

セメント改良粘性土の透水係数及び影響要因

佐賀大学大学院工学系研究科 学 井手貴晴
同 正 柴 錦春
同 正 根上武仁

1.はじめに

高圧縮性、低強度の軟弱な粘性土地盤地域での建設工事では、地盤の沈下量の抑制、強度増加を目的とする地盤改良が施される。中でも、セメント深層混合工法がよく用いられる。地盤工学の設計において、地盤の透水係数は重要なパラメータの一つである。

本研究はセメント混合による改良した有明粘土と浚渫土の透水係数を、柔軟壁室内透水試験装置を用いて直接測定した。また、試料の透水係数とその圧縮強度及び微視的土構造の関連性も検討した。

2.試料と試験方法

本研究で使用した試料は、佐賀県小城市芦刈町より採取した有明粘土と、佐賀県佐賀市久保田町嘉瀬川河口より採取した浚渫土である。表-1 に試料の物理的な性質を示す。固化材はセメントを用いた。セメントの混合量は、試料の乾燥質量に対して2~16%とした。各試料は初期含水比(w_0)を150%に調整して、固化材を混合した。28日間養生後、透水試験、一軸圧縮試験、走査型電型電子顕微鏡(SEM)観察、間隙径分布測定を実施した。なお、透水試験の供試体は、直径6cm×高さ2cm、一軸圧縮試験については直径5cm×高さ10cmの供試体を用いた。

表-1 用いた試料の物理的性質

試料名	有明粘土	浚渫土
自然含水比 w (%)	145.0	154.4
土粒子の密度 s (g/cm ³)	2.635	2.531
液性限界 w_L (%)	115.0	109.2
塑性限界 w_P (%)	49.3	44.3
塑性指数 I_P	65.7	64.9
強熱減量 L_i	7.97	11.00

3.試験結果

3-1.透水係数：透水試験は、柔軟壁透水試験機を使用した¹⁾。この装置では供試体を

ゴムスリーブで拘束しているので、透水試験中に固定壁型試験

機のように供試体とリング間からの水漏れがない利点がある。試料の側方変位がゼロ (K_0) 状態で圧密終了後に、透水試験を実施した。図-1 に透水試験の結果を示す。図-1(a)が有明粘土、図-1(b)が浚渫土の結果である。間隙比が同じ状態で比較すると、セメント混合量が2~6%までの改良体の透水係数は、未処理土とほぼ同じである。セメント混合量が12%~16%までの場合、混合量の増加に伴って透水係数は大きく低下した。これは、セメントによるポズラン反応生成物が粘性土中の大きな間隙を埋め、透水経路が狭く、湾曲した形になったためと考えられる。改良土の透水係数と強度と微視的土構造の関係に関する試験結果は次節で述べる。

有明粘土と浚渫土の透水試験結果を比較すると、両方ともに同じ傾向を示しているが、間隙比の変化による透水係数の変化の程度が異なる

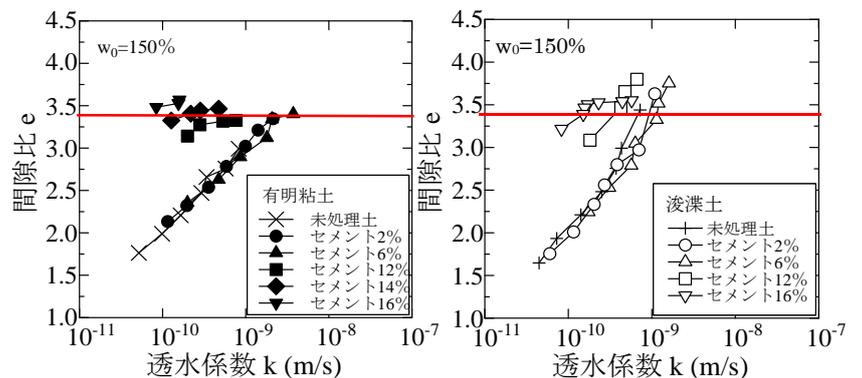


図-1 透水試験結果

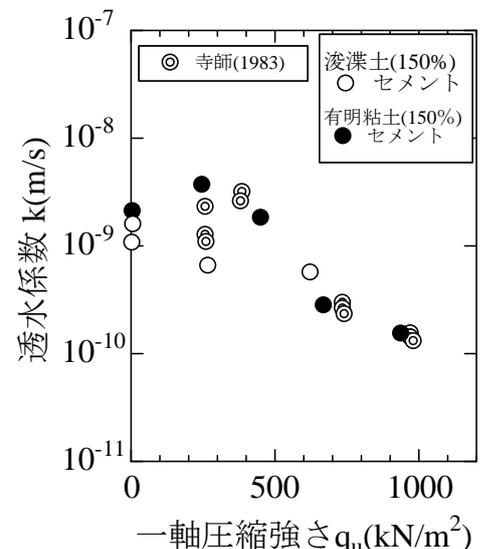


図-2 透水係数と一軸圧縮強さの関係

っており、有明粘土の減少率が少し高い。セメント混合率 12~16%の場合、同じ間隙比で、有明粘土の透水係数は低い傾向にある。

3-2. 透水係数と強度の関連性：一軸圧縮試験の試料は、透水試験の試料と同時に作製し、28日養生後に試験を行った。透水係数と一軸圧縮強さの関係を図-2に示す。データのばらつきはみられるが、改良粘性土の強度増加により、透水係数が低下する傾向がみられる。本研究で用いた有明粘土と浚渫土を比較すると、同じ強度では浚渫土の透水係数が低い傾向がある。つまり、セメントによる浚渫土の強度改良効果は有明粘土よりも低いことが分かる。

図-2に今回得られた試験結果と寺師らによる安定処理土の一軸圧縮強度(q_u)と透水係数(k)の関係を比較したものである。有明粘土にセメントを混合した試料に関しては、分布が非常に似通っており、類似した傾向を示していることが確認できる。

3-3. 微視的土構造：未処理土とセメント混合率 2%および 16%の供試体の間隙分布測定の結果を図-3に示す。セメント 2%のケースについては、間隙径分布は間隙径 $10^0 \sim 10^1 \mu\text{m}$ に集中しており、未改良土と同じオーダーである。セメント 16%の場合、ピークの間隙径は $10^{-1} \sim 10^0 \mu\text{m}$ に存在しており、より小さい間隙径を中心に間隙が構成されていることがわかる。従って、セメントの混合率の増加による透水係数の低下は、間隙径が小さくなったことによるものと考えられる。

セメント混合率 2%と 16%の供試体の SEM 観察結果を図-4に示す。セメント 2%と 16%を比較すると、セメント 2%では比較的大きな間隙が確認できるのに対し、セメント 16%では間隙は比較的小さい様相を示していることがわかる。間隙径分布状況と併せて考察すると、SEM 観察結果とよく対応していることがわかる。

4. まとめ

一連の試験結果から、以下のことが分かった。

- (1) 有明粘土と浚渫土は、セメント混合率が 6%以下の場合、共に未処理土とほぼ同じ透水係数を示す。
- (2) セメントの混合率が 12%及び 16%の場合、間隙比が同じ条件でも、セメントの混合率の増加により、透水係数は大きく低下した。それは、間隙径分布測定、SEM 観察の結果から、セメント混合によるポズラン反応生成物が粘性土中の大きな間隙を埋め、間隙径が小さくなったためと考えられる。
- (3) 改良土の透水係数と一軸圧縮強度の間に負の相関性がある。

謝辞：本研究を行うに際し、齋藤技術者職員には多大なご協力をいただいた。記して感謝の意を表します。

参考文献：1) Nguyen Duy Quang and Jin Chun Chai: Permeability of lime- and cement-treated clayey soils. Can. Geotech. J., Vol. 52, No. 9, pp. 1221-1227, 2015. 2) 寺師昌明・田中洋行・光本司・本間定吉・大橋照美：石灰・セメント系安定処理土の基本的特性に関する研究(第3報), 港湾技術研究所報告第22巻1号, 1983年3月.

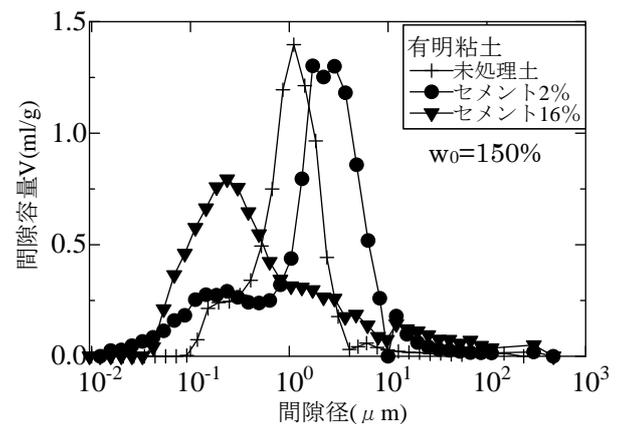
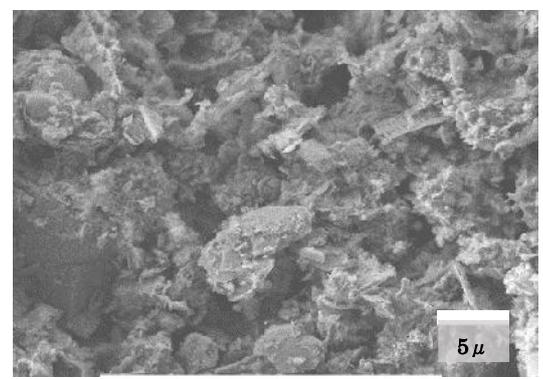
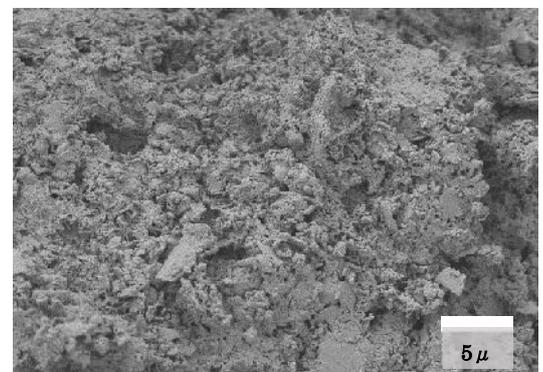


図-3 間隙径分布測定結果



a)セメント 2%



b)セメント 16%

図-4 二つの供試体の SEM 写真