正規圧密および過圧密の飽和細粒土における透水係数と凍・不凍水量の関係

奥村組土木興業	正会員	○廣瀬	剛	摂南大学	正会員	伊藤	譲
八尾市	非会員	塚本	光祐	アーバンパイオニア設計	非会員	神戸	隆志
NEXCO エンジニアリング	非会員	三木	椋介				

1.目的: 飽和細粒土の土粒子表面には吸着作用を強く受けた水分(吸着水)があり、土粒子の表面作用を受け ない水分(自由水)よりも粘性や密度が高い. 飽和細粒土の間隙水は、自由水と吸着水を区別せずに取り扱っ てきた.しかし,飽和細粒土では間隙比が小さいほど吸着水の影響で間隙水の移動が遅くなり,透水係数が小 さくなると考えられた. 佛圓ら いは、無荷重条件の凍結試験により凍・不凍水量を求め、透水係数には凍結水

しやすい水分(自由水)のみが関係していることを示した.本 研究では、飽和細粒土の透水性を支配する要因を明らかにする ため、正規圧密および過圧密条件下で行う凍結試験により凍・ 不凍水量を求め透水係数との関係を検討する.

2.実験方法:試料土は表1に物性値を示す藤森16Nである.試 料土を液性限界の 1.3 倍の含水比に調整し、ペースト状になる まで練り混ぜて脱気し、24 時間養生した後に予圧密荷重 P= 39.2, 78.5, 157, 314, 628 kN/m²に圧密した.

透水係数は標準圧密試験(JISA 1217)と変水位透水試験(JIS A 1218)を準用し、未凍土を用いて、正規圧密では上載荷荷重 p = 39.2 ~ 628 kN/m²の荷重段階ごとに 24 時間の圧密試験と 透水試験を行った.過圧密では予圧密荷重 P = 628 kN/m² とし, 上載荷重 p = 39.2 ~ 314 kN/m²のそれぞれの荷重段階で 24 時 間の透水試験を行った.

0.0 0.1 図1 1.2 藤森16N 1.0 凍結試験装置は、円筒形セル、上・下部冷却プレートからな 0.8 る.供試体を円筒形セルに設置し,鉛直方向に上載荷重 p = 39.2 0.6 ~ 628 kN/m²を載荷した.供試体は上・下端面から同時に凍結さ 0.4 0.2 れ,鉛直変位量から温度 ℃までの変位量 △ d を求めた. 0.0 温度 T℃までに凍結した水分量 hwf(T℃)は、変位量 Δd を水か 0.1 ら氷への体積膨張率(9%)で割り戻して、(1)式から求めた. 図 2 次に、T℃までに凍結した水分量から求まる間隙比(凍結間隙

凍結間隙比 eu(TC)) を(3)式から算出した. $h_{\rm wTf(T^{\circ}C)} = \Delta d / 0.09$ (1), $e_{f(T^{\circ}C)} = h_{wf(T^{\circ}C)} / h_s$ (2), $e_{u(T^{\circ}C)} = e_0 - e_{f(T^{\circ}C)}$ (3)

比 e_{f(TC)}) を(2)式から算出した. T℃までに凍結しない間隙比 (未

ここに, h_s : 土粒子高さ(mm), e_0 : 初期間隙比とする. 3.結果と考察:図1に正規圧密における温度 Tと凍結間隙比 ef の関係を示す. T=-2 ℃までは efの増加が顕著であった. 荷重 *P*, *p*の増加に伴い *e*_fは小さくなった.図2に正規圧密における 温度 T と未凍結間隙比 euの関係を示す. T = -2 ℃までは euの減

キーワード 凍水量, 不凍水量, 透水係数, 飽和細粒土

連絡先 〒552-0016 大阪府大阪市港区三先1丁目11番18号 奥村組土木興業技術部 TEL06-6572-5262

表 1 試料土の物性値



少が顕著であった. P, pの増加に伴い e_u は大きくなった. 図 3 に過圧密における温度 T と凍結間隙比 e_f の関係を示す. P = 628kN/m² とし, $p = 39.2 \sim 628$ kN/m² とした. 図 1 と同様に T =-2 ℃までは e_f が増加した. pが大きいと e_f は小さくなる傾向 があるが, e_f にはバラツキが認められた. 図 4 に過圧密におけ る温度 T と未凍結間隙比 e_u の関係を示す. 図 3 と同様に T =-2 ℃までは e_u が減少した. pが大きいと e_u も大きくなる傾向 があるが, e_u にはバラツキが認められた.

図5に荷重 P, p と透水係数 k_p の関係を示す. k_p は普通目盛 りで表示した. 正規圧密では荷重 P, p が大きくなるほど k_p は 小さくなった. 過圧密では p が増加しても k_p の変化は小さか った. 図6に初期間隙比 e_0 と透水係数 k_p の関係を示す. 正規 圧密では p の減少に伴い e_0 も減少しており,両者が対応して いる. 過圧密は p が変化しても e_0 は変化せず,正規圧密の P=p=628 kN/m² での e_0 と同程度であった. つまり, P により間隙 水が排出され, p の違いが e_0 に反映されなかったと考えられる.

図 7 に凍結間隙比 e_f と透水係数 k_p との関係を示す.正規圧 密では、 e_f が大きいほど、 k_p も大きくなった.過圧密では、 e_f の変化に対して、 k_p の変化が小さかった.、T = -2.0 ℃における 正規圧密と過圧密の $e_f \ge k_p$ の関係には、違いが認められたが、 T = -0.7 ℃では正規圧密と過圧密において違いは少なくなっ た.図 8 に未凍結間隙比 e_u と透水係数 k_p との関係を示す.正 規圧密および過圧密で e_u が大きいほど k_p は小さくなった.正 規圧密と比較して過圧密は e_u に対する k_p の変化が小さかった. T = -2.0 ℃と比較して、T = -0.7 ℃における正規圧密と過圧密 の $e_u \ge k_p$ の関係は違いが少なくなった.

T = -0.7 °Cにおいて正規圧密と過圧密の e_f および k_p が近い値 をとることは、T = -0.7 °Cまでの凍結水(自由水)が k_p を支配 することを意味する.一方、 e_u は正規圧密および過圧密のい ずれにおいても k_p との関係が認められなかった.つまり、間 隙が小さい時も吸着水は k_p に関係しない.

4.まとめ:本研究の成果をまとめる. $①T = -2 \circ C$ までに,正規 圧密と過圧密において e_f の増加, e_u の減少傾向が認められた. ②正規圧密では P, pの増加に伴い, e_f は小さく, e_u は大きく なる傾向が認められるが. 過圧密では e_f , e_u にバラツキがあっ た. ③ $T = -0.7 \circ C$ において正規圧密と過圧密の e_f , k_p は近い値 をとることから, $T = -0.7 \circ C$ までの凍結水量が k_p に影響を及ぼ していることが示唆された.

参考文献:1) 佛圓典史他:凍結試験から細粒土の透水係数を 表す指標について,土木学会第66回年次学術講演会,Ⅲ-403, pp.805-806,2011.2)塚本光祐:飽和細粒土の工学的性質と凍・ 不凍水量測定結果との関係,摂南大学修士論文,2020.

