

単純せん断モードの試験による不攪乱鋭敏粘土の力学特性の評価

名城大学大学院

名城大学

ニュージェック（元名城大院）

学生会員 ○吉田賢史・三好直輔

正会員 小高猛司・板橋一雄

正会員 福沢宏樹

1. はじめに

東大阪地区に分布する Ma13 沖積粘土は、内湾部の淡水環境で形成されており¹⁾、比較的鋭敏性が高いことが知られている。本報では、大東市赤井で採取した不攪乱 Ma13 沖積粘土（以下、不攪乱赤井粘土）を用いて、中空ねじりせん断試験と単純せん断試験の 2 種類の単純せん断モードによる試験を実施し、不攪乱鋭敏粘土の単調ならびに繰返し載荷時の力学特性について検討する。

2. 試験概要

試験に用いた供試体は、中空ねじりせん断試験では、外径 70mm、内径 30mm、高さ 70mm、単純せん断試験では直径 60mm、高さ 30mm である。供試体をセルに設置した後、二重負圧法によって飽和化を行い、背圧を 200kPa 作用させ、中空ねじりせん断試験では 24 時間、単純せん断試験では 20 時間圧密後、非排水せん断を実施した。単調載荷試験の場合は両試験共にひずみ速度 0.1%/min、繰返し載荷試験の場合は、中空ねじりせん断試験では 0.35%/min、単純せん断試験では 0.5%/min のせん断ひずみ制御で試験を実施した。

3. 試験結果

図 1 は不攪乱赤井粘土を用いて実施した単調載荷試験結果である。深度 7.8m 付近、鉛直土被り圧が約 54kPa であるため、初期有効拘束圧を 60kPa で等方圧密し、せん断試験を行った。応力～ひずみ関係では、どちらの試験結果においても明確なピークは見られず、せん断応力が単調に増加している。有効応力経路では、若干であるが、中空ねじりせん断試験の方が強度は大きく現れている。しかし、破壊応力比はどちらも 0.8 程度と、ほぼ同じ値が得られた。図 2 は図 1 の試験結果に先行して実施した三軸試験結果²⁾を加えて示したものである。ただし、すべての試験を同一尺度で比較するために、せん断応力としては偏差応力テンソルの第 2 不変量 $\sqrt{2J_2}$ （以下、偏差応力と呼ぶ）を用い、せん断ひずみとしては偏差ひずみテンソルの第 2 不変量 ε_s （以下、偏差ひずみと呼ぶ）を用いた。表 1 に単調載

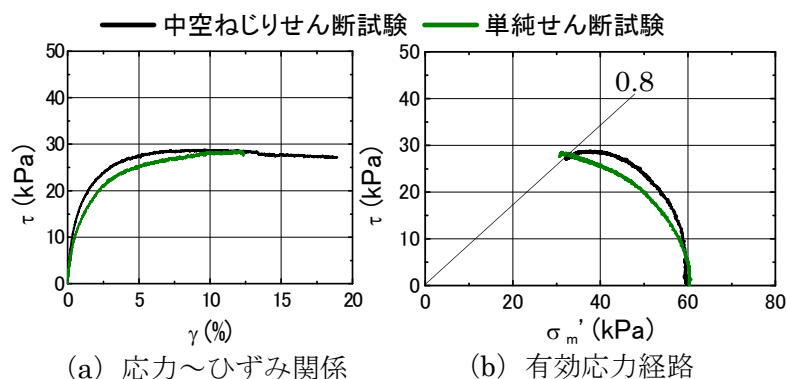
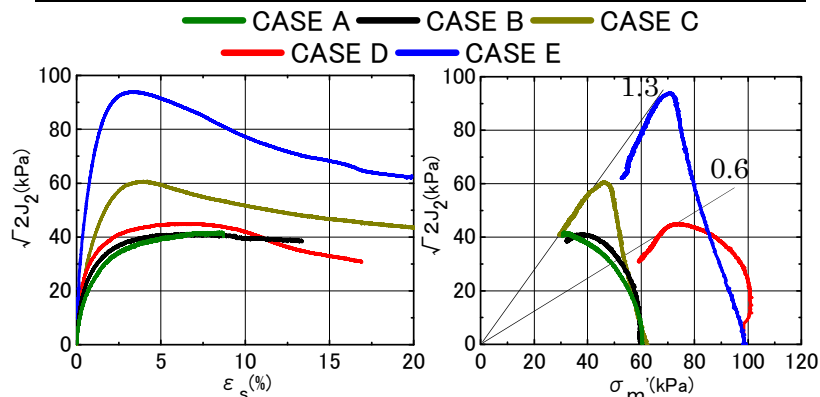


図 1 単調載荷試験結果

表 1 単調載荷試験の条件

CASE	深度 (m)	土被り圧 (kPa)	σ'_m (kPa)	試験方法
A	7.8	52	60	単純せん断
B				中空ねじり
C	8.6	59	100	三軸圧縮
D	10.9	70		三軸伸張
E	11.2	73		三軸圧縮



(a) 偏差応力～偏差ひずみ関係 (b) 偏差応力の有効応力経路

図 2 載荷モードの異なる単調載荷試験結果

キーワード：中空ねじりせん断試験 単純せん断試験 鋭敏粘土 繰返しせん断強度

連絡先：〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部建設システム工学科（TEL:052-832-2347）

荷試験の条件を示す。中空ねじりせん断試験と単純せん断試験の破壊応力比は三軸圧縮試験とほぼ等しくなっており、比較的大きな値を示している。また、鋭敏粘土の典型的なせん断挙動としてよく知られる、塑性圧縮を伴うひずみ軟化挙動は、三軸圧縮試験でのみ観察された。

図3は繰返し中空ねじりせん断および単純せん断試験結果を、繰返し応力比 0.33 を代表例として示したものである。試験結果の有効応力経路に示した直線は、単調荷試験で得られた限界状態線を示す。表2に繰返し荷試験の条件を示す。有効応力経路ではせん断初期において、繰返しせん断に伴う平均有効応力の減少が大きく、せん断が進行するにつれて徐々に減少の程度が小さくなっている。そして、試験終盤では、正のダイレイタンスの発現により、有効応力が回復するような挙動を示している。また、応力～ひずみ関係では、どちらも応力レベルが小さいため、せん断ひずみの発生に偏りが見られるが、中空ねじりせん断試験結果では、繰返す毎の剛性の低下・回復の過程が明確に観察できる。同じ応力振幅での繰返しせん断試験であるが、単調荷試験において、中空ねじりせん断試験の方が若干強度は大きく現れたことを反映し、繰返し回数は中空ねじりせん断試験の方が多くなっている。

図4に各種繰返し荷試験結果を両振幅ひずみ 10%で整理した繰返し強度曲線を示す。繰返し応力比は、中空ねじりせん断試験と単純せん断試験の場合は、繰返し荷時の最大せん断応力 τ と初期平均有効応力 σ_m' 、三軸試験では、最大非排水せん断応力($q/2$)と平均有効応力 σ_m' の比で定義している。繰返し強度は、中空ねじりせん断試験、単純せん断試験、三軸試験の順番に大きくなっている。今後、試験本数を増やして、より詳細に検討する。

図4に各種繰返し荷試験結果を両振幅ひずみ 10%で整理した繰返し強度曲線を示す。繰返し応力比は、中空ねじりせん断試験と単純せん断試験の場合は、繰返し荷時の最大せん断応力 τ と初期平均有効応力 σ_m' 、三軸試験では、最大非排水せん断応力($q/2$)と平均有効応力 σ_m' の比で定義している。繰返し強度は、中空ねじりせん断試験、単純せん断試験、三軸試験の順番に大きくなっている。今後、試験本数を増やして、より詳細に検討する。

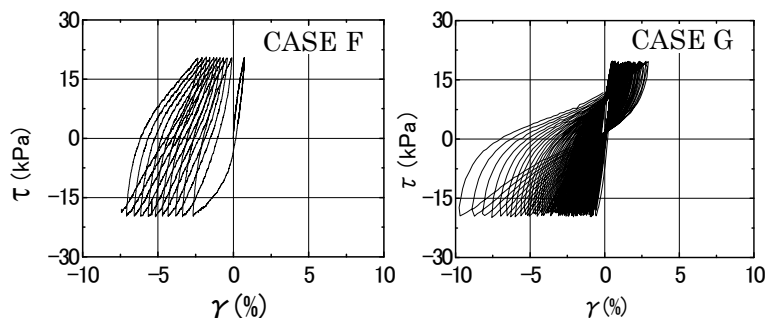
4. まとめ

同深度の不攪乱赤井粘土を用いて、単純せん断モードでの単調ならびに繰返し荷試験を実施した。その結果、単調荷試験では、中空ねじりせん断試験の方が若干強度は大きく現れたが、破壊応力比は、ほぼ同じ値が得られた。また、繰返し荷試験において、中空ねじりせん断試験では、剛性の低下・回復の過程が詳細に観察できた。今後は、不攪乱の鋭敏粘土を用いて異方圧密応力条件下での単調ならびに繰返し荷試験を実施し、鋭敏粘土の力学挙動について検討を行うとともに、地震時の粘土地盤のシミュレーションについても実施していく予定である。

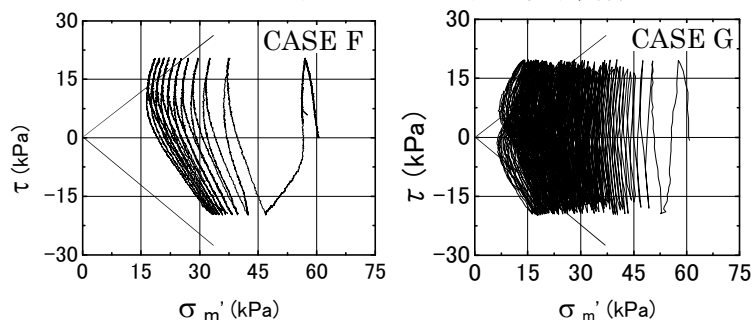
参考文献：1) 大島ら：東大阪地域の鋭敏粘土層の分布域と堆積環境から見たその成因の再検討，材料，59 (1)，pp.2-7，2010. 2) 三好ら：高塑性粘土の力学挙動に及ぼす種々の要因についての実験的検討，第22回中部地盤工学シンポジウム論文集，2010.

表2 繰返し荷試験の条件

CASE	深度 (m)	土被り圧 (kPa)	σ_m' (kPa)	試験方法
F	8.8	65	60	単純せん断
G				中空ねじり



(a)せん断応力～せん断ひずみ関係



(b)有効応力経路

図3 繰返し荷試験結果 ($\tau/\sigma_m' = 0.33$)

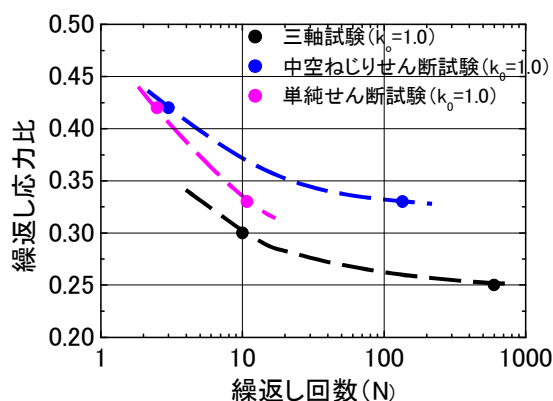


図4 繰返し強度曲線