

単純せん断試験による再構成粘土の繰返しせん断強度

単純せん断試験，再構成粘土，繰返しせん断強度

○ジェイアル東海コンサルタンツ(株) 正会員 大嶽信二郎
名城大学 国際会員 小高 猛司
名城大学 国際会員 板橋 一雄
元名城大学生 三宅 昌紀

1. はじめに

粘性土の繰返し載荷時の変形・強度特性を求めるには、繰返し三軸試験が多く用いられる。しかし、三軸試験では圧縮・伸張の繰返し載荷時に不攪乱供試体に過大な履歴を与えてしまうことにより、自然堆積粘土の正確な繰返し特性を評価するのは難しい¹⁾。一方、純粋なせん断応力を負荷するには、中空ねじりせん断試験が最も適しているが、比較的大きな径の供試体が必要であることと、中空円筒供試体の作製時に乱れを誘発してしまうことなどの困難さから、やはり不攪乱自然堆積粘土への適用は難しい。本研究では、不攪乱粘性土の繰返し変形・強度特性の解明をするために、標準圧密試験と同じ寸法の供試体で試験の実施が可能な単純せん断試験を適用し、粘性土の構成式の高度化への取り組みを行っている。本報では、繰返し単純せん断試験装置の試作と、再構成粘土による単純せん断試験機のパフォーマンスの検証について報告する。

2. 試験装置と実験試料

図1は単純せん断試験装置の概要である。載荷機構にはパルスモータを用いており、載荷速度は0.002～6mm/minの間で可変である。供試体寸法は直径60mm、高さ30mmとして、シンウォールサンプラーで得た不攪乱試料でも無理なく試験が実施できる。図2は圧力セル内の様子である。中央部に見える黒いものは供試体を取り囲む多層スリッピングであり、摩擦を軽減した厚さ1mmの円盤を多数積層して供試体の側面周囲に配置し、供試体が円形断面のままでせん断方向に対して等変位に変形するように拘束することにより、供試体の変形を単純せん断変形モードに近づけている。

試験に用いた粘土は深草粘土の再構成試料である。スラリー状にしてミキサーにて練り返した後、十分に脱気を行ってから、100kPaで一次元的に予圧密して再構成したものである。供試体は標準圧密試験と同じ手順でカッターリングを用いて成形後、下部ペDESTALに連結した2つ割モールドでメンブレンを拡張しておきながら、カッターリングからゆっくりと押し出しながら試験機に設置した。設置後の供試体は二重負圧法で脱気し、有効拘束圧200kPa、背圧200kPaで等方圧密した後、等体積条件を正確に保持するために、垂直変位を固定して非排水せん断を行った。

3. 単調載荷試験結果

図3は載荷速度0.1(%/min)で単調載荷した試験結果である。三軸試験結果²⁾と比較するために、縦軸には偏差応力テンソルの第2不変量 $\sqrt{2J_2}$ を用いている。図(a)の応力～ひずみ関係におけるひずみは偏差ひずみテンソルの第2不変量 ε_s を用いている。この曲線を見ると三軸試験、単純せん断試験ともに最大応力は近い値を示すが、単純せん断試験の場合にはせん断面の発生により急激にひずみ軟化挙動が現れている。一方図(b)の有効応力経路をみると、三軸試験、単純せん断試験ともにせん断初期には、正規圧密土の塑性圧縮を

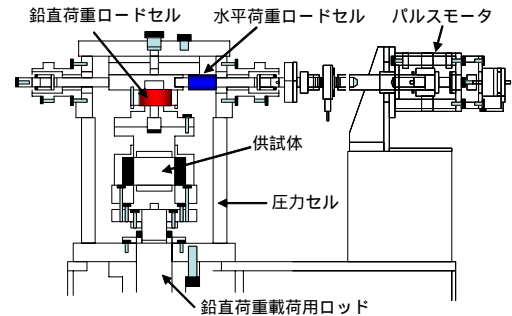
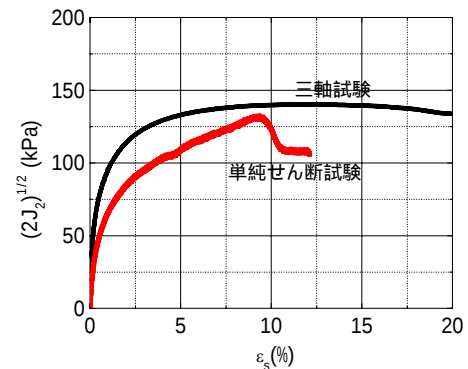


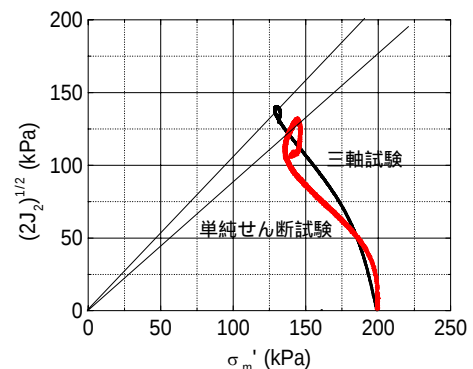
図1 単純せん断試験装置の概要



図2 圧力セル内の様子

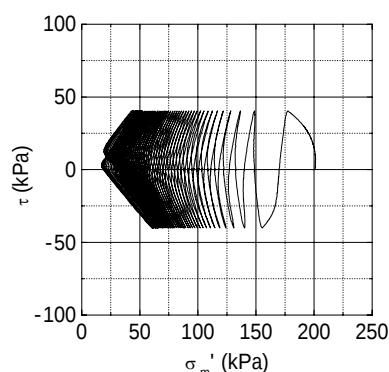


(a) 応力～ひずみ関係

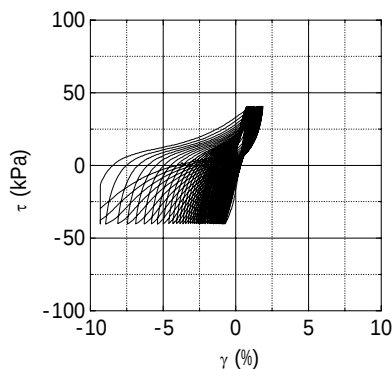


(b) 有効応力経路

図3 単調載荷試験の結果

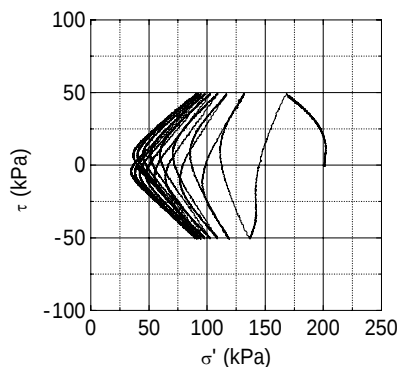


(a)有効応力経路

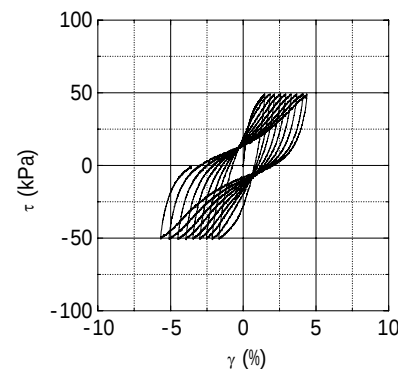


(b)応力～ひずみ関係

図3 繰返し単純せん断荷試験結果 ($\tau/\sigma'_m = 0.20$)

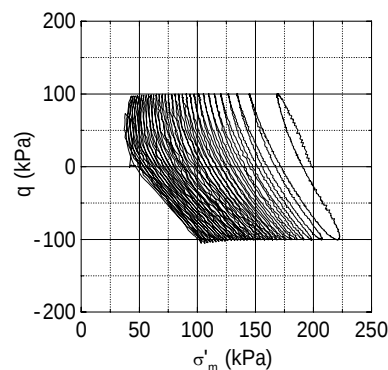


(a)有効応力経路

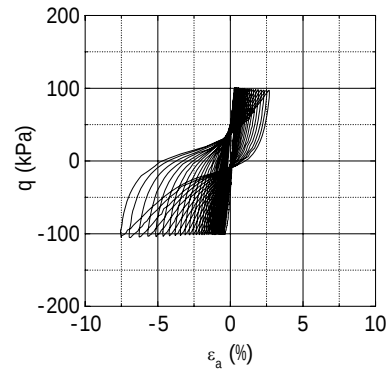


(b)応力～ひずみ関係

図4 繰返し単純せん断荷試験結果 ($\tau/\sigma'_m = 0.25$)



(a)有効応力経路



(b)応力～ひずみ関係

図5 繰返し三軸試験結果 ($q/2\sigma'_m = 0.25$)

示し、その後変相を示して塑性膨張へ転じる。単純せん断試験の方が三軸試験に比べ早く変相し、その後の塑性膨張が顕著にみられる。また限界状態線の傾きは単純せん断試験の方がやや緩やかである。

4. 繰返し載荷試験結果

図3および図4は繰返し載荷単純せん断試験の結果であり、それぞれ応力比 τ/σ'_m が 0.2 および 0.25 の場合の(a)有効応力経路ならびに(b)応力～ひずみ関係を示したものである。有効応力経路を見ると、中空ねじりせん断試験で得られる結果と同様に、いずれの載荷方向に対しても対称型の有効応力経路となり、徐々に有効応力が減少していることがわかる。応力～ひずみ曲線を見ると、図3の試験では片側にせん断ひずみの増加が偏ってしまっているが、図4の試験ではせん断ひずみの増加も両ひずみに対してほぼ均等になっていることがわかる。

図5は深草粘土の繰返し三軸試験における応力比 $q/2\sigma'_m$ が 0.25 の場合の試験結果²⁾である。三軸試験の場合には中間主応力の作用により伸張側へのひずみの増加が顕著となるが、有効応力経路においても、平均有効応力が圧縮で減少、伸張で増加といった極端な繰返し挙動を示す。

図6は繰返し強度曲線である。縦軸は繰返し応力比であり、横軸は両ひずみ振幅が10%となった時の繰返し回数である。繰返し応力比は、単純せん断試験と三軸試験では定義が異なり、またひずみも単純せん断試験では工学ひずみであり三軸試験では軸ひずみである。しかしながら、最終的に得られる繰返し強度曲線の位置に大きな差はないとして、同じ図上で比較した。繰返し強度は、三軸試験で得られたものの方が若干大きい、ほぼ同等のデータが得られている。

5. まとめ

本報では、不攪乱粘土の動的挙動の解明を目的として、繰返し単純せん断試験装置の開発を行うとともに、再構成粘土を用いて試験を行い既往の三軸試験結果との比較をすることにより、試験装置のパフォーマンスを検証した。今後は不攪乱自然堆積粘土に適用し、鋭敏粘土の動的特性の解明を引き続き行う予定である。

参考文献：1)小高ら：鋭敏な東大阪粘土の単調ならびに繰返し載荷時の変形・強度特性，第41回地盤工学研究発表会，pp.253-254，2006. 2)岡ら：再構成過圧密粘土の繰返し載荷時の変形・強度特性，土木学会第57回年次学術講演会，pp.1157-1158，2002.

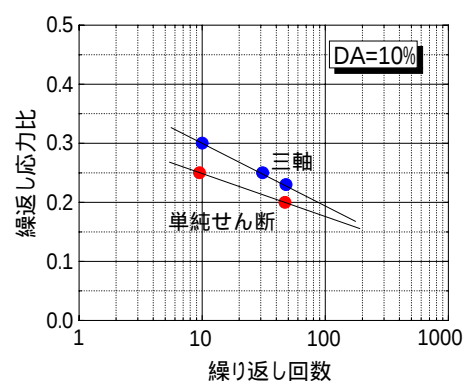


図6 繰返し強度曲線