

京都大学工学部 学生員 ○加藤亮輔

京都大学大学院 正会員 岡二三生・小高猛司

京都大学大学院 学生員 山村誠司・辻千之

1. はじめに

本研究では自然堆積粘土に比べて再現性に富む再構成粘土を用いて、ひずみ速度依存性やその代表としての Isotaches 性を調べた。さらにこれまでに研究が進んでいる正規圧密の三軸試験だけでなく、過圧密の三軸試験および、中空ねじりせん断試験も行った。これらにより得られたそれぞれの結果に対して有効応力径路や応力-ひずみ曲線、過剰間隙水圧などに注目し、考察した。

2. 実験概要

三軸圧縮試験、中空ねじりせん断試験についてそれぞれ単調載荷試験とひずみ速度急変試験を行った。三軸圧縮試験では正規圧密 200kPa および過圧密 OCR=6 (300→50kPa) の供試体を、中空ねじりせん断試験では正規圧密 200kPa の供試体を用いて非排水せん断を行った。非排水せん断中のひずみ速度は実験 1: 三軸圧縮試験の正規圧密粘土で 0.1、0.05%/min の 2 種類。過圧密粘土で 0.5、0.1、0.01、0.005%/min の 4 種類。中空ねじりせん断試験で 0.5、0.1、0.01%/min の 3 種類である。実験 2: 三軸圧縮試験の過圧密粘土では 0.5 と 0.005%/min の数回急変。中空ねじりせん断試験では 0.5、0.01%/min の数回急変である。

3. 実験結果と考察

単調載荷試験でひずみ速度を変えて実験した結果からヤング率 E を求めると、正規圧密粘土では 0.1%/min で 135.1MPa、0.05%/min で 120.0MPa となり、過圧密粘土では 0.5%/min で 78.5MPa、0.1%/min で 57.1MPa、0.01%/min 51.8MPa で、0.005%/min で 47.9MPa となった。ひずみ速度が大きいくほどヤング率 E も大きくなっていることから、過圧密粘土にもひずみ速度依存性が存在することが確認できる。この時の過圧密粘土の有効応力径路および応力-ひずみ曲線を図 1 に示し、微小ひずみレベルにおける応力-ひずみ曲線を図 2 に示す。単調載荷試験における過圧密の過剰間隙水圧変化を図 3 に示す。過圧密粘土では正規圧密粘土に比較し、載荷初期から過剰間隙水圧にひずみ速度に応じた大きな差が生じ、その後一定値に収束するような挙動を示した。この現象は過圧密粘土の正のダイレイタンシーの発生がひずみ速度

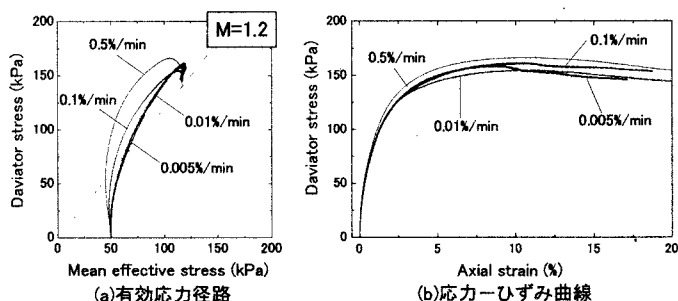


図 1 過圧密粘土における単調載荷試験結果

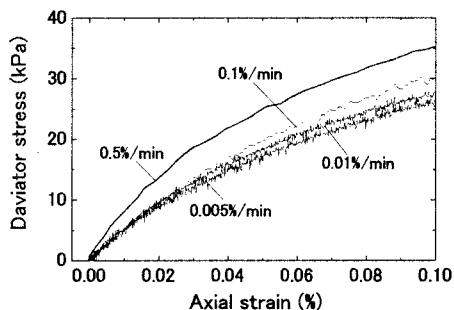


図 2 微小ひずみレベルの応力-ひずみ曲線

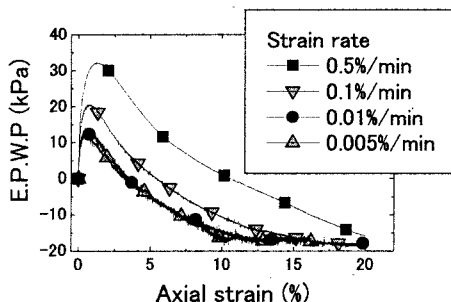


図 3 過圧密粘土の過剰間隙水圧変化

に依存することに起因すると考えられる。次にひずみ速度急変試験であるが、図4から過圧密においても微小ひずみレベルでは Isotaches 性が確認された。限界状態線近傍の有効応力径路に注目してみると、ひずみ速度を急激に小さくした時には同時に軸差応力が減少し、その後時計回りで円弧の左半分を描くようにして軸差応力が増加する。逆にひずみ速度を急激に大きくした時には、同時に軸差応力が増加し、その後は右肩下がり形で徐々に軸差応力が減少する。この挙動は応力-ひずみ曲線でも限界状態線近傍で Isotaches 性が小さくなっているのに対応して、ひずみ速度急変に伴う軸差応力の変動のみが現れているといえる。最後に中空ねじりせん断試験について述べる。三軸圧縮試験結果と直接比較できるように縦軸を偏差応力の第2不変量 $\sqrt{2}J_2$ で表した単調載荷試験の有効応力径路と応力-ひずみ曲線を、正規圧密粘土の三軸圧縮試験のひずみ速度 0.1%/min のものをあわせて示した図5より、中空ねじりせん断試験と三軸圧縮試験では、有効応力径路と応力-ひずみ関係はほぼ同じであることが確認できた。ひずみ速度急変試験を表した図6より、微小ひずみレベルにおいては Isotaches 性がみられ、限界状態に近づくにつれて Isotaches 性が薄れていき「stress overshoot (undershoot)」といった現象が現れてくることが確認できた。

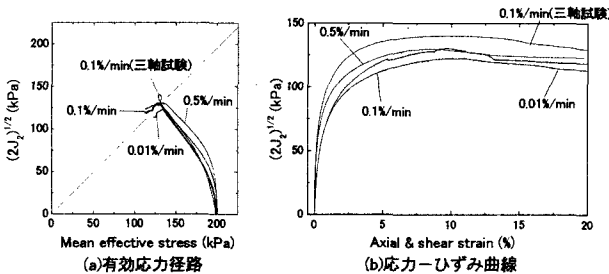


図5 中空ねじりせん断試験における
単調載荷試験結果

4. まとめ

過圧密においても粘性土の応力-ひずみ曲線におけるひずみ速度依存性や Isotaches 性が実験によって確認された。正規圧密粘土に比較して、過圧密粘土では過剰間隙水圧の変化におけるひずみ速度依存性がより明確に現れた。また、中空ねじりせん断試験においてもひずみ速度依存性、Isotaches 性が確認された。

5. 参考文献

- 1) Graham, J., Crooks, J.H.A & Bell A.L. (1983): Time effects on the stress-strain behavior of soft marine clays, *Geotechnique*, 33(3), 327-340.
- 2) 桃谷・石井・龍岡 (1998): 正規圧密粘土における変形特性のひずみ速度依存性と非排水クリープの予測, 第33回地盤工学会研究発表会, 615-616.
- 3) 赤井・足立・安藤(1974): 「飽和粘土の応力-ひずみ-時間関係」, 土木学会論文報告集, 第225号, 53-61.

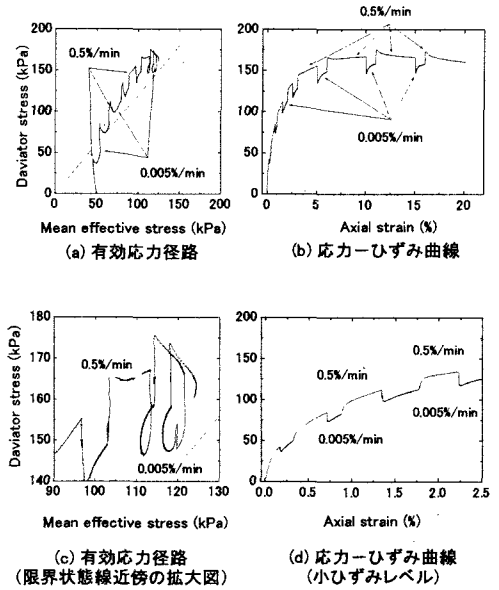


図4 過圧密粘土におけるひずみ速度急変試験結果

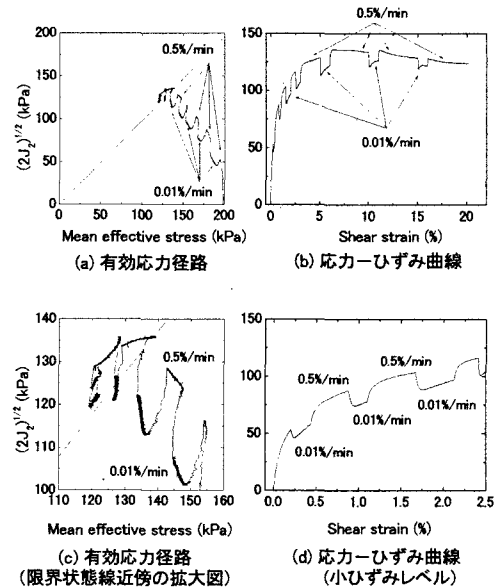


図6 中空ねじりせん断試験における
ひずみ速度急変試験結果