

寒冷地における冬期土工の合理性の確認

(株)西村組 正会員 ○旭 幸司
北海道大学 正会員 赤川 敏

1. はじめに

現在、一般的に北海道など寒冷地では、大規模盛土工事を冬期間に行うことはない。その理由としては地盤の凍結・融解に伴う泥濘化による盛土の強度低下が古くから危惧されていたためである。しかし、最近の凍上機構の研究により凍上性の高い粘性土ほど凍結に伴い間隙比が減少（圧密が促進）することが確認されている。この新しい知見から、むしろ泥濘化の危惧される粘性土を冬期に盛土する利点が発想された。粘性土の盛土工に際しては一般にオーバーコンパクションによる重機等の走行性の低下が問題となるが、冬期に施工することにより、盛土上層部が凍結シトラフィカビリティーを大幅に改善することも一部で確認されている。マネジメントとしては通年施工による工期短縮や重機の回送料の削減などが期待される。

その反面、冬期施工を行うには盛土の温度管理など新しい施工管理技術が必要とされる。また、凍結状態で盛土を重ねるため、内部に残された凍土が完全に融解するまで時間を要するという欠点もある。

本研究では、自然の冷熱を利用して積極的に盛土上層部を凍結させ圧密を促進させる、という点に着目して、冬期土工を考える。その効果を確認するために凍結前、融解後の土の諸物性の変化を実験的に検証する。

2. 実験概要

(1) 実験装置と試料

実験はアクリルセル内径 19.9 cm、高さ 54.0 cmの大型の凍上試験装置（図1）を用い、出来るだけ実際の土工に近い条件で行った。この試験装置は予圧密装置も兼ねており、試料の作製から凍結融解まで一貫して行えて、凍結過程では上下端面の温度変化が可能である。また凍結時に上部が凍着しても下部のピストンが移動するため、凍着により凍上を拘束することはない。今回実験に用いた土試料は火山灰質粘性土で自然含水比はおおむね 28%前後であった。また、実験誤差を少なくするために比較的大きな石（約φ10 mm以上）は事前に取り除いて使用した。

(2) 試料作製

通常の凍上試験における試料は予圧密させて作製するが、この実験では室内において現場の盛土の状況を再現させるため多少空隙が残るように試料を作製した。また試料の締めり方が一樣になるように、ほぼ 5 cmの層厚で 6 回に分けて土試料をアクリルセルに入れ、各層毎に棒で軽く突いて平坦にした。その後、約 8%の空気間隙が残る程度の低圧力（20kPa）を掛けて変位が無くなるまで圧縮した（図1 a）。試料作製時に試料とアクリルセルの間に薄いフィルムを入れておき、凍結前に抜き取る事によって、凍結時の側方摩擦の影響を軽減させた。

(3) 実験条件と計測項目

次に試験装置を+2℃の低温恒温室内に入れて上下を反転させ、上盤を温度制御可能な熱交換器に取り替え、さらに温度計、変位型を設置した。試料温度が一定になるまで放置し、その後、試験装置上盤に所定の温度の冷却用媒体を循環させ、試料を上部から空気を介して凍結させた（図1 b）。凍結・融解時の温度設定は十勝地方の冬期の気温を参考にして定めた（図2）。凍結・融解時の温度は熱電対温度計を上下方向に 1 cm間

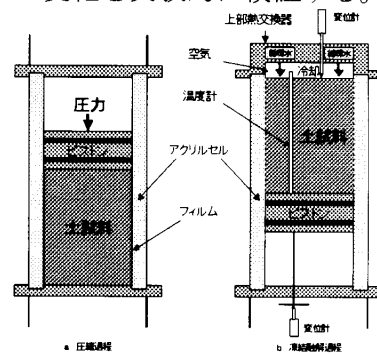


図1 実験装置詳細図

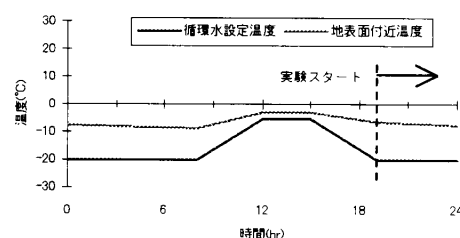


図2 凍結時温度

キーワード 冬期施工, 脱水圧密, クラック, 排水

連絡先 〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学工学研究科寒冷地鉄道工学講座 TEL011-706-7247

隔で試料中央に埋め込み自動計測し、上下端面の凍上量も自動計測した。

凍結深さが 10 cmに達したところで冷却を終了し、実際の盛土で次の層に正の温度の土を撒き出し転圧することを想定して、試料を上部から解凍沈下させ、後に圧力 20kPa を掛けて十分に圧縮と排水を行った。その後、セル内の約半分の断面で試料のサンプリングをし、層毎に湿潤密度（乾燥密度）、含水比を求め、残りの半断面で貫入試験を行い、土の締まり具合を相対的に求めた。この際、凍土側は特に土の締まり具合に変化が予想されるため 3 cm毎にサンプリングと貫入試験を行い、未凍土側は 5 cm毎に行った。

3. 結果

今回行った実験では凍結深さ 10 cm、凍上量 5 mm（上部 1.3 mm、下部 3.7 mm）であった。融解時に試料は 6.4 mm沈下し、融解後の载荷によりさらに 2 mm縮んだ（図 3）。凍結前の圧縮時に約 100cc の水が染み出し、凍結後の融解圧縮時にも約 100cc の水が出た。また、凍結・融解後に試料の表面にいくつかのクラックが確認できた。

サンプリングした試料から求めた層別の乾燥密度は、凍土側が未凍土側より約 0.1g/cm³大きな値を示した（図 4）。含水比は凍結前よりも全体的に低下していたが、さらに凍土側は未凍土側よりも約 2%も低い値となっていた（図 5）。また、貫入試験の結果からも凍土側では貫入量が小さく未凍土側よりも締まっている結果が得られた（図 6）。

4. 考察

凍結時に凍上量 5 mm分の水分が凍土側で増加していたにもかかわらず、融解圧縮後に含水比が低下したことから、深さ 0~9 cm（凍土側）で乾燥密度が増加したことから、凍結時の脱水圧密と融解時の排水がうまく行われていたと考えられる。さらに凍上量よりも融解圧縮時の沈下量が約 3 mm多かった事も脱水圧密の効果だと推測できる。これは貫入試験の結果と掘り出したときの試料の状態からもあきらかである。

5. 結論及び今後の課題

凍結・融解後の含水比、乾燥密度は、凍土と未凍土ではっきりとした違いが確認できた。このことから、凍結に伴い盛土の圧密が促進し得ることが確認できた。

凍結・融解に伴う強度増加を定量的に確認するためには、今回行った独自の方法の貫入試験と一般的な試験結果（締め固め試験等）との関連づけをする必要がある。

今回確認された結果の信頼性を高めるためには、同じ試料で再度試験を行い、再現性を確認すると共に、種類の異なる試料を用いた実験が必要と考えられる。

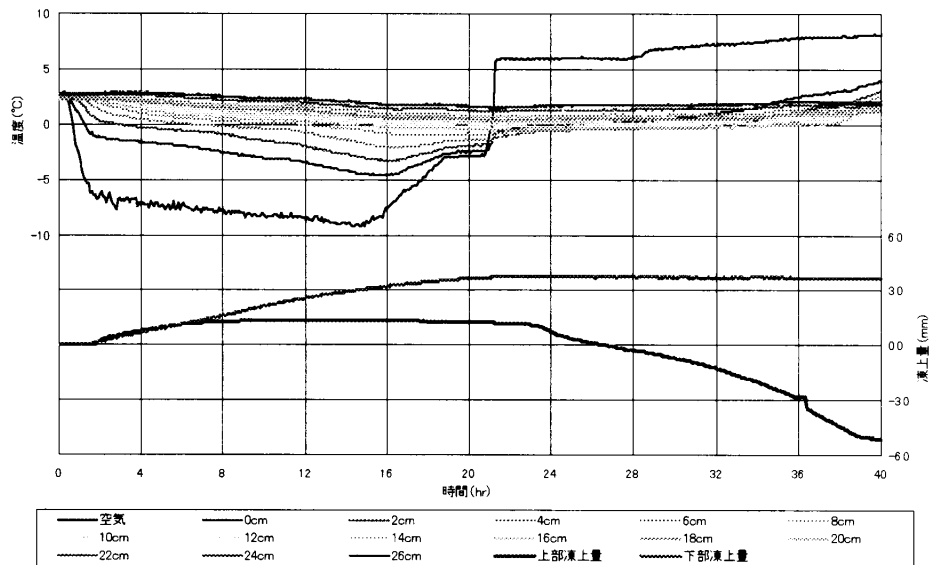


図 3 試料の温度変化と凍上量

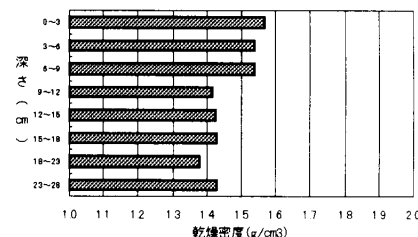


図 4 層別乾燥密度

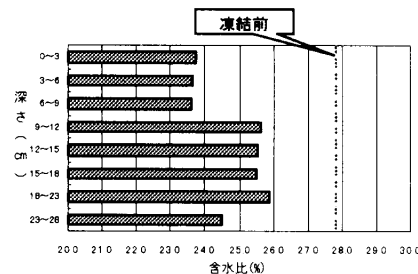


図 5 層別含水比

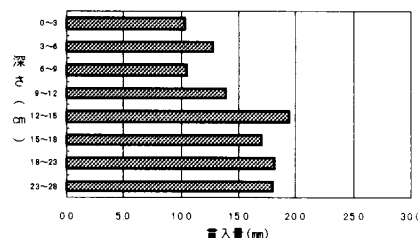


図 6 層別貫入量