

新潟大学工学部 正員 ○ 青山 清道
 飛島道路 (株) 鈴木 隆之助
 飛島道路 (株) 平井 敬

へまえがき

寒冷地や高所の山岳道路においては、地表面が冷却されて凍結する際、地中に鉛直に埋設された物体が凍着凍上により地表面の凍上とともに浮き上がり、地表面の融解の時に元の状態に戻らなくなることがある。

ここには、有効かつ経済的なマンホールの凍着凍上防止対策またそのための基礎資料を得るため室内模型実験により、各種の凍着凍上防止処理の比較、検討を行なった結果について、主として凍上量と経過時間の関係について報告する。なお、マンホールの上昇現象を詳細に把握するため、凍結深、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されている。使用した試料土は、実際に凍着凍上現象がみられる葛科高原より採取したものであり、その物理的性質は $G_s = 2.8$ 、 $w = 90 \sim 100\%$ 、 $L.L. = 62.7\%$ 、 $P.L. = 54.8\%$ 、 $D_{10} = 0.02\text{mm}$ 、 $D_{30} = 0.07\text{mm}$ 、 $D_{50} = 0.20\text{mm}$ である。また、 $\gamma_s = 1.30 \sim 1.45 \text{ g/cm}^3$ 、 $w_{opt} = 75\%$ 、 $\alpha = 1.0 \sim 2.2 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ 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詰め、層の厚さが 65 cm とするようにした後、無処理マンホールと凍着凍上防止処理マンホールを 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°C 、下室を 14°C に保ったまま 1 週間、各種の測定を行った。地下水位面は地表面より 63 cm に設定し、槽の底部に吸水槽を設け "OPEN-SYSTEM" になった。土中の温度状態は地表面より 5, 20, 35, 50 cm の位置に差し込んだサーミスタで測り、土層の深さ方向の凍上量は、土層中に設置した凍上計により測定した。

凍着凍上防止処理とした模型は Fig. 3 のようなものである。

- 無処理マンホール (No. 1) エポキシ樹脂製で単位凍着面積重量 0.39 g/cm^2 。
- グリース塗布マンホール (No. 1 + d) マンホールの外壁にグリースを塗ることにより、マンホールと土の摩擦を小さくする。
- 載荷マンホール (No. 2 (a)) 単位凍着面積重量を大きくする。 $0.39 \text{ g/cm}^2 \rightarrow 4.25 \text{ g/cm}^2$
- 発泡スチロール包囲マンホール (No. 2 (b), No. 2 (c)) マンホール内から土中の熱伝導を小さくする。
- 発泡スチロール + アクリル板 (No. 2 (d)) 発泡スチロールの断熱効果と、アクリル板の硬質で表面粗度の小さいものを利用。
- マンホール周辺の土の安定処理、置換 (No. 1 + d) セメント、スリメント、石コウ、消石灰で安定処理。砂、砕石で置換。

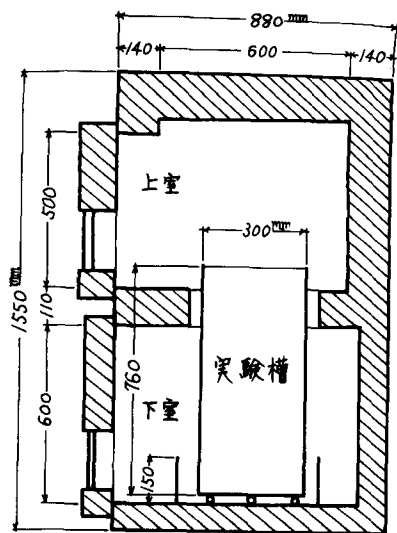


Fig. 1 凍上試験機側面断面図

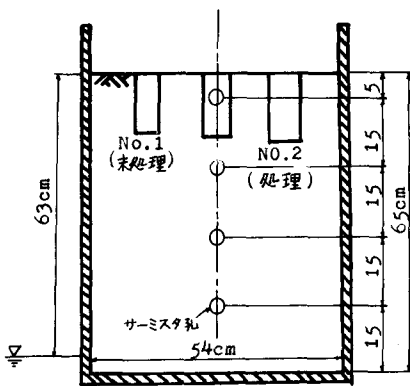


Fig. 2 サーマスタ孔、マンホール位置

3. 実験結果 及び 考察

無処理マンホールと各種の凍着凍上防止処理マンホールの凍上量と経過時間との関係を示した一例が Fig. -4 である。

それぞれの凍着凍上防止処理は、冷却初期（凍結深が浅い）には効果があるにもかかわらず、時間の経過とともに（凍結深が深くなるにつれて）マンホールはしだいに浮き上がってくる。これは、グリース塗布マンホールでは、凍着面に塗布したグリースが時間の経過とともにマンホール内より依り着る冷気と外周部の土の凍結によりその潤滑性が失われやすいためである。

発泡スチロールは、断熱効果があるものの、単独で使った場合、周囲の凍土あるいは氷晶が発泡スチロール型枠にくっ付き、マンホールは周囲の凍土に拘束され凍着凍上するものと考えられる (Fig. -5)。

これに反し、発泡スチロール型枠にアクリル板を差きつけたマンホールにおいては、凍結深が深く進行しても、発泡スチロール型枠だけのマンホールに比べ凍着凍上防止効果は著しく大きいことが判る。発泡スチロールだけの効果は少ないものの、アクリル板を差くことにより、凍土と氷晶のくっ付きを防止、凍土と凍着面との摩擦が小さくし得る。また、土の凍結による体積膨張のために発生するマンホール拘束圧が、アクリル板により発泡スチロール型枠に均等に伝わる。このように、マンホールは断熱性と圧縮性の高い物質を履き、さらにこれを硬度が大きく粗度の小さいアクリル板のようなものが履くことは凍着凍上防止に効果があるものと思われる (Fig. -6)。

なお、三井建設(株)技術研究所と共同で、夢科高原において凍着凍上防止工法の現場実験を実施しており、その結果は別の機会に報告する。未筆ながら、本研究をすすめるに当たり御協力、助言をいただいた新潟大学、小川正二助教授、三井建設(株)川登修、福田誠主任研究員に深甚なる謝意を表す。

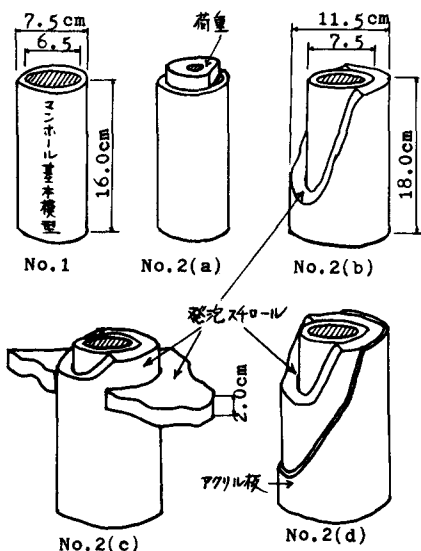


Fig. -3 マンホールの凍着凍上防止効果の比較実験を行った模型一例

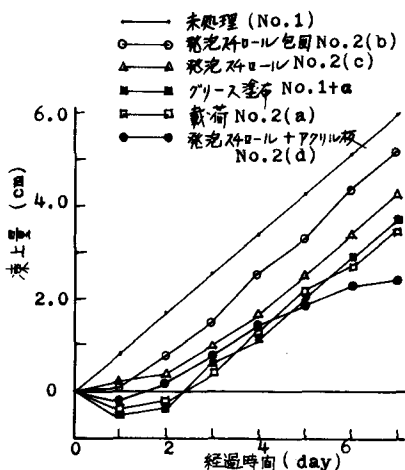


Fig. -4 凍着凍上防止効果の比較一例

参考文献

- 1) 青山, 小川, 田村「凍上に對する現場調査」土木学会誌31年巻 (S.51)
- 2) 小川, 青山, 田村「結氷の凍上機構についての実験的研究」土木学会誌30年巻 (S.50)
- 3) 青山, 小川, 福田「凍着凍上に對する実験的研究」土木学会誌32年巻 (S.52)

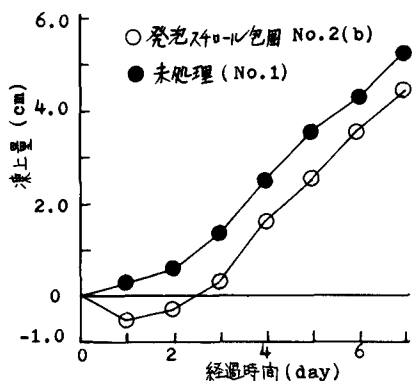


Fig. -5 凍上量と経過時間との関係

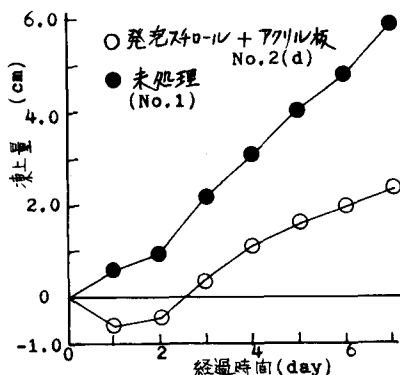


Fig. -6 凍上量と経過時間との関係