

新潟大学工学部 正員 ○青山 清道
 新潟大学工学部 正員 小川 正二
 三井建設(株) 正員 福田 誠

1. まえがき

寒冷地においては、地表面が冷却されて凍結する時、地中に鉛直に埋められた物体が凍着凍上により地面の凍上とともに地表面に浮きあがることがある。長野県蓑科高原の凍上に関する現場調査¹⁾でも、マンホールが凍着凍上で写真-1のように地表面から持ち上がり、被害の生じていることが認められた。

ここでは、有効かつ経済的な凍着凍上防止対策を立てるための基礎資料を得るために室内模型実験²⁾を行い、凍上量と単位凍着面積重量との関係、マンホールの材質や粗度と凍上量との関係などを調べた。合わせて、マンホールの上昇現象を詳細に把握するために、土中の温度分布、含水比分布、凍上量の鉛直分布等も測定し、粘性土の凍上機構²⁾との関連性も明らかにしようとするものである。

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し得るような構造となっている。

使用した試料土は、実際に凍着凍上現象がみられる蓑科高原より採取したものであり、その物理的性質は $G_s = 2.81$, $w = 90 \sim 100\%$, $L.L. = 122.7\%$, $P.L. = 54.8\%$, $D_{50} = 0.02mm$, $D_{30} = 0.07mm$, $D_{10} = 0.20mm$ である。また、 $\gamma_s = 1.30 \sim 1.45 g/cm^3$, $w_{opt} = 75\%$, $e = 1.0 \sim 1.2 \times 10^{-4} cm/sec$ である。

この試料に加水して、含水比 90% に調製したものを実験槽にため、層の厚さが 65cm となるようにした後、単位凍着面積重量の異なる3個のコンクリート製マンホールを Fig. -2 のように土中に埋め込んだ。凍上試験機に実験槽をセットし、1日放置した後、上室を $-20^\circ C$ 、下室を $14^\circ C$ に保ったまま1週間、凍上量、鉛直方向の温度分布、マンホールの上昇量などの測定を続けた。なお、比較のために塩ビ製マンホールについても同様の実験を行った。地下水位面は地表面より 63cm 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, 50cm の位置に差し込んだサーミスタを測り、土層の深さ方向の凍上量の深さは、土層中に設置した凍上計により測定した。

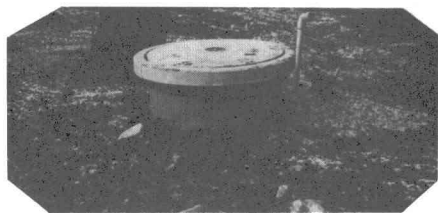


写真-1 凍着凍上によるマンホールの浮き上がり

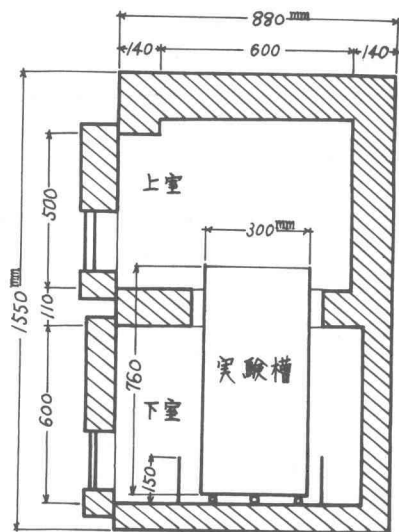


Fig. -1 凍上試験機側面断面図

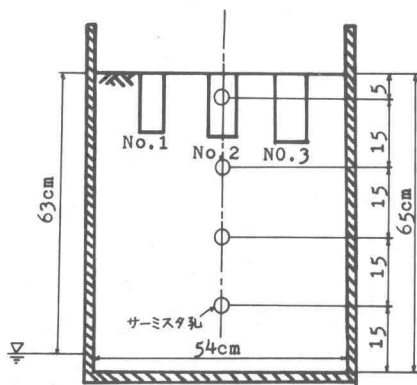


Fig. -2 サーマスタ孔、マンホール位置

3. 実験結果及び考察

単位凍着面積重量がそれぞれ1.3, 1.8, 2.3 gr/cm^2 のコンクリート製マンホールの鉛直変位と凍結経過時間との関係を示したものがFig.-3である。凍結の初期には各マンホールとも沈下している。これは、試料土が高含水比のため実験槽に付着して生じた不均一な状態から、土が安定な状態になるためマンホールも土とともに沈下したもののと思われる。

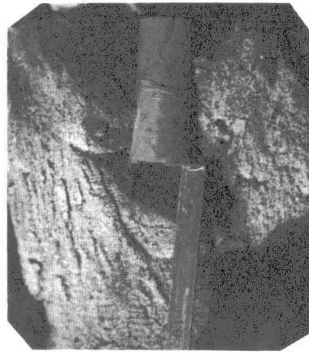


写真-2 凍着凍上により生じた空洞

凍結時間の経過とともにマンホールの穴から流入した冷気により、マンホールの周囲土が表面土とともに凍結する。この周囲の凍土がマンホールと一緒に持ち上げ、地面の凍上とともにマンホールも浮き上がり、その下には写真-2のような空洞が生じる。

凍上量と単位凍着面積重量との関係は、コンクリート・マンホール、塩ビマンホールについてプロットしたものがFig.-4である。これより、同じ材質の場合には単位凍着面積重量が大きいものほど凍着凍上量は小さく、材質が異なる場合には熱伝率の大きい方が凍着凍上量が大きくなっていることがわかる。

材質や材質表面の粗度と凍上量との関係を調べるために、同じ単位凍着面積重量のマンホールを二本用意して、一方には潤滑材としてグリースをマンホール周囲に塗布し、土が側壁面に凍着しにくいようにした。Fig.-5はコンクリート製と塩ビ製についての一例である。塩ビマンホールの重量はコンクリートマンホールより軽にもみかわらず、凍結初期では塩ビの沈下はコンクリートよりも大きい。これはコンクリートの方が塩ビに比べると熱伝率率が大きいため、コンクリート周囲が塩ビ周囲より早く凍結し、凍着凍上力が先に働くからであると思われる。

また、材質が同じ場合、グリースを塗布し周囲をなめらかにしたものは、無処理のものに比べ凍上量は小さい。したがって、マンホールの周囲に潤滑材をぬ르는ことは、凍着凍上量の軽減に役立つものと思われる。

未筆ながら、凍着凍上について有意義な助言をいただいた、北大低温研、木下誠一教授に深甚なる謝意を表します。また、この実験に御協力いただいた、本学卒業生の梅沢健一君と半田法人君に感謝致します。

参考文献

- 1) 青山, 小川, 田村 “凍上に因る現場調査” 土木学会第31回年次学術講演会講演概要集 (昭和54年)
- 2) 小川, 青山, 田村 “粘性土の凍上機構についての実験的研究” 土木学会第30回年次学術講演会講演概要集 (昭和53年)

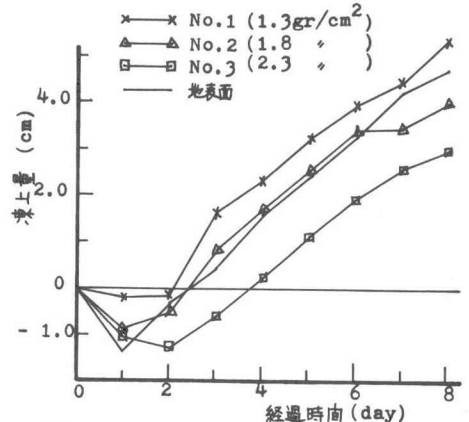


Fig.-3 凍上量と経過時間との関係

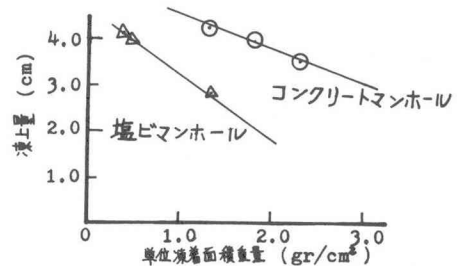


Fig.-4 凍上量と単位凍着面積重量の関係

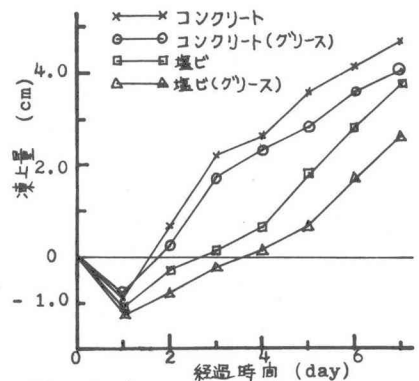


Fig.-5 凍上量と表面粗度との関係