

盛土斜面崩壊は、主に表面水が集中して洗掘することによって、ひきおこされる。特に、縦断勾配が急で山側に食い込んだ曲線部において顕著である。側溝を適切に設けることを提案している。

### 5.3.2 アレンーカルバヨグ区間

対象となるのは、北サマール・プロビンスのアレン (*km* 663+814) から西サマール・プロビンスのカルバヨグ市 (*km* 736+750) に至る約 72.94 *km* の区間である。

本区間は、1978年に改良工事が終わってからも落石の危険性にさらされている。集中豪雨や台風のあとなどに災害による交通途絶が発生しており、その期間は年平均9日程度である。斜面の多くは、まだ安定していないようである。

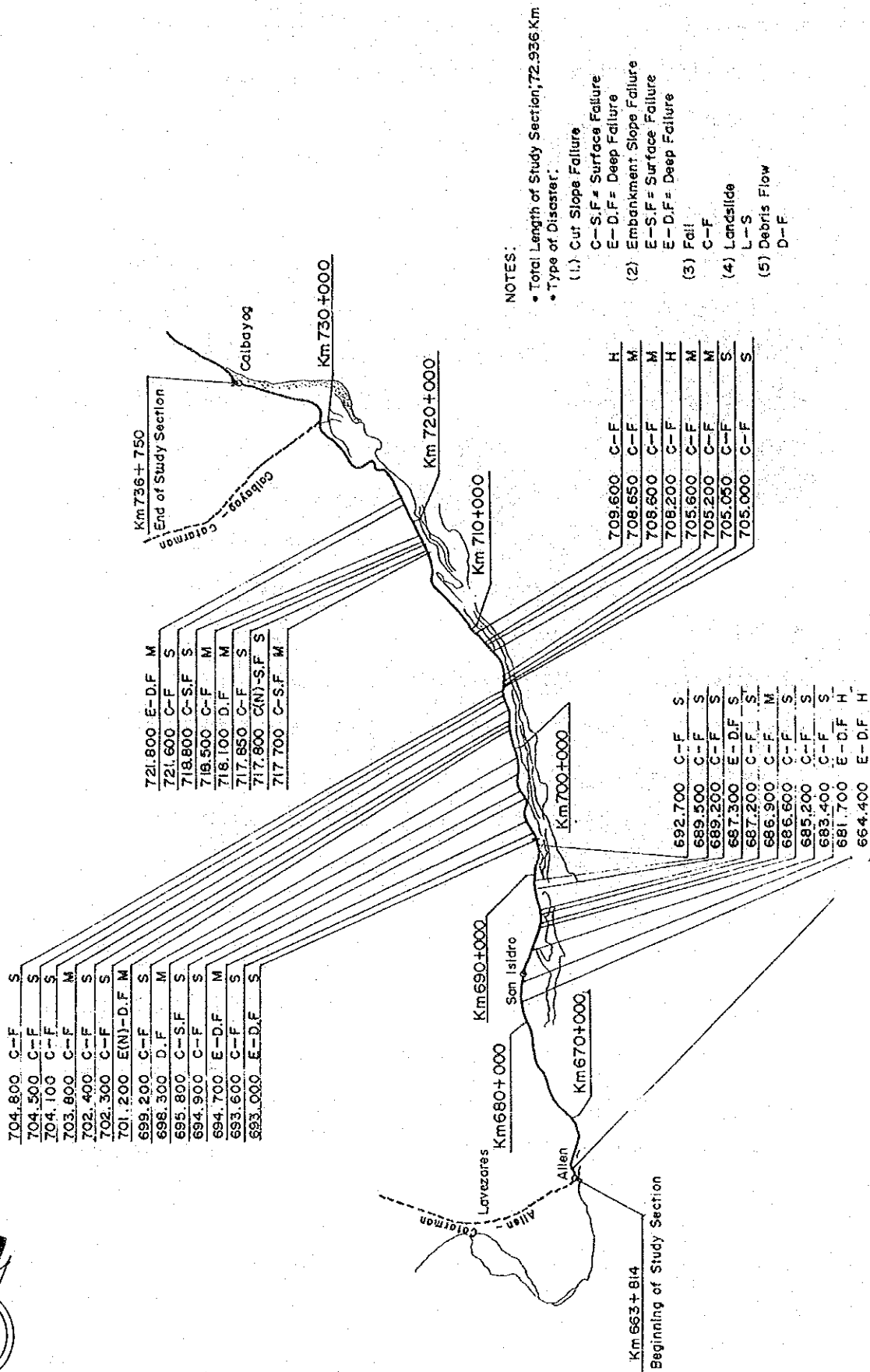
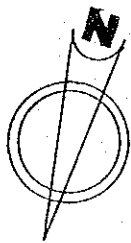
本区間は、サマールの中央山脈のふもとのゆるやかな丘陵部と、海岸沿いの平地とに分けることができる。地質は、砂岩、頁岩、安山岩及び石灰岩で褶曲、断層がみられる。これらの岩には、多くのひび割れがあり、風化も進んでいる。砂岩は、大規模な落石を起こしやすくなっている。

本区間には41ヶ所の災害危険ヶ所があり、そのほとんどがサン・インドロ (*km* 686+500) とティナンバカン (*km* 723+300) の間にあり、この間の危険ヶ所数は、1 *km* 当たり1.11ヶ所である。

全危険ヶ所のうち、17ヶ所が危険度が高く、早急に対策工を施す必要のある地点 (HあるいはM) として判定された。災害種類別では、落石が9ヶ所と多く、続いて盛土斜面崩壊、土石流、切土斜面崩壊となっており、それぞれ5ヶ所、2ヶ所、1ヶ所ある。

ほとんどの落石は、風化が進み、ひび割れの発達した砂岩の斜面で発生している。ほとんどの落石は、30 *cm* ~ 50 *cm* 程度のものであるが、中には3 *m* を越える大きな岩もある。対策工を施さなければ、これらの落石は今後も起るであろう。

ほとんど全ての盛土斜面崩壊は、海岸沿いで発生しており、波や洪水による洗掘が原因となっている。



NOTES:  
 • Total Length of Study Section, 72.936 Km  
 • Type of Disaster:

- (1.) Cut Slope Failure
  - C-S.F = Surface Failure
  - E-D.F = Deep Failure
- (2.) Embankment Slope Failure
  - E-S.F = Surface Failure
  - E-D.F = Deep Failure
- (3.) Fall
  - C-F
- (4.) Landslide
  - L-S
- (5.) Debris Flow
  - D-F

FIGURE 5.3-2 LOCATION MAP OF DISASTER SPOTS  
 ALLEN-CALBAYOG SECTION (M-16)

### 5.3.3 ナギリアン道路

この道路は、全長約47.2 kmであり、マニラ・ノース道路からパウアン(km 259+220)で分岐してバギオ市(km 306+445)に至っている。

1919年に開通以来64年間、数多くの道路災害が発生している。正確な記録は残っていないが、年平均2回程度、災害が発生し、合計で4日間の通行止めがおこっていると考えられる。

パウアンの市街地から約17 kmの間、道路に丘陵地帯を通過しており、バギオ市までの残りの区間は、険しい山間部となっている。本道路周辺の地質は、凝灰岩、凝灰角礫岩、礫岩及び砂岩である。

44ヶ所の災害危険ヶ所が抽出されているが、丘陵部には、4ヶ所あるのみで、残りの40ヶ所は、延長約30 kmの山岳部にある。丘陵部の密度は、0.24ヶ所/kmであり、山岳部では1.33ヶ所/kmである。

これらの内、18ヶ所が危険度の高い所としてHあるいはMに判定されている。盛土斜面の崩壊が多く8ヶ所あり、他には、切土斜面崩壊と落石とが各5ヶ所ある。

この道路における盛土斜面崩壊は、谷側の盛土斜面に施してある石積みの崩壊である。この種の崩壊は、多くの地点で広く発生しており、今後とも増加していくものと思われる。

切土斜面崩壊と落石は、凝灰岩、凝灰角礫岩及び礫岩のような硬質岩の斜面において発生している。

これらの岩には、大きなひび割れが数多くあるため、落石を起こしやすくなっている。危険度の高い切土斜面崩壊と落石の危険ヶ所数と岩の種類との関係を図5.3-4に示す。抽出された危険ヶ所数と図中の合計数が一致しないのは、斜面に複数の岩があるからである。

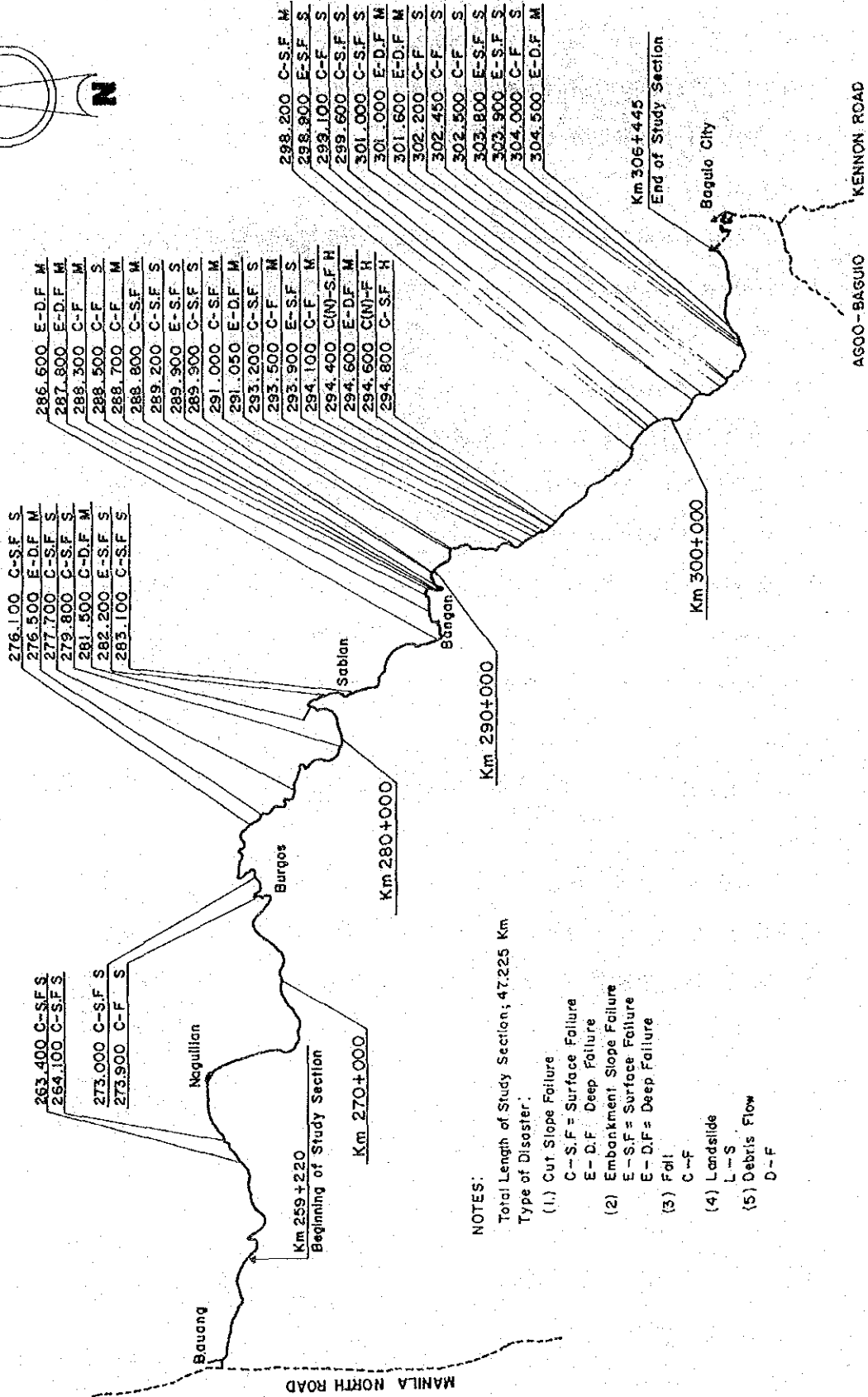
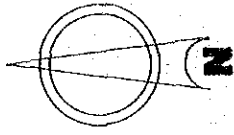


FIGURE 5.3-3 LOCATION MAP OF DISASTER SPOTS  
NAGUILIAN ROAD (B-3)

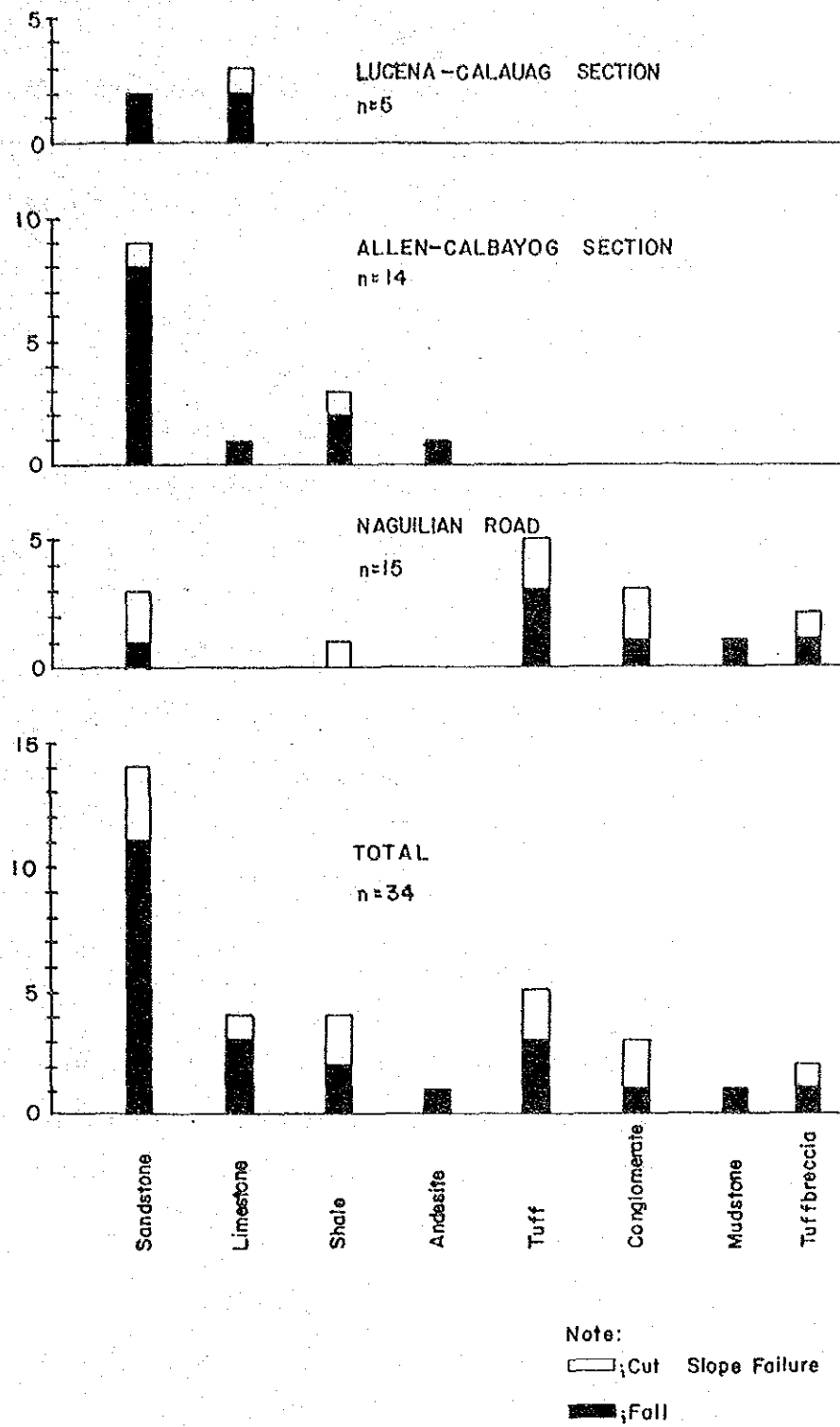


FIGURE 5.3-4 NUMBER OF CUT SLOPE FAILURES AND FALLS AND KINDS OF ROCKS

## 5.4

### 道路災害の原因

表5.3-1によると災害の中で落石、切土斜面崩壊、盛土斜面崩壊が際立って多く、それぞれ54ヶ所、39ヶ所、27ヶ所となっており、全体の44%、31%、22%を占めている。つまり、これら3種類で全体の97%を占めることとなる。他には、土石流が2ヶ所、地スベリが1ヶ所ある。

#### 1) 切土斜面崩壊

切土斜面崩壊は、すべて山岳区間で見られ、特にルセナーカラウァグ区間、ナギリアン道路に多い。これらの区間は多くの高い切土斜面を有し、かつ、風化した岩や断層によって破碎された岩によって構成されている。

切土斜面崩壊は土及び輝緑岩、安山岩、石灰岩、砂岩、泥岩、凝灰岩、凝灰角礫岩、礫岩などの岩で構成される斜面で見られる。

切土斜面崩壊は多くの場合、水の影響によって生じていることがわかる。多くの崩壊は雨水の表面流下に伴う浸食、洗掘によるものであり、地下水の滲出によるものもある。ルセナーカラウァグ区間のkm 158+500及びナギリアン道路のkm 294+800で大規模な崩壊があるが、これは、斜面高が50m以上もあり、表面水の流下による極端な洗掘と地下水の滲出が見られる。

切土斜面崩壊は次に示すような欠点から、その再発を防止することは難かしいように思える。

- 不適確な排水施設。斜面に流入するのを防ぐようなのり肩排水溝、斜面の表面水を集める小段排水溝、それらの排水溝に集められた表面水を排水するための縦排水溝といったものが全くない。
- 小段がない。小段は斜面の安定性を増すだけでなく、表面水の流下速度を和らげる目的もあり、浸食や洗掘を防ぐ効果がある。
- 適切な斜面保護工がなされていない。いくつかの斜面は自然に草が生えているが、人工的に斜面保護がなされている斜面はない。

#### 2) 盛土斜面崩壊

盛土斜面崩壊は主に水による洗掘によって生じ、次のような箇所で見られることが多い。

- 急な縦断勾配を持つ道路の内カーブ。道路の路面水が集中し盛土斜面に流下して浸食、洗掘の原因となる。本例の典型的なものをルセナーカラウァグ区間の  $km\ 155+100$  と  $km\ 156+700$  及びナギリアン道路の  $km\ 286+600$  と  $km\ 287+800$  に見ることができる。
- 河川や海岸沿いの区間。このような区間は、波や洪水流によって盛土斜面が洗掘される。本例の代表的なものは、アレンーカルバヨグ区間の  $km\ 664+400$  と  $km\ 681+700$  及び  $km\ 721+800$  に見られる。

盛土斜面崩壊は次の事由により生じているものと考えられる。

- 特に山岳区間での側溝及び横断排水施設の不備。現地踏査中、多くの山岳区間で道路表面水があたかも川のように流れているのがしばしば見られた。これは側溝や横断排水施設の不備であり、盛土斜面崩壊の原因ともなっている。
- 斜面保護工がないかもしくは不十分な構造物による保護である。斜面が自然に草で被われていることはあるが、人工的に保護されていることが皆無に近い。かなりの地点で、盛土斜面保護として用いられている石積みが壊れているのが見られた。これらの石積みは、土圧や河川の流れなどによる外力に対して十分に設計されていないように思われる。

### 3) 落石

前述したように落石が最も多い道路災害となっている。

落石は、転石型と浮石型に分けられるが、調査対象区間の落石は、すべて浮石型に分類できる。

落石は主に岩屑かもしくは閃緑岩、安山岩、砂岩、礫岩、石灰岩などの斜面で起きる。風化や破碎の激しい岩の斜面では、切土斜面崩壊の形となるが、開いた割れ目を持つ硬岩や岩質の異なる境界面を持つ斜面では落石となることが多い。

落石の危険ヶ所は、アレンーカルバヨグ区間で最も多く28ヶ所あり、続いてルセナーカラウァグ区間の14ヶ所、ナギリアン道路の12ヶ所となっている。この種の災害の規模の大きな例として、ルセナーカラウァグ区間の  $km\ 157+600$  と  $km\ 158+900$ 、アレンーカルバヨグ区間の  $km\ 708+200$  と  $km\ 709+600$  及びナギリアン道路の  $km\ 293+500$  などがある。

落石のほとんどは直径が10～50cmのものであるが、アレンーカルバヨグ区間とルセナーカラウァグ区間では3.0m以上の落石も見られた。

落石の原因は、切土斜面崩壊で述べたと同じような設計・施工上の欠陥によるものであろう。

#### 4) 地スベリ

地スベリは、土砂地スベリと岩地スベリに区分できる。しかし、本調査では土砂地スベリのみが1ヶ所見られた。

これは、ルセナーカラウァグ区間の *km* 160+800 でみられ、岩盤上にたまった厚い土砂層がすべったものである。表面水が集中しやすい地形から判断して、この地スベリは、表面水の影響によって起きたものであろう。

#### 5) 土石流

土石流は、土石流と泥流とに区分されるが、調査対象区間で抽出された2ヶ所の危険ヶ所は、共に土石流であった。この2ヶ所は、アレンーカルバヨグ区間の *km* 698+300 と *km* 718+100 である。

*km* 698+300 の土石流は、中規模のもので、道路を横切って家を押し流し、数人の死者を出している。堆積物によって約100 *m* に渡って道路が埋められてしまったと記録されている。付近の住民からのインタビュー調査によると、この土石流は毎年発生しているようである。斜面の上に多量の湧水が観察されたことから、地下水位の上昇によって土石流を引き起こしたものと考えられる。

*km* 718+100 の土石流は、横断排水工、水路、小規模砂防ダムなどの対策工がないために奔流によって引き起こされた。噴出物が路面を覆うため、雨の度に通行止めとなっている。



## 5.5

### 道路災害と降雨量

道路災害の誘因には、地形条件、地質状態、植生状況などさまざまな誘因があるが、大部分の場合、降雨が第1の誘因である。もし、道路災害発生と降雨強度との関係が、過去の災害記録に基づいて推定されるなら、災害の可能性は、ある期間の最大雨量強度を計算することにより導かれるであろう。この関係を把握することによって道路利用者は災害の発生の可能性を知り得るし、又、事故を未然に防ぐため、ある降雨量に達した時に道路を閉鎖することもできる。

本調査では、切土斜面崩壊や落石のようなタイプ別に災害の誘因となる降雨の限界量を見つけ出すことが目的であったが、災害タイプ別の十分なサンプルが得られないことなどから困難であった。そのかわりに、すべての災害タイプを含んだ災害の発生と降雨量の関係を推定した。

資料編5.5-1は、対象区間に最も近い雨量観測所での種々なトロピカル・サイクロンに対する24時間降雨量を示したものである。

#### ルセナーカラウァグ区間

道路災害を発生せしめた降雨量で最小のものは66mm、その反対に道路災害を引き起こさなかった降雨量の最大値は113mm（ルセナ観測所）であった。ダイエト観測所における降雨量は、それぞれ71mmと222mmであった。この区間において道路災害を誘発する危険降雨量は70mmと言えよう。

#### アレンーカルバヨグ区間

カトバロガン観測所において、道路災害を発生せしめた最小降雨量は88mmであり、道路災害を発生せしめなかった最大降雨量は134mmであった。カタルマン観測所の記録では、それぞれ72mm及び215mmであった。この区間の降雨パターンは、カタルマン観測所のものよりはカトバロガン観測所のものにより似ていると判断されるため、この区間における危険降雨量は90mmと言えよう。

#### ナギリアン道路

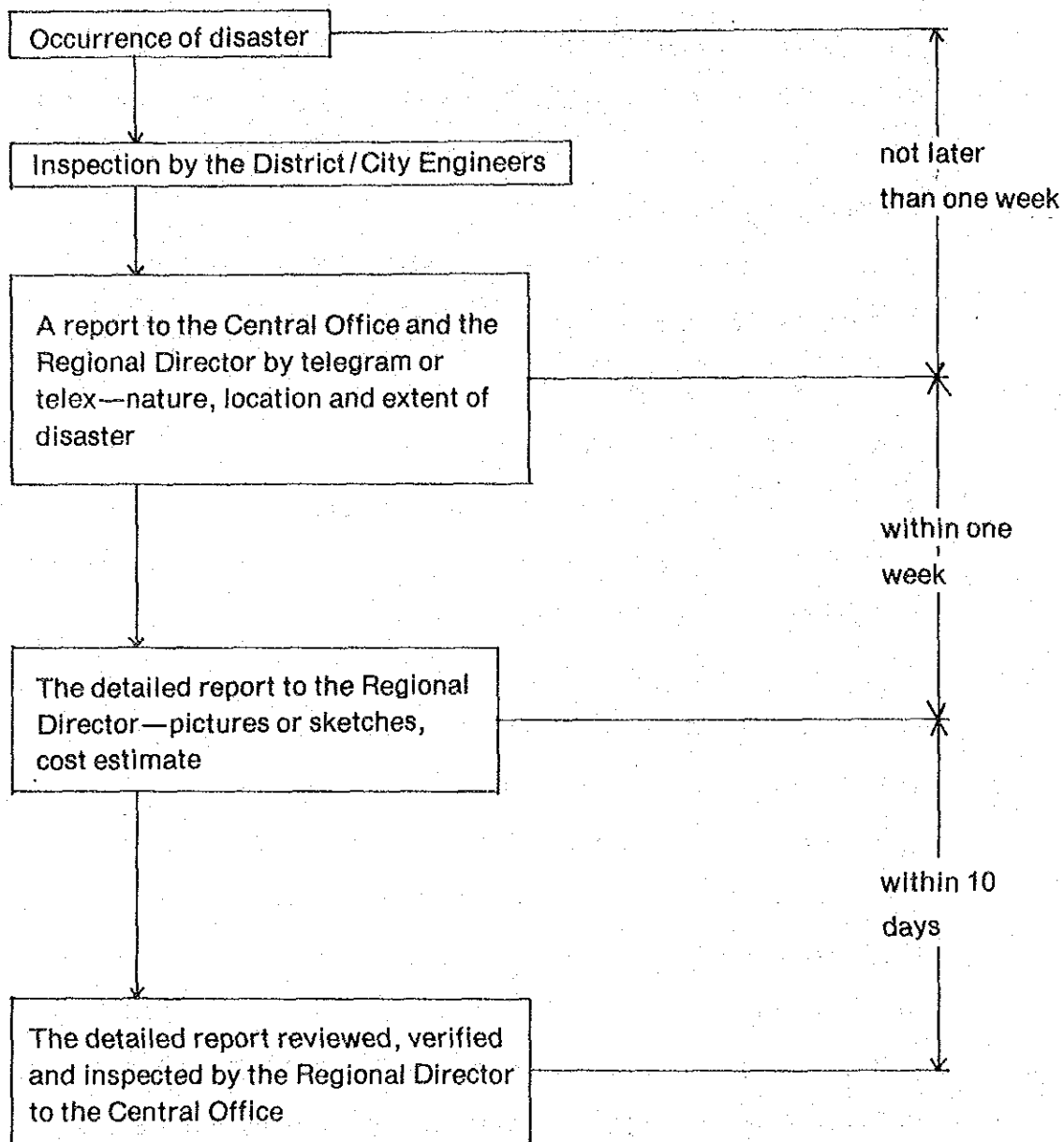
道路災害を発生せしめた最小降雨量は88mm、反対に道路災害を引き起こさなかった降雨量の最大値は103mmであった。ナギリアン道路における危険降雨量は、90mmと言えよう。

上記に述べたような関係は、数少ない有効なデータによるものであり、正確さについては問題も残る。災害発生と降雨量との関係をより明確にするためには、降雨量データのみならず災害記録もより総合的に集積することが必要となる。

5.6 災害復旧の現状

5.6.1 道路災害の発生から復旧までの手順

1982年8月に国道及び公共施設に災害が発生した場合の対応方法に関するガイドラインが大臣通達として出された。道路災害が発生した場合、まず、次のような報告をしなければならない。



交通止めあるいは交通に多大な障害を及ぼしている道路災害の緊急復旧には、道路メンテナンス資金の5%からなるリージョンの局長の自由裁量資金が投入される。

リージョン局長の自由裁量資金を使いきってしまった場合には、道路メンテナンス資金が投入され、道路が通行可能になるまでの緊急復旧工事が実施される。それ以降の復旧工事は、予備資金あるいは災害復旧資金のリリースを待って実施される。この復旧工事はディストリクト/市のエンジニアによって準備され、リージョンの局長に提出された実施スケジュールに基づいて実施される。復旧工事にはメンテナンス・クルーがあたるが、本来のメンテナンス業務に支障をきたすような場合には、臨時クルーが導入されることもある。

#### 5.6.2 災害復旧の現状

現在実施されている災害復旧工事は全くの応急措置的なものであり、災害の再発を防止するための対策工が施されるケースはほとんど無いと言って良い。以下、災害の種類別に災害復旧工事の現状を述べる。

##### 1) 切土斜面の崩壊

災害復旧は、路面上に崩落した土砂をブルドーザーで谷川斜面側に排除することにとどまっている。斜面表面水あるいは地下水を処理する排水施設、斜面保護工等が施されることはほとんど無く、従って台風あるいは集中豪雨のたびに崩壊が生じている。

##### 2) 盛土斜面の崩壊

ストーン・メイソンリー工により復旧する方法が最も一般的に実施されている。しばしば10m以上も小段無しでストーン・メイソンリー工が施工される、地下水処理の配慮がなされていない、裏込土砂の転圧が十分になされず施工される、等の理由により、再び災害を受けるケースが多い。

盛土斜面が河川と並行している場合は、ストーン・メイソンリー工の根入れが不十分であったり、根固工が施されていないために洗掘により崩壊する危険性の高いものが多い。山側斜面の地表水が側溝で処理しきれず、路面を流れ谷側の路肩が浸食され崩壊をおこすケースも多く、ストーン・メイソンリー工が施されたものの隣接区間が次に被害を受ける場合も多い。

現在採られている復旧方法の中では、ストーン・メイソンリー工による復旧は工費が高く、復旧資金の調達に時間がかかり、長期間にわたり(しばしば6ヶ月以上)災害の手当てが施されずに放置される場合が多い。

3) 落石

路面上の落石を除去するにとどまっている。落石径が大きい場合は、ダイナマイトにより小礫にし排除している。斜面の手当では施されていない。

4) 地スベリ

地スベリにより路面が沈下した場合はオーバーレイ、隆起した場合は土砂の除去が一般的に行われている復旧方法である。

5) 土石流

路面に流出した土砂を排除するにとどまっている。

### 5.6.3 災害復旧資金

災害復旧資金としては次の5種類がある。

- リージョン局長の自由裁量資金

メンテナンス資金の5%がリージョン局長の自由裁量資金として留保され、主として道路災害が発生した場合の緊急復旧作業の資金として使用される。

- メンテナンス資金

緊急復旧作業でリージョン局長の自由裁量資金を使いつくしてしまった場合限り、この資金の使用が許される。

- 予備資金

メンテナンス資金の予備費として確保されている資金であるが、災害復旧費にも使用される。この資金の使用にあたっては、大統領の承認が必要である。

- 災害復旧資金

災害の規模に応じて資金額が決定され、大統領の承認を得て支出される。

- BBKN資金(パギオーポントック、ケノン、ナギリアン資金)

ケノン道路及びパギオーポントック道路の有料料金が資金源であり、徴収された料金のおお半がケノン道路、ナギリアン道路、パギオーポントック道路及びアゴーパギオ道路のメンテナンス資金にあてられ、災害復旧費にも使用される。

災害が発生し、すぐに使用できる資金はリージョン局長の自由裁量資金であり、カラムィティー資金はリリースされるまでに災害発生後4～6ヶ月程度かかるのが通常である。

1983年から1984年まで2年間における各資金の配分額を表5.6-1に示す。

TABLE 5.6-1 MAINTENANCE FUND

Unit : Million ₱

FUNDS	1983	1984
Amount Appropriated by General Appropriations Act		
—Maintenance Fund for National Road	565.07	434.60
—Contingent Fund	250.00	136.35
—BBKN Fund	3.19	2.71
—Operational Support Fund	—	22.13
Maintenance Fund Allocated to Regional Offices		
—Region I	47.18	34.20
—Region IV-A	34.07	35.66
—Region VIII	46.86	39.12
Maintenance Fund Allocated to District Engineering Offices		
—Benguet	5.05	5.54
—La Union	3.61	3.20
—Baguio City	1.03	1.09
—Quezon First	3.91	4.92
—Quezon Second	5.86	5.19
—Northern Samar	4.52	4.71
—Calbayog City	1.41	1.36
Regional Director's Discretionary Fund (5% of Maintenance Fund)		
—Region I	2.36	1.71
—Region IV-A	1.70	1.78
—Region VIII	2.34	1.96
Estimated Maintenance Fund Allocated to Subject Sections		
—Lucena-Calauag (10-15%)	0.98-1.47	1.01-1.52
—Allen-Calbayog (15-20%)	0.89-1.19	0.91-1.21
—Naguilian Road ( 5-10%)	0.48-0.97	0.49-0.98

#### 5.6.4 災害復旧の問題点

現状の災害復旧は応急処置であり、災害の発生要因を解明し、それら発生要因を解消するための適切で恒久的な対策工が施されないために、災害の再発を許している。この理由としては、災害復旧資金の不足があげられる。ディストリクト／市の技術事務所による災害復旧費積算額（これは応急処置的災害復旧対策工が積算のベースとなっている）が全額リリースされることはほとんど無く、根本的な災害対策工を実施するのは無理である。

現状の災害復旧に関しても次のような問題点がある。予備資金あるいは災害復旧資金のリリースの遅れは被災ヶ所がそのまま数ヶ月にわたり、復旧されずに取り残されることになり、この期間に再び台風の襲来を受け、災害規模を大きくしている傾向がある。

災害復旧に必要な建設機械のモービリゼーションに時間がかかり、緊急復旧を遅らせる要因となっている。

## 5.7 災害の予測

### 5.7.1 道路災害予測の方法

道路災害の発生及びそれに伴う災害復旧費と交通途絶期間についての予測は、自然が対象であるだけに非常に困難なことである。また、道路災害発生の要因も時間的経過に従って変化してくる。道路災害の発生に関係する主たる要因をあげると、次のとおりである。

- a) 気象条件（台風襲来頻度、降雨強度、乾期・雨期の繰り返し等）
- b) 斜面特性（地質構成、勾配、高さ、植生、地表水の集中度、地下水の状態、風化・クラック・節理等の程度、斜面後背地の広がり等）
- c) 時間的経過に伴う崩壊斜面の形状変化（建設時、安定勾配に至るまでの期間、安定勾配に達した以後の期間へと時間の経過に伴い崩壊斜面は年々長大化し、降雨の影響を受けやすくなる。）

これらの要因を全て考慮に入れて道路災害を予測することは、データの制約上から不可能に近い。

本調査では、得られた過去のデータを分析し、台風と道路災害の発生との関係をさがしだし、その関係がそのまま将来とも引き継がれるものとして道路災害の予測をおこなった。まず、台風の襲来について、その頻度及び規模を予測しておき、これに関連づけて道路災害の規模・復旧費及び交通途絶期間を予測した。道路災害予測のフローチャートは図 5.7-1 に示すとおりである。

台風の発生日、通過コース、最大 24 時間雨量、総被害額及び被災者数が記載された台風記録が 1948 年から残されている。この台風記録にもとづいて、対象区間に影響を与えた台風を規模別に分類したうえで、規模別の襲来頻度を予測する。各対象区間において、台風の規模別襲来頻度を分析してみると、4 年あるいは 2 年周期で大規模台風が襲来している。この一定周期内において、大及び小規模台風がどのような組合せで襲来するかを設定し、これを台風襲来パターンとする。

過去における交通途絶期間の記録とそれを引き起した台風の規模とを関連させ、台風の規模ごとに交通途絶期間を設定する。台風の規模別交通途絶期間と台風襲来パターンとから、1 サイクルにおける交通途絶期間を予測し、これをサイクル年数で割り、年平均交通途絶期間を求める。

過去における災害の規模及び復旧費の記録とそれを引き起した台風の規模とを関連させ、大規模台風による災害規模と復旧費を推定する。小規模台風の復旧費は、大規模

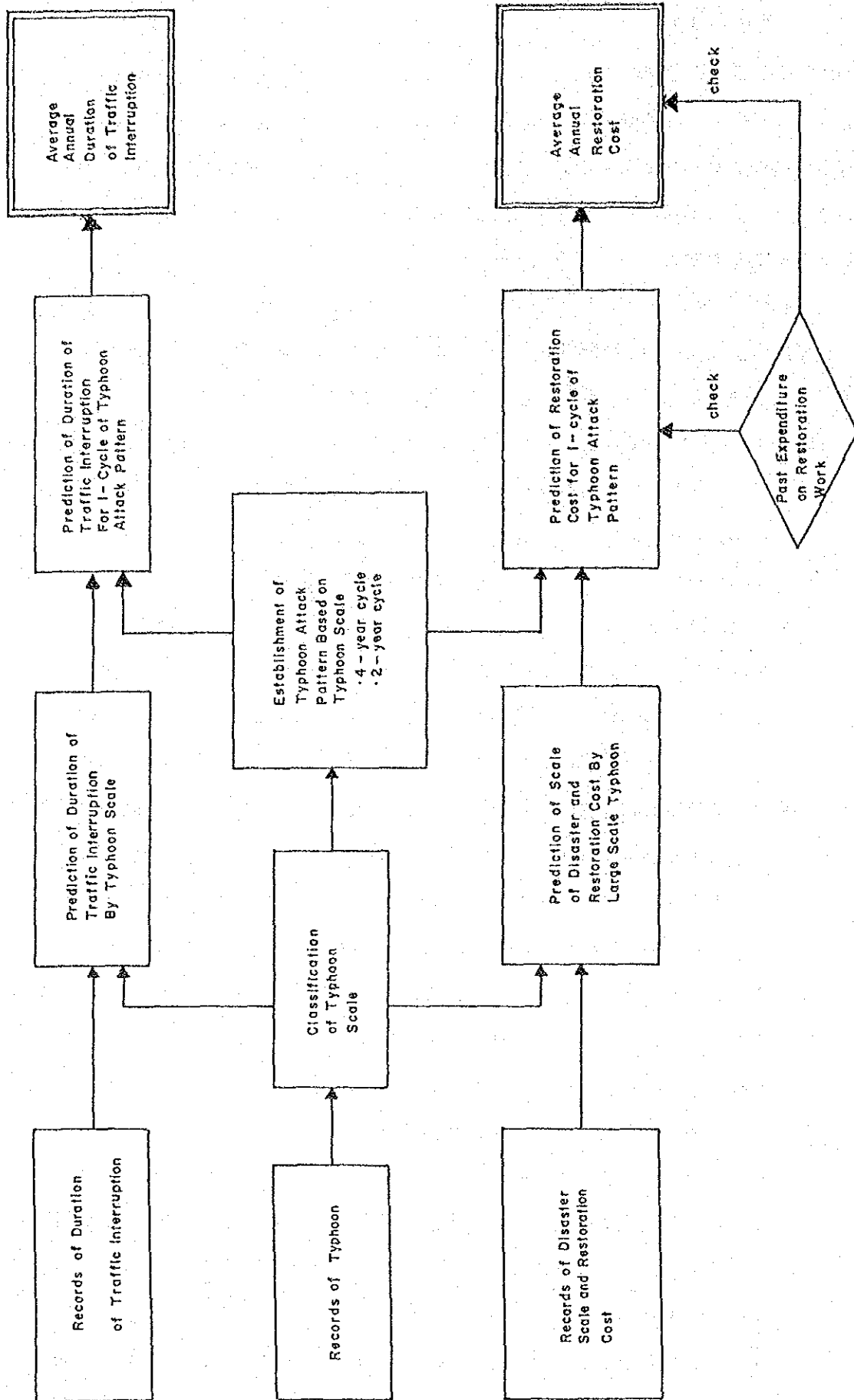


FIGURE 5.7-1 PROCEDURE OF DISASTER PREDICTION



台風に一定の比率を乗じて求める。台風の規模別復旧費と台風の襲来パターンとから、1サイクルにおける復旧費を求め、これをサイクル年数で割り年平均復旧費を求める。一方、過去における災害復旧への年間支出額を算定しておき、これと予測値とを比較し、予測値の妥当性を検証する。

### 5.7.2 台風の襲来回数

トロピカル・サイクロンにより影響を受ける地域（以下サイクロン影響圏と呼ぶ）を過去のトロピカル・サイクロン記録に基づいて対象区間ごとに、次のように設定した。

対 象 区 間	サイクロン影響圏
ルセナーカラウァグ区間	北緯 12°30' から 15°00' の範囲 (サンベルナルディノ海狭からセントラル・ルソンのブラカン・プロビンスまで)
アレンーカルバヨグ区間	北緯 10°30' から 13°30' の範囲 (南レイテからビコール・リージョンのアルバイ・プロビンスまで)
ナギリアン道路	北緯 14°00' から 18°30' の範囲 (バタンガスからアバリまで)

過去 19年間（1965年から1983年）の台風記録より、各サイクロン影響圏を通過したトロピカル・サイクロンの年平均回数が表 5.7-1 に示すように得られた。（資料編 5.7-1 も参照）

TABLE 5.7-1 AVERAGE ANNUAL FREQUENCY OF TYPHOON ATTACK

Section	Tropical Cyclone		Total
	Typhoon	Tropical Storm & Tropical Depression	
Lucena-Calauag	2.1	2.2	4.3
Allen-Calbayog	2.0	2.2	4.2
Naguillian Road	2.6	2.2	4.8

### 5.7.3 台風の規模と頻度

台風の規模と道路災害の関係を導き出すために、台風を表 5.7-2 に示す規準に従って分類した。

**TABLE 5.7-2 TYPHOON CLASSIFICATION CRITERIA**

Section	Scale	Criteria (24-hour rainfall)
Lucena-Calauag Section Allen-Calbayog Section	Small (S)	Less than 150 mm
	Medium (M)	150-300 mm
	Large (L)	More than 300 mm
Naguillian Road	Small (S)	Less than 200 mm
	Medium (M)	200-400 mm
	Large (L)	400-600 mm
	Super Large (Super-L)	More than 600 mm

過去 19年間 (1965 - 1983年) における台風の規模別年平均襲来頻度は、表 5.7-3 に示すとおりである。(資料編 5.7-2 も参照)

**TABLE 5.7-3 FREQUENCY OF TYPHOON BY SCALE**

Section	Scale	No. of Frequency (1965-1983)	Frequency Per Year
Lucena-Calauag	Small	9	0.47
	Medium	21	1.11
	Large	9	0.47
	Total	39	2.1
Allen-Calbayog	Small	10	0.53
	Medium	22	1.16
	Large	6	0.31
	Total	38	2.0
Naguillian Road	Small	10	0.53
	Medium	25	1.32
	Large	7	0.37
	Super-Large	7	0.376
	Total	49	2.6

5.7.4 台風襲来パターン

規模別台風の襲来頻度に基づいて、台風襲来パターンを次のように想定した。

a) Lucena-Calauag Section: 2-year cycle

Year	Pattern	No. of Typhoons
(n)	Small + Medium	2
(n + 1)	Medium + Large	2
Total		4 (2-typhoons per year)

b) Allen-Calbayog Section: 2-year cycle

Year	Pattern	No. of Typhoons
(n)	Small + Medium	2
(n + 1)	Medium + Large	2
Total		4 (2-typhoons per year)

c) Naguillian Road: 3-year cycle

Year	Pattern	No. of Typhoon
(n)	Super-L + Medium + Small	3
(n + 1)	Large + Medium + Medium	3
(n + 2)	Medium + Small	2
Total		(2.67 -typhoon per year)

### 5.7.5 交通途絶期間

道路災害が発生し、道路が交通止めになると、MPWHはリージョナル・ダイレクターのディスクレショナル・ファンドやメンテナンス・ファンドを投入し、交通を確保するための緊急復旧作業を実施する。緊急復旧作業では、一車線の交通確保に重点が置かれ、その後コンティンジェント・ファンドあるいはカラムィー・ファンドのリリースを待って、完全復旧作業が実施される。

緊急復旧作業の完了に要する期間、すなわち交通途絶期間は災害発生スポット数及びそれらの位置、災害の種類及び規模のみならず、建設機械の入手性及びそれらのモビリゼーションに要する日数に左右される。これらの各要素を予測しておいたうえで交通途絶期間を予測することは、必要データの不足のため困難であるばかりでなく、予測値の信頼性もとぼしいものとなる。従って本調査での交通途絶期間の予測は、過去の交通途絶期間の実績値に基づいて、過去の傾向が今後も続くものと仮定し行うものとした。

交通途絶期間に関する過去のデータは、記録として残っているものが少ないため、対象区間のメンテナンス・エンジニアやフォアマンあるいは近くの住民からのヒヤリングによりデータの収集につとめた。

#### 1) ルセナーカラウァグ区間

過去における交通途絶期間と台風の規模との関係は、表 5.7-4 に示すとおりである。

**TABLE 5.7-4 TRAFFIC INTERRUPTION PERIOD AND TYPHOON SCALE  
LUCENA-CALAUAG SECTION**

Year	Name of Typhoon	Max. 24-Hour		
		Rainfall (mm)	Typhoon Scale	Interruption Periods (days)
1984	Paring	152	Medium	6
1983	Bebeng	254	Medium	3
1982	Ruping	201	Medium	1

過去の交通途絶記録は、中規模台風により発生した交通途絶期間は約 4 日間であったことを示している。大規模台風及び小規模台風による交通途絶記録は無い。台風規模に対応した最大 24 時間降雨量と、この区間の斜面の状態に基づいて、大規模台風及び

小規模台風による交通途絶日数を、それぞれ6日間及び1日間であると仮定した。年平均交通途絶期間は次のように計算された。

Year	Typhoon Scale	Traffic Interruption Periods (days)
n	Small + Medium	1 + 4 = 5
n + 1	Medium + Large	4 + 6 = 10
<b>Total</b>	<b>4 Typhoons</b>	<b>15 days</b>
<b>Average</b>	<b>2 Typhoons</b>	<b>7.5 days</b>

ルセナーカラワグ区間の交通途絶は、年間平均して2回、合計7.5日間であろうと予測された。

2) アレンーカルパヨグ区間

過去の交通途絶記録を表5.7-5に示す。

**TABLE 5.7-5 TRAFFIC INTERRUPTION PERIOD AND TYPHOON SCALE**

Year	Name of Typhoon	Max. 24-Hour Rainfall (mm)	Typhoon Scale	Traffic Interruption Period (days)
1983	Bebeng	166	Medium	3
1983	Warling	218	Medium	1
1981	Dinang	133	Medium	5

中規模台風により発生した交通途絶日数は約4日間であった。大及び小規模台風に関するデータは得られなかった。従って、大及び小規模台風の24時間降雨量と、この区間の斜面の地質及びその他の条件を考慮に入れ、大及び小規模台風による交通途絶期間は、それぞれ8日間及び1日間であったと予測した。年平均交通途絶日数は、次のように計算された。

Year	Typhoon Scale	Traffic Interruption Period (days)
n	Small + Medium	1 + 4 = 5
n + 1	Medium + Large	4 + 8 = 12
Total	4 Typhoons	17 days
Average	2 Typhoons	8.5 days

この区間において、年平均2回、合計8.5日間の交通途絶が発生するであろうと予測された。

3) ナギリアン道路

表5.7-6に示すように、過去の交通途絶に関するサンプルは2つしか入手できなかった。

TABLE 5.7-6 TRAFFIC INTERRUPTION PERIOD AND TYPHOON SCALE

Year	Name of Typhoon	Max. 24-Hour Rainfall (mm)	Typhoon Scale	Traffic Interruption Period (days)
1984	Maring	382	Medium	1
1982	Norming	88	Small	4

過去の記録に基づいて交通途絶を予測することは、非常に困難である。各台風規模別の交通途絶日数は、主として台風規模ごとの24時間降雨量に基づいて仮定した。超大、大、中及び小規模台風による交通途絶期間を、それぞれ5、3、1及び0日間と仮定した。年平均交通途絶は、次のように計算された。

Year	Typhoon Scale	Traffic Interruption Period (days)
n	Super + Medium + Small	5 + 1 + 0 = 6
n + 1	Large + Medium + Medium	3 + 1 + 1 = 1
n + 2	Medium + Small	1 + 0 = 1
Total	8 Typhoons	12
Average	2.67 Typhoons	4

ナギリアン道路における年平均交通途絶は2回発生し、合計途絶期間は4日間であると予測された。

## 第6章 対策工の選定

	PAGE
6.1 設計対象ヶ所 .....	139
6.1.1 設計対象ヶ所 .....	139
6.1.2 設計対象ヶ所の選定基準 .....	140
6.2 工法選定の基本方針 .....	142
6.3 各種道路災害への対策工 .....	144
6.3.1 切土斜面崩壊 .....	144
6.3.2 盛土斜面崩壊 .....	149
6.3.3 落石 .....	150
6.3.4 地スベリ .....	155
6.3.5 土石流 .....	155
6.4 対策工選定のケース・スタディー .....	161
6.4.1 ケース・スタディー 1：切土斜面崩壊 .....	162
6.4.2 ケース・スタディー 2：盛土斜面崩壊 .....	166
6.4.3 ケース・スタディー 3：落石 .....	170
6.4.4 ケース・スタディー 4：落石 .....	174
6.4.5 ケース・スタディー 5：地スベリ .....	177
6.4.6 ケース・スタディー 6：土石流 .....	181
6.5 適用対策工 .....	185





## 第6章 対策工の選定

### 6.1 設計対象ヶ所

#### 6.1.1 設計対象ヶ所

緊急に対策が必要であり、6.1.2以下で詳述する災害危険ヶ所（以下、設計対象ヶ所）を表6.1-1に示したように抽出した。この表では、設計対象ヶ所数を各調査区間毎に、災害の種類別にまとめている。

TABLE 6.1-1 DESIGN SPOTS

Type of Disaster	Lucena-Calauag Section	Calbayog-Allen Section	Naguillian Road	Total
Cut Slope Failure	1	1	5	7
Embankment				
Slope Failure	1	2	5	8
Fall	4	9	5	18
Landslide	1	—	—	1
Debris Flow	—	2	—	2
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>36</b>

6

延長約 95.72 km のルセナーカラウエグ区間には、合計 7ヶ所の設計対象ヶ所があり、平均密度は 0.07ヶ所/km である。災害危険ヶ所が集中しているバグビラオーアティモナン区間の密度は、0.7ヶ所/km である。最も多い災害種類は落石であり、本区間の全設計対象ヶ所の 57% に当たる 4ヶ所抽出されている。

平均密度が 0.2ヶ所/km であるアレソーカルバヨグ区間は、延長 72.94 km あり、14ヶ所の設計対象ヶ所が抽出されている。本区間でも落石が最も多く、全体の 64% を占めている。

ナギリアン道路の災害危険ヶ所密度は 0.3ヶ所/km であり、最も高い値を示している。道路延長 47.23 km の中に 15ヶ所抽出されている。本道路では、切土斜面崩壊、盛土斜面崩壊、落石がそれぞれ 5ヶ所ずつ計上されている。

## 6.1.2 設計対象ヶ所の選定基準

各調査区間における災害の種類と位置及び道路に与えるインパクト等については、5.3「道路災害の現況」で述べており、表5.3-1にまとめてある。

表6.1-1に示した設計対象ヶ所は、次の観点から選定された。

### 1) 道路へのインパクト

対象区間の交通量、道路施設の水準、過去の災害復旧費などを考慮して、5.2.3「災害危険度の評価」で規定した3段階の災害危険度のうちHとMと評価された危険ヶ所に対して対策を行えば十分であると判断した。HあるいはMと評価された場所は、崩壊物が道路を塞いだり、崩壊によって路面が破壊されたりして、交通の閉鎖が予想される所である。現在、Sと評価された所でも将来、崩壊の危険度が増し、MやHになる可能性がある。

従って、防災事業は継続的に実施していく必要があり、Sの場所も悪化した時点で対策工を施すべきである。

本調査で対策工を設計するのは、HとMの評価を受けた地点のみである。

### 2) 大規模な治水工事と砂防工事

本調査のスコープ・オブ・ワークによると、大規模な治水工事や砂防工事、山腹工などが必要な災害危険ヶ所は、設計対象ヶ所に含まない。

アレンーカルパヨグ区間には、波浪による洗掘を受けている災害危険ヶ所が3ヶ所あるが、この災害を防ぐためには、防波施設と道路の防護施設の建設が必要となるが、これは、道路事業よりむしろ護岸工事である。この3ヶ所は、Ⅷ-1(km 664+400)、Ⅷ-2(km 681+700)及びⅧ-39-1(km 721+800)である。

### 3) 土砂崩壊

岩盤上の表土が水を含んで崩れる場合のような土砂崩壊についても設計対象ヶ所から除外した。このような崩壊への対策としては、表土を除去する方法や、安定した層まで切直す方法及び、十分な排水施設を設ける方法などがあるが、いずれも多額の費用を要するし、また、対策工を施さず、崩壊が生じた場合でも、その影響は限られており、被害は、ブルドーザによって土砂を排除すれば、簡単に早く、そして安価で復旧できると判断したためである。

ナギリアン道路のバウアンに近い付近には、このような土砂崩壊が発生した所が散在しており、将来、発生への恐れのある所もある。

#### 4) 谷側盛土斜面の崩壊

谷側盛土斜面に石積工を施してある所は、現実に被害を受けている箇所を除いて、設計対象から除外した。

これは、既存の石積工を取り壊して擁壁を設けることは、石積工が土圧に対して限界状態になっていたり、雨水の集中によって部分的に弱くなっていたとしても、やはり合理的ではないと判断したためである。

特に、古い石積工は弱くなっている。従って、石積工が施されている危険ヶ所は、全て、少なくともSと評価すべきである。

ナギリアン道路とルセナーカラウヅグ区間には、設計対象から除外した石積工施工ヶ所が多数ある。

## 6.2

### 工法選定の基本方針

対策工の選定にあたっては、対象となる災害ヶ所の地形、地質、地表水、地下水などの状況から災害の原因と種類を推定し、施工条件、建設費、維持管理の難易、環境の保全などを考慮して、適切な工法を選定した。

これに加えて、次の点を考慮した。

- 新技術、新工法の導入
- 交通への影響の少ない工法の選定
- 環境に調和する工法の選定

#### 1) 新技術、新工法の導入

斜面崩壊の多くは、風化や表面水による斜面の浸食、洗掘に起因しているにもかかわらず、どの斜面にも保護工は、ほとんど施されていない。これは、設計技術の水準や適切な斜面保護材の欠如及び経済的理由などフィリピン国情によるためと思われる。それにもかかわらず、本調査の目的である“道路防災技術の発展を図る”ために、対策工法選定にあたっては新技術の導入を積極的に行った。機械によって植生工を行う、種吹付工や落石を止めるためのアンカー工、落石のエネルギーをおさえる覆式落石防止網などの新工法を採用した。これらの工法は、フィリピンにおいては比較的新しいものである。

#### 2) 環境に調和する工法の選定

土質条件から可能である場合は、自然に調和する植生工によって斜面の保護を行った。

#### 3) 交通への影響の少ない工法の選定

工事中に在来交通を阻害せず、かつ安全に通すことは、対策工の選定にあたっての重要な問題である。特に切土斜面の切直し工事は、交通に多大の影響を与える。したがって、工法の選定にあたっては、できるだけ切直し、あるいは、大規模な斜面整形を要しない工法を選定することが必要で、その配慮を行なった。たとえば、斜面の勾配が標準勾配よりやや急で、通常なら切直しを要するような斜面であるが、コンクリート張工、現場打のり枠工等の斜面保護工にロックボルトを併用すれば切直しをしなくても安定が確保できると判断されたような場合は切直しはやめ、後者の対策工を適用するようにつとめた。

上記のような配慮をしても、当然のことながら、切直し、あるいは、斜面上の不安定土砂の除去が必要となるケースはある。斜面高が低い場合は、車線中央部に防護柵を

設置し、片側通行として施工できるが、今回の調査において設計対象となった斜面の多くは直高が高く、この程度の処置では、掘削土は防護柵をこえて落下するものと思われ、交通の安全は確保できない。安全な交通を確保するためには、ロックシェドのような仮設構造物で車線をおおってしまう必要がある。しかしながら、このような仮設構造物を建設すると膨大な工費を要し、対策工自体よりも仮設構造物の方に金がかかるといふ事態になる。このため本調査においては、万全の対策とは云いがたいが、切直し、不安定土砂の除去は、夜間作業とし、時間を決めた交通規制を行ないながら作業することにした。

### 6.3 各種道路災害への対策工

通常、災害の種類や原因を考慮して対策工が適用される。フィリピンの道路災害に有効であろう対策工を種々の国で用いられている例を参考にして、表 6.3-1～表 6.3-5 に示したように選出した。

選出された対策工の内から現地踏査や地形・地質、表面水、地下水及びその他の状態に基づいて、災害の原因を考え、最も適当な対策工を選出した。

対策工の選定に当っては、フィリピンの道路災害に関与する自然条件、特に強い降雨強度を有するきびしい気象条件に注意を払った。しかしながら、対策工の設計規準やその耐久性については、特に切土斜面の対策工は若干の不安な面もある。本調査で適用した対策工はすべて日本で実際によく用いられるものであるけれども、フィリピンにおける実績は今の所ない。それ故、フィリピンのようなきびしい気象条件の基での対策工の耐久性については、明らかになっていない。斜面保護工の適用にあたっては、対策工の耐久性について検証し、設計基準を確立することが望まれる。

各種の道路災害に適用した主要な対策工について以下に述べる。

#### 6.3.1 切土斜面崩壊

切土斜面崩壊に対し、一般的に適用している主な対策工を表 6.3-1 に示す。また、本調査で採用した工法は次のものである。

##### a) 排水工

切土斜面崩壊は、斜面を流下する表面水による斜面表面の浸食と洗掘と地下水によるせん断強度の低下、または間ゲキ水圧の上昇による斜面の内部からの滑動、の2つに区分できる。本調査において対象となった切土斜面崩壊は、表面水に原因する箇所が多く、表面排水工の整備は防災上非常に重要と考えられ、次のような排水溝を計画、適用した。

- のり肩排水溝：地形的に自然斜面から切土斜面に表面水が流入する恐れのある斜面では、のり肩に沿ってのり肩排水溝を計画した。某水した表面水はできるだけ切土斜面の外側に導くようにしたが、地形の制約によって、それが不可能な場合は、斜面に計画した縦排水溝と連結した。

TABLE 6.3-1 COUNTERMEASURES FOR CUT SLOPE FAILURE

Classification	Type of Work	Purpose	Application	Illustration
Surface Drainage	Top Slope Ditch	To collect surface water running directly on slope surface and thus prevent erosion and scouring of slope surface.	Required for almost all cases of slope protection, especially for slope with broad area or water concentration. Usually applied together with other countermeasures.	
	Berm Ditch			
	Side Ditch			
	Vertical Ditch			
Subsurface Drainage	Subsurface Drainer	To drain groundwater, spring water and seepage water and lower pore with pressure and thus stabilize stability of slope.	Effective to drain water near ground surface. Generally used in combination with surface drainage.	
	Horizontal Drain Hole			
	Vertical Drain Hole			
Vegetation	Seed Spraying	To firmly bind materials of slope surface and thus prevent slope from erosion, scouring and weathering.	Mainly applied to slopes composed of soil or strongly weathered rock. When applied, gradient is preferred to be less than 0.8:1. It improves aesthetics view of the environment.	
	Seed Mud Spraying			
	Sodding			
Spraying	Mortar Spraying	To cover whole surface of slope with mortar or concrete sprayed by concrete gun and thus prevent slope from erosion, scouring and weathering.	Mainly applied to slope of easily weatherable rock with no spring water or not wet. Weathered rock which may be stripped off. Soil not suited for vegetation.	
	Concrete Spraying			
Pitching	Stone or Block Pitching	To cover slope with stone, or concrete block or cast-in-concrete and thus prevent slope from erosion, scouring, weathering and slight surface failure.	Applied to slope gentler than 45°. Stone pitching is widely adopted.	
	Concrete Pitching			
Crib	Concrete Block Crib	To prevent slope from erosion, scouring, weathering and slight surface failure.	Applied to slope gentler than 45°. Effective for slope with spring water.	
	Cast-in-place Concrete Crib			
	Sprayed concrete crib			
Earth Work	Removal	To stabilize slope by completely or partially removing unstable materials on slope.	Basic method. Reliable when perfectly enforced. Applied together with drainage, vegetation and other protection works. Application is sometimes limited because of traffic interruption.	
	Re-cutting	To stabilize slope by cutting to optimum gradient.		
Retaining Wall	Stone Masonry Retaining Wall	To protect slope from small size failure, especially, near toe of slope.	Effective only for small earth pressure. Applied to slope with gradient steeper than 45° and with firm soil. Height less than 7 m.	
	Gravity Type Retaining Wall	To directly restraint slope failure or used as a foundation of other works.		
	Supported Type Retaining Wall	To directly restraint slope failure and prevent erosion, scouring and weathering.		
	Gabion Retaining Wall	To protect slope from small size failure, especially near toe of slope.		
	Rock Bolt	To directly restraint slope failure. Usually applied together with concrete pitching crib, etc.		
Anchoring	P.C. Anchor		Strong bearing ground is required. Height less than 5 m.	
	Rock Bolt			
Catch Work	Catch Fill and Ditch	To prevent spread of damage providing ditch and fill or wall to catch failed materials. Occurrence of failure can not be prevented.	Applied when other countermeasures are difficult or costly. Wide space for deposit is required between road edge and toe of slope.	
	Catch Wall			
Avoiding Problem Work	Route Relocation	To avoid problem by relocating route or pass over disaster site with bridge.	Applied when other countermeasures are difficult or costly.	
	Bridge			

Note: \*1. Irregularity of slope surface shall be corrected. Form is required.

\*2. Irregularity of slope surface is not necessary to correct. Form is required. Concreting is done by spraying with gun.





- 一 小段排水溝：降雨時に斜面を流下する表面水は、かなりの量となり、浸食、洗掘が生ずる。これを防ぐため小段上に小段排水溝を設計した。本調査の対象となった既存斜面には小段が設けられているものはまれで、小段排水溝の計画できない斜面が多かったが、切直しを計画した斜面では小段を造り、フィリピンの高い降雨強度を考慮し、全小段に小段排水溝を設けた。
- 一 縦排水溝：凹形の地形箇所における切土斜面には表面水による深い洗掘が見られた。このような箇所には縦排水溝を設けた。また、のり肩排水工、小段排水工で集めた水も縦排水溝で排水するように計画した。縦排水工の下端には、ますを設け既存の排水系統との連結を計った。既存の測溝がない場合は、測溝を新設し、既存の横断排水構造物と連結した。

表面排水工は、全ての切土斜面崩壊の危険ヶ所に計画した。

#### b) 植生工

植生による保護工は、斜面に植物を繁茂させることによって、斜面が直接降雨によって打たれること、および根によって斜面表面をしぼり、斜面の浸食、洗掘を防ぐ工法である。比較的安価で、かつ緑化による美化という環境面の効果もあるので積極的に適用した。

しかし、次のような斜面は植生の繁茂が期待できないので、構造物による保護工を適用せざるを得なかった。

- 斜面勾配が1：0.8より急な場合
- 硬岩、風化の度合の少ない軟岩、きれつのない軟岩、強酸性土壌等の斜面
- 湧水の多い斜面

植生による斜面保護工は施工法によって大きく2つの方法に分けられる。手による方法と機械を用いた方法である。フィリピンでは芝張、数種のかん木の植え付けなどは手によっているが、本調査では、機械による方法、特に種子吹付工を植生による斜面保護工として適用した。これは施工速度が速く、かつ経済的だからである。種子吹付工は、種子、土、化学肥料や水を混ぜたものをポンプや吹付けガンによって斜面に直接吹付けるものである。

この工法は、ナギリアン道路のNa IN 4-1及びIN-16の2ヶ所において採用した。

c) 除去工及び切直し工

斜面上に存在する不安定な土塊、岩塊を除去する作業を除去工という。どんな工法を適用するとしても斜面上の不安定な土塊、岩塊はあらかじめ除去しておく必要があり、多くのヶ所に適用した。

切直し工は、勾配が急で不安定と思われる斜面を安全勾配に切り直す目的で計画される。最も基本的な工法であるが、長大な斜面になると、膨大な掘削量が必要となり、工事中の交通の阻害が問題となる。したがって、10.1に述べたように本調査では、土圧にある程度抵抗できる斜面保護工や、擁壁工などの構造物による抑止工によって斜面の安定を計ることとし、切直し工の適用を少なくするように努めた。しかし、土砂の斜面では切直し工を適用せざるを得ないヶ所が多く生じた。

d) 待受け工及び回避工

長大な斜面で大規模な崩壊の場合、斜面に対策工を適用することが技術的困難、あるいは非常に工費が高くなる場合がある。その場合、待受け工、あるいは問題の回避工が適用される。

待受け工は、法尻と道路の間に、溝、盛土あるいは擁壁を造り、崩壊土砂による被害が道路に及ばないようにする工法である。すなわち、斜面の崩壊の発生を防止する工法ではなく、災害の発生は許すが、その被害が道路に及ばないようにする工法である。問題回避工は路線の変更、あるいはシフトによって、崩壊のヶ所を避けることを目的として計画される。

4.3に述べたように、本調査対象ヶ所の斜面崩壊は風化、あるいは表面水による浸食、洗掘に起因するものが多かった。したがって適当な斜面保護をしないと、崩壊の規模は年を追って大きくなり、崩壊土の取除きが維持管理の大きな負担となる恐れがある。このことと斜面のり尻と道路の路肩の間に路線をシフトし、待受け工を計画するに十分な余裕のある区間が少なかったことから、ルセナーカラワグ区間では切土斜面崩壊に対して待受け工は1ヶ所だけしか適用しなかった。しかし、他については積極的に採用した。

### 6.3.2 盛土斜面崩壊

盛土斜面の崩壊に対して一般的に適用される対策工を表 6.3-2 に示す。また、本調査で採用した工法について以下に述べる。

#### a) 排水工

対象斜面の多くが、路面の水の集中による洗掘によって崩壊をおこしていた。これに対しては次のような排水工を計画した。

- 路肩側溝：縦断勾配のある道路のカーブの内側区間の盛土斜面には路面を流れる表面水が集中し、大きい洗掘を起し、崩壊している。この事例は数多く見られた。これは路肩排水溝の欠如、あるいは、排水容量の不足が大きな原因で、そうした危険箇所には路肩排水溝を新設、あるいは、断面の大きい側溝に変えた。
- 小段排水溝：既存の盛土には小段は設けられていない。しかし、災害の復旧のために、腹付盛土を計画した場合には小段を設け、全小段に小段排水溝を計画した。

#### b) 腹付盛土

斜面崩壊ヶ所は、崩壊したまま放置された所が多く、復旧のためには、腹付け盛土が必要であった。腹付け盛土は、標準勾配が確保できるよう計画した。

この工法は、洗掘されたり、崩れたりした盛土部分に土を入れるものであるため、石積擁壁などの斜面保護工といっしょに用いた。

#### c) 擁壁

適用した擁壁工は、重力式擁壁と石積蛇籠擁壁で、それぞれの特性を考慮に入れて選定した。たとえば、蛇籠擁壁は強固な基礎がなく、かつ、浸透水が多いと思われる箇所に適用された。

石積擁壁は、盛土斜面崩壊の全危険ヶ所に計画した。一方、重力式擁壁は、斜面が高いため石積み擁壁では土圧を押えきれないような斜面の下の部分に採用した。

これらは、アレンーカルバヨグ区間のNo VIII-18 及びナギリアン道路のNo IN-14 において採用された。

#### d) 根固め工

アレンーカルバヨグ区間のNo VIII-18 の盛土斜面は、斜面の基礎部分は河川によって洗掘されている。従って、ここでは、擁壁と組み合わせて蛇籠による根固め工を計画した。

### 6.3.3 落石

表 6.3-3 に一般的に用いられる落石の対策工を示す。

本調査では、次の工法を採用した。

#### a) 吹付工

吹付工としては、モルタル吹付工とコンクリート吹付工の2種類あるが、フィリピンのように温度が高く強い雨の降る環境下では、永久構造物として問題のあるモルタル吹付工は採用していない。

コンクリート吹付工は、土圧に対して強度もあり、施工も早いため積極的に採用した。また、斜面表面の整形も不要であり、他の構造物による保護工と比べて安価でもある。風化が非常に進んだ斜面、大きな浮石が多い斜面あるいは、多量の表面水のある斜面には、鉄筋を組んだ15cm厚のコンクリート吹付工を適用した。

これを計画したのは、ルセナーカラウァグ区間のNo. IV A-18とアレンーカルバヨグ区間のNo. VIII-6及びナギリアン道路のNo. IN-5である。

他の3ヶ所（ルセナーカラウァグ区間のNo. IV A-7及びアレンーカルバヨグ区間のNo. VIII-12, VIII-30）に対しては、ワイヤー・ネットと10cm厚のコンクリート吹付工を採用した。

#### b) 覆式落石防止網

覆式落石防止網は、斜面を網で覆うことによって岩と地山の摩擦及び網の張力によって地山との結合力を失った岩石を拘束する目的で計画された。しかし、この工法は、斜面の侵食、洗掘に対する十分な対策工法ではないので、硬質の岩の斜面に使用した。ルセナーカラウァグ区間のNo. IV-6、アレンーカルバヨグ区間のNo. VIII-6及びナギリアン道路のNo. IN-10, 12, 13, 15, 15-1に対して適用した。

#### c) アンカー工（ロック・ボルト）

アンカー工は、不安定な岩を岩盤にロック・ボルトによって定着させる工法である。ロック・ボルトは、P.C. アンカーに比べ小さな岩に対して使用されるのが一般的である。この工法は、大きなクラックの入った硬質の岩盤斜面に適用した。使用したのは、ナギリアン道路のNo. IN-10及び15-1である。

#### d) 待受け擁壁を設けた回避工

現道の横に線形をずらすのに十分な余裕があり、平らであるような場所では、回避工を積極的に計画した。回避工を採用する場合は、常に落石による被害の拡大を防ぐために待受け擁壁を設けた。

TABLE 6.3-2 COUNTERMEASURES FOR EMBANKMENT SLOPE FAILURE

Classification	Type of Work	Purpose	Application	Illustration
Surface Drainage	Berm Ditch	To collect surface water running directly on slope surface and thus prevent erosion and scouring of slope surface.	Required for almost all cases of slope protection, especially for slope with broad area or water concentration. Usually applied together with other countermeasures.	
	Side Ditch			
	Vertical Ditch			
Subsurface Drainage	Subsurface Drainer	To drain groundwater, spring water and seepage water and lower pore water pressure and thus stabilize stability of slope.	Effective to drain shallow surface water.	
	Horizontal Drain Hole			
	Horizontal Drain Layer			
Vegetation	Seed Spraying	To firmly bind materials of slope surface and thus prevent slope from erosion, scouring and weathering.	Should be applied to any slope. It also improves aesthetics view on environmental aspect.	
	Seed Mud Spraying			
	Sodding.			
Pitching	Stone or Block Pitching	To prevent erosion and scouring slight resisting force to protect surface failure may be expected.	Mainly applied to slope gentler than 45° of high embankment susceptible to scouring.	
	Concrete Block Crib			
Crib	Concrete Block Crib	To prevent erosion, scouring and slight surface failure. Resisting force against earth pressure may not be expected for block crib, but expected for cast-in-place crib.	Applied to slope with broad area or steeper than 45° where vegetation can not be applied or not effective.	
	Cast-in-place Concrete with form			
Earth Work	Re-Filling	To fill washed-out and broken-off portion of slope with earth and then, usually cover surface with protection in order to prevent further failure.	Applied to collapsed slope. Usually applied with other measures such as vegetation or pitching.	
	Retaining* Wall	Stone Masonry Retaining Wall	To protect slope from small size failure, especially, near toe of slope.	<p>For scouring due to river stream, concrete crib is also used.</p> <p>Effective only for small earth pressure. Applied to slope with gradient steeper than 45° and with firm soil. Height less than 7 m.</p> <p>Strong bearing ground is required. Height less than 5 m.</p> <p>Applicable for soil with loose solidification. It can be constructed in limited area. Height less than 8 m.</p> <p>Effective for slope with seepage or spring water.</p>
Gravity Type Retaining Wall		To directly restraint slope failure or used as a foundation of other works.		
Supported Type Retaining Wall		To directly restraint slope failure and prevent erosion, scouring and weathering.		
Gabion Retaining Wall		To protect slope from small size failure, especially near toe of slope.		
Foot Protection	Concrete Foot Protection	To protect foot of retaining wall or other protection work.	Applied to foot which may be scoured by river stream.	
	Gabion Foot Protection			

\* Retaining wall is sometimes called as revetment, when it is used to protect scouring of slope due to river stream.

TABLE 6-3-3 COUNTERMEASURES FOR FALL

Classification	Type of Work	Purpose	Application	Illustration			
Surface Drainage	Top slope Ditch	To collect surface water running directly on slope surface and thus prevent erosion and scouring of slope surface.	Required for almost all cases of slope protection, especially for slope with broad area or water concentration. Usually applied together with other countermeasures.				
	Berm Ditch						
	Side Ditch						
	Vertical Ditch						
Subsurface Drainage	Subsurface Drainer	To drain groundwater, spring water and seepage water and lower pore with pressure and thus stabilize stability of slope.	Effective to drain water near ground surface. Generally used in combination with surface drainage.				
	Horizontal Drain Hole	To firmly bind materials of slope surface and thus prevent slope from erosion, scouring and weathering.	Effective for slope where groundwater level is higher than plane of failure.				
	Seed Spraying		Mainly applied to slopes composed of soil or strongly weathered rock. When applied, gradient is preferred to be less than 0.8:1. It improves aesthetics view of the environment.				
Vegetation	Seed Spraying	To cover whole surface of slope with mortar or concrete sprayed by concrete gun and thus prevent slope from erosion, scouring and weathering.	Effective for slope where groundwater level is higher than plane of failure.				
	Seed Mud Spraying		Mainly applied to slopes of easily weatherable rock with no spring water or not wet. Weathered rock which may be stripped off. Soil not suited for vegetation.				
	Sodding		Applied to slope gentler than 45°. Stone pitching is widely adopted.				
Spraying	Mortar Spraying	To cover slope with stone, or concrete block or cast-in-place concrete and thus prevent slope from erosion, scouring, weathering and slight surface failure.	Applied to slope gentler than 45°. Stone pitching is widely adopted.				
	Concrete Spraying		Applied to slope gentler than 45°. Effective for slope with spring water.				
	Concrete Pitching		Applied to slope steeper than 45°. Effective for weathered rock and large slope with spring water.				
Pitching	Stone or Block Pitching	To prevent slope from erosion, scouring, weathering and slight surface failure.	Applied to slope steeper than 45°. Effective for weathered rock and large slope with spring water.				
	Concrete Block Crib		To stabilize slope by completely or partially removing unstable materials on slope.	Mainly applied to big and supportless rock difficult to remove. Base of supporting shall be firmly shored.			
	Cast-in-place Concrete Crib			To stabilize slope by cutting to optimum gradient.	Mainly applied to big, hard and supportless rock difficult to remove. Anchoring shall be made into firm bedrock. Rock bolt for relatively small rock, while p.c. for boulders.		
Crib	Sprayed concrete crib	To prevent spread of damage by providing fill and ditch, wall or fence to catch falling materials. Occurrence of fall can not be prevented.	Wide space for deposit is required between road edge and toe of slope.				
	Earth Work		Removal	A little wide space for deposit is required between road edge and toe of slope. Space for wall or fence is narrower than for fill and ditch.			
			Re-cutting	To stabilize slope by cutting to optimum gradient.	Applied where no space for deposit. Unsuitable to soil and rock slope which are easily weathered.		
Supporting	Stone Supporting	To prevent spread of damage covering slope by net with pocket to catch falling rocks.	Mainly applied to a large scale of fall. Applied only when other countermeasures are difficult and costly.				
	Concrete Supporting				To provide resisting force to fall directly by covering slope with net but inefficient to prevent erosion and scouring.		
	Rock Bolt						To avoid damage by covering whole width of road with shed.
Anchoring	P.C. Anchor	To provide resisting force to fall directly by covering slope with net but inefficient to prevent erosion and scouring.	Mainly applied to a large scale of fall. Applied only when other countermeasures are difficult and costly.				
	Catch Fill and Ditch				To avoid damage by covering whole width of road with shed.	Mainly applied to a large scale of fall. Applied only when other countermeasures are difficult and costly.	
Catch Work	Catch Wall	To prevent spread of damage covering slope by net with pocket to catch falling rocks.	Mainly applied to a large scale of fall. Applied only when other countermeasures are difficult and costly.				
	Catch Fence				To provide resisting force to fall directly by covering slope with net but inefficient to prevent erosion and scouring.	Mainly applied to a large scale of fall. Applied only when other countermeasures are difficult and costly.	
	Catch Wire Net						
Rock Shed	Concrete Rock Shed	To avoid damage by covering whole width of road with shed.	Mainly applied to a large scale of fall. Applied only when other countermeasures are difficult and costly.				
	Steel Rock Shed				To avoid damage by covering whole width of road with shed.	Mainly applied to a large scale of fall. Applied only when other countermeasures are difficult and costly.	

落石の危険ヶ所 18ヶ所のうち、この工法を採用したのは、7ヶ所であった。それは、ルセナーカラウァグ区間のⅣA-15, 17, 18及びアレノーカルバヨグ区間のⅧⅧ-27, 28, 29, 32, 37である。

#### 6.3.4 地スベリ

地スベリに対して用いられる一般的な対策工法を表6.3-4に示す。

地スベリの対策工としての土工には、除去工と押え盛土工の2つがある。押え盛土工は、盛土の重量によって地スベリの動きを止めようとするもので、単純であるため、斜面の裾に盛土をする場所がある場合には、広く使われている。

一方、除去工もまた確実で有効な方法として一般的に使われている。中小規模の地スベリに広く適用されている。

本調査では、地スベリはルセナーカラウァグ区間のⅣA-20の1ヶ所のみであり、規模や施工場所等を考慮して除去工を採用した。地スベリの解析は、資料編6.3-1に示した。

#### 6.3.5 土石流

表6.3-5に土石流に対する一般的な対策工法を示す。

土石流の発生を防止するより、橋梁、カルバートによって発生した土石流を流してしまいう問題回避工の方が経済的となる場合がある。

しかしながら、アレノーカルバヨグ区間の2つの土石流危険ヶ所(ⅧⅧ-16及びⅧⅧ-36)では、土石流の規模が小さく、石張り水路を設けた方が橋梁やカルバートを建設するより経済的であった。対象溪流は小規模で、道路との交差部分から上流の20~30mの部分に水路工を適用すれば、土石流の被害が道路に及ぶことを防止できると判断した。

ⅧⅧ-16に対しては、地下水位が高く、排水する必要があるため、水平排水孔や盲排水溝などの地下排水工を計画した。





TABLE 6.3-4 COUNTERMEASURES FOR LANDSLIDE

Classification	Type of Work	Purpose	Application	Illustration
Surface Drainage	Water Channel	To quickly collect and discharge precipitated rain inside landslide area in order to prevent seepage water.	Applied to all cases. Water channel consists of collecting channel and draining. Effective channel network is required.	
	Infiltration Prevention	To cover cracks with cement, clay or other materials in order to prevent seepage of water into cracked portion inside landslide area.	Applied to all cases. Effective for cracked portion where seepage water easily infiltrates and on swamp or water route.	
Subsurface Drainage	Subsurface Drainer	To drain groundwater and thus lower its level and pore water pressure.	Effective where groundwater level is higher than sliding plane.	
	Horizontal Drain Hole		Applied when drain hole is too long or crowdedly placed near bedrock.	
	Deep Well			
Vegetation Protection Work	Seed Spraying	To prevent seepage of surface water into slide mass and also to protect slope from erosion and scouring.	Applied to all cases, whenever applicable. Applied to bare area.	
	Seed Mud Spraying			
Earth Work	SoDding			
	Earth Removal	To stabilize slope by removing a partial or whole earth of sliding mass, usually head portion of sliding mass.	Reliable and effective method. Applied to many cases.	
Retaining Wall	Counterweight Fill	To control movement force of landslide by weight and shearing strength of fill. Filling of earth shall be executed at tail portion of landslide.	Wide area is required at toe of slide for construction. Groundwater shall be completely discharged.	
	Gravity Type Retaining Wall	To control movement force of landslide, increasing resisting force by shear strength and weight of fill and wall. Anchoring is sometimes used to increase resisting force of wall against thrust of landslide.	Mainly applied to small scale landslide or secondary failure at tail portion of a large scale landslide. Gabion wall is mainly used as counterweight for tail portion of landslide.	
Structural Work	Gabion Retaining Wall			
	Precast Concrete Pile	To control movement force of landslide by bending movement and shearing strength of pile. Anchoring is sometimes used to increase resisting force of pile against thrust of landslide.	Mainly applied to landslide where sliding plane is deep.	
	Cast-in-Place Concrete Pile			
	Steel Pile			

TABLE 6.3-5 COUNTERMEASURES FOR DEBRIS FLOW

Classification	Type of Work	Purpose	Application	Illustration
Drainage	Water Channel	To collect surface water on hillside and thus prevent slope from erosion and scouring.	Applied to many cases. Used with other countermeasures.	
	Subsurface			
Vegetation		To firmly bind materials of slope surface and thus prevent slope from erosion and scouring.	Vegetation is usually applied in combination with protection work such as terracing with stone, net muddling, etc.	
	Afforestation	To cover hillside with tree and shrub and thus prevent slope from erosion and scouring and sometimes to reduce velocity of surface water.	Applied to bare hillside.	
Re-cutting		To stabilize slope by cutting unstable portion of hillside and reforming irregularity of surface of slope.	Applied to hillside with irregularity. Used with vegetation, sheathing and others.	
	Sheathing	To retain unstable earth with stone or concrete wall or wicker etc.	Applied to a little steep slope where earth shall be retained. Mainly used with other hillside work.	
Water Way	Stone Pitching Water Way	To smoothly lead flow of water and thus control turbulent flow and prevent scouring of stream bed and bank. Also to prevent overflow of flood to adjacent area.	Applied to stream bank composed of erodable soil or to stream bed with steep gradient. Usually used together with consolidation or sabo dam.	
	Concrete Pitching Water Way			
Consolidation	Stone Consolidation	To control flow of water providing head of water to make gradient of stream bed gentler and to prevent turbulent flow and thus prevent scouring of stream bed and bank. Sometimes only to protect stream bed.	Applied to swift stream, meeting point of flow or stream bed susceptible to scouring. Usually used together with revetment, water way and sabo dam. Concrete consolidation is widely used.	
	Concrete Consolidation			
	Crib Consolidation			
Revetment	Stone Masonry Revetment	To protect stream bank or hillside from waterclash due to curved flow of stream.	Applied to curved portion of stream.	
	Gravity Type Revetment			
	Gabion Revetment			
	Sheet Pile Revetment			
Foot Protection	Concrete Foot Protection	To protect foots of revetment and water way from scouring.	Applied to foots of revetment and water way.	
	Gabion Foot Protection			
Sabo Dam	Stone Dam	To control flow of debris and to catch and collect debris and sand, providing space for deposited materials and making gradient stream bed gentler and thus avoid spread of damage and, at the same time, prevent scouring of stream bed and bank.	Mainly applied to large scale of debris flow. Constructed at portion such as narrow stream width, hard bedrock or after meeting of flow.	
	Concrete			
	Concrete Dam			
	Steel Dam			
Avoiding Problem Work	Bridge	To avoid damage. Debris flows passes under bridge or inside of culvert.	Applied when other countermeasures are difficult and costly.	
	Culvert			

\* Structural details of revetment may be same as those of retaining wall.



## 6.4

## 対策工選定のケース・スタディー

災害の状況と原因，各種対策工の利点と欠点などに基づいた対策工選定の一般論について6.3節で述べた。本節では，各種の道路災害に対する最適対策工の選定方法をケース・スタディーとして示す。ケース・スタディーとして，代表的な道路災害の危険ヶ所を6ヶ所採り上げた。（表6.4-1参照）このケース・スタディーにおける各種方法論は，他の同種の道路災害危険ヶ所においても適用できるであろう。しかしながら，対策工の選定は，豊富な経験に基づいた高度な技術力が必要であることを十分に注意すべきである。

TABLE 6.4-1 SPOTS FOR CASE STUDIES

Case Study Number	Type of Disaster	Spot No.	Km.	Section	Major Countermeasures
1	Cut Slope Failure	IN-4-1	281 + 500	Naguillian Road	Re-cutting Vegetation Water way
2	Embankment Slope Failure	IN-8-5	291 + 050	Naguillian Road	Re-filling Stone Masonry
3	Fall	VIII-21	703 + 800	Allen-Calbayog	Re-cutting Concrete Spraying
4	Fall	VIII-32	709 + 600	Allen-Calbayog	Re-alignment Catch Wall
5	Landslide	IVA-20	160 + 800	Lucena-Calauag	Re-cutting Vegetation Water Way
6	Debris Flow	VIII-16	690 + 300	Allen-Calbayog	Water Way Closed Conduit Horizontal Drain



これらの工法の中から、最適のものを選ぶ手順を図 6.4-2 に示す。

この対象危険ヶ所の最適対策工を図の手順に従って選定する上で、斜面の状況や地質、水の状況など次の点を考慮した。

#### 対策工選定の流れ

ステップ 1：道路の反対側は谷であるので、回避工は採用できない。

ステップ 2：災害の影響域の広さ、斜面の大きさや斜面の角度等から判断して、斜面に対する対策工を施工できる。

ステップ 3：傾斜角  $30^{\circ} \sim 15^{\circ}$  より判断して斜面は安定している。

ステップ 4：斜面の表面は、浸食あるいは風化している。表面は土砂であり、植生が可能である。

従って、植生による斜面保護工を選定した。

ステップ 5：地下水はない。

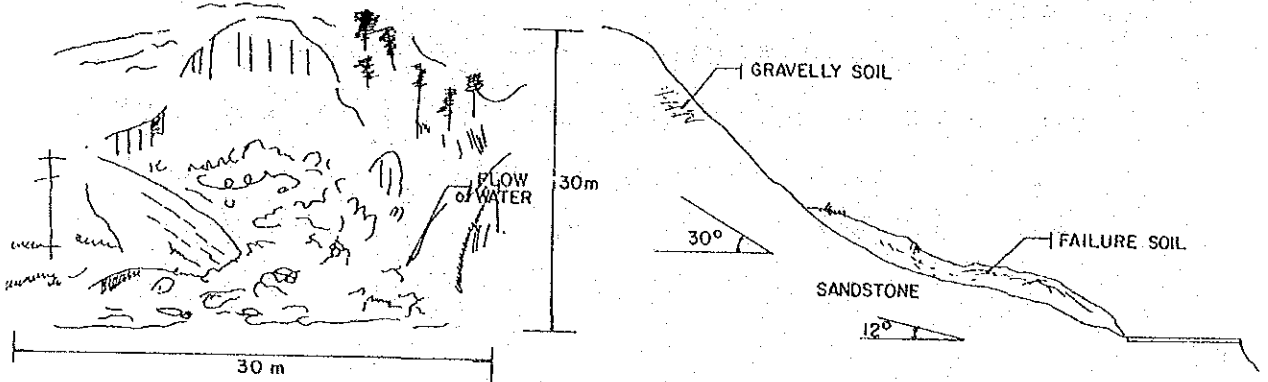
ステップ 6：表面水あるいは湯水があるため表面排水工を設ける。

特記事項：水の流れを換えるため、水路が必要となる。従って、石張り水路とパイプ・カルバートを設ける。

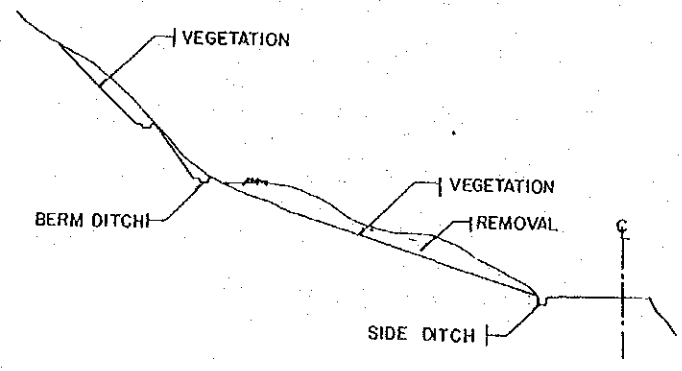
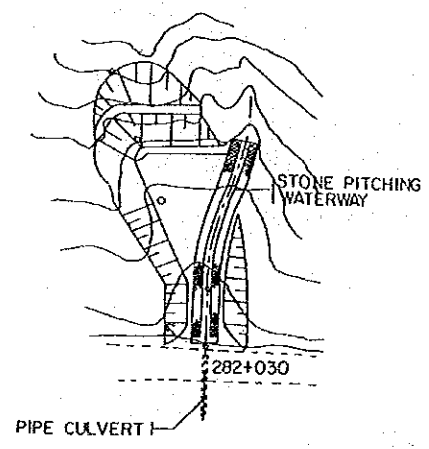
#### 選定した対策工

- 斜面の整形 …………… 排土工
- 斜面の保護 …………… 植生工
- 排水 …………… 小段排水溝，側溝
- 水の処理 …………… 石張り水路及びパイプ・カルバート

( 図 6.4-1(b)参照 )



(a) Present Condition



(b) Proposed Countermeasure

FIGURE 6.4-1 CASE STUDY I CUT SLOPE FAILURE SPOT NO. IN-4-1

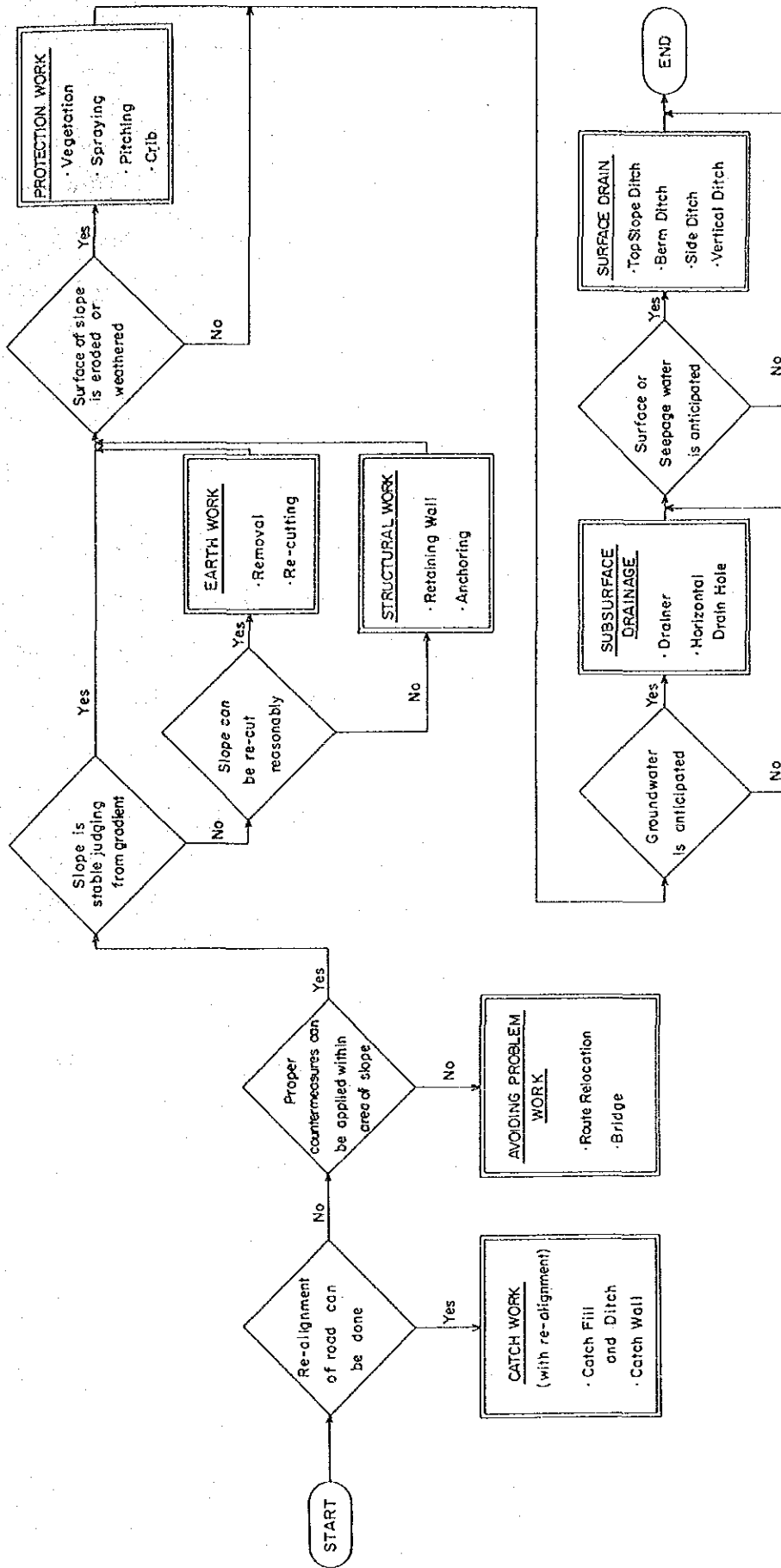


FIGURE 6.4-2 FLOW CHART FOR SELECTION OF COUNTERMEASURES OF CUT SLOPE FAILURE



## 6.4.2 ケース・スタディー 2：盛土斜面崩壊

### 1) 対象危険ヶ所

代表的な盛土斜面崩壊の危険ヶ所として、ナギリアン道路の km 291 + 050, IN-8-5 をケース・スタディー 2 で取りあげる。この種の崩壊は、ナギリアン道路ばかりでなく、ルセナーカラウァグ区間でも、しばしば見られる。盛土斜面の崩壊に対しては、一般的に同じような対策がとられるため、ここで示す対策工は、他の盛土斜面崩壊の危険ヶ所に対しても広く適用できる。

地質の状況：粘性土の盛土

水の状況：路面に表面水が集中している。

### 2) 崩壊の状況

この危険ヶ所は、道路が凸状にカーブしている所にあり、1984年8月の台風マリンによって路肩部の盛土が崩れた。盛土の崩壊は、表面水が集中する凹状のカーブで発生するのが普通であるが、この崩壊は、降り続いた雨によって約 3 m の高さの石積みが崩れ、その後、盛土が崩れた。(図 6.4-3(a)参照)

### 3) 崩壊の原因

ナギリアン道路には、石積の排水溝が比較的設置されているが、部分的に破れた排水溝がそのまま放置されたため、洗い流され、盛土まで洗掘された所が、雨水によって崩壊している。これは、小さな崩壊が降り続く雨によって悪化し、大きな崩壊へと進んでいった例である。

### 4) 対策工法

盛土斜面崩壊の対策工は、ステージ I 調査の手引書編では、本報告書 6.3 節で示した次の 4 工法に分類されている。

- 排水工 — 表面排水工  
                  地下排水工
- 斜面保護工 — 植生工  
                  石積工  
                  蛇籠工
- 土工 — 腹付盛土
- 構造物 — 石積擁壁  
                  重力式擁壁  
                  もたれ擁壁

これらの対策工の中から、最適の工法を選ぶ手順を図 6.4-4 に示す。

この対象危険ヶ所の最適対策工と図の手順に従って選定する上で、斜面の状況、地質、水の状況など、次の点を考慮した。

#### 対策工選定の流れ

ステップ 1：腹付盛土は、適用可能である。

ステップ 2：斜面の傾斜角は、標準より急である。

ステップ 3：斜面の傾斜角度と高さから判断して、土圧は小さいと考えられるため、腹付盛土を並用した石積擁壁を選定した。

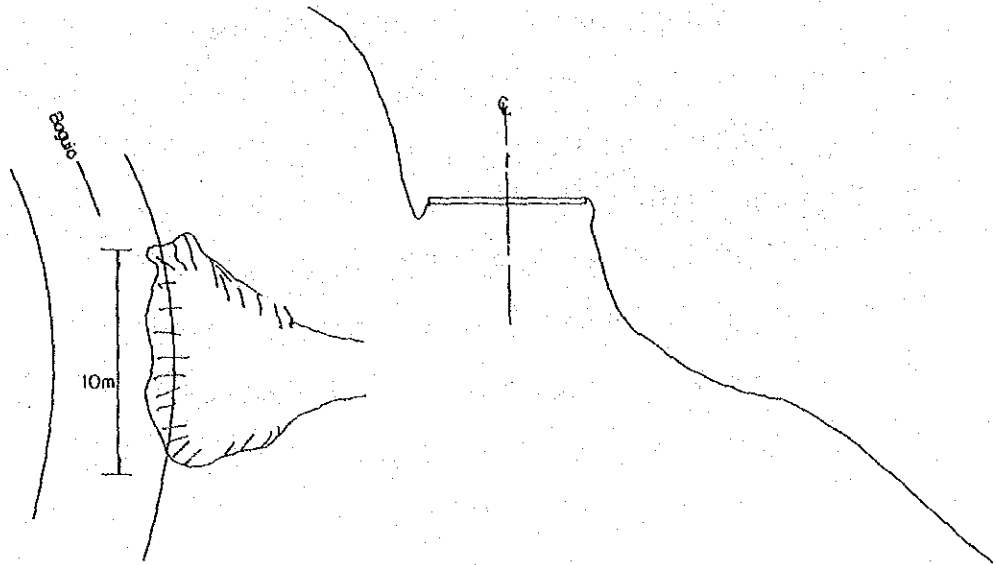
ステップ 4：地下水はない。

ステップ 5：表面水が観察されるため、小段排水路と側溝を計画した。

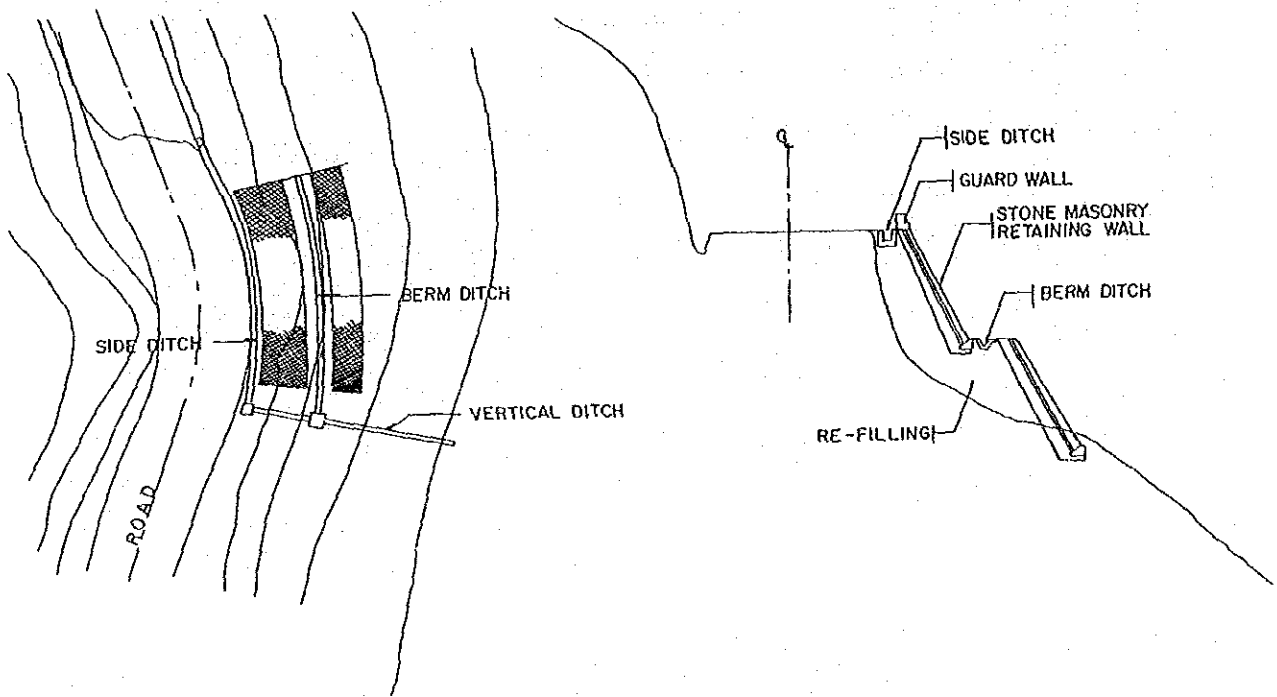
#### 選定した対策工

- 斜面の修復 …… 腹付盛土
- 斜面の保護 …… 石積擁壁
- 排水 …… 小段排水溝、側溝

( 図 6.4-3(b)参照 )



(a) Present Condition



(b) Proposed Countermeasures

FIGURE 6.4-3 CASE STUDY 2 EMBANKMENT SLOPE FAILURE  
SPOT NO. IN-8-5

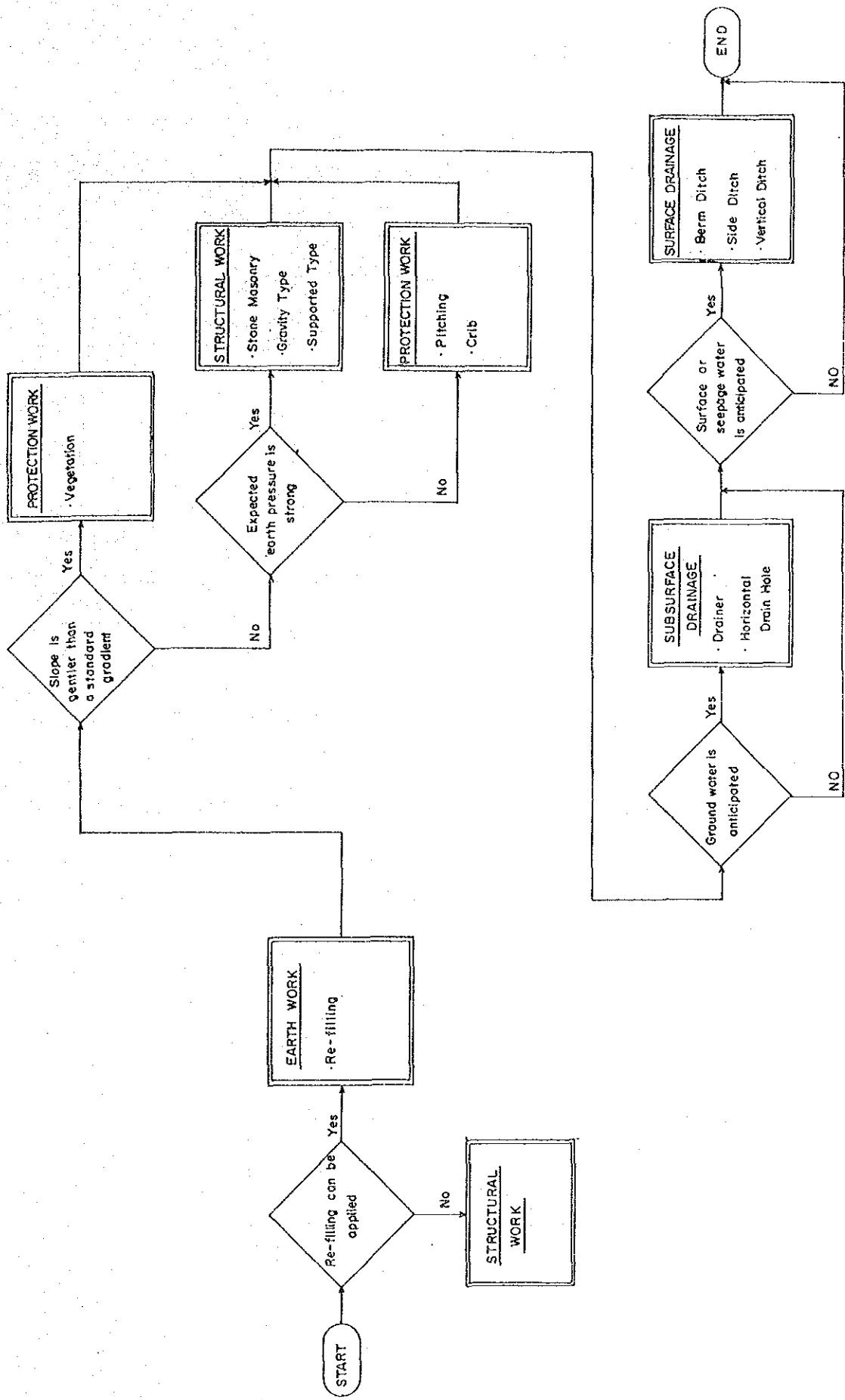


FIGURE 6.4-4 FLOW CHART FOR SELECTION OF COUNTERMEASURES OF EMBANKMENT SLOPE FAILURE

### 6.4.3 ケース・スタディー 3：落石

#### 1) 対象危険ヶ所

ケース・スタディー 3 では、アレンーカルパヨグ区間の km 703+800, VIII-21 を取り上げる。ここでは、コンクリート吹付工について述べる。これは、切土斜面崩壊及び落石に対する共通の対策工である。

地質の状況；

- ・ 砂岩
- ・ わずかに風化し、クラックもみられる。

水の状況；

- ・ 斜面後背地からの水が観察される。

#### 2) 崩壊の状況

この切土斜面は、高さが約 30 m で 100 m の間続いている。斜面の岩盤は、わずかに風化した砂岩で、クラックも見られる。落石の径は約 50 cm から 100 cm である。強雨が続き、土砂と共に岩が落ちた。(図 6.4-5(a)参照)

#### 3) 落石の原因

湧水及び浸食によって、岩盤との付着力が切れた岩石が落石となった。

#### 4) 対策工法

落石に対する対策工は、本報告書 6.3 節で示したように次の 6 工法に分類される。

- 排水工 — 表面排水工
- 斜面保護工
- 土工
- 固定工
- 待受け工
- ロック・シェド

対策工法選定の手順を図 6.4-6 のフローチャートに示す。

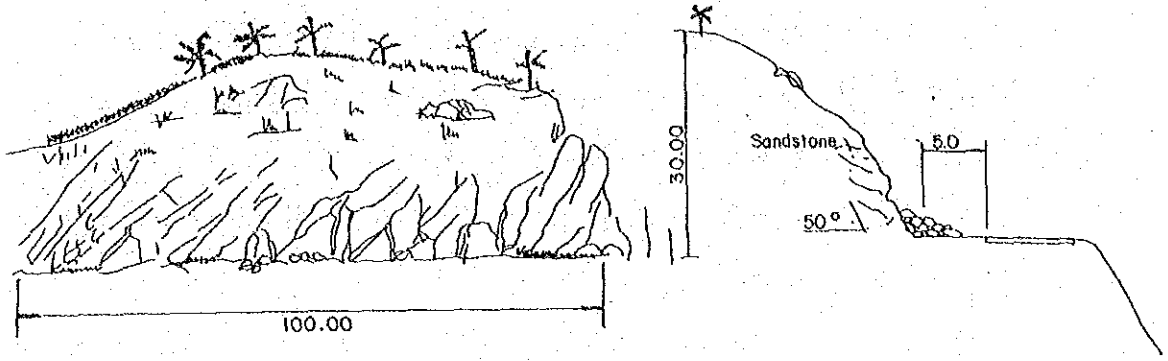
この対象危険ヶ所の最適対策工を図の手順に従って選定する上で、斜面の状況、地質、水の状況などを考慮し、次のように選定した。

### 対策工選定の流れ

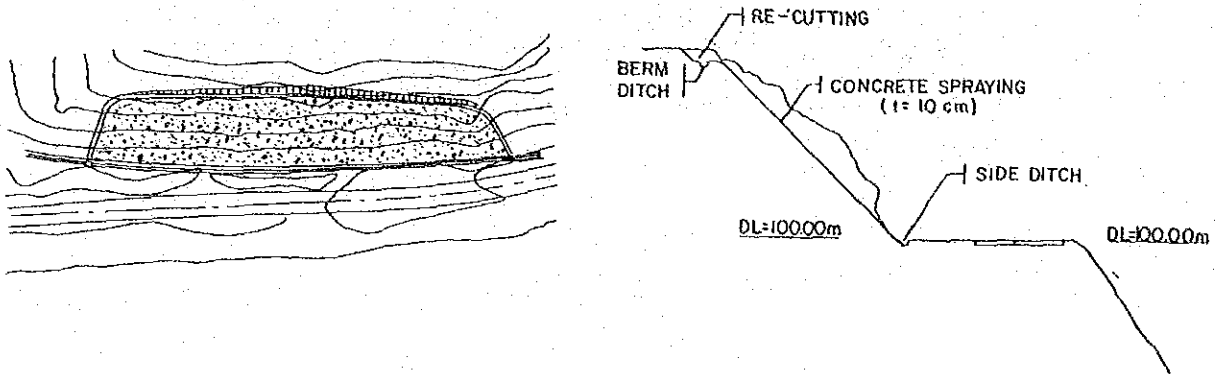
- ステップ1：斜面の反対側は、海であるため、回避工は不可能である。
- ステップ2：災害の影響域の広さ、斜面の大きさや斜面の角度などから判断して、斜面に対する対策工を施工できる。
- ステップ3：傾斜角50°と岩の種類から判断して斜面は安定している。
- ステップ4：斜面に浮石などはない。
- ステップ5：斜面表面は、浸食あるいは風化しているため、保護工が必要となる。各種の保護工の中で、植生は付かず、また石積や蛇籠は不経済となり、コンクリート吹付工を選定した。
- ステップ6：表面水あるいは湧水があるため、表面排水工として小段排水溝及び側溝を計画した。

### 選定した対策工

- 斜面の整形 …………… コンクリート吹付工を用いる場合は、斜面表面の凸凹を簡単に整形する必要がある。
- 斜面の保護 …………… コンクリート吹付工  
クラックは、あまり大きくないため、コンクリート厚は、10cmとした。
- 排水 …………… 小段排水溝、側溝



(a) Present Condition



(b) Proposed Countermeasures

FIGURE 6.4-5 CASE STUDY 3 FALL SPOT NO. VIII-21

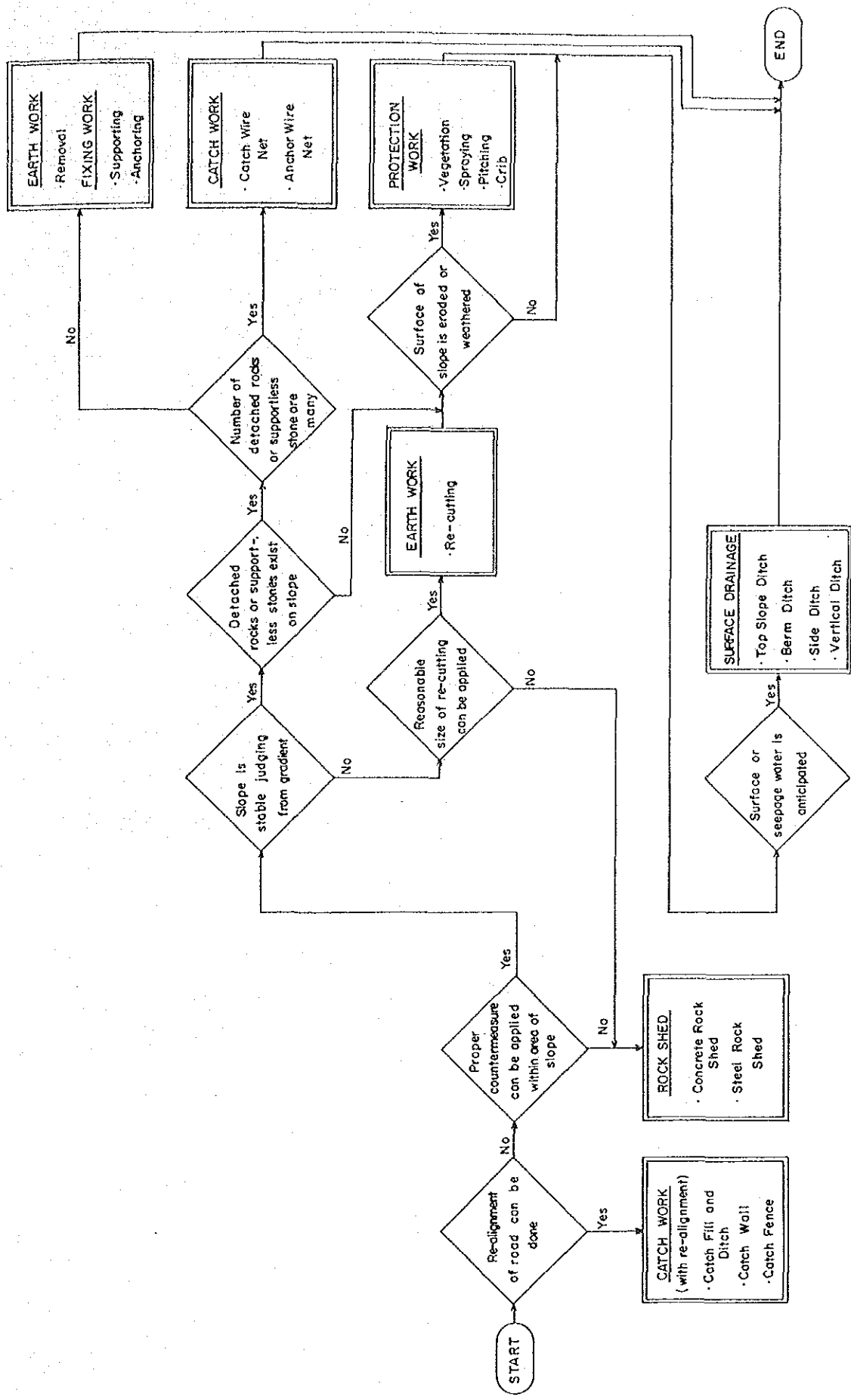


FIGURE 6.4-6 FLOW CHART FOR SELECTION OF COUNTERMEASURES OF FALL



#### 6.4.4 ケース・スタディー 4：落石

##### 1) 対象危険ヶ所

アレンーカルバヨグ区間の km 709+600, VIII-32 をケース・スタディー 4 で取り上げる。斜面は互層をなした岩で形成されている。斜面には、道路方向にクラックの入った所と、山側にクラックの入った所とがある。

この斜面を代表的な落石危険ヶ所例として取りあげる。

地質の状況；

- 砂岩と頁岩とが互層をなしている。
- やや風化している。クラックは発達している。
- 道路方向へクラックが走っている。

水の状況；

- 後背地からの水が観察される。

##### 2) 崩壊の状況

この切土斜面は、高さが約 20 m で幅は約 120 m ある。斜面は、砂岩と頁岩との互層で形成され、クラックが発達し、表面は風化している。斜面の北側の部分では、クラックは道路方向へ入っており、落石する岩石は平らなものが多い。一方、南側の部分では、クラックは山側へ走っており、落石する岩石は、かど立った四角いものが多い。

(図 6.4-7 参照)

##### 3) 落石の原因

一般的に互層では、雨水がやわらかい方の層に浸透し、クラックができ発達し、それが、やがて固い方の層にも進み、支持を失ない不安定となった岩片が落下する。

この対象危険ヶ所では、頁岩が薄く、やわらかい層であり、浸食されている。そして、砂岩が固い層であり落石となっている。

##### 4) 対策工法

ケース・スタディー 3 で用いたフローチャートを、ここでも使用した。

## 対策工選定の流れ

ステップ1：斜面と反対側に平らな用地があり、道路線形をずらすことができるため、回避工を選定した。

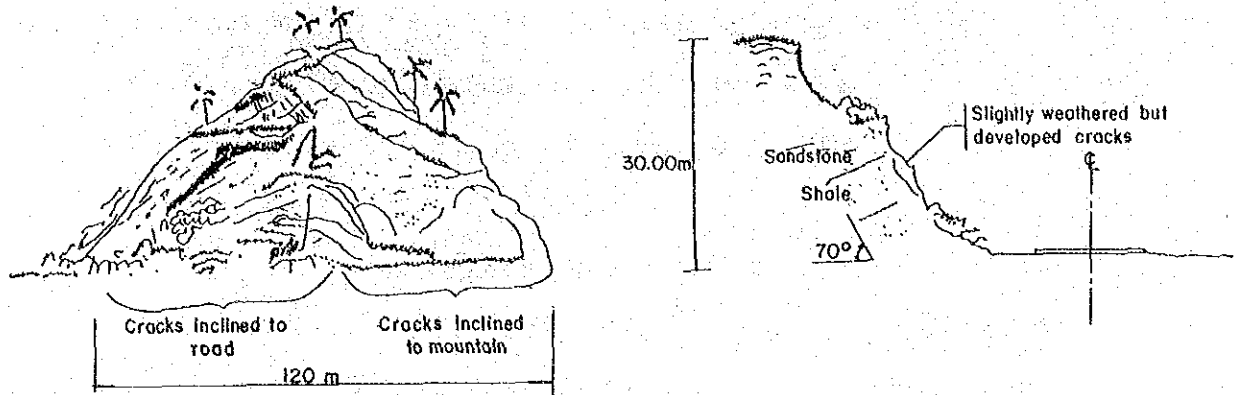
一般的に、回避工は他の対策工と比べて経済的であるとされている。資料編 6.4-1 に示した比較設計によると、ここの危険ヶ所における建設費は、次のようになる。

回 避 工 : 720,000 ペソ  
コンクリート吹付工 : 11,400,000 ペソ

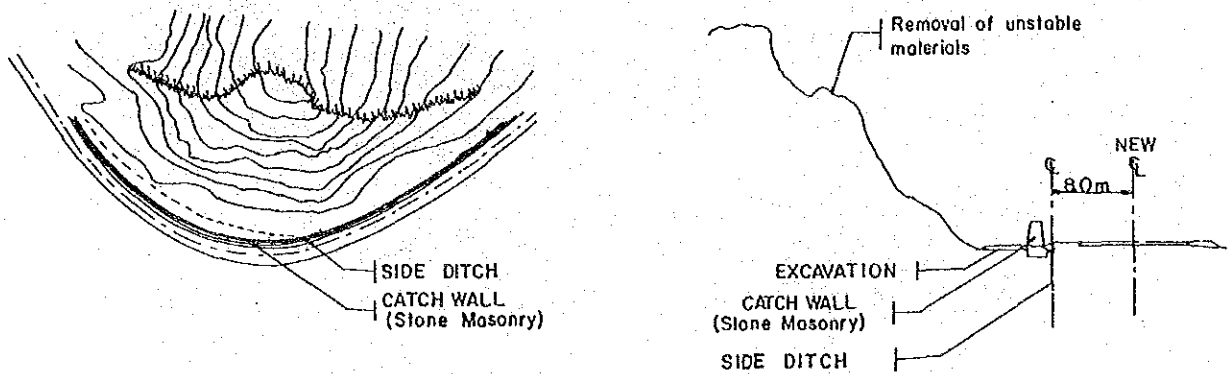
### 選定した対策工

- 斜面の整形 …………… 待受け工内に溜る岩などを取り除く維持・管理作業を極力少なくするために、あらかじめ斜面上で不安定となっている岩等を取り除く。
- 回 避 工 …………… 線形を 8 m ずらす。  
石積待受け工設置。
- 排 水 …………… 側溝（どのような斜面保護工を設けても、側溝は常に計画した）。

( 図 6.4-7(b)参照 )



(a) Present Condition



(b) Proposed Countermeasures

FIGURE 6.4-7 CASE STUDY 4 FALL SPOT NO. VIII-32



## 対策工選定の流れ

ステップ1：土工を採用する。

土工は、構造物工に比べて、実用的かつ経済的であるため、可能な場合は採用すべきである。

地形の状況から建設容易さを考慮して除去工を提案した。

ステップ2：地スベリを起こした場所には、岩盤が露出した所がある。地スベリを起こす前には、この露出した所はなかったと思われるが、除去工を施した後にも、そのまま残ることになる。

ステップ3：地下水は豊富ではなく、地下水位も高くないため、地下排水工は不要である。

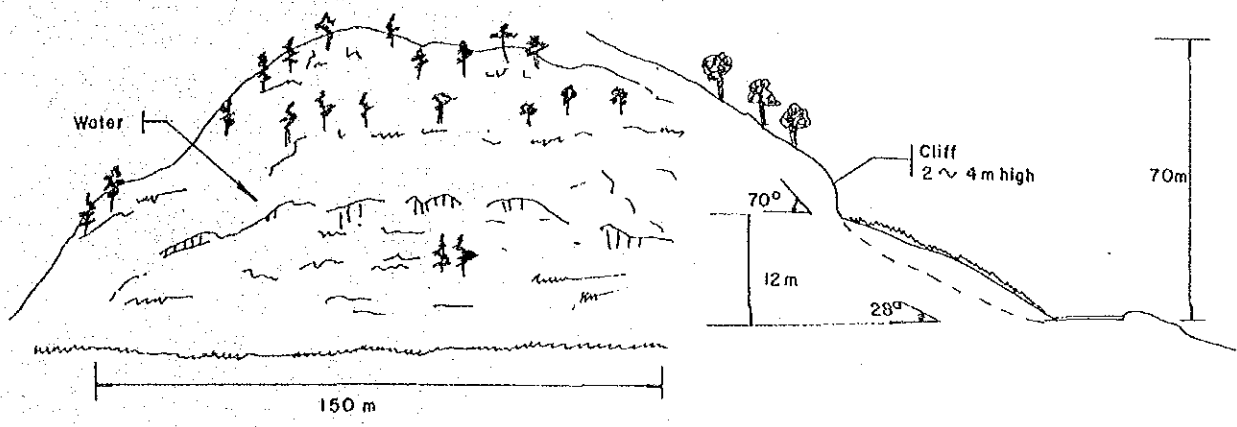
ステップ4：表面水が、滑った表土の中にしみ込んでいるため、のり肩排水溝、小段排水溝、側溝などの表面排水工が必要である。

特記事項：斜面の左側に水が集中するため、水路が必要である。この水の対策工として、石張り水路とパイプ・カルバートを計画した。

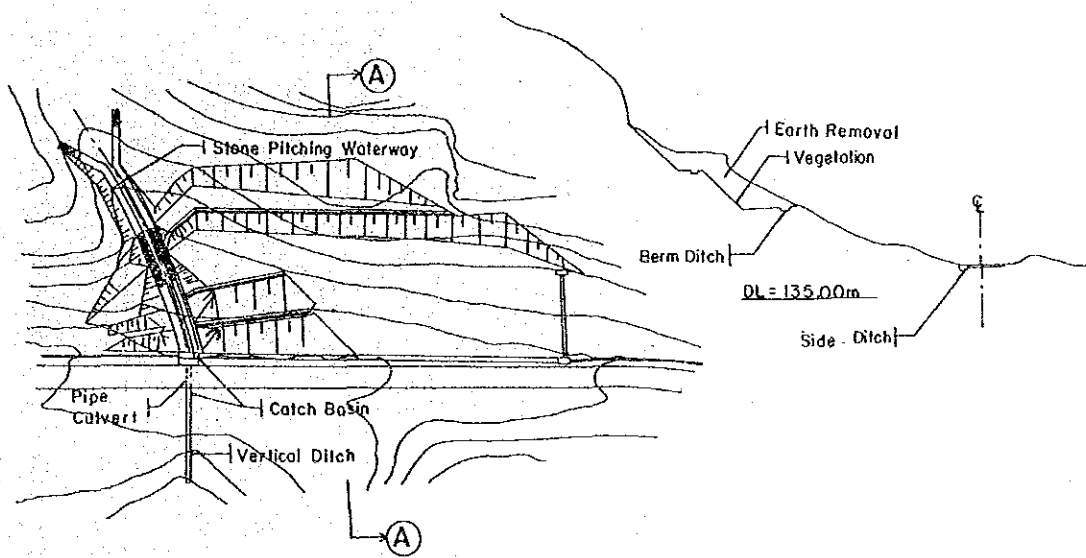
## 選定した対策工

- 対策工 …… 地スベリ塊上部の土の除去工
- 斜面の保護 …… 植生工
- 排水 …… のり肩排水溝、小段排水溝、側溝
- 水の処理 …… 石張り水路、パイプ・カルバート

(図4.6-8(b)参照)



(a) Present Condition



(b) Proposed Countermeasures

FIGURE 6.4-8 CASE STUDY 5 LANDSLIDE SPOT NO. IV-A-20

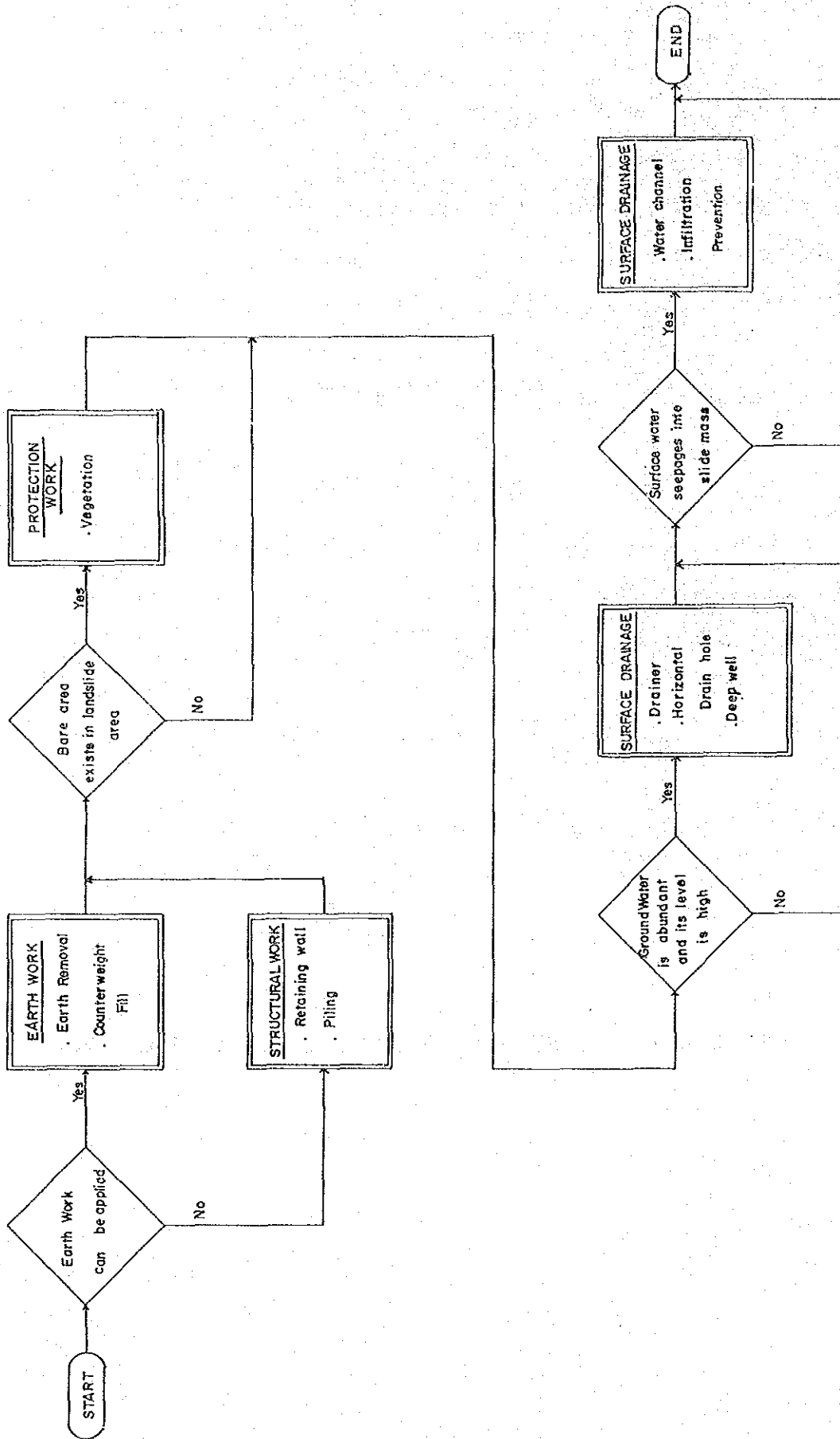


FIGURE 6.4-9 FLOW CHART FOR SELECTION OF COUNTERMEASURES OF LANDSLIDE

#### 6.4.6 ケース・スタディー 6：土石流

##### 1) 対象危険ヶ所

土石流に対する対策工選定のケース・スタディーとしてアレンーカルバヨグ区間の km 698 + 300, VIII-16 を取り上げる。

ここでは、より発生頻度の高い小規模土石流の対策工選定に関する基本事項についても述べる。

地質の状況；ゆるく締った沖積土

水の状況；後背地からこの小さな谷に水が集中している。

地下水位は高い。

道路沿いの切土斜面にみられる崩壊の対策工については、本ケース・スタディーには含まない。

##### 2) 崩壊の状況

1982年にこの危険ヶ所で発生した土石流は、道路を横切り、家屋を押し潰し、数人の死者を出したと記録されている。付近の住民によると小規模の土石流は、毎年発生している。崩壊したあとの斜面は、比較的安定しているが、丘のふもと付近で湧水が観察されることから、将来、小規模な土石流が発生しそうである。(図 6.4-10(a)参照)

##### 3) 土石流の原因

この危険ヶ所は、ゆるく締った沖積土で、地下水位は高く、地形的にも表面水が集まり易くなっている。

強雨が続くと土が飽和し土石流（正確には泥流）を起こす。

##### 4) 対策工法

土石流の対策工もまた、本報告書 6.3 節で次の 4 種類に分類されている。

- 山腹工
- 溪流工
- 砂防工
- 回避工

最適対策工の選定手順を図 6.4-11 のフロー・チャートに示す。図の手順に従って、最適対策工を選定する上で、傾面、溪流、水の状況など、次の点を考慮した。



### 対策工選定の流れ

ステップ1：ここに発生する土石流は、小規模なものであるので、合理的な規模の対策工法を適用すべきである。

ステップ2：山腹には、崩壊跡や土が露出した所がある。土石や泥は、そのような所から発生するので山腹工が必要である。ゆるく締った沖積土の斜面は、浸食が進んでいるため切直し工を採用した。切直し工を採用する場合には、植生工及び表面排水工が必要である。

ステップ3：地下水があり、その水位は高いので、地下水を排水し、水圧を低げるために、水平排水孔及び盲排水溝を計画した。

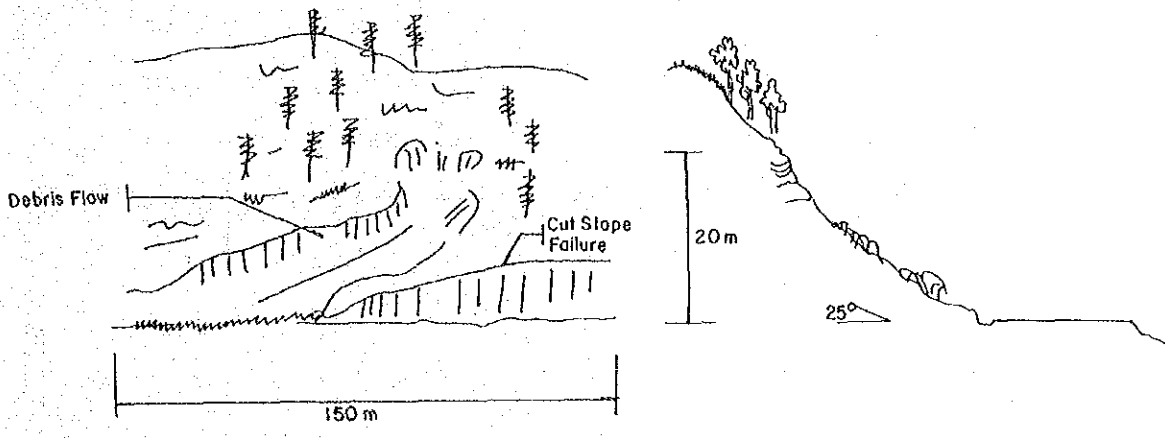
ステップ4：河床勾配は、それ程急ではなく、土石の噴出量も多量ではないため、砂防工事は不要であろう。

ステップ5：水の処理を行い、洪水時に付近へ水が流れ込むのを防ぐ必要があるので、石張り水路を計画した。

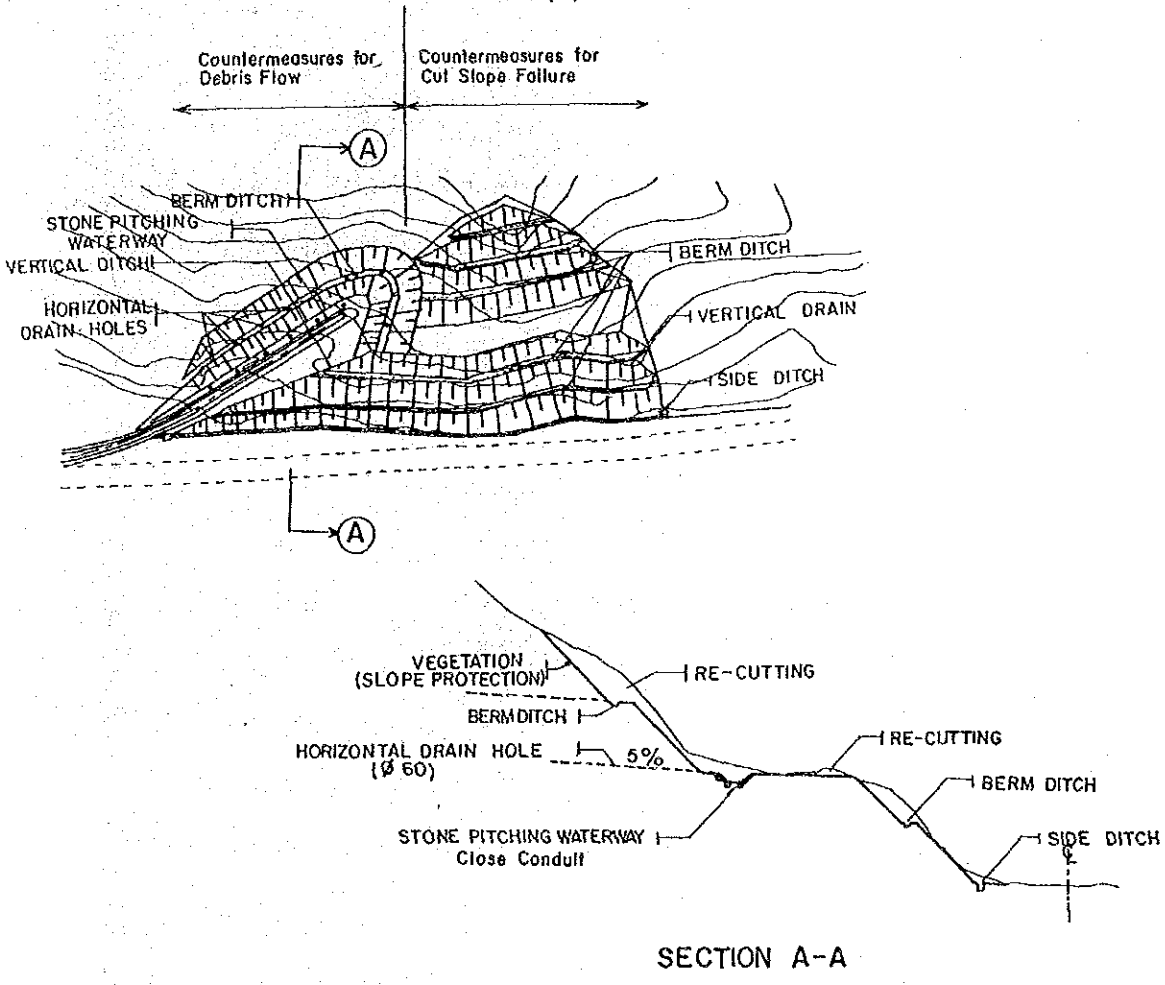
### 選定した対策工

- 山 腹 工 …………… 切直し工，植生工，表面排水工
- 山 腹 工（地下排水工）…………… 水平排水孔，盲排水溝
- 溪 流 工 …………… 石張り水路

（図 6.4 - 10(b)参照）



(a) Present Condition



(b) Proposed Countermeasures

FIGURE 6.4-10 CASE STUDY 6 DEBRIS FLOW SPOT NO. VIII-16

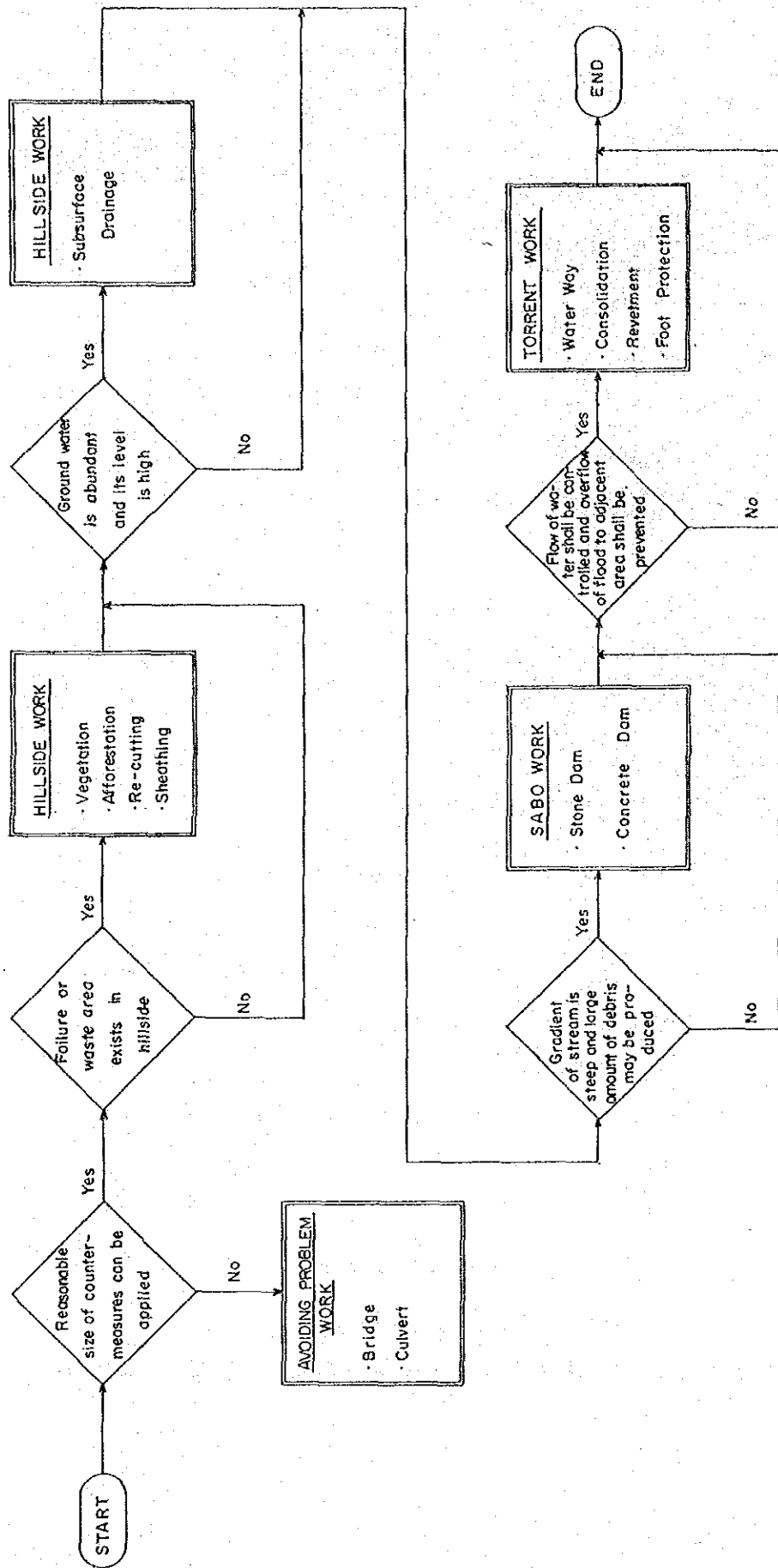


FIGURE 6.4-11 FLOW CHART FOR SELECTION OF COUNTERMEASURES OF DEBRIS FLOW

## 6.5 適用対策工

調査区間の各設計対象ヶ所に適用した主要対策工の数を、災害種類別に表 6.5-1 にまとめた。また、採用した主要及び二次的な対策工数を、災害種類別および調査区間別に表 6.5-2 に示す。一方、各設計対象ヶ所に適用した主要対策工と二次的な対策工について、表 6.5-3 にまとめてある。

斜面のスケッチ、地質及び水の状況、対策工選定の主要要因など、適用対策工の詳細データは、資料編 6.5-1 にまとめた。

### 1) 各調査対象区間の対策工

緊急に対策が必要な合計 36ヶ所の設計対象ヶ所のうち、ナギリアン道路に最も多い 15ヶ所があり、次いでアレンーカルバヨグ区間に 14ヶ所、そしてルセナーカラウァグ区間に 7ヶ所ある。

適用した対策工の数は、アレンーカルバヨグ区間が最も多く 51 であり、次いで、ナギリアン道路が多く 50 であった。ルセナーカラウァグ区間には、26 の対策工を適用した。ひとつの対象ヶ所に適用した対策工の数は、ルセナーカラウァグ区間で平均 3.9、アレンーカルバヨグ区間で平均 3.6、そしてナギリアン道路では平均 3.3 であった。このことは、他の 2 区間に比べてルセナーカラウァグ区間には、複数の対策工を組合せて採用するような比較的大規模な災害が多いことを示している。

各区間で計画された主な対策工は、ルセナーカラウァグ区間とアレンーカルバヨグ区間では回避工、ナギリアン道路では、石積工と覆式落石防止網であった。

対策工の中で、最も多く適用したのは表面排水工で 34ヶ所で採用している。これを災害種類別に分けると、落石危険ヶ所で 18ヶ所、切土斜面崩壊の危険ヶ所で 7ヶ所、盛土斜面崩壊の危険ヶ所で 6ヶ所、その他で 3ヶ所となっている。多くの斜面崩壊では、降雨時に表面水が斜面を浸食、洗掘することによって発生しているため、表面排水工が多くの場合、採用されている。

### 2) 切土斜面崩壊の対策工

全部で 7ヶ所ある切土斜面崩壊の設計対象ヶ所に対して適用した主要対策工は、切直し工と覆式落石防止網がそれぞれ 2ヶ所、回避工、植生工、石積擁壁工がそれぞれ 1ヶ所であった。

切土斜面崩壊に適用した各対策工の数（主要対策工及び二次的対策工の総数）は、表面排水工が最も多く 7ヶ所あり、次いで除去工及び切直し工の各 6ヶ所、そして、覆

式落石防止網と待受け工の各2ヶ所であった。このことは、ほとんどの切土斜面崩壊が、斜面の表面を流れる水に起因していることを示している。どんな対策工を採用しても、斜面上の不安定な岩石は取り除く必要があるので除去工も多く適用している。

3) 盛土斜面崩壊の対策工

腹付け盛土を行って石積擁壁を設ける工法が、8ヶ所の盛土斜面崩壊の設計対象ヶ所全てに主要対策工として採用されている。

また、他の表面排水工を設けない場合でも、側溝は常に計画した。雨水の処理が盛土崩壊にとって非常に重要だからである。

4) 落石の対策工

18ヶ所ある落石の設計対象ヶ所に計画した主要対策工は、回避工が7ヶ所、コンクリート吹付け工が5ヶ所、覆式落石防止網が4ヶ所、そして切直し工が2ヶ所となっている。

待受け擁壁を設けた回避工は、アレンーカルバヨグ区間で5ヶ所、ルセナーカラウァグ区間で2ヶ所（この他に切土斜面崩壊の対策工として1ヶ所）計画されている。

これらの場所は、地形が比較的平らであり、斜面の反対側の路肩の外に、現道の線形をずらすことができる程度のスペースがあった。回避工を採用する場合は常に、落石の被害が広がることを防ぐために待受け擁壁を計画した。

5) 地スベリの対策工

調査対象区間に地スベリの危険ヶ所は、1ヶ所あるのみであり、これに対する主要対策工として、土の除去工を適用し、他に表面排水工、石張り水路を計画した。

6) 土石流の対策工

土石流の主要対策工は、石張り水路と排水工である。本調査で設計の対象となったのは、中小規模の土石流であるため、これら2つの対策工が必然的に適用された。

TABLE 6.5-1 MAIN COUNTERMEASURES FOR EACH TYPE OF DISASTER

Type of Disaster \ Type of Countermeasure	Number of Design Spots	Removal	Re-cutting	Vegetation	Concrete Spraying t = 10 <sup>cm</sup>	Concrete Spraying t = 15 <sup>cm</sup>	Anchor Wire Net	Stone Masonry R. W.	Stone Pitching Waterway	Re-alignment	Total
Cut Slope Failure	7		2	1			2	1		1	7
Embankment Slope Failure	8							8			8
Fall	18		2		3	2	4			7	18
Landslide	1	1									1
Debris Flow	2								2		2
Total	36	1	4	1	3	2	6	9	2	8	36

TABLE 6.5-2 NUMBER OF APPLIED COUNTERMEASURES

SECTION	DISASTER		APPLIED COUNTERMEASURES														
	TYPE	SPOT NUMBER	EARTH WORK		DRAINAGE WORK		PROTECTION WORK		CATCH WORK		STRUCTURE WORK			TORRENT WORK		AVOIDING WORK	TOTAL
			REMOVAL/RE-CUTTING	RE-FILLING	SURFACE DRAIN	SUB-SURFACE DRAIN	VEGETATION	CONCRETE SPRAYING	ANCHOR WIRE NET	CATCH WALL	STONE MASONRY R.W.	GRAVITY TYPE R.W.	ANCHORING	STONE PITCHING WATER WAY	GABION F.P.	RE-ALIGNMENT	
LUCENA-CALAUAG SECTION	C-SF, DF	1	1	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	4
	E-SF, DF	1	-	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	3
	C-F	4	4	-	4	-	-	2	-	2	-	-	1	-	-	2	15
	L.S	1	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	4
	D.F	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	SUB-TOTAL	7	6	1	7	0	1	2	0	3	1	0	1	1	0	3	26
ALLEN-CALBAYOG SECTION	C-SF, DF	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
	E-SF, DF	2	-	2	-	-	-	-	-	2	1	-	-	1	-	-	6
	C-F	9	9	-	9	-	-	3	1	7	-	-	-	-	-	5	34
	L.S	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	D.F	2	2	-	2	1	1	-	-	1	-	-	-	2	-	-	9
	SUB-TOTAL	14	12	2	12	1	1	3	1	8	2	1	-	2	1	5	51
MAGULIAN ROAD	C-SF, DF	5	4	1	5	-	2	-	2	1	1	1	1	1	-	-	19
	E-SF, DF	5	-	5	5	-	-	-	-	-	5	1	-	-	-	-	16
	C-F	5	5	-	5	-	-	1	3	-	-	-	1	-	-	-	15
	L.S	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	D.F	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	SUB-TOTAL	15	9	6	15	0	2	1	5	1	6	2	2	1	0	0	50
TOTAL	C-SF, DF	7	6	1	7	-	2	-	2	2	1	1	1	1	-	1	25
	E-SF, DF	8	-	6	6	-	-	-	-	-	8	2	-	-	1	-	25
	C-F	18	10	-	18	-	-	6	4	9	-	-	2	-	-	7	64
	L.S	1	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	4
	D.F	2	2	-	2	1	1	-	-	1	-	-	-	2	-	-	9
	TOTAL	36	27	9	34	1	4	6	6	12	9	3	3	4	1	8	127

NOTE :

TYPE OF DISASTER

- C-S.F, D.F Cut slope surface failure, deep failure
- E-S.F, D.F Embankment slope surface failure, deep failure
- C-F Cut slope rock fall
- L.S Landslide
- D.F Debris flow
- R.W RETAINING WALL
- F.P FOOT PROTECTION

NOTE: ●; MAIN COUNTERMEASURE  
○; SECONDARY COUNTERMEASURE

TABLE 6.5-3 COUNTERMEASURES APPLIED TO EACH DISASTER SPOTS

SECTION	LUCENA-CALAUAG SECTION										ALLEN-CALBAYOG SECTION										MAGUILIAN ROAD																			
	I A-6	I A-7	I A-8	I A-15	I A-17	I A-18	I A-20	VIII-6	VIII-13-1	VIII-16	VIII-18	VIII-21	VIII-27	VIII-28	VIII-29	VIII-30	VIII-31	VIII-32	VIII-33	VIII-36	VIII-37	I N-2	I N-4-1	I N-4-4	I N-4-5	I N-5	I N-7	I N-8-4	I N-8-5	I N-10	I N-12	I N-13	I N-14	I N-15	I N-15-1	I N-16				
SPOT NUMBER	153+900	154+100	155+100	157+600	158+500	158+900	160+800	686+900	694+700	698+300	701+200	703+800	705+200	705+600	708+200	708+600	708+650	709+600	717+700	718+100	718+500	276+550	281+500	286+600	287+800	288+300	288+700	291+000	291+050	293+500	294+100	294+400	294+600	294+600	294+600	294+800	298+200			
KM																																								
TYPE OF DISASTER																																								
TYPE OF COUNTERMEASURE	C-F	C-F	E-D.F	C-F	C-D.F	C-F	L.S	C-F	E-D.F	D.F	E-D.F	C-F	C-F	C-F	C-F	C-F	C-F	C-F	C-S.F	D.F	C-F	E-D.F	C-D.F	E-D.F	E-D.F	E-D.F	C-F	C-F	C-S.F	E-D.F	C-F	C-F	C(N)-S.F	E-D.F	C(N)-F	C(N)-S.F	C-S.F			
TYPE OF COUNTERMEASURE	Removal/ Re-cutting	Re-filling	Top Slope Ditch	Berm Ditch	Vertical Ditch	Side Ditch	Close Conduit Ditch	Horizontal Drain Hole	Seed Mud Spraying	Concrete Spraying (1=10 cm)	Concrete Spraying (1=15 cm)	Catch Wall	Anchor Wire Net	Stone Masonry Retaining Wall	Gravity Type Retaining Wall	Rock Bolt	Stone Pitching Water Way	Gobion Foot Protection	Re-alignment																					
EARTH WORK																																								
SURFACE DRAINAGE																																								
SUB-SURFACE DRAINAGE																																								
VEGETATION																																								
SPRAYING																																								
CATCH WORK																																								
RETAINING WALL																																								
ANCHORING																																								
WATERWAY																																								
PROTECTION																																								
AVOIDING WORK																																								
TOTAL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	





## 第7章 対策工の概略設計

	PAGE
7.1 測量・土質調査 .....	191
7.1.1 測量 .....	191
7.1.2 土質調査 .....	192
7.2 概略設計 .....	194
7.2.1 地表排水工 .....	194
7.2.2 地下排水工 .....	195
7.2.3 除去工 .....	196
7.2.4 切直し工 .....	197
7.2.5 種吹付工 .....	199
7.2.6 コンクリート吹付工 .....	200
7.2.7 擁壁工 .....	201
7.2.8 アンカー工 .....	202
7.2.9 腹付け盛土工 .....	203
7.2.10 落石防止柵 .....	204
7.2.11 覆式落石防止網 .....	205
7.2.12 地スベリに対する除去工 .....	205
7.2.13 水路工 .....	208
7.2.14 パイプカルバート .....	209
7.2.15 回避工 .....	209



## 第 7 章 対策工の概略設計

### 7.1 測量・土質調査

#### 7.1.1 測量

必要な危険ヶ所において次の測量を実施した。

- 一 既存道路の中心線測量及び縦断測量
- 一 対策工設計のための横断測量及び地形図作成

実施した測量の概要を表 7.1-1 に示す。

**TABLE 7.1-1 VOLUME OF SURVEYS**

ITEM	Section			Total
	Lucena-Calauag	Allen-Calbayog	Naguillian Road	
Traverse and Profile Surveys	16 km	25 km	26 km	67 km
Cross-sectional surveys and topography	4 spots (16 sections)	11 spots (39 sections)	9 spots (15 sections)	24 spots

中心線測量及び縦断測量は、対象危険ヶ所があるにもかかわらず道路線形のデータが欠除している区間についてのみ実施した。調査対象区間の総延長と測量の実施延長を表 7.1-2 において比較した。

**TABLE 7.1-2 LENGTH OF CONDUCTED SURVEYS**

Section	Total Section Length (km)	Length of Surveys Conducted (km)
Lucena-Calauag (M-10)	95.723	16.00
Allen-Calbayog (M-16)	72.936	25.00
Naguillian Road (M-3)	47.225	26.00

測定の精度は、次の通りである。

平面線形測量； 1/10,000

縦断測量；  $\pm 6 \text{ cm} \sqrt{S}$

( S は、水準長 km )

縦断線形図は、縦 1 : 200、横 1 : 2000 の縮尺で作成した。各災害危険ヶ所に 45 の仮設ベンチ・マークを設置した。

災害危険ヶ所の横断測量は、原則として 50 m 間隔で実施し、地形が複雑な所では 20 m 間隔とした。地形図は、5 m 間隔の等高線で表示した。横断図及び地形図の縮尺は、それぞれ 1 : 200 及び 1 : 500 とした。

横断測量及び地形図の作成は、大規模な災害危険ヶ所や代表的な災害危険ヶ所に限定し、他の危険ヶ所については、既存の地図や現地調査時に作成したスケッチを利用した。災害危険ヶ所の総数と測量を実施した危険ヶ所数を表 7.1-3 に示す。

TABLE 7.1-3 NUMBER OF DESIGN SPOTS AND SURVEY SPOTS

Section	Total Number of Spots	Number of Surveyed Spots	Number of Spots Designed Based on Sketch
Lucena-Calauag (M-10)	7	5	2
Allen-Calbayog (M-16)	14	12	2
Naguillian Road (B-3)	15	12	3
Total	36	29	7

#### 7.1.2 土質調査

災害の調査では、一般的に次のような土質調査が行われる。

- 踏査により、地形、地層及び岩の種類、斜面の保護状況、湧水、崩壊の形状などの調査記録作成。
- 崩壊、地スベリのスベリ面の推定及び地下水の状況を調べるためのサウンディングとボーリング。

— 地スベリに対しては、地スベリ計による地盤変動測定。

これらの調査結果を総合的に判断して対策工を設計する。

本調査では、次の調査を行った。

— 災害の現況と原因と思われる項目をスケッチを付して記入したチェック・テーブルの作成。（資料編 7.1-2 参照）

— 大規模な切土斜面崩壊、盛土斜面崩壊及び地スベリの危険ヶ所におけるスベリ面推定及び地下水の状況の調査。詳細は表 7.1-4 参照。

**TABLE 7.1-4 QUANTITIES OF GEO-TECHNICAL SURVEY CONDUCTED FOR INVESTIGATION OF SLIDING PLANE AND GROUNDWATER**

Spots	Km. Post	Kind of Disaster	Quantities Conducted Boring	Remarks
IVA-17	158 + 500	C-D.F	2 Holes 20 m	Lucena-Calauag
IVa-20	160 + 800	L.S.	3 Holes 60 m	-do-
IN-4-1	281 + 500	C-D.F	2 Holes 20 m	Naguilian Road
IN-4-4	286 + 600	E-D.F	1 Hole 10 m	-do-
IN-8-5	291 — 050	E-D.F.	1 Hole 10 m	-do-
<b>Total</b>			<b>9 Holes 120 m</b>	

ボーリング調査では、土砂層では標準貫入試験を行い、岩部ではコアを採取した。

また、地下水位の測定も行った。

## 7.2 概略設計

道路災害に対する対策工設計のための設計基準を含んだ基本的でかつ一般的手法は、ステージ I 調査の手引書編にわかりやすく記述してある。

本章では重複を避けるため、本調査での災害地点の特色から、適切と思われた対策工について一般論でなく具体的手法を記述しようと試みた。

又、本調査で設計した対策工は、図面集に載せてある。

### 7.2.1 地表排水工

地表排水工としての、のり肩排水溝・小段排水溝・縦排水溝・側溝の断面は次の手順によって決定した。

- 設計確率降雨年は、2年とする。
- 流量の計算は、次の合理式によった。

$$Q = \frac{1}{3.6 \times 10^6} \cdot C \cdot I \cdot A$$

ここに

$Q$  = 流出量 ( $m^3/sec$ )

$C$  = 流出係数

$I$  = 到達時間内の降雨強度 ( $mm/h$ )

$A$  = 集水面積 ( $m^2$ )

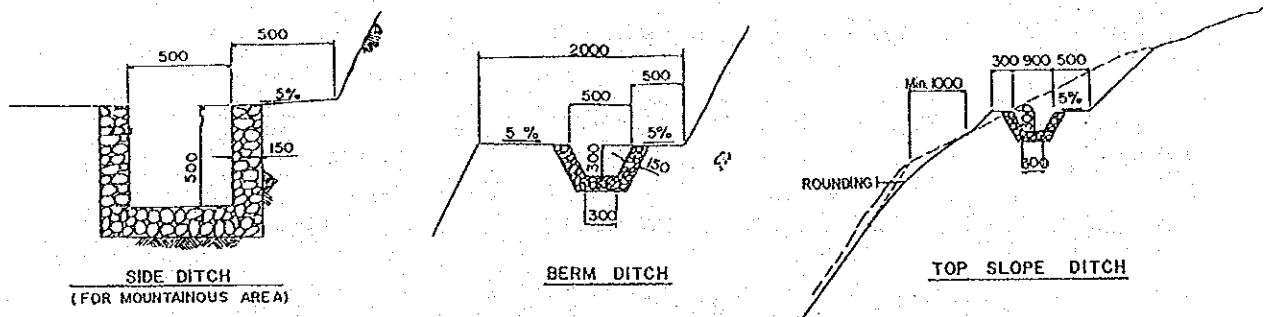


FIGURE 7.2-1 SURFACE DRAINAGE

上式の中の流出係数は次の値とした。

舗装道路面	0.80
路肩, 人工斜面	0.70
勾配の急な山地	0.50
勾配のゆるい山地	0.30

到達時間は一律に, 平均 10 分とした。

一 水路の断面は, 次のマイニング式によって求めた。

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \times i^{1/2}$$

V = 平均流速 (m/sec)

R =  $\frac{A}{P}$  : 径深 (m) (A : 通水面積, P : 潤辺長)

i = 水面勾配

n = 粗度係数 (sec/n<sup>1/3</sup>)

粗度係数の値は, 粗石, 練積の溝とし, 0.02 を使用した。

一 のり肩排水溝, 小段排水溝は, 計算断面に対して 20% の余裕を取って, 断面を決めた。

排水溝の種類には, 素堀, ソイルセメント, プレキャストコンクリート, 現場打ちコンクリート, 練石積など各種ある。このうち, 素堀, ソイルセメントの溝はあくまで暫定的なもので永久構造物とは考えられず, フィリピンの過酷な気象条件, 特に高い降雨強度からすると耐久性に問題がある。また, プレキャストコンクリート溝はフィリピンでは生産されてない。以上の理由から, これらの適用はさげ, フィリピンの在来工法である練石積の溝を代表工種として選定した。

## 7.2.2 地下排水工

### 1) 盲溝

盲溝の構造断面は, 浸透水の流れや流量から決定される。一般には掘削した溝の中に, 砂利, ジャかご, 多孔質コンクリート管などを敷設する。また底部には漏水防止のためにビニールを敷いたり, コンクリートを打設することがある。

本調査では, 図 7.2-2 に示した, ジャかごづめの盲溝を適用した。



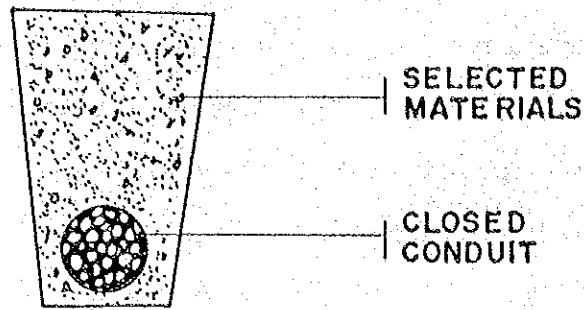


FIGURE 7.2-2 CLOSED CONDUIT

2) 水平排水孔

水平排水孔を，アレンーカルバヨグ区間のⅧ-16における土石流の対策工として選定した。本調査において適用した水平排水孔は，次の仕様によった。

- 排水孔は孔径 66mm のボーリングで掘進する。
- 掘進後の孔には硬質塩化ビニール管を保孔管，集排水管として挿入する。
- 排水孔は上向き 5° に掘進し，すべり面を越えて約 10m 滞水層の中に入れる。
- 排水工のすべり面位置における間隔は，10m を標準とする。

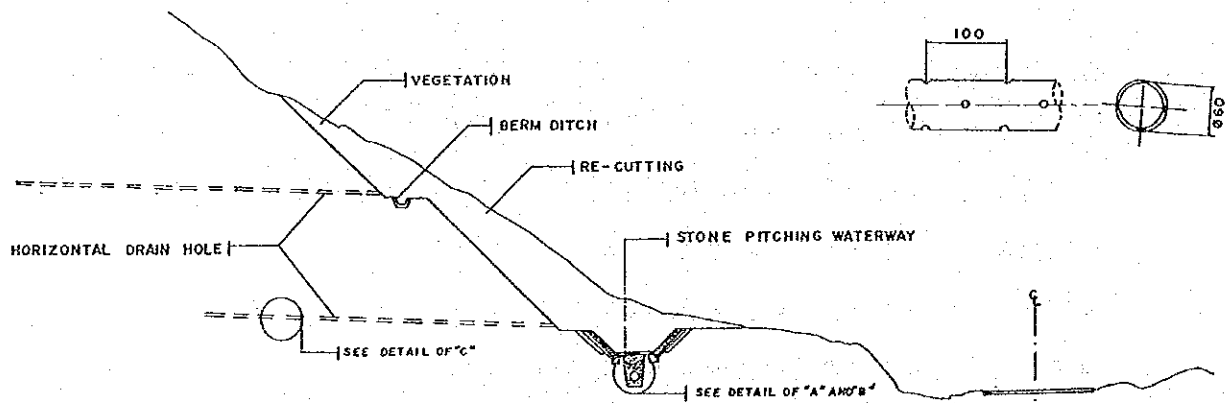


FIGURE 7.2-3 HORIZONTAL DRAIN HOLE

7.2.3 除去工

斜面上に存在する不安定土塊，浮石，転石を除去する工法である。重機は使用できず，人力が主体となる。除去の量は大量ではないので，防護施設の必要はなく，交通規制で施工中の交通は，処理できると思われる。

除去土の数量は，次のように算定した。

- 除去すべき不安定土塊、浮石、転石は部分的に存在するので、測量横断図からは算定できず、現場の観測によって概略の数量を推定した。
- 土砂、軟岩、硬岩に仕分けした。

#### 7.2.4 切直し工

切直し工は、その目的によって2種類に分けられる。ひとつは、他の斜面保護工を施工する前に斜面の表面を整形する目的で行なわれるものであり、もうひとつは、現況斜面を安定勾配まで切直す最も基礎的な対策工である。

本調査においては、基礎的な対策工としての切直し工は次の要領で設計した。

既存ののり面が急勾配で、不安定な場合には安定した勾配に切り直す必要がある。切土斜面の安定は、自然地盤が複雑かつ不均一であるため、安定計算によって検討することは困難である。したがって、安定勾配は過去の工事の経験から定められた標準勾配を参照し、現地の地形、地質の状況を検討して定めるのが一般である。

切土斜面には一般に小段が設けられる。小段の効用は、a) 斜面の平均勾配をゆるくして安定を計る。b) 斜面を流下する表面水の流速を減じ、浸食、洗掘を防ぐことにある。小段は斜面の途中、高さ5.0～10.0mごとに、巾1.0～2.0mのものを設けるのが標準である。ただし、異なる土層がある場合は、その境界に設けることが望ましい。しかしながら、斜面が硬質の岩の場合は、浸食や洗掘を受けないので小段は設けない。

本調査においては、表7.2-1に示す規準で切直しを計画した。また、標準断面を図7.2-4に示す。

TABLE 7.2-1 STANDARD OF RE-CUTTING

	Kind of Rocks		
	Soil	Soft Rock	Hard Rock
Gradient	1.0:1	0.8:1	0.5:1
Location of Berm	every 7.0 <sup>m</sup>	every 10.0 <sup>m</sup>	
Width of Berm	2.0 <sup>m</sup>	2.0 <sup>m</sup>	

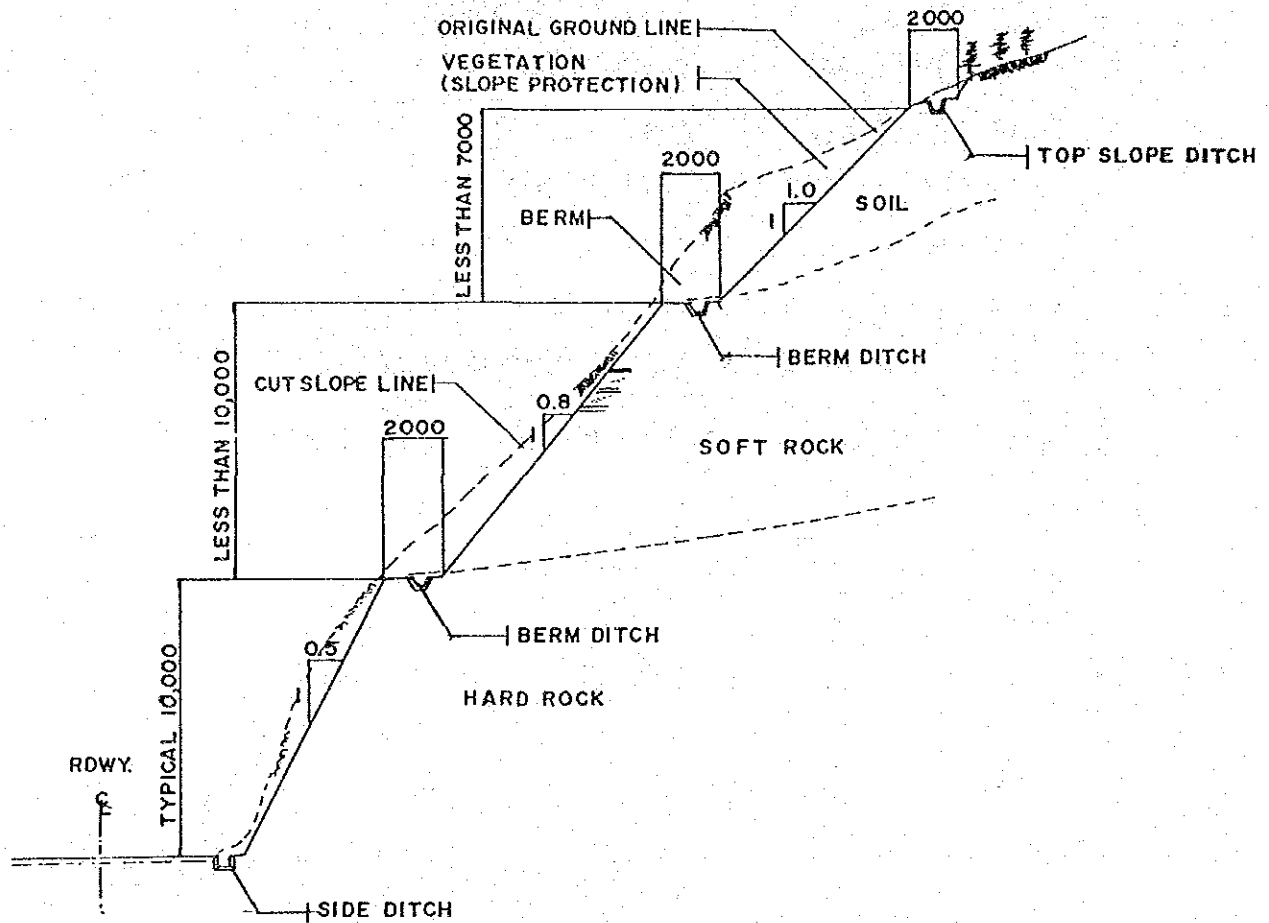


FIGURE 7.2-4 TYPICAL CROSS SECTION FOR CUT SLOPE

上記に示すように、硬岩の斜面は浸食、洗掘のおそれは少ないので小段は設けなかった。一方、土砂、軟岩の斜面では、フィリピンの強い降雨を考慮し、一率2.0mの小段を設けた。

切直しの施工は掘削巾が狭いので、重機の使用は不可能と判断し、人力を主体と考えた。切直しは掘削量が大量となるので、工事中の交通の安全な確保が困難となる。

前述したように、適当な工事中の防護工はないので、夜間作業とし交通規制によることとした。

切直し工の数量は測量横断面をもとに算定し、土砂、軟岩、硬岩に区分した。

### 7.2.5 種吹付工

種吹付工は、種子、肥料、土に水を加えた泥状の混合物をポンプあるいはエヤコンプレッサーと組合せたガンによって、斜面に吹付ける工法である。本調査における仕様は次のとおりである。

- 土の使用量は  $0.01 \text{ m}^3/\text{m}^2$  とする。
- フィリピンにおいては、種吹付工の経験がなく適した草種も解らず、種吹付工用の種子も生産されていない。したがって本調査では、暫定的に日本で使用されているもののうち夏草に属するウイピングラブグラスを使用することにした。今後試験施工などによって、ローカルな条件に適した草種を選定することが必要となる。
- 被膜養生には、カチオン系アスファルト乳剤の2倍液を使用。  $1 \text{ l}/\text{m}^2$  の割合で散布する。

図 7.2-5 に種子吹付工説明図を示す。

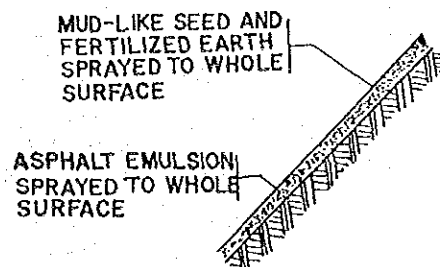


FIGURE 7.2-5 SEED MUD SPRAYING

## 7.2.6 コンクリート吹付工

風化の進んだ、あるいは風化し易い岩の斜面にコンクリートガンでコンクリートを吹付け、風化の進行と表面水の流下による表面の浸食、洗掘を防止する工法である。土砂の斜面や湧水のある斜面には、密着が悪くはく離する恐れがあるので、一般には適用しない。

吹付け厚さは、斜面の勾配、岩盤の風化の度合、割れ目の状態などを判断して決めるが、標準的な厚さは10～15cmである。本調査に適用したコンクリート吹付工の様子は、次のとおりである。

- コンクリートの配合は、1：3：2（セメント、砂、砂利）とし、水、セメント比は45%とした。
- 風化の激しい岩、やや大きめの岩塊のはく離および多量の表面水の流下が懸念される斜面には鉄筋網を設置した15cm厚の吹付けを適用、その他は金網を設置した10cm厚とした。
- 湧水のある斜面への適用はさけたが、水抜工は用心のため標準の最大値2㎡に1ヶ所とした。

コンクリート吹付工を適用する場合は、常に斜面上の不安定な岩石や土砂を除去するための整形工事を計画した。コンクリートを吹付ける前に、高圧水か圧縮空気を吹付けて斜面表面の碎片やゴミを除去する。

図7.2-6にコンクリート吹付工の説明図を示す。

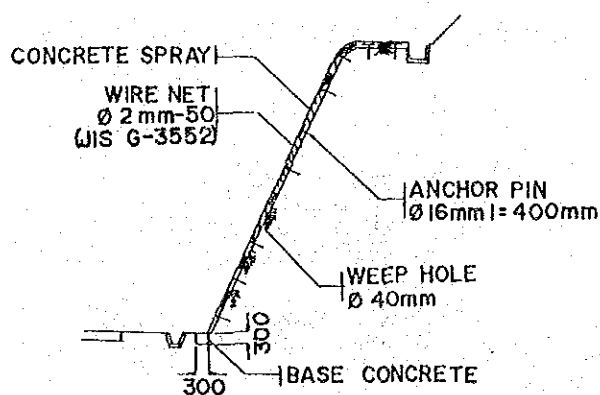


FIGURE 7.2-6 CONCRETE SPRAYING

7.2.7 擁壁工

擁壁工として適用したものは、石積と重力式擁壁である。

説明図を図 7.2-7 に示す。じゃかごは、擁壁基礎の洗掘防止として適用した。

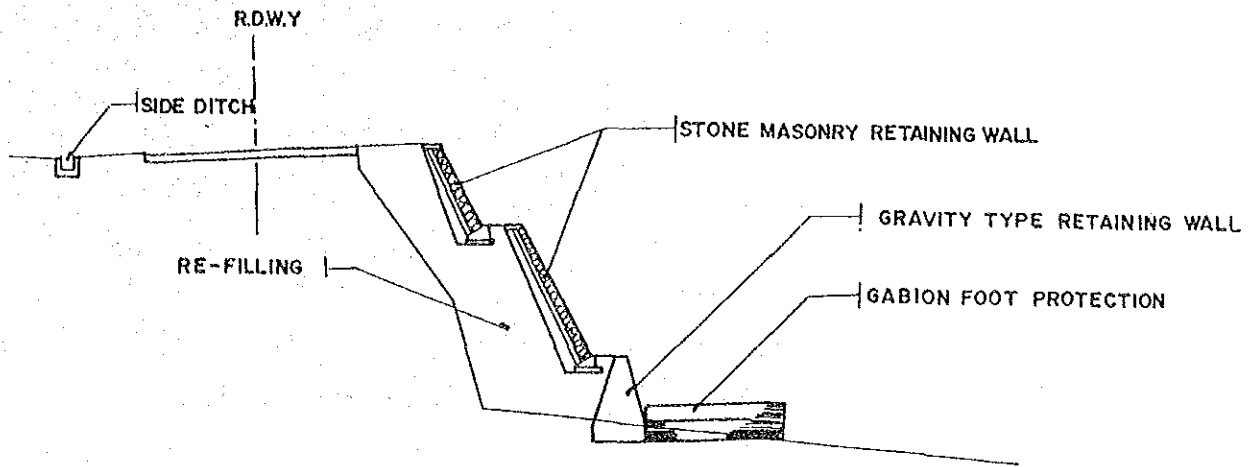


FIGURE 7.2-7 RETAINING WALLS

石積は従来からフィリピンで使用されているリップ・ラップを日本の石積を参考として改良し、標準の構造を盛土用と切土用に分けて作成した。標準図を「図面集」に示す。

この図に示されている石積の高さと石積の必要寸法との関係は、日本における使用経験から定められている数値である。

重力式擁壁は、表 7.2-2 に示す安定条件で設定された。

TABLE 7.2-2 DESIGN CONDITION

	Normal Case	Earthquake Case
Safety Factor for sliding	$> 1.5$	$> 1.5$
Stability for Overturning	$e \leq B/6$	$e \leq B/3$
Safety Factor for Bearing Capacity	$> 3.0$	$> 2.0$

### 7.2.8 アンカー工

アンカー工は岩の斜面において、岩盤に節理、きれつなどがあり、崩落またははく落するおそれがある場合、不安定な岩盤を直接緊結して崩落、はく落を防止する目的で計画される。

はく落防止のため、不安定な岩石を直接固定した例を図 7.2-8 に示す。

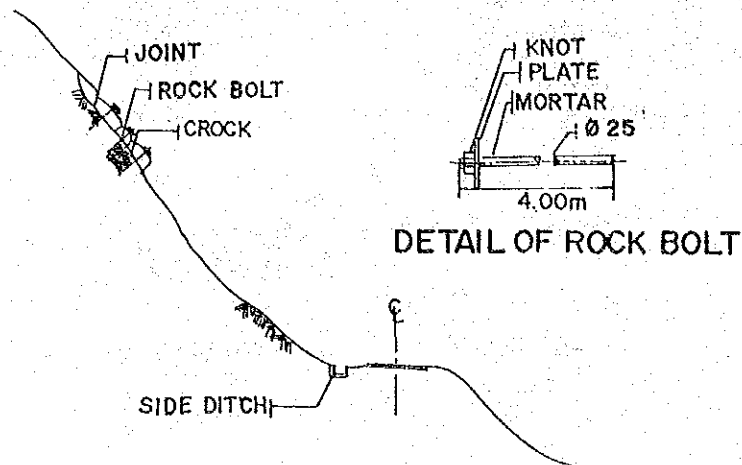


FIGURE 7.2-8 ANCHORING

アンカーの計算は、次の手順によった。

- アンカーにかかる外力は、くさび形すべり面を想定して計算。
- アンカーと地盤との付着部分の極限引張り抵抗力は、次式によって算定。

$$T = \pi D (\ell - \ell_1) \tau$$

T : アンカーの極限引張抵抗力 (kg)

D : アンカー体の直径 (cm)

$\ell$  : アンカー全長 (cm)

$\ell_1$  : 非定着長 (cm)

$\tau$  : アンカー体と地盤との間の引抜きせん断抵抗 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

- $\tau$  は、硬岩で  $20 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 、風化岩で  $10 \text{ kg}/\text{cm}^2$  とした。
- アンカー長の安全率は、3.0 とし次式より求めた。

$$\ell - \ell_1 = \frac{F_s \cdot T}{\pi \cdot D \cdot \tau}$$

本調査では、接着式のロックボルトを採用した。

### 7.2.9 腹付け盛土工

腹付け盛土工は、その目的によって2種類に分けられる。ひとつは、基本的な対策工として安定した盛土斜面を造成するものであり、もうひとつは、擁壁などの構造物による斜面保護工の裏込めとして所われるものである。

本調査では、基本的な対策工としての腹付け盛土工を次の要領で設計した。

既存の盛土勾配が急なヶ所あるいは盛土斜面が崩壊しているヶ所では、腹付け盛土工を適用した。盛土の安定勾配は、切土の場合と違って安定計算によって定めることができるが、一般には表 7.2-3 に示すような経験にもとづいて定められた標準勾配を適用する。

**TABLE 7.2-3 STANDARD GRADIENT OF EMBANKMENT SLOPES**

Filling Materials	Height of Fill (m)	Gradient
Sand with well grading, gravel and sand mixed with gravel	Less than 5 m.	1.5:1 to 1.8:1
	5 to 15 m.	1.8:1 to 2.0:1
Sand with poor grading	Less than 10 m.	1.8:1 to 2.0:1
Rock masses (including muck)	Less than 10 m.	1.5:1 to 1.8:1
	10 to 20 m.	1.8:1 to 2.0:1
Sandy soil, hard clayey soil, hard clay (hard clayey soils and clay of alluvium)	Less than 5 m.	1.5:1 to 1.8:1
	5 to 10 m.	1.8:1 to 2.0:1
Soft clayey soil	Less than 5 m.	1.8:1 to 2.0:1

切土斜面と同様、盛土斜面に対しても小段が設けられる。その効用は、a) 斜面の平均勾配をゆるくし、安定を計る。b) 斜面を流下する表面水の流速を減じ、浸食、洗掘を防ぐことにある。小段の間は 1.0~2.0 m で高さ 5~7 m ごとに設置するのが普通である。



しかしながら、盛土斜面の勾配が急であったため、本調査においては、この方法は最終的に適用しなかった。代わりに、石積擁壁の裏込めとして腹付け盛土工を採用した。腹付け盛土工の例を図 7.2-9 に載せる。

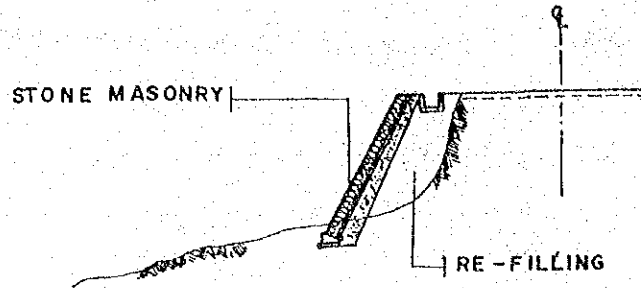


FIGURE 7.2-9 RE-FILLING

#### 7.2.10 落石防止柵

落石防止柵は、ワイヤロープ、金網、支柱で構成された柵で、発生した落石が道路に及ばないようにする目的で計画される。落石防止柵には、いくつかの市販の標準タイプのもがあり、落石のエネルギー、落石の跳躍高等を計算して、このなかから適当な規格のものを選定する。代表的なものを図集に示した。

現場の状況から、落石の跳躍高は 2.5 m 以上と思われ、本調査では市販の最も柵高の高い 3.0 m 規格の落石防護柵を適用した。

落石防止柵の説明図を図 7.2-10 に載せる。

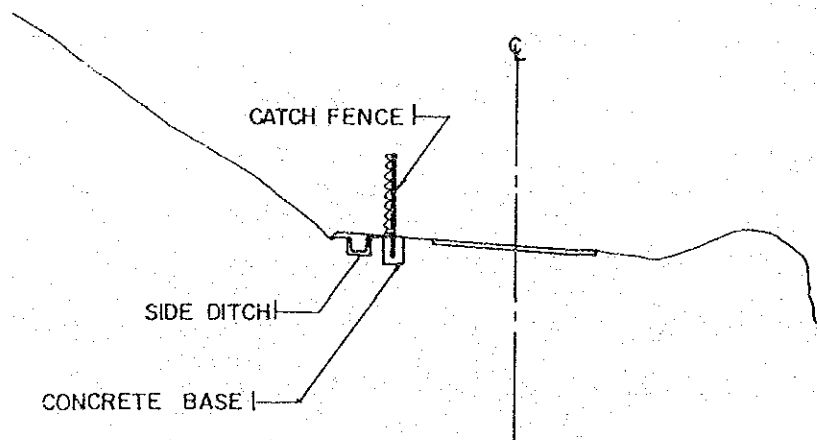


FIGURE 7.2-10 CATCH FENCE

### 7.2.11 覆式落石防止網

覆式落石防止網は、斜面をネットで覆うことによって、地山との結合力を失った岩石をネットと地山の摩擦およびネットの張力によって、拘束する目的で計画される。覆式落石防止網には、合成繊維網と金網とがある。合成繊維網は、落石重量が60kg以下という小規模の落石に適用されるのが普通で、かつ紫外線による耐久性の劣化が金網に比較して激しい。落石の規模、気象条件から、合成繊維網は不相当と判断し、本調査では総て金網を適用した。金網製覆式落石防止網は、市販のものがありその諸元は図集に示すとおりである。現場における推定落石量から、種別1,500kgの亜鉛メッキ規格のものが、適切と判断され本調査ではこの規格のものを選定した。

覆式落石防止網の説明図を図7.2-11に載せる。

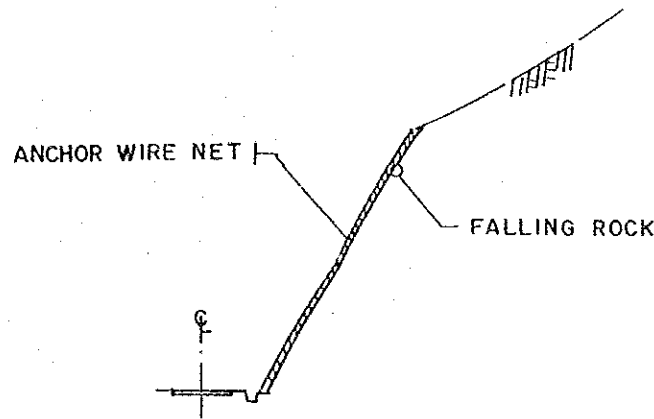


FIGURE 7.2-11 ANCHOR WIRE NET

### 7.2.12 地スベリに対する除去工

除去する量と除去の形は、次の手順によって決定した。

- ボーリング弾性波探査の結果より、スベリ面を推定する。
- 推定スベリ面の現状安全率を1.0であると仮定し、次式によって、粘着力と摩擦係数の関係を求める。

$$F_s = \frac{\sum \{ C \ell + (W \cos \theta - u \ell) \tan \phi \}}{\sum W \sin \theta}$$

ここに

$F_s$  : 安全率 = 1.0

$W$  : 分割片の重量 ( $t/m$ )

$\ell$  : 各分割片で切られたすべり面の弧長 ( $m$ )

$c$  : 粘着力 ( $t/m^2$ )

$\phi$  : 内部まさつ角 (度)

$u$  : 間げき水圧 ( $t/m^2$ )

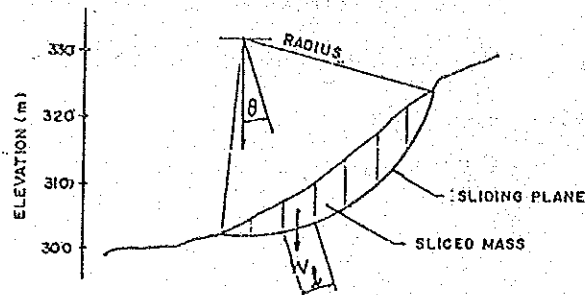


FIGURE 7.2-12 STABILITY CALCULATION  
(CIRCULAR RAPTURE PLANE)

上記の計算によって得られる粘着力  $c$  と、摩擦角  $\phi$  の関係は、図 7.2-13 のようなものでこれと経験的に求められた表 7.2-4 から粘着力を先に決め、摩擦角  $\phi$  を求める。

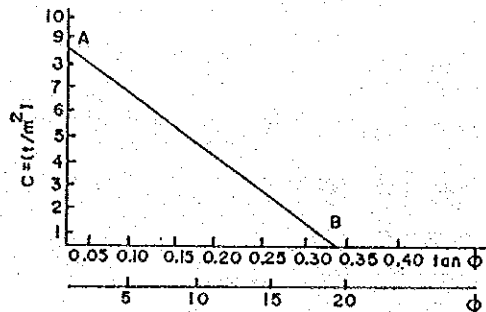


FIGURE 7.2-13 LINEAR EQUATION PERTAINING TO  $c$  AND  $\phi$

TABLE 7.2-4 RELATIONSHIP BETWEEN THICKNESS OF SLIDING MASS AND COHESION

Thickness of Sliding Mass (m)	Cohesion (t/m <sup>2</sup> )
5	0.5
10	1.0
15	1.5
20	2.0
25	2.5

— 除去後の計画安全率  $F_s$  を 1.1 とし、上記の手順で求めた  $c$  と  $\phi$  を 1) 式に代入し、計画安全率が満たされるように、トライアルで除去の量、形を決定する。

掘削、除去はブルドーザーによることとし、地スベリに近接する域外地に捨土した。

除去面は水はけの良いように整形し、植生による保護を行なった。

7.2.13 水路工

水路工を主たる土石流対策工として適用した。水路工の設計確率降雨年は2年とし、流量および水路の断面は7.2.1 地表排水工に述べた手順によって計算した。水路工は石張り水路工とし、図7.2-14に示す。

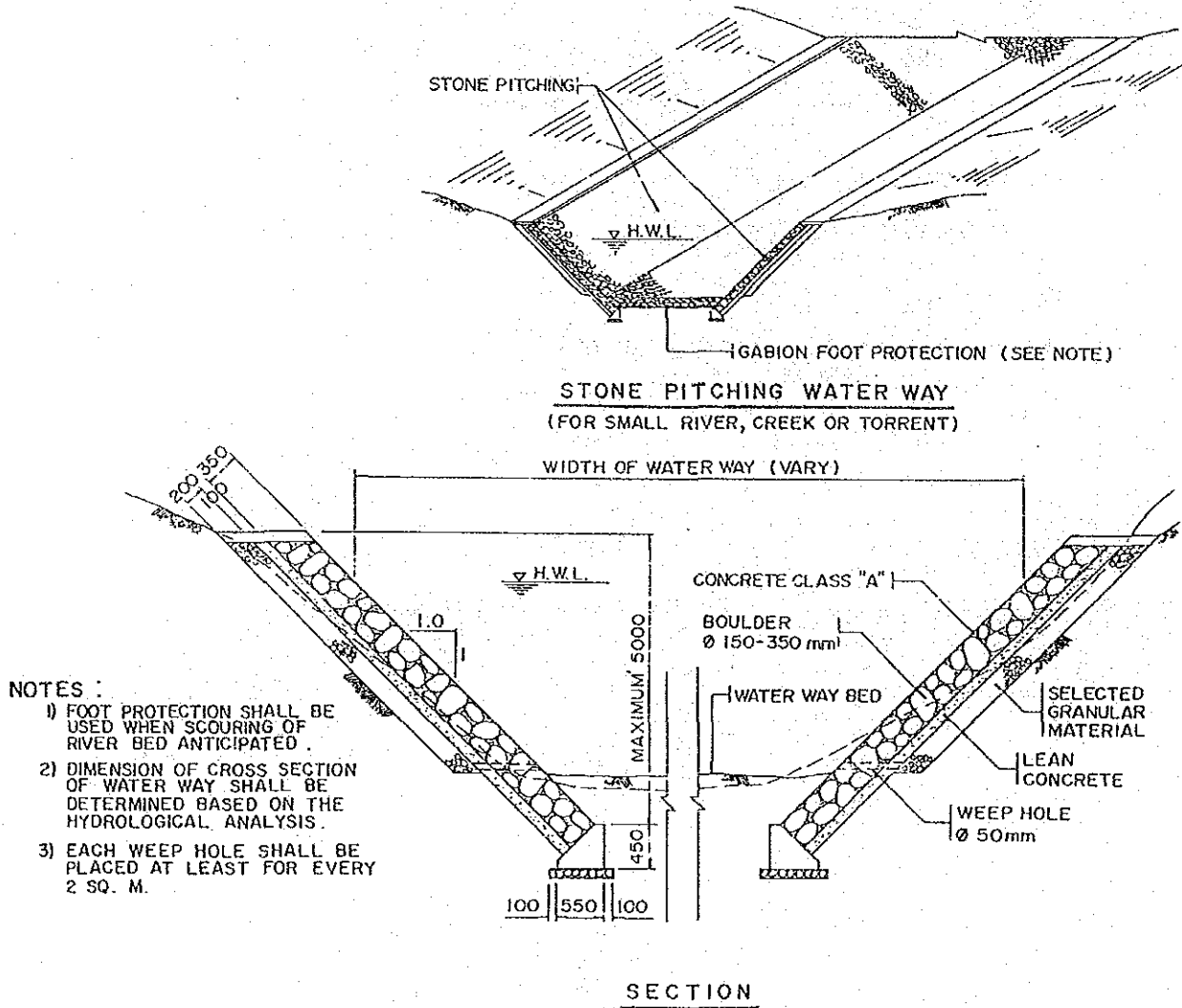


FIGURE 7.2-14 STONE PITCHING WATER WAY

### 7.2.14 パイプカルバート

既存の排水系統において、横断排水構造物が不足あるいは破損しており、そのため災害が発生したと思われるヶ所には、パイプカルバートを計画した。パイプカルバートは設計確率降雨年を10年とし、7.2.1に述べた手順によって、断面を決定した。パイプカルバートは維持の容易性を考慮して、 $\phi 1.0\text{ m}$ を最小とした。既設のカルバートのはけ口が洗掘され、道路に被害の及んでいる所では、はけ口工を適用した。はけ口工は、石張りによる水路工を主体とした。

### 7.2.15 回避工

回避工とは、災害による被害を避けるために道路線形をずらす工法であり、経済的であるため、可能な場所では積極的に採用した。

回避工は、全部で8ヶ所で適用した。路線別では、ルセナーカラウァグ区間で3ヶ所、アレナーカルバヨグ区間では5ヶ所に適用した。また、災害種類別では、切土斜面崩壊に対して1ヶ所、落石に対して7ヶ所であった。

回避工の標準断面を図7.2-14に示す。

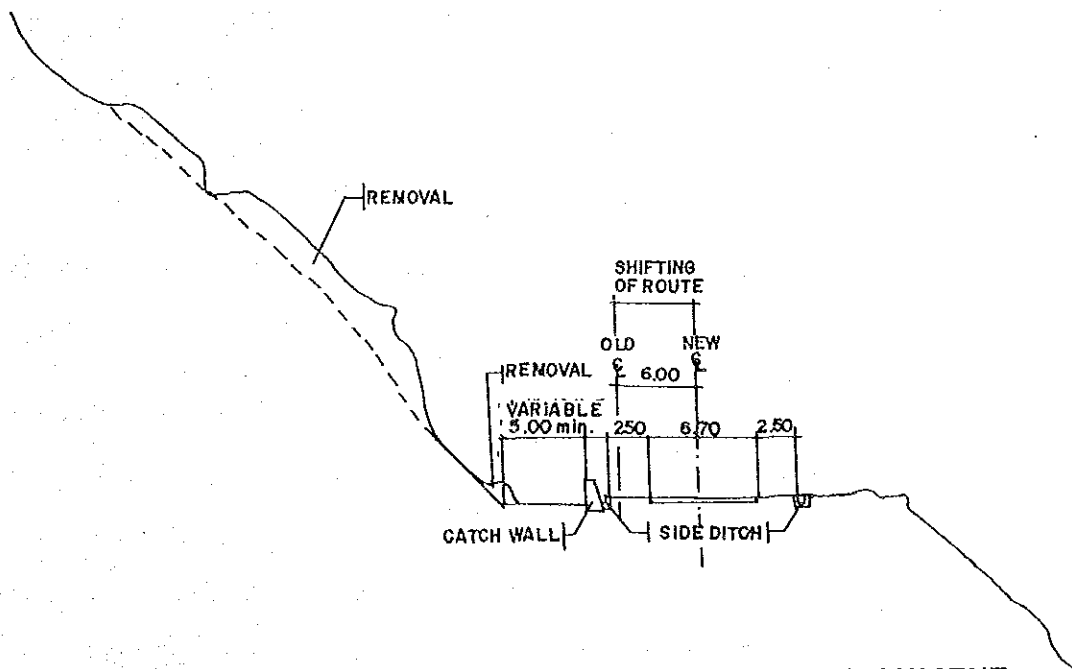


FIGURE 7.2-15 TYPICAL CROSS SECTION OF RE-ALIGNMENT

本調査では、落石を溜るポケット幅を最低5メートルとしたが、これは次の点を考慮して決めた。

- ポケット容量
- 落石のエネルギーを吸収するのに十分な幅
- 維持・管理の作業空間
- 運転者の視距の確保

一方、待受け擁壁の高さは、以下に述べる岩石の落下軌道実験に基づいて決めた。

落下する岩石の跳ね上がる高さは、斜面の凹凸、岩盤の露出状況、植物の大きさなどによって大きく影響を受ける。従って、これらの状況を考慮して跳ね上がる高さを仮定する。

一般に、岩石の落下軌道は図7.2-15のように仮定される。

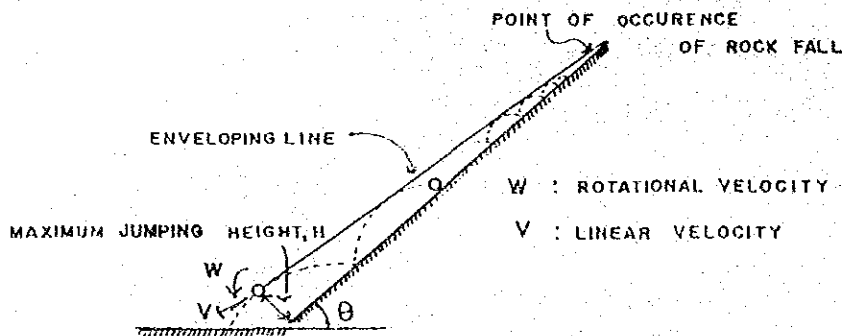


FIGURE 7.2-16 CONCEPTUAL DIAGRAM OF ROCK TRAJECTORY

実験の結果によると落石が跳ね上がる高さは、落下位置が高くなれば増加するが、普通の斜面では2メートルを越えない。斜面の一部が保護されている所や岩盤が露出している斜面、凹凸のはげしい斜面などでは2メートル以上跳ね上がることもあるが、落石防護工の設計外力作用位置として2メートルがしばしば用いられている。落石が待受け擁壁を飛び越えることがないように、位置による待受け擁壁の高さを次式によって決めた。

(1) 平地がない場合

$$h > h_1 \sec \theta$$

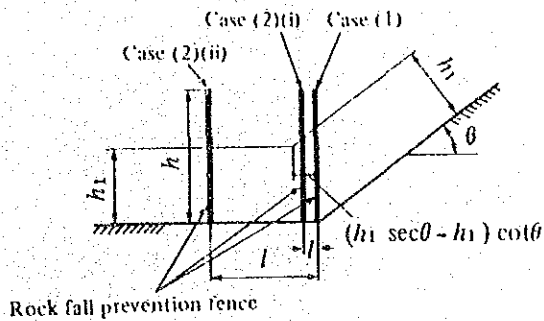
(2) 平地がある場合

i)  $0 < \ell < (h_1 \sec \theta - h_1) \cot \theta$  の時

$$h > (h_1 \sec \theta - \ell \tan \theta)$$

ii)  $\ell > (h_1 \sec \theta - h_1) \cot \theta$  の時

$$h > h_1$$



$h_1$  : Jumping height of falling stone (2m if there is no concave or convex which may cause the falling stone to jump).

$\ell$  : Width of flat area.

$\theta$  : Gradient of slope.

FIGURE 7.2-17 HEIGHT OF CATCH WALL

この式によると擁壁の高さは、斜面から離れていても2メートル以上とすべきである。しかし、本調査では、ポケットの幅を5メートル確保してあり、岩石の動きを止めるのに充分であると考えられるため、擁壁の高さは地上1.7メートルとした。

待受け擁壁とポケットの詳細を図7.2-18に示す。

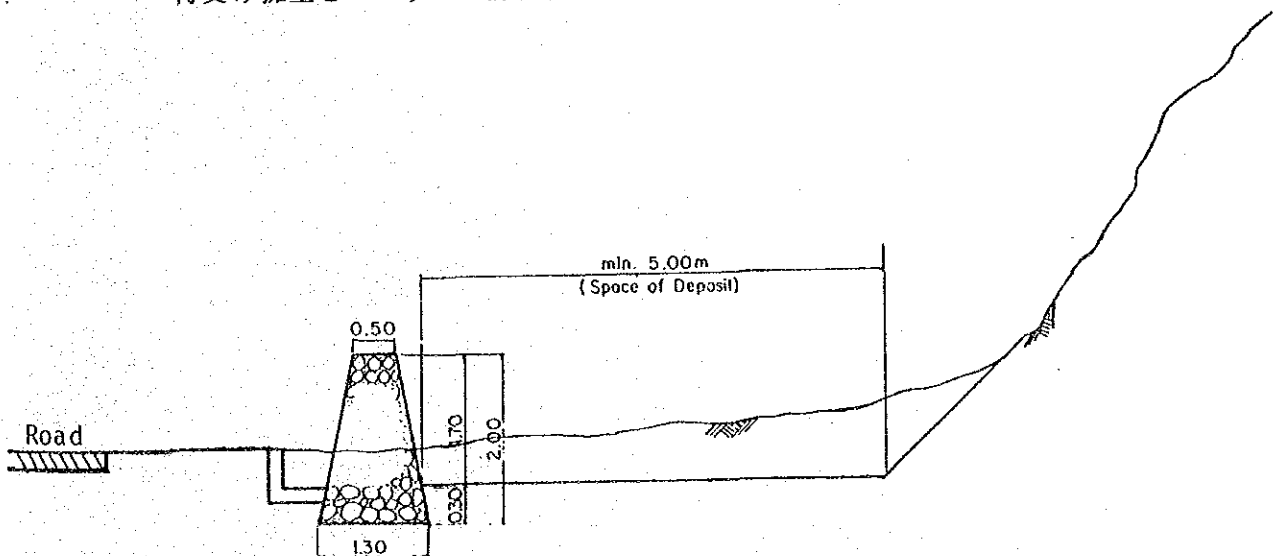


FIGURE 7.2-18 DETAIL OF CATCH WALL AND DEPOSIT SPACE



