

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3）

懸濁型薬液注入の地盤浸透評価について

(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（以下、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。これまでの報文¹⁾²⁾では、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ー比:GR(対象地盤の15%粒径に対する注入材料の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 $GR \geq 24$ よりも上の40付近が境界値になる傾向を確認した。

ここでは、さらに境界付近になるような地盤条件と注入材料（極超微粒子）を用意して注入試験を追加し、これまでの結果と併せて注入可否の評価について検討した。

2. 試験条件

一次元注入試験に用いるカラム供試体地盤には、宇部珪砂等を単体或いはブレンドした5種類の砂地盤を新たに用意した。各実験CASEの地盤条件と注入材料の条件を表-1に、試験地盤の粒径加積曲線を図-1に示す。カラム容器での地盤供試体は、各試料を相対密度:Dr=60%を目標に3層管理で締固めて行い、下部から通水して作製した。

注入材料には、これまで^{1),2)}の超微粒子セメントとさらに微細な極超微粒子セメントを使用した。各懸濁液型の物性値を表-1に示す。なお水粉体比(W/P)について、超微粒子は300%、極超微粒子は600%とし、分散剤は1%(固化材比)混入した。カラム供試体への注入は50~300kPaまでの圧力制御のもと、注入量は空隙体積の1.5倍(または入るところまで)とした。注入後はカラム容器のまま恒温で28日間養生し、その後で容器を3分割して脱形して浸透状況(距離)と一軸圧縮強度を確認した。

3. 各地盤条件における懸濁型材料の浸透状況と評価

上記条件で行った各実験CASEにおける注入量の経時変化を図-2に示す。

No. 1, 2は微粒子セメントによる注入で、細粒分含有率Fcが多少混入した地盤条件だったが、注入圧力50kPaで所定の注入量とカラム供試体上部までの浸透が確認できた。

No. 3~5は極超微粒子セメントを用いて $GR=30 \sim 50$ 付近の地盤条件での注入を行った。その結果、No. 3, 4
キーワード 薬液注入, 懸濁型, グ라우タビリティー比

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

表-1 各地盤と注入材料の物性値

実験 CASE	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
地盤材料	新特5号A+6号+珪石粉	新特5号A+6号+珪石粉	宇部珪砂6号A	行方産山砂	宇部珪砂7号
平均粒径 D_{50} (mm)	0.744	0.674	0.184	0.239	0.124
15%粒径 D_{15} (mm)	0.450	0.290	0.130	0.120	0.080
均等係数 U_c (-)	2.29	3.90	1.69	2.39	1.85
間隙率 n (%)	40.8	39.0	44.8	41.6	45.1
細粒分含有率 F_c (%)	3.1	6.6	0.4	6.2	10.3
透水係数 k_{*1} (m/s)	1.20E-03	4.94E-04	9.38E-05	9.44E-06	3.35E-06
グラウタビリティー比 GR	62.5	38.9	48.1	48.1	29.6
懸濁型注入材料	超微粒子セメント		極超微粒子セメント		
平均粒径 D_{50} (mm)	4.0		1.5		
85%粒径 D_{85} (mm)	7.2		2.7		
比表面積ブレン値 (cm^2/g)	8,000~10,000		15,000~18,000		

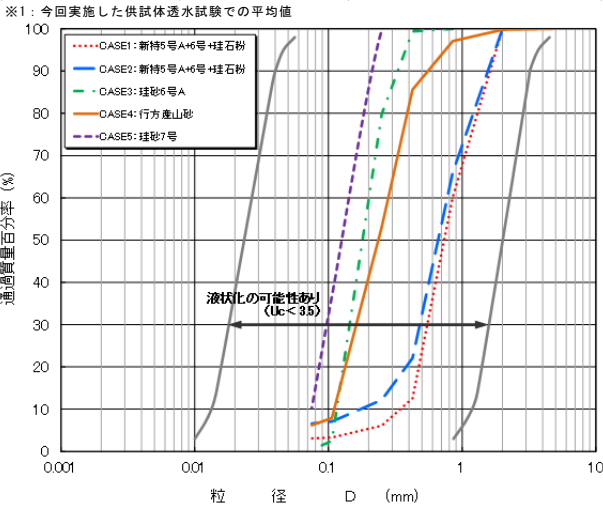


図-1 試験地盤の粒径加積曲線

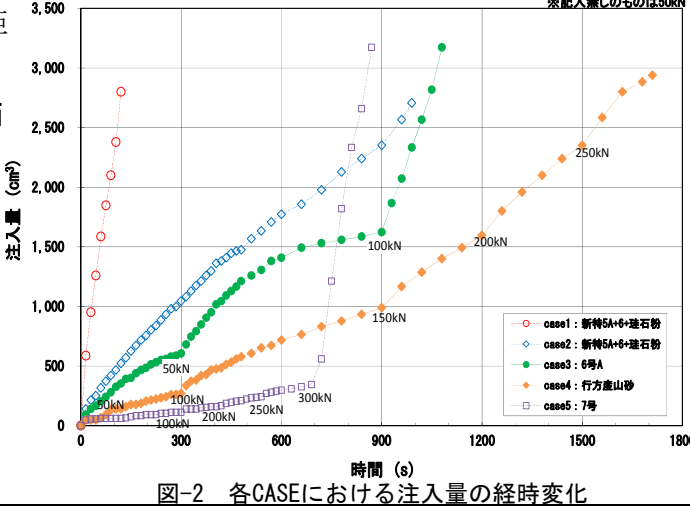


図-2 各CASEにおける注入量の経時変化

では注入圧力を 100～250kPa まで上げて所定量を注入できたが, No. 4 の方は上部に浸透してない箇所を脱形時に確認した. なお, No. 5 は注入圧力を 300kPa まで上げた時に割裂破壊が生じた.

GR による浸透可否の評価として, 報文 2) で記した GR と浸透距離の関係図に, 今回の結果を追加した (図-5). この結果も前回と同様, GR の境界値が 40 付近という傾向となった.

図-3 の結果をもとに, 地盤条件の透水係数 k と GR の関係を図-4 に表記した. 図には浸透距離がカラム供試体全長の 60cm までに達した結果を○ (100%), 50cm 付近の結果を△ (80%), それ以下を× (50%以下: 浸透不可) として記している. 結果図より, 浸透不可の CASE が赤枠内の領域 ($GR \leq 40, k \leq 3.00E-4 \text{ m/sec}$) に収まっていることが確認できる. これより注入材料の分散性や粘性にもよるが, グラウタビリティー比 GR と透水係数 k の値が予測できれば, 浸透可否を判断する目安として図-4 が使用できるものと思われる.

また上村ら³⁾による研究では, 均等係数 U_c と d/G_{85} (地盤内での間隙の代表径 d を注入材料の 85% 粒径 G_{85} で除した値) の関係を浸透可否の判定に用いており, 境界式より上であれば浸透可能としている. この関係及び式にも本実験結果を併せて記した (図-5) 結果, 概ね良好な相関を確認した.

最後に GR と強度 (一軸圧縮強さ) の関係を報文 2) に追記した (図-6). 1 回の CASE でカラム上中下と 3 本供試体採取しているが, GR が浸透可能な 50 から 120 付近までは, 強度にバラツキがない均一な傾向を確認した.

4. まとめ

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, 今回まで一次元注入試験を何ケースか行ってきた. その結果, 浸透可能な GR の境界値が 24 より 40 付近となり, GR と透水係数 k を用いれば浸透可否を区分する目安を確認することができた.

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.57-58, 2017. 2) 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(その2), 第 73 回年次学術講演会, pp.61-62, 2018. 3) 上村他: 微粒子浸透可否評価法の提案, 第 53 回地盤工学研究発表会, pp.865-866, 2018.

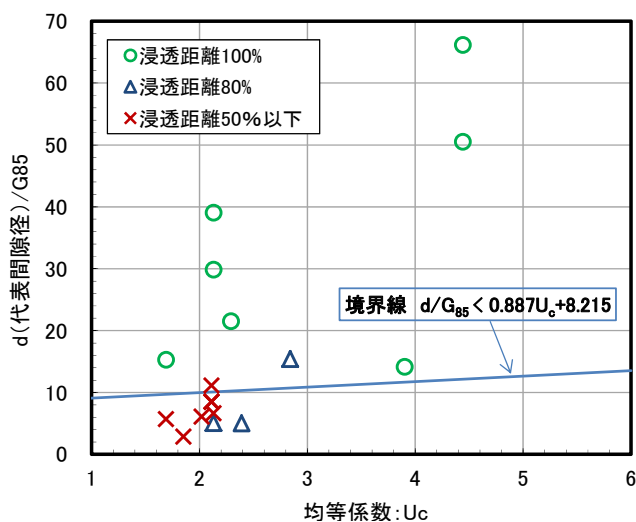


図-5 d/G_{85} と U_c の関係

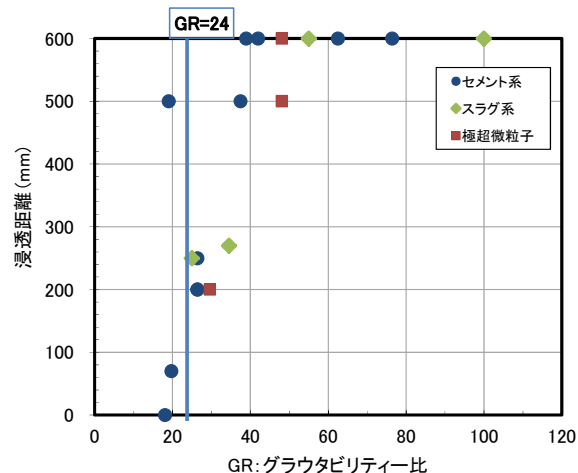


図-3 グラウタビリティー比と浸透距離

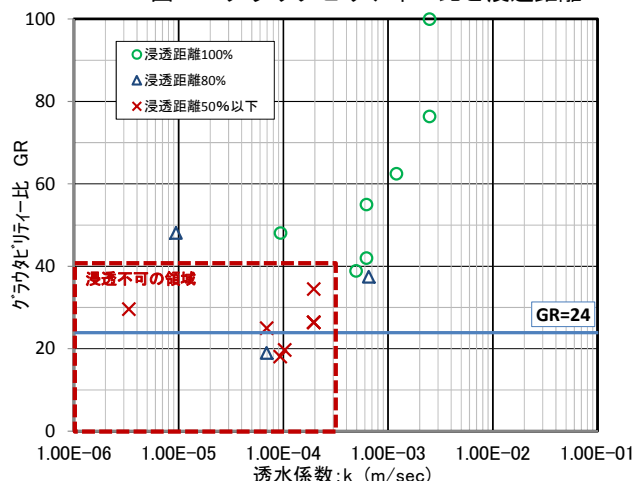


図-4 透水係数とグラウタビリティー比における浸透可否

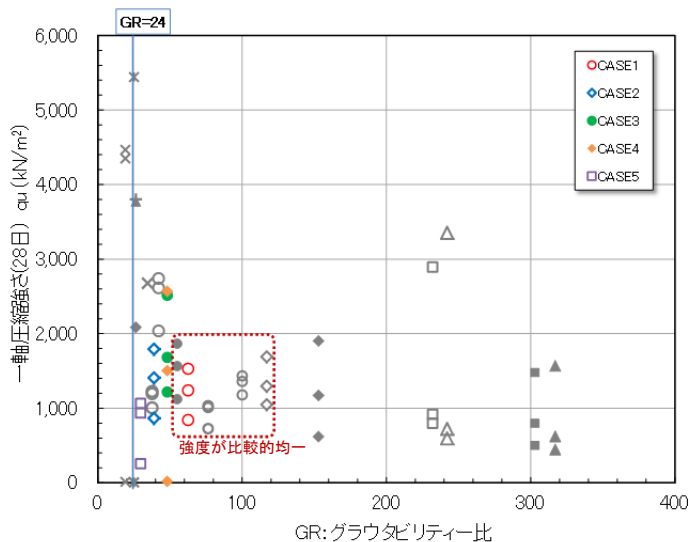


図-6 GR と一軸圧縮強度の関係