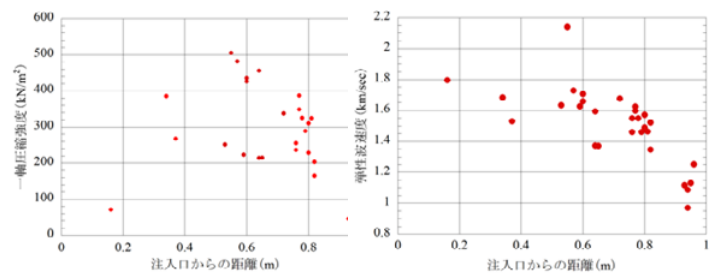


図-5 一軸圧縮強度と注入距離の関係

図-6 弾性波速度と注入距離の関係



図-7 改良体の様子

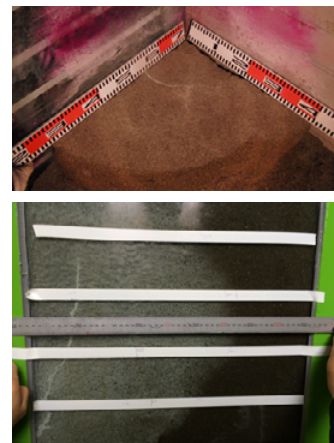


図-8 クラックの状況

関係、薬液注入工法の設計・施工法および試験法に関するシンポジウム, 2015.6.5

- 2) 小池裕之・平井貴雄・黒木英樹・熊谷浩二：超微粒子懸濁型地盤改良材の注入試験, 土木学会第59回年次学術講演会, pp.1085-1086, 2004.9.