

Ⅲ - B 383 凍結・融解履歴を受けた飽和粘性土の非排水せん断挙動について

北海学園大学大学院 学生員 加藤 幸輝

北海学園大学工学部 正会員 武市 靖

同 上 正会員 小野 丘

1.はじめに

筆者らは、飽和粘性土における凍結・融解履歴と過圧密履歴との類似性を把握するための実験を実施してきている¹⁾。その結果、これまでに凍結・融解後さらに圧密を続けることで得られる $e-\log p$ 曲線が示す降伏点 p_{cf} によって、凍結・融解履歴と同等の過圧密履歴を与えた場合と、凍結・融解履歴を与えた場合とのせん断特性は類似することが分かっている。

本報告ではさらに予備圧密圧力の影響を受けない拘束圧力の下で、凍結・融解履歴と過圧密履歴を与えた場合のせん断特性を比較し、また非排水強度増加率(S_u/p_0)に関する考察を加えた。

2.試料および実験方法

試料：本研究に用いた試料は藤の森青粘土である。試料は液性限界の

2.4倍の含水比に調整した後、予備圧密セルで一次元的に80kPaで圧密した飽和粘性土である。表1に物性値を示す。

実験方法：凍結・融解三軸試験装置に供試体をセットし、有効応力300kPaまで等方的に圧密する。凍結の際は -5°C のサーマルショックを与えた後、上下端面温度差を 10°C に保持しながら、50時間かけて 0°C 線に供試体下端まで下げ凍結履歴を与える。融解は24時間かけて上下端面温度を $+2^{\circ}\text{C}$ に上げる方法とした。なお試験中は100kPaの背圧を載荷させた。また試験装置は $+2^{\circ}\text{C}$ の恒温室に置いた。

3. 凍結・融解後の圧密特性

図1は藤の森青粘土で実施した圧密－凍結－融解－再圧密を示す $e-\log p$ の一例である。既に報告している様に、凍結・融解後に観察される降伏応力 p_{cf} は凍結中に供試体を受けた最大有効応力であると推定される¹⁾。

4. 凍結・融解履歴による 有効応力増分

図2は図1で示されるような、これまで得られている凍結・融解履歴を与えた時の、有効拘束圧力 $p_{F/T}$ と凍結中に受けた推定最大有効応力 p_{cf} についてまとめた図である。この図より降伏応力 p_{cf} は凍結・融解履歴時の有効拘束圧力 $p_{F/T}$ よりも70～80kPa程度大きく、有効拘束圧力に依存しないと考えられる。そこで本報告では有効拘束圧力300kPaにおける凍結中の最大有効応力 p_{cf} を375kPaと推定し、この p_{cf} を先行圧密応力として有効拘束圧力300kPaまで除荷した下で非排水せん断試験を実施した(OCR=1.25)。また有効拘束圧力300kPaの下で凍結・融解履歴を与えた後直ちに非排水せん断試験を実施した場合とを比較した。

表 1 試料の物理的性質

土 粒 子 の 密 度	2.701 g/cm ³
粘 土 分 (< 5 μ m)	9 %
液 性 限 界	58 %
塑 性 指 数	32

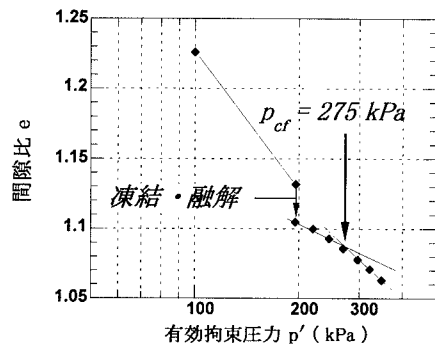


図 1 凍結・融解後の圧密特性

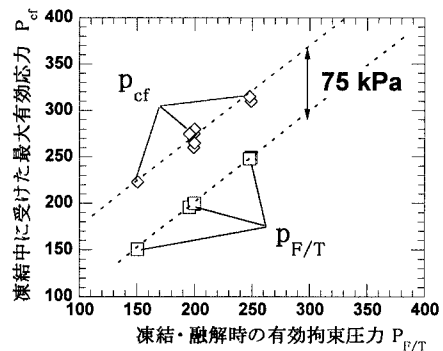


図 2 凍結・融解時の有効拘束圧力と凍結中の最大有効応力の関係

Keywords：凍結・融解、三軸試験、過圧密、せん断試験、粘性土

〒064-0926 札幌市 中央区 南26条西11丁目1-1 TEL (011)-841-1161 (内849) FAX(011)-551-2951

5. 過圧密履歴と凍結・融解履歴のせん断応力

図3は過圧密履歴として有効応力375kPa、275kPaを与えた後、有効応力300kPa、200kPaの下で非排水せん断した場合と、凍結・融解履歴を有効応力300kPa、200kPaで与えた後、直ちに非排水せん断した場合とを比較した図である。この図から両者の強度発現の特性やせん断強度は、ほぼ同じであると言える。

6. 発生間隙水圧特性

図4はせん断中の間隙水圧特性を比較した図である。間隙水圧も両者はよく一致しており、凍結・融解履歴は過圧密履歴と同等なグレイテンシー特性の変化をもたらすと考えられる。

7. 有効応力径路

図5は平均有効主応力と偏差応力で示した非排水せん断時の有効応力径路である。有効拘束圧力300kPaの場合では形状が特に近似しており、前述の結果を裏付けている。

8. 凍結・融解後の非排水強度増加率 $(S_u/p_0)_{F/T}$

凍結・融解履歴を過圧密履歴として扱えるかを確かめるため、未凍結の正規圧密粘土の非排水強度 $(S_u/p_0)_N$ から凍結・融解後の非排水強度 $(S_u/p_0)_{F/T}$ を推定し、実測値と計算値を比較した。推定式は式(1)を用いた²⁾。

$$(S_u/p_0)_{F/T} = (S_u/p_0)_N \cdot OCR^{\Lambda} \dots\dots(1)$$

ここに $(S_u/p_0)_{F/T}$ は凍結・融解後の非排水強度増加率、 $(S_u/p_0)_N$ は未凍結の正規圧密粘土における非排水強度増加率であってサフィックス F/T, N はそれぞれ凍結・融解、正規圧密を表す。また Λ 、OCR は以下のように計算される。

$$\Lambda = 1 - (C_{si}/C_{ci}) \dots\dots(2), \quad OCR = (p_{cf}/p_{F/T}) \dots\dots(3)$$

ここに C_{si} 、 C_{ci} は等方応力条件での膨張指数、圧縮指数である。

図6は凍結・融解後の非排水強度増加率を式(1)によって計算した値と、実測値とを比較した図である。図より凍結・融解後の非排水強度増加率は式(1)によって推定できるようであり、凍結・融解履歴を過圧密履歴で説明できるものと考えられる。

9. まとめ

- ①凍結中に受けた最大有効応力 p_{cf} を先行圧密応力として過圧密履歴を与えた場合と、凍結・融解履歴を与えた場合との非排水せん断挙動はよく類似する。
- ②凍結・融解履歴を過圧密履歴として扱うことで凍結・融解後の非排水強度増加率が推定できることが分かった。

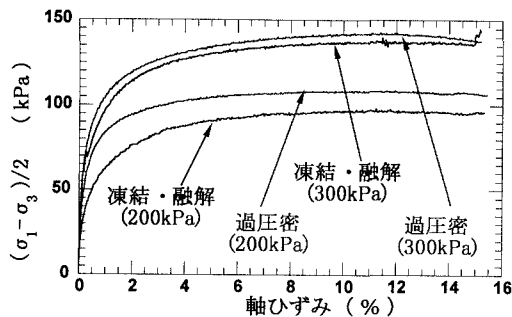


図 3 せん断応力 - 軸ひずみ

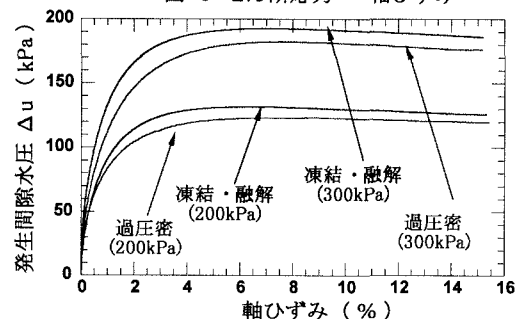


図 4 発生間隙水圧 - 軸ひずみ

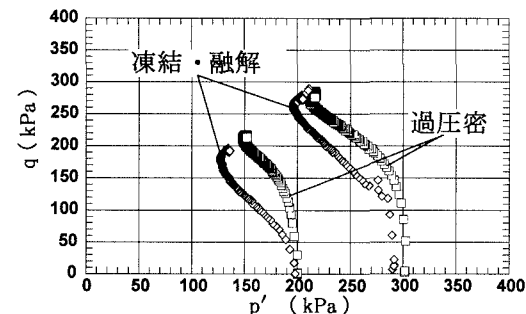


図 5 有効応力径路

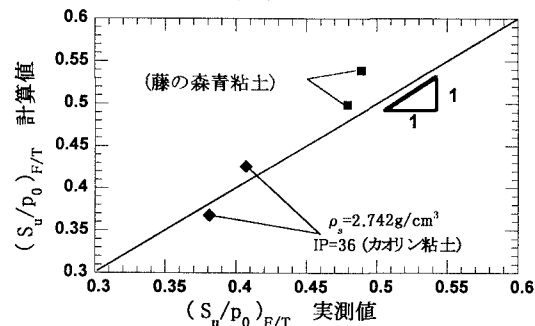


図 6 凍結・融解後の非排水強度増加率の推定

＜参考文献＞1)加藤・武市・小野:飽和粘性土における凍結・融解履歴と過圧密履歴について、第33回地盤工学研究発表会、1998(投稿中)、
2)三田地・小野:過圧密状態の粘土の非排水強度推定法、土と基礎、第33、巻3号、pp.21-28,1985