

過圧密砂の液状化強度特性に与える圧密および供試体拘束条件の違いの影響

九州工業大学大学院 学生会員 前田 広重 柴田 雄史
九州工業大学工学部 正会員 永瀬 英生 清水 恵助 廣岡 明彦

1. まえがき

砂の液状化強度に与える過圧密の影響を調べるため、繰返し三軸試験を行ってきた¹⁾が、この試験では、繰返し载荷時に水平地盤内の応力条件、すなわち K_0 応力条件を再現できない。そこで、本研究では、圧密および繰返し载荷時に K_0 応力状態を再現できる二重セル型繰返し中空ねじりせん断装置を用い、過圧密された砂地盤の液状化特性を明らかにする目的で、圧密および供試体拘束条件を変えた場合の繰返し試験を行った。

2. 試料および実験方法

表 1 に試験ケースを示す。試料には豊浦砂を用いた。供試体は、外径 10cm、内径 6cm、高さ 10cm の中空円筒形とし、空中落下法で相対密度 $D_r=30\%$ になるように作製した後、二酸化炭素と脱気水で十分に飽和させた。 K_0 圧密の場合の過圧密履歴は、毎分 0.02kgf/cm^2

の速度で軸圧縮応力を与えて側方ひずみが $\pm 0.05\%$ 以内に収まるように側圧にて制御し、鉛直有効応力 σ'_v を载荷、除荷することによって与えた。また、側方変位拘束条件下での繰返し载荷においては、差圧計にて内セルと基準水位ビューレットとの水位差を算出し、その差が $\pm 0.05\text{ml}$ 以内に収まるように制御した。この水位差は K_0 圧密の制御に用いた値と同等である。繰返し载荷は正弦波を用いて行い、周波数は、鉛直変位拘束条件下では 0.1Hz 、側方変位拘束条件下では制御安定のため 0.01Hz とした。なお、鉛直変位拘束条件下での繰返し载荷時にはクランプを締め、鉛直変位を拘束した。また、過圧密比 $(OCR)_v$ は、全ての圧密条件ともに過圧密履歴を与えたときの最大鉛直有効応力 σ'_v を繰返し载荷時の初期鉛直有効応力 σ'_{v0} で除した値で表すことにする。

3. 液状化試験

図 1, 2 はケース(B),(C)における繰返し载荷時の時刻歴を示したものである。この図から、過剰間隙水圧比が鉛直変位拘

表 1 試験ケース

ケース	圧密方法	供試体拘束条件	初期鉛直有効応力 σ'_{v0} (kPa)	過圧密比 $(OCR)_v$
(A)	等方圧密	鉛直変位拘束	49.0	1,2,4
(B)	異方圧密	鉛直変位拘束	73.5	1,2,4
(C)	異方圧密	側方変位拘束	73.5	1,2,4
(D)	K_0 圧密	側方変位拘束	75.8	1,2

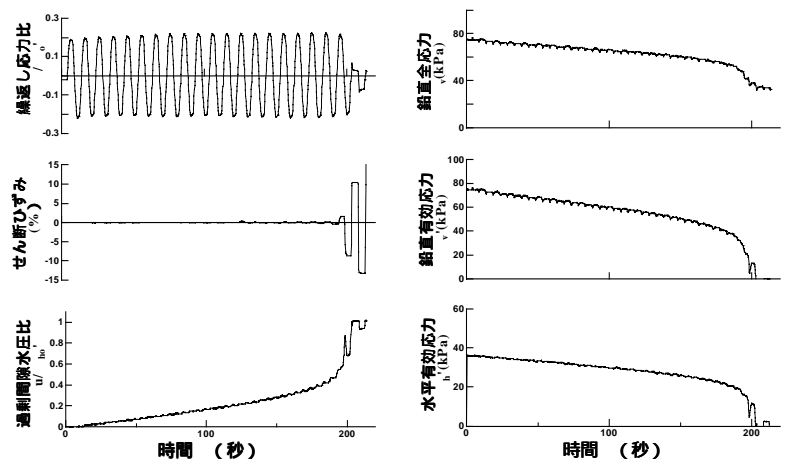


図 1 ケース(B)の時刻歴

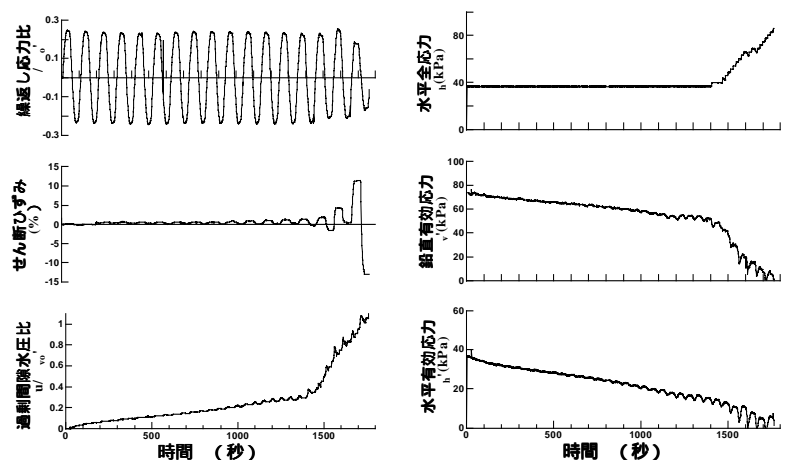


図 2 ケース(C)の時刻歴

液状化、砂、繰返し荷重、 K_0 圧密、過圧密

束条件下の試験においては初期水平有効応力、側方変位拘束条件下の試験においては初期鉛直有効応力に達するとともにせん断ひずみが急増していることがわかる。また、液状化時には鉛直、水平有効応力が共にゼロに至り、ケース(B)では、鉛直全応力が初期水平有効応力に至り、また、ケース(C)では、水平全応力が初期鉛直有効応力に至っていることから、両試験ではともに、水平、鉛直全応力が液状化時に一致することが確認できる。

図3~5に表1に示したそれぞれの試験における繰返し応力比 R と両振幅せん断ひずみ $DA=7.5\%$ に至るまでの繰返し回数 N_c の関係を示す。図5には繰返し载荷を水位変化量 $\pm 0.03\text{ml}$ 以内の拘束条件にて行った場合の結果もプロットしている。図3~5より、繰返し応力比は繰返し回数に拘わらず過圧密比が増加するにつれて増加し、側方変位拘束条件下においても、明らかに砂の液状化強度に与える過圧密効果が認められる。

次に、圧密方法の違いが液状化強度特性に与える影響を調べてみる。鉛直変位を拘束したケース(A),(B)の結果から、繰返し応力比は等方、異方圧密ともに同程度の大きさを示していることがわかる。また、側方変位を拘束したケース(C),(D)の結果から、繰返し応力比は K_0 圧密で行った試験の方が異方圧密のときより大きな値を示していることがわかる。これは、 K_0 圧密により圧密時に供試体の側方変位が拘束され、鉛直変位のみが生じることによって、供試体内の粒子構造がより安定化したためではないかと考えられる。供試体拘束条件が液状化強度特性に与える影響については、異方圧密のケース(B),(C)の結果から、鉛直変位拘束条件下での試験の方が側方変位拘束条件下での試験に比べ繰返し応力比が大きな値を示していることがわかる。この原因は、今のところ明らかでないが、変位拘束方法の違いにあると考えられる。すなわち、側方変位拘束条件下においては、側方ひずみを許容値以内であれば許しているが、鉛直変位拘束条件下においてはクランプを締めることにより、側方変位拘束条件下での試験よりひずみを抑制できるからではないかと考えられる。なお、図5では側方変位拘束条件を厳しくすることにより繰返し応力比が若干大きな値を示している。これについてはさらに検討が必要であると考えられる。

4. まとめ

圧密、供試体拘束条件を変えた過圧密砂の繰返し中空ねじり試験を行った結果、以下のことがわかった。

- 1) 側方変位拘束条件下においても、明らかに砂の液状化強度に与える過圧密効果が認められる
- 2) K_0 圧密の試験の方が異方圧密のときに比べ、繰返し応力比が大きな値を示した。
- 3) 鉛直変位拘束条件下での試験の方が側方変位拘束条件下のときに比べ、繰返し応力比が大きな値を示した。

<参考文献>

1) 安田・永瀬・穴道・内堀・吉田: 拘束圧が液状化の過圧密履歴に与える影響、第29回土質工学研究発表会講演概要集、pp733~736、1994

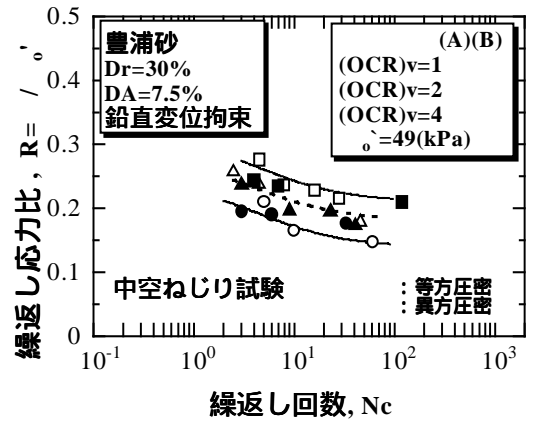


図3 繰返し応力比と繰返し回数の関係

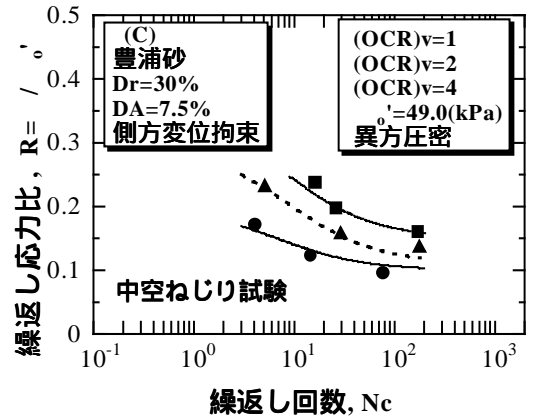


図4 繰返し応力比と繰返し回数の関係

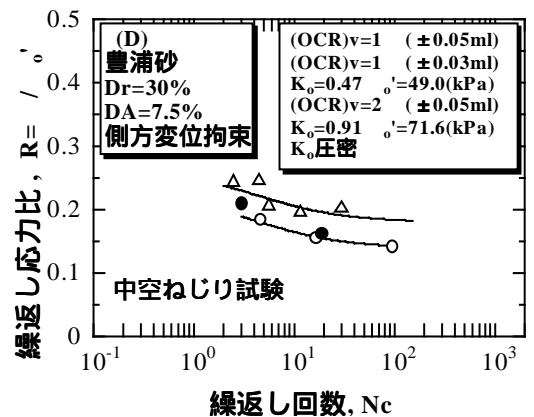


図5 繰返し応力比と繰返し回数の関係