

粘性土の非排水強度および変形係数に及ぼす繰返しひずみ履歴の影響

宮 城 県 正 員 ○ 古 川 卓
 北海道大学工学部 正 員 濫 谷 啓
 同 上 正 員 三 田 地 利 之
 北海道大学大学院 学 生 員 細 見 明 彦
 札幌 市 正 員 杉 本 大

1 研究の目的

近年、粘性土の破壊前の変形特性に関する研究が盛んである。我が国のような地震多発国の場合、この種の研究の意義は大きい。本研究は、地盤に繰返し荷重が作用したときの変形・強度特性について、室内再構成粘性土試料を用いて調べたものである。具体的には、過去に多様な繰返しひずみ履歴を受けた供試体のその後の変形・強度特性の変化について、非排水三軸単調載荷試験により検討した。

2 試験試料

本研究に用いた試料は市販のNSF粘土であり、粘土分は100%である。表-1にその物性値を示す。

表-1 試料の物性値

W _L (%)	W _P (%)	IP	ρ_s (g/cm ³)
54.3	28.1	26.2	2.78

試料を鉛直応力150kPaで一次元的に予圧密した後、H=10cm、D=5cmの円柱形に成形して供試体とした。

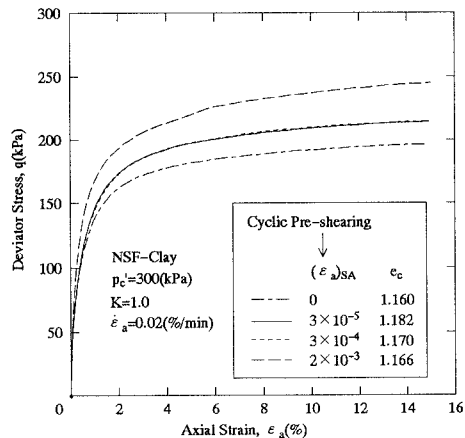
3 試験条件

実験には多機能全自動三軸試験装置¹⁾を用いた。まず、等方応力状態 $p_e' = 300$ kPaまで、B.P. = 200kPaで圧密した。3t法により圧密を終了し、非排水状態で所定の片振幅軸ひずみ、 $(\varepsilon_a)_{SA}$ で11回の三角波による繰返し載荷試験を行った。その後過剰間隙水圧を消散させるため等方応力状態、 $p_e' = 300$ kPaまで再圧密した。実施した4本の供試体の内1本は圧密終了後、すぐに単調載荷試験を行い、他の3本はそれぞれ所定の繰返しひずみ履歴を与えた後、単調載荷試験を行った。これらの繰返し載荷、単調載荷試験とも軸ひずみ速度は、0.02%/minで統一した。

4 試験結果

4-1 非排水強度と過剰間隙水圧挙動

図-1は、単調載荷試験における応力・ひずみ関係である。いずれの供試体も典型的なひずみ硬化型の挙動を示しているが、繰返し載荷時のひずみ $(\varepsilon_a)_{SA}$ が大きいほど強度も大きくなっている。図-2はこの時の有効応力経路である。繰返し載荷過程の $(\varepsilon_a)_{SA}$ が大きいほど過剰間隙水圧の発生度合いが小さいことが分かる。しかし、せん断抵抗角 ϕ' は4本ともほぼ一定で約30°であった。圧密終了時の間隙比 e を見ると、密度の差が強度

図-1 $\varepsilon_a \sim q$ 関係

に反映しているとは考えにくい。繰返し載荷試験中に発生した過剰間隙水圧消散にともなう体積ひずみ増分 $\Delta \varepsilon_v$ も最大で0.6(%)とわずかであった。

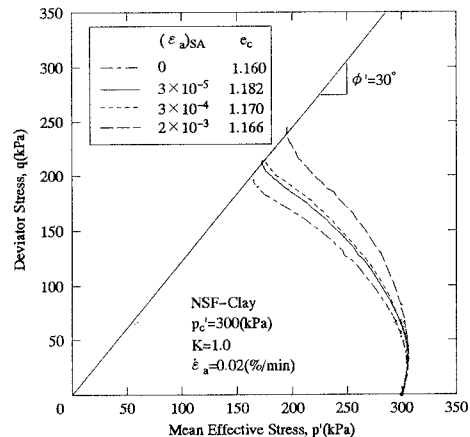
図-2 $p' \sim q$ 関係

図-3は繰返し載荷試験における各サイクル終了時の過剰間隙水圧比 $\Delta u/p_e'$ を繰返し載荷回数Nに対し、片対数軸上に示したものである。いずれの供試体もNに対して $\Delta u/p_e'$ は直線的に増加するが、 $(\varepsilon_a)_{SA}$ が大きいほど過剰間隙水圧の発生量も大きい。また、 2×10^{-3} のひずみ履歴を受けている供試体は、それより小さい2つに比較してかなり大きく発生している。

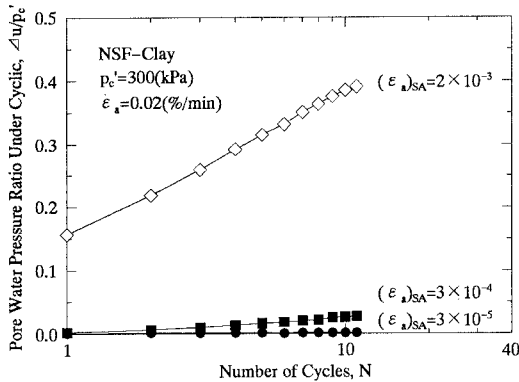


図-3 $N \sim \Delta u/p_c'$ 関係

4-2 変形係数との関係

図-4は微小ひずみにおける単調載荷時の軸ひずみと割線ヤング係数 E_{sec} との関係である。いずれの供試体も、 $\epsilon_a < 2 \times 10^{-5}$ で最大値をとり、その後ひずみの増大にともなって E_{sec} は低下していく。また、 $\epsilon_a < 1 \times 10^{-4}$ において、おおむね $(\epsilon_a)_{SA}$ が大きいほど E_{sec} が大きい。これは繰返し載荷中の応力履歴によって供試体の初期剛性が高くなったものと思われる。しかし、ひずみが大きくなるにつれて E_{sec} の違いは顕著でなくなる。

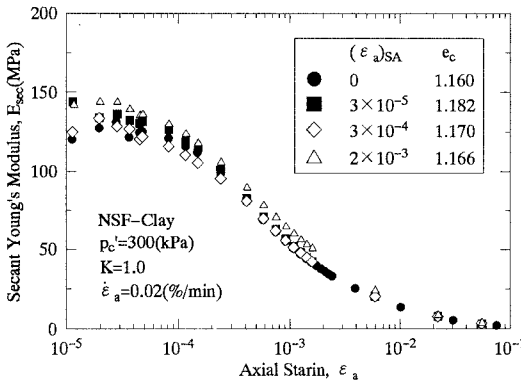


図-4 $\epsilon_a \sim E_{sec}$ 関係

ここで、単調載荷過程の初期剛性 E_{max} (微小ひずみの E_{sec})と強度の最大値 q_{max} との比を繰返し載荷試験終了時の過剰間隙水圧比 $\Delta u/p_c'$ についてまとめたものが図-5である。 E_{max}/q_{max} は繰返し載荷過程での $\Delta u/p_c'$ に対して、ほぼ600程度で一定である。これにより、繰返しひずみ履歴を受けても、強度と初期剛性の比はほとんど変わらないことが分かった。また、図-6は単調載荷時の偏差応力 q の増加に対する E_{sec} の低下をそれぞれの供試体の E_{max} , q_{max} を用いて整理した関係である。図を見ると4本の挙動はほとんど等しくなった。これは、今回の実験の範囲では過去に繰返しひずみ履歴を与えるか否か、さらに繰返しひずみ履歴の大小に関わらず偏差応力～変形係数関係は E_{max} ,

q_{max} を用いて1本の曲線で表現しうることを示している。

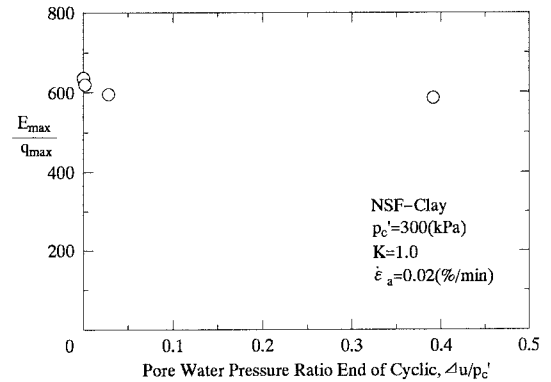


図-5 $\Delta u/p_c' \sim E_{max}/q_{max}$ 関係

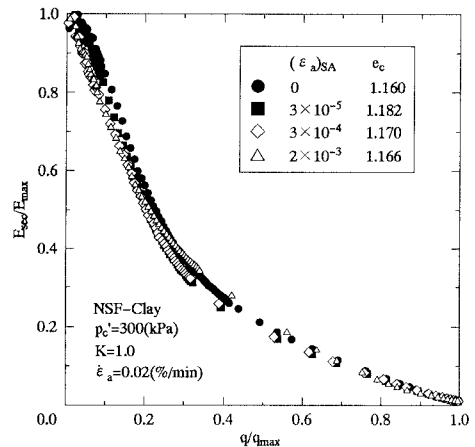


図-6 $q/q_{max} \sim E_{sec}/E_{max}$ 関係

5 結論

室内再構成粘性土試料を用いて、異なる繰返しひずみ振幅の履歴を与えた供試体に対して、非排水単調載荷試験を行った結果以下の結論が得られた。

- ①繰返しひずみ履歴を受けた場合、非排水強度と初期剛性は共に増加し、その増加の程度は繰返し載荷中の $(\epsilon_a)_{SA}$ が大きいほど大きい。
- ②今回の実験の範囲では繰返しひずみ履歴によらず、 E_{max}/q_{max} はほぼ等しく600程度であった。
- ③偏差応力～変形係数関係は繰返しひずみ履歴を与えるか否か、さらに繰返しひずみ履歴の大小に関わらず E_{max} , q_{max} を用いて1本の曲線で表現しうる。

参考文献：(1): 濫谷ら(1993): 高分解能, 高トルクモーターを用いた多機能全自動三軸試験装置の試作, 第28回土質工学研究発表会, pp. 53-56. (2): 稲原ら(1994): 砂の繰返し変形特性に及ぼす応力履歴の影響, 地盤および土構造物の動的問題における地盤材料の変形特性に関するシンポジウム発表論文集, pp. 175-180.