



## 事例報告

表—1 斜面崩壊の形態と規模

斜面 No.	崩壊形態	崩壊規模			備 考
		長さ (m)	幅 (m)	深さ (m)	
1	複合すべり	32.9	20.5	10.0	鋸状すべりと円弧すべりの組合せ
2	くさび崩壊	14.1	7.1	0.6	—
3	くさび崩壊	3.2	2.3	0.7	片理上に厚さ0.6 mmの黒色薄層土が沈積
4	くさび崩壊	7.0	6.8	0.8	片理上に厚さ2.0 mmの黒色薄層土が沈積

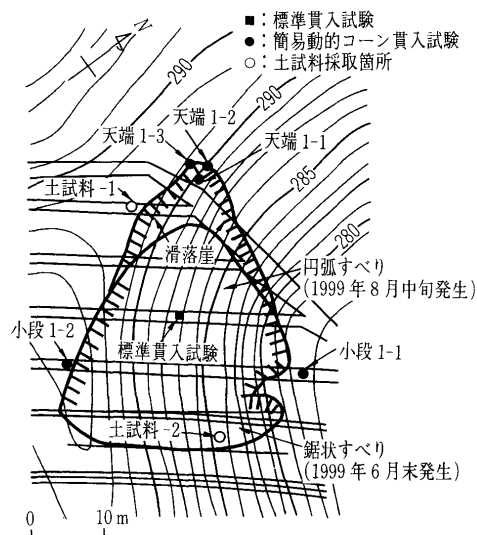
各斜面の崩壊形態および崩壊規模は表—1にまとめた。表—1中、崩壊斜面②～④では片理あるいは節理に沿って小規模のくさび崩壊が発生した。前述のように、これらすべり面となった片理・節理には、光沢質の黒色薄層土が沈積しており、このことが崩壊の素因になった<sup>6)</sup>。

一方、片理が受け盤になった東側斜面では、土工上、特に支障を来すような斜面崩壊は全く発生していない。当該斜面は山間部で人通りの少ない場所に位置し、崩壊時刻は特定することはできないが、いずれも1999年6月29日の集中豪雨時に崩壊したものと推定される。当該現場から最も近い距離約15 kmにある測候所（新南陽市和田）で観測された当日降雨量は102 mmである。

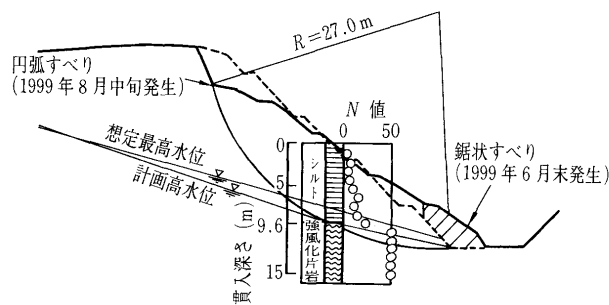
## 4. 斜面土の諸性質

### 4.1 動的サウンディング試験の結果

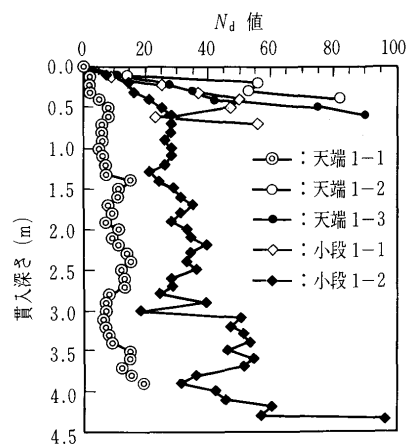
複合すべりが発生した崩壊斜面①の平面図および横断面図をそれぞれ図—2、3に示す。図—2に示す1箇所では標準貫入試験を実施したほか、天端3箇所、小段2箇所では簡易動的コーン貫入試験を実施した。標準貫入試験から得られた $N$ 値の深さ分布と土質区分は図—3に示している。深さ5.6 mまでは $N$ 値<10の軟質のシルトからなり、深さ10.2 m以深で $N$ 値>50の岩組織を有する強風化岩からなる。その間には $12 \leq N \leq 24$ のシルトが存在する。



図—2 サウンディング試験実施箇所および土試料採取箇所



図—3 崩壊斜面①の横断面図



図—4 簡易動的コーン貫入試験の結果

図—4には5箇所における $N_d$ 値の深さ分布を示す。天端1-1および小段1-2では深さ4 m程度まで表層部の $N_d$ 値は深さとともにやや増加している。一方、天端1-2, 1-3および小段1-1では深さ0.5 m程度で $N_d$ 値は著しく大きくなっている。口絵写真—24に見られるように、崩壊斜面①の南側の側方滑落崖の中央部付近には岩塊が露出しており、こういった岩塊の存在によって、 $N_d$ 値が著しく増加するのであろう。

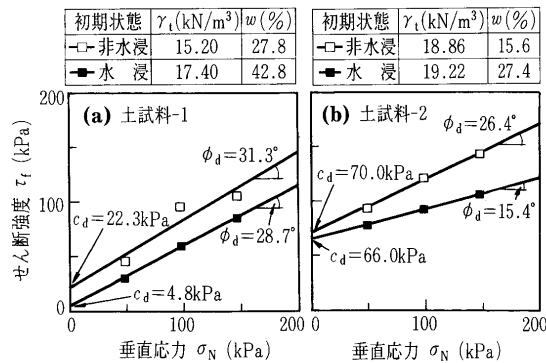
### 4.2 物理的性質・強度定数

崩壊斜面①において、円弧すべりが発生した土層付近から風化の著しい黄褐色土（以下、土試料-1という）をネイルサンプリングによって採取した。ネイルサンプリングは乱さない試料の採取法の一つであり、地盤に据え付けた円盤とその周縁部に打ち込んだ多数の釘によって土塊を拘束して採取するものである。鋸状すべりを起こした暗緑灰色の風化岩塊から、ブロックサンプリング法で試料（以下、土試料-2という）を採取した。両土試料の採取箇所は図—2に示す。両土試料について採取時の自然状態および1日水浸状態のものに対して、圧密・排水条件下で在来型一面せん断試験を行い、図—5の結果を得た。供試体（直径60 mm、高さ20 mm）は片理がせん断面に平行になるように作製した。両土試料の物理的性質は表—2にまとめた。この表に示すように、土試料-1, 2ともに低液性限界シルトに分類された。粉末X線回折試験から土試料-1の主要鉱物は石英、ハロイサイト、土試料-2は石英、ハロイサイトおよび白雲母であることを確認している。

図—5から分かるように、土試料-1については非水浸および水浸時における内部摩擦角 $\phi$ および粘着力 $c$ は、

表—2 土試料の諸物理的性質

試料	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	$U_c$	$D_{max}$ (mm)	$D_{50}$ (mm)	$F_c$ (%)	$F_{clay}$ (%)	$w_L$ (%)	$w_p$ (%)	$I_p$	土質分類
土試料-1	2.642	13.6	13.0	0.045	64.3	12.8	37.2	26.7	10.5	ML
土試料-2	2.706	18.5	11.1	0.061	53.6	8.0	29.8	25.2	4.6	ML



図—5 土試料の一面せん断試験結果

これまで豪雨時に崩壊した三郡変成岩からなる斜面土について得られた値 ( $\phi_d=27.8^\circ$ ,  $c_d=0$  kPa)<sup>1)</sup> と大差はないが、土試料-2 の非水浸時の粘着力は70.0 kPa で非常に大きい。また土試料-1 の方は1日間の水浸によって、粘着力が著しく低下することが示された。

### 5. 複合すべりとその発生機構

崩壊斜面①は三郡変成岩からなる斜面崩壊<sup>1)~4)</sup>で過去にその事例がない特異な複合すべりによって崩壊した。1999年6月末の集中豪雨時に最下段の長さ7.0 m の斜面で鋸状すべり (図絵写真—27), 同年8月中旬の降雨時にその背後で円弧すべりが発生した。鋸状すべり発生時の当日降雨量は上述のとおりであるが、円弧すべり発生時のそれは46 mm (8月18日観測) である。いずれも上述の測候所で観測した値である。全体の崩壊規模は幅20.5 m, 長さ32.9 m, 最大深さ10.0 m でかなり大きい。図—3 に併記した  $N$  値の深さ分布から、最下位の小段 (ボーリング深さ6.7 m, 天端からの深さ23 m) 付近では、 $N$  値=12~16 の風化岩 (DL 級) からなることが分かっているが、この小段を崩壊面の頂部として、流れ盤になった泥質片岩の片理がすべり面となって鋸状すべりが発生した。鋸状すべり自体は同じ三郡変成岩に属する塩基性片岩からなる斜面で発生した事例はある<sup>2)</sup>。

この斜面先部の鋸状すべりによる崩壊に伴い、それより上方部の斜面の安定性が低下して、非常に風化の進んだ黄褐色ないし青灰色の泥質片岩の風化土層内で円弧すべりが発生した。三郡変成岩斜面で発生した円弧すべりは、非常に軟らかい地盤内で発生する場合が多いことが分かっている<sup>1)</sup>。この円弧すべりにおける高さ4.2 m のほぼ鉛直な滑落崖は節理の発達した黄褐色~青灰色の風化土からなる。また最大深さ1.6 m の側方の滑落崖には黄褐色の崩壊土が見られ、その表面に厚さ1 mm 以下の光沢質の黒色薄層土が沈積していた。

前述した円弧すべりが発生した付近の地盤から採取した土試料-1 の水浸時の強度定数 ( $\phi_d=28.7^\circ$ ,  $c_d=4.8$  kPa) を用いて、鋸状すべりが発生する前後の斜面全体の安全率  $F_s$  をフェレニウス法で計算した。その結果、鋸状すべり前後で  $F_s$  は1.2から1.0に減少することが明らかになった。片岩からなる斜面ではその片理面に沿って鋸状すべりが生じる場合がある<sup>2)</sup>。今回の事例では、まず片面理が発達した斜面先部で鋸状すべりが発生し、これに続いて背後斜面で円弧すべりが発生した。円弧すべりの発生はすべり面脚部にあたる斜面先部のすべりに対する抵抗力が減少したためと考えられ、上述の安定計算結果からもある程度裏付けられる。したがって、今回の崩壊斜面①では鋸状すべりと円弧すべりが密接に関係した複合的な破壊が発生したと判断した。

### 6. ま と め

三郡変成岩からなる斜面に見られた規模の大きい複合すべりは、泥質片岩の片理が流れ盤になり、さらに節理が非常に発達していたため、集中豪雨時に斜面先部で鋸状すべりを引き起こし、それが引き金となり背後で円弧すべりが発生したものである。フェレニウス法による斜面安定計算によって斜面先部の鋸状すべりが発生して、斜面全体の安全率が1.2から1.0に低下することが示された。

最後に本調査およびデータ整理を手伝ってくれた本学大学院生 植野泰史氏に謝意を表します。

### 参 考 文 献

- 1) 山本哲朗・大原資生・西村祐二郎・瀬原洋一：山口県下の三郡変成岩からなる切土斜面に見られる豪雨崩壊の特徴，地盤工学会論文報告集，Vol. 36, No. 1, pp. 123~132, 1996.
- 2) 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.
- 3) Yamamoto, T.: Some geotechnical engineering properties of weathered soils on failed slope in the Sangun metamorphic region, Proceedings of the International Symposium on Problematic Soils, IS-TOHOKU '98, Vol. 1, pp. 537~540, 1998.
- 4) 山本哲朗・鈴木素之・松本 直・国広清己：花崗岩の貫入を受けた三郡変成岩からなる切土斜面の崩壊，土と基礎，Vol. 47, No. 4, pp. 27~29, 1999.
- 5) 山口県立博物館編：山口県の地質，pp. 11~25, 1975.
- 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, 2000.

(原稿受理 2000.3.22)