

Ⅲ - B323

凍結・融解履歴を受けた飽和粘性土の圧密過程

北海学園大学工学部 正会員 小 野 丘
北海道大学工学部 正会員 三田地 利之

はじめに

筆者らは凍結・融解履歴を与えることのできる軸対称三軸試験装置を用いて、粘性土の変形特性やせん断強さに与える凍結・融解履歴の影響についての一連の実験を実施してきている。^{1)、2)、3)} 凍結・融解後の試料が示すこれらの性質については過去にいくつかの研究がなされているが⁴⁾、凍結・融解履歴からせん断もしくは圧密過程までを三軸セル内で連続的に制御した下でのデータはこれまでに得られてはいない。筆者らが得ているこれまでの実験結果によると、凍結・融解履歴を受けた粘性土は、融解による沈下・排水が十分に終了していれば、その非排水強さは未凍結の場合よりも増加するが、有効応力強度定数に差は生じないことや凍結・融解後にさらに圧密を続けると、 $e - \log p$ 上で異なる圧縮指数が得られることなどを明らかにしてきた。

本報告では、凍結・融解履歴を受けた正規圧密飽和粘土の示すその後の圧密特性を調べるために新たに行った実験結果を示すものである。

実験試料および実験方法

実験に用いた試料は市販の粉末粘土を液性限界の2倍の含水比の充分脱気したスラリーから予備圧密セルで一次元的に100kPaで圧密して作成した飽和粘性土である。表1にその物理的性質と初期条件を示す。

本報告で示す実験は、圧密・凍結・融解過程を有効応力200kPaの等方応力条件の下で行った後に、その後の $e - \log p$ 関係を調べるためにさらに圧密を続けたものである。凍結方法は供試体の上下端の温度差を10℃に保ちながら供試体上部から-0.2℃/hourの速度で0℃線を供試体上部から下げてゆく方法によった。凍結・融解中の吸排水は供試体下部から行い、また、圧密過程から100kPaの背圧を載荷した。試験中は凍結凍上と融解沈下による供試体の変形に追従してキャップに剛結してある荷重計の値が一定となるように制御しているので、凍結・融解試験中は常に等方応力状態を維持できている。

表1 試料の物理的性質と初期条件

液性限界	73%
塑性指数	43
土粒子の密度	2.742g/cm ³
粘土分(<5μm)	74%
初期間隙比	1.647
初期飽和度	97.9%

実験過程

図1に等方有効拘束圧力200kPaでの凍結・融解およびその後の圧密過程を示す。供試体上下の温度を一定の速度で降下させてゆくと温度降下とともに凍上と吸水が発生していることが分る。同じ粘土試料に対する有効拘束圧が300kPaの場合の結果では凍上量が抑制され、かつ、いわゆる脱水圧密によって、凍結中に排水傾向を示したことから⁵⁾、

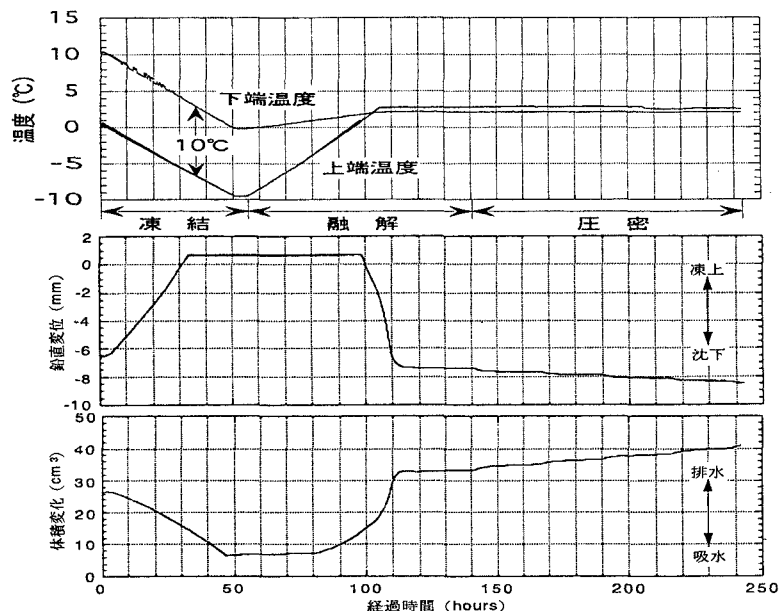


図1 凍結・融解およびその後の圧密過程

凍結・融解、飽和粘性土、圧密、軸対称三軸

〒064 札幌市中央区南26条西11丁目 TEL 011-841-1161 FAX 011-551-2951 E-mail ono@cvi.hokkai-s-u.ac.jp

正規圧密粘土では凍結中の拘束圧力の大きさが凍上量と吸排水量に大きく影響を与えることがあらためて確認された。また、図から凍結開始直前（最初の圧密終了時）と融解終了時とを比べると体積減少があることも分かる。融解による排水と沈下が終了した後（約140時間後）、セル圧力をさらに増加させて圧密をさせた。

凍結・融解後の $e - \log p$

図2は凍結前の圧密過程から凍結・融解後の圧密までの間隙比変化を示している。まず、凍結・融解によって間隙比が大きく減少することが確かめられた。これはこれまでの実験結果と同様である。そして、凍結・融解後は正規圧密線とはほぼ同じ傾きで間隙比が減少してゆくが、その後過圧密領域にあるかのような様子を示す。そこで、この付近を拡大して示したのが図3である。データ数が少なく微妙なところがあるが、先行圧密圧力に相当する点（ $p'_{cf}=250 \sim 270 \text{ kPa}$ ）が存在することはほぼ間違いないようである。Chamberlain⁵⁾はこの点が凍結・融解履歴を与える前の直線上にあると示しているが、今回の実験結果では凍結・融解後の間隙比変化が大きいので $e - \log p$ 関係が元の直線上に戻ることは考えられない。また、この先行圧密圧力に相当する応力と凍結中の有効応力との差は、試料が凍結中に受けた最大有効応力増分であるとする、その値はこの実験の場合 $50 \sim 70 \text{ kPa}$ ほどということになる。さらに、この p'_{cf} を越えた後には傾きが大きくなり圧縮性が增大することが伺われる。

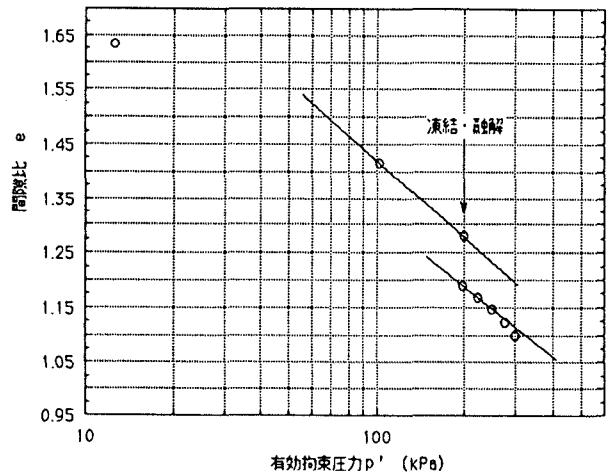


図2 凍結・融解前後の間隙比-有効応力関係

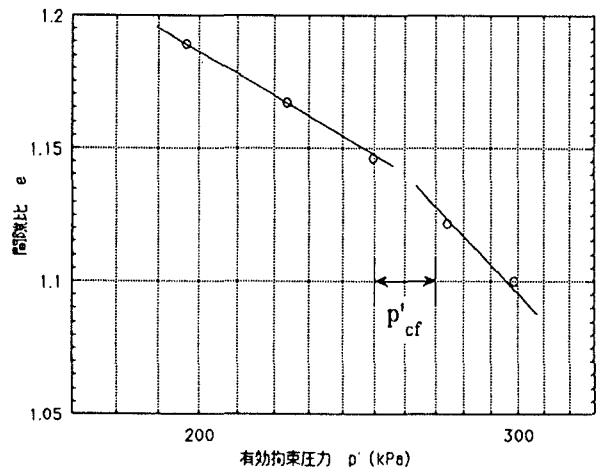


図3 凍結・融解後の間隙比-有効応力関係

まとめ

正規圧密粘性土に有効拘束圧力 200 kPa の下で

凍結・融解履歴を与えた後に、圧密をさらに続けたところ以下の結果を得た。

- ・凍結・融解によって間隙比が7%程度減少した。
- ・凍結・融解後の $e - \log p$ 関係は過圧密領域のように先行圧密圧力に相当する応力点で折れ曲がる実験事実を得た。
- ・この先行圧密圧力に相当する応力 p'_{cf} はおよそ $250 \sim 270 \text{ kPa}$ で、凍結中に試料が受けた有効応力増分にすると $50 \sim 70 \text{ kPa}$ となることが分った。
- ・ p'_{cf} を越えてさらに圧縮すると圧縮指数は最初の圧密時の圧縮指数より大きくなることが推定される。

参考文献

- 1) 小野丘・三田地利之：凍結・融解三軸試験装置による粘性土の非排水せん断試験、第51回土木学会年次学術講演会概要集3B、732-733、1996
- 2) 小野丘・三田地利之：凍結・融解作用を受けた粘性土の非排水せん断定数について、第31回地盤工学研究発表会講演集2-2、1347-1348、1996
- 3) 小野丘・三田地利之：正規圧密飽和粘性土の三軸凍結・融解・せん断特性、第32回地盤工学研究発表会講演集、1997
- 4) 例えば Ogata, N., Kataoka, T. and Komiya, A.: Effect of freezing-thawing on the mechanical properties of soil, Proc. of the 4th International Symposium on Ground Freezing, 201-207, 1985
- 5) E.J. Chamberlain: Overconsolidation effects of ground freezing, Engineering Geology, 18, 97-110, 1981