

対策工を施した切土斜面の豪雨時崩壊 ～ 1997年台風9号災害 ～

Failure of Cut Slopes with Countermeasure due to Heavy Rainfall
— Disaster during the 1997 Typhoon No.9 —

山本哲朗 Tetsuro YAMAMOTO (山口大学工学部)
鈴木素之 Motoyuki SUZUKI (山口大学工学部)
松本 直 Nao MATSUMOTO (山口大学大学院)

山口県北部地方では、1997年7月下旬に台風9号が来襲した。その時の降雨量は最大24時間雨量が300～600mm、4日間の累積雨量が500～900mmと龐大であり、そのため同地方では、多岐にわたる被害が発生した。なかでも、斜面被害は甚大であり、著者らが調査した範囲だけでも崩壊数は202件にのぼった。このうち49件(約24%)は、以前に対策工を施した切土斜面で発生したものである。本文では、これら対策工を施した切土斜面の崩壊に着目して調査して得られた結果を述べる。

キーワード：降雨，斜面安定，対策工 (IGC：E-6)

1. はじめに

山口県北部地方においては、1997年7月下旬に台風9号が来襲し、例年にない龐大な降雨をもたらした。この降雨によって同地方では、斜面崩壊、ため池堤体の決壊、河川の氾濫、河川護岸の破損、田畑の冠水など、多方面にわたる被害が発生した¹⁾²⁾。これらのうち、斜面崩壊はその発生件数が最も多く、著者らの調査範囲だけでも68地区202件にのぼった。また、このうち以前に対策工を施した切土斜面の崩壊は31地区49件であり、全崩壊件数の約24%を占める。

著者らは、これら対策工を施した切土斜面の崩壊に着目して、むつみ村、福栄村、阿武町および川上村において調査を行った。本文では、この調査結果をもとにして得られた、崩壊前後の対策工の種類、斜面崩壊の特徴および対策工の破損について述べる。

2. 台風9号時の降雨特性

台風9号は1997年7月20日にグアム島の西方で発生した後、26日に徳島県阿南市付近に上陸し、27日には島根県沖に抜けて勢力を弱めたものの、停滞して山陰地方一帯に多量の降雨をもたらした。

図-1は台風9号時の降雨特性を示すが、(a)図が最大1時間雨量、(b)図が最大24時間雨量、および(c)図が4日間(7/26～29)の累積雨量の等雨量線³⁾を示している。これらのうち、山口県北部における最大24時間雨量300～600mmは、年平均降水量約1900mmの1/3～1/4に、また4日間の累積雨量400～900mmはその1/2～1/3に相当するものである。また、最大24時間雨量はトーマスプロット法による日確率雨量と比較すると200年確率を超えるものである³⁾。

図-2(a)、(b)には、それぞれ調査地域のうち特に被害の顕著であった、むつみ村・福栄村役場で観測された降雨量の径日変化を示す。両図に示すように、台風9

号の来襲以前にも、6月下旬の台風8号や7月上旬の梅雨前線によりまとまった降雨が観測されている。斜面崩壊の誘因としての降雨を考える際には、累積雨量と降雨強度がとりあげられることがあるが、台風9号時には、その両方ともかなり大きいものであったといえる。

3. 斜面崩壊の状況

表-1には、49件の崩壊した切土斜面の地質、崩壊規模、台風9号来襲以前の対策工、台風9号時の斜面崩壊後の対策工などを示す。また、それらを地区ごとにまとめた総31地区の位置を図-3に示す。

当調査地域の地質は、主に中生代白亜紀後期の阿武層群(流紋岩質～デイサイト質凝灰岩・湖沼堆積岩)、同時期の広島型花崗岩類(花崗岩・花崗閃緑岩・石英閃緑岩)および新生代第四紀の阿武火山岩(玄武岩・安山岩)であり、崩壊斜面は1つの地質に偏ることなく分布している。崩壊斜面の多くは、その規模が小さい平面すべりの形態を持つ。

これら崩壊斜面の対策工の内訳は、39件のものは切土を行った際の法面保護工、9件は斜面崩壊など災害に対する復旧工、残りの1件は防災点検時に変状を確認して保護工として施工したものである。これらのうち、施工時期が判明したのは40件であり、1980年代が22件と最も多く、次いで1970年代が13件、1990年代5件となっている。

これら対策工を擁壁とその上方部の植生工、法枠工、コンクリート吹き付け工、ブロック張り工、植生工、落石防止さくおよび落石防止ネットに区分して、それぞれを施工した件数を棒グラフで示したのが図-4である。なお、図中の総数63件は、複数の対策工を施した斜面があるために延べ数となっている。この図より、擁壁とその上方部に植生工を施工した斜面の崩壊件数は、27件で最も多いことが分かる。これらの斜面での崩壊は、

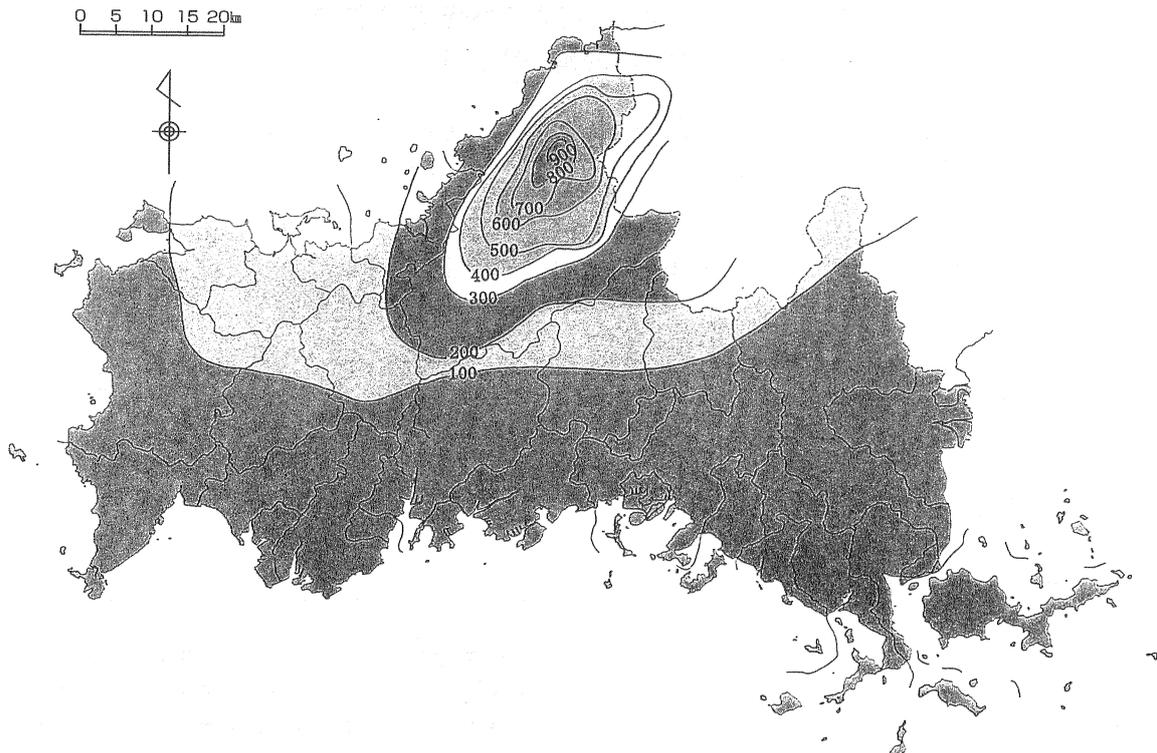


図-1 (c) 4日間(7/26~29)の累積雨量の等雨量線(山口県土木建築部、台風9号災害記録誌¹⁾より転載)

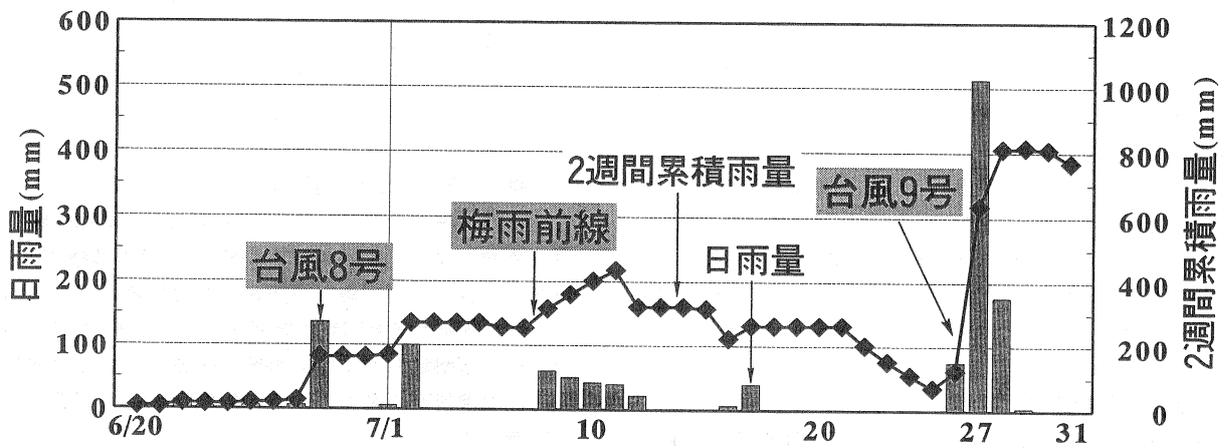


図-2 (a) むつみ村役場における降雨量

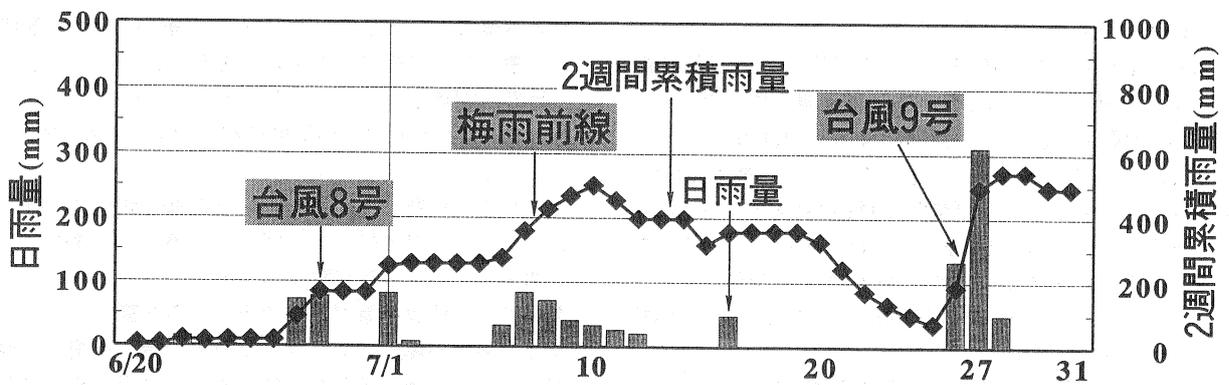


図-2 (b) 福栄村役場における降雨量

擁壁上方部の植生工の部分で発生しており、擁壁の効果が全くない部分が崩壊していることが特記される。また、9件の落石防止さくは、そのすべてが擁壁の天端に施したものであり、このうち4件のものは崩土により破損した。このような崩壊の型は、著者らが行った山口県内の白亜紀花崗岩類の分布域における斜面の調査でも^{4),5)}でも確認している。

崩壊斜面は図-4の対策工および崩壊の特徴によって

以下のように分類することができる。

- ① 擁壁上方部の植生工の部分が崩壊した斜面
- ② 法枠工など法面を被覆する対策工が破損した斜面
- ③ 植生工のみが施された斜面
- ④ 落石防止対策工を施した斜面
- ⑤ その他の特殊な斜面

次節ではこの分類にしたがい、それぞれについて代表的な崩壊とその対策工の事例を挙げて説明する。

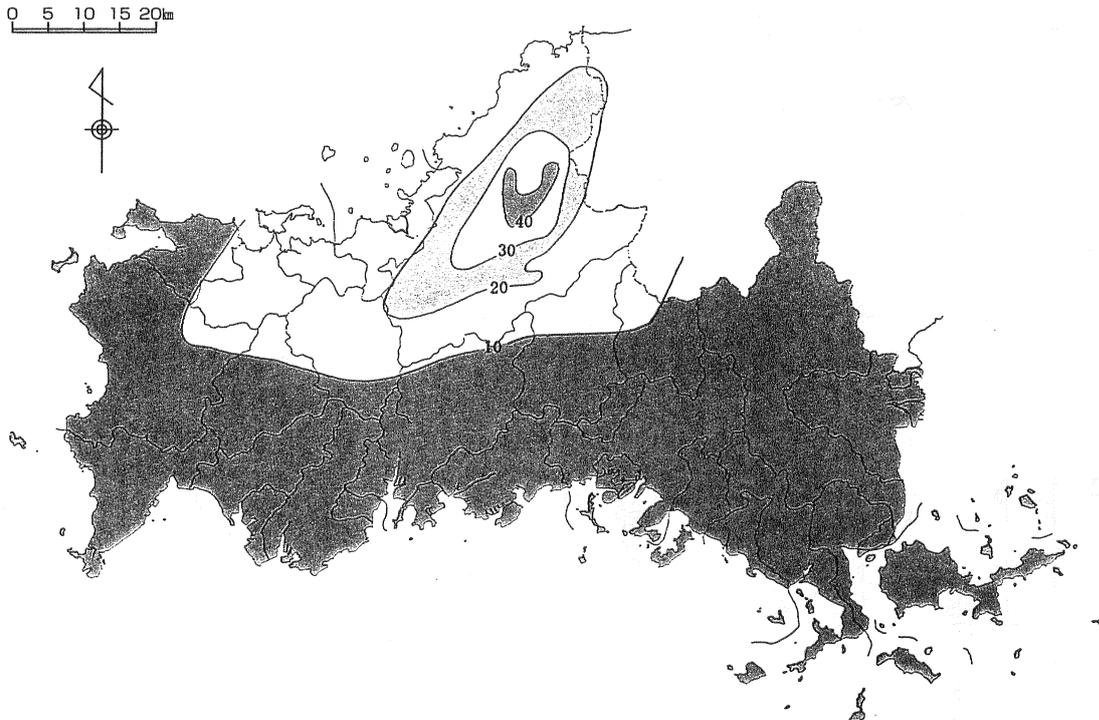


図-1 (a) 最大1時間雨量の等雨量線 (山口県土木建築部、台風9号災害記録誌¹⁾より転載)

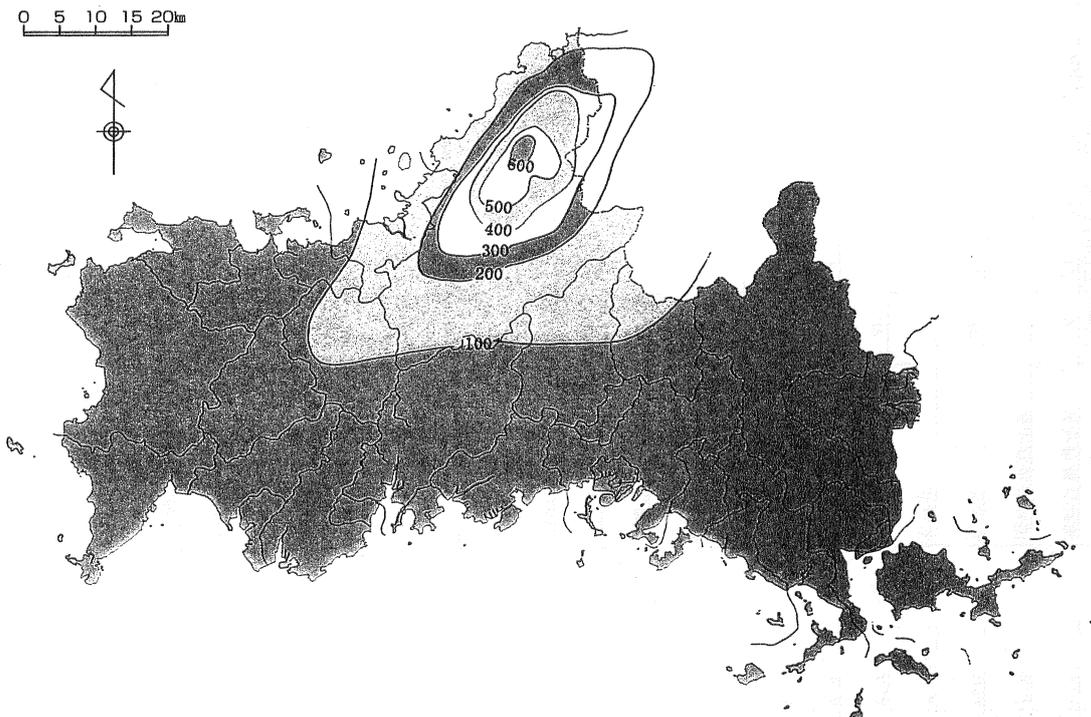


図-1 (b) 最大24時間雨量の等雨量線 (山口県土木建築部、台風9号災害記録誌¹⁾より転載)

表-1 崩壊斜面の諸元と対策工

No.	地点	市町村	地質	崩壊規模				崩壊の型	崩壊の要因	斜面崩壊前の対策工			斜面崩壊後の対策工
				勾配 α (度)	長さ L (m)	幅 B (m)	高さ T (m)			種類	損傷の有無	施工経緯	
1	江良A	むつみ村	流紋岩質凝灰岩	36	21.1	28.0	2.5	平面すべり	-	有	斜面崩壊	1995	布面籠工
	江良C		流紋岩質凝灰岩	64	16.0	5.0	-	"	-	有	切土	1984	プレキャスト法砕工
2	野田A		玄武岩	46	25.0	-	-	"	-	有	切土	-	-
	野田B		玄武岩	52	9.8	16.8	1.0	"	基盤との境界	有	切土	1984	プレキャスト法砕工
	野田C		玄武岩	40	6.5	17.5	0.7	"	-	有	切土	1984	植生工 擁壁 崩土の除去
3	麻生A		花崗閃緑岩	-	21.2	15.0	-	"	-	有	切土	-	-
	麻生B		花崗閃緑岩	-	-	-	-	"	-	有	切土	-	-
4	陵川A		花崗岩	40	6.5	46.5	-	"	-	有	切土	-	-
	陵川B		花崗岩	40	3.9	18.2	-	"	-	有	切土	-	場所打ち法砕工
5	平ヶ重B		花崗岩	50	27.8	11.1	2.1	"	-	有, 有	切土	1976	金網式落石防止さくの補修
6	佐波木A		花崗岩	52	11.4	23.5	-	"	-	無	切土	1980~1981	ブロック積み擁壁
	佐波木D		花崗岩	45	12.6	8.9	2.0	"	-	有	切土	1980	崩壊部にコンクリート吹き付け工
7	中央B		玄武岩	53	13.3	7.1	0.4	"	基盤との境界	有	切土	1978	勾配修正 コンクリート吹き付け工
8	金谷A		砂岩	39	10.3	12.0	-	"	集水地形	有	切土	1984	-
	金谷B	砂岩	38	20.3	34.8	7.0	円弧すべり	集水地形	有	切土	1984	-	
9	長尾A	花崗岩	50	3.9	15.1	-	平面すべり	集水地形	無	切土	1979~1980	プレキャスト法砕工	
10	安附A	流紋岩質凝灰岩	33	14.7	16.0	-	"	-	有	斜面崩壊	1981	-	
11	辻山C	流紋岩質凝灰岩	45	24.0	14.1	-	"	-	有	斜面崩壊	1985	吹き付け法砕工	
	辻山D	流紋岩質凝灰岩	45	-	18.2	-	"	-	無, 有	切土	1984	吹き付け法砕工	
	辻山E	流紋岩質凝灰岩	45	31.1	47.8	2.0	"	-	有	切土	1984	吹き付け法砕工	
12	後井	流紋岩質凝灰岩	39	6.4	13.0	-	"	-	無	斜面崩壊	1995	崩土の除去	
13	栗原A	凝灰角礫岩	70	29.3	4.2	-	岩崩落	-	有	切土	1977	落石の除去	
14	畑D	花崗閃緑岩	50	3.1	4.1	-	平面すべり	-	有	切土	-	布面籠工	

14	畑F	花崗閃緑岩	20	10.5	5.0	-	"	集水地形 湧水	コンクリート擁壁、植生工 金網式落石防止さく	有、有	切土	1975	コンクリート擁壁と金網式落石防止さくの補修 場所打ち法砕工
14	畑G	花崗閃緑岩	30	71.7	17.6	5.0	円弧すべり	集水地形 湧水	コンクリート擁壁、植生工 金網式落石防止さく	有、有	切土	1975	金網式落石防止さくの補修 場所打ち法砕工
15	堂ヶ追D	石英閃緑岩	-	9.9	10.0	-	"	-	コンクリート擁壁、植生工 金網式落石防止さく	無、有	切土	-	-
16	別所A	安山岩	48	21.7	17.5	1.9	"	湧水	コンクリート擁壁、植生工 金網式落石防止さく	有、有	切土	1992~1993	崩土の除去
	別所B	安山岩	70	43.7	12.0	-	"	-	コンクリート擁壁、植生工 金網式落石防止さく	有、有	切土	1965~1974	無
17	鶴ヶ谷A	流紋岩質凝灰岩	42	9.4	24.4	-	"	集水地形	コンクリート擁壁、植生工 金網式落石防止さく	無、有	切土	1973	崩土の除去、切り直し 植生工
18	平蔵A	流紋岩質凝灰岩	45	9.2	7.0	-	"	-	ブロック張り工	有	切土	1985~1990	布固籠工
19	小石F	流紋岩質凝灰岩	49	6.1	13.3	-	"	-	ブロック張り工	有	切土	1993~1994	プレキャスト法砕工
20	入屋C	石英閃緑岩	-	5.0	6.0	-	"	-	ブロック張り工	有	斜面崩壊	1995~1996	プレキャスト法砕工
21	桜D	花崗閃緑岩	50	15.5	29.0	-	"	基盤の境界	コンクリート擁壁、植生工 金網式落石防止さく	有、有	切土	1977	切り直し 植生工
	桜H	花崗閃緑岩	70	7.4	15.0	-	"	-	コンクリート擁壁、植生工	無、有	切土	1981	崩土の除去
	桜K	花崗閃緑岩	30	9.2	7.0	0.7	"	-	植生工	無	切土	1980	崩土の除去 布固籠工
22	金峰A	花崗閃緑岩	43	21.0	16.0	-	"	-	コンクリート擁壁、植生工	有、有	斜面崩壊	1980	コンクリート擁壁
23	生野D	玄武岩	-	14.1	13.0	-	"	湧水	コンクリート擁壁、植生工 金網式落石防止さく	有、有	斜面崩壊	1983	切り直し 吹き付け法砕工
24	福谷A	玄武岩	45	28.8	33.6	-	"	基盤が流れ盤構造	コンクリート擁壁、植生工 もたれ式コンクリート擁壁	有、有	斜面崩壊	1980	補強土による盛土
25	前仁保谷	玄武岩	45	47.0	26.5	-	"	-	ブロック積み擁壁 植生工	有、有	切土	1965~1974	ジオテキスタイル補強土工
26	宇生質	流紋岩質凝灰岩	-	33.0	28.8	3.0	"	-	吹き付け法砕工 ブロック積み擁壁、植生工	有、有	切土	1981	吹き付け法砕工 ブロック積み擁壁
	上方	流紋岩質凝灰岩	52	6.6	6.7	0.2	"	-	植生工	有、有	切土	-	-
27	田平B	流紋岩質凝灰岩	-	16.0	10.0	3.0	"	-	コンクリート擁壁 植生工	無、有	切土	1979~1981	コンクリート擁壁の補修 金網式落石防止さく
	田平C	流紋岩質凝灰岩	50	18.7	5.0	-	"	-	コンクリート擁壁、植生工 金網式落石防止さく	有、有	切土	1979~1981	コンクリート擁壁と金網式落石防止さくの補修
	田平D	流紋岩質凝灰岩	70	29.2	28.0	-	"	-	コンクリート擁壁 植生工	無、有	切土	1979~1981	コンクリート擁壁の補修 金網式落石防止さく
28	灰福	デイサイト質凝灰岩	36	-	50.0	0.5	"	湧水	コンクリート擁壁 植生工	無、有	切土	1958頃	吹き付け法砕工
	夜場	流紋岩質凝灰岩	61	12.3	6.2	-	"	-	植生工	有	切土	1975	吹き付け法砕工
29	長谷C	デイサイト質凝灰岩	-	-	29.0	-	-	-	コンクリート吹き付け工	有	切土	1975頃	無
30	惣良台	デイサイト質凝灰岩	-	19.9	10.4	-	岩崩落	崩理	コンクリート擁壁、植生工 落石防止金網	有、有	切土	1975~1979	吹き付け法砕工
31	高岸	花崗閃緑岩	-	32.0	9.0	0.5	平面すべり	-	コンクリート擁壁、植生工 金網式落石防止さく	有、有	切土	-	-

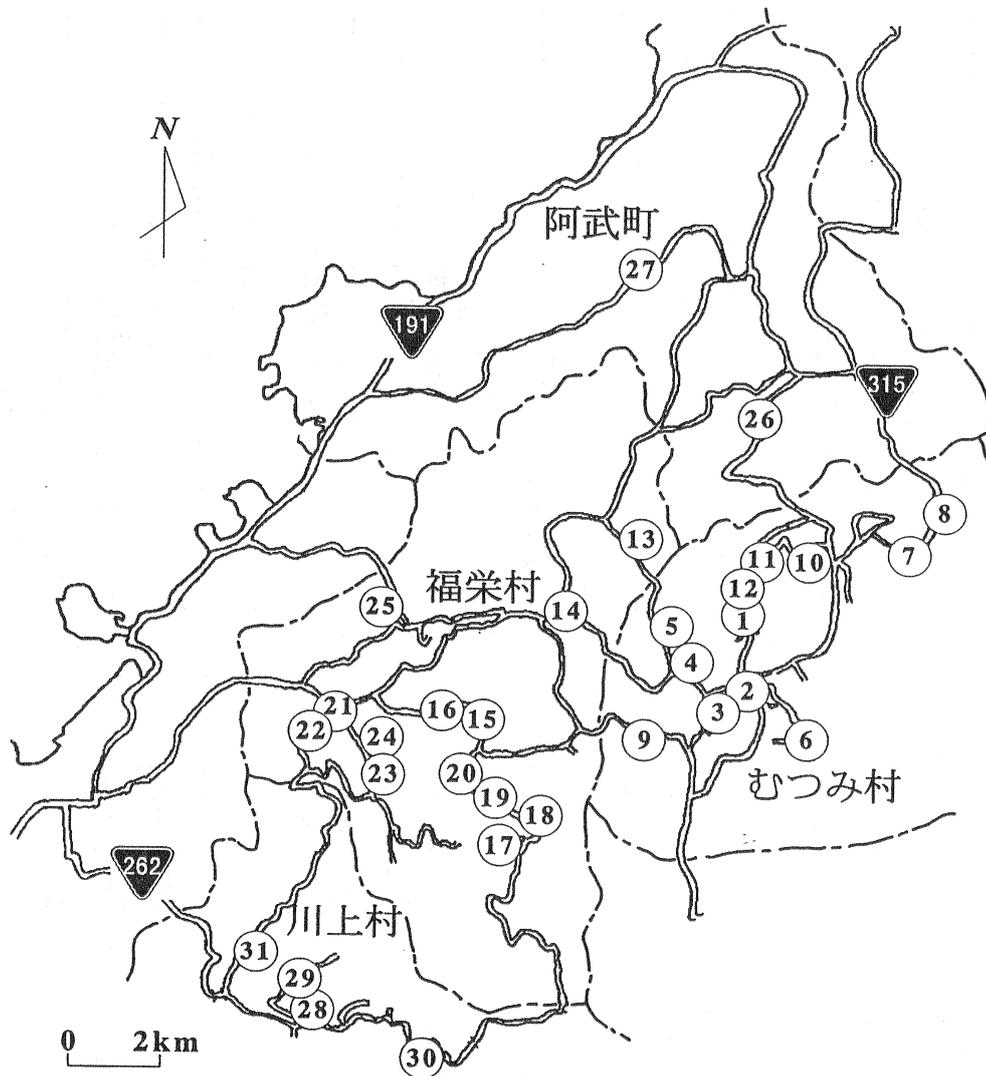


図-3 斜面崩壊の発生地区

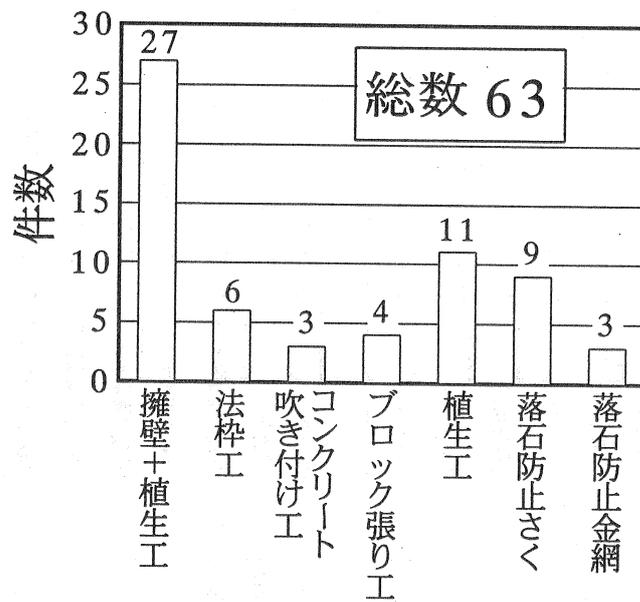


図-4 崩壊斜面の対策工の種類とその件数

4. 崩壊斜面の事例

4.1 擁壁上方部の植生工の部分が崩壊した斜面

(1) 佐波木D (むつみ村)

斜面崩壊は村道沿いの1割勾配の切土斜面で発生した。村道の山側の切土部分には、ブロック積み擁壁、井桁擁壁およびそれらの上方部の植生工を施しているが、これらは1980年の道路改良工事に伴って施した。斜面崩壊は植生工の部分で発生したおり、擁壁は破損しなかった(写真-1)。崩壊規模は長さ12.6m、幅8.9mおよび厚さ2.0mであり、平面すべりを呈していた。崩壊後の対策工としては、崩壊部分にコンクリート吹き付け工を施した(写真-2)。

(2) 畑F (福栄村)

斜面崩壊は主要地方道沿いの1割5分勾配の切土斜面で発生した。本斜面には1975年の道路改良工事に伴い、コンクリート擁壁、その天端の金網式落石防止さくおよびそれらの上方部の植生工を施した。なお、コンクリート擁壁は高さ1.8m、幅0.2mであった。

踏査の結果、崩壊の形態は以下のように考えられる。まず、崩壊は斜面下端部より約30m上方の勾配約20°の緩斜面において、長さ10m、幅5mの規模で発生した。その崩土は本地点が集水地形であるために、含水比が高く流動性の大きい状態にあった。そのため、崩土は土石流のような形態で斜面を流下し、コンクリート擁壁と金網式落石防止さを長さ約10mにわたって破損させた。崩壊後の斜面表面は沢状を呈し、崩土は斜面下端部

より約35mの位置にまで達するとともに、その幅は約50mに及んだ(写真-3)。

その後の対策としては、コンクリート擁壁と金網式落石防止さを修復した後、場所打ち法枠工を施した(写真-4)。

4.2 法枠工など法面を被覆する対策工が破損した斜面

(1) 辻山E (むつみ村)

斜面崩壊は村道沿いの勾配1割の切土斜面で発生した。村道は広域農道として整備した後に、村道として移管されたものである。その整備の際にプレキャスト法枠工を施した。崩壊規模は長さ31.1m、幅47.8mおよび厚さ2.0mと比較的大規模であった。また、崩壊時にプレキャスト法枠工はほとんど壊滅した(写真-5)。崩壊後の対策には吹き付け法枠工を施した(写真-6)。

(2) 平蔵A (福栄村)

斜面崩壊は主要地方道沿いの勾配1割の切土斜面で発生した(写真-7)。写真では斜面左側に布団籠工、右側にブロック張り工が見られる。ブロック張り工は布団籠工との境界付近のものがそれより右側のものより高く施工されており、この部分が崩壊している。崩壊規模は長さ9.2m、幅7.0mであった。本斜面は1985~1990年頃の道路改良工事により開削されたものであるが、当時は斜面全面に崩壊部分と同じブロック張り工が施されていた。その後、時期は不明であるが、斜面左側で崩壊が発生し布団籠工が施された。崩壊後の対策工には、斜面左側と同じ布団籠工を施した(写真-8)。



写真-1 佐波木Dの斜面崩壊

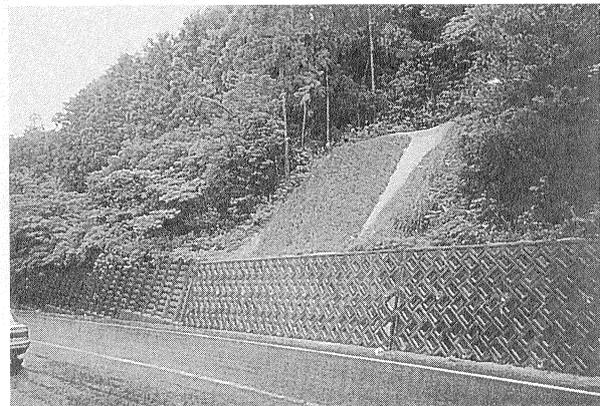


写真-2 佐波木Dの斜面对策



写真-3 畑Fの斜面崩壊



写真-4 畑Fの斜面对策

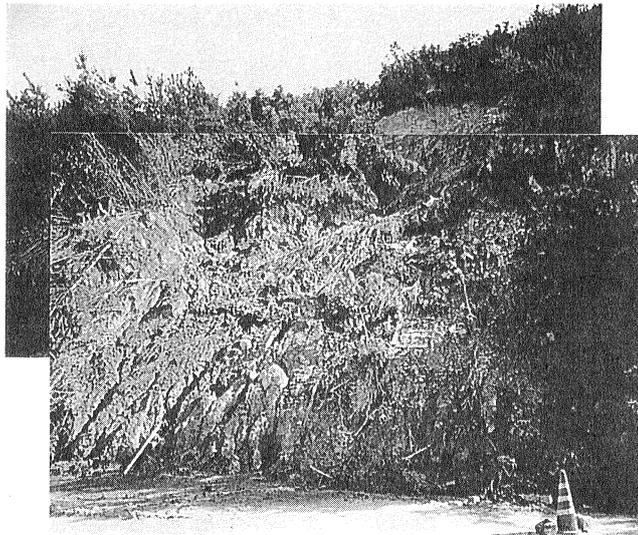


写真-5 辻山 E の斜面崩壊

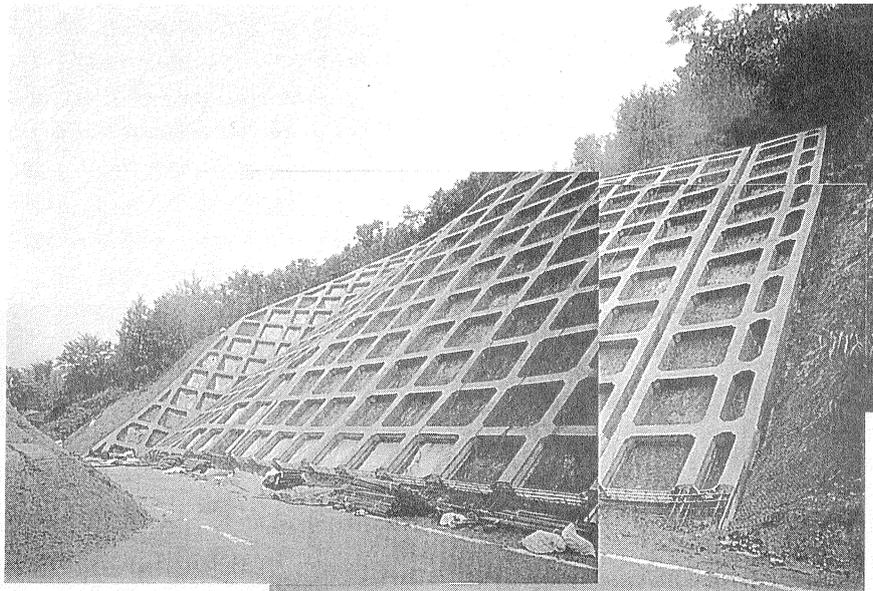


写真-6 辻山 E の斜面对策

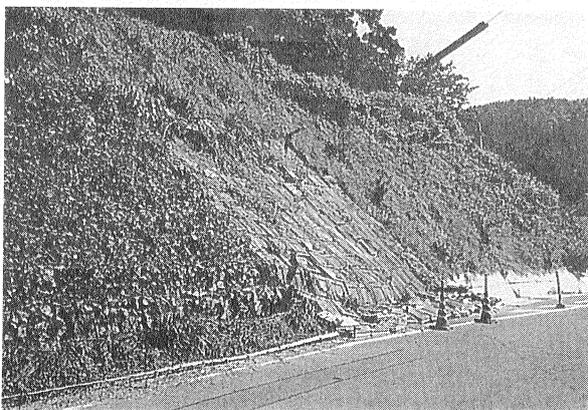


写真-7 平蕨 A の斜面崩壊

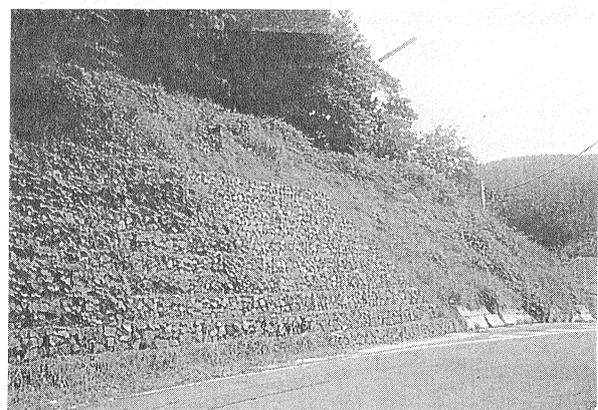


写真-8 平蕨 A の斜面对策

4.3 植生工のみが施された斜面

(1) 野田 B (むつみ村)

斜面崩壊は辻山 E と同じ村道沿いの 1 割勾配の切土斜面で発生した。斜面には植生工が施されていたが、その施工年度も辻山 E と同じく 1984 年である。

崩壊後の斜面表面には、つるつるした黒色の薄層土がみられ、これをすべり面として崩壊が発生した(写真-9)。崩壊規模は長さ 9.8m、幅 16.8m および厚さ 1.0m であった。また、崩壊後の斜面にはプレキャスト法枠工を施した(写真-10)。

4.4 落石防止対策工を施した斜面

(1) 惣良台 (川上村)

斜面崩壊は県道沿いの岩盤の露頭が広範囲に見られる斜面で発生した(写真-11)。崩壊の形態は節理面に沿った岩崩落であり、その規模は長さ 19.9m、幅 10.4m であった。この斜面にはコンクリート擁壁とその上部の斜面表面の落石防止金網を施していた。しかし、岩崩落による落石の一部は、その金網を突き破り県道まで落下した。崩壊後の対策工には吹き付け法枠工と金網式落石防止さくを施した(写真-12)。

4.5 その他の特殊な事例

(1) 前仁保谷 (福栄村)

本地点の斜面は大井川沿いの急峻な溪谷を開削したものである。崩壊は谷側の斜面で発生しており、その対策工として採用したブロック積み擁壁は壊滅的に破損した(写真-13)。崩壊規模は長さ 47.0m、幅 26.5m できわめて大きい。ブロック積み擁壁は、道路の幅員確保のために斜面中腹の一部にのみ施したものである。

崩壊後の対策工には、ジオテキスタイル補強土工を用いている(写真-14)。

(2) 宇生賀 (阿武町)

斜面崩壊は町道沿いの勾配 1 割の切土斜面で発生した(写真-15)。町道は 1981 年に設けられた広域農道が町道として移管されたものであり、当初は斜面下部のブロック積み擁壁のみが施された。その後、吹き付け法枠工を斜面上部に施した。崩壊規模は長さ 33.0m、幅 28.8m であり、対策工が最も大規模に破損した崩壊であった。崩壊後の対策工は、崩壊前と同じ吹き付け法枠工とブロック積み擁壁である(写真-16)。



写真-9 野田 B の斜面崩壊



写真-10 野田 B の斜面对策



写真-11 惣良台の斜面崩壊



写真-12 惣良台の斜面对策



写真-13 前仁保谷の斜面崩壊
(山口県萩土木建築事務所による)

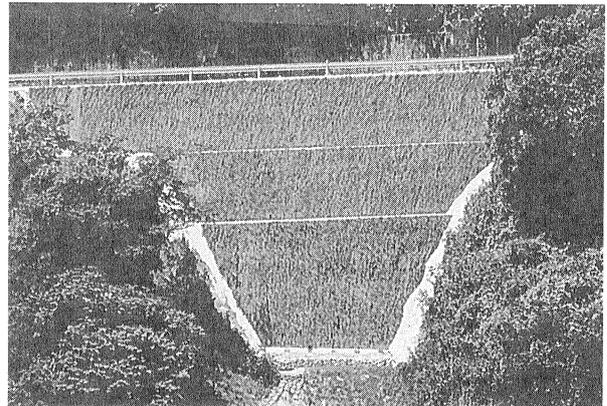


写真-14 前仁保谷の斜面对策
(山口県萩土木建築事務所による)

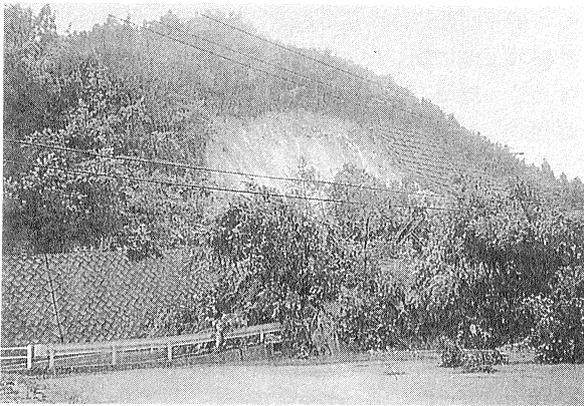


写真-15 宇生賀の斜面崩壊 (山口県土木建築部、台風9号災害記録誌より転載)

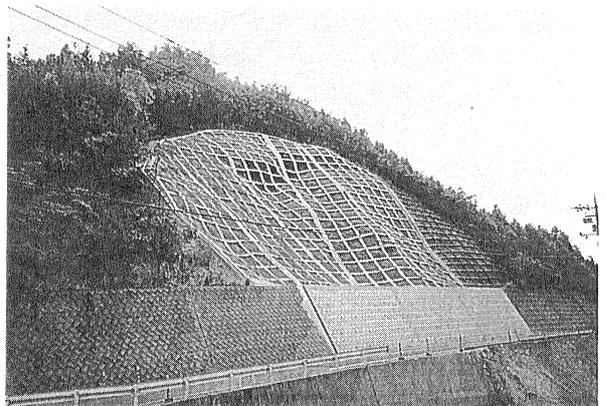


写真-16 宇生賀の斜面对策 (山口県土木建築部、台風9号災害記録誌より転載)

5. まとめ

本調査によって明らかになった点をまとめると次のようになる。

49件の崩壊した斜面のうち22件は、1980年代に施工されたものである。また、対策工の多くは以下の3つに大別できることがわかった。

- ① 擁壁：コンクリート、ブロック積み
- ② 法面を被覆する対策工：法枠工、ブロック張り工、コンクリート吹き付け工
- ③ 植生工

このうち斜面安定に対する効果が最も小さいのは植生工である。しかし、崩壊件数が最も多かったのは擁壁とその上部に植生工を施した斜面であり、崩壊は植生工の部分で発生した。今後、このことを教訓にして、擁壁を施工する際には、その上部に植生工以上の斜面安定の効果のある対策工を施すことが必要と考える。また今後それが具体化されることを期待したい。

謝辞

本論文をまとめるに当たり、山口県土木建築部、山口県阿東土木事務所、同萩土木建築事務所、福栄村役場、

むつみ村役場および阿武町役場の関係諸氏には、斜面对策工の聞き取り調査に際して多大なご協力を頂いた。これらの諸氏に厚く謝意を表する。

参考文献

- 1)山本哲朗・榊井明・芋岡敏彦・松本直：1997年台風9号によって決壊したため池の堤体調査事例，土と基礎，Vol.46, No.5, pp.40~42, 1998.
- 2)山本哲朗・松本直・宮部智之：1997年台風9号による斜面・河川災害，自然災害西部地区部会報，22号，pp.21~28, 1998.
- 3)山口県土木建築部編：台風9号災害記録誌，1997.
- 4)山本哲朗・高本直邦・松本直：山口県内の白亜紀花崗岩類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盤工学に関するシンポジウム発表論文集，pp.11~16, 1997.
- 5)山本哲朗・松本直・高本直邦・瀬原洋一：山口県下の白亜紀花崗岩類からなる斜面の豪雨時崩壊の特徴，第49回土木学会中国支部研究発表会概要集，pp.385~386, 1997.