

## 残留状態でせん断速度を変化させた粘土のリングせん断挙動(その2)

山口大学工学部 正 鈴木素之 山本哲朗  
山口大学大学院 学 小林孝輔

1. はじめに 粘土の残留強度に及ぼすせん断速度の影響の現れ方は試料の種類や速度変化の与え方などにより異なる<sup>1),2)</sup>。今回は、排水条件を満たすせん断速度で供試体を定圧せん断して一旦残留状態に至らしめた後に、せん断速度を連続的に増減させるリングせん断試験を実施した。本文では、2種類の土試料の残留強度とせん断速度の関係を整理して、残留強度のせん断速度依存性について検討した。

2. リングせん断試験 土試料はカオリン( $\rho_s=2.618 \text{ g/cm}^3, w_L=65.3\%, I_p=23.8, F_{c, \text{clay}}=35.3\%$ )と地すべり粘土A( $\rho_s=2.770 \text{ g/cm}^3, w_L=27.3\%, I_p=13.2, F_{c, \text{clay}}=31.0\%$ )である。詳細な試験方法は文献2),3)を参照されたい。以下に示すDは供試体の内径と外径の中間径の円周上で定義される回転変位(mm)であり、 $\theta$ はリングの回転角(rad)である。また、 $\dot{D}$ はせん断変位速度(mm/min)である。試験では、所定の圧密応力 $\sigma_c$ の下で正規圧密した供試体に対して、まず $D=200 \text{ mm}$ ( $\theta=5 \text{ rad}$ )になるまで $\dot{D}=0.02 \text{ mm/min}$ の下で定圧せん断して残留状態に至らしめた後、 $\dot{D}=20 \text{ mm/min}$ ( $\theta=0.5 \text{ rad/min}$ )毎に $\dot{D}$ を0.2 0.5 1.0 2.0 1.0 0.5 0.2 0.02 mm/minのように連続的に増減させた。

## 3. 試験結果と考察

(1) せん断速度を増減させた場合のせん断挙動 図-1 および 2 にそれぞれカオリンおよび地すべり粘土Aの応力比 $\tau/\sigma_N$ とせん断変位Dの関係を示す。 $\tau/\sigma_N$ はせん断応力を垂直応力 $\sigma_N$ で正規化したものであり、 $\sigma_N$ はせん断中に生じるリング周面摩擦力により随時変化している。なお、個々の $\tau/\sigma_N \sim D$ 曲線に双曲線近似を適用して、残留状態における応力比 $(\tau/\sigma_N)_r$ を決定している<sup>3)</sup>。図-3 および 4 に各試料の残留状態後の $\tau/\sigma_N$ とDの関係を示す。横軸のDは残留状態に達した時点( $D=200 \text{ mm}$ )においてゼロと再定義した。ここで注目すべき点として、 $\dot{D}$ を増加させると、それに追従して $\tau/\sigma_N$ が増加し、さらにそれに引き続いて $\dot{D}$ を減少させると $\tau/\sigma_N$ が減少していることである。図-5 および 6 は各試料の $\tau/\sigma_N$ と対数表示のDの関係を示す。各図は $\sigma_N$ ごとにせん断変位速度の増加過程と減少過程に分けて示している。いずれの $\sigma_N$ においても、Dが上がると、残留状態における $\tau/\sigma_N$ の上限値および下限値はともに増加することが分かる。図中の $\beta$ は対数表示のDの増加に対する応力比の増加率( $= (\tau/\sigma_N) / (\log D)$ )を示している。カオリンの $\beta$ は0.004~0.014である。一方、地すべり粘土A

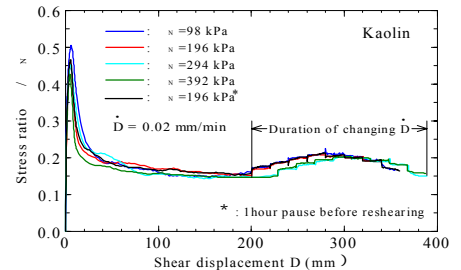


図-1 カオリンのせん断挙動

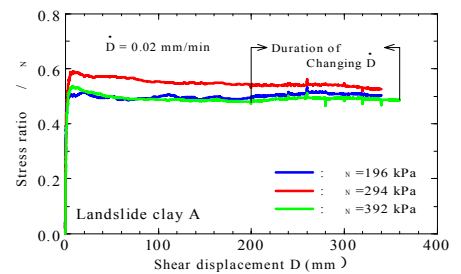


図-2 地すべり粘土Aのせん断挙動

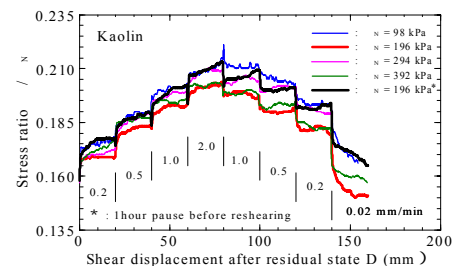


図-3 カオリンの残留状態後のせん断挙動

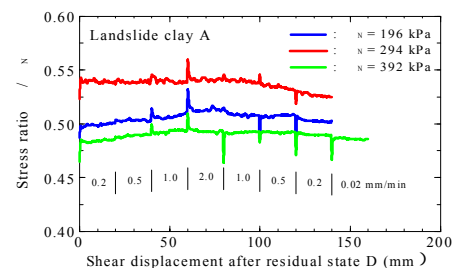


図-4 地すべり粘土Aの残留状態後のせん断挙動

キーワード：地すべり，粘土，残留強度，せん断速度，リングせん断試験

連絡先：〒755-8611 宇部市常盤台2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 鈴木素之 (Tel:0836-85-9303, Fax:0836-85-9301)

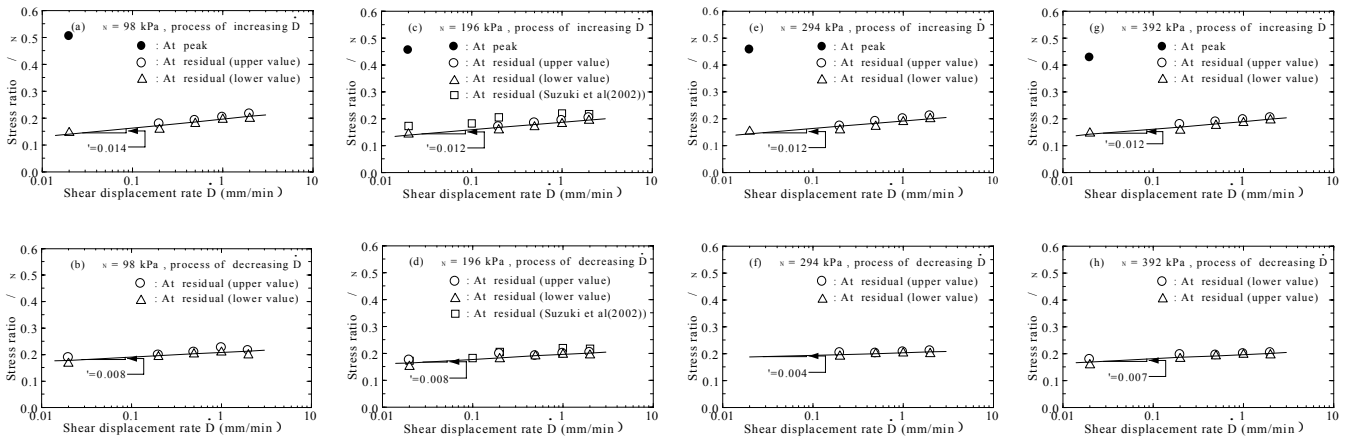


図-5 カオリンの場合の応力比とせん断変位速度の関係

の  $\gamma$  は 0.005 ~ 0.015

である。この違いは試料の物理的な性質に依存すると考えられる<sup>2)</sup>。

## (2) せん断速度の変化の与え方の影響

図-5(c)および(d)にはせん断初期からせん断速度を変えたリングせん断試験，すなわち複数個の供試体を用いて異なるせん断速度の下で実施したリングせん断試験の結果を併記している<sup>2)</sup>。

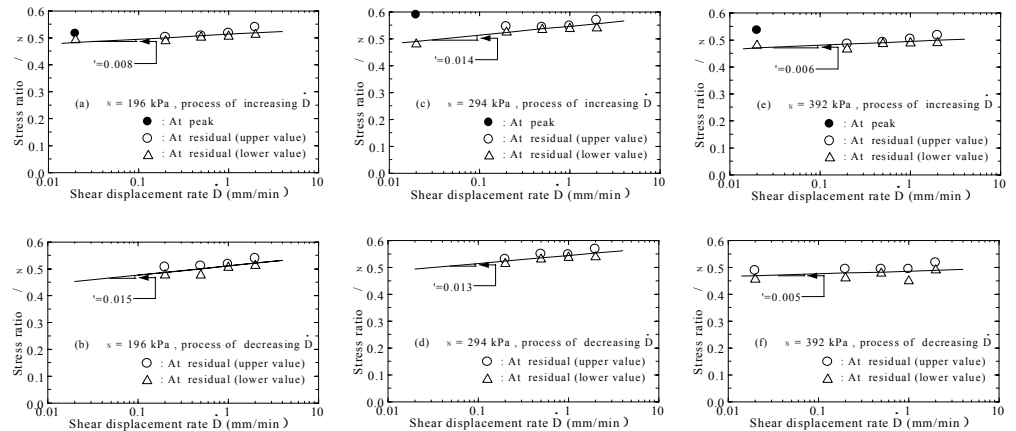


図-6 地すべり粘土 A の場合の応力比とせん断変位速度の関係

図-5(c)のせん断速度増加過程においては既往のデータは若干上方に位置しているが，図-5(d)のせん断速度減少過程においては，既往のデータは今回得られた応力比とせん断変位速度の関係とよく一致している。これより， $N=196$  kPa の場合，残留状態においてせん断速度を変化させた結果とせん断初期から一定のせん断速度で実験した結果は傾向としてほぼ等しいといえる。

(3) せん断休止の影響 図-3 の\*印を付けた  $\tau/N \sim D$  曲線はせん断変位速度の変化開始前に各 1 時間の休止時間をとったときのデータである。せん断休止は，各せん断速度の下において発生が懸念される未知の過剰間隙水圧の影響を除去するための措置である。休止時間をとらないデータと比較すると， $\tau/N$  の値として 0.01 程度の違いはあるものの，ほぼ一致している。これより，せん断変位速度の連続的变化による残留状態の応力比の変化はせん断休止の影響を受けない。

4. まとめ 残留状態においてせん断変位速度を増減させると，応力比の上限値および下限値はともにそれに追従して増減する。また，その度合は試料の種類によって異なる。せん断初期からせん断変位速度を変えた結果と上述の結果はほぼ一致する。垂直応力が 196 kPa の場合には上述の関係は 1 時間のせん断休止の影響をほとんど受けない。

## [参考文献]

- 1) 鈴木素之ほか：直接型せん断試験における土の残留強度，土木学会論文集，No.645/ -50，pp.37-50，2000。
- 2) 鈴木素之ほか：種々の地すべり土の残留強度とせん断速度の関係，自然災害科学研究西部地区部会報研究論文集，Vol.26，pp.69-72，2002。
- 3) 鈴木素之ほか：リングせん断試験における粘土の残留強度とせん断変位の関係，土木学会論文集，No.575/ -40，pp.141-158，1997。