凍結融解と通水による汚染土壌の洗浄

摂南大学	正	伊藤	譲・学 〇新居	和人・学	新本	健司
不動建設	(株)正	福島	信吾			
錦城護謨	(株)正	野村	忠明			
(株) 精研	正	伊豆日	日 久雄			

### <u>1.はじめに</u>

汚染土壌に対して、凍結融解現象を利用した洗浄方法が提案されている.著者らは、これまで凍結時の凍 上現象に着目した洗浄技術を検討している.過去の実験結果によると、汚染土壌に凍結融解作用を繰り返し 与えると、土壌中の汚染物質が凍上に起因する水分移動に伴い、高温側から低温側へと移動することが確認 されている<sup>1)</sup>.

ところで、凍上現象とは別に、粘性土が凍結融解すると、その直後に透水係数が大幅に増大することも知られている<sup>2)</sup>. その原因は、凍結時に発生する多数のアイスレンズとそれに直行す

るクラックが融解後も完全に閉じることなく、無数の通水経路を形成するためと考 えられる.

そこで、この透水性の改善効果に期待して、凍結融解後に通水を行うことで汚染 土壌が効率的に洗浄されると考えられた.本研究は、この方法による汚染土壌の洗 浄効果の可能性を確認するため、模擬汚染土壌を用いた実験を行ったものである.

表1 試料の特性					
	藤の森粘土				
$\rho_{\rm s}({\rm g/cm}^3)$	2.69				
砂分(%)	2.9				
シルト分(%)	70.1				
粘土分(%)	27.0				
LL(%)	46.4				
PL(%)	24.8				

#### <u>2.実験方法</u>

実験で用いた試料土の特性を表1に示す. 試料土に所定濃 度の NaCl 水溶液を加えて,含水比約 60%に調整する. そし て,図1に示す直径 60cm×高さ 80cmの土槽に投入して,中 央および側面の4箇所より排水可能な条件で,荷重 30kPa で 予圧密を行った.予圧密終了後,載荷重を 20kPa として,土 槽中央の給排水パイプを給水タンクに接続して土槽内に通水 可能な状態とした.

実験条件の詳細は表2に示すとおりである.凍結は土槽壁 面の凍結板に冷却液を循環させて,側面部より中心方向へ凍 結させた(表2・C12).凍結の進行は土槽底面と中心部に設置 された熱電対により確認した.測定温度より,凍結面が土槽 中心部に達したと確認された時点で冷却を中止した.

融解時は中心パイプに 40℃の温水を流して,27 時間の融解 を行った. その後,3 時間の真空吸引を行った. なお,融解 および真空吸引時は,凍結時と同様に給水タンクから通水可 能とした.また排水は側面に設置した PBD(t=4mm×b=5cm× h=45cm)より行った.

また,比較実験として,凍結を伴わない真空吸引のみの実 験(表 2・C0)も行った.

### <u>3.結果と考察</u>

実験結果を図 2~6 に示す. 図 2 に実験中の温度変化を, 図

キーワード 凍結 汚染土壌 洗浄

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

 新成長
 新成長</



No.	C0	C12
凍結状態	なし	あり
初期高さ(cm)	55	55
初期含水比(%)	59.7	58.2
初期NaCl濃度(%)	3.6	2
凍結温度(℃)		-3→-12→-9
凍結時間(h)		288
融解温度(℃)		40
融解通水(h)		27
吸引圧力(kPa)	-80	-50
吸引通水(h)	6	3

3 に変位量の変化を示す. 図 3 より, 凍結時に 15.5mm 凍上し, 真空吸引後では, もとの供試体に比べて 18.1mm 沈下した.

図4に融解・真空吸引時の排水のNaCl濃度を示す.図より, 融解・真空吸引時の排水が初期濃度(2%)の3割から6割となって いることが分かる.融解・吸引時の通水によって,ある程度は薄 められているが,従来工法と比較して高濃度の汚染水の回収が可 能と言えよう.

図5に実験後の含水比分布を示す. 試料の初期含水比と予圧密時の排水量(23.3L)より,凍結前の含水比はwof=45.7%と計算される. wof と比較して,凍結融解後には全体的に含水比が低下していた.また,融解時の排水41.0Lと真空吸引による排水10.0Lとを合計すると51.0Lである.この間の給水タンクよりの補給は45.8Lであり,含水比の低下傾向と一致する.また,土槽内の中心付近の含水比が比較的高い.これは,土槽の中心パイプより給水を行ったためと考えられる.

図 6 に実験後の供試体の NaCl 残留率を示す.初期状態と比較 して,土槽中心部より約 10~15cm 付近まで,洗浄されている様 子が分かる.これに対して,図 7 の凍結融解を行わない場合では, 洗浄領域が認められない.これらより,凍結によって発生した無 数の小さな亀裂が融解後にも残存したため透水性が良くなり,通 水時に間隙中の NaCl が洗い流され安くなったと考えられる. C0 における真空吸引時の排水量 1.5L(6 時間)と C12 の 10.0L(3 時間) とを比較すると,凍結融解により透水係数は約 13 倍大きくなって いると推定された.

## <u>4.まとめ</u>

今回の実験結果をまとめると次のとおりとなる.

(1) 粘性土において,凍結融解作用を与えると,その後の通水が 容易となる.このことにより,原位置での洗浄処理において,ポ ンプアップ等を単独で実施するよりも,前処理として凍結融解を 行うことで,洗浄効率が大幅に改善されると考えられる.

(2) 凍結融解の効果は、特定の水道が形成されたとするよりも、 無数の亀裂により全体的に透水性が改善されるものと考えられる.

最後に,この実験は摂南大学・南敦司君,中谷行伸君の卒業研 究として行われたものであり,ここに記して感謝の意を表するも のである.

# 参考文献

- 伊藤譲・嘉門雅史・鳩裕幸・新居和人:汚染土壌の凍結融解
  現象を利用した浄化修復技術の実験的研究,日本材料学会第
  5回地盤改良シンポジウム論文集,pp.237-242,2002.
- Chamberlain, E. J. and. A. J. Gow: Effect of freezing and thawing on the permeability and structure of soils, Engineering Geology, Vol.13, pp.73-92, 1978.

