

断熱材を用いた切土斜面の凍上抑制に関する室内試験と現地計測

八戸工業大学
八戸工業大学大学院
(株)丸治コンクリート工業所
マックストーン(株)

学生会員 北向大輝・佐藤雄太・立花大地
正会員 鈴木久美子・金子賢治・熊谷浩二
非会員 廣瀬 貴
非会員 渡井 忍

表-1 試験ケース

番号	断熱材名	アンカー材料
ケース 1	断熱材なし	-
ケース 2	発泡スチロール	なし
ケース 3	発泡スチロール	プラスチック
ケース 4	発泡スチロール	アクリル
ケース 5	発泡スチロール	鉄
ケース 6	押出法ポリスチレンフォーム	なし
ケース 7	押出法ポリスチレンフォーム	プラスチック
ケース 8	押出法ポリスチレンフォーム	アクリル
ケース 9	押出法ポリスチレンフォーム	鉄

1. はじめに

寒冷地では、切土や盛土ののり面部の表層に凍上が発生し、斜面保護工などに被害をもたらしている。凍上の抑制には温度制御、地盤の置換、水の制御の3つの方法が有効な手段である¹⁾。しかし、特に切土斜面においては、地盤の置換や水の制御はコスト面から困難な場合が多く、凍上抑制には温度の制御が最も効率的と考えられる。本研究では、切土斜面の凍上抑制工法の開発を目指して、表面に断熱材を敷設することによる凍上抑制手法について室内凍上試験を行い検討を行う。また、室内試験の結果を参考に実際に施工した斜面における現地試験の結果について報告する。

2. 室内凍上試験

(1) 試験の概要

本研究では、基本的には道路土工 排水工指針²⁾の凍上試験方法を参考に実験を行った。図-1に凍上試験装置の概略を示す。実験には、十分に空気乾燥しときほぐしたのち、4.7mm以下に粒度調整したローム土を使用した。試料の含水比を40%に調整し、水をなじませるために気密にした状態で12時間以上放置した後に供試体を作成した。高さ15cm、内径8.5cmの塩化ビニール管をモールドとし、試料を4層に分けて所定の密度になるように詰めて供試体を作成した。下から1, 2, 3層上部にそれぞれ熱電対を合計3個設置し、試験中の土中の温度変化を測定した。供試体は、ポーラスストーン、ガーゼを入れたモールド架台とともに供試体の下面まで水に浸し、24時間以上給水させ、凍上試験機に設置した。モールドの周囲を厚さ8cmの発泡スチロールで囲

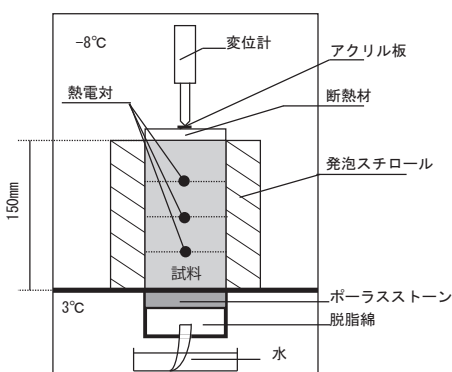


図-1 凍上試験装置概要

むことにより、供試体の上部からのみ冷やされる状態となり、モールド上部から1次元的に冷気が伝わるようにした。温度条件は冷却室内温度を-8℃、水槽庫内温度を3℃に設定した。冷却期間は4日間とし、供試体上部の変位と土中の温度変化を30分ごとに測定した。

本研究の試験ケースを表-1に示す。ケース1は断熱材、アンカーを用いない場合であり、比較のために実施した。断熱材としてケース2は発泡スチロール、ケース6は押出法ポリスチレンフォームをそれぞれ設置した場合である。ケース3~5, 7~9はケース2, 6と同じ断熱材を使用し、アンカーの影響を検討するためにそれぞれアンカーの材質を変化させている。アンカーを用いる場合には、各供試体の中央上部に断熱材の上から供試体中に打ち込んでいる。

(2) 室内凍上試験結果

ケース1, 2, 6の実験により得られた経過時間と凍上量および供試体中央部の温度の関係を図-2示す。断熱材を使用しないケース1と断熱材を使用したケース2, ケース6を比較すると、断熱材を使用することで凍上量が大幅に減少することと凍上発生時間が遅くなることがわかる。また、断熱材の種類として発泡スチロールよりもポリスチレンフォームを使用した場合の方が凍上を抑制していることがわかる。また、供試体中央部の温度が0℃の時間が凍上量が小さいケース6が最も長く、ケース1が最も短い。温度が0℃の間は水から氷に状態変化している間であり、断熱材を設置することで冷気が伝わりにくいため凍上量を抑制すると考えられる。図-3にケース1~5の時間と凍上量の関係を示す。アンカーを使用したケース3~5については、プラスチック

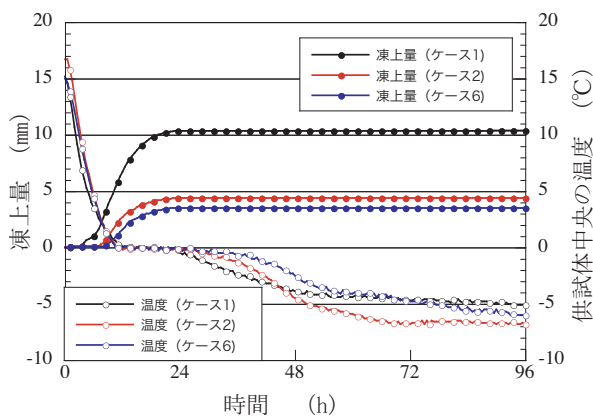


図-2 経過時間と凍上量の関係

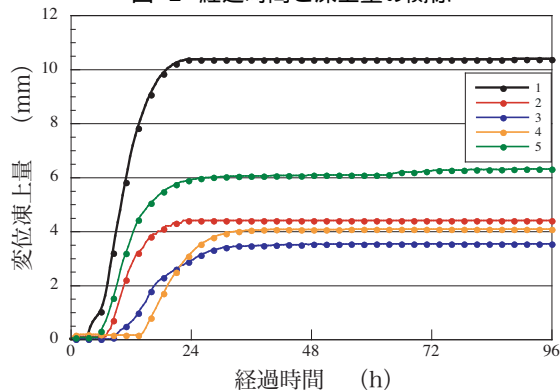


図-3 経過時間と凍上量の関係

表-2 現地試験ケース

番号	断熱材	アンカー
ケース 1	なし	なし
ケース 2	なし	鉄（鉛直下向き）
ケース 3	なし	プラスチック（斜面に垂直）
ケース 4	断熱材（5mm）	プラスチック（斜面に垂直）
ケース 5	断熱材（10mm）	プラスチック（斜面に垂直）

製のアンカーとアクリル製のアンカーを使用した場合にはケース 2 と比較して凍上量が小さく凍上発生時間も遅くなるが、熱伝導率の大きい鉄を用いた場合にはケース 2 よりも凍上量が大きく、凍上発生時間も早くなることから、断熱材を使用しても断熱材を抑えるためのアンカーの材質によっては逆効果になる場合も有り注意が必要であると言える。

3. 現地計測

(1) 試験の概要

現地計測に用いた実験ケースを表-2 に示す。勾配を 1:1.5 の斜面において、斜面と平行の方向 1.8m × 横方向 3.0m の範囲を 1 ケースの領域とし、切土斜面の防草のために設置するコンクリートパネルを施工した。コンクリートパネルと土の間にはすべてのケースで防草シートが設置されており、断熱材を使用する場合にはパネルと防草シートの間に設置する。アンカーの長さは 250mm とし、鉄製のアンカーとプラスチック製のアンカーを使用した。また、ケース 2

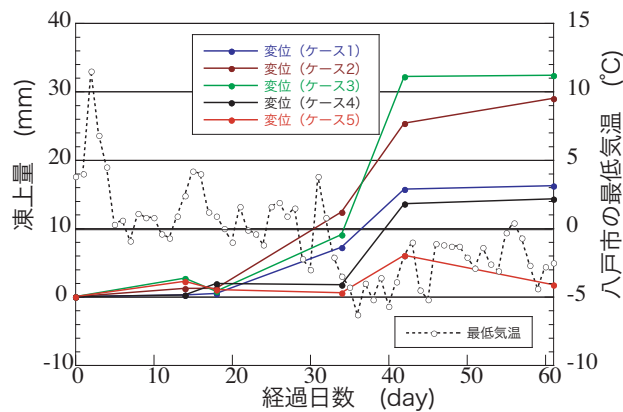


図-4 経過日数と凍上量・最低気温の関係

の場合にはアンカーを鉛直下向きに設置している。凍上による変位を測定する方法として、デジタル写真を使用した写真測量を行い斜面の変位を測定する。1 ケースに 5 カ所のポイントをもうけ、施工した日の数値とそのポイントとの差から斜面に鉛直な変位を凍上量として算出する。また、ケース 4、5 には地盤表面から 0cm と 30cm の位置に温度計を設置し、地盤中の温度変化を計測した。

(2) 現地計測結果

測量による計測から得られた経過日数と斜面に対して鉛直上向きの変位量（凍上量）・最低気温の関係を図-4 に示す。図-4 は、中心箇所のポイントの変位を計測したものである。写真による測量は、施工日から平成 22 年 1 月 12 日までの 6 回行った。図-4 から、施工からの経過日数が 30 日程度から各ケースで変位量が増加していることがわかる。この時、八戸市の最低気温が 0 を下回る日が続いていることから凍上による変位だということがわかる。写真による計測では数 mm の誤差が生じるが、ケース 1~3 よりも断熱材を使用したケース 4、5 の方が変位凍上量が抑えられていることがわかる。また、断熱材が厚いケース 5 がより凍上量が少なく凍上抑制効果大きいことがわかる。断熱材の厚さの設定等については現場の気候等に基づいて設定する必要があるが、断熱材を用いることで切土の凍上抑制に効果大きいことが現地計測からも確認された。

4. まとめ

本研究では、室内試験により表面への断熱材敷設が地盤中の熱伝導を遅らせ凍上量を抑制し、凍上開始時間を遅らせることを確認した。さらに、断熱材を使用しても杭の種類によっては凍上量が増加することを確認した。したがって、斜面保護工に用いるアンカー等については材料の選定が重要である。現地計測においても切土斜面表面に断熱材を使用することが凍上抑制に効果的であることを確認した。

参考文献

- 川上房義：土質力学第 7 版，森北出版，2007。
- 社団法人日本道路協会：道路土工-排水工指針，1987。