

## 直接一面せん断試験機を用いた粘性土の残留状態におけるせん断クリープ破壊メカニズムに関する検討

愛媛大学大学院 学生会員 ○森 皓樹  
愛媛大学大学院 正会員 ネットラ P. バンダリ

### 1. はじめに

地質構造の複雑な日本では大規模地すべりが多く発生しており、中でも移動速度が年間数 mm～数 cm のクリープ移動を有する地すべりが多分布している。クリープ移動現象は大規模地すべりの長期滑動の主要因であるが、この現象を支配するすべり面粘土の残留状態におけるクリープ変位メカニズムやクリープ破壊メカニズムは未解明な点が多く存在する。そこで本研究では粘性土の残留状態において、せん断クリープ変位が2次クリープから3次クリープへ移行する際における破壊の要因がせん断面粘土の摩擦係数の変化ではないかと考え、一面せん断試験機を用いた摩擦試験を行った。そして過去に行われたクリープせん断試験結果から得られたデータと比較することで、クリープ破壊と摩擦の関係性を明らかにする。

### 2. クリープせん断試験

まず、過去に行われたクリープせん断試験の概要を述べる。試験に用いられた試料はカオリンとベントナイトを割合別に配合したものである。図-1に示すクリープ試験可能なリングせん断試験機を用いて各試料をせん断し、残留状態に至らした後、モーターによる定ひずみせん断を停止させる。その後一定のクリープ荷重を载荷し、残留状態におけるクリープ破壊試験を開始する。载荷するクリープ荷重は各試料の残留強度との比として、 $R_{rcs}$ を用いて9種類別に高精度で調整した（※ $R_{rcs}$ は Residual-state Creep Stress Ratio のことであり、载荷クリープせん断応力と残留強度の比である）クリープ荷重を変化させ、破壊時間とひずみ速度の試料ごとの関係、また破壊時間と定常ひずみ速度の関係を明らかにする。この試験結果の一部を図-2、図-3に示す。これを見ると、ベントナイトの含有量が増加するほどクリープ破壊までの変位が上昇することがわかる。

### 3. 力学モデルから考察したクリープ破壊メカニズム

酒井(2015)は2次クリープから3次クリープへ移行する際の破壊がすべり面の粘土の粘性係数の低下が原因であると考えた。そして力学モデルにおいて、2次クリープまでは粘性係数を一定に設定し、2次クリープから3次クリープに切り替わる点、つまり、クリープによるせん断変位が限界変位まで至るとせん断面粘土の粘性係数が大幅低下すると仮定し、ダッシュポットの破壊により最終せん断破壊が生じることを表現した。しかし、試験条件が変化しない環境で（例：垂直応力、せん断応力、間隙水圧などの変化が生じない）せん断

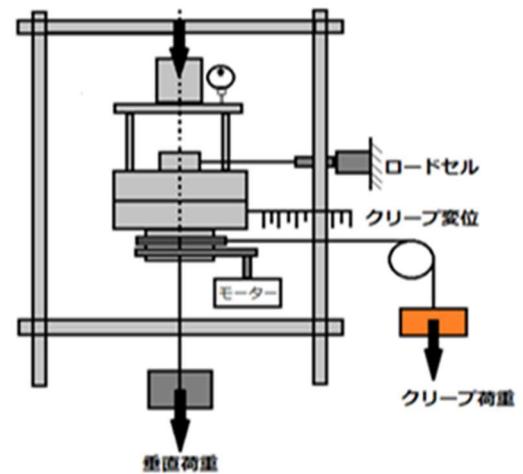


図-1 クリープ試験可能なリングせん断試験機

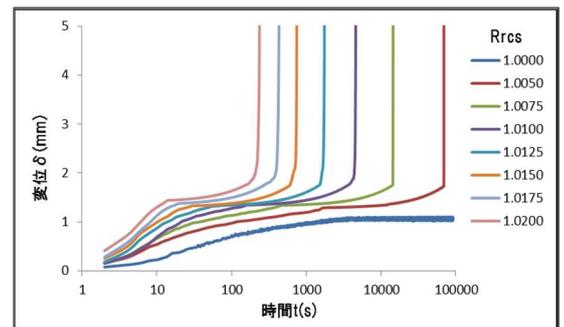


図-2 クリープ試験結果(K100)

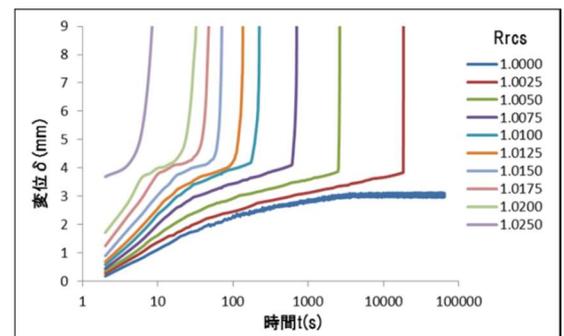


図-3 クリープ試験結果(K75+b25)

面での粘性係数が急激に低下するとは考えづらい。そこで、本研究ではクリープせん断試験より残留状態における摩擦抵抗角 $\phi_r$ が限界変位 $\delta_c$ とほぼ線形関係であることから、摩擦係数の変化がクリープ破壊に関連性があるのではないかと仮定した。一般的に、摩擦係数は静止時に大きく（静止摩擦係数）、せん断変位が生じれば摩擦係数も低下する（動摩擦係数）ことが知られている。このような静止摩擦係数から動摩擦係数への低下がせん断クリープ破壊を引き起こすのではないかと考えた。これらのことから、せん断時にダイレイタンスー効果が生じない環境下静止摩擦係数と動摩擦係数を測定し、各種粘土試料の摩擦係数について検討を行った。

#### 4. 静止摩擦係数・動摩擦係数測定試験

本研究では摩擦係数を求めるために一面せん断試験機を用いた。しかし、せん断時にダイレイタンスー効果が生じないようにせん断箱を改造し、せん断試験を実施した。試験では実際の地すべり地の土の状態が残留状態にあるということと、試料間の摩擦を測定するという目的から、あらかじめ上部と下部の間にせん断面を作っておく必要があった。そこで、下部せん断箱に板（アルミ板、鉄板、ガラス板）を設置し、上部せん断箱内の試料を変更しながら試験を行った。試料はカオリンとベントナイトを用いて、それら2つの試料を質量割合別で配合したものを8種類使用した。試験方法は、まず上部せん断箱と下部せん断箱を固定し、上部せん断箱に試料を流し入れ、締め固めた。そして一面せん断試験機本体に設置し、その上から垂直応力156.96kPaを載荷し、上部試料を圧密した。供試体の垂直変位が十分に安定した後、定ひずみせん断を行った。鉄板を用いた際の代表試験結果を図-4に、図-4の静止摩擦応力から動摩擦応力の変化に着目し摩擦係数に変換したものを図-5に、そして各試料の静止摩擦係数から動摩擦係数に落ち着くまでの変位量を板ごとにまとめたものを図-6に示す。

#### 5. まとめ

本試験ではアルミ板、鉄板、ガラス板のいずれの板を使用した場合でも、ベントナイトの含有量が増加するほど静止摩擦係数から動摩擦係数に変化するまでの変位量が増加した。これはクリープせん断試験結果のベントナイトの含有量が増加するほどクリープ破壊までの変位が増加する現象と同じ傾向である。これらの傾向は残留状態におけるせん断クリープ試験時の限界変位の変化と同じ傾向を示している。

#### 参考文献

- 1) 矢田部龍一，八木則男，榎明潔：破碎帯地すべり地の粘土の力学特性，愛媛大学工学部紀要 第11巻第2号,pp.433-440, 1987
- 2) 中村浩之：地すべりと地すべり面の残留強度，土木技術資料，21-8, pp14-19, 1979.

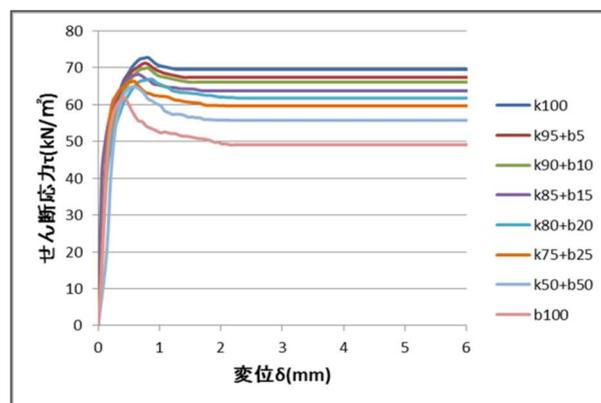


図-4 摩擦試験結果(鉄板)

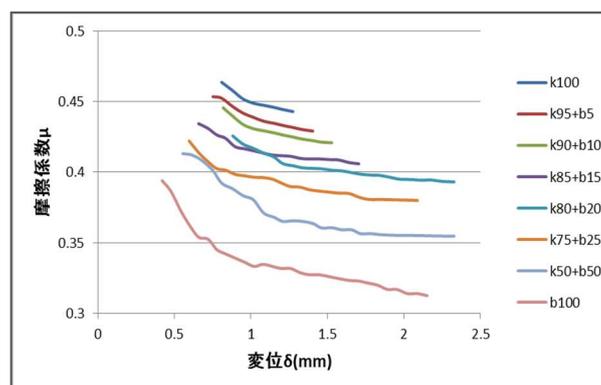


図-5 摩擦係数と変位の関係性(鉄板)

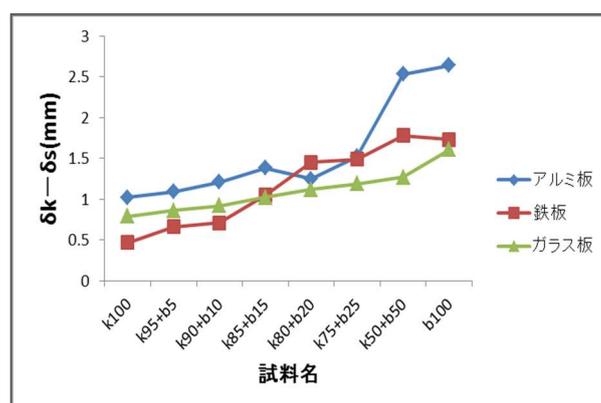


図-6 摩擦係数が落ち着くまでの変位量まとめ