

再活動地すべりにおける過圧密粘土の ピーク・残留強度に与えるせん断速度の影響

宮前知弘¹⁾ 鈴木素之²⁾ 井上優朋³⁾ NGUYEN VAN HAI⁴⁾

¹⁾山口大学工学部社会建設工学科 ²⁾山口大学大学院創成科学研究科

³⁾山口大学大学院創成科学研究科博士前期課程 ⁴⁾山口大学大学院創成科学研究科博士後期課程

1. はじめに

再活動地すべり地ではすべり面の土は過圧密状態にあり、そのせん断強度はすべり面から離れた部分のせん断強度よりも小さい。このような地すべり地では降雨等の外的条件の小さな変化によって地すべりが再滑動する。したがって、地すべり地の安定性を評価する場合は、過圧密土の残留強度を適切に評価することが大変重要である。これまでに、リングせん断試験や繰返し一面せん断試験などにより、種々の土の残留強度とせん断変位速度の関係が数多く示されている。しかし、過圧密粘土のピークおよび残留強度に与えるせん断変位速度の影響は必ずしも十分に明らかにされていない。そこで、本研究は過圧密カオリン粘土に対して圧密定圧リングせん断試験を実施し、排水条件下でせん断速度を変化させた時のせん断挙動ならびに残留強度に現れる影響を明らかにすることを目的として実施した。

2. 土試料

本研究で用いた試料はカオリンである。カオリンの物理的性質は土粒子の密度 2.627g/cm^3 、液性限界 78.9%、塑性限界 41.4%、塑性指数 37.5、粘土含有率 90.2%である。供試体の作製は、試料の含水比が液性限界の2倍となるように純水を加えて練り返し、予圧密法により試料を作成した。予圧密圧力は 340kPa 、圧密時間は3t法によって決定した。その後、トリミング法を用いて内径 6cm 、外径 10cm 、高さ 2cm の環状供試体に成形した。

3. 圧密定圧リングせん断試験

図-1に圧密定圧リングせん断試験装置を示す。本装置はハーモニックドライブ方式の荷重システムを採用しており、高減速比・高回転精度実現している。これより、本装置は設定したせん断変位速度にて円周方向の変位制御で供試体を回転せん断が可能である。測定項目はせん断荷重、垂直荷重、垂直変位および周面摩擦力である。

成形した供試体をせん断箱に設置し、圧密応力 $\sigma_c=588\text{kPa}$ で 60 分間圧密した。圧密時間は3t法によって確認した。圧密終了後、過圧密比(以下、OCRと略記)が1を超える場合は所定の垂直応力に除荷し、1日間膨潤させた後、せん断を開始した。

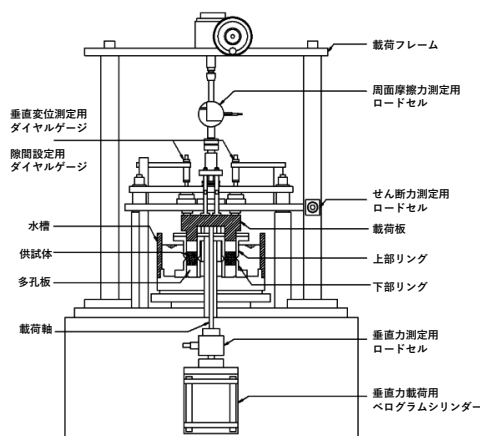


図-1 リングせん断試験装置

試験ケースとしては、せん断変位速度を0.02, 0.05, 0.2, 0.5mm/minの4パターン、垂直応力を $\sigma_N=588, 392, 98\text{kPa}$ の3パターンで、合わせて計12パターンでリングせん断試験を行った。最大せん断変位角は450deg(せん断変位314mmに相当)とした。

4. 試験結果と考察

図-2 にせん断変位速度が異なる場合のせん断応力 τ 、垂直変位 v 、垂直応力変化割合 σ_N/σ_{N0} およびせん断変位角 θ の関係を示す。OCR=1の結果のみ記載したが、 τ はせん断開始直後にピーク値をとり、その後急速に低下し、残留状態となっていることがわかる。このせん断挙動は全てのケースでみられた。

図-3にOCRが異なる場合の τ と θ の関係を示す。このときのせん断変位速度は0.02mm/minとした。 $\tau \sim \theta$ の関係はOCRが高くなるほど、すなわち σ_N が小さくなるほど下位にくることがわかる。これは全てのせん断変位速度でみられた。

図-4にピークおよび残留状態強度線を示す。縦軸に τ 、横軸に σ_N をとり、赤丸はピーク強度、青丸は残留強度とした。これらの実測値に対して近似直線を引いたものがピーク強度線および残留強度線である。図-5に正規圧密粘土で実施した既往の研究データ(鈴木ほか, 1995)と今回実施した過圧密粘土のデータをもとに、せん断変位速度と上記の強度線から得られた内部摩擦角の関係を示す。正規圧密粘土と過圧密粘土では、ピーク時の内部摩擦角はせん断変位速度を変化させても変化がみられず、残留状態の内部摩擦角はせん断変位速度の増加とともに増加していることが明らかになった。

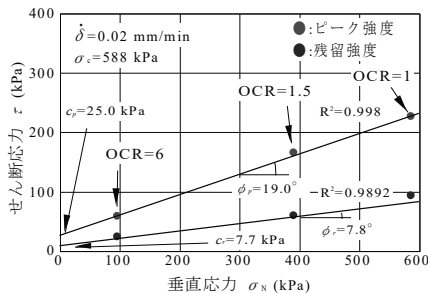


図-4 過圧密状態($\sigma_c=588\text{kPa}$)におけるピークおよび残留状態強度線

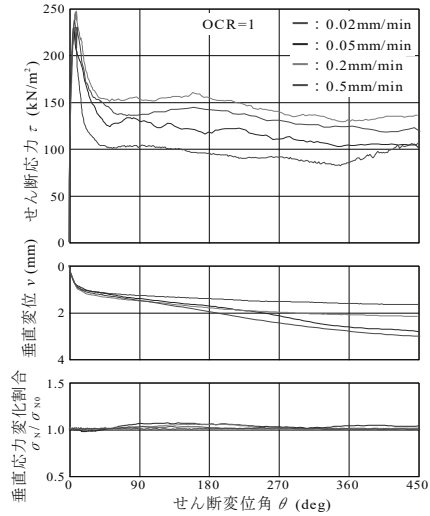


図-2 せん断変位速度が異なる場合のせん断応力-せん断変位角の関係

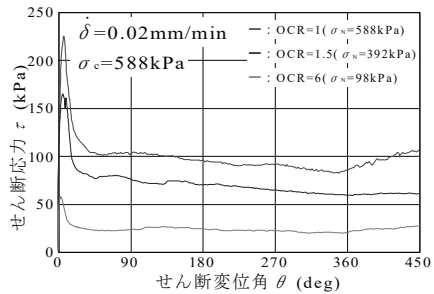


図-3 過圧密比が異なる場合のせん断応力-せん断変位角の関係

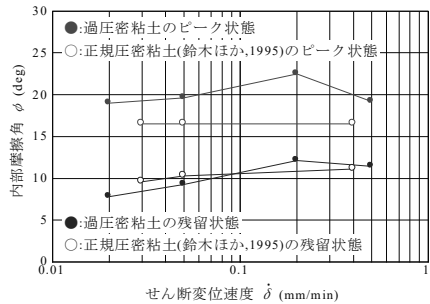


図-5 正規および過圧密粘土の内部摩擦角とせん断変位速度の関係(正規圧密粘土のデータは文献1)から引用)

図-6 に供試体の含水比分布を示す。せん断試験の前後に、供試体の上部、せん断面(中心部)、下部において含水比を測定した。OCR=1 および 1.5 の場合、試験後の含水比が低くなった。OCR=6 の場合のみ試験後の含水比が増加するか、もしくは減少幅が小さい傾向にあった。これは膨潤過程において垂直応力を減じ、排水条件下であるため、供試体の含水比が増加したものと考えられる。

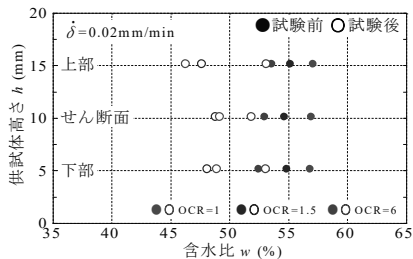


図-6 供試体の含水比分布

5. まとめ

本研究から得られた結果を以下にまとめる。

- (1) せん断変位速度が異なる場合よりも、過圧密比が異なる場合の方がせん断応力に大きな差があることがわかった。
- (2) せん断変位速度 0.02~0.5mm/min の範囲ではせん断応力はほぼ等しいせん断変位角でピークを迎えたが、残留状態のせん断応力はせん断変位速度の影響を受けていた。また、過圧密比が大きくなるほど、その影響の度合いは小さくなった。
- (3) いずれのせん断変位速度においても過圧密比が大きくなるほど、ピーク強度、残留強度はともに小さくなった。
- (4) 内部摩擦角はせん断変位速度が大きくなってピーク状態ではほとんど変わらないが、残留状態では徐々に増加していくことがわかった。
- (5) 過圧密比が大きくなるほど、試験前後の含水比の差が小さくなる。比較的遅いせん断変位速度の試験においては、過圧密比が試験前後の含水比の差に影響を与える。

参考文献

- 1) 鈴木素之, 梅崎健夫, 川上浩:リングせん断試験による粘土の残留強度特性, 直接型せん断試験の方法と適用に関するシンポジウム発表論文集, 土質工学会, pp.269-274, 1995.

