

ISSN 0386—5878

土木研究所資料第2953号

土 木 研 究 所 資 料

長大切土のり面処理工法の 選定に関する調査報告

平成3年3月

建設省土木研究所
砂防部急傾斜地崩壊研究室

Copyright © (1991) 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。

長大切土のり面処理工法の 選定に関する調査報告

急傾斜地崩壊研究室 室 長 中 村 良 光
主任研究員 西 川 純 一
大 浦 二 朗

要旨

長大切土においては、のり面の崩壊の複雑性、処理工法の違いによる影響も大きいと考えられる。本論では、実態調査と既往文献調査から長大切土のり面の対策工・選定工に関し、切土勾配の新たな区分を設定し、対策工・処理工を選定する際のフローを作成した。

キーワード：のり面，長大切土，対策工，保護工

はじめに

全国的に道路延長が延びている中、高規格道路に建設の重点がおかれるようになり、それに伴い切土量の多い長大切土のり面の建設が増大すると考えられる。

長大切土においては、のり面の崩壊現象が小規模な切土に比べ複雑となり、のり面の処理工法の差異による工費や用地に及ぼす影響も大きくなると考えられる。そのため、切土量の少ない一般の切土に対する従来の考え方では十分に対応出来ないことも予測される。従って、長大切土におけるのり面对策の考え方と問題点を整理し、対策工や保護工の適切な考え方を確立していくことが早急に必要となっている。

このような必要性に対応するため、急傾斜地崩壊研究室では全国の長大切土のり面を対象にアンケートによる処理工法の実態調査を行い、その特徴を取りまとめた¹⁾。これに引き続き、本報告では、長大切土のり面の対策工・保護工の考え方の整理を行い、処理工選定のフローを作成した。

目 次

はじめに

1. 被災事例に関する整理	1
1.1 検討概要	1
1.2 長大切土のり面の被災事例の整理	1
1.3 対策・保護工の選定に関する考え方の整理	8
1.3.1 対策工・保護工の分類	8
1.3.2 対策工選定のための要因整理	12
1.3.3 斜面調査項目の整理	27
1.4 被災事例に関する整理・結果	29
2. 既往の切土のり面对策工・保護工選定に関する資料整理	29
2.1 検討概要	29
2.2 技術基準からの対策工・保護工の考え方	29
2.2.1 設計要領第1集の考え方	29
2.2.2 道路土工指針の考え方	32
2.3 既往文献からの対策工・保護工選定に関する考え方	35
2.4 既往文献からの対策工・保護工選定に関する要因の整理結果	40
3. 長大切土のり面对策工法選定の関する検討	41
3.1 検討概要	41
3.2 対策工選定に関する構成要因の抽出	41
3.2.1 実態調査からの要因抽出	41
3.2.2 既往技術基準からの影響要因の抽出	42
3.2.3 既往文献からの影響要因の抽出	42
3.2.4 対策工法選定に関する要因抽出	43
3.3 対策工法の整理	44
3.4 標準のり勾配の整理	45
3.5 対策工選定に関するフロー作成	63
4. まとめ及び今後の課題	67
参考文献	68

1. 被災事例に関する整理

1.1 検討概要

ここでは、昭和62年に行った『長大切土のり面被災実態調査』¹⁾を基本に以下の整理を行い対策工・保護工の考え方の整理を行う。

- ① 長大切土のり面の被災事例について、被災原因・被災時の対策工・保護工、被災後の対策工・保護工の考え方について整理する。(大規模・中規模崩壊事例21例について整理する。)
- ② アンケート結果を基本に、対策工・保護工の考え方について統計的に検討し、その要因についてまとめる。

上記、項目に整理し対策工・保護工の選定要因についてまとめる。

1.2 長大切土のり面の被災事例整理

長大切土のり面の被災事例について、被災原因・被災時の対策保護工・被災後の対策保護工の考え方について表-1.1の様式でまとめ、対策工・保護工の選定時の要因について整理する。なお、ここでは、検討データの正確さ・量の多さから検討データとしては、大規模崩壊・中規模崩壊とした。

表-1.1 被災事例の整理様式

項 目	内 容	
斜面の特徴	切土形状	斜面高さ・斜面勾配・小段幅
	地形状況	地形分類・平面形状・横断形状 遷急線・遷緩線・集水地形・植生 オーバーハング
	地質状況	地層・岩分類・硬さ・亀裂・断層 表層土の状況
	その他	既存崩壊
被災の状況		崩壊分類・発生時期
調査内容		調査方法
被災原因		
対策工		被災時の対策工・被災後の対策工

表-1.2 被災形態の整理（その1）

番 号		大-1	大-2	大-3	大-4	大-5	大-6	大-7	大-8	大-9	大-10
切 土 形 状	のり面直高	60.0m	70.0m	40.0m	60.0m	43.0m	43.0m	42.0m	52.0m	30.0m	40.0m
	のり面平均勾配	1:2.5	1:0.6	1:1.8	1:1.0	1:1.2	1:1.3	1:0.8	1:0.8	1:0.8	1:1.4
	のり面勾配	1:2.5	1:0.3 1:0.8	1:1.0 1:1.0 1:1.0	1:1.2 1:1.0 1:1.5	1:1.5 1:1.0 1:0.7	1:1.0 1:1.0	1:0.7 1:0.7	1:0.7 1:0.7	1:0.7 1:0.7	1:1.4 1:1.2
	小段幅	———	———	1.0 1.0 1.0	———	1.5 1.5 1.5	1.5 1.5	1.5 1.5	1.5 1.5	1.5 1.5	———
地 形 特 性 状 背 後 料 面	地形分類	丘陵地	急峻斜面	丘陵地	急峻山地	普通山地	丘陵地	丘陵地	丘陵地	丘陵地	普通山地
	平面形状	斜面平行型	斜面平行型	凸形斜面	斜面平行型	尾根型	斜面平行型	尾根型	尾根型	斜面平行型	尾根型
	横断形状	台地型	凸 型	台地型	凸 型	凸 型	台地型	尾根型	尾根型	尾根型	凸 型
	特異地形	地すべり地帯	海蝕崖	———	河川侵蝕斜面	———	———	火山山麓地形	火山山麓地形	火山山麓地形	———
	選線点	あ り	な し	な し	な し	な し	な し	な し	な し	な し	な し
	選急点	な し	あ り	な し	あ り	な し	な し	な し	な し	な し	あ り
	集水地形	な し	な し	な し	あ り	な し	な し	な し	な し	な し	な し
	オーバーハング	な し	な し	な し	な し	な し	な し	な し	な し	な し	な し
	植生の種類	———	雑 木	雑 木、松	———	雑 木	杉、竹	———	雑 木	雑 木	雑 木
	植生の密度	———	粗	粗	———	密	密～中	———	密	密	密
	植生の樹幹径	———	5～10cm	5～10cm	———	10～15cm	10～30cm	———	5～10cm	5～10cm	5～10cm
の り 面 の 地 質 状 況	地層名	白亜紀 尾瀬内層	新第三紀 萩生層	三波川変成岩	二疊紀 粥川層	白亜紀 須崎層	二疊紀 上八川層	更新世 阿多火山軽石流	更新世 阿多火山軽石流	更新世 阿多火山軽石流	ジュラ紀 四万十層部
	岩分類	シルト質砂岩	凝灰岩、凝灰質砂岩	泥質片岩	粘板岩、砂岩	泥岩	粘板岩	熔結凝灰岩	熔結凝灰岩	熔結凝灰岩	砂岩・泥岩互層
	岩 種	軟岩Ⅱ	軟岩Ⅰ 中硬岩	軟岩Ⅰ 中硬岩	軟岩Ⅰ	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ	軟岩Ⅱ	軟岩Ⅱ	軟岩Ⅱ	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ
	岩石の硬さ	容易に 割れる	硬 金属音	ボロボロ 容易に 割れる	軟	土砂状 ボロボロ	ボロボロ 容易に 割れる	熔結度低い	熔結度低い	熔結度低い	ボロボロ 金属音
	割れ目間隔	———	70cm 100cm	22.5cm 35cm	3.5cm	8cm 22.5cm	15cm 30cm	少ない	少ない	少ない	7.5cm 40cm
	割れ目方向	———	層状節理（流れ目）	片理（直 立）	———	流れ目	節理（流れ目）	———	———	———	———
	層 理	流れ目	差し目	———	流れ目	差し目	差し目	———	———	———	———
	断 層	———	———	———	———	———	———	———	———	———	3m
	表層土の地質	礫混り 粘性土	軟岩Ⅰ 粘性土	粘性土 段丘堆積物	礫混り 粘性土	玉石混 砂質土	軟岩Ⅰ 粘性土	粘性土 礫混り 粘性土	粘性土 シラス	粘性土 シラス	粘性土 シラス
	割れ目状態	識別できず 開口、 粘土化	———	———	———	開口	———	———	———	———	———
	既存崩壊	崩壊土地すべり	———	———	深層円弧崩壊	———	———	———	———	———	———
被 災 の 状 況	湧 水	湧水あり	乾燥	乾燥	乾燥	乾燥	乾燥	湧水あり	湧水あり	湧水あり	乾燥
	崩壊分類	崩壊土地すべり	落石型崩壊	深層円弧崩壊	深層円弧崩壊	深層円弧崩壊	深層円弧崩壊	深層円弧崩壊	深層円弧崩壊	深層円弧崩壊	深層円弧崩壊
	発生時期	施工前	施工前	施工中	施工前	施工後	施工後	施工前	施工前	施工前	施工後
	地質的位置	崩壊土	ゆるみ帯	風化帯	風化帯	風化帯	風化帯	シラス	シラス	シラス	風化帯
調 査 結 果		供試体	N値	供試体	供試体	N値	供試体	供試体	供試体	供試体	供試体
		軟岩Ⅱ	60以上	———	段丘堆積物	30以上	———	———	山中式土壌硬度 指標硬度	硬度	山中式土壌硬度 指標硬度
被 災 原 因		———	———	———	———	———	切土勾配が急すぎたため	表面風化と降雨のため	———	———	———
		———	———	———	———	———	———	———	———	———	———
切土のり面対策工		排土工 排水側溝	ネット ロックシェッド	切土工 植生工 排水側溝	コンクリート擁壁工 ストーンガード 現場打ちのり枠工 抑止アンカー のり面排水工 地下水排水工	現場打ちのり枠工 アンカー工 ロックネット ストーンガード 擁壁工 植生工 のり面排水工	コンクリート擁壁工 コンクリートのり枠工 ロックネット 種子吹付	もたれ式擁壁工 プラスチック ソイルセメント吹付 小段U形排水	もたれ式擁壁工 プラスチック ソイルセメント吹付 小段U形排水	もたれ式擁壁工 のり面工 小段U形排水	重力式擁壁工 落石防止柵 岩盤緑化 種子吹付

表-1.3 被災形態の整理 (その2)

番 号		中-1	中-2	中-3	中-4	中-5	中-6	中-7	中-8	中-9	中-10
切土 形状	のり面直高	39.0m	40.0m	32.0m	55.0m	35.0m	34.0m	54.0m	48.0m	35.0m	38.0m
	のり面平均勾配	1:3.0	1:2.0	1:0.8	1:1.1	1:1.3	1:1.5	1:1.0	1:1.4	1:1.2	1:1.3
	のり面勾配	———	1:2.0 1:1.3	1:1.0 1:1.0	1:1.0 1:1.0	1:1.5 1:1.0	1:1.2 1:1.0	1:1.0 1:0.8 1:0.65	1:1.2 1:1.0	1:1.2 1:1.0	1:1.25 1:1.2
	小段幅	———	5.0 3.0	———	1.5 1.5	———	1.5 1.5	1.5 1.5 1.5	2.2 1.5	———	1.5 1.5
地形 特性 状況	地形分類	丘陵地	丘陵地	丘陵地	急峻斜面	普通山地	丘陵地	普通山地	普通山地	普通山地	急峻斜面
	平面形状	凸型斜面	凸型斜面	斜面平行型	斜面平行型	斜面平行型	斜面平行型	斜面平行型	凸型斜面	凸型斜面	凸型斜面
	横断形状	台地型	台地型	凸 型	台地型	尾根型	台地型	直線型	凸 型	凸 型	尾根型
	特異地形	地すべり地帯	地すべり地帯	———	———	地すべり地帯	河川侵蝕斜面	———	———	———	海蝕崖
	遷移点	なし	なし	なし	あり	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	遷急点	なし	なし	あり	あり	あり	なし	なし	あり	なし	なし
	集水地形	なし	なし	あり	あり	なし	あり	なし	なし	あり	なし
	オーバーハング	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	植生の種類	雑 木	雑 木	杉、笹	杉	杉	雑 木	雑 木	雑 木	雑 木	雑 木
	植生の密度	粗	粗	密	密	密	密	密	密	密	密
	植生の樹幹径	5~10cm	5~10cm	30cm	———	25cm	5~15cm	5~10cm	5~10cm	5~15cm	10~15cm
のり 盤 の 地 質 状 況	地層名	白亜紀 軟岩層	白亜紀 上部頰夷層群	第四紀 火山岩類	新第三紀 青木系層	夜久野塩基性岩系	古世代 三群変成岩	三疊紀 鹿足層群	白亜紀 阿武層群	古第三紀 清水層	糸島花崗閃緑岩
	岩分類	頁岩、互層	シルト岩	凝灰岩、凝灰角礫岩	砂岩、泥岩互層	蛇紋岩	泥質変岩	砂岩	流紋岩、凝灰角礫岩	頁岩	花崗閃緑岩
	岩 種	軟岩II	軟岩I 中硬岩	軟岩II	軟岩I	軟岩I 軟岩II	軟岩I 中硬岩	軟岩I 軟岩II	軟岩I 軟岩II	軟岩I 軟岩II	軟岩II
	岩石の硬さ	容易に 割れる	金属音 金属音	容易に 割れる	ボロボロ	ボロボロ 金属音	ボロボロ 金属音	ボロボロ 容易に 割れる	ボロボロ 容易に 割れる	土砂状 ボロボロ	容易に 割れる
	割れ目間隔	25cm	25cm 40cm	35cm	20cm	11.5cm 22.5cm	25cm 40cm	10cm 25cm	25cm 40cm	8cm	17.5cm
	割れ目方向	不規則な節理	———	———	———	片状構造（流れ目）	片理（流れ目）	節理（流れ目）	———	———	節理（流れ目）
	層 理	流れ目	———	———	差し目	———	———	———	———	流れ目	———
	断 層	5m	———	———	5m	———	———	5m	———	10m以上	———
	表層土の地質	礫混り 粘性土	軟岩I	粘性土 礫混り 粘性土	粘性土 砂質土	礫混り 粘性土	礫混り土	粘性土	粘性土 礫混り 粘性土	粘性土 礫混り 粘性土	粘性土 粘性質 砂質土
	割れ目状態	識別できず 開口、 粘土化	———	———	———	———	識別できず	———	———	———	———
被災 状況	既存崩壊	風化岩地すべり	———	———	———	———	———	———	———	———	———
	湧 水	湧水あり	乾燥	湧水あり	乾燥	湧水あり	乾燥	湿 潤	乾 燥	乾 燥	乾燥
	崩壊分類	風化岩地すべり	岩盤地すべり	浅層円弧崩壊	深層円弧崩壊	深層円弧崩壊	浅層円弧崩壊	深層円弧崩壊	浅層円弧崩壊	深層円弧崩壊	深層円弧崩壊
	発生時期	施工後	施工中	施工後	施工後	施工後	施工後	施工後	施工後	施工後	施工後
	地質的位置	崩積土	堅岩部	表 土	強風化帯	強風化帯	表 土	風化帯	表 土	崩壊堆積物	表層マサ
	供試体	N値	供試体	Yp値	供試体	N値	供試体	VP値	供試体	供試体	供試体
	調査結果	礫混り粘性土 軟岩I	10前後 24-40	軟岩II 中硬岩	1.0-1.2 2.1	礫混り粘性土	20前後	礫混り粘性土 礫混り土 軟岩I 軟岩II	0.15-0.33 0.5-0.7 1.0-1.8 2.0	———	———
	被災原因	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———
	切土のり面の対策工	切土工 張芝工 盲排水工 表層側溝	切土工 ふとんかご	ロックシェッド	のり枠工 し形側溝 集水管	コンクリート吹付工 土留工 側溝工	コンクリート吹付 のり枠工 重力式擁壁工	現場打ちのり枠工 吹付のり枠工	現場打ちのり枠工 植生のみ 小段側溝	コンクリートのり枠工 コンクリート擁壁工 ストーンガード 植生穴工法	ブロック積 鋼製のり枠工 小段排水工

表-1.2および表-1.3に、大規模崩壊・中規模崩壊に関する整理結果を示した。これは、大・中規模崩壊の現地調査結果を基本に作成したものであり、対策工選定理由・被災理由の記載はない。従って、表-1.2、表-1.3から対策工の選定要因をまとめることは難しく別途手法による検討が必要となる。

そこで、統計的手法を用い対策工選定のために考えられる要因の整理を行う。対策工・保護工の考え方に對する要因の整理は表-1.2、表-1.3に示す項目を比較項目として検討する。

表-1.4に対策工選定のための比較項目に関する結果を示した。これは、表-1.2、表-1.3の中において、現地調査項目として記入されているものを比較項目とした。表-1.4の網掛けのある項目について本調査における対策工法選定のための調査項目とした。

表-1.4 対策工選定の為の比較項目

項 目	内 容	
斜面の特徴	切土形状	斜面高さ・斜面勾配・小段幅
	地形状況	地形分類・平面形状・横断形状 特異地形 遷急線・遷緩線・集水地形 植生（種類・密度・樹幹径） オーバーハング
	地質状況	地層・岩分類・硬さ・亀裂・断層 表層土の状況・湧水
	その他	過去の既存崩壊
被災の状況		崩壊分類・発生時期
調査内容		調査方法・調査結果
被災原因		
対策工		被災時の対策工・被災後の対策工 対策工の種類

1.3 対策工・保護工の選定に関する考え方の整理

1.3.1 対策工・保護工の分類

ここでは、表-1.4に示す比較項目を用い対策工選定に関する要因の整理を行う。対策工・保護工には、数多くの種類があるのでその機能により分類を行いグループ化する。本検討においては表-1.5に示す対策工・保護工の分類を行った。

表-1.5 対策工・保護工の分類

対策工	対策工の種類
排水工	①地表水排除工 (横排水工・縦排水工・浸透防止工) ②地下水排除工 (暗渠工・横ボーリング工)
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張芝工 ④植生マット工 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石張工 ②ブロック張工 ③モルタル吹付工 ④モルタル吹付工 ⑤コンクリート吹付工
表面処理工法(C)	①プレキャストのり枠工 ②特殊プレキャストのり枠工
表面処理工法(D)	①現場打ちコンクリートのり枠工 ②フリーフレーム工法
抑止工(A)	①石積擁壁工 ②ブロック積擁壁工 ③井桁工 ④土留工 ⑤コンクリート擁壁工 ⑥じゃかご工 ⑦編柵工
抑止工(B)	①杭工 ②アンカー工 ③補強土工法
落石防護工	①落石防止工 ⑤落石防止柵

表-1.5において、表面処理工法(A)は力学的な抑止力は無処理斜面に対する抑制工を意味する。ここでは、特に植生工を基本とした工法を意味する。表面処理工法(B)は、表面処理工法(A)と同様であるがコンクリート・モルタル系の材料を基本とした工法を意味する。表面処理工法(C)は表面処理工(B)より多少抑止力をもつ工法を意味する。表面処理工法(D)は表面処理工法(C)と同様ののり枠工と考えられるが、特に部材断面が大きく、重量のある部材を利用しており抑止工的役割のある工法を表面処理工法(D)とした。抑止工(A)は、床止め用壁などの比較的簡易な抑止工を意味する。抑止工(B)は、地すべり対策等にもちいるアンカー・杭などの基本的な大規模な抑止工を意味する。これらの分類を基本に選定について整理する。

表-1.5に示す対策工の分類と表-1.4に示す項目の関係図を作成し選定を要因を抽出する。表-1.6～表-1.8に調査斜面対策工を示した。調査斜面では、複数の保護工・対策工が設置されている。ここでは、複数で行われている対策工・保護工として最も崩壊抑止・抑制に対し影響の高いものを代表とした。

調査斜面における対策工・保護工の使用頻度は、表-1.9に示すようになる。

表-1.6 調査斜面对策工

斜面 番号	切土工	表面処理 工法(A)	表面処理 工法(B)	表面処理 工法(C)	表面処理 工法(D)	抑止工 (A)	抑止工 (B)	落石 防護工	その他
大-1	—	—	—	—	—	—	—	—	○
大-2	—	—	—	—	—	—	—	—	○
大-3	○	○	—	—	—	—	—	—	—
大-4	—	—	—	—	○	○	○	○	—
大-5	—	○	—	—	○	○	○	○	—
大-6	—	○	—	—	○	○	—	○	—
大-7	—	—	—	—	—	○	—	—	○
大-8	—	—	—	—	—	○	—	—	○
大-9	—	—	—	—	—	○	—	—	○
大-10	—	○	—	—	—	○	—	○	—
中-1	○	○	—	—	—	—	—	—	—
中-2	○	—	—	—	—	○	—	—	—
中-3	—	—	—	—	—	—	—	—	○
中-4	—	—	—	—	○	—	—	—	—
中-5	—	—	○	—	—	○	—	—	—
中-6	—	—	—	—	○	○	—	—	—
中-7	—	—	—	○	○	—	—	—	—
中-8	—	○	—	—	○	—	—	—	—
中-9	—	○	—	—	○	○	—	○	—
中-10	—	—	—	○	—	○	—	—	—
A-1	○	○	—	○	—	○	○	—	—
A-2	○	○	—	—	—	—	—	—	—
A-3	○	○	—	○	—	—	—	—	—
A-4	○	○	—	—	—	—	—	—	—
A-5	—	○	—	—	○	○	—	—	—
A-6	—	○	—	—	○	○	—	—	—
A-7	○	○	—	○	—	—	—	—	—

表-1.7 調査斜面对策工

斜面 番号	切土工	表面処理 工法(A)	表面処理 工法(B)	表面処理 工法(C)	表面処理 工法(D)	抑止工 (A)	抑止工 (B)	落石 防護工	その他
A-8	○	○	—	○	—	—	—	—	—
A-9	○	○	—	○	—	—	—	—	—
A-10	○	○	—	○	—	—	—	—	—
A-11	—	○	—	○	—	—	—	—	○
A-12	—	○	—	○	—	—	—	—	—
A-13	○	○	—	○	—	—	—	—	—
A-14	○	○	—	○	—	—	—	—	—
A-15	○	○	—	—	○	—	—	○	—
B-1	—	○	○	—	○	—	○	—	○
B-2	—	○	○	—	○	○	—	—	—
B-3	—	—	○	—	—	—	—	—	—
B-4	—	—	○	—	—	—	—	—	—
B-5	—	○	—	—	○	○	—	—	○
B-6	—	○	—	○	—	○	—	—	—
B-7	—	○	—	○	—	○	—	—	○
B-8	—	—	○	—	—	—	—	—	—
B-9	—	—	○	—	—	—	—	—	—
C-1	—	○	—	○	—	○	—	○	—
C-2	—	○	○	—	—	○	○	—	—
C-3	—	○	—	○	—	○	—	○	—
C-4	—	○	—	—	—	○	—	—	—
C-5	—	—	○	—	—	—	—	○	—
C-6	—	○	—	—	○	○	○	—	—
D-1	—	—	○	—	○	○	○	○	—
D-2	—	—	○	—	—	—	—	—	—
D-3	—	—	○	—	—	—	—	○	○
D-4	—	—	○	—	—	○	—	○	—

表-1.8 調査斜面对策工

斜面 番号	切土工	表面処理 工法(A)	表面処理 工法(B)	表面処理 工法(C)	表面処理 工法(D)	抑止工 (A)	抑止工 (B)	落石 防護工	その他
D-5	—	—	○	—	—	○	—	○	—
D-6	—	—	—	—	—	○	—	○	—
D-7	—	—	○	—	—	—	—	○	—
D-8	—	—	○	—	—	—	—	○	—
D-9	—	—	○	—	—	—	—	○	—
D-10	—	—	○	—	—	—	—	○	—
E-1	—	—	○	—	—	—	—	○	—
E-2	—	—	○	○	—	○	—	○	—
E-3	—	—	○	—	—	○	—	○	○
E-4	—	—	○	—	—	○	—	○	—
E-5	—	○	○	—	—	○	—	○	—
E-6	—	—	○	—	—	○	—	○	—
E-7	—	—	○	—	—	○	—	○	○
E-8	—	—	○	—	—	○	—	○	—
E-9	—	—	○	—	—	—	—	○	—
F-1	—	—	○	○	—	○	—	○	—
F-2	—	—	—	—	○	○	—	○	—
F-3	—	—	○	—	—	—	—	○	—
F-4	—	—	○	—	—	○	—	○	—
F-5	—	○	○	—	○	○	—	○	—
F-6	—	—	○	—	—	—	○	○	—
F-7	—	—	○	—	○	○	—	○	—
F-8	—	—	○	—	○	—	—	○	—
F-9	—	—	—	—	—	○	—	○	—
F-10	—	—	○	—	—	○	—	○	—
F-11	—	—	○	—	—	○	—	○	○
F-12	—	—	—	—	—	○	—	○	—

表-1.9 対策工・保護工の使用頻度

種 類	使用頻度 (件)	使用割合 (%)
切 土 工	14	6.5
表面処理工(A)	34	15.9
表面処理工(B)	36	16.9
表面処理工(C)	18	8.5
表面処理工(D)	20	9.3
抑止工 (A)	44	20.6
抑止工 (B)	8	3.7
落石防護工	39	18.6
合 計	213	100.0

表-1.9より、調査斜面の対策工・保護工は表面処理工法(A,B)と抑止工(A)が使用頻度が高いことがわかる。これは、斜面に対し緑化工主体で対策工を行っていること、また、擁壁工は下部の床固めの影響を考慮した擁壁が多いことによる。

表-1.10に調査斜面の対策工・保護工の組合せを整理した結果を示す。ここでは、対策工・保護工の具体的な組合せにより整理し実際の対策工・保護工の使用状況について整理した。

表-1.10 対策工・保護工の組合せ

	調査表の対策工・保護工		調査表の対策工・保護工
1	現場打ちのり砕工+コンクリート擁壁+ストーンガード	10	モルタル吹付工+ポケット式ロックネット
2	プレキャストのり砕工+コンクリート擁壁+ストーンガード	11	石積み擁壁工+モルタル吹付工+ポケット式ロックネット
3	モルタル吹付工+コンクリート擁壁+ストーンガード	12	モルタル吹付工
4	コンクリート吹付工+コンクリート擁壁+ストーンガード	13	コンクリート吹付工
5	軽量のり砕工+コンクリート擁壁+ストーンガード	14	コンクリート擁壁+植生工
6	コンクリート擁壁+ストーンガード+ロックネット	15	コンクリート張り工+モルタル吹付工
7	洞門工	16	張り芝工
8	シート工	17	張り芝工+軽量のり砕工
9	ロックネット+種子散布工+コンクリート擁壁	18	グリーンフレーム+コンクリート擁壁+張り芝

表-1.10において、コンクリート擁壁とは、床固め擁壁工を意味する。調査結果では以上の様な組合せで用いられている。

1.3.2 対策工法選定のための要因整理

1) 現地調査要因と対策工・保護工の比較

ここでは、対策工選定の為の選定要因について整理する。整理方法としては表-1.4において抽出された要因と表-1.6～表-1.8に示す対策工法における関係を統計的手法（単集計・散布図など）を用いることにより

検討を行う。表-1.11に、対策工法と比較要因の関係を示す。

表-1.11 比較項目と対策工の関係

図 番	図 名	図 番	図 名	図 番	図 名
図-1.1	のり面直高と対策工	図-1.8	オーバーハングと対策工	図-1.13	割れ目方向と対策工
図-1.2	のり面平均勾配と対策工	図-1.9	植生の種類と対策工	図-1.13	層理と対策工
図-1.3	地形分類と対策工	図-1.9	植生の密度と対策工	図-1.14	断層と対策工
図-1.4	平面形状と対策工	図-1.10	岩分類と対策工	図-1.15	表土の地質と対策工
図-1.5	横断形状と対策工	図-1.11	岩種と対策工	図-1.16	崩壊分類と対策工
図-1.6	せん急線と対策工	図-1.11	岩石の硬さと対策工		
図-1.7	集水地形と対策工	図-1.12	割れ目間隔と対策工		

以下、図-1.1～図-1.16の単集計・相関関係について考察を加え最終的な構成要因について説明を行う。

(1) のり面の直高

図-1.1にのり面直高と対策工の関係を示した。その関係から対策工選定に関する考え方を示すと以下のようになる。

- ・ のり面直高では、30m以上50m未満が多く全体の80%を示す。
- ・ 対策工の傾向としては30mで岩盤主体では抑止工(A)が多く、土砂斜面では表面処理工法(A,B)が多い。
- ・ 40m以上になると岩盤斜面が主体となり抑止工(A)が多くなる。ここで抑止工とは、表-1.5に示すように擁壁工主体の構造物を示している。

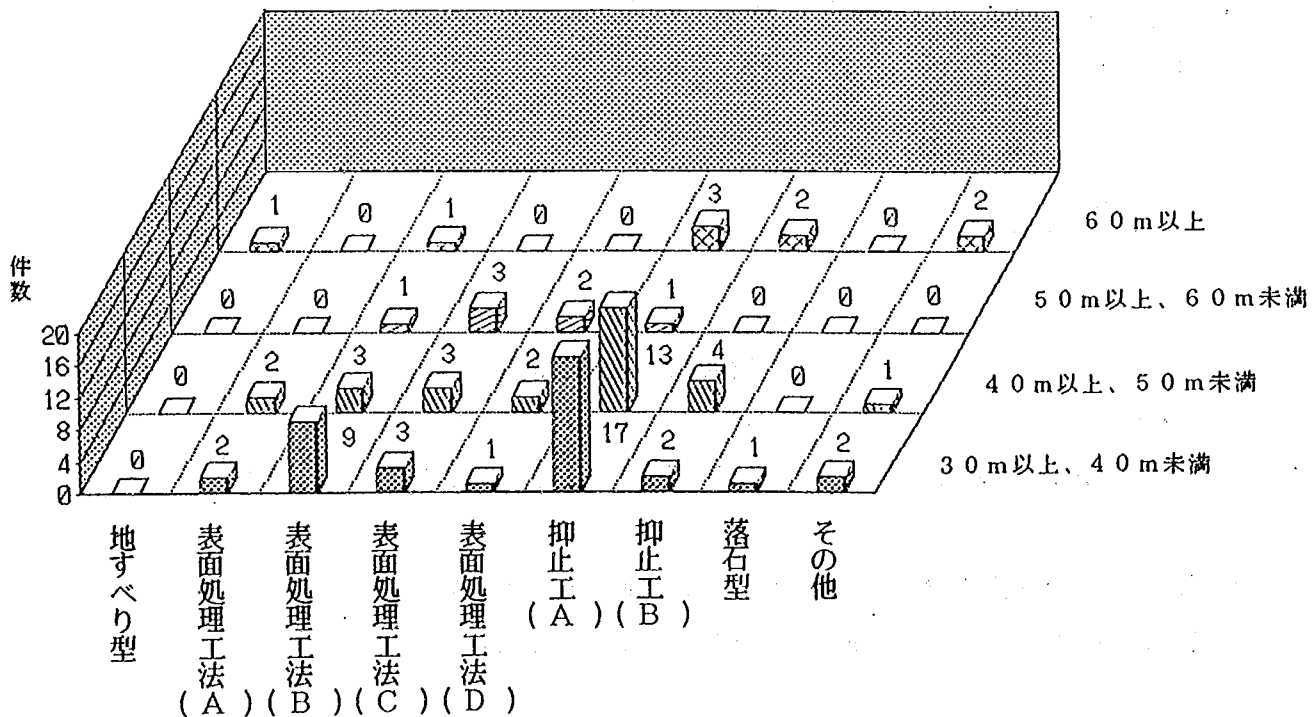


図-1.1 のり面の直高と対策工の関係

(2) のり面の平均勾配

図-1.2にのり面の平均勾配と対策工の関係を示した。その関係から対策工選定に関する考え方を示すと以下のようになる。

- ・調査斜面の平均勾配では1:0.8から1:1.2の範囲が全体の40%以上を占める。軟岩Ⅱ～土砂の範囲の勾配が多い。
- ・1:0.5から1:0.8の範囲においては軟岩・中硬岩の範囲に属しており表面処理工法(B)・抑止工(A)による対策工が多い。ここで、表面処理工法(B)はコンクリート吹き付け、張工などである。また、抑止工(A)については擁壁工が主体となる。
- ・土砂斜面などにおいて、用地の制限がなく切土勾配を緩くできる場合、ここでは切り土勾配1:1.2以上の場合表面処理工法(A,C)が多くなる。表面処理工法(A)は、植生工、表面処理工法(C)はのり枠工である。

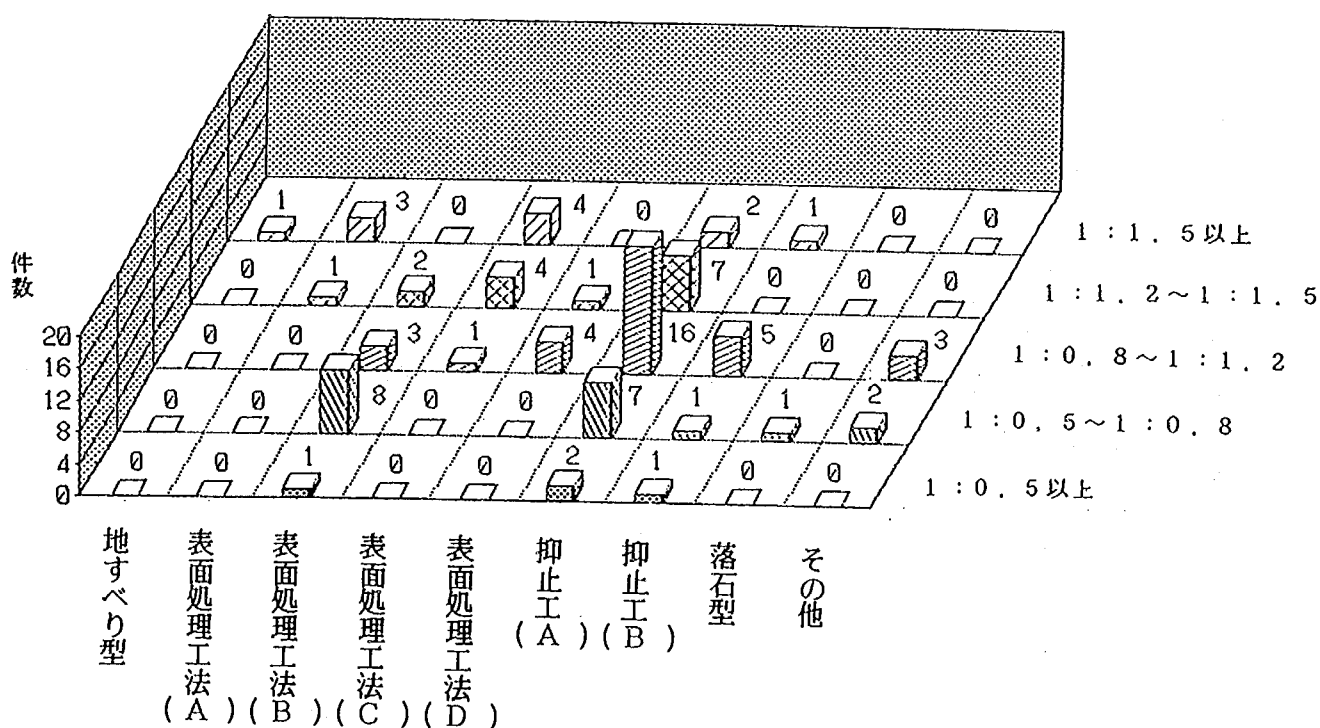


図-1.2 のり面の平均勾配と対策工の関係

(3) 地形分類

図-1.3に地形分類と対策工の関係を示した。その関係から対策工選定に関する考え方を示すと以下のようになる。

- ・地形条件では、台地・丘陵地・普通山地・急峻山地とも抑止工(A)を用いる場合が多い。
- ・普通山地・急峻山地においては抑止工(A)の他に表面処理工法(B)も多用している。

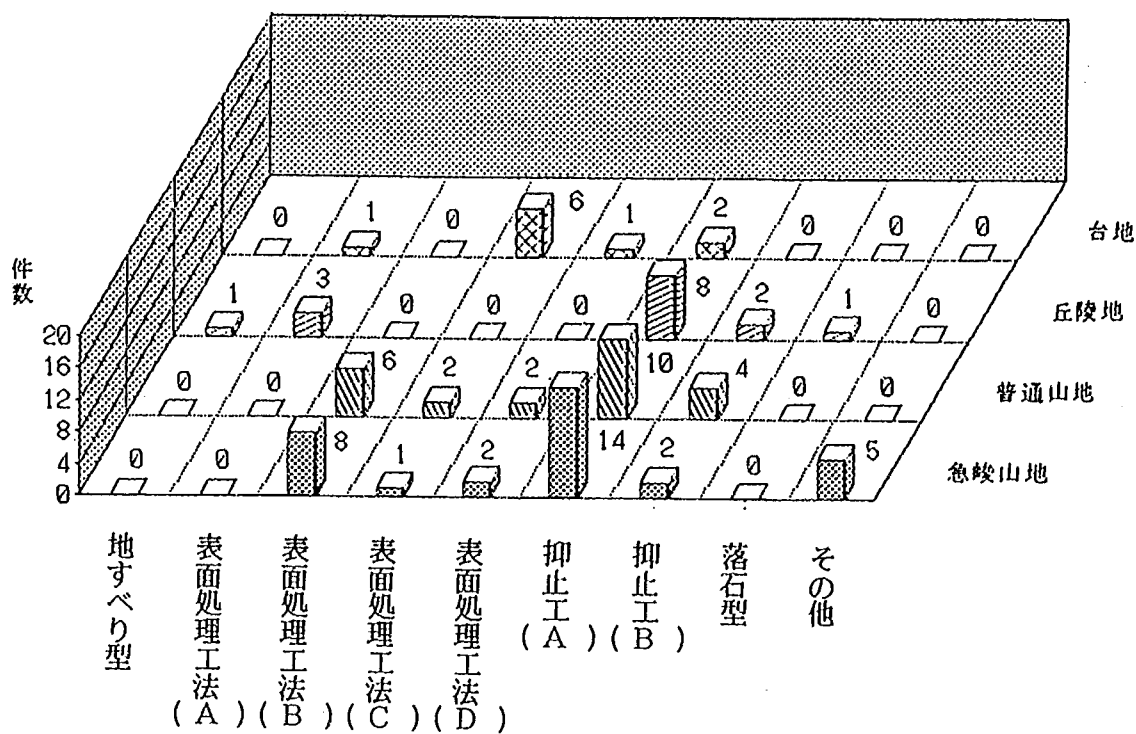


図-1.3 地形分類と対策工の関係

(4) 平面形状

図-1.4に平面形状と対策工の関係を示した。その関係から対策工選定に関する考え方は以下になる。

- ・尾根型斜面では、抑止工(A)が多く、表面処理工法は余り使用されない。
- ・凸型斜面・平行斜面では抑止工(A)も使用されるが、表面処理工法の使用が多くなる。

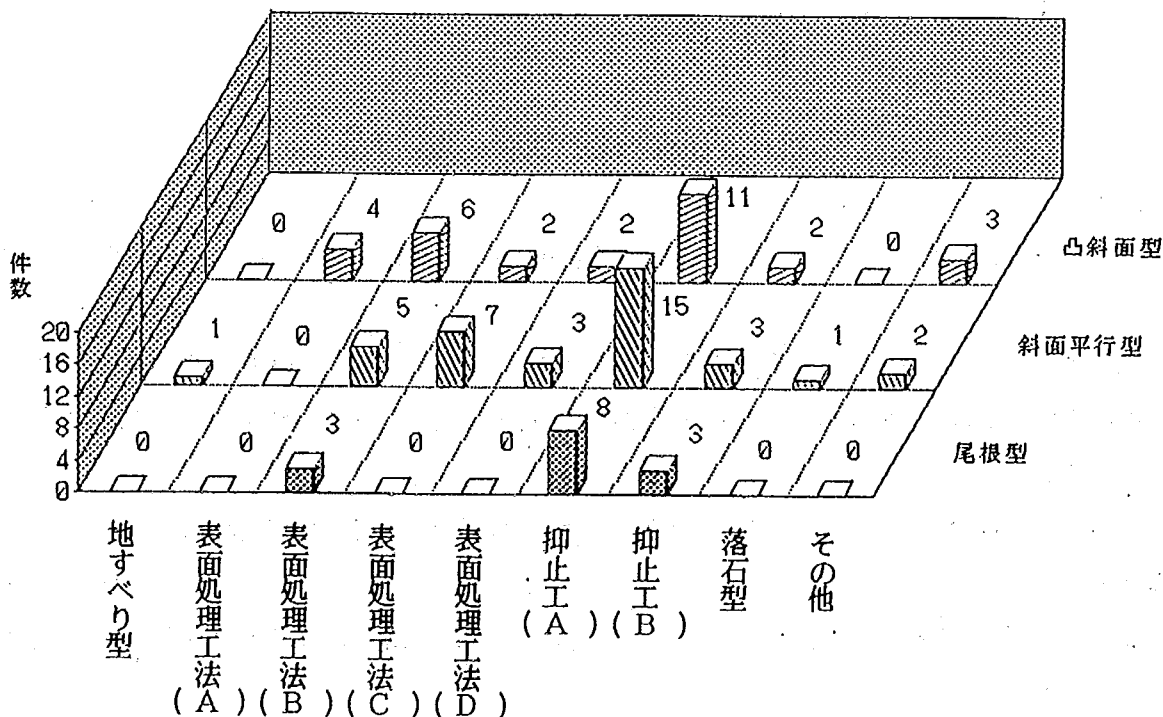


図-1.4 平面形状と対策工の関係

(5) 横断形状

図-1.5に横断形状と対策工の関係を示した。その関係から対策工選定に関する考え方を示すと以下のようになる。

- ・台地型斜面の場合抑止工(A)の使用が多く、また、表面処理工法(D)の使用も多い。表面処理工法(D)はフリーフレーム・現場打ちのり枠工などの力で斜面崩壊に抵抗する構造物が多い。
- ・凸型斜面の場合には、抑止工(A)の使用が多く、また、表面処理工(B)の利用も多い。この場合、台地型斜面に比較し表面水の浸透を防ぐなどの簡易な構造物により抵抗することになる。
- ・直線型・凹型についてはあまり事例が無いが比較的凸型斜面に近い対策工が使用され则认为られる。

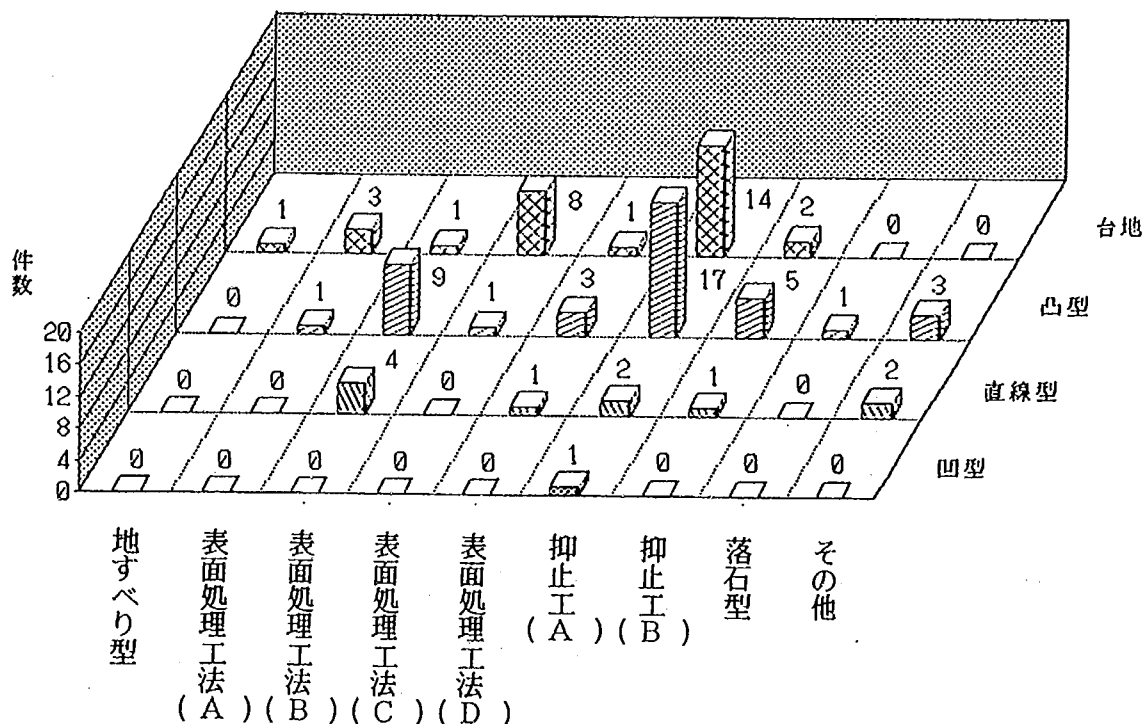


図-1.5 横断形状と対策工の関係

(6) せん急線

図-1.6にせん急線と対策工の関係を示した。その関係から対策工選定に関する考え方を示すと以下のようになる。

- ・せん急線がある場合には、表面処理工法(B)の使用が多く、また、抑止工(A)の使用も多い。これは、斜面前面の用地に制限がある場合には表面処理工法(B)を用い、制限ない場合に抑止工(A)を用いることも考えられる。
- ・せん急線が無い場合には、抑止工(A)の使用が多いが、特徴的なものは見られない。

(7) 集水地形

図-1.7に集水地形と対策工の関係を示した。その関係から対策工選定に関する考え方を示すと以下のようになる。

- ・集水地形の場合、抑止工(A)より表面処理工法の方が多く表面水の浸透を防止する対策工を用いられている。

・集水地形でない場合には、抑止工(A)の使用が多く、また、表面処理工法(B)の利用も多く特徴的なものは見られない。

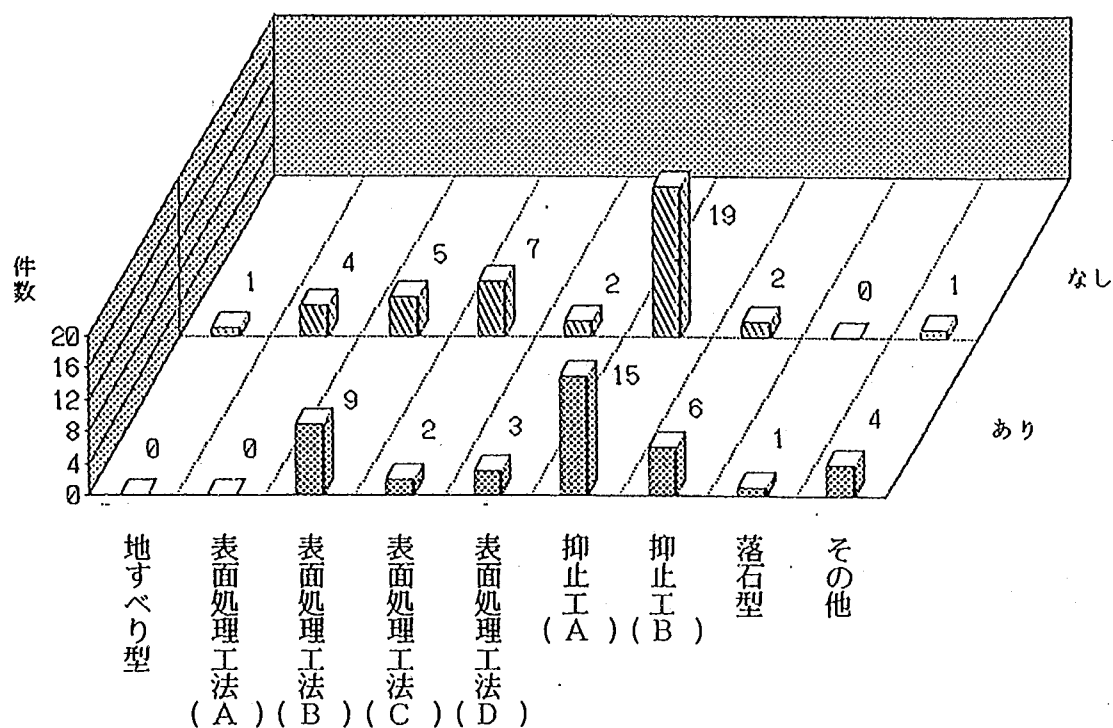


図-1.6 せん急線と対策工の関係

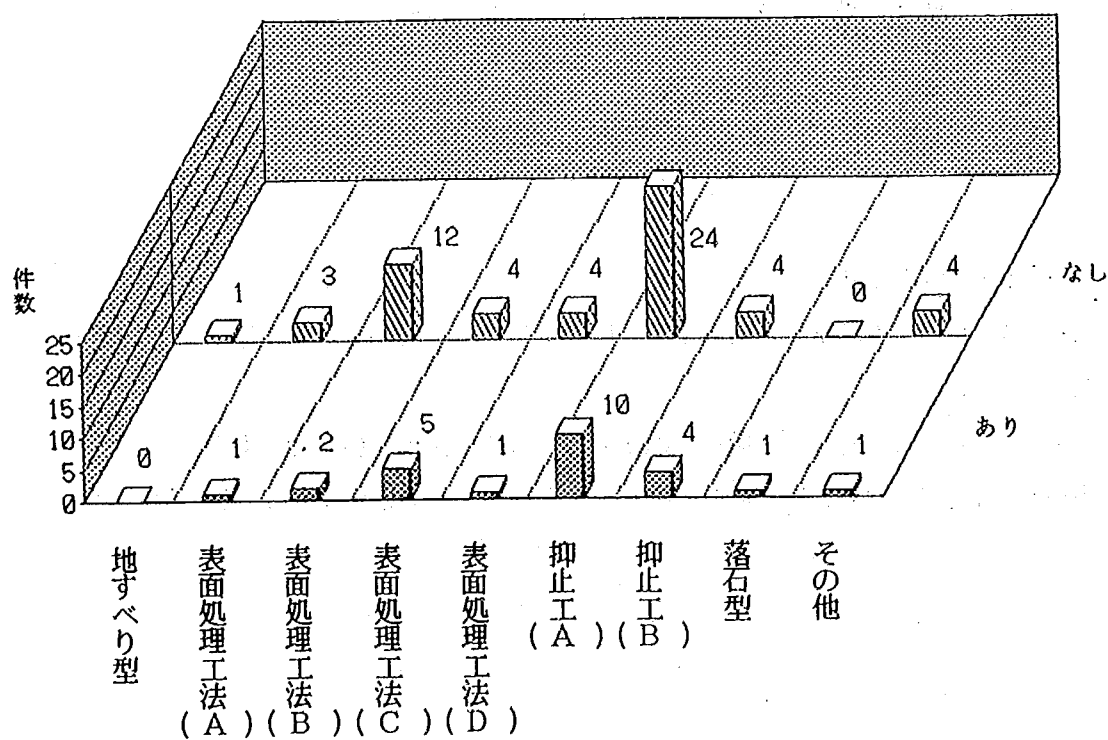


図-1.7 集水地形と対策工の関係

(8) オーバーハング

図-1.8にオーバーハングと対策工の関係を示した。その関係から対策工選定に関する考え方を示すと以下のようなになる。

- ・ オーバーハングを処理できない場合、用地に制限が無い場合には抑止工(A)を用い、用地に制限がある場合、コンクリート吹き付け、ロックネットなどにより対策を行っている。ただし、オーバーハングありの事例が3件しかない。
- ・ オーバーハングなしの場合、対策工にははっきりとした特徴がないが、抑止工(A)の使用が多い。

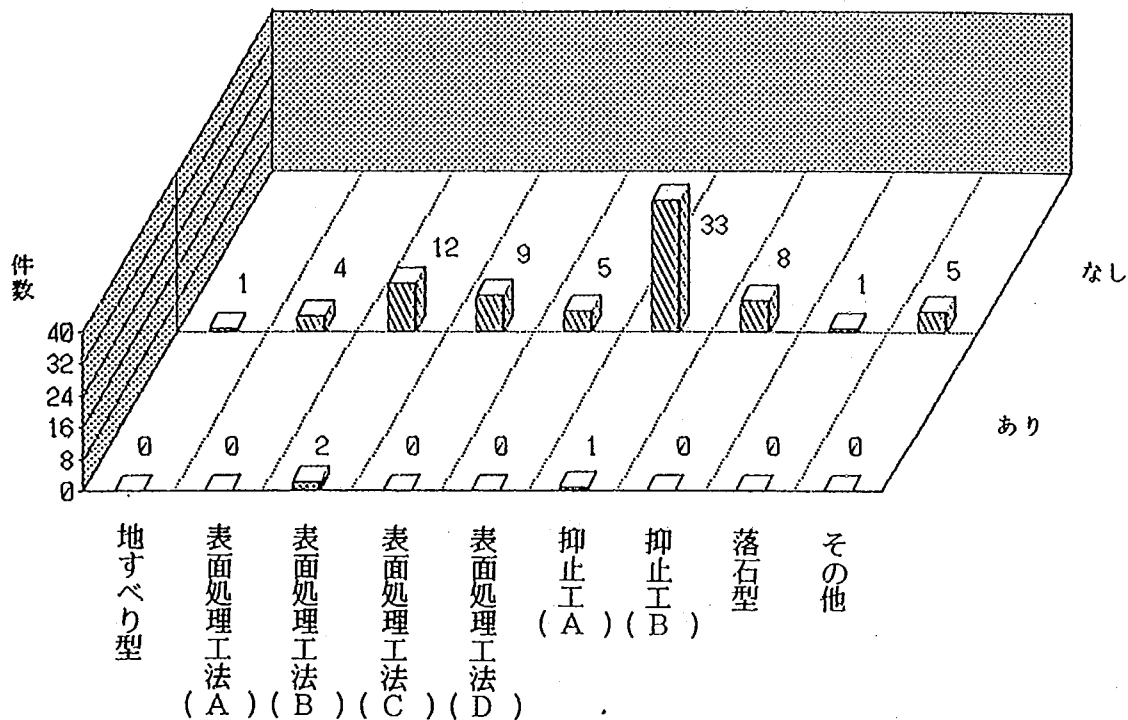


図-1.8 オーバーハングと対策工の関係

(9) 植生の種類・植生の密度

図-1.9に植生の種類・植生の密度と対策工の関係を示した。その関係から対策工選定に関する考え方を示すと以下のようなになる。

- ・ 植生があり、密度が密であれば、植生の種類にこだわらず抑止工(A)の使用が多い。
- ・ 植生があり、密度が疎であれば、植生の種類にこだわらず表面処理工法(A,B)の使用が多い。

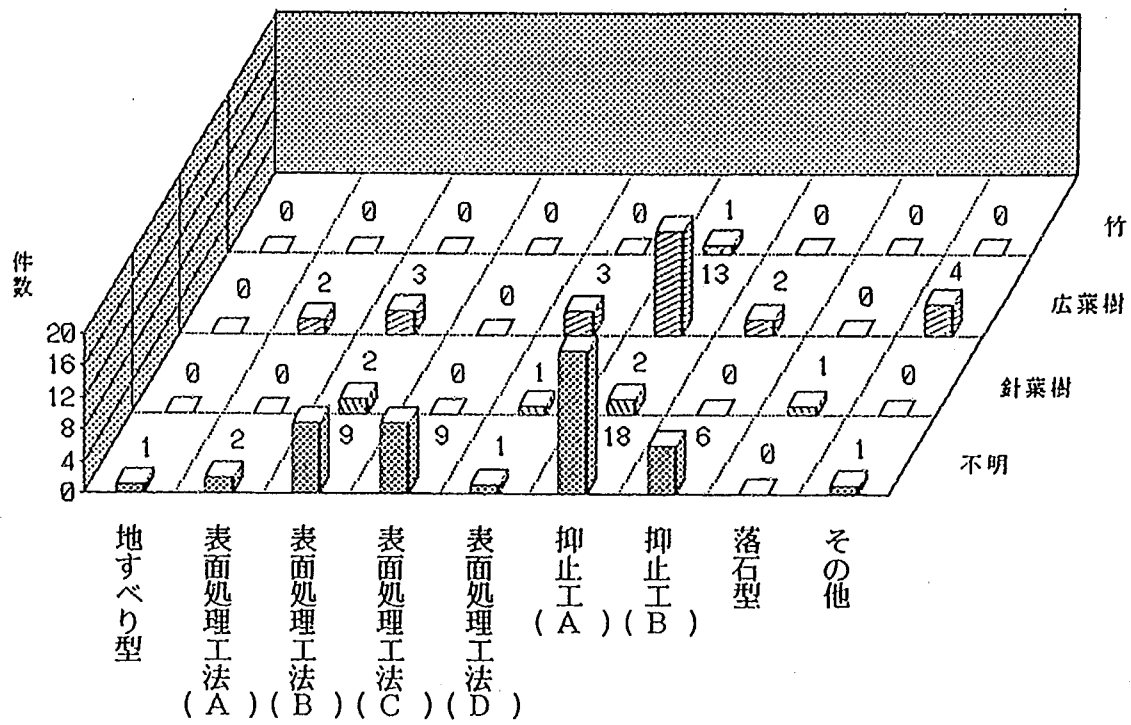


図-1.9(a) 植生の種類と対策工の関係

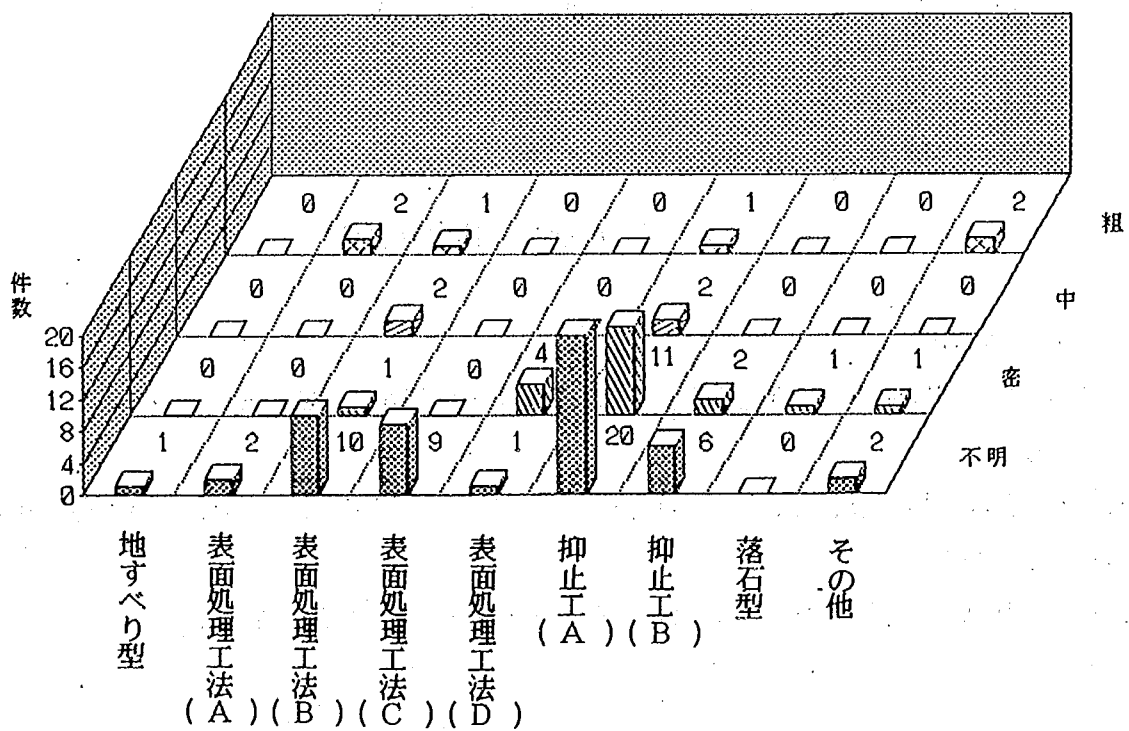


図-1.9(b) 植生の密度と対策工の関係

(10) 岩分類

図-1.10に岩分類と対策工の関係を示した。その関係から対策工選定に関する考え方を示すと以下のようなになる。

- ・新第三紀層の地質の場合には、表面処理工法(C)の使用が多い。
- ・流紋岩の場合には、表面処理工法(B)の使用が多い。
- ・中生層・花崗岩の場合には、抑止工(A)の使用が多い。
- ・その他の分類には、対策工の特徴は見られない。

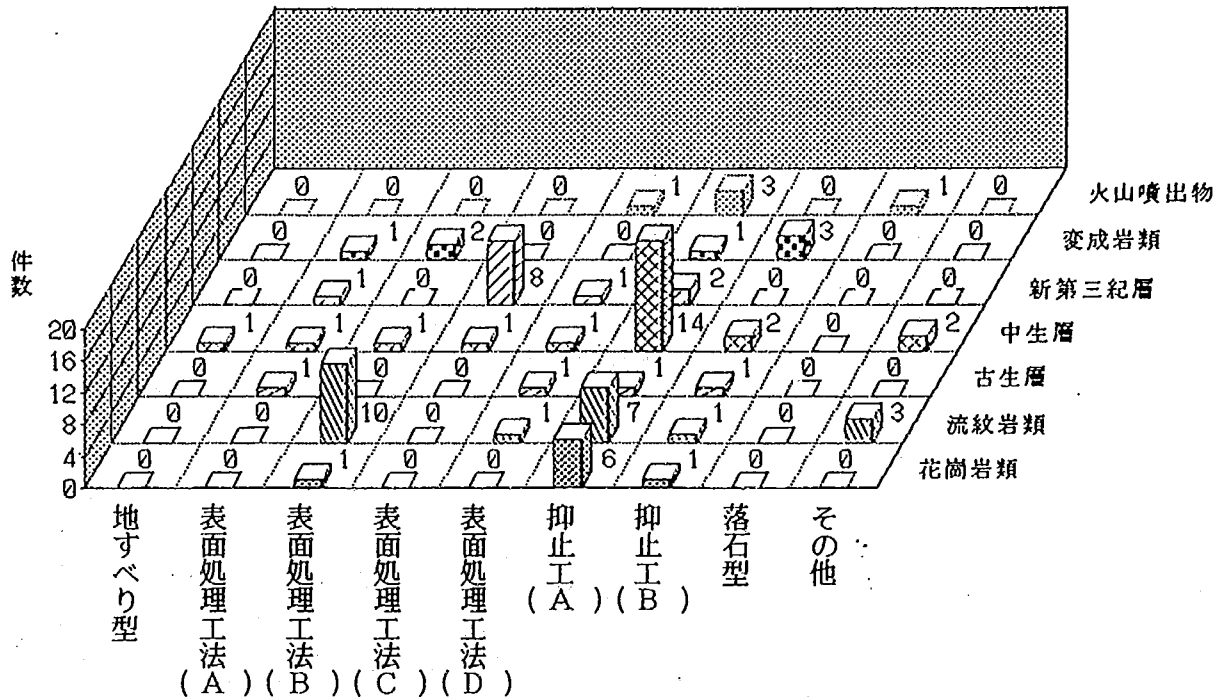


図-1.10 岩分類と対策工の関係

(11) 岩種・岩の硬さ

図-1.11に岩種・岩の硬さと対策工の関係を示した。その関係から対策工選定に関する考え方を示すと以下のようなになる。

- ・軟岩Ⅰの場合、表面処理工法が多く表面処理工法(B,C)の使用が多い。これは、表面侵食を防ぎ、風化を防止するためである。
- ・軟岩Ⅱ・中硬岩・硬岩については、表面処理工法より抑止工の利用が多くなる。

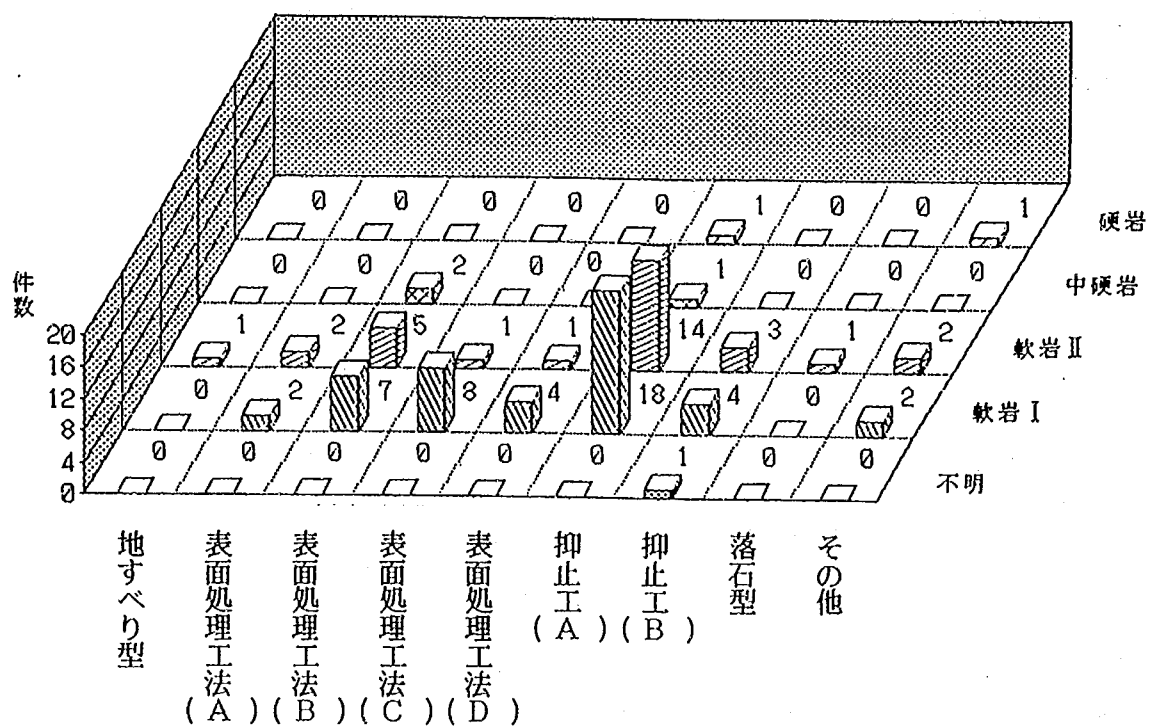


図-1.11(a) 岩種と対策工の関係

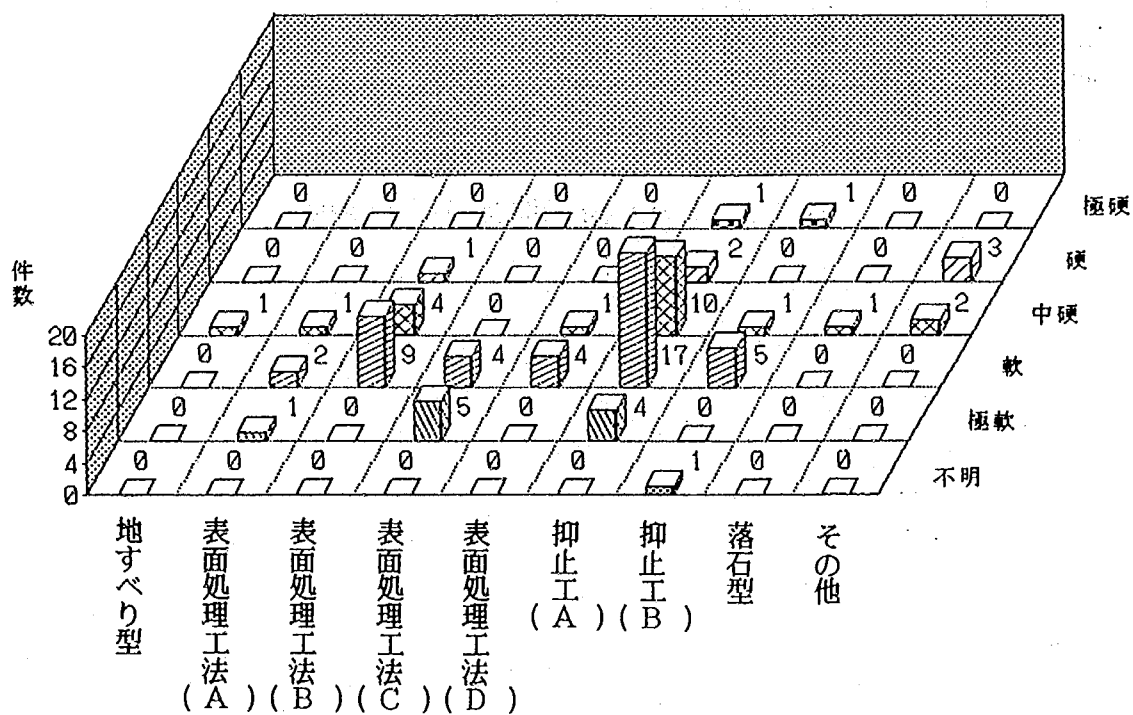


図-1.11(b) 岩の硬さと対策工の関係

(12) 岩盤の割れ目間隔

図-1.12に岩盤の割れ目間隔と対策工の関係を示した。対策工選定に関する考え方を以下に示す。

- ・ 1cm～5cmの割れ目が多い場合には抑止工の使用より表面処理工(C)の使用が多くなる。
- ・ 10cm～30cmの割れ目多い場合には、表面処理工より抑止工(A)の使用が多くなる。
- ・ 岩盤の割れ目が少なくなると表面処理工法より抑止工(A)の使用が多くなる。

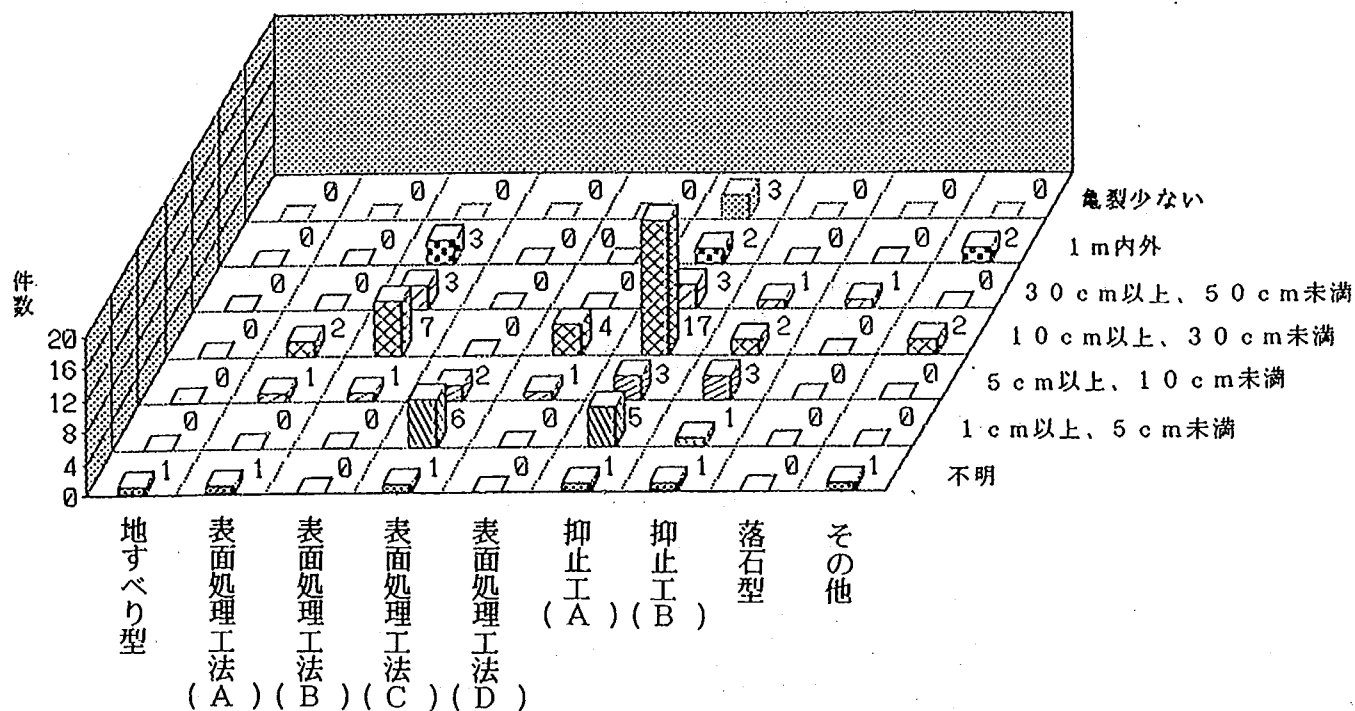


図-1.12 岩盤の割れ目間隔と対策工の関係

(13) 岩盤の割れ目方向・層理

図-1.13に岩盤の割れ目方向・層理と対策工の関係を示した。その関係から対策工選定に関する考え方を示すと以下になる。

- ・岩盤の割れ目方向では、直立・差し目方向の事例が少なく特徴の整理が難しい。
- ・岩盤の割れ目方向では、流れ目の場合表面処理工法より、抑止工(A)の使用が多い。

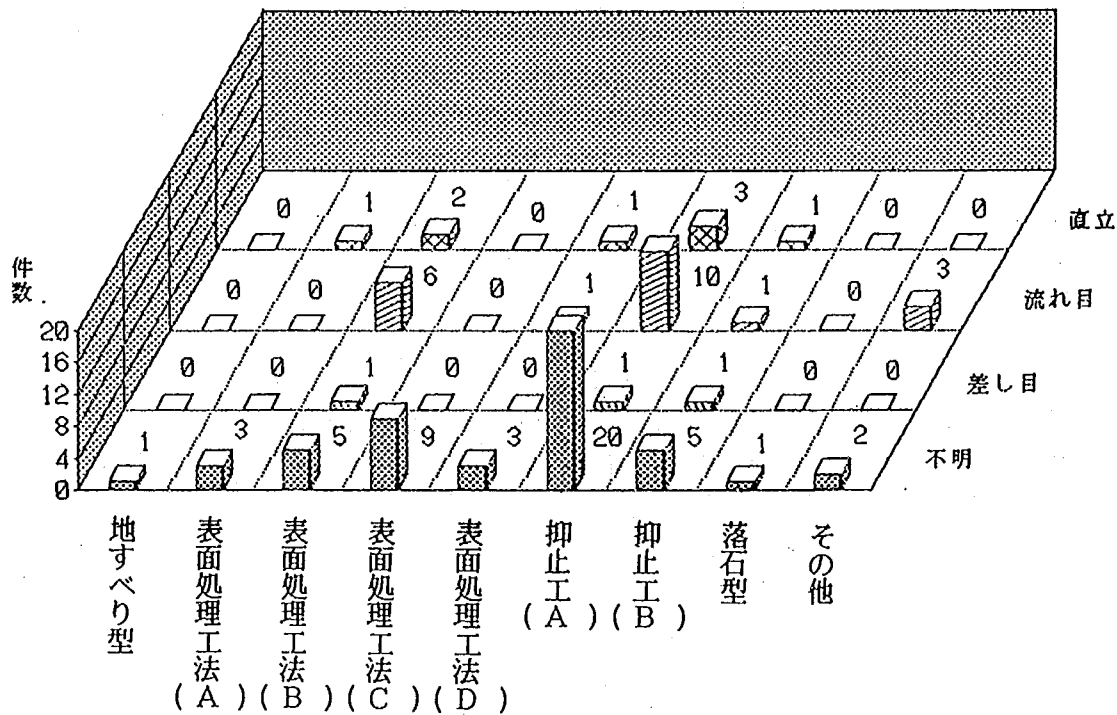


図-1.13(a) 岩盤の割れ目方向と対策工の関係

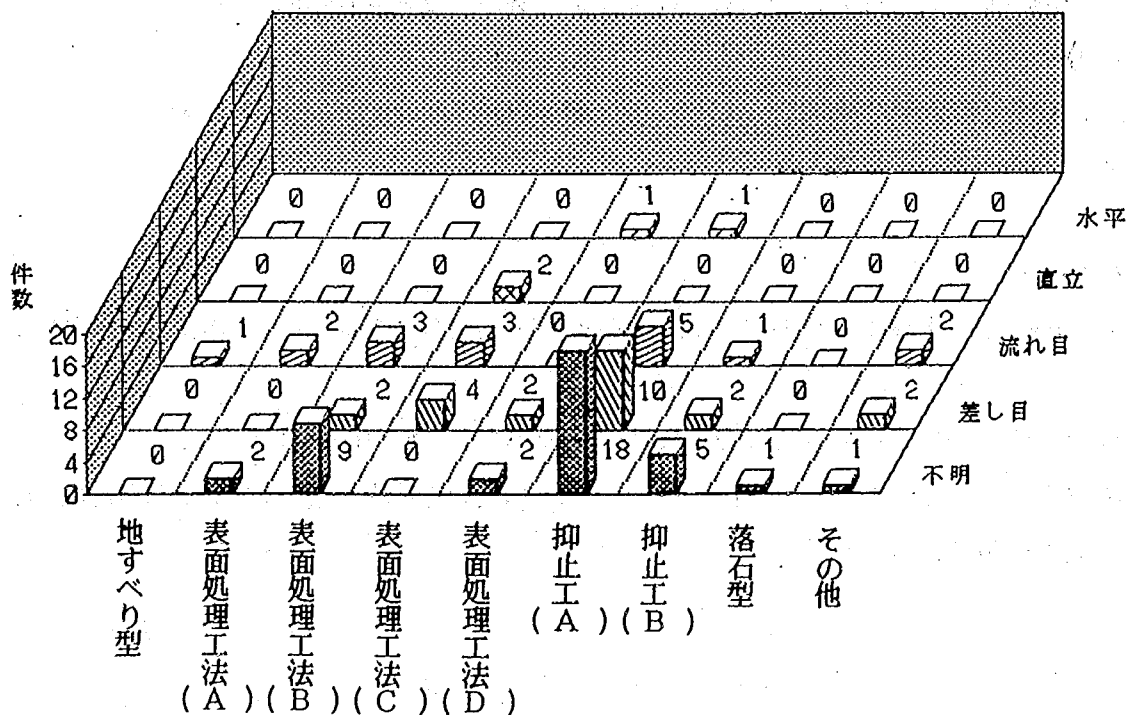


図-1.13(b) 岩盤の層理と対策工の関係

(14) 断層

図-1.14に断層と対策工の関係を示した。その関係から対策工選定に関する考え方は以下になる。

- ・断層がある場合、抑止工(A)、表面処理工法(B)の使用が多い。これは、断層の状況により使い分けられる。

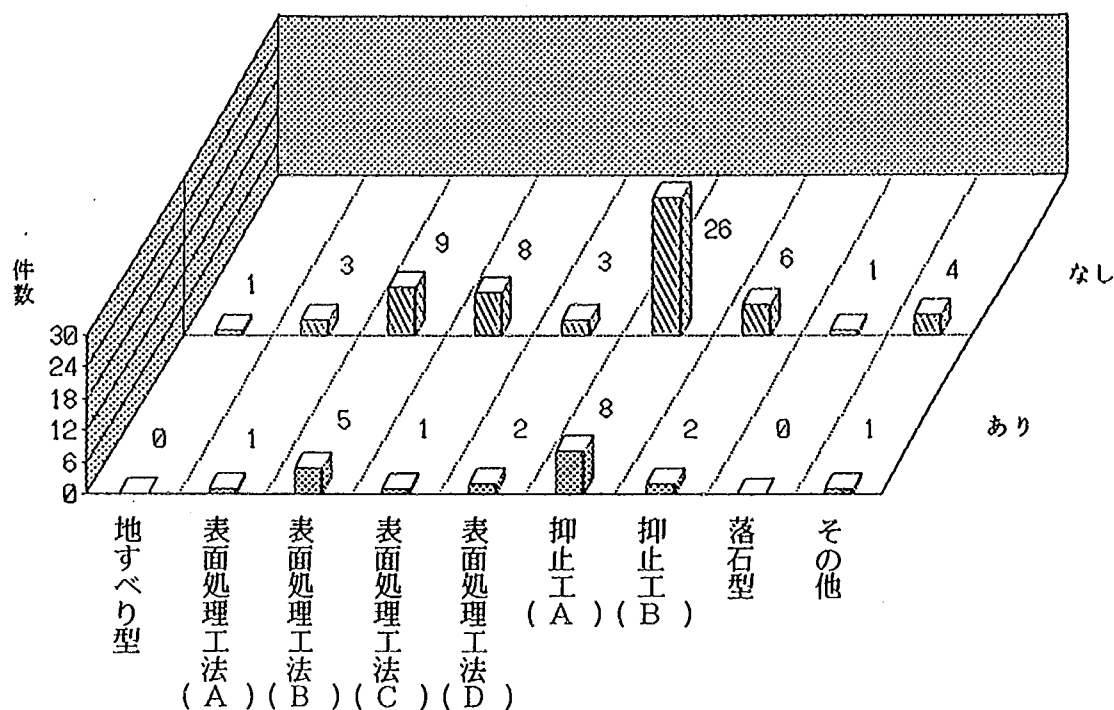


図-1.14 断層と対策工の関係

(15) 表層土の土質

図-1.15に表層土の土質と対策工の関係を示した。その関係から対策工選定に関する考え方は以下になる。

- ・表層土が粘性土の場合には抑制工(A)が多いが、表面処理工法の使用も多い。表面処理工法の使用としては、(B)、(C)の使用頻度が高い。

(16) 崩壊分類

図-1.16に崩壊分類と対策工の関係を示した。その関係から対策工選定に関する考え方を示すと以下になる。

- ・浅層崩壊の場合（円弧崩壊・岩盤崩壊）には、表面処理工法(B,C)の使用が高い。
- ・深層崩壊の場合（円弧崩壊・岩盤崩壊）には、抑止工(A,B)の使用が高い。特に、深層崩壊の場合には抑止工(B)の使用の数も多くなる。

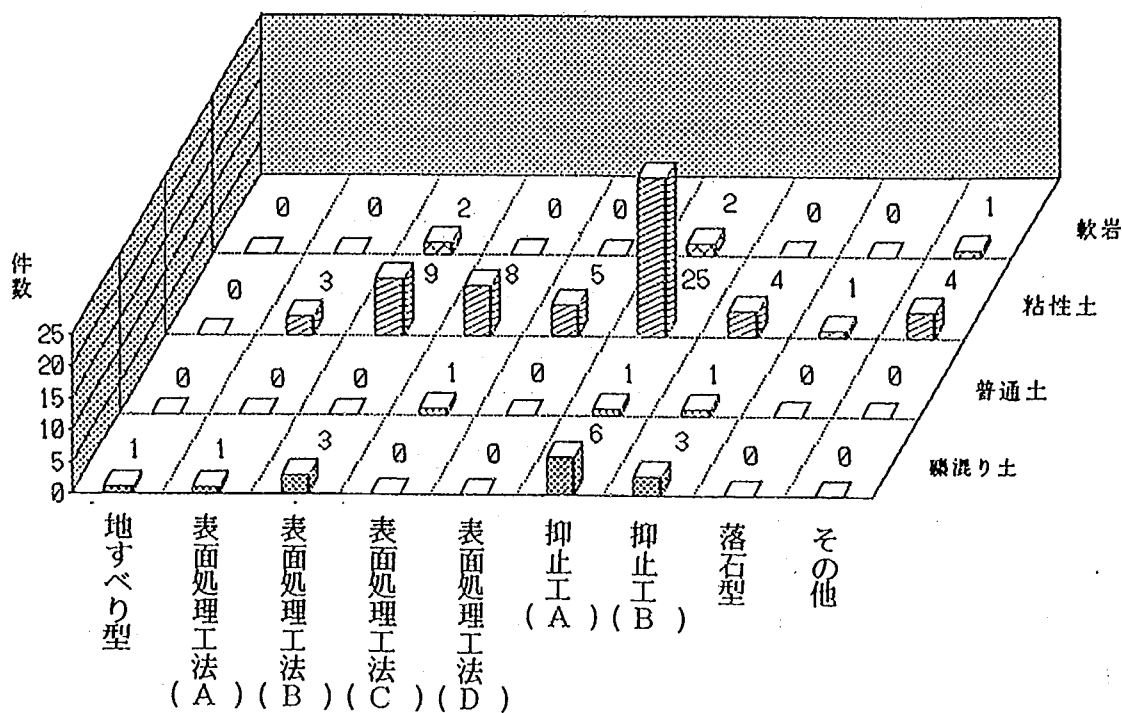


図-1.15 表層土の土質と対策工の関係

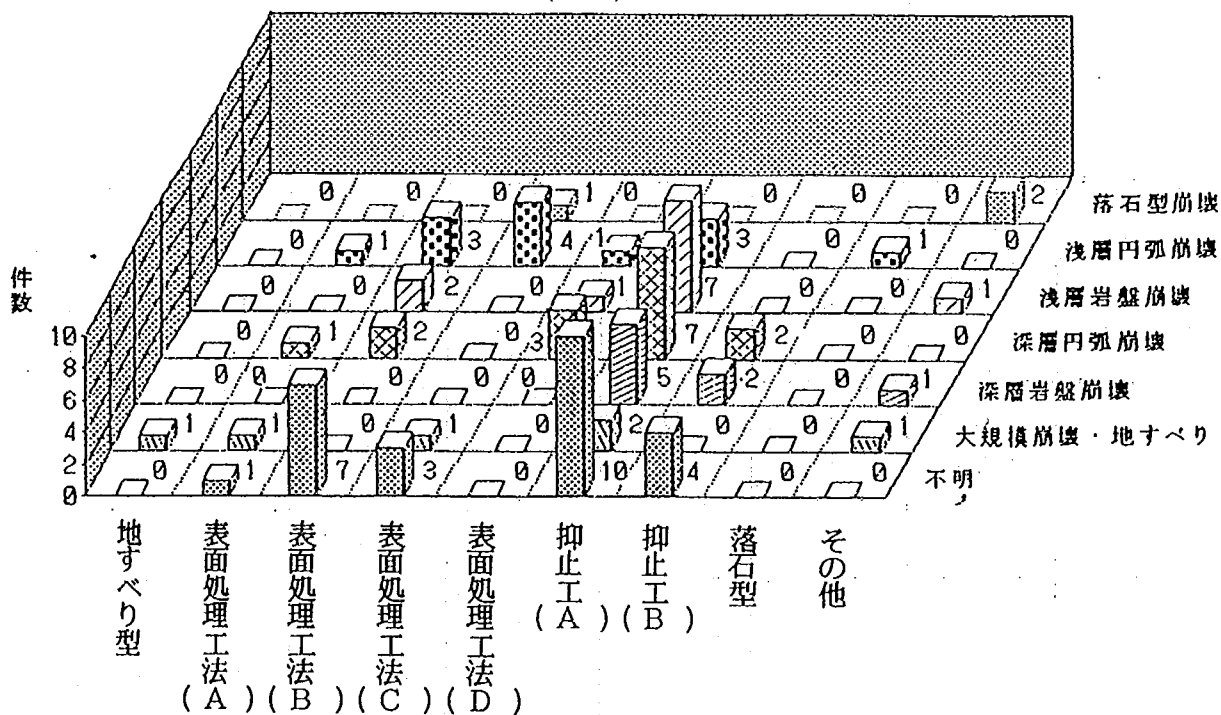


図-1.16 崩壊分類と対策工の関係

2) のり面勾配と対策工法の関係

前項1)の検討では、対策工・保護工を基本に比較を行った。ここでは、対策工・保護工とのり面勾配を基本にし以下に示す2項目との関係を求めた。この検討はのり勾配との散布図により行う。次に、のり面の平均勾配を基準として斜面の安定性を示す代表的な項目と対策工の関係を示した。表-1.11に、のり勾配と散布図の関係を示した。

表-1.11 のり面勾配と対策工の関係

図 番	図 名
図-1.17	のり面勾配・対策工・断層、層理の関係
図-1.18	のり面勾配・対策工・岩種の関係

図-1.17に、のり面勾配・対策工・断層、層理の関係の散布図を示した。図より差し目の場合と流れ盤の場合を比較すると、差し目の場合、勾配が1:1.0より緩勾配に設定しており、対策工・保護工は表面処理工が主体となり力学的な工法はあまり使われない。しかし、流れ盤の場合は、勾配が1:1.0より急勾配に設定しており、対策工・保護工は抑止工が主体の工法となり力学的手法が主体となっている。また、断層・層理があると勾配は1:1.0より緩勾配となり、対策工も抑止工などの手法が多くなる。

図-1.18にのり面勾配・対策工・岩種の関係の散布図を示した。図-1.18より軟岩-Iの場合、勾配を1:1.0より緩くし、表面処理工により対処している。軟岩-IIの場合、軟岩-Iより勾配が急勾配となり抑止的対策が用いられるようになる。中硬岩・硬岩の場合勾配が、1:0.5付近に集中し表面処理工による対策が多くなる。

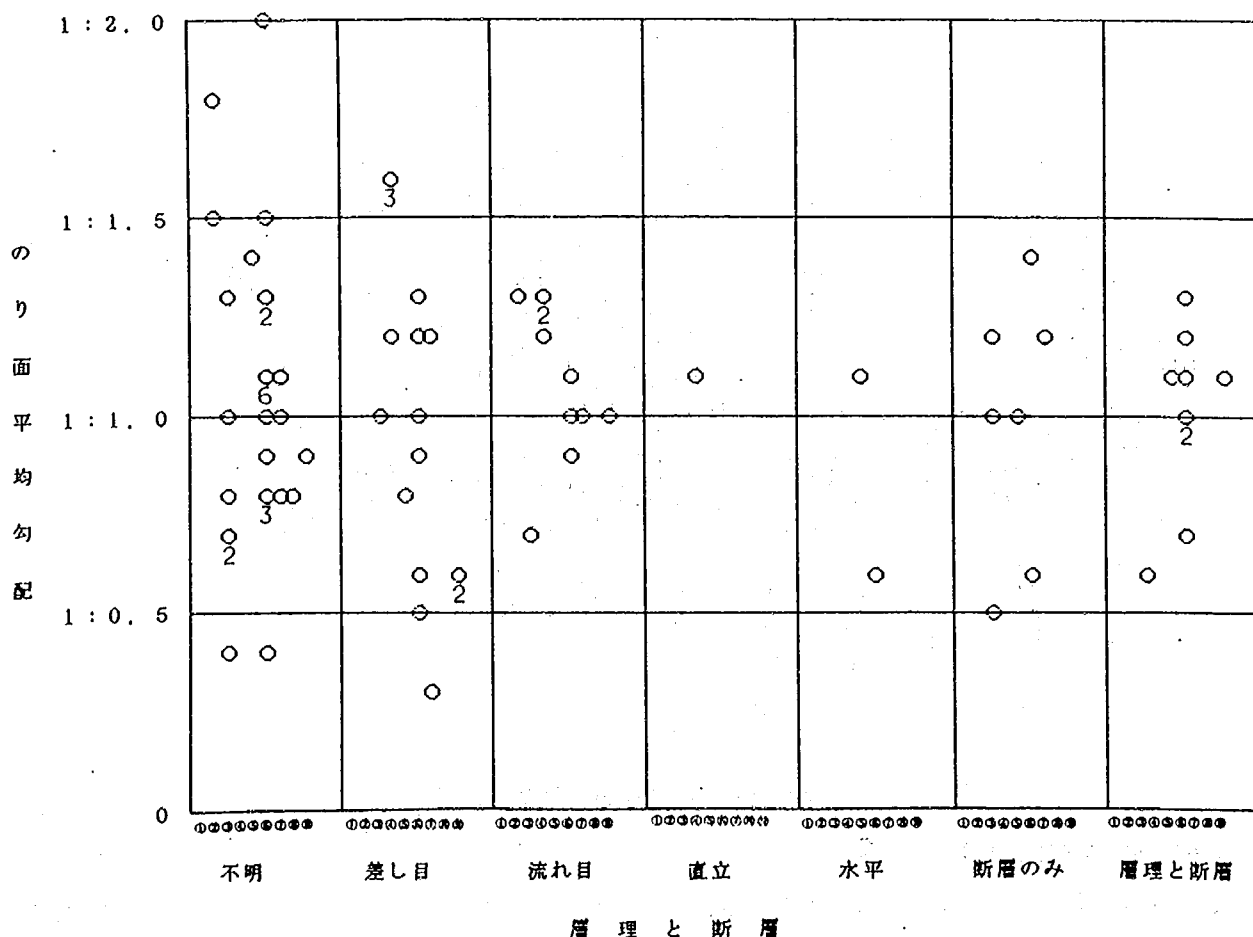


図-1.17 のり面勾配・対策工・断層、層理の関係の散布図

- ①地すべり ②表面処理工法(A) ③表面処理工法(B) ④表面処理工法(C)
⑤表面処理工法(D) ⑥抑止工(A) ⑦抑止工(B) ⑧落石型 ⑨その他

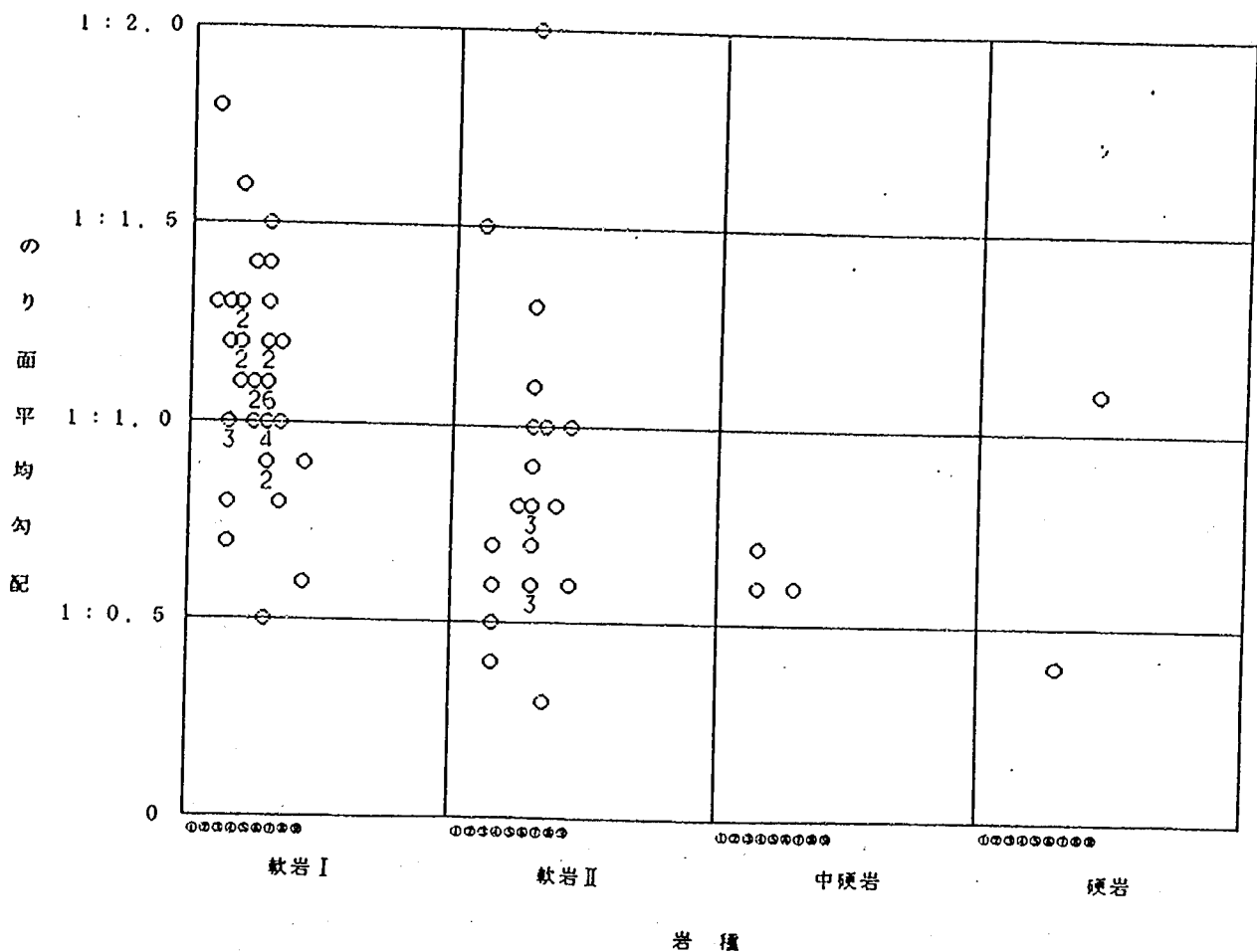


図-1.18 のり面勾配・対策工・岩種の関係の散布図

- ①地すべり ②表面処理工法(A) ③表面処理工法(B) ④表面処理工法(C)
⑤表面処理工法(D) ⑥抑止工(A) ⑦抑止工(B) ⑧落石型 ⑨その他

1.3.3 斜面調査項目の整理

調査項目について以下の項目別に整理する。調査項目については、実態調査の中にある項目全部とし、整理データは、調査データ（大規模な各崩壊）全部を用いる。

昭和62年の調査データにおいては、斜面の調査に関するデータが少なく本検討においては、弾性波調査に関する項目について整理する。

図-1.19に、弾性波調査結果・のり面勾配・対策工の関係を示した。また、図-1.20に、道路土工-のり面・斜面安定工指針²⁾の弾性波速度とのり面勾配の関係図を示した。ここでは、調査データが少なく、弾性波速度に対応したのり面勾配の変化傾向がはっきりせず、今後のデータ収集が必要とされる。

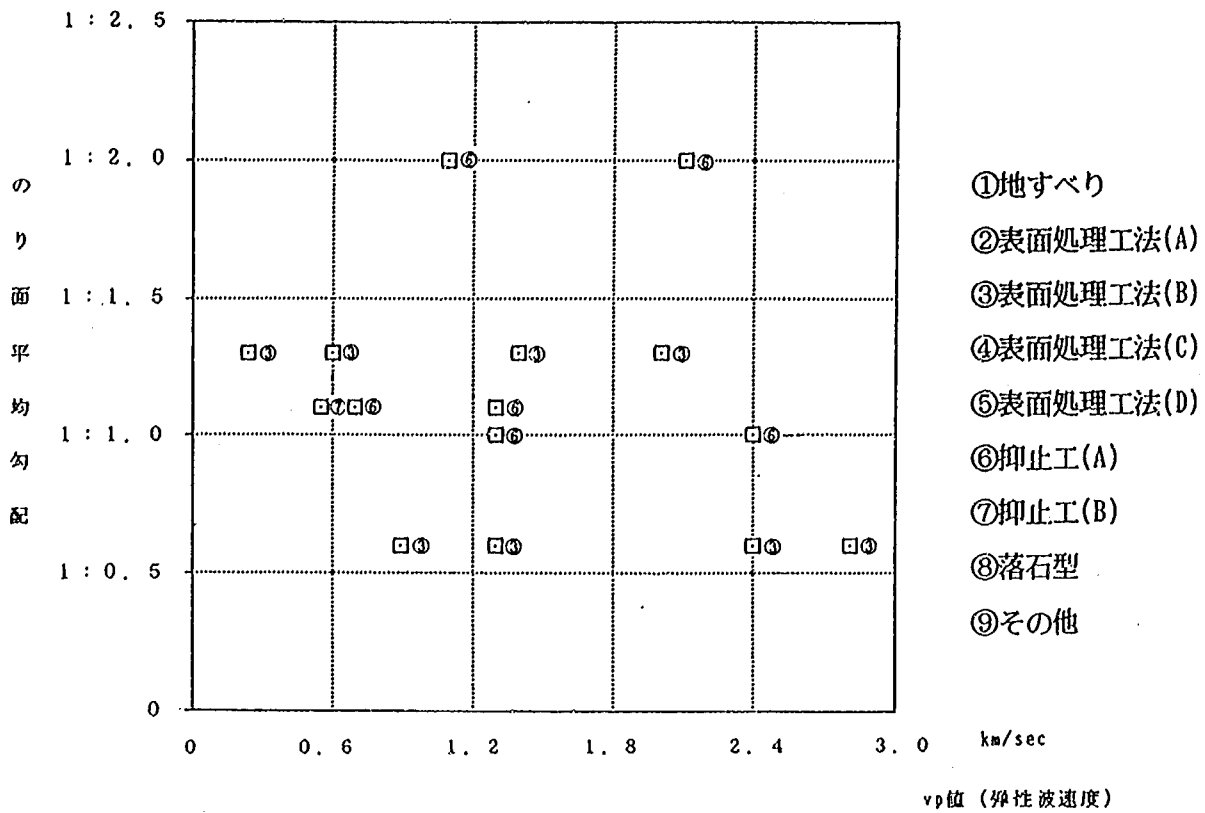


図-1.19 弾性波速度とのり面勾配の関係

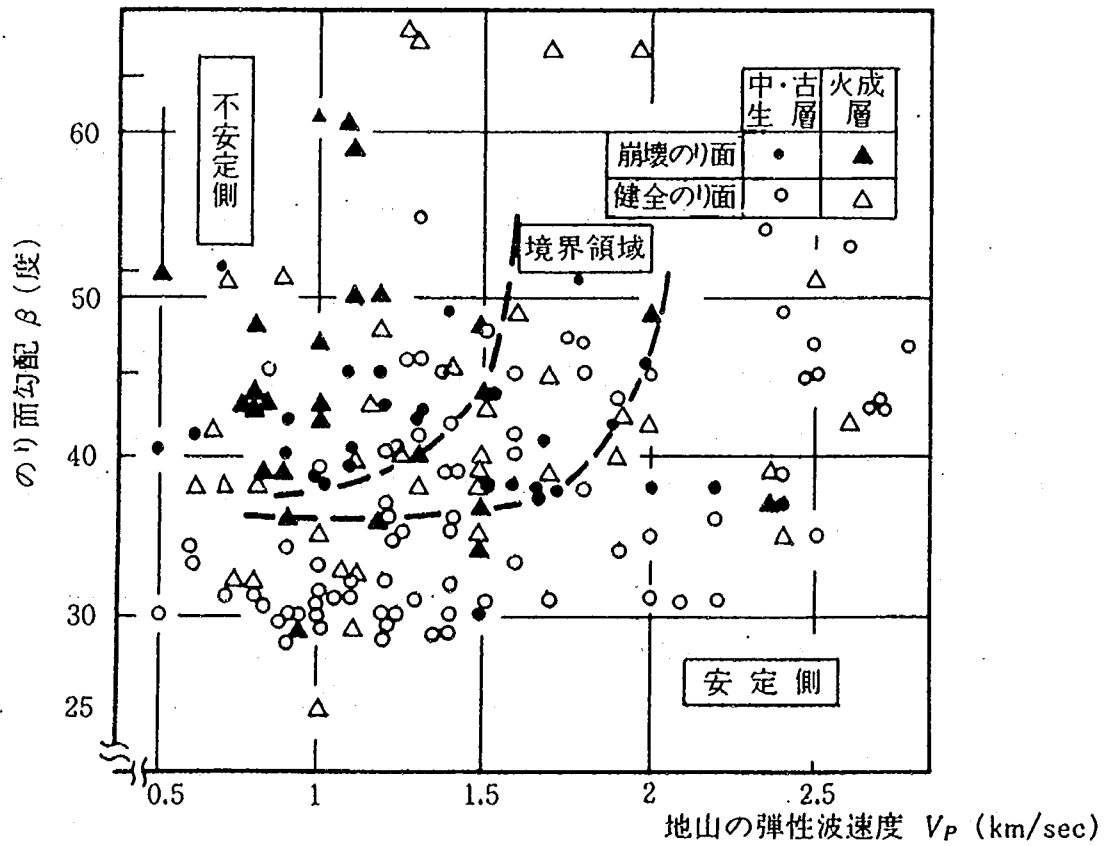


図-2.20 弾性波速度とのり面勾配の関係²⁾

1.4 被災事例に関する整理・結果

被災事例に関する整理結果から求める対策工・保護工に関する選定要因を表-1.12に示す。ここでは、統計的整理をした際になんらかの特徴が得られた要因を設定要因とした。

表-1.12 実態調査から得られた対策工・保護工に関する選定要因

要因グループ	要 因
地形グループ	斜面勾配・斜面の高さ・地形条件 オーバーハング
地質・土質 グループ	岩分類・岩盤の硬さ・亀裂 断層・風化
環境グループ	植生・崩壊形態

上記の選定要因を基本に長大切土のり面対策工に関する保護工の基本選定フローを作成する。

2. 既往の切土のり面対策工・保護工選定に関する資料整理

2.1 検討概要

ここでは、既往の技術基準・既往文献から対策工・保護工の考え方を整理する。整理・構成要因の抽出は検討フロー・解説部分を整理し前章の現地調査から求まった要因と比較し構成要因を抽出する。

2.2 技術基準からの対策工・保護工の考え方

本検討に用いる技術基準は表-2.1に示す2件である。

表-2.1 本検討において用いる技術基準

基準の名称	作成機関
設計要領 第1集 ³⁾ (土工編)	日本道路公団 (昭和58年4月)
道路土工―指針 のり面工斜面 安定工指針 ²⁾	日本道路協会 (昭和61年11月)

技術基準からの対策工・保護工の考え方についての比較は、選定フローチャート・その他解説部分を用い、選定要因・使用対策工を整理する。その後、長大切土のり面実態調査から抽出された要因と比較し、選定要因の違いについて整理する。また、調査方法についても同様に整理する。

2.2.1 設計要領第1集³⁾の考え方

設計要領第1集³⁾においては、以下の基本的考え方に従い対策工・保護工を選定している。

1) 長大切土のり面の定義について

長大切土のり面とは、切土高が20m以上の斜面を示し、また、対策工・保護工は、表-2.2に示す考え方を基

本としている。

表-2.2 切土のり面の対策工・保護工の考え方

項 目	基 本 的 考 え 方
長 大 の り 面	長大切土のり面であっても通常の地質であれば、普通のり面として保護工・切土勾配を考える。 (長大切土のり面に必ず小段を設置するために普通のり面と変わらなくなる)
対 策 工 保 護 工	対策工・保護工の設計基本は、植生工を優先的に採用するものとし、構造物による保護工は植生に不適な土質条件・現地状況等で安定勾配が確保されない場合に用いる。

2) のり面对策工の分類と工種

道路公団で用いているのり面对策工・保護工の工種の分類について以下に示した。ここでは、植生工と構造物によるのりめん保護工について分類している。

① 植生工

種散布工・種吹付工・植生マット工・張芝工
筋芝工・植生穴工・植生袋工

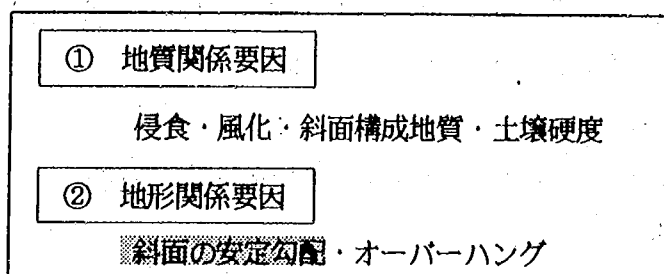
② 構造物等によるのり面の保護工

コンクリート（モルタル）吹付工・ブロック枠工
張工（コンクリート・石・ブロック）
ブロック積工・石積工・もたれ擁壁工・井桁擁壁
現場打ちのり枠工・アンカー工

3) のり面对策工・保護工の選定

のり面の選定については、過去の経験・実績を踏まえて作成した参考図として示してある。それを図-2.1に示した。図-2.1に示す、のり面对策工・保護工選定図を構成している要因を整理した結果を表-2.3に示す。

表-2.3 選定要因



※ 図中④は、例えば「覆吹付工④落石防止柵」は落石防止柵と覆吹付工の併用を意味する。

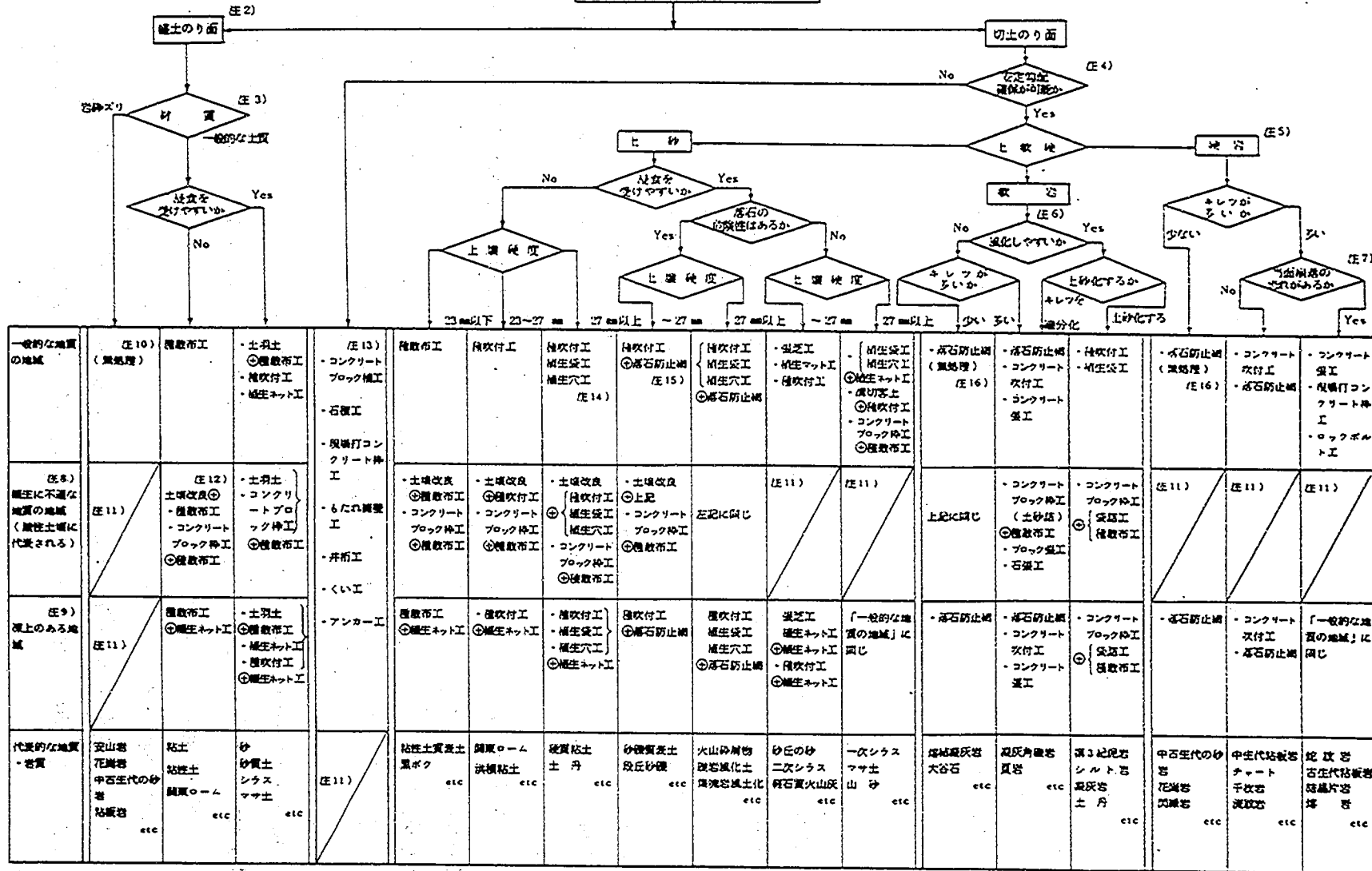


図-2.1 道路公団の対策工選定フロー³⁾

図-2.1の対策工選定フローには、以下の考え方が補足されている。

- ・のり面に湧水がある場合には、適当な湧水処理を施し、その後保護工を施工することを原則とする。
- ・標準勾配より急な勾配で盛土を施工する場合などには、のり止めにコンクリートブロック積工、井桁工等を使用する場合もある。
- ・岩屑、ズリの内泥岩等、風化・侵食に弱く軟質なものは「一般的な土質として」扱う。
- ・安定勾配とは標準のり勾配及び崩壊性要因を加味した安定のり勾配をいう。
- ・風化しやすい硬岩は軟岩に準ずる。
- ・「風化しやすい岩」とは、切土後比較的に早い時期に土砂化もしくは亀裂を介して細片化する岩をいう。
- ・「当面崩落の恐れがある岩」とは、亀裂に粘土を挟んでいたり、掘削によるゆるみが発生しているような岩塊で放って置くと小規模なブロック状の抜け落ち現象の発生が予想されるものをいう。
- ・「植生に不適な地域の地質」とは、主に酸性土壌等で植生の生育に適さない土壌を有する地域をいう。
- ・「凍上のある地域」は原則として「積雪寒冷地における道路構造、付帯施設設計要領」の積雪寒冷地域に準ずるものとする。
- ・盛土における「無処理」とは主に風化による脆弱化が発生しにくいような堅固な岩を材料とした場合に適用するものとし、それ以外の場合は、一般的な土質に準ずる。
- ・空欄は事例が少なかったため工種決定ができなかったことを意味している。
- ・「土壌改良」とは、地中から弱酸性の地下水がしみでていたり、ガスが発生して弱酸性を示している場合に石灰等で土壌を改良することをいう。しかし、改良困難かたとえ改良できたとしても不経済な場合は、他の工種（ブロック張工や石張工など）を用いることが望ましい。
- ・土圧に対抗できる保護工を採用する場合には、地山条件をよく把握し、経済性を考慮して、最適工種を選定する必要がある。
- ・植生穴工、植生袋工は土壌硬度30mm以上の場合に適用され、特に袋工は穴が崩れる等で削工が困難な場合に適用される。
- ・切土のり面における「無処理」とは、特にのり面保護工を施工しないものをいい、固結度が高く、岩質が均一な軟岩や堅固で亀裂が少ない硬岩で長期にわたって落石の恐れがない箇所に適用する。

2.2.2 道路土工のり面工斜面安定工指針²⁾の考え方

道路土工指針一のり面工斜面安定工指針²⁾（以下、道路土工指針と略す）においては、以下の考え方に従い対策工・保護工を選定している。

1) 長大切土のり面の定義

長大切土のり面に関する項目は断面決定・施工時の注意はみられるが対策工・保護工についてはふれられていない。ここでは、通常のり面について整理する。通常のり面の対策工は、表-2.4に示す考え方を基本としている。

表-2.4 切土のり面の対策工・保護工の考え方

項 目	基 本 的 考 え 方
対 策 工	対策工・保護工の設計基本は、植生工を優先的に採用するものとし、構造物による保護工は植生に不適な土質条件・現地状況等で安定勾配が確保されない場合に用いる。 道路土工指針においては、1:0.8以上の急勾配には、植生工は対処することが難しい。
保 護 工	

2) のり面对策工の分類と工種

道路土工指針においてのり面对策工・保護工の工種の分類について以下に示した。ここでは、植生工と構造物によるのり面保護工について分類を示した。

- ① 植生工 種散布工・種吹付工・植生マット工・張芝工・筋芝工・植生穴工
植生袋工・客土吹付工・厚層基材吹付工・樹木植栽工

② 構造物等によるのり面の保護工

コンクリート（モルタル）吹付工・ブロック枠工・張工（コンクリート・石・ブロック）
ブロック積工・石積工・もたれ擁壁工・井桁擁壁
現場打ちのり枠工・アンカー工・くい工・アンカー工

3) のり面对策工・保護工の選定

のり面の選定については、過去の経験・実績を踏まえて作成した参考図として示してある。それを図-2.2に示した。この対策工選定フローの判断に関する脚注は下記のようにになっている。

注1) 地山の土質に応じた安定勾配としては、標準のり勾配の平均値程度を目安とする。また、安定勾配が確保できない場合の対策として、切り直しが可能な場合は切り直しを行う。

注2) 土の硬軟の区分は、「道路土工―土質調査指針」に従う。

注3) 落石のおそれの有無は、「落石対策便覧」および「道路土工―のり面斜面安定工指針」を参考にする。

注4) 緑化が可能な勾配としては、1:0.8程度より緩い勾配を目安とする。

注5) 第三紀の泥岩、頁岩、固結度の低い凝灰岩、蛇紋岩などは切土による応力解放、その後の乾燥湿潤の繰り返しや凍結融解の繰り返し作業などによって風化しやすい。

注6) 風化が進んでも崩壊を生じないような安定勾配としては、密実でない土砂の標準のり勾配の平均値程度を目安とする。

注7) 土砂化の進んでいる軟岩では、比較的植生が付きやすいが、土砂化がそれほど進んでいない場合には緑化基礎工を設置して客土吹付工を行う必要がある。なお、植生工が付きにくい場合には、のり面を切り直して勾配をゆるくすることもある。

注8) シラス、マサ、山砂、段丘礫層など、主として砂質土からなる土砂は表面水による侵食に弱い。

注9)および注10) 緑化の必要性の有無、重要度、施工性などを勘案して判断する。

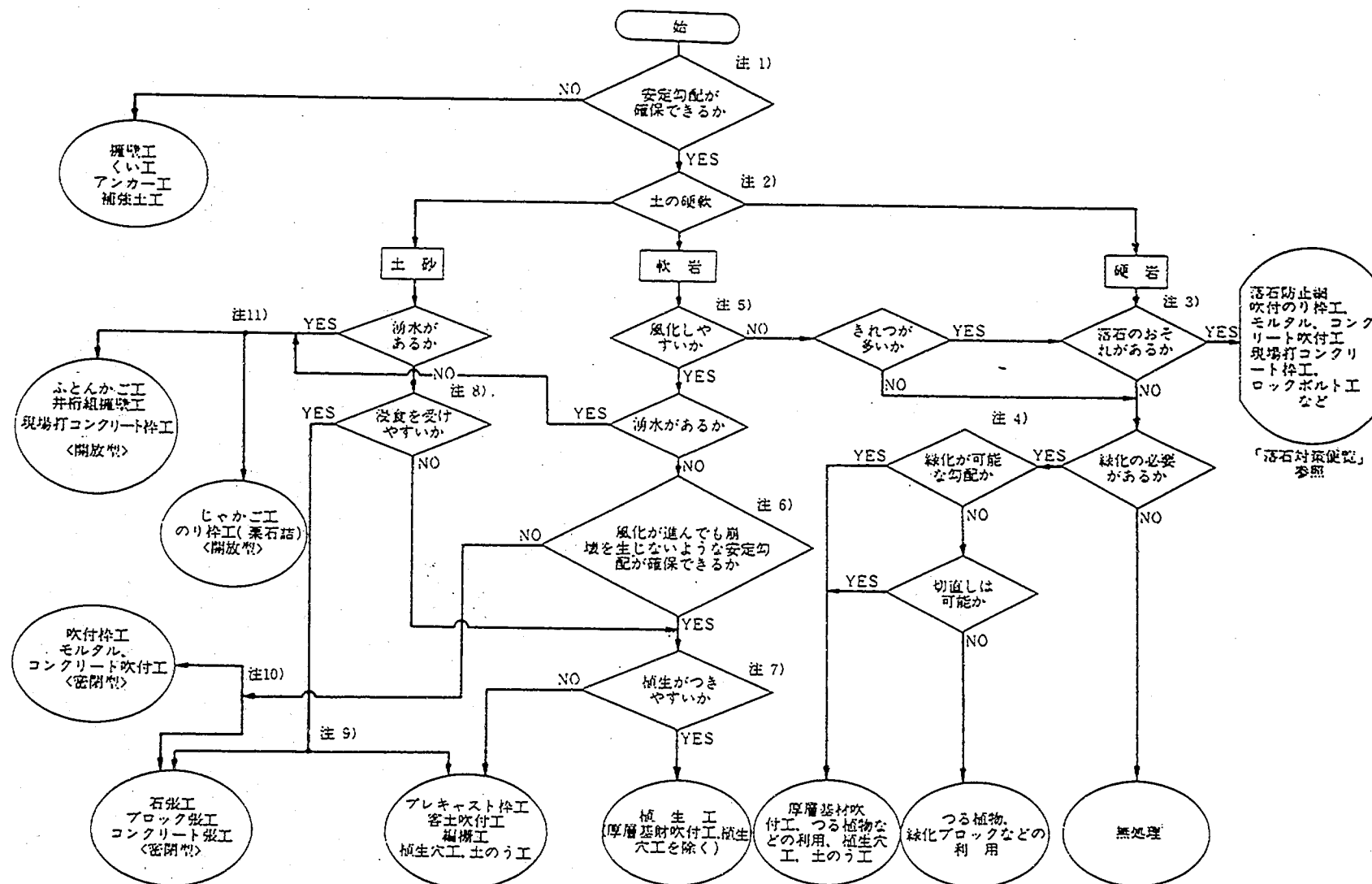


図-2.2 道路土工指針²⁾の対策工選定フロー

注11)主として安定度の大小によって判断し、安定度が低い場合にふとんかご工、井桁組擁壁工、現場打コンクリート枠工を用いる。

図-2.2に示すのり面对策工・保護工選定図を構成している要因を整理した結果を表-2.5に示す。

表-2.5 選定要因

① 地質関係要因
侵食・風化・斜面構成地質・土壌硬度・亀裂
② 地形関係要因
斜面の安定勾配・オーバーハング（落石）
③ 環境関係要因
植生・湧水

2.3 既往文献からの対策工・保護工選定に関する考え方

表-2.6に、本検討において用いる既往文献を示す。本検討において用いる文献は、特に対策工・保護工選定に関する選定フローを作成することを念頭に置き、現在までに検討が行われているエキスパート作成に関する文献に着目して抽出された。

表-2.6 本検討に用いた既往文献

論文名（文献番号）	著者	出典
① のり面設計エキスパートシステムの開発 ⁴⁾	土山 茂希・大城 一	第43回年次学術講演会,昭和63年10月
② 花崗岩の長大切土のり面における対策事例 ⁵⁾	藤江 哲也・佐々木邦平 荒瀬 義則	第25回土質工学研究発表会 平成2年6月
③ 花崗岩の長大切土のり面勾配の検討事例 ⁶⁾	宮島 圭司・山口 弘志 中元 雄治・石原 和幸	第23回土質工学研究発表会 昭和63年6月
④ 切土のり面勾配決定支援エキスパートシステムの開発 ⁷⁾	山田 憲夫・三浦 豊 岩崎 公俊	第13回電算機利用シンポジウム 1988,10
⑤ のり面設計エキスパートシステムの開発 ⁸⁾	土山 茂希・大城 一	第13回電算機利用シンポジウム 1988,10
⑥ 斜面設計のエキスパートシステムについて ⁹⁾	三浦 豊・片山 敏見	基礎工,1990,4
⑦ 切土のり面保護工の選定に関するエキスパートシステム ¹⁰⁾	三上 市蔵・家頭 圭昌 河野吉次郎・広兼 道幸	第15回電算機利用シンポジウム 1990,10

既往文献からの対策工・保護工の考え方についての比較は、選定フローチャート・その他解説部分を用い、選定要因・使用対策工を整理する。その後、長大切土のり面実態調査から抽出された要因と比較し、選定要因の違いについて整理する。また、調査方法についても同様に整理する。

また、これらの文献は、表-2.7～表-2.11の形に整理した。なお、本検討において抽出した文献では、重複したものもあり最終的には4件程度になる。

表-2.7 文献⁷⁾からの要因抽出

1. 文献名	切土のり面勾配決定支援エキスパートシステムの開発
2 出 典	第13回電算機利用シンポジウム, PP.17~20, 1988, 10.
3 著 者	山田 憲夫, 三浦 豊, 岩崎 公俊

① 切土勾配選定要因

地形グループ	斜面形状・崩壊形状
地質グループ	地質名・地質年代・風化・変質・亀裂 地下水・湧水
環境グループ	植生・土地利用・施工事例

その他勾配を設定する場合には以下の点を考慮して設定する。

① 地質要因 ② 施工実績 ③ 経験的項目

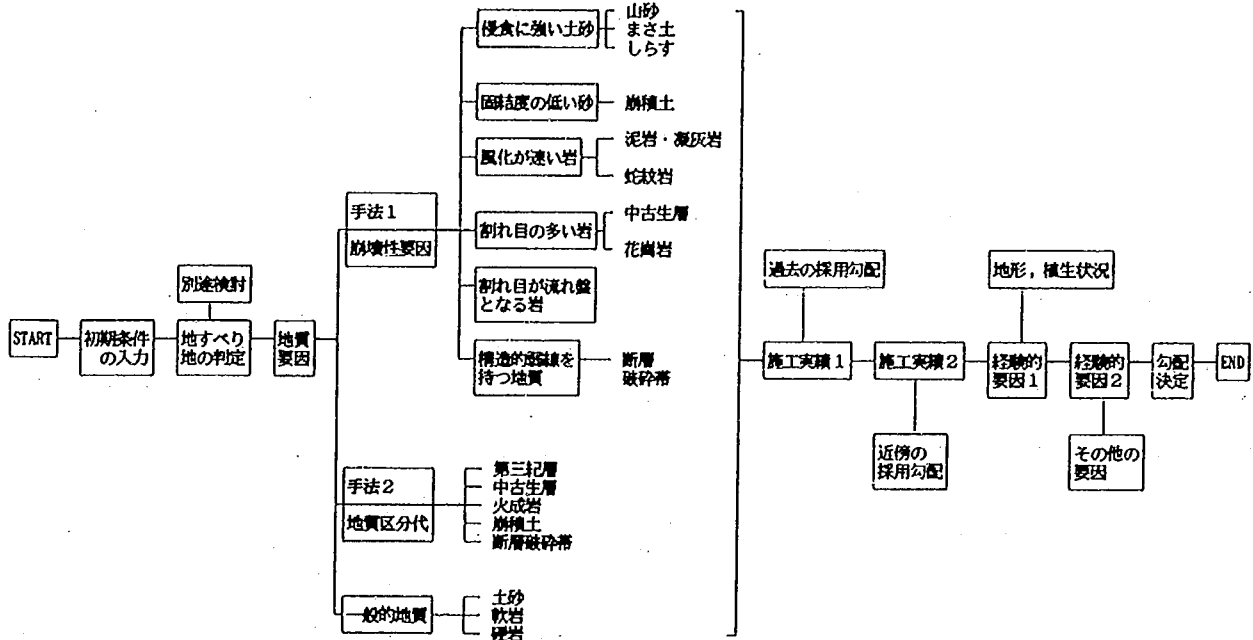


表-2.8 文献⁸⁾からの要因抽出

1. 文献名	のり面設計エキスパートシステムの開発
2 出 典	第13回電算機利用シンポジウム, PP.115~162, 1988, 10.
3 著 者	土山 茂希, 大阪 —

文献から得られる要因

- 1) 論文の目的 合理的なおり面設計法の作業実施手順を確立する。
- 2) のり面保護工選定に関する構成要因
 - (1) 地盤特性

地盤分類の一覧表(各基準の一覧表示)(資料-1)

最終的な地盤特性を決定するための要因

 - ・ N値・弾性波による計測
 - ・ 肉眼による観察(経験的方法)
 - (2) のり面勾配の決定

計画勾配選定基準の一覧表(各基準の表示)(資料-2)

斜面高さ・のり面の目的・施工性を考慮して最終勾配が決定される。

資料-1 地盤分類表

分 類 名	分 類 方 法	分 類 の 目 的
日本統一土質分類	粒度分布等	特定の目的はなし
旧国鉄式土質分類	粒度分布, N値等	鉄道建設ののり面安定性判定
切取土砂岩石分類解説表	岩石種類, 観察	鉄道建設の施工性判定
旧国鉄式岩の分類	観察	鉄道建設ののり面安定性判定
建設省岩石判定基準	観察	道路建設の施工性, のり面安定性判定
建設省岩分類	岩石種類, 弾性波速度	道路建設の施工性, のり面安定性判定
リッパ限界	岩石種類, 弾性波速度	リッパによる施工性の判定
電研式分類	観察, 弾性波等	ダム基礎の総合的な判定に使用
花崗岩分類(本四公団)	観察, 弾性波速度	花崗岩のり面の安定性判定
砂岩と泥岩分類(本四公団)	観察, 弾性波速度	砂岩泥岩互層地盤ののり面安定性判定
蛇紋岩分類(日本道路公団)	観察, ハンマー打診等	蛇紋岩のり面の安定性判定
第三紀層分類(//)	観察, ハンマー打診等	第三紀堆積層ののり面安定性判定
中古生層分類(//)	観察, ハンマー打診等	中古生代の堆積層ののり面安定性判定

資料-2 計画勾配選定基準一覧表

基準・事例名	制定・発表機関
地山の土質に対する標準斜面勾配	日本道路協会
のり面勾配の標準	旧日本国有鉄道
岩盤状況と斜面高および勾配(花崗岩)	本四公団
岩盤状況と斜面高および勾配(砂岩と泥岩)	本四公団
蛇紋岩類の岩質区分と実積のり面勾配	日本道路公団
第三紀層岩盤分類とのり面勾配の関係	日本道路公団
中古生層岩盤分類とのり面勾配の関係	日本道路公団

表-2.9 文献⁹⁾からの要因抽出

1. 文献名	斜面のエキスパートシステム構築について
2 出 典	基礎工, 1990, 4, PP. 48~55
3 著 者	三浦 豊, 片山 敏見

文献から得られる要因

1) 切土勾配の考え方 (選定要因)

切土勾配は、基本的に道路土工指針を参考に選定する。その中の土質区分については以下の項目を整理し選定する。

(1) 崩壊性地質 地質との関係から限界勾配を設定する。(弾性波試験・液性限界・塑性限界)

(2) 施工実績 過去の事例による勾配の決定 近傍の同種のり面での勾配決定

(3) 経験的要因 地形形態分類からの選定

地質・地質構造・地形・のり面形状・勾配・植生・地下水

2) 切土のり面保護工の選定

のり面の保護工の選定要因については、設計要領をベースに検討を行う。

選定表の要因としては、以下に示す項目がじれいとして挙げられている。

侵食・土壌硬度・落石の危険度・凍上・風化・亀裂・土砂化・植生・斜面勾配・湧水

崩壊性要因をもつ地質

崩壊性要因をもつ地質	代表的地質等
侵食に弱い土質	シラス, 山砂, まさ土
固結度の低い土砂や強風化岩	崩壊, 火山灰土, 火山砕屑物 (第四紀) 崩壊土や強風化花崗岩等
風化が速い岩	泥岩, 凝灰岩, 頁岩, 粘板岩, 蛇紋岩, 片岩類等
割れ目の多い岩	片岩類, 頁岩, 凝灰岩, 花崗岩, 安山岩, チャート等
割れ目が破れ盤となる岩	層理, 節理が斜面の傾斜方向と一致 している片岩類, 粘板岩等
構造的破壊をもつ地質	断層破砕帯, 旧地すべり地, 崩壊地等

切土のり面勾配決定要因

要 因	内 容
* 地形	斜面形状, 崩壊地形, ほか
* 地質	地質名, 地質年代, 風化, 変質, 亀裂, ほか
* 地下水	湧水の多少
地すべり	地すべり地形と活動の有無, ほか
* 植生	竹, 松, 杉, ほか
* 土地利用	植林, 畑, 水田, 道路, ほか
気象条件	豪雨, 凍上, 地域性, ほか
施工規模	長大のり面
切土状態	両切土, 片切り片盛り, ほか
施工性	掘削しやすさ, 工期, 工費, 土質区分, ほか
のり面保護工	植生工, 防凍抑凍工, 抑止工, ほか
社会性	重要度, 保安物件, 用地幅, ほか
保守・管理	メンテナンスのしやすさ
* 施工事例	周辺一般道, 過去の高速道での実績

* 本システムで採用した要因

保護工選定要因

分類	選定要因	土砂	軟岩	硬岩
地形・地質要因	侵食の受けやすさ	○		
	土壌硬度	○		
	落石の危険性	○		
	風化のしやすさ		○	
	亀裂の多少		○	○
	土砂化のしやすさ		○	
	崩壊 (法落ち) の恐れ		○	○
	植生に不適な土壌: pH	○	○	
	凍上	○	○	
	のり面勾配	○	○	○
その他の要因	湧水の多少	○	○	○
	安定勾配 (抑止効果)	○	○	○
	経済性・工費	○	○	○
	重要性	○	○	○
	緑化の必要性	○	○	○

表-2.10 文献⁵⁾からの要因抽出

1. 文献名	花崗岩の長大切土のり面勾配の検討事例
2 出 典	第23回土質工学研究発表会, PP.1785~1786
3 著 者	宮島 圭司, 山口 弘志, 中元 雄治, 石原 和幸

文献から得られる要因

1) 目 的 花崗岩地帯の長大切土のり面の勾配設定にあたっての検討事項の整理

2) のり勾配選定要因

のり勾配選定手順の中に示される要因として以下の項目が考えられる。(基本的に土工指針に従う)

- (1) 誘 因：地下水・降雨状況
- (2) 断 層：位 置・崩壊規模・状況
- (3) 節 理：流れ盤
- (4) 亀裂：亀裂係数

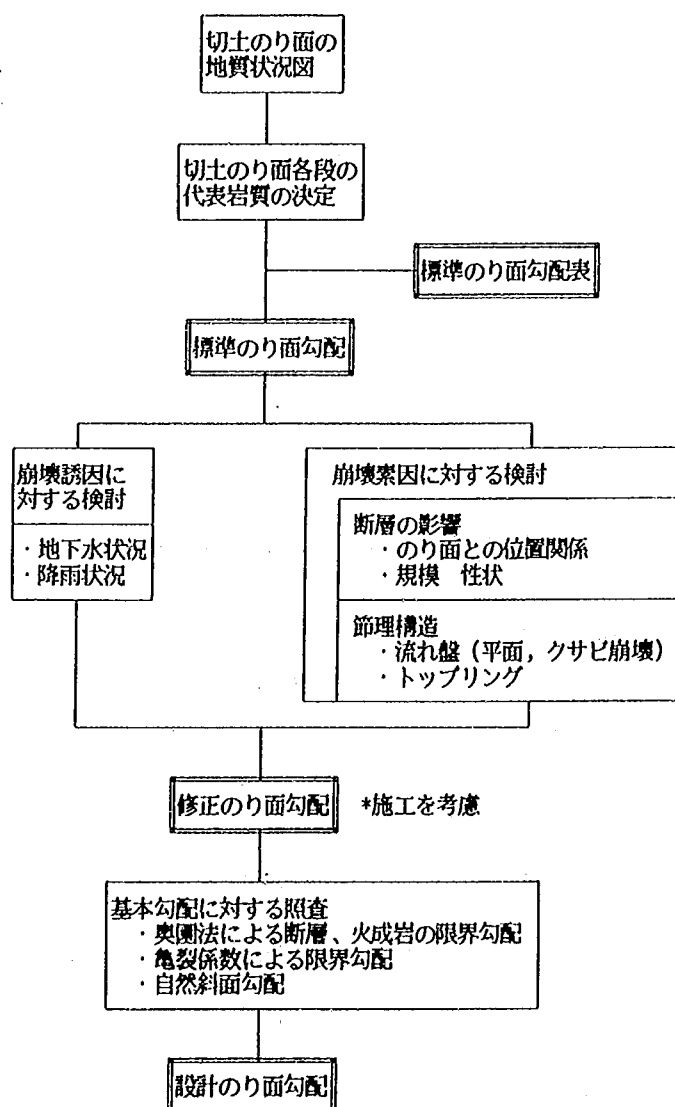


表-2.7～表-2.10に示す文献から抽出された要因を整理すると以下のようになる。

1) 切土勾配決定要因（基本的に道路土工指針の考え方を参考とする）

地形グループ	斜面形状・崩壊形状
地質グループ	地質名・地質年代・風化・変質・亀裂 地下水・湧水
環境グループ	植生・土地利用・施工事例

道路土工指針²⁾には、勾配を選定する際の詳細な検討方法が示されている。

- (1) 崩壊性地質 地質との関係から限界勾配を設定する。（弾性波試験・液性限界・塑性限界）
- (2) 施工実績 過去の事例による勾配の決定。近傍の同種のり面での勾配決定。
- (3) 経験的要因 地形形態分類からの選定。地質・地質構造・地形・のり面形状・勾配・植生・地下水

2) 保護工・対策工の選定要因について

保護工・対策工の選定要因については以下の要因が挙げられている。

地形グループ	斜面形状・斜面勾配
地質グループ	侵食・土壌硬度・風化・変質・亀裂 湧水
環境グループ	植生

2.4 既往文献からの対策工・保護工選定に関する要因の整理結果

既往文献からの対策工・保護工選定に関する整理結果を以下に示す。

1) 既往の技術基準からの選定要因

表-2.11 技術基準からの選定要因

地形グループ	斜面勾配・オーバーハング
地質グループ	侵食・土壌硬度・風化・地質
環境グループ	植生・湧水

2) 既往文献からの選定要因

表-2.12 既往文献からの選定要因

地形グループ	斜面形状・斜面勾配
地質グループ	侵食・土壌硬度・風化・変質・亀裂 湧水
環境グループ	植生

表-2.11、表-2.12に示される保護工・対策工選定要因はほぼ同様の結果となった。これらを基礎に対策工・保護工選定のフローチャートを作成する。

3. 長大切土のり面対策工法選定に関する検討

3.1 検討概要

ここでは、既往文献・実態調査から長大切土のり面対策工法を選定する為のフローチャートを作成する。フローチャートは、以下に示す手順に従い作成する。

- (1) 1章で整理した実態調査からの対策工法選定要因の整理結果、2章で整理した既往文献からの対策工法選定要因の整理結果の比較検討を行う。

-----> フローチャートを構成する要因の抽出

- (2) 実態調査より、フローチャートにおいて最終的に選定される対策工の整理を行う。なお、ここで対策工は組合わせを考慮したものとする。

-----> 対策工法の整理

- (3) 実態調査から標準のり勾配についての検討を行う。なお、ここでは対策工法の影響を考慮した標準のり勾配について整理・検討する。

-----> 標準のり勾配の整理

- (4) 上記①～③整理・検討結果を基礎に、対策工に関する選定フローを作成する。

-----> 対策工選定に関するフロー作成

3.2 対策工選定に関する構成要因の抽出

ここでは、1章で整理した実態調査からの対策工法選定要因結果、2章で整理した既往文献からの対策工法選定要因の整理結果を用いて対策工法を選定する為の要因を抽出する。

3.2.1 実態調査からの要因抽出

実態調査のデータと対策工法の関係について一対比較を行い対策工法に関する影響要因の抽出を行った。その結果を表-3.1に示した。

影響要因の抽出方法は、一対比較の結果に特徴が見られる観測項目とした。たとえば、2章に示す勾配では、軟岩に分類され、1:0.5～1:0.8の範囲の対策工は表面処理工法(B)でありコンクリート・モルタル吹き付け工が多いなど特徴がある要因を抽出した。

表-3.1 実態調査から抽出された要因

グループ	影 響 要 因
地形要因	斜面勾配, 斜面高さ, 斜面状況
地質要因	岩盤の状況, 風化, 侵食, 落石, 斜面地質
環境条件	崩壊地の規模, 用地

3.2.2 既往技術基準からの影響要因の抽出

既往文献からの影響要因の抽出は図-2.1、図-2.2に示す対策工法選定フローチャートの構成要因とする。図-2.1は、道路公団の技術基準におけるフローチャートであるが、この図より、影響要因を抽出すると、表-3.2に示すようになる。

表-3.2 道路公団技術基準³⁾からの影響要因

グループ	影 響 要 因
地形要因	勾配, オーバーハング
地質要因	風化, 侵食, 亀裂, 土壌硬度, 斜面構成地質

また、図-2.2は、道路土工指針（のり面工・斜面安定工指針）におけるフローチャートであるが、図より影響要因を整理すると表-3.3に示すようになる。

表-3.3 道路土工指針（のり面工・斜面安定工指針）²⁾

グループ	影 響 要 因
地形要因	勾配, オーバーハング
地質要因	風化, 侵食, 斜面構成地質, 土壌硬度, 亀裂
環境要因	湧水

3.2.3 既往文献からの影響要因の抽出

既往文献からの影響要因抽出は本検討で用いた文献7件を用いて行う。既往文献7件から求めた影響要因を表-3.4に示す。

表-3.4 対策工法選定要因

グループ	影 響 要 因
地形要因	落石の危険度, 斜面勾配
地質要因	侵食, 土壌硬化, 風化, 亀裂, 湧水
環境要因	植生

また、勾配を選定するための要因として整理すると以下のようなになる。勾配の考え方は基本的に道路土工指針²⁾に従っているが、その構成要因としては表-3.5に示すようになる。

表-3.5 斜面の安定勾配決定要因

グループ	影 響 要 因
地形要因	斜面の形状, 崩壊地形
地質要因	地質名, 年代, 風化, 変質, 亀裂
環境要因	地下水, 湧水, 植生の状況, 土地利用

また、勾配の考え方としては、地質別にみる考え方も示されている。

手法－① 崩壊性要因を持つ地質ごとに土壌硬化などの関係から限界勾配を求める。

手法－② 試験値から限界勾配を求める。

3.2.4 対策工法選定に関する要因抽出

実態調査及び既往文献から抽出された対策工法選定要因を用い、本検討で用いる要因を整理する。表-3.6に表-3.1～表-3.5において抽出された要因について整理した。

表-3.6 構成要因の比較

	実態調査	道路公団	道路土工指針	既往文献
地形要因	斜面勾配 斜面高さ 斜面状況（落石）	斜面勾配 オーバーハング	斜面勾配 オーバーハング	落石 斜面
地質要因	岩盤状況 風化 侵食 斜面地質	侵食 風化 斜面構成地質 土壌強度	侵食 風化 斜面構成地質 土壌強度	侵食 亀裂 風化 土壌硬化
環境要因	崩壊規模 用地		湧水	湧水 植生

表-3.6より、本検討における構成要因は表-3.7のように設定した。地形要因については道路公団、道路土工指針とも同じ要因を選定している。しかし、実態調査については、斜面勾配と斜面状況（ここではオーバーハングを意味する）以外に、斜面高さが含まれている。しかし、長大のり面を考える場合、小段を1斜面とする。したがって、ここでは高さは10m程度と考えられるので、本検討では影響要因から除いた。

地質要因については、実態調査、2つの技術基準、文献とも侵食、風化、斜面構成地質をあげている。また、実態調査の岩盤状況は岩分類を意味しており土壌硬度と同様の判断とした。亀裂については風化と同様とし本検討から除いた。

環境要因については、道路公団の技術基準には見られないがその他の調査結果では、要因としてされている。ただし、道路公団では検討フローに入る前に湧水について対策を行うことが記載されている。したがって、湧水については要因とした。その他、実態調査の結果を参考に崩壊規模、用地の2要因を追加した。

表-3.7 対策工法選定要因

グループ	影 響 要 因
地形要因	斜面勾配，オーバーハング（落石）
地質要因	侵食，風化，土壌硬度，斜面構成地質
環境要因	湧水，用地（ポケット），崩壊規模

3.3 対策工法の整理

実態調査より本検討における最終的に選定される対策工の整理を行う。なお、ここで対策工は単独だけでなく組合せも考慮したものである。

実態調査から対策工の組合せを整理した結果を表-3.8に示す。この対策工の組合せの整理方法は以下のように行った。

- 1) 抑止工と抑制工を分類する。
- 2) 2種類以上の抑止工がある場合、抑止工のなかで影響度の高いものを対策工法とする。
- 3) 2種類以上の抑制工がある場合、抑制工についても抑止工の考え方と同様とした。

現実的には、表-3.8に示す対策工法は、その他多種多様の要因の組合せにより設置されている。したがって、この表の対策工ではフローチャートより選定される対策工はごく一部の組合せになる。そこで、この考え方を表-3.9のようにグループ分けした分類として、フローチャートを作成する。

表-3.8 対策工の分類

Case-1	表面処理工(D)+抑止工(A)	Case-6	表面処理工(B)
Case-2	表面処理工(C)+抑止工(A)	Case-7	表面処理工(D)+抑止工(A,B)
Case-3	表面処理工(B)+抑止工(A)	Case-8	排水工+表面処理工(B)
Case-4	表面処理工(A)+抑止工(A)	Case-9	洞門、シェッド工
Case-5	表面処理工(A)	Case-10	その他(待ち受け擁壁)

表-3.9 対策工の組合せ(実態調査より)

	調査表の対策工・保護工		調査表の対策工・保護工
1	現場打ちのり枠工+コンクリート擁壁+ストーンガード	10	珪砂吹付工+ポケット式ロックネット
2	プレキャストのり枠工+コンクリート擁壁+ストーンガード	11	石積み擁壁工+珪砂吹付工+ポケット式ロックネット
3	珪砂吹付工+コンクリート擁壁+ストーンガード	12	珪砂吹付工
4	コンクリート吹付工+コンクリート擁壁+ストーンガード	13	コンクリート吹付工
5	軽量のり枠工+コンクリート擁壁+ストーンガード	14	コンクリート擁壁+植生工
6	コンクリート擁壁+ストーンガード+ロックネット	15	コンクリート張り工+珪砂吹付工
7	洞門工	16	張り芝工
8	シェッド工	17	張り芝工+軽量のり枠工
9	ロックネット+種子散布工+コンクリート擁壁	18	カープフレーム+コンクリート擁壁+張り芝

ここで、表-3.9の工法の内容は表-3.10の分類によるものとする。

表-3.10 対策工の分類

対策工	対策工の種類
排水工	①地表水排除工 (横排水工・縦排水工・浸透防止工) ②地下水排除工 (暗渠工・横ボーリング工)
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張芝工 ④植生マット工 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石張工 ②ブロック張工 ③モルタル吹付工 ④モルタル吹付工 ⑤コンクリート吹付工
表面処理工法(C)	①プレキャストのり枠工 ②特殊プレキャストのり枠工
表面処理工法(D)	①現場打ちコンクリートのり枠工 ②フリーフレーム工法
抑止工(A)	①石積擁壁工 ②ブロック積擁壁工 ③井桁工 ④土留工 ⑤コンクリート擁壁工 ⑥じゃかご工 ⑦編棚工
抑止工(B)	①杭工 ②アンカー工 ③補強土工法
落石防護工	①落石防止工 ⑤落石防止柵

3.4 標準のり勾配の整理

実態調査から地質別標準のり勾配について検討を行う。なお、対策工の影響を考慮した標準のり勾配について検討する。図-3.1に地質と勾配の関係を示した。それを整理すると、表-3.11のようになる。

表-3.11 実態調査からのり勾配

土砂地盤	1:1.0~1:1.5
軟 岩 (I、II)	1:0.5~1:1.2
硬 岩	1:0.3~1:0.8

この調査結果と、道路土工指針一のり面・斜面安定工指針²⁾に示される地質別のり勾配と比較すると、のり勾配は道路土工指針に従い設計・施工されていることがわかる(表-3.12)。

表-3.12 調査斜面のり勾配と土工指針の比較

	調査結果	土工指針 ²⁾
硬岩	1:0.3~1:0.8	1:0.3~1:0.8
軟岩	1:0.5~1:1.2	1:0.5~1:1.2
土砂	1:1.0~1:1.5	1:1.0~1:1.5

のり勾配

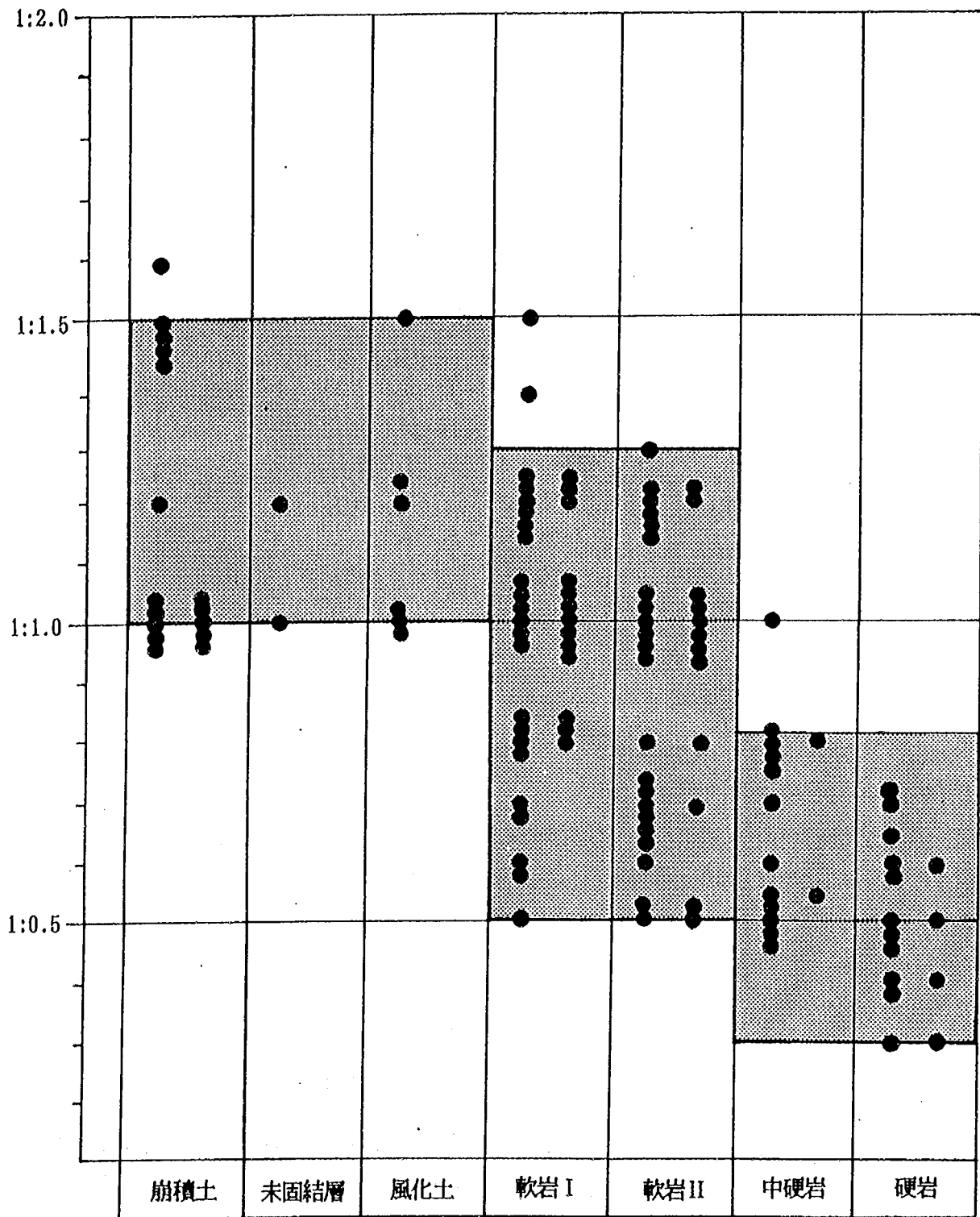


図-3.1 地質別のり勾配

・現況のり勾配 影をつけた領域：道路土工指針²⁾に示される標準切土勾配の範囲

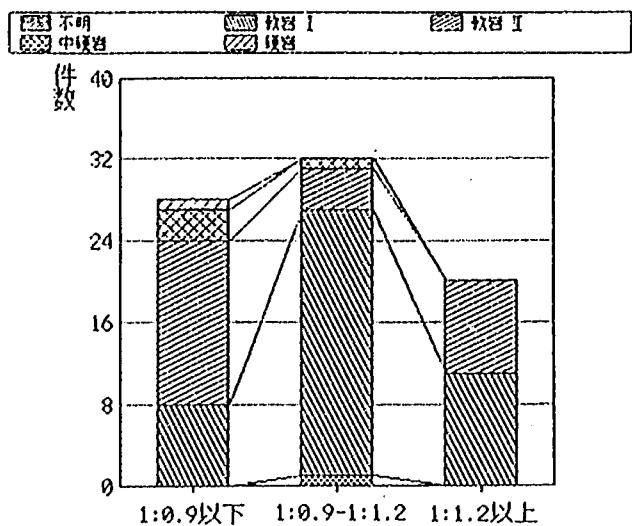


図-3.2 岩盤と勾配の関係

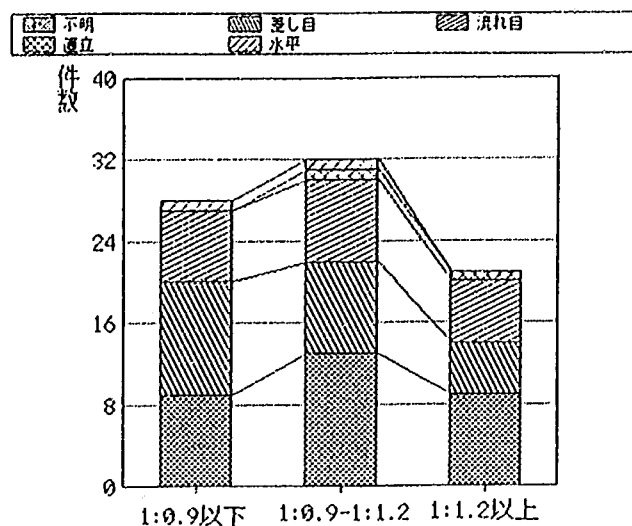


図-3.3 層理と勾配の関係

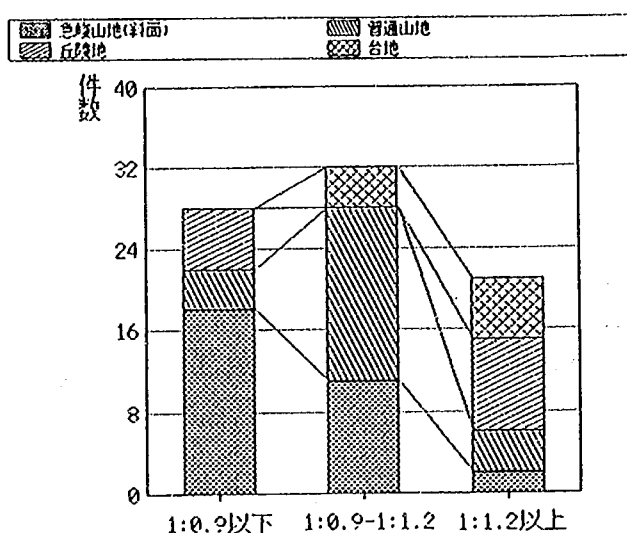


図-3.4 地形分類と勾配の関係

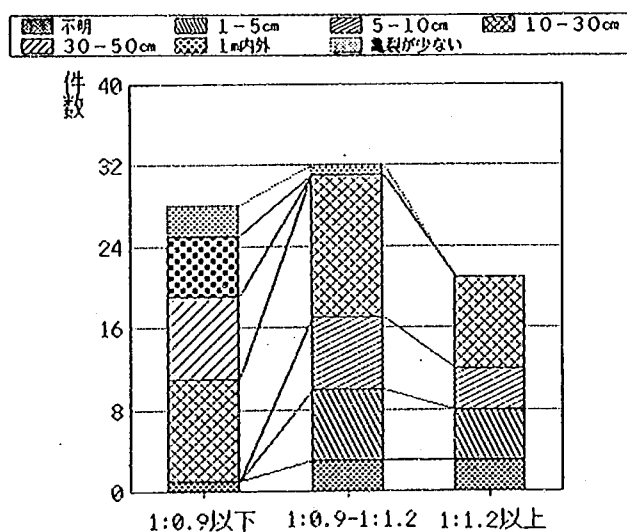


図-3.5 割れ目間隔と勾配の関係

しかし、図-3.1より軟岩・硬岩・土砂についての各グループの中に表-3.13に示す分類が見られる。

表-3.13 調査斜面のり勾配の分類

	全体グループ	詳細分類
硬岩	1:0.3~1:0.8	1:0.3~1:0.5 1:0.5~1:0.8
軟岩	1:0.5~1:1.2	1:0.5~1:0.8 1:0.8~1:1.2
土砂	1:1.0~1:1.5	1:1.0~1:1.2 1:1.2~1:1.5

調査斜面データから、斜面勾配に関する詳細分類についてその特長について整理する。長大切土のり面実態調査のデータ¹⁾を用い平均のり勾配別に1:0.9以下、1:0.9~1:1.2、1:1.2以上の3分類にわけそれを構成する要因を求めた。なお、検討要因としては現地調査データがあり、影響要因として考えられるものとする。

表-3.14 比較検討要因

要因グループ	構成要因
地形要因	斜面勾配・地形分類
地質要因	層理・岩盤・割れ目間隔・風化
環境要因	湧水

表-3.14に示される項目について勾配別に集計した結果を図-3.2~図-3.5に示す。図-3.2は、岩盤種別による勾配の違いを示した。軟岩は、全ての領域に属しており区別することが難しい。ただし、1:0.9以下に勾配を設定していることが説明できる。

図-3.3は、層理に関する勾配の違いを示した。この図より差し目の場合、1:0.9以下に勾配を設定する場合が39%と多く、1:0.9~1:1.2では、差し目・流れ目と同様の比率となっている。また、1:1.2以上になると流れ目の比率がおおくなる。この図より、道路土工指針の勾配を基本に安定勾配を設定した場合に、差し目の場合その範囲の急な方の勾配を採用していることが説明できる。

図-3.4は、地形分類に関する勾配の違いを示した。急峻山地の場合、1:0.9以下の斜面勾配が全体の2/3を占め、1:0.9~1:1.2の勾配になると急峻山地は減少し、普通山地が多くなる。また、1:1.2以上になると地形による影響は少なくなる。これは、長大切土のり面において急峻山地の場合は道路土工指針²⁾の緩勾配を採用すると地山の切土量が多くなり施工規模が大きくなることによる。

図-3.5は、亀裂に関する勾配の違いを示した。この図より1:0.9以下の斜面勾配の場合割れ目間隔が大規模に採用されている。また、1:1.2以上になると割れ目間隔が小さくなることがわかる。また、風化・湧水については、現地調査の項目が二者択一であり本検討から除いた。

以上の検討から、勾配を設定する際の考え方を上記要因をもちいて整理する。現地調査を整理した結果を表-3.15~表-3.25に示した。

表-3.15 標準のり勾配の検討(その1)

番 号	勾 配	地形分類	層 理	岩 盤	割れ目間隔	風化状態	湧 水	主な対策工	その他の特徴
B-2	1:0.9	急峻山地	差し目	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ	10~20cm 30cm	風 化 —	な し	アーフレーム コンクリート擁壁	
B-3	1:0.7	普通山地	直立と 差し目	軟岩Ⅱ 中硬岩	5~30cm 30~50cm	ゆるみ帯 —	な し	モルタル吹付	切土上部に断層がある
C-5	1:0.5	急峻山地	差し目	中硬岩 硬 岩	50cm 100cm	弱風化 —	な し	コンクリート張工 モルタル吹付	岩盤は新鮮で極めて硬質。
D-1	1:0.8	普通山地	差し目	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ	5~20cm 20~50cm	弱風化 —	な し	モルタル吹付 アーフレーム アカー工	片理が発達しているが、差し目 となっている。
D-3	1:0.6	普通山地	差し目	軟岩Ⅱ 硬 岩	100cm	ゆるみ帯	な し	モルタル吹付 洞門工 ロックネット	基岩は極めて硬質である。
F-5	1:0.7	丘陵地	差し目	軟岩Ⅱ 中硬岩	20~50cm 50~100cm	風 化 —	湿 潤	吹付法枠工 擁壁工 コンクリート吹付	幅1.0mの断層がある。
F-6	1:0.3	丘陵地	差し目	軟岩Ⅱ 中硬岩	30cm 100cm	ゆるみ帯 —	な し	コンクリート法枠工 アカー工	岩盤は良好で、風化も薄い。
F-8	1:0.8	急峻斜面	差し目	軟岩Ⅱ 中硬岩	20~30cm 50cm	ゆるみ帯 —	な し	コンクリート法枠工 モルタル吹付 コンクリート張工	
F-10	1:0.6	急峻山地	差し目	軟岩Ⅱ 中硬岩	15~30cm 50~100cm	風 化 —	な し	コンクリート吹付 擁壁工	硬質で亀裂のない砂岩が基岩と なっている。
F-12	1:0.6	急峻山地	水 平	軟岩Ⅱ 中硬岩	15~30cm 50~100cm	弱風化 —	な し	ロックネット 擁壁工	片理が発達しているが、差し目 となっている。

* 平均のり勾配が1:0.9以下で、地形分類・層理・岩盤の3項目のうち2項目以上が同じ条件である事例について整理した。
条件は、地形分類:急峻山地、層理:差し目、岩盤:軟岩Ⅱである。

表-3.16 標準のり勾配の検討 (その2)

番 号	勾 配	地形分類	層 理	岩 盤	割れ目間隔	風化状態	湧 水	主な対策工	その他の特徴
大-2	1:0.6	急峻斜面	差し目	軟岩Ⅰ 中硬岩	40~100cm 100cm	ゆるみ帯 —	な し	ロックネット	ホソフォルシ化した頁岩が硬質化している。
B-4	1:0.7	普通山地	流れ目	軟岩Ⅱ 中硬岩~軟岩Ⅱ	20~30cm 100cm	風 化 —	な し	石吹付	亀裂は全体的に少なく、斜面の安定性が高いとみられる。
B-8	1:0.6	急峻山地	流れ目	中硬岩	50cm	—	な し	石吹付	切土下部に断層があるが、全体的には亀裂が少ない。
B-9	1:0.6	急峻山地	流れ目	軟岩Ⅱ 中硬岩	20~50cm 50~100cm	風 化 —	な し	石吹付	切土下部に断層があるが、全体的には亀裂が少ない。
D-4	1:0.5	急峻山地	差し目	軟岩Ⅰ 中硬岩	30cm 50cm	ゆるみ帯 —	湿 潤	擁壁工 石吹付	ホソフォルシ化した頁岩が硬質化している。
D-5	1:0.9	急峻山地	流れ目	軟岩Ⅰ 中硬岩	15cm 50cm	風 化 —	な し	石吹付 擁壁工	ホソフォルシ化した頁岩が硬質化している。
D-8	1:0.7	急峻山地	—	軟岩Ⅰ 中硬岩	30~50cm 50cm	風 化 —	な し	石吹付 擁壁工 ロックネット	集水地形がある。
E-6	1:0.9	急峻山地	流れ目	軟岩Ⅱ 中硬岩	30~50cm 50cm	ゆるみ帯 —	湿 潤	石吹付 擁壁工	
E-7	1:0.9	急峻山地	流れ目	軟岩Ⅰ	5~30cm	ゆるみ帯	な し	石吹付 ジェット工 擁壁工	近接する地すべり地帯の影響で岩盤の緩みは激しい。
E-9	1:0.5	急峻山地	—	中硬岩~軟岩Ⅱ 硬 岩	40~30cm 50~150cm	— —	湿 潤	石吹付	幅1.0mの断層がある。

* 平均のり勾配が1:0.9以下で、地形分類・層理・岩盤の3項目のうち2項目以上が同じ条件である事例について整理した。
条件は、地形分類:急峻山地、層理:流れ目、岩盤:中硬岩である。

表-3.17 標準のり勾配の検討 (その3)

番 号	勾 配	地形分類	層 理	岩 盤	割れ目間隔	風化状態	湧 水	主な対策工	その他の特徴
大-7	1:0.8	丘陵地	—	軟岩II	—	—	あ り	プラスチックシート 吹付 もたれ式擁壁	熔結度の低い珪砂地帯である。
大-8	1:0.8	丘陵地	—	軟岩II	—	—	あ り	プラスチックシート 吹付 もたれ式擁壁	熔結度の低い珪砂地帯である。
大-9	1:0.8	丘陵地	—	軟岩II	—	—	あ り	法面工 もたれ式擁壁	熔結度の低い珪砂地帯である。
中-3	1:0.8	丘陵地	—	軟岩II	20~50cm	—	あ り	ロックシート	沢地形で、のり面には杉・笹がある。
D-7	1:0.9	急峻山地	—	軟岩II 硬 岩	5~100cm 100cm	ゆるみ帯 —	な し	ロックネット ミカド吹付	岩盤は極めて硬い。
D-9	1:0.9	普通山地	—	軟岩I 中硬岩	10~30cm 50cm	風 化 —	な し	ミカド吹付 擁壁工 ロックネット	岩盤は極めて硬い。
E-4	1:0.6	丘陵地	差し目	中硬岩 硬 岩	20~50cm 50~100cm	— —	な し	吹付法砕工 擁壁工 ストーンガード	幅1.0mの断層がある。
E-8	1:0.4	急峻山地	—	硬 岩	50~100cm	—	な し	擁壁工 ミカド吹付 ストーンガード	岩盤は新鮮で極めて硬質。

* 平均のり勾配が1:0.9以下で、各項目が違う事例や特殊的な事例。

表-3.18 標準のり勾配の検討(その4)

番 号	勾 配	地形分類	層 理	岩 盤	割れ目間隔	風化状態	湧 水	主な対策工	その他の特徴
大-5	1:1.2	普通山地	差し目	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ	1~15cm 15~30cm	風 化 強風化	な し	現場打ち法砕工 抑止アガー 擁壁工	岩盤が極めて脆い。
中-9	1:1.2	普通山地	流れ目	軟岩	1~15cm	—	な し	コンクリート法砕工	断層があるため岩盤が脆くなっている。
A-9	1:1.2	普通山地	差し目	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ	1~5cm 20cm	風 化 —	な し	軽量法砕工 張芝工	層理が差し目のため斜面は安定している。
A-12	1:1.1	普通山地	直 立	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ	5~30cm 20~30cm	風 化 —	な し	軽量法砕工 張芝工	斜面上方にオーバーハングがある。
B-5	1:1.0	普通山地	差し目	軟岩Ⅰ 中硬岩	30cm 50~100cm	風 化 —	湿 潤	フルフレーム 擁壁工	無層理塊状の凝灰岩で亀裂が少ない。
C-1	1:1.1	普通山地	差し目	軟岩Ⅰ 中硬岩	5~20cm 20~40cm	風 化 —	な し	プレキャスト 擁壁工 軽量法砕工	近くに大きな断層がある。
D-6	1:1.2	普通山地	差し目	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ~中硬岩	10~30cm 50cm	— —	な し	もたれ擁壁	近接する同条件の地山では、切土勾配1:0.6である。
F-2	1:1.1	普通山地	差し目	軟岩Ⅰ 硬岩~中硬岩	10~20cm 30~50cm	風 化 —	湿 潤	コンクリート法砕工 ストガード	切土下部で割れ目方向が流れ目となっている。
F-3	1:1.0	普通山地	差し目	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ	5~20cm 50cm	風 化 —	な し	コンクリート張工 ロックネット	全体的の法面は安定しているとみられる。
F-4	1:1.0	普通山地	流れ目	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅰ~軟岩Ⅱ	5~10cm 破碎質	風 化 —	な し	丸外吹付	断層にともなって、破碎が激しい。

* 平均のり勾配が1:0.9~1:1.2で、地形分類・層理・岩盤の3項目のうち2項目以上が同じ条件である事例について整理した。
条件は、地形分類:普通山地、層理:差し目、岩盤:軟岩である。

表-3.19 標準のり勾配の検討（その5）

番 号	勾 配	地形分類	層 理	岩 盤	割れ目間隔	風化状態	湧 水	主な対策工	その他の特徴
中-4	1:1.1	急峻斜面	差し目	軟岩Ⅰ	10~30cm	—	な し	法枠工	
B-1	1:1.0	急峻山地	—	軟岩Ⅱ 中硬岩~軟岩Ⅱ	5~30cm 20~30cm	風 化 —	な し	コンクリート枠工 アカー工	
E-1	1:1.0	急峻山地	—	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ	3~10cm 50cm	風 化 —	湿 潤	モルタル吹付 ロックネット	地すべり地帯である。
F-7	1:1.0	急峻山地	差し目	軟岩Ⅰ 中硬岩	20~30cm 100cm	ゆるみ帯 —	な し	モルタル吹付 コンクリート法枠工 擁壁工	層理が発達し流れ目である。
F-9	1:1.0	急峻斜面	差し目	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ	5~15cm 30cm	風 化 —	な し	コンクリート擁壁工 植生工	切土上部に断層がある。
F-11	1:1.0	急峻山地	流れ目	軟岩Ⅱ 中硬岩	20~30cm 50~100cm	ゆるみ帯 —	な し	洞門工 モルタル吹付	

* 平均のり勾配が1:0.9~1:1.2で、地形分類・層理・岩盤の3項目のうち2項目以上が同じ条件である事例について整理した。
条件は、地形分類：急峻山地、層理：差し目、岩盤：軟岩Ⅱである。

表-3.20 標準のり勾配の検討（その6）

番 号	勾 配	地形分類	層 理	岩 盤	割れ目間隔	風化状態	湧 水	主な対策工	その他の特徴
A-5	1:1.0	台地	流れ目	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ	1~5cm 20cm	風 化 —	な し	アーフレーム 擁壁工	層理の明瞭な互層がある。
A-6	1:1.1	台地	流れ目	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ	1~5cm 20cm	風 化 —	な し	アーフレーム 擁壁工	層理の明瞭な互層がある。
A-7	1:1.2	台地	流れ目	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ	—	風 化	な し	軽量法砕工 張芝工	切土下部に崩積土がある。
A-15	1:1.1	台地	水 平	軟岩Ⅰ 砂質土 硬 岩	— — —	—	な し	アーフレーム 張芝工 ロックネット	未固結の浮石が挟在し安定度は低い。

* 平均のり勾配が1:0.9~1:1.2で、地形分類・層理・岩盤の3項目のうち2項目以上が同じ条件である事例について整理した。
条件は、地形分類：台地、層理：流れ目、岩盤：軟岩Ⅰである。

表-3.21 標準のり勾配の検討 (その7)

番 号	勾 配	地形分類	層 理	岩 盤	割れ目間隔	風化状態	湧 水	主な対策工	その他の特徴
中-7	1:1.0	普通山地	—	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅲ	5~15cm 20~30cm	風 化 —	湿 潤	現場打ち法砕工 吹付法砕工	断層があるために岩盤は極めて脆い。
B-6	1:1.1	普通山地	—	軟岩Ⅲ	30cm	風 化	湿 潤	プレキャスト 擁壁工 種子吹付	崖錘地帯で、沢地形になっている。
C-2	1:1.2	普通山地	—	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅲ	5~10cm 10~30cm	強風化 破碎質	あ り	ミカド吹付 擁壁工 アガー工	全体的に破碎質で大規模な断層がある。
D-2	1:1.2	普通山地	—	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅲ	5~20cm 20~50cm	強風化 —	あ り	ミカド吹付	片理が流れ目となっている。
D-10	1:1.0	普通山地	—	軟岩Ⅰ 中硬岩	10~30cm 50cm	風 化 —	な し	ミカド吹付	地すべり地帯である。
B-7	1:1.1	急峻斜面	—	軟岩Ⅲ	30cm	風 化	湿 潤	プレキャスト 擁壁工 種子吹付	崖錘地帯で、沢地形になっている。

* 平均のり勾配が1:0.9~1.2で、地形分類・層理・岩盤の3項目のうち2項目以上が同じ条件である事例について整理した。
条件は、地形分類:普通山地、層理:不明、岩盤:軟岩Ⅲである。

表-3.22 標準のり勾配の検討（その8）

番 号	勾 配	地形分類	層 理	岩 盤	割れ目間隔	風化状態	湧 水	主な対策工	その他の特徴
大-4	1:1.0	急峻斜面	流れ目	軟岩Ⅰ	2~5cm	風 化	な し	現場打ち法砕工 抑止アンカー コンクリート擁壁工	地すべり地帯の可能性はある。
C-3	1:1.1	急峻山地	—	軟岩Ⅰ	—	—	な し	プレキャスト 擁壁工	
C-6	1:1.1	普通山地	—	—	—	—	な し	フルフレーム アンカー工 擁壁工	地すべり地帯である。
E-3	1:1.1	急峻山地	流れ目	硬 岩	50cm	—	な し	洞門工 珪砂吹付	
E-5	1:1.1	急峻山地	—	軟岩Ⅰ 硬岩~中硬岩	1~5cm 100cm	風 化 —	湿 潤	珪砂吹付 擁壁工	

平均のり勾配が1:0.9~1:1.2で、各項目が違う事例や特殊な事例。

表-3.23 標準のり勾配の検討（その9）

番 号	勾 配	地形分類	層 理	岩 盤	割れ目間隔	風化状態	湧 水	主な対策工	その他の特徴
大-1	1:2.5	丘陵地	流れ目	軟岩Ⅱ	——	—	あ り	排土工	地すべり地帯である。
大-3	1:1.8	丘陵地	——	軟岩Ⅰ 中硬岩～軟岩Ⅱ	15～30cm 30～40cm	風 化 —	な し	切土工 埴土工	
大-6	1:1.3	丘陵地	差し目	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ	5～10cm 30cm	風 化 —	な し	コンクリート法枠工 種子吹付 コンクリート擁壁	背斜軸に近接しており緩みが激しい。
中-1	1:3.0	丘陵地	流れ目	軟岩Ⅱ	20～30cm	—	あ り	切土工 張芝工	もともと斜面が緩やかである地すべり地帯である。
中-2	1:2.0	丘陵地	——	軟岩Ⅱ 中硬岩	20～30cm 30～50cm	風 化 —	な し	切土工 ふとんかご	もともと斜面が緩やかである地すべり地帯である。
A-1	1:2.2	丘陵地	——	軟岩Ⅱ	5～10cm	風 化	な し	アクリル 張芝工 抑止杭	地すべり地帯である。
A-2	1:1.5	丘陵地	——	軟岩Ⅱ	5～10cm	風 化	な し	切土工 張芝工	地すべり地帯である。
E-2	1:1.3	丘陵地	流れ目	軟岩Ⅱ	10～30cm	—	な し	アクリル 種子吹付 軽量法枠工	

* 平均のり勾配が1:1.2以上で、地形分類・層理・岩盤の3項目のうち2項目以上が同じ条件である事例について整理した。
条件は、地形分類：丘陵地、層理：流れ目、岩盤：軟岩Ⅱである。

表-3.24 標準のり勾配の検討（その10）

番 号	勾 配	地形分類	層 理	岩 盤	割れ目間隔	風化状態	湧 水	主な対策工	その他の特徴
A-3	1:1.6	台地	差し目	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ	5cm 10~30cm	強風化 風 化	な し	軽量法砕工 張芝工	岩盤は、かなり風化が進んでいる。
A-4	1:1.3	台地	流れ目	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ	— —	風 化 —	あ り	張芝工	締りの高い礫岩で、地盤は安定している。
A-8	1:1.3	台地	流れ目	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ	1~5cm 20cm	風 化 —	な し	軽量法砕工 張芝工	
A-10	1:1.3	台地	流れ目	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ	1~5cm 20cm	風 化 —	な し	軽量法砕工 張芝工	
A-13	1:1.6	台地	差し目	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ	1~5cm 20cm	風 化 —	な し	軽量法砕工 張芝工	岩盤の状態に比べて切土勾配が緩く(1:1.5)、地すべりの兆候があった可能性がある。
A-14	1:1.6	台地	差し目	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ	1~5cm 20cm	風 化 —	な し	軽量法砕工 張芝工	岩盤の状態に比べて切土勾配が緩く(1:1.5)、地すべりの兆候があった可能性がある。

* 平均のり勾配が1:1.2以上で、地形分類・層理・岩盤の3項目のうち2項目以上が同じ条件である事例について整理した。
条件は、地形分類：台地、層理：流れ目、岩盤：軟岩Ⅰである。

表-3.25 標準のり勾配の検討(その11)

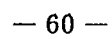
番 号	勾 配	地形分類	層 理	岩 盤	割れ目間隔	風化状態	湧 水	主な対策工	その他の特徴
大-10	1:1.4	普通山地	—	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ	5~10cm 30~50cm	— —	な し	種子吹付 重力式擁壁	全体的には受け、風化帯は土砂化している。
中-8	1:1.4	普通山地	—	軟岩Ⅰ 軟岩Ⅱ~中硬岩	20~30cm 30~50cm	風 化 —	な し	現場打ち法砕工	基岩は比較的良好で安定している。
中-5	1:1.5	普通山地	—	軟岩Ⅰ~軟岩Ⅱ 軟岩Ⅱ	1~20cm 5~50cm	風 化 —	あ り	コンクリート吹付	付近に多数の地すべり地帯である。
中-6	1:1.5	普通山地	—	軟岩Ⅰ 中硬岩	20~30cm 30~50cm	風 化 —	な し	コンクリート吹付法砕 重力式擁壁	片理が流れ目となっている。

* 平均のり勾配が1:1.2以上で、地形分類・層理・岩盤の3項目のうち2項目以上が同じ条件である事例について整理した。
条件は、地形分類:普通山地、層理:不明、岩盤:軟岩Ⅰである。

番 号	勾 配	地形分類	層 理	岩 盤	割れ目間隔	風化状態	湧 水	主な対策工	その他の特徴
A-11	1:2.2	普通山地 ~台地	直立 ~流れ目	軟岩Ⅰ	1~5cm	風 化	あ り	軽量法砕工 張芝工	斜面中部に断層があるため、岩盤は脆い。
中-10	1:1.3	急峻斜面	—	軟岩Ⅱ	5~30cm	風 化	な し	プレキャスト 軽量法砕工 擁壁工	表層の砂化が著しく、粘土状となっている。
F-1	1:1.3	急峻山地	差し目	軟岩Ⅱ	脆い	破碎質	な し	リキ吹付 軽量法砕工	大きな断層に沿っており、岩盤の破碎は激しい、また、地すべり地帯でもある。

* 平均のり勾配が1:1.2以上で、各項目が違う事例や特殊な事例。

1:2.0-



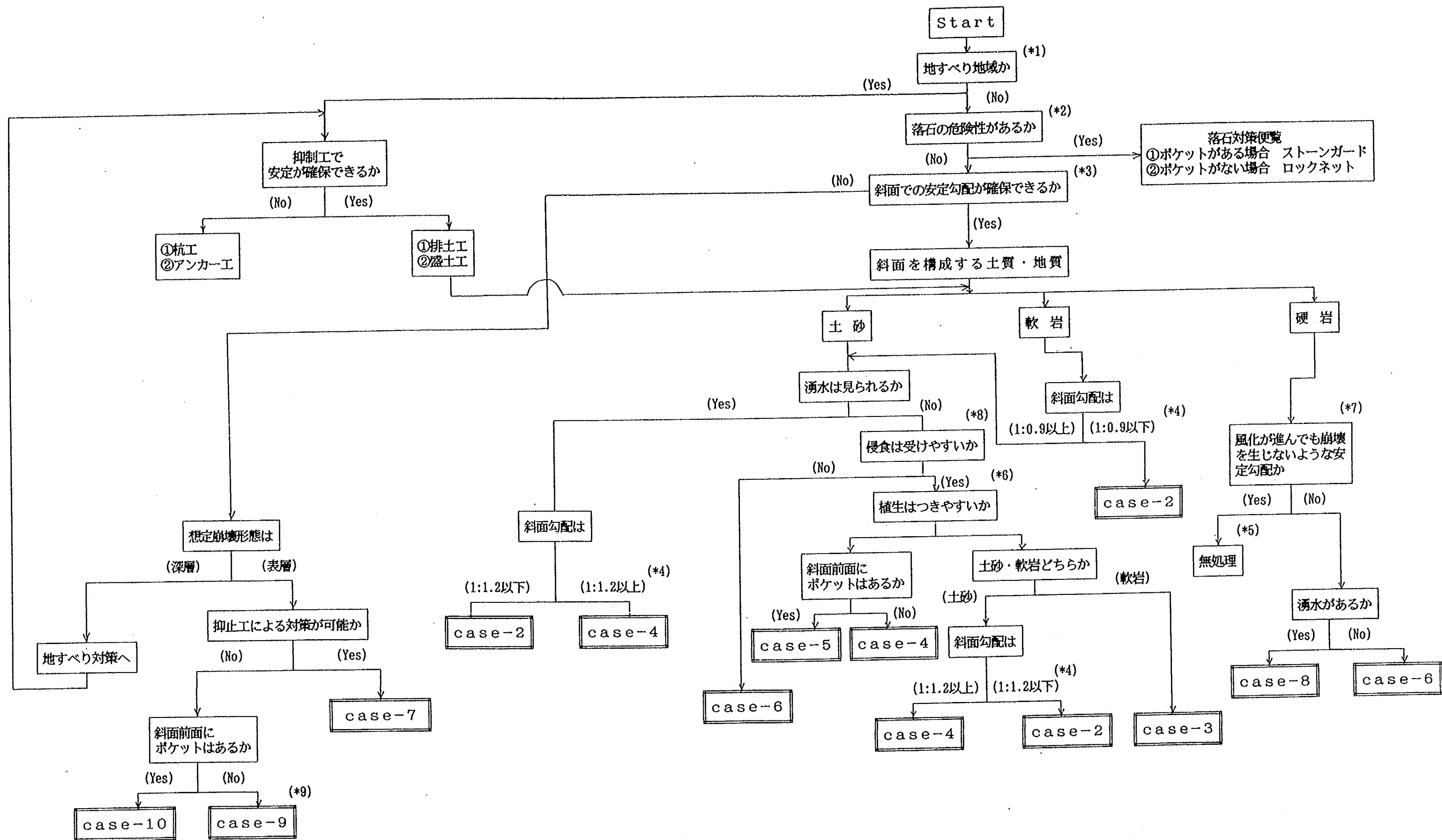


図-3.7 対策工選定フロー

上記検討結果より長大切土のり面の標準切り土勾配を設定すると表-3.26のようになる。

表-3.26 長大切土のり面の勾配のまとめ

種別	全体勾配	詳細勾配
硬岩	1:0.3~1:0.8	急峻山地で切土表面が新鮮 1:0.3~1:0.5 その他 1:0.5~1:0.8
軟岩	1:0.5~1:1.2	急峻山地・差し目の場合 1:0.5~1:0.8 急峻山地・流れ目の場合 1:0.8~1:1.2 その他 1:0.8~1:1.2
土砂	1:1.0~1:1.5	地すべり地域などの場合 1:1.5以上の勾配とする

3.5 対策工選定に関するフロー作成

3.2から3.3までの結果を踏まえて、対策工の選定に関するフローを作成する。選定フローを作成するに当たっては、表-3.7に示す選定要因と表-3.8、表-3.10に示す対策工を用いる。また、図-3.6は先の検討¹⁾でつくられたものであり、これを考慮にいれ選定フローを検討した。作成された対策工選定に関するフローを図-3.7に示す。図-3.7の項目については以下に説明する。

- 1) 地すべりについては、本検討フローから除く。ただし、抑制工で対処可能な場合は含む
- 2) 落石に対しては、浮き石・転石の状況の確認を行い安定かどうかの判定をする。浮き石・転石の支持状態が不安定な状態を図-3.8に示す。また、オーバーハング等についても安定か判断する必要がある。

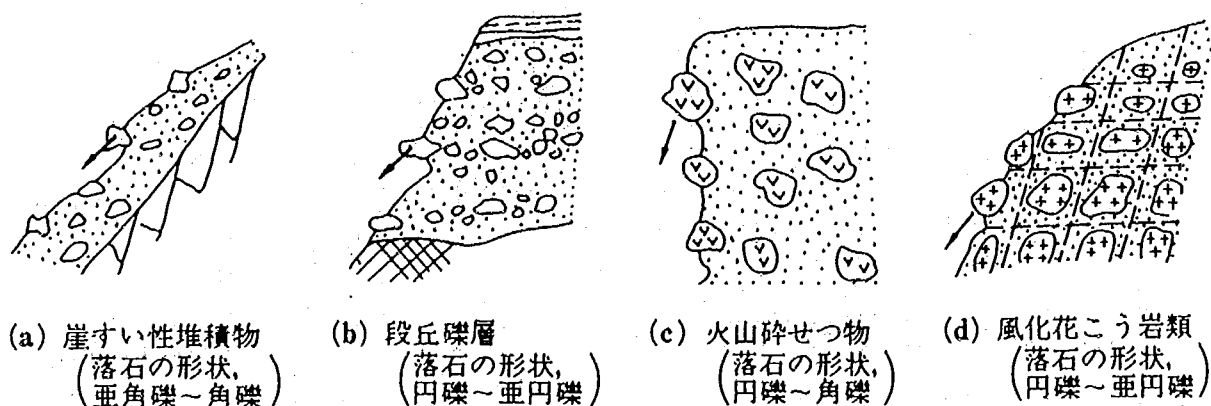


図-3.8 浮き石・転石が不安定な状態¹⁾

検討手法-1 のり面に関する試験値の結果から限界勾配を設定する。

試験項目	① 弾性波試験	② 液性限界	③ 吸水率増加試験	④ きれつ係数
------	---------	--------	-----------	---------

勾配	全	軟	硬
0.5 (0.4 0.6)	$\bar{V}_p = 2.45$ $n = 16$	$\bar{V}_p = 2.02$ $n = 5$	$\bar{V}_p = 2.65$ $n = 11$
0.8 (0.7 0.8)	$\bar{V}_p = 2.09$ $n = 101$	$\bar{V}_p = 1.98$ $n = 68$	$\bar{V}_p = 2.39$ $n = 33$
1.0 (0.9 1.0)	$\bar{V}_p = 1.91$ $n = 135$	$\bar{V}_p = 1.81$ $n = 99$	$\bar{V}_p = 2.43$ $n = 36$
1.2 (1.1 1.3)	$\bar{V}_p = 1.80$ $n = 112$	$\bar{V}_p = 1.54$ $n = 78$	$\bar{V}_p = 2.34$ $n = 34$
1.4 より緩	$\bar{V}_p = 1.60$ $n = 73$	$\bar{V}_p = 1.54$ $n = 69$	$\bar{V}_p = 1.88$ $n = 4$
件数	1 2 3 4 V_p (km/s)	1 2 3 4 V_p (km/s)	1 2 3 4 V_p (km/s)

[illegible]

— 64 —

- 4) 斜面勾配の設定については実態調査を整理した結果より求めた(図-3.4)。
- (1) 軟岩の斜面勾配は図-4.4より1:1.0~1:0.9付近で植生との分岐が考えられる。したがって、安全側をとり1:0.9で判断するものとした。
- (2) 土砂における斜面勾配では図-4.4より1:1.2付近で対策工が分岐するものと考えられる。
- (3) 安定勾配が確保できない場合については、抑止的な対策工とし、その中でも1:0.5以上は現場打ちのり枠可能と考えられるが1:0.5以下は斜面前面の状況により対策工を変える。
- 5) 「無処理」とは特にのり面保護工を施工しないものをいい、固結度が高い、岩質が均一な軟岩や堅固でキレツが少ない硬岩で長期にわたって落石の恐れがないのり面に適用する。
- 6) 植生のつきやすい勾配とは1:0.8程度より緩い勾配を目安とする。また、土壤硬度計による植生の付きやすさに関する調査も必要となる。

表-3.31 植生と土壤硬度の関係²⁾

地 質	のり面 勾 配 (度)	土 壤 の肥 沃 度	土 壤 硬 度 (mm)	草本による緑化 (外来草種+在来草種)	木本と草本の混播に よる緑化 (木本+外来草種) +在来草種
土 砂	45未満	高い	23未満 (粘性土)	種子散布工, 張芝工, 植生マット工, 筋芝 工, 植生筋工	種子散布工(盛土で 使用), 客土吹付工
		低い	27未満 (砂質土)	種子散布工, 張芝工, 植生筋工, 植生マッ ト工, 筋芝工, 土の う工, (以上追肥の必 要がある) 厚層基材 吹付工(厚さ3~5 cm)	客土吹付工 (厚さ1~2cm)
	45以上 60未満	—	23以上 (粘性土) 27以上 (砂質土)	植生穴工(追肥の必 要がある) 厚層基材吹付工(厚 さ3~5cm)	植生穴工(客土吹付) 厚層基材吹付工 (厚さ5cm以上)
節理の多 い軟岩・ 硬岩	—	—	—	客土吹付工 (厚さ2~3cm, 追 肥の必要がある) 厚層基材吹付工(厚 さ3~5cm)	客土吹付工 (厚さ2~3cm)
節理の少 ない軟岩・ 硬岩	—	—	—	厚層基材吹付工(厚さ5cm以上)	

注) ① 客土吹付工と厚層基材吹付工は原則として金網張工を併用する。
 ② 厚層基材吹付工の厚さは有機質基材を使用した場合の値である。

- 7) 風化が進んでも崩壊が生じないような安定勾配としては、密実でない土砂の標準のり面勾配の平均値程度を目安とする。
- 8) 侵食の受けやすい地質は以下に示すものである。
- (1) 第三紀の泥岩・けつ岩・固結度の低い凝灰岩・蛇紋岩などは切土による応力解放、その後の乾燥・湿潤の繰り返しや凍結融解により風化しやすい。
- (2) 土砂に付いては、シラス・マサ・段丘礫層などを主として砂質土からなる土砂は表面水による侵食がある。
- 9) 崩壊規模の大きい斜面の場合、洞門工・シェッド工などで対応する。しかし、これらの方法では、崩壊荷重に対し抵抗できない場合も考えられるので、そうした場合はルートの変更・トンネル工法等の選定が望ましい

検討手法－２

実態調査から勾配を決定する

勾配を決定する要因としては以下の項目が考えられる。

- ① 地形条件 (急峻山地・普通山地・丘陵地など)
- ② 層 理 (差し目・流れ目・水平 など)
- ③ 風 化 (風化し安い・風化しにくい など)
- ④ 岩盤種別 (硬岩・軟岩・土砂 など)
- ⑤ 湧 水 (湧水の有無 など)

表-3.29に施工実績からの勾配を示した。

表-3.29 施工実績からの勾配

種別	全体勾配	詳 細 勾 配
硬岩	1:0.3～1:0.8	①急峻山地で切土表面が新鮮 1:0.3～1:0.5 ②その他 1:0.5～1:0.8
軟岩	1:0.5～1:1.2	①急峻山地・差し目の場合 1:0.5～1:0.8 ②急峻山地・流れ目の場合 1:0.8～1:1.2 ③その他 1:0.8～1:1.2
土砂	1:1.0～1:1.5	地すべり地域などの場合 1:1.5以上の勾配

検討手法－３

経験から勾配を決定する

経験者の、過去の経験により道路土工指針に示す勾配の分類を用いて選定する。表-3.30に道路土工指針²⁾の勾配選定範囲を示す。

表-3.30 道路土工指針²⁾の勾配選定範囲

地 山 の 土 質		切土高	勾 配
硬 岩			1 : 0.3 ~ 1 : 0.8
軟 岩			1 : 0.5 ~ 1 : 1.2
砂	密実でない粒度分布の悪いもの		1 : 1.5 ~
砂 質 土	密実なもの	5 m以下	1 : 0.8 ~ 1 : 1.0
		5 ~ 10m	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
	密実でないもの	5 m以下	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
		5 ~ 10m	1 : 1.2 ~ 1 : 1.5
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
	密実でないもの、または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
岩塊または玉石まじりの粘性土		5 m以下	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
		5 ~ 10m	1 : 1.2 ~ 1 : 1.5

4. まとめ及び今後の課題

これまでの検討から以下の項目について整理することができる。

1) 実態調査・既往文献から長大切土のり面に対する対策工・保護工の選定要因については下記のように整理できる。

地形要因グループ	斜面勾配・斜面高さ・地形条件 オーバーハング
地質・土質 要因グループ	岩分類・岩盤の硬軟・亀裂 断層・風化
環境要因グループ	植生・崩壊形態

2) 実態調査の結果から、長大切土のり面の切土勾配設定について検討し、以下の区分を設定した。

種別	全体勾配	詳細勾配
硬岩	1:0.3~1:0.8	① 急峻山地で切土表面が新鮮 1:0.3~1:0.5 ② その他 1:0.5~1:0.8
軟岩	1:0.5~1:1.2	① 急峻山地・差し目の場合 1:0.5~1:0.8 ② 急峻山地・流れ目の場合 1:0.8~1:1.2 ③ その他 1:0.8~1:1.2
土砂	1:1.0~1:1.5	地すべり地域の場合 1:1.5以上の勾配とする

3) 長大切土のり面に対する対策工・保護工選定フローを作成した。このフローについては、今後、以下の項目について検討を進め、改良を図っていくことが考えられる。

(1) 斜面の安定勾配に関する整理

- ・試験結果と限界勾配の関係についてまとめる
- ・経験則からの限界勾配のまとめ

(2) 対策工・保護工に関する整理

- ・対策工、保護工の組み合わせについて
- ・経験的な対策工選定に関する考え方の整理（経験者の考える構成要因の整理）

(3) 判断部分の内容についての整理

- ・フローの判断部分に関する構成要因の整理

4) 今回作成された構造モデルを基本にAI化を行うことにより、専門家の判定する対策工・保護工により近いものが選定される。

この選定フローは、実態調査・統計資料から作成されたものであり、今後、専門技術者の考え方を考慮し、システム化を行うことが必要である。これは、対策工・保護工を人間が選定する際に明確に各要因を分類することが難しく、選定されたものは各要因の複雑な合成結果と考えられるからである。この問題の解決策としては、専門家と同等の判断ができるAI化を進めることが挙げられる。

参 考 文 献

- 1) 吉松弘行ほか：長大切土のり面被災実態調査報告，土木研究所資料，第2794号，P.39，1989年
- 2) 日本道路協会編：道路土工のり面・斜面安定工指針，日本道路協会，P.434，1986年
- 3) 日本道路公団編：設計要領 第1集 土工・舗装・排水・造園，日本道路公団，1983年
- 4) 土山茂希・大城 一：のり面設計エキスパートシステムの開発，第43回土木学会年次学術講演会，III-73，PP.190-191，1988年
- 5) 藤江哲也ほか：花崗岩の長大切土法面における対策工の事例，第25回土質工学研究発表会，603，PP.1627-1628，1990年
- 6) 宮島圭司ほか：花崗岩の長大切土のり面勾配の検討事例，第23回土質工学研究発表会，674，PP.1785-1786，1988年
- 7) 山田憲夫ほか：切土のり面勾配決定支援エキスパートシステムの開発，第13回電算機利用シンポジウム，PP.17-20，1988年
- 8) 土山茂希・大城 一：のり面設計エキスパートシステムの開発，第13回電算機利用シンポジウム，PP.155-162，1988年
- 9) 三浦 豊・片山敏見：斜面設計のエキスパートシステムについて，基礎工，4，PP.48-55，1990年
- 10) 三上市蔵ほか：切土のり面保護工の選定に関するエキスパート・システム，第13回電算機利用シンポジウム，PP.201-208，1990年
- 11) 日本道路協会編：落石対策便覧，日本道路協会，P.359，1983年

長大切土のり面処理工法の
選定に関する調査報告

I S S N 0 3 8 6 - 5 8 7 8
土木研究所資料第 2953 号
1 9 9 1 年 3 月
中村良光，西川純一
大浦二郎

キーワード：のり面，長大切土，対策工，保護工

要 旨

長大切土においては，のり面の崩壊の複雑性，処理工法の違いによる影響も大きいと考えられる。本論では，実態調査と既往文献調査から長大切土のり面の対策工・選定工に関し，切土勾配の新たな区分を設定し，対策工・処理工を選定する際のフローを作成した。



郵便はがき

3 0 5 - □ □

四十一円切
手をはって
下さい

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所
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 2953号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印