

摂南大学 正生員 伊藤 譲

摂南大学 学生員 ○新居 和人 新本 健司

1. はじめに

細粒土に対して凍結融解作用を与えると、透水係数が増加することが知られている。これは、凍結時に発生するアイスレンズが粘性土内に亀裂を生じさせ、融解後も亀裂が閉塞しないため、透水係数が増加するものと考えられている。このような現象を利用して、汚染地盤に対して凍結を実施し、融解後に通水を行うことで汚染間隙水を回収する工法が提案されている。この報告では、この工法の適用性を検討するため実施した土槽実験のデータより、特に、粘性土における凍結融解前後の透水係数の変化について考察する。

2. 実験方法

実験で使用した試料土の物性値を表1に示す。実験では試料土を含水比70%に調整した。その試料土を図1に示す、高さ80cm、内径60cmの円筒型土槽に投入し、載荷重30kPaで予圧密を行い供試体を作成した。

実験条件を表2に示す。実験では土槽壁面側（凍結板）から土槽中心方向に凍結を行った。融解時は冷却液を温水に切り替えて、同じく土槽壁面側より融解を行った。通水は中心パイプより供給し、排水は土槽壁面側のドレーン材より外部へと導いた。この時の給排水量の経時変化より、被圧地下水の井戸公式を用いて透水係数を求めた。さらに、通水終了後、供試体を解体して、圧密試験用サンプルを採取した。サンプル採取は通水方向（水平方向）と鉛直方向で行った。そのサンプルの圧密試験を行い、その荷重段階毎に、変水位透水試験により透水係数を求めた。今回は表2に示すとおり凍結の有無について2ケースのデータより透水係数の比較を行う。

3. 実験結果

3.1 凍結を行わない場合(C18)

図2に凍結を行わず吸引通水を行ったC18の結果を示す。

(1) 実験後のサンプルの透水係数

図2(a)に通水吸引実験後のサンプルの透水係数の値を示す。図に示すように、実験後サンプルの透水係数は9.8kPaの載荷重の時、 $5.5 \times 10^{-7} \sim 1.2 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ 、19.6kPaの載荷重の時は、 $1.5 \sim 9.6 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ であった。そして、別途実施した未凍結試料の標準圧密試験中の変水位透水試験の結果(図中の●印)と比較すると、吸引通水後のサンプルの透水係数は、標準圧密試験での値の前後に分布している。

(2) 供試体通水時の透水係数の変化

図2(b)に通水時の供試体全体の透水係数の変化を示す。

表1 試料土の物性値

名称	藤森粘土
$\rho_s (\text{g/cm}^3)$	2.662
砂分(%)	4.1
シルト分(%)	49.3
粘土分(%)	46.6
LL (%)	57.2
PL (%)	27.0

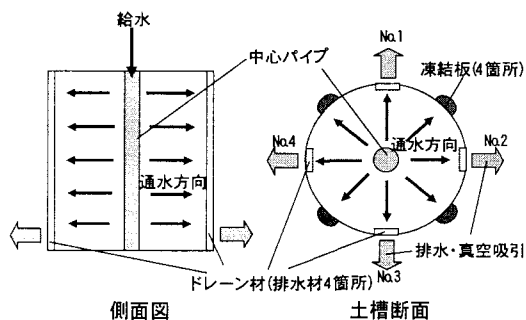


図1 凍結融解通水実験装置

表2 実験条件

Case	C17	C18
凍結の有無	有り	無し
供試体高さ(cm)	47.0	46.7
初期含水比(%)	54.8	54.2
通水時の水頭(cm)	80	
融解通水時間(h)	27.8	—
吸引圧力(kPa)	-30 → -50 → -70	-30 → -50 → -70
吸引通水時間(h)	43.9	48.0

図に示すように、吸引圧の変化と関係なく、ほぼ一定であった。さらに吸引通水前後の間隙比を供試体含水比より計算すると、吸引通水中に1.44から1.35（実験終了時）に低下していた。しかし、吸引通水中を通じて透水係数はほぼ一定であり、4方向を平均すると $1.1 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ であった。これは、サンプルの透水係数の上限の値を示している。

3.2 凍結を行った場合 (C17)

図3に凍結融解を行った場合のC17の結果を示す。

(1) 実験後のサンプルの透水係数

図3(a)に通水吸引後のサンプルの透水係数の値を示す。図に示すように、サンプルの透水係数は9.8kPa 載荷重の時、 $9.9 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ 、19.6kPaの載荷重の時は、 $1.0 \times 10^{-7} \text{ cm/s} \sim 3.3 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ の範囲に分布している。未凍結サンプル（図2(a)）と比べて、下限はほぼ等しいが、上限では約10倍大きい。

凍結融解を行った場合に透水係数が大きめにばらつくのは、凍結時に供試体にアイスレンズ等の亀裂が生じ、融解後もしばらくは閉塞しないことによると思われる。また、未凍結状態より低い値が多く見られるのは、亀裂が完全に閉塞したことに加えて、通水により移動してきた微粒子が目詰まりを生じさせたためかも知れない。

(2) 供試体通水時の透水係数の変化

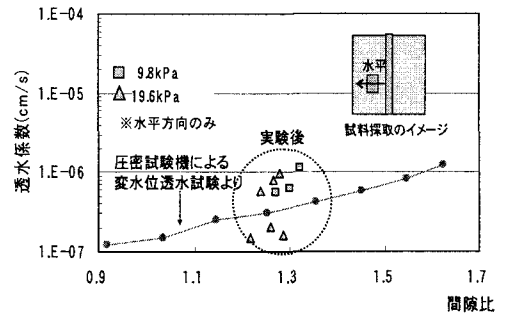
図3(b)に通水時の透水係数の変化を示す。完全融解直後に $3.6 \sim 9.2 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ （未凍結のほぼ100倍）まで上昇したが、その後、透水係数は徐々に低下した。吸引通水終了時には、透水係数が $5.4 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ となった。この間の間隙比は融解完了時から実験終了時まで、1.32と一定であった。サンプルの透水係数（図3(a)）と比較すると上限の値を示している。なお、実験終了時には、凍結なしの場合（図2(b)）と比較すると、透水係数は約5～10倍増加していた。

4. まとめ

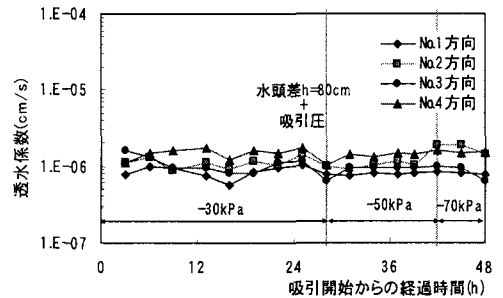
今回の実験により明らかとなったことを以下に示す

- ① この実験より、藤森粘土に凍結融解作用を与えると、透水係数が約5から100倍増加すると言えよう。
- ② 透水係数は凍結融解の直後の通水時にピーク値を示し、その後、徐々に低下する。これに対して、未凍結では一定であった。
- ③ サンプル試料の透水試験より求めた値と比較して、通水量から求めた値は大きく、サンプル試料の上限値に近い。

参考文献: 1) 伊藤謙他: 凍結融解後の透水係数の変化を利用した粘性土の通水洗浄技術, 地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム発表論文集, pp. 111-114, 2003.

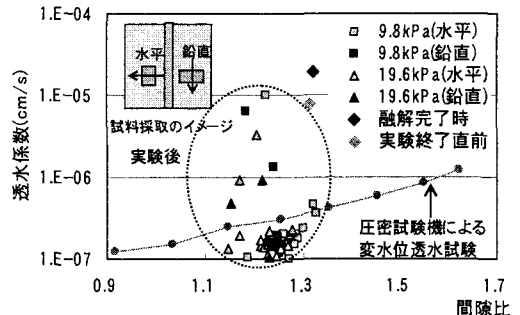


(a) 実験後のサンプルの透水係数

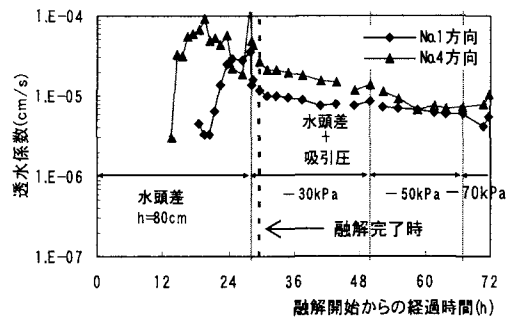


(b) 通水時の透水係数の変化

図2 凍結を行わない場合 (C18)



(a) 実験後のサンプルの透水係数



(b) 通水時の透水係数の変化

図3 凍結を行った場合 (C17)