単純せん断試験機による再構成豊浦砂の繰返し載荷試験

○名城大学大学院　　学生会員　岸　賢吾
名城大学理工学部　正会員　　小高猛司
名城大学理工学部　正会員　　板橋一雄

１．はじめに

地震時の地盤挙動を正確に予測するためには，地盤材料の種類に拘わらず不攪乱試料を用いた実験が重要となる。通常，不攪乱試料で繰返し載荷試験を行う場合には，サンプリング径の制約により三軸試験が用いられることが多い。しかしながら，繰返し三軸試験は原位置の初期応力状態は再現できても，その後の純粋なせん断応力のみの載荷ができないために，不攪乱試料特有の脆性的な破壊挙動を再現することが難しい。砂であっても粘土であっても構造劣化に起因する脆性破壊は不攪乱試料の重要な特性であり，室内実験によってその特性を再現することは，特に継続時間の長い海溝型地震を想定する場合には重要な課題である。

本研究ではチューブサンプリング試料でも実施可能な単純せん断試験を不攪乱試料の繰返し載荷試験に適用することを目的とし，試験機の試作を行った。本報では，第一段階として再構成豊浦砂を用いた単純せん断試験を実施し，中空ねじり試験結果との比較を行うとともに，今後の改良点について検討を行った。

２．試験装置と試験方法

図１は試作した試験装置の全景であり，図２はセル内に設置した供試体の様子である。セル内の水圧により等方圧を載荷するとともに，下部に設置したベロフラムシリンダーによって原位置の異方圧密状態が再現できる。せん断は上部のペデスタルをサーボモータによって水平駆動させることにより行う。今回は豊浦砂を用いて，空中落下法により Dr=40%のゆる詰め供試体を作製した。供試体は直径 70mm,高さ 25mm である。炭酸ガスと脱気水で飽和後，初期有効拘束圧 50kPa（背圧 200kPa）の等方応力条件下で単調ならびに繰り返しの単純せん断を行った。なお，別途単純せん断試験用のワイヤー入りメンブレンの使用も試みたが，等方圧載荷時点で局所的な座屈変形を起こし実験困難であったため，今回は通常のメンブレンのみを用いた。

図１　単純せん断試験機の全景

図２　セル内の供試体

３．試験結果

図３は非排水単調載荷による試験結果である。せん断中は供試体高さを固定している。図には別途実施している同条件の中空ねじりせん断試験（供試体外径 10cm，内径 6cm，高さ 10cm）の結果を併せて示している。変相線，破壊線の角度ともに単純せん断試験の方が小さくなっているが，総じて中空ねじりせん断試験とほぼ同等の結果を示すことがわかった。

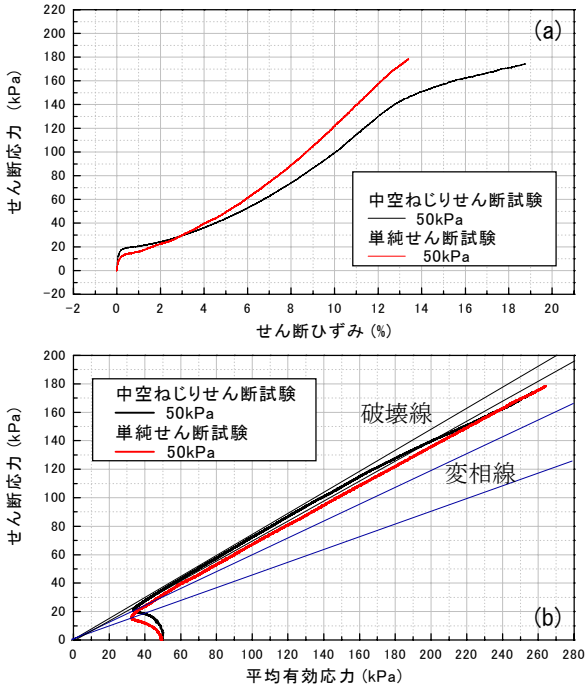
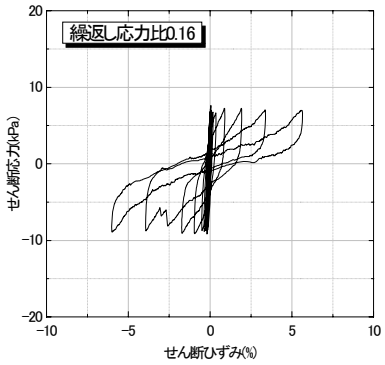
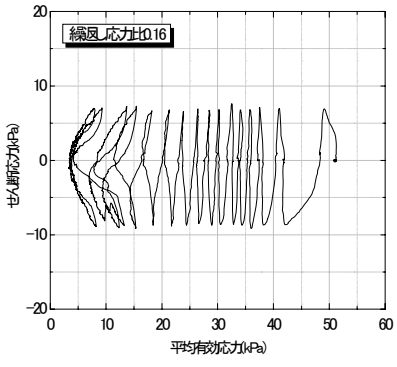


図３　単調載荷試験結果（(a)応力～ひずみ曲線，(b)有効応力経路）

単純せん断，繰返しせん断，液状化試験
名城大学理工学部建設システム工学科（〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 Tel 052-838-2347）

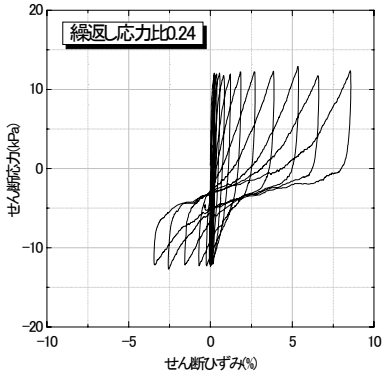


(a)応力～ひずみ関係

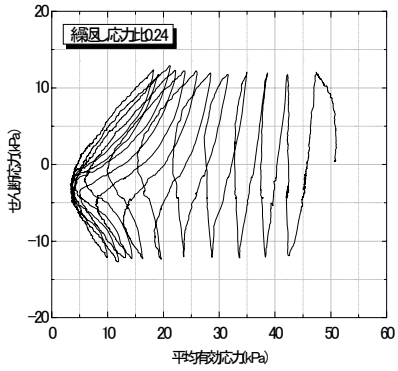


(b)有効応力経路

図 4　繰返し応力比 0.16

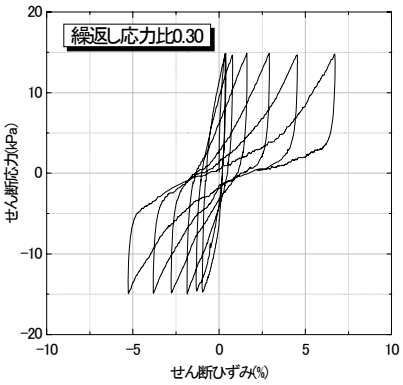


(a)応力～ひずみ関係

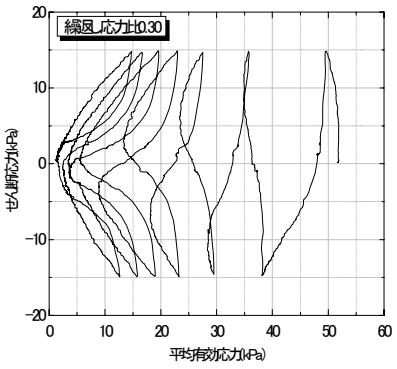


(b)有効応力経路

図 5 繰返し応力比 0.24



(a)応力～ひずみ関係



(b)有効応力経路

図 6 繰り返し応力比 0.30

次に繰返し応力比（＝せん断応力／初期有効拘束圧）を 0.16，0.24，0.30 の 3 種類に設定し，繰返し単純せん断試験を行った結果を図 4～図 6 に示す。いずれの繰返し応力比においても，繰返し初期においては，ほとんどひずみは発生せず，ある程度繰り返し回数が増加すると急激にひずみが発生するゆる詰め砂の典型的な挙動が表されている。しかしながら，平均有効応力は完全にゼロにはなっておらず，過剰間隙水圧の上昇度合いが小さいことがわかる。

図 7 は液状化曲線であり，今回の単純せん断試験による結果の他，比較のため中空ねじりせん断試験の結果も示している。単純せん断試験においては，繰返し応力比を変化させても，繰返し回数には大きな差があらわれず，液状化強度曲線がかなり急勾配となっている。この原因としては，供試体が高さ方向に一様に単純せん断変形しておらず，せん断ひずみ，過剰間隙水圧ともに一様ではない可能性が考えられる。実際に大ひずみ領域においては，供試体上部ほどせん断変形が大きくなっていることが目視で確認できた。今後は，画像解析により供試体内のひずみ分布の計測などを行い供試体の非一様性についての検討を行うとともに，単純せん断用の横ずれリング等を使用することにより，より精度の高い実験を実施してゆく予定である。

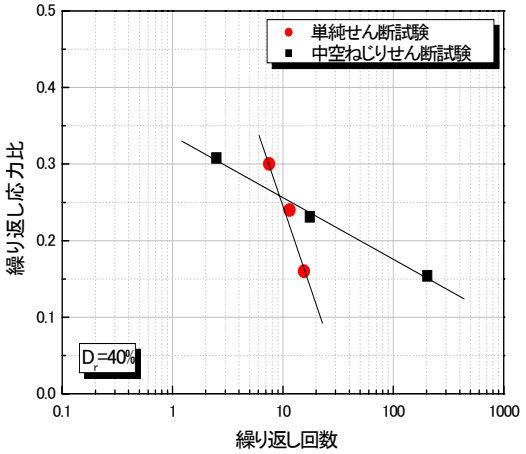


図 7　液状化強度曲線

4．まとめ

不攪乱試料の高精度な繰返しせん断試験を目標に，単純せん断試験機の試作を行った。今回は再構成豊浦砂の繰返しせん断試験を行ったが，供試体の一様性などについて課題は残ったものの，単純せん断試験の適用性は十分に確認できたと考えている。最後に，卒業研究を通じて本実験を実施した名城大学卒業生の大脇浩史氏ならびに阪口洋平氏に謝意を表します。