

Ⅲ－A40

三軸圧縮・伸張条件下での粘性土の変形挙動

函館高専環境都市工学科 正会員 川口 貴之
北海道大学大学院 フェロー 三田地 利之
北海道大学大学院 学生会員 大木 基裕

はじめに

近年、掘削に伴う周辺地盤の変状問題を取り扱うにあたり、応力の除荷に伴う地盤の変形挙動を正確に把握する必要性が高まっている。そこで、本研究では高精度な応力～ひずみ関係を得ることができる多機能三軸試験装置を用いて粘性土の三軸圧縮・伸張試験を行い、それぞれの変形挙動について検討を行った。

試験方法・結果

本研究で用いた試験装置は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であり、試料は市販の NSF-clay を鉛直応力 150kPa で予圧密したものをを用いた。その後、三軸セル内において有効応力 300kPa まで等方圧密し、3t 法により打ち切った後に速度 0.02%/min で非排水三軸圧縮・伸張試験を行った。本研究で用いている変形係数を図 1 に示す。本研究で行った圧縮、伸張試験では、所定の軸ひずみにおいて除荷・再載荷を行っており、再載荷応力～軸ひずみ関係における線形部分の傾きを E_{RL} とした。図 2 は本試験から得られた応力経路であり、図 3 は応力～ひずみ関係である。圧縮、伸張試験において、 M はそれぞれ 1.20, 1.07 であり、強度は 197, 181 (kPa) であった。なお、伸張試験結果については比較しやすいように絶対値で示している。なお、圧密終了時の間隙比の差はわずか(0.0003)だった。

考察

a) 応力～ひずみ関係に及ぼす応力系の違いに関する検討

図 4 は微小ひずみ域における応力～ひずみ関係において、圧縮・伸張試験結果を比較したものである。図から分かるように軸ひずみ 0.02% 程度までは非常に近似した挙動を示しており、0.01% における除荷・再載荷時の挙動においても同様である。図 3 から分かるように、それ以降は圧縮試験のほうが同一軸ひずみにおける応力が大きく、最終状態（軸ひずみ 15%）までその関係は保たれている。図 5 は両試験における $E_{tan} \sim |\epsilon_a|$ 関係である。0.02% 以降、伸張試験における軸ひずみに対する接線変形係数 E_{tan} の減少割合が大きくなり、より早く破壊状態に近づいていることが分かる。

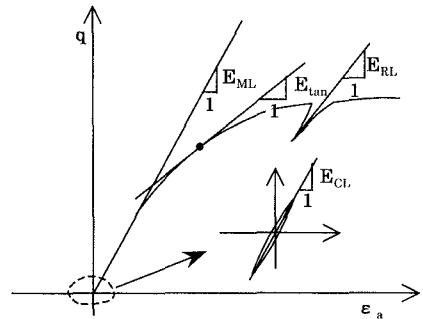


図1 変形係数の定義

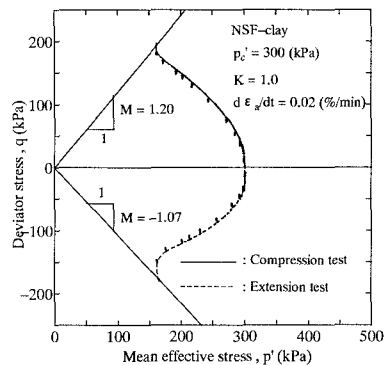


図2 応力経路

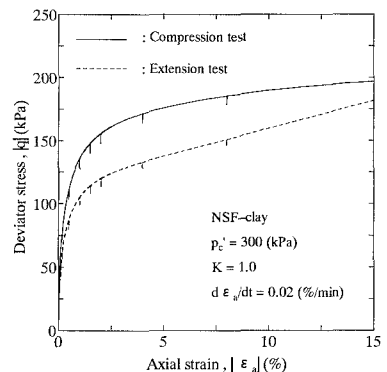


図3 応力～ひずみ関係

【キーワード】 三軸圧縮試験, 三軸伸張試験, 応力～ひずみ関係, 擬似弾性変形係数

【連絡先】 函館工業高等専門学校環境都市工学科, 函館市戸倉町 14 番 1 号, 0138-59-6300

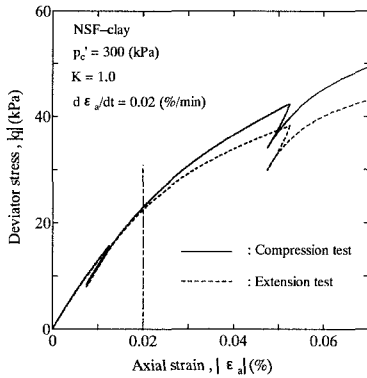


図 4 応力～ひずみ関係(微小ひずみ)

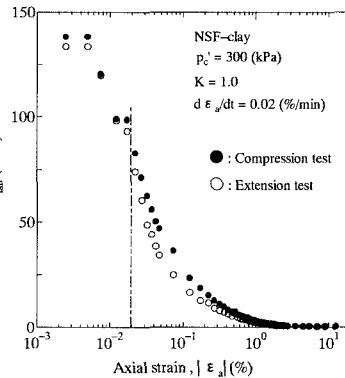


図 5 $E_{tan} \sim \epsilon_a$ 関係

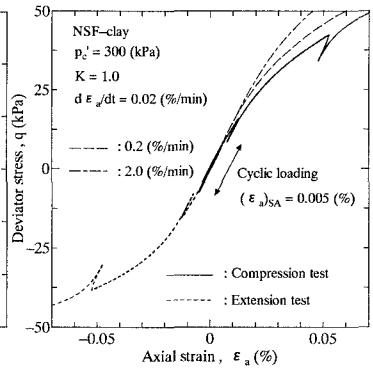


図 6 擬似弾性変形係数に関する検討

b) 微小ひずみ域における擬似弾性変形係数の検討

近年、非排水条件下の粘性土が微小ひずみ域において弾性的な挙動を示すことが知られており、本研究ではその際の変形係数を擬似弾性変形係数 (E_{ML} , E_{CL}) と呼んでいる。図 6 には圧縮・伸張試験結果の他に、同試料、同圧密条件下で圧縮速度を変えた 2 つの試験、片振幅軸ひずみ 0.005% で同速度の繰返し試験の応力～ひずみ関係を示している。繰返し載荷試験を行った領域内 (0.005% 以下) では、圧縮、伸張、繰返し、速度によらず等しい変形係数が得られ、粘性土が弾性的な挙動を示していることがわかる。

c) E_{RL} に関する検討

図 7 は圧縮・伸張試験中の所定の軸ひずみで行った再載荷応力～軸ひずみ関係を比較したものである。再載荷を行う点までの軸ひずみ (絶対値) が増加するにつれて E_{RL} が減少していることが分かる。本研究の過去の研究において、擬似弾性変形係数と平均有効応力の相関性が得られている。そこで図 8 には再載荷を行った軸ひずみ ($\epsilon_{a,RL}$) ～平均有効応力 $p' \sim E_{RL}$ 関係を示した。 $(\epsilon_{a,RL}) \sim p'$ 関係において、圧縮・伸張試験の差はほとんど見られない。また、 $(\epsilon_{a,RL}) \sim p'$ 関係と $(\epsilon_{a,RL}) \sim E_{RL}$ 関係には相関があり、間接的に平均有効応力と E_{RL} の相関性がうかがえる。しかしながら、軸ひずみ約 1% の点から圧縮・伸張試験の E_{RL} に差異が認められ、伸張試験の E_{RL} が大きく減少している。この理由についてははっきりとしたことはわからないが、伸張試験では破壊の進行に伴い、ネッキング等、供試体内のひずみ分布の不均一性が高まり、 E_{RL} が必要以上に低下しているのではないかと考えられる。よって、 $(\epsilon_{a,RL}) \sim p'$ 関係における圧縮・伸張試験の差がないことにより、本来は $(\epsilon_{a,RL}) \sim E_{RL}$ 関係にも圧縮・伸張試験の差がほとんどないと思われる。

まとめ

- ・ 0.02% 程度までは応力～ひずみ関係における圧縮・伸張の違いが見られない。
- ・ 0.005% 以下では、圧縮、伸張、繰返し、速度によらず等しい変形係数が得られ、弾性的な挙動を示している。
- ・ $(\epsilon_{a,RL}) \sim p'$ 関係における圧縮・伸張試験の差がないことにより、本来は $(\epsilon_{a,RL}) \sim E_{RL}$ 関係にも圧縮・伸張試験の差がほとんどないと思われる。

【参考文献】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 1996 年第一号：平成 9 年度、掘削と周辺地盤の変状講習会、講演資料：新規制定地盤工学会基準・同解説、土の K_0 圧密非排水三軸伸張試験法、同圧縮試験法 (JGS T 526-1996, JGS T 525-1996)

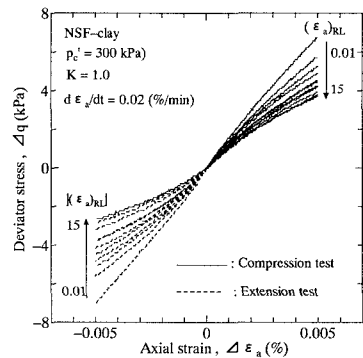


図 7 $\Delta q \sim \Delta \epsilon_a$ 関係

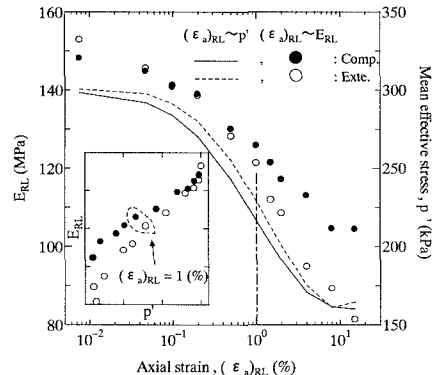


図 8 $(\epsilon_{a,RL}) \sim E_{RL} \sim p'$ 関係