

粘性土の残留状態におけるせん断クリープ破壊モデル

愛媛大学大学院理工学研究科 (正) バンダリ ネットラP.
 愛媛大学大学院理工学研究科 (正) 矢田部 龍一

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発しており、中でも移動速度が非常に低いものが多く存在している。このような地すべりの移動挙動はクリープ変位特性として理解できる。また、これらの地すべりの発生要因は薄層のすべり面粘土の存在であることが過去の研究より分かっている¹⁾。しかし、粘性土のクリープ挙動やせん断クリープ破壊メカニズムについて土質力学的に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けるせん断クリープ挙動をその破壊メカニズムの解明という目的を設定し、簡易的な力学モデルを用いてこれらの挙動を再現することを試みた。また、作成したせん断クリープ変位・破壊モデルは実際のクリープ挙動に適用できるのか検証を行うため、リングせん断試験を用い残留状態におけるせん断クリープ試験を実施した。

2. 力学モデルの作成

力学モデルの作成にあたり、まずすべり面粘性土の状態について考える。粘性土は含水比によって様々な状態、性質を示す。せん断中において粘性土の含水比はすべり面部分が上昇し、すべり面付近のせん断応力を受けている部分は低下することが分かっている²⁾。したがって、せん断時には性質の異なる2種類以上の粘土が存在していると考えられる。そこで本研究では、性質の異なる粘土が最低でも2種類存在していると仮定し、これらの性質を粘弾性、粘弾塑性であると想定した。モデル作成に用いた基本要素の弾性体(Spring)、粘性体(Dashpot)、せん断面(Slider)は表-1に示す。

図-1に本研究でリングせん断試験を基に仮定した力学モデルを示す。モデル上の G 、 η はそれぞれ剛性率、粘性係数であり、 τ_f は降伏せん断応力である。モデルの左上部の構造が粘弾塑性、右上部の構造が粘弾性を表現している。また、本研究ではリングせん断試験機を用いてクリープ試験を行うため、リングの構造を考慮しSliderの降伏応力が無限長に作用するように設計している。

3. 力学モデルの挙動

力学モデル全体に作用するせん断応力と slider (スライダー) の最大降伏応力の大小関係により力学モデルは異なる挙動を示す。

(1) $\tau \leq \tau_f$ の場合

この場合、粘弾塑性を表す部分の構造は作動しない。この時モデル全体のせん断ひずみ γ は次式で表現でき、力学モデルは収束の挙動を示す。

$$\gamma = \frac{\tau}{G_2} \left[1 - \exp \left\{ - \left(\frac{G_2}{\eta_3} \right) t \right\} \right] \quad \dots\dots\dots (1)$$

(2) $\tau > \tau_f$ の場合

この場合、モデル全体のせん断ひずみ γ は次式で表現でき、1次、2次クリープの挙動を示す。

$$\gamma = \left(\frac{\tau - \tau_f}{G_1} \right) \left[1 - \exp \left\{ - \left(\frac{G_1}{\eta_1} \right) t \right\} \right] + \frac{(\tau - \tau_f)t}{\eta_2} + \frac{\tau}{G_2} \left[1 - \exp \left\{ - \left(\frac{G_2}{\eta_3} \right) t \right\} \right] \quad \dots\dots\dots (2)$$

先にも述べたように、すべり面粘性土はせん断に伴い含水

表-1 力学モデルの基本要素

Name	Representation	Meaning
Spring		Elasticity
Dashpot		Viscosity
Slider		Plasticity

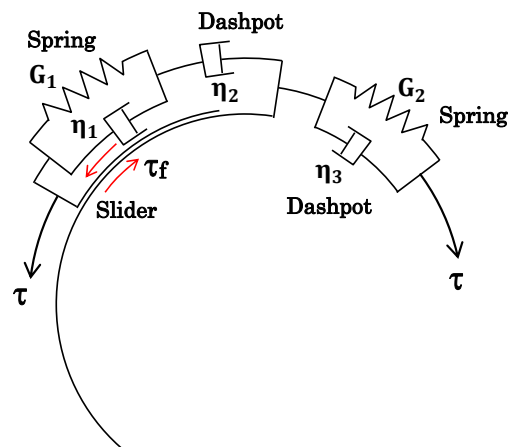


図-1 残留状態の粘性土におけるクリープモデル

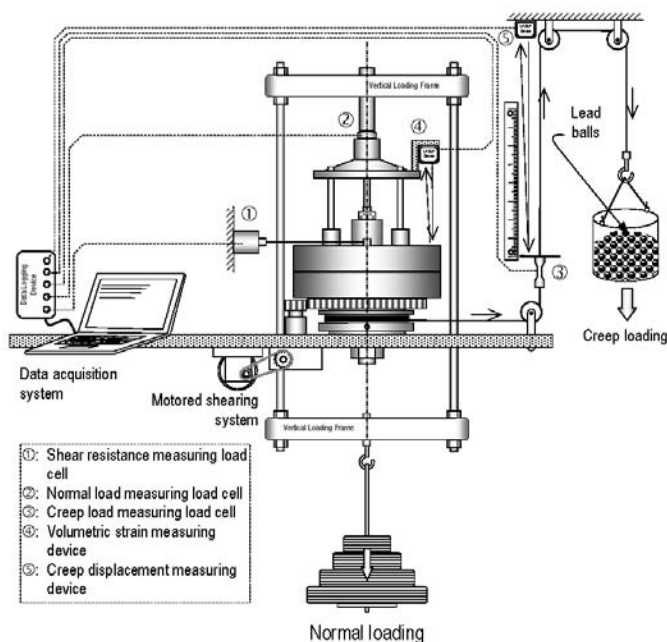


図-2 残留状態におけるクリープ試験可能なリングせん断試験

キーワード：地すべり、クリープ挙動、力学モデル

愛媛県松山市文京町3番、愛媛大学大学院理工学研究科

電話・Fax：089-927-8566

比が上昇する。またこれにより粘性係数が低下する。そこで、モデル全体の変位が δ_c に至ったとき、 $\eta_2=0$ になると仮定した。このとき粘弾塑性を示す部分の上部構造は崩壊し、Slider のみが作用するようになる。したがって運動方程式よりモデル全体のせん断ひずみ γ は次式で表され、モデルは3次クリープの挙動を示す。式中の ρ は密度である。

$$\gamma = \frac{\tau_f t^2}{2\rho} + \frac{\tau}{G_2} \left[1 - \exp \left\{ - \left(\frac{G_2}{\eta_3} \right) t \right\} \right] \quad \dots\dots\dots (3)$$

4. せん断クリープ試験概要

せん断クリープ試験には図-2に示す試験機を用いた。試験機の概要として試料箱は外径 120mm、内径 80mm となっており。垂直応力、せん断応力、体積変化、クリープ応力、クリープ変位を測定するために、ダイヤルゲージ、ロードセル、レーザー装置を設置している。またこれらのデータの時間経過に伴う変化を数値的に記録するため、データロガーを設置した。

試験は供試体作成、圧密、リンクせん断試験、クリープ試験の順で実施した。また試験条件は垂直応力 98.1kPa、せん断速度 0.16mm/min、ろ紙を用いた両面排水状態である。室温は 20℃一定に設定している。クリープ応力は残留強度に定数 R_{rcs} を乗じて算出した。本試験では R_{rcs} の値を 1.0000～1.030 まで微小変化させた。

試料にはカオリン粘土(K)とベントナイト(B)を配合したもの、粉碎砂(SP)とベントナイト(B)を配合したものの計 2 試料を用いた。配合の割合はカオリン粘土(K)、粉碎砂(SP)がそれぞれ 75%、ベントナイト(B)が 25%である。

5. 再現結果

図-3、図-5に試験によるクリープ挙動、図-4、図-6に力学モデルを用いて再現したクリープ挙動を示す。力学モデルの各パラメーターは実験値を基に算出した。この結果から、本研究で提案したクリープモデルは大凡のクリープ挙動を再現している。しかし、1次クリープが収束している部分に着目すると、モデル値は実験値よりも小さな傾きを示していることが分かる。この原因の1つとしてクリープ試験の方法が挙げられる。本試験では試料がクリープ破壊に至った後、一度クリープ荷重を除荷し、再び載荷を行うことで新たなクリープ挙動を測定している。しかし除荷から再載荷までのインターバルを設定していないため、初期状態と含水比が異なっている可能性が考えられる。

6. まとめ

一連の研究結果から以下の主要な知見が得られた。

- (1) 粘性土におけるクリープ挙動は粘弾性と粘弾塑性を組み合わせたモデルにより簡易的に表現できる
- (2) 2次クリープから3次クリープへの挙動の変化の原因はすべり面粘土の含水比の増加および粘性係数の低下が原因であることが考えられる

参考文献

- 1) 矢田部龍一、八木則男、榎明潔(1987): 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.
- 2) 村尾英彦, 飯久保颯, 北野幹夫(2004): リングせん断試験を用いた地すべり面強度定数決定のための基礎的検討 (その1), 地盤工学会 第39回研究発表会.

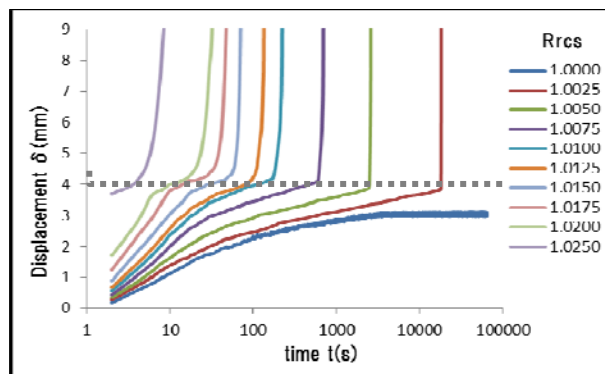


図-3 試験によるクリープ挙動(K75+B25)

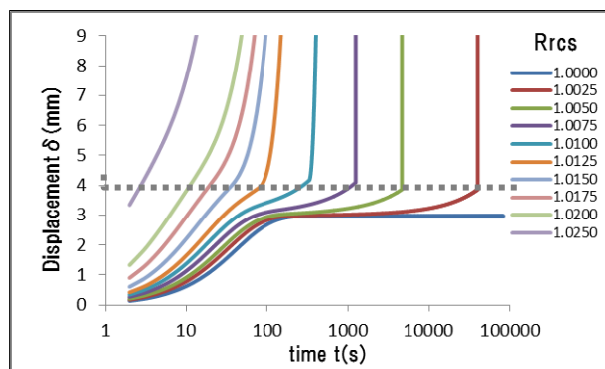


図-4 力学モデルによるクリープ挙動(K75+B25)

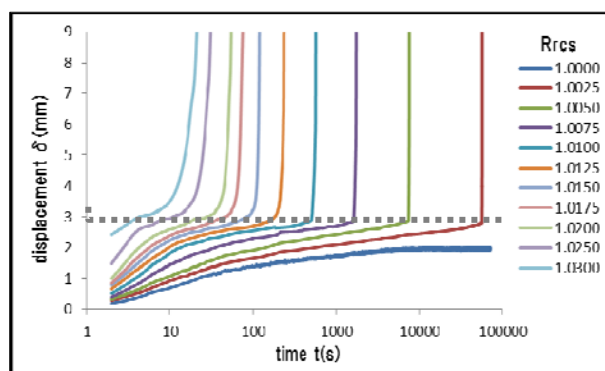


図-5 試験によるクリープ挙動(SP75+B25)

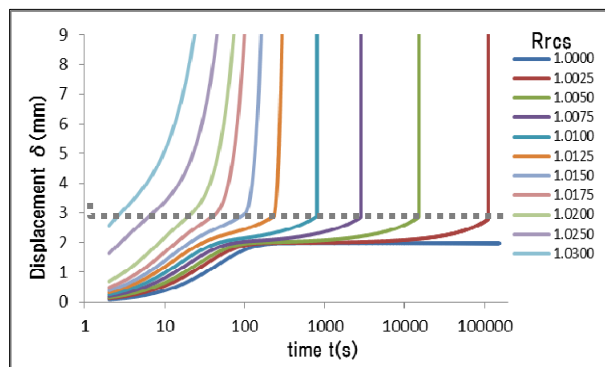


図-6 力学モデルによるクリープ挙動(SP75+B25)