

簡易凍上試験法の実験結果に関する考察

長岡工業高等専門学校 学生会員 神田健生
 正会員 猪爪高見
 正会員 岩波 基

1. はじめに

火山灰質粘性土が分布している高緯度、高所の積雪寒冷地域において舗装面や構造物への被害が多く発生している。平均気温の上昇は見られるが気温の変動も大きく、近年では2005～2006年冬季に非常に強い寒気が日本付近に南下したため気温の低下が見られ、各地で地盤の凍結による凍上被害が多発した。これを受けて、国土交通省は、2006年度に凍上災を採択した。凍上災の採択要件は、最近15年間の凍結指数を用いて「10年確率凍結指数」を算定し、その凍結指数を上回った場合、その地区を凍上災として取り扱うというものである。

現状では凍上対策工法に凍上し難い砂への置換工法が主として用いられているが、現場発生土を有効利用した工法へのニーズが高まっている。セメントや石灰安定処理工法等が凍上抑制工法として提案されているが、本州内地における石灰安定処理工法を用いた凍上抑制に関する試験施工の事例は少ない。また、本州内地の気温は、北海道と比較して温暖であるため道内よりも凍結・融解の頻度が多く、より地盤の軟弱化が発生すると考えられる。そこで凍結融解に対する簡易凍上試験法の開発を目指して研究を進め検討した。

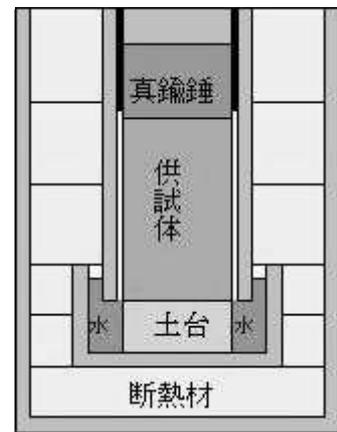


図-1. 簡易凍上試験器の概要

2. 凍結・融解試験方法

既往の研究より凍上性を示す（凍上し易い）と考えられる青森県八戸市周辺の八戸ローム、長野県茅野市八ヶ岳山麓周辺の八ヶ岳ロームを用いた。この凍結・融解試験は、図-1のような新たに開発した簡易凍上試験機を用いて行なった。

試料に生石灰を混合して、1日養生後（室温20℃、湿度：95%）φ50mm×100mmの供試体を作成した。石灰の混合量は実際に現場で用いられている値を参考に、試料1m³あたり80, 100, 120kgを混合した（以下80kg/m³, 100kg/m³, 120kg/m³とする）。その後、10日間（室温20℃、湿度：95%）養生して、凍結・融解を繰り返したときの凍上量を測定した。ここで、1サイクルとは供試体を冷凍庫にて24時間凍結させた後、恒温室にて24時間融解させることをいう。凍結温度は、全ての試料で-5℃とし、融解温度は20℃に設定し、試料下部から給水せずに試験した。

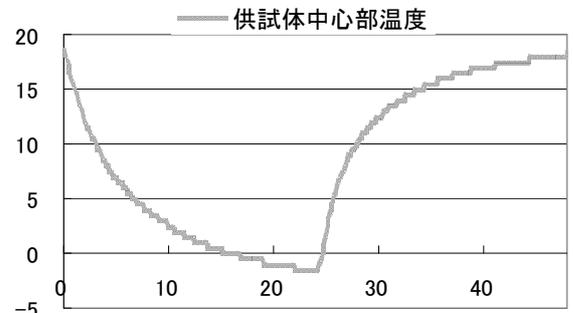


図-2. 供試体中央部における温度

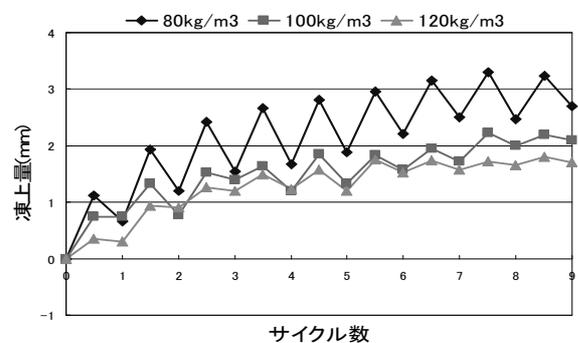


図-3. 八戸ロームの凍上量（非給水条件）

キーワード 凍上, 火山灰質粘性土, 石灰, 安定処理工法

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町888番地 長岡工業高等専門学校 TEL090-3759-3039

3. 試験結果

図-2に供試体中央部の温度の平均値を示す。凍結時は-2℃程度まで下がり、融解時は室内温度と同等の高さまで戻った。

図-3, 図-4に各試料における凍上量が低下するまで凍結・融解を繰り返した場合の凍上試験結果を示す。八戸ロームでは1サイクル毎の凍上量は小さいが、最終的に凍上量が蓄積している。一軸圧縮強度が大きいために沈下せず、凍上量が蓄積していったためと考えられる。凍上量の増加は8サイクル目まで見られた。

八ヶ岳ロームでは2サイクル目に大幅に凍上量が増加し、その後はサイクル数の増加とともに少しずつ増加していった。この増加傾向は、6サイクル目まで見られた。

以上の結果から、本試験機で凍上と沈下の現象を再現することができたと思われる。

境界条件として上面は外気温度の-5℃, 20℃, 側面は断熱状態として、下面は実際の試験中に測定した温度を入力し、凍結融解時の供試体中部における温度の理論値を熱伝導方程式を用いて求め、図-5にその理論値と実験値を比べて示した。最低温度は5℃近く差があり、最低温度に達するまでの過程の温度、最低温度に達するまでの時間にも大きな差異がある。なお表-1に示した試料土の凍結に関する定数は『凍上機構の数理解析』高志の論文を参考にして定めた。

図-6は、フィッティングにより、試料の熱伝導率を0.015から0.0315に変更した解析結果である。これを見ると、理論値が最低温度、最低温度に達するまでの時間共に実験値と一致し、最低温度に達するまでの過程も図-5と比べて実験のそれに近くなったといえる。

4. おわりに

今回の結果から、試験体の熱伝導率を大きく設定することで実験の温度変化を解析によって表現することが可能となった。したがって、本簡易凍上試験器によって、凍上と沈下の現象と実際の地盤内の温度状態を再現できていると思われる。

今後試験に使用した試料の熱物性値を実験によって確認していく予定である。

参考文献

- ・火山灰土の凍上性簡易判定法について地盤工学会北海道支部技術報告集第41号2001
- ・各種火山灰質粘性土の生石灰による土質安定処理と凍防止土と基礎

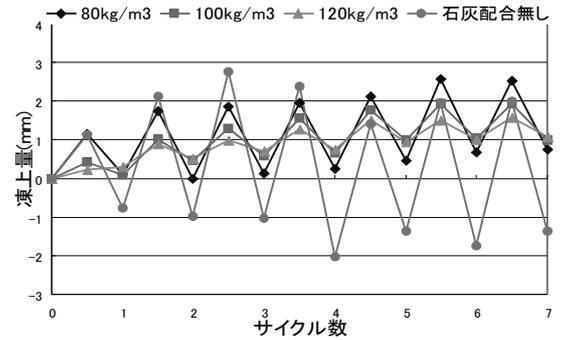


図-4. 八ヶ岳ロームの凍上量 (非給水条)

表-1. 試料土の凍結に関する定数

	Dimensions	試料
凍上を支配する試料土の固有定数で $\theta_{\infty}=0$ のもとに得た実験定数	無次元 kgf/cm ² cm/h	0.00555 0.0774 6.71407
自由水容積含水率	無次元	0.494
未凍結土の比熱	kcal/kg°C	0.5
凍土の比熱	kcal/kg°C	0.2947
凍上実験より得た未凍土の透水係数	cm/sec	7.0×10^{-8}
未凍結土の熱伝導率	kcal/kg°C	0.012
凍土の伝導率	kcal/kg°C	0.015
未凍結土の単位体積重量	kgf/cm ³	0.001434
凍土の単位体積重量	kgf/cm ³	0.001357
未凍結土中の熱拡散係数	cm ² /h	16.736
凍土中の熱拡散係数	cm ² /h	37.508
間隙水の単位体積重量	kgf/cm ³	0.001
間隙水の凍結潜熱	kcal/kg	79.5
間隙水の凍結時の体積増加率	無次元	0.09
間隙水の比熱	kcal/kg°C	1
上限凍上力の比例定数	無次元	11.1

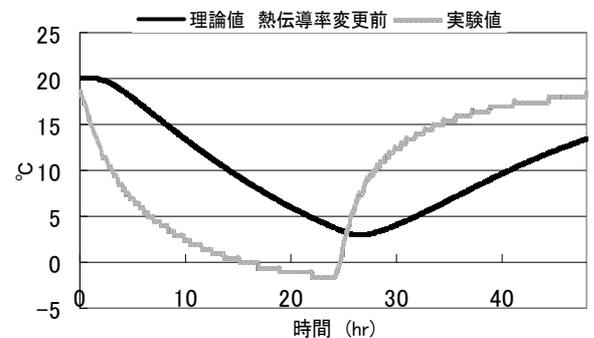


図-5. 供試体中部における計測値と理論値との比較

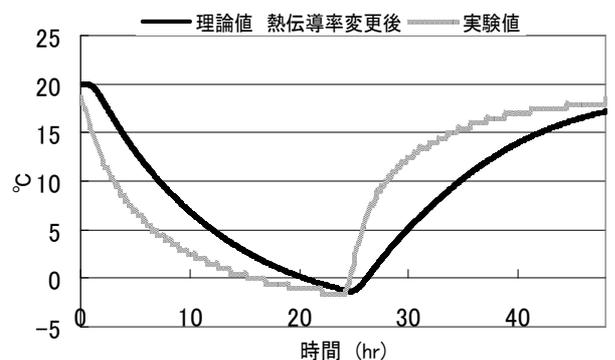


図-6. 供試体中部における計測値と熱伝導率を変更した理論値との比較