

粘性土の残留状態におけるクリープせん断試験と地すべり移動挙動に関する研究

愛媛大学大学院 学生会員 ○岡本有希加 愛媛大学大学院 正会員 Netra P Bhandary
愛媛大学 正会員 矢田部龍一

1. 背景と目的

地すべりは様々な運動様式を有するが0.01~10mm/day程度の緩速度で変形するクリープの要素が強い現象といわれている。クリープ (creep) とは一定応力のもとで時間の経過に伴うひずみの増大により変形が進む現象のことをいい、図-1に理想的なクリープ曲線を示す。粘性土のクリープ挙動は一次クリープ (遷移クリープ)、二次クリープ (定常クリープ) および三次クリープ (加速クリープ) の3つのひずみと時間の関係領域を用いて説明される。一次クリープはひずみ速度が減少する領域のことをいい、二次クリープはほぼ一定速度で変形の進む領域のことをいう。その後の三次クリープでは変形速度が急激に増加し破壊が生じる。よって、地すべり粘性土の残留状態におけるクリープ破壊特性を把握し長期安定性を評価するため破壊領域を把握し、破壊予測の検討を考えることを目的とした。しかし、地すべり地のすべり面の土は長期間に渡ってせん断変形を受けておりその多くは残留状態に至っていることも考えられるので残留状態での検討を行う。

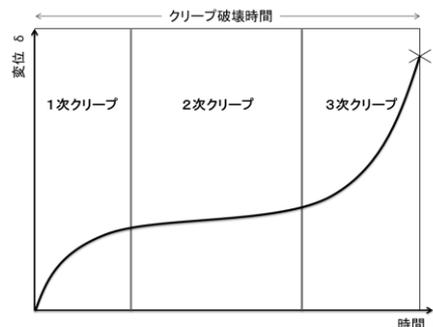


図-1 理想的なクリープ曲線

よって、地すべり粘性土の残留状態におけるクリープ破壊特性を把握し長期安定性を評価するため破壊領域を把握し、破壊予測の検討を考えることを目的とした。しかし、地すべり地のすべり面の土は長期間に渡ってせん断変形を受けておりその多くは残留状態に至っていることも考えられるので残留状態での検討を行う。

2. 研究方法

本研究では、地すべり粘性土の残留状態におけるクリープ破壊特性を調べるため、改良型一面リングせん断試験機を用いて各種粘性土を残留状態に至らしめ、地すべり面における粘性土のせん断状況を再現した。試料として、地すべり粘土鉱物の代表であるスメクタイト系粘土と75μm以下の粉碎砂の配合割合の異なる5種類のものを用い、物性と残留状態におけるクリープ破壊特性、クリープ応力比 (R_{RCS}) と破壊時間 (t_f) の関係、限界変位 (δ_c) を把握した。以下、用いたリングせん断試験および残留状態におけるクリープせん断試験について述べる。

【リングせん断試験】土に一定のクリープ荷重をかけることを可能にし、クリープ荷重をかけることによって発生する変位を求めるための装置を取り付け、垂直応力を直接荷重で与え、リングせん断試験機に改良を加えた。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土の試料を用い、垂直応力 98.1KPa の定圧せん断試験で、せん断速度は0.16min/mm、室温は20℃の恒温室で行った。

【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粘性土を、一定のクリープ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。実験条件はリングせん断試験の実験条件と同様である。

表-1 物理的試験結果

3. 結果と考察

表-1 に各試料の物性を示す。粘土量によって物性の変化が見られる。粉碎砂とベントナイトの配合別試料の一面リングせん断試験結果として、粒径加積曲線と同様に粘

試料名	Gs	LL	PL	PI	粒度分布(%)		
	(g/cm ³)	(%)	(%)		<5 μm	5 μm-75 μm	75 μm-425 μm
SP100+B0	2.623				14.5	85.5	0
SP95+B5	2.627	35.75	15.57	20.18	19	81	0
SP90+B10	2.634	52.75	18.59	34.16	24.9	75.1	0
SP85+B15	2.653	71.8	19.23	52.57	27	73	0
SP80+B20	2.66	94	19.87	74.13	32	68	0

性土配合量と一致した結果となった。残留強度τ_r (kN/m²) より砂質土試料になるにつれて値は大きく、SP100+B0試料は他試料より少し強度に変化が見られる。これは粘土を含んでいないためといえる。また、体積ひずみは粘土配合量の違いで大きく変化が見られる結果となった。ベントナイトを20%含むSP80+B20試料は-3.568%となった。

図-2に SP100+B0 試料の残留状態におけるクリープ挙動を示す。破壊時間と限界変位として、残留状態におけるクリープ応力比 R_{RCS} は、 $R_{RCS}=1.000, 1.0050, 1.0075, 1.0100, 1.0150, 1.0200, 1.0250, 1.0300$ としてクリープ载荷した。これらのクリープ試験の結果、限界変位 δ_c は

$\delta_c=1.1414\text{mm}$ と現れた。SP95+B5 試料の場合、残留状態におけるクリープ応力比 R_{RCS} は、 $R_{RCS}=0.900, 0.9500, 1.000, 1.0025, 1.0050, 1.0075, 1.0100, 1.0150, 1.0150, 1.0175, 1.0200$ として11回クリープ载荷試験を行った。その結果、限界変位 δ_c は $\delta_c=1.734\text{mm}$ で現れた。 $R_{RCS}=0.900, 0.9500, 1.000$ のときはクリープ破壊が生じないため、限界変位 δ_c に達することがなかった。その理由として、静・動的摩擦係数が挙げられる。土は停止しているときには静的摩擦係数が支配し、破壊に至ると動的摩擦係数が支配する。静的摩擦係数は動的摩擦係数より大きいため、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く、土が移動する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はすぐに崩壊すると考える。よって、土を動的摩擦係数が支配した時に破壊が生じる。限界変位 (δ_c) には多少ばらつきがみれるが、用いた5種類の試料すべてに対してクリープ破壊曲線を確認できた。図-3にクリープ応力比 (R_{RCS}) と破壊時間 (t_f) の関係を示す。クリープ応力比 R_{RCS} が増加すると変位速度が速まり、2次クリープ曲線が急勾配を有し短時間で3次クリープに達することが示された。図-4に破壊時間 (t_f) と限界変位 (δ_c) の関係、表-3に残留摩擦抵抗角 (ϕ_r) を示す。計算で求めた

4. まとめ

地すべり粘性土試料の破壊時間 (t_f) と限界変位 (δ_c) の関係が確認でき、残留摩擦抵抗角 (ϕ_r) より破壊時間の予測が可能となった。本研究では、地すべりの長期安定性の評価に着目し、地すべり粘性土の残留状態におけるクリープ破壊特性を明確にすることを目的とした。しかし、地すべり発生の要因、粘土含有量、砂分含有量など土の種類に関する影響要因や供試体の初期含水比や供試体の水浸など土の状態に関する影響要因、また垂直応力、過圧密比、せん断速度、温度など外的条件に関する影響要因があり非常に複雑なメカニズムとなっている。今回はベントナイト 0~20%と粉碎砂 80~100%の配合を用いて検討したが、他の試料で実験を行うことやデータ数を増やすこと、また実験条件の見直しを行うことで、より精度の高い破壊予測モデルの構築が得られると考えられる。

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.

表-2 物理的試験結果

試料名	$\tau_r(\text{kN/m}^2)$	$\Delta H/H_c(\%)$
SP100+B0	55.4237	-0.879
SP95+B5	47.0462	-1.133
SP90+B10	42.5421	-1.896
SP85+B15	37.8311	-2.669
SP80+B20	34.8911	-3.568

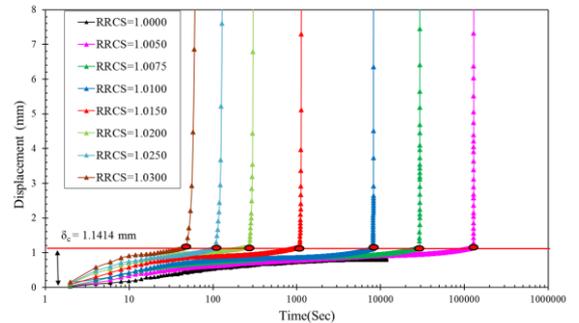


図-2 残留状態におけるクリープ挙動

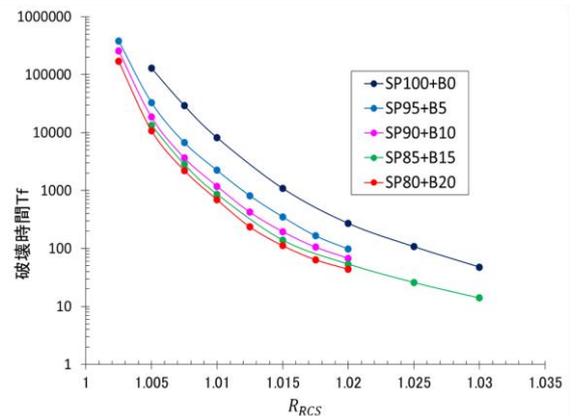


図-3 クリープ応力比(R_{RCS})と破壊時間(t_f)の関係

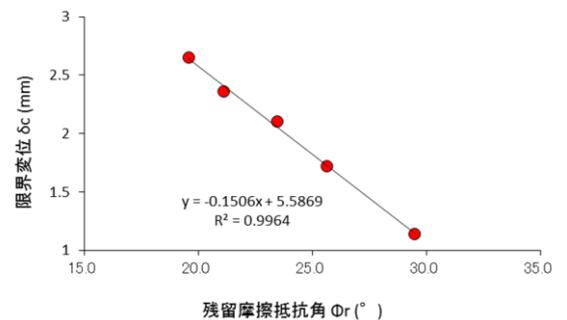


図-4 破壊時間(t_f)と限界変位 (δ_c) の関係

表-3 各試料の残留摩擦抵抗角

試料名	T_r	T_r	Φ_r	δ_c
	(kN)	(kN/m ²)	(°)	(mm)
SP100+B0	0.3482	55.42	29.46	1.1414
SP95+B5	0.2956	47.05	25.62	1.9246
SP90+B10	0.2673	42.54	23.44	2.1043
SP85+B15	0.2377	37.83	21.09	2.3625
SP80+B20	0.2192	34.89	19.58	2.6526