

動水勾配の変化に対するカオリンクレー注入地盤の透水性評価

岡山大学大学院 正会員 ○高橋 啓介

岡山大学 正会員 小松 満

山陽クレー工業(株) 非会員 瀧本 弘治

1. はじめに

本研究では、高透水性の砂層を対象にした低コストで環境に配慮した注入工法の開発を目的に、岡山県産のカオリンクレーに着目した。カオリンクレーを混合した供試体での透水性の低下挙動を把握した既往の研究では、遮水性を持続させるためには一定量以上の混合量が必要であること、一定量以上の混合量であっても動水勾配が増加した場合に流亡が始まることが指摘されている¹⁾。そこで本報では、カオリンクレー注入後に動水勾配を段階的に変化させた際の透水性を評価した結果について報告する。

2. 実験方法

実験装置の概略図を図-1、実験状況を写真-1に示す。供試体は両端にステンレスメッシュ（109 μ m）および多孔板を設置した直径 ϕ 5cm×長さ50cmの亚克力製カラムに試料を水中落下法によって投入し、カラムの周囲を打撃することにより密度を高める方法により作製した。供試体に作用する水頭は流入側の蓋における水頭をマンメータおよび間隙水圧計により、通水流量は供試体の流入側に設置した流量計によりそれぞれ測定した。注入口は、供試体の中央位置の側面に設置するとともに背圧が作用できるビュレットを接続し、注入量はビュレット内の懸濁液の水位変化から求めた。なお、通水には水道水を用いた。

試料にはガラスビーズ（土粒子密度 $\rho_s=2.561(\text{g/cm}^3)$ 、 $D_{50}=0.80\text{mm}$ 、均等係数 $U_c=1.78$ ）、注入するカオリンクレーには市販されている3種類（c3、c5、c7と称する）をそれぞれ用いた²⁾。各試料の粒径加積曲線を図-2に示す。

実験ケースを表-1に示す。c3、c5、c7は川砂に対して実施した浸透実験²⁾において透水性の低減効果が高かった配合（それぞれ、 $c/w=0.25$ 、 0.25 、 0.73 ）とし、c3とc7を乾燥重量比で1:1および2:1でそれぞれ混合したものを追加した。

実験方法は、まず、流入側に接続した定水位タンクの高さを下流端から25cmの高さに設定した上で通水することで注入前の透水係数を測定した。次に、定水位タンクの高さを下流端と同じ高さに設定した上で、懸濁液を供試体中央から上下流両端付近に達するまで注入した。その後、定水位タンクの高さを25cmずつ段階的に上昇させた際の流入側の水頭と流入流量の変化を測定するとともに、注入したカオリンクレーの状況を観察した。

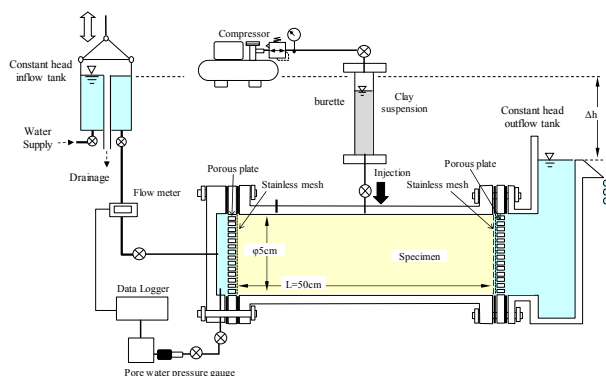


図-1 実験装置概略図



写真-1 実験状況

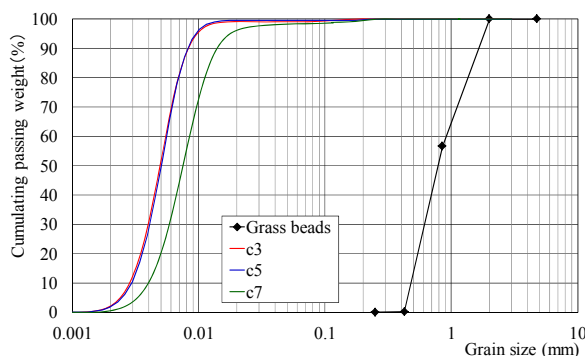


図-2 試料の粒径加積曲線

表-1 実験ケース

クレー種類	クレー混合比	懸濁液配合比 c/w	濃度 C (%)	懸濁液密度 ρ (g/cm^3)
c3	—	0.25	20.0	1.148
c5	—	0.25	20.0	1.140
c7	—	0.73	42.2	1.360
c3 : c7	1:1	0.30	23.1	1.166
c3 : c7	2:1	0.27	21.3	1.151

キーワード：注入工，懸濁液，透水係数，動水勾配，流亡

連絡先：〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1 Tel・FAX:086-251-8160

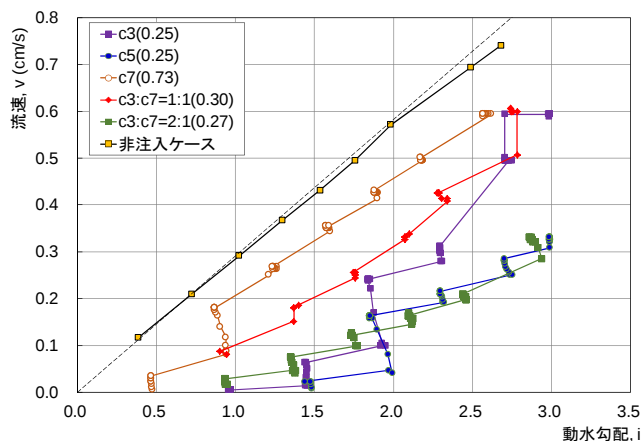


図-3 流速と動水勾配の関係

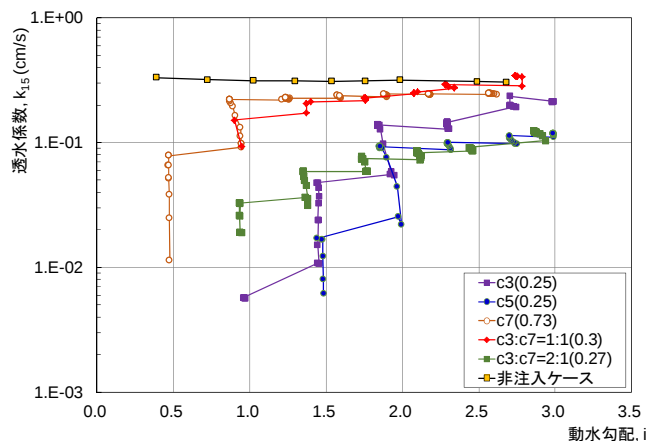


図-4 透水係数と動水勾配の関係

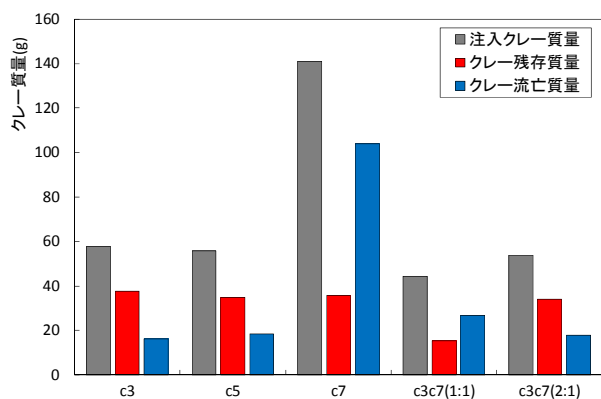


図-5 クレー質量（注入，残存，流亡）

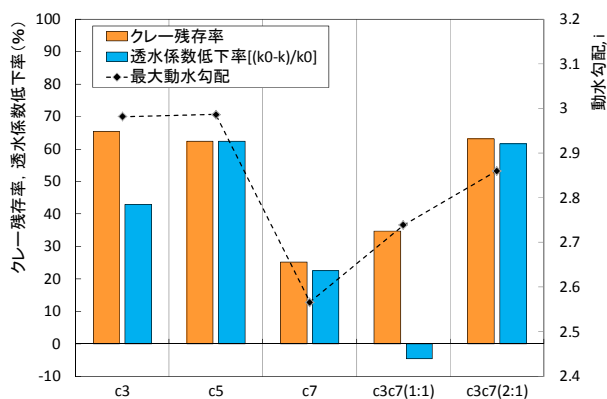


図-6 クレー残存率および透水係数低下率

3. 実験結果

図-3 および図-4 に流速および透水係数と動水勾配の関係をそれぞれ示す。c7 は $i=0.5 \sim 1.0$ ， $c3:c7=1:1$ は $i=1.0 \sim 1.5$ 程度でクレーが流亡して大幅に透水係数が上昇した。c3 および c5 は注入後の透水係数が最も低くなったが， $i=1.5 \sim 2.0$ 付近で透水係数が上昇した。一方， $c3:c7=2:1$ は動水勾配の変化に対する透水性の変化は少なかった。次に，図-5 に注入，残存，流亡したクレー質量，図-6 にクレー残存率，透水係数低下率 $(k_0 - k)/k_0$ ， k_0 ：注入前の透水係数， k ：最大の動水勾配における透水係数）を示す。透水係数の低減効果は， $c3:c7=1:1$ および c7 で低く，c5 および $c3:c7=2:1$ が高い結果となった。残存クレーの質量には大差が認められないものの，最終的な透水係数には差異が認められることから，配合比，懸濁液密度，粘度によって注入したカオリンクレーの間隙内の充填状況に違いがあるものと推察される。なお， $c3:c7=1:1$ は初期の透水係数よりも大きくなったことから，注入による構造的な変化が考えられる。

4. まとめ

カオリンクレー注入後に動水勾配を段階的に変化させた際の透水性を水平一次元浸透実験により評価した。最終的に動水勾配を $i=3$ 程度まで上昇させた結果，クレーの種類や配合比によって透水性の低減効果が異なる結果が得られた。今後は，懸濁液の粘度から流亡状況のメカニズムを把握するとともに，最も効果的なカオリンクレーの種類と配合比を決めることが課題である。

【謝辞】室内実験の実施において津田朋志氏（岡山大学）にご尽力を頂いた。ここに記して謝意を表する。

【参考文献】

- 1) 西垣誠，小松満，黒川正宏，伊藤隼一，滝本弘治：高透水性地盤へのカオリナイト注入による地盤改良工法，第40回地盤工学研究発表会発表公演集，pp.1307-1308，2005.
- 2) 高橋啓介，小松満，瀧本弘治：カオリンクレー注入による砂層の透水性低下工法に関する水平一次元浸透実験，第54回地盤工学研究発表会，2019.