

凍結融解現象を利用した新しい土壌洗浄工法と揚水工法との比較実験

(株)近代設計 正会員 鳩 裕幸
 摂南大学工学部 正会員 伊藤 謙
 京都大学大学院 フェロー 嘉門 雅史

1. はじめに

工場跡地等の都市再開発においては廃棄物による重金属やVOC、ダイオキシン等の化学物質による土壌と地下水の汚染が深刻化している。現在、吸引排水等による洗浄技術が用いられているが、これらの方法では透水係数の小さい地盤において洗い残しが生じ、洗浄後に再び汚染物質が地下水に流れ出すことが報告されている。そのため、細粒分を多く含む地盤の洗浄技術として凍結融解が着目された。

今回の報告では、この新しい洗浄技術の適用可能性を検討するため、現場を想定して砂層を含む粘性土の汚染地盤の洗浄実験を行った。

2. 試験内容

2-1 供試体の準備

試料土は、表1に示す425 μ mフルイ通過の藤の森粘土を使用した。供試体は試料土にNaCl水溶液を混合して作成した。試料土に液性限界の約1.5倍のNaCl水溶液を加え、12時間放置した後、ミキサーで4時間攪拌、脱気を行い、100kPaまで予圧密して作成した。その初期含水比は約46%、NaCl濃度は約1.8%となった。

表1 試料土の物理特性

密度 s	2.71	g/cm^3
砂分	7.2	%
シルト分	54.8	%
粘土分	38.0	%
液性限界 w_L	53.4	%
塑性限界 w_p	28.7	%
透水係数 k	5.4×10^{-7}	cm/s

現場における砂層を想定して、粘土供試体の中心に図1に示す砂柱を作成し、砂層と粘土層が互相する現場のモデル化を図った。砂には珪砂5、7号を用い、重量比で3:7で混合したものを自然落下させ、突き棒で軽く押えた。

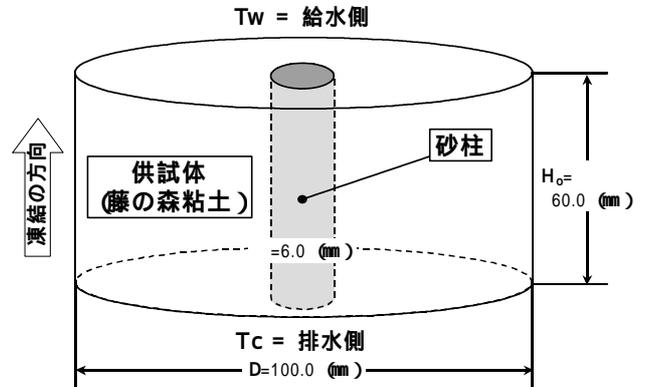


図1 供試体の様子

2-2 試験方法

試験には1次元凍結融解試験装置¹⁾を用いた。試験では凍上セルに供試体をセットし、所定の温度に設定された不凍液を上下部プレートに流すことで供試体を凍結融解させた。給排水量は、上下部プレートに接続した給排水管よりフラスコ内に集められ、電子天秤で測定させた。試験後の供試体内と排水中のNaCl量は、藤の森粘土と蒸留水を用いた電気伝導度の校正試験をもとに求めた。なお、試験は上載圧力20kPaで行なった。

今回は凍結融解試験と比較試験として、揚水工法を想定した加圧試験を行った。試験条件を表2に示す。

表2 試験条件

(a) 凍結融解試験

試験番号	繰り返し(回)	凍結方法	凍結時		融解時	
			給水	排水	給水	排水
S-10-1	1	両面ランプ式	上部	下部	上部	下部
S-10-3	3	両面ランプ式	上部	下部	上部	下部
S-10-5	5	両面ランプ式	上部	下部	上部	下部

(b) 加圧試験

試験番号	動水勾配	給水	排水
P-3-1	20	上部	下部

加圧試験は凍結融解試験で用いた凍上セルを用いて通常の定水位透水試験に準じて行い、300g排水された時点で試験終了とした。

凍結融解，凍上，地盤洗浄，地盤環境

大阪府寝屋川市池田中町 17-8 TEL072-839-9701 FAX072-838-6599

3. 結果と考察

図2にS-10-5における上下部プレート温度変化、変位量と給排水量変化を示す。S-10-5では両面ランプ式により5回の凍結融解を繰り返した。凍結方向は下部側から上部側とし、最終的には上部側もマイナス温度とすることで完全凍結させた。図より、凍結時には凍上に伴い吸水が生じ、融解時には排水に伴い沈下している様子が分かる。ただし、融解時には沈下に遅れて排水が始まる。これは、下部プレートの排水管内で凍結した管内水が完全に溶けた後に排水が生じるためと思われる。

図3にS-10-5における排水量と排水中のNaCl量変化を示す。NaCl排出量は繰り返し回数が増すごとに増加し、NaCl濃度も増加する傾向にあった。これは凍結融解の繰り返し試験中に、砂柱に粘土が入り込み、透水係数が低下した結果、砂柱を通過する水量が減少したことによるものと考えられる。

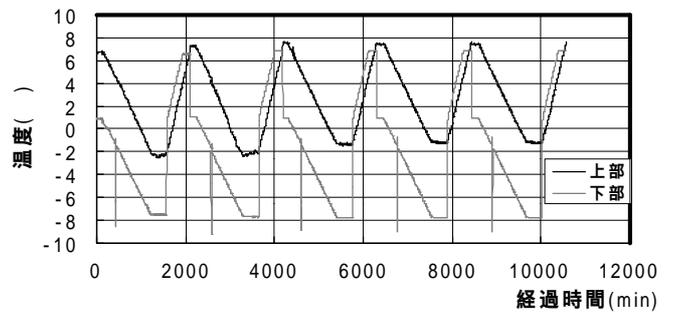
S-10-5では、5回の凍結融解で合計約2.0gのNaClが除去されたことになる。初期NaCl含有量が約3.3gであることから、全体的に60%の供試体中の洗浄が行えたことが言える。

図4は凍結融解試験と加圧試験との総排水量と総NaCl排出量の比較結果を示す。図が示すように、凍結融解試験では繰り返し回数が増加することで、総排水量、総NaCl排出量ともに増加していることが分かる。また加圧試験と比較すると、凍結融解試験は少ない排水量で多くのNaClが排出されている。NaCl排出量は、加圧試験は1回の凍結融解にも及ばない結果である。

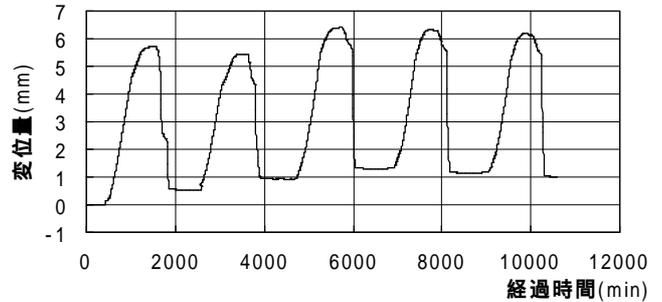
以上のことから、凍結融解作用によって土構造が破壊され、供試体全体を洗浄水が通り易くなり、NaClが排出されていることが考えられる。これに対して加圧試験では、300g排水させてもその排水のほとんどが中央の砂柱のみを抜けるため、供試体のNaClが排出されなかったと言えよう。

4. まとめ

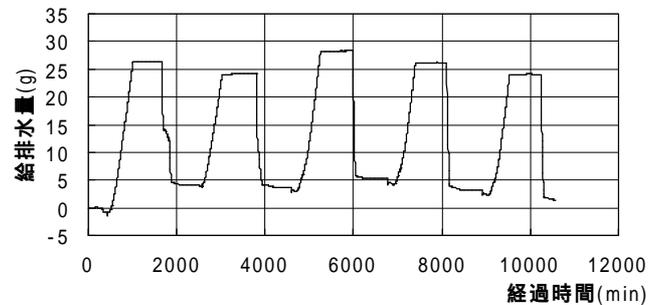
今回の実験を通して、凍結融解による地盤洗浄では、砂層を含んだ粘土地盤においても効果が期待できると考えられる。また、従来の揚水工法等の洗浄工法と比較して、新工法は洗浄水が少なく効率的に処理出来ることが期待される。



(a) 上下部プレート温度変化



(b) 変位量



(c) 給排水量

図2 凍結融解試験結果(S-10-5)

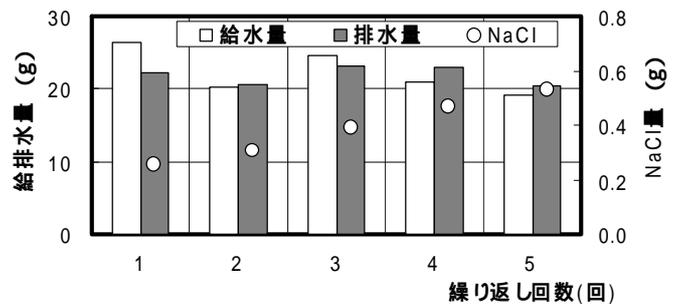


図3 排水量とNaCl排出量変化(S-10-5)

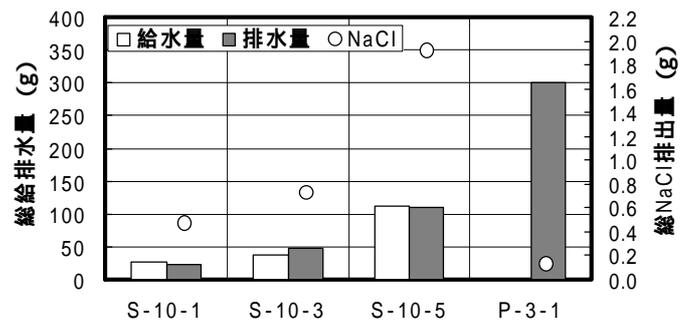


図4 総排水量と総NaCl排出量の比較結果

【参考文献】1) 伊藤謙・嘉門雅史・鳩裕幸：凍結融解現象を利用した地盤洗浄工法の室内実験 土木学会第56回年次学術講演会, pp. , B321, 2001