# 再構成粘土の非排水繰返しせん断挙動に及ぼす載荷速度の影響

名古屋大学 学生会員 名古屋大学 正会員

員 上山博満 市川嘉一 野中俊宏 中井健太郎 中野正樹 野田利弘

### <u>1.はじめに</u>

地震被害と言うと砂質地盤の液状化が有名であり、液状化強度 特性を調べるために砂質土を用いた非排水繰返しせん断試験が従 来から数多く行われている。ところが砂質地盤だけでなく、粘性 土地盤においても地震中の滑り破壊や地震後の圧密沈下などの地 震被害が数多く報告されており、近年研究も鋭意進められている <sup>1)</sup>。本報では、粘土の動的性質を把握するための基礎的実験として、 実験室で作成した再構成粘土試料の非排水繰返しせん断試験を実 施し、特に載荷速度の影響について調べる。

2.試験に用いた試料の特徴

試験に用いた試料は、東京湾内から採取した有楽町層粘土であ る。粒径加積曲線を図-1 に、物理特性を表-1 に示す。有楽町層粘 土は、細粒分(75µm 以下)含有率がほぼ 100%を占めることがわ かる。液性限界の2倍に含水比調整したスラリー状の試料を、十 分に攪拌・脱気して予備圧密槽に入れ、鉛直応力98kPaで1週間 一次元圧密して再構成試料を作製した。図-2 は鉛直方向に抜き出

した再構成試料を用いた軸ひずみ速度一定非排水三軸 圧縮/伸張試験結果である。等方圧密圧力は 196kPa である。せん断強度は圧縮試験の方が大きく、予備圧 密過程において異方性が圧縮側に発達したと考えられ る。図-3 に、再構成試料および練返し試料の標準圧密 試験結果を示す。練返し試料の圧縮線(一次元状態に おける正規圧密線)に対して、再構成試料の圧縮線は 嵩張った(同鉛直応力で比較すると大きな比体積を有 する)挙動を示している。再構成試料であっても、有 楽町層粘土のように高塑性な粘土は構造を有すること が報告されている<sup>2</sup>。

## <u>3. 再構成試料の非排水繰返しせん断挙動</u>

拘束圧 196kPa (側圧 392kPa、背圧 196kPa)で 24 時間、等方圧 密した供試体に、軸力制御で側圧一定非排水繰返し三軸圧縮/伸 張試験を実施した。繰返し応力は、応力振幅 98kPa (応力振幅比  $\tau/p'_0 = 0.25$ )の正弦波形で与え、繰返し周期 T は 20s、30min と 200min の 3 通りで実施した。粘性土は透水性が低いので、特に載 荷速度が大きい時には間隙水のマイグレーションが十分に生じず、



#### 表-1 有楽町層粘土の物理特性

液性限界 w <sub>L</sub> (%)	94.8
塑性限界 w <sub>p</sub> (%)	34.7
塑性指数 I <sub>p</sub>	60.1
密度 <sub>s</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	2.65



図-2 再構成試料の単調非排水せん断挙動



供試体内部の間隙水圧分布が不均一となってしまうが、本報では供試体下端で計測した過剰間隙水圧を供試体 内の代表値と仮定して、平均有効応力を算出している。

図-4~図-6 に試験結果を示す。図中、赤色部分は軸ひずみが 5%を超えた部分である。有効応力パスを見る と、粘土であっても繰返し載荷とともに平均有効応力 p'が次第に減少していく。特に繰返し初期に p'の減少 量が大きいが、次第に減少の程度は小さくなってしまう。応力~ひずみ関係を見ると、繰返し初期はほとんど 軸ひずみが発生しない。しかし低有効応力下では、砂のように p'=0(液状化)<sup>3)</sup>までは到達しないものの、 繰返しとともに p'が少しずつ減少を示しながら、次第に軸ひずみが伸張側へ進展していく。最終的には、す

べての供試体が伸張側でネッキング(くびれ)を生じ て供試体が破壊した。伸張側で常に破壊したのは、供 試体作成時の予備圧密過程において圧縮側に異方性が 発達したことが一要因だと思われる。

繰返し周期で比較すると、有効応力パスは繰返し周 期が速いほど p'減少の程度は小さく、破壊するまでに 多くの繰返し回数を要する。繰返し周期が速いと、間 隙水のマイグレーションが十分に生じないため、間隙 水圧の計測値が小さくなるためだと考えられる。実際 に周期 20s で行った試験では、繰返しせん断途中で繰 返しを止めると、過剰間隙水圧が次第に上昇(p'が減 少)した。破壊時の応力状態を比較すると、繰返し周 期にかかわらずほぼ等しいが、軸ひずみが急増する(破 壊する)直前の最大軸ひずみ量は、繰返し周期が速い ほど大きいことがわかった。

### <u>4.まとめと考察</u>

本報では、粘土の動的特性を把握するために、再構 成試料の非排水繰返しせん断挙動に及ぼす繰返し周期 の影響について調べた。その結果、繰返し周期が速 いほど p'減少の程度は大きい、低 p'下では、繰返し とともに p'が少しずつ減少しながら軸ひずみが進展 していく、しかし、砂のように p'=0(液状化)ま では減少しない、破壊に至る応力常態に大きな違い はないが、破壊する直前の軸ひずみ量は繰返し周期が 速いほど大きい、ことがわかった。透水性の低い粘性 土の力学挙動は載荷速度によって大きく異なることは



図-4 非排水繰返しせん断挙動(T=20s)







図-6 非排水繰返しせん断挙動(T=200min)

よく知られている。ゆっくり載荷した繰返し周期 200min の試験結果でも、特に変形量の増大する低 p'下では、 要素挙動を保てているかはわからない。さらに繰返し載荷時中は変形の局所化が顕著なので、今後は境界値問 題として捉えて FEM 解析を実施するとともに、どこまで要素挙動として捉えられるのか考察したい。 参考文献 1) 松井保他(1998): 粘性土の動的性質, 土と基礎 - 講座, Vol.46 No.6~Vol.47 No.4. 2) 中野他 (2003): 再構成粘土の構造と異方性の程度, 第 58 回年次学術講演会, pp.1031-1032. 3)黒川他(2008): 三軸試

験機および中空..., 平成 20 年度土木学会中部支部, 投稿中