

粘性土の残留状態におけるクリープ型直接せん断破壊に関する研究

愛媛大学 学生会員 ○岡本有希加 愛媛大学 正会員 バンダリ ネットラ プラカシュ
愛媛大学 正会員 矢田部龍一 愛媛大学 非会員 猪飼桃加

1. 背景

地質構造の複雑な日本では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発している。クリープとは一定応力の下で時間とともに変形が生じることであり、図 1 にあるクリープ曲線のような挙動を示す。このようなクリープ移動を有する地すべりの長期安定性を議論するため、残留状態に至っているすべり面粘土がどの時点でクリープ破壊するのかということを予測する必要がある。そのため、地すべり粘性土のすべり面のクリープ的破壊移動の特徴である、残留状態におけるクリープせん断移動特性を調べることを本研究の目的とした。特に、今回は室内で粘性土の残留状態におけるクリープせん断試験を実施し、地すべりのクリープ移動特性について検討した。

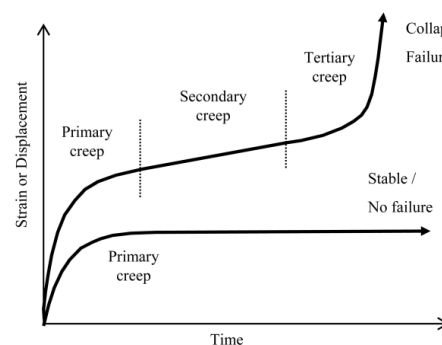


図 1 クリープ曲線

2. 実験方法

実験試料として、カオリン粘土、クロライト系粘性土、スメクタイト系粘性土の 3 種類を用いた。試料の物理的性質を知るため、土粒子密度試験、土の液性限界・塑性限界試験を JIS 規格に基づき行った。その後、供試体を作成し、圧密、リングせん断試験、クリープせん断試験の順で実験を進めた。リングせん断試験、クリープせん断試験について以下に詳しく説明する。

2. 1 リングせん断試験

図 2 の従来のリングせん断試験機では、試料を残留状態にした後、クリープ試験を行えないため、図 3 の

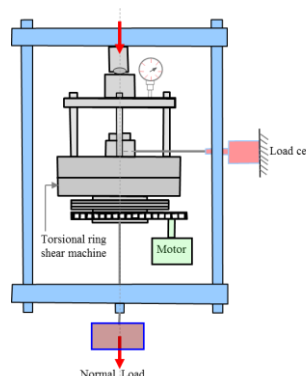


図 2 従来の試験機

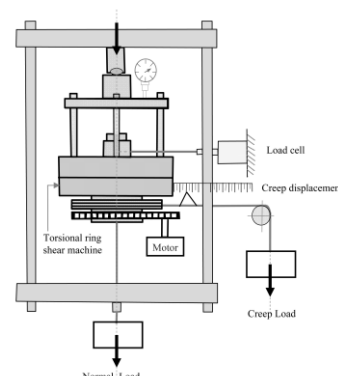


図 3 改造後の試験機

ように、土の残留状態において一定のクリープせん断荷重をかけることを可能にし、発生するせん断変位を測定するための変位計を取り付け、垂直応力を直接荷重で与え、リングせん断試験機を改良した。これらより、クリープせん断試験に移行したとき、直接クリープ荷重を載せることによって、時間とともに増加する変位を計測できるようになった。実験条件としては飽和粘土試料を用い、垂直応力 98.1kPa の定圧せん断試験で、残留状態に至るまでのせん断速度は 0.16min/mm、室温は 20℃の恒温室で行った。

2. 2 クリープせん断試験

リングせん断試験によって残留状態に至った試料を、一定のクリープせん断荷重を載荷できるようにした装置とリングせん断機の下部リングをつなぎ、クリープせん断試験を行った。土に載荷するクリープ荷重は RCSR = 0.9、0.95、0.98、1.00、1.0025、1.005、1.0075、1.01、1.02 の 9 種類で載荷した（※RCSR は Residual-state Creep Stress Ratio の略で、載加クリープせん断応力と残留強度の比である）。クリープ荷重を変えていき、破壊時間と RCSR の試料ごとの関係、また試料と破壊時間との関係を明らかにした。実験条件は、リングせん断試験の実験条件と同様であった。

3. 結果・考察

図 4 に示す残留状態におけるカオリン粘土のクリープせん断試験結果にあるように、大きく変位が生じている点を破壊点とする。破壊点は静止摩擦係数から動摩擦係数に転ずる点である。破壊点をプロットすると、同

じ変位に破壊点が存在した。この変位を限界変位とし限界変位より上部では動摩擦係数が支配し、下部では静止摩擦係数が支配する。図4から図6より、いずれの試料も破壊点をつなげていくと、ほぼ時間軸と平行に限界変位が存在するのがわかる。また、図7の各試料の限界変位の特徴としては、スメクタイトのような残留強度の小さいものは限界変位が大きく、カオリンのような残留強度が大きいものは、限界変位は小さくなっていると考えられる。クリープせん断応力比(RCSR)と破壊時間の関係は、RCSR=1.02のときの破壊時間について、カオリンは107.2min クロライトは126.1min スメクタイトは26.5min と比較的近い時間で破壊するが、RCSR=1.0025のときの破壊時間について、カオリンは6691.2min クロライトは2868.8min スメクタイトは1504min と破壊時間の差が大きくなる。よって、RCSRが小さくなればなるほど、土の種類による強度特性が顕著に表れるのではないかと考えられる。土の残留強度と限界変位の関係は、カオリンの残留状態における摩擦抵抗角 ϕ_r は 26.11° 、限界変位は0.412mmと非常に小さい値であり、クロライトの残留状態における摩擦抵抗角 ϕ_r は 16.1° 、限界変位は2.784mmで、スメクタイトの残留状態における摩擦抵抗角 ϕ_r は 5.79° と非常に小さい値であり、限界変位は3.494mmである。この結果より、残留状態における摩擦抵抗角 ϕ_r が大きいほど、残留強度が大きく、限界変位は小さくなる傾向があると考えられる。破壊点がこのような特徴を持っている理由として、静・動的摩擦係数の関係が挙げられる。静的摩擦係数は動的摩擦係数より大きい値をとるので、静止状態の摩擦抵抗力は動いている状態の摩擦抵抗力より大きい。よって、土が動き出すと摩擦係数が静的摩擦係数から動的摩擦係数に移行し、土の崩壊につながると考えられる。

4. まとめ

本研究では、カオリン、クロライト、スメクタイト、いずれの試料も破壊点をつなげていくと、ほぼ時間軸と平行に限界変位が存在した。スメクタイトを含有する粘土のような残留状態における摩擦抵抗角 ϕ_r が小さいほど、限界変位は大きいことがわかった。カオリンのような残留状態における摩擦抵抗角 ϕ_r が大きいほど、限界変位は小さくなる傾向がある。また、RCSRが小さくなればなるほど、土の種類による強度特性が破壊時間に顕著に表れることがわかった。限界変位が表すものは、静止摩擦係数が土を支配するところと、動摩擦係数が土を支配する、その境界線であることがわかった。

参考文献

- 1) 矢田部龍一、八木則男、榎明潔：地すべり粘性土の強度特性、第42回土木学会四国中央支部研究発表会講演概要集、No.1、pp.9-16、1991。

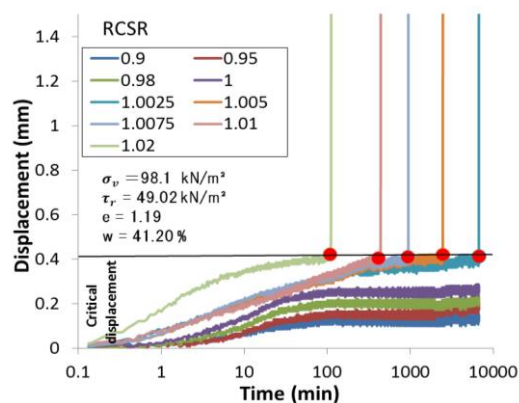


図4 カオリン粘土に対する試験結果

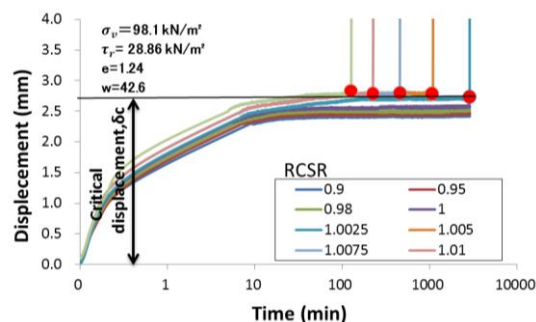


図5 クロライト系粘性土に対する試験結果

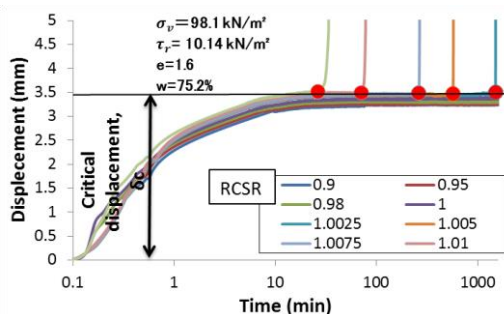


図6 スメクタイト系粘性土に対する試験結果

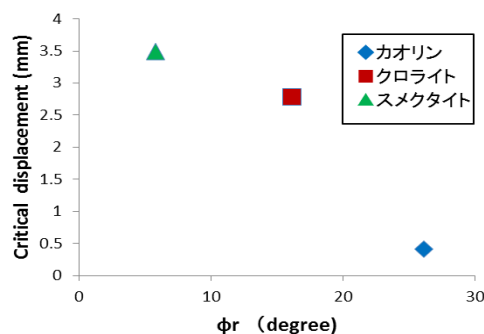


図7 土の残留強度と限界変位の関係