

# 鋭敏な東大阪沖積粘土の力学特性

不攪乱粘土, 三軸試験, 鋭敏粘土

名城大学 国際会員 小高猛司・板橋一雄  
 名城大学大学院 学生会員 ○三好直輔・福沢宏樹  
 JR 東海コンサルタント 正会員 加藤信二郎

## 1. はじめに

大阪平野に広く分布する Ma13 沖積粘土は、とりわけ東大阪地区では内湾部の汽水堆積環境で形成されたために比較的鋭敏性が高いことが知られている<sup>1)</sup>。本報では、大東市赤井で採取した不攪乱 Ma13 沖積粘土（以下、赤井粘土）の三軸試験を実施し、鋭敏粘土の力学特性について考察する。

## 2. 試験概要

赤井粘土は、自然含水比が液性限界を上回るほど鋭敏なため、一旦練り返して乱してしまうと液状になってしまう。本報では、不攪乱供試体の三軸試験を基本としたが、練り返した状態の力学特性も把握するため、攪乱試料の表面からペーパータオルで徐々に脱水し、自立するまで含水比を低下させて供試体を作製し、実験を行った。不攪乱、攪乱ともに供試体寸法は、直径 50mm、高さ 100mm の円柱である。供試体を三軸セルに設置後、二重負圧法により飽和化を行い、背圧を 200kPa 作用させながら所定の拘束圧で 24 時間圧密後、非排水せん断した。載荷速度は 0.1%/min を基本とした。

## 3. 試験結果

表 1 に不攪乱供試体の採取深度と実験時の初期有効拘束圧を示す。別途実施した圧密試験結果より、CASE A と CASE B の深度に相当する赤井粘土の圧密降伏応力は約 70～90kPa であったことから、原地盤の異方応力状態を勘案して初期有効拘束圧を 60kPa とした。一方、CASE C および CASE D では CASE B とほぼ同深度の供試体であるが、有効拘束圧の影響を検討するために、初期有効拘束圧を 100kPa、200kPa と大きく作用させることにより実験を実施した。

図 1 に応力～ひずみ関係ならびに有効応力経路を示す。CASE A の有効応力経路を見ると、全体的に塑性圧縮しており、ピーク強度を過ぎてからは顕著に塑性圧縮を伴うひずみ軟化挙動を示しており、典型的な鋭敏粘土のせん断挙動が観察できる。CASE B の実験結果を見ると、応力～ひずみ関係ではピーク強度直後に急激なひずみ軟化挙動を示しているが、有効応力経路ではせん断途中で正のダイレイタンスが現れている。これは過圧密挙動であることから、CASE A と同じ有効拘束圧では過小であったことを示唆している。一方、CASE C のせん断挙動は、全体的に塑性圧縮をし、ピーク強度を超えると塑性圧縮を伴うひずみ軟化の挙動を示し、応力～ひずみ関係、有効応力経路ともに CASE A の相似形となっている。したがって、CASE C の供試体にとっては 100kPa の初期有効拘束圧の方が適当であったことがわかる。さらに初期有効拘束圧を大きくした CASE D では、CASE C と同様にピーク強度が現れ、その後、塑性圧

表 1 不攪乱供試体による試験の基本ケース

CASE	深度	拘束圧	間隙比
A	8.6m	60kPa	2.27
B	11.1m	60kPa	2.05
C	11.2m	100kPa	1.86
D	10.9m	200kPa	1.63

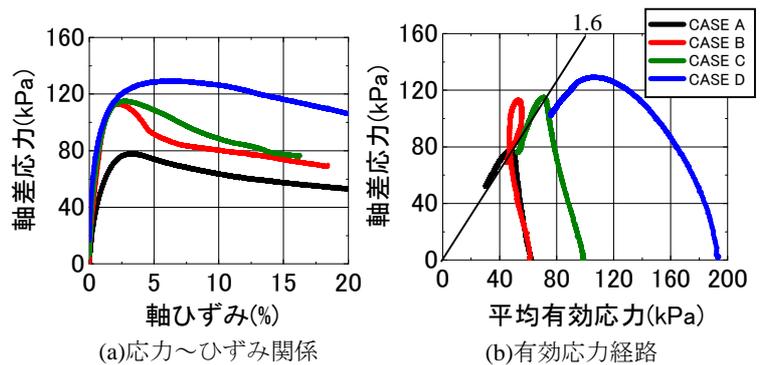


図 1 基本的な三軸試験結果

表 2 載荷速度の影響を比較する試験ケース

CASE	深度	拘束圧	載荷速度
E	10.7m	100kPa	0.005%/min
F	11.2m	100kPa	0.1%/min

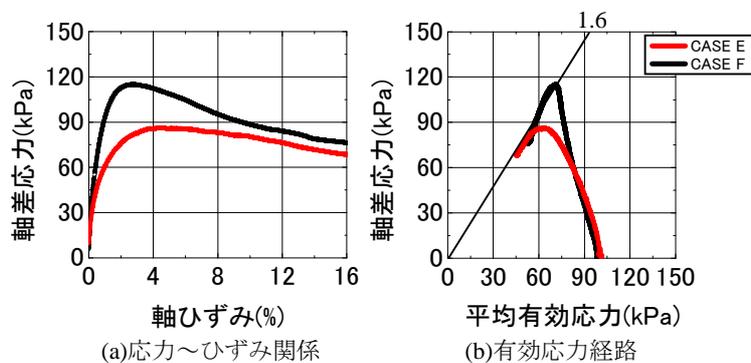


図 2 載荷速度の異なる三軸試験結果

Mechanical properties of sensitive East-Osaka alluvial clay:

Takeshi Kodaka, Kazuo Itabashi, Naosuke Miyoshi, Hiroki Fukuzawa (Meijo University), Shinjiro Kato(JR-Central Consultants)

縮を伴うひずみ軟化の挙動を示すが、CASE C と比べひずみ軟化の度合いが小さく、破壊応力比の値も小さくなった。これは、圧密過程での過大な等方圧密応力履歴により、原地盤の異方応力状態で構成された鋭敏な粘土の骨格構造が劣化したことに起因している。以上より、室内試験で原地盤粘土のせん断挙動を正確に予測するためには、適切な初期有効拘束圧を用いる必要がある。

次に、荷重速度の影響を検討するために、荷重速度を変えて試験を行った。表2に不攪乱供試体の採取深度、有効拘束圧および荷重速度を示す。図2に応力～ひずみ関係および有効応力経路を示す。応力～ひずみ関係を見ると荷重速度が大きいCASE Fの方が、軸ひずみが小さい段階で大きなピーク強度が現れ、軸ひずみが大きくなるにつれてひずみ軟化し、CASE E に近づいている。有効応力経路を見るとCASE E とCASE F では塑性圧縮を伴うひずみ軟化の程度は異なるが、最終的な有効応力状態は近くなる。以上より、赤井粘土のような鋭敏性の高い粘土においては、ひずみ速度依存性が顕著に現れるが、最終的な有効応力状態は同一となる。

次に、原地盤の応力状態に近い異方圧密条件で試験を実施した。表3に不攪乱供試体の採取深度、圧密条件および荷重条件を示す。図3に応力～ひずみ関係および有効応力経路を示す。圧縮荷重のCASE H とCASE J では、最大軸差応力はほぼ同じとなるが、伸張荷重の試験では、異方圧密のCASE I は等方圧密のCASE G に比べて最大軸差応力が若干小さい。圧縮、伸張のいずれも異方圧密の供試体の方が、若干破壊応力比が小さいものの、総じて、等方圧密条件と同等のせん断挙動を示している。

図4は深度11m付近の赤井粘土を練り返して作製した攪乱供試体の三軸試験結果である。応力～ひずみ関係をみると、軸差応力は単調に増加して、ピーク強度が見られないまま実験が終了している。また、有効応力経路においては、いずれのCASEにおいても、せん断後半で正のダイレイタンスの発生が見られる。図5に攪乱、不攪乱のせん断挙動を比較するために、図3、図4の同深度かつ同拘束圧の三軸試験結果を同時に示す。有効応力経路より、不攪乱供試体では塑性圧縮を伴う軟化挙動を示すが、攪乱供試体ではせん断途中で正のダイレイタンスが発生し、全く異なる挙動となった。これは、練り返したことにより、不攪乱粘土の骨格構造が大幅に低位化したことに起因すると考えている。また、圧縮側の破壊応力比は、不攪乱および攪乱粘土でそれぞれ1.6 および1.3 であり、練り返しによる構造劣化により大幅に低下することがわかる。

#### 4. まとめ

鋭敏なMa13 沖積粘土の静的力学特性を把握するために各種の三軸試験を実施した。高位な構造を有する鋭敏粘土は、圧密条件、荷重条件などの試験条件によって、試験結果として現れる力学挙動も大きく異なる。現在、三軸試験と単純せん断試験を併用して、動的な力学特性の把握<sup>2)</sup>やそのモデル化についての検討を進めている。

参考文献：1)新関西地盤・大阪平野から大阪湾、関西圏地盤情報ネットワーク、2007。2)山田ら：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、土木学会中部支部、2010。

表3 圧密条件の影響を比較する試験ケース

CASE	深度	圧密条件	荷重条件
G	10.8m	$K_0=1.0$ (等方)	伸張
H	11.2m	$K_0=1.0$ (等方)	圧縮
I	11.4m	$K_0=0.5$ (異方)	伸張
J	11.7m	$K_0=0.5$ (異方)	圧縮

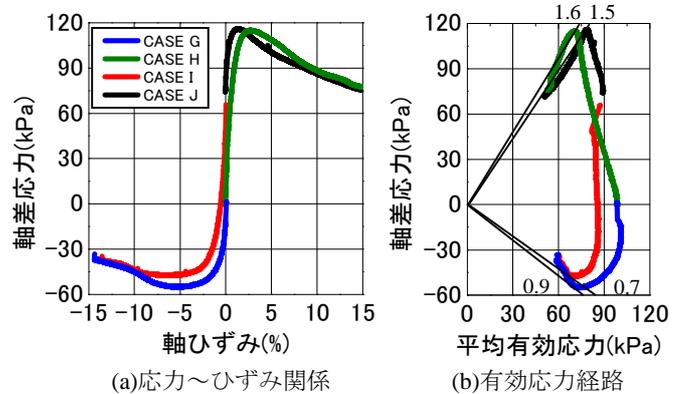


図3 圧密条件の異なる三軸試験結果

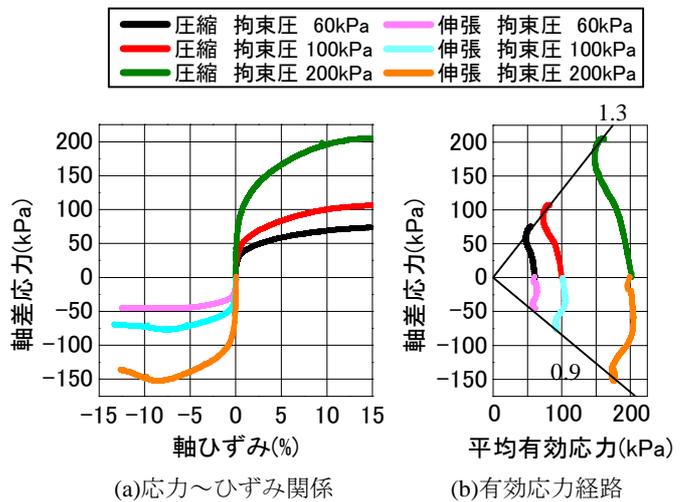


図4 攪乱供試体の三軸試験結果

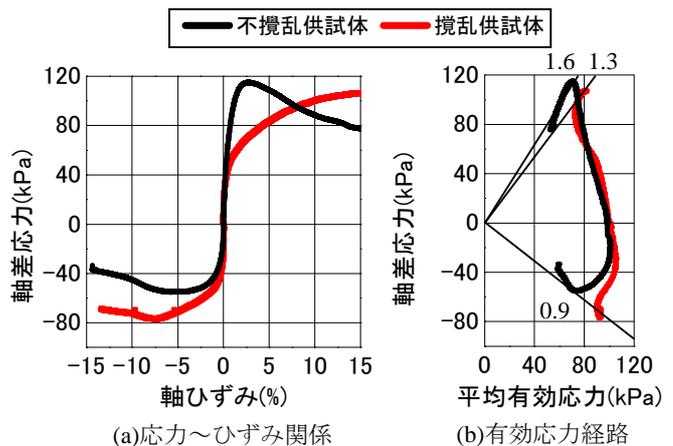


図5 不攪乱および攪乱供試体による三軸試験結果