

繰返し単純せん断試験による自然堆積粘土の地震時ならびに地震後挙動の一考察

名城大学大学院

学生会員 ○吉田賢史

名城大学

正会員 小高猛司・崔 瑛

中日本エンジ名古屋（元名城大院）

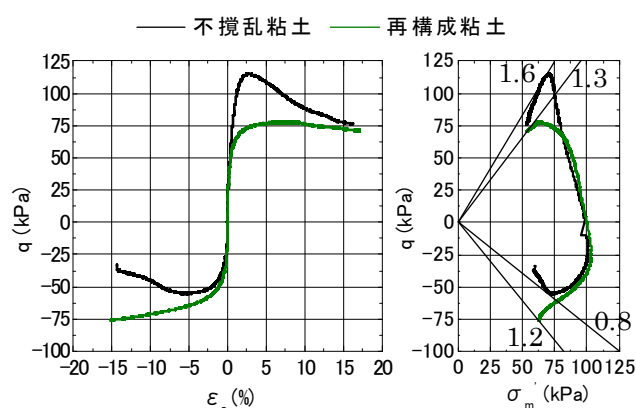
正会員 三好直輔

1. はじめに

粘土地盤では、地震時に累積した過剰間隙水圧が地震後に消散するのに伴って、時間をかけて圧密沈下すると考えられる。そのため、粘土地盤においては、地震時の即時変形のみならず、地震後変形も検討する必要がある。さらに、粘土地盤の骨格構造が高位な場合には、地震時ならびに地震後の構造劣化の影響も考慮すべきである。本報では、鋭敏な不攪乱粘土を用いて繰返し単純せん断試験を実施することにより、地震時ならびに地震後挙動について考察した結果を示す。

2. 試験概要

試験試料は、大阪府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）であり、内湾部の汽水環境で形成されており鋭敏性が高い¹⁾。図 1 に不攪乱赤井粘土の非排水三軸試験結果²⁾を示す。塑性圧縮を伴うひずみ軟化挙動が顕著に現れており、構造が卓越した鋭敏な粘土であることがわかる。供試体寸法は、直径 60mm、高さ 30mm の円柱形である。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、20 時間圧密後、非排水条件で繰返しせん断試験を実施した。繰返しせん断は、片せん断ひずみ



(a) 応力～ひずみ関係 (b) 有効応力経路

図 1 赤井粘土の三軸試験結果

振幅を 5% に設定して 42 回繰り返した。繰返しせん断後、その際発生した過剰間隙水圧が消散するまで圧密し、排水量ならびに軸圧縮量を計測した。同じ供試体でこの操作を 2 回繰り返すことにより、複数回の地震を模擬した。なお、繰返しせん断時の载荷速度は全試験 Case とともに 0.5%/min とした。

3. 試験結果

表 1 に各試験 Case のせん断前の圧密条件を示す。Case A は等方圧密条件であり、Case B～E は原地盤に近い異方圧密条件とした。また、Case B は原地盤の有効土被り圧相当であり、Case C～E は盛土築造などを想定して降伏応力を超えた応力に設定した。図 2 に Case C の 1 回目の繰返しせん断試験結果を示す。応力～ひずみ関係では、繰返しせん断に伴い剛性の低下・回復がみられる。有効応力経路では、1 波目の载荷で有効応力が大きく減少するが、2 波目以降は減少・回復を繰り返しながら、有効応力は徐々に低下してゆく。

図 3 に 2 回目の繰返し载荷試験結果を示す。1 回目の繰返し時よりも、有効応力の減少・回復の経路が近く、過圧密性が強く現れている。また、せん断応力も図 1 の試験結果に比べて大きくなっている。これは繰返しせん断後の圧密により、間隙比が小さくなり過圧密性が高くなっていると考えられる。

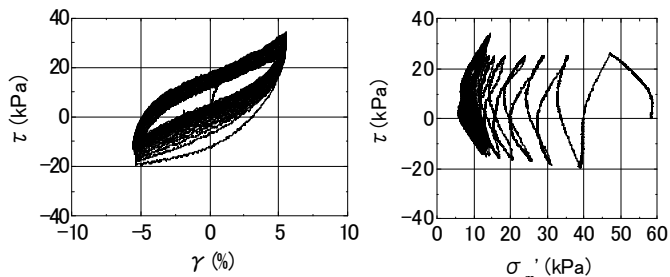
図 4 に Case B～E の繰返しせん断時の軸ひずみを示す。いずれの Case でも 1 回目の繰返しせん断によって、軸ひずみが大きく発生している。特に、異方圧密の Case C, D, E

表 1 各試験 Case の圧密条件

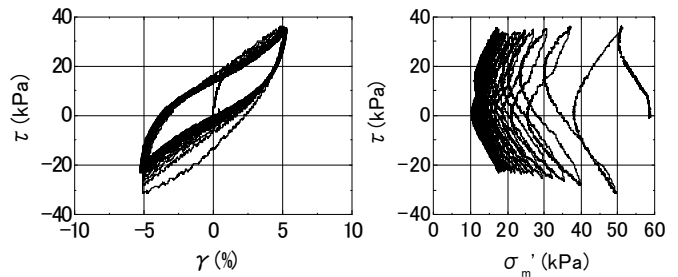
Case	深度	土被り圧	K_0	σ'_1	σ'_3	σ'_m
A			1.0	40kPa	40kPa	40kPa
B	7.3m	53kPa		60kPa	30kPa	40kPa
C			0.5	90kPa	45kPa	60kPa
D	7.5m	55kPa		120kPa	60kPa	80kPa
E				150kPa	75kPa	100kPa

キーワード：単純せん断試験 鋭敏粘土 変形挙動

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）



(a) 応力～ひずみ関係 (b) 有効応力経路
図2 1回目の繰返しせん断試験結果



(a) 応力～ひずみ関係 (b) 有効応力経路
図3 2回目の繰返しせん断試験結果

Case B 1回目の繰返しせん断
Case C 1回目の繰返しせん断
Case D 1回目の繰返しせん断
Case E 1回目の繰返しせん断
Case B 2回目の繰返しせん断
Case C 2回目の繰返しせん断
Case D 2回目の繰返しせん断
Case E 2回目の繰返しせん断

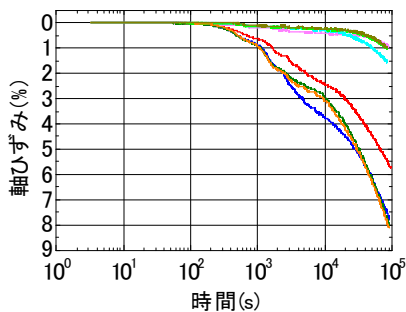


図4 繰返しせん断中の軸ひずみの変化

Case B 1回目の繰返しせん断後
Case C 1回目の繰返しせん断後
Case D 1回目の繰返しせん断後
Case E 1回目の繰返しせん断後
Case B 2回目の繰返しせん断後
Case C 2回目の繰返しせん断後
Case D 2回目の繰返しせん断後
Case E 2回目の繰返しせん断後

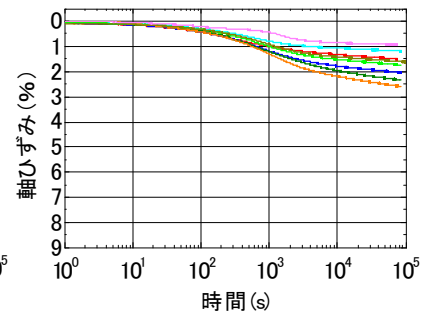
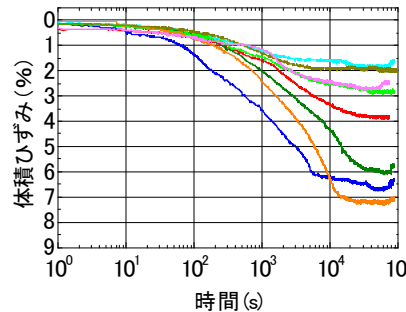


図5 繰返しせん断後の圧密時の体積ひずみと軸ひずみの変化

では地震時のゆすり込み沈下が大きいことを示唆している。一方、2回目の繰返しせん断では、大きな軸ひずみは発生していない。

図5に繰返しせん断後の圧密時の体積ひずみと軸ひずみを示す。1回目の繰返しせん断後の圧密において、Case Eは他のCaseに比べて体積ひずみが大きく発生している。2回目の繰返しせん断後には、逆にCase Eの体積ひずみの方が小さくなる。一方、軸ひずみは、1回目の繰返しせん断後の圧密時には、各Caseとも体積ひずみの1/3弱となっており、等方的な変形とみられるが、2回目のせん断後の圧密時には、値は小さいながら、体積ひずみの1/2強の軸ひずみが発生しており、軸圧縮が卓越した変形である。

図6に一連の試験に伴う粘土の間隙比の変化を示す。比較のため別途実施した不攪乱赤井粘土とその再構成粘土（予備圧密100kPa）のCRS圧密試験結果²⁾も併せて示す。全く同一深度の試料ではないため単純せん断試験結果とズレがあるが、構造の程度に起因する不攪乱粘土と再構成粘土の圧縮曲線の差に注目されたい。

繰返しせん断後の圧密により、全試験Caseにおいて間隙比が低下している。その低下の度合いは、鉛直荷重が大きいほど顕著であり、2回の繰返しせん断を経て、構造が徐々に劣化することを示唆している。

4. まとめ

繰返しせん断後の圧密を観察した結果、繰返しせん断時の構造の劣化によって圧密沈下が生じることが確認され、その沈下の度合いは鉛直荷重が大きいほど顕著に見られた。なお、本研究の実験において、繰返しせん断過程において脆性的な破壊の特徴は現れなかった。

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) 吉田ら：構造と異方性による粘土の力学挙動に及ぼす影響，平成23年度土木学会中部支部研究発表会論文集，2011。

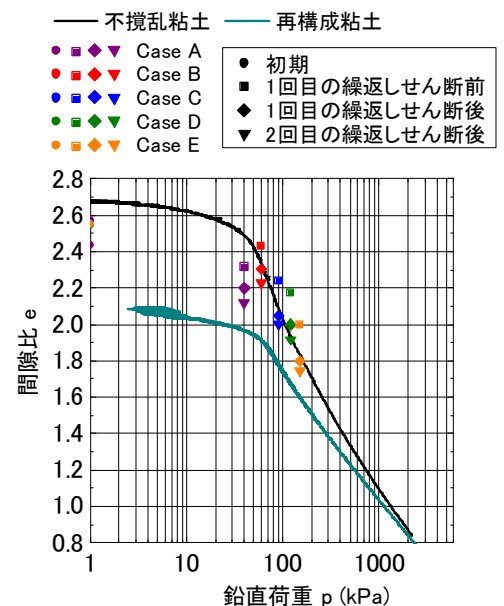


図6 一連の試験に伴う粘土の間隙比の変化