

第 部門

凍結融解による関東ロームの透水係数変化の諸要因

撰南大学 大学院 学生員 玉崎 千明
 撰南大学 工学部 正会員 伊藤 謙
 京都大学 大学院 フェロー 嘉門 雅史

1. 目的

細粒分を含む汚染土壌の浄化修復方法として凍結融解を利用した土壌洗浄技術が提案されている。この工法の実用化のために、透水係数増加のメカニズムを知る必要がある。

本研究では、透水係数増加の要因と考えられる土構造や土粒子の変化と透水係数との関係を知るために一連の一次元凍結融解実験等を行なった。

2. 実験方法

(1) 試料土 今回用いた関東ロームの物性値は $\rho_s=2.64\text{g/cm}^3$, $LL=169.8\%$, $PL=99.5\%$, 粘土分=29.5%, シルト分=64.5%, 細砂分=6.0%, $pH=6.3$, $EC=7.9\text{mS/m}$ である。表 1 に実験条件を示す。

凍結融解・乾燥処理 関東ロームに前処理として凍結融解と炉乾燥処理を与え、それぞれ KA(自然含水比=処理なし), KB(凍結融解), KD(炉乾燥)の計 3 種類の試料を準備した。KB は 24 時間-20 で凍結した後、室温で融解し、KD は 110 の乾燥炉で 24 時間乾燥させた。

水洗い処理 KA を自然含水量の 3 倍と 10 倍のイオン交換水で攪拌混合した後、24 時間放置し上澄みを除去したものを K3, K10 とした。

細粒分試料 KA を大量のイオン交換水で攪拌混合し、75 μm フルイを通過させた後、24 時間放置後、上澄みを除去した。この試料を用いて、実験荷重を 25 と 50kPa としたものを KF, KG とした。

(2) **一次元凍結融解実験** 一次元凍結融解実験ではペースト状の脱気試料を内径 100mm のアクリルセル内で段階的に 100kPa まで予圧密した後 25kPa まで除荷し、高さ 80mm に整形したものを供試体とした。上部より給水可能な状態で、温度勾配 0.75 /cm, 凍結速度 0.2 /h の条件で下部から上部へと凍結を行った。最終的には、上下部共に -10.0 まで温度降下させた。融解時は融解速度 1.0 /h で融解した。融解前後には供試体温度を 6.0 に保ち、透水試験を行った。

(3) **微視的観察** 関東ロームに無処理、凍結融解処理、炉乾燥処理を与えたペースト状試料と凍結融解実験後の試料をデジタルマイクロスコープにて観察した。

3. 結果と考察

(1) **凍結融解・乾燥処理** 図 1 に透水係数と間隙比を示す。凍結前の透水係数は KA と KB はほぼ同じ値を示し、KD は KA, KB より 100 倍大きくなっていた。融解後は KA, KB, KD ほぼ同じ値まで増加を示した。このとき、間隙比は凍結前、融解後共に KA, KB, KD の順に

表 1 実験条件

Case	前処理	実験時荷重 (kPa)
KA	自然含水比	25
KB	凍結融解	25
KD	炉乾燥	25
K3	水洗い3倍	25
K10	水洗い10倍	25
KE	自然含水比	50
KF	細粒分	25
KG	細粒分	50

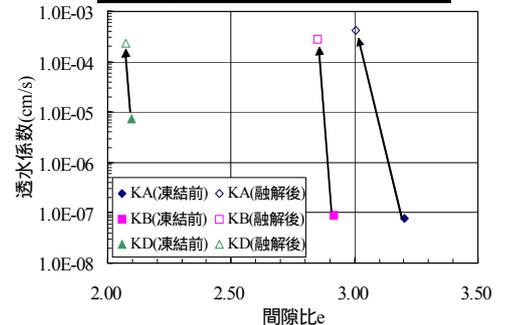


図 1 凍結・炉乾燥処理の透水係数と間隙比

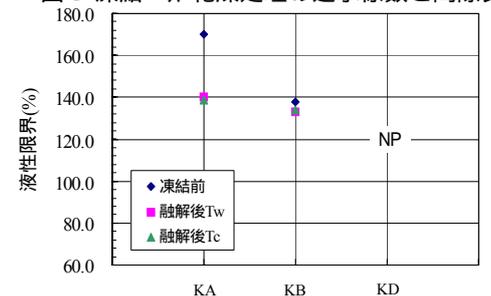


図 2 凍結・炉乾燥処理の液性限界

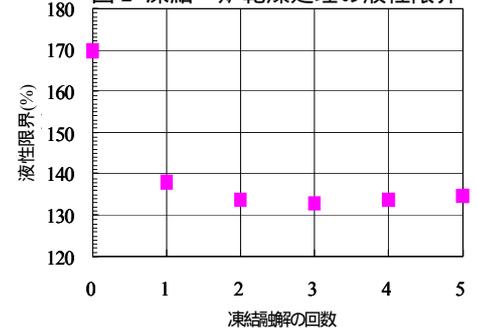


図 3 凍結融解繰り返しの LL の変化

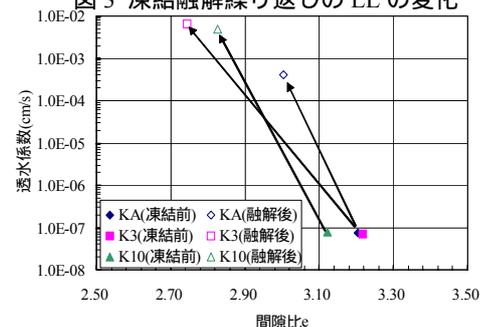


図 4 水洗い処理の透水係数と間隙比

小さかった。

図2, 3に液性限界の変化を示す。KAを凍結融解すると液性限界は低下した。KAの融解後とKBの凍結前の液性限界がほぼ同じとなり、KBを凍結融解してもさらに液性限界が低下することはなかった。これより、2回以上凍結融解を繰り返しても液性限界は低下しない。つまり、凍結融解を繰り返しても透水係数は増加しないと思われる。

(2) 水洗い処理 図4に透水係数と間隙比を示す。KA, K3, K10の凍結前の透水係数と間隙比はほぼ同じ値となった。融解後の透水係数はK3とK10はKAより約10倍大きくなった。融解後の間隙比はKAよりK3, K10の方が低下した。これより、関東ロームを3倍, 10倍と水洗いすると融解後の透水係数が10倍程度増加する。

図5に液性限界の変化を示す。凍結前の液性限界はKAと比較するとK3とK10わずかに低い。融解後の液性限界は、KA, K3とK10全てにおいて、ほぼ同じ値を示した。

(3) 細粒分試料と実験荷重 図6に透水係数と間隙比を示す。凍結前の透水係数は全体的にほぼ同じ値となった。融解後の透水係数は、KAは他と比べて10~100倍大きくなった。KF, KGは同じ値を示した。KAとKEを比較すると、実験荷重を大きくした方が透水係数は低下した。しかし、細粒分のみ供試体(KF, KG)では実験荷重を変化させても透水係数の増加には変化はなかった。凍結前の間隙比は、KAとKE, KFとKGにおいてそれぞれ同じ値を示した。融解後の間隙比は、実験荷重の大きい方が低下した。これより、透水係数の増加に関わっているのは粗粒分よりも細粒分であり、細粒分が多いと荷重の影響は小さくなるといえる。

図7に液性限界の変化を示す。KAとKEの液性限界と比較して、KFとKGの液性限界は凍結融解前後で明らかに高めであった。

(4) 微視的観察 写真1にKAP~KDPを示す(P:ペースト)。KAPよりもKBPは全体的にザラザラして、細かいひび割れがたくさん見られた。KDPではひび割れがさらに増えて砂状になって小さな空洞や大きな粒子が見られた。写真2にKA~KDの凍結融解後試料を示す。クラックの一定方向の発生や、粒子ブロックの大きさに規則性は見られなかった。凍結融解・乾燥処理を与えると土粒子自体の変化は見られたが、構造の変化は分からなかった。

4. まとめ (1) 無処理, 凍結融解, 乾燥処理を受けた関東ロームの間隙比は低下し, 透水係数は増加する。(2) 関東ロームの透水係数は凍結融解をくり返しても, 1回目以上には増加しない。(3) 細粒分が多い土では荷重が増加しても融解後の透水係数の増加傾向は変わらない。つまり, 透水係数変化は粗粒分によるものよりも細粒分によるものであろう。(4) 微視的観察よりさまざまな処理を受けた試料土では土粒子の変化が認められた。しかし, 構造の変化と透水係数の関係は十分に説明できない。

謝辞 本研究には日本学術振興会科研費基盤研究(C)(No.16560438,代表:伊藤讓)の一部が使用されています。本研究に協力いただいた摂南大学工学部都市環境システム工学科の池本仁美君, 高橋慎二君, 谷真志君, 西村一陽君に厚く御礼申し上げます。

参考文献 1)伊藤讓・新本健司・玉崎千明:凍結融解土の透水係数を支配する要因について,第41回地盤工学研究発表会,2006

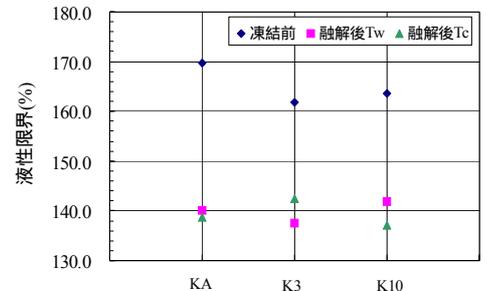


図5 水洗い処理の液性限界

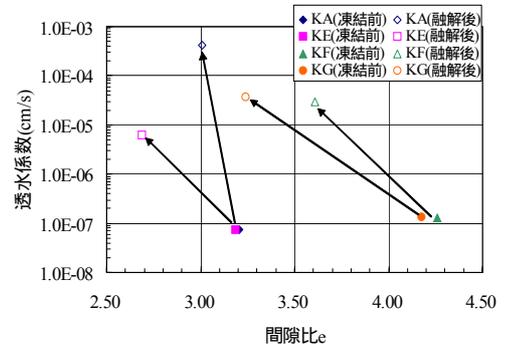


図6 細粒分試料の透水係数と間隙比

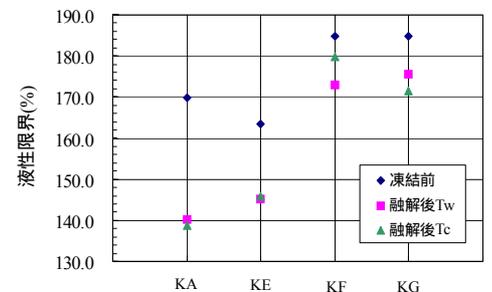


図7 細粒分試料の液性限界

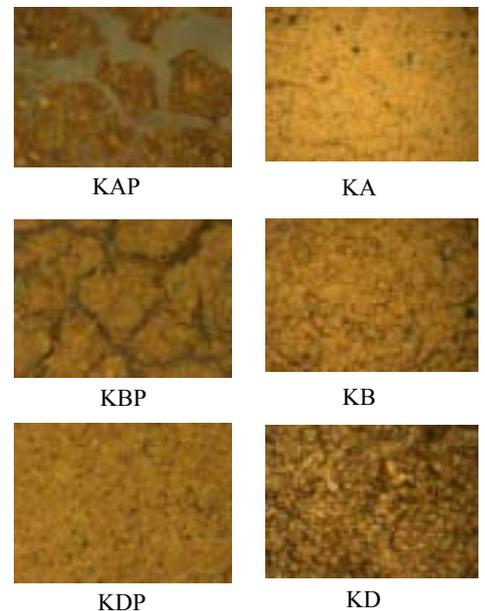


写真1 ペースト

写真2 融解後