

単純せん断試験による各種圧密条件下の粘性土のせん断強度特性の評価

名城大学 学生会員 山田久記・三好直輔
名城大学大学院 学生会員 福沢宏樹
名城大学 正会員 小高猛司・板橋一雄

1. はじめに

単純せん断試験は、異方応力条件下にある地盤材料の繰返しせん断挙動を比較的簡便に求めることが可能である。本報では、異方圧密および過圧密条件下での粘性土の繰返しせん断特性について検討を行った。

2. 実験概要

実験に用いた試料は、東京湾で浚渫採取した有楽町層粘土の再構成粘土（以下、再構成有楽町粘土と呼ぶ）である。また、塑性限界は 86%、液性限界は 31%である。再構成粘土はスラリー状に攪拌した後に、100kPa で一次元的に予圧密して作製した。単純せん断試験の供試体寸法は、直径 60mm、高さ 30mm の円柱である。供試体を圧力セルに設置後、二重負圧法で飽和化を行い、表 1 または表 2 に示す条件で圧密後、軸変位固定・非排水の定体積条件で単純せん断試験を実施した。正規圧密供試体では、各種の異方応力状態で圧密し、過圧密供試体では、一旦有効拘束圧 300kPa で圧密した後に、

表 1 正規圧密供試体の圧密条件

Case	K_0	σ_1'	σ_3'	σ_m'
A	1.0	200	200	200
B	0.7	300	200	233
C	0.5	400	200	267
D		200	100	133

表 2 過圧密供試体の圧密条件

Case	K_0	OCR	σ_{mc}'	σ_m'
E	1.0	3	300	100
F		5		60

100 あるいは 60kPa まで除荷することにより、それぞれ OCR=3 あるいは 5 の供試体を作製した。非排水せん断時には、メンブレンの外側から厚さ 1mm のドーナツ状のリングを 30 枚積層することによって、単純せん断モードを保つようにしている。試験は載荷速度を 0.5%/min で両振幅ひずみが 10%に達するまで実施した。

3. 試験結果

正規圧密供試体の試験結果の一例として、Case C における 3 種類の繰返し応力比（せん断応力 τ /平均有効応力 σ_m' ）における有効応力経図と応力～ひずみ関係を図 1 に示す。有効応力経路図に示した 2 本の直線は、別途行った単調載荷試験で得た限界状態線である。有効応力経路を見ると、第一波での平均有効応力の減少が大きく、繰返しせん断が進行するにつれて徐々に有効応力の減少が小さくなる。せん断の後半になると、限界状態線に漸近しながら、正のダイレイタンス性を呈する砂のサイクリックモビリティに類似した挙動が観察で

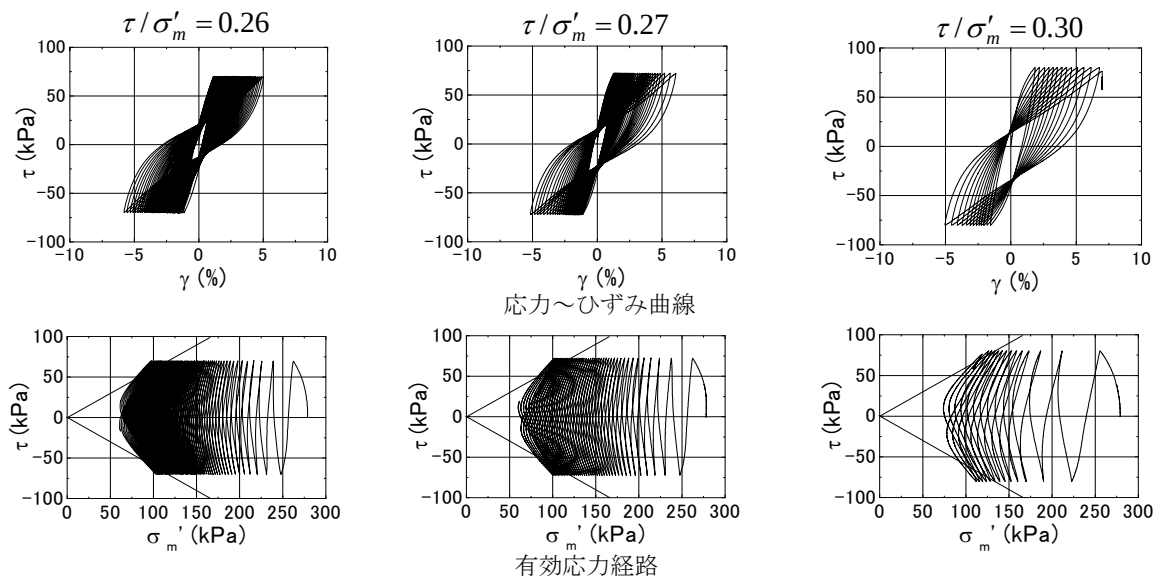


図 1 正規圧密供試体 (Case C) の繰返しせん断試験結果

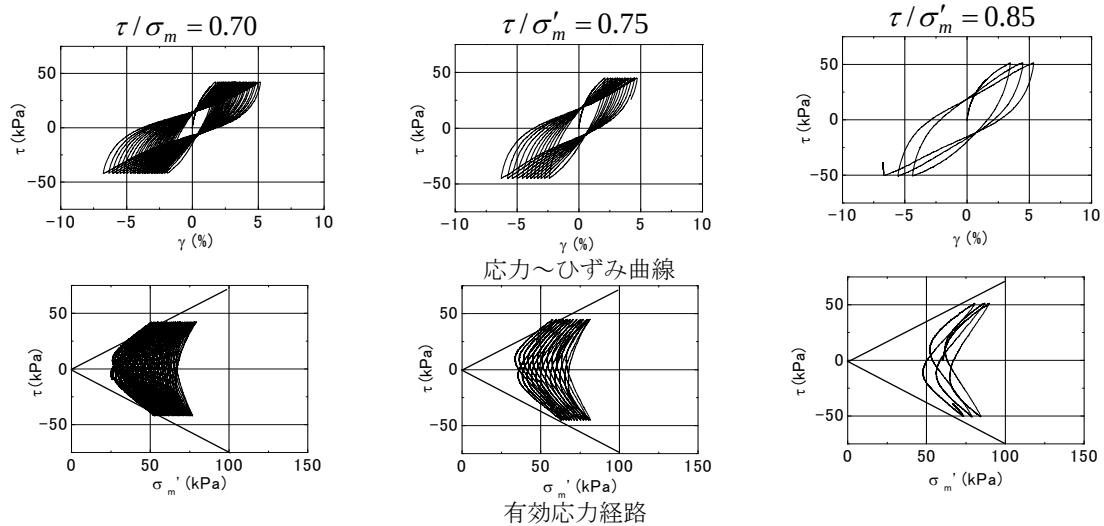


図2 過圧密供試体 (Case F) の繰返しせん断試験結果

きる。応力～ひずみ関係においては、繰返しに伴いせん断ひずみの増加幅が大きくなる傾向が見られる。以上は、すべての正規圧密供試体に共通した特徴であった。一方、過圧密供試体の一例として、Case F の試験結果を図2に示す。有効応力経路を見ると、せん断初期から正規圧密供試体のせん断後半で観察されたサイクリックモビリティに類似した挙動が観察され、また応力～ひずみ関係においては、繰返しに伴い均等にせん断ひずみが増加する。以上は、過圧密供試体に共通した特徴であった。

図3はすべての試験条件をまとめ、両振幅せん断ひずみ10%で整理した繰返し強度曲線である。正規圧密供試体においては、異方性の度合いが大きい程 (すなわち K_0 値が小さい程)、過圧密供試体においては、過圧密比 OCR が大きい程、繰返しせん断強度は大きくなる。Case C と D では、初期有効応力が異なるが、 K_0 値が同じであるために、繰返し強度曲線は一致している。図3では繰返し応力比としてせん断応力 τ をせん断試験時の平均有効応力 σ'_m で正規化したものを使用していたが、等方および異方圧密供試体、ならびに過圧密供試体による試験結果を統一的に解釈するために、等価平均有効応力 σ'_{me} を用いて繰返し応力比 τ/σ'_{me} を定義する。等価平均有効応力 σ'_{me} とは、繰返しせん断時の供試体の間隙比から仮想的に等方応力条件の正規圧密状態に相当する平均有効応力を算定したものである。なお、異方圧密条件での σ'_m から、等方圧密条件での σ'_{me} を求めるのにあたり、単調載荷試験で得た限界状態係数 M と標準圧密試験から得た圧縮指数 λ と膨潤指数 κ から予測される非排水経路を用いて算出した。図4に繰返し応力比 τ/σ'_{me} を用いて整理した繰返し強度曲線を示す。図より、圧密過程の応力履歴によらず、すべての実験 Case の繰返し強度曲線が一致しており、等価平均有効応力 σ'_{me} による繰返し応力比の正規化が有効であることがわかる。すなわち、粘性土の繰返しせん断強度は、静的な非排水せん断強度と同様に、現在の有効応力状態よりも、間隙比に強く依存している。

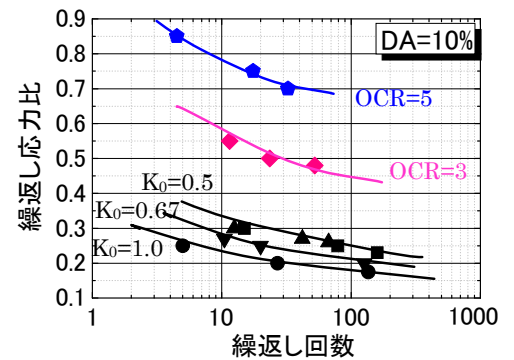


図3 繰返し強度曲線 (τ/σ'_m)

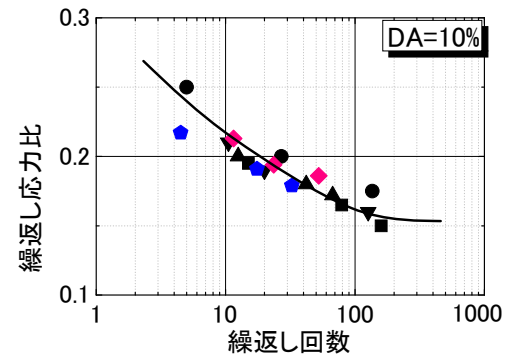


図4 繰返し強度曲線 (τ/σ'_{me})

4. まとめ

今後は、疑似過圧密特性を有する鋭敏な自然堆積粘土の繰返しせん断強度の評価法について検討を進める。また同時に、単純せん断試験で得られる精度の高い詳細な試験データを用いて、繰返し載荷時の構成モデルの検証を実施する予定である。