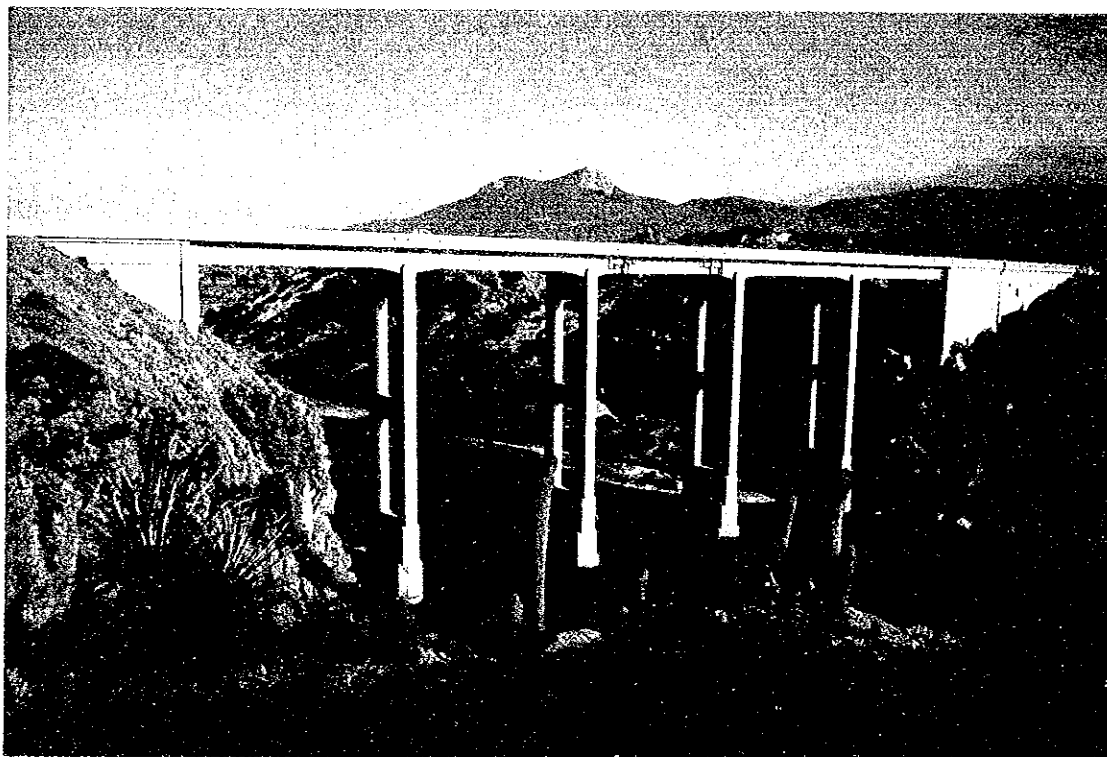


チリ国

全国橋梁補修整備計画調査



最終報告書(要約版)

平成5年3月

国際協力事業団

社調一

JR

93-032

チリ国
全国橋梁補修整備計画調査

最終報告書
(要約版)

JICA LIBRARY



1104636141

24980

平成5年3月

国際協力事業団

国際協力事業団

24980

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 - 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 調査対象地域	5
第 2 章 橋梁予備調査	7
2 - 1 橋梁予備調査	7
2 - 1 - 1 予備調査の概要	7
2 - 1 - 2 予備調査の実施方法	7
2 - 1 - 3 調査結果	2 8
2 - 2 河川調査	3 5
第 3 章 橋梁詳細調査	3 7
3 - 1 橋梁詳細調査	3 7
3 - 1 - 1 詳細調査の概要	3 7
3 - 1 - 2 詳細調査の実施方法	4 0
3 - 1 - 3 調査結果および考察	4 1
3 - 2 載荷試験	4 5
3 - 2 - 1 載荷試験の概要	4 5
3 - 2 - 2 測定結果	4 6
第 4 章 橋梁補修設計・積算	4 9
4 - 1 基本方針	4 9
4 - 2 調査結果と工法選定	4 9
4 - 3 補修工法	5 5

第5章	橋梁補修計画の策定	57
5-1	補修計画の策定方針	57
5-2	国道5号線の補修計画	58
第6章	橋梁維持点検ガイドラインの概要	59
第7章	橋梁維持管理マネジメントシステム	61
7-1	システム基本概念	61
7-2	システムの構成	62
7-3	システムの基本機能	64
第8章	結論と勧告	67
8-1	結論	67
8-2	勧告	69

付表一覧表

- 表 2 - 1 橋梁点検調書
- 表 2 - 2 損傷度評価 4 および 5 の橋梁
- 表 3 - 1 詳細調査対象橋梁
- 表 3 - 2 詳細調査対象橋梁の問題点
- 表 3 - 3 計測機器による調査結果一覧
- 表 3 - 4 変状調査結果一覧
- 表 3 - 5 各橋梁の変状原因
- 表 3 - 6 疲労寿命予測結果
- 表 4 - 1 損傷とその原因
- 表 4 - 2 対象橋梁附近の交通量
- 表 4 - 3 構造物の損傷と対策
- 表 4 - 4 橋梁の設計、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 10 橋の補修および補強工法一覧
- 表 5 - 1 補修の緊急度の高い橋梁

付図一覧表

- 図 1 - 1 調査実施体制
- 図 1 - 2 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
- 図 2 - 10 写真撮影基準
- 図 2 - 11 伸縮継手
- 図 2 - 12 取付盛土
- 図 2 - 13 橋梁増設の方法
- 図 2 - 14 ゲルバーヒンジ部の問題点
- 図 2 - 15 アーチ橋の柱
- 図 2 - 16 横桁の構造
- 図 3 - 1 橋梁位置図
- 図 3 - 2 載荷試験手順
- 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 橋梁維持管理マネージメントシステム処理ブロックチャート
- 図 7 - 5 任意検索機能基本概念

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。また同国々土の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。またベッコ橋において載荷試験を実施した。試験の目的はベッ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。

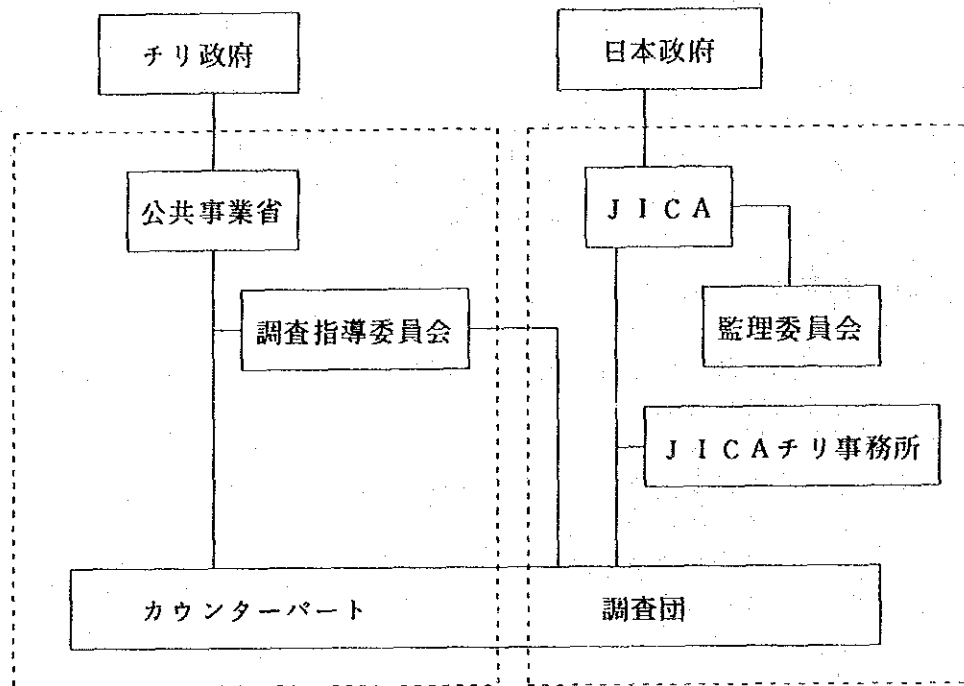


図1-1 調査実施体制

1-4 調査対象地域

チリ国北部1、2、3州および南部11、12州をのぞくすべての州の国道5号線および隣接する主要幹線道路上の橋梁を対象として調査を実施した。

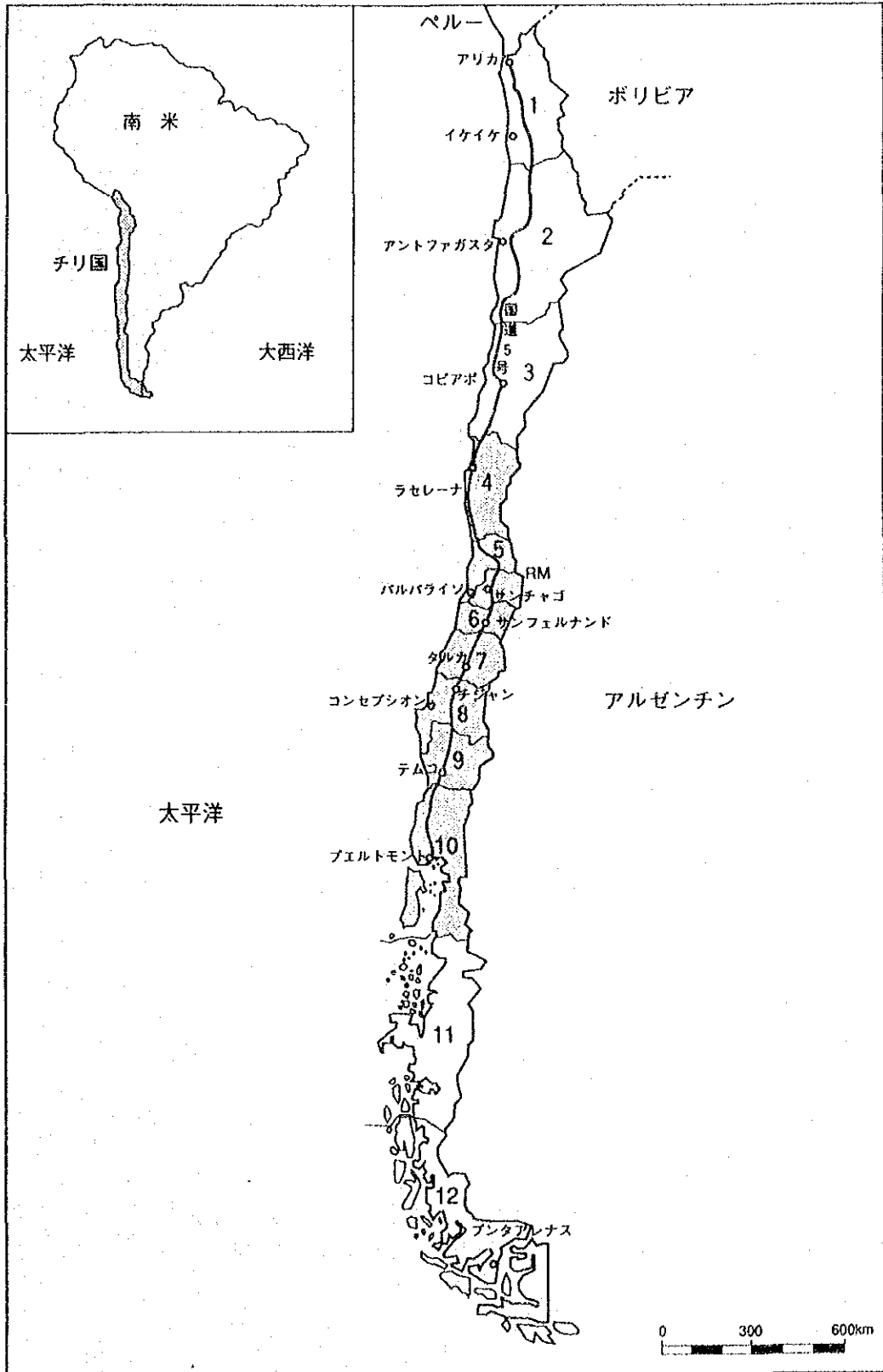


図1-2 調査対象地域

第2章 橋梁予備調査

2-1 橋梁予備調査

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基に調査を開始した。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ルート5号上の246橋およびルート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。

2-1-2 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表2-1、図2-1、図2-2に示すような調査用紙を準備し調査を実施した。

(1) 点検調書

評価者によって点検部位、評価項目に差がでないよう点検調書を作成した、この記載項目は点検調書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。

(2) 橋梁基本寸法採寸調書

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、橋梁幅員、橋長等最低限計測すべき部位を示した計測調書を作成した。この調書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、損傷等について参考図を作成し遺漏のないよう注意した。

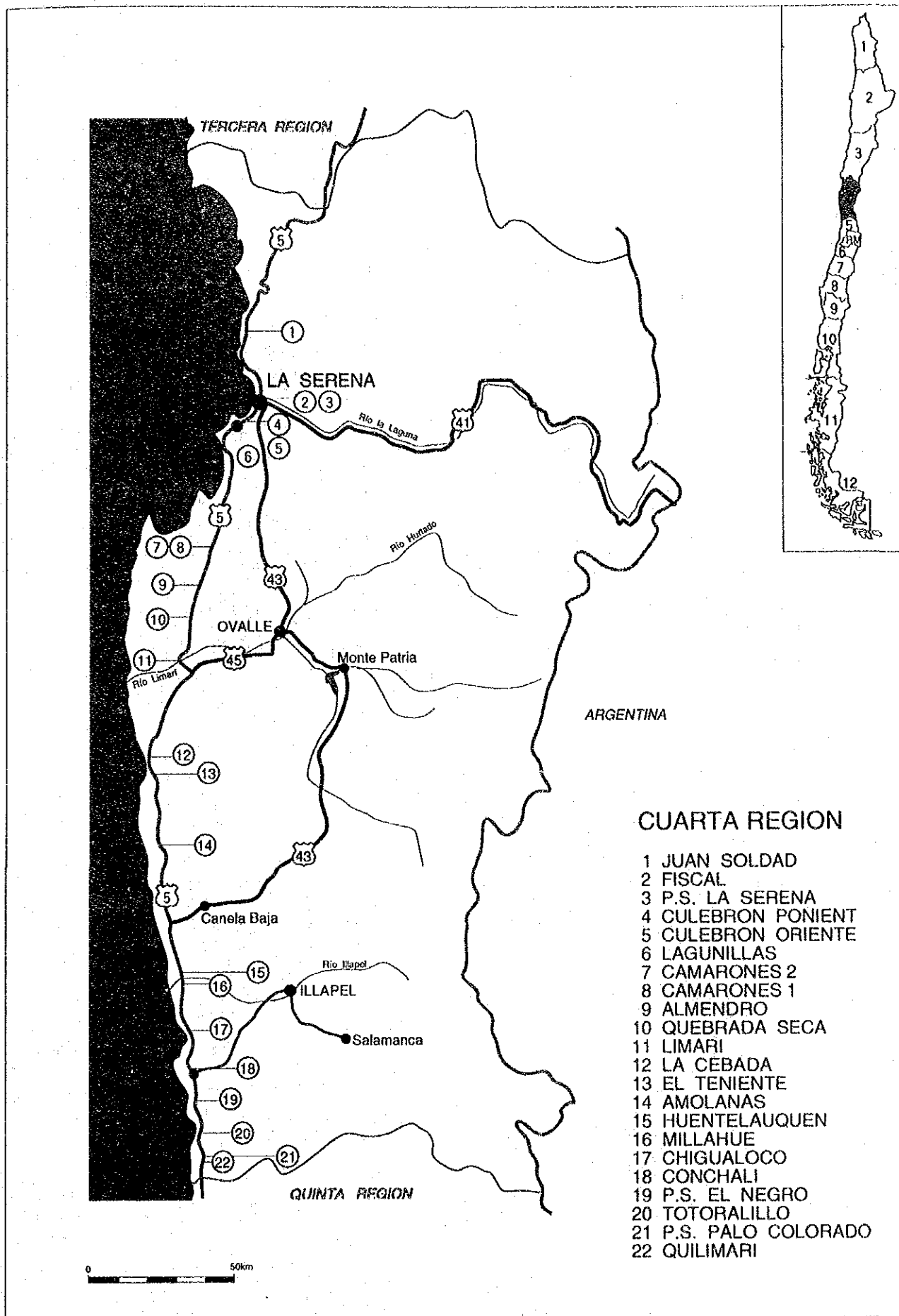


図 2 - 1 第 4 州の調査対象橋梁

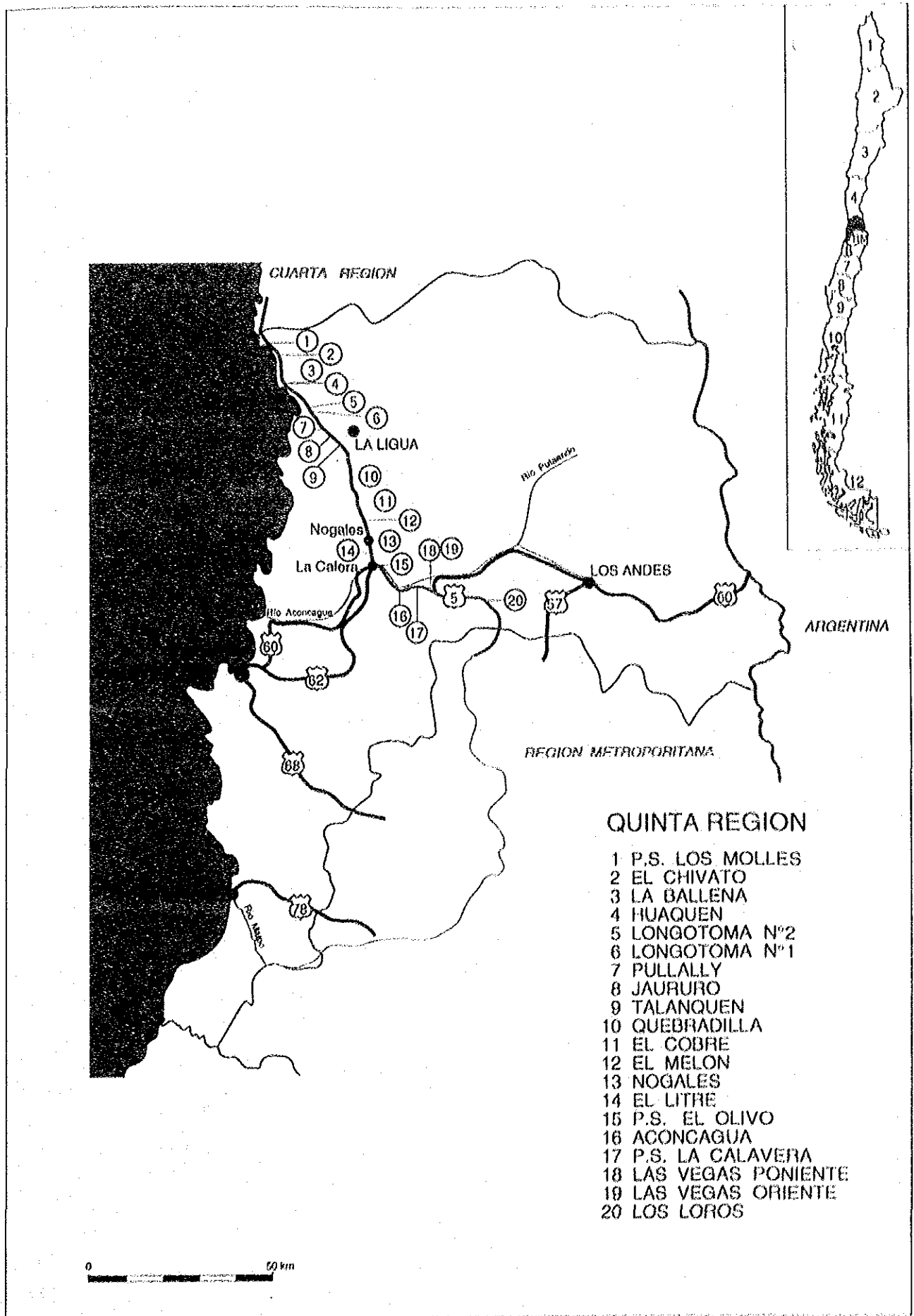


図 2 - 2 第 5 州の調査対象橋梁

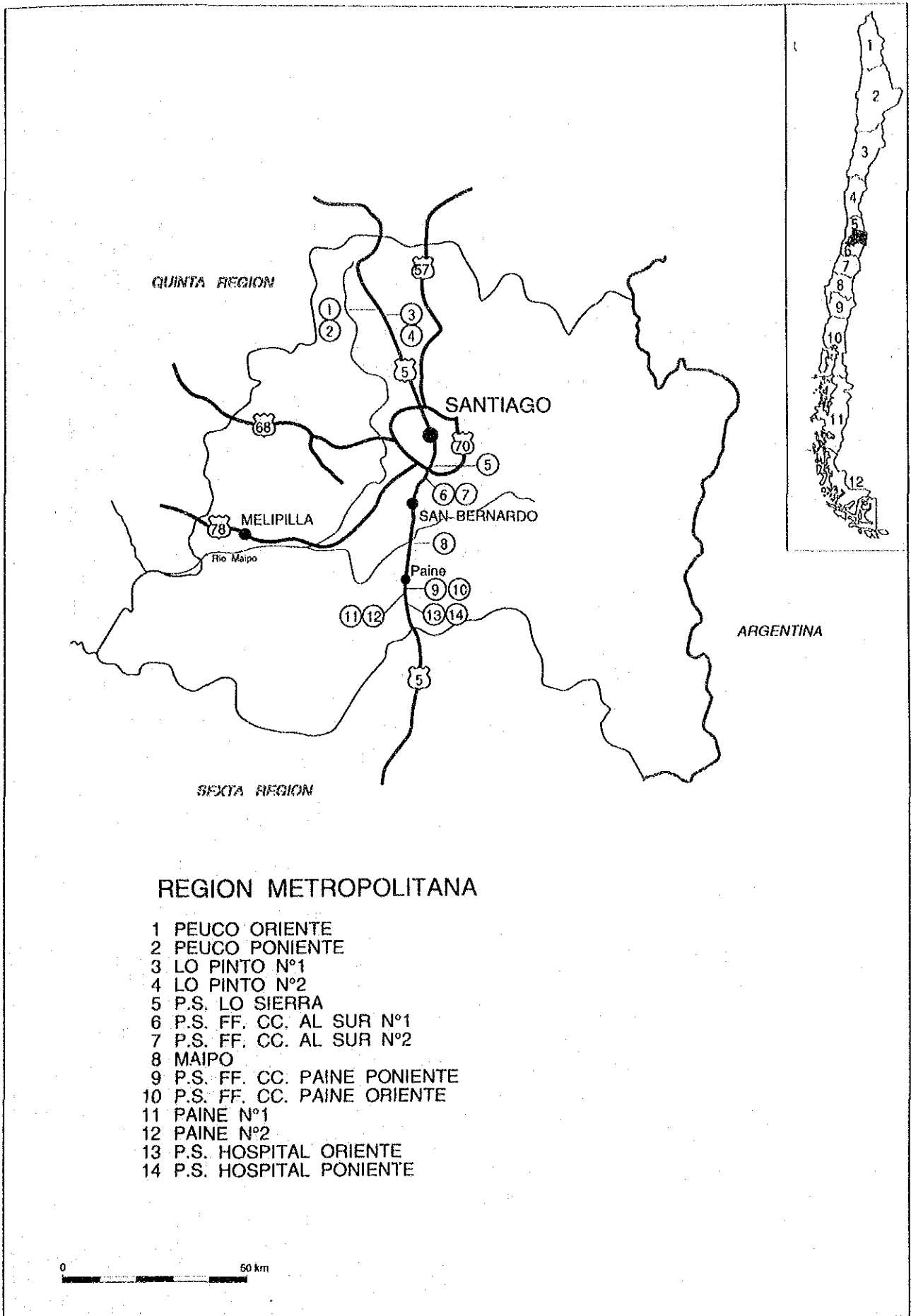


図 2 - 3 首都州の調査対象橋梁

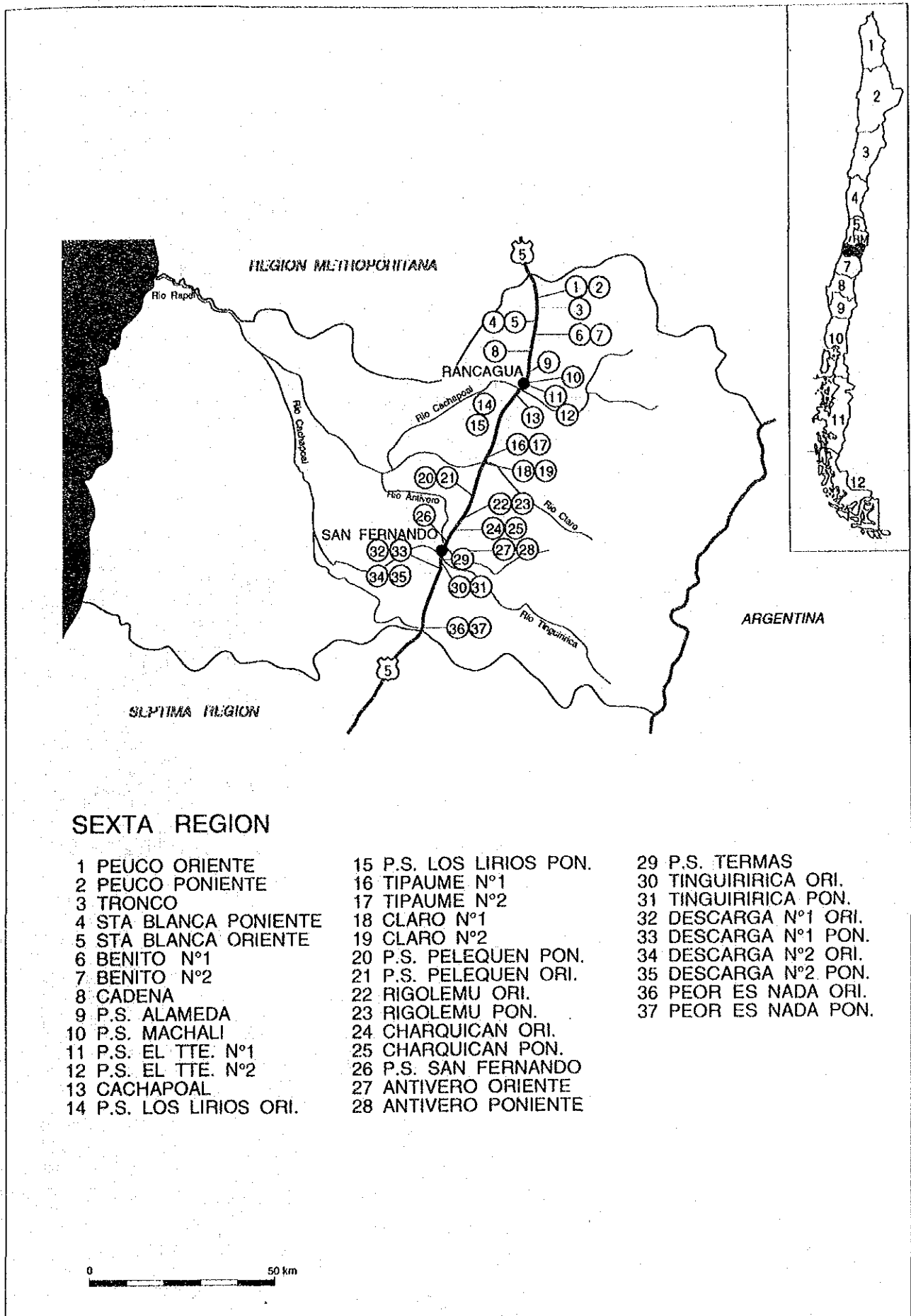


図 2 - 4 第 6 州の調査対象橋梁

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 PIGUCHEN |
| 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 |

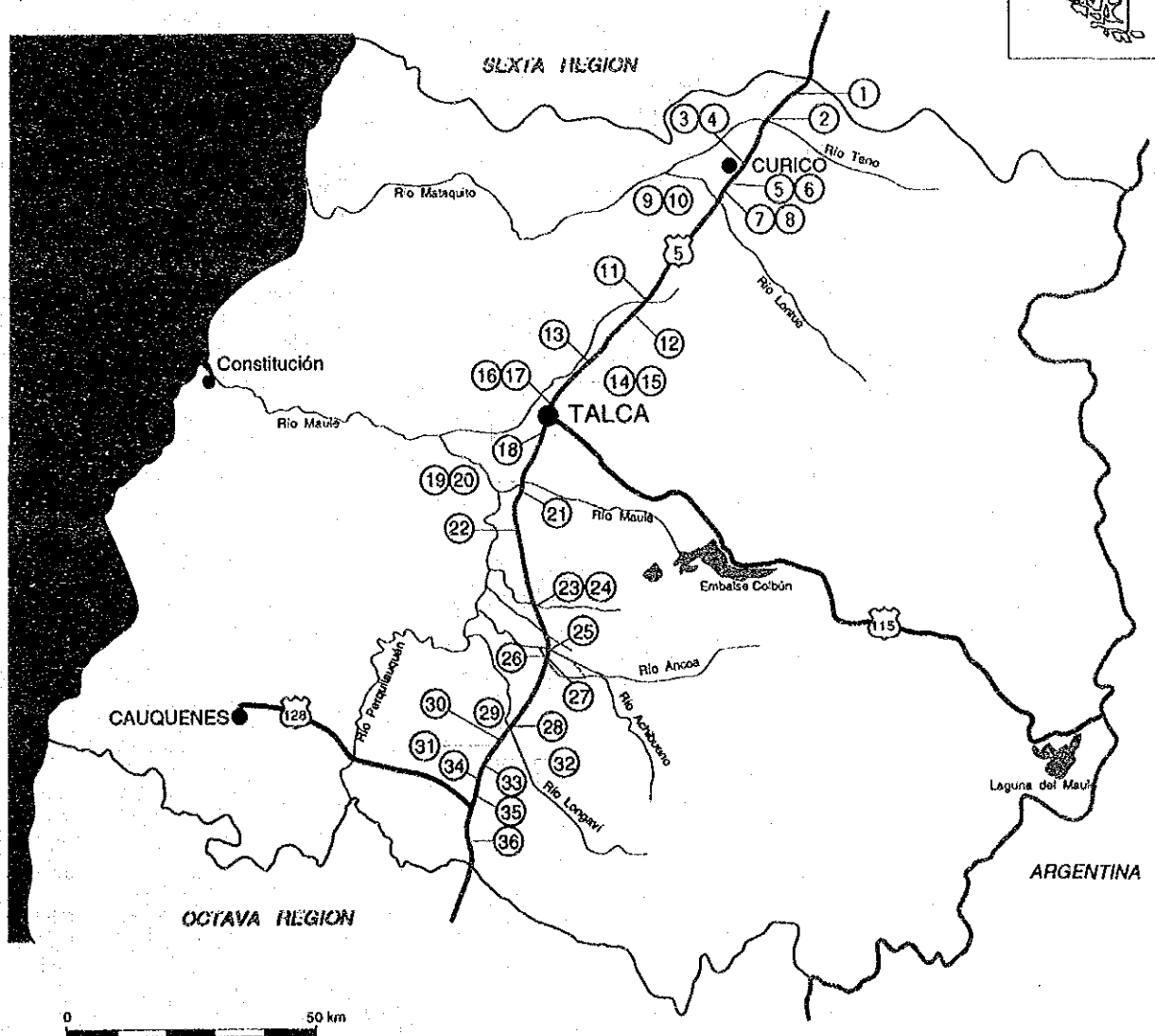
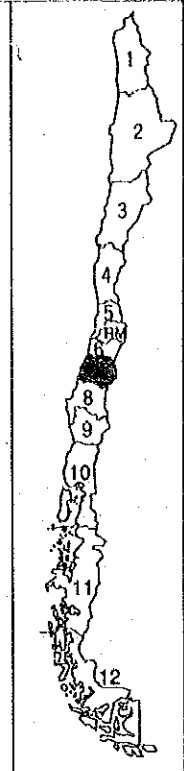


图 2 - 5 第 7 州の調査対象橋梁

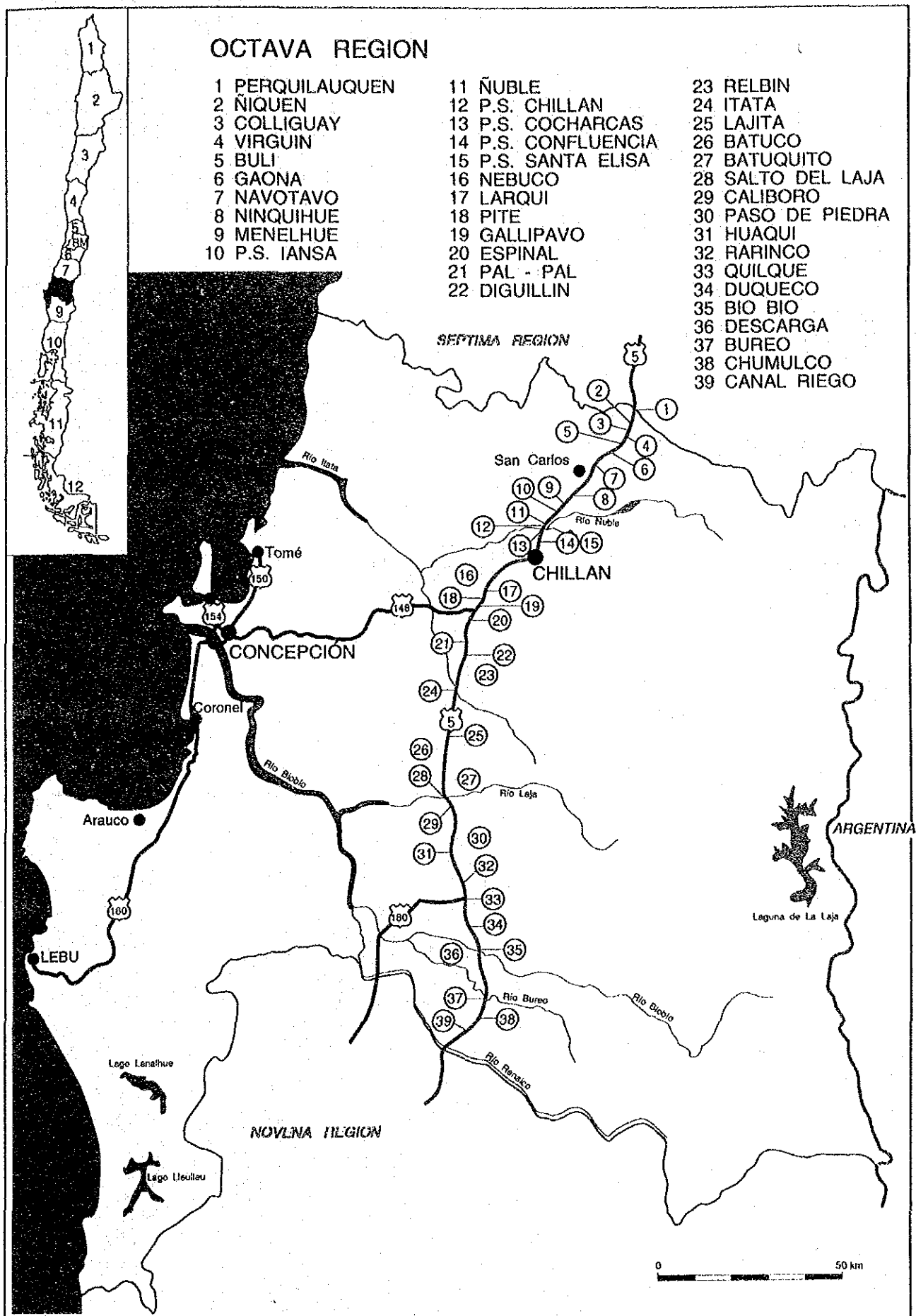


図 2 - 6 第 8 州の調査対象橋梁

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 PICHI QUEPE ANTIGUO | 29 P.S. LONCOCHE |
| 10 TRICAUCO | 20 PICHI QUEPE NUEVO | 30 LO VASQUEZ N°2 |
| | | 31 LO VASQUEZ N°3 |

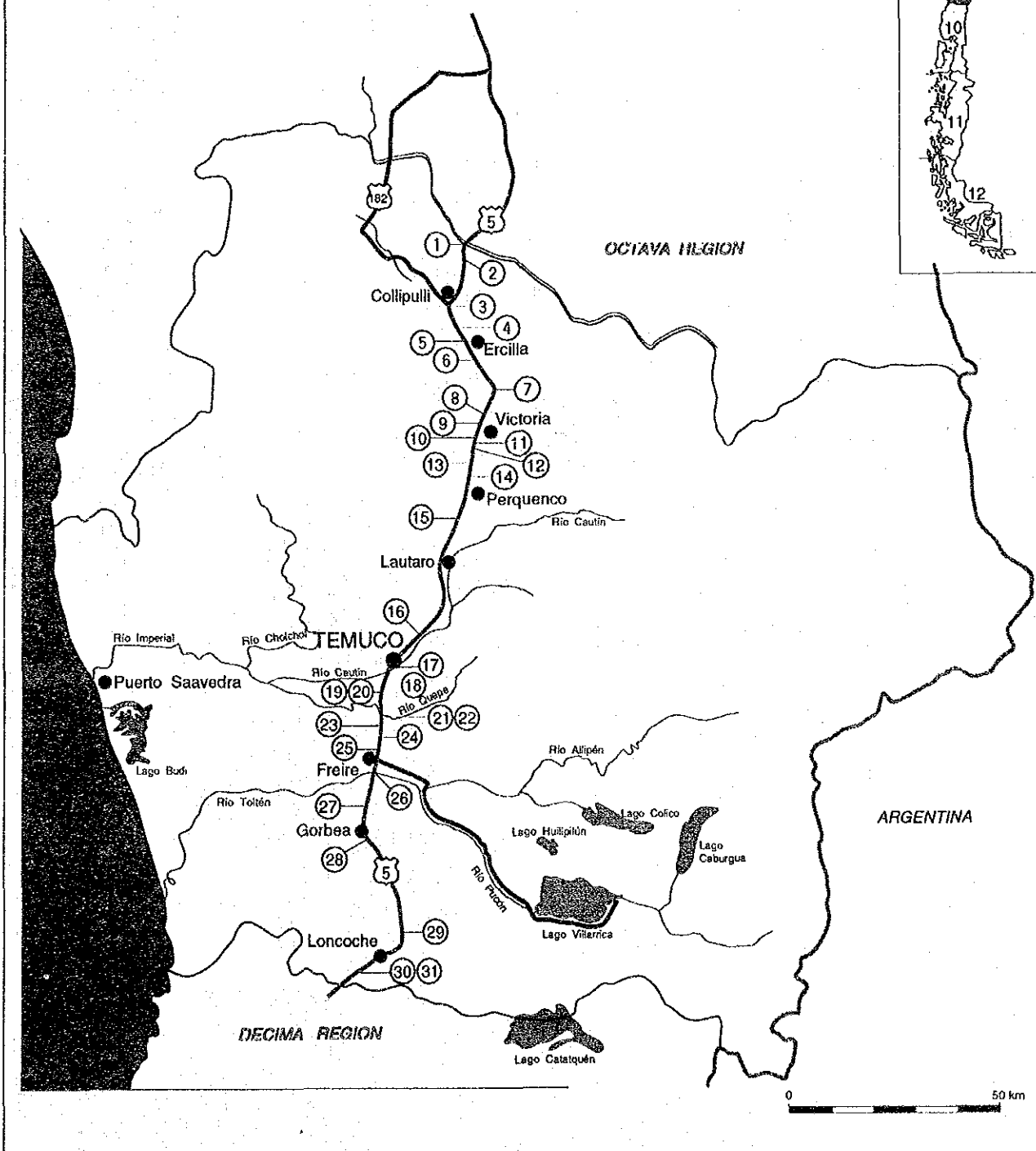
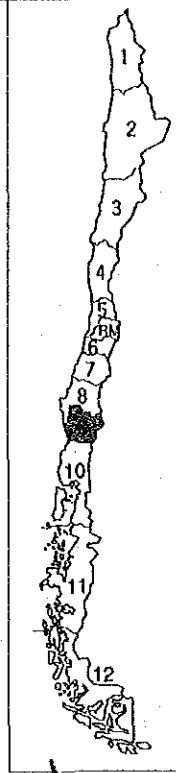


図 2 - 7 第 9 州の調査対象橋梁

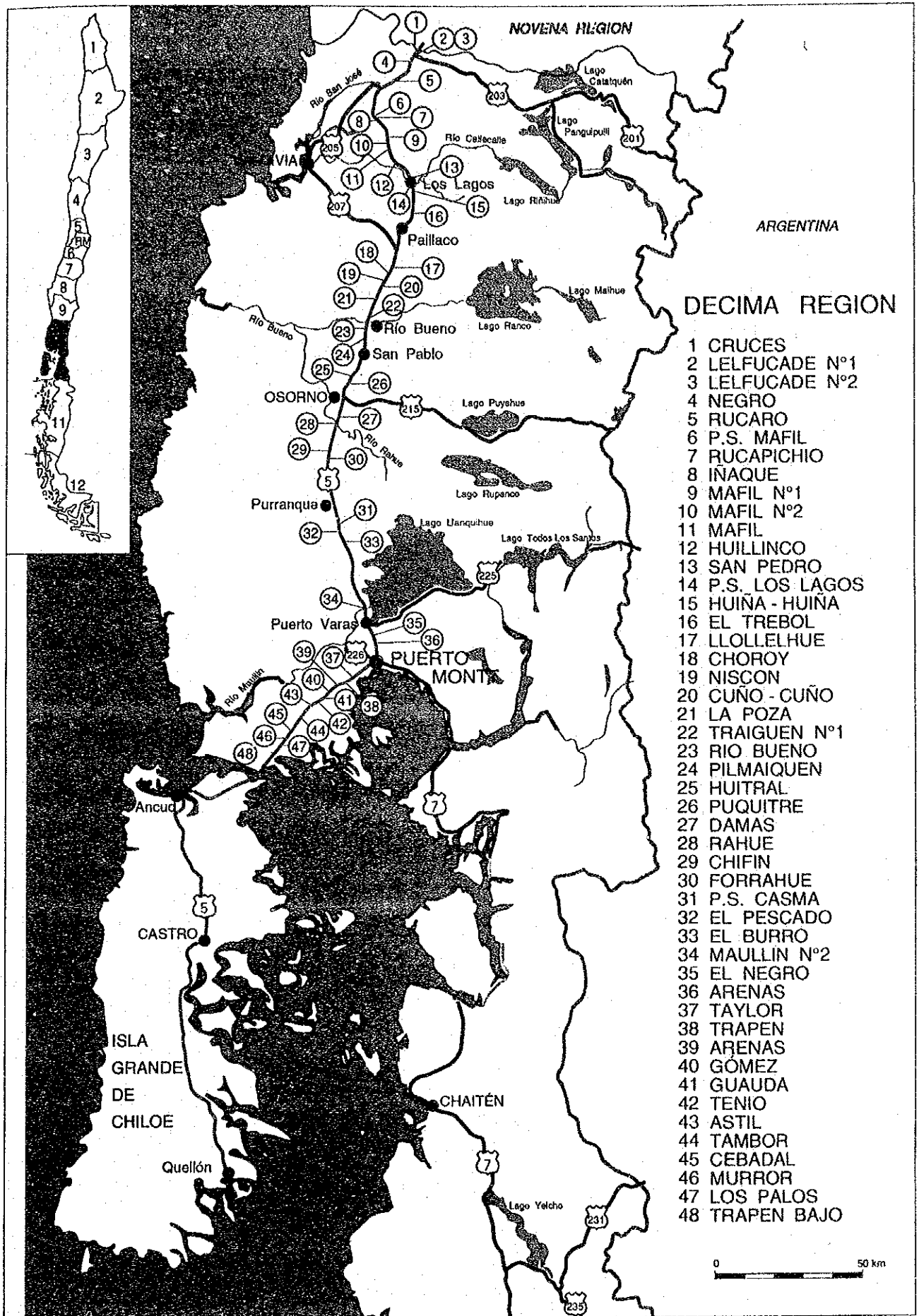
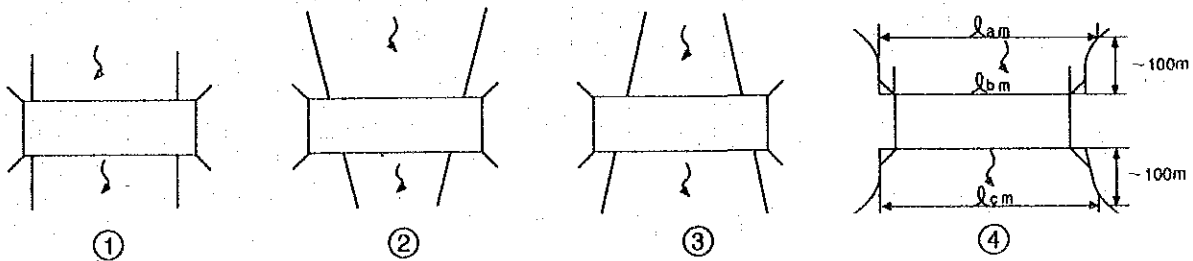


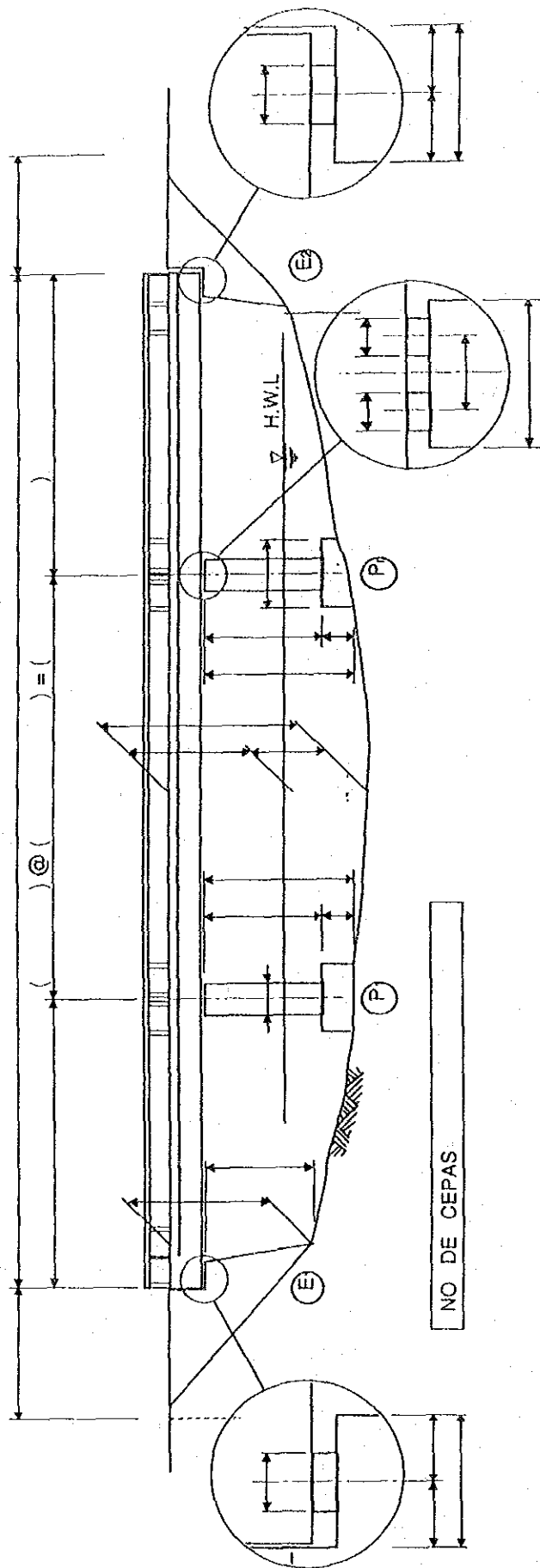
図 2 - 8 第 10 州の調査対象橋梁

表 2 - 1 橋梁点検調査書

CODIGO DEL PUENTE	NOMBRE	NOMBRE DEL CRUCE	NOMBRE DEL RIO				
Lugar de inspección		Nombre del inspector					
		Pagina No. dc					
TIPO DE DAÑO O DE TERIORO 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 EXTRÑOS	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 EFLORES. CENCIAS
	GRADO O CANTID						
RIOSTRAS (PTES. DE ACERO)	ITEM	1 OXIDAMIENTO	2 CORROSION	3 DEFORMACION	4 ROTURA DE LAS UNIONES	5 ROTURA DE ARROSTRAMIENTOS	6 OTROS
	GRADO O CANTID						
VIGAPRINCIPAL DE ACERO (EN CHERCHAS)	ITEM	1 OXIDAMIENTO	2 CORROSION	3 DEFORMACION	4 PERDIDA DE PERNOS	5 FISURAS EN SOLADURAS	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 EFLORES. CENCIAS
	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 EFLORES. CENCIAS
	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 EFLORES. CENCIAS
	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 a. SI b. NO c. NO SE SABE			2. EXISTEN EMPRESTITOS DE MATERIAL a. SI b. NO			



ELEVACION



NOTA

图 2 - 9 桥梁寸法测定书式

INDICE FOTOGRAFICO

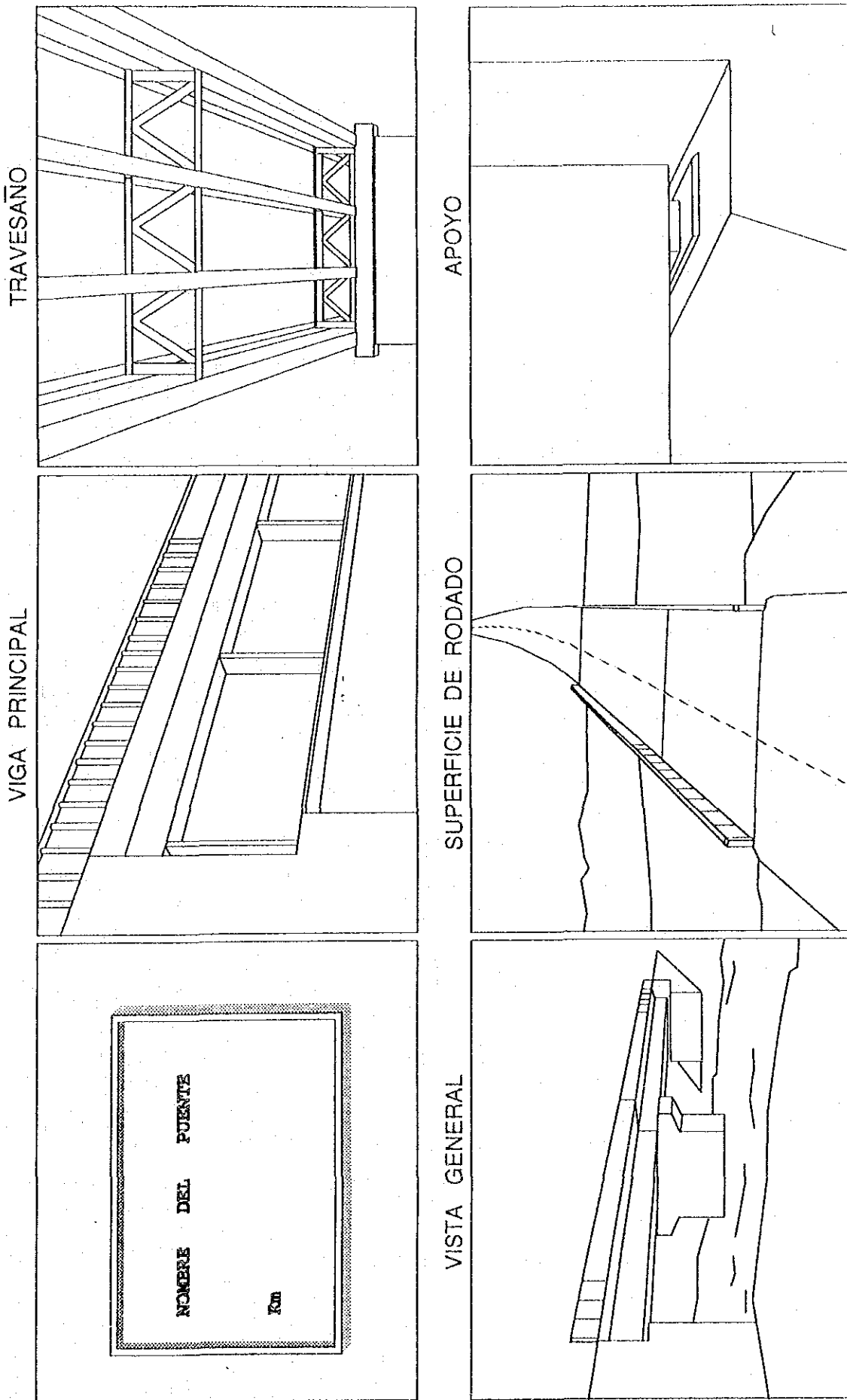


图 2 - 1 0 写真摄影基准

2-1-3 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ープレート式の伸縮継ぎ手が使われている。製作も現場でカバー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。

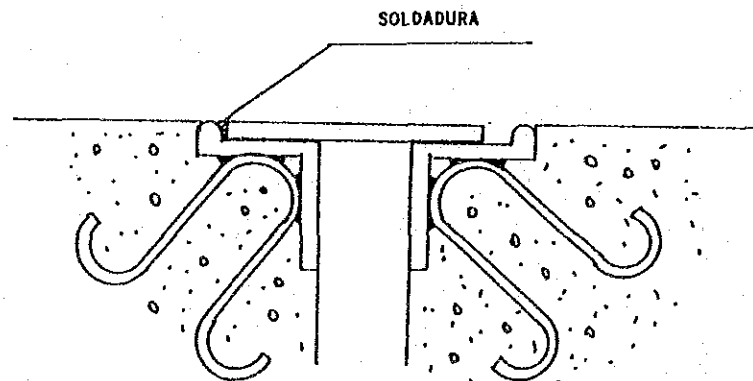


図2-11 伸縮継手

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。

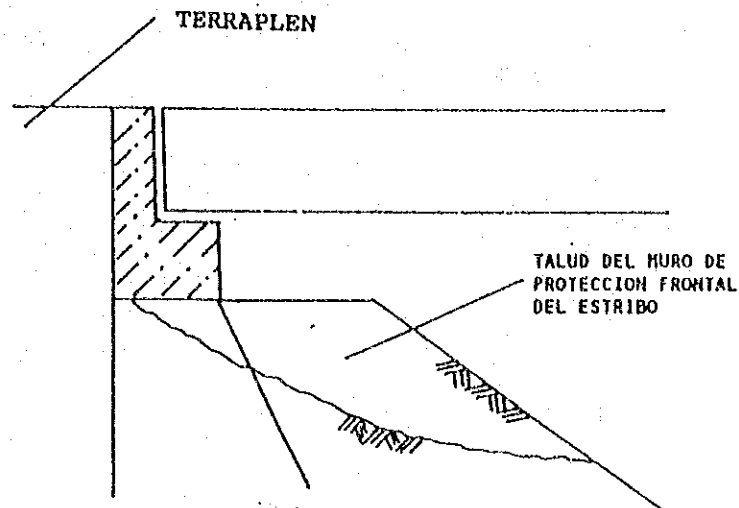


図 2 - 1 2 取付盛土

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 州の橋梁には支持地盤が悪い等基礎に問題のある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。

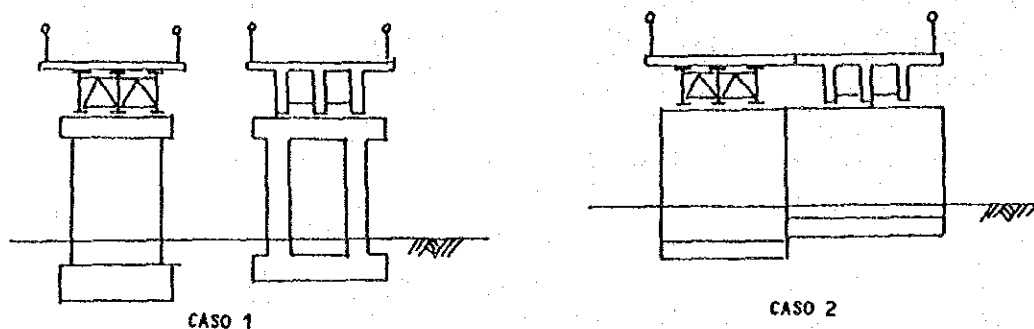


図 2 - 1 3 橋梁増設の方法

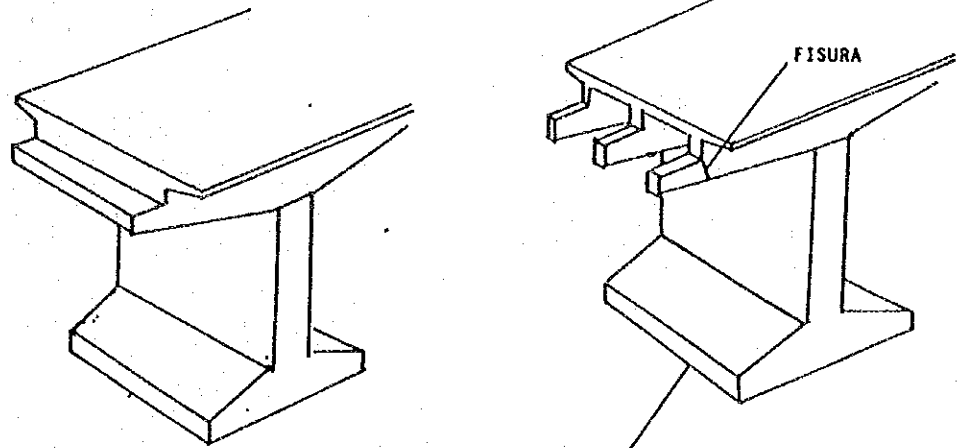
2) コンクリート橋における問題点

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。



せん断破壊に対して有利な構造

チリで採用している構造

図2-14 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。

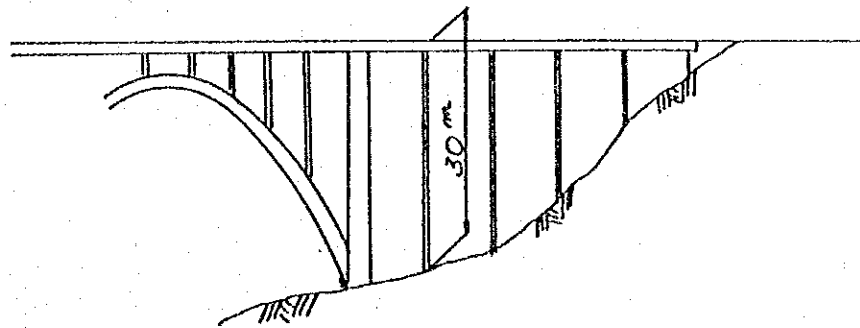


図2-15 アーチ橋の柱

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。

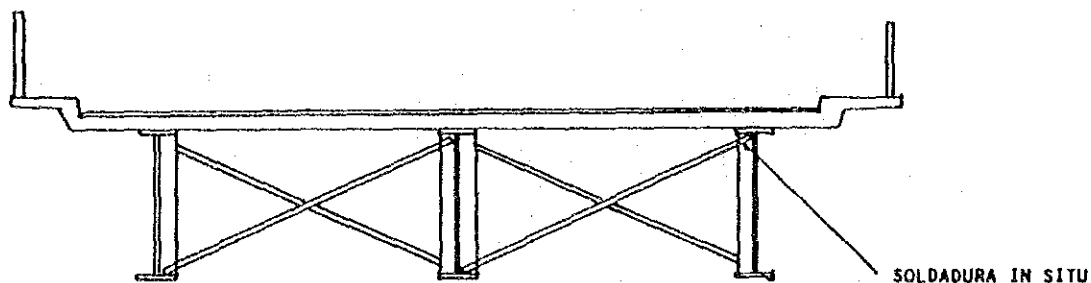


図2-16 横桁の構造

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

橋梁各部の点検を行い該当する部分の損傷度評価を行った。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。損傷度4および5と評価された橋梁を表2-2に示す。

表 2 - 2 (1) 損傷度評価 4 および 5 の橋梁

損傷度評価 4

No	Name	Type	Region	Deteriorate
122	NAVOTAVO	LOS	8	2.95
42	LOS LOROS	LOS	5	2.96
151	DESCARGA	LOS	8	2.96
100	LAS VERTIENTES	HAG	7	2.96
90	CLARO	ARS	7	2.96
149	DUQUECO	HPO	8	2.96
22	QUILIMARI	HAG	4	2.97
29	PULLALLY	ACE	5	2.98
88	PIRIHUIN	LOS	7	2.98
17	CHIGUALOCO	HAG	4	2.98
158	PSPIDIMA	ACE	9	2.99
106	ACHIBUENO	HAG	7	3.00
102	QUILIPIN	ACE	7	3.00
175	QUEPEANTIGUO	ACE	9	3.00
117	NIQUEN	LOS	8	3.01
31	TALAUQUEN	LOS	5	3.01
44	PEUCOORIENTE	ACE	6	3.01
25	LA BALLENA	LOS	5	3.02
155	ESPERANZA	HAG	9	3.02
72	TINGUIRIRICA	HAG	6	3.04
171	CAUTIN	HAG	9	3.05
172	METRENCO	HA-	9	3.06
176	QUEPENUEVO	MIX	9	3.06
157	MALLECO	ACE	9	3.09
116	PERQUILAUQUEN	HAG	8	3.10
233	TRAPENBAJO	LOS	10	3.12
33	EL COBRE	LOS	5	3.13
178	PERALES	ACE	9	3.18
236	LO PINTO 1 ORI.	LOS	13	3.18
23	PS LOS MOLLES	LOS	5	3.19
124	MENELHUE	LOS	8	3.19
161	DUMO	ARS	9	3.20
188	LELFUCADE2	ACE	10	3.20
168	PSPUA	LOS	9	3.22
240	PSSURACERO	ACE	13	3.23
181	CHADA	LOS	9	3.23
140	LAJITA	ACE	8	3.23
34	EL MELON	LOS	5	3.23
14	AMOLANAS	ARN	4	3.24
160	CHAMICHACO	HA-	9	3.25
38	ACONCAGUA-OCOA	HAG	5	3.26
108	LONGAVI	ACE	7	3.26
70	ANTIVERO PONIEN	HAG	6	3.27
138	RELBUN	HAG	8	3.33
156	MININCO	HAG	9	3.37
134	GALLIPAVO	LOS	8	3.37
152	BUREO	HAG	8	3.42
110	PIGUCHEN	LOS	7	3.46
141	BATUCO	LOS	8	3.46
142	BATUQUITO	LOS	8	3.48

表 2 - 2 (2) 損傷度評価 4 および 5 の橋梁

損傷度評価 5

No	Name	Type	Region	Deteriorate
143	SALTO DELLAJA	ACE	8	3.51
150	BIO-BIO	HAG	8	3.52
245	PAINEORIENTE	ACE	13	3.60
123	NINQUIHUE	LOS	8	3.67
166	QUINO	ARN	9	3.71
97	PIDUCO	LOS	7	3.74
213	RAHUE	ARN	10	3.75
99	MAULE ORIENTE	ACE	7	3.81
159	HUEQUEN	LOS	9	3.89
98	MAULE PONIENTE	MIX	7	3.95
137	DIGUILLIN	HA-	8	3.97

2-2 河川調査

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、上部工の劣化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。

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。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に示す。

(2) 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	CALARO	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連)
7	BIO BIO ANTIGUO	8	1455.0	単純鋼板桁橋(104連)
8	RAMADILLAS	8	210.0	単純鋼板桁橋(14連)
9	MALLECO	9	344.1	9径間連続鋼板桁橋
10	PICHOY	10	80.6	単純鉄筋コンクリート桁橋+単純鋼板桁橋
11	CAYUMAPU	10	49.0	3径間連続鉄筋コンクリート橋(ゲルバ-ヒツジ)

表 3-1 詳細調査対象橋梁

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。ゲルバーヒンジ部損傷している。
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

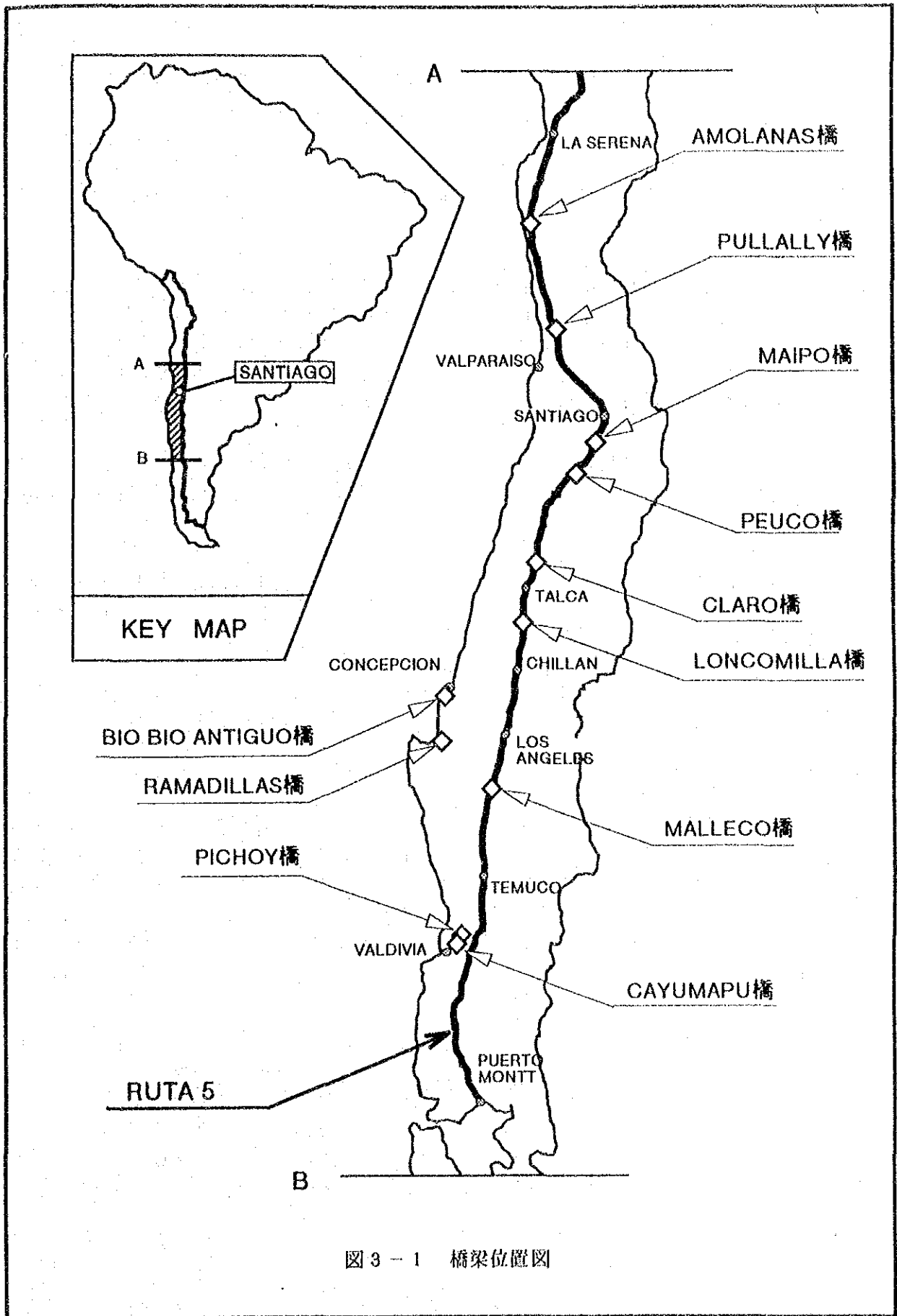


图 3 - 1 桥梁位置图

3-1-2 詳細調査の実施方法

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. ブ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、AMOLANAS橋、CLARO橋、RAMADILLAS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。

3-1-3 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ト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BIOBIO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。

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。

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。

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。

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3-3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晚架け替えが望ましい。

表3-3 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
 □ : 問題無し
 - : 試験せず

(2) 橋梁基本形状調査、変形調査

計測機器による各種調査を実施すると同時に測量機器を使用した橋梁の基本形状の計測および変状の調査をおこなった。これらのデータは別冊図面集にまとめてあるので参照されたい。また調査の方法については橋梁維持点検ガイドライン7-4 橋梁変状の調査方法を参照されたい。ここでは変状調査より判明した各橋梁の問題点について述べる。

1) 調査結果

各橋梁の変状原因をまとめると表3-4の様になる。

表3-4 変状調査結果一覧

橋名	主な変状
AMOLANAS	輪荷重による舗装面のひび割れが顕著。サンチャゴ側側径間橋脚の柱が橋台側に一樣に変形している。
PUJALLY	重車両通過時の振動が大きい。主桁の変形が目視でも十分観察できる。3径間連続桁と4径間連続桁継手部分で約7cmの食い違いがある。橋脚の洗掘が進行している。
MAIPO	TALCA側橋脚(C11)の洗掘が進んでいる。また同橋脚上の上部工の沈下(約10cm)、横方向変位(約13cm)が大きい。
CLARO	C2橋脚基礎の洗掘。
LONCOMILLA	C5橋脚上で隣接する径間と相対的に約35cmの変位が生じている。路面の左右の高さも同位置で12cm前後の変位を観測した。
BIO-BIO	橋脚の洗掘が進行しておりほとんどの橋脚で杭が露出している。C46橋脚の位置で左右路面高さが約19cm変位している。同橋脚の傾斜の可能性が高い。路面変形は高速の走行にまったく適応できないほど進んでいる。
RAMADILLAS	橋脚の沈下、傾斜が原因と見られる路面の変形が甚だしい。橋脚桁受け部の破損が危険なレベルになっている。
MALLECO	重車両通過時の橋梁全体の変形が大きい。施工誤差か施工後の誤差かは明確ではないが橋脚の天端と基部では8cm前後の変位が認められる。
PICHOY	C2、C3橋脚の沈下、傾斜が原因と思われる路面の変形が大きい。水平変位最大13cm、鉛直変位14cm。VALDIVIA側橋脚傾斜、沓がはずれている。
CAYUMAPU	C1橋脚沈下(約10cm)、C2橋脚傾斜(約4度)、E2橋台傾斜(約11度)

2) 考察

変状調査の結果、大きく分けると下に示すような変状の原因が考えられる。これらの変状の原因は単独で影響しているのではなく表3-5に示す様に複合的な原因によって発生している。

表3-5 各橋梁の変状原因

橋梁名	変状原因			
	1	2	3	4
AMOLANAS	◎			
PULLALLY	○	○	○	◎
MAIPO		○		
CLARO		○		
LONCOMILLA		○	◎	◎
BIO-BIO			◎	
RAMADILLAS	○		◎	○
MALLECO	○			○
PICHOY		○	◎	◎
CAYUMAPU		○	◎	◎

1. 重車両交通による損傷。
2. 河川による洗掘等の原因による変形
3. 基礎の支持力不足による沈下変形
4. 地震による変形

- ◎ : 変状の主な原因
 ○ : 変状に関係する2次的原因

3-2 載荷試験

3-2-1 載荷試験の概要

サンチャゴ市の南約60kmに位置するPEUCO橋を対象として、載荷試験及び実働車両走行下での応力頻度測定を実施した。本試験は、最新の計測機械を使用しながら、チリ国のスタッフとともに試験を実施し、載荷試験の一連の流れを現地のスタッフに紹介することを目的とするものである。

載荷試験の結果は、本プロジェクトの主旨である維持補修計画に直接反映するものではないため、試験の主眼は橋梁の基本的な特性を明らかにすることに置いた。対象橋梁のPEUCO橋は、比較的床版支間の大きい2主桁の合成プレートガーダー（3径間連続）である。また、継手は全て溶接となっている。

こういった本橋の特徴を踏まえ、本載荷試験は以下の点に着目して実施した。

- 1) 2主桁橋の構造特性の確認
 1. 主桁及び床版のたわみ
 2. 対傾構による荷重の分配効果
 3. 合成桁としての挙動
- 2) 疲労特性の確認
- 3) 荷重と応力の関係の確認

測定は、主桁・対傾構・垂直補剛材の代表点に貼付したひずみゲージと径間中央付近で主桁及び床版に設置した変位計をセンサーとして実施した。図3-2に本載荷試験の手順を示す。

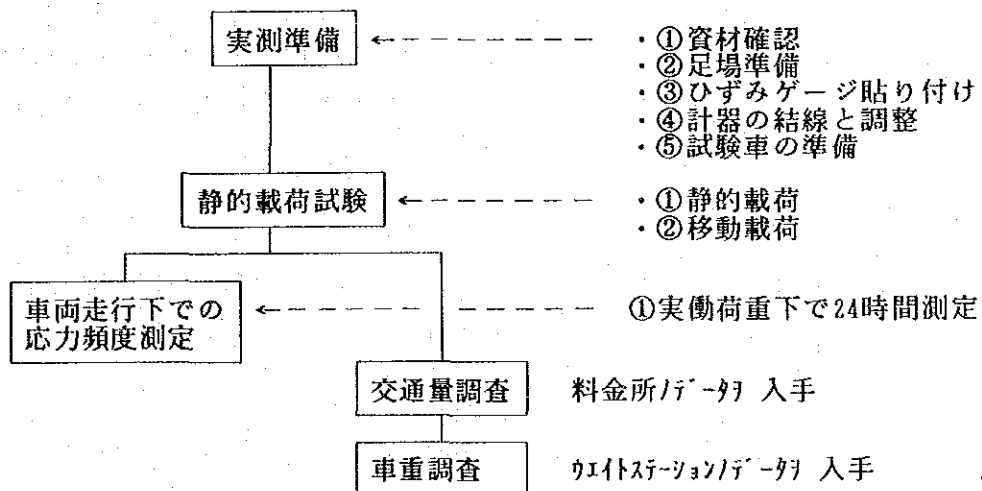


図3-2 載荷試験手順

3-2-2 測定結果

(1) 静的載荷試験結果

試験結果より、応力について以下の傾向が伺える。

- 1) 応力は主桁を中心に発生しており、対傾構上下支材、斜材、垂直補剛材には大きな応力は発生していない。
- 2) 荷重がそれぞれの測定点の直上に載荷されたケースで、主桁下フランジの応力を比較すると、断面変化点のゲージNo1及びNo2の応力は、それぞれ187kg/cm²、2,178kg/cm²、一般部径間中央付近で92kg/cm²であり、断面変化点応力は2倍程度となっている。
- 3) 橋軸に対して対称位置のNo14とNo101（下フランジ）を比較すると、No14側に載荷した場合の応力は、No14が92kg/cm²、No101が18kg/cm²であり、主桁間での大きな荷重分配は認められない。
- 4) 垂直スチフナ下端溶接止端の応力に着目したゲージNo3に比較的大きな応力が発生しており、最大で112kg/cm²発生している。
- 5) 対傾構部材のうち、上支材には20~30kg/cm²の応力が発生しているが、下支材及び斜材にはほとんど応力は発生していない。

(2) 応力頻度測定結果

表3-6に疲労寿命の計算結果を示す。寿命の予測結果より、以下のことがわかる。

- 1) 主桁断面変化点の疲労寿命は1~2年程度であり、疲労上厳しい応力が発生している。
- 2) 垂直スチフナの溶接止端部も寿命10年程度であり、厳しい応力状況といえる。
- 3) 対傾構部材では上支材のガセット部の溶接の寿命が短い、その他の点では短い寿命が予測されている点はない。

表3-6 疲労寿命予測結果

(単位：年)

着目位置	ゲージ No.	強度等級					
		C	D	E	F	G	H
下フランジ断面変化点	1	21.5	6.4	* 1.8	* 0.7	0.2	0.1
下フランジ断面変化点	2	25.8	7.2	* 1.9	* 0.7	0.2	0.1
垂直スライフ下部溶接止端部ウエブ	3	219.3	37.4	* 9.4	2.2	0.7	0.3
対傾構下支材取付部	5	∞	∞	∞	∞	∞	* 59.6
垂直スライフ上部上フランジ近傍	7	∞	∞	* ∞	∞	233.6	88.9
下フランジ径間中央付	14	∞	* 89.5	27.0	5.8	1.4	0.5
対傾構上支材取付部	21	∞	∞	∞	∞	270.3	* 10.9
上フランジとウエブ溶接	102	∞	∞	* ∞	∞	∞	∞

(3) 考察・提案

表3-6に示す通り下フランジ断面変化点では理論的に疲労寿命はほとんど無い状態になっている。床組の斜材の溶接が既に何度か破断している事、既に1度落橋しており主桁を現場溶接で補修している事、2主桁板橋と言う橋梁としての基本構造に問題がある事などの理由により本橋は架け替えが望ましい。

第4章 橋梁設計、積算

4-1 基本方針

本章では第2次現地調査で実施された詳細点検対象の10橋について補修工法案を提示する。10橋は以下の理由により選ばれた。

1. 損傷度が高く緊急な補修が必要とされているもの。
2. 損傷のタイプがチリにおいて典型的なものでありかつ上記1.の条件を満足しているもの。
3. 社会経済的に重要な橋梁。

これら10橋は橋の状態は全体的に非常に悪く、ほとんどの橋梁が近い将来は架け替えが必要と考えられる。しかしながら本プロジェクトでは橋梁が本来持っていた機能の向上または架け替えを検討の対象としていない。非常に危険な状態の橋梁が落橋するのを予防するための補強方法と、現橋の機能を本来持っていたものに回復するための補修方法について提案する。

当プロジェクト外ではこの架け替えるまでの期間、特に交通の安全確保を重点においた現在の橋の機能を維持させる事を目的とした対策工を検討しその補修工法を提案する。原則として各橋一工法を提案する。この補修工法では鉄筋量等細部の計算までは行っていないので現状の橋梁の基本的な構造形式を変更する案を採用する場合は再度の構造検討が必要である。補修工法の選択は維持管理、補修、補強、架け替えまで広範囲でその最終決定に至るまでには更なる調査を必要とするものも多い。補修設計では個々の細部の損傷だけにとらわれることなく総合的に正確な判断を行う必要がある、このため橋梁自体の損傷度とともに地震、地質等の橋梁をとりまく自然環境、交通量等の社会的環境などの要因も考慮し、補修設計を行った。

4-2 詳細調査結果と工法選定に関わる条件

(1) 詳細調査結果

詳細調査については第3章で述べているように計測機器を使用したコンクリート強度、中性化試験、鋼材の硬さ試験等を行った。また測量機器をもちいて橋梁の基本形状及びその変状の測定等を行った。またこれらの調査に平行して基礎工の状態が橋梁全体の損傷度に大きく影響を及ぼすと見られる橋梁については土質調査を実施した。これらの調査の結果と、目視調査の結果を合わせて損傷の原因とその補修工法の選択に影響する要素は次のように分類する事ができる。

- A. 道路線形と橋梁位置の妥当性
- B. 橋梁位置での地形及び地質（地滑り、軟弱地盤、液状化）
- C. 河川条件に関するもの
- D. 交通量と幅員
- E. 橋梁の老朽化
- F. 構造物の損傷

- G. 橋梁の設計及び施工に起因するもの
- H. 橋梁の耐震構造
- I. 橋梁にに変状が認められるもの
- J. 迂回路の条件

各橋の損傷を上記の条件で整理すると表4-1のようになる。

表4-1 損傷とその原因

橋名	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	橋梁形式
AMOLANAS	*	*		*	*	*	*	*	*	*	R Cアーチ
PULLALLY		*	*				*			*	鋼板桁
MAIPO			*				*	*		*	P Cボックス
CLARO			*	*	*					*	レガアーチ
LONCOMILLA			*			*			*	*	P Cプレッ
BIO BIO			*	*	*						鋼板桁
RAMADILLAS		*	*	*		*			*	*	鋼板桁
MALLECO	*	*				*	*	*	*	*	鋼板桁
PICHOY		*			*	*			*		鋼板桁、RCT桁
CAYUMAPU		*			*	*			*	*	RCT桁

(2) 補修設計に関する条件

補修工法の選定では各橋の持つ損傷及び原因が判明するだけでは不十分で、橋梁の架設されている環境条件を調査する必要がある。このため補修工法選択に影響する環境の基本条件を以下のように選んだ。

1) 道路線形に対する条件

橋梁部及びその前後において平面曲線又は縦断勾配が道路の設計速度に対し満足しているかどうか。AMOLANAS, MALLECO橋

2) 地形、及び地質に関して検討すべき条件

1. 地滑り地形に対する検討

MALLECO橋のTEMUCO側では地滑りを経験しており、地滑り対策として集水井及び地滑り抑止杭が施工されている。一方、橋脚高さが77mもあるにもかかわらず、その基礎の根入れは6mしかなく、地滑り地帯であることの考慮がなされているか疑問である。再度地質調査を行い、橋脚保護のための地滑り対策工を実施する必要がある。

2. 液状化現象に対する検討

緩い砂質地盤では、地震時における液状化現象による支持力低下が予想され基礎工の検討が必要。

3. 軟弱地盤に対する検討

軟弱地盤で杭が根入れ不足の場合は沈下や側方流動を生じ易く、長い増杭で補強するか状態の悪いものは下部工を置き換える必要がある場合がある。 RAMADILLAS, PICHROY, CAYUMAPU橋

4. 基礎のおかれている状況の検討

橋台を盛土上に建設している場合 (AMOLANAS橋) や近接して高盛土がある場合 (MALLECO橋) の基礎工の検討も重要で、地質調査を行い対策を検討しなければならない。

3) 河川に関する条件

1. 河川幅と橋長

河川幅に対し橋長が極端に短いものは、将来的には側径間を延長しなければならない。 PICHROY, CAYUMAPU橋

2. 河積阻害率

河川に対しその阻害率の大きいものはその阻害率を小さくする必要がある。 BIO BIO橋

3. 桁下空間

高水位に比して桁下空間に余裕のない場合重要な橋では架け替えの対象となる。

4. 橋脚方向と流水方向

河川の流水方向が橋脚方向と一致していないものは、水圧をまともに受け洗掘等の要因ともなるため水制工や基礎部の補強が必要。 PULLALLEY橋, RAMADILLAS橋

5. 河床低下

河川の持つ特徴とその地質条件により将来河床低下が予想される場合は基礎部の根固め工、河床保護等の対策が必要。 PULLALLEY, MAIPO, CLARO, LONCOMILLA、BIO BIO, RAMADILLAS, CAYUMAPU橋

4) 交通量に関する条件

交通量は橋梁の損傷に大きな影響を及ぼす。特に大型車の混入率が重要な要素となる。詳細点検対象橋梁の交通量を表4-2に示す。

表4-2 対象橋梁付近の交通量

1988年

橋名	交通量			検討事項	
	小、中型車	大型車	計	幅員	活荷重とその支持機構
AMOLANAS	1350	651	2001	*	(下部工)
PULLALLY	2235	1082	3317		(上部工)
MAIPO	11294	7400	18694		
CLARO	4332	2867	7199	*	
LONCOMILLA	1199	684	1883		
BIO BIO	11700	2145	13845	*	(上部工)
RAMADILLAS	1712	1501	3213		(下部工)
MALLECO	2300	1444	3744		(上部工)
PICHOY	1398	484	1882		(下部工)
CAYUMAPU	1398	484	1882		

上記中、*印の橋梁は交通量に対して幅員が不足しており拡幅又は車線を増設する必要があると判断されたもの。また活荷重に対する耐荷力の欄で上部工と記入しているのは床組や床版等が痛んでいるもの、下部工の場合は沈下等があるものでいずれも何らかの対策が必要と判断されるものに付いて記入した。

5) 橋梁の老朽化に関する条件

対象橋梁のうちMALLECO橋とMAIPO橋は比較的新しい。AMOLANAS、CLARO、BIO BIO橋の3橋は特に老朽化が激しく、本来なら架け替えが妥当な橋梁である。参考までに中性化試験では上記3橋以外ではRAMADILLAS、PICHOY、CAYUMAPU橋の状態が悪い。床版の損傷が激しいAMOLANAS、PULLALLY、BIO BIO橋では床版の耐久性に問題があるため根本的な対策が必要。また橋脚天端幅の不足しているRAMADILLAS、PICHOY橋では躯体のコンクリート自体が既に中性化している事、断面厚さが不足しているため、部分的に新規のコンクリートで打ち換えた方が良いと判断される。

6) 損傷に関する条件

詳細点検対象橋梁の主な損傷とその損傷の発生している部位を表4-3に示す。必要とする対策の欄はその補修補強対策がどうしても必要と判断される部位を示す。

表4-3 構造物の損傷と対策

橋名	床版	主桁	横桁	橋台	橋脚	基礎	必要とする対策
AMOLANAS	*	*		*	*		床版、橋脚
PULLALLY	*	*	*		*	*	床版、主桁
MAIPO			*		*	*	橋脚天端、基礎
CLARO		*				*	基礎、7-F部
LONCOMILLA				*	*	*	橋脚補修、基礎
BIO BIO	*	*	*	*	*	*	床版、落橋防止
RAMADILLAS		*	*		*	*	橋脚天端、基礎
MALLECO		*	*		*	*	上、下部工
PICHOY		*	*	*	*	*	橋脚天端、基礎
CAYUMAPU		*		*	*	*	ゲルバ、下部工

注) * ; 損傷がある橋梁部位

7) 橋梁の設計または施工に起因するもの

設計時の調査不足や設計基準の不備から橋梁が必要とする機能や耐荷力を有していない場合がある。また施工不良、施工技術・機械の不足、更に経済性の問題で安価な工法を選択するなど施工に起因する問題点が挙げられる。これらの問題は抜本的に改良されない限り将来にわたりその橋梁が半永久的にその問題をかかえている事になる。これらの問題点を解決する対策としては根本的なものが要求される場合が多い。

表4-4 橋梁の設計及び施工に起因するもの

橋名	土質調査	設計基準	施工不良	施工技術	経済性	備考
AMOLANAS		*	*			耐震設計、床版キャンパ-
PULLALLY	*	*				主桁の断面不足
MAIPO		*				耐震設計
CLARO						
LONCOMILLA	*			*		杭の根入れ不足
BIO BIO	*	*		*	*	短スパン
RAMADILLAS	*	*	*			杭根入れ不足、脚天端幅
MALLECO	*	*				地滑り、耐震設計
PICHOY	*	*				杭根入れ不足、脚天端幅
CAYUMAPU	*					杭根入れ不足、ゲルバ-

注) * 設計や施工上問題となるもの

8) 橋梁の耐震構造に関する条件

橋梁全体構造、細部構造が地震に対し十分耐力があるか、橋梁架設地点が地震の影響を受け易いか等の点から対策工の必要性を検討する。

表4-5 耐震構造上問題となる部位

橋名	全体構造	細部構造	地盤	問題となる部位
AMOLANAS	*	*		柱構造、桁受け部、縦断勾配
PULLALLY			*	基礎工
MAIPO	*	*		横桁、独立橋脚
CLARO				
LONCOMILLA				
BIO BIO		*	*	桁受け部
RAMADILLAS		*	*	桁受け部、軟弱地盤
MALLECO	*	*	*	柱構造、独立橋脚
PICHOY		*	*	桁受け部、軟弱地盤
CAYUMAPU		*	*	桁受け部、軟弱地盤

9) 橋梁の変状に起因する条件

橋梁に変状が認められるものが数橋あり、基礎工の支持力不足による沈下や傾斜、上部工、高橋脚ではたわみやねじりも観測された。これらの変状についてはその原因を調査検討し適切な処置をする必要がある。

表4-6 橋梁の変状

橋名	橋面			上部工		下部工		
	波打	沈下	横移動	ねじれ	たわみ	沈下	傾斜	たわみ
AMOLANAS	*	*	*		*		*	*
PULLALLY			*	*	*			
MAIPO		*				*		
CLARO								
LONCOMILLA		*	*				*	
BIO BIO	*	*	*					
RAMADILLAS	*	*	*	*	*	*		
MALLECO				*	*	*	*	*
PICHOY	*	*	*			*		
CAYUMAPU							*	

10) 迂回路の条件

橋面が補修の対象となるときは、工事を実施する時、交通止めが可能な場合とそうでない場合とでは施工方法に大きな差が生じる。交通遮断できない場合は補修工法及び施工方法に影響する。このため各橋の迂回路の現状を調査した。

4-3 補修工法

補修及び補強工法について整理すると表4-7の様になる。

表4-7 10橋の補修及び補強工法一覧

補修及び補強工法		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
床版	現場打ち換え	#	#		#						
	プレキャスト床版	#	#		*						
	鋼床版		#								
	I形鋼格子床版		#								
	鋼パネル床版		#								
	鋼板接着		*				#				
	FRP接着		#				#				
	モルタル吹き付け				#						
	樹脂注入	*	*	#			*	#			
	パッチング補修						*				
床組	主桁取り換え	#	#								
	重ね梁				#						
	主桁増設		#				#	#	#	#	
	縦桁増設		#				#				
	主桁補強	#	#		*				#	#	
	支間の短縮		#								
	プレストレス導入		#						#		
	横桁補強		#	#			#	#	#	#	#
	ゲルバー補修										*
	下	沓座幅拡幅	*	*	#			*	*		*
部	橋脚補強、補修	*		#	*	*	#	*	#	#	#
工	基礎補強		#		*	*		*		*	#
	下部工新設	#				#		#	*	#	*
	伸縮装置	*		*		*	#	*		*	*
その他	沓					*	#	*	*	*	*
	落橋防止	#	#	*			*	#		*	
	塗装		*				#	*	*	*	
	高欄				*	*	#				
	踏み掛け版	*								*	*
	舗装	*	#		*					*	*
	洗掘防止工		*	*	*	*	#	#		#	*

注) * : 概略補修設計で採用する工法

: 概略補修設計で比較検討した工法、但し架け替え案は含まれていない。

橋名 : 1 (AMOLANAS), 2 (PULLALLY), 3 (MAIPO), 4 (CLARPO), 5 (LONCOMILLA),
6 (BIO BIO), 7 (RAMADILLAS), 8 (MALLECO), 9 (PICHROY), 10 (CAYUMAPU)

第5章 橋梁補修計画の策定

5-1 補修計画の策定方針

5-1-1 チリ国の橋梁補修計画の現状

本調査は、チリ国で最も重要な幹線道路である国道5号線の橋梁を適切に維持管理し、その安全な交通を確保するために技術的、社会経済的に最も効率の良い手法を策定し、橋梁補修計画を立案することを目的の一つとしている。今回実施した一連の点検調査によって、国道5号線上の橋梁の老朽化が進み、損傷が激しい橋梁が多数存在することが確認された。橋梁は道路を構成する一要素であるが、既存の道路にあっては橋梁がその機能を失うことは社会的、経済的影響は非常に大きい。なかんずく、チリ国の基幹道路である国道5号線上は、同国の経済発展に伴い交通量の増加が著しく、橋梁の機能損失による国家的逸失利益は計りしれないものとなろう。従って、チリ国にとって国道5号線上の橋梁を補修し、保全を計ることは焦眉の急である。

チリ国では本調査と平行して既に緊急に補修の必要な橋梁、交通量の増加から拡幅または増設の必要な橋梁は既に補修架け替えを計画・実施している。特に第6州、第7州は交差点の立体化、車線拡幅を含む大規模な国道改修を現在実施中であり本調査でも架け替え優先度の上位に挙げられたMAULE橋、PIDUCO橋は既に架け替えを実施中である。

5-1-2 橋梁補修計画の策定

橋梁の補修優先度の判定には様々な要素が絡んでくる。優先度は、橋梁の損傷度、機能などの技術的、構造的な側面および補修コスト、交通量、地域開発計画、国家の政策などの社会経済的指標を総合評価して定めるのが望ましい。本調査で橋梁マネージメントシステムを開発し、このシステムを用いて補修計画を策定を試みた。すなわち、予備点検調査で得られたデータに基づいて、橋梁損傷度の評価を行い、その結果を受けて補修の要否と補修優先度の選定、補修工費の算定を行った。

計画の策定は次の条件・方法で5号線上の調査対象橋梁全ての補修優先度の選定を行った。

1. 既にチリ側で予算を確保して計画、補修を実施しているかいないかに関わらず5号線上の橋梁全てを同じ条件で比較する。
2. 損傷度、橋梁の機能、形式等から技術的な観点から補修優先度を求める。
3. 損傷度4、損傷度5と判定された橋梁各部分の標準補修工及びその工費を定める
4. 国道5号線上の全ての橋梁を上記標準補修工法で補修すると仮定して各橋梁毎にその補修工費を算出する。
5. 補修工事費、交通量の指標を計算する。
6. 2. で求めた橋梁の補修優先順位で各指標を評価できるように表化する。

5 - 2 国道5号線の補修計画

今回の調査では総合補修優先度 (TE) 指標を用いて橋梁補修の優先度を計画した。緊急に補修を要する橋梁の候補を挙げると表5-1の様になる。但し下記の条件に該当する橋梁は除いた。

1. 既に改修または架け替え、補修計画がはっきりしている橋梁。
2. TEが上位で有っても補修を要する各部位の損傷度が5になっていない橋梁。
3. 損傷のみでなく基本的な構造、橋梁の建設位置の条件等が悪く、補修だけでは対処できない橋梁。

表5-1 補修の緊急度の高い橋梁

NO	NO	NOMBRE	REG	COST (x1000 PS)	ADT	BA	COST/ ADT	COST/ BA*ADT	TE	L	S	I
1	29	PULLALLY	5	48916	4095	1552	11945	7.7	129	4	4	5
2	70	ANTIVERO PONIEN	6	26511	18182	1574	1458	0.9	120	5	4	3
3	53	PS TENIENTE PON	6	34990	15340	338	2281	6.7	130	4	4	5
1	137	DIGUILLIN	8	163725	12644	683	12949	19.0	124	4	5	5
2	123	NINQUIHUE	8	13313	6485	206	2053	10.0	130	4	4	5
3	140	LAJITA	8	8422	6593	304	1277	4.2	128	4	5	4
4	117	NIQUEN	8	4232	6485	261	653	2.5	122	4	5	3
5	142	BATUQUITO	8	65542	6593	144	9941	69.0	130	4	4	5
6	141	BATUCO	8	11192	6593	331	1698	5.1	125	5	4	4
7	152	BUREO	8	33899	5659	1408	5990	4.3	132	5	4	4
8	143	SALTO DEL LAJA	8	166744	6593	1187	25291	21.3	121	5	5	4
9	160	CHAMICHACO	9	5176	4366	163	1186	7.3	130	5	4	4
10	159	HUEQUEN	9	75540	4366	233	17302	74.3	125	5	5	5
11	165	CHANCO	9	6076	5429	203	1119	5.5	120	5	4	3
12	156	MININCO	9	29034	5659	588	5131	8.7	132	4	5	4
13	161	DUMO	9	85112	4366	294	19494	66.3	118	4	5	3
14	166	QUINO	9	79212	5429	578	14591	25.2	124	4	4	5
15	168	PS PUA	9	8620	5429	314	1588	5.1	123	5	4	4
16	213	RAHUE	10	62582	2898	1539	21595	14.0	123	5	5	5
17	233	TRAPEN BAJO	10	5853	2794	360	2095	5.8	113	4	5	3
				934691								

注) NOMBRE : 橋梁名
 COST : 補修費用
 ADT : 日平均交通量
 BA : 橋梁面積
 TE : 総合補修優先度
 L : 床版損傷度
 S : 上部工損傷度
 I : 下部工損傷度

第6章 橋梁維持点検ガイドラインの概要

ガイドラインは別冊とし、「第2編 橋梁維持点検ガイドライン」として作成した。

橋梁は道路網を構成する施設の中でもその建設、維持管理に最も多額の費用を要する施設の一つである。また、橋梁はその機能上災害等に遭遇する機会が多く、一旦その機能を果たせない事態に立ち至ると、道路交通はもとより民生の安定に与える影響は甚大である。さらに、その回復には多大な費用と期日を要する。従って、その維持管理活動は、安全で快適など道路交通を確保する上で極めて重要な役割を担っている。

本ガイドラインは、橋梁の維持管理に当たる技術者を対象に、基本的な点検管理の指針、方法、規準を示すために作成されたものであり、総べての橋梁補修の方法を紹介したり、詳細な補修の方法を述べたものではない。本ガイドラインの内容は下記の通りである。

1. 橋梁点検、維持管理の概念
2. 橋梁に使用する用語の定義
3. 定期点検調査の要領
4. 点検結果の評価、評価規準
5. 標準的な補修工法
6. 詳細点検の手法
7. 補修工法事例

第7章 橋梁マネジメントシステム

7-1 システム基本概念

本システムは、マイクロコンピュータを利用して橋梁に関する諸データをデータベースシステムにデータ蓄積することにより、橋梁の補修計画を科学的かつ合理的に計画立案していくための支援システム（支援道具）である。

システムの基本概念は、現存橋梁の点検、診断、補修優先計画の立案までを行うもので、基本的には図7-1に示すようなシステムを構築する。

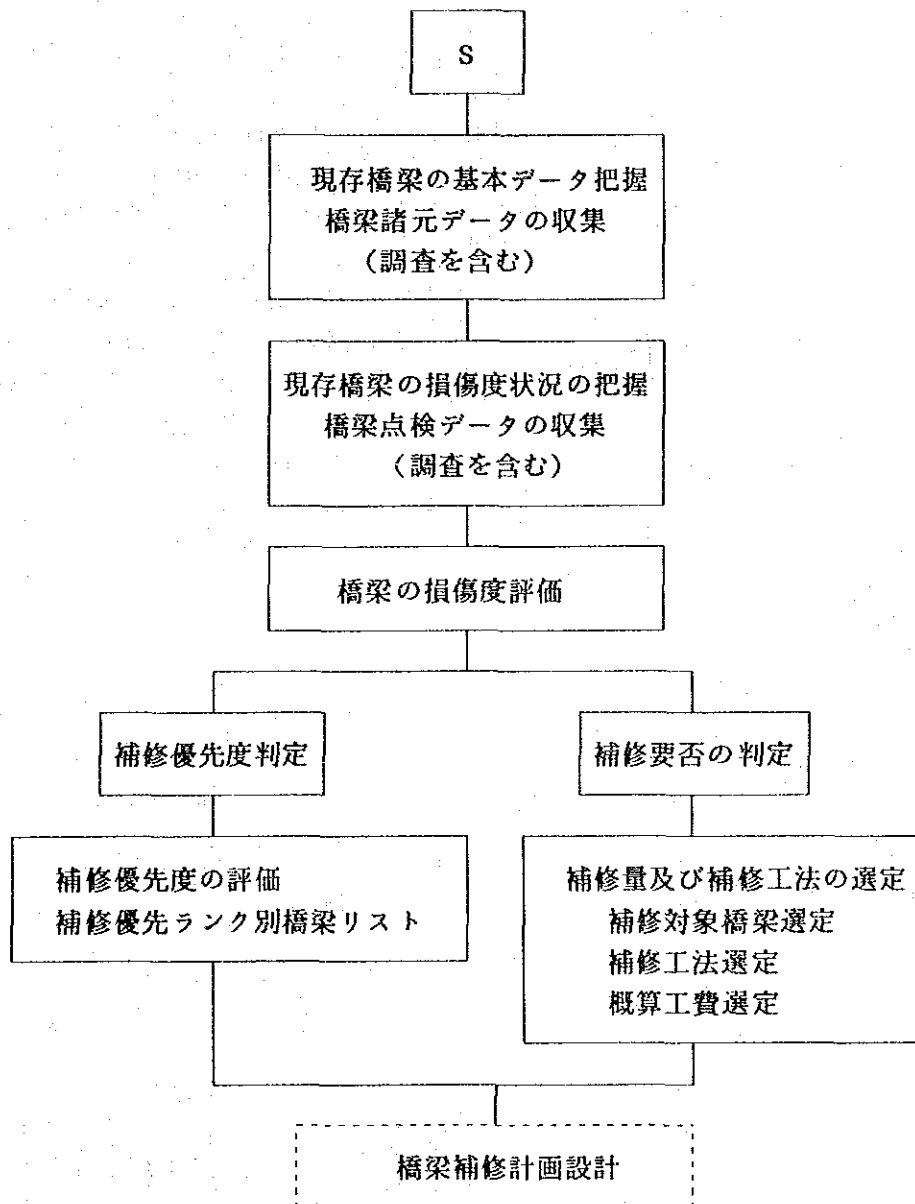


図 7-1 システム基本概念

この基本概念をシステム構成図として示すと、ソフトウェアの構成は図7-2、ハードウェアの構成は図7-3のようなものとなる。

7-2 システム構成図

(1) ソフトウェア構成

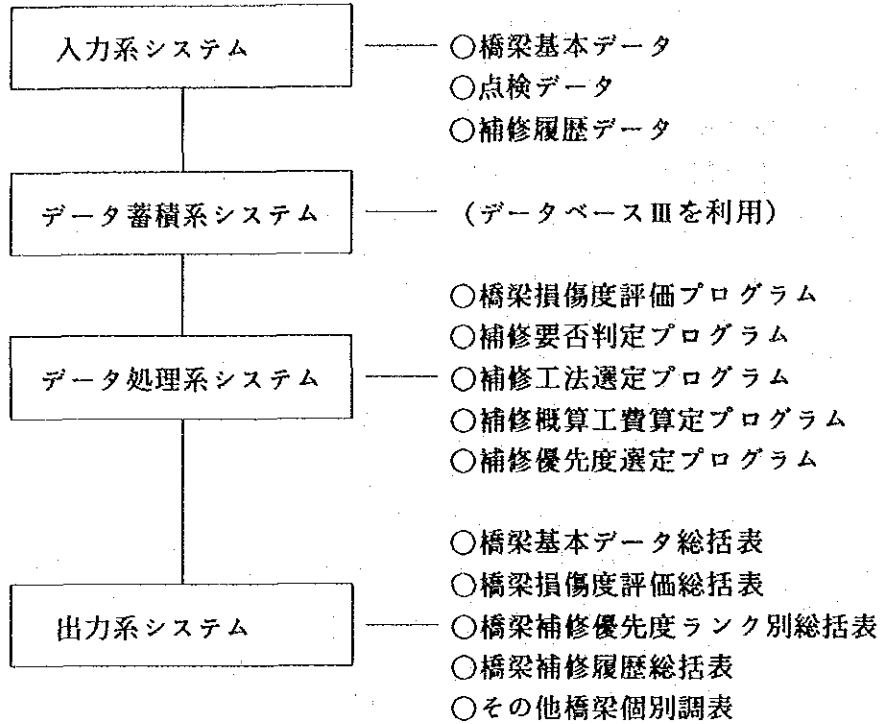


図 7-2 ソフトウェア構成

(2) ハードウェア構成

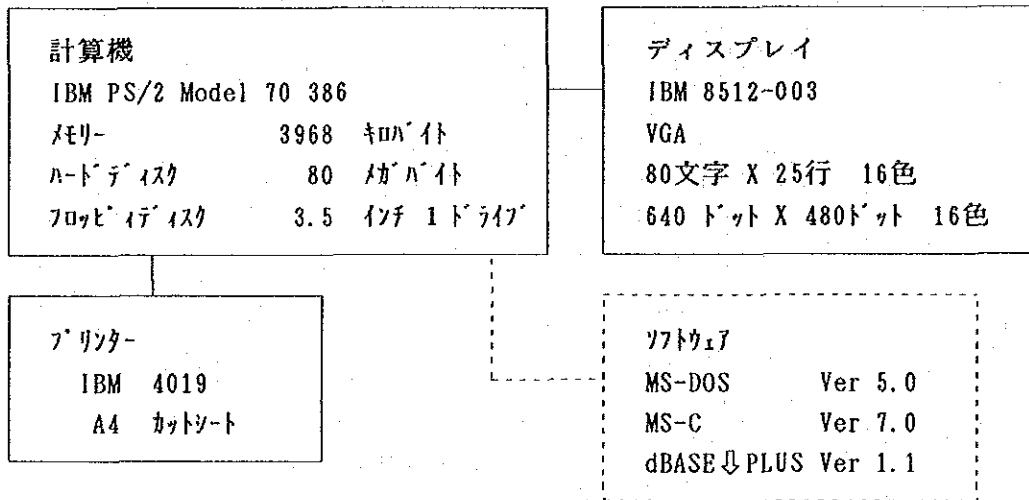
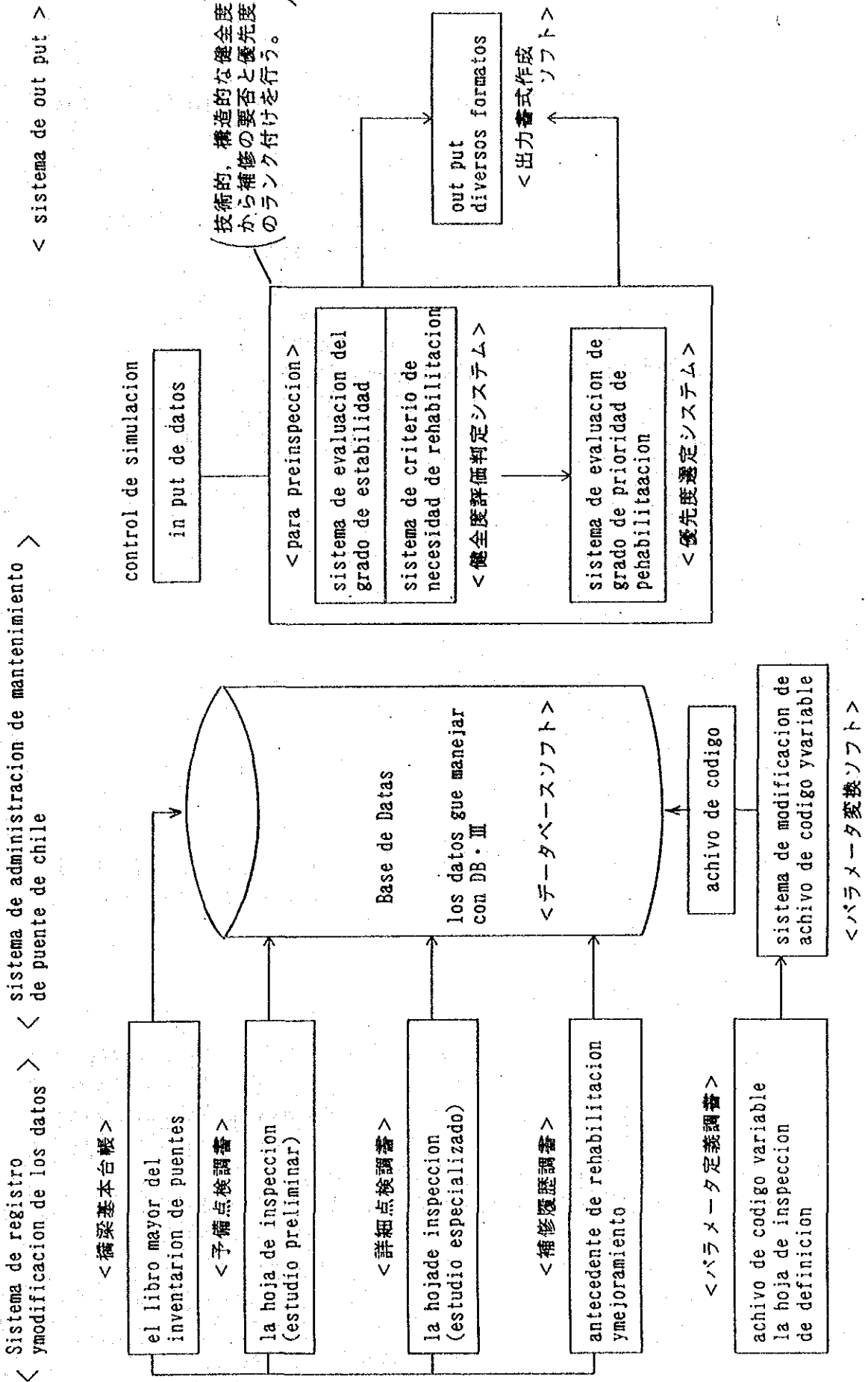


図 7-3 ハードウェア構成

橋梁補修マネジメントシステム処理のソフトウェアシステム構成を、プログラム処理ブロックチャートとして示すと図7-4の様になる。

図 7-4 橋梁維持管理マネージメントシステム処理ブロックチャート



7-3 システムの基本機能

本システムの基本機能は、データベース系機能とデータの計算処理系機能からなる。

(1) データベース系機能

データベース系機能は、データの登録更新機能、データの保管蓄積機能、データの検索出力機能からなり、これ等を具体的に述べると次のようになる。

1) データの登録更新機能

データの登録更新機能には主に次の機能がある。

- 1 橋梁基本データの登録更新
- 2 橋梁予備点検データの登録更新
- 3 橋梁詳細点検データの登録更新
- 4 橋梁補修履歴データの登録更新
- 5 システム管理用のパラメータデータの登録更新

2) データの保管蓄積機能

データの保管蓄積機能は、dBase Plus V-3.5を基本ソフトとして用い、データの登録更新画面とデータの検索出力画面を dBaseIIIとアクセスさせるインターフェイスソフトから成る。

データの保管蓄積機能には主に次の機能がある。

- 1 リレーショナルデータベースによるデータの保管蓄積（主に橋梁固有データ類）
- 2 シーケンシャルファイルによるデータの保管蓄積（主にコードデータ類とワークファイル類）

3) データの検索出力機能

データの検索出力機能は、2つの機能から構成される。一つは日常の業務で良く利用する書式を予め定めておき、それ等を画面からコードを指定するだけで検索出力が行える定形検索出力機能がある。もう一つは、利用者がデータの検索条件やデータの出力項目、出力編集条件を所定のルールにより設定することで、データベースに保管蓄積されている任意のデータを取り出す任意検索出力機能がある。

これ等の2つの機能の具体例を示すと次の様なものが考えられる。

1. 定形検索出力機能

定形検索により出力できる書式には州別に次のようなものを準備する。

橋梁総括調書	1	橋梁概要総括表
	2	橋梁点検履歴総括表
	3	橋梁損傷度評価総括表
	4	橋梁補修履歴総括表
橋梁個別調書	5	橋梁基本台帳
	6	橋梁予備点検調書
	7	橋梁損傷度評価調書
	8	橋梁補修履歴調書
	9	橋梁基本台帳 (MOPフォーマット)

2. 任意検索出力機能

任意検索出力機能は、リレーショナルデータベース (dBase) に登録されたデータ項目の任意の項目に対して検索出来る。但し、検索条件の設定方法には一定の手順が決められている。また、検索データの出力件数、出力項目数、出力フォーマット、出力装置の選択等には一定の制約がある。これ等の手順や制約は、詳細設計段階で明確にするものとしここでは、任意検索出力機能の基本概念を示す。

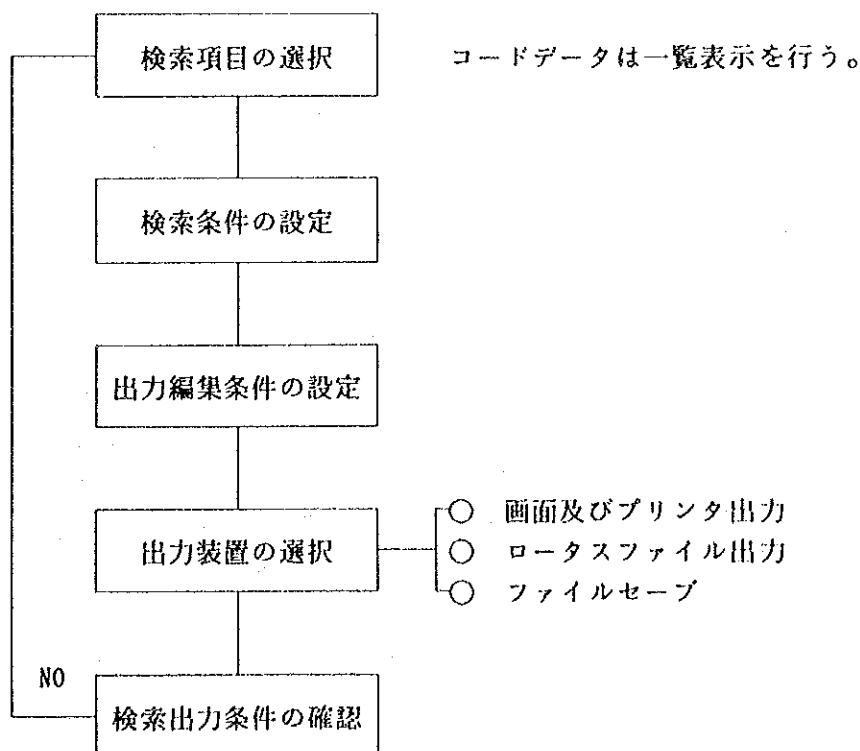


図 7-6 任意検索機能基本概念

(2) データの計算処理系機能

データの計算処理系機能とは、データベースに蓄積されているデータや入力データ類を用いて、目的に応じたデータの加工処理計算を行うアプリケーションプログラム群である。本システムでは、図 7-4 で既に示してあるように、以下に示す2つの計算処理ブロックがある。

1) 橋梁損傷度評価システム

損傷度評価判定システムは、損傷度点検データを用いて橋梁の損傷度の評価と、補修の要否を判定するシステムである。システムは、次の3つのサブルーチンプログラムがある。

- 1 橋梁部位別損傷度評価処理プログラム
- 2 橋梁全体損傷度評価処理プログラム
- 3 補修工法選定及び概算工費算定プログラム

2) 橋梁補修・架け換え優先度判定システム

優先度判定システムは、1) の損傷度評価の結果を受けて、橋梁群（例えば、国道5号線上の全橋梁を対象）の中から、経済的、社会的、技術的、政策的等の観点から総合的に判断して、補修を優先する橋梁をランク別に仕分けて選定するシステムである。

第8章 結び勧告

8-1 結び

今回の調査を通じて、国道5号線およびそれに隣接する幹線道路上にある橋梁のうち、それぞれ246橋および10橋の合わせて256橋について、橋梁現況調査をし、橋梁インベントリーの作成、橋梁補修計画の策定を行った。これと平行して、橋梁維持点検ガイドラインおよびマイクロコンピュータを利用した橋梁マネージングシステムを構築した。

(1) 橋梁調査および補修計画

調査対象橋梁のほとんどの橋梁の設計図書は消失しており、現況調査において損傷度調査と合わせて主要寸法の計測を行い、現状写真集、橋梁概要図を作成し、橋梁台帳の整備を行った。これらは、今回の補修計画の策定に有用であったばかりでなく、将来の国道5号上橋梁維持管理に大いに役立つ事を期待している。今後他の地方道路の橋梁の整備にも同様の資料整備を行って維持管理の役に立つ事を願っている。

国道5号線上の橋梁のうち、損傷度評価4および5にランク付けされた橋を補修対象橋梁として選定し、補修計画を策定した。概略補修事業費は総計40億ペソである。ただし、この補修計画にはそれぞれの橋梁が従来持っていた要求機能を回復させるものであり、標準的な工法を用いた補修を考えている。このため特殊な橋梁の大規模な補修補強は考慮していない。大型または特殊な橋梁の補修についてはさらに検討が必要である。

対象橋梁には、かなり年代の古いものから最近建設されたものが含まれている。従って、それぞれ建設された時代により、設計思想、設計荷重などの使用が異なる。また、設計年次の新旧に関係なく桁や橋脚の変形が見られる。しかしながら、竣工図書が無い場合、その変形が建設後に生じたものかどうかその原因を明確にするのは困難である。

このような事由から、将来は一つの路線あるいは区間として道路と一貫した整合性のとれた整備を行なう必要が生じるものと考えられる。そのためには、要求機能のレベルを上げなければならない橋梁があり、補強もしくは架け換えの必要が出てくるであろう。

詳細調査対象として選定された10橋の補修設計は、補修の基本的な考え方を示すため、元の構造の機能の復元を主体としたものであり構造計算に裏付けされたものではない。必要に応じて地盤調査を実施したが本来各橋脚位置で調査すべき所、各橋梁1個所程度であり本格的な基礎の改修を実施するには基礎の根入れ深さ、地盤条件などの調査は不十分である。従って、本格的な基礎の補修工事の実施にあたっては尚詳細な調査が必要である。

対象橋梁のなかには、基本的な構造を改善すべきもの、すでに補修が行われている橋梁についてもその補修方法が不適切なものが見られた。また、構造的には強度は一応満足しているものの、横揺れ等の変形が大きく利用者に不安感を与え今後とも観察研究の必要なもの(MALLECO橋)、大きな変形が生じているもの(AMOLANAS橋)などがある。今後、強度の他に変形に対する規制、設計計算だけでは規定できない構造細部など国の規準として設計思想、設計規準を見直すことが望ましい。

(2) 橋梁維持点検ガイドライン

今回作成したガイドラインは、橋梁の点検調査に当たる技術者のための手引き書である。点検時の点検のポイント、損傷の評価法、標準的な橋梁補修の方法等維持管理の基本的な事項をまとめている。しかしながら今回の調査ではチリ国の幹線5号線を対象としたためまだ全国の地方道路に散在する木橋、フィンク橋、吊り橋等について述べる事が出来なかった。今後、実際に使用しながら追記、改善され維持補修管理マニュアルとして整備されるのが望ましい。

(3) 維持管理システム

今回の調査で橋梁維持管理システムとして、マイクロコンピュータを用いて橋梁諸元及び損傷度点検データのデータベースを開発した。このシステムを基に橋梁補修計画を行うための支援道具として補修の予算、補修優先度を計算するシステムを構築した。橋梁の維持管理の体制をどの様にし、予算をどの様に配分するかは非常に難しい問題を含んでいる。橋梁は道路の一部であり、政治的な配慮、地域計画、予算等、純技術的な要素以外の決定要因が多いからである。このため管理システムとしていろいろな指標を提供できるシステムを開発した。しかしながらどの様なシステムも開発当初から完全と言うシステムはありえない。このシステムを有効に活用し、将来応用範囲を広げるために、たえまない改良が必要である。このためチリ国の技術者が独自にシステム改良が実施できるような技術の移転がなされる必要がある。

8-2 勧告

(1) 補修計画

橋梁補修計画を策定する上で、国家の総合開発計画など国家としての政策の面からのアプローチは重要な要素である。しかしながら、今回提案した補修計画案にはこれらの視点は盛り込まれていない。現在まで橋梁補修に対する公共予算が非常に制限されており問題の起こった橋梁をその場当たり緊急処置として対処するしかなかったからである。今後道路補修計画の中の一環として橋梁の維持管理の計画をたてる必要がある。

橋梁の補修を行なうに当たっては、損傷、変形の原因を明らかにする必要がある。これには、経年変化の状況を把握することが重要である。設計図書、出来得るならば竣工図書を保管し、定期的に調査を行い、点検調書を保管管理する体制の確立が必要である。

(2) 橋梁マネジメントシステムの運用

提案したシステムを有効活用するためには、橋梁の専門知識とコンピュータシステムに精通した人材の確保が望ましい。しかし、短時日にこれらの技術移転を行なうのは困難である。長期の専門家による技術指導が必要であろう。

(3) 維持管理体制

公共事業省（MOP）の現行の組織として、各地方事務所に橋梁及び構造物の管理の役割を持つ道路部がある。橋梁維持管理体制として、現状の組織が活かされるよう各部門共通の維持管理の基準を確立しMOPの全ての事務所に明示する必要がある。また橋梁維持点検ガイドラインその他の資料を有効に活用してMOPが橋梁維持管理能力の向上に役立たせる事を期待している。

橋梁点検およびそれに関連する活動は以下に示すような手順で実施するのが望ましい。また将来は、コンピュータネットワークが地方事務所とMOP本部の間で構築され、MOPと地方組織の役割が見直され、より効率のよい体制を確立するのが望ましい。

1. 橋梁の点検調査はこの基準の基に各地方の道路部で行い、そのデータを事務所に保管すると共にMOP本部に報告する。
2. MOP本部は維持管理システムにデータを蓄積するとともに、一括して補修予算、補修改善の基本計画が作れる体制を造る。

JICA