

国際協力事業団

ボリウエア共和国

大蔵・経済開発省

運輸・通信・民間航空庁、道路公団

ボリウエア共和国

サンタクルス州橋梁建設計画

基本設計調査報告書

平成7年1月

株式会社 パシフィック コンサルタンツ インターナショナル
セントラルコンサルタント株式会社

無調二

CR(1)

94-198

国際協力事業団 ボリウエア共和国 サンタクルス州橋梁建設計画 基本設計調査報告書

平成7年1月

株式会社 パシフィック コンサルタンツ インターナショナル
セントラルコンサルタント株式会社

702
61.5
GRS

27794

JICA LIBRARY



111910611

国際協力事業団

27494

国際協力事業団

ボリヴィア共和国

大蔵・経済開発省

運輸・通信・民間航空庁、道路公団

ボリヴィア共和国

サンタクルス州橋梁建設計画

基本設計調査報告書

平成7年1月

株式会社 パシフィック コンサルタンツ インターナショナル
セントラル コンサルタント 株式会社

序 文

日本国政府は、ボリヴィア共和国政府の要請に基づき、同国のサンタクルス州橋梁建設計画にかかる基本設計調査を行なうことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成6年7月26日から8月22日まで日本道路公団東京第二建設局の松富繁氏を団長とし、株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナルおよびセントラルコンサルタント株式会社の団員から構成される基本設計調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ボリヴィア共和国政府関係者と協議を行なうとともに、計画対象地域における現地調査を実施いたしました。帰国後の国内作業の後、平成6年10月24日から11月4日まで実施された報告書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

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

終りに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成7年1月

国際協力事業団

総裁 藤田 公郎

伝 達 状

国際協力事業団

総裁 藤田 公郎 殿

今般、ボリヴィア共和国におけるサンタクルス州橋梁建設計画基本設計調査が終了致しましたので、ここに最終報告書を提出致します。

本調査は、貴事業団との契約に基づき、当共同企業体が、平成6年7月20日より平成7年2月24日までの約7ヶ月にわたり実施して参りました。今回の調査に際しましては、ボリヴィアの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

なお、同期間中、貴事業団を始め、外務省、建設省関係者には多大な御理解並びに御協力を賜わり、御礼を申し上げます。また、ボリヴィアにおける現地調査期間中は、道路公団の関係者、在ボリヴィア日本大使館の貴重な助言とご協力を賜わったことも付け加えさせていただきます。

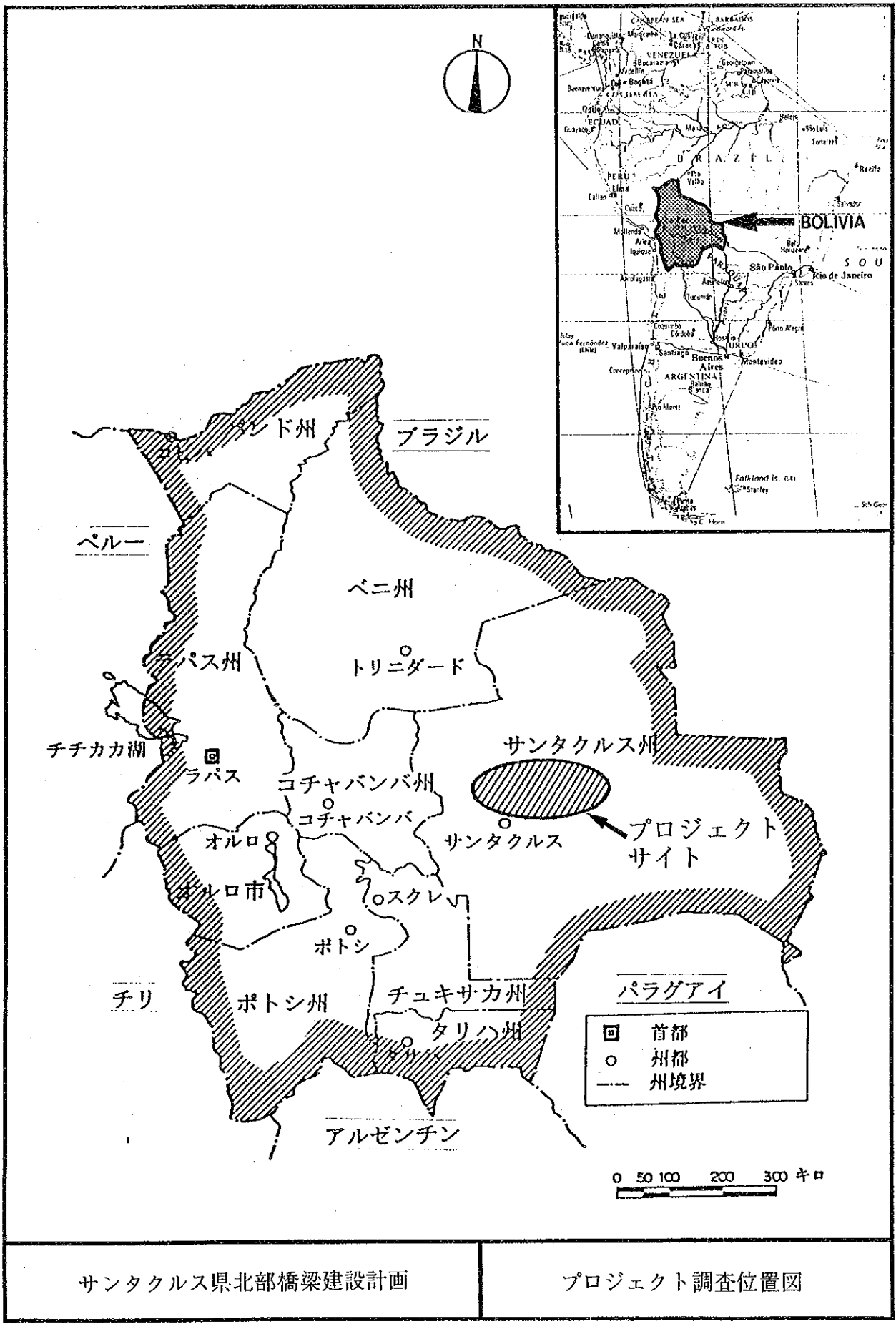
貴事業団におかれましては、本計画の推進に向けて、本報告書を大いに活用されることを切望致す次第です。

平成7年1月

ボリヴィア共和国サンタクルス州橋梁建設計画
基本設計調査業務共同企業体

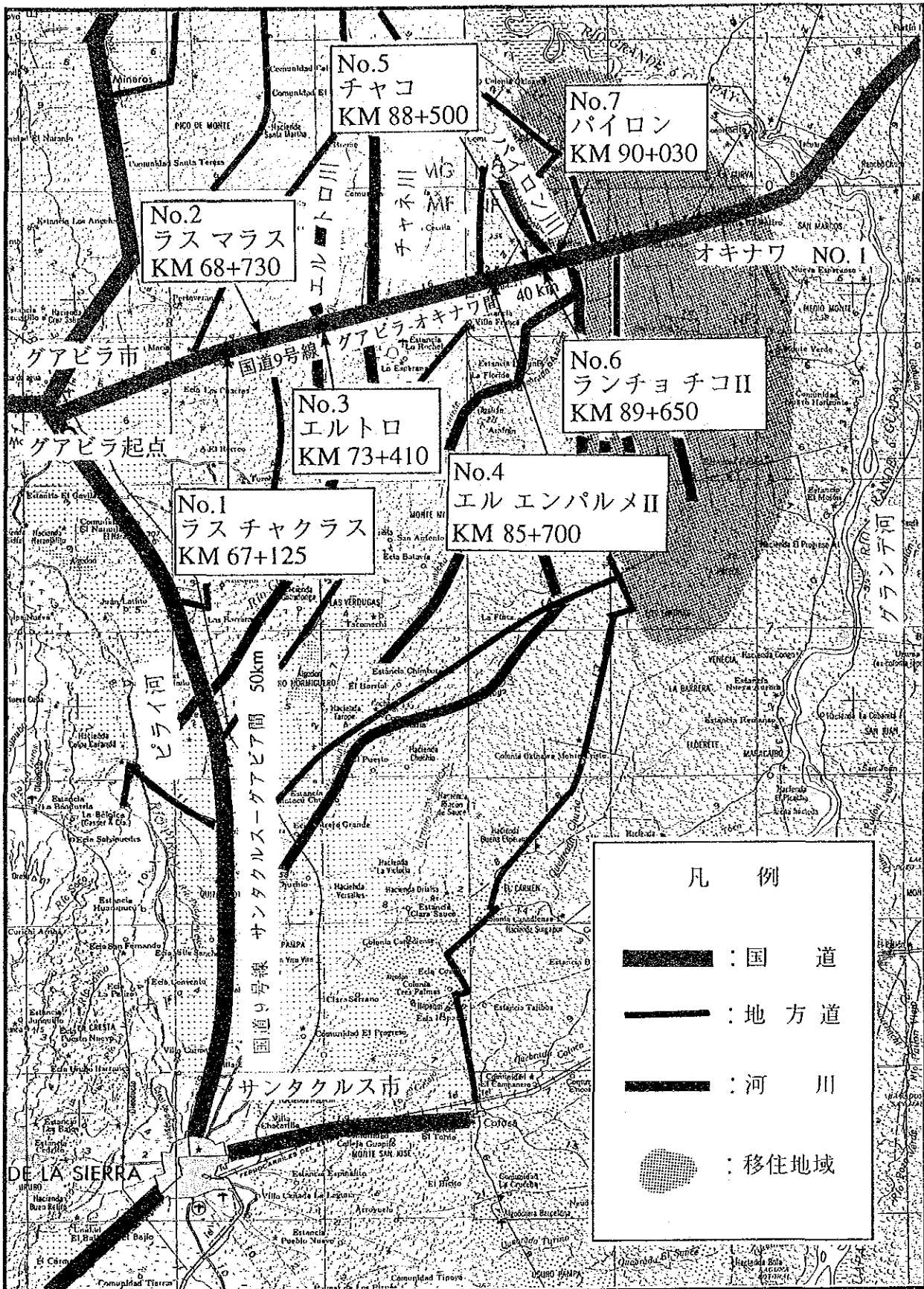
ボリヴィア共和国

サンタクルス州橋梁建設計画基本設計調査団
業務主任 遠藤 博之



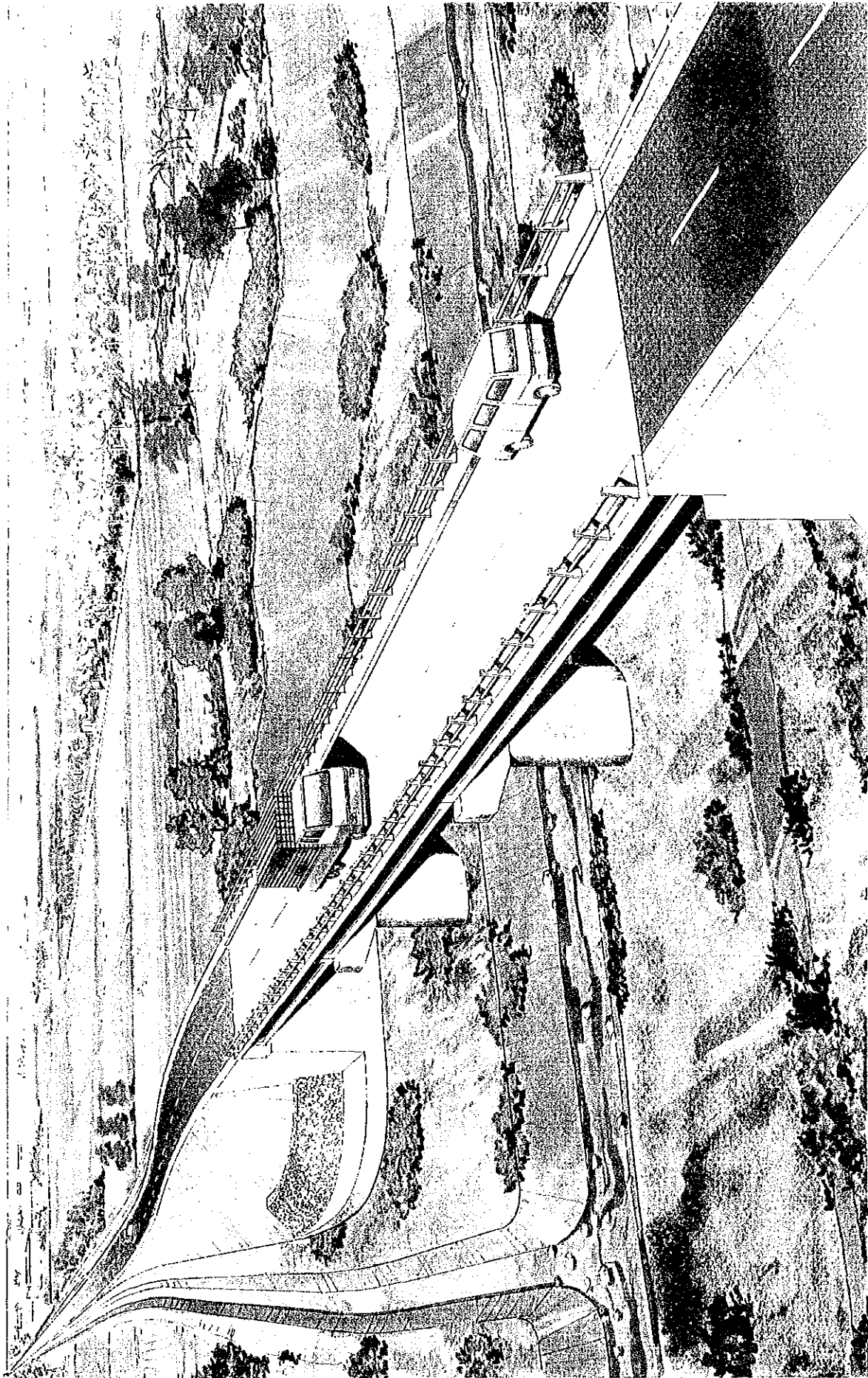
サンタクルス県北部橋梁建設計画

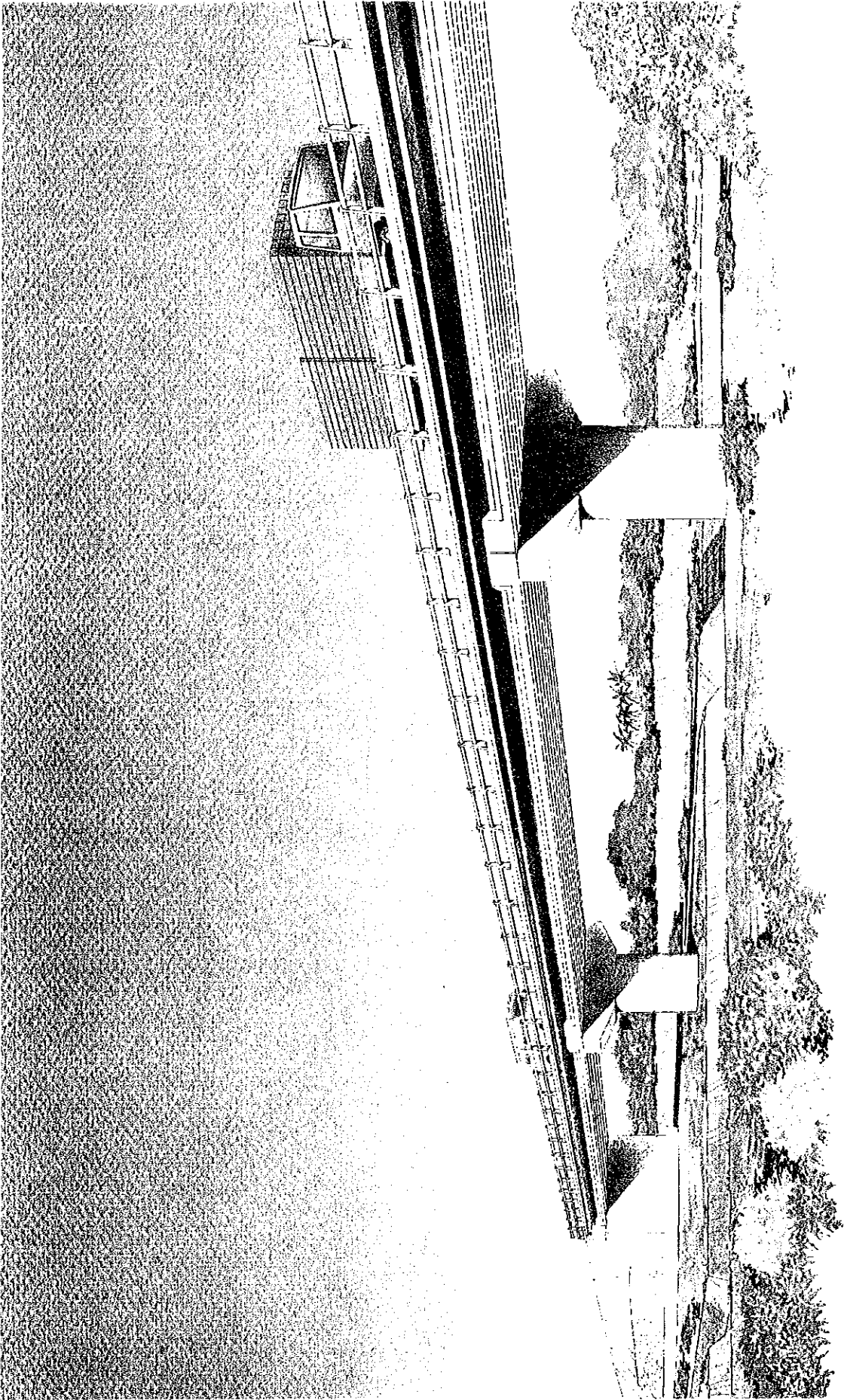
プロジェクト調査位置図



サンタクルス県北部橋梁建設計画

対象地域図







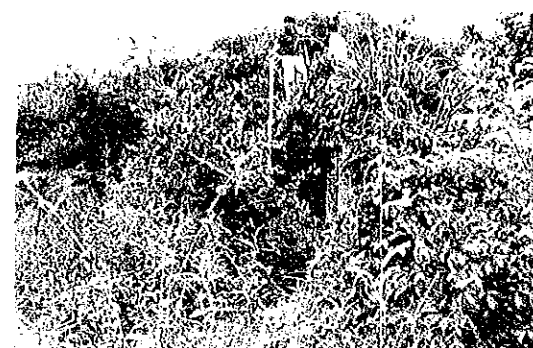
〔No.2 ラス マラス〕

現在φ3m、2本のコルゲートパイプが設置されている。呑み口、吐き口の保護工作物は、洪水時に破壊されている。洪水時の通水不足による滞水と下流側の洗掘による水溜まりがある。路面越流のためか現地盤は、周辺より低くこのままでは、洪水時の被害は更に大きくなる。洪水痕跡は、丁度周辺の地盤高さに当る。



〔No.3 エルトロ〕

常時は川中5~6mであるが、1992年洪水時には既設橋（橋長17m、1976年建設）の橋台背後が洗掘された。洪水時に上流側で川が氾濫し、滞水した結果で、新橋の橋台、橋脚の保護が必要である。



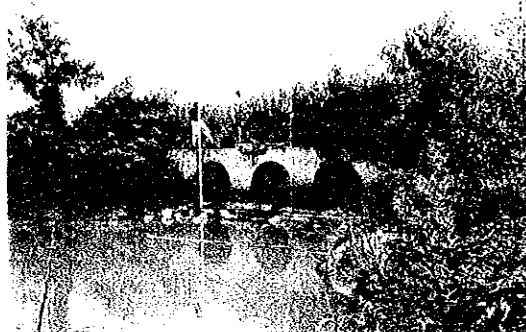
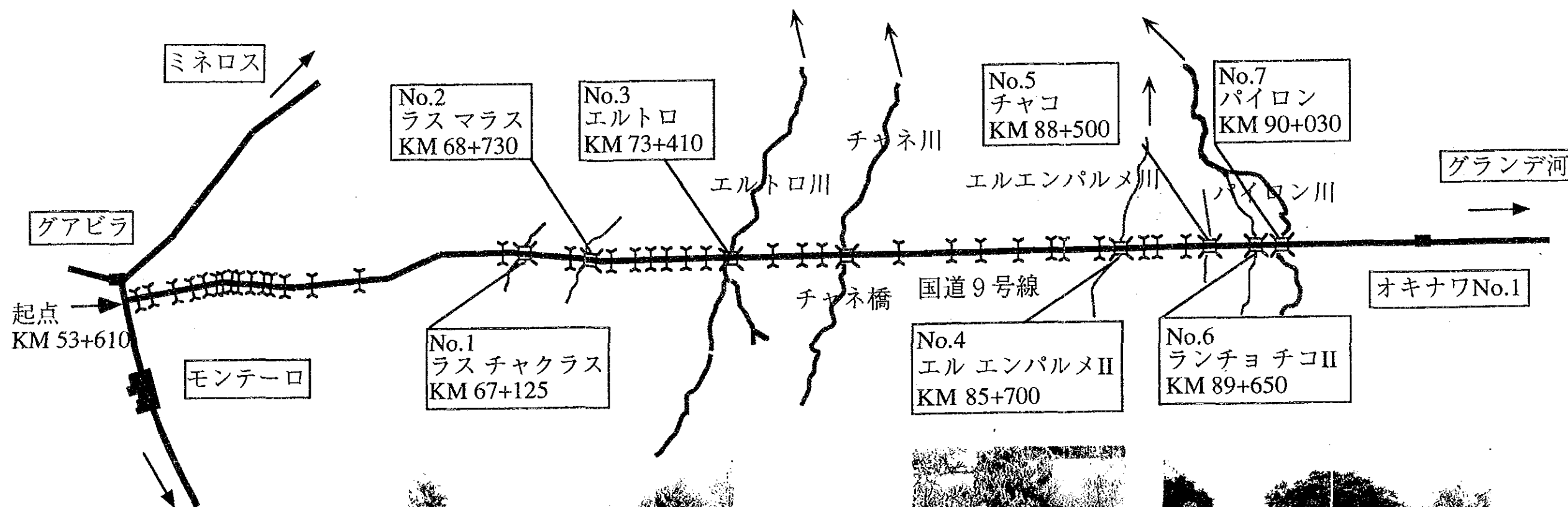
〔No.5 チャコ〕

径1.2mのコルゲートパイプ2本および25mオキナワ寄りに2.5m×2.5mのコンクリート製ボックスカルバートが設置されている。ボックスカルバートの延長(L=9m)不足が見られ、このカルバートを残す場合でも、なんらかの補強が必要である。この箇所は要請時には、無名であったが、本調査時に土地に名を取り、チャコと命名した。



〔No.7 パイロン〕

橋長24mのPCポストテンション桁橋が架設されているが、洪水時に橋台の下部及び背後が洗掘され、橋台及び上部工が沈下。現在応急工事によって通行可能となっている。



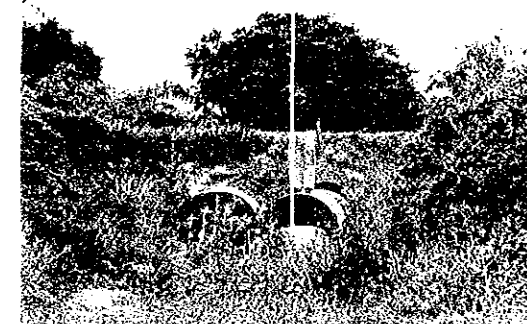
〔No.1 ラス チャクラス〕

1992年洪水時に、被害の大きかった箇所にコルゲートパイプ3本(φ1.50m)を設置した。要請箇所より500mオキナワ寄り地点が架橋候補地点。要請箇所は比較的現地盤が高く、新地点は、チャクラス川本流と思われる。



〔No.4 エルエンパルメⅡ〕

φ1.2m(46")×2本が約20m離れて埋設されている。計4本。いずれも呑み口、吐き口の保護工作物は破壊されている。



〔No.6 ランチョ チコ〕

φ1.2m(46")、2本のコルゲートパイプカルバート設置。呑み口、吐き口共保護工作物が破損、道路路肩も損傷を受けている。洪水時には周囲の道路全面が冠水し、越流している。世銀援助の道路整備事業では道路面を約45cmかさ上げすることになっている。

Legend:

- X—: 既設橋梁(3カ所)及び橋梁予定地点
- X—: 主要な既設パイプ及びボックスカルバート位置(全体で73カ所、世銀の道路改良計画では、新たに48カ所が建設される)

調査サイト図

要 約

要 約

ボリヴィア共和国サンタクルス州西部は、大規模農業を経済活動基盤とする農産物生産地域である。当地域は全国作付面積の43%を占め、ボリヴィア共和国の重要食糧生産基地となっている。

本調査対象区間であるグアビラーオキナワ間は、幹線道路である9号線の一部で、東西方向に走り、農牧生産物輸送路として重要な役割を果たしている。しかしながら、南から北へ流れる河川の流れをこの9号線がせき止める形となり道路の南側、すなわち、河川の上流側に氾濫を起こし、度重なる洪水被害が発生する。

洪水時には路面がしばしば冠水し、交通が遮断される。冠水により道路は疲弊し、走行性は非常に悪くなっている。

これらの被害の主な原因は、横断排水構造物の不足にある。橋梁建設により通水断面を拡大し、洪水時の交通確保だけでなく、この地域の水害対策にも資するとして、橋梁建設計画のための無償資金協力を1993年2月に、日本国政府に対して要請してきた。

日本国政府は、本要請の背景および現地事情を確認するために、事前調査の実施を決定し、JICAが1994年1月31日から2月16日まで事前調査団をボリヴィア共和国へ派遣している。

日本国政府は、事前調査の結果を受け、基本設計調査を行なうことを決定し、国際協力事業団が要請内容の確認とともに、無償資金協力対象として適正かつ妥当な協力内容を検討するための基本計画調査団を6年7月26日から8月22日までボリヴィア共和国に派遣した。

ボリヴィア共和国政府からの要請内容は、以下の7ヶ所の橋梁建設および橋梁建設に伴う河道の掘削および橋梁保護を目的とする水制工の設置である。

(1) ラス チャクラス	(サンタクルスよりKM 66+550)	橋長30m
(2) ラス マラス	(KM 68+700)	橋長60m
(3) エルトロ	(KM 73+410)	橋長50m
(4) エル エンパルメ II	(KM 85+700)	橋長40m
(5) チャコ	(KM 88+500)	橋長25m
(6) ランチョ チコ II	(KM 89+650)	橋長50m
(7) パイロン	(KM 90+030)	橋長60m

基本計画調査団は、要請の背景、内容、計画の位置付け、実施・運営体制および維持管理体制について道路公団と協議／確認を行なった。

また、調査対象区間であるグアビラーオキナワ間の現地踏査を行ない、地形測量、水文調査および地質調査からなる自然条件調査を実施した。その他、社会経済指標、土地所有状況、土地利用状況、洪水被害状況などに関する資料を収集した。

以上のポリヴィア共和国における協議／確認、現地調査、および資料収集を踏まえた国内検討の結果、要請の妥当性が確認されたため、基本設計をまとめ、ドラフト・ファイナルレポートを作成した。その後、国際協力事業団は、ドラフト・ファイナルレポートの説明のための調査団を平成6年10月23日から11月4日までポリヴィア共和国へ派遣し、その内容について同国関係者から基本的合意を得た。

1992年の被害は、東西に横断する国道9号線が堰堤の役目となり、各河川および道路横断排水構造物の上流で広範囲な湛水が生じ、上流側現地住民は、国道上に排水溝を南北に開削して排水の促進を図り、上流側の氾濫水は、一部の区間で道路面を越流した。すなわち、上流側の農作物被害、9号線の不通、オキナワ移住区の孤立化が生じた。本計画は、以上の問題点を解決するために実施されるもので、事業の効果は次のようにまとめられる。

- (1) 1992年規模の水害に対して、農産物への被害、出荷への影響を軽減できる。
- (2) 水害の排水改良により、道路交通は年間を通して確保でき、地域住民の生活物資などの安全輸送が可能となる。
- (3) 年間を通じての交通確保は、地域住民のみならず東西交通としての、本幹線道路を利用するサンタクルス州全体に裨益が及ぶ。
- (4) リオグランデ河以東に地域開発があり、国道9号線の重要性は、特にサンタクルス都市圏へのアクセスにおいて、将来増大する。

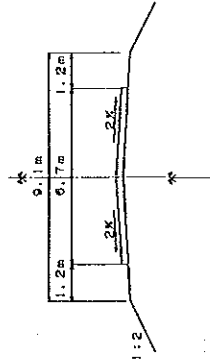
本計画により、多大な効果が期待されると同時に本計画が広く住民の生活向上に寄与するものであることから、本計画を無償資金協力で実施することは妥当と判断される。さらに、本計画の運営・管理については、道路公団の現在の体制で十分対応可能と判断される。

基本設計の結果は、次頁のようにまとめられる。

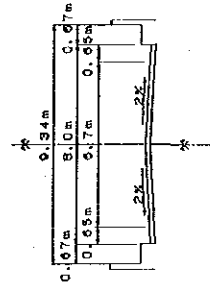
基本設計の結果

橋名	① スチャクス	② スマス	③ イトロ	④ イルンハメ	⑤ イルチゴ	⑥ ヲツゴ	⑦ ハイロ
架橋地点	既設コウリトハイツの位置	既設コウリトハイツの位置	既設橋から起点側に20mの位置	既設コウリトハイツの位置	既設コウリトハイツの位置	既設コウリトハイツの位置	既設橋から起点側に15mの位置
平面線形	直線	直線	直線	直線	直線	直線	直線
縦断線形	2.5% ——— 2.5%	1.4% ——— 1.4%	0.6% ——— 0.6%	2.5% ——— 2.5%	1.5% ——— 1.5%	2.5% ——— 1.5%	2.5% ——— 1.8%
橋長	25.80 m	51.55 m	77.30 m	25.80 m	51.55 m	25.80 m	92.30 m
構造形式	上部工	1径間PC単純合成I桁	3径間PC連結合成I桁	1径間PC連結合成I桁	2径間PC連結合成I桁	1径間PC単純合成I桁	3径間PC連結合成I桁
	下部工	RC逆T式	RC逆T式	RC逆T式	RC逆T式	RC逆T式	RC逆T式
	橋脚	RC張出し梁付き楕円柱式	RC張出し梁付楕円柱式	RC張出し梁付楕円柱式	RC張出し梁付楕円柱式	RC張出し梁付楕円柱式	RC張出し梁付楕円柱式
基礎工	場所打コンクリート杭 φ1.2m	場所打コンクリート杭 φ1.2m	場所打コンクリート杭 φ1.2m	場所打コンクリート杭 φ1.2m	場所打コンクリート杭 φ1.2m	場所打コンクリート杭 φ1.2m	場所打コンクリート杭 φ1.0m φ1.2m
	水制工	矢板立込み(自立式)	矢板立込み(自立式)	矢板立込み(自立式)	矢板立込み(自立式)	矢板立込み(自立式)	矢板立込み(控え式)
取付延長	307.31m	194.12m	180.94m	313.20m	239.48m	259.85m	207.10m

道路幅員



橋梁幅員



2車線道路

活荷重: HS-20 (MS18)

備考

本計画の実施・運営機関は、大蔵・経済開発省、運輸・通信・民間航空庁、道路公団である。維持管理に関しても同公団が実施機関となる。

建設された橋梁は永久構造物であり、本計画の実施後、十分に維持管理を行なえば長らくその機能を保つことができる。特に、雨期に入る前の橋梁下部の通水断面の検査、確保が必要である。しかし、水制工に関しては、予想できない洪水時には十分な監視が必要であり、わずかな被害でも初期の段階で補修することが必要である。また、橋梁取付部の舗装に関しては、一般部と同様に、常に車両の走行性を配慮して、定期的な検査および補修が必要である。ボリヴィア共和国政府は、これらの重要性を認識し、維持管理に関しては、現在の体制の改善を望む。

目 次

序 文	
伝 達 状	
プロジェクト調査位置図	
調査対象地域図	
完成予想図	
調査サイト図	
要 約	
	ページ
第1章 要請の背景	
1.1 要請の経緯	1- 1
1.2 要請の概要・主要コンポーネント	1- 1
第2章 調査の概要	
2.1 調査の目的	2- 1
2.2 調査団の派遣	2- 1
2.3 調査の内容	2- 2
第3章 プロジェクトの周辺状況	
3.1 当該国の社会・経済事情	3- 1
3.1.1 国土と人口	3- 1
3.1.2 国家経済	3- 2
3.1.3 行政制度	3- 4
3.1.4 運輸交通機関	3- 4
3.1.5 サンタクルス州の道路交通状況	3- 4
3.2 当該セクターの開発計画	3- 5
3.2.1 国家開発計画	3- 5
3.2.2 道路整備関連計画の基本計画	3- 6
3.2.3 財政事情	3- 7
3.3 他の援助国、国際機関等の計画	3- 7
3.4 我が国の援助実施状況	3- 8
3.5 プロジェクト・サイトの状況	3- 9
3.5.1 自然条件	3- 9
3.5.2 社会基礎整備状況	3-13
3.6 環境問題	3-19

第4章 プロジェクトの内容

4.1	プロジェクトの基本構想	4-1
4.1.1	協力の方針	4-1
4.1.2	要請内容の検討結果	4-1
4.2	プロジェクトの目的・対象	4-1
4.3	プロジェクトの実施体制	4-2
4.3.1	組織・要員	4-2
4.3.2	予 算	4-3
4.3.3	維持管理計画	4-3
4.4	プロジェクトの最適案に係る基本設計	4-6
4.4.1	設計方針	4-6
4.4.2	設計条件の検討	4-7
4.4.3	基本計画	4-11
	(1) 橋梁通水断面の計画	4-11
	(2) 施設計画	4-16
	1) 上部工の設計	4-16
	2) 下部工の設計	4-21
	3) 基礎工の設計	4-23
	4) 水制工の設計	4-23
	5) 取付道路の設計	4-26
	(3) 国道下流側の河川環境変化の予測とその対策の検討	4-29
	(4) 基本設計図	4-31
4.5	施工計画	4-52
4.5.1	施工方針	4-52
4.5.2	建設および施工上の留意事項	4-56
4.5.3	施工監理計画	4-57
4.5.4	資機材調達計画	4-59
4.5.5	実施工程	4-63
4.6	概算事業費	4-67
4.7	技術協力・他ドナーとの連携	4-68

第5章 プロジェクトの評価と提言

5.1	裨益効果	5-1
5.2	妥当性に係る実証・検証	5-1
5.3	提 言	5-1

添付資料

1. 調査団氏名
2. 調査日程
3. 面談者リスト
4. 協議議事録
5. 当該国の社会・経済事情
6. 相手国負担経費内訳
7. 各橋梁地点の周辺状況
8. 地質調査
9. 縦断図
10. 交通量観測データ
11. 洪水関連質問調査の結果

表リスト

表3.1	総人口と州別人口（1992年国勢調査結果）	3-1
表3.2	各産業別GDP成長率（%/年）	3-2
表3.3	各産業のGDPに占める割合	3-3
表3.4	経済計画指標	3-3
表3.5	サンタクルス州の道路整備状況（1992年）	3-5
表3.6	登録車両台数と経年変化	3-5
表3.7	道路公団の予算推移	3-7
表3.8	サンタクルスの月別降雨量	3-10
表3.9	1992年1月洪水時の降雨	3-12
表3.10	確率日雨量	3-12
表3.11	グアビラーオキナワ間の1979年から1992年までの 交通量変化	3-13
表3.12	ボリヴィア全国とサンタクルス州における農牧業	3-17
表4.1	道路公団の予算と実施比較表	4-3
表4.2	維持管理計画	4-5
表4.3	幅員構成	4-7
表4.4	計画水位および桁下余裕高	4-9
表4.5	材料の単位体積重量	4-10
表4.6	橋梁計画地点の排水流域	4-11
表4.7	橋梁計画地点の洪水量	4-13
表4.8	通水断面の設定	4-15
表4.9	計画河床高および計画洪水位	4-15
表4.10	基本支間と径間数の純支間長	4-16
表4.11	橋長および径間割	4-17
表4.12	架橋位置	4-17
表4.13	上部工形式比較表	4-20
表4.14	橋脚形式比較表	4-22
表4.15	基礎杭の施工規模	4-23
表4.16	下部工土被りの設定	4-24
表4.17	水制工形式比較表	4-25
表4.18	取付道路の幾何構造基準	4-26
表4.19	取付道路計画長	4-27
表4.20	概算工事数量	4-51
表4.21	撤去工一覧	4-54

表4.22	残土量	4-56
表4.23	建設材料の調達計画	4-61
表4.24	建設機械の調達計画	4-62
表4.25	実施工程表	4-66

図リスト

図4.1	道路公団組織図	4-2
図4.2	第5管区組織図	4-4
図4.3	幅員構成図	4-8
図4.4	排水流域区	4-12
図4.5	クリーガ曲線とピライ河基本計画の比流量の比較	4-14
図4.6	橋梁形式と適用支間長	4-18
図4.7	上部構造断面図	4-21
図4.8	取付道路横断図	4-26
図4.9	取付道路摺り付図	4-27
図4.10	施工範囲図	4-28
図4.11	洪水影響予想地域	4-30

第1章 要請の背景

第1章 要請の背景

1.1 要請の経緯

本調査の対象地域であるサンタクルス州西部は、大規模農業を経済活動基盤とする農産物生産地域である。当地域は全国作付面積の43%を占め、ボリヴィア共和国の重要食糧生産基地となっている。

本調査区間であるグアピラーオキナワ間は、幹線道路である9号線の一部で東西に走り、農牧生産物輸送路として重要な役割をはたしている。しかしながら、南から北へ流れる河川の流れをこの9号線がせき止める形となり道路の南側、即ち河川の上流側が氾濫を起こし、度重なる洪水被害が発生する。このため道路は疲弊し、走行性は悪く洪水時には冠水し、交通が遮断されるほか、オキナワ地域（道路の南側）の浸水の一因ともなっている。

政府は、第2次道路改修計画の一部に、グアピラーオキナワ間の整備を含めた。この第2次道路改修計画は、世銀の借款を使用し、4年間で1,546kmの道路整備を総額8千万ドルかけて実施するものである。しかし、当該路線の橋梁改良まで含めることは資金的に困難であるため、ボリヴィア共和国政府は、橋梁の整備は単に洪水時の交通確保だけでなく、この地域の水害対策にも資するとして、水害対策のマスタープランの要請と併せて1993年2月に、我が国に無償資金協力を要請してきた。

この要請を受けJICAは、1993年2月にプロジェクト形成調査団を現地に派遣し、国道9号線に橋梁を建設し、輸送路を通年にわたって確保することが、当該地域の発展に大きく寄与すると判断した。その後、1994年2月、松富繁氏を団長とする事前調査団を派遣し、この地域の地形および河川特性から橋梁建設の可能性および架橋地点と橋長の妥当性を検討し、併せて橋梁建設による河川環境変化の程度を把握し、要請の背景および内容を確認した。その結果、ある程度の河川環境の変化を容認しつつ、橋梁建設は地元には大きな便益をもたらすと判断した。

1.2 要請の概要・主要コンポーネント

ボリヴィア共和国政府からの要請内容は、以下の7ヶ所の橋梁建設および橋梁建設に伴う河道の掘削および橋梁保護を目的とする水制工の設置である。

- | | | |
|--------------|---------------------|-------|
| (1) ラス チャクラス | (サンタクルスよりKM 66+550) | 橋長30m |
| (2) ラス マラス | (KM 68+700) | 橋長60m |

(1) ラス チャクラス	(サンタクルスよりKM 66+550)	橋長30m
(2) ラス マラス	(KM 68+700)	橋長60m
(3) エルトロ	(KM 73+410)	橋長50m
(4) エル エンパルメ II	(KM 85+700)	橋長40m
(5) チャコ	(KM 88+500)	橋長25m
(6) ランチョ チコ II	(KM 89+650)	橋長50m
(7) パイロン	(KM 90+030)	橋長60m

第2章 調査の概要

第2章 調査の概要

2.1 調査の目的

1993年、ボリビア共和国は同国のサンタクルス州橋梁建設計画の実施に関し、日本国政府に対し無償資金協力の要請をしてきた。これを受けて我が国は、要請の背景、目的と内容を明確にするとともに、要請内容の妥当性に関する検討を行なうことを目的として、1994年2月に事前調査団を同国に派遣した。

事前調査の結果、本計画地域であるサンタクルス州北部地域の洪水被害および橋梁建設による洪水被害軽減が確認され、本計画の優先と緊急性が高いことが明らかになった。

本調査の目的は、グアピラーオキナワ間道路で通年の交通が確保できるよう、橋梁建設を行なうための基本設計である。調査は、大きく次の3つに分けられる。

- 1) 水文調査、解析により架橋地点および橋梁の規模を決め、過去における洪水被害の軽減を計るとともに、通年の交通を確保するものとし、1992年洪水規模に対し安全交通を確保する。
- 2) 第2次道路改修事業との整合性を計る。
- 3) 今まで、通水断面の小さな箇所には橋梁を建設することにより洪水疎通能力が増加、上流側の洪水位の低下、下流側は洪水量の増加により下流側の洪水範囲や地形に変化をおよぼすことが考えられる。その結果、上、下流の土地に対してどのような影響が発生するかを検討する。

以上3点を重点において調査を行ない、本件の計画の効果、無償資金協力案件としての妥当性、必要性を検証すると共に、施設の最適な内容、規模について検討し、その基本設計を行なうものである。

2.2 調査団の派遣

ボリビア共和国政府の要請に基づき、日本国政府は、基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団が日本道路公団東京第二建設局の松富 繁氏を団長とする基本計画調査団を平成6年7月26日から8月22日までボリビア共和国に派遣して協議議事録を取り交わした。

なお、調査団の団員構成、調査日程、協議議事録の写しおよびボリビア共和国関係者リストを巻末に添付する。

2.3 調査の内容

基本計画調査団は、ボリビア共和国政府関係機関との協議、プロジェクトサイト調査、河川調査等を通して当該セクターの現状、当該地域の現状、計画の背景、内容、実施体制、維持監理体制等を把握すると共に、基本設計に必要な情報収集および自然条件調査（測量、ボーリング）を実施した。

以上の調査結果を踏まえ、同調査団は、帰国後の国内解析、検討によって、本計画の妥当性およびその効果を明確化するとともに施設（橋梁、水制工）の最適規模および内容を検討し、基本設計、施工計画、事業費積算を行ない、施設建設後の洪水環境の変化を検討した。そしてこれらのまとめは、当「基本設計調査報告書」として作成された。

第3章 プロジェクトの周辺状況

第3章 プロジェクトの周辺状況

3.1 当該国の社会・経済事情

3.1.1 国土と人口

ボリヴィア共和国は、南米大陸の中央に位置する内陸国で、西側はチリ、ペルーと国境を接し、標高6,000mを越えるアンデス山脈があり、南側は、パラグアイ、アルゼンチンと、東側は、ブラジルと国境を接し、高原地帯、溪谷地帯および平原地帯の3つの地域に分けられている。

国土は、約110万平方キロ、日本の約3倍の面積を有し、同国の交通は、アンデス山脈からアマゾン河に注ぐ幾多の河川に妨げられ、道路、鉄道の整備が立ち遅れ、多額の維持管理費が必要とされている。

全国は9州に分割され、首都はラパス州ラパスにあり、第2の面積をもつサンタクルス州は、面積37万平方キロ（国土面積の約34%でほぼ日本の国土と同じ）人口は、次表に示すように136万人（全国の21%）である。

表3.1 総人口と州別人口（1992年国勢調査結果）

州名	人口	都市部人口	地方部人口
チキサク	453,756	147,401	306,355
ラパス	1,900,786	1,193,821	706,965
コチャバンバ	1,110,205	580,188	530,017
オルロ	340,114	222,018	118,096
ポトシ	645,889	216,835	429,054
タリハ	291,407	159,438	131,969
サンタクルス	1,364,389	982,396	381,993
ベニ	276,174	182,748	93,426
バンド	38,072	10,001	28,071
全土	6,420,792	3,694,846	2,275,946

出典：Censo Nacional de Poblacion y Vivienda 1992

1976年の国勢調査から1992年の国勢調査結果までの人口の平均伸び率は、2.03%/年である。

国土全体が熱帯に属し、乾季（4月-10月）と雨期（11月-3月）に分れる。

しかし高度差によって偏差が大きく、高原地帯では1年を通じて低温少雨、溪谷地帯北部は高温多湿、同南部は温暖小雨である。平原地帯は熱帯性気候であるが、南になるにつれて、乾季雨期の区別が明確になる。

調査対象地域は、南部平原地帯に属す。

3.1.2 国家経済

ボリビア共和国のGDPは、1993年141.47億ボリヴィアーノ（Bs）、1人当たりのGDPは、約540ドルである。各産業別GDPの成長率は、表3.2に示すとおりであるが、1991年までGDPの成長率が順調に伸びてきたが、1992年になり3.4%と落ち込んだのは、農業部門の低下が大きくひびいている。これに対して、建設部門の伸びが大きく変化している。各産業のGDPに占める割合は、表3.3に示すとおりである。

一方、経済計画上のGDP目標値は、1994年：4.8%、1995年：7.1%、1996年：9.5%、1997年：11.0%、平均8.1%と高く設定されている。（表3.4）

主な輸出品は、鉱物資源、天然ガスで全体の7割を占め、それに木材、砂糖が続いているが、最近の傾向として、木材、砂糖等の農林業製品の比率が増加している。

輸入は、消費財、原材料、半製品、資本財で、アメリカ合衆国、ブラジル、アルゼンティンが主な輸入国である。

表3.2 各産業別GDP成長率（%/年）

産 業	1989 *	1990 *	1991 *	1992 *
生産業	2.8	6.1	7.0	0.4
農牧業	-2.4	1.2	10.5	-4.3
原油、天然ガス	1.0	3.8	1.9	0.0
鉱工業	19.3	23.8	1.7	-4.3
製造業	2.6	6.4	7.1	4.3
建設および公共投資	10.7	4.1	2.6	15.3
基本サービス業	4.8	3.1	-3.7	8.2
電気、ガス、水道	11.8	5.3	5.6	6.5
運輸、通信、貯蔵	4.1	2.9	3.5	8.4
その他のサービス業	2.9	2.0	2.1	5.6
商業	-0.9	3.7	5.3	5.1
その他	2.4	0.6	0.5	6.0
公共部門	8.4	2.2	0.9	5.5
輸入税	-0.5	3.3	2.9	5.0
国内総生産	2.8	4.1	4.6	3.4

注：* 推定値

出典：BCB e INE Elaboracion : UASPA/CEPB

表 3.3 各産業の GDP に占める割合

産 業	1989 *	1990 *	1991 *	1992 *
生産業	44.8	44.7	46.7	45.3
農牧業	18.4	17.5	18.0	16.7
原油、天然ガス	2.8	2.8	2.7	2.6
鉱工業	4.7	5.4	6.3	5.8
製造業	15.6	15.6	16.3	16.5
建設および公共投資	3.2	3.4	3.4	3.8
基本サービス業	11.9	12.2	12.0	12.5
電気、ガス、水道	1.2	1.3	1.3	1.3
運輸、通信、貯蔵	10.8	10.9	10.7	11.2
その他のサービス業	35.4	35.4	33.9	34.6
商業	10.8	10.4	10.5	10.6
その他	15.5	15.4	14.3	14.7
公共部門	9.0	9.5	9.0	9.2
輸入税	7.9	7.7	7.5	7.6
国内総生産	100.0	100.0	100.0	100.0

注：* 推定値

出典：BCB e INE Elaboracion : UASPA/CEPB

表 3.4 経済計画指標

	1994	1995	1996	1997	通年平均
1. 国内総生産 (GDP)					
GDP 成長率 (%)	4.8%	7.1%	9.5%	11.0%	8.1%
一人当たり GDP 成長率 (%)	2.7%	4.9%	7.3%	8.8%	5.9%
一人当たり GDP (US\$)	979	1,069	1,193	1,350	1,148
2. 雇用部門					
新規雇用	72,187	65,000	74,389	75,876	287,452
その他雇用	0	41,325	71,344	99,002	499,122
雇用累計	72,187	178,511	324,244	499,122	
3. インフレ率	10%	10%	10%	10%	10%
4. 投資部門 (US\$)	1,196	1,820	2,647	3,295	8,959
公共投資	502	535	571	733	2,341
民間部門投資	694	1,285	2,076	2,563	6,618
直接投資額	544	654	788	1,146	3,132
間接投資額	150	632	1,288	1,417	3,486
(GDP 寄与率：%)					
公共投資	7.1%	6.8%	6.3%	7.1%	6.8%
民間部門投資	9.8%	16.3%	23.1%	24.7%	18.5%
直接投資額	7.7%	8.3%	8.8%	11.0%	8.9%
間接投資額	2.1%	8.0%	14.3%	13.7%	9.5%
	16.9%	23.1%	29.4%	31.7%	25.3%

出典：Boletín Anual de la Cámara de Industria y Comercio 92

3.1.3 行政制度

ボリヴィア共和国の行政組織は、資料編に記述するように、大統領の下に、11の省庁からなる。当プロジェクトは、大蔵・経済開発省 運輸・通信・民間航空庁 道路公団が担当する。

3.1.4 運輸交通機関

ボリヴィア共和国の運輸交通機関である、道路、鉄道、航空交通について資料編に記載する。

3.1.5 サンタクルス州の道路交通状況

サンタクルス州の道路網は、州西部を中心に発達しており、南北方向の幹線道路として国道9号線、東西方向に国道7号線と4号線が骨格を形成している。幹線道路以外でも、サンタクルス市やモンテロロ市を中心に発達しており、農産物の輸送路となっている。

サンタクルス州の道路整備状況は、表3.5に示すとおりであるが、道路延長が全国の15%であり、面積が全国の1/3である点を考慮すると、道路密度は低いが舗装率が9%と全国平均より高い。これは、幹線道路と補助道路の合計が全体の46%と、全国平均を大きく上回っていることによる。しかし、道路網が発達しているのは州都周辺だけであり、グランデ河より東側の広大な地域は、未開発で道路網もほとんど形成されていない。

サンタクルス州の車両登録台数は、表3.6に示すように、全国の約23%となり、道路延長が全国の約15%であることを考慮すると、車両台数は比較的多いことがわかる。

表 3.5 サンタクルス州の道路整備状況 (1992年)

(単位: km)

		サンタクルス州	全国小計	全国計
幹線道路	(舗装道路)	578	1,724	7,576
	(砂利道)	665	4,542	
	(土 道)	587	1,310	
補助道路	(舗装道路)	0	95	5,956
	(砂利道)	675	3,157	
	(土 道)	693	2,704	
地域道路	(舗装道路)	56	125	32,779
	(砂利道)	844	7,471	
	(土 道)	2,876	25,183	
合 計	(舗装道路)	634	1,944	46,311
	(砂利道)	2,184	15,170	
	(土 道)	4,156	29,197	
総 計		6,974	46,311	

出典: Comando Departamental de Policia (Transito)

表 3.6 登録車両台数と経年変化

年	1978	1979	1980	1981	1982	1983
台 数	22,402	23,921	29,449	35,792	40,579	45,318
年	1984	1985	1986	1987	1991	1992
台 数	50,487	61,778	73,368	80,430	66,443	86,451

出典: Comando Departamental de Policia (Transito)

3.2 当該セクターの開発計画

3.2.1 国家開発計画

ボリヴィア共和国の経済は1980年代累積債務問題等に起因し経済の低迷が続いた。この時期にはインフレが加速し、大半の経済活動部門でのマイナス成長が続いた。80年代後半に入り、経済の建て直しが行なわれ、経済の改善が見られるようになった。ボリヴィア共和国の経済の経緯は以下のように分類される。

1962-1978年	急成長時代
1979-1985年	停滞、衰退時代
1986-現在	成長過程

ボリヴィア共和国政府は1992年、経済の安定化、雇用の拡充、厚生福祉施設の改善を目的として国家開発戦略を発表した。特に以下の部門の開発に重点を置いている。

開発重点分野： 鉱業、エネルギー、石油・天然ガス、電気、地域内エネルギー、農牧、工業、観光、代替開発、運輸・通信、外国貿易、科学、技術

開発計画の目的は、以下のとおりである。

- 1) 全ボリヴィア人の福祉向上
- 2) 経済安定の強化
- 3) 生産活動の活性化による雇用拡大
- 4) 成長のための政府組織の再構築
- 5) 人的資源、天然資源の開発

運輸セクターの目標は、次のとおりである。

- 1) 道路網の維持管理
- 2) 主要幹線（ラパス―オルローコチャバンバーサンタクルス）の全面舗装
- 3) 輸物搬出経路の改善
- 4) 北部および南部地域の道路網拡大
- 5) 地域内道路の改善、拡大

3.2.2 道路整備関連計画の基本計画

ボリヴィア共和国の道路整備は、運輸・通信・民間航空庁が総括しており、建設・維持管理の実施機関は道路公団（Servicio Nacional de Caminos ; SNC）である。

SNCは、全国約46,000kmの道路を9の管区に分け、維持管理を行なっているが、峻険な地形のため災害も多く維持管理費用が多くかかり、新設または舗装率（4%程度）の改善に資金をまわせない状況である。

1993年から1997年の道路投資5か年計画で9,594kmの道路建設、改良が予定されている。その投資額は、12億4千万ドル（調査費も含む）と計上され、国内資金は約22%で残りは外国資金に期待している。

第2次道路整備計画は、道路投資5か年計画の一部として含まれるものであるが、IDAおよび道路公団の資金にて、1992年から1995年の4年間で舗装道路781.4kmの補修と未舗装道路765.4kmの補修を行なうものである。対象路線は幹線道路で、橋梁の新設は含まれていない。

3.2.3 財政事情

上記に述べた如く、道路整備に関する調査、建設、改良の資金源の多くを海外の援助に頼らざるを得ない状況である。国内資金についても各州の開発公社が資金を提供しているケースもある。

道路公団の予算推移は、表3.7に示されるとおりであり、1992年の実績で約6.2億Bs（136億円）、支出83%が事業費である。そのほとんどを海外からの資金援助に頼っている関係上、道路整備計画の実施は遅れぎみである。

主な援助機関は、世銀のほか、ドイツ、USAID、米州開発銀行、日本などがある。

表3.7 道路公団の予算推移

単位：x1000 (Bs)

年度	1990		1991		1992	
	予算	実施	予算	実施	予算	実施
収入の部	321,931	303,350	446,013	409,779	396,918	618,766
++ 国庫資金	136,542	66,461	164,219	95,754	203,876	143,988
+ 営業収入	34,783	31,369	43,081	42,456	50,611	48,599
* その他収入	952	30,982	298	7,271	285	2,644
* 国内融資	0	377	0	0	0	0
* 地方投融資基金	68,058	49,242	72,407	33,486	55,440	19,740
* 外国融資	204,678	231,348	116,913	440,002	206,363	522,605
支出の部	446,013	409,779	396,918	618,968	516,575	737,576
+ 人件費	44,477	45,059	49,882	50,944	60,597	57,465
+ 人件費外サービス費	5,375	13,462	16,593	14,677	25,047	8,536
+ 資材・補給	30,139	35,086	41,681	33,219	54,368	37,705
+ 固定資産・融資	364,856	311,019	286,589	515,064	372,218	631,458
+ 留保金(社会保障)	1,159	1,299	2,173	2,382	1,985	2,397
+ 振替	7	0	0	0	2,360	15
銀行預託金	0	3,854	0	2,682	0	0

注) (+)印は投資予算であり、(+)は運営予算(維持管理も含む)である。

3.3 他の援助国、国際機関等の計画

現在、第2次道路改修計画(1992-1995年)を実施中であり、この内容は、IDAおよび道路公団の資金にて、1992年から1995年の4年間で舗装道路計781.4kmの改修と、未舗装道路計765.4kmの改修を行なうものである。対象路線は主要な幹線道路であり、橋梁については修復は含まれているが、新設は入っていない。資金別の事業費内訳としては、事業の75%にIDAの資金があてられている。そのほかに道路公団は、4年間の運営費として1億4,800万USドルの予算を確保するとしている。このことから第2次道路整備計画の実施に伴う道路公団の経費は、年間4千万USドル程度と推定され、これは先に示した1992年予算における事業費(5億1,436万5千ボリヴィアーノ=1億1,700万USドル)の約4分の1となり、実行可能な額と思われる。この計画に本調査対象区間であるグアビラーオキナワ間の道路

整備が1993年実施分として含まれている。工事の内容は、次に述べるように道路全面のかさ上げと横断構造物の整備が中心で、橋梁改良は含まれていない。工事の工程は遅れているが、1994年2月4日に工事入札を締切り、8月現在、最低価格業者の、ボリビアの建設会社INTRACRUZに決定されている。入札価格450万US\$、工期18ヶ月である。1994年10月には工事が着手される予定であるが、雨期に入るため実際の工事着手は、1995年5月の予定とのことである。

第1工区 グアピラー KM 24 延長距離 24 km

路盤を平均30cmかさ上げし、その上に2層の厚さ2.5cm表層処理舗装
横断構造物としてコルゲートパイプを28ヶ所新設

第2工区 KM 24-オキナワ NO.1 延長距離 23 km

路盤を平均45cmかさ上げし、その上に2層の厚さ2.5cm表層処理舗装
横断構造物としてコルゲートパイプを25ヶ所新設

本工事の入札書類には、日本の無償資金協力による7橋梁の建設について言及されておらず、工事が同時平行に実施されればその調整が必要となる。

類似計画および他の援助国等との関係は、上述したとおり、本計画と重複するものはない。本計画に関係する、第2次道路整備計画では、明確に橋梁建設が含まれない計画となっている。

3.4 我が国の援助実施状況

比較的低い開発水準と、多数の日系人、在留邦人の存在を考慮し、資金協力および技術協力が実施されている。

有償資金協力では、運輸・交通分野へのプロジェクト借款、および債務繰り延べなどが実施されている。累計で92年度までに計11件、総額約611億円が供与されている。

無償資金協力については、保健・医療、農業、居住環境等の基礎生活分野および農道整備などの基礎インフラ分野に対する協力も実施しており、1992年までに計71件、総額約378億円の協力が行なわれている。

技術協力については、農業、保健・医療、鉱業、運輸・交通、社会基盤などの分野を中心に研修員受け入れ、専門家派遣、調査団派遣、協力隊派遣、プロジェクト方式技術協力、開発調査と幅広く協力が行なわれている。92年度にまでにプロジェクト方式技術協力は7件、開発調査は鉱業、運輸、農業分野を中心に26件実施されている。

3.5 プロジェクト・サイトの状況

3.5.1 自然条件

(1) 調査対象地域の地形、地質

調査対象地域は、アマゾン水系の上流にあたり、サンタクルス市の北東に位置している。地形は、同地域の東西を南から北に流れているピライ河およびグランデ河が形成する、比較的緩傾斜の沖積地形である。東側のピライ河は、サンタクルス市付近から北東のオキナワ地域にかけて、緩傾斜の扇状地を、西側のグランデ河は、その扇状地の下部に平坦な沖積地を形成している。国道9号線は、その扇状地の下部を横断している。今回の橋梁建設計画基本設計対象箇所（7ヶ所）はピライ河水系チャネ川流域のパイロン川（4橋梁）、エルトロ川（1橋梁）およびその他支川（2橋梁）にあたる。

国道9号線付近の深度20-25mの地質は主に砂質土および粘性土の互層からなるが、東側のパイロン川にかけて粘性土層が厚くなっている。ボーリングデータは、添付資料に記載する。

(2) 気象・水文

調査地域は亜熱帯気候地帯に属し、気温は年間を通じ変動が少ない。サンタクルスの気温を例に示すと、月平均20.2度C-26.7度C（年平均：24.3度C）である。気候は乾季と雨季とに分かれ、通常、乾季は4月から10月、雨季は11月から3月であるが、乾季-雨季の移行期には幅があり、5・6月にも豪雨の記録がある。

降雨量は、サンタクルスの記録（1943-1992）によると、年平均1,312mmであるが、年によって変動が大きく、年降雨量の最大値および最小値は、それぞれ2,244mm、711mmである。調査地域の降雨観測所およびサンタクルスの月別降雨量を表3.8に示す。

(3) 過去の主要洪水

国道9号線沿い地域の主要洪水および水害状況を把握することを目的に、国道9号線沿いおよび国道9号線下流（北側）地域について、過去の水害に関する質問調査を実施した。質問調査は、過去の洪水記録および地形条件から推定した洪水氾濫地域を中心に選定した33ヶ所について実施した。調査地域の過去の洪水および主要洪水の状況は要約し以下に示す。

表 3.8 サンタクルスの月別降雨量

CORDECRUZ		SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE DATOS											S E N A M H I	
SC-AEROPUERTO TROPICILLO R. GRANDE		CODIGO : M101		ELEVACION : 437 M		LATITUD : 17-42-00S		LONGITUD : 63-10-00W						
LLUVIA (mm)		DATOS HISTORICOS												
AGO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTALES ANUALES	
1943	127.0	199.0	72.0	113.0	45.0	81.1	16.5	24.0	87.0	77.8	62.5	359.7	1264.6	
1944	47.5	135.9	102.3	51.3	34.0	82.5	7.1	74.3	6.2	237.8	24.6	112.7	916.2	
1945			301.5	82.8	33.5	11.6	100.8	1.0	88.3	33.1	93.5	172.9		
1946	87.3	153.6	167.2	32.9	362.5	55.2	48.1	12.2	123.9	44.7	70.5	227.2	1385.3	
1947	252.3	134.2	185.7	40.7	183.6	39.2	144.9	67.4	87.8	42.2	90.2	203.5	1471.7	
1948	216.0	188.0	114.0	4.0	5.0	48.0	182.3	30.3	28.5	139.0	73.6	224.3	1253.0	
1949	127.9	106.8	132.3	121.7	32.2	233.3	36.6	.7	.0	69.1	213.0	253.1	1326.7	
1950	172.6	61.7	207.2	77.9	135.0	113.9	4.0	3.0	48.2	167.2	61.2	70.9	1122.8	
1951	234.8	133.2	39.9	62.1	43.7	83.8	.2	74.9	95.1	137.3	130.7	86.7	1122.4	
1952	220.3	211.1	69.0	20.9	51.2	176.9	1.7	7.7	130.9	115.0	149.7	88.1	1242.5	
1953	66.8	64.0	189.4	229.2	173.4	30.6	3.8	.0	35.8	126.8	184.6	100.2	1204.6	
1954	196.6	98.8	221.5	201.3	114.7	80.9	34.1	18.0	81.8	32.0	24.0	79.0	1182.7	
1955	395.5	127.6	105.4	125.5	73.4	92.7	149.4	23.3	.0	56.3	232.0	157.4	1538.5	
1956	324.4	101.3	77.1	241.5	28.5	49.4	49.6	2.1	33.1	107.2	76.1	72.8	1163.1	
1957	114.6	185.8	24.0	100.5	68.4	123.0	179.7	22.5	127.4	194.2	71.3	274.3	1477.7	
1958	78.3	147.7	56.3	173.4	-	-	-	8.1	180.0	68.5	80.4	390.0	-	
1959	154.6	78.3	212.2	145.7	31.4	53.0	78.2	30.1	9.3	81.8	93.7	129.2	1097.5	
1960	106.9	108.9	83.1	141.2	35.9	22.2	40.5	57.5	61.8	83.9	96.9	104.4	943.2	
1961	207.8	279.4	102.8	156.0	99.9	25.1	26.8	7.2	18.6	65.3	71.2	154.4	1214.5	
1962	90.6	106.4	86.9	44.6	42.4	24.4	5.0	15.9	111.2	17.2	20.0	247.1	819.7	
1963	115.9	132.9	73.3	61.2	40.7	68.0	54.3	5.4	28.0	61.1	155.3	84.7	880.8	
1964	145.6	143.2	218.9	39.9	19.3	40.1	3.6	66.8	84.1	115.7	184.9	116.5	1178.6	
1965	155.7	46.4	89.7	52.7	63.9	20.0	65.1	33.5	71.5	235.1	63.5	197.6	1094.7	
1966	88.1	157.8	140.0	11.6	103.7	106.2	3.2	1.5	36.5	164.0	181.2	50.1	1043.9	
1967	376.8	103.2	61.5	48.8	99.1	107.0	123.2	134.0	36.7	11.0	43.8	90.1	1235.2	
1968	210.2	180.2	7.9	38.3	17.0	15.5	8.7	72.8	2.0	28.1	92.5	264.7	337.9	
1969	116.2	98.0	79.0	87.5	105.7	100.5	6.0	5.0	64.2	100.2	247.6	96.5	1106.4	
1970	94.5	23.1	52.0	33.8	60.8	26.2	47.5	9.4	6.0	61.2	159.5	131.0	711.0	
1971	143.8	89.1	46.5	61.5	33.4	49.3	13.6	38.4	55.4	32.3	68.0	216.7	848.0	
1972	100.3	119.1	47.9	175.1	51.4	131.6	8.0	138.0	8.7	94.2	104.4	94.6	1073.3	
1973	41.1	118.7	67.3	16.0	70.2	21.2	27.7	31.6	.2	134.2	133.7	188.0	849.9	
1974	106.6	61.9	121.7	127.0	13.9	63.7	109.0	44.5	.3	329.6	190.5	183.5	1352.2	
1975	126.0	42.3	67.5	165.7	48.0	157.7	157.6	59.2	120.4	29.6	243.9	85.4	1303.3	
1976	107.1	126.6	86.7	11.8	67.9	27.5	1.9	13.6	245.4	66.3	62.2	333.3	1150.3	
1977	609.0	85.8	183.5	81.7	108.9	8.1	29.9	215.4	82.0	47.0	227.9	110.1	1789.3	
1978	220.7	117.2	169.7	80.5	48.7	139.1	.3	28.2	43.4	71.1	141.3	147.1	1207.3	
1979	366.7	176.9	70.5	109.0	91.0	.0	37.1	40.4	81.2	20.0	94.3	69.2	1156.3	
1980	118.1	212.9	122.7	222.5	154.8	61.8	28.1	83.9	100.2	49.2	114.9	64.8	1333.9	
1981	215.1	183.3	235.8	219.8	317.9	30.2	4.4	88.1	139.7	221.7	77.5	386.8	2120.3	
1982	200.7	450.4	132.0	55.1	252.3	228.0	33.1	66.6	93.5	267.1	198.0	162.1	2138.9	
1983	386.9	94.9	270.3	156.7	199.5	76.1	182.9	24.6	10.6	215.7	240.4	112.7	1981.3	
1984	294.7	60.7	91.9	70.8	37.0	48.0	54.2	42.1	77.8	145.2	291.6	330.5	1544.5	
1985	143.2	49.7	258.1	182.2	35.1	64.2	172.3	31.0	107.7	43.1	119.7	197.5	1403.8	
1986	366.5	338.6	149.6	113.4	162.7	85.9	147.0	73.9	177.2	47.9	201.3	189.1	2053.1	
1987	231.0	134.2	227.7	167.6	87.3	157.7	205.8	47.4	19.1	177.7	169.0	325.0	1949.5	
1988	180.4	93.3	155.0	109.1	48.0	9.6	20.9	8.8	31.6	75.0	88.5	240.8	1061.0	
1989	194.3	199.3	146.6	130.8	80.2	159.6	68.8	86.2	27.2	12.5	158.6	259.3	1523.4	
1990	87.3	142.9	72.6	77.4	199.3	115.3	68.3	72.5	109.7	40.6	193.6	167.4	1346.9	
1991	237.0	137.1	189.7	108.4	111.6	92.5	73.5	5.7	44.2	152.8	162.1	164.9	1579.5	
1992	193.7	312.7	114.5	412.5	183.8	132.6	47.1	100.2	234.0	71.1	149.4	291.2	2243.8	
PROMEDIO	189.7	139.9	126.0	108.2	91.0	76.9	59.4	43.0	69.9	100.3	129.7	177.2	1312.0	
MAX	609.0	450.4	301.5	412.5	362.5	233.3	205.8	215.4	245.4	329.6	291.6	390.0	2243.8	
MIN	41.1	23.1	7.9	4.0	5.0	.0	.2	.0	.0	11.0	24.0	50.1	711.0	
DEV. TIP.	112.6	79.3	69.7	76.8	77.4	55.9	60.6	42.6	58.8	73.7	66.0	91.8	367.1	

... DATOS FALTANTES

調査地域は度々水害が発生している。質問調査によると、調査地域の主な水害は、1968、1972、1983、1987、1992の各年に発生している。中でも1992年の水害は、その浸水深と浸水期間は0.15-2.0m、2-180日と、立地条件により被害の程度は異なるものの、国道9号線の南側の一部と北側のほぼ全域が浸水しており、近年最大の水害と報告している。

1983年の水害は、サンタクルスを始めピライ河沿い地域が大水害を受けている。この洪水はワルネス-モンテエロ付近で国道(9号線)を越流し、エルトロ川、チャネ川流域に流入している。

なお、チャネ川本川およびパイロン川を始めとするチャネ川支川は度々氾濫し、場所によっては、ほぼ毎年氾濫していると報告している。また、オキナワ地域は水害の頻度を、パイロン川によるものが1-5年、グランデ河によるものが1-13年に一度と報告している。

(4) 洪水の原因

国道9号線南側の水害は、河川・排水路の洪水氾濫と、同時に道路橋や道路横断排水施設の断面不足に起因する国道による堰き上げが原因と考えられる。1992年には、国道南側のオキナワは、地形が比較的平坦なうえ、パイロン川の洪水氾濫、パイロン川橋梁の通水断面の不足、道路横断排水施設の不足、排水路網の不備および国道の堰き上げなどの影響を受け、水害地域が広範囲となったものと推定される。

国道9号線北側の水害は、自己流域の洪水氾濫、道路越流や道路流失による浸水が原因となる地域と、同時にピライ河およびグランデ河の洪水氾濫の影響を受ける地域とがあるものと考えられる。1992年の水害地域は、自己流域の洪水氾濫によるものは浸水期間が7日以内と比較的に短かいのに対し、パイロン川下流、チャネ川本川沿いの地域には、浸水期間が30日以上と長いところがある。これは河川の洪水疎通能力不足と同時に、ピライ河の洪水氾濫や脊水、グランデ河の洪水氾濫などの影響によるものと考えられる。

(5) 水害の実態

調査地域の水害の実態について要約し以下に示す。

(直接被害)

- 一 家屋・資産、農作物の浸水被害

- 公共施設（道路、橋梁）流失被害
- 井戸・水道の水没による飲料水不足

（間接被害）

- 公共施設（道路、橋梁）の水没・流失による交通遮断による被害
- 排水を目的とした人為的な道路開削・切断による交通遮断による被害

（6）1992年洪水の雨量と確率日雨量

調査地域の主な地点の降雨と確率日雨量は以下の表に示す。国道9号線に比較的近いサーヴェドラ、オキナワ-1で、それぞれ日雨量最大220.4mm（50年確率以上）、203.5mm（50年確率）を記録している。

表3.9 1992年1月洪水時の降雨

（単位：mm/day）

	Viru Viru	Saavedra	Minero	Okinawa-1
1月 8日	57.3	0	0	0
1月 9日	0	32.3	21.0	12.3
1月10日	6.6	21.2	50.0	7.0
1月11日	26.6	78.0	70.6	55.0
1月12日	32.4	61.9	45.7	0
1月13日	22.3	220.4	68.4	0
1月14日	111.1	38.8	76.0	55.5
1月15日	31.0	0	0	203.5

表3.10 確率日雨量

観測所名	10年	20年	50年
Santa Cruz	184.7	207.0	236.0
Warnes	161.3	174.5	191.0
Okinawa-1	158.0	178.0	204.0
Okinawa-2	151.0	169.0	193.0
Saavedra	166.2	184.5	208.0
Minero	187.8	209.7	238.0

3.5.2 社会基盤整備状況

(1) 計画地の交通量

グアビラーオキナワ間道路は、国道9号線の一部であり、サンタクルス州の州都サンタクルス市から53km北上した地点を起点とし、東方へ約40kmの区間である。

計画地の交通量は、起点から1km地点の道路公団管理事務所（維持管理費を徴収している）で通過交通量を把握している。これによると、1992年平均日交通量は445台/日である。

1979年から1992年までのデータは、表3.10のとおりである。

表3.11 グアビラーオキナワ間の1979年から1992年までの交通量変化
(年平均日交通量)

年	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
日交通量	1,014	981	1,046	601	420	1,360	1,355
年	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
日交通量	1,374	556	534	600	731	668	445

出典：道路公団

この交通量観測は、月1度年12回実施され、観測日は道路公団本部よりあらかじめ決定されている。観測は、午前6時より午後10時までの16時間、11車種別、各1時間毎の集計がなされており、その一例を資料編に添付する。

表3.11の経年変化を見ると、1986年の交通量をピークに翌年約4割にも激減している。これはグアビラーオキナワ間道路と南側の4号線に囲まれた地域内に道路網が完備し、グアビラーオキナワ間で発生する交通量の一部が地域内の道路を利用し、サンタクルス方面に分散されたためと思われる。

(2) 通過重量車両

起点から1km地点の道路公団管理事務所では道路維持管理費を徴収しており、その料金の設定は、次のとおりである。

公用車	1 Bs
普通乗用車、ライトバン	2 Bs
大型トラック	3 Bs

通過重量車両は、ほとんどが農産物の搬出車両で、サトウキビ運搬では、長さ17m 5軸のトレーラ車が35-38トンのサトウキビを運び、総重量で47-50トンある。トラクターによるサトウキビ運搬は、特種車(2軸、車両荷重2トン、積載荷重9-10トン)4両を連結した長さ30mの連結車両を使用している。即ち、10軸、総重量で47-51トンを運搬している。

その他建設資材等の運搬では、トラック総重量で20トン程度と観察された。オキナワより15km東側にグランデ河が流れており、9号線はここでフェリー交通となる。しかしこのフェリーサービスは、水量の少ない乾期しか運行していない。雨期は、水量の増加と流木により危険なため、フェリーサービスは、中止され、トリニダッド方面からの交通は、グランデ河の右岸の砂利道を使用し、74km上流に架かっている道路鉄道併用橋(鉄道側が管理している)パネガス橋を渡りサンタクルス経由各方面に分散されることになる。

グランデ河のフェリーサービスは、私企業の組合が運営しており、その料金体系は、以下のとおりとなっている。

乗用車、ジープ	20 Bs
トラック	40 Bs

(3) 橋梁建設予定地点の状況

1) ラス チャクラス (KM 67+125)

1992年の洪水時に、被害の大きかった所である。その後、径1.5mのコルゲートパイプ3本設置。要請箇所から約500mオキナワ寄りが事前調査時にも確認された場所で、新しい架橋地点と決定する。地形図および、河川調査からも、新地点がチャクラス川の本流と判断される。国道9号線がチャクラス川の本流を斜めに横断しており上流側の道路側面の保護については、十分な検討を必要とする。

2) ラス マラス (KM 68+730)

1992年の洪水時に、4回破壊された所である。幅3m、高さ2mのコルゲートパイプ2本が設置されている。呑み口、吐き口のコンクリート製ウ

イングは破壊され、路肩の土砂が流失している。洪水時の下流側洗掘による池ができています。洪水の痕跡は、丁度道路地盤高に当たる。

3) エルトロ (KM 73+410)

幅員7.0m、橋長17.0mのPCポストテンション桁橋が架かっている。常時は、川幅5m-6m桁下から水面まで4.5m程あるが、通水断面不足のため、洪水時に橋の上流側で流水が左右に膨らんで滞水した跡が見られる。

1992年の洪水時に、橋台背後が洗掘された。現在、蛇籠により応急手当てを施してある。上流側の道路法面および橋台、橋脚の保護には十分注意が必要である。

4) エルエンパルメ II (KM 85+700)

径1.2mのコルゲートパイプ2本が2ヶ所、20m離れて埋設されている。いずれも呑み口、吐き口の保護工作物は破壊されている。洪水時に下流部が洗掘され、また上流部には通水断面不足のため広範囲に滞流が発生し、路体が崩壊した形跡が見られる。したがって上流側の道路法面および橋台、橋脚の保護には十分注意が必要である。

5) チャコ (KM 88+500)

径1.2mのコルゲートパイプ2本および25mオキナワ寄りに2.5m×2.5mのコンクリート製ボックスカルバートが設置されている。ボックスカルバートの延長(L=9m)不足が見られ、このカルバートを残す場合でも、なんらかの補強が必要である。コルゲートパイプ2本の埋設されている箇所は、洪水時に越流した痕跡がある。この箇所は要請時には、無名であったが、本調査時に土地に名を取り、チャコと命名された。

6) ランチョチコ II (KM 89+650)

径1.2mのコルゲートパイプ2本および40mグアピラ寄りに2.5m×2.5mのコンクリート製のボックスカルバートが設置されている。コルゲートパイプの呑み口および吐き口の保護工作物は、破壊され跡形もない。上流側の流心は、コルゲートパイプの位置に、下流側の流心は、ボックスカルバートの位置にあり、道路法面および橋台、橋脚の保護には十分注意が必要である。

7) パイロン (KM 90+030)

幅員 7.0m、橋長 24.0mのPCポストテンション桁橋が架かっている。常時は川幅 20m、桁下から水面まで 6.5m程あるが、通水断面不足のため、洪水時に橋の上流側で流水が左右に膨らんで滞水した跡が見られる。洪水時に橋台の下部および背後が洗掘され、橋全体が沈下した。現在応急工事によって通行可能となっている。下流側に設置した迂回路が現在も残っている。

各橋梁位置の周辺状況を添付資料に示す。

(4) 土地利用と土地所有形態

本計画の対象地域であるサンタクルス州は、農牧業が盛んであり、全国農牧業生産高の約 36%、全国の総作付面積の約 42%を占める。特に、大豆、サトウキビ、綿、米およびソルゴの生産高は、全国の 7割以上を占めており、特に、近年著しく生産量が伸びている大豆と米の生産基地としてサンタクルス州は注目されている。

大豆の場合は、輸出にも大いに貢献しており、1991年は約 70百万ドル（総輸出額の 9%）に達している。

牧畜の方でもサンタクルスは重要な生産地となっている。牛の飼養は国内の自給はもとより、将来の外貨獲得の産業としてのポテンシャルも高いことから、サンタクルス州の重要性はさらに高まっている。

表3.12 ポリヴィア全国とサンタクルス州における農牧業

項目	単位	全国	サンタクルス州	割合 (%)
面積	万km ²	109	37	33.9
人口	万人	634	135	21.3
GDP	MUS\$	4,983	1,450	29.1
農牧業生産高	MUS\$	1,080 *	387	35.8
可耕地	万ha	3,379	856	25.3
耕地	万ha	136	34	25.0
森林	万ha	5,640	2,665	47.3
総作付面積	千ha	1,159	494	42.6
トウモロコシ (作付)	千ha	233	45	19.4
(収量)	千ト	285	66	23.3
米 (作付)	千ha	116	69	61.9
(収量)	千ト	217	159	72.9
小麦 (作付)	千ha	86	17	19.2
(収量)	千ト	61	19	30.7
ソルゴ (作付)	千ha	19	19	99.6
(収量)	千ト	31	30	99.7
大豆 (作付)	千ha	188	180	95.8
(収量)	千ト	371	361	97.4
(輸出)	百万ドル	69.3	-	-
サトウキビ (作付)	千ha	64	50	77.6
(収量)	千ト	2,884	2,237	77.6
綿 (作付)	千ha	3.8	3.5	88.8
(収量)	千ト	1.8	1.7	93.0
ユカ (作付)	千ha	30	14	46.1
(収量)	千ト	324	181	55.9
肉牛 (飼養)	万頭	540	134	25.0
(生産)	万ト	13.1	3.6 *	-
乳牛 (飼養)	万頭	13.8	8.8	64.0
(生産)	万ト	8,600	9,120 *	-
豚 (飼養)	万頭	202	57.6	29.0
(生産)	万ト	4.05	0.27 *	-
羊 (飼養)	万頭	750	16	21.0
(生産)	万ト	1.57	-	-
ブロイラー (飼養)	万羽	848	234	28.0
(生産)	万ト	1.42	1.56 *	-
産卵鶏 (飼養)	万羽	236	101	43.0
(生産)	億個	1.64	3.72 *	-

出典：農計

注) *1 飼料用を除く。

*2 輸出総額760百万ドルの9.1%。

天然ガス・亜鉛・錫に次ぎ第4位 (IMF 1991年)。

地形、土壌、気候条件に恵まれた広大な農牧業に適した土地を有しており、同時に商品生産型大規模経営を中心とする先進的営農地域であることから、その開発ポテンシャルは非常に高い。

土地利用としては、耕地34万ha（全国の1/4）、草原等可耕地856万haおよび森林2,665万ha（州全土の72%）と未利用農耕可能地が多く、開発のポテンシャルの高さを示している。

サンタクルス州内には、戦後移住の日系移住地があり、サンファン移住地では陸稲、養鶏で、オキナワ移住地では大豆、肉牛で、ポリヴィア共和国経済に大いに貢献している（特に、大豆は全国の10.4%）。

日本人移民は東部平原開発の先駆者であり、現在サンタクルス州における農牧業に大きな貢献をしている外国移民の一役を担っている。

農業生産および営農技術面等での両移住地周辺地域社会への貢献度は高く、日系移住民は、勤勉で優秀で信用がおけるとして、その評価も高い。

国道9号線の排水に係る地域は、1960年代の地形図は森林が占める割合が多いことを示しているが、現在では、大半の森林は市街地や農地に変化している。調査地域の森林は、排水流域の最上流部に位置するサンタクルス市周辺地域では、市街地域の拡大や国際空港の建設により、中流・下流地域で、入植・農地開発により変化している。今回実施した質問調査の結果（添付資料に記載）は、多数の人々が1960年代から1970年代にこの地域に入植していることを示している。

調査地域の土地利用は大半が農地である。農作物は、その土地条件や季節によって異なるが、現在、主要な農作物は、大豆、砂糖キビ、トウモロコシ、小麦、米、ヒマワリ、コウリヤンである。また、畜産（肉牛、乳牛）も広く行なわれている。

CORDECURZの土地利用計画によると、当地域の土地は比較的肥沃なので、現況・将来とも、集約農業地域に分類している。しかし、ピライ河およびリオグランデ河沿いの地域については、防災上の観点から、河川の左右岸、各6kmを保全区域としている。

調査地域の土地所有形態は、国有地および私有地であるが、大半は私有地である。国道敷および河川敷は原則的に国有地だが、河川敷の場合、国有地の範囲は不明確である。

3.6 環境問題

プロジェクトの実施により、洪水疎通能力の増加に伴ない、国道上流・下流地域の一部地域について、水害の軽減・防止が計られることが予想される。その反面、新設橋梁下流の河川沿い地域については、若干洪水量や洪水頻度が増加することも予想されるが、河川沿い地域の土地利用は主に農牧地なので、環境汚染、生態系の変化や住民移転等を伴うような悪影響はないものと推察される。

第4章 プロジェクトの内容

第4章 プロジェクトの内容

4.1 プロジェクトの基本構想

4.1.1 協力の方針

事前調査の結果により、国道9号線に橋梁を建設し、輸送路を通年にわたって確保することは、当該地域の発展に大きく寄与することから、本計画の実施は妥当と判断される。しかし、橋梁建設により、河川環境が変化するため、計画の事前公表等、実施時の対応についてボリヴィア共和国政府に要請する。

4.1.2 要請内容の検討結果

橋梁建設計画対象区間であるグアピラーオキナワ間は、国道9号線の一部であり農業生産地と近郊の都市を結ぶ主要幹線である。排水面から国道9号線周辺地域を捉えてみると、グアピラーオキナワ間の上流部の排水対象地域は、サンタクルス市とグアピラーを結ぶ国道とパイロン川流域に囲まれた所といえる。上流部の排水対象地域の開発に伴ない、降雨時の流出率が高まるとともに洪水到達時間が短くなり、結果的にグアピラーオキナワ間に集まる洪水時のピーク流量が過去に比べ増加している。しかし道路横断排水構造物の数、およびその通水断面は洪水時のピーク流量を流下させるに不足している。

10年に1度程度の頻度の洪水時には、グアピラーオキナワ間道路が堰堤化し上流地域が広範囲にわたって湛水するとともに、道路自体も冠水し交通遮断の状況となる。

農作物の被害および出荷ができない被害は甚大なもので、このような状況を改善し通年交通を確保するための要請である7橋梁の建設は、グアピラーオキナワ周辺の住民のみならず幹線国道を利用するサンタクルス州全体にも大きく貢献することになり、本件の要請は妥当なものと判断される。

要請された橋梁の長さについては、事前調査団がボリヴィア共和国側と協議した結果、特に河川解析等の技術的根拠がないことが判明している。このため、橋長については本調査の中で洪水流量を推定し決定することとした。架橋地点については、地形から判断して、水が集中しやすい場所が選ばれており、妥当と判断される。

4.2 プロジェクトの目的・対象

ボリヴィア共和国の農牧業生産の約36%を生産するサンタクルス州の幹線道路は、

「第2次道路整備計画」の同州への展開との観点および農業開発に関連した輸送動脈の整備の観点から、同州の経済・社会経済発展政策の中心である農業を実施するうえで、極めて重要である。

特に、橋梁建設計画対象区間であるグアピラーオキナワ間は、国道9号線の一部であり、農業生産地と近郊の都市を結ぶ主要幹線である。

本協力は、要請にある7橋梁の架橋地点および橋梁の規模を決め、その通水断面を確保することにより、過去における水害の軽減を計るとともに、道路面の冠水を防ぎ、通年の交通を確保するものとし、かつ、安全な交通を確保し、農業生産の安定化、流通の安定化を図るのが、目的である。

4.3 プロジェクトの実施体制

4.3.1 組織・要員

本計画の実施運営機関は、大蔵・経済開発省、運輸・通信・民間航空庁、道路公団である。プロジェクトを直接実施するのは道路公団の維持管理部である。道路公団の組織は、図4.1に示すとおりである。職員数は、1992年12月現在3,990名が在籍している。本計画の実施は道路公団第5管区が担当し、その組織は図4.2に示す。

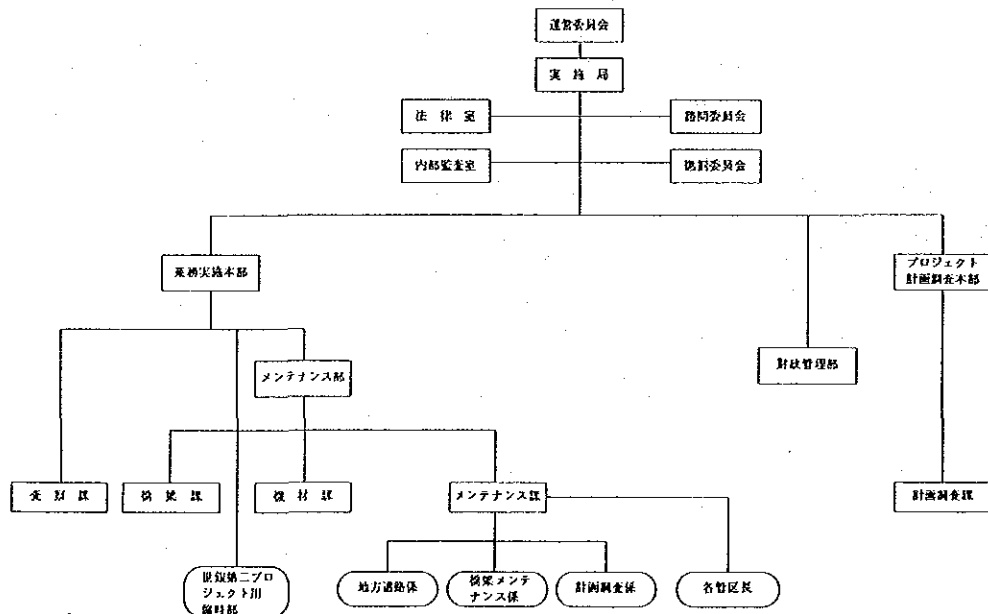


図4.1 道路公団組織図

4.3.2 予 算

道路公団における1988年から1992年までの年間予算実績は、表4.1に示すとおりである。予算の伸び率は毎年約30%であり、今後もこの率で推移してゆくものと思われる。プロジェクト開始後のボリヴィア共和国側の費用負担には、通関料およびI V Aがあるが、ボリヴィア共和国政府はこの分については、通常予算とは別に特別予算の枠組みを計画しており、対応は十分可能と考える。

表4.1 道路公団の予算と実施比較表

単位：x1000 (Bs)

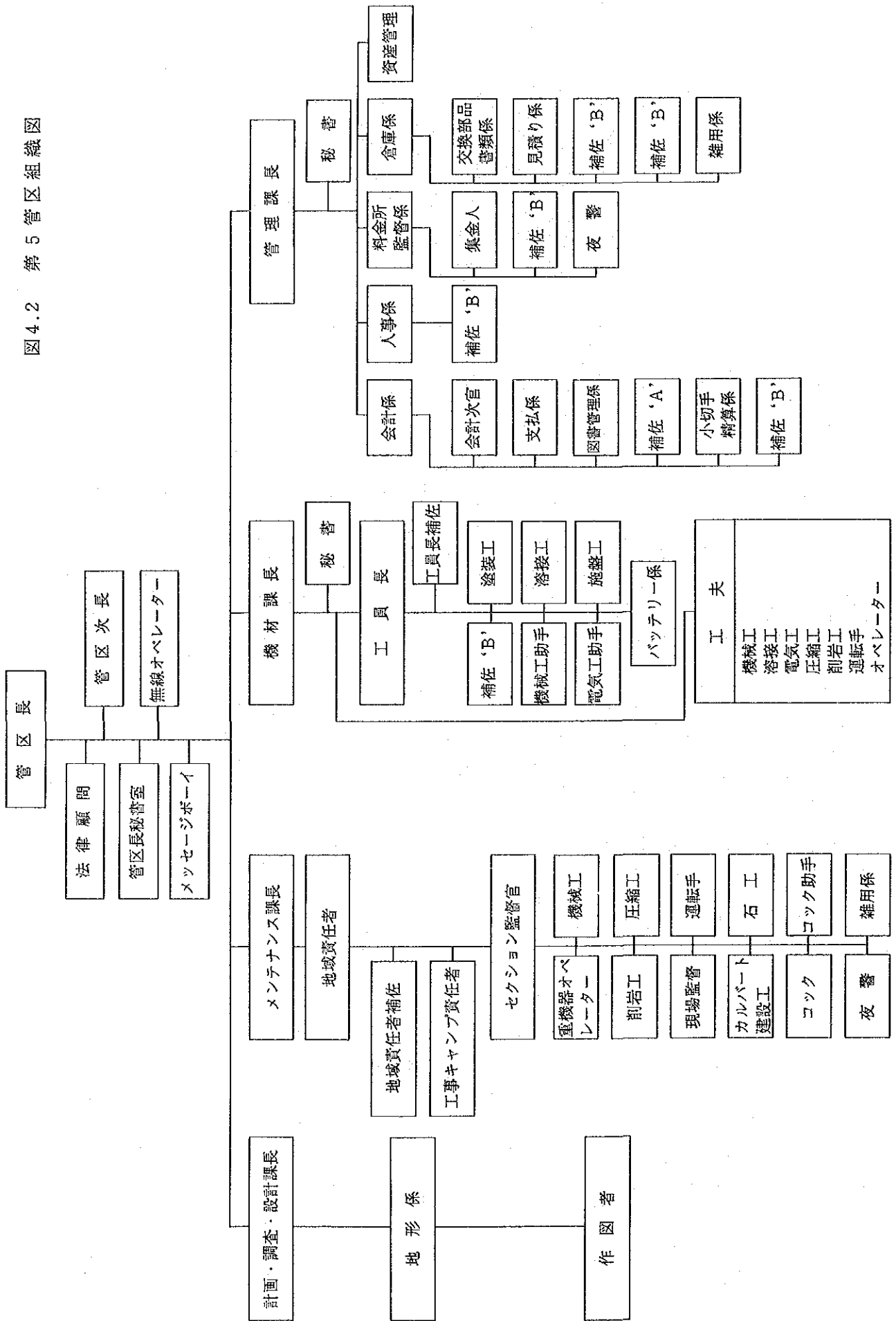
年 度	1990		1991		1992	
	予算	実施	予算	実施	予算	実施
収入の部	321,931	303,350	446,013	409,779	396,918	618,766
*+ 国庫資金	136,542	66,461	164,219	95,754	203,876	143,988
+ 営業収入	34,783	31,369	43,081	42,456	50,611	48,599
* その他収入	952	30,982	298	7,271	285	2,644
* 国内融資	0	377	0	0	0	0
* 地方投融資基金	68,058	49,242	72,407	33,486	55,440	19,740
* 外国融資	204,678	231,348	116,913	440,002	206,363	522,605
支出の部	446,013	409,779	396,918	618,968	516,575	737,576
+ 人件費	44,477	45,059	49,882	50,944	60,597	57,465
+ 人件費外サービス費	5,375	13,462	16,593	14,677	25,047	8,536
+ 資材・補給	30,139	35,086	41,681	33,219	54,368	37,705
* 固定資産・融資	364,856	311,019	286,589	515,064	372,218	631,458
+ 留保金(社会保障)	1,159	1,299	2,173	2,382	1,985	2,397
+ 振替	7	0	0	0	2,360	15
銀行預託金	0	3,854	0	2,682	0	0

注) (*)印は投資予算であり、(+)は運営予算(維持管理も含む)である。

4.3.3 維持管理計画

ボリヴィア共和国の運輸・交通施設の整備は、運輸・通信・民間航空庁が総括しており、整備・維持管理の実施機関は道路公団である。道路公団と呼ばれているが、整備・維持管理の予算は、ほとんど上部機関から配付されている。この道路公団は、本部と各州にある11の管区に分れており、サンタクルス州は、第5管区になっている。各州の道路の維持管理は、管区内の工事事務所および工事キャンプによって、実施されている。第5管区の組織は、図4.2に示すとおりである。本部の職員295名に対し、第5管区は450名で、第1管区(ラパス)の457名に次いで多い。

図4.2 第5管区組織図



プロジェクトの主体は橋梁であるが、現道から橋台の高さに摺り付ける取付道路も含まれている。橋梁完成後の維持管理は表4.2に沿って実施する必要がある。

表4.2 維持管理計画

	点検項目	保守・修理	定期点検
橋梁	① 橋面排水管	橋面にたまった堆積土砂による排水管詰まりの清掃。	3ヶ月
	② 伸縮装置	装置金具の緩み、シールゴムの脱落の補修。	3ヶ月
	③ 舗装状態	ひび割れ、剥離の補修打替え。	3ヶ月
	④ 高欄状況	自動車の衝突等による損傷補修。	3ヶ月
	⑤ 支承沓回り	伸縮装置不良に伴う堆積土砂の除去。	6ヶ月
	⑥ 桁下河川状況	洪水により運ばれた土砂ゴミ等の除去。	1ヶ年
取付道路	① 路面性状	シール材注入・表面処理・パッチング段差すり付け・局部打換え。	1ヶ月
	② 路肩および法面	植栽・補強盛土。	1ヶ月

上記の計画に基づいて、橋梁は、①～⑤における定期点検および軽度の保守のための人員は1.0（人／月）程度割当てれば十分である。⑥の堆積した土砂の除去は3年に1度実施する程度で十分であり、その土砂の体積は7橋分で約500m³を見込めば十分である。

橋梁は計画に際し、極力維持管理が容易なコンクリート構造形式としているので、完成後20年から30年の間は補修の必要はないと考える。しかし、将来の補修時期および補修規模を定める資料とするために、橋梁の定期点検結果を橋梁台帳に記録し、損傷の進行状態を把握しておくことが重要である。そのために定期点検システムを初期の段階から確立しておく必要がある。

取付道路は一般道路部と比べて、盛土の高さが1.5mから2.0m程度高くなる。したがって、一般道路部に比べると路体の安定度が低いことを十分確認しておかなければならない。定期点検は橋梁と同時点で行なえば十分であるが、保守は橋梁と異なり早期に必要となる可能性が高い。

調査取付道路の損傷原因として、①は表層の剥離、ひび割れ、ポットホール、くぼみ、段差および表層のひび割れ等から浸透した水によっておこる路盤の損傷。②として、

盛土のり先が流水によって洗掘され、盛土のり面の崩落につながり、のり面の崩落により路肩が損傷し、さらに路盤の損傷へと進むことが考えられる。したがって、道路の維持管理は早期の対応が必要であり、特に降雨後の点検調査は重要である。

維持管理費用として次のように見積られる。

橋梁構造物は20～30年間は維持補修の必要はないが、橋下の堆積土砂除去を3年毎に実施する。

定期点検	100千円/月
堆積土砂除去	1,625千円/3年

4.4 プロジェクトの最適案に係る基本設計

4.4.1 設計方針

基本設計は特に以下の事項を配慮して行なうものとする。

- ① 基本設計を行なうにあたっては、工期の短縮、建設費および維持監理費の低減に留意して橋梁上部工、下部工の選定、施工法の選択に努める。
- ② 雨期における施工の制限を配慮し、橋梁上部工、下部工の選定にあたっては、その施工方法についても十分に検討する。
- ③ 7橋梁の架橋地点の地質条件は、支持地盤が地表面下約20～30mである。したがって、基礎工は支持杭を中心に検討する。
- ④ 橋台、橋脚の保護対策のための水制工および基礎の根入れは、十分検討する。
- ⑤ 橋梁取付道路の施工範囲は、第2次道路整備計画と十分整合性の取れたものとする。
- ⑥ 維持監理費の軽減は、ボリヴィア共和国政府にとって重要なことである。したがって橋梁形式は維持費の少ないコンクリート系を中心に検討する。
- ⑦ 水制工の形式は、将来にわたり維持管理費が少なく、かつ事業費の軽減につながるものを検討する。
- ⑧ 現地経済の活性化と技術移転を図るため、現地労働者および現地技術をできるかぎり活用しうる橋種、施工法、架設法等を計画する。

以上のような基本方針に基づいて具体的に次のような事項に留意して設計を行なう。

- 橋梁のスパンは、なるべく標準化されている長さに統一する。
- 水制工は、過去の洪水被害を参考にして計画する。
- 橋梁取付道路の設計は、既存の設計条件で計画する。

4.4.2 設計条件の検討

本計画の設計基準・条件は、ボリヴィア共和国SNCの橋梁担当者との協議に基づき次のように設定した。

(1) 適用基準

- 幾何構造令 : (SNC)
- コンクリート橋道路橋示方書 : (日本道路協会)
- 下部構造道路橋示方書 : (日本道路協会)

(2) 設計手法

構造解析は、弾性法により構造部材の断面力を算定し、設計荷重時において、部材応力度が許容応力度以内であることを検証し、終局荷重においても部材が破壊しないことを確認する。

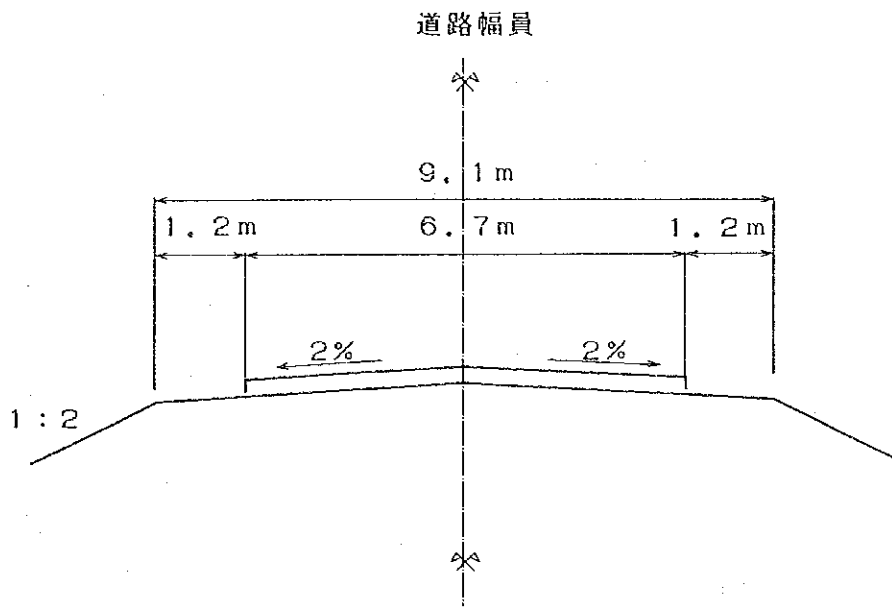
(3) 道路設計速度

$$V = 80 \text{ km/hr}$$

(4) 幅員構成

表4.3 幅員構成

	道路部	橋梁部
車道	6.70m	6.70m
側帯	—	0.65m
路肩	1.20m	—
歩道	—	0.60m
横断勾配	2%	2%
舗装	アスファルト舗装 t = 2.0cm	コンクリート舗装 t = 5.0cm



橋梁幅員

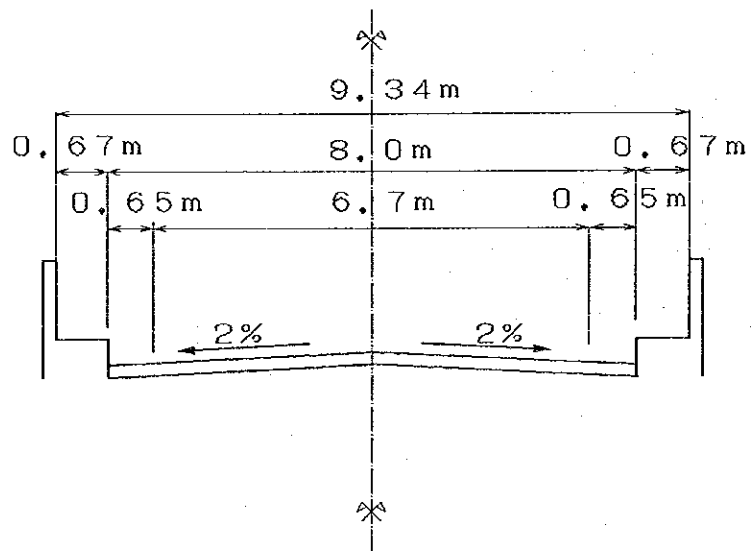


圖 4.3 幅員構成圖

(5) 計画水位および桁下余裕

表 4.4 計画水位および桁下余裕高

橋名	位置	計画河床 (m)	計画水位 (m)	計画洪水位 (m)	桁下余裕 (m)
1) ラスチャクラス	KM 67+125	273.75	276.00	277.00	0.60
2) ラスマラス	KM 68+730	269.60	272.00	273.00	0.80
3) エルトロ	KM 73+410	263.50	266.00	266.90	1.00
4) エルエンバルメ II	KM 85+700	253.20	255.50	256.20	0.60
5) チャコ	KM 88+500	249.70	252.00	252.90	0.80
6) ランチョチャコ II	KM 89+650	249.50	252.00	253.60	0.80
7) パイロン	KM 90+030	248.00	252.50	254.20	1.00

注) 桁下余裕高は計画洪水位からである。

(6) 設計荷重

自動車荷重はAASHTO-93による

HS20-44 (MS-18)

(7) 地震荷重

地震の影響は考慮しない。

(8) その他の荷重

1) 主荷重

- a) 死荷重
- b) 活荷重衝撃
- c) 土圧
- d) 水圧
- e) 浮力
- f) コンクリートのクリープの影響
- g) コンクリートの乾燥収縮
- h) コンクリートの温度変化
- i) 風荷重

2) 特殊荷重

a) 施工時の荷重

3) 死荷重

表 4.5 材料の単位体積重量

(kg/m³)

材 料	単位体積重量	材 料	単位体積重量
鋼、鋳鋼、鍛鋼	7,850	無筋コンクリート	2,350
鋳鉄	7,250	セメントモルタル	2,150
アルミニウム	2,800	舗装用アスファルト	2,300
鉄筋コンクリート	2,500	舗装用コンクリート	2,350
プレストレストコンクリート	2,500	木材	800

(9) 材料強度

1) コンクリート

設計基準強度	PC主桁	$\sigma_{ck} = 350$ (kgf/cm ²)
	床版、横桁	$\sigma_{ck} = 240$ (kgf/cm ²)
	橋台、橋脚	$\sigma_{ck} = 210$ (kgf/cm ²)

2) 鉄 筋

引張強度 $\sigma_{pu} = 4,200$ (kgf/cm²)

3) PC鋼材

引張強度 $\sigma_{pu} = 175$ (kgf/mm²) (16,300 kg)

12S 12.4 (SWPR7A)

4.4.3 基本計画

(1) 橋梁通水断面の計画

1) 橋梁計画地点の排水流域

国道9号線および橋梁計画地点の排水流域は地形図および現地情報を基に区分し以下の表4.6および図4.4に示す。

表4.6 橋梁計画地点の排水流域

橋梁名	位置	流域面積 (A Km ²)
1) Las Chacras	67 + 125	73.4
2) Las Maras	68 + 700	
3) El Toro	73 + 410	108.7
4) El Empalme	85 + 700	8.9
5) Chaco	88 + 515	37.0
6) Rancho Chico II	89 + 610	849.6
7) Pailon	90 + 030	

なお、ラスチャクラスとラスマラスおよびランチョチコとパイロンは、地形上その排水区域が不明瞭なので、それぞれ一つの流域として検討する。

2) 計画規模

橋梁通水断面は、国道9号線の洪水被害の防止・軽減し、通年交通の確保をするために、同地域の既往最大洪水とされる1992年洪水の規模(50年確率規模)の疎通能力を持つように計画する。各橋梁に係る河川の河道幅は、検討対象の各河川の流域および保全対象が主に小規模な集落が分散する農業地域にあたるので、10年確率規模の洪水量で設定した。

3) 橋梁計画地点の洪水量の推定

洪水流出洪水量は、ピライ河の洪水流出解析の結果を基礎に、クリーガ(Creager)曲線と相似形を仮定し推定する。クリーガ曲線は、

$$q = C * A^{0.05 - 1}$$

ここに：

C：流域定数

A：流域面積 (km²)

流域定数 (C) はピライ河基本計画のチャネ川流域 (2,006 km²) の洪水流出解析の結果を基に求めた。

確率洪水	洪水量 (m ³ /s)	比流量 (m ³ /s/km ²)	流域定数 (C)
50年	2,690	1.34	14.84
20年	2,090	1.04	11.52
10年	1,540	0.77	8.53

チャネ川流域のクリーガ曲線とピライ河基本計画の洪水流出解析の結果は図4.5に示す。

クリーガ曲線により求めた各橋梁計画地点の洪水量は以下の表4.7に示す。

表4.7 橋梁計画地点の洪水量 (1/10, 1/50)

計画地点	流域面積 (km ²)	比流量 (m ³ /skm ²)		洪水量 (m ³ /s)	
		1/10	1/50	1/10	1/50
1) Las Chacras	73.4	3.72	6.47	273	475
2) Las Maras					
3) El Toro	108.7	3.20	5.57	348	605
4) El Empalme	8.9	6.80	11.83	61	105
5) Chaco	37.0	4.70	8.17	174	302
6) Rancho Chico II	849.6	1.24	2.15	1,054	1,826
7) Pailon					

4) 通水断面の設定

通水断面は、洪水量 (10年確率規模)、河川測量図の現河床高、河床勾配および付近の地盤高を基にマンニング式により推定する。各計画地点の河道の通水断面、洪水位 (1/10、1/50) の推定の結果はそれぞれ以下の表に示す。各計画地点の道路横断排水施設は、各々の洪水量の規模およびその安全な流下を考慮すると、カルバートの採用は不相当と判断する。

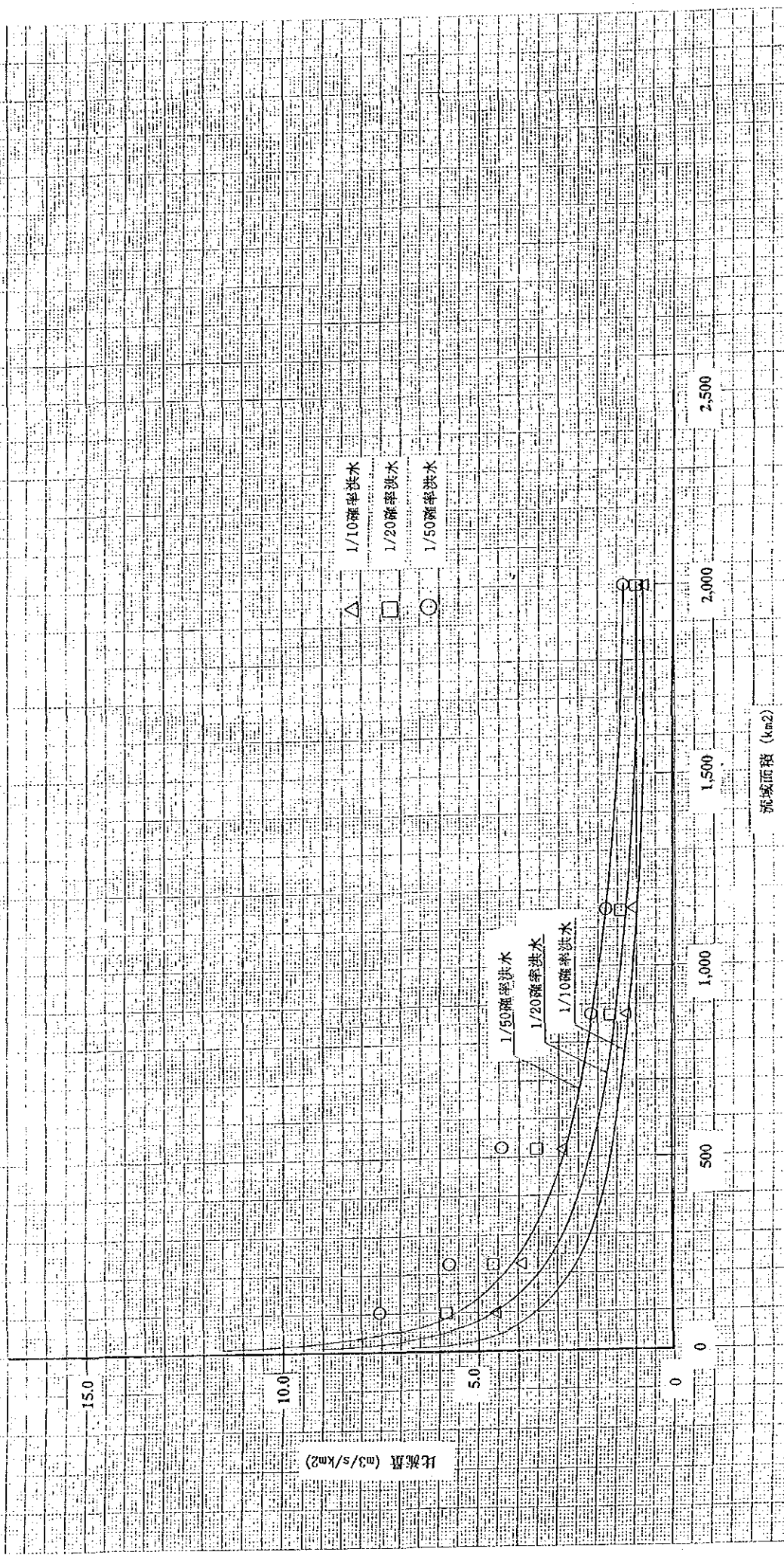


図 4.5 クリーガ曲線とピライ河基本計画の比流量の比較

表 4.8 通水断面の設定

計画地点	洪水量 (1/10)	河床勾配	水深 (m)	流速 (m/s)	通水断面幅 (m)
1) Las Chacras	273	1/900	2.25	1.45	24.0
2) Las Maras		1/800	2.4	1.70	47.5
3) El Toro	348	1/600	2.5	2.06	67.6
4) El Empalme II	61	1/900	2.3	1.18	22.5
5) Chaco	174	1/900	2.3	1.56	48.5
6) Rancho Chico	1,054	1/900	2.5	1.54	24.0
7) Pailon		1/900	4.5	2.43	88.0

表 4.9 計画河床高および計画洪水位

計画地点	計画河床高 (m)	1/10計画水位 (m)	1/50洪水位 (m)
1) Las Chacrus	273.75	276.00	277.00
2) Las Maras	269.60	272.00	273.00
3) El Toro	263.50	266.00	266.90
4) El Empalme	253.20	255.50	256.20
5) Chaco	249.70	252.00	252.90
6) Rancho Chico	249.50	252.00	253.60
7) Pailon	248.00	252.50	254.20

5) 水制工

洪水による橋台・橋脚周辺の洗堀を防ぐためには水制工が必要となる。橋台および橋脚本体は、洪水による河床低下や洗堀を考慮して、根入りは計画河床以下 2.0 m 程度は必要だろう。また、まだ河道が未整備なので洪水には、水が橋台裏側に回り込み洗堀する恐れがあるので、橋台取付部については、護岸・根固め・法面工等による水制工の実施が必要だろう。

各橋梁は、予想される洪水流量を安全に流下させるために、通水断面幅を現河道の数倍（パイロン川：約 4.5 倍）に拡幅する必要がある。河道と橋梁部分の取り付けについては、水理上スムーズな取り付けに必要な区間はかなり長くなる。しかし、現況河道はまだ未整備で狭小なので、水制工実施に伴う国道下流地域への影響をできる限り少なくすることを考慮すると、長期的には本格的な洪水防御計画をもとに河道の整備が必要となるが、

短期的には河道取付区間を最小限にし、国道下流地域への影響を軽減することが必要だろう。

なお、橋脚周辺の護床や根固めによる水制工は、局所的な洗堀や河床の低下が生ずるおそれがあるので、施工後、維持管理の段階で必要に応じて対応することが望ましい。

(2) 施設計画

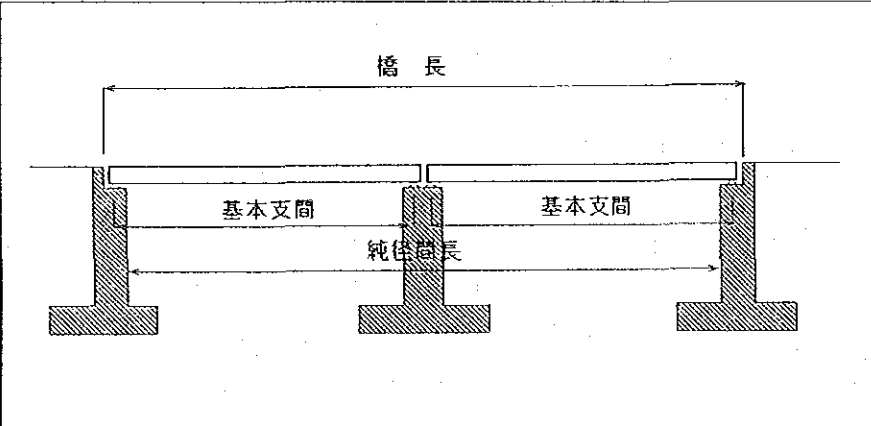
1) 上部工の設計

a) 橋長および支間割の決定

橋長は地形・地質・洪水量などの自然条件およびボリヴィア共和国における施工実績を考慮して、基本支間 20 m・25 m・30 m の 3 タイプを組み合わせで検討する。

橋長および支間割は、表 4.10 のように基本支間 3 タイプの組み合わせ橋長からそれぞれ橋台の橋座幅を差し引いた純径間長が通水断面幅以上となる最小径間長とする。

表 4.10 基本支間と径間数の純支間長



径間数 基本支間 (m)		1	2	3
		20	橋長 20.80 純径間長 19.00	橋長 41.55 純径間長 39.75
25	橋長 25.80 純径間長 24.00	橋長 51.55 純径間長 49.75	橋長 77.30 純径間長 75.50	
30	橋長 30.80 純径間長 29.00	橋長 61.55 純径間長 59.75	橋長 92.30 純径間長 90.50	

上記の基本支間と径間数の組み合わせから橋長および径間割を以下のように決定した。

表 4.11 橋長および径間割

橋 名	橋 長 (m)	基本支間 (m)	径間割	純径間長 (m)	通水断面幅 (m)
1) ラスチャクラス	25.80	25.00	1.0	24.00	24.0
2) ラスマラス	51.55	25.00	2.0	49.75	47.5
3) エルトロ	77.30	25.00	3.0	74.75	67.6
4) エルエンバルメ	25.80	25.00	1.0	24.00	22.5
5) チャコ	51.55	25.00	2.0	49.75	48.5
6) ランチョチコ	25.80	25.00	1.0	24.00	24.0
7) パイロン	92.30	30.00	3.0	90.50	88.0

最小純径間長 ≥ 通水断面幅

b) 架橋位置

架橋位置は河川の線形や周辺の地形を考慮し、表 4.12 のように設定した。

表 4.12 架橋位置

橋 梁 名	A 1 橋台	橋梁中心	A 2 橋台
1) ラスチャクラス	67+112.100	67+125.000	67+137.900
2) ラスマラス	68+674.225	68+700.000	68+725.775
3) エルトロ	73+351.350	73+410.000	73+428.650
4) エルエンバルメ	85+687.100	85+700.000	85+712.900
5) チャコ	88+489.230	88+515.000	88+540.780
6) ランチョチコ	89+597.100	89+610.000	89+622.900
7) パイロン	89+967.850	90+030.000	90+060.150

c) 上部工形式の選定

適用橋梁形式

橋梁形式は鉄筋コンクリート (RC) 橋、プレストレストコンクリート (PC) 橋および鋼橋に分けられる。その一般的な適用区分として、橋梁形式と支間長の関係を示したものが図 4.6 橋梁形式と適用支間長である。

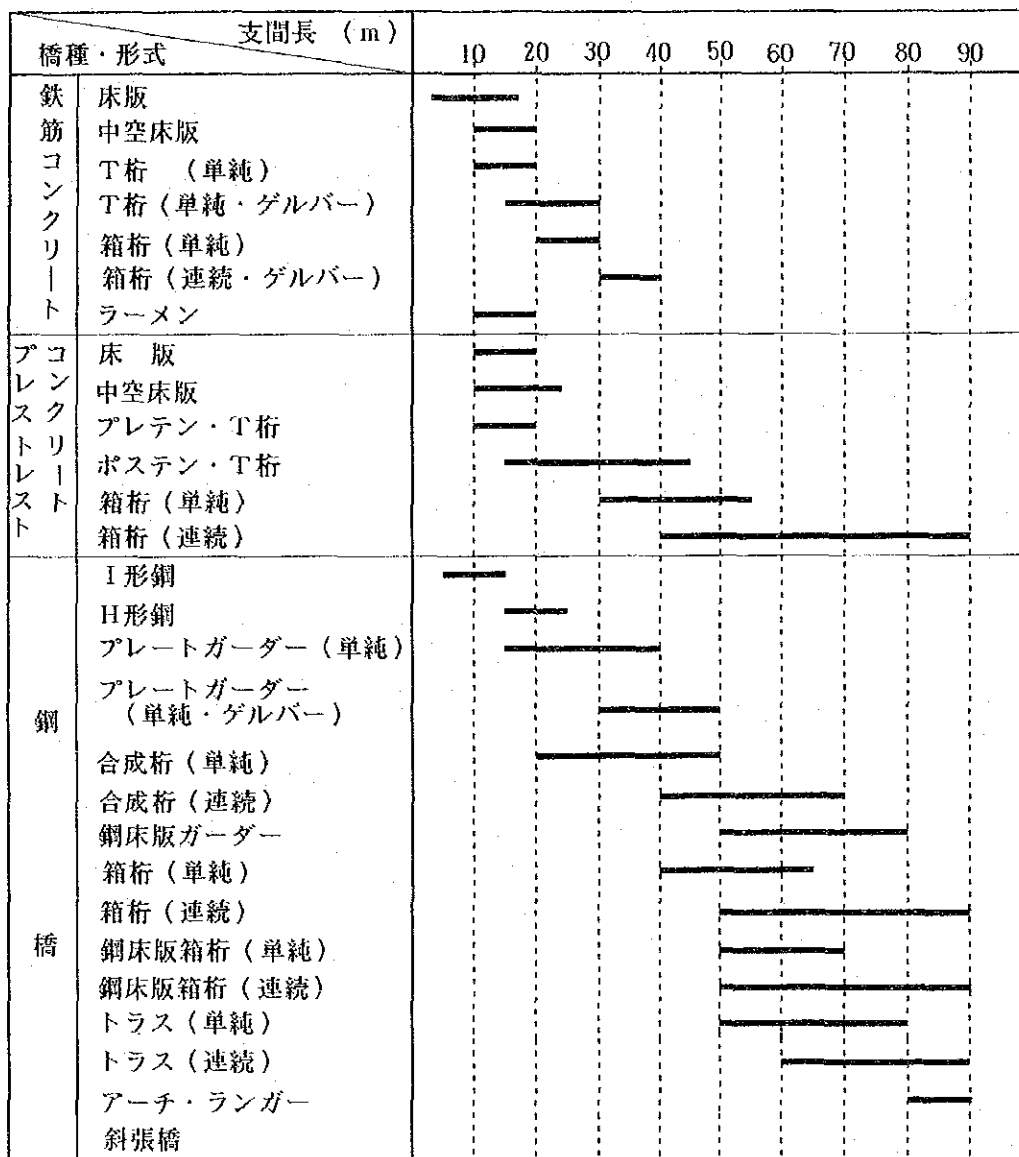


図 4.6 橋梁形式と適用支間長

橋梁形式は、自国においてセメントが生産されており、現地で良質な骨材の採取も容易であり、またコンクリート橋の架橋実績が多いことなどからコンクリート橋形式を採用する。鋼橋も架かっているが、実績は非常に少なく、計画しても架設後の塗装など維持管理に不安がある。したがって、鋼橋の検討は行なわないことにした。

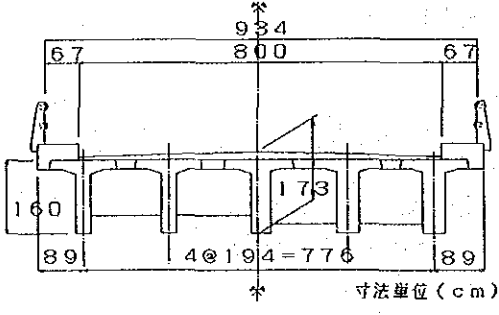
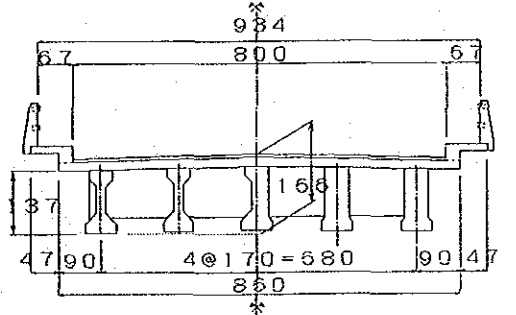
コンクリート橋形式には鉄筋コンクリート（RC）形式とプレストレストコンクリート（PC）形式の2つが考えられるが、その使い分けは一般に橋の支間20m以下をRC橋とし、それ以上をPC橋としている。本プロジェクトにおいては橋長および支間を25mと30mを基本としているので図4.6に示すようにポストテンション方式のPC単純桁形式を採用する。

PC橋形式（ポストテンション方式）には、単純T桁橋と単純合成I桁橋の2つが考えられる。両者の構造の相違は、単純T桁が床版を間詰めコンクリート打設後PC鋼材で横締めするのに対し、単純合成I桁は床版を鉄筋コンクリートとして主桁に合成している点である。選定に際して支間25mについて両者を施工性・経済性について比較してみるとPC単純合成I桁はPC単純T桁形式に比べ経済的であるばかりでなく桁自重が小さくなるため、架設が容易になり工期の短縮が図れる利点がある。

したがって、本プロジェクトにおいてはPC単純合成I桁を採用し、主桁断面はボリヴィア共和国で広く用いられているAASHTO制定の主桁断面を用いる。

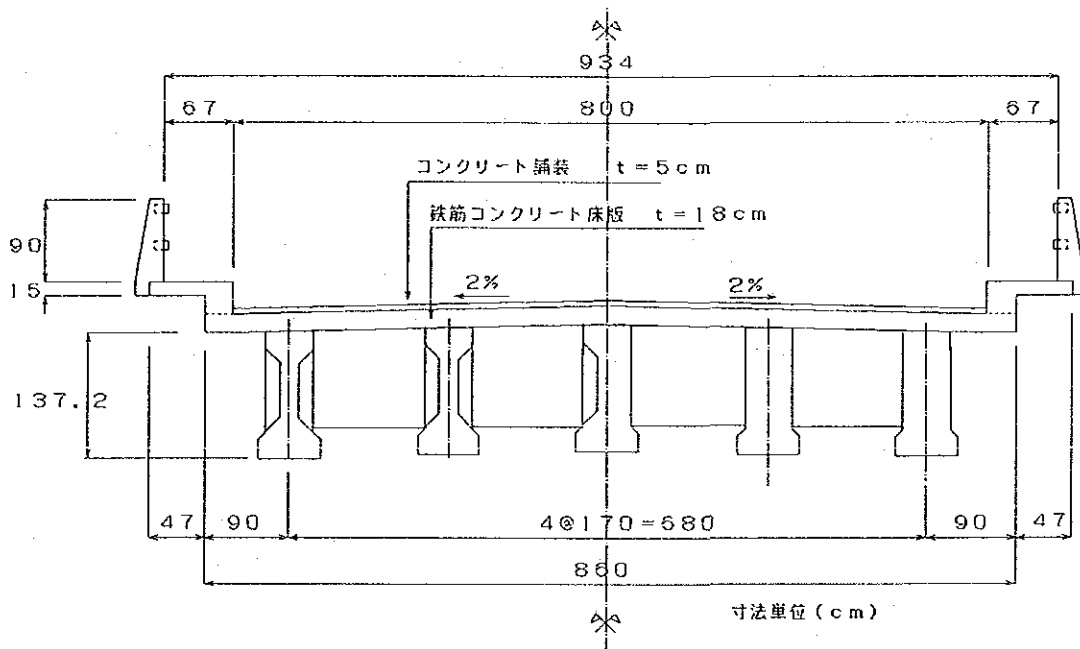
ただし、2径間以上の主桁については、維持管理および走行性を考え、単純桁として架設した後、主桁どうしを中間目地部で連結する形式にする。

表 4.13 上部工形式比較表

系	① プレストレストコンクリート単純T桁	② プレストレストコンクリート単純合成1桁
断面形状		
構造特性	床版PC構造 構造高 173 cm	床版RC構造 構造高 166 cm
経済性	△	○
施工性	△	○
維持管理	○	○
評価	△	○

その他設計に際しての詳細は以下に示すとおりである。

- ① 2径間および3径間については維持管理、走行性を考慮し、橋脚上の伸縮継手は設けず、鉄筋コンクリート連結とする。
- ② 主桁のPC鋼材は、PC鋼より線(12.4 mm)を採用し、1ケーブル12S 12.4として、支間25.0 mで3ケーブル、支間30.0 mでは4ケーブルを使用する。
- ③ 横桁のPC鋼材は、主桁と同じ12.4 mmのPC鋼より線を使用し、横桁1ヶ所当たり3S 12.4を1本配置する。
- ④ 支承は維持管理の容易なゴム沓を採用する。
- ⑤ 伸縮装置は③と同じ維持管理を考慮し、ゴム製の支持型タイプとする。
- ⑥ 高欄は、現地の既設橋で広く用いられている鉄筋コンクリート製(プレキャスト)とする。
- ⑦ 舗装は厚さ5 cmのコンクリート舗装とする。



注) 桁高は、支間 25 m・30 mとも共通

図 4.7 上部構造断面図

2) 下部工の設計

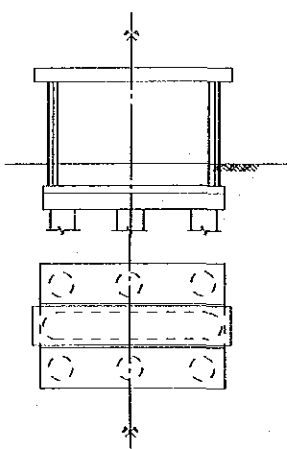
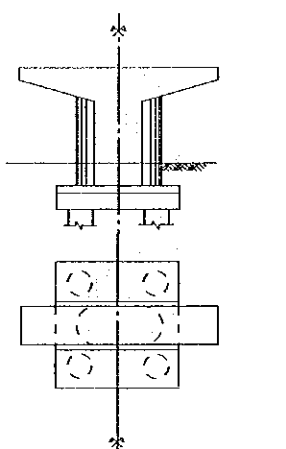
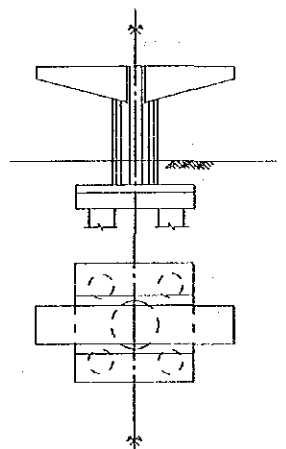
a) 橋 台

橋台の形式は、上部工の反力と躯体の高さによって決定される。本プロジェクトでは、躯体高さが 7.5 m～13 m になり、施工性、経済性に優る逆 T 式橋台を採用する。

b) 橋 脚

橋脚形式は、表 4.14 の 3 形式が考えられるが工期、基礎との整合性等から検討し張出し梁式の楕円形の柱に決定する。

表4.14 橋脚形式比較表

案	① 壁式	② 張出し式 (橋円柱)	③ 張出し式 (円柱)
形状			
工費	△	○	△
工期	△	○	○
阻害率	○	○	△
流心変化の適応性	△	○	○
基礎との整合性	△	○	○
評価	△	○	△

設計の基本事項は以下のとおりである。

- ① 部材厚は、鉄筋径の入手が容易な25mm以下になるように計画する。
- ② 底版天端のテーパは、張出し長が3m以上の場合に設ける。
- ③ 底版の根入れ深さは、橋台、橋脚とも計画河床面から底版上面までの土被りを1m以上となるように計画する。ただし、エルトロとパイロンの2橋については、河道が形成されており、洪水時の洗掘量も大きいと予想されるので2mにする。
- ④ 橋台、橋脚の裏込土または埋戻土は、発生土を利用する。

3) 基礎工の設計

a) 基礎形式の選定

現地における基礎杭の主流は場所打ちコンクリート杭(以下、場所打ち杭)である。既製鉄筋コンクリート杭の実績も多いが杭打ち機械の能力から杭長10m、杭径0.4mまでが限度である。それに対して場所打ち杭は、杭長40m、杭径2mまで可能である。

本プロジェクトにおける基礎杭の規模は表4.15に示すように杭1本が約21m、杭打ち作業を実施する施工面から杭の施工長さは約26mとなり、既製鉄筋コンクリート杭は施工可能な範囲を超えている。したがって、基礎形式は場所打ち杭を採用した。

場所打ち杭の直径は、荷重規模から0.8m、1.0m、1.2mの3種類について施工性、経済性について比較を行なった結果、橋脚は1.0m、橋台には1.2mの径が有利となる。

表4.15 基礎杭の施工規模

単位：(m)

橋名	施工面	計画河床面	底版下面	杭の施工長	杭長
1) ラスチャクラス	275.00	273.75	271.471	24.429	21.0
2) ラスマラス	271.50	269.60	267.370	25.030	21.0
3) エルトロ	265.50	263.50	260.270	25.130	20.0
4) エルエンパルメ	255.00	253.20	250.971	24.429	20.5
5) チャコ	252.00	249.70	247.470	26.430	22.0
6) ランチョチコ	252.00	249.50	247.271	26.629	22.0
7) パイロン	253.00	248.00	244.170	30.230	21.5

4) 水制工の設計

橋梁には、周辺の水が急速に集まり、その水の流れは下部工基礎周辺の河床地盤を洗掘する。特に橋台の両側は道路に沿って集まる水の影響もあり、橋台周辺はこれら水の影響から護る対策を講じておく必要がある。

本プロジェクトにおいては、これらのことを十分に考慮し、下部工基礎の土被り(計画河床から底版上面までの距離)を表4.16のように確保することで対応した。

しかし、橋台についてはさらに底版の両側面の洗堀および背面盛土を保護するために橋台両側に沿って後方向に10mの長さまで水性工として護岸構造物を設置することにした。

護岸構造物には、① ジャ籠積み上げ、② 矢板立て込み、③ 鉄筋コンクリート擁壁、などによる方法が考えられる。この3形式を安全性、施工性、経済性について比較検討すると表4.17に示すような結果となり、② 矢板立て込み方式を採用することにした。

表4.16 下部工土被りの設定

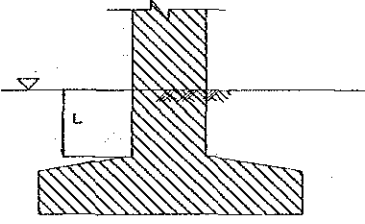
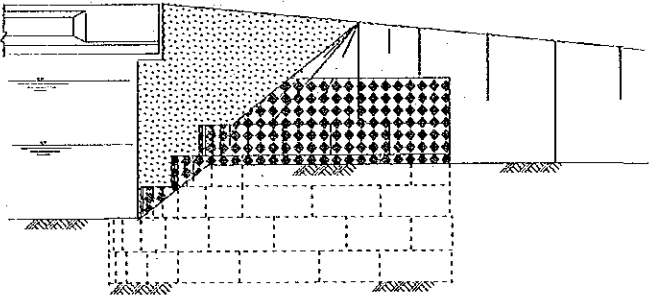
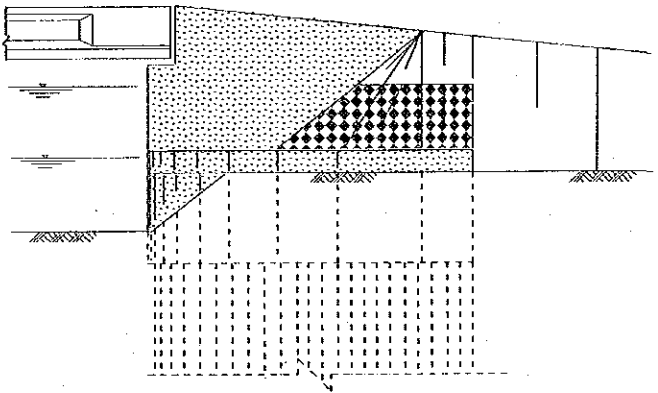
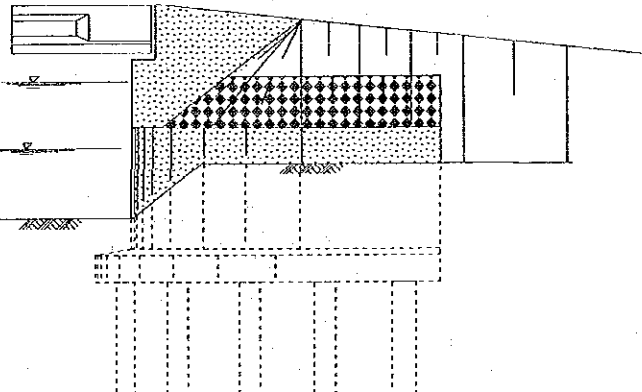
橋名	土被り L (m)	備考
1) ラスチャクラス	1.00	 <p>注) 土被りは計画河床面から底版上面までの距離 L</p>
2) ラスマラス	1.00	
3) エルドロ	2.00	
4) エルエンパルメ	1.00	
5) チャコ	1.00	
6) ランチョチコ	1.00	
7) パイロン	2.00	

表4.17 水制工形式比較表

水制工形式案	安全性	施工性	経済性	評価
<p>① ジャ籠積上げ</p> 	×	△	○	△
<p>② 矢板立込み</p> 	○	○	○	○
<p>③ 鉄筋コンクリート擁壁</p> 	○	△	△	△