

単純せん断条件における砂の非排水繰返しせん断特性

東京都立大学大学院 学生会員 ○細野 康代
 東京都立大学工学部 正会員 吉嶺 充俊

1. はじめに

筆者らはこれまでに、三軸試験における初期せん断を受ける砂の非排水せん断特性を明らかにしてきた。これによって、三軸試験装置では、圧縮・伸張せん断に見られるように極端なせん断応力を与えているため、一般的なせん断特性を明確にすることは困難である。そこで、一般的な応力状態を再現できるような中空ねじりせん断試験装置を用いて、単純せん断条件における非排水繰返しせん断特性を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

実験に用いた試料は豊浦砂で、供試体は外径 10cm、内径 6cm、高さ 20cm の中空円筒形である。供試体作成方法は乾燥砂を 8 層に分けて緩く堆積させ、各層ごとにモールド側面を木槌で打撃して締め固める乾燥堆積法 (Dry Deposition, DD) を用いた。供試体を水で飽和させた後、所定の拘束圧 ($K_0 = 0.5$) を加え、所定の初期ねじりせん断応力を載荷して圧密を行った。圧密後の間隙比は $e = 0.812 \sim 0.830$ になるようにした。この試験の特徴としては、リングせん断試験装置や一般的なせん断箱による単純せん断試験装置では供試体の応力を完全に把握できないが、中空ねじり試験装置を用いて単純せん断を行った場合は独立な応力 6 成分をすべて観測することが可能になることである。せん断中は供試体体積、高さ、内セル体積を一定に保ってねじり載荷を行った。このとき、供試体の内径・外径の変化はなく、正確に単純せん断条件を実現させることができる。

3. 実験結果

図 1、2 に単純せん断実験による初期せん断がない場合と、初期せん断応力比 $\alpha = 0.4$ の場合のせん断応力、せん断ひずみと過剰間隙水圧の時刻歴を示した。初期せん断がない場合 ($\alpha = 0$)、載荷が開始されてもせん断ひずみはあまり発生しない。液状化時に急激にひずみ振幅が増大していることがわかる。一方、初期せん断応力比 $\alpha = 0.4$ においては、載荷が始まるとすぐにひずみが発生し、変形が初期せん断と同じ方向に蓄積していくが、その増加率は次第に減少していき、ひずみの大きさは一定値に収束している。

これらの実験をまとめて、図 4 に液状化強度曲線を示した。白抜きのプロットが本実験の単純せん断試験結果で、黒塗りプロットが本研究室で以前に行った三軸試験装置による初期せん断のない場合の実験結果である。これによると、三軸試験結果に比べて全体的に単純せん断試験結果はより大きな液状化強度を示しているのがわかる。また単純せん断試験結果で初期せん断については、初期せん断応力比 (初期鉛直応力に対する初期せん断応力の比) が大きくなるにつれ、液状化強度も大きくなっていることがわかる。初期せん断応力比 $\alpha = 0.2, 0.3, 0.4$ の液状化強度は初期せん断がないときの 1.4 倍、1.9 倍、2.5 倍となった。特に、初期せん断応力比 $\alpha = 0.3, 0.4$ は $\alpha = 0, 0.2$ と異なった傾向を示している。

次に、三軸試験結果との比較を行うために、初期液状化に至るまでの回数 $N = 20$ のときの液状化強度に着目して、初期せん断応力がないときの値で正規化した $K\alpha$ を初期せん断応力比に対してプロットした。三軸試験結果では初期せん断応力が圧縮側にある場合、液状化強度増加率 $K\alpha$ は増加していき、伸張側にある場合は著しく減少していることがわかる。単純せん断試験結果の液状化強度増加率 $K\alpha$ は三軸試験結果の圧縮・伸張初期せん断の中間に位置しているが、圧縮側に初期せん断を受ける三軸繰返し試験結果と同様に、液状化強度増加率 $K\alpha$ は初期せん断応力比に対して増加傾向にある。特に、初期せん断応力比 $\alpha = 0.2$ を超えたあたりから大きく増加する傾向を示した。

キーワード：単純せん断・初期せん断・液状化・繰返しせん断・異方圧密・砂

〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL: 0426-77-2222 fax: 0426-77-2772

4. まとめ

中空ねじりせん断試験装置を用いて単純せん断条件で実験を行ったところ、初期せん断応力比 α が小さい場合は液状化したときに大きくひずみが発生するのに対し、初期せん断応力比 α が大きい場合には載荷すると同時にひずみ振幅の中心がせん断方向に動いている。また、液状化強度曲線からは初期せん断応力の大きさが液状化強度に大きく影響を与えることがわかり、液状化強度増加率 $K\alpha$ は初期せん断応力比 α に対して増加傾向を示した。特に、 $\alpha = 0.2$ あたりから急激に変化していた。

5. 今後の課題

初期せん断応力比 α が大きい場合に、ひずみ振幅の中心がせん断方向に進行している。初期せん断がさらに大きい場合や、砂の密度が小さい場合にはさらに大きな変形や流動が生じると考えられるので、実験装置を改良し、このような繰り返し載荷による大変形挙動を調べたいと考えている。

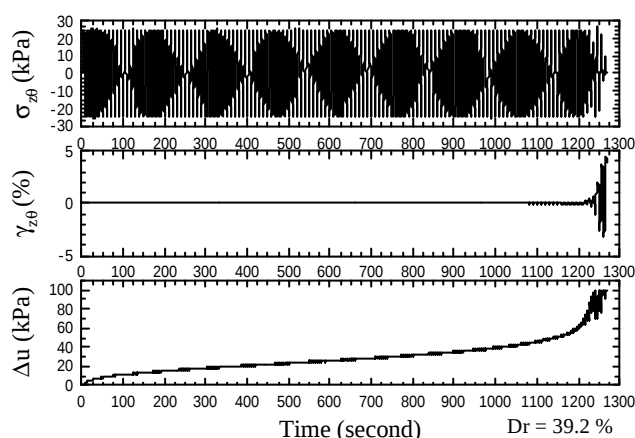


図1 初期せん断がない場合の時刻歴

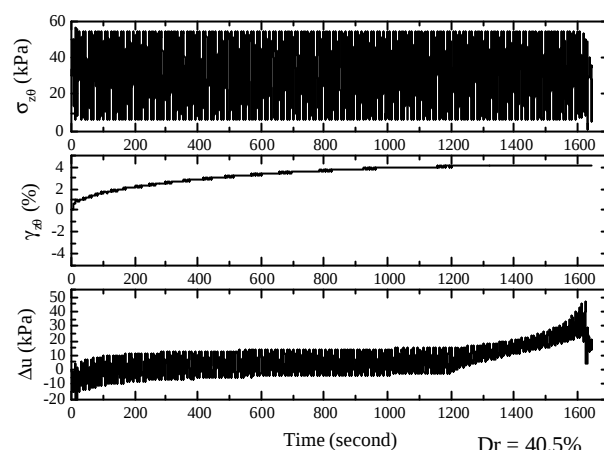


図2 $\alpha = 0.4$ の場合の時刻歴

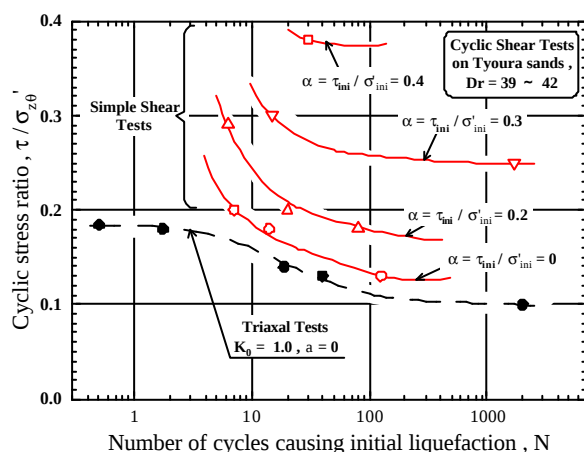


図3 液状化強度曲線

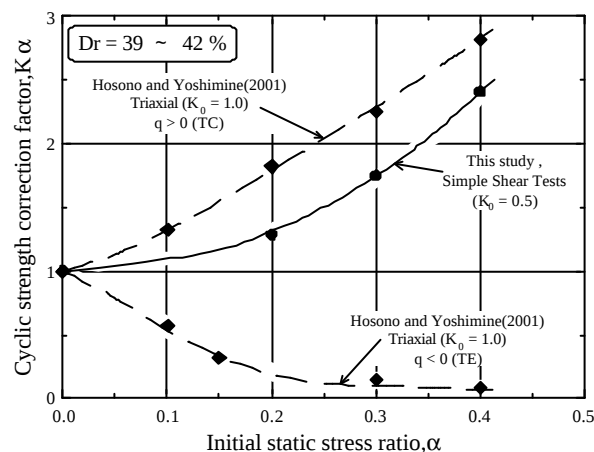


図4 液状化強度増加率

参考文献

- 1) Liquefaction of sand in simple shear condition, Yasuyo Hosono・Mitsutosi Yoshiimine, CBS04, 2004(投稿中)
- 2) 異方圧密・単純せん断条件での砂の非排水繰り返しせん断特性, 細野康代・吉嶺充俊, 土木学会第58回年次学術講演会, pp.179-180, 2003.
- 3) 異方的・等方的な粒子構造を持つ砂の三軸試験における液状化強度特性, 吉嶺充俊・小池令子・細野康代・唐沢里英, 第37回地盤工学研究発表会, pp.519-520, 2002.
- 4) 砂の非排水三軸せん断特性に及ぼす異方性の影響, 細野康代・唐沢里英・吉嶺充俊, 土木学会第56回年次学術講演会, III-A028, pp.56-57, 2001.