

飽和粘土の一次元繰返し圧密挙動に関する実験的研究

広島大学工学部 正会員 森脇 武夫

広島大学工学部 学生会員 ○ 杉木 正喜

1. はじめに

軟弱粘土地盤が交通荷重等の周期的に変動する荷重を受けることは数多く見られ、そういった地盤では、静的荷重を受ける場合に比べ、過大かつ長期にわたる圧密沈下現象がしばしば観測されている。このように、繰返し荷重による圧密沈下特性は静的荷重によるものとは大きく異なることがわかっているが、その解釈や適用についてはいまだ多くの問題点が残されている。そこで、本研究では試験装置として層別計測型圧密試験装置を、また試験試料として自然粘土の年代効果を再現できるとされる高温再圧密試料を用いて、繰返し圧密試験及び静的圧密試験を行うことにより、繰返し圧密時の自然粘土地盤の内部挙動と変形特性について検討する。同時に、弾粘性圧密理論に基づいた有限差分法による解析も行い、試験結果と比較する。

2. 試料及び試験・解析方法

試験に用いた試料は京都府舞鶴市で採取した沖積粘土で、その物理的性質は、土粒子の比重 $G_s=2.737$ 、液性限界 $w_L=83.32\%$ 、塑性限界 $w_p=31.15\%$ 、塑性指数 $I_p=52.17\%$ である。この粘土を $420\mu\text{m}$ のふるいを通して粗粒分等を取り除き、液性限界の約2倍の含水比となるスラリー状に調整したうえで約6時間の脱気を行い、その後再圧密セル(直径 24.7 cm, 高さ 30.0 cm)へ流し込み、両面排水条件で鉛直圧密圧力が 98.0kPa となるまで一次的に再圧密した。このとき再圧密セルを恒温水槽に入れ、温度を 70℃と 20℃の一定に保った。以後、前者を高温試料、後者を室温試料と呼ぶ。一次圧密の終了を 3t 法により確認後、再圧密を終了した。このようにして作成した高温試料、室温試料それぞれについて、密閉型圧密試験器(供試体:直径 6 cm, 高さ 2 cm)を5個連結した層別計測型圧密試験装置(供試体全体:直径 6 cm, 高さ 10 cm)により繰返し圧密試験及び静的圧密試験を行った。図-1 にこの試験装置の全体図を示す。まず、各装置ごとに片面(上面)排水条件で $p_0=98.0\text{kPa}$ まで予圧密し、その後、5個の装置を直列に連結し同じく片面(No.1 供試体の上面)排水条件で一定荷重 $\Delta p=49.0\text{kPa}$ 、また、増分荷重のピークを $\Delta p=24.5\text{kPa}$ 、49.0kPa、98.0kPa とする繰返し荷重をそれぞれ載荷した。繰返し載荷においては、周期 10 分で $p_0=98.0\text{kPa}$ を最低荷重とする片振りの正弦波とし、載荷時間は一定載荷、繰返し載荷ともに 10000 分とした。また、解析は差分化した弾粘性圧密方程式に標準圧密試験及び長期圧密試験によって求めた各試料のパラメータ値を入力し、繰返し荷重 98.0kPa の場合について行った。

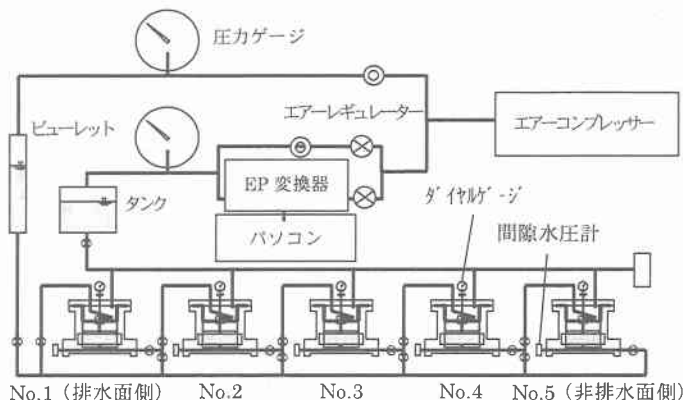


図-1 試験装置全体図

3. 試験結果及び考察

載荷方法の違いによる比較：図-2、3 に載荷応力 49.0kPa の繰返し載荷、一定載荷による高温試料の各層別及び層全体の平均ひずみの経時変化をそれぞれ示す。なお、これらの図では排水面側を No.1、非排水面側を No.5 としている。この2つの図を比較すると、層全体の平均ひずみの最終値は一定載荷の方が大きくなっている。これは、図-4 に示す有効応力分布図からもわかるように、繰返し圧密においては有効応力への応力転換が完全には行われないためであると考えられる。ただし、繰返し圧密でも排水面側の層(No.1)ではほ

ば完全に応力転換がなされ、他の層に比べひずみが卓越している。ここで、この No.1 の最終的有效応力と一定載荷における最終的有效応力はほぼ等しく、この有効応力下での最終ひずみも近い値となっている。このことから、今回の荷重レベルでは繰返し攪乱効果はそれ程現れなかったと考えられる。

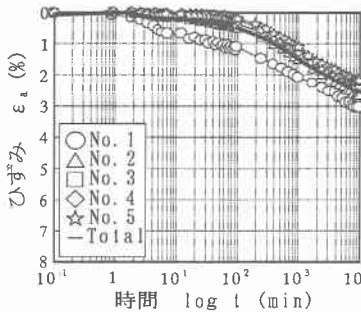


図-2 繰返し載荷49.0kPa(高温試料)

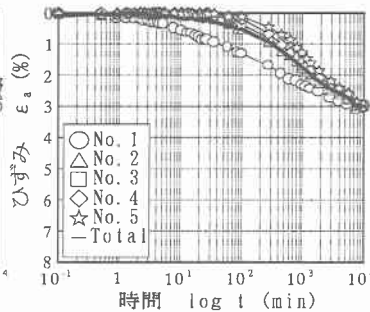
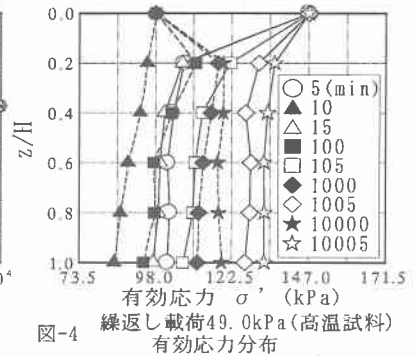


図-3 一定載荷49.0kPa(高温試料)

図-4 繰返し載荷49.0kPa(高温試料)
有効応力分布

繰返し荷重強度の違いによる比較：図-5 に繰返し荷重 24.5kPa, 49.0kPa, 98.0kPa 下での高温試料の層全体の平均ひずみについてそれぞれ示す。この図に示すように、繰返し荷重が大きい場合ほど増加する有効応力も大きくなるため、ひずみも大きくなるという結果となった。ここで与えた荷重条件は全て正規圧密領域となるものであるが、荷重が小さい場合は過圧密的な沈下～時間曲線となっている。これは、高温圧密により形成された構造によって高温試料が擬似過圧密の状態になっていたためと考えられる。

試料の違いによる比較：図-6, 7 に繰返し荷重 98.0kPa における高温試料と室温試料の変形挙動を示す。これらを比較すると、室温試料の方が最終ひずみが大きくなっている。これは、高温試料では高温圧密によって強固な骨格構造が形成され、それが繰返し荷重に抵抗したためであると考えられる。また、図-6, 7 の圧密終期の部分を比較すると、高温試料では二次圧密的に沈下がゆっくりと進行している。これは、室温試料では新たに載荷された荷重によってそれまでの構造が破壊され、載荷された荷重に対応する新たな構造へと比較的短期間で変化し、安定な状態となるが、高温試料では高温圧密によって形成された構造が比較的強固なため、新たな荷重に対応する構造への変化が徐々に生じているためだと考えられる。

解析結果との比較：解析結果は紙面の都合により省略するが、試験値と比べて間隙水圧の消散が遅く、ひずみが小さいなど試験結果とは異なる点が現れた。この要因としては、解析に用いたモデルでは繰返し攪乱効果や年代効果が表現できていないことなどが考えられる。

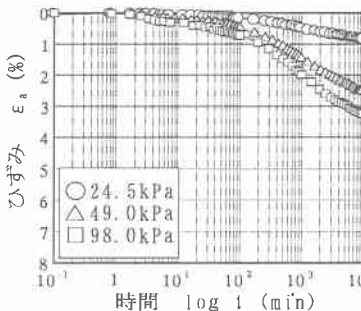


図-5 繰返し荷重強度変化(高温試料)

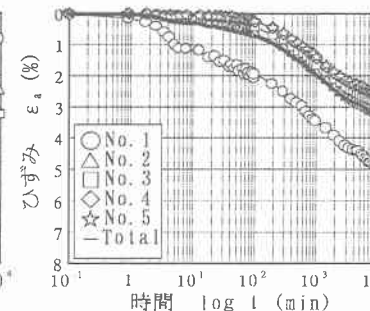


図-6 繰返し載荷98.0kPa(高温試料)

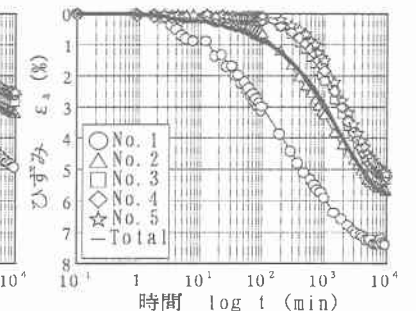


図-7 繰返し載荷98.0kPa(室温試料)

4. 結論

- 1) 繰返し圧密では載荷した荷重の有効応力への応力転換が完全に行われなため、繰返し攪乱効果の現れない荷重レベルでは静的圧密の場合よりもひずみは小さくなる。
- 2) 強固な骨格構造を持つ高温試料の繰返し圧密では、繰返し荷重が小さい場合は過圧密的な挙動が見られ、また、新たな荷重に対応する骨格構造への変化も徐々に進行する。