

国際協力事業団
チリ国公共事業省

チリ国

全国橋梁補修整備計画調査フェーズ2

ファイナルレポート

要約

平成10年7月

JICA LIBRARY



J 1144722 (4)

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



社 調 一
J R
98-084



1144722 {4}

国際協力事業団
チリ国公共事業省

チリ国

全国橋梁補修整備計画調査フェーズ2

ファイナルレポート

要約

平成10年7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

序 文

日本国政府は、チリ国政府の要請に基づき、同国の全国橋梁補修整備計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成8年9月から平成10年3月までの間、4回にわたりパシフィック コンサルタンツ インターナショナル(株)の中條 隆司 氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

また建設省土木研究所構造橋梁部構造研究室 佐藤 弘史 室長を委員長とする作業監理委員会を設置し、本件調査に関し専門的かつ技術的な見地から検討・審議が行われました。

調査団は、チリ国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、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。

終わりに、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10年7月

国際協力事業団
総裁 藤田 公郎

伝 達 文

国際協力事業団

総裁 藤田 公郎 殿

チリ国全国橋梁補修整備計画調査報告書を提出いたします。

本調査は、国際協力事業団との業務実施契約に基づき、パシフィック コンサルタント インターナショナル(株)からなる調査団により 1996 年 9 月から 1998 年 3 月にかけてチリ国において実施されました。調査の結果は、橋梁改修事業計画、改修設計例および CADD プログラム開発の 3 主要調査課題に分けて本報告書にまとめてあります。

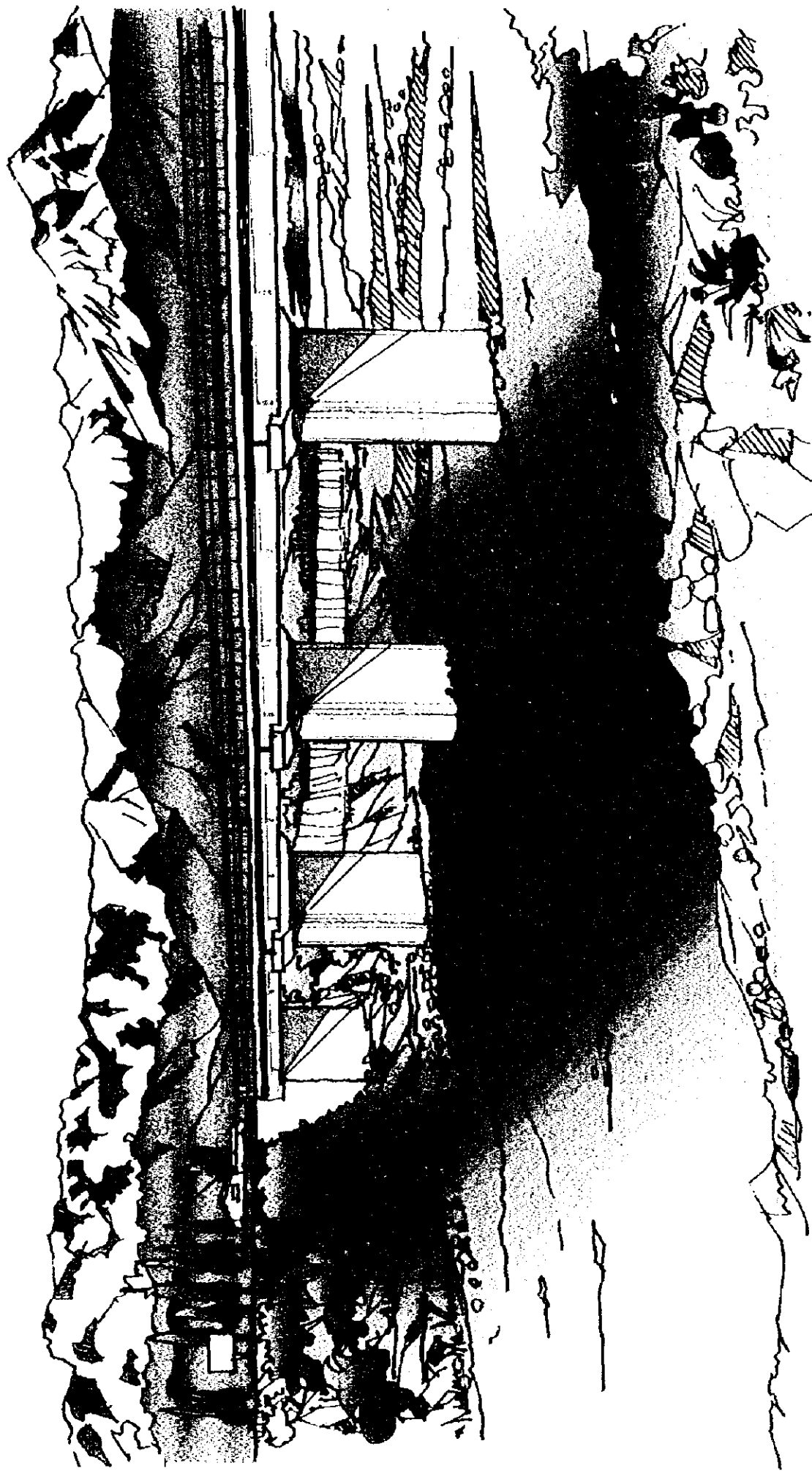
本報告書がチリ国公共事業省の橋梁改修計画に有効利用されますようお願いしております。

調査にご協力いただいたチリ国公共事業省、国際協力事業団、外務省、建設省、在チリ国日本大使館のみなさま方に深くお礼申し上げます。

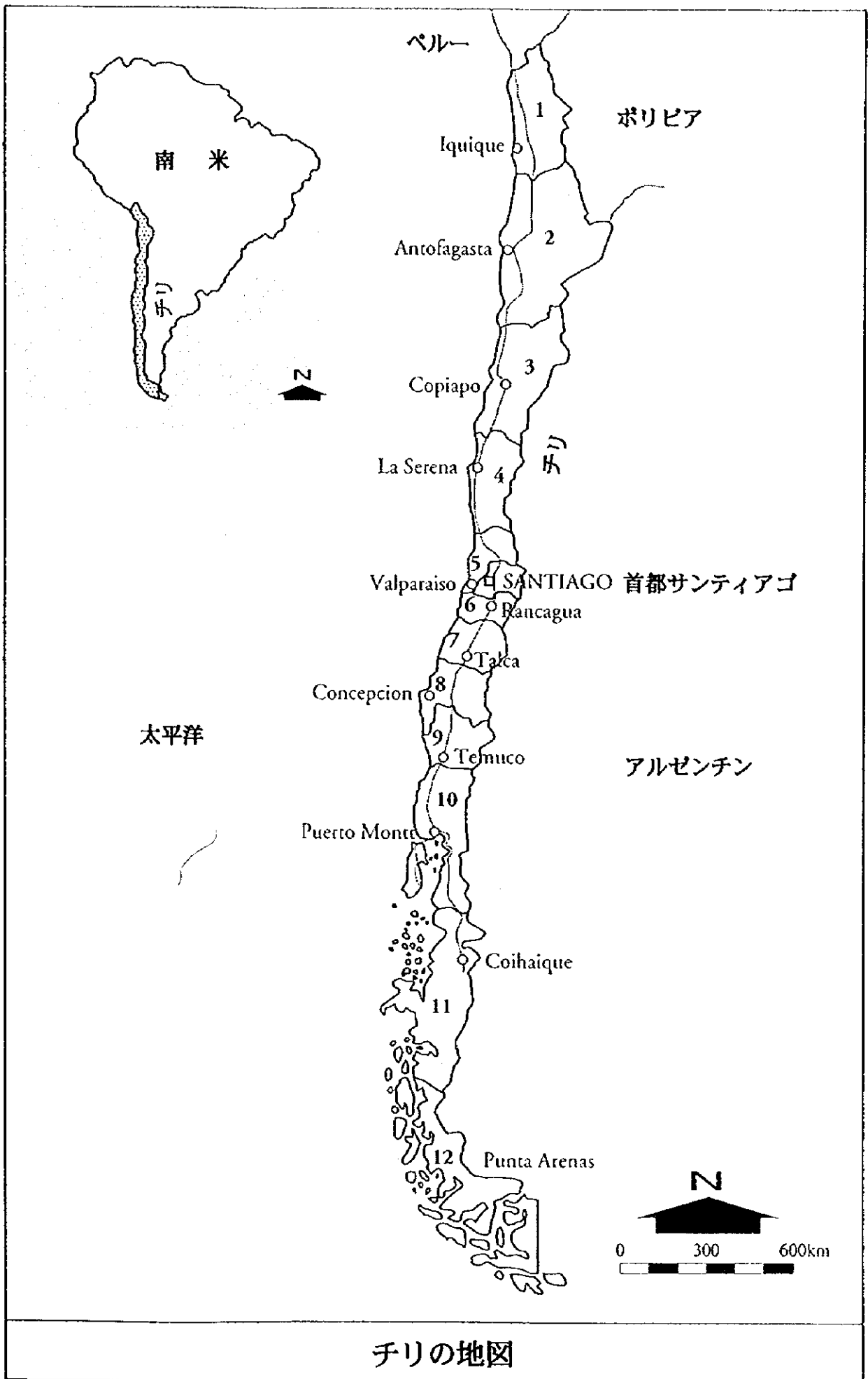
平成 10 年 7 月

チリ国全国橋梁補修整備計画調査

団 長 中條 隆司



David Garcia 橋、第 V 州



VOL. 1/8 要 約

序 文

チリの地図

目 次

	頁
1. 要 旨	1
2. 序 論	7
3. 橋梁改修事業計画	11
3.1 事業計画の概念と方法	12
3.2 橋梁調査	14
3.3 橋梁インベントリープログラム	16
3.4 社会経済及び交通調査	18
3.5 改修コスト	20
3.6 改修優先度の判定と事業計画	22
4. 橋梁点検調査及び改修設計例	27
4.1 調査の概要と方法	28
4.2 橋梁点検調査と改修方法	30
4.3 架け替え及び補修設計	34
4.4 橋梁周辺環境調査	38
5. 標準橋梁 CADD プログラム開発	43
5.1 CADD プログラム開発	44
5.2 標準橋梁設計図	46
6. 結論と提言	49

1. 要 旨

1. 要 旨

1. 調査の経緯

チリ共和国政府(以下「チリ国政府」と称す)の要請に答えて、日本国政府(以下「我国政府」と称す)は 1978 年に両国間で調印された技術協力同意書に基づき、「全国橋梁補修整備計画調査フェーズ2」(以下「調査」と称す)を実施することを決定した。この決定に基づき、国際協力事業団(以下「JICA」と言う)は調査団を組織し 1996 年 8 月本調査を開始した。調査団は同年 9 月よりチリに派遣されインセプションレポートの説明協議後、4 回の現地調査を経て 1998 年 7 月、ファイナルレポートを提出した。

2. 調査の背景

本調査の対象となるチリの地方橋梁は小規模であるが数が多く(全国で約 8,000 橋と言われている。)老朽化と木橋の多い(特に南部Ⅷ、Ⅸ、Ⅹ州に多い)ことが特徴である。これらの橋梁の存在する地方道路は、交通量は少ないが大型車両(林業、鉱業用)の割合が高いため、車両重量制限(約 12 t 以下)により橋梁の安全を図っているのが現状である。したがって、MOP(チリ公共事業省)は今後、これらの地方橋梁を随時、永久橋(コンクリート、鋼)に架け替える計画であり、まず第 1 次計画として全国から緊急度の高い約 1,000 橋を選出した。

3. 調査の目的

本調査は上記約 1,000 橋の改修計画の策定について MOP を技術的側面から協力したものである。技術協力の内容は下記の 3 課題で構成された。

- (1) 1,000 橋に対する改修事業計画手法の策定。
- (2) 橋梁点検調査及び改修設計 20 例の作成。
- (3) 標準橋梁 CADD(設計製図)プログラム開発と設計図集の作成。

4. 調査の成果

それぞれの調査課題について実施した協力内容を以下に述べる。

(1) 改修事業計画手法の策定

調査団はモデル州(第Ⅸ州)の調査を通じて改修事業計画の手順を策定し、MOP の計画担当者に示した。策定した計画手順は、橋梁調査ら改修優先度判定と投資計画まで以下の内容を含む。

- ・ 橋梁調査とインベントリー作成
- ・ 社会指標(GDP、人口等)および交通量調査
- ・ 概略改修コストの把握
- ・ 改修優先度判定と投資計画の作成

MOP の橋梁改修投資は、これまで被害のあった橋梁から実施してきたため、必ずしも計画的ではなかった。しかし近年、多数の地方橋梁の老朽化が一度に顕在化したため計画的な

1. 要 旨

投資に乗り出だそうとしており、限られた予算を有効に投資するための計画手法を必要としていた。

(2) 橋梁点検調査および改修設計例の作成

橋梁点検調査及び改修設計例は、(1)の事業計画により決定された橋梁に対して MOP の現場担当者が実際に点検調査を行い改修方法を決定する際に必要とされる現場技術を示すために用意された。調査団は MOP カウンターパートとともに 20 ヶ所の実例橋梁を選び、点検と損傷度の分析および改修方法の設計までを実施した。以上の橋梁調査の他に、橋梁改修に伴う周辺環境への影響を測るため環境調査も合わせて実施した。

(3) 標準橋梁 CADD プログラム開発と設計図集の作成

標準橋梁 CADD プログラム開発と設計図集の作成は、MOP が 8,000 ヶ所もある多数の橋梁を効率的に改修するために必要な設計・施工の省力化の要請に答えるものである。本調査で開発した CADD プログラムは MOP の適用基準 AASHTO に基づくもので、チリにおける橋梁設計・施工の実態およびコンピューター利用状況を調査した上で、開発対象となる橋梁形式とコンピューターのハード・ソフトウェアを選定した。

開発したプログラムの種類は下記の通りである。

- 上部工： ・プレテンション PC 桁
・ポストテンション PC 桁
・H 形鋼桁
・鋼板桁
以上いずれもコンクリート床版との合成桁。
- 下部工： ・逆 T 式橋台、直接基礎
・壁式橋脚、直接基礎

幅員 1 車線および 2 車線用、スパン長 14~36 m の範囲の標準設計図集を用意した。

5. 結論と提言

本調査の主要 3 課題に分けて結論と提言を述べる。

(1) 改修事業計画手法の策定

結 論

- ・改修事業計画は橋梁インベントリー、改修コスト算定および改修優先度判定の 3 システムから構成し、そこから得られた情報に基づき改修投資計画を策定した。モデル調査により第 IX 州の 110 橋に対する投資額は 10 ヶ年で 14,750 百万ペソ (1997 年価格) と算定された。
- ・本調査で開発した橋梁インベントリーシステムは、単に改修事業計画の基礎データを提供するためだけでなく、MOP のより汎用的な利用にも配慮した。

1. 要 旨

- ・ 採算性の低い地方橋梁は、経済効率だけ改修投資優先度を判定することは妥当ではなく橋梁の安全性や公共投資の社会性も考慮しなければならない。したがって、優先度の判定には経済性（交通量／改修コスト）、安全性（橋梁損傷度）、社会性（所得格差是正）の3指標を定義した。

提 言

- ・ 本改修計画では道路網との関係は考慮されていないので、選定された橋梁は道路整備計画との整合が図られなければならない。
- ・ 計画期間10年の間にはチリの経済状況、地方道路の交通需要も変化するであろうから、前半期5年終了時には計画全体を見直すべきである。
- ・ 後期5年に改修予定の橋梁は、改修までの待ち期間が長いため、前期5年の間に暫定的な補修が必要であろう。この暫定的補修コストは、MOPの通常の維持監理予算内で取り扱われるべきもので本改修投資計画には含まない。

(2) 橋梁点検及び改修設計例の作成

結 論

- ・ 20ヶ所の実例橋梁を選び、点検調査を行い改修設計例を作成した。点検した橋梁は木橋5ヶ所、コンクリート橋7ヶ所、鋼橋8ヶ所であった。これに対して、改修設計は架け替え例が8橋（PC桁7、鋼桁1）と補修例が11橋であった。
- ・ 地方橋梁は老朽化し、木橋が多く、今日の交通に対して耐荷力・幅員が不足している。このため、MOPは既存橋の補強、拡幅策は取らず小修理により寿命延長を図りながら順次、新橋に架け替える方針である。したがって、本調査の補修設計例は技術的に困難な大規模補修よりも需要の多い小規模な補修を中心に作成した。
- ・ 地方橋梁に対する環境影響調査の必要性と方法についてはMOP環境部と意見交換を行い、標準化した環境調査方法（IEEとPre-EIA）を確立した。

提 言

- ・ 木橋は近年、経済的にも環境保全の見地からも新規の建設は難しくなったが、依然、補修工事の容易さ・簡便さという長所があるので、MOPはこれまで蓄積してきた木橋技術を直ちに捨て去るべきではなく木橋の維持・補修は継続されなければならない。
- ・ 調査したコンクリート橋の品質に関する提言であるが、これからの地方橋梁の建設はプレストレストコンクリート構造の採用が主流になると考えられる。良質なコンクリート橋を将来に残すため、コンクリート施工の品質管理には十分に配慮しなければならない。
- ・ 提案した標準環境調査フォームは時間・労力を要せずに調査・記入できるので、環境影響の強弱にかかわらず全ての橋梁プロジェクトについて調査するように提言する。

1. 要 旨

(3) 標準橋梁 CADD プログラム開発と設計図集の作成

結 論

- 開発した CADD プログラムは標準タイプの幅員構成（左右対称）と斜角 0（直角）・直線橋が対象であり、斜めや曲線橋には対応できない。
- プログラムの開発に当たって、鋼桁の高力ボルト接合と PC 桁のポストテンションケーブル配置については、AASHTO 基準が具体的でないので MOP と技術協議の上、我が国で一般的な設計技術を導入した。

提 言

- CADD プログラムの出力結果は利用者の目的に応じて編集できるようになっている。また、利用者の工夫と判断により、プログラム仕様を超えた設計に対しても、ある程度の範囲で利用可能である。
- プログラム開発には既存のアプリケーションを利用した。したがって、開発に用いたコンピューターハード・ソフトの将来の更新（バージョンアップ）が必要である。併せて、設計基準の改訂や内容の充実を図るため、プログラムそのもののバージョンアップも必要である。
- 開発したプログラムはチリで広く利用されるよう提言する。MOP の技術職員による利用としては、概略な橋梁規模算定への使用が考えられる。また、プログラム仕様の許す範囲ではあるが、MOP、民間を問わず橋梁技術者に対しては設計業務への専門的な利用が期待できる。

2. 序 論

2. 序 論

1. 調査要請の背景

チリ国政府の政策目標の一つである貧困対策を進める上で地域の経済活動を支える地方道路網の整備は不可欠であるが、全国に約 8,000 ケ所存在すると言われる地方橋梁の内、約 70% が老朽化しているか木橋であり機能不足が深刻になっていた。したがって、これらの橋梁の改修整備は急務であるが、改修すべき橋梁数が多いため MOP は橋梁点検・改修技術を強化するとともに業務の効率化・体系化を図る必要があった。

このような背景から、チリ国政府は我が国政府に対し 1,000 ケ所の地方橋梁を対象に改修マスタープラン及び CADD プログラムの開発調査を要請した。

2. チリの地方橋梁の現状

本調査の対象となるチリの地方橋梁は下記のように特徴づけられる。

- ・ 小規模であるが数が多い。
- ・ 老朽橋と木橋が多い。特に南部 VIII、IX、X 州に木橋が多い。
- ・ 交通量は少ないが大型車両（林業、鉱業用）の割合が高く、荷重制限（約 12 t 以下）されている橋梁が多い。
- ・ 木橋は頻繁に部材の取り替えを必要とするが、MOP は小規模な取り替えは約 5 年、大規模な取り替えは約 10 年毎に行ってきた。

3. MOP の橋梁改修方針

これまで広く利用してきた木橋は、森林保護政策、木材コストの上昇、および頻繁な維持修理という不利な面が顕著になり、維持することが難しくなってきた。したがって、MOP は今後、既存の木橋を随時、永久橋（コンクリート橋、鋼橋）に架け替える計画である。

4. 調査の目的

調査は、MOP の地方橋梁改修計画に対して、下記の 3 課題について技術協力を行った。

- (1) 橋梁改修事業計画手法の策定。
- (2) 橋梁点検及び改修設計例の作成。
- (3) 標準橋梁 CADD（設計製図）プログラム開発と設計図集の作成。

地方橋梁改修計画の流れと技術協力の関係を図-1 に示す。

5. 調査の体制

調査は図-2 に示す体制で実施された。JICA 調査団はパシフィックコンサルタンツインターナショナルにより、チリ・カウンターパートは MOP 橋梁部により構成された。また、建設省土木研究所の協力により作業監理委員会が設置された。

2. 序 論

6. 調査の工程

調査は 1996 年 8 月開始、4 回の現地調査を経て 1998 年 7 月ファイナルレポートを提出、終了した。全調査工程を図-3 に示す。

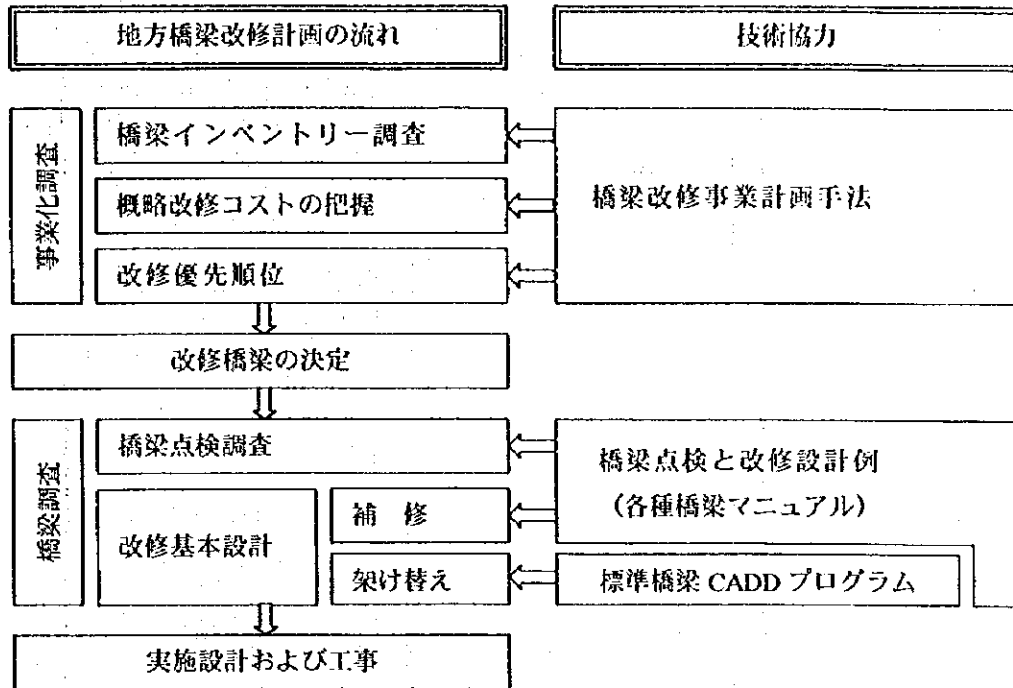


図-1 地方橋梁改修計画の流れと技術協力

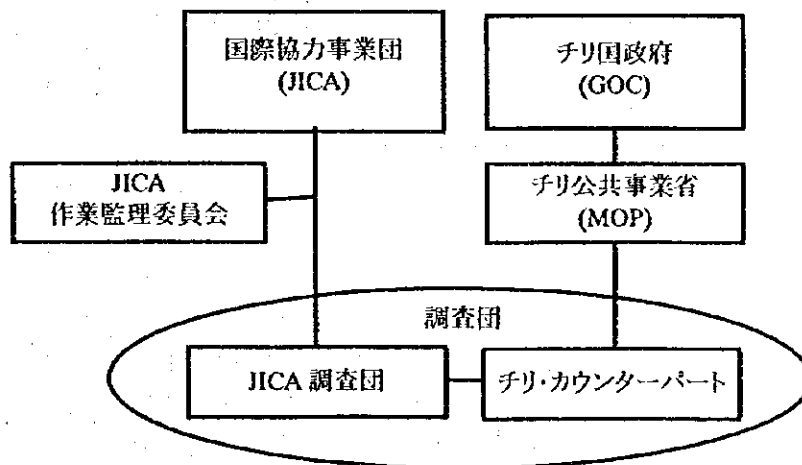


図-2 調査の体制

2. 序 論

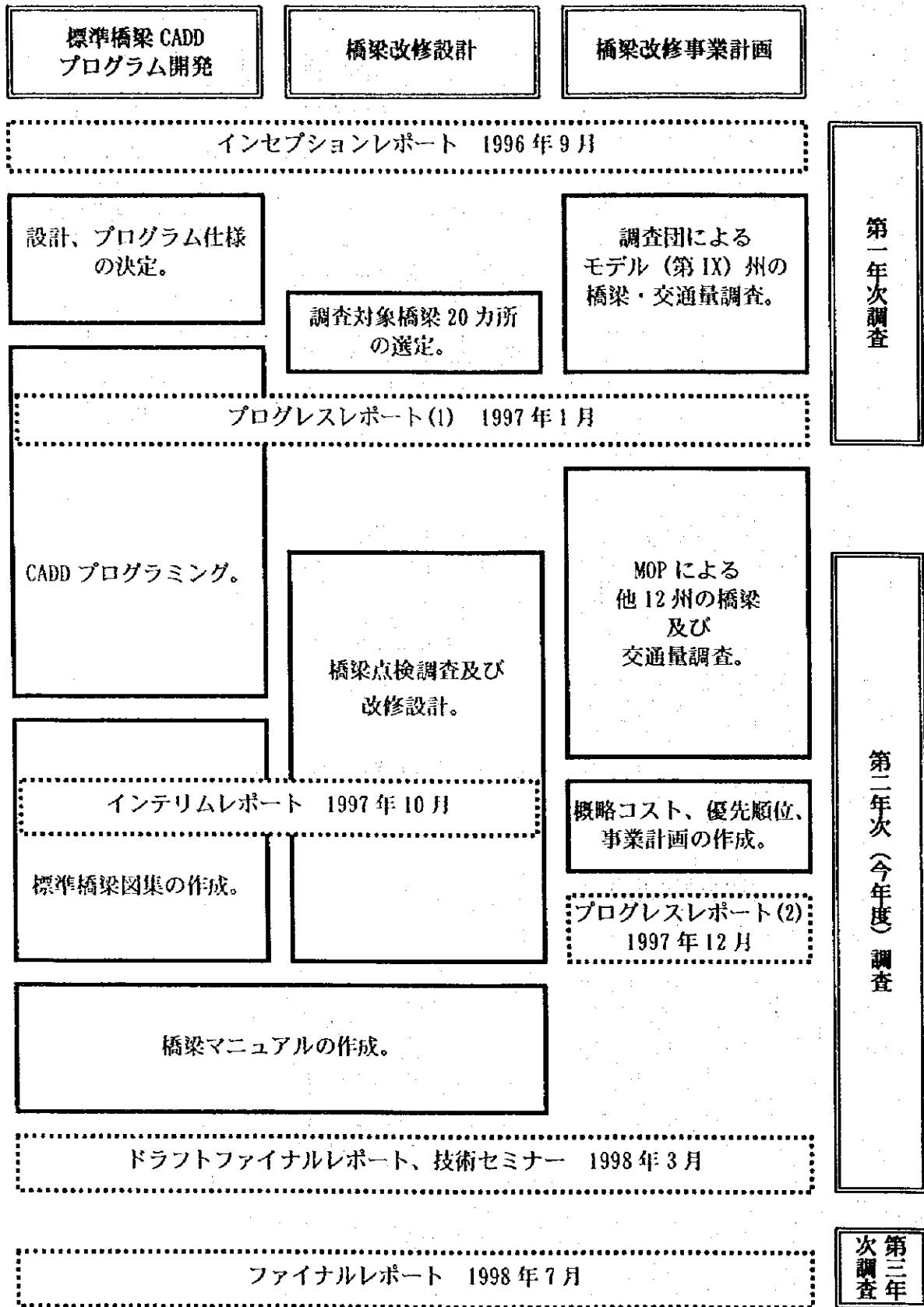


図-3 調査の工程

3. 橋梁改修事業計画

1. 事業計画の概念

選定された 1000 橋を対象に改修事業計画手法を策定した。事業計画は、まず橋梁インベントリー（橋梁の所在と現状）を把握する。合わせて、橋梁の社会・経済的必要性を測る指標として社会・経済データ（人口、所得、交通量等）も収集する。続いて、収集データから概略改修コストと改修優先度を判定し、それらの情報に基づき改修投資計画を策定する。（図-4）

2. 対象1,000橋の選定

チリ全国に8000橋あると云われる改修の必要な地方橋梁の内、MOPは第一次計画として①橋梁長10 m以上、②荷重制限されている、③損傷、劣化が著しいの3条件に照らして約1000橋を選定した。

3. 州、国レベル計画とモデル調査州

事業計画は先ず州毎に行い、チリ全国 13 州の結果を合計して全国レベルの計画とした。1000 橋の内、調査団は第 IX 州の 110 橋をモデルとして先行調査した。その後、MOP はモデル調査の手法に習い他の州の橋梁を調査した。第 IX 州は改修の必要な橋梁、特に木橋が多いことからモデル調査州に選定された。（図-5）

4. 改修優先度判定指標

数が多く採算性の低い地方橋梁に対する改修優先度を判定するために、経済性の他に橋梁の安全性と公共投資の社会性も加えた 3 指標を採用した。3 指標はそれぞれ下記の MOP の施策方針を代表する。（図-6）

- ・ 経済指標： 交通量（事業便益を代表）と改修コストの比。 交通量が多くコストの低い箇所を優先する。
- ・ 安全指標： 橋梁の損傷度。 交通量、コストにかかわらず危険な箇所を優先する。
- ・ 社会指標： 地域所得と全国平均所得の比。 公共投資は所得の低い地域を優先する。

優先度は、橋梁毎に上記 3 指標を計算し、それぞれ独立に政策重みを付した後、その合計指標値で判定する。

5. 道路リンクによる橋梁のグループ化

道路交通に対して橋梁改修効果を十分に発揮するためには、同一道路上で近接する複数の橋梁は同時期に改修されることが望ましい。この考えより対象橋梁の存在する道路区間（主要交差点間、交通量一定とする）を道路リンクと定義し、リンク内に含まれる対象橋梁はグループとして扱う。（図-7）

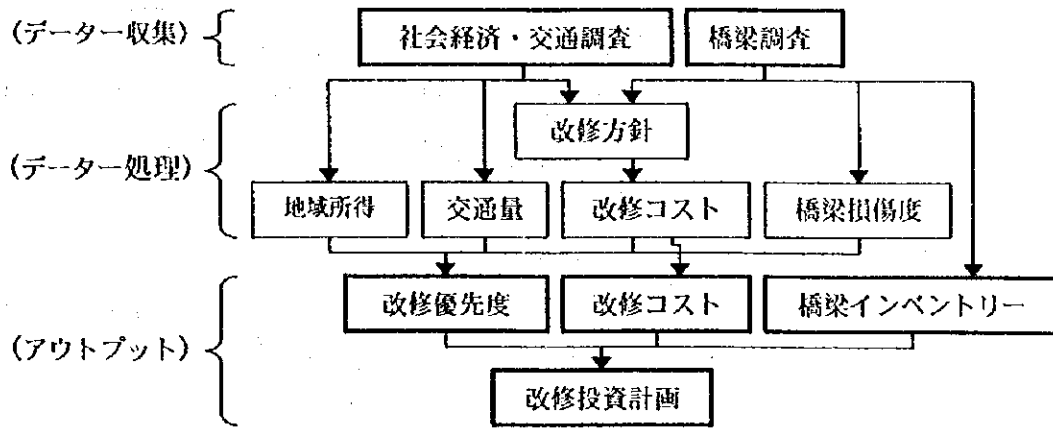


図-4 改修事業計画の概要

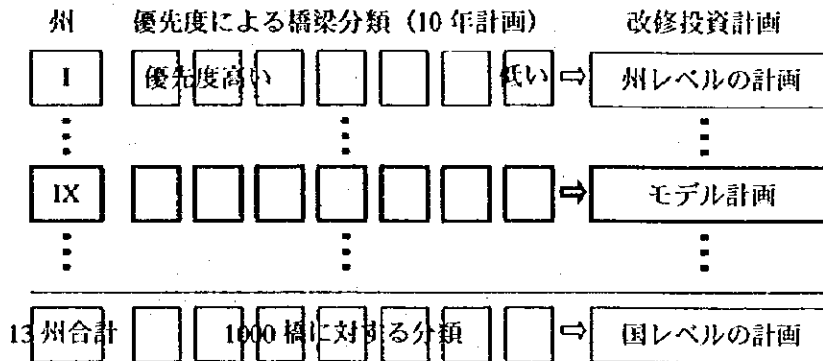


図-5 州・国レベル計画とモデル調査州

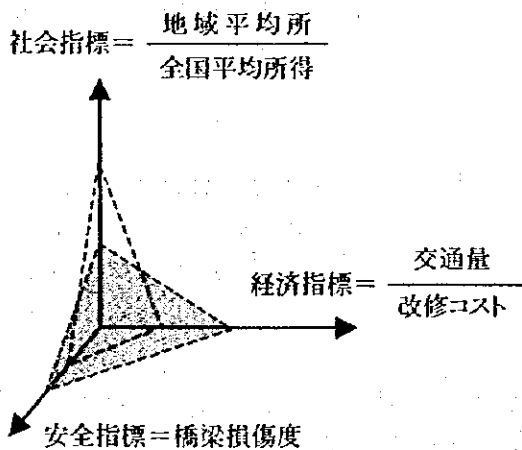


図-6 改修優先度判定指標

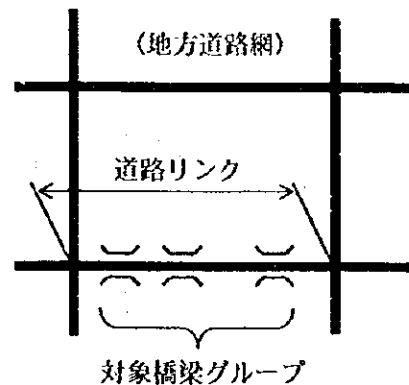


図-7 橋梁グループの扱い

1. 調査対象橋梁

計画に必要な橋梁インベントリー及び損傷データを収集するため各対象橋梁の現地調査が実施された。最初に調査団が第 VIII、IX、X 州の 200 橋を調査し、その後、MOP が残り 800 橋を調査した。調査団の調査した 200 橋の内、第 X 州の 110 橋をモデル事業計画の対象とした。

2. 調査の方法

現地調査に際しては橋梁調査票を用意した。調査票は改修事業計画の調査項目を網羅するとともに MOP の汎用的な橋梁インベントリー・フォームとしての利用にも配慮して作成した。調査票は下記の 3 システムで構成する。

- (1) “インベントリー フォーム”は橋梁一般情報（橋梁名、位置、河川状況等）、構造情報（橋梁形式、主要寸法、縦横断スケッチ等）、及び現場写真（側面、正面および損傷部分）を記入する。
- (2) “損傷度判定 フォーム”は橋梁を部位（上部工、下部工、付属物）に、また構造の重要度に応じて主要部材と二次部材に分類し、部位、部材毎に調査した損傷のタイプと度合い（ランク）を記入する。
- (3) “補修方法／数量 フォーム”は部位、部材毎に調査した損傷に対して、現場で判断した補修方法と目算数量を記入する。

調査は調査票の項目に沿って目視により行われ、橋梁部位毎に損傷度を判定した。損傷のタイプは予め定めた損傷コード名により、度合いは数値ランクで記入した。

3. 損傷度判定システム

(1) 数値ランクによる損傷度の判定

損傷の程度を標準的に表現するため、5 段階の数値ランクを導入した（表-1）。損傷ランクは、「橋梁点検要領(案)建設省土木研究所（昭和 63 年 7 月）」の方法を参考に、損傷の部位、パターン、深さ、広がりとの組み合わせから判定した。

(2) 橋梁の損傷度判定方法

橋梁各部位の損傷度は、主要部材中に見られた損傷の内、最も深刻な(低い)ランクで表す。橋梁全体の損傷度は、各部位（主要部材だけ）のランクの内、最も悪い(低い)ランクで表す。橋梁全体の損傷度は改修優先度判定の安全指標及び改修方法選択要因の一つに使用される。

4. 調査結果

表-2 は第 IX 州の 110 橋の内、109 橋の損傷度判定結果を橋梁形式別に集計した。1 橋は存在しなかった。表-3 は第 VIII、IX、X 州の 200 橋を橋梁形式により分類したものである。約 90% が主桁に木材を使用した木橋である。調査した殆どの橋梁は 1 車線幅 (2.0~5.5 m) の単純支持形式で、車両重量制限標識が設置されていた。MOP によると、重量制限標識は

損傷の進行にあわせて、より低い値に書き換えられている。表-4は第VIII、IX、X州において調査された車両重量制限値の橋梁形式別分類を示す。

表-1 損傷度判定ランク

ランク	定 義
1	‘危険。’；差し迫った落橋の恐れがある。または、既に落橋しているため閉鎖されている。損傷は補修できる限界を超えている。
2	‘潜在的に危険。’；主要部材に対するこの判定は橋梁使用を継続した場合、落橋の可能性を示唆する。したがって、直ちに閉鎖すべきである。
3	‘耐荷力低下を認める。’；構造の耐荷力低下を伴う深刻な損傷を認める。
4	‘耐荷力低下を認めない。’；構造の耐荷力低下を伴わない軽微な損傷を認める。
5	‘健全、新設、または新設同様。’；損傷を認めない。補修の必要無し。

表-2 損傷度判定結果の集計 (第IX州)

(橋梁数)

橋梁形式	損傷度ランク					合 計
	1 (危険)	2	3	4	5 (健全)	
木 橋	6	50	25	6	10	97
コンクリート橋	0	0	0	0	0	0
鋼 橋	0	8	2	1	1	12
合 計	6	58	27	7	11	109

表-3 橋梁形式の分類 (第VIII、IX、X州)

橋梁形式	床版	主桁	橋台/橋脚	割合
形式1	木	木	木	62%
形式2	木	木	コンクリートまたは鋼	25%
形式3	木	鋼	コンクリート	10%
形式4	コンクリート	コンクリート	コンクリート	3%
	合 計			100%

表-4 車両重量制限値の分類 (第VIII、IX、X州)

(橋梁数)

重量制限値	木 橋	鋼 橋	コンクリート橋	合 計
2~6 t	36	2	0	38
7~12 t	126	11	0	137
13~18 t	9	6	3	18
合 計	171	19	3	193

1. コンピューター利用のインベントリー・プログラム

効率的に橋梁維持管理及び改修事業計画を行うためには、コンピューターを利用した橋梁インベントリーのデータ管理・集計が必要である。本調査で開発したインベントリー・プログラムは、[A] インベントリー、[B] 損傷度判定、及び [C] 分類の3システムで構成する(図-8)。システム [A] 及び [B] は橋梁調査票を基に作成した。システム [C] はインベントリー・データを編集・分析する機能として追加した。

プログラムはデータベース化されており、全てのデータがリンクされた形で入力・検索が可能である。プログラム開発には DOS/V コンピューター1セット、マイクロソフト・ウィンドウ 95 及びアクセス(ビジュアルベーシック含む)を使用した。これらのコンピューターハード・ソフトウェアの全てはチリ国内で調達した。図-9に開発した代表的インベントリー・プログラム両面を示す。

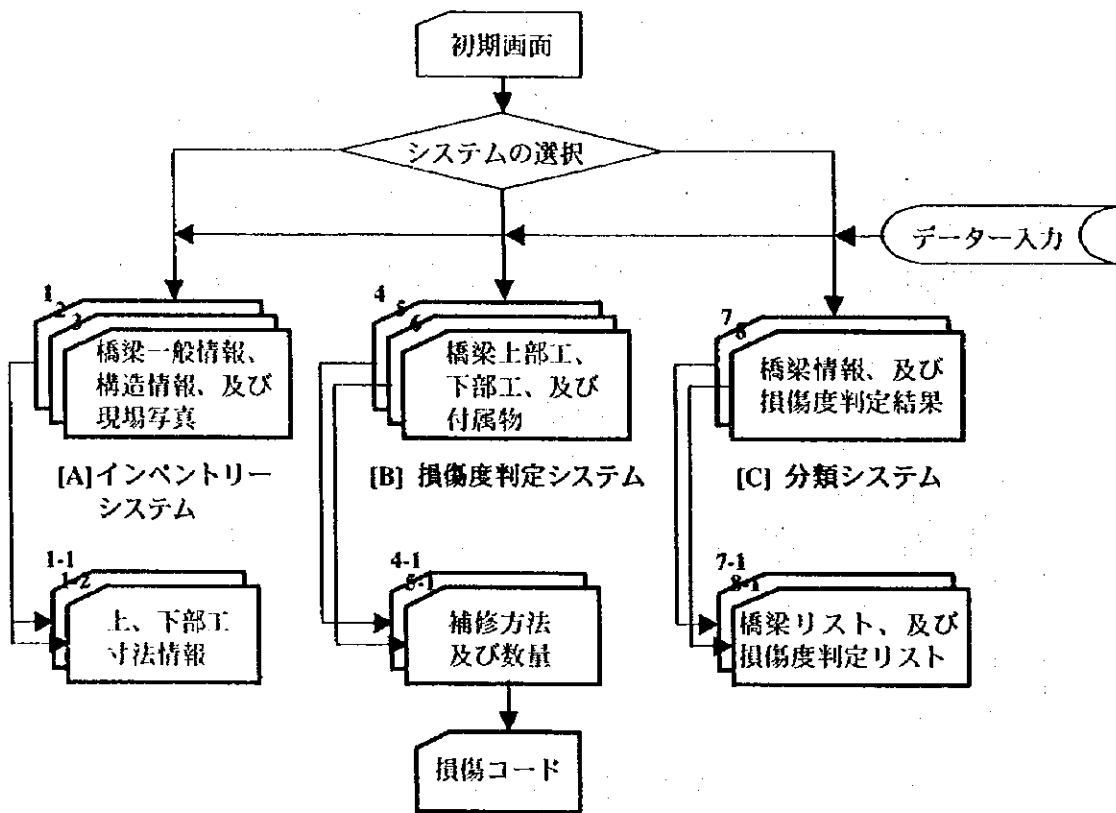
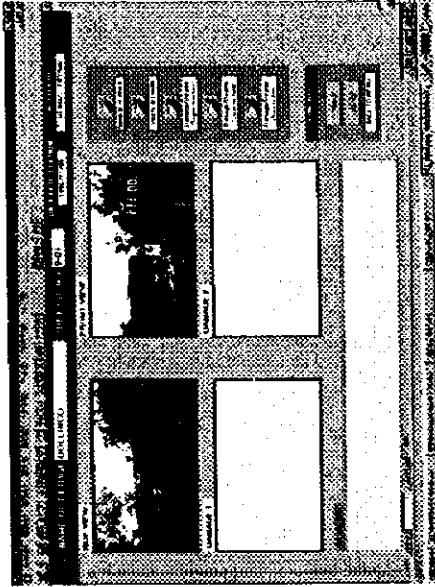
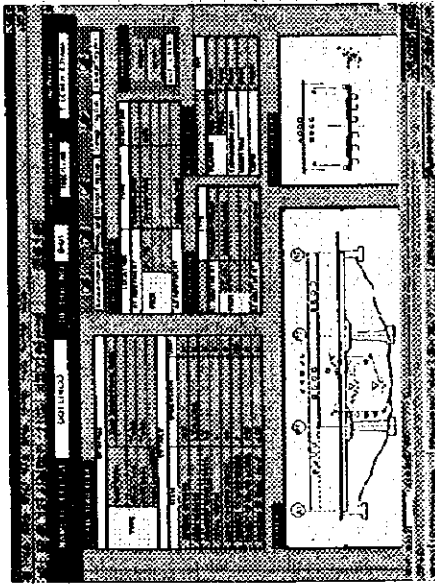


図-8 橋梁インベントリー・プログラム

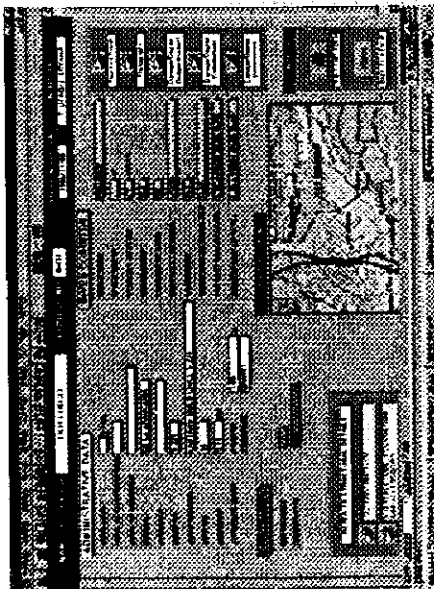
3. 現場写真



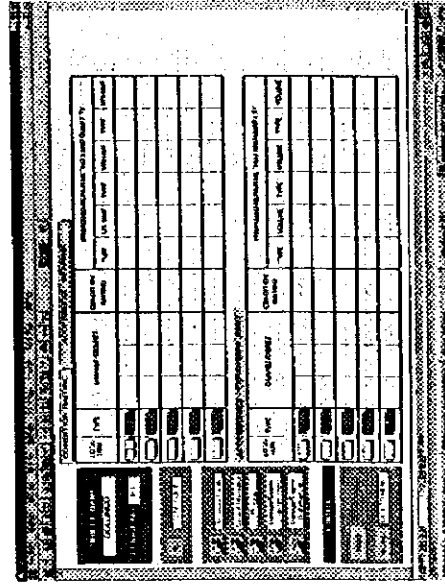
2. 構造情報



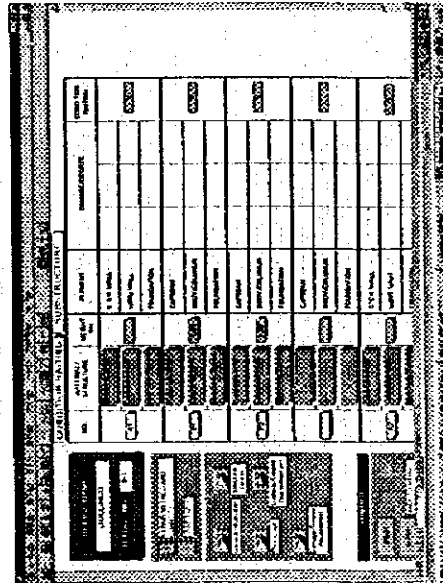
1. 橋梁一般情報



6. 損傷度判定(付属物)



5. 損傷度判定(下部工)



4. 損傷度判定(上部工)

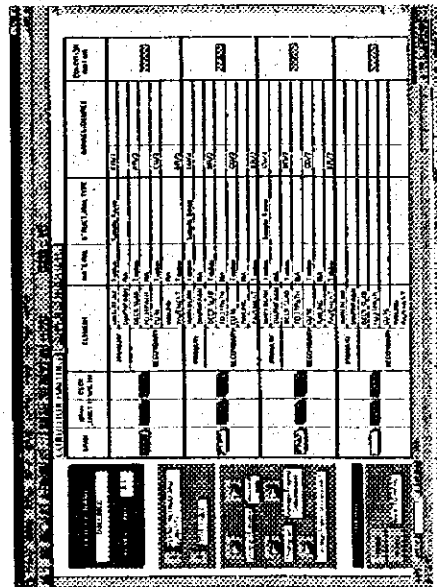
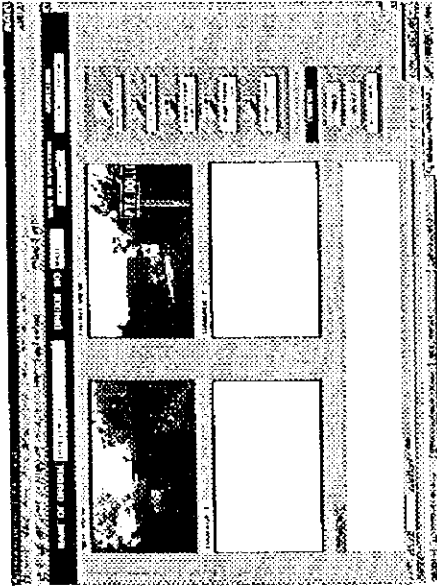
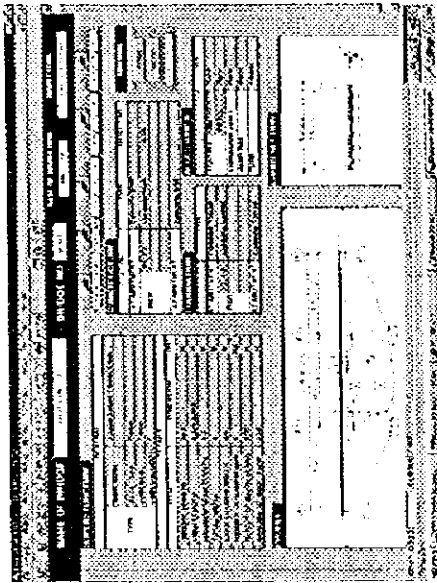


図-9 インベントリー・プログラム画面

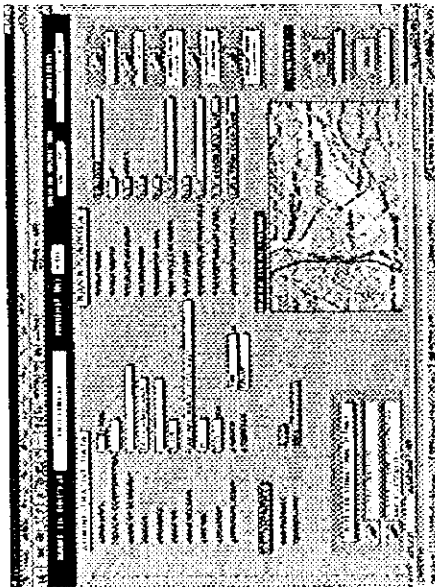
3. 現場写真



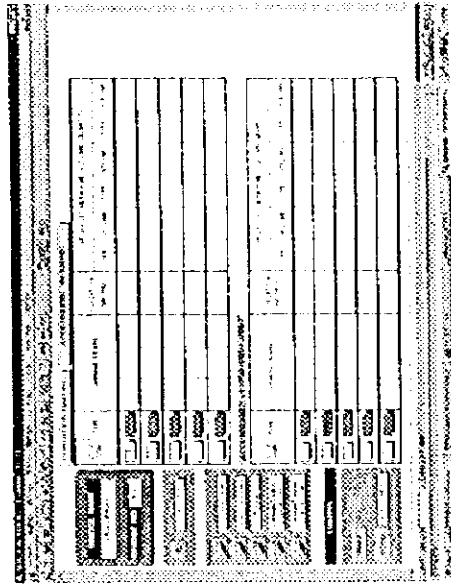
2. 構造情報



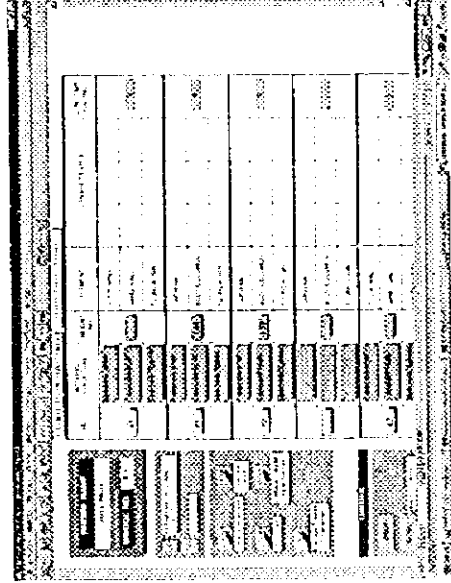
1. 橋梁一般情報



6. 損傷度判定(付属物)



5. 損傷度判定(下部工)



4. 損傷度判定(上部工)

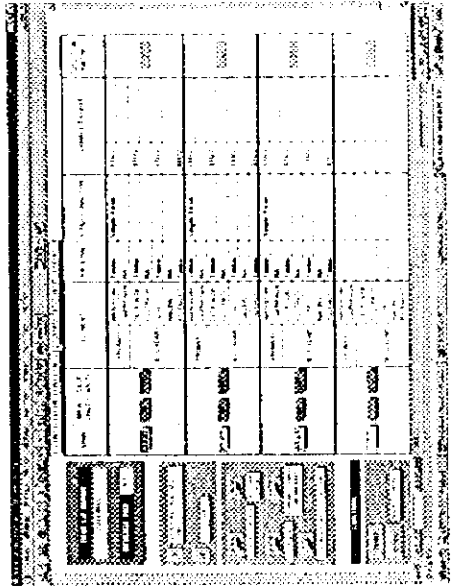


図-9 インベントリー・プログラム画面

1. 社会経済指標調査

橋梁の社会経済的必要性を測る指標として、人口、GDP（国内総生産）、自動車保有台数を調査し国、州、県、郡レベルで 2010 年までの伸びを推定した。人口と自動車保有台数は将来交通量予測に、GDP は改修優先度判定の社会指標の計算に使用した。

2. 交通調査

交通調査は、道路リンクを設定し、将来交通量（目標 2005 年）を予測する目的で実施された。将来交通量は橋梁改修優先度判定の経済指標算定に必要である。MOP は 2 年毎に全国交通センサスを行っており 1992 年と 1994 年版（最新）を入手した。交通量予測はこの交通センサスを基礎資料としたが、センサスデータの無い地点に対しては補足交通量調査を実施した。

(1) 道路リンクの設定

MOP の 1/25 万道路地図上に対象橋梁位置をプロットし、3.1.5 の定義に従い道路リンクを設定する。続いて、1994 年交通センサスデータ位置をプロットし、センサスデータの無い道路リンクを抽出した。図-10 に第 IX 州のモデル調査例を示す。

(2) 交通量予測

現在交通量（1996 年）

補足交通量調査結果と 1994 年交通センサスデータを 1996 年に換算した結果で構成する。年平均日交通量(AADT)は、交通センサスデータから得た季節変動率、12/24 時間換算率、1992-1994 年伸び率等を用いて計算した。

将来交通量（2005 年）

上述の現在 AADT（1996 年）に下記の式を適用して予測した。

$$\text{乗用車、トラック : AADT (2005 年)} = \text{AADT (1996 年)} \times \frac{\text{2005 年自動車保有台数}}{\text{1996 年自動車保有台数}}$$

$$\text{バス、タクシー : AADT (2005 年)} = \text{AADT (1996 年)} \times \frac{\text{2005 年人口}}{\text{1996 年人口}}$$

第 IX 州のモデル調査では、1996-2005 年の人口の伸びが予想されないので、バス/タクシーの 2005 年 AADT は 1996 年と同じ値とした。表-5 に調査結果の一部を示す。

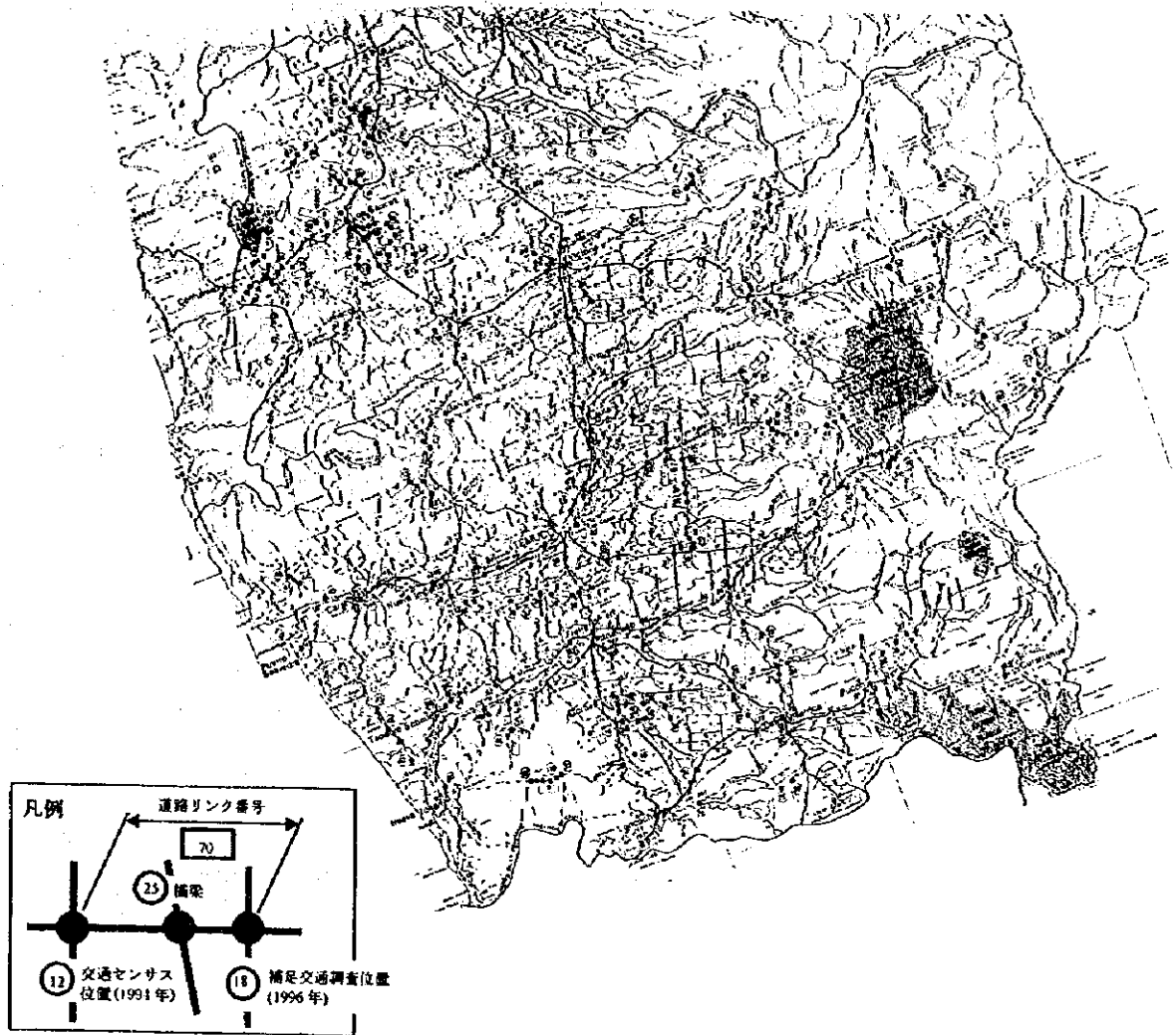


図-10 第IX州のモデル交通調査例

表-5 第IX州のモデル交通調査結果

車種：A=乗用車、B=トラック、C=バス/タクシー

道路 リンク 番号	橋梁 番号	自動車保有台数 (1996)			自動車保有台数 (2005)			自動車保有 台数の比 2005 / 1996	AADT (1996)			AADT (2005)		
		A	B	A+B	A	B	A+B		A	B	C	A	B	C
1	74	13	17	30	19	27	46	1.52	4	56	4	6	86	4
2	92	22	17	39	35	30	65	1.64	4	56	4	7	92	4
2	93	22	17	39	35	30	65	1.64				0	0	
3	86	51	39	90	79	69	148	1.64	4	56	4	7	92	4
4	98	43	33	76	67	58	125	1.64	217	2,181	238	356	3,575	238
5	67	56	43	100	88	76	164	1.64	4	34	5	7	57	5
5	68	56	43	100	88	76	164	1.64				0	0	
6	51	37	50	87	55	84	139	1.61	4	43	0	6	70	0
7	50	97	131	228	145	221	366	1.61	4	43	0	6	70	0

1. 改修方針

小規模で数多い地方橋梁に対する補強や架け替えなどの改修方法・規模の決定は、複雑な費用・便益分析に基づく一般的な手順を取ることはできないため、本調査では以下の改修方針に沿って簡潔な決定基準を提案した。

- ・ 多くの橋梁は老朽化しているため、幅員、耐荷力は今日の交通負荷に対して不十分である。したがって、老朽化した橋梁は補修するよりも新設橋に架け替える。
- ・ 木橋は耐用年数が短く頻繁な維持管理を必要とするため、現在の損傷程度にかかわらず今後約 10 年以内に永久橋（コンクリートまたは鋼橋）に架け替える。再び、木橋には架け替えない。
- ・ コンクリート及び鋼橋は、コスト節約のため、幅員・耐荷力が十分な橋梁は補修して再利用する。不十分な橋梁は拡幅・補強より架け替えを優先する。

2. 改修方法・規模の決定

上述の改修方針に基づく改修方法・規模の決定基準を表-6に示す。表中、交通量 500 台/日は MOP の地方橋梁に対する車線数（1車または2車線）選択の目安である。また、橋梁幅員 4.0 及び 7.0 m は1車および2車線の標準幅員である。荷重制限値 18.0 トンは設計自動車荷重の値を丸めたものである。

3. 概略改修コスト

改修方法・規模の決定に従い、改修コストは架け替えと補修に分けて積算した。積算の根拠となる単価はチリ国における 1996 年、1997 年のものである。

(1) 架け替えコスト

架け替えコストは橋梁、取り付け道路、護岸コストの合計で構成した。

橋梁コストは、橋梁面積 1.0 m² 当たりの平均建設単価を設定し、これに計画橋梁面積を乗じて求めた。建設単価はプレストレスコンクリート橋を想定し、MOP の 1997 年橋梁工事発注例を基に本調査の改修設計の架け替えコスト積算結果も考慮して設定した。計画橋梁面積は標準幅員（1車または2車線）に既存橋梁延長を掛けて求めた。

取り付け道路及び護岸コストは、兩岸にそれぞれ延長 50 m、1車および2車線の取り付け道路と長さ 50 m の護岸を想定し定額の建設コストを用意した。

設定した架け替えの建設単価を表-7に整理する。

(2) 補修コスト

補修コストは、補修方法毎に補修面積 1.0 m² 当たり単価とを設定し、この単価に損傷率と上・下部工それぞれの表面積を乗じて求めた。損傷率は上・下部工の全表面積に対する補修すべき損傷面積の割合と定義し、本調査の補修設計例から設定した。設定した補修単価の一部を表-8に示す。

表-6 改修方法・規模の決定基準

決定要因					改修方法・規模	
交通量 (台/日)	橋梁形式	橋梁損傷度	橋梁車道 幅 (m)	橋梁荷重制限 (ton)		
1~499	木橋	—	—	—	架け替え (1車線)	
	コンクリート /鋼橋	1と2	—	—		
		3と4	<4.0	—		<18.0
			≥4.0	—		≥18.0
		5	—	—		—
500以上	木橋	—	—	—	架け替え (2車線)	
	コンクリート /鋼橋	1と2	—	—		
		3と4	<7.0	—		<18.0
			≥7.0	—		≥18.0
		5	—	—		—

注釈：“—”は無条件を意味する。

表-7 架け替え建設単価

	1車線	2車線
橋梁コスト	512,000 ペソ/橋梁面積(m ²)	
取り付け道路コスト	39,000,000 ペソ/橋	45,800,000 ペソ/橋
護岸コスト	2,300,000 ペソ/橋	

表-8 補修単価

(ペソ/m²)

損傷の種類	上部工			下部工		
	コンクリート製	鋼製	木製	コンクリート製	鋼製	木製
破断、抜け落ち	12,400	31,600	25,800	8,800	26,500	18,000
腐食、劣化	9,900	13,600	25,800	9,300	12,400	18,000
ひび割れ	47,000	29,400	25,800	25,300	24,500	18,000
変形		552,600			473,800	
浸食、洗掘				40,000		
火災			25,800			18,000
傾き				現場状況による		
機能不良	現場状況による					
肌落ち	12,400			8,800		
沈下				現場状況による		
滑動				現場状況による		
割れ落ち	9,300			6,500		
表面風化	13,200			13,000		

1. 計画期間

計画期間は MOP の基本構想を基に 1998 年開始、2007 年終了の 10 年間とした。第 IX 州のモデル調査結果から全国 1000 橋の総改修コストは 134,000 百万ペソと推定できるが、これは MOP の財務状況、実施能力からみて 10 ヶ年計画で施工可能と判断した。

2. 改修優先度の判定方法

地方橋梁の改修優先度は、地方橋梁の立地する地勢、社会的特徴（表-9）が幹線道路上の橋梁とは異なるので、経済効率だけから判断することはできず社会的要因も考慮しなければならない。この考え方に立ち、地方橋梁改修に期待される9項目の社会経済的効果を挙げ、これに橋梁数の多さ、データ収集の難易、調査期間等の調査手法の制約を考慮した結果、9改修効果項目は経済、安全、社会の3指標に集約された。

改修効果	判定指標	定義
-所得増加効果 -生産性向上効果 -資源開発効果	経済指標	$= (\text{交通量} / \text{改修コスト}) \times \text{重み}$
-迂回時間節約効果 -渡河時間節約効果 -生命財産保全効果	安全指標	$= (\text{橋梁の損傷度}) \times \text{重み}$
-人口流出抑制効果 -所得格差是正効果 -社会孤立解消効果	社会指標	$= (\text{全国平均所得} / \text{地域平均所得}) \times \text{重み}$
優先度総合指標		$= \text{経済指標} + \text{安全指標} + \text{社会指標}$

3. 改修優先度判定と事業計画の手順

改修優先度の判定と事業計画は以下の手順で行った。

- (1) 橋梁毎に 3 指標を計算し、それぞれ独立に政策重みを付した後、合計指標値を求める。
- (2) 橋梁を道路リンク毎に分類し、各リンクに含まれる橋梁の指標値の内、最高値をそのリンクが代表する指標値とする。州単位でリンクの指標値(優先)順に並べた橋梁およびコストの一覧表を作成する。
- (3) 一覧表上で指標値が上位(優先度の高い)のリンクから、各計画年度の改修予定リンク(橋梁)を割り振る。割り振りは、各年度の事業量(コスト合計)がほぼ等しくなるように行う。

モデル調査による「第 IX 州の地方橋梁改修事業計画表」を表-10 に示す。表中、A 欄は各橋梁(Individual Bridge)の指標値(Priority Index)を、B 欄は道路リンク(Grouped Bridges)を代表する指標値を、C 欄は改修コスト(Rehabilitation Cost)を示す。

表-9 地方橋梁の地勢、社会的特徴

- 個々の橋梁延長が短い。(平均 24m)
- 橋梁数が多く広範囲に分布している。(全国に 1000 橋)
- 1 橋梁当たりの改修コストは小さい。(第 IX 州の平均 3800 万円/橋)
- 交通量は少なく域内交通が中心である。(第 IX 州の平均 200 台/日)
- 経済的に投資妥当な橋梁は少なく妥当でない橋梁が多く、両者は混在している。
- 地域の社会経済データが少ないので投資効果の判断が難しい。
- 学校、病院等に通じるため経済的より社会的に必要な橋梁が多い。

表-10 第 IX 州の地方橋梁改修事業計画表

Priority Order	Bridge Location				Priority Index		Existing Bridge Data				Bridge Rehabilitation Data			Rehabilitation			
	Link No.	Comana Name	Bridge No.	Bridge Name	Individual Bridge A	Grouped Bridge B	Bridge Type	Length (m)	Width (m)	Load Limit (t)	Damage Rank	Traffic (pcu)	Rehabilit. Method	Number of Lanes	Cost (million peso) C	Bridge No.	Link No.
1st Year: 1998																	
1	71	LONQUIMAY	IX-049	SIRECO	2.651	2.651	Timber	8.20	3.70	10	2	4660	Reconst.	2	87.6	IX-049	71
2	71	LONQUIMAY	IX-048	NANCUREO	2.438	2.651	Timber	10.00	3.00	6	2	4660	Reconst.	2	96.2	IX-048	71
3	70	LONQUIMAY	IX-094	LOLEN	1.000	1.000	Timber	67.00	2.60	4	2	4660	Reconst.	2	370.6	IX-094	70
4	4	ANGOL	IX-093	LEALTAD	0.994	0.994	Timber	63.70	3.50	10	2	9887	Reconst.	2	354.7	IX-093	4
5	51	TEODO SCHMIDT	IX-099	POCULON	0.942	0.942	Timber	31.00	1.85	0	1	958	Reconst.	2	197.3	IX-099	51
6	74	PUCON	IX-027	EL CRISTO	0.755	0.755	Timber	26.00	3.50	6	1	1504	Reconst.	2	173.2	IX-027	74
7	31	TRAIGUEN	IX-078	HUINILHUE	0.726	0.726	Timber	33.30	4.20	-	2	3336	Reconst.	2	208.4	IX-078	31
					Indicator over						Total Cost			1488.0 million peso			
2nd Year: 1999																	
8	77	CARAHUE	IX-040	SAN JUAN	0.714	0.714	Timber	31.60	4.00	10	2	1530	Reconst.	2	200.2	IX-040	77
9	77	CARAHUE	IX-041	LONCOMAYO	0.444	0.714	Timber	18.00	3.84	12	3	1530	Reconst.	2	134.7	IX-041	77
10	12	PUREN	IX-079	LA ISLA	0.707	0.707	Timber	36.70	3.50	1	1	303	Reconst.	1	154.0	IX-079	12
11	38	LAUTARO	IX-091	COLLIN	0.577	0.577	Timber	21.80	3.76	-	1	43	Reconst.	1	108.3	IX-091	38
12	66	LONQUIMAY	IX-085	HUILINCO	0.572	0.572	Timber	16.80	4.10	10	2	190	Reconst.	1	92.9	IX-085	66
13	66	LONQUIMAY	IX-033	KAELMA	0.569	0.569	Timber	17.90	3.70	10	2	190	Reconst.	1	96.3	IX-033	66
14	19	COLLIPULLI	IX-071	GALLIN	0.562	0.562	Timber	13.60	4.00	12	2	1126	Reconst.	2	113.6	IX-071	19
15	65	MELIPUCCO	IX-034	ALLIPEN	0.542	0.542	Timber	58.00	3.82	4	2	286	Reconst.	1	219.5	IX-034	65
16	52	TEODO SCHMIDT	IX-043	ALLIPEN	0.532	0.532	Timber	9.10	4.02	10	2	404	Reconst.	1	69.3	IX-043	52
17	33	NEUEA IMPERIAL	IX-013	HUAMAQUEI	0.526	0.526	Timber	19.10	4.00	8	2	628	Reconst.	2	140.0	IX-013	33
18	8	LOS SAUCES	IX-070	LA OBRA	0.500	0.500	Timber	10.40	3.40	5	2	641	Reconst.	2	98.2	IX-070	8
					Indicator over						Total Cost			1427.0 million peso			
3rd Year: 2000																	
19	34	NEUEA IMPERIAL	IX-012	HUECHUCCON	0.475	0.475	Timber	30.60	4.10	-	2	628	Reconst.	2	195.4	IX-012	34
21	63	VILLARRICA	IX-021	PEDREGOSO	0.458	0.458	Steel	38.00	3.55	12	2	1909	Reconst.	2	231.0	IX-021	63
22	22	VICTORIA	IX-063	MALLECO	0.458	0.458	Timber	32.20	3.70	4	1	131	Reconst.	1	140.2	IX-063	22
22	22	VICTORIA	IX-064	LOS SOLDADOS	0.001	0.458	Timber	33.50	3.80	8	2	130	Reconst.	1	144.2	IX-064	22
23	13	PUREN	IX-055	VILCO	0.451	0.451	Timber	8.30	3.90	10	2	594	Reconst.	2	88.0	IX-055	13
24	13	PUREN	IX-054	CHACRE	0.344	0.451	Timber	20.10	3.70	10	2	594	Reconst.	2	144.8	IX-054	13
25	13	PUREN	IX-053	SATO	-0.142	0.451	Timber	28.40	3.80	12	3	594	Reconst.	2	154.8	IX-053	13
26	13	PUREN	IX-052	PINGUITAQUE	-0.934	0.451	Timber	11.00	3.40	12	5	594	Reconst.	2	104.0	IX-052	13
27	14	PUREN	IX-100	LAS MINAS	0.442	0.442	Timber	12.50	3.70	10	2	251	Reconst.	1	79.7	IX-100	14
28	18	COLLIPULLI	IX-047	LAS TOSCAS	0.379	0.379	Timber	10.80	3.85	6	2	543	Reconst.	2	100.1	IX-047	18
					Indicator over						Total Cost			1499.2 million peso			
4th Year: 2001																	
29	35	LAUTARO	IX-001	NIBUNTO	0.377	0.377	Timber	24.80	3.60	8	2	1098	Reconst.	2	147.5	IX-001	35
30	35	LAUTARO	IX-002	MUCOBAJO	0.319	0.377	Timber	34.50	3.70	6	2	1098	Reconst.	2	214.1	IX-002	35
31	17	LOS SAUCES	IX-066	QUINQUEN	0.370	0.370	Timber	36.19	3.80	6	2	736	Reconst.	2	221.8	IX-066	17
32	69	LONQUIMAY	IX-097	PUNTA NEGRA 2	0.369	0.369	Timber	28.80	3.55	13	3	1516	Reconst.	2	186.7	IX-097	69
33	69	LONQUIMAY	IX-096	PUNTA NEGRA 1	0.529	0.369	Timber	28.60	3.50	13	5	1516	Reconst.	2	155.7	IX-096	69
34	63	VILLARRICA	IX-024	SALVA TU ALMA	0.360	0.360	Steel	40.70	3.77	15	2	1427	Reconst.	2	244.0	IX-024	63
35	9	LOS SAUCES	IX-069	MIRAFLORES	0.332	0.332	Timber	44.40	3.60	10	2	624	Reconst.	2	261.8	IX-069	9
					Indicator over						Total Cost			1481.6 million peso			
5th Year: 2002																	
36	16	LOS SAUCES	IX-095	REÑICO	0.332	0.332	Timber	20.70	3.40	8	2	251	Reconst.	1	104.9	IX-095	16
37	68	LONQUIMAY	IX-075	LOS SOLDADOS	0.309	0.309	Timber	10.00	3.35	8	3	639	Reconst.	2	96.2	IX-075	68
38	68	LONQUIMAY	IX-076	MIRAFLORES	-0.229	0.309	Timber	19.70	3.90	6	4	639	Reconst.	2	142.9	IX-076	68
39	7	LOS SAUCES	IX-050	HUADABA	0.307	0.307	Timber	19.90	3.60	10	2	181	Reconst.	1	102.4	IX-050	7
40	10	LOS SAUCES	IX-059	NAPAÑIR	0.291	0.291	Timber	11.10	3.10	8	2	103	Reconst.	1	75.4	IX-059	10
41	10	LOS SAUCES	IX-062	PELEHUITO	0.279	0.291	Timber	17.80	2.80	8	2	103	Reconst.	1	96.0	IX-062	10
42	10	LOS SAUCES	IX-061	CATALINA N°1	0.275	0.291	Timber	20.40	4.00	8	2	103	Reconst.	1	103.0	IX-061	10
43	47	FREIRE	IX-035	NEGRO	0.286	0.286	Steel	20.70	3.85	8	2	755	Reconst.	2	147.7	IX-035	47
44	11	LOS SAUCES	IX-060	CATALINA N°2	0.267	0.267	Timber	28.90	3.75	8	2	103	Reconst.	1	130.1	IX-060	11
45	11	LOS SAUCES	IX-058	REHUE	0.266	0.267	Timber	30.50	3.80	8	2	103	Reconst.	1	135.0	IX-058	11
46	20	COLLIPULLI	IX-072	MININCO	0.261	0.261	Timber	15.30	4.30	10	2	229	Reconst.	1	91.4	IX-072	20
47	40	VILLARRICA	IX-005	PEDREGOSO	0.252	0.252	Timber	16.50	3.20	-	2	293	Reconst.	1	92.0	IX-005	40
48	40	VILLARRICA	IX-006	CALBUCCO	-0.631	0.252	Timber	13.00	3.55	8	4	293	Reconst.	1	51.2	IX-006	40
49	49	VILLARRICA	IX-004	LLAMUCO	-0.668	0.252	Steel	22.00	4.00	12	4	293	Reconst.	1	108.9	IX-004	49
					Indicator over						Total Cost			1508.1 million peso			

4. 投資妥当性の評価

第 IX 州の 10 ヶ年整備計画 110 橋の総コストは 13,400 百万ペソである。この総コストについて内部経済収益率 (EIRR) による投資妥当性の評価方法を検討したが、便益の算定方法に以下の問題があるので信頼できる EIRR の算定は困難であることが分かった。

- 走行時間・走行コスト節約便益の算定に必要な迂回路のルート、距離、道路状況を把握することができない。地方橋梁は数が多く規模が小さいので、費用対効果の面から本調査は橋梁だけを対象とし道路は対象としていない。迂回路を無視し橋梁上の走行時間・走行コスト節約だけを計測しても、橋梁延長(第 IX 州は 110 橋合計で約 2.64km)が短いので算定される便益は僅かである。加えて、地方交通は交通量が少なく節約時間の生産性も高くない。
- 既存の木橋をコンクリート橋(永久橋)に架け替える場合、木橋維持コスト不要による資本コストの節約便益が発生する。架け替えない場合は、現在と同じ木橋を 10 年毎に改築すると想定する。しかし、この便益は木橋コストを高く見積もるほど大きくなるので、EIRR は大きく変動する。

以上のように地方橋梁改修投資の妥当性を経済的に評価することは難しいが、定性的には道路の一部が改良されるので「2. 改修優先度の判定方法」で述べた9項目の社会経済効果が期待される。これらの効果はチリ政府の政策目標である貧困解消と地域所得格差是正に沿うものである。すなわち、道路は住民の基本的公共施設であり、特に橋梁は道路の要所に位置するため、もし、通行が阻害されると地域の経済活動や住民生活を支障する。このような社会政策的見地から、MOPはこれまで老朽化して危険になった木橋を約5～10年周期で改築してきた。ところが、近年、木橋コストの上昇と車両大型化による機能不足が同時に顕在化したため、すべての木橋を永久橋(コンクリート橋)に架け替える方針を決めた。この決定は、将来の維持管理の面から木橋よりコンクリート橋が技術的にも経済的にも有利であるという判断に基づいている。

4. 橋梁点検調査及び改修設計例

1. 調査の概要

橋梁点検調査及び改修設計例は、MOP の橋梁維持管理担当者が必要とする橋梁点検及び改修技術を実例で示すために用意された。また、当調査を通じて得られた技術情報は、同じく本調査の課題である橋梁点検・補修マニュアルや橋梁改修事業計画に反映した。以下の調査を実施した。

- ・ 橋梁点検調査
- ・ 地形及び地質調査(架け替え設計のため)
- ・ 損傷調査(補修設計のため)
- ・ 改修設計及びコスト積算
- ・ 橋梁周辺環境調査

2. 調査の方法

橋梁の一般情報収集と現状（健全度）把握のため、橋梁点検調査を行った。この点検調査を通じて、橋梁毎に改修基本方針(架け替えまたは補修)を決定した。その後、架け替え方針の橋梁に対しては地形及び地質ボーリング調査を、補修方針の橋梁に対しては詳細な損傷調査を行った。続いて、これらの調査結果をまとめ、改修設計及びコスト積算例を作成した。橋梁調査と平行して、橋梁改修が周辺環境に及ぼす影響を調査した。図-11 に調査の方法を示す。

3. 対象20橋梁の選定

改修設計例の対象20橋梁は下記の観点から選定された。

- ・ 種々の橋梁形式と改修方法を示す。
- ・ 種々の地形、地質条件の橋梁を選ぶ。
- ・ 緊急に改修の必要な橋梁を選ぶ。

実際にはチリの一般的な橋梁形式である単純支持の木桁、コンクリート桁及び鋼桁が選ばれ、連続支持桁、吊り橋、アーチ等の特殊形式は除外した。表-11に選定橋梁一覧を示す。

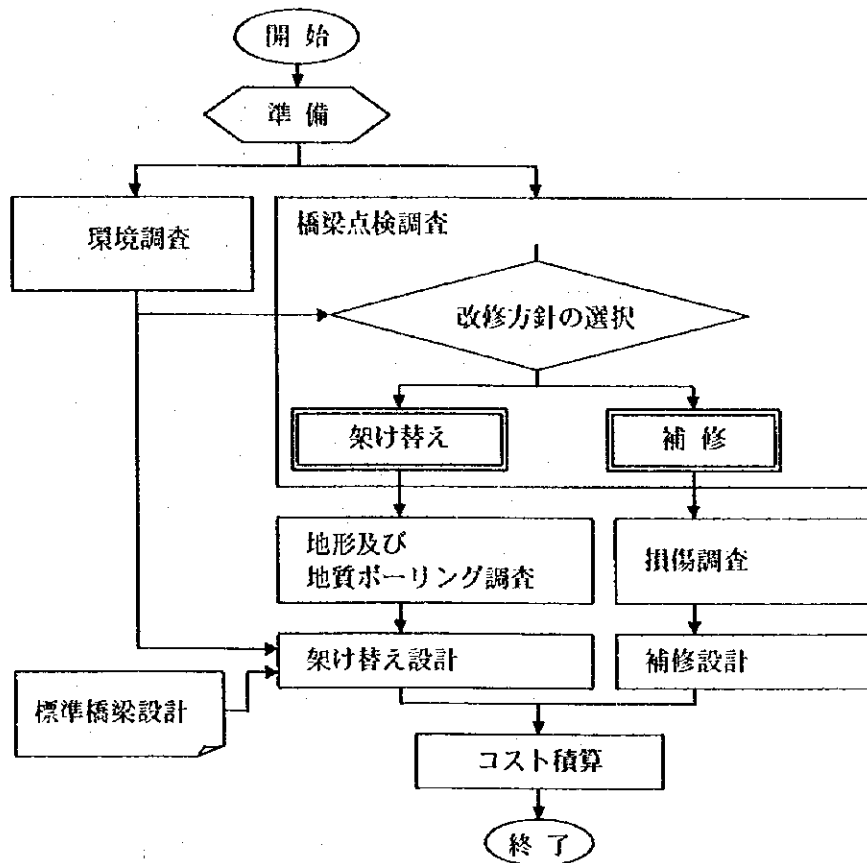


図-11 改修設計調査の方法

表-11 改修設計例対象 20 橋梁

No.	橋梁名	州	橋梁形式	橋長 (m)	No.	橋梁名	州	橋梁形式	橋長 (m)
1	Confluencia	IV	ST	113.10	11	El Indio	IX	ST	21.10
2	David Garcia	V	RC	93.05	12	Quillen	IX	TM	25.90
3	Granallas	V	ST	49.85	13	Poculon	IX	TM	31.00
4	Ventanas	V	RC	30.00	14	Malleco	IX	TM	92.00
5	San Jose	RM	RC	16.10	15	Miraflores	IX	TM	44.40
6	Puangue	RM	RC	105.10	16	San Juan	IX	TM	31.60
7	San Jose de Marchiue	VI	ST	120.00	17	Medina	IX	ST	170.00
8	Antivero No. 2	VI	RC	102.90	18	Cautin	IX	ST	39.40
9	Los Cardos	VI	ST	73.55	19	Salva Tu Alma	IX	ST	40.70
10	Cautin	IX	RC	140.00	20	Quinchilca	X	RC	140.00

注釈: RM=首都圏州
 RC=鉄筋コンクリート桁橋
 ST=鋼桁橋
 TM=木桁橋

1. 橋梁点検調査

(1) 共同調査

MOP と調査団は、調査橋梁に対する現状認識を共有するため、最初に共同で点検調査を実施した。調査は、橋梁損傷の目視調査だけでなく、建設年、補修暦、設計荷重、洪水位、交通状況等の目視調査では得られない情報については MOP 地方担当者と住民から聞き取り調査を行った。また、橋梁の架け替え基本計画（位置、方向等）とそれに基づく地形・地質ボーリング調査位置は、この共同調査の中で MOP と協議の上、決定した。

(2) 損傷調査

橋梁の損傷調査は、安全な接近が可能な範囲で、スパン毎に近距離から目視により行った。調査された主な損傷・欠陥は写真撮影し、I(危険)から V(健全)の損傷ランクで評価した。II または III の評価が最も多かった。点検調査結果と損傷例を図-12 及び表-12 に示す。

2. 改修方法

(1) 改修方針

改修方法（補修か架け替えか）の判断は、点検調査に基づく技術判断だけでなく、MOP の意見・方針も重要な判断材料であった。地方橋梁の改修に対する MOP の方針は下記の通りである。

多くの地方橋梁は既に老朽化しているんで、幅員、耐荷力ともに現在の交通に対して不十分である。このように高齢化した橋梁は補修・補強より架け替える方針である。

- ・ 木橋は耐用年数が短く頻繁な維持管理を必要とするため、すべて永久橋（コンクリートまたは鋼橋）に架け替える。
- ・ コンクリート及び鋼橋は、コスト節約のため、幅員・耐荷力が十分な橋梁は補修して再利用する。不十分な橋梁は拡幅・補強は行わず現在の設計基準に基づき架け替える。

(2) 改修方法の選定

改修方法を点検調査の結果と MOP の方針から検討した結果、8 橋梁を架け替え設計例、12 橋梁を補修設計例とした。

改修方法として架け替えを選んだ技術及び社会的理由を David Garcia 橋を例に表-13 に示す。

補修は高齢化した橋梁を架け替えるまで維持することを主目的とするので、小規模な補修方法を中心に選定した。従って、作成した補修設計は耐荷力を検証できない。

CONFLUENCIA

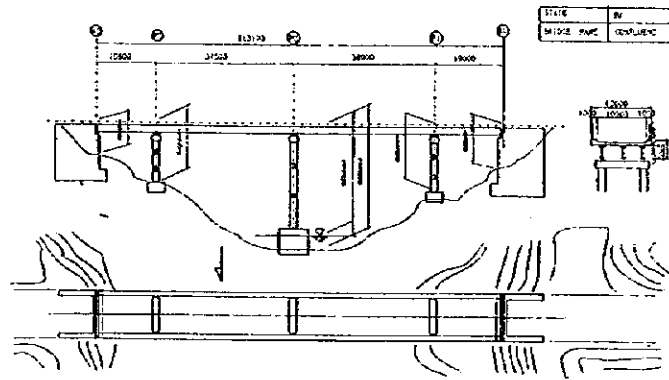
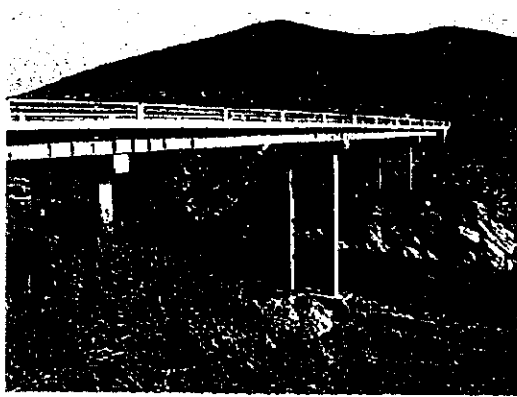


図-12 点検調査橋梁の一般図

表-12 損傷調査結果

Bridge Component	Location of Damage	Damage	Evaluation of Damage	Damage Rank	Picture																																				
Slab	<p>Cracking</p> <p>Efflorescence</p> <p>X: one direction 0.3mm<Y<0.2mm Z: less 50cm</p>	Cracking	<table border="1"> <tr><th>X</th><th>Y</th><th>Z</th><th>All member</th></tr> <tr><td>Large</td><td>Large</td><td>Large</td><td>III</td></tr> <tr><td>Large</td><td>Small</td><td>Large</td><td>III</td></tr> <tr><td>Large</td><td>Medium</td><td>Large</td><td>III</td></tr> <tr><td>Small</td><td>Small</td><td>Small</td><td>IV</td></tr> <tr><td>Large</td><td>Large</td><td>Small</td><td>III</td></tr> <tr><td>Large</td><td>Small</td><td>Small</td><td>III</td></tr> <tr><td>Small</td><td>Medium</td><td>Small</td><td>IV</td></tr> <tr><td>Small</td><td>Small</td><td>Small</td><td>IV</td></tr> </table> <p>Damage was observed, but rehabilitation is not needed. Follow-up inspection must be executed.</p>	X	Y	Z	All member	Large	Large	Large	III	Large	Small	Large	III	Large	Medium	Large	III	Small	Small	Small	IV	Large	Large	Small	III	Large	Small	Small	III	Small	Medium	Small	IV	Small	Small	Small	IV	III	Slab-4
		X	Y	Z	All member																																				
Large	Large	Large	III																																						
Large	Small	Large	III																																						
Large	Medium	Large	III																																						
Small	Small	Small	IV																																						
Large	Large	Small	III																																						
Large	Small	Small	III																																						
Small	Medium	Small	IV																																						
Small	Small	Small	IV																																						
Efflorescence	<table border="1"> <tr><th>Z</th><th>Main Member</th><th>Secondary Member</th></tr> <tr><td>Large</td><td>III</td><td>II</td></tr> <tr><td>Small</td><td>III</td><td>IV</td></tr> </table> <p>Degree of damage was large so that rehabilitation must be needed.</p>	Z	Main Member	Secondary Member	Large	III	II	Small	III	IV	II	Slab-1																													
Z	Main Member	Secondary Member																																							
Large	III	II																																							
Small	III	IV																																							
A1 Abutment	<p>Efflorescence is all over the surface.</p> <p>Scuffing/Spalling</p> <p>Y: no exposed reinforcement bar Z: less 1.0m²</p>	Scuffing/Spalling	<table border="1"> <tr><th>Y</th><th>Z</th><th>Main Member</th><th>Secondary Member</th></tr> <tr><td>Large</td><td>Large</td><td>III</td><td>II</td></tr> <tr><td>Large</td><td>Small</td><td>III</td><td>IV</td></tr> <tr><td>Small</td><td>Small</td><td>III</td><td>IV</td></tr> </table> <p>Damage was observed, the degree must be recorded. Efflorescence</p>	Y	Z	Main Member	Secondary Member	Large	Large	III	II	Large	Small	III	IV	Small	Small	III	IV	IV	Slab-1																				
Y	Z	Main Member	Secondary Member																																						
Large	Large	III	II																																						
Large	Small	III	IV																																						
Small	Small	III	IV																																						
Efflorescence	<table border="1"> <tr><th>Z</th><th>Main Member</th><th>Secondary Member</th></tr> <tr><td>Large</td><td>III</td><td>II</td></tr> <tr><td>Small</td><td>III</td><td>IV</td></tr> </table> <p>Degree of damage is large, so that rehabilitation must be needed.</p>	Z	Main Member	Secondary Member	Large	III	II	Small	III	IV	II																														
Z	Main Member	Secondary Member																																							
Large	III	II																																							
Small	III	IV																																							

3. 地形及び地質ボーリング調査

8ヶ所の架け替え予定の橋梁サイトでは地形及び地質ボーリング調査を行い、新設橋梁の設計に必要な地形図を作成した。調査位置、範囲は図-13に従った。8ヶ所全体で14.4 haの地形測量と135 m（細粒土層44 m、砂礫層91 m）の地質ボーリング調査を行った。

4. 損傷調査

点検調査で観測された代表的な損傷（表-14）に対して、補修設計のための詳細調査を行った。調査では非破壊試験も一部、試みた。

表-14 代表的な損傷の種類

材 質	コンクリート	鋼	木
損傷の種類	ひび割れ 剥離 肌落ち 豆板 遊離石灰 擦り減り 破損	塗膜劣化 錆 ゆるみ 脱落 変形 亀裂	腐食 ひび割れ たるみ ゆるみ

外から見えない橋梁部材内部を探るために、下記の非破壊試験を試みた。

表-15 非破壊試験

材質	試験の種類	試験の目的
コンクリート	シュミット・ハンマー (NR-4)	コンクリート強度
	パコ・メーター (3次元タイプ)	鉄筋径と位置
	フェノールフタレイン溶液	コンクリートの中性化度
鋼	超音波厚さ計	鋼板の厚さ
	浸透染料液	鋼板のひび割れ探査

損傷調査の結果を下記にまとめる。

(1) コンクリート部材

ひび割れ、剥離、遊離石灰、豆板等のコンクリートの品質が原因と考えられる損傷が、数多く観測された。しかし、フェノールフタレイン溶液試験によるとコンクリートの中性化は少なかった。

(2) 鋼部材

錆発生と塗膜劣化が圧倒的に多かった。しかし、鋼部材の断面欠損までには至っておらず、構造耐力の低下はなかった。

(3) 木部材

損傷の大半は腐食であり、昆虫・菌類よりも老朽が原因と考えられる。

表-13 架け替えの決定理由

David Garcia 橋

技術上の理由	社会的理由
<ol style="list-style-type: none"> 1. 1930年代の建設で、老朽化が著しい。 2. フェノールフタレイン溶液試験によるとコンクリートの中酸化が進んでおり内部の鉄筋は腐食していると思われる。 3. 重量車両の通過時、大きい振動がある。基礎が原因と思われる。 4. コンクリート床版下面に見られる遊離石灰の痕跡から床版のひび割れは貫通している。 5. 橋台の桁座に1cm幅のひび割れがある。 6. コンクリート桁の一部が黒く変色している。火災が原因と思われる。 7. 橋脚コンクリートの一部が剥離し、鉄筋が露出、腐食している。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 人口 55,000 人の Los Andes 市に隣接する。 2. Los Andes と San Felipe 及び Santa Maria を結ぶ地方幹線道路 E-85 号線上に位置する。 3. 交通量 (約 6,000 台/日) に対して車道幅員 (6.0m) が不足である。
<p>結論</p> <p>本橋は老齢化と劣化に加えて洗掘により基礎の安定が損なわれている。また、車道幅不足のため拡幅しなければならない。従って、拡幅、補強は困難と判断し、架け替えを提案する。</p>	

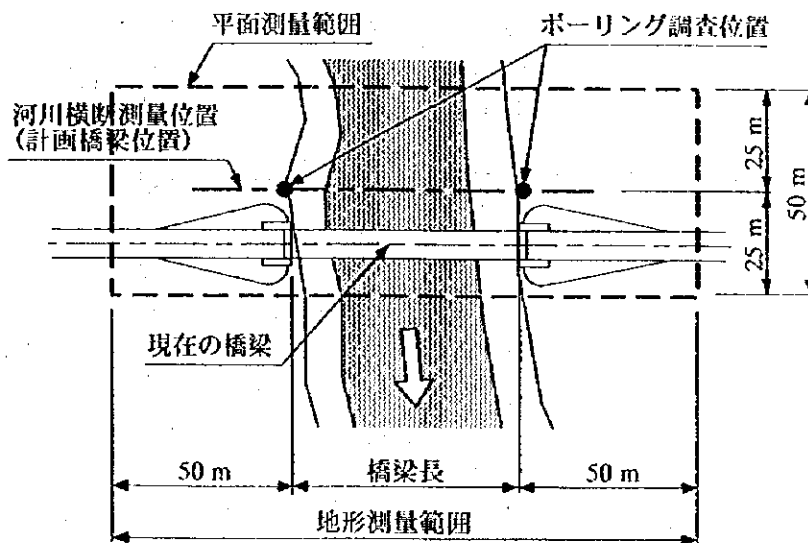


図-13 地形及び地質ボーリング調査位置・範囲

1. 架け替え設計

(1) 設計方法

現地調査によって得られた地形図と地質データを基に、架け替え橋梁が具備すべき機能と周辺環境に配慮して、橋梁の形式、位置、大きさを計画した。概略の架け替え橋梁位置と方向については現地共同調査の時、MOP と既に確認済みである。この橋梁計画に基づき、本調査で開発した標準橋梁 CADD(コンピューター支援設計製図)プログラムを使用して、8 橋梁の架け替え設計図を作成した。

(2) 設計条件

適用した主要設計条件は下記の通り。

- ・ 構造設計方法：許容応力度法 (CADDプログラム使用)
- ・ 設計基準： AASHTO(1992)
- ・ 設計自動車荷重：HS20-44荷重
- ・ 地震荷重： 設計加速度係数 $A = 0.15$ (B分類、1次応答スペクトル法)

(3) 橋梁設計

架け替え橋梁は下記の技術判断に基づいて設計した。

- ・ スパン長は、桁構造の経済的スパン長と言われる20～30 mの範囲から決定した。
- ・ 架け替え橋梁を既存橋梁に近接して建設する場合、河川の流れに与える影響を軽減するため、架け替え橋梁の橋脚は既存橋梁の橋脚の流れの延長線上に配置した。
- ・ チリの建設事情から判断して、橋梁形式は一般的なPC(プレストレスコンクリート)桁を採用した。ただし、スパン長が30 mを越す場合や地形が険しい場合は、PC桁に比してコスト高ではあるが架設工事の容易さを重視し鋼桁を採用した。
- ・ 木、ゴミ等の流下を考慮し、橋桁の位置は洪水時水位に1.0 mの余裕高を加えた高さ以上とした。
- ・ 洗掘に備えて、基礎は河床よりフーティング上面まで最低 2.0 m下げた。

架け替え橋梁の設計の要点を表-16にまとめた。設計した橋梁一般図の一例を図-14に示す。

2. 補修設計

(1) 補修方法の選定

調査された損傷データに基づき、MOP に実績のある一般的な補修方法(表-17 参照)を中心に設計した。補修方法の選定を容易にするため、主要な損傷に対して損傷種類と補修方法の関係図を作成した。一例として、ひび割れの補修方法関係図を図-15に示す。

木橋の補修については、主な方法が損傷した木材の取り替えであることから、特に補修図作成の必要はなかった。

(2) 補修設計

補修橋梁の設計の要点を表-18 にまとめた。図-16 は補修設計図の例を示す。図中、それぞれの補修対象損傷に対して下記の設計データを表示した。

- ①損傷位置、②損傷の種類、③補修方法、④補修材料、⑤補修数量

補修方法の詳細は橋梁マニュアル (Vol. 6/8)、第 III 編を参照。

表-16 架け替え橋梁の設計

No.	橋梁名	設計橋梁形式	スパン/橋梁長	設計幅員(車道/歩道)	架橋位置
2	David Garcia	ポストテンション PC 桁	4 @ 26 = 104 m	10 + 2 @ 1.5 = 13.0 m	同位置
3	Granallas	ポストテンション PC 桁	2 @ 28 = 56 m	7 + 2 @ 1.2 = 9.4 m	同位置
5	San Jose	ポストテンション PC 桁	3 @ 28 = 84 m	10 + 2 @ 1.0 = 12.0 m	下流側
6	Puangue	ポストテンション PC 桁	4 @ 30 = 120 m	10 + 2 @ 1.2 = 12.4 m	上流側
7	San Jose de Marchiue	ポストテンション PC 桁	6 @ 27 = 162 m	7 + 2 @ 1.0 = 9.0 m	上流側
8	Antivero No. 2	ポストテンション PC 桁	4 @ 29 = 116 m	9 + 2 @ 1.2 = 11.4 m	同位置
13	Poculon	プレテンション PC 桁	2 @ 20 = 40 m	7 + 2 @ 1.0 = 9.0 m	下流側
16	San Juan	鋼 桁	1 @ 34 = 34 m	8 + 2 @ 1.2 = 10.4 m	同位置

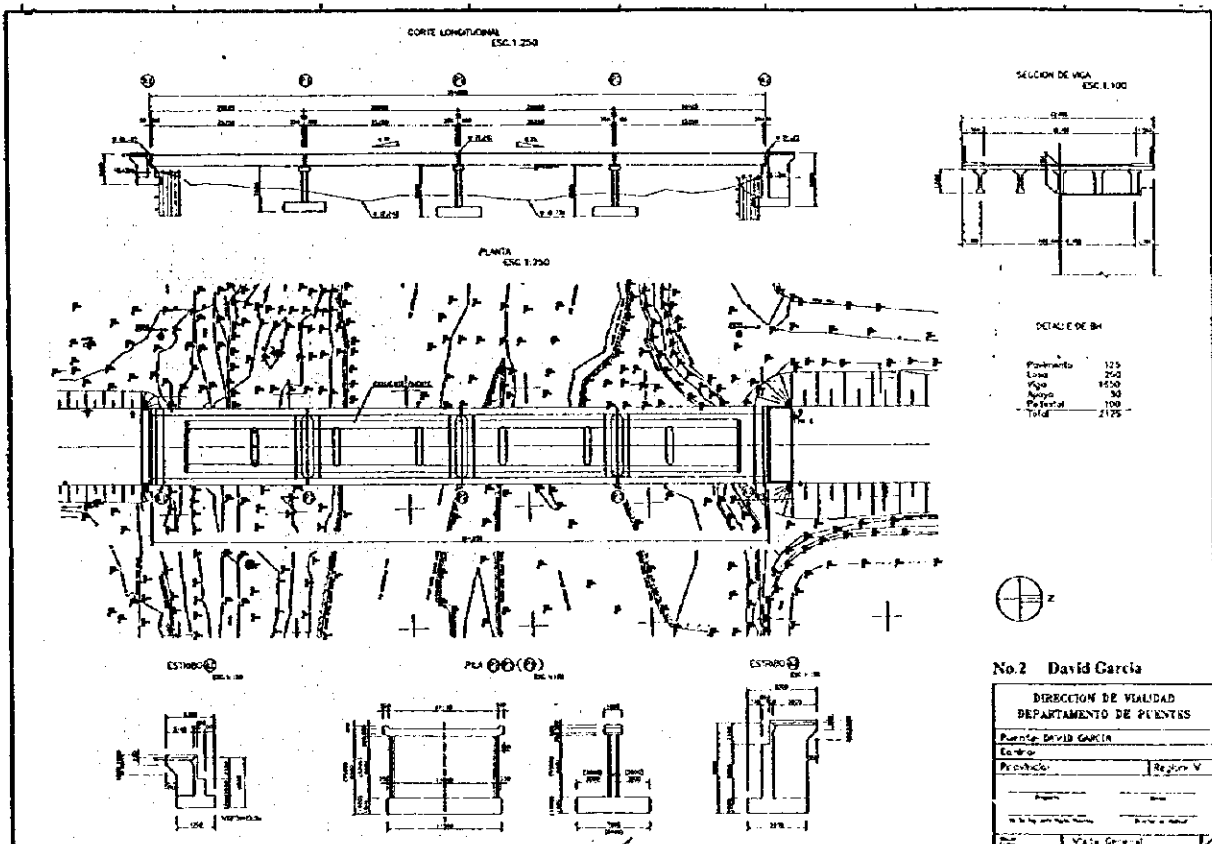


図-14 架け替え橋梁設計の一般図

表-17 一般的な損傷補修方法

材質	補修方法
コンクリート	注入、隙間充填、研磨、被膜、再舗装、プレパック、ドライパック、モルタル吹き付け、パッチング、オーバーレイ、取り替え
鋼	再塗装

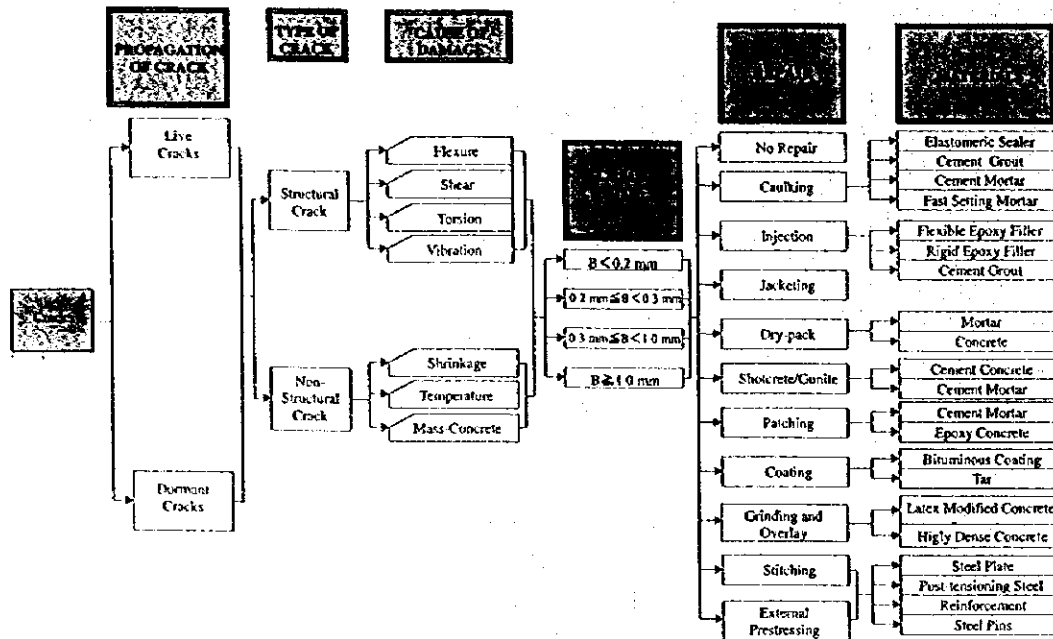


図-15 損傷種類と補修方法の関係図（ひび割れの例）

表-17 一般的な損傷補修方法

材質	補修方法
コンクリート	注入、隙間充填、研磨、被膜、再舗装、プレバック、ドライバック、モルタル吹き付け、パッチング、オーバーレイ、取り替え
鋼	再塗装

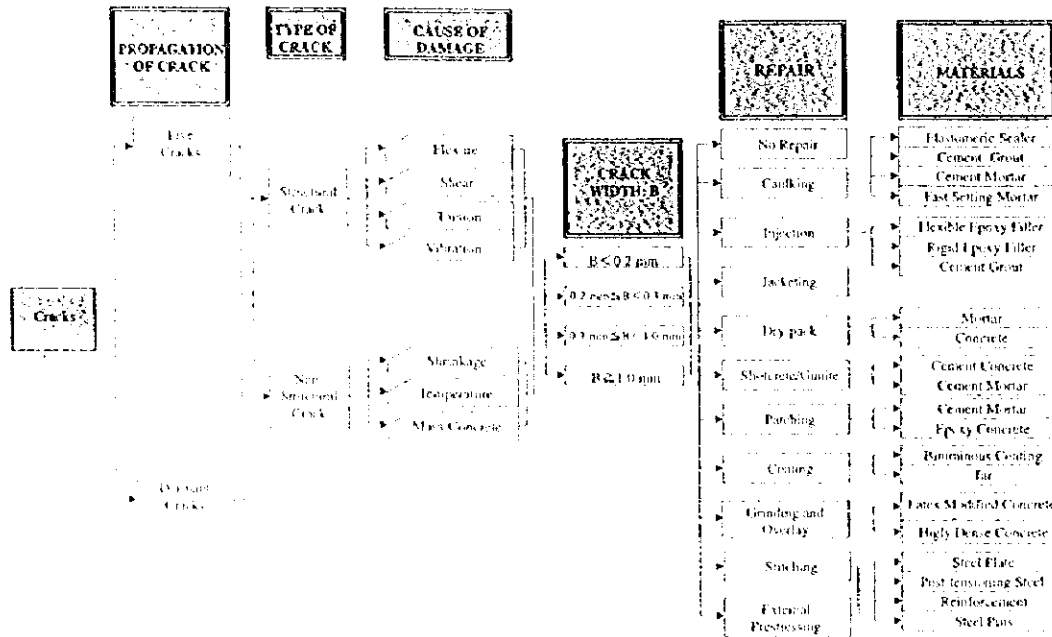


図-15 損傷種類と補修方法の関係図（ひび割れの例）

表-18 補修橋梁の設計

No.	橋梁名	橋梁形式	橋梁長 (m)	主な補修対象
1	Confluencia	鋼桁	113.10	コンクリート部材の補修、鋼桁の再塗装
2	David Garcia	コンクリート桁	93.05	コンクリート部材の補修
3	Granallas	鋼桁	49.85	コンクリート部材の補修、鋼桁の再塗装
4	Ventanas	コンクリート桁	30.00	コンクリート部材の補修、伸縮継手の取り替え
10	Cautin	コンクリート桁	140.00	コンクリート部材の補修
11	El Indio	鋼桁	21.10	コンクリート部材の補修
14	Malleco	木桁	92.00	コンクリート部材の補修(橋台だけ)
17	Medina	鋼桁	170.00	コンクリート部材の補修(橋台だけ)、鋼桁の再塗装
18	Cautin (88)	鋼桁	39.40	コンクリート部材の補修(橋台だけ)、鋼桁の再塗装
19	Salva Tu Alma	鋼桁	40.70	コンクリート部材の補修(橋台だけ)、鋼桁及び橋脚柱の再塗装
20	Quinchilca	コンクリート桁	140.00	コンクリート部材の補修

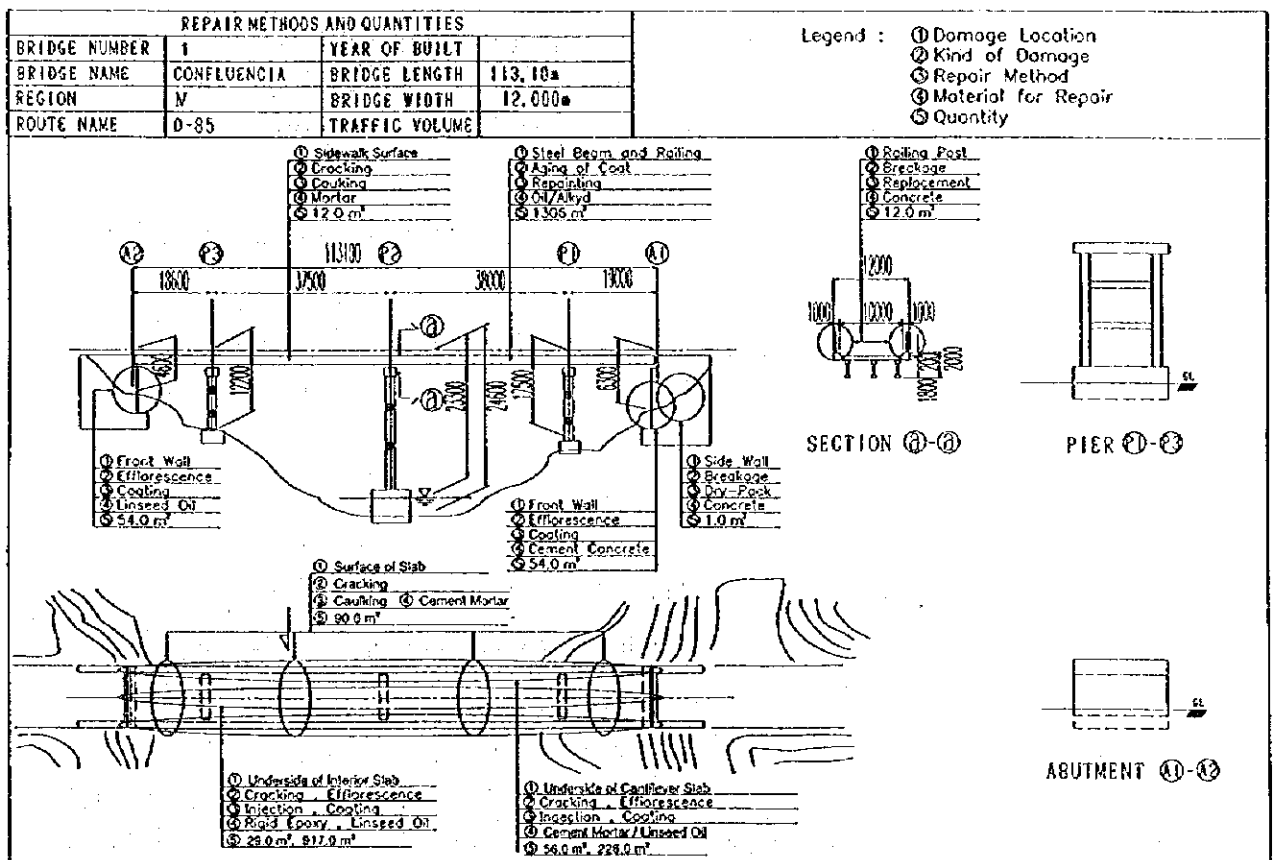


図-16 補修設計図

1. 環境調査の目的

チリ国は1994年3月の環境基本法に始まり、環境関連法の整備を経て、1997年4月には環境影響評価基準法を成立させた。橋梁建設については道路の一部として自然環境や土地利用への影響があるので、MOPは環境影響評価を義務づける方向で検討している。

本環境調査は、環境の現状と事業行為の把握、事業実施に対する初期環境調査(IEE)と初期環境影響評価(Pre-EIA)までを対象とした。地方橋梁改修に伴う環境影響調査の必要性と方法についてMOP環境部と意見交換を行い、結果としてJICA環境ガイドラインを基に標準化した調査手順とフォームを提案した。

2. 環境調査手順と標準フォーム

地方橋梁の立地環境、建設事業行為、さらに事業行為実施に伴う環境問題の多くは共通している。したがって、20橋梁の環境調査は共通の調査フォームを使用して実施した。標準フォームの環境調査項目は、この現地調査によるスコーピング・スクリーニングを経て選定された。調査手順を図-17に、調査フォーム1~4の記入例(David Garcia橋)を表-19に示す。

3. 評価方法

フォーム3のIEE評価欄には負の影響があるものはYes、無いものはNoと記入する。一時的や軽微な影響はTemporarilyまたはSlightlyと記入する。Yesの評価項目がある場合やTemporarily/Slightlyが多い場合は、Pre-EIA評価に進み摘要欄に因果関係を記述する。

フォーム3のPre-EIA評価欄を記入した場合は、フォーム4のPre-EIAマトリックス評価も合わせて行う。マトリックス評価では、建設前、建設中、建設後の各段階の事業行為項目に対して下記の影響評価記号を記入する。

- P: 顕著な負の影響の発生する可能性が認められるが、解決策は既に判明している。
- A: 負の影響の発生する顕著な可能性が認められるが、影響を予測するのに十分な情報が得られない。
- X: 残留する顕著な負の影響が認められる。
- E: 顕著な環境の向上が認められる。

4. 20橋梁の環境調査結果

20橋の多くは居住地から隔たり、環境に影響を与える事業行為自体は小さく一時的なものである。また、周辺部にも歴史遺産、文化施設等は存在しない。いずれの現場も生態は一般的な河川であり、懸念される貴重な動植物の存在は報告されていない。

調査橋梁中12橋は、事業行為が補修にとどまるため、社会経済、自然環境、公害のいずれの調査項目についても負の影響は無視できると評価された。

架け替え対象の 8 橋は、幾つかの事業行為については架け替え工事に伴い多少の負の影響が想定された。これらには架け替え位置が民有地の場合の土地収容や移転、また工事中の迂回交通の混雑が想定される。

自然環境では土壌の浸食、水質、魚類について工事中に一時的な影響がある。一方、乾燥する夏期の土工事では土埃の舞い上がりによる大気汚染が想定される。牧場が近い場合には、建設機械による一時的な騒音の発生による影響もある。しかしながら、これらの橋梁架替地点は河川敷内に位置し、地区住民の居住地や牧場から十分離れた距離にあることから公害としての影響は小さい。

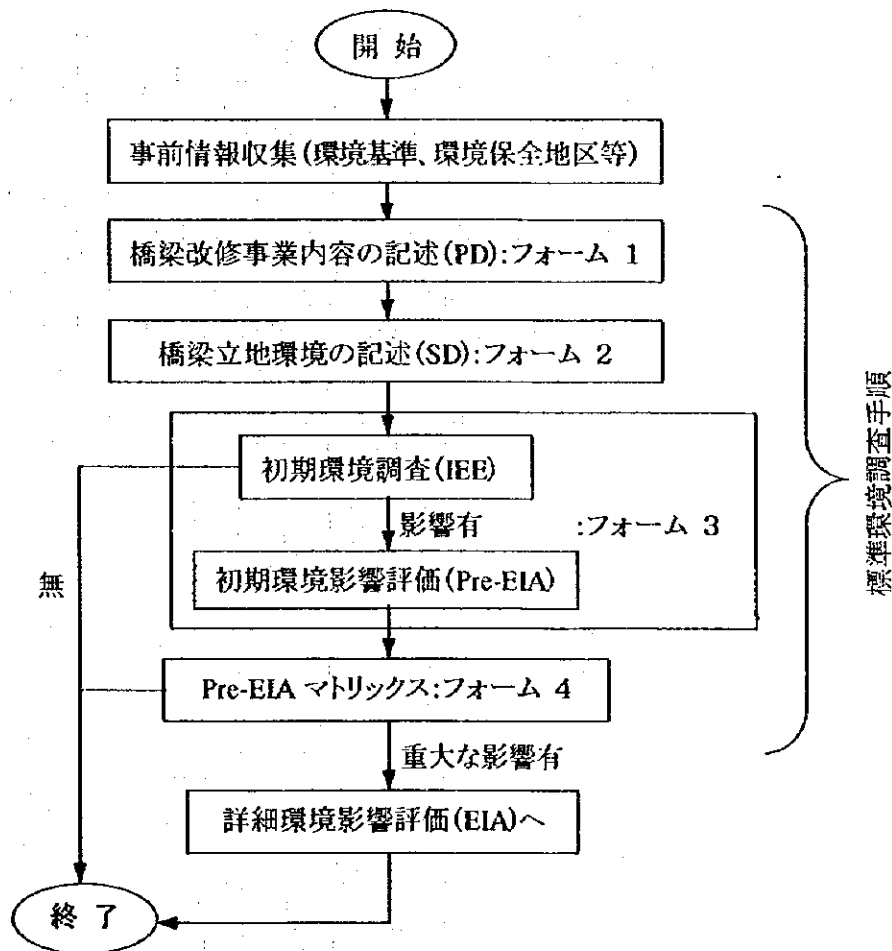


図-17 標準環境調査手順

表-19 環境標準調査フォーム
フォーム 2 : 橋梁立地環境の記述 (SD)

Item	Description
Background	The bridge was built in 1930's and deteriorated condition. Bridge length is not enough width of river flow. Many damages on railing portions and expansion joints are recognized. Increase of traffic volume will be highly required on the load capacity of the bridge. Narrow width for pedestrian sidewalks of the bridge. Problems of traffic accidents on pedestrian crossing on the bridge. Replacement of the bridge due to strengthen of deteriorated existing structure condition and increasing of traffic volume. Widen of carriage way and sidewalk. Safeguard and security for pedestrian path on the bridge
Objectives	
Executing Agency	Ministry of Public Works (MOP)
Beneficiaries	Maintain of smooth and safety in increased traffic volume. Safety pedestrian crossing on the bridge sidewalks if enough width of side walks.
Project Components	
Existing bridge structure	Slab(Conc.), Beam(conc.), Abutment(Conc.), Pier(Conc.), Foundation(Conc.) Length(93.5m), Width(8.3m) Carriage way width (6.0m), Side walk width (1.15m)
Other specific features	
Project Type	(X) Replacement, () Repair
Road Type	(X) Urban / () Rural area, (X) Plain area / () Mountain area (X) Paved / () Unpaved
Existing traffic volume	Year 1996/7(Thu.), 620 (255)Cars/hour; () Cars/day
Road width/lanes	Exist Width = (3x2. m) Nos. lanes = (2)
Road structure	(X) Embankment / () Elevated / () Others: Embankment at left bank with 100m
Supplemental facilities	Concrete reetement with 2m in high, 200m in length at right bank of upper watershed.
Others	River name: Aconagua, Flow direction: NW Road: Town road (Los Andes - San Esteben) of Los Andes. Bridge locates at 1.2km from town center of Los Andes.
	The bridge was the first reinforced concrete bridge built in 1930's.

フォーム 1 : 橋梁改修事業内容の記述 (PD)

Item	Description
Inhabitants: Residents, Indigenous people	Upperstream: Left bank area: Farm house locate at approx. 70m distance from the bridge Downstream: Left bank area: Cattle market facility site locates adjacent the bridge.
Their views on the project Others	
Landuse and facilities: Urban area, Farm land, Others	Upperstream: Left bank area: Barren land, Agriculture (Vine yard)
Historic & cultural site, Scenic spot Hospitals and other facilities	Downstream: Left bank area: Residential at hinterland Barren land, residential at hinterland
Economy: Commerce-Agriculture, Forestry	Upperstream: Left bank area: Barren land, Small sand borrow pit Downstream: Left bank area: Agriculture
Others	Right bank area: Residential at hinterland Right bank area: Agriculture Right bank area: Barren land
Transport: Bus terminal, etc.	None
Natural environment	
Topography, (Feature of river bank area)	Upperstream: Left bank area: Slope and terrace mixed bank Downstream: Left bank area: Slope and terrace mixed bank
Steep slopes, Soft ground, Wetland	Right bank area: Slope and terrace mixed bank
Geology, (feature of river bank/bed) Outcrop, stone, gravel, sand / Fault Soil type, etc.,	Left bank area: Gravel and silt soil mixed bank River bed: Flat river bed with round gravels and stone river bed
Hydrology, (Feature of river flow, Water level, flood level)	Flow regime divide 2 flows and gravel dunes exist in the water flow. Water depth of 1.2m at flow center of the river. Flow velocity of Approx. 1.5m/sec. Flood level comes up to 3.5m from the river bottom. Flow direction: NW
Fauna & Flora / habitats Rare species (community, etc.,	Pre-geoflitan deciduous forest area, dry land vegetation. Eucalyptus plantings at left bank. Common fish fauna and birds. No specific area of importance. Rare species are not recognized
Pollution	
Complaints: Population of the upmost concern Measures taken: Institutional measures Compensation Others	No specific complaint No necessity River bank areas are under the circumstance of damp yard of construction waste. One of the worse environmental degradation area of the bridge surroundings. Daily pedestrian flow activities cross over the bridge is facing traffic threaten.

フォーム 4 : Pre-EIA マトリックス

David Garcia	Environmental component	Identification of activities	Project activities															
			Pre-construction stage								Construction stage				Operation and maintenance stage		Consequent projects	
Socio economic environment	Land & property	Land acquisition																
		Resettlement																
	Economic	Economic activities																
		Employment																
	Traffic & facility	Transportation / Traffic																
		Public facilities																
	Community	Disintegration of communities																
		Amenities																
	Historical & cultural	Historic assets																
		Cultural properties																
Vested rights	Fishery rights, right of common																	
	Generated waste & waste disposal																	
	Accidental damages																	
Natural environment	Land	Topographic feature/river bank, bed																
		Geological condition																
		Land use																
	Surface water	Soil erosion																
		Hydrological feature																
		Water use																
		Water quality																
	Species & population	Floating debris																
		Flood affection																
		Terrestrial vegetation / Flora																
Aesthetic	Terrestrial wildlife / fauna																	
	Aquatic flora																	
	Aquatic fish fauna																	
Pollution	Landscapes																	
	Atmosphere	Air pollution																
	Water	Water pollution																
	Noise, vibration	Noise and vibration																

フォーム 3 : 初期環境調査(IEE)及び初期環境影響評価(Pre-EIA)

David Garcia	Identification of activities	Description of activities	IEE evaluation	Preliminary EIA evaluation	Remarks (Reason)
Socio economic environment	Land acquisition	Transfer of right of land ownership compensation	No		
		Transfer of rights of residence / compensation	No		
	Economic activities	Loss of basis of economic activities, such as land, and change of economic structure	No		
		Increase or decrease of employment opportunity	Increase		Const. Period
	Traffic and Public facilities	Impact on present traffic conditions, increase of traffic congestion	Temporal		Temporal
		Impacts on schools, hospitals caused by increase of traffic volume	No		Use of detour route Safety control
	Communities	Community split due to interruption of area traffic	No		
		Increase or loss of existing amenities	Increase		Enhance
	Amenities	Damage or loss of the value of historic or archaeological remains	No		
		Damage or loss of the value of cultural assets	No		
Historical and Cultural	Obstruction of fishing rights, water rights, or other rights of common	No			
	Generation of consumption and demolition debris	Yes		Temporal	
Vested rights	Risk of accidents, traffic damage	Slightly		Temporal	
	Changes of valuable topographic / river bank and bed form condition	No			
Natural environment	Changes of geological condition	No			
	Change of original land use	No		Negligible	
Soil erosion	Topsoil erosion by rainfall after earth work and vegetation removal	Slightly		Temporal	
	Changes of flow variation	No		Negligible	
Surface water	Change of existing water use	No			
	Change of water quality	Slightly		Temporal	
Water quality	Floating obstacles	No			
	Flood affected area	No			
Species and their population, habitat	Obstruction of valuable species and their community, habitat	No			
	Obstruction of breeding and extinction of species, communities, habitat	No			
Aquatic flora	Obstruction of valuable species	No			
	Obstruction of breeding and extinction of species, communities, habitat	Slightly		Temporal	
Aesthetics	Changes of topography and vegetation due to reclamation. Deterioration of aesthetic harmony by structure	No			
	Pollution caused by exhaust gas or toxic gas from vehicles	Slightly		Temporal	
Air pollution	Pollution by runoff of salt, sand and effluent into rivers	Slightly		Temporal	
	Generation by construction machinery and traffic vehicles	Slightly		Temporal	
Noise and vibration	Control of soil dust				
	Control operation hour.				
Overall evaluation	Is Preliminary EIA necessary for the project implementation?				

5. 標準橋梁 CADD プログラム開発

1. 使用コンピュータシステム

(1) オペレーションシステム及び使用言語

Windows95 をオペレーションシステムとし、使用言語は Visual Basic Version 5 を採用した。

(2) ハードウェア/ソフトウェア

Windows95 上の IBM/PC 互換機がチリでも入手可能であり、また、結果出力の効率を図るため市販のアプリケーションソフトを利用した。使用したハードウェア仕様及びソフトウェアの概略を下表に示す。

ハードウェア		ソフトウェア
• CPU Pentium	200MHz	• Visual Basic Version 5
• RAM メモリー	64MB	• MS-Office PRO for Windows95
• ハードディスク	2.0GB	• Auto CADD R13 for Windows95
• モニター	17 インチ	
• プリンター	A3 サイズ	
• プロッター	A1 サイズ	

2. CADD プログラミング

(1) 設計仕様

MOP の設計基準である AASHTO (American Association of Highway and Transportation Officials) を採用した。主要設計条件は下記の通り。

設計方法：許容応力度法

設計荷重：HS20-44 の 100%

地震荷重：分類 B、一次応答スペクトル法

(2) 対象橋梁形式

PC 桁と鋼桁はチリの中小橋梁に最も使用されている橋梁形式である。したがって、プログラム開発の対象上部工形式は、PC 桁の場合はプレテンション PC 桁とポストテンション PC 桁、鋼桁はH形鋼桁と鋼板桁を採用した。いずれの形式も経済性を考慮して鉄筋コンクリート床版との合成構造とした、下部工形式は最も一般的な形式である逆 T 形式橋台と壁式橋脚を採用した。どちらも直接基礎で杭基礎は対象としない。図-18 参照。

(3) プログラムの概要 図-19 参照。

(4) データの入出力

対話形式のデータ入力方式を採用した。設計者は、予めコンピュータに保存されている類似橋梁の入力データを対話形式で修正しながら容易に自分の設計を進めることができる。そして、演算結果を確認した上で、最終成果である設計計算書、数量計算書及び設計図面を出力する。

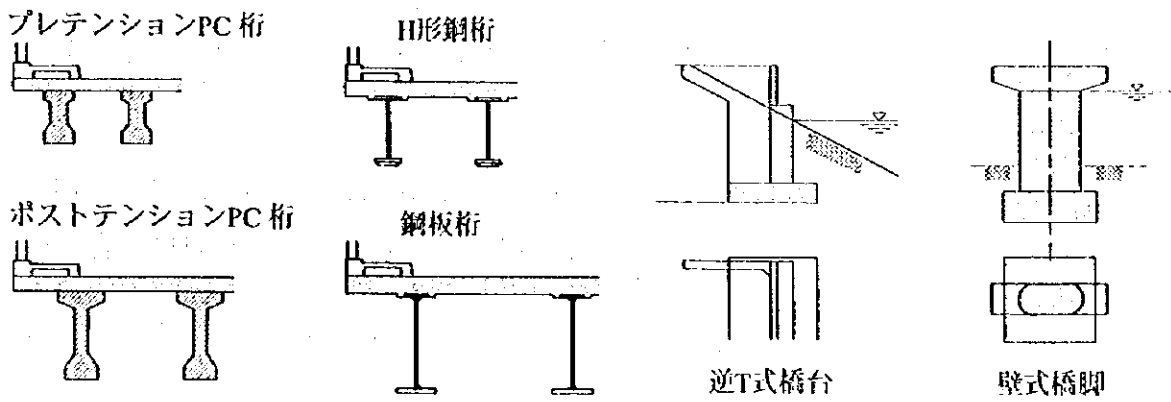


図-18 プログラム開発対象橋梁形式

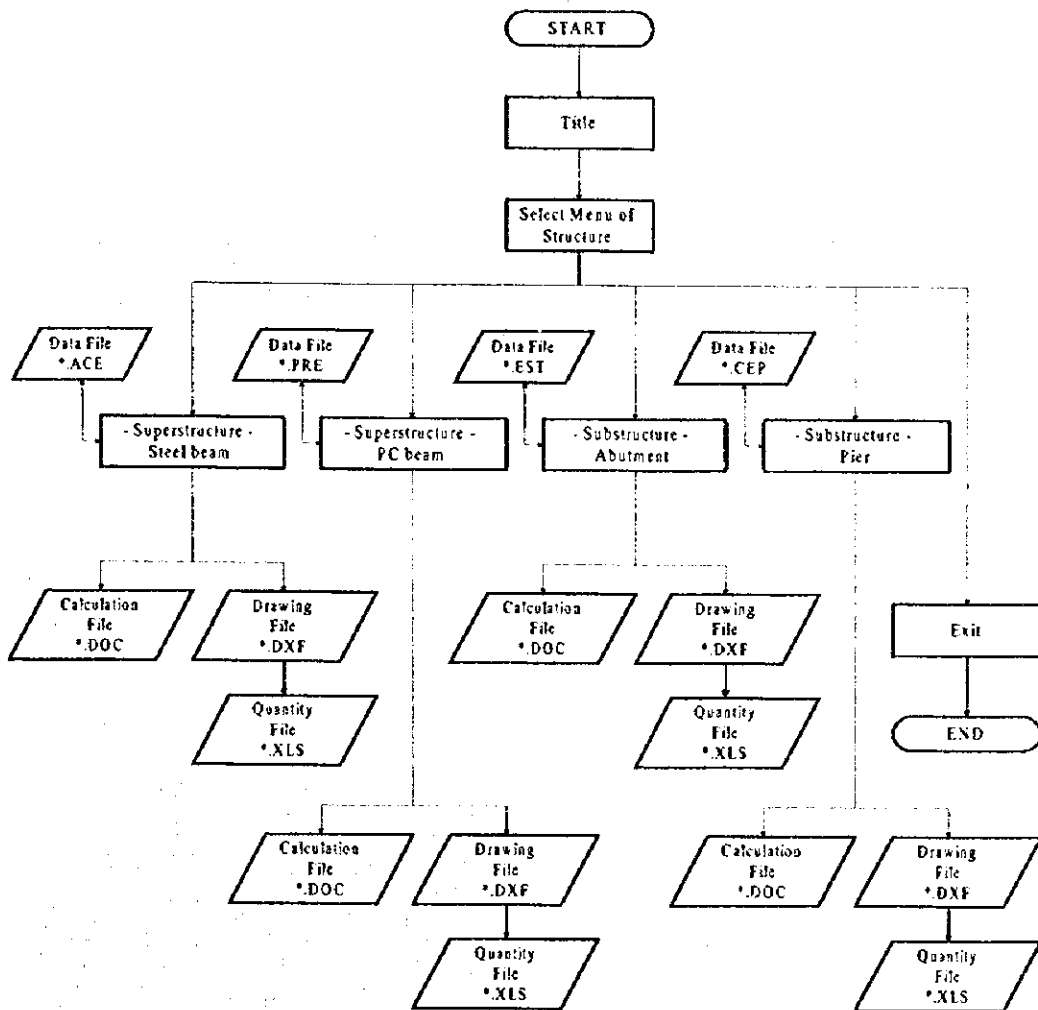


図-19 プログラムの概要

1. 標準設計図

標準設計図は CADD プログラムを利用して作成した。標準設計図集は、鋼橋と PC 橋それぞれに、幅員は 1 車線と 2 車線 (図-20 参照)、支間長は 14 から 36 m の範囲で 2 m 毎の設計図を収録した。

標準設計図集と CADD プログラムの使い方を説明する。まず、図集を探し目的の橋梁に合う図面があれば、それを使用する。また、合う図面が無い場合は、目的に近い図面を探し、そのデータを初期値として CADD プログラムを使い入力データを修正することにより目的の橋梁を効率よく設計することができる。標準設計図集を別途 Vol. 8/8 にまとめたが、一例を次ページ示す。

2. 適用支間長

標準設計の支間長は橋梁形式により経済的な範囲を選んだ。(表-20)

表-20 適用支間長

橋梁形式	適用支間長及び高さ
上部工	
プレテンション PC 桁	14 m ~ 24 m (2 m 間隔)
ポストテンション PC 桁	24 m ~ 36 m (2 m 間隔)
H 形鋼桁	14 m ~ 24 m (2 m 間隔)
鋼板桁	26 m ~ 36 m (2 m 間隔)
下部工	
逆 T 式橋台 (直接基礎)	5 m と 12 m
壁式橋脚 (直接基礎)	5 m と 15 m

3. 標準設計図集総括表

標準設計図集には、概略設計への有効利用を考慮して、主要設計諸元 (桁間隔、桁高、桁断面、桁反力、主要材料の数量等) の一覧表を添付した。

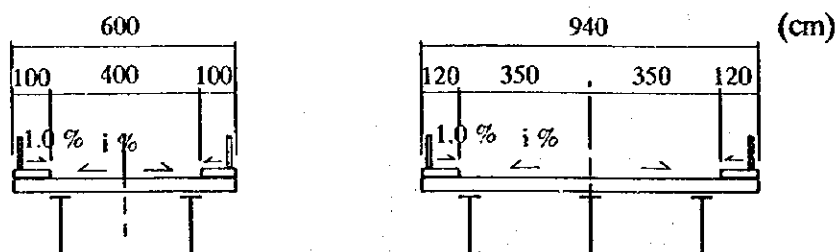
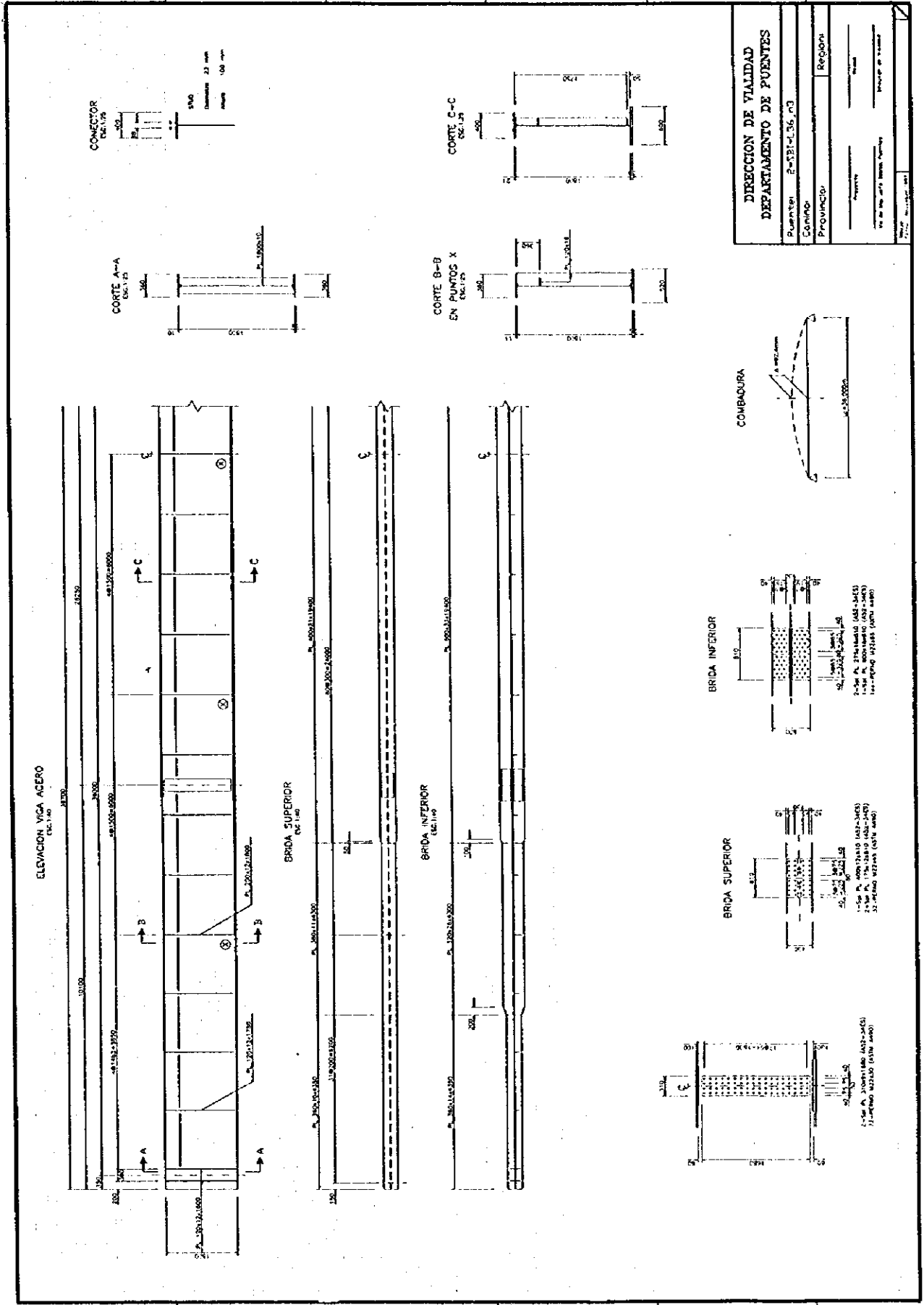
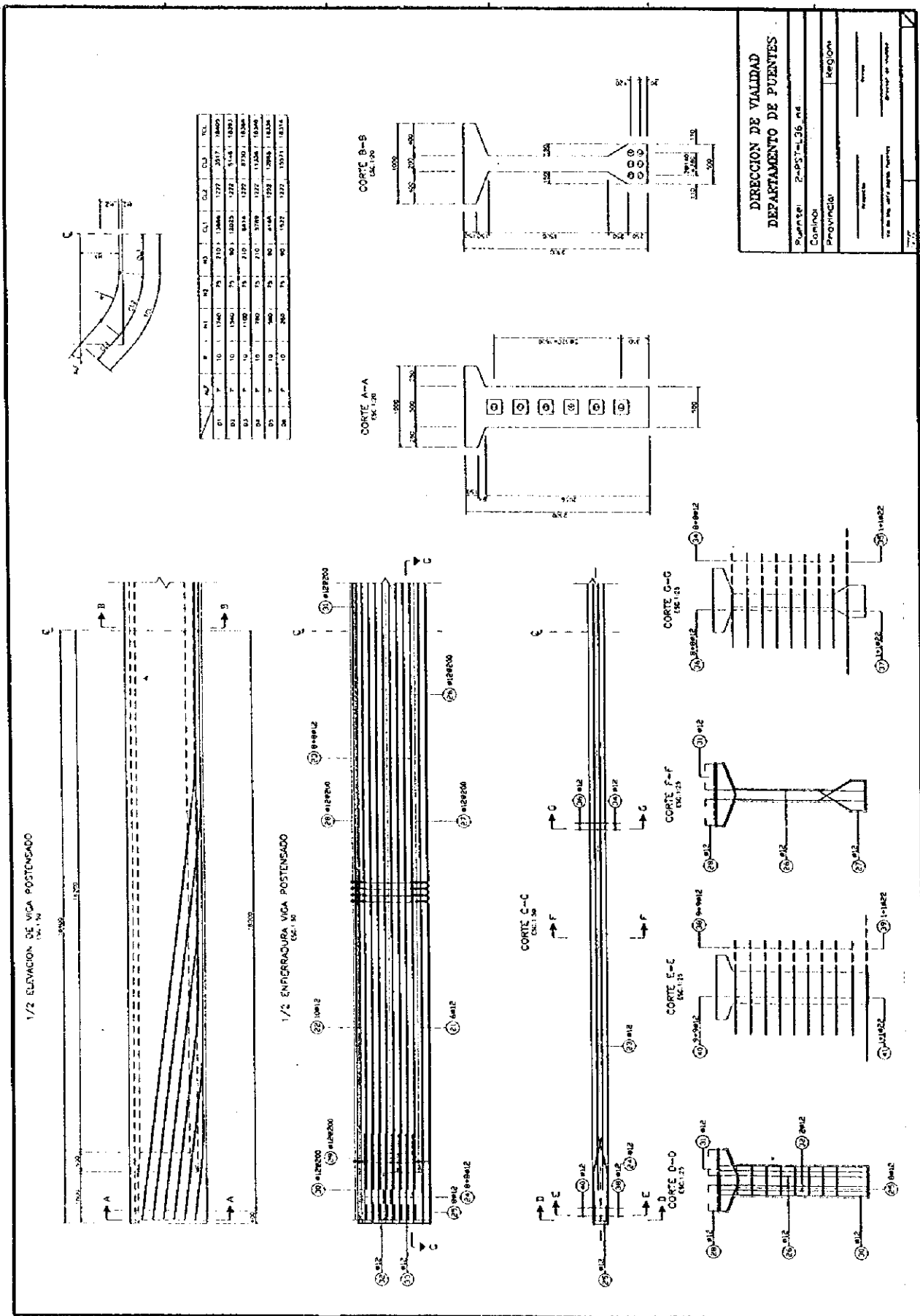


図-20 標準橋梁幅員





6. 結論と提言

6. 結論と提言

調査の目的とするところは、チリ全国に分布する地方道路橋梁の改修整備に関する技術協力である。調査を通して得られた橋梁インベントリープログラム、橋梁点検調査の手法及び標準橋梁 CADD プログラムは地方橋梁だけでなく一般橋梁への利用も期待される。

以下、本調査の主要 3 課題に分けて結論と提言を述べる。

1. 橋梁改修事業計画

橋梁改修事業計画は橋梁インベントリー、改修コスト算定および改修優先度判定の 3 システムから構成され、そこから得られた情報に基づき改修投資計画を策定した。

(1) 橋梁インベントリーシステム

結論

改修計画では、まず橋梁の現状を把握する必要があるため、このために MOP の既存の橋梁台帳も考慮に入れ、コンピュータープログラム化した橋梁インベントリーシステムを確立した。これは橋梁の所在、構造形式、規模、現状を示すもので、改修計画の基礎データとして重要である。また、橋梁の社会・経済的必要性を測るための指標として、人口、所得、交通量等のデータも合わせて収集、記録した。

提言

橋梁インベントリーシステムは汎用性に配慮して開発したので、単に改修計画のための基礎データを提供するためだけでなく、一般的な橋梁インベントリーシステムとしても利用できる。開発したシステムの利用方法の一例として、地方関連機関と結ぶ情報ネットワークを構築することにより、中央 MOP が全国の橋梁情報を一元的に管理することが出来れば、橋梁維持管理業務も改修事業計画の策定・変更に対しても、より素早い効率的な対応が可能になるであろう。

(2) 改修コスト算定

結論

橋梁インベントリーシステムのデータの内、橋梁の構造形式、規模（幅員と耐荷力）、損傷度および交通量の組み合わせにより、改修方法（補修か架け替えか）を選定した。続いて、選定された改修方法別に改修コストを算定した。

提言

本調査で採用した改修コストの算定方法では、多数の橋梁データを処理するため、平均的建設単価を設定したが、そこで考慮された橋梁個別の積算条件は幅員と橋長のみである。このため、コストに影響するものの橋梁計画を実施した後でなければ判明しない架け替え位置、スパン割り、橋梁形式、基礎形式等は考慮されていない。一方、橋梁インベントリーには詳細ではないが基本的な橋梁計画のためのデータ（河川横断地形、河床地質等）が含まれているので、架け替え位置、橋梁形式、スパン長、基礎杭の情報を加えることにより、より

6. 結論と提言

精度の高いコスト算定が期待できるため、必要に応じて MOP が詳細データを追加することを提案する。

(3) 改修優先度の判定

結論

改修優先度を判定するシステムとして、経済性（交通量／改修コスト）、安全性（橋梁損傷度）、社会性（所得格差）の3指標を定義した。これらを橋梁毎に計算して、合計指標値を求めた後、同一リンク内の最大値がそのリンクを代表する指標値とした。そして、州単位でリンク指標値（優先度）順に並べた橋梁およびコスト一覧表を作成した。

提言

数多い採算性の低い地方橋梁の改修投資を計画する場合は、経済効率だけで判断することは妥当ではなく、橋梁の安全性や公共投資の社会性も考慮しなければならないという基本理念に基づいて、上記の判定3指標が提案された。これは MOP の施策方針ともすりあわせを行った案である。今後、地方橋梁の状況に変化があった場合や、一般橋梁に適用する場合には、MOP は修正を加えなければならない。

(4) 改修投資計画

結論

上記の優先順位に並んだ橋梁およびコスト一覧表上で上位（優先度の高い）リンクの橋梁から各計画年度の改修事業予定リンク（橋梁）を割り振る。割り振りは、各年度の事業量（コスト合計）がほぼ等しくなるように行った。

提言

計画期間は10ヶ年（前・後期それぞれ5年）を想定した。計画期間は各年度の事業量が MOP の予算と実施体制で消化できる範囲で設定された。調査団による第 IX 州のモデル計画を基に全国規模の事業量を推定した限りでは10ヶ年で可能と判断されている。ただし、10ヶ年計画は長期でありチリの経済状況、地方道路の交通需要も変化するであろうから、前期5年計画の終了時には、それまでの改修実績を分析した上で MOP は改修方針も含めて計画全体を見直すことを提言する。

2. 橋梁改修設計例

結論

橋梁点検調査及び改修設計例は、上記の事業計画により決定された橋梁に対して、MOP の現場担当者が実際に点検調査を行い、改修方法を決定する際に必要とされる現場技術を示すために用意したものである。調査団は MOP のカウンターパートとともに20橋梁を選び、点検と損傷の分析および改修方法の設計までを実施した。

6. 結論と提言

また、橋梁改修に伴う周辺環境への影響を測るため初期環境影響調査も合わせて実施した。規模の小さい地方橋梁に対する環境影響調査の必要性と方法については MOP 環境部と意見交換を行い、結果として簡略化、標準化した環境影響調査方法を提案した。

提言

チリではこれまで大規模な橋梁点検調査と補強工事の実施例は少ないようである。また、改修の必要な橋梁数が多いため補修よりも架け替えに、より多くの資金・労力が投入されてきた。したがって、インベントリーに把握されず長期間、維持管理されていない橋梁が多く存在することも事実である。橋梁の維持管理を系統的に行うためには、損傷を早期に発見し適切な補修を遅滞なく実行することが最も重要である。このような見地から、本調査で示された橋梁点検方法を活用し橋梁の積極的な維持・補修の実施を提言する。

MOP は木橋を最終的には永久橋に架け替える計画であるが、その実現には年数が必要である。木橋は近年、経済的にも環境保全の見地からも新規建設は難しくなったが、依然、補修工事の容易さ・簡便さという長所があるので、これまで蓄積してきた木橋の技術を直ちに捨て去るべきではなく、木橋の維持・補修は継続されなければならない。

コンクリート施工の品質に関係する問題であるが、これからの地方橋梁の建設はプレストレストコンクリート構造の採用が主流になると考えられるので、コンクリート施工の品質向上は MOP の品質管理方針として十分に配慮していくよう提言する。コンクリートの品質は単純な現場品質管理の問題の一つではなく、これをなおざりにすると将来、多くの不良コンクリート橋が残され新たな地方橋梁問題を起こす恐れがあるからである。逆に言えば、優良なコンクリート橋を将来に残すためには、改修計画開始の今が好機である。

橋梁改修に伴う環境問題を抽出するには、対象橋梁の事業内容記述と対象地の内容記述から実行することを提案する。続いて、スクリーニングとスコーピングを経て、環境影響配慮の調査表を使用して初期環境調査（IEE）を行う。明らかに環境影響が認められる場合には初期環境影響評価調査（Pre-EIA）を実施する。Pre-EIA では、事業行為に起因する顕著な負の影響に対する対処・緩和策を検討する。以上の手順に沿って調査を進めることにより、元来、把握することの難しい中小橋梁の環境問題の存在と処理方法を容易に理解することが出来る。

3. 標準橋梁 CADD プログラム開発

結論

本調査で開発した CADD プログラムは MOP の適用基準 AASHTO に基づくもので、チリにおける橋梁設計・施工の実態及びコンピューター利用状況を調査した上で、開発

6. 結論と提言

対象となる橋梁形式とコンピューターのハード及びソフトウェアを選定した。
開発したプログラムの種類は下記の通りである。

- 上部工：
- ・プレテンション PC 桁
 - ・ポストテンション PC 桁
 - ・H 形鋼桁
 - ・鋼板桁

以上、主桁はいずれもコンクリート床版との合成桁を採用した。

- 下部工：
- ・逆 T 式橋台、直接基礎
 - ・壁式橋脚、直接基礎

標準設計図集は、鋼橋、PC 橋それぞれにつき 1 車線と 2 車線、スパン長 14~36 m の範囲のものを用意した。

本調査で開発したプログラムと設計図集は、標準タイプの幅員構成（左右対称）と斜角 0（直角）に適用するものであり、斜橋や曲線橋には対応できない。

プログラムの開発に当たって、鋼桁の高力ボルト接合と PC 桁のポストテンションケーブル配置については、AASHTO 基準が具体的でないので MOP と技術協議の上、我が国で一般的な設計技術を導入した。

提言

CADD プログラムの出力結果に対する照査、考察及び意志決定は利用者の責任で行わなければならない。したがって、出力結果は利用者の意志により編集できるように配慮されている。プログラムの開発仕様を超えた領域での使用に対しても、ある程度まで利用者の工夫により対応することが可能である。

プログラム開発に際しては、コンピューター技術の進歩が早い現在では全てを自ら開発することは得策ではないので、既存のアプリケーションを利用した。したがって、常に良好な状態でプログラムを利用するためには、開発に用いたコンピューターハード・ソフトの更新（バージョンアップ）を考慮しておかなければならない。併せて、設計基準の改訂や内容の充実を図るため、プログラムそのもののバージョンアップも必要である。

開発したプログラムはチリで広く利用されるよう提言する。MOP の技術職員による当プログラムの初歩的な利用方法としては、橋梁の概略規模算定への使用が考えられる。一方、MOP および民間の橋梁技術者に対しては、プログラム仕様の許す範囲ではあるが最適設計パラメーターの算出や構造設計図の作成等、より専門的な利用が可能である。

JICA

