

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2）

Fundamental study on shear strength characteristics
of slip surface in landslide by ring shear test -part2-

村尾英彦*（株式会社 村尾地研），澁谷達也，前原祐志（富山県富山農地林務事務所），
國香正念，飯田肇（財団法人立山カルデラ砂防博物館），
酒井英男（富山大学理学部）

Hidehiko MURAO* (Murao Chiken Co., Ltd.),

Tatsuya SHIBUYA, Hiroshi MAEHARA (Toyama Farmland & Forestry Affairs Office),

Syounen KUNIKA, Hazime IIDA (Tateyama Caldera Sabo Museum),

Hideo SAKAI (Department of Earth Sciences, Faculty of Sciences, Toyama University)

キーワード：地すべり，すべり面，リングせん断試験，残留強度

Keywords : landslide, slip surface, ring shear test, residual strength,

1. はじめに

地すべりの安定解析において，強度定数 c' ， ϕ' を正しく評価することは，重要な課題のひとつである．筆者らは，リングせん断試験を導入し，基礎的な検討を行った上で¹⁾ 試験結果より強度定数を得るための検討を行っている．

今回はリングせん断試験におけるすべり面の再現性に関しての検討を行うため，ボーリングコアより確認されたすべり面と，リングせん断試験後のせん断面表面および，せん断面付近の走査性電子顕微鏡による観察を行ったので報告する．

2. 試料について

試料を採取した地すべり地周辺に分布する地質は，新第三系中新統砂岩泥岩互層で， $10 \sim 30^\circ$ 傾斜の流れ盤構造の斜面である．砂岩は凝灰質で泥岩や凝灰岩粒を一部に含み，泥岩は緻密で固化している．また新第三紀に堆積した泥岩が主体であることから風化耐性が低く，地すべり地周辺での露頭は風化して容易に剥落する状態となっている．

地すべりブロックにおける動態観測，コア観察，地下水検層結果より深度 10.0 m 地点に

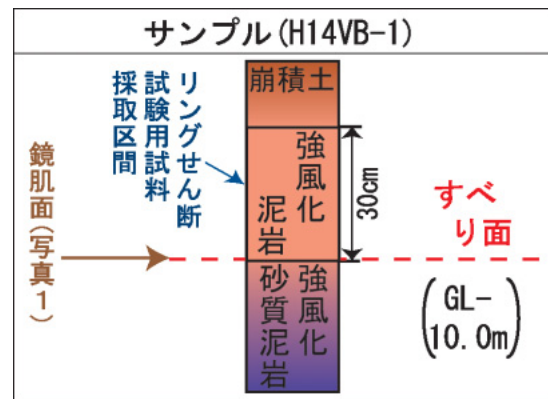


図-1 試料採取区間模式図

表-1 強風化泥岩試料粒度分布

sand (%)	silt (%)	clay (%)
1.5	48.5	50

表-2 強風化泥岩試料物理特性

P_c (%)	W_l (%)	W_p (%)	I_p	A	s
40	98.4	41.6	56.8	1.42	2.6

すべり面の存在を同定した．この地点で，デニソン型サンプラーを用いて採取した試料（直径 75 mm）から確認したすべり面を写真-1に示す．すべり面には鏡肌面が形成されており，その厚さは約 1 mm 程度である．また，移動方向に平行な条線が確認でき，親指の爪が貫入できる程度の硬さを持つ．

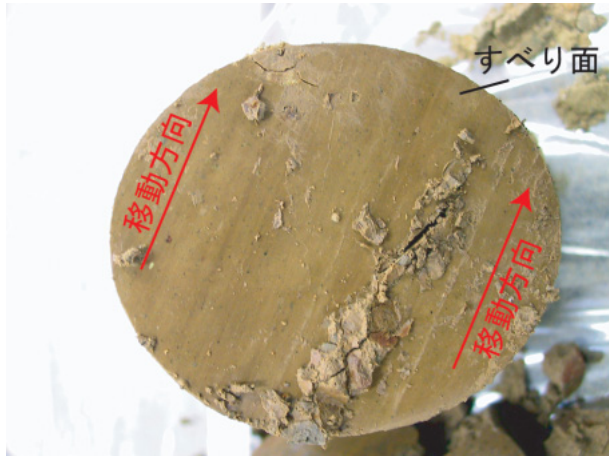


写真-1 すべり面写真(H 1 4 V B - 1)

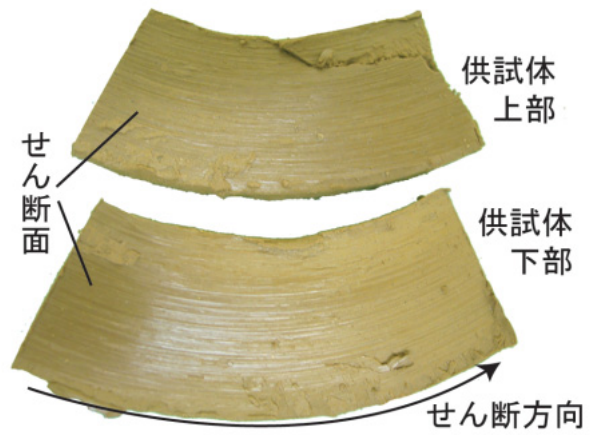


写真-2 リングせん断試験後せん断面写真

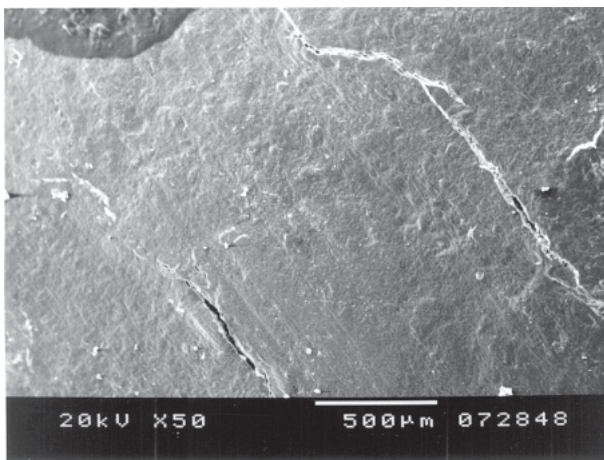


写真-3 すべり面観察写真(x 5 0)

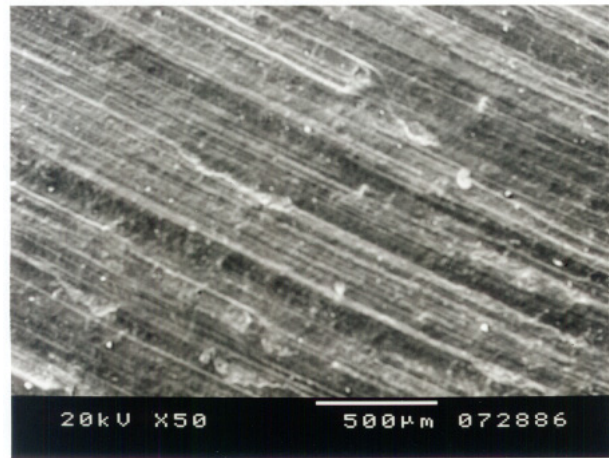


写真-5 せん断面表面観察写真(x 5 0)

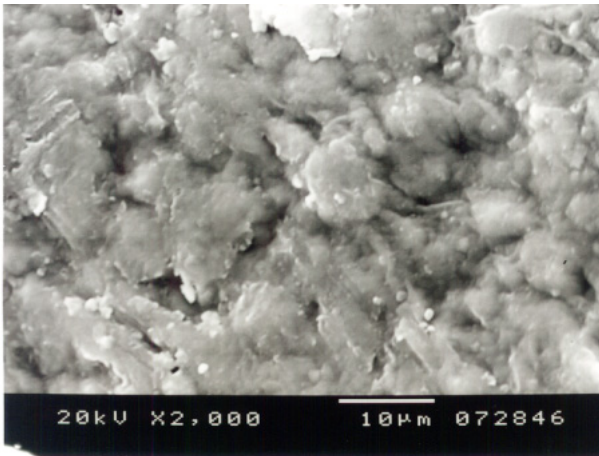


写真-4 すべり面観察写真(x 2 0 0 0)

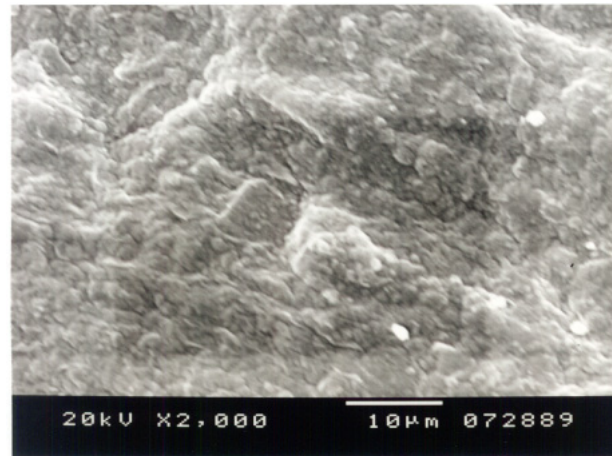


写真-6 せん断面表面観察写真(x 2 0 0 0)

図-1 に試料採取区間の模式図を示す。リングせん断試験用の試料には、すべり面を含む、すべり面上位 30 cm 区間の強風化泥岩を用いた。

3. 物理特性

リングせん断試験に用いた強風化泥岩試料の粒度分布を表-1 に、各種物理特性を表-2 に示す。

試料の 98.5% はシルト粒径(75 µm)以

表-3 強風化泥岩試料残留強度定数

	c' (kPa)	r' (°)
強風化泥岩試料	4.00	4.66

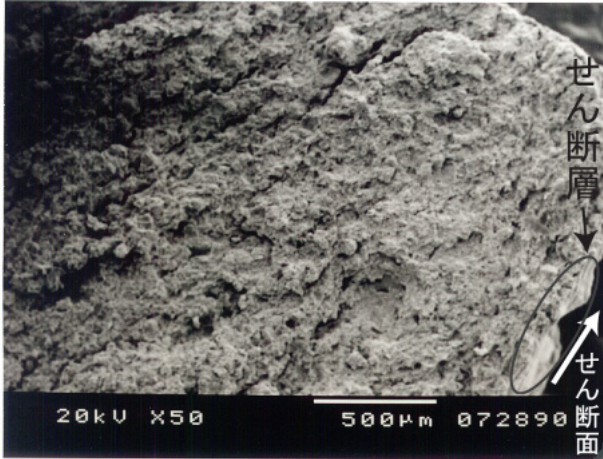


写真-7 せん断面付近観察写真(×50)

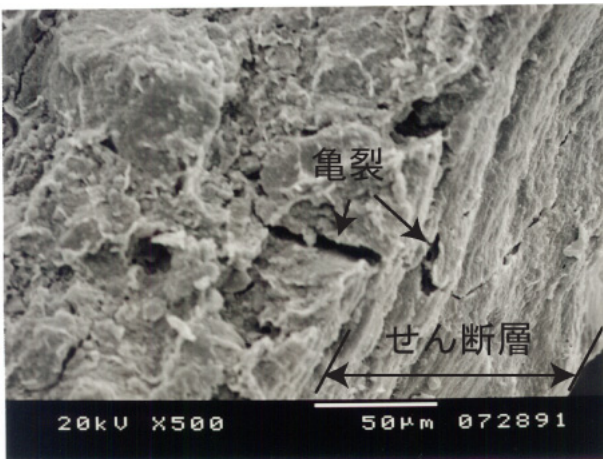


写真-8 せん断面付近観察写真(×500)

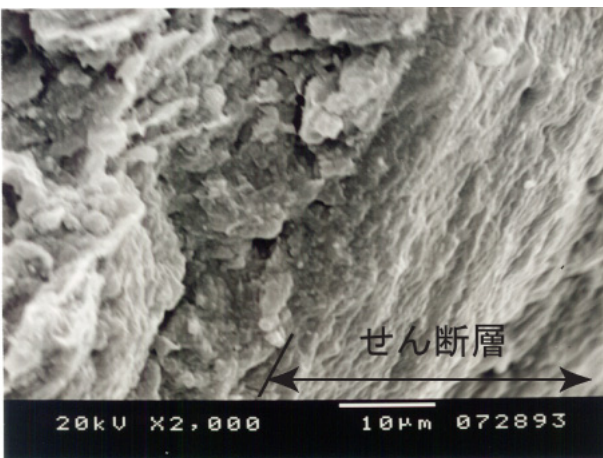


写真-9 せん断面付近観察写真(×2000)

下で、50%は粘土粒径(5 μm)以下である。また、2 μm以下の粘土含有率 P_c が40%と高く、塑性指数 I_p が56.8と高塑性を示す活性粘土である。

4. リングせん断試験

今回は、ひずみ制御方式にて定圧試験を行った。試験条件は、せん断速度0.015 mm/min、垂直応力0.2 MPaでせん断を開始し、残留強度に収束した後に、垂直応力を段階的に除荷(0.015 MPa, 0.10 MPa, 0.05 MPa)していく段階除荷方式を取り、各垂直応力段階で収束したせん断応力より、4点回帰にて強度定数を求めた¹⁾。

その結果得られた残留強度定数を表-3に示す。また、試験終了後のせん断面(せん断変位=1000 mm)を写真-2に示す。リングせん断試験後のせん断面において、鏡肌面が形成されており、せん断方向に条線を確認することができる。このせん断面とすべり面(写真-1)を比較すると、光沢や色調は同程度だが、せん断面の方が条線の起伏が大きく、数が多い。

5. 走査性電子顕微鏡観察

ボーリングコアより確認されたすべり面と、リングせん断試験終了後のせん断面表面および、せん断面付近の走査性電子顕微鏡(立山カルデラ博物館所有、以下SEMと記す)による観察を行った。試料は約5 mm四方、厚さ約1 mmに整形し、約1週間自然乾燥させた後に金蒸着を行い、SEM観察を行った。

5.1 すべり面、せん断面表面の観察結果

すべり面(写真-1)を50倍に拡大したものを写真-3に、2000倍に拡大したものを写真-4に示す。また、リングせん断試験後のせん断面表面(写真-2)を50倍に拡大したものを写真-5に、2000倍に拡大したものを写真-6に示す。

写真-3, 5からは一定方向に条線が発達し

ていることが観察できる。すべり面（写真－3）においては条線に沿った長さ500 μ m程度の亀裂も確認可能である。せん断面表面（写真－5）はすべり面に比べて条線の起伏が大きく、数が多い。

写真－4, 6からは粘土粒子単独でなく、粒子の凝集体であるペッド²⁾が表面を覆っている様子が観察できる。ペッドの形状がすべり面（写真－4）においては、長軸方向に10 μ m程度のものが多いのに対して、せん断面表面（写真－6）においては、長軸方向に2～3 μ m以下のものが多く、比較的小さい。

すべり面とせん断面表面には条線が見られ、ペッドが表面を覆っているという共通点があるが、条線の起伏や数および、ペッドの形状に差異が見られる。このことと強度定数との相関性の有無については、今後の検討課題である。

5.2 せん断面付近観察結果

リングせん断試験後のせん断面付近を、50倍に拡大したものを写真－7に、500倍に拡大したものを写真－8に、さらに2000倍に拡大したものを写真－9に示す。写真－7の右下部分が供試体下部のせん断面である。このせん断面付近をさらに拡大した写真－8より、せん断方向に平行な複数の薄層が重なり、100 μ m程度の厚みを持った層（以下せん断層と記す）が生成されている。このことから、リングせん断試験において生成されたせん断層は、供試体上下面合わせて200 μ m程度の厚みを持っているといえる。

また写真－8において、せん断層から上方に亀裂が発達している様子が観察できる。同様な亀裂は、せん断層付近の他の箇所においても確認可能である。現段階では、この亀裂がリーデルシア等の力学的な意味³⁾を持つのか、またはSEM観察用の試料作成時に発生したのかを判定できない。これらを明らかにするには、試料作成手法の確立が必要である。

さらに写真－9からはせん断層と、それ以外

の部分の骨格構造の差異が明瞭に観察できる。

これらのことから、リングせん断試験におけるせん断面付近には、複数の薄層が重なり合った厚みを持つ層がせん断変位に伴い生成され、このせん断層は特殊な構造を持っていることを確認した。

おわりに

今回の検討より以下のことが明らかとなった。

- (1) 実際のすべり面とリングせん断試験後のせん断面表面においては、共に条線が見られ、表面をペッドが覆っているという共通点がある。しかし、条線の起伏や数、およびペッドの形状に差異が認められる。
- (2) リングせん断試験後の、供試体せん断面付近には、複数の薄層が重なり合い、厚みを持ったせん断層が生成されている。
- (3) 本事例においては、1000mmのせん断変位により、せん断面を挟んで200 μ m程度の厚みを持つせん断層が生成された。今後は、さらにせん断層の生成機構に関する検討を行い、それらが強度定数に与える影響についての考察を行う予定である。

走査性電子顕微鏡の使用においては立山カルデラ砂防博物館の川村信嘉氏に御指導頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献)

- 1) 村尾英彦, 澁谷達也 (2003): リングせん断試験による地すべり面強度定数決定のための試験条件に関する検討, 第38回地盤工学研究発表会発表講演集, pp.227-228
- 2) 松尾新一郎, 嘉門雅史 (1976): 粘土の構造に関する用語について, 土と基礎, Vol.24, No.1, pp.59-64
- 3) Morgenstern, N.R., Tchalenko, J.S. (1967): Microscopic structure in kaolin subjected to direct shear, Geotechnique, Vol.17, pp.309-328