

等方圧力下における凍結融解後の透水係数の変化

撰南大学工学部 正会員 伊藤 謙
 (株) 関西地質調査事務所 ○正会員 新居和人
 撰南大学工学部 学生員 新本健司

1.はじめに

細粒土に凍結融解作用を与えると透水係数が増加する。この現象は、凍結時に発生するアイスレンズが粘性土に亀裂を生じさせ、融解後も亀裂が閉塞しないことによるとされている。この現象を利用して汚染地盤に凍結融解作用を与え、融解後の透水係数の増加を利用した汚染土壌の物質除去方法が提案されている¹⁾。

著者らは、一次元凍結融解実験装置等を用いて、一方向が拘束された条件での凍結融解前後の透水係数について調べてきた²⁾。今回は、等方圧力を作用させた条件での凍結融解前後の透水係数の変化を調べ、一次元凍結融解実験との比較を行った。

2.実験方法

実験で使用した試料土は藤森粘土（表 1）である。試料土に液性限界の 1.2 倍の蒸留水を加え、スラリー状にして脱気を行った。供試体はこのスラリー状の試料土を所定荷重まで予圧密を行い、その後 D=80mm×H=60mm に整形したものをを用いた。供試体にはゴムスリーブを被せた後、図 1 に示す三軸凍結融解実験装置にセットし実験を開始した。

実験条件を表 2 に示す。実験では、凍結前の透水係数を求めるために供試体周囲に等方圧力を作用させ圧密を行った。この時、排水は供試体の上下面のみを通じて行った。その後、供試体下部の低温側 (T_c 側) から高温側 (T_w) 方向に凍結させた。凍結時には、供試体上部からビューレットを通じて給水可能な状態とした。融解時は供試体の下部のみより排水を行い、排水量はビューレットによる体積変化で測定を行った。

凍結融解前後の透水係数の計算は排水量から求めた。圧密沈下量に相当する排水量高さはビューレットで測定される排水量から、 \sqrt{t} 法により t₉₀ を求めた。これらの圧密データより透水係数を求めた。

3.実験結果

3.1 凍結融解実験の例

図 2 に供試体温度変化の一例を示す(S2)。供試体上下部を温度差 6°C (温度勾配 0.75°C/cm)、冷却速度 0.5°C/h で凍結を行い、その後、1.0°C/h の割合で温度上昇させて密時に約 8.1cm³ の排水 (供試体両面より) が認められた。そして、図 2 の供試体温度変化より、融解開始と同時に

表1 試料土の特性

試料土	藤森粘土
土粒子密度 (g/cm ³)	2.750
液性限界 (%)	64.1
塑性限界 (%)	25.5
粘土分 (%)	50.0
シルト分 (%)	44.6
砂分 (%)	5.4

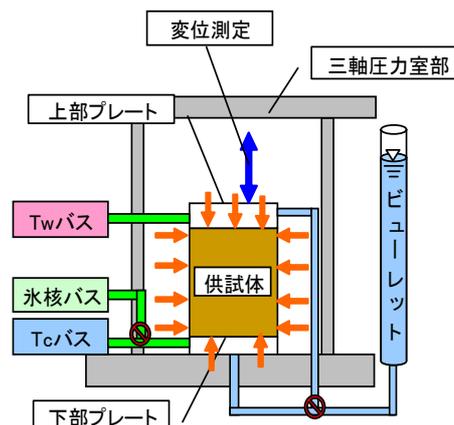


図1 三軸凍結融解実験装置

表2 実験条件

	S-1	S-2	S-3
試料	藤森粘土		
冷却速度 (°C/h)	0.5		
温度勾配 (°C/cm)	0.75		
T _w (°C)	6°C → -4°C → 6°C		
T _c (°C)	0°C → -10°C → 0°C → -6°C		
凍上時間 (h)	26		
給排水	あり		
融解時間 (h)	10		
排水条件	凍結前(上下部)、融解時(下部)		
等方圧力 (kPa)	50	100	200
制御条件	荷重	荷重	荷重
初期含水比 (%)	44.6	44.9	42.0
初期高さ (mm)	80		
先行圧密荷重 (kPa)	100		200

キーワード 凍結融解 透水係数 汚染土壌 等方応力 三軸凍上
 連絡先 大阪府寝屋川市池田中町 17-8 TEL072-839-9116 FAX072-839-9116

排水し始めたことが分かる。この実験（S2）では、まず凍結時において供試体は約 0.3cm^3 給水し、その後融解時には約 11.8cm^3 の排水（供試体下端より）が認められた。

図4に凍結融解前後の透水係数の変化（S2）を示す。この実験では、凍結前の透水係数は約 $6.8 \times 10^{-8}\text{cm/s}$ 、融解後には約 $3.8 \times 10^{-7}\text{cm/s}$ まで透水係数が増加した。ここで、融解後の透水係数と凍結前の透水係数との比の百分率を透水係数の増加比と定義する。この供試体は凍結融解作用により、透水係数が約6倍増加したことになる。

3.2 等方圧力の違いによる透水係数の変化

図5に等方圧力の違いによる凍結融解前後の透水係数と間隙比の関係を示す。図のように、融解後では間隙比が低下し、透水係数が増加していた。凍結時のアイスレンズが成長する時に未凍結部分では激しく脱水圧密されるので、間隙比は小さくなる。しかし、微細な亀裂が多数残り、土構造が変化し、結果として透水係数が増加したと考えられる。

この傾向は、変位拘束された一次元凍結融解実験の結果³⁾とほぼ同様であり、凍結融解前後において異なった土質のような挙動を示した。

図6に等方圧力と透水係数の増加比との関係を示す。図のように、等方圧力が増加するに従い、透水係数の増加比が低下した。この実験では、等方圧力が200kPaの場合でも約1.8倍の透水係数の増加比であった。

4.まとめ

今回の実験で得られた結果を以下にまとめる。

- ① 凍結融解後には供試体の間隙比が低下し、透水係数が増加した。また、変位拘束した凍結融解実験とほぼ同様の結果が得られた。
- ② 今回の実験では、等方圧力が増加するに従い、透水係数の増加比は低下し、等方圧力200kPaまで凍結融解による透水係数の増加が認められた。

謝辞：本研究は日本学術振興会科研基盤研究（C）（No. 16560438，代表：伊藤讓）の一部として実施した。

参考文献

- 1) 伊藤讓・嘉門雅史・新居和人・福島信吾・日置和昭・野村忠明・伊豆田久雄：凍結融解による透水係数の増加現象を利用した汚染地盤の通水洗浄技術，第6回地盤改良シンポジウム，pp.169-174，2004
- 2) 伊藤讓・新居和人・新本健司：凍結融解土の透水係数における冷却方法の影響，第40回地盤工学研究発表会，2005
- 3) 奥矢慶太・樋口和則・安井寿嘉：凍結融解における冷却速度と温度勾配が透水係数に及ぼす影響，摂南大学卒業論文，2005

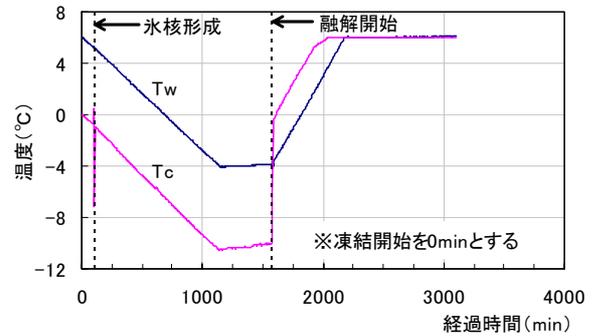


図2 供試体の温度変化

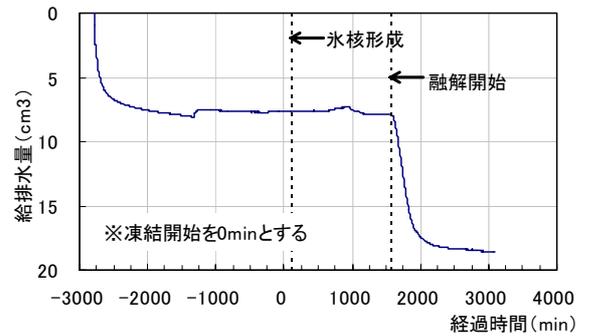


図3 給排水量の経時変化

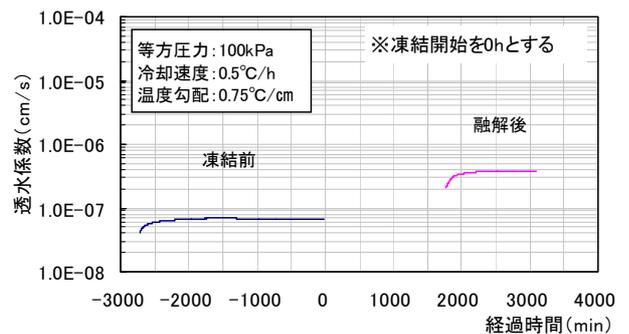


図4 凍結融解前後の透水係数の変化

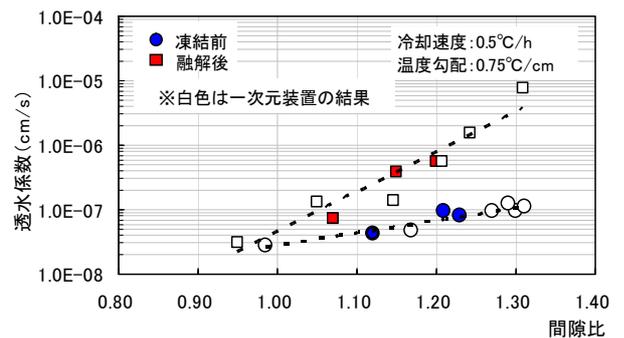


図5 透水係数と間隙比の関係

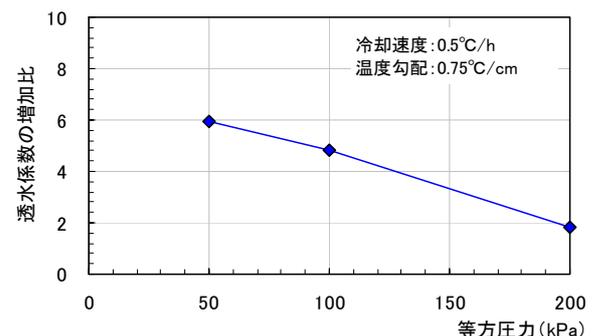


図6 等方圧力と透水係数の増加比