

コロンビア共和国

# ベナベンツラーボゴタ間道路計画調査



中間報告書

昭和56年3月

国際協力事業団

國際協會	
受領日	8478:22 0
月	7'0:50
登錄No.	113620
	SDFE

## 序

日本政府はコロンビア政府と日本政府との合意に基づき、コロンビア政府の要請に応じて、同国へナベンツラ〜ボゴタ間の道路計画調査を実施することを決定した。

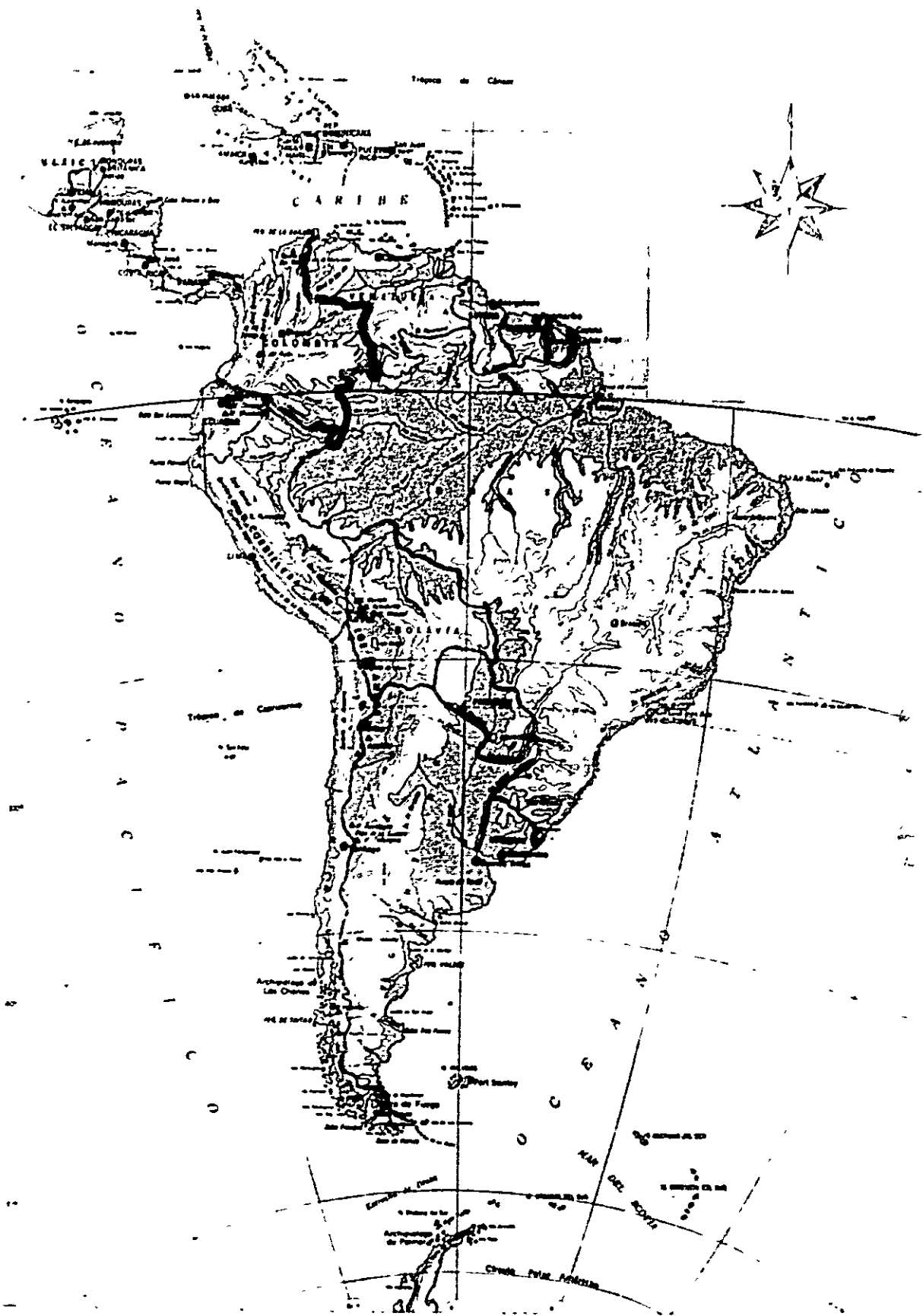
本道路はコロンビア国内を南北に走る中央アンデス山脈を越えるため、地形的、地質的に多くの問題を抱えており、同国の東西主要地域を結ぶ道路としては非常に立ちおくれている。

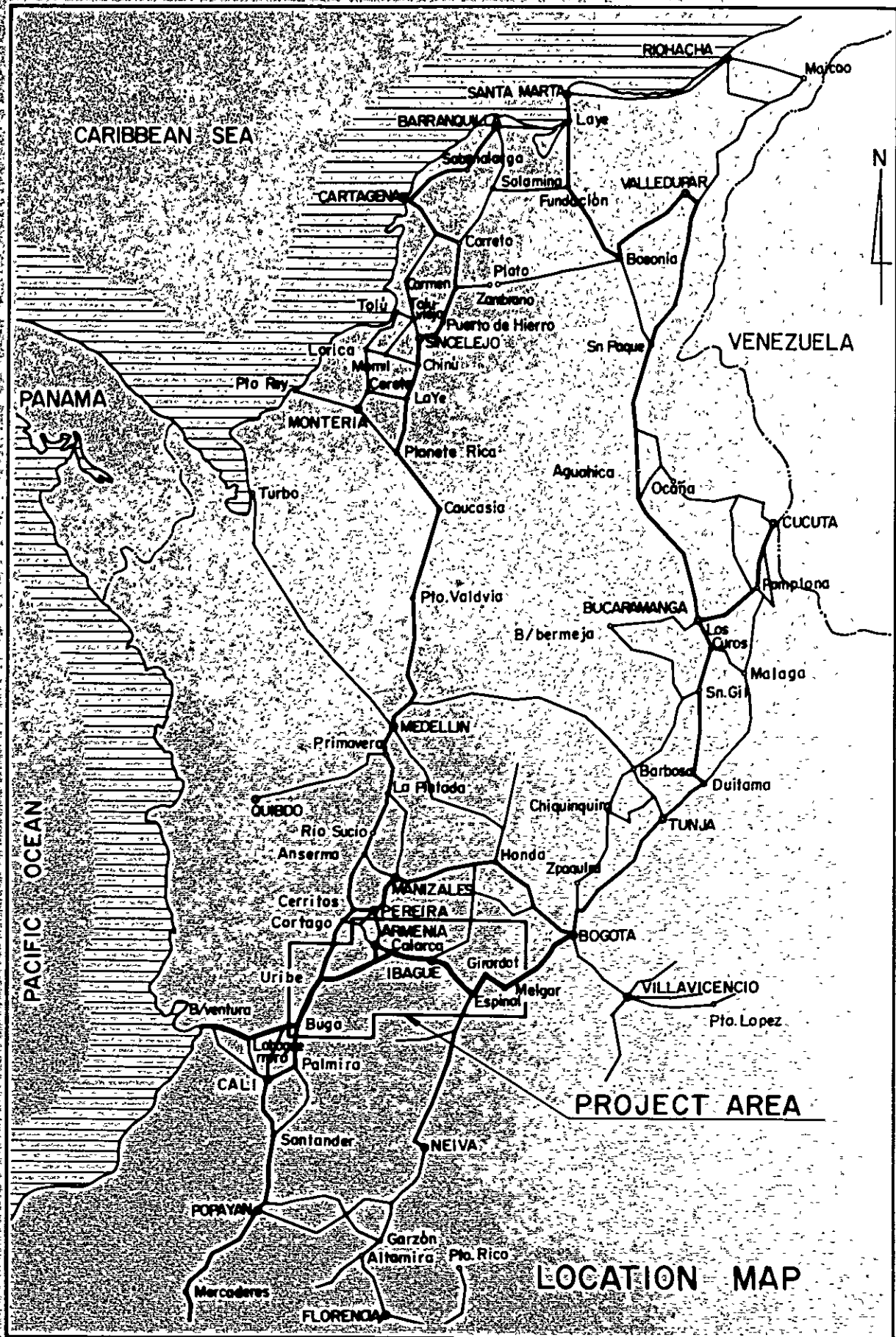
調査の実施にあたって、技術協力の実施機関である国際協力事業団は、院長院兼成氏を団長とする17名の専門家から成る調査団を編成し、1979年8月から4度にわたってコロンビア共和国に派遣した。また、調査を円滑に進めるため、玉光弘明氏（建設省九州地方建設局河川部長）を委員長とする5名の作業管理委員会が設けられた。委員会はコロンビア共和国に調査団と同行し、調査の過程で適正な助言を調査団に与えた。また、コロンビア政府の関係各位の協力を得て、調査を順調に行なうことができた。ここに本調査の実施にあたってのコロンビア政府関係各位からの協力に対し、深く感謝の意を表したい。

1981年 3 月

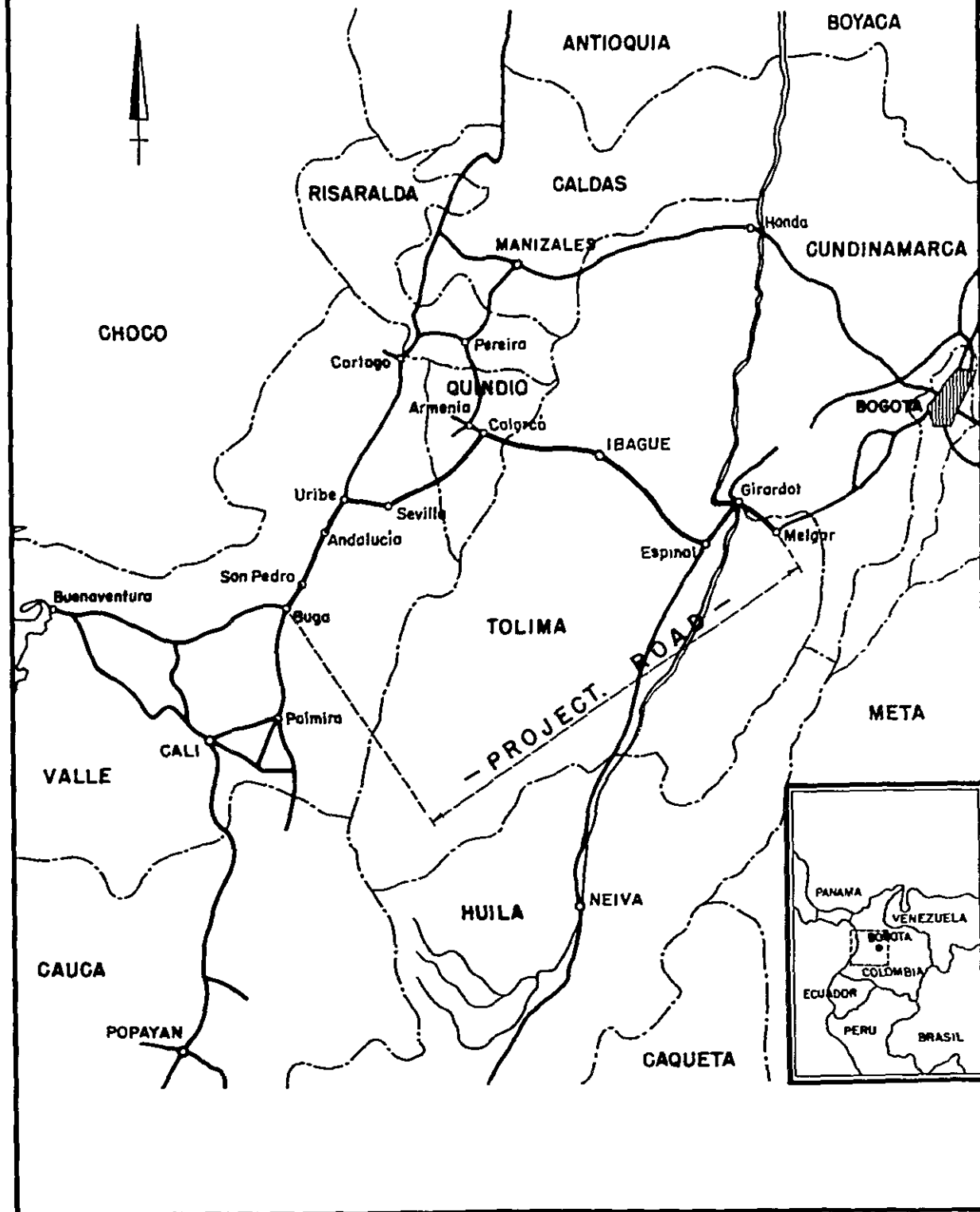


# LOCATION OF THE REPUBLIC OF COLOMBIA





LOCATION MAP.



略 語

1. AASHTO : American Association of State Highway and Transportation Officials.  
ACIC : Asociacion Colombiana de Ingenieros Constructores  
Bogota D.E. : Bogota Departamento Especial  
DANE : Departamento Administrativo Nacional de Estadistica.  
HCM, H.C.M. : Highway Capacity Manual  
IGAC : Instituto Geografico "Agustin Codazzi"  
JICA : Japan International Cooperation Agency  
MOPT, M.O.P.T.: Ministerio de Obras Publicas y Transporte.  
(Ministay of Public Works and Trasport)  
NEI : Netherland Economic Institute  
TRRL : Transport and Road Research Laboratory.  
U.K. : United Kingdom  
U.S.A. : United States of America.
  
2. AADT : Annual Average Daily Traffic.  
ADF : Average Daily Traffic.  
ACPM : Diesel  
B/C : Benefit / Cost  
FC : Foreign Currency  
GDP : Gross Domestic Product  
GNP : Gross National Product  
LC : Local Currency  
OD, O-D : Origin and Destination  
Tr.Mula, Tractomula : Semi Trailer  
US\$ : United States Dollar  
VOC : Vehicle Operating Cost  
\$ : Colombian Pesos (\$49.00 = US\$1.00)  
p.a. : Per Annum
  
3. CBR : California Bearing Ratio  
PC : Prestressed Concrete  
RC : Reinforced Concrete



4. G, g ; Gram  
H ; Height  
ha ; Hectare  
L, l ; Length  
lbs ; pounds  
Lit ; Liter  
K, Km ; Kilometer  
Km/h, Kph ; Kilometer per hour  
m ; meter  
U ; unit

## 要約と結論

## 要約と結論

### 1. 調査の目的

この報告書は、コロンビア共和国の首都 Bogota と太平洋岸に面する同国最大の港 Buenaventura を東西に結ぶ道路の一部をなす Melgar - Buga 間の道路（延長約 310 Km）についての調査結果を示したものである。本プロジェクトの対象道路は Ibagué - Calarca 間においてアンデス中央山脈を横切っている。この区間では線型が非常に悪く、地すべり、落石、崩壊等が多く見られる。

コロンビア政府の公共事業省（MOPT）は、この対象道路の重要性に鑑み、この道路の改良計画の作成に着手することとし、日本政府に調査の実施を要請した。調査は国際協力事業団が実施することとなり、現道改良の経済的妥当性及び新道建設の可能性に関する調査内容（Scope of Work）について両国間で合意に達した。

本報告書は現道改良についての調査結果を記したものであり、新道に関する調査は引き続いて実施し、後日報告書を作成する予定である。

### 2. 調査の方法

2-1 調査内容は次の項目を含んでいる。

- (1) コロンビアの経済
- (2) OD調査を含む交通現況分析
- (3) 2000年迄の交通量予測
- (4) 走行調査及び交通容量の分析
- (5) 対象道路の現況分析、この調査は道路幾何構造、舗装、土質、材料等の分析、橋梁、道路構造物の現状評価、地質状態の把握、空中写真撮影、その他の関連事項を含んでいる。
- (6) 地質、橋梁の補修を考慮した道路改良計画案の作成および地すべり対策案の検討
- (7) 建設単価の分析および改良計画の各代替案に要する建設費用の算定
- (8) 費用便益分析、走行費用分析等を含む経済評価

2-2 調査は種々の改良レベルを考慮し、これら各改良レベルによる交通安全性、走行費用への影響を推定し、各改良案の建設費を算定して、各々の経済的妥当性を検討した。

改良案としては主として次のようなものが提案され、これらは早急に実施する必要があると判断された。

- (1) 曲線部の拡巾や曲線半径の増大による平面線型の改良
- (2) 車両のすれ違いを可能にするための拡巾
- (3) 急勾配部分の減少
- (4) 必要箇所におけるカルバート、橋梁等の改良及び新設

- (5) 拡巾された曲線部の路肩の舗装
- (6) 排水施設の改良
- (7) 地すべり，崩壊，落石に対する対策工
- (8) 追い越し視距の改良

### 3. 改良計画代替案

改良計画の代替案として次の3つのレベルを考え，経済評価の対象とした。

#### (1) 小規模改良案

設計速度を30Km/hrとし，2台のトレーラートラックがすれ違える様に，最小曲線半径を25m以上にする案

#### (2) 中規模改良案

山間部の平面，縦断線型を改良する案及びショートカットにより，地すべり危険地域を避ける案

#### (3) 大規模改良案

現道の線型改良および都市部の混雑を避ける目的でバイパスを建設する案

### 4. 経済評価

本調査では Ibague - Calarca 間は18の区間に分けられた。各区間は各々経済評価のための1, 2の代替案を持っている。

これらの代替案に対して費用便益分析を行ない，その経済的妥当性から各区间ごとに最適案を選定した。最終的に選出された改良案は次頁の表に示す通りである。改良案の総経済コストは1980年価格で\$636百万である。これらの選定された各区間の改良案だけを集めて，工事計画を立て，費用便益分析を行なうと次の様な結果が得られた。

Present Worth Cost	(i = 12%)	\$462.1 million
Present Worth Benefit	(i = 12%)	\$544.5 million
Present Worth B - C	(i = 12%)	\$ 82.4 million
Benefit/Cost		1.178
IRR		14.06%

斜面崩壊に対する対策工については，そのひん度や，規模についての過去の資料がないため，経済評価は行わず，その工事費を算定するにとどめた。



Summary of Improvements and Costs

Road Section	Location (Ibague-Galarca) Km	Improvement Plans										Preventive Measures against Slope Failures										Cost in Total	Selected Plans		
		Number of Improved Sharp Curves	Proposed Bridge	Construction Cost			Total Cost	Road Length (Km)			Number of Sites	Construction Cost					Total Cost								
				Earth Work & Prevent	Bridges	Structures & Slope Protection		Existing	Improved	Balance		Landslide	Falls	Valley side	Side Failure	Debris Flow									
01	61.3-62.8	2	0	4.2	0	1.8	6.0	-	-	-	1	0	2	0	3	12.3	0	1.3	0	0	0	13.6	19.6	MIN	
02	62.8-63.9	2	0	22.4	0	10.0	32.4	1.1	1.0	0.1	0	3	0	0	3	0	3.6	0	0	0	0	0	3.6	36.0	MED
03	63.9-68.4	7	0	58.2	0	8.7	66.9	-	-	-	0	10	3	8	21	0	9.5	3.7	5.7	0	0	0	18.9	85.8	MIN
04	68.4-69.2	5	20m Bridge	37.2	9.4	11.4	58.0	0.8	0.7	0.1	0	3	0	2	5	0	2.6	0	0	0	0	0	4.3	62.3	MED
05 - 10	69.2-81.1	14	0	17.3	17.6	11.0	45.9	-	-	-	7	10	10	13	40	79.0	9.6	14.0	16.9	0	0	0	119.5	165.4	MIN
11	81.1-81.6	1	2@ 30m Bridge	1.8	30.7	1.8	34.3	0.5	0.3	0.2	0	1	0	0	1	0	1.3	0	0	0	0	0	1.3	35.6	MED
12 - 16	81.6-100.7	15	0	14.2	0	14.6	28.8	-	-	-	2	27	25	13	67	35.9	44.6	89.5	15.8	0	0	0	185.8	214.6	MIN
17	100.7-102.1	2	(170mt + 186m) Bridge	4.8	158.0	31.5	194.3	1.4	0.7	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	194.3	MED
18	102.1-135.6	54	0	128.9	0	105.9	234.8	-	-	-	14	21	33	2	70	85.6	21.8	182.3	2.5	0	0	0	292.2	527.0	MIN
Total		102	438 <sup>m</sup>	289.0	215.7	196.7	701.4	-	-	-	24	75	73	38	210	212.8	93.0	290.8	42.6	0	0	0	639.2	1,340.6	

Note: Costs are shown as the Financial Cost in million pesos in prices of 1980.

MIN : Minimum Scale Improvement Plan  
 MED : Medium Scale Improvement Plan

## 5. 結 論

調査は Melgar から Buga 迄の延長 310Km を対象として行なったが、経済的妥当性をもつ改良計画および勧告すべき斜面崩壊対策は Ibaguè - Calarca 間 (延長 79Km) に集中している。これらの選定された改良計画及び斜面崩壊対策に要するプロジェクトコストは 1980 年価格で各々 \$701 百万, \$639 百万と推定される。

<u>Project Cost</u>	(million Colombian pesos in 1980 prices)			
	<u>Project Cost for Improvement</u>		<u>Project Cost for Preventive Work Against Failures</u>	
Foreign Component	188.4	(26.9%)	87.4	(13.7%)
Local Component	447.7	(63.8%)	523.1	(81.8%)
Tax	65.3	(9.3%)	28.7	(4.5%)
Total	701.4	(100.0%)	639.2	(100.0%)

また、プロジェクトコストの年次別支出額は次表に示す通りである。

<u>Disbursement Schedule of the Project Cost</u> (million Colombian pesos in 1980 prices)				
Year	<u>Improvement Cost</u>	<u>Cost of Preventive Work Against Failures</u>	<u>Total Project Cost</u>	Remarks
1983	22.3		22.3	Eng. and Preparation
1984	9.5		9.5	
1985	171.1	319.6	490.7	Construction and Supervision
1986	335.1	319.6	654.7	
1987	163.4		163.4	
Total	701.4	639.2	1,340.6	

## 6. 提 言

### 6-1 斜面崩壊対策

斜面崩壊対策は Bogota - Buenaventura 間の交通を確保する上で極めて重要である。対象道路では Ibaguè - Calarca 間だけでも斜面崩壊の可能性のある箇所は 500 箇所以上にものぼっている。しかし、過去の斜面崩壊についての記録がないため、今後予想される崩壊の規

横やひん度を推定することは非常に困難である。したがって、より効果的な対策プログラムを作るために、今後は斜面崩壊についての記録を残しておくことを提言する。

#### 6-2 追い越し視距

対象道路には、現在追い越し視距が充分とれていないが、多額の支出なしに簡単に改良できる区間がかなり見うけられる。これらの区間はMOPTの日常の維持管理の範囲内で改良することを提言する。

#### 6-3 建設及び補修工事

一般に道路構造物や、舗装についての工事記録は建設時、補修時共に全く作成されていないか、作成されていても適切な管理がなされていない。これらは維持管理を行なう上で重要であり、今後工事記録を保存することを提言する。

### 7. 実施計画

#### 7-1 スケジュール

本プロジェクトの改良計画についてコロンビア政府の承認が得られ、資金調達の見通しが立てられた後、仕様書、入札書類等が準備される。続いて入札および工事契約がなされ、工事は1985年から実施される。これらのスケジュールは次図に示す通りである。

このスケジュールはコロンビア政府の意向によって、工事着工や工事完了を早めることも可能であり、検討の余地は残されている。

#### 7-2 工事順序

工事は、交通への障害を可能な限り、小さくなる様な方法で実施すべきであり、工事作業も対象道路の地形や巾員、カーブ等の問題点を充分考慮に入れて効率よく実施すべきである。

IMPLEMENTATION SCHEDULE : Improvement Plans and Preventive Works against Slope Failures

	1983	1984	1985	1986	1987
Detailed Engineering Prequalification, etc.					
Earth Work					
Paving Work					
Bridge Work					
Drainage and Structure					
Miscellaneous					



# 目 次

第1章 序 論 .....	1- 1
1-1 調査の目的 .....	1- 1
1-2 調査の背景 .....	1- 1
1-3 調査の経緯 .....	1- 2
第2章 コロンビアの経済 .....	2- 1
2-1 概 要 .....	2- 1
2-2 プロジェクトの影響圏 .....	2- 3
第3章 プロジェクト道路の交通現況 .....	3- 1
3-1 Bogota-Buenaventura間道路の交通 .....	3- 1
3-2 O D 調 査 .....	3- 4
3-3 関連計画道路の影響 .....	3-10
3-4 現況交通のその他の特性 .....	3-15
第4章 将来交通量 .....	4- 1
4-1 全体的傾向 .....	4- 1
4-2 バ ス .....	4- 1
4-3 ト ラ ッ ク .....	4- 1
4-4 交通量常時観測データ .....	4- 1
4-5 交通量増加率の想定 .....	4- 2
4-6 車種別伸び率の設定 .....	4- 2
第5章 走行調査及び交通容量 .....	5- 1
5-1 燃料消費調査 .....	5- 1
5-2 走行速度調査 .....	5-14
5-3 交通容量の分析 .....	5-17
第6章 対象道路の現況 .....	6- 1
6-1 概 説 .....	6- 1
6-2 道路幾何構造 .....	6- 1
6-3 舗 装 .....	6- 9

6-4	橋梁及び構造物	6-20
6-5	調査地域の地質	6-28
6-6	地形図	6-41
6-7	道路付帯施設	6-41
第7章	道路改良計画	7-1
7-1	概説	7-1
7-2	道路改良	7-1
7-3	橋梁及び構造物の改良	7-16
7-4	調査地域の土木地質的検討	7-22
第8章	改良計画工事費	8-1
8-1	コスト算定の方法	8-1
8-2	建設工事数量	8-1
8-3	単価分析	8-1
8-4	用地取得費	8-8
8-5	プロジェクト道路の改良工事費	8-8
8-6	道路維持補修費	8-17
第9章	経済評価	9-1
9-1	基本原則	9-1
9-2	便益	9-5
9-3	改良工事費	9-11
9-4	B/C分析	9-11
9-5	大規模改良計画	9-13
9-6	結論	9-13

## 表 目 次

	<u>Page</u>
Table 2-1	Major Indexes of the Economy and the Transportation : 1971-79 2-6
Table 3-1	Observed Vehicle Composition . . . . . 3-4
Table 3-2	Classification of Automobiles . . . . . 3-5
Table 3-3	Classification of Trucks . . . . . 3-5
Table 3-4	Conversion Factors & ADT . . . . . 3-6
Table 3-5	Origin-Destination Table (1980) for Total Vehicles . . 3-8
Table 3-6	Origin-Destination Table (1980) for Trucks. . . . . 3-9
Table 3-7	Estimated Composition of O-D elements for the Section Armenia-Caicedonia in 1976 . . . . . 3-12
Table 3-8	Estimated Composition of O-D elements for the Section Caicedonia-Sevilla in 1976 . . . . . 3-13
Table 3-9	Estimated Composition of O-D elements for the Section Sevilla-Urbe in 1976 . . . . . 3-14
Table 3-10	Type of Cargo and Average Loading Volume . . . . . 3-15
Table 3-11	Average Number of Passengers . . . . . 3-16
Table 3-12	Type of Fuel . . . . . 3-16
Table 4-1	Selected Indicators of Economy and Traffic, 1971-1979 . 4-3
Table 5-1	Characteristics of Road Sections . . . . . 5-2
Table 5-2	Characteristics of Tested Vehicles . . . . . 5-3
Table 5-3	Comparison of Fuel Consumption. . . . . 5-8
Table 5-4	Total Overtaking Distance . . . . . 5-16
Table 5-5	Average Velocity on the Road between Ibague-Calarca. . 5-17
Table 5-6	Road Sections . . . . . 5-19
Table 5-7	Road Capacity . . . . . 5-20
Table 5-8	Total Frequency in the Existing Status . . . . . 5-23
Table 6-1	Geometric Design Criteria for Construction of New Roads 6-2
Table 6-2	Geometric Design Criteria for Existing Road Improvement 6-3
Table 6-3	Status of Geometric Structure of Existing Road . . . 6-5
Table 6-4	Soil Test Results . . . . . 6-14
Table 6-5	Estimated CBR Subgrade . . . . . 6-15
Table 6-6	Quarry Sites of the Project Area . . . . . 6-16
Table 6-7	Rock Test Results . . . . . 6-18
Table 6-8	Present Pavement Situation along the Existing Road . . 6-19
Table 6-9	Type & Number of Existing Bridges. . . . . 6-20
Table 6-10	Type & Number of Existing Road Structures . . . . . 6-22
Table 6-11	Existing Status of the Bridges. . . . . 6-23
Table 6-12	Number of rain-days by Month in Ibague . . . . . 6-30
Table 6-13	Number of Damage Spots, and the Extent of Damage . . 6-36
Table 6-14	Number of Locations Susceptible to Landslide . . . . 6-36
Table 6-15	Major Landslide-Prone Places . . . . . 6-37
Table 6-16	Rock Falls . . . . . 6-38
Table 6-17	Collapse of the Shoulder and Road. . . . . 6-38
Table 6-18	Debris Flow . . . . . 6-39
Table 6-19	List of Topographical Maps available. . . . . 6-41

	<u>Page</u>
Table 7-1	Geometric Design Criteria of the Improvement Plans . . . 7-2
Table 7-2	Number of Curves for Minimum Scale Improvement Plans by Subsection . . . . . 7-6
Table 7-3	Pavement Thickness Applied for the Medium Scale Improvement Plan . . . . . 7-8
Table 7-4	Geometric Structure of Medium Scale Improvement Plan . . 7-10
Table 7-5	Length by Gradient of Large Scale Improvement Plan . . . . 7-11
Table 7-6	Pavement Thickness Used for the Large Scale Improvement Plan . . . . . 7-12
Table 7-7	Planned Major Bridges and Tunnels by Improvement Plan . . 7-13
Table 7-8	Quantities of Materials Used in Ordinary Type Structure (Superstructure) . . . . . 7-19
Table 7-9	Quantities of Materials Used in Ordinary Type Structure (Substructure) . . . . . 7-20
Table 7-10	Quantities of Materials Used for Cost in Place Concrete Bridges . . . . . 7-21
Table 7-11	Choice of Erosion Control for Cuts and Slopes . . . . . 7-23
Table 7-12	Proposed Long Span Bridge Site . . . . . 7-25
Table 7-13	Proposed Tunnel Sites . . . . . 7-25
Table 7-14	Rock Mass Classification . . . . . 7-26
Table 7-15	List of Specific Landslides and Countermeasures . . . . . 7-32
Table 7-16	Preventive and Corrective Work . . . . . 7-36
Table 7-17	Result of Comparative Cost Analysis . . . . . 7-37
Table 8-1	Unit Construction Cost . . . . . 8-3
Table 8-2	Hourly Cost of Construction Equipment . . . . . 8-6
Table 8-3	Hourly Wages . . . . . 8-9
Table 8-4	Cost of Main Materials . . . . . 8-10
Table 8-5-1	Improvement Plans Selected . . . . . 8-12
Table 8-5-2	Minimum Scale Improvement Plans . . . . . 8-14
Table 8-5-3	Medium Scale Improvement Plans : Eight Sections . . . . . 8-15
Table 8-5-4	Large Scale Improvement Plans : Four Sections . . . . . 8-16
Table 9-1	Improvement Plans and Traffic Volume: Melgar to Buga . . 9-3
Table 9-2	Improvement Plans by Sub-section: Ibaguá-Calarca . . . . 9-4
Table 9-3	Vehicle Operating Economic Cost . . . . . 9-6
Table 9-4	Sharp Turning Curves, Existing Status and Improvements . 9-7
Table 9-5	Savings in VOC by Selected Year by Sub-section and by Plan 9-10
Table 9-6	Recommended Improvement Plans . . . . . 9-12
Table 9-7	Implementation Program of the Selected Plans . . . . . 9-14



## 圖 目 次

	<u>Page</u>
Fig 3-1	Traffic Volumes on the Road Bogota-Buenaventura . . . . . 3-2
Fig 3-2	Traffic Pattern . . . . . 3-3
Fig 5-1	Fuel Consumption (D-Dart) . . . . . 5-5
Fig 5-2	Fuel Consumption (D-600) . . . . . 5-6
Fig 5-3	Fuel Consumption (CNT-900) . . . . . 5-7
Fig 5-4	Fuel Consumption by Operation Velocity (D-Dart) . . . . . 5-10
Fig 5-5	Fuel Consumption by Operation Velocity (D-600 with Cargo) . . . . . 5-11
Fig 5-6	Average Velocity and Optimum Velocity (D-Dart) . . . . . 5-12
Fig 5-7	Average Velocity and Optimum Velocity (D-600) . . . . . 5-13
Fig 5-8	Rate of Road Length Where Overtaking Sight Distance is Provided . . . . . 5-16
Fig 5-9	Traffic Volume and Road Capacity . . . . . 5-21
Fig 6-1	Typical Cross Section of Existing Road . . . . . 6-6
Fig 6-2	Existing Status of Geometric Structure by Km between Ibague - Calarca . . . . . 6-8
Fig 6-3	Survey Result of Passing Sight Distance . . . . . 6-10
Fig 6-4	Isohyetal Map . . . . . 6-31
Fig 6-5	Monthly Precipitation . . . . . 6-32
Fig 6-6	Models of Failure . . . . . 6-35
Fig 7-1	Cross Section of Earth Work . . . . . 7-3
Fig 7-2	Cross Section of Bridges Structures and Tunnel . . . . . 7-4
Fig 7-3	Location of Improvement plan (Ibague-Calarca) . . . . . 7-7
Fig 7-4	Selection of Slope Protection . . . . . 7-9
Fig 7-5	Schematic Section of Collapse and Rock Fall . . . . . 7-22
Fig 7-6	Schematic Model of Ibague Bypass . . . . . 7-22
Fig 7-7	Km71.900-72.700 Velocity Profile along the Seismic Refraction Survey Line . . . . . 7-27
Fig 7-8	Km76.100-77.100 Probable Geologic Section of the Tunnel . . . . . 7-27
Fig 7-9	Probable Geologic Section of Coello Bypass Tunnel
Fig 7-10	Probable Geologic Section of La Linea Tunnel . . . . . 7-27
Fig 7-11	Plan of Drainage Well . . . . . 7-29
Fig 7-12	Section Showing Horizontal Drilling . . . . . 7-29
Fig 7-13	Surface Drain System . . . . . 7-29
Fig 7-14	Excavations . . . . . 7-30
Fig 7-15	A Retaining Wall for Counterweight Fills . . . . . 7-30
Fig 7-16	Pile Work . . . . . 7-30
Fig 8-1	Implementation Schedule : Feasible Plans . . . . . 8-13

# 第1章 序論

# 第1章 序 論

## 1-1 調査の目的

この調査はコロンビア政府から日本政府に要請された Bogota ~ Buenaventura 間の道路の改良計画の調査を技術協力のベースで実施したものであって、調査の対象区間は、上記道路の内 Meigar - Buga間の約310kmである。この道路はコロンビア国内を東西に結ぶ重要幹線道路であるにもかかわらず、地形的、地質的に厳しい中央山脈を通過しているため、近代道路としての十分な機能を保っていない。このためコロンビア政府は Bogota ~ Buenaventura 間の道路の常時通行の確保と走行性及び交通容量の向上を効率的に達成させるため現道を改良する計画を立て、又別途に新道を建設する計画を考慮して来た。

調査は現道改良計画と新道建設計画とを個別に取り扱うことにした。今回の調査は現道改良計画について実施され、ここに中間報告書として取りまとめられたものである。新道の計画は今後引き続き実施される予定である。

## 1-2 調査の背景

コロンビアの国内輸送は道路に大きく依存しているが、国内の道路網は同国を南北に走る三つの山脈に沿って発達している。この内東西方向の道路は地形的制約を受けてきわめて貧弱である。首都 Bogota は内陸都市で人口約400万人を擁しコロンビアの政治、経済、文化の中心であり、又 Buenaventura は太平洋に面する同国最大の港湾であり輸出入貨物全体の約50%を取り扱っている。この二つの都市を結ぶ Bogota ~ Buenaventura 道路は Espinal, Ibague, Calarca, Buga 等の主要地方都市を結ぶ重要幹線道路である。しかるにこの道路は Ibague ~ Calarca 間で標高3000mを越す中央山脈を通過しなければならず、急峻な地形に起因する道路線形の貧しさと地質の問題を抱えている。又、鉄道においてもこの山脈によってはばまれ東西の籠で分断されている。このため道路による輸送路の確保は特に重要である。これはコロンビア政府が行なったあらゆる輸送モードの全国的な調査の結果から見ても明らかである。この様に唯一の陸上輸送の重要幹線でありながら中央山脈越えの区間は厳しい地形的条件から近代道路としての機能を十分に有しているとは言えない個所が数多く、道路状態は現在コロンビア政府の手によってリハビリテーションが行なわれている路面を除いて十分なものであるとは言えない。さらにこの地域は火山性地質の地帯で、過去において無理に建設された道路が自然のバランスを崩し、このため、地すべり、法面崩壊、落石等の災害がしばしば発生している。

コロンビア政府は Bogota ~ Buenaventura 間の輸送問題について15年前から取り組み1977年末にプレフィジビリティ調査を実施した。その結果、中央山脈越えの区間の輸送力の増強は道路整備の方が投資効果が大きくかつプライオリティが高いとの結論が出された。

このため、コロンビア政府は道路の改良計画と新道計画について経済計画調査の実施を計画し、その実施を日本政府に要請したものである。

### 1-3 調査の経緯

1977年10月に日本・コロンビア両国政府間に技術協力協定が締結されたのを契機にコロンビア政府は Bogota ~ Buenaventura 間の道路計画調査の実施を日本政府に要請した。この要請に応じて日本政府は技術協力の一環として調査の実施を決定し、日本の海外技術協力の実施機関である国際協力事業団（JICA）がその実施を担当することになった。JICAは1972年2月に事前調査団をコロンビア共和国に派遣して Scope of Work（S/W）を結び調査内容を確認した。

調査は1979年7月から開始され、1980年11月まで四度にわたってコロンビア共和国におもむき、それぞれの専門分野において行なわれた。

実施された調査の内容と結果は第2章以下にまとめられている。



## 第2章 コロンビアの経済

## 第2章 コロンビアの経済

### 2-1 概 要

#### 2-1-1 戦後の経済

コロンビアの経済発展の歴史を1950年からみると3期に分けられる。つまり1950-66年にかけて輸入代替産業が発展した時期、1967-75年にかけて新しい生産物輸出が出現しかつ成長の大きかった時期、そして1975年以降の緊縮金融政策とインフレ対応にせまれている時期である。

1950年から66年にかけてコロンビア経済はコーヒー国際価格の変動、そして国内政情と社会情勢の不安定に悩まされた。第2次世界大戦以降の経済発展において輸入代替産業の大部分は立地したものの、それ以外の部門の発展はあまりみられなかった。コーヒー価格の変動は金融部門の混乱や外貨不足をもたらし、経済成長を阻害した。こういう情勢下で政府は国民経済の運営に於いて計画性と規制を強めて来た。

1967年以降政府は積極性の強い刺激経済政策をとり入れた、その中には外貨交換比率の弾力的な変更とコーヒー以外の生産物輸出推進政策をも含んでいた。又工業発展に必要な社会基盤の拡充を行った。その結果コーヒー以外の生産物輸出が大きくなり、輸出額の中でコーヒーの占める割合は1967年の60%が74年の45%に縮少した。GDPは年率6.6%で1967年より74年にかけて増加し、その間1人当たりGDPは同じ期間を年率4%弱で伸びた。

#### 2-1-2 近年の経済動向

1978年に対前年比8.9%を記録する等、大きな成長を記録したコロンビア経済は1975年には対前年比3.8%増に止まった。(1970年代のコロンビアGDPの推移は附表2-1を参照)その後は政府の緊縮金融政策のもとでも76年に4.6%、77年に4.9%、そして78年には20年間の最高の8.9%に到達した。(79年の実質成長率は5.1%に下ると予想されている。)これ等の高い成長率の多くは高いコーヒー価格とそれ等の結果得られるより大きな所得水準にもとづくものであり、これ等は更に国内需要を強めることとなった。国内消費の増加に併せて工業やサービス部門はその生産高を増大したものの、それ以上の大きい需要が既存のインフレーションに拍車をかけることになった。

附表2-2にみれるGDPの構成の推移は農業部門のGDP構成割合が1970年の25.3%より1978年の23.1%へと小さくなったことを示している。1978年の農業に次ぐ大きなセクター、つまり製造業は20.6%であって、まだ農業を越えるに至っていなかった。

鉱業のGDP寄与率は小さいがその未開拓資源があるため長期的には大きな効果を与えるものと期待されている。しかし過去10年間においては恒常価格ではマイナスの成長を示し、これは近年の原油生産の減少によるものとされている。

政府はエネルギー問題の重要性にかんがみ、その豊富な存在の知られている石炭の開発や水力発電の開発のみでなく、外資導入による石油資源の開発にも努力中である。

サービス部門は商業、運輸、個人サービス、公共サービスを含むが1970年の48.6%より1978年の52.1%へとその構成割合を増大させた。この時期におけるサービス部門のGDPに占める割合の増大はその国内生産規模を大きく拡大した。

附表2-3に示される総需要と総供給の傾向は1970年から78年にかけて確実に伸びている。総供給における輸入の割合はその間11%から14.4%に伸び、輸出は総需要の中で9.8%から12.5%に伸びている。

国内生産の量的な規模の変化が部門別に附表2-4に示される。1970年より78年への部門別増加割合は44.2%~74.1%の間であったが例外は鉱業と建設業であった。鉱業はこの8年間に13%の減少を示し、建設業は14.3%の増加に止まった。しかし、建物や構造物の増加は14.3%以上の大きな値を示すべきだと強く感じられる。

これ等の傾向は経済がその構成を急激な変化でなく徐々に変えつつ着実に成長していることを示している。小さな部門では急成長や縮少がみられたかも知れない、しかしこれ等の変動は全体的な発展の傾向に大きな影響を与えるほどのものではなかった。

### 2-1-3 交通部門

表2-1はコロンビアの交通部門、GNP及び人口の統計値を要約したものである。交通部門での傾向は次のようになる。自動車の燃料消費については1975年より79年にかけてガソリンが年平均4.9%で、ACPM(ディーゼル油)が同じく年平均4.7%づつ増加した。その間登録自動車台数は1971年より78年にかけて年率7.1%の割合で増加した。これ等よりコロンビア全体で自動車交通が年平均5~6%で増えたものと考えられる。

鉄道旅客は1970年代中頃まで増えたがそれ以降は減少している。鉄道の旅客扱いは現在ではわずかなものとなってしまった。鉄道での貨物扱量は1971年より79年にかけて若干減少している。プロジェクト地域でも傾向は同じであった。しかし鉄道列車の動きは少なく道路輸送に対して重要な競争力を持っていない。鉄道サービスは特定のかさばる貨物の輸送を今まで同様に続けるであろう。プロジェクト地域での鉄道新線建設はないようにみうけられる。

コロンビア諸港での国際貨物の扱い量は1971年より79年までは年平均7.2%の割合で増加した。この高い増加率は貿易自由化政策と1978年以後の経済の拡大によるところが大きい。これ等の輸出入量のうち約50%がBuenaventuraで取扱われた。

民間航空の輸送量はGDPよりもはるかに大きな伸びを記録した。国際線での旅客は同じ期間に年平均12.3%の割合で、国内旅客は年平均8.4%の割合で増加した。プロジェクト地域ではCali空港が最大で、ここでは殆んどが国内線だが年平均11.5%で増加していた。

## 2-2 プロジェクトの影響圏

Bogota - Buenaventura 道路は首都でありかつ3大工業圏の一つである Bogota より Tolima 州の Ibague , Quindio 州の Calarca , Valle 州の Buga を通り, コロンビア最大の国際港 Buenaventura に至っている。Cali は Valle 州の州都で Buga の南 70 Km にあり Bogota , Medellin と共に三大工業圏の一つとなっている。

当プロジェクトは上記幹線道路の一部である。その交通量は道路沿いの直接影響圏の社会・経済活動を反映するのみでなく, この国の他の地域のそれ等を反映している。道路網, 都市圏, 経済活動の立地と統計データの制約を考慮してプロジェクト影響圏を Torima , Quindio Valle の三州に決定した。

### 2-2-1 人口

プロジェクト地域の人口は Bogota 地区, 及び全国の人口と共に 1971 年より 79 年にかけて表 2-1 にまとめられている。このデータによると 3 州の人口は年平均 2.7% ずつ伸び, その間に都会では一層の人口集中が続き, より大きな伸びを示している。

つまりその間 Cali では年平均 5.6%, Ibague は 5.2%, Armenia は 2.6% の伸びであった。

附表 2-5 と 2-6 は 1973 年より 87 年にかけての州都の人口と 75 年より 90 年にかけての州人口の統計局予測値が掲げられている。各州都における人口の伸びは 70 年代よりも 80 年代が小さくなるよう見込まれている。1975 年より 99 年にかけての各州及び各州都は各々一定の増加率で人口が増えると想定している。

コロンビア公共事業者は全国交通計画, 資料篇 I, 表 13 (1979 年 11 月, Bogota) に独自の人口予想値を掲げている。これは 80 年代よりも 90 年代に一層小さな増加率を適用している。統計局予測値との差はあるがプロジェクトの調査では人口の全般的な傾向の把握にあり, 将来値の詳細な決定ではないからこの差は無視出来る位小さいものである。

当調査においても上記傾向は確められた。何故ならこれ等の州で実施されるべき開発計画は規模が小さく, 人口の分布に大きな変化をもたらすことはないだろう。又人口の急激な増加, 減少, 移動をとまなう経済構造の変化も将来にはないだろうとみられる。

### 2-2-2 地域総生産

1965 年より 75 年にかけて, 上記 3 州での総生産額 (GRP) は年平均 5.3% で増加し, その間共和国の GNP は年平均 6.1% で増加した。地域総生産の中で大きな伸びを示した部門は次のようになる: 商業・サービス部門が年平均 5.5% で, 交通を含む公共サービスが 6.3% で, そして製造業が 6.0% ずつであった。

農業は年平均 4.2% で伸び鉱業は 0.9% の減少率を示した。附表 2-7 によれば 1975 年には Valle 州の GRP の 29.5% を製造業が, 21.6% を農業が占め, Tolima 州では 4.8% を製造業が, 49.3% を農業が占め, Quindio 州では製造業が 12.6%, 農業が 32.3% となっていた。1975 年以降のデータはないが, 経済がそれ以後急激に変化したとは考えら



れない。国全体のGNPが75-79年に5.8%平均で成長しているの、これよりやや少なめのGRPの成長率を保持したものとみられよう。

### 2-2-3 農業(農業・牧畜・林業等)

農業部門が地域総生産(GRP)に占める割合は附表2-7に示すように1975年から79年にかけて減少している。この値は他の部門より小さな割合で生産額が増加したことを意味している。附表2-8は1970年価格での農業全部門の生産額が1965-74年について示される。Quindio州ではこの期間生産額はほぼ同一水準を保っていたがTolima州とValle州は共に55%ほど増加している。漁業および林業の生産額は小さく合計でも3%以下になっている。

附表2-9は1965年、70年、74年の3州での主農産物の耕地面積が掲げられている。Quindio州ではコーヒー畑が耕地の70%に達している。Valle州ではコーヒー、砂糖きび、とうもろこし、大豆、綿を主に、Tolima州ではコーヒー、米、こうりゃん、綿、大麦が生産物になっている。輪作を必要とする畑作物はその植付面積が年々大きく変っている。

特にValle州では近年砂糖キビ畑の面積が国際価格の好転につれて増えている。しかし国際市場での価格変動が激しいので農業部門、特に砂糖キビ生産者が価格の急落で甚大な影響を受けるおそれがある。この地域での農業開発計画に関与している人々は農業部門が砂糖キビ栽培に深く依存しない方がよいと考えている。

附表2-9では耕地面積が1965年より74年にかけて、Tolima州とValle州で10%、Quindio州で21%ほど増加していることがわかる。他の資料は別の面積増加率や総面積を示しているが、コーヒーを含んで面積の増加は大きくなかったとみられよう。

たとえばTolima州開発協会は附表2-10Aのような情報を提供した。この資料によると耕地面積は1960年に386,000ヘクタールで1979年には403,000ヘクタールと僅かに4.4%の増加を示したに止まった。しかし生産トン数は524,000トンより1,107,000トンへと113%の増加を示した。Valle州の場合は附表2-10, Bに示すように主たる作物の耕地面積は1970年420,000ヘクタールが77年に411,000ヘクタールとなり21%ほど減少した。しかし総生産量は5,888,000トンより6,960,000トンへと18.2%の増加を示している。Quindio州においても、統計資料はないものの情勢は同じかと推察される。

コーヒー生産に於いて、伝統的なアラビタイプが徐々にカトゥラタイプに植えかえられている。後者は前者よりも面積当りの生産量がずっと大きい。この転換が3州でのコーヒー生産量を年々増加させるであろう。

放牧地の面積の変化についての情報は得られなかった。しかしと殺頭数の変化を1970年より78年にわたってまとめると附表2-11のようになる。もし一頭当り必要とする牧草地に変化がなければ、放牧地の変化はト殺頭の変化より推定出来る。附表2-11の数値はこれ等3州のト殺頭数がほぼ同じ水準を保っていることを示しているの、放牧地の面積もこの間概ね同じだったと考えられよう。

これ等の考察とプロジェクト地域の視察，州関係者への訪問より結論すると当地域には耕作，放牧に適した土地は概ね開拓されており，未開の土地は地質，地形，気候等で不利な条件を持っているがため残されていることになる。Valle州の場合太平洋岸と Cauca 川の間の丘陵地・山地には未開地が残されているが，それに対して適した作物の種類や開発の方法の研究が目下行われている状況である。

森林地域の保護，拡大が一部において自然環境保持のために必要であるという主張が注目に値する。しかし森林の拡大は今のところ僅かなものである。

#### 2-2-4 製造業

1974年の製造業部門の生産では Tolima 州と Quindio 州で 10% を占め，残りの 90% を Valle 州で占めている。附表 2-12 と 2-13 に示されるようにいくつかの分野，例えば Tolima 州の紡績・ゴム・化学や Quindio 州の皮革，輸送機はその生産額が減少している。一方生産合計額は 9 年間に年平均 6.4% で増加したようである。これ等の生産減少の理由の一つはこれ等の分野が Bogota や Cali に立地したときに比べて不利となるからである。

このプロジェクト地域の製造業が全国のそれに対するの構成パーセントは 1965 年の 21% より 74 年の 19.8% へと減少した。この相対的な停滞の理由は地域開発問題にたずさわっている人々より次のように指摘されている。

- (1) Bogota 都市圏の急成長に伴い，この都市圏内の立地した企業は国内の他地域に立地している企業よりも有利な立場を得られた。何故ならば最大のマーケットに近いという条件によってである。相対的な立地条件の変化が当プロジェクト地域での製造業の成長に不利に働いて来た。この変化が生産・投資の低成長をもたらし，国の内外を通じて代りのマーケットを見出すことの困難さをもたらした。
- (2) 奨励政策や信用供与の拡大提供が不十分であった。
- (3) 土地利用区分と規制の不十分さ，企業が Cali に集中しすぎたこと。
- (4) コーヒー輸出に伴う収入が生産地に十分に再投資されずに，全国的に分散されたこと。
- (5) 労使紛争，有資格人的資源の不足等社会問題の存在。
- (6) 企業に対する過大な課税。
- (7) 商業，不動産業等，製造業以上に高利潤を上げる部門があり，資本がそれ等に流れたこと。
- (8) 保守的な経済活動が支配的であったこと。

これ等に対する改良はみられたが一部は依然そのままである。近年いくつかの工業開発計画が県当局や商工会議所によって立てられたり調査されている。これ等の開発計画のいくつかは次のようになる。

- (1) 新工場の立地奨励，特に農産物，穀類，家畜類，コーヒー等の精製工程。
- (2) 砂糖キビより燃料生産のための実験工場の立地調査。立地は Quindio 州に 1ヶ所，Valle 州に 3ヶ所目下提案されている。

Table 2-1 Major Indexes of the Economy and the Transportation: 1971-79.

	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	79/71 (p.a.) %	75/71 (p.a.) %	79/75 (p.a.) %
<b>1. Population ('000)</b>												
Total in Colombia	21347.8	21941.5	22551.8	23179.1	23823.8	24486.4	25167.5	25867.5	26587.0	1.245(2.8)	1.116(2.8)	1.116(2.8)
Bogota, D.E.	2552.3	2699.4	2855.1	3019.7	3234.0	3427.1	3632.0	3849.3	4079.8	1.598(6.0)	1.267(6.1)	1.262(6.0)
Tolima Dpto.	930.1	942.9	956.7	969.3	985.4	1000.7	1016.6	1032.9	1049.8	1.129(1.5)	1.060(1.5)	1.060(1.6)
Ibaguè Municip.	195.1	199.8	205.0	231.0	239.0	246.0	255.0	264.0	272.0	1.497(5.2)	1.225(5.2)	1.222(5.1)
Quindío Dpto.	330.1	333.5	337.2	340.7	344.5	348.3	352.2	356.1	360.1	1.091(1.1)	1.044(1.1)	1.045(1.1)
Armenia Municip.	143.9	144.9	146.0	163.0	166.0	168.0	172.0	174.0	177.0	1.230(2.6)	1.154(3.6)	1.066(3.6)
Valle Dpto.	2204.0	2277.0	2353.0	2433.0	2518.5	2606.1	2697.1	2791.7	2890.0	1.311(3.6)	1.143(3.6)	1.148(3.6)
Calli Municip.	852.7	887.3	923.0	1038.0	1081.0	1142.0	1197.0	1255.0	1316.0	1.543(5.6)	1.268(6.1)	1.217(5.0)
<b>2. GDP. (million in 1970 prices)</b>												
Total in Colombia	137.889	148.630	159.195	168.787	175.226	183.296	192.187	209.236	219.885	1.595(6.0)	1.271(6.2)	1.255(5.8)
Per capita National Income (in 1970 prices)	5273	5638	5973	6986	6157	6462	6883	7127	7355	1.395(4.2)	1.168(3.9)	1.195(4.5)
<b>3. Regional Gross Product (1970 prices of million)</b>												
Tolima	5713	6032	6369	6725	7103	-	-	-	-	-	1.243(5.6)	-
Quindío	1623	1684	1747	1813	1880	-	-	-	-	-	1.158(3.7)	-
Valle	17064	18003	19049	19724	19270	19732	19382	-	-	1.136(2.1)	1.129(3.1)	1.006(0.3)
<b>4. Fuel Consumption</b>												
Total necessary crude oil (million barrels of crude oil)	-	-	-	-	-	-	-	160.47	163.95	-	-	1.022(2.2)
Gasoline consumption ('000 gallons) en transporte	722,220	761,668	814,434	848,500	893,298	916,272	988,554	1053,318	1080,324	1.496(5.2)	1.237(5.4)	1.209(4.9)
Diesel (ACPM) Consumption ('000 gallons) en transporte.	-	-	-	-	301,644	324,660	327,684	338,688	362,838	-	-	1.202(4.7)
<b>5. Registered vehicles.</b>												
Small Vehicles	-	-	385,819	416,475	447,069	478,630	504,329	551,711	-	1.430(7.4)	1.159(7.7)	1.234(7.3)
Buses & Busetas	-	-	38,474	39,863	42,047	44,922	46,329	48,905	-	1.271(4.9)	1.093(4.5)	1.163(5.2)
Camionetas	-	-	62,294	65,930	70,097	74,307	77,577	84,960	-	1.364(6.4)	1.125(6.0)	1.212(6.6)
Total	-	-	486,587	522,268	559,213	597,859	628,235	685,576	-	1.409(7.1)	1.149(7.2)	1.226(7.0)
<b>6. Passengers on the Railway ('000 persons)</b>												
	2269	3085	3143	3586	4218	4038	2968	2568	2456	1.082(1.0)	1.859(16.8)	0.582(-14.5)
<b>7. Cargo on the Railway ('000 tons).</b>												
	2653	2731	2760	2899	2439	2411	2519	2682	2394	0.902(-1.3)	0.919(-2.1)	0.826(-3.9)
<b>8. International Marine Transport ('000 tons).</b>												
Arrival	1,788.6	1,525.3	2,033.8	2,130.4	1,566.0	1,718.1	2,799.5	2,618.4	3,206.3	1.793(7.6)	0.876(-2.7)	2.047(19.6)
Departure	920.3	1,126.4	1,034.5	1,015.4	1,297.8	977.8	700.7	1,189.2	1,503.8	1.634(6.3)	1.410(7.1)	1.159(3.8)
Total	2,708.9	2,651.7	3,068.3	3,145.8	2,863.8	2,695.9	3,500.2	3,807.6	4,710.1	1.739(7.2)	1.057(1.1)	1.634(13.3)

9. Civil Aviation

International passengers ('000 persons)

Arrival & Dep. 520.5 595.4 684.8 814.9 890.9 965.7 1.014.1 1.139.9 1.317.4 2.531(12.3) 1.712(14.4) 1.479(10.3)

International cargo ('000 tons)

Arrival & Dep. 24.5 28.0 30.7 45.8 48.2 50.8 71.2 92.9 97.6 3.984(18.9) 1.967(18.4) 2.025(19.3)

Domestic Passengers ('000 persons)

Departure 2,689.7 2,905.5 2,898.1 3,086.8 3,392.7 4,033.1 4,249.8 4,924.7 5,116.0 1,902(8.4) 1,261(6.0) 1,508(10.8)

Domestic Cargo ('000 tons)

Departure 87.8 83.7 81.7 87.8 83.0 84.7 75.4 - 0.859(-2.6) 0.945(-1.4) 0.908(4.9)

Sources

1. DANE, Banco de Datos.
2. Banco de la Republica, Division de Cuentas Nacionales.
3. DANE, Anuario Estadístico del Valle del Cauca 1978 y Anuario Estadístico de Caldas, Quindío y Risaralda 1976, y FONUDE INANDES, El Desarrollo Económico Departamental, 1960-75 (Bogotá 1977).
4. Ministerio de Minas y Energía, Oficina de Planeación.
5. INTRA, Oficina de Planeación, Parque Automotor en Colombia, 1978
6. Ferrocarriles Nacionales, Unidad de Planeación
7. Colpuertos, Boletín Técnico Estadístico No.13.
8. Departamento Administrativo de Aeronáutica Civil, Grupo Estadística.

Notes: 1) The average annual growth rate is calculated by the formula of  $F = (1+i)^n$ . The "i" is shown in percentage in the table.

(3) 苛性ソーダー・重炭酸ソーダー工場と製紙工場の立地調査。

いずれも Buga - Tulua 地区立地を対象に行なわれ、又別に大豆や綿実よりの食用油の抽出工場の立地調査が Cartago - Zarzal 地区にて行なわれた。

(4) Yumbo と Buenaventura の自由工業地区の拡大、さらに新しい工業地区を Calarca, Yumbo, Chaparral, Espinal, Purificacion に設立する計画がある。このうち Tolima 州と Quindio 州に設けられるものは次のようになる。

a) Tolima 州開発協会は Plan de Desarrollo Agroindustrial de Tolima (Tolima 州の農業関連工業の開発計画)をまもなく完成させる予定である。ここで農業関連工業地区を Chaparral, Espinal, Purificacion に設立すべく提案されよう。これ等地区に農産物加工の工場誘致が計画されている。しかし、具体的な建設計画決定にはまだ 2 ~ 3 年はかかりそうである。

b) Quindio 州においては州当局及び民間企業を代表する商工会議所が Calarca に工業地区を開発しようとしている。この地区(団地)は Calarca 市街の南端にあり、当該プロジェクト道路に面している。第 1 段階では 84,000 m<sup>2</sup>をインフラの整備と共に 1982 年末までに完成させると予定しており建設工事が 80 年以内に始まる予定である。

現在、Armenia, Calarca にある 24 企業が移転し、新規に 7 工場が進出の予定である。Quindio 工業団地会社がより多くの工場誘致を運動中である。最終段階では 500,000 m<sup>2</sup>まで拡大可能といわれている。この工場地区は当該プロジェクト道路沿いで確かめられた唯一の開発プロジェクトである。しかし立地企業の 80% は Armenia, Calarca 都市圏よりの移転であるから、多くの開発交通量を発生させるとは考えられない。

(5) Cali に株式取引市場の設立。

(6) いくつかの金融機関を通しての貸出しと信用供与の拡大。

製造業の安定した拡大が切に望まれている。何故なら地方よりの流入人口や都市居住者への就職機会を提供するからである。行政当局及び民間企業による共同の発展努力が望まれる。ただ仮に諸計画が予定通り実現しても当該プロジェクト道路の交通量増加傾向に与える影響の推定は現段階ではむつかしい。当地域の経済活動の中ではこれ等計画は小規模なので、次の第 4 章で予測される将来交通量に多くの附加的な増分をもたらすとは考えられない。

#### 2-2-5 プロジェクト道路影響圏の交通サービス

当影響圏の他の輸送システムは主たる都市をつなぐネットワーク上で行われている。これ等の統計値は附表 2-14 に示される。航空旅客はその輸送量を、特に大きな空港で急速に伸ばしている。一方鉄道は 1970 年後半に特に輸送量を減少させている。その減少は貨物よりも旅客の方が大きかった。Buenaventura 港での輸出入貨物量は 1970 年代後半になって伸び率が大きくなった。

これ等の推移は当プロジェクト道路の交通が着実に増加していた同じ時期にみられたことを注意したい。道路交通量の推移は公共企業省の一般観測データにより知ることが出来る。これ等交通手段での需給の変化は道路交通量に急激な変化をもたらすことはなかった。そしてこの傾向は将来も続くと考えられる。

道路計画以外の交通部門でのこの地方でのプロジェクトは次のように確められた。1981年4月までのコロンビア諸港のコンテナ化を含む改良計画の調査、この中には Buenaventura 港も含まれる。1981年前半までの太平洋岸及び関連河川交通の開発計画調査。1985年に終了予定の Buenaventura 市改造工事、この中には街路改修工事も含まれる。さらに Cali 市と Buenaventura 市に運転手休息所を含んだトラックターミナルの建設計画調査である。これ等のプロジェクトはこの地域の交通需要の増大に対応するものだが、当プロジェクト道路の交通量の伸びを変えるほどの強い影響力はないだろうと考える。

以下附表2-14のデータについての考察である。航空サービスは1970年代に大きく伸びた。Bogota 及び Cali では国内・国外旅客合計では71年より79年にかけてそれぞれ年平均11%と14%づつの増加を示した。両空港での貨物扱量は国際線が国内線よりも大きく又かなり大きな増加率を示した。

Bogota ~ Cali 間の航空旅客は1971年より79年にかけて年平均8.2%で増加したが、Bogota ~ Armenia 間は同期間に4.8%であった。Bogota ~ Ibaguè 間はより少ない旅客を輸送し、現在は小型機の1日1往復がサービスされているだけである。短距離線での貨物サービスは小量であった。

(2) Buenaventura 港の貨物流動は1970年代後半に貿易の自由化と経済成長に起因して大きく増加した。71年より79年にかけての国際貨物量は年平均8.6%で増加したし、同港の通過量は全国合計の50%程度を保持していた。港湾局(COLPUERTOS)の統計データによると主たる輸出品はコーヒー、砂糖であり、主たる輸入品は小麦、燃料、鉄材、紙であった。

(3) セントラル地方鉄道線の旅客は1970年代特にその後半に減少した。Ibaguè 駅は旅客の扱いを1972年にとりやめた。現在 Neiva ~ Espinal ~ Girardot 部分で僅かな旅客サービスが行われているだけである。例えば1979年1日当りの Girardot 駅の乗降客数は45人であった。太平洋地方鉄道線の旅客は1970年代前半に車輛の投入もあって増加した。しかしその後減少に転じている。現在旅客列車が Cali ~ Armenia 間に1往復、Cali ~ Cartago 間に2往復サービスしている。太平洋地方線は Cartago ~ Medellin 間が1973年に洪水のため流出したし Ibaguè ~ Armenia 間が建設されていないこともあって、他地方の鉄道とはつながっていない。

鉄道の貨物サービスは当プロジェクト圏では若干の減少を示している。しかし旅客の場合ほど大きくなかった。鉄道が輸送した主たる品目は砂糖、コーヒー、綿花、重建設機材であった。今後も特定荷主との契約によりこれ等大量貨物の輸送に鉄道は使われるであろう。

対象道路の交通量は上記国家および地域経済発展に刺激されて確実に伸びている。1970年代において経済発展と交通量はいずれも徐々に大きくなり両者は高い相関関係を示している。

今後は国家全体においてもプロジェクト地域においても経済発展には急激な変化はないと考えられる。従って対象道路の将来交通量は過去のデータの傾向の外挿法によって求めることとした。

## 第3章 プロジェクト道路の交通現況



## 第3章 プロジェクト道路の交通現況

### 3-1 Bogota ~ Buenaventura 間道路の交通

Bogota ~ Buenaventura 間道路の1978年の交通量は Fig 3-1 に示す通りであり、図にみられるように5つの区間に大別できる。即ち、Bogota 近郊の交通量の多い区間、Salto ~ Ibague 間、Ibague ~ Uribe の山岳部、Uribe ~ Buga 間の平坦区間、更に最後の Buga ~ Buenaventura 間である。交通量は区間によって異なり、881台/日～21,741台/日と大きく変化している。今回のプロジェクトの最も重要な区間である Ibague ~ Calarca 間では、日平均交通量は約2,000台/日程度である。

車種構成でみると重量車の構成比は大都市近郊ほど低く、山間部になる程高くなる傾向があり、Ibague ~ Calarca 間では約70%にも達している。

Fig 3-2 はMOPTによって過去10年にわたって観測された自動観測地点での記録であり、これらから時間変動、曜日変動、月変動がわかる。時間変動は比較的变化量が小さく、ピーク率は7%前後しかない。これに対して曜日変動は大きく、地点によっても変動状況が異なる。特に日曜日は変動が激しく Fusagasuga では、平日の130%以上にも達する。月変動は比較的小さく変動量の多い月でも平均値の約10%程度の変化しかないことがわかる。

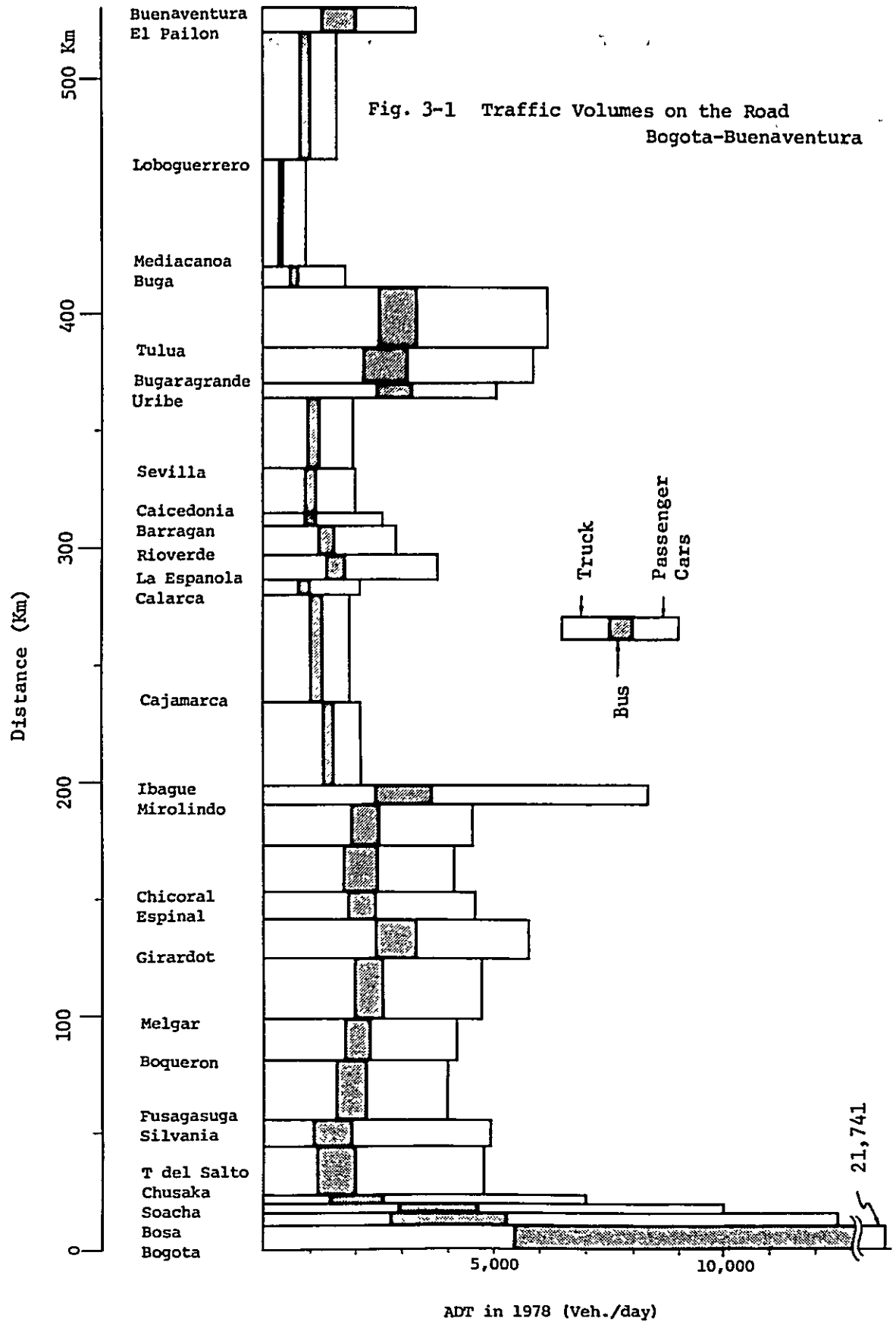
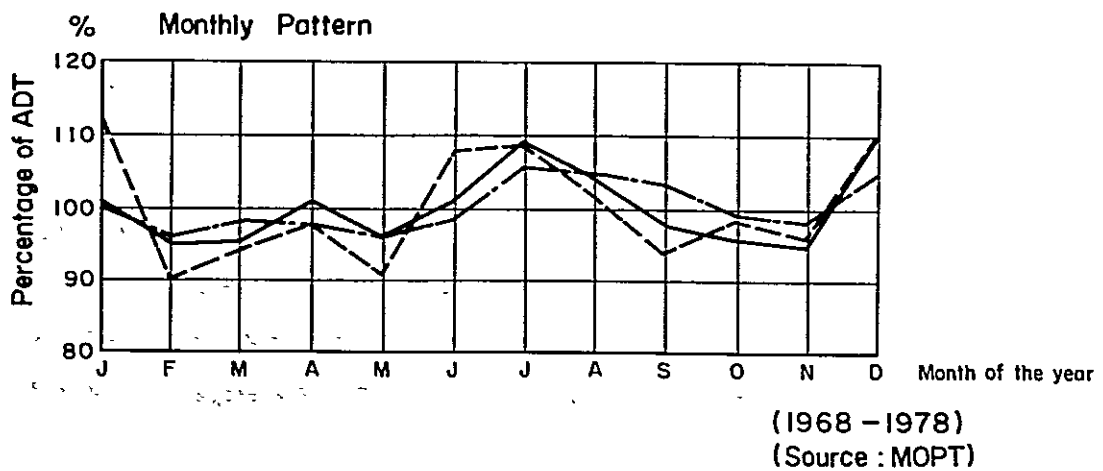
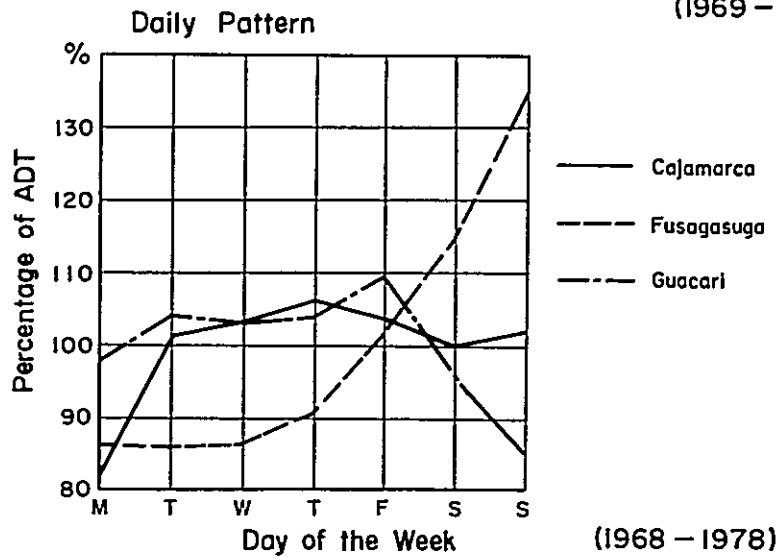
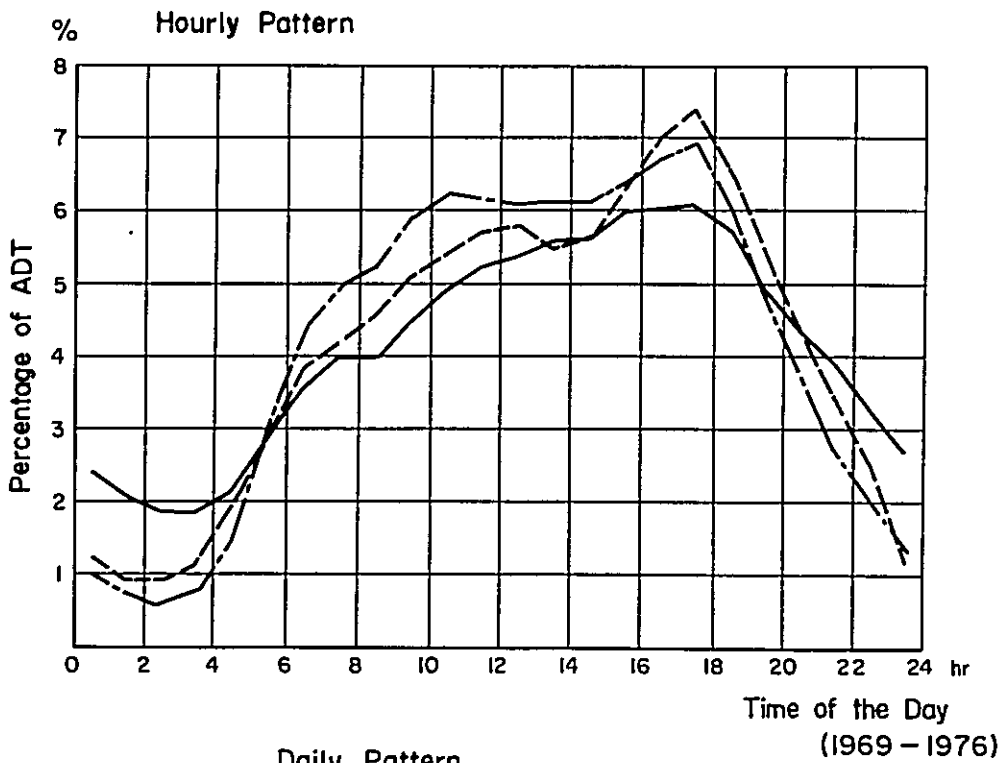


Fig. 3-2 Traffic Pattern



### 3-2 OD調査

コロンビアにはいくつかのOD調査結果があるが、これらはいずれも調査年度が古かったり、カバーしている地域および調査内容が部分的であったりすることから、Bogota～Buenaventura間の現道の交通現況を把握するには充分ではない。したがって現道上のBuga, Coello Espinalの3地点で、1980年2月12日にOD調査を実施した。観測時間は午前6.00～午後2.00の16時間である。OD調査はサンプル調査であり、各調査地点のサンプル数は各々全交通量の約20%, 50%, 20%であった。

#### 3-2-1 観測交通量

各調査地点において観測された交通量及びその車種構成はTable 3-1に示す通りである。

Table 3-1 観測交通量

(veh/observed hrs)

Station	Automobile	Bus	Truck	Total
1 (Buga)	3,359 (50.9%)	601 (9.1%)	2,637 (40.0%)	6,597 (100.0%)
2 (Coello)	543 (29.1%)	141 (7.6%)	1,181 (63.3%)	1,865 (100.0%)
3 (Espinal)	2,045 (43.6%)	542 (11.6%)	2,101 (44.8%)	4,688 (100.0%)

上表の車種構成と1978年にMOP Tによって観測された24時間交通量の車種構成を対比してみると、バスを除いて他の構成比は比較的近い値になっている。バスについては今回の実測結果の方が1978年の結果よりやや低い。これは深夜にバスの構成比が高くなり、この時間帯の交通量が上表には含まれていないためと考えられる。

乗用車類及び貨物車類についてはOD調査の結果から更に細分類した車種構成を見ることが出来る。Table 3-2, Table 3-3に示される様に、乗用車類では一般乗用車がどの地点に於ても最も多くジープやライトバンは少ない。また貨物車類では2軸のトラック(6t積程度)が圧倒的に多く貨物車類の70～80%を占めている。また、山間部のCoelloでは他の地点に比べて3軸トラックや、最も大型の5軸以上のトレーラートラックが少なからず見られるのも注目に値する。

コロンビアには21の自動観測ステーションがあり、過去10年以上にわたって記録がなされてきている。これらの記録から交通量の時間変動や月変動がわかる。したがってこれを用いて観測された上記の交通量を日交通量(24時間)に拡大することができる。そこで3つの観測地点に最も近い観測ステーションを選び、これらに於る記録を用いて拡大することとした。

Table 3-2 Classification of Automobiles

Vehicle Type	Station No.1 (Buga)		Station No. 2 (Coello)		Station No.3 (Espinal)	
	Number of vehicles	%	Number of vehicles	%	Number of vehicles	%
Passenger Car	210	69.3	205	75.9	168	47.6
Jeep	46	15.2	47	17.4	95	26.9
Light Motor Van	47	15.5	18	6.7	90	25.5
Sub-total	303	100.0	270	100.0	353	100.0
Unclassified	317	-	12	-	41	-
Total	620	-	282	-	394	-

Table 3-3 Classification of Trucks

Vehicle Type	Station No. 1 (Buga)		Station No. 2 (Coello)		Station No. 3 Espinal)	
	Number of vehicles	%	Number of vehicles	%	Number of vehicles	%
Truck 2 axles	434	83.1	442	73.1	301	75.8
Truck 3 axles	42	8.0	92	15.2	61	15.4
Semi Trailer 3 axles	4	0.8	8	1.3	4	1.0
Semi Trailer 4 axles	5	1.0	3	0.5	1	0.3
Trailer 4 axles	5	1.0	0	0.0	0	0.0
Trailer 5 axles	32	6.1	60	9.9	30	7.5
<b>Total</b>	522	100.0	605	100.0	397	100.0

Note: The classification of vehicle type is subject to the illustration in the survey sheet for 0-D. (See Annex Fig. 3-2)

These vehicles are also referred to as Tractomulas in the economic study.

第1地点 (Buga) に対しては Guacari の記録, 第2地点 (Coello) については Cajamarca, 第3地点 (Espinal) については Fusagasuga の記録を用いることとした。この結果各3地点の観測交通量は各々平均日交通量 (ADT) の 84.5%, 80.6%, 86.5% であり, 交通調査が実施された日の日交通量は各々 7802 台/日, 2313 台/日, 5418 台/日と推定される。これらの日交通量は更に曜日変動や月変動を考慮して年間平均日交通量 (AADT) に変換されなければならない。これについても上記の自動観測ステーションの記録を用いると, 表3-4に示される様に変換係数及び AADT が求められる。

Table 3-4 Conversion Factor & AADT

Station No.	Conversion Factor	AADT (Veh/day)
1	$1.041 \times 0.959 = 0.998$	7,818
2	$1.014 \times 0.948 = 0.961$	2,407
3	$0.86 \times 0.902 = 0.776$	6,982

Source: Estaciones Automaticas Permanentes

De Conteo De Transito, 1968 - 1978 MOPT.

### 3-2-2 OD表

OD調査の結果を整理し, OD表を作成するにあたって, まずゾーニング, コーディングを行なった。ゾーンはコロンビア全国を40ゾーンに分け, 更に集約ゾーンとして13ゾーンを設定した。

ゾーン図, ゾーンコード, 積載品目コード, 車種コード等については付図3-3, 付表3-1, 3-2に示した。OD表の作成は次の3つのステップを経て行うこととした。

- (1) 調査結果はサンプルデータであるので, まず観測時間内の全交通量に迄サンプルデータを拡大する。
- (2) 観測時間分 (16時間分) を更に24時間交通量に拡大する。
- (3) 以上のステップ迄で得られた3地点のOD表を1つのOD表に統合する。但し, この際3地点でのAADTへの変換係数を考慮する。

また, OD表の統合にあたっては

- (1) 第2調査地点 (Coello) での調査結果を優先させる。これは, 第2点でのサンプル率が最も高いためである。

したがって, もし同じODをもつトリップが第2地点とそれ以外の地点で見つかった場合は, 第2点地点の値を取るものとする。

(2) もし同じODをもつトリップが第1地点と第3地点のみで見つかった場合には大きい方を取るものとする。

以上の操作を経て得られた集約ゾーンOD表がTable 3-5, Table 3-6に示される通りである。40ゾーンのOD表は付表3-3に示した。これらのOD表は三角表示であるので、各数値はトリップエンドで表わされている。

本プロジェクトの最も重要な区間であるIbague~Calarca間に位置しているCoelloでのOD内訳を見ると、その主要なものはBogota, IbagueとCajamarca, Armenia, Cali, Buenaventura間を走行する交通であり、これらを合計すると日交通量の60%程度に達している。

Melgar~Buga間には新道計画案があるが、もしこれが建設されたとすれば、表3-5を用いて新道への転換交通量が推定できる。すなわち、Bogota~Cali間, Bogota~Buenaventura間といった長距離トリップはほとんど新道に転換するものと考えられる。概略的にこの転換交通量を算定すると、1980年現在の交通量レベルで約800~900台/日程度と推定される。この転換交通量は第2地点のCoelloで見て年間平均日交通量(AADT)の約35%にあたる。

Table 3-5 Origin Destination Table (1980) for Total Vehicles

Zones	(Veh/day)													Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Zones	Bogota	Cundi	Tol 1	Tol 2	Quind	Valle 1	Valle 2	Risar	Cald	Anti	NE of BGT	S of BGT	S of Valle	
1. Bogota	8	0	566	854	145	29	623	133	5	171	0	540	59	
2. Cundinamarca		14	2253	785	39	9	77	31	19	29	7	88	2	
3. Tolima 1			276	141	14	5	12	4	2	11	34	8	2	
4. Tolima 2			848		121	8	116	43	10	13	6	29	4	
5. Quindio					10	0	321	0	11	6	8	7	5	
6. Valle 1						12	1080	6	2	0	16	2	10	
7. Valle 2							7042	523	493	678	76	13	36	
8. Risaralda								0	0	6	15	30	18	
9. Caldas									0	0	2	7	21	
10. Antioquia										12	8	48	33	
11. NE of Bogota											0	12	15	
12. S of Bogota (Neiva)												0	2	
13. S of Valle													10	
Total														29,346





### 3-3 関連計画道路の影響

コロンビアの交通運輸部門の国家開発計画 ( Plan de Integracion Nacional - Sector Transporte Oct, 19, 1979; Departamento Nacional de Planeacion ) によれば, Bogota ~ Medellin 間及び Armenia ~ Zarzal 間に新道が建設されつつあり, 1982年には完成の予定である。したがってこれらの道路が完成すれば, プロジェクトの対象である現道から新道へ転換する交通があるので, これを推定しておく必要がある。

#### 3-3-1 Bogota ~ Medellin 間道路への転換交通量

Table 3-5 に示された O D 表を用いて Bogota ~ Medellin 間道路への転換交通量を推定すると, 1980年の交通量レベルで, 186 台/日と推定される。これは Coello 地点での A D T の約 8% にしかならず, Bogota ~ Medellin 道路による影響は比較的小さいと言える。

#### 3-3-2 Armenia ~ Zarzal 間道路への転換交通量

Table 3-5 の O D 表からは Armenia ~ Zarzal 間道路への転換交通量は推定できない。したがって Valle 地域で 1976年に実施された O D 調査の結果をもとに推定することとした。<sup>\*</sup> この O D 調査は 1976年 1 月 3 日から 1 週間にわたって Valle 州内の数 10 ヶ所に調査地点を設けて実施されたという大規模なものである。

この調査に於て Armenia ~ Uribe 間で路側観測された日平均交通量 ( A D T ) は次の通りである。

Section	ADT
Armenia - Caicedonia	1,800 veh/day
Caicedonia - Sevilla	1,792 "
Sevilla - Uribe	1,595 "

上記の各区間で, 各々の観測交通量 A D T に含まれていると推定される O D 要素を O D 表から拾い出すと, Table 3-7, 3-8, 3-9 に示される様なトリップが挙げられる。

どの区間に於ても列挙された O D をもつトリップ数を合計すると A D T に充分近い数値になっており, このことから A D T を構成する実際の O D 要素はほとんど列挙されているものと考えられる。

このように列挙された O D 要素のうち, A タイプのものはたとえ Armenia ~ Zarzal 間の道路が完成しても, 現道に残ると考えられるトリップであり, B タイプのものは新道完成後新道へ転換すると推定されるトリップである。また C タイプについては新道へ転換するかどうかは新道の規格条件によって異なるものと考えられる。

Armenia ~ Uribe 間の所要時間を Armenia ~ Zarzal 間の新道経由の場合と現道のみを使った場合とを比較した時, もし, 大差がなければ C タイプの交通の約半数は新道へ転換

\* Estudio del Plan del Valle, mayo, 1977

し、残りの半数が現道に残るものとみなせる。この場合、Armenia～Zarzal間新道への転換交通量はそれぞれ Armenia～Caicedonia間でADTの29.5%、Caicedonia～Sevilla間で33.9%、Sevilla～Uribe間で33.3%と推定される。

Table 3-7 Estimated Composition of O-D Elements for the Section Armenia-Caicedonia in 1976

O-D Elements	Veh/day	%	Type <sup>1)</sup>
Bogota, Neiva area -Caicedonia	22	1.2	A
ditto -Sevilla	34	1.9	A
ditto -South Valle (South of Uribe)	499	27.7	C
ditto -North Valle (between Uribe-Obando)	14	0.8	B
Armenia -Caicedonia	342	19.0	A
ditto -Sevilla	278	15.4	A
ditto -South Valle	365	20.3	C
ditto -North Valle (Uribe-Obando)	85	4.7	B
Pereira -Caicedonia	44	2.5	A
ditto -Sevilla	48	2.7	A
Manizales -Caicedonia	2	0.1	A
ditto -Sevilla	8	0.4	A
Ulloa, Alcara area -Caicedonia	22	1.2	A
ditto -Sevilla	12	0.7	A
Total	1,775	98.6	
Others	25	1.4	
ADT	1,800	100.0	

1) See notes under Table 3-9

Table 3-8 Estimated Composition of O-D Elements  
for the Section Caicedonia - Sevilla  
in 1976

O-D Elements	Veh/day	%	Type <sup>1)</sup>
Bogota, Neiva area - Sevilla	34	1.9	A
ditto - South Valle (South of Uribe)	499	27.8	C
ditto - North Valle (between Uribe-Obando)	14	0.8	B
Armenia - Sevilla	278	15.5	A
ditto - South Valle	365	20.4	C
ditto - North Valle (Uribe-Obando)	85	4.7	B
Pereira - Sevilla	48	2.7	A
Manizales - "	8	0.4	A
Ulloa, Arcara area - "	12	0.7	A
Caicedonia - "	272	15.2	A
ditto - South Valle	97	5.4	C
ditto - North Valle (Uribe-Obando)	28	1.6	B
Total	1,740	97.1	
Others	52	2.9	
ADT	1,792	100.0	

1): See notes under Table 3-9

Table 3-9    Estimated Composition of O-D  
Elements for the Section  
Sevilla - Uribe in 1976

O-D Elements	Veh/day	%	Type <sup>1)</sup>
Bogota, Neiva area - South Valle (South of Uribe)	499	31.3	C
ditto - North Valle (Uribe-Obando)	14	0.9	B
Armenia - South Valle	365	22.9	C
ditto - North Valle (Uribe-Obando)	85	5.3	B
Caicedonia - South Valle	97	6.1	A
ditto - North Valle (Uribe-Obando)	28	1.7	A
Sevilla - South Valle	373	23.4	A
ditto - North Valle (Uribe-Obando)	58	3.6	A
ditto - Medellin and rest of Valle (Cartago area)	46	2.9	A
Total	1,565	98.1	
Others	30	1.9	
ADT	1,595	100.0	

1) :    Type A: will remain on the existing road after the completion of new road between Armenia-Zarzal

          Type B: will divert to the new road.

          Type C: depends on the condition of the new road.

### 3-4 現況交通のその他の特性

#### 3-4-1 輸送貨物

OD調査の結果から、輸送貨物の品目や量およびそのODがわかる。主要輸送品目はTable 3-10に見られるように、工業製品、農産品が多く、この2つで全体の約70%を占めている。トラック1台当りの平均積載量は約7.3トンであり、空車率は比較的少なく、全台数の約20%となっている。

Table 3-10 Type of Cargo and Average Loading Volume

	Tonnage		Nos of Vehicles	Tons/veh
Agricultural Products	2,617	23.6	28	9.11
Livestocks	148	1.4	21	7.05
Forest Products	301	2.7	35	8.6
Mineral Products	1,090	9.8	112	9.73
Manufacturing Products	5,121	46.1	515	9.94
Others	1,100	9.9	163	6.75
Vacant	0	0.0	319	0.0
Unknown	719	6.5	75	9.59
Total	11,105	100.0	1,527	7.27

Note: The above figures represent the total tonnage at the three stations.

これら貨物の主要起終点は Bogota, Cali, Buenaventura 及び Medellin であり、中間に位置する Ibaguè, Armenia, Espinal, Buga 等に起終点をもつトラックは少い、この点で乗用車類の起終点と大きく異なっている。輸送貨物のOD表は付表3-4に付した。

#### 3-4-2 旅客数

車による1台当りの平均旅客数はTable 3-11に示す通りである。これらは運転手を含んだ人数を示している。更に細分化された車種別平均旅客数は付表3-6に示した。

Table 3-11 Average Number of Passengers

Vehicle type	(Persons/Veh)			
	Automobiles	Buses	Trucks 2 axles	Trucks 3 or more axles
Ave. Nos of Passengers	2.2	19.0	1.8	1.6

Source: O-D survey results made in Feb. 1980

3-4-3 使用燃料

車の使用燃料としては乗用車類を除いて一般的に2種類の燃料が用いられている、すなわちガソリン車とディーゼル車である。Table 3-12はO-D調査結果から得られた構成比であり、これによるとバス及び2軸のトラックではその80%がガソリン型式であり、3軸以上の重トラックでは逆に80%以上がディーゼル型式となっている。COLMOTORESによれば、トラックのディーゼルタイプが増加しつつあるとのことであるが、それ程急激には変化しないとみられる。

Table 3-12 Type of Fuel

Type of Fuel	Automobiles	Buses	Trucks 2 axles	Trucks 3 or more axles
Gasoline	100%	81.6%	80.4%	17.1%
Diesel	0	18.4%	18.4%	82.9%

Source: O-D survey result made in Feb., 1980

(See in more detail Annex Table 3-7)



## 第4章 将来交通量

## 第 4 章 将来交通量

1971年より79年にかけての交通量観測資料による交通量の変化は、主たる経済指標の変化と共に表4-1に示される。交通量と年別変化を4区間毎にまとめたものが附表4-1と4-2に示される。主たる傾向は次のようにまとめられる。

### 4-1 全般的傾向

全般的に後半4年間の増加割合は前半に比べて小さかったようである。つまり全体的に増加割合が漸減して来たということになる。この理由の一つはバス・トラックの容量が増えたことで次の項にも述べられている。又いくつかの区間では前年より減っている場合もあった。

### 4-2 バス

バスの容量が増加して来たことが台数の小さな増加をもたらした一因と思われる。しかし座席数や乗車人員の増加を示す情報はなかった。しかし1979年のバス及びプセタの割合をIbague~Uribe間でみると90%と10%になり、今後は1台当りの平均容量の増加よりも台数の増加が強くなるとみられよう。

### 4-3 トラック

大型トラック(3軸又はそれ以上)の使用は他の車種よりも、大きな割合で増加したが台数は少なく1979年でも15%に達していない。中型トラック(2軸)はより小さな割合で増加して来たが同年でも33%の割合を持っている。代表的な区間でのこの2種のトラックの構成割合の1971~79にかけての変化と2000年までの想定した割合が附表4-3に示される。これ等割合の変化を適用して将来車種別台数を区間ごとに推定することとした。

### 4-4 交通量常時観測データ

公共事業省の交通量常時観測システムはこのプロジェクトに近い2地点で年間日平均交通量(AADT)を1968年より78年にかけて記録している。その平均台数と平均増加率が次のように示される。

番号	地名	1968	1971	1975	1978	年平均増加率 68-78
Nb 2	Cajamarca	-	1,530	1,991	2,122	4.8% p. a
Nb 4	Guacari	3,421	4,183	5,317	6,180	6.1% p. a

上記期間についての増加率は1971-79年の期間の当プロジェクト道路の交通量の増加率(表4-1及び附表4-4等)とほぼ同じである。特にこれ等の2地点での年間平

均日交通量 (AADT) と日平均交通量の差は近年のデータでは極く僅かである。従ってプロジェクト道路上では日平均交通量と年平均交通量は同じものと考えることとした。

#### 4-5 交通量増加率の想定

Estudio de Prefactibilidad, Corredor Bogota ~ Cali, Buenaventura ~ Bogotá, Octubre de 1978 (MOPT Y NEI) [ Bogota ~ Cali ルート, フィージビリティ事前調査 ] で適用された増加率は 1975 - 85 年が年平均 5.5%, 1985 ~ 2000 年が年平均 5.0% である。Plan Nacional de Transporte, Octubre de 1979 ( Bogotá, MOPT Y NEI ) [ 全国交通計画 ] では都市外幹線交通量に 6.0% を 2000 年までに適用している。日交通量の 1970 年代における傾向は当プロジェクト上の交通量の伸びはこれ等の増加率よりやや少なかったことを示している。

交通量の時系列的推移に加えて, 地域経済の成長の可能性 (第 2 章参照) は増加率の控え目な設定値を支持しているように見える。従って Melgar ~ Buga 間全線にわたっての交通量全体についての年平均増加率は 2000 年までを 5.0% とすることとした。

#### 4-6 車種別伸び率の設定

車種別伸び率を決めるに当っては 4 区間での増加傾向の差を考えることとした。Uribe ~ Buga 区間が最大で, Melgar ~ Espinal がその次に大きい伸び率を示した。残りの 2 区間は日平均交通量の伸び率については上記区間より低い傾向を示した。

各区間における車種別の伸びおよび交通量の差は認められるが当調査では対象区間全線にわたって同じ車種別の伸びを採用した。採用値は車種別に小型車 5.5%, バス 3.4%, 2 軸トラック 4.6%, 3 軸トラック 5.9%, トラック合計 5.1%, そして全車 5.0% である。

1971 年より 2000 年までの推定交通量を附表 4-5 に示す。同表における 1983 年以後の推定交通量は Armenia と Zarzal を結ぶ新しいバイパスの完成と Bogota ~ Medellin の新道建設の影響を考えている。新道およびバイパスへの転換交通量は OD 調査データを分析して求め, 1983 年以降推定交通量より差引いて求めた。

Table 4-1 Selected Indicators of Economy and Traffic, 1971-1979.

	1971 <sup>1)</sup>	72 <sup>1)</sup>	73 <sup>1)</sup>	74 <sup>1)</sup>	75 <sup>1)</sup>	76 <sup>1)</sup>	77 <sup>1)</sup>	78 <sup>1)</sup>	79 <sup>1)</sup>	80-85 growth rate per annum.	90-2000 growth rate per annum.	
1. Population ('000)	21,347.8	21,941.5	22,551.8	23,179.1	23,823.8	24,486.4	25,167.5	25,867.5	26,587.0	2.1% <sup>2)</sup>	2.0% <sup>2)</sup>	1.8% <sup>2)</sup>
					2.8% p.a.							
2. G.D.P. (in million of 1970 prices)	137,889	148,630	159,195	168,787	175,226	183,296	192,187	209,236	219,885	5.5% <sup>3)</sup>	5.5% <sup>3)</sup>	5.5% <sup>3)</sup>
					6.0% p.a.		5.8% p.a.					
3. Fuels consumed on roads (million gallons)												
Gasoline	722.2	761.7	814.4	848.5	893.3	916.3	988.6	1053.3	1080.3	5.3% <sup>4)</sup>	5.3% <sup>4)</sup>	5.3% <sup>5)</sup>
			5.4% p.a.		5.2% p.a.		4.9% p.a.					
Diesel (ACFM)					301.6	324.7	327.7	338.7	362.8	5.0% <sup>4)</sup>	5.0% <sup>4)</sup>	5.0% <sup>5)</sup>
							4.7% p.a.					
4. Registered vehicles in total ('000)	-	-	486.6	522.3	559.2	597.9	628.2	685.6	-	6.7% <sup>2)</sup>	6.3% <sup>2)</sup>	6.3% <sup>2)</sup>
			7.2% p.a.			7.0% p.a.						
5. Traffic on the project Road (TPD or ADI and annual growth rate).												
Melgar-Espinal 43 km.	3,557	3,963	4,150	4,620	4,578	4,782	4,807	5,165	5,144	5.0%	5.0%	5.0%
					4.7% p.a.							
Espinal-Ibague	3,49	3,940	4,373	4,592	4,777	4,361	4,900	4,995	4,835	5.0%	5.0%	5.0%
					4.1% p.a.							
Ibague-Uruba 141 km.	1,630	1,439	1,791	1,679	1,918	1,860	2,072	2,177	2,197	5.0%	5.0%	5.0%
					3.9% p.a.							
Uribe-Buga	3,897	4,005	4,176	4,791	4,915	4,706	5,500	5,890	6,107	5.0%	5.0%	5.0%
					5.8% p.a.							
Overall average of Melgar-Buga 288 km.	2,580	2,631	2,947	3,086	3,259	3,150	3,485	3,666	3,678	5.0%	5.0%	5.0%
					4.5% p.a.							

Sources: 1) Selected from the data in tables.

2) MOPT, Oficina de Planeacion, Plan Nacional de Transporte Anexo I, (Bogota, Noviembre de 1979).

3) MOPT, Oficina de Planeacion, Estudio de Prefactibilidad: Corredor Bogota-Calif-Buenaventura (Bogota, Octubre de 1978) and INANDES, El Desarrollo Economico Departamental 1960-75 (Bogota, 1977).

4) Ministerio de Minas y Energia, Politica, Obras y Proyecciones del Sector de Minas y Energia, 1979).

5) Assumed to be same as in the beginning 5 years.



## 第5章 走行調査及び交通容量

## 第5章 走行調査及び交通容量

### 5-1 燃料消費調査

走行費用算定のベースとなる燃料消費量に関するデータとしては、1974年の走行試験に基づくもの及び1975年オランダのNEIによるテスト結果によるもの等が公共事業省(MOPT)にある。これらは充分使用に耐えるものであるが、今回のプロジェクト対象であるMelgar～Bugá間の道路の特性、特に急勾配、高い高度等を考えると走行調査を新たに実施することが必要となってくる。

このため、本調査に於ては現道のうち急峻な部分を含む、Espinal～Calarca間を対象とし、乗用車、トラック、セミトレーラーの3車種を用いて燃料消費調査を行うこととした。

#### 5-1-1 調査の実施

燃料消費調査はMOPTとCOLMOTORESの協力を得て、1980年9月15日から10月25日の間にEspinal～Calarca間の現道29区間に於て実施された。区間の選定にあたってはできる限り勾配、平面線型、巾員等が一樣になるように道路台帳及び現地踏査から選定した。各々の区間長はTable 5-1に示すように約800～4800mとなった。調査に使用した車は3車種共Dodge社のもので、コロンビアに於て比較的良好に使われているものである。Table 5-2に使用車の特性を示した。

D-600については貨物を積載した状態と空車における状態で測定した。CNT900についても貨物の積載を試みたが、車両の前後を結ぶ継手部分がトラブルを起したため、結局空車の状態のみで測定を実施せざるを得なかった。

また、燃料消費の測定器具については、当初Fludyne Model 1250という、アメリカ製の精巧な計器を用いて調査したが、途中で故障したため、やむを得ず、シリンダータイプの計器を作成し、調査を続行した。したがってFludyne Model 1250による調査結果とシリンダータイプの計器による結果とではその精度に於てかなりの差があると考えられる。

Fludyne Model 1250は燃料消費量をCCの単位でまた所要時間を1/10秒の単位でデジタル表示するものであり、測定誤差は1%以内と考えられる。またシリンダータイプのものはシリンダー内に燃料を入れ、これをエンジンに接続させて、その消費量をシリンダーに取付けたスケールで読み取るというもので、1cm当り約500ccに相当し、読み取りによる誤差がかなり入ってくるものと考えられる。

燃料消費量は一般的に走行速度によっても大きく異なると云われているので、テストの実施に先だて、勾配別の平均走行速度をオランダのNEIによる調査結果から、あらかじめ推定しておき、この速度で運行させた時の消費量を測定するという方法を取った。したがってもし測定中に何らかの障害により設定された速度で走行できなかった場合は再度測定し直すことになった。また走行速度の差異による燃料消費量の差異を把握するため、D-DartとD-600の2車種を用いて同一区間を数回速度を変えて測定することを試みた。

Table 5-1 Characteristics of Road Sections

Section	Length (Km)	Ave. Altitude (m)	Gradient (%)
<b>ESPINAL-IBAGUE</b>			
1. K6.500 - K11.330	4.830	500	0.7
2. K12.712 - K13.520	0.808	500	-3.3
3. K17.100 - K18.000	0.900	550	2.3
4. K24.200 - K25.150	0.950	700	6.7
5. K38.170 - K40.700	2.530	1,000	2.3
<b>IBAGUE - CAJAMARCA</b>			
1. K58.055 - K60.280	2.225	1,300	6.5
2. K61.000 - K64.674	3.674	1,250	-6.4
3. K64.800 - K66.550	1.750	1,200	7.5
4. K69.714 - K70.860	1.146	1,450	5.8
5. K72.4]8 - K73.585	1.167	1,500	4.7
6. K81.406 - K82.779	1.373	1,550	-1.0
7. K83.147 - K84.102	0.955	1,600	7.0
8. K87.130 - K88.135	1.005	1,700	0.4
<b>CAJAMARCA - LA LINEA</b>			
1. K93.985 - K95.400	1.455	1,900	7.0
2. K100.559 - K102.958	2.399	2,350	4.6
3. K105.249 - K107.000	1.751	2,600	8.3
4. K107.000 - K110.263	3.263	3,000	7.4
5. K110.861 - K112.370	1.509	3,050	8.1
6. K111.540 - K112.370	0.830	3,100	8.1
7. K112.370 - K113.400	1.030	3,200	8.4
<b>LA LINEA - CALARCA</b>			
8. K113.400 - K114.180	0.780	3,200	-4.9
9. K114.180 - K118.540	4.360	3,000	-8.9
10. K118.540 - K120.260	1.720	2,700	-9.4
11. K118.540 - K119.380	0.840	2,800	-8.8
12. K119.380 - K120.260	0.880	2,650	-10.0
13. K120.260 - K124.189	3.929	2,500	-8.8
14. K124.189 - K125.371	1.182	2,300	-3.7
15. K125.371 - K126.491	1.120	2,250	-6.2
16. K126.491 - K131.306	4.815	2,000	-7.4

Table 5-2 Characteristics of Tested Vehicles<sup>1)</sup>

	I	II	III	IV
Make	Dodge	Dodge	Dodge	Dodge
Type	Dart	D600	D600	CNT900
Model	1979	1978	1978	1978
Type of Fuel	Gas	Gas	Gas	ACPM
Curb Weight (Lbs)	2,430	7,293	7,293	15,214 (Front Section) 13,230 (Rear Section)
Gross HP	145	210	210	250
Cargo (Lbs)	-	-	Rocks 19,200	-
Gross Vehicle Weight (Lb)	2,430	7,293	26,493	28,444 <sup>2)</sup>
WPR (Gross vehicle weight/Gross HP)	17	35	126	114

Notes: 1) These vehicles are supplied to MOPT by Fabrica Colombiana de Automotores S.A., who agreed to cooperate in the experiment.

2) In this case no cargo was loaded.



### 5-1-2 測定結果

燃料消費調査の記録は付表5-1に示した。これらの記録を用いて燃料消費と道路の縦断勾配との関係を見出すためにグラフ上にプロットしたものがFig 5-1～Fig 5-3である。これらは各々D-Dart, D-600の積載時, CNT900についての結果である。D-600の空車時に対する結果については読み取り誤差が大きく良好な関係を見い出せなかった。

図に見られる様に燃料消費と勾配との関係はMOPTとNEIが過去に行なった実験結果と傾向としては一致している。すなわち, 上り勾配では直線的に変化し, 下り勾配ではエクスポネンシャル曲線で表わされる。過去の調査では高度による燃料消費の差異はとらえられていないが, 今回の調査結果を見ると高度による違いがあるように見うけられた。これによれば, 高度が1000m増加する毎に試験車と勾配の組み合わせに応じて10～50%程度の増加が見られた。全体的に相関係数は非常に高く良好な結果といえるが, CNT-900についてはやや精度が低くなっている。

地形条件から対象のプロジェクト通路は一般的に高度が高くなればなる程, 急勾配を持っている。このため今回の測定に於ても最も高度の高い2000～3200mに相当する道路区間では4%以下の勾配をもつテスト区間を含んでいない。したがってTable 5-3の2000m以上の高度についての関係式は勾配が4%以上のものにのみ適用すべきであろう。

また, 上記の測定結果から次のことがわかる。急勾配部の燃料消費率はD-600の方がずっとD-Dartよりも消費量の上昇率が激しい。例えば勾配が1%の場合と8%の場合を比較すると, D-Dartの場合には8%時の燃料消費が1%時の約2倍程度であるのにD-600の場合には8%時の燃料消費は1%時の約4倍にも達している。CNT-900のケースは空車の状態なのでD-600程の高い上昇率は示していないが, もし, 積載時で比較するとD-600よりもはるかに多くの燃料を要するものと考えられる。

これから, 急勾配になればなる程, 重量車の方が軽車両より, それに必要な燃料が著しく多くなることがわかる。

Fig. 5-1 Fuel Consumption (D-Dart)

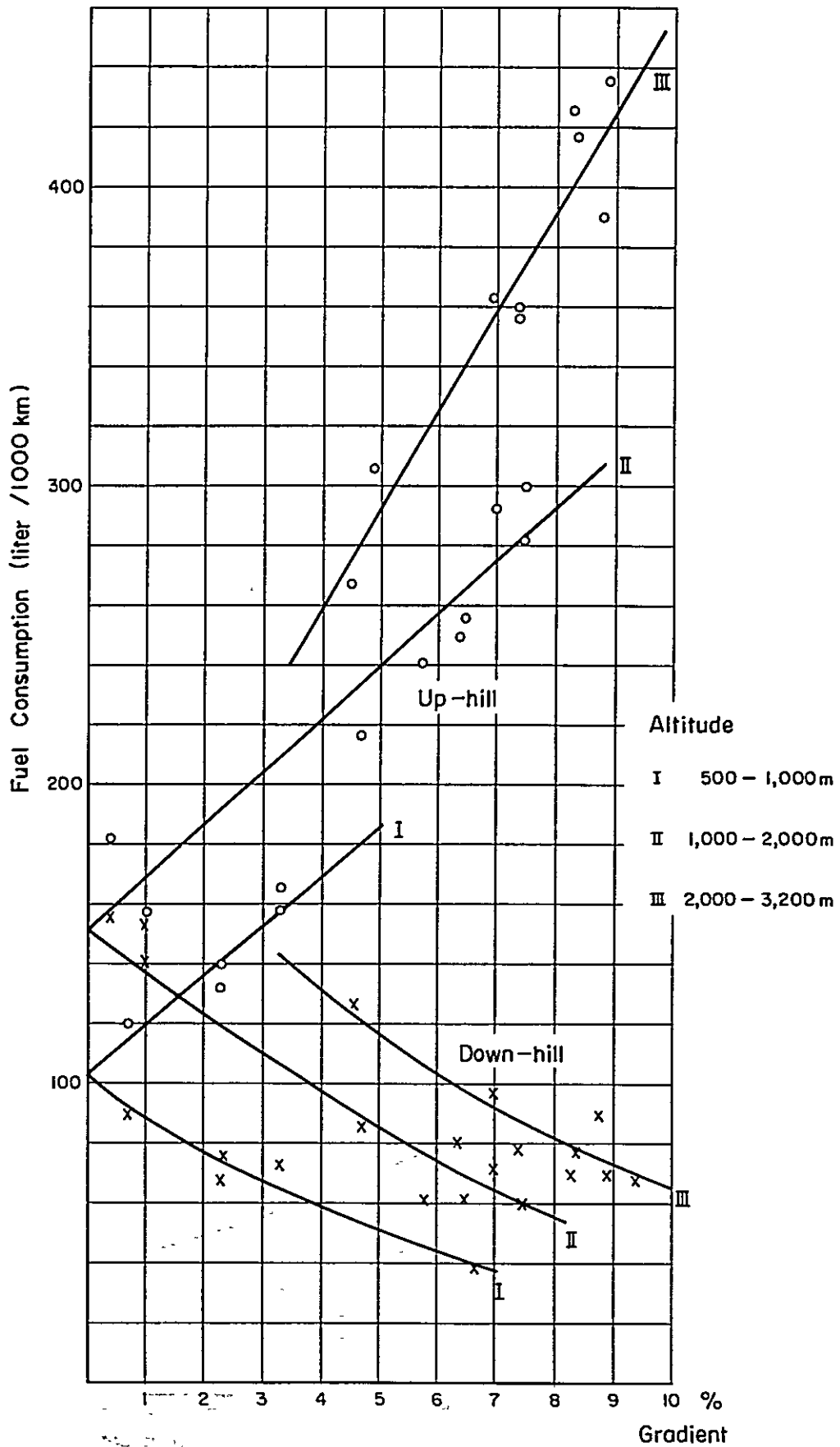


Fig. 5-2 Fuel Consumption (D-600 w. cargo)

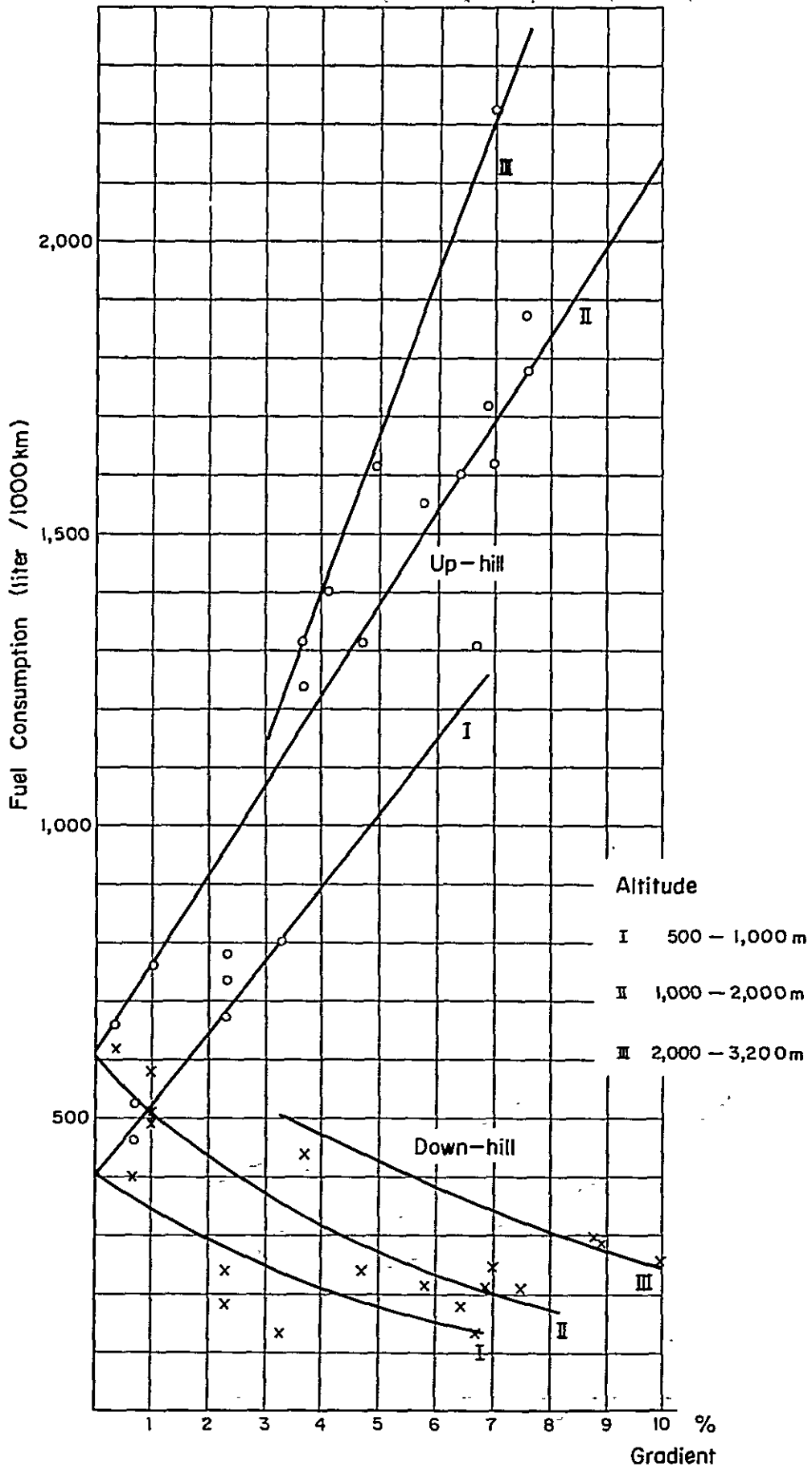


Fig. 5-3 Fuel Consumption (CNT 900)

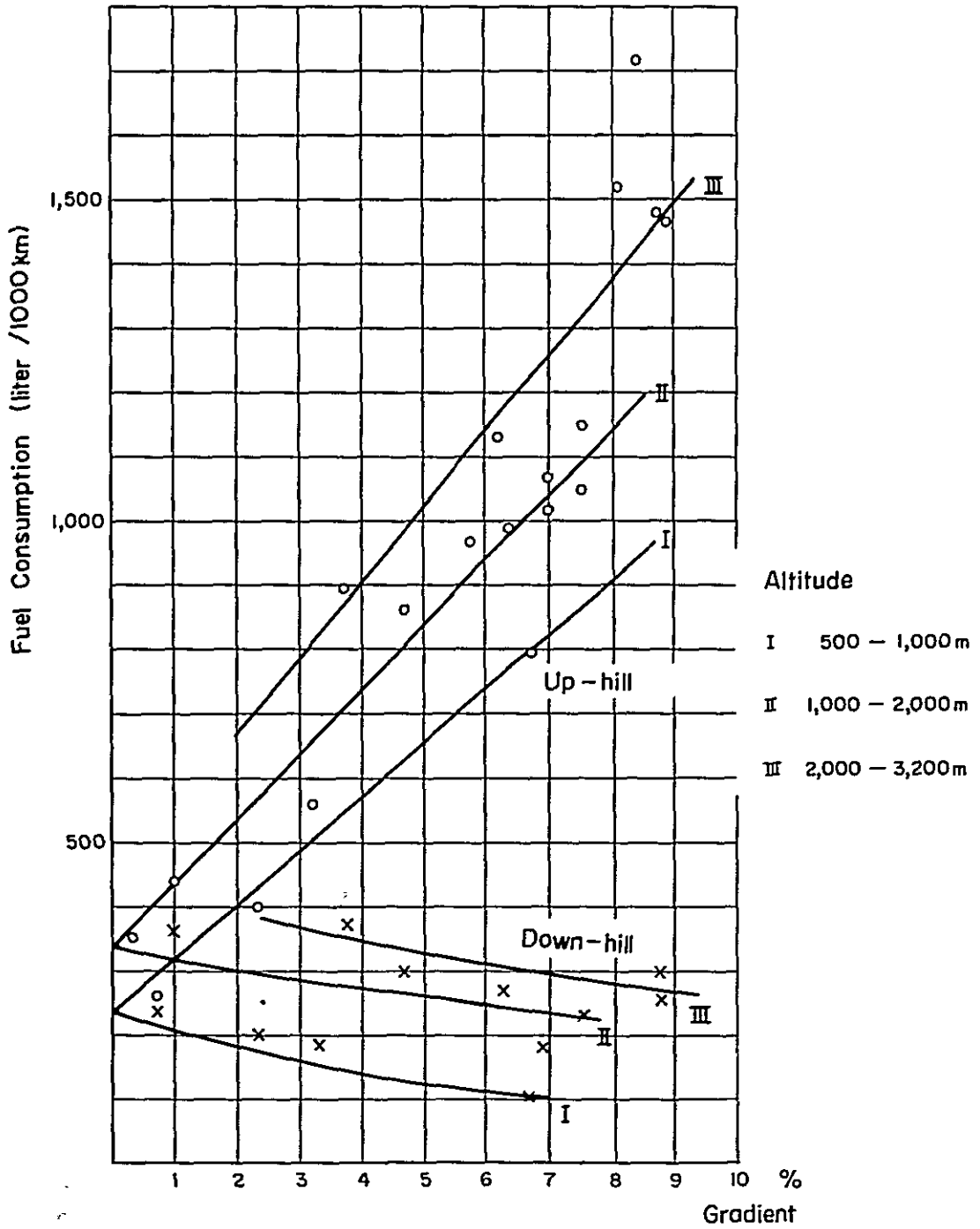


Table 5-3は1974年にMOP Tで実施された測定に基づく既存の燃料消費データと今回の測定結果とを比較したものである。この表に於てテストに使用されたD-600の総重量は貨物分を含んで、今回は26,500ポンドであったが、既存データの際は22,000ポンドであった。この重量差はNEIの調査結果によれば、燃料消費にして約20%の差異を表わすことになる。したがって、もし既存データのテスト車が今回と同じく26,500ポンドのD-600が使用されていたとすれば、Table 5-3の既存データにあるD-600の燃料消費量、341,445,620 lt/1000 Kmは、各々420,530,740 lt/1000 Kmと読み代えられることとなる。

以上のことからMOP Tの既存データに於て1%、3%の場合は、今回の0~1000mの高度に於る結果に相当し、5.5%の場合は、今回の1000~2000mの高度に於る測定値にあっていることがわかる。

結論として、MOP Tの既存データと今回の測定結果は比較的近く、両者の差異は主として測定が実施された道路の特性、特に高度と勾配の組み合わせの差異によるものと考えられる。

Table 5-3 Comparison of Fuel Consumptions

		(Litres/1,000 km)							
Grade		D-Dart			D-600				
Altitude		+1%	+3%	+5.5%	+1%	+3%	+5.5%		
Current Tests by Study Team	0 ~ 1,000m	up (a)	121	153	194	531	778	1,088	Note (1)
		down (b)	92	70	50	345	248	165	
		(c) = $\frac{(a)+(b)}{2}$	106	111	122	438	513	626	
	1,000 ~ 2,000m	up (a)	171	206	250	771	1,081	1,467	
		down (b)	134	102	73	526	383	259	
		(c)	152	154	161	649	732	863	
	2,000 ~ 3,200 m	up (a)	219	254	310	50	1,159	1,828	
		down (b)	181	145	111	628	512	397	
		(c)	200	200	210	739	835	1,112	
Existing data from MOP T	0 ~ 3,200 m	112	122	158	341	445	620	Note (2)	
					420	530	740	Note (3)	

Note : (1) 26,500ポンドのD-600使用の今回調査の結果

(2) MOP Tによる既存データ(22,000ポンドのD-600使用)

(3) MOP Tによる既存データを26,000ポンド車に変換したもの

Fig 5-4 と Fig 5-5 は走行速度の変化と燃料消費量の変化との関係を D-Dart および D-600 について示したものである。

これらの図から各々の車種ごとに成る与えられた区間を走るのに最も燃料消費量が少ない速度（最適速度）が存在することがわかる。即ち、走行速度と燃料消費との関係はすべての区間に於て、下に凸な二次曲線で表わされる。

この最適速度は一般に上り勾配になればなる程小さくなり、逆に下り勾配になる程大きくなる傾向をもっている。この関係式を求めると次のように得られる。

$$V_o = 41.0 - 1.1074 g \quad (\text{D-Dart})$$

$$V_o = 37.7 - 2.1688 g \quad (\text{D-600 with cargo})$$

where  $V_o$  : optimum velocity (km/hr.)

$g$  : gradient (%)

上で得られた最適速度と実際に観測された平均走行速度を比較してみると次のある結果が引き出される。D-Dart についての比較は Fig 5-6 に示されているが、これによると勾配が 4% 以下では上り、下り共に平均走行速度の方が最適速度よりも高くなっており、勾配が 4% を超えると、下りでは平均走行速度の方が最適速度よりも低く、また上りでは両者がほぼ等しいことがわかる。Fig 5-7 に示される様に D-600 についても D-Dart とほぼ同様の事が言える。但し、変曲点は 4% の代りに 3% 程度となっている。

Fig. 5-4 Fuel Consumption by Operating Speed  
(D-Dart)

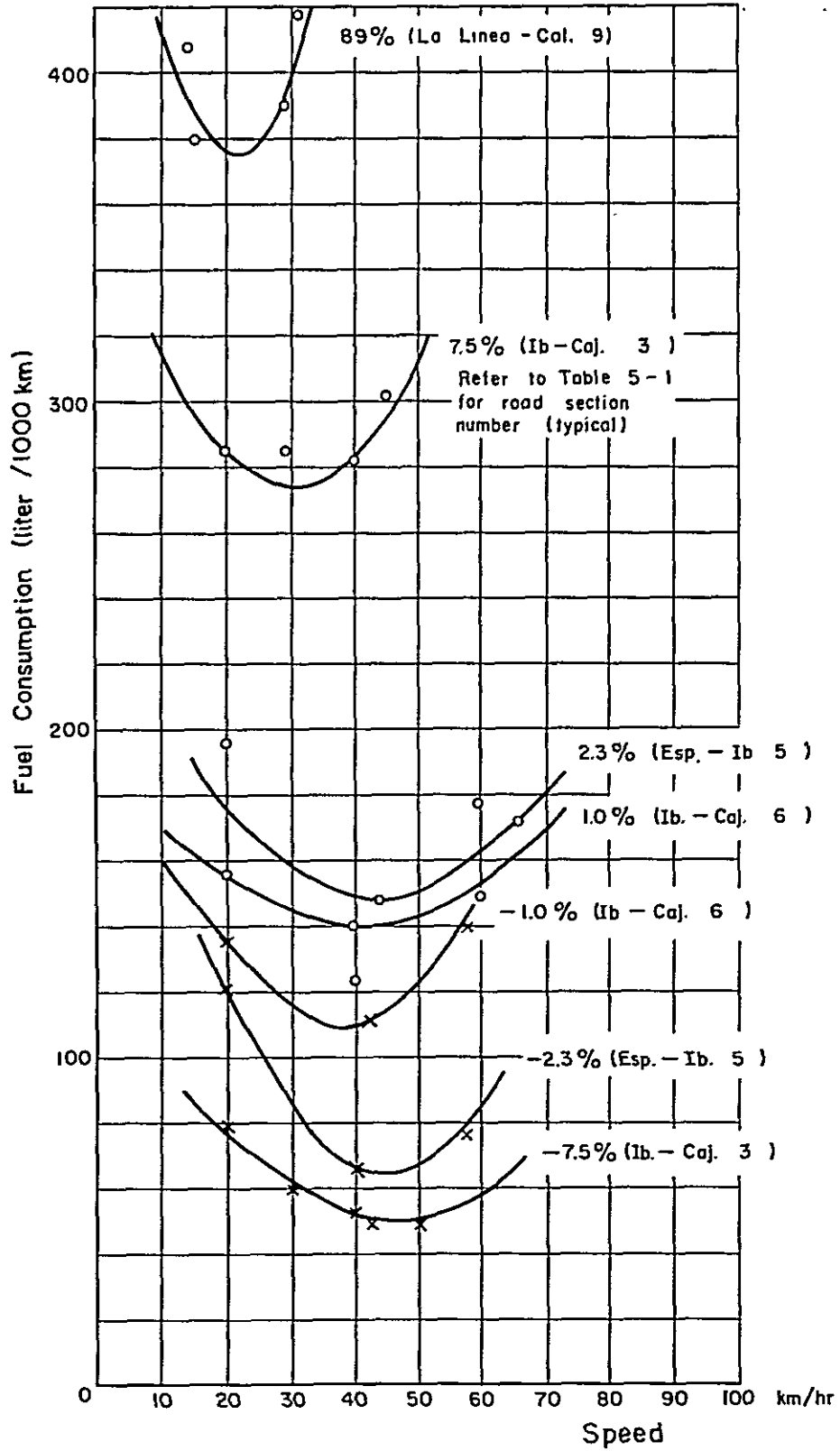


Fig. 5-5 Fuel Consumption by Operating Speed  
(D-600 with cargo)

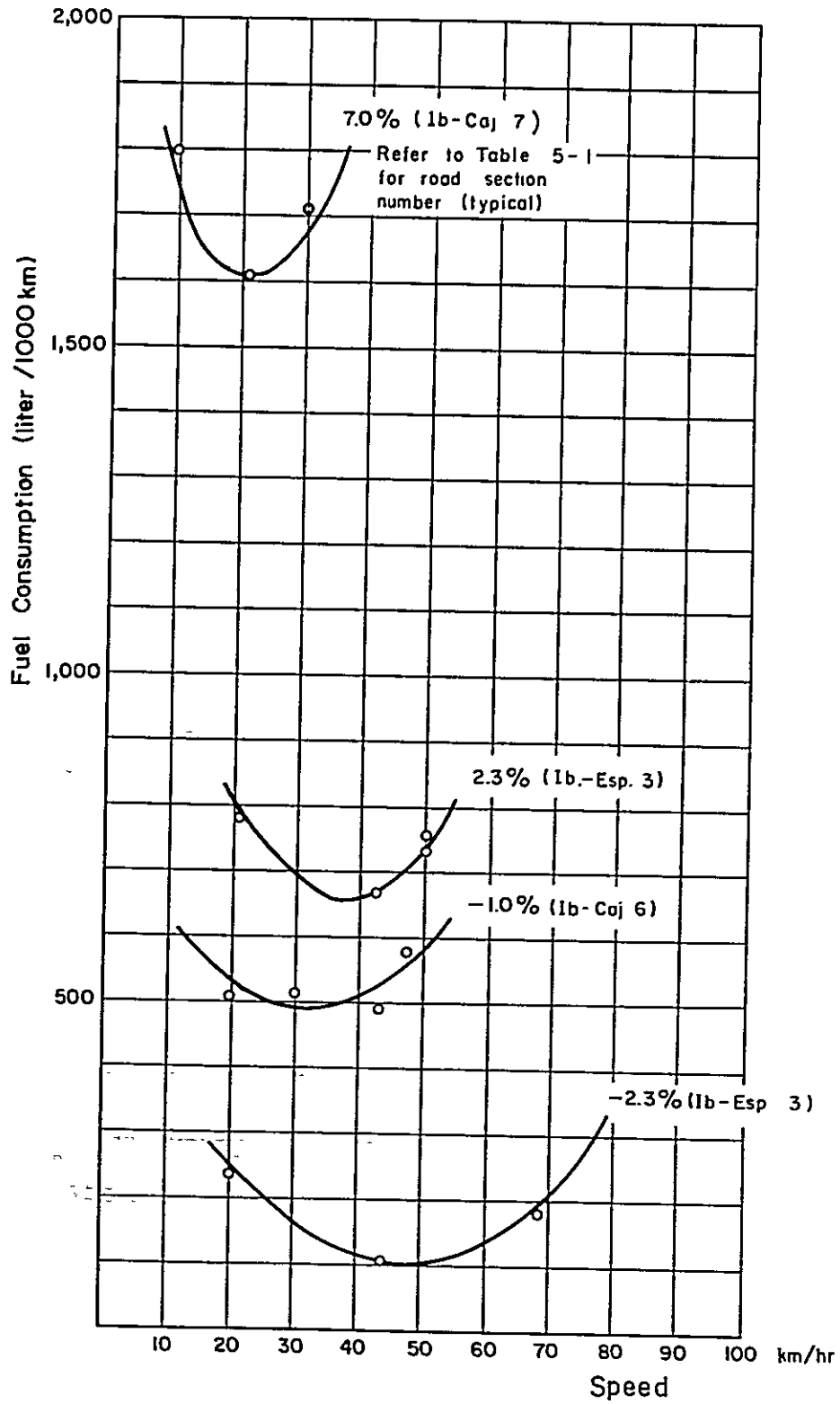




Fig. 5-6 Average Operating Speed and Optimum Speed  
(D - Dart)

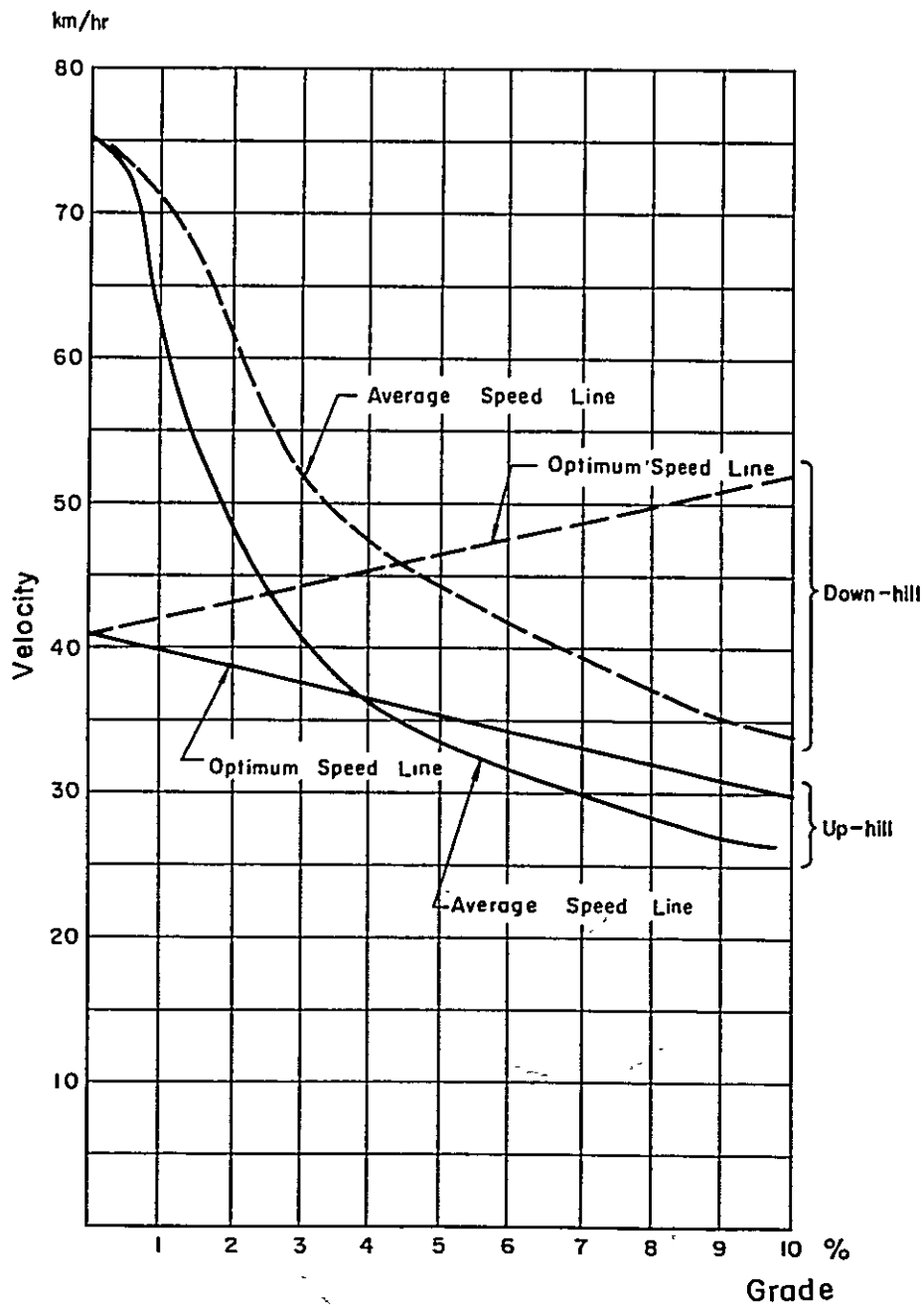
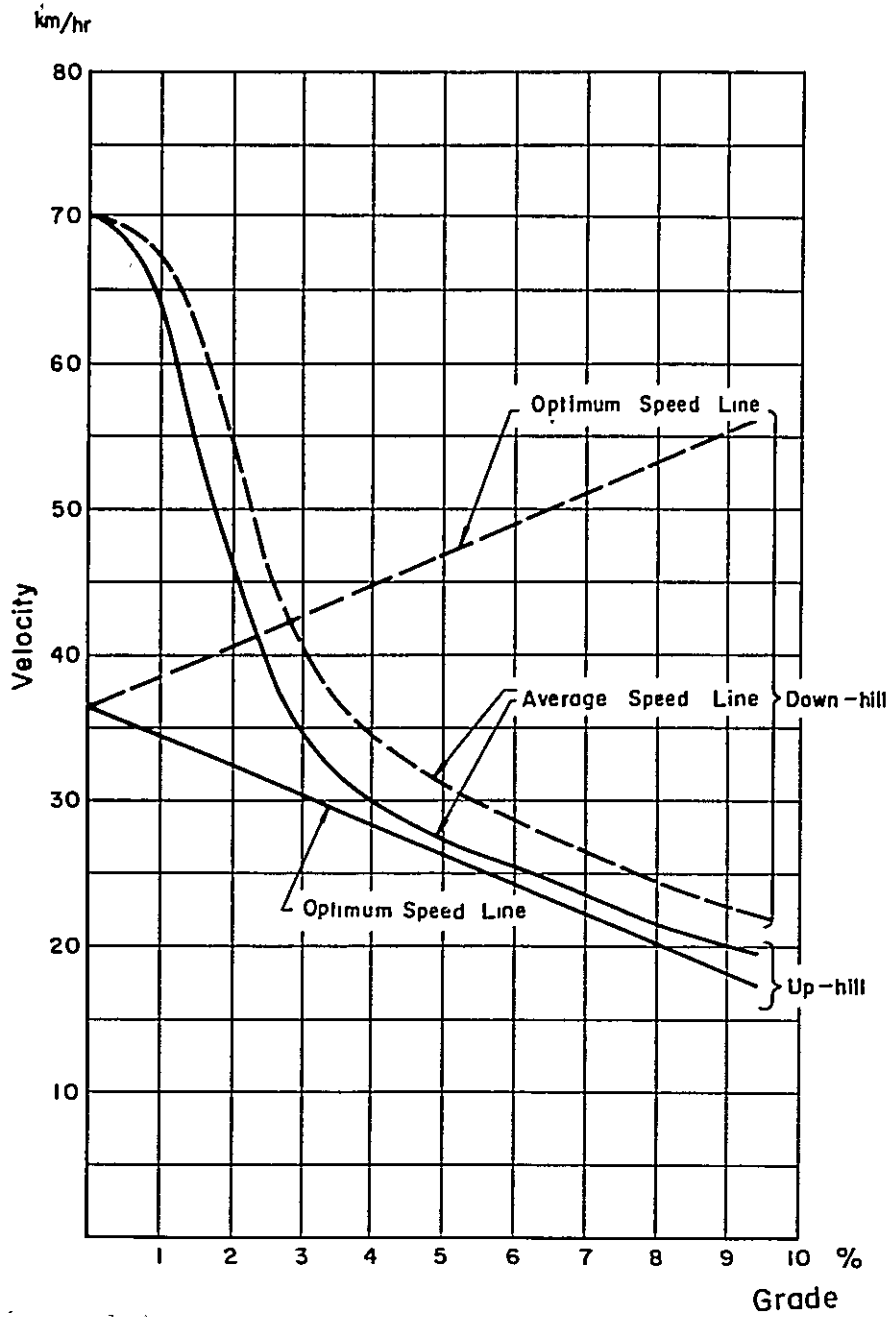


Fig. 5-7 Average Operating Speed and Optimum Speed.  
(D-600 with cargo)



## 5-2 走行速度調査

走行速度調査の主な目的は、車の走行速度分布についての基礎資料を特にMelgar～Buga間の山岳区間で得ることである。既に明らかにされている様に、走行速度に大きな影響を与えるものは車の特性と道路の縦断及び平面線型である。したがって本調査ではこれらの関連性を把握することに努めた。

走行速度としては車種別の平均走行速度（ある区間に於る個々の車の走行速度を平均したもの）を求めることとした。

### 5-2-1 調査の実施

走行速度調査は前述の燃料消費調査に於て設定された道路区間を利用して行った。この結果調査区間はEspinal～Calarca間の28区間となった。調査はMOP Tと周辺地域の住民の協力を得て、1980年9月22日から10月1日の間の8日間にわたって実施した。測定は次のような方法で行なわれた。まず最初に調査すべき連続した4つの区間を設定し、各区間の両端に測定要員を配置する。各測定地点で通過する車の車種とプレートナンバーおよび通過時間を記録する。こうして最初の2時間の記録が終ると、反対方向の車について次の2時間にわたって記録する。これらの観測が終ると測定要員は次の4区間へ移動し、同様の調査を継続する。以上の観測を8日間続け、その記録を用いて同じプレートナンバーを見つけることによりその車の走行速度が算定できる。

### 5-2-2 調査結果

付図5-1は代表的な山岳部の区間において観測された走行速度の累積分布を示したものである。図上、各車種ごとの平均走行速度はほぼ50%付近に位置している。付表5-2に車種別の平均走行速度を各区間ごとに算定した結果を示した。この平均走行速度と各区間が持っている縦断勾配との関係を見るためにグラフ上にプロットしたものが、付図5-2～付図5-5である。

これらの図に於て、勾配が0%（即ち平坦）の道路に於る平均速度は勾配が1%の時の観測された速度を考慮して次のように設定した。

乗用車類	: 75 km/hr
バス類	: 75 "
トラック(2軸)	: 70 "
トラック(3軸以上)	: 60 "

これらの図から以下の事項がわかる。

- (1) 同じ勾配区間でも軽車両の方が重量車よりも速度のばらつきが大きく、このことから重量車より軽車両による追い越しが多く生じていると推察される。
- (2) 重量車間でも速度にある程度のばらつきがある。これは積載貨物量や、車の性能の差異によるものである。したがって重量車による追い越しも生じていることがわかる。
- (3) オランダのNEIによる調査結果と比較してみると、今回の調査結果の方がNEIによ

るものよりも全般的に少し低い速度になっている。これは2つの調査が実施された時の道路の特性の差異、特に視距の違いによるものと推察される。

(4) 平面線型の差異や、高度の差異によっても走行速度は異なると考えられるが、今回の調査結果においては明確な関連性を引き出すことができなかった。

### 5-2-3 交通量増加に伴う走行速度の減少

一般によく知られている様に、交通量が増大すれば走行速度は減少する。米国の Highway Capacity Manual (H.C.M) は北部アメリカに於る観測をもとに、交通量と走行速度との関係を幾つかの例で示している。しかし、これらの関係はコロンビアの道路、特にプロジェクト対象道路には適用することができない。それはH.C.Mでは比較的平坦かつ直線的な道路を主として対象としているためである。したがってここでは山岳部に於る交通量と走行速度の関係を調べることにした。

第7章において詳述されるように、本プロジェクトの改良計画案は Ibague~Calarca間に集中しているので、ここでもこの区間を対象として分析することとした。前項5.2で述べた走行速度の観測結果は主として Ibague~Calarca間のものであるが、H.C.Mで限定されている自由走行状況下の速度であると考えられる。これはこの区間においては交通量が容量に比べて、まだ低い状況にあるためである。しかし、将来の交通需要の増大に伴って、交通量が容量に近づくと走行速度が低下することは充分予測されることである。

交通量の増加による走行速度の低下は、付録5.3で述べる追い越しの概念を用いて推定した。平均車頭間隔と追い越しに必要な距離を比較した時、もし前者が後者よりも大きければ追越視距が確保されている所では追い越しが可能である。この場合、速い車は自由走行状態と同じ速度で走ることができる。逆にもし追い越しが不可能ならば、速い車は遅い車の後を状況が変わる迄、追従することになる。したがってある交通量の下で、追い越しが可能かどうかを調べることにより、走行速度の低下を推定することができる。

例えば、7%の勾配をもつ区間に於る走行速度の減少は以下のように求められる。Ibague~Calarca間の交通量は第4章で示されたように1995年で4053台/日と予測されている。日中12時間の平均時間交通量は207台/時である。ここで、

$$Q = V \cdot d = V / (2 \ell_a)$$

Q : 時間交通量 (台/時)

V : 平均走行速度 (km/時)

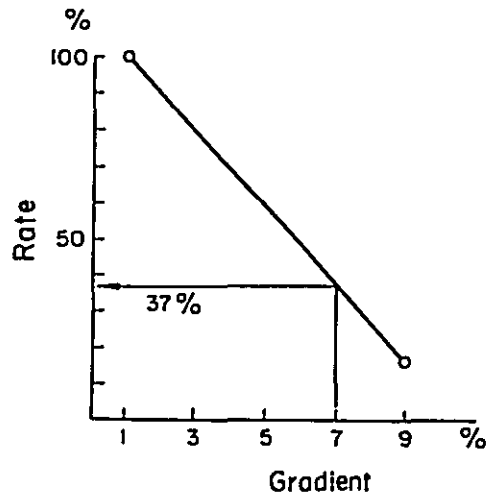
d : 平均密度 (台/km)

$\ell_a$  : 平均車頭間隔 (km)

を用いれば、勾配7%の時の平均車頭間隔は271mと算定される。追越し視距が確保されている割合は地形条件によって大きく左右され、一般的に山岳部では低く、平坦部では高くなっている。

La Linea ~ Calarca 間では、この割合は 17.4% であった。この区間の平均勾配は約 9% であることから、勾配 9% の時の追越視距の確保されている割合を 17.4%、勾配 1% の時の割合を 100%、更にこの間に於ては直線的に変化すると仮定すると Fig 5-8 に示されるようになる。

Fig 5-8 追越し視距が確保されている割合



付図 5-2 ~ 付図 5-5 によって車種別の現在に於る平均走行速度がわかるから、勾配 7% 時の速度を読み取り、追越しに要する距離を算定すると Table 5-4 に示される通りである。

Table 5-4 追越しに要する距離

(単位: m)

		被追越し車		
		Bus	T2	T3
追越し車	Automobile	588 *	241	163
	Bus	-	443 *	229
	T2	-	-	377 *

T2: トラック (2軸)

T3: トラック (3軸以上)

上表において\*を付したものは、それに対応する2つの車種間で追越しが不可能であることを示す。

この結果1995年に想定される交通量に対して、平均走行速度を求めると、乗用車類では

$$V_a = 35 \times 0.367 + 27 \times 0.098 + (0.37 \times 35 + 0.63 \times 23) \times 0.341 \\ + (0.37 \times 35 + 0.63 \times 17) \times 0.194 = 29.5 \text{ km/hr.}$$

となり、同様に他の車種についても

$$V_b = 26.6 \text{ km/hr. (バス)}$$

$$V_{T_2} = 23.4 \text{ km/hr. (2軸トラック)}$$

$$V_{T_3} = 17.1 \text{ km/hr. (3軸以上トラック)}$$

と算定される。

同様に他の勾配に対する平均走行速度が求められ、その結果を Table 5-5 に示した。

Table 5-5 Average Speed in Km/hr on the Road  
between Ibaguè - Calarca

		Grade				
		1%	3%	5%	7%	9%
Automobiles	1980	69	48	40	35	31
	1995	67	45	36	30	24
Buses	1980	68	44	36	31	27
	1995	66	41	32	27	22
Trucks with 2 axles	1980	66	38	29	25	21
	1995	65	36	28	23	19
Trucks with 3 or more axles	1980	52	31	23	18	14
	1995	51	30	22	17	13

### 5-3 交通容量の分析

#### 5-3-1 算定方法

米国の Highway Capacity Manual (H.C.M) は交通容量の算定上、最も信頼できる基準として広く知られている。しかし、この基準は北部アメリカの道路に基づいたものであり、急勾配かつ曲線半径の小さいカーブを多く含むコロンビアの道路にそのまま適用することは不可能である。

したがってコロンビアの公共事業省 (MOPT) はコロンビアの道路の実情にあった方法を見出すことに努めて来た。

これらのうち、MOPTの交通容量についてのあるドキュメント<sup>1)</sup>が非常に有用な方法を提案している。

これとは別に、我々は交通容量を算定する新しい方法を見出すことに努めた。この方法

は追い越しという概念を導入してHCMでいうところのサービスレベルCにおける交通量を推定し、容量を設定しようとするものである。

具体的な方法論及びその適用方法は付録5-1に示した。この方法と上述のMOPPTのドキュメントによる方法をプロジェクト道路に適用した結果、ほぼ同様な算定結果が得られることがわかった。

急カーブ部分に於て、反対方向の車に出会った時、片方が通り過ぎる迄待たされるという状況はプロジェクト道路ではよく見られるものである。これは主として大型車同士がすれ違うのに十分な巾員を持たないカーブ部分で起る。

上述の2つの容量算定方法はどちらも定常的な、乱されない交通流を仮定したものである。このようなカーブ部分のストップは考慮に入っていない。しかし、将来の交通量の増大につれて、このようなストップは当然増加するものと考えられ、これを考慮に入れて容量を算定すべきであると考えられる。したがって、現実的な交通容量の算定にあたっては、上記の分析に加えて、曲線半径の小さいカーブによる容量の低下をも考慮することとした。

容量低下の算定方法は付録5-2に示した。

#### 5-3-2 Melgar ~ Buga 間の道路交通容量

プロジェクト道路であるMelgar ~ Buga 間の現道の交通容量は、上述の方法を適用して次のような手順で算定した。

- (1) まず最初にMelgar ~ Buga 間の現道を次のTable 5-6 に示すように15区間に分けた。
- (2) 各区間の道路特性に対応する走行速度をMOPPTの上述のドキュメントにあるFig 4, Fig 5から読み取る。
- (3) サービスレベルCにおける交通量は上述の方法を用いて算定される。
- (4) 道路巾員や側方余裕に対する調整係数をHCMのTable 10.8 から見出す。  
時間交通量のピーク率を7%とすれば、日交通容量が算定できる。
- (5) すれ違いの不可能なカーブは第7章に記述されているので、これらによる容量低下を算定する。

以上の手順を経てTable 5-7 に示される様に各区間の交通容量が算定された。この表には現況の容量と共に第7章で述べられる改良計画案を実施した場合の容量も併記している。

現況のMelgar ~ Buga 間の交通容量は各区間の道路特性によって大きく変化し、最大容量を示す区間は4車線をもつMirolindo ~ Ibaguе間の37,000台/日である。また、平坦部では約11,000台/日程度の容量をもっているが、山間部に入ると5,000台/日程度に減少し、

- 1) Luis Holguin Pardo "Conceptos de Diseno y de Nivel  
de Servicio y Evaluacion de la Capacidad en carreteras  
de Montana (MOPT, OP-3-21-021, September 1980)

Table 5-6 Road Sections

No.	Section	Ave. Grade	Ave. Road Width
1.	Melgar - Girardot	1.8%	7.2 m + 2.0 m
2.	Girardot - Espinal	1.2	"
3.	Espinal - Miro lindo	2.0	"
4.	Miro lindo - Ibague	2.6	1.5m + 7.2m + 2.0 m + 7.2 m + 1.5m
5.	Ibague - Coello (K56) (K65)	5.8	7.2 m + 1.0 m
6.	Coello - K73	5.7	"
7.	K73 - Cajamarca (K90)	5.5	"
8.	Cajamarca - K104.3 (K90)	5.0	"
9.	K104.3 - La Linea (K113.5)	8.2	"
10.	La Linea - K124.5 (K114)	8.8	"
11.	K124.5 - Calarca (K135)	7.4	"
12.	Calarca - La Espanola	1.7	6.0 m + 2.0 m
13.	La Espanola - Sevilla	3.1	"
14.	Sevilla - Uribe	3.8	"
15.	Uribe - Buga	1.3	7.2 m + 2.0 m

中央山脈の頂上にあたる La Linea ~ Km 124.5 では最低の 4600 台/日となっている。

改良計画案の実施による交通容量への影響は一般的に小さい。これはこれらの計画案が非常に部分的なものであり、各区間全体にとって根本的な線型改良にはなっていないためである。

その中でも、比較的容量増加に貢献する改良計画案は、Coello ~ Km 73 の区間における各案と、Km 73 ~ Cajamarca 間の中規模改良計画案であり、容量は現況に比べて 10 ~ 30 % の増大が見込まれる。

Fig 5 - 9 は上表に示された現況の交通容量と 2000 年に想定される交通量を比較したものである。

図からわかるように現道のいくつかの区間で容量が不足している。



Table 5-7 Road Capacity (Veh/day)

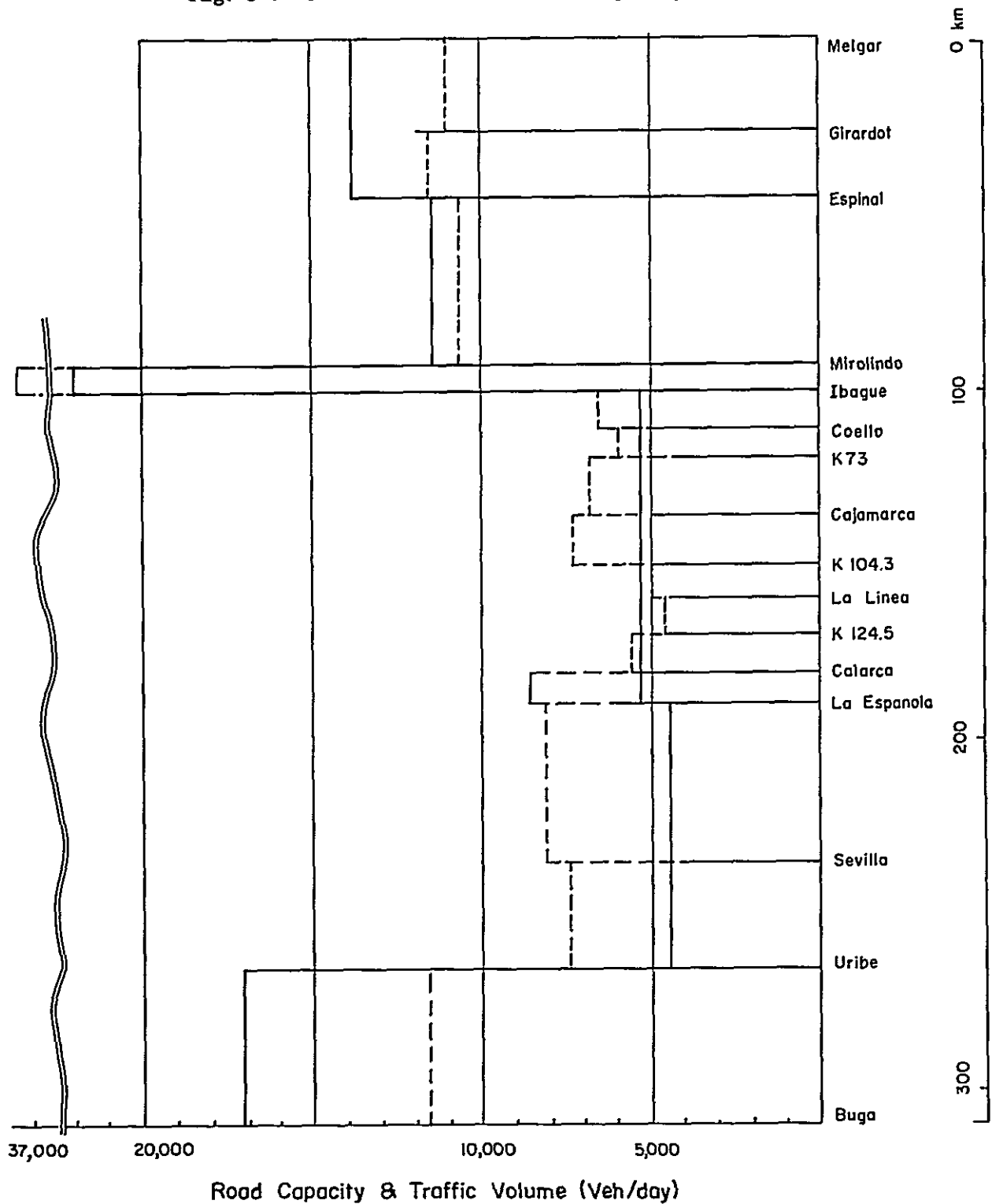
Road Section	Existing Status	P-2 2)	P-3 2)
1. Melgar - Girardot	11,000		
2. Girardot - Espinal	11,600		
3. Espinal - Mirolindo	10,700		
4. Mirolindo - Ibague	37,000		
5. Ibague - Coello	6,500	6,600	6,600
6. Coello - K73	5,900	6,600	6,900
7. K73 - Cajamarca	6,800	6,900	8,700
8. Cajamarca - K104.3	7,300	7,400	7,300
9. K104.3 - La Linea	5,000	5,100	
10. La Linea - K124.5	4,600	4,700	
11. K124.5 - Calarca	5,500	5,600	
12. Calarca - La Espanola	8,700		
13. La Espanola - Sevilla	8,100		
14. Sevilla - Uribe	7,400		
15. Uribe - Buga	11,600		

Note 2): Alternative Improvement Plans

P-2: Minimum Scale Improvement

P-3: Medium Scale Improvement

Fig. 5-9 Traffic Volume and Road Capacity



Traffic Volume in 2000 (veh/day)  
 Road Capacity in Existing Status (veh/day)

Melgar ~ Mirolindo 間および KM104.3 ~ K124.5 間では 2000 年の交通需要は交通容量を少し上まわることが推定されるが、もしサービスレベルの少々低下を認めるなら、追加車線の建設は急を要するものではないと言えらる。

交通容量の不足は特に Uribe ~ Buga 間に限って大きなものとなっている。したがって、この区間に於ては 2000 年迄には 2 車線の追加建設を行なう必要がある。

### 5-3-3 急カーブに於けるストップ回数の推定

ここでは、第 7 章で取り上げられた改良計画案による効果を便益として算定するために、同時にすれ違えない急カーブで起るストップ回数を求めることとした。

この推定にあたっては次のような手順で 1 日当りのストップ回数を求めた。

まず最初にすれ違いの不可能なカーブをすべて取り上げるとともに、どういう組み合わせの車種の時にすれちがいが不可能であるかを明らかにしておく。次にすれちがいの不可能な各車種ごとにカーブに於るストップの生起確率を次式によって算定する。

$$P_t = 2L \cdot N \cdot r_s / L$$

ここに  $P_t$  : 車種  $t$  のストップ生起確率

$L$  : カーブ長

$N$  : ある道路区間  $L$  にある車の台数

$r_s$  : 車種  $S$  の構成比

$L$  : 道路区間長

上式に於て、車種  $t, s$  はすれ違いの不可能な組み合わせになっている。(なお、詳細な式の説明は付録 5-2 を参照)。したがって総ストップ回数は次式によって求められる。

$$N_t = \frac{1}{2} \times Q \times r_t \times P_t$$

ここに  $N_t$  : 車種  $t$  の総ストップ回数

$Q$  : 日平均交通量

$r_t$  : 車種  $t$  の混入率

また、前を走っている車がカーブ部分でストップし、後続車がこれによってストップする状況も考慮に入れると、総ストップ回数は次式で求められる。

$$N_t' = N_t + r_s \cdot f \left( t_0 / \left( \frac{L_a - a - d}{V} \right) \right) \sum_{t=1}^k N_t$$

但し  $t_0$  : カーブにおける待ち時間

$V$  : カーブ部分の通過速度

$L_a$  : 平均車頭間隔

$a$  : 重量車の平均車体長

$d$  : 停止距離

$k$  : カーブでストップする可能性のある車種の数

$f(x)$  : 整数関数  $x < 1$  なら  $f(x) = 0$   
 $1 \leq x < 2$  なら  $f(x) = 1$  等

上記の計算の結果、現道の Ibage～Calarca間で、このようなストップが起るカーブの数は合計102個存在し、これらに於る総ストップ回数はTable 5-8のように求められた。

Table 5-8 現況における総ストップ回数

Year	1983		1995	
Type of Vehicle	Truck & Bus	Tractomula	Truck & Bus	Tractomula
Total Frequency	713	827	2,508	3,476

なお、各カーブごとのストップ回数は付表5-3に示した。

## 第6章 プロジェクト道路の現況

## 第 6 章 対象道路の現況

### 6-1 概 要

対象道路は、コロンビアの首都BogotaとBuenaventura港を結ぶ約500Kmの国道の中で、中央山脈を越える延長約310Kmの部分である。

この310Kmの部分がこの調査の対象である。

対象道路の起点のMelgar（メルガル）はRio Magdalena（リオ・マグダレナ）の流域平野に位置し、海拔約320mの標高である。一方、対象道路の終点のBuga（ブガ）は、Rio Cauca（リオ・カウカ）の流域平野に位置し、海拔約980mの標高である。中央山脈の難所を越える区間は約80Kmの延長で、Ibague（イバゲ）（標高1200m）とCalarca（カラルカ）（標高1570m）を結んでいる。その最高標高は3264mである。

この道路の線形は、数多くの急カーブと急勾配の区間を含んでいる。道路は一部4車線の区間を除いて大部分2車線である。道路はアスファルトコンクリートで舗装されていて、現在大部分はコロンビア政府によってリハビリテーションが実施されている。

この調査から導き出される改良計画の規模は、このリハビリテーションの完了の後の道路のサービス水準に大きく関連している。対象道路はMOP Tによって、次の区間に分類されている。

Melgar - Espinal	: Route No 007 (Bogota - Neiva Road)	44 Km
Espinal - Uribe	: Route No 050 (Espinal - Uribe Road)	219 Km
Uribe - Buga	: Route No 046 (Cartago - Cali Road)	44 Km
	計	307 Km

道路防災の面から見ると問題はIbague - Calarca 区間に集中していて、盛土法面側の一部の擁壁を除いて切土法面側には、ほとんど保護工がなされていない。その結果、強い降雨の後至る所で、落石、斜面崩壊がいつも発生している。地すべり地帯では、ごく一部で水平ボーリングが水抜きのために施されているほかには、何の根本的対策も施されていない。

### 6-2 道路幾何構造

#### 6-2-1 幾何構造基準

コロンビアにおける幾何構造基準は、AASHTOの仕様書にしたがって1970年に定められた。その基準は交通量と地形をパラメータに取るものであって、表6-1と表6-2に示されている。

表6-1は新道の幾何構造基準を示すのに対して、表6-2は現道改良に適用されるものである。

Table 6-1 GEOMETRIC DESIGN CRITERIA FOR CONSTRUCTION OF NEW ROADS

Group	LIGHT TRAFFIC						MEDIUM TRAFFIC						HEAVY TRAFFIC																	
	TL-1		TL-2		TH-3		TH-4		TH-5		TH-6		TH-5		TH-6															
	SM	R	P	SH	H	R	P	SM	H	R	P	SM/H	R	P	SM/H	R	P													
Future Traffic (VPD)	-250						500-1,000						1,000-2,000						2,000-5,000						5,000-					
Terrain	6.00						7.00						7.00						7.00						7.00					
Classification Index	12	14	16	18	22	24	26	28	32	34	36	38	42	44	46	48	54	56	58	64	66	68								
Design Speed (Km/h)	40	50	60	70	40	50	60	70	40	60	80	100	40	60	80	100	60/80	80/100	100/120	60/80	80/100	100/120								
Carriageway (m)	6.00						7.00						7.00						7.00											
Shoulder (m)	0.50	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00	1.50	2.00	1.50	1.50	2.00	2.50	2.50	2.50	3.00	0.50	0.50	1.00								
Roadway width (m)	7	8	8	9	8	8	8	9	9	9	10	11	10	10	11	12	12	12	13	10	10.50	11								
Separator (m)	8	7	6	5	7	6	5	4	6	5	4	3	6	5	4	3	5	4	3	4.00	4	3								
Max. Gradient (%)	6.00						7.00						7.00						7.00											
Min. Radius (m)	50	80	120	180	50	80	120	180	50	120	250	450	50	120	250	450	120	250	450/750	120/250	250	450/750								
Max. Superelevation (%)	10	9	8	7	10	9	8	7	10	8	6	4.5	10	8	6	4.5	8-6	6-4.5	4.5-3	8-6	6-4.5	4.5-3								
Min. Length (m)	20	30	40	50	20	30	40	50	20	40	60	100	20	40	60	100	40/60	60/100	100/160	40/60	60/100	100/160								
Parameter $Kw=L/A(m/s)$	4	9	14	20	4	9	14	20	4	14	30	64	4	14	30	64	14/30	30/64	64/121	14/30	30/64	64/121								
Parameter $Kw=L/A(m/s)$	20	30	40	50	20	30	40	50	20	40	60	80	20	40	60	80	40/60	60/80	80/110	40/60	60/80	80/110								
Parameter $Kw=L/A(m/s)$	8	12	15	18	8	12	15	18	8	12	15	18	8	12	15	18	15/22	22/32	32/44	15/22	22/32	32/44								
Stopping Sight Distance (m)	220	280	320	370	220	280	320	370	220	320	420	520	220	320	420	520	320	420	520/620	320	420	520/620								
Passing Opportunity in 5 Km	2						20%						40%						60%											
Structure Width (m)	8						9						9						10											
Construction Gauge (m)	4.60																													

See Legend in Table 6-2

Table 6-2 GEOMETRIC DESIGN CRITERIA FOR EXISTING ROAD IMPROVEMENT

GROUP	LIGHT TRAFFIC						MEDIUM TRAFFIC						HEAVY TRAFFIC							
	TL-1			TL-2			TM-3		TM-4		TH-5		TH-6		TH-5		TH-6			
	SM	H	P	SM	H	P	SM	H	SM	H	SM	H	SM	R	P	SM	H	P		
Future Traffic (VPD)	-250			250-500			500-1000		1000-2000		2000-5000		5000-							
Terrain																				
Classification Index	11	13	15	17	21	23	25	27	31	33	35	37	41	43	45	47	53	55	57	
Real Velocity (km/H)	30	40	50	60	30	40	50	60	30	40	60	80	30	40	60	80	40/60	60/80	80/100	
Carriageway (m)	5.00			5.00			6.00		6.00		6.00		6.00		7.00		2 x 7.00		Right - 2.00 Left - 0.50	
Shoulder (m)	0.50	0.50	1.00	1.00	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.00	1.00	1.50	1.50	1.50	2.00	2.50	2.50
Roadway Width (m)	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	8.00	8.00	9.00	9.00	8.00	8.00	9.00	9.00	10.00	11.00	12.00	12.00
Separator (m)	No			No			No		No		No		No		No		No		No	
Max. Gradient (%)	12	10	8	6	12	10	8	6	12	10	8	6	10	8	6	4	8	6	4	4
Min. Radius (m)	25	40	80	120	25	40	80	120	25	40	120	220	25	40	120	220	40/120	120/220	220/450	220/450
Max. Superelevation (%)	10	10	8	8	10	10	8	8	10	10	8	6	10	10	8	6	10/8	8/6	6/4.5	6/4.5
Min. Length (m)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	60	40	40	40	60	40	40/60	60/80	60/80
Parameter $Kv=L/A$ (m/%)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	25	15	15/25	25/35	25/35
Min. Length (m)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	60	40	40	40	60	40	40/60	60/80	60/80
Parameter $Kv=L/A$ (m/%)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	25	15	15/25	25/35	25/35
Stopping Sight Distance (m)	30	50	60	80	30	50	60	80	30	50	80	140	30	50	80	140	240	360/480	480	480/600
Passing Sight Distance (m)	150	240	300	360	150	240	300	360	150	240	360	480	150	240	360	480	240	360/480	480	480/600
Passing Opportunity in 5 Km	2			2			20%		20%		20%		20%		40%		40%		-	
Structure Width (m)	6			6			8		8		8		8		9		9		2 x 9.50	
Construction Gauge (m)	4.60																			

Note: SM: Steep Mountainous  
H: Mountainous  
R: Rolling  
P: Plain



対象道路は幾何構造設計基準が制定される以前に建設され1967年に舗装されたものである。過去小規模な改良が行なわれては来ているが、まだ、現在の幾何構造基準と対象道路の幾何構造とマッチしていない。Ibague - Calarca 区間については、表6-3の幾何構造によると、大型車両は、日交通量が2,600台/日であるにもかかわらず、30Km/hの設計速度よりはるかに低い速度での走行と強いられているようである。同表はまた現道の幾何構造は丘陵部でコロンビアの幾何構造基準の中に記述されている。最低設計速度30Km/hよりも下回っていることを示している。

しかしながら、縦断勾配は設計速度30Km/hの最大10%以内にだいたい収まっている。一方、平面線形について見ると、設計速度30Km/hの時の最小25mより小さな半径の曲線が約100あって、非常に悪い線形であることを示している。

現在の幾何構造設計基準に合うようにするためには、丘陵部の道路の線形は設計速度40Km/hで、最小曲線半径40m、最大縦断勾配は8%にする必要がある。これらの条件を満たすには、現道とは全く異なった線形の道路を建設することが必要となる。実際に全く新しい線形の道路となるので、現在のところ、経済的にフィージブルとはならないであろう。したがって、実現可能な改良案を提示するには、幾何構造設計基準を緩和することが必要となろう。

図6-1は、現道の横断構成を示している。車道巾員はCalarca-Uribe間の6.0mを除いて7.0-7.2mである。現道は、Ibague - Calarca 間で両側に1mずつ路肩を舗装中であることを除いて、両側に2.0mずつのソフト・ショルダーを有している。

#### 6-2-2 各区間の概要

##### (1) Melgar - Ibague (99.5 Km)

この区間は平地部と丘陵部を通過する。一般に線形は良好であるが、次のことが指摘される。

- 1) Melgar - Espinal 区間は、Girardotを通過して、ドッグレッグしているので、非常に遠回りのルートとなっている。
- 2) GirardotとEspinalの市街部でひどい交通混雑が見られる。
- 3) Espinal - Ibague間のKm23~Km26では交通事故が多発している。
- 4) 都市部と通過するMirolindo - Ibague間では、道路は4車線に拡がり、その延長は3Kmとなる。Ibagueでは、この道路は都心部の交通混雑を避けて回り道をしている。

##### (2) Ibague - Calarca (78.8 Km)

この区間の道路は起伏の多い山岳地帯を通過して、La Lineaでは、最高海拔3,264mに達する。

一般的にこの区間は、図6-2、付表6-1に示すように貧弱な線形を有している。MOPTは1979-1981年にかけて、リハビリテーション(舗装のオーバーレイ、路肩の舗装、側溝の改良、擁壁の増設および改良を含む)を実施した。線形改良も道路災害対策も

Table - 6-3

Status of Geometric Structures  
on Existing Road

	Horizontal	Longitudinal Gradient						Total Length
	Curve	(Km)						
	10 } 25 <sup>m</sup>	0 } 2%	2 } 4%	4 } 6%	6 } 8%	8 } 10%	10% }	
Melgar - Girardot	0	18.4	4.8	2.6	0	0	0	25.8
Girardot - Espinal	0	16.6	1.7	0	0	0	0	18.3
Espinal - Ibaguè	0	33.8	16.0	3.2	0.6	1.8	0	55.4
Ibaguè - Calarca	104	6.2	10.4	11.1	24.1	23.9	3.1	78.8
Calarca - Uribe	0	41.0	17.2	12.5	6.9	7.5	0	85.1
Uribe - Buga	0	37.1	6.5	0	0	0	0	43.6
Total	104	153.1	56.6	29.4	31.6	33.2	3.1	307.0
%		49.9	18.4	9.6	10.3	11.3	0.5	100.0

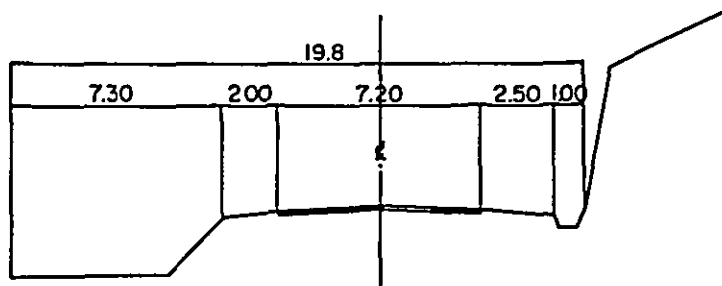
Note: Individual curves in the compound curves are added cumulatively

## Source of Data

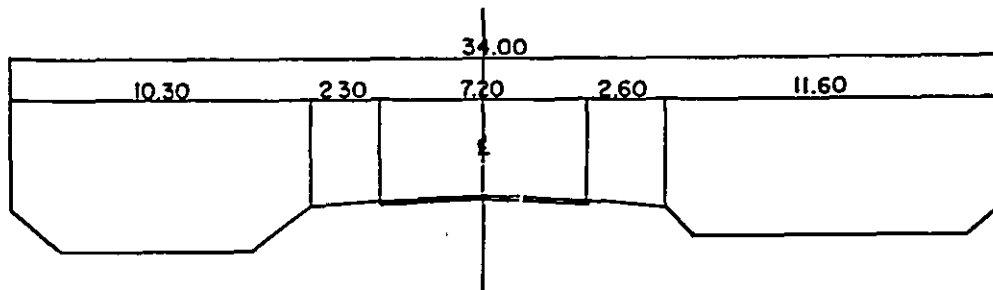
Section	Horizontal Curves	Longitudinal Gradient
Melgar - Ibaguè	Road Inventory in 1968 by MOPT	JICA Study Team (1/10000 Map)
Ibaguè - LaLinea	1/2000 MOPT Ground Survey	1/2000 MOPT Ground Survey
La Linea-Calarca	1/5000 JICA map	1/5000 JICA map
Calarca - Uribe	Road inventory in 1968 by MOPT	JICA Study Team (1/25000 Map)

Fig.-6-1 Typical Cross Section of Existing Road Page (1)

Melgar - Girardot Km 112.9



Girardot - Espinal Km 132.630



Espinal - Ibagué Km 40.0

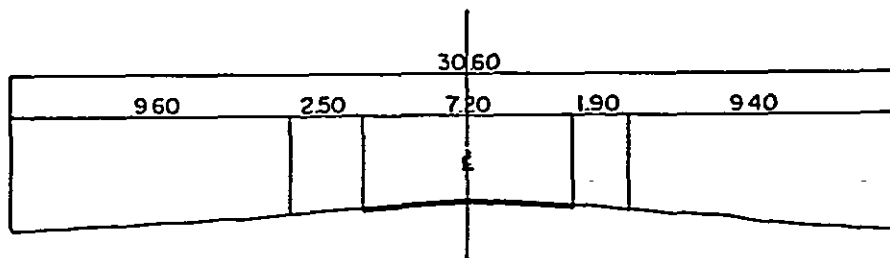
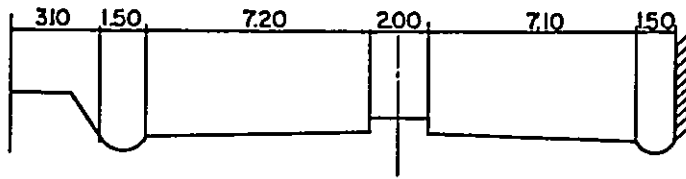
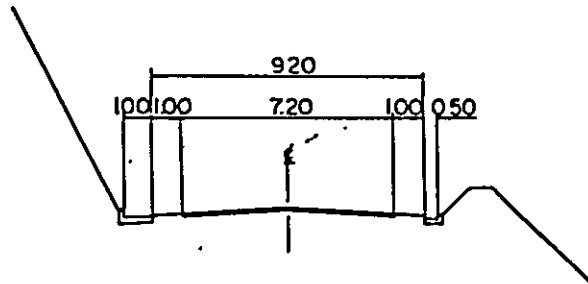


Fig.-6.1 Typical Cross Section of Existing Road Page (2)

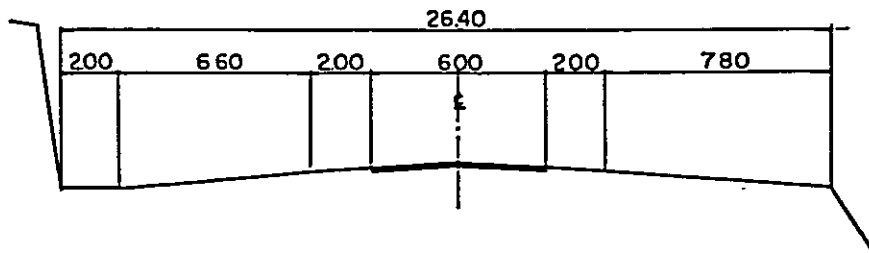
Mirolindo - Ibaqué Km 50.0



Ibaque - Calarca Section



Calarca - Uribe Km 167.0



Uribe - Buga

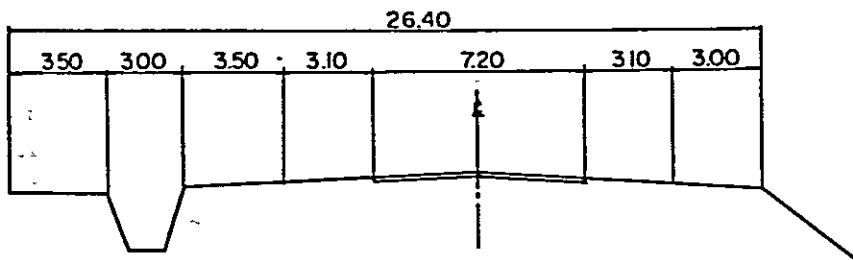
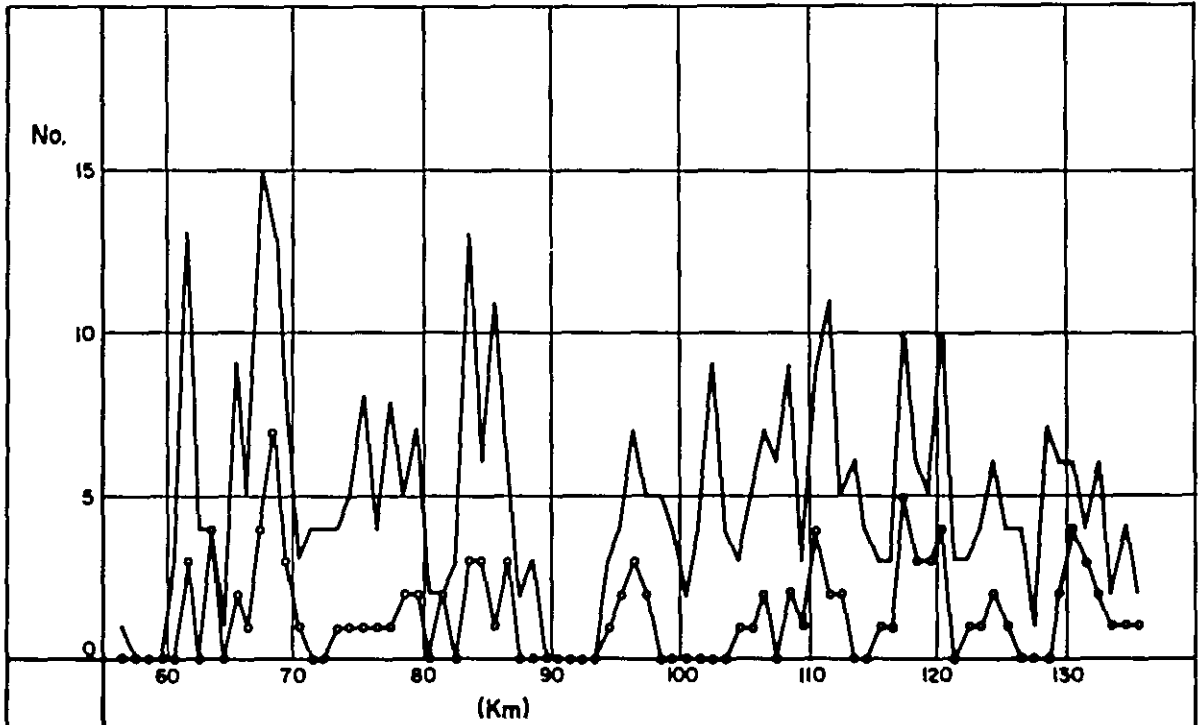


Fig.-6.2 Existing Status of geometric Structure by km between Ibagué - Calarca

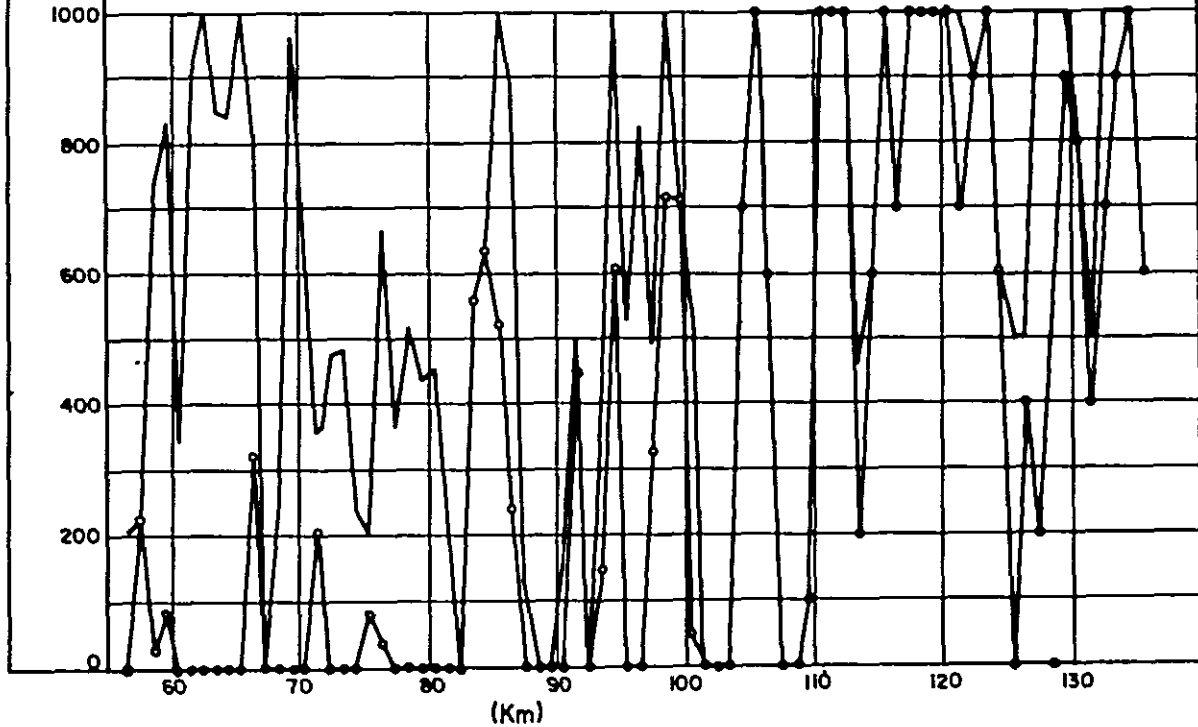
(a) Horizontal Curve Distribution by km

- No of Curves with radius of curvature less than 45m
- No of Curves with radius of curvature less than 25m



(b) Vertical gradient Distribution by km

- Total distance where grade exceeds 6%
- Total distance where grade exceeds 8%



リハビリテーションプログラムの中には含まれていない。

さらに、次の観察も Ibague - Calarca 間に関連して述べられる。

- 1) 30 Km/h の設計速度に規定される最小 25 m より小さい曲線半径のカーブが多くある。事実そのような曲線は非常に急であるので、大型車がお互いにすれちがえないところが多い。(付録 7-1 "Widening of Road to Facilitate Passing of Large Vehicles at Curves" and 付録表 7-3 (page 1-5) "Present Status of Passing Condition and Summary of Improvement Plans")。
- 2) 急勾配で曲線半径の小さい個所では大型トラックおよびセミトレーラの走行速度は 10 15 Km/h に減少する。
- 3) 制動停止視距が十分に確保されていないカーブがいくつかある。設計速度 30 Km/h で、30 m の視距を適用すれば、改良の必要なカーブが約 50 となる。
- 4) 防護柵の機能を果している道路。

エッジの盛り上っている土と、繁った木は見通しを悪くさせていて、設計速度 30 Km/h に必要な 150 m の追越視距を確保できない。(図 6-3)

### (3) Calarca - Uribe (85 Km)

この区間では、丘陵地を通過する。線形は概して良好で交通に困難な問題を生じさせていない。1982 年には Armenia ~ Zarzal 間の道路が MOP T によって改良されるように予定されているので、Calarca ~ Uribe の現道の交通の中には、改良道路に転換するものがある。

### (4) Uribe ~ Buga (43.6 Km)

この区間は、Valle 州の平地部を通過する。バイパスは既に Bugalagrande, Tulua, San Pedro で建設されている。Anda Lucia では、道路は小さな町の中心を通過しているが、今のところはバイパスは建設されていない。線形は一般的に良好である。この区間の一部では MOP T によってリハビリテーションが行なわれている。

## 6-3 舗装

### 6-3-1 設計基準

MOP T は舗装に関して 2 つの設計基準を持っている。1 つは新道用であとは現道舗装のオーバーレイ用である。

軽交通の新道建設には、MOP T はイギリスの TRRL の Road Note 29 と Road Note 31 を参考にした基準を適用している。

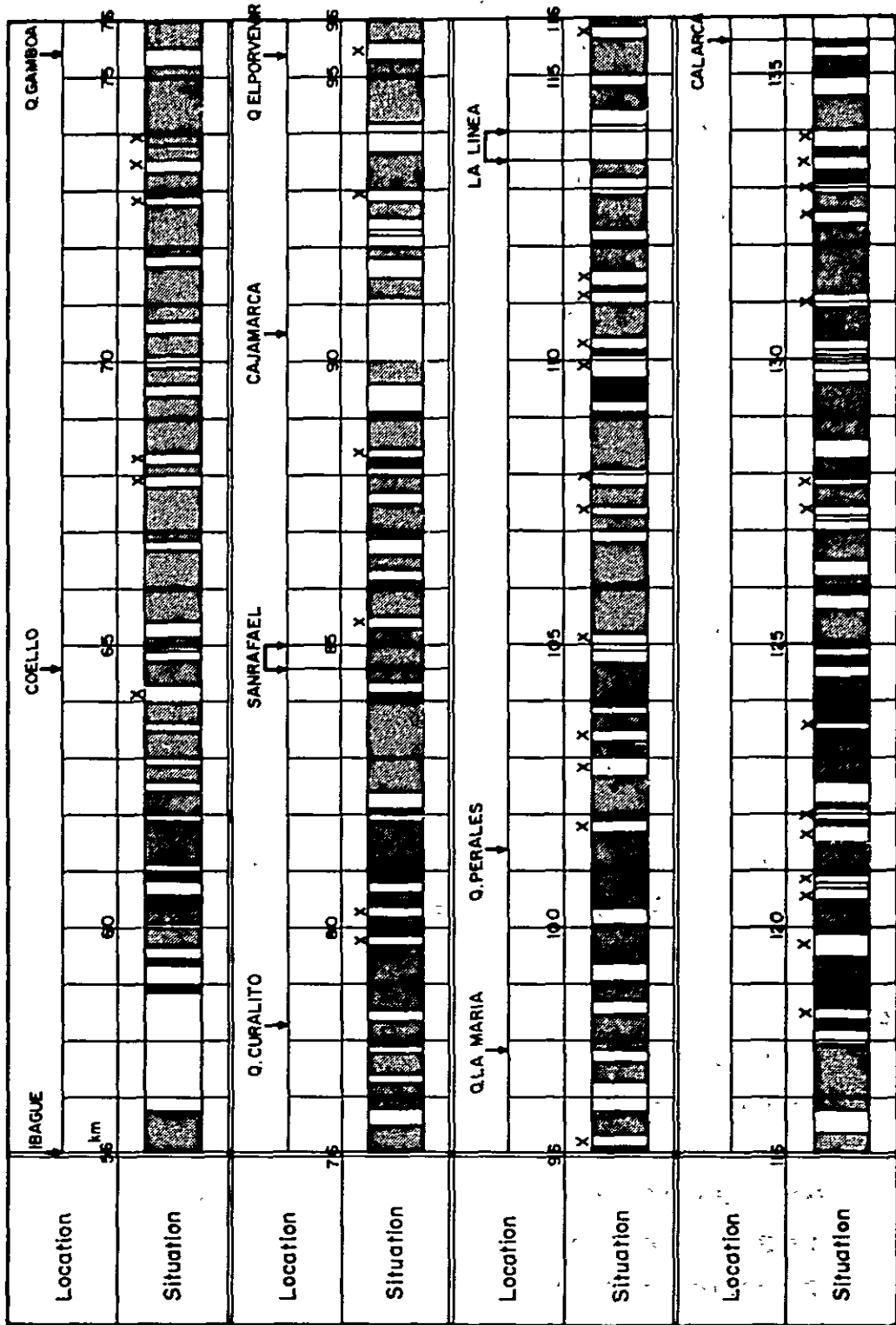
重交通の道路には、MOP T はアメリカの Asphalt Institute の仕様書<sup>1)</sup>を適用している。現道の再舗装の場合には、Asphalt Institute の仕様書<sup>2)</sup>が使われている。

1) The Asphalt Institute, "Thickness Design (Maryland, USA)"

2) The Asphalt Institute, "Asphalt Overlays and Pavement Rehabilitation (Maryland, USA 1969)"

Fig.-6.3 Survey Result of Passing sight distance

Poor, not improvable  
 Good  
 Note :  Poor, but improvable  
 X



しかしながら大抵の場合には、Manual para el Proyecto de Obras de Mejoramiento de Pavimentos Flexibles (Comision Permanente del Asfalto, Cuarto Simposio, Buenos Aires, Argentina, 1972)が使われている。

#### 6-3-2 対象道路の舗装の現況

##### (1) Melgar ~ Girardot

1977 - 1979年の間に、舗装のリハビリテーションがGirardot ~ Silvania道路プロジェクトによって行なわれた。日常のメンテナンスの不足のために舗装端部が悪化しているところがある。

##### (2) Girardot ~ Espina 1

1979 - 1980年にかけて、コロンビア政府はGirardot - Espina 1道路の巾員7.0 mの再舗装を行なった。現在、舗装の両側にソフトショルダーの建設が進行中である。舗装の現状は一般に良好である。

##### (3) Espina 1 - Ibague

現在、コロンビア政府はこの区間で巾員7.2 mの再舗装を行なっている。このリハビリテーションは1979年に始まり、1982年には終る予定である。

このリハビリテーションによって、Espina 1 - Ibague区間の状態は、かなり改良されるであろう。

##### (4) Ibague - Calarca

現在、コロンビア政府によるリハビリテーションが行なわれていて1981年の終り頃完了の予定である。このリハビリテーションは、二層のオーバーレイで車道巾員7.2 mを合計厚12.5 cmとするものである。既存のソフトショルダーを一層のアスファルトコンクリートで舗装することも行なわれている。現場打ちで側溝が建設されている。地下水排水のためにいくつかの区間で盲排水が設置されている。

##### (5) Calarca ~ Uribe

最近、再舗装がいくつかの区間で行なわれているので、この区間の舗装は良好である。

##### (6) Uribe ~ Buga

1980年の終り頃、コロンビア政府はUribe ~ Andalucia, San Pedro ~ Buga間のリハビリテーションを完了した。このリハビリテーションは、次の基準によって実施された。

Uribe ~ Andalucia :

7.0 m巾員で7.6 cmの合計厚でアスファルトコンクリートのオーバーレイ2層

San Pedro ~ Buga :

7.0 m巾員で12.5 cmの合計厚でアスファルトコンクリートのオーバーレイ2層

車道の両側に2.0 mの巾員の路肩を7.5 cm厚のアスファルトコンクリート一層

#### 6-3-3 メンテナンス体制

MOP Tはメンテナンスを行政区分にしがって、4つのDistrict officeに担当させ





設計のためのデータは200Kmの区間についてはMOP Tの既存資料にもとづくこととした。  
107Kmの区間については、MOP Tの土質試験室によって行なわれたベンゲルマンビームの結果に基づいている。舗装の現況は表6-8に示されている。ベンゲルマンビームの試験結果は付図6-1に示される。

Table - 6-4 Soil Test Result

No.	Sampling Spot	Liquid Limit (%)	Plastic Limit (%)	Plastic Index	Unit Weight (g/cm <sup>3</sup> )	Natural Water Content (%)	AASHTO Classification	Modified CBR (%)
1	Ibague - Uribe Road Km 112+040	64	48	16	1.52	54.5	SM	2.7 - 5.5
2	Ibague - Uribe Road Km 116+000	NL	NP	-	1.47	50.2	SM	32.0 - 54.0
3	Ibague - Uribe Road Km 122+000	NL	NP	-	1.44	25.2	SM	35 - 40
4	Ibague - Uribe Road Km 132+239	50	31	19	1.70	41.6	CL-CH	2.5 - 3.1
5	Ibague - Uribe Road Km 113+450	45	32	13	1.72	32.0	CL	2.5 - 3.1
6	Cartago - Cali Road Km 73+200	NL	NP	-	1.62	14.4	SM	25
7	Cartago - Cali Road Km 84+000	43	18	25	1.79	21.4	CL	4.5 - 9.7
8	Cartago - Cali Road Km 97+000	41	23	18	1.74	16.1	SC	9

Note: NL - Non Liquid, NP - Non Plastic  
Km indicated is that from in situ Km post

Table - 6-5 Estimated CBR of Subgrade

	Section and Improvement Plan	Type of Rock or Deposit	CBR
1.	Melgar - Espinal 1-1. Large Scale Improvement Girardot Bypass	Weathered Rock (Sand, silt, gravel)	More than 6
2.	Ibague - Calarca 2-1. Critical Curve Improvement 2-2. Minimum Scale Improvemt		1) 2)
	2-3. Medium Scale Improvement Ibague - Km 70 Km 70 - Km 101	Granodiorite Cristalline Schist	More than 20 5 - 10
	2-4. Large Scale Improvement Coello Bypass La Linea - Calarca Ibague bypass	Granodiorite Volcanic ash Terrace deposit	More than 20 3 5 - 10
	3.	Uribe - Buga Widening of existing Road	Terrace deposit

Note: 1) The same pavement thickness as the existing shoulder pavement.  
2) The same pavement thickness as the existing carriageway pavement.

TABLE 6-6 QUARRY SITES OF THE PROJECT AREA Page (1)

Quarry Site	Road	Location	Characteristics	Possible Use	Estimated Volume
Tolemaida	Melgar-Girardot	Km 100+000	Stone, gravel sand	Base Pavement	>50.000 m3
103 + 700	" "	Km 103+700	Gravel, sand	" "	Approx. 15000m3
El Paso (Rio Sumapaz)	" "	Km 114 + 500	Stone, gravel	" "	>20000 m3
Isla del Sol (Rio Magdalena)	" "	Km 122 + 000	River-gravel, sand	" "	> 50000 m3
Rio Coello, Puente de Chicoral	Espinal-Ibague	Km 16 + 000	Stone, gravel sand	" "	>50000 m3
Rio Coello, Gualanday	" "	Km 22 + 850	Stone, gravel sand	" "	> 50000 m3
Hacienda El Paraiso	" "	Km 11.7 from Buenos Aires	Gravel, sand	" "	> 50000 m3
Sia de San Serrario (Rio Combeina)	" "	Km 55 + 000	Gravel, sand	" "	> 50000 m3
Boqueron	" "	Km 62. + 200	Granular	Base	Approx. 150000m3
Quebrada Cural	" "	Km 63	Igneous Rock	Base	100000 m3
Rio Coello	" "	Km 64 + 700	Gravel, sand of river	Base Pavement	
Rio Amaime	" "	Km 90 + 000	Gravel, sand	Sub-base, base pavement	100000 m3
Quebrada Cristales	Ibague-La Linea	Km 104 + 400	Sand, gravel	Base, Pavement	50000 m3
105 + 200	" "	Km 105 + 200	Igneous rock	" "	50000 m3
La Linea	" "	Km 114 + 300	" "	" "	50000 m3
La Congoja	La Linea-Calarca	Km 122 + 300	" "	" "	80000 m3 MOPT
Santo Domingo	" "	Km 134 1Km from Calarca	Gravel	" "	1000000 m3 MOPT
Rio Verde	Calarca-Sevilla	Km 155 + 400	Fine gravel	" "	200000 m3
La Niza	" "	9 Km from Km 155+400	River gravel, sand	Sub-base, base, Pavement	120000 m3
La Quebrada	" "	14 Km from Km 155+400	"	Sub-base	200000 m3 MOPT
Barragan (Rio Barragan)	" "	1 Km from Km 157+500	"	Sub-base, base Pavement	500000 m3 MOPT
Quebrada "La Aatelia"	Sevilla-Uribe	Km 200+000	"	" "	10000 m3
Quebrada "La Paila"	" "	Km 204+000	"	" "	3000 m3
Rio Bugalagrande	Cartago-Cali	Km73+400	"	" "	20000 m3
Quebrada Sabaletas	" "	Km81+700	"	" "	3000 m3

Note: Location indicated is that from in situ Km post

TABLE 6-6 QUARRY SITES OF THE PROJECT AREA Page (2)

<u>Quarry Site</u>	<u>Road</u>	<u>Location</u>	<u>Characteristics</u>	<u>Possible Use</u>	<u>Estimated Volume</u>
Rio Morales	Cartago-Cali	Km87+100	River gravel, sand	Sub-base, base Pavement	3000 m <sup>3</sup>
Rio Tuluá	" "	Km90+200	"	" "	20000 m <sup>3</sup>
Rio Cuadajajara	" "	Km114	"	" "	10000 m <sup>3</sup>

Note: Location indicated is that from in situ Km post

Table - 6-7 Rock Test Result

Quarry Site	Rock	Los Angeles Abrasion (%)	Absorption (%)	Estimated Volume (m <sup>3</sup> )	Suitability for	
					Surface Course	Concrete Aggregate
Km 63 (Q.Cural)	Granodiolite	56	1.6	more than 100,000	poor	poor
Km 105+200	Porphyrite	16	2.0	" " 50,000	good	good
Km 114+300 (La Linea)	Diabase	17	1.7	" " 50,000	good	good
Km 122+300 (La Congoja)	Hornblend Porphyrite	38	6.7	80,000	poor	poor
Km 134	Diabase	20	1.5	1,000,000	good	good

Source: Proyecto ferrocarril Ibaguè - Armenia Reconocimiento, Geologico y Geotecnico (1976) Note: Km indicated in that from insitu Km post.

Item	General Rating as Aggregate	
	Surface Course	Concrete Aggregate
Absorption (%)	good < 3	good < 3
Los Angeles Abrasion (%)	poor ≥ 3	poor ≥ 3
	< 40	< 40

Notes: 1) The rating as "good" should meet the two conditions listed in each column.

Table- 6-8 Present pavement situation along the existing road

Section	Distance ( km )	Rehabilitation completed	Resurfacing Design data
1. Melgar-Girardot	26	1979	Existing data by MOPT
2. Girardot-Espinal	18	1980	"
3. Espinal-Ibague	55	1982	"
4. Ibague-Calarca	79	1981	"
5. Calarca-Uribe	85	Routine Mainte- nance	Benkelman Beam Test by Study Team
6. Uribe-Buga	44		
6-1 Uribe-Andalucia	(12)	1981	Existing data by MOPT
6-2 Andalucia- Sanpedro	(22)	Routine Maintenance	Benkelman Beam Test by Study Team
6-3 Sanpedro-Buga	(10)	1981	Existing data by MOPT
<b>Total</b>	<b>307</b>		

Note: Benkelman Beam Test result is shown in Annex Fig 6-1



## 6-4 橋梁及び構造物

### 6-4-1 橋梁及び構造物の設計基準

既存の道路構造物は原則としてAASHTOの規準に従って設計されている。鋼橋においては製作年次等が明記されているものが多く、設計に適用された規準、荷重等の推定が比較的容易なものが多いが、コンクリート構造物では古い橋梁、カルバート等で交通量の増加にともなって橋を新しく拡巾したものも多く、適用された設計基準、製作年度等不明なものが多い。

### 6-4-2 橋梁及び構造物の現況

目視による現況調査の結果は表6-11に示す通りである。表6-11は対象道路中2, 3の橋を除き、構造物は現況交通を通すのに十分な能力を有していることを示している。表6-11に注記した特別な項目としては、建築限界を満足させるため部材を欠損させたトラス橋、車両の衝撃、上部工の変位による床版の欠損、下部工変位に起因するコンクリートのヒビ割れ、洗堀等の欠陥である。

改良工事費の積算にあたって現況の橋梁の補修、補強にかかる費用は、維持管理費として計上し改良プランの費用に含まないものとした。これは現在交通を通すための補修、補強は本調査の結果に関係なく、コロンプアの予算で行うというコメントを各工事事務所よりもらっているためである。今回の調査結果は新規構造物の計画を行うのに参考として十分利用することができた。

#### (1) 対象道路の橋梁

個々の橋梁については、今回実測に基く台帳を作成し、現地できりまとめMOP Tに提出されている。この台帳には橋の諸元だけでなく問題点も提起した。特に注意すべき問題点について以下に述べる。なおMelgar ~ Buga間で調査した橋梁は表6-9の通りである。

Table 6-9      Type and Number of Existing Bridges

Span \ Type	5 ≤ L < 10	10 ≤ L < 30	30 ≤ L < 50	50 ≤ L	Total
Steel Bridge	-	-	1	4	5
R. C. Bridge	20	19	2	-	41
P. C. Bridge	-	2	2	4	4
<u>Total</u>	<u>20</u>	<u>21</u>	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>50</u>

Note: R.C. - Reinforced Concrete  
P.C. - Prestressed Concrete  
Spans in meters

#### 1) Melgar ~ Ibague 間

Rio Sumapaz (Km 99+660) に架設されたトラス橋は建築限界を満足させるため、施工当初に設けられた橋門構が取払われ横方向剛性が低下している。Rio Magdalena (Km 125+00) にかかる Girardot Bridge は伸縮継手部の床版が大きく破損し、緊急に修理が必要である。この破損は補剛げたの移動が原因と推定されるので、補剛げたの移動制限等根本的な対策が必要と考えられる。

#### 2) Ibague ~ Caralca 間

Quebrada Gamboa (Km 75+550) にかける RCT Beam Bridge は土石流による流失の危険性があり、橋梁架設位置、防災対策等抜本的対策を立てる必要がある。この区間は曲線部に架設された橋が多く、高欄のほとんどが破損している。剛性の高い壁高欄等の設置が望ましい。

#### 3) Caralca ~ Buga 間

Rio Verde (Km 155+450) にかかる橋梁は、河川流による基礎の洗掘が著しい。水流の切換え、基礎栗石 (Riprap) へのグラウト等の対策を早急に行う必要がある。

Km 163+350 ~ Km 208+650 の間に架設された RCT Beam Bridge 6 橋について、翼壁部に土圧及び構造物沈下に起因するキ裂が発生している。橋台と翼壁を結ぶ鉄筋が入っていないのが原因である。早急に補強の必要がある。

Km 167+500 (Rio Barragan) に架設されている。3 径間連続鋼げたは、試算では 14 t トラック荷重 (一軸輪荷重 5.6 t) の載荷能力しかない。現在 20 t 以上の車両の通行を許しているが、それらの車両の運行、橋上におけるすれ違いは非常に危険な状態となっている。車両荷重の制限を行うか、橋の耐荷力増強を行う必要がある。

#### 4) 橋梁の維持管理

車両通行上の重要なポイントである橋梁の維持管理は新設と同様、重要な作業であり定期的に検査を行う必要がある。

今回の調査においても、各構造物の諸元、補修拡張、設置年月日のわからないものが多く、検査は目視にたよるしか方法がなかった。MOPT、コンサルタント、建設業者、維持管理組織等によって、維持管理記録が残るよう適切な方法を実行する必要がある。

#### (2) 道路構造物

Melgar ~ Buga 間の道路構造物の詳細な Inventory は MOPT の各 District office が作成している。その資料をもとに現地調査によって各構造物の現状維持管理状態、その他の問題点が調査された。なお Melgar ~ Buga 間で調査した構造物は表 6-10 の通りである。Ibague ~ Calarca 間では現在コロンビア政府によって現道のリハビリテーションが行われており、順次擁壁、排水設備が整備されつつある。道路構造物においては Ibague ~ Calarca 間に問題点が集中しているので、この区間の道路構造物について報告する。

Table 6-10

Type and Number of Existing Road Structures

Section	Box Culvert (Number)	Retaining Wall		Drainage Pipe (Number)
		(Number)	(Length)	
Melgar - Ibague	0	28	771 M	290
Ibague - Calarca	29	512	11318 M	642
Calarca - Uribe	23	19	408 M	385
Uribe - Buga	10	0	0	141
Total	62	559	12497 M	1458

## 1) 擁壁

擁壁はコンクリート擁壁（重力式），蛇カゴ式擁壁に分けられる。ほとんどのコンクリート擁壁には水抜孔がなく，将来水圧による変位が考えられる。蛇カゴ式擁壁は地すべり地帯の排水をよくする目的で設置されているが，コンクリートで巻いて水を通らなくしたものがある。また地すべり部の上部に設置しているものがあり，その重量により逆に地すべりを加速する可能性がある。二，三の蛇カゴ式擁壁では沈下，側方移動等の変状が進んでいる。

## 2) 排水設備

排水設備は側溝，めくら暗渠及び道路を横断する管渠で構成されているが，排水に対するノリ面防護がなされていない場合が多く，現在すでに道路下側のノリ面破壊のきざしが見られる。道路切土部のノリ面破壊により土砂が排水管に流入し約20%の排水管が土砂により埋まっている。

## 3) 山留め工

本調査区間には山留め工はほとんどなく，落石，ノリ面崩壊が多発している。ノリ面安定，交通の安全確保のため石積工，ブロック工等の山留め工の設置はぜひとも必要である。

## 4) 道路構造物の施工

谷側擁壁，排水溝等の掘削は防護工なしで，施工されており，現在の交通を確保しながらの工事は非常に危険である。コンクリート工事は，コンクリート材料を路上で混合しており，現在交通をさまたげること及びコンクリートの品質管理が十分でないことが考えられる。コンクリートミキシングプラントとミキサーカーを組合せて，現場作業を極力少なくする等，全体の施工システムを検討する必要がある。

Table 6-11 Page (1)

## LINE MELGAK-GIRALDOT

KM	BRIDGE NAME RIVER NAME	TYPE	SPAN (m)	PROPOSED IMPROVEMENT WORKS
K99 +660	RIO SUMAPAZ	WARREN TRUSS	60.0	
K101 +950	YUKANA	R.C.S	6.0	DO NOTHING
K102 +750	NARANJARA	R.C.D.G.	14.0	DO NOTHING
K107 +700	AGUA BLANCA	R.C.D.G.	8.0	DO NOTHING
K111 +350	RIO PAGUEY	R.C.D.G.	20.5 + 20.5 = 41.0	DO NOTHING
K122 +600	RIO BOGOTA	R.C ARCH	8.6 + 19.0 + 8.6 = 36.2	DO NOTHING
K125 +00	GIRARDOT	SUSPENSION BRIDGE	45.0 + 183.0 + 45.0 = 273.0	REPAIR AND IMPROVE SLAB HOLE PROVIDE SCOUR PROTEC- TION AT ABUTMENT
K132 +305	SATAHA	R.C.D.G.	8.0 + 12.35 + 8.0 = 28.35	DO NOTHING

## Legend

R.C.S - Reinforced Concrete Slab  
 R.C.D.G - Reinforced Concrete Deck Girder (Tee-Beam)  
 P.C - Prestressed Concrete (I-Beam)  
 R.C. RAHMEN - Refer to Bridge Report included with Drawing.  
 Half Bridge where noted means half the roadway supported  
 on the bridge and the others half on the road bed.

Table 6-11 Page (2)

## LINE ESPINAL-URIBE

KM	BRIDGE NAME RIVER NAME	TYPE	SPAN (m)	PROPOSED IMPROVEMENT WORKS
K16 +043	RIO COELLO	WARREN TRUSS	75.4	PROVIDE SCOUR PROTECTION AT ABUTMENT
K23 +470	GUALANDAY	R.C.D.G.	9.5 + 25.9 + 9.5 = 44.9	DO NOTHING
K36 +487		R.C.D.G.	8.0	DO NOTHING
K56 +39	RIO CONVEIMA	R.C.D.G.	37.4	DO NOTHING
K62 +410	RIO LA CANTERA	R.C.S	6.0	REPAIR HANDRAILING
K63 +810		R.C.S	5.6	REPAIR ABUTMENT
K64 +670	RIO COELLO	R.C.D.G.	19.4	PROVIDE SCOUR PROTECTION AT ABUTMENT
K75 +550	GAMBOA	R.C.D.G.	6.0	THE LOCATION SHOULD BE REVIEWED
K78 +250	CURARITO	R.C.D.G.	15.5	REPAIR HANDRAILING
K81 +400	CERAJOSA	R.C.D.G.	8.2	REPAIR HANDRAILING IMPROVE DRAINAGE
K83 +150	TIGRE	R.C.D.G.	7.8	DO NOTHING
K85 +500		P.C. HALF BR.	35.1	DO NOTHING
K89 +794	CAJAMARCA	TRUSS	94.5 + 96.0 + 94.5 = 285.0	REPAIR EXPANSION AT 2ND ABUTMENT
K104 +398	RIO BERMELLON	R.C.D.G.	7.0	DO NOTHING
K110 +140		R.C. RAHMEN HALF BR.	4.5 + 4@ 5.0 = 24.5	DO NOTHING

See Legend with Table 6-11 (Page 1)

Table - 6-11 Page (3)

KM	BRIDGE NAME RIVER NAME	TYPE	SPAN (m)	PROPOSED IMPROVEMENT WORKS
K131 +760	SANRAFAEL	R.C. ARCH	8.5	REPAIR HANDRAILING
K155 +450	RIO VERDE	R.C.D.G.	11.0 + 21.5 + 11.0 = 43.5	REPAIR HANDRAILING, REPAIR AND IMPROVE GROUTED RIPRAP AT PIER
K156 +700		R.C.S	4.0	DO NOTHING

See Legend with Table 6-11 (Page 1)

Table 6-11. Page (4)

## LINE ESPINAL-URIBE

KM	BRIDGE NAME RIVER NAME	TYPE	SPAN	PROPOSED IMPROVEMENT WORKS
K163 +350	RIO LOS ANGELES	R.C.D.G.	10.4	REPAIR HANDRAILING REPAIR AND IMPROVE AT WINGWALL OF ABUTMENT
K166 +700	EL MACHO	R.C.D.G.	13.5	REPAIR AND IMPROVE AT WINGWALL OF ABUTMENT
K167 +500	RIO BARRAGAN	STEEL I BEAM	22.5 + 30.7 + 22.5 = 75.7	PROVIDE SCOUR PROTECTION AT 2ND ABUTMENT LOAD CAPA- CITY LESS THAN 14 <sup>t</sup>
K174 +200	LA CAMELIA	R.C.D.G.	7.8	REPAIR AND IMPROVE AT WINGWALL OF ABUTMENT
K175 +800	LOS ANGELES	R.C.D.G.	10.0	REPAIR HANDRAILING
K181 +00	RIO PIJAO	R.C.D.G.	15.3	REPAIR HANDRAILING
K193 +400	EL POPAL	R.C.D.G.	10.5	DO NOTHING
K206 +120	SAN MARCOS	R.C.D.G.	13.25	REPAIR AND IMPROVE AT WINGWALL OF ABUTMENT
K207 +650	SAM PABLO	R.C.D.G.	11.3	REPAIR HANDRAILING
K208 +300	PAILAR	R.C.D.G.	17.1	REPAIR AND IMPROVE AT WINGWALL OF ABUTMENT
K208 +600	NICOLAZA	R.C.D.G.	9.0	REPAIR AND IMPROVE AT WINGWALL OF ABUTMENT

See Legend with Table 6-11 (Page 1)

Table 6-11. Page (5)

## LINE URIBE-BUGA

KM	BRIDGE NAME RIVER NAME	TYPE	SPAN (m)	PROPOSED IMPROVEMENT WORKS
K68 +178	EL OVERO	R.C.D.G.	8.8 + 10.2 = 19.0	DO NOTHING
K74 +183	RIO BUGALAGRANDE	R.C.D.G. RAHMEN	43.0	DO NOTHING
K81 +710	ZABALETAS	R.C.D.G.	3@ 9.0 = 27.0	DO NOTHING
K87 +00	RIO MOLALES	R.C.D.G.	12.10	PROVIDE SCOUR PROTECTION AT 1ST ABUTMENT THE LOCA- TION SHOULD BE REVEIWD
K87 +150	RIO LA RIVERA	R.C.D.G.	12.10	DO NOTHING
K90 +250	RIO TULUA	P.C.T RAHMEN	35.20	DO NOTHING
K98 +508	RIO SAN PEDRO	R.C. BOX	3@ 3.3 = 10.0	NEW 4 LANE 20M T BEAM BRIDGE
K100 +360	DEL YESO	R.C. BOX	8.4	DO NOTHING
K100 +980	TOPOS LOS SANTOS	R.C. BOX	14.0	DO NOTHING
K104 +968	MARSELLA	R.C.D.G. RAHMEN	2@ 8.75 = 17.50	DO NOTHING
K107 +400	LA MARIA	R.C.D.G. RAHMEN	2@ 8.4 = 16.80	DO NOTHING
K110 +720		P.C.T	3@ 13.1 = 39.3	DO NOTHING
K113 +650	GUADALAJARA	P.C.T	2@ 25.5 = 51.0	DO NOTHING

See Legend with Table 6-11 (Page 1)



## 6-5 調査地域の地質

### 6-5-1 地質の概要

調査地域の地質は、第三紀堆積岩層、花崗閃緑岩、結晶片岩、脈岩、火山灰および扇状地又は段丘を形成する砂礫層から構成される。区間別の地質は次の通りである。

#### (1) Melgar ~ Espinal

第三紀の砂岩、頁岩、礫岩の互層を基盤として、鮮新世～完新世にいたる砂礫層が堆積している地域である。第三紀層は固結しているが、クラック、ジョイントが発達し褶曲しているが傾斜は一般に小さい。又ケスタを形成し流れ盤が顕著に見られるところがある。道路の切土法面では層理面と、これに直角に発達した節理面が開口し、これが落石、岩盤崩壊の要因となっている。又、Rio Apicala と Rio Magdalena にはさまれた地域に南北に連なる標高約 650 m の丘陵があるが、この丘陵を構成する岩石も第三紀堆積岩である。

この地域の砂礫層は固結の弱いもので Rio Magdalena とその支流によって運ばれ堆積したものである。この砂礫層には巨礫が多く淘汰が良くない。Rio Magdalena 付近の道路の切土法面に露頭している巨礫は抜けやすく、これが落石の原因の一つとなっている。

#### (2) Espinal ~ Ibague

この地域の基盤を形成している岩石は、第三紀堆積岩層と花崗閃緑岩であり、その上を厚い砂礫層が覆っている。この砂礫層は Rio Combeima 及びその支流によって中央山脈から運ばれ堆積した扇状地堆積物であって巨礫が多く、淘汰が悪いが地盤は安定している。現道はこの砂礫層の上を通過している。

#### (3) Ibague ~ La Linea

Ibague ~ Km 71 付近までは花崗閃緑岩又は石英閃緑岩の分布している地域である。これらの岩石は優白色、優黒色など構成鉱物による岩相変化はあるが、風化形態の差異は少ない。又、表面は砂状の風化が進み、断層付近ではとくにそれが顕著である。

この地域の主な断層は Ibague 断層、Perico 断層があり、北東から南西方向に長く連続して走っており、Ibague 断層に沿って Km 6.25 から Rio Cocora にかけて大きな地這りが発生している。

Km 71 より La Linea 間は黒色片岩、緑色片岩、角閃石片岩及びこれらに貫入したヒン岩が基盤となっており、これらの上を火山灰、段丘堆積物が覆っている。

結晶片岩は片理が強く発達し、薄くはがれる性質があり褶曲が著しい。この地域全体は黒色片岩が卓越しているが、Km 71 ~ 82 付近では緑色片岩が多く分布しており、Km 71 付近では花崗閃緑岩に貫入され珪化作用を受けて硬くなっている。

黒色片岩は破碎作用が著しく風化に弱い岩盤である。ことに断層が推定される個所では特に深部まで破碎されている。これらの個所は地下水の浸透が多く、断層粘土により地下水がせき止められて水位が上昇し、地すべりが発生しやすくなっている。緑色片岩は片理

面によるはく離は少く、ブロック状の節理が発達しており岩盤崩壊、落石の種類の破壊が起きやすい。ヒン岩はKm 105.5付近にやや大きい岩体を形成しており、度々崩壊を発生させている。

火山灰はこの地域では2種類に分類される。一つはIbague ~ Km 106付近のRio Bermelon, Rio Coelloの谷に沿って分布するもので、もう一つはKm 106 ~ Calarca間に分布するものである。

前者は軽石流堆積物で一部溶結しており柱状節理があり、固結度は良好である。後者は降下火山灰で、山脈を広く覆う軟かい堆積層であり、厚さは5 m ~ 15 mである。

#### (4) La Linea ~ Calarca

この区間は主に黒色片岩と、表層を覆う降下火山灰から構成されている。地すべりの多くは、山脈の稜線付近の火山灰の厚いところに発生している。La Linea付近の黒色片岩が強度に風化して分布しており、又Km 133 ~ 134付近には変輝緑岩が、Km 122.5付近には角閃石ヒン岩が分布している。これらの地域は堅硬な岩盤から成立っている。又Km 126からKm 135にかけては、北東から南西方向にNavarco断層、Planadas断層、及びCalarca断層が存在し、中央山脈の西縁を区切っている。

#### (5) Calarca ~ Uribe

この区間内Calarca ~ Caicedoniaの間は第三紀の安山岩質、玄武岩質、火山砕屑岩とその上を覆う火山灰から構成されている。地形は平坦であり現道はその上を通っている。又Caicedonia ~ Uribeの間は第三紀堆積岩の泥流堆積物、凝灰岩、砂岩、礫岩、頁岩などの互層から構成されており、地層は緩く傾斜していて表層は風化が進んでいる。

Uribe ~ Buga間は鮮新世以降の砂礫から構成されRio Caucaに沿って広い沖積平野が形成されている。

### 6-5-2 地 形

Melgar ~ Buga間の対象道路は、コロンビアの中央山脈を横断している。山岳地域 - とりわけ、主山脈の尾根を越えるIbague' ~ Calarca間 - は、急峻な山腹斜面の多い典型的な山岳地帯である。

La LineaとCalarca, Ibague間の標高差は2000mにもおよび山稜を越える部分の道路は、多数のカーブを持つものの勾配は概して大きい。

Melgar ~ Buga間の現道沿いの地形的特徴は、次のようにまとめられる。

#### (1) Melgar ~ Espinal 間

大部分が、Rio Magdalenaとその支流によって形成された段丘、扇状地、沖積平野などの低平地で、河川は、下刻侵食により、深いU字谷が形成されているところが多い。

#### (2) Espinal ~ Ibague 間

Rio Combeimaとその支流によって形成された扇状地と、氾濫原で構成されている。

(3) Ibague ~ La Linea 間

この区間は、大部分V字谷地形を呈する Rio Coello に沿っている。山腹斜面はひじょうに長く、川床から山腹までの斜面長は500~1000mある。

山腹傾斜は、20° ~ 35° が一般的だが、ところによっては40°以上の急傾斜部が見られる。現道は谷に沿って急峻な山腹斜面を横切っているにもかかわらず、斜面の安定対策が何もなされていないので土砂崩れ、地すべり、路肩欠陥、落石などの道路災害をひきおこし易い条件下にある。

(4) La Linea ~ Caralca 間

La Lineaに近い部分は、降下火山灰により山頂および山腹斜面は比較的ゆるやかな傾斜をもつ。しかし、河川勾配はきつく、川筋は深くきれこんだV字谷を形成している。

CalarcaとLa Linea間は、延長21kmであるが、比高差1700mにおよび、現道の平均勾配は約8%とひじょうに大きい。

(5) Calara ~ Caicedonia 間

大部分の区間が、火砕流と火山灰とに形成された山麓高原で、地形は比較的ゆるやかである。

(6) Caicedonia ~ Uribe 間

Caicedonia 側は火砕流で形づくられた高原で、ゆるやかな斜面の丘陵が連なっている。

Uribe 側は、主に砂岩や礫岩よりなる第三紀堆積物で構成されており、侵食により丘陵地形を持つところが多いが、ところにより段丘崖のような急崖部がみられる。

(7) Uribe ~ Buga 間

Rio Cauca とその支川によって形成された扇状地、段丘、氾濫原などの平坦面である。

6-5-3 調査地域の降雨

調査地域の年間降雨量は約1000~2000mmであり、ほぼ中央山脈に沿った北東から南西方向に帯状に分布している(図6-4)。これらの地域内において Girardot ~ Chicoral 付近と Tulua ~ Buga 付近の低地部及び Cajamarca 周辺で年間約1000~1400mmと少ない降雨量であるが、Melgar, Calarca ~ Uribe の付近では年間約2000mmを越す降雨がある。Ibaguéにおける1971年、1972年の観測資料(図6-5)を例にとると、7月を除いて、1ヶ月間に10日以上降雨があることがわかる。

Table 6-12 Number of Rain Days By Month in Ibague

Month Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1971	14	17	12	11	23	14	4	15	17	21	11	15
1972	17	10	18	14	19	10	2	7	3	12	-	-

降雨の状態を時間帯別に見ると夜間の19時から朝の7時迄に大半の降雨があり、午後の時間帯はほとんど降雨がないことが分かる。

MELGAR~BUGA  
ISOHYETAL MAP

LEGEND

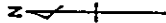
• OBSERVATORY OF PRECIPITATION

— ISOHYETAL LINE (ANNUAL PRECIPITATION)

— WATER GAUGE

— WATER GAUGE AND DISCHARGE GAUGE

- ① GIRARDOT N01, RIO MAGDALENA
- ② GIRARDOT N02, RIO MAGDALENA
- ③ VERTEDERO, RIO COELLO
- ④ MOCTEZMA, RIO COMREIMA
- ⑤ PUENTECARRERA, RIO COELLO
- ⑥ ELAMBRADO, RIO LA VIEJA
- ⑦ MATEGUADA, RIO TULUA
- ⑧ ELVERGEL, RIO QUADALAJARA



1:100,000

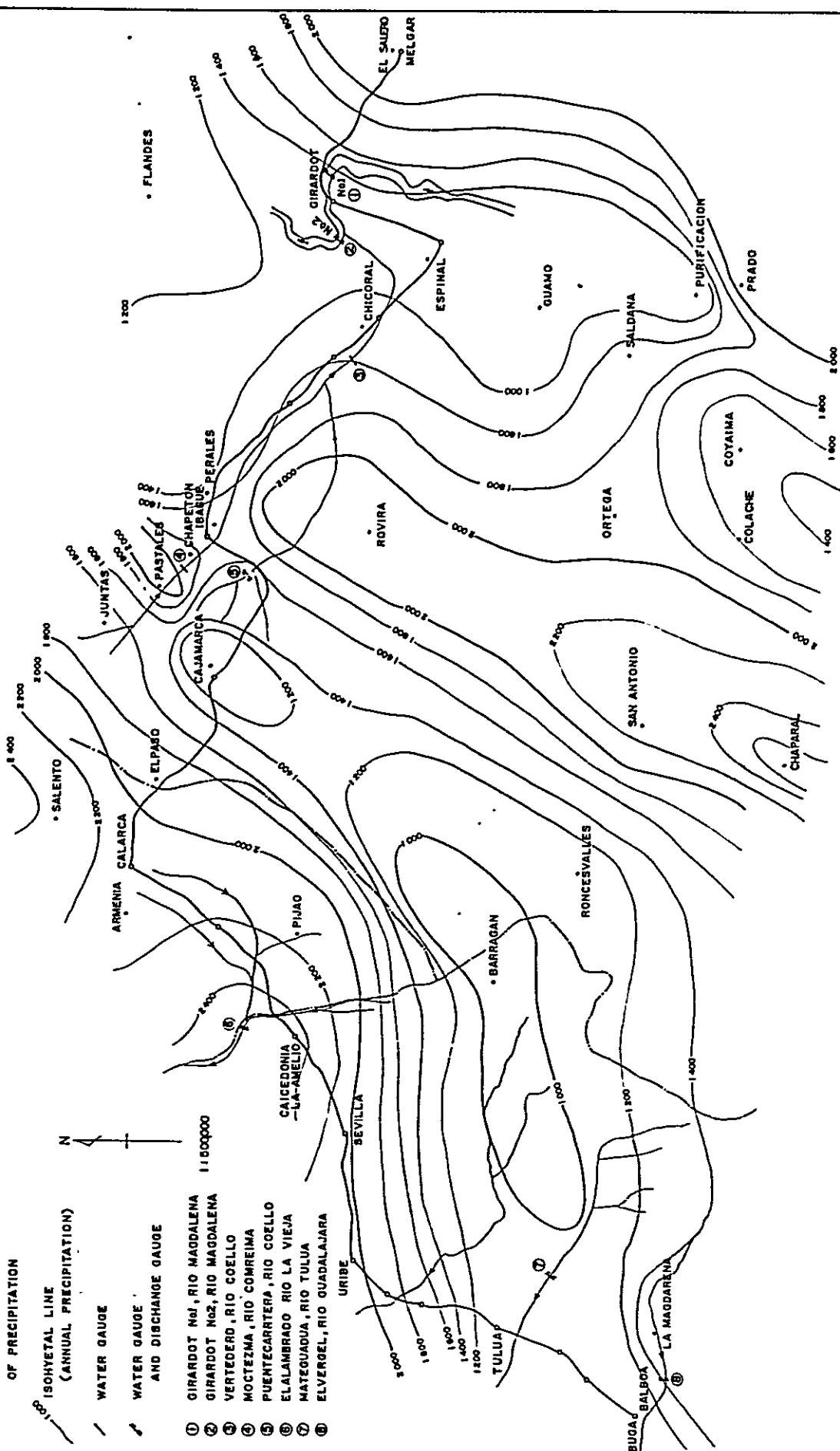


FIG 6-4 ISOHYETAL MAP

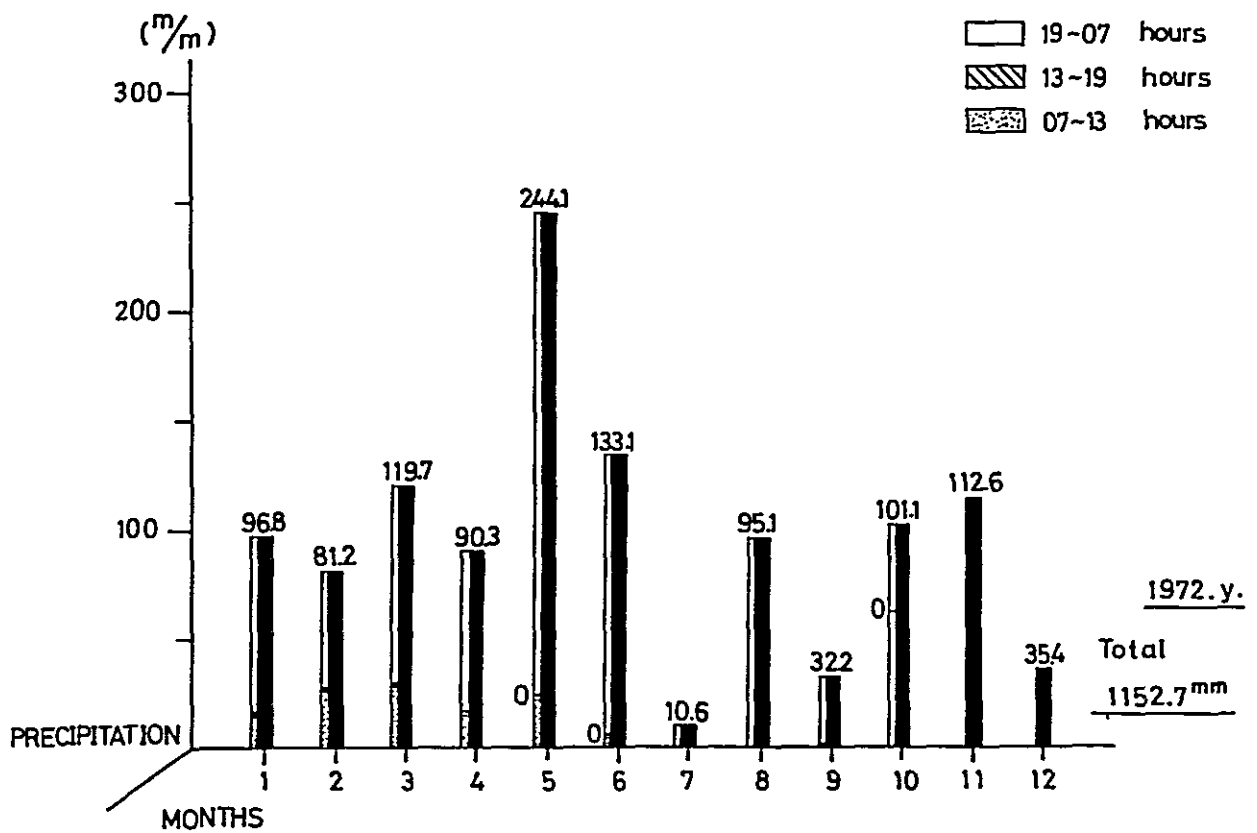
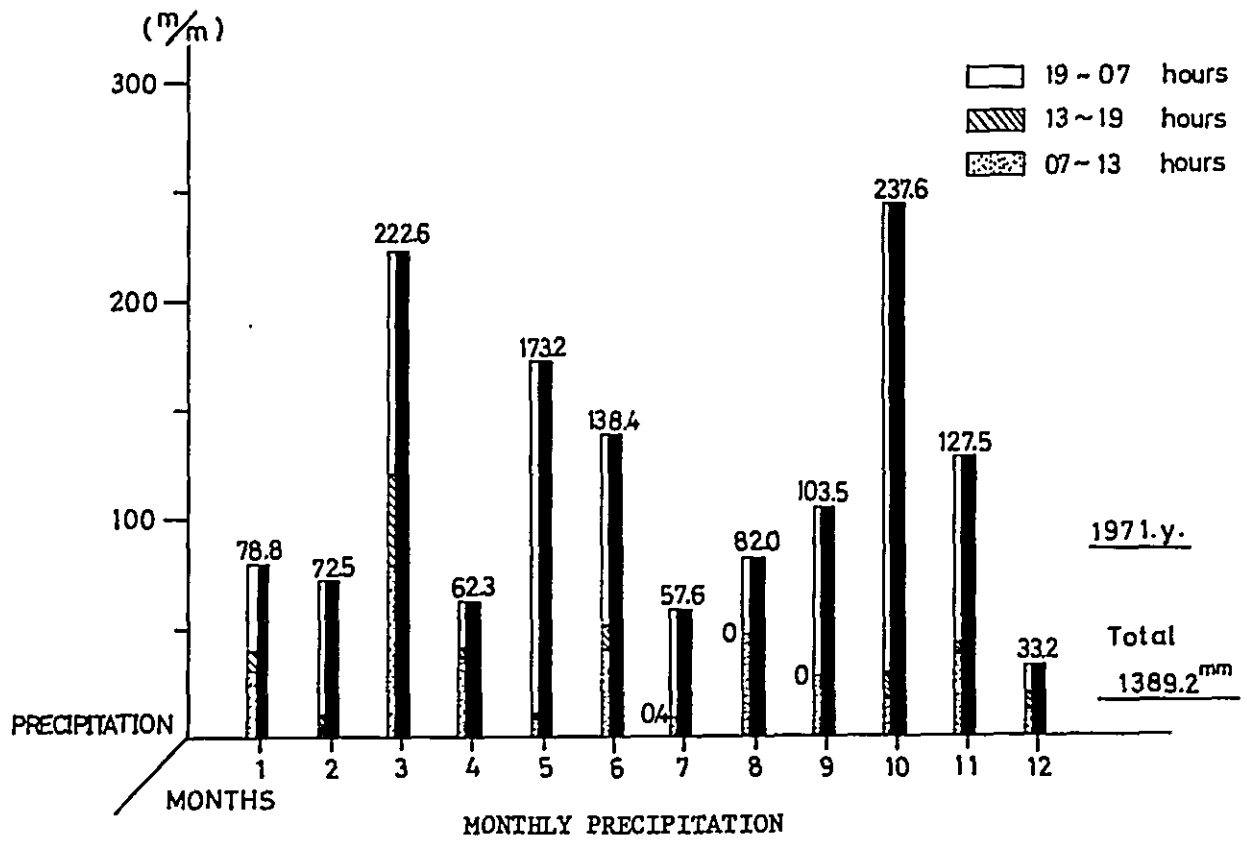


Fig 6-5 MONTHLY PRECIPITATION

#### 6-5-4 Ibagué ~ Calarca 間の災害発生形態

今回の現地調査の結果、災害の発生が中央山脈を通過する Ibagué ~ Calarca 間に集中していることが分った。この区間の現道に対して予想される災害の形態と規模、及びおおよその発生時期をクラス分けすることとした、これらは附表 7-4 に示した。

##### (1) 災害の形態

現道に沿って発生する災害の形態は、次の 4 種類に分けられる。これらは図 6-6 に示される。

1. 地滑り (Landslide)
2. 崩壊
  - a. 表層滑落
  - b. 岩石崩壊
  - c. 落石
3. 路肩からの欠落及び道路の陥没
4. 沢の土石流 (Debris Flow)

##### (2) 災害発生の要因と徴候

地滑り、崩壊、土石流などの災害の形態別に、発生の要因と徴候を抽出すると次のようなものがある。

###### 1) 地滑り Landslide

- i) 滑落崖 Scarp と地滑り土塊 Sliding mass などの地滑りの地形的特徴が明瞭である。
- ii) 過去に大きな地滑りが発生し、まだ崩積土 Colluvial deposit が残っている。
- iii) 小さな崩壊 Failure evidence の形跡が多い。
- iv) 降雨による侵食を受け Gully が明瞭である。
- v) 断層 Fault, 破碎帯 Fracture zone がある。
- vi) 河川による地滑りの末端部の侵食が進んでいる。
- vii) 軟質の火山灰層が厚く Gully erosion が進んでいる。

###### 2) 崩壊 Failure, 落石 Rock Fall

- i) 表層の風化が進んでいる。
- ii) 斜面の傾斜が急である。
- iii) 裸地である。
- iv) 断層 Fault, 破碎帯 Fractured zone の近くで岩盤にクラック crack が多い。
- v) 降雨が集まるような地形をしている。
- vi) 新しい崩壊地がある。

###### 3) 土石流 Debris Flow

- i) 集水面積が大きい。
- ii) 流域に崩壊地が多い。

Ⅲ) 溪床に堆積物が多い。

Ⅳ) 溪床の勾配が大きい。

(3) 災害の規模のクラス分け

災害の規模は航空写真を利用することにより地滑りの形、崩壊地の数と面積を判読し、又現地踏査によって地滑地帯のクラックの開き具合と範囲、節理の具合、断層の幅などを考慮して技術者が総合的に判断して次の三つのクラスに分類した。

L：大規模な災害を発生する可能性があり、一度発生すると一週間程度交通止となるもの

M：中規模程度の災害を起し2～3日の交通止となり、崩積土砂を路上から排除さえすれば良い程度のも

S：小規模な災害が起り、崩壊土石の量はさほど多くなく、片側車線は確保出来る程度の規模

(4) 災害発生時期のクラス分け

災害発生時期は、前記に記した要因と徴候の空中写真判読と現地調査の結果にMOPTの既存調査資料を併せて、技術者が次のように経験的に割出した。

A：極く近い将来に災害が発生する可能性が高く、緊急な対策が必要とされる個所

B：2年ないし3年後に1度の割合で災害が発生するであろうと推定される個所

C：将来災害が発生することは間違いないが、その時期が数年に1度起きるかどうかはっきりしないもの

(5) 災害の規模と発生時期

Ibague～Calarca間には、517箇所にもものぼる災害発生危険箇所が見い出された。上に述べたような危険度と規模にこれらを分類すると表6-13のようにまとめられる。これらの各個所の地形、地質的特徴、災害要因および対策上については、附表7-4に示すとおりである。

517箇所の災害発生危険箇所を、地滑り・崩壊(山側)・崩壊(谷側)及び土石流の4つの形態別に集計すると、それぞれ次の表6-14～表6-18のようになる。

Fig 6-6 Models of Failure

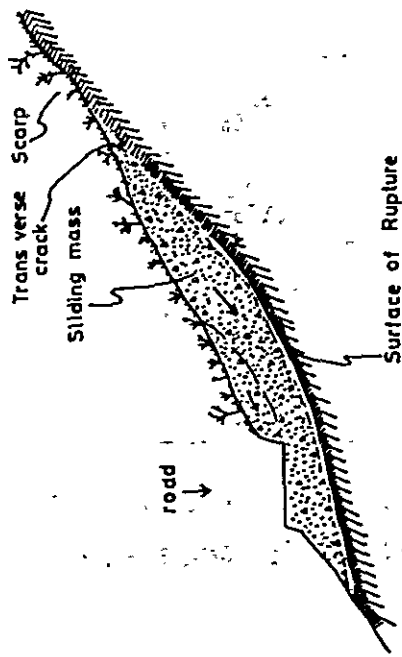


Fig 6-6 (a) Schematic Section of Landslide

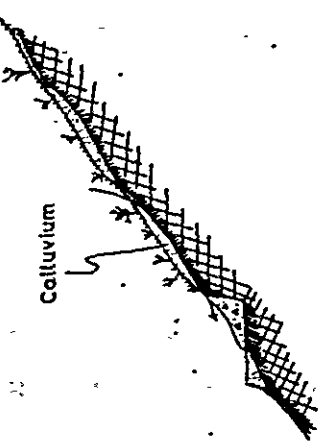


Fig 6-6 (b) Schematic Section of Surface layer fall

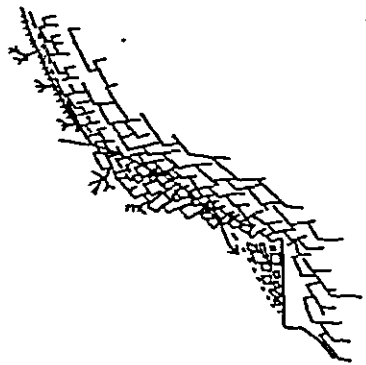


Fig 6-6 (c) Schematic Section Rock avalanches

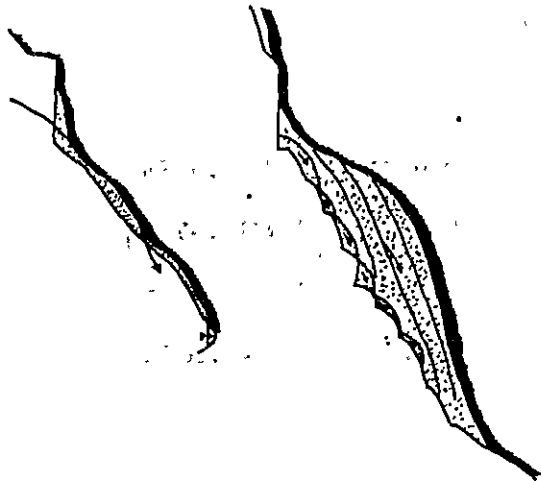


Fig 6-6 (e) Schematic Section of Collapse of The Shoulder

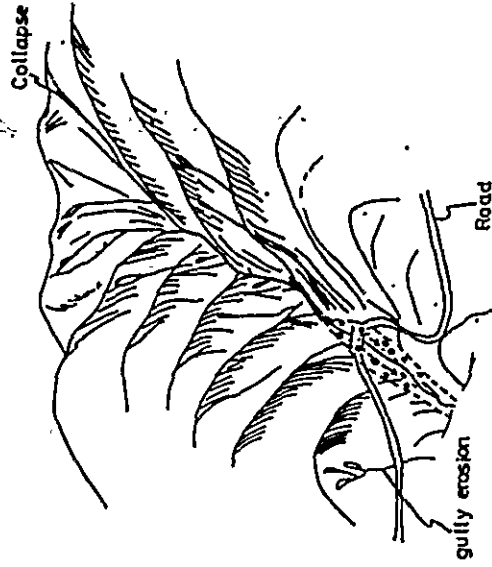


Fig 6-6 (f) Schematic Section of Debris Flow

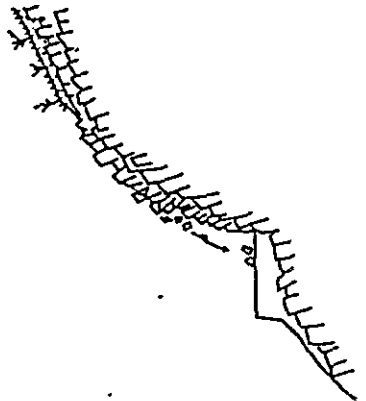


Fig 6-6 (d) Schematic Section of Rock fall



Table 6-13 Number of Danger Spots, and the Extent of Damage

(Number/length)

Probability of Occurrence	Extent of Damage			
	L	M	S	Total
A	35/4,020m	87/6,435m	47/3,032m	169/13,487m
B	17/1,065m	86/5,765m	76/6,520m	179/13,350m
C	3/350m	59/5,090m	107/13,530m	169/18,970m
	55/5,435m	232/17,290m	230/23,082m	514/45,807m

Table 6-14 Number of Locations Susceptible to Landslide

Probability of Occurrence	Extent			
	L	M	S	Total
A	$\frac{16}{2,865m}$	$\frac{2}{100m}$	0	$\frac{18}{2,965m}$
B	$\frac{2}{550m}$	$\frac{6}{625m}$	0	$\frac{8}{1,175m}$
C	$\frac{1}{190m}$	$\frac{2}{240m}$	0	$\frac{3}{430m}$
Total				$\frac{29}{4,570m}$

これらのうち、規模が大きく、かつ現道に重大な影響を与えられ考えられるものは、表 6-15 に示す 17 箇所である。これらの平面図、断面図は附図 6-2 ~ 附図 6-16 に示される。

Table 6-15 Major landslide-prone places

No.	Location	width (m)	Major cause
*LS1	62k520-62k680	160	Fault, ground water
* 2	71k770-72k240	470	Fault, surface ground water
3	73k670-73k920	250	Fault, denaturalized black schist, schistosity
* 4	75k400-75k920	105	do
5	76k520-76k840	320	Fault, ground water
6	77k830-78k080	250	Fault, thick colluvial slope
* 7	81k430-81k500	70	Fault, joint
* 8	82k000-82k300	300	Topsoil running parallel to the ground; heavy weathering
* 9	97k730-97k820	90	Fault, intrusive rock
* 10	101k350-101k550	200	Volcanic ash layer, flood erosion
11	102k860-102k980	120	Volcanic ash layer, surface of unconformity
* 12	106k200-106k280	80	Volcanic ash layer, fault
* 13	106k470-106k540	70	Volcanic ash layer, ground water
14	108k570-108k800	230	do
* 15	112k340-112k520	180	do
* 16	113k000-113k200	200	do
17	119k550-119k650	100	do

- Note 1. Locations shown thus (\*) are points of active landsliding.
2. LS-1 is concerned with the Ibague fault, and is of the rotational slump type occurring at the fracture zone of the granodiorite.
  3. The landslides, LS-2 through LS-9, are caused mainly by weathering of black schist, fracture due to fault, and growth of schistosity. They are mostly of the slide type, rockslide type and debris avalanche type.
  4. The landslides, LS-10 through LS-17, are connected with the loose volcanic ash layer over the extensively weathered black schist, and are caused chiefly by the slide of the volcanic ash layer. They are similar to the so-called Loess flow type landslide. The main external causes that trigger these landslides are
    - erosion due to stormwater, and
    - increase in pore water pressure in the sliding mass.
 The cutting of slopes for road construction also is a factor aggravating a landslide situation.

Table 6-16 Rock Falls

Probability of Occurrence	Extent			
	L	M	S	Total
A	$\frac{6}{595m}$	$\frac{41}{4,340m}$	$\frac{35}{2,825m}$	$\frac{82}{7,760m}$
B	$\frac{2}{130m}$	$\frac{33}{2,670m}$	$\frac{59}{5,845m}$	$\frac{94}{8,645m}$
C	0	$\frac{32}{3,195m}$	$\frac{92}{12,765m}$	$\frac{124}{15,960m}$
				$\frac{300}{32,365m}$

Note: These are collapses associated with the mountainside.

Table 6-17 Collapse of the Shoulder and Road.

Probability of Occurrence	Extent			
	L	M	S	Total
A	$\frac{6}{460m}$	$\frac{25}{1,405m}$	$\frac{1}{60m}$	$\frac{32}{1,025m}$
B	$\frac{5}{305m}$	$\frac{39}{2,370m}$	$\frac{13}{640m}$	$\frac{57}{3,315m}$
C	$\frac{1}{150m}$	$\frac{22}{1,615m}$	$\frac{12}{730m}$	$\frac{35}{2,495m}$
				$\frac{124}{7,735m}$

Note: These are collapses associated with the valley side.

Table 6-18 Debris flow

Probability of Occurrence	Extent			
	L	M	S	Total
A	$\frac{7}{100m}$	$\frac{19}{590m}$	$\frac{11}{147m}$	$\frac{37}{837m}$
B	$\frac{8}{80m}$	$\frac{8}{100m}$	$\frac{4}{35m}$	$\frac{20}{215m}$
C	$\frac{1}{10m}$	$\frac{3}{40m}$	$\frac{3}{35m}$	$\frac{7}{85m}$
				$\frac{64}{1,137m}$

(6) 防災上の問題点

防災上の問題点は Ibagué ~ Calarca 間を 8つの区間に分けた。その概要を以下に述べる。

1) Km 56.000 ~ Km 64.600 間

Ibagué 断層により 花崗閃緑岩が破砕されている。表層は砂状に風化し崩れ易くなっている。よって中～小規模の崩壊、落石の発生が予想される。Km 62.6付近に大きな活動性の地滑りがあるので、早目の対策が必要である。Km 64.8 付近は河川 (Rio Cocora) による洗掘があり早期の対策が必要である。

2) Km 64.600 ~ Km 73.000 間

Km 65.600 ~ 66.500 付近のヘアピンカーブに崩壊、落石などの危険個所が集中している。Rio Cocora による溪岸の侵食が進み、これが道路に影響している。Km 71.5 ~ Km 72.6 付近は侵食の活発な斜面で、地滑り、落石、岩盤崩壊の危険地域である。よって斜面の保護工が必要である。また、Km 71.750, Km 72.800 (Ortega) の土石流に対する対策が必要である。

3) Km 73.000 ~ Km 83.100 間

軽石流堆積物と結晶片岩との不整合面が道路の切土の法面に露出し、そのために不安定な斜面となっている。Km 75.500 の Quebrada Gamboa の土石流対策と地滑り対策が重要な問題である。Km 77.000 ~ Km 80.000 付近は、破砕と強い風化を受けた岩盤が露出し、崩壊、落石、土石流の危険個所が多い。Km 81.500, Km 83.400 の Quebrada Tigre 付近は、土石流と大規模な崩壊の危険性がある。

4) Km 83.100 ~ Km 90.000 間

Km 83.500 ~ Km 85.000 付近は軽石流堆積物と結晶片岩との不整合面が切土の法面に露出し、不安定な斜面を構成している。その他の区間は結晶片岩の風化層の崩壊が予

想される。Km 85.400のQuebrada Cubaの土石流対策が必要である。

5) Km 90.000 ~ Km 100.700間

Km 93.100 ~ Km 94.200およびKm 96.000 ~ Km 97.000間は、断層により破碎された結晶片岩が露出し、これらの崩壊、落石が予想される。Km 93.200 ~ Km 95.000間はRio Bermelonによる溪流浸食があり、この拡大は道路にとって致命的になるので対策が必要である。Km 97.700 ~ Km 97.900間は地すべりと溪流の土石流対策が重要な問題である。

6) Km 100.700 ~ Km 111.000間

Km 101.000 ~ Km 101.700のQuebrada Peralesの両岸に問題がある。左岸が地すべりで沈下している。Km 103.500 ~ Km 105.400は採石場付近に岩盤崩壊、落石の危険性がある。Km 105.400付近から降下火山灰層が分布し、各所で地すべりが発生している。

7) Km 111.000 ~ Km 125.000間

Km 105.400から続く降下火山灰の分布地域で、大きな問題はそれらの地すべりとガリー侵食である。火山灰は固結していないため、降雨による侵食の速度が速い。尾根付近を現道が通過するため、路肩部の斜面の地すべり対策がとくに必要である。

8) Km 125.000 ~ Km 135.600間

この区間は大規模な災害要因は少ないが、火山灰層の崩壊とKm 130.000 ~ Km 135.600間の風化の強い結晶片岩の崩壊に対策が必要である。

## 6-6 地形図

### 6-6-1 入手できる地形図

地形図は改良計画を組み立てるのに欠かすことができないものである。プロジェクト地域をカバーしていて入手できる地図は、表6-19にリストアップされている。

表6-19 入手できる地形図のリスト

場 所	航空写真測量から 得られた地形図	実測地図
Melgar - Espinal	1/10.000 (IGAC)	
Ibague - Km 101	1/25.000 (IGAC) 1/2000 (MOPT)	1/2000 <sup>1)</sup> (MOPT)
Km 101 - La Linea	1/25.000 (空白あり) 1/5.000 (JICA 1980年作製) <sup>2)</sup>	中心線と縦断図 (コンターライン) なし
Calarca - Buga	1/25.000 (IGAC)	

- 注) 1) コロンビア政府によってリハビリテーションプロジェクトのために作製された。  
2) Km 101 - Calarca 区間をカバーしている1/25.000地形図は、多くの空白部を有しているので、JICAは航空写真をIGACから借りて1/5.000地形図を作製した。

### 6-6-2 Ibague - Calarca 区間の地形図

Ibague - Calarca 間 (問題地域である) の1/25.000地形図は、道路の小さな半径のカーブをすべて示せるほど正確でない。したがって、この区間の線形改良の調査は、MOPTの1/2000地形図、JICAの1/5.000地形図、現道沿いの実測で得られている平面図、縦断図にもとづくことになった。

コロンビア政府のリハビリテーションプロジェクトのために測量された平面図上のKmポストは、現地のKmポストとは一致していない。したがって、平面図には2つのKmポストが示されている。このポストの関係は付表6-2に示されている。

## 6-7 道路付帯施設

### 6-7-1 交通安全施設

#### (1) ガードレール

対象道路沿いにはガードレールは、ほとんどない。Ibague - Calarca 区間では、土工事から取り残されている土が道路端で防護柵の役目をしている。これはまた、緑石のように谷側の道路端を視線誘導するのにも使われている。

(2) その他

横断歩道橋，道路照明施設，視線誘導標，カーブミラーなどはない。

6-7-2 交通管理施設

(1) 交通標識

案内標識，警戒標識，規制標識などはあってもほんの僅かである。コロンビア政府によっておこなわれているリハビリテーションプロジェクトによって，新しく交通標識が設置されることになっている。

(2) 道路標示

車道の中心線が白でマークされている。

(3) 交通信号

対象道路では Girardot に唯一の交通信号がある。

6-7-3 非常時の路肩等

Ibagué - Calarca 間の山地部においては，数台の車両が故障によっていつも舗装上に駐車しているのが見られる。これらの中には，修理のために数日間駐車しているものもある。主な故障の原因は過載によるエンジントラブルとシャフトの折損とされている。故障した車両の非常時の駐車のための広いスペースが全く取られていない。

待避所あるいは非常駐車帯の設置間隔を明確にするために，故障した車両の急坂での登坂の平均的な距離を実態調査する必要がある。

## 第7章 改良計画



## 第7章 道路改良計画

### 7-1 概 説

第6章で述べたようにMelgar - Ibague, Calarca - Buga 区間には、特に改良の計画の必要はない。したがって、道路改良はIbague - Calarca 間に限定できる。現在のコロンビアの幾何構造基準をIbague - Calarca間の改良にそのまま適用すれば、最小曲線半径40m, 設計速度40km/hの全く新しい線形を必要とする。このことは厳しい地形と難しい地質条件のために、きわめて高価な投資を意味する。したがって、最も経済的で妥当性のある解決法を選択するためには、幾何構造設計基準を修正して、代替案を採用するようにすべきである。

過去10年間において、対象道路は交通の伸びに合うように段階的に修復されてきている。コロンビア政府と他の筋によって融資されたリハビリテーションが進行中である(第6章参照)。改良計画(P1~P4)を提案するに当たって、現在進行中のリハビリテーション(主に再舗装)が評価に考慮されている。したがって、既存の線形はできるだけ生かして段階的に道路を改良するように提案がなされる。部分的な改良計画が調査検討され、改良のためのいくつかの組合せが実施のために提案されている。

現道の改良案は4つの案、即ち、クリティカルカーブ改良案(P-1)、小規模改良案(P-2)、中規模改良案(P-3)、大規模改良案(P-4)に分類される。これらはこの章の7-2節に記されている。

この回廊の全体にわたる新道建設の計画は、この調査からは外されているが、後日別に調査されることとなろう。

改良の必要な橋梁あるいは構造物は、この章の7-3節に記されているように改良計画の中に含まれている。

線形上の問題に加えて、交通をたびたび途絶させる地すべり、谷側路肩の崩壊、土石流等を含む斜面崩壊の問題がある。

斜面崩壊の対策とその費用は、この章の7-4節で取扱われている。斜面崩壊に関するデータは経済評価によって判断できる勧告を提示するには十分ではないので、主として緊急性の理由により技術的観点から勧告が提示されることになった。

### 7-2 道路改良

#### 7-2-1 道路幾何構造設計基準

改良案P-2, P-3, P-4に適用される幾何構造基準は表7-1に示されている。P-1の場合改良の主な特徴は、線形の修正をしないで、急カーブの拡巾を行なうことである。改良案の標準横断図は図7-1, 7-2に示されている。

第6章で見られるように改良案P-2とP-3が必要な曲線と区間は、Ibague - Calarca

Table 7-1 GEOMETRIC DESIGN CRITERIA OF THE IMPROVEMENT PLANS

	Improvement of Existing Road		New Road Construction		
	Minimum Scale Improvement Plan		Large Scale Improvement		
	Medium Scale Improvement Plan	Girardot bypass	Ibague bypass	Coello La Linea bypass	by pass
Terrain	M	P	R	M	M
Design Speed (Km/h)	30	80	60	40	30
Roadway width (m)	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Shoulder width (m)	1.00	2.50	2.50	2.00	1.00
Carriage way width (m)	9.00	12.00	12.00	11.00	9.00
Max. Vertical Gradient (%)	10	4	5	6	10
Min. Radius (m)	25	250	250	50	25
Convex Min. Length (m)	40	60	40	20	40
Concave Min. Length (m)	15	30	14	4	15
Vertical Curve		60	40	20	40
Parameter Kv=L/A	15	22	15	8	15
Min. Stopping Sight Distance (m)	30	110	70	40	30
Passing Sight Distance (m)	150	420	320	220	150
Passing Opportunity in 5 km (%)	30	60	60	40	30
Structure width (m)	9	9	9	9	9
Construction Gauge (m)	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60
Max. Superelevation (%)	10	6	8	10	10

Note: P - Plain, R - Rolling, M - Mountainous

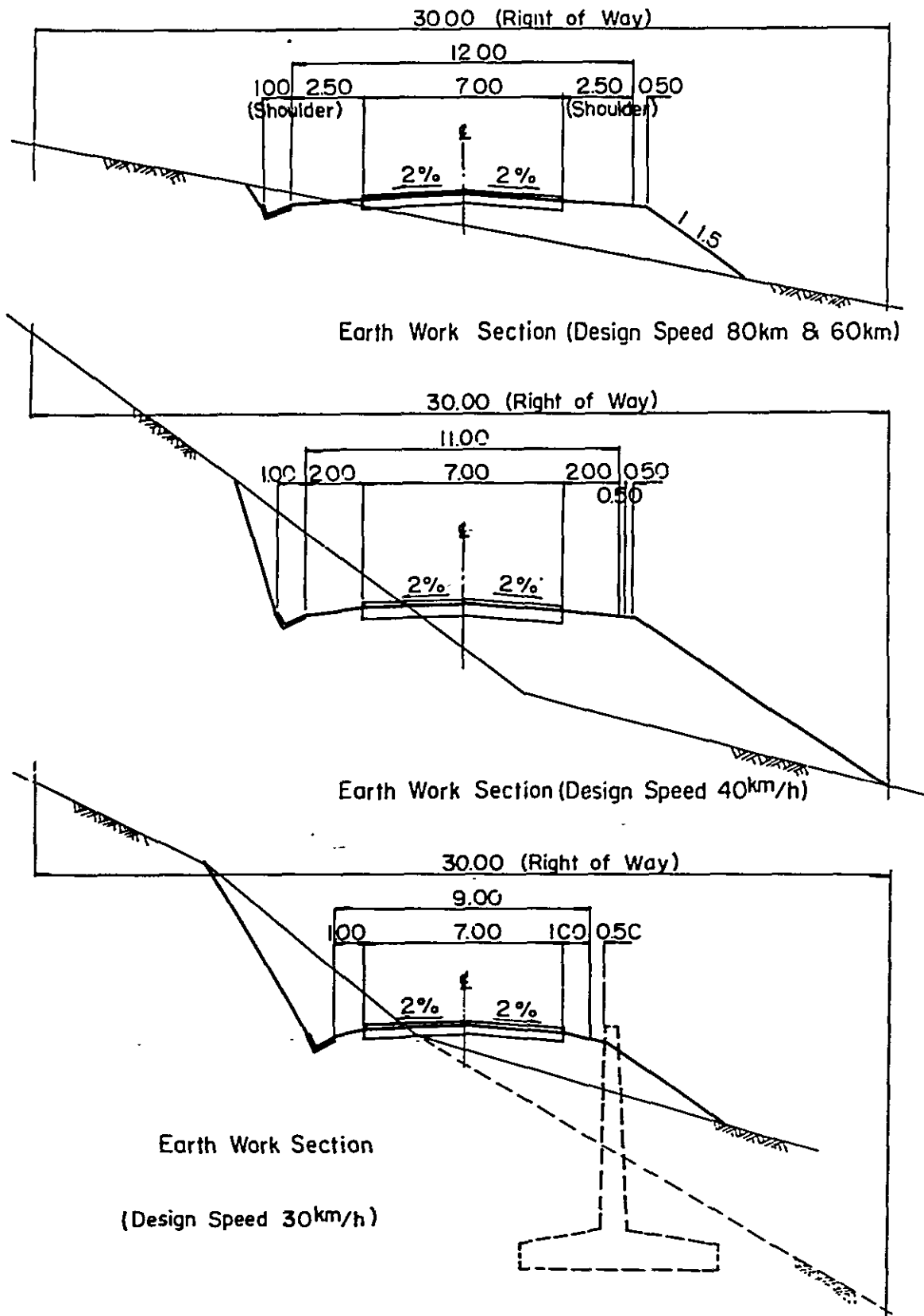
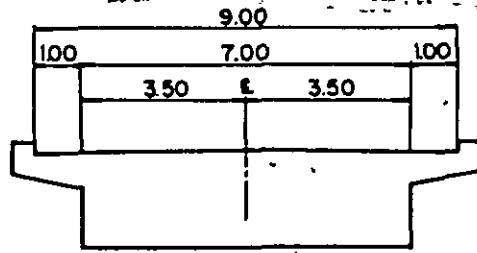
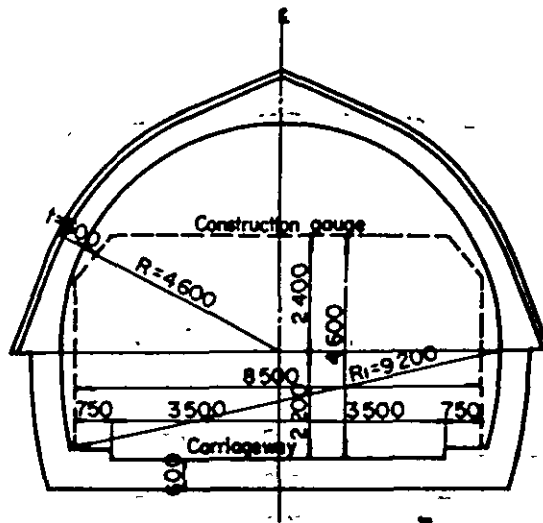


Fig 7-1 Typical Cross Sections of Earth Work Segment



Section of Structures



Section of Tunnels

Fig 7-2 Typical Cross Section of Structures and Tunnels

間に位置している。大規模改良案P-4は、Girardot, Ibage, Coello La Linea のバイパスのためにのみ調査検討されている。

#### 7-2-2 クリティカルカーブ改良案(P-1)

##### (1) 線形

現道が平面・縦断線形をそのままにして、急で狭い巾員のカーブを拡巾するものである。拡巾によって道路の路肩を使って大型トラックとセミトレーラのすれちがいができるようにするものである。曲線でのすれちがいの条件は付7-1に述べられ、改良の必要な曲線は付表7-3に記されている。

##### (2) 舗装

たいていの場合には、改良案P-1のもとでの曲線の改良は既存のカーブの路肩を拡巾して、舗装することによって行なわれる。拡巾部の舗装は現道の他の区間と同じにするものである。

##### (3) 経済評価からの除外

クリティカルカーブ改良案は、他の改良案と同様に設計・積算が行なわれているが、この改良案は改良規模がきわめて小さく、しかも、改良案(P-1)は、もっと高いレベルの改良水準の小規模改良案、中規模改良案に含められるということが明らかになった。したがって、クリティカルカーブ改良案(P-1)は経済評価から除外されることになった。

#### 7-2-3 小規模改良案(P-2)

##### (1) 線形

この案の下にあっては、急で狭い曲線が次の基準を適用して改良されることになる。

- 1) 曲線半径：平面線形は設計速度30Km/hの最小曲線半径25m以上に改良される。  
縦断線形は変更されないでそのままとする。
- 2) 巾員：曲線半径が25m以上であっても巾員が十分でないところでは、既存の曲線に対する基準にしたがって拡巾される。
- 3) 横断構成：車道上で2台の大型トラックがすれちがえるように、また路肩を通過して2台のセミトレーラがすれちがえるように改良される。
- 4) 制動停止視距：曲線半径が25mで半径に見合った拡巾が実際に行なわれると、制動停止視距の30mは自動的に確保される。

(付7-2 曲線部での制動停止視距の確保

付表7-3 すれちがい条件の現状と改良案の要約を参照)

##### (2) 舗装

改良案は曲線の線形改良を提案するものであるから、車道はその結果再構築されて、現道と同じに舗装されることになる。また同様に路肩も既存道路の路肩と同じに舗装されることになる。

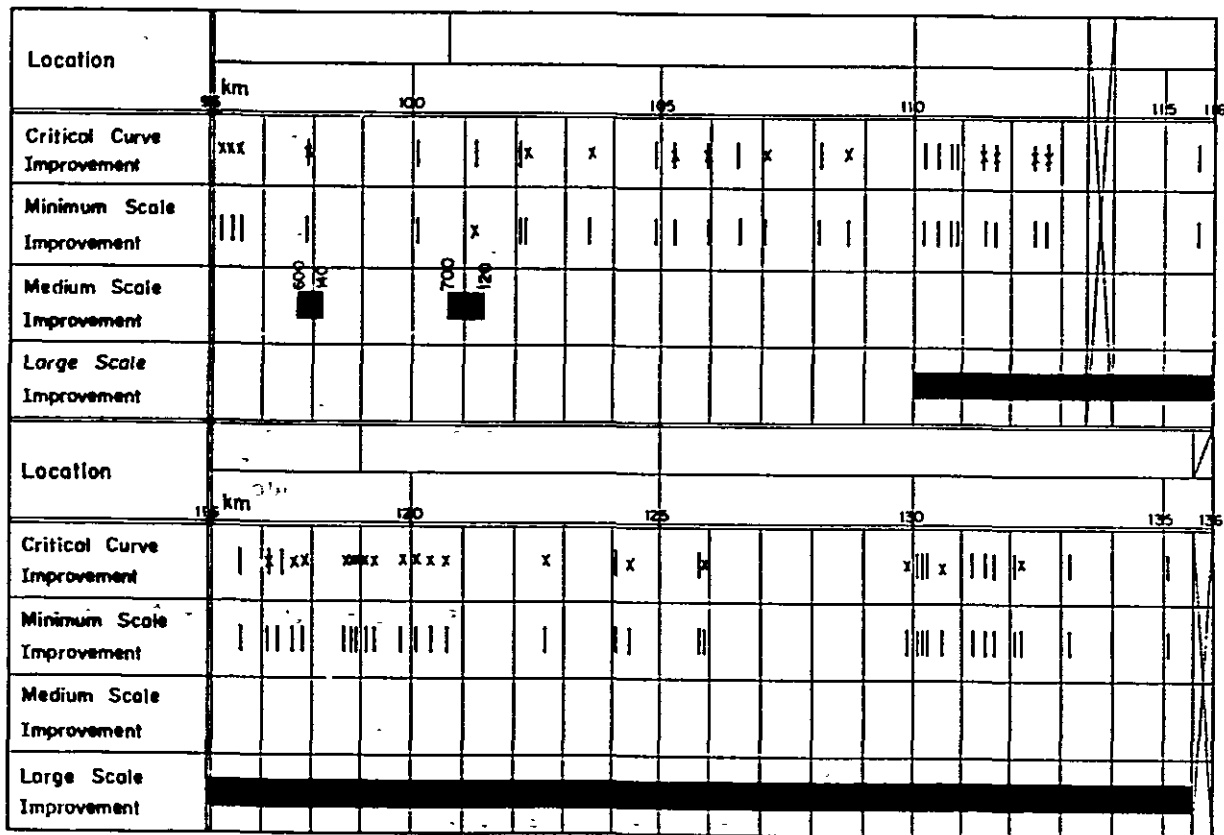
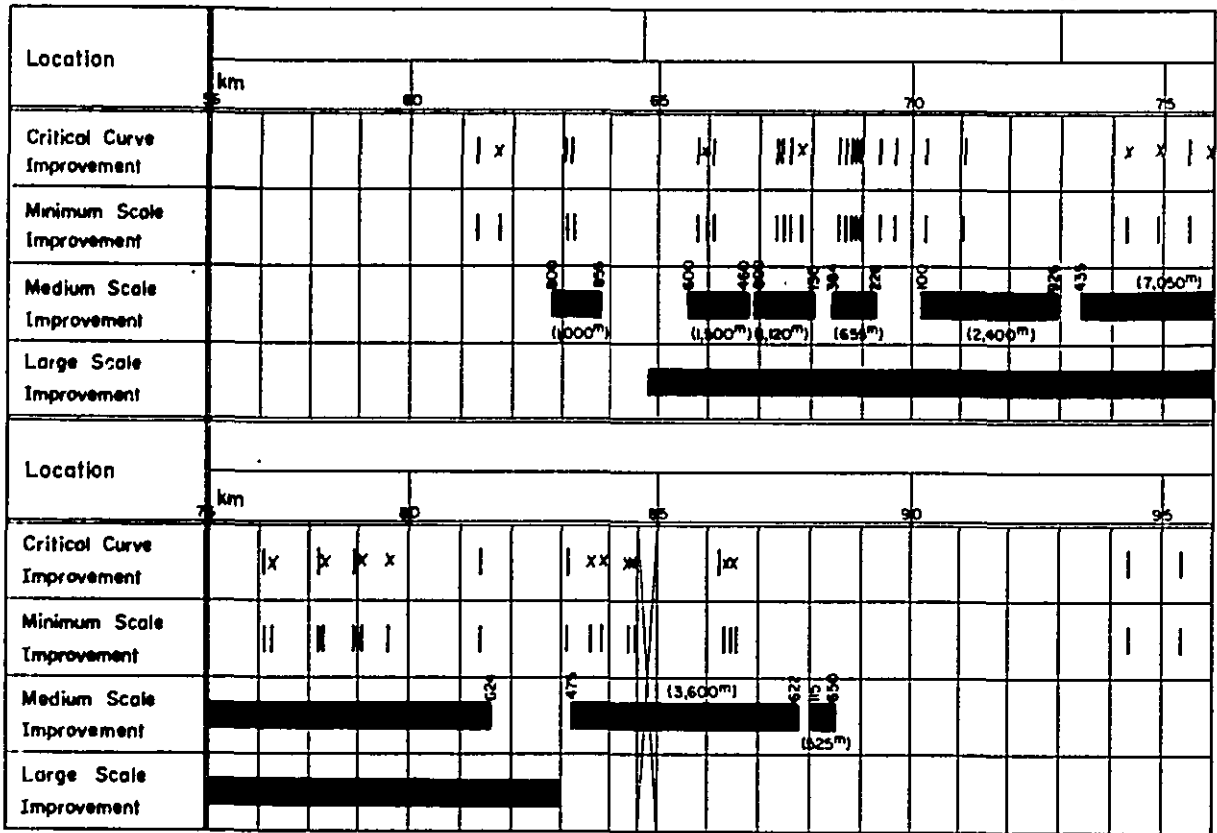
**Table 7-2 Number of Curves for Minimum Scale Improvement Plan by Subsection**

Road Subsection	Location		Number of curves for Minimum Scale Improvement Plan
	km	km	
01	61.3	62.8	2
02	62.8	63.9	2
03	63.9	68.4	7
04	68.4	69.2	5
05	69.2	70.1	2
06	70.1	71.3	2
07	71.3	73.4	0
08	73.4	75.2	2
09	75.2	75.7	1
10	75.7	81.1	7
11	81.1	81.6	1
12	81.6	83.5	1
13	83.5	88.7	7
14	88.7	97.6	5
15	97.6	98.2	1
16	98.2	100.7	1
17	100.7	102.1	2
18	102.1	135.6	54
	Total		102

Notes: Details are shown in Annex Table 7-3.

Fig.-7-3 Location of Improvement Plans  
(Ibague - Calarca)

Note x No Improvement  
I Improvement



Note : Location is relative to construction km post.

(3) 改良の必要な曲線

改良される曲線の数は表7-2に示され、さらに詳しい情報は付表7-3に示されている。改良案の位置は図7-3に示される。

7-2-4 中規模改良案(P-3)

(1) 線形

中規模改良案(P-3)は、貧弱な線形を持ち、斜面崩壊の起りやすい現道のある延長の区間に新しい線形を提案するものである。新しい線形はこの改良の水準に適用できる次の設計基準にかなっているものである(表7-1参照)。改良案の位置は、図7-3に示されている。

- 曲線半径 : 25 m以上
- 横断面 : 車道7 m巾員  
路肩1 m (両側に)
- 縦断勾配 : 8%以下
- 制動停止視距 : 30 m以上

(2) 舗装

新しい線形の区間は、現道の舗装と同じような舗装をすることとなる。路肩は現道の路肩と同じように舗装される。舗装厚はアメリカのAsphalt Instituteの設計基準がコロンビアで一般に使用されているので、それを適用して設計される。

改良案P-3の新しい線形の路床のCBR値は第6章の表6-5に示されている。舗装厚の決定は、付-7-3に記され、結果として出ている舗装厚は表7-3に示されている。

Table 7-3 Pavement Thickness Applied for the Medium Scale Improvement Plan

	km56 - km70	km70 - km102
Surface Course	5.0cm	5
Base Course	20 cm	15
Sub base Course	-	20
Total	25.0cm	40.0cm

Remarks: The difference in thickness is due to the difference in CBR values of the subgrade.

(3) 法面保護工

法面の崩壊を防ぐために、法面保護工をそれぞれの新しい線形に対して計画する。法面保護工は図7-4に示される通りである。

主要な計画された橋とトンネルは表7-7に示すとおりである。

(4) 中規模改良案(P-3)の区間

中規模改良案で改良される区間は表7-4に示される。



Fig 7-4 Selection of Slope Protection

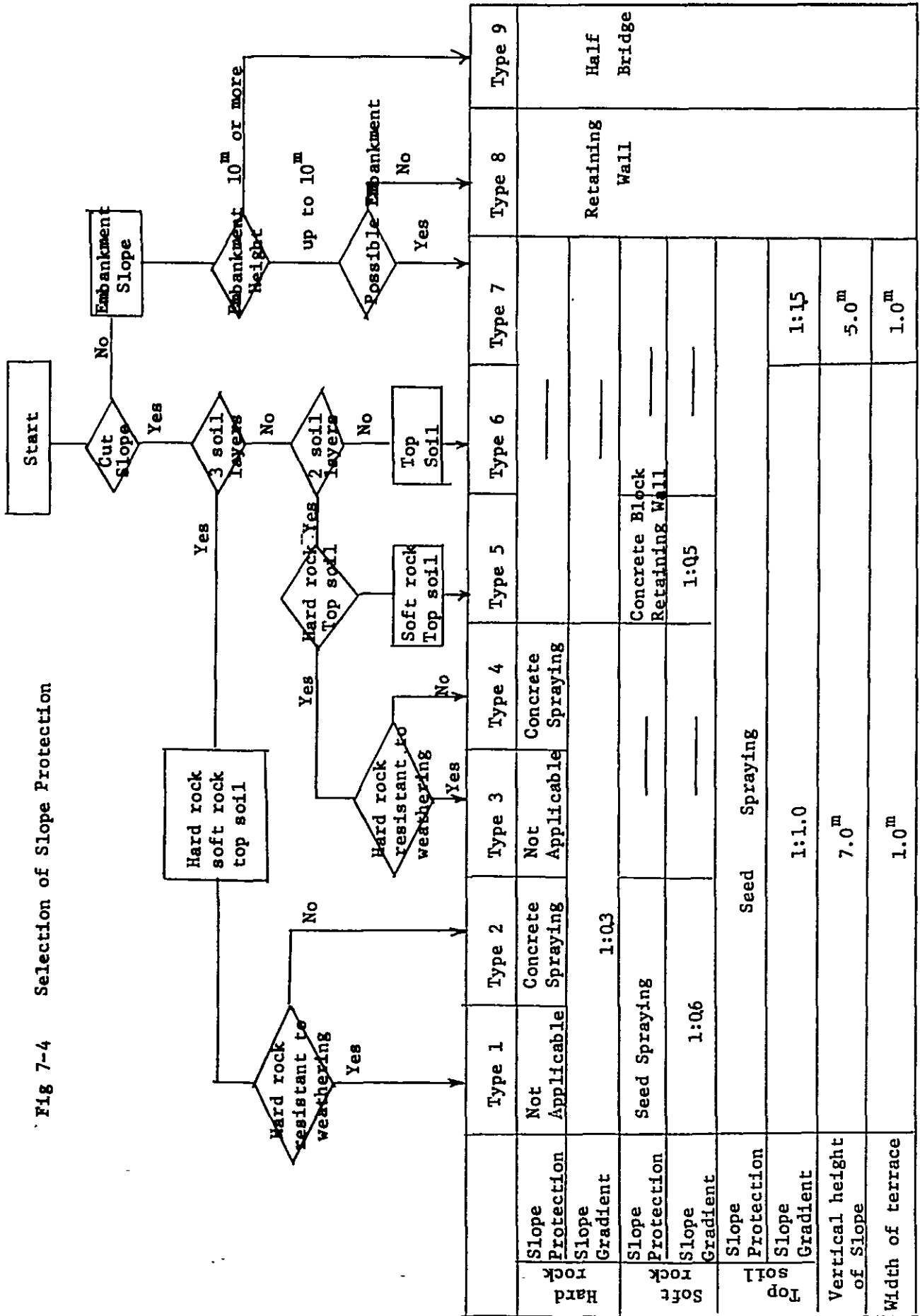


Table - 7.4 Geometric Structure of Medium Scale Improvement Plan

Section	02		03		03		04		061-07		08-11		13		13		15		17	
	Km	N/A	Km	N/A	Km	N/A	Km	N/A	Km	N/A	Km	N/A	Km	N/A	Km	N/A	Km	N/A	Km	N/A
	62,800		65,600		66,800		68,384		70,100		73,435		83,475		88,115		97,600		100,900	
	63,855		66,760		68,130		69,228		72,926		81,624		87,622		88,650		98,140		102,120	
Vertical Alignment (M)	E/A	N/A	E/A	N/A	E/A	N/A	E/A	N/A	E/A	N/A	E/A	N/A	E/A	N/A	E/A	N/A	E/A	N/A	E/A	N/A
	0-2	0	0	0	273	0	0	0	354	1,005	585	2,590	161	300	52	194	280	0	0	0
	2-4	0	0	0	362	570	0	0	256	515	1,896	1,615	431	0	197	500	189	0	500	0
	4-6	157	0	0	695	550	376	0	786	140	2,148	2,035	140	3,300	286	0	0	0	920	0
	6-8	898	1,000	866	1,500	0	468	655	1,223	740	3,441	810	1,130	0	0	157	0	0	0	722
	8-10	0	0	294	0	0	0	0	207	0	119	0	1,924	0	0	0	0	0	0	0
10-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total	1,055	1,000	1,160	1,500	1,330	1,120	844	655	2,826	2,400	8,189	7,050	3,786	3,600	535	0	540	280	1,420	722
No of Horizontal Curves	- 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	15-20	2	0	2	0	0	4	0	1	0	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0
	20-25	2	0	1	0	4	0	3	0	0	5	0	7	0	0	2	0	0	0	0
	25-30	1	0	1	0	3	0	2	0	2	10	0	3	0	0	0	0	0	3	3
	30-45	0	2	4	1	12	0	7	0	8	24	4	18	0	1	0	0	0	3	0
Total	5	2	8	1	19	0	16	0	11	0	44	4	31	0	1	0	2	0	7	3

Note : E/A Existing Alignment N/A New Alignment Km Value is dependent on predetermined km post for construction.

Table 7-5 Length by Gradient of Large Scale Improvement Plans

(Km)

	Girardot Bypass		Ibague Bypass		Coello Bypass				La Linea - Calarca	
	Existing Road	Bypass	Existing Road	Bypass	Route 1		Route 2		Existing Road	Bypass
					Existing	Bypass	Existing	Bypass		
0 - 2 %	41.0	36.4	3.35	2.10	1.78	0.70	1.78	3.15	0.66	2.20
2 - 4 %	6.5	3.8	4.56	2.65	3.23	4.85	3.23	4.20	1.68	3.25
4 - 6 %	2.6	2.3	1.52	2.25	4.81	1.10	4.81	3.05	0.70	4.35
6 - 8 %	0	8.7	1.34	1.95	6.58	4.50	7.51	4.80	3.66	17.35
8 - 10 %	0	0	0.26	0	0.53	9.60	0.53	8.75	18.50	2.70
10 - %	0	0	0	0	0.12	0	0.12	0	1.20	0
Total	50.1	51.2	11.03	8.95	17.05	20.75	17.98	23.95	26.40	29.85

### 7-2-5 大規模改良案

大規模改良案は対象道路の中から4つのバイパス計画案として提案されたものである。4つのバイパスは、Girardot, Ibague, Coello, La Linea のバイパスである。大規模改良案に適用される設計基準は表7-1に示すとおりである。

道路の勾配を6区分にして、それぞれの延長がまとめられている。同様にして現道の勾配別延長も同じ表7-5に示されている。舗装厚は中規模改良案と同じ方法で決められ、表7-6にその結果が示されている。

法面保護工は、急峻な山地部の新道のバイパスの必要なところに計画されている。

法面保護の方法は図7-4に示されている。バイパス案の数量とコストは、それぞれのバイパス案ごとに算出され、第9章の9-5に述べているように経済評価に供された。

Table 7-6 Pavement Thickness used for the Large Scale Improvement Plan P-4

	(cm)			
	Girardot Bypass	Ibague Bypass	Coello Bypass	La Linea Bypass
Surface Course	5	5	5	5
Base Course	15	15	15	15
Subbase Course	20	20	20	20
Total	40	40	40	40

経済評価の結果、これらのバイパス案は、いずれも今すぐに着工するにはフィージブルではないということがわかった。

### 7-2-6 数量積算

先述のP-1からP-4までの改良案の工事数量は下記の縮尺の平面図と縦断図を使って算定される。

改良案	道路区間	図面縮尺
P-1 ~ P-3	Ibagué - Km 100.7	1 : 2000
	Km 100.7 - Calaca	1 : 5000
P-4	Girardot Bypass	1 : 10000
	Ibague Bypass	1 : 2000
	Coello Bypass	1 : 25000
	La Linea Bypass	1 : 5000

算定された数量は、第8章に述べられている改良費用の算定の中に含まれている。

Table 7-7 Planned Major Bridges and Tunnels Page (1)

1. Critical Curve Improvement Plan ..... Not Applicable

2. Minimum Scale Improvement Plan

Section	Station	Distance along existing road	Location	Length	Type
10	-	Km 78.2	Q.Curalito	30m	PC
11	-		Q.Cerajosa	40m	PC

3. Medium Scale Improvement Plan

Section	Station	Distance along existing road	Location	Length	Type
Km 65,600	03 No. 3	Km 65.7	Q.	30m	PC
Km 66,760	03 No. 12	Km 65.8	Q.	40m	PC
Km 66,800	03 No. 2	Km 66.9	Q	20m	PC
Km 68,130	03 No. 3	Km 67.0	Q	20m	PC
	03 No. 5	Km 67.1	Q	40m	PC
	03 No. 14	Km 67.5	Q	50m	PC
	03 No. 18	Km 68.1	Q	80m(2x40m)	PC
Km 68,384	04 No. 2	Km 68.6	Q	20m	PC
Km 69,228					
Km 70,100	06 No. 3	Km 70.3	Q	40m	PC
Km 72,926	06 No. 17	Km 71.1	Q	80m(2x40m)	PC
	07 No. 31	Km 72.0	Landslide		Tunnel
Km 73,435	08 No. 10	Km 74.0	Q	30m	PC
	08 No. 16	Km 74.2	Q	30m	PC
Km 81,624	08 No. 27	Km 74.8	Q	40m	PC
	08 No. 30	Km 75.0	Q	20m	PC
	09 No. 36	Km 75.3	Q.Gamboa	170m(50m+70+50)	PC
	10 No. 44	Km 75.9	Q	80m(2x40m)	PC
	10 No. 52	Km 76.3	Landslides	790m	Tunnel

Note: major Bridge Means 20m or more long bridge.

Section	Station	Distance along existing road	Location	Length	Type	
Km 73,435	10	No.68	Km 77.2	Q.	20 m	PC
	10	No.71	Km 77.4	Q.	60m(2x30m)	PC
—	10	No.74	Km 77.6	Q	50m(20m+30m)	PC
Km 81,624	10	No.81	Km 77.9	Q	40 m	PC
	10	No.84	Km 78.2	Q.Curalito	70m(30m+40m)	PC
	10	No.86	Km 78.4	Q	20 m	PC
	10	No.87	Km 78.5	Q	60m(2x30m)	PC
	10	No.91	Km 78.8	Q	130m(40+3x30m)	PC
	10	No.95	Km 79.0	Q	110m(30+2x40m)	PC
	10	No.101	Km 79.2	Q	60m(2x30m)	PC
	10	No.105	Km 79.6	Q	80m(2x40m)	PC
	10	No.109	Km 79.7	-	30 m	PC
	10	No.113	Km 80.0	-	60m(2x30m)	PC
	10	No.116	Km 80.2	Q	50m(20m+30m)	PC
	10	No.118	Km 80.3	Q	70m(40m+30m)	PC
	10	No.125	Km 80.6	Q	90m(3x30m)	PC
11	No.138	Km 81.3	Q.Cerajosa	60m(2x30m)	PC	
Km 83,475	13	No. 8	Km 83.9	Q	140m(3x40m+20m)	PC
	13	No.19	Km 84.9	-	40 m	PC
—	13	No.21	Km 85.0	Q	60m(2x30m)	PC
Km 87,622	13	No.25	Km 85.1	Q	50m(30m+20m)	PC
	13	No.29	Km 85.4	Q	40 m	PC
	13	No.36	Km 86.0	Q	90m(3x30m)	PC
	13	No.42	Km 86.2	Highland	250 m	Tunnel
	13	No.53	Km 86.7	Q	70m(40m+30m)	PC
	13	No.60	Km 87.0	Q	20 m	PC
	13	No.64	Km 87.2	Q	50m(20m+30m)	PC
Km 97.6	15	No. 3	Km 97.8	Q.Los Marias	170m(50m+70m+50m)	PC
Km 98.2						
Km 100.7	17	No. 3	Km 101.5	Q.Perales	170m(50m+70m+50m)	PC
Km 102.1					+ 188m(10m+5x14m + 10m+3x30m+8m)	

Note: Long span bridge means 20 m or more long bridge.

Q: Quebrada means mountain stream in Spanish.

4. Large Scale Improvement Plan

Section	Station	Location	Length	Type
Girardot Bypass	No.0+170	Q	30 m	PC
	No.4+000	Q	20 m	PC
	No.8+450	Q	20 m	PC
	No.11+600	Q	20 m	PC
	No.12+730	Q	20 m	PC
	No.17+700	Q	20 m	PC
	No.20+350	Q	40 m	PC
	No.30+150	Rio Magdalena		PC
	No.42	Bogota-Meiva Road	60m(2x30m)	PC
Ibague Bypass	STA 1+030	Rio Combeima	110 <sup>m</sup> (30 <sup>m</sup> +50 <sup>m</sup> +30 <sup>m</sup> )	PC
	STA 1+785	Q	20 m	PC
	STA 2+475	Q	80 <sup>m</sup> (2x40 <sup>m</sup> )	PC
	STA 3+315	Q	20 m	PC
	STA 6+600	Q	80 <sup>m</sup> (2x40 <sup>m</sup> )	PC
	STA 7+910	Q	20 m	PC
	STA 8+475	Q	20 m	PC
Coello Bypass Route 1	STA 1+600	Q	30 m	PC
	STA 2+650	Q	30 m	PC
	STA 3+050	Q	20 m	PC
	STA 3+850	Q	30 m	PC
	STA 4+040	Q	20 m	PC
	STA 5+200	Q	20 m	PC
	STA 8+000	Q	40 m	PC

Note: From STA 13+200 to the end, the route runs on Route 2.

Section	Station	Location	Length	Type
Coello Bypass Route 2	STA 2+340	Q	20 m	PC
	STA 3+700	Q	20 m	PC
	STA 13+200		950 m	Tunnel
	STA 19+010	Q	30 m	PC
	STA 21+600	Q	20 m	PC

### 7-3 橋梁及び構造物の改良

#### 7-3-1 設計基準，使用材料

コロンビアでは現在 AASHTO の基準を使用して橋梁の設計を行っている。日本の構造基準と AASHTO 1977 年の規準を比較した結果，荷重体系，許容応力度のとり方等大きな差がないので，新規橋梁の計画には日本の構造規準が適用されることになった。新規構造物設計に使用した材料は MOPT と打合せの結果次の通りである。

##### (1) 使用材料及び強度

構造物  
コンクリート ; F.C = 210 kg/cm<sup>3</sup> 下部工，カルバート  
F.C = 270 kg/cm<sup>3</sup> 床版，橋脚  
F.C = 350 kg/cm<sup>3</sup> プレストレストコンクリート  
F.C = 400 kg/cm<sup>3</sup> 片持ち工法，早強コンクリート

PC 鋼材 ; フレシネ指針を適用する。

鉄筋 ; 降伏点応力度  $f_y = 3000 \text{ kg/cm}^2$

##### (2) 設計荷重

死荷重 ; 死荷重は構造部材中の全ての部品の重量を考慮した。舗装は将来のオーバーレイを考慮して  $230 \text{ kg/m}^2$  とした。

活荷重 ; 活荷重は AASHTO HS-20 が使用されているが，これに相当する荷重として日本の規格 TL-20 を使用する。(附図 7-12 参照)

##### (3) 地震の規準

現在日本においては震度法 ( The equivalent static force method ) ，修正震度法 ( 震度法の設計震度を修正した耐震設計法 ) ，動的解析法 ( Dynamic force method ) の3つの方法を構造物の規模，計画の程度に応じて使いわけている。

今回の調査では震度法を設計に用いる。MOPT と協議の結果，最大予想加速度 ( maximum expected acceleration at bedrock at the site ) を  $A = 0.09g$  ( Zone III ) とし水平震度を 0.1 とした。

#### 7-3-2 改良案についての基本方針

道路の改良方針に従って構造物の改良計画を行なう。道路改良に伴う構造物の改良の基本方針は以下の通りである。

##### (1) 小規模改良案

小規模改良案においては，現道の線形が規準以下の箇所に対して，橋梁及び構造物の拡巾を考慮した。但し，小規模改良案の費用計算には橋梁拡巾は含まれていない。

##### (2) 中規模改良案

中規模改良案においては，道路の新設部分および線形改良のための構造物の新設が必要となる。また K75+500，K97+500，K101+200 において地すべり対策として橋



梁を計画した。

(3) 大規模改良

大規模改良については、前記中規模改良に加えて Giraldot Bypass (橋長 300m)、Ibague' Bypass (橋長 150m) の計画及び La Linea ~ Calarca 間の線形改良に伴う中小橋を計画した。

上記、工費積算及び費用便益計算の結果、大規模改良案は適当でない事が判った。

7-3-3 道路改良に伴う新規構造物

(1) 対象道路の改良計画に伴って、橋梁および構造物が新規に計画された。これらの橋梁及び構造物に使用される材料は表 7-8, 7-10 に示されている。その他の資料については附図 7-6 ~ 7-10 に示した。

(2) 一般的な橋梁及び構造物

対象道路の橋梁及び構造の設計は標準化を積極的に進めた。

標準化することによって設計及び施工段階で次のような利益が得られる。

大部分の構造物は標準の範囲内にあるので、特殊な設計の数を最小にし設計の段階を節約できる。

建設段階では建設業者は同じ型枠、配筋、建設手順を使用することができる。一方、建設業者の技術、質を向上させ労働力、材料を減少させることができる。

現地調査及び MOP/T との協議により、普通規模の橋梁、構造物の建設においては、コンクリート構造が経済的かつ国内業者が施工できるという有利性があると判断した。日本の標準設計及びコロンビアの標準設計から、種々検討し次に示すような構造物の標準設計を作成した。これらの構造物は各改良案に適用されている。

- (i) 鉄筋コンクリート床板橋 (支間 5.0m, 10.0m)
- (ii) プレストレストコンクリート橋 (支間 20.0m, 30.0m, 40.0m)
- (iii) ブロック積擁壁 (H = 5m, 7m)
- (iv) 逆 T 式橋台 (H = 7m, 10m)
- (v) 逆 T 式擁壁 (H = 5m, 7m)
- (vi) 鉄筋コンクリートカルバート
- (vii) 片 棧 橋

上記の橋梁及び構造物は、図面集に集録されている。

(3) 特殊橋梁および構造物

1) 地すべり地帯に設置する構造物

本調査区間中 Ibague' ~ Caralca 間の山岳地は大小の地すべりによる被害の多発している地域である。これら地すべりの道路交通に及ぼす影響を最小にするため改良案を提案した。

## 2) 橋 梁

K75+500 (Quebrada Gamboa), K97+500 (Quebrada Losmarías); K101+200 (Quebrada Perales) の3地点の地すべり部に対して、主として地形上の理由から橋梁による改良案を検討した。

これらは、地すべり範囲、地耐力、地形等の地質状況及び曲線半径、縦断勾配等の道路特性等により、構造的な妥当性、経済性等を考慮し、最適な構造を提案したものである。

### i) K75+500 (Quebrada Gamboa)

この地点は過去2回の土石流により橋が破壊された場所であり、現在でも危険な地点の一つである。土石流を抑制する工法と比較するため、地山が移動している範囲を避け、かつ、橋梁支間が最小になる曲線箱げたを提案した。

### ii) K97+500 (Quebrada Losmarías)

この地点は沈下量の最も大きな地点の一つであり、過去に1 m以上の余盛を行なっている。地形条件、ボーリング資料より経済性を考慮してPC箱げたを提案した。

### iii) K101+200 (Quebrada Perales)

この地点は地滑りの範囲規模が大きく、いつ地すべりが発生してもおかしくない地点である。又、縦断勾配が大きい事、斜面上に基礎を多く設置する事から地すべり地帯を避ける位置にPC箱げた橋及び片栈橋を組合せた橋を提案した。

上記橋梁は図面集に集録されている。

## 3) 片 栈 橋

地すべり地帯においては、地すべりを誘発する力を極力小さくするため、経済性の許す範囲で構造物を軽くすべきである。この考えにたつて地すべり地帯において片栈橋の採用を積極的に提案した。

## (4) その他の大規模構造物

本調査区間の Girardot Bypass の中の Rio Magdalena に計画している橋梁 (L=300 m) については、鋼橋及びコンクリート橋について比較検討を行った (附図7-11)。この検討よりコンクリート橋の有利性が確められた。Ibague Bypass に架る橋梁についても、上記検討を参考にして最適な橋梁形式を提案した。

Table 7-8 Quantities of Materials Used in Ordinary Type Structure  
Superstructure (Post tension method Bridge)

Kind	Pavement (m <sup>2</sup> )	Concrete (m <sup>3</sup> )	Reinf. Steel Def. (t)	P.C Wire (t)	Form (m <sup>2</sup> )	Girder (number)	Remarks
L=40m Per One Girder	-	36.5	4.0	1.8	226	-	Concrete 28=350
Per One Bridge	360	37.8	3.1	1.6	211	5	Concrete 28=300
L=30m Per One Girder	-	22.9	2.8	1.1	134	-	Concrete 28=350
Per One Bridge	270	24.7	2.2	1.2	136	5	Concrete 28=300
L=20m Per One Girder	-	13.2	1.8	0.4	74	-	Concrete 28=350
Per One Bridge	180	16.2	1.4	0.8	84	5	Concrete 28=300

Superstructure (Reinforced concrete Slab Bridge)

Kind	Pavement (m <sup>2</sup> )	Concrete (m <sup>3</sup> )	Reinf. Steel Def. (t)	Form (m <sup>2</sup> )	Remarks
L=10m Per One Bridge	90	32	7.0	148	* CK=210
L=5m Per One Bridge	45	14	2.2	58	* CK=210

\* From the standard design of Colombia.

Table 7-9 Quantities of Materials Used in Ordinary Type Structure

Substructure

Kind	Unit	Concrete (m <sup>3</sup> )	Reinf. Steel Def. (t)	Form (m <sup>2</sup> )	Excavation (m <sup>3</sup> )	Remarks
H=10m abutment	Per One	202	10	327	330	CK=210 kg/cm <sup>2</sup>
H=7m abutment	Per One	95	6	191	254	"
H=10m Halfbridge	10m	80	5	267	164	"
H=7m Retaining Wall	10m	59	4	140	110	"
H=5m Retaining Wall	10m	32	2	100	70	"
Pile φ=2.0m	10m	31	2	63	31	Cast in place pile
Pier	H=10m	135	12	150	170	
	H=15m	230	16	227	224	
	H=20m	325	20	302	288	
	H=25m	420	24	380	352	
	H=30m	515	28	460	416	

From the standard design of Japanese Public Works Research Institute Ministry of Construction

Table 7-10 Quantities of Materials Used for Cast in place Concrete Bridge Superstructure

Name	Pavement (m <sup>2</sup> )	Concrete (m <sup>3</sup> )	Reinf. Steel Def. (t)	P.C Wire (t)	Form (m <sup>2</sup> )	Steel (t)	Remarks
Magdalena Br	2340	2930	187	257	9830	-	Cantilever Method (ℓ=260m)
Ibaque Br	990	790	30	40	2770	-	Incremental Launching (ℓ=110) Method
k75 + 500 Br	1590	1263	75	75	4280	-	" (ℓ=170)
k97 + 500 Br	1590	1148	77	77	3978	-	Cantilever Method (ℓ=170)
k101 + 200 Br	1590	1530	92	107	4896	-	Cantilever Method (ℓ=170)

Substructure

Name	Concrete (m <sup>2</sup> )	Reinf. steel Def. (t)	Form (m <sup>2</sup> )	Excavation (m <sup>3</sup> )	Pile φ2m (m)	Remarks
Magdalena Br	1850	130	1360	960	-	
Ibaque Br	944	76	888	580	-	
k75 + 500 Br	2190	92	1890	880	64	Pile ℓ = 8.0 m x 8
k97 + 500 Br	1095	68	1335	1350	128	ℓ = 8.0 x 16
k101 + 200 Br	2502	147	4355	3526	176	Pile ℓ = 8.0 x 22

## 7-4 調査地域の土木地質的検討

### 7-4-1 線形改良箇所

#### (1) 切土法面保護工の選択

地質調査の結果にもとづき、岩質、風化状態、表層土砂の厚さを推定し、地質に応じた土工法面の施工方法と勾配及び保護工について表7-11のように検討した。

#### (2) 大規模改良計画における法面保護工の検討

##### 1) Girardot Bypass

Melgar から直接 Espinal を結ぶ計画路線の内 Rio Apicala ~ Rio Magdalena 間の丘陵地帯を通過する区間において大切土工が計画されている。この地域の地質は第三紀の砂岩、頁岩、礫石が相互に重なって分布している。これらの岩質は硬い岩盤性のものであるが、差別侵食を受けると崩壊、落石が発生しやすい(図7-5)。よって法面侵食を抑える保護工としてコンクリート吹付工等の対策が必要である。

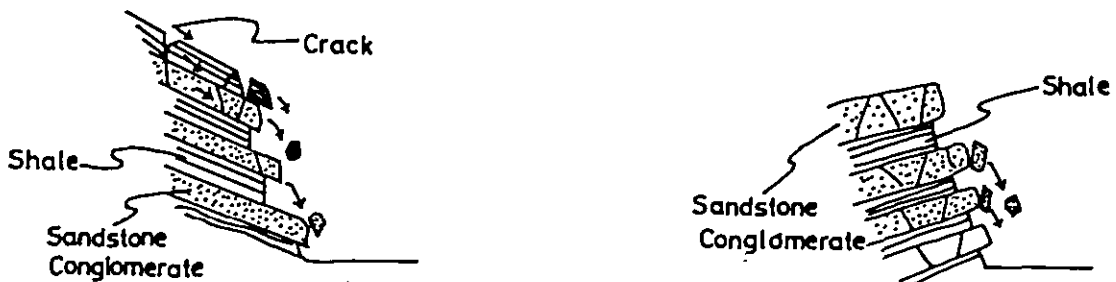


Fig 7-5 Schematic Section of Collapse and Rock fall

##### 2) Ibagué バイパス

Ibagué バイパスの路線は花崗閃緑岩の分布する山麓、段丘、扇状地を通過し、段丘崖、中小河川を横断している。この地域に分布する花崗閃緑岩は表層が砂状に風化しており、段丘、扇状地は砂礫層から構成され未固結である(図7-6参照)。法面保護工としては、コンクリートブロック積の擁壁が計画される。

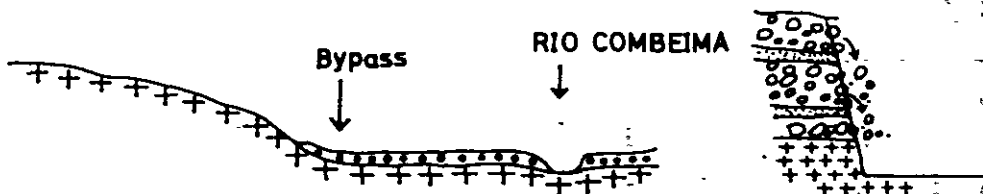


Fig 7-6 Schematic Model of IBAGUE Bypass

Table 7-11 Choice of Erosion Control for Cuts and Slopes

Cut Slope Vert. : Horiz.	I T E M				Other Sections
	Cutting Method	Classification	Erosion Control	Ibague - Calarca	
1 : 1.0	Bulldozer	Unconsolidated Earth	Spray applied seed	Earth	Girardot Bypass Ibague Bypass Earth
1 : 0.5-0.6	Ripper	Soft rock	Concrete block retaining wall or spray applied seed	Black Schist (Km 70 - Km 135.6)	Sand and Gravel Terraces
1 : 0.3	Blasting	Hard rock	Not applicable	Diabase, Porphyrite 1) (Km 114 - Km 135.6) Green Schist (Km 70 - Km 135.6)	_____
			Spray applied Concrete	Granodiorite 2) (Km 56 - Km 70) Black Schist, Amphiborite (Km 70 - Km 135.6)	Sand stone, alternating layers of gravel and rock

Note: 1) Diabase, Porphyrite, and Green Schist are resistant to weathering.

2) Granodiorite, Black Schist, and Amphiborite are not resistant to weathering.

### 3) Coello バイパス

現道のKm 71.00～Km77m間に存在する地すべり地帯を避ける目的で計画されたこのバイパスは、地質的には現道と同じく花崗閃緑岩、黒色片岩、及び火山灰が山腹ないしは山陵に堆積しており、Ibagué断層、Perico断層がこの地域に延びて来ている。花崗閃緑岩の分布地域は表層がうすく、砂状に風化しており、表層崩壊が発生しやすくなっている。又、断層、節理にそってガリーが発達し、その結果が土砂流出となることが予想される。よって道路計画を行なう際は法面の侵食とガリー侵食に対処する必要がある。又、断層付近は破砕帯が著しく発達しており、これらの崩壊に対して保護工が特に必要である。黒色片岩が分布している地域は一般に表層の風化層が厚く、道路建設による切土は安定性があまり良くないため表層崩壊、地滑りを発生しやすい。火山灰地帯は少し固結しているが、水による侵食を受けやすい。しかるに緑色片岩、角閃岩の分布している地域は岩盤として安定している。

### 4) La Linea～Calarcaのルート変更地域

この区間の現道の道路線形を改良する目的で計画されたこの路線はLa Lineaを通過している。この地域は黒色片岩、輝緑岩などを基盤として、その上に降下火山灰層が厚く堆積している。この降下火山灰層は軽石の小粒と細粒火山灰の二種類で相互に層をなしており、軟らかく不安定なものである。この地帯は地すべりと降雨によるガリー侵食が多く見られ、降下火山灰層は、部分的に厚く堆積している。場所によっては、その厚さが15m以上にもなっている個所もある。従って、道路建設による新たな掘削は地すべり、崩壊の発生を助長させる結果となろう。

これらの対策は土圧を考慮した法面保護を行なう他、雨による侵食を防ぐ排水の設備が必要となろう。又、これらの地質は一度自然のバランスをくずすと、斜面の荒廃が急速に進むため、土工における切土は小さくすることが望ましい。

## (3) 橋梁計画個所の基礎地盤

### 1) 特殊長大橋の基礎地盤

特殊長大橋の計画個所は、表7-12のとおり5個所である。

#### a. 中規模改良案

Ibagué～La Linea間の3個所の特殊長大橋梁計画予定個所の地質は全て黒色片岩である。表層は比較的うすいが、一部の風化層は厚くなっている。断層破砕帯、地すべり土塊が各所に存在するが、橋台、橋脚の位置では特に問題はない。

#### b. 大規模改良案

GirardotバイパスのRio Magdalenaを渡河する個所は第三紀硬質泥岩、礫石、頁岩等の互層を基盤とし、段丘堆積物(砂、礫、シルト)が覆っている。よって橋梁の基礎用岩盤としては良好である。

IbaguéのBypassのRio Combeinaを渡河する地点は花崗閃緑岩を基盤とし、段



丘堆積物が覆っており、砂、礫がかなり厚く堆積しているため、橋梁基礎として特に問題がない。

Table 7-12 Proposed Long Span Bridge Sites

	Location	Bridge Length
1. Medium Scale Improvement Plan (Ibague - La Linea)		
a. Km75.5	Q. Gamboa	170m(50m+70m+50m)
b. Km97.5	Q. Los Marias	170m(50m+70m+50m)
c. Km101.2	Q. Perales	170m(50m+70m+50m)
2. Large Scale Improvement Plan		
a. Girardot bypass	Rio Magdalena	300m
b. Ibague bypass	Rio Combeina	110m(30m+50m+30m)

2) その他の橋梁、構造物の基礎地盤

プロジェクト地域は、砂、礫層が厚く堆積しているが、あるいは硬岩が山地部で土砂に近く分布しているため、その他の橋梁、構造物の基礎地盤は、特別な基礎を必要としないであろう。

(4) トンネル計画予定地の地質

Table 7-13 Proposed Tunnel Sites

	Location			Length (m)
	Section	Station	Location	
1. Medium Scale Improvement Plan (Ibague - La Linea)				
a. Km71.900 to Km72.700	07		Landslide	730
b. Km76.100 to Km77.100	10	No. 52	"	790
c. Km 85.000	13	No. 42	Highland	250
2. Large Scale Improvement Plan				
a. Coello bypass		STA 13+200	Highland	950
b. La Linea - Calarca			"	970

中規模改良案の中でKm 71900~Km 72700 に計画されているトンネルに対しては、弾性波探査を行ない、この地域の岩盤の状況、断層破碎帯の状態が把握された。

Table 7-14 Rock Mass Classification

Classification	Velocity of seismic wave	Characteristics of Rock Mass
1	1.0 - 1.5 km/s	very poor - poor rock
2	1.5 - 2.0	poor rock
3	2.0 - 2.5	fair rock
4	2.5 - 3.0	good rock
5	3.0 - 3.5	very good rock
6	3.5 - 4.0	very good rock
7	4.0 - 5.0	very good rock

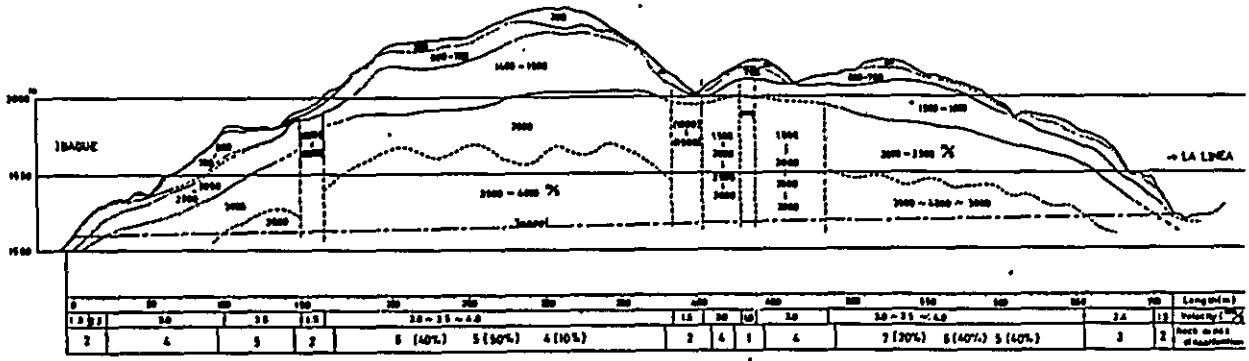


Fig 7-7 km 71.900-72.700 Velocity Profile along The Seismic Refraction Survey Line

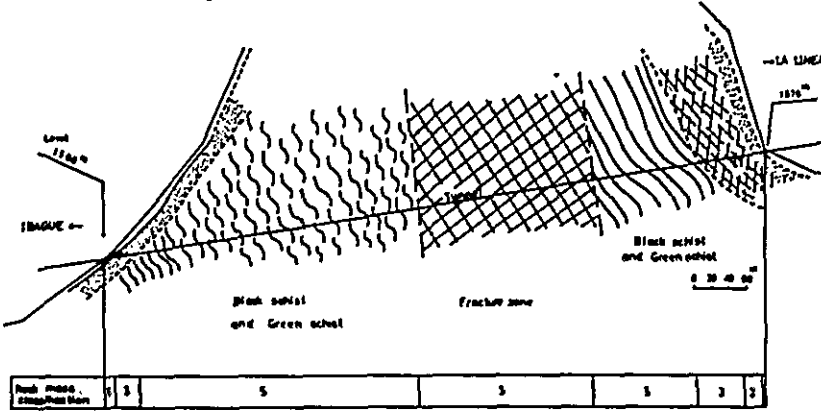


Fig 7-8 km 76.100-77.100 Probable Geologic Section of The Tunnel

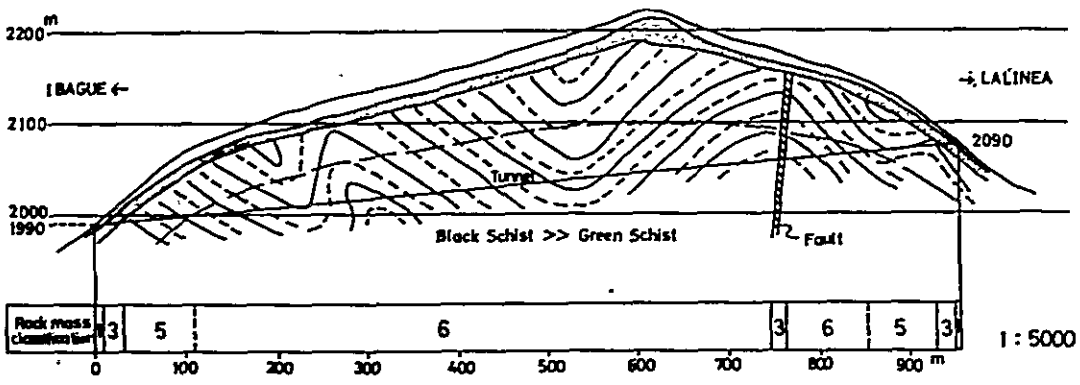


Fig 7-9 Probable Geologic Section of COELLO Bypass Tunnel

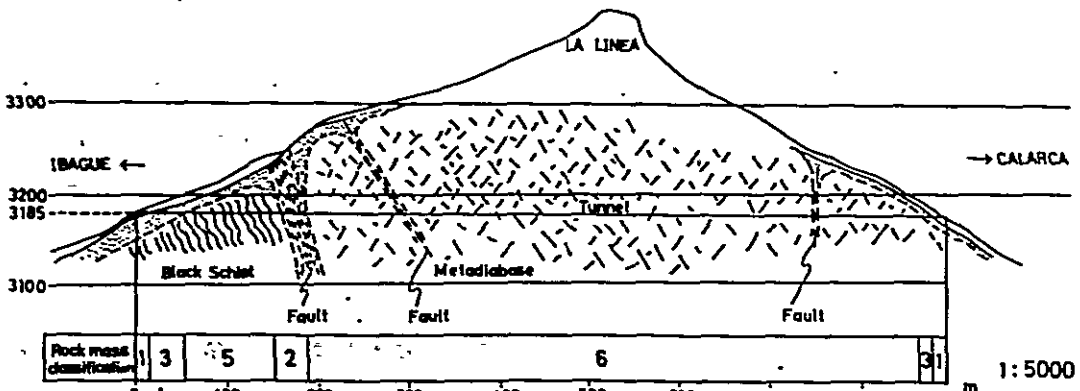


Fig 7-10 Probable Geologic Section of LA LINEA Tunnel

この弾性波調査結果と野外調査から他の3地区のトンネル区間の地質を図7-7~7-10のように類推した。その際岩盤の分類を次の様に定めた。

1) 中規模改良案の中に出てくるトンネル

(a) Km 71.900~Km 72.700間のトンネル

このトンネルは、現道上の地すべりを避けることを目的として計画されたもので、地質は石英閃緑岩、緑色片岩、角閃石片岩、黒色片岩などが分布している。

この地域は断層、破碎帯が多く複雑な地質構造をもっている。弾性波探査における測点380m~480mの幅100mの間は、断層破碎帯と推定されるので、岩盤は弱く掘削時の湧水が多いものと予想される。

(b) Km 76.100~Km 77.100間のトンネル

このトンネル計画地域の地質は、緑色片岩と黒色片岩の互層である。トンネルが計画された区間には巾が約200mの破碎帯があることが推定される。又、同じようにLa Linea側の坑口付近も巾が約60mの破碎帯をもつことが推定される。

2) 大規模改良案の中に出てくるトンネル

(a) Coello バイパスにおけるトンネル

トンネルが計画されている地域の地質は、黒色片岩から構成され一部に緑色片岩をはさんでいる。トンネルの予定区間では断層の存在が推定されるが、大きな巾の断層はないものと思われる。坑口付近には固結の弱い火山灰と黒色片岩の風化層が厚いと推定される。

(b) La Linea - Calarca のルート変更に伴うトンネル

地質は黒色片岩と変輝緑岩から構成される。黒色片岩は風化層が厚いが、変輝緑岩は硬い岩盤である。La Linea 断層などの断層破壊帯があり、トンネルの坑口付近にはルーズな火山灰が分布する。

7-4-2 線形非改良箇所 (Ibague - Calarca 間) の防災

対象道路の中でMelgar - Ibague間、Calarca - Buga間の道路災害は、小さく復旧が容易であるので、このレポートでは問題として取上げられない。Ibague - Calarca間の道路災害は、発生頻度が大きく、復旧に時間を要することが多い。しかもこの区間に対する代替ルートはない。したがって、道路災害によって通過する交通に支障がないようにするには災害が発生しないように、できるだけ対策を講じることが必要である。第6章で災害の形態は述べられている。災害の対策のうち地すべり対策は、次のとおりである。地すべりを含めて災害の対策は、附表7-4に述べられている。

(1) 地すべり抑制対策工

現地調査の結果にもとづき、地すべりのタイプ、規模を考慮して対策を検討した。地すべりの規模、動き易さから判断して、すべてを完全に抑止するにはばく大な工事費がかかるため、実現性が乏しい。そこで、地すべりの抑制を主眼とした対策を施すことを提案す

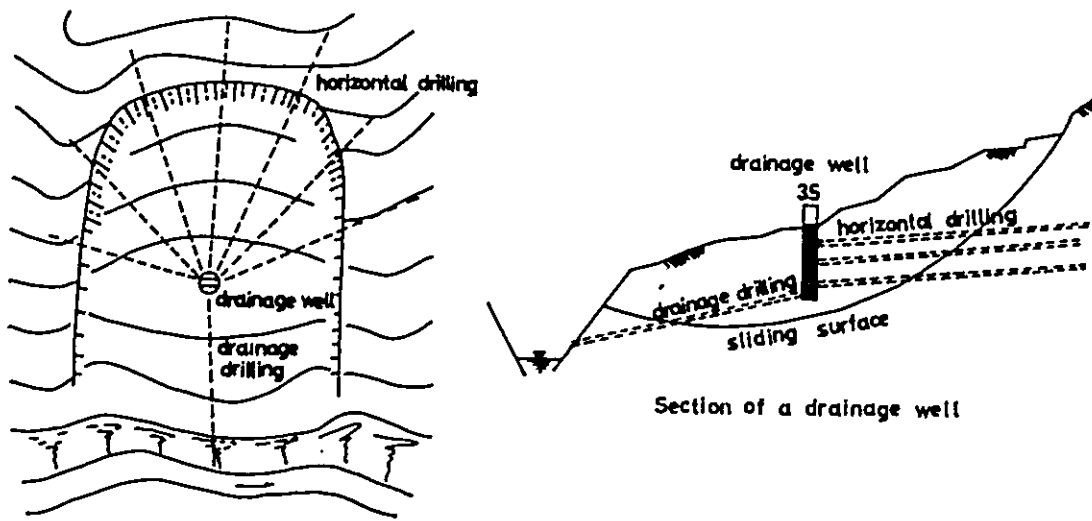


Fig 7-11 Plan of a drainage well

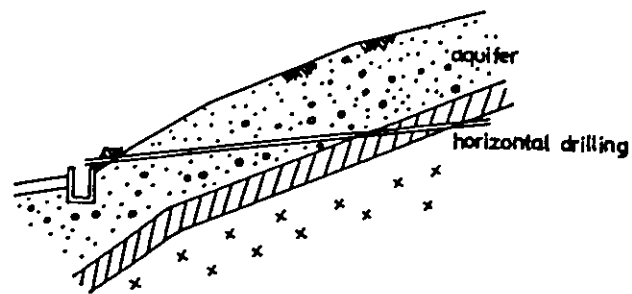


Fig 7-12 Section of horizontal drilling

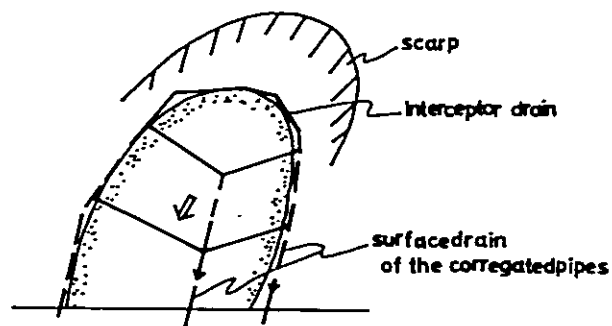


Fig 7-13 Surface drain system

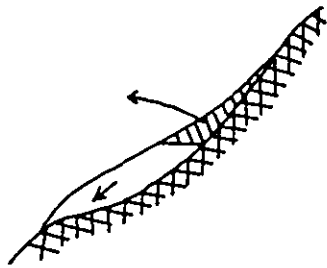


Fig 7-14 Excavation

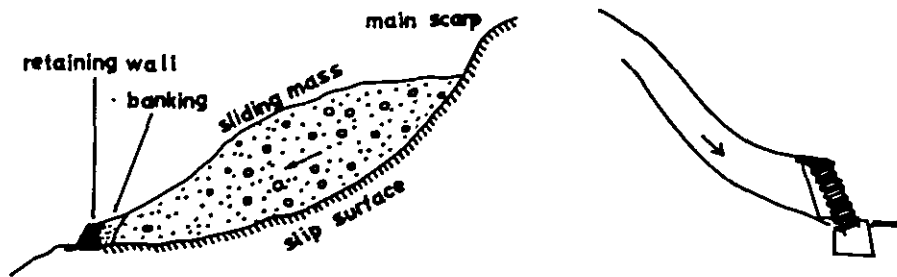


Fig 7-15 A retaining wall for counterweight fills

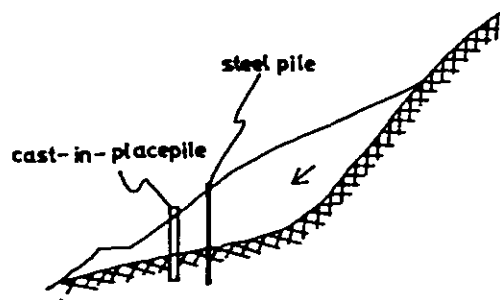


Fig 7-16 Pile work

るものである。主な対策工は次のようなものである。

1) 集水井 Drainage Well

地すべり地帯に集水井を設け、扇状形に水平ボーリングを行ない地下水を抜き、排水をする(図7-11参照)。

2) 排水ボーリング

地すべり地塊内の地下水を抜き取り、間隙水圧の低下をはかる(図7-12参照)。

3) 表面排水

地すべり地内に入った地表水をすみやかに地塊の外に排水し、地塊内に浸透する水を極力少なくする(図7-13参照)。

4) 地すべり土砂撤去 Excavation

地すべり地帯の上部のすべり土塊を排除しすべりを安定させる(図7-14参照)。

5) 土止め擁壁 Retaining wall

地すべり下部に擁壁を設けすべりを止める(図7-15参照)。

6) 杭打工 Pile work

地すべり地帯下部に杭を打ち込み、地すべりの滑動を押さえる(図7-16参照)。

(2) 各地すべりに対する抑制工

i) Km 62500~62680の地すべり(LS-1)に対しては、土塊を撤去することによりすべりを止めると共に、地表面水の排水施設を設ける。

ii) Km 71770~72240の地すべり(LS-2)に対しては、地表水の排水と、道路法面の保護、Gullyからの土砂の流出を押える。

iii) Km 73670~73920の地すべり(LS-3)に対しては、地表面水の排水と共に地下水の排除を行ない、法面の保護を行なう。

iv) Km 75400~75505の地すべり(LS-4)に対しては、地表面水の排水施設を整えるとともに、溪流の浸蝕防止対策を施す。

v) Km 76520~76840のLS-5の地すべりは地下水の排除による抑制工をする。

vi) Km 77830~78080のLS-6の地すべりは地表面水の排水とのり面の保護を行なう。

vii) Km 81430~81500のLS-7の地すべりは土砂の押し出しを防ぐため、Gravity Wallを設置する。

viii) Km 82200~82300のLS-8、及びKm 97730~97820のLS-9の地すべりに対しては地表面水の排水と、のり面の保護工を設置する他、溪流の侵食の防止対策を行なう。

ix) Km 101350~101550のLS-10及びKm 102860~102980のLS-11の地すべりに対しては、地表面水の排水を行なうと共に地下水の排除と溪流の侵食を防止する対策を施す。

Table 7-15 List of Specific landslides and Countermeasures

(Page 1)

Landslide No.	Location	Drainage well ø3.5 m	Horizontal boreholes for ground water draining	Steel pipe	H-beam pile	Deep foundation	Removal of overburden	Intercepting drain	Drainage ditch	Flush ground sill	Well hole protection	Retaining wall, torrential control work, etc.
LS-1	Km62.5 to Km62.68						Sliding mass, 30,000m <sup>3</sup> (excavated volume, 42,000m <sup>3</sup> )	230m	180m	places		Existing culvert x 2 places
LS-2	Km71.77 to Km72.24							350m	500m	30		•Crib type retaining wall (H=10m, L=330m, double type) •Revetment x 3 (H=4m, L=10m)
LS-3	Km73.67 to Km73.92		L=30m, 12 boreholes					190m	300m	10		Gravity type retaining wall, L=240 m, H=3 m
LS-4	Km75.4 to Km75.505							150m	260m	10		Drain works, W=4m, L=320m; flush ground sill x7, H=1.5m; embankment x6, H=4m, L=20m
LS-5	Km76.52 to Km76.84	2 holes x 38m deep	66mmφ borehole 40m long x 10pcs., 30m long x 10pcs.; 110mmφ draining borehole 70m long x 2 pcs.						170m	10	2 places	
LS-6	Km 77.83 to Km 78.08							120m	200m	15		Crib type retaining wall, H=20m, L=100m, double type



Table 7-15 (Cont'd) List of Specific Landslides and Countermeasures

Landslide No.	Location	Drainage well ø3.5 m	Horizontal boreholes for ground water draining	Steel pipe pile	H-beam pile	Deep foundation	Removal of overburden	Intercepting drain	Drainage ditch	Flush ground sill	Well hole protection	Retaining wall, torrential control work, etc.
LS-7	Km 81.43 to Km 81.50											Crib retaining wall, H=20 m, L=55 m, double type
LS-8	Km 82.00 to Km 82.30							300m	740m	50		•Crib retaining wall, H=20m, L=100m, double type •Embankment, H=5m, L=20m •Slope-and-crib work, H=14m, L=100m •Rock fence, H=1.5m, L=100m
LS-9	Km 97.73 to Km 97.82							200m	220m	15		•Crib work, H=5m, L=80m •Drain channel work, W=4m, L=280m
LS-10	Km 101.35 to Km 101.55		30m long x 6 pcs.					100m	400m	30	2	•Drain channel work, W=4m, L=800m •Flush ground sill, H=1.5m, L=6m (W=4m) •Embankment, H=4m, L=15m, x 5
LS-11	Km 102.86 to Km 102.98		30m long x 6 pcs.					100m	300m	10	2	•Drain channel work, W=4m, L=150m •Embankment, H=3m, L=20m, x 2
LS-12	Km 106.20 to Km 106.28			350mmø x 580m x 33pcs.				200m	450	15		

Table 7-15 (Cont'd) List of Specific Landslides and Countermeasures

Landslide No.	Location	Drainage well Ø3.5 m	Horizontal boreholes for ground water draining	Steel pipe pile	H-beam pile	Deep foundation	Removal of overburden	Intercepting drain	Drainage ditch	Flush ground sill	Well hole protection	Retaining wall, torrential control work, etc.
LS-13	Km 106.49 to Km 106.54				200x 200x 30pcs. (532m)			170m	250	20		
LS-14	Km 108.57 to Km 108.80				175x 175x 20 pcs. (250 m)			150	400	10		
LS-15	Km 112.34 to Km 112.52											
LS-16	Km 113.00 to Km 113.20	26m deep x 1 pc.						140	250	20	1	
LS-17	Km 119.55 to Km 119.65							100	250	20		Cribwork, H=5m, L=90m

Note: 1). Flush ground sill means Stream Velocity Reduction Scheme.

X) Km 106.200～106.280のLS-12, Km 106.470～106.540のLS-13, Km 108.570～108.800のLS-14, 及びKm 112340～112520のLS-15の地すべり地表面水の排水を行うと共に杭を谷側の道路肩に打ち込み, 斜面の安定をさせる。

XI) Km 113.000～113.200のLS-16の地すべりは地表面水の排除と水平ボーリングによる地下水のコントロールを行なう。

XII) Km 119.550～119.650のLS-17の地すべりは地表面水の排除を行ない, のり面の保護を施す。

以上の工種の数量を表7-15に示すが, この表に示される工種・数量は, 必要最少限のものである。すべりに関しては, 今後さらに調査を進め, 十分な対策工の立案をすることが必要である。

#### 7-4-3 緊急な対策が望まれる個所及びその概算工費

今回の調査によって, Ibagué ～ Calarca 間には規模の大きい17ヶ所の地すべりを含み, 崩壊, 土石流などの道路災害が予想される箇所が517箇所抽出された。これらを発生の頻度(A・B・C), 並びに規模(L・M・S)の2通りのランク区分を行なったわけであるが, その結果規模が大きく(L), かつ緊急な対策が必要とされる(A)に相当するものが35ヶ所抽出された。また, LB, MA, MBに相当するものは, それぞれ16ヶ所, 80ヶ所, 84ヶ所, 合計180ヶ所抽出された。これらについて, 概略対策工費を表7-16, 附表7-5に示す。

対策工(予防工)の種類と数量は残りの302ヶ所も含め, 517ヶ所全部について, 附表7-4に示した。

表7-16に示したLA30ヶ所<sup>1)</sup>, MA80ヶ所, LB16ヶ所, MB84ヶ所については, 工事の優先順位を判定するため, 次の2通りの工事費が算定された。

- a. 災害を未然に防ぐための対策工工事費
- b. 災害発生後の復旧に要する工事費

その結果, 復旧工費が防止対策工費を上まわるものが24ヶ所あり(附表7-6)。これらは当然最優先に工事を着手すべき箇所であると考えられる。

災害がひとたび起れば, 道路が閉鎖される。このため, ここを通過する交通は復旧される迄待つか, 迂回することを余議なくされる。したがって, 災害が起きれば Recovery work cost と traffic cost for Detouring and waiting が必要である。現在の所, 各々の災害発生の可能性のある箇所の発生ひん度を定量的にとらえることはできないが, 試みにAに相当する箇所では20年に1回, Bに相当する箇所では40年に1回の災害発生があるものとして, 対策工を実施した場合としない場合の費用を算定して比較した(附表7-4参照)。

NOTE 1) LA35ヶ所のうち, 5ヶ所では路線が線形改良されてLAから外れるので積算から除いている。

Table 7-16

Preventive and Corrective Work

(UNIT: \$'000)

Classification		Number	Preventive Works	Corrective Works	Remarks
LA	Land slide	14	151,871	152,955	
	Fall	4	5,053	16,062	
	Failure of valley side	6	57,830	48,937	
	Debris flow	6	8,758	34,881	
	Total	30	223,512	252,835	(-) 29,323
MA	Land slide	2	7,359	2,986	
	Fall	37	55,551	34,835	
	Failure of valley side	24	74,390	96,352	
	Debris flow	17	17,942	99,065	
	Total	80	155,242	232,238	(-) 76,996
LB	Land slide	2	10,047	30,300	
	Fall	2	8,147	6,754	
	Failure of valley side	5	28,814	39,207	
	Debris flow	7	8,735	13,300	
	Total	16	55,743	89,561	(-) 33,818
MB	Land slide	6	32,865	18,856	
	Fall	32	23,479	27,503	
	Failure of valley side	38	114,350	169,047	
	Debris flow	8	5,335	41,145	
	Total	84	176,029	256,551	(-) 80,522
Total		210	610,526	831,185	(-) 220,659

NOTE: 1) Extent of disaster classified as L.M.S.

2) Urgency of countermeasures classified as A.B.C.  
(See Legend in Annex Table 7-4.)

3) The S.C. combination is considered to be covered by routine maintenance.

この結果、表 7-17 に示されるように上記の前提条件の下では、全ての A、B について対策工を施すべきであるといふことができる。

Table 7-17 Result of Comparative Cost Analysis

	¥'000 in 1980 price	
	Type A	Type B
P.W. Cost With Preventive Work	378.754	231.772
" " Without "	747.252	321.781
P.W. Balance	368.468	90.009

Note 1: P.W. means the present worth discounted by 12%.

Note 2: Cost without preventive work is the total cost of corrective work and traffic cost due to road closure during the 20 years.

## 第8章 改良計画の費用

## 第 8 章 改良計画工事費

### 8-1 コスト算定の方法

今回の調査にあたってコストは、基礎価格要素である材料、労務、機械、諸経費および利益等からなる建設支払項目の単価を設定した。

これらの単価はコロンビアの1980年中頃の経済的条件の下に計算されたものであり、各々の価格要素はMOPTおよびその地方事務所ならびに地域のコンサルタントから得られた。

その単価は輸入機械や材料の価格および国産の機械や材料から組立てられている。輸入品の取得は国産品が利用できない場合に限られている。それぞれの単価の外貨および内貨の組立ては次の基礎価格要素の分類に従って計算される。

外貨部分は次の価格によって構成される：

- 輸入機械（償却）、材料および原材料
- この国が輸入して加工した国内産材料
- 外国人の賃金、そして
- 外国人の組織に対する諸経費と利益

内貨部分は次の価格によって構成される：

- 国内産の機械、材料およびこの国が輸出している原材料
- 国内労務賃金
- 国内の組織に対する諸経費と利益、そして
- 輸入関税および税金

1980年中頃の Colombia Peso 通貨の他国貨即ちUS\$および日本円に対する交換率は次の通りである。

$$\text{\$ (49.00)} = \text{US\$ 1.00} = \text{YEN 220.00}$$

### 8-2 建設工事数量

すべての建設支払項目に対する数量はこの調査において決定された当初設計と図面に基いて10%の幅で計算されている。

### 8-3 単価分析

各建設工事費の評価を行うために、利用可能なデータから決定される基礎価格要素を用いて、それぞれの支払項目の単価分析がなされた。建設支払項目の単価は表8-1に示す通りである。付表8-1に詳細を示す通り単価分析はCost Estimate SheetとWork Sheetの形で算定されている。この建設工事に使用することが予想される機械および設備に対するHourly Cost<sup>1)</sup>は

表 8 - 2 に示されている。その詳細は付表 8 - 2 に示す通りである。

SOURCE: 1) ACIC (Asociación Colombia de Ingenieros Constructores),  
" Distribidores de Equipos para Construcción, " Enero 1980.



Table 8-1

Unit Construction Cost

UNIT: \$

ITEM	UNIT	FC	LC	TAX	TOTAL
<u>General Work</u>					
1. Clearing and Grubbing	M2	1.16	0.61	0.22	1.99
2. Stripping	M2	2.43	1.09	0.46	3.98
3. Removal of Old Pavement	M2	62.13	62.87	19.08	144.08
4. Excavation Common A, (Borrow)	M3	17.93	10.03	3.45	31.41
5. Excavation Common B, (100m - 500m)	M3	70.91	33.06	13.87	117.84
6. Excavation Common C (10 km)	M3	123.10	201.18	55.43	379.71
7. Excavation Hard Rock	M3	262.55	245.13	80.80	588.48
8. Excavation Soft Rock	M3	98.47	90.80	28.06	217.33
9. Embankment	M3	51.81	39.99	12.51	104.31
10. Transportation of Const. Material	M3-Km	5.30	13.63	3.68	22.61
11. Loading of Material	M3	17.94	10.10	3.40	31.44
12. Crushed Stone	M3	148.65	87.44	57.92	294.01
13. Concrete A (210 kg/cm <sup>2</sup> )	M3	27.06	2,319.03	93.22	2,439.31
14. Concrete B (180 kg/cm <sup>2</sup> )	M3	27.06	1,970.73	70.54	2,068.33
15. Concrete C (140 kg/cm <sup>2</sup> )	M3	27.06	1,869.97	62.98	1,960.01
16. Concrete B mixed Stone	M3	83.85	1,988.73	101.02	2,173.60
17. Concrete C mixed Stone	M3	83.85	1,924.33	96.26	2,104.44
18. Concrete Placing H	M3	328.77	486.66	83.27	898.70
19. Concrete Placing L	M3	136.81	160.04	36.80	333.65
20. Form work	M2	-	434.24	18.95	453.19
21. Scaffolding	M3	-	133.49	5.04	138.53
22. Cement Mortar	M3	-	3,648.54	131.04	3,779.58
23. Reinforcing Steel, fabricated	KG	4.91	47.90	3.52	56.33
<u>Pavement work</u>					
1. Subgrade Preparation	M2	2.67	2.52	0.68	5.87
2. Subbase Course, natural	M3	146.38	239.96	65.54	451.88
3. Subbase Course, semi- crushed	M3	201.41	392.57	95.62	689.60
4. Base Course	M3	262.14	577.59	117.67	957.40
5. Asphalt Tack Coat	M2	0.90	14.14	1.00	16.04
6. Asphalt Prime Coat	M2	1.14	19.37	1.16	21.67

Table 8-1 (Cont'd.)

ITEM	UNIT	FC	LC	TAX	TOTAL
7. Asphalt Seal Coat	M2	5.53	28.47	3.05	37.05
8. Asphalt Cement	T	84.67	8,212.04	563.16	8,859.87
9. Asphalt Concrete Pavement	T	370.27	1,114.05	136.31	1,620.63
10. Road Marking	M2	1.63	108.83	6.82	117.28
<u>Bridge and Structure</u>					
1. R.C.Box Culvert 4.5m x 4.0m	M	8,190.71	78,004.84	5,130.15	91,325.70
2. Concrete Gravity Wall H = 3.0m	M	1,333.02	8,215.64	581.00	10,129.66
3. Retaining Wall H=5.0m	M	2,362.19	25,099.43	1,579.13	29,040.75
4. Retaining Wall H=7.0m	M	4,537.38	46,030.61	2,959.62	53,527.61
5. Retaining Wall H=10.0m (Crib Wall)	M	3,057.13	62,311.72	2,863.21	68,232.06
6. R.C.Half Bridge	M	4,689.22	69,618.47	4,023.62	78,331.31
7. R.C.Bridge L=5.0m	U	71,126.00	682,090.00	43,205.00	796,421.00
8. R.C.Bridge L=10.0m	U	154,795.00		90,809.00	
			1,356,657.00		1,602,261.00
9. P.C.T-Bridge L=20.0m	U		3,955,381.00	622,856.00	
			1,606,367.00		6,184,604.00
10. P.C.T-Bridge L=30.0m	U		5,906,229.00	937,273.00	
			2,416,985.00		9,260,487.00
11. P.C.T-Bridge L=40.0m	U		7,568,729.00		12,227,254.00
			3,390,351.00	1,268,174.00	
12. Formwork for Bridge	M2	-	564.40	24.76	589.16
13. Formwork for Foundation A	M2	636.71	288.79	131.83	1,057.33
14. Pile Foundation $\phi$ 2.0m	M	6,288.14	19,171.01	2,046.65	27,505.80
15. Structural Concrete (400 kg/cm <sup>2</sup> )	M3	175.77	2,501.27	181.16	2,858.20
16. Structural Concrete (300kg/cm <sup>2</sup> )	M3	175.77	2,291.27	181.16	2,648.20
17. Excavation for Foundation	M3	61.87	49.59	11.39	122.85
18. Grouting of P.C.Cable	M	101.86	3.73	14.41	120.00
19. Setting of Guard Rail	M	220.16	2,235.18	126.80	2,582.14
<u>General Work (Cont'd)</u>					
24. Excavation Common M (Manpower)	M3	17.62	78.79	2.91	98.32
25. Excavation Common E (Manpower)	M3	-	142.58	-	142.58

Table 8-1 (Cont'd.)

ITEM	UNIT	FC	LC	TAX	TOTAL
<u>Drainage and Side Ditch</u>					
1. Concrete Pipe $\phi$ 0.3m	M	540.92	787.83	65.37	1,394.12
2. Concrete Pipe $\phi$ 0.6m	M	918.69	1,401.80	118.31	2,438.80
3. Concrete Pipe $\phi$ 0.9m	M	1,351.92	2,102.23	185.95	3,640.10
4. Side Ditch	M	156.93	1,041.95	90.52	1,289.40
5. R.C. Catch Basin	U	314.27	7,920.60	282.37	8,517.24
<u>Preventive Work</u>					
1. Slope Protection A (Block Type)	M2	27.99	1,665.85	54.29	1,748.13
2. Slope Protection B (Leaning Type)	M	1,129.13	14,951.09	743.65	16,823.87
3. Slope Protection C (Frame Type)	M2	43.57	947.50	49.83	1,040.90
4. Rock Net	M2	146.90	202.17	57.22	406.29
5. Rock Fence	M	1,250.67	2,709.97	508.85	4,469.49
6. Concrete Blow-up	M2	26.51	81.25	14.75	122.51
7. Seed Blow-up	M2	5.55	33.87	4.29	43.71
8. Corrugate Pipe $\phi$ 4.5m	M	55,517.03	8,922.10	11,235.50	75,674.63
9. Concrete Gravity Dam H=4.0m	M	2,640.77	16,560.53	1,179.46	20,380.76
10. Channel width 4.0m	M	793.29	12,948.48	565.51	14,307.28
11. Gabion $\phi$ 0.6m	M2	-	744.09	21.06	765.15
12. Driving Sheet Pile	M	2,673.06	985.89	944.53	4,603.48
13. Driving Steel Pipe Pile $\phi$ 0.35m	M	3,843.89	1,474.86	1,317.49	6,636.24
14. Sinking Well $\phi$ 3.5m	M	6,797.53	44,201.36	3,390.91	54,389.80
15. Form work for Foundation B	M2	744.65	249.25	151.92	1,145.82
16. Pile Foundation $\phi$ 3.0m	M	12,939.30	34,883.27	3,885.88	51,708.45
17. Collecting Drain	M	10.19	1,473.29	68.88	1,552.36
18. Drilling	M	422.09	1,261.95	83.91	1,767.95
19. Driving Steel Pile H-200x200	M	1,926.91	765.17	655.33	3,347.41

Legend

FC : Foreign component expressed in Colombian Pesos  
 LC : Local component expressed in Colombian Pesos  
 Total : Total unit cost expressed in Colombian Pesos  
 KG : Kilogram, M2 : square meter, M3 : Cubic meter, M : meter,  
 U : total unit or lump sum, T : metric ton = 1000 kg

Prices given are for direct costs with no overhead, fringe and profit.  
 Prices are calculated for mid-1980.

Table 8-2 Hourly Cost of Construction Equipment

UNIT: \$

EQUIPMENT	FC	LC	TAX	TOTAL
1. Bulldozer D6D	1,762.10	456.84	291.18	2,510.12
2. Bulldozer D7G	2,401.50	622.60	396.83	3,402.93
3. Bulldozer D8K	3,348.24	868.07	553.27	4,769.58
4. Bulldozer D8K w/Ripper	3,756.48	973.90	620.73	5,351.11
5. Bulldozer D6DL	2,233.17	578.97	369.01	3,181.15
6. Tractor Shovel 955L	1,621.32	423.26	268.29	2,312.87
7. Tractor Shovel 977L	2,604.52	679.93	430.99	3,715.44
8. Wheel Loader 950	1,933.40	498.50	322.23	2,754.13
9. Wheel Loader 930	1,348.27	347.63	224.71	1,920.61
10. Excavator 215	1,912.40	495.81	316.01	2,724.22
11. Excavator 225	2,377.47	616.38	392.86	3,386.71
12. Motor Grader G12	1,769.38	458.73	292.38	2,502.49
13. Motor Grader GD600R-1	984.34	255.20	162.66	1,402.20
14. Motor Scraper 621B	3,533.46	911.05	588.91	5,033.42
15. Road Roller, Macadam KD7610	399.67	105.62	65.66	570.95
16. Road Roller, Tire TS7409	580.22	153.34	95.32	828.89
17. Vibration Roller SV90	873.80	230.94	143.55	1,248.29
18. Asphalt Plant BA1000	3,384.85	932.64	566.42	4,882.91
19. Asphalt Finisher SA35	639.77	168.17	106.02	913.96
20. Asphalt Finisher PT280	557.54	146.55	92.39	796.48
21. Asphalt Distributor D8-50EA	346.20	92.25	57.53	495.98
22. Motor Generator EG55	235.95	60.75	38.93	335.63
23. Motor Generator EG200	549.79	141.55	90.72	782.06
24. Motor Generator EG300	895.93	230.67	147.84	1,274.44
25. Air Compressor 10.5 m <sup>3</sup> /min.	310.23	110.84	234.81	655.88
26. Air Compressor 17.0 m <sup>3</sup> /min.	487.51	174.18	368.98	1,030.67
27. Crauler Drill PCR200	565.14	144.70	94.06	803.90
28. Leg Hammer 322D	23.52	6.02	3.91	33.45
29. Pick Hammer CA7A	4.01	1.03	0.66	5.70
30. Batching Plant	3,295.71	907.03	546.12	4,748.86
31. Concrete Mixer	365.46	94.23	60.91	520.60

Note: 1) The hourly cost is applicable where equipment operation is for less than 8 hours.

2) When the equipment is used for one day, the daily cost is calculated by  $0.9 \times (8 \text{ hours}) \times (\text{hourly cost})$ .

3) When the equipment is used for more than a week, the weekly cost is calculated by  $0.8 \times (8 \text{ hours}) \times (\text{hourly cost}) \times (6 \text{ days})$ .

Table 8-2 (Cont'd.)

EQUIPMENT	FC	LC	TAX	TOTAL
32. Truck Crane 10 Ton	1,013.87	266.50	168.01	1,448.38
33. Truck Crane 20 on	1,768.14	464.77	293.01	2,525.92
34. Crauler Crane 23 on	1,857.26	488.20	307.77	2,653.23
35. File Driver IDH-25	609.98	158.14	100.80	688.92
36. File Driver IDH-35	772.67	200.32	127.68	1,100.67
37. Crushing Plant 60 T/Hr	3,567.12	1,152.16	1,790.07	6,509.35
38. Underwater Pump 10m <sup>3</sup> /min.	300.59	80.10	49.96	430.65
39. Underwater Pump 4.5m <sup>3</sup> /min.	192.36	51.26	31.97	275.59
40. Blower 150m <sup>3</sup> /min.	328.24	86.28	54.39	468.91
41. Concrete Pump car 60m <sup>3</sup> /Hr	1,618.80	411.60	269.03	2,299.43
42. Truck Mixer 3.5m <sup>3</sup>	623.38	170.42	103.15	896.95
43. Grout Pump 45 l/min.	119.50	31.41	19.80	170.71
44. Concrete Vibrator $\phi$ 38mm	13.35	3.61	2.22	19.18
45. Dump Truck D600 7 Ton	166.07	269.86	83.03	518.96
46. Flatbed Truck 6 Ton	141.58	230.07	70.79	442.44
47. Water Tanker 2000 Gallon	154.50	251.05	77.25	482.80
48. Line Marker	187.99	49.41	31.16	268.56
49. Belt Conveyor	25.54	6.71	4.23	36.48
50. Concrete Blow up Apparatus	243.52	64.01	40.35	347.88
51. Seed Blow up Apparatus	196.63	51.69	32.58	280.90
52. Drilling Machine $\phi$ 66 mm	214.67	56.43	35.57	306.67
53. Air Compressor 5 m <sup>3</sup> /min.	279.37	73.44	46.29	399.10
54. Hand Hammer	19.78	5.20	3.27	28.25

See Legend under Table 8-1.

なお Local Labor の賃金は表 8-3 に、この調査に使用される主要材料の価格は表 8-4 に示されている。

#### 8-4 用地取得費<sup>2)</sup>

用地取得費 Ibagué - La Línea 間は若干の道路拡幅または小規模のバイパスのみであるから問題にならないものと考えられる。

##### 1. Calarca - Uribe 間

・牧場他 \$ 110,000/Hectare

・コーヒー園 \$ 300,000/Hectare

##### 2. Uribe - Buga 間

現通の両側 200 m 以内の場合 \$ 110 - 150/m<sup>2</sup>

200 m 以遠の場合 \$ 600,000/Hectare

大規模に土地を取得する場合

平地部 (不耕地) \$ 250,000/Hectare

山地 \$ 150,000/Hectare

#### 8-5 プロジェクト道路の改良工事費

建設コストの推定は各種の代替案に対して行った。

選ばれた改良工事計画のコストは表 8-5-1 に示す通りである。

なお、各種の代替案、コストは表 8-5-2 ~ 表 8-5-4 に示す。また、その詳細は付表 8-3 に示す通りである。

Source 2) : INESCO - Consultant, Cali and MOPT Calarca Distrito.

Table 8-3 Hourly Wages

Classification	Daily Rate	Hourly	Hourly x Factor
Operator, Bulldozer	400.00	50.00	116.70
Operator, Excavator	400.00	50.00	116.70
Operator, Loader	400.00	50.00	116.70
Operator, Grader	400.00	50.00	116.70
Operator, Crane	400.00	50.00	116.70
Operator, Scraper	500.00	62.50	145.80
Operator, Roller	300.00	37.50	87.53
Operator, Compressor	300.00	37.50	87.53
Operator, Generator	300.00	37.50	87.53
Operator, Batching Plant	500.00	62.50	145.88
Operator, Concrete Mixer	280.00	35.00	81.69
Operator, Asphalt Plant	500.00	62.50	145.88
Operator, Asphalt Finisher	500.00	62.50	145.88
Operator, Crushing Plant	400.00	50.00	116.70
Operator, Driver	250.00	31.25	72.94
Assistant Operator	250.00	31.25	72.94
Foreman	400.00	50.00	104.55
Carpenter	350.00	43.75	91.48
Electrician	400.00	50.00	104.55
Ironworker	300.00	37.50	78.41
Mason	250.00	31.25	65.34
Mechanic	400.00	50.00	104.55
Welder	400.00	50.00	104.55
Technician	400.00	50.00	104.55
Common Laborer	200.00	25.00	52.28

SOURCE: MOPT

Table 8-4

Cost of Main Materials

Classification	UNIT	FC	LC	TAX	TOTAL
Portland Cement	T	-	3,760.00	240.00	4,000.00
Reinforcing Steel, round	KG	3.00	30.00	2.00	35.00
Reinforcing Steel, deformed	KG	4.00	38.00	3.00	45.00
Structural Steel, fabricated	T	38,700.00	13,400.00	13,900.00	66,000.00
Sheet Pile	T	34,000.00	11,800.00	12,200.00	58,000.00
Corrugated Pipe	T	73,890.00	7,820.00	14,780.00	96,490.00
P.C. Cable (Wire)	KG	76.70	26.63	27.52	130.85
Wire Rope	KG	4.00	38.00	3.00	45.00
Steel Wire	KG	-	47.00	3.00	50.00
Asphalt Cement	T	-	7,900.00	500.00	8,400.00
Asphalt Liquid, MC-70	T	-	12,400.00	800.00	13,200.00
Asphalt Liquid, RC-250	T	-	12,400.00	800.00	13,200.00
Diesel	Gal	11.00	28.20	8.50	47.80
Gasoline	Gal	11.10	28.20	8.50	47.80
Kerosene	Gal	11.40	29.20	8.80	49.40
Motor Oil	Gal	65.45	167.83	50.35	283.63
Transmission Oil	Gal	60.00	153.85	46.15	260.00
Hydraulic Oil	Gal	54.54	139.85	41.96	236.35
Grease	Lb	7.50	23.60	1.40	32.50
Plank, Lumber	M3	-	5,530.00	330.00	5,860.00
Log	M3	-	3,400.00	200.00	3,600.00
Aggregate	M3	-	600.00	-	600.00
Sand	M3	-	500.00	-	500.00
Crushed Stone	M3	159.05	401.33	80.58	640.96
Brick	U	-	4.00	-	4.00
R.C.Pipe 900 dia.	M	910.00	335.00	55.00	1,300.00
R.C.Pipe 600 dia.	M	630.00	232.00	38.00	900.00
R.C.Pipe 300 dia.	M	350.00	129.00	21.00	500.00

SOURCE: MOPT and JAPAN Supplies.



Table 8-4 (Cont'd.) Cost of Main Materials

Classification	UNIT	FC	LC	TAX	TABLE
R.C.Pipe 200 dia.	M	2.00	123.00	5.00	130.00
P.V.C.Pipe 50 dia.	M	-	47.00	3.00	50.00
Wire Net	M2	128.96	44.76	46.28	220.00
Nail	KG	-	57.00	3.00	60.00
Paint	LIT	-	180.00	10.00	190.00
Beeds	KG	-	61.00	4.00	65.00
Filler	T	-	750.00	50.00	800.00
Explosive	KG	-	104.00	6.00	110.00
Cap Electric	U	-	31.00	2.00	33.00
Electric Cord	M	-	28.00	2.00	30.00
Form Oil	LIT	-	188.00	12.00	200.00
Seed	KG	-	130.00	-	130.00
Guard Rail	M	210.00	2,070.00	120.00	2,400.00
Concrete Block	U	2.00	113.00	5.00	120.00
Sheath 62 dia.	U	77.50	26.90	27.80	132.20
Sheath 45 dia.	U	48.89	16.97	17.54	83.40
Sheath 32 dia.	U	35.52	12.33	12.75	60.60
Concrete Frame	M	-	910.00	60.00	970.00
Bentonite	KG	-	9.00	1.00	10.00
Steel Pipe 200 dia.	M	180.00	660.00	60.00	900.00
Air Hose 20 dia.	M	-	84.00	6.00	90.00

See Legend under Table 8-1.

Table 8-5-1

Improvement Plans Selected

Economic Cost in 1980 Prices  
(UNIT: \$'000)

	FC	LC	TAX	TOTAL
1) Earthwork	56,967	53,435	16,228	126,630
2) Pavement	16,094	41,406	6,950	64,450
3) Bridge	41,489	92,670	13,668	147,827
4) Drainage and Structure	10,005	108,483	6,352	124,840
5) Total	124,555	295,994	43,198	463,747
6) w/Overhead and Profit 5) x 1.25	155,694	369,993	53,997	579,684
7) Supervision 6) x 0.05	7,785	18,500	2,700	28,985
8) Contingency 6)+7) x 0.10	16,348	38,849	5,670	60,867
9) G. Total	179,827	427,342	62,367	669,536
10) Detailed Eng. w/Cont.	8,563	20,350	2,970	31,883
Total	188,390	447,692	65,337	701,419
Economic Cost	188,390	447,692	-	636,082

See Legend under Table 8-1.

Fig. 8 - 1 IMPLEMENTATION SCHEDULE : Feasible Plans 1)

	'83	'84	'85	'86	'87
Detailed Engineering	—————				
Prequalification, etc.		—————			
Earth Work			—————	—————	—————
Paving Work			—————		—————
Bridge Work				—————	—————
Drainage and Structure			—————	—————	—————
Miscellaneous			—————		—————

Notes: 1) The feasible plans are shown in Table 9-6

Table 8-5-2

## Minimum Scale Improvement Plans

Economic Cost in 1980 Prices  
(UNIT: \$'000)

	FC	LC	TAX	TOTAL
1) Earth work	51,715	50,336	14,911	116,962
2) Pavement	14,873	38,102	6,446	59,421
3) Bridge	6,352	19,307	2,571	28,230
4) Drainage and Structure	7,825	93,538	5,231	106,594
5) Total	80,765	201,283	29,159	311,207
6) w/Overhead and Profit 5) x 1.25	100,956	251,604	36,449	389,009
7) Supervision 6) x 0.05	5,048	12,580	1,822	19,450
8) Contingency 6)+7) x 0.10	10,600	26,419	3,827	40,846
9) G. Total	116,604	290,603	42,098	449,305
10) Detailed Eng. w/Cont. 7) x 1.10	5,553	13,838	2,005	21,396
Total	122,157	304,441	44,103	470,701
Economic Cost	122,157	304,441	-	426,598

See Legend under Table 8-1.

Table 8-5-3

Medium Scale Improvement Plans: Eight Section

Economic Cost in 1980 Prices  
K62.800 - K88.650

(UNIT: \$'000)

	FC	LC	TAX	TOTAL
1) Earth work	121,524	103,006	36,547	261,077
2) Pavement	15,202	39,451	6,519	61,172
3) Bridge	297,451	648,281	104,464	1,050,196
4) Tunnel	148,637	265,364	60,977	474,978
5) Drainage and Structure	30,653	277,355	17,325	325,333
6) Total	613,467	1,333,457	225,832	2,172,756
7) w/Overhead and Profit 6) x 1.25	766,834	1,666,821	282,290	2,715,945
8) Supervision 7)x0.05	38,342	83,341	14,115	135,798
9) Contingency 7)+8)x0.10	80,518	175,016	29,641	285,175
10) G. Total	885,694	1,925,178	326,046	3,136,918
11) Detailed Eng. w/Cont. 8) x 1.10	42,176	91,675	15,526	149,377
Total	927,870	2,016,853	341,572	3,286,295
Economic Cost	927,870	2,016,853	-	2,944,723

See Legend under Table 8-1.

Table 8-5-4

Large Scale Improvement Plans: Four Sections

Economic Cost in 1980 Prices

(UNIT: \$'000)

	FC	LC	TAX	TOTAL
1) Earth work	1,804,173	1,602,452	528,212	3,934,837
2) Pavement	106,775	279,957	45,289	432,021
3) Bridge	199,428	540,119	72,792	812,339
4) Tunnel	155,176	277,533	63,676	496,385
5) Drainage and Structure	123,241	1,085,150	65,463	1,273,854
6) Total	2,388,793	3,785,211	775,432	6,949,436
7) w/Overhead and Profit 6) x 1.25	2,985,991	4,731,514	969,290	8,686,795
8) Supervision 7)x0.05	149,300	236,576	48,464	434,340
9) Contingency 7)+8)x0.10	313,529	496,809	101,775	912,113
10) G. Total	3,448,820	5,464,899	1,119,529	10,033,248
11) Detailed Eng. w/Cont. 8) x 1.10	164,230	260,233	53,311	477,774
Total	3,613,050	5,725,132	1,172,840	10,511,022
Economic Cost	3,613,050	5,725,132	-	9,338,182

NOTE: Coello Bypass 24.0 Km  
La-Línea Bypass 29.9 Km  
Ibague Bypass 9.0 Km  
Girardot Bypass 51.2 Km

See Legend under Table 8-1.

## 8-6 道路維持補修費

道路維持補修の作業として、道路を良好な状態に保持するためには2つのケースがある。一つは、日常維持補修であり、他の一つは定期的補修である。

8-6-1 日常維持補修は次の通りである。

- 舗装表面の轍塚れやポットホールの修理 ( patching )
- 排水溝およびカルバートの清掃および植生防止
- 崩壊土砂の取除き
- 路面マーキングの修理
- その他 traffic services

8-6-2 定期的補修は次の通りである。

- 舗装表面の部分的打替え
- 舗装表面のオーバーレイ
- 橋梁のペインティングおよび修理
- その他

1 Km当りの年間維持補修費は表 8-6 に示す通りである。

これらの詳細は付録 8-1 に示す。

Table 8-6 Road Maintenance Cost per Km

UNIT: \$

	Routine Maintenance	Periodic Maintenance
ADT > 2,000	1 13,808.00	1,878,640.00

## 第9章 經濟評估



## 第9章 経済計画

### 9-1 基本原則

#### 9-1-1 経済評価の対象

経済評価は現存道路の改良計画案の中より最も妥当な案を、2005年までの交通需要を想定して、費用と便益を経済的に判断し、実施可能なものとして選択することである。この決定には代替案相互の比較に使われるB/C諸値によることとした。

#### 9-1-2 他の道路プロジェクトの影響

Bogota - Medellin間の新しい道路は1983年に完成するようだし、Armenia - La Parra ( Zarzal )間の道路は舗装道路として1983年に完成する。これ等道路への現プロジェクト道路よりの転換交通量は推定の上、当プロジェクト道路の将来交通量より差し引くこととした。(参照第4章)。

現在 Ibage - Calarca 間その他で行われている再舗装工事は近いうちに完了する。道路利用者はこれ等の投資によって将来の何年間かは便益を受けるだろう。この調査はこれ等再舗装工事を別にして何らかの妥当な改良計画があるや否やを調べるものであり、進行中の再舗装工事そのものの妥当性を調べるものではない。

既存道路での将来交通量(第4章)、プロジェクト影響圏の経済展望(第2章)、道路建設費の割高なこと(第8章)より考えて、今後15-20年の間Melgan - Boga間の道路に関するかぎり、新道を建設することは経済的には妥当性がないようである。従ってこの調査で分析した代替案は既存道路 Ibage - Calarca間の部分的な改良という範囲に止めて、大きな区間にわたるバイパス案は含まないこととした。第9章第5節に4件のバイパス計画検討が述べられている。

当プロジェクトの代替案については3つのレベルの施工規模、すなわち大、中、小規模の代替案を設定し、それらの代替案全てに対し経済評価を行なうことにした。尚、極小規模すなわちクリティカルカーブ改良案に対する計画も行なわれたが、このような極小規模の改良は先に述べた中小規模の改良案にも当然含まれるはずである。また、クリティカルカーブの改良案(P-1)は事業規模が小さく、借款を対象とする工事規模にはならないので、この経済分析より除くこととした。以下の文章は先に示した大、中、小規模の改良案についてだけ述べている。

(1) 小規模改良計画案(P-2)とはトラックトレーラーを含む全車種に対して、一但停止とかスローダウンをさせることなく、走行できるようにするための鋭いカーブの改良を目的としている。当初小規模改良案の中では、いくつかのサブセクションに対し追越車線が計画されたが、追越車線建設による効果の計量が難かしく理論的にも説明が困難であるので、追越車線の有無を問う経済評価は行なわず、追越車線はP-2より除くこととした。

(2) 中規模改良計画案 (P-3) とは急カーブの曲線半径を大きくし、また急勾配を 8% 以下の勾配に改良し、かつ道路延長も短くする案で全ての車種に対してスムーズな交通流を与えることができる。

(3) 大規模改良案とは現道の特定の区間に対するバイパス計画案である。しかし表 9-1 の計画交通量が示すように、殆んどの対象区間は新たな追加車線やバイパスの建設が必要とする水準には達していない。従ってバイパス建設のための需要交通が期待できると思われる 4 つのバイパスについて大規模案を採用した。それらは Girardot, Ibage, Cello そして La Linea バイパスである。

また、それら 4 つのバイパスをさらに中、小規模改良案のようなサブセクションと同じではないので、中小規模案とは別にこの章の 9-5 で評価している。

#### 9-1-3 計量出来ない費用と便益

経済評価に含めるべき費用と便益は次の 9-2 と 9-3 で述べられる。これ等の他に計量出来ないいくつかの費用と便益が考えられる。一部分は貨幣価値での表現が困難だし、他は情報不足のための困難さによるものである。過去における斜面の崩落、かんぼつ等の記録がないため、そして地質、土質的な分析がまだはじまったばかりなので、統計的な推定を崩壊にともなう道路閉鎖と交通遮断に関して行うことは出来なかった。代りに単純な仮定でもって崩壊防止工事の経済性を試算することとした (参照第 7 章)。

#### 9-1-4 橋梁、構造物の修復

現況踏査においていくつかの橋と構造物の修理必要ヶ所がみつかった。これ等は第 6 章-4 に述べられている。これ等が早急に修復されるべきだとかん告する。これ等修復の規模は小さいし、又交通への影響は分析がむづかしいのでこの度の改良計画のための経済評価には含めていない。これ等は年々の維持管理作業の中で扱われるべきである。

#### 9-1-5 改良計画案

Melgar - Buga 間は表 9-1 に示すように 9 区間の大きい区間に分けられている。そのうち Ibage - Calarca 間は更に細分しその中より改良を必要とする区間のみ 18ヶ所を選定した。これが表 9-2 に示される。改良案は鋭いカーブでのすれちがいのむづかしさと急勾配の是正を主眼目としている。従ってカーブや急勾配部分は各サブセクションごとに 1 グループにまとめた。個々のカーブや急勾配部分のフィージビリティの是非を問うことは行わないこととした。

Table 9-1

## Improvement Plans and Traffic Volume: Melgar to Buga

No.	Section	Length in Km Existing road	Number of curves scheduled for betterment under the minimum scale improvement plan	Length of road in Km scheduled for betterment under the medium scale improvement plan 5)	Length of road in Km scheduled for betterment under the large scale improvement plan 6)	AADT in 1985	AADT in 1995
1.	Melgar-Girardot -Espinal	44.0	-	-	51.2 (50.1)	6500	12000
2.	Espinal -Miro lindo	48.0	-	-	-	5200	9200
3.	Miro lindo -Ibague	8.0	-	-	9.0 (11.0)	10000	17000
4.	Ibague -Coello 1)	9.0	4	(1) 1.0	-	2400	4100
5.	Coello -Cajamarca 2)	25.0	35	(5) 16.8	20.8 (17.0)	"	"
6.	Cajamarca -KM 110.0 3)	20.0	17	(2) 1.0	-	"	"
7.	KM 110.0 -Calarca -La Espanola 4)	35.0	46	-	29.9 (25.2)	"	"
8.	La Espanola -Uribe	76.0	-	-	-	1900	3600
9.	Uribe -Buga	44.0	-	-	-	8400	17100
	Total	309.0	102	18.8	110.9 (103.3)	-	-

Notes: 1) - 4) See Table 9-2 for the detailed improvement plan.

5) The figures in ( ) indicate the number of subsections which are scheduled for betterment under the medium scale improvement plan.

6) The indicated figures show the length of the new bypass. The figures in ( ) show the actual length of existing road.

Table 9-2

## Improvement Plans by Sub-section: Ibague-Calarca

No. Sub-sect.	Length of existing road in Km classified by road grade			Number of Critical Curves 1)			No. of Curves for Min. Imp.pl.	Medium Scale Improve. Plan Length in Km by grade				No. of the location with possibility of slope failures MLA 2) MLB 3) Total							
	1%	3%	5%	7%	9%	Total		A	B	C	Total		1%	3%	5%	7%	Total		
<u>Ibague-Coello</u>																			
1				0.5		0.5	1			1	2						1	2	3
2			0.2	0.9		1.1		2		2			1.0				3	0	3
<u>Coello-Cajamarca</u>																			
3	0.3	0.3	0.7	0.9	0.3	2.5	1	2	2	5	7	0.6	0.5	1.5	2.6	12	8	20	
4			0.4	0.4		0.8	1	4		5	5			0.7	0.7	1	4	5	
5			0.1	0.8		0.9	1	1	1	2	2					2	2	4	
6			0.5	0.6	0.1	1.2	2	2		2		0.3	0.2	0.6	1.1	1	0	1	
7	0.4	0.2	0.3	0.6	0.1	1.6						0.7	0.5	0.1	1.3	5	4	9	
8		0.3	0.8	0.7		1.8						0.9	0.5	0.2	1.6	2	0	2	
9	0.1		0.3	0.1		0.5			1	1			0.3		0.3	4	0	4	
10	0.5	1.4	1.0	2.4	0.1	5.4	2	1	1	3		1.5	1.6	1.1	4.8	11	9	20	
11		0.3	0.2	0.2		0.5	1	1	1	1		0.2		0.1	0.3	4	0	4	
12	0.6	0.4	0.8		0.1	1.9	1	1	1	1	1			0.1	0.3	3	1	4	
13	0.5	0.7	0.4	1.3	1.9	4.8	1	1	1	1	7	0.3	0.5	3.3	4.1	9	12	21	
<u>Cajamarca-Calarca</u>																			
14	0.5	0.2	0.1	1.9	0.6	3.3	2		2		5					13	19	32	
15	0.2	0.2		0.2		0.6					1	0.3			0.3	3	0	3	
16	0.1		0.4	0.6	1.4	2.5					1					5	2	7	
17		0.5	0.9			1.4	1	1	2	2	2	0.7		0.7	0.7	4	1	5	
18	0.6	2.7	1.9	6.9	20.9	33.0	5	15	4	24	54					35	37	72	
<u>Total</u>	<u>3.8</u>	<u>7.2</u>	<u>8.8</u>	<u>19.0</u>	<u>25.5</u>	<u>64.3</u>	<u>8</u>	<u>33</u>	<u>11</u>	<u>52</u>	<u>89</u>	<u>5.9</u>	<u>2.7</u>	<u>6.4</u>	<u>3.8</u>	<u>17.8</u>	<u>118</u>	<u>101</u>	<u>219</u>

Notes: 1) The classification of the curves A, B and C is described in the notes of Table 9-4.

2) MLA means medium and large scale slope failures with high likelihood of occurrence in near future.

3) MLB means medium and large scale slope failures with less likelihood of occurrence in near future.

## 9-2 便 益

### 9-2-1 交通費用

#### (1) 自動車走行費用

自動車走行費用は1980年と1995年の交通量のもとで推定を行なった。それはKm当りの燃費、油脂費、タイヤ代、修繕費、償却費、人件費共およびオーバーヘッドからなる経常費である。結果は表9-3に示す通りである。推定の方法はMOPPTの手法に基いており、詳細は資料篇9-1に述べられている。この結果は自動車走行費用の1980年より1995年への増加分はそれほどでもないことを示している。

改良計画の経済評価においては上記走行費用は交通費用に影響を与える道路の現実的な姿を更に考慮に入れて修正されるべきである。それは鋭いカーブでの出会いによる速度削減によって生じている費用で次のようである。

#### (2) 鋭いカーブでの交通費用

自動車類が現道の鋭いカーブ上で出会って、停止するために生ずる費用の増分を示すため交通の流れを次のように単純化した。

- 1) 片方の交通だけが上記の流れを待つために停止し、また一方の交通はすれちがいのため半分の速度に落ちる。
- 2) カーブでの出会いの回数は第5章で説明したように推定されている。
- 3) 停止が必要となる鋭いカーブは技術的な踏査で第6章に示すように確認されている。これ等カーブはそのすれちがいの困難さに応じて困難さの大きい順に分類されている。これは表9-4に示される。

Table 9-3 Vehicle Operating Economic Cost \$/Km

(In 1980 prices of the Colombian Pesos)

	Vehicle	Road Grade				
		1%	3%	5%	7%	9%
For the traffic in 1980	Auto	11.000	12.049	12.709	13.239	13.822
	Bus	21.977	23.991	26.310	28.872	31.564
	Truck	23.882	26.036	28.549	31.186	34.026
	Tractomula	45.198	48.392	53.423	59.043	65.218
For the traffic in 1995	Auto	11.083	12.292	13.115	13.811	14.758
	Bus	21.860	24.263	26.739	29.482	32.032
	Truck	23.720	26.277	28.762	31.631	34.567
	Tractomula	44.906	48.753	53.912	59.900	66.144

Source: Annex 9-1. Assuming a well surfaced road.

**Table 9-4 Sharp Turning Curves, Existing Status and Improvements**

Outside lane / Inside lane		Existing Curve		Improvement Plans P-2 and P-3	
		Truck	Tramula	Truck	Tramula
A	Truck	Slow down /	Slow down /	/	/
	Tramula	Stop /	Stop /	/	/
B	Truck	/	Slow down /	/	/
	Tramula	Slow down /	Slow down /	/	/
C	Truck	/	/	/	/
	Tramula	Slow down /	Slow down /	/	/
D	Truck	/	/	/	/
	Tramula	/	Slow down /	/	/

**Notes:** A. A truck, or a bus or a tractomula on the inside lane vs a truck or a bus or a tractomula on the outside lane. Traffic on the inside lane must stop and wait, then proceed one at a time. Traffic on the outside lane slows down to half speed.

B. A truck or a bus on the inside lane vs a tractomula on the outside lane, or a tractomula on the inside lane vs a truck or a bus or a tractomula on the outside lane. Traffic on the inside lane must stop and wait, then proceed one at a time. Traffic on the outside lane slows down to half speed.

A truck or a bus on the inside lane vs a truck or a bus on the outside lane can proceed in both directions without stopping

車が一定の速度から停止し再発進してもとの速度に戻るためには、一定速度を保っている場合の走行費用に附加的な費用を加えるべきである。他車線の自動車とのカーブ上での出会いで、必ず一旦停止をずるとして、そのための費用は資料篇9-2で述べるよう決定された。その結果を次に示す。

1 回当りの一旦停止が 1 Km を走行する  
費用に加えられる割合

乗 用 車	0.348
バ ス	0.411
ト ラ ッ ク	0.417
ト レ ー ラ ー	0.435

例：1980年に乗用車が延長10Kmの道路上の勾配3%の曲線部2ヶ所で一旦停止を行なった場合の走行費は次のように計算される。

表9-3より1980年の走行費は12049ペソなので

$$12049 \times 10 \text{ Km} + 2 \times 0.348 \times 12049 \\ = 120490 + 839 = 121329$$

現道上で他車線の自動車が一旦停止する場合、もう一方の車線上の車はすれ違いのためにそれまでの走行速度を半分に下げると考えられる。資料篇9-21に示される一旦停止のための附加的費用を決定した同じ資料より走行速度を半分に下げるための附加的費用は一旦停止の場合の60%と計算された。この附加的費用は勾配のある急なカーブのため割高である。

従って急カーブの改良はそれまでの交通流をスムーズにすることができ一旦停止やスロウダウンによる不経済が解消されることになる。すれ違いのための出会い回数は第5章で述べられているが、その要約は附表9-26に示されている。

### (3) 交通費用の推定

サブセクションにおける交通費用は、そのサブセクションでの走行費用とその中に含まれる鋭いカーブでの一旦停止およびスロウダウンによる費用の合計である。

走行費用の節約(便益)は改良をしない場合の走行費用から改良案毎の走行費用を差引いて求められる。資料篇9-3は1983年のサブセクション444においての合計費用の推定の例が示されている。

#### 9-2-2 便 益

この分析での便益は交通費用の節約として計測される。交通費用は上記の経過のように、1983年と1995年について決定した。表9-5には1983年と1995年の節約額(便益)をサブセクションと代替案ごとに示している。鋭いカーブでの出会いの回数が加速度的に増えるので交通量の伸びよりも、節約額の伸びの方が大であることがわかる。



走行費節約の現在価値は改良道路が供用開始される1985年か1986年から2005年までの1980年価格で表わされた節約額を社会的割引率で割引いて求めた。

道路維持費は道路距離が短くならない限り代替案相互間には差がないものとした。路上への土砂落下の清掃にかかわる維持作業はもし斜面保護工事が行われたら便益の流れをもたらすと考えられる。しかし、この種の節約額は情報が不十分なので組み込むことが出来なかった。

開発便益は、この度の計画が現道改良計画なので発生しないものと考えた。交通事故の減少は同様に情報不十分なためとり入れることは出来なかった。もし改良が済めば時間の節約も実現しよう。しかしこの道路プロジェクトで節約時間の経済価値を計測することは問題だし、又むづかしい。時間価値は経済分析には含まないこととした。

Table 9-5 Savings in VOC by Selected Year, by Subsection and by Plan

(\$'000 in the economic cost of 1980)

Year	Sub-section	P-2	P-3	Sub-section	P-2	P-3
1983	1	639		11	181	4,962
1995		2,716			679	9,591
2000		4,964			1,178	12,623
2005		4,964			1,178	12,623
1983	2	316	2,343	12	391	
1995		1,297	4,990		1,519	
2000		2,336	6,856		2,662	
2005		2,336	6,856		2,662	
1983	3	1,636	- 1,016	13	376	25,324
1995		6,093	1,041		1,592	48,671
2000		10,537			2,905	63,892
2005		10,537			2,905	63,892
1983	4	1,371	3,001	14	1,339	
1995		5,354	8,268		5,797	
2000		9,445	12,610		10,676	
2005		9,445	12,610		10,676	
1983	5	481		15	105	7,150
1995		2,030			487	13,549
2000		3,699			923	17,682
2005		3,699			923	17,682
1983	6	369	4,048	16	45	
1995		1,443	8,429		198	
2000		2,547	11,444		367	
2005		2,547	11,444		367	
1983	8	75	8,074	17	497	17,565
1995		335	15,679		1,932	33,722
2000		625	20,669		3,401	44,246
2005		625	20,669		3,401	44,246
1983	9	158	4,462	18	9,381	
1995		656	8,548		38,996	
2000		1,187	11,209		71,027	
2005		1,187	11,209		71,027	
1983	10	541	23,945			
1995		1,837	46,056			
2000		3,057	60,485			
2005		3,057	60,485			

Notes: P-2 and P-3 indicate the savings in VOC from the application of improvement plan P-2 and P-3 respectively.

### 9-3 改良工事費

経済費用は1980年6/7月の価格でまとめられ、各サブセクションごとに改良案区分ごとまとめた。それ等が資料篇8-3の附表8-3-2と8-3-3に示される。費用推定の明細は第8章に示される。作業計画は各改良案ごとに全区間の工事量を考えて決定された。一般的にIbagueとCalarcaに近い区間が先に出来あがり、次いでLa Linea 近辺が完了するとした。詳細設計は1983年に始まり、工事は1987年に完了するよう計画された。

### 9-4 B/C分析

B/C分析はとりあえず小規模改良工事案(P-2)を全てのサブセクションに施工した場合について行なわれた。その結果を次に示すと、

PWC	: 現在価値工事費 (i = 12%)	\$ 326 百万
PWB	: 現在価値便益 (i = 12%)	\$ 336.7 百万
PW	: 現在価値 (i = 12%)	\$ 10.7 百万
B/C	: 便益/費用 (i = 12%)	1.03
IRR	: 内部収益率	12.37%

以上の結果はP-2すなわち小規模改良工事案でもって、Ibague - Calarca 間の全ての鋭いカーブの改良をすることが国民経済的に妥当であることを示している。

第7章に示すようにサブセクションのいくつかに中規模改案が提案されている。P-3すなわち中規模改良案とは急カーブ区間の急勾配および線形の改良計画である。

P-3が提案されているサブセクションについては既に述べたように、P-2小規模改良案も提案されている。P-3とP-2との経済評価の比較を行なった結果0.2, 0.4, 1.1と1.7のサブセクションは中規模改良案P-3の方がP-2に比べ、国民経済的に有利であると判断された。

従って全18サブセクションのうち、13区間についてはP-2(小規模改良案)が採用され、4区間については中規模改良案(P-3)が採用された。尚、サブセクション07については、すでに小規模改良後のレベルになっているので、この区間については何もしないこととした。

サブセクション毎の経済費用を表9-6に示し、経済的費用の総合計額636百万ペソの内訳を表8-5に示す。各々のサブセクション毎に行なわれたB/C分析結果を附表9-27に示す。

B/C分析の結果P-2とP-3の組合せからなる案が、最終的に提案された。組合せによる全区間のB/C分析結果は、全ての区間をP-2によって施工するより、経済効果が期待できることを示している。その結果は次に示される。

Table 9-6      Recommended Improvement Plans

	<u>Section</u>	<u>Improvement Plans</u>	<u>Economic Cost</u> <u>(\$'000 in 1980 prices)</u>
1.	K61.3 - K62.8	P-2	5,450.-
2.	K62.8 - K63.9	P-3	29,043.-
3.	K63.9 - K68.4	P-2	58,800.-
4.	K68.4 - K69.2	P-3	51,475.-
5.	K69.2 - K70.1	P-2	9,143.-
6.	K70.1 - K71.3	P-2	3,493.-
7.	K71.3 - K73.4	-	
8.	K73.4 - K75.2	P-2	1,304.-
9.	K75.2 - K75.7	P-2	3,189.-
10.	K75.7 - K81.1	P-2	24,528.-
11.	K81.1 - K81.6	P-3	30,901.-
12.	K81.6 - K83.5	P-2	6,268.-
13.	K83.5 - K88.7	P-2	8,184.-
14.	K88.7 - K97.6	P-2	9,954.-
15.	K97.6 - K98.2	P-2	1,145.-
16.	K98.2 - K100.7	P-2	889.-
17.	K100.7 - K102.1	P-3	177,514.-
18.	K102.1 - K135.6	P-2	214,802.-
	<u>Total</u>		<u>636,082.-</u>

Notes: Refer to Annex Table 8-3-1.

PWC : 現在価値・費用 ( $i = 12\%$ )	\$ 4 6 2.1 百万
PWB : 現在価値・便益 ( $i = 12\%$ )	\$ 5 4 4.5 百万
PW : 現在価値 ( $i = 12\%$ )	\$ 8 2.4 百万
B/C : 便益/費用	1,178
IRR : 内部収益率	14.06%

上記評価にはサブセクション03と10を含んでいる。附表9-24に示されるようにサブセクション03と10への小規模改良案は国民経済的には投資効果を期待することはできないことがわかる(参照附表9-24)。しかしこの2区間を含むことが、全体の経済的工事費用を15%ほど増加させるが、将来その2区間だけを別に施工する方が、今すぐ施工する場合よりもずっと割高になると思われる。従って一諸にして施工すべきだと判断して、勧告する次第である。

#### 9-5 大規模改良計画 ( P-4 )

現地踏査とMOPT及び県当局担当者との打合せの中で、次の4ケの大規模バイパス計画を経済評価に加えることとした。

(1) Girardot	バイパス	51.2 Km
(2) Ibague	"	9.0 Km
(3) Coello	"	24.0 Km
(4) La Linea	"	29.9 Km

自動車走行費用の節約は、Ibague バイパス以外は道路距離の短縮をとまなわないのであまり期待出来ない。一方建設費は困難な地形のため割高である。建設費等は附表9-27, 28に示される。Ibague バイパスの交通費用に関する内容は資料篇9-4に示されている。これ等のバイパス案のB/C分析結果を資料篇9-25に示す。これ等の計画は直ちに工事に入るとしたらフィージブルではないと判断される。

#### 9-6 結 論

##### 9-6-1 道路改良

Ibague - Calarca 間は更に細分化され、そのうちより18ケ所のサブセクションを分析のために設定した。各サブセクションは1~2ケの代替案を想定し、これ等に対して経済的妥当性を検討した。表9-6は経済的にフィージブルな案が各セクションごとに示されている。合計経済的費用は1980年価格で636百万パソとなる。

作業工程をこのIbague - Calarca 区間に対してフィージブルな計画だけで再編した。これが図8-1に示される。この全体計画に対しての経済的費用は表8-5-1に要約されており、BC諸値も附表9-24のように推定されその結果は次のようになった。

Table 9-7 Implementation Program of the Selected Plans

Economic Cost	20,238	8,674	155,192	303,870	148,108	636,082
FC	5,994	2,570	48,670	87,990	43,167	188,391
LC	14,244	6,104	106,522	215,880	104,941	447,691
(In prices of 1980)						
	(3.18%)	(1.36%)	(24.40%)	(47.77%)	(23.29%)	(100.0%)
Financial Cost	22,305	9,539	171,146	335,068	163,361	701,419
FC	5,994	2,570	48,670	87,990	43,167	188,391
LC	14,244	6,104	106,522	215,880	104,941	447,691
LC Total	2,067	865	15,954	31,198	15,253	65,337
(In prices of 1980)						
Financial Cost	33,922	16,684	344,236	775,032	434,543	1,604,417
FC	9,116	4,495	97,893	203,526	114,825	429,855
LC	21,663	10,676	214,254	499,343	279,145	1,025,081
Tax	3,143	1,513	32,089	72,163	40,573	149,481
LC Total	24,806	12,189	246,343	571,506	319,718	1,174,562
(In prices of the current prices. Price level is assumed to rise 15% p.a. upto 1987.)						

PW	: 純現在価値 ( $i = 12\%$ )	\$ 4 6 2 1 million
B/C	: 便益/費用 ( " )	1.178
IRR	: 内部収益率	14.06%

1980年価格による経済的費用と財務的費用は表9-7に示される。また表9-7にはインフレーションを年率15%とみた場合の実施計画における財務的費用も示されている。

1980年価格による財務的費用は701.4百万ペソであり、その内訳は外貨要素が27%の188.4百万ペソで内貨費用は64%の447.7百万ペソ、そして税金要素は9%の65.3百万ペソであった。

#### 9-6-2 崩落防止策

斜面の崩落が起る可能性があることが広く認められており、そのいくつかは何日にわたっての道路閉鎖の原因となる。しかし、この種の災害より道路を保護するために本格的な調査は過去に行われなかった。

調査団はいくつかの地点で地質調査やボーリング調査を行ない地質や斜面の性質を分析した。しかし1980年8月-10月の調査は、経済分析を適用するための十分な情報をもたらすにはあまりにも小さすぎる規模であった。

MOPTは崩落の記録をファイルし、より多くの地質調査を行ない、そして人々、自動車、それに経済がこのような事故が発生したときにどう反応するか調べるべきだと勧告する。

MOPTは又暫定的な修復工事の費用統計と通常の維持管理費用統計を、別々にファイルすべきである。これ等を完了するには多くの月数を必要としよう。

斜面崩落に対する本格的な調査が行われても行われなくても崩落と道路閉鎖は時々現道上で発生するだろう。経済分析の有無には無関係に特に危険と認められるヶ所においては防止工事が行われるべきであろう。防止工事についての勧告は第7章で経済分析とは離れて述べられている。

