

第Ⅲ部門 凍結融解による地盤中の重金属の移動

摂南大学 工学部 学生員 ○玉崎 千明
 摂南大学 工学部 正会員 伊藤 譲

1. 目的

本研究は重金属による汚染土壌に対して、凍結融解作用により洗浄することが可能か検討を行ったものである。凍結融解による重金属の移動を調べるため、模擬汚染物質として亜鉛を使用した洗浄実験を行った。

今回は、通水実験、凍結融解・通水実験、繰返し凍結融解実験の3ケースの実験結果を報告する。実験で得られた排水と実験前後の供試体内の亜鉛量分析にはアワーズテック社製の蛍光X線分析装置を用いた。

2. 実験方法

実験では、試料土には藤森粘土($\rho_s=2.715\text{g/cm}^3$, $LL=62.2\%$, $PL=25.8\%$)を、亜鉛は硝酸亜鉛六水和物を用いた。試料土は、亜鉛：藤森粘土=1：1000の割合で混合した。含水比を液性限界(LL)の1.5倍に調整した試料土を、練り混ぜ(10分)、養生(12時間以上)、練り混ぜ(1時間)、脱気した後、内径100mmの円筒型セルに流し込んで段階的に100kPaまで予圧密した。その後25kPaまで除荷し、高さ80mmに整形し供試体とした。

今回は、(1)通水のみを行った「通水実験」、(2)1回の凍結融解後に通水を行った「凍結融解・通水実験」、(3)凍結融解を繰返した「繰返し凍結融解実験」の3通りを行った。

凍結融解時の温度変化の1サイクルを図1に示す。実験中は排水を採取した。また、実験後、供試体を8等分に分割して亜鉛の分布を調べた。

3. 実験結果

(1) 通水実験の結果

通水実験の結果を図2に示す。供試体中の初期亜鉛量は約730mg/kgであった。通水時間は310時間行った。この間の総排水量は約90gで、それは間隙水の約27%の量に相当する。また、排水の亜鉛濃度は約600mg/lであった。実験後の供試体内の亜鉛は、上部を中心に全体的に11%の除去にとどまり下部ではまったく除去されていなかった。

(2) 凍結融解・通水実験

凍結融解・通水実験の結果を図3~5に示す。凍結融解と通水の合計時間は161時間あった。この間の総排水量は約168gで間隙水の約51%の排水を得たことになる。排水の亜鉛濃度は初期で約500mg/l、完全融解後で780mg/lであり、平均すると730mg/lであった。

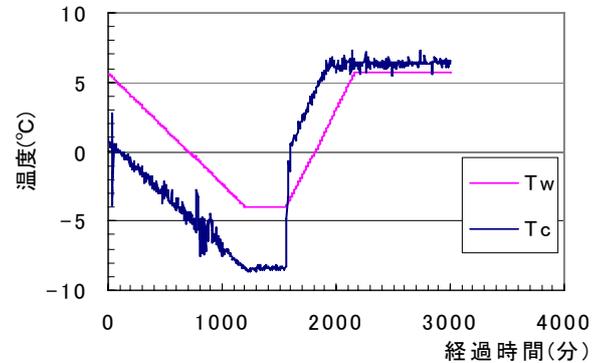


図1 上下プレートの温度変化

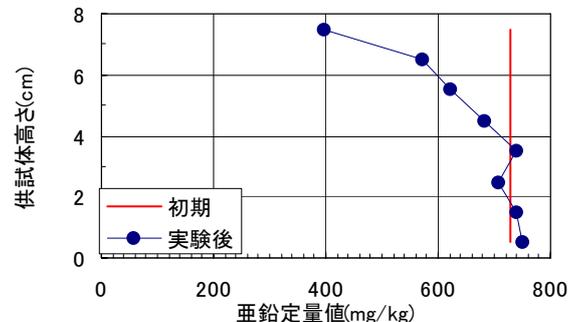


図2 通水実験後の供試体亜鉛分布

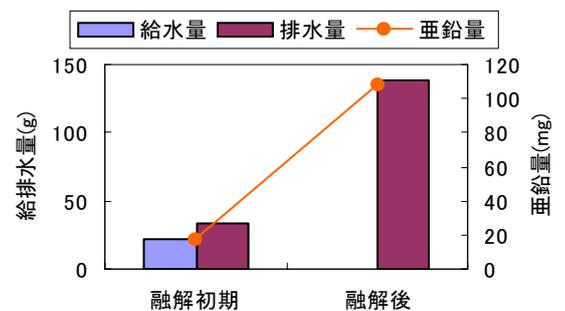


図3 凍結融解・通水実験の吸・排水と亜鉛量

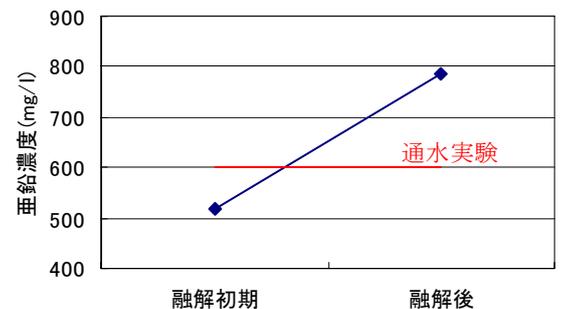


図4 凍結融解・通水実験の排水濃度

時間は、通水実験の通水時間 310 時間に対して半分の実験時間 161 時間であったが、排水量は約 2 倍で、排水中の亜鉛濃度も高かった。これは凍結融解を行ったことにより、透水係数が増加すると同時に土粒子表面に吸着している亜鉛が分離されやすくなったものと考えられる。

供試体の亜鉛量は上部を中心に全体的に 21.4%の除去がなされ、下層部ほど高い値を示した。しかし、通水実験と異なり下部でも一部除去されているのが分かる。

(3) 繰返し凍結融解実験

繰返し凍結融解実験の結果を図 6~8 に示す。凍結融解は 8 サイクル行い、凍結融解の合計時間は 390 時間であった。この間の総排水量は約 124g で間隙水の約 37%の排水量を得たことになる。排水中の亜鉛濃度は約 520~880mg/kg の範囲の値を示し、凍結融解を繰り返すごとに増加傾向にあった。平均すると 670mg/l となった。

亜鉛は、上部を中心に全体的に 14.6%の除去がなされたが、最下部では通水実験と同様に完全には除去されていなかった。

排水中の亜鉛濃度を通水実験と比較すると、1 回目は通水実験より低い値を示しているが 2 回目以降は増加傾向にあり、5 回目以降は凍結融解・通水実験と同等以上の濃度を示した。

(4) 3 実験の比較

排水中の亜鉛濃度は平均すると凍結融解・通水実験が一番高かった。また、供試体 1kg からの 1 時間あたりの亜鉛の除去量を比較すると、通水実験で 0.157mg/h、凍結融解・通水実験で 0.696mg/h、繰返し凍結融解実験では 0.188mg/h となった。これより、亜鉛の排出に関して最も効果的であるのは凍結融解・通水実験であるといえる。

4. まとめ

今回の 3 つの実験では、凍結融解・通水実験において、排水量が多いだけでなく、排水中の亜鉛濃度も高い値を示した。これは凍結融解による透水係数増加の効果に加えて、土粒子表面から亜鉛を取り除く何らかの作用が働いたものと考えられる。

凍結融解・通水実験では供試体 1kg あたりの除去量が最も多く 0.696mg/h であった。このことより、通水実験と繰返し凍結融解実験らと比べて効率的であると言える。また、今回の実験では通水実験と繰返し凍結融解実験においては下部では亜鉛の除去が見られず、このことから凍結融解・通水が有利と言えよう。

謝辞：本研究は日本学術振興会科研費基盤研究(C)(No.16560438、代表:伊藤譲)の一部として実施しました。

参考文献 1)伊藤譲・新居和人・新本健司：凍結融解土の透水係数に及ぼす冷却方法の影響、第 40 回地盤工学研究発表会、2005

2)有家耕平・山本将之・米田桂一郎：凍結融解による細粒土の透水係数変化の要因、摂南大学卒業論文、2006

3)玉崎千明・饒平名知之：凍結融解による地盤中の重金属の移動、摂南大学卒業論文、2006

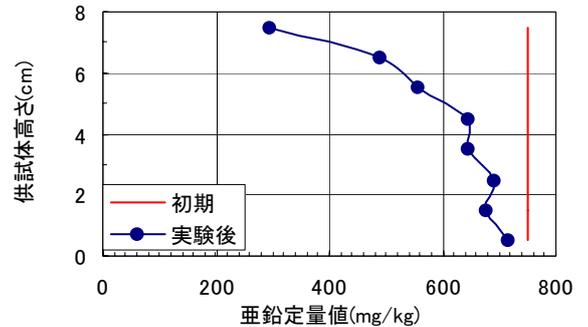


図5 凍結融解・通水実験の供試体亜鉛分布

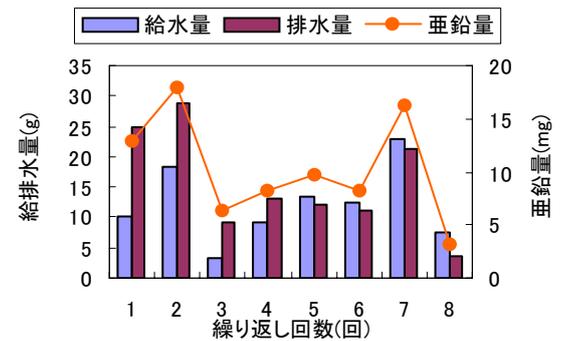


図6 繰返し凍結融解実験の吸・排水と亜鉛量

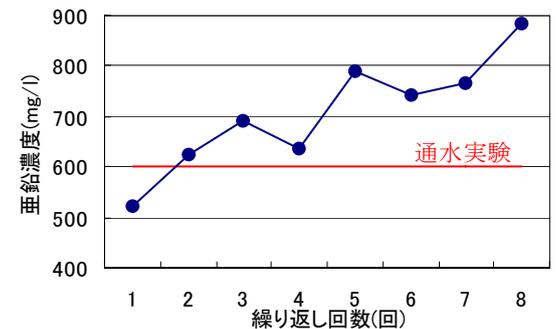


図7 繰返し凍結融解の排水濃度

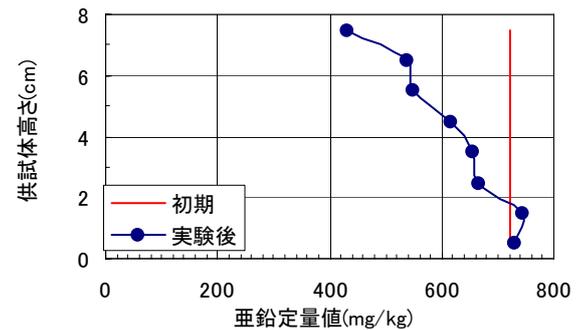


図8 繰返し凍結融解実験の供試体亜鉛分布