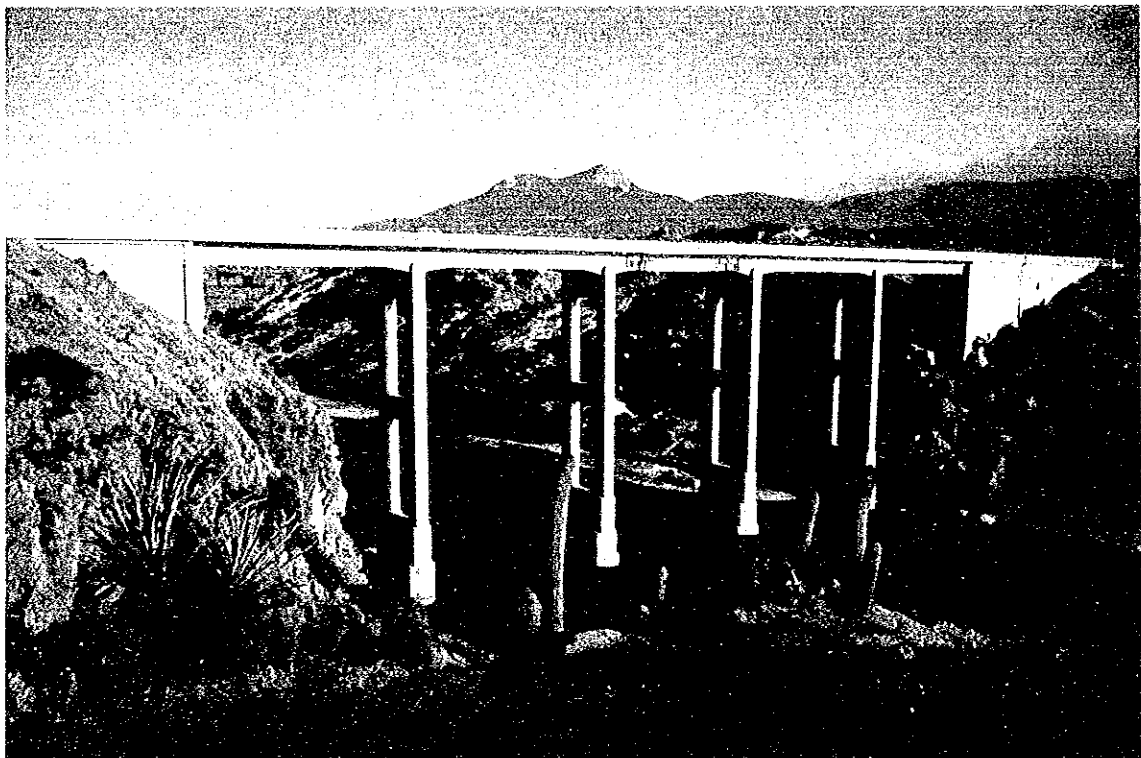


チリ国

全国橋梁補修整備計画調査



最終報告書

平成5年3月

国際協力事業団

社調一

JR

93-032

JICA LIBRARY



1104637121

24981

チリ国
全国橋梁補修整備計画調査

最終報告書

平成5年3月

国際協力事業団



国際協力事業団

24981

序 文

日本国政府は、チリ共和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調査を行う事を決定し、国際協力事業団がこの調査を実施致しました。

当事業団は平成3年10月から平成5年2月までの間、3回にわたり株式会社長大の日置克幸氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

調査団は、チリ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し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成のはこびとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与すると共に、両国の友好・親善の一層の発展に役立つ事を願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援を頂いた関係者各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成5年3月

国 際 協 力 事 業 団
総 裁 柳 谷 謙 介

目 次

第1章 調査概要

| | | |
|-------|-------------------------|---|
| 1-1 | 調査の背景 | 1 |
| 1-2 | 調査概要 | 2 |
| 1-2-1 | 調査の目的 | 2 |
| 1-2-2 | 調査概要 | 2 |
| 1-3 | 調査組織 | 4 |
| 1-4 | 公共事業省の組織 | 4 |
| 1-4-1 | 公共事業省本省の組織 | 4 |
| 1-4-2 | 公共事業省地方事務所の組織 | 5 |
| 1-4-3 | 地方道路部の組織 | 6 |
| 1-5 | 調査対象地域 | 6 |
| 1-6 | 調査対象地域の橋梁維持監理に対する現況と問題点 | 8 |

第2章 橋梁予備調査

| | | |
|-------|---------------|----|
| 2-1 | 橋梁調査 | 9 |
| 2-1-1 | 予備調査の概要 | 9 |
| 2-1-2 | 調査対象橋梁 | 13 |
| 2-1-3 | 現地調査の実施方法 | 43 |
| 2-1-4 | 調査結果 | 52 |
| 2-2 | 河川調査 | 62 |
| 2-2-1 | チリの河川特性 | 62 |
| 2-2-2 | チリの河川と構造上の問題点 | 65 |
| 2-2-3 | 現橋補修のための河川調査 | 66 |

第3章 橋梁詳細調査

| | | |
|-------|---------------|-----|
| 3-1 | 橋梁詳細調査 | 69 |
| 3-1-1 | 詳細調査の概要 | 69 |
| 3-1-2 | 詳細調査対象橋梁候補の選定 | 77 |
| 3-1-3 | 詳細調査の実施方法 | 83 |
| 3-1-4 | 調査結果および考察 | 92 |
| 3-2 | 載荷試験 | 111 |
| 3-2-1 | 載荷試験の概要 | 111 |
| 3-2-2 | 試験対象橋梁の概要 | 113 |
| 3-2-3 | 試験の実施方法 | 115 |
| 3-2-4 | 測定結果の整理 | 129 |
| 3-2-5 | 考察・提案 | 149 |

第4章 橋梁設計・積算

| | | |
|-------|-------------------|-----|
| 4-1 | 概論 | 151 |
| 4-2 | 橋梁補修設計 | 156 |
| 4-2-1 | 基本方針 | 156 |
| 4-2-2 | 詳細調査結果と工法選定に関わる条件 | 156 |
| 4-2-3 | 詳細調査対象橋梁の概略補修設計 | 165 |
| 4-3 | 施工計画 | 180 |
| 4-3-1 | 工事概要 | 180 |
| 4-3-2 | 施工方法 | 182 |
| 4-3-3 | 使用材料、品質および施工管理 | 190 |
| 4-3-4 | 工事の安全および環境対策 | 193 |
| 4-4 | 積算 | 194 |
| 4-4-1 | 建設工事費の構成 | 194 |
| 4-4-2 | 工事単価の設定 | 195 |
| 4-4-3 | 概算工事費 | 196 |

第5章 橋梁補修計画の策定

| | | |
|-------|----------------------------|-----|
| 5-1 | 補修計画の策定方針 | 203 |
| 5-1-1 | チリ国の橋梁補修計画の現状 | 203 |
| 5-1-2 | 橋梁補修計画の選定 | 203 |
| 5-1-3 | 補修優先度判定指標 | 204 |
| 5-2 | 橋梁損傷度評価 | 205 |
| 5-3 | 補修・掛け換えの判定 | 205 |
| 5-4 | 技術的優先度評価 | 206 |
| 5-5 | 社会経済面からの評価 | 207 |
| 5-5-1 | 基本的アプローチ | 207 |
| 5-5-2 | 評価項目 | 207 |
| 5-6 | 補修計画 | 208 |
| 5-7 | 総合補修架け替え優先度評価（TE）を用いた補修優先度 | 215 |

第6章 ガイドラインの概要

| | | |
|-----|--------------|-----|
| 6-1 | 概説 | 223 |
| 6-2 | 橋梁維持点検管理の概念 | 223 |
| 6-3 | 橋梁に使用する用語の定義 | 223 |
| 6-4 | 定期点検調査の方法 | 224 |
| 6-5 | 点検結果の評価、評価規準 | 224 |
| 6-6 | 標準的な補修方法 | 224 |
| 6-7 | 詳細点検の方法 | 224 |
| 6-8 | 補修工法事例 | 224 |

第7章 橋梁マネジメントシステム概要

| | | |
|-----|-----------|-----|
| 7-1 | システム基本概念 | 225 |
| 7-2 | システムの基本機能 | 229 |

第8章 システム設計

| | | |
|-------|------------------------|-----|
| 8-1 | 入力系システム | 233 |
| 8-1-1 | データ登録システム | 233 |
| 8-1-2 | ファイル管理システム | 237 |
| 8-2 | 処理系システム | 239 |
| 8-2-1 | 橋梁損傷度評価システム | 239 |
| 8-2-2 | 補修工費算定処理システム (Sub-R-3) | 242 |
| 8-3 | 橋梁損傷度評価 | 254 |
| 8-3-1 | 損傷度評価に用いる重要度(ウエイト)の決定 | 254 |
| 8-3-2 | 橋梁損傷度ランクの決定 | 259 |
| 8-4 | 橋梁補修・掛け換え優先度判定システム | 261 |
| 8-4-1 | 判定システム概要 | 261 |
| 8-4-2 | 評価項目及びそのウエイト | 262 |
| 8-4-3 | 評価方法 | 264 |

第9章 結び勧告

| | | |
|-----|----|-----|
| 9-1 | 結び | 271 |
| 9-2 | 勧告 | 273 |

付図一覧表

- 図 1 - 1 調査実施体制
- 図 1 - 2 公共事業省道路局橋梁部組織図
- 図 1 - 3 調査対象地域
- 図 2 - 1 第 4 州の調査対象橋梁
- 図 2 - 2 第 5 州の調査対象橋梁
- 図 2 - 3 首都州の調査対象橋梁
- 図 2 - 4 第 6 州の調査対象橋梁
- 図 2 - 5 第 7 州の調査対象橋梁
- 図 2 - 6 第 8 州の調査対象橋梁
- 図 2 - 7 第 9 州の調査対象橋梁
- 図 2 - 8 第 10 州の調査対象橋梁
- 図 2 - 9 橋梁寸法測定書式 (1)
- 図 2 - 10 橋梁寸法測定書式 (2)
- 図 2 - 11 橋梁寸法測定書式 (3)
- 図 2 - 12 橋梁寸法測定書式 (4)
- 図 2 - 13 橋梁寸法測定書式 (5)
- 図 2 - 14 写真撮影規準 (1)
- 図 2 - 15 写真撮影規準 (2)
- 図 2 - 16 伸縮継手
- 図 2 - 17 取付盛土
- 図 2 - 18 橋梁増設の方法
- 図 2 - 19 ゲルバーヒンジ部の問題点
- 図 2 - 20 アーチ橋の柱
- 図 2 - 21 横桁の構造
- 図 2 - 22 橋脚最大洗掘深
- 図 3 - 1 橋梁位置図
- 図 3 - 2 AMOLANAS 橋 一般図
- 図 3 - 3 PULLALLY 橋 一般図
- 図 3 - 4 MAIPO 橋 一般図
- 図 3 - 5 CLARO 橋 一般図
- 図 3 - 6 LONCOMILLA 橋 一般図
- 図 3 - 7 BIO BIO ANTIGUO 橋 一般図
- 図 3 - 8 RAMADILLAS 橋 一般図
- 図 3 - 9 MALLECO 橋 一般図
- 図 3 - 10 PICHROY 橋 一般図
- 図 3 - 11 CAYUMAPU 橋 一般図
- 図 3 - 12 AMOLANAS 橋 測定箇所
- 図 3 - 13 PULLALLY 橋 測定箇所

- 図 3 - 1 4 MAIPO 橋 測定箇所一般図
- 図 3 - 1 5 CLARO 橋 測定箇所
- 図 3 - 1 6 LONCOMILLA 橋 測定箇所
- 図 3 - 1 7 BIO BIO ANTIGUO 橋 測定箇所
- 図 3 - 1 8 RAMADILLAS 橋 測定箇所
- 図 3 - 1 9 MALLECO 橋 測定箇所
- 図 3 - 2 0 PICHROY 橋 測定箇所
- 図 3 - 2 1 CAYUMAPU 橋 測定箇所
- 図 3 - 2 2 シュミットハンマー実施データ最大・最小値
- 図 3 - 2 3 シュミットハンマーによる測定結果
- 図 3 - 2 4 PULLALLY 橋 地質柱状図
- 図 3 - 2 5 LONCOMILLA 橋 地質柱状図
- 図 3 - 2 6 BIO BIO 橋 地質柱状図 (1)
- 図 3 - 2 7 BIO BIO 橋 地質柱状図 (2)
- 図 3 - 2 8 MALLECO 橋 地質柱状図
- 図 3 - 2 9 PICHROY 橋 地質柱状図 (1)
- 図 3 - 3 0 PICHROY 橋 地質柱状図 (2)
- 図 3 - 3 1 CAYUMAPU 橋 地質柱状図 (1)
- 図 3 - 3 2 CAYUMAPU 橋 地質柱状図 (2)
- 図 3 - 3 3 載荷試験手順
- 図 3 - 3 4 ベウコ橋一般図
- 図 3 - 3 5 ひずみゲージ及び変位計設置位置
- 図 3 - 3 6 ひずみゲージ添付手順
- 図 3 - 3 7 ひずみゲージとホイーストンプリッジ
- 図 3 - 3 8 変位計の設置方法
- 図 3 - 3 9 測定システム
- 図 3 - 4 0 載荷試験用車両諸元
- 図 3 - 4 1 車両停止位置
- 図 3 - 4 2 レインフロー法による応力範囲のカウント
- 図 3 - 4 3 径間中央付近主桁応力分布
- 図 3 - 4 4 主桁及び床版のたわみ
- 図 3 - 4 5 静的載荷時応力及び変位
- 図 3 - 4 6 疲労設計曲線 (S - N 曲線)
- 図 3 - 4 7 ホットスポット応力
- 図 3 - 4 8 疲労寿命計算手順
- 図 3 - 4 9 着目点スケッチ
- 図 4 - 1 導流堤
- 図 4 - 2 掘深防護工
- 図 4 - 3 河川低下防護工
- 図 4 - 4 橋脚基礎根入れ増加

- 図4-5 迂回路
- 図4-6 アモラナス橋補修案
- 図4-7 PULLALLY橋上部工補修案
- 図4-8 PULLALLY橋下部工補修案
- 図4-9 MAIPO橋補修案
- 図4-10 CLARO橋アーチ部補修案
- 図4-11 CLARO橋側壁補修案
- 図4-12 LONCOMILLA橋下部工補修案
- 図4-13 耐震装置
- 図4-14 RAMADILLAS橋下部工補修案
- 図4-15 MALLECO橋橋脚補強案振動モード
- 図4-16 PICHROY橋下部工補修案
- 図4-17 ゲルバー部標準補修工法
- 図4-18 樹脂用パイプの設置
- 図4-19 ひび割れ閉鎖
- 図4-20 モルタル注入
- 図4-21 鋼板圧着
- 図4-22 床版縦桁補強
- 図4-23 石板張り工によるアーチ側面の補修例
- 図4-24 クラロ橋アーチ補修施工法
- 図4-25 落橋防止構造例
- 図4-26 BH工法用掘削機械
- 図4-27 場所打ち杭による基礎補強
- 図4-28 橋脚の交換法
- 図5-1 国道5号線交通量(1)(第4州)
- 図5-2 国道5号線交通量(2)(第5州、RM州、6州)
- 図5-3 国道5号線交通量(3)(第7州、8州)
- 図5-4 国道5号線交通量(4)(第9州、10州)
- 図5-5 国道5号線交通量(5)(第10)
- 図7-1 システム基本概念
- 図7-2 ソフトウェア構成
- 図7-3 ハードウェア構成
- 図7-4 橋梁維持管理マネジメントシステム処理ブロックチャート
- 図7-5 橋梁維持管理マネジメントシステムブロック構成図
- 図7-6 任意検索機能基本概念
- 図8-1 橋梁基本データ登録処理手順
- 図8-2 橋梁予備点検データ登録処理手順
- 図8-3 橋梁補修履歴登録処理手順
- 図8-4 橋梁部位別評価処理手順
- 図8-5 橋梁全体健全度評価処理手順

- 図 8 - 6 補修工費算定処理手順
- 図 8 - 7 数量算出に使用する記号
- 図 8 - 8 評価のウェイトを求める階層
- 図 8 - 9 健全度評価値と損傷度ランク

付表一覧表

| | | |
|---|------|--------------------|
| 表 | 2-1 | 第4州の調査対象橋梁 |
| 表 | 2-2 | 第5州の調査対象橋梁 |
| 表 | 2-3 | 第首都州の調査対象橋梁 |
| 表 | 2-4 | 第6州の調査対象橋梁 |
| 表 | 2-5 | 第7州の調査対象橋梁 |
| 表 | 2-6 | 第8州の調査対象橋梁 |
| 表 | 2-7 | 第9州の調査対象橋梁 |
| 表 | 2-8 | 第10州の調査対象橋梁 |
| 表 | 2-9 | ルート5号以外の調査対象橋梁 |
| 表 | 2-10 | 点検調書 |
| 表 | 2-11 | (1) 損傷度評価 |
| 表 | 2-11 | (2) 損傷度評価 |
| 表 | 2-11 | (3) 損傷度評価 |
| 表 | 2-11 | (4) 損傷度評価 |
| 表 | 2-11 | (5) 損傷度評価 |
| 表 | 2-12 | 北部河川概要 |
| 表 | 2-13 | 中央部河川概要 |
| 表 | 2-14 | 中央南部河川概要 |
| 表 | 2-15 | 湖沼地方河川概要 |
| 表 | 2-16 | 水路地方河川 |
| 表 | 3-1 | 詳細点検対象橋梁 |
| 表 | 3-2 | 詳細調査対象橋梁の問題点 |
| 表 | 3-3 | 詳細調査候補の橋梁の選出 |
| 表 | 3-4 | 上部構造に対する詳細調査項目 |
| 表 | 3-5 | 下部構造に対する詳細調査項目 |
| 表 | 3-6 | 橋梁構造種別による分類 |
| 表 | 3-7 | 鉄筋の発錆度判定規準 |
| 表 | 3-8 | 計測機器による調査の結果一覧表 |
| 表 | 3-9 | シュミットハンマーによる測定結果 |
| 表 | 3-10 | プロフォメーターによる測定結果 |
| 表 | 3-11 | エコーチップによる鋼材硬さ試験結果 |
| 表 | 3-12 | 中性化試験による測定結果 |
| 表 | 3-13 | 変状調査結果一覧 |
| 表 | 3-14 | 各橋梁の変状原因 |
| 表 | 3-15 | ひずみゲージ貼付位置と理由 |
| 表 | 3-16 | ウェイトステーションにおける車両区分 |
| 表 | 3-17 | 主桁系応力 |
| 表 | 3-18 | 対傾向スティフナー応力 |

| | | |
|---|--------|--|
| 表 | 3-19 | 静的載荷試験での主桁及び床版の変位 |
| 表 | 3-20 | 基本許容応力範囲 |
| 表 | 3-21 | 着目点の強度等級 |
| 表 | 3-22 | 疲労寿命予測結果 |
| 表 | 3-23 | 応力頻度分布 |
| 表 | 3-24 | ウェイトステーション通貨車両の車重分布 |
| 表 | 3-25 | 過去8年間の交通量の推移 |
| 表 | 3-26 | 静的試験により得られた部材応力(1)(ト-タケレ-ダ-載荷時：車重14.68t) |
| 表 | 3-27 | 静的試験により得られた部材応力(2)(ト-タケレ-ダ-+トレ-テ-載荷時：車重36.52t) |
| 表 | 3-28 | 移動静的載荷試験での部材応力(2)(ト-タケレ-ダ-載荷時：車重14.68t) |
| 表 | 3-29 | 移動静的載荷試験での主桁・床版の変位(ト-タケレ-ダ-+載荷時：車重14.68t) |
| 表 | 4-1 | 損傷とその原因 |
| 表 | 4-2 | 対象橋梁付近の交通量 |
| 表 | 4-3 | 構造物の損傷と対策 |
| 表 | 4-4 | 橋梁の設計及び施工に起因するもの |
| 表 | 4-5 | 耐震構造上問題となる部位 |
| 表 | 4-6 | 橋梁の変状 |
| 表 | 4-7 | 対象橋梁付近の迂回路 |
| 表 | 4-8 | 永久構造物としての補修工法 |
| 表 | 4-9 | 10橋の補修及び補強工法一覧 |
| 表 | 4-10 | 規準単価一覧表 |
| 表 | 4-11 | 概算工事費 |
| 表 | 5-1 | 補修の緊急度の高い橋梁 |
| 表 | 5-2 | 早期に補修が望ましい橋梁 |
| 表 | 5-3(1) | 総合補修架け替え優先度指標(TE)を用いた補修の優先度 |
| 表 | 5-3(2) | 総合補修架け替え優先度指標(TE)を用いた補修の優先度 |
| 表 | 5-3(3) | 総合補修架け替え優先度指標(TE)を用いた補修の優先度 |
| 表 | 5-3(4) | 総合補修架け替え優先度指標(TE)を用いた補修の優先度 |
| 表 | 5-3(5) | 総合補修架け替え優先度指標(TE)を用いた補修の優先度 |
| 表 | 5-3(6) | 総合補修架け替え優先度指標(TE)を用いた補修の優先度 |
| 表 | 5-3(7) | 総合補修架け替え優先度指標(TE)を用いた補修の優先度 |
| 表 | 5-3(8) | 総合補修架け替え優先度指標(TE)を用いた補修の優先度 |
| 表 | 8-1 | IA表 |
| 表 | 8-2 | IB表 |
| 表 | 8-3 | IC表 |
| 表 | 8-4 | (1)橋梁標準補修工法 |
| 表 | 8-4 | (2)橋梁標準補修工法 |
| 表 | 8-5 | 損傷評価4に対応する評価項目 |
| 表 | 8-6 | 損傷評価5に対する評価項目 |
| 表 | 8-7 | 損傷度評価4に対する各部位標準補修工法(CODE) |

| | | |
|---|------|---------------------|
| 表 | 8-8 | 損傷度評価5に対する各部位標準補修工法 |
| 表 | 8-9 | 損傷度評価4に対する補修数量算出式 |
| 表 | 8-10 | 損傷度評価5に対する補修数量算出式 |
| 表 | 8-11 | 各評価項目の絶対評価値 |
| 表 | 8-12 | 橋梁各部位の総体評価値とウェイト |
| 表 | 8-13 | 各部位、損傷の絶対評価値 |
| 表 | 8-14 | 各部位、損傷の重要度(ウェイト) |
| 表 | 8-15 | 構造物の損傷に対する評価規準 |
| 表 | 8-16 | 基礎の洗掘に対する評価規準 |
| 表 | 8-17 | 補修優先度の総合判定表 |
| 表 | 8-18 | 損傷度評価値 |
| 表 | 8-19 | 道路種別に対応する設計荷重 |
| 表 | 8-20 | 設計幅員 |
| 表 | 8-21 | 道路空間 |
| 表 | 8-22 | 橋梁形式に対する評価値 |
| 表 | 8-23 | 橋梁寿命 |
| 表 | 8-24 | 道路線形に対する評価係数 |
| 表 | 8-25 | 縦断勾配に対する評価値 |
| 表 | 8-26 | 設計速度に対応した道路曲線 |

第1章 調査概要

1-1 調査の背景

チリ共和国は南北に海岸線が4,270kmと長く、国土の東側をアンデス山脈 (La cordillera de los Andes)、また太平洋沿いを海岸山脈 (La cordillera de la Costa) と言った長い山脈が走っている。一方国土の東西方向は狭く最大で150km、最狭部で80kmである。また同国々士の80%が山地で、特に北部及び中央部に高山が続いている。

チリの地域経済の開発、輸出振興のためには生産地と消費地、生産地と船積地等を結ぶ交通網の整備が急務であり、現在同国は世銀、IDB等の国際機関から融資を受け、道路交通網整備を進めている。特に南北に長い国土を走るパンアメリカン・ハイウェイを中心としてそこから分岐する道路が同国の輸送、交通網の中核をなしている。しかしながらこれ等の道路にかかる橋梁は老朽化が進み、道路交通網体系の大きな障害となっている。

チリの橋梁は1930年代に建設が本格化し、現在約8,000の橋梁がある。しかしながら活火山だけで55を数える火山国で地震が頻発し、既存橋梁のいたみが激しい上、アンデス山脈をはじめ急峻な高山からの河川による侵食が進み、地震とともに橋梁の維持管理上の大きな問題となっている。

チリ公共事業省は現在、同国の、主要幹線であるパンアメリカン・ハイウェイの機能を維持するため周辺の既存橋梁のインベントリーを新たに作成し、これによる橋梁の維持補修管理システムの確立を計画している。また橋梁の維持管理を効果的に進めるためには個別に管理されてきた情報を今後集約して利用する事が不可欠となるため、データベースを利用した橋梁情報システムの構築をも合わせて、計画している。これにより現在個別に収集されている橋梁台帳、点検台帳、補修記録等が橋梁の総合情報として体系化され共有化されることにより、費用対効果を合理的に判断していくことができると期待されている。

このような状況を踏まえ、公共事業省は地学的、地形的に類似し、かつ橋梁耐震分野において高度な技術力を保持する日本に同計画の協力及び実施を要請した。

1-2 調査概要

1-2-1 調査の目的

本調査はチリ国政府の要請に基づき、チリ国第11州及び第12州を除く、パン・アメリカン・ハイウェイ及びそれに隣接する主要幹線上の橋梁の現地調査を実施し、これを基に維持点検補修計画の策定と関連ガイドラインの作成を行う。また併せて橋梁の維持管理を効果的に実施していくことを目的に情報を統一的に管理するためコンピューターを利用してデータベースシステムを構築する。

この目的を大きく分けると次のように整理できる。

1. チリ国に適した橋梁維持管理手法を提案する。
2. 現地調査を実施し橋梁の維持管理データの収集を行い、改修計画を立案する。
3. 橋梁台帳を整備しそのデータベースを構築する。
4. 本調査を通じ橋梁の維持点検、管理運営技術をチリ国カウンターパートを通じて技術移転を行う。

1-2-2 調査概要

調査は大きく分けると次の3つの流れに分類できる

1. 橋梁現況調査、橋梁補修計画の策定
2. 橋梁維持点検ガイドラインの作成
3. 橋梁維持管理システムの作成

(1) 橋梁現況調査、橋梁補修計画の策定

橋梁現況調査は予備調査と詳細調査に分けて実施した

1) 橋梁予備調査

第4州から第10州の国道5号線上にある橋梁および幹線道路上の橋梁256橋を対象に以下の調査を実施した。

1. 目視点検調査（劣化度、損傷度、変形等）
2. 橋梁の基本寸法の測定
3. 写真撮影

これらの調査に基づき、橋梁一般構造図の作成、損傷度評価、構造特性および維持管理上の問題点についてコメント表の作成を行った。

2) 橋梁詳細点検調査

予備調査の結果、その分析に基づき詳細点検調査対象橋梁10橋が選定され以下の調査を実施した。

1. コンクリート、鋼材等の構造材料の特性劣化度の調査
2. 橋体および関連施設の形状計測、変状調査
3. 地質調査

河川に架かる橋に付いては河川が橋梁に及ぼす影響に付いて調査しその対策に付いて検討した。またペウコ橋において載荷試験を実施した。試験の目的はペウコ橋の橋梁特性を明らかにする事、疲労破壊の可能性について検討できるデータを収集する事、チリ国の橋梁技術者に最新の載荷試験の方法を紹介する事にあった。

3) 橋梁補修計画の策定

詳細点検調査の結果を基に、補修方法の提案を行った。提案した補修工法は以下の考え方で作成した。

1. 現橋が元来持っている機能の回復を主眼とし機能強化はしない。
2. 個々の部材の構造計算に基づいた補修設計は行わない。
3. 構造細部の損傷だけにとらわれず、自然条件、交通量等の橋梁をとりまく環境を考慮する。

(2) 橋梁維持点検ガイドラインの作成

橋梁維持管理は、橋梁の完成時からその橋梁が架け換えられるまでその機能を保持するための事業である。この維持管理活動を推進するに当たり、この事業を担当する技術者の為の「橋梁維持点検ガイドライン」を作成した。このガイドラインは以下の内容で構成されている。

1. 橋梁維持管理に使用する用語の定義
2. 目視点検調査の方法
3. 点検結果の評価方法、およびその基準
4. 標準的な補修方法
5. 詳細点検調査の方法
6. 補修方法の事例

(3) 橋梁維持管理システムの作成

数多くの橋梁の補修計画を科学的且つ合理的に立案するにはコンピュータの利用が不可欠である。本調査ではマイクロコンピュータを利用して橋梁に関するデータベースを構築し、橋梁の損傷度評価、補修優先度判定、概算補修工費の計算に利用できるシステムを提案した。

1-3 調査組織

調査はチリ国および日本において実施された。調査組織はJICAによって組織された調査団とチリ国政府機関より派遣されたカウンターパートから構成され、図1-1に示すような体制で実施された。

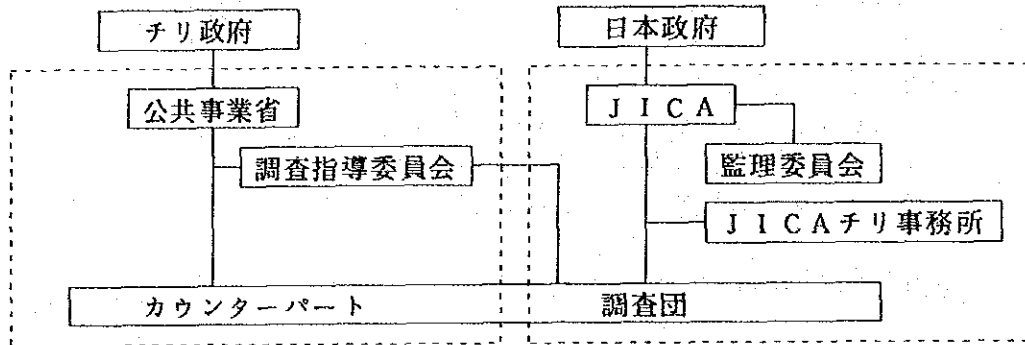


図1-1 調査実施体制

1-4 公共事業省の組織

チリ国の公共事業に関連する諸施設の計画、開発、維持管理業務は公共事業省（MOP）が管轄している。また公共事業省は道路、道路に付属する諸施設、港湾、空港、灌漑施設等も管轄している。以下に公共事業省の組織・運営について述べる。

1-4-1 公共事業省本省の組織

チリ国の政府組織は日本の政府組織と類似しているが、公共事業省は日本の建設省より広範囲の業務を管轄している。公共事業省は公共事業総局と水道総局の2つの局から構成されている。また公共事業総局は下記の5局から構成されている。

- (1) 道路局
- (2) 港湾局
- (3) 空港局
- (4) 灌漑局
- (5) 建築局

公共事業省の事務所はサンチャゴ市内に設立されており、その道路局が本調査の直接の担当局である。道路局内に橋梁部がありこの橋梁部は全国の国道、主要地方道、市道、その他の道路に架設された全ての主要橋梁の計画、設計、建設および維持管理の業務を担当している。橋梁部の組織図を図1-2に示す。

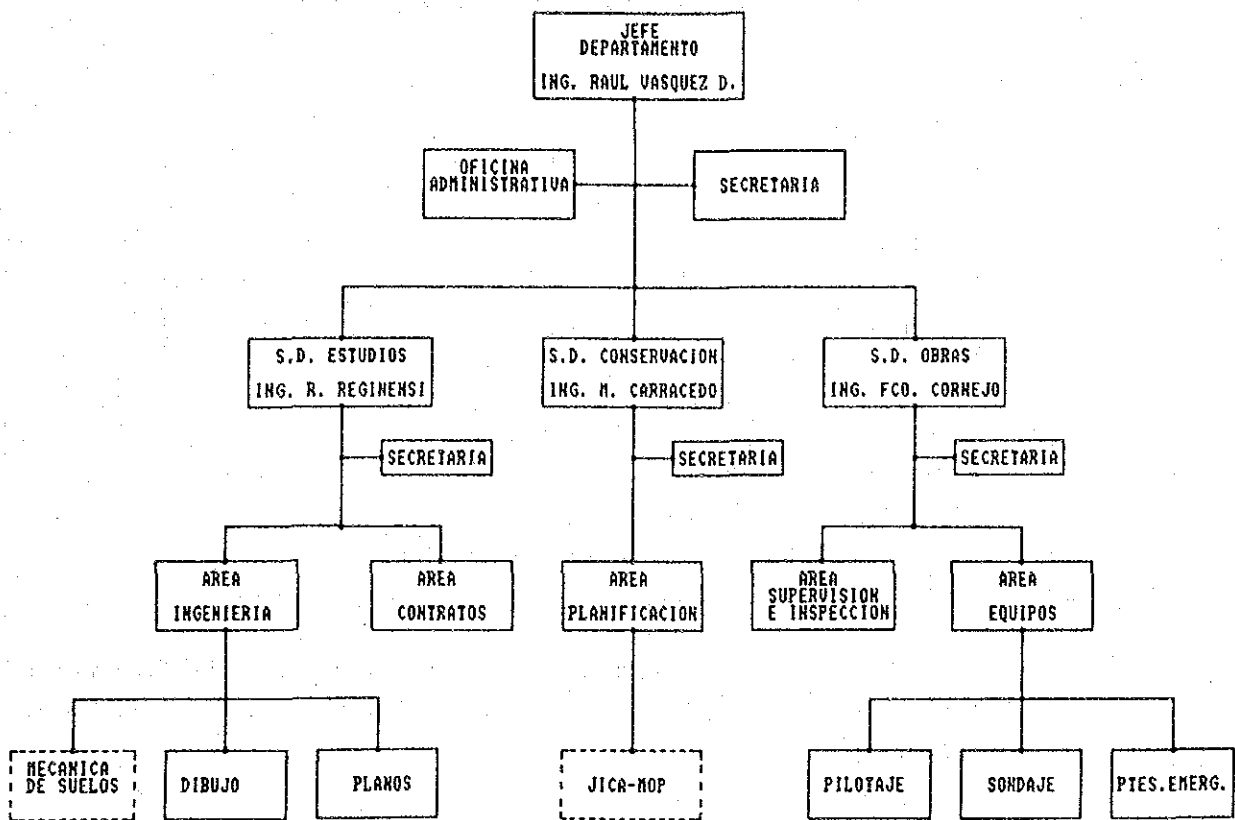


図1-2 公共事業省道路局橋梁部組織図

1-4-2 公共事業省地方事務所 (OFICINA REGIONAL DE MOP) の組織

公共事業省はチリ全国を13の地域に区分し各地域に地方事務所を設置している。各事務所は公共事業部と水資源部で構成されている。公共事業部は次の6部で構成されている。

- (1) 地方道路部
- (2) 地方空港部
- (3) 地方建設部
- (4) 地方港湾部
- (5) 地方都市計画部
- (6) 地方灌漑部

1-4-3 地方道路部の組織

地方道路部は本省の道路局と同じ様な体系をしており次の6課から構成されている

- (1) 総務課
- (2) 企画・計画課
- (3) 設計課
- (4) 契約課
- (5) 地方道路課
- (6) 建設課

地方道路課の主な役割は以下の通り

- (1) 道路および付帯構造物の登録資料の整理
- (2) 出先機関に対する情報の伝達
- (3) 地方事務所および出先機関の人事管理
- (4) 橋梁およびその他の構造物の検査と本省への報告
- (5) 小規模プロジェクトの発注

大規模プロジェクトを発注する場合事前に本省に報告すると共に、地方事務所の道路部長は当該プロジェクトの実施体制および管理方法等に付いて説明し本省の承認をとる必要がある。

1-5 調査対象地域

チリ国の北部1、2、3州および南部11、12州を除く全ての州の主要幹線道路ルート5号（パンアメリカンハイウェイ）及び隣接する主要幹線上の橋梁を対象として調査を実施した。

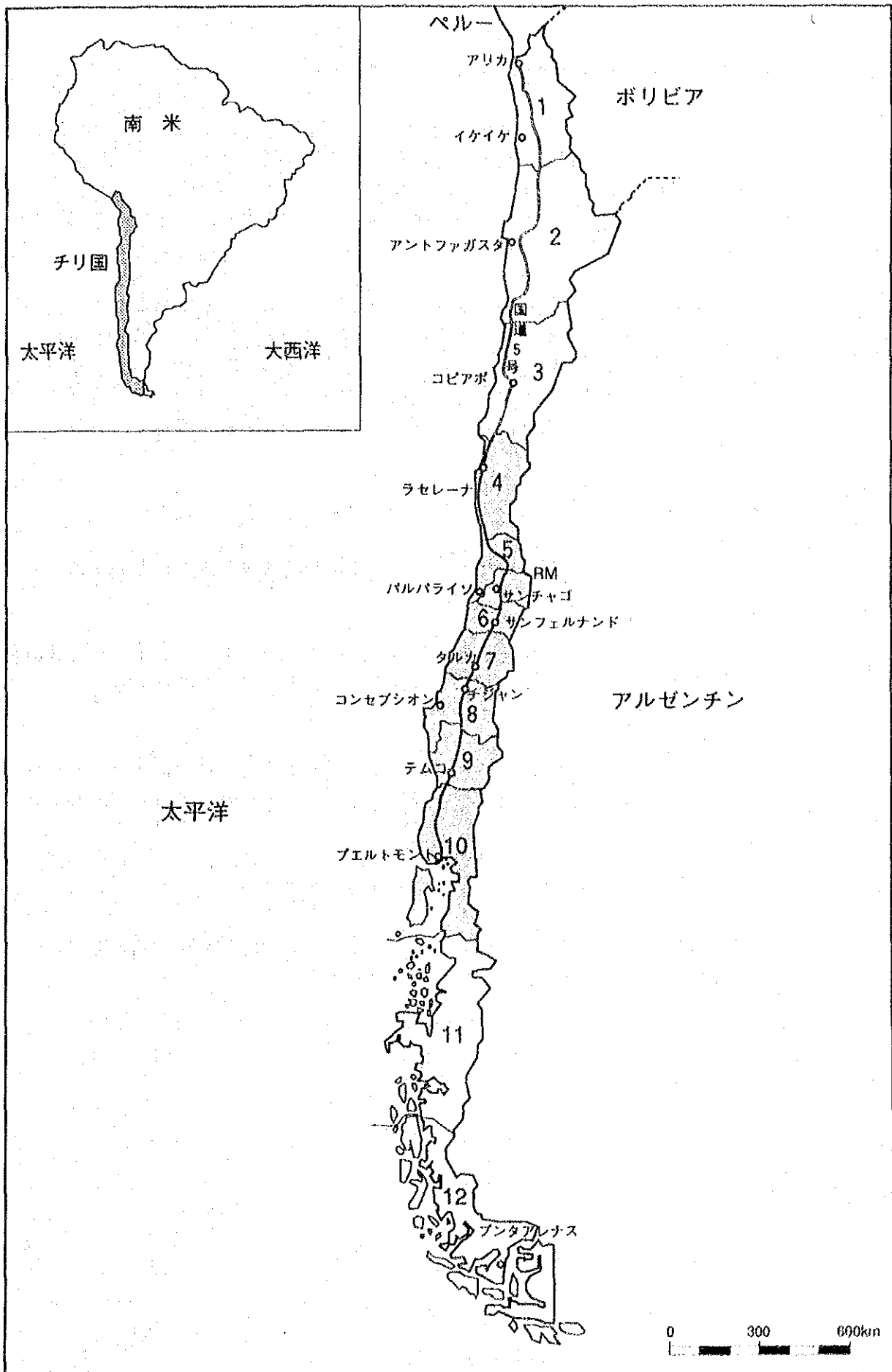


図1-3 調査対象地域

1-6 調査対象地の橋梁維持管理に対する現況と問題点

チリ国は南北に4千km以上の細長い国土を有し、大きく分類すると3つの地域に分類できる。北部は、年間降水量がほとんどない乾燥地帯であるが、鉱物資源の宝庫であり、チリの経済を支える重要な産業地域である。中部は温暖な気候で降水量も多く、各種産業が発達し、人口の集中度も高い。南部は寒冷多雨で森林地帯が多く、木材の生産地となっている。

これらの地域別の気象特性に加え、山岳地から海への河川勾配が急なこと、我国にも津波による大きな被害を与えたように多発する地震等、橋梁の維持管理上特に考慮する必要がある地域特性を有している。また国家財政の逼迫から過去30年近く大規模な橋梁補修が行われていなかったため橋梁の傷みが激しい。このような事情を考慮しチリ国における橋梁の維持管理を行う上で特に配慮すべき項目として次のようなものが挙げられる。

1. 急流河川が多く 橋台橋脚の洗掘、盛土の流失等が多く見られる。
2. 地震の多発による下部工の沈下が見られる。基礎形式の選択に問題があると思われる。
3. 建設年代の古い橋梁が多く、近年の重車両の増大や AASHTO の設計荷重の変遷により 現在の荷重に対し耐荷力の不足する橋梁が多数存在し、それらは全橋梁の約60%に相当するといわれている。
4. 地域により橋梁に対する気象環境が大きく異なるため 橋梁の現地調査に当たっては調査方法、調査器具、調査期間等の調査計画を慎重に行う必要がある。
5. チリの橋梁技術者は 地学的、地形的な類似性から日本に於ける最新の橋梁調査手法や橋梁維持管理技術、合理的な管理運用技術に高い関心を持っている。
6. 資金的には国際機関からの融資が必要なため、合理的かつ科学的に資料作成と投資計画が行える運用管理システムの導入が期待されている。

第2章 橋梁予備調査

2-1 橋梁調査

2-1-1 予備調査の概要

橋梁予備調査は 3 班に分けて実施した。調査実施に先だって行われた協議により目視点検調査は原則として4州から10州の間の橋長10m以上の橋および公共事業省(MOP)が特に要請する橋 合計240橋について調査を行うとの了解の元に調査を開始した。当初(MOP)から提示された調査対象橋梁と実際に調査を行った橋梁とは若干のずれがあり、最終的に調査団がまとめた橋梁は表2-1から表2-8に示されるルート5号上の246橋および表2-9に示されるルート5号以外の橋梁10橋である。このため目視点検を実施した橋梁としてこの報告書に記載する橋梁の数は256橋になる。

ルート5号は現在多くの区間で改修、拡幅工事が実施されており 一つの橋梁名で明らかに違う橋梁が架けられているケースや旧橋に形式の全く違う橋を縦目地をもうけて拡幅した橋があるなど橋梁を1橋として数えるべきか2橋として数えるべきか判断に迷う場合があった。このため橋を数える場合次のような約束に従って橋梁を1橋と定義した。

- (1) 縦目地等を使わず完全に上り車線、下り車線が分離しており、上り下りの橋梁形式が異なる、この場合同一橋梁名のあとに ORIENTE(東)または PONIENTE(西)、NO1 または NO2 を付けて、それぞれ1橋として数えている。
- (2) 上り車線、下り車線が完全分離しておらず縦目地をもうけて拡幅おこなっているが使用材料(ex.コンクリート、鉄等)が同じ場合1橋として考える。
また使用材料が異なり(ex.旧橋が鋼で拡幅にコンクリートを使用)橋梁の建設年度があきらかに異なる場合それぞれ別の橋として定義した。
- (3) 完全分離された上り車線、または下り車線のそれぞれの橋梁のなかで異なる形式、材料を使用して拡幅されている橋があるがこれは上りまたは下りそれぞれ1橋として分類する。
- (4) 完全分離されているが橋梁の建設年度、使用材料、形式がまったくおなじでかつ下部工が上下車線に共通で使用されている場合上下車線を含めて1橋として数える。

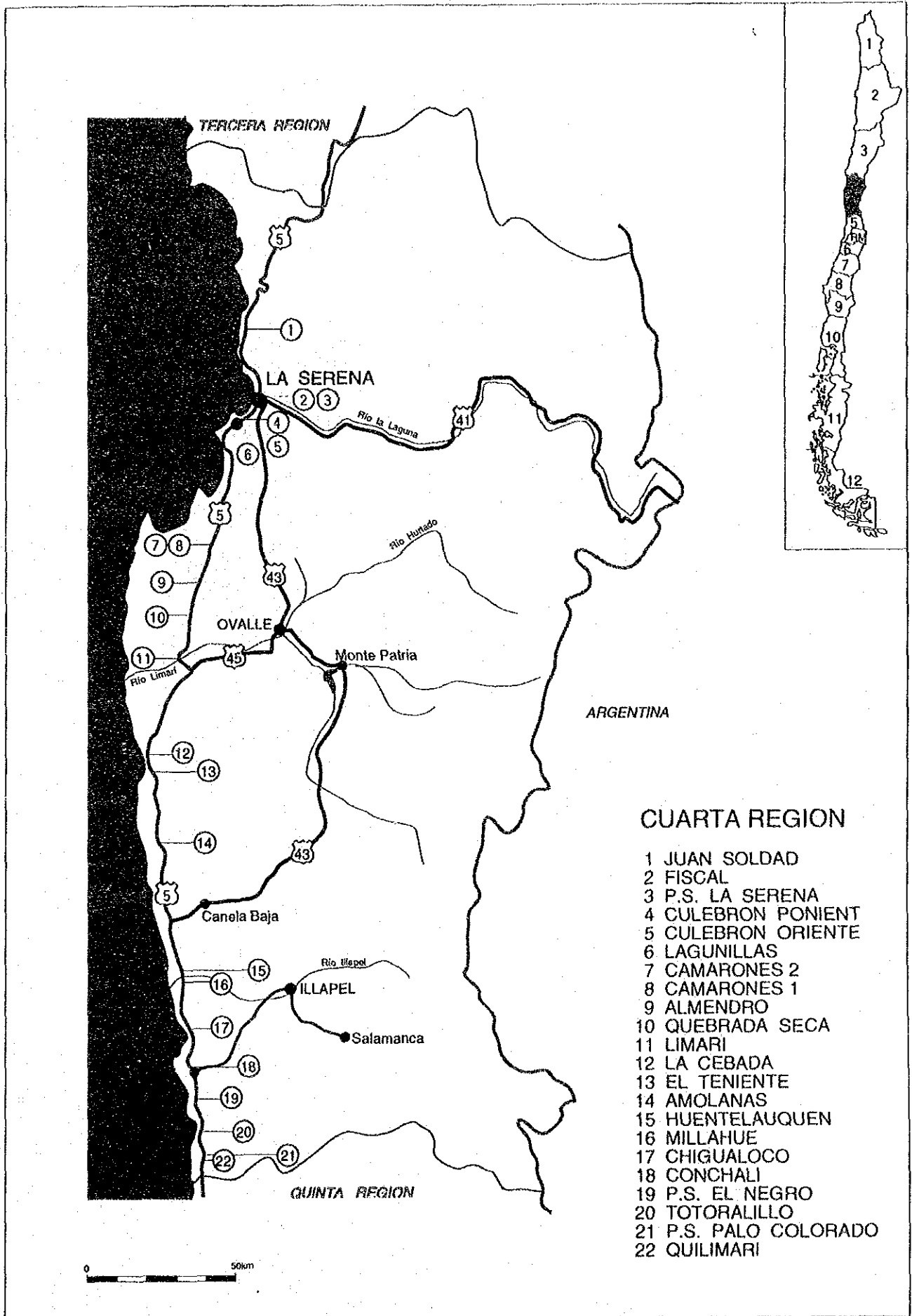


図 2-1 第 4 州の調査対象橋梁

| No. | Nombre de puente | Ubic. | Long. | Calz. | Tramos |
|-----|--------------------|-------|-------|-------|--------|
| 1 | JUAN SOLDADO | 503.6 | 142.5 | 8.0 | 11 |
| 2 | FISCAL | 474.1 | 120.3 | 7.1 | 6 |
| 3 | P.S LA SERENA | 473.9 | 195.4 | 7.1 | 13 |
| 4 | CULEBRON PONIENTE | 463.5 | 40.5 | 11.5 | 3 |
| 5 | CULEBRON ORIENTE | 463.5 | 60.0 | 6.0 | 5 |
| 6 | LANGUNILLAS | 442.4 | 50.0 | 7.2 | 6 |
| 7 | CAMARONES 2 | 417.0 | 32.7 | 6.9 | 3 |
| 8 | CAMARONES 1 | 416.0 | 56.0 | 7.0 | 3 |
| 9 | ALMENDRO | 411.9 | 24.9 | 7.0 | 3 |
| 10 | QUBRADA SECA | 396.7 | 67.4 | 7.3 | 7 |
| 11 | LIMARI | 378.1 | 198.1 | 7.1 | 12 |
| 12 | LA CEBADA | 337.9 | 20.0 | 10.0 | 1 |
| 13 | EL TENIENTE | 335.1 | 91.6 | 10.0 | 6 |
| 14 | AMOLANAS | 310.0 | 230.2 | 7.0 | 13 |
| 15 | HUENTELAUQUEN | 263.0 | 234.1 | 7.0 | 11 |
| 16 | MILLAHUE | 261.5 | 36.3 | 7.2 | 4 |
| 17 | CHIGUALOCO | 244.6 | 50.0 | 7.1 | 4 |
| 18 | CONCHALI | 229.3 | 55.0 | 7.1 | 2 |
| 19 | P.S. EL NEGRO | 218.5 | 47.7 | 7.0 | 7 |
| 20 | TOTALILLO | 211.1 | 74.0 | 7.1 | 5 |
| 21 | P.S. PALO COLORADO | 202.7 | 36.5 | 8.1 | 3 |
| 22 | QUILIMARI | 200.6 | 97.2 | 7.1 | 5 |

表 2-1 第4州の調査対象橋梁

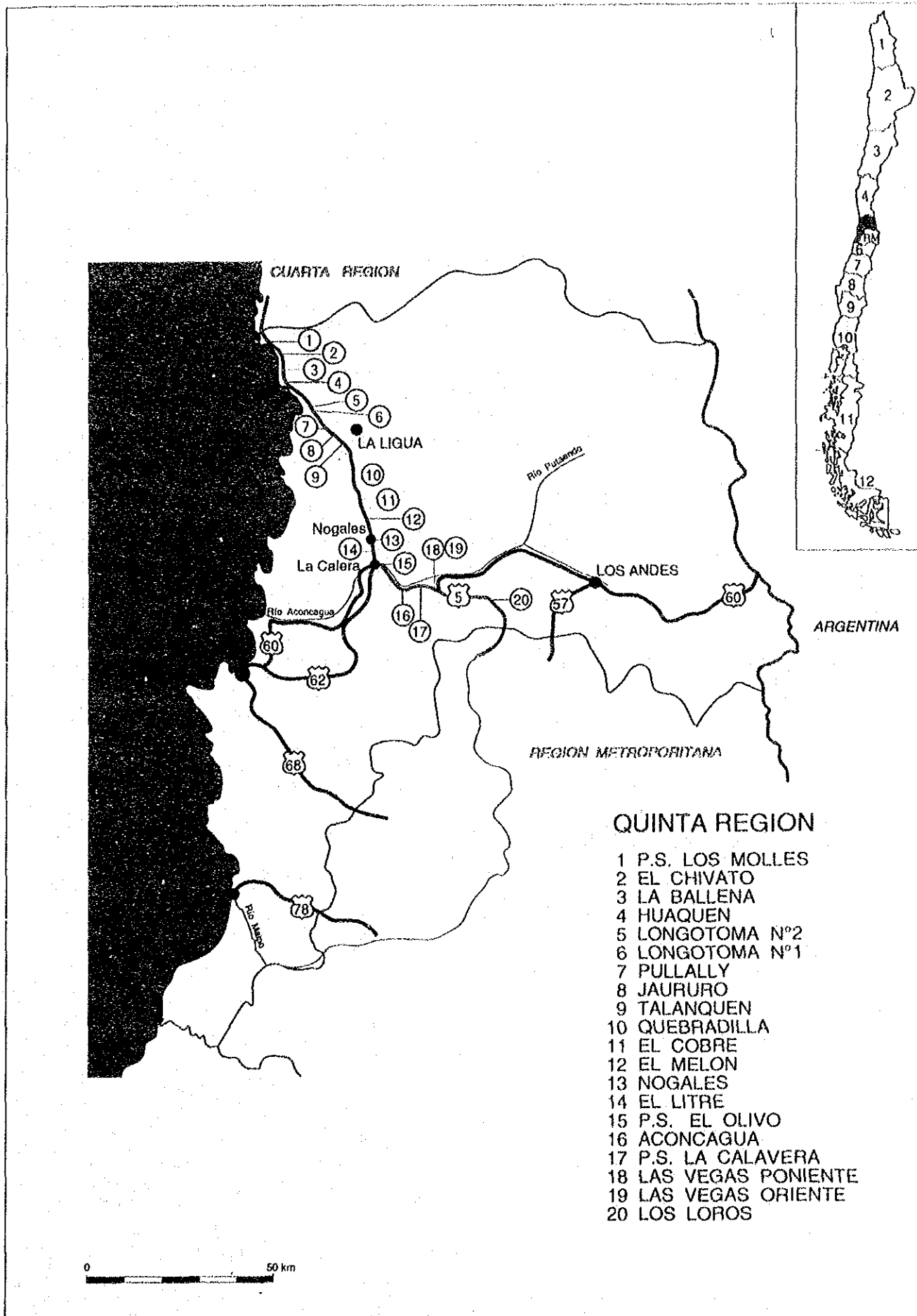


図 2 - 2 第 5 州の調査対象橋梁

| No. | Nombre de puente | Ubic. | Long. | Calz. | Tramos |
|-----|--------------------|-------|-------|-------|--------|
| 1 | P.S. LOS MOLLES | 188.0 | 18.3 | 9.0 | 3 |
| 2 | EL CHIVATO | 185.3 | 46.9 | 7.0 | 3 |
| 3 | LA BALLENA | 180.2 | 15.0 | 10.1 | 2 |
| 4 | HUAQUEN | 171.4 | 72.6 | 7.1 | 5 |
| 5 | LONGOTOMA No.2 | 163.2 | 122.4 | 7.1 | 8 |
| 6 | LONGOTAMA No.1 | 163.0 | 14.9 | 10.1 | 2 |
| 7 | PULLALLY | 155.2 | 147.7 | 8.0 | 7 |
| 8 | JAURURO | 152.9 | 24.3 | 8.1 | 3 |
| 9 | TALANQUEN | 149.3 | 12.2 | 8.0 | 2 |
| 10 | QUEBRADILLA | 145.9 | 33.7 | 8.1 | 4 |
| 11 | EL COBRE | 123.4 | 48.0 | 10.1 | 6 |
| 12 | EL MELON | 120.3 | 108.0 | 8.0 | 12 |
| 13 | NOGALES | 116.0 | 112.0 | 7.0 | 7 |
| 14 | EL LITRE | 112.6 | 46.0 | 8.1 | 3 |
| 15 | P.S. EL OLIVO | 108.0 | 45.0 | 7.1 | 2 |
| 16 | ACONCAGUA | 100.0 | 156.0 | 7.0 | 7 |
| 17 | P.S. LA CALAVERA | 94.2 | 97.0 | 7.0 | 6 |
| 18 | LAS VEGAS PONIENTE | 88.4 | 24.1 | 11.0 | 1 |
| 19 | LAS VEGAS ORIENTE | 88.4 | 24.1 | 11.0 | 3 |
| 20 | LOS LOROS | 77.8 | 19.4 | 14.6 | 2 |

表 2-2 第5州の調査対象橋梁

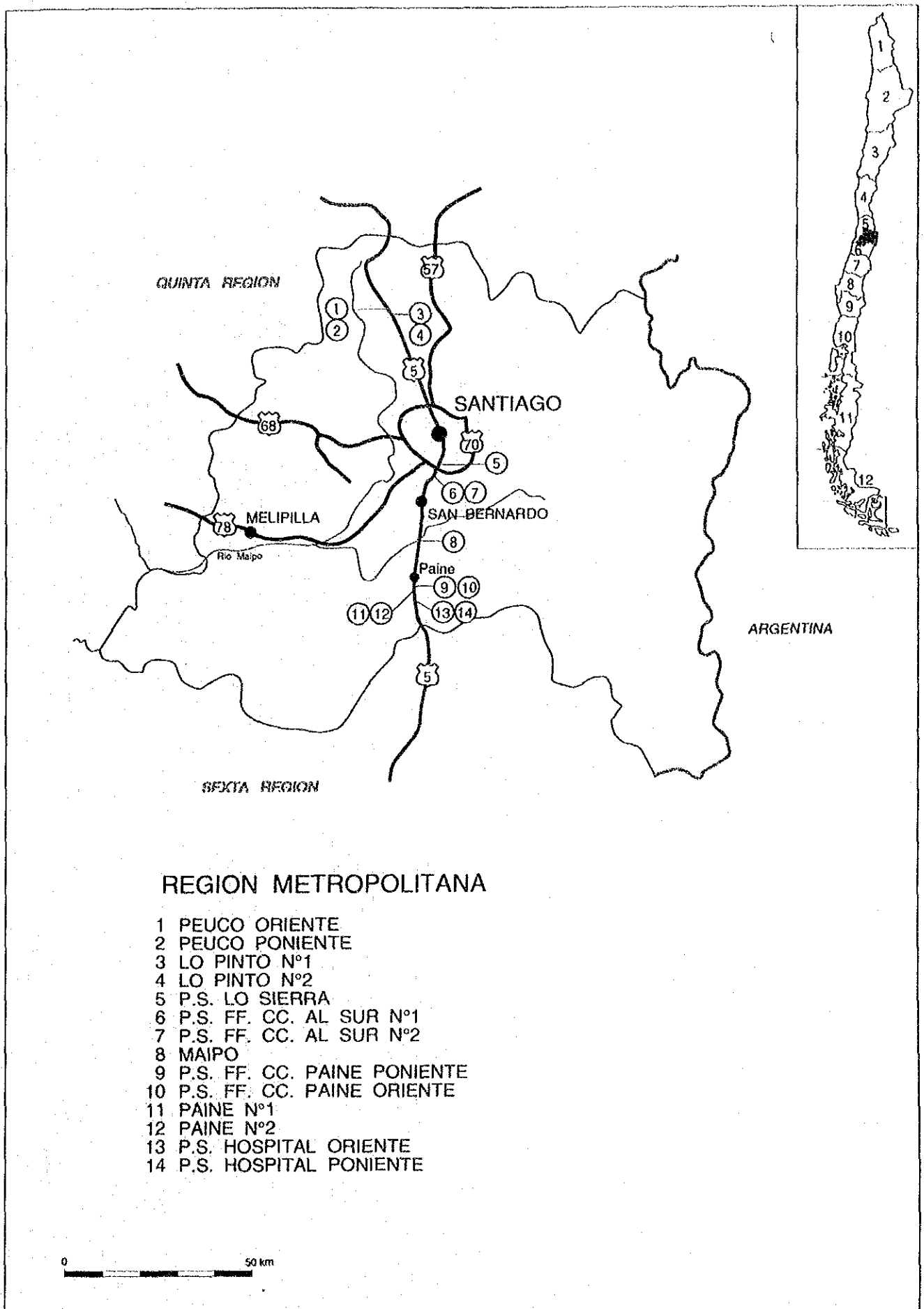
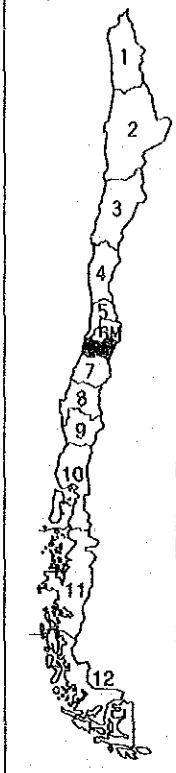
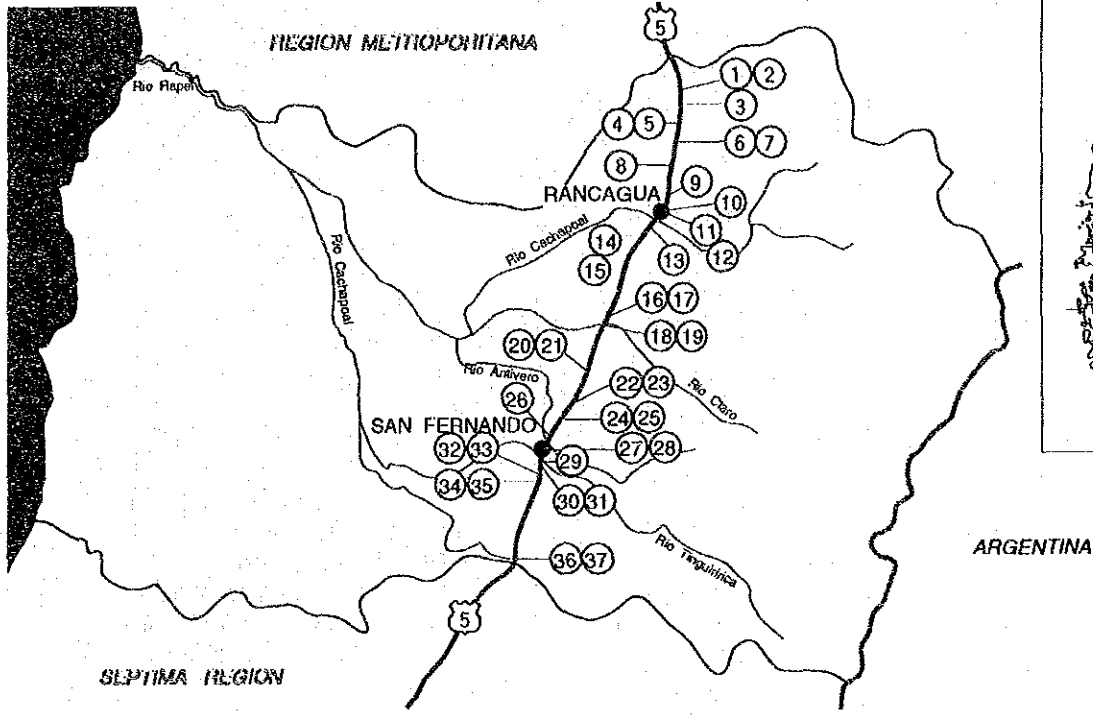


図 2 - 3 首都州の調査対象橋梁

c. REGION METROPOLITANA

| No. | Nombre de puente | Ubic. | Long. | Calz. | Tramos |
|-----|----------------------------|-------|-------|-------|--------|
| 1 | PEUCO ORIENTE | 41.5 | 16.3 | 8.0 | 2 |
| 2 | PEUCO PONIENTE | 41.5 | 16.3 | 8.0 | 2 |
| 3 | LO PINTO No.1 | 22.0 | 13.2 | 9.1 | 2 |
| 4 | LO PINTO No.2 | 22.0 | 13.5 | 12.2 | 1 |
| 5 | P.S. LO SIERRA | 13.2 | 22.6 | 32.1 | 2 |
| 6 | P.S. FF.CC. AL SUR No.1 | 13.7 | 11.0 | 35.0 | 1 |
| 7 | P.S. FF.CC. AL SUR No.2 | 13.7 | 12.0 | 35.0 | 1 |
| 8 | MAIPO | 31.1 | 450.0 | 17.6 | 14 |
| 9 | P.S. FF.CC. PAINE PONIENTE | 45.3 | 34.5 | 8.1 | 2 |
| 10 | P.S. FF.CC. PAINE ORIENTE | 45.3 | 23.0 | 8.1 | 3 |
| 11 | PAINE No.1 | 48.3 | 18.4 | 8.0 | 1 |
| 12 | PAINE No.2 | 48.3 | 18.4 | 9.3 | 1 |
| 13 | P.S. HOSPITAL ORIENTE | 51.2 | 73.3 | 8.0 | 2 |
| 14 | P.S. HOSPITAL PONIENTE | 51.2 | 73.3 | 8.0 | 4 |

表 2-3 第首都州の調査対象橋梁



SEXTA REGION

- | | | |
|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| 1 PEUCO ORIENTE | 15 P.S. LOS LIRIOS PON. | 29 P.S. TERMAS |
| 2 PEUCO PONIENTE | 16 TIPAUME N°1 | 30 TINGUIRIRICA ORI. |
| 3 TRONCO | 17 TIPAUME N°2 | 31 TINGUIRIRICA PON. |
| 4 STA BLANCA PONIENTE | 18 CLARO N°1 | 32 DESCARGA N°1 ORI. |
| 5 STA BLANCA ORIENTE | 19 CLARO N°2 | 33 DESCARGA N°1 PON. |
| 6 BENITO N°1 | 20 P.S. PELEQUEN PON. | 34 DESCARGA N°2 ORI. |
| 7 BENITO N°2 | 21 P.S. PELEQUEN ORI. | 35 DESCARGA N°2 PON. |
| 8 CADENA | 22 RIGOLEMU ORI. | 36 PEOR ES NADA ORI. |
| 9 P.S. ALAMEDA | 23 RIGOLEMU PON. | 37 PEOR ES NADA PON. |
| 10 P.S. MACHALI | 24 CHARQUICAN ORI. | |
| 11 P.S. EL TTE. N°1 | 25 CHARQUICAN PON. | |
| 12 P.S. EL TTE. N°2 | 26 P.S. SAN FERNANDO | |
| 13 CACHAPOAL | 27 ANTIVERO ORIENTE | |
| 14 P.S. LOS LIRIOS ORI. | 28 ANTIVERO PONIENTE | |

0 50 km

図 2 - 4 第 6 州の調査対象橋梁

| No. | Nombre de puente | Ubic. | Long. | Calz. | Tramos |
|-----|--------------------------|-------|-------|-------|--------|
| 1 | PEUCO ORIENTE | 61.9 | 99.4 | 8.0 | 3 |
| 2 | PEUCO PONIENTE | 61.9 | 92.4 | 6.0 | 5 |
| 3 | TRONCO | 66.5 | 25.3 | 19.0 | 3 |
| 4 | STA BLANCA PONIENTE | 71.5 | 32.4 | 10.1 | 3 |
| 5 | STA BLANCA ORIENTE | 71.5 | 28.3 | 10.1 | 5 |
| 6 | BENITO No.1 | 74.8 | 14.5 | 9.2 | 2 |
| 7 | BENITO No.2 | 74.8 | 20.0 | 11.0 | 2 |
| 8 | CADENA | 80.3 | 24.8 | 11.0 | 3 |
| 9 | P.S. ALAMEDA | 87.3 | 27.5 | 21.0 | 2 |
| 10 | P.S. MACHALI | 87.9 | 12.5 | 21.0 | 1 |
| 11 | P.S. EL TENIENTE No1 | 88.9 | 34.5 | 8.3 | 4 |
| 12 | P.S. EL TENIENTE No2 | 88.9 | 34.5 | 8.0 | 4 |
| 13 | CACHAPOAL | 91.5 | 248.4 | 13.9 | 9 |
| 14 | P.S. LOS LIRIOS ORIENTE | 96.7 | 55.4 | 10.0 | 2 |
| 15 | P.S. LOS LIRIOS PONIENTE | 96.7 | 71.3 | 7.3 | 5 |
| 16 | TIPAUME No.1 | 113.3 | 39.2 | 7.9 | 3 |
| 17 | TIPAUME No.2 | 113.3 | 38.9 | 10.1 | 3 |
| 18 | CLARO No.1 | 114.5 | 70.9 | 10.0 | 4 |
| 19 | CLARO No.2 | 114.5 | 70.5 | 10.0 | 4 |
| 20 | P.S. PELEQUEN PONIENTE | 125.6 | 24.0 | 8.0 | 1 |
| 21 | P.S. PELEQUEN ORIENTE | 125.6 | 24.0 | 8.0 | 1 |
| 22 | RIGOLEMU ORIENTE | 126.3 | 53.3 | 7.1 | 4 |
| 23 | RIGOLEMU PONIENTE | 126.3 | 51.9 | 10.1 | 2 |
| 24 | CHARQUICAN ORIENTE | 133.0 | 20.0 | 10.1 | 1 |
| 25 | CHARQUICAN PONIENTE | 133.0 | 20.0 | 10.1 | 1 |
| 26 | P.S. SUNFERNANDO | 137.8 | 15.0 | 16.0 | 1 |
| 27 | ANTIVERO ORIENTE | 140.2 | 157.4 | 8.1 | 4 |
| 28 | ANTIVERO PONIENTE | 140.2 | 157.4 | 8.1 | 9 |
| 29 | P.S. TERMAS | 140.4 | 9.7 | 27.7 | 1 |
| 30 | TINGUIRIRICA ORIENTE | 143.3 | 229.8 | 7.1 | 6 |
| 31 | TINGUIRIRICA PONIENTE | 143.3 | 229.8 | 7.1 | 11 |
| 32 | DESCARGA No.1 ORIENTE | 144.4 | 25.3 | 7.1 | 2 |
| 33 | DESCARGA No.1 PONIENTE | 144.4 | 25.3 | 7.1 | 2 |
| 34 | DESCARGA No.2 ORIENTE | 144.5 | 25.5 | 7.2 | 2 |
| 35 | DESCARGA No.2 PONIENTE | 144.5 | 25.5 | 7.2 | 4 |
| 36 | PEOR ES NADA ORIENTE | 164.5 | 78.0 | 7.0 | 5 |
| 37 | PEOR ES NADA PONIENTE | 164.5 | 78.0 | 7.0 | 3 |

表 2-4 第6州の調査対象橋梁

SEPTIMA REGION

- | | |
|----------------------|-------------------|
| 1 ENDESA | 19 MAULE PONIENTE |
| 2 TENO | 20 MAULE ORIENTE |
| 3 GUAQUILLO ORI. | 21 LAS VERTIENTES |
| 4 GUAQUILLO PON. | 22 P.S. BOBADILLA |
| 5 P.S. MAQUEHUA ORI. | 23 QUILIPIN |
| 6 P.S. MAQUEHUA PON. | 24 PUTAGAN |
| 7 LONTUE ORI. | 25 ANCOA N°1 |
| 8 LONTUE PON. | 26 ANCOA N°2 |
| 9 PIRIHUIN | 27 ACHIBUENO |
| 10 SECO | 28 LIGUAY |
| 11 CLARO | 29 LONGAVI |
| 12 CHARGRES | 30 HUACARNECO |
| 13 PANGUE | 31 FIGUCHEN |
| 14 LIRCAY N°1 | 32 P.S. COPIHUE |
| 15 LIRCAY N°2 | 33 COPIHUE |
| 16 P.S. SAN CLEMENTE | 34 COLLIGUAY |
| 17 P.S. LIRCAY | 35 PARRAL |
| 18 PIDUCO | 36 LA VEGA |

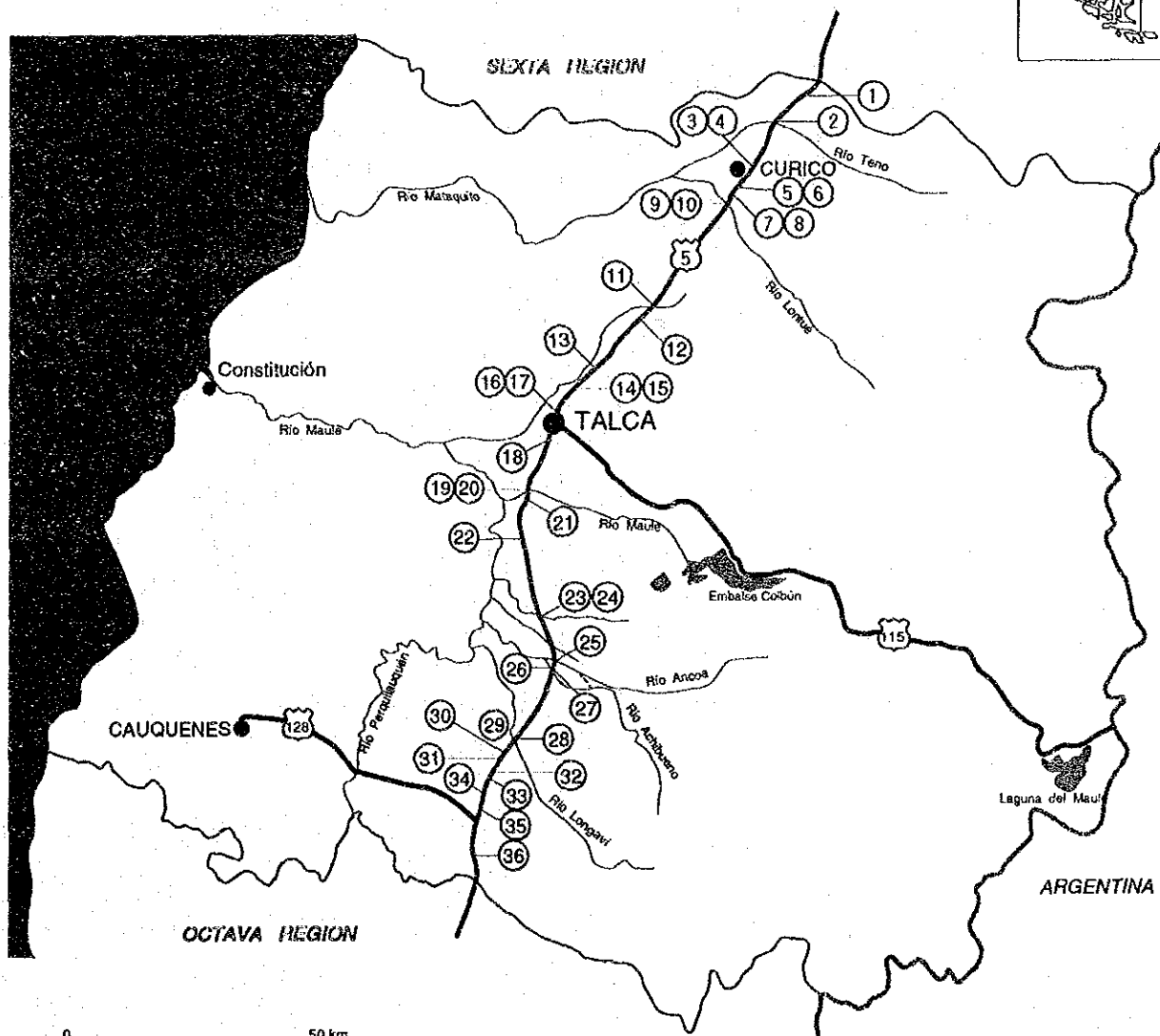


図 2 - 5 第 7 州の調査対象橋梁

| No. | Nombre de puente | Ubic. | Long. | Calz. | Tramos |
|-----|------------------------|-------|-------|-------|--------|
| 1 | ENDESA | 177.1 | 24.8 | 23.5 | 2 |
| 2 | TENO | 178.0 | 323.1 | 7.0 | 13 |
| 3 | GUAIQUILLO ORIENTE | 194.0 | 101.8 | 7.0 | 5 |
| 4 | GUAIQUILLO PONIENTE | 194.0 | 148.0 | 7.0 | 4 |
| 5 | P.S. MAQUEHUA ORIENTE | 194.6 | 87.5 | 7.0 | 8 |
| 6 | P.S. MAQUEHUA PONIENTE | 194.6 | 75.5 | 7.0 | 3 |
| 7 | LONTUE ORIENTE | 197.0 | 229.0 | 6.1 | 9 |
| 8 | LONTUE PONIENTE | 197.0 | 238.2 | 6.1 | 7 |
| 9 | PIRIHUIN | 200.0 | 25.7 | 8.0 | 5 |
| 10 | SECO | 201.1 | 25.0 | 8.0 | 1 |
| 11 | CLARO | 218.4 | 117.7 | 7.3 | 7 |
| 12 | CHARGRES | 223.4 | 27.8 | 8.1 | 3 |
| 13 | PANGUE | 245.0 | 133.4 | 7.1 | 7 |
| 14 | LIRCAY No.1 | 251.3 | 150.5 | 6.0 | 8 |
| 15 | LIRCAY No.2 | 251.8 | 100.0 | 10.1 | 3 |
| 16 | P.S. SAN CLEMENTE | 252.8 | 29.4 | 8.0 | 3 |
| 17 | P.S. LIRCAY | 255.8 | 51.0 | 7.2 | 3 |
| 18 | PIDUCO | 257.4 | 36.7 | 8.1 | 4 |
| 19 | MAULE PONIENTE | 269.5 | 442.8 | 3.1 | 8 |
| 20 | MAULE ORIENTE | 269.5 | 442.8 | 3.2 | 8 |
| 21 | LAS VERTIENTES | 270.0 | 58.0 | 7.2 | 4 |
| 22 | P.S. BOBADILLA | 271.8 | 45.9 | 7.1 | 3 |
| 23 | QUILIPIN | 294.9 | 30.2 | 8.0 | 3 |
| 24 | PUTAGAN | 295.7 | 120.7 | 6.0 | 6 |
| 25 | ANCOA No.1 | 303.7 | 94.9 | 7.1 | 6 |
| 26 | ANCOA No.2 | 304.8 | 115.4 | 7.1 | 7 |
| 27 | ACHIBUENO | 305.5 | 306.2 | 7.1 | 13 |
| 28 | LIGUAY | 316.6 | 100.6 | 6.0 | 5 |
| 29 | LONGAVI | 320.5 | 319.8 | 8.0 | 16 |
| 30 | HUACARNECO | 320.5 | 20.0 | 10.1 | 1 |
| 31 | PIGUCHEN | 320.5 | 20.3 | 9.1 | 3 |
| 32 | P.S. COPIHUE | 331.4 | 46.7 | 8.1 | 3 |
| 33 | COPIHUE | 332.5 | 24.2 | 8.0 | 3 |
| 34 | COLLIGUAY | 335.9 | 12.7 | 9.1 | 2 |
| 35 | PARRAL | 339.0 | 16.6 | 9.2 | 1 |
| 36 | LA VEGA | 347.4 | 19.1 | 10.1 | 3 |

表 2-5 第7州の調査対象橋梁

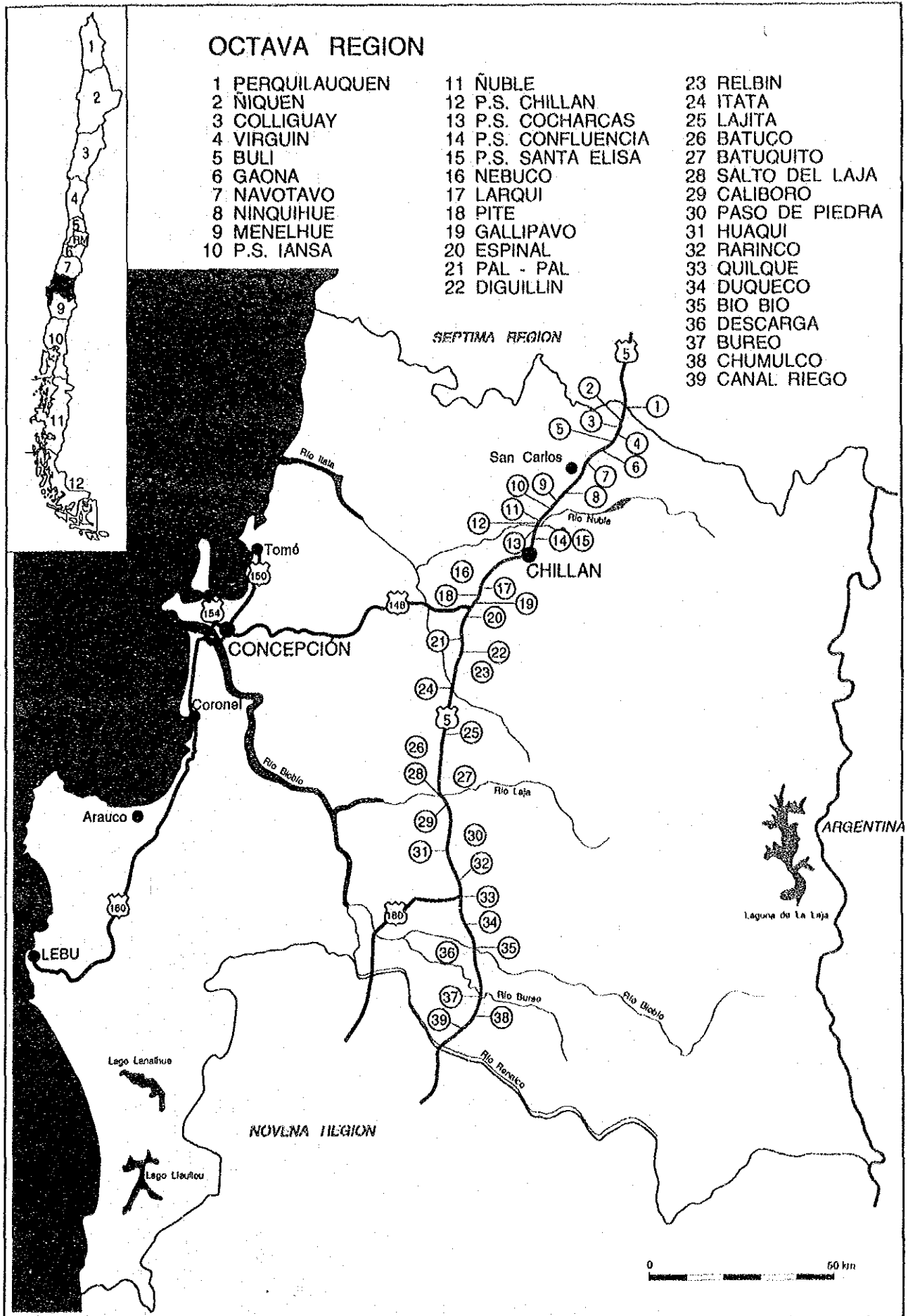


図 2 - 6 第 8 州の調査対象橋梁

| No. | Nombre de puente | Ubic. | Long. | Calz. | Tramos |
|-----|------------------|-------|-------|-------|--------|
| 1 | PERQUILAUQUEN | 351.6 | 422.0 | 6.0 | 19 |
| 2 | NIQUEN | 359.6 | 26.3 | 9.1 | 4 |
| 3 | COLLIGUAY | 361.7 | 11.8 | 6.9 | 2 |
| 4 | VIRGUIN | 365.8 | 11.0 | 6.9 | 2 |
| 5 | BULI | 369.4 | 12.3 | 9.1 | 2 |
| 6 | GAONA | 373.5 | 12.2 | 10.1 | 2 |
| 7 | NAVOTAVO | 378.2 | 33.4 | 8.1 | 4 |
| 8 | NINQUIHUE | 387.5 | 20.0 | 9.3 | 3 |
| 9 | MENELHUE | 390.5 | 23.9 | 8.1 | 4 |
| 10 | P.S. IANSA | 393.6 | 11.0 | 9.0 | 1 |
| 11 | NUBLE | 397.7 | 887.2 | 10.2 | 23 |
| 12 | P.S. CHILLAN | 405.7 | 55.6 | 8.0 | 1 |
| 13 | P.S. COCHARCAS | 406.9 | 15.2 | 16.7 | 1 |
| 14 | P.S. CONFLUENCIA | 410.0 | 21.3 | 8.1 | 1 |
| 15 | P.S. SANTA ELISA | 410.5 | 14.1 | 10.0 | 1 |
| 16 | NEBUCO | 414.9 | 156.3 | 8.1 | 7 |
| 17 | LARQUI | 425.6 | 73.3 | 7.0 | 5 |
| 18 | PITE | 426.8 | 19.7 | 10.1 | 3 |
| 19 | GALLIPAVO | 429.7 | 33.6 | 8.2 | 4 |
| 20 | ESPINAL | 433.7 | 20.2 | 10.1 | 3 |
| 21 | PAL-PAL | 440.3 | 29.9 | 8.0 | 1 |
| 22 | DIGUILLIN | 444.3 | 77.7 | 7.2 | 4 |
| 23 | RELBUN | 448.3 | 49.8 | 7.2 | 4 |
| 24 | ITATA | 455.3 | 77.6 | 7.1 | 3 |
| 25 | LAJITA | 474.8 | 30.4 | 8.0 | 1 |
| 26 | BATUCO | 483.6 | 33.0 | 8.1 | 4 |
| 27 | BATUQUITO | 484.6 | 16.7 | 7.0 | 3 |
| 28 | SALTO DEL LAJA | 486.4 | 92.7 | 10.0 | 4 |
| 29 | CALIBORO | 488.0 | 20.5 | 10.0 | 3 |
| 30 | PASO DE PIEDRA | 493.5 | 15.0 | 6.0 | 3 |
| 31 | HUAQUI | 501.8 | 36.6 | 6.0 | 3 |
| 32 | RARINCO | 508.1 | 32.5 | 6.0 | 4 |
| 33 | QUILQUE | 514.0 | 14.1 | 9.6 | 2 |
| 34 | DUQUECO | 524.0 | 124.1 | 8.1 | 4 |
| 35 | BIO BIO | 531.8 | 206.9 | 6.0 | 5 |
| 36 | DESCARGA | 531.9 | 92.0 | 8.0 | 10 |
| 37 | BUREO | 545.6 | 140.4 | 8.2 | 5 |
| 38 | CHUMULCO | 551.6 | 24.0 | 7.2 | 3 |
| 39 | CANAL RIEGO | 554.8 | 10.5 | 8.1 | 1 |

表 2-6 第8州の調査対象橋梁

NOVENA REGION

- | | | |
|---------------|------------------------|--------------------|
| 1 ESPERANZA | 11 CHANCO | 21 QUEPE PONIENTE |
| 2 MININCO | 12 QUINO | 22 QUEPE ORIENTE |
| 3 MALLECO | 13 EL SALTO | 23 HUILQUILCO |
| 4 P.S. PIDIMA | 14 P.S. PUA | 24 PELALES |
| 5 HUEQUEN | 15 QUILLEM | 25 P.S. FREIRE N°1 |
| 6 CHAMICHACO | 16 PUMALAL | 26 TOLTEN |
| 7 DUMO | 17 CAUTIN | 27 CHADA |
| 8 COLO | 18 METRENCO | 28 DONGUIL |
| 9 TRAIGUEN | 19 PICHÍ QUEPE ANTIGUO | 29 P.S. LONCOCHE |
| 10 TRICAUCO | 20 PICHÍ QUEPE NUEVO | 30 LO VASQUEZ N°2 |
| | | 31 LO VASQUEZ N°3 |

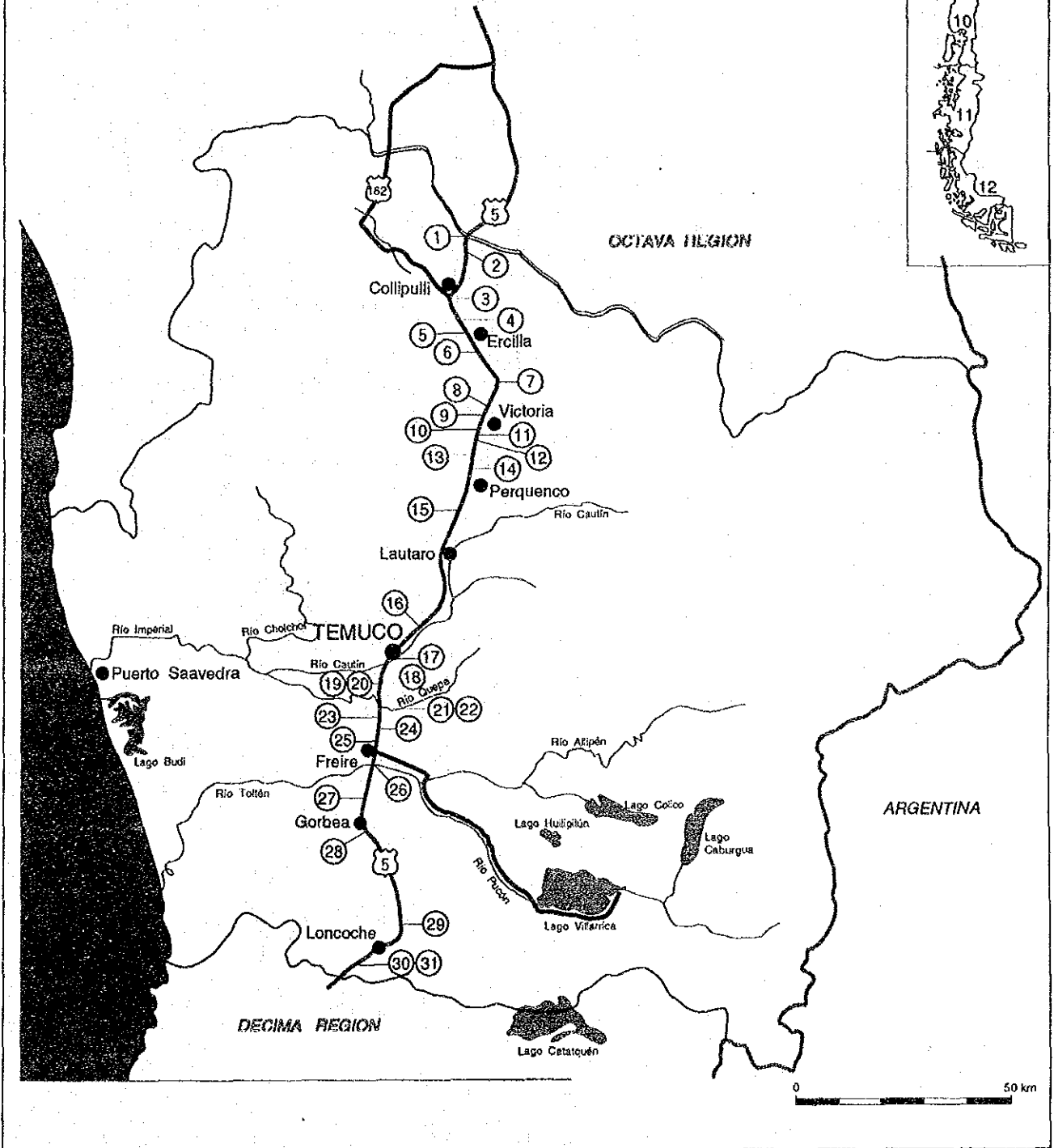


図 2 - 7 第 9 州の調査対象橋梁

| No. | Nombre de puente | Ubic. | Long. | Calz. | Tramos |
|-----|---------------------|-------|-------|-------|--------|
| 1 | ESPERANZA | 561.7 | 94.3 | 7.1 | 5 |
| 2 | MININCO | 564.1 | 54.4 | 7.1 | 3 |
| 3 | MALLECO | 576.7 | 344.1 | 18.4 | 10 |
| 4 | P.S. PIDIMA | 584.5 | 25.6 | 8.0 | 1 |
| 5 | HUEQUEN | 589.0 | 23.5 | 8.0 | 3 |
| 6 | CHAMICHACO | 590.8 | 16.8 | 8.8 | 1 |
| 7 | DUMO | 600.9 | 29.8 | 8.0 | 3 |
| 8 | COLO | 608.2 | 58.0 | 8.2 | 3 |
| 9 | TRAIQUEN | 609.2 | 30.0 | 8.0 | 1 |
| 10 | TRICAUCO | 614.2 | 20.3 | 8.0 | 1 |
| 11 | CHANCO | 618.0 | 20.3 | 8.0 | 1 |
| 12 | QUINO | 619.5 | 57.8 | 8.0 | 1 |
| 13 | EL SALTO | 621.2 | 20.3 | 8.0 | 1 |
| 14 | P.S. PUA | 622.0 | 26.2 | 10.0 | 3 |
| 15 | QUILLEM | 639.5 | 54.6 | 8.0 | 3 |
| 16 | PUMALAL | 665.4 | 67.0 | 8.0 | 3 |
| 17 | CAUTIN | 677.9 | 140.7 | 12.0 | 8 |
| 18 | METRENCO | 687.1 | 24.0 | 8.0 | 2 |
| 19 | PICHI QUEPE ANTIGUO | 689.9 | 18.5 | 9.4 | 1 |
| 20 | PICHI QUEPE NUEVO | 689.9 | 18.5 | 8.0 | 1 |
| 21 | QUEPE PONIENTE | 690.3 | 80.0 | 8.0 | 4 |
| 22 | QUEPE ORIENTE | 690.3 | 80.0 | 8.0 | 4 |
| 23 | HUILQUILCO | 693.3 | 20.3 | 8.0 | 1 |
| 24 | PELALES | 696.6 | 20.3 | 8.0 | 1 |
| 25 | P.S. FREIRE No.1 | 699.3 | 13.5 | 10.0 | 1 |
| 26 | TOLTEN | 704.0 | 392.2 | 6.0 | 16 |
| 27 | CHADA | 713.0 | 24.0 | 7.4 | 3 |
| 28 | DONGUIL | 721.0 | 75.0 | 10.0 | 3 |
| 29 | P.S. LONCOCHE | 756.4 | 133.4 | 10.0 | 7 |
| 30 | LO VASQUEZ No.2 | 759.5 | 15.4 | 10.8 | 1 |
| 31 | LO VASQUEZ No.3 | 759.9 | 14.9 | 10.8 | 2 |

表 2-7 第9州の調査対象橋梁

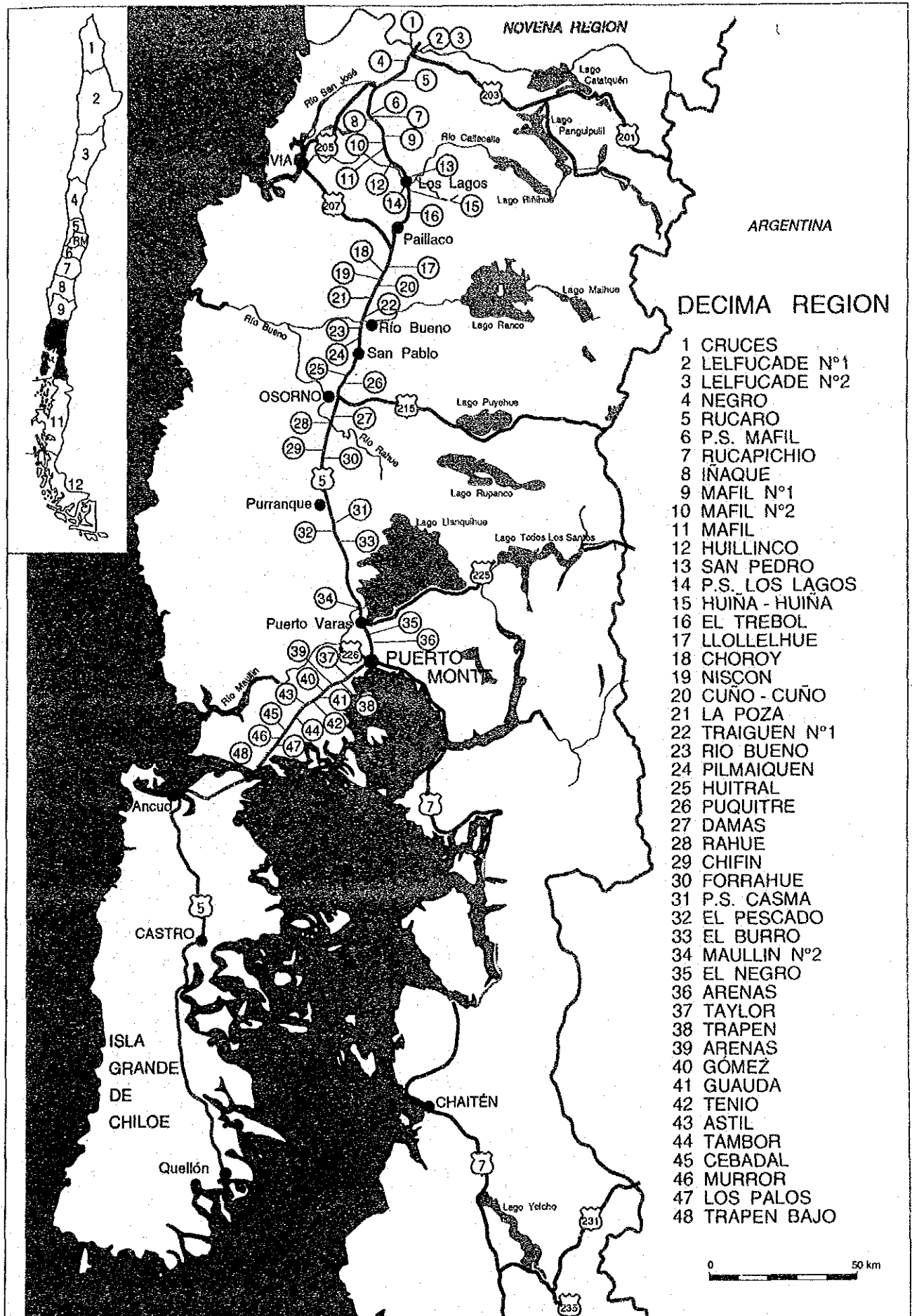


図 2 - 8 第 10 州の調査対象橋梁

| No. | Nombre de puente | Ubic. | Long. | Calz. | Tramos |
|-----|------------------|--------|-------|-------|--------|
| 1 | CRUCES | 767.9 | 90.2 | 6.0 | 6 |
| 2 | LELFUCADE No.1 | 770.8 | 62.3 | 7.1 | 4 |
| 3 | LELFUCADE No.2 | 771.4 | 11.0 | 10.2 | 1 |
| 4 | NEGRO | 775.8 | 130.0 | 8.1 | 7 |
| 5 | RUCACO | 787.0 | 148.1 | 8.1 | 8 |
| 6 | P.S. MAFIL | 799.7 | 27.0 | 10.0 | 2 |
| 7 | RUCAPICHIO | 800.7 | 51.1 | 10.0 | 2 |
| 8 | INAQUE | 804.0 | 70.0 | 10.0 | 2 |
| 9 | MAFIL No.1 | 808.3 | 20.6 | 10.1 | 1 |
| 10 | MAFIL No.2 | 808.5 | 20.7 | 10.0 | 1 |
| 11 | MAFIL | 808.8 | 50.6 | 10.1 | 2 |
| 12 | HUILLINCO | 825.1 | 60.1 | 10.1 | 2 |
| 13 | SAN PEDRO | 831.8 | 232.3 | 16.0 | 5 |
| 14 | P.S. LOS LAGOS | 831.8 | 12.6 | 16.0 | 1 |
| 15 | HUINA-HUINA | 833.5 | 48.2 | 8.0 | 3 |
| 16 | EL TREBOL | 844.5 | 44.8 | 10.0 | 1 |
| 17 | LLOLLELHUE | 869.2 | 54.4 | 8.1 | 2 |
| 18 | CHOROY | 870.6 | 27.2 | 8.1 | 1 |
| 19 | NISCON | 872.5 | 27.2 | 8.1 | 1 |
| 20 | CUNO-CUNO | 873.4 | 27.1 | 8.1 | 1 |
| 21 | LA POZA | 883.3 | 27.1 | 8.1 | 1 |
| 22 | TRAIGUEN No.1 | 887.1 | 60.5 | 8.1 | 3 |
| 23 | RIO BUENO | 889.2 | 325.1 | 8.1 | 7 |
| 24 | PILMAIQUEN | 895.0 | 99.7 | 8.1 | 3 |
| 25 | HUITRAL | 938.5 | 24.0 | 10.0 | 3 |
| 26 | PUQUITRE | 941.7 | 20.0 | 10.0 | 3 |
| 27 | DAMAS | 949.4 | 60.0 | 8.0 | 2 |
| 28 | RAHUE | 959.4 | 148.0 | 8.0 | 2 |
| 29 | CHIFIN | 973.8 | 40.0 | 8.0 | 3 |
| 30 | FORRAHUE | 977.1 | 45.0 | 8.0 | 3 |
| 31 | P.S. CASMA | 996.9 | 18.6 | 10.0 | 1 |
| 32 | EL PESCADO | 997.7 | 31.8 | 9.8 | 1 |
| 33 | EL BURRO | 1002.9 | 13.8 | 10.0 | 1 |
| 34 | MAULLIN No.2 | 1028.6 | 56.0 | 8.0 | 2 |
| 35 | EL NEGRO | 1044.2 | 20.0 | 10.0 | 3 |
| 36 | ARENAS | 1044.4 | 24.4 | 9.9 | 3 |
| 37 | TAYLOR | 1064.2 | 13.8 | 10.0 | 2 |
| 38 | TRAPEN | 1066.0 | 38.0 | 8.1 | 5 |
| 39 | ARENAS | 1068.9 | 12.2 | 10.0 | 2 |
| 40 | GOMEZ | 1077.0 | 38.8 | 7.9 | 5 |
| 41 | GUAUDA | 1077.2 | 14.2 | 10.0 | 2 |
| 42 | TENIO | 1085.0 | 14.0 | 10.0 | 2 |
| 43 | ASTIL | 1087.8 | 13.5 | 10.0 | 2 |
| 44 | TAMBOR | 1088.7 | 36.1 | 2.0 | 4 |
| 45 | CEBADAL | 1089.6 | 13.5 | 10.0 | 2 |
| 46 | MURROR | 1091.4 | 14.0 | 10.0 | 2 |
| 47 | LOS PALOS | 1096.0 | 13.2 | 10.0 | 2 |
| 48 | TRAPEN BAJO | 1097.0 | 36.0 | 8.0 | 4 |

表 2-8 第10州の調査対象橋梁

| No | NOMBRE DE PUENTE | REGION | NOTA |
|----|--------------------|--------|------------|
| 1 | EL MONTE | RM | |
| 2 | ESPERANZA | RM | |
| 3 | LONCOMILLA | 7 | |
| 4 | QUEBRADA HONDA | 8 | CONCEPCION |
| 5 | RAMADILLAS | 8 | |
| 6 | QUILLON | 8 | CONCEPCION |
| 7 | BIO BIO ANTIGUO | 8 | CONCEPCION |
| 8 | PICHOY | 10 | VALDIVIA |
| 9 | CAYUMAPU | 10 | VALDIVIA |
| 10 | CRUCES CALLE CALLE | 10 | VALDIVIA |

表 2-9 ルート5号以外の調査対象橋梁

2-1-3 現地調査の実施方法

南北2000kmに渡り3班に分けて調査を行うため各調査団の橋梁の損傷度評価、橋梁基本寸法、写真を撮る部位等、各班の調査者の違いでデータのばらつきがでないよう調査表を事前に作成し本格調査のまえに合同の調査を実施し意見の交換を行って各調査班間の評価値の違いを極力小さくすることに努めた。

予備調査に当たっては下に示すような調査用紙を準備し調査を実施した。

(1) 点検調査

評価者によって点検部位、評価項目に差がでないよう表2-10に示すような点検調査を作成した、この記載項目は点検調査台帳の記載項目と一致しており、橋梁損傷度評価を行う場合に使用する評価マトリックスとも基本的に同じになっている。これは合同調査の後意見交換をし必要項目等の調整を行って最終的に決めたものである。

(2) 橋梁基本寸法採寸調査

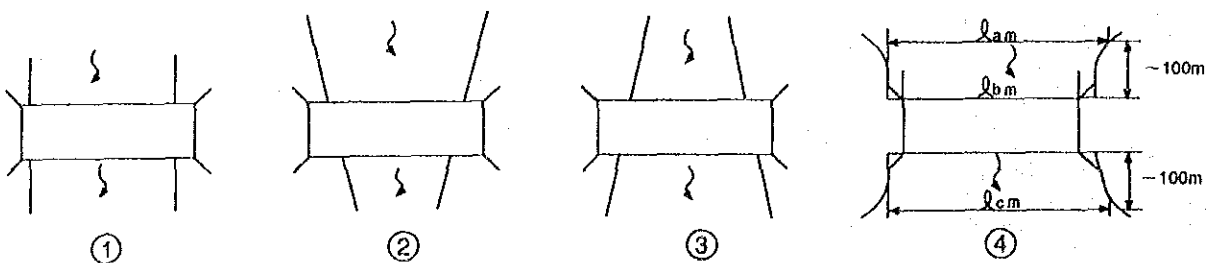
古い橋には図面のないものが多く、データベースに記載すべき基本データが不明の橋梁が多数あることが予想されたため、橋梁の基本的な形状寸法の計測をおこなった。このため図2-1～図2-5に示すような、橋梁幅員、橋長等最低限計測すべき部位を示した計測調査を作成し計測データのばらつき、計測漏れを極力なくすよう努めた。この調査をもとに一般構造図をかいている。

(3) 撮影部位指示書

写真は重要な点検データであり、必ず撮るべき部位として基本構造のわかる全体部分、橋梁表面状況、主桁、床版、横桁、橋台、橋脚、その他特に注意すべき構造、損傷等について図2-6～図2-7に示すような参考図を作成し遺漏のないよう注意した。写真は基本的に1橋24枚撮りフィルム1本を使用することを原則として撮影をおこなった。ここで撮影されたものは最終的に写真台帳に整理使用した。

表 2-10 点検調書

| CODIGO DEL PUENTE | | NOMBRE | | NOMBRE DEL CRUCE | | NOMBRE DEL RIO | |
|--|------------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------|
| Lugar de inspección | | Nombre del inspector | | Página No. | | dc | |
| TIPO DE DAÑO O DETERIORO Y SU CANTIDAD | | | | | | | |
| PAVIMENTO | ITEM | 1 ALABEO | 2 ENSURCADO O CARRILES | 3 FISURAMIENTO | 4 ASENTAMIENTO | 5 OTROS | |
| | GRADO O CANTID | | | | | | |
| BARANDAS | ITEM | 1 DEFORMACION | 2 OXIDAMIENTO | 3 CORROSION | 4 FISURAMIENTO | 5 ARMADURA AL AIRE | 6 OTROS |
| | GRADO O CANTID | | | | | | |
| JUNTAS DE EXPANSION | ITEM | 1 SONDOS EXTRAÑOS | 2 FILTRACION DE AGUAS | 3 DEFORMACION | 4 MOVIMIENTOS VERTICALES | 5 JUNTAS OBSTRUIDAS | 6 OTROS |
| | GRADO O CANTID | | | | | | |
| LOSA | ITEM | 1 FISURAS EN UNA DIRECCION | 2 FISURAMIENTO EN RED | 3 DESCASCARAMIENTO | 4 ARMADURA AL AIRE | 5 NIDOS DE PIEDRAS | 6 EFLORESCENCIAS |
| | GRADO O CANTID | | | | | | |
| RIOSTRAS (PTES. DE ACERO) | ITEM | 1 OXIDAMIENTO | 2 CORROSION | 3 DEFORMACION | 4 ROTURA DE LAS UNIONES | 5 ROTURA DE ANCLAJES | 6 OTROS |
| | GRADO O CANTID | | | | | | |
| VIGAPRINCIPAL DE ACERO (EN CHERCHAS) | ITEM | 1 OXIDAMIENTO | 2 CORROSION | 3 DEFORMACION | 4 PERDIDA DE PERNOS | 5 FISURAS EN SOLDADURAS | 6 OTROS |
| | GRADO O CANTID | | | | | | |
| RIOSTRAS (PTES. CONCRETO) | ITEM | 1 FISURAS EN UNA DIRECCION | 2 FISURAMIENTO EN RED | 3 DESCASCARAMIENTO | 4 ARMADURA AL AIRE | 5 NIDOS DE PIEDRAS | 6 EFLORESCENCIAS |
| | GRADO O CANTID | | | | | | |
| VIGA PRINCIPAL DE CONCRETO | ITEM | 1 FISURAS EN UNA DIRECCION | 2 FISURAMIENTO EN RED | 3 DESCASCARAMIENTO | 4 ARMADURA AL AIRE | 5 NIDOS DE PIEDRAS | 6 EFLORESCENCIAS |
| | GRADO O CANTID | | | | | | |
| APOYOS | ITEM | 1 ROTURA DEL APOYO | 2 ROTURA DE ACCESORIOS | 3 SALIDA DE ANCLAJES | 4 ROTURA DEL DISCO | 5 DEFORMACIONES RARAS | 6 OTROS |
| | GRADO O CANTID | | | | | | |
| ESTRIBOS | ITEM | 1 GRIETAS O DESCASCARAM | 2 FISURAS A PARTIR APOYO | 3 ROTURA DEL PARAPETO | 4 INCLINACIONES | 5 SOCAVACIONES | 6 OTROS |
| | GRADO O CANTID | | | | | | |
| CEPAS | ITEM | 1 GRIETAS O DESCASCARAM | 2 FISURAS A PARTIR APOYO | 3 DEFORM. DE CANTILEVER | 4 INCLINACIONES | 5 SOCAVACIONES | 6 OTROS |
| | GRADO O CANTID | | | | | | |
| PINTURA | ITEM | 1 DECOLORACION | 2 OXIDAMIENTO | 3 AMPOLLAMIENTO | 4 DESCASCARAM. | 5 OTROS | |
| | GRADO O CANTID | | | | | | |
| ARTICULACIONES DE VIGAS GERBER | ITEM | 1 FISURAS EN UNA DIRECCION | 2 FISURAMIENTO EN RED | 3 AGRIETAMIENTO | 4 ARMADURA AL AIRE | 5 NIDOS DE PIEDRAS | 6 EFLORESCENCIAS |
| | GRADO O CANTID | | | | | | |
| OTROS | ITEM | 1 DERRUMBE TALUD, ESTRIBO | 2 DAÑOS POR IMPACTO ROCAS | 3 DAÑOS EN CABO VIGAS | 4 SE EFECTUO REPARACION? | 5 OTROS | |
| | GRADO O CANTID | | | | | | |
| COMENTARIOS ESPECIALES | 1 EXISTIERON DESBORDAMIENTOS | | | 2. EXISTEN EMPRESTITOS DE MATERIAL | | | |
| | a. SI b. NO c. NO SE SABE | | | a. SI b. NO | | | |



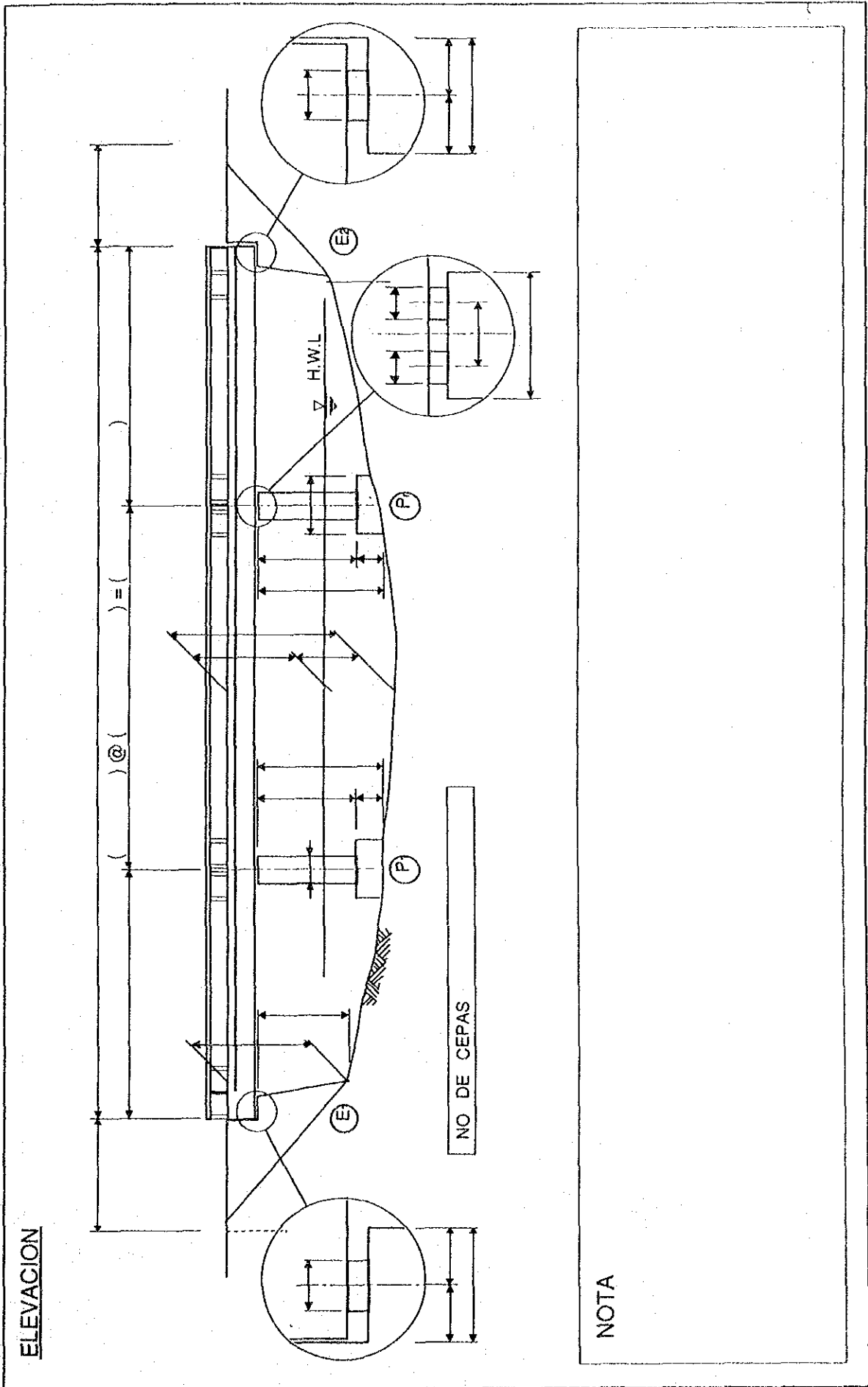


图 2 - 9 桥梁寸法测定书式 (1)

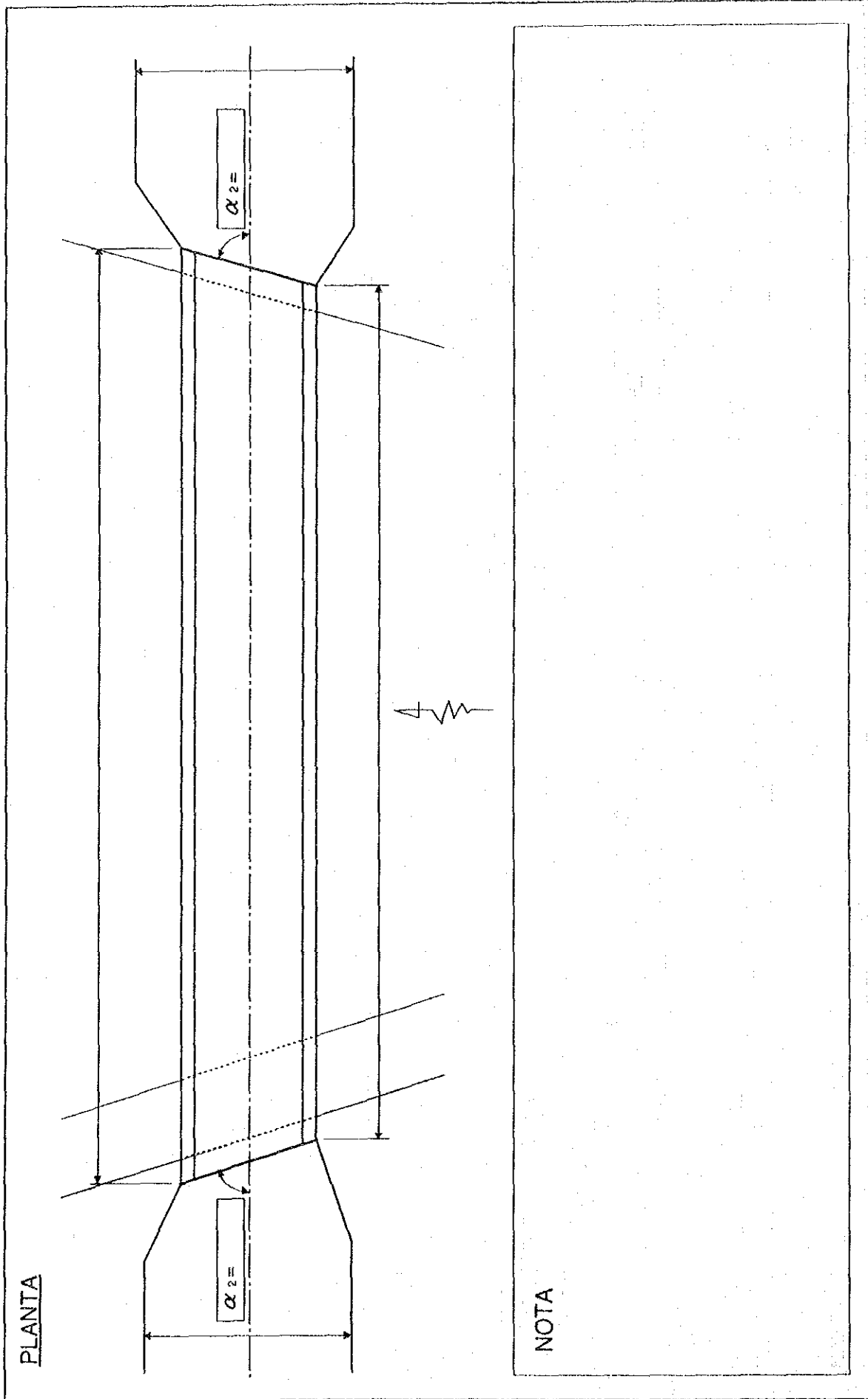
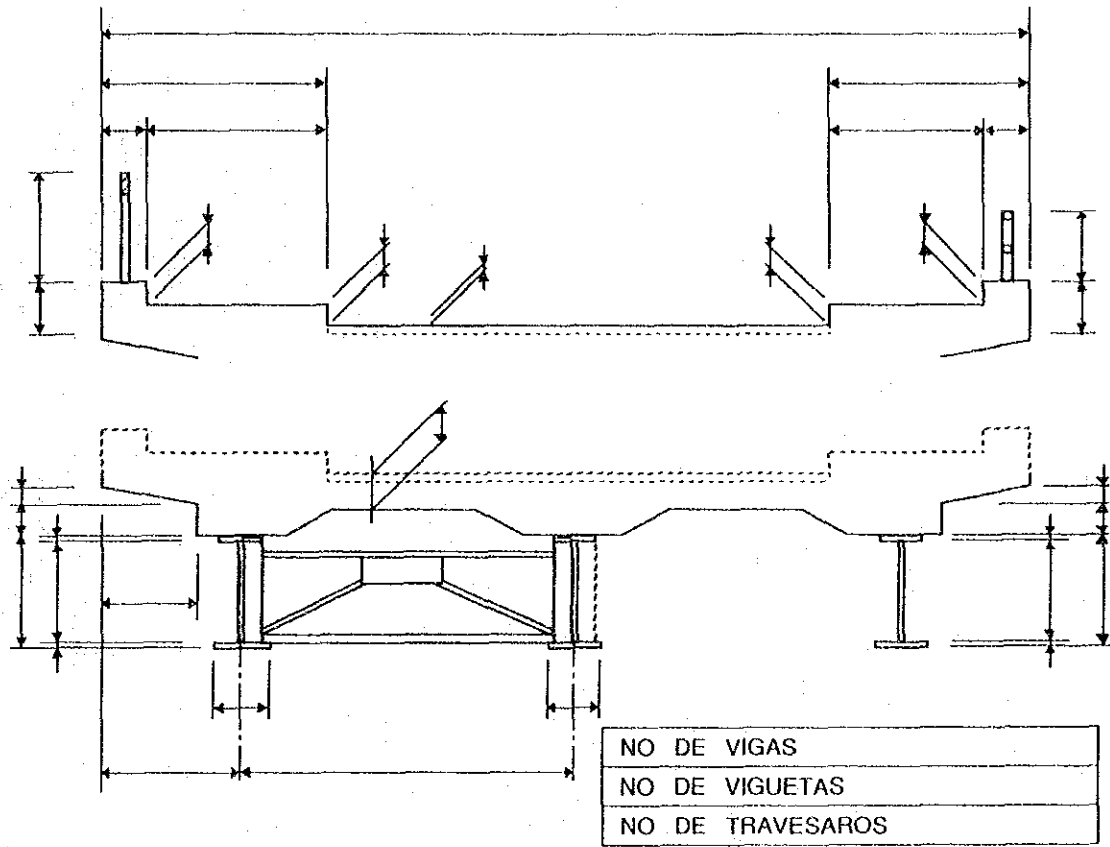


图 2 - 1 0 桥梁寸法测定书式 (2)

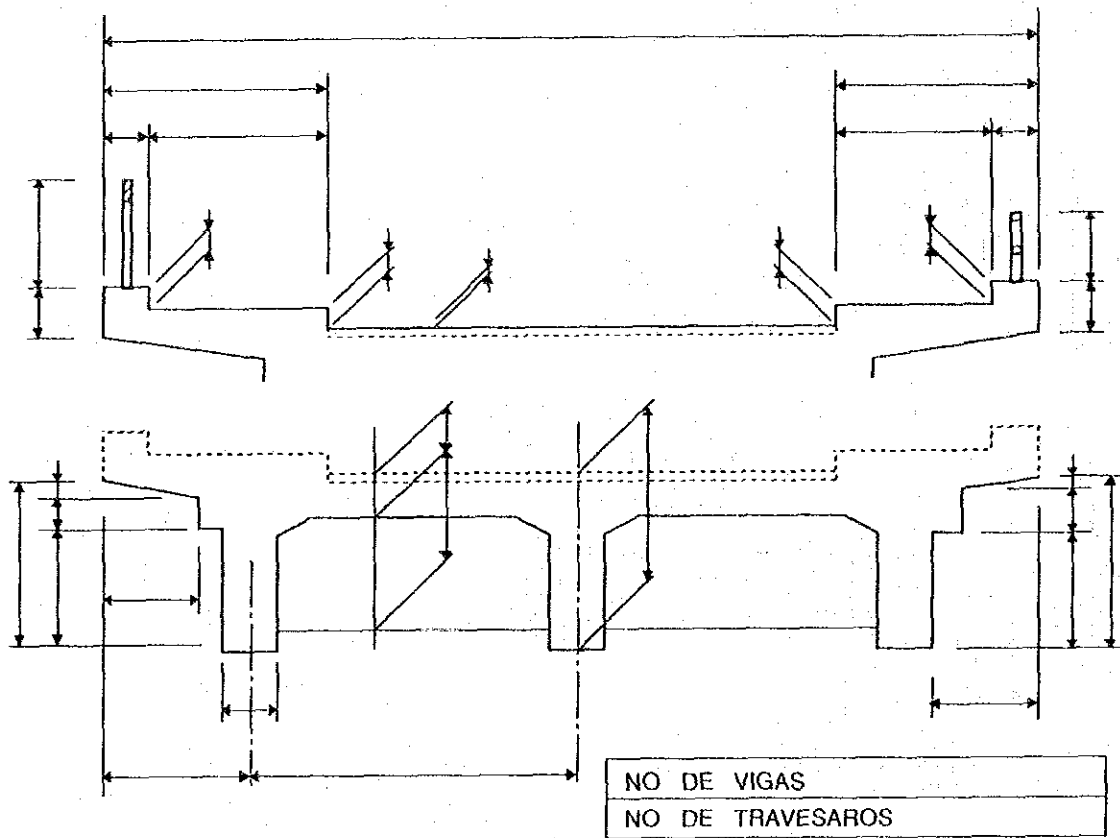
SECTION TRANVAERSAL - PUENTE METALICO



NOTA

图 2 - 1 1 桥梁寸法测定书式 (3)

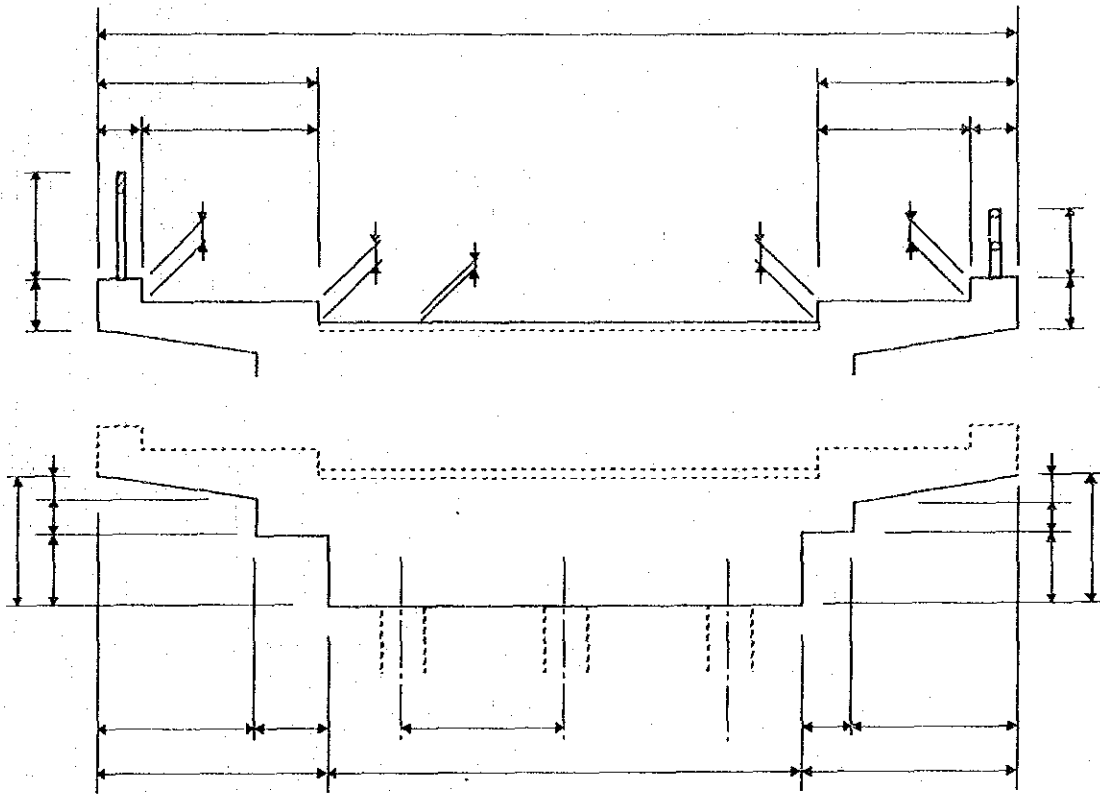
SECTION TRANSVAERSAL - PUENTE DE HORMIGON



NOTA

图 2 - 1 2 桥梁寸法测定书式 (4)

SECTION TRANSVAERSAL - PUENTE LOSA



NOTA

图 2 - 1 3 桥梁寸法测定书式 (5)

INDICE FOTOGRAFICO

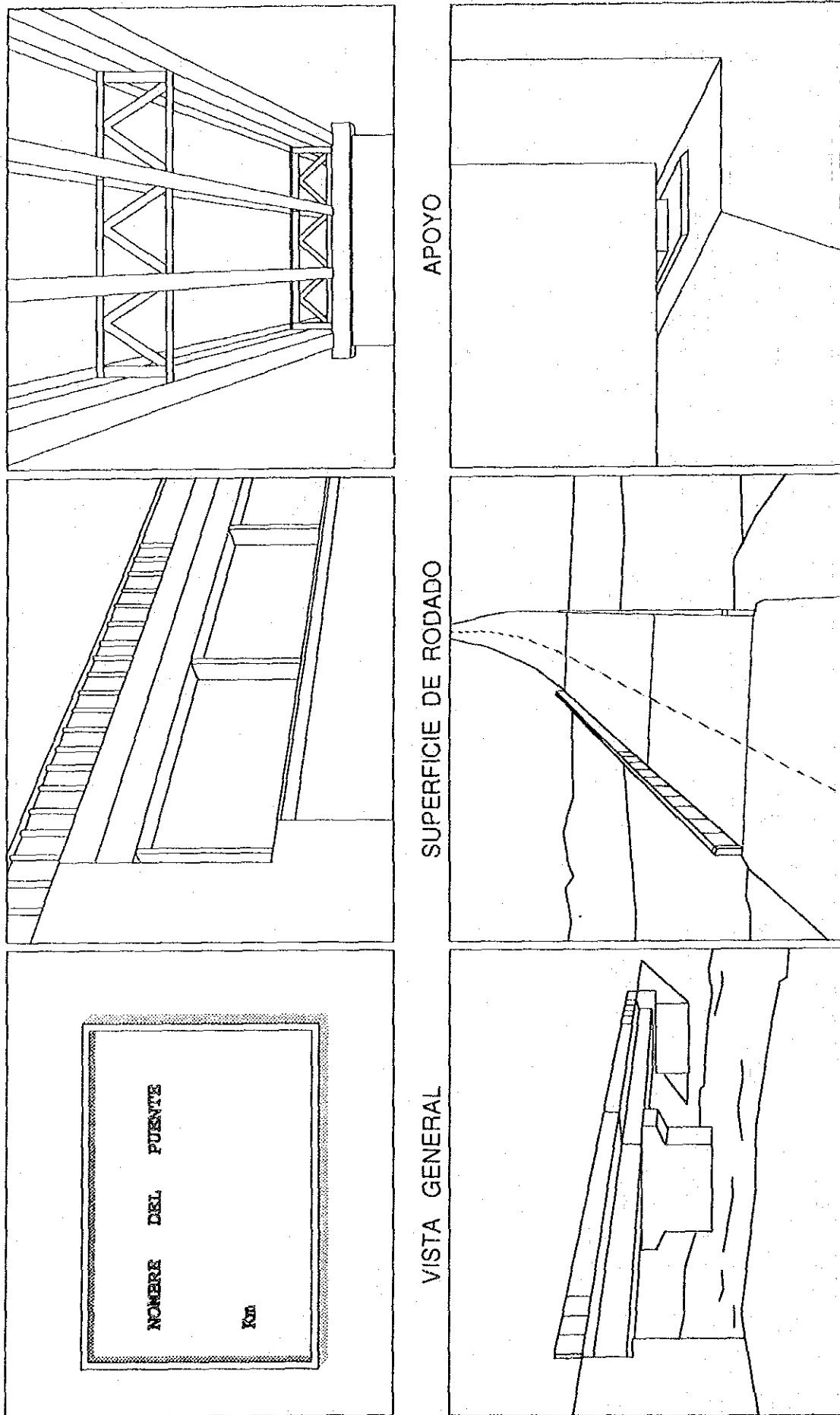
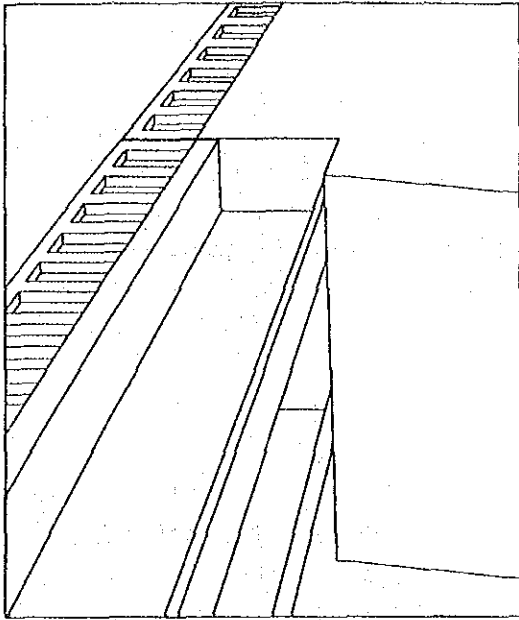
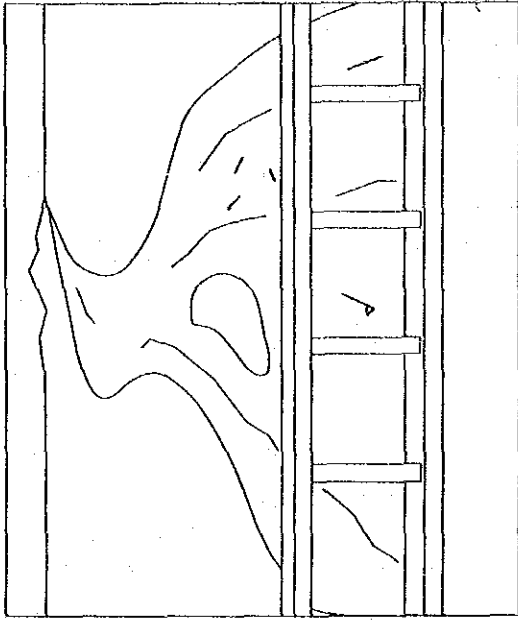


图 2 - 1 4 写真撮影規準 (1)

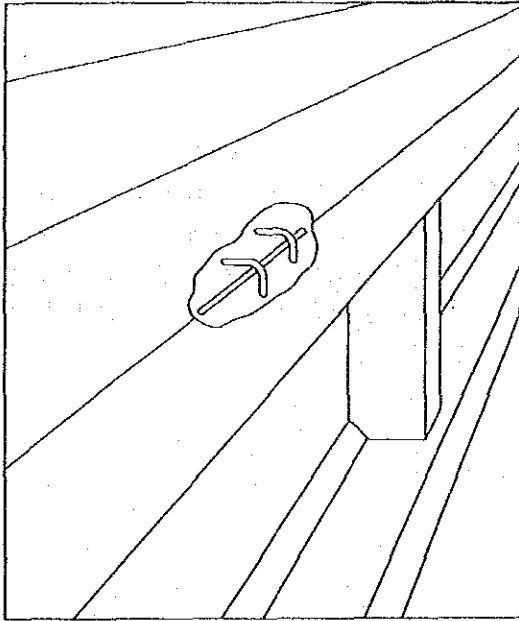
ESTRIBOS



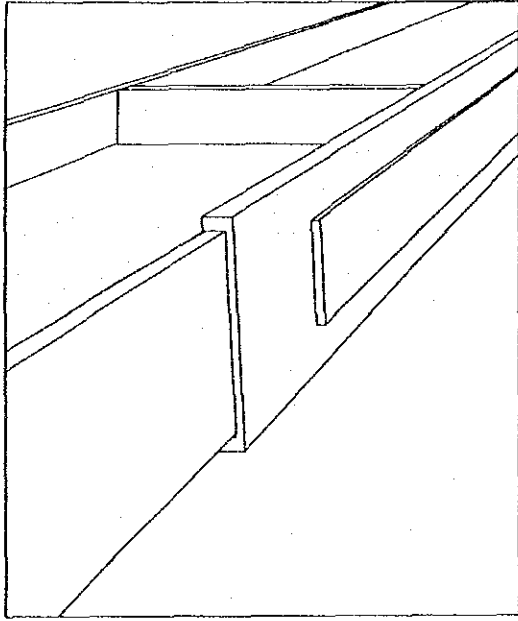
CAUCE DE ESCURRIMIENTO



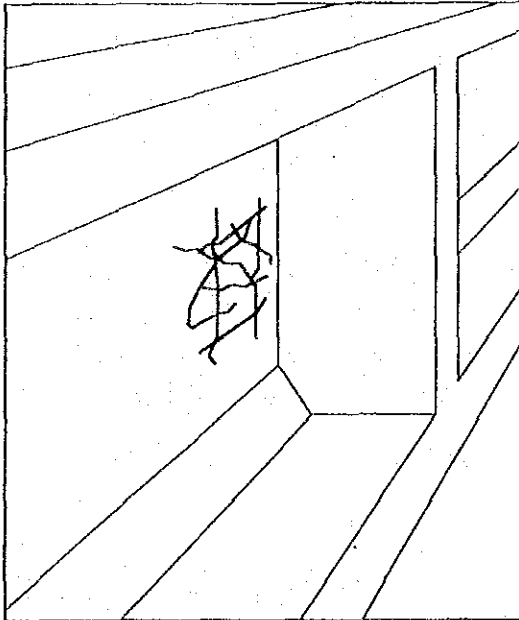
ZONA DE DANO



PROBLEMA ESTRUCTURAL



TABLERO



CEPA

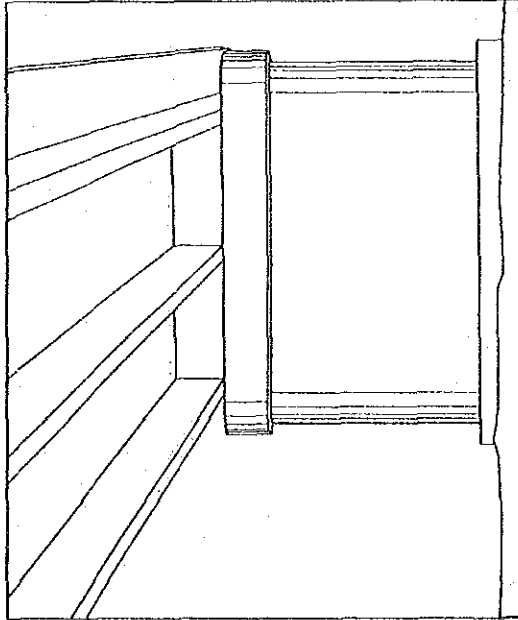


图 2 - 1 5 写真撮影標準 (2)

2-1-4 調査結果

(1) チリの橋梁の一般的な問題点

目視点検をした結果、調査員が気づいたチリの橋梁の一般的な問題点について述べる。

1) 共通的な問題点

1. 支承

最近建設されている橋梁にはゴム支承が使用されているが 10年以上も前に建設された橋梁にはほとんど満足な支承がない。このため橋梁のたわみ、衝撃が直接下部工に伝わり下部工と上部工との接触点（通常沓座と呼ぶ部分）の損傷が多い。また可動部が移動した様子がほとんど見られずこの国で多く採用されているゲルバーヒンジ部等、橋梁本体にも何らかの悪い影響をあたえている。

2. 伸縮継ぎ手

チリの道路橋にはほとんどカバプレート式の伸縮継ぎ手が使われている。製作も現場でカバプレートを溶接しておりその信頼性にも疑問がある。調査の段階でも建設して2年しかたっていない橋梁の継ぎ手のほとんどに損傷が見られるなどその耐久性には疑問がある。また施工精度が良くないため異常音、衝撃力の増大等本体への悪影響も観察された。

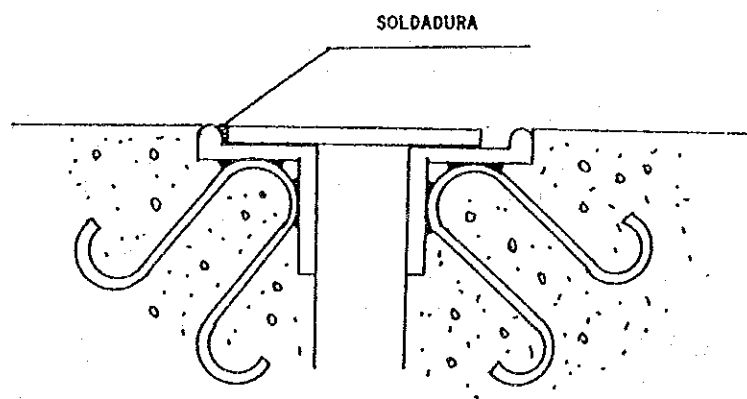


図 2-16 伸縮継ぎ手

3. 取付盛り土

橋梁と接触する部分における盛り土の保護が一般的に非常に悪い。土圧を軽減するため盛りこぼし橋台またはピア形式の橋台が多く採用されているが前面盛り土の管理、保護が悪いため橋台背面の土が陥没する可能性が高い。盛り土のプロテクション工法を検討する必要がある。

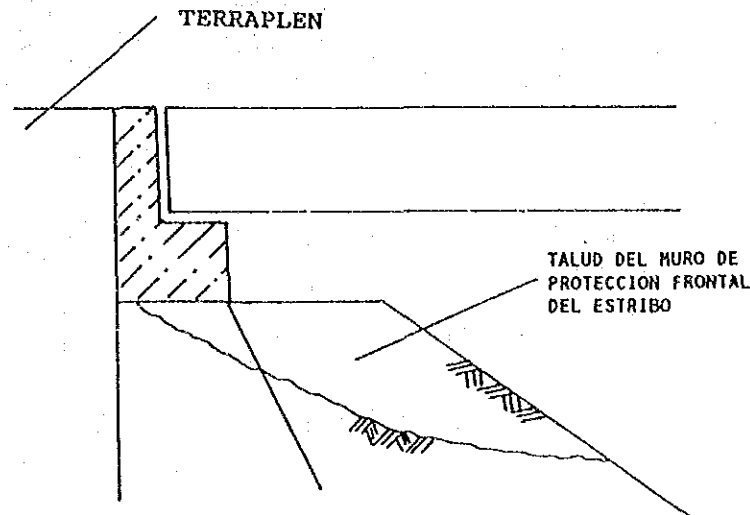


図 2 - 1 7 取付盛り土

4. 基礎

MAIPO 橋 MALLECO 橋等の基礎に見られるように地震の多発する国の橋梁基礎とは思えないような基礎が多い。また MAULE 橋に見られるように洗掘の問題も基本的には基礎の根入れの不足からきていることが多い。乾燥地帯の橋梁は一般的に支持地盤がよく地震にもいままでもなんとか耐えてきたようであるが 南、特に第 10 州の問題橋梁は支持地盤が悪い橋梁が多く橋梁計画時に基礎地盤の調査が大切と考えられる。

5. 設計

橋梁設計はかなり幅員の広い橋梁でもいまだ棒構造で解析している。格子構造解析、多次元不静定構造解析等まだまだあまり一般化していない。このため分配横桁を配置しないなど横方向断面力を無視する構造が多くみられる。また本来連続桁が最も適切な構造でもわざわざゲルバー継手をもうけて構造に弱点を作っている

6. 改修、改築の方法

チリでも交通量の増大により古い橋梁の幅員が足りない状況がいたるところで発生している。2車線から4車線に拡幅する場合、旧2車線を上り、または下り専用にし、完全に別の橋梁を建設し新たに2車線を追加しているケースと縦目地をもうけてあたかも一つの橋梁のようにして拡幅している場合の2ケースがある。このどちらのケースでも新橋と旧橋では必ずその形式が異なっている。前者のように単独で別々に建設されている場合径間割りが異なっていない限り維持管理上大きな問題はない。しかし後者の場合縦目地の変形、伸縮継ぎ手の管理、新設構造の旧構造に対する影響等考慮する必要がある。

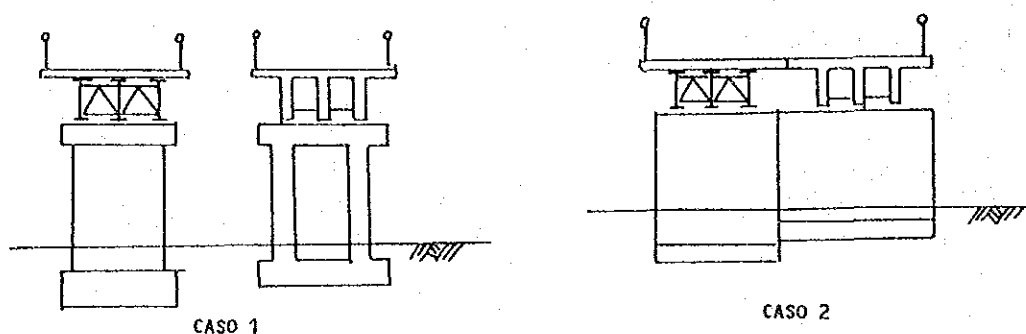


図 2 - 1 8 橋梁増設の方法

2) コンクリート橋における問題点

1. コンクリートの品質

一般的に言ってあまり良いとは言えない。特に型枠の製作に問題があると思われるが打ちっぱなしコンクリートとしての外観は良くない。また型枠用番線の処理、コーナー型枠未撤去など工事の仕上げに問題のある橋梁が多い。また締め固めが悪いためコンクリートのジャンカ、鉄筋露出等が多くみられ構造上の弱点になっている。

2. 連続鉄筋コンクリート桁橋

連続鉄筋コンクリート橋にゲルバーヒンジをもうけて入るケースが多い。問題の一つはゲルバーヒンジの必要のない桁にわざわざヒンジをもうけている。たとえば支間20m以下の桁にまでヒンジをもうけており大きな弱点になっている。もう一つの問題はヒンジの構造で図のようにせん断に弱い構造となっている。また中間支点上のコンクリート舗装側に橋軸直角方向に大きなクラックが発生している例が認められる。

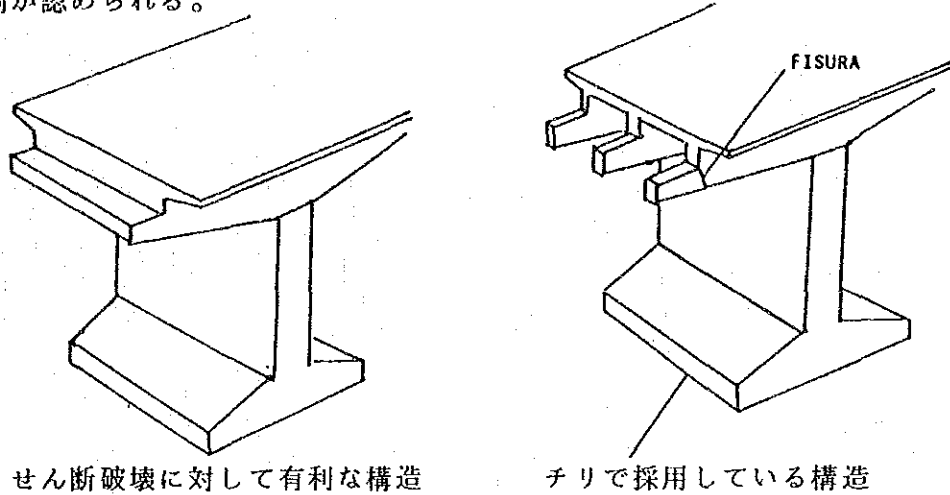


図2-19 ゲルバーヒンジ部の問題点

3. 鉄筋コンクリートアーチ橋の柱

アーチ橋の柱が細すぎる、30mの柱で70cm角、途中に中間横梁もないなど柱の剛性に疑問がある。柱の弾性変形を考慮していないのではないかとと思われる。また細すぎるための損傷が南では多く観測される。

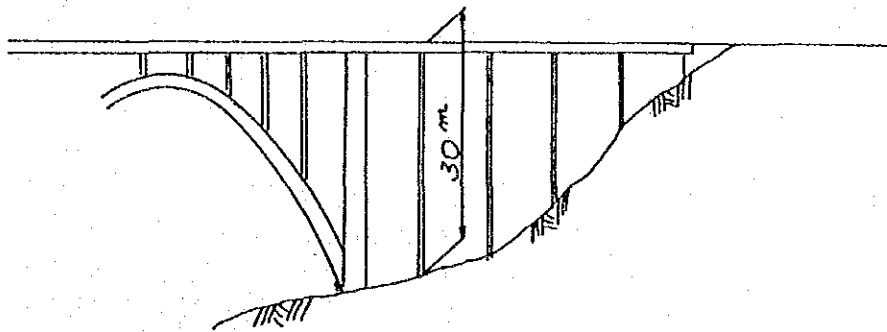


図2-20 アーチ橋の柱

4. コンクリートの施工

新旧コンクリートの打ち継ぎ目処理を入念に行っておらず構造上の弱点になっている例が多い。

3) 鋼橋における問題点

1. 横桁構造

分配横桁がほとんどなく対傾向だけで床組を処理している。また主桁との接続は全て現場溶接で処理しておりその溶接も丁寧とは言えない。溶接のはずれた橋梁、補修をしている橋梁が少なくとも10橋近くあった。

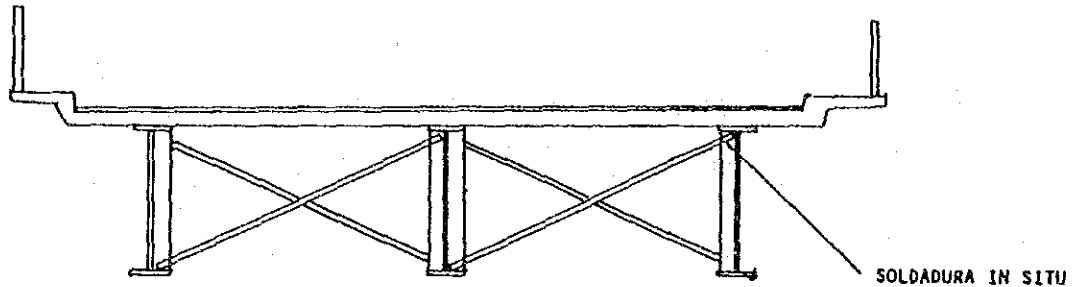


図2-21 横桁の構造

2. 主桁

主桁の断面変化が急激で疲労に対して問題のある構造となっている。またキャンバー調整をしていないためか、たれさった桁が多い。

(2) 損傷度評価

表2-10の点検調書を用いて橋梁各部の点検を行い該当する部分の評価を行った。評価は階級分析手法 (Analytic Hierarchy Process) を用いて3段階の評価を行った。第1段階は橋梁の各部材の評価、第2段階は上部工、下部工および橋梁付属品の部分に分けた評価、第3段階はそれらを総合した橋梁全体の損傷度評価である。これらの評価法に付いては 8章 8-3 で述べているので参照されたい。評価結果を表2-11(1)~(5)に載せている。

| 橋梁NO | 橋梁名 | 形式 | 州 | 床版 | 付属品 | 上部工 | 下部工 | 合計 |
|------|-----------------|-----|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 74 | DESCARGA 1 ORIE | HA- | 6 | 0.075 | 0.125 | 0.302 | 0.557 | 0.985 |
| 5 | CULEBRON ORIENT | HA- | 4 | 0.083 | 0.122 | 0.320 | 0.557 | 1.000 |
| 63 | PS PELEQUEN ORI | HPO | 6 | 0.083 | 0.122 | 0.320 | 0.557 | 1.000 |
| 73 | TINGUIRIRICA O | HPO | 6 | 0.083 | 0.122 | 0.320 | 0.557 | 1.000 |
| 69 | ANTIVERO ORIENT | HPO | 6 | 0.083 | 0.122 | 0.320 | 0.557 | 1.000 |
| 68 | PS SAN FERNANDO | HPO | 6 | 0.083 | 0.122 | 0.320 | 0.557 | 1.000 |
| 47 | STA. BLANCA ORI | LOS | 6 | 0.203 | 0.125 | 0.320 | 0.557 | 1.002 |
| 76 | DESCARGA 2 ORIE | HA- | 6 | 0.093 | 0.125 | 0.320 | 0.557 | 1.002 |
| 75 | DESCARGA 1 PONI | HA- | 6 | 0.093 | 0.144 | 0.320 | 0.557 | 1.021 |
| 235 | PEUCO PONIENTE | ACE | 13 | 0.069 | 0.125 | 0.346 | 0.557 | 1.028 |
| 130 | PS SANTA ELISA | HA- | 8 | 0.098 | 0.155 | 0.336 | 0.557 | 1.049 |
| 9 | EL ALMENDRO | MIX | 4 | 0.068 | 0.151 | 0.342 | 0.557 | 1.050 |
| 8 | CAMARONES 1 | MIX | 4 | 0.068 | 0.122 | 0.355 | 0.592 | 1.069 |
| 67 | CHARQUICAN PONI | HA- | 6 | 0.093 | 0.197 | 0.320 | 0.557 | 1.074 |
| 77 | DESCARGA 2 PONI | LOS | 6 | 0.203 | 0.138 | 0.320 | 0.624 | 1.081 |
| 19 | PS EL NEGRO | LOS | 4 | 0.203 | 0.205 | 0.320 | 0.557 | 1.083 |
| 6 | LAGUNILLAS | HA- | 4 | 0.119 | 0.186 | 0.346 | 0.557 | 1.089 |
| 12 | LA CEBADA | ACE | 4 | 0.089 | 0.136 | 0.401 | 0.557 | 1.094 |
| 62 | PS PELEQUEN PON | ACE | 6 | 0.069 | 0.161 | 0.377 | 0.557 | 1.096 |
| 128 | PS COCHARCAS | HA- | 8 | 0.110 | 0.151 | 0.397 | 0.557 | 1.105 |
| 18 | CONCHALI | HPO | 4 | 0.101 | 0.214 | 0.338 | 0.557 | 1.110 |
| 246 | PS HOSPITAL ORI | HPO | 13 | 0.098 | 0.220 | 0.336 | 0.557 | 1.114 |
| 66 | CHARQUICAN ORIE | HA- | 6 | 0.083 | 0.238 | 0.320 | 0.557 | 1.116 |
| 7 | CAMARONES 2 | MIX | 4 | 0.110 | 0.164 | 0.394 | 0.557 | 1.116 |
| 46 | STA. BLANCA PON | HA- | 6 | 0.093 | 0.190 | 0.368 | 0.557 | 1.116 |
| 65 | RIGOLEMU PONIEN | ACE | 6 | 0.069 | 0.145 | 0.428 | 0.557 | 1.131 |
| 20 | TOTALILLO | HAG | 4 | 0.065 | 0.182 | 0.403 | 0.557 | 1.142 |
| 56 | PS LIRIOS ORIEN | ACE | 6 | 0.098 | 0.184 | 0.410 | 0.557 | 1.151 |
| 26 | HUAQUEN | HA- | 5 | 0.127 | 0.215 | 0.420 | 0.557 | 1.193 |
| 21 | PS PALO COLORAD | HA- | 4 | 0.138 | 0.155 | 0.452 | 0.592 | 1.199 |
| 109 | HUACARNECO | HPO | 7 | 0.142 | 0.260 | 0.403 | 0.557 | 1.221 |
| 127 | PS CHILLAN | ACE | 8 | 0.082 | 0.210 | 0.350 | 0.668 | 1.227 |
| 48 | BENITO PONIENTE | HA- | 6 | 0.128 | 0.147 | 0.532 | 0.557 | 1.237 |
| 215 | FORRAHUE | ACE | 10 | 0.077 | 0.177 | 0.327 | 0.758 | 1.263 |
| 71 | PS LAS TERMAS | LOS | 6 | 0.236 | 0.122 | 0.528 | 0.617 | 1.267 |
| 52 | PS MACHALI | ACE | 6 | 0.111 | 0.282 | 0.446 | 0.557 | 1.286 |
| 4 | CULEBRON PONIEN | ACE | 4 | 0.096 | 0.142 | 0.593 | 0.557 | 1.293 |
| 64 | RIGOLEMU ORIENT | HAG | 6 | 0.065 | 0.145 | 0.596 | 0.557 | 1.299 |
| 237 | LO PINTO 1 PON. | HA- | 13 | 0.120 | 0.147 | 0.363 | 0.792 | 1.302 |
| 78 | PEOR ES NADA PO | HPO | 6 | 0.113 | 0.208 | 0.365 | 0.734 | 1.307 |
| 11 | LIMARI | ARN | 4 | 0.138 | 0.175 | 0.548 | 0.592 | 1.315 |
| 1 | JUAN SOLDADO | ARN | 4 | 0.123 | 0.248 | 0.350 | 0.724 | 1.322 |
| 224 | ARENAS 2 | HA- | 10 | 0.159 | 0.189 | 0.503 | 0.658 | 1.350 |
| 227 | TENIO | LOS | 10 | 0.291 | 0.158 | 0.407 | 0.784 | 1.350 |
| 59 | TIPAUME PONIENT | HA- | 6 | 0.128 | 0.263 | 0.355 | 0.734 | 1.352 |
| 61 | CLARO PONIENTE | HA- | 6 | 0.232 | 0.172 | 0.459 | 0.734 | 1.366 |
| 60 | CLARO ORIENTE | HAG | 6 | 0.137 | 0.182 | 0.472 | 0.734 | 1.388 |

表 2 - 1 1 (1) 損傷度評価

| 橋梁NO | 橋梁名 | 形式 | 州 | 床版 | 付属品 | 上部工 | 下部工 | 合計 |
|------|-----------------|-----|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 27 | LONGOTOMA 2 | HA- | 5 | 0.106 | 0.176 | 0.445 | 0.768 | 1.389 |
| 37 | PS EL OLIVO | ACE | 5 | 0.069 | 0.150 | 0.356 | 0.889 | 1.395 |
| 243 | PS PAINE PONIEN | ACE | 13 | 0.186 | 0.242 | 0.606 | 0.557 | 1.405 |
| 51 | PS ALAMEDA | ACE | 6 | 0.126 | 0.240 | 0.544 | 0.633 | 1.418 |
| 3 | PS LA SERENA | MIX | 4 | 0.078 | 0.286 | 0.478 | 0.659 | 1.424 |
| 58 | TIPAUME ORIENTE | HAG | 6 | 0.065 | 0.250 | 0.445 | 0.734 | 1.429 |
| 55 | CACHAPOAL | ACE | 6 | 0.069 | 0.198 | 0.320 | 0.911 | 1.429 |
| 53 | PS TENIENTE PON | HA- | 6 | 0.186 | 0.298 | 0.578 | 0.557 | 1.434 |
| 228 | ASTIL | LOS | 10 | 0.258 | 0.131 | 0.550 | 0.758 | 1.438 |
| 2 | FISCAL | HAG | 4 | 0.055 | 0.212 | 0.366 | 0.868 | 1.446 |
| 49 | BENITO ORIENTE | LOS | 6 | 0.445 | 0.229 | 0.561 | 0.657 | 1.447 |
| 24 | CHIVATO | HAG | 5 | 0.085 | 0.233 | 0.531 | 0.688 | 1.452 |
| 94 | LIRCAY 2 | HPO | 7 | 0.134 | 0.204 | 0.467 | 0.789 | 1.460 |
| 129 | PS CONFLUENCIA | LOS | 8 | 0.344 | 0.226 | 0.636 | 0.617 | 1.479 |
| 57 | PS LIRIOS PONIE | HAG | 6 | 0.055 | 0.200 | 0.669 | 0.624 | 1.493 |
| 242 | PS PAINE ORIENT | HA- | 13 | 0.159 | 0.212 | 0.740 | 0.557 | 1.509 |
| 234 | PEUCO ORIENTE | LOS | 13 | 0.329 | 0.141 | 0.621 | 0.748 | 1.510 |
| 13 | EL TENIENTE | HAG | 4 | 0.075 | 0.177 | 0.479 | 0.857 | 1.513 |
| 223 | TRAPEN | HA- | 10 | 0.168 | 0.302 | 0.509 | 0.707 | 1.517 |
| 241 | MAIPO | HPO | 13 | 0.120 | 0.280 | 0.368 | 0.872 | 1.520 |
| 212 | DAMAS | HPO | 10 | 0.091 | 0.207 | 0.348 | 0.967 | 1.521 |
| 85 | PS MAQUEHUA PON | HPO | 7 | 0.100 | 0.260 | 0.370 | 0.895 | 1.525 |
| 229 | TAMBOR | LOS | 10 | 0.329 | 0.156 | 0.621 | 0.758 | 1.535 |
| 238 | PS LO SIERRA | ACE | 13 | 0.105 | 0.217 | 0.381 | 0.938 | 1.536 |
| 247 | PS HOSPITAL PON | MIX | 13 | 0.113 | 0.272 | 0.600 | 0.687 | 1.558 |
| 50 | CADENA | LOS | 6 | 0.329 | 0.572 | 0.446 | 0.557 | 1.575 |
| 16 | MILLAHUE | LOS | 4 | 0.344 | 0.268 | 0.461 | 0.858 | 1.587 |
| 83 | GUAQUIILLO PONI | HPO | 7 | 0.131 | 0.253 | 0.399 | 1.002 | 1.654 |
| 145 | PASO DE PIEDRA | LOS | 8 | 0.225 | 0.190 | 0.517 | 0.948 | 1.655 |
| 45 | PS TRONCO | LOS | 6 | 0.346 | 0.173 | 0.638 | 0.851 | 1.662 |
| 10 | QUEBRADA SECA | LOS | 4 | 0.274 | 0.128 | 0.391 | 1.168 | 1.687 |
| 32 | QUEBRADILLA | LOS | 5 | 0.282 | 0.143 | 0.574 | 0.977 | 1.694 |
| 226 | GAUDA | HA- | 10 | 0.183 | 0.207 | 0.734 | 0.758 | 1.699 |
| 174 | PICHIQUEPE NUEV | MIX | 9 | 0.060 | 0.227 | 0.510 | 0.968 | 1.705 |
| 220 | RIO NEGRO | LOS | 10 | 0.373 | 0.182 | 0.665 | 0.858 | 1.705 |
| 173 | PICHIQUEPE ANTI | ACE | 9 | 0.193 | 0.320 | 0.508 | 0.898 | 1.726 |
| 30 | JAURURO | LOS | 5 | 0.352 | 0.216 | 0.644 | 0.868 | 1.728 |
| 79 | PEOR ES NADA OR | HAG | 6 | 0.156 | 0.278 | 0.552 | 0.911 | 1.742 |
| 35 | NOGALES | HAG | 5 | 0.094 | 0.273 | 0.464 | 1.028 | 1.765 |
| 28 | LONGOTOMA 1 | LOS | 5 | 0.508 | 0.128 | 0.800 | 0.846 | 1.774 |
| 199 | PS LOS LAGOS | ACE | 10 | 0.115 | 0.338 | 0.490 | 0.948 | 1.775 |
| 201 | EL TREBOL | ACE | 10 | 0.137 | 0.403 | 0.582 | 0.792 | 1.776 |
| 225 | GOMEZ | HA- | 10 | 0.185 | 0.136 | 0.697 | 0.949 | 1.782 |
| 216 | PS CASMA | ACE | 10 | 0.120 | 0.219 | 0.701 | 0.870 | 1.791 |
| 231 | MURROR | LOS | 10 | 0.533 | 0.386 | 0.650 | 0.755 | 1.791 |
| 183 | PS LONCOCHE | MIX | 9 | 0.119 | 0.385 | 0.645 | 0.766 | 1.796 |
| 39 | PS LA CALAVERA | MIX | 5 | 0.171 | 0.284 | 0.550 | 0.965 | 1.800 |
| 222 | TAYLOR | HA- | 10 | 0.153 | 0.296 | 0.845 | 0.660 | 1.801 |
| 196 | MAFIL 3 | ACE | 10 | 0.169 | 0.315 | 0.928 | 0.557 | 1.801 |
| 15 | HUENTELAUQUEN | MIX | 4 | 0.095 | 0.281 | 0.752 | 0.769 | 1.802 |
| 182 | DONGUIL | ACE | 9 | 0.120 | 0.289 | 0.665 | 0.862 | 1.816 |

表 2-11(2) 損傷度評価

| 橋梁NO | 橋梁名 | 形式 | 州 | 床版 | 付属品 | 上部工 | 下部工 | 合計 |
|------|-----------------|-----|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 87 | LONTUE PONIENTE | HPO | 7 | 0.167 | 0.312 | 0.540 | 0.966 | 1.818 |
| 36 | EL LITRE | ACE | 5 | 0.130 | 0.189 | 0.502 | 1.134 | 1.825 |
| 239 | FFCC SUR LOSA | LOS | 13 | 0.380 | 0.217 | 0.672 | 0.948 | 1.837 |
| 42 | LOS LOROS | LOS | 5 | 0.284 | 0.164 | 0.576 | 1.105 | 1.845 |
| 206 | LA POZA | ACE | 10 | 0.167 | 0.276 | 0.733 | 0.839 | 1.848 |
| 240 | PS SUR ACERO | ACE | 13 | 0.133 | 0.381 | 0.479 | 0.988 | 1.848 |
| 114 | PARRAL | HPO | 7 | 0.142 | 0.344 | 0.560 | 0.948 | 1.852 |
| 80 | ENDESA | ACE | 7 | 0.155 | 0.456 | 0.508 | 0.898 | 1.862 |
| 89 | ESTERO SECO | HPO | 7 | 0.141 | 0.341 | 0.506 | 1.048 | 1.895 |
| 25 | LA BALLENA | LOS | 5 | 0.327 | 0.156 | 0.619 | 1.127 | 1.901 |
| 221 | ARENAS | LOS | 10 | 0.485 | 0.217 | 0.777 | 0.911 | 1.905 |
| 17 | CHIGUALOCO | HAG | 4 | 0.129 | 0.254 | 0.817 | 0.844 | 1.916 |
| 72 | TINGUIRIRICA P | HAG | 6 | 0.104 | 0.249 | 0.734 | 0.945 | 1.928 |
| 29 | PULLALLY | ACE | 5 | 0.150 | 0.210 | 0.658 | 1.061 | 1.930 |
| 41 | LAS VEGAS OR | MIX | 5 | 0.076 | 0.254 | 0.516 | 1.168 | 1.938 |
| 40 | LAS VEGAS PO | MIX | 5 | 0.076 | 0.254 | 0.516 | 1.168 | 1.938 |
| 136 | PAL PAL | HPO | 8 | 0.152 | 0.382 | 0.518 | 1.054 | 1.954 |
| 244 | PAINE PONIENTE | ACE | 13 | 0.171 | 0.316 | 0.800 | 0.851 | 1.967 |
| 119 | VIRGUIN | LOS | 8 | 0.345 | 0.338 | 0.637 | 0.992 | 1.967 |
| 210 | HUITRAL | LOS | 10 | 0.564 | 0.287 | 0.680 | 1.014 | 1.982 |
| 118 | COLLIGUAY | LOS | 8 | 0.500 | 0.254 | 0.792 | 0.940 | 1.985 |
| 232 | LOS PALOS | LOS | 10 | 0.428 | 0.435 | 0.623 | 0.942 | 1.999 |
| 33 | EL COBRE | LOS | 5 | 0.461 | 0.159 | 0.753 | 1.096 | 2.007 |
| 54 | PS TENIENTE ORI | ACE | 6 | 0.212 | 0.369 | 0.925 | 0.715 | 2.009 |
| 43 | PEUCO PONIENTE | MIX | 6 | 0.139 | 0.240 | 0.619 | 1.161 | 2.020 |
| 217 | PESCADO | ACE | 10 | 0.069 | 0.307 | 0.748 | 0.968 | 2.022 |
| 202 | LLOLLEHUE | ACE | 10 | 0.231 | 0.268 | 0.595 | 1.174 | 2.038 |
| 115 | LA VEGA | HA- | 7 | 0.171 | 0.452 | 0.611 | 0.976 | 2.039 |
| 208 | RIO BUENO | HPO | 10 | 0.295 | 0.302 | 0.688 | 1.062 | 2.052 |
| 31 | TALAQUEN | LOS | 5 | 0.225 | 0.232 | 0.517 | 1.313 | 2.061 |
| 236 | LO PINTO 1 ORI. | LOS | 13 | 0.505 | 0.243 | 0.797 | 1.039 | 2.079 |
| 211 | PUQUITRE | LOS | 10 | 0.453 | 0.304 | 0.570 | 1.210 | 2.083 |
| 34 | EL MELON | LOS | 5 | 0.433 | 0.194 | 0.725 | 1.174 | 2.093 |
| 22 | QUILIMARI | HAG | 4 | 0.075 | 0.209 | 0.480 | 1.426 | 2.115 |
| 194 | MAFIL 1 | ACE | 10 | 0.085 | 0.252 | 0.933 | 0.930 | 2.116 |
| 23 | PS LOS MOLLES | LOS | 5 | 0.460 | 0.249 | 0.752 | 1.124 | 2.125 |
| 44 | PEUCO ORIENTE | ACE | 6 | 0.254 | 0.263 | 1.014 | 0.850 | 2.127 |
| 121 | GAONA | LOS | 8 | 0.521 | 0.372 | 0.741 | 1.039 | 2.152 |
| 14 | AMOLANAS | ARN | 4 | 0.277 | 0.313 | 0.755 | 1.085 | 2.153 |
| 131 | NEBUCO | HAG | 8 | 0.171 | 0.313 | 0.808 | 1.054 | 2.175 |
| 218 | EL BURRO | ACE | 10 | 0.107 | 0.380 | 0.716 | 1.105 | 2.201 |
| 133 | PITE | LOS | 8 | 0.575 | 0.389 | 0.926 | 0.887 | 2.202 |
| 207 | TRAIGUEN | ACE | 10 | 0.198 | 0.323 | 0.996 | 0.909 | 2.228 |
| 192 | RUCAPICHIO | ACE | 10 | 0.128 | 0.326 | 0.771 | 1.138 | 2.236 |
| 153 | CHUMULCO | HA- | 8 | 0.201 | 0.382 | 0.738 | 1.118 | 2.238 |
| 96 | PS LIRCAY | HAG | 7 | 0.110 | 0.321 | 0.614 | 1.308 | 2.244 |
| 126 | NUBLE | HPO | 8 | 0.207 | 0.350 | 0.782 | 1.116 | 2.247 |
| 93 | LIRCAY 1 | HA- | 7 | 0.176 | 0.342 | 0.751 | 1.168 | 2.262 |
| 135 | ESPINAL | LOS | 8 | 0.565 | 0.444 | 0.682 | 1.154 | 2.280 |
| 191 | PS MAFIL | ACE | 10 | 0.112 | 0.321 | 0.776 | 1.203 | 2.300 |

表 2 - 1 1 (3) 損傷度評価

| 橋梁NO | 橋梁名 | 形式 | 州 | 床版 | 付屬品 | 上部工 | 下部工 | 合計 |
|------|-----------------|-----|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 219 | MAULLIN | HPO | 10 | 0.173 | 0.396 | 0.873 | 1.042 | 2.311 |
| 193 | INAQUE | ACE | 10 | 0.253 | 0.431 | 0.960 | 0.920 | 2.312 |
| 70 | ANTIVERO PONIEN | HAG | 6 | 0.250 | 0.299 | 1.102 | 0.911 | 2.313 |
| 214 | CHIPIN | ACE | 10 | 0.204 | 0.375 | 1.012 | 0.942 | 2.329 |
| 38 | ACONCAGUA-OCOA | HAG | 5 | 0.089 | 0.382 | 0.757 | 1.201 | 2.340 |
| 184 | LO VASQUEZ 2 | HA- | 9 | 0.132 | 0.338 | 0.799 | 1.222 | 2.359 |
| 195 | MAFIL 2 | ACE | 10 | 0.150 | 0.303 | 0.943 | 1.134 | 2.380 |
| 198 | SAN PEDRO | ACE | 10 | 0.148 | 0.328 | 0.687 | 1.381 | 2.395 |
| 144 | CALIBORO | LOS | 8 | 0.395 | 0.536 | 0.660 | 1.205 | 2.401 |
| 187 | LELFUCADE 1 | HAG | 10 | 0.216 | 0.473 | 0.797 | 1.142 | 2.413 |
| 197 | HUILLINCO | ACE | 10 | 0.204 | 0.319 | 1.149 | 0.946 | 2.414 |
| 204 | NISCON | ACE | 10 | 0.172 | 0.384 | 0.884 | 1.192 | 2.460 |
| 113 | COLLIGUAY | LOS | 7 | 0.513 | 0.360 | 0.863 | 1.239 | 2.462 |
| 112 | COPIHUE | LOS | 7 | 0.472 | 0.493 | 0.764 | 1.208 | 2.465 |
| 230 | CEBADAL | LOS | 10 | 0.635 | 0.418 | 0.856 | 1.200 | 2.473 |
| 245 | PAINE ORIENTE | ACE | 13 | 0.251 | 0.335 | 0.682 | 1.457 | 2.474 |
| 186 | CRUCES | HAG | 10 | 0.122 | 0.428 | 0.824 | 1.238 | 2.490 |
| 84 | PS MAQUEHUA ORI | HAG | 7 | 0.201 | 0.410 | 1.034 | 1.047 | 2.491 |
| 164 | TRICAUCO | ACE | 9 | 0.212 | 0.427 | 0.952 | 1.114 | 2.493 |
| 209 | PILMAIQUEN | HPO | 10 | 0.268 | 0.437 | 0.738 | 1.340 | 2.515 |
| 200 | HUINA HUINA | ACE | 10 | 0.210 | 0.434 | 1.096 | 0.987 | 2.517 |
| 162 | COLO | ARS | 9 | 0.800 | 0.491 | 0.800 | 1.239 | 2.529 |
| 163 | TRAIGUEN | ACE | 9 | 0.175 | 0.451 | 0.962 | 1.123 | 2.536 |
| 205 | CUNO CUNO | ACE | 10 | 0.204 | 0.405 | 1.017 | 1.115 | 2.537 |
| 169 | QUILLEM | HAG | 9 | 0.210 | 0.498 | 0.977 | 1.070 | 2.545 |
| 190 | RUCACO | ACE | 10 | 0.195 | 0.371 | 0.946 | 1.235 | 2.553 |
| 132 | LARQUI | HAG | 8 | 0.201 | 0.240 | 0.957 | 1.358 | 2.554 |
| 120 | BULI | LOS | 8 | 0.659 | 0.341 | 0.892 | 1.345 | 2.579 |
| 154 | CANAL RIEGO | ACE | 8 | 0.231 | 0.363 | 0.822 | 1.407 | 2.592 |
| 189 | NEGRO | ACE | 10 | 0.184 | 0.300 | 1.069 | 1.238 | 2.608 |
| 91 | CHAGRES | HA- | 7 | 0.167 | 0.303 | 0.813 | 1.505 | 2.621 |
| 170 | PUMALAL | MIX | 9 | 0.145 | 0.489 | 1.065 | 1.070 | 2.623 |
| 179 | PS FREIRE | LOS | 9 | 0.658 | 0.464 | 0.892 | 1.271 | 2.626 |
| 148 | QUILQUE | LOS | 8 | 0.494 | 0.441 | 0.780 | 1.414 | 2.634 |
| 95 | PS SAN CLEMENTE | HA- | 7 | 0.310 | 0.372 | 1.049 | 1.217 | 2.638 |
| 180 | TOLTEN | ARN | 9 | 0.271 | 0.514 | 0.860 | 1.298 | 2.672 |
| 81 | TENO | HAG | 7 | 0.148 | 0.406 | 1.154 | 1.130 | 2.690 |
| 92 | PANGUE | HAG | 7 | 0.149 | 0.350 | 0.973 | 1.379 | 2.702 |
| 177 | HUILQUILCO | ACE | 9 | 0.176 | 0.376 | 1.204 | 1.133 | 2.713 |
| 125 | PS IANSA | LOS | 8 | 0.669 | 0.388 | 0.959 | 1.388 | 2.735 |
| 82 | GUAIQUILLO ORIE | HAG | 7 | 0.154 | 0.511 | 0.717 | 1.532 | 2.760 |
| 86 | LONTUE ORIENTE | HAG | 7 | 0.189 | 0.323 | 1.014 | 1.424 | 2.761 |
| 139 | ITATA | ARS | 8 | 0.800 | 0.579 | 0.800 | 1.410 | 2.790 |
| 111 | PS COPIHUE | HAG | 7 | 0.138 | 0.462 | 0.940 | 1.407 | 2.809 |
| 203 | CHOROY | ACE | 10 | 0.191 | 0.414 | 0.982 | 1.428 | 2.824 |
| 185 | LO VASQUEZ 3 | LOS | 9 | 0.653 | 0.366 | 0.863 | 1.595 | 2.825 |
| 104 | ANCOA 1 | HAG | 7 | 0.175 | 0.441 | 0.956 | 1.443 | 2.839 |
| 165 | CHANCO | ACE | 9 | 0.304 | 0.467 | 1.197 | 1.200 | 2.864 |
| 107 | LIGUAY | HA- | 7 | 0.206 | 0.504 | 0.928 | 1.446 | 2.878 |
| 167 | EL SALTO | ACE | 9 | 0.186 | 0.417 | 0.975 | 1.488 | 2.879 |

表 2-11(4) 損傷度評価

| 橋梁NO | 橋梁名 | 形式 | 州 | 床版 | 付属品 | 上部工 | 下部工 | 合計 |
|------|----------------|-----|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 103 | PUTAGAN | HA- | 7 | 0.218 | 0.402 | 0.867 | 1.625 | 2.893 |
| 147 | RARINCO | HA- | 8 | 0.301 | 0.524 | 0.842 | 1.533 | 2.899 |
| 105 | ANCOA 2 | HAG | 7 | 0.175 | 0.445 | 0.956 | 1.505 | 2.905 |
| 101 | PS BOBADILLA | HAG | 7 | 0.211 | 0.511 | 1.230 | 1.186 | 2.926 |
| 122 | NAVOTAVO | LOS | 8 | 0.846 | 0.406 | 1.136 | 1.409 | 2.951 |
| 151 | DESCARGA | LOS | 8 | 0.641 | 0.510 | 1.001 | 1.448 | 2.959 |
| 100 | LAS VERTIENTES | HAG | 7 | 0.154 | 0.527 | 1.016 | 1.418 | 2.961 |
| 90 | CLARO | ARS | 7 | 1.380 | 0.271 | 1.380 | 1.311 | 2.962 |
| 149 | DUQUECO | HPO | 8 | 0.281 | 0.301 | 1.003 | 1.660 | 2.963 |
| 88 | PIRIHUIN | LOS | 7 | 0.846 | 0.457 | 1.219 | 1.303 | 2.979 |
| 158 | PS PIDIMA | ACE | 9 | 0.197 | 0.508 | 1.080 | 1.406 | 2.994 |
| 106 | ACHIBUENO | HAG | 7 | 0.200 | 0.424 | 0.892 | 1.681 | 2.998 |
| 102 | QUILIPIN | ACE | 7 | 0.163 | 0.429 | 0.816 | 1.755 | 3.000 |
| 175 | QUEPE ANTIGUO | ACE | 9 | 0.240 | 0.436 | 0.961 | 1.606 | 3.003 |
| 117 | NIQUEN | LOS | 8 | 0.795 | 0.343 | 1.278 | 1.387 | 3.008 |
| 155 | ESPERANZA | HAG | 9 | 0.204 | 0.434 | 0.982 | 1.609 | 3.025 |
| 171 | CAUTIN | HAG | 9 | 0.198 | 0.466 | 1.095 | 1.491 | 3.053 |
| 172 | METRENCO | HA- | 9 | 0.279 | 0.440 | 1.155 | 1.463 | 3.059 |
| 176 | QUEPE NUEVO | MIX | 9 | 0.147 | 0.264 | 0.942 | 1.859 | 3.064 |
| 157 | MALLECO | ACE | 9 | 0.235 | 0.460 | 1.125 | 1.502 | 3.088 |
| 116 | PERQUILAUQUEN | HAG | 8 | 0.161 | 0.567 | 1.156 | 1.376 | 3.098 |
| 233 | TRAPEN BAJO | LOS | 10 | 0.852 | 0.447 | 1.335 | 1.341 | 3.123 |
| 178 | PERALES | ACE | 9 | 0.141 | 0.456 | 1.070 | 1.652 | 3.177 |
| 124 | MENELHUE | LOS | 8 | 0.775 | 0.480 | 1.229 | 1.482 | 3.191 |
| 161 | DUMO | ARS | 9 | 1.314 | 0.477 | 1.314 | 1.408 | 3.199 |
| 188 | LELFUCADE 2 | ACE | 10 | 0.328 | 0.493 | 1.173 | 1.535 | 3.201 |
| 168 | PS PUA | LOS | 9 | 0.858 | 0.510 | 1.273 | 1.438 | 3.221 |
| 181 | CHADA | LOS | 9 | 0.813 | 0.464 | 1.046 | 1.717 | 3.227 |
| 140 | LAJITA | ACE | 8 | 0.239 | 0.476 | 1.278 | 1.476 | 3.230 |
| 160 | CHAMICHACO | HA- | 9 | 0.364 | 0.480 | 1.017 | 1.750 | 3.247 |
| 108 | LONGAVI | ACE | 7 | 0.240 | 0.504 | 1.102 | 1.653 | 3.260 |
| 138 | RELBUN | HAG | 8 | 0.199 | 0.506 | 1.078 | 1.742 | 3.326 |
| 156 | MININCO | HAG | 9 | 0.192 | 0.479 | 1.343 | 1.544 | 3.366 |
| 134 | GALLIPAVO | LOS | 8 | 0.823 | 0.505 | 1.252 | 1.616 | 3.373 |
| 152 | BUREO | HAG | 8 | 0.253 | 0.517 | 1.108 | 1.794 | 3.420 |
| 110 | PIGUCHEN | LOS | 7 | 0.834 | 0.551 | 1.215 | 1.695 | 3.461 |
| 141 | BATUCO | LOS | 8 | 0.950 | 0.493 | 1.240 | 1.729 | 3.462 |
| 142 | BATUQUITO | LOS | 8 | 0.801 | 0.524 | 1.152 | 1.805 | 3.481 |
| 143 | SALTO DEL LAJA | ACE | 8 | 0.310 | 0.548 | 1.300 | 1.662 | 3.509 |
| 150 | BIO-BIO | HAG | 8 | 0.201 | 0.602 | 1.118 | 1.796 | 3.517 |
| 123 | NINQUIHUE | LOS | 8 | 0.790 | 0.468 | 1.218 | 1.983 | 3.669 |
| 166 | QUINO | ARN | 9 | 0.327 | 0.488 | 1.162 | 2.060 | 3.710 |
| 97 | PIDUCO | LOS | 7 | 0.956 | 0.405 | 1.371 | 1.965 | 3.740 |
| 213 | RAHUE | ARN | 10 | 0.410 | 0.414 | 1.397 | 1.942 | 3.754 |
| 99 | MAULE ORIENTE | ACE | 7 | 0.242 | 0.465 | 1.378 | 1.969 | 3.812 |
| 159 | HUEQUEN | LOS | 9 | 0.896 | 0.512 | 1.332 | 2.041 | 3.885 |
| 98 | MAULE PONIENTE | MIX | 7 | 0.341 | 0.586 | 1.349 | 2.019 | 3.954 |
| 137 | DIGUILLIN | HA- | 8 | 0.323 | 0.559 | 1.358 | 2.050 | 3.967 |

表 2-11 (5) 損傷度評価

2-2 河川調査

2-2-1 チリの河川特性

チリの河川は北部河川，中央部河川，中央部南部河川，湖沼地方河川，水路地方河川の五つに大別される。中央南部河川は、春期融雪による流出流量の多い河川と融雪流出と降雨流出のある河川に細分される。印刷された最新の流量資料としては、公共事業省水総局が1970年までの観測資料を取りまとめ、1976年出版した CAUDALES MEDIO S' MENSUALES' DE LOS RIOS DE CHILE があり、ここには流域面積，月平均流量，既往最高流量等も記述されている。

以下、五つの河川特性について述べる。

(1) 北部河川

下記に示す河川流量は、融雪流出を含む。流量は、少ないが人間生活に役立っている。乾期に備えて、多くの灌漑用のダムやため池がある。ダムで主要なものにはラウトロ，ラグナス，レコレタ，コゴティ，パロマがある。リマリ川支川ロスモジェス川に水力発電所がある。

表2-12 北部河川概要

| 河川名 | 流域面積 Km ² | 年平均流量 t/sec |
|-----------|----------------------|-------------|
| コピアポ | 18.130 | 3.7 |
| ウアスコ | 11.480 | 6.7 |
| エルクイ | 9.020 | 10.4 |
| リマリ | 11.670 | 14.0 |
| チャアパ | 8.000 | 27.0 |
| ベトルカとラリグア | 4.060 | 5.4 |

(2) 中央部河川

下記に示す河川流量は、夏期に融雪出水がある急流河川である。流量は、灌漑用水路を通し農業に利用されている。アコンカグア川には、7万ヘクタールを潤す100本の用水路がある。この川からバルパライソ，ピニャデルマルの上水道，コンコンの石油公社にも水を供給している。マイボ川もその支川マボチョ川と共に首都圏にあり、20万ヘクタールを灌漑する。エルジェソダム，ラグナネグラダム，ビスカッチャダム，ビスカチータダムがある。

ケルテウ，ボルカシ，マイテネス，フロリダ等の水力発電所もある。

エルカチャポアル川とエルティンギリリカ川が合流するラベル川は25万ヘクタールを灌漑している。サウサル，サウサリート，ラベルの3水力発電所がある。ラベル発電所は延長40kmのダムを持つ。

表 2 - 1 3 中央部河川概要

| 河川名 | 流域面積 Km ² | 年平均流量 t / sec |
|--------|----------------------|---------------|
| アコンカグア | 7. 640 | 40 |
| マイボ | 15. 000 | 102 |
| ラベル | 13. 520 | 161 |
| スタクイト | 6. 050 | 53 |

(3) 中央南部河川

中央南部河川は、春期の融雪流出による流量の多い河川が特徴となっている。これらの河川では、夏の流水量は少ない。マウレ川は標高 2. 233m のマウレ湖にその源を発し、コルプン-マチクラ複合水力発電所、チプレセス発電所とイスラ発電所がある。流域面積は 21. 690 Km² のチリ第 3 位の河川流域を持っている。マウレ川の多くの支流の中には、クラロ川、ロンコミージャ川、メラド川、ロンガビ川がある。この川の灌漑地域はぶどう栽培に適しており、ヒマワリ、ラプス、砂糖大根（油、砂糖工業）等も栽培されている。ピオピオ川は、ロア川に次いでチリで 2 番目に広い 23, 920 Km² の河川流域を有する。トロ水力発電所（400, 000kw）とアバニコ発電所（136, 000kw）があり、その主な支川はラハ川である。中央南部河川では融雪流出と降雨流出がある。このブロックに入る河川には、流量の変化が激しいトルテン川、インペリアル川がある。支川カウチン川を有するインペリアル川は、その河口からカラウエまで小船が航行出来る。トルテン川とその支川アジベン川はビジャリカ湖に源を発するビジャリカ湖には、プコン川、マイチン川、カリレウフ川が流入する。

表 2 - 1 4 中央南部河川概要

| 河川名 | 流域面積 Km ² | 年平均流量 t / sec |
|------|----------------------|---------------|
| マルレ | 21. 690 | 380 |
| イタタ | 11. 480 | 140 |
| ピオピオ | 23. 920 | 900 |

(4) 湖沼地方河川

この河川地域は、チリで最も観光的魅力のある地方である。川の性格は、多くの湖沼のため常に一定流量を保ち、美しい風景に取り囲まれている。バルディビア川はカジェカジェ川とクルセス川との合流する同名の都市に発する。そこからコラル市にある河口まで船が航行する事が出来る。カジェカジェ川には、ピレウレイコ湖、パンギプジ湖、カラフケン湖、リニウエ湖、ネルトゥ湖とアルゼンチンのウカール湖から流入する。プエノ川は三つの大きな湖、ランコ湖、プジェウエ湖、ルパンコ湖を源とする。このプエノ川はトルマオから河口まで船の航行が可能である。また、このブロックにはオソルノ市を通る支川ラウエ川や川と同名の発電所があるビルマイケン川がある。マウジン川は流路が短いけれど流水量が多くジャンキーウエ湖を源とする。ペトロウエ川は激流でトドスロスサント湖を源とし、その水の色からエメラルド川と呼ばれ河口のロンカビに注ぐ。

表2-15 湖沼地方河川概要

| 河川名 | 流域面積 Km ² | 年平均流量 t/sec |
|--------|----------------------|-------------|
| バルディビア | 11.280 | 800 |
| プエノ | 14.810 | 1000 |
| マウジン | 4.130 | 72 |

(5) 水路地方河川

このブロックの河川は激流であり、アンデスの東側を源とし急勾配で流れ出し、氷河があった古いフィヨルドに流れ込む。バケル川はチリで一番流水量の多い河川でその下流65kmまで船の航行が可能である。シスネス川、ブラボ川、パスクワ川、アイセン川は山岳河川である。

表2-16 水路地方河川

| 河川名 | 流域面積 Km ² | 年平均流量 t/sec |
|------|----------------------|-------------|
| プエロ | 3.025 | 670 |
| ヤルチョ | 3.937 | 760 |
| パレナ | 6.968 | 700 |
| シスネス | 5.512 | 190 |
| アイセン | 11.462 | 515 |
| バケル | 21.483 | 1,500 |
| ブラボ | 1.725 | 150 |
| パスクワ | 15.340 | 400 |
| セラノ | 8.110 | 150 |

2-2-2 チリの河川と橋梁構造上の問題点

チリの河川橋梁について国道5号線上の橋梁現地調査を行った結果、橋梁構造上の問題点として次の4点が指摘出来る。

(1) 橋脚、橋台の洗掘促進

チリの河川は、河川勾配がきつい、流量の季節増減が激しい、径間長が比較的短い、基礎の根入れが浅い等の理由により、橋脚、橋台の洗掘が促進しているものが数多くある。

(2) 通水断面不足

橋長を出来るだけ短くすることを目的に、橋梁と道路の取り付け部は取り付け道路を盛土でせり出し、兩岸の河川高水敷部に盛土道路を突き出した橋梁形態が多く見受けられる。更に、経済性の理由から径間長の短いものが多いため、河川断面が上流部より著しく狭くなっているものが多いため、橋梁部における河川通水断面の不足が目立つ。このため、洪水時には橋梁部の水位が上下流部より上昇すると共に流速が増加することにより、橋梁下部工に対する洗掘や流水圧による横荷重を人工的に助長する結果となっている。この現象は、洗掘に伴う基礎支持力の低下と同時に沈下、傾斜、倒壊の危険を生む原因となっている。また、上部工に流水が掛かるようになると水位がさらに上昇し、橋脚、橋台の洗掘をさらに促進させると共に、上部工の劣下を招く原因ともなる。

(3) 護岸法面保護不足

取付道路を河川高水敷部に盛土により突き出す構造が多いため、取付盛土部と河川堤防部の法面保護のため、自然大石による護岸が成されている橋梁が数多くある。これ等の護岸法面は、河川の流勢に十分耐える大きさや厚さを有しているものは、法面保護の目的をはたしているが、逆に河川の流心方向を上流側より人工的に変化させるため、橋梁の下部工の一部に流勢を集める結果を招き、これが洗掘の原因や促進に継がっているものもある。また、流勢に耐えられない護岸は、法面崩壊や法面流失が発生しているものも見受けられる。

(4) 橋梁下部工の基礎根入れ不足

チリ河川の河床地盤は、砂礫層地盤が多いため直接基礎が多いが、直接基礎であっても杭基礎であっても、下部工としての底面（フーチング）設置面が比較的浅いため基礎根入れ不足が目立つ。基礎の根入れ不足は、洗掘に伴う支持力低下、傾斜、倒壊を早める要因ともなり、橋梁の機能上の耐用年数不足の大きな原因ともなる。

2-2-3 現橋補修のための河川調査

現橋を補修するための河川調査は、次のような河川諸元データを調査し補修設計の参考とする。

河川諸元データの調査項目

(1) 架橋地点河川名

(2) 架橋地点地先名 _____ 河口地点より km

(3) 既往最高水位 m

(4) 平均河幅 m

(5) 平均河床勾配 1 /

(6) 河床材料平均粒径 mm

(7) 河床状況 : 岩 , 礫 , 砂質 , シルト , 粘土

(8) 堤防法線あるいは河道平面形状 : 略図選択

(9) 橋の上から上流と下流向きの写真 (粒度係数を求めるため)

注-1 架橋地点地先名の末尾にある河口地点からの距離は、その地点の橋梁が海からの潮の干満や波浪の影響の有無を判断するために用いる。

注-2 既往最高水位は、下部工の通水断面能力の判断に用いる。橋脚の洗掘に対する設計流量は年1回程度の発生確率規模でよいが、どの橋梁でもこの値は調査データが無い。従って、既往最高水位は、橋梁周辺の洪水痕跡より比較的容易に得られるのでこの値から次善の策として橋脚洗掘の有無を推定する目安資料とすることにした。

注-3 平均河川巾は、橋梁架橋地点の上下流1km区間で橋梁が河巾の広い所に位置するか狭い所に位置するかを検討するものである。計測は橋長を基尺として誤差10%の範囲で計ればよい。これは堤防法線あるいは河道平面形状略図、平面地形図等を用いて値を定める。

注-4 平均河床勾配は、manning 流速公式の平均水面勾配に相当するもので、今回の調査では河と平行方向の地表面の平均勾配をもって平均河床勾配とする。地表面平均勾配は、地形図2万5千分の1程度の縮尺図を利用して求める。

manning 公式より流速を算定する際、既往最高水位と断面図を合わせて解読すれば既往最高流量を求めることができる。この流量から通水断面の安全性やスパン割りの良否を検討することができる。

注-5 河床材料としての平均粒径は洗掘深や水位、ピアの直径等を調査する際、目視により記録する。

注-6 河床状況及び橋梁上からの上流と下流向きの写真は、manning 公式の計算に必要な粗度係数 n を VEN TE CHOW 教授著の OPEN-CHANNEL HYDRAULICS を用いて求めるのに参考として使う。

(10) 既往最高流量の算定式は、次式を用いる。

$$Q = A \cdot V$$

Q : 既往最高流量

A は、洪水痕跡や聞き込みによる既往最高水位と横断面から求める通水断面

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

n は、橋の上下流を目視ならびに写真判読し、chon教授の本にある n と写真と比較して決める。

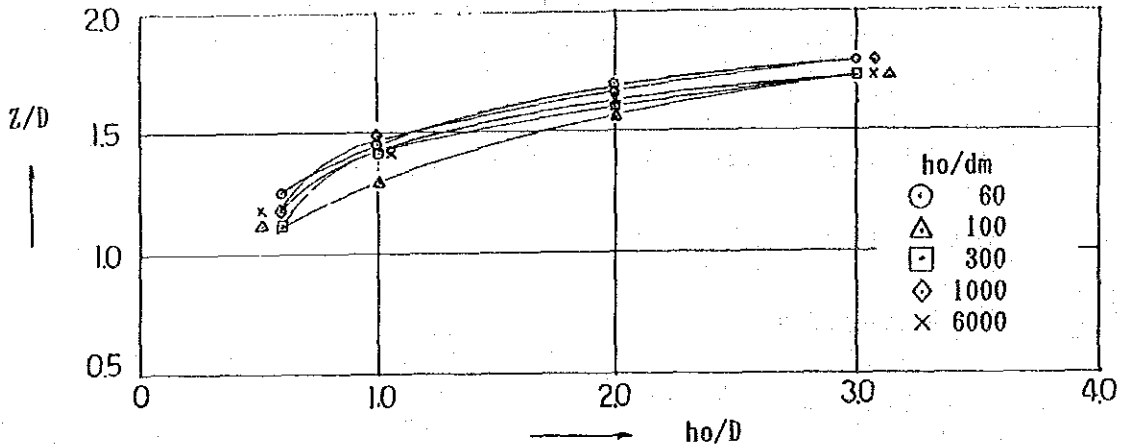
$$R = A / B$$

B は、川巾。I は、洪水時の水面勾配。

(11) 橋脚最大洗掘深の推定

橋脚における最大洗掘深は、河川状況、河床状況、橋脚形状、流速、流量等、種々の条件が関係し解析は極めて困難であるが、日本における河川特性及び実験的研究として、次のグラフを用いると最大洗掘深の推定値を比較的簡単に求めることが出来る。

- Z : 最大洗掘深
- h_o : 橋脚上流部の平均水深
- D : 橋脚幅 (水流受圧幅)
- d_m : 砂礫の平均粒径 (砂程度まで適用)



$Z/D \sim h_o/D, h_o/dm$ の関係

図 2-2-2 橋脚最大洗掘深

第3章 橋梁詳細調査

3-1 橋梁詳細調査

3-1-1 詳細調査の概要

(1) 詳細調査実施対象橋梁の選定基準

次に示す選定基準の下に詳細調査対象橋梁を選定した。

1. 損傷度合いが激しく補修の緊急度が高い橋梁
2. チリ国の橋梁としての損傷タイプが特徴的なもの。
3. 社会的、経済的に重要度の高い橋梁。
4. 提案される補修方法が技術移転となり得る橋梁。

上記の選定基準で調査団側で第1次の候補として22橋を選定した。この調査団側の選定した橋梁とチリ国公共事業省の提案する橋梁の比較検討を実施しさらに日本側の作業監理委員会の指導の下、最終的に表3-1に示す詳細調査実施橋梁10橋、載荷試験実施橋梁1橋が選定された。表3-2にそれぞれの橋梁の問題点を示した。また橋梁の位置を図3-1に、構造一般図を図3-2～図3-11に示す。

(2) 詳細調査対象橋梁

表 3-1 詳細調査対象橋梁

| NO | 橋梁名 | 所在地 (州) | 橋長 (m) | 構造形式 |
|----|-----------------|------------|-----------|-----------------------|
| 1 | AMOLANAS | 4 | 235.2 | 3 径間連続鉄筋コンクリートアーチ橋 |
| 2 | PULLALLY | 5 | 148.5 | 3 径間連続鋼板桁橋 |
| 3 | MAIPO | RM | 460.6 | 単純プレストレストコンクリート桁橋 |
| 4 | PEUCO | RM | 99.0 | 単純鋼板桁橋 |
| 5 | CLARO | 7 | 117.7 | 7 径間連続煉瓦造り充腹アーチ橋 |
| 6 | LONCOMILLA | 7 | 150.0 | 単純プレストレストコンクリート桁橋 |
| 7 | BIO BIO ANTIGUO | 8 | 1455.0 | 単純鋼板桁橋 |
| 8 | RAMADILLAS | 8 | 210.0 | 単純鋼板桁橋 |
| 9 | MALLECO | 9 | 344.1 | 9 径間連続鋼版桁橋 |
| 10 | PICHOY | 10 | 80.6 | 鉄筋コンクリート桁橋+鋼板桁橋 |
| 11 | CAYUMAPU | 10 | 49.0 | 3 径間連続鉄筋コンクリート橋(ガルバー) |

| NO | 橋梁名 | 問題点 |
|----|-----------------|---|
| 1 | AMOLANAS | SANTIAGO 側側径間が活荷重の衝撃によるものと考えられる舗装、床版の損傷が著しい。 |
| 2 | PULLALLY | LA SERENA 側の3径間連続桁の変形が大きい。桁高/支間比が1/26と小さく車両通行時の振動が大きい。落橋履歴あり。 |
| 3 | MAIPO | 中間横桁無し。端横桁の横締めもない。橋脚は独立2本柱であり耐震性に問題がある。洗掘により基礎部分が露出している。 |
| 4 | PEUCO | 2主桁鋼板桁橋。剛な対傾構がない。対傾構を現場溶接で補修している。一度主桁が溶接部で折れている。載荷試験の対象橋梁。 |
| 5 | CLARO | チリの記念碑的構造物。記念物として保存したい。基礎部分の洗掘が進んでいる。 |
| 6 | LONCOMILLA | 橋台、橋脚の基礎部分の根入れ不足。洗掘によりH型鋼の杭が露出している。橋脚が傾斜している。 |
| 7 | BIO BIO ANTIGUO | 1960年チリ地震で落橋している。荷重制限8T。交通容量不足のため朝夕渋滞 |
| 8 | RAMADILLAS | 木材搬出用重車両の走行頻度が高い。沓座コンクリートに重大なクラック発生。 |
| 9 | MALLECO | 1973年に建設。開通式前に桁の座屈が発見され補修された。3主桁構造であるが荷重分配に寄与する横桁が無い。重車両通行時のたわみが異常に大きい。 |
| 10 | PICHOY | チリ地震の時橋台が移動、沓座がずれている。桁の懸かりが非常に小さく次の地震時には危険。ゲルバ-ヒョウ部損傷している。 |
| 11 | CAYUMAPU | チリ地震の時橋台、橋脚が著しく傾斜した。 |

表 3-2 詳細調査対象橋梁の問題点

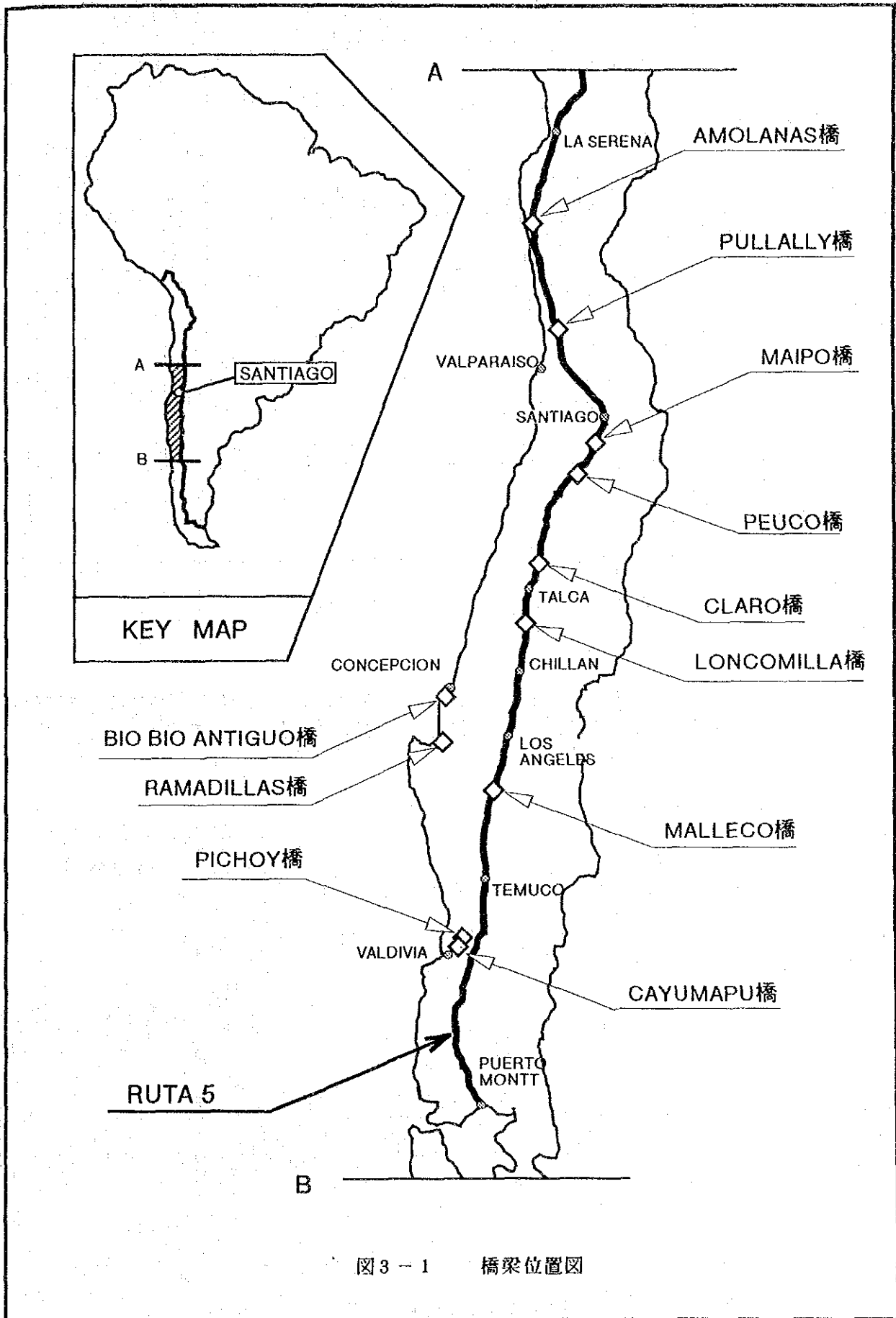


图 3 - 1 桥梁位置图

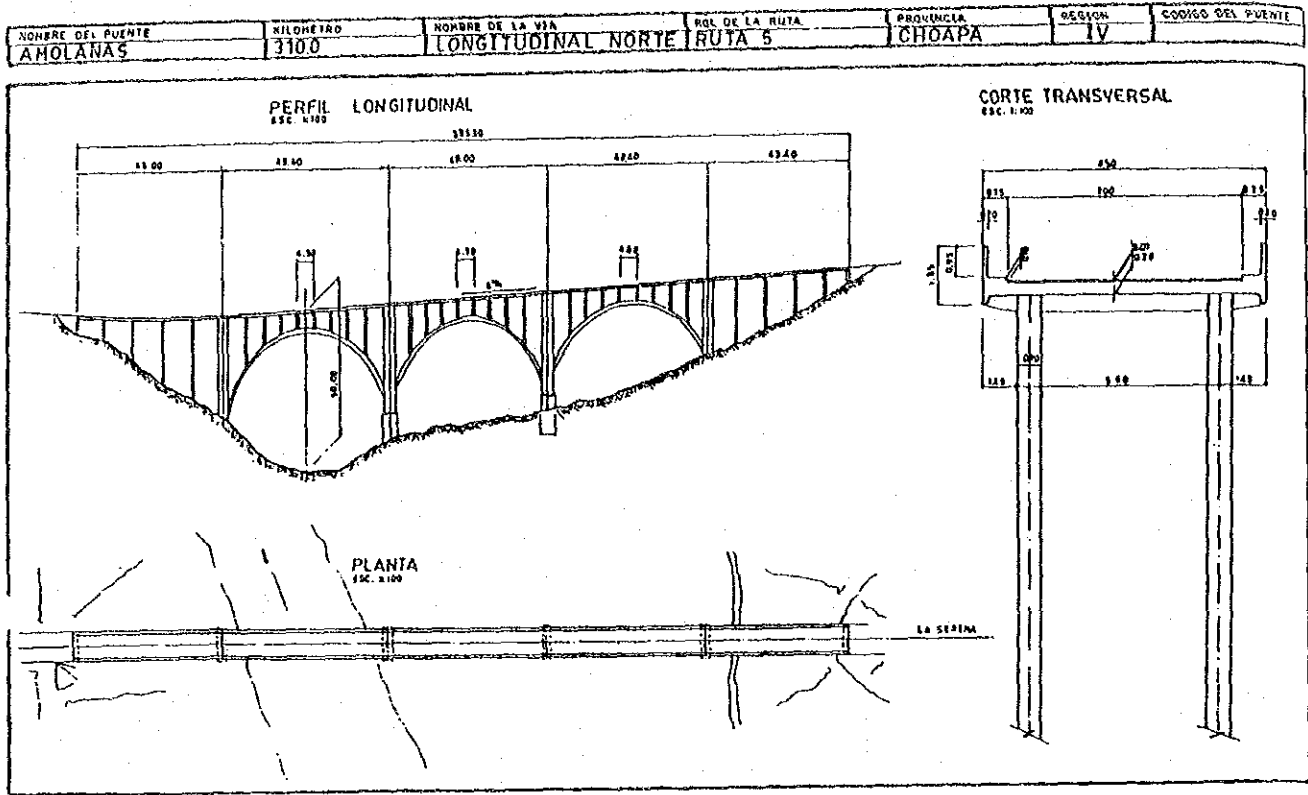


图3-2 AMOLANAS桥 一般图

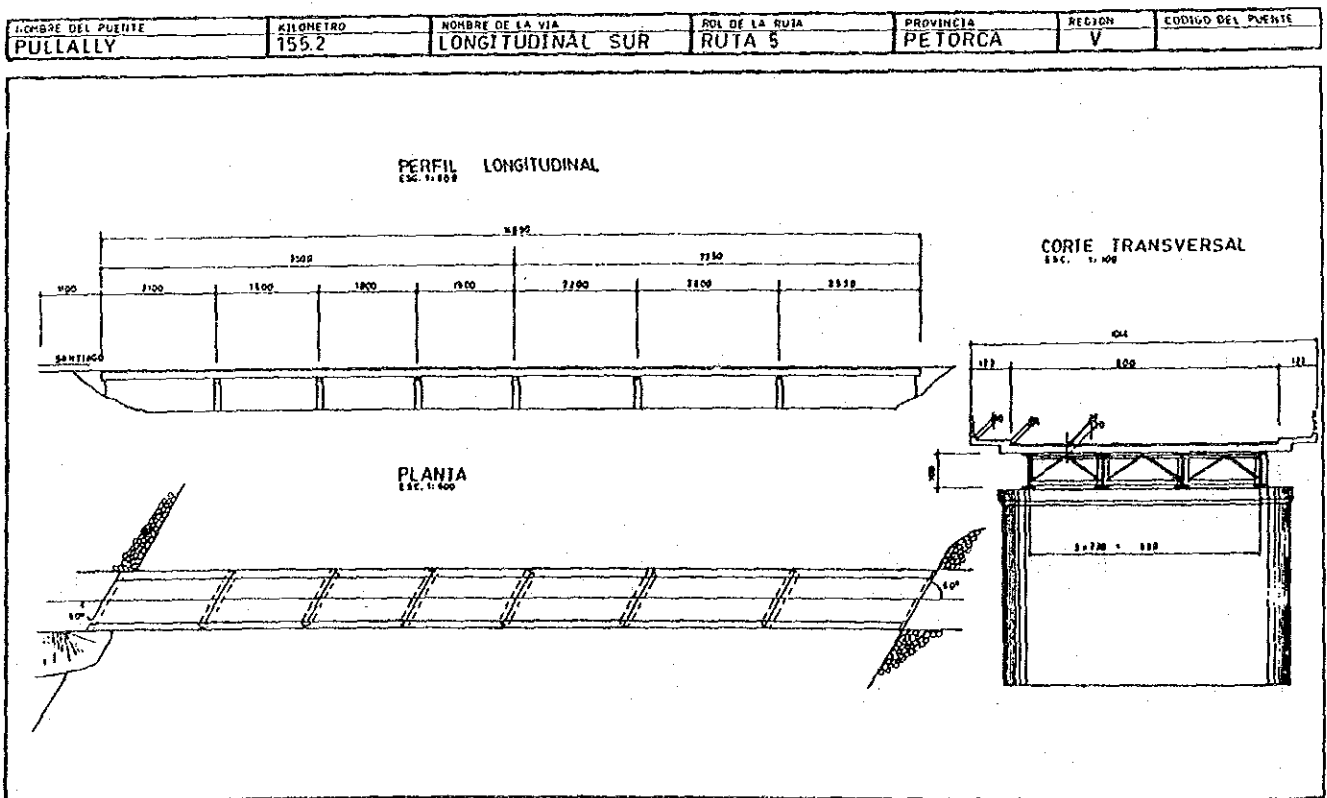


图3-3 PULLALLY桥 一般图

| | | | | | | |
|----------------------------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------|------------------------|--------------|-------------------|
| NOMBRE DEL PUENTE MAIPO | KILOMETRO 311 Km | NOMBRE DE LA VIA LONGITUDINAL SUR | ROL DE LA RUTA RUTA 5 | PROVINCIA YALAGANTE | REGION RM | CODIGO DEL PUENTE |
|----------------------------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------|------------------------|--------------|-------------------|

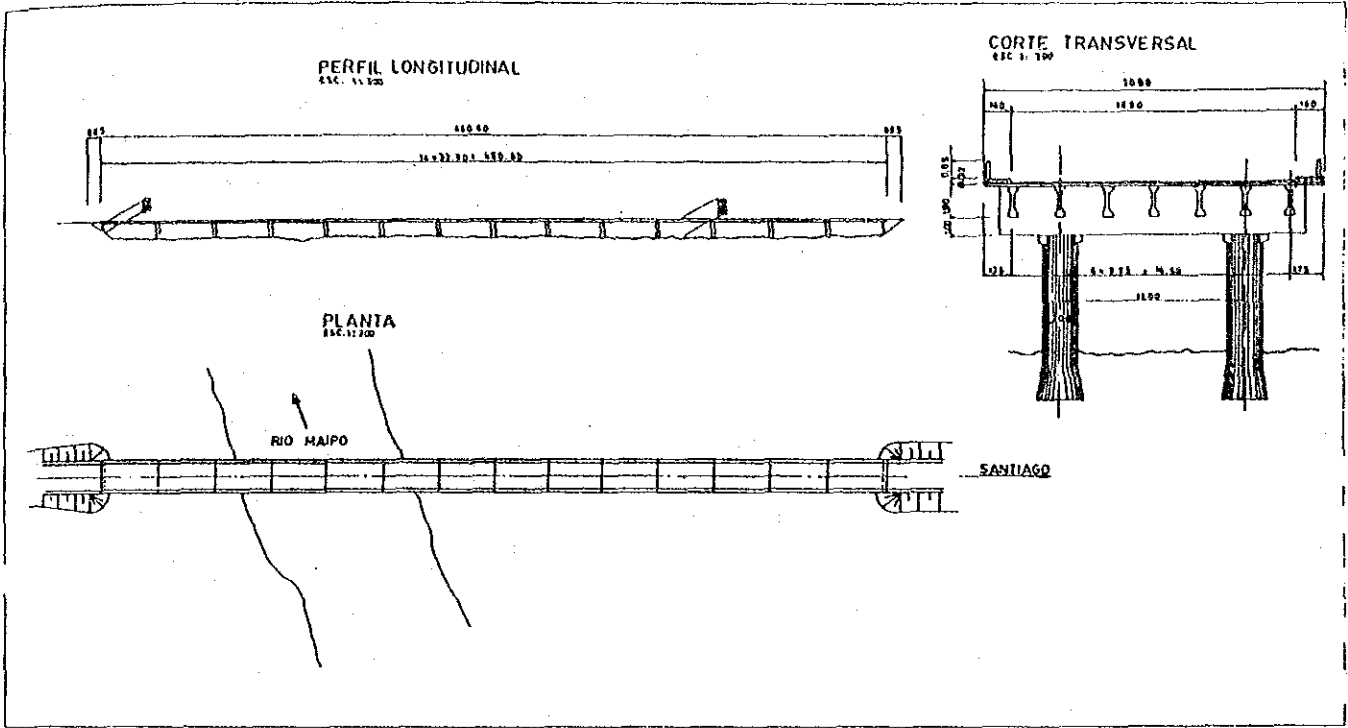


图3-4 MAIPO桥 一般图

| | | | | | | |
|----------------------------|-------------------|--------------------------------------|--------------------------|-----------|---------------|-------------------|
| NOMBRE DEL PUENTE CLARO | KILOMETRO 2184 | NOMBRE DE LA VIA LONGITUDINAL SUR | ROL DE LA RUTA RUTA 5 | PROVINCIA | REGION VII | CODIGO DEL PUENTE |
|----------------------------|-------------------|--------------------------------------|--------------------------|-----------|---------------|-------------------|

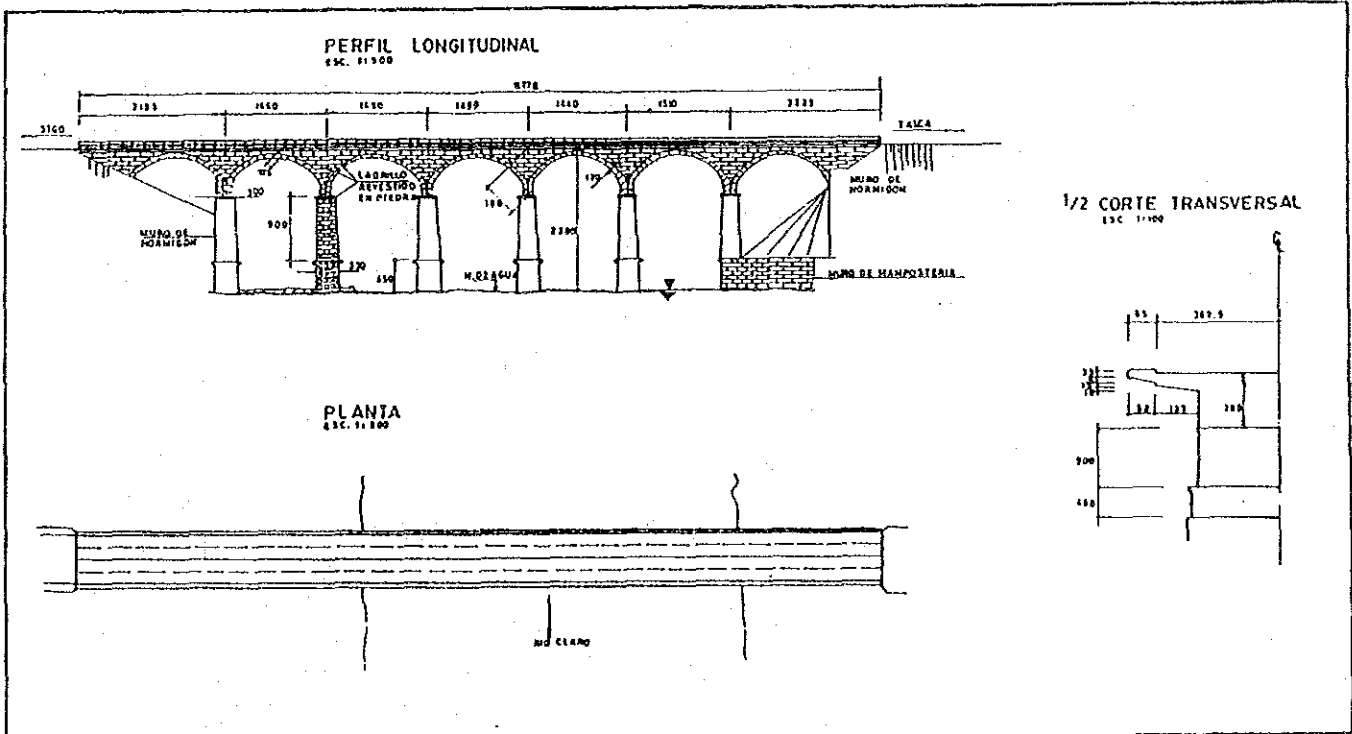


图3-5 CLARO桥 一般图

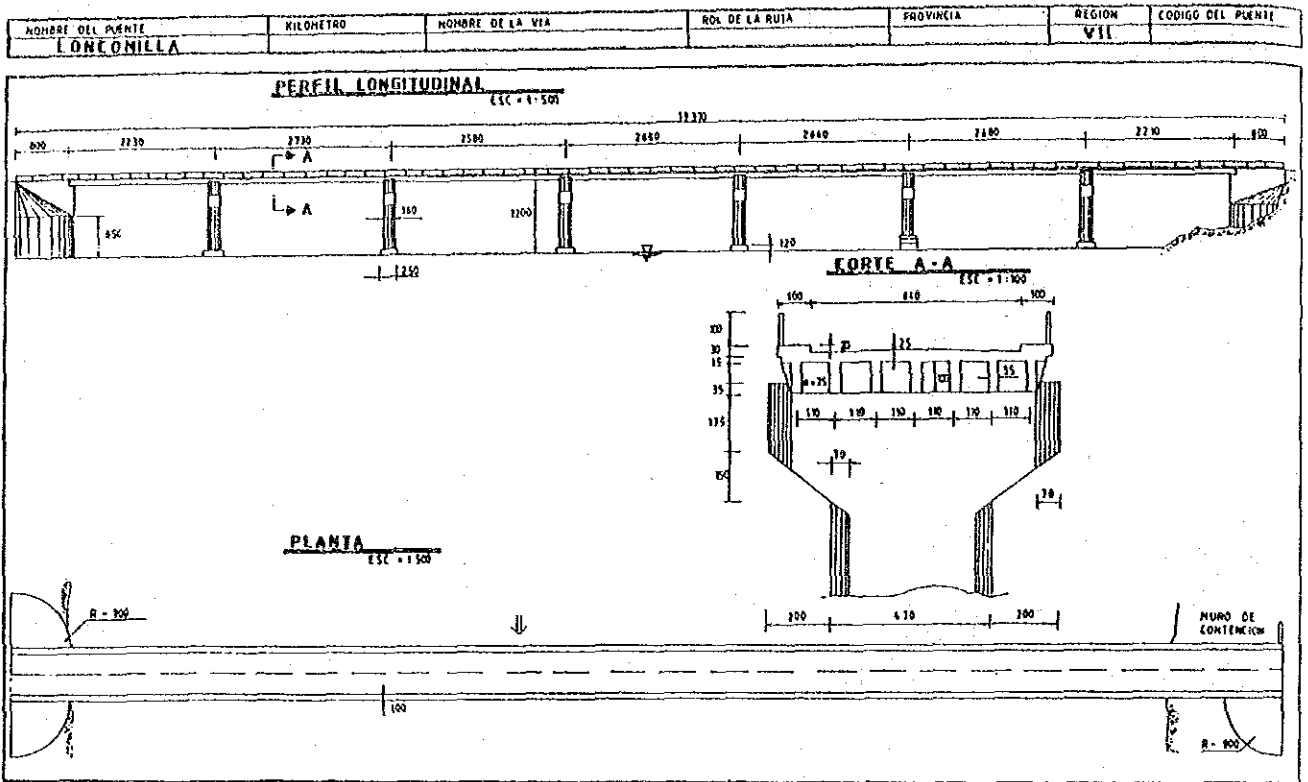


图3-6 LONCOMILLA桥 一般图

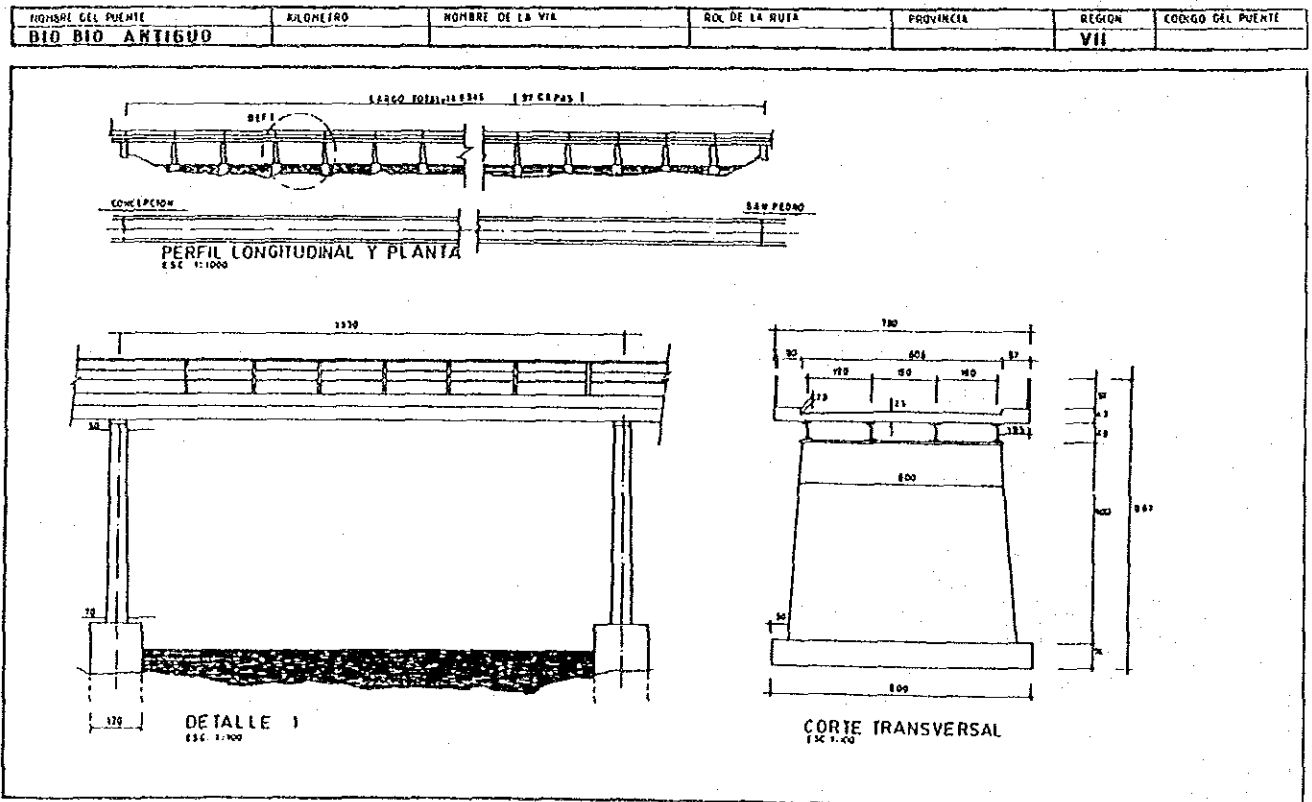


图3-7 BIO BIO ANTIGUO桥 一般图

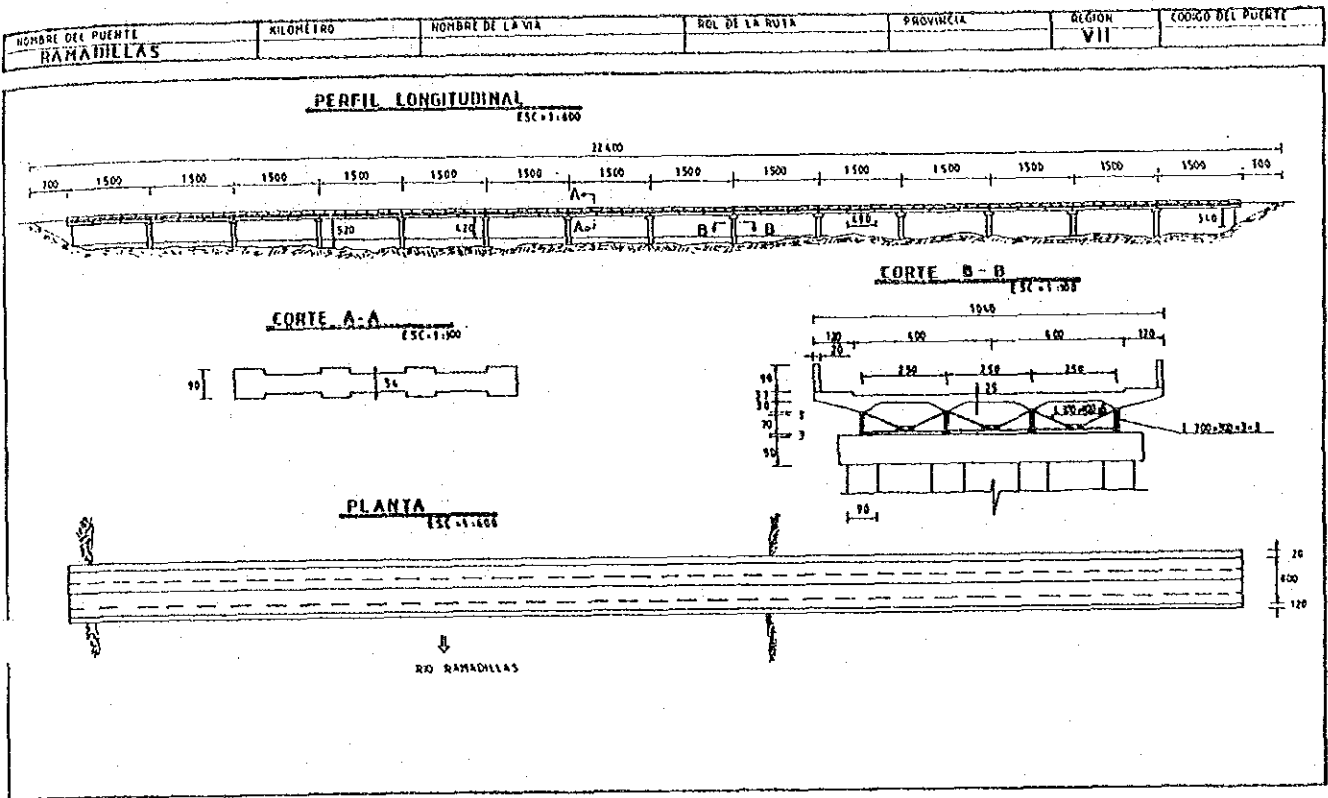


图 3-8 RAMADILLAS 橋 一般図

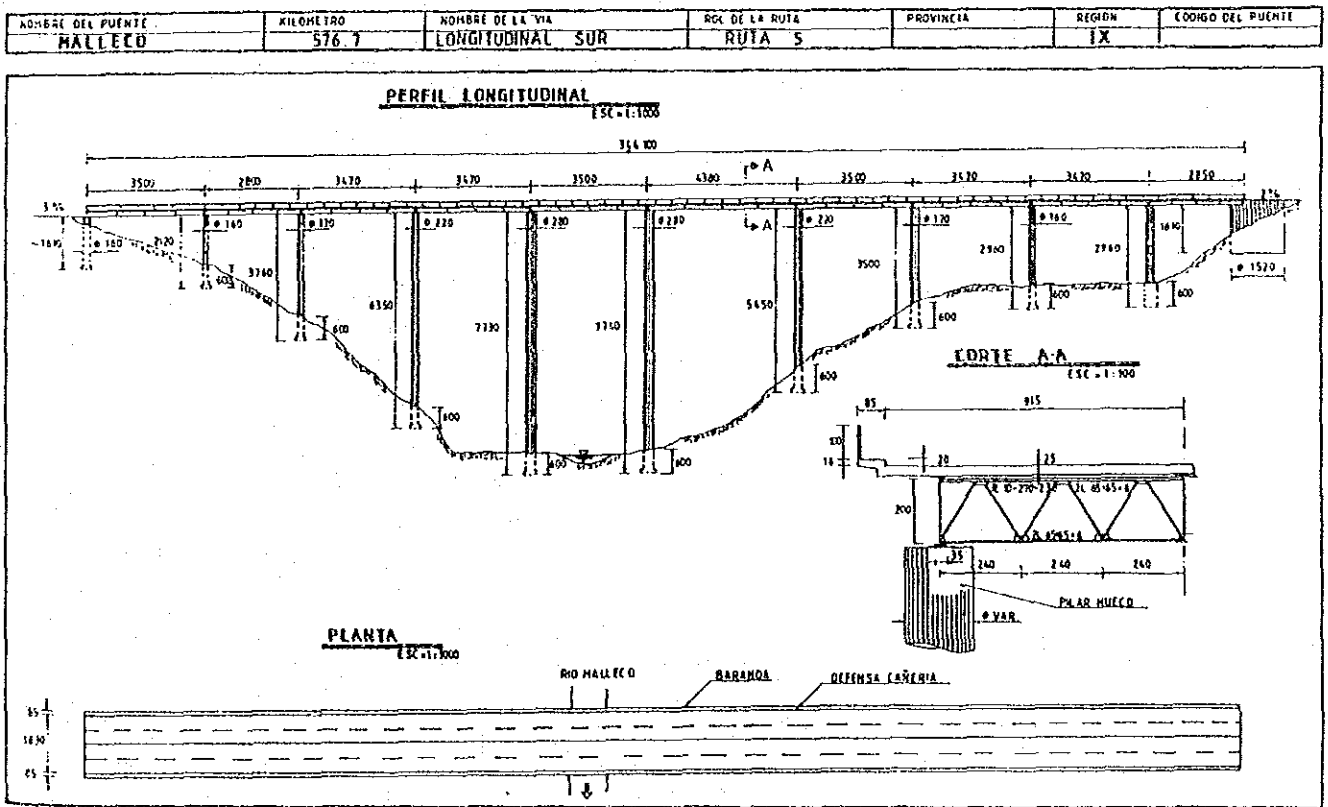


图 3-9 MALLECO 橋 一般図

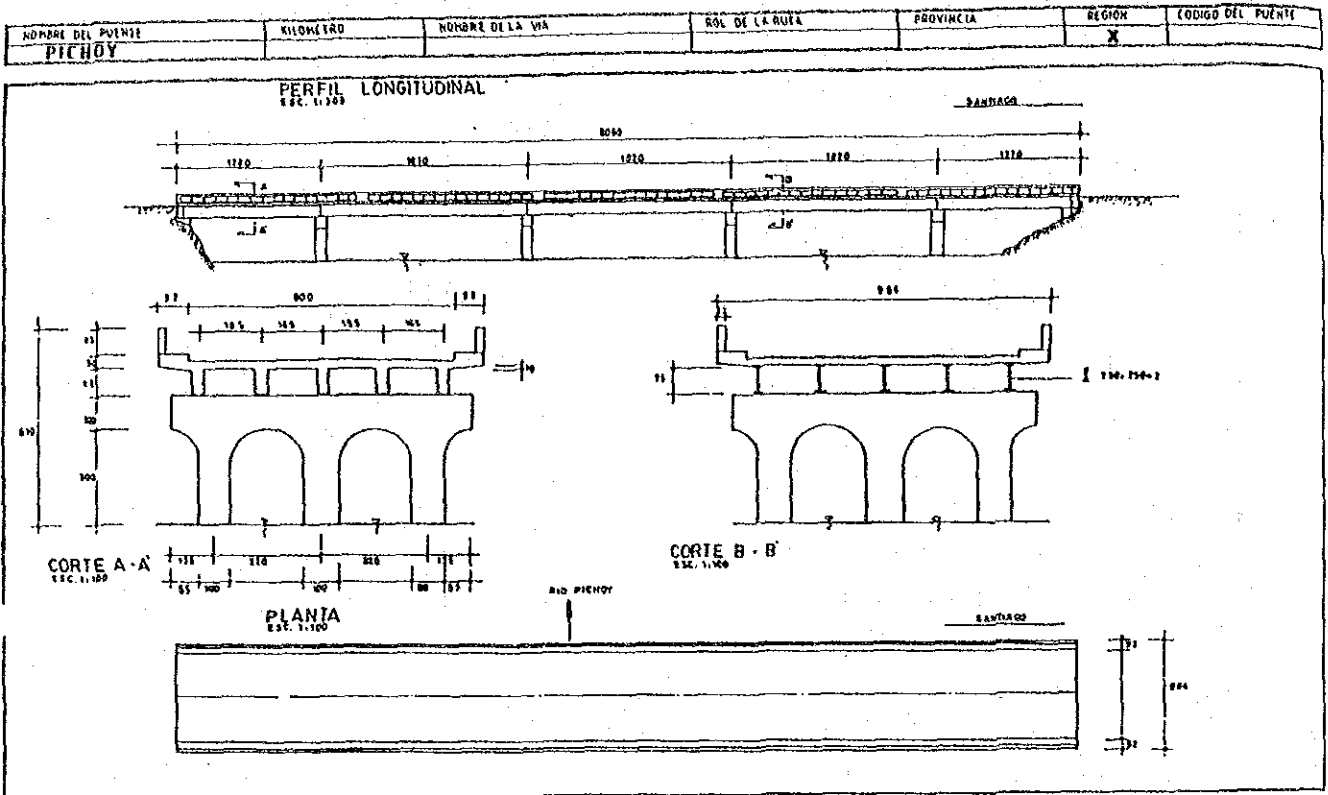


图3-10 PICHROY桥 一般图

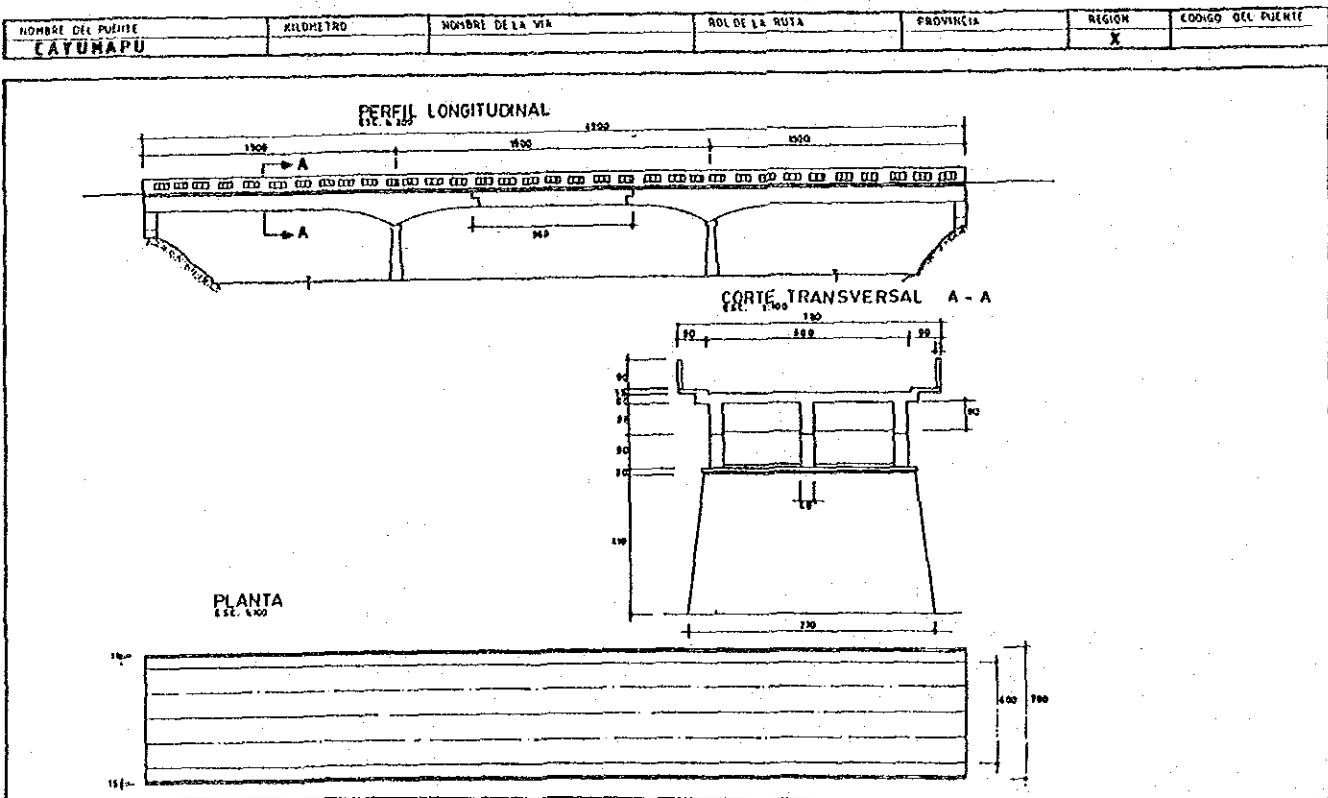


图3-11 CAYUMAPU桥 一般图

3-1-2 詳細調査対象橋梁候補の選定

(1) 選定手順

次に示す手順で詳細調査の対象となる10橋を選定した。

1) 段階1

第4州から第10州までのルート5号上の橋長10m以上の橋およびチリ国公共事業省より詳細調査の実施を要望されたルート5号以外の主要幹線上の橋梁に付いて目視点検を実施、損傷度のデータを収集。

2) 段階2

現地調査のデータを基に調査団内で協議候補橋梁をリストアップ。

3) 段階3

候補橋梁の選定理由の説明、チリ側の要望事項等、調査団、公共事業省との間で協議を実施。

4) 段階4

調査団による候補橋梁選定の考え方を受けチリ国公共事業省は3段階の実施優先度を付けた詳細調査実施を希望する橋梁のリストを作成。

5) 段階5

以上の段階で候補に上がった橋梁は表3-3に示すように28橋であるが調査団による選定橋梁、公共事業省による要望をふまえて再度詳細調査対象橋梁の候補として表3-4に示す22橋を選定した。

| Nº | 橋梁名 | REGION | A | B | C | D |
|----|------------------------|--------|---|---|-------|---|
| 1 | HUASCO | 3 | | | *-1 | * |
| 2 | AMOLANAS | 4 | * | * | *-1 | * |
| 3 | CHIGUALOCO | 4 | | * | | * |
| 4 | QUILLIMARI | 4 | | | *-11 | * |
| 5 | PULLALLY | 5 | | * | *-111 | * |
| a | EL MONTE | RM | * | | | |
| b | ESPERANZA | RM | * | | | |
| 6 | MAIPO | RM | | * | *-111 | * |
| 7 | P.S. EL TENIENTE (Nº1) | 6 | | * | | * |
| 8 | P.S. EL TENIENTE (Nº2) | 6 | | * | | * |
| 9 | TENO | 7 | | * | *-1 | * |
| 10 | CLARO | 7 | | * | *-1 | * |
| c | MAULE ORIENTE | 7 | | * | | |
| 11 | LONCOMILLA | 7 | * | * | | * |
| 12 | QUILLIPIN | 7 | | * | | * |
| d | QUILLON | 8 | * | | | |
| e | QUEBRADA HONDA | 8 | * | | | |
| 13 | BIO-BIO ANTIGUO | 8 | * | * | *-1 | * |
| f | SALTO DEL LAJA | 8 | | * | | |
| 14 | RAMADILLAS | 8 | * | * | *-11 | * |
| 15 | MALLECO | 9 | * | * | *-1 | * |
| 16 | QUINO | 9 | | * | *-111 | * |
| 17 | TOLTEN | 9 | * | * | *-111 | * |
| 18 | P.S. LONCOCHE | 9 | | * | | * |
| 19 | PICHOY | 10 | * | * | | * |
| 20 | CAYUMAPU | 10 | * | * | | * |
| 21 | CRUCES CALLE CALLE | 10 | * | * | *-11 | * |
| 22 | RAHUE | 10 | | * | *-11 | * |

表 3-3 詳細調査候補の橋梁の選出

- A : 調査開始当初MOPより詳細調査の要請が出た橋梁
 B : 予備調査終了後調査団が詳細調査が必要な橋梁として候補にあげた橋梁
 C : A, Bの結果をもとに再度MOPが優先度をつけて詳細点検を要請した橋梁
 D : MOP、調査団で最終的に詳細調査の必要な橋梁の候補として挙げた橋梁

(2) 詳細調査対象橋梁の選定

詳細調査対象橋梁を選定するに当たりこの10橋の中にチリ国における典型的損傷と補修方法を極力網羅するため、必要な調査の項目、構造種別等次に述べる基準に従って分類を行った。

1) 上部構造に対する詳細調査項目 (表 3-4 参照)

1. 耐荷力
2. 構造解析
3. 損傷度詳細調査
4. 橋梁機能調査

2) 下部構造に対する詳細調査項目 (表 3-5 参照)

1. 洗掘
2. 土質調査
3. 基礎形式調査
4. 変位量測定
5. 河川対策

3) 橋梁構造種別による分類 (表 3-6 参照)

4) チリ国公共事業省からの詳細調査要請橋梁に対するの考慮

表 3-3 (C) に公共事業省が提示した詳細調査優先順位を示す。

また表中 * - I、* - II、* - III と表示されている橋梁はチリ国公共事業省が最優先の調査対象としたものを * - I とし順次 II、III と優先度を付けたものである。

| Nº | 橋梁名 | REG | A | B | C | D |
|----|-------------------------------|-----|---|---|---|---|
| 1 | HUASCO | 3 | | * | | |
| 2 | AMOLANAS | 4 | | * | * | |
| 3 | CHIGUALOCO | 4 | | | * | |
| 4 | QUILLIMARI | 4 | | * | | * |
| 5 | PULLALLY | 5 | * | * | * | |
| 6 | MAIPO | RM | * | * | | |
| 7 | P. S. EL TENIENTE (Nº1) | 6 | * | * | * | |
| 8 | P. S. EL TENIENTE (Nº2) | 6 | * | * | * | |
| 9 | TENO | 7 | | | | * |
| 10 | CLARO | 7 | | * | | * |
| 11 | LONCOMILLA | 7 | | | | * |
| 12 | QUILLIPIN | 7 | | | | * |
| 13 | BIO-BIO ANTIGUO | 8 | * | | * | * |
| 14 | RAMADILLAS | 8 | | | * | |
| 15 | MALLECO | 9 | * | * | * | |
| 16 | QUINO | 9 | | | * | |
| 17 | TOLTEN | 9 | | * | | |
| 18 | P. S. LONCHOCHE | 9 | | | * | |
| 19 | PICHOY | 10 | | | * | |
| 20 | CAYUMAPU | 10 | | | * | |
| 21 | CRUCES CALLE-CALLE | 10 | | | | * |
| 22 | RAHUE | 10 | | * | | |

表 3-4 上部構造に対する詳細調査項目

- A : 耐荷力
 B : 構造検討
 C : 損傷度調査
 D : 交通容量調査

| Nº | 橋梁名 | REG | A | B | C | D | E |
|----|------------------------|-----|---|---|---|---|---|
| 1 | HASCO | 3 | | | | | |
| 2 | AMOLANAS | 4 | | | | | |
| 3 | CHIGUALOCO | 4 | | | | | |
| 4 | QUILIMARI | 4 | | | | | |
| 5 | PULLALLY | 5 | | | | | |
| 6 | MAIPO | RM | * | * | * | | |
| 7 | P.S. EL TENIENTE (Nº1) | 6 | | | | | |
| 8 | P.S. EL TENIENTE (Nº2) | 6 | | | | | |
| 9 | TENO | 7 | | | | | |
| 10 | CLARO | 7 | * | | | | |
| 11 | LONCOMILLA | 7 | * | * | * | * | * |
| 12 | QUILLIPIN | 7 | * | | | | * |
| 13 | BIO BIO ANTIGUO | 8 | * | * | * | | |
| 14 | RAMADILLAS | 8 | | | | | |
| 15 | MALLECO | 9 | | | * | * | |
| 16 | QUINO | 9 | | | | | |
| 17 | TOLTEN | 9 | | | * | * | |
| 18 | P.S. LONCHOCHE | 9 | | * | * | * | |
| 19 | PICHOY | 10 | | * | * | * | |
| 20 | CAYUMAPU | 10 | | * | * | * | |
| 21 | CRUCES CALLE-CALLE | 10 | | * | | * | |
| 22 | RAHUE | 10 | | | | | |

表 3-5 下部構造に対する詳細調査項目

- A : 洗掘
- B : 土質調査
- C : 基礎の調査
- D : 水文調査
- E : 洪水防御

| Nº | 橋梁名 | REG | RC | AR | PC | M | OTRA | FUNDA CION. |
|----|------------------------|-----|----|----|----|---|------|----------------|
| 1 | HUASCO | 3 | * | | | | | |
| 2 | AMOLANAS | 4 | | * | | | | |
| 3 | CHIGUALOCO | 4 | * | | | | | |
| 4 | QUILLIMARI | 4 | * | | | | | |
| 5 | PULLALLY | 5 | | | | * | | |
| 6 | MAIPO | RM | | | * | | | * |
| 7 | P.S. EL TENIENTE (Nº1) | 6 | * | | | | | |
| 8 | P.S. EL TENIENTE (Nº2) | 6 | | | | * | | |
| 9 | TENO | 7 | * | | | | | |
| 10 | CLARO | 7 | | | | | * | * |
| 11 | LONCOMILLA | 7 | | | * | | | * |
| 12 | QUILLIPIN | 7 | | | | | | |
| 13 | BIO-BIO ANTIGUO | 8 | | | | * | | * |
| 14 | RAMADILLAS | 8 | | | | * | | |
| 15 | MALLECO | 9 | | | | * | | |
| 16 | QUINO | 9 | | | * | | | |
| 17 | TOLTEN | 9 | | | * | | | |
| 18 | P.S. LONCHOE | 9 | * | | | * | | |
| 19 | PICHOY | 10 | * | | | * | | |
| 20 | CAYUMAPU | 10 | * | | | | | |
| 21 | CRUCES CALLE-CALLE | 10 | * | | | | | |
| 22 | RAHUE | 10 | | * | | | | |

表 3-6 橋梁構造種別による分類

RC : 鉄筋コンクリート橋

AR : 鉄筋コンクリートアーチ橋

M : 鋼橋

PC : プレストレストコンクリート橋

FUNDACION : 基礎工に問題のある橋梁

3-1-3 詳細調査の実施方法

(1) 詳細調査実施上の基本方針

詳細調査は以下に示す作業を主体として実施した。

1) 計測機器による調査

橋梁を構成する構造材料の特性、劣化度を測定するため以下の調査を実施した。

1. シュミットハンマーによる非破壊コンクリート試験
2. プロフォメーターによる配筋状況調査、かぶり厚さの測定
3. コンクリートの中性化試験
4. プリネル硬度計による鋼材硬さ試験

2) 橋体の形状計測、変状調査

橋梁は地震、洪水、洗掘等により変形する。また橋梁の設計図と完成時の形状が一致するとは限らない。現在の橋梁の基本形状、変形状態を測定するため以下の調査を実施した。

1. トランシット、レベルによる橋面の水平方向変位、縦断方向変位、縦断勾配、沈下量の測定。取付道路の縦断測量。
2. 橋脚の鉛直度、沈下測定。
3. 下部工基礎の根入れ確認。河床洗掘状況調査。
4. 床版ひび割れ分布調査。

3) 地質調査

現在チリには橋梁の地質資料は殆ど残っていない。地震、洗掘等の対策を検討する際、地質の情報は欠かせない。このため詳細調査対象橋梁10橋の内、アモラナス橋、クラロ橋、ラマディリャス橋を除く7橋を対象に地質調査を実施した。橋梁計画には標準貫入試験の結果が非常に重要である。このため本調査では地盤の耐力を知るための標準貫入試験、橋梁架設位置の土の種別を知るための土質室内試験を中心に調査を実施した。

4) その他の調査

上記の調査以外に必要な応じて交通量の調査、ひび割れ分布調査を実施した。

(2) 計測機器による測定

各橋梁に対する計測機器による測定箇所を図3-12～図3-21に示す。
図中(SCH)の記号はシュミットハンマー試験を実施した箇所、(PRO)はプロフォメータによる測定を実施した箇所、(CRO)はコンクリートの中酸化試験を実施した箇所を示している。

1) シュミットハンマーによるコンクリート強度試験

NR型を使用し1測定点に対して(社)日本材料学会が規定する測定シート、測定基準に従って測定した。測定基準は「1箇所の測定は出隅から3cm以上入った所で互いに3cm以上の間隔をもった20点に付いて行い、全測定点の算術平均をその箇所の硬度とする」となっている。また測定したデータの修正方法は次に示す方法によった。

1. 角度補正

$$D_i = D_{mi} + \delta R_{mi}$$

ここで D_{mi} : シュミットハンマーによる読みとり値
 δR_{mi} : 角度補正值

2. 測定値採用方法

測定は20回行いその平均値の±20%の範囲の値を採用する。

| | | |
|-------|-----------|-------------------------------|
| 測定値 | D_i | $i = 1 \sim 20$ |
| 測定平均値 | A_v | $A_v = 1/20 \sum D_i$ |
| 測定採用値 | D_{adi} | $0.8 A_v < D_{adi} < 1.2 A_v$ |

3. 強度計算式

日本材料学会式

$$F = 13 * D_o - 184 \quad (\text{Kg/cm})$$

4. 材令によるコンクリート強度低下を考慮

コンクリート材料の経年による強度低下は次式による

$$F_n = F * \alpha \quad \alpha : \text{経年係数}$$

2) プロフォメータによる鉄筋非破壊検査

プロフォメータは電磁誘導方式により鉄筋位置、鉄筋径、かぶり厚さをコンクリートをはつらずに測定する計測機器である。この計測記により次の2点を主に計測した。

1. 鉄筋位置の確認とかぶり厚さの測定
2. 中性化試験を行うための鉄筋位置（水平方向・鉛直方向）の確認

3) コンクリート中性化試験

1. コンクリートの中性化

鉄筋コンクリート構造物の耐力、耐久性の調査を目的として、コンクリートの中性化試験を実施した。打設直後のコンクリートは水酸化カルシューム（ $\text{Ca}(\text{OH})$ ）により強いアルカリ性（ Ph 値で約12）を示す。このアルカリ性がコンクリート中の鉄筋が錆びるのを防止している。しかし時間の経過とともに空気中の炭酸ガス（ CO_2 ）の作用を受け炭酸カルシュームになってアルカリ性が失われてしまう。



コンクリートの中性化が進み、 Ph 値が9以下になると鉄筋が発錆する環境となり鉄筋に腐食が発生する。鉄筋の腐食によってコンクリートは膨張しその結果亀裂剥離が生じる。この亀裂、剥離よりさらに水、空気が浸入し益々腐食が促進され鉄筋コンクリートの耐久性が低下する。このような現象がコンクリートの中性化であり、コンクリートの耐久性を判断するのに重要な情報を与えるものである。

2. 中性化試験の方法

中性化試験は次の手順で実施した。

1. コンクリート表面をハンマーではつり新鮮なコンクリート面を出す。
2. フェノールフタレイン 1%アルコール液をコンクリート測定面にスプレーにより吹き付ける。吹き付け面が赤色に反応すればコンクリート面はアルカリ性を有している事を示す。吹き付け面が白色になれば中性化が進んでいる事になる。
3. 「中性化変色標準表」を使用して中性化の程度（ Ph 値）を読みとる。このときコンクリート表面からの中性化の深さも測定する。
4. ドリルでコンクリートを除去し、鉄筋を露出させ発錆の程度を以下の基準で読みとる。

| 発錆表示 | 鉄筋の発錆状況 |
|------|---------------------------|
| A | 錆が殆ど認められない |
| B | 部分的に点食を認める |
| C | 大部分が赤錆に覆われている |
| D | 亀裂、打ち継ぎ目などに局所的な断面欠損 |
| E | 層状の錆の膨張力で被りコンクリートを持ち上げている |

表 3-7 鉄筋の発錆度判定基準

4) エコーチップによる鋼材硬さ試験

この試験はダイヤモンドで作られたインパクトボディが供試体の表面を打撃しその反発の度合いで硬度を測定する。本調査ではブリネル硬度に換算して鋼材の硬度を求めた。

| | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------|--|--------------------------|---------------------|--------------|-------------------|
| NOMBRE DEL PUENTE AMOLANAS | KILOMETRO 3100 | NOMBRE DE LA VIA LONGITUDINAL NORTE | ROL DE LA RUTA RUTA 5 | PROVINCIA CHOAPA | REGION IV | CODIGO DEL PUENTE |
|-------------------------------|-------------------|--|--------------------------|---------------------|--------------|-------------------|

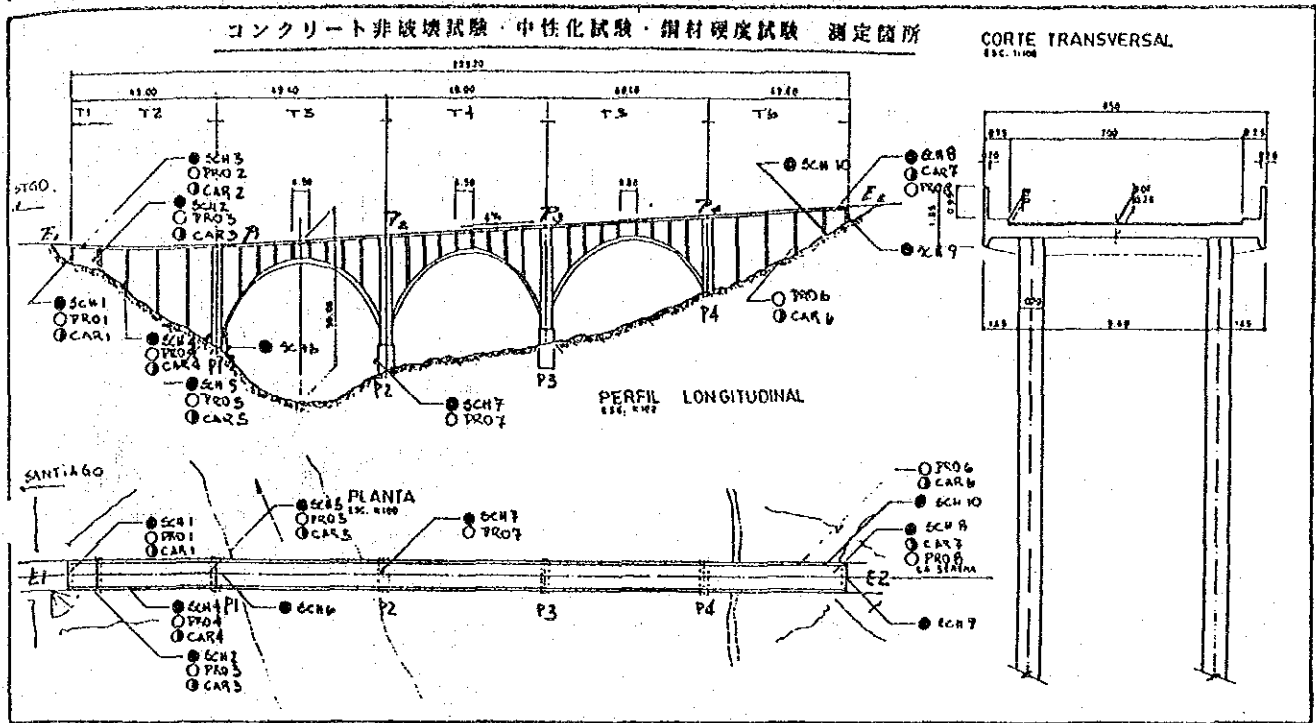


図3-12 AMOLANAS橋 測定箇所

| | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| NOMBRE DEL PUENTE PULLALLY | KILOMETRO 155.2 | NOMBRE DE LA VIA LONGITUDINAL SUR | ROL DE LA RUTA RUTA 5 | PROVINCIA PETORCA | REGION V | CODIGO DEL PUENTE |
|-------------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------------|----------------------|-------------|-------------------|

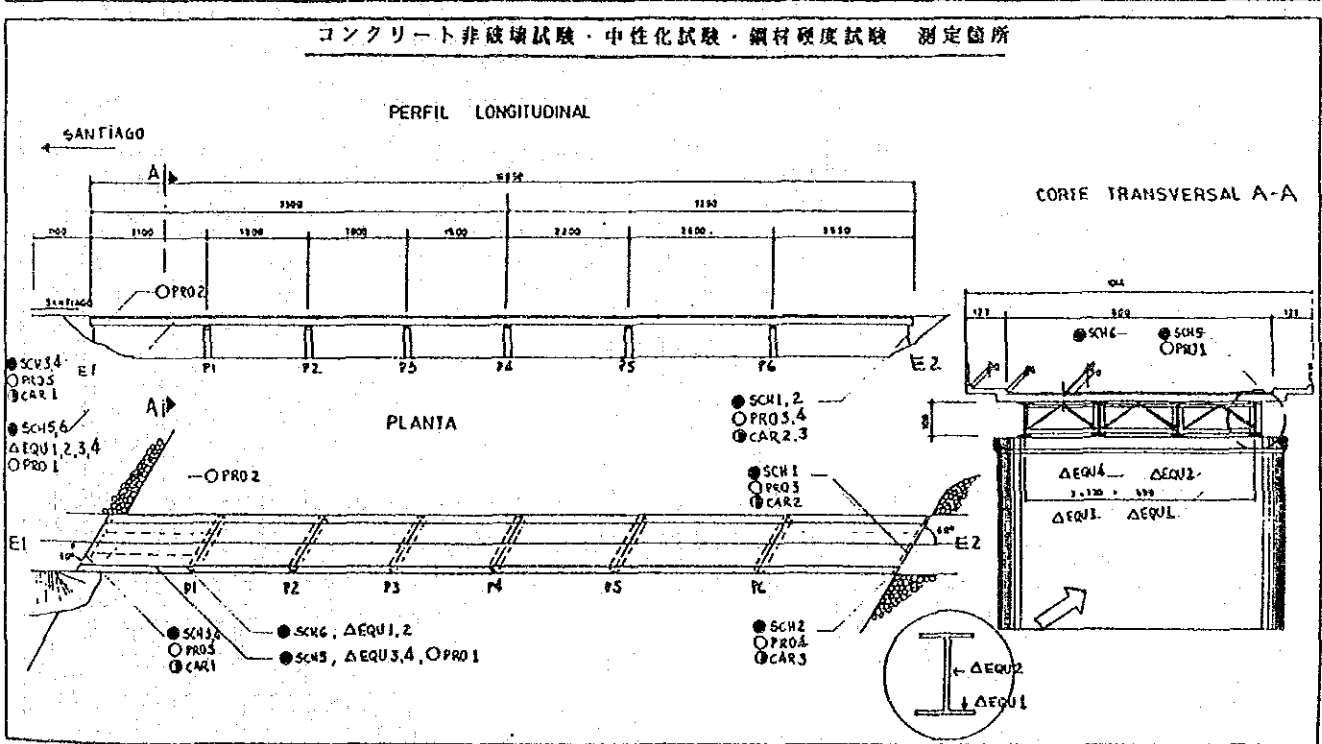


図3-13 PULLALLY橋 測定箇所

| NOMBRE DEL PUENTE | KILOMETRO | NOMBRE DE LA VIA | ROL DE LA RUTA | PROVINCIA | REGION | CODIGO DEL PUENTE |
|-------------------|-----------|------------------|----------------|-----------|--------|-------------------|
| MAIPO | 311 Km | LONGITUDINAL SUR | ROUTE 5 | TALAGANTE | RH | |

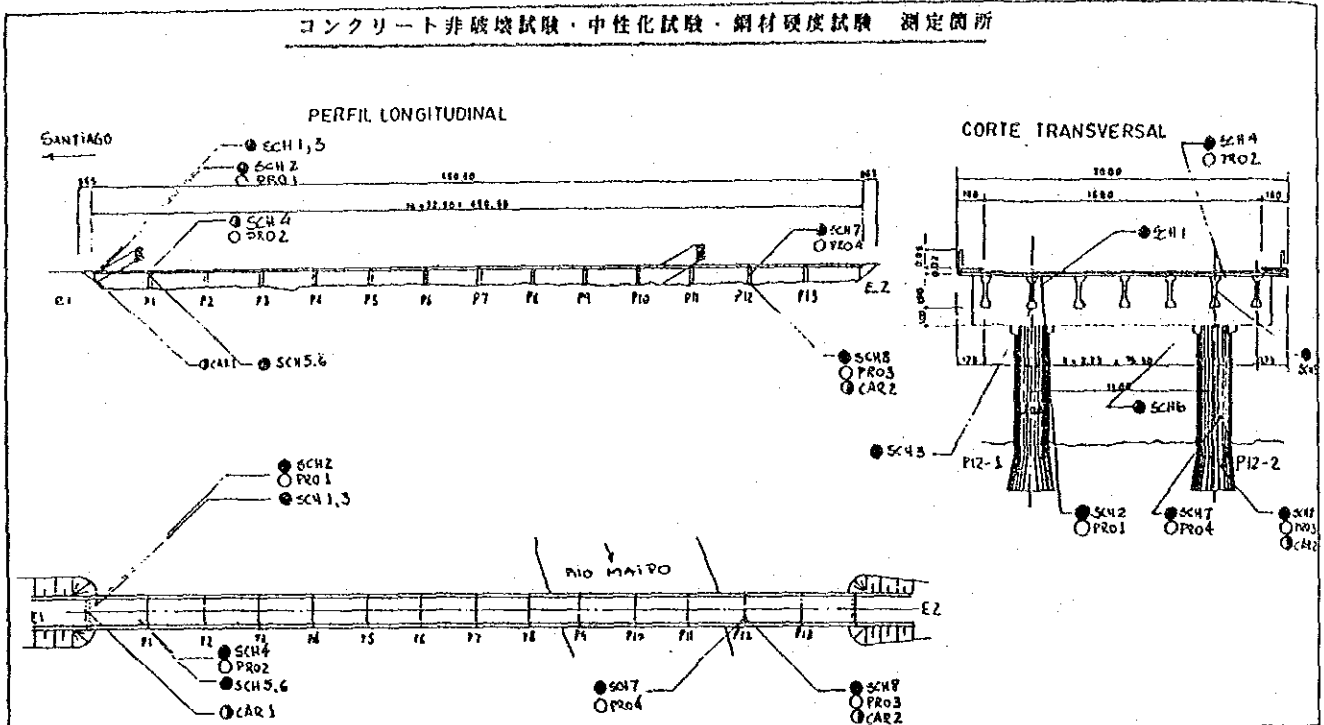


図3-14 MAIPO橋 測定箇所一般図

| NOMBRE DEL PUENTE | KILOMETRO | NOMBRE DE LA VIA | ROL DE LA RUTA | PROVINCIA | REGION | CODIGO DEL PUENTE |
|-------------------|-----------|------------------|----------------|-----------|--------|-------------------|
| CLARO | 218,4 | LONGITUDINAL SUR | ROUTE 5 | | VII | |

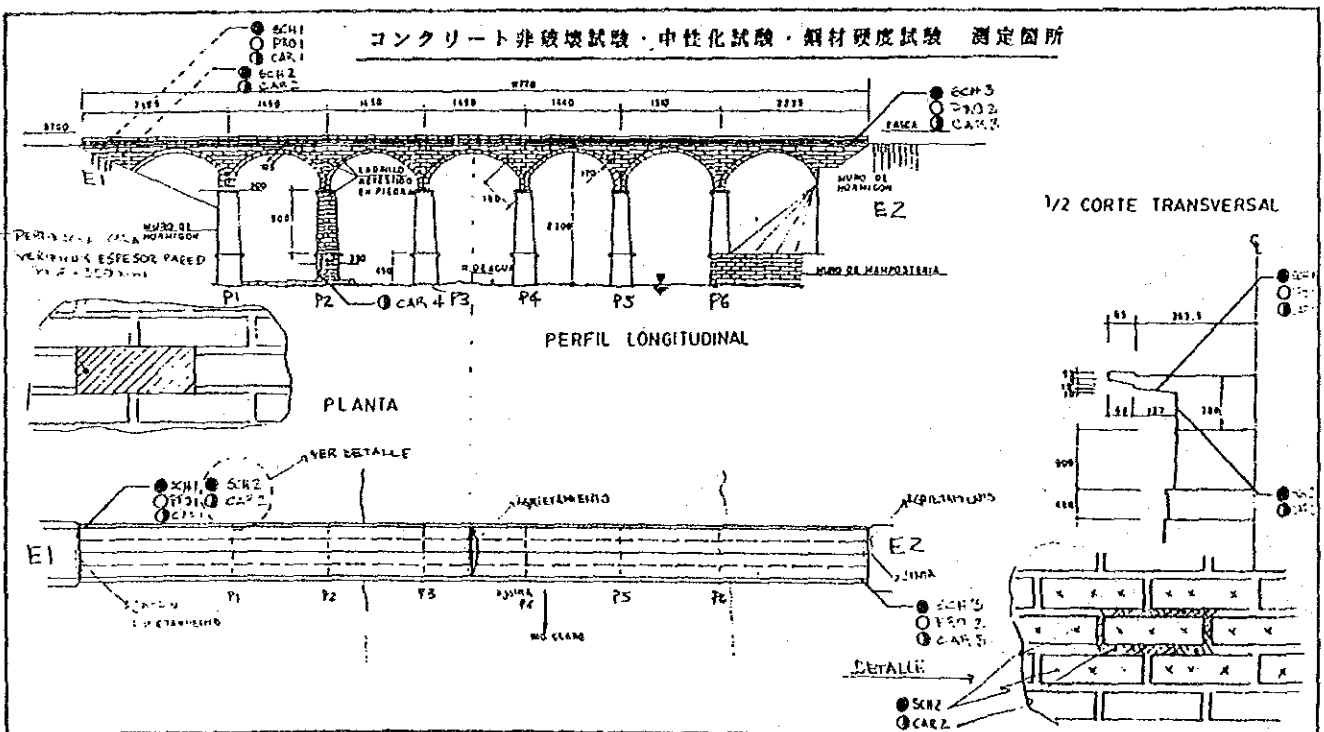


図3-15 CLARO橋 測定箇所

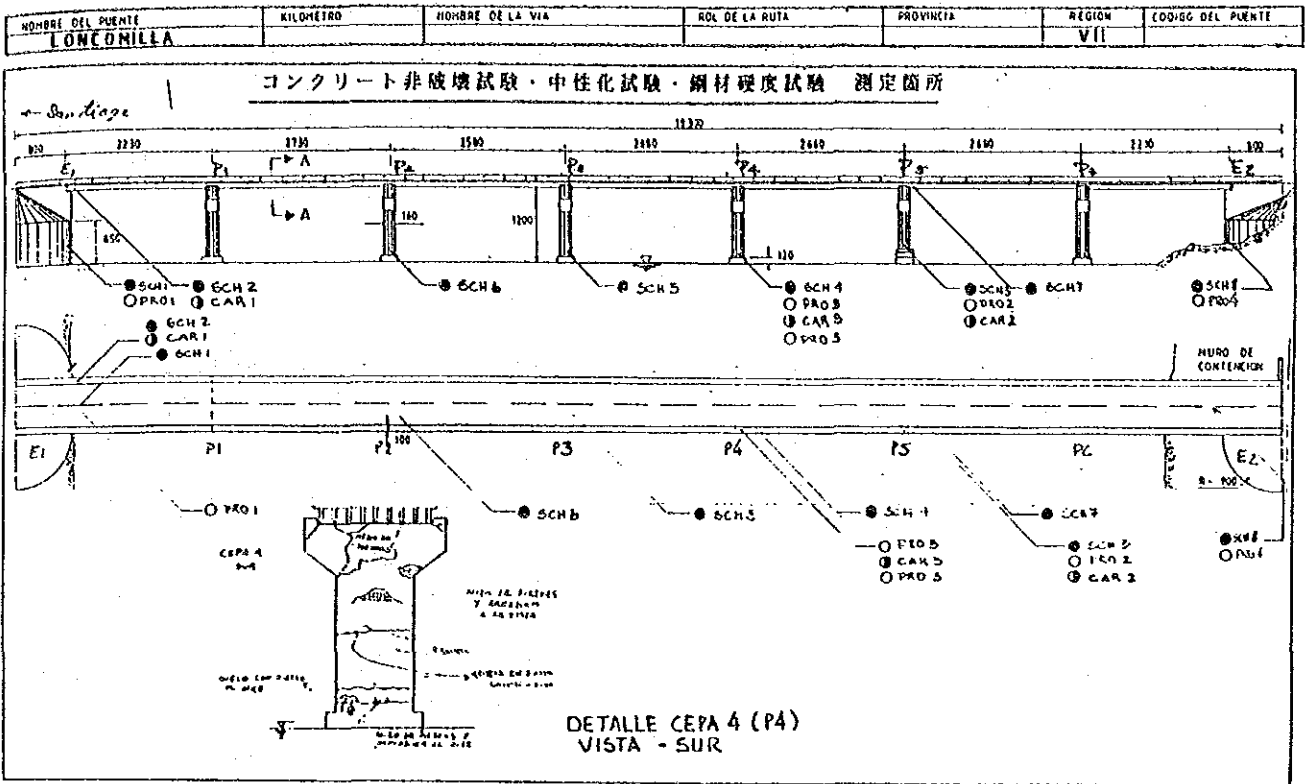


図3-16 LONCOMILLA橋 測定箇所

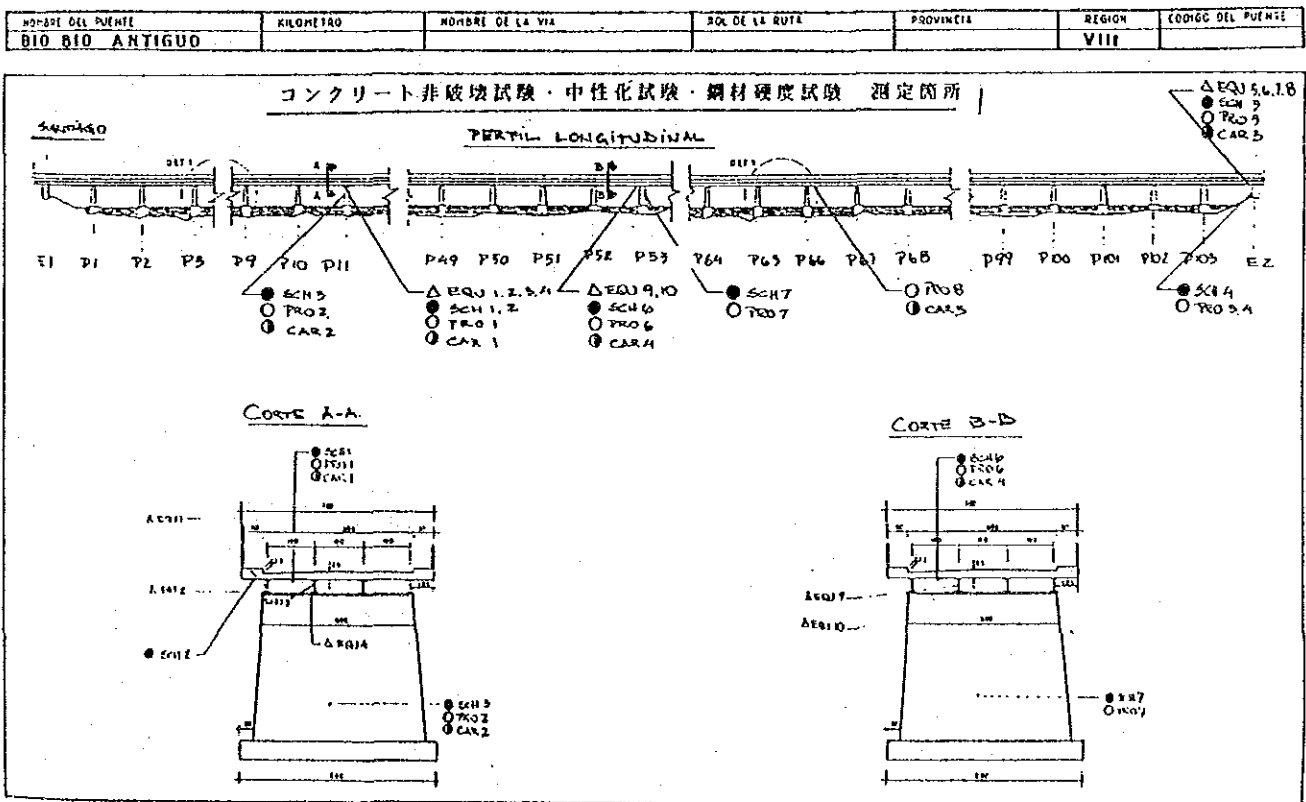


図3-17 BIO BIO ANTIGUO橋 測定箇所

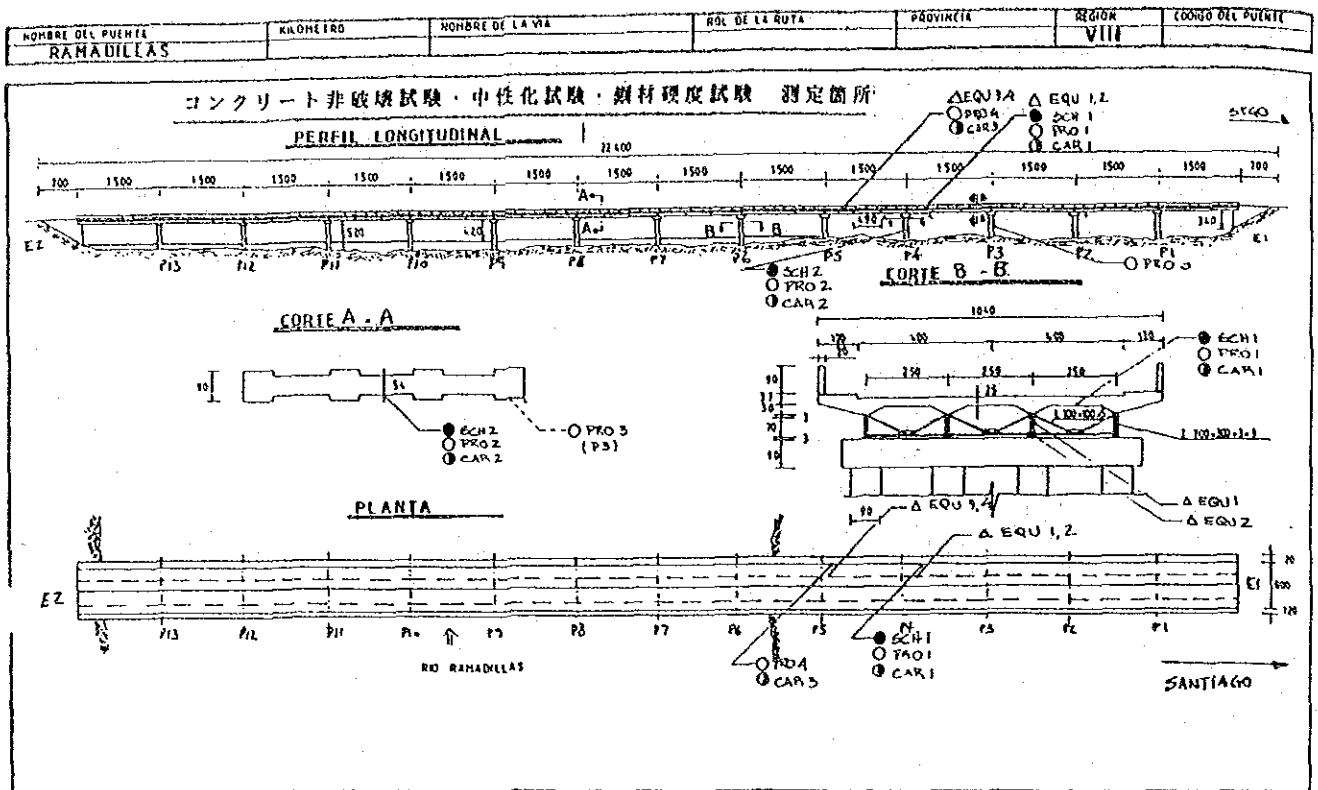


図3-18 RAMADILLAS橋 測定箇所

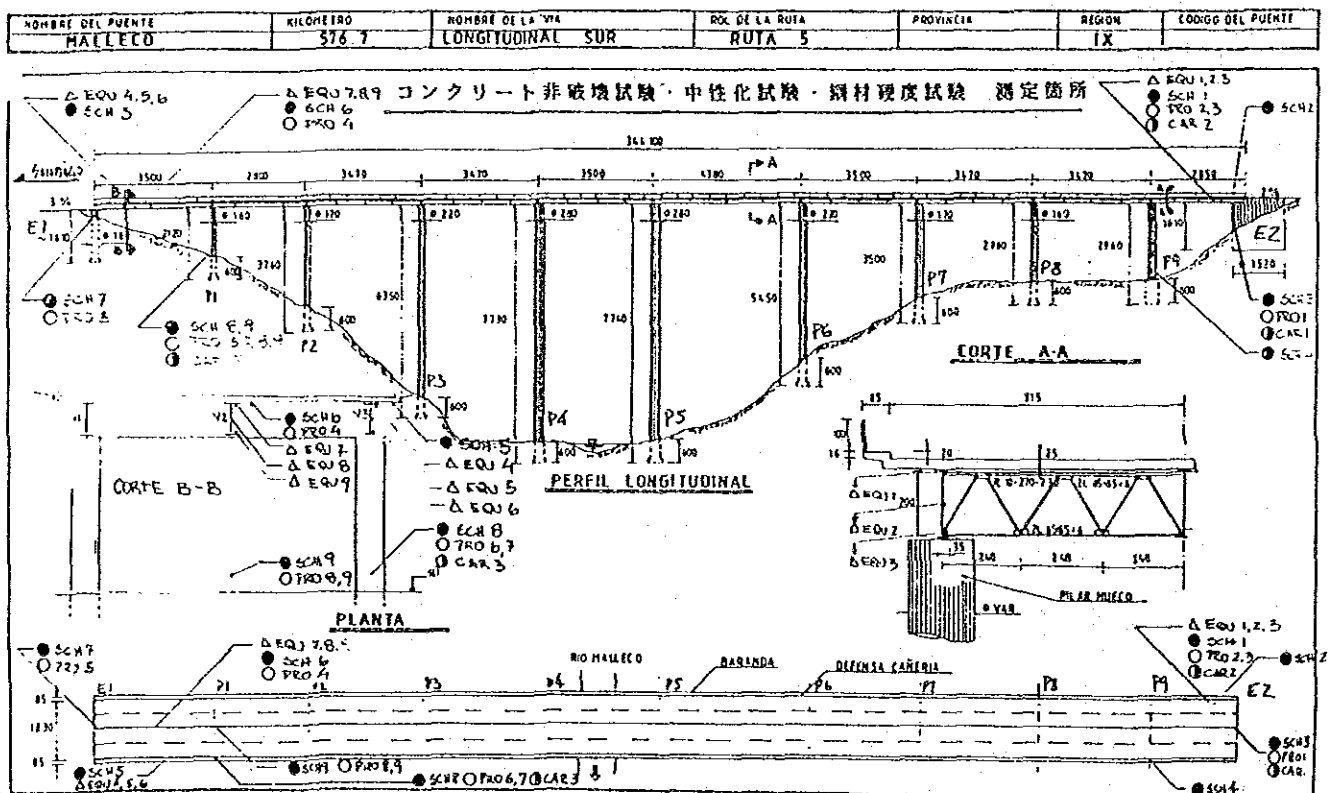


図3-19 MALLECO橋 測定箇所

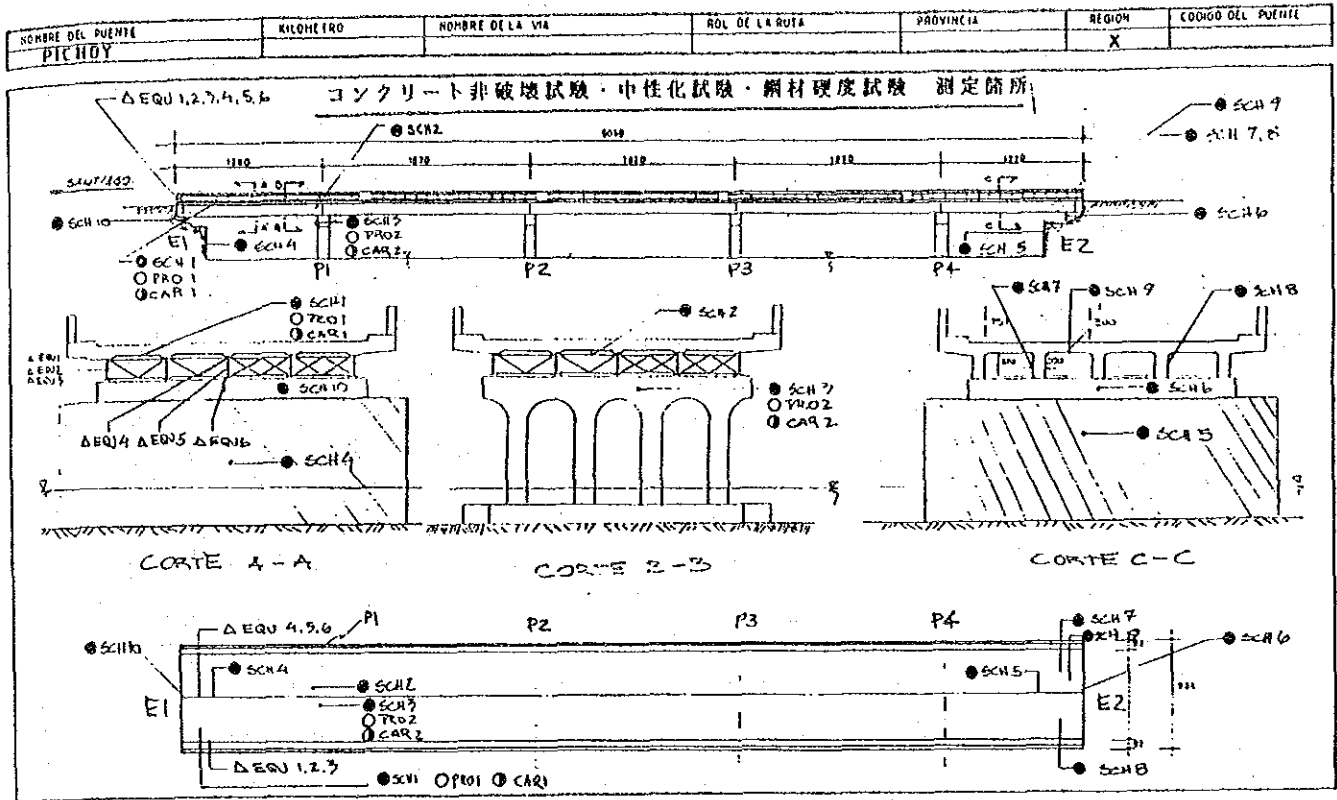


図3-20 PICHROY橋 測定箇所

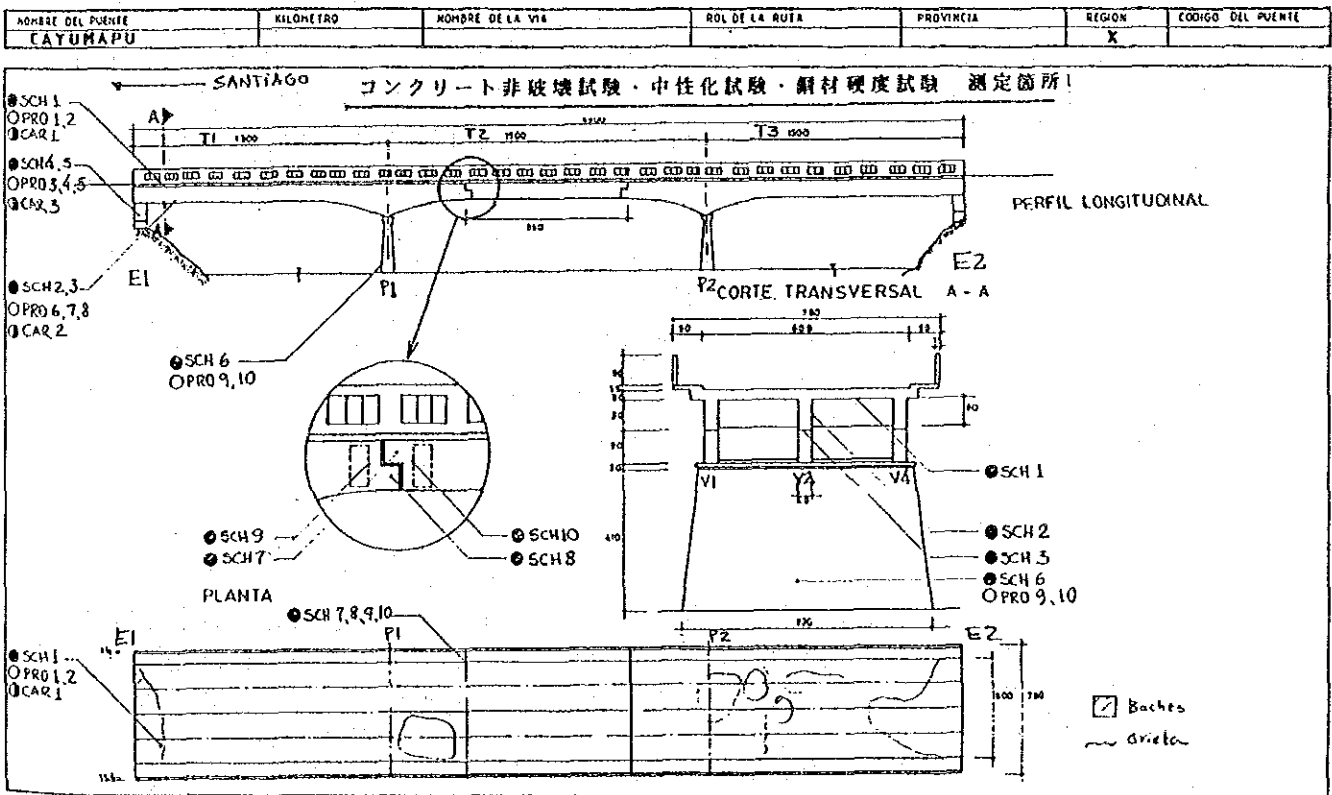


図3-21 CAYUMAPU橋 測定箇所

3-1-4 調査結果および考察

(1) 計測機器による測定

1) 測定結果

1. コンクリート強度

シュミットハンマーによるコンクリート強度は測定された10橋に対して最大値平均で330Kg/cm²、最小値平均で210Kg/cm²と計測された。上部構造がプレストレスコンクリート桁で構成される MAIPO橋、LONCOMILLA橋は最大300Kgを越えておりコンクリート強度は他の橋と較べて高くなっている。またBIO-BIO橋、RAMADILLAS橋、PICHROY橋、CAYUMAPU橋ではコンクリート強度が低く計測された個所がある。但しただちに構造欠陥として問題になる強度ではない。シュミットハンマーによる測定の結果を表3-9に示す。図にプロットすると図3-22～図3-23のようになる。

2. 鉄筋検査

鉄筋非破壊検査ではプロフォメータにより鉄筋の位置を確認した。また中性化試験を実施する個所ではコンクリートを鉄筋の位置まで掘り鉄筋径を確認した。最も鉄筋間隔の広いLONCOMILLA橋でも鉄筋最大間隔260cmであり鉄筋間隔1については問題ない。またコンクリートの被り厚さは最大78mmから最小3mmまでのばらつきはあるものの橋梁の部位、施工誤差の範囲であり特別問題になる値ではない。但し鉄筋径については設計計算結果が無いため応力上十分な鉄筋径であるかどうかの確認は行っていない。結果を表3-10に示す。

3. 鋼材材質

上部工が鋼橋の場合に使用している鋼材の性質を確認するためエコーチップによる硬度測定を実施した。日本で橋梁に使用している鋼材(SS40)のブリネル硬さはHB=140～150であり、今回の調査ではPULLALLY橋、(平均HB=125) PICHROY橋(平均HB=128)の値が若干低い値を示している。結果を表3-11に示す。

4. コンクリートの中性化

プロフォメータによる鉄筋位置確認と同時に中性化試験を実施した。コンクリートの中性化は鉄筋の錆の進行に関係するからである。コンクリートは打設時にPH12と強いアルカリ性を示し、時が経つにつれて中性化しアルカリ度が弱くなっていく。PH9以下のコンクリート内では鉄筋は急速に腐食する。CLARO橋、BIO-BIO橋、RAMADILLAS橋、PICHROY橋、CAYUMAPU橋ではPH9以下の個所がほとんどでかつ中性化の深さも20mm以上であり中性化はかなり進んでいる。測定結果を表3-12に示す。

2) 考察

本調査の目的は橋梁の構造材料の性質を分析する事にある。調査の結果各橋梁の材料の強度は若干問題になるものがあった。しかしながら橋梁の安全性にただちに関わるものではない。調査対象橋梁が古いせいもあり表3-8に示すようにコンクリートの中性化が激しい橋梁が多い。これは橋梁の寿命が既に来ている事を示しており単なる補修では対処が難しい事を示している。コンクリート中性化試験で問題ありと指摘された橋梁は早晩架け替えが望ましい。

表3-8 計測機器による調査の結果一覧

| 橋梁名 | コンクリート強度 | 鉄筋配置 | 鋼材強度 | 中性化 |
|------------|----------|------|------|-----|
| AMOLANAS | | | - | |
| PULLALLY | | | △ | △ |
| MAIPO | | | - | |
| CLARO | | | - | ◎ |
| LONCOMILLA | | | - | |
| BIO-BIO | △ | | | ◎ |
| RAMADILLAS | △ | | | ◎ |
| MALLECO | | | | |
| PICHOY | △ | | △ | ◎ |
| CAYUMAPU | △ | | - | ◎ |

注) ◎ : 問題あり
 △ : 若干問題あり
 ブラック : 問題無し
 - : 試験せず

表 3-9 シュミットハンマーによる測定結果

| PUENTE | SCH-1 | SCH-2 | SCH-3 | SCH-4 | SCH-5 | SCH-6 | SCH-7 | SCH-8 | SCH-9 | SCH-10 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| AMOLANAS | 287 | 234 | 277 | 228 | 271 | 256 | 230 | 286 | 306 | 288 |
| PULLALLY | 261 | 253 | 244 | 301 | 300 | 295 | | | | |
| MAIPO | 291 | 332 | 337 | 317 | 328 | 343 | 280 | 291 | | |
| CLARO | 288 | 126 | 292 | 318 | | | | | | |
| LONCOMILLA | 217 | 330 | 222 | 220 | 226 | 229 | 318 | 237 | | |
| BIO-BIO | 262 | 274 | 249 | 263 | 262 | 271 | 215 | | | |
| RAMADILLAS | 261 | 261 | | | | | | | | |
| MALLECO | 321 | 268 | 292 | 303 | 317 | 300 | 298 | 269 | 301 | |
| PICHOY | 274 | 288 | 258 | 237 | 205 | 305 | 317 | 311 | 247 | 298 |
| CAYUMAPU | 276 | 282 | 307 | 252 | 295 | 247 | 283 | 277 | 257 | 294 |

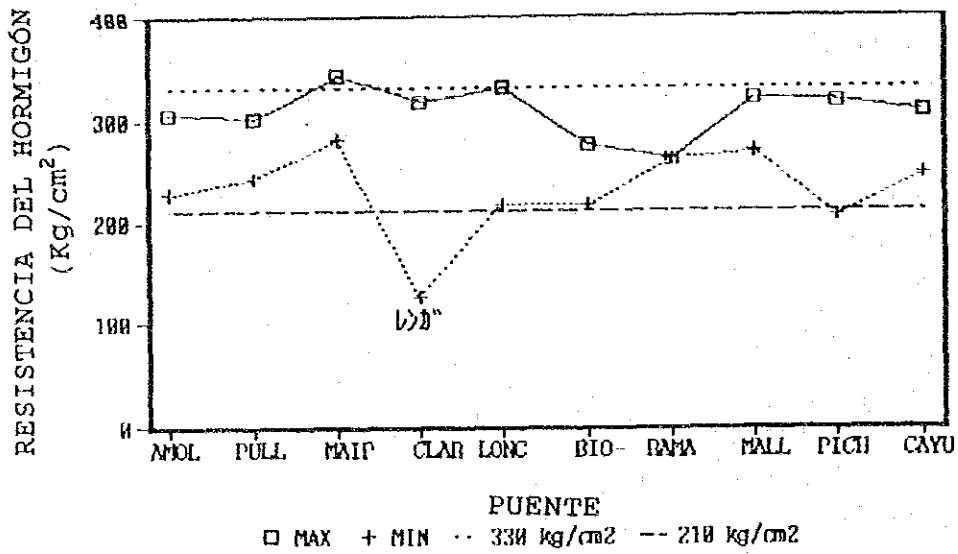


図3-22 シュミットハンマー実施データ最大・最小値

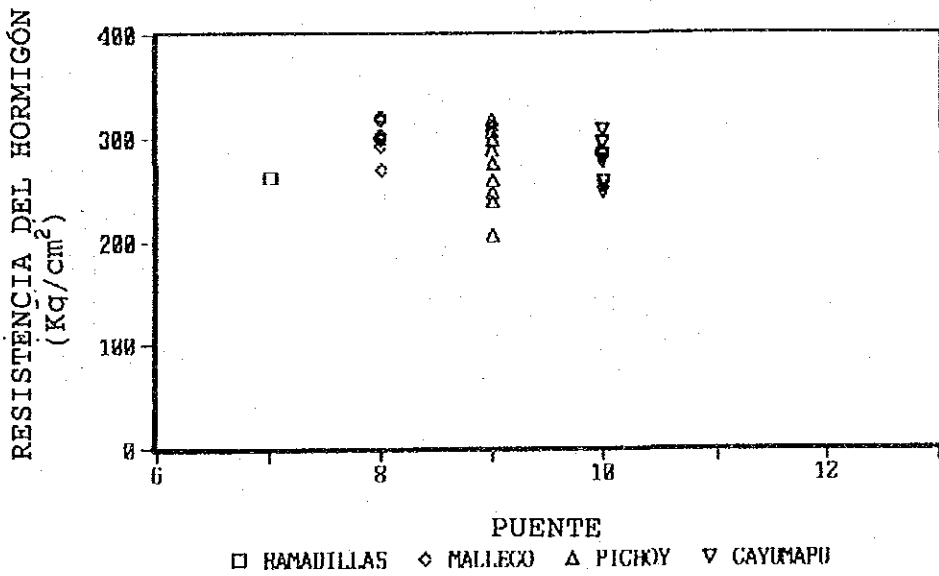
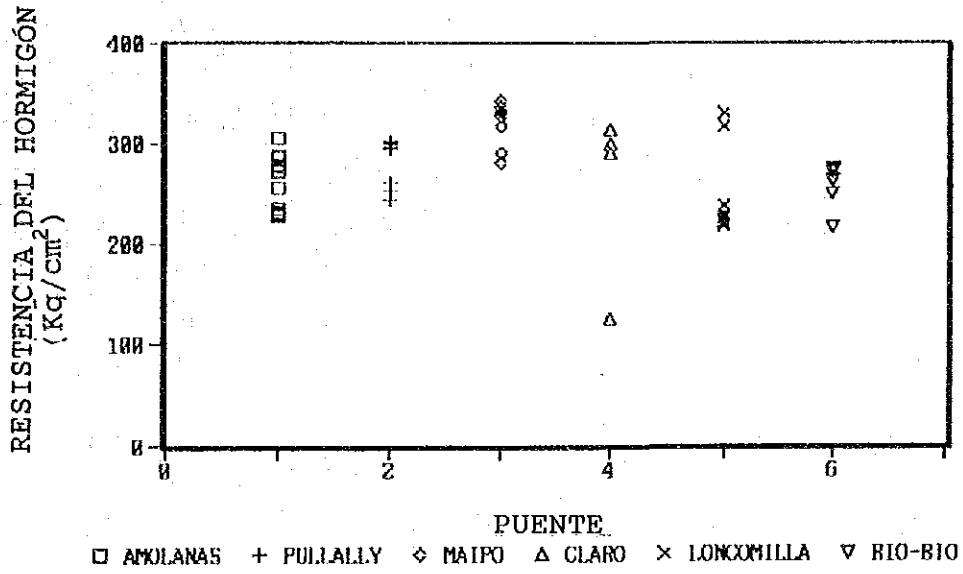


図 3 - 2 3 シュミットハンマーによる測定結果

表 3-10 プロフォメーターによる測定結果

| PUENTE | PRO-1 | | | PRO-2 | | | PRO-3 | | | PRO-4 | | | PRO-5 | | |
|------------|-------|-----|----|-------|-----|----|-------|-----|----|-------|-----|----|-------|-----|----|
| | φ | e | r | φ | e | r | φ | e | r | φ | e | r | φ | e | r |
| ANOLANAS | 16.5 | 100 | 32 | 26.5 | 105 | 17 | 23.5 | 80 | 61 | 22.8 | 90 | 8 | 22.8 | 101 | 35 |
| PULLALLY | - | 85 | 10 | - | 105 | 24 | 17.8 | 97 | 25 | - | 115 | 45 | - | 79 | 43 |
| MAIPO | - | 190 | 25 | - | 180 | 37 | 16.7 | 130 | 52 | 17.2 | 120 | 57 | - | - | - |
| CLARO | 16.1 | 100 | 12 | 16.4 | 109 | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| LONCONILLA | - | 136 | 54 | - | 120 | 36 | 13.8 | 220 | 78 | - | 98 | 25 | 16 | 260 | 6 |
| BIO-BIO | 12.4 | 83 | 14 | 13 | 133 | 20 | - | 90 | 34 | 22 | 205 | 40 | 12.1 | 85 | 26 |
| RAMADILLAS | 12.0 | 102 | 3 | 10 | 80 | 47 | 18.6 | 87 | 45 | 12.6 | 106 | 25 | - | - | - |
| MALLECO | 16.5 | 73 | 67 | 9 | 90 | 30 | - | 87 | 39 | - | 91 | 30 | - | 78 | 27 |
| PICHOY | 12.2 | 98 | 29 | 24.5 | 130 | 24 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CAYUMAPU | 12.4 | 106 | 23 | - | 83 | 17 | - | 88 | 20 | - | 175 | 30 | - | 98 | 39 |

| PUENTE | PRO-6 | | | PRO-7 | | | PRO-8 | | | PRO-9 | | | PRO-10 | | |
|------------|-------|-----|----|-------|-----|----|-------|-----|----|-------|----|----|--------|-----|----|
| | φ | e | r | φ | e | r | φ | e | r | φ | e | r | φ | e | r |
| ANOLANAS | - | 101 | 37 | - | 83 | 68 | 18.4 | 65 | 11 | - | - | - | - | - | - |
| PULLALLY | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MAIPO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CLARO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| LONCONILLA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| BIO-BIO | 12.9 | 80 | 20 | - | 96 | 44 | 12 | 80 | 20 | - | - | - | - | - | - |
| RAMADILLAS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MALLECO | - | 61 | 55 | - | 63 | 53 | - | 95 | 49 | - | 80 | 47 | - | 80 | 47 |
| PICHOY | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CAYUMAPU | 32 | 75 | 30 | - | 195 | 53 | - | 123 | 33 | - | 96 | 47 | - | 195 | 53 |

φ : Diametro
 e : Espaciamiento
 r : Recubrimiento

表 3-11 エコーチップによる鋼材硬さ試験結果

| PUENTE | EQU-1 | EQU-2 | EQU-3 | EQU-4 | EQU-5 | EQU-6 | EQU-7 | EQU-8 | EQU-9 | EQU-10 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 371 | 379 | 376 | 398 | | | | | | |
| PULLALLY | Hb120 | Hb123 | Hb122 | Hb137 | | | | | | |
| | 409 | 460 | 412 | 417 | 419 | 499 | 428 | 428 | 411 | 438 |
| BIO-BIO | Hb144 | Hb184 | Hb146 | Hb150 | Hb151 | Hb219 | Hb158 | Hb158 | Hb145 | Hb166 |
| | 383 | 453 | 406 | 439 | | | | | | |
| RAMADILLAS | Hb126 | Hb178 | Hb142 | Hb167 | | | | | | |
| | 380 | 368 | 370 | 406 | 393 | 427 | 408 | 447 | 441 | |
| MALLECO | Hb124 | Hb116 | Hb117 | Hb132 | Hb132 | Hb157 | Hb143 | Hb173 | Hb168 | |
| | 397 | 392 | 370 | 391 | 370 | 402 | | | | |
| PICHOY | Hb135 | Hb132 | Hb117 | Hb130 | Hb117 | Hb139 | | | | |

表 3-12 中性化試験による測定結果

| PUENTE | CAR-1 | | | CAR-2 | | | CAR-3 | | | CAR-4 | | | CAR-5 | | | CAR-6 | | | CAR-7 | | | |
|------------|-------|------|---|-------|------|---|-------|-----|---|-------|-----|---|-------|------|---|-------|------|---|-------|-----|---|---|
| | C | PH | S | C | PH | S | C | PH | S | C | PH | S | C | PH | S | C | PH | S | C | PH | S | |
| AMOLANAS | 0.0 | 11.0 | B | 10.0 | 9.5 | B | 19.0 | 9.5 | A | 32.0 | 8.5 | D | 5.0 | 10.5 | B | 7.0 | 10.5 | - | 12.0 | 9.0 | D | - |
| PULLALLY | 11.0 | 9.0 | - | 30.0 | 8.5 | C | 25.0 | 9.5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MAIPO | 5.0 | 9.0 | - | 2.0 | 9.0 | B | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CLARO | 25.0 | 8.5 | B | 22.0 | 8.5 | - | 25.0 | 9.0 | C | 15.0 | 8.5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| LONCOMILLA | 10.0 | 9.5 | - | 5.0 | 9.5 | - | 39.0 | 9.5 | B | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| BIO-RIO | 13.0 | 8.5 | D | 11.0 | 9.0 | C | 36.0 | 8.5 | B | 37.0 | 8.5 | D | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| RAMADILLAS | 36.0 | 8.5 | D | 17.0 | 9.0 | C | 65.0 | 8.5 | D | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MALLECO | 10.0 | 9.0 | B | 9.0 | 10.0 | B | 12.0 | 9.0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PICHOY | 27.0 | 8.5 | D | 19.0 | 8.5 | E | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CAYUNAPU | 85.0 | 8.5 | C | 24.0 | 8.5 | D | 24.0 | 8.5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

C : 中性化深さ
 PH : 酸性度
 S : 鉄筋損傷度