

# 不連続面に起因した斜面崩壊とそのせん断強度

寺山 崇 (社会建設工学専攻)

山本哲朗 (社会建設工学科)

鈴木素之 (社会建設工学科)

原田 博 (日特建設(株))

## Slope failures along discontinuous planes and their shear strength

Takashi TERAYAMA (Speciality of civil engineering)

Tetsuro YAMAMOTO (Department of civil engineering)

Motoyuki SUZUKI (Department of civil engineering)

Hiroshi HARADA (Nittoc Construction Co. Ltd.)

Slope failures have frequently occurred along discontinuous planes during a small amount of rainfall. The discontinuous planes were chosen as following: 1) the boundary plane between talus cone and ground, 2) the fractured clay in landslide area, 3) the joint developed in slate, 4) the thin glossy black soil adhered to joint or schist of metamorphic rock, 5) the boundary plane between granite and decomposed granite, 6) the boundary plane between decomposed granite and clay vein, 7) the boundary plane between schist of pelitic schist and the decomposed soil, 8) boundary plane between schist of pelitic schist-hornfels and the decomposed soil. Field and box shear tests were performed on the specimen having the discontinuous planes. These test results suggest that the strength parameters should be used in the stability analysis of cut slopes having the discontinuous planes.

**Key Words :** *field test, box shear test, discontinuous plane, fractured clay, thin glossy black soil, clay vein, granite, joint, schist,*

### 1.はじめに

毎年のように、西日本を中心にして梅雨前線の活発化、また台風襲来に伴う集中豪雨により斜面崩壊が発生している。降雨が斜面崩壊の誘因であることに相違ないが、非常に僅少な降雨量時に斜面内の節理面・片理面に沿ってすべりが発生した事例がいくつも確認されている<sup>1)~3)</sup>。この場合、降雨に伴う応力変化もあるが、その面に沿う土のせん断強度が元々小さいために崩壊が容易に発生したと考えられる。

山口県内を中心とした斜面崩壊の調査結果に基づ

き、崩壊の素因となった不連続面として 崖錐と地山境界、地すべり粘土層、粘板岩の節理面、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、泥質片岩の片理面とその風化土境界、泥質ホルンフェルスとその風化土境界の8タイプを確認している。とくに、の黒色薄層土は山口県内の切取り斜面、またそれが崩壊した斜面の場合を合わせて13箇所で見られ、黒色物はマンガンあるいは鉄の酸化物ないし水酸化物によることを明らかにした<sup>4)~6)</sup>。の花崗岩とまさ土境界<sup>7)</sup>やのまさ土と粘土細脈境界<sup>8)</sup>は花崗岩地帯によくみられる

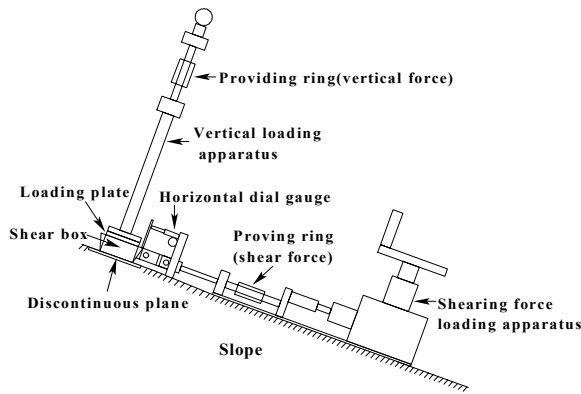


Figure 1 Ultra-conventional field shear test apparatus

もので、前者は特に崩壊に深く関与している。

著者らは原位置でこのような不連続面に沿う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、現地で見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。従来の研究では、斜面崩壊の具体的事例に関連付けた不連続面の意味付けが十分でなかったこともあり、不連続面に沿った土のせん断強度特性はほとんど明らかにされていない。

本文は論文 1) に加筆したものであり、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した結果を述べる。

## 2. 現場せん断試験による不連続面のせん断強度の測定

### 2.1 超簡易現場せん断試験

斜面内に潜在する不連続面でのせん断強度を原位置で求めるため、Figure 1 に示す超簡易現場せん断試験機を開発した<sup>4), 9) ~ 11)</sup>。この試験機はせん断力装置、垂直力装置およびせん断箱(長さ 6 cm, 幅 6 cm, 高さ 3 cm)から構成される(Figure 1, Photo.1)。総質量は 6.2 kg である。試験はせん断箱周辺部の土を排除し、せん断箱に詰めた土塊を一面せん断するもので、必然的に不連続面がせん断面として規定されるので、せん断箱は上箱のみで構成される。載荷板上面にはスラストベアリングが挿入されており、載荷板とせん断箱の間に発生するせん断方向の摩擦力がほぼ生じないことを確認している。従来の現場せん断試験機と大きく異なる点として、

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、



Photo.1 The state of setting of ultra-conventional field shear test apparatus



Photo.2 White fractured clay at Yuya Town in Yamaguchi Prefecture



Photo.3 The state of ultra-conventional field shear test

傾斜した不連続面に沿う試験が可能であることが挙げられる。ただし、<sup>4)</sup> についての問題点として、せん断力および垂直力の荷重はすべて人力で行うので、傾斜角が  $50^\circ$  を超える急斜面では垂直応力のある一定の変動幅 ( $\pm 2.0$  kPa) に設定することが困難であった。その他の試験の詳細は文献 4), 10) に委ねる。

2.2 地すべり粘土に対する適用例<sup>1)</sup>

a) 現場概要

上述した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帯における切り取り斜面末端部内に存在していたすべり面において行った。斜面の地質は中生代白亜紀後期の阿武層群であり、岩種は凝灰岩である。当該現場近傍は大規模な地すべり地帯であり、無数のクラックが確認された。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 (Photo.2)。試験機の設置状況および試験状況をそれぞれ Photo.1, Photo.3 に示す。

b) 試験結果

Figure 2 に超簡易現場せん断試験で得られた垂直応力  $N$  とせん断強さ  $f$  の関係を示す。比較のため、同じ試料を練返し再構成して実施したリングせん断試験<sup>12)</sup> から得られた残留強度線も示している。強度定数として、超簡易現場せん断試験から  $c_d = 14.0$  kPa,  $\phi = 16.6^\circ$ , リングせん断試験から  $c_r = 0$  kPa,  $\phi_r = 15.3^\circ$  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から、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。なお、本試験は Skempton<sup>13)</sup> が取り上げた“現場残留強度”を調べるためのすべり面試験としても有用である。

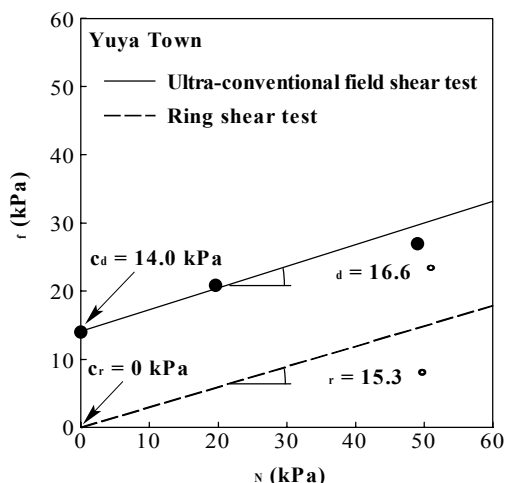


Figure 2 Strength parameters obtained from field shear and ring shear tests

2.3 崖錐と地山との境界に対する適用例<sup>9)</sup>

1) 山口県山陽町の場合

a) 現場概要

上述の超簡易現場せん断試験を山口県山陽町において実施した。地質は中生代トリアス紀の美祢層群で、岩種は頁岩である。斜面崩壊はコンクリート吹きつけ斜面で発生しており、斜面勾配は約 50°であった。

b) 試験結果

Figure 3 に超簡易現場せん断試験で得られた垂直応力  $N$  とせん断強さ  $f$  の関係を示す。図には、ネイルサンプリングにより採取した不攪乱試料に対する室内一面せん断試験結果についても併記している。室内試験については非水浸および水浸状態の 2 種類の試験を実施した。図にみられるように、超簡易現場および一面せん断試験の結果はかなりばらついており、これは崩壊部が幅 6 m といった広範囲において、弱面での土の含水状態および粒度等が部分的に異なることによって生じたものと考えられる。図中の網目をかけた部分が非水浸状態での現場および

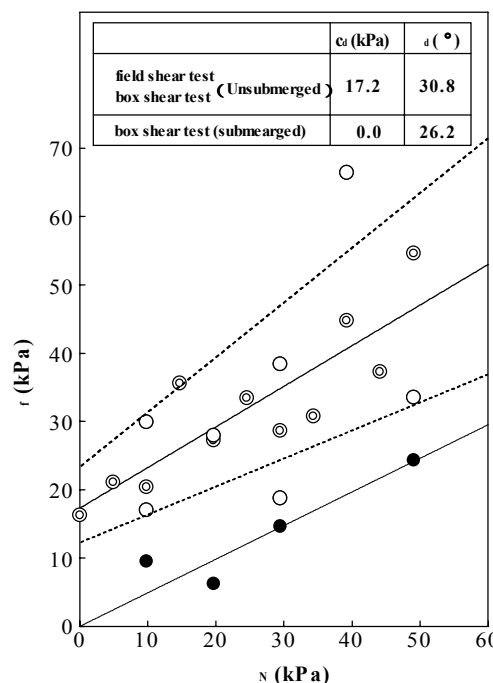


Figure 3 Strength parameters obtained from field shear and box shear tests

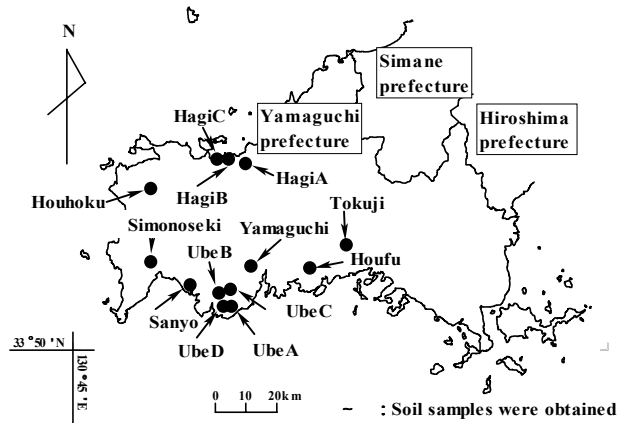
一面せん断試験結果に対する破壊線の範囲を示す。この中に記入した直線を破壊線とし、両試験に対する強度定数を求めると、粘着力  $c_d = 17.3$  kPa, 内部摩擦角  $\phi = 29.5^\circ$  が得られた。また、一面せん断試験から得られた水浸状態での強度定数は  $c_d = 0$  kPa,  $\phi = 26.2^\circ$  であった。

2) 広島県東広島市の場合

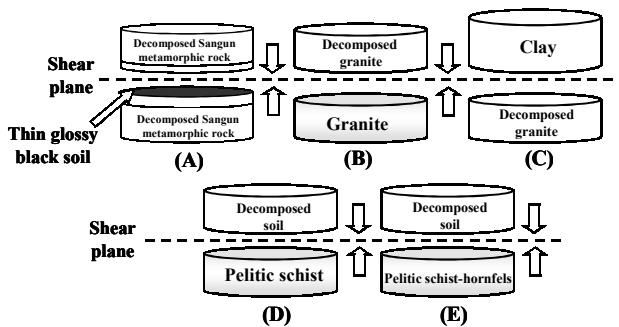
東広島市の斜面において上述の山陽町の場合と同様の試験を実施した。斜面の地質は中古生層で、岩種は粘板岩である。滑落崖を踏査したところ、粘板岩の片理面に白色～茶褐色の粘土が付着していた



**Photo.4** White to dark brown clay adhered to slate at Higashihiroshima-shi in Hiroshima Prefecture



**Figure 5** Points of thin glossy black soil



**Figure 4** Each model of specimens



**Photo.5** Toppling failure of slope consisting of Sangun metamorphic rock at Ube-shi in Yamaguchi Prefecture

(Photo.4). 試験結果にかなりのばらつきがみられたが、概略として  $c_d = 22.4\text{kPa}$ ,  $\phi_d = 14.2^\circ$  を得た。ばらつきの理由として、現場の傾斜角が  $50^\circ$  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による不連続面のせん断強度の測定

#### 3.1 貼り合わせ供試体に対する一面せん断試験

上述した超簡易現場せん断試験の実施が困難な場合、例えば非常に脆い砂質土が堆積している不連続面から供試体を切り出しすることはできないので、不連続面を境に異なる2つの試料を採取し、それらを貼り合わせた供試体に対して室内一面せん断試験を実施することにした。この時、注意する点として不連続面がせん断面と一致することである。このことは試験終了後にせん断状況を観察して確認した。本論文で取り上げる不連続面は(A)黒色薄層土、(B)

花崗岩 - まさ土、(C)まさ土 - 粘土、(D)泥質片岩 - 風化土、(E)泥質ホルンフェルス - 風化土の5タイプであり、それぞれの簡単な供試体モデルをFigure 4に示す。

#### 3.2 黒色薄層土層に対する適用例<sup>1), 6)</sup>

##### a) 現場概要

山口県内で黒色薄層土が確認された現場は崩壊・非崩壊斜面を含めて全部で13箇所あり、Figure 5にそれらの地点を示す。それが初めて確認された現場は山口県宇部市の三郡変成岩斜面であり、そこではトップリング崩壊<sup>3)</sup>が発生していた(Photo.5)。塩基性片岩風化土の節理面には、光沢質の黒色薄層土が沈積していた。Photo.6には山口県徳地町における黒色薄層土の例を示す。光沢のある滑らかな黒色薄層土面上ですべりが発生しており、そのせん断強度を求めておくことは重要であると考えられる。



Photo.6 Thin glossy black soil at Tokuji Town in Yamaguchi Prefecture

#### b) 試験結果

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、黒色薄層土を端面とした円盤状土塊（直径 6 cm、厚さ 1 cm）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  $\sigma_v = 49, 98, 147$  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。

黒色土層間のせん断応力（垂直変位  $H$ ）～水平変位  $D$  の関係の一例として、Figure 6 に山口県豊北町での結果について示す。垂直応力が小さい場合、せん断応力はピークを示した後、減少する。体積については、最初ほとんど変化してないが、せん断応力の減少とともに著しく膨張している。一方、垂直応力が大きくなると、せん断応力のピークは明確でなくなり、体積変化も圧縮傾向を示すようになる。

Table 1 には得られた 7 つの黒色薄層土の強度定数を示す。粘着力は 0～17.6 kPa（その平均値は 7.7 kPa）、内部摩擦角は 18.1～26.7°（その平均値は 23.1°）であり、現場ごとにかかなりのバラツキが認められる。Table 2 に示すように、黒色薄層土の化学的組成はほぼ同じなので、黒色薄層土に起因した斜面崩壊を検討する場合、平均基準強度定数として  $c_d = 7.7$  kPa、 $\phi_d = 23.1^\circ$  を提案した<sup>4)</sup>。

### 3.3 花崗岩とまさ土との境界に対する適用例<sup>1)</sup>

#### a) 現場概要

広島市佐伯区では、1999 年 6 月の集中豪雨により花崗岩からなる斜面崩壊が多数発生した。その代表的な事例は崩壊の長さ 37.0 m、幅 26.8 m、厚さ 3.0 m、

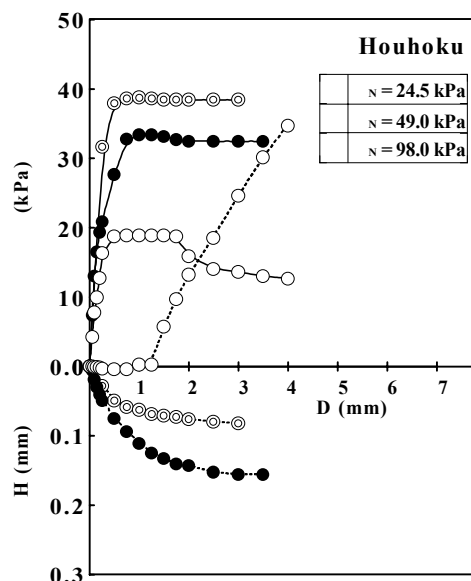


Figure 6 Results of box shear test on thin glossy black soil at Houhoku Town in Yamaguchi Prefecture

Table 1 Strength parameters of thin glossy black soil

Number	Sites	$c_d$ (kPa)	$\phi_d$ (°)
	Tokuji	2.8	24.5
	Sanyo	6.0	25.7
	UbeA	0	23.9
	UbeC	2.3	26.7
	UbeD	15.9	21.0
	Houhoku	9.5	21.5
	Shimonoseki	17.6	18.1

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 (Photo.7)。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おり、崩土はまさ土であった。このことから、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ものと考えられる。

#### b) 試験結果

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、上部に締め固めたまさ土（密度  $\rho_s = 2.598$  g/cm<sup>3</sup>、細粒分含有率  $F_c = 11.1\%$ ）を貼り合わせ、 $\sigma_v = 24.5, 49, 73.5, 98, 147$  kPa の 5 通りで圧密した後、直ちに非水浸および水浸状態の 2 通りでせん断速度 1.0 mm/min によりせん断した。また、比較のため、まさ土単体に対しても同じ試験条件で実施した。

試験終了後の貼り合わせ供試体のせん断状況を Photo.8 に示す。いずれの供試体も、せん断面には花崗岩が見えていたことから、まさ土と花崗岩との境界面でせん断されたことを確認した。なお、後述す

**Table 2** Chemical analyses of soil samples

Soil samples	Chemical composition (%)										Organic matter content (%)
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	Ig.loss	
UbeA	37.2	20.0	26.0	0.2	0.4	-	-	-	-	13.5	-
Houfu	55.7	22.0	4.7	0.02	0.6	0.14	2.0	0.24	3.0	9.6	-
Houhoku	54.4	18.0	12.5	0.1	0.8	0.05	1.8	0.70	3.2	8.3	0.05
UbeD	46.9	19.3	12.5	0.2	6.4	0.09	1.2	0.94	2.5	9.8	0.05
Decomposed granite	59.4	21.6	3.2	0.2	-	1.21	4.3	-	0.1	6.6	-

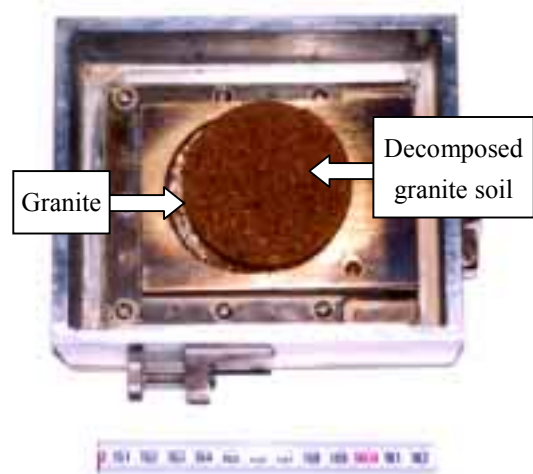
- : Notmeasured



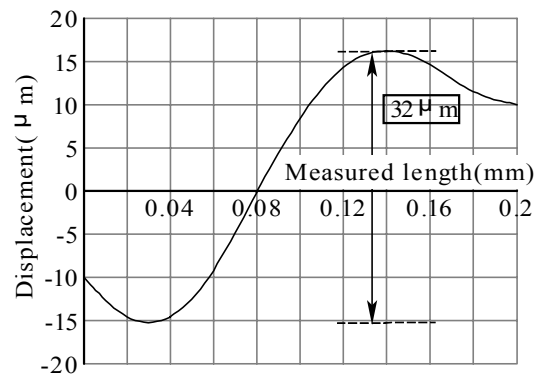
**Photo.7** Slope failure consisting of granite at Hiroshima-shi in Hiroshima Prefecture

る貼り合わせ試験についても、貼り合わせ境界面でせん断されたことを確認した。なお、触針式表面粗さ測定機を用いて花崗岩の表面粗さ R をせん断方向に沿った 3 測線で測定した結果を Figure 7 に示す。3 測線の長さは概略 30, 60, 30 mm であり、最大高さはそれぞれ  $R_{max} = 58, 32, 46 \mu m$ 、平均値は  $45 \mu m$  である。

Figure 8(a)に非水浸状態の場合のまさ土単体および貼り合わせ供試体のせん断応力 ~ 垂直変位 H ~ せん断変位 D 関係を示す。まさ土単体の供試体の場合、 $D=7.0mm$  に達しても単調に増加し続けるのに対して、貼り合わせ供試体の場合、 $H$  ははじめ単調に増加しているが、 $D=3 \sim 5mm$  でほぼ一定値となっている。せん断による体積変化挙動をみると、まさ土単体の供試体の場合には、収縮した後、若干膨張するのに対して、貼り合わせ供試体の場合には、せん断過程を通じて収縮傾向を示している。Figure 8(b)に水浸状態の場合の  $\tau \sim H \sim D$  関係を示す。 $\tau \sim D$  関係は水浸状態の場合でも非水浸状態と同じような傾向を示している。せん断に伴う体積変化はどちらの供試体においても収縮傾向を示している。figure 9 に両供試体の破壊線を示す。非水浸状態でまさ土単体から  $c_d = 6.8 kPa$ 、 $\phi_d = 35.7^\circ$ 、貼り合わせた供試体から  $c_d = 5.4 kPa$ 、 $\phi_d = 31.0^\circ$ 、水浸状態でまさ土単体から  $c_d = 0 kPa$ 、 $\phi_d = 31.2^\circ$ 、貼り合わ

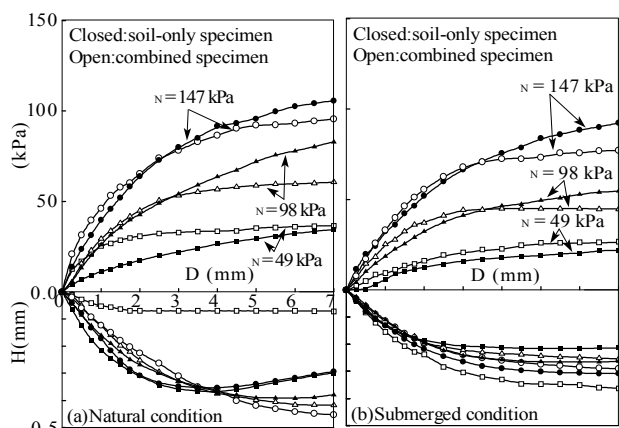


**Photo.8** Shear plane of the combined specimen after the test

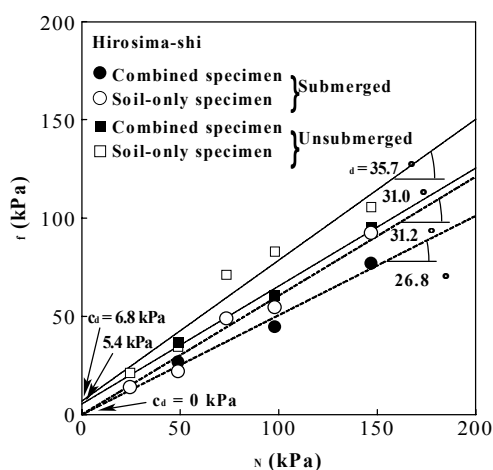


**Figure 7** Surface roughness of the specimen

せた供試体から  $c_d = 0 kPa$ 、 $\phi_d = 26.8^\circ$  が得られた。水浸・非水浸の両者とも、 $\phi_d$  は貼り合わせ供試体の方がまさ土単体に比べて約  $4.5^\circ$  ほど小さい。 $c_d$  は非水浸状態で貼り合わせ供試体の方が  $1.4 kPa$  大きく、水浸状態ではともにゼロである。この結果から、まさ土と弱風化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。



**Figure 8** The relation of shear stress  $\tau$ , vertical displacement  $H$  and shear displacement  $D$



**Figure 9** Strength parameters between granite and decomposed granite



**Photo.9** White clay adhered to joint of granite at Higashiroshima-shi in Hiroshima Prefecture



**Photo.10** White clay adhered to joint of granite Yamaguchi-shi in Yamaguchi Prefecture

### 3.4 まさ土と粘土との境界に対する適用例<sup>1)</sup>

#### a) 現場概要

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、まさ土地盤の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 (Photo.9)。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 (Photo.10)。地質はともに中生代白亜紀後期の広島型花崗岩である。

#### b) 試験条件と結果

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、その物理的性質は、上三永の場合、粘土 ( $\gamma_s=2.627 \text{ g/cm}^3, F_c=92.7\%, I_p=26.3$ ), まさ土 ( $\gamma_s=2.604 \text{ g/cm}^3, F_c=29.1\%, I_p=6.2$ ), 嘉川の場合、粘土 ( $\gamma_s=2.574 \text{ g/cm}^3, F_c=60.0\%, I_p=15.7$ ), まさ土 ( $\gamma_s=2.623 \text{ g/cm}^3, F_c=18.8\%$ ) である。  $N = 49, 98, 147 \text{ kPa}$  の3通りで正規圧密状態にした後、せん断速度  $0.25 \text{ mm/min}$  でせん断した。

Figure 10(a)および(b)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、 $c_d, d_d$ はともに貼り合わせ供試体に比べて粘土単体供試体の方が小さい。嘉川の場合も、上三

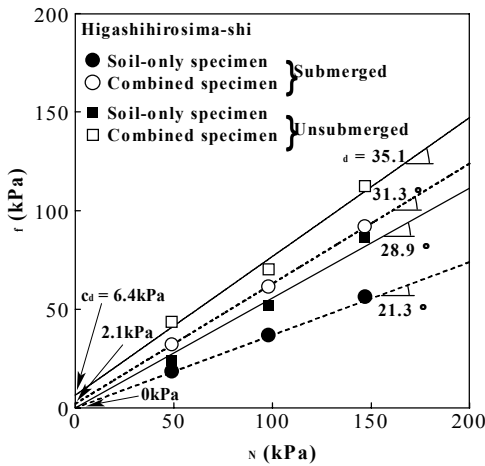


Figure 10(a) Strength parameters between decomposed granite and clay

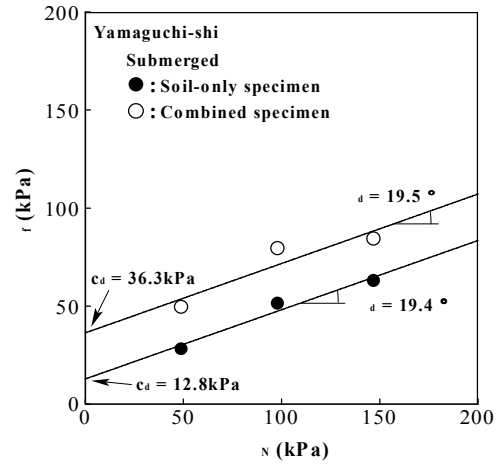


Figure 10(b) Strength parameters between decomposed granite and clay



Photo.11 Slope failure of Sangun metamorphic rock at Tokuyama-shi in Yamaguchi Prefecture

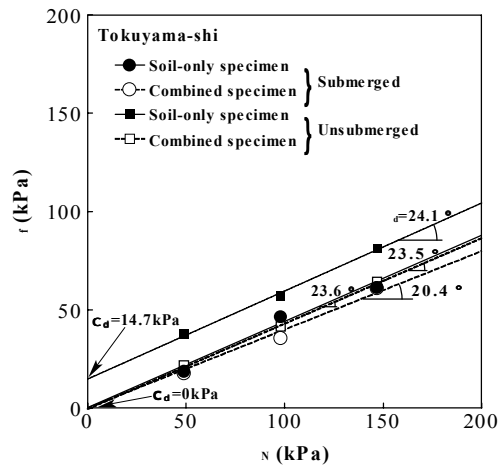


Figure 11 Strength parameters between pelitic schist

永と同様である．粘土単体供試体の方がまさ土と粘土を貼り合わせたものに比べてすべりに対する抵抗力は小さいので，この斜面崩壊は粘土細脈（粘土シーム）ですべりが発生した可能性が高いと考えられる．すなわち，現場で起きた現象はまさ土で規制された境界面近傍の粘土シーム内部ですべりが発生したといえる．

### 3.5 泥質片岩の片理面とその風化土との境界に対する適用例<sup>11)</sup>

#### a) 現場概要

山口県徳山市川上において法枠工施工途中にすべりが発生した (Photo.11). 当現場の地質は中生代トリアス紀の三郡変成岩（狭義には周防変成岩）で，岩種は泥質片岩である．その泥質片岩には，変成作用を被って生成された片理構造・褶曲構造の発達が

みられ，また，片理は流れ盤を呈していた．崩壊は流れ盤となっていた泥質片岩とその風化土との境界付近で発生したと考えられる．また，崩壊箇所付近は谷地形であったことから，集水地形であったことも崩壊の要因として挙げられる．

#### b) 試験条件と結果

これらの崩壊挙動を再現するため，せん断箱下部に直径 6 cm に加工した泥質片岩を敷き，上部に締固めた風化土 ( $\rho_s=2.694 \text{ g/cm}^3$ ,  $F_c=79.4\%$ ,  $I_p=6.4$ ) を貼り合わせ， $N=49, 98, 147 \text{ kPa}$  の 3 通りで圧密した後，非水浸状態および水浸状態（半日水浸させたもの）でせん断速度 1.0mm/min によりせん断した．また，比較のため風化土単体供試体に対しても同様の試験を実施した．

Figure 11 にその試験結果を示す．非水浸状態では，風化土単体の  $c_d=0 \text{ kPa}$ ， $\phi=23.6^\circ$ ，貼り合わせた供



試体の  $c_d=14.7\text{ kPa}$  ,  $\phi_d=24.1^\circ$  で、水浸状態では、風化土単体の  $c_d=0\text{ Pa}$  ,  $\phi_d=23.5^\circ$  , 貼り合わせた供試体の  $c_d=0\text{ kPa}$  ,  $\phi_d=20.4^\circ$  が得られた。この結果から、内部摩擦角よりもむしろ粘着力の低下による影響が崩壊に与える影響は大きいことと、泥質片岩とその風化土との境界面上で崩壊が発生した可能性が高いということが指摘できる。

### 3.6 泥質ホルンフェルスとその風化土との境界<sup>14)</sup>

#### a) 現場概要

2001年6月18日~19日の2日間にかけて山口県内では梅雨前線に伴う集中豪雨があり、県東部に位置する岩国市の2箇所において大規模な斜面崩壊が発生した。それらの位置を Figure 12 に示す。国道2号線沿いの斜面を斜面とし、国道187号線沿いの斜面を斜面とする。両斜面間の距離は約10kmである。両斜面とも、地質は山口県内の東南部地方に限って分布する中生代トリアス紀~ジュラ紀の領家変成岩で、岩種は泥質片岩が花崗岩類の接触変成作用を被って形成された泥質ホルンフェルスである。どちらの崩壊斜面も泥質ホルンフェルス風化土とその下位の弱風化した泥質ホルンフェルス(岩盤区分<sup>15)</sup>)によるとCL~CH級)間の不連続面ですべり面が確認された。

#### b) 試験条件と結果

両斜面の風化土には、礫が多く含まれていたため、前述した超簡易型現場せん断試験機を用いて原位置でせん断強度を求めることが不可能であった。そのため、風化土と弱風化岩からなる貼り合わせ供試体をそれぞれ上・下のせん断箱に詰め、室内一面せん断試験を実施した。

非水浸および水浸状態の貼り合わせ供試体のせん断試験は次のような方法で行った。まず、供試体に所定の圧密圧力 49, 98, 147 kPa を作用させて30分圧密した後、せん断速度 1.0 mm/min で排水を許した状態でせん断した。比較のため、風化土からなる単体供試体についても同様な試験を行った。なお、風化土には礫・砂分含有量が多く含まれていたため、透水性は良いものと判断し、水浸試験では、貼り合わせ・単体供試体ともに浸水時間は半日とした。

Figure 13 には貼り合わせ供試体について得られた非水浸状態および水浸状態におけるせん断強度  $\tau$  と鉛直圧  $n$  の関係を示す。図(a)は斜面の結果で、図(b)は斜面の結果である。Figure 13(a)から、水浸・非水浸状態によらず、 $c_d$  ,  $\phi_d$  とともに風化土単体よりも、貼り合わせ供試体の方が小さい。Figure

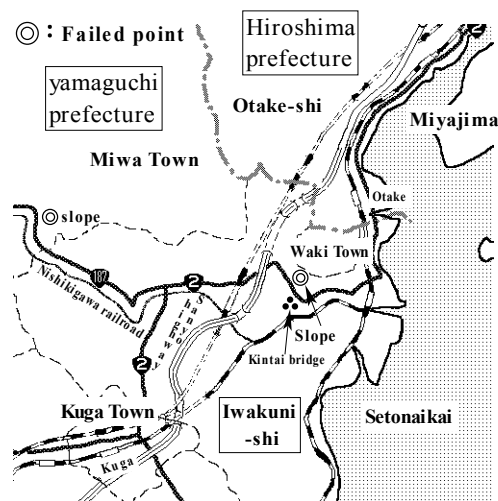


Figure 12 Points of failed slope occurred by June, 2001 local severe rainfall

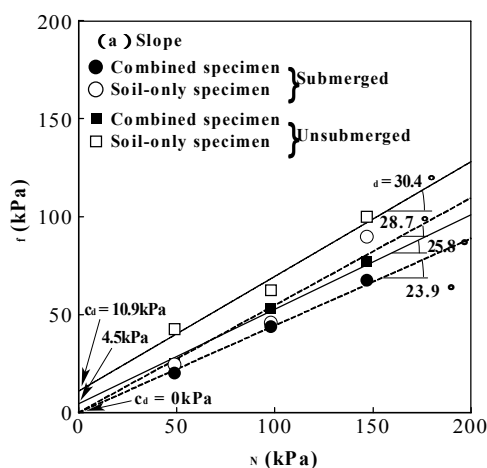


Figure 13(a) Strength parameters on combined pelitic schist specimens

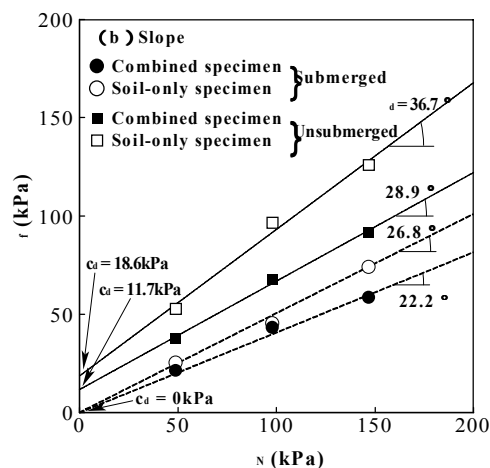


Figure 13(b) Strength parameters on combined Pelitic schist specimens

13(b)から、斜面 についても同様の結果が得られた。貼り合わせ供試体では、水浸状態において粘着力はすべてゼロであった。この結果から、風化土と弱風化泥質ホルンフェルスの境界面上のせん断強度が降雨時に低下し、斜面崩壊が容易に発生したものと理解することができる。

#### 4. まとめ

斜面崩壊の素因として地すべり粘土、粘板岩の片理面、黒色薄層土、花崗岩 - まさ土、まさ土 - 粘土細脈等いくつかの不連続面の存在が挙げられ、現場および室内のせん断試験による不連続面のせん断強度の評価方法について記述した。現時点で得られた結果をまとめると、次のようである。

- 1) 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。
- 2) 母岩とその風化土との境界で発揮されるせん断強度は風化土単体よりも小さい。
- 3) 泥質片岩・泥質ホルンフェルスの片理面で発揮されるせん断強度はその風化土単体よりも小さい。
- 4) 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。

斜面内に不連続面が流れ盤として存在する場合には、それらがすべり面となって降雨時に崩壊が発生する可能性が高いので、少なくともこれら不連続面に沿う土の強度定数を参考にして設計時に切土勾配を決定すべきである。

#### 謝辞

花崗岩の表面粗さの計測では、山口大学工学部機会工学科の藤田武男先生にご協力をいただいた。岩石から貼り合わせ供試体を作製する際には、(有)中原鉄工所の中原 信氏にご協力をいただいた。

また、本研究に対する調査、実験等において様々な御尽力をいただいた(株)広測コンサルタントの三浦壹章氏、芋岡敏彦氏、篠崎 健氏、ならびに本研究室の宮内俊彦氏(現 前田建設(株))、谷川勝也氏、勝部安昭氏および宮崎晃一氏に深く感謝します。

#### 参考文献

- 1) 山本哲朗・鈴木素之・寺山 崇・原田 博：斜面崩壊の素因となる不連続面のせん断強度の評価方法，土と基礎，Vol.49，No.7，pp.7 - 9，2001.
- 2) 山本哲朗・鈴木素之・寺山 崇・池溝友謙：山口県における不連続面の発達した岩盤斜面崩壊，第19回日本自然災害学会学術講演会講演概要集，pp.21 - 22，2000.

- 3) 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.
- 4) 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測定，地盤と建設，Vol.18，No.1，pp.99 - 104，2000.
- 5) 山本哲朗・鈴木素之・吉原和彦・宮内俊彦：不連続面上の光沢質黒色薄層土に起因した斜面崩壊と設計強度定数，地すべり，Vol.37，No.4，pp.49 - 57，2001.
- 6) 山本哲朗・鈴木素之・福岡正人・宮内俊彦・岡林茂生・瀬原洋一：すべり面上の光沢質黒色薄層土に起因した斜面崩壊，土と基礎，Vol.48，No.7，pp.24 - 27，2001.
- 7) (社)地盤工学会編：平成 11 年の広島県豪雨災害調査報告書，2000.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 山本哲朗・鈴木素之・宮内俊彦：斜面防災に活用される超小型現場せん断試験機の開発，土木学会・中国支部 Newsletter，Vol.18，pp.2 - 3，2001.
- 11) 寺山 崇・山本哲朗・鈴木素之・宮内俊彦・原田 博・河内義文：斜面不連続面における土のせん断強度，第 56 回土木学会研究発表会，pp.360 - 361，2001.
- 12) 鈴木素之・山本哲朗・谷川勝也・福田順二・久永喜代志：広範なせん断強度下における粘土の残留強度特性，第 36 回地盤工学研究発表会講演集，pp.255 - 256，2001.
- 13) Skempton, A. W. : Residual strength of clays in landslides, folded strata and the laboratory, Geotechnique, Vol.35, No.1, pp.3 - 18, 1985.
- 14) 山本哲朗・寺山 崇・勝部安昭：表層土・風化岩不連続面に起因した斜面表層崩壊 - 山口県における 2001 年梅雨期集中豪雨による斜面災害 -，第 20 回日本自然災害学会学術講演会講演概要集，pp.83 - 84，2001.
- 15) 山口地学会編(編集代表：西村祐二郎・松里英男)：山口県の岩石図鑑，第一学習社，1999.  
(平成 13 年 12 月 27 日受理)