

土 木 研 究 所 資 料

長大切土のり面被災実態調査報告

平成元年8月

建 設 省 土 木 研 究 所
砂防部急傾斜地崩壊研究室

Copyright © (1989) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

長大切土のり面被災実態調査報告

急傾斜地崩壊研究室 室長	吉 松 弘 行
前主任研究員	寺 本 和 子
主任研究員	西 川 純 一
研 究 員	服 部 泰 英
	大 浦 二 朗

要 旨

切土高30m以上の長大切土のり面について、全国より抽出した81箇所ののり面を実態調査した。このうち56箇所は崩壊の履歴を持つものである。被災傾向は、切土高30m未満の場合と較べて被災規模が小さくなる傾向がみられる。これは急峻地では切土高を抑えるために勾配をきつくする傾向があるためと考えられる。また、軟岩地盤では、とくに、結果的に適切な勾配よりきつく切るために被災に至る傾向があり、今後、標準切土勾配をきめ細かに設定する必要がある。これらの傾向と検討を踏まえ、長大切土のり面の処理工および被災後の復旧処理工のフローを作成した。

キーワード：道路のり面，長大切土，崩壊

＊（現）建設省中部地方建設局富士砂防工事事務所所長

はじめに

全国的に道路整備が進行する中で、新たな道路建設、既存道路の改修の際に、切土量の大きい長大切土のり面の工事が増加すると考えられる。

長大切土においては、のり面の崩壊現象が小規模なのり面の場合と異なることも予想される。また、長大切土ではのり面の処理工法の選択により工費、所要用地が大きく変わってくることも考えられ、従来の一般的切土の考え方だけでは十分に対応できないと思われる。従って、長大切土における問題点を整理し、適切な考え方を確立しておくことが早急に必要とされる。

このような状況に対応するべく、昭和61年度に全国の長大切土のり面を対象にした処理工法のアンケートによる実態調査が行なわれた。今回はこの結果を基に崩壊が発生したのり面を選定し、資料調査と現地調査により、崩壊原因を推定するとともに、処理工選定上の考え方と処理工の効果について検討を加えた。

本調査を実施するにあたり、関係部署の各位には大いに協力をいただいた。記して感謝する次第である。

はじめに	
1. 調査方法	1
1. 1 調査対象	1
1. 2 調査項目と分類基準	1
2. 調査結果と考察	11
2. 1 災害履歴	11
2. 2 切土高と平均のり勾配	12
2. 3 切土のり面の地盤	13
2. 4 地形	13
2. 5 被災切土の特徴	14
3. のり面勾配と地質の関係	26
4. 地質及びのり勾配と対策工法の関係	28
5. 対策工法の選定経緯	30
5. 1 被災時期と被災後の工法の選定	33
5. 2 被災規模と被災後の工法の選定	33
5. 3 被災形態と被災後の工法の選定	34
6. 長大切土のり面に特有の対策工法	34
7. まとめ	35
7. 1 被災の実態	35
7. 2 対策工法	38
7. 3 問題点と課題	38
おわりに	39

1. 調査方法

1. 1 調査対象

今回の調査対象は、一般国道における切土高30m以上の長大切土のり面である。対象となるのり面の抽出は、昭和61年度長大切土の実態調査から、大規模（崩壊土量5,000m³以上）と中規模（崩壊土量1,000～5,000m³）の崩壊が発生した地点から選んだ。大規模と分類されるもの10箇所、中規模とされるもの10箇所である。これら20箇所については資料調査を実施した。検討した資料はのり面の平面図、処理工選定の考え方および崩壊原因を示す資料、地質資料である。

資料調査の対象となった地点とは別に、現地調査を実施して諸資料を整備した。現地調査の対象とした地点は、①昭和61年度長大切土のり面実態調査より、大・中規模崩壊の発生件数が多く、長大切土のり面の数が多い路線（ただし、前記の資料調査の対象になったところとは重複しない路線である）。

②現在、長大切土を施工中の路線から11路線を選び、61箇所を調査対象とした。このうち崩壊した履歴をもつり面は36箇所である。資料調査、現地調査の分を合わせて、81箇所（そのうち崩壊履歴をもつもの56箇所）が、以後の検討対象となっている。

調査対象は結果的に全国的に散らばっているが、のり面の地質頻度を勘案しているわけではない。調査対象81箇所の基岩の地質分類を表－1に示す。

表－1 調査箇所の基岩地質

		%
古 生 層	3	4
中 生 層	22	27
古第三紀層	6	7
新第三紀層	16	20
変成岩 (含シヤン岩)	7	9
火 成 岩	15	18
深 成 岩	8	10
火山噴出物	4	5
	81	100

1.2 調査項目と分類基準

調査項目は、1) 地形状況、2) 地質状況、3) 被災状況、4) 切土形式の4項目であり、表－2に示す長大切土のり面詳細調査を用い取りまとめた。さらに、これらの内容を平面図と断面図に表わし、代表的なのり面对策工の構造図及び記録写真とともにまとめた（原図は急傾斜地崩壊研究室に保管されている）。

各調査項目の記載は以下に示す基準に従った。

表-2 長大切土のり面詳細調査表

番 号		路 線 名		位 置	
事 務 所				作成年月 年 月 日	

地 形 状 況	地形特性	地形分類				特異地形				
		平面形状				横断形状				
	背後斜面	通緩点	有・無				通急点	有・無		
		集水地形	有・無				わ・ん・く	有・無		
		植 生	種 類			密 度	樹 幹 径	樹 齢		
	切土前の地形勾配		(実 測・推 定)							
	の り 面 の 地 質 状 況	厚 さ	土 質		成 因		地 質 調 査			
		表 土								
		未固結層								
		風 化 土								
崩壊土		岩 分 類	風 化 区 分	岩石の硬さ	割れ目状態	Vp値	N 値	既 存 崩 壊		
		I						分 類		
		II						規 模		
基 盤 岩		地層名				岩 種				
		走 向	傾 斜		巾・間隔	差 し 目、流 れ 目				
		層 理								
	割れ目									
	断 層									
	岩 盤 区 分	岩 分 類	岩石の硬さ		割れ目間隔	割れ目状況	Vp値	N 値		
		I								
		II								
		III								
		IV								
湧 水	乾燥・湿潤	湧水場所				湧水量				
	表面水・湧水	地質的位置				調査時間	月	降雨後 日程度		
地形・地質 の 特 徴										

切 土 形 式	のり面直		のり面平均勾配						のり面の方向						
	のり 形状	品上のり	小段幅	2番のり	小段幅	3番のり	小段幅	4番のり	小段幅	5番のり	小段幅	6番のり	小段幅	7番のり	小段幅
	勾配														
	直高														
変 更 歴	年 月		施工中, 施工後		理 由		変 更 前 の 切 土 形 式								
							直 高		平均勾配						
切 土 の り 面 の 対 策 工	のり面保護工・落石対策工	I	工 種	寸 法	完 成 年 月		のり面排水工	I	工 種	寸 法	完 成 年 月				
		II						II							
		III						III							
		IV						IV							
		V													
		VI													
		VII													
		VIII													
	現 況														
被 災 状 況	崩壊地すべり	1	崩 壊 分 類	発 生 時 期	規 模 (長 さ , 高 さ , 幅 , 深 さ)			発 生 場 所		地 質 的 位 置					
		2													
		3													
	特 徴														
全体について の所感															

長大切土のり面詳細調査表 (調査図)

(平面図) 縮尺1:
(代表断面図) 縮尺1:

番 号		路線名		位 置	
事務所				作 成 年 月	年 月 日

(構造特許確認)

長大切土のり面詳細調査表 (記録写真)

番 号		路線名		位 置	
事務所				作 成 年 月	年 月 日

--

1) 地形状況

地形状況を地形分類、特異地形、平面形状、縦断形状の4項目によって分類した。

・地形分類

急峻山地 ——— 斜面傾斜角度の大きい、侵食度合の大きい山岳地

普通山地 ——— 侵食度合のやや弱い山岳地

丘陵地 ——— 侵食度合の弱い、斜面比高の小さい地帯

台地 ——— 段丘面、火山斜面の分布地域

・特異地形

地すべり地、崩壊地、大規模崖錐地、海食崖、火山山麓など、地土の安定性に関連が高い地形を記す。

・平面形状

切土面が位置する斜面を侵食状況に応じ、尾根型、斜面平行型、凸斜面型の三つに分類する。

(図-1)

尾根型 ——— 侵食をほとんど受けてない。

斜面平行型 ——— 斜面に平行する河川、海などによって激しい侵食を受けている。

凸斜面型 ——— 斜面と直交する小沢による侵食が激しい。斜面と平行する侵食は弱い。

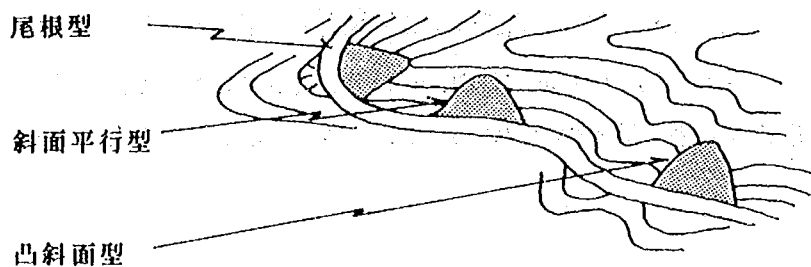


図-1 平面形状の分類

・縦断形状

縦断面での斜面形状を凹型、直線型、凸型の三つと凸型の特殊型である台地型、尾根型に分類する。

(図-2)

凹型 ——— 崖錐などの堆積環境にあり、山腹下部に多い。

直線型 ——— 侵食に対して斜面が均一な状況にあり、山腹中央部に多い。

凸型 ——— 斜面下方部がより侵食された状況にある。

台地型・尾根型 ——— 凸型のうちで、上方背後で斜面の途切れるものを指す。台地型は背後が段丘などの平坦面となっている。

その他に切土の背後の斜面状況については、遷緩点、遷急点、集水地形、オーバーハングの有無および植生状況を示す。

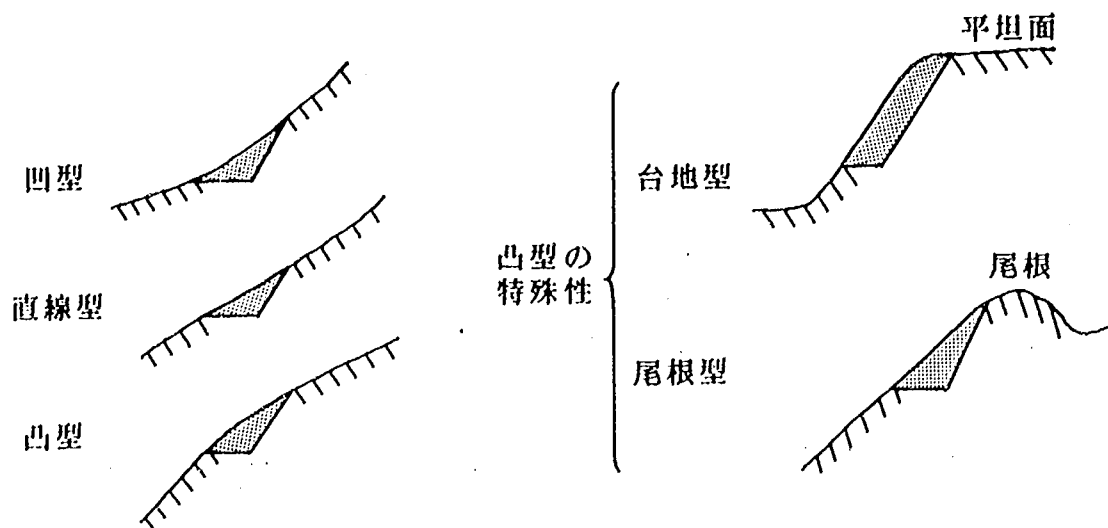


図-2 縦断形状の分類

2) 地質状況

切土のり面の表層地質を表土、未固結層、風化土、崩積土、基盤岩のいずれかに分類する（表-3）。このうち表土、未固結層、風化土の三つの場合については表-4を参考にし、厚さ、土質、成因を示し、崩壊および地すべりに伴う崩積土については崩壊の種類と規模を示す。それぞれ岩盤分類、風化区分、岩石の硬さ、割れ目状況を明らかにする。

基盤岩については、その地層名と岩種を明らかにし、それら基盤岩の層理、断層、割れ目などの地質構造を示す。切土のり面における岩盤分類は建設省の基準（表-5）を用い、表-5の右欄の事項を補っている。また、切土のり面のN値、弾性波速度（ V_p 値）のデータがあるものについては、それらを収録している。湧水の状況については、乾燥、湿潤、表面水、湧水に4分類する。

・地質構造

①種類

層理 ——— 地層の堆積面

片理 ——— 結晶片岩などに見られる結晶の並んだ面、剥離しやすい。

節理 ——— 岩石中の明瞭な割れ目、変位は見られない。

層状節理 ——— 表層の応力解放による分離面

柱状節理 ——— 溶岩などの冷却収縮によって形成される分離面

断層 ——— 変位を伴う岩石中の割れ目、ときに破碎帯を伴う。

②斜面と構造の関係

層理あるいは片理、層状節理など顕著な層構造と斜面の関係を図-3のように4つに分類する。

3) 被災状況

切土のり面に生じた崩壊の分類を行い、その発生時期、規模、発生場所、地質的位置を示す。

・被災分類

表-3 地盤分類表

(地 盤)	(成 因)	(土質及び岩盤分類)
表 土	腐植土	土質分類
未固結層	火山堆積物	
	火山灰, ローム, シラス, 軽石	
	スコリア, 火山礫, 火山岩塊	
	段丘堆積物	
	崖錐堆積物	
	泥流堆積物	
	土石流堆積物	
風 化 土	(基盤岩)の強風化	
(地 盤)	(風化区分)	
崩 積 土	土 砂 状	岩盤分類
	強 風 化 状	
	風 化 状	
	弱 風 化 状	
(地 盤)	(岩 種)	
基 盤 岩	・堆積岩	
	中 古 生 層	
	砂岩, 泥岩互層	
	古第三紀層	
	チャート, 石灰岩	
	新第三紀層	
	集塊岩, 凝灰岩	
	洪 積 層	
	角礫凝灰岩	
	・火山岩 (第四紀以後のもの)	
	シラス, 凝灰岩, 凝灰角礫岩	
	火山角礫岩, 溶結凝灰岩	
	・変成岩	
	片麻岩, 緑色片岩, 黒色片岩	
	砂質片岩, ホルンフェルス	
	・深成岩, 半深成岩	
	花崗岩, 閃緑岩, ハンレイ岩, 斑岩	
	ヒン岩, 粗粒玄武岩, カンラン岩	

表-4 土質分類表¹⁾

簡易分類名	土質名	定義または説明			工学的分類体系との対応			
礫	礫 粗中細砂	細粒分が5%未満	ほとんどの粒子が 2~75mmの場合 " 20~75mmの場合 " 5~20mmの場合 " 2~ 5mmの場合 かなりの砂分を含む礫		(G)		(G)	G
	シルト 粘土 有機質土 火山灰	細粒分が5%以上15%未満	細粒分がシルト {M} " 粘性土 {C} " 有機質土 {O} " 火山灰質粘性土 {V}		(G-M) (G-C) (G-O) (G-V)	{G-F}		
礫質土	シルト 粘土 有機質土 火山灰	細粒分が15%以上50%未満	細粒分がシルト {M} " 粘性土 {C} " 有機質土 {O} " 火山灰質粘性土 {V}		(GM) (GC) (GO) (GV)		{GF}	
砂	礫混じり砂 粗細砂	細粒分が5%未満	礫を含む砂 ほとんどが 74μm~2.0mmの場合 " 0.42mm~2.0mmの場合 " 74μm~0.42mmの場合		(S)		{S}	S
	シルト 粘土 有機質土 火山灰	細粒分が5%以上15%未満	細粒分がシルト {M} " 粘性土 {C} " 有機質土 {O} " 火山灰質粘性土 {V}		(S-M) (S-C) (S-O) (S-V)	{S-F}		
砂質土	シルト 粘土 有機質土 火山灰	細粒分が15%以上50%未満	細粒分がシルト {M} " 粘性土 {C} " 有機質土 {O} " 火山灰質粘性土 {V}		(SM) (SC) (SO) (SV)		{SF}	
シルト	砂質シルト シルト 粘土質シルト	細粒分が50%以上	砂分が目立つ	ダイヤン現象が顕著で乾燥強さが低い。	$\omega_L < 50$	(ML)	{M}	F
	砂分が目立たない		シルトとシルト質粘土の中間的。	$\omega_L \geq 50$	(MH)			
粘性土	砂質シルト シルト質粘土 粘土		砂分が目立つ	ダイヤン現象がなく乾燥強さが高い、又は中ぐらい。	$\omega_L < 50$	(CL)	{C}	
	砂分が目立たない			$\omega_L \geq 50$	(CH)			
有機質土	有機質シルト 有機質シルト粘土 有機質砂質粘土 有機質粘土		有機成分を含み、黒色又は暗色で有機臭がある	無機成分はシルト 無機成分はシルト質粘土 無機成分は砂質粘土 無機成分は粘土	$\omega_L < 50$	(OL)	{O}	
	$\omega_L \geq 50$				(OH)			
	無機成分に火山灰質粘土				(OV)			
火山灰質粘性土	灰 関東ロームなど各地のローム		火山灰質粘性土で $\omega_L < 80$ " $\omega_L \geq 80$		(VH ₁) (VH ₂)		{V}	
高有機質土	泥炭など 黒泥など	繊維質の高有機質土 分解の進んだ高有機質土			(Pt) (Mk)		{Pt}	

表-5 基盤岩の分類²⁾

岩 分 類		代 表 岩	風 化 状 況	亀裂(等)状況	弾性波速度 (km/sec)	
名 称	岩石の程度				A	B
軟 岩 (I)	第3紀の岩石で固結の程度が弱いもの。風化がはなはだしく、きわめてもろいもの。指先で離し得る程度のもので、亀裂間の距離は1~5cmぐらいのもの。	第3紀の岩石で固結程度の弱いもの。	風化がはなはだしく、極めてもろく、指先で離し得る。	1~5cm間隔	0.7~1.2	1.0~1.8
	第3紀の岩石で固結の程度が良好なもの。風化が相当進み、多少変色を伴い軽い打撃により容易に割れ得るもの。離れ易いもの。亀裂間の距離は5~10cm程度のもの。	第3紀の岩石で固結程度の良好なもの。	風化が相当進み、多少変色を伴い、軽い打撃によって容易に割れる	5~10cm間隔		
軟 岩 (II)	凝灰質で強く固結しているもの。風化は目に沿って相当進んでいるもの。亀裂間の距離は10~30cm程度で、軽い打撃により離しうる程度、異種の岩が硬い互層をなしているもので層面を楽に離しうるもの。	凝灰質で強く、固結しているもの。	風化が目に沿って相当進んでいるもの。	10~30cm間隔 (軽い打撃で離し得る)	1.2~1.9	1.8~2.8
中 硬 岩	石灰岩、多孔質安山岩のようにとくに緻密でないが相当の硬さを有するもの。風化の程度のあまり進んでいないもの、硬い岩石で間隔が30~50cm程度の亀裂を有するもの。	石灰岩、多孔質安山岩のようにとくに緻密でないが相当の硬さを有するもの。	風化のあまり進んでいないもの。	30~50cm間隔	1.9~2.9	2.8~4.1
硬 岩 (I)	花崗岩、結晶岩など全く変化していないもの。亀裂間の距離は1m内外で相当密着しているもの。硬い良好な石材を取り得るようなもの。	花崗岩、結晶岩などで全く変化しないもの。	新 鮮	1m内外 (密着)	2.9~4.2	4.1~
硬 岩 (II)	珪岩、角岩など、石英質に富んだ岩質が硬いもの。風化していない新鮮な状態のもの。亀裂が少なく、よく密着しているもの。	珪岩、角岩など、石英質に富んで硬いもの。	新 鮮	亀裂少ない (よく密着)	4.2~	—

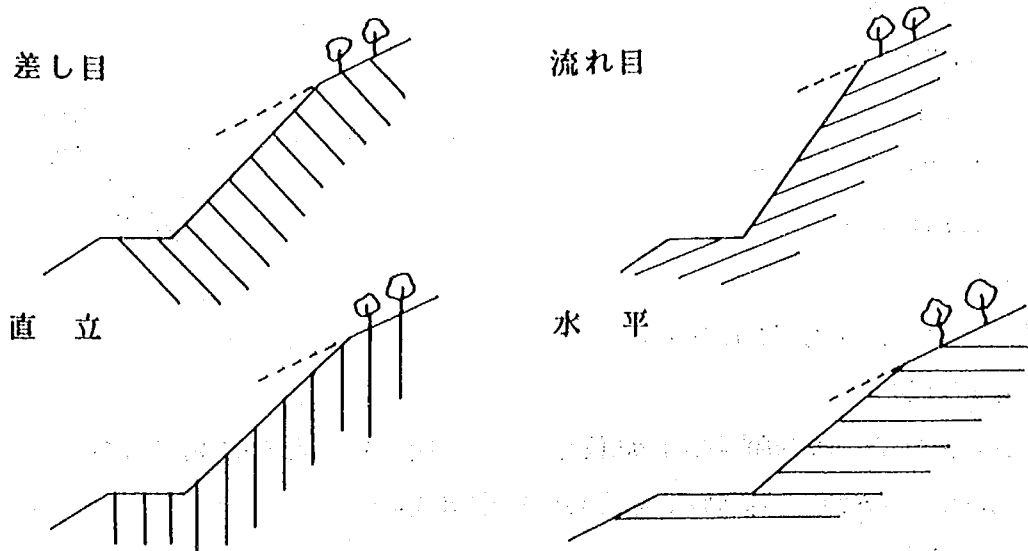


図-3 斜面と地質構造の関係

道路土工のり面工・斜面安定工指針の道路における土砂災害の分類を参考にし、崩壊を6分類し、そのうちの地すべりを4分類する。

	落石型崩壊	
	浅層円弧崩壊	
被災形態	浅層岩盤崩壊	岩盤地すべり
	深層円弧崩壊	風化岩地すべり
	深層岩盤崩壊	崩積土地すべり
地すべり	———	粘性土地すべり

・発生時期

記録のあるものは、発生年代を明記し、更に施工前、施工中、施工後に3分類する。小規模な切土が施されている場合、その切土が被災の原因と関係ないものは施工前に分類する。

・規模

長さ、高さ、幅、深さを明記し、以下の基準で3分類する。

大規模	崩壊土砂量
5,000m ³ 以上	
中規模	//
1,000～5,000m ³	
小規模	//
1,000m ³ 未満	

・発生場所

図-4のように6種類に分類する。

・被災箇所の地質

崩壊が発生した箇所の地質状況を新鮮岩、風化岩、風化土、破碎岩、未固結層、崩積土の6つに分類する。

・切土形式と対策工

切土形式を切土全体についてのり面の直高、のり面の平均勾配、のり面の方向について表わし、各小段についてその中と勾配及び高さを調べるものとする。

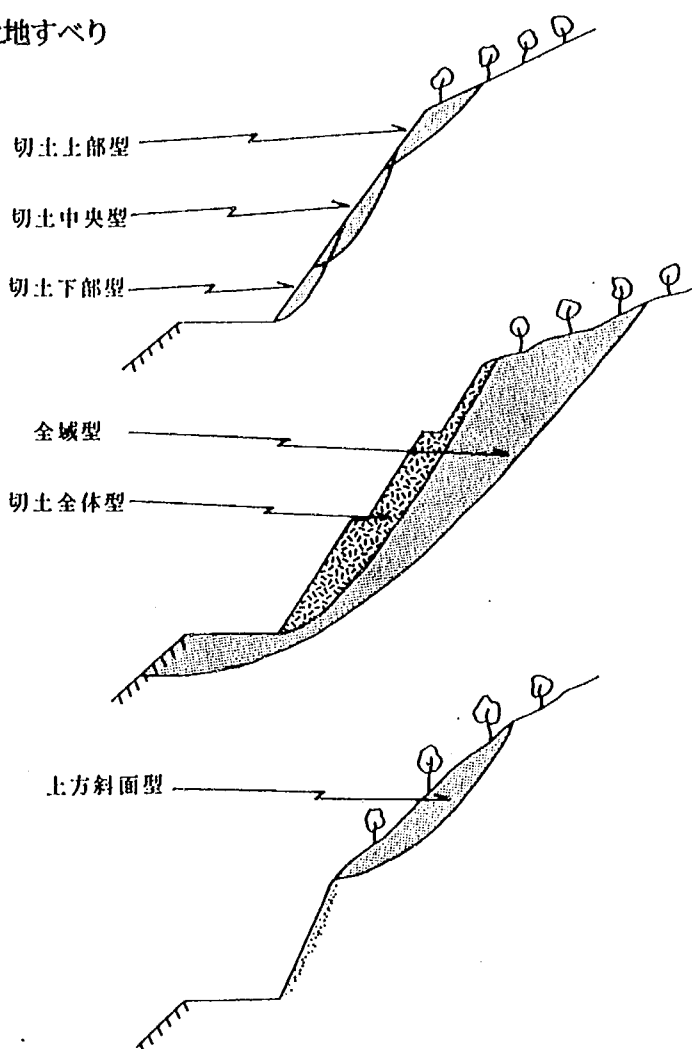


図-4 崩壊発生場所の分類

対策工は表－6に示すように分類する。

表－6 切土のり面対策工の分類

・モルタル吹付工	・アンカー工	・補強土工法	・えん堤工
・コンクリート吹付工	・ロックボルト工	・種子散布工	・床固め工
・石張工	・編柵工	・客土吹付工	・水制工
・ブロック張工	・のり面じやかご工	・植生マット工	・護岸工
・コンクリート張工	・落石防止網工	・張芝工	・水路工
・コンクリートブロックのり枠工 (プレキャストのり枠)	・落石防止柵工	・植生筋工	・のり面排水工
・現場打ちのり枠工	・落石履工	・筋芝工	・地下水排水工
・吹付のり枠工	・石積み擁壁工	・植生盤工	・雪崩対策工
(フリーフレーム工法)	・ブロック積擁壁工	・植生袋工	・軽量のり枠工
・根固め	・井桁工	・植生穴工	・洞門工及びポケット 式ロックネット
	・コンクリート擁壁工	・谷止工	
	・杭工		

2. 調査結果と考察

2.1 災害履歴

調査切土81箇所のうち、56箇所(69%)は崩壊、地すべり、落石等の災害が発生した箇所である。これらの被災形態は表－7に示される。ただし、重複して被災している箇所があるので個数は61となっている。

表－7 被災形態の分類

	個数	割合(%)
大規模崩壊・地すべり	7	11
深層岩盤崩壊	9	15
深層円弧崩壊	13	21
浅層岩盤崩壊	11	18
浅層円弧崩壊	18	30
落石型崩壊	3	5
合 計	61	100

このうち、浅層円弧崩壊が18箇所(30%)と頻度が高く、深層円弧崩壊(13箇所、21%)と浅層岩盤崩壊(11箇所、18%)と続いている。基盤の地質と崩壊の型分類の関係を表－8に示す。地質区分と被災の形態についてははっきりした傾向はみられない。

表-8 基盤の地質と崩壊の型分類の関係 (記号右の数字は重複を示す)

	非 被 災	大規模崩壊 地すべり	深層岩盤崩壊	深層円弧崩壊	浅層岩盤崩壊	浅層円弧崩壊	落石型崩壊	合 計 (重複を除く)
古 生 層				〇〇		〇		3
中 生 層	〇〇〇	〇〇〇〇	〇〇〇'〇	〇〇	〇〇〇〇'〇	〇〇〇〇'〇 〇''		22
古第三紀層	〇	〇			〇	〇〇	〇	6
新第三紀層	〇〇〇〇〇〇 〇〇〇〇〇	〇		〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	20
火 山 岩	〇〇〇〇〇		〇		〇〇	〇〇〇		11
火山噴出物				〇〇〇〇				4
深 成 岩	〇〇〇		〇〇〇	〇''	〇''	〇		8
変 成 岩 含クレーン岩	〇〇	〇	〇''	〇〇''		〇''〇'〇		7
合 計	25	7	9	13	11	18	3	86 \ 81

2.2 切土高と平均のり勾配

急峻山地、普通山地、丘陵地、台地という地形分類別にみた切土直高と平均切土のり勾配の関係を図-5に示す。切土高30~45m、平均のり勾配5分~1割5分に多くの事例が集中している。このうち平均のり勾配が1割より小さいものは急峻山地の事例が多く、1割より大きいものは台地、普通山地の事例が多い。これらの集中域とは別に、切土高45m以上の事例がのり勾配1割前後に集まっている。この多くは急峻山地、普通山地である。また、その勾配が1割5分より緩いものもあり、そのほとんどは丘陵地のものである。

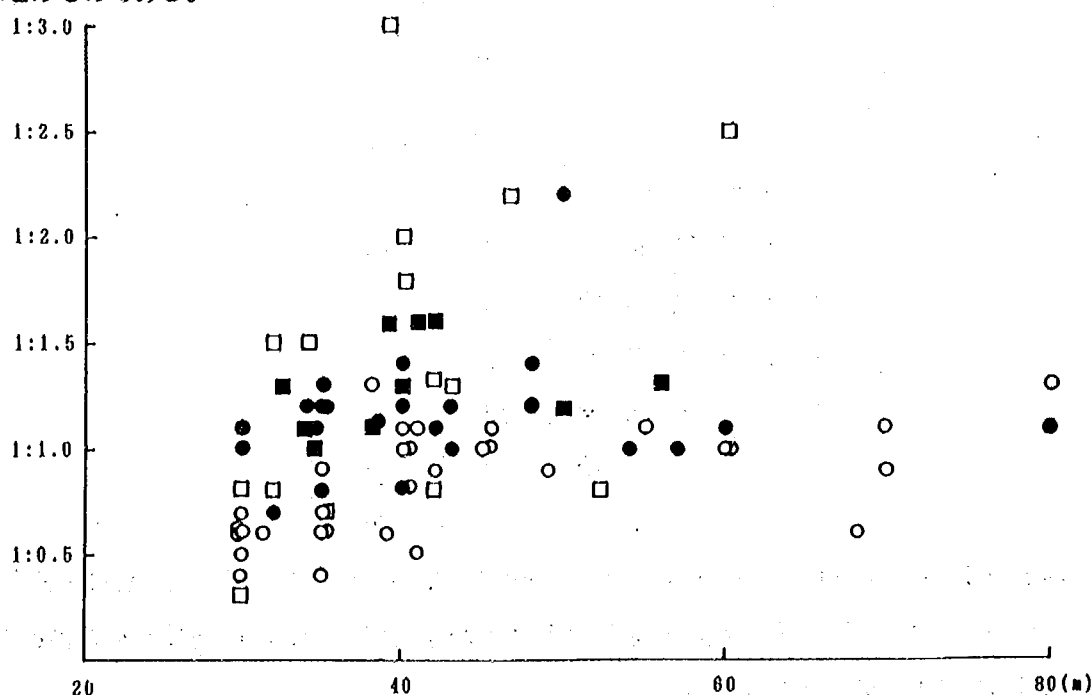
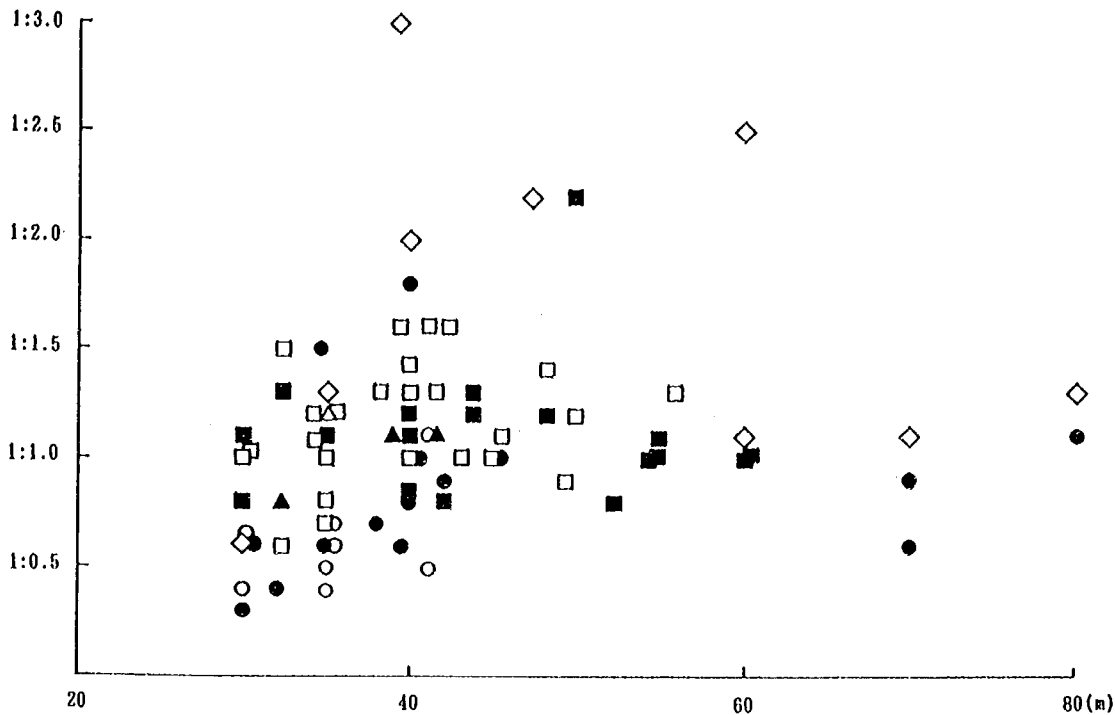


図-5 地形分類別にみた切土直高と平均のり勾配の関係

2.3 切土のり面の地盤

切土のり面に分布する地質を、硬岩、中硬岩、軟岩Ⅰ、軟岩Ⅱ、およびこれらに当てはまらないものについて、未固結層、崩積土、風化土の区分を行い、切土高と平均のり勾配の関係を図示した（図－6）。



図－6 地盤分類別にみた現況の切土高と平均のり勾配の関係

2.4 地形

調査対象箇所の大切土が位置する地形は、表－9に示す割合となっている。

表－9 調査切土箇所の地形

	箇所数	割合 (%)
急峻山地	32	39
普通山地	24	30
丘陵地	15	19
台地	10	12
合計	81	100

大切土の形成は、ほぼ地形の急峻さの程度に整合しており、急峻山地と普通山地で70%近くを占めている。この調査の中では、丘陵地は地すべり地域に多く見られ、台地は海食崖が多くを占めている。

切土面形状（切土高、平均のり勾配）と地形の関係は図－5に示す通りであり、通常の普通山地では

平均のり勾配8分～1割5分で切土高50m以下におさまっているものが多いのに対し、急峻山地では切土高50～80mの長大切土が多い。なお、丘陵地、台地では地すべり地の場合、平均のり勾配で1割5分～3割の緩い勾配を採用している切土も見られるが、切土高は40m以下におさまっている。

2.5 被災切土の特徴

2.5.1 切土形状

被災時の切土高と平均のり勾配は図-7に示すとおりであり、図-6に示す現況の切土形状とは大きな相違を示している。すなわち、現況の切土が切土高は30～45m、平均のり勾配1:0.8以上に集中するのに対し、被災時の切土は切土高40m以下、平均のり勾配1割以下に集中しており、切土高、平均のり勾配とも現況の切土が被災時に比べはるかに大きくかつゆるい値となっている。これを被災切土の被災時と被災後の変化として表現すると図-8に示すようになる。なお、被災時の切土高は40m以下がほとんどであり、切土高と被災の発生の間に関連性は少ない。

一方、被災した切土を図-9に示す非被災切土の切土形状と比べると、被災した切土の平均のり勾配がほとんど5分～1割の範囲にあるのに対して非被災切土の平均のり勾配では5分～1割ののり勾配の占める割合がより少ないのが特徴である。

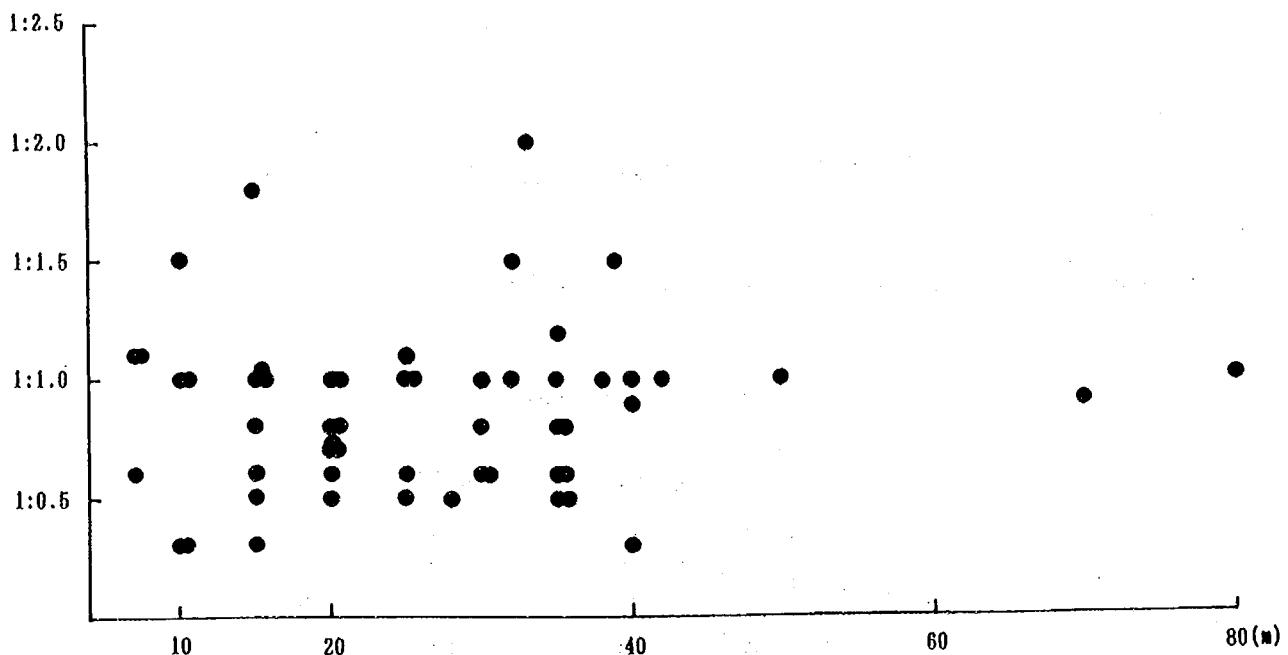


図-7 被災切土の形状

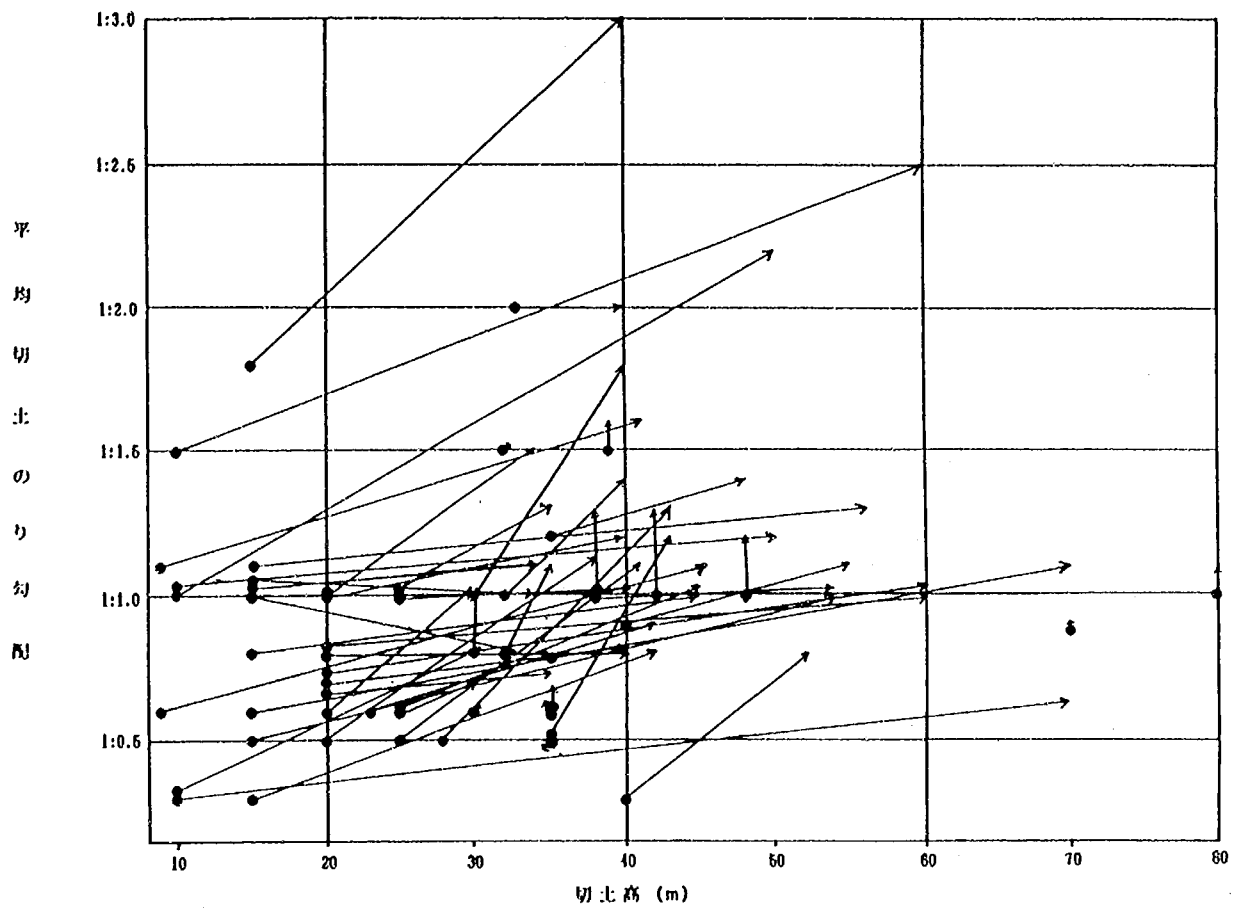


図-8 被災切土の切土高、平均のり勾配の変化

・は被災前の値を示し、矢印の先が復旧工事後の現況を示す

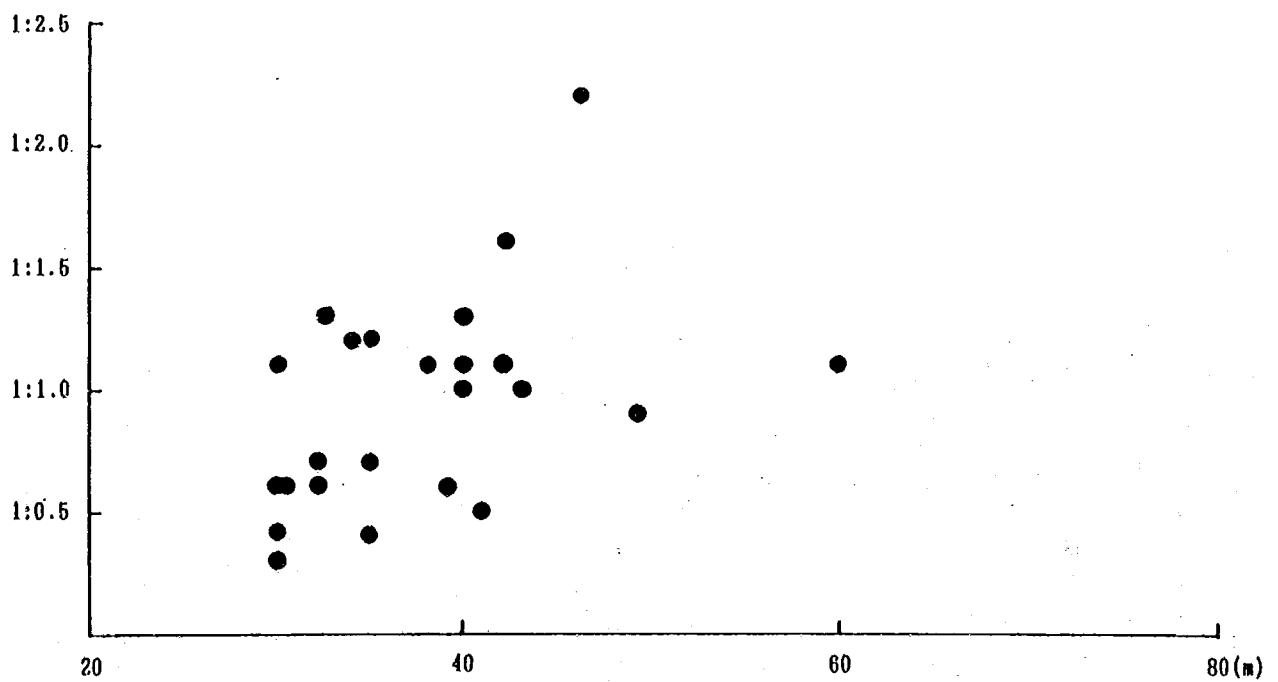


図-9 非被災切土の形状

2.5.2 地盤状況

現況の切土のり面の全体的な地盤状況は図-6に示すとおりであり、非被災切土及び被災切土の被災時の切土のり面の地盤状況は図-10、11に示す。非被災切土では軟岩Ⅰ、Ⅱと未固結層の切土のり面のほとんどが1割より緩い勾配であるのに対し、被災切土の場合、軟岩Ⅰ、Ⅱでも急な勾配が採用されているものが多いという特徴がある。

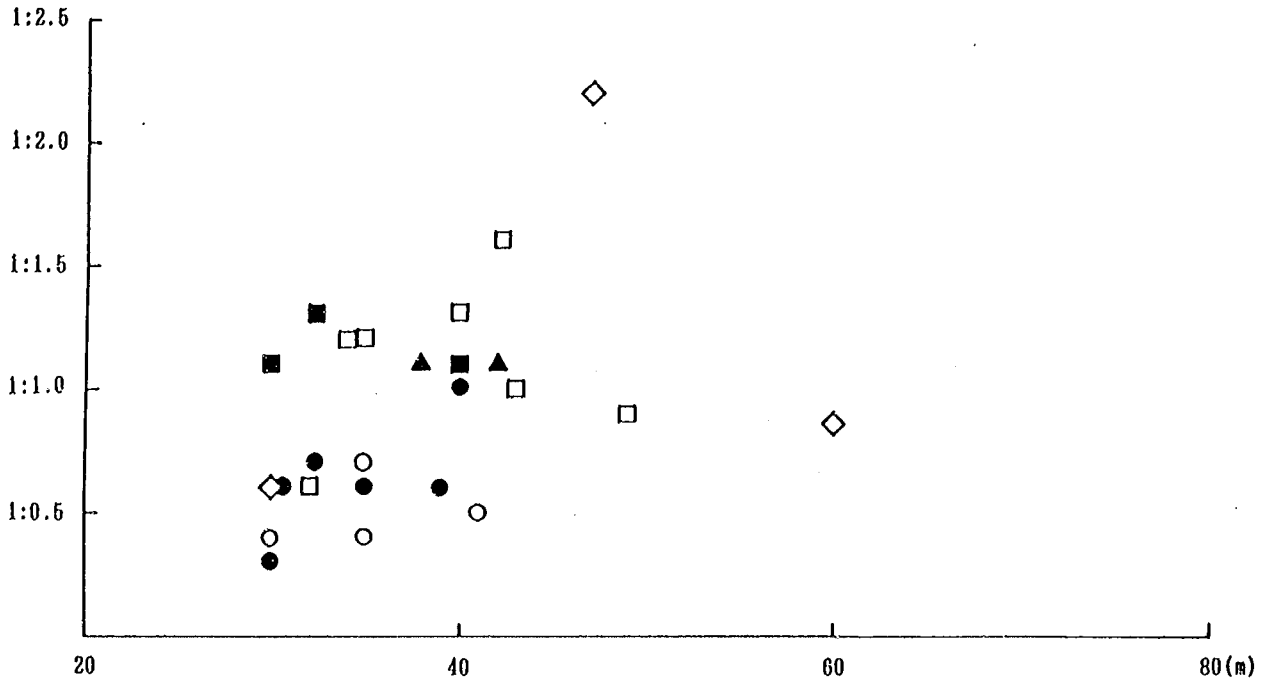


図-10 非被災切土のり面の地盤分類と切土形状

◇：崩積土、▲：未固結層、△：風化土、■：軟岩Ⅰ、□：軟岩Ⅱ、●：中硬岩、○：硬岩

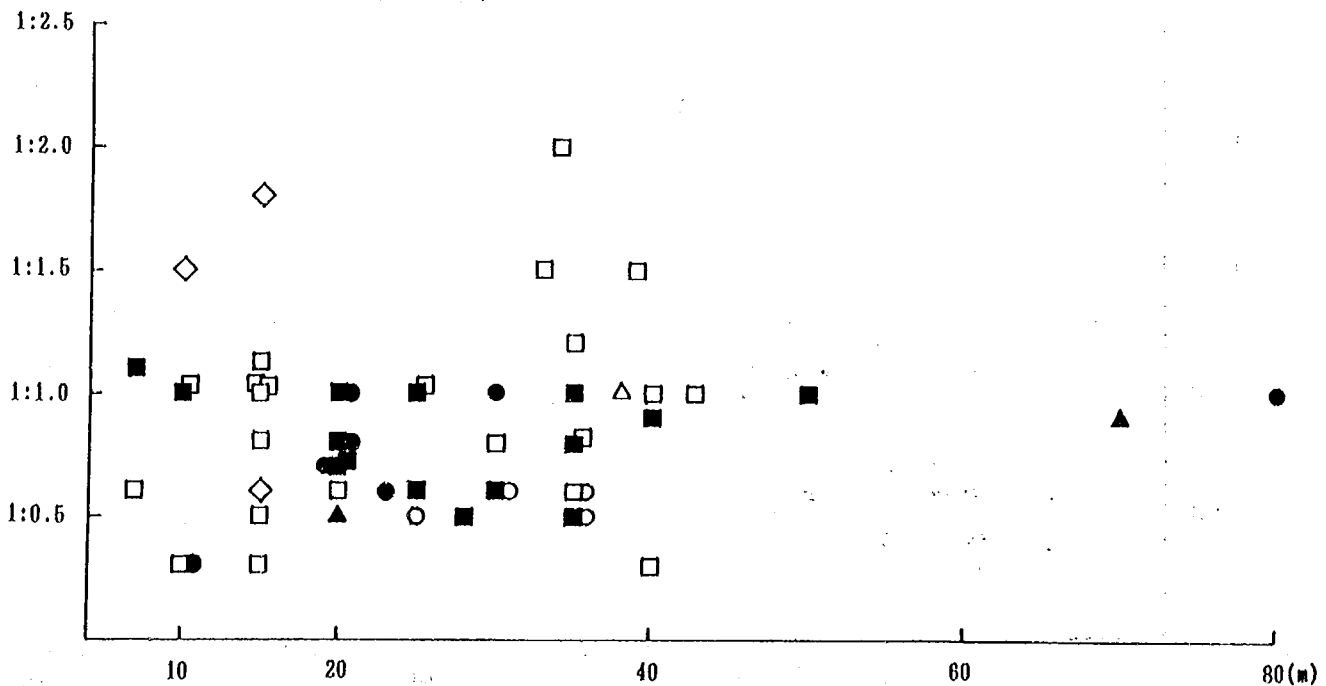


図-11 被災切土のり面の地盤分類と切土形状 記号は図-10に同じ

なお、崩積土における災害の発生は切土高が30m未満の低い切土に多いが、これは地すべり地帯などでは当初より危険性を考慮して、長大な切土を避ける傾向があるためと考えられる。

一方、被災箇所の地盤分類と被災時ののり勾配及び被災形態の関係は図-12に示すとおりであり、被災箇所の地質状況はすでに表-8で示している。

浅層円弧崩壊と深層円弧崩壊は地質的には未固結層と風化帯(含風化土)に発生しており、地盤分類では軟岩Ⅰより軟質な地盤に多い。一方、深層岩盤崩壊と浅層岩盤崩壊は一部ゆるみ帯と破碎帯を含む概ね新鮮な岩盤に発生しており、地盤分類では軟岩Ⅱ、中硬岩、硬岩が発生箇所となる。

その他、大規模崩壊、地

すべりは既存の崩土が再び活動したものと破碎岩(軟岩Ⅰ)に発生したものが、落石型崩壊は表層のゆるみ帯(軟岩Ⅰ、Ⅱ)を発生源としている。

発生箇所ののり勾配は円弧型崩壊は1割を中心とし、5分～1割3分の範囲に、岩盤型の崩壊は5分～1割以下の範囲となっているが、これら被災時ののり勾配は現況と比較すると軟岩Ⅰ、Ⅱでかなり急になっているのが特徴である。

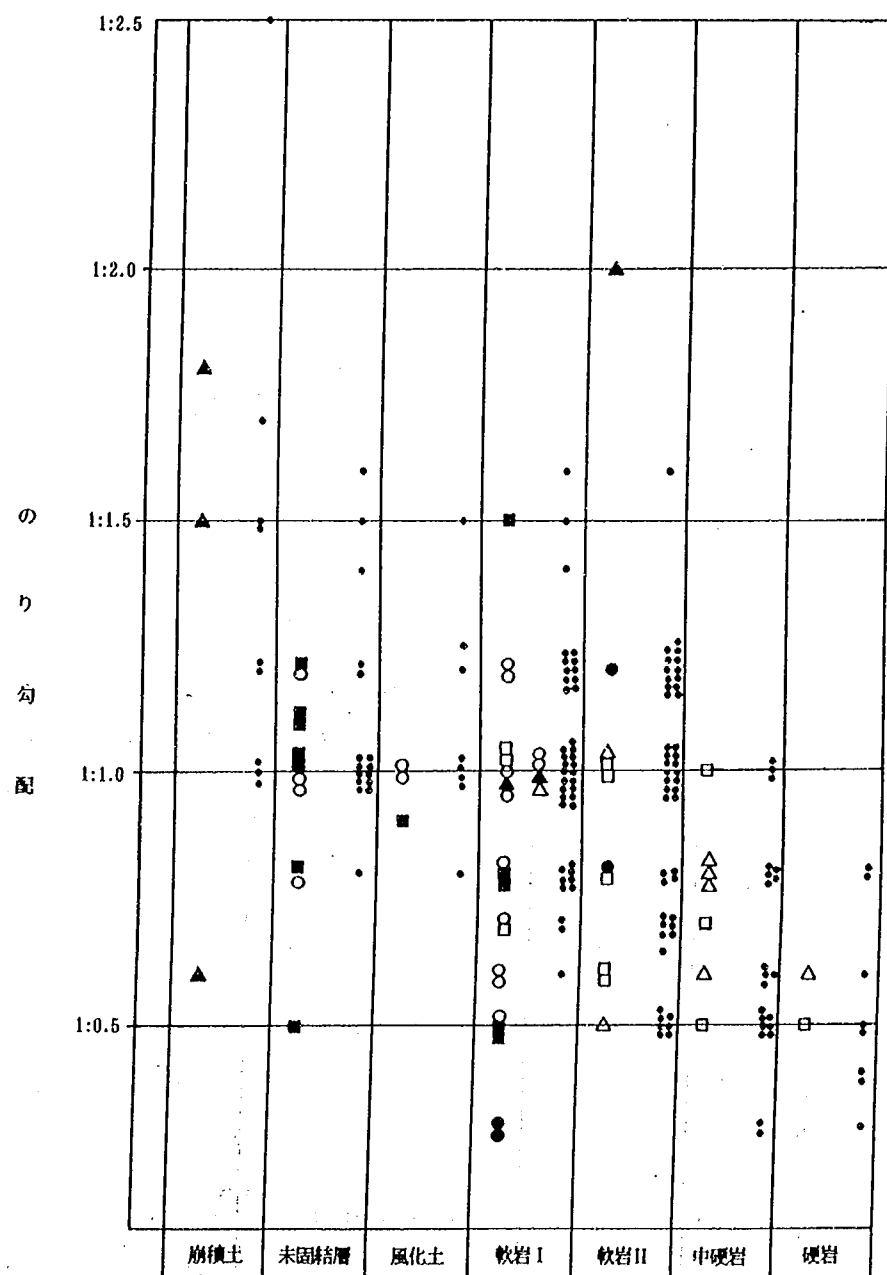


図-12 被災箇所ののり勾配

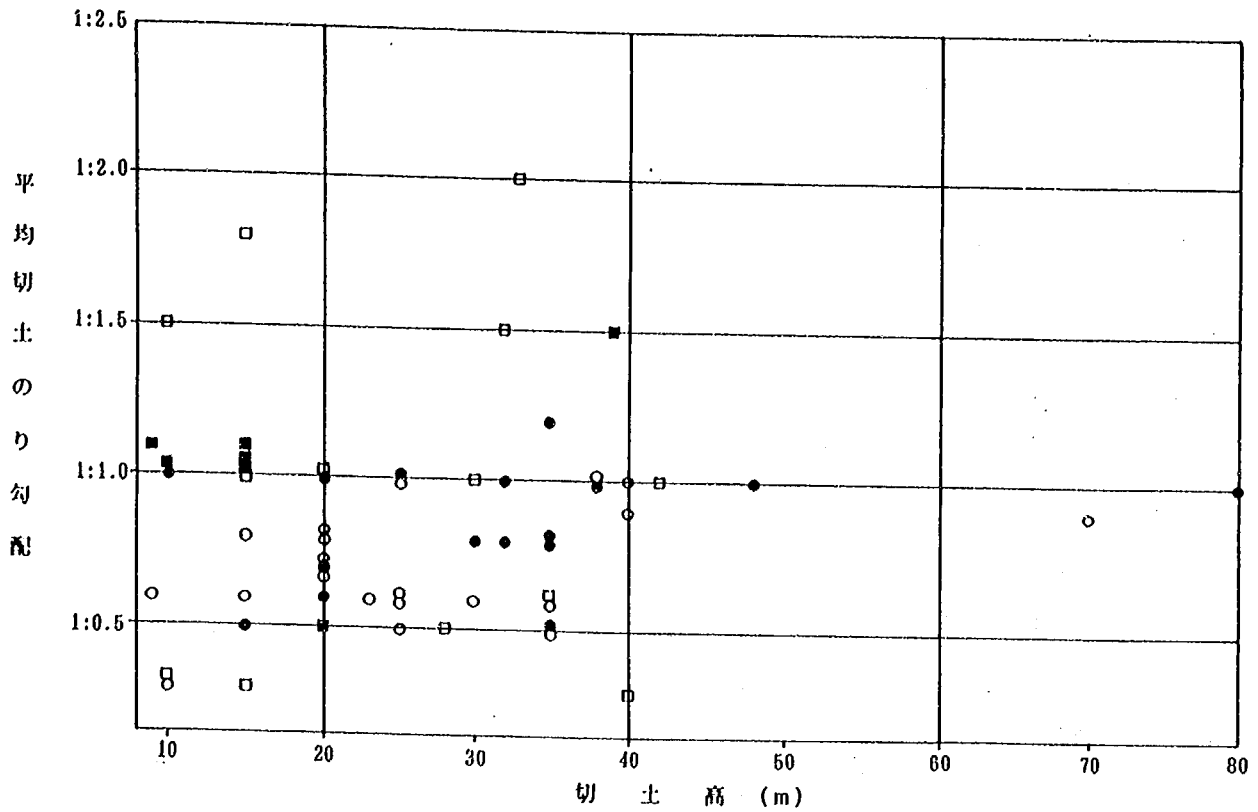


図-13 地形別にみた被災切土箇所の被災時の切土形式

○：急峻山地、●：普通山地、□：丘陵地、■：台地

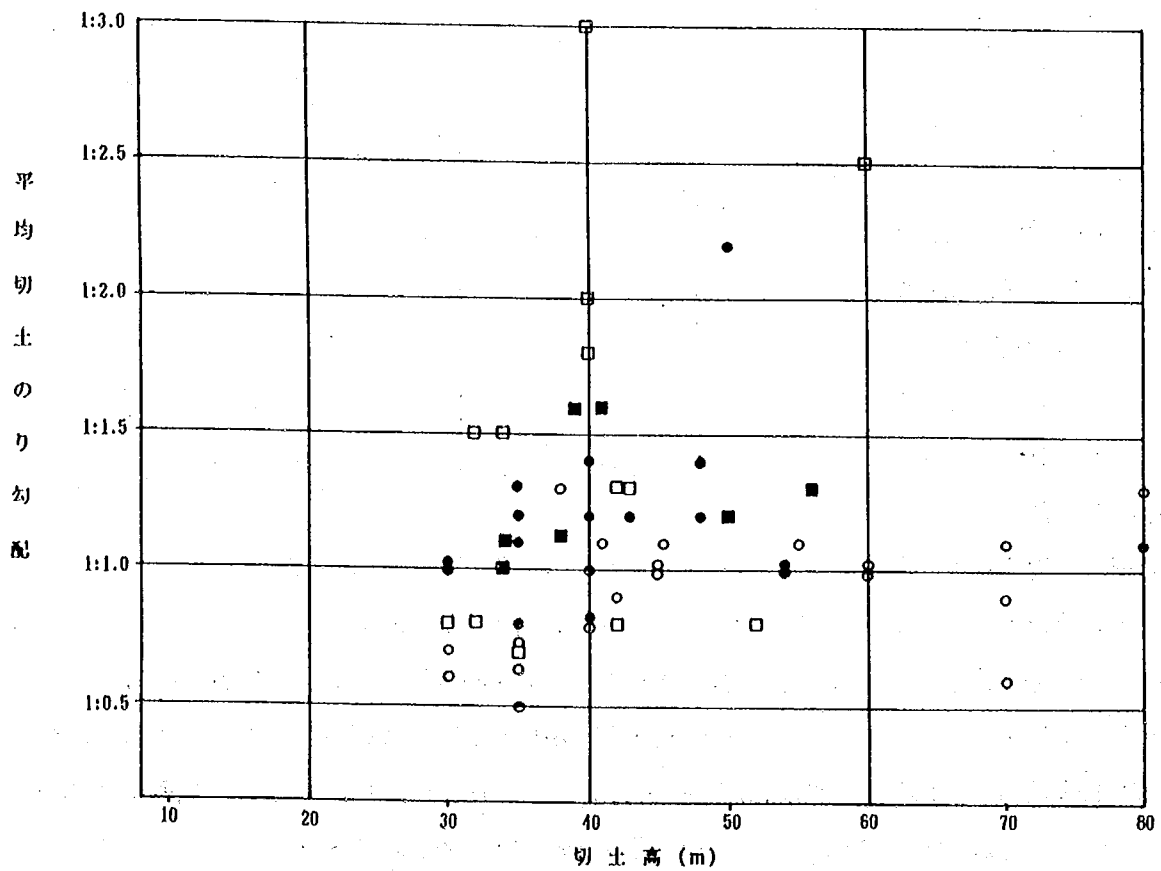


図-14 地形別にみた被災切土箇所の現況の切土形式 記号は図-13に同じ

2.5.3 被災箇所地形

図-13、14に被災切土の被災時と被災後（現況）の地形と切土形状の変化を示す。被災切土の被災時と被災後（現況）を比較すると、急峻山地での切土の場合に被災前後の変化が大きいことを示している。また、急峻山地における被災切土は表-10に示すように切土高が30m以上の長大切土は少なく30m未満の低い切土に多い。これは急峻山地においては適切な切土勾配を採用されているためと推定される。

表-10 被災切土の切土高と地形区分の関係

	切土全体	被災切土（被災時）			非被災切土 切土高30m以上
		合 計	切土高 30m未満	切土高 30m以上	
急 峻 山 地	32(40)	19(34)	13(40)	6(26)	13(52)
普 通 山 地	24(30)	16(29)	6(19)	10(44)	8(32)
丘 陵 地	15(18)	13(24)	7(22)	6(26)	2(8)
台 地	10(12)	7(13)	6(19)	1(4)	2(8)
計	81(100)	55(100)	32(100)	23(100)	25(100)

切土箇所の平面形状と縦断形状と被災の関係は表-11、12のとおりであり、平面形状で尾根型の災害は発生率が低い傾向がみられる他に目立った傾向は見られない。

表-11 長大切土箇所の平面形状

○：尾根型、△：斜面平行型、□：凸斜面型

	非 被 災	大規模崩壊 地すべり	深層岩盤崩壊	深層円弧崩壊	浅層岩盤崩壊	浅層円弧崩壊	落石型崩壊	合 計 (重複を除く)
古 生 層				△△		□		3
中 生 層	○○○	△□□□	○△△'□	○○	○△△□'□	□△□○△'□ ²⁾		22
古第三紀層	△	△			□	□△	□	6
新第三紀層	□△□△○○ □△△○○	△		△△	△△	△△	△□	20
火 山 岩	○○□□△		□		△△	△△□		11
火山噴出物				○○△△				4
深 成 岩	○○△		△□□	○ ²⁾	○ ²⁾	□		8
変 成 岩 含矽質岩	△△	△	□ ⁴⁾	○□ ⁴⁾		□ ⁴⁾ □ ⁴⁾ △		7
合 計	25	7	9	13	11	18	3	86 / 81

表-12 長大切土斜面の縦断形状

○：凹型、△：直線型、□：凸型、●：台地型、▲：尾根型

	非被災	大規模崩壊 地すべり	深層岩盤崩壊	深層円弧崩壊	浅層岩盤崩壊	浅層円弧崩壊	落石型崩壊	合計 (重複を除く)
古生層				□●		□		3
中生層	●□□	●●●□	□●□□	□△	●□●□□△	□●□△□□ □□		22
古第三紀層	▲	□			▲	□□	△	6
新第三紀層	●●□●△□ □□□□□	▲		□●	●●	●●	□▲	20
火山岩	□△△□□		△		□□	□△□		11
火山噴出物				▲▲▲●				4
深成岩	□□□		□▲□	□□	□□	▲		8
変成岩 含珪酸岩	△□	▲	□□	●□□		□□□□●		7
合計	25	7	9	13	11	18	3	86 \ 81

2.5.4 被災形態

災害の被災形態と切土形状は図-15のような関係となっている。

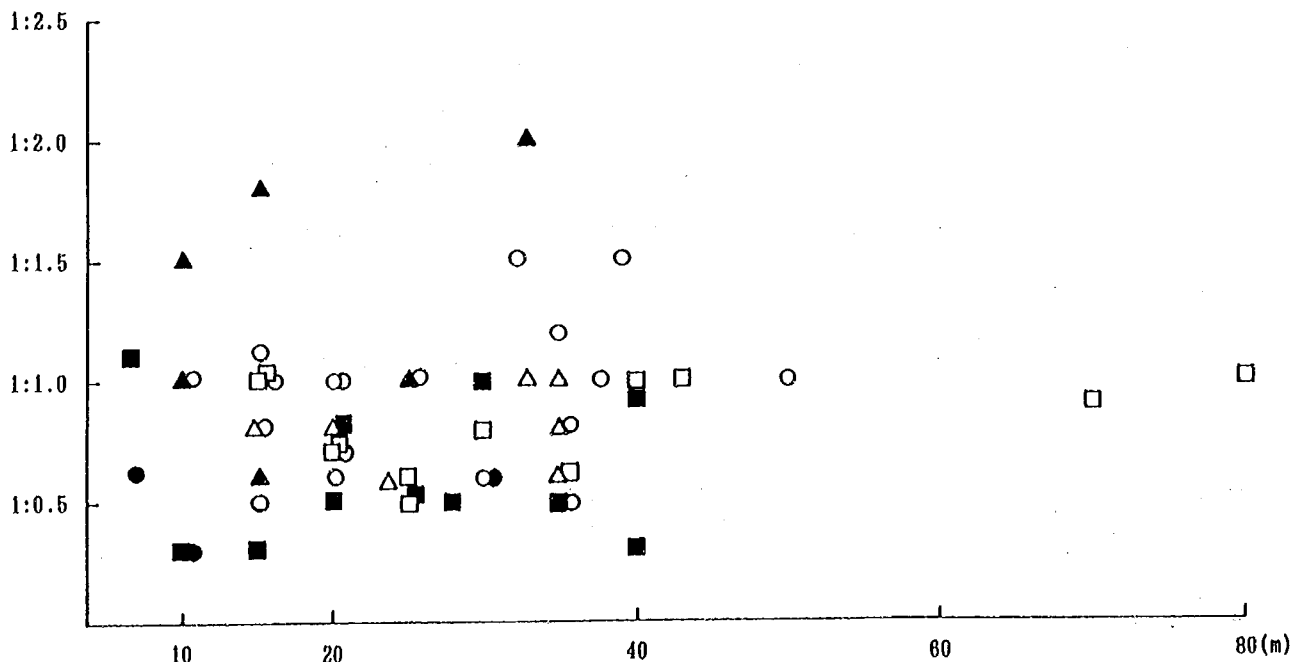


図-15 被災形態と切土形状

▲：大規模崩壊・地すべり、△：深層岩盤崩壊、■：深層円弧崩壊、

□：浅層岩盤崩壊、○：浅層円弧崩壊、●：落石型崩壊

大規模崩壊・地すべりの発生切土は当初から地盤の悪いことが考慮されており、平均のり勾配は概ね1割～2割の緩い勾配が採用されて、切土高もほぼ25m以下（15m以下が多い）に押さえられている。深

層及び浅層の岩盤崩壊と深層の円弧崩壊は平均のり勾配が1割より急な切土に発生しており、1割より緩い切土にはほとんど見られないのに対して、浅層円弧崩壊は1割以下の切土に多いが、1割～1割5分の切土にもかなりの発生が認められる。

切土高との関係は表-13に示すとおりであり、上記の大規模崩壊・地すべりの発生が切土高の低いものに多い他は切土高30mを境にする変化は少ない。落石崩壊は切土の上方が発生源であり、切土形状との関連は薄い。

表-13 被災形態と切土高の関係

	合 計	30m未満	30m以上
大規模崩壊・地すべり	6(10)	5(14)	1(4)
深層岩盤崩壊	9(15)	3(9)	6(24)
深層円弧崩壊	13(22)	9(26)	4(16)
浅層岩盤崩壊	11(18)	6(17)	5(20)
浅層円弧崩壊	18(30)	10(28)	8(32)
落石型崩壊	3(5)	2(6)	1(4)
計	60(100)	35(100)	25(100)

2.5.5 被災切土面の地質構造

長大切土のり面に分布する割れ目（層理、片理、亀裂、節理）及び断層は表-14に示すとおりであり、表-15のようにまとめられる。被災形態との関連では、浅層岩盤崩壊発生切土の9割に流れ目が見られ、深層岩盤崩壊と大規模崩壊・地すべり発生切土では流れ目の他に断層の分布頻度が高い。一方、浅層と深層の円弧型崩壊及び落石崩壊の発生切土では地質構造との関連は相対的に少なくなる。

表-14 長大切土のり面の地質構造

流れ目の地質構造 ●：層理、△：片理、□：亀裂、◇：節理（添字S：層状節理）、添字F：断層、○：流れ目に該当しない ○で囲んだ記号は1箇所複数の地質構造を持つことを示す

	非 被 災	大規模崩壊 地すべり	深層岩盤崩壊	深層円弧崩壊	浅層岩盤崩壊	浅層円弧崩壊	落石型崩壊	合 計 (重複を除く)
古 生 層				● ^F □		○		3
中 生 層	○ ○ ○	● ● ○ ● ◇ ^F S	○ ^F ◇ ^S ◇ ^S ◇ ^{S11}	□ ● ◇	□ ^F ● ^F □ ^F ○ ²¹ ●	○○○ ^F ○ ◇ ^{S11} ○ ²¹		22
古第三紀層	○	○ ^F			●	● ○	○	6
新第三紀層	● ● ○ ○ ○ ○ ○ ● □ ○ ● ◇ ^F ●	○ ^F		○ ○	● ●	● ●	◇ ^S ○	20
火 山 岩	○ ○ ○ ○ ○		◇		◇ ^S ◇	○ ○ ◇ ^S		11
火山噴出物				○ ○ ○ ○				4
深 成 岩	○ ○ ○		○ ○ ^F ◇ ^S	○ ³¹	◇ ³¹	◇		8
変 成 岩 含珪岩	○ ○	△	○ ⁴¹	□ △ ⁵¹		○ ⁴¹ △ ⁵¹ △		7
合 計	25	7	9	13	11	18	3	86 \ 81

流れ目の種類としては、花崗岩類、流紋岩類は地形に沿った層状の節理、堆積岩は層理、変成岩は片理が多い。

なお、非被災切土においては流れ目、断層の分布するものは25ヶ所中6ヶ所（24%）と少なく、斜面の安定性と地質構造との間に明瞭な関連が認められる。

表-15 流れ目・断層の分布頻度

		流れ目・断層の分布 する切土数/切土総数		流れ目・断層の分布 する割合 (%)	
非被災切土		6/25		24	
被災切土	大規模崩壊・地すべり	36/56	6/7	64	86
	深層岩盤崩壊		7/9		78
	深層円弧崩壊		6/13		46
	浅層岩盤崩壊		10/11		90
	浅層円弧崩壊		9/18		50
	落石型崩壊		1/3		33

2.5.6 被災発生位置

被災形態とその切土面における発生箇所は表-16のとおりであり、浅層及び深層の円弧型崩壊は圧倒的に切土上部と上方斜面に発生し、浅層岩盤崩壊は切土中央から切土下部に多く発生しており、各々、発生箇所の地質とも整合的である。一方、深層岩盤崩壊と大規模・地すべりは全域から切土全体に渡っており、被災規模の大きいことを示唆している。落石型崩壊は上方斜面を発生箇所とする。

表-16 被災箇所ののり面上の位置

□：全域、切土全体、■：切土下部、△：切土上部、
▲：上方斜面、◇：切土中央部、○：非被災切土

	非被災	大規模崩壊 地すべり	深層岩盤崩壊	深層円弧崩壊	浅層岩盤崩壊	浅層円弧崩壊	落石型崩壊	合計 (重複を除く)
古生層				■□		△		3
中生層	○○○	□□◇□	□■□ ¹⁾ □	△△	■◇◇■ ²⁾ □	△△△△▲ ¹⁾ △ ²⁾		22
古第三紀層	○	□			■	△△	▲	6
新第三紀層	○○○○○○ ○○○○○	□		△▲	△△	△△	▲▲	20
火山岩	○○○○○		□		■□	▲△△		11
火山噴出物				▲▲▲△				4
深成岩	○○○		■■□	▲ ³⁾	▲ ³⁾	△		8
変成岩 含シ・イソ岩	○○	□	■ ⁴⁾	△▲ ⁵⁾		△ ⁴⁾ △ ⁵⁾ ◇		7
合計	85	7	9	13	11	18	3	86 \ 81

2.5.7 被災規模

被災形態別の被災規模は表-17のとおりであり、浅層岩盤崩壊、浅層円弧崩壊、落石型崩壊は小規模、深層型の岩盤、円弧崩壊は中～大規模、大規模崩壊・地すべりは大規模となっている。

表-17 災害の規模

	箇所数	大規模	中規模	小規模
大規模崩壊・地すべり	7	6	1	0
深層岩盤崩壊	8	3	5	0
深層円弧崩壊	12	8	4	0
浅層岩盤崩壊	12	1	7	4
浅層円弧崩壊	19	1	7	11
落石型崩壊	3	0	1	2

一方、切土形状と被災の規模は図-16に示すとおりであり、切土高30mを境とする普通切土と長大切土における災害の規模は表-18のようにまとめられる。傾向としては切土高30m未満の切土で大～中規模の災害が、切土高30m以上の長大切土で中～小規模の災害が多くなっている。この傾向は地すべり地などでは当初から大きな切土は避けていること、及び急峻地などで無理に切土高を押さえた傾向があり、これが大規模崩壊の発生しやすい原因となっていると判断される。

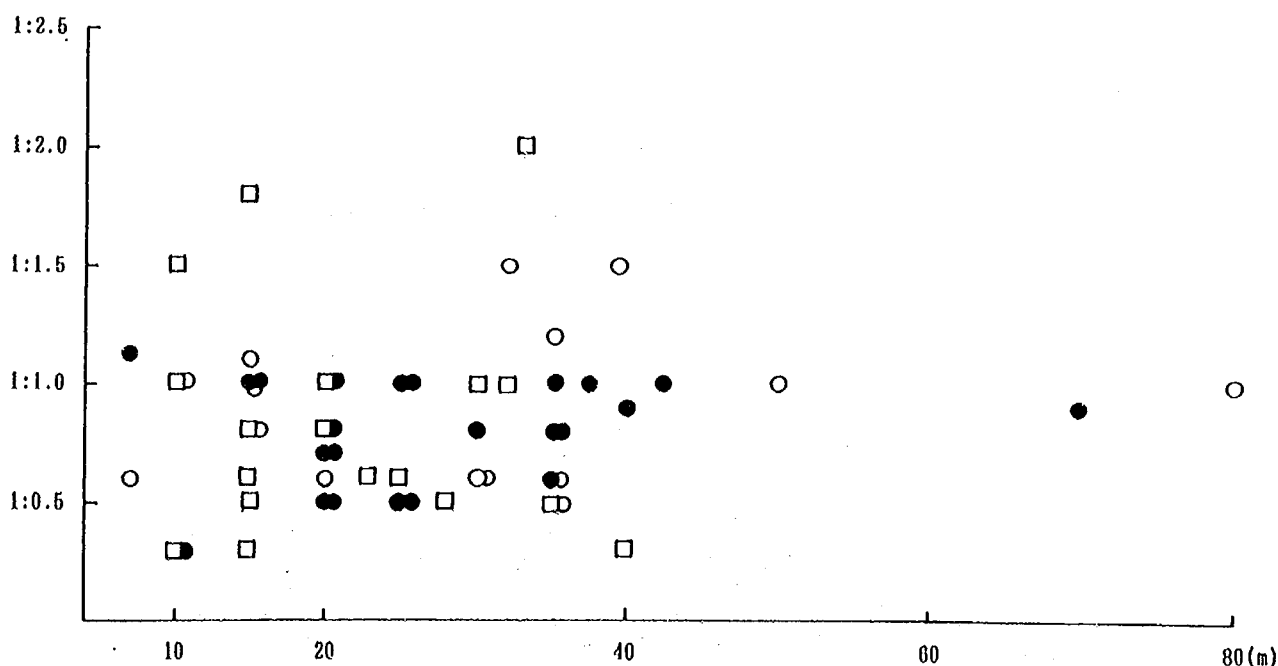


図-16 切土形状と被災規模

□：大規模、●：中規模、○：小規模

表-18 切土高と被災の規模

	個数	切土高30m未満	切土高30m以上
大規模	18	13	5
中規模	25	15	10
小規模	17	7	10
計	60	35	25

切土高不明1ヶ所

2.5.8 被災発生時期

災害の発生を施工との関連で分類すると、施工前に発生したものが15ヶ所（25%）、施工中が25ヶ所（42%）、施工後が20ヶ所（33%）となっている。なお、施工前には、災害の発生箇所が切土とは離れており、災害の原因として切土が関係していないと判定されたものも含んでいる。切土形状と災害の発生時期の関係は図-17に示すとおりである切土高との関係は表-19のようにまとめられる。切土高15m未満の小規模な切土の災害はほとんどが施工前に発生したものであり、施工中及び施工後に被災した切土は切土高が15m以上となっている。施工時の被災では30m以上の長大切土で発生の割合がやや多く施工後の被災では長大切土と普通切土に発生の差は見られない。

また、発生時期と被災発生位置の関係は表-20に示すとおりであり、施工時の被災は切土上部（40%）と切土下部（24%）に多く、切土全体及び全域型も20%を占めている。切土上部では浅層円弧崩壊、切土下部では浅層岩盤崩壊が多く、切土全体及び全域型は地すべりと深層岩盤崩壊となっている。

一方、施工後の被災は切土全体及び全域型が45%と多く、次いで切土上部が35%となっており、この2つでほとんどを占めている。

表-19 被災時期と切土高の関係

	合 計	切土高30m未満	切土高30m以上
施工前	15(25%)	14(40%)	1(4%)
施工時	25(42%)	10(29%)	15(60%)
施工後	20(33%)	11(31%)	9(36%)
計	60(100%)	35(100%)	25(100%)

表-20 被災時期と被災発生位置

	合 計	切土全体 及び全域	切土上部	切 中 央 部	切土下部	切土上部
施 工 前	15	1(7%)	2(13%)	—	1(7%)	11(73%)
施 工 時	25	5(20%)	10(40%)	3(12%)	6(24%)	1(4%)
施 工 後	20	9(45%)	7(35%)	1(5%)	1(5%)	2(10%)

2.5.9 湧水状況

切土面の湧水状況を表-21に示す。湧水の状況を把握できた70ヶ所の内、湧水やしみ出しの見られない乾燥した切土が49ヶ所(70%)で湧水または切土面が湿潤なものが21ヶ所(30%)となっている。非被災切土では乾燥している切土が81%を占めるのに対し被災切土では乾燥切土の割合が65%と低い。被災切土の内では大規模崩壊・地すべりでは6ヶ所中4ヶ所で湧水が観察され、変成岩類と火山噴出物における円弧型の崩壊でも湧水の見られる割合は高い。その他は一部に湿潤を帯びた切土を含むが目立った湧水は見られない。

表-21 長大切土のり面の湧水状況
●：湧水、▲：湿潤、○：表面水、△：乾燥、□：不明

	非被災	大規模崩壊 地すべり	深層岩類崩壊	深層円弧崩壊	浅層岩類崩壊	浅層円弧崩壊	落石型崩壊	合計 (重複を除く)
古生層				□△		△		3
中生層	△□□	●●□△	□△△ ¹¹ △	△△	▲▲▲△ ²¹ □	△△▲△△ ¹¹ △ ²¹		22
古第三紀層	△	△			△	□△	△	6
新第三紀層	●△△△△△ ▲▲▲□□	●		△△	△△	△△	△△	20
火山岩	△△△△△		▲		△△	●△△		11
火山噴出物				●●●△				4
深成岩	△△△		△●△	▲ ²¹	▲ ²¹	□		8
変成岩 含矽質岩	△△	●	△ ¹¹	△● ³¹		△ ¹¹ ● ³¹ □		7
合計	25	7	9	13	11	18	3	86 81

2.5.10 集水地形

切土と切土周辺の集水地形の有無は、表-22に示すとおりである。中生層、新第三紀層、変成岩類などの比較的軟質で侵蝕しやすい地盤に集水地形が多く、深成岩類、火山岩類、古生層などの硬質な地盤及び火山噴出物では集水地形は少ない。被災の有無及び被災形態と集水地形の間に有意の関係は見られない。

表-22 集水地形の有無
○：あり、×：なし

	非被災	大規模崩壊 地すべり	深層岩類崩壊	深層円弧崩壊	浅層岩類崩壊	浅層円弧崩壊	落石型崩壊	合計 (重複を除く)
古生層				○×		×		3
中生層	×××	×○××	××× ¹¹ ×	××	×○○× ¹¹ ○	××××× ¹¹ × ¹¹		22
古第三紀層	×	×			×	○○	×	6
新第三紀層	○○×○××	○		○○	○○	○×	××	20
火山岩	×××××		×		××	○××		11
火山噴出物				××××				4
深成岩	×××		○○×	× ²¹	× ²¹	×		8
変成岩 含矽質岩	×○	×	○ ¹¹	×○ ³¹		○ ¹¹ ○ ³¹ ○		7
合計	25	7	9	13	11	18	3	86 81

3. のり面勾配と地質の関係

現況ののり勾配と地盤分類
 の関係を図-17に示す。これ
 まで切土のり面の勾配につい
 ては道路土工指針のり面工・
 斜面安定工における基準（表
 -23）を準用している。

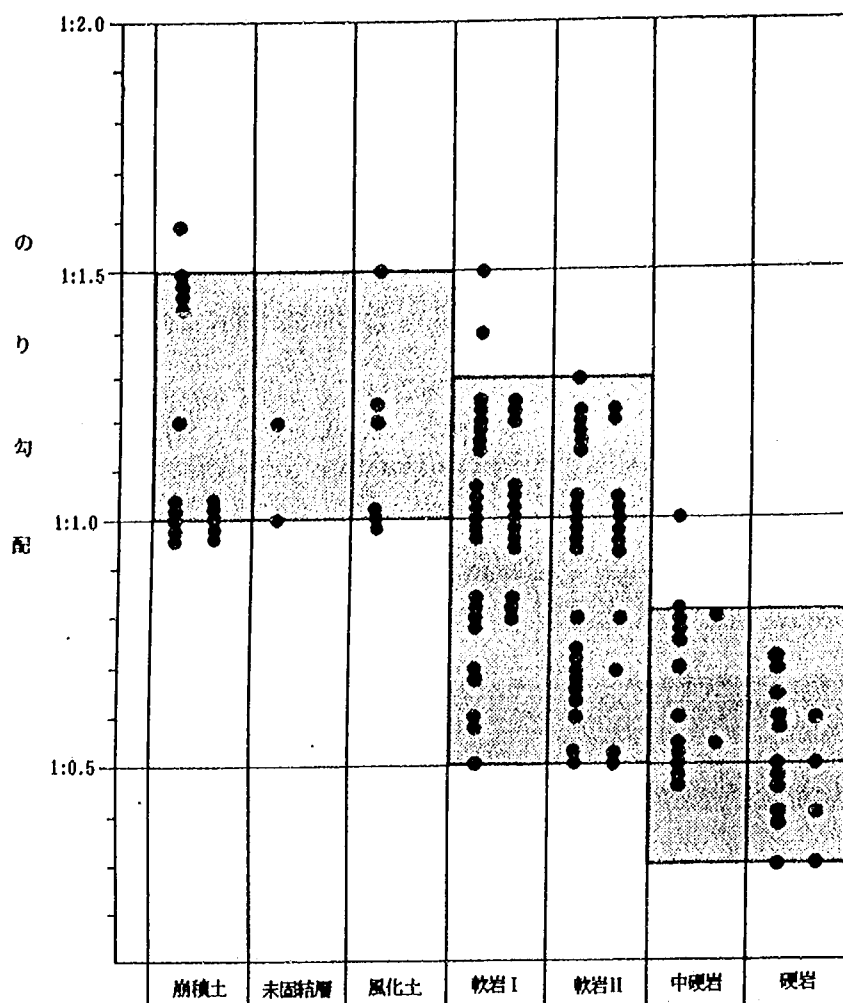


図-17 地質区分と現況ののり勾配の関係
 影の部分はそれぞれ道路土工指針に示される
 標準切土勾配の範囲

表-23 地山の切土高・勾配

地山の土質		切土工	勾配
硬岩			1:0.3~1.08
軟岩			1:0.5~1:1.2
砂	密実でない粒度分布の悪いもの		1:0.5~
砂質土	密実なもの	5m以下	1:0.5~1:1.0
	密実でないもの	5~10m	1:1.0~1:1.2
砂利または 岩塊まじり砂質土	密実なもの、または 粒度分布のよいもの	10m以下	1:0.8~1:1.0
		10~15m	1:1.0~1:1.2
	密実でない粒度分布の悪いもの	10m以下	1:1.0~1:1.2
		10~15m	1:1.2~1:1.5
粘性土		10m以下	1:0.8~1:1.2
岩塊または玉石		5m以下	1:1.0~1:1.2
まじり粘性土		5~10m	1:1.2~1:1.5

今回調査したのり面の現況の勾配はいずれもほとんど、この基準の中におさまる。図-18~20に土砂、軟岩、硬岩別に区分したのり勾配のヒストグラムと累加曲線を示す。硬岩では1:0.5~1:0.8の範囲の勾配の分布が多く、1:0.3~1:0.4の急勾配ののり面は多くない。軟岩では1:0.5~1:1.2の範囲に分布するがその50%程度は1:1.0~1:1.2の範囲に分布している。

土砂では、1:1.0~1:1.5の範囲に分布するが、1:1.0切土勾配が、調査斜面数の65%を占めている。

結果的に、調査箇所内での現況の
のり面勾配は道路土工指針の基準値
内におさまっているが、被災的にお
いてはそれぞれの範囲内でより勾配
のきつい側に切土されていた。これ
は、切土箇所の岩の諸特性によつて
は、切土勾配のより細かな基準の設
定が必要なことを示唆している。と
りわけ、軟岩が現行では、1:0.5~1:
1.2になっており、やや幅が広い。軟
岩の切土で被災後に1:1.0~1:1.2の勾配を採用しているものが多いのは、この細区分の必要性を示唆す
るものであろう。

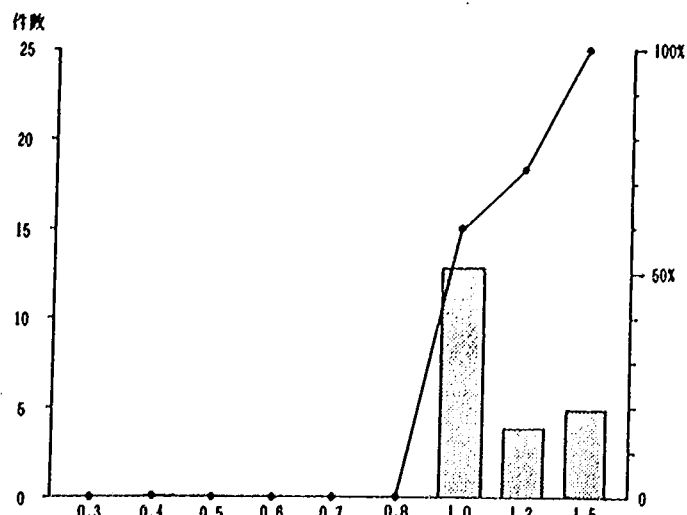


図-18 土砂地山の切土勾配ヒストグラムと加積曲線

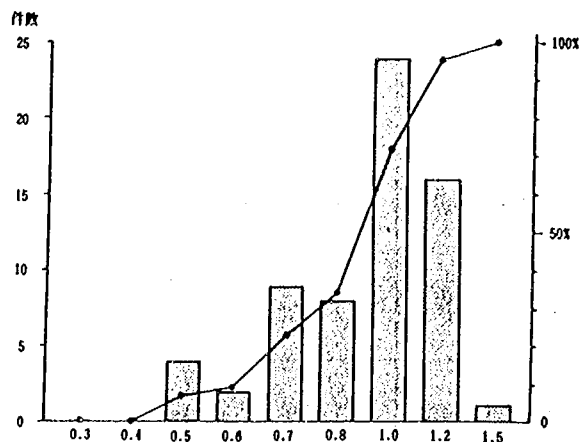


図-19 軟岩地山の切土勾配ヒストグラムと加積曲線

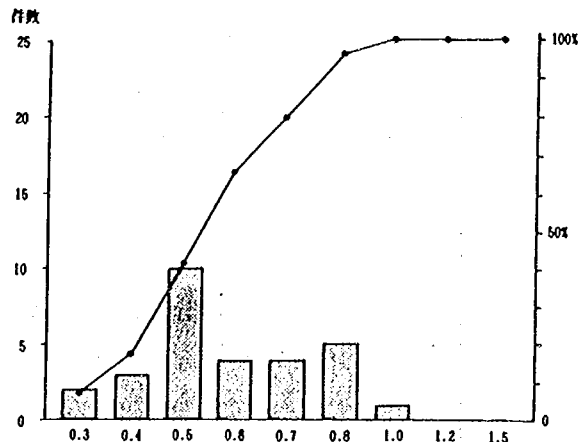


図-20 軟岩地山の切土勾配ヒストグラムと加積曲線

4. 地質及びのり面勾配と対策工法の関係

本調査対象において実施されている対策工と地山地質区分の関係をみる。ここではのり面对策工を表
-24のように分類する。

表-24 のり面対策工の分類

対 策 工	対 策 工 の 種 類
切 土 工 の み	
表面処理工法 (A)	1)種子散布工, 2)客土吹付工, 3)植生マット, 4)張芝工 5)植生筋工, 6)筋芝工, 7)植生盤工, 8)植生袋工 9)植生穴工
表面処理工法 (B)	1)モルタル吹付工, 2)コンクリート吹付工, 3)石張工 4)ブロック張工, 5)コンクリート張工
表面処理工法 (C)	1)コンクリートブロック法枠工 (プレキャスト) 2)現場打ち法枠工 3)吹付のり枠工 (フリーフレーム等)
抑 止 工 (A)	1)石積み擁壁工, 2)ブロック積み擁壁, 3)井桁工 4)コンクリート擁壁, 5)じゃかご工, 6)編籠工
抑 止 工 (B)	1)杭工 2)アンカー工 3)補強土工法

地質区分、のり勾配と表-24の区分による対策工法の間係を図-21に示す。切土のり面に複数の対策工法が設置されている場合には、対策工の抑制、抑止機能の高い対策工法を示している。これをみると、のり勾配と対策工の間係は、のり勾配1:1.0を境に、対策工法の考え方が異なっているという傾向があることがわかる。1:1.0よりゆるいのり勾配の場合は、植生工主体の対策工、張芝工などの表面処理工法が多くなる。

1:1.0より急なのり勾配の場合は、コンクリート構造主体の対策工、モルタル吹

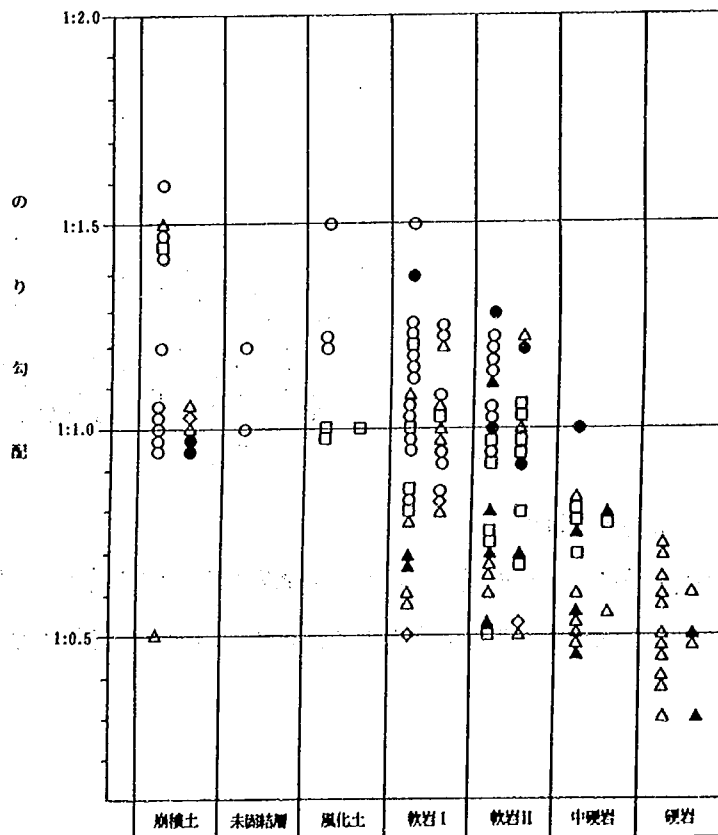


図-21 地質区分、のり勾配と実施対策工

- ：切土工のみ，○：表面処理工（A），△：表面処理工（B）
□：表面処理工（C），▲：抑止工（A），□：抑止工（B）
◇：洞門工及びシュッド工

付工、砕工、擁壁工などの対策工法が多くなる。さらに、このなかでは、のり勾配 1:0.7 を境に、対策工法の中に抑止工的な対策工、擁壁工などが、増加する傾向がみられる。図-22 に地質区分、のり勾配と用いられている落石対策工の関係を示す。

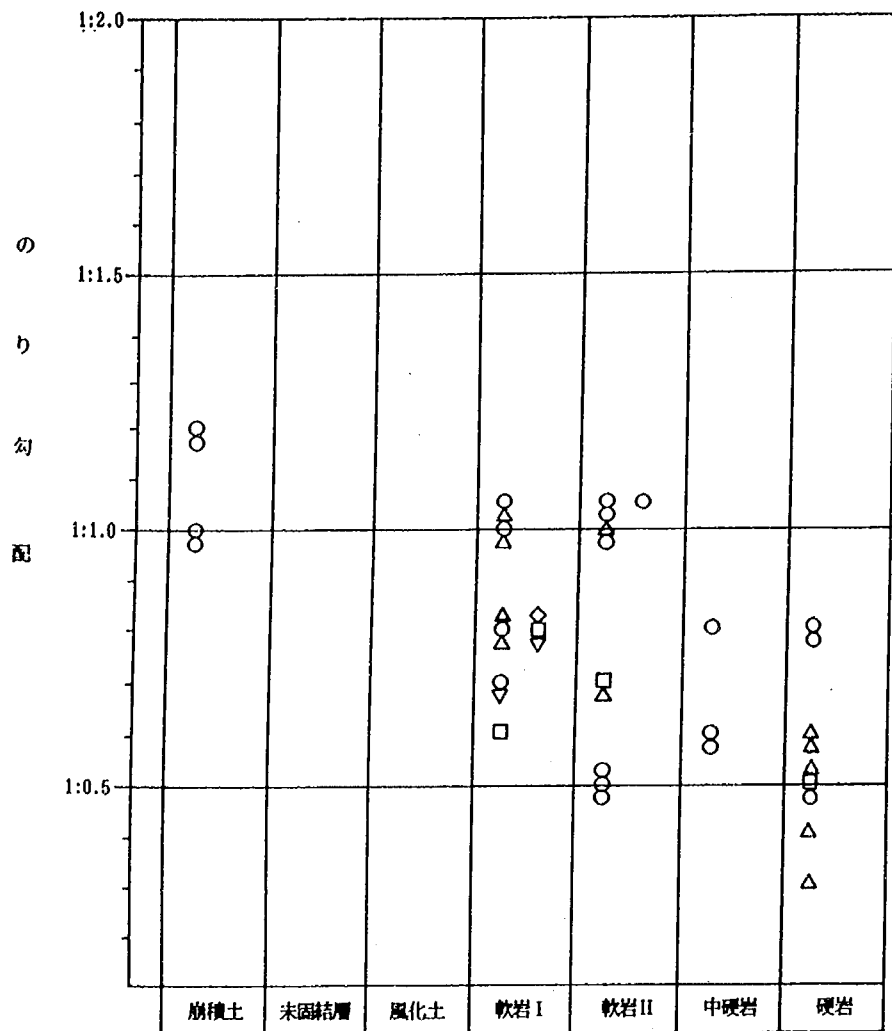


図-22 地質区分、のり勾配と落石対策工の関係
○：ストーンガード，△：ロックネット（ポケット式含む），
□：ストーンガード+ロックネット，◇：洞門工及びシュッドエ
▽：トンネル工

5. 対策工法の選定経緯

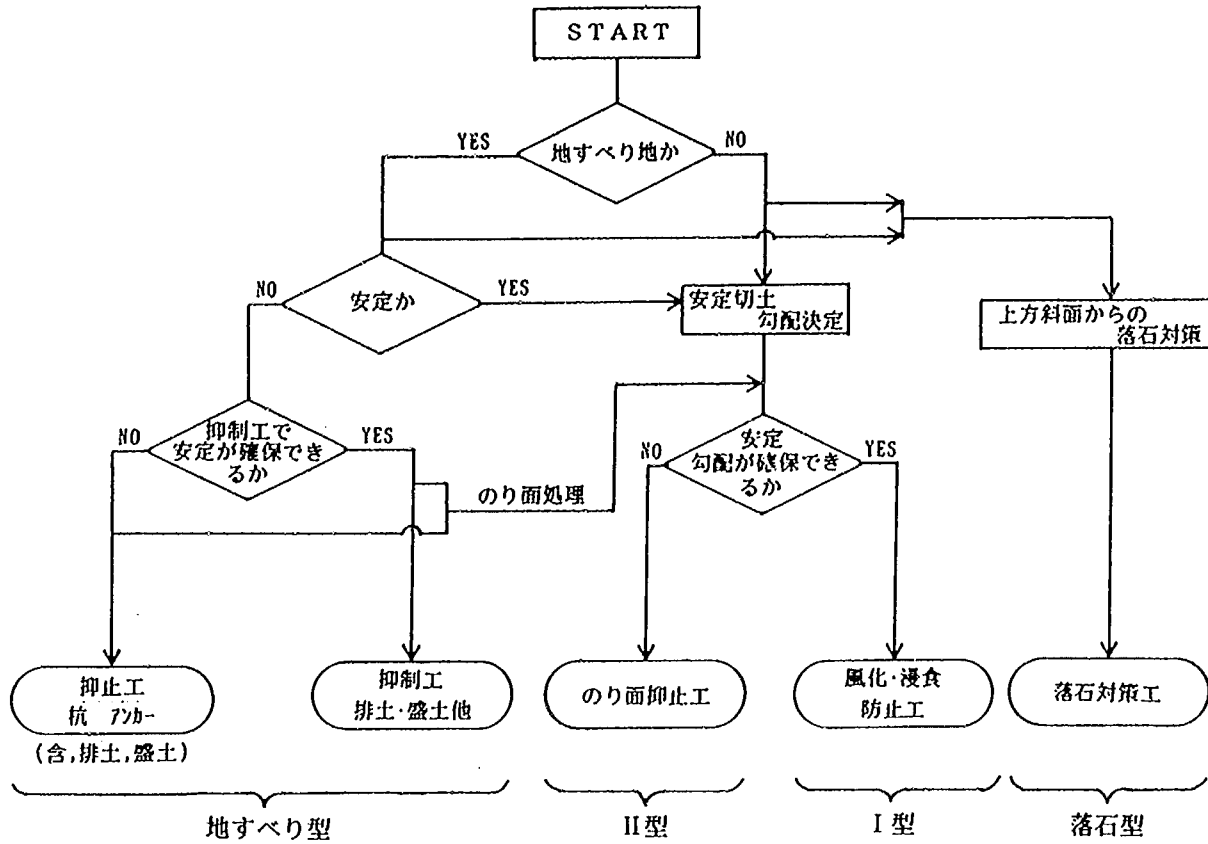
対策工と被災時期、被災規模、被災形態の関係を把握するために、対策工を選定した経緯を検討した。のり面処理工及び対策工の工法選定のタイプを表-25のように6区分した。

表-25 のり面処理工及び対策工の工法選定型

		被災前の処理工	被災後の対策工	目 的 ・ 内 容
表 面 処 理 工	I 型	○	○	切土面に対し、風化侵蝕防止工（表面処理工法A、B及び切土のみ）を施す。
	I' 型		○	崩壊背後地盤対策、切土勾配の変更などの特別の対策工を行わず、風化侵蝕防止工のみ。I 型の特殊型。
	II型	○	○	切土面に対し、抑止を期待した工法（表面処理工法C）を施す
崩 積 土 型			○	崩壊に伴う崩積土対策。崩積土除去が難しい場合に施す。対策は切土と（表面処理工法C）及び抑止工A。
地すべり型		○	○	地すべり対策、地すべり崩土等の排土、押え盛土及び抑止工（A）、（B）
落 石 型		○	○	洞門工・ポケット式ロックネット。

被災前の処理工選定と被災後の対策工選定についてこれらの工法区分に至るフローを図-23に示す。

切土のり面処理工選定フロー



被災切土のり面の対策工選定フロー

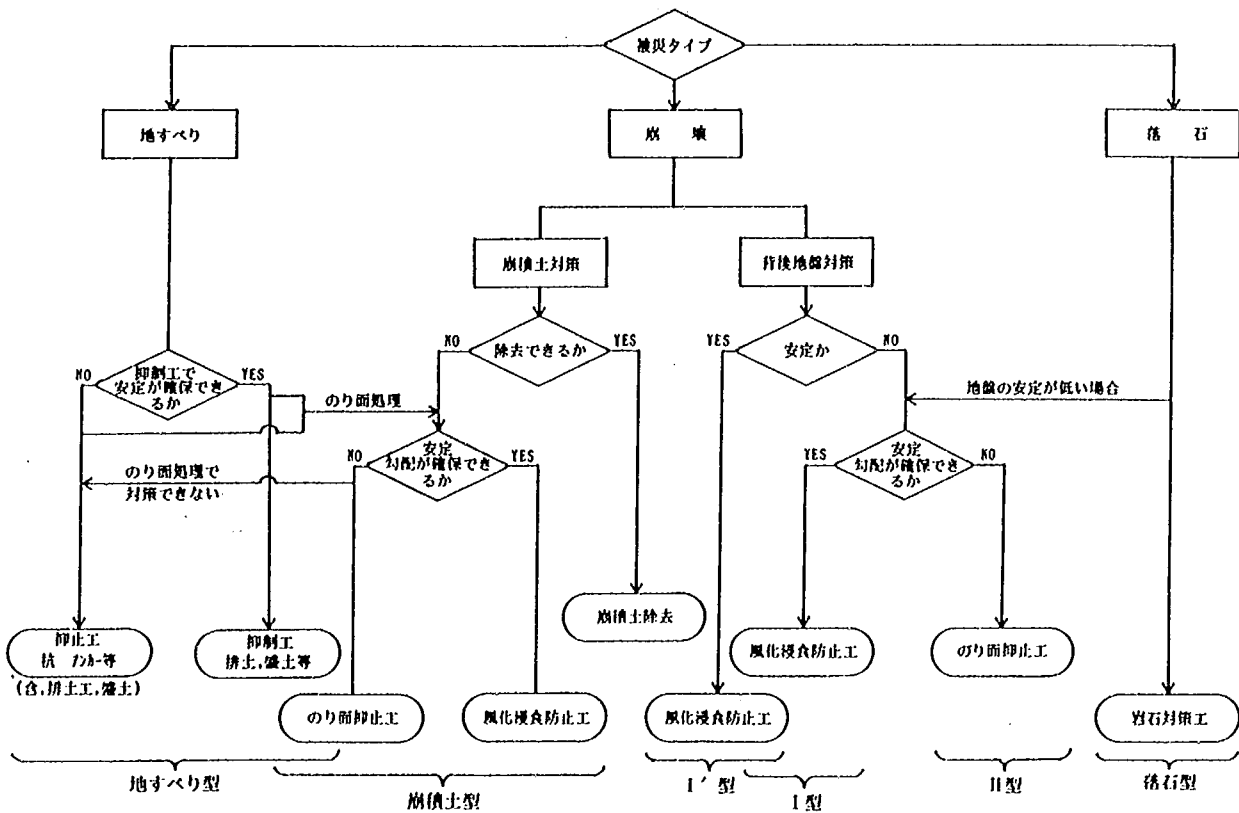


図-23 切土のり面処理工選定フロー（上）と被災切土のり面の対策工選定フロー（下）

調査対象の被災箇所について、工法選定型、被災時期、被災規模、被災形態の関係を表-26にまとめた。

表-26 被災時期、被災規模、被災形態と処理工及び対策工の選定

処理工・対策工 の工法選定型		被災時期 (計83ヶ所)				被災規模 (計58ヶ所)			被災形態 (計58ヶ所)					
		非被災	施工前	施工時	施工後	小規模	中規模	大規模	地すべり 大規模崩壊	深層円弧 崩壊	深層円弧 崩壊	浅層円弧 崩壊	浅層円弧 崩壊	落石型 崩壊
表面 処理工	I 型	18 (64)	7 (50)	2 (8)	3 (16)	2 (13)	4 (17)	6 (33)		2 (22)	5 (39)	1 (10)	3 (19)	1 (33)
	I' 型	-	-	12 (48)	-	8 (50)	4 (17)	-	-	1 (11)	-	2 (20)	9 (56)	-
	II 型	7 (28)	3 (22)	3 (12)	11 (58)	5 (31)	7 (29)	5 (28)	-	1 (11)	6 (46)	7 (70)	3 (19)	-
崩積土型		-	1 (7)	5 (20)	1 (5)	-	6 (25)	1 (6)	-	5 (56)	2 (15)	-	-	-
地すべり型		2 (8)	1 (7)	3 (12)	3 (10)	-	1 (4)	6 (33)	7 (100)	-	-	-	-	-
落石型		-	2 (14)	-	1 (5)	1 (6)	2 (8)	-	-	-	-	-	1 (6)	2 (67)
計		25 (100)	14 (100)	25 (100)	19 (100)	16 (100)	24 (100)	18 (100)	7 (100)	9 (100)	13 (100)	10 (100)	16 (100)	3 (100)

注) 重複している崩壊のうち2ヶ所についてはそれぞれ2つの崩壊として集計

5.1 被災時期と被災後の工法の選定

非被災切土のような通常の切土のり面処理は表面処理工のI型が圧倒的に多く、全体の64%に達しており、若干の抑止を期待するII型は28%と少ない。被災切土では施工前に被災した切土は通常の切土と同様の考え方で対策工を選定しており、非被災切土と同様の工法が選定されている。施工時に被災した切土では、被災に伴う崩積土及び地すべり崩土に対して十分な注意を払われておらず、切土勾配の変更なども行なわずに崩壊面に直接風化侵蝕防止工を施したI'型が48%と多くなっている。I'型を採用した切土はほとんどが小規模な浅層円弧崩壊であるが、被災ヶ所周辺は不安定な斜面のままで残っていることも予想される。

一方、施工後の被災とした切土では表面処理工として若干の抑止を期待したII型が58%と多くなっており、施工前、施工中に被災した切土とは明らかな相違を示している。現況交通を確保するためにより高い規格のり面とする目的とともに用地等に制約をされて工法が選定されたものと推定される。

5.2 被災規模と被災後の工法の選定

表面処理工法は、I'型は小規模な被災に多いが、I型とII型の選定と被災規模の間に明瞭な関係に見られずほぼ半々の割合で工法が選定されている。崩壊に伴う崩積土に対しては、中規模な被災では難しいものもあるために25%で対策を施しているが、小規模崩壊被災では崩積土が除削されやすいために対策は施されない。大規模崩壊・地すべりにおいては33.3%が地すべり型の対策を施している。

5.3 被災形態と被災後の工法の選定

地すべり及び大規模崩壊に対しては全てが地すべり型抑止工又は排土、押え盛土が施され、落石型崩壊に対しても洞門工などの落石型対策工が施される。

一方、浅層円弧崩壊、浅層岩盤崩壊及び深層円弧崩壊に対してほとんどが表面処理工のみが行なわれ、浅層円弧型に対してはⅠ'型、浅層岩盤崩壊に対してはⅡ型、深層円弧型に対してはⅠ型とⅡ型が施されている。浅層円弧崩壊のⅠ型には施工時に被災したものであり、浅層岩盤崩壊にⅡ型が多いのは地質構造（流れ目）が原因となっているため抑止型の処理が必要となったものと判断される。一方、深層岩盤崩壊に対しては崩積土を対象とする対策が主体となる。地すべりとの違いは深層岩盤崩壊の崩積土型対策工が表面処理工法（C）、抑止工（A）を主体とするのに対し、地すべり型は抑止工（B）又は大規模な排土等が対策工としている。

6. 長大切土のり面に特有の対策工法

現地調査結果より、長大切土のり面に特有の対策工法を示す。

①管理通路及び点検段階の設置

長大切土のり面内に、管理通路（小段3m程度）とのり面点検用階段を設置した事例が見られる。

この事例の考え方は、

- ・長大切土のり面内に、管理通路を設置することにより、のり面が分割され、1つののり面の高さが低くなり、一般のり面と同様の考え方により対策工が設置できる。
- ・のり面が、もし崩壊した場合は、作業用の通路となり、のり面の補修が行いやすい。
- ・点検用の階段設置することにより、各小段単位でのり面の管理を行いやすい。

以上の理由により、長大切土のり面内に管理用通路、点検用の階段を設置していた。

②同一のり面における対策工のランク分け

長大切土のり面の場合、のり面上部とのり面下部において対策工を使い分けを行っている事例が4か所で見られた。

〈事例1〉

のり面上部2段が植生工による表面処理対策で、のり面下部2段がプレキャスト法枠工を用い、上部2段よりランクが上の対策工を用いている。

〈事例2〉

一つの地点で上記と同様に、のり面上部2段にブロック法枠工（円弧ブロック法枠工）を設置している。

〈事例3〉

のり面が5段あり、のり面上部2段が植生工であり、3段目に吹付工、のり面下部2段に、ブロック法枠工（円弧ブロック法枠工）を設置している。

〈事例4〉

のり面が7段あり、のり面上部3段が植生工であり、のり面下部4段がモルタル吹付工を設置している。これらの基本的考え方は、

- ・長大切土のり面が、崩壊する場合、圧縮部の斜面下部から崩壊すると、崩壊の規模が大きくなる為に、斜面下部の対策工のランクを上げる。
- ・のり面の下部対策工のランクをあげるにより、崩壊に対する抵抗力を増加する。

③洞門工やシェッド工による崩壊対策

急峻な山地に発生した崩壊に対して、地形の要因から有効な対策工が設置出来ず洞門工やシェッド工により、対策を行っている事例が2か所で見られる。

そのうち1か所では当初、切土のり面に落石防護柵、植生工などの対策工を設置していた。しかし、地すべり性崩壊及び土砂崩壊が発生した。その為に、崩壊土砂及び基盤にモルタル吹付工を行った。その後、経年変化によりモルタル吹付が老化し、表面剥離が始まった。既往の対策工では対処できない為に洞門工を設置した。

洞門工を設置することにより、落石防止、土砂崩壊に対しては、安全になったが地すべり性の崩壊に対しては危険性が残る可能性もある。

別の事例では、当初ロックネットにより、のり面对策を行っていたが、土砂崩壊が発生した為に、その後、ロックシェッド施工し対策工とした。

この事例においても、切土のり面が長大な為に、その後ロックシェッド工により対策したと考えられる。これらの対策工の考え方は

- ・長大切土のり面の為に、のり面自身に対策工が設置出来ない。
- ・小規模な崩壊が多発しており、のり面自身に対策工が設置出来ない。

以上の理由により対策工でもレベルが上位の洞門工、シェッド工を設置していると考えられる。

今回の現地調査結果より、長大切土のり面特有の対策工の考え方は、以上示した3工法であった。

7. まとめ

7.1 被災の実態

今回の調査の目的として長大切土（ $H \geq 30\text{m}$ ）における被災実態の把握があったが、被災時の切土高を調べると切土高が30m未満で被災した切土が、高い割合を示すことが明らかとなった。このことは、長大切土の被災実態に関しては調査件数の減少となったが、半面で現在の長大切土の多くが被災又はその対策に伴って形成されたことを明らかにしている。このような長大切土を形成するに至った被災の実態調査結果は以下にまとめるとおりである。

(1)被災の発生に大きく影響している要因は、切土地盤に対して、結果的にきつめののり勾配の採用であ

と考えられる。調査の結果では、非被災切土は軟岩より軟弱な地盤では平均のり勾配を1割より緩い値となっているのに対し、被災切土では硬軟の区別なく、1割より急な平均のり勾配となっていることが大きな特徴となっている。特に軟岩Ⅰにおける5分～1割の採用は円弧型の崩壊を起す原因のひとつとなっていると考えられる。

- (2)また、地盤の地質構造も被災発生に大きく関与しており、非被災切土では流れ目、断層の分布する25ヶ所中6ヶ所(24%)と少ないのに対し、被災切土では56ヶ所中36ヶ所(64%)に流れ目、断層が分布しておりその影響の大きいことを示している。地質構造の影響が大きい被災形態は岩盤型の崩壊と大規模崩壊・地すべりであり、浅層岩盤崩壊では層理及び斜面に沿った層状節理の分布頻度が91%に達しており、通常1割以下でも安定とされる軟岩Ⅱ、中硬岩で被災を起こす大きな原因となっている。また、深層岩盤崩壊、大規模崩壊、地すべりでは流れ目の他に断層の分布頻度が高くなっている。

円弧型の崩壊では地質構造の影響は少ない。

- (3)切土高の被災におよぼす影響は小さく、被災時の切土高は10～40mの範囲に均等に分散している。切土高30mを境とする長大切土と普通切土を比較すると(表-27)、30m未満の普通切土では中～大規模、長大切土では中～小規模となっており、切土高が高くなることにより被災規模は反対に小さくなる傾向が見られる。地形でも急峻山地では30m未満の切土で多く被災しており、現況の長大切土が急峻地に多いのとは反対の傾向となっている。

このような当初の予想に反する傾向は、急峻地では切土高を押えるために無理な勾配を採用する傾向があり、それが大きな被災を起す原因となっているためと判断される。また、大規模崩壊・地すべりも30m未満の切土に多く発生しているが、これも危険性を認識した上で切土高を押えたものの地盤の不安定化を招いた結果と推定される。

- (4)被災におよぼす地形要因は急峻度、平面形状、縦断形状のいずれも目立った傾向は見られない。現況の長大切土の分布については、ほぼ急峻の程度に整合的であり、また切土高50～80mの長大切土は急峻地に多くなっている。

- (5)被災の発生時期は、施工時が最も多く25ヶ所(42%)であり、施工後20ヶ所(33%)、施工前15ヶ所(25%)と続く。施工時の被災は切土高が30m以上の長大切土に多く発生し、発生位置は切土上部(40%)と切土下部(24%)に多く、概ね小規模な崩壊である。施工後の被災は切土全体及び全域型(45%)と切土上部(35%)がほとんど占めており、中～大規模なものが多くなる。施工前の被災は切土影響の少ないものでほとんどが切土の上方(73%)に発生している。

- (6)発生した被災の形態は、浅層円弧崩壊が最も多く全体の30%を占め、深層円弧崩壊の22%が続き、これら円弧型の崩壊で全体の50%以上に達している。円弧型の崩壊は切土上部又は上方斜面に発生し、風化帯又は未固結層を崩壊層としており、切土勾配が地盤の状態に比べて急すぎるものが発生原因と判断される。一方、浅層岩盤崩壊は18%程度と少ないが、切土下部から中央部の新鮮岩に多く発生している。発生は層理及び地形に沿った節理などの地質構造に起因したものが占めている。

表 - 2 7 長大切土と普通切土の対比

		普通切土 30m未満	長大切土 30m以上	合 計 件数(割合%)
被災形態 被災ヶ所集計	大規模崩壊・地すべり	5(14)	1(4)	6(10)
	深層岩盤崩壊	3(9)	6(24)	9(15)
	深層円弧崩壊	9(26)	4(16)	13(22)
	浅層岩盤崩壊	6(17)	5(20)	11(18)
	浅層円弧崩壊	10(28)	8(32)	18(30)
	落石型崩壊	2(6)	1(4)	3(5)
	計	35(100)	25(100)	60(100)
被災規模 被災ヶ所集計	大規模	13(37)	5(20)	18(30)
	中規模	15(43)	10(40)	25(42)
	小規模	7(20)	10(40)	17(28)
	計	35(100)	25(100)	60(100)
災害発生時期 被災ヶ所集計	施工前	14(40)	1(4)	15(25)
	施工時	10(29)	15(60)	25(42)
	施工後	11(31)	9(36)	20(33)
	計	35(100)	25(100)	60(100)
地形 切土ヶ所集計	急峻山地	13(40)	6(26)	19(34)
	普通山地	6(19)	10(44)	16(29)
	丘陵地	7(22)	6(26)	13(24)
	台地	6(19)	1(4)	7(13)
	計	32(100)	23(100)	55(100)
地盤状況 切土ヶ所集計	崩積土	3(10)	0(0)	3(6)
	未固結層	1(3)	0(0)	1(2)
	風化土	0(0)	1(4)	1(2)
	軟岩 I	11(34)	6(26)	17(31)
	軟岩 II	11(34)	11(48)	22(40)
	中硬岩	5(16)	3(13)	8(14)
	硬岩	1(3)	2(9)	3(5)
	計	32(100)	23(100)	55(100)

深層岩盤・大規模崩壊・地すべりは全域又は切土全体型で断層の影響又は既存の地すべり崩壊土の再滑動したものである。これら被災形態の内、深層型の崩壊・大規模崩壊・地すべりのほとんどが大規模なものであり、浅層の崩壊は小～中規模である。落石型崩壊については資料が少ない。

(7)被災切土とその他の特徴

大規模崩壊・地すべりでは湧水している切土が多いが、その他の湧水、集水地形と被災との関連性は少ない。降雨時に被災した記録は13例みられた。資料は少ないが記録が残っているものでは降雨時に被災したものが多い。

7.2 対策工法

- (1)長大切土ののり勾配は土工指針に規定されているのり勾配の範囲と同じである。軟岩Ⅰ，Ⅱののり勾配が被災時では1割以下が主体であったのに比べ、指針範囲の上限値（1割以上）を採用するものが多くなっているのが主な改良点となっている。
- (2)被災後の対策工は、1:1.0を境に変化しており、1:1.0より緩い場合は植生工主体、1:1.0より急な場合はコンクリート構造主体のものが多くなり、また、1:0.7より急な切土では抑止工的な対策が増加する傾向がある。
- (3)地盤に対する対策工の選定は、土砂（崩壊土、未固結層、風化土）では切土勾配が1:1.0より緩いため植生工主体であり、硬岩・中硬岩では地盤が安定しているため1:0.8より急な勾配にもかかわらず吹付工が主体となっている。軟岩Ⅰ，Ⅱは切土勾配の範囲が広いが、1:1.0より急な場合はコンクリート吹付工、枠工、擁壁などが多く、1.0より緩くなると植生工が多くなる。
- (4)対策工の選定に際しては、被災の有無と発生時期が大きく影響している。非被災切土の表面処理工は抑留型が64%を占めて圧倒的に多く、また施工前に被災した切土も非被災切土と同様の傾向を示す。一方、施工後に被災した切土は若干の抑止力を期待できるタイプの表面処理工が58%を占めるようになる。施工時に被災した切土に対しては特別の対策を施さないものが多く、48%が崩壊面にモルタル吹付又は植生工などを施すのみの軽い対策となっている。これらは小規模な浅層円弧崩壊が多く、現況は安定しているように見受けられるが、不安定な土塊が周辺に残っている可能性もある。
- (5)長大切土特有の対策工法は①管理通路の設置、②同一のり面における対策工のランク分け、③急峻山地での洞門工、シェッド工による被災対策の3工法である。

7.3 問題点と課題

被災と対策工の実態調査から、今後の長大切土の対処法を考察する。

現況の長大切土の多くが、被災またはその対策に伴って切土高が30m以上となったものであり、このことは長大切土の対処法を考える際には一般の切土を含めた被災防止対策が重要となることを示している。今回の調査で切土の被災の多くは、①切土地盤に対する切土勾配の選択、②流れ目などの地質構

造に起因することが今回の調査で明らかとなった。

①切土地盤に対して結果的にきつい切土勾配を選択することは、円弧型の崩壊の一因となっており、特に軟岩に分類される地盤にこの傾向が多い。現在、軟岩の標準切土勾配は「道路土工指針」によって1:0.5~1:1.2に定められており、一方、被災した軟岩の切土の勾配は概ね1:0.5~1:1.0が採用されていた。このように、標準切土勾配の範囲に入っているにもかかわらず被災が多いのは、軟岩の一部（特に軟岩Ⅰ）に標準切土勾配の急な範囲では不安定なものがあることを示唆している。

また、長大切土が生じやすい急峻な山地では切土高を押えるために標準切土勾配の急な値を採用する傾向が見られ、軟岩のように標準切土勾配の範囲が大きい場合は、切土勾配の問題が生じやすくなる。従って、長大切土が生じたような山地においては地盤条件と標準切土勾配をより細かく設定することが必要となる。

一方、②の流れ目などの地質構造は岩盤型の崩壊の主な原因となっている。岩盤型の崩壊は流れ目などの地質構造に起因する要素が極めて大きいため一般的な地盤分類のみでは対応出来ない場合が多く、地質構造の要素を加味した分類が必要となる。

今後の課題としては、これら地盤の細分と流れ目などの地質構造に関する①地質調査法、②評価方法及び③地形要因等で切土勾配をとれない場合の処理工法の確立が必要となる。

①の地質調査法は地表地質調査、弾性波探査、ボーリング調査等の現況の調査法が主体となるが、風化帯の分布などをより細かく調べるためのボーリング調査及び流れ目の方向、分布頻度などを明らかにする地表地質調査をよりきめこまかく行うことが必要となる。また、②の評価方法の確立するに際しては切土高30m以下の一般の切土に関する既存資料も参考にする必要があり、③の処理工法に関しては、完成時のみならず施工時の安定対策基準も確立しておくことが必要と考えられる。

おわりに

切土高30m以上の長大斜面の崩壊実態の調査から、今後の長大切土のり面における処理工選択を考えるにあたっての問題点が明らかとなってきた。とりわけ、事前の調査、切土勾配の細分化が課題となってくる。今後、処理工選択の手法について、より具体化していくこととしたい。

文 献

- 1)土質工学会編：土質試験法、土質工学会（1979）
- 2)日本応用地質学会編：岩盤分類、応用地質特別号、（1984）
- 3)日本道路協会編：道路土工のり面工・斜面安定工指針、日本道路協会（1986）

長大切土のり面
被災実態調査報告

ISSN 0386-5878
土木研究所資料 第2794号
平成元年8月(1989)

急傾斜地崩壊研究室 吉松弘行
寺本和子
西川純一
服部泰英
大浦二郎

キーワード：道路のり面，長大切土，崩壊

要 旨

切土高30m以上の長大切土のり面について，全国より抽出した81箇所ののり面を実態調査した。このうち56箇所は崩壊の履歴を持つものである。被災傾向は，切土高30m未満の場合と較べて被災規模が小さくなる傾向がみられる。これは急峻地では切土高を抑えるために勾配をきつくする傾向があるためと考えられる。また，軟岩地盤では，とくに，結果的に適切な勾配よりきつく切るために被災に至る傾向があり，今後，標準切土勾配をきめ細かに設定する必要がある。これらの傾向と検討を踏まえ，長大切土のり面の処理工および被災後の復旧処理工のフローを作成した。

郵便はがき

は4円切
手さ
い
つ
て
下
さ

3 0 5 - □ □

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

砂防部急傾斜地崩壊研究室 御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第2794号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名 印