

Ⅲ-A39 粘性土の非排水せん断時における変形挙動のひずみ速度依存性について

北大院工学研究科 学生員 大 木 基 裕
北大院工学研究科 フェロ - 三田地 利 之
函館高等専門学校 正会員 川 口 貴 之

1. はじめに

著者らは、粘性土の非排水せん断試験から得られる応力～ひずみ関係において 0.005%以下のひずみ域を擬似弾性領域とし、その間の傾き (E_{max}) と平均有効主応力の関係について論じている¹⁾。一般に三軸圧縮試験を行う際には端部拘束の影響を無くすため供試体とペDESTALの間にテフロンシートを挟むなどの lubrication が必要であるが、本研究では高精度デジタルサーボモータを備えた多機能三軸試験装置を用いており²⁾、軸方向の変位量は広範囲なひずみ域で高精度を維持しながら測定可能なことから、デジタルサーボモータのパルス数からの換算値を用いている。従って軸変位量はサーボモーターから伸びる載荷ロッドの移動量であるので lubrication は施していない。本文ではこれらを背景に粘性土の非排水せん断時における変形挙動のひずみ速度依存性について間隙水圧、平均主応力増分の推移、初期剛性の点から考察した。

2. 実験条件

本研究で用いた粘土は市販の NSF-Clay($W_L=56\%$, $I_p=26$, $\rho_s=2.78\text{g/cm}^3$)である。供試体は液性限界の 2 倍のスラリーを鉛直圧密応力 150kPa で 10 日間一次元圧密した試料から切り出し、 $D=50\text{mm}$, $H=100\text{mm}$ に整形した。圧密は初期等方圧密($p'_c=40\text{kPa}$)の後、B 値を測定しながら背圧を 200kPa まで段階載荷した (B 値は 0.95 程度)。載荷速度 0.5kPa/min で、平均圧密圧力 $p'_c=300\text{kPa}$ まで等方圧密し、3t 法により圧密を打ち切った。各々近似した圧密履歴をたどり、せん断開始直前の間隙比もほぼ等しい($e=1.14$)。その後非排水条件の下で異なる軸ひずみ速度(0.02、0.2、2%/min)で単調載荷試験を行った。間隙水圧測定用のソンプは、軸ひずみ量の推移と間隙水圧の測定の同時性を考慮し、瞬時に発現した電圧をノイズとして除去するノイズフィルターをかけていない。

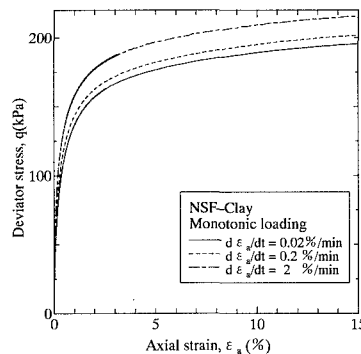


図1 応力～ひずみ関係(15%)

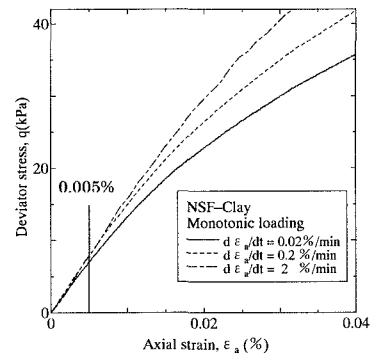


図2 応力～ひずみ関係(0.04%)

で単調載荷試験を行った。間隙水圧測定用のソンプは、軸ひずみ量の推移と間隙水圧の測定の同時性を考慮し、瞬時に発現した電圧をノイズとして除去するノイズフィルターをかけていない。

3. 実験結果・考察

図1は応力～ひずみ関係である。軸ひずみ速度が速いほど同じ軸ひずみ量での軸差応力 q の発現は大きく、せん断終了時の q にも影響している。図2は図1の軸ひずみ量 0.04%

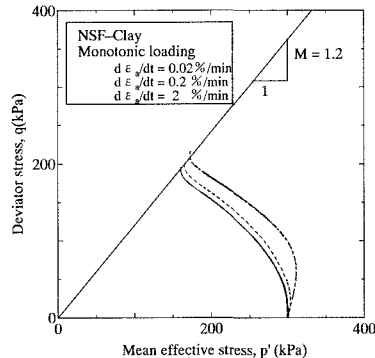


図3 有効応力経路

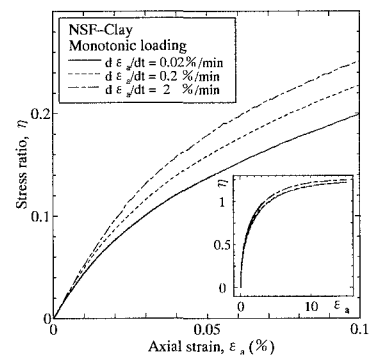


図4 η ～ひずみ関係

までに注目したものである。擬似弾性領域とした $\varepsilon_a < 0.005\%$ までの挙動はひずみ速度に関わりなく近似した関係にあり、初期剛性 E_{max} は共通して 160MPa 程度であった。しかしひずみ速度が遅いほど線形領域は縮小している。ひずみ速度が最速の場合と最遅の場合とはせん断が終了するまでに 100 倍の時間差があり、リラクゼーションの影響を受けていると考えられる。図3は有効応力経路である。せん断初期を除けば、ひずみ速度が遅くなるにつれて原点側の経路をたどっている。図4は応力比 $\sim$ ひずみ関係である。図2の結果を反映している。図5は間隙水圧 $\Delta u \sim$ ひずみ関係および平均主応力増分 $\Delta \sigma_m \sim$ ひずみ関係である。ひずみ速度 0.02 および 0.2%/min の破壊に至るまでの Δu の発現は近似しているが、せん断速度が 2%/min ではその発現は小さい。また圧密終了時からの $\Delta \sigma_m$ は、図1の結果を反映した傾向を示している。図6は図5の軸ひずみ量 1%までに注目しているが、ひずみ速度が 0.02 および 0.2%/min の2つは初期においても Δu と $\Delta \sigma_m$ の推移が一致しているが、2%/min の Δu の発現傾向は鈍いことが分かる。また、図2と図6の関係から図3の応力経路が異なる要因は $p'(\Delta u)$ よりも q による影響が大きいことがわかる。図7は $(\Delta u - \Delta \sigma_m) \sim \log \varepsilon_a$ 関係である。 $(\Delta u - \Delta \sigma_m)$ は純粋なダイレイタンシーによる間隙水圧の増分を表しており、ひずみ速度によらず軸ひずみ量に対して一義的に決まるとされているが³⁾、中ひずみ域以降で 2%/min の間隙水圧の発現傾向が鈍いことが影響し大きく異なっている。間隙水圧の測定は、供試体底部で行っており供試体内の間隙水圧の不均一性や lubrication が施されていないことなどが影響しひずみ速度が大きくなるにつれて顕著に表れているが、0.2%/min と 0.02%/min については近似した関係を示している。従って、0.2%/min 以下のひずみ速度で試験を行えば Δu の推移を的確に捉えることができる。また、ひずみ速度によって Δu も q も影響は受けるがその受け方に違いがあり、間隙水圧の発現を妨げる要素をなくし測定方法が向上すれば図5以上の近似した関係にはなるものの、ひずみ速度が遅いほど Δu の発現は大きいと考える。軸ひずみ量 0.005%以下の範囲では、ひずみ速度によらず圧密終了時から増加した $\Delta \sigma_m$ はすべて Δu に変換され、弾性的な現象が起こっている領域が存在することを裏付ける結果である。

4. まとめ

- ・ B 値が高くひずみ速度 0.2%/min 以下の試験であれば、間隙水圧の推移を的確に捉えられる。
- ・ ひずみ速度の違いによる間隙水圧の発現は測定精度の向上により図5の関係よりも近似するものの、ひずみ速度によって応力 $\sim$ ひずみ関係の線形領域が変化することから、間隙水圧の発現はひずみ速度に依存すると考えられる。
- ・ 軸ひずみ量 0.005%以下の範囲で弾性的な応力 $\sim$ ひずみ $\sim$ 間隙水圧関係が確認され、ひずみ速度依存性は小さい。

【参考文献】1)大木ら(1997)粘性土の広範囲なひずみでの変形挙動に及ぼす圧密履歴の影響, 第 32 回地盤工学会研究発表会 pp631-632 :2)瀧谷ら(1996)高精度デジタルサーボモーターを利用した多機能三軸試験装置, 地質と調査 '96-2 月号 :3)K.Y.Lo(1969)THE PORE PRESSURE-STRAIN RELATIONSHIP OF NORMALLY CONSOLIDATED UNDISTURBED CLAYS. Canadian Geotechnical Journal, 6, 395(1969)

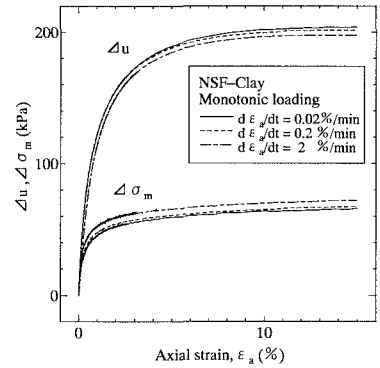


図5 $\Delta u, \Delta \sigma_m \sim$ ひずみ関係

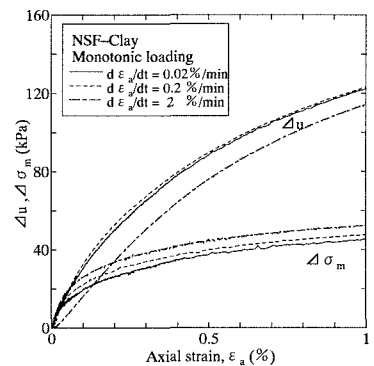


図6 $\Delta u, \Delta \sigma_m \sim$ ひずみ関係

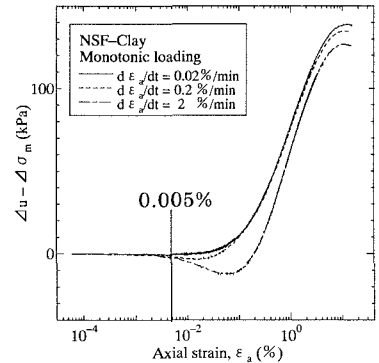


図7 $\Delta u - \Delta \sigma_m \sim$ ひずみ関係