

摂南大学工学部 正生員 伊藤 譲
 摂南大学工学部 学生員 ○新居 和人
 (株) 安積建設 空谷 一幸

1. はじめに

VOC の原液である DNAPL は地中深く浸透する。そして、細粒土層に至ると、浸入し易い場所を選んで移動して、結果として枝分かれ状に分布滞留する。一般に、細粒土中の DNAPL 等の汚染物質の除去は困難とされている。水溶性物質により汚染された細粒土は、凍結融解により洗浄可能であることが報告されている¹⁾。本研究では、同様の原理により、凍結により粘性土中の DNAPL が強制的に除去可能であるか、実験的に検討を行った。

2. 実験方法

実験で用いた試料の特性を表 1 に示す。試料土は液性限界の約 1.5 倍の含水比に調整し、スラリー状にした後、100kPa まで予圧密を行った。そして、直径 100mm、高さ 80mm に整形したものを供試体として用いた。なお、実験前の初期含水比は約 47% である。

実験では供試体を一次元凍結融解実験装置(図 1)にセットし、下部より凍結させた。凍結時に供試体上部より模擬 DNAPL として 3M 社製 PF-5080 を供給可能とした。実験後、試料土の含水比(実際は「水+DNAPL」と土粒子との比)、体積と重量測定より、試料土に含まれる DNAPL 量を測定した。

また、比較実験として、水を供給する通常の凍上実験を行っている。なお、吸引を行う場合には、上部の給水バルブは閉じて下部方向より行った。実験温度条件等を表 2 に示す。

3. 結果と考察

3. 1 凍結時の DNAPL の動き

図 2~4 に実験中の測定温度変化、凍結時の変位量および供給量変化の結果を示す。

図 2 より、供試体の両端の温度が、同時に、同じ速度で降下されたことが分かる。図 3 より、水を供給した場合は、滑らかに変位し、最大変位は 19mm であったことが分かる。これに対して、DNAPL 供給の場合は、水の場合とは対照的に、不規則に変位し、最大変位は 7.1mm であった。また、図 4 より、最終的に供給された水、DNAPL の量はそれぞれ 110cm³、26cm³であったことが分かる。

C2 において、凍結時に供給された DNAPL を供試体断面積で除すると、DNAPL による変位

表 1 試料の特性

	藤の森粘土
密度 ρ_s (g/cm ³)	2.71
液性限界 W_L (%)	53.4
塑性限界 W_p (%)	28.7
透水係数 k (cm/s)	5.4×10^{-7}
砂分 (%)	7.2
シルト分 (%)	54.8
粘土分 (%)	38.0

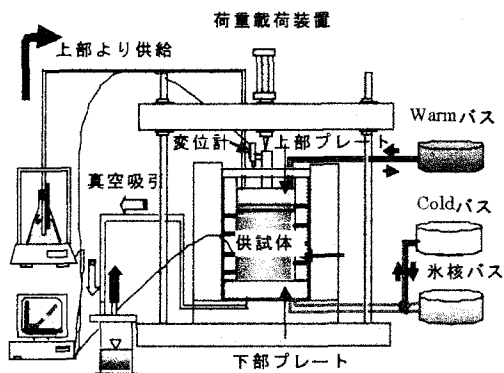


図 1 一次元凍結融解実験装置

表 2 実験条件

Case	C1	C2, C3
供給物質	水	DNAPL
実験荷重(kPa)	20	
冷却速度(°C/h)	-0.25	
温度勾配(°C/cm)	1.25	
T_w (°C)	11→-1→-11→0→18	11→-1→-11
T_c (°C)	1→-11→10→18	1→-11

量が算出され、DNAPLによる変位は3.3mmであった。これより、凍上時に発生する強い吸引力により、水と比較すると移動し難いものの、DNAPLも粘性土内を移動することが分かった。

図5にC2における凍結直後のDNAPL分布を示す。DNAPLが高温側(Tw)から低温側(Tc)にかけて分布している。しかし、その分布は不連続であり、一様ではない。これは供試体内に供給されたDNAPLが、凍上により生じたクラックなど、滞留しやすい場所で、DNAPL溜りを形成していることを示すものであろう。なお、供試体とセルとの間にDNAPLが入り込むことがあったが、これは考慮していない。

3. 2 凍結吸引によるDNAPLの動き

図6に凍結吸引後のDNAPL分布を示す。凍結時に上部より23.5cm³(41.4g)のDNAPLが吸引された供試体(C3)に対して、1時間の真空吸引を行った。

その時に、排出された液体は確認されなかった。しかし、吸引前後の供試体重量を比較すると、10.0g軽くなっていた。なお、吸引時は凍結していたため、水分の蒸発は非常に少ないと考えられる。従って、図6と合わせて考えると、蒸発除去されたのはDNAPLではないかと考えられる。

4. まとめ

凍結実験の結果より、DNAPLは凍上時に発生する吸引力により、その程度は水よりも小さいものの、粘性土内を高温側から低温側へと移動することが分かった。

また、凍結後に吸引を行った結果、液体としてのDNAPLは確認されなかったが、ある程度吸引除去されたことが推測された。

謝辞

本研究は、不動建設(株)、錦城護謨(株)、(株)精研との共同研究の一部であり、多大なご協力をいただいています。また、実験にあたり御助言をいただいた国立環境研究所遠藤和人博士に感謝いたします。

参考文献

1)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.

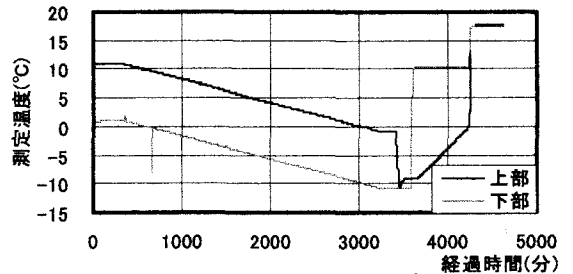


図2 C1, C2の測定温度変化

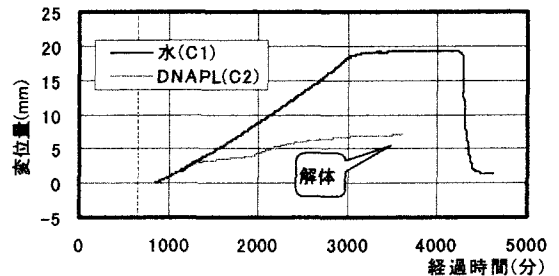


図3 C1とC2の変位量の違い

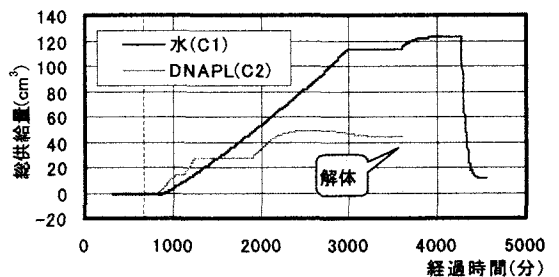


図4 C1とC2の供給量の違い

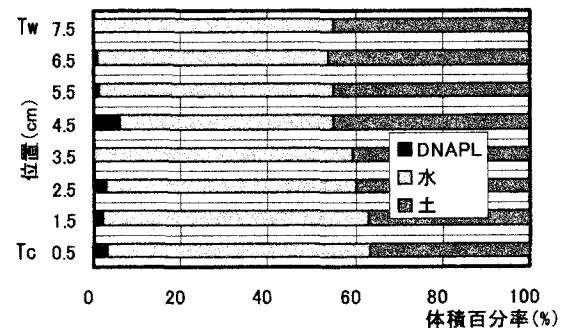


図5 凍結直後のDNAPL分布(C2)

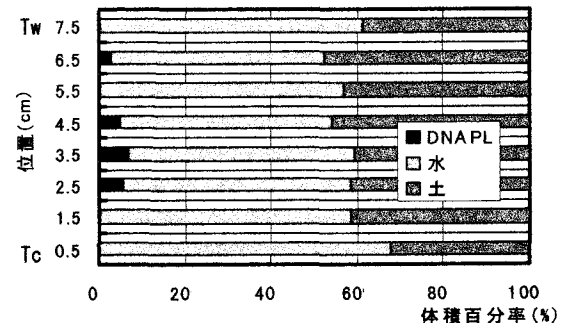


図6 凍結吸引後のDNAPL分布(C3)