

Ⅲ-138 不飽和土の凍上における未凍土中の水分変化

日本道路公団試験所 三嶋 信雄、瓦川 善三
正会員 伊藤 譲

1. 目的

地下水位と凍上の関係は古くから指摘されている。しかし、現在まで凍上試験でそのことは考慮されていなかった。当試験所においては、凍上に及ぼす地下水位の影響を調べるために、大型土槽における凍上実験を進めているが、地下水位が低くなると材料の凍上特性が著しく変化するという事例が得られている。本報文では、室内の凍上実験において未凍土部分の水分張力を測定することにより、この現象の説明を試みた。

2. 実験方法

実験装置の概要を図-1に、用いた2種類の試料土の物性値を表-1に示す。

2種類の試料土の内、苫小牧土は室内試験（KODAN112）ではそれほど強い凍上性を示さないが、地下水位が低い条件でも凍上量が大きい材料である。混合土は室内試験では強い凍上性を示すが地下水位が低くなると急激に凍上を起こさなくなる材料である。

4.5kgテーパー×42回×10層（含水比：苫小牧土=21.5%，混合土=23%）で突固められた供試体に、側壁部分からテフロンテープ、Pt温度センサーを差し込み、密閉シールする。上下冷却バーを冷却液循環装置に、給水系統をマリウ式給水装置に接続し、上下共+4℃、低温室温度+2℃中で24時間養生後、固定温度条件（上端-4℃、下端+4℃）で10日間冷却し、実験中の凍上量、給水量、供試体側面の温度分布、水分張力を測定し、さらに試験終了直後の含水比の分布を測定した。今回報告するのはCASE1（苫小牧土）とCASE2（混合土）の2ケースである。

3. 結果と考察

3.1 凍上量と吸水量

図-2に凍上量と給水量の経時変化を示す。CASE1（苫小牧土）では冷却開始直後から給水が始まり、凍上はほぼ同時に発生している。図の凍上量と給水量の目盛りは対応しているが、凍上量は給水量から計算される量よりも小さく、空隙中にかなりの量が吸収されていることがわかる。この実験では、側面の温度変化から凍結面の進行が約100時間で止まっていると推定されたが、凍結

表-1 試料土の物性値

試料名		混合土	苫小牧土
比重		2.636	2.580
粒度特性	粒レキ分(2000μm以上)	0.00	7.70
	砂分(74~2000μm)	66.70	61.30
	シルト分(5~74μm)	20.00	23.80
	粘土分(5μm以下)	13.30	7.40
	(2μm以下)	9.20	2.80
凍水係数 cm/sec		5.97×10^{-7}	8.91×10^{-5}

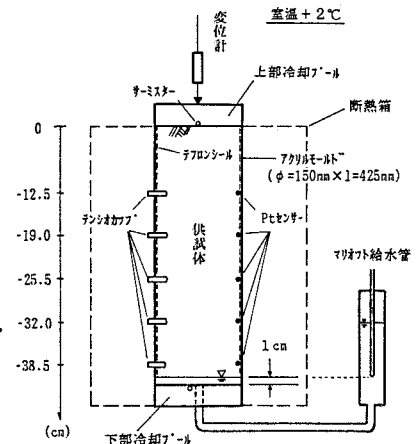


図-1 実験装置の概要

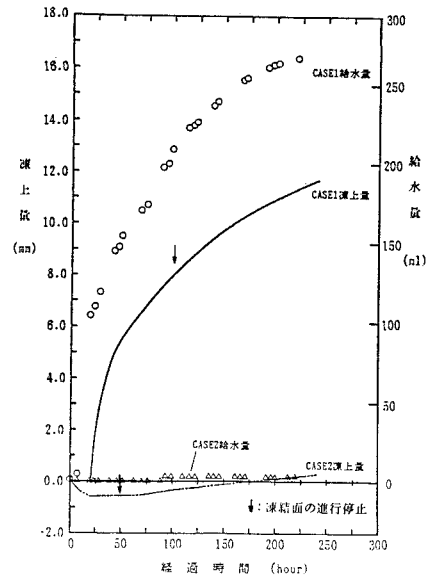


図-2 凍上量と給水量の経時変化

面が止まってからは給水速度と凍上速度が良く一致する。

CASE2（混合土）では、凍上量の発現は微量で、給水はされていない。供試体の未凍土部分から凍結面への水分移動のみが生じていると考えられる。

3.2 水分張力

図-3に水分張力の経時変化を示す。CASE1（苦小牧土）では100時間経過頃から190時間頃に20cmH₂O程度の水分張力が発生し、その後消滅している。これより、一時的に供試体中での含水比の低下が生じたが、その後回復したと考えられる。最上端GL-12.5cmの反応がなかったが、センサーの設置不良のためと考えられる。

CASE2（混合土）では、凍結面の直下から時間の経過に伴い徐々に水分張力が下方へと発生していき、最終的にはGL-12.5cmで約200cmH₂Oのピーク値を示す。水分張力は凍結面に近いほど大きく、最下端GL-38.5cmでは水分張力の変化が確認されなかった。これより、未凍土部分の水分が凍結面に移動し、未凍土部分では乾燥が進行しつつあると考えられる。また、GL-38.5cmで最後まで変化がなかったことから、この点から水面にかけてのセンサー勾配の変化もなく、これが図-2で示したように給水の起こらなかった原因と考えられる。

3.3 試験後の含水比分布

試験直後に供試体を分割して、含水比の分布を調べた。図-4に示すようにCASE1（苦小牧土）では、凍土側全体にわたって含水比が増加している。苦小牧土では養生中の給水量が正確に測定できなかったため試験直前の含水比は推定の域を出ないが、未凍土側の凍結面の下側で含水比が他より低下している部分が若干認められる。

混合土では、凍土側の最終凍結面付近で含水比が急増している。また、未凍土側では、水分張力の分布によく対応して、凍結面直下で含水比の低下がピークになり、下方に向かうほどその傾向は小さく、GL-38.5cm付近ではほとんど変化がなくなる。

4. まとめ

① 苦小牧土では凍上中の未凍土側の含水比の変化は少なく、凍上に寄与する水分は地下水面から連続的に補給された。

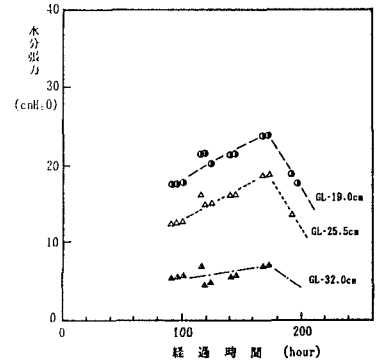
② 混合土では、凍結面と地下水面間の未凍土部分で含水比の低下が生じ、乾燥化による不飽和透水係数の低下が、水分移動を困難にし凍上を起こしにくくしたと考えられる。

③ ①の性質を示す材料は地下水位が少々低下しても給水が容易に行われる。これに対して、②の性質の材料では地下水位の低下に伴い給水が制限され、凍上しなくなると予想される。

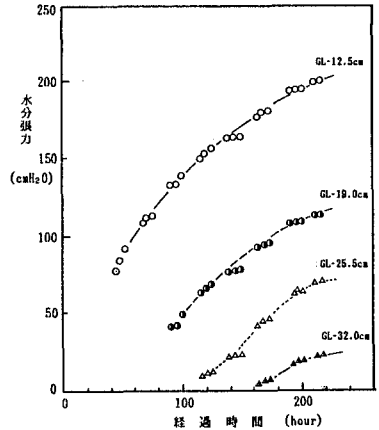
④ 今後は、未凍土中の水分移動特性を考慮した凍上性評価方法を検討する。

<参考文献>1) 武田ら：土の凍結時の未凍結土中内の水分移動，低温科学，物理篇，35，287～293，1977

2) 瓦川ら：道路の凍上対策に関する研究（その2），第24回土質工学研究発表会，1989

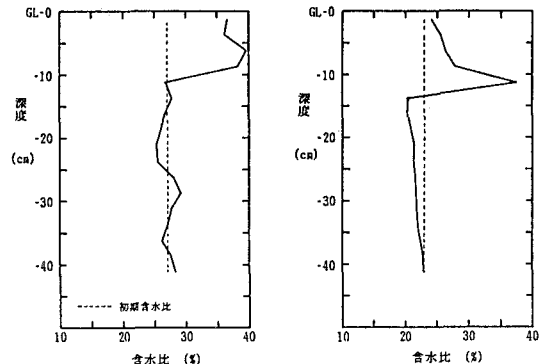


(1) CASE1 苦小牧土



(2) CASE2 混合土

図-3 水分張力の経時変化



(1) CASE1 苦小牧土

(2) CASE2 混合土

図-4 供試体の含水比分布