

透水を伴う液状化砂の変形特性に関する中空ねじり試験

九州工業大学工学部 学生会員 ○持永修史
九州工業大学大学院 学生会員 栗屋宜典
九州工業大学工学部 正会員 永瀬英生 廣岡明彦

1. はじめに

過去の震害調査報告によると、地震により地盤が液状化すると、その物性の変化に伴い地盤変状が生じ、各種構造物に多大な被害が及ぶことが明らかにされている。一般に、液状化した砂地盤においては、過剰間隙水圧 Δu の消散に伴う上向き浸透流の影響で過剰間隙水圧比 $\Delta u/\sigma'_v$ が1.0に保たれた状態が地震後のある時間内に想定されると考えられる。ところがこのような透水を伴う砂の挙動についてはまだほとんど研究されていないのが現状である。そこで、本研究では繰返し中空ねじりせん断試験装置を用いて、 $\Delta u/\sigma'_v=1.0$ の状態を保持しながら排水状態、すなわち透水を許した状態でせん断試験を行い、せん断応力～せん断ひずみ関係を調べて、昨年度までに行われた非排水条件下での実験結果と比較検討してみた。

2. 実験方法

実験に使用した試料は豊浦標準砂で、空中落下法により所定の相対密度になるように供試体を作製した。供試体は、外径10cm、内径6cm、高さ10cmの中空円筒形である。実験条件としては、背圧 $\sigma_{bp}=196\text{kPa}$ 、初期有効拘束圧 $\sigma'_0=49\text{kPa}$ 、相対密度 $Dr=30\%$ とした。実験手順は、等方圧密終了後、非排水状態で繰返し载荷を行い、液状化が生じた後、背圧を有効拘束圧と等しくしてから排水状態で静的単調ねじりせん断試験を行った。この静的せん断試験はひずみ制御方式で行い、载荷速度は10%/minとした。その時のセル水とビューレットの水位の位置関係を図-1に示す。なお、水頭差 Δh は供試体下端と連結したビューレットの水位を常にセル水位に一致させ、そこを基準に測定したものである。

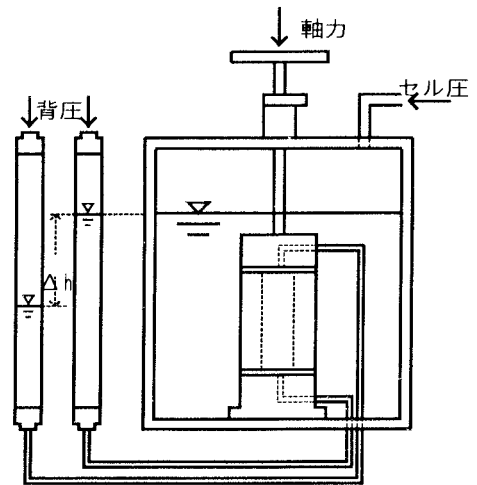


図-1 セル水とビューレットの水位の位置関係

3. 実験結果及び考察

図-2は液状化後の静的载荷によるせん断応力 τ とせん断ひずみ γ の関係を示したものである。B2は図-1に示す条件での試験を示し、B1はビューレット1本を用いた通常の排水試験を意味する。また、初期水位差0cmの条件は静的载荷前のビューレットの水位がセル水の水位と一致させた場合で、水位差0cmの条件は静的载荷中も常にこの水位差を0cmに保った場合である。 $\Delta h_i=30\text{cm}$ は静的载荷前のビューレット水位を30cmにした条件を示す。なお、図中には非排水条件下の結果も示してある。また、図-3には静的せん断中に発生するビューレットの水位変化量を示している。この水位変化量は水位下降、つまり体積膨張側を正としている。これらの結果より、初期水位差0cmではせん断応力の回復が非排水試験に比べてせん断ひずみ10%以下の早期に生じていること、水位差を一定にするか、初期水位差が大きくなるとせん断応力の回復を示す曲線の立ち上がりが緩やかになることが分かる。このような挙動は、図-3より供試体に作用する水圧の値に大きく依存して起こっていると推察される。

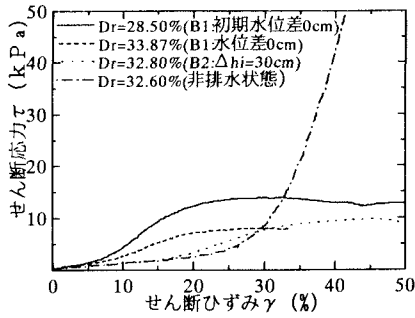


図-2 せん断応力～せん断ひずみ関係

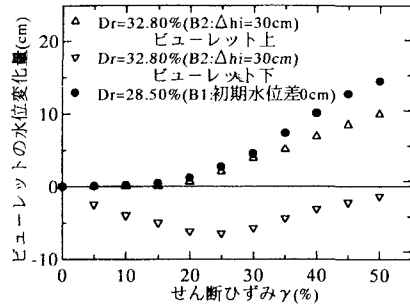


図-3 ピユレットの水位変化量～せん断ひずみ関係

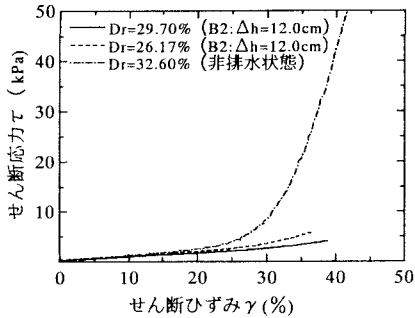


図-4 せん断応力～せん断ひずみ関係

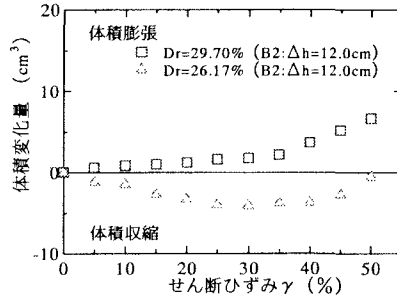


図-5 体積変化量～せん断ひずみ関係

次に、液状化した砂地盤で、過剰間隙水圧比 $\Delta u/\sigma'_v=1.0$ が保たれる場合を要素試験で再現することをかんがえてみる。このときは、供試体上下端の水位差 Δh はある時間内一定と考えるべきであろう。図-4、図-5は $\Delta h=12.0\text{cm}$ を常に保った試験の結果を示したものである。ただし、 $\Delta h=12.0\text{cm}$ にしたのは、ポーラスストーンの水頭の変化も考慮し、常に $\Delta u/\sigma'_v=1.0$ となるようにしたためである。図-6は図-5に示す $Dr=29.70\%$ のデータを用いて、ピユレットの目盛り変化と供試体の体積変化を1つの図にまとめたものである。図-4より、 Δh を一定にすると、せん断ひずみ γ が20%程度までは、非排水試験結果とほぼ一致しているが、その後の応力回復傾向はかなり異なっていることが分かる。すなわち、非排水試験では γ が20%を超えると正のダイレイタンスー特性が顕著に現れて、急激にせん断応力が回復しているが、透水を伴い Δh を一定に保った場合はせん断応力回復傾向が非常に緩やかになっている。以上の結果から、地震後の液状化した地盤のせん断特性を考える場合、透水または排水の条件も重要なポイントになるものと考えられる。

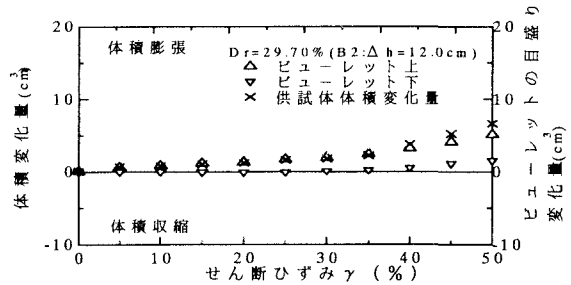


図-6 体積変化量概要図

4. まとめ

繰返しねじり試験装置を用いて、透水を伴う液状化砂のせん断試験を行った結果、非排水条件下でのせん断特性と大きく異なる傾向が見られた。今後は試験条件等についてさらに詳しく検討していきたい。