

第3章 橋梁健全度調査の概要

本健全度調査はアイゼンハウワー橋を定量的に診断し、橋梁の健全度および耐力度を評価することを目的とするものである。

3.1 調査方針

橋梁の健全度評価は以下に示す4つの評価に分けて診断を行う。

(1) 材料調査

- ・トラス鋼材の寸法および部材厚を計測する。
- ・各トラス鋼材において、ねじれ変形、亀裂、欠損、腐食等を診断する。
- ・シュミットハンマーを用いてコンクリート強度を測定する。
- ・コンクリート中性化試験を実施する。

(2) 構造調査

- ・既存の設計図面および構造計算書から復元設計を行い構造耐力を照査する。しかし、建設当時の図面、構造計算書が収集できない場合、上記材料調査で計測した寸法を用いて復元設計を行う。

(3) 自然条件調査（河川・水文調査）

- ・河道特性を調査する。
河道の踏査および地形図・航空写真等によって、架橋部河道の地形学的特性を把握し、河床材料、河道変遷を調査する。
- ・洪水特性を調査する。
既往の洪水資料、気象データ洪水特性を調査し、さらに河道踏査によって洪水履歴の状況把握を行う。
- ・河床の流砂特性を調査する。
架橋部河道の河床変動特性および橋脚部周辺の洗堀状況を調査する。
- ・既設橋梁の河川・水文を評価する。
河川・水文的（立地、河道断面、土砂動態等）な観点から評価を行う。
- ・ピライ川護岸計画内容を確認する。
- ・河川構造令および法規類を収集する。

(4) 機能調査

- ・交通需要に対応した必要な橋梁幅員、可能交通量、設計速度を調査する。
- ・現況交通量を把握するため、1週間連続して24時間の交通量調査を実施する。

健全度調査は以下に示す4項目に分け評価する。

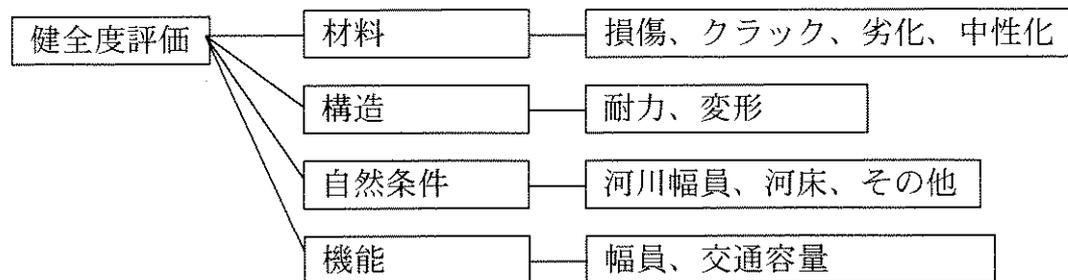
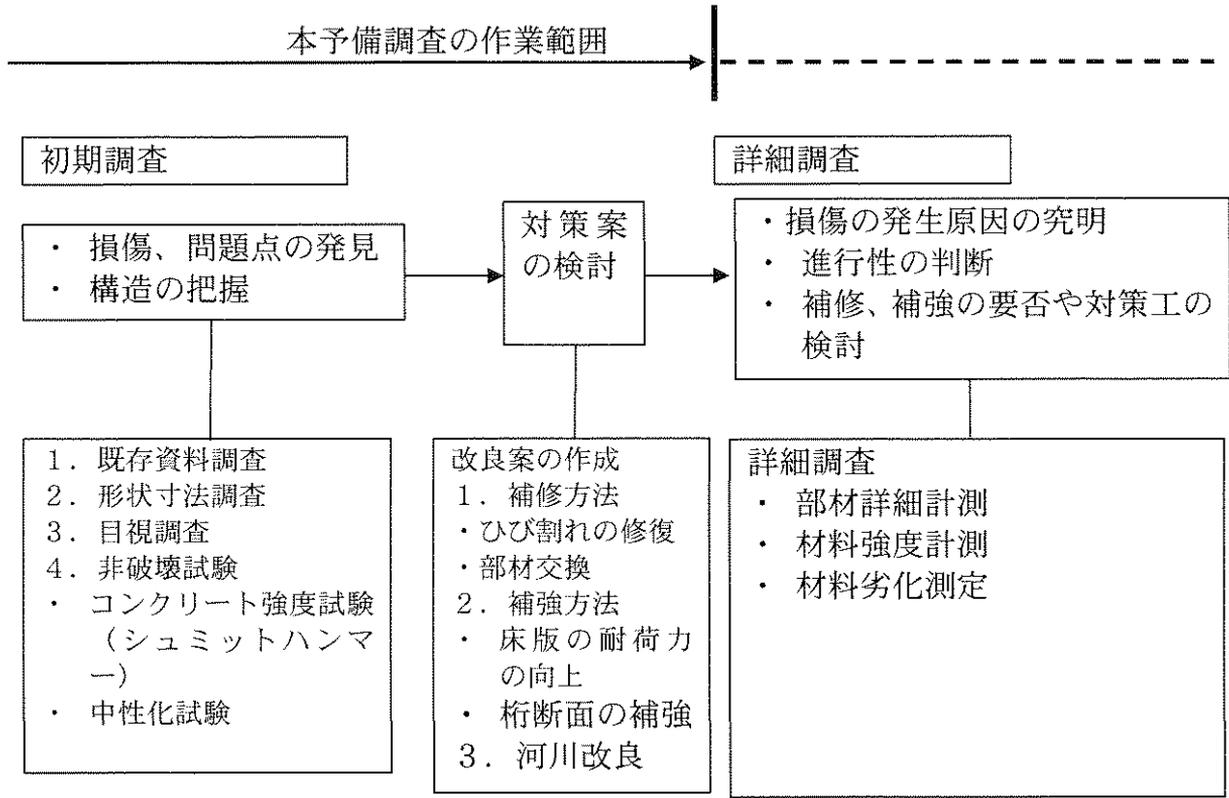


図 3.1 健全度評価項目図

3.2 調査範囲

本予備調査は橋梁健全度の初期段階調査を実施したものである。以下に本予備調査の作業手順および範囲を示す。



(1) 準備作業

既存設計資料からアイゼンハウワー橋の復元図面を作成し、検査項目別に調査表を作成した。現場調査では復元図面から漏れた基本寸法の計測および確認を行った。

(2) 使用した計測器具

分類	機器名
計測機器	5m 及び 50m テープ、ノギス、ナイロンストリングと重錘、クラックスケール、ハンマー及び下錘り、水平測量機器
記録用具	カメラ、黒板、チョーク、フォトスケール
安全器具	救命胴衣、ヘルメット、軍手、ゴーグル
試験機具	シュミットハンマー、中性化試験

(3) 非破壊試験

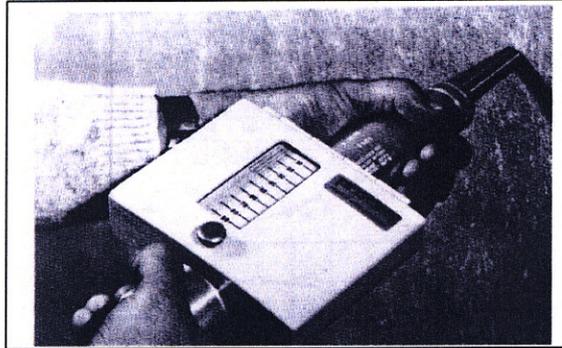
非破壊試験として下記試験を実施した。

非破壊試験の種類	目的
シュミットハンマーを使ったコンクリート強度試験	コンクリート強度の確認
中性化試験	中性化深さの確認

【シュミットハンマーによるコンクリート強度試験】

上部工（床版）下部工のコンクリート強度を反発度法（シュミットハンマー）によりコンクリート強度を推定する。

測定はシュミットハンマーN型（自記式）を用い、測定箇所を5箇所/断面とした。測定方法は、「硬化コンクリートのテストハンマー強度の試験方法（JSCE-G504-1999）」に準じて実施した。

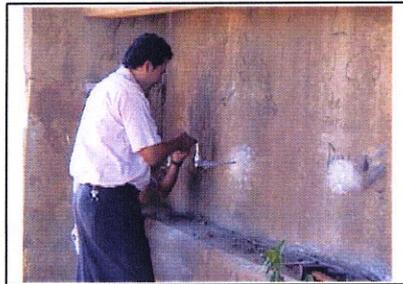


シュミットハンマーによる試験状況

【ドリル削孔による中性化浸透度調査】

中性化の浸透度の調査は、コンクリートドリル削孔により、橋台部に穴を開け深さ測定とともにコンクリート粉塵を採取して、中性化試験を行った。試験後はモルタルにより補修し現況復旧した。

ドリル削孔による中性化深さ測定は、「ドリル削孔粉を用いたコンクリート構造物の中性化深さ試験方法（日本非破壊検査協会規格 NDIS 3419-1999）」に準じて実施した。中性化深さ測定は、5箇所/断面で実施した。



(3) 交通量調査

交通量調査は、モンテロ料金所付近および国道4号線ラ・グアルディア料金所の2箇所で、7日間連続して24時間の断面交通量を測定した。

車種分類

- 【二輪車】：自動二輪車、
- 【普通車】：普通自動車、ミニバス、ピックアップ
- 【大型車】：バス、トラック、トレーラー



3.3 橋梁履歴

調査に先立ちアイゼンハウワー橋の履歴を把握するため、既存資料の整理を行った。

アイゼンハウワー橋履歴

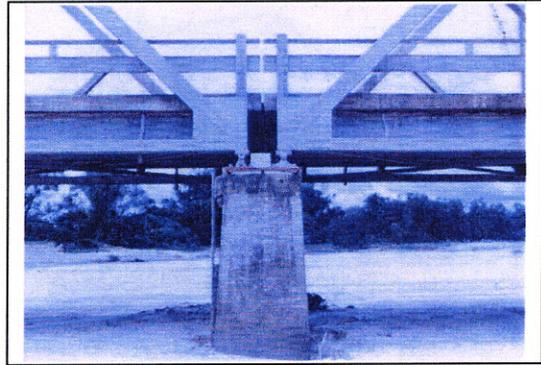
年 月	事 象
1825年8月6日	スペインより独立
1899年	第1回ペルー移民790名の中の91名が、2名の移民監督と共にラパス県北部のゴム林地帯に入る。
1914年	日本とボリビア両国間の国交樹立
1954年	沖縄より第一次移民が「ウルマ移住地」入植
1959年	「オキナワ第2移住地」建設
1961年	「オキナワ第3移住地」建設
1964年	アイゼンハウワー橋建設（完工）
1982年	民政移管
1983年3月17日	大規模洪水が発生 死者50人、被災者50,000人（インターネット調べ） トラウマ橋、ラ・ベルヒカ橋流される。 洪水はモンテロの町を抜けていったため、アイゼンハウワー橋は被災を免れた。
1987年	トラウマ橋再建
1988年	アイゼンハウワー橋嵩上げ工事 施工者 Andrade Gutierrez 発注者 交通通信省 Ministerio de Transporte y Comunicaciones 国家道路庁 Servicio Nacional de Caminos (SNC) 工期 1988年10月～11月 工事内容 2.3mの嵩上げ 工事方法 橋脚上に設置した門形フレームにより上部工を吊り上げ、橋脚上に枕木を積み重ねその上に設置した油圧ジャッキに上部工を仮置きした。実際の写真では鋼製の支柱上に仮置きしている。プレキャストのコンクリート版を積み上げて支承の台座を嵩上げしているような図（1985年12月）になっている。 完成写真には支承台座の横梁はない。遠望の写真しかないが、完成直後にはトラス部材の歪み、変形は見えない。
1989年	アイゼンハウワー橋延長計画図面を作成した 延長計画図（1/5～3/5）（1989年4月、1988年9月、1989年2月） 既設図（1/4～4/4）（4/4は嵩上げの図面、1985年12月）
1989年	ボリビア開発戦略（Estrategia de Desarrollo Económico 1989-2000）
1994年	ボリビア開発計画（Plan General de Desarrollo Económico y Social de la Republica "El Cambio para Todoa"）
1995年	SNCの地方分権化
1997年9月	1997年8月の新政権誕生の後国道網の管理が再びSNCに戻る。 Servicios Departamentales de Camioneros (SDCs) が地方道路網を管轄する。
1998年1月	アイゼンハウワー橋架け替え要請書 計画概要 計画内容 アイゼンハウワー橋架け替え 計画規模 長さ375m、幅？（読めない） 要請金額 2,300万ドル

年 月	事 象																		
1998年2月	<p>既設橋概要 長さ280m、幅6.9m 支間 5 x 56m 建設時期 40年以上前 現況写真 (1997年9月3日) 白黒コピーで細部不鮮明だが、支承台座は鋼製支柱のままで横梁なし。路面の穴、床版下のクラック等が確認できる。</p> <p>アイゼンハウワー橋架け替え計画事前調査報告書 建設省、委託先：(社)海外建設協会 調査期間 1997年8月30日～9月9日 調査対象 サンタクルス-モンテロ 4車線 モンテローコチャバンバ 2車線 確認内容 アイゼンハウワー橋 (既設橋状況) 橋長=280.4m 幅員=6.8m 5径間単純鋼製トラス橋梁</p> <p>1986年 ・堆積砂により河床が浅くなり、米州開発銀行 (BID)の融資で2.3mの主構の嵩上げを行った。 ・材料は米国から支給、施工は現地で現場合わせて行われたため齟齬が生じている。</p> <p>1994年 ・グエンダ川に架かるコンクリート橋2スパンが流失した。</p> <p>1983年 ・ピライ川洪水対策 EUの資金援助の下SEARPIが実施ピライ川最上流からアイゼンハウワー橋まで140kmの改修を行った (護岸工事、上流での植林、制水工、流量の観測等)</p> <p>提案内容 ・ピライ川改修計画に基づいて100年確立の洪水量 (6,000m³/秒)の流下能力を持つ。 ・アイゼンハウワー橋を左岸側に100m程延長し川幅を広げるとともに桁下を2m上げなければならない。 ・既存梁幅員6.8mを車道幅員8.0mと歩行者幅1.5mに広げる必要がある。</p> <p>EUの援助 1997年8.1百万ドル 洪水対策 1.8 百万ドル モンテロ町防護工 5.7 百万ドル 上流対策 (植林等) 0.4 百万ドル 83年以降のメンテナンス 0.2 百万ドル</p>																		
1998年7月	<p>ピライ橋架け替え要請書</p> <table border="0"> <tr> <td>計画概要</td> <td>計画内容</td> <td>ピライ橋架け替え</td> </tr> <tr> <td></td> <td>場所</td> <td>国道7号線グアピラ～ヤパカニ、県庁から61km</td> </tr> <tr> <td></td> <td>建設規模</td> <td>長さ360m、幅11m</td> </tr> <tr> <td></td> <td>構造</td> <td>PC桁橋</td> </tr> <tr> <td></td> <td>技術情報</td> <td>支間40m以上、護岸設置</td> </tr> <tr> <td></td> <td>要請金額</td> <td>900万ドル</td> </tr> </table> <p>既設橋概要 長さ280m、幅6.86m 支間 5 x 56m 高さ 7.6m 建設時期 1960年代 (1964年)</p> <div data-bbox="1182 1686 1460 1861" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <p>道路公団に確認したところ、道路公団からの正式要請ではない。</p> </div>	計画概要	計画内容	ピライ橋架け替え		場所	国道7号線グアピラ～ヤパカニ、県庁から61km		建設規模	長さ360m、幅11m		構造	PC桁橋		技術情報	支間40m以上、護岸設置		要請金額	900万ドル
計画概要	計画内容	ピライ橋架け替え																	
	場所	国道7号線グアピラ～ヤパカニ、県庁から61km																	
	建設規模	長さ360m、幅11m																	
	構造	PC桁橋																	
	技術情報	支間40m以上、護岸設置																	
	要請金額	900万ドル																	

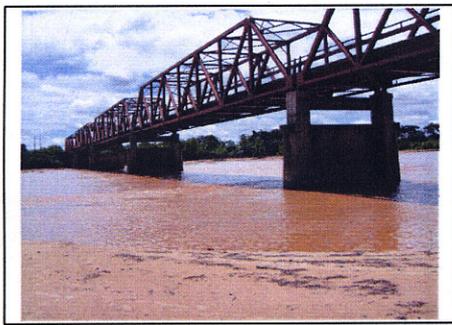
年月	事 象																						
1998年 1999年 2000年9月	<p>「オキナワ移住地」がボリビア政府の地方自治体「オキナワ村」となる日本人移住100周年式典挙行</p> <p>ピライ川の洪水からモンテロ市を守る計画プログレスレポートNo. 24 Programa de Proteccion de la Ciudad de Monter Contra Las Inundaciones del Rio Pirai EUとの協定ALA92/35 (1994年9月29日～2000年9月28日)</p> <p>「社会・エネルギー・経済関連の各インフラを保護し、地方・全国との通行の連続性 (サンタクルス～ヤパカニ～コチャバンバの道路) を確保する。」が含まれている。</p> <p>モンテロ市、農村地域、及びインフラを直接保護する目的を持つラ・ベルヒカ橋～アイゼンハウワー橋の区間に於ける工事の設計および施工。計画内容は前記の都市と村を守る堤防の建設、付随構造物の建設、水路構造物と河床調整用構造物の建設。</p> <p>技術支援コンサルタント：AIC Progetti (伊) ・CNR (仏)</p>																						
2001年2月	<p>アイゼンハウワー橋の技術的分析 (Analisis Tecnico Del Puente Eisenhower)</p> <p>ピライ川水流拡張及び調整事業 (SEARPI) 以下の2組織がある</p> <p>SEARPI Servicios de Encauzamiento de Aguas y Regularizacion del Rio Pirai ピライ川整備公社 (独立の決定権を持つサンタクルス県の機関)</p> <p>SEARPI-CE Servicios de Encauzamiento de Aguas y Regularizacion del Rio Pirai Comunidades Europea (EU: 欧州連合)</p> <p>ピライ川にかかる橋梁 (3橋+ベニ鉄道橋) アイゼンハウワー橋</p> <table border="0" data-bbox="606 1232 1469 1836"> <tr> <td rowspan="5">既設橋概要</td> <td>橋長</td> <td>280.76m</td> </tr> <tr> <td>橋脚数</td> <td>4個</td> </tr> <tr> <td>橋脚幅</td> <td>1.50m</td> </tr> <tr> <td>橋面高</td> <td>285.25m</td> </tr> <tr> <td>河床高</td> <td>284.3m</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">拡張計画</td> <td>橋長</td> <td>371m</td> </tr> <tr> <td>追加支間数</td> <td>2径間</td> </tr> <tr> <td>最小支間</td> <td>45m</td> </tr> <tr> <td>最大橋脚幅</td> <td>2m</td> </tr> <tr> <td>橋脚端部形状</td> <td>半円形または楕円形90m (2支間) 及び135m (3支間) の拡張検討をしており、その高水位の差異は数センチと小さく (2支間90m) の拡張で良いとしている。新設橋の桁下余裕高が1mであり、更に嵩上げすることが望ましい。</td> </tr> </table> <p>トラウマ橋 1983年3月増水期の倒壊後、1987年に再建された。100年確立の増水に対し1.5mの余裕高を持つため現状のままで問題ない。</p>	既設橋概要	橋長	280.76m	橋脚数	4個	橋脚幅	1.50m	橋面高	285.25m	河床高	284.3m	拡張計画	橋長	371m	追加支間数	2径間	最小支間	45m	最大橋脚幅	2m	橋脚端部形状	半円形または楕円形90m (2支間) 及び135m (3支間) の拡張検討をしており、その高水位の差異は数センチと小さく (2支間90m) の拡張で良いとしている。新設橋の桁下余裕高が1mであり、更に嵩上げすることが望ましい。
既設橋概要	橋長		280.76m																				
	橋脚数		4個																				
	橋脚幅		1.50m																				
	橋面高		285.25m																				
	河床高	284.3m																					
拡張計画	橋長	371m																					
	追加支間数	2径間																					
	最小支間	45m																					
	最大橋脚幅	2m																					
	橋脚端部形状	半円形または楕円形90m (2支間) 及び135m (3支間) の拡張検討をしており、その高水位の差異は数センチと小さく (2支間90m) の拡張で良いとしている。新設橋の桁下余裕高が1mであり、更に嵩上げすることが望ましい。																					

年月	事象
2001年3月	<p>ラ・ベルヒカ橋 1983年3月に倒壊、再建はされなかった。現在ある仮設橋は100年確立の増水に耐えない。新橋の提案規模を示した図がある。（添付されていない）新橋建設を提案する。</p>
	<p>ベニ鉄道橋 1982年廃止されたピライ川の川道に設置された（鉄道が廃止されたという意味か？）。ベニ方面鉄道橋を1基新設する。</p> <p>各橋台保護のため一帯のピライ川調整工事を完成させる。</p> <p>アイゼンハウワー橋メンテナンス工事</p> <p>工事期間 2000年10月～2001年3月</p> <p>工事費 22万9千ドル</p> <p>施工業者 ALFA LTDA. INGENIERIA y CONSTRUCCIONES社</p> <p>監督 工事監査局 (Unidad Fiscalizacion de Obras) インフラ部 (Direccion de Infraestructura) サンタクルス県 (Prefectura de Santa Cruz) 道路公団 (Servicio Nacional de Caminos-Unidad Regional del Oriente)</p> <p>貸付協定 AIF-3057-B0? (第2回変更契約書より)</p> <p>橋の耐用年数の延長 (緊急措置)</p> <p>工事内容 トラスとコンクリートの清掃 部材の矯正 (外形の矯正) 1/4" (6mm) 鋼板による補強 トラスの塗装 (1回塗り) 鉄筋コンクリート (タイプA) = 支承台座と横梁のコンクリート構造鋼 穴の充填 伸縮目地 支承部の補修 カーボデュアM1214 (炭素製繊維) による床版の補強 斜材の交換 伸縮目地の周囲コンクリート打ち換え アクセス道路の清掃 橋門構の修復 下部横構のリベット交換 (高力ボルト使用) 視線誘導標の設置 連続視線誘導標の設置</p> <p>工事写真あり</p> <p>2002年5月 アイゼンハウワー橋現況写真 Portachuelo側で護岸工事 (蛇かご) 実施中 (写真より)</p> <p>2002年11月 アイゼンハウワー橋現況写真 Portachuelo側橋台保護のための工事 (蛇かご等) はほぼ終了 (写真より) Montero側橋台に関しては未着手 (写真より)</p>

3.4.1 アイゼンハウワー橋嵩上げ工事前



- ・上記写真は1988年の嵩上げ工事前に撮影されたものと推測される。
- ・写真から河床高さを検証したところ、現況高さと大きな差はない。



2003年2月撮影

3.4.2 アイゼンハウワー橋嵩上げ工事

1983年の洪水被害の経験から嵩上げ工事を実施した。

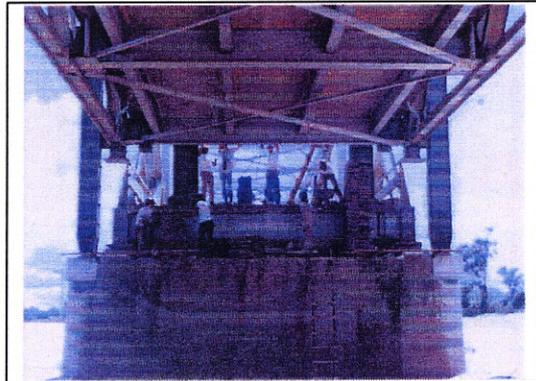
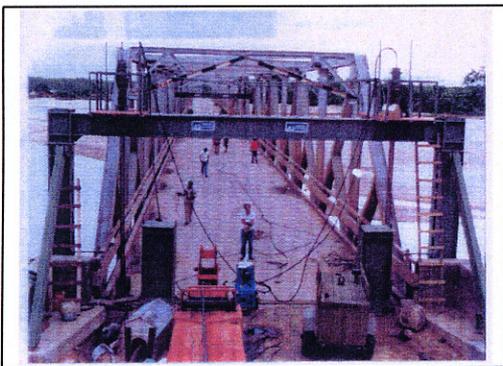
工期 1988年10月～11月

発注者 交通通信省 Ministerio de Transporte y Comunicaciones
道路公団 Servicio Nacional de Caminos (SNC)

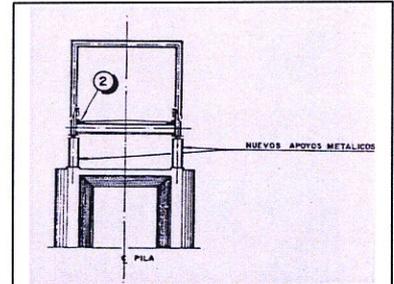
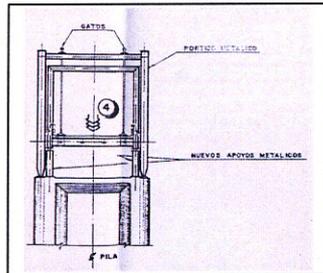
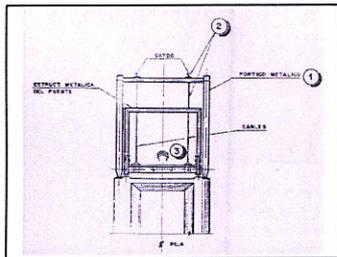
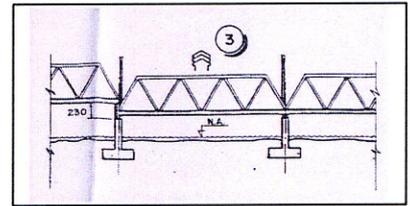
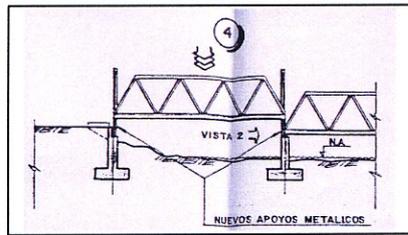
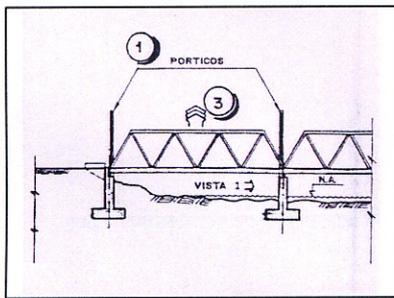
施工者 Andrade Gutierrez

工事概要

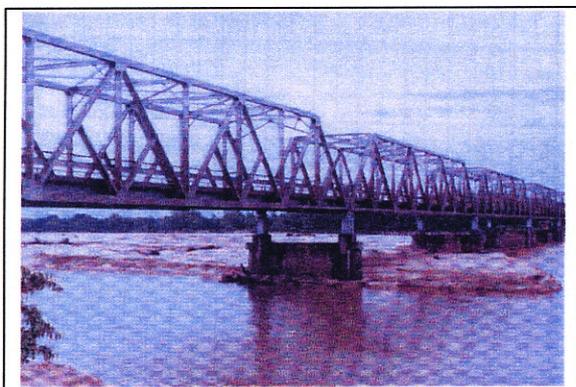
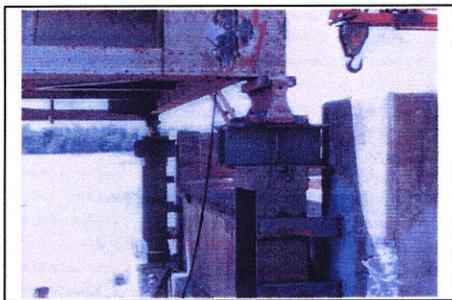
- ・上部工の2.3mの嵩上げ工事
- ・工事方法は
①橋脚上に設置した門形フレームにより上部工を吊り上げる。



②橋脚上に枕木を積み重ねその上に設置した油圧ジャッキに上部工を仮置きする。



③鋼材を組上げ新橋脚を設置する。



完成写真には支承台座の横梁はない。遠望の写真しかないが、完成直後にはトラス部材の歪み、変形は確認できない。
 施工後の問題点として、嵩上げ部鉄骨が柔性となり、上部工が交通振動に伴い大きく揺れはじめた。

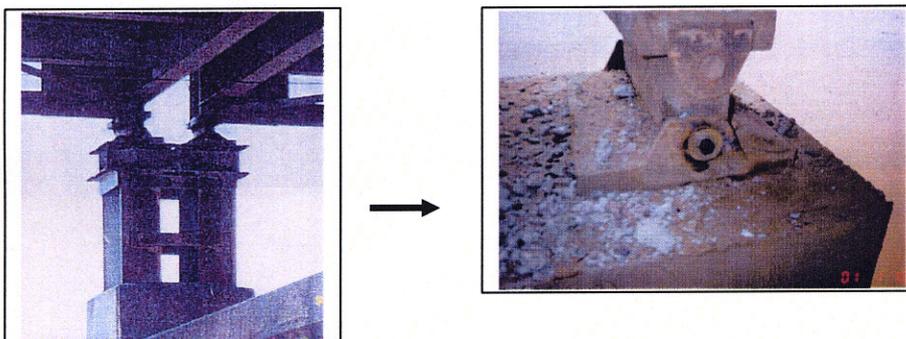
3.4.3 アイゼンハウワー橋メンテナンス工事

メンテナンス工事は下記に示す主な問題点を改善し、橋の耐用年数の延長を目的として実施した。

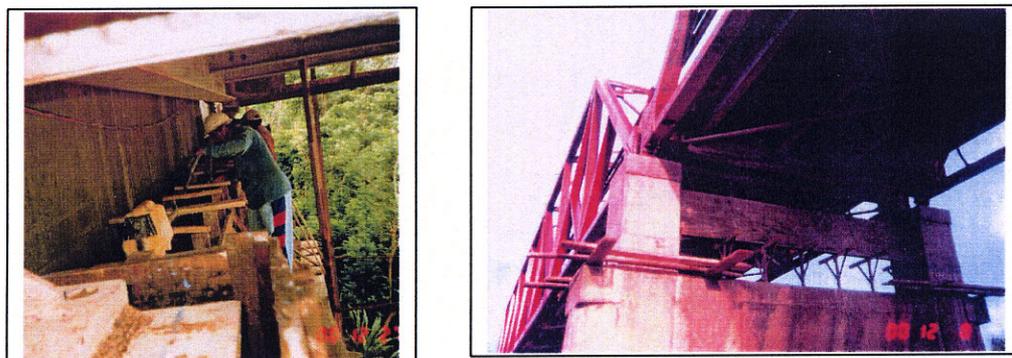
- ・上部工が重車両通過の際に大きく揺れた。
- ・部材が大型車両の接触によって大きく変形していた。
- ・舗装面が欠損し床版コンクリート露出していた。

工事期間 2000年10月～2001年3月
工事費 22万9千ドル
監督 道路公団 工事監査局インフラ部 (Unidad Fiscalizacion de Obras
Direccion de Infraestructura)
道路公団サンタクルス支所 (Servicio Nacional de Caminos-Unidad
Regional del Oriente)
施工業者 ALFA LTDA. INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES 社
貸付協定 AIF-3057-B0?
工事内容 ①部材の矯正 (外形の矯正) 1/4" (6mm) 鋼板による補強、②トラスの塗装 (1回塗り)、③無筋コンクリート (タイプA) および支承台座と横梁のコンクリートの設置、④構造鋼穴の充填伸縮目地支承部の補修および炭素製繊維による床版の補強、⑤主傾構部材の交換伸縮目地の周囲コンクリート打ち換え、⑥橋梁アクセス路の清掃横傾構の交換下部横構のリベット交換 (高力ボルト使用) ⑦視線誘導標キャップの設置、⑧連続視線誘導版の設置

1) 支承部の修正工事

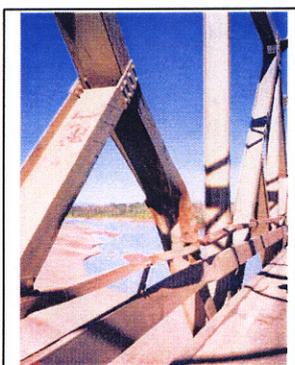


可動支承部が縦断方向に大きく傾いていたのを矯正した。



コンクリート巻きによる支承台座の補強工事

2) 斜材取替え工事

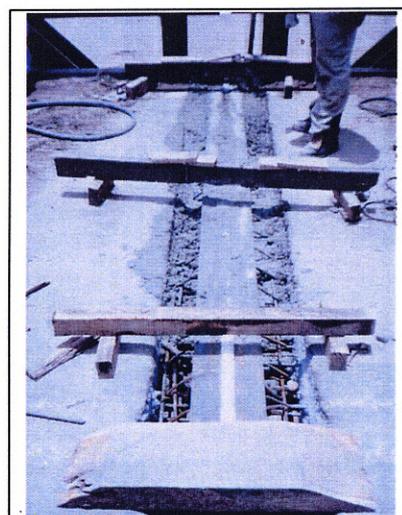


部材の支持足場工事



部材交換作業

3) ジョイント部打ち替え工事

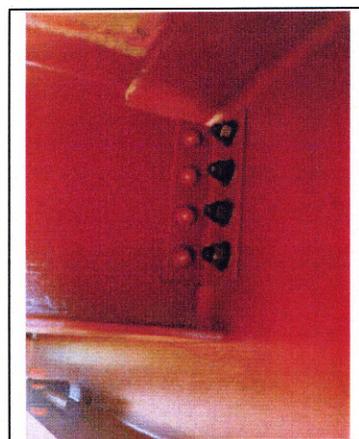
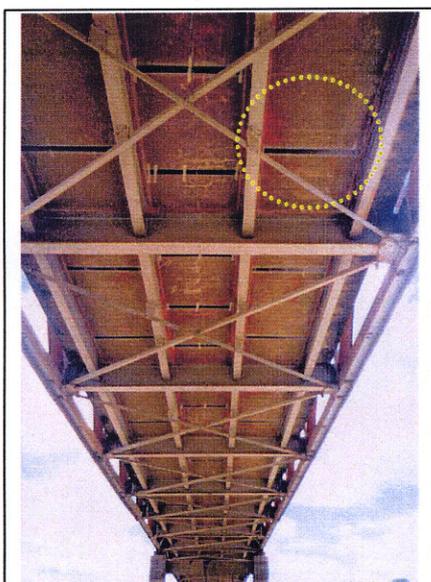


ジョイント部が損傷し衝撃振動の原因となっていたため、ジョイント部を打ち替えた。

4) 橋門構の取替え工事

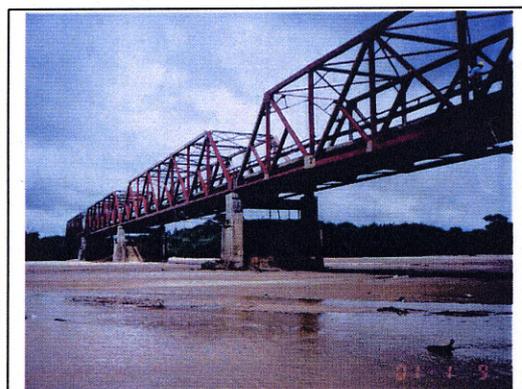


5) 床版補強工事



ボルト交換工事

部材の矯正（外形の矯正）1/4"（6mm）鋼板による補強を行った。しかし、実施予算枠の関係から必要枚数が確保できず、間隔が広い。



メンテナンス工事終了写真

3.4.4 アイゼンハウワー橋橋台護岸工補修工事

橋台周り護岸工が洗掘を受けたため、蛇かご工による補修工事を行った。

工事期間 2002年5月～2002年6月

工事費

監督

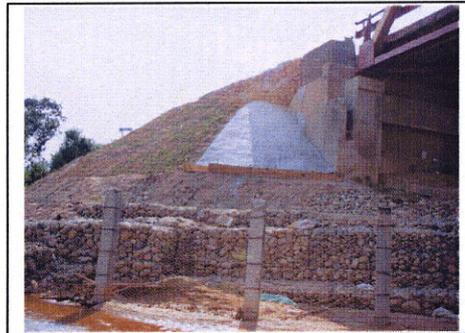
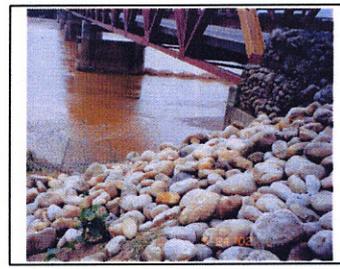
道路公団サントクルス支所 (Servicio Nacional de Caminos-Unidad Regional del Oriente)

施工業者

工事内容

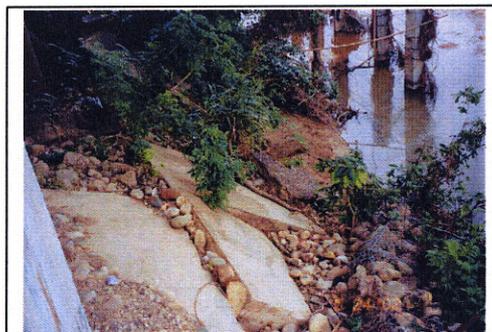
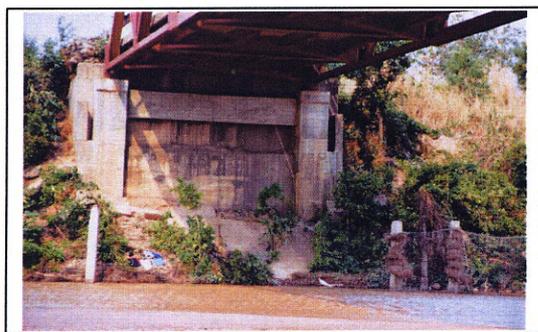
①左岸側橋台部周辺の蛇かご設置工事、②橋台周り法面保護工コンクリート打設

1) 左岸側橋台 (ヤパカニ側) 護岸工事



蛇かごによる護岸工事を実施したが延長が不十分である。

2) 右岸側法面



右岸側は未整備の状態

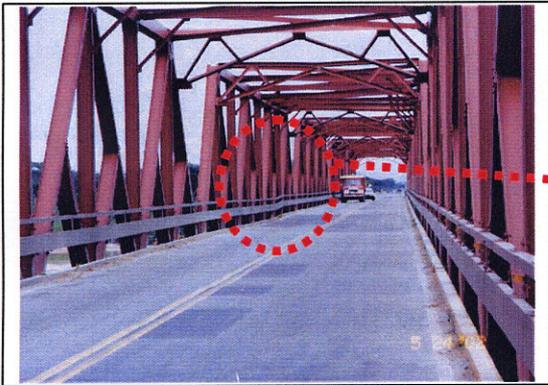
3.4.5 2003年2月調査（本予備調査）

1) 上部工

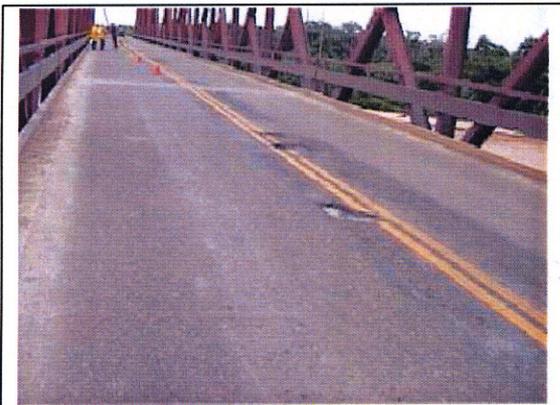
2001年の補修工事でかなり修復されていると想定していたが、トラス主構のねじれ変形、亀裂、欠損、腐食等の損傷箇所が未だ数多く存在していた。特に、橋門構に欠落、切断、変形箇所が多く見られた。トラスの鉛直材、斜材の欠損の原因は車輛の接触に起因するものと思われる。



建築限界を無視した大型トラックが通行し橋門構が破断した状態となっている



局所的な変位箇所



2001年に修復した舗装面は既にアスファルトの欠損がみられる。

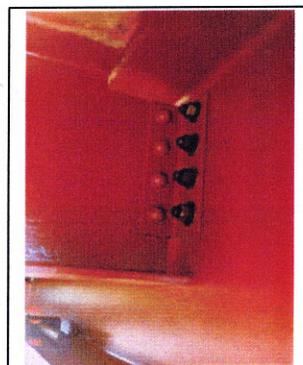
床版コンクリートが露出した箇所

2001年に修復した舗装面はアスファルトが欠損し床版コンクリートが露出していた。床版部のひび割れは局部的で鉄筋の露出までには至っていないが、このような状況を放置した場合、構造物に対する衝撃振動が増え悪影響を及ぼす。

補強で貼り付けた炭素繊維は設置間隔が広くどの程度の効果があるかは疑問である。現地調査に参加した道路公団道路構造技師 Efrain Espada 氏の話では限られた予算内で収まるように配置されただけのようである。



切断された高圧ボルト



2001年に修復した床版よこ桁を固定していた高圧ボルトが切断していた。

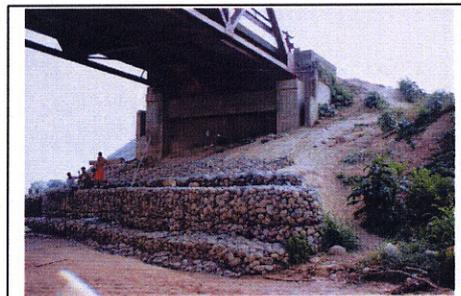
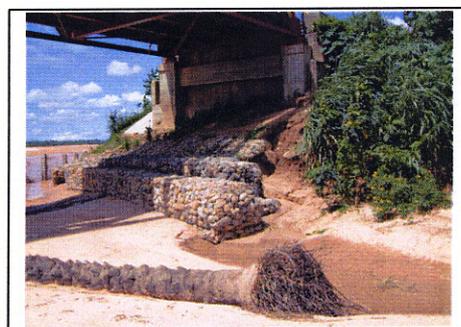
2) 下部工

左岸側橋台本体はコンクリートのひび割れまたは変色も無く良好に見える。しかし、1988年の2.3mの嵩上げによって増加した橋台背面の土圧への対策が取られておらず、照査が必要である。

2002年に行われた左岸橋台周りの蛇かご工は、すでに橋台部周辺が侵食されていた。また、法面を保護するコンクリートに大きなクラックが確認され、コンクリート背面が陥没していた。



2002年6月竣工写真



2003年2月調査