

斜面不連続面における土のせん断強度特性

山口大学大学院	学生会員	○寺山 崇
山口大学工学部	正会員	山本哲朗 鈴木素之
前田建設工業（株）	正会員	宮内俊彦
日特建設（株）	正会員	原田 博
(有)ケイズラブ	正会員	河内義文

1.はじめに 非常に少ない降雨量でもって斜面内の節理面・片理面に沿ってすべりが発生した事例がこれまで確認されている¹⁾。崩壊の素因となった不連続面の型には 地すべり粘土層，粘板岩の片理面，黒色薄層土層，花崗岩とまさ土境界，まさ土と粘土細脈境界の5タイプがあった。著者らは現位置でこのような不連続面のせん断強度を測定するために超簡易現場せん断試験機を開発し，地すべり粘土や黒色薄層土に対して試験を実施してきた。また，現場せん断試験の実施が困難な場合には，現地でみられた不連続面を室内で模造した供試体に対して一面せん断試験を実施してきた。本文では，斜面崩壊の素因となった不連続面の具体例を記述するとともに，超簡易現場せん断試験および一面せん断試験を用いて測定した不連続面のせん断強度特性について検討する。

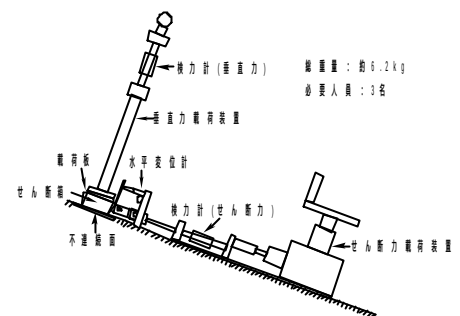


図 - 1 試験機の概略

2.超簡易現場せん断試験 原位置での不連続面のせん断強度を求めるため，図 - 1 に示す超簡易現場せん断試験機を開発した²⁾。この試験機はせん断力載荷装置，垂直力載荷装置およびせん断箱（長さ 6cm，幅 6cm，高さ 3cm）から構成される。載荷板とせん断箱の間に発生する摩擦力については，スラストベアリングを挿入することで対処した。従来の現場せん断試験機と大きく異なる点は，装置の機構が極めて簡単であること，軽量であるため斜面でも容易に試験を実施できることである。その他の詳細は文献3)を参照されたい。

2.1 地すべり粘土に対する適用例 上述の超簡易現場せん断試験を山口県油谷町大坊の地すべり地における末端部のすべり面で実施した。地質は中世代白亜紀後期の阿武層群であり，岩種は凝灰岩である。すべり面上には白色～暗紫色の地すべり粘土が確認された。比較のため，同じ試料を練返し再構成することにより残留強度を求めるリングせん断試験も実施した。内部摩擦角と粘着力として，超簡易現場せん断試験から $c_d = 14.0 \text{ kPa}$ ， $\varphi_d = 16.6^\circ$ ，リングせん断試験から $c_r = 0 \text{ kPa}$ ， $\varphi_r = 15.3^\circ$ を得た。内部摩擦角は両試験ともほぼ同じである。粘着力はリングせん断試験ではゼロであるのに対し，現場せん断試験では幾分か有している。この理由として，リングせん断試験では試料を高含水比で練返したことが，現場せん断試験ではせん断変位が非常に小さいことが挙げられる。

2.2 片理面に付着した粘土に対する適用例 東広島市において上述の油谷町と同様の試験を実施した。地質は古生代後期の粘板岩である。粘板岩の片理面には，白色～茶褐色の粘土が付着していた。試験結果にかなりのばらつきがみられたが，概略として $c_d = 22.4 \text{ kPa}$ ， $\varphi_d = 14.2^\circ$ を得た。ばらつきの理由として，現場の傾斜角が 50° を超えていたことと，土質がきわめて不均質であったことが考えられる。

3.室内一面せん断試験 上述した現場せん断試験の実施が困難な場合，異なる2つの試料を実験室内で貼り合わせたものに対し，不連続面がせん断面と一致した状態で一面せん断試験を実施した。

3.1 黒色薄層土層に対する適用例 山口県内に黒色薄層土が確認された現場は全部で13箇所であり，図 - 2 にそれらの地点を示す。ブロックサンプリングにより黒色薄層土を含む不攪乱試料を採取し，黒色薄層土を

キーワード：斜面崩壊，現場せん断試験，一面せん断試験，花崗岩，粘土

〒755-8611 宇部市常盤台2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 山本哲朗 TEL0836-85-9302, FAX0836-85-9301

端面とした円盤状土塊（直径 60mm，厚さ 10mm）を 2 つ作製し，端面同士を互いに貼り合わせ，せん断箱内に収めた。試験では，垂直応力 $\sigma_N = 49, 98, 147 \text{ kPa}$ の 3 通りで圧密した後，せん断速度 1.0 mm/min で定圧せん断した。7 土試料の試験結果から，粘着力は $0 \sim 17.6 \text{ kPa}$ （その平均値は 7.7 kPa ），内部摩擦角は $18.1 \sim 26.7^\circ$ （その平均値は 23.1° ）という結果を得た³⁾。

3.2 花崗岩とまさ土との境界に対する適用例 広島市佐伯区では 1999 年 6 月の集中豪雨により多数の花崗岩からなる斜面崩壊が発生した。ここで取り上げる事例は崩壊長さ 37.0 m ，幅 26.8 m ，厚さ 3.0 m ，勾配 42° の斜面崩壊であり，その形態は平面すべりであった。すべり面上には風化しているものの形状を保った花崗岩が露出していたことから，崩壊は表層のまさ土と基盤である花崗岩との境界で発生したと考えられる。この崩壊挙動を再現するため，下部に直径 6 cm に加工した花崗岩を敷き，上部に締固めたまさ土を貼り合わせ， $\sigma_N = 24.5, 49, 73.5, 98, 147 \text{ kPa}$ の 5 通りで圧密した後，直ちに水浸状態でせん断速度 1.0 mm/min によりせん断した。また，比較のためにまさ土単体に対しても同じ試験条件で実施した。まさ土単体から $c_d = 0 \text{ kPa}$ ， $\varphi_d = 31.2^\circ$ ，貼り合わせた供試体から $c_d = 0 \text{ kPa}$ ， $\varphi_d = 26.8^\circ$ が得られた。 c_d はともにゼロであることにに対し， φ_d は貼り合わせ供試体の方がまさ土単体に比べて 4.4° ほど小さい。この結果から，まさ土と花崗岩の境界面上で崩壊が発生しやすいことが示唆される。

3.3 まさ土と粘土との境界に対する適用例 まさ土と粘土との境界およびまさ土内の粘土細脈で崩壊が発生した事例として，それぞれ東広島市上三永，山口市嘉川の現場を示す。上三永の場合，切り土開削中に節理面上に付着した白色粘土とまさ土との境界付近ですべりが発生していた。嘉川の場合，節理面上に付着した白色の粘土とまさ土との境界付近の粘土内で崩壊の兆候がみられた。地質はともに中性代白亜紀の広島型花崗岩である。これらの崩壊挙動を再現するため，締固めたまさ土と練返し再構成した粘土を貼り合わせ，一面せん断試験を実施した。試料はいずれも崩壊斜面から採取したものである。 $\sigma_N = 49, 98, 147 \text{ kPa}$ の 3 通りで正規圧密状態にした後，せん断速度 0.25 mm/min でせん断した。図 - 3 および図 - 4 にそれぞれ上三永および嘉川の破壊線を示す。上三永の場合，水浸・非水浸によらず， c_d ， φ_d はともに貼り合わせ供試体に比べ粘土単体の方が小さい。嘉川の場合も，上三永と同様である。この結果は崩壊が粘土細脈（粘土シーム）近傍で発生した事実と符合する⁴⁾。

4. まとめ 地すべり粘土および黒色薄層土で発揮されるせん断強度は小さい。花崗岩とまさ土との境界で発揮されるせん断強度はまさ土単体よりも小さい。粘土とまさ土との境界で発揮されるせん断強度は粘土単体よりも大きい。

【参考文献】1) 山本哲朗・高本直邦・西村祐二郎・瀬原洋一：三郡変成帯における鋸状斜面崩壊，土と基礎，Vol.44，No.11，pp.9～12，1996. 2) 山本哲朗・鈴木素之・原田 博・宮内俊彦・寺山 崇：超簡易現場せん断試験による不連続面のせん断強度，第 39 回地すべり学会研究発表講演集，pp.365～366，2000. 3) 山本哲朗・鈴木素之・原田 博・寺山 崇：光沢質黒色薄層土に起因した斜面崩壊とそのせん断強度定数，地盤と建設，Vol.18，No.1，pp.99～104，2000. 4) 北川隆司：花崗岩の斜面崩壊方向の指標としての粘土細脈，応用地質，Vol.37，No.1，pp.64～71，1996.

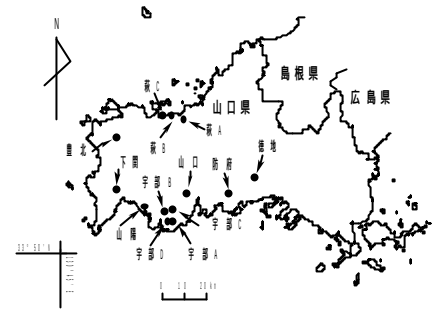


図 - 2 黒色薄層土がみられた箇所（地点番号；試料採取箇所）

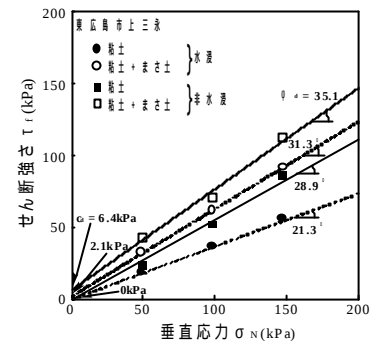


図 - 3 まさ土と花崗岩の強度定数

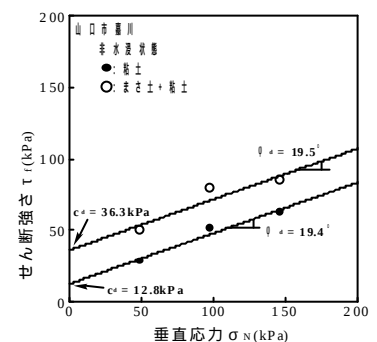


図 - 4 まさ土と粘土の強度定数