

凍結融解繰り返しによる飽和細粒土のアイスレンズ面方向の透水係数変化について(2)

摂南大学 正会員 ○伊藤 譲 摂南大学(奥村組土木興業) 正会員 廣瀬 剛
 北海道大学 フェロー 石川 達也 苫小牧工業高等専門学校 正会員 所 哲也
 低温圏工学研究所 正会員 赤川 敏 関西大学 フェロー 大西 有三

1. 目的: 前報において飽和細粒土は凍結融解繰り返しにより, 実験荷重が小さい場合, 給水および膨張する傾向が確認された. また, 融解後透水係数は, 実験荷重が小さく, 繰り返し回数が多い場合, 大きく増加する傾向が見られた. 本報では, 前報で示した実験について, 凍結融解前後の間隙比と透水係数, 融解後供試体の含水比分布, 融解後供試体を用いた圧密透水実験により透水係数変化の要因を検討する.

2. 実験方法: 実験条件は前報と同様である. 試料土は藤森粘土を用い, $P=500\text{kN/m}^2$ で予圧密した. 水平方向変位拘束鉛直方向透水実験により, 凍結前透水係数 k_u および融解後透水係数 k_t を測定した. 凍結方法は開式凍結とし, K-22, K-33 は実験荷重 $p=200\text{kN/m}^2$, 凍結回数 $n=1, 3$ 回であり, K-30~32 は $p=50\text{kN/m}^2$, $n=1, 3, 5$ 回である. 融解後透水試験後, 図-1 に示す要領で融解後の含水比分布測定および圧密透水実験の供試体採取を行った. 融解後の含水比分布 w_t は T_c から T_w に 1cm ごとに測定した.

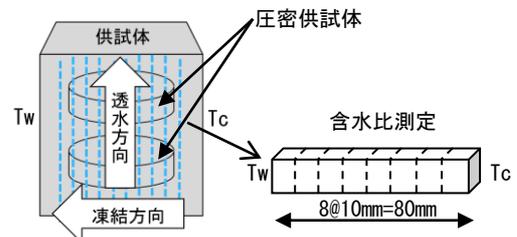


図-1 含水比分布および圧密供試体の採取イメージ

圧密透水実験では, 上載荷重を 9.8kN/m^2 から 1256kN/m^2 まで段階载荷した. 上載荷重は凍結融解時の実験荷重手前まで急速载荷した後, 圧密試験と変水位透水試験を交互に各 24 時間行った. さらに, 融解後圧密透水実験結果 k_{pt} と比較するために, 未凍結のペースト状試料を用いて圧密透水実験を行い, 未凍結の圧密透水実験係数 k_{pu} を測定している.

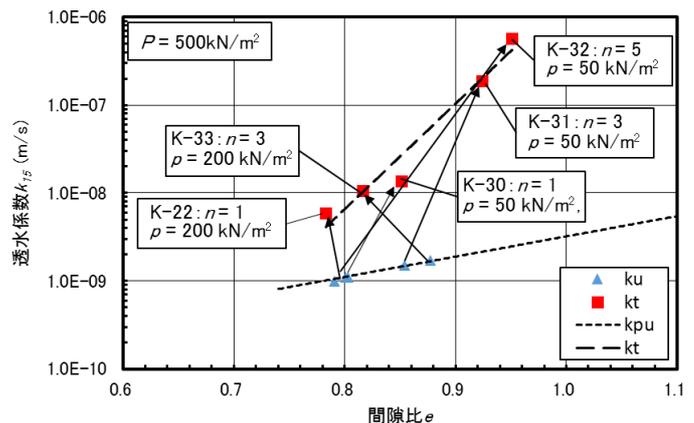


図-2 水平変位拘束凍結融解鉛直透水実験前後の間隙比と透水係数

3. 結果と考察

(1) 間隙比と透水係数の変化: 図-2 に水平方向変位拘束鉛直方向透水実験における凍結融解前後の間隙比と透水係数の関係を示す. 実験荷重 $p=50\text{kN/m}^2$ では凍結融解後に間隙比と透水係数が共に増加した. 一方, $p=200\text{kN/m}^2$ では間隙比が減少するものの, 透水係数は増加している. 凍結融解を繰り返すことにより, $p=50\text{kN/m}^2$ では融解後の e が 0.95 , k_t が $5.8 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ となっている. 一方, $p=200\text{kN/m}^2$ では融解後の e が 0.82 , k_t が $1.1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ 付近となり, 繰り返しによる e と k_t の変化が小さかった.

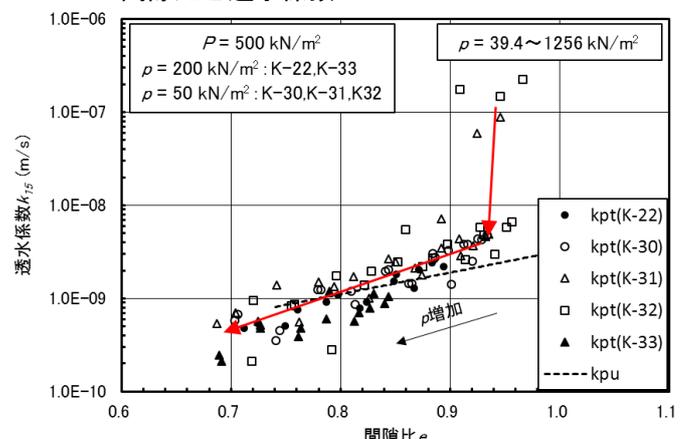


図-3 凍結融解後の供試体を用いた圧密透水実験の間隙比と透水係数

(2) 圧密透水試験結果の比較: 図-3 に凍結融解後の供試体を用いた圧密透水実験における間隙比と融解後圧密透水の関係を示す. 融解後圧密透水実験の

キーワード 凍結融解, 透水係数, 間隙比, アイスレンズ, 細粒土, 地盤凍結工法

連絡先 〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17 番 8 号 摂南大学理工学部 TEL:072-839-9701, FAX:072-838-6599

透水係数 k_{pt} は $e=0.8$ 以上では未凍結圧密透水実験の透水係数 k_{pu} より大きくなる傾向がみられた。K-31, K-32 初期荷重段階では k_{pt} が同じ間隙比の k_{pu} の約 200 倍であり, 上載荷重を増加させると他の融解後圧密透水実験の透水係数と同程度まで透水係数が低下した。

(3) 含水比分布の比較: 図-4 に $p = 200 \text{ kN/m}^2$ における凍結前の含水比 wu と凍結融解後の含水比 wt を示す。 $p=200\text{kN/m}^2$ では wu と wt に明確な変化がみられなかった。一方, 図-5 に示すように $p=50\text{kN/m}^2$ における wu と wt を比較すると, n が大きくなると wt は T_c から 4cm 以内で大幅に増加する傾向が見られた。

(4) 凍結融解透水, 融解後圧密透水, 未凍結圧密透水の比較: 図-6 に間隙比と融解後透水, 融解後圧密透水, 未凍結圧密透水の関係を示す。 kt は e が大きくなるほど著しく大きくなり ku や k_{pt} とは異なった間隙比と透水係数の関係を示した。 K-31 と K-32 の荷重段階初期の k_{pt} は kt の分布とほぼ一致した。

図-2, 図-5, 図-6 を総括すると, $p = 50 \text{ kN/m}^2$ の透水係数の増加が顕著な K-31, K-32 では, T_c 側における融解後含水比の増加が顕著である。これは凍土側に給水された水分が凍結する過程で土の間隙を開く役割をして, 融解後に間隙の開きが閉じずに残った可能性がある。そして圧密透水実験の初期荷重段階においてはその間隙の開きが残っており透水係数は大きくなっているが, 荷重が大きくなると間隙が閉じるため他の融解後圧密透水実験と同程度まで低下したと考えられる。

4. まとめ: (1)凍結融解を繰り返すことにより, 融解後の間隙比と透水係数が共に増加し, 実験荷重に応じた間隙比と透水係数に近づく傾向がみられた。

(2)実験荷重が大きい場合には, 小さい場合と比較して間隙比と透水係数の増加が少ない。(3)実験荷重が小さい場合に凍結融解を 3, 5 回繰り返すと, 凍土側で特に含水比が大きく増加した。(4)実験荷重が小さく, 3, 5 回凍結融解を繰り返した供試体の融解後圧密透水実験で得られた透水係数は, 他の融解後圧密透水実験結果よりも初期荷重段階において透水係数の増加が顕著であるが, 上載荷重を増加させると他の融解後圧密透水実験結果と同程度まで透水係数は低下した。

謝辞: 本実験の主要部分は摂南大学都市環境工学科の鈴木啓汰氏(現:奥村組土木興業), 福井貴大氏(現:光工業)の卒業研究として実施されたものです。また, 本研究には科学研究費補助金(基盤研究(B))課題番号 26289156 が使用されています。

参考文献: 1)廣瀬剛他:凍結融解繰り返しによる飽和細粒土の熱流直角方向の透水係数変化について(1), 土木学会全国大会年次学術講演会, 平成 28 年 9 月

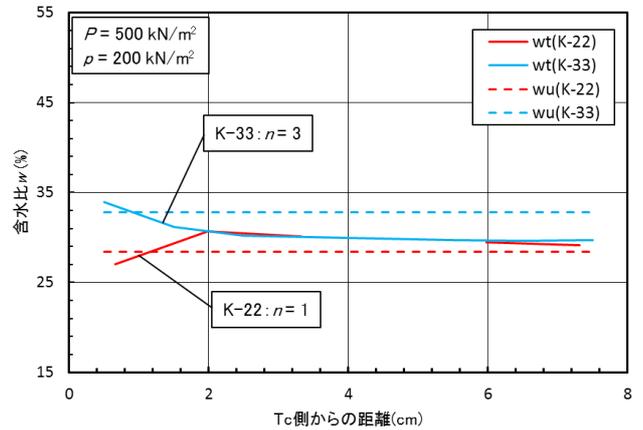


図-4 凍結融解前後の含水比分布 (K-22, K-33)

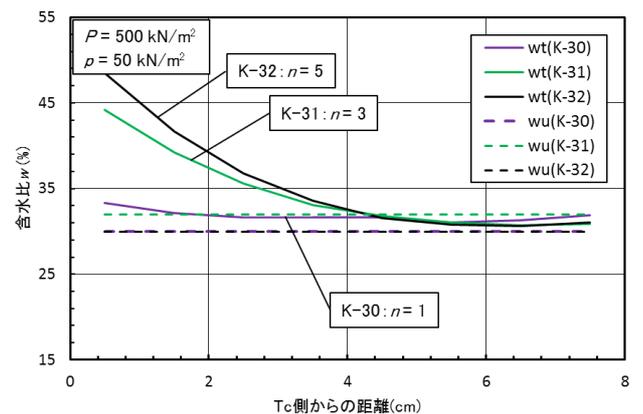


図-5 凍結融解前後の含水比分布 (K-30, K-31, K-32)

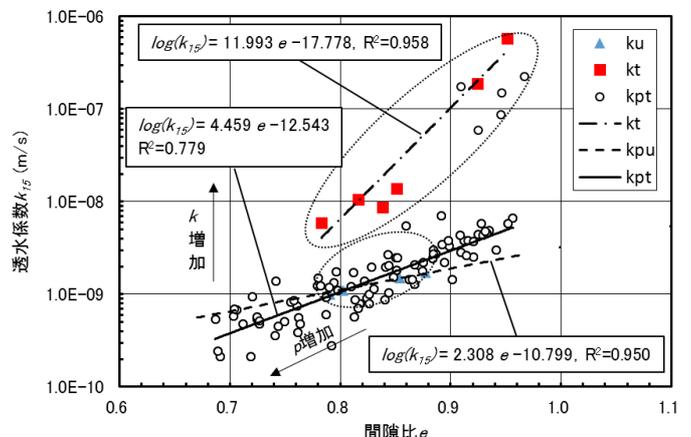


図-6 水平方向変位拘束凍結融解鉛直透水実験, 融解後供試体の圧密透水実験, 未凍結試料の圧密透水実験における間隙比と透水係数