

第Ⅲ部門 冷却方法の違いによる凍結融解土の透水係数について

摂南大学工学部 正会員 伊藤 譲  
 (株) 関西地質調査事務所 正会員 ○新居 和人

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ため透水係数が増加するとされている。この現象を利用すると、汚染地盤に凍結融解作用を与え、融解後には透水係数が増加しているため、間隙水中の汚染物質の除去がしやすくなると考えられている。

この工法の施工方法の検討のため、冷却方法の違いによる凍結融解後の透水係数の変化について調べた。冷却方法は、土の凍結速度や凍上量の変化に関係しているため、透水係数の増加に影響があると思われた。今回は温度降下速度、温度勾配の影響について調べた実験結果を報告する。

2. 実験方法

実験で用いた試料土は藤森粘土 ( $\rho_s=2.750\text{g/cm}^3$ ,  $LL=64.1\%$ ,  $PL=25.5\%$ ) と関東ローム ( $\rho_s=2.638\text{g/cm}^3$ ,  $LL=183.8\%$ ,  $PL=111.8\%$ ) である。実験では、試料土に蒸留水を加え、液性限界の 1.2~1.5 倍の含水比に調整した。供試体は、このスラリー状の試料土を 100kPa まで予圧密し、その後  $D=100\text{mm}\times H=80\text{mm}$  に整形したものとした。これを、図 1 に示す一次元凍結融解実験装置にセットし実験を行った<sup>1)</sup>。

実験条件を表 1 に示す。実験では所定の条件で供試体下部の低温側 (Tc) から上部の高温側 (Tw) 方向に凍結させ、その後、融解を行った。凍結時には供試体上部から給水可能として、積極的に凍上を起こさせた。また、実験装置はスタンドパイプから補給水を供給し、Tw から給水、Tc より排水が可能で、変水位透水試験装置の機能も有している。この装置により、凍結融解前後の透水係数を測定した。

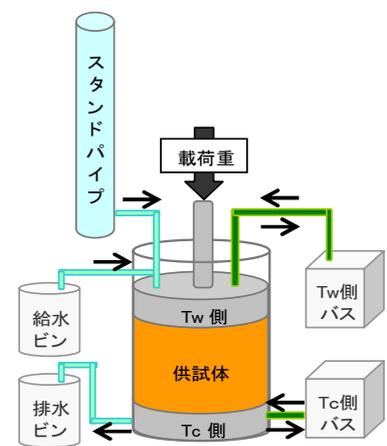


図 1 一次元凍結融解実験装置

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 (E31) を示す。供試体上下部を温度差 6°C (温度勾配 0.75°C/cm)、温度降下速度 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融解した。

図 3 に凍結融解前後の透水係数の変化を示す。この供試体 (E31 : 関東ローム) では、凍結前の透水係数は約  $1.9\times 10^{-7}\text{cm/s}$ 、融解後には約  $1.0\times 10^{-4}\text{cm/s}$  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 550 倍増加した。

3.2 温度降下速度と透水係数

図 4 に温度降下速度と透水係数増加比の関係を示す。

表 1 実験条件

CASE	目的	試料土※	荷重条件 (kPa)	凍結時のTw/Tc 融解時のTw/Tc	温度勾配 (°C/cm)	温度降下速度 (°C/h)
E-30	全ての実験 目的に使用	F	25	6/0→-4/-10 -4/0→6/6	0.75	0.5
E-31		K				
E-12	温度降下速度の影響	F	25	6/0→-4/-10 -4/0→6/6	0.75	2.0
E-13		K				1.0
E-14		F				0.25
E-15		K				0.1
E-16		F				4.0
E-17		K				
E-18		F				
E-19		K				
E-32		F				
E-33		K				
E-20	温度勾配の影響	F	25	12/0→-4/-16 -4/0→12/12 4/0→-4/-8 -4/0→4/4 2.4/0→-4/-6.4 -4/0→6/6	1.5	0.5
E-21		K				
E-22		F				
E-23		K				
E-24		F				
E-25		K				

※F:藤森粘土, K:関東ローム

温度低下速度が遅くなると凍結時間が長くなり、凍上量が増加し、アイスレンズの発生量も増加するので、融解後の透水係数の増加も大きくなると期待された。

しかし、図より、藤森粘土、関東ロームともに温度低下速度が速く瞬間的に凍結させた場合、あるいは、ゆっくりと凍結させた場合においても透水係数増加比に大きな差は見られなかった。このことから、温度低下速度は融解後の透水係数の変化には影響を与えないと思われる。

### 3. 3 温度勾配と透水係数

図 5 に温度勾配と透水係数の増加比の関係を示す。温度勾配が大きくなると、凍結速度が大きくなり供試体間隙水の水分移動も激しくなるので、アイスレンズの成長も著しくなる。この結果、融解後の透水係数が増加しやすくなると予想された。

しかし、図より温度勾配の大小に関係なく透水係数の増加比に大きな差は見られない。このことから、温度勾配は融解後の透水係数に影響を与えないと思われる。

### 3. 4 凍上率と透水係数

図 6 に凍上率と透水係数の増加比の関係を示す。凍上率は凍上量を供試体長さで除した値の百分率であり、凍上による供試体の膨張率のことである。この図は図 4、5 の全ての結果を凍上率で整理したものである。

図より、凍上率の大小に関わらず透水係数の増加比はほぼ一定であった。これより、供試体の凍上率も透水係数の増加比とは関係がないようである。

## 4. まとめ

以上の結果をまとめると、温度低下速度、温度勾配、凍上率の変化は透水係数の増加比に影響を及ぼさない。つまり、冷却方法を変化させて、凍上量を増減させても融解後にはほぼ一定の割合で透水係数が増加するため、現場施工では、瞬間的に凍結させるのみで、十分な効果が期待できると思われる。

また、2種類の土質について同様の結果が得られたことより、凍結融解による透水係数の増加は、土質固有の性質によると考えられる。

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

### 参考文献

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. 3

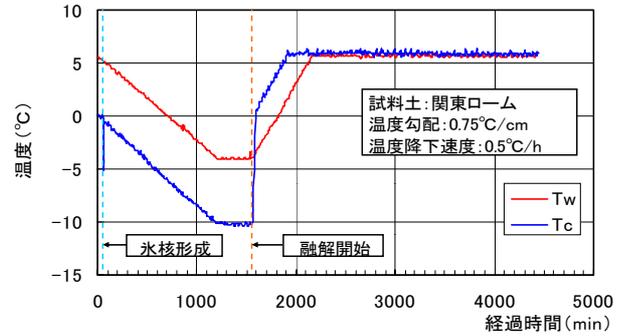


図 2 供試体の温度変化

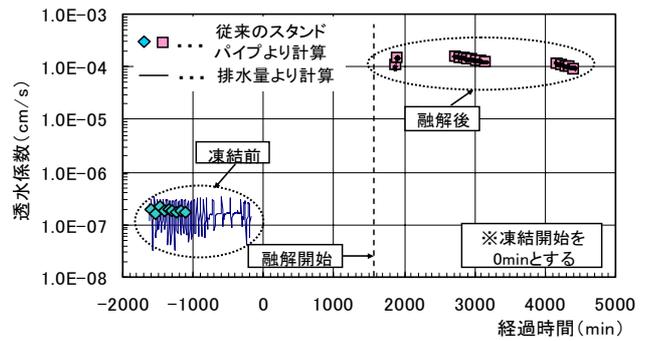


図 3 凍結融解前後の透水係数の変化 (E31)

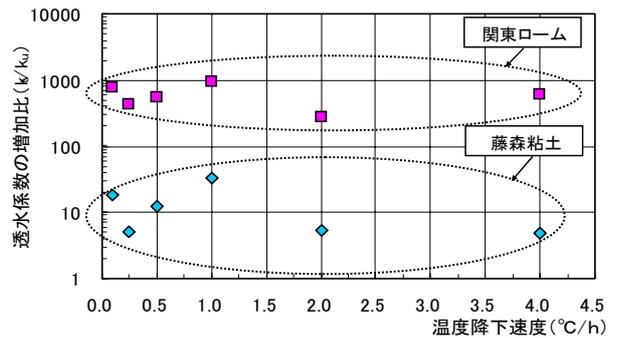


図 4 温度低下速度と透水係数の増加比

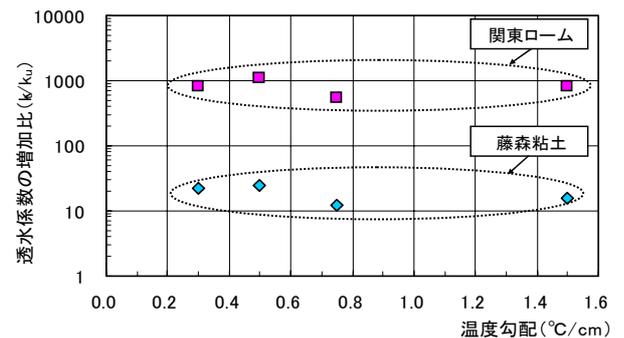


図 5 温度勾配と透水係数の増加比

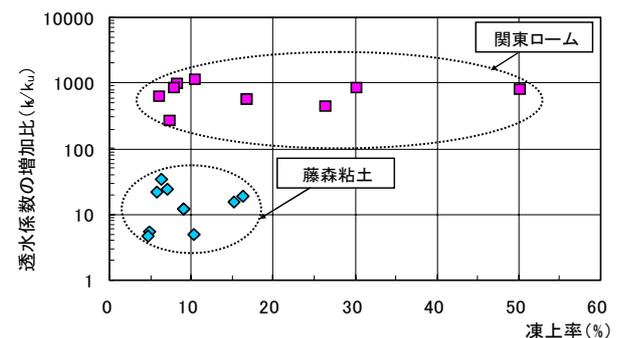


図 6 凍上率と透水係数の関係