

粘性土の中空ねじりせん断試験時の端面摩擦と供試体寸法について

端面摩擦, 中空ねじりせん断試験, 供試体寸法

名城大学
名城大学大学院
ニュージェック(元名城大院)正会員

国際会員
学生会員

小高猛司・板橋一雄
吉田賢史・三好直輔
福沢宏樹

1. はじめに

自然堆積粘土地盤は異方応力状態にあるため、地震時挙動を正確に予測するためには、異方応力状態での繰返しせん断特性を適正に評価する必要がある。土質材料の繰返しせん断特性を把握するためには、繰返し三軸試験が多く用いられている。しかし、三軸試験では、圧密過程で異方応力状態とした場合の初期せん断が、繰返し載荷での圧縮時のせん断と同じ方向であるために、純粋な繰返し載荷の効果を評価することが難しい。また、等方圧密状態から繰返し載荷を行う場合であっても、中間主応力の影響から伸張側に大きく変形することが多く、やはり純粋な繰返し載荷の効果を評価することは難しい。一方、中空ねじりせん断試験は、異方圧密時の初期せん断と繰返し載荷時のせん断力増分方向が異なるために、繰返し載荷の効果を評価しやすい。本報では、粘性土の中空ねじりせん断試験を実施する際の、供試体端面の摩擦条件や供試体寸法の影響を検討するために、単調ならびに繰返し載荷試験を実施した結果を示す。

2. 試験法の整理

中空ねじりせん断時の上下端部の摩擦の確保

中空ねじりせん断試験では、上下のペDESTALにトルクを作用させることによって、中空円筒供試体のねじりせん断を行う。本研究では、写真1に示すように、ポーラスストーン上に厚さ1mm、高さ2mmの金属刃を放射線状に6枚配置することにより、ペDESTALと供試体間の摩擦を確保している。しかし、トルクを載荷する際に、金属刃だけでせん断時の摩擦が十分に確保されているのか検証するために、本研究ではエポキシ系接着剤によって供試体の上下面を完全にポーラスストーンに接着した試験も比較のために実施した。



(a) 大径ペDESTAL

(b) 小径ペDESTAL

写真1 ペDESTALに配置した金属刃の状況

中空ねじりせん断試験の供試体の寸法

中空ねじりせん断試験では、長く薄肉の供試体ほど理想の単純せん断モードでせん断することができる。しかし、軟弱な粘性土供試体を作製するためには、供試体自立の面から肉厚20mmは確保したいことから、本研究では再構成粘土の試験では、写真1(a)に示すように外径100mm、内径60mm、高さ100mm(以下、大径供試体)の供試体寸法を基準とした。一方、シンウォールチューブで採取した自然堆積粘土を用いる際には、写真1(b)に示すように外径70mm、内径30mm、高さ70mm(以下、小径供試体)の供試体寸法とした。本報では、同じ肉厚の供試体であるが、径が異なる2つの供試体の試験結果を比較することにより、供試体の小径化が試験結果に及ぼす影響について検討した。

3. 試験試料と試験方法

本試験に用いた試料は、再構成有楽町粘土である。再構成有楽町粘土の物理特性は、液性限界が86%、塑性限界が31%、塑性指数が55であり、比較的高塑性な粘土と言える。東京湾で浚渫採取した有楽町層粘土を420 μ mフルイで裏ごしして、貝殻などの固形物を取り除いた後、液性限界の2倍程度の含水比まで蒸留水を加えてスラリー状にしてから、ミキサーで十分に攪拌する。アクリル円筒の圧密容器を用いて、圧密荷重を5日ほどかけて徐々に増加させてゆき、最終的に100kPaで2週間ほど一次的に予圧密を行って再構成した。供試体をセルに設置後、二重負圧法により飽和化を行う。本報では、試験条件を揃えて比較するために、背圧200kPa、有効拘束圧200kPaを作用させ、24時間圧密した後、非排水条件で単調および繰返し載荷した試験結果を示す。単調載荷試験では、ひずみ速度0.1%/min、繰返し載荷試験では、0.5%/minのせん断ひずみ制御で試験を実施している。

4. 試験結果

図1に中空ねじりせん断試験の単調載荷試験結果を示す。金属刃による試験結果と接着剤による試験結果を比較すると、若干接着剤の試験結果の方がせん断応力は大きく現れている。一方、金属刃どうして供試体寸法が異なる供試体の試験結果を比較すると、若干小径供試体の試験結果の方がせん断応力は大きく現れている。3つの試験結果を総合的に見れば、端面摩擦の補強や供試体の小径化によって、せん断応力が若干大きくなることに矛盾はない。しかし、これらの差が有意なほど大きなものであるかどうかは、より試験数を増やして検証する必要があるが、本研究では上下端部の

Effects of end-face friction and specimen size on hollow cylinder torsional shear test of clay:

Takeshi Kodaka, Kazuo Itabashi, Satoshi Yoshida, Hiroki Fukuzawa, Naosuke Miyoshi(Meijo University)

摩擦は金属刃でも十分に確保されていると判断した。また、供試体の小径化による影響もそれほど大きくない。

図2は等方圧密応力状態から実施した中空ねじりせん断試験の単調載荷試験結果に、異方圧密応力状態から実施した試験結果も加えて示したものである。ただし、等方、異方圧密条件を統一的に比較するために、偏差応力テンソルの第2不変量 $\sqrt{2J_2}$ と偏差ひずみテンソルの第2不変量 ε_s を用いた。圧密履歴によって破壊応力比に差はないが、異方圧密後のせん断試験では、若干のひずみ軟化が見られる。

大径および小径供試体の等方圧密後に、繰返し応力比0.25で繰返し載荷試験を実施した結果を図3に示す。有効応力経路図に示す直線は単調載荷試験で得られた破壊応力線である。応力～ひずみ関係より、ねじり方向によらず、せん断ひずみが均等に発生することがわかる。また、有効応力経路より、繰返し回数が増えるにつれて、繰返し毎の有効応力の減少幅が徐々に小さくなることわかる。試験終盤では、砂のサイクリックモビリティのような挙動が観察される。

図4に両振幅ひずみ10%で整理した繰返し強度曲線を示す。横軸は両振幅せん断ひずみが10%を超えた時点の繰返し回数であり、縦軸には繰返し載荷時の最大せん断応力 τ と初期平均有効応力 σ_m' の比で定義した繰返し応力比 (τ/σ_m') を用いている。繰返し応力比が大きい時は大径供試体と小径供試体の繰返し回数に違いは見られないが、繰返し応力比が小さくなるにつれて小径供試体の方が若干強度は大きくなる傾向がある。単調載荷試験で小径供試体の方が若干せん断応力が大きかったのを反映し、図3においても小径供試体の方が有効応力の減少幅が若干小さい。

5. まとめ

中空ねじりせん断試験の単調載荷試験において、供試体端面の摩擦の影響を検討した結果、金属刃においても摩擦は確保されていると判断した。また、単調載荷試験において、差は小さいながらも小径供試体の方が、せん断応力が若干大きく現れており、その傾向は繰返しせん断試験結果にも反映されていた。ただし、端面摩擦、供試体径のいずれの効果についても、試験数を増やしてより詳細に検証する必要がある。また、本報では再構成有楽町粘土による検証であったが、今後は不攪乱粘土試料を用いて、単調および繰返し中空ねじりせん断試験を実施し、不攪乱粘土の力学特性について把握を行うとともに、先行して実施している、三軸試験結果や単純せん断試験結果¹⁾との比較も行う予定である。

参考文献：1) 三好ら：高塑性粘土の力学挙動に及ぼす種々の要因についての実験的検討，第22回中部地盤工学シンポジウム論文集，2010。

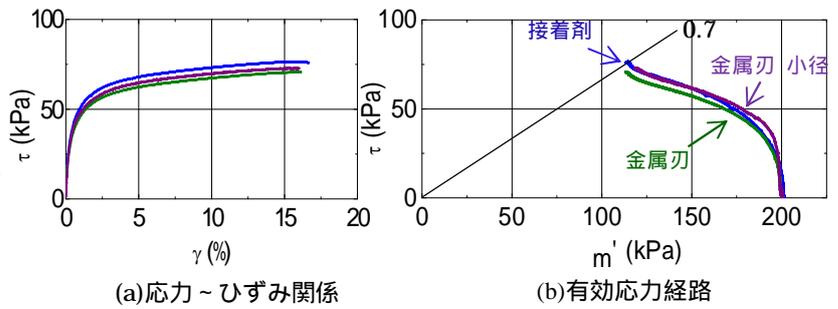


図1 再構成粘土の単調載荷試験結果

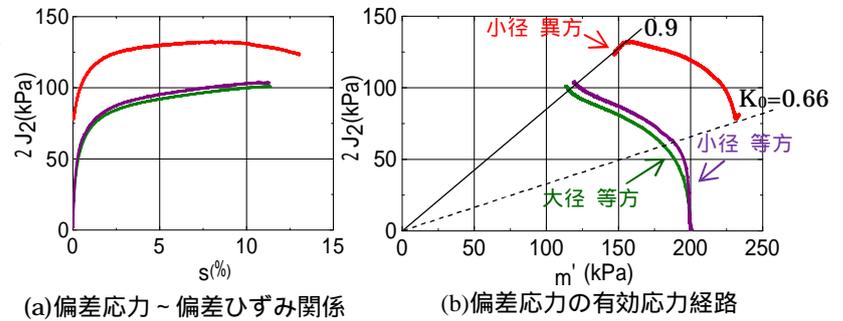


図2 圧密条件の異なる単調載荷試験結果

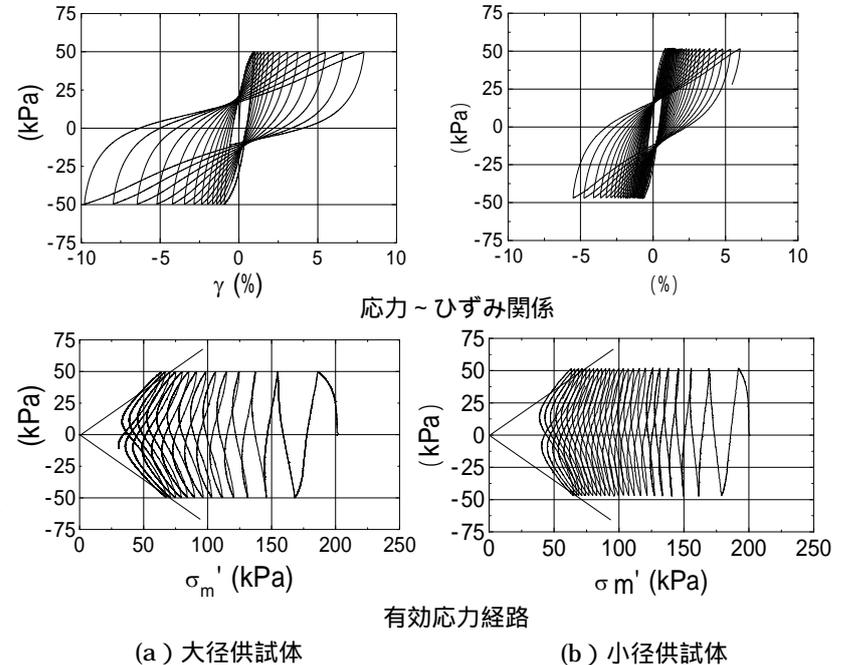


図3 再構成粘土の繰返し載荷試験結果（繰返し応力比0.25）

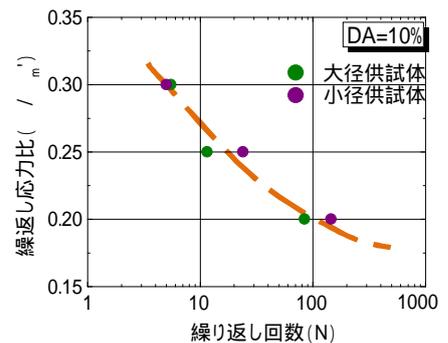


図4 繰返し強度曲線