

第Ⅲ部 アヤラ橋のフィージビリティ調査

12. 歴史的背景

1871年、パッシング川の兩岸を結ぶ2橋梁の建設が表明された。第1橋はパッシング川中央部にあるコンバレセンシア島とサンミゲルのアラバルに架橋するものであり、第2橋はコンバレセンシア島とコンセプション地域に架橋するものであった。

この架橋工事は1872年に開始され、アヤラ橋は、1880年に一般市民の使用に提供され、コンバレセンシア橋と呼ばれた。数年後には、この橋梁はアヤラ橋と呼ばれるようになった。

アヤラ橋が1876年に建設されたときは、3連の低いアーチ橋で橋面の位置も低かった。橋梁断面を構成していた部材は木製であった。1882年、本橋梁の補修工事が実施されたが、不十分であり、1889年になって本格的な補修工事が実施された。

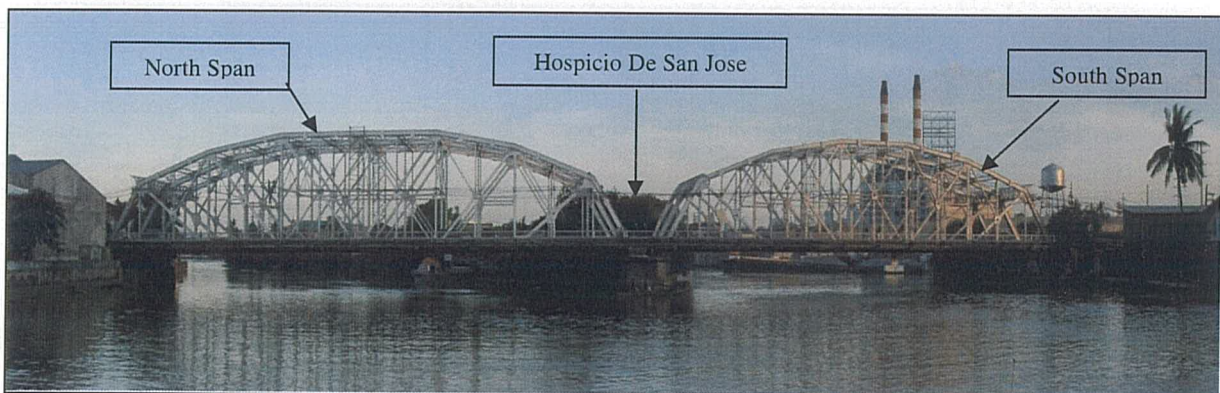
アメリカ合衆国統治時代の初期に、古い橋梁から新しい鋼橋への置き換え工事が提案された。新橋梁の建設は1906年3月に開始された。橋梁は、ピン支承を有する連続リベット構造であり、曲線の上弦材を有する2径間2主構・鋼トラス橋であった。この新橋梁は、1906年8月13日に一般市民の使用に提供され、現在のアヤラ橋の基本形状となっている。

第2次世界大戦終結後の1950年に、置き換え工事および新橋梁の建設工事が実施された。アヤラ橋は引き続き1906年の姿を保ち、現在に至っている。

国立歴史研究所(NHI)は、ECCの発行を保証する政府機関のひとつであるが、アヤラ橋を歴史的構造物としてリストアップしている。NHIは、この歴史的遺産を後世に残すべきと主張している。



スペイン統治時代の古いアヤラ橋 (1890)



現在のアヤラ橋

13. 橋梁の健全度調査と試験

近接目視点検

目的

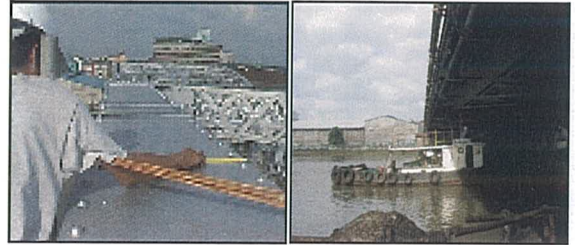
- 構造物の損傷と欠陥の発見
- 損傷のレーティングで、損傷の程度を判定
- デジタル写真やビデオを含む詳細な記録の作成

点検調査の結果

- 北側スパンを通過する交通車両による異常なたわみ
- 下弦材の連結部で著しい断面欠損
- 横桁の著しい腐食
- 北側スパン縦桁の橋台付近での完全な破損
- 南側スパンの対傾構と北側スパンの縦桁の紛失
- 部材継手部での著しい腐食
- クラックや著しい腐食による鋼製支承の機能不全
- 下部構造の微小なクラック
- 全体的に健全であるが、上弦材継手部の軽微な腐食の散見

形状寸法調査

調査は、橋梁部材の寸法および橋梁を構成している部材断面の特性・要素についての情報を提供するために実施した。



タグボートによる部材の測定

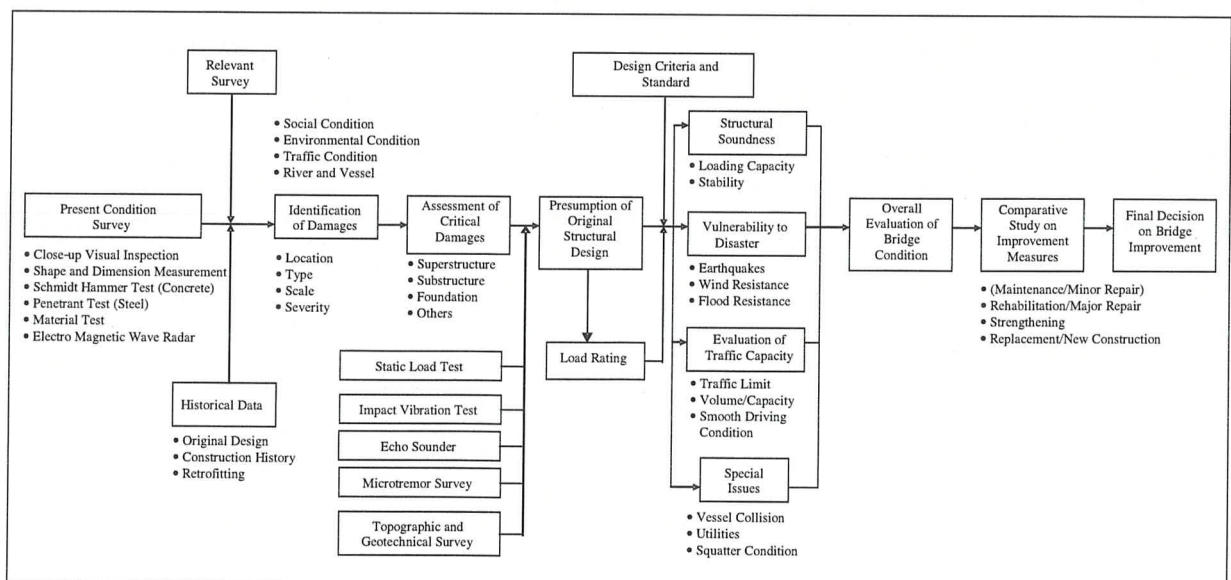
この調査の結果は、元設計における形状寸法の推定（復元設計）と構造解析に利用した。

非破壊試験

非破壊試験は、材料の特性と損傷に関する情報を提供するために実施したものであり、目視点検では観察されないものが対象であった。鋼材とコンクリート部材に対して次の試験を実施した。

- 反発硬度法（鋼材）
- 超音波探傷試験
- 浸透探傷試験
- 圧縮試験（コンクリート）
- 超音波法
- 中性化試験及び塩化イオン含有量試験

これらの試験結果を、構造解析に反映した。



アラヤ橋の調査フロー

特殊試験

静的載荷試験

目的

- 載荷時のたわみとひずみの計測
- 試験結果と構造解析結果との比較

試験用トラックの段階荷重

- ステップ - 1 : (12.5 Tons)
- ステップ - 2 : (25 Tons)
- ステップ - 3 : (40.7 Tons)

静的載荷試験によるたわみの計測

段階荷重 No. 3 における西側トラスの最大たわみは車道中央で 7mm であった。

静的載荷試験によるひずみの計測

ストレインゲージによって計測されたひずみはきわめて小さく $0.6\mu\epsilon$ から $6.2\mu\epsilon$ であった。

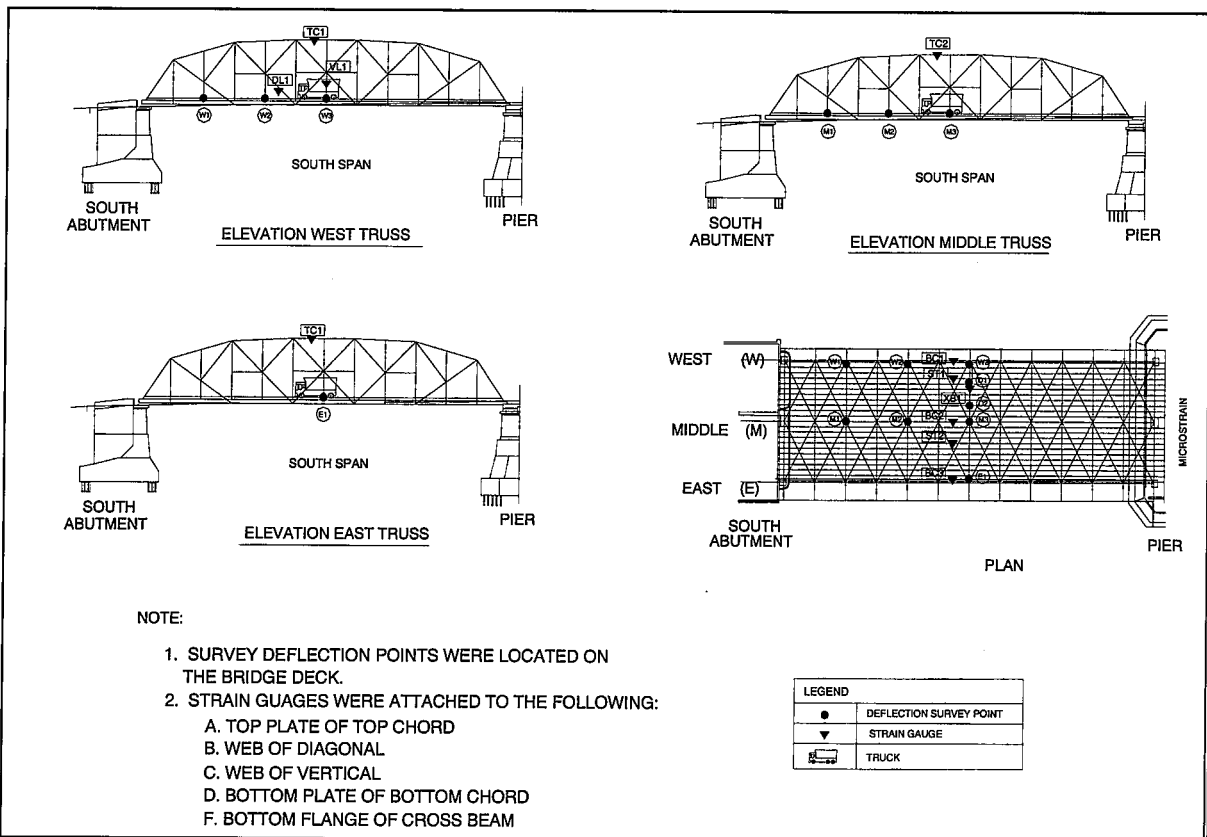
常時微動観測調査

目的

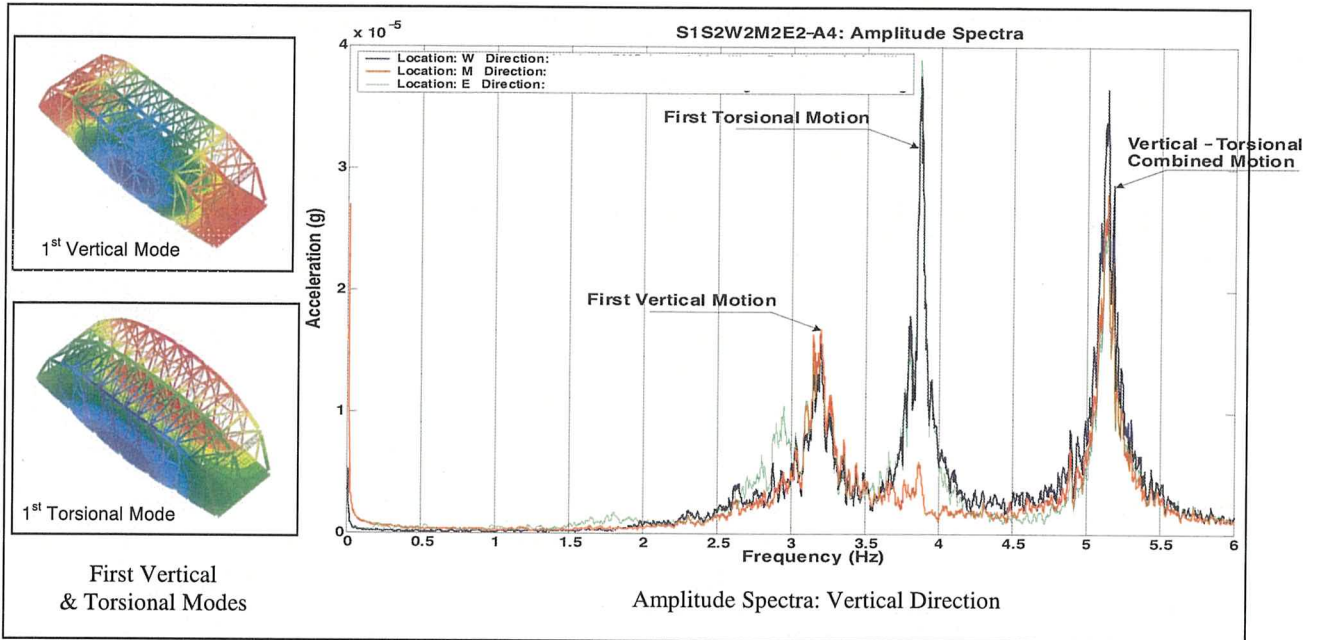
- 構造物をモデル化した際に考慮した死荷重と活荷重 (MS18 車線載荷) による変形モードを明らかにすること。
- 下部構造の衝撃振動試験が、上部構造の鉛直振動モードと連動し、橋脚の固有振動数とは連動していないことを確認すること。

測定した固有振動数

- 南側スパンで、1次鉛直モードの固有振動数は 3.2Hz、また1次ねじりモードの固有振動数は 3.9Hz であった。
- 北側スパンで、1次鉛直モードの固有振動数は 2.7Hz、また1次ねじりモードの固有振動数は 3.4Hz であった。
- ロードレイティング解析では、これらの固有振動数に適合するようにモデル化した。



たわみ測定点とストレインゲージの設置位置



常時微動観測調査によるモードと振動数

下部構造に対する衝撃振動試験*

目的

- 橋脚の固有振動数に着目した下部構造の健全度の評価
- 安定解析と試験結果との比較

衝撃用重錘

中央トラスの中心線に衝撃を与える位置とした。約 100kg の重錘で橋脚側面に水平方向の衝撃を与えた。重錘の衝撃面には、橋脚を痛めないようにゴムを設置した。



黄色重錘の衝撃頭部

*JR 総研で開発された手法であり、鉄道橋の下部工の劣化診断に広く使われている。

下部構造健全度の判断

橋脚の健全度の判断は、衝撃振動試験の結果と固有値解析の結果得られた固有振動数とを比較することによって得られる。

健全度判定指標 (k) は、衝撃振動試験で得られた固有振動数と解析結果で得られた固有振動数の比率で定義される。

下部構造健全度の基準

Rating Index(k)	Rating	Action
0.7 or Less	A (A1)	In dangerous condition to abnormal external forces. Improvement work is required.
0.85 or less		(A2) To conduct follow-up test to check the progress of deterioration.
0.86 or more	B	No problem at present

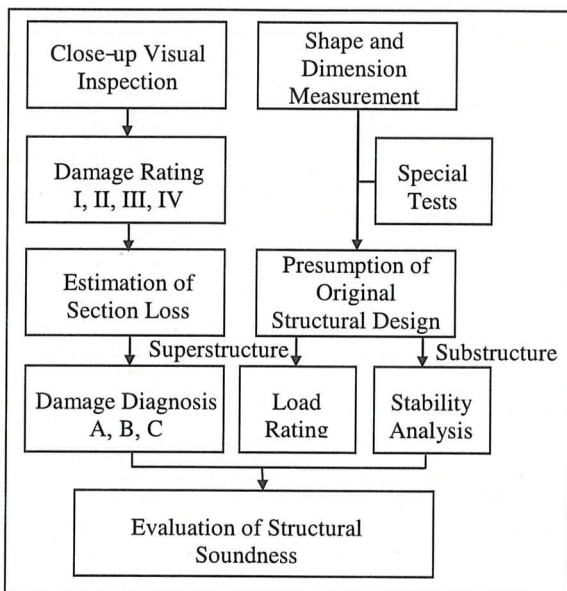
構造物の健全度に対する判定基準値

Natural Frequency		Rating Index	Judgment
Analysis	Test		
15.2 Hz	17 Hz	1.12	B : No Problem at Present

14. 健全度の現状評価

損傷レイティングと診断

近接目視点検により、損傷は、損傷の位置あるいはパターン (X)、損傷の深さ (Y) 又は損傷の広がり (Z) で評価され、更に損傷判定 (I, II, III および IV) に分類される。更に、損傷に対応した処置内容を評価して A, B および C に分類した。




損傷の評価手法

定性的損傷判定法は、橋梁改善工事の必要性を判断する手法として用いられる。

鋼構造の改善工事を判断する際の基準

	Improvement work required
Crack of Member	Even for minute cracks
Thickness of Plate (rust and corrosion)	Section loss is over 10% of the thickness of plate.
Coating (conditions / deterioration)	Delamination is observed entirely.
High tension bolt (section loss, looseness)	Over 10 % or 10 bolts at a splice.
Measurement of deformation	Deformation over L/125. L : Length of a member
Close-up visual inspection (joint gap between girders)	Edges of both girders are in contact or possible to be in contact.

損傷の診断結果によれば、損傷は極めて重大であった。また、損傷の程度の判定によれば、アヤラ橋は緊急に改善する必要があることを示した。

Damage Type	(1) CORROSION		
Corrosion is the representative damage for steel that is easy to be oxidized in the environment. Because being progressive damage but easy to be found, this is one of important damages the progress of which shall be protected by maintenance activities.			
		Influence of Damage on Load-Carrying Capacity and Durability	
		High	Low
Location or Pattern (X)	Severity	-	-
	Sample Description	-	-
Depth (Y)	Severity	Section Loss	Surface Rust
	Sample Description	Swollenness of steel surface or reduction of cross section area due to missing of corrosion	Dotted surface rust area
Expanse (Z)	Severity	Entire expanse of corrosion or rust to members	Local Expanse such as leakage area of corrosion or rust
	Sample Description		
	High	High	Secondary Members: (I) or II, Main Members: (I) or II
		Low	Secondary Members: III, Main Members: I or II
	Low	High	Secondary Members: III, Main Members: I or II
		Low	Secondary Members: IV, Main Members: III

○: Result of Judgment

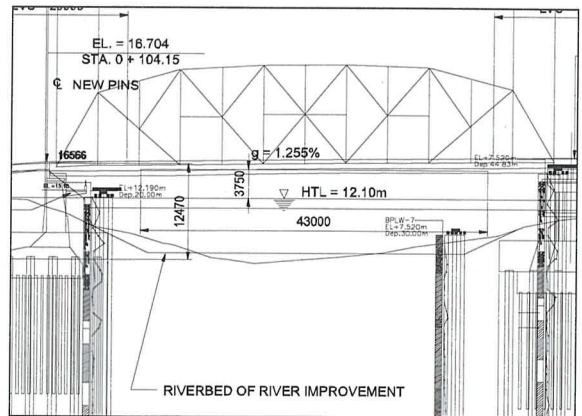
損傷レイティングの例

損傷の診断と断面損失

SOUTH SPAN					
Location	Reference No. of Members	Damage Type	Evaluation Based on Field Survey		Estimated Section
			Damage Rating	Diagnostic of Category	
South Span, West Truss					
Bottom	M109-112	CO	I	A	30%
Chord	M112-115	CO	I	A	30%
	M115-121	CO	I	A	30%
	M124-127	CO	I	A	30%
South Span, Middle Truss					
Bottom	M206-209	CO	I	A	30%
Chord	M209-212	CO	I	A	30%
	M212-215	CO	I	A	30%
	M215-218	CO	I	A	40%
	M218-221	CO	I	A	40%
	M221-224	CO	I	A	30%
South Span, East Truss					
Bottom	M309-312	CO	I	A	30%
Chord	M312-315	CR	I	A	30%
	M315-318	CO	I	A	40%
	M318-321	CR	I	A	40%
	M321-324	CO	I	A </td <td>30%</td>	30%
	M324-327	DE	I	A	30%
NORTH SPAN					
Location	Reference No. of Members	Damage Type	Evaluation Based on Field Survey		Estimated Section
			Damage Rating	Diagnostic of Category	
North Span, West Truss					
Bottom	M139-142	CO	I	A	30%
Chord	M142-145	CO	I	A	30%
	M154-157	CO	I	A	40%
North Span, Middle Truss					
Bottom	M234-238	CO	I	A	50%
Chord	M238-239	CO	I	A	30%
	M239-242	CO	I	A	30%
	M242-245	CO	I	A	30%
	M245-248	CO	I	A	30%
	M248-251	CO	I	A	30%
	M251-254	CO	I	A	40%
	M254-257	CO	I	A	40%
	M257-260	CO	I	A	30%
	M260-263	CO	I	A	30%
	M263-266	CO	I	A	30%
	M266-269	CO	I	A	10%
M271-272	CO	I	A	50%	
North Span, East Truss					
Bottom	M342-345	CO	II	B	10%
Chord	M351-354	CO	III	B	15%
	M357-360	CO	I	A	30%
	M360-363	CO	II	B	10%

復元設計

復元設計は、形状・寸法調査結果に基づき、竣工図面を参考にしながら実施した。この目的は、ロードレイティングの解析モデルを設定するために、構造物の形状・寸法と特性を整理することにあった。



アヤラ橋の側面図 (北側スパン)

- 調査点検の結果は、上部構造、水面上の下部構造など、目視可能な構造の形状寸法の復元に利用した。
- 下部構造の形状・寸法は、関連資料および竣工図面から基本的に決定した。これらの資料がない場合は、安定計算および構造解析を建設当時の設計基準に基づき実施し、形状・寸法を推定した。構造特性についても同様の手法を用いた。
- 基礎の形式と根入れ深さは、竣工図面および地質調査の結果から推定した。
- 杭の本数は建設当時の設計基準に基づいて計算により推定した。



代表的な損傷

ロードレーティング

この解析の目的は、上部構造主部材の橋梁の耐荷力を定量的に評価することにある。上部構造の完全な構造フレームの再現のために調査した構造物のデータを利用した。

構造耐力を推定する計算法として、許容応力度法を用いた。レイティングファクター (RF) は、次の式で求めた。

$$RF = \frac{R - D}{L(1 + I)}$$

ここに：RF = レイティングファクター (RF)

- R = 部材の許容応力
- D = 死荷重による応力
- L = 活荷重による応力
- I = 衝撃係数

レイティングファクター (RF)は、以下に示す上部構造部材のロードレーティング (LR) を決定するのに用いることができる。

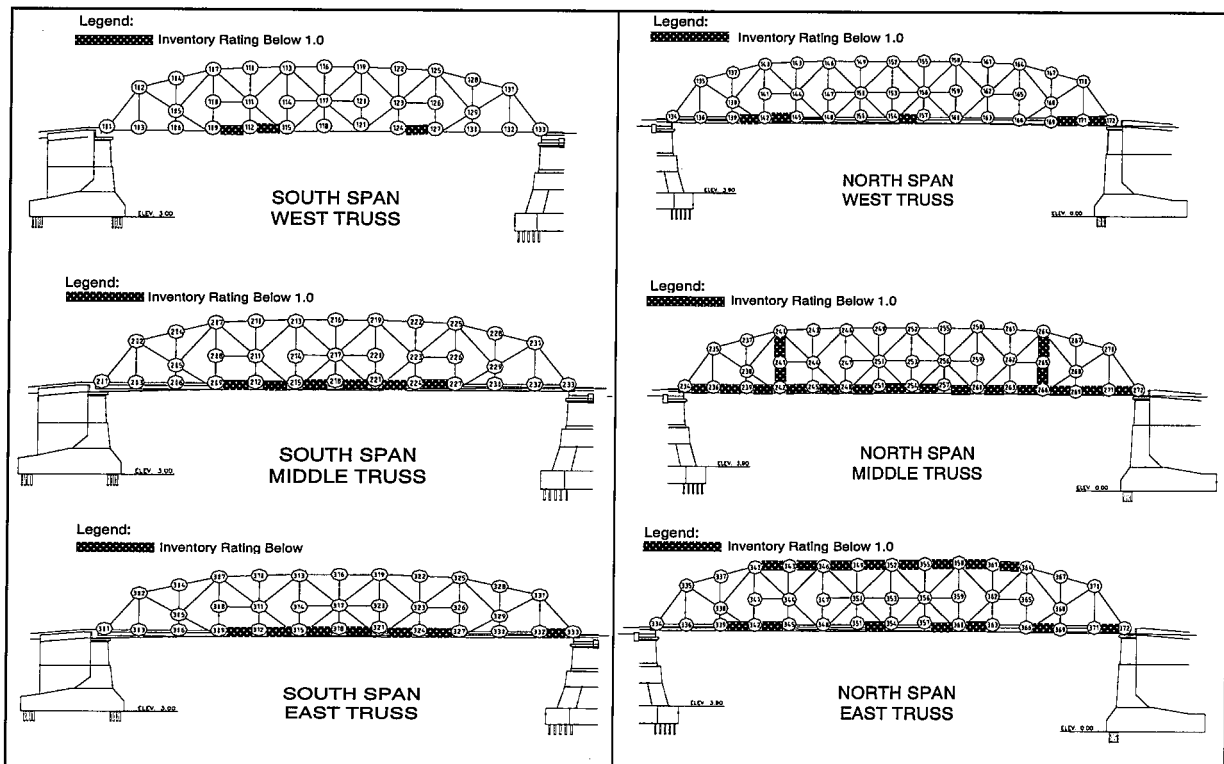
$$LR = RF \cdot W$$

ここに：W = レイティング車両の重量 (ト)

解析結果により、以下の対策工の実施の必要性を提案した。

- 橋梁改善工事が実施されない場合は、自動車荷重の規制値を現在の 5 トンから 3 トンに厳しくすること。しかし、インベントリーレベルの RFi があらゆる車両に対し未だ規定値に対して不十分であることから、主要部材の改善工事が早急に必要である。
- 橋梁の改善工事は、ドライバーの安全運転を確保するために、また橋梁の倒壊を防止するためにも、できるだけ早く実施されるべきである。
- 橋梁改善工事は、現在の交通事情を考慮して最新の設計基準に合致するように計画されるべきである。

下の図はインベントリーレベルで RF 1.0 を下回る部材をハイライトで示している。一般に、この応力レベルは、通常的设计レベルに対応したものである。解析においては、部材の損傷と劣化および構造材料断面の減少に関する情報を反映している。



インベントリーレベルでレイティングファクターが 1.0 を下回る部材

総合評価

アヤラ橋の現状は、緊急な改善を必要とする極めて危険な状態にあるものと評価された。

構造物の健全度

上部構造

- 下弦材の多くは、インベントリレベルおよびオペレーティングレベルで共にレイティングファクターで 1.0 以下を示している。これは橋梁の耐荷力が MS18 (32.7 トン (設計荷重)) 以下であることを示している。
- 横桁を含む床組と縦桁は、著しく腐食しているか、又は破損しており、緊急な置き換えを必要としている。
- 床版からの漏水による部材の腐食が著しい。交通量が多いことと予想以上の重量車の通行により、一層状況は悪化している。

下部構造

- 橋脚は、多少の損傷はあるが元設計荷重の通過に対しては安全である。
- しかしながら、橋脚および橋台の安定は、最新の設計荷重に対し C/D 率 (抵抗力/要求値) が 0.4~0.7 を示していることから通過荷重に対し十分とはいえない。
- 下部構造の安定は、設計の要求基準が変更されたことから不十分である。
- 基礎は、木杭で構成されており、最新の耐震設計の要求基準に合致していない。

災害に対する脆弱性

地震

- アヤラ橋は、マリキナ断層 (MVFS) から 13km の距離に位置にあり、地震に対して脆弱と位置付けられる。
- 本橋梁の基礎構造は、地震力に対し脆弱である。理由は、建設年が 1935 年と古く、当時の AASHTO では耐震設計が提案されておらず、また現在の耐震基準にある要求水準を満たしていない。

台風

フィリピン国構造物基準 (NSCP 2001) 建築では設計基準風速として 200 kph を提案している。AASHTO では、設計基準風速を 160 kph と規定している。本橋梁が位置しているメトロマニラでは 1995 年に記録された台風の中心部での最大風速は、225 kph であり、瞬間風速は 255kph であった。

これは、アヤラ橋がフィリピンの基準である設計基準風速 200kph.以上の暴風に晒されても健全であったことを示している。したがって、アヤラ橋は暴風力に対し脆弱でない。

洪水

一般に、洪水時の流水圧は、フィリピンにおける地震時設計水平力に比べて極めて小さい。このことは、地震力が下部構造の規模と安全性を決定することを意味している。

交通状況

- 交通制限荷重 3.0 トンでは、交通容量と交通機能に関し不十分である。
- サービスレベル D (v/c=0.70) である。
- 車両走行時の床版のたわみが大きい。

特殊問題

船舶の衝突

- アヤラ橋の鉛直方向の船舶航行限界高さは、3.50m であり、船舶航行規定の限界高さ 3.75m を下回っている。
- アヤラ橋の橋脚と橋台間の船舶航行幅は、60.2m.であり、望ましい船舶航行幅 43m を上回っている。

添架ライフライン

アヤラ橋に添架されているライフラインは、以下の通りであった。

- 水道管 2 本、直径 Ø400mm
- 電線 16 本
- 電気通信線 8 本

不法居住者

アヤラ橋には、1 家族の不法居住者がいるが、事業実施の問題点としては小さい。

15. 改善対策工の提案

改善対策工

改善案として 19 案を提示し、これらを 4 種類に分類した。すなわち、現アヤラ橋の補修、補強、新橋建設とその他である。これらの計画案の中で、以下に示す 6 案を可能性の高い計画案として選択した。

改善 19 案

Possible Schemes	
R1	Rehabilitation/Strengthening of Damaged Joints of Truss Members
R2	Rehabilitation/Strengthening/Replacement of Bearing Shoes and Floor System
S1	Strengthening of Entire Lower Chords + Replacement of Floor System (Conversion to steel deck slab from RC deck slab)
S2	Strengthening of Entire Lower Chords + Replacement of Floor System (Conversion to steel deck slab from RC deck slab)+ New Bridge Construction
S3	Replacement of Lower Chords + Replacement of Floor System (Conversion to steel deck slab from RC deck slab)
S4	Replacement of Lower Chords + Replacement of Floor System (Conversion to steel deck slab from RC deck slab) + New Bridge Construction
S5	Strengthening of Lower Chord and Steel whole + Replacement of Floor System (Conversion to steel deck slab from RC deck slab) + New Bridge Construction
S6	Conversion from Existing Lower Chord only to Steel Box Girder (Through Type) + Replacement of Floor System (Conversion to steel deck slab from RC deck slab) + New Bridge Construction
N1	2-Span Continuous PC Rigid Frame Bridge
N2	2-Span PC Extradosed Bridge
N3	2-Span PC Cable Stayed Bridge
N4	2-Span Continuous PC Box Girder Bridge
N5	2-Span Steel Truss Bridge
N6	2-Span Steel Cable Stayed Box Girder
N7	Simple Through Type Steel Box Girder (2 spans)
N8	Simple Through Type Steel Arch Bridge (2 spans)
N9	Simple Through Type Truss Bridge (2 spans)
O1	Relocation of Existing Bridge + New Bridge Construction
O2	Converting Existing Bridge to Pedestrian/Light Vehicles Exclusive Use + New Bridge Construction

Note: = Selected Schemes
 R = Rehabilitation
 S = Strengthening
 N = New Bridge
 O = Others

評価法

選定した改善案 6 案について、以下の項目について比較・評価した。

- 構造的観点
- 経済的観点
- 交通容量と幾何構造
- 建設工事中の交通管理
- 用地問題
- 景観的観点

各項目を以下のように評価した。A = 優秀, B = 良, C = 可, D = 不可, E = 最悪

評価の結果

- 改善案 S5 と N9 は同じ評価となり、S3 が続いた。
- 技術面（構造、建設工事、交通・船舶航行と建設工事中の交通に与える影響）では、新橋建設である改善案 N9 を最も優れた案と評価した。
- しかしながら、NHI によって歴史的建造物として保存すべきであると表明されている、現在のアヤラ橋の歴史的遺産価値と重要性を考慮し、S3 案が最も望ましい改善案であると評価された。
- この改善案 S3 は、現アヤラ橋の形状をそのまま維持し、現在の健全な部材を利用するものである。
- 改善案 S3 は、N9 および S5 と比較して交通渋滞の緩和には不十分である。
- 改善案 S3 の欠点である現アヤラ橋の将来交通需要に対処する目的で、第 2 アヤラ橋の建設が提案された。
- アヤラ橋上の交通渋滞は、アヤラ橋の両側にある交差点の交通容量が不十分であることによるものと考えられ、特に、緩和区間長を含む左折、右折車線長は不十分である。
- したがって、両交差点の改善工事を、アヤラ橋改善事業に含めた。

アヤラ橋改善 6 案の比較評価表

Improvement Type		Strengthening of Existing Bridge			
Scheme Name		S3	S4	S5	
PIER					
Major Works		<ul style="list-style-type: none"> Jack-up by 25 cm. Replacement of lower chord and floor system Replacement of fatigued members Strengthening of abutment and pier 	<ul style="list-style-type: none"> Jack-up by 25 cm. Replacement of lower chord and floor system Replacement of fatigued members Construction of new steel box girder bridge strengthening of abutment and pier 	<ul style="list-style-type: none"> Jack-up by 25 cm. Replacement of lower chord and floor system Replacement of fatigued members Construction of additional new through truss bridge strengthening of abutment and pier 	
Structural Aspects		Capacity 32 Ton, Hs-20	Rating C	Capacity 32 Ton, Hs-20	Rating C
Economic Aspects		Construction Cost P 1,021.3 M (EUAC = P115 M/year)	Rating A	Construction Cost P 1,281.8 M	Rating B
Capacity and Geometry		Vertical Alignment Maximum gradient is 7.6% without raising the existing intersection. A length of 7.6% gradient is 13.7m.	Rating E	Vertical Alignment Maximum gradient is 7.6% without raising the existing intersection. A length of 7.6% gradient is 13.7m.	Rating D
Traffic Management During Construction		Temporary Bridge 2-lane temporary bridge 150m of length is required	Rating C	Temporary Bridge Maintain 4-lane, No temporary bridge is required	Rating A
R. O. W. Acquisition		Land 300 sq. m.	Rating B	Land 2,400 sq. m.	Rating C
Aesthetic Aspects		Historical Value Retaining existing landscape	Rating A	Historical Value Retaining existing landscape	Rating D
Overall Evaluation		2A, B, 2C, E, Traffic Capacity is not acceptable	Rating 3	2A, B, 2C, 2D, Urban environment is not recommendable.	Rating 4

Improvement Type		New Construction			
Scheme Name		N2	N7	N9	
PIER					
Major Works		<ul style="list-style-type: none"> Removal of existing bridge including abutment and pier Construction of 2-span PC extradosed bridge 	<ul style="list-style-type: none"> Removal of existing bridge including abutment and pier Construction of steel box girder (2-span) 	<ul style="list-style-type: none"> Removal of existing bridge including abutment and pier Construction of steel truss bridge (2-span) 	
Structural Aspects		Capacity 32 Ton, Hs-20	Rating A	Capacity 32 Ton, Hs-20	Rating B
Economic Aspects		Construction Cost P 1,747.1 M	Rating D	Construction Cost P 1,586.7 M	Rating C
Capacity and Geometry		Vertical Alignment Maximum gradient is 9.0% and the elevation of the existing intersection has to be raised by 80 cm. A length of 9.0% gradient is 15.0m.	Rating D	Vertical Alignment Maximum gradient is 7.2% without raising the elevation of existing intersection. A length of 7.2% gradient is 16.0m.	Rating B
Traffic Management During Construction		Temporary Bridge 4-lane temporary bridge is required	Rating C	Temporary Bridge 4-lane temporary bridge is required	Rating C
R. O. W. Acquisition		Land 1,600 sq. m.	Rating C	Land 1,100 sq. m.	Rating C
Aesthetic Aspects		Historical Value -	Rating B	Historical Value ECC clearance may be difficult because of NH position.	Rating D
Overall Evaluation		A, B, 2C, 2D Geometry of approach is not recommended with high initial cost.	Rating 4	2B, 3C, D Ordinary design with no special impacts.	Rating 4

予備設計

設計方針

改善案 S3; 現アヤラ橋の補強案は、NHI と DPWH の方針と一致した改善工法として最終的に選定したものである。

主要な改善事業は、次の通りである。

- 下弦材を鋼製の新材に置換
- 疲労部材の置換
- 鋼床版の床組への置換
- 橋台と橋脚の再建設と強化
- 上部構造の 25cm ジャッキアップによる船舶の航行限界の改善
- 工事中の迂回路橋と道路の建設

工事中に確保しなければならない前提条件は下記のとおりである。

- 現橋梁と同様、4車線の交通の維持
- ホスピオ側に迂回路の建設
- 船舶の航路の維持
- 現在の平面交差の維持、立体交差は不可

上部構造

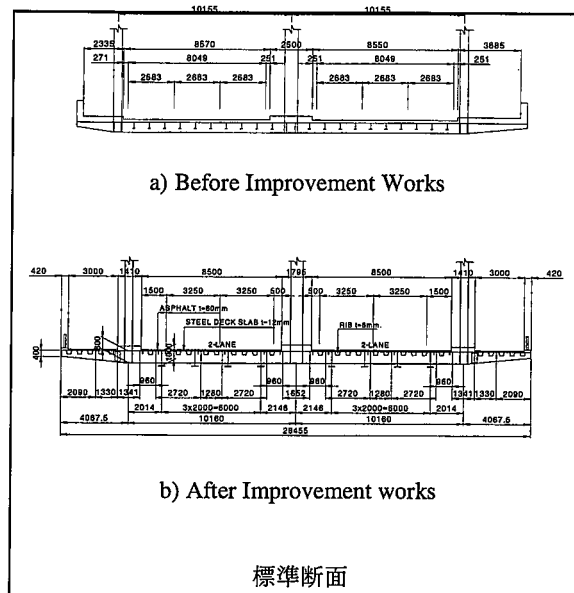
標準横断面

トラス間距離は、改善事業の方針に厳密に沿ったものとした。下流側の歩道幅は 3.0m に拡幅し、上流側の歩道幅は 3.0m に縮小する。

鋼床版

下弦材の置き換え工事は、鋼床版が単独自立型であると仮定している。従って、床組は、支点として仮設支点があるものとして設計する。

新たに設置する鋼床版は、建設期間中、仮設の支点を有する連続構造とみなされる。鋼床版の寸法は、建設工事を考慮して決める。



横桁

新たに設置した横桁は、床組が下弦材に連続的に結合されてはいるが、主構造トラスの支承を有する床組を支持すると仮定した。横桁は、主トラスの間隔と等しいスパン長を有する単純スパン桁としてモデル化した。横桁の寸法は、許容応力度法で決定した。

高さ 800 mm の横桁は、1,000mm の高さを有する下弦材と一体化できると仮定して、決定したものである。

下弦材

新下弦材の断面積は、現在の下弦材の断面積を上回るように設計し、安全性を維持することとした。

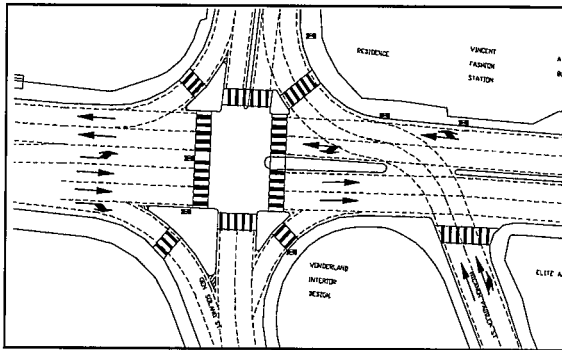
下弦材の高さ 800 mm は、横桁の高さに等しく、下弦材の幅は、現在の寸法に等しくした。また、鉛直材および斜材はガセットプレートを通じてボルトで下弦材に結合できるようにした。

下部構造

両橋台の形式は、逆 T 式橋台であり、基礎工は、直径φ1.00mm の鋼管杭である。上部工とは、固定支承で連結されている。一方、橋脚の形式は、壁式橋脚であり、基礎工は、橋台と同様である。上部工とは、可動支承で連結されている。

交差点

現アヤラ橋梁に近接した 2 箇所（南側と北側）の交差点（南側と北側）は、交通渋滞緩和のために改良案を提示した。



提言された北側交差点改良案

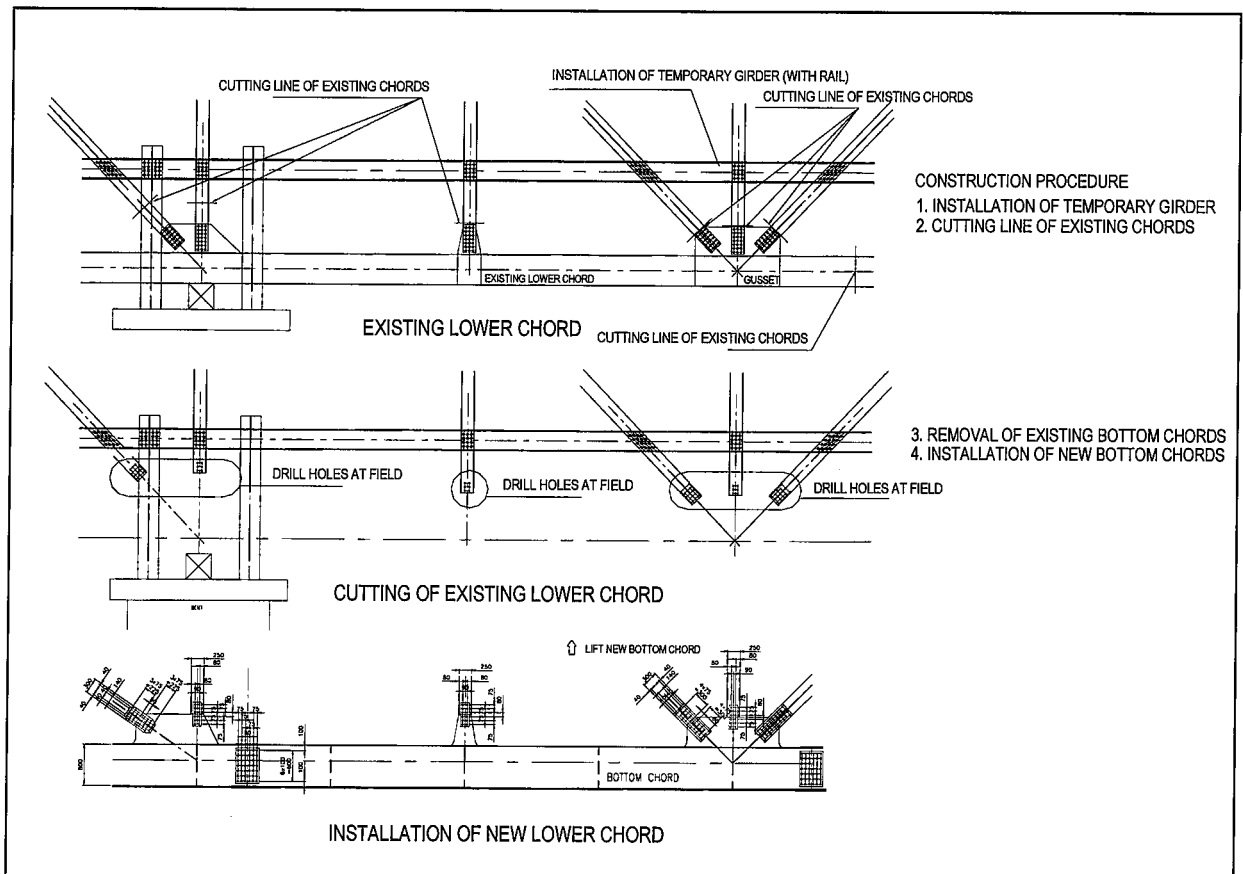
事業費

総事業費は建設費、用地取得費およびコンサルタント費で構成されている。

事業費の見積り額

単位：百万円

Items		Cost
Construction Cost	Foreign	1,405.4
	Local	228.5
	Tax	296.3
	Subtotal	1,930.2
Engineering Cost	Foreign	127.4
	Local	81.1
	Tax	23.2
	Subtotal	231.7
Land Acquisition Cost	Foreign	-
	Local	107.0
	Tax	11.9
	Subtotal	118.9
Contingency Cost	Foreign	79.5
	Local	15.9
	Tax	10.6
	Subtotal	106.0
Grand Total	Foreign	1,612.3
	Local	432.5
	Tax	342.0
Grand Total		2,386.8



下弦材の補強

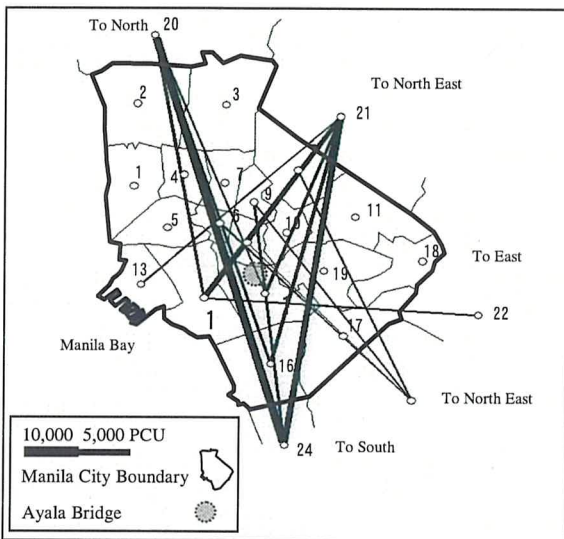
16. 交通解析と経済評価

交通解析

アヤラ橋の交通需要は、橋梁改善事業が実施されるものと仮定して、予測したものである。

交通量

アヤラ橋の交通量は、“改善事業あり”の条件で、2010年には33,000 PCU/day、また、2020年には51,000 PCU/dayと予測される。



交通希望ライン

他の橋梁への交通インパクト

アヤラ橋の改善事業が実施されない場合、2008年までの間に閉鎖せざるを得なくなるものと思われる。この条件“改善事業なしの場合”のもとで、交通需要予測を実施した。

交通需要予測

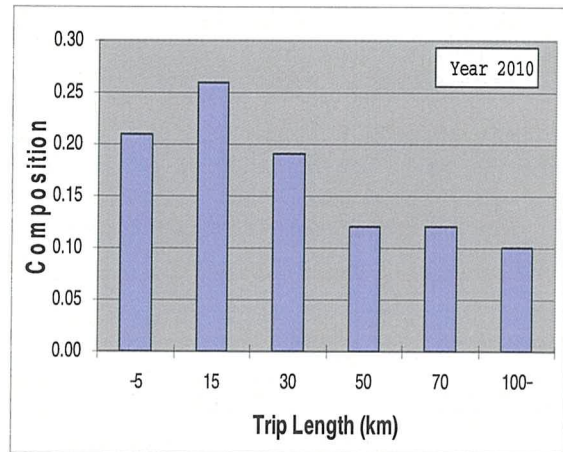
No.	Bridge Name	2010		2020 単位：PCU/day	
		Case 1 (Do Nothing)	Case 2 (Do Something)	Case 1 (Do Nothing)	Case 2 (Do Something)
1	Delpan Bridge	73,600	69,500	88,700	88,300
2	Jones Bridge	66,600	58,600	70,900	64,000
3	McArthur Bridge	61,800	67,300	87,300	74,600
4	Quezon Bridge	84,000	72,900	110,300	86,300
5-1	Ayala Bridge	0	33,000	0	51,000
5-2	Second Ayala Bridge	35,300	22,600	53,800	33,900
Total		321,300	323,900	411,000	398,100

- 2010年には、アヤラ橋を通過する交通量は、主としてケソン橋と第2アヤラ橋に転向するものとみなされる。
- しかしながら、ケソン橋の交通渋滞は、既に飽和状態にあることから、ケソン橋の交通量はデルパン橋およびジョーンズ橋に振り向けることになる。これは、アヤラ橋が主要幹線道路の一部を構成しているためである。

交通特性

アヤラ橋を通過する交通のトリップの分布長とODパターンを下図に示す。

- アヤラ橋を通過する交通のトリップ長は、アヤラ橋と連結した道路網が主要幹線道路であることから、約35km/tripsである。
- アヤラ橋は、上記した理由により、広域的な交通の流れに影響を及ぼすと予想される。



アヤラ橋のトリップ長の分布

経済評価

方法

アヤラ橋改善事業の経済性を、費用便益解析を用いて評価した。便益は、車両走行コスト(VOC)、固定コストおよび走行時間コスト(TTC)の節減額である。本事業の経済的耐用年数は 30 年、経済的割引率は 15%とした。

旅行速度への影響

アヤラ橋の場合、影響圏の道路網に配分された交通の車両×距離(km)は、2005年で2,767,363(台・km)と推定される。また、車両×距離(km)は、本改善事業の実施により2,681,563(台・km)まで低減するものと予想される。一方、車両×時間は、前者の例で157,087(台・時間)となり、後者の例では145,444(台・時間)に低減するものと予想される。

改善事業の有無による車両×距離

Year	W/O Project	W/ Project	W/O - W/
2010	2,767,363	2,681,563	85,800
2020	3,553,544	3,436,236	117,308

改善事業の有無による車両×時間

Year	W/O Project	W/ Project	W/O - W/
2010	157,087	145,444	11,643
2020	246,266	223,361	22,905

経済コスト

財務コストは、税金を控除することによって経済コストに転換される。全財務コストの23.87億円は、経済コストの20.70億円になる。経済コスト対財務コストの割合は、86.7%である。

年間維持管理費は、改善事業費の1.0%と仮定した。

経済便益

本事業の経済便益は、2010年で9.68億円、また年間成長率6.1%で17.48億円まで増加するものと推定される。

供用期間の総計材便益は537.83億円と推定される。

Year	便益額			Total Saving
	Saving in VOC	Saving in Fixed Cost	Saving in Time Cost	
2010	2.61	1.93	5.12	9.66
2020	3.57	3.80	10.07	17.44
2007-2036	107.35	118.07	312.44	537.86

費用便益解析

経済解析の結果、現在価値(NPV)は、3.78百万円、またBCRは3.25、これはNEDAで指定した割引率15%を使用し、橋梁の耐用年数30年以上として算出したものである。経済的内部収益率(EIRR)は、34.3%であった。

便益コスト解析の経済指標

Net Present Value	3.78 百万円
Benefit Cost Ratio (BCR)	3,249
Economic Internal Rate of Return (EIRR)	34.3 %

感度分析

感度分析は、コストと便益の見積り額が上昇する、又は下降すると仮定して実施した。

コストと便益の感度分析 単位：%

		Benefits				
		20% down	10% down	Base Case	10% up	20% up
Costs	20% down	34.3	37.1	39.7	42.3	44.7
	10% down	31.7	34.3	36.8	39.1	41.4
	Base Case	29.5	32.0	34.3	36.5	38.7
	10% up	27.7	30.0	32.2	34.3	36.3
	20% up	26.1	28.3	30.4	32.4	34.3

Note: Project life of the project is assumed to be 30 years

結論

アヤラ橋改善事業の実施は、経済指標が、指定レベルを超過しているかどうかの国家的財政面の観点で判断されるべきである。フィリピンにおける指定レベルはEIRRで15%となっており、事業実施可能性が高いと判断される。

17. 環境影響評価

評価の原則

アヤラ橋改善事業を対象にした環境影響評価は、調査対象地域の現状を考慮し、2種類に分類した。

- 直接的に影響を受ける地域：アヤラ橋梁改善事業の実施により直接影響を受ける地域であり、家屋の移転など物理的な移転と、アヤラ橋東側に仮設迂回道路・橋梁を建設することによる影響が生じる地域である。
- 間接的に影響を受ける地域：騒音レベル、TSP レベル、およびアヤラ橋梁改善事業の工事実施期間中各種の建設機器の操作による SOX および NOX などのガス汚染物質などの増加により、間接的に影響を受ける地域である。

特定の影響

予測される影響

- 騒音レベル、TSP レベル、各種の建設機器の操作による SOX、NOX のような空気汚染物質および河川汚濁などの有害な影響は、建設期間中最小限にする。

知覚される影響

- 知覚されるプラスの影響は、補修工事又は建設工事期間の職場取得機会の増加と小企業の利益である。
- 知覚されるマイナスの影響は、建設工事期間の交通渋滞である。いかなる建設工事においても、これらの負の影響は避けられないが、短期間である。

社会的受認性

- インタビュー調査の結果によれば、本改善事業の実施により影響を受ける家族(PAFs)の 100%という高い比率の人々および利害関係者の 95.8%の人々が、アヤラ橋の改善事業に賛成した。

ただし、4.2%の利害関係者が本事業の実施に不賛成を表明した。

- アヤラ橋梁改善事業に賛成の回答をした人の上位 2 つの理由は、(i) 自動車運転者の安全性の改善 (51.8%)、(ii) 交通流の改善 (12.5%) であった。この結果は、事業にとって好ましいものであり、迂回路の建設時に実際に立ち退きを求められる PAFs の人々も現アヤラ橋の改善事業に対して支持を表明していることになる。



地域リーダーとの
コンサルテーション

事業により影響を受ける住民
とのコンサルテーション

住民移転計画

- 実施される改善事業の性質により、反社会的影響を最小とすることが期待されている。住民の移転を必要とする工事は、アヤラ橋東側に建設予定の仮設迂回路道路・橋梁の工事である。ただし、この工事により移転の対象となる家族は、わずか 4 家族であり、内 3 家族はサンノセ地区ホスピシオ内の私有地に居住する住民である、残る 1 不法居住者はアヤラ橋の西側アプローチ部に住んでいた。
- 本事業実施の結果として、これら PAFs の住民の生活を保証するために、包括的で実施可能な移転行動計画 (RAP) が用意され実行される必要がある。この移転行動計画を実行するためには、DPWH, マニラ市, 更には住宅局間の調整が極めて重要である。

18. 事業の実施と維持管理

事業実施方針

基本方針

アヤラ橋の改善事業実施の必要性は、その損傷状態から極めて緊急を要するものである。

以上の基本認識の下で、アヤラ橋事業実施計画を作成した。

- 本調査業務完了後、早急に詳細設計を実施する。
- 社会・経済的活動に対するアヤラ橋の重要性を考慮し、実施期間は可能な限り短縮する。
- 自動車荷重の制限計画は、道路および橋梁事業の投資に対するフィリピン政府の最近の予算措置の遅れによる事業実施の遅延を考慮に入れて立案をする。

事業実施計画

維持管理事業に対する総投資予算割合は、最大の年度で、2.02%であった。したがって、アヤラ橋改善事業実施のために予算を十分振り向けられると思われる。

道路および橋梁の予算と年間予算要求額の比較

Year	(1)	(2)	(2)/(1) (%)
2004	50,973.3	38.7	0.08
2005	53,619.3	56.1	0.10
2006	56,416.5	1,140.4	2.02
2007	59,346.0	1,140.2	1.92

(1) Road and Bridge Investment Budget (百万円)

(2) Annual Investment Requirement for Ayala (百万円)

維持管理

橋梁の維持管理は、以下の目的で実施される。

- 利用者に対し快適で、安全で、効率が良く、信頼される施設を提供すること。
- 道路構造物の早期の劣化を防ぎ、耐用年数を増やすこと、このようにして道路施設に対して、高い補修費や再建設費を必要としないようにする。

予算

2002年度におけるNCRの予算の配分は、非常に限られている。したがって、ここでは、増額を提案する。

道路および橋梁用EMK	= 2,598,334 EMK
基本コスト	= 114,600 EMK
予定予算配分	= 2.978 億円
アヤラ橋管理予算	= 0.086 億円
アヤラ橋維持費対予定予算配分の比率	= 0.03

提言

- 歴史的建造物であることおよび観光客の印象を考慮して、アヤラ橋に対し予算を配分する。
- 維持管理費の一部をアヤラ財団のような企業に対し、相応の負担又は寄付を要請する。
- アヤラ橋の維持管理活動をPRRCで実施している公園事業に組み込むこと、又はDPWHとPRRCで共に負担すること。
- アヤラ橋の美観と景観は、設計面からだけでなく、適切な日常の維持管理活動や定期的な維持管理活動でも決定される。維持管理活動の確実な実施が、アヤラ橋の歴史的価値と美観を維持する上で極めて重要である。

事業実施計画

単位：百万円

Construction Stage		2004	2005	2006	2007
1. Implementation Schedule	Detailed Design				
	ROW Acquisition				
	Tender				
	Construction				
2. Annual Fund Requirement [Million Pesos at 2003 price]	Detailed Design	38.7	38.6	-	-
	ROW Acquisition/Rental	-	17.6	50.8	50.7
	Construction	-	-	1,012.3	1,012.5
	Construction Supervision	-	-	77.3	77.1
	Total	38.7	56.2	1,140.4	1,140.3