

III-219

凍結・融解による土中水の移動に関する室内試験

日本国土開発㈱ ○正会員 梅田美彦

1. はじめに

寒冷地において、冬期に地盤表面が凍結し凍害が生じる。凍害は主に凍上現象によるものが多いため、凍結時の凍上と水分移動に関する研究が従来から多くなされている。一方、地盤が凍結した後気温が上昇すると融解現象が生じる。融解時には、地盤表面が泥濘化し路盤等のひびわれが生じる。これは、凍上による水分集中部分が解凍によって軟弱化するためとされるが、融解時の水分移動について十分な研究はなされていないように思われる。廃棄物等の覆土を考えると、凍結および融解時の水分移動は有害物質の移動にからんで重要な研究テーマである。このため、凍結・融解による水分移動の解明を目的として室内試験を実施した。

2. 試験方法

試験装置を図-1, 2に示す。装置は、試料容器、恒温水槽および試料冷却装置、計測装置より成っている。試料容器は、 $\phi 50 \times 110$ mmの亚克力パイプ製である。恒温水槽および試料冷却装置は、試料の上下端部の温度を制御するための装置で、今回の試験では、下部端の温度を一定とし、上部端の温度を上下させて、試料上部を凍結・融解させた。計測は、水分量、温度について実施した。この内水分量は、RI水分計により全体水分量を測定した。温度はサーミスタ温度計で1/100の読み取り精度で測定した。

試料は表-1に示すような細粒の珪砂を用いた。この試料は凍結によって表面が浮き上がるような凍上現象を生じることにはなかった。なお、試験は試料下部を不透水境界としたクローズドシステムで実施した。

3. 測定結果と考察

温度および含水比の経時変化を図-3, 4に示す。試料上部の冷却槽の温度は、上部槽については試験開始後 -5.0°C として試料上部から凍結させた。その後、210時間後に -2.0°C 、460時間後に 0°C として融解を生じさせた。一方、下部槽の温度は試験期間中 4.0°C に保持した。試料内部の温度は上端部の温度変化に応じて変化しているが、各温度段階において温度を変化させてから20~30時間後にほぼ一定の値となっている。また、含水比の経時変化についてみると、測定位置によって変化が異なり、上部冷却槽の温度の変化によってそれぞれ独自に上昇、下降の挙動を示している。図5, 6に温度および含水比の深度分布を示す。

各温度設定段階において、どのような水分移動をしているかを知るために、図-7に温度を変化させた前後および温度を一定にした間の含水比の変化量を深度分布として示す。図から以下の点が読み取れる。

- ・凍結線の進入とともに凍土側の含水比は増大し、未凍土側の含水比は減少する（図-a, b）。これは、未凍土側から凍土側へ

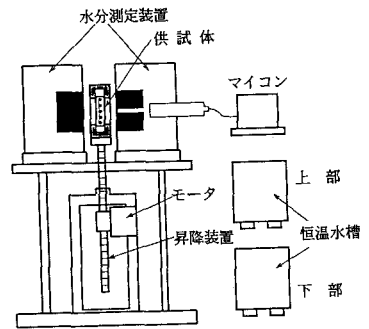


図-1 凍結試験装置の概要

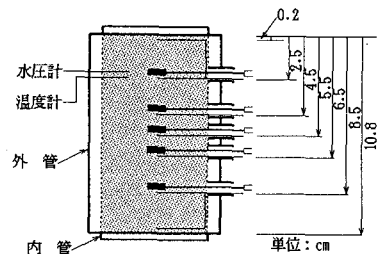


図-2 試料容器と計器の配置

表-1 使用材料の物性

粒 度 特 性	礫 分 (2.0mm以上) (%)	0.0
	砂 分 (0.074~2.0mm) (%)	90.6
	シルト粘土分 (0.005~0.074mm) (%)	9.4
土粒子の比重 Gs		2.639
透 水 係 数 k (m/s)		$3.0 \sim 4.0 \times 10^{-5}$
水 分 特 性	限界毛管水頭 ϕ_{cr} (m)	0.30
	飽和体積含水率 θ_{sat}	0.43
	最小容水量 θ_{cr}	0.05

水分が吸収されるからである。

- ・ 上端の温度が上昇すると凍結線が後退し、融解が生じる。融解した部分の含水比は減少し、凍土側および融解層より下部の含水比が増大する（図－c, d）。これは融解した水分が凍土側に吸引されるものと、重力によって下方へ浸透するものに分かれたためである。
- ・ 上端温度が0℃になって全ての土が融解した時点では、融解した部分の含水比は減少し、融解層より下部の含水比が上昇する（図－e）。これは融解した水分が重力によって下方へ移動するためであると考えることができる。

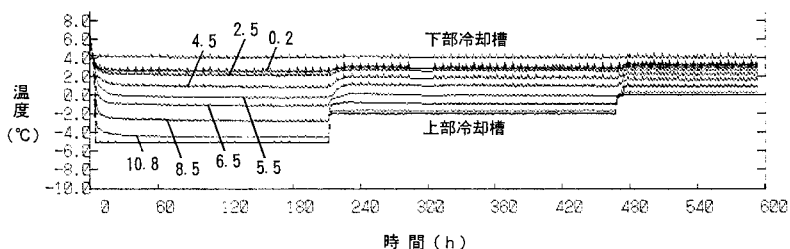
4. 結 論

凍結および融解時の土中水の分布を測定した結果、土中水は複雑な移動をすることが分った。融解時に融解した水分が下方に移動し、地下水に供給されることは従来から指摘されていたが、今回の試験によって融解した水分が上方へも移動することが明らかになった。これは、汚染物質の移動を検討していく場合、不飽和地盤の凍結・融解の繰り返しによって速い速度で汚染物質が移動することを意味しており、重要な事項であると考えられる。

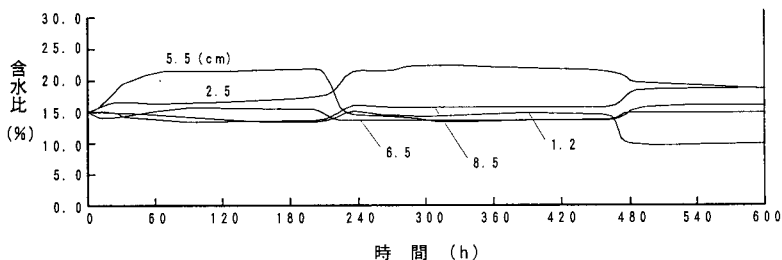
参考文献

西垣、梅田、河野：不飽和砂質地盤の凍結過程における土中水の移動、土木学会論文集，No.475/Ⅲ-24，pp.39-48，1993.9.

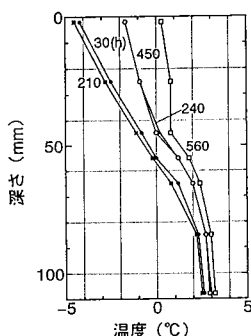
梅田、西垣、河野：クローズドシステムにおける地盤凍結による土中水の移動の予測に関する研究，土木学会論文集，No.481/Ⅲ-25，pp.165-173，1993.12.



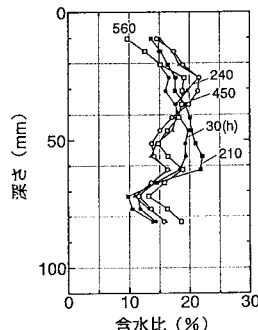
図－3 温度の経時変化



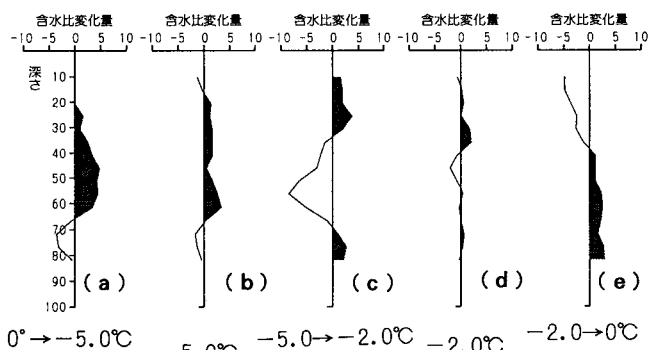
図－4 含水比の経時変化



図－5 温度の深度分布



図－6 含水比の深度分布



図－7 含水比変化量の深度分布