

カオリンクレー懸濁液の砂層への注入範囲に関する研究

岡山大学大学院 正会員○柴原 晃

岡山大学 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、クレー懸濁液を用いた透水性低減効果について水平一次元モデルでの実験による効果の確認が行われている。その結果、透水性低減効果の高いクレーの種類と配合比及び粘性係数が存在することが示されているものの、大型土層による実験等により現場に適用するための検証が必要である。そこで、本研究では断面二次元土槽を用いて、クレー懸濁液を圧力注入した際の注入範囲の検討および浸透式を用いた注入範囲の検証について報告する。

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。鉛直断面で供試体を作製した後、回転させることで平面断面二次元の実験も可能となっている。実験装置の供試体寸法は幅100cm×高さ100cm×奥行15cmである。カオリンクレー懸濁液は攪拌注入タンクから土層中央部に設置した注入管より圧力注入を行う構造とした。供試体は水中落下法によって投入し、土層の周囲を打撃することで密度を高める方法により作製した。試料として開き目106 μm のふるいで細粒分を取り除いた川砂を用い、物理特性を表-1に示す。カオリンクレーは、山陽クレー工業(株)製のMCクレー(以降、c3)、TPクレー(以降、c7)を使用した。カオリンクレーの物理特性を表-2に示す。

実験ケースはc3、c7で配合比はそれぞれ、 $c/w=0.25$ 、 0.52 とし、それぞれ鉛直断面及び水平断面の4ケースに加えて、通水下におけるケースとしてc3鉛直断面で注入実験を実施し計5ケースの実験を行った。

実験方法は、まず通水試験を実施し供試体の透水係数を確認した後、大型土層中央部に設置した注入管から50kPaにて圧力注入した。注入については流亡状況や注入範囲(最大50cm)を目視で確認しながら、注入が停止した場合もしくは最大16分まで注入を行った。ここで流入出側の水頭のマノメーターを目視により測定するとともに自動で間隙水圧の連続計測を可能とする計56チャンネルのマルチスキヤニングバルブシステムを用いて間隙水圧を連続的に計測した。さらにカオリンクレー懸濁液の注入状況および流亡状況も観察し、注入タンクの注入前後の水位差により注入量の把握も行った。

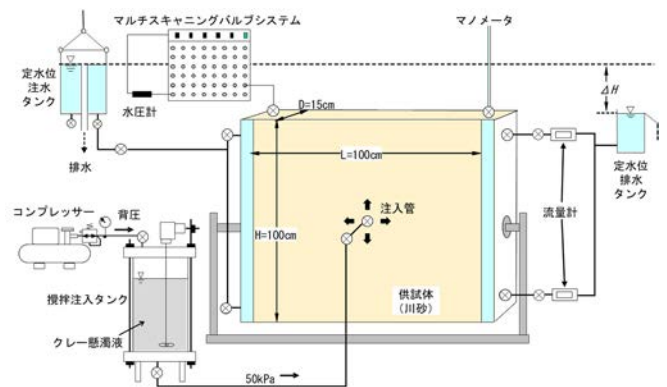


図-1 実験装置概略図

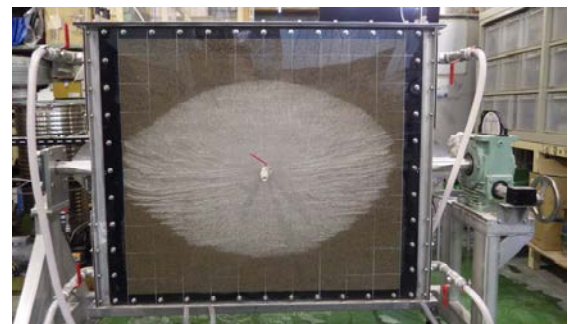


写真-1 実験状況

表-1 試料の物理特性

名称	平均粒径 $D_{50}(\mu\text{m})$	粒度 (μm)	土粒子密度 $\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$	均等係数 U_c
川砂 106 μm	560	250~180	2.692	5.70

表-2 カオリンクレーの物理特性

クレー種類	平均粒径 $D_{50}(\mu\text{m})$	土粒子密度 $\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$	均等係数 U_c
C3	4.928	2.748	1.942
C7	7.482	2.713	2.117

キーワード：注入工，カオリンクレー，懸濁液，間隙水圧

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

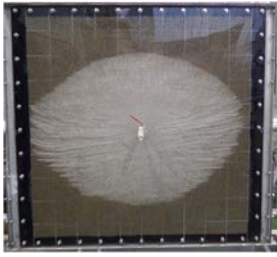


写真-2 c3 鉛直断面



写真-3 c7 鉛直断面

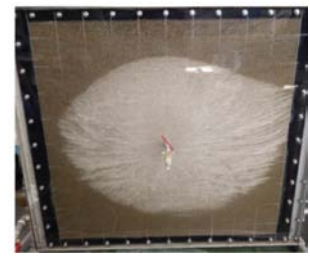


写真-4 c3 鉛直断面 (通水下)

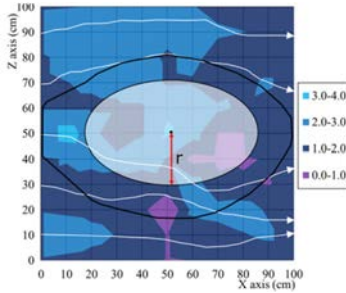


図-2 流線網図 (c3 鉛直断面)

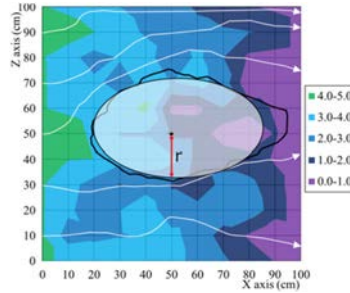


図-3 流線網図 (c7 鉛直断面)

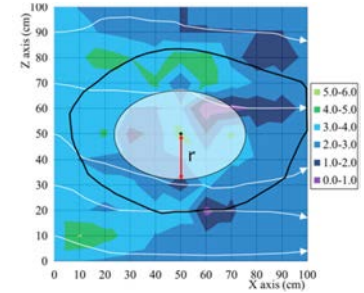


図-4 流線網図 (c3 鉛直断面通水下)

3. 実験結果

写真2～写真4にc3鉛直断面とc7鉛直断面さらに通水下におけるc3鉛直断面の注入後の状況写真を示す。図2～図4にc3鉛直断面とc7鉛直断面および通水下におけるc3鉛直断面の間隙水圧計から作成した流線網図を示し注入範囲を推定した。実験値の最小値および流線網図から推定した最小値を表-3に示す。

表-3 実験値および理論浸透距離

クレー種類	実験浸透距離 最小値(cm)	流線網図浸透距離 最小値(cm)	理論浸透距離 R _e (cm)
c3鉛直	31.0	20.0	33.1
c3水平	29.0	20.0	28.6
c7鉛直	14.0	12.0	36.4
c7水平	25.0	16.0	43.7
c3鉛直(通水)	30.0	18.0	33.1

4. 考察

実験から推定した浸透距離を検討するために理論値の検証を行った。クレー懸濁液が含まれる粒子グラウトの浸透距離R_e(cm)は式(1)によって推定できることが示されている²⁾。

$$R_e = \frac{\gamma_w \cdot g \cdot h \cdot r_e}{2S} + r \quad \dots \dots \dots (1)$$

浸透距離 R_e(cm)の結果を表-3にそれぞれ示す。

5. まとめ

回転式断面二次元土層を用いたカオリクレー懸濁液の注入において、間隙水圧を連続的に計測することにより、実験値および流線網図から推定したカオリクレー懸濁液の注入範囲の比較、さらには理論値から算出した結果から、c3(0.25)では鉛直断面および水平断面ともに実験値と理論値は近い値を示したが、流線網図から外側周辺は透水性を示していることから、理論値に安全率を考慮する必要性が示唆された。さらに通水下における注入においても流線網図から想定した注入範囲が少し小さくなったものの非通水下とほぼ同様の結果を示した。一方でc7(0.52)については理論値に比べ、実験値や流線網図は小さい方向を示した。さらにc3に比べ広がりにくい傾向を示していることから密度が要因であることも考えられる。今後は注入後に動水勾配を変化させる通水試験を実施する事により、透水性の変化や間隙内におけるカオリクレーの移動挙動を検証することが課題として挙げられる。

【謝辞】室内実験の実施において竹内元春氏(岡山大学卒)にご尽力を頂いた。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 高橋啓介, 小松満, 岩田徹, 瀧本弘治: カオリクレー懸濁液圧入による高透水性砂質層の透水低減効果に関する基礎的研究, 土木学会論文集C(地圏工学), Vol. 77, No. 3, pp. 233-247, 2021.
- 2) 土質工学会: 地盤改良の調査・設計から施工まで, pp. 272-274, 1978.