

ボリヴィア国

サンボルハ～トリニダ道路改良調査(PHASE II)
ファイナルレポート

本 編

平成元年1月

国際協力事業団

開 一

89-015(2/7)

JICA LIBRARY



1075265(7)

19325

ボリヴィア国

サンボルハ～トリニダ道路改良調査(PHASE II)

ファイナルレポート

本 編

平成元年1月

国際協力事業団

国際協力事業団

19325

序 文

日本国政府は、ボリヴィア国政府の要請に基づき、同国のサンボルハ〜トリニダ間道路改良計画にかかる開発調査（Phase II）を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は立石俊一氏を団長とし、セントラルコンサルタント株式会社及び国際航業株式会社の専門家から構成される調査団を1987年9月より1988年3月まで、及び1988年6月より同年10月まで現地に派遣した。

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

本報告書が、本プロジェクトの推進に寄与するとともに、ひいては両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

終りに、本件調査に御協力と御支援をいただいた両国の関係者各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

平成元年1月

国際協力事業団

総 裁 柳 谷 謙 介

1989年1月

国際協力事業団
総裁 柳谷謙介 殿

伝 達 状

拝啓

本調査に関する最終報告書を正式に提出するに至りましたことは、我々の深くよろこびとするところであります。

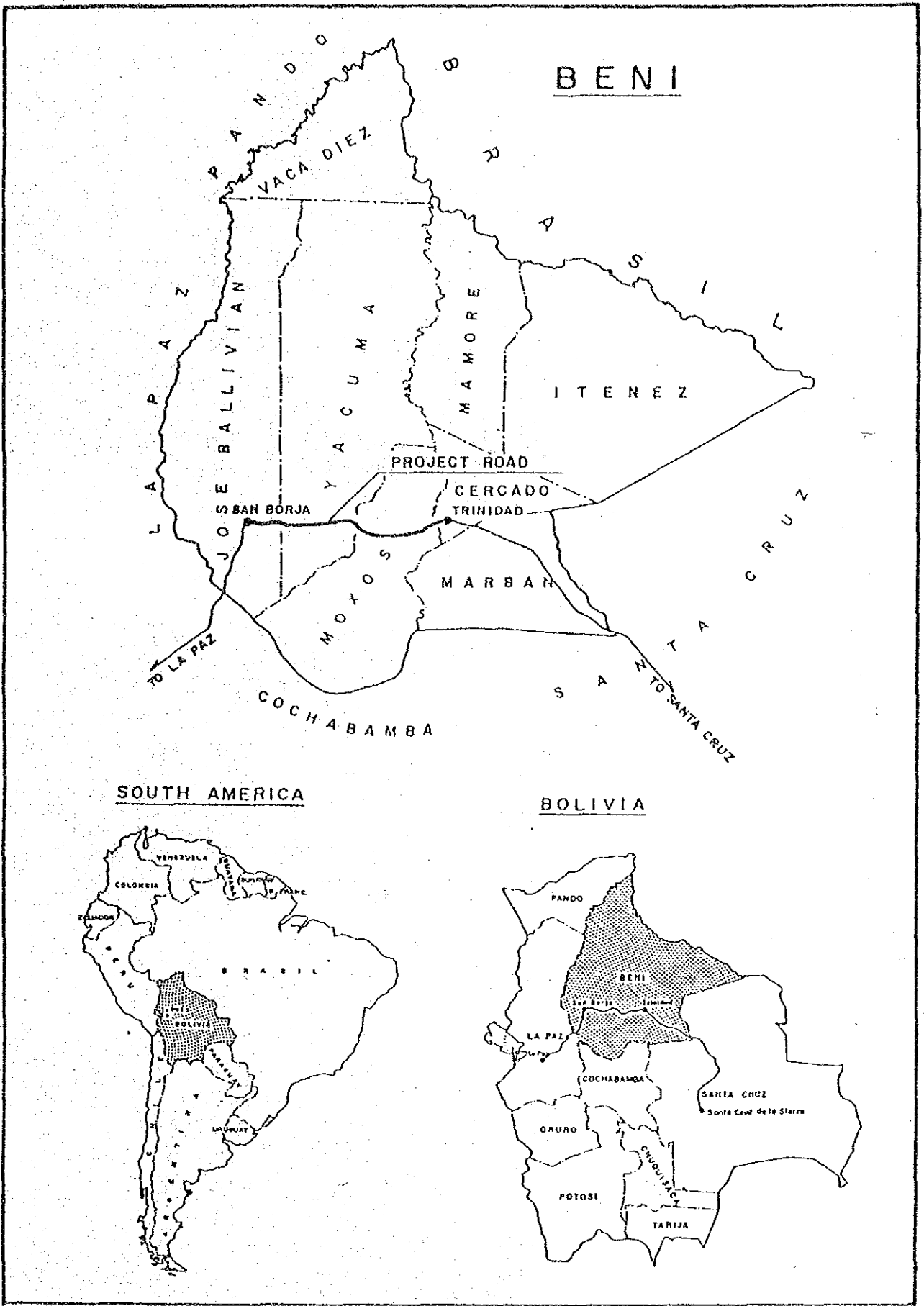
この調査レポートは要約編、本編、図面集、技術仕様書、事業費積算書、5つの技術参考資料、及びティハムチ橋の検討書から成り、1987年9月から1989年1月までの間に実施した調査の結果を取りまとめたものであります。

我々は、この調査の実施により調査対象地域の交通路の整備、及び経済発展に寄与すると共に、ボリヴィア国の将来の発展に役立つことを期待しております。

ここに、この調査の実施について御指導と御支援を賜った貴事業団、作業監理委員、在ボリヴィア日本大使館、並びにボリヴィア国道路公社（SNC）に対し、厚く御礼申し上げる次第であります。

敬具

立石俊一
ボリヴィア国
サンボルハートリニダ道路
改良調査団長
(セントラルコンサルタント株式会社)



サンボルハートリニダ道路改良調査

位置図

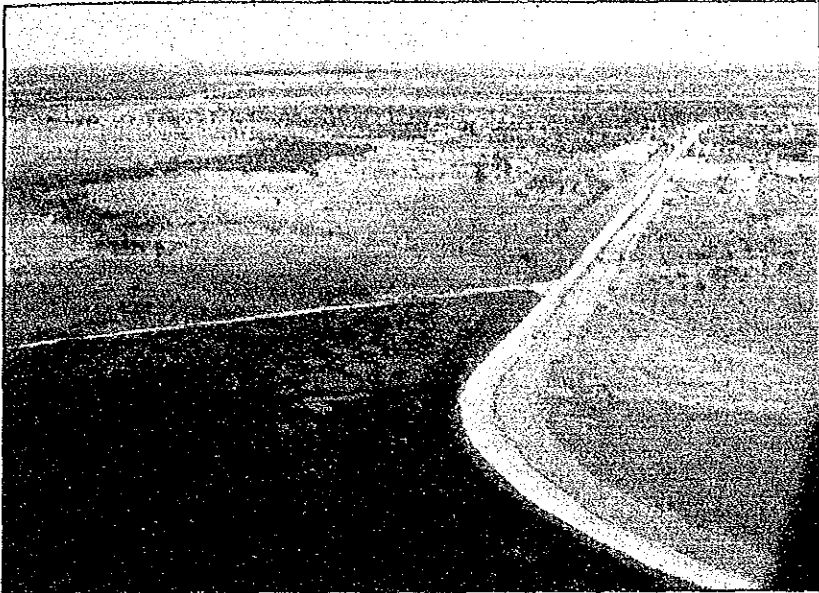


写真-1

トリニダ起点：

トリニダ市の輪中堤と洪水状況



写真-2

トリニダ市から約8 km地点：

イバレ川の現在フェリー運航状況



写真-3

トリニダ市から約10km地点（プエルト・ガナデーロ）：

マモレ川の侵食により岸壁が崩壊する状況

約3週間の間に5 m以上削り取られた事を確認



写真-4

トリニダ市から約10km地点：

マモレ川の河道状況



写真-5

トリニダ市から約21km地点：

草原地域の現道と横断排水構造物
状況



写真-6

トリニダ市から約22km地点：

ティハムチ川と現道状況

ティハムチ橋の架橋計画位置
(橋長 136m)



写真-7

トリニダ市から約22km地点：

ティナムチ川付近の雨季の洪水状況

現道は完全に冠水している



写真-8

トリニダ市から約 107km地点：

エル・タヒーボ地域の雨季の現道状況

タヒーボ橋の架橋計画位置
(橋長30.7m)

写真-9

トリニダ市から約 108km地点：

ティグレ川の8連コルゲートパイプと現道状況

写真-10



トリニダ市から約 119km 地点：

森林地域の現道状況

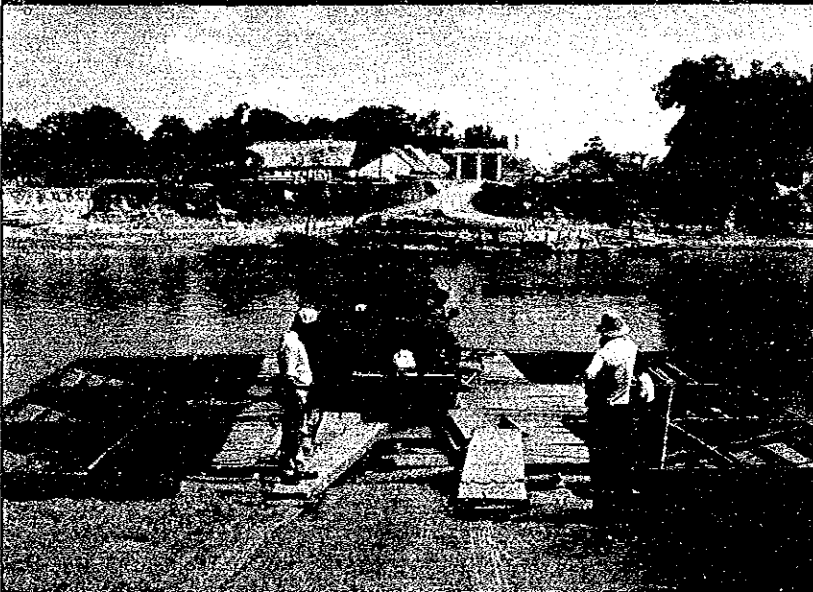
写真-11



トリニダ市から約 208km 地点：

クリラーバ川とその既設橋の状況

写真-12



トリニダ市から約 219km 地点：

マニキ川のフェリーサービス状況

現在橋梁工事が行われ前方に橋台が見える

結論と勧告

結論と勧告

1. 総括

1-1 本プロジェクトは、首都ラパスへの食料供給地帯であるベニ州、サンボルハ〜トリニダ間229Kmを結ぶ道路改良計画である。

1-2 1983年5月発令の法令No.547はサンボルハ〜トリニダを結ぶ道路の完成と維持が国家にとって最優先の目標であることを明らかにしている。

これら道路の緊急性は次の理由によると考えられる。

(1) この地域の生産物を消費地へ結ぶスムーズで経済的な手段として

(2) この地域の将来の開発を押し進めるための国内移民政策に不可欠なものとして

(3) 国境地帯へ行政を浸透させる手段として

1-3 サンボルハ〜トリニダ間の全天候型道路の完成は、ボリビア国内の開発、発展に大きく寄与すると共に、国内の道路網形成の上からも重要な道路の一部である。

1-4 洪水地域の水の解析、マモレ川の渡河方法の検討等を実施した結果、全天候道路を建設することが技術的に可能である事を確認した。

1-5 建設費の低減を計るために設計にあたり、路肩幅員の縮小、舗装の段階建設、最大限の現道利用等を行った。

その結果プロジェクトコストは61,800,000US\$と算出された。

プロジェクトの建設工期は1990年より1993年までの4年間のとした。

1-6 本プロジェクト完成によってもたらされる走行便益、輸送便益等の年間の経済効果は、2003年に25百万US\$、2013年に41百万US\$と算定される。

1-7 本調査の結果、経済性の指標であるIRRは24.75%、便益・費用比率2.5、純現在価値75,185,000US\$と経済的にもフィジブルであることが確認された。

1-8 サンボルハートリニダ道路改良プロジェクトは、その投資効率の良さと波及効果の大きさから判断して、一日も早く実現されるべきプロジェクトである。

1-9 本プロジェクトの実施に当たっては、集中的な投資が必要となるため、国際金融機関の融資を受けることが合理的であり、有効である。その対象として米州開発銀行（IDB）が考えられる。

1-10 尚、米州開発銀行（IDB）は、その融資条件として、本調査には含まれていない、環境調査と社会階層別調査を実施することを求めている。

これらの調査は、SNCが実施することになっている。

2. プロジェクトの効果

2-1 本路線が完成することにより、ボリビアの二大都市であるラパスとサンタクルスが道路で連結されると共に、国内の主要都市を結ぶ大規模環状道路が形成されることになり、ボリビア国内の道路網の骨格が構成されることになる。

2-2 本プロジェクトの完成をはじめとする道路網の整備によって、情報伝達、物・人の交通条件が飛躍的に向上し、行政の効率化にも大きなプラスをもたらす。

2-3 これまで陸の孤島のイメージを有していたベニ州の州都トリニダが、本プロジェクトの完成により、他の主要都市との連携が強まることになる。また、トリニダを中心とした周辺の地域に対しても及ぼす波及効果は大きい。

2-4 現在、当該道路沿道部とラパスの間の牛、小麦などの物資輸送は、大半が航空機にその手段を依存している。

しかし、全天候型の道路の完成により道路交通が主要な輸送手段になる。

この輸送手段の変化は、物資輸送費の大幅な節減をもたらす。

2-5 雨季に通行不能であった道路が全天候型道路に改良されることにより、その沿線に広がる広大な後背地を対象に民間の開発投資を促す。

道路沿線の開発は、国内のみならず国外に対して、国力、国の安定性を示すことになる。

3. プロジェクト実施のために

3-1 本プロジェクトに要する事業費は、1-5 に記したように1988年8月価格で61,800千US\$と算定された。

このうち、最も大きな割合を占める費用項目は、路盤および舗装用の骨材運搬費であり、全事業費の42%に及ぶ。

従って、工事の実施に当たっては、これらの運搬費の節減に意を注ぐべきである。

3-2 本道路は、ラバス、トリニダ、サンタクルスを結ぶ広域幹線国道の一部を成すものであり、本道路の両端につながる国道の整備と相まって、その効果が十分発揮される。

ラバス～サンボルハ道路、トリニダ～サンタクルス道路の未改良区間の改良整備を図ってゆくことは、本プロジェクトの建設による効果を高めるためにも必要である。

3-3 サンボルハ～トリニダ間には17橋の橋梁があるが、本プロジェクトで建設する10橋を除いた7橋については、SNCによって本プロジェクト着工前に完成させる事が前提条件となっている。

3-4 本プロジェクトの工事においては、雨季以前に施工した部分が洪水によって破損したり、雨季の交通等によって品質低下を招いたりすることのないよう、雨季対策を十分考慮した施工計画を立て、それを確実に実施しておくことが肝要である。

例えば、土工工事においては盛土に着手した箇所は路盤工までを、コルゲートパイプ工事においては埋戻し及び吞吐口工までを、又、橋梁下部工工事においては橋台の保護盛土工までを、各々雨季前に仕上げておくようにしなければならない。

3-5 本道路の維持管理に当たっては、砂利舗装面の定期的整正と補修、横断配水管および橋台保護盛土の点検及び応急処置、フェリーポート及び運河の維持浚渫等が特に留意を要する事項である。

計 画 概 要

1. 計画規模

起点	ベニ州セルガード、トリニダ	
終点	ベニ州ホセ・バジビアン・サンボルハ	
延長		221.93Km (フェリー延長を除く)
土工延長		220.94Km
アスファルト舗装延長		10.37Km
砂利舗装延長		210.57Km
橋梁延長		0.99Km
フェリー運航延長 (マモレ川)		7.06km
計 (サンボルハ～トリニダ間)		228.99km

2. 規 格 (MANUALY NORMAS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS 1984: SNC)

道路区分	Class III
設計速度	100Km/h
車線数	2車線
総幅員	9 m
車道	7 m

3. 数 量

盛土		2,524,963m ³
舗装	アスファルト t= 6cm	71,000m ²
	砂利 t= 20cm	2,032,000m ²
コルゲトパイプ		177ヶ所
橋梁		17橋
	(内7橋は1990年までに完成)	
橋梁延長	17橋	987.2m (全体)
	10橋	381.9m (プロジェクト)
フェリーボート		2ヶ所
運河延長 (3ヶ所)		2,414m

4. 事業費 (1988年費用)

外貨分	37,122,000 US \$	60.1%	60.2%
内貨分	24,649,000 US \$	39.9%	—
税金	9,171,000 US \$		14.8%
その他	15,478,000 US \$		25.1%
合計	61,771,000 US \$	100.0%	100.0%

5. 建設工期

1990年 ~ 1993年 4年間

6. 建設予算計画

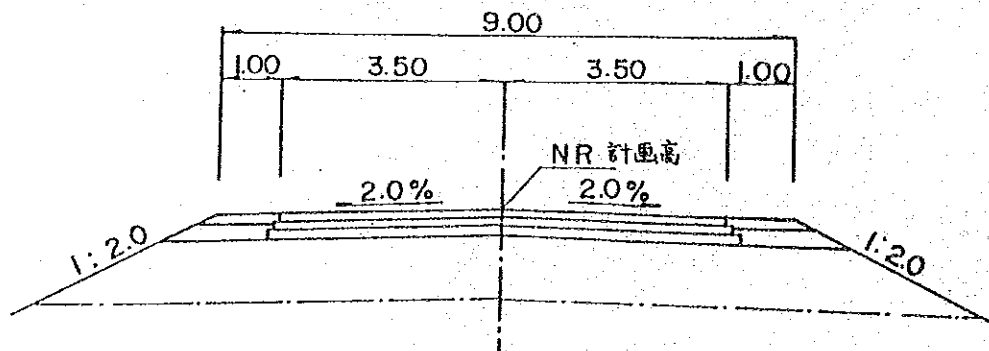
1990年	11,360,000 US\$
1991年	18,685,000 US\$
1992年	19,717,000 US\$
1993年	12,009,000 US\$
合計	61,771,000 US\$

7. 経済的妥当性

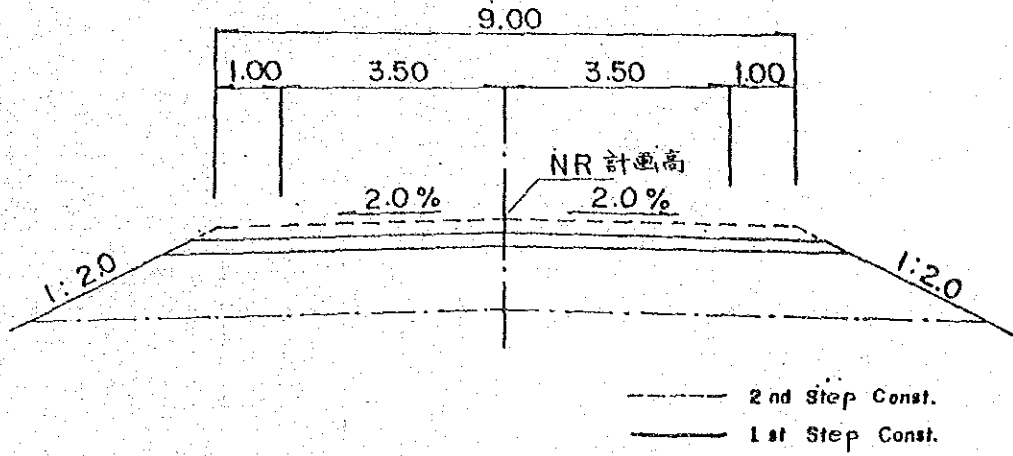
経済的内部収益率	24.75 %
便益・費用比率 (割引率 12%)	2.5
純現在価値 (割引率 12%)	75,185,000 US\$

8. 標準横断面図

(1) トリニダ〜マモレ川



(2) マモレ川～サンボルハ



9. 交 通 量

	物部川～物部川					物部川～加計 船子口					加計 船子口～加計 船子口					加計 船子口～トニマ				
	小型	中型	大型	*	計	小型	中型	大型	*	計	小型	中型	大型	*	計	小型	中型	大型	*	計
1984年 (現況)	20	7	7	0	34	23	5	7	0	35	23	5	7	0	35	141	12	113	0	266
1994年 (開業初年度)	39	14	14	61	128	45	10	14	51	120	45	10	14	45	114	277	24	222	67	590
1998年	51	18	18	66	153	59	13	18	55	145	59	13	18	49	139	362	31	290	76	759
2003年	72	25	25	75	197	83	18	25	64	190	83	18	25	56	182	507	43	407	89	1,046
2008年	101	35	35	84	255	116	25	35	71	247	116	25	35	63	239	711	61	569	102	1,443
2013年 (開業20年目)	141	48	49	93	332	162	35	49	83	329	162	35	49	71	317	996	85	798	116	1,995

* 転換交通量 (大型)

10. 工程表

工事種別	数量	1990年			1991年			1992年			1993年			摘要
		3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	
準備	1347 ha													
土開	579 ha													
伐根	930 m													
既設パイプ	3,935 m													
コルゲート	1,240,982 m ³													
路	373,709 m ³													
路	2,159,903 m ²													
路	10箇所													
床仕上	438,357 m ³													
フェリ	7,179 m ³													
橋	70,781 m ²													
下	20,223 m ²													
上	8,892 m													
表														
路														
防														
標														
路														
フェリ														
面														
表														
務														
示														
所														

ティハム子橋含む

機械名	※台数
ブルドーザー (21t)	26
バックホウ (0.8 m ³)	6
トラクターショベル (2.1 m ³)	4
ダンプトラック (11t)	141
タイヤローラー (20t)	4
振動ローラー	2
モーターグレーダー (3.7 m)	2
コンクリートミキサー (0.6)	6
アスファルトプラント	1
フィニッシャー	1
チャンカドローラー (一式)	1

※常時必要機械台数

CANTIDAD OBRA Y COSTO DE PROYECTO Unidad: US \$

Tipo de Obra	Nombre del Trabajo	Tamaño y Tipo	Unidad	Volumen	Costo Unitario			Costos			Sub Total
					M.L.		M.E.	M.L.		M.E.	
					Imp.	Otros		Imp.	Otros		
Terraplén	Descapote		ha	1,347.16	240.00	270.0	1,020.00	323,318.40	363,733.20	1,374,103.20	2,061,155
	Desbosque y limpieza		ha	578.90	618.44	696.33	2,617.78	358,014.32	403,105.44	1,515,432.84	2,276,553
	Relleno (terroplén)		m ³	1,222,408.00	0.30	0.35	1.26	366,722.40	427,842.80	1,540,234.00	2,334,739
	(subrasante)		m ³	1,302,555.00	0.12	0.16	0.53	156,306.60	208,408.80	690,354.15	1,055,070
	Transporte de tierra		juego	1.00	-	-	-	357,848.24	356,039.84	1,804,501.98	2,518,390
	Acabado		m ²	2,159,903.00	0.013	0.018	0.054	28,078.74	38,878.25	116,634.76	183,592
Rea. de tubos	Con excavación		juego	1.00	-	-	-	2,562.02	6,036.13	9,122.87	17,721
	Sin excavación y relleno		juego	1.00	-	-	-	424.25	2,198.26	949.58	3,572
Colocación de tubos corrugados	Excavación		m ³	19,152.81	0.15	0.22	0.59	2,872.92	4,213.62	11,300.16	18,387
	Fundación		m ³	3,621.74	0.57	1.49	2.03	2,064.39	5,396.39	7,352.13	14,813
	Colocación de tubos		juego	1.00	-	-	-	303,535.00	220,076.54	1,012,280.36	1,535,892
	Material de relleno		m ³	29,718.96	0.57	1.49	2.03	16,939.81	44,281.25	60,329.49	121,551
Cabezales	Hormigón		m ³	3,067.70	7.10	49.82	8.32	21,780.67	152,832.81	25,523.26	200,137
	Fundaciones		m ³	10,762.34	0.19	1.41	0.26	2,044.84	15,174.90	2,798.21	20,018
	Encofrado		m ²	14,176.27	1.00	8.83	0.12	14,176.27	125,180.88	1,701.21	141,059
	Enladrillado		m ²	2,591.01	10.43	88.80	5.43	27,024.23	230,081.69	14,069.18	271,175
	Capa de hormigón		m ²	322.87	8.86	68.09	7.26	2,860.63	21,984.22	2,344.04	27,189
Pavimento	Capa superficial		m ²	70,781.00	2.64	2.98	7.53	186,861.84	210,927.38	532,980.93	930,770
	Capa base		m ²	7,179.00	10.17	12.90	42.63	73,010.43	92,609.10	386,040.77	471,660
	Pavimentación de berma		m ²	20,223.00	1.40	1.74	5.64	28,312.20	35,188.02	114,057.72	177,558
	Subbase		juego	1.00	-	-	-	3,172,915.04	3,395,133.80	13,637,818.21	20,805,867
Trabajos Complementarios	Zanjas de encause		m	1,300.00	9.30	0.44	1.18	390.00	572.00	1,534.00	2,496
	Defensa		m	8,892.00	5.91	1.74	14.05	52,551.72	15,472.08	124,932.60	192,956
	Canales de desvío fluvial		m	270.00	7.44	9.60	30.48	2,008.80	2,592.00	8,229.60	12,830
	Señalización		juego	1.00	-	-	-	5,128.32	13,373.97	14,070.65	32,573
	Marcas en el pavimento		m	26,341.10	0.02	0.18	-	526.82	4,741.40	-	5,268
	Oficina administrativa		m ²	4,380.00	28.00	252.00	-	122,640.00	1,103,760.00	-	1,226,400
	Oficina para transbordador		m ²	214.00	28.00	252.00	-	5,992.00	53,928.00	-	59,920
Estructura	Instalaciones de transbordador		juego	1.00	-	-	-	273,709.13	438,230.86	1,092,967.75	1,804,908
	Puentes	9 Puente	punte	-	-	-	-	242,280.20	773,754.91	782,880.11	1,798,915
		Tijonchi	punte	-	-	-	-	214,333.93	340,660.19	717,912.81	1,272,907
Desglose de Costos	Costo directos de construcción total		(D)					6,367,235.26	9,706,408.73	25,522,456.65	41,596,101
	Costo generales (Administración)		(G=D×25%)					1,591,764.74	2,426,591.27	6,380,543.35	10,398,899
	Costo de construcción total		(C=D+G)					7,959,000	12,133,000	31,903,000	51,995,000
	Costo de Ingeniería		(I=C×6.5%) (M.L. 40%, M.E. 60%)					307,000	1,299,000	1,844,000	3,360,000
	Costo de administración		(A=C×1.5%)					71,000	709,000	-	780,000
	Total		(T=C+I+A)					8,337,000	14,071,000	33,747,000	56,155,000
	Contingencias		(B=T×10%)					834,000	1,407,000	3,375,000	5,616,000
	Costo del proyecto		(I+B)					9,171,000	15,478,000	37,122,000	61,771,000
	Proporción							14.8 %	25.1 %	60.1 %	-
	Costo del proyecto sin impuestos							-	15,478,000	37,122,000	52,600,000
	Proporción							-	29.4 %	70.6 %	-

目 次

・序 文

・位置図

・現地調査写真

・結論と勧告

第1章 概 要	1
1. 1 調査の背景	1
1. 2 調査の目的	1
1. 3 調査の対象	3
1. 4 調査の方法	3
1. 5 調査の組織体制	9
1. 6 プロジェクトの計画諸元	11
第2章 現地調査及びモザイク写真の作成	12
2. 1 基準点測量と多角測量	12
2. 2 空中三角測量とモザイク写真作成	13
2. 3 路線測量	15
2. 4 土質及び骨材調査	15
2. 5 橋梁基礎ボーリング調査	29
第3章 設 計	33
3. 1 設計基準	33
3. 2 道路設計	33
3. 2. 1 概 要	33
3. 2. 2 計画目標年次	33
3. 2. 3 設計基準と規格	34
3. 2. 4 平面線形設計	35
3. 2. 5 縦断線形設計	39
3. 2. 6 横断設計	40

3. 3	舗装設計	41
3. 3. 1	概 要	41
3. 3. 2	舗装厚の計画	42
3. 3. 3	舗装構成	45
3. 4	橋梁設計	47
3. 4. 1	概 要	47
3. 4. 2	橋梁位置	48
3. 4. 3	設計条件	51
3. 4. 4	地 質 (ボーリング調査)	56
3. 4. 5	上部構造	58
3. 4. 6	下部構造	61
3. 4. 7	上部工応力計算結果	64
3. 4. 8	下部工応力計算結果	70
3. 5	横断排水管の設計	73
3. 5. 1	設置位置の選定	73
3. 5. 2	断面形状及び種類	73
3. 5. 3	吞吐口の構造及び材料	75
3. 5. 4	ティグレ川の既設8連コルゲートパイプ	77
3. 5. 5	流量計算	78
3. 5. 6	横断排水システム (排水施設の設置間隔) について	81
3. 6	フェリー施設設計	83
3. 6. 1	フェリー施設位置の選定	83
3. 6. 2	各部の諸元	84
第4章	施工計画	85
4. 1	工事の概要	85
4. 2	施工計画の立案	86
4. 2. 1	基本方針	86
4. 2. 2	工区分割	86
4. 2. 3	運土計画	87
4. 2. 4	作業内容と建設機械	88
4. 2. 5	稼働率及び雨季	88

4. 2. 6	雨季に対する制約	91
4. 3	工区の特徴	94
4. 4	施 工	97
4. 4. 1	土 工	97
4. 4. 2	舗装工事	101
4. 4. 3	橋 梁	107
4. 5	全体工程表	109
第5章 工事数量及び事業費		120
5. 1	数量総括表	120
5. 2	事業費	123
5. 2. 1	概 要	123
5. 2. 2	単価分析	123
5. 2. 3	外貨と内貨の分類	124
5. 2. 4	用地及び補償費	124
5. 2. 5	事業費	125
第6章 維持管理		128
6. 1	維持管理の基本方針	128
6. 2	維持管理の方法	128
6. 3	維持管理の工種と作業	131
第7章 技術仕様書の作成		135
7. 1	仕様書作成の基本方針	135
7. 2	技術仕様書の構成	135
7. 3	仕様書の概要	135
第8章 経済評価		137
8. 1	本プロジェクトへのインパクト	137
8. 2	経済評価	141
— アネクセス —		
— アペンディックス —		
1.	横断排水構造物の比較検討	

第1章 概 要

第1章 概 要

1. 1 調査の背景

ボリビア共和国の首都ラパスと、ベニ州の州都トリニダを結ぶ国道3号線の全天候型道路としての早期完成は、長い間、同共和国における最優先プロジェクトとして、位置づけられてきた。

これは、この道路が農畜産物の生産地であるベニ州とその大消費地であるラパスを結ぶ路線であるばかりでなく、ボリビア国全体の道路網を考える時、その根幹というべきラパス、サンタクルス、トリニダを結ぶ広域の環状道路の一部であることに、その理由を見出すことができる。

この3号線の改良整備は、ラパス側から、逐次進められてきており、現在、サンボルハまでは一部を除き、一応整備の目途がたっている。これに対し、サンボルハからトリニダまでの約230 kmの区間は、雨期には通行不能となる現道があるのみであり、残された最後の要改良区間である。従って、この区間を改良すれば、上記の広域の環状道路全体が、年間を通して通行可能な道路として、完成することとなる。

このような状況のもとで、1985年ボリビア政府の要請をうけた日本政府は、このサンボルハ〜トリニダ間の道路改良のための調査を二国間技術協力として実施することとなったものである。

先ず、1985年10月から1987年7月にかけて、現地状況の調査と技術的検討を目的とした第1段階の調査 (Phase I 調査) が実施された。この技術的検討は、ほぼフィージビリティスタディのレベルで実施されている。

このPhase I 調査の結果を受けて、引続きボリビア政府の要請により日本政府は、本道路改良プロジェクトに関する詳細な現地調査、道路設計、経済評価等を内容とする第2段階の調査を実施することとなった。これが、今回の調査 (Phase II 調査) である。

このため、国際協力事業団は、1987年6月〜7月に公式ミッションをボリビアに派遣して、Phase II 調査の方針と内容を協議し、Scope of Work を締結した。

国際協力事業団は、この S/Wに基づき、1987年9月調査実施のための調査団をボリビア国に派遣した。調査団は、1988年10月までにPhase II に係る調査を終え、その成果をドラフトファイナルレポートにとりまとめた。

なお、本道路改良プロジェクトの工事は、IDBの融資によって実施されることが期待されている。

1. 2 調査の目的

本プロジェクトは、食肉を中心とする農畜産物の生産地であるベニ州と、ボリビアの経済、文化の二大中心都市であるラパス及びサンタクルスを結ぶ重要な路線の一部をなす国道3号線のサ

ンボルハ～トリニダ間約 222kmの道路改良計画である。

このサンボルハ～トリニダ間には、1978年に完成した既存道路が存在するが、狭幅員、低盛土の土砂道であり、さらに渡河のための架橋もほとんどなされていないため、多くの区間が雨期を中心とした約3ヶ月もの間、洪水の影響で通行が不能となる状況にある。

特に、トリニダから40～50kmの区間の既存道路は、毎年数ヶ月にわたって冠水する。さらに、この間には、河道の変動が著しく、氾濫域の幅が10kmにも及ぶマモレ川が存在している。

本調査の目的は、このような状況下にあるサンボルハ～トリニダ道路の改良計画に関し、既に実施したPhase I 調査をもとに、技術的、経済的側面から検討を加え、本道路を年間を通して通行可能な全天候型の道路に改良、整備するため、必要な諸調査と設計を行い、併せて道路改良もたらす社会的、経済的効果を推定し、分析することである。

さらに、本調査の実施を通じて、ボリビア側技術者への技術移転がなされることも目的の一つである。

1. 3 調査の対象

本プロジェクトの対象区間は、ボリビア国ベニ州ホセ・バジビアン・サンボルハから同州セルカード県トリニダに至る延長約229kmの間である（図1-1参照）。

この間に存在するマモレ川はフェリーで渡河する計画であるため、これを除いた対象道路延長は約 222kmである。ただしマモレ川に建設するフェリーポート及び運河は、本調査の対象に含まれる。

また、本対象区間には、橋梁17橋が計画されているが、うち8橋は、本プロジェクトの先行工事として建設される計画であるため、本調査の対象から除外される。

ただし、この8橋のうちティハムチ橋については、本調査の最終年次に至り、ボリビア政府より同国側が提示する同橋の建設費と建設工程計画を本調査に組み入れてほしい旨の要請が出されたため、この要請に基づく事項のみ調査の対象に加えている。

1. 4 調査の方法

1. 4. 1 調査項目

前述の調査目的を達成するため、Phase II 調査は、図1-2に示す調査実施フローにより以下の項目について実施した。

(1) 準備作業及び資料の収集・分析

(2) 現地調査

- 衛星測地 (Global Positioning System survey (GPS survey))
- 多角測量
- 中心線及び縦・横断測量
- 橋梁部等の細部補足測量
- 盛土材のサンプリング及び室内試験
- 橋梁基礎のボーリング調査 (3ヶ所)
- 骨材調査及び室内試験
- 現地踏査

(3) モザイク写真の作成

- 空中三角測量
- モザイク写真 (縮尺1/2,000)の作成

(4) 設 計

- 道路設計 (平面、縦断及び横断設計)
- 舗装設計
- 橋梁設計 (9橋)
- 横断排水管設計
- フェリー施設設計 (マモレ川)

(5) 施工計画

(6) 事業費の算出

(7) 維持管理計画

(8) 技術仕様書の作成

(9) 経済評価

(10) 報告書の作成

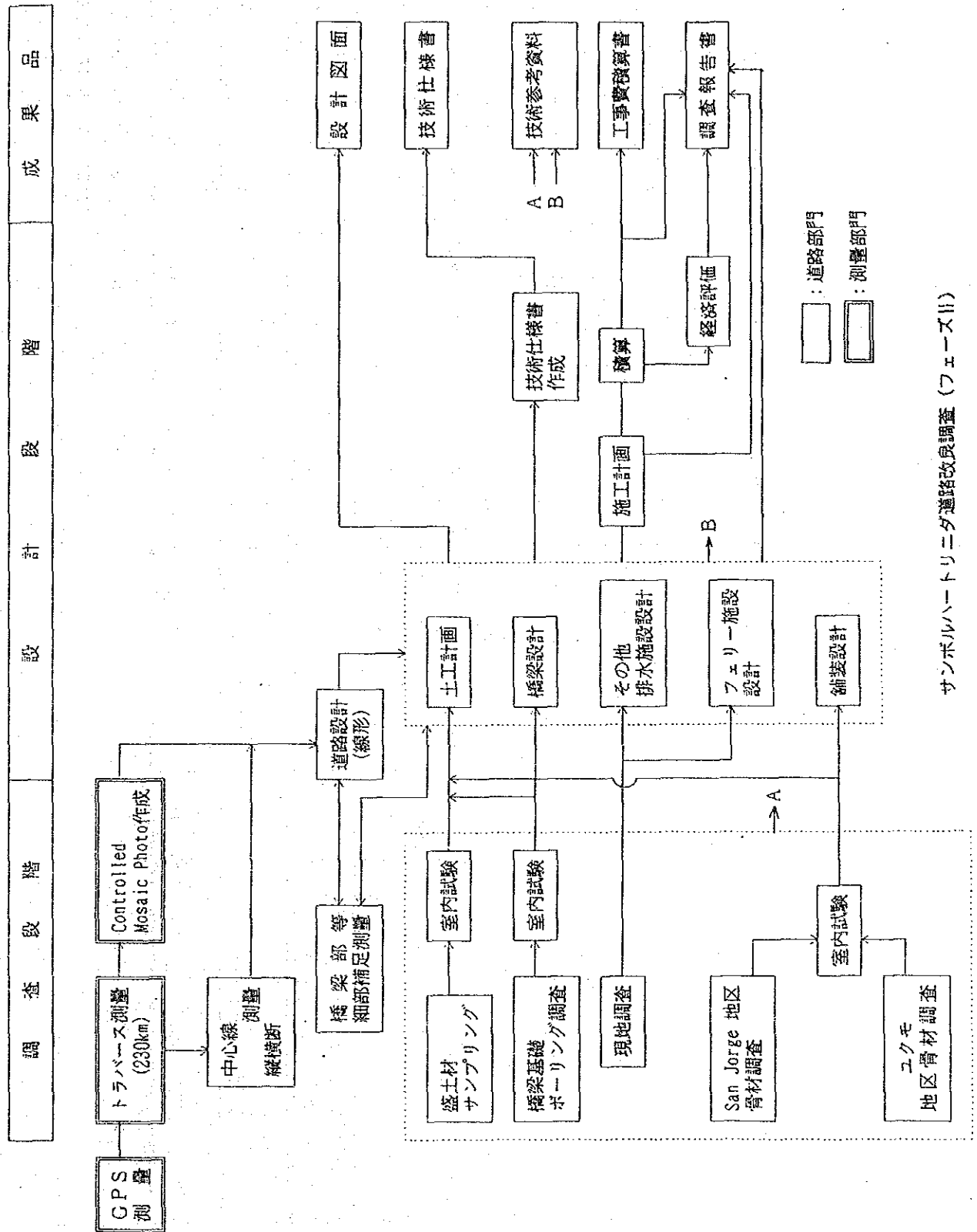
1. 4. 2 調査スケジュール

本調査の実施スケジュールを図1-3及び図1-4 (1), (2) に示す。

1. 4. 3 調査の最終成果品

本調査によって得られた最終成果品は、下記により構成される。

- 調査報告書
 - 本 編 (Main Report)



サンパルハートロニダ道路改良調査 (フェーズII)

図1-2 ワークフローチャート

Time	1987												1988												1989		
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3						
(a) Preparation of the Study			□																								
(b) Submission of Inception Report			△																								
(c) Study in Bolivia			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
(d) Study in Japan				□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□					
(e) Submission of Interim Report																											
(f) Submission of Draft Final Report																											
(g) Submission of Final Report																						○					

Note: ■ Work in Bolivia
□ Work in Japan

図1-3 調査実施全体スケジュール

Time Work items	1987												1988																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3										
1. Preparation work in Japan																																					
Data collection and analysis																																					
Preparation of inception report																																					
2. Field survey																																					
Preparation for surveys																																					
GPS survey																																					
Traverse survey																																					
Center line survey																																					
Vertical survey																																					
Cross-sectional survey																																					
Detailed supplementary survey																																					
Sampling of banking material																																					
Test on banking material																																					
Boring at bridge construction sites																																					
Field reconnaissance																																					
Investigation of aggregate																																					
Test on aggregate																																					



Note:  Working in Bolivia  Working in Japan

図1-4(1) 調査項目別実施スケジュール(1)

Work items	1987												1988											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
3. Preparing controlled mosaic photographs																								
Aerial triangulation																								
Preparing controlled mosaic photographs																								
4. Preliminary design																								
Horizontal alignment design																								
Vertical alignment design																								
Cross-sectional design																								
Pavement design																								
Bridge design																								
Ferryport facilities design																								
Drainage facilities design																								
Planning of construction method																								
Calculation of quantities for construction																								
Construction cost estimates																								
Preparation of technical specifications																								
5. Economic evaluation																								
6. Preparation of Final Report																								



Note:  Working in Bolivia  Working in Japan

図1-4(2) 調査項目別実施スケジュール(2)

- 付 録 (Appendix)
- 要約版 (Summary)
- 一 設計図面集
- 一 技術仕様書
- 一 工事費積算書
- 一 技術参考資料
- 中心線座標計算書
- ボーリング調査報告書
- 土質調査報告書
- 骨材調査報告書
- 道路横断面図

1.5 調査の組織体制

本調査は、日本政府とボリビア政府との緊密な協力関係のもとに実施された。

具体的には、ボリビア政府の道路事業実施機関である道路公社（SNC）がカウンターパートを指名し、一方、日本政府の国際協力機関であるJICAは、調査実施のため調査団を編成するとともに、調査作業を監理する作業監理委員会を組織して調査に当たった。

本調査の組織体制を図示すれば、次のとおりである。

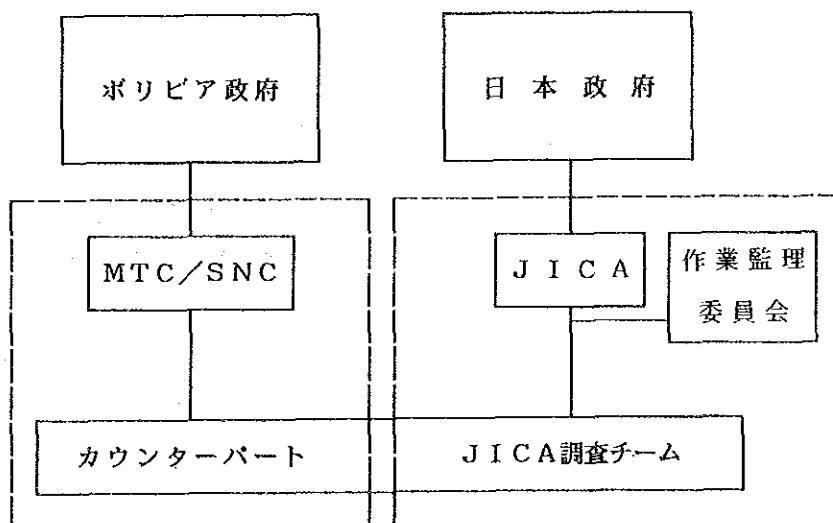


図 1 - 5 調査の組織体制

表 1. 1 調査チームメンバーリスト

担 当	氏 名
	(道路部門)
団長総括	1. 立石 俊一
設計・積算(A),測量監督	2. 岡崎 邦彦
設計・積算(B),測量監督	3. 五月女 正治
設計・積算(C)	4. 岡崎 敬介
橋梁設計	5. 魚地 昌一
土質及び骨材調査	6. 仲村 誠
施工計画・仕様書作成	7. 伊佐治 健一
経済評価	8. 市川 恵一
	(測量部門)
測量総括	1. 山本 勇
測 量	2. 横田 文男
〃	3. 渡辺 孝
〃	4. 伊藤 量輔
〃	5. 小室 信隆
〃	6. 池田 義昭
〃	7. 下田 省三
〃	8. 実原 建樹
〃	9. 長谷川 浩司

表 1. 2 監理委員会委員リスト

担 当	氏 名	所 属
委員長(総括)	霜島 稜一	建設大臣官房 政策企画官
委員		
(測量)	保谷 忠男	国土地理院 地理調査部
(土質及び構造物)	多久和 勇	日本道路公団 審議室
(経済)	川島 茂樹	建設省 道路局高速国道課

1. 6 プロジェクトの計画諸元

本調査の結果確定された、本プロジェクトの計画諸元は、以下のとおりである。

(1) 対象区間

ボリビア国ベニ州ホセ・バジピアン・サンボルハ～同州セルカード県トリニダ

(2) 計画諸元

幅員	道路幅員	9.0m
	車線幅員	3.5×2=7.0m
延長	道路延長	221.9km
	航路延長	7.1km (マモレ川)
	計	229.0km
主要構造物	橋梁	17ヶ所 合計延長 987.2m

(うち、7橋は、本プロジェクトの先行工事として、建設中又は建設の予定である)

フェリーポート 2ヶ所 (マモレ川)

運河 3ヶ所 (マモレ川)

路面の種類 アスファルト舗装

ただし、サンボルハ～マモレ川間は、砂利道で暫定供用。

将来推計交通量 (2013年)

サンボルハ～サンイグナシオ	332 台/日
サンイグナシオ～プエルトガナデーロ	329 台/日
プエルトガナデーロ～プエルトバラドール	317 台/日
プエルトバラドール～トリニダ	1,995 台/日

第2章 現地調査及びモザイク写真の作成

第2章 現地調査及びモザイク写真の作成

2.1 基準点測量と多角測量

2.1.1 概要

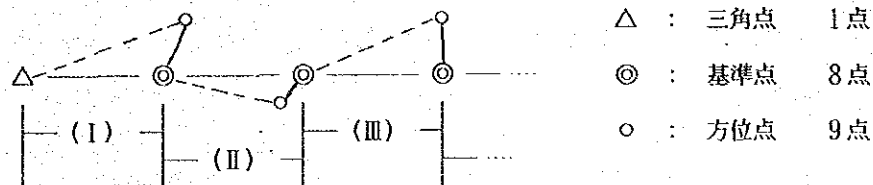
基準点測量はGPS(Global Positioning System)により実施した。作業範囲であるトリニダ市とサンボルハ市間において、ボリビア国の三角点はトリニダ市に1点確認できただけであった。そこで、多角測量の与点として、約30km毎に、GPSにより基準点と方位点を設置した。

多角測量は、GPS基準点間を、結合多角測量方式により行い、約5km毎に、多角点を埋設した。また、モザイク写真作成に必要な標定点測量と、刺針作業を行った。

2.1.2 GPS基準点測量

(1) 観測方法

観測精度を上げるため、3個以上の衛星が同時に2時間以上観測できる時間帯を選んで、下図のように3点同時観測を行った。



(2) 観測点数と観測期間

観測点数 : 18点

観測期間 : 13日間 (17SEP '87 ~29SEP '87)

(3) 使用機材

観 測 : WM101受信機 3台

解 析 : ミニコンピュータ 3台

(4) 解析方法

(a) 座標変換

ボリビア国三角点(△BIG-BENI)での観測結果より、衛星の楕円体(WGS-84)と、ボリビア国測地楕円体(PSAD-56)へのシフト量を算出し、観測成果の座標変換を行った。

(b) 座標系

調査範囲は東西約230kmと長い路線であるため、実測距離(S)と図面上の距離(s)との差を

少なくするため、調査範囲のほぼ中央である西経 $66^{\circ} 0' 0''$ 、南緯 $15^{\circ} 0' 0''$ 、を原点とした。
 原点の縮尺係数を $s/S=0.99990$ として、最大距離差を $1/10,000$ 以内になるように、任意座標系とした。

(c) 標 高

基準点の標高は、phase I 調査で設置した、水準点(BM)より、直接水準測量により取り付けた。

2. 1. 3 多角測量

(1) 観測方法

GPS基準点を与点とする結合多角測量方式により、8路線 (A ~ H路線) の多角測量を実施した。

(2) 作業量

観 測 : 8路線 (230km)

埋 標 : 41 点

(3) 使用機材

角 観 測 : 1級トランシット WILD T-2 4台

距離測定 : 光波測距儀 YHP 3808A 他 4台

(4) 観測精度

路線 閉合差	A	B	C	D	E	F	G	H
方向角	-42"	+14"	-39"	-74"	-61"	-14"	-11"	-3"
座 標	1/13078	1/19491	1/13117	1/10439	1/21811	1/51178	1/13366	1/21196

2. 2 空中三角測量とモザイク写真作成

2. 2. 1 概 要

空中三角測量に使用した標定点は平面位置で60点、高さはサンボルハ〜トリニダ間 230kmの直接水準測量成果(phase Iにおいて観測)を使用した。

タイポイントで各コースを接続させて2〜7コースを1つのブロックとして独立モデル法により同時調整を行った。

モザイク写真作成は、空中三角測量成果に基づいて、縮尺1/2000の偏位修正モザイク写真を作成した。地名、注記、方眼線及び標高値を記入したモザイク写真と、整飾版を、原寸複写してポ

ポリエステルベース上に焼付けた写真図を作成した。

2. 2. 2 空中三角測量

(1) 作業量 : 20コース 104モデル

(2) 精 度

ブロック	1	2	3	4	5	
コース No.	C 1 ~ C 7	C 8 ~ C 11	C 12 ~ C 13	C 14 ~ C 15	F 1 ~ F 5	
基準点残差	平面位置 (最大)	2.48 m	2.09 m	1.19 m	2.20 m	2.55 m
	平面位置 (中等)	0.96	1.08	0.69	1.01	1.63
	高 さ (最大)	- 0.70	1.43	- 1.37	1.80	- 0.78
	高 さ (中等)	0.39	0.36	0.53	0.50	0.42

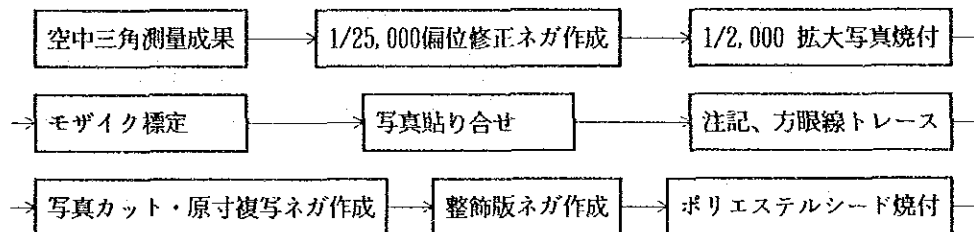
(3) 使用機材

点 刻 : 点刻器 (PUG-II)

観 測 : ステレオコンパレーター (ステコメーター)

2. 2. 3 モザイク写真図作成

(1) 作業方法



(2) 使用機材

○偏位修正機 ツァイスSEG V

○大型引伸機 ダーストHL 2500

○複写機 プロセスカメラ C56-G

(3) 作業量

○写真図 176枚(ポリエステルシート84cm×59cm)

(4) 精 度

偏位修正精度は、1/25,000ネガフィルム上で0.2mm以内で1/2,000写真図上では最大2.5mmである。

2.3 路線測量

(1) 中心線測量

Phase I 調査で選定したルートをもとに、詳細な現地踏査を行なって路線の見直しを行ない、現地に計画道路中心杭を打設した。

測量作業に当っては、測量部門が実施した多角測量の結果をもとに、道路中心線の座標計算を行なった。

道路中心杭の打設間隔（測点間隔）は、原則として 200m 間隔とし、曲線部、地形の変化部、橋梁及びフェリーポート箇所では間隔を密にした。

(2) 縦断測量

上述の測点位置の地盤高を水準測量によって求めた。なお、水準測量の基準点(B.M.)は、Phase I 調査で設定したB.M.を用い、さらに多角測量における約5kmごとの標識点を閉合させ、その高さをも求めた。

(3) 横断測量

上述の測点ごとに、道路中心線と直角方向の地盤高を測定した。測量範囲は、道路中心線の両側各50mを原則とした。

(4) 細部補足測量

橋梁及びフェリー施設箇所については、設計に必要な地形測量を行った。また、既設横断排水管については、位置、河床高、管底高、及び管長の測定を行った。

以上の測量成果は、道路設計平面図、縦断図、横断図及び各構造図に表示したとおりである。

2.4 土質及び骨材調査

2.4.1 土質調査

盛土材（路体及び路床材）としての材質を確認し、土工計画及び舗装設計のデータとするため、計画道路に沿って2kmごとに現地土をサンプリングし、土質試験を行った。

サンプリングの位置は、既設道路の中心からおおむね20～50m離れた箇所、サンプリング深さは、0.5～1.0mである。

土質試験としては、まず全試料について一般物理試験を実施してAASHTOによる土質分類を行い、次いで各分類の代表サンプルについて力学試験（締固め試験及びCBR試験）を実施した。なお、試験結果は、試料数が多いため、全道路延長（約220km）を4区間に分けて整理した。

これらの試験結果のうち、主要なデータは表2.4.1-1に示すとおりである（詳細は、技術参

考資料 参照)。

本計画道路沿線の土に関し、本調査の結果判明したことは、大略次のとおりである。

- 1) 全線にわたって、A-7、A-6、A-4及び一部A-2の土が分布しており、その構成割合(延長比)は、それぞれ45%、29%、23%及び3%程度である。
- 2) トリニダ(起点)～マモレ川右岸(10.4km地点)間の道路周辺の土は、マモレ川の自然堤防となっているこの区間の終点部を除き、すべてA-7である。この土は、盛土の路体には使用できるが、CBR値が1-3と低く、交通量の多い当該区間の路床材としては不適当である。
しかし、終点部(マモレ川右岸の自然堤部)には、良質土(A-4、CBR値12以上)が存在するので、これを路床材として使用することができる。
- 3) マモレ川左岸(10.4km地点)から約19kmの間の土は、一部に存在するA-6を除き、大半がA-7であるが、盛土の路体には使用することができる。また、これらのうち比較的良質の土は、路床にも使用することができるが、その大半はCBR値が1-3と低いため、路床上部にはより良質な材料を使用することが望ましい。
このための路床上部用材料としては、マモレ川左岸自然堤部の良質材(A-4、CBR値4以上)を使用することができる。
- 4) 本道路の中央部付近(97km付近)から160km付近までの約63kmの間の土は、A-6及びA-4が主体で、一部にA-7が混在するが、材質上の問題はなく、すべて盛土材(路体及び路床材)として使用することができる。
- 5) 残る本道路の中央部付近からトリニダ寄りの区間(29km地点～97km地点付近)及び160km地点からサンボルハ(終点)までの区間には、A-4、A-6及びA-7の土が混在している。
この両区間のA-6及びA-7の中には、路床材として不適な土も存在するが、それらの区間は限られており、短距離の運土によって路床材を確保することが可能である。

本調査結果をもとに作成した現場土のCBR値の分布及び路床材の運土計画図を、図2.4.1-1に示す。

表 2.4.1-1 沿道の土の試験結果

RESULTADO DE ENSAYOS PRINCIPALES DE SUELO A LO LARGO DE LA CARRETERA PROYECTADA

MUESTRA NO. CORRELATIVO DESDE SAN BORJA	AASHTO CLASIFI- CACION	HUMEDAD NATURAL (%)	LIMITES		PASA TAMIZ No.200(%)	COMPACTACION T99		
			LL	PI		MAX (kg/dm ³)	HUMEDAD OPT (%)	CBR (%)
(I No. 1 - 30)								
1-2-4-6-7-20-22								
25-26-27-30	A-4 (5-8)	19.9	26	8	86	1.825	14.3	4.9
3-8-9-10-16-21	A-6 (7-8)	19.9	30	12	96	1.800	16.1	1.9
5-11-15-17-19-23	A-6 (9)	23.1	34	13	96	1.800	16.0	3.0
28-29	A-7-5 (20)	27.9	72	40	98	1.770	19.7	2.3
12-13-14-18-24	A-7-6 (14-19)	24.0	52	24	98	1.681	21.5	3.8
(II No. 31 - 60)								
41-(72)	A-4 (0-3)	15.0	21	N.P.	43	1.740	14.0	22.5
33-34-37-42-48	A-4 (6-8)							
-55-68		18.6	25	5	76	1.825	13.7	17.3
31-35-36-38-39								
40-44-47-54	A-6 (8-10)	20.0	36	14	93	1.767	17.9	4.7
32-50-51-56-58	A-7-5 (15-20)	28.9	61	30	98	1.497	25.0	4.3
43-45-49-52-57								
59-60	A-7-6 (9-13)	20.5	42	17	97	1.690	20.6	4.5
(III No. 61 - 90)								
(46)-61-73††	A-2-4 (0)	15.5	7	N.P.	19	1.660	5.2	13.3
66-67-71	A-4 (6-8)	11.6	23	5	77	1.830	13.9	9.5
62-63-65-80-83								
84-86-87-89	A-6 (8-10)	17.1	37	14	97	1.750	17.3	6.1
64-69-75-79-82-85	A-7-5 (20)	30.4	66	30	99	1.425	25.4	2.5
70-77-78-88	A-7-6 (9-13)	17.8	44	19	97	1.680	19.4	4.9
74-76-81-(53)-90	A-7-6 (14-19)	20.3	49	22	98	1.665	19.7	5.3
(IV No. 91 - 111)								
91-95-106	A-4 (6-8)	14.6	25	5	78	1.810	14.6	15.6
92-99	A-6 (8-10)	22.4	36	12	97	1.665	18.6	4.7
96-103-107	A-7 (15-17)	26.4	55	24	99	1.562	25.3	3.0
97-101-102-108-109						1.478	22.4	1.3
98-105-110-111	A-7-5 (20)	28.1	70	35	96	1.475	22.4	1.2
93-94	A-7-6 (9-13)	17.7	44	17	98	1.610	22.9	6.0
100-104	A-7-6 (14-19)	25.5	54	28	98	1.545	23.8	1.9
105 †††	A-4 (8)	33.2	27	N.P.	98	1.852	13.0	8.0
		28.1	27	4	95	1.860	13.1	14.6
		27.3	25	N.P.	88	1.870	13.0	14.2

† : Índice de Grupo ()

†† : Orilla de río

††† : Margen izquierda del río Maoré (ensayos adicionales)

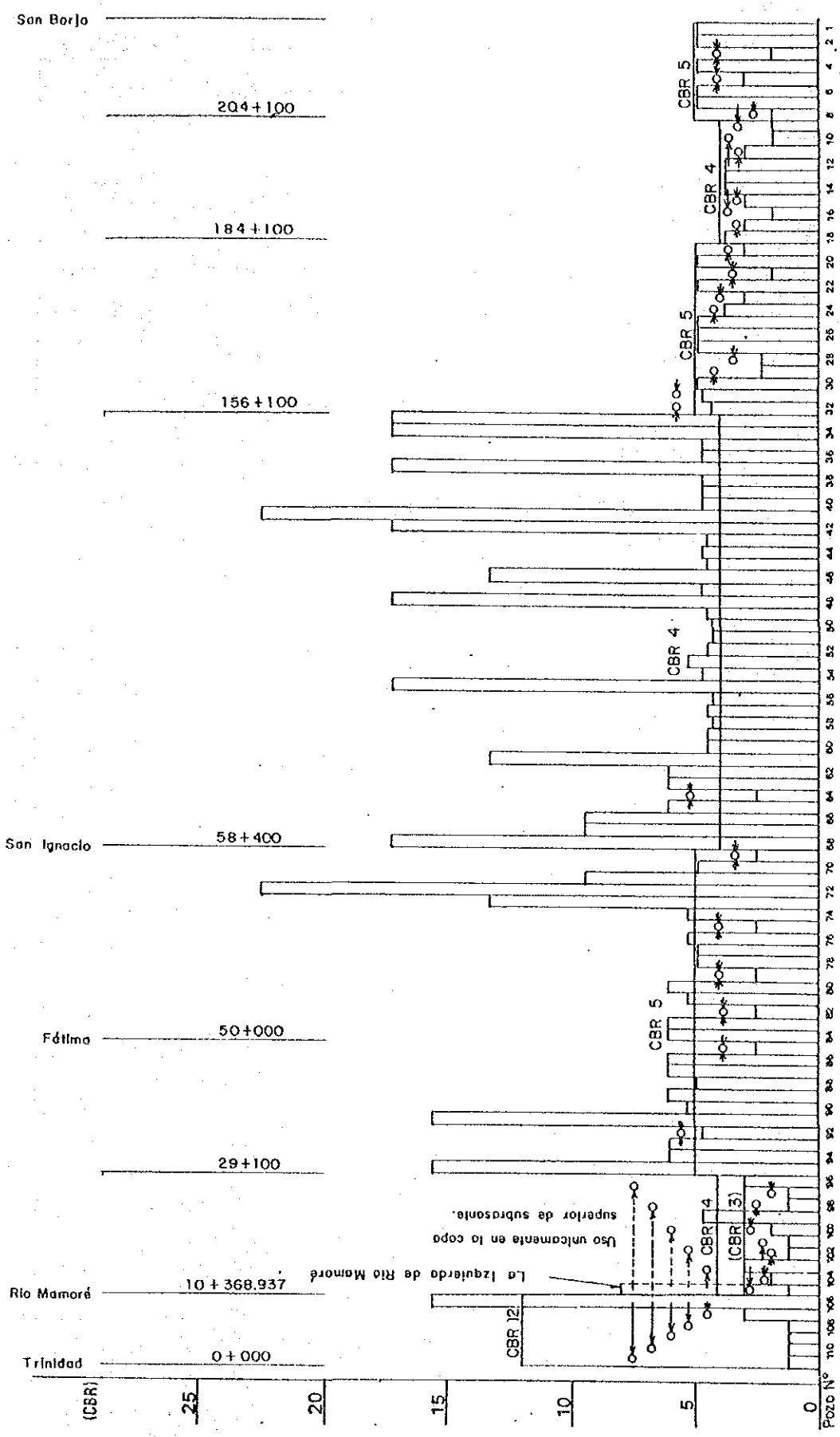


図 2.4.1-1 現場土の CBR 値の分布及び路床材選土計画図

2. 4. 2 骨材調査

本計画道路の建設に必要な骨材の供給地を選定するため、Phase I 調査の結果を受け、サンボルハ側6箇所、トリニダ側5箇所の骨材採取場候補地について、現地調査及び骨材試験を行った(詳細は、技術参考資料参照)。

調査した骨材採取場候補地の概要は、表2.4.2-1及び表2.4.2-2に示すとおりである。

(1) 選定された骨材採取場及び骨材の種類

現地調査及び骨材試験の結果をもとに、骨材の材質、採取可能量、立地条件、使用実績等の諸点を考慮し、骨材採取場及び骨材の種類が選定された。その結果を、骨材の用途別及びサンボルハ側、トリニダ側に分けて下記を示す。

a. 下層路盤材

・サンボルハ側 (サンボルハ〜ファティマ間)

カリボ、ダルタニアン川 —— 切込砂利

両箇所の砂利の混合使用が堆しようされる。

・トリニダ側 (トリニダ〜ファティマ間)

セロチコ —— 切込碎石

b. 上層路盤材及び表層用骨材

・トリニダ側 (トリニダ〜マモレ川間のみに使用)

セロ・サンホルヘ (ヤシメントNo.1) —— 粒度調整碎石

c. 橋梁コンクリート用骨材

・サンボルハ側

キキベイ川 —— 細骨材 (砂)

—— 粗骨材 (砂利) *

* この粗骨材は、高度強度コンクリートには使用できない。

アルト・ベニ川 —— 粗骨材 (砂利)

・トリニダ側

セロ・サンホルヘ (ヤシメントNo.1) —— 粗骨材 (碎石)

キキベイ川 (Urubicha) —— 細骨材 (砂)

d. その他

・低強度コンクリート用骨材

カリボ川、ダルタニアン川 —— 粗骨材 (砂利)

カリボ川の下流 —— 細骨材 (砂)

表 2.4.2-1 調査した骨材採取場候補地(1) サンボルハ側

FUENTE	DESIGNACION	DISTANCIA A		ESTADO DEL		OBSERVACIONES
		SAN BORJA	GEOGRAFIA	MATERIAL	U S O	
Caripo	Banco de Préstamo Caripo (B.P.C.)	54 km	Plano boscoso	Gravoso	Subbase	- Carretera Nacional No.2 (Camino Plano) - Resultados actuales.
Río Caripo	Banco de Préstamo Río Caripo (B.P.B-C)	54	Río	Grava y arena	Sub-base, Hormi-gón pobre.	- Carretera Nacional No.2 (Camino plano) - Resultados actuales.
Río Dartagnan	Banco de Préstamo Río Dartagnan (B.P.B-D)	59	Río	Grava y arena	Sub-base, Hormi-gón pobre.	- Carretera Nacional No.2 (Camino plano) - No tiene resultados actuales.
Yshiyana No. 3	Cantera Yshiyana No. 3 (C.Y. No.3)	66	Montaña	Coluvial y roca	Sub-base	- Carretera Nacional No.3 (Camino montañoso) - No tiene resultados actuales.
Río Quiquibey	Banco de Préstamo Río Quiquibey (B.P.B-Q.)	80	Río	Grava y arena	Hormi-gón	- Carretera Nacional No.3 (Camino montañoso) - Resultados actuales.
Río Alto Beni	Banco de Préstamo Río Alto Beni (B.P.B-A.B.)	148	Río	Grava	Hormi-gón	- Carretera Nacional No.3 (Camino montañoso) - Resultados actuales.

* Mezcla de roca y montos de arcilla
() Denominación abreviada

表 2.4.2-2 調査した骨材採取場候補地(2) トリニダ側

FUENTE	DESIGNACION	DISTANCIA A		ESTADO DEL		OBSERVACIONES
		TRINIDAD	GEOGRAFIA	MATERIAL	U S O	
Cerro Chico	Cantera Cerro Chico (C.C-C.)	172 km	Cerro	Boca (Arenisca y Cuarcita)	Subbase	- Carretera Nacional No.9 (Camino Plano) - Resultados actuales.
Cerro San Jorge	Cantera Cerro San Jorge (C.C-S) Tac. No.1, Tac. No.2, Tac. No.3	180 y 186	Cerro	Boca (Cuarcita y Gránis)	Pavimento, Hormi-gón	- Carretera Nacional No.9 (Camino plano) - No tiene resultados actuales.
Cerro Grande	Cantera Cerro Grande (C.C-G.)	200	Cerro	Boca (Granito)	Pavimento, Hormi-gón.	- Carretera Nacional No.9 (Camino plano) - No tiene resultados actuales.
Río Blanco	Banco de Préstamo Río Blanco (B.P.B-B) Urubichá, Once Porciencio	290 y 270'	Río	Arena	Hormi-gón	- Camino vecinal, senda (Camino plano) - Resultados actuales.
Río Manoré	Banco de Préstamo Río Manoré (B.P.B-M.)	-	Río	Arena fina	-	- Sobre el Proyecto - No tiene resultados actuales.

・構造物裏込材

カリボ、セロチコ ——— 切込砂利

・路床改良材

マモレ川 ——— 砂

(2) 骨材の材質及び推定可能採取量

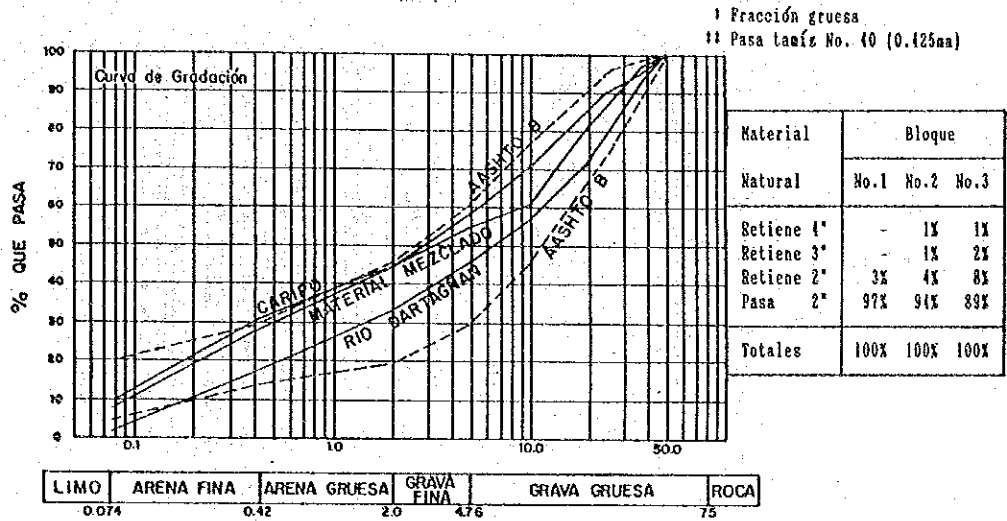
上記のうち、主要な採取場から採取される骨材の材質及び路盤材の推定採取可能量は、
表2.4.2-3 ～表2.4.2-12に示すとおりである。

a 下層路盤材

a-1 カリボ丘の砂利

表 2.4.2-3 カリボ丘の砂利の材質

	PESO BLOQUE ESPECIFICO	ABSORCION ESPECIFICO	ABRACION ABRACION	LIMITE LIQUIDO	INDICE PLASTICO	HUMEDAD OPTIMA	DENSIDAD MAXIMA	CBR 100	USO
No.1	2.36	5.6	62	14	N.P.	7.5	2.135	73	Subbase
No.2	3.38	5.2	64	15	N.P.	7.0	2.165	77	Subbase
No.3	2.42	4.8	62	16	N.P.	7.4	2.152	78	Subbase



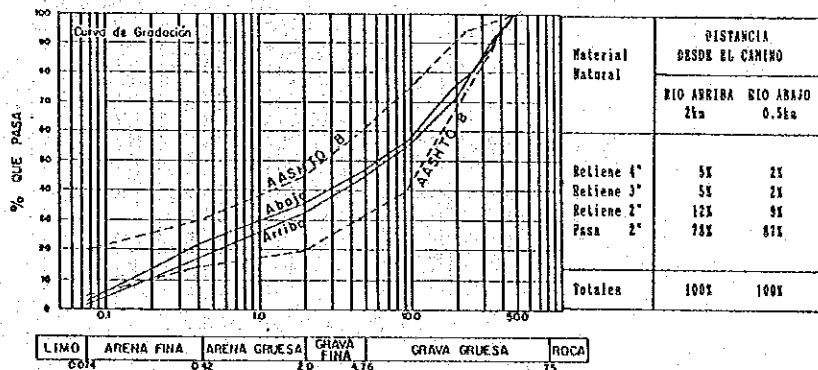
推定採取可能量 (下層路盤材) 510,000m³

a-2 リオ・ダルトニヤンの砂利

表 2.4.2-4 リオ・ダルトニヤンの砂利の材質

DISTANCIA DESDE EL CANINO	PESO ESPECIFICO	ABSORCION ESPECIFICO	ABRACION ABRACION	LIMITE LIQUIDO	INDICE PLASTICO	HUMEDAD OPTIMA	DENSIDAD MAXIMA	CBR 95	CBR 100	USO
2km Rio arriba	2.42	3.8	77	14	N.P.	7.9	2.150	75	32	Subbase horai- zon pobre.
0.5km Rio abajo	2.39	4.9	64	N.P.	N.P.	7.6	2.145	105	38	Subbase, horai- zon pobre.

1 Fracción gruesa
2 Pasa tamiz No. 40 (0.425mm)

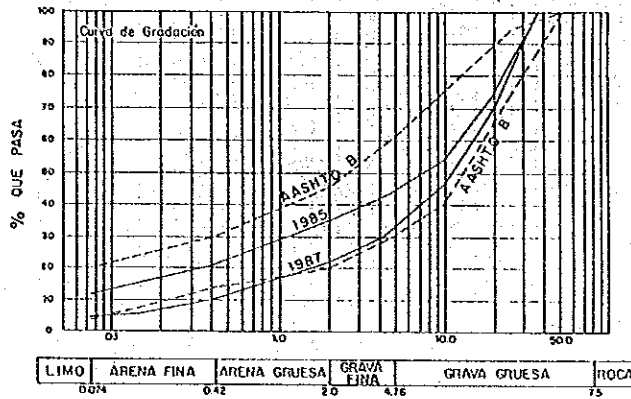


推定採取可能量 (下層路盤材) 398,000m³

a-3 カリボ丘及びリオ・ダルトニヤンの砂利の混合材料 (混合比1:1)

表 2.4.2-5 サンボルハ側下層路盤用混合材料の材質

Maco de Préstamo	P.B.	ABS	ABR	L.L.	IP	Humedad		Densidad	CBR100
						Optima	Máxima		
A: Caripo (No.2)	2.38	5.2	64	15	N.P.	7.0	2.165	77	
B: Río Darlaghán (arriba 2 km)	2.42	3.8	77	14	N.P.	7.5	2.150	73	
Material mezclado A:B = 1:1	2.41	4.3	74	16	N.P.	7.3	2.173	83	

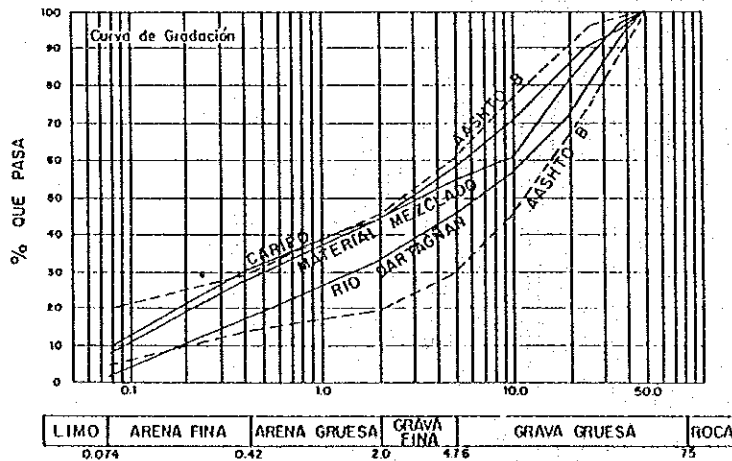


a-4 セロチコの碎石

表 2.4.2-6 セロチコの碎石の材質

REPRESENTACION LITOLÓGICA	PESO ESPECÍFICO	ABSORCIÓN †	ABRASIÓN †	LÍMITE# LIQUIDO	ÍNDICE# PLÁSTICO	HUMEDAD OPTIMA	DENSIDAD MÁXIMA	CBR 100	USO
1985 Arenisca	-	-	47	16	N.P.	6.0	2.155	82	Subbase
1987 Cuarcita	2.54	1.3	31	N.P.	N.P.	7.3	2.239	84	Subbase

† Fracción gruesa
Pasa tamiz No. 40 (0.425mm)



推定採取可能量 (下層路盤材) 500,000m'以上

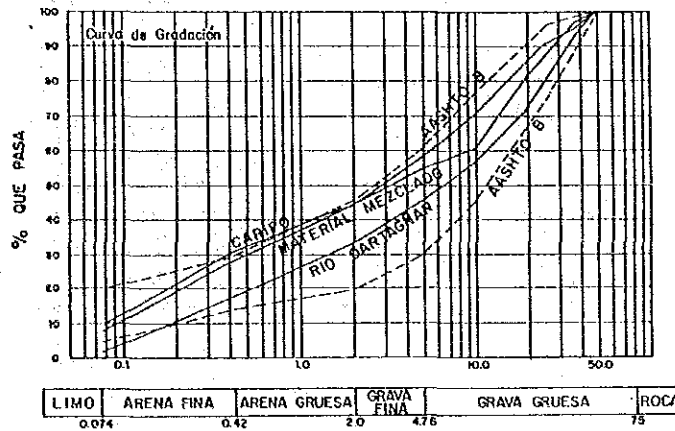
b. 上層路盤材及び表層用骨材

b-1 セロサンホルへの碎石の材質

表 2.4.2-7 セロサンホルへの碎石の材質

REPRESENTACION LITOLÓGICA	PESO ESPECÍFICO	ABSORCIÓN	ABRASIÓN MÁXIMO	DIÁMETRO MÁXIMO DEL GRANO	LÍMITE LIQUIDO	ÍNDICE PLÁSTICO	HUMEDAD ÓPTIMA	DENSIDAD MÁXIMA	CBR 100	USO
No. 1 Cuarcita	2.64	0.3	24	25 mm	18	N.P	6.7	2.232	117	Pavimento Horizontal.
No. 3 Gneis	2.56	1.1	29	25 mm	18	N.P	6.4	2.240	135	Pavimento Horizontal.

‡ Fracción gruesa
 † Pasa tamiz No. 40 (0.425mm)

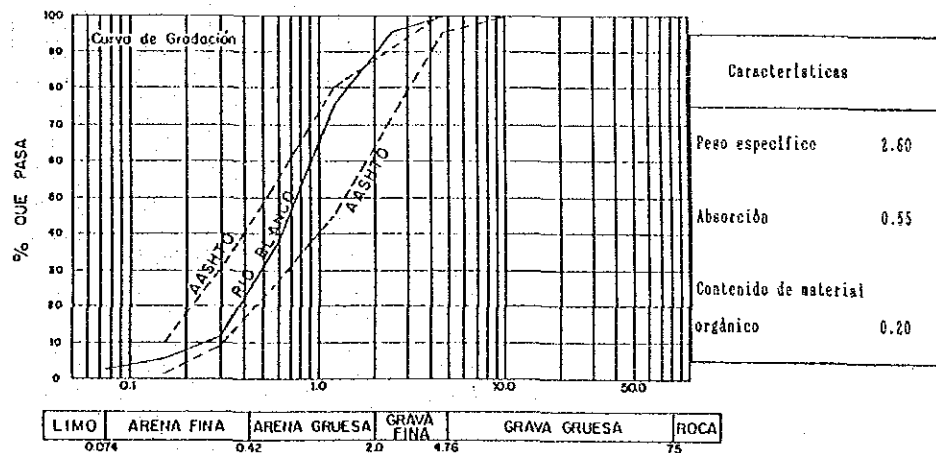


ヤシメント No.1 の推定採取可能量 1,500,000m³以上
 (上層路盤材、表層用骨材及びコンクリート用粗骨材)

c. 橋梁コンクリート用骨材

c-1 リオ・ブランコの砂

表 2.4.2-8 リオ・ブランコ (ウルビッチャの下流数10km地点) の砂の材質



c-2 リオ・キキベイの砂及び砂利

表 2.4.2-9 リオ・キキベイの骨材の材質及びコンクリートの強度

a) 骨材 (粗骨材は玉石と碎石を混合使用)

GRAVA.- Mezcla de grava chancada y grava natural de tamaño maximo, de 1" del Río Quiquibey.			ARENA.- Natural del Río Quiquibey. Se debe eliminar el sobre tamaño a No. 4.		
TAMIZ	% QUE PASA	ESPECIFICACION	TAMIZ	% QUE PASA	ESPECIFICACION
1"	100	95 - 100	No. 4	100	95 - 100
3/4"	70	-	No. 8	88	-
1/2"	38	25 - 60	No. 16	77	45 - 80
3/8"	23	-	No. 30	66	-
No.4	0	0 - 10	No. 50	47	10 - 30
Módulo de fineza	7.07		No. 100	18	2 - 10
Peso Específico	2.59		No. 200	2	0 - 3
% de Absorción	2.6		Módulo de fineza	2.04	
Peso Unitario	1.43 kg/dm ³		Peso Específico	2.64	
Desgaste Los Angeles "A"	37.4%	< 40%	% de Absorción	1.2	
			Peso Unitario	1.50 kg/dm ³	

b) コンクリートの配合 (1 m³あたり) 及び強度試験結果

MATERIALES	DOSIFICACION					
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
Grava chancada de 1" No.4 (kgr)	1.043	1.012	1.035	1.100	1.013	1.056
Arena natural No.4-No.200 (kgr)	680	687	703	779	779	779
Cemento Viacha (kgr)	470	470	450	340	340	340
Agua (Lts)	188	197	189	170	204	187
R a/c	0.40	0.42	0.42	0.50	0.60	0.55
% de Aire	5%	5%	5.5%	5.8%	6%	6%
Asentamiento en pulgadas	1 1/4	3"	2 1/2"	1"	3 1/2"	1 1/2"
Resistencia a 7 días kgr/cm ²		189	175		100	98
Resistencia a 28 días kgr/cm ²	329	245	239	192	162	192

表2.4.2-10 ユクモ橋橋台のコンクリートに使用された例

a) 骨材

Infraestructura	Hormigón Tipo "A"	210 kg/cm ²
Agregados	Grava natural 1 1/2"	Río Quiquibey
	Arena	Río Quiquibey

TAMIZ	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
1 1/2"	100.0	100	
1"	81.9	95 - 100	
3/4"	68.2		
1/2"	51.6	35 - 70	
3/8"	40.1	10 - 30	X
No. 4	14.4	0 - 5	

P.e 2.629
 %Abs 2.542
 M.f. 6.780

TAMIZ	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
3/8"	100.0	100	
No. 4	99.8	95 - 100	
No. 8	84.1		
No. 16	52.9	45 - 80	
No. 30	31.8		
No. 50	12.1	10 - 30	
No. 100	3.2	2 - 10	
No. 200	0.9	0 - 3	

P.e 2.577
 %Abs. 2.753
 M.f. 3.160

b) コンクリートの配合及び強度試験結果

HORMIGON TIPO "A"

Mezcla Plástica Rev: 2" - 4"
 Tamaño agregado Grava: 1 1/2" - No. 4
 Arena: No. 4 - No. 200

Relación a/c. = 0.48

Resistencia específica 28 días = 210 kg/cm²

Dosificación: Cemento SUCRE 340.0 kg/m³
 Agua 163.2 Lt/m³
 Arena s.s.s 723.0 kg/m³
 Grava s.s.s 1161.0 kg/m³

Resultados : Asentamiento 2 1/2"

Resistencia a la compresión 7 días
 = 205 kg/cm²

Resistencia a la compresión 28 días
 = 252 kg/cm²

表 2.4.2-11 リオ・アルトベニの粗骨材の材質及びコンクリートの強度

a) 骨材

Superestructura Hormigón "H 350" 350 kg/cm²
 Agregados Grava semichancada 1" Rio Beni 50%
 Gravilla natural 5/8" Rio Beni 50%
 Arena Rio Quibbey

Tamiz	%que pasa			Especificaciones	Observ.
	Grava	Gravilla	Mezcla		
1"	98.7		100	95 - 100	
3/4"	57.0		75.9		
1/2"	12.3	70.4	43.7	25 - 60	
3/8"	3.5	65.6	31.1		
No. 4	0.5	3.9	3.3	0 - 10	
No. 8	0.2	0.4	0.4	0 - 5	

P.e 2.902
 %Abs. 0.810
 M.f. 6.900

Tamiz	%que pasa	Especificaciones	Observ.
3/8"	100.0	100	
No.4	99.5	95 - 100	
No.8	87.4		
No.16	61.0	45 - 80	
No.30	40.9		
No.50	17.9	10 - 30	
No.100	4.6	2 - 10	
No.200	1.4	0 - 3	

P.e. 2.618
 % Abs. 2.793
 M.f. 2.890

b) コンクリートの配合及び強度試験結果

HORNIGON H "350"

Mezcla Plástica Rev: 1" - 3"
 Tamaño agregado Grava: 1" - No. 4
 Arena: No. 4 - No. 200
 Gravilla: 5/8" - No. 8

Relación a/c. = 0.37

Resistencia específica 28 días = 350 kg/cm²

Dosificación Cemento VIACHA 470.0 kg/m³
 Agua 139.1 lt/m³
 Superfluidificante SIKAMENT 9.4 kg/m³
 Arena s.s.s. 731.6 kg/m³
 Gravilla s.s.s. 582.2 kg/m³
 Grava s.s.s. 583.0 kg/m³

Resultados Asentamiento 1 3/8"

Resistencia a la compresión 7 días = 345 kg/cm²
 Resistencia a la compresión 28 días = 410 kg/cm²

c-4 セロサンホルへの砕石

表 2.4.2-12 セロサンホルへ(Yacimiento No. 1)の砕石の材質

a) 骨材

GRAVA.- Material chancado del cerro de San Jorge Yacimiento No. 1.			ARENA.- Natural del Rio Quiquiboy, se debe eliminar el sobre tamaño a No. 4.		
TAMIZ	% QUE PASA	ESPECIFICACION	TAMIZ	% QUE PASA	ESPECIFICACION
1"	100.0	95 - 100	No. 4	100.0	95 - 100
3/4"	79.8	-	No. 8	82.7	-
1/2"	45.4	25 - 60	No. 16	76.7	45 - 80
3/8"	24.1	-	No. 30	66.1	-
No. 4	0.7	0 - 10	No. 50	47.3	10 - 30
Módulo de finiza	6.95		No. 200	2.2	0 - 3
Peso específico	2.64		Módulo de finiza	2.04	
% de Absorción	0.3		Peso específico	2.64	
Peso Unitario kg/dm ³	1.33		% de Absorción	1.2	
Desgaste Los Angeles "A"	24%	40%	Peso Unitario kg/dm ³		

b) コンクリートの配合 (1 m³当たり) 及び強度試験結果

MATERIALES	DOSIFICACION		
	No. 1	No. 2	No. 3
Grava mezclada de 1" No. 4 (kgr)	1.063	1.031	1.015
Arena natural No. 4-No. 200 (kgr)	680	687	677
Cemento Viacha (kgr)	470	470	470
Agua (Lts)	188	197	201
R a/c	0.40	0.42	0.44
% de Asentamiento	1 1/4"	2"	2 1/2"
% de contenido de aire	3 - 5	2.5 - 3.5	3 - 3.5
Resistencia a 7 días kgr/cm ²	325	285	269
Resistencia a 28 días kgr/cm ²	373	350	332

Nota.- La grava tiende a tener formas de láminas, en el sistema de chancado del laboratorio del SHC que es de tipo mandíbula.

2.5 橋梁基礎ボーリング調査

本調査に於ける橋梁基礎ボーリング調査は、Phase 1 調査で決められた7橋の架設位置に対し、同調査で実施できなかったトリニダ付近のサン・ファン、サン・グレゴリオ及びプエルト・アルマセンの3箇所について行った。

調査は、各橋梁に1箇所、深さ20mまでボーリングを行い、深さ0.5m毎に標準貫入試験及び、各層毎に室内試験用試料の採取を行った。

室内試験は、粒度、液性塑性限界、比重、及び自然含水比について実施した。調査位置、及び試験結果を表2.5-1、図2.5-1、図2.5-2、図2.5-3に示す。

なお、詳しくは、技術参考資料“橋梁基礎ボーリング調査”を参照されたい。

表2.5-1 調査位置

	測 点	高 さ
サン・ファン	No.0 +685.4	151.829
サン・グレゴリオ	No.3 +432.3	151.486
プエルト・アルマセン	No.5 +991.4	152.750

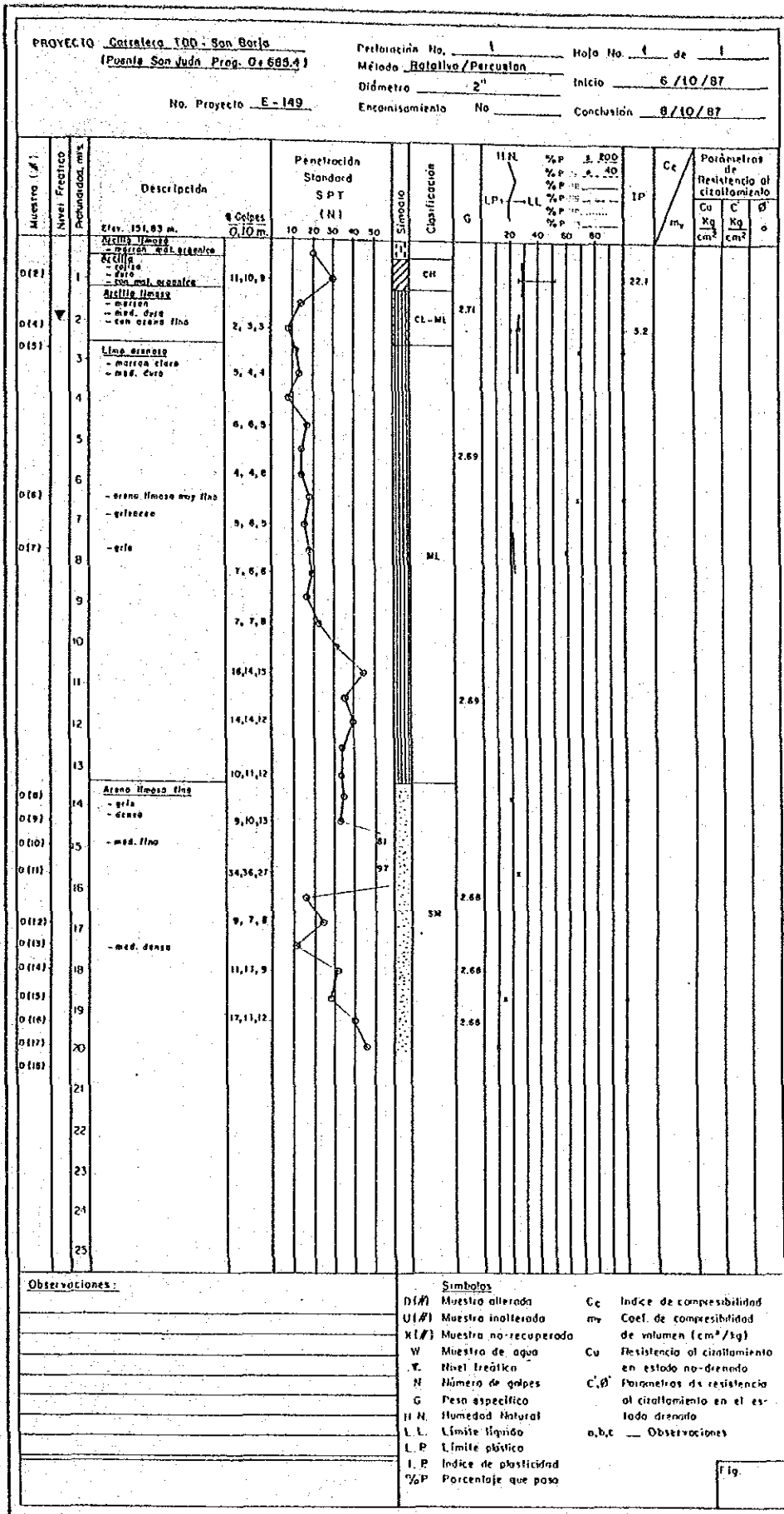


図2.5-1 地質調査結果(I) サン・ファン

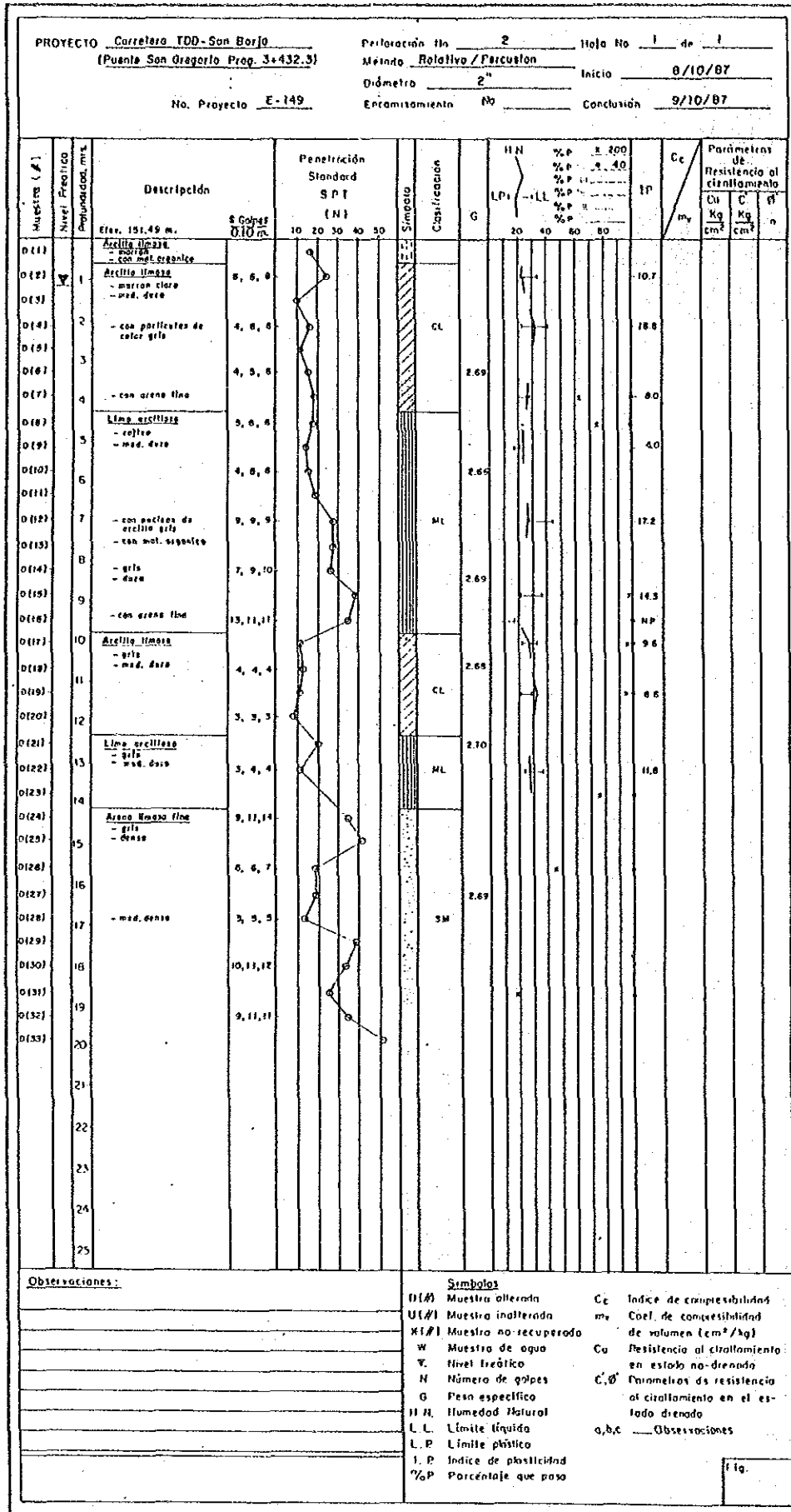


図 2.5-2 地質調査結果(2) サン・グレゴリオ

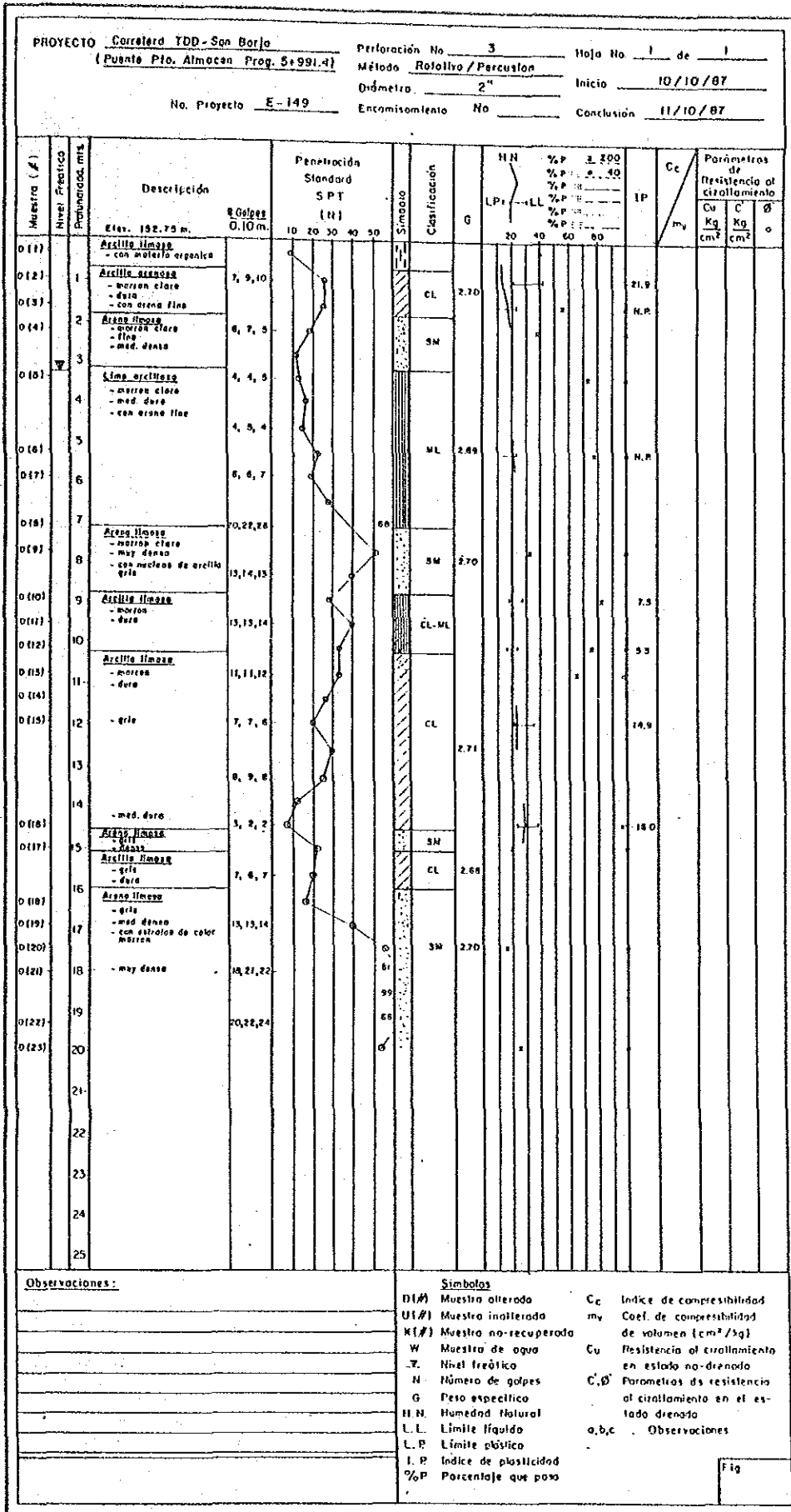


図 2.5-3 地質調査結果(3) プエルト・アルマセン

第 3 章 設 計

第3章 設 計

3.1 設計基準

本道路及び、道路構造物の設計は、SNCと協議のうえ、phase I 調査におけると同様、原則として下記の基準類に準拠して行った。

1) 道 路

“ MANUAL Y NORMAS PARA EL DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS ” 1984 ; SNC

2) 舗 装

“ AASHTO Interim Guide ”

3) 橋 梁

“ AASHTO— Standard Specifications for Highway Bridge ”

ACI 基準

3.2 道路設計

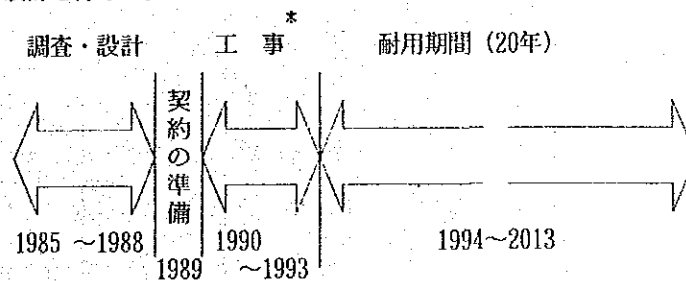
3.2.1 概 要

道路設計においては、phase I での検討結果及び本phase II 調査における中心線、縦・横断等の測量、現地踏査、土質調査等を基に、線形、標準幅員等の見直しを行い、平面線形、縦断線形並びに道路構造を決定した。

また、道路設計の基本図（平面図）には、当調査において作成した縮尺 1/2,000 のモザイク写真を使用した。

3.2.2 計画目標年次

本道路の計画目標年次及びプロジェクトの実行予定は、SNCと協議し、図3.2-1 に示すように仮定して設計を行った。



* トリニダ～マモリ川間の工事はアスファルト舗装までを行い、マモレ川～サンボルハ間の工事は下層路盤までを施工する。

図3.2-1 道路の計画目標年次

3.2.3 設計基準と規格

3.2.3.1 設計車両

SNCは設計車両を4種に区分している。当調査では最も規格の高いセミ・トレーラーとした。
諸元を表3.2-1に示す。

表3.2-1 設計車輛の諸元

Unit : m

Specification	Semi-Trailer
Width	2.60
Length	16.80
Radius of External Front Wheel	13.70
Radius of Internal Rear Wheel	6.00

3.2.3.2 幾何構造

道路幅員に関する基準はSNCと協議し道路区分class IIIとした。

その他の基準は設計速度100km/hに対応させた。(表3.2-2参照)

表3.2-2 幾何構造

項 目		基準値	使用値	
地 形		平 地	平 地	
設 計 速 度 (km/h)		100	100	
最 小 曲 線 半 径 (m)		415	425	
最急縦断 勾 配 (%)	最 小 値	5	3	
	望ましい値	4		
視 距 (m)	停 止	155	208	
	追 越	425		
横断勾配 (%)	最 小 値	8	—	
	望ましい値	6		
縦 断 曲 線 (K)	凸	最 小 値	58	
		望ましい値	107	
	凹	最 小 値	36	50
		望ましい値	52	
建築限界高さ (m)		5.5	5.5以上	

3.2.3.3 標準横断

標準横断は、SNCとの協議に基づき、路肩幅をphase 1における両側各 2.5m (トリニダ～マモレ川) 及び 1.5m (マモレ川～サンボルハ) から各 1.0mに縮小し、図3.2-2に示す断面とした。

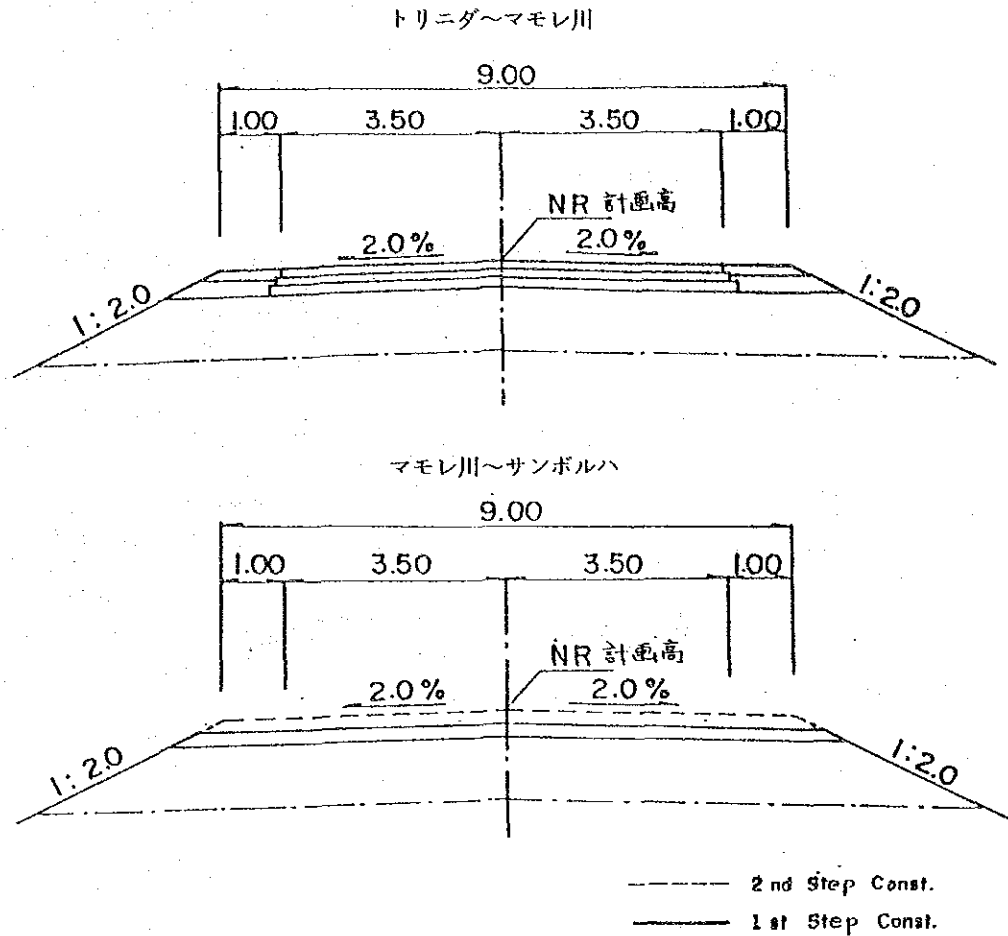


図3.2-2 標準横断面図

3.2.4 平面線形設計

(1) 路線選定

平面線形設計は、既存道路を極力利用（包含）するよう配慮し、phase 1調査で選定したルートを基本に行った。

ただし、詳細な現地調査の結果、路線の修正がより適切であると判断される箇所については、ルートを変更し、線形を確定した。

主な変更箇所は次の3箇所であり、変更理由は下記に述べるとおりである。

- ① マモレ川左岸側フェリーボートの取付け部
- ② サン・イグナシオ迂回部

③ アベレ川右岸側の屈曲部

確定した平面線形及び線形要素は、橋梁、横断排水構造物の位置等とともに、設計基本図上に表示し、道路設計平面図を作成した。

(a) マモレ川左岸側の取付け部

マモレ川左岸側フェリーポート（プエルトガナデーロ）の位置変更（3.6フェリー施設設計参照）に伴い、平面線形の修正を行った。

この部分の線形は図3.2-3に示すように現道より30°の角度でフェリーポートに取り付け、屈曲部半径はR=450mとした。

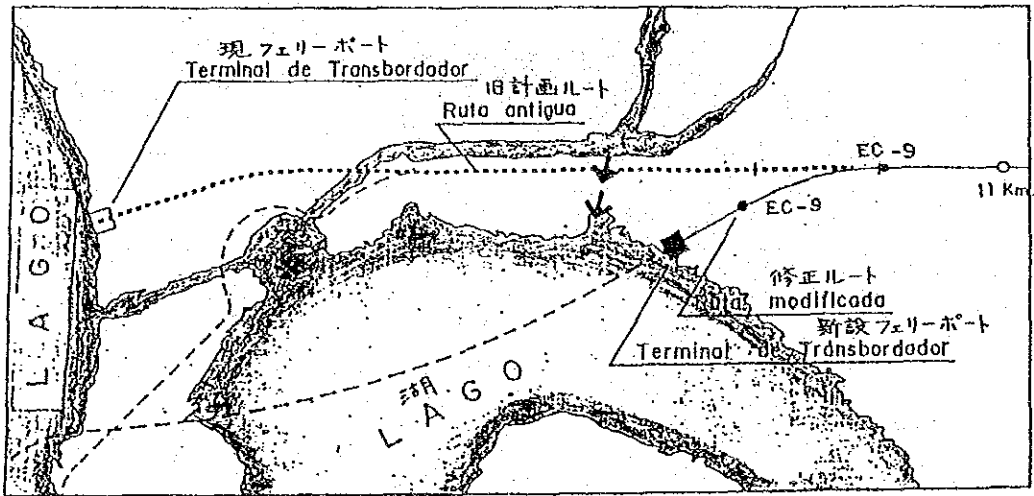


図3.2-3 フェリーポート位置線形変更箇所

(b) サン・イグナシオ迂回部

phase 1では平面線形を良くするために、一部現道から離れた位置に路線を選定していた。しかし町の北側には水深1.0~1.5mの大きなクリチが有り、これをこの路線は横切っているため、施工性、経済性等を考えて、現道に重複させるルートに修正した（図3.2-4参照）。

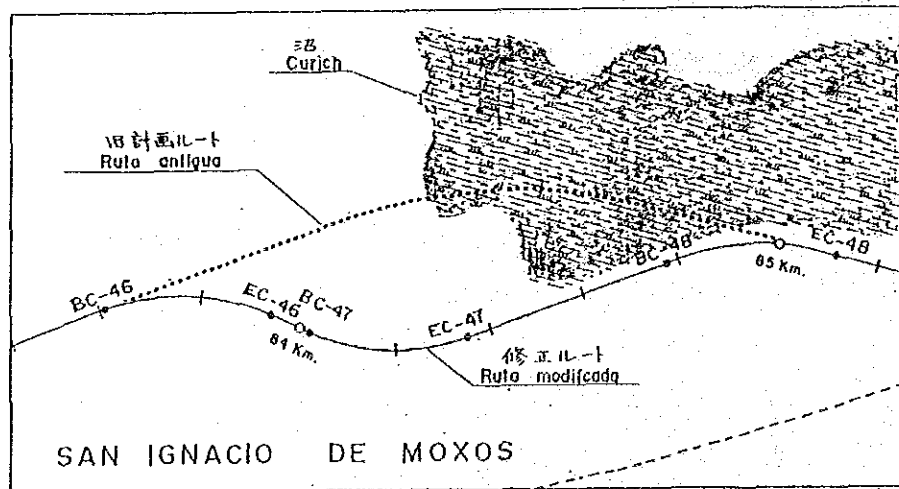


図3.2-4 サン・イグナシオ線形修正

(c) アベレ川右岸側屈曲部

phase Iでは極力現道に乗せる考えでルート選定がなされたが、現道の曲線半径が小さ過ぎるため、現道から離れる新設区間長が約 1,500mとなっている。

一方、図3.2-5に示す修正ルートを採用した場合でも新設区間は約 1,600mとなり、phase Iのルートとの差はさほどない。また路線延長を比較してもphase Iルートより約 1,300 m短縮でき線形もスムーズである。以上の点を考慮し現道屈曲部をショートカットする線形に修正した。

(2) 緩和曲線

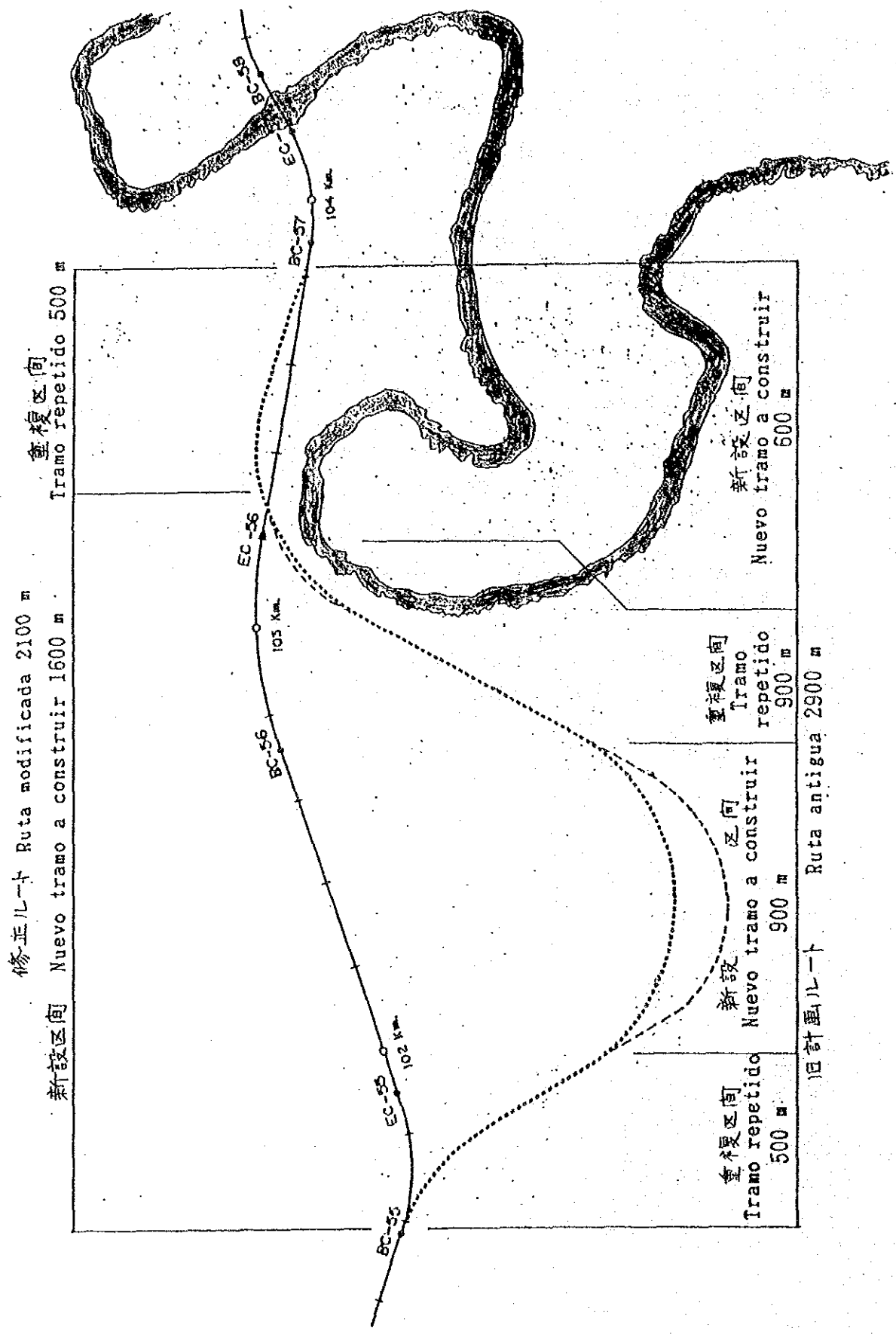
本調査区間の既設道路の平面線形は、緩和曲線が挿入されておらず、単円で計画されている。

本設計で緩和曲線を挿入すれば、曲線区間で既設道路中心と設計道路中心が一致しないため不経済となったり、道路用地幅にも問題を残す。

また、既設道路の線形で8箇所の橋梁の建設が計画されているが、これらの橋梁区間にも緩和曲線挿入の影響が及び橋梁工事または、設計の変更が必要となる。

さらに、計画道路の前後の道路（ユクモ～サンボルハ、サハラモン～トリニダ）に於いても緩和曲線を挿入しないで施工されている。

これらの事を考慮して、本設計では、緩和曲線を設置しないこととした。



修正ルート Ruta modificada 2100 m

新設区間 Nuevo tramo a construir 1600 m

重複区間 Tramo repetido 500 m

重複区間 Tramo repetido 900 m

新設区間 Nuevo tramo a construir 900 m

新設区間 Nuevo tramo a construir 600 m

旧計画ルート Ruta antigua 2900 m

図 3.2-5 アベレ川右岸線形修正

3. 2. 5 縦断線形設計

縦断線形は、本調査で実施した実測地形縦断図を使用して、phase Iで設定した下記の方針に基づくとともに、現地踏査、経済性、および施工性を考慮して設定した。

1) 3.3.3.2で定めた幾何構造基準

2) 冠水地域における下層路盤面の計画高は、phase Iで設定したHWL (154.80m) から60cm以上を確保する。

(注) HWLから下層路盤面までの余裕高さを60cm以上とした理由は、この項の終わりに付記したとおりである。

3) 非冠水地域における下層路盤面の計画高は、現地盤高から60cm以上を確保する。

但し、極部的に地盤が高い場合はこの限りではない。

4) 架橋計画部は橋梁計画に合わせた高さとする。

5) 現道の掘削は行わない。但し、極部的に現道が高い場合はこの限りではない。

道路の計画高は冠水地域と非冠水地域に分け、更に冠水地域は、舗装の厚さ別に区分して決定した。

(a) トリニダ〜ファティマ (冠水地域)

この区間においては次の項目を考慮して計画高を決定した。

* HWL	154.800
* 上層路盤厚	0.100
* 舗装厚	0.060
* 片勾配	0.210
* 余裕高	0.600
計画高	155.770m以上

以上より計画高は、155.800 mとし、縦断勾配はHWLとの関連からレベルとした。

(b) ファティマ〜サンボルハ (非冠水地域)

この区間は非冠水地域であるため、前記方針に基づき、また経済性を考慮し極力盛土量が少なくなるように計画を行った。

以上の方針により設定した縦断線形は、50m間隔で計画高の算定を行って実測地形縦断図上に表示し、縮尺縦 1/200、横 1/2,000の道路縦断図を作成した。

付 記：H, W, Lから下層路盤面までの余裕高を60cm以上とした根拠。

1) 地下水面からの毛管上昇高について実験式が呈示されているが、これはあくまでも理想的な粒土分布や土の状態に対するものであり、実際の現場の土に直接適用することは困難であろう。

ちなみに、当現場の粘性土についてこの実験式によって求めた毛管上昇高は11mとなり、現実的な数値とは考えられない。

2) H, W, Lから下層路盤面までの最少余裕高60cmの中の道路断面構成は、上部より下層路盤、厚さ20cm、それ以下が路床である。

このうち路床土は、現場の土を選定して使用するが、粘性土が主体であり、理論上の毛管上昇高は大きい、その上昇速度は極めて遅い。ちなみに文献によれば、粘土の場合、毛管現象によって1m上昇するのに約1,000時間(42日)を要すると言われている。また、下層路盤材として使用する切込砕石又は切込砂利は、現場の粘性土に比べ非常に毛管現象を生じにくい材料である。

これに対し、本計画のH, W, Lは20年確率であり、しかも最高水位での冠水期間は2～3週間しかない。これらのことより、道路全体が毛管水により湿潤となることはないであろう。

3) 類似プロジェクトとして、サンラモン～トリニダ、ユクモ～サンボルハ、がありこれらのプロジェクトについても、最高水位からの余裕高として最少60cmを採用している。

より小さな余裕高しか取れていない例として、本プロジェクトの起点部に位置し、毎年水に漬かっているトリニダの輪中堤をあげることができる。この輪中堤は、その多くが道路として利用されており、雨季には、水位が路面高からマイナス10cm～15cm近くまで上昇することがしばしば有るが、路面そのものは乾燥しており、車両の通行には何等、支障はない。

以上のことよりH, W, Lから路盤まで、最少60cm確保して有れば何ら問題はない。

3. 2. 6 横断設計

横断設計は、3. 2. 3. 3で定めた道路の標準横断、及び上述の線形設計で設定した道路中心線の計画高さをもとに、本調査で得られた実測横断地形図を用いて行い、直線区間では原則として200mごとに、曲線区間では原則として100mごとに、縮尺1/100の道路横断図を作成した。

さらに、作成した横断図を用いて断面積及びのり長を測定し、土工数量を算出した。

3.3 舗装設計

3.3.1 概要

舗装設計においては、土質調査によって得られた路床土の支持力、骨材調査において選定した舗装材料及び強度、並びにphase I 調査において推定した将来交通量をもとに、phase I の場合と同様、“AASHTO Interim Guide”に示された方法によって舗装厚を算定し、舗装構成を決定した。

(1) 舗装のタイプ

本プロジェクト道路の舗装は歴青表層、上層路盤、下層路盤からなるアスファルト舗装とする。表層には、骨材と歴青材料をプラントにて加熱混合した材料を使用するものとする。

(2) 段階施工の前提

本設計においては、トリニダ～マモレ川間は歴青表層まで完成、マモレ川～サンボルハ間は、下層路盤までの暫定施工とする。

(3) 舗装の耐用期間

舗装の耐用期間を10年として設計する。なお供用開始はトリニダ～マモレ川間は、1994年からマモレ川～サンボルハ間は、1998年からと仮定する。

3. 3. 2 舗装厚の設計

(1) 舗装厚の求め方

“AASHTO Interim Guide” による。

この方法は、図3.3-1により見出される“SN”を使用し、各層の厚さを下式に用いて簡単に計算するものである。

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

SN : 舗装厚指数

ここに、 a_1 、 a_2 、 a_3 : 表層、上部路盤及び下層路盤の相対強度係数 (表3.3-1参照)

D_1 、 D_2 、 D_3 : “ の厚さ

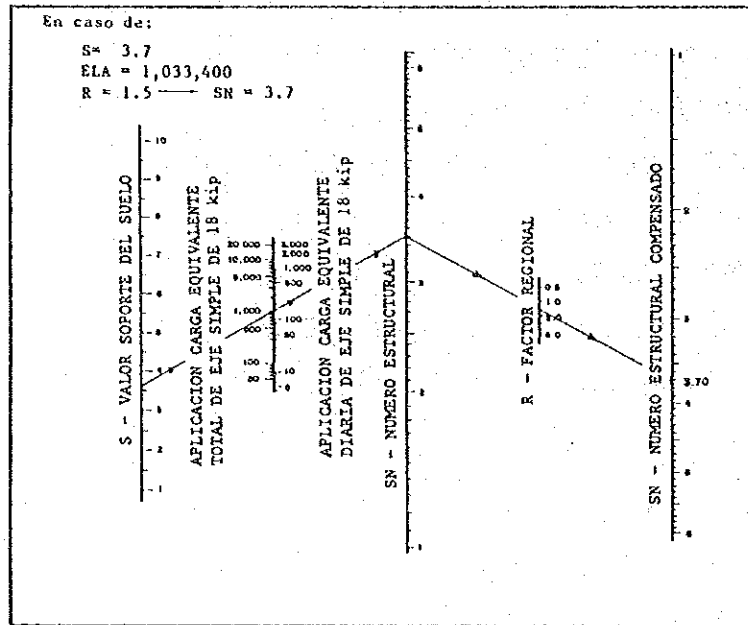


図3.3-1 舗装厚指数の算定図 Pt=2.0

表3.3-1 各舗装構成材料の相対強度係数

Pavement Component	Coefficient
Surface Course	
Roadmix (low stability)	0.20
Plantmix (high stability)	0.44
Sand Asphalt	0.40
Base Course	
Sandy Gravel	0.07
Crushed Stone	0.14
Cement-Treated (no soil-cement)	
Compressive strength @ 7 days	
650 psi or more	0.23
400 psi to 650 psi	0.20
400 psi or less	0.15
Bituminous-treated	
Coarse-Graded	0.34
Sand Asphalt	0.30
Lime-Treated	0.15-0.30
Subbase Course	
Sandy Gravel	0.11
Sand or Sandy-Clay	0.05-0.10

以下に、舗装の設計方法について簡単に述べる。

最初に道路のサービス指数 (Pt) を決める。

{ 重交通を伴う主要幹線道路 …… Pt = 2.5 (AASHTOによる)
 { その他の幹線道路 …………… Pt = 2.0 (“)

次に、路床の支持力 (S)、設計交通量 (EIA) 及び地域要素 (R) を決定する。S及びRは、各々、図3.3-2、表3.3-2より求まる。

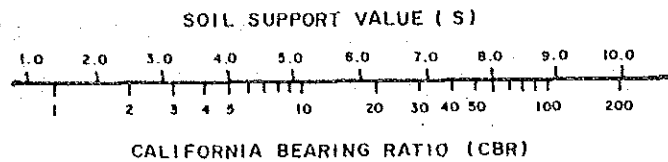


図3.3-2 CBRと路床支持力 (S) の関係

表3.3-2 地域要素 (R)

Condition of roadbed material	R
frozen to depth 5 " or more	0.2 to 1.0
dry, summer and fall	0.3 to 1.5
wet, spring thaw	4.0 to 5.0

これらの値から図3.3-1を用いて " S, N " を決定する。

続いて表3.3-1より相対強度係数を決め、式 $SN = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$ により各層の層厚を計算する。式中3つの層厚のうち2つの層厚を仮定し、繰返し計算を行って最も経済的となるよう各層の厚さを決める。

なお、層厚を決定するに当って施工性や維持管理についても考慮する必要がある。" AASHTO Guide " は、それらのことを考慮し、各層の最小厚さを下記のように推しようしている。

{ 表 層 2 inches (5 cm)
 { 上層路盤 4 inches (10cm)
 { 下層路盤 4 inches (下層路盤を設ける場合)

路床条件、交通条件、舗装厚指数、舗装材料及び相対強度係数は以下に示すとおりである。

(2) 路床条件

本phase IIにおける土質調査の結果、本計画道路の路床条件は、表3.3-3に示す7区間に区分される。各区分ごとの路床CBR値及びそれらに対応する土の支持力(S)は、同表に示す通りである。ここで、トリニダ～マモレ川間の大部分はの区分は、現地発生土の CBR値が1～2と低いため、マモレ川右岸の良質土（砂質土 CBR値12）を路床に使用する。また、マモレ川～29.1km地点間は、路床土のCBR値が3と低いため、路床上部25cmの部分にはマモレ川左岸の良質土（砂質シルト CBR値4以上）を使用するものとする。

(3) 交通条件

フェーズIにて推定された将来交通量から各区分の一方全トラック台数を、工事工程と舗装の耐用期間を考慮して計算すると表3.3-3に示される台数となる。また、表中に示されている18キロポンド一軸荷重換算通過台数（ELA）は、トラック重量分配係数(k)を 0.605として換

表 3.3-3 路床条件、交通条件及び舗装厚指数

区 間	トリニダ (0.00km)	マモレ川 (10.369km)	29.1km }	サンイグナシオ (85.4km)	156.1km }	184.1km }	204.1km }	204.1km }
	マモレ川 (10.369km)	29.1km	フアティマ(50km) }	サンイグナシオ(85.4km) 156.1km	184.1km	204.1km	サンボルハ (221.935km)	
舗装の耐用期間	1994～2003	1998～2007						
一方全トラック台数	693,500	157,700		179,600				
18キロポンド一軸荷重 換算通過台数 (ELA)	419,600	95,400		108,700				
路床のCBR	12	3 (4*)	5	4	5	4	5	
土の支持力 (S)	5.5	3.2	4.0	3.7	4.0	3.7	4.0	
舗装厚指数 (S, N)	2.43	2.65**	2.40	2.58	2.48	2.58	2.48	

* This CBR is the layer of the upper subgrade.

** This value should be applied after constructing the upper subgrade of 25cm thick with the good quality.

算したものである。なお、この係数(R)に関するデータがボリビアには存在しないため、米合衆国における地方の高速道路に適用する値を用いる。

(4) 舗装厚指数 (S.N)

上記の路床条件及び交通条件をもとに算定した区間別の舗装厚指数 (SN) は、表3.3-3に示すとおりである。

なお、舗装厚指数 (SN) の算定における道路のサービス指数 (PI) は、本道路が Interim guide における重交通を伴う主要幹線道路には該当せず、その他の幹線道路に相当するので、 $\alpha.0$ を使用する。

地域要素 (R) は、地形、降雨量、地下水位、凍結・融解等の条件が路床材料の強度低下に与える影響を考慮する係数であり、表3.3-2に条件の区分と適用値の範囲が示されている。本道路の路床は、通常は乾燥に近い状態にあるといえるので、同表の中段の条件の場合に該当する。ただし、洪水による地下水位の上昇等を考慮し、適用値は同条件の最大値である 1.5 を使用する。

また、本道路においては、マモレ川～サンボルハ間は下層路盤の建設のみで交通を開放する。この場合の下層路盤の厚さは、20cmとした。

(5) 舗装材料と相対強度係数

舗装各層には、本フェーズII調査における骨材調査結果より、表3.3-4に示す採取場より得られる材料を使用する。

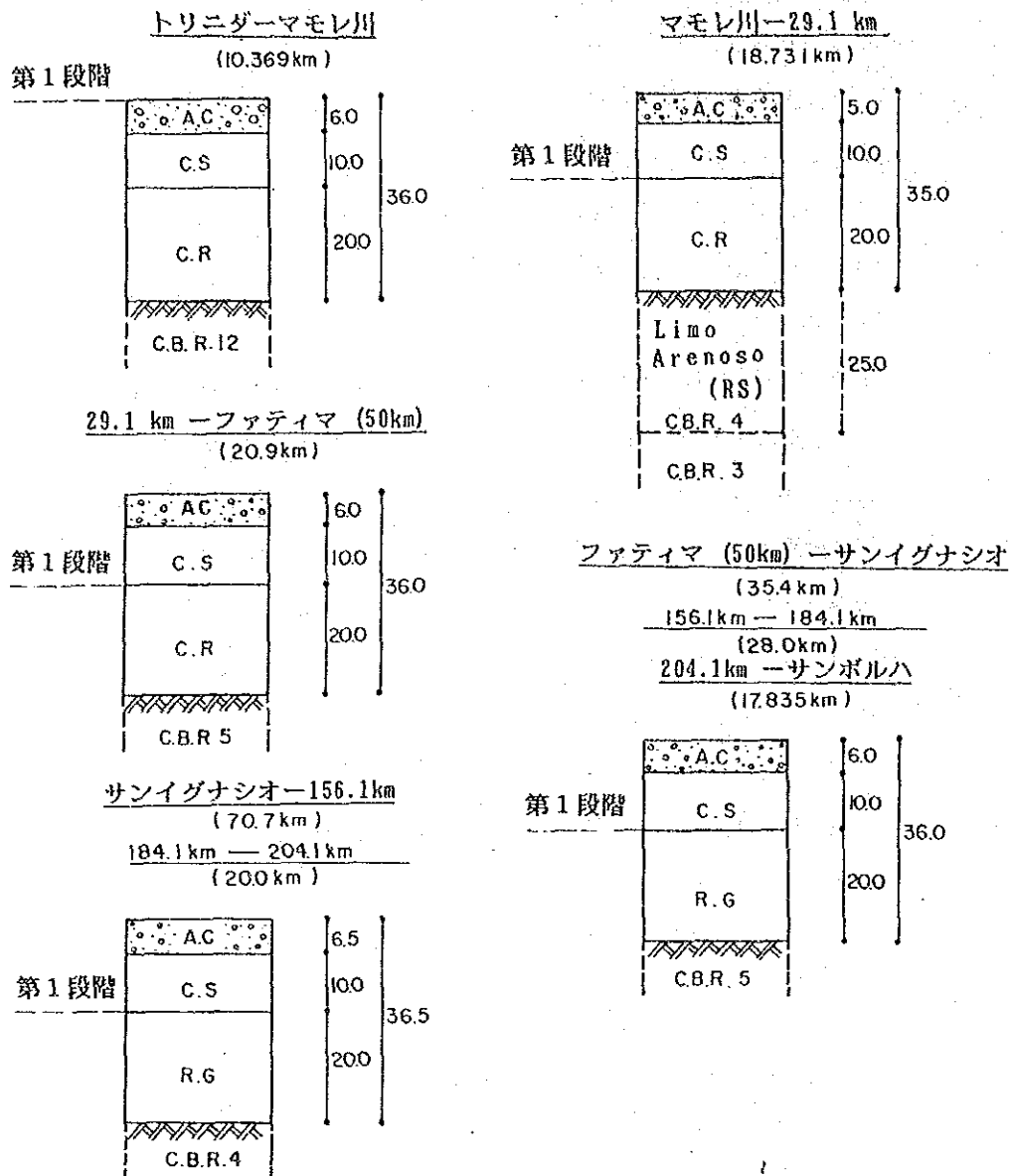
これらの舗装材料の相対強度係数 (SC) は、同表に示す値とする。

表 3.3-4 舗装材料及び相対強度係数

層	材 料	採 取 場	条 件	相対強度係数 (S.C)
表 層	加熱アスファルト 混合物	セロ・サンホルヘ (ヤシミアントNo.1)	密 粒 度	0.44
上層路盤	粒度調整碎石	セロ・サンホルヘ (ヤシミアントNo.1)	修正CBR80	0.14
下層路盤	切込碎石	セロ チコ	修正CBR60	0.11
	切込砂利	カリボーダルトニアン川	修正CBR60	0.11
上部路床	良 質 土 (砂質シルト)	リオ マモレ左岸	CBR4以上	0.07

3. 3. 3 舗装構成

以上をもとに得られた各区間の舗装構成は図3.3-3に示す通りである。路肩の舗装についてはシールコートと10cm厚の石材を表層施工時に施工する。



- A.C. : Concreto Asfáltico (mezcla en caliente, de Cerro San Jorge) ... capa superficial
- C.S. : Piedra Triturada (de San Jorge) capa base (CBR 80)
- C.R. : Triturado sin cribar (de Cerro Chico) capa subbase (CBR 60)
- R.G. : Grava de Rio (de Caripo y Rio Dartagnan)..... capa subbase (CBR 60)
- R.S. : Limo Arenoso de Rio (la izquierda de Rio Mamore) subrasante mejorada
(CBR 4以上)

図3.3-3 舗装断面図

3.4 橋梁設計

3.4.1 概要

橋梁については、調査Phase Iにおいてすでに設計の済んでいる8橋に加えて水文水理解析から7橋の中小橋を設けることを提案したところであるが、本Phase IIにおける検討の結果によりティハムチ川兩岸の低地部には新たに2つの橋梁を設けることとした。この2橋の追加理由はアペンディックス-1を参照願いたい。

以下、これら9橋の計画、設計について述べる。

なお、設計の済んでいる8橋の諸元は表3.4-1に示すとおりである。

このうちティハムチ橋は、Phase II調査においてその工事費及び施工計画が本調査の中に組み込まれることになったものである。

表3.4-1 設計済の8橋

橋名 Nombre del Lugar	架設位置 Numero de la Estacion puente	橋長 Longitud	形式 Plani- ficación	摘要 Observavions
Puente Ibare イバレ橋	No 8+172.0	180.4(m)	3 PCBX	BID, Obra contratada
Puente Tijamuchi ティハムチ橋	No 22+431.0	136.0	3 PCBX	Presente Proyecto
Puente Apere アペレ橋	No104+147.0	91.5	3 PCT	USAID 0 SNC
Puente Cuverene クベレネ橋	No110+358.0	91.5	3 PCT	USAID 0 SNC
Puente Museruna ムセルナ橋	No119+838.0	29.3	3 RC	BID
Puente Cheveje- cure チュベレ橋	No128+747.5	29.3	3 RC	BID
Puente Matos マトス橋	No163+100.0	29.3	3 RC	BID
Puente Maniqui マニキ橋	No219+728.0	154.0	3 PCBX	USAID 0 SNC

3. 4. 2 橋梁位置

Phase I 調査で提案している7橋のうち、ティグレの橋を除いた6橋は、現地踏査、路線測量及び細部補足測量の結果（以下測量結果という）Phase I 調査によって決められた位置と変わらない。ティグレは、測量結果から以下のことが明らかになったため、SNC と協議のうえ、橋梁位置をタヒボに変更した。

- ① コルゲートパイプ（ ϕ 3.0m \times 8本）は、サビや損傷もなく、呑吐口を補強すれば使用可能である。
- ② このコルゲートパイプの高さは、高水位（HWL）に比べ、十分な高さを持ち、開水路となっている（図3.4-1参照）。
- ③ タヒボは、ティグレと同じアベレ川流域に位置し、水文・水理解の結果は、変わらない。
- ④ ティグレのコルゲートパイプ撤去、橋梁の設置に対し、タヒボに橋梁も設けることは、経済的に有利である。

注) タヒボは、現在、コルゲートパイプが流れ、2ヶ所にわたって道路が決壊している箇所である。

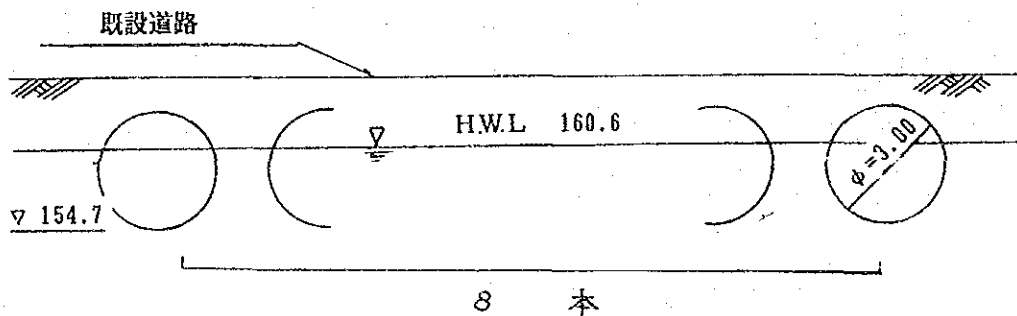


図3.4-1 ティグレに於ける既設コルゲートパイプ

また、ティハムチ川兩岸の2橋は、地形や流水方向よりNo20+129.0 とNo23+900.0 の位置に設けることとした。表3.4-2にPhase II 調査で決定した橋梁とその測点位置を示す。

表3.4-2 橋梁位置

Nombre del Lugar 橋名	Numero de la Estacion Puentes 位置	Nombre del Lugar 橋名	Numero de la Estacion Puentes 位置
Puente San Juan サンファン橋	No. 0+693.0	Puente Tajibo タヒボ橋	No.107+558.0
Puente San Gregorio o サングレゴリオ橋	No. 3+446.0	Puente Museruna ムセルナ橋	No.116+292.0
Puente Pto. Almacen n プエルト・アルマセン橋	No. 6+000.0	Puente Curirabita クリラビタ橋	No.203+443.0
Puente Amistad アミスター橋	No.20+129.0	Puente Curiraba クリラバ橋	No.208+825.0
Puente Sicuri シクリ橋	No.23+900.0		

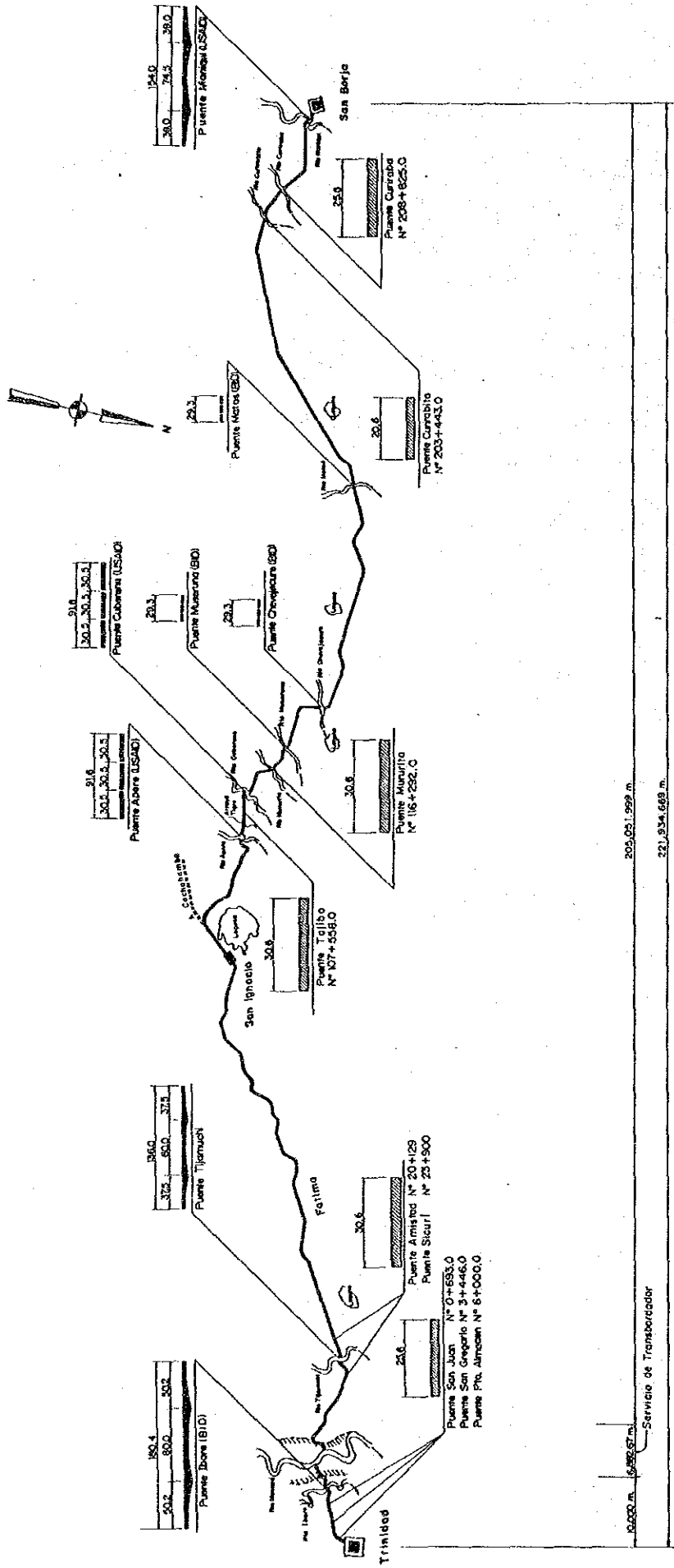


图 3.4-2 桥梁位置图

3.4.3 設計条件

3.4.3.1 一般条件

- 1) 橋種 プレストレスコンクリート単純合成桁橋
- 2) 橋長 表3.4-3参照
- 3) 桁長 表3.4-3参照
- 4) 支間長 表3.4-3参照

表3.4-3 橋長・桁長及び支間長

Progresiva (測点)	Ubicacion (橋名)	Longitud de Puente (橋長) (m)	Longitud de Viga (桁長) (m)	Luz de Tramo (支間) (m)	Note
No. 0+693.0	サンファン	25.660	25.600	25.000	
No. 3+446.0	サン・グレゴリオ	25.660	25.600	25.000	
No. 6+000.0	フェルトアルメン	25.660	25.600	25.000	
No. 20+129.0	アミスター	30.660	30.600	30.000	
No. 23+900.0	シクリ	30.660	30.600	30.000	
No. 107+558.0	タヒボ	30.660	30.600	30.000	
No. 116+292.0	ムルリータ	30.660	30.600	30.000	
No. 203+493.0	クリラビータ	20.660	20.600	20.000	
No. 208+825.0	クリラバ	25.660	25.600	25.000	

- 5) 橋梁巾員 図3.4-3参照

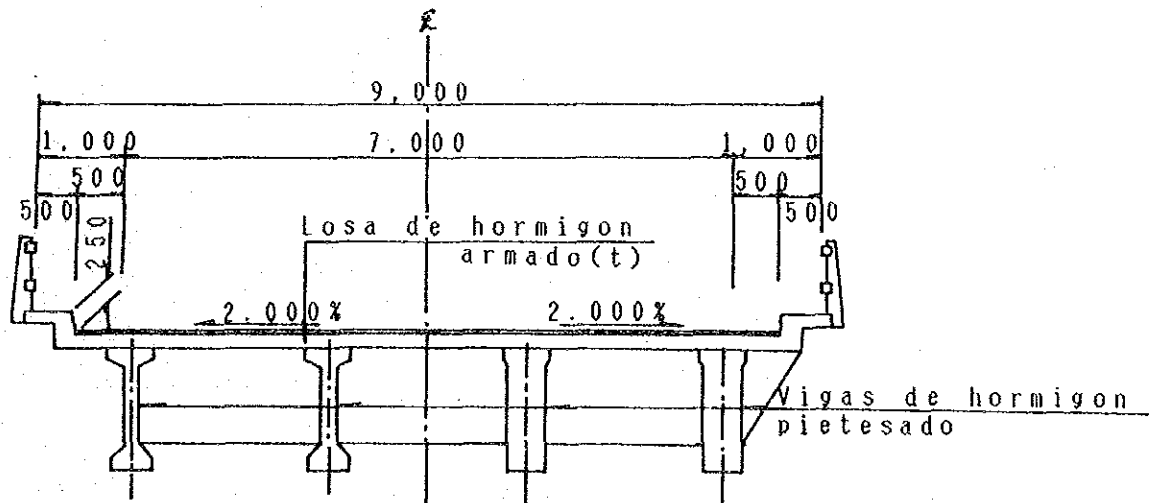


図3.4-3 橋梁巾員

6) 設計荷重 HS20-44 (図3.4-4)

7) 衝撃係数

$$I = 50 / (L + 125) = 15 / (\ell + 38) < 30\% \text{ (最大)}$$

ここに ℓ = 支間長 (m)

L = " (feet)

8) 風荷重

上部構造及び活荷重に作用する風荷重は AASHTO 3.1.5.2により表3.4-4、表3.4-5のようにする。

表3.4-4 上部構造に対する風荷重

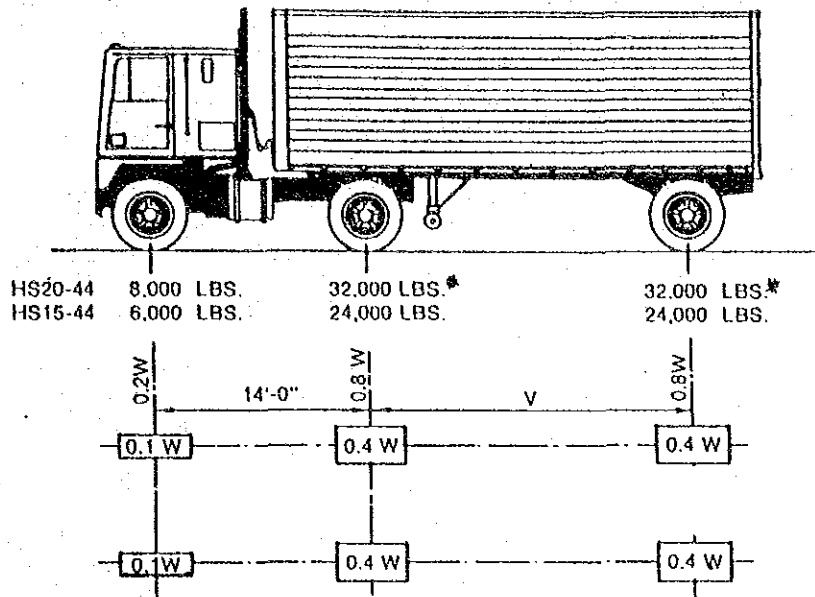
	W (Kg/m ²)	作用位置	縦横荷重が同時に作用する
横荷重	244.1	Centro de gravedad del área expuesta de la superestructura	Ambas fuerzas deberán ser aplicadas simultáneamente.
縦荷重	58.6		

表3.4-5 活荷重に対する風荷重

	WL (Kg/m ²)	作用位置	縦横荷重が同時に作用する
横荷重	148.8	路面上6フィートの位置	Ambas fuerzas deberán ser aplicadas simultáneamente.
縦荷重	59.5		

9) 土 圧

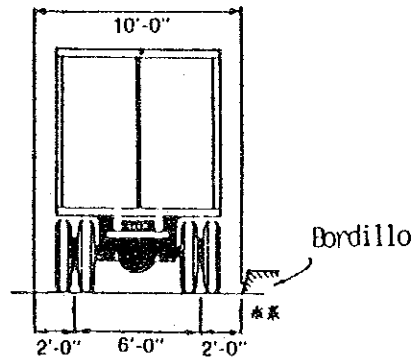
土圧はランキン公式を使用する。



W = Peso combinado sobre los dos primeros ejes que es lo mismo para el camión correspondiente a H (M).

V = Espacio variable de 14 a 30 pies inclusive. El espacio a ser usado es el que produce máximo esfuerzo.

Ancho de tráfico de Carga y Espacio Libre



* En el diseño de pisos de madera y planchas ortotropicas, excluyendo vigas transversales para el camión HS20, se puede usar una carga por eje de 24,000 libras o dos cargas de 16,000 libras.

图 3.4 - 4 HS 标准车辆 (20 - 44)

- 10) 浮力 考慮する
- 11) 荷載荷重 $q = 1.0t/m^2$
- 12) 横断勾配 道路の横断勾配に合わせる
- 13) 縦断勾配 //
- 14) 水位と桁下空間 表3.4-6参照

表 3.4 - 6 水位と桁下空間

Progresiva (測点)	Ubicacion (橋名)	Nivel de aguas Maximas (m)	Galibo (桁下空間) (m)	Cota Minima de Borde de viga (m)
No. 0+693.0	サン・ファン	154.800	1.000	155.800
No. 3+446.0	リン・グレゴリオ	154.800	1.000	155.800
No. 6+000.0	フェルト・アルマヘン	154.800	1.000	155.800
No. 20+129.0	アミスター	154.800	1.000	155.800
No. 23+900.0	シクリ	154.800	1.000	155.800
No. 107+558.0	タヒボ	160.600	1.000	161.600
No. 116+292.0	ムルリータ	161.500	1.000	162.500
No. 203+493.0	クリラビータ	188.200	1.500	189.700
No. 208+825.0	クリラバ	189.600	1.500	191.100

3.4.3.2 材料特性

1) コンクリート

a) セメントの種類

普通ポルトランドセメント

b) コンクリート設計強度 (材令28日)

主桁、横桁 $f_c' = 350kg/cm^2$

床版、その他 $f_c' = 210kg/cm^2$

c) ヤング係数

$$E_c = W_c^{1.5} f_c' \quad (PSI) = 0.13669 W_c^{1.5} f_c' \quad (kg/cm^2)$$

$$W_c = 2,400kg/m^3$$

$$f_c' = 350kg/cm^2 \dots E_c = 3.0 \times 10^5 kg/cm^2$$

$$f_c' = 210kg/cm^2 \dots E_c = 2.3 \times 10^5 kg/cm^2$$

d) 部材別強度

	部 材	強 度
上部工	主桁 横桁	350kg/cm ²
	床版 その他	210kg/cm ²
下部工	軀体	210kg/cm ²
	杭	350kg/cm ²

2) PC鋼材

a) 規格 grade 270 $E_s = 29,000,000 \text{ PSI}$
 $= 2.60 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

プレシネーケーブル 12V 1/2、 6V 1/2

b) 破壊強度 (引張強度) 270000 PSI

c) 降伏点応力度 230000 PSI

3) 鉄 筋

a) 規 格 grade 60

b) 降伏点応力度 60000 PSI
 $= 4200 \text{ kg/cm}^2$

3. 4. 4 地 質 (ボーリング調査)

3.4.4.1 概 要

東アンデス山脈から流れ出した土砂は、ペニ州の低地帯に数百メートルに及ぶ堆積層を成している。この層は、第4紀新生代の沖積土であり、この地域の沖積土は粒度が一定であるという特性を持っている。当調査区間の地質は、地表から20mにかけて、シルト質粘土、粘土、粘土質シルト、砂質シルト及び砂の互層となっている。

3.4.4.2 トリニダ近辺の地質

ここでは、今回調査を行ったトリニダ近辺の地質について述べる。

サン・ファン、サン・グレゴリオ、プエルト・アルマセンの各橋梁位置で深さ20mまでボーリング調査を行った。

その結果、トリニダ近辺の地質は深さ15m付近を境に上層部の粘性土と下層部の砂により大別される。また、イバレ川に近づくにつれて、上部粘性土中にレンズ状に介在した砂層が見られる(図3.4-5参照)。

上層部の粘性土は、細粒砂を含んだ粘土、シルト質粘土及び砂質シルトにより構成され、表層部のシルト質粘土は、かなりの有機物を含んでいる。

粘性土のN値は8~30を示し、深さが増すにつれてN値も大きくなっている。深さ8m付近には、杭の支持層に成り得るN値18以上の硬いシルト質粘土がある。

下層部の砂層は、深くなるにつれて、シルト分を含む細砂から粗砂に変化している。

N値は、10~50以上とバラツキがある。

詳しくは、技術参考資料“橋梁基礎地質調査”を参照のこと。

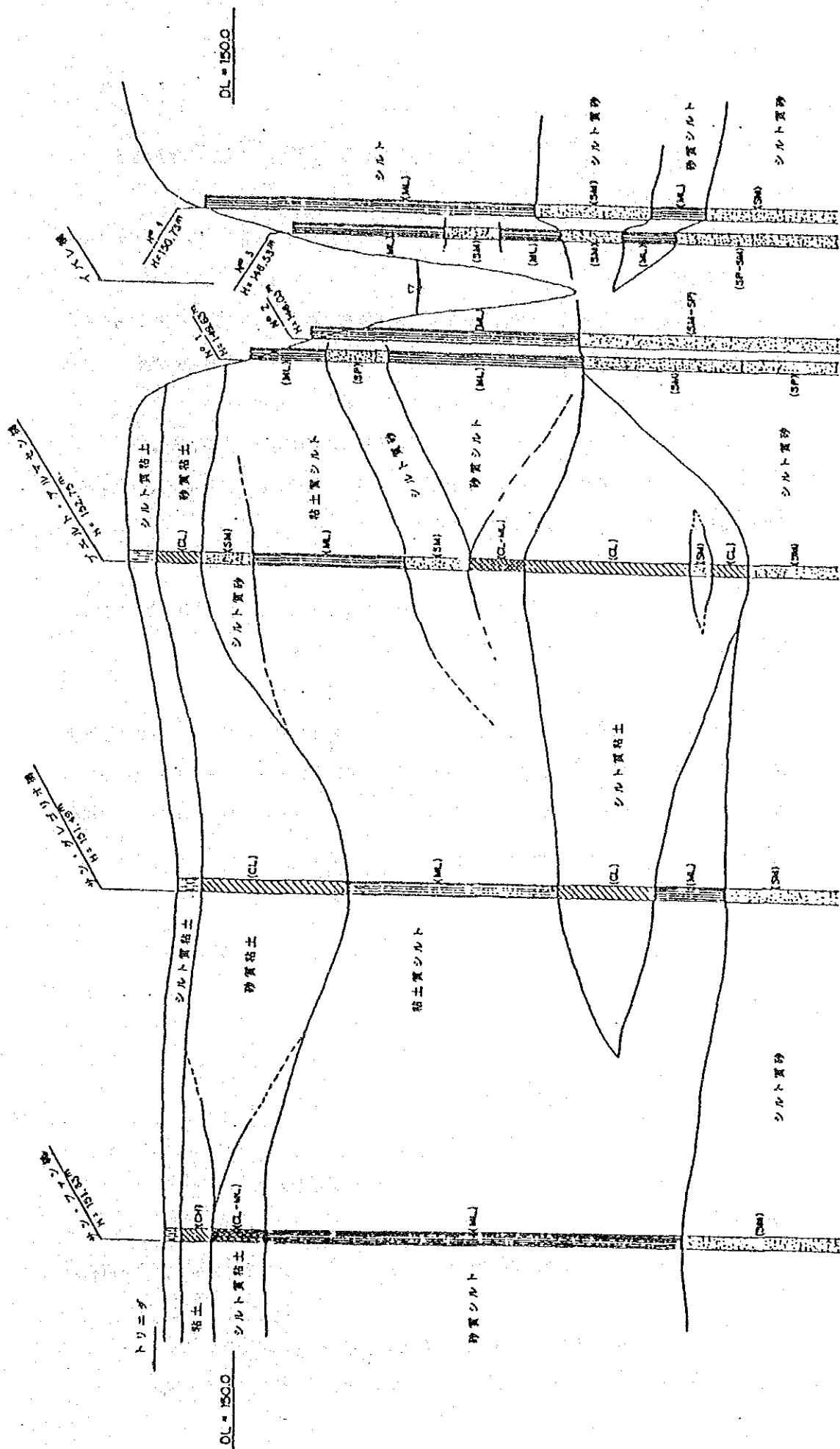


図 3.4-5 地質縦断面 (トリニダ付近)

3.4.4.3 その他の橋梁位置における地質

ここでは、phase I 調査で行われた他の橋梁位置における地質について述べるものとする。

1) タヒボ (No 107+558)

この位置では、地質調査が行われていないが、付近にアペレ川、ティグレ及びクベレネ川の地質調査資料がある。

アペレ川では、地表から深さ8m付近までにシルト質粘土層または、粘土層に細砂層を介在しているものの、クベレネ川やティグレには、細砂層が見られない。この地域の地層としては、粘土、シルト質粘土及び粘土質シルトの互層になっているものと想定される。

これらの地質調査資料から判断すると、この付近一帯の地質はほとんど変化がない。

以上のことからタヒボの地質も粘性土と判断されるので、設計には、タヒボに近いティグレの地質資料を用いるものとする。

2) ムルリータ (No 116+292)

アペレ川からクベレネ川の地域同様、シルト質粘土及び粘土質シルトの互層になっており、深さ13m付近にN値22以上のシルト質粘土層がある。

3) クリラバ川、クリラビータ川 (No 208+825、No 203+443)

この地域は、シルト質細砂、粘土質シルト及びシルト質粘土の互層になっているが、砂層主体の地層である。N値は、深さが増すにつれて大きくなる傾向にあり、クリラビータ川では、深さ14m付近にN値50以上の硬いシルト質細砂層がある。クリラバ川は、深さ12m～15mにN値23～27のやや硬いシルト質細砂がある。

3.4.5 上部構造

3.4.5.1 計 画

(1) 橋長、支間長

橋長及び支間長は、水文水理解析より求められた表3.4-3とする。

(2) 橋梁巾員

橋梁巾員は、道路巾員の変更に伴い図3.4-3に示すとおりとする。

(3) 桁高及び桁配置

桁高及び桁形状は、ボリビア国で標準桁として採用しているBPR桁*に準じた。(桁高/支間長)比を表3.4-7に示す。

桁配置は、外桁と内桁が同じような荷重分配になるように決定した。

*BPR桁は、The Bureau of Public Roads及びAASHTOとPrestressed Concrete Instituteの委員から構成された委員会によって開発、奨励されている桁である。

(4) PC鋼材

PC鋼材は、ボリビア国で実績が多く、最も入手しやすいPC鋼より線 (12V 1/2、6 V 1/2) を採用した。

表 3.4 - 7 (桁高/支間長) 比

支間長 : L (m)	桁 高 : H (m)	H/L
20,000	1,100	1/18.2
25,000	1,300	1/19.2
30,000	1,500	1/20.0

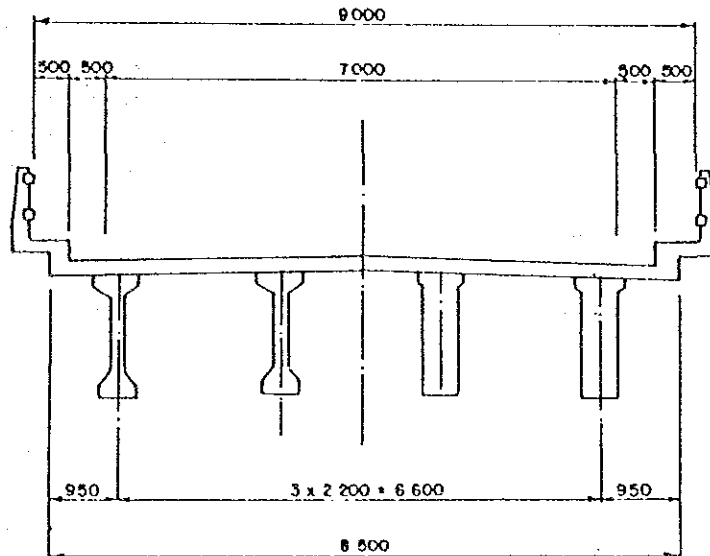


図 3.4 - 5 桁 配 置

(5) 横 桁

横桁は、端部及び中間部に設けた。

横桁間隔は、10m以下とし、かつ支間中央に横桁が配置されるように計画した。

しかし、支間長20mにおいては、横桁間隔があまりにも小さくなるため、2本配置とした。

(6) 床版厚及び舗装

床版厚は、主桁間隔より17cmとした。(AASHTO 8.9.2 参照)

舗装は、すでに設計済みの8橋に準じコンクリート舗装とした。その厚さは20mmである。

(7) 地覆、高欄、支承及び伸縮装置

地覆、高欄は、設計済みの8橋と同じ形状を採用した(図3.4-6 参照) 支承及び伸縮装置は、反力や伸縮量が小さいことから、それぞれゴム系を採用した。

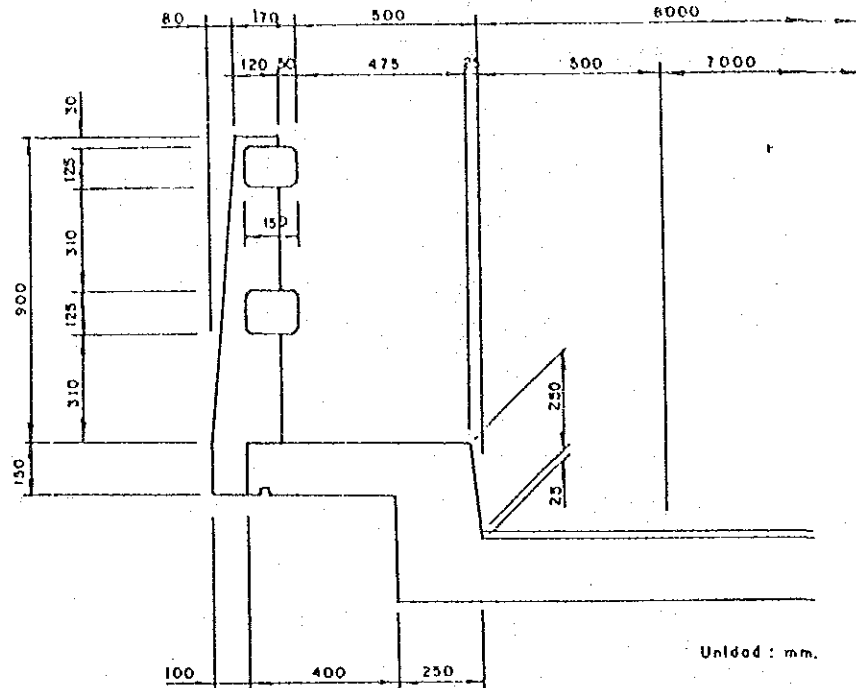


図3.4-6 地覆、高欄

3.4.5.2 設 計

設計基準はAASHTO-Standard Specifications for Highway Bridge 及びACI基準を適用した。
設計は、類似構造物として表3.4-8に示す3タイプについて行った。

表3.4-8 類似構造物

支間長 (m)	全巾員 (m)	摘 要
30.000	9.500	アミスタ、シクリ、 タヒボ、ムルリータ
25.000	9.500	サン ファン、サン グレゴリオ フェルト アルマセン、クリラバ
20.000	9.500	クリラビータ

設計計算結果を 3.4.7 に示す。

3.4.6 下部構造

3.4.6.1 計 画

下部構造形式は Phase I 調査での検討結果を受け、ボリビア国で最も一般的な橋台形式である中抜き橋台を採用した。(3.4.8 下部工応力計算結果の中の図3.4-10参照)

基礎形式は、適当な深さに直接基礎となりうる支持層がないことから杭基礎形式とした。

(1) 構造高

橋台の構造高は、流水による洗掘のおそれがあるため、底版が自然地盤以下となるように決定した。(表3.4-9参照)

表3.4-9 橋台の高さ

	Elavacion de Estribo (m)	Cota Superior de Estribo (m)	Cota de Nivel de Fundacion (m)
サン ファン	7.300	157.356	150.056
サン グレゴリオ	7.300	157.356	150.056
フェルト アルマセン	7.000	157.356	150.356
アミスター	8.200	157.490	149.290
シ ク リ	8.200	157.490	149.290
タ ヒ ボ	5.300	163.360	158.060
ム ル リ ー タ	7.500	164.260	156.760
ク リ ラ ビ ー タ	6.300	191.061	184.761
ク リ ラ バ	5.800	192.656	186.856

(2) 裏込め土

裏込め土は、砂のみを使用した場合に橋台背面が水みちとなる可能性があることやマモレ～サンボルハ間は、表層（下層路盤までの施工で交通開放）がないため雨水が浸透し易いことから、砂と粘性土の混合土を用いることにした。

(3) 杭基礎

a) 杭 径

ボリビア国における杭は、コンクリート杭が最も一般的であり、その杭径は、 $\phi 400$ または、 $\phi 600$ である。当調査区間の下部工は、橋台高が高く、大きな荷重を受けるため、コンクリート杭 $\phi 600$ を採用した。この杭は、イバレ、ティハムチで採用されている杭である。

b) 支持層と支持形式

2.5及び3.4.4で述べたように、サンファン、サングレゴリオ、プエルトアルマセン、ムルリータ及びクリラビータには、各々地質調査より、深さ8m～14mに支持層と成り得る硬い層があり、先端支持杭とした。

地質が明らかでないタヒボと、支持層が明確でないクリラバは、安全側となるように摩擦杭として検討を行った。支持力（単杭）は、テルツァギーの静力学式を用い、群杭効果（AASHTO4.3.4.7）を適用して算出した。

各橋梁における杭長は、表3.4-10のとおりである。

表3.4-10 各橋梁の杭長

Puente (橋名)	Longitud pilote (杭長) (m)	Nota
サンファン	8.000	
サングレゴリオ	6.000	
プエルトアルマセン	6.000	
アミスター	15.000	
シクリ	15.000	
タヒボ	8.000	
ムルリータ	12.000	
クリラビータ	14.000	
クリラバ	15.000	

c) 杭間隔及び杭配置

杭間隔は、杭中心間隔を杭径の 2.5 倍以上 (AASHTO 76.2cm 以上) 杭の縁端距離を杭径以上 (AASHTO 23cm 以上) を確保した。

杭配置は、あらゆる荷重状態においても杭に引抜き力が作用しないで、底版が小さくなるように配置した。

3.4.6.2 設 計

設計基準は、AASHTO-Standard Specifications for Highway Bridge を適用した。設計は、各橋梁ごとに行い、地震がないことから左右を同じ形状とした。設計計算結果を 3.4.8 に示す。