

III-369

単純せん断試験による砂の液状化強度特性

フジタ工業（株）技術研究所 望月美登志・福島伸二・香川和夫

1. まえがき

飽和砂の液状化強度を求める場合、水平地盤内の土の要素が地震時に受ける応力変化の再現性を考えるとねじり単純せん断試験や単純せん断試験が優れていると考えられる。しかしながら単純せん断試験については、供試体に作用する横方向応力が未知であることや供試体の応力状態の複雑性などからあまり行われていない。そこで本報告では単純せん断変形をする供試体中央部にも二成分ロードセルを設置し、供試体の応力状態をねじり単純せん断試験の場合と同一にして非排水繰返しせん断試験を行い、せん断中の供試体全体と中央部での応力状態を調べ、ねじり単純せん断試験の結果と比較検討を行った。

2. 試験方法

ここで使用した単純せん断試験機を図-1に示す。本試験装置の詳細については参考文献1)を参照してほしい。供試体は直径100mm、高さ40mmで、三軸試験などで使用される通常のラバーメンブレン（厚さ0.3mm）で覆われ、三軸セル内にセットされる。供試体の上下端面はステンレス製のプレート付きのポーラス・ストーンに接しており、このポーラス・ストーンにより供試体にせん断応力が伝えられる。繰返しせん断力は水平に設置されたベロフラムシリンダーによって加えられる。繰返し载荷システムは通常の空気圧式繰返し三軸試験の場合と同様にファンクションジェネレーターと電空変換機を用いている。本装置の特長は図-2でわかるようにキャップ内に二成分ロードセルを取り付け、供試体中央部（直径5cmの範囲）でのせん断応力と垂直応力を測定できるようにした点である。ロードセルが取り付けられた直径5cmの範囲のポーラス・ストーンとその外側のポーラス・ストーンの間は1mm弱の間隔があり、そこにシリコンシーラントが埋め込まれている。試験に使用した試料は豊浦標準砂（ $G_s=2.64$, $e_{max}=0.977$, $e_{min}=0.605$ ）である。供試体は空気乾燥状態にある砂をロートによる空中落下法により作製した。供試体は飽和度を高めるために炭酸ガスを十分に流した後に脱気水を流し、さらに背圧 $\sigma_{BP}=1.0\text{kgf/cm}^2$ を加えた。飽和度の確認はB値を測定し、0.96以上とした。液状化試験は、供試体を $\sigma_v = 1\text{gf/cm}^2$ で等方圧密後、非排水状態で等振幅の繰返しせん断応力（ $\pm \tau_a$ ）を周波数 $f=0.1\text{Hz}$ で供試体に加えて行った。

3. 試験結果

図-3に非排水繰返しせん断中のせん断応力、垂直応力（供試体全体、供試体中央部）、せん断変位、過剰間隙水圧の典型的な例を示してある。同図よりせん断応力の変化に伴い、垂直応力も変化することが分かる。図-4はいろいろなせん断応力比、密度における試験から得られたせん断応力比（繰返し回数 $N=10$ 回でせん断ひずみ振幅 $DS=10\%$ になる応力比 $R = \tau_a / \sigma_v$ ：供試体全体での平均的せん断力を用いた場合）と相対密度 D_r の関係を示している。図中ねじり単純せん断試験の結果も入れており、単純せん断試験による液状化強度は、ねじり単純せん断試験によるものに比較して全体的に小さい値を与え、その傾向は特に応力比の小

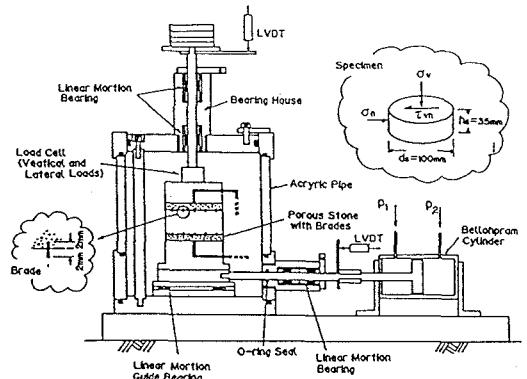


図-1 単純せん断試験機

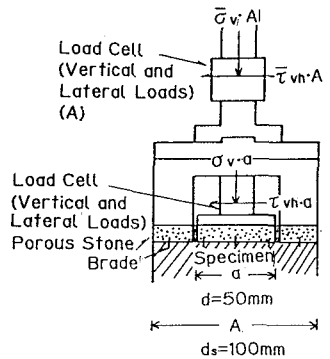


図-2 二成分ロードセル

さい領域において強いことがわかる。図-5、図-6は二種類の密度の供試体に対するせん断応力比と繰返し回数 N の関係を示している。図中実線が単純せん断試験の結果（供試体全体と供試体中央部の応力比）、一点鎖線がねじり単純せん断試験の結果である。これらの図より供試体中央部での応力比が供試体全体の平均的な応力比より大きいことがわかる。これは供試体の側面でせん断応力が作用しないためではないかと考えられる。また供試体中央部での応力比から得られた結果は、供試体端部に問題のない（供試体側面に端部がない）ねじり単純せん断試験の結果に近づき、密度のゆるい（ $e_c=0.775$ ）場合には、ほぼ等しくなっていることがわかる。図-7に供試体全体の平均的な応力比と供試体中央部での応力比の関係を示す。同図より供試体中央部での応力比は平均的な応力比の約1.75倍程度であることがわかる。

4. まとめ

単純せん断試験による砂の液状化強度は供試体の側面でせん断応力が作用しないというような供試体端部の影響をうけるようである。

そこで単純せん断変形をする供試体中央部でのせん断応力比で液状化強度を表すと供試体端部に問題のないねじり単純せん断試験の結果に近づくことがわかった。

参考文献

1) 福島伸二・望月美登志・香川和夫：ねじり単純せん断試験と単純せん断試験による砂の液状化強度、土の非排水繰返し試験に関するシンポジウム、PP71～74、1988。

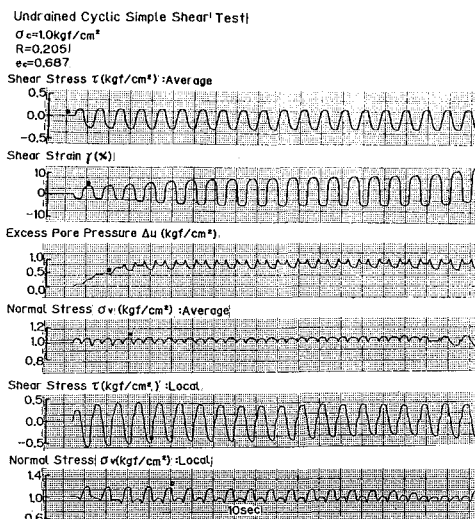


図-3 典型的な試験例

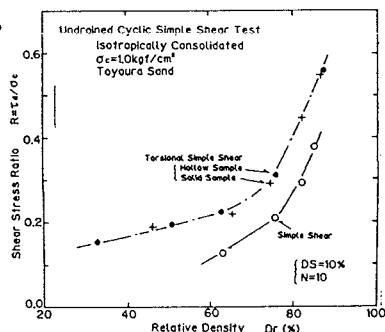


図-4 せん断応力比と密度の関係

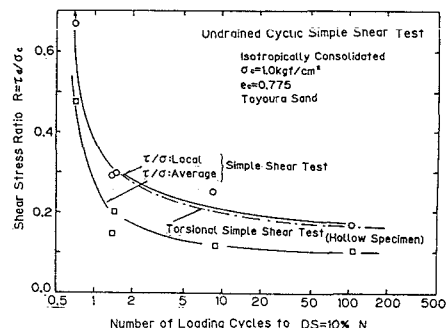


図-5 せん断応力比と繰返し回数の関係

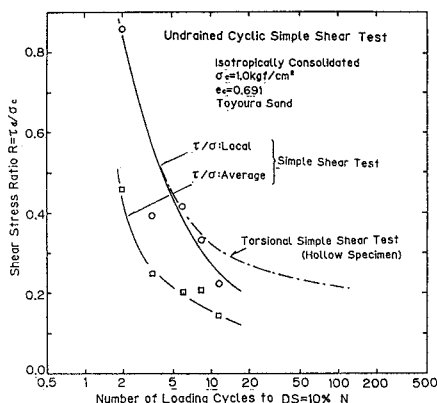


図-6 せん断応力比と繰返し回数の関係

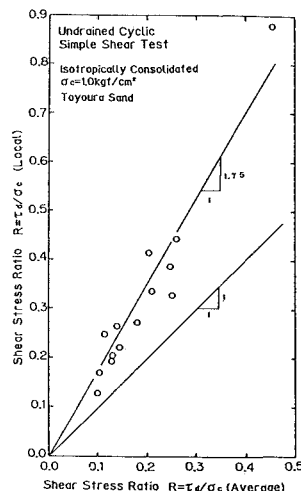


図-7 平均的な応力比と供試体中央部での応力比の関係