

寒冷地における冬期土工による盛土の圧縮効果の定量評価

(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

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圧密が促進することが確認されている¹⁾。この新しい知見から、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。しかし、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。冬期施工はあくまで大規模盛土であり、法面仕上ができない為、工期が複数年あることが前提である。

今回の実験では盛土が困難である高含水比粘性土を使用して凍結に伴う脱水圧密効果を確認した。また、圧縮試験を行い、凍結に伴う圧縮効果を定量化したので報告する。

2. 実験概要

昨年度の凍上試験の結果から凍結・融解後の試料の含水比、乾燥密度、貫入量などの相関関係を求めたが、定量的に評価できなかった為、圧縮試験を行い、圧縮圧力と密度の関係を求め、凍結による圧縮効果を定量的に評価した。また、実際に盛土が困難な高含水比の試料で凍結に伴う効果を凍上試験により確認した。実験は昨年度と同じ火山灰質粘性土（自然含水比28%程度）を用いて行った。実験誤差を少なくする為に、粒径10mm以上の石は事前に取り除いて使用した。

2.1 20cm 実物大凍上試験

(1) 実験装置及び計測項目

実験装置（図1）は内径20.0cm、高さ54.0cmで試料作製から凍結・融解まで一貫して行える²⁾。試料作製時、締め固まり具合が一様になるように1層5cm毎に棒で軽く突き、最後に空気圧をかけて十分に圧縮・排水を行った。凍結・融解時の温度は図2のように設定し、試料を上部から空気を介して凍結・融解した。計測項目は次の通りである。

凍上量（上下端面を変位計にて測定）

試料内部温度（深さ1cm毎に熱電対にて測定）

圧縮・融解時の排水量

また、実験終了後の試料から、層別の含水比、乾燥密度、貫入量を求めた。

(2) 結果

今回の試料は、凍結前高さ22.6cmのうち深さ9cmまで凍結した。

排水量は試料作製時142ml、融解・再圧縮時182ml、凍上量は上下端面合計4.7mmだった。この凍上量は含水比の低い昨年度と同様であるが、今年度の試験では凍結に伴う収縮（脱水圧密）が9mmと多く、高含水比の方が圧密が促進する傾向がうかがえた。図3、図4、図5は凍結・融解後の試料からサンプリングして求めた層別の含水比、乾燥密度、貫入量である。凍結部分と未凍結部分を比べると、凍結に伴い含水比が約2%減少、乾燥密度が約0.1g/cm³増加、貫入量が約5mm減少というように高含水比の試料でも、昨年と同様に凍結部分の強度が増加していることが推測できる。

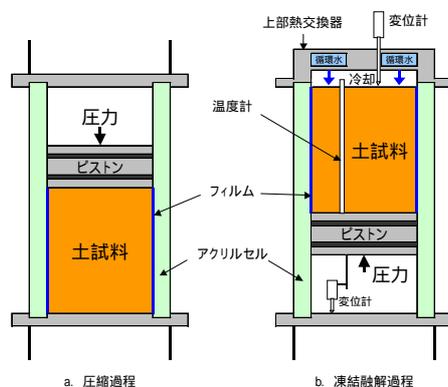


図1 20cm 実験装置

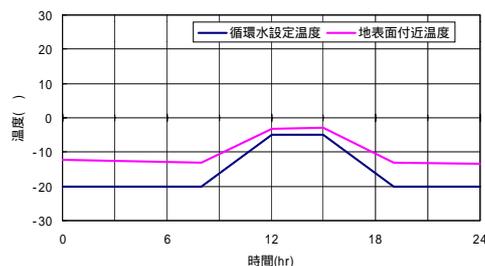


図2 凍結・融解時温度設定

キーワード 冬期施工, 凍上, 脱水圧密

連絡先 〒094-0012 北海道紋別市新港町2丁目 (株)西村組 紋別工事事務所 TEL01582-4-8958

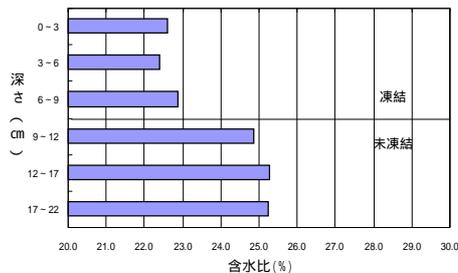


図 3 層別含水比

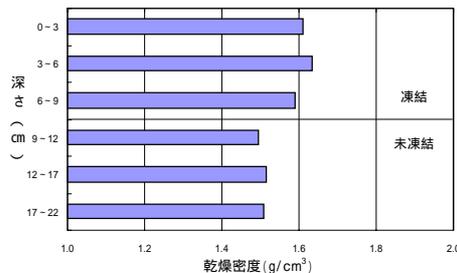


図 4 層別乾燥密度

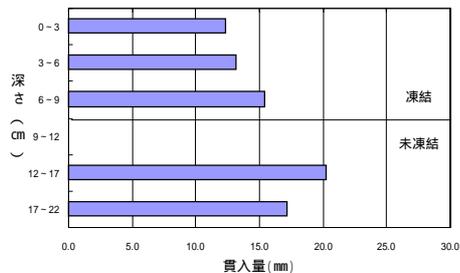


図 5 層別貫入量

2.2 6cm 一軸圧縮試験

(1) 実験装置及び計測項目

内径 6cm の装置に 2 層に分けて土を入れ、層毎に棒で軽く突いて試料作製した。その後、上載荷重を段階的に変えて圧縮試験を行った。圧縮中に変位計で圧縮量を、ロードセルで上載荷重を計測し、圧縮終了後に貫入量、乾燥密度を求めた。

(2) 結果

圧縮試験の結果から、現場を想定して今まで行ってきた不飽和の凍上試験に使用した試料は、図 6 のように e と $\log p$ がほぼ直線を示すため、正規圧密的挙動を示している事が確認できた。

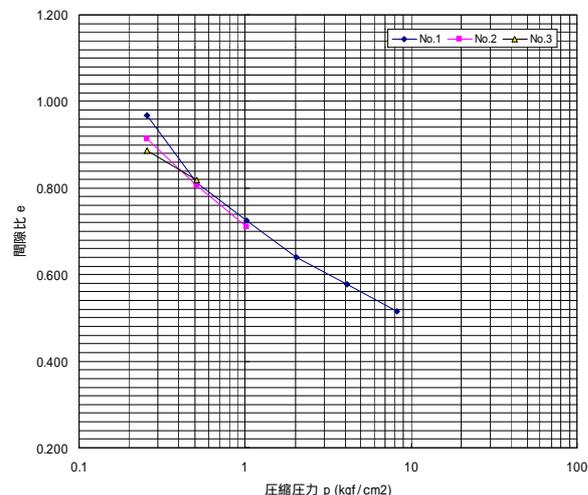


図 6 e-log p 曲線

図 7 は圧縮圧力と乾燥密度の関係を表したグラフである。凍上試験の凍結に伴う $1.5 \sim 1.6 \text{ g/cm}^3$ への乾燥密度増加(図 2 参照)は、 $0.5 \sim 1.3 \text{ kgf/cm}^2$ の圧縮圧力増加に相当することが確認できた。この圧力増加分 0.8 kgf/cm^2 が凍結に伴う圧密促進分であり、これを土に置き換えると、高さ約 4.5m の余盛りによる圧密を一晩で完了したのと同じ効果があるといえる。

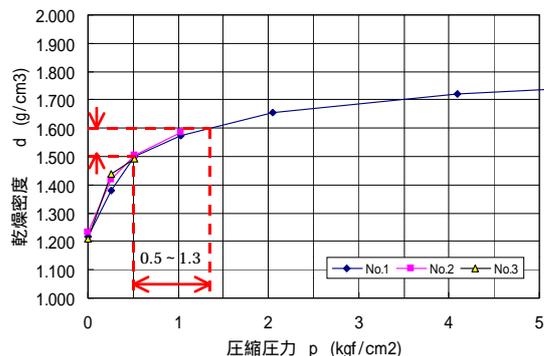


図 7 圧縮圧力と乾燥密度の関係

3. 考察

20cm 実験装置による実物大凍上試験は、昨年度行った結果とよく似ており、今回の試料に関して言えば、含水比が違って凍結に伴う土の強度変化には再現性があると言える。

6cm 圧縮試験では、圧縮圧力と乾燥密度の関係は確認できたと言える。一方、貫入量にばらつきあったのは、含水比・飽和度等の違いや、直径 6cm という狭い面積で貫入試験を行った為だと考えられる。(図 8)

4. 結論及び今後の課題

今回の実験では、凍結・融解後の乾燥密度増加分 0.1 g/cm^3 が圧力 0.8 kgf/cm^2 に相当し、約 4.5m の余盛りと同じ圧密効果であることが確認できた。

圧縮試験の結果から、今まで実際の盛土を想定して作製した不飽和の試料は正規圧密的挙動を示す事が確認できた。

現場への適応性を評価するためにも、解凍時期や解凍時の排水性を解明するためにも、現場における実大実験を行うことが望ましい。

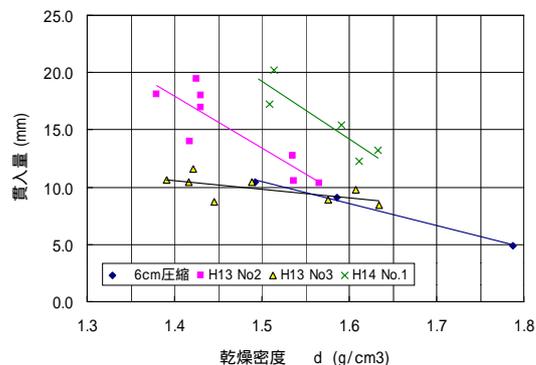


図 8 乾燥密度と貫入量の関係

(参考文献) 1) 木下誠一他：土の凍結—その理論と実際—、土質工学会、土質基礎工学ライブラリー23、pp.153-156、1994。

2) 旭、赤川：寒冷地における冬期土工の合理性の確認、平成 14 年度土木学会全国大会第 57 回講演概要集 CD-ROM、3-150