

地盤条件が懸濁型薬液注入の浸透性に及ぼす影響について

(株)不動テトラ

正会員 ○矢部 浩史

(株)不動テトラ

正会員 深田 久

1. はじめに

著者らは、懸濁型薬液注入材料の特性を把握するために、地盤条件や注入材料の条件を変えて室内一次元注入試験を実施してきた。ここでは、実施した結果を整理して、材料や地盤条件が注入時の浸透距離や一軸圧縮強さに及ぼす影響についてまとめた結果を報告する。

2. 試験の概要

一次元注入(室内カラム)試験の概略図を図-1に示す。カラム試験の供試体地盤には、単粒度碎石と珪砂をブレンドした地盤ケース 1~3 の砂礫地盤と地盤ケース 4, 5 の砂地盤の合計 5 ケースとした。試験地盤の粒径加積曲線を図-2に、その物性を表-1に示す。試験地盤の作製は、各試料を、相対密度 $D_r=60\%$ を目標に 3 層管理で締固めて行った。

懸濁型注入材には、スラグ系(超微粒子スラグ・硬化材、促進剤)とセメント系(超微粒子セメント)をそれぞれ 2 種類、計 4 種類使用した。各懸濁液型の水粉体比(W/P)は 300%, 分散剤は 1%(固化材比)とした。

図-1 の状態で行う注入試験の条件は、50kPa の圧力制御のもと注入量は空隙体積の 1.5 倍まで(或いは入るところまで)としている。

注入後は、アクリル容器のまま恒温で 28 日間養生し、養生後は容器を 3 分割してから脱形し、一軸圧縮試験を実施した。

3. 各地盤条件における浸透距離と一軸強度の結果

上記試験で行った一軸圧縮強度の結果一覧を表-2に記す。表のLはカラム下の注入口からの距離であり、60cmのカラム供試体の中心の値である。またこのLの値に対する強度の変化を地盤毎に図-3に示す。また代表的な供試体の浸透状況写真を図-4に示す。

結果図より、スラグ系①は注入口からの距離に関係なく強度が近似していることから、カラム端部まで懸濁型材料の微粒子が十分浸透している傾向が見られる。それに対してスラグ系②、セメント系①②は注入口からの距離が離れるについて強度が低下しており、特に地盤ケース 5 での強度に極端な違いが確認される。間隙が比較的大きな地盤ケース 1~4 での強度低下は、懸濁物質(セメントやスラグ粒子)の沈降によるブリーディング

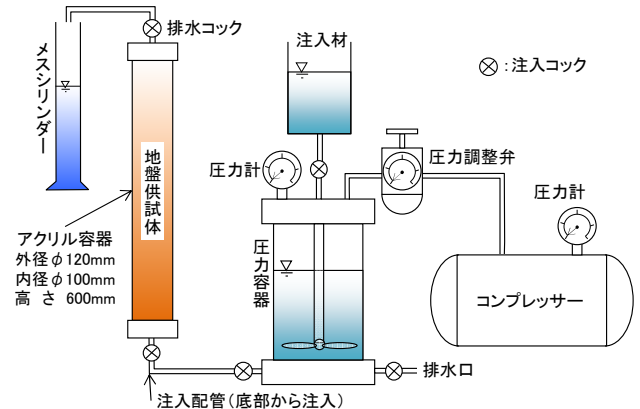


図-1 室内一次元注入試験の概略図

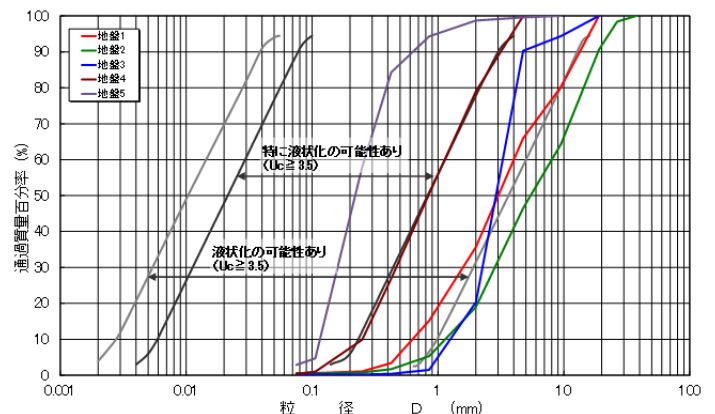


図-2 試験地盤の粒径加積曲線

表-1 各地盤条件の物性値

地盤ケース	地盤1	地盤2	地盤3	地盤4	地盤5
平均粒径 D_{50} (mm)	2.980	5.470	2.840	0.837	0.223
平均粒径 D_{15} (mm)	0.843	1.667	1.743	0.300	0.135
均等係数 U_c (-)	6.01	6.52	2.01	4.44	2.13
間隙率 n (%)	35.8	35.0	42.7	38.2	42.5
透水係数 k_{15} (m/s)	4.35E-03	5.56E-03	6.46E-03	6.20E-03	6.92E-05

※1: 今回実施した供試体透水試験での平均値

表-2 一軸圧縮試験結果一覧表

懸濁系材料	位置	L (mm)※	地盤1	地盤2	地盤3	地盤4	地盤5
スラグ系①	下	100	2,215	1,230	1,975	4,728	
	中	300	2,041	1,610	1,908	3,876	
	上	500	2,483	2,141	1,635	3,406	
スラグ系②	下	100	1,903	1,478	1,570		5,442
	中	300	1,171	797	622		7.9
	上	500	619	500	446		5.2
セメント系①	下	100	1,377	1,087	6,761	1,558	
	中	300	469	241	509	1,435	
	上	500	865	491	59	1,028	
セメント系②	下	100					4,349
	中	300					4,467
	上	500					13.8

※注入口からの距離

連絡先 〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町7番2号 株式会社不動テトラ 地盤事業本部開発部 TEL 03-5644-8533

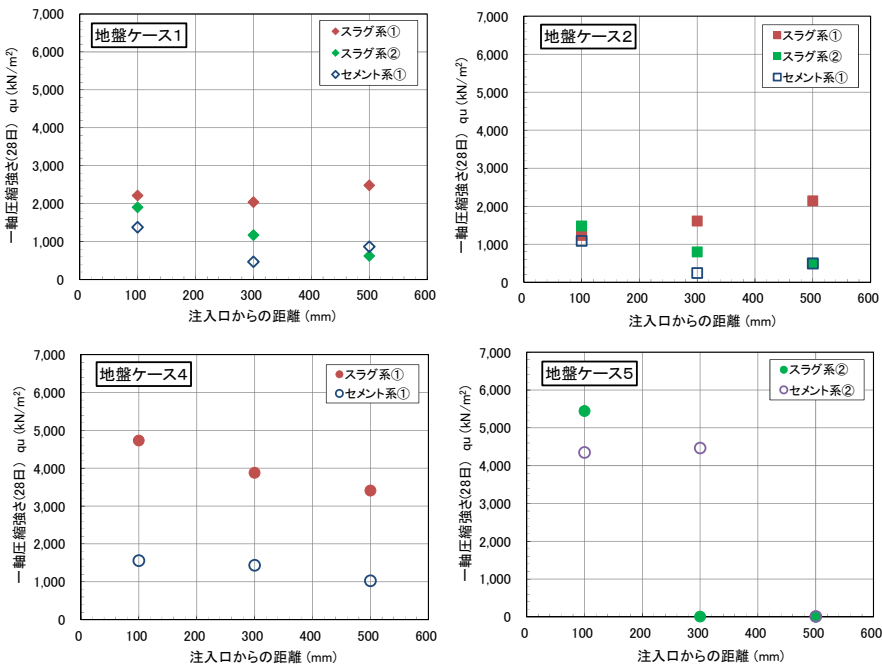


図-3 各地盤ケースにおける注入口からの距離と一軸強度の関係

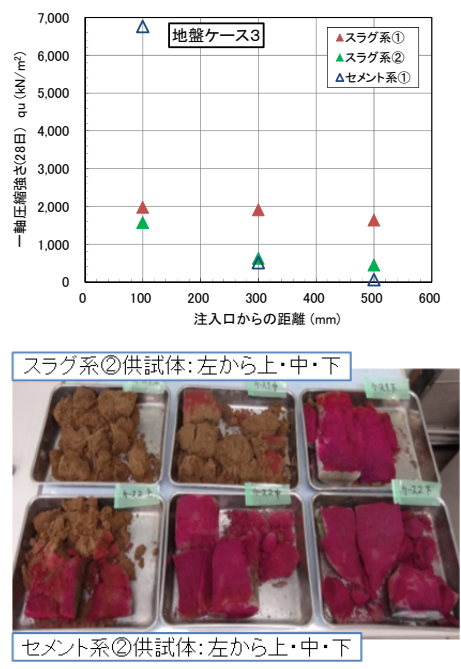


図-4 供試体の浸透状況(地盤ケース5)

ングや懸濁物質の分散性が起因しているものと推察される。また逆に間隙の小さい地盤ケース5では、懸濁物質がカラムの下方で濾過や目詰まりしたことで下側の強度が極端に大きく、その上の強度がほとんどない傾向となり、図-4の写真からもその様子が伺える。

4. グラウタビリティー比による評価

懸濁型注入材料が地盤に浸透するためには、土粒子間の隙間に対して注入材の微粒子が通過できる大きさでなければならない。それを判断する指標としてグラウタビリティー比 (GR) があり、D15 (対象地盤の15%粒径) と G85 (懸濁粒子の85%粒径) の割合で表される。本実験でのGRを表-3に、GRと強度の関係を図-5に記す。懸濁型注入材料はGRが大きいと浸透には有利であるが、強度が低くなるという傾向も結果図より確認できる。またGRが24以上なら注入可能と言われているが¹⁾、今回の実験結果より24付近の注入条件では20~40cmの浸透領域が確認できた。

5. まとめ

ここではいくつかの懸濁型注入材料を用いて、砂から礫までの地盤条件の基で一次元注入試験を行い、浸透性や強度に対する以下の結果を確認した。

- ・ 懸濁型注入材料は、注入口からの距離に伴い強度が低下する傾向があった。
- ・ 懸濁型注入材料の浸透可否を判断するGRは、小さいと浸透距離が減少し、大きいと強度が減少した。

参考文献

1)地盤工学会関東支部:薬液注入工法の設計・施工法および試験法に関する研究委員会活動報告書 平成27年5月, pp.38-42
2)深田他:注入材料の礫質地盤への適用性に関する室内試験, 第49回地盤工学研究発表会, pp.821-822, 2014.

表-3 各地盤と材料に対するグラウタビリティー比

地盤ケース	地盤1	地盤2	地盤3	地盤4	地盤5
スラグ系① ($G_{85}=5.1\mu m$)	165	327	342	59	26
スラグ系② ($G_{85}=5.5\mu m$)	153	303	317	55	25
セメント系① ($G_{85}=5.7\mu m$)	148	292	306	53	24
セメント系② ($G_{85}=7.2\mu m$)	117	232	242	42	19

※2: GRは24以上で注入可、11以下であれば注入不可であるという、簡易判定法
GR (Groutability Ratio, グラウタビリティ比) = D_{15}/G_{85}
D15: 地盤土の15%粒径, G85: 懸濁粒子の85%粒径

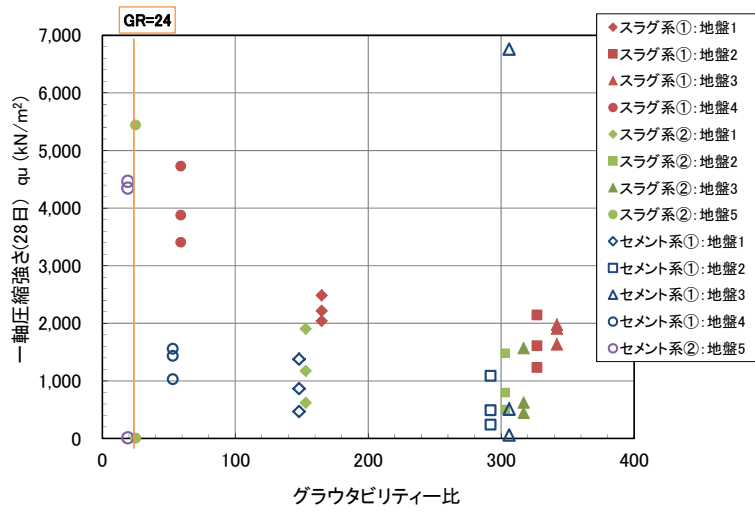


図-5 グラウタビリティー比と一軸強度の関係