

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 (その2)

(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(図-1 参照)を実施してきた。前回¹⁾は、懸濁型注入材料の地盤内への浸透可否を判定する指標であるグラウタビリティ比:GR(対象地盤の15%粒径に対する懸濁粒子の85%粒径の割合)を用いて評価した結果、注入可能と言われていた境界値($GR \geq 24$)付近で浸透距離が減少していることを確認した。

ここでは、GRが24付近の値になるような注入材料と地盤条件の組み合わせをいくつか用意して、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再度調べた。

2. 試験条件

図-1に示すカラム試験の供試体地盤には、宇部珪砂5～6号を単体またはブレンドした5種類の砂地盤を新たに用意した。前回用いた地盤ケース4,5の砂地盤も併せて、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: $Dr=60\%$ 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)を使用した。各懸濁液型の物性値を表-2に示す。なお水粉体比(W/P)は300%(一部500%,1000%),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、50～150kPaの圧力制御のもと注入量は空隙体積の1.5倍また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室内で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懸濁型材料の浸透状況

上記条件で行った実験ケースとGR、浸透距離、一軸圧縮強度の結果一覧を表-3に、一軸圧縮試験後に撮影した供試体の浸透状況写真を図-3に示す。図-4に注入量の経時変化を示すが、今回実施した9ケースのうちカラム上部まで完全に浸透したものは注入してまもなく3000cm³(3L)に達した2ケースのみであり、それ以外は図-3の写真に示す浸透(フェノールフタレイン塗布)状況のよう

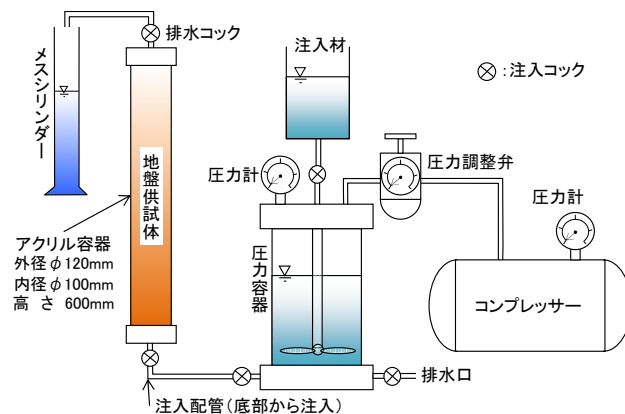


図-1 室内一次元注入試験の概略図

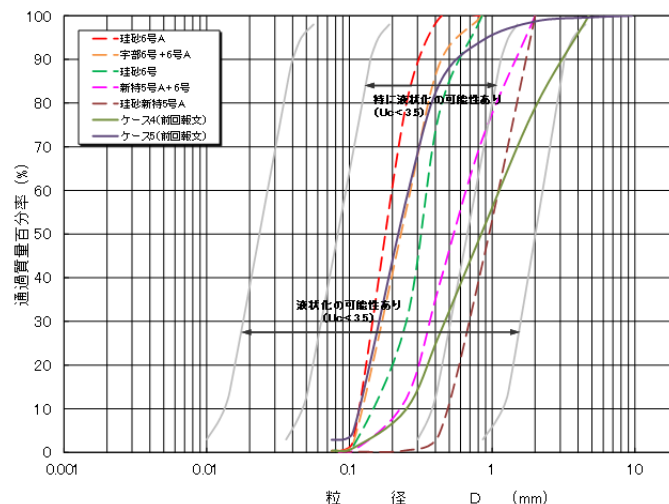


図-2 試験地盤の粒径加積曲線

表-1 各地盤条件の物性値

地盤種類	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7
材料	宇部珪砂6号	宇部珪砂6号A	宇部珪砂6号+6号A	宇部珪砂新特5号A	宇部珪砂6号+新特5号A	前回報文地盤4	前回報文地盤5
平均粒径 D_{50} (mm)	0.311	0.184	0.232	0.938	0.538	0.837	0.223
平均粒径 D_{15} (mm)	0.190	0.130	0.142	0.550	0.270	0.300	0.135
均等係数 U_c (-)	2.11	1.69	2.02	2.13	2.84	4.44	2.13
間隙率 n (%)	42.4	44.8	43.4	43.9	43.2	38.2	42.5
透水係数 k_{15} ^{※1} (m/s)	1.95E-04	9.33E-05	1.03E-04	2.48E-03	6.54E-04	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 懸濁型注入材の物性値

注入材料	平均粒径 G_{50} (μm)	85%粒径 G_{85} (μm)	比表面積 ブレン値(cm^2/g)
セメント系	4	7.2	8,000～10,000
スラグ系	2.4	5.5	10,000～11,000

表-3 各実験ケースと浸透距離、一軸強度の関係

実験 CASE	地盤材料	懸濁型 注入材料	W/P (%)	GR※1	浸透距離 (mm)	一軸圧縮強度 (kN/m ²)		
						下:100※2	中:300	上:500
1	宇部珪砂6号	セメント系	300	26	200	2085		
2	宇部珪砂6号A	"	"	18	0			
3	宇部珪砂6号+6号A	"	"	20	70			
4	宇部珪砂6号	スラグ系	"	35	270	2676		
5	"	セメント系	500	26	200	3771		
6	"	"	1000	26	250	3801		
7	宇部珪砂5号A	"	300	76	600	1012	1033	728
8	宇部珪砂5号A+6号	"	"	38	500	1198	1227	1007
9	宇部珪砂5号A	スラグ系	"	100	600	1435	1361	1179
10	地盤4(前回報文参照)	スラグ系	"	55	600	1864	1564	1121
11	"	セメント系	"	42	600	2742	2615	2038
12	地盤5(前回報文参照)	スラグ系	"	25	250	5442	8	5
13	"	セメント系	"	19	500	4349	4467	14

※1: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, グラウト「リ」比)=D15/G85 D15:地盤土の15%粒径, G85:懸濁粒子の85%粒径

※2:カラム下端の注入口からの距離(中間値)

に、150kPa まで注入圧力を上げててもカラム供試体の途中で
までしか浸透しなかった。

また CASE1, 5, 6 では W/P を変えて(希釈して) 注入した
結果、水分だけが濾過した状態で排水され、浸透距離に違い
は確認されなかった。

実験で確認した浸透距離と GR の関係を図-5 に示す。懸
濁型材料の注入可能な境界値は GR=24 とされていたが、カ
ラム上端の 600mm まで浸透したものは、注入材料や W/P に
かかわらず GR≧40 以上のケースとなった。これは GR の評
価では考慮されない要因、例えば懸濁型注入材料の分散性
や粘性、地盤材料の細粒分含有率や粒度等の何らかの影響
により、境界のしきい値に幅がでたものと推察される。

最後に GR と強度(一軸圧縮強さ)の関係を図-6 に示す。
図のデータには、上記の表以外に前回報文で同じ懸濁型材
料を使用した結果も記している。1 カラムで上中下と 3 本

採取した試料において、GR が比較的低い(境界値
24 付近)の強度は、浸透してない分、注入材料が
凝縮された下部の強度が極端に大きくなっている。
また前回同様、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確認できた。

4. まとめ

今回は懸濁型注入材料の浸透可否を判断する GR
について、その境界値付近になるような条件で一
次元注入試験を何ケースか行った。その結果、浸
透可能な GR の境界値が 24 より上がり 40 付近とな
る傾向が確認できた。

参考文献

1)矢部他: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,第 72 回年次学術講演会, pp.000-000,2017.

2)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

カラム 供試体(L=60cm)を3分割したもの



図-3 供試体の浸透状況(左からCASE4, 5, 6)

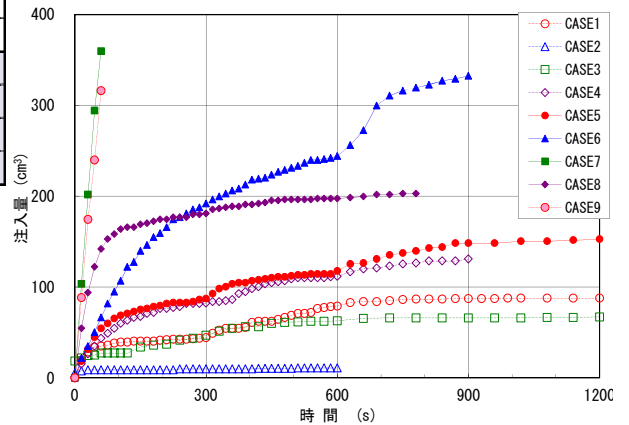


図-4 各CASEにおける注入量の経時変化

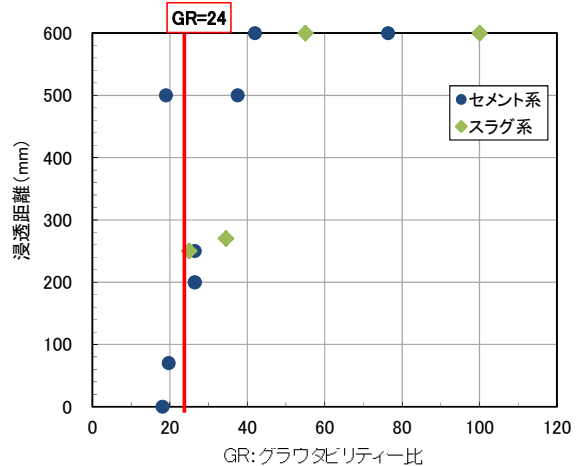


図-5 グラウト「リ」比と浸透距離

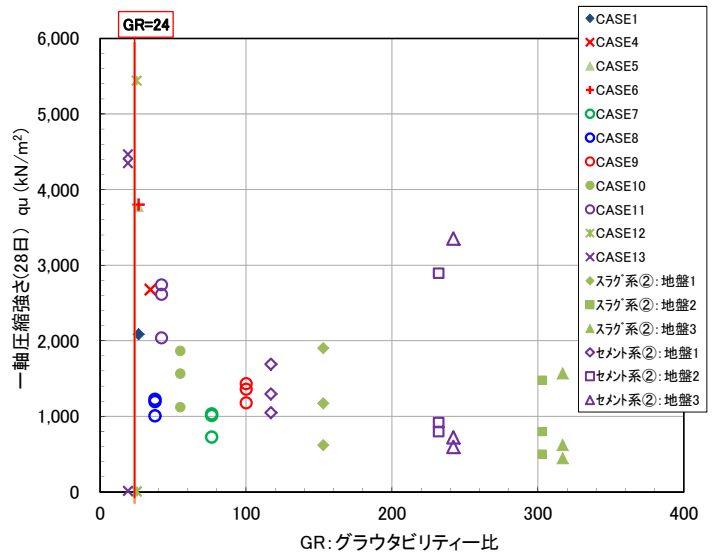


図-6 グラウト「リ」比と一軸強度の関係