

単純せん断試験機による異方圧密粘土の繰返しせん断強度の評価

粘土, 単純せん断, 繰返しせん断強度

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 ○福沢宏樹
 JR 東海コンサルタンツ 正会員 加藤信二郎

1. はじめに

自然堆積粘土地盤は異方応力状態にあり、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。三軸試験では、圧密過程で異方圧密状態をつくることはできるが、繰返しせん断時にはあらかじめ鉛直有効応力が負荷されているために、純粋に繰返しせん断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三軸試験における欠点はないものの、比較的大きな試料を必要とし、試験法も煩雑である。本報では、標準圧密試験と同サイズの供試体で比較的簡便に実施可能な単純せん断試験を用いて、異方圧密条件下での粘性土の繰返しせん断特性について検討を行った結果を示す。

2. 実験試料と実験方法

実験に用いた試料は、東京湾で浚渫採取した有楽町層粘土の再構成粘土（以下、再構成有楽町粘土）と大阪府大東市赤井でサンプリングした不攪乱の自然堆積粘土（不攪乱赤井粘土）である。再構成粘土はスラリー状に攪拌した後に、100kPaで一次的に予圧密して作製した。単純せん断試験の供試体寸法は、直径60mm、高さ30mmの円柱である。供試体を圧力セルに設置後、二重負圧法で飽和化を行い、表1に示す条件で圧密後、軸変位固定・非排水の定体積条件で単純せん断試験を実施した。せん断時はメンブレンの外側から厚さ1mmのドーナツ状のリングを30枚積層することにより、単純せん断モードを保つようにしている。

表1 供試体の圧密条件

CASE	試料	K_0	σ_1'	σ_3'	σ_m'
A	再構成有楽町粘土	1.0	200	200	200
B		0.66	300	200	233
C		0.5	400	200	267
D			200	100	133
E	不攪乱赤井粘土	1.0	60	60	60
F		0.5	80	40	53

σ_1' , σ_3' , σ_m' はせん断開始時の値

3. 試験結果

図1は再構成有楽町粘土の異方圧密 $K_0=0.5$ のCase Cにおける応力～ひずみ関係と有効応力経路である。それぞれの有効応力経路図に示した2本の直線は、別途行った単調荷重試験で得られた限界状態線である。試験は両振幅ひずみが10%に達するまで実施したが、どの試験のケースにおいても、平均有効応力は60～75kPa程度を最小値としており、繰返しせん断に伴い限界状態線に漸近する、砂におけるサイクリックモビリティに似た挙動が見られる。

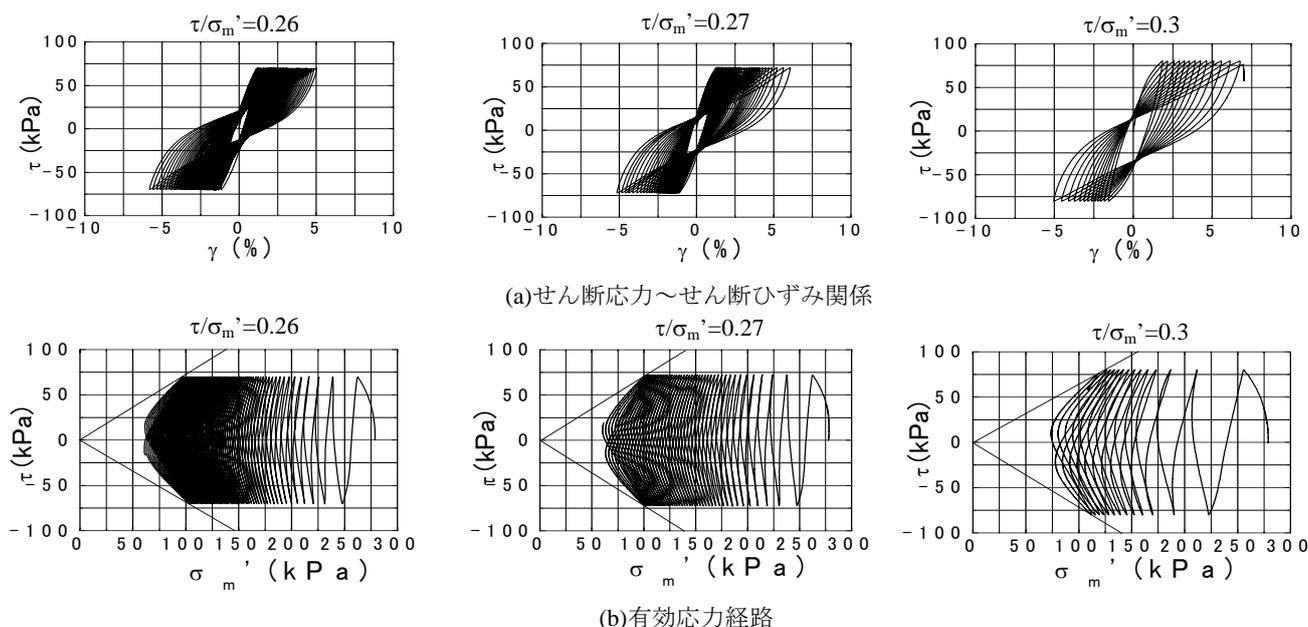


図1 Case C（再構成有楽町粘土、 $K_0=0.5$ ）の繰返し試験結果

Evaluation of cyclic shear strength of anisotropically consolidated clay using by simple shear test:

Takeshi kodaka, Kazuo Itabasi, Hiroki Fukuzawa (Meijo University), Sinjiro Kato (JR-Central Consultants)

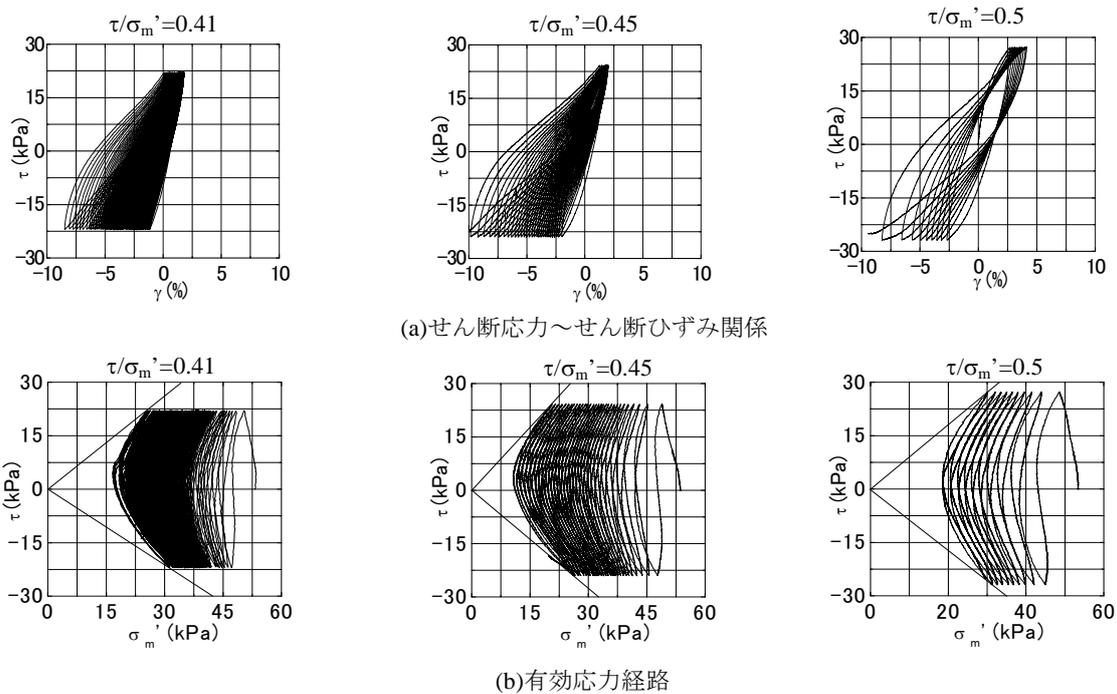


図2 Case F (東大阪赤井粘土、 $K_0=0.5$) の繰返し試験結果

図2は不攪乱赤井粘土の異方圧密 $K_0=0.5$ の Case F における応力～ひずみ関係と有効応力経路である。単純せん断試験では、本来せん断ひずみに偏りは生じないはずであるが、今回の試験では片側のせん断ひずみのみの発達が観察された。図1の再構成有楽町粘土では、最初の数回の繰返しせん断によって平均有効応力は大きく減少しているのに対して、不攪乱赤井粘土では最初の1サイクルにおける有効応力の減少量は大きいものの、それ以降の減少量が小さく、繰返し载荷に対する抵抗が大きいと考えられる。また、応力～ひずみ曲線を見ても、不攪乱赤井粘土の方が载荷初期におけるせん断ひずみの発達が比較的小さいことがわかる。これらの傾向は、初期 K_0 値の違いによらず、どの試験ケースにおいても共通の特徴であった。

図3はすべての試験ケースをまとめた繰返し強度曲線である。縦軸には繰返し载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、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る。不攪乱赤井粘土は疑似過圧密特性を有しているために、再構成有楽町粘土よりも繰返しせん断強度は大きい。また、再構成と不攪乱のいずれにおいても、 K_0 値の減少、すなわち異方性が大きくなるにつれて繰返し強度が増加している。また、Case C と D では、初期有効応力が大きく異なるにも拘らず、繰返し強度曲線は一致している。

一方、繰返し応力比として、再構成有楽町粘土では最大せん断応力 τ を初期鉛直有効応力 σ'_1 で除したものを、不攪乱赤井粘土では τ を別途実施した圧密試験から得られた先行圧密応力 $\sigma'_{vc} = 80\text{kPa}$ で除したものをを用いる。図4に新たな定義の繰返し応力比を用いた繰返し強度曲線を示す。 K_0 値すなわち異方圧密の履歴によらず、繰返し強度曲線が再構成、不攪乱それぞれにおいて一致している。この結果は、粘土地盤の繰返しせん断強度は、それぞれの地盤が置かれている有効鉛直応力に依存して決まる可能性を示唆している。

4. まとめ

今後は、中空ねじりせん断試験も併用して、試験データの精度の検証を進めるとともに、繰返し载荷時の自然堆積粘土地盤の動的挙動を正確に評価できる構成モデルの開発を実施する予定である。

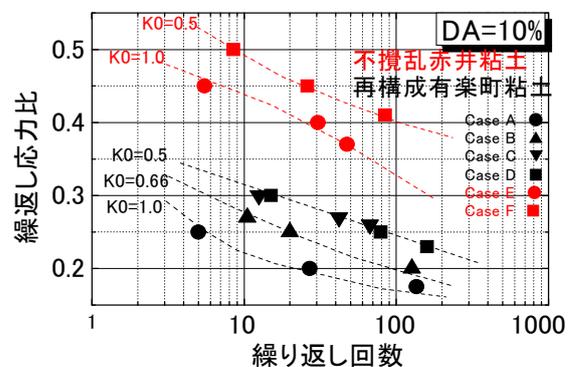


図5 繰返し強度曲線 ($\tau/\sigma'_m \sim N$ 関係)

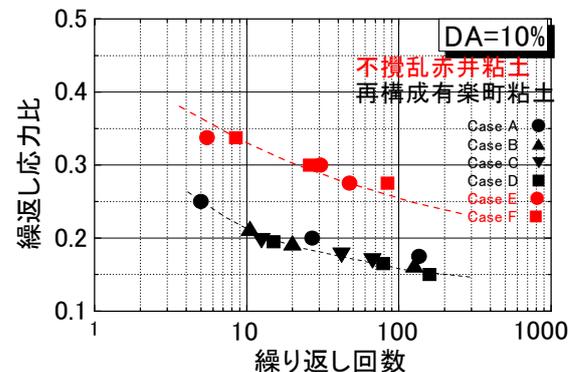


図6 繰返し強度曲線 ($\tau/\sigma'_1 \sim N$ 関係)