

# 三郡変成帯における切土のり面に見られる 豪雨崩壊の特徴について — 山口県宇部市の場合 (その3) —

山本 哲朗\*・高本 直邦\*\*

## Characteristic of Cut Slope in Sangun Metamorphic Region Failed by Heavy Rainfall-In Case of Ube, Yamaguchi-(Part 3)

Tetsuro YAMAMOTO and Naokuni TAKAMOTO

### Abstract

From the same standpoint as in a previous paper, an investigation was made on a basic schist cut slope which failed during heavy rains (May 21 and July 2, 1995) in the Sangun metamorphic region in the district of Ube, Yamaguchi.

It was found from the investigation that the slope failed along joint surfaces of the remarkably weathered basic schist like a saw state, and its dimension was about 100m wide and 15m high. Also, the various properties of rocks and soils of the slope were obtained.

### 1. まえがき

前報<sup>1)</sup>において調査した宇部市請川地区で豪雨によって崩壊した斜面から南東方向約600mに位置し、同じように三郡変成帯(狭義には周防変成帯という)にある切土斜面が豪雨の際にノコギリ状形態で崩壊した。著者らは当地区のこの切土斜面の崩壊について岩石学、土質工学の観点に立って現地調査を行った。

本文では最初に斜面の崩壊状況を記述し、その後、崩壊の特徴をまとめた。さらに、斜面の岩石および表層土の物理的・力学的特性を記載した。

### 2. 調査した斜面の概要

宇部市工業団地造成地の開発に伴って、市南部に位置する上片倉地区の標高135mの丘陵地の南面が開削

され、勾配8分(51度)程度、高さ約15m、総延長200mの切土斜面が造られた。その位置はFig.1に示す。この斜面は前報<sup>1)</sup>で調査した請川地区の斜面から南東に約600mの距離にある。この斜面において豪雨時に2度にわたって崩壊が発生した。その規模は全長約100m、高さ15mにも達した。

現場の地質は塩基性片岩であるが、それは著しく風化して軟岩～土となっている。また、その一部はひん岩の貫入による接触変成作用を受けている。今回の豪雨による斜面の崩壊は、そういった風化の著しい軟岩状の塩基性片岩の節理面に沿ってのすべりによって発生した。なお、この斜面のごく近傍にあって比較的新鮮な塩基性片岩では節理面の傾斜角は74～77度であった。

### 3. 斜面の崩壊状況

当斜面の崩壊は二回にわたって発生した。その遠景写真をPhoto.1に示す。1回目と2回目の崩壊の位置は斜面下端部で10m程度離れており、1回目の崩壊斜

\*社会建設工学科

\*\*社会建設工学専攻 大学院生

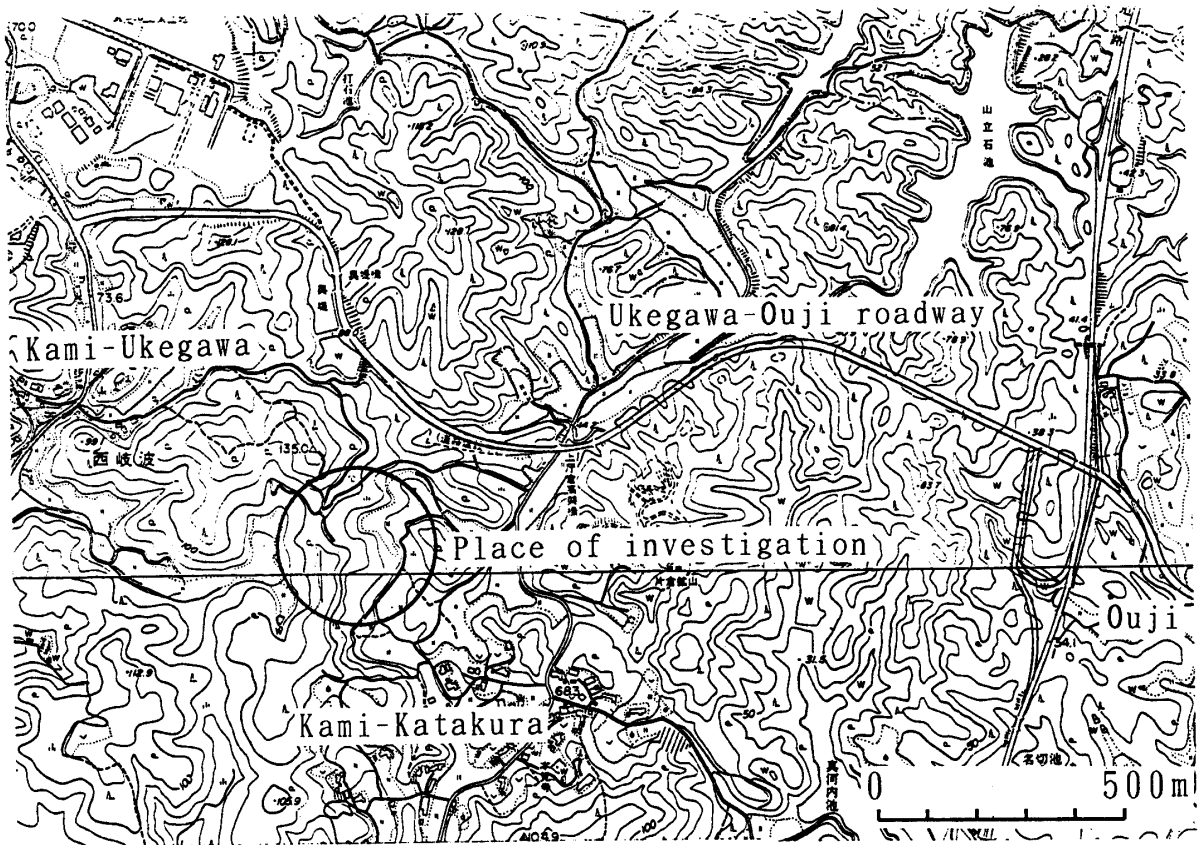


Fig. 1 Place investigated in this study

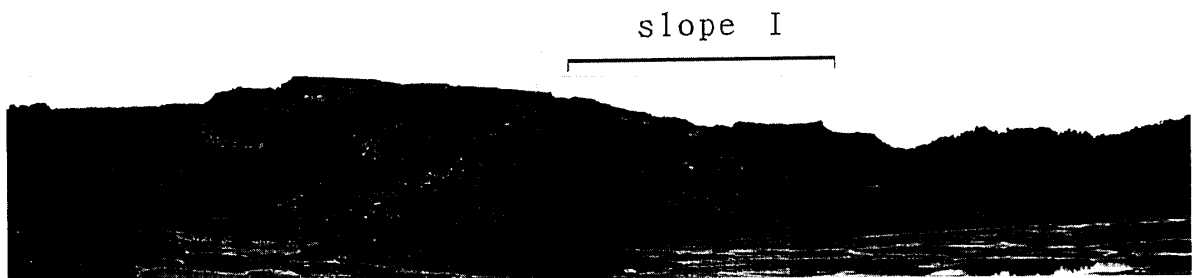


Photo. 1 Complete view of slope failed

面を斜面 I, 2 回目のそれを斜面 II とする。斜面 II の方から見た両方の斜面の崩壊の様子を Photo. 2 に示す。斜面 I の崩壊は 1995 年 5 月 21 日に発生したものと推定されるが、当日降雨量は 38.5mm, 前 2 週間累積雨量は 133.5mm である。斜面 II の崩壊は同年 7 月 2 日に発生し、日降雨量 159.5mm, 前 2 週間累積雨量は 101.0mm であった。

以下に、斜面 I, II の崩壊の状況を比較的詳しく述

べる。

[斜面 I] 斜面高さ 16.2m, 幅 67.4m にわたってノコギリ状に崩壊した斜面である。その近景写真を Photo. 3 に示す。また、斜面のほぼ中央に沿った斜面の横断面図を Fig. 2 に示す。本斜面を構成する岩石は塩基性片岩がひん岩の貫入を受けてホルンフェルス化したもので、著しく風化して軟岩あるいは土となっている。表層土は後述するように  $Fe_2O_3$  に富んだ赤褐色土、その下位は

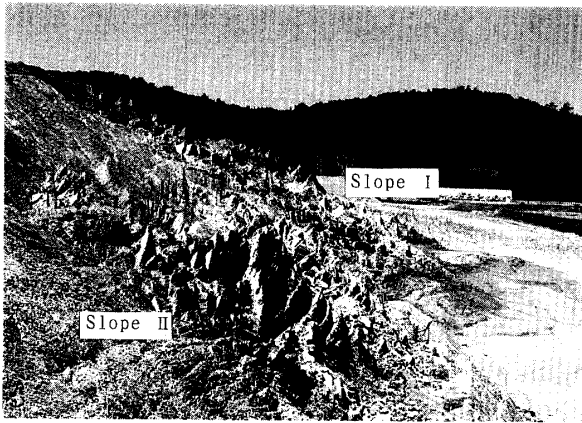


Photo. 2 Photograph of slopes I and II

それより若干  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  の少ない淡緑褐色土からなる。この崩壊の機構は、まず斜面下端から軟岩の節理面に沿って崩壊が発生し、それにより斜面の安定度が小さくなり、続々と上方に崩壊が波及したものであると思われる。このノコギリ状に切り立った軟岩層は、斜面上端

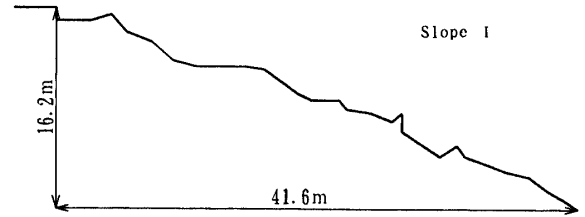


Fig. 2 A transversal section of slope I failed



Photo. 3 The state of saw failure of slope I

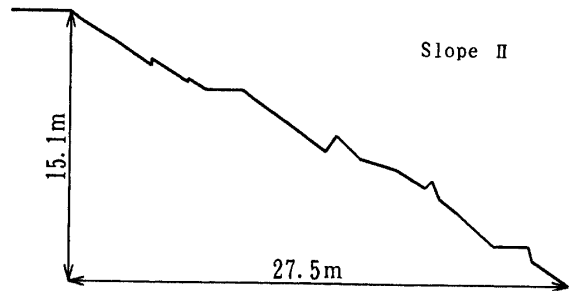


Fig. 3 A transversal section of slope II failed

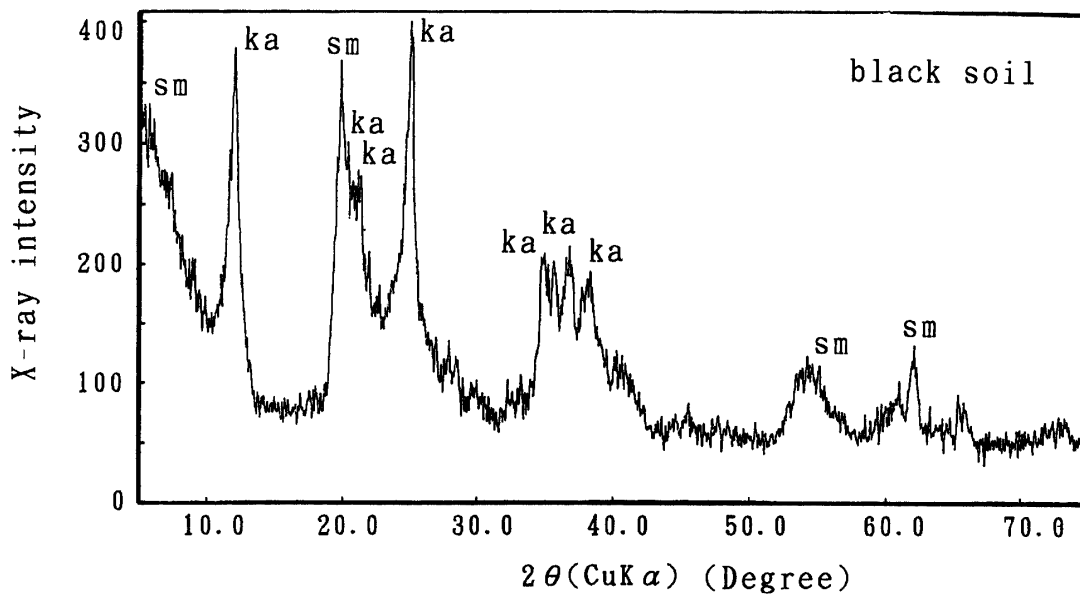


Fig. 4 X-ray diffraction pattern of black soil on joint of reddish brown soft rock; ka: kaolinite, sm: smectite

から下端まで合計13枚にも及び、高さは最大のもので140cm、下端部の厚さ70cm、幅470cmであった。またすべり面には、必ずといってよいほど崩壊した軟岩の節理面に沿って黒い薄層が見られた。

[斜面II] 斜面高さ15.1m、崩壊幅34.0mで規模は斜面Iより小さい。その横断面図を Fig.3に示す。それを構成する岩石は塩基性片岩のホルンフェルスであるが、斜面Iに比べて風化はさほど進んでいない。その下端部の湿地に近い部分では風化のかなり進んだ粘質土層が存在する。崩壊の形は斜面Iと同様に下端部から動き始め、上部の崩壊を誘発したものと思われる。さらに褶曲構造(Photo.4)も明瞭に見られた。

このように、両斜面において節理面に沿ったすべり破壊が段階的に発生して崩壊後はノコギリ状軟岩層が

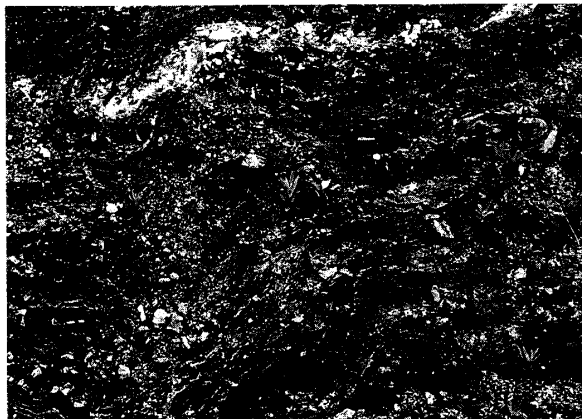


Photo. 4 A fold observed at slope II

形成されていることが本現場の斜面崩壊の特徴である。

#### 4. 斜面の岩石および土の特性

偏光顕微鏡観察によって斜面IおよびIIで採取した岩石の同定を行った。風化の程度に応じて様々な色の岩石を採取したにもかかわらず、すべての岩石は塩基性片岩のホルンフェルスであることがわかった。

以下に代表的な岩石の顕微鏡写真を示し、その岩石の特徴を記す。Photo.5の岩石は斜面IIで採取した非常に堅く、風化がほとんど進行していないものである。

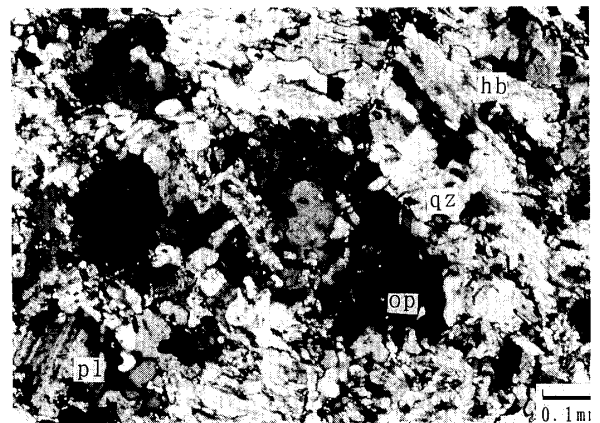


Photo. 5 Photograph of polarization microscope of basic schist (cross nicol); hb: hornblende, qz: quartz, pl: plagioclase, op: opaque mineral

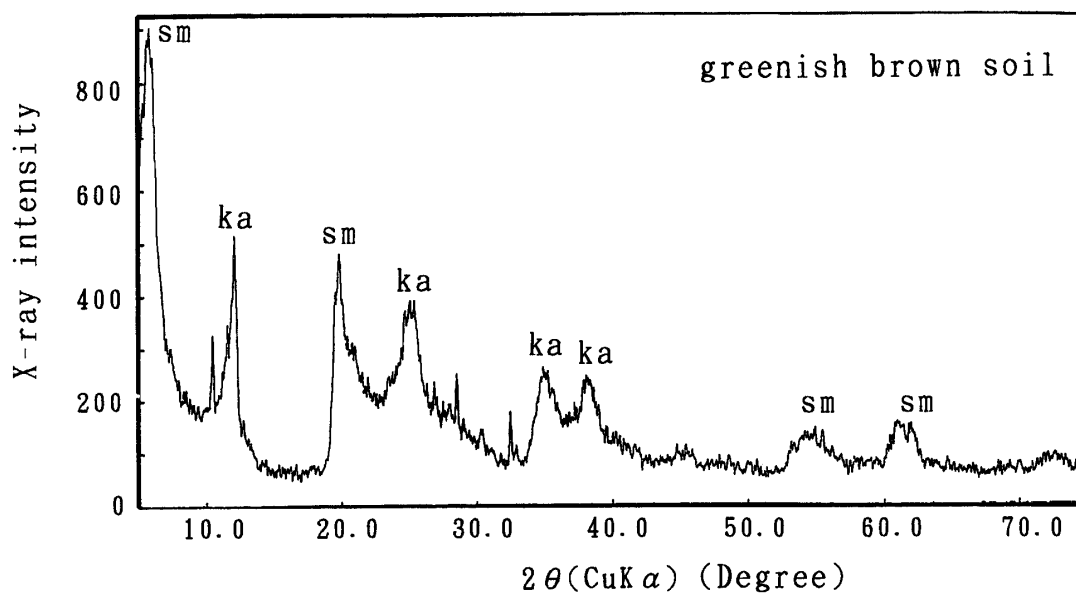


Fig. 5 X-ray diffraction pattern of greenish brown soil; ka: kaolinite, sm: smectite

その主要造岩鉱物は、角閃石、緑れん石、斜長石、石英、不透明鉱物、チタン石である。Photo.6の岩石は、斜面Iで採取した風化の著しく進行した軟岩である。その造岩鉱物は角閃石およびそれと黒雲母からの二次的変質物である緑泥石、白雲母といった粘土鉱物、褐鉄鉱が見られる。さらに斜面II付近では貫入岩体として貫入したひん岩は著しく風化して土に近い状態となっている。このひん岩は、斜長石の柱状斑晶が目立つ。造岩鉱物は角閃石、黒雲母およびその変質した粘土鉱物が観察された。このほかにも多くの岩石の薄片の観察を行ったが、主要造岩鉱物は個々に例示したものとほぼ同じであり、前述したように、この斜面の岩石はすべて塩基性片岩のホルンフェルスであることがわかった。

Figs.4, 5には上のX線回折図を示す。Fig.4は斜面Iの軟岩の節理面(すべり面)で採取した薄片状の黒い土のものである。この黒い土は、節理面に沿って存在することから雨水の浸入等によって塩基性片岩が風化して生成されたものと推定された。その主要鉱物はカオリナイト、スメクタイトとすべて粘土鉱物であった。Fig.5は斜面Iの下端部から採取した淡緑褐色土のものであり、その主要鉱物はカオリナイトとスメクタイトであることがわかった。

Fig.6は斜面Iで採取した塊状の軟岩試料を、黒い面がすべり面となるように削り出し、一面せん断試験を行って得られた破壊線と強度定数を示す。比較のため、請川において採取した塩基性片岩の軟岩と表層土との間の同様の結果も示す<sup>1),2)</sup>。この図から軟岩と表層土の間では粘着力  $c_d=2.0\text{kPa}$ 、内部摩擦角  $\phi_d=30.5^\circ$  で

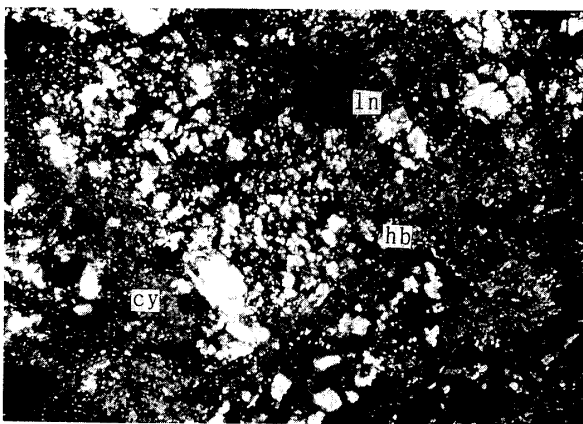


Photo. 6 Phptograph of polarization microscope of weathered basic schist(cross nicol); hb: hornblende, ln: limonite, cy: clay mineral

あるのに対して、黒い薄層をはさんだ軟岩状では、 $C_d=0\text{kPa}$ 、 $\phi_d=21.3^\circ$  というように強度定数が著しく小さいことがわかった。

Fig.7は斜面Iで行った斜面用の簡易貫入試験より得られた各深さごとの簡易  $N$  値 ( $N_{c,10}$ ) を示す。

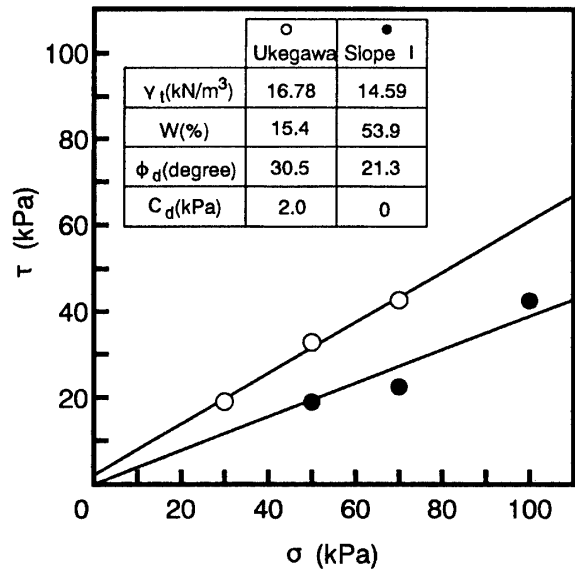


Fig. 6 The strength parameters of soft rocks obtained from direct shear test

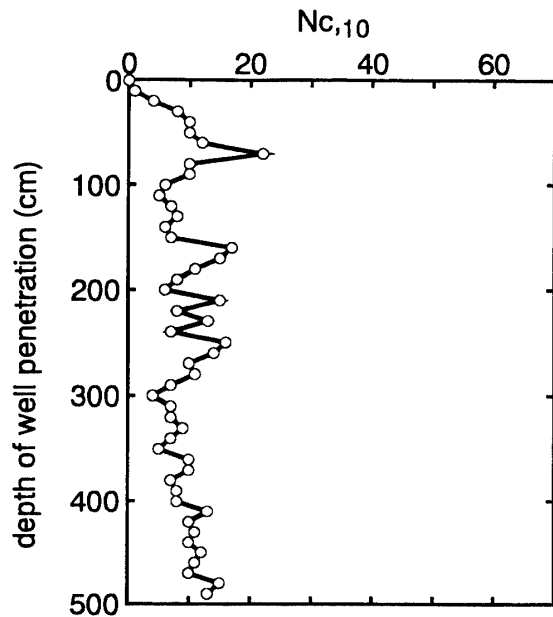


Fig. 7 Result of simple penetration test on red-dish brown soil layer

Table 1 Physical properties and classification of soil sampled

Slope No.	Sample No.	$G_s$	$W_L$ (%)	$W_P$ (%)	$I_p$	$D_{max}$ (mm)	$D_{50}$ (mm)	FC (%)	$F_{clay}$ (%)	Soil type
I	1	2.744	61.8	35.0	26.8	9.5	0.026	53.2	2.0	CH
	2	2.789	43.8	27.9	15.9	14.3	0.045	44.7	6.5	CL
II	3	2.864	32.1	24.3	7.8	53.8	0.950	20.3	4.0	GM
	4	2.800	36.7	26.5	10.2	27.9	0.060	27.2	6.0	CL
	5	2.745	29.0	NP	NP	11.0	0.170	32.3	7.0	SM

Table 2 Result of chemical analysis on soils sampled

(unit : %)

	$Fe_2O_3$	$SiO_2$	$Al_2O_3$	CaO	MgO	ignition loss (1000°C)	total
Greenish brown	16.0	41.9	19.3	0.20	0.59	13.4	91.39
Reddish brown	26.0	37.2	20.0	0.20	0.39	13.5	97.29

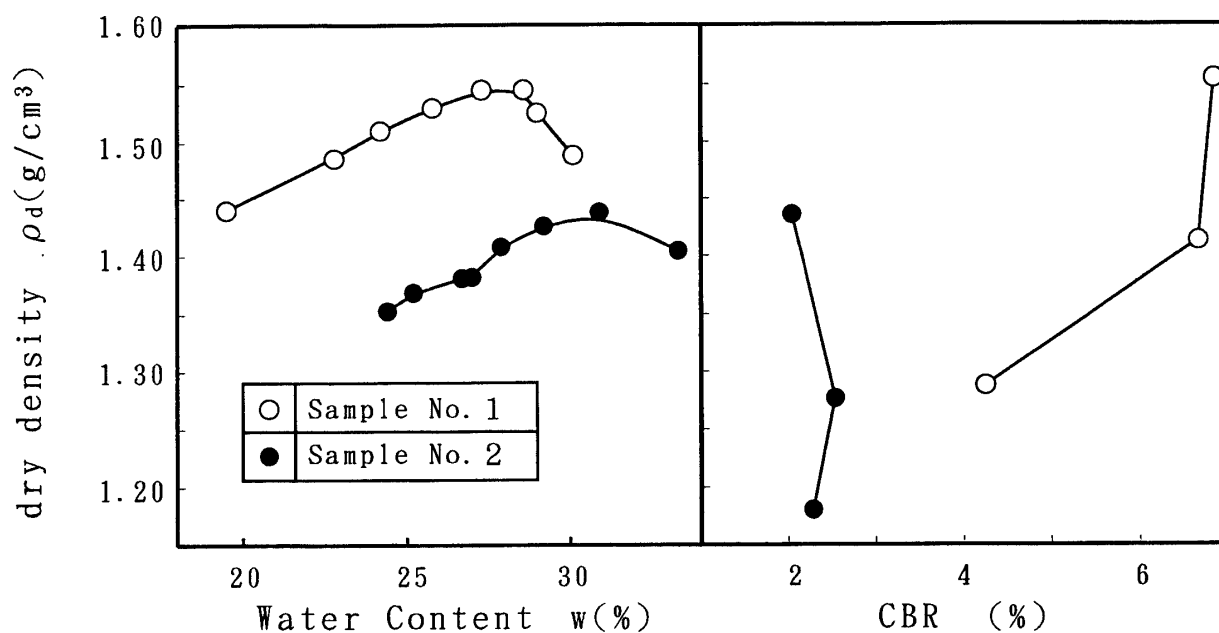


Fig. 8 Results of the modified CBR test on reddish brown and greenish brown soils

Table 1は両斜面で採取した土試料に対して行った物理試験の結果を示す。表中、試料1は塩基性片岩の風化した軟岩の細片の残るものであり、試料2は崩壊斜面下端部から採取した土である。試料3、4はともに斜面II

のノコギリ状に切り立った部分から採取したものであるが、試料3はその表層部、試料4は深さが数10cmのところから採取したものである。試料5はひん岩の風化した土である。Table 1からわかるように、土の粒度分布

は様々であり、塩基性片岩の風化の度合いが一様でなく、かなり異なることを意味する。土質は多くは粘土～粘質土であるが、風化の小さい土はシルト混じり礫に分類された。土粒子比重は通常のものより若干大きい。

斜面 I で採取した赤褐色と淡緑褐色の土について化学分析を行った結果を Table 2 に示す。淡緑褐色の土は斜面の下端部で、赤褐色のものは斜面上部で採取したものである。この表から  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  の含有量の多い土は赤味を帯びるという通説の結果が得られた。

Fig. 8 には斜面 I で採取した土試料 1, 2 に対して修正 CBR 試験を行った結果を示す。試料 1 は赤褐色を呈した土で、その最大乾燥密度  $\rho_{dmax} = 1.555 \text{g/cm}^3$ 、最適含水比  $W_{opt} = 28.1\%$  であり、試料 2 は褐色の土であり、 $\rho_{dmax} = 1.438 \text{g/cm}^3$ 、 $W_{opt} = 30.8\%$  であった。両方の土とも CBR 値はさきわめて小さいことがわかる。また、4 日間水浸した際の試料の膨張量は、試料 1 で 4mm 程度、試料 2 では 7mm 程度であった。

## 5. 結 論

本研究によって明らかになったことをまとめると次のようになる。

1) 当斜面の地質は、塩基性片岩のホルンフェルスからなり、斜面崩壊はそれの著しく風化した軟岩～土

状の地盤に存在する節理面(傾斜角74～77)に沿って数段階で発生してノコギリ状の形態を呈する。

2) すべり面となった節理面上には粘土鉱物からなる薄片状の黒い土層が存在し、強度定数は  $c_d = 0 \text{kPa}$ 、 $\phi_d = 21.3$  でかなり小さいことがわかった。

3) 風化土の CBR 値は、数%程度であり、通常、路盤材料に用いられる土と比較して一桁ほど小さい。

## 謝 辞

最後に本研究に対して種々ご教授を頂いた山口大学教養部西村祐二郎教授および実験を手伝ってくれた浜本哲夫、土肥純両君に対し厚く謝意を表します。

## 文 献

- 1) 山本哲朗・大原資生・西村祐二郎・島 徹史・高本直邦・瀬原洋一：山口県下の三郡変成帯における切上斜面に見られる豪雨時崩壊の特徴、地盤と建設、Vol.12, No.1, pp.35～48, 1994
- 2) 山本哲朗・瀬原洋一・鶴田和成：三郡変成帯における切上のり面の豪雨崩壊について—山口県宇部市の場合(その1)—、第33回地すべり学会研究発表講演集, pp.349～352, 1994

(平成7年10月11日受理)