

17.3.2 凝灰岩のグループと安山岩のグループの分析

図 17.3.2 は自然条件調査を実施した災害予測箇所の変状の状況を、自然条件調査結果から得られた単位重量と一軸圧縮強度で整理したものである。この結果から、一軸圧縮強度 100kg/cm² 以下で単位重量 2.5t/cm³ 以下の範囲ののり面崩壊が多いことが明らかとなった。

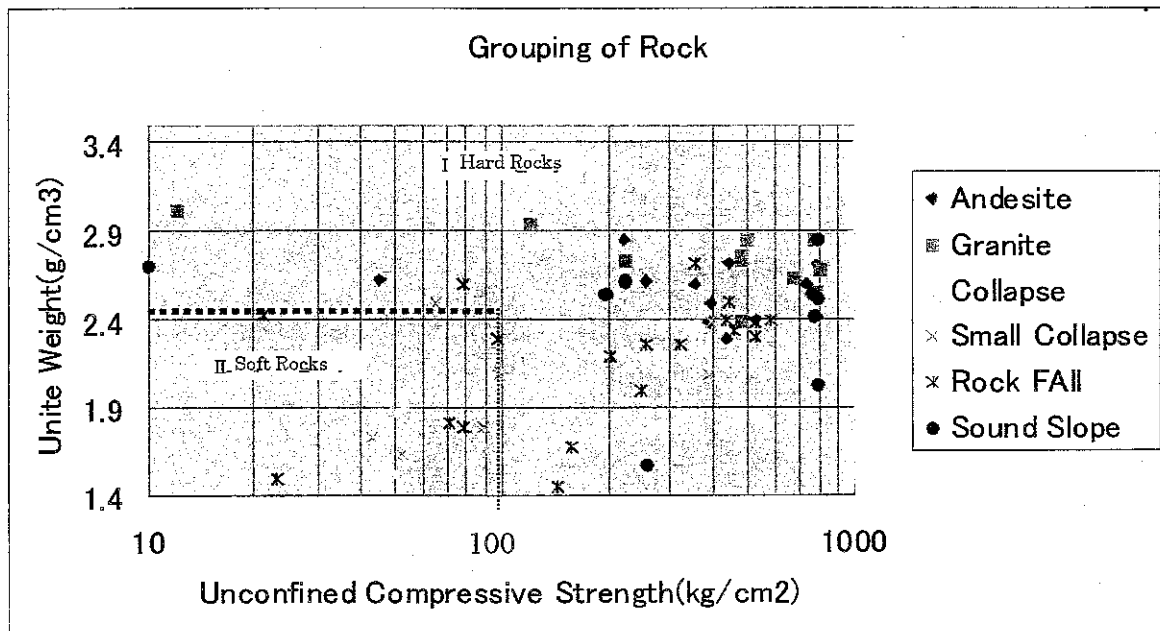


図 17.3.2 単位重量と一軸圧縮強度試験結果との相関関係

この図から、16章で示した岩分類と願主の関係は以下のとおりと考えられる。

- I グループ：安山岩、花崗岩、溶結凝灰岩、石英質砂岩、中・古生層、固結した泥岩、頁岩
- II グループ：第3紀の凝灰岩、泥岩、頁岩など一部の変成岩
- III グループ：上記グループに入らない花崗岩の風化土、崖錐、その他の第四紀未固結層等の土砂

17.3.3 風化帯のゆるみ速度の解析

風化帯のゆるみ速度は

$$\alpha = a / \log T$$

α : ゆるみ速度

a : $N < 9$ の厚さ (cm)

T : 施工完了後から現在までの日数

これらの計算条件は表 17.3.1 のゆるみ速度の解析にまとめた。

この結果、以下のようにグループ分けができる。

- $\alpha > 12$ ゆるみが早いグループ
- $\alpha < 9$ ゆるみが遅いグループ

表 17.3.1 2 次的変化による岩質区分

区分	説明	ゆるみ速度
A	なにも保護しなければ切り土後に必ず 2 次的強度低下が起こるもの	$\alpha > 12$
B	普通の状況下では 2 次的強度低下がのり面の安定に問題になるほどには起こらないもの	$\alpha < 9$

これによって現地の岩盤を表 17.3.2 に示すように I B、II B、I A、II A の 4 グループにし、これに土砂の III を加えて全部で 5 グループとした。なお、この岩盤の主記号の I、II、III の見かけ上の岩質を表 17.3.2 のようにした。

表 17.3.2 硬さによる岩質区分

岩質区分	岩の見掛け	ハンマーによる打診	代表的な岩石の種類
I	硬くて緻密、色が新鮮で風化の褐色を殆ど含まず、岩の組織構造が完全に認められる	澄んだ音あるいは鈍い音をする。ハンマーの先は固くて入らない。泥岩、シルト岩ではやっとなで割れる。塊状のサンプルが採取できる	花崗岩などの深成岩、片岩類などの新鮮な変成岩、安山岩、流紋岩、集塊岩、玄武岩などの火山岩、砂岩などの硬い堆積岩
II	風化によって軟化した岩、固結度の低い岩、風化により岩の微細な組織は判りにくくなっている	叩いたときににぶい音をする。ハンマーの先は突き刺さる。容易に割れ、小片は指で割れる。大きなサンプルは採取困難	上記の風化岩、第 3 紀の泥岩、頁岩、シルト岩、凝灰岩
III	風化や変質を強く受けた岩、または岩の形状を示さず、むしろ土砂として扱うべきもの	叩いたときに崩れるように割れるかハンマーがめりこむ。ハンマーの先は容易に突き刺さる。岩片は指先でつぶれる。	未固結層、岩盤の風化土砂、崖錐

なお、標準貫入試験による N 値が 10 より小さい、極めてゆるい風化層は、切り土による応力開放による影響があるものと考えられる。

また、今次調査に用いたデータは、風化が複雑に絡んだのり面上部や中間位置ではなく、作業スペースや安全性の関係から、のり尻で実施された調査結果を用いている。

17.3.4 風化帯のゆるみ領域におけるのり面勾配の解析

上記の岩盤分類にもとづき、災害危険箇所を、主に安定面から調べ図 17.3.3 にまとめた。横軸には岩盤の区分とのり面の高さ、縦軸にはのり面勾配をとっている。凝灰岩と安山岩が互層する場合で凝灰岩の肌落ちが少ない場合は、5° 内外で可能な提案値である。

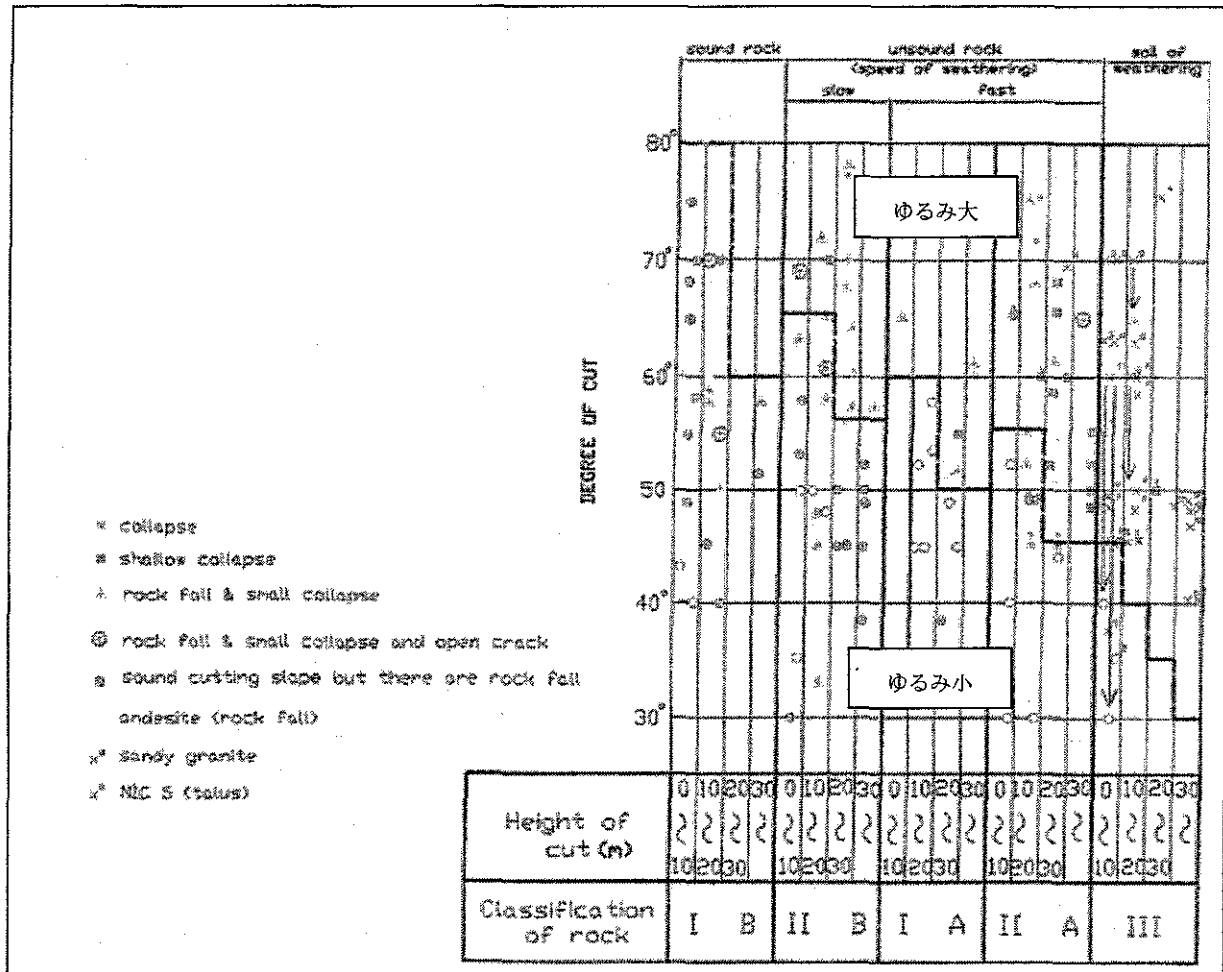


図 17.3.3 風化帯におけるゆるみ領域ののり面勾配の解析

17.3.5 現況ののり面勾配との照査

円弧すべりの安定計算は、一般に図 17.3.4 に示すような円弧すべり面を仮定した分割法を用いて行う。

計算式

$$F_s = \frac{\sum [C \cdot L + (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \Phi]}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

- F : 安全率
- C : 粘着力 (kN/m²(tf/m²))
- φ : 内部摩擦角 (°)
- l : スライスで切られたすべり面の長さ (m)
- W : スライスの全重量 (kN/m (tf/m))
- U : 間隙水圧 (kN/m²(tf/m²))
- b : スライスの幅 (m)
- α : スライスで切られたすべり面の中心点とすべり面の中心を結ぶ直線と鉛直線

安定計算の方法としては全応力法と有効応力法がある。経験的には地盤材料、構造、対象地盤の排水環境によって、採用する強度常数、間隙水圧の設定の容易さから両者を使い分けているのが現状である。

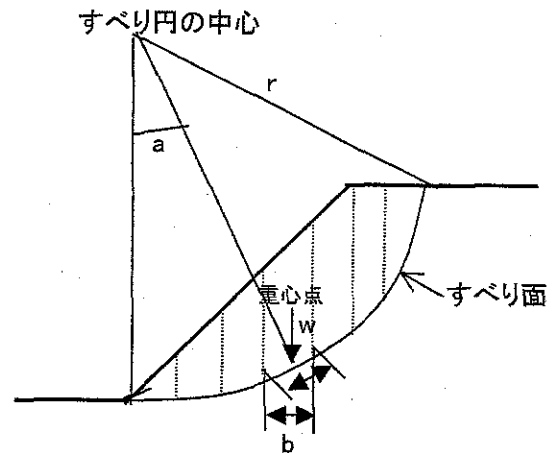


図 17.3.4 円弧すべり面を用いた常時の安定計算法

また、現地の地形・地質特性から地すべりのタイプが判明し、現地調査によって滑動中か否かを判断することが出来れば表 17.3.3 に示すように現況の安全率の概略地を推定することが出来る。

表 17.3.3 現況の安全率

	岩盤地すべり	風化岩地すべり	崩積土地すべり	粘質土地すべり
運動停止中	1.10	1.05~1.10	1.03~1.05	1.0~1.03
滑動中	0.99	0.95~0.99	0.93~0.95	0.9~0.93

防災整備箇所の安定性結果は報告書本編の表 17.3.10 に示している。しかし、数箇所の安全率は上表の値を下回っている。このため、十分な対策工を施す必要がある。

17.3.6 ゆるみ岩盤におけるのり面勾配の汎用性

表 17.3.4 に今回の解析結の結果を適用できる地層の一覧を示す。また、これらの岩盤の平面的な広がりを示すと図 17.3.5 のとおりであり、かなり広範囲に用いられることが判明した。

表 17.3.4 のり面勾配の適用可能な地層

年代		西部		中部	東部	東北部
第四紀	完新世	火山岩、堆積岩		火山岩	火山岩、堆積物	
	更新世	Las Sierrasグループ		不明瞭		
第三紀	鮮新世	Fm.El Salto		Coyolグループ	Fm.Blue-fields	Grupo Coyol
	中新世	Fm.El Fraile	Fm.Tamarindo			
	漸新統	FM.Masachopa		Matagalpaグループ	Fm.Cukra	Grupo Matagalpa
	始新世	Fm.Brito				
	暁新世	Fm.Rivas		Pre-Matagalpaグループ		
白亜紀	初期					
	末期	Completo Nicoya en Costa Rica		Fm.Metapan		

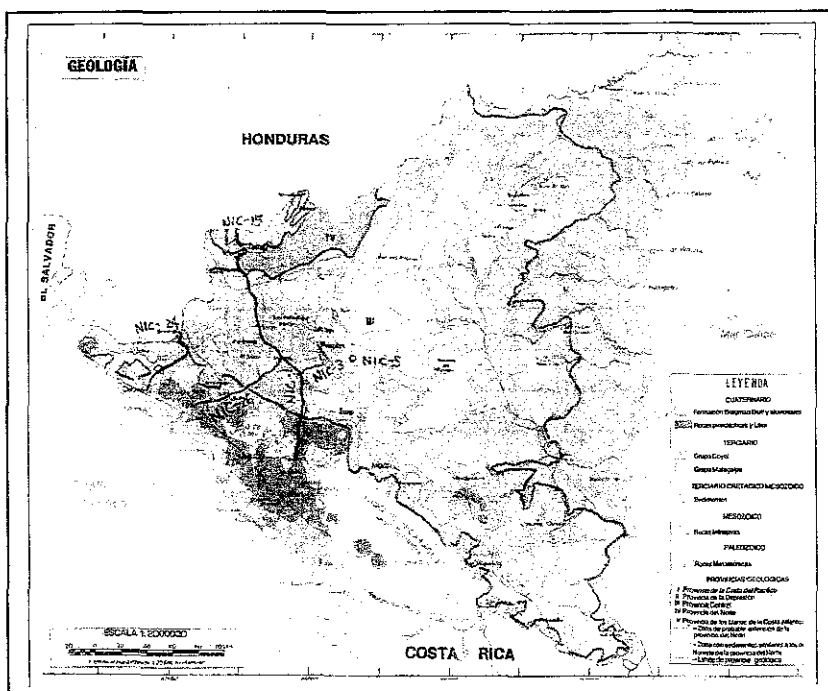


図 17.3.5 適応可能な範囲

17.3.7 のり面災害の対策工の選定

1) 転石の飛跳ね量および転び量の計算

上記の地質特徴から、落石の条件を示すと表 17.3.5 のとおりである。転石の飛跳ね量や転び量の計算結果から防護擁壁の形状や防護ネットのサイズは表 17.3.6、17.3.7、17.3.8 に示す。しかし、これらの結果からわかるように、NIC.3 上の N003E170 の箇所だけは、落石の影響による道路線形の移動が必要になる。これらを考慮した対策工は、報告書本編の表 17.4.9 に示してある。

表 17.3.5 落石条件

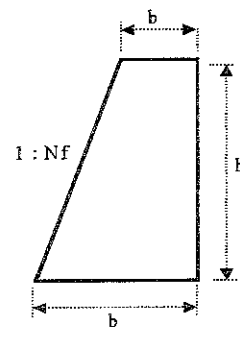
ID No.	斜面勾配(°)	落石条件					形状整理	
		斜面高さ(m)	斜面勾配(°)	転石サイズ	転石種類	単位重量(t/m3)	単位重量(t/m3)	直径(m)
N001A290	45~52	40	50	1.0m*1.0m*0.8m	Andesite IIB	2.5	2.6	1.50
N001A240	45~57	20	50	1.0m*1.0m*0.8m	Andesite IIB	2.5	2.6	1.50
N001B230	40~65	30	70	2.0m*1.5m*0.5m	Andesite IIB	2.5	2.6	1.50
N001B170	42~70	40	70	2.0m*1.5m*0.5m	Andesite IIB	2.5	2.6	1.50
N001B150	50~90	20	70	2.0m*1.5m*0.5m	Andesite IIB	2.5	2.6	1.50
N001B120	50~70	50	70	2.0m*1.5m*0.5m	Andesite IIB	2.5	2.6	1.50
N003B400	33~90	20	60	2.0m*1.5m*0.5m	Tuff IIB	1.7	2.6	1.50
N003B370	45~90	20	60	2.0m*1.5m*0.5m	Tuff IIB	1.7	2.6	1.50
N003E170	45~62	20	60	2.0m*1.5m*0.5m	Tuff IIB	1.7	2.6	1.50
N005A010	41~48	40	50	2.0m*1.5m*0.5m	Andesite IIB	2.5	2.6	1.50
N026A060	53~63	20	70	1.0m*1.0m*0.8m	Tuff IIB	1.7	2.6	1.00
N026B140	50~60	40	60	2.0m*1.5m*0.5m	Tuff IIB	1.7	2.6	1.50
N026A150	48~70	50	70	2.0m*1.5m*0.5m	Tuff IIB	1.7	2.6	1.50
N026B160	53~70	20	70	1.0m*1.0m*0.8m	Tuff IIB	1.7	2.6	1.00

表 17.3.6 飛跳ね量および転がり量の計算

ID No.	飛跳ね範囲	90%タイル値	転び範囲	90%タイル値	直径(m)	斜面高さ(m)	斜面勾配(deg)
N026A060	0.73 - 2.88m	2.85m	0.40 - 2.68m	2.61m	1.00	20.0	70.0
N026A160							
N001A240	1.05 - 3.44m	2.72m	0.38 - 3.97m	0.95m	1.50	20.0	50.0
N001A290	1.08 - 3.62m	2.98m	0.40 - 2.67m	0.97m	1.50	40.0	50.0
N005A010							
N003B400	1.16 - 4.33m	3.27m	0.39 - 4.50m	3.04m	1.50	20.0	60.0
N003B370							
N003E170							
N026B140	1.28 - 4.45m	3.78m	0.45 - 4.00m	3.20m	1.50	40.0	60.0
N001B150	1.67 - 6.14m	5.08m	0.73 - 5.12m	4.77m	1.50	20.0	70.0
N001B230	1.54 - 7.70m	6.31m	0.52 - 7.80m	6.88m	1.50	30.0	70.0
N001B170	1.57 - 14.56m	6.77m	1.05 - 14.17m	7.43m	1.50	40.0	70.0
N001B120	1.89 - 14.65m	10.82m	0.56 - 12.13m	6.97m	1.50	50.0	70.0
N026A150							

表 17.3.6 落石による防護擁壁の形状

タイプ	サイズ (m)				
	h	b1	b2	Nf	Em (KJ)
A	2.00	0.50	1.50	0.50	8.94
B	2.50	0.75	2.00	0.50	21.01
C	3.00	1.00	2.50	0.50	40.90
D	3.50	1.25	3.00	0.50	70.21
E	4.00	1.50	3.50	0.50	110.41
F	4.50	1.75	4.00	0.50	163.21
G	5.00	2.00	4.50	0.50	229.76
H	5.50	2.25	5.00	0.50	310.77
I	6.00	2.50	5.50	0.50	406.73
J	6.50	2.75	6.00	0.50	518.11



Em: 許容吸収エネルギー

表 17.3.8 防護擁壁と自然条件の関係

(kN)	(m)	30	40	50	60	70	80
1.7 (直径=0.5m)	10						
	20						
	30						
	40						
	50						
(kN)	(m)	30	40	50	60	70	80
13.6 (直径=1.0m)	10						
	20					N026A060 N026B160	
	30						
	40						
	50						
(kN)	(m)	30	40	50	60	70	80
45.9 (直径=1.5m)	10						
	20			N001A240	N003B400 N003B370 N003E170	N001B150	
	30					N001B230	
	40			N001A290 N005A010	N026B140	N001B170	
	50					N001B120 N026A150	
(kN)	(m)	30	40	50	60	70	80
108.9 (直径=2.0m)	10						
	20						
	30						
	40						
	50						

表 17.3.8 防護ネットの必要サイズ

ID No.	ロープ径 f12 ネットメッシュ径 f2.6							
	基本データ				落石データ		斜面データ	
	主ロープ	補助ロープ	ワイヤー	許容落石数/スパン	直径 (m)	重量 (kN)	斜面高 (m)	斜面勾配(°)
N026A060	f12	f12	f2.6	n=1.0	1.00	13.61	20.0	70.0
N026A160								
N001A240	f12	f12	f2.6	NG	1.50	45.92	20.0	50.0
N001A290								
N005A010	f12	f12	f2.6	NG	1.50	45.92	40.0	50.0
N003B400								
N003B370	f12	f12	f2.6	NG	1.50	45.92	20.0	60.0
N003E170								
N026B140	f12	f12	f2.6	NG	1.50	45.92	40.0	60.0
N001B150	f12	f12	f2.6	NG	1.50	45.92	20.0	70.0
N001B230	f12	f12	f2.6	NG	1.50	45.92	30.0	70.0
N001B170	f12	f12	f2.6	NG	1.50	45.92	40.0	70.0
N001B120								
N026A150	f12	f12	f2.6	NG	1.50	45.92	50.0	70.0

ID No.	ロープ径 f18 メッシュ径 f4.2							
	基本データ				落石データ		斜面データ	
	主ロープ	補助ロープ	ワイヤー	許容落石数/スパン	直径 (m)	重量 (kN)	斜面高 (m)	斜面勾配(°)
N026A060	f18	f18	f4.0	n=6.0	1.00	13.61	20.0	70.0
N026A160								
N001A240	f18	f18	f4.0	n=1.0	1.50	45.92	20.0	50.0
N001A290								
N005A010	f18	f18	f4.0	n=1.0	1.50	45.92	40.0	50.0
N003B400								
N003B370	f18	f18	f4.0	n=1.0	1.50	45.92	20.0	60.0
N003E170								
N026B140	f18	f18	f4.0	n=1.0	1.50	45.92	40.0	60.0
N001B150	f18	f18	f4.0	n=1.0	1.50	45.92	20.0	70.0
N001B230	f18	f18	f4.0	n=1.0	1.50	45.92	30.0	70.0
N001B170	f18	f18	f4.0	n=1.0	1.50	45.92	40.0	70.0
N001B120								
N026A150	f18	f18	f4.0	n=1.0	1.50	45.92	50.0	70.0

17.4 橋梁基礎の洗掘の検討

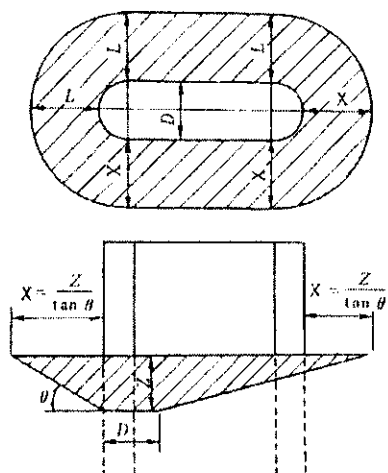
橋梁橋脚等が河川の流水に影響を与え、洗掘や護岸の崩壊に大きな影響を及ぼす主な現象は以下のとおりである。

1. 橋脚の形状 (形、幅、角度)
2. 橋台及び橋台前面護岸
3. 流下断面に対する橋脚および橋台前面護岸の面積 (障害率)
4. 橋台前面と橋脚及び橋脚と橋脚間の距離 (径間長) と桁下余裕
5. 河道の特性 (勾配、幅、河床の状況等)
6. 橋梁の設置位置 (河川幅との関係、河道との位置関係)

橋梁基礎の洗掘計算結果を表 17.4.1 に示すが、洗掘の影響を受ける橋梁は Junquillal 橋、Las Chanilas 橋そして Tapascali 橋である。

表 17.4.1 洗掘範囲の推定

河川名	単位	Junquillal	Las Chanillas	Inali	Tacaspali	El Guayacan	San Juan de Dios	La Banderita
河川幅 W :	m	29.3	62	64	109	17.5	17.9	31.6
橋脚幅 D :	m	0.4	0.7	0.8	1	0.9	0.4	1.1
計画高水流量 : Q	m ³ /s	246.28	668.61	579.58	886.75	149.08	67.22	60.12
平均路面高さ	m	457.3	822	638.2	299.62	614	96.4	226.7
平均路面高さ	m	453.65	815	631.27	292	609.6	94	217.8
洪水時水位	m	458.01	817.765	634.27	295.952	614.59	96.25	220.47
洪水時平均深さ ho :	m	4.36	2.765	3	3.952	4.99	2.25	2.67
河床部平均粒径 dm :	mm	0.5	6	13	10	15	1	3
ho/D	-	10.90	3.95	3.75	3.95	5.54	5.63	2.43
Fr = (V/(W·ho))/v(g·ho) =	-	0.29	0.75	0.56	0.33	0.24	0.36	0.14
ho/dm	-	8720.0	460.8	230.8	395.2	332.7	2250.0	890.0
Z/D	-	1.48	1.8	1.68	1.45	1.2	1.55	0.8
Z	m	1.776	2.16	2.016	1.74	1.44	1.86	0.96
Angle of repose ?	Deg	31.0	34.0	40.0	40.0	40.0	31.0	32.0
Tan?	-	0.60	0.67	0.84	0.84	0.84	0.60	0.62
X=Z/tan?	m	2.96	3.20	2.40	2.07	1.72	3.10	1.54
現地調査結果	Width(X)	m	3.0	3.0	-	2.0	-	-
	Length(L)	m	4.0	4.0	-	2.0	-	-
	Depth(Z)	m	0.7	0.8	-	1.0	-	-



X : 洗掘水平距離
 Z : 最大洗掘深さ
 θ : 安息角
 D : 橋脚幅

対策工の種類は予想される洗掘の箇所および目的により異なる。また、永久構造物とするか仮設構造物とするかにもよっても適用される工種が変わる。予想される洗掘箇所は、以下のとおりである。

- 1) 橋脚の周り
- 2) 橋台周辺
- 3) プローチ部盛土部

橋脚周りの防護工にはその使用材料によって表 17.4.2 に示す対策工を用いる。また、各橋梁への適用対策工を表 17.4.3 に示す。

表 17.4.2 橋梁基礎防護工

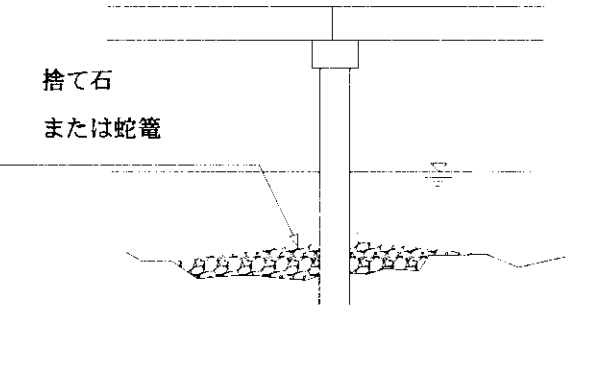
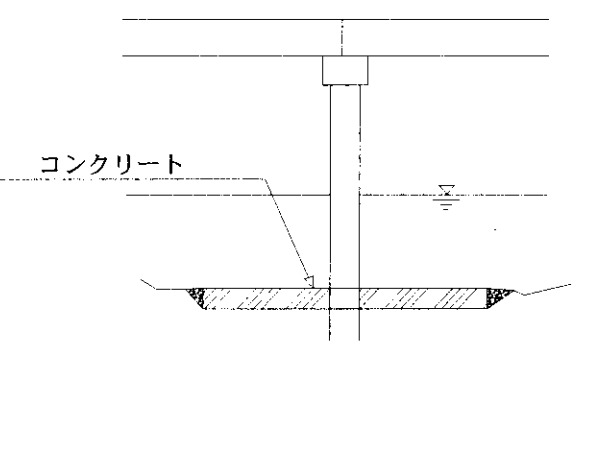
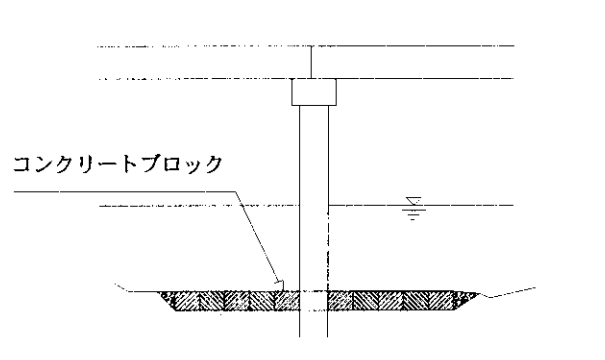
材料	概略図	適 要
捨石 または 蛇籠		<p>仮設工及び流速が遅い河川に適用される。 経済性に優れ、施工設備が簡単かつ容易である（ほとんどが人力作業）。 地盤がやわらかい河床では不等沈下に追従できる利点を持つ。 維持管理が必要となる。</p>
コンクリート		<p>流れが速く、河床の地盤が強固な箇所に使用される。 河床の地盤がやわらかい箇所では、不当沈下により破損するおそれがあるため不向きである 現場コンクリートの施工があるため、雨季の水量が多い時期は施工ができない。 施工時期が限定される。</p>
コンクリートブロック		<p>流速によりコンクリートブロックの大きさをかえることができ、あらゆる河川に対応できる プレキャスト製のコンクリートブロックを用いるため、洪水時以外は施工が可能。 維持管理が不要である。 多少の不等沈下にも追従できる</p>

表 17.4.3 各橋梁への適応性

橋梁名	捨て石 蛇籠	コンクリート	コンクリート ブロック	摘 要
Junquillal	○	×	×	河床が柔らかく沈下が予想される 流速が遅い、常時水がある
San Nicolas	○	×	×	流速が遅い、常時水がある
Las Chanillas	×	△	○	流速が早い
San Ramon	○	×	×	河床が柔らかく沈下が予想される
Inali	×	△	○	流速が早い
Tapascali	×	△	○	流速がやや早い、常時水がある
El Guayacan	○	○	○	流速が遅い、水のない時期がある
Solis	×	○	△	流速が早い、河床が軟岩 河川幅が狭く、ブロックはやや不経済
Papalon	×	○	△	流速が早い、河床が軟岩 河川幅が狭く、ブロックはやや不経済
San Juan de Dios	○	×	×	河床が柔らかく沈下が予想される 経済性に優れる
La Banderita	○	×	×	流速が比較的遅い 経済性に優れる

- ：望ましい工法
- △：適用可能な工法
- ×：適用が難しい工法

17.5 各対策工の選定

防災整備箇所の対策工の選定は報告書本編 17.6 に記述されている。これらは、災害の特徴に併せて様々な形式を、より詳細に検討している。

第 18 章 施工計画と工事費積算

18.1 一般

本章では、以下の作業項目を取り上げる。

- 工事費積算を実施するために適用される前提条件を明確にする。
- 各防災整備箇所の数量を積算する。
- 各防災対策工に要する費用単価を検討する
- 各防災整備箇所の施工費用を導出する
- 各調査対象道路の維持管理費用を導出する

なお、対策工の寿命は、災害発生頻度の状況を踏まえ、以下のように設定する。

- ◆ 防災対策を実施する場合（永久対策工）：20 年毎
- ◆ 防災対策を実施する場合（仮設対策工）：10 年毎

18.2 費用積算時の前提条件

施工単価は MTI から得られた後、一度精査され、その後必要に応じて補正した。その後、本調査団で従来に無い工事の費用単価を検証した。そのために本調査では、「二」国の建設 4 業者に対して、費用単価の市場価格見積もりに関する情報提供を依頼した。

各防災整備箇所の工事費は直接原価で見積もりをした。直接原価には変動費用が含まれている。変動費用は仮設工の費用から成り、その費用は各工事現場の条件によっても大きく異なる。このため、工事費用は、直接原価を平均することにより見積りを行った。

18.3 費用単価

表 18.3.1 に、対策工工種区分毎の費用単価を示す。

費用単価は、第 7 章で調査した額をベースにフィージビリティ調査段階で新たに見直した単価、追加工種・追加対策工を含めて整理している。なお、対策工区分は 7 章で設定した項目と同じである。

見直し単価工種、追加工種・追加対策工は次に示すとおりである。

- 1) 見直し単価工種 (○印)
 - ・ (7) 落石防止施設：落石防止網
 - ・ (9) 河川堤防護：コンクリート護岸
- 2) 追加工種 (□印)
 - ・ (4) 構造物：吹きつけ式コンクリート枠
 - ・ (9) 河川堤防護：河床のコンクリート枠
- 3) 追加対策工
 - ・ (11) 橋梁構造形式
 - ・ (12) ボックスカルバート

表 18.3.1 費用単価

対策工区分	工種	摘要	単位	費用単価 (US\$)	変更理由	
(4) 構造物 □	コンクリート吹き付け工	t=10cm	m ²	48.30	付近の自然公園との整合性で植生形式を採用	
	吹き付け式コンクリート枠	0.3×0.3 @2.0m	m ²	100.00		
	蛇籠設置		m ³	43.67		
(7) 落石防止施設 ○	落石防止網		m ²	8.53	専門業者の現地代理店見積を現地 3 社ゼネコン見積に変更	
	蛇籠設置による防護		m ³	97.49		
	コンクリート壁による防護		m ³	625.13		
(9) 河川堤防護 ○	コンクリート護岸		m ³	654.95	現地ゼネコン 2 社見積から 4 社見積に変更	
	蛇籠設置		m ³	97.49		
	□	練り石積み工		m ³	66.91	流速の早い河川に採用
		河床のためのコンクリート枠		m ²	39.49	
(11) 橋梁構造形式	鋼桁橋		m ²	406.24	橋梁形式を新たに採用	
	重力式橋台		m ³	37.15		
	逆 T 式橋台		m ³	197.26		
(12) ボックスカルバート	現場打ちコンクリート	3m×2m	m	1740.6	ボックスカルバート形式を新たに採用	

18.4 箇所別施工計画

各防災整備箇所の施工に用いられる建設機械を、表 18.4.1 と表 18.4.2 に示す。

表 18.4.1 のり面災害復旧のための主な建設機械

識別番号	災害種別	対策工種別	ブルドーザー	バックホウ	ピックハンマー	コンクリート吹き付け機	トラッククレーン	振動ローラー	ジャンボブレイカー	ボーリング機械
N001A290	R.F	切り直し + 落石防止網 + 排水		○	○		○			
N001A280	R.F	水平排水								○
N001A240	R.F	切り直し + 落石防止網		○	○		○			
N001B230	R.C	切り直し + 落石防止網		○	○		○			
N001B170	R.C	切り直し + 排水		○	○				○	
N001B150	R.C	切り直し + 吹き付けコンクリート + 排水		○	○	○				
N001B120	R.C	切り直し + 排水		○	○				○	
N003B400	R.C	切り直し + 排水		○	○					
N003B370	R.C	切り直し + 排水		○	○				○	
N003B320	R.C	盛土工 + コンクリート擁壁 + 植生工	○	○	○			○	○	
N003C230	S.S + R.C	切り直し + 砕工 + 排水 盛土工 + 植生工 + 排水	○	○	○		○	○	○	
N003E170	D.F + R.C	ダム 切り直し + 排水	○	○	○		○	○	○	
N003C150	S.S + R.C	切り直し + 排水 盛土工 + 植生工	○	○	○			○	○	
N003C140	S.S + R.C	切り直し + 排水 盛土工 + コンクリート擁壁 + 植生工 + 排水	○	○	○		○	○	○	
N005A010	R.F	切り直し + 排水		○	○				○	
N026A060	R.F	切り直し + 吹き付けコンクリート + 排水		○	○	○				
N026B140	R.C	切り直し + 水平ドレーン + 排水		○	○				○	○
N026A150	R.F	切り直し + 排水		○	○				○	
N026B160	R.C	切り直し + 落石防止網		○	○		○			

注) R.F: 落石・崩壊、 ; R.C: 岩石崩壊、 ; S.S: 地すべり、 ; D.F: 土石流

表 18.4.2 橋梁破損復旧のための主な建設機械

橋梁名	災害種別	対策工種別	建設機械					
			ブルドーザー	バックホウ	コンクリートブレイカー	トラッククレーン	ジャンボブレイカー	
NIC.1	Junquillal	Bridge	蛇籠敷き		○		○	
	San Nicolas	Bridge	蛇籠敷き		○		○	
	Las Chanillas	Bridge	コンクリートブロック		○		○	
	San Ramon	Bridge	蛇籠敷き		○	○	○	
	Inali	Bridge	蛇籠敷き護岸 + 石積み工		○	○	○	
	Tapacali	Bridge	蛇籠敷き護岸		○	○	○	
NIC.3	Guayacan	Bridge	新橋架け替え	○	○	○	○	○
NIC.26	Solis	Bridge	練り石積み工 + 蛇籠敷き		○		○	
	Papalon	Bridge	練り石積み工 + 蛇籠敷き		○		○	
	San Juan de Dios	Bridge	蛇籠敷き		○		○	
	La Banderita	Bridge	捨て石壁 蛇籠敷き		○		○	

注) Bridge: 橋梁基礎の洗掘

18.5 箇所別・工種別の数量及び積算の概要

18.5.1 NIC.1

表 18.5.1～18.5.7 に各防災整備箇所の工事費用を示す。

表 18.5.1 のり面崩壊対策工の施工コスト

識別番号	災害種別	対策工種別	単位	数量	費用 (千 US ドル)	
N001A290	R.F	切り直し+ 落石防止網 + 排水	T	m ²	23,286	335
N001A280	R.F	水平排水	P	m	100	10
N001A240	R.F	切り直し+ 落石防止網	T	m ²	950	26
N001B230	R.C	切り直し+ 落石防止網	T	m ²	228	6
N001B170	R.C	切り直し + 排水	P	m ³	36,028	1,590
N001B150	R.C	切り直し + 吹き付けコンクリート + 排水	P	m ²	252	27
N001B120	R.C	切り直し + 排水	P	m ³	10,655	814
合計						2,808

注) R.F: 落石、; R.C: 岩石崩壊、; P: 永久構造物による対策工、; T: 仮設工による対策工

表 18.5.2 橋梁基礎洗掘に対する対策工の施工コスト

識別番号	災害種別	対策工種別		単位	数量	費用 (千USドル)
Junquillal	Bridge	蛇籠敷き	T	m ³	435	42
San Nicolas	Bridge	蛇籠敷き	T	m ³	114	25
Las Chanillas	Bridge	コンクリートブロック	T	m ³	288	189
San Ramon	Bridge	蛇籠敷き	T	m ³	86	9
Inali	Bridge	蛇籠敷き護岸+石積み工	T	m ³ m ²	1,138 1,758	828
Tapacali	Bridge	蛇籠敷き護岸	T	m ³ m ²	238 640	282
合計						1,375

注) Bridge: 橋梁基礎の洗掘、 ; T: 仮設工による対策工

18.5.2 NIC.3

表 18.5.3 のり面崩壊対策工の施工コスト

識別番号	災害種別	対策工種別		単位	数量	費用 (千USドル)
N003B400	R.C	切り直し + 排水	P	m ³	290	40
N003B370	R.C	切り直し + 排水	P	m ³	1,676	175
N003B320	R.C	逆T式擁壁 + 再盛土 + 植生工 + 排水	P	m ³	3,168	239
N003C230	S.S + R.C	切り直し + 枠工 + 植生工 + 排水 盛土工 + 植生工 + 排水	P	m ² m ³	638 4,934	328
N003E170	D.F + R.C	ダム + カルバート 切り直し + 排水	P	m m ³	20 2,670	310
N003C150	S.S + R.C	切り直し + 排水 盛土工 + 植生工 + 排水	P	m ³	9,221 16,076	918
N003C140	S.S + R.C	切り直し + 水平ドレーン + 排水 盛土工 + 逆T式擁壁 + 植生工 + 排水	P	m ³	5,408 3,176	749
合計						2,759

注) R.C: 岩石崩壊、 ; S.S: 地すべり、 ; D.F: 土石流、 ; P: 永久構造物による対策工

表 18.5.4 橋梁基礎の洗掘に対する対策工の施工コスト

識別番号	災害種別	対策工種別		単位	数量	費用 (千USドル)
El Guayacan	Bridge	新橋架け替え	P	m ²	500	1,379

注) Bridge: 橋梁基礎の洗掘、 ; P: 永久構造物による対策工

18.5.3 NIC.5

表 18.5.5 のり面崩壊対策工の施工コスト

識別番号	災害種別	対策工種別	単位	数量	費用 (千 US ドル)	
N005A010	R.F	切り直し + 排水	P	m ³	10,760	389

注) R.F: 落石、; P: 永久構造物による対策工

18.5.4 NIC.26

表 18.5.6 のり面崩壊対策工の施工コスト

識別番号	災害種別	対策工種別	単位	数量	費用 (千 US ドル)	
N026A060	R.F	切り直し + 吹き付けコンクリート + 排水	P	m ²	3,604	316
N026A140	R.C	切り直し + 水平ドレーン + 排水	P	m ³	11,495	904
N026A150	R.F	切り直し + 排水	P	m ³	2,113	210
N026B160	R.C	浮石・転石除去 + 落石防止網 + 排水	T	m ²	1,568	13
合計						1,443

注) R.F: 落石; R.C: 岩石崩壊、; P: 永久構造物による対策工、; T: 仮設工による対策工

表 18.5.7 橋梁基礎の洗掘に対する対策工の施工コスト

識別番号	災害種別	対策工種別	単位	数量	費用 (千 US ドル)	
Solis	Bridge	練り石積み工 + 蛇籠敷き	T	m ³	72	66
Papalan	Bridge	練り石積み工 + 蛇籠敷き	T	m ³	50	51
San Juan de Dios	Bridge	蛇籠敷き	T	m ³	408	5
La Banderita	Bridge	捨て石壁 + 蛇籠敷き	T	m ² m ³	162	31
合計						153

注) Bridge: 橋梁基礎の洗掘、; P: 永久構造物による対策工

18.5.5 費用総額

表 18.5.8. に各対象道路別の費用総額を示す。

表 18.5.8 各対象道路別の費用総額

対象道路	費用(千 US ドル)		
	のり面	橋梁	合計
NIC.1	2,808	1,375	4,183
NIC.3	2,759	1,379	4,138
NIC.5	389	0	389
NIC.26	1,443	153	1,596
合計	7,399	2,907	10,306

1US ドル=C\$14.4 (2002 年 10 月 14 日時点の為替相場)

第19章 環境影響評価

19.1 環境影響評価の方法

環境影響評価は、第9章で実施した各災害危険箇所に対する「環境影響調査」で得られた環境影響要因に対する対策を検討し、環境水準を決定する。環境影響評価は、「NIC 2000 環境基準 第V章：建設時における一般的環境遵守事項の要約」に基づいて行う。

19.2 環境配慮の評価

19.2.1 住民移転

防災整備箇所のうち、NIC3の1箇所において住民移転（建設中のホテル）が予想されたが、表19.2.1に示す通り、構造物による対応によって住民移転を回避した対策工へと変更した。

表 19.2.1 住民移転箇所への配慮事項

識別番号	対策工	
	当初案	最終案
N003B320	切り直し工の採用によって、建設中のホテルが掘削ラインにかかることが予想された。	逆T式擁壁によって背面の埋め戻しによる対策とした。

用地の収用については幾つかの箇所（報告書本編表19.2.2参照）で必要となるが、現況の利用状況から収用が問題となる箇所は無い。用地収用は「二」国の法律に従って行われることとする。

19.2.2 経済活動

対象箇所のうち、4箇所で経済活動への影響が懸念されたが、表19.2.2に示す通り、いずれの地点においても経済活動への影響を回避する対策へと変更した。

表 19.2.3 経済活動への配慮事項

識別番号	対策工	
	当初案	最終案
Junquillal (Niel)	施工時の締め切りによって下流部の用水利用への影響が予想された。	半断面施工によって水を確保する計画である。
N003B320	表19.2.1の通り。	表19.2.1の通り。
N003C140	盛土下のコーヒー畑が施工の影響範囲となることが予想された。	構造物により影響を回避する計画である。
N003C150	現地再調査の結果、斜面上部にコーヒー畑が確認された。	極力現況の勾配に合わせた対策によって、影響を最小限とした。

19.2.3 地下水

対象箇所のうち、3 箇所では不圧地下水を利用した浅井戸への影響が懸念された。しかしながら、表 19.2.3 および表 19.2.4 に示す通り雨水の集水に対する影響を極力回避する対策を講じた。

表 19.2.2 地下水 (井戸) への配慮事項

識別番号	対策工	
	当初案	最終案
N005A010	切り直し+植生工+排水工	切り直し+排水工 (浸透柵)
N026B140	切り直し	切り直し+排水工 (浸透柵)
N026B160	不圧地下水の利用が考えられた。	被圧地下水の利用であり影響は無い。

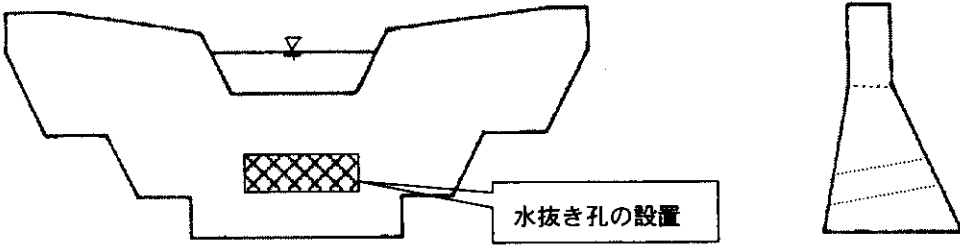
表 19.2.4 地下浸透に配慮した排水構造物

構造例	概要
	<p>浸透柵 浸透柵とは、側面や底面に浸透孔等を有する柵とその周辺の充填材から構成される構造物で、その側面や底面から雨水を地中へ浸透させる構造物である。</p>
	<p>浸透トレンチ 浸透トレンチとは、浸透管とその周辺の充填材から構成される構造物で、その側面や底面から雨水を浸透させる構造物である。</p>
	<p>浸透側溝 浸透側溝とは、側溝の側面や底面に透水性又は有孔のコンクリート材料を用いたものとその周辺の充填材から構成される構造物で、その側面や底面から雨水を地中へ浸透させる構造物である。</p>

19.2.4 河川及び湖

対象箇所のうち、1 箇所では河川 (河川利用) への影響が懸念されたが、表 19.2.5 に示す通り、現況河川の流量を大きく変えない構造を採用し、河川への影響を最小限に抑えた。

表 19.2.5 河川流量への配慮事項

識別番号	最終案 (ダム工)
N003E170	

19.2.5 動植物

対象箇所のうち、2箇所において直接的・間接的に自然保護区（貴重な動植物）へ影響を及ぼすことが懸念されていたが、表 19.2.6、図 19.2.1 に示す通り影響を回避する計画を立案した。

表 19.2.6 動物・植物への配慮事項

識別番号	懸念事項	対策案
San Nicolas (Nic1)	下流部のセレットマブ保護区に対し、工事による締め切り等によって動物への水供給が減少することが懸念された。	水の無い乾期に施工を行うことで、締め切りを行わない計画である。
N003C230	セロエルアレナル保護区に位置するため、対策工によって植生の復元を図る必要があった。	法枠工に植栽を行うことによって植生の復元を図る計画である。（図 19.2.1 参照）植栽は、在来種の移植か潜在自然植生に基づいた植栽種とする。また、盛土部についてものり面の緑化を行い、周辺の景観との調和を図る計画である。

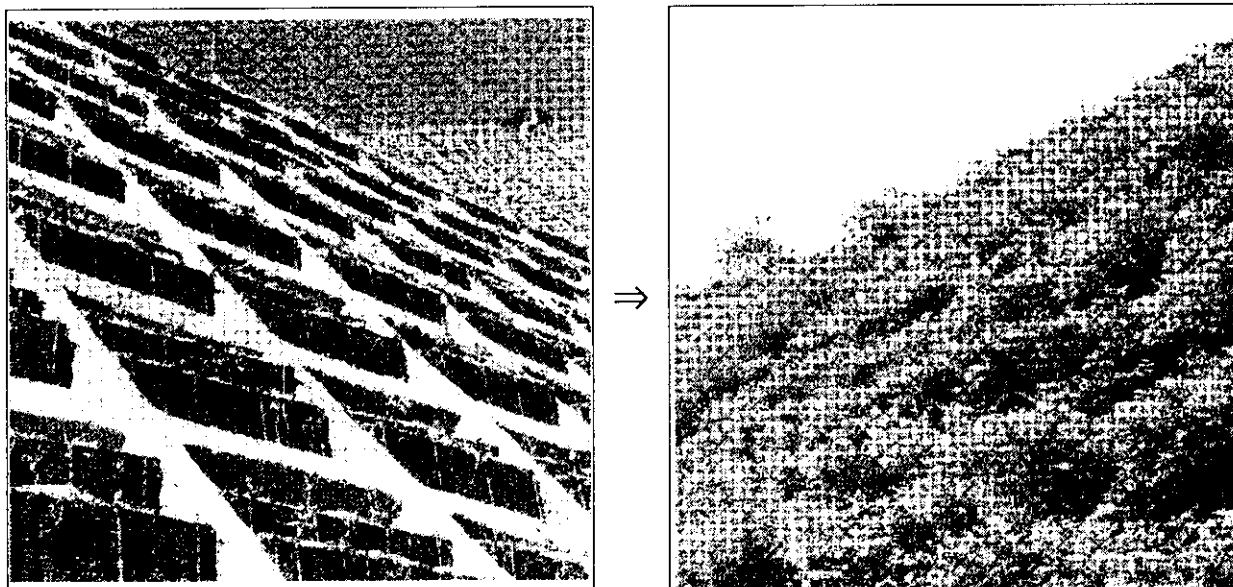


図 19.2.1 法枠内の植栽例

19.2.6 景観

自然保護地域内にある N003C230 は、斜面に対して直接構造物で防護する必要があるため、景観に配慮すべき箇所として選定した。そのため、周辺の自然景観に調和した形式を提案するために、植栽等による景観が配慮できる対策工に計画を再検討した。

19.3 次ステップ（施工）における留意事項

工事契約段階において、環境影響に関する最低限考慮しなければならない法的事項については NIC2000 の第 108 節により実施する。また、基本設計・実施設計・施工時における環境留意事項について、NABCV の記載事項を十分に確認することが重要である。内容の詳細については報告書本編に述べている。

19.4 現時点での評価

環境影響を最小限にする上で、密接に関係している防災整備箇所の環境事項に対しては、十分な対策が図られていると評価できる。箇所毎の最終評価を表 19.4.1 に示す。

表 19.4.1 各箇所における環境影響評価

評価項目	環境影響調査段階																														
	Nic.1							Nic.3							5			Nic.26													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
社会環境	1 住民移転	D*	B	D	D	D	D	B	B	B	B	B	D	D	B	B	D	A	B	B	B	B	B	B	D	B	B	B	D	D	D
	2 経済活動	D	D	A	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	D	D	D	A	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	3 交通及び生活施設	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	4 廃棄物	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
自然環境	5 地下水	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	B	D	D	B	D	D	D	
	6 河川・湖沼	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	
	7 動物・植物	D	D	D	A	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	B	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	8 景観	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	B	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
公害	9 大気汚染	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	
	10 水質汚染	B	B	B	B	B	B*	B	B	B	B	B	B*	B*	B	B	B	B	B	B	B	B	B*	B	B	B	B*	B	B	B	
	11 騒音・振動	D	D	D	D	B	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	B	B	D	D	D	D	D	D	D	D	D	B	D	D	
一次調査による対策工	GW	PN	GM	GM	GM	GM	PN	PN	R+S	R+S	R+S	R+S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		

*: 特殊要因を含む箇所

評価項目	環境影響評価段階																													
	Nic.1							Nic.3							5			Nic.26												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
社会環境	1 住民移転	B	B	D	D	D	D	D	D	B	B	B	D	D	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	D	B	B	B	D	D
	2 経済活動	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	3 交通及び生活施設	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	4 廃棄物	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
自然環境	5 地下水	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	
	6 河川・湖沼	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	
	7 動物・植物	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	8 景観	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
公害	9 大気汚染	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	
	10 水質汚染	B	B	B	B	B	B*	B	B	B	B	B	B*	B*	B	B	B	B	B	B	B	B	B*	B	B	B	B*	B	B	B
	11 騒音・振動	D	D	D	D	B	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	B	B	D	D	D	D	D	D	D	D	D	B	D	D
対策工(最終案)	CW	R+S	GM	GM	GM	GM	BR	BR	SF	CF	SF+S	F+S	D+G	GM	R+C	R+C	CW	R+C	D+R	F+V	R+C	R+C	R+C	R+C	R+C	R+C	R+C	R+C	R+C	

Note: GM (Gabion Mat) CM (Concrete Mat) NB (New Bridge) GW (Gabion Wall) CW (Concrete Wall) CF (Concrete Flame) R (Recutting) S (Shotcrete) PN (Prevention Net) BR (Boulder Removal) CW (Counter Weight) D (Dam) V (Vegetation) C (Culvert) SD (Surface Drainage) GD (Ground Drainage) RW (Reconstruction Wing Wall) RE (Re-embankment) SF (Slope Fairing) BP (Bank Protection)

- NIC.1
- 1 N001A290
- 2 N001A280
- 3 Rinquihar
- 4 San Nicolas
- 5 San Juanillo
- 6 San Ramon
- 7 N001A240
- 8 N001B230
- 9 N001B170
- 10 N001B150
- 11 N001B120
- 12 Rosaman
- 13 Rosapapait
- NIC.3
- 14 003B400
- 15 003B370
- 16 El Guayacan
- 17 N003B320
- 18 N003C230
- 19 N003E170
- 20 N003C150
- 21 N003C140
- NIC.5
- 22 N005A001
- NIC.26
- 23 N026A006
- 24 El Hanculla
- 25 N026B140
- 26 N026A150
- 27 N026B160
- 28 San Juan de Dios
- 29 Caslon
- 30 Sibus

第 20 章 プロジェクト評価

20.1 一般

第 13 章で述べられているように、防災対策を施すことによって得られる交通便益は、災害発生時に被る交通の損失を計算することによって求めることができる。災害が発生し、迂回を余儀なくされた場合には、交通便益に対して以下の 2 つの損失が考えられる。

- 経路距離が長くなることに伴う自動車走行費用の増大
- 道路利用者時間費用の増大

この損失については、JICA STRADA モデルを利用して以下の 2 ケースについて検討し算定した。また解析結果は第 11 章で導出された変換係数を用いて、費用便益に変換されている。パラメータ算出結果を表 20.1.1 に示す。

- ① 防災対策工を行っているため常に通行可能となるケース(共通の基本ケース)
- ② 防災対策が実施されておらず、災害が発生して関連するリンクが通行不可能で切り回しが必要なケース

表 20.1.1 経済分析用の「二」国における自動車走行費用と旅行費用 (2002 年度)

車種	1000 km 当たり走行費用 単位：USドル	道路利用者費用 単位：USドル/台・時間
乗用車	185.5	2.84
ユーティリティ	215.1	1.09
バス平均	529.7	14.90
軽貨物車	549.1	1.04
中型貨物車	768.2	1.04
大型貨物車	878.5	0.75

出典：(「二」国、2000 年度) 運輸計画および 2002 年度価格

表 20.1.2 に、経済分析で用いられている係数を示す。

表 20.1.2 経済分析用係数

項目		出典
割引率	10%	国際基準
割引期間	18 年間	2003 年から 2020 年と仮定
対策工の維持管理費	年間資本費用の 2%	
対策工実施年度	2003	
便益発生初年度	2004	

20.2 経済分析

図 20.2.1 に対象道路上の防災整備箇所を示す。

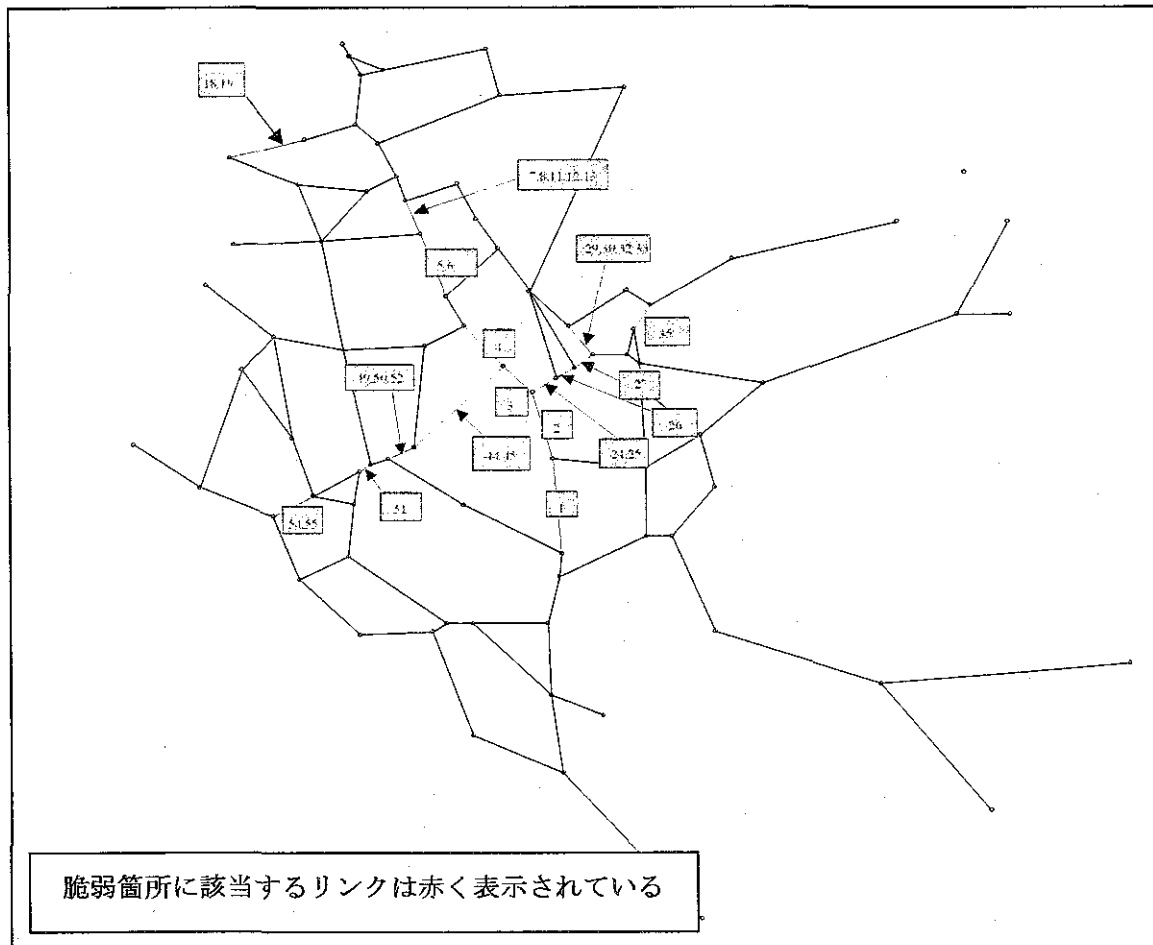


図 20.2.1 経済分析で対象となる 30 の防災整備箇所

経済評価は、自然災害による道路閉鎖（通行止め）により生じる損失の程度で表される。また、損失の大きさは、交通量、通行可能な代替経路の延長及び機能性により左右される。

今次調査にて選定された防災整備箇所は緊急性の高いものであるが、対象道路においては、しばしば災害が発生し、災害の発生する頻度を確率によって表すことが困難である。ニカラグア国では、台風の襲来時期も含めて雨期と称する時期は4月から10月である。この半年間に降雨による影響で切土斜面では落石や岩盤崩壊、斜面地滑りによって車道の遮断を余儀なくされている。また、橋梁基礎部の洗掘による取付道路部の洗掘影響なども同様に発生しているのが現状である。このため、過去の最大時間降雨データをもとに災害発生頻度を求めるものとする。降雨データを表 20.2.1 に示すが、各対象年の降雨量にはバラツキがあるものの、ハリケーン“ミッチ”前後の年の降雨量が異常に多い。したがって、本調査では降雨量が岩盤キレツからの浸透によって、落石や岩盤崩壊等が発生させる原因となっていることから、200mm/h 以上を超える年を対象として考慮するものとする。この結果をうけて、20年で200mm/h 以上の発生回数は7回あり、このことから防災整備箇所の災害発生確

率はおおよそ3年に1度程度として考えるものとする。

表 20.2.1 過去 20 年の最大時間降雨データ

年	降雨量 (mm/h)	備考
1980	283.3	
1981	98.9	
1982	85.1	
1983	37.3	
1984	48.5	
1985	245.9	
1986	50.1	
1987	47.5	
1988	217.1	
1989	50.0	
1990	143.6	
1991	96.3	
1992	57.6	
1993	129.4	
1994	112.4	
1995	324.9	
1996	340.4	
1997	157.7	
1998	888.4	ハリケーンミッチ
1999	215.0	
2000	82.6	

なお、第 18 章にも記述されているように防災対策工の寿命は以下の年数で、投資額に反映させる。

- ◆ 防災対策を実施する場合 (永久対策工) : 20 年毎
- ◆ 防災対策を実施する場合 (仮設対策工) : 10 年毎

防災対策を実施する場合 (With project) の想定工事期間および対策を実施しない場合 (Without project) の災害一時処理費を表 20.2.2 に示す。なお、工事期間は防災整備箇所規模、工事内容によって大きく異なる。転石除去や落石防止網の設置は工事期間が短く設定できる。また、橋梁基礎部の洗掘箇所も工事期間を比較的短く設定できる。しかし、斜面の再切土や盛土は工事箇所や工事量によって約 2 年の工事期間を要する箇所もある。

復旧費用は、Without project として防災整備箇所に対して対策を実施しない場合に発生する費用である。この場合、道路を閉鎖することなく一時的に通行を可能にする復旧費用であり、防災整備箇所規模や内容によっても異なる。橋梁基礎洗掘箇所は栗石設置などによる対応が可能であるため、復旧費用は安く見積もられる。

なお、将来、「二」国における主要道路および地方道路は徐々に整備され、道路規格が向上していくと考えられる。また、これらの道路整備計画が実施されることで、災害時の代替ルートの通行時間が短くなると考えられるため、以下の 2 つの将来計画を考慮して JICA STRADA モデルを作成した。

- ① NIC.7 の San Benito－San Lorenzo 区間(Managua～Boaco)の高規格化
- ② Esteli 付近の Santa Cruz－San Nicolas 間の舗装整備

なお、現在提案されている Guayacan－Jintoega 間の改良工事に関する条件は、経済分析を実施する上で無くてはならないものである。また同時に Jinoteg－Matagalpa－Guayacan 区間の防災対策工の便益を検討するための重要な要素であるが、その計画内容は明確となっていない。また同時に NIC3 の改良計画は Jintoga－Guayacan 間道路の経済評価にも影響を及ぼすものである。したがって、NIC3 の防災整備箇所に対する便益の検討は、Jintoga－Guayacan 間道路の完成時期を考慮して実施した。

表 20.2.3 に対象路線毎の経済効果の評価結果を示す。

経済分析の結果、NIC1 上の防災整備箇所 No.18 および No.19 は、経済的純現在価値がマイナスの値であるが、この理由は災害時の迂回路利用の効果が高いため、既存道路利用してもその効果が低い結果と言える。

表 20.2.2 防災対策工事期間 (With project) および復旧費用 (Without project)

Serial No.	防災整備箇所	工事期間 (日)	復旧費 (US\$)
1	N001A290	120	2,000
2	N001A280	30	2,000
3	Junquillal	30	1,000
4	San Nicolas	30	1,000
5	Las Chanillas	30	1,000
6	San Ramon	30	1,000
7	N001A240	90	2,000
8	N001B230	15	2,000
11	N001B170	400	2,000
12	N001B150	120	2,000
13	N001B120	270	7,000
18	Rio Inali	540	5,000
19	Rio Tapacali	300	1,000
24	N003B400	180	2,000
25	N003B370	90	2,000
26	El Guayacan	365	1,000
27	N003B320	60	2,000
29	N003C230	300	3,000
30	N003E170	365	2,000
32	N003C150	730	2,000
33	N003C140	600	2,000
35	N005A010	450	2,000
44	N026A060	250	2,000
45	La Banderita	60	1,000
49	N026B140	420	2,000
50	N026A150	90	2,000
51	N026A160	45	2,000
52	San Juan de Dios	30	1,000
54	Papalon	60	1,000
55	Solis	60	1,000

表 20.2.3 経済分析結果

防災整備箇所	ID No.	投資額		便益		内部収益		現在価値	内部収益率 EIRR	B/C	EIRR	B/C
		投資額	割引投資額	便益	割引便益	割引投資額	割引便益					
1	N001A290	959,018	616,618	6,747,338	3,276,470	5,788,319	2,659,951	4%	5.31			
2	N001A280	16,536	14,190	516,136	454,254	499,601	440,064	44%	32.01			
3	Junquillal	120,236	77,307	2,189,660	1,091,941	2,069,326	1,014,634	12%	14.12			
4	San Nicolas	71,569	46,016	1,141,730	584,712	1,070,161	536,695	12%	12.71			
5	Las Chumillas	541,058	347,863	1,015,448	510,686	474,390	162,803	0.4%	1.47			
6	San Ramon	25,765	16,566	1,015,448	510,686	989,664	494,120	30%	30.83			
7	N001A240	74,431	47,857	1,855,991	937,770	1,781,559	889,914	19%	19.60			
8	N001B230	17,176	11,044	472,346	241,134	455,169	230,091	24%	21.83			
9	N001B170	2,259,033	2,256,222	2,670,153	2,401,084	41,120	144,861	0.3%	1.06			
10	N001B150	44,644	36,313	823,606	730,977	778,962	692,664	24%	19.06			
11	N001B120	1,345,933	1,155,072	1,589,184	1,394,328	243,262	239,256	0.5%	1.21			
12	Rio Itahl	2,370,350	1,524,059	867,206	420,114	-1,513,143	-1,103,945	0%	0.28			
13	Rio Tapacali	807,293	519,064	454,892	223,324	352,401	295,740	0%	0.43			12.3
14	N003B400	66,139	56,760	2,022,393	1,809,895	1,956,264	1,753,125	41%	31.89			
15	N003B370	289,359	248,326	1,023,196	910,609	733,637	662,283	4%	3.67			
16	El Guayacan	2,280,149	1,956,812	10,398,159	9,353,209	8,118,010	7,396,397	5%	4.78			
17	N003B320	395,182	339,143	531,581	468,155	136,400	129,012	69%	1.38			
18	N003C230	542,341	465,435	662,039	580,433	119,698	114,999	0.5%	1.26			
19	N003E170	512,579	439,892	785,681	696,845	273,102	256,952	1.0%	1.58			
20	N003C150	1,517,894	1,302,649	1,547,361	1,382,367	29,467	79,708	0.3%	1.06			
21	N003C140	1,238,456	1,062,837	1,276,078	1,138,202	37,621	75,365	0.3%	1.07			5.8
22	N005A010	643,204	551,994	1,051,918	936,458	408,714	384,464	1.1%	1.70			1.7
23	N026A060	522,500	448,406	734,632	660,901	212,132	202,494	0.8%	1.45			
24	La Banderita	51,258	43,989	188,552	161,995	137,294	118,006	4%	3.68			
25	N026B140	1,494,746	1,282,783	2,132,684	1,909,148	637,938	626,365	0.9%	1.49			
26	N026A150	347,231	297,992	475,861	418,007	128,630	120,015	0.7%	1.40			
27	N026A160	37,216	23,928	1,528,606	774,707	1,497,390	750,778	33%	32.38			
28	San Juan de Dios	14,314	9,203	466,350	236,638	452,036	227,395	26%	25.70			
29	Papalon	146,000	93,873	4,004,273	2,067,405	3,858,273	1,963,631	21%	21.92			
30	Solis	188,941	121,483	2,008,137	1,031,535	1,819,196	910,052	7%	8.49			11.7%
31		19,310,546	15,415,719	52,186,537	37,293,670	32,075,991	21,878,151		12.8%			10.2

20.3 予算確保の優先順位

防災対策予算の検討は、以下の2つの段階に分けて行った。

- i) 費用を最小化する一方で、便益を最大化する対策工の優先的事業パッケージを決める。
- ii) 資金調達パッケージと可能性のある資金源を関連づける。

表 20.3.1 および表 20.3.2 は便益／投資額比と内部収益率を順位付けしたものである。既存道路がある場合、比較的少ない投資額で、毎年の維持管理費が高く、便益がプロジェクト開始後すぐに発生する案件では、指標の性格上から内部収益率での評価には適さないと言われている。このため、グループ分けに際しては便益／投資額比での評価としてグループ分けをおこなうものとする。なお、便益／投資額比の値は、10.0 以上、1.5 以上、1.5 未満の3つのグループ分けで優先順位を設定する。

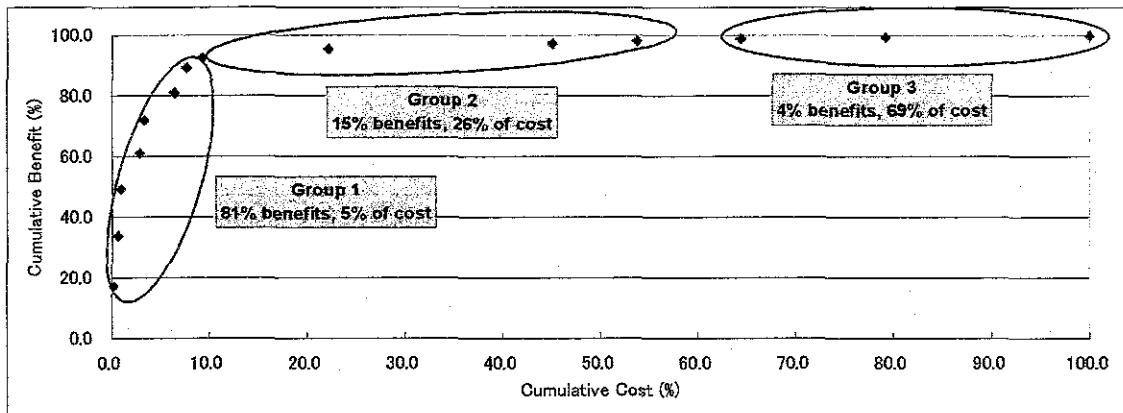
表 20.3.1 防災対策工実施計画の優先順位 (便益/投資額比)

防災整備箇所	ID No.	投資額		便益		便益/投資額比		内部収益率 EIRR	B/O	平均自/C
		投資額	割引投資額	便益	割引便益	便益/投資額比	割引便益/割引投資額比			
51	ND26A160	37,216	23,928	1,528,606	774,707	1,491,390	750,778	33%	32.38	
2	ND01A260	16,535	14,190	516,136	454,254	499,601	440,064	44%	32.01	
24	ND03B400	66,139	56,760	2,022,393	1,809,886	1,956,254	1,753,125	41%	31.89	
6	San Ramon	26,765	16,566	1,015,448	510,686	989,634	494,120	30%	30.83	
52	San Juan de Dios	14,314	9,203	466,350	236,538	452,036	227,335	26%	25.70	優先順位 カール-71
8	ND01B230	17,176	11,044	472,346	241,134	455,169	230,091	24%	21.83	
54	Papelon	146,000	93,873	4,004,273	2,057,405	3,858,273	1,963,531	21%	21.92	
7	ND01A240	74,431	47,857	1,855,991	937,770	1,781,559	889,914	19%	19.60	
12	ND01B150	44,644	38,313	823,606	730,977	776,962	692,664	24%	19.08	
3	Juriquilal	120,235	77,307	2,169,560	1,091,941	2,069,325	1,014,634	12%	14.12	
4	San Nicolas	71,559	46,016	1,141,730	584,712	1,070,161	538,695	12%	12.71	
55	Solis	166,941	121,483	2,008,137	1,031,535	1,819,196	910,052	7%	8.49	
1	ND01A290	969,018	616,618	6,747,338	3,276,470	5,766,319	2,659,851	4%	5.31	
26	El Guayacan	2,280,149	1,956,812	10,398,159	9,353,209	8,118,010	7,396,397	5%	4.78	優先順位 カール-72
25	ND03B370	289,359	248,326	1,023,196	910,609	739,637	662,283	4%	3.67	
45	La Bandera	51,258	43,989	186,552	161,995	137,294	118,006	4%	3.68	
36	ND05A010	643,204	561,994	1,051,918	936,458	408,714	384,464	1.1%	1.70	
30	ND03E170	512,579	439,892	785,681	696,845	273,102	256,962	1.0%	1.58	
49	ND26B140	1,494,746	1,282,763	2,132,684	1,909,148	637,938	626,366	0.9%	1.49	
5	Las Charillas	541,058	347,893	1,015,448	510,686	474,390	162,803	0.4%	1.47	
44	ND26A060	522,500	448,406	734,632	650,901	212,132	202,484	0.6%	1.45	
50	ND26A150	347,231	297,992	475,861	418,007	128,630	120,015	0.7%	1.40	
27	ND03B920	395,182	339,143	531,581	468,155	136,400	129,012	69%	1.38	
29	ND03C230	542,341	465,435	662,039	580,433	119,898	114,999	0.5%	1.25	
13	ND01B120	1,345,933	1,155,072	1,589,184	1,394,328	243,252	239,256	0.5%	1.21	
33	ND03C140	1,236,456	1,062,637	1,276,078	1,138,202	37,631	75,365	0.3%	1.07	
32	ND03C150	1,517,894	1,302,649	1,547,361	1,362,357	29,467	79,708	0.3%	1.06	
11	ND01B170	2,628,033	2,256,222	2,670,153	2,401,084	41,120	144,861	0.3%	1.06	
19	Rio Tapacali	807,293	519,064	454,892	223,324	-352,401	-295,740	0%	0.43	
18	Rio Inali	2,370,350	1,524,059	857,206	420,114	-1,513,143	-1,103,945	0%	0.28	
		19,310,546	15,415,719	52,186,537	37,293,870	32,875,991	21,878,151			1.1 10.2

表 20.3.2 防災対策実施計画 (内部収益率)

防災整備箇所	ID No.	投資額		利益		割引利益	便益-投資額	純現在価値	内部収益率 IRR	B/C	平均 IRR
		投資額	割引投資額	便益	割引便益						
27	N003B320	395,182	339,143	531,581	468,155	136,400	129,012	69%	1.38		優先順位 ケル-7*1
2	N001A280	16,535	14,190	516,136	454,254	499,501	440,064	44%	32.01		
24	N003B400	66,139	56,780	2,022,393	1,809,888	1,956,254	1,753,125	41%	31.89		
51	N026A160	37,216	23,928	1,528,606	774,707	1,491,390	750,778	33%	32.38		
6	San Ramon	25,785	16,566	1,015,448	510,686	989,684	494,120	30%	30.83		
52	San Juan de Dios	14,314	9,203	466,350	236,538	452,036	227,336	26%	25.70		
8	N001B230	17,176	11,044	472,346	241,134	455,169	230,091	24%	21.83		
12	N001B150	44,644	38,313	823,606	730,977	778,962	692,664	24%	19.08		
54	Papaton	146,000	93,873	4,004,273	2,057,406	3,866,273	1,963,631	21%	21.92		
7	N001A240	74,431	47,857	1,855,991	937,770	1,781,559	889,914	19%	19.60		
3	Junquillal	120,235	77,307	2,189,560	1,091,941	2,089,325	1,014,634	12%	14.12		
4	San Nicolas	71,569	46,016	1,141,730	584,712	1,070,161	538,695	12%	12.71	30%	
55	Soils	186,941	121,483	2,008,137	1,031,535	1,819,196	910,062	7%	8.49		
26	El Guayacan	2,280,149	1,956,812	10,398,159	9,353,209	8,118,010	7,396,397	5%	4.78		
1	N001A290	959,018	616,618	6,747,338	3,276,470	5,788,319	2,659,851	4%	5.31		
25	N003B370	289,359	248,326	1,023,196	910,609	733,637	662,263	4%	3.67		
45	La Banderita	51,258	43,989	188,552	161,995	137,294	118,006	4%	3.88		
35	N005A010	643,204	551,994	1,061,918	936,458	408,714	384,464	1.1%	1.70		
30	N003E170	512,579	439,892	706,681	696,845	273,102	256,952	10%	1.58		
49	N026B140	1,494,746	1,282,783	2,132,684	1,909,148	637,938	626,365	0.9%	1.49		
44	N026A060	522,600	448,406	734,632	660,901	212,132	202,494	0.8%	1.45		
50	N026A150	347,231	297,992	475,861	418,007	126,630	120,015	0.7%	1.40		
29	N003C230	642,341	465,435	662,039	580,433	119,698	114,999	0.5%	1.25		
13	N001B120	1,345,933	1,155,072	1,589,184	1,394,328	243,262	239,266	0.5%	1.21		
5	Las Chanillas	541,058	347,883	1,015,448	510,686	474,390	162,603	0.4%	1.47		
33	N003C140	1,238,456	1,062,837	1,276,078	1,138,202	37,821	75,365	0.3%	1.07		
11	N001B170	2,629,033	2,256,222	2,670,153	2,401,084	41,120	144,861	0.3%	1.06		
32	N003C150	1,517,894	1,302,649	1,547,361	1,382,357	29,467	79,708	0.3%	1.06		
19	Rio Tapacali	807,293	519,064	454,892	223,324	362,401	-295,740	0%	0.43		
18	Rio Ihali	2,370,350	1,524,059	857,206	420,114	-1,513,143	-1,103,945	0%	0.28	0.4%	
		19,310,546	15,415,719	52,186,537	37,293,670	32,875,991	21,878,151			12.8	

防災対策工実施計画は、優先順位グループ 1 (12 防災整備箇所で大便益の 81%をもち、全費用の 5%が投入される。) と、優先順位グループ 2 (7 防災整備箇所で大便益の 15%をもち、全費用の 26%が投入される。)、優先順位グループ 3(11 防災整備箇所で大便益の 4%をもち、全費用の 69%が投入される。)の 3グループで計画した。



上図のように、3つのグループは投資の優先順位付けと防災対策工実施計画の組合せを作成する上での基礎となる。グループ分けに基づいて防災対策工実施計画を事業パッケージ毎に分けたものを、表 20.3.3 に提案する。

なお各事業パッケージの経済分析は、以下の条件を仮定して行った。

- 事業パッケージ毎に全防災整備箇所の事業費用が決定されている。
- 便益はそれぞれの事業パッケージ内で、一箇所の防災整備箇所における一箇所の災害を回避することに起因して個別に生じるものとする。
- 参考例として便益の流れを示すために、事業パッケージ毎にいくつか防災箇所を例として採り上げて試算を行った。具体的には、事業パッケージ 1 に関しては防災整備箇所 51 番 (NIC.26)、事業パッケージ 2 に関しては防災整備箇所 26 番 (NIC.3)、事業パッケージ 3 に関しては防災整備箇所 7,8,11,12,13 番 (NOC.1) を例として採り上げた。
- 対策工の実施による便益は、工事完了後から 2020 年までの間考慮される。

表 20.3.3 防災対策工実施計画の事業コンポーネント (優先順位順)

パッケージNo.	事業コンポーネント	整備箇所No.	ID番号	路線	費用(USドル)	
1	1a	2	N001A280	Nic1	12,339	
		3	Junquillal	Nic1	51,825	
		4	San Nicolas	Nic1	30,849	
		6	San Ramon	Nic1	11,105	
		7	N001A240	Nic1	32,082	
		8	N001B230	Nic1	7,404	
			12	N001B150	Nic1	33,316
		事業コンポーネント1a 費用				178,921
	1b	24	N003B400	Nic3	49,358	
		27	N003B320	Nic3	294,912	
		事業コンポーネント1b 費用				344,269
1c	51	N026A160	Nic26	16,041		
	52	San Juan de Dios	Nic26	6,170		
	54	Papalon	Nic26	62,931		
	事業コンポーネント1c 費用				85,142	
パッケージ1費用					608,333	
パッケージNo.	事業コンポーネント	整備箇所No.	ID番号	路線	費用(USドル)	
2	2a	1	N001A290	Nic1	413,370	
	事業コンポーネント2a 費用				413,370	
	2b	25	N003B370	Nic3	215,940	
		26	El Guayacan	Nic3	1,701,604	
		30	N003E170	Nic3	382,521	
		事業コンポーネント2b 費用				2,300,064
	2c	35	N005A010	Nic5	480,003	
	事業コンポーネント2c 費用				480,003	
	2d	45	La Banderita	Nic26	38,252	
		55	Solis	Nic26	81,440	
	事業コンポーネント2d 費用				119,692	
パッケージ2費用					3,313,129	
パッケージNo.	事業コンポーネント	整備箇所No.	ID番号	路線	費用(USドル)	
3	3a	5	Las Chanillas	Nic1	233,215	
		11	N001B170	Nic1	1,961,965	
		13	N001B120	Nic1	1,004,427	
		18	Rio Inali	Nic1	1,021,702	
		19	Rio Tapacali	Nic1	347,971	
	事業コンポーネント3a費用				4,569,280	
	3b	29	N003C230	Nic3	404,732	
		32	N003C150	Nic3	1,132,757	
		33	N003C140	Nic3	924,221	
	事業コンポーネント3b費用				2,461,711	
	3c	44	N026A060	Nic26	389,925	
		49	N026B140	Nic26	1,115,482	
		50	N026A150	Nic26	259,127	
事業コンポーネント3c費用				1,764,534		
パッケージ3費用					8,795,526	
費用総額					12,716,988	

第 21 章 実施計画

21.1 実施機関

本プロジェクトを実施する政府機関は、運輸インフラ省計画総局である。また、他ドナーによる援助プロジェクトの際には、外務省経済協力関係局も実施機関の一つとして支援することになる。

21.2 事業パッケージの策定

第 20 章に述べられているように、経済分析と費用対効果の検討の結果、3つの事業パッケージが策定された。事業パッケージ1は、NIC.1・NIC.3・NIC.26の防災整備箇所を、事業パッケージ2はNIC.3・NIC.5・NIC.1の防災整備箇所を、事業パッケージ3はNIC.1・NIC.3の防災整備箇所である(表 21.2.1)。

表 21.2.1 事業パッケージと防災整備箇所

	Nic1	Nic3	Nic5	Nic26	合計(箇所)
事業 パッケージ1	N001A280 Junquillal San Nicolas San Ramon N001A240 N001B230 N001B150	N003B400 N003B320		N026A160 San Juan de Dios Papalon	12
事業 パッケージ2	N001A290	N003B370 El Guayacan N003E170	N005A010	La Banderita Solis	7
事業 パッケージ3	Las Chanillas N001B170 N001B120 Rio Inali Rio Tapacali	N003C230 N003C150 N003C140		N026A060 N026B140 N026A150	11

21.3 各対策工の妥当性評価

21.3.1 環境面の妥当性

NIC.3 上において 4 つの環境問題が認められている。しかしながら、これら環境問題は、以下の対策工を考慮することで回避されている。

- N003B320 地点のホテルの環境を保護するために、のり面を切り直すのではなく、擁壁を設置する。

- N003C230 地点の自然公園の環境を保護するために、のり面を切り直した後、砕工に植生工を実施する。
- N003E170 地点の下流域では、山の渓流がダムによってせき止められるおそれがあるため、ダムに通水口を設けて、遮水を無くすこととする。
- N003C140 地点のコーヒー園の環境を保護する必要から、擁壁を設置することで盛土延長を削減する。

このように、適切な環境影響緩和対策によって、各災害箇所の環境問題は完全に解決されている。従って、環境面においても対策工の妥当性が評価できる。

21.3.2 経済面の妥当性

経済分析時には、環境影響への補償に対する費用も工費の中に含めている（第 20 章）。殆どの対策工には、何らかの維持管理が必要であり、報告書本編の表 20.1.4 に示されているように、経済分析を行う際には、対策工費用の 2%を永久対策工の維持管理費として考慮している。

表 21.3.1 年間維持管理費用の見積もり（単位：US ドル(2002 年度単価)）

事業パッケージ	年間維持管理費
1	12,167
2	66,263
3	175,911
合計	254,340

出典：永久対策工の工費の 2%

表 21.3.1 の合計額は、対策工本体の施工完了後、維持管理に当てられるように確保される必要がある。この合計は経済分析にも考慮されており、経済面でも妥当であるといえる。さらに、表 21.3.1 に示されている合計額は、報告書本編表 21.4.2 の中で選定されている維持管理作業の費用を十分まかなえる。なお工事期間中、1 車線のみ通行にせざるを得ない箇所については、一時的に信号機か手信号で交通を制御するものとする。

21.3.3 対策工の妥当性

上述した通り、環境面と経済面の検討結果より、対策工の妥当性は証明されたといえる。さらに、「二」国では、殆ど全ての建設資機材が利用可能であることも妥当性の一つといえる。

事業実施によって得られる便益は、全 30 箇所の防災整備箇所から生じる。以下の防災整備箇所において今後 10 年間の災害回避プロジェクトの内部収益率を表 21.3.3

に示す。

表 21.3.3 各道路リンク上の防災プロジェクトの内部収益率

リンク	道路	内部収益率(%)
Malpaisillo	NIC.26	27.9
Sebaco to Chagatuillo	NIC.3	28.2
La Sirena to Condega	NIC.1	15.5
平均		23.5

出典：プロジェクト評価財務シート

全ての箇所の内部収益率平均は、23.5%である。この事象は1回の防災対策工の内部収益率が23.5%であることを示している。2回以上の防災対策の場合は内部収益率がさらに高くなることが分かる。つまり、施工費用が1回目より低く、交通量は増加していくため、便益が増加することになる。したがって、本調査を通じて計画された対策工は、「二」国の道路防災にとって非常に有効である。

21.4 事業パッケージ毎の工期

各事業パッケージの工期を算出する際には、作業量、現場状況、天候状況、道路用地の状況などを考慮しなければならない。防災整備箇所は、以下の3つに分類される。

◆ 事業パッケージ1：第1優先箇所

第1優先の防災整備箇所は、NIC.1・NIC.3・NIC.26 から成っている。主な防災対策工の作業項目には、橋梁基礎の洗掘を防止するための蛇籠設置や、風化のり面や急斜面ののり面切り直し、排水路や擁壁の設置が含まれている。対策工の詳細を表 21.4.1 に示す。本事業パッケージの概算工期は、2年間である。

表 21.4.1 事業パッケージ1の対策工作業項目

道路 No	識別番号	対策工	合計 (箇所)
NIC.1	N001AA280	水平排水	7
	Junquillal	蛇籠設置工	
	San Nicolás	蛇籠設置工	
	San Ramón	蛇籠設置工	
	N001A240	緩み石の除去、落石防止網の設置	
	N001B230	緩み石の除去、落石防止網の設置	
	N001B150	切り土工、コンクリート吹き付け、排水工	
NIC.3	N003B400	切り土工及び排水工	2
	N003B320	擁壁、盛土工、排水工、再植生工	
NIC.26	N026B160	緩み石の除去、落石防止網と排水口の設置	3
	San Juan de Dios	蛇籠設置工	
	Papalón	蛇籠設置工、練り石積み工	

◆ **事業パッケージ2：第2優先順位**

第2優先の防災整備箇所は、NIC.3・NIC.5・NIC.26 から成っている。主な防災対策工の作業項目には、新橋の架け替え、蛇籠設置工、風化のり面や急斜面のり面切り直し、排水路の設置が含まれている。対策工の詳細を表 21.4.2 に示す。本事業パッケージの概算工期は、2年間である。

表 21.4.2 事業パッケージ2の対策作業項目

道路 No.	識別番号	対策工	合計 (箇所)
NIC1	N001A290	緩み石の除去、落石防止網と排水口の設置	1
NIC.3	N003B370	切り土工及び排水工	3
	El Guayacán	新橋架け替え	
	N003E170	切り土、排水工、コンクリートダム、カルバート	
NIC.5	N005A010	切り土工及び排水工	1
NIC.26	La Banderita	練り石積み工および蛇籠設置工	2
	Solis	蛇籠設置工、練り石積み工	

◆ **事業パッケージ3：第3優先順位**

第3優先の防災整備箇所は、NIC.1・NIC.3 から成っている。主な防災対策工の作業項目には、橋梁基礎洗掘防止用のギャビオン敷き工、風化のり面や急斜面のり面切り直し、排水路の設置が含まれている。対策工の詳細を表 21.4.3 に示す。本事業パッケージの概算工期は2年間である。

表 21.4.3 事業パッケージ3の対策作業項目

道路 No.	識別番号	対策工	合計 (箇所)
NIC.1	Las Chanillas	コンクリートブロック	5
	N001B170	切り土工及び排水工	
	N001B120	切り土工及び排水工	
	Rio Inali	蛇籠設置工および練り石積み工	
	Rio Tapascoli	蛇籠設置工	
NIC.3	N003C230	切り土工及び植生工を伴うコンクリート保護 また、盛土を低くし、排水工を設ける。	3
	N003C150	切り土、排水工、盛土工 植生工、排水工	
	N003C140	排水工及び水平排水工を伴う切り土 盛土工、植生工、排水工	
NIC.26	N026A060	切り土工、コンクリート吹き付け、排水工	3
	N026B140	切り土、排水工、水平排水	
	N026A150	切り土、排水工、水平排水工	