

新潟大学工学部 正員 小川 正二

新潟大学工学部 正員 ○青山 清道

三井建設(株) 正員 田村 富雄

1. まえがき

寒冷地や高所の山岳道路においては、土が凍結-融解を受けるため基礎や舗装の凍上、軟弱化が問題となっている。凍上は凍結時に地下に発生する霜柱により土の体積が増加するために生ずるといわれ、従来凍上防止対策としては凍結深度まで凍上をおこしにくい土をおまかえる置換工法がとられているが、凍結深度が拡大するなどの問題が生じている。

筆者らは、これまで水分の供給をさしこめた“CLOSED-SYSTEM”のもとで、凍結-融解を受けた土の力学的性質の変化について基礎的な研究を進めてきており、これの一連の研究結果から、土が凍結-融解を受けると、たとえ外部からの水分の供給がなくとも強度低下をきたすこと、またこの強度低下への凍結-融解時の水分移動、凍結-融解をたえるサイクル数の影響、くり返し荷重を受けた時の載荷回数の影響等を明らかにして来た。

さらに“OPEN-SYSTEM”のもとで凍結-融解を受ける粘性土の挙動を知り、有効、適切な凍害防止対策をたてるための基礎資料を得るための基礎実験を行ったので、ここでは主として、土層の深さ方向の凍上量の変化、含水比分布、温度変化などについて若干の報告をする。

2. 実験概要

凍上試験機は Fig. -1 のように上室、下室それぞれ独立に温度調節が出来る冷却装置を備え現場の状況を再現出来るような構造となっている。

使用した試料は実際に凍上現象がみられる長野県蓼科高原より採取したものであり、その物理的性質は $G_s = 2.81$, $w = 90 \sim 100\%$, $L.L. = 122.7\%$, $P.L. = 54.8\%$, $D_{50} = 0.02 \text{ mm}$, $D_{30} = 0.07 \text{ mm}$, $D_{10} = 0.020 \text{ mm}$ である。

上記の試料に加水して所定の含水比に調整したものを実験槽に締め固め、厚さ 65 cm とした。地下水位を地表面より深さ 63 cm に仮定して槽の底部に吸水槽を設け“OPEN-SYSTEM”になっている。

土中の温度状態は地表面より 5, 20, 35, 50 cm の位置に差しニムスサーミスタで測り、土層の深さ方向の凍上量の変化は Fig. -2 のように設置した凍上計により測定した。

3. 実験結果及び考察

土層の鉛直方向の温度変化は Fig. -3 のようになっており、時間の経過とともに凍結深度

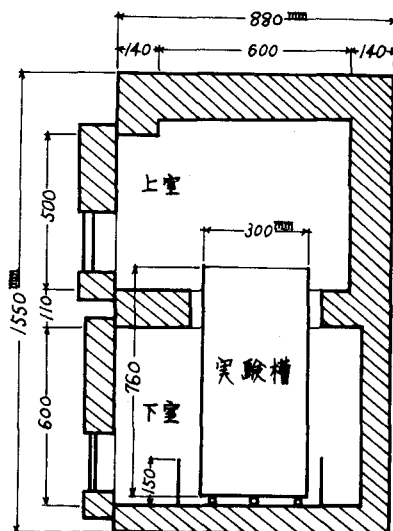


Fig. -1 凍上試験機側面断面図

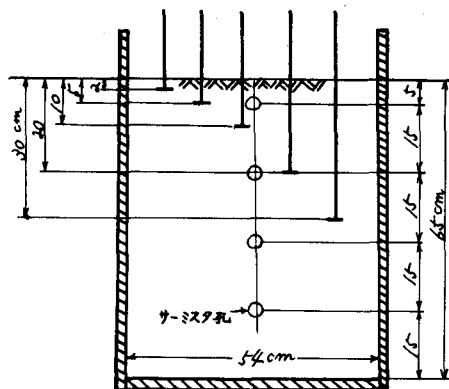


Fig. -2 サーミスタ孔、凍上計位置

が拡大していく過程がわかる。

Fig.-4は土層中の鉛直変位測定のための凍上計の変位と時間の関係を示している。凍結の初期には地表面を除き各層とも沈下しているが、これは試料土が高含水比のため実験槽にめぐる時に生じた不均一な状態から、土が安定状態になるため沈下したものである。

その後さらに沈下が增大するが、これは凍結部では下から吸い上げられた水が氷として析出して氷層が出来るため、凍結部より下の土は圧密されて沈下するものと考えられる。凍結面が下方に抜かるにつれて、一度沈下した層も凍結によってかなり凍上していることがわかる。

凍上の進行中はアイスレンズの形成などのため土層中の含水比の変化が生じる。凍結-融解後の鉛直含水比分布を示せばFig.-5のようになる。融解時に自由水が重力で下方に移動するため凍結時の含水比状態をそのまま表わしていないが、凍結時に水が上方に移動する速さに比べると、融解時に水が下方に移動する速さは、かなり遅いと考えられる。凍結部の直下で含水比曲線に変曲点があつたのは含水比が急に低下している。これより、初期含水比よりも凍結-融解後の含水比が高い部分は凍結していたものといえる。

室内模型実験を行った後、土層の各深さで試料を採取し、各種のせん断試験を行った。Fig.-6は地表面から5~20cm, 25~40cm, 45~60cmの位置で採取した供試体で行った一軸圧縮試験結果である。土層表面の土のせん断強度は地中部のそれに比べて、かなり低いことがわかる。凍結-融解によって土の強度が低下するのは凍結時に土中に毛細割目ができ、これが凍結の進行とともに拡大すること、凍結時の水の膨張による土粒子の移動から生じる構造上の变化、そして凍結時の下層からの吸水と土粒子周囲の吸着水の自由水化による含水比の増加が考えられる。

4. おとがき
以上“OPEN-SYSTEM”のもとで凍結-融解を受けた粘性土の凍上機構について若干の結果を述べたが、凍結-融解による軟弱化を防ぐには、下層からの水分の補給を断つとともに、凍結することそのことを防止することが必要であるとの観測から、置換、断熱、遮水工法などの比較実験は現在行っている。

末筆ながら、本研究をすすめるにあたり御協力いただいた、相川博、土井正幸の両君に深甚なる謝意を表す。

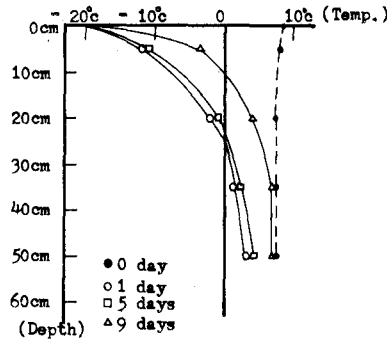


Fig.-3 温度変化

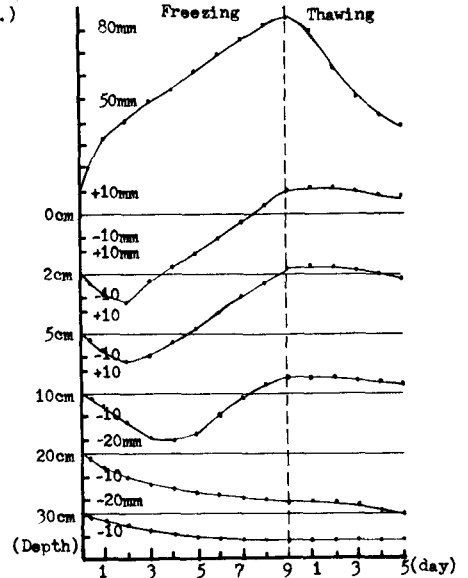


Fig.-4 鉛直変位と時間の関係

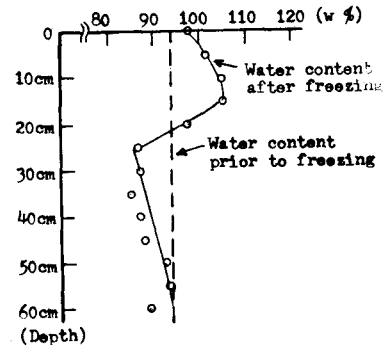


Fig.-5 含水比分布

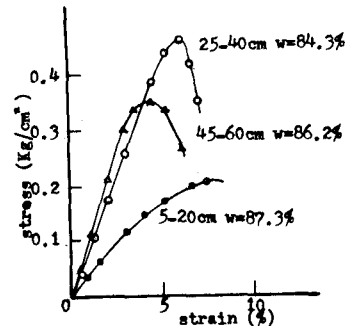


Fig.-6 一軸圧縮試験結果