

Ⅲ－15

石灰改良土の凍上抑制効果に関する研究

八戸工業大学 学生会員○野田 浩史
同 学生会員 鎌田 拓磨
同 正会員 金子 賢治
同 フェロー 熊谷 浩二

1. まえがき

循環型社会の構築に向けて法体系が整備されてきており、建設工事で発生する土砂についても有効利用が課題となっており、良質な土質に置き換えられていた材料でも石灰改良等を施すことで埋め戻し材として有効利用しようとする動きが高まっている。寒冷地においては、このような埋め戻し材の凍上が問題となっている。寒気によって地表面が冷やされ土壌が凍結し土壌が隆起する現象を凍上現象と呼ぶが、この現象により道路舗装面の破損や建築物の持ち上がりなどさまざまな被害が発生する。凍上を抑制するためには温度、土、水のいずれかを制御する事が必要である。本研究では八戸地域に多く見られ凍上しやすい材料として知られる八戸ロームを用いて石灰改良前と後で凍上試験を行い、石灰改良土の凍上現象について考察する。

2. 試験概要

(1) 試料の基本的性質

本研究では、八戸市で採取した八戸ロームを使用した。試料の基本的性質は表-1に示す通りである。また、試料は含水比65%、飽和度90%以上に調整し、改良土の石灰混合率は重量比6.6%とした。

表-1 試料の基本的性質

	八戸ローム
密度(g/cm ³)	2.961
液性限界(%)	56.1
塑性限界(%)	31.9
最適含水比(%)	37.02
最大乾燥密度(g/cm ³)	1.271

(2) 凍上試験装置

凍上試験機は図-1に示すように変位計が取り付けられた上部冷却盤と下部冷却盤とモールドから構成されている。上部冷却盤、下部冷却盤は、内部に不凍液が流れるように不凍液循環ホースが接続された構造で、冷却盤と供試体が接する面は熱伝導率が良い金属製多孔板とした。上部冷却盤の上部には、一定の荷重がかかるよう重りを設置する。モールドはアイスレンズ確認のため透明なアクリル製のもので、摩擦を軽減させるためグリースを塗っている。モールドの寸法は、内径10cm、外径13cm、幅1.5cm、高さ14cmで、供試体は直径10cm、高さ5cmとした。

(3) 試験方法

本研究では、地盤工学会基準案¹⁾を参考にして実験を行った。

試験方法は以下の通りである。

- ①供試体作製器とモールドをセットし、ろ紙を敷き、その中に試料を入れて供試体を作製する。
- ②供試体作製器とモールドを外し、供試体の入ったモールドを下部冷却盤の上に置き、上部冷却盤を静かに載せて、変位計が落ち着くまで放置する。その際、モールドを断熱材で包み、供試体の上下端面を冷却装置で0℃から+1℃を保つようにする。
- ③上端面温度を一旦急激に下げて、供試体上端面に氷核を形成する。氷核の形成は、上端面の急な温度変化や微量な凍上量の発生で確認する。氷核が形成されたら上端面温度を氷核が融解しない程度まで上げる。その後、上端面温度を-5℃まで降下させ、凍上量、上下端面温度を連続的に記録する。
- ④凍上量の停滞を確認したら冷却装置を停止して解凍させ、解凍中の沈下量、上下端面温度を記録する。

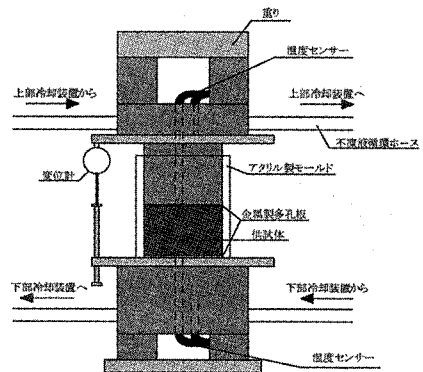


図-1 凍上試験装置

3. 試験結果およびその考察

図-2に凍上試験の凍結過程における供試体上端面と下端面の温度変化を示す。同図より、各試験において温度の制御がほぼ正確に行われていることがわかる。図-3, 4に改良前後の試料を用いて行った凍上試験の結果得られた凍結過程における凍上量-時間曲線および融解過程における沈下量-時間曲線をそれぞれ示す。図-3より、凍結初期においては石灰改良を施した試料の方が凍上量が大きいものの、最終的な凍上量は石灰改良を施すことで低減できることがわかる。また、図-4より融解過程における最終的な沈下量はほぼ同程度となることがわかる。

次に、石灰改良を施した場合と施さない場合における凍結膨張率、解凍沈下率、凍結速度を表-2に示した。凍結膨張率 ξ 、解凍沈下率 ξ_t 、凍結速度 U は次式によりそれぞれ算出した。

$$\xi = (\Delta H_f / H_1) \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

$$\xi_t = (-\Delta H_f / H_1) \times 100 \quad (\%) \quad (2)$$

$$U = H_f / t_f \quad (\text{mm/h}) \quad (3)$$

ここで、 ΔH_f は凍結終了時の凍上量、 H_1 は凍結過程直前の供試体高さ、 ΔH_f は供試体初期高さからの解凍沈下量、 t_f は凍結開始から終了までの時間である。表-2より石灰混合率6.6%の改良土では、凍結膨張率を2.6%抑えることができることがわかる。また、凍結速度および解凍沈下率は改良前後で変化しないといえる。

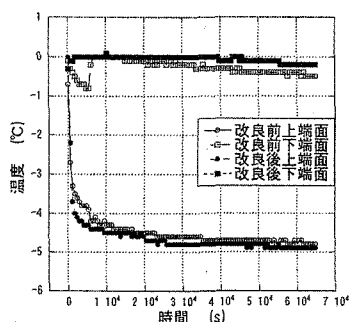


図-2 温度-時間曲線

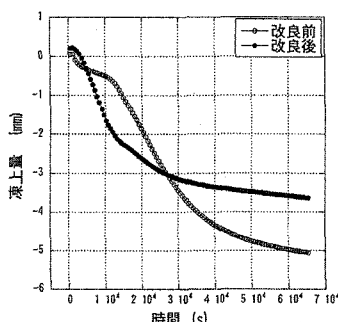


図-3 凍上量-時間曲線

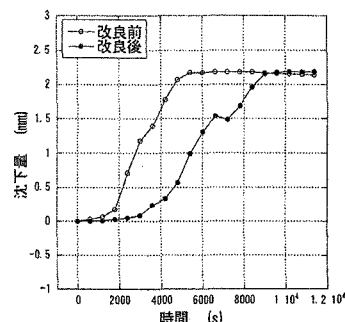


図-4 沈下量-時間曲線

4. あとがき

本研究は、石灰改良土の凍上特性を考察することを目的に2002年に示された基準案に基づいて凍上試験を行った。その結果、石灰改良により凍上しやすい八戸ロームの凍上が抑制されること等がわかった。今後、繰り返し試験を行いデータの精度を高める。また、石灰混合率や養生期間などを変えて

試験を行い凍上特性について研究を進めたいと考えている。凍結融解が繰り返されるような寒冷地においては、凍上抑制は大きな課題である。凍上試験の基準化もここ数年で行われてはいるが、これまで各機関で凍上試験の方法は大きく異なっており、統一的な議論が難しい状況にあった。今後とも、体系的な凍上抑制の議論や研究がより進むことを目指す予定である。最後に実験に協力いただいた長岡高専福田誠教授、猪爪高見技術職員および5年生の中村君、ヴィチェット君に深謝します。

参考文献

- 1) 地盤工学会：「凍上量予測のための土の凍上試験法」および「凍上性判定のための土の凍上試験方法」について、土と基礎、Vol.50, No.9, pp85-93, 2002。

表-2 凍上試験結果

	八戸ローム	八戸ローム改良土
凍結膨張率(%)	10.26	7.71
解凍沈下率(%)	4.29	4.39
凍結速度(mm/h)	2.77	2.77