

第8章 29橋梁の現況調査と点検結果

8.1 対象橋梁の構造概要

対象となる29橋梁のうち、コンクリート橋は17橋、鋼橋は12橋である。これらの中にはコンクリート橋と鋼橋の組合せのものがあるが、橋梁の主要部分を占める橋梁形式によって各橋梁の形式を分類した。調査対象橋梁の概要を表8.1に示す。

表 8.1 調査対象橋梁の概要

No	橋梁名	路線	橋梁形式	橋梁構成 (m)	設計	完成年
1	Colorado River		Suspension Slab (1-Span) + RC (4-Span)	15+25+108+25+15	204	1968 1974-1978
2	Aranjuez River		Continuous Steel Truss (3-Span)	24+39+24	88	1944 1955
3	Abangares River		Simple Steel Truss (2-Span)	40+60	100	1952 1953
4	Piedras River		Continuous RC (3-Span)	17+31+1755	55	1952 1959
5	Colorado River	1	Continuous RC (4-Span) + Simple Concrete Arch (1-Span)	5+6+30+6+5	52	1955 1954
6	Ahogados River		Simple Steel Truss (1-Span) + Continuous Steel Girder (2-Span)	61+2*15	92	1951 1955
7	Azufrado River		Rigid Frame RC (3-Span)	6+20+6	31	1953
8	Tempisquito River		Simple Steel-I Girder (3-Span)	22+27+22	71	1952 1955
9	Volcán River		Simple RC (2-Span) + Simple Steel Truss (1-Span)	18+46+12	77	1957 1961
10	Ceibo River		Simple Steel-I Girder (5-Span)	25+3*31+15	132	1958 1961
11	Curré River		Simple Steel-I Girder (4-Span)	22+31+31+22	105	1958 1961
12	Puerto Nuevo River		Simple Steel-I Girder (5-Span)	21+2*22+25+15	105	1958 1961
13	Zapote River	2	Continuous RC (3-Span)	17+21+17	55	1957 1961
14	Terraba River		Simple Steel-I Girder (4-Span) + Simple Steel Truss (3-Span)	4*27+3*76	341	1956 1960
15	Caracol River		Continuous Steel-I Girder (3-Span)	22+28+22	71	1957 1961
16	Nuevo River		Continuous RC (3-Span)	17+21+17	55	1957 1961
17	Chirripó River		Continuous PC-Box (3-Span)	46+83+46	176	1975 1978
18	San José River	4	Connected PC-I (2-Span)	20+20	41	1974 1978
19	Sarapiquí River		Gerber Type Steel-I (3-Span)	22+55+22	98	1970 1978
20	Sucio River		Continuous PC-Box (3-Span)	55+102+30	173	
21	Toro Amarillo River		Continuous PC-Box (4-Span)	47+2*83+47	260	1975
22	Parímina River		Simple PC-I (3-Span)	35+35+35	106	1974
23	Reventazón River		Continuous PC-Box (5-Span)	47+3*83+47	341	1975
24	Pacuare River	32	Simple PC-I (10-Span)	9*33+17	318	1972
25	Barbilla River		Connected PC-I (3-Span)	33+33+33	100	1968
26	Chirripó River		Simple Steel-I (2-Span) + Continuous Steel-I (6-Span)	16+59+67+2*73+67+59+16	432	1969 1974-1978
27	Cuba River		Simple PC-I (3-Span)	3*22	69	1968
28	Blanco River		Simple PC-I (3-Span)	17+22+17	29	1967
29	Torres River	218	Simple PC-I (3-Span)	30+2*17	66	1979

8.2 橋梁点検の方法

現地点検に先立ち、橋梁のインベントリー、設計図面、補修履歴、交通量、地形図、河川条件などの情報を MOPT から収集、整理した。

現地点検調査は、29 橋梁全てについて目視で行った。この調査には、MOPT の橋梁技術者が参加、目視点検調査表を用いた点検方法を OJT として指導した。

8.3 点検調査結果

1) 上部工

床版の損傷は 14 橋梁で確認した。とくに国道 1 号の全ての橋梁でスラブが損傷しているのに対して、ほぼ同時期（1950、60 年代）に建設されている国道 2 号上の橋梁では損傷が少なかった。これは、主に国道 1 号の交通量が多いことが起因していると推測する。

床版以外の上部工で損傷が深刻な構造部位は鋼トラス橋の床組構造である。この構造の縦桁と横桁の接合部に損傷が多く発生しているのは、床組構造の剛性不足が原因と考える。

国道 32 号上、リモン港に近い No.26、27 および 28 橋では、1991 年の地震によって支承が破損、主桁が橋軸直角方向に若干（10cm 程度）移動している。

また、工事中の不適切な施工管理の影響と推定されるプレストレスト・コンクリート箱桁橋の撓みが No.17、20 橋で観察された。

2) 下部工

ほとんどの橋梁において、橋台周辺の法面崩壊が見られた。また、幾つかの橋梁において基礎の周辺の洗掘が見られ、No.16 橋の橋脚基礎の洗掘はフーチング下面から 2m 下まで達する状況にある。

3) 付帯工

不十分な橋梁維持管理によって、29 橋全てにおいて高欄、伸縮装置などの付帯工には、何らかの損傷が確認された。

4) 耐震対策

コ国では、地震による上部工の落橋防止対策（桁掛かり長、沓座幅の確保など）、および下部工の補強対策などは、現在までに一切実施されていない。

5) 活荷重対策

1950、60 年代に建設された国道 1 号、2 号上の橋梁は活荷重 HS15-44、その他の道路の橋梁は HS20-44 で設計されている。本調査では、HS20-44+25%の活荷重に対する耐荷性を確認することが求められている。

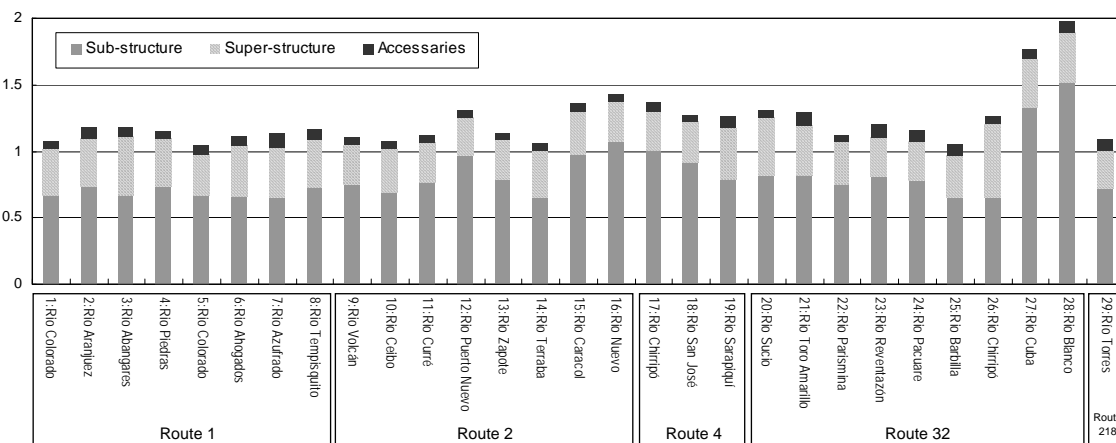
第9章 補修・補強の対象とする優先10橋の選定

9.1 損傷の評価手法の構築

対象29橋梁の現地目視点検調査を実施して、橋梁各部位の損傷状況を点検調査表に記録した。これは、橋梁各部位の損傷の程度を表すものである。補修・補強の対象とする優先橋梁を具体的に選定するにあたっては、これらの点検結果による損傷度と、橋梁各部位の構造としての重要度から決まる重み付け値、および損傷の程度が橋梁各部位に与える影響の度合いから決まる重み付け値を掛け合わせて、橋梁全体の損傷度評価をすることとなる。

橋梁全体の損傷度評価方法の構築には、階層評価手法（AHP：The Analytic Hierarchy Process）を用いた。

橋梁各部位の構造としての重要度から決まる重み付け値と、損傷の程度が橋梁各部位に与える影響の度合いから決まる重み付け値を、AHPを用いた一対比較を行って算出し、橋梁全体の損傷度評価方法を構築した。この評価方法の構築は、MOPT 橋梁技術者と調査団との共同作業によってなされた。29橋梁の橋梁全体の損傷度評価結果を、図9.1に示した。



注) 縦軸：橋梁損傷度評価値，数字の大小が損傷度大小を表す（最大5.0）

図9.1 橋梁損傷度評価結果

本評価結果では、No.27 および No.28 橋梁は、下部構造の損傷が深刻で、橋梁損傷度評価値が大きく、補修・補強費用が架け替え費用よりも高くなるため、補修・補強の対象とする橋梁から除外した。

9.2 詳細調査および補修・補強の対象とする優先 10 橋の選定

補修・補強の対象とする優先 10 橋は、前節の損傷度評価結果だけで決めるのではなく、本調査の趣旨である、本調査結果がコ国の橋梁維持管理へ広く適応されるものにするとの観点を考慮して、MOPT 橋梁技術者と調査団で議論と検討を経て選定された。特に考慮した観点は以下のとおりである。

- ・ 異なった種類の補修・補強方法を経験できること
- ・ コ国における特徴的な損傷であること
- ・ 重要度の高い道路上の橋梁であること
- ・ 異なった構造形式の橋梁であること
- ・ 補修・補強の緊急性が高いものであること

本調査では架け替えについては対象外としている。

選定された 10 橋を表 9.1、図 9.2 に示した。

表 9.1 選定された 10 橋

選定の観点	橋梁名	橋梁形式	損傷度	路線
上部工 床版損傷	2 Rio Aranjuez	鋼連続トラス (上路)	14 位	1
	3 Rio Abangares	鋼単純トラス (下路)	13 位	1
下部工洗掘	16 Rio Nuevo	RC 連続 I 桁	3 位	2
	12 Rio Puerto Nuevo	鋼単純合成 I 桁	6 位	2
耐震補強	19 Rio Sarapiquí	鋼ゲルバー I 桁	11 位	4
	26 Rio Chirripo	鋼連続 I 桁	10 位	32
	29 Rio Torres	PC 単純 I 桁	24 位	218
主桁部異常 変位	17 Rio Chirripo	PC 連続箱桁	4 位	4
	20 Rio Sucio	PC 連続箱桁	7 位	32
その他	7 Rio Azufrado	RC 連続ラーメン桁	19 位	1

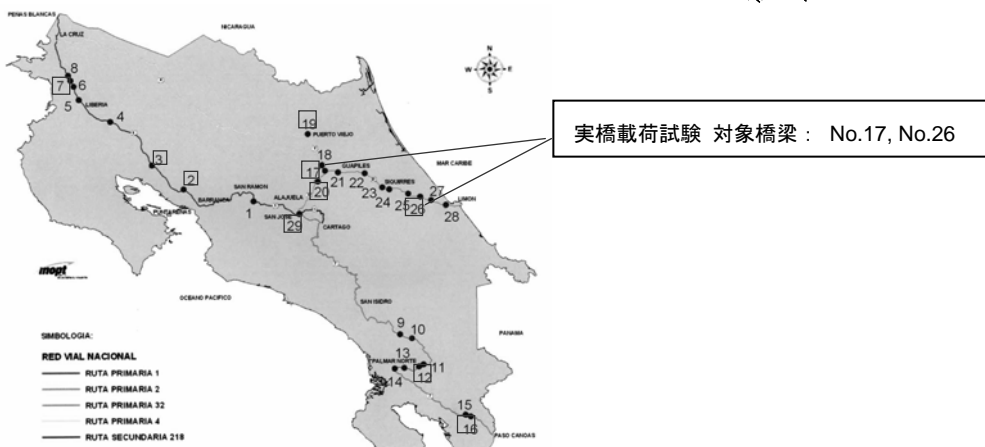
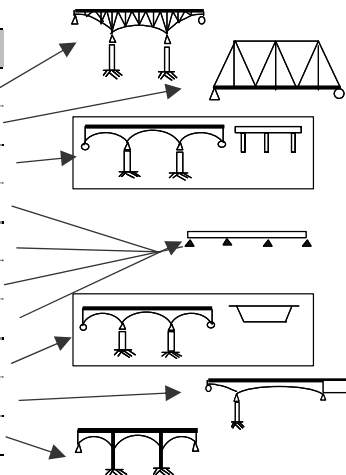


図 9.2 選定された 10 橋の位置図

第10章 優先10橋に対する補修・補強計画の策定

10.1 補修・補強計画策定の流れ

橋梁の補修・補強計画およびその方針に基づく設計は、一般的には現地詳細点検結果によって行う。本調査では、HS20-44+25%の活荷重に対する橋梁の耐荷性とコ国の耐震設計基準に対応する耐震性の確認が求められている。したがって、橋梁の構造モデルを作成、構造解析を実施して橋梁各部の断面力あるいは応力照査を行い、補強の要否および補強内容を確認した。即ち、詳細点検結果と構造解析結果を評価、検討して補修・補強方法を計画する。





また、コ国技術者への技術移転を主目的とした実橋載荷試験を実施した。鋼橋において実施した応力頻度測定結果から疲労耐久性の評価を行った。

10.2 損傷・劣化現象の分類と原因


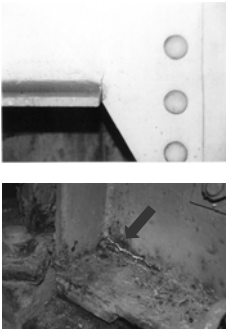
橋梁のコンクリート部材および鋼部材についての損傷あるいは劣化と、下部工、基礎についての自然災害状況の分類を表10.1に整理した。ここでは、代表的な損傷、劣化および自然災害の事例の写真と現象の概要を説明した。

表 10.1 損傷・劣化の分類



1) コンクリート部材

分類	写真	現象の説明
クラック		<ul style="list-style-type: none"> ・最も一般的な損傷。 ・クラックは一方方向、二方向、ランダムパターン、剥げ落ち、抜け落ち（孔）へと進行する。
遊離石灰		<ul style="list-style-type: none"> ・クラックから進入した水とコンクリート内の石灰との反応による。
剥がれ落ち ・鉄筋露出		<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート片の落下には第三者への安全配慮が必要。 ・剥がれ落ちは、断面不足、かぶり不足、過積載荷重車両の影響、鉄筋の腐食などに起因するコンクリート部材の表面の損傷。
抜け落ち（孔）		<ul style="list-style-type: none"> ・床版での発生が最も多い、これらは過積載荷重、繰り返し荷重、異常な衝撃などに起因する版の抜け落ち。 ・床版厚不足などが起因する場合もある。

2) 鋼部材

分類	写真	現象の説明
腐食		<ul style="list-style-type: none"> ・全体的腐食は鋼部材の表面が一様に進行する腐食で、一般的には不十分な維持管理が起因。 ・局部的腐食は、排水が流れ込む、伸縮装置あるいは床版のクラックなどからの漏水、複雑な部材構成部分での水はけの悪さなどが起因。 ・局所腐食は孔あるいは断面欠損に繋がる。
疲労破壊		<ul style="list-style-type: none"> ・疲労破壊に与える大きな要因は、繰り返し応力の変動幅と変動頻度である。溶接接合部など応力集中箇所に発生することが多い。 ・小さなサイズの疲労亀裂が、部材あるいは構造全体の崩壊に直結するわけではないが、早い時期に疲労亀裂発生に対する適切な措置を行うことによって安全性を確保できる。

3) 自然災害による損傷

分類	写真	現象の説明
地震		<ul style="list-style-type: none"> ・地震は洪水とともに橋梁に被害を及ぼす事例の多い自然災害である。 ・上部構造本体が地震によって損傷を受けることは少ないが、支承の破壊あるいは桁掛かり長の不足が上部構造の落下に繋がる。 ・下部構造では下部工躯体、基礎が損傷を受けやすい。
洗掘		<ul style="list-style-type: none"> ・洗掘は水流の変化や渦などにより河床の土砂や護岸、橋脚、橋台周辺が浸食される現象である。 ・洗掘には、橋梁部の全体的洗掘と各下部構造周辺の局所的洗掘がある。

また、表 10.2 に、損傷あるいは劣化の原因、そのメカニズムおよび損傷現象の関係を整理した。

表 10.2 損傷・劣化の原因、メカニズムおよび現象

損傷、劣化 の原因	損傷、劣化のメカニズム	損傷、劣化の現象	
		コンクリート部材	鋼部材
中性化	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートの中性化は空気中の酸性ガスとセメント水和物との反応である。二酸化炭素がコンクリートに浸透すると水酸化カルシウムと反応、コンクリート内の pH 値が低下する。 ・中性化自体はコンクリート材料への直接の悪影響はないが、pH 値の低下が鉄筋の腐食防護環境を悪化させる。 		
塩害	<ul style="list-style-type: none"> ・塩化イオンが鉄の腐食発生へ大きく影響する。腐食の進行とともに鉄の体積が膨張するため、コンクリート内で鉄筋の腐食が進行するとコンクリートにクラックを発生させ、さらにはコンクリートの剥がれにつながる。 ・塩化イオンは、海からの潮風によって運ばれ、水分とともにコンクリート内に進入する。 	クラック	腐食
アルカリ 骨材反応	<ul style="list-style-type: none"> ・ある種のシリカ鉱物を含む骨材が、セメント中に含まれるカリウム、ナトリウムあるいはカルシウムイオンと反応して、コンクリート内部で骨材の局所的膨張を発生させる、この現象をアルカリ骨材反応と呼ぶ。 ・この膨張によってコンクリートにクラックを発生させ、コンクリートの強度低下を招く。 	遊離石灰	
施工不良	<ul style="list-style-type: none"> ・設計ミスの場合には、断面不足、かぶり不足あるいは鉄筋不足などが発生する。 ・施工段階の不適切な品質管理によって、材料適用ミス、強度不足、寸法ミスなどが発生する。 	剥がれ落ち ・鉄筋露出	腐食
通行車両の 大型化	<ul style="list-style-type: none"> ・通行車両の大型化による重量増加、さらに通行台数の増加 ・大型化した通行車両による繰り返し応力が増大、さらに交通量の増加に伴う応力発生頻度の増加による影響 	抜け落ち (孔)	疲労破壊

10.3 橋梁の詳細点検

優先 10 橋梁の現地詳細調査を、表 10.3 に示す項目と方法で、調査団および MOPT 橋梁技術者の共同作業で実施した。

表 10.3 詳細点検調査

点検方法	対象橋梁部材	試験の目的	対象橋梁
目視による方法	上部工 下部工 付帯工 基礎	コンクリート 部材 鋼部材 洗掘	10 橋梁
物理的方法	コンクリート コア試験 シュミット ハンマー試験	コンクリート 強度	Azufrado (No.7) 橋 Sarapiqui (No.19) 橋 Sucio (No.20) 橋 の 3 橋 10 橋梁
化学的方法	フェノール フタレイン試験	中性化	同上
電気的方法	鉄筋配置測定	鉄筋配置 カブリ厚	同上
超音波 測定方法	鋼板厚測定	鋼部材の 板厚	Abangares (No.3) 橋 Sarapiqui (No.19) 橋の 2 橋

注：Azufrado (No.7) 橋は RC 橋、Sucio (No.20) 橋は PC 橋の例として上部工、下部工から、Sarapiqui (No.19) 橋は鋼橋の例として下部工からコンクリートコアを採取した。

目視による詳細点検結果を表 10.4 に整理した。

表 10.4 目視による詳細点検結果

(○ 印は損傷を確認した場合)

部位	損傷、劣化現象	R1			R2		R4		R32		R218
		2	3	7	12	16	17	19	20	26	29
		ST	RI	SI	RI	PB	SI	PB	SI	PI	
床版	抜け落ち (孔)		○								
	2 方向クラック	○	○	○	○					○	○
	1 方向クラック					○					
主桁 鋼橋	塗装の浮き・はがれ	○	○	N/A	○	N/A	N/A	○	N/A	○	N/A
	腐食・錆	○	○	N/A	○	N/A	N/A	○	N/A	○	N/A
	亀裂・破断		○	N/A		N/A	N/A		N/A		N/A
	主桁の変形			N/A		N/A	N/A		N/A	○	N/A
主桁 コンクリート橋	ひび割れ	N/A	N/A	○	N/A	○		N/A		N/A	
	桁のたわみ	N/A	N/A		N/A		○	N/A	○	N/A	
支承・沓	腐食・泥の堆積・漏水	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	支承の破損									○	
伸縮装置	破損	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

部位	損傷、劣化現象	R1			R2		R4		R32		R218
		2	3	7	12	16	17	19	20	26	29
		ST	RI	SI	RI	PB	SI	PB	SI	PI	
高欄	破損			○							
舗装	5cm のオーバーレイが行われ、舗装荷重が増加している	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
橋脚	橋脚表面の破損						○		○		
	基礎の洗掘					○					
橋台	橋台前面法面崩壊	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注) ST ; 鋼トラス橋、RI ; コンクリート桁橋、SI ; 鋼板桁橋、PB ; PC 箱桁橋、PI ; PC 桁橋

- ・多くの橋梁の床版にはクラックが発生している、Abangares (No.3) 橋では床版に抜け落ち(孔)を確認した。
- ・Abangares (No.3) 橋では床組に亀裂が発生している、また Sarapiqui (No.19) 橋では鋼桁の一部が腐食によって断面欠損がある。
- ・コンクリート桁橋は、床版と同様にクラックが多く発生している。
- ・Sucio (No.20) 橋、Chirripo (No.17) 橋の橋脚は河川内の流石による損傷を受けている。Nuevo (No.16) 橋の橋脚基礎には洗掘が発生している。

コンクリートコア試験およびシュミットハンマー試験によるコンクリート強度、フェノールフタレイン試験によるコンクリート構造の中性化深さ測定、鉄筋が設計図どおり配置されているか、あるいはコンクリートコア試験実施に際しての鉄筋位置確認のための鉄筋配置測定、図面が存在しない場合の鋼部材の諸元を知るため、あるいは腐食の進行度合い調査のための鋼板厚測定を実施した。表 10.5 に調査結果を総括した。

表 10.5 物理的、化学的、電気的および超音波測定方法による詳細点検結果

点検調査内容		R1			R2		R4		R32		R218
		2	3	7	12	16	17	19	20	26	29
コンクリート強度	コンクリートコア試験 No.7 橋 No.19 橋 No.20 橋			○				○	○		
	シュミットハンマー試験 (10 橋)	上部工 ; 320 ~ 460 kg/cm ² 下部工 ; 240 ~ 490 kg/cm ² 弾性係数 ; 4.5 ~ 4.7 x 10 ⁵ kg/cm ² 上部工 ; 430 ~ 460 kg/cm ² 下部工 ; 350 ~ 550 kg/cm ²									
コンクリートの中性化深さ (cm) (10 橋)		2.6~6.0			0.1~1.0		0.1~1.5		1.4~4.5		0.4 ~ 1.2
配筋状態 (10 橋)		全般的に図面と整合している									
鋼板厚 No.3 橋 No.19 橋			○					○			
		図面が紛失しているために、構造解析に必要な諸元確認のために板厚を測定					腐食による断面欠損状態把握のために板厚を測定				

注) ○ 印は調査を実施した橋梁

コンクリート強度および弾性係数は設計値を確保している。

コンクリート中性化深さは国道 1 号および 32 号沿いの橋梁で少し高めの値が観測された。これは、交通量が多く、車両からの排気ガスによる影響と推測する。しかし、問題とするレベルにはないと判断する。

鉄筋の配置測定から鉄筋の施工は概ね妥当に実施されていると推測できた。

10.4 橋梁の構造解析

HS20-44+25%の活荷重に対する橋梁の耐荷性と、コ国の耐震設計基準に則った耐震性の確認のために、選定された10橋梁全てについてSAP2000（米国の構造解析ソフト）を用いて構造解析を行った。

上部構造はHS20-44+25%活荷重の影響を受ける。基礎を含む下部構造は、活荷重増加による影響はないが、耐震性向上のための補強を必要とする結果となった。解析結果の概要を表10.6に示した。

表 10.6 構造解析結果概要

解析評価項目	部位	解析結果	
耐荷性 活荷重 HS20-44+25% の評価 〔上部工〕	床版	<ul style="list-style-type: none"> ・国道1号、2号の橋梁はHS15で設計されているため20～60%許容値を上回る ・HS20で設計されたものは20%程度許容値を上回る 	
	トラス橋 (No.2, 3)	床組	<ul style="list-style-type: none"> ・国道1号の橋梁であるため、床版と同様に厳しい応力状態で、縦桁では15～40%程度許容値を上回る
		主構	<ul style="list-style-type: none"> ・主構の圧縮部材は許容応力値を15～40%程度上回る。
	鋼I桁	<ul style="list-style-type: none"> ・HS15で設計された桁は30～50%程度許容値を上回る ・HS20で設計された桁は、10～30%程度許容値を上回る 	
	RC桁	<ul style="list-style-type: none"> ・HS15で設計された桁は10～65%程度許容値を上回る、支点部ではせん断に対して20～50%程度許容値を上回る 	
	PCI桁	<ul style="list-style-type: none"> ・HS20で設計された長さ30mの桁では20%程度引張許容値を、また、せん断に対する許容値には30%程度上回る。桁長が短い17mの桁では70%程度せん断に対する許容値を上回る 	
	PC箱桁 (No.17, 20)	<ul style="list-style-type: none"> ・必要な耐荷性を確保している 	
〔下部工〕	橋脚梁部 (1本柱の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・梁部の鉄筋の引張応力が許容値を上回る 	
耐震性の評価 〔下部工〕	橋脚	<ul style="list-style-type: none"> ・円柱橋脚、壁式橋脚について鉄筋の引張応力が許容値を上回る 	
	橋台	<ul style="list-style-type: none"> ・耐震性については問題がない 	
	基礎	<ul style="list-style-type: none"> ・直接基礎形式ではフーチング幅が不足している ・杭基礎形式ではフーチング幅、鉄筋量および杭本数が不足している 	

10.5 実橋載荷試験

実橋載荷試験は、コンクリート橋（国道4号 No.17 Chirripo 橋）と、鋼桁橋（国道32号 No.26 Chirripo 橋）で実施した。試験内容を表10.7に示した。

表 10.7 実橋載荷試験の概要

橋梁名	橋梁形式・規模	試験項目	測定項目	備考
No.17 Chirripo	PC箱桁橋 46+83+46	静的載荷試験	桁のたわみ	25tonトラック4台
No.26 Chirripo	鋼桁橋 単純桁+連続桁 16+(59+67+2x73+67+59)	静的載荷試験 応力頻度測定試験 (残存疲労寿命の予測)	桁のたわみ 部材の応力 部材の応力 と発生頻度	25tonトラック1台 車種別交通量調査 実交通と応力・発生頻度 との関係を把握するため

静的載荷試験結果では、構造モデルによる解析値と実測計測値とが良好な一致を見た。Chirripo (No.17) 橋桁中央に施工管理不良と推測される異常なたわみが見られるが、静的載荷試験結果から、この橋梁は構造的に問題がないことを確認した。

Chirripo (No.26) 橋の応力頻度測定試験結果について概説する。

一般的に、疲労破壊は、応力集中が大きく、応力変動が大きい部位で発生する可能性が高い。本調査では、支承取付け部（図10.1）、対傾構取付け部（2ヶ所）および横構取付け部の計4ヶ所を選定し、応力変動状況を連続24時間計測、記録した。図10.2に当日の時間帯別交通状況を示し、大きな応力変動幅を発生させる重量車両（5軸トラック）の通行状況を、図中白抜きで表した。24時間交通量（全車種）は6,230台/日、そのうち、5軸トラックは1,996台/日である。

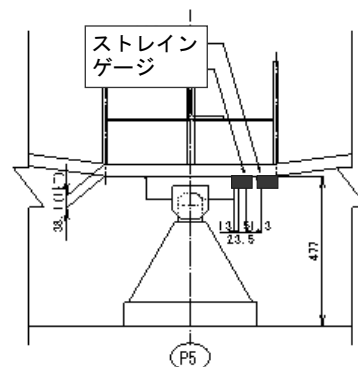


図 10.1 支承取付け部
ストレインゲージ時設置箇所

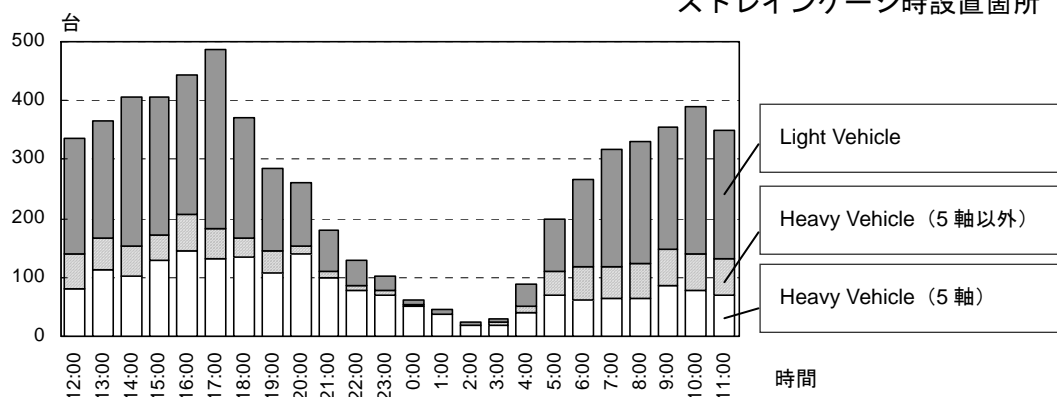


図 10.2 当日の交通状況

試験を実施した Chirripo (No.26) 橋は、完成後 28 年を経過している。交通量が現在のトレンドで伸びると仮定して、累積交通量と応力頻度測定結果から各計測部位の残存疲労寿命を計算した。支取付け部の疲労破壊発生時期（残存疲労寿命）と累積交通量の関係を図 10.3 に示した。また、各部位の疲労破壊発生時期（残存疲労寿命）と累積交通量の関係を表 10.8 に示した。

この結果から、最も厳しい条件にあるのが支取付け部で、2030 年には亀裂が発生する可能性がある。対傾構取り付け部は相当に余裕がある結果となったが、計測誤差、解析上の仮定もあるためこれらの箇所も定期点検を継続することが必要である。

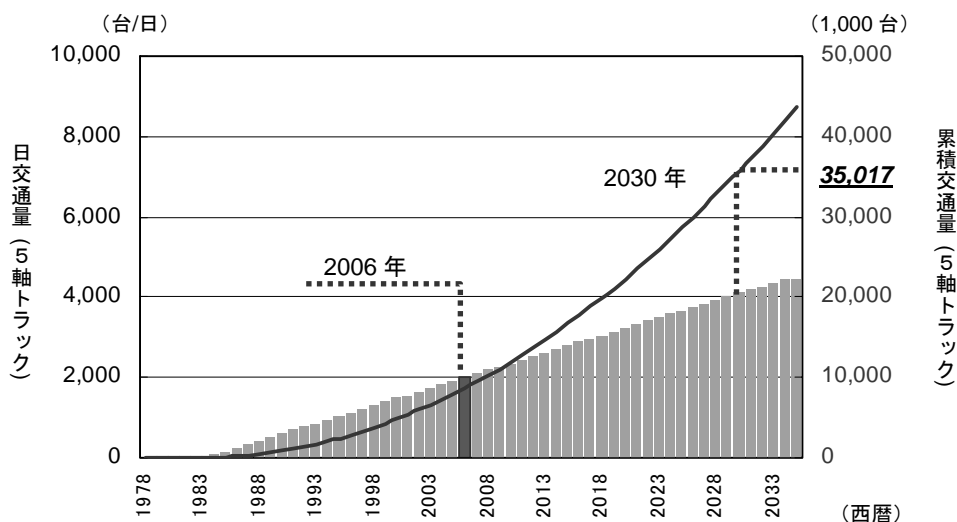


図 10.3 疲労破壊発生時期と累積交通量の関係

表 10.8 各部位の疲労破壊発生時期と累積交通量の関係

部位	現況日交通量 (5 軸トラック) Vp (No.)	供用後年数 Yp (year)	疲労破壊発生時の 累積交通量 Nf (No.)	疲労破壊発生年	
				供用後年数 Yf (year)	西暦
支取付け部			35 million	52	2030
対傾構取付け部 1	1,996	28	107 million	91	2069
対傾構取付け部 2			758 million	241	2219
横構取付け部			52 million	63	2041

実橋載荷試験は、調査団と MOPT 技術者が共同で計画、実施、結果の整理を行った。さらに、技術セミナー（第 4 回）において、試験計画と結果の紹介を、MOPT 技術者がコ国技術者に対して行った。

10.6 自然条件調査

自然条件調査は、河川状況調査（29 橋梁）と地質調査（優先 10 橋梁）を実施した。

河川状況調査は、現地調査による流量・浸食・堆積物の状況把握とともに、地形図より河川勾配の算出を実施した。

10 橋梁の基礎の安定性を確認するために、21 本のボーリング調査および室内試験を含む地質調査を実施した。

10.7 優先 10 橋梁に対する補修・補強計画の基本方針

現地詳細点検結果による損傷および劣化状況の評価と、構造解析結果による上部工の耐荷性および下部工の耐震性評価の両者を総合的に考慮して補修・補強計画を作成した。

各橋梁構造部位について、補修・補強計画の基本方針を表 10.9 に整理した。

表 10.9 優先 10 橋梁に対する補修・補強計画の基本方針

橋梁部位		補修・補強計画の基本方針
床版 (PC 箱桁橋以外)		・ 増厚（上面あるいは下面）、FRP 接着(上面あるいは下面)、鋼板接着（下面）、新床版へ取替え（プレキャスト版）。工費はこの順番で高くなる。橋梁状況、施工条件を加味して工法比較を行い決定する。
床組(トラス)		・ No.2、3 橋の床組部材の取替え、追加、配置改善
主構(トラス)		・ 既存部材断面の増強 ・ 新材追加による作用断面力の軽減 ・ 道路空間の確保のために対傾構の組換え
鋼 I 桁		・ 既存部材断面の増強 ・ PC ケーブル追加
RC I 桁		・ 桁高を高くする ・ FRP 接着、鋼板接着
PC I 桁		・ FRP 接着
橋脚		・ コンクリート巻き付け
基礎		・ 直接基礎；フーチング拡幅、増厚 ・ 杭基礎；フーチング拡幅、増厚および増し杭
付帯工	伸縮装置	・ 全橋取替え
	高欄	・ 損傷部の補修、新床版へ取替えの場合は高欄も取替え
	舗装	・ 床版保護のために、防水工施工後、全て 5cm 厚で舗装打ち替え

なお、上部構造の耐震性向上策として、構造解析とは別に、落橋防止装置を計画した。

各橋梁および各部位への補修・補強計画の具体的適用は、第 11 章において検討した。

第11章 優先10橋に対する補修・補強設計

11.1 補修・補強方法の検討

1) 上部工

(1) 床版・床組

床版の活荷重 HS20+25% に対する耐荷力は、PC 箱桁橋の No.17 Chirripo 橋、No.20 Sucio 橋および PCI 桁橋の No.29 Torres 橋を除く 7 橋梁で不足し、補強が必要となった。

床版の耐荷力は、正の曲げモーメントが生ずる床版支間中央だけでなく、負の曲げモーメントが生ずる床版支点（主桁）上でも床版のハンチが無いため不足している。この負の曲げモーメントに対して床版を直接補強する工法は、主桁上の床版上面側を施工することができる工法に限定される。しかし、床版上面に鋼板を接着する工法は、その上に施工されるアスファルト舗装と鋼板との付着安定性に問題があり採用できない。

以上の条件も考慮して、想定される床版の補強工法と対象橋梁の各橋種への適用性を整理すると、表 11.1 に示すとおりとなる。

表 11.1 床版補強工法の比較および各橋種への適用性

工法	鋼橋	RCI 桁橋	PCI 桁橋	特徴	工費
上面コンクリート増厚	○	○	○	死荷重増加大、RCI 桁橋の場合には主桁の有効断面として考慮できる	低
下面コンクリート増厚	×	×	×	主桁上の負の曲げモーメントへの対応不可	—
上下面 FRP 接着	○	○	○	重量増加は無視できる、床版の損傷が激しい場合は適用ができない	中
上下面 鋼板接着	×	×	×	アスファルト舗装と鋼板の付着が問題	—
縦桁増設 (トラス橋の場合床組改良)	○	○	○	鋼橋の場合には比較的適用が容易、RCI 桁橋、PCI 桁橋の場合は死荷重増加大	中
床版取替え	○	×	○	RCI 桁橋では床版と桁が一体で施工されているため適用不可	高

橋梁形式別に、各橋梁の構造と現場条件を考慮して比較を行い、床版補強工法を選定した結果を、以下に示した。

なお、床版取替え以外の既設床版の補強に際しては、クラックへの樹脂注入等による補修も実施する。

2つの鋼トラス橋（No.2、No.3）では、床組の耐荷力も不足しているため、床版と床組の補強方法も同時に考慮して、工法を決定した。

表 11.2 鋼トラス橋の床版・床組補強方法検討結果

橋 梁	No.2 Aranjuez, No.3 Abangares	
上面コンクリート増厚	×	床版の損傷（抜け落ち、2方向クラック）が大きく、対応できるレベルにない
上下面 FRP 接着	×	同上
床組の改良	○	床組が活荷重に対して耐荷力が不足しているため、縦桁の取替えと追加、および横桁を補強
床版取替	○	プレキャスト PC 床版へ取替え

鋼 I 桁橋では、主桁の耐荷力を考慮して死荷重が増加しない FRP 接着工法とした。

表 11.3 鋼 I 桁橋の床版補強方法検討結果

橋 梁	No.12 Puerto Nuevo. No.19 Sarapiquí, No.26 Chirripo	
上面コンクリート増厚	×	コンクリート増厚の死荷重が大きく、主桁の補強が大掛かりとなるため、適用不可
上下面 FRP 接着	○	死荷重増加が無視できるため主桁への影響はなく、妥当な工事費のレベルであるため、適用
縦桁増設	×	主桁への取付け工事が大掛かりとなるため、適用不可
床版取替	×	工費が大きくなるため、適用不可

RCI 桁橋では、工事費が安い上面コンクリート増厚工法が適用可能な橋梁ではこの工法を、構造および現場条件から適用不可能な場合は FRP 接着工法を適用した。

表 11.4 RCI 桁橋の床版補強方法検討結果

橋 梁	No.7 Azufrado, No.16 Nuevo		No.12 Puerto Nuevo	
上面コンクリート増厚	○	主桁断面の補強としても効果を発揮するため、適用	×	隣接鋼桁部との床版高さに段差が発生するため、適用不可
上下面 FRP 接着	×	工費が若干高い、適用不要	○	工費は若干高いが、構造的に問題がない、適用
縦桁増設	×	主桁への取付け工事が大掛かりとなるため、適用不可	×	主桁への取付け工事が大掛かりとなるため、適用不可

(2) 主桁

想定される主桁の補強方法と、対象橋梁の形式との適用性をまとめると、表 11.5 のとおりである。

表 11.5 主桁補強工法と橋梁形式への適用性

補強工法	鋼トラス橋	鋼I桁橋	RCI桁橋	PCI桁橋	特徴	工費
部材断面増加	○	○	○	×	RCI桁橋では、曲げモーメントに対する補強はできるが、せん断力への補強は不可	低
FRP接着	×	×	○	○	死荷重の増加は無視できる	中
鋼板接着	×	×	○	○	死荷重の増加は少ない	中
部材追加	○	×	×	×	トラス橋への適用だけが可能	中
アウトケーブル追加	○	○	○	○	材料費は高いが施工は比較的容易	高

対象橋梁形式別に、各橋梁の構造と現場条件を考慮して比較を行い、主桁補強工法を選定した。鋼トラス橋の補強工法を表 11.6 に示した。

表 11.6 鋼トラス橋の主桁補強方法検討結果

橋梁	No.2 Aranjuez (表 11.6 参照)	No.3 Abangares (表 11.7 参照)
主桁	中間支点付近の下弦材、鉛直部材および斜材の耐荷力不足	2連のトラス橋のうち、短径間長のトラス橋下弦材の耐荷力が不足
部材断面増加	× 部材断面増強で対応できるレベルにないため、適用不可	○ 部材断面をカバープレート（鋼板）で補強することで対応可能、適用
部材追加	○ 新たな斜材を橋梁全区間に追加することによって、上記部材の断面力を許容値以下にできるため、適用	× 不要
アウトケーブル追加	× 構造的に適用不可	× 不要

鋼I桁橋の2橋（No.12、No.19）についてアウトケーブルによる補強を行う、また No.19 橋の主桁鋼板が一部腐食欠損している部分の補修をおこなう。

表 11.7 鋼I桁橋の主桁補強方法検討結果

橋梁	No.12 Puerto Nuevo	No.19 Sarapiquí	No.26 Chirripo
主桁	耐荷力不足		耐荷力有り
部材断面増加	×	部材断面増強で対応できるレベルにないため、適用不可	—
アウトケーブル追加	○	工費は高くなるが適用可能な唯一の補強工法	—
備考	—	<ul style="list-style-type: none"> 鋼桁の一部が腐食によって断面が欠損しているため、新たな鋼板を取りつけ補修を行う 構造的弱点となっているゲルバーヒンジを連続化するために鋼板で部分的に補強する 	—

RCI 桁橋 (No.7、No.16) は、床版を上面コンクリート増厚で補強することを決定済みで (表 11.4)、この床版増厚は主桁の有効断面として考慮できる。その前提で以下の検討を実施した。

表 11.8 RCI 桁橋の主桁補強方法検討結果

橋 梁		No.7 Azufrado	No.12 Puerto Nuevo	No.16 Nuevo
主桁	曲げモーメント	上面コンクリート増厚考慮後 中央径間中央で耐荷力不足 中間橋脚付近で耐力荷不足	桁中央付近で耐荷力不足	上面コンクリート増厚 考慮後 側径間中央で耐荷力不足
	せん断力	中間橋脚付近で耐荷力不足	桁端部付近で耐荷力不足	中間橋脚付近で耐荷力 不足
部材断面増加	○	橋脚付近の主桁断面を増加して、曲げモーメントに対して耐荷力増強、適用	× 曲げモーメントへの対応が大掛かりとなる、適用不可	× 同左
FRP 接着	×	FRP の必要枚数が 10 枚を超えるため、適用不可	× 同左	○ 側径間主桁中央下面に FRP を接着して曲げモーメント耐荷力増強 橋脚付近主桁ウェブに FRP を接着してせん断力耐荷力増強 適用
鋼板接着	○	中央径間主桁中央下面に鋼板を接着して曲げモーメント耐荷力増強 橋脚付近主桁ウェブに鋼板を接着してせん断力耐荷力増強 適用	○ 主桁中央下面に鋼板を接着して曲げモーメント耐荷力増強 桁端部主桁ウェブに鋼板を接着してせん断力耐荷力増強 適用	× FRP 接着の方が施工が容易、適用しない
アウトケーブル追加	×	不要	× 不要	× 不要

PC I 桁橋 (No.29) は、桁長 30m と 17m の単純桁 2 連で構成されている。短い桁は曲げモーメントに対して耐荷力を有するが、他の条件について以下の表のとおり補強を行う。

表 11.9 PCI 桁橋の主桁補強方法検討結果

橋 梁		No.29 Torres	
主桁	曲げモーメント	耐荷力不足 (30m 桁)	
	せん断力	耐力荷不足 (30m 桁および 17m 桁：両端部付近)	
FRP 接着	○	適用可能	
鋼板接着	×	鋼板接着のためにアンカーボルトを必要とするが、現橋の PC 鋼線の位置が正確に把握できないため、適用不可	
アウトケーブル追加	×	不要	

2) 下部工

一部の橋梁において、活荷重の増加と上部工補強による死荷重増加の影響によって橋脚梁部の補強が、また、上部工の死荷重増加と耐震設計基準の適用により橋脚部の補強が必要となる。橋台については、耐荷力を満足しており補強の必要はない。

(1) 橋脚梁部

橋脚梁部の補強が必要となる橋脚は1本柱形式で、想定される橋脚梁部の補強工法と対象橋梁への適用性を整理すると、表11.10のとおりとなる。対象橋梁橋脚梁部の曲げモーメント耐荷力及びせん断耐荷力不足に対する補強は、比較検討の結果、最も経済的なコンクリートによる部材の増厚で対応が可能である。

表 11.10 橋脚梁部の補強工法検討結果

補強工法	コンクリート 断面増加	FRP 接着	鋼板接着	プレストレス 導入
曲げモーメントに対する補強	梁側面（橋軸方向）へ断面を増加させることが可能である	上部工支承の取り合いから、梁上面にFRPを接着する施工は不可能	鋼板を接着する施工は不可能	梁側面（橋軸方向）に断面を増加させプレストレスを導入する
せん断力に対する補強	梁側面の断面を増加させることにより可能	梁側面にFRPを接着することにより可能	梁側面に鋼板を接着することにより可能	不可能
工費	低	中	中	高
評価	○	×	×	×

(2) 橋脚柱部

橋脚に対して想定される補強工法を、表11.11に示した。経済性および維持管理性から、コンクリート巻立てによる断面増加工法を採用する。

表 11.11 橋脚柱の補強工法検討結果

補強工法	断面増加 (コンクリート巻立)	鋼板接着	FRP 接着
河川流域内橋脚への適性	問題なし	錆による断面欠損 腐食対策が必要	流石等により損傷が発生 損傷に対する復旧費が高い、 不適
河積阻害	多少あり	無し	無し
工費	低	中	高
評価	○	△	×

なお、耐荷力は確保できているが、河川の流石による損傷を受けているNo.17、No.20橋の橋脚柱も、河川の流れの影響を受ける高さまでコンクリート巻立てによる防護工を設置する。

3) 基礎

活荷重の増加は、基礎の安全性まで影響を与えないが、上部工、下部工の死荷重増加及び地震荷重の影響により、No.20 橋以外の 9 橋で補強を必要とする。

(1) 直接基礎

直接基礎形式の 7 橋の内 6 橋で基礎の安定性の問題およびフーチング断面の耐荷力不足が生じた。安定対策としてはコンクリート構造によるフーチング幅の拡幅を行い、フーチング断面の耐荷力の補強はフーチングの増厚を行う。

(2) 杭基礎

杭基礎形式では、3 橋の内 2 橋で杭の耐荷力が、3 橋全てでフーチング断面の耐荷力が不足した。

杭基礎の耐荷力不足の補強策は既設部と同種の杭による増杭を基本として、No.19 Sarapiqui 橋 P1 橋脚杭基礎は、H 型鋼杭による増杭とフーチングの拡幅を行う。

現在の No.16 Nuevo 橋では、上部工の固定が P1 橋脚であるが、杭の耐荷力が不足するため増杭を必要とする。しかし、桁下の空間が狭く杭施工が困難であるため、表 11.12 に示すように、上部工の固定を補強工事の実施が可能な A1 橋台へ変更する。

表 11.12 No.16 Nuevo 橋杭基礎の補強工法検討結果

橋軸方向 固定条件	現在と同じ P1 橋脚で固定			固定点を A1 橋台へ変更	
	RC 打込杭 (既設と同様)	H 鋼杭	場所打ち杭	RC 打込杭 (既設と同様)	場所打ち杭
目的	固定条件を変更しないために P1 橋脚基礎の耐荷力を増加させる			P1 橋脚への作用力を低減させるために、 A1 橋台基礎の補強工事の可能性を検討する	
杭 種	RC 打込杭 (既設と同様)	H 鋼杭	場所打ち杭	RC 打込杭 (既設と同様)	場所打ち杭
フーチン グの拡幅	小	大	大	大	中
評価	桁下での杭打 込み不可能	桁下での杭打 込みには特殊 機械が必要 工費大	桁下での杭打 設には特殊機 械が必要 工費大	桁下の施工 不要	同左
	×	×	×	△	○採用

また、杭基礎を採用している全ての橋梁の基礎フーチングの耐荷力が不足しているため、上面増厚によりフーチングの補強を行うものとした。

4) 落橋防止装置

コ国の橋梁は、地震時の上部工落下への配慮がなされていないため、落橋防止対策を講ずることとし、施工性、経済性より、表 11.13 に示す落橋防止装置を設置するものとした。

表 11.13 採用した落橋防止装置

落橋防止装置	対象構造物構造形式
桁かかり長の確保	橋台、橋脚の沓座縁端拡幅
耐震連結装置	上部工と下部工をチェーンによって連結（鋼橋）
主桁移動制限装置	橋台、橋脚に主桁の移動を制限するコンクリートブロックを設置（コンクリート橋）

5) 舗装および橋梁付属物

(1) 舗装

コ国の多くの橋梁では、床版コンクリートの上部 1/2 インチ（約 13mm）の部分を舗装部分として考慮している。しかし、床版にクラックが発生した場合は、そこから水が浸透し床版の劣化を進行させる。

このため、床版の補強をおこなうに際し、床版の劣化防止対策として、床版上面へ防水工を施してアスファルト舗装をおこなうものとした。

(2) 橋梁付帯工

橋梁付帯工には、支承、伸縮装置、高欄等がある。一部、損傷、劣化しているものについては補修をするものとした。特に伸縮装置の損傷は、車両の通行車両の安全性、走行性、床版への衝撃緩和、および伸縮装置部からの漏水が主桁および支承の劣化に大きく影響するため、全ての伸縮装置について交換するものとした。

(3) 河床及びのり面防護工の検討

河床洗掘が見られる河川流域内の橋脚周辺に布団籠による洗掘防止を、橋台前面のり面が崩壊している場合には、練り石積みによるのり面防護を実施するものとした。

11.2 優先 10 橋に対する補修・補強設計

選定 10 橋の補修・補強工法を表 11.14、15 に総括した。また、10 橋梁の補修・補強設計の概要を表 11.16～25 に示す。

表 11.14 上部工補修、補強工法総括（○印は、補修・補強を実施する場合）

部位	補修、補強対策工	R1			R2			R4		R32		R216
		2	3	7	12	16	17	19	20	26	29	
		ST	ST	RI	SI	RI	RI	PB	SI	PB	SI	PI
床版	床版上面増厚			○		○						
	FRP 接着				○	○			○		○	
	取替え（PC 版）	○	○									
床組 鋼橋主桁	床組取替え	○	○	N/A		N/A	N/A	N/A		N/A		N/A
	部材断面増加		○	N/A		N/A	N/A	N/A	○	N/A		N/A
	部材追加	○		N/A		N/A	N/A	N/A		N/A		N/A
	鋼板取替え			N/A		N/A	N/A	N/A	○	N/A		N/A
	アウトケーブル			N/A	○	N/A	N/A	N/A	○	N/A		N/A
RC, PC 橋 主桁	桁高増加	N/A	N/A	○	N/A				N/A		N/A	
	FRP 接着	N/A	N/A		N/A		○		N/A		N/A	○
	鋼板接着	N/A	N/A	○	N/A	○			N/A		N/A	
橋梁 付属物	伸縮装置取替え	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	支承補修						○				○	
	高欄取替え	○	○									
舗装	アスファルト舗装	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	防水工	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

表 11.15 下部工補修、補強工法総括（○印は、補修・補強を実施する場合）

部位	補修、補強対策工	R1			R2		R4		R32		R216
		2	3	7	12	16	17	19	20	26	29
		ST	ST	RI	SI,RI	RI	PB	SI	PB	SI	PI
下部工	梁断面増加				○			○		○	○
	コンクリート巻き立て	○	○	○		○					○
	橋脚防護工							○		○	
基礎工	フーチング拡幅	○	○	○	○	○	○	○		○	○
	基礎杭増設	N/A	N/A	N/A	N/A	○	N/A	○	N/A		N/A
落橋 防止工	沓座拡幅、移動制限	○	○		○	○		○		○	○
	桁連結（チェーン）		○		○			○		○	
防護工	のり面防護（練石積み）	○			○	○					
	河床防護（布団籠）	○	○		○	○				○	○

表 11.16 No.2 Aranjuez 橋 補修・補強設計の概要

橋梁名：	Rio Aranjuez	路線	国道1号
橋梁形式：	3 径間連続 鋼トラス橋		
橋 長：	87.780m	支間割	24.40 + 39.01 + 24.40 m
	A1 橋台	P1 橋脚	P2 橋脚 A2 橋台
下部工形式	ラーメン	壁式	壁式 ラーメン
基礎形式	直接	直接	直接 直接
設計活荷重	HS15-S12		
<p>Technical drawings illustrating the bridge structure and proposed repair/reinforcement work. The main drawing shows the bridge spans, piers (Pier P1, Pier P2), and abutments (ABUTMENT A1, ABUTMENT A2). Key components and work items are labeled: 伸縮装置取替 (Expansion device replacement), アスファルト舗装床版防水工 (Asphalt paving and waterproofing of the deck), 床版取替 (Deck replacement), 高欄取替 (Guardrail replacement), コンクリート巻立 (Concrete casting), 落橋防止装置 (Falling bridge prevention device), のり面防護 (Roadway protection), 河床防護 (Riverbed protection), フーチング拡幅、増厚 (Pier foundation widening and thickening). Detailed cross-sections show 部材追加 (斜材) (Member addition (diagonal)), 床版取替 (Deck replacement), 横桁部材断面増加 (Increase in cross-section of transverse members), 縦桁取替 (Vertical member replacement), and 橋脚断面 (Pier cross-section) with dimensions for concrete casting and foundation widening/thickening.</p>			
上部工	床版	取替え (プレキャスト PC 版)	
	床組	縦桁：取替え 横桁：部材断面増加	
	主構	斜材：部材追加	
下部工	沓座部	落橋防止装置：A1,A2	
	柱	コンクリート巻立：P2 (1.66 x 6.71 m → 2.16 x 7.21 m)	
基礎工	フーチング	拡幅、増厚： P1 (3.05 x 7.32 x 1.52 m → 5.50 x 9.00 x 1.52m)	
		P2 (4.27 x 7.32 x 1.52 m → 11.50 x 13.00 x 2.20m)	
橋梁付属物	伸縮装置	取替：A1,A2 部	
	高欄	取替：鋼製高欄 (全長)	
舗装	アスファルト舗装：t=5cm、 防水工：床版全域		
防護工	のり面防護：練石積み (A1)		
	河床防護：布団籠 (A1, P1, P2)		

表 11.17 No.3 Abangares 橋 補修・補強設計の概要

橋梁名：	Rio Abangares	路線	国道1号
橋梁形式：	単純鋼トラス橋 x 2連		
橋長：	101.517 m	支間割	39.496 + 61.039 m
	A1 橋台	P1 橋脚	A2 橋台
下部工形式	ラーメン	壁式	ラーメン
基礎形式	直接	直接	直接
設計活荷重	HS15-S12		
上部工	床版	取替え (プレキャストPC版)	
	床組	縦桁：取替え 横桁：部材断面増加	
	主構	下弦材：部材断面増加 (カバープレート)、 門構：取替え	
下部工	沓座部	落橋防止装置：A1,P2,A2	
	柱	コンクリート巻立：P1 (1.75 x 5.98 m → 2.25 x 6.48 m)	
基礎工	フーチング	拡幅、	A1 (4.57 x 2.59 x 0.91 m → 7.50 x 4.50 x 0.91 m)
		増厚：	P1 (2.74 x 12.50 x 1.22 m → 6.50 x 12.50 x 1.50 m) A2 (5.49 x 3.05 x 1.22 m → 7.50 x 5.00 x 1.22 mm)
橋梁付属物	耐震連結	桁連結装置：チェーンタイプ	
	伸縮装置	取替：A1, P1, A2 部	
	高欄	取替：鋼製高欄 (全長)	
舗装	アスファルト舗装：t=5cm、 防水工：床版全域		
防護工	河床防護：布団籠 (P1)		

表 11.18 No.7 Azufrado 橋 補修・補強設計の概要

橋梁名：	Rio Azufrado	路線	国道1号
橋梁形式：	RC 3 径間連続ラーメン橋		
橋長：	31.390 m	支間割	5.790 + 19.810 + 5.790 m
	P1 橋脚	P2 橋脚	
下部工形式	壁式	壁式	
基礎形式	直接	直接	
設計活荷重	HS15-S12		
上部工	床版	床版上面増厚 (9cm)	
	主桁	曲げ：桁高増加(30cm、中間橋脚付近 5.4m 範囲) 鋼板接着 (b=40cm,t=9.5mm、中央支間中央 7.20m) せん断：鋼板接着(b=30cm,t=6.4mm、橋脚付近中央支間側 4.90m)	
下部工	柱	コンクリート巻立：P1,P2 (1.67 x 0.48 m x 4 → 1.83 x 0.98 m x 4)	
基礎工	フーチング	拡幅、増厚： P1, P2 (1.83 x 8.23 x 0.76 m → 5.83 x 8.23 x 1.06 m)	
橋梁付属物	伸縮装置	取替：A1, A2 部	
舗装		アスファルト舗装：t=5cm、 防水工：床版全域	

表 11.19 No.12 Puerto Nuevo 橋 補修・補強設計の概要

橋梁名：	Rio Puerto Nuevo	路線	国道2号			
橋梁形式：	単純鋼I桁橋 x4連 + 単純RCI桁橋					
橋長：	104.890 m	支間割	21.34 x 3 + 24.38 + 15.240 m			
	A1 橋台	P1 橋脚	P2 橋脚	P3 橋脚	P4 橋脚	A2 橋台
下部工形式	ラーメン	梁付円柱	梁付円柱	梁付円柱	梁付円柱	ラーメン
基礎形式	直接	直接	直接	直接	直接	直接
設計活荷重	HS15-S12					
上部工	床版	FRP 接着 (上面、下面、各2層)				
	主桁	鋼I桁 アウトケーブル設置、 (70ft桁: 1500kNx2+ 570kNx2, 80ft桁: 940kNx2 +740kNx2) RCI桁 曲げ: 鋼板接着 (b=40cm,t=9.5mm、中央11.6m)、 せん断: 鋼板接着 (b=40cm,t=6.4mm、端部から4.8m)				
下部工	沓座部	落橋防止装置: A1,P1,P2,P3,P4,A2				
	梁	断面増加: P2,P3,P4 (0.91 x 1.83 m → 1.96 x 1.83 m)				
基礎工	フーチング	幅、 増厚:				
		P1 (4.57 x 4.57 x 1.22 m → 7.50 x 7.50 x 1.50 m) P2 (5.49 x 5.49 x 1.50 m → 6.00 x 6.00 x 1.50 m) P3 (5.03 x 5.03 x 1.22 m → 6.50 x 6.50 x 1.50 m) P4 (4.57 x 4.57 x 1.22 m → 5.50 x 5.50 x 1.50 m) A2 (3.35 x 2.44 x 0.91 m → 0.45 x 2.50 x 0.91 m)				
橋梁付属物	耐震連結	桁連結装置: チェーンタイプ (A1, P1, P2, P3, P4, A2 部)				
	伸縮装置	取替: A1, P1, P2, P3, P4, A2 部				
舗装	アスファルト舗装: t=5cm、 防水工: 床版全域					
防護工	のり面防護: 練石積み (A1:150m ³)					
	河床防護: 布団籠 (P1)					

表 11.20 No.16 Nuevo 橋 補修・補強設計の概要

橋梁名：	Rio Nuevo	路線	国道2号
橋梁形式：	3径間連続RCI桁橋		
橋長：	55.480 m	支間割	17.07 + 21.34 + 17.07 m
	A1 橋台	P1 橋脚	P2 橋脚
下部工形式	逆T式	中壁付ラーメン	中壁付ラーメン
基礎形式	杭基礎(RC 杭)	杭基礎(RC 杭)	杭基礎(RC 杭)
設計活荷重	HS15-S12		
<p>Technical drawing showing the bridge deck and foundation details. It includes labels for 'アスファルト舗装' (Asphalt paving), '床版防水工' (Deck waterproofing), '床版上面増厚' (Deck top thickening), '伸縮装置取替' (Expansion device replacement), 'コンクリート巻立' (Concrete casting), 'FRP接着' (FRP bonding), and 'のり面防護' (Slurry surface protection). Dimensions and component names like 'BASTION No.1', 'PILA No.1', and 'PILA No.2' are also shown.</p>			
上部工	床版	床版上面増厚 (9cm)	
	主桁	曲げ：FRP接着 (b=48cm, 6層、両側径間中央 3.70m) せん断：FRP接着 (b=30cm, 1層、両桁端部 4.0m, 支点付近両側各 8.50m)	
下部工	沓座部	落橋防止装置：A1, A2	
	脚柱	コンクリート巻立：P2, P3 (開口部閉鎖)	
基礎工	フーチング	拡幅、A1 (1.52 x 9.04 x 0.91 m → 6.02 x 9.50 x 1.80 m) 増厚：P1 (3.67 x 2.74 x 0.91 m x 2基 → 4.67 x 8.77 x 1.21 m、一体化) P2 (2.74 x 2.74 x 0.91 m x 2基 → 4.67 x 8.77 x 1.21 m、一体化)	
	基礎杭	増杭：A1 橋台、RC 場所打ち杭(D=1000mm x 8本)	
橋梁付属物	支承	補修 (固定位置 P1 から A1 へ変更)	
	伸縮装置	取替：A1, A2 部	
舗装	アスファルト舗装：t=5cm、防水工：床版全域		
防護工	のり面防護：練石積み (A1: 230m ³ , P1&P2: 60m ³ , A2: 230m ³)		
	河床防護：布団籠 (A1, P1, P2, A2)		

表 11.21 No.17 Chirripo 橋 補修・補強設計の概要

橋梁名：	Rio Chirripo	路線	国道 4 号	
橋梁形式：	3 径間連続 PC 箱桁橋			
橋 長：	175.800 m	支間割	46.500 + 82.800 + 46.500 m	
	A1 橋台	P1 橋脚	P2 橋脚	A2 橋台
下部工形式	ラーメン	壁式	壁式	ラーメン
基礎形式	直接基礎	直接基礎	直接基礎	直接基礎
設計活荷重	HS-20			
上部工	-			
下部工	脚柱	コンクリート防護工：P1,P2 (25cm 厚、河床面付近 5m 高さ)		
基礎工	フーチング	拡幅 P1 (9.50 x 10.50 x 2.50 m → 11,0 x 11.3 x 2.50 m) P2 (9.50 x 10.50 x 2.50 m → 11,0 x 11.3 x 2.50 m)		
橋梁付 属物	伸縮装置	取替：A1, A2 部		
舗装		アスファルト舗装：t=5cm、 防水工：床版全域		

表 11.22 No.19 Sarapiqui 橋 補修・補強設計の概要

橋梁名：	Rio Sarapiqui	路線	国道4号
橋梁形式：	3径間ゲルバータイプ 鋼I桁橋		
橋長：	100.955 m	支間割	22.276 + 55.000 22.281 m
	A1 橋台	P1 橋脚	P2 橋脚
下部工形式	逆T式	梁付柱式	梁付柱式
基礎形式	杭基礎(H鋼)	杭基礎(H鋼)	杭基礎(H鋼)
設計活荷重	HS15-S12		

Technical drawing details:
 - Total Length: 100955
 - Spans: 22276, 55000, 22281
 - Key components: アスファルト舗装, 床版防水工, FRP接着, 伸縮装置取替, 鋼板取替, 部材補強, 梁断面増加, アウトケーブル, フーチング拡幅、増厚, 増杭, 落橋防止装置, Abutment No. 1, Pier No. 1, Pier No. 2, Abutment No. 2.

上部工	床版	FRP接着 (上面、下面、各2層)
	主桁	アウトケーブル設置、 (中央径間中央: 260 kNx5, 中間支点上: 260kNx10 x 2 箇所)
下部工	沓座部	落橋防止装置: A1,P1,P2
	梁	断面増加: P1,P2 (b=0.9m → 1.50m)
基礎工	フーチング	拡幅、 P1 (2.20 x 6.90 x 2.00 m → 5.40 x 8.90 x 2.50 m) 増厚: P2 (3.05 x 9.80 x 2.00 m → 5.05 x 11.80 x 2.50 m)
	基礎杭	増杭: P1 橋台、H鋼杭(12BP53 L=13.3mx 16本)
橋梁付 属物	耐震連結	桁連結装置: チェーンタイプ (200kN, A1,A2)
	伸縮装置	取替: A1, A2 部
舗装		アスファルト舗装: t=5cm、 防水工: 床版全域

表 11.23 No.20 Sucio 橋 補修・補強設計の概要

橋梁名：	Rio Sucio	路線	国道 32 号
橋梁形式：	3 径間連続 PC 箱桁橋		
橋 長：	187.500 m	支間割	55.500 + 102.000 + 30.000 m
	A1 橋台	P1 橋脚	P2 橋脚
下部工形式	ラーメン	円柱式	壁式
基礎形式	直接基礎	直接基礎	直接基礎
設計活荷重	HS-20		
上部工	-		
下部工	脚柱	コンクリート防護工：P1,P2（25cm 厚、河床面付近 5m 高さ）	
基礎工	-		
橋梁付属物	伸縮装置	取替：A1, A2 部	
舗装		アスファルト舗装：t=5cm、 防水工：床版全域	

表 11.24 No.26 Chirripo 橋 補修・補強設計の概要

橋梁名：	Rio Chirripo	路線	国道 32 号					
橋梁形式：	6 径間連続鋼 I 桁 + 単純鋼 I 桁橋							
橋 長：	416.000 m	支間割	59.5+67.0+73.0x2+67.0+59.5+16.23 m					
下部工形式	P1 橋脚	P2 橋脚	P3 橋脚	P4 橋脚	P5 橋脚	P6 橋脚	P7 橋脚	A2 橋台
基礎形式	梁付柱式	梁付柱式	梁付柱式	梁付柱式	梁付柱式	梁付柱式	梁付柱式	ラーメン
設計活荷重	HS20							
上部工	床版	FRP 接着 (上面、下面、各 2 層)						
下部工	沓座部	落橋防止装置： P1,P7,A2						
	梁	断面増加： P4 (1.50 x 2.40 m → 2.10 x 2.40 m)						
基礎工	フーチング	拡幅、 増厚： P1,P7 (2.20 x 7.30 x 1.80 m → 4.20 x 9.30 x 2.30 m) P2,P6 (2.80 x 7.70 x 2.00 m → 4.80 x 9.70 x 2.50 m) P3,P4,P5 (5.20 x 8.20 x 2.00 m → 7.20 x 10.20 x 2.50 m)						
		桁連結装置： チェーンタイプ (A1, P7, A2 部)						
橋梁付属物	伸縮装置	取替： P1, P7, A2 部						
舗装	アスファルト舗装： t=5cm、 防水工： 床版全域							
防護工	河床防護： 布団籠 (P2, P3, P4)							

表 11.25 No.29 Torres 橋 補修・補強設計の概要

橋梁名：	Rio Torres	路線	国道 216 号	
橋梁形式：	PC I 桁橋 x 3 連			
橋 長：	66.456 m	支間割	30.000 + 17.000m x 2	
	A1 橋台	P1 橋脚	P2 橋脚	A2 橋台
下部工形式	梁付柱式	梁付柱式	梁付柱式	ラーメン
基礎形式	直接基礎	直接基礎	直接基礎	直接基礎
設計活荷重	HS20			

上部工	主桁	曲げ：FRP 接着（30m 桁、支間中央 13.0m） せん断：FRP 接着（30m 桁、桁端部付近各 5.0m、17m 桁、15.0m）	
下部工	沓座部	落橋防止装置： A1,P1,P2,A2	
	梁	断面増加： P1, P2 (1.10 x 2.25 m → 1.90 x 2.25 m)	
基礎工	フーチング	拡幅、 増厚：	A1: (6.00 x 3.50 x 1.00 m → 6.50 x 4.00 x 1.00 m) P1: (7.50 x 7.50 x 1.10 m → 8.00 x 8.00 x 1.10 m) A2: (3.50 x 2.00 x 0.90 m → 4.50 x 3.00 x 0.90 m)
		脚柱	コンクリート巻立： P1 (D=1.50m → 2.00m)
橋梁付属物	伸縮装置	取替： A1, P1, P2, A2 部	
舗装	-	アスファルト舗装： t=5cm、 防水工：床版全域	
防護工	-	河床防護：布団籠 (P1)	

第12章 概略施工計画・積算

12.1 施工計画

対象橋梁は、コ国内において重要度の高い幹線道路上に位置することを考慮し、施工期間中であっても、片側車線は一般車両の通行を確保することを基本として施工計画を策定した。施工期間はその条件を考慮して計画した。

12.2 概算事業費

概算事業費は下記項目から構成される。

直接経費

- 工事費
 - ・ 現場仮施設建設/撤去費
 - ・ 交通規制/管理費
 - ・ 補修・補強費
- 資機材運搬費 : 今積算では建設費の5%を計上

間接経費

- 予備費 : 今積算では、直接経費の5%を計上
- 一般管理費 : 今積算では、(直接経費 + 予備費)の10%を計上
- 施工会社利益分 : 今積算では、(直接経費 + 予備費 + 一般管理費)の10%を計上

各橋梁の施工期間および概算事業費を表12.1に示す。

表 12.1 調査対象橋梁施工期間・概算事業費

路線番号	橋梁番号	橋梁名	施工期間(日)	事業費(USドル)
1	2	Rio Aranjuez	120	1,291,000
	3	Rio Abangares	140	1,372,000
	7	Rio Azufrado	100	432,000
2	12	Rio Puerto Nuevo	190	1,371,000
	16	Rio Nuevo	140	661,000
4	17	Rio Chirripo	80	485,000
	19	Rio Sarapiqui	160	1,108,000
32	20	Rio Sucio	60	360,000
	26	Rio Chirripo	145	3,270,000
218	29	Rio Torres	140	557,000
10 橋合計				10,907,000

第13章 経済分析

13.1 橋梁維持管理に関する経済分析の実施方針

本調査における経済分析は、1) 橋梁維持管理に適した手法の検討、2) 選定した10橋に対する経済分析の実施、および3) 他の橋梁への適用可能な手法の構築を目的に実施した。具体的な実施方針は、以下のとおりである。

- ・ コ国における、インフラ関連の経済分析手法（特に道路建設）を把握し、橋梁の維持・補修に関わる経済分析を試算すること。
- ・ 経済分析の結果が、統合モジュラー・プロジェクト5「広報・啓蒙活動促進プロジェクト」に活用可能な基礎資料となることを考慮して分析すること。
- ・ 経済分析は、橋梁ごとに補修・補強の実施に伴い発生する費用・便益を算出することにより実施すること。

本調査では、経済関連パラメータ等を把握するため、コ国で実施された道路建設・拡幅事業に関する2つのF/S報告書を入手し、それらの結果を参考にした。

プロジェクト費用・便益は、橋梁維持管理を実施する場合（with case）と、実施しない場合（without case）にもとづいて検討することとした（下表参照）。プロジェクト便益は、プロジェクトを実施しない場合に発生する諸費用が、プロジェクトを実施することにより軽減した分で評価することとした。なお、これらの費用は、それぞれの橋梁で起こりうる「将来シナリオ」を想定して算出することとした。

表 13.1 費用・便益の考え方

	With Case	Without Case
想定されるシナリオ	補修・補強を実施する → 寿命延命化 → 耐震化	補修・補強を実施しない → 寿命となる → 地震発生時に落橋する
発生費用	① 工事費用（補修・補強時） ② 社会費用（工事中の通行止めや通行規制による迂回・待ち時間）	Type A 橋梁寿命によるシナリオ ① 工事費用（再架橋） ② 社会費用（通行止め等による迂回） Type B 地震によるシナリオ ① 工事費用（緊急復旧・再架橋） ② 社会費用（通行止め等による迂回）
プロジェクト便益	Without Case での発生費用の相当分	

このコンセプトによる費用・便益の発生状況を図 13.1 に示す。なお便益の発生は、シナリオにより想定された発生事項ごとに現れるものであり、以下の特徴がある。

- ・ 橋の寿命に起因する便益は、シナリオごとにある時期に1度発生する。
- ・ 地震に起因する便益は、地震の発生時期が確定できないため、地震発生確率の概念を用いて算出する。

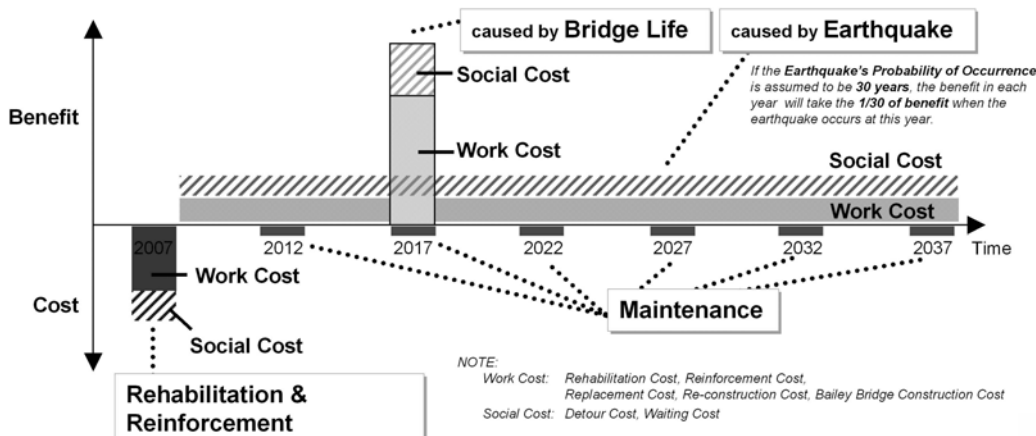
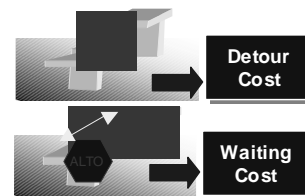


図 13.1 費用・便益の発生イメージ

本調査では、評価期間を 30 年とした。これは既に数十年経過した橋梁の寿命が今後 30 年程度と想定されることや、地震の発生確率が 30～50 年程度であるためである。

13.2 社会費用

橋梁の維持管理における社会費用は、落橋などにより通行止めになった際の迂回費用や、工事期間中の片側通行による待ち時間費用により算出した。



迂回費用や待ち時間費用の算出には、将来の交通量の推計値や各種単価（VOC：車両運行費用、TTC：旅行時間費用）が必要である。これらは、MOPT 計画局により各種調査が実施されており、本調査ではこれらをレビューした上で適用した。また、物流の時間価値は、道路コンセッション事業の F/S 調査結果をもとに適用した。各詳細は、以下のとおりである。

交通需要予測	MOPT 計画局による過去の交通量データをもとに、トレンド法を用いて予測
VOC & TTC	MOPT 計画局によるこれまでの調査結果を採用
迂回条件	橋梁位置をもとに、現況の道路ネットワークをふまえて設定
待ち時間費用	交通量をもとに片側通行規制時の平均待ち時間を算出し、工事期間とあわせて算出

次ページに、試算として実施した、**通行止め 1 日あたりの社会費用** の結果を示す。選定された 10 橋は、それぞれ交通量や迂回条件などが異なるため、社会費用も異なった値を示している。なお、国道 32 号は 5 軸（トレーラー）の車種構成比率が大きいため、物流の時間価値に起因する社会的損失の割合が高いことが分かる。

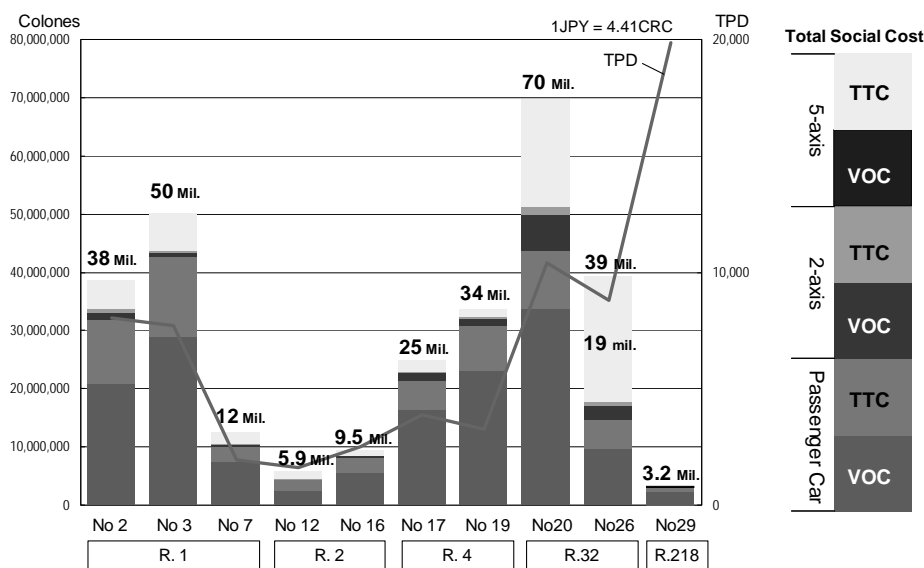


図 13.2 社会費用「通行止め1日あたり」の試算結果

13.3 シナリオ設定

補修・補強をしない場合 (without case) において、供用不能になるまでのシナリオを、供用年数や現況調査結果をもとに、橋梁ごとに工学的判断により設定した。

シナリオは、前述のとおり、橋梁寿命によるものと地震によるものを設定した。

橋梁寿命によるシナリオは、現状の損傷度の進展度合いをもとに、各部材が供用に適さなくなる時期を想定・予測して設定した。一方、地震によるシナリオは、地震の発生確率を仮定し、各年に地震発生確率を乗じて設定した。これらのシナリオは、各年の交通（予測交通量）に対して影響を与えるものとした。主なシナリオの種類を下図に示す。

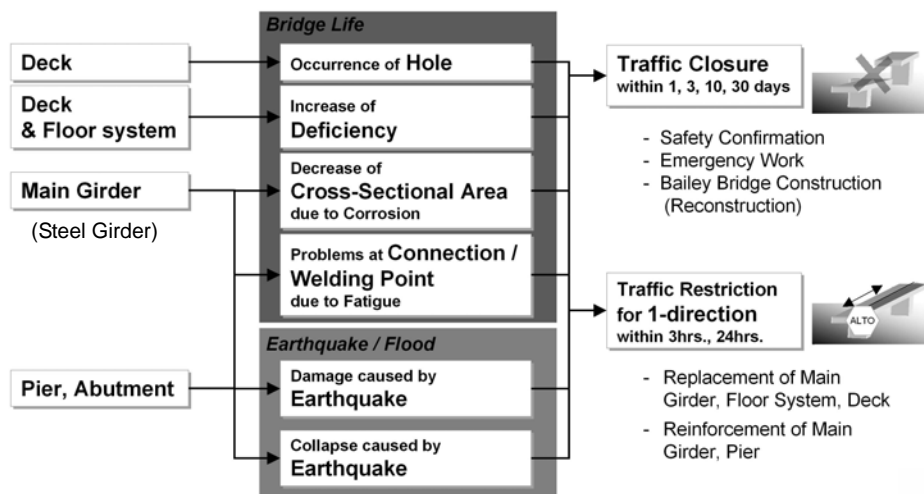
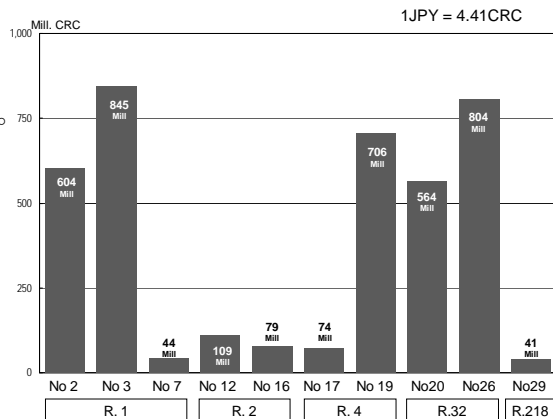


図 13.3 想定されるシナリオの種類

13.4 補修・補強による純社会便益

選定された10橋梁に対する、橋梁ごとのシナリオを考慮した際の純社会便益を右図に示す。Abangares 橋 (No.3) と Chirripo 橋 (No.26) が高い値 (約 1.9 億円, 約 1.8 億円) を示しており、シナリオで設定した事象が発生した場合、社会的な影響が高いことを示している。これらは、国際幹線道路として重要な路線 (国道1号、32号) であると共に、迂回路が遠いもしくは無いなど、リダンダンシーが欠如しているのが要因である。



注) 純社会便益: 補修・補強工事による「社会便益」から、補修・補強工事中に発生する「社会費用」を差し引いたもの

図 13.4 純社会便益額

(2007年価格 割引率=12%)

13.5 工事費用

橋梁維持管理にかかるプロジェクト費用 (工事費用) は12章で算出されているが、経済分析の際には、経済価格への調整が必要となる。そのため、輸出可能財については、関連調査およびインタビュー結果をもとに標準変換係数 = 0.83 を用いて調整するとともに、税の控除については、税率 13% を用いて調整をおこなった。

また、維持管理費は、定期・詳細点検、舗装打ち替えおよび部材補強等など、各橋梁形式や経過年数などを考慮して設定し、with case の費用として加えた。

なお、通貨レートは、1USD = 515.8CRC, 1USD = 116.91JPY, および 1JPY = 4.41CRC を採用し、内貨による評価とした。

13.6 経済分析

10橋の経済分析の結果 (内部収益率: EIRR) は右に示すとおりとなる。EIRR が 20% を上回るものが 8 橋存在し、これらは、国民経済的には採算がとれるものと判断できる。また、2橋 (Azufrado 橋 (No.7)、Chirripo 橋 (No.17)) の EIRR は低い (5.5%、10.2%) もの、本調査はあくまで諸々の仮定の上での算出結果であるため、この結果のみで、補修・補強実施の是非を決めるべきではないと判断する。

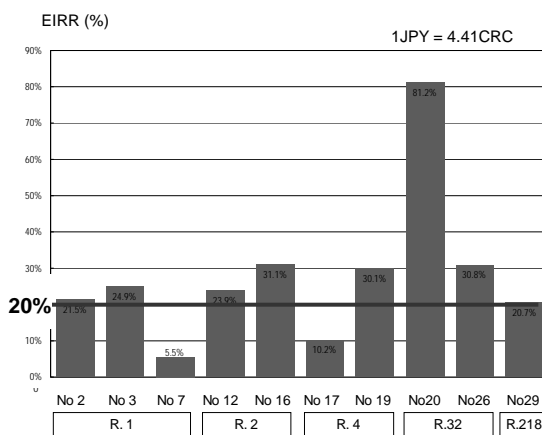


図 13.5 10橋の内部収益率 (EIRR)

また、次ページに、上記 2 橋を除く 8 橋の純現在価値 (NPV) を割引率 12% として算出した。NPV が高い順としては、Chirripo 橋 (No.26)、Puerto Nuevo 橋 (No.12) および Sucio 橋 (No.20) となった。これは、国民経済的な観点からは、補修・補強効果が高い順と言う

ことができる。以下に NPV の結果を示す。

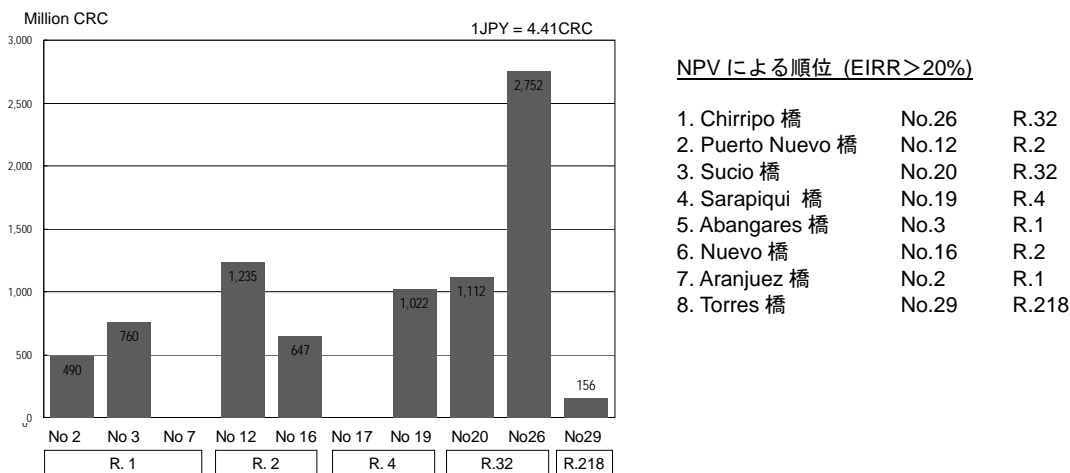


図 13.6 10 橋の準現在価値 (NPV) および順位 (割引率 12%)

以下に、NPV が最も高い Chirripo 橋 (No.26) のシナリオを、次ページに費用便益表を示す。

表 13.2 Chirripo 橋 (No.26) のシナリオ

費用	補修・補強費	床版補強 (FRP), 落橋防止 (桁掛長確保, チェーン), エキスパンションジョイント取替え, アスファルト舗装, 防水層設置, 橋脚梁部の増厚, 基礎の拡幅 (社会費用: 片側通行 100 日)
維持管理費	定期点検 (5 年ごと), 詳細点検 (10 年ごと) 床版補修 (注入) オーバーレイ, エクスパンションジョイント取替え, 舗装打替え, 橋脚防護工	
便益	シナリオ①	15 年後に損傷が進み通行不能となる (床版) 社会費用: 30 日間通行止め 工事費用: ベーリー架設, 床版取替え
	シナリオ②	20 年後に腐食が進み断面不足となる (主桁) 社会費用: 片側通行 (3 時間, 7 日間) 工事費用: 主桁補強
	シナリオ③	30 年後に疲労破壊が生じる (主桁連結部) 社会費用: 24 時間の通行止めによる安全確認+片側通行 (3 時間, 7 日間) 工事費用: カバープレート取り付け
	シナリオ④	30 年以内に発生する地震により落橋する (側径間) 社会費用: 30 日間通行止め 工事費用: ベーリー架設, 再架橋

なお、感度分析結果を下表に示す。費用および便益の増減に対する感度は低く、損益分岐点は費用は 2.8 倍程度、便益は 0.3 倍程度となっている。なお、社会費用を考慮しない場合、EIRR は 30.8% から 27.0%、NPV は 2,752 million CRC から 1,948 million CRC に減少する。

表 13.3 Chirripo 橋 (No.26) の感度分析結果

シナリオ	EIRR	NPV (million CRC)	損益分岐点 (費用便益均衡係数)
費用	+10%	2,607	Base * 2.8877
	+20%	2,461	
便益	-10%	2,331	Base * 0.3463
	-20%	1,910	

表 13.4 Chirripo 橋 (No.26) の費用・便益表 (EIRR・NPV)

		Costs			Benefits			Results
		Work		Total Cost	Social		Total Benefit	Net Benefit
year		Rehabil. & Reinf.	Maintenance	(A)	Scenario 1 to 5	Scenario 1 to 5	(B)	(B-A)
1	2007	1,355,277,221		1,366,715,214				-1,366,715,214
2	2008			0	343,814,571	41,049,885	384,864,456	384,864,456
3	2009			0	343,814,571	42,732,137	386,546,708	386,546,708
4	2010			0	343,814,571	44,414,388	388,228,959	388,228,959
5	2011		31,000	31,000	343,814,571	46,096,640	389,911,211	389,880,211
6	2012			0	343,814,571	47,778,891	391,593,462	391,593,462
7	2013		25,619,012	25,619,012	343,814,571	49,461,142	393,275,713	367,656,701
8	2014			0	343,814,571	51,143,394	394,957,965	394,957,965
9	2015			0	343,814,571	52,825,645	396,640,216	396,640,216
10	2016		168,000	168,000	343,814,571	54,507,897	398,322,468	398,154,468
11	2017			0	343,814,571	56,190,148	400,004,719	400,004,719
12	2018			0	343,814,571	57,872,399	401,686,970	401,686,970
13	2019			0	343,814,571	59,554,651	403,369,222	403,369,222
14	2020		25,619,012	25,619,012	343,814,571	61,236,902	405,051,473	379,432,461
15	2021		283,132,225	283,132,225	3,088,479,607	1,950,493,762	5,038,973,369	4,755,841,145
16	2022			0	343,814,571	64,601,405	408,415,976	408,415,976
17	2023			0	343,814,571	66,283,656	410,098,227	410,098,227
18	2024			0	343,814,571	67,965,908	411,780,479	411,780,479
19	2025			0	343,814,571	69,648,159	413,462,730	413,462,730
20	2026		168,000	168,000	989,167,656	71,331,369	1,060,499,024	1,060,331,024
21	2027		25,619,012	25,619,012	343,814,571	73,012,662	416,827,233	391,208,221
22	2028			0	343,814,571	74,694,913	418,509,484	418,509,484
23	2029			0	343,814,571	76,377,165	420,191,736	420,191,736
24	2030			0	343,814,571	78,059,416	421,873,987	421,873,987
25	2031		31,000	31,000	343,814,571	79,741,668	423,556,238	423,525,238
26	2032			0	343,814,571	81,423,919	425,238,490	425,238,490
27	2033			0	343,814,571	83,106,170	426,920,741	426,920,741
28	2034		25,619,012	25,619,012	343,814,571	84,788,422	428,602,993	402,983,980
29	2035			0	343,814,571	86,470,673	430,285,244	430,285,244
30	2036		283,269,225	283,269,225	348,540,475	167,148,694	515,689,169	232,419,945

EIRR = 30.8%

NPV at 12% = 2,752,424,784 Colones

