

ボリヴィア国

サンタバルバラ・ベジャビスタ道路改良計画調査

最終報告書

要約編

平成3年3月

国際協力事業団

社調一

91-026(1/3)

91-026(1/3)

ボリヴィア国 サンタバルバラ・ベジャビスタ道路改良計画調査 最終報告書 要約編

平成3年3月

国際協力事業団



JICA LIBRARY



1089889(8)

22260



ボリヴィア国

# サンタバルバラ・ベジャビスタ道路改良計画調査

## 最終報告書

### 要約編

平成3年3月

国際協力事業団

国際協力事業団

22260

## 序 文

日本国政府は、ボリヴィア国政府の要請に基づき、同国のサンタバルバラ・ベジャビスタ道路改良計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、1989年8月から1990年12月までセントラルコンサルタント株式会社の立川孝氏を団長とし、同社及び日本工営株式会社並びに国際航業株式会社から構成される調査団を現地に派遣した。

調査団は、ボリヴィア国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクトサイト調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

本報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

終りに、本調査の実施にご協力とご支援をいただいた両国の関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

1991年3月

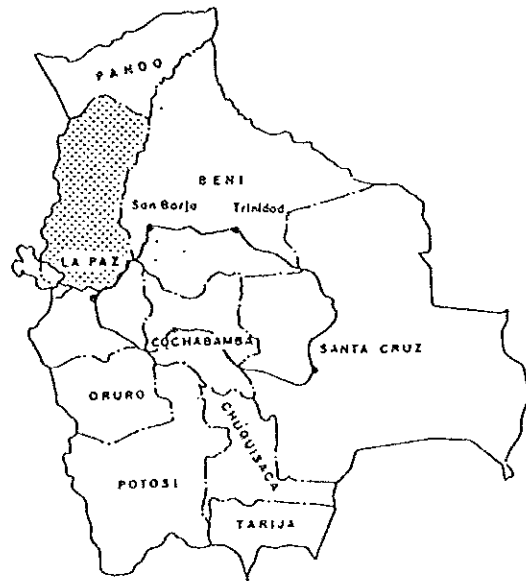
国際協力事業団

総裁 柳谷謙介



SUD AMERICA

BOLIVIA



調査位置図





写真1  
プロジェクト道路の起点であるサンタバルバラ橋（写真手前）  
からチョコ方面に向かう現道。



写真2  
ポイントA（起点から2.2km）付近における地滑り被害。この  
地滑りは道路に沿っておよそ1km続く。



写真3  
起点から10km付近（チャラ近辺）の現道。



写真4  
起点から14km付近における現道は幅員が狭く、排水施設も不十分である。



写真5  
起点から35kmのプエルト・レオン付近のオーバーハング。本プロジェクト道路における危険区域の1つである。



写真6  
プエルト・レオン付近のトラス橋。この橋は古く、部分的にいたんでおり、木製の床板が応急的に使用されている。



写真7  
起点から35km付近での索掘トンネル。トンネルは約25mで1車線である。



写真8  
起点から38km付近での急峻な崖に沿った道路。  
この地点はプロジェクト道路区間で最も危険な箇所である。

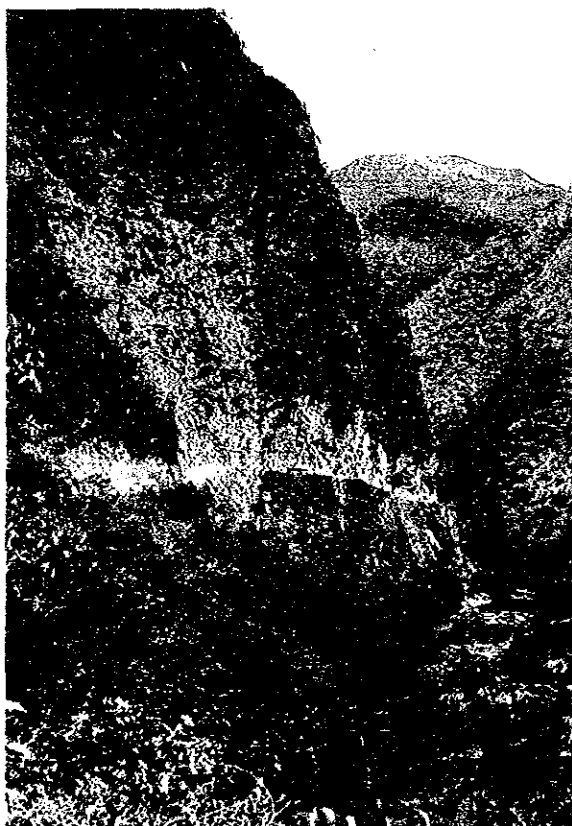


写真9  
遠方からみた写真8の地点。

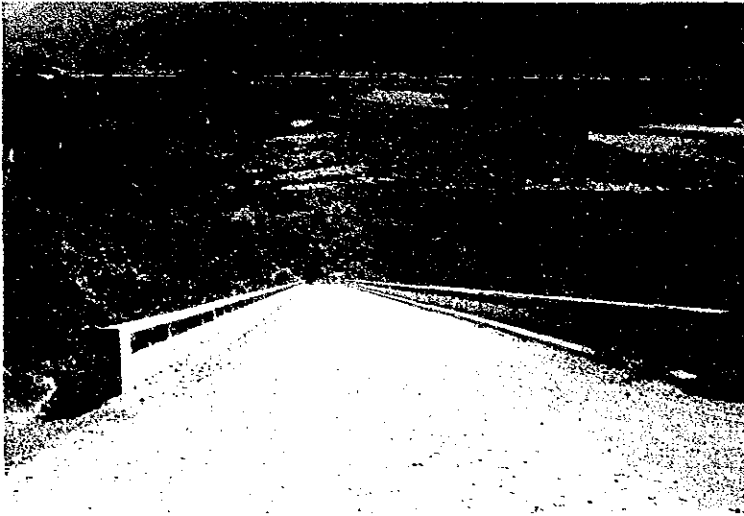


写真10  
ヤラ村付近のヤラ橋。この橋はこのまま将来も  
使用可能である。



写真11  
起点から 116km 付近。ここでは地滑りが今でも起  
きている。



写真12  
終点のベジャピスタにおける道路状況。本地点か  
ら先はSNCにより既に改良済みである。

サンタバルバラ・ベジャビスタ道路改良計画調査

要 約 編 目 次

A .	結 論	S - 1
B .	VOLUME Iの要約	S - 3
B . 1	序	S - 3
B . 1. 1	調査の背景	S - 3
B . 1. 2	調査の目的	S - 3
B . 1. 3	調査のスケジュールと調査項目	S - 4
B . 1. 4	報告書	S - 4
B . 2	現道の状況	S - 5
B . 2. 1	道路の分類とネットワーク	S - 5
B . 2. 2	道路状況	S - 5
B . 3	地形調査	S - 5
B . 3. 1	概要	S - 5
B . 3. 2	地質の記載	S - 7
B . 3. 3	道路改良に関する地形的および地質的問題	S - 7
B . 3. 4	ボーリング調査	S - 9
B . 4	道路改良の基礎調査	S - 10
B . 4. 1	現道の基本的問題	S - 10
B . 4. 2	設計基準	S - 11
B . 4. 3	道路の幾何構造	S - 11
B . 4. 4	橋 梁	S - 12
B . 4. 5	災害防除施設	S - 14
B . 5	概略設計	S - 16
B . 5. 1	道路の概略設計	S - 16
B . 5. 2	橋の概略設計	S - 18
B . 5. 3	構造設計	S - 19
B . 5. 4	土運搬計画	S - 23
B . 5. 5	維 持	S - 24

B.6	コストの積算	S-25
B.6.1	コストの分解	S-25
B.6.2	プロジェクト費用と維持費	S-25
C.	VOLUME II サマリー	S-28
C.1	社会経済の分析	S-28
C.1.1	社会経済の現状	S-28
C.1.2	将来の社会経済のフレーム	S-31
C.2	交通	S-33
C.2.1	交通調査	S-33
C.2.2	現在OD表	S-36
C.2.3	将来交通量の予測	S-37
C.3	経済分析と評価	S-39
C.3.1	代替案の設定	S-39
C.3.2	経済便益	S-39
C.3.3	経済コスト	S-44
C.3.4	経済分析	S-44
C.3.5	経済評価	S-46

A. 結論

道路延長115.5kmのサンタバルバラ～ベジャビスタ間の道路改良プロジェクトにおける技術的・経済的調査から以下の結論が得られた。

- (1) プロジェクトの総事業費用は188百万ドル、建設費は152百万ドルと積算された。

このプロジェクトにおいては以下の点に留意すべきである。

- a) 改良すべき道路延長（現道の拡幅やルートの変更）は次のとおりである。

総延長	108.63km
拡幅	92.29km(85%)
ルート変更	16.34km(15%)

- b) 土工量はかなりの量となり、その費用は建設費の60%以上を占める。総切土量の85%にあたる8.7百万m<sup>3</sup>の土砂が処分される。

このような大量の土砂の土捨場を確保できることが調査において確認された。土捨場はプロジェクト道路の近辺にあり、注意深く土運搬計画を立案することにより、環境に対する影響も最小にとどめられる。

- c) 本プロジェクトは大量の掘削量があるため、斜面崩壊のような不可避の災害が土工後に生じることも考えられる。切土された法面等が十分に安定するまでには2～3年要するものと考えられる。

- (2) プロジェクトの建設工事は1996年に開始されると仮定し、実施スケジュールを次のように定めた。

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
詳細設計										
入札書類作成、入札										
建設										

- (3) 経済分析の結果、内部収益率は19.7%、純現在価値（12%で割引した場合）は98百万ドルを得た。これらの経済指標の値から本プロジェクトは十分にフィージブルということが出来る。

(4) プロジェクト資金の調達の容易さを考えると、道路建設はアスファルト・コンクリート舗装されるべきである。

アスファルト・マカダム舗装は本調査においては採用していない。

(5) 本調査を受けて行なわれる詳細設計では以下の調査を行う必要がある。

- a) 地形調査
- b) 路床のサンプリング調査
- c) 材料調査
- d) プロジェクト道路の工事区間割
- e) 土捨場の決定



## B. VOLUME Iの要約

### B.1 序

#### B.1.1 調査の背景

国道3号線はボリヴィアで重要な道路の1つである。この道路は農業および牧畜業に大きな潜在生産力をもつ北部の平地とラパス市とを結ぶもので全国道路網システムにおいて幹線道路として分類されている。しかし、本道路の路面、排水施設、のり面の状況および幅員の状態は、交通量の増加にもかかわらず非常に悪い。しかし、ここ十数年間にわたる政府の努力の結果、本道路のいくつかの区間においては道路を全天候型の2車線道路へと改良する工事がすでに始められているし、また一部の区間においては始まろうとしている。このような現状を考えると、本プロジェクトの対象区間であるサンタバルバラ～ベジャビスタ間の改良は、今後確実に必要とされることが十分予測される。

従って、サンタバルバラ～ベジャビスタ区間を除くラパス～サンタバルバラ間およびベジャビスタ～ユクモ間が近い将来改良が行なわれると、一車線道路のまま取り残された本プロジェクトのサンタバルバラ～ベジャビスタ間が疑いなく交通のボトルネックとなってくるであろう。

上記の懸念からボリヴィア政府はこのサンタバルバラ～ベジャビスタ区間も改良すべきであるとし、必要な調査を日本政府に二国間の技術援助として要請した。

この要請に答え日本政府はサンタバルバラ～ベジャビスタ区間の道路改良プロジェクトに関するフィージビリティ調査を行なうことを決定した。

#### B.1.2 調査の目的

本調査の目的はサンタバルバラ～ベジャビスタ間の道路改良に関する技術調査および道路改良の及ぼす社会・経済的インパクト調査を行なうとともに、調査を通じてボリヴィア側スタッフへの技術移転をはかることにある。

### B.1.3 調査のスケジュールと調査項目

調査は以下のスケジュールで行なわれた。

- 1) 1989年 8月～1989年 9月
  - a) データの収集と分析
  - b) 社会・経済分析
  - c) 交通量調査とその解析
  - d) 土質および地質調査
  - e) 地形調査
  
- 2) 1989年12月～1990年 3月
  - a) 設計基準の検討
  - b) 将来交通量の予測
  - c) 代替案の検討
  - d) 最適案の選択
  
- 3) 1990年 6月～1990年12月
  - a) 概略設計
  - b) 費用の積算
  - c) 経済評価

### B.1.4 報告書

以下の報告書がS N Cに提出された。

- |                   |          |
|-------------------|----------|
| a) インセプションレポート    | 1989年 8月 |
| b) インテリムレポート      | 1990年 3月 |
| c) ドラフト・ファイナルレポート | 1990年12月 |

## B.2 現道の状況

### B.2.1 道路の分類とネットワーク

ボリヴィアの現在の道路システムは図B-1に示したとおりである。同図では、道路は幹線道路（国道1号線）と準幹線道路（国道2号線）に分類されている。

### B.2.2 道路状況

現道の横断線形はけして良いとは言えるものではない。サンタバルバラ～ベジャビスタのプロジェクト道路区間には半径の短い急カーブが多く、直線部分も非常に少ない。この結果、視距が悪く事故の原因ともなっている。

基本的には現道の縦断線形はサンタバルバラからカラナビまでコロイコ川に並行に下っている。しかし、その道路のある区間は危険な崖に沿っているし、また7%以上の勾配をもつ区間もある。また、カラナビ～ベジャビスタ間には道路が海拔1,500 m以上の峠を超えているため、勾配が非常にきつくなる箇所もある。

本道路には現在のところ14の橋がかけられている。これらの橋に対し、その構造の状態、取付道路の幾何構造が調査され、また損傷に関する目視調査も行なわれた。この結果、唯一つヤラ橋のみが将来においても使用可能であると判断された。

災害に関しては、道路沿のおよそ90ヶ所が斜面崩壊、落石、地すべり等の発生する可能性があると考えられ、検討がなされた。これらのうち46ヶ所が災害に対する防除策が必要であると判断された。

## B.3 地形調査

### B.3.1 概要

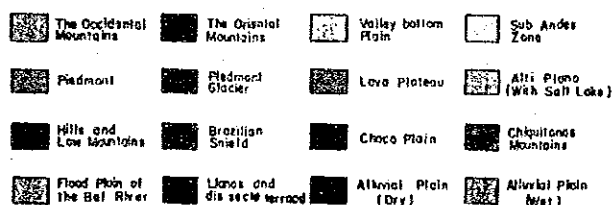
対象地域の地形図および地質図が図2-1と図B-3に掲げられている。ボリヴィアの北部は6つの地形に分類され、それらは北西から南東へ帯状に広がっている。

6つの分類は次のとおりである。

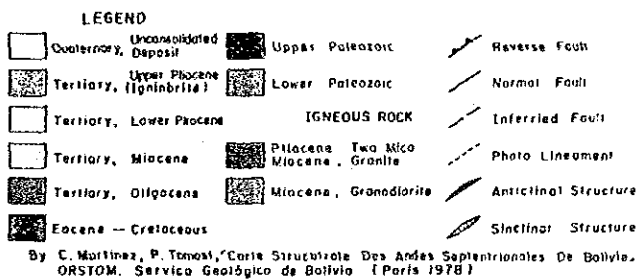
- (1) 西アンデス山脈



- (2) プーナ面 (アルティプラノ)
- (3) 東アンデス山脈
- (4) サブアンデス帯
- (5) アマゾンの低地
- (6) ブラジル楯状地



図B-2 ポリヴィアの地形図

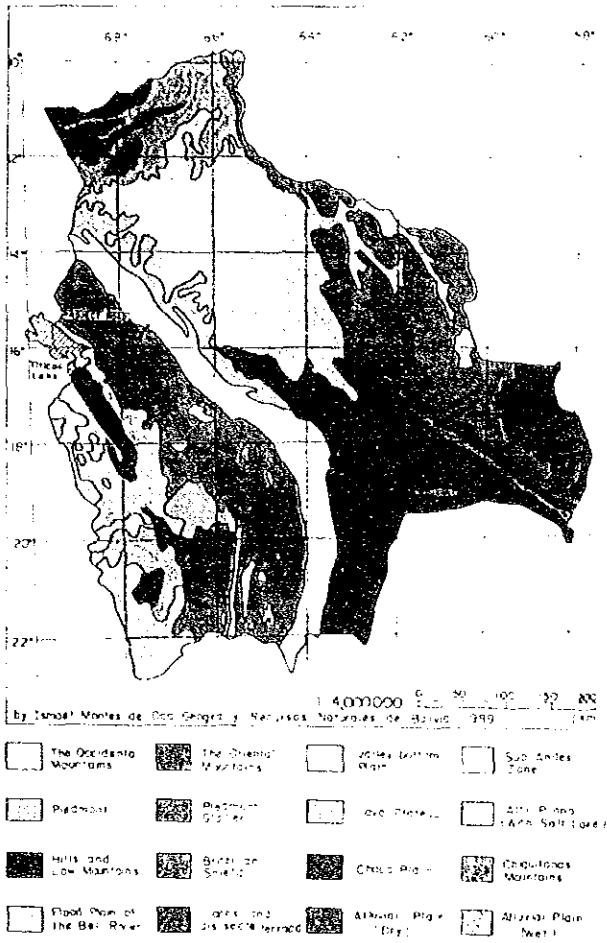


図B-3 ポリヴィア北部の地質図の

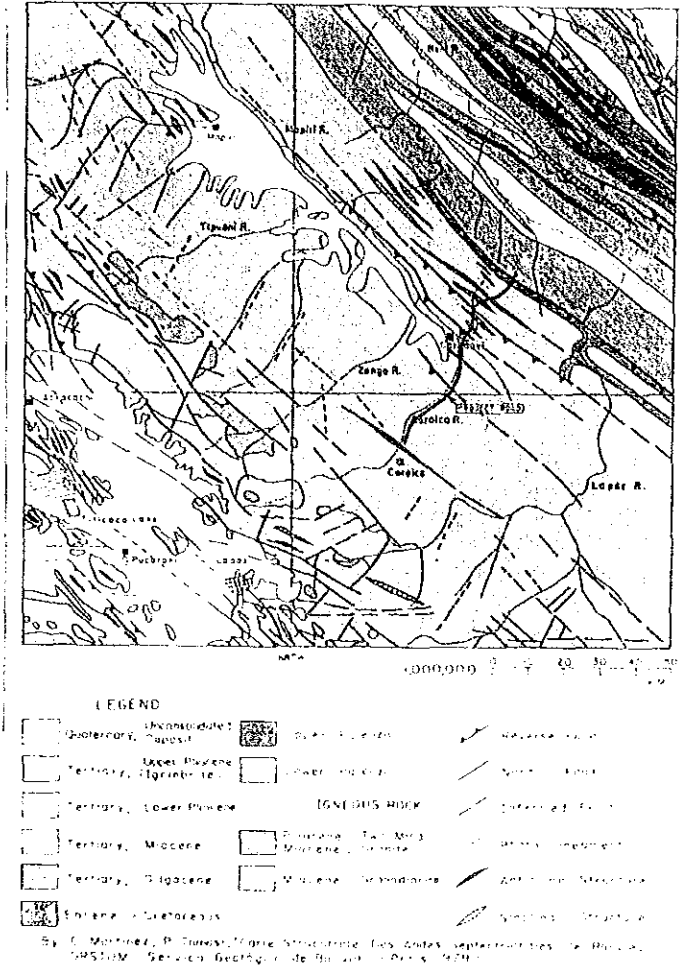
### B.3.2 地質の記載

地質調査地域は東アンデス山脈とサブアンデス帯に位置する。本地域には古生代、中生代、新生代の堆積岩類が広く分布している。  
 地質図と地質断面図は本レポート別冊の「図面集」に示す。

- (2) プーナ面 (アルティプラノ)
- (3) 東アンデス山脈
- (4) サブアンデス帯
- (5) アマゾンの低地
- (6) ブラジル楯状地



図B-2 ボリビアの地形図



図B-3 ボリビア北部の地質図の

### B.3.2 地質の記載

地質調査地域は東アンデス山脈とサブアンデス帯に位置する。本地域には古生代、中生代、新生代の堆積岩類が広く分布している。

地質図と地質断面図は本レポート別冊の「図面集」に示す。

### B.3.3 道路改良に関する地形的および地質的問題

プロジェクト道路沿には種々のタイプの斜面崩壊がみられる。この斜面崩壊は次の6つのグループに分けられる。

- (a) 斜面崩壊（切土法面、自然法面）
- (b) 盛土法面崩壊
- (c) 落石
- (d) 地すべり
- (e) 土石流ないし土砂流
- (f) 断層破碎

斜面の安定は次のように分類される。

- Grade I 安定
- Grade II 雨のとき不安定
- Grade III 不安定

調査された斜面崩壊のタイプおよび安定度は表B-1 に示されている。

表B-1 斜面崩壊のタイプと安定度

Type	a	b	c	d	e	f	Total
Grade							
I	22(20)	3(1)	6(5)	0(0)	3(3)	11(8)	45(37)
II	31(28)	3(2)	3(2)	0(0)	9(9)	5(0)	51(41) <sup>1</sup> *
III	12(12)	2(1)	2(1)	4(4)	2(1)	3(0)	25(19) <sup>1</sup> (60)
Total	65(60)	8(4)	11(8)	4(4)	14(13)	19(8)	121(97)

注) 97箇所の斜面崩壊のうちいくつかの箇所では2つ以上のタイプの崩壊が同時に生じている。従って、合計121の崩壊が生じていることになる。\*を付した60の値は第2章の表2.3-12の数字と一致している。

### B.3.4 ボーリング調査

ボーリング調査を調査区域の6ヶ所を実施し、それによって得られた岩の室内試験も行なった。実施したボーリングの全長は87.2mであった。

標準貫入試験(SPT)が軟弱地盤、崖錐、第三紀岩に対して行なわれた。ボーリングによって得られた硬岩のコアサンプルはSNCの試験場に送られ非圧密試験(UCT)を行なった。

調査と試験の結果は表B-2にまとめられている。

表B-2 ボーリング調査とその試験結果

Boring No.	Location ( Km. )	Geological Type	Length of Drilling ( m )	Standard Penetration Test ( Times )	Unconfined Compression Test ( Piece )	Specific Gravity Test ( Piece )
P1	0.9	Talus ( Quaternary )	10.6	10	-	-
P2	8.9	Slate ( Paleozoic )	15.0	-	2	2
P3	37.8	Slate ( Paleozoic )	15.5	-	26	26
P4	81.8	Weathered Mudstone ( Paleozoic )	15.5	-	-	-
P5	105.2	Sandstone ( Mesozoic )	15.5	-	5	5
P6	112.2	Weathered Mudstone ( Tertiary )	15.1	15	-	-
Total	-	-	87.2	25	33	33



## B.4 道路改良の基礎調査

### B.4.1 現道の基本的問題

現道の問題は次のとおりである。

#### (1) 高い走行費用

道路状態が悪いため自動車の走行速度はかなり遅く、プロジェクト区間を走行するのに多くの時間を要している。これに加え、路面状態が悪いために引き起こされる自動車の損傷をあわせると、通常の道路よりも多くの経費を必要とする。

#### (2) 運転手の疲労

プロジェクト道路は幅員がせまく、多くの急カーブがありこのため視距も悪く、またこわれかけた橋もあるため、この道路を走行するドライバーは肉体的にも身体的にも疲労がはげしい。

#### (3) 頻繁な道路閉鎖

斜面崩壊、落石、路肩のくずれ等がしばしば生じるため、道路は頻繁に通行止となる。しかもこのことを運転手に伝える十分な情報伝達システムがないため、多くの車は災害の発生した箇所で復旧作業を終えるのを待たざるを得ない。そのうえ、災害の復旧作業はしばしば能率的でないため、長時間待たされることもまれではない。

#### (4) 事故の危険

この道路での事故は谷底への転落の危険があるため被害は大きくなりがちである。

これらは以下の問題から生じると考えることができる。

- (a) 好ましくない道路の横断線形・縦断線形
- (b) 不十分な道路幅員
- (c) でこぼこの路面
- (d) 危険な構造物（老朽化した橋）
- (e) 不十分な災害防除策および不十分な排水施設
- (f) 交通安全施設の欠如

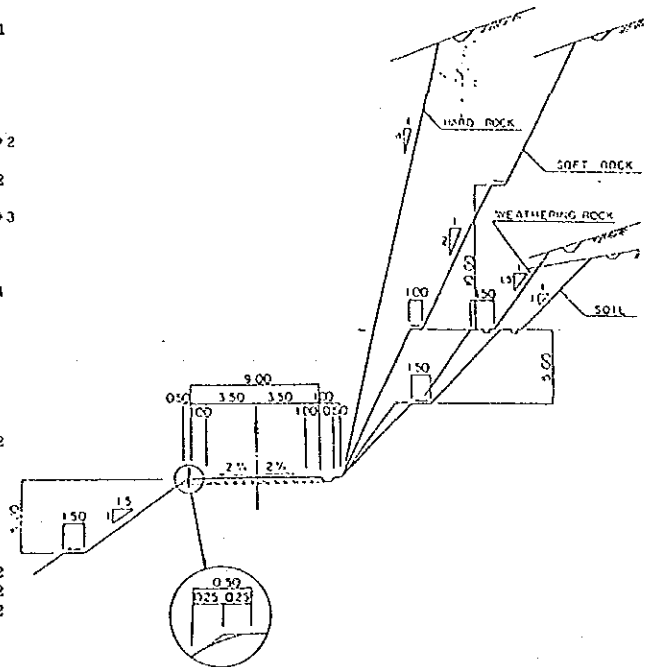
### B.4.2 設計基準

道路種別、設計規準は表B-3 にまとめられている。また、標準横断は図B-4 に示されている。

表B-3 設計規準

Road classification	Class I-B, very mountainous	
Design vehicle	semi-trailer truck (WB-40) *1	
Design speed	40 km/h	
Stopping sight distance	45 m	
Passing sight distance	160 m	
Radius of horizontal alignment	desirable :	> 50 m *2
	minimum :	= 45 m
Superelevation rates	desirable :	< 8 % *2
	maximum :	= 10 %
Minimum radius for 2% superelevation of	(minimum)	300 m *3
Minimum radius without superelevation		1400 m
Grades for vertical alignment	desirable :	< 6 %
	maximum :	= 8 % *4
K-value, : concave vertical curves	desirable :	12
	minimum :	11
: convex vertical curves	desirable :	10
	minimum :	9
Normal cross slope		2 %
Lane widths		3.50 m
Widening on curves for two lanes	250 m < R < 300 m :	0.4 m *2
(R = Radius of horizontal curves)	145 < R < 250 :	0.7 m
	100 < R < 145 :	1.0 m
	80 < R < 100 :	1.3 m
	65 < R < 80 :	1.6 m
	55 < R < 65 :	1.9 m
	45 < R < 55 :	2.2 m
Shoulder width	normal :	1.0 m *2
	exceptional :	0.6 m *2
Total width of cross section		> 10.4 m *2
Width of side ditch		1.0 m
Clearance Height		> 5.5 m

Note: \*1 "Norma" has a category of SR (Semi-trailer), which is equivalent to WB-50 in AASHTO Specification, but one equal to WB-40 in AASHTO's. \*2 (3) Items out of "Norma" in this section. \*3 See, "(3) Items out of "Norma"". \*4 Minimum superelevation 2 % coincides to normal cross slope. \*5 A continuous length of road with a 7-8% grade must be less than 400 m.



図B-4 標準横断

### B.4.3 道路の幾何構造

調査対象道路は周辺の地形をみるとサンタバルバラ、カラナビおよびベジャピスタをほぼ最短距離で結んでいるため、全体的にみて現道ルート以外に、比較検討すべき代替ルートは考えられない。それゆえに、改良道路の線形は基本的には現道の線形と同じである。

この場合、道路改良は2車線道路へと幅員を拡幅することが調査の主要目的の1つとなる。従って、本調査においても現道を拡幅することが、分離帯をもつ道路建設のような案と比較すると、経済的観点から明らかに最も望ましい。

この理解に基き、線形の改良は以下の限られた区間においてのみなされた。

1) 現道の縦断・横断線形が本調査の目的とした基準にあわない場合

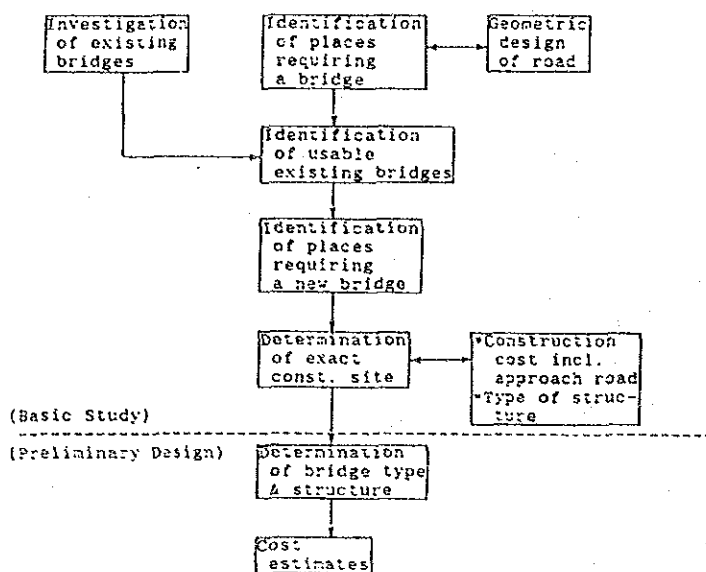
2) 将来起こりうる災害を避けるためにルートを変更したほうが良いと考えられた場合

調査の結果、以下の区間を新しい線形とするよう勧告する。

現道の改良	L=92.29km (85.0%)
新ルート	
- ポイントA付近	L=0.13km (0.1%)
- ポイントH + 2.5km から If 0.35kmまで	L=0.83km (0.8%)
- ポイントL付近	L=2.41km (2.2%)
- ポイントO + 1.8km 付近	L=0.50km (0.5%)
- ポイントQ + 5.0km 付近	L=1.20km (1.1%)
- ポイントSからV	L=11.27km (10.3%)
小 計	L=16.35km (15.0%)
<hr/>	
合 計	L=108.63km (100%)

#### B.4.4 橋 梁

橋梁の調査は図B-5 に示したフローチャートに従って行なわれた。



図B-5 橋梁の調査手順

橋梁の調査からヤラ橋を除く他の橋は道路改良後には使用できないと判断された。従って、ヤラ橋を除く13橋が新たに設計された。それゆえに、表B-4に示された橋梁は本プロジェクト道路の改良工事中に新たにかけかえられる必要がある。

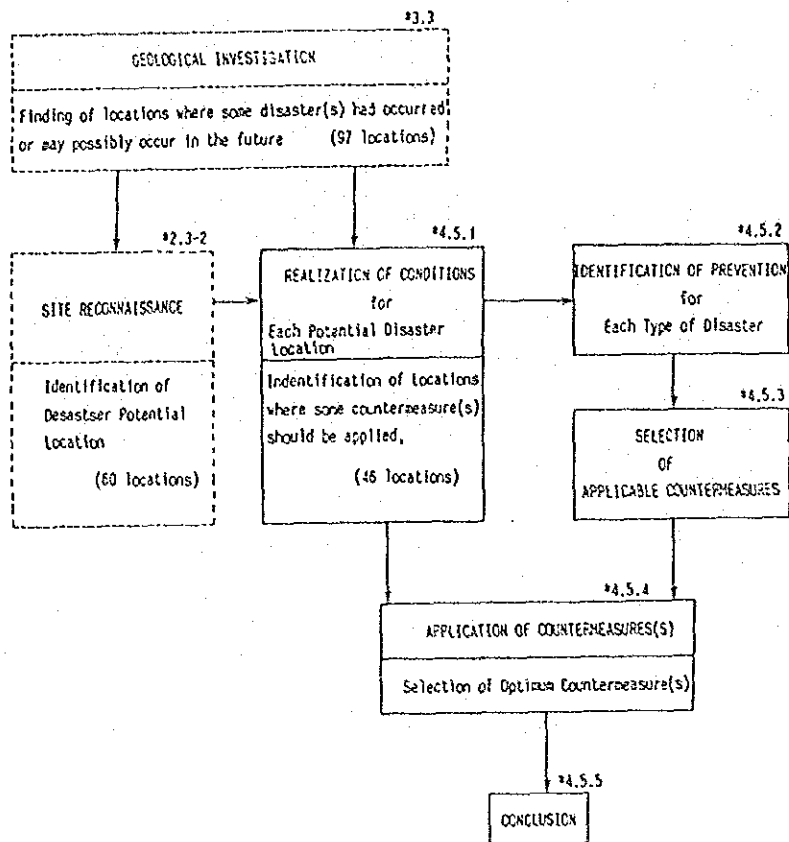
ポイントAは現在橋のないところであるが、そこでは付近の災害を避けるため橋を設置することにした。

表B.4 新しく必要となる橋

Name of Bridge	Name of River	Location of Bridge	Length of Bridge	Horizontal Curvature
Point (A)	---	250 m downstream from exist. brid.	L=132.5 m	R=50- 50 m
Patuni	Patuni	45 m downstream from exist. brid.	L=40 m	R=50 m
Challa	Challa	15 m downstream from exist. brid.	L=20 m	R=50 m
Cascada	Cala Cala	the same location as exist. brid.	L=18.5 m	R=1200 m
Alto Choro	Choro	20 m downstream from exist. brid.	L=50 m	R=50 m
Pto. Leon	Quitacarzon	30 m downstream from exist. brid.	L=75 m	straight
Cajones	Cajones	the same location as exist. brid.	L=25 m	R=400 m
Chojña	Chojña	the same location as exist. brid.	L=22 m	straight
San Silverio	San Silverio	30 m downstream from exist. brid.	L=50 m	R=50 m
San Lorenzo	San Lorenzo	50 m downstream from exist. brid.	L=52 m	R=50 m
Espiritu	Espiritu	40 m downstream from exist. brid.	L=52 m	R=50 m
Carrasco	Carrasco	20 m upstream from exist. brid.	L=30 m	R=60 m S-curve
Avaroa	Mula Jihuata	15 m downstream from exist. brid.	L=25 m	R=50 m

#### B.4.5 災害防除施設

災害防除の調査は図B-6 に従って行なわれた。



図B-6 災害防除対策の選択手順

##### 1) 潜在的災害発生箇所の条件決定

災害防除調査において60箇所の潜在的災害発生箇所が特定されたが、そのうちのいくつかの箇所での災害は、道路線形を改良することで避けられると判断された。この結果、災害防除対策は46箇所に対してなされた。

##### 2) 災害タイプ別の防除対策

潜在的災害発生箇所は以下の4タイプに分けられ、それぞれのタイプ毎に対策を示した。

災害のタイプ		対害対策
タイプ A	斜面崩壊	斜面保護工事（擁壁を含む）
タイプ C	落石	落石防止網
タイプ D	地すべり	めくら排水
タイプ E	土石流ないしは土砂流	土石流防止網

### 3) 適応可能な防除対策の選択

各災害の防除対策の検討を基に、適応可能な防除対策が各災害発生箇所の地形状況を考慮に入れて選択された。

### 4) 災害箇所への災害防除対策の適応

適応可能な災害防除対策のなかから、最適な対策がコストと地形の観点から各災害発生箇所に対して選択された。この結果、表B-5 に示されている11の対策が選択された。

表B-5 選択された災害防除対策

Adopted Countermeasure	Number of Countermeasures		
	Grade II location	Grade III location	Total
Type 1 Concrete Spraying	8	1*	9
Type 2 Stone Masonry Retaining Wall	3	-	3
Type 3 Concrete Crib with Concrete Spraying and Anchoring	7	6	13
Type 5 Concrete Pitching and Anchoring	1	2	3
Type 6 Grid Type Concrete Retaining Wall	3	3	6
Type 9 Catch Netting	3	0	3
Type 10 Gabion Catch Wall	2	0	2
Type 11 Catch Fence installed at road side	2	1	3
Type 14 Sub-surface Drainage for Landslide	0	4	4
Type 15 Gabion Dam for Debris/earth flow	5	-	5
Type 17 Debris/earth flow Shed	0	1	1
Total number of Countermeasures	34	18	52
Number of Locations having two countermeasures	5	1	6
Total number of Spots requiring countermeasures	29	17	46

\* It was adopted to a peculiar location. (Refer to Table 4.5-3(1))

## B.5 概略設計

### B.5.1 道路の概略設計

#### (1) 平面線形・縦断線形の設計

現場踏査や地形調査、地質調査に基づき平面線形および縦断線形の概略設計がなされた。設計基準は4節で述べた基準を用いた。

#### (2) 横断

標準横断はB.4.2において述べた基準に基づき決定された。さらに、提案された線形にそって約100 mごとの横断が、本プロジェクトで生ずる土量を計算するために計画された。これらの計画には地質調査および災害防除調査が利用された。

#### (3) 舗装設計

分析期間を10年、プロジェクト道路の使用開始は2001年と仮定した。舗装はAASHTO (1986)の舗装設計に従い設計された。プロジェクト道路のいくつかの区間においては路盤材の強度が十分でないため、路盤の土をとりかえることを勧告する。設計の結果は図B-7に示されている。

図B-7 舗装構造の設計

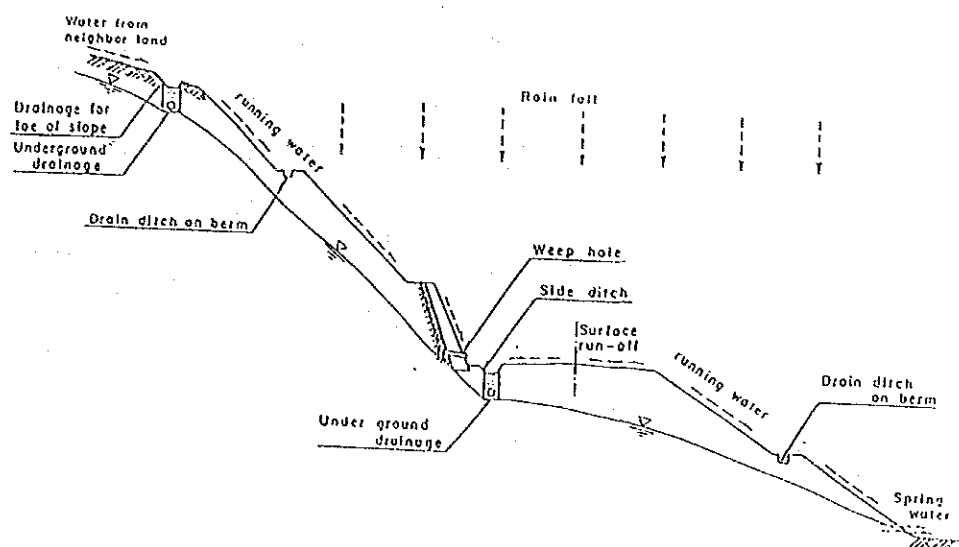
No.98 - No.94 / No.104 - End Point		Other Sections	
		(cm)	
Surface Course	10	Surface Course	10
Base Course * (80%)	15	Base Course * (80%)	15
Subbase Course (30%)	15	Subbase Course (30%)	15
Improved Roadbed * (10%)	100	Existing Roadbed (7% or 10%)	4.0
	140		

\* Materials to be adopted:  
 Surface Course - Hot-mixed Asphalt Paving  
 Base Course - Graded Crushed stone corresponding to the CBR value of 80%  
 Subbase Course - Sandy Gravel corresponding to the CBR value of 30%

#### (4) 排水施設設計

収集データの分析から時間当り降雨強度として  $a_0 = 65\text{mm/hr}$  が本調査の排水施設設計の基準として採用された。

道路の典型的な排水システムは図B-8 に示されている。



図B-8 排水施設の設計

図B-8 に示された側溝やめくら排水によって集められた水を排水するためには、横断排水管の設置が必要である。特に、雨水の流域面積の広いところではコンクリート・ボックス・カルバートのような排水容量の大きい排水管が必要である。プロジェクト道路沿いでは11箇所がこの意味で以下のコンクリート・ボックス・カルバートが必要であると判断された。

- 9箇所 コンクリート・ボックス・カルバート (3×3 m)
- 2箇所 コンクリート・ボックス・カルバート (4×4 m)

流量のそんなに多くないところでは、側溝によって集められた水を処理するために、250mおきに直径100cm のパイプ・カルバートを設置することで十分である。

- 429箇所 コンクリート・ボックス・カルバート (直径100cm)



本プロジェクトの詳細設計段階においては、パイプ・カルバートや側溝の正確な位置、直径を決定するための詳細な調査が必要である。

### B.5.2 橋の概略設計

橋長、支間長、有効幅員、橋のタイプは表B-6 に示されているように決定された。

表B-6 橋梁計画一覧表

Name of Bridge	Bridge Length(m)	Span (a)	Effective Width (a)	Type of Bridge
Point A	132.5	25.6 + 80.0 + 26.1	7.3~9.5	PC Box Girder (Ununiform)
Patuni	40.0	19.65 + 19.65	10.4	PC Box Composite Girder
Challa	20.0	19.3	10.4	PC Box Composite Girder
Cascada	18.5	17.7	9.0	PC Box Composite Girder
Alto Choro	50.0	24.60 + 24.60	9.5	PC Box Girder (Uniform)
Pto. Leon	75.0	24.65 + 25.0 + 24.65	7.3	PC Composite Girder
Cajones	25.0	24.3	9.0	PC Composite Girder
Chojña	22.0	21.3	9.0	PC Composite Girder
San Sirverio	50.0	24.60 + 24.60	9.5	PC Box Girder (Uniform)
San Lorenzo	52.0	25.60 + 25.60	9.5	PC Box Girder (Uniform)
Espiritu	52.0	25.60 + 25.60	9.5	PC Box Girder (Uniform)
Carrasco	30.0	29.3	12.0	PC Composite Girder
Avaroa	25.0	24.3	10.4	PC Box Girder (Uniform)

### B.5.3 構造設計

#### (1) トンネル設計

道路設計の結果として、本プロジェクトにおいては2つのトンネルを建設することが必要となる。これら2つのトンネルの位置は互いに近接しており、その場所の条件も非常に似ている。

##### 1) 地質状況

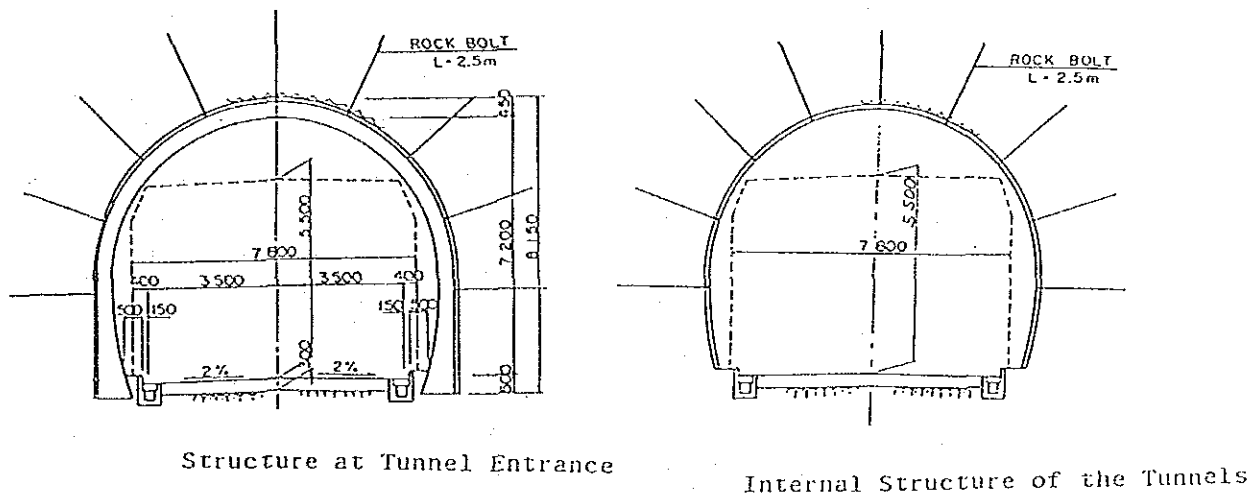
地質は古生層の粘板岩である。この岩は灰色で密堅硬で新鮮である。また、亀裂の発達も少なく、平均一軸圧縮強度の結果も $530\text{kg/cm}^2$ であった。

##### 2) 線形設計

本プロジェクトにおいては直線のトンネルが以下の理由により採用された。

- a) 直線にすることによりトンネル延長が短くなり工費の節約がはかれる。
- b) この地域には電力が供給されないため、視矩の確保のため直線とした。

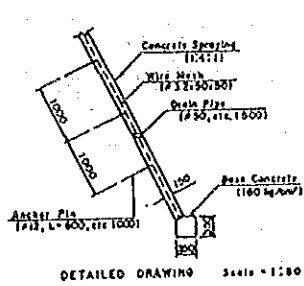
トンネルの横断と内部構造は図B-9に示されている。



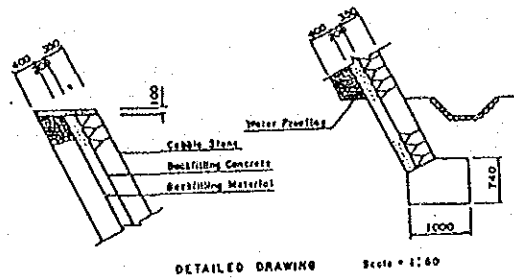
図B-9 トンネルの横断と構造設計

#### (2) 災害防止施設の設計

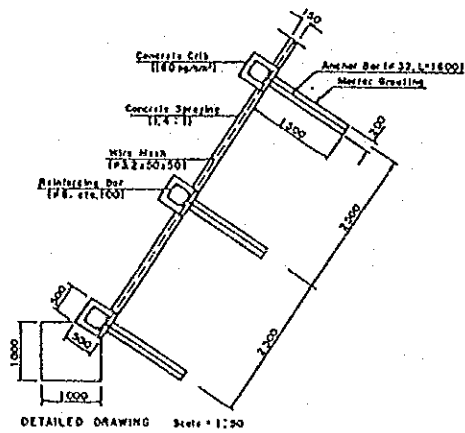
災害防除の最適対策案は図B-10に示したとおりである。



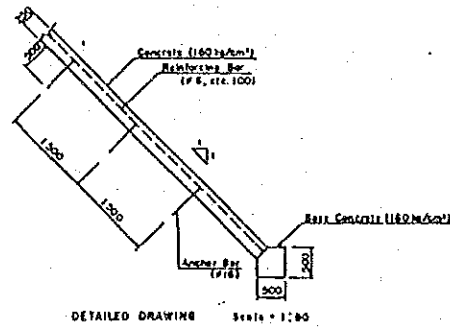
TYPICAL APPLICATION OF TYPE 1 COUNTERMEASURE (CONCRETE SPRAYING)



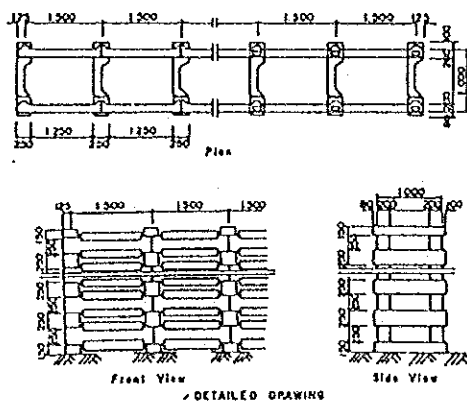
TYPICAL APPLICATION OF TYPE 2 COUNTERMEASURE (STONE MASONRY RETAINING WALL)



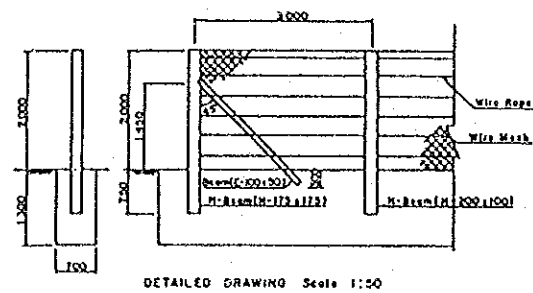
TYPICAL APPLICATION OF TYPE 3 COUNTERMEASURE (CONCRETE CRIB WITH CONCRETE SPRAYING AND ANCHORING)



TYPICAL APPLICATION OF TYPE 5 COUNTERMEASURE (CONCRETE PITCHING AND ANCHORING)



TYPICAL APPLICATION OF TYPE 6 COUNTERMEASURE (GRID TYPE CONCRETE RETAINING WALL)



TYPICAL APPLICATION OF TYPE 9/11 COUNTERMEASURE (CATCH NETTING+CATCH FENCE)

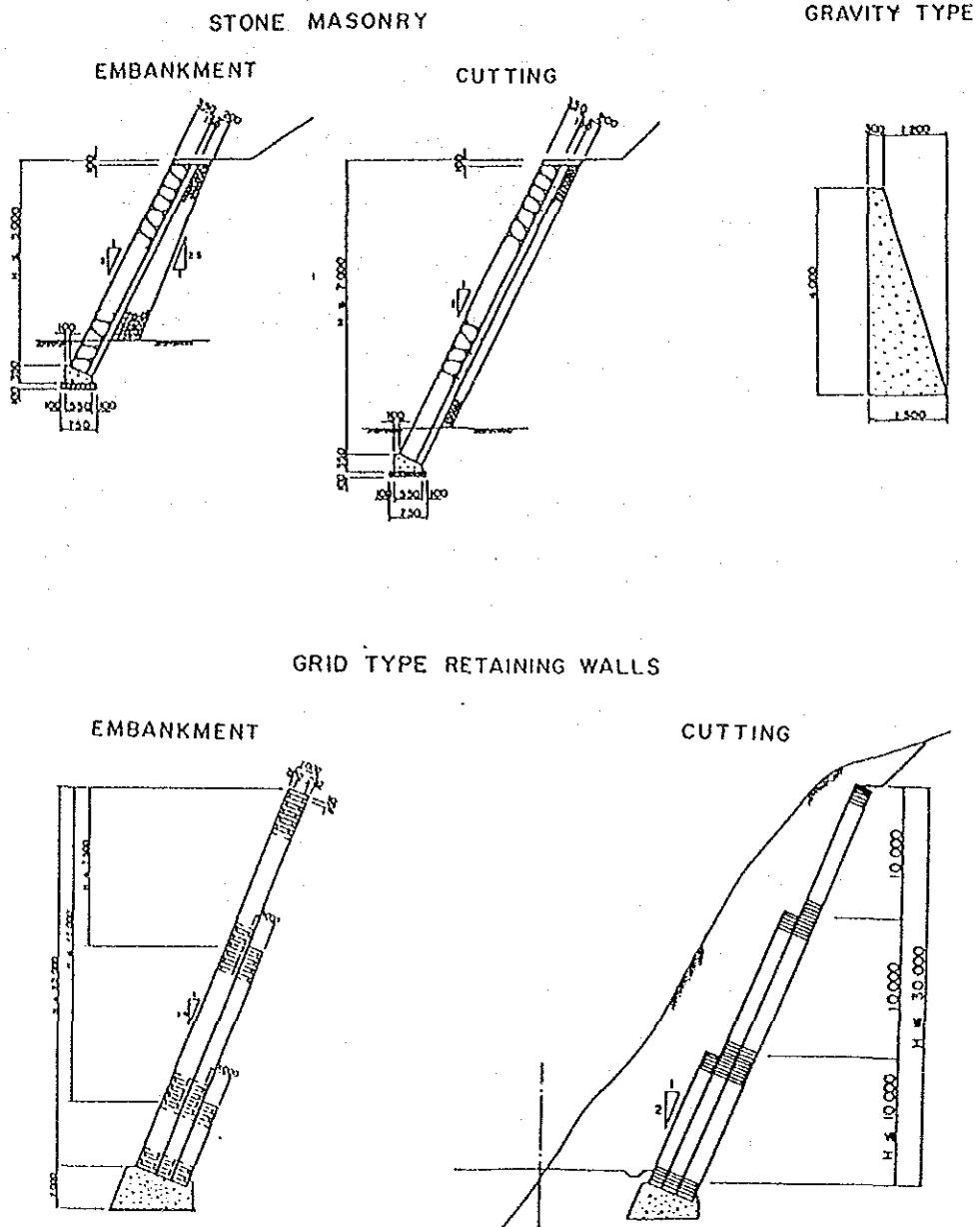
図B-10(1) 災害対策(1)



(3) 擁壁

擁壁は土工に対し、安全で経済的にすぐれているところで使用された。採用される擁壁のタイプは図B-11に示された地形にしたがって決定した。

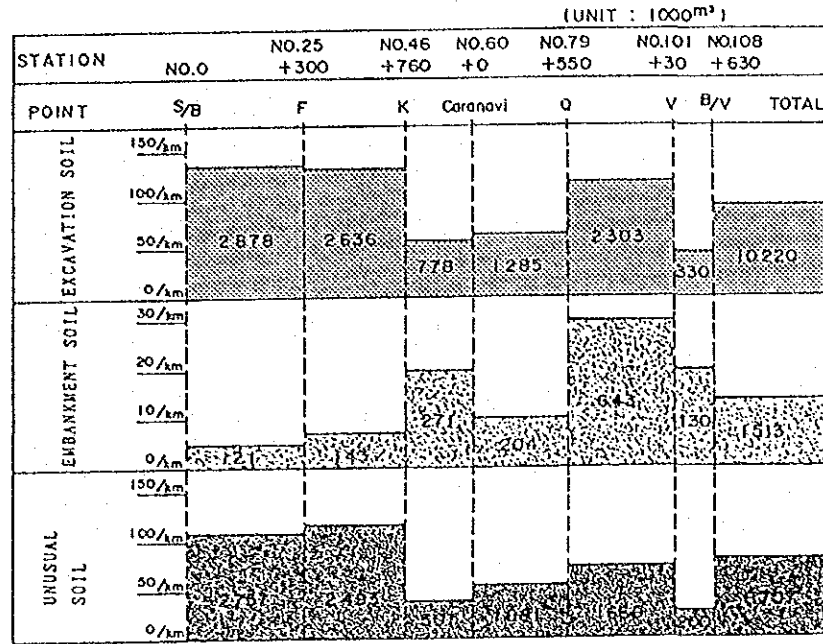
図B-11 擁壁



図B-11 擁壁

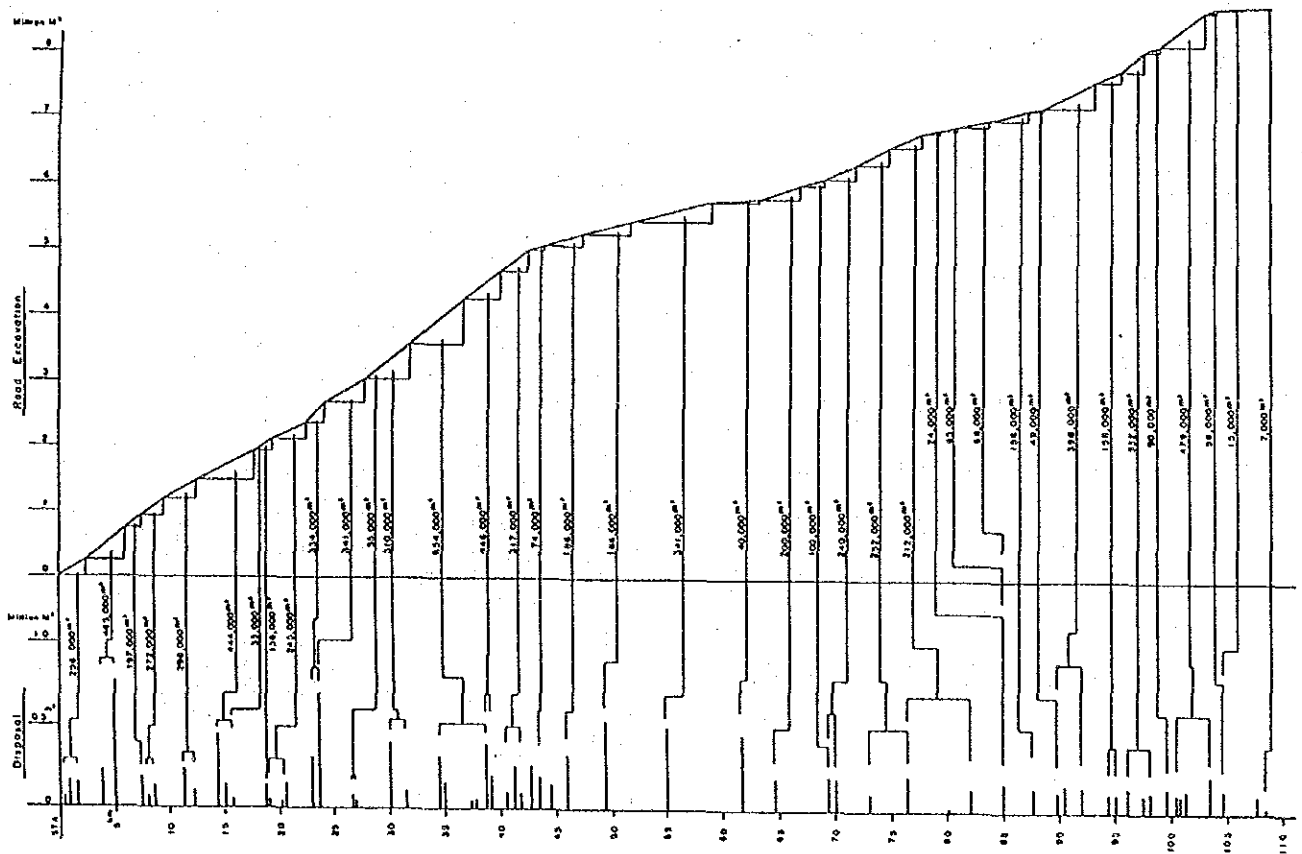
B.5.4 土運搬計画

掘削量は図B-12に示されている。



図B-12 掘削量

土運搬計画においては64箇所の土捨場が選択された。掘削量は図B-13に示されたように処分されると計画した。処分される土量は非常に大量であるが、本プロジェクト道路沿いではこの大量の土量を処分するための十分な広さの土捨場の確保が可能である。



図B-13捨土と運搬計画

### B.5.5 維持

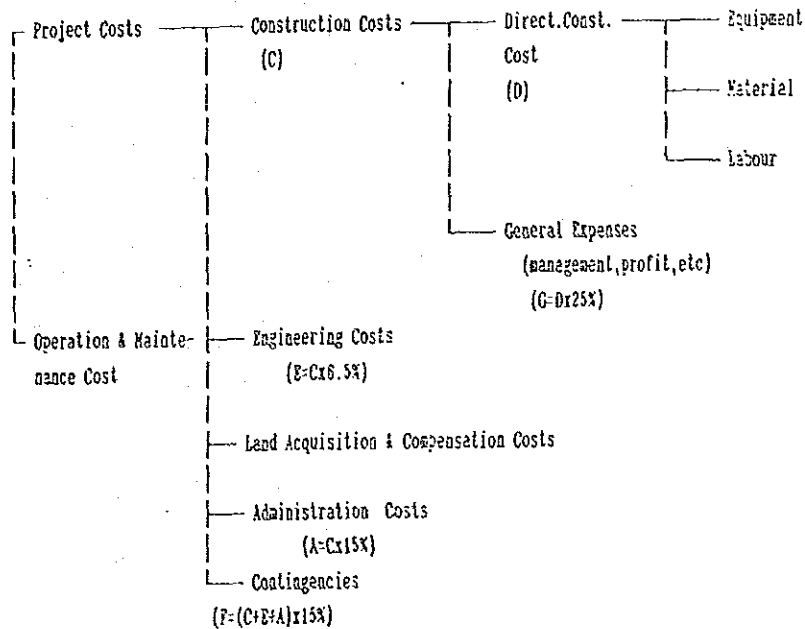
他の国道と同様にこのプロジェクト道路区間もSNCにより直接維持管理されている。道路の維持保守には定期的点検、道路関連作業、法面関連作業、排水施設の清掃、道路沿の枝木の整理等が含まれる。

プロジェクト道路の維持管理のために、SNCの5つの道路管理事務所（ヨロシータ、プエルト・レオン、カラナビ、カラスコおよびKM53）ではプロジェクト完成までに維持管理の十分な資機材を確保しておくことが肝要である。

## B.6 コストの積算

### B.6.1 コストの分解

プロジェクトコストは図B-14に示したように分解される。



図B-14 コストの分解

### B.6.2 プロジェクト費用と維持費

プロジェクト費用と維持費はそれぞれ表B-7 および表B-8 に示されているように積算された。





表B-8 維持費

(Unit:1000US\$)

Year	Gravel Road Maintenance			Asphalt Road Maintenance			Macadam Road Maintenance					
	L.C		F.C	Total	L.C		F.C	Total	L.C		F.C	Total
	C.D	Other			C.D	Other			C.D	Other		
1st Year	63	124	191	378	26	84	63	173	53	84	140	320
				(315)				(147)				(267)
2nd Year	63	124	191	378	26	84	63	173	53	127	140	320
				(315)				(147)				(267)
3rd Year	63	124	191	378	26	84	63	173	53	127	140	320
				(315)				(147)				(267)
4th Year	127	247	381	755	26	84	63	173	106	254	280	640
				(628)				(147)				(534)
5th Year	127	247	381	755	26	84	63	173	106	254	280	640
				(628)				(147)				(534)
6th Year	127	247	381	755	53	168	126	347	106	254	280	640
				(628)				(294)				(534)
7th Year	127	247	381	755	91	208	243	542	106	254	280	640
				(628)				(451)				(534)
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

Note: ( ): without duties

C. VOLUME II サマリー

C.1 社会経済の分析

C.1.1 社会経済の現状

(1) ボリヴィアの人口

表C-1 に掲げた I N E の人口データによれば、1985年のボリヴィアの人口は約640 万人で、1980年以降の年平均人口成長率は 2.8%であった。同期間における都市地域と農村地域における人口成長率を見ると、前者は 4.3%、後者は 1.6%であった。

表C-1 ボリヴィアの人口 (1980年～1985年)

(Unit : Person)

Year	Total	Urban	Rural
1980	5,599,592 (100%)	2,488,628 (44.4%)	3,110,964 (55.6%)
1981	5,755,072 (100%)	2,595,237 (45.1%)	3,159,835 (54.9%)
1982	5,915,844 (100%)	2,706,626 (45.8%)	3,209,218 (54.2%)
1983	6,081,722 (100%)	2,822,546 (46.4%)	3,259,176 (53.6%)
1984	6,252,720 (100%)	2,942,944 (47.1%)	3,309,776 (52.9%)
1985	6,429,226 (100%)	3,068,051 (47.7%)	3,361,175 (52.3%)
Average Growth Rate 1980-1985	2.8%	4.3%	1.6%

Source : I N E

1989年の人口は「経済・社会の開発戦略1989-2000」(Ministerio de Planeamiento y Cocrdinacion) において示されている人口成長率をもとに推計した。この結果、1989年のボリヴィアの人口は約720 万と推定された。また、推計された州別の1989年の人口は表C-2 に示されている。

表C-2 1989年の州別人口

	Population (1988)* (1,000 persons)			Growth Rate (1988-2000)** (%)			Population (1989)*** (1,000 persons)		
	Urban	Rural	Total	Urban	Rural	Total	Urban	Rural	Total
La Paz	1145.3	1033.9	2179.2	3.7	1.4	2.7	1187.6	1047.9	2235.5
Cochabamba	462.8	599.1	1061.9	4.2	1.6	2.8	482.1	608.5	1090.6
Chuquisaca	130.7	396.5	527.2	3.1	1.7	2.1	134.8	403.3	538.1
Oruro	210.2	181.2	391.4	2.0	1.2	1.6	214.4	183.3	397.7
Potosi	251.5	628.1	879.6	1.8	1.0	1.2	255.9	634.3	890.2
Santa Cruz	877.4	457.0	1334.4	6.3	1.5	4.9	932.6	453.7	1396.3
Tarija	124.2	163.4	287.6	4.2	1.3	2.6	129.4	165.5	294.9
Beni	163.8	116.4	280.2	5.2	1.0	3.7	172.3	117.6	289.9
Pando	6.5	44.5	51.0	4.2	0.2	0.8	6.8	44.6	51.4
Total	3372.4	3620.1	6992.5				3515.9	3668.7	7184.6

\* \*\* "Estrategia de Desarrollo Economico y Social 1988-2000" (Ministerio de Planeamiento y Coordinacion)

\*\*\* Estimated by Study Team

(2) 就業者数

就業者数を把握することは人口を推計することよりも困難である。「経済・社会開発戦略1989-2000」は、1980年から1986年までの就業者数を推計しているが、これを総人口と比較すると表C-3に示されているように就業者数は総人口のおよそ30%と仮定されていることがわかる。

表C-3 就業者数と人口に対する就業者数の割合

Year	Population* (1,000 persons)	Employment** (1,000 persons)	Percentage of total population employed (%)
1980	5599.6	1736.7	31.0
1981	5755.1	1781.3	31.0
1982	5915.8	1805.3	30.5
1983	6081.7	1829.1	30.1
1984	6252.7	1881.4	30.1
1985	6429.2	1928.7	30.0
1986	6609.2	1983.4	30.0

\* Source INE

\*\* Source Estrategia de Desarrollo Economico y Social (1989 - 2000)

Vol II 表A.1-6 の最右欄に掲げた1984年から1986年の部門別の就業率の成長率から、1989年の部門別就業者数が推定され、その結果を表C-4 に示した。この表によれば、第一次、第二次及び第三次産業の就業者の割合はそれぞれ52.9%、10.2%、及び32.9%であった。

表C-4 部門別就業者数

Sector	Employment (1,000 persons)	Share (%)
PRIMARY	1140.2	52.9
Agriculture	1070.1	49.7
Mining	58.2	2.7
Petroleum	11.9	5.5
SECONDARY	220.6	10.2
Manufacture	170.6	7.9
Construction	38.1	1.8
Electricity	11.9	5.5
TERTIARY	794.3	36.9
Transportation	121.7	5.6
Commerce	167.6	7.8
Finance	23.5	1.1
Others	481.8	22.4
TOTAL	2155.1	100.0

Source : "Estrategia de Desarrollo Economico y Social (1989 - 2000)

### (3) GDP

ボリビアの経済をGDPで見ると、表C-5 に示したように1981年から1986年までマイナスの成長となっている。しかし、1986年以降はボリビア経済も徐々に上昇をはじめ、1987年には2.1%の成長、1988年には3%の成長を記録した。

表C-5 においてボリビアの経済を1人当たりGDPからみると、1980年のBs. 2,196(\$757)から1988年にはBs. 1,610(\$555)へと27%も減少した。それゆえに、ボリビア政府の重量な課題は単にGDPの絶対額の上昇させるだけでなく、出来るかぎり1人当たりの所得をも上昇させることであろう。

表C-5 1人当たりのGDP (1980年価格)

Year	GDP (Bs 100,000)	Population (Person)	Per Capita GDP (Bs)
1980	122,946	5,599,592	2196
1981	124,083	5,755,072	2156
1982	118,674	5,915,844	2006
1983	110,943	6,081,722	1824
1984	110,611	6,252,721	1638
1985	110,445	6,429,226	1718
1986	107,211	6,611,722	1622
1987	109,479	6,799,397	1610
1988	112,553	6,992,400	1610

Source : Boletin Estadistico No.261  
(Banco Central de Bolivia)

#### C.1.2 将来の社会経済のフレーム

##### (1)人口

将来の人口は2000年までに関しては「経済社会の開発戦略1989-2000」において示されている人口成長率を用いて予測した。2000年以降の人口予測もまた上記と同じ成長率を用いて予測されている。表C-6 に州別の将来人口を示した。2020年のボリヴィア国の人口は約19.6百万人（1989年の約2.7倍）に達すると予測された。

表C-6 州別将来人口 (单位 1,000人)

(Unit : 1,000 persons)

Department:	1989			2000		
	Urban	Rural	Total:	Urban	Rural	Total:
La Paz	:1187.6	1047.9	2235.5:	1769.0	1215.6	2984.6:
Cochabamba:	482.1	608.5	1090.6:	755.4	722.3	1477.7:
Chuquisaca:	134.8	403.3	538.1:	189.4	485.9	675.3:
Oruro	: 214.4	183.3	397.7:	265.8	208.4	474.2:
Potosi	: 255.9	634.3	890.2:	310.2	706.5	1016.7:
Santa Cruz:	932.6	463.7	1396.3:	1824.4	544.6	2369.0:
Tarija	: 129.4	165.5	294.9:	202.6	190.3	392.9:
Beni	: 172.3	117.6	289.9:	299.6	131.4	431.0:
Pando	: 6.8	44.6	51.4:	10.6	45.4	56.0:
Total	:3515.7	3668.7	7184.4:	5627.0	4250.4	9877.4:

Department:	2010			2020		
	Urban	Rural	Total:	Urban	Rural	Total:
La Paz	:2541.4	1391.2	3932.6:	3651.0	1592.1	5243.1:
Cochabamba:	1136.3	844.1	1980.4:	1709.3	986.5	2695.8:
Chuquisaca:	258.0	575.6	833.6:	351.5	681.9	1033.4:
Oruro	: 323.2	234.2	557.4:	393.0	263.1	656.1:
Potosi	: 369.5	779.3	1148.7:	440.0	859.5	1299.5:
Santa Cruz:	3357.8	630.3	3988.1:	6180.0	729.5	6909.5:
Tarija	: 304.6	216.1	520.7:	458.0	245.3	703.3:
Beni	: 495.5	145.4	640.9:	819.6	160.8	980.4:
Pando	: 15.9	46.2	62.1:	23.9	46.9	70.8:
Total	:8802.2	4862.2	13664.5:	14026.3	5565.7	19592.0:

## (2) GDPとRGDPの予測

部門別GDPの将来予測は「経済社会の開発戦略1989-2000」に示されている成長率を基にして2000年までが予想された。2000年以降のGDPは1988年から2000年までの3年間の平均成長率でもって予想された。他方、現在のベニ州、バンド州およびラパス州のGDPを用いて、上記で推定されたGDPをこれらの3つの州に分解し、各州の将来のRGDPを求めた。この結果は表C-7に示されている。

表C-7 州別RGDP (単位:百万ボリヴィアノ)

(Bs. Million)

Sector	1989	2000	2010	2020
La Paz	30643	50661	84788	139434
Beni	5390	9121	15001	24669
Pando	1056	1785	2934	4828

## C.2 交通

### C.2.1 交通調査

#### (1) 交通調査の方法

路側OD調査は調査団によって選ばれた5地点において1989年9月20日の午前8時より9月21日の午前8時までの24時間にわたって行なわれた。この路側OD調査の調査地点は次のとおりである。

- 調査地点1 ヨロサの交通監視所前
- 調査地点2 カラナビにおけるラパス方面への交通監視所前
- 調査地点3 カラナビの中心地からガライへ方面への出口(市場付近)
- 調査地点4 カラナビにおけるベジャビスタ方面への交通監視所前
- 調査地点5 ベジャビスタのSNC事務所付近

#### (2) 質問表

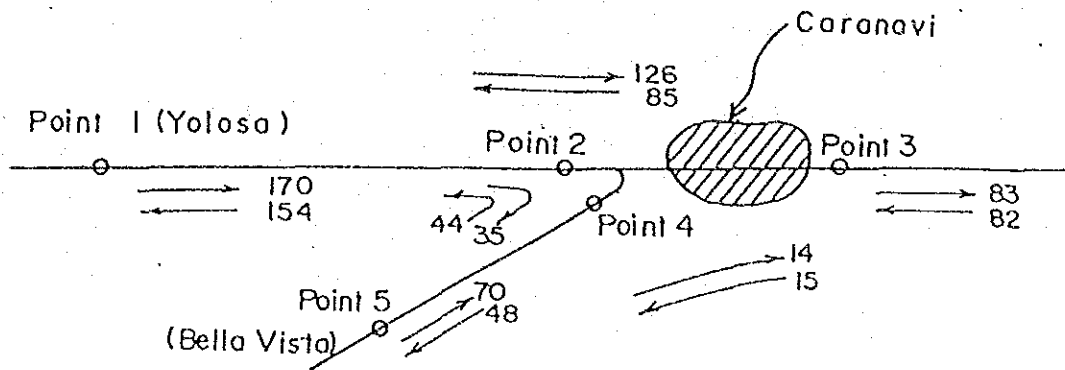
質問の主な項目は次のとおりである。



- トリップのOD
- トリップの目的
- 車種
- 貨物の品目
- 貨物の量
- インタビュー時間

(3) 調査台数

図C-1 に示された数の車が各調査地点でインタビューされた。



図C-1 調査台数 (単位: 台)

(4) 交通調査の結果

交通調査の結果は次のとおりであった。

車種構成

	Passen- ger Car	Bus	Light Truck	Medium Truck	Heavy Truck	Total
Total Vehicles (Vehicle)	72	35	298	75	446	926
Vehicles Composition (%)	7.8	3.8	32.2	8.1	48.2	100.0

トリップ目的

(Unit : Vehicle)

Purpose	No. of vehicle	share (%)
Business	704	76.02
Go to working place	125	13.50
Go to school	4	0.43
Social intercourse	12	1.30
Tourism & recreation	12	1.30
Shopping	5	0.54
Go back home	9	0.97
Others	14	1.51
No answer	41	4.43
Total	926	100.00

平均乗車人員

	Passen- ger Car	Bus	Light Truck	Medium Truck	Heavy Truck	Total
Total Vehicles <sup>1)</sup>	72	35	298	75	446	926
Total Passenger <sup>2)</sup>	291	805	1747	317	2247	5407
Average Occupancy <sup>3)</sup>	4.04	23.00	5.86	4.23	5.04	5.84

Unit : 1) Vehicle, 2) Person, 3) Person

平均貨物積載量

(Unit : Ton)

	Passen- ger Car	Bus	Light & Medium Truck	Heavy Truck	Total
N<-S	0.05	0.0	0.81	1.31	0.75
	0.50	0.0	1.38	4.47	1.60
N->S	0.05	0.0	0.91	2.53	1.04
	0.81	0.0	3.06	6.04	3.86
Average	0.05	0.0	0.85	1.93	0.87
	0.60	0.0	1.78	5.41	2.27

Note : Upper Including empty truck  
 Lower Excluding empty truck  
 "Average" is the average weighted by  
 traffic volume

### C.2.2 現在OD表

調査で得られたOD交通量に週変動、月変動調整を行ない現在OD表を作成した。現在OD表は表C-8に示されている。総発生集中量は770台/日であった。

表C-8 現在OD表 (台/日)

	La Paz	Yolo	Coroi	Choro	Cara navi	Bella Vista	Alto Beni	Beni Beni	Guanay	Pando	Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0	0	0	1	140	8	5	44	98	5	301
2		0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
3			0	0	2	1	0	0	0	0	3
4				0	0	0	0	0	0	0	1
5					31	15	3	8	28	4	231
6						0	3	0	1	0	28
7							0	0	6	0	17
8								0	1	0	45
9									0	0	134
10										0	9
Total											770

サンタバルバラ～カラナビ間の車種別交通量を過去の調査結果とともに表C-9に示した。本調査結果は過去のトレンドを反映したものとなっており、従って本調査結果は十分に信頼できるものと言える。

表C-9 サンタバルバラ～カラナビ間の交通量

(単位：台/日)

Year	Passenger Car	Bus	Light Truck	Medium Truck	Heavy Truck	Total	Growth Rate
1984	18	13	32	31	36	130	
1985	13	50	33	33	66	194	1.49
1986	25	12	52	31	61	181	0.93
1987	32	15	71	20	108	246	1.36
1988	33	17	74	19	115	268	1.09
1989	17	14	105	16	149	301	1.12

### C.2.3 将来交通量の予測

将来の交通量としては、以下の4つのカテゴリーに分けて考えることができる。

#### 1) 自然成長による増加

自然成長による交通量の増加は社会・経済の成長率と平行して成長する交通量の増加と定義される。

#### 2) 冷凍車の増加

冷凍車はベニ州からラバス州まで肉を輸送する。現在、肉の輸送は主として飛行機により行なわれているが、その使用されている飛行機はすでにあまりにも老朽化しているため、将来ともこれらの老朽化した飛行機で肉の輸送をつづけることは困難であると考えられる。したがって、将来はプロジェクト道路が完成されようがしまいが、肉の輸送は冷凍車へ転換してゆくであろう。このことから、冷凍車の増加とは肉輸送の飛行機から自動車への転換交通量のこととなる。

#### 3) 開発交通量

ボリヴィアにおいてはベニ州、バンド州およびラバス州の北部は農業の潜在生産力が高いと言われている。この農業の潜在生産力は大市場であるラバス市へのアクセスが改善されるならば飛躍的に開発されるであろう。プロジェクト道路の完成はコタバタ～サンタバルバラ間あるいはサンボルハ～トリンダ間の完成とあわせると、これらの生産地から市場へのアクセスを大幅に改善させる。従って、プロジェクト道路の完成後にはこれらの地域の農業生産は、特に図B.5-2(1)からB.5-2(3)に示した影響地の農業生産は、大幅に増加するものと期待される。この新たに増加した生産物もまた本プロジェクト道路を通り市場へ運ばれるゆえに、これらの交通は開発交通量と定義できる。換言すれば、開発交通量とは影響地において新たに発生・集中する交通のことである。

上記の三つのカテゴリーのもとで予測されたサンタバルバラ～カラナビ間の将来交通量を表C-10(1)に、カラナビ～ベジャピスタ間の交通量を表C-10

(2) に示した。

表C-10(1) サンタバルバラ-カラナビ間の将来交通量

(単位：台/日)

		Unit: Vehicles/Day						Growth Rate (1989=1)
Year	Type of Traffic	Passenger Car	Bus	Light Truck	Medium Truck	Heavy Truck	Total	
1989		17	14	105	16	149	301	1.0
2001	Trend	54	31	239	37	523	884	3.0
	Refrigerated Truck	0	0	0	0	20	20	
	Developed	3	3	2	1	5	14	
	Total	57	34	241	38	548	818	
2010	Trend	88	48	353	54	850	1393	5.0
	Refrigerated Truck	0	0	0	0	24	24	
	Developed	7	4	27	4	57	99	
	Total	95	52	380	58	931	1516	
2020	Trend	130	88	484	74	1230	1986	7.1
	Refrigerated Truck	0	0	0	0	28	28	
	Developed	10	8	30	4	74	128	
	Total	140	76	514	78	1330	2138	

表C-10(2) カラナビ-ベジャビスタ間の将来交通量

(単位：台/日)

		Unit: Vehicles/Day						Growth Rate (1989=1)
Year	Type of Traffic	Passenger Car	Bus	Light Truck	Medium Truck	Heavy Truck	Total	
1989		3	1	19	3	75	101	1.0
2001	Trend	10	2	44	6	263	325	3.5
	Refrigerated Truck	0	0	0	0	20	20	
	Developed	2	2	1	0	5	10	
	Total	12	4	45	6	288	355	
2010	Trend	18	3	84	10	428	521	6.2
	Refrigerated Truck	0	0	0	0	24	24	
	Developed	5	3	8	2	60	78	
	Total	21	6	72	12	512	623	
2020	Trend	23	5	88	13	819	748	8.7
	Refrigerated Truck	0	0	0	0	28	28	
	Developed	8	6	14	2	79	109	
	Total	31	11	102	15	724	883	

### C.3 経済分析と評価

#### C.3.1 代替案の設定

経済分析を行なうのに先だって、プロジェクトを実行可能なものとするいくつかの代替案の検討を行なった。プロジェクトの初期コストを低減するために、まずはじめに代替案は二つのカテゴリー、すなわち、舗装のケース（Pと記す）と非舗装のケース（Uと記す）に分けた。舗装はアスファルトコンクリート舗装かアスファルト・マカダム舗装かのいずれかを考えた。非舗装とは砂利舗装のことをさす。この結果、舗装のケースはいつ舗装をおこなうかあるいはアスファルト・コンクリートかアスファルト・マカダムかにより7つにわけられた。従って、ここでは全部で8つの代替案の検討を行なった。

ケースP-1	2001年よりアスファルト・コンクリート舗装
ケースP-2	2003年に //
ケースP-3	2006年に //
ケースP-4	2011年に //
ケースP-5	2001年よりアスファルト・マカダム舗装
ケースP-6	2003年より //
ケースP-7	2003年よりアスファルト・マカダム舗装 2008年よりアスファルト・コンクリート舗装
ケースP-9	非舗装

#### C.3.2 経済便益

プロジェクト道路の完成は定量的、定性的にかかわらず種々の便益をプロジェクトの影響圏のみならず、所得の増大を通じ全国にまでもたらす。ここでは定量的な便益が内部収益率や費用便益比等の経済指標を計算するために推定された。これらの定量的な便益は以下のとおりである。

- a) 走行時間節約便益
- b) 待ち時間節約便益
- c) 走行費用節約便益

- d) 災害防止からの便益
- e) 事故減少便益
- f) 冷凍車の走行費用節約便益
- g) 開発便益あるいは消費者余剰便益

(1) 走行時間節約便益

走行時間節約便益は、道路が改良される場合とされない場合における、自動車の走行速度の差を基礎に推定される。推定された便益は表C-11に示されている。

表C-11 走行時間節約便益

(Unit : US\$)

Year	Road Surface	Santa Barbara and Caranavi	Caranavi and Bella Vista	Total
CASE P-1 & P-5		12162169	2736719	14898888
CASE P-2, P-6 & P-7		12162169	2736719	14898888
CASE P-3		12162169	2736719	14898888
CASE P-4		12162169	2736719	14898888
CASE U		10026320	2147928	12174248

(2) 待ち時間節約便益

現行の道路上を通行する車は幅員が狭いため離合のためたびたび停車している。この待ち時間は現行の道路が改善されると完全に不要となる。推定された便益は表C-12に示されている。

表C-12 総待ち時間節約便益

(Unit : Dollar)

Year	Santa Barbara and Caranavi	Caranavi and Bella Vista	Total
2001	1464220	62113	1526333
2010	4302858	189656	4492514
2020	10580080	474463	11054543

Note : Benefit is common to every alternative.

(3) 走行費用節約便益

走行費用節約便益は、道路を改良しない場合と改良した場合での走行費用との差として定義される。走行費用の推定は世銀により開発された「Vehicle Operating Cost Submodel of HDM-III Model」によって行なった。表C-13は走行費用節約便益を示したものである。

表C-13 2020年の走行費用節約便益

(Unit : Dollar)

	Santa Barbara and Caranavi	Caranavi and Bella Vista	Total
CASE P-1 & P-5	42278120	14981912	57260032
CASE P-2, P-6 & P-7	42278120	14981912	57260032
CASE P-3	42278120	14981912	57260032
CASE P-4	42278120	14981912	57260032
CASE U	30671061	10604575	41275636

(4) 災害防除便益

現在の道路は地すべり、土砂流、岩の落下等の自然災害をひんぱんに受けている。プロジェクトの完成後の道路は十分な災害防除施設がなされることになっており、この結果、このような災害はなくなり、従って、災害の復旧に有する作業もなくなると思われる。それゆえに、災害の防除は災害復旧費用の節約をもたらす、また、災害復旧の間待たねばならない時間も節約されることとなる。従って、災害復旧便益は費用節約と時間節約の両便益から構成されていることになる。この災害防除便益は表C-14に示されている。

表C-14 災害防除便益

(Unit : Dollar)

Year	Cost Benefit	Time Benefit	Total
2001	31589	221578	253167
2010	31589	413614	445203
2020	31589	713256	744845

Note : Benefit is common to each alternative.



(5) 交通事故減少便益

毎年、現実の道路上では何件かの事故が生じている。事故の原因の多くは急カーブや幅員が狭いという現在の道路の好ましくない特性にある。プロジェクトが完成すればこのような事故は減少するものと思われる。交通事故の減少は被害を減少させるが、これは車の損傷に対する修理費の節約、負傷者の治療費の節約、人命が失われなくなる等の便益をもたらす。従って、交通事故の減少はプロジェクト便益に数えられる。表C-15は交通事故減少便益を示している。

表C-15 交通事故減少便益

(Unit : Dollars)

Item	2001	2010	2020
Vehicle Damage	110385	174102	248217
Reduction of the injured	51969	81862	116355
Reduction of the dead	333564	631085	1070650
Total	495918	887049	1435222

(6) 冷凍車の走行費用節約便益

現在ラバス市で消費される牛肉の大部分はベニ州の生産地から飛行機によって、あるいは生きたままトラックにのせて運ばれている。

しかしながら、牛肉を運んでいる飛行機は旧式のもので近い将来においてさえ、肉を輸送しつづけることは困難であると考えられる。従って、牛肉の輸送はプロジェクト道路が出来ようと出来まいと将来は冷凍車へ転換してくるものと思われる。また、現在生きたまま牛をトラックで運んでいるが、プロジェクト道路が完成すると、この輸送も冷凍車へ転換してくると予想される。従って、プロジェクトが実行される場合とそうでない場合においては冷凍車の走行費用に差が生じる。この差が本プロジェクトの便益として計上される。表C-16は冷凍車の走行費用節約便益を示している。

表C-16 冷凍車の走行費用節約便益

Case	Case P-1	Case P-2	Case P-6	Case P-3	Case P-4	Case U
Year	Case P-5	Case P-7				
2001	998834	772148	772148	772148	772148	772148
2002	1019275	787950	787950	787950	787950	787950
2003	1040134	922104	804075	804075	804075	804075
2005	1083141	1083141	837321	837321	837321	837321
2006	1105307	1105307	979882	979882	979882	979882
2010	1198601	1198601	1198601	926577	926577	926577
2011	1208233	1208233	1208233	1071128	934023	934023
2020	1217943	1217943	1217943	1217943	1003791	1003791

(7) 開発便益

プロジェクト道路の完成はプロジェクトの影響地域における農産物の生産を上昇させる。生産の増加は経済活動の拡大を意味し、その結果ボリヴィアにおける国民所得の増加をもたらすことになる。この所得の増加はプロジェクトの完成によりもたらされるゆえ、この開発便益はプロジェクトの便益として計上される。ここでは、米、とうもろこし、バナナ、ユカの生産の増加からもたらされる所得増加が利用可能なデータのもとで推計された。推計された開発便益は表C-17に示されている。

表C-17 開発便益

		Rice	Banana	Maize	Yuca	Total
2001	La Paz	16837	140	2312	76	19365
	Beni	122296	441	9332	1016	133086
	Pando	30706	139	2291	259	33395
	Total	169840	720	13936	1351	185846
2010	La Paz	221861	1845	30394	881	254981
	Beni	1609918	5817	109807	13333	1738874
	Pando	404275	1846	30104	3465	439690
	Total	2236054	9508	170306	17679	2433546
2020	La Paz	301060	2491	41199	1208	345958
	Beni	2184662	7889	148859	18167	2359577
	Pando	548642	2497	40826	4566	596531
	Total	3034363	12877	230884	23941	3302066

Note : Benefit is common to each alternative.

### C.3.3 経済コスト

Vol. I の第6章で積算された建設費および維持費は税金を含んでいるため、真の経済費用ではない。従って、この費用を用いては経済分析が行えないゆえに、この費用からあらゆる税金を除き、経済費用へと変換をおこなった。

### C.3.4 経済分析

#### (1) 経済指標の計算

プロジェクトの実施可能性を検討するために、IRR、B/CおよびNPVが毎年の費用と便益を用いて計算された。表C-18は代替案別の上記の3つの経済指標の値を示している。

表C-18 代替案別の経済指標の値

Alternative	B/C	NPV (\$)	IRR (%)
CASE P-1	1.890	97625296	19.7
CASE P-2	1.867	91676176	19.4
CASE P-3	1.794	82904640	18.7
CASE P-4	1.700	72061976	18.1
CASE P-5	1.857	94234784	19.8
CASE P-6	1.894	94109362	19.8
CASE P-7	1.877	93097204	19.6
CASE U	1.552	56610392	17.2

#### (2) 感度分析

上記の経済分析に加え、推定された便益と費用を予測誤差や将来の不確実性を考慮した分析も行なうことが、プロジェクト評価に重要なことである。この経済指標に対する予測しがたい、かつ不確実な状況を検討するために、便益の減少および費用の増加の仮定のもとで経済指標の計算が行なわれた（逆の場合は経済指標の値は改善されるために検討する必要はない）。

この感度分析においてはプロジェクトの便益は5%、10%、15%、および20%減少すると仮定し、プロジェクト・コストは5%、10%、15%、および20%上昇するものと仮定された。表C-19は最悪のケース（コストは20%上昇し、便益は20%減少する）の経済指標をとりまとめたものである。この結

果、“CASE P-1”、“CASE P-6”および“CASE P-7”は最悪のケースでさえ  
 フィージブルであった。

表C-19 最悪のケースにおける経済評価の値

Alternative	B/C	NPV (\$)	IRR (%)
CASE P-1	1.008	1275536	12.1
CASE P-2	0.996	-656064	12.0
CASE P-3	0.957	-6744624	11.5
CASE P-4	0.907	-14426768	11.0
CASE P-5	0.991	-1566016	11.9
CASE P-6	1.010	1602816	12.1
CASE P-7	1.001	154464	12.0
CASE U	0.828	-26467416	10.0

(3) 2020年までの累積費用

たとえプロジェクトが大きな便益をもたらすものであっても、プロジェクト  
 の実施機関（SNC）が建設費とプロジェクトの完成以後の維持費を負担す  
 ることが困難な場合は、そのプロジェクトはフィージブルとは言えない。従  
 って、プロジェクト実施機関からは費用ができるだけ安いプロジェクトが望  
 まれる。現在のSNCの状況を考えると、SNCは近い将来完成されることが  
 望ましいいくつかの大規模な道路プロジェクトをかかえているので、累積  
 のプロジェクト費用（将来の維持費用をも含む）をできるだけ安くすること  
 が要求される。

表C-20は2020年までに必要とされる累積費用を示した。

表C-20 2020年までに必要とされる累積費用

(Unit : Thousand Dollars)

Alternative	Initial Cost	Maintenance Cost	Total Cost
CASE P-1	188422	5020	193442
CASE P-2	166706	27009	193715
CASE P-3	166706	28413	195119
CASE P-4	166706	30753	197459
CASE P-5	178981	26166	205147
CASE P-6	166706	34143	200849
CASE P-7	166706	35937	202643
CASE U	166706	31540	198246

(4) 定性的便益

C.2において説明された定量的便益以外に本プロジェクトは多くの定性的便益をもたらす。なかでも以下の定性的便益は特に重要である。

プロジェクトの完成はドライバーおよび乗客を快適に旅行させることになる。また目的地への到着が時間どうりになることも保証される。さらに、プロジェクト道路ではアスファルト舗装されるため、トラックにより運ばれる荷物の荷いたみが大幅に減少する。

C.3.5 経済評価

上記の (1)～(4) をまとめると、“CASE U” は感度分析および定性的便益の観点から推薦できない。“CASE P-2”、“CASE P-3”と“CASE P-4”は感度分析の観点からフィージブルとは言えない。さらに、“CASE P-5”、“CASE P-6”および“CASE P-7”は累積財政費用が高いため推薦できない。のこりの代替案の“CASE P-1”は、経済指標もすぐれており、かつ累積費用も最も少ない。従って、本プロジェクトとしてはプロジェクト道路は建設時にアスファルト・コンクリート舗装をするという“CASE P-1”を最もフィージブルなプロジェクトとして推薦する。



JICA