

# 2001年における山口県内の土砂災害

山本哲朗<sup>1</sup>・宮崎晃一<sup>2</sup>・勝部安昭<sup>2</sup>

<sup>1</sup>山口大学工学部社会建設工学科（〒755-8611 宇部市常盤台2-16-1）

<sup>2</sup>山口大学大学院理工学研究科（〒755-8611 宇部市常盤台2-16-1）

## 1 はじめに

毎年、梅雨時期および台風来襲時における集中豪雨により各地で土砂災害が発生している<sup>1,2</sup>。山口県では2001年6、7月の集中豪雨により住宅一部損壊1棟、床下浸水37棟、道路154箇所、河川146箇所および砂防施設12箇所などが被害を受けた<sup>3</sup>。著者らはあわせて20件の土砂災害を確認し、現地調査を実施した。その結果、今回の土砂災害は表層崩壊16件、土石流2件および岩盤崩落1件に分類されることがわかった。本論文では、代表的な崩壊事例を挙げ、災害発生時の降雨特性および斜面土の土質工学的性質について記述する。

## 2 土砂災害事例

図-1に調査地点を示す。以下に代表的な崩壊事例について記載する。

### (1) 表層崩壊

写真-1に岩国市荒瀬の崩壊状況を示す。当現場は国道187号線沿いの斜面で、地質は中生代ジュラ紀の領家変成岩、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。この崩壊によって土砂の流下に伴い檜がなぎ倒され、斜面中央部に設置されていたコンクリート製電柱が倒壊し、国道187号線は一時通行止めとなった。斜面は走向N64°W、傾斜SW50°である。崩壊規模は、幅24.3m、長さ71.9m、崩壊厚1.6mであり、崩壊土量は3,400m<sup>3</sup>程度であると推定された。崩壊は泥質ホルンフェルス風化土あるいは崩積土がその下位にある弱風化片岩との不連続面間で表層すべりが発生していた。このすべり面はかなり急傾斜をなし、走向N89°W、傾斜SW66°であった。滑落崖の高さは1.7mで、その滑落崖および周辺の土は茶褐色を呈しており、風化が顕著に進行していた。

写真-2に岩国市池ヶ迫での崩壊状況を示す。当現場は国道2号線沿いに位置し、地質は中生代ジュラ紀の領家変成岩、岩種は泥質ホルンフェルスである。斜面は走向N8°E、傾斜SW54°であり、崩壊規模は幅50.0m、長さ10.0m、崩壊厚1.0mである。崩壊土量は500m<sup>3</sup>程度であると推定された。荒瀬の場合と同様に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間の不連続面間で崩壊が発生していた。

写真-3に山口市吉敷畑における崩壊状況を示す。当現場は国道435号線沿いの切土斜面で、地質は中生代トリアス紀の三郡変成岩、岩種は泥質片岩である。崩壊によ

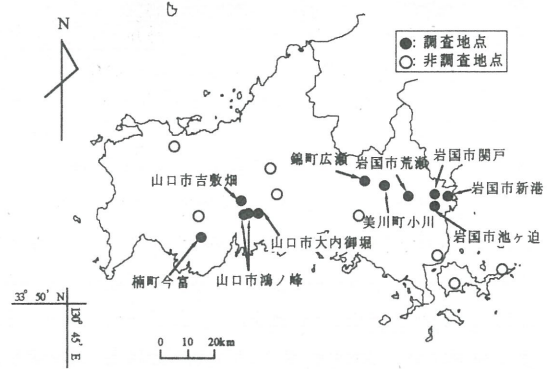


図-1 調査地点

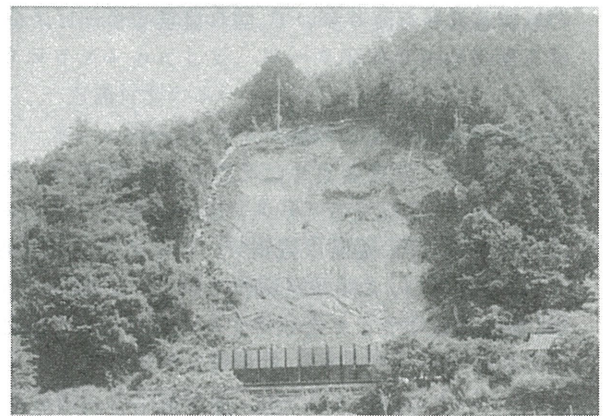


写真-1 岩国市荒瀬による表層崩壊



写真-2 岩国市池ヶ迫における表層崩壊

り国道435号線には土砂が流下した。斜面は走向N24°W、傾斜SW40°である。崩壊規模は幅3.0m、長さ5.0m、



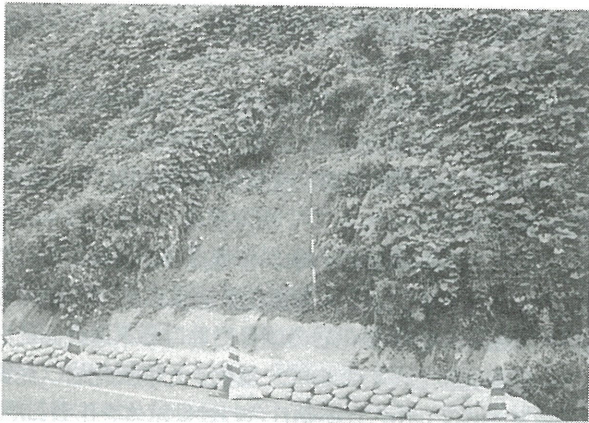


写真-3 山口市吉敷畑における表層崩壊

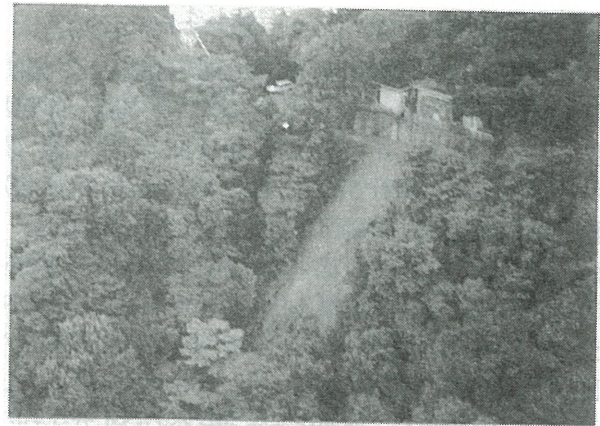


写真-4 山口市鴻ノ峰における土石流

崩壊厚 0.6 m で小規模であった。現場の状況から、崩壊は最初に上部の滑落崖で発生し、その後斜面に発達している節理面に沿って表層崩壊が発生した。節理面は走向 N12°E、傾斜 SW56°であった。この現場付近の路線沿いの斜面には過去の崩壊後に布団かご工が数ヶ所で施されており、当路線沿いは非常に崩壊し易いと判断できる。

### (2) 土石流

土石流は山口市鴻ノ峰で 2 地点発生している。すなわち、一つは源頭部の標高が 270 m のもの（地点①；写真-4）であり、他方はその標高が 300 m のもの（地点②）である。地点①、②ともに地質は中生代トリアス紀の三郡変成岩であった。地点①では斜面を構成している崩積土約 500 m<sup>3</sup>が源頭部から崩れ落ち、その後、雨水を十分含んだ泥流となり、約 150.0 m の距離を流下した。末端での幅は 9.2 m であった。斜面は走向 N61° W、傾斜 SE60° であり、斜面の一部にはほぼ垂直に近い箇所もあった。崩壊直後の崩壊表面には高含水比の粘質土が露出していた。この土石流に伴い、山麓の 34 世帯 56 人の住民が避難勧告指示を受け、避難する事態になった。

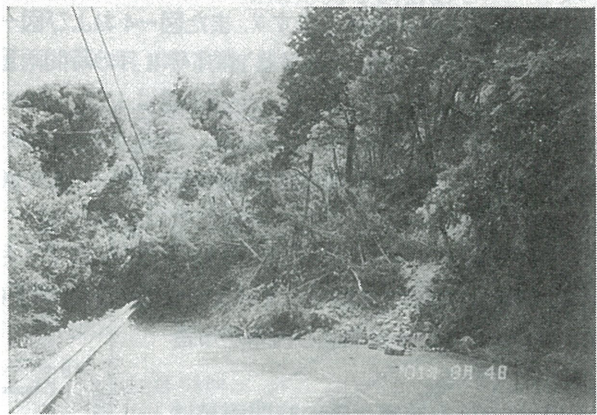


写真-5 楠町今富における岩盤崩落

地点②では、源頭部で長さ 37.0 m、幅 9.2 m および厚さ約 2.0 m の崩壊が発生し、その後、土石流へと発達した。崩土は杉等の樹木を倒壊させ、流下途中にある幅 4.0 m の道路を越えて、全長 259.6 m にわたって流下した。末端での幅は約 30.0 m であった。当現場でも、崩壊表面は高含水比の粘質土で覆われていた。また、過去に発生した土石流後に設けられたコンクリート製排水工およびコンクリート張り水路（幅 2.6 m、深さ 0.9 m）の一部が破損した。両地点はいずれも谷筋にあたっており、降雨時に集水し易く、非常に土石流の発生し易い条件におかれていたものと考えられる。

### (3) 岩盤崩落

写真-5 に楠町今富における岩盤崩落の状況を示す。当現場の地質は中生代白亜紀の下関亜層群、岩種は礫岩・凝灰質砂岩であり、風化し土砂化が進んでいた。崩壊により斜面に施されていた落石防止網工が破損し、道路に岩石・土砂が流出し通行止めとなった。斜面は走向 N66°

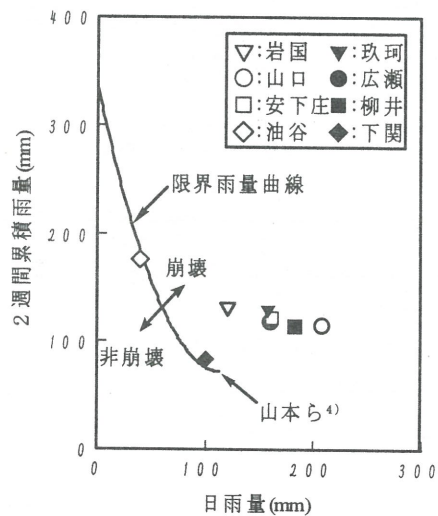


図-2 崩壊発生までの降雨量

E、傾斜 SE53° である。崩壊規模は幅 30.0 m 長さ 21.5 m、崩壊厚 2.1 m である。岩石は最大で 0.44 m × 0.50 m × 0.34 m であった。滑落崖は幅 11.2 m、高さ 2.2 m であり、その箇所は風化が進んでいた。礫岩・凝灰質砂岩には節理が非常に発達しており、斜面の一部は受け盤を呈していた。



### 3 降雨特性

各崩壊地点における斜面崩壊発生時の日雨量と2週間累積雨量の関係を図-2に示す。下関については、崩壊は発生していないが、比較のために雨量値を記載した。最大日雨量は山口観測所で観測された208mm(6月19日)、最大時間雨量は柳井観測所で観測された35mm(6月19日20時)であった。図中の限界雨量曲線は山口県内で過去の降雨によって崩壊した斜面を調査して求められたものである<sup>4)</sup>。崩壊発生時における降雨量は表層崩壊が発生した地点のいずれにおいても、限界雨量曲線よりかなり上方に位置し、崩壊を発生させるのに十分なものであったといえる。

図-3に過去20年間の山口市および岩国市における6月の最大時間雨量の推移を示す<sup>5)</sup>。また図-4および図-5に岩国市および山口市における2001年6月の時間雨量と累積雨量の推移を示す<sup>6)</sup>。最大時間雨量は1996~2001年にかけて大きな値を記録しており、岩国市では2001年6月19日に最大時間雨量31mmを記録し、過去20年間の6月で最も激しい降雨であったといえる。

崩壊は荒瀬で6月19日20時50分頃、池ヶ迫で6月20日3時20分頃に確認されている。また鴻ノ峰では6月19日18時頃に土砂および流木が市道に流出している。

岩国市での崩壊発生時の時間雨量は池ヶ迫1mm、荒瀬19mmである。また、崩壊発生より24時間前の総雨量は池ヶ迫140mm、荒瀬92mmである。このことから雨水が地下に浸透し地下水位が上昇し崩壊が助長されたものと考えられる。また、6月23日~24日にかけても最大16mmの降雨量を記録しているが、崩壊は確認されていない。

鴻ノ峰では6月19日11~13時の間に3時間雨量87mm、17~19時の間に66mmの降雨量を記録している。このことから11~13時の降雨によって源頭部で崩壊が発生し、17~19時に土石流へと発達したものと考えられる。

### 4 斜面崩壊土の土質工学的性質

#### (1) 物理的性質

表-1に崩壊が発生した地点で採取した土試料の諸物理定数を示す。土質分類上、表層土は礫質から粘質土のものまであり、広範な粒度の土質から構成されていた。

#### (2) 強度特性

池ヶ迫、荒瀬および鴻ノ峰の3地点の土試料に対して一面せん断試験を実施して強度定数を求めた。岩国市の2地点では風化土と弱風化岩の境界における不連続面に沿って崩壊が発生していたので、風化土と弱風化岩(泥質ホルンフェルス)からなる貼り合わせ供試体を作製した。

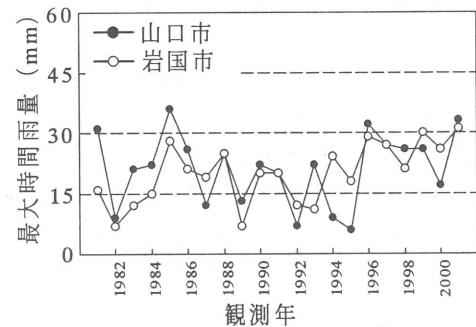


図-3 山口市および岩国市における最大時間雨量の推移

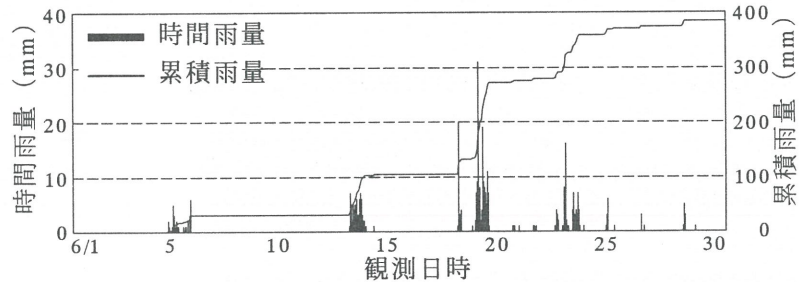


図-4 岩国市における降雨状況

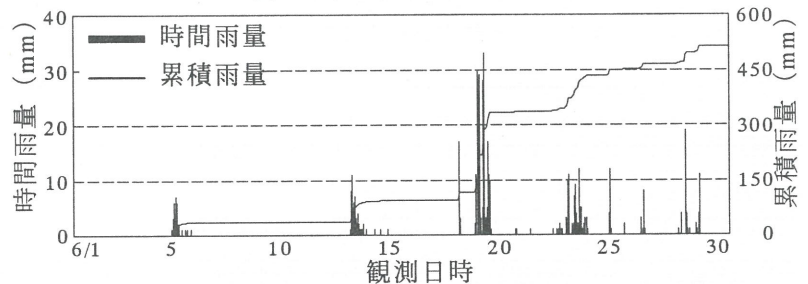


図-5 山口市における降雨状況

表-1 表層土の物理的性質

試料	$\rho_s$ ( $g/cm^3$ )	$U_c$	$D_{max}$ (mm)	$D_{50}$ (mm)	$F_c$ (%)	$F_{clay}$ (%)	$w_n$ (%)	$w_L$ (%)	$w_p$ (%)	$I_p$	土質分類	岩種
山口市吉敷畑	2.664	48.8	18.0	0.059	59.7	13.3	25.3	33.2	21.8	11.4	CL	泥質片岩
山口市鴻ノ峰	2.661	—	7.0	0.023	69.0	33.8	40.9	33.5	21.9	11.6	CL	砂質片岩
美川町小川	2.737	54.6	18.9	5.100	7.8	2.1	17.1	NP	NP	NP	S-M	泥質片岩
岩国市新港町	2.595	21.4	8.0	1.600	8.8	5.2	5.3	NP	NP	NP	S-C	花崗岩
岩国市関戸	2.701	369.2	26.0	2.900	13.5	6.7	15.8	31.2	19.4	11.8	G-M	泥質ホルンフェルス
岩国市池ヶ迫	2.736	10.4	29.0	7.500	4.8	2.5	9.2	26.0	20.0	6.0	GW	泥質ホルンフェルス
岩国市荒瀬	2.650	—	16.0	0.073	49.9	21.5	13.5	47.6	34.6	23.2	SM	泥質ホルンフェルス

比較のため、風化土からなる単体供試体についても試験を実施した。鴻ノ峰については単体供試体のみで実施した。なお、試験は非水浸・水浸状態の2通りで実施した。

図-6に鴻ノ峰における土試料の破壊線および強度定数を示す。非水浸状態では、内部摩擦角 $\phi_i=33.5^\circ$ 、粘着力 $c_i=14.4$  kPa、水浸状態では $\phi_i=20.9^\circ$ 、 $c_i=0$  kPaとなっている。すなわち水浸によって内部摩擦角は12.6°小さくなり、粘着力が完全に消失している。

図-7に荒瀬における貼り合わせ・単体供試体の破壊線および強度定数を示す。荒瀬の非水浸状態の貼り合わせ供試体では、 $\phi_i=28.9^\circ$ 、 $c_i=11.7$  kPa、水浸状態では $\phi_i=22.2^\circ$ 、 $c_i=0$  kPaとなっている。非水浸状態の土単体供試体は、 $\phi_i=36.7^\circ$ 、 $c_i=18.6$  kPaで、水浸状態では $\phi_i=26.8^\circ$ 、 $c_i=0$  kPaとなっている。このように単体供試体でも水浸によって内部摩擦角が低下し、粘着力が消失している。池ヶ迫の非水浸状態の貼り合わせ供試体では $\phi_i=25.8^\circ$ 、 $c_i=4.8$  kPa、水浸状態では $\phi_i=23.9^\circ$ 、 $c_i=0$  kPaとなっており、非水浸状態の土単体供試体は、 $\phi_i=30.4^\circ$ 、 $c_i=10.9$  kPaで、水浸状態では $\phi_i=28.7^\circ$ 、 $c_i=0$  kPaとなっており、同様の傾向を示している。このことは降雨により斜面不連続面における土のせん断強さ、とりわけ粘着力が低下したことが原因となって表層崩壊が発生したことを示唆している。なお、著者らは先に集中豪雨時に表層すべりが発生し易いこと、また、まさ土-弱風化花崗岩間の不連続面に沿う土の強度定数を室内一面せん断試験から求め、非水浸・水浸状態に関わらず、まさ土-弱風化花崗岩貼り合わせ供試体の強度定数はまさ土単体のそれに比べて小さいことを示した<sup>6)</sup>。また、非水浸・水浸状態ともに、内部摩擦角はまさ土-弱風化花崗岩供試体の方が風化土-泥質ホルンフェルス供試体よりも大きいものに対して、粘着力にはほとんど差が見られないことがわかった。

## 5 まとめ

- 1) 土砂災害は山口県東部地方から中部地方において多く発生し、それらは表層崩壊、土石流および岩盤崩落の3種に分類された。
- 2) 過去の崩壊事例からみても、今回の崩壊発生時の降雨量はそれを引き起こすに十分な量だった。
- 3) 表層崩壊の多くは風化土とその下位に存在する弱風化岩との不連続面に沿って発生していた
- 4) 不連続面を模擬した貼り合わせ供試体の強度定数は、単体供試体の場合に比較して小さく、また水浸によって粘着力が消失する。

**謝辞：**現地調査および試験実施の際には本学大学院生の寺山崇氏（現日特建設株）に多大な協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

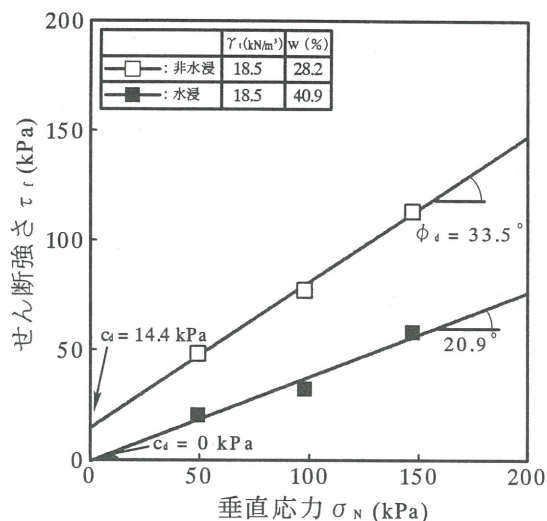


図-6 山口市鴻ノ峰における土試料の強度特性

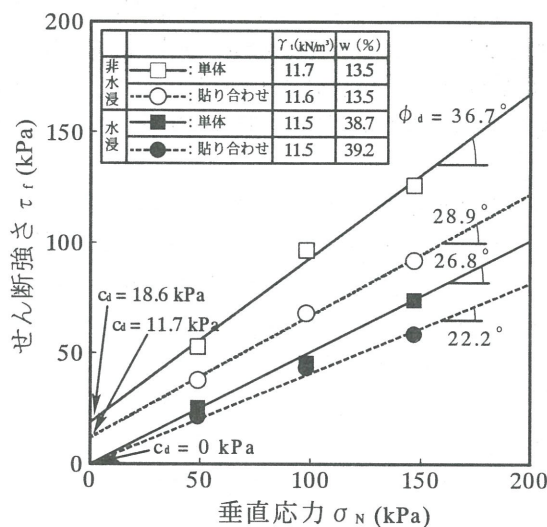


図-7 岩国市荒瀬における土試料の強度特性

## 参考文献

- 1) 山本哲朗・鈴木素之・原田博・寺山崇：広島県における最近の降雨特性と花崗岩斜面の崩壊—1999年6月29日広島県豪雨災害を例として—，土と基礎，Vol.49, No.1, pp.13~16, 2001.
- 2) 山本哲朗・鈴木素之・寺山崇：1999年台風18号による山口県の斜面崩壊，土と基礎，Vol.48, No.2, pp.35~36, 2000.
- 3) 山口県総務部消防防災課部内報告，2001.
- 4) 山本哲朗・高本直邦・松本直：山口県内の白亜紀花崗岩からなる斜面の豪雨時崩壊について，降雨と地震から危険斜面を守る地震工学に関するシンポジウム発表論文集，pp.11~16, 1997.
- 5) 気象庁：1992~2001 アメダス観測年報，(財)気象業務支援センター，2002.
- 6) 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.