

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2

薬液注入工法 高強度 土槽実験

早稲田大学 学生会員 ○山本 馨
 早稲田大学 学生会員 中道 馨
 早稲田大学 国際会員 赤木 寛一
 ケミカルグラウト(株) 川村 淳 渡邊 陽介

1. はじめに

注入実証実験その1において、シリカ濃度を高めた高濃度配合薬液注入材が改良効果を発揮し、十分な強度を発現することが確認できた。本報告では、大型土槽内に実地盤を模した模擬地盤を作製し、高濃度配合薬液注入材の注入実証実験を実施し、標準配合薬液注入材との改良効果を比較する。薬液固結砂の適用範囲拡大を目的として、高濃度配合薬液注入材の現場での適用性を検討した。

2. 注入実証実験内容

高濃度配合薬液注入材の改良効果を確認するために、大型土槽を用いて直径0.5mの改良体を標準配合の改良体と併せて作製し、改良径の計測および各種試験を行った。図2.1に注入試験の施工図を示す。

B×L×H=1.492m×3.292m×1.901mの大型土槽内に模擬地盤を作製し、室内配合試験同様シリカ濃度6.2%および11.8%の特殊中性・酸性系薬液Aを使用し、ニューマックス工法により注入を行った。吐出量は限界注入速度試験により決定した。薬液固結後、掘削により改良体出来形の計測を行った。所定期間養生後、掘り出した改良体に対してブロックサンプリングを行い、各種試験を実施した。



写真 2-1 注入試験状況

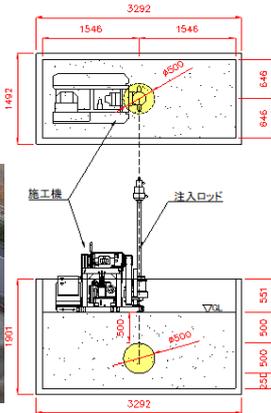


図 2.1 注入試験施工図

3. 試験結果

3.1 注入試験

・限界注入速度試験

注入を行う前に、注入する際の吐出量を決定することを目的として限界注入速度試験を実施した。

気中試験と土中試験から得られた注入圧より有効注入圧力を以下のように算出し、限界注入速度を決定した。

有効注入圧力
 = 土中注入圧力 - 気中注入圧力 ... (式3.1)

図3.1に限界注入速度試験の結果を示す。吐出量10.0L/minまでは有効注入圧力が低下しているが、12.0L/minで大きく上昇しており、この圧力で地盤に割裂が生じたと考えられる。この結果から、限界注入速度は10.0~12.0L/minの範囲にあると考えられるため、実際に注入する際の吐出量は10.0L/minとした。

・薬液注入

事前室内配合試験、限界注入速度試験の結果をもとに、表3-1のように注入条件を設定した。

・掘削による確認

掘削により確認した改良体の出来形を写真3-1、3-2および図3.2、3.3に示す。

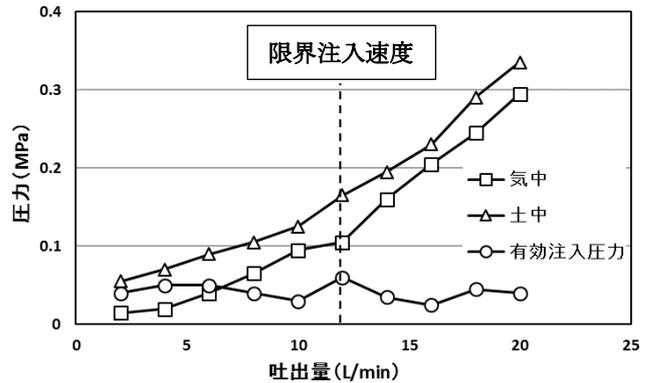


図 3.1 薬液の注入圧と吐出量の関係



写真 3-1 改良体①全景



写真 3-2 改良体②全景

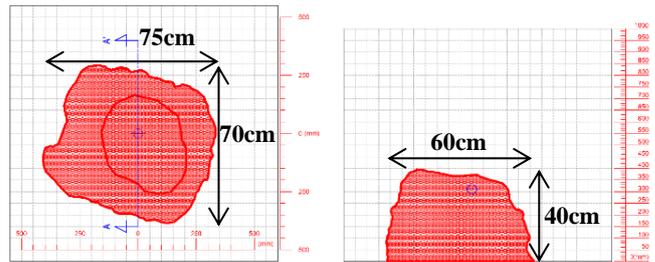


図 3.2 改良体①の平面図・断面図

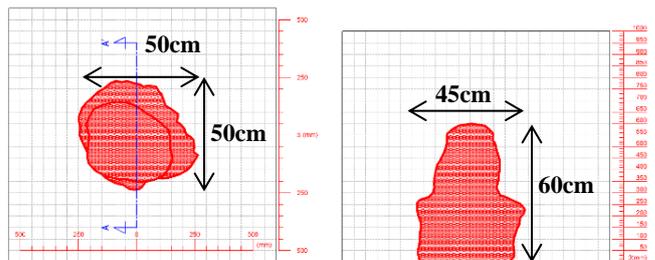


図 3.3 改良体②の平面図・断面図

表3-1 注入条件

改良体名称・番号	改良径 (m)	シリカ濃度 (%)	吐出量 (L/min)	注入量 (L)
高濃度配合改良体①	0.5	11.8	10.0	30
標準配合改良体②	0.5	6.2	10.0	30

3.2 注入効果確認試験

・改良体形状確認

掘り出した改良体出来形の形状確認を行った。改良体の薬液充填率の算定結果を表3-2に示す。

図3.2, 3.3に示す改良体の平面積、断面積および改良体の体積を求め、模擬地盤の間隙率より改良体の間隙体積を算出した。算出した改良体間隙体積と薬液注入量より注入薬液の充填率を算出した。

表3-2より改良体①の充填率は96%、改良体②の充填率は106%となり、どちらの改良体にも薬液が十分浸透していることが確認できた。

・針貫入試験(JGS 3431)

掘り出した改良体に対して、乱れの少ない試料を得ることを目的としてブロックサンプリングを実施し、ブロック化した改良体の断面に対し、14, 28日養生時に針貫入試験を実施した（試験方法はその1に記載）。

図3.4に事前室内配合試験の結果と併せて針貫入勾配と養生日数の関係を示す。改良体①（シリカ濃度11.8%）の平均針貫入勾配は0.58N/mmとなり、改良体②（シリカ濃度6.2%）の平均針貫入勾配0.35N/mmと比較して大きな値を示す結果となった。したがって模擬地盤でも室内配合試験同様、高濃度配合改良体の方が高い貫入勾配を示すことがわかる。

・一軸圧縮試験(JGS 0511)

本試験の改良体は自立性の高い薬液固結砂であるため、ブロックサンプルの採取方法は切り出し式を用い、φ50mm×h100mmの供試体を作製し、14, 28日養生時に一軸圧縮試験を実施した。

図3.5に室内配合試験の結果と併せて一軸圧縮強さと養生日数の関係を示す。改良体②と改良体①を比較すると、28日養生時において改良体①の平均強度は205kN/m²、改良体②は68kN/m²となり、改良体①は改良体②の2倍以上の強度を示す結果となった。また、28日養生時で改良体①の平均強度は $q_u > 200\text{kN/m}^2$ となり、本試験の注入実証試験における目標強度を満足する結果となった。

28日養生時における室内配合試験と注入実証試験での一軸圧縮強度比を表3-3に示す。強度比は高濃度配合改良体では3.7、標準配合改良体では3.2となった。

4. まとめ

大型土槽内の模擬地盤にシリカ濃度6.2%の標準配合薬液注入材と、シリカ濃度を11.8%まで高めた高濃度配合薬液注入材を用いて注入試験を実施し、改良体を作製した。掘り出された改良体について試験を実施したところ針貫入勾配、一軸圧縮強さは共に改良体①（シリカ濃度11.8%）の方が大きな値を示し、事前室内配合試験結果との一軸圧縮強度比は高濃度配合改良体では3.2、標準配合改良体では3.7となった。

したがって事前室内配合試験同様、シリカ濃度を高めた高濃度配合薬液注入材は模擬地盤においてもその改良効果を発揮するとともに、現場での注入が可能であることが確認された。

表3-2 薬液充填率の算定結果

改良体番号	①	②
改良体平面積(cm ²)	3,641	1,678
改良体断面積(cm ²)	2,006	1,931
改良体体積(cm ³)	69,639	62,811
間隙率 n(%)	45	45
改良体間隙体積(cm ³)	31,338	28,265
注入量(cm ³)	30,000	30,000
充填率(%)	95.7	106

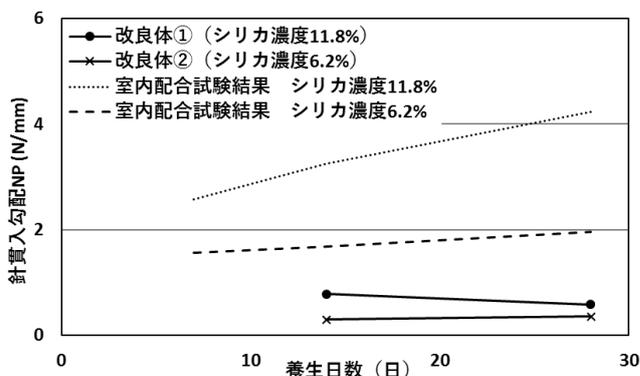


図 3.4 針貫入勾配と養生日数の関係

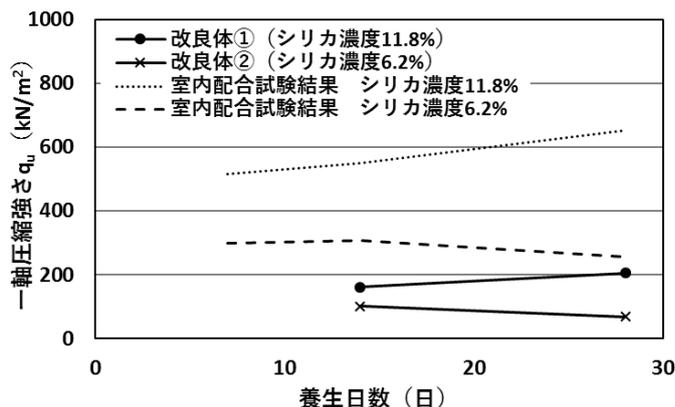


図 3.5 一軸圧縮強さと養生日数の関係

表 3-3 室内配合試験と注入実証試験での強度比

配合	標準配合	高濃度配合
シリカ濃度	6.2%	11.8%
強度（室内配合試験） a	255kN/m ²	652 kN/m ²
強度（注入実証試験） b	68 kN/m ²	205 kN/m ²
強度比 a/b	3.7	3.2

<参考文献>

- 1)沿岸技術研究センター，“浸透固化処理工法技術マニュアル”，2008年
- 2)林健太郎・山崎浩之・善功企，“溶液型薬液注入工法の施工管理方法に起因する改良土の強度低下のメカニズム”，土木学会論文集，2014年
- 3)山本・赤木：高濃度薬液固結砂の長期強度特性および針貫入試験による強度推定について，第14回地盤工学会関東支部発表会，2017年