

第IV部 優先橋梁のフィージビリティ調査

19. 第2アヤラ橋

橋梁の妥当性

交通機能

関係機関との一連の協議と討議を通じて、アヤラ橋の現形状を維持する改善計画が採択された。現アヤラ橋の形状は、歴史的遺産であり、その価値が高いとの判断から、変造しないとの結論に至った。

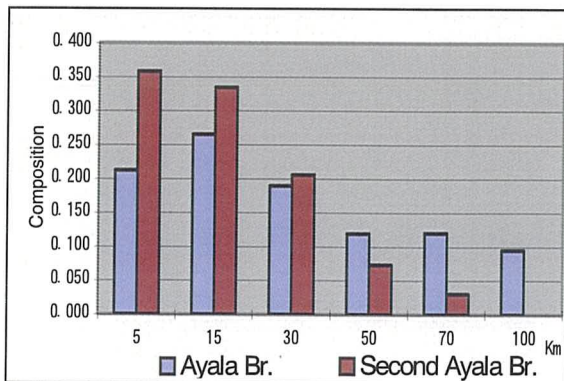
しかしながら、橋梁上の交通量は、近い将来、その容量を超過すると推定される。したがって、現アヤラ橋の交通機能を補完する役割を果たし、近隣地域の交通計画を改善するために第2アヤラ橋が提案された。

2010年および2020年の交通需要予測

| Bridge Name | Ayala Bridge | | Second Ayala Bridge | |
|-------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| | Traffic Volume (PCU) | Growth Rate (%) | Traffic Volume (PCU) | Growth Rate (%) |
| 2010 | 33,000 | - | 22,600 | - |
| 2015 | 41,000 | 4.4 | 27,700 | 4.1 |
| 2020 | 51,000 | 4.4 | 33,900 | 4.1 |

交通特性

- アヤラ橋は、主要幹線道路網を構成する道路上にあるため、主に遠距離交通に利用されている。
- 第2アヤラ橋は、橋梁の立地位置および連絡している道路網の性質から、主としてローカル交通に資する。



平均トリップ長の比較

最適ルートを選定

現アヤラ橋とナグタハン橋の間でパシグ川を横断する2ルート、アヤラ橋の下流側で1ルートと合計3ルートを可能性のあるルートとして比較・検討した。

ルートの概要

| Route | Description | Total Length |
|---------|--|--------------|
| Route-1 | <ul style="list-style-type: none"> • Connecting between Mendiola Ext. and Mendiola • Crossing over the Malacañang Park and Malacañang Palace | 710 m |
| Route-2 | <ul style="list-style-type: none"> • Connecting between United Nations Ave. and Dr. J P Laurel | 830 m |
| Route-3 | <ul style="list-style-type: none"> • Connecting Marcelino and Carlos Palanca Sr. | 410 m |

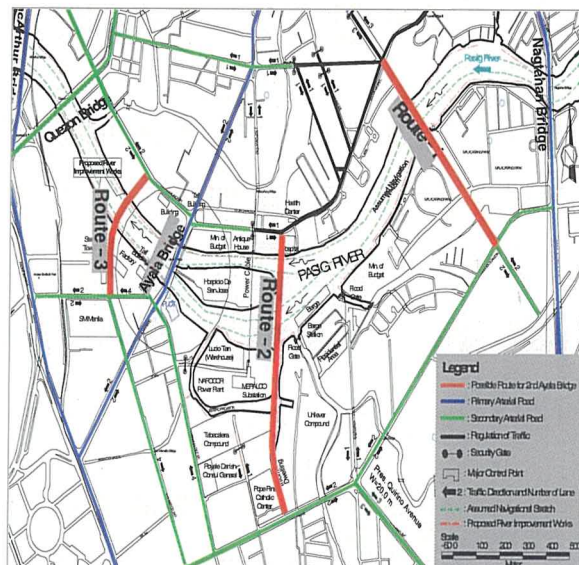
評価基準

以下の3項目を、可能ルート案に関する比較・検討の評価項目とした。

- 社会環境への影響
- 交通機能性
- インタビュー調査結果

ルートの選定

DPWHステアリングコミッティは、最終的にマラカニアン地域を通過する案を警備上の理由から退け、現アヤラ橋の交通機能を補完するルートとして“ルート3”を推奨した。



第2アヤラ橋ルート案

交通予測

- 北側, LOS E から C へ(2010年の LOS)
- 南側, LOS D から C へ(2010年の LOS)

交通調査

8箇所 の交差点で、下記を目的として交通量調査を実施した。

- 計画中の第2アヤラ橋上の交通量を推定する。
- 第2アヤラ橋の交通機能を最大限に生かすため、現アヤラ橋を含めた近隣地域の交通規則を提案する。

交通解析の手法

解析は、以下の3ステップで実施した。

- ステップ1: マニラ市地域の OD マトリックスのキャリブレーション
- ステップ2: 交差点における将来交通需要
- ステップ3: 交差点における交通解析

マニラ市地域の OD マトリックスのキャリブレーション

マニラ市地域の OD マトリックスは、観測交通量と道路網上の配分交通量および交差点交通量とを比較することによりキャリブレーションした。

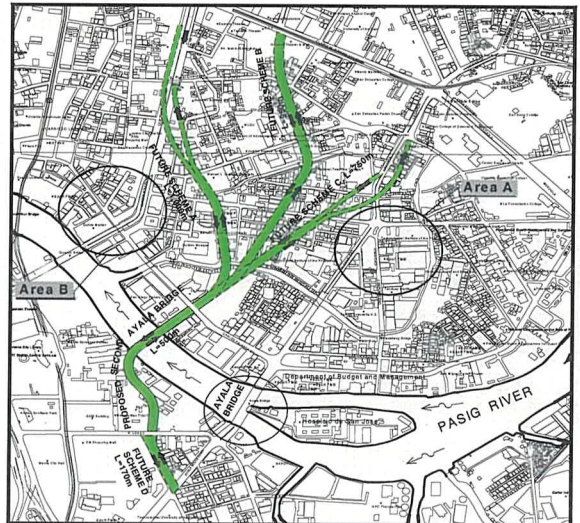
交差点の渋滞

第2アヤラ橋の建設により、既存アヤラ橋の両側の交差点は改善される。すなわち、

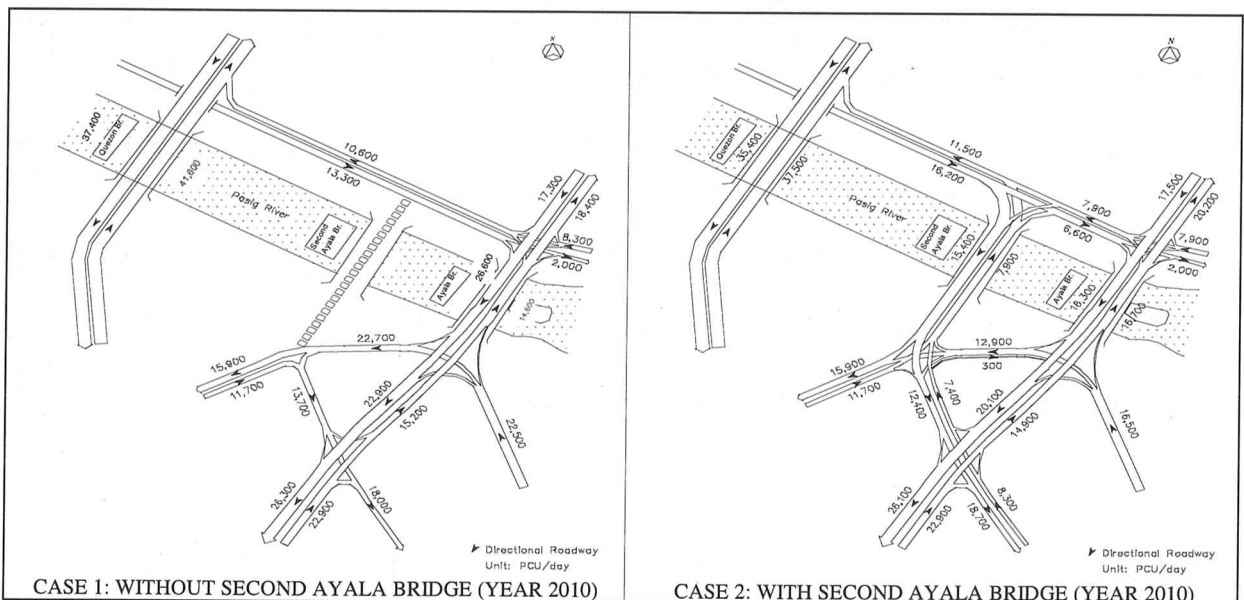
将来のルート延長

近隣地域における交通機能を、さらに改善するためにルート3に対し延伸計画案を提示した。

- マニラ市は、新道路建設を含む延伸地域において再開発計画をもっている。
- マニラ市職員とのインタビュー調査により、ルートの延伸は、「マニラ市計画」と合致している。
- 第2アヤラ橋ルートの延伸により、A および B 地区の交通渋滞は、かなり緩和される。



回廊の拡張



2010年における交差点の交通需要予測

予備設計

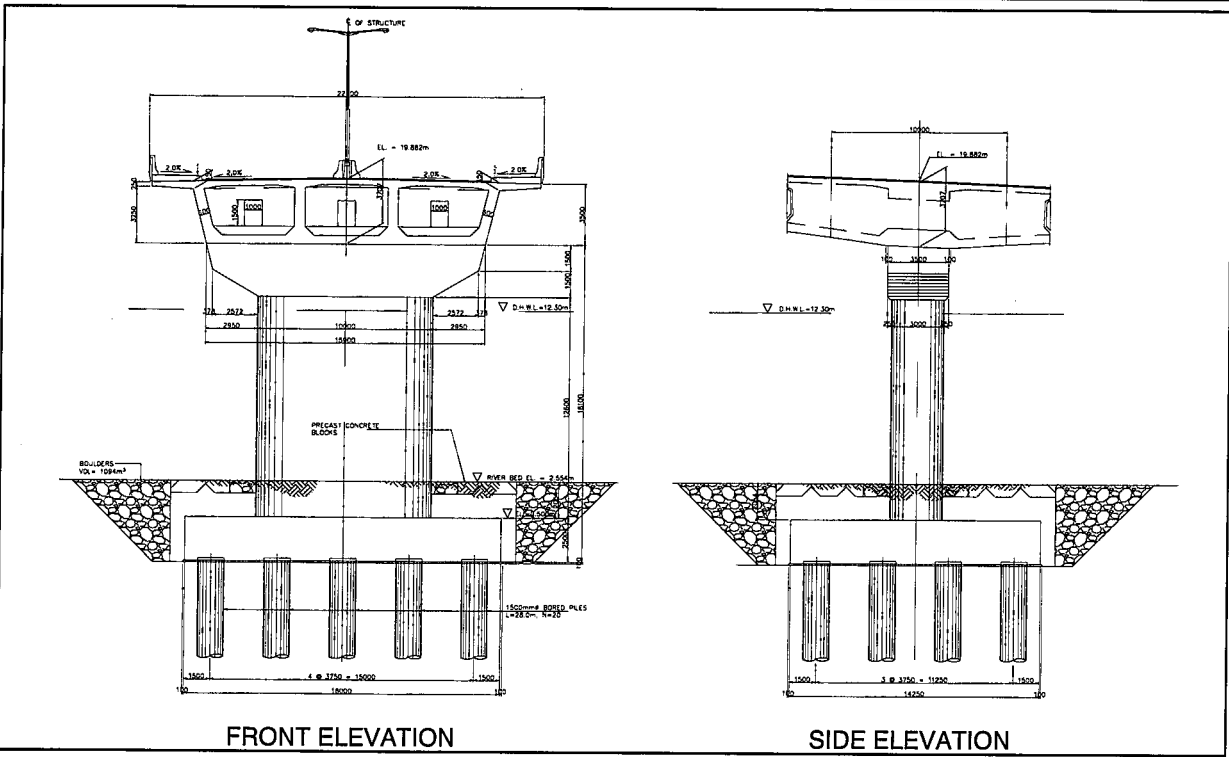
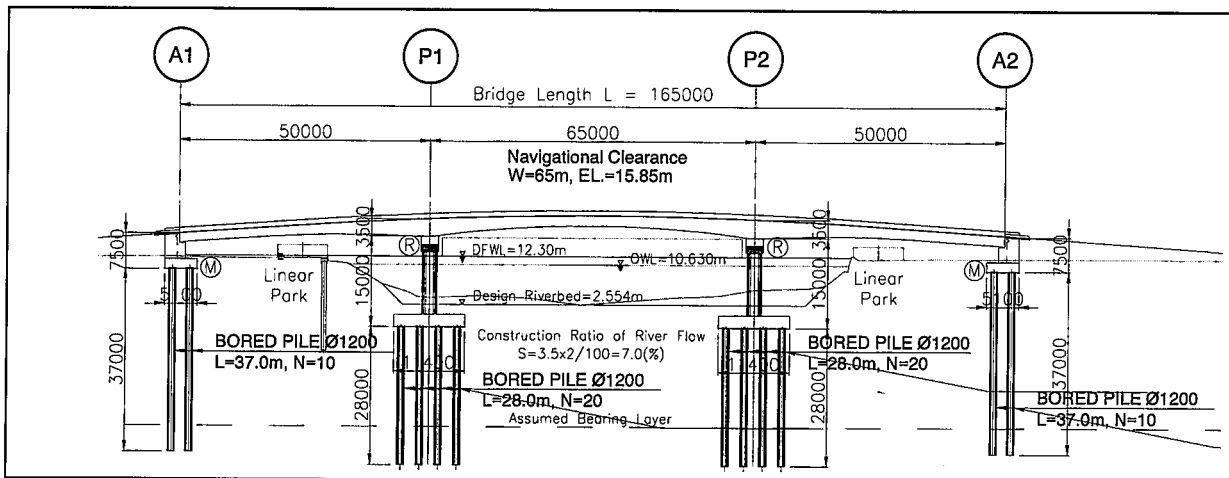
上部構造

- 中央スパン長は、理想的な航路限界幅 60mを維持するため 65mとした。同様に、橋梁の桁の高さは、鉛直方向の要求航路高さをあらゆる位置で満たすようにした。
- 50mの側径間長は、側径間長対中央径間長比で、1.0対1.3とした。
- 橋梁の総延長は、下図に示すように165.0mである。橋梁の幅が20mであること、側径間の一方に曲線が入っていることから、断面は3ボックスPC桁タイプとした。

下部構造

橋梁の下部構造および取付道路の主要構成は以下の通りである。

- 橋脚の種類は壁式であり、主要橋脚の基礎工は場所打ち杭とした。
- 橋台の形式は逆T式であり、基礎工は場所打ち杭とした。
- アプローチ道路の擁壁は、都市内であることから美観および土地の有効利用を考慮した補強土工法（テールアルメ工法が知られている）を採用した。



橋脚の構造一般図

事業費

第2アヤラ橋の事業費を以下に示す。

| Items | 建設費 (百万円) | |
|-------------------|-----------|---------|
| Construction Cost | Foreign | 804.6 |
| | Local | 250.1 |
| | Tax | 169.2 |
| | Sub-Total | 1,223.9 |
| Right of Way Cost | Foreign | - |
| | Local | 271.6 |
| | Tax | 30.2 |
| | Sub-Total | 301.8 |
| Engineering Cost | Foreign | 80.8 |
| | Local | 51.4 |
| | Tax | 14.7 |
| | Sub-Total | 146.9 |
| Project Cost | Total | 1,672.6 |

実施計画

投資時期に関する経済分析によれば、事業完成の最適時期は2010年である。

経済評価

- 経済解析の結果は、事業寿命30年以上、割引率15%を使用して、純現在価値1,823百万円およびB/C比2.19である。
- 経済的内部収益率(EIRR)は22.3%である。

便益費用解析の結果

| | |
|--------------------|----------|
| Net Present Value | 1823 百万円 |
| Benefit Cost Ratio | 2.192 |
| EIRR | 22.3% |

- 第2アヤラ橋の実施は、当該事業の経済指標(EIRR)が、NEDAで定めた、最小要求水準である15%を超過していることから、国家経済の観点から妥当であると判断される。

環境影響評価

- マニラ市の都市計画・開発事務所(CPDO)および国立歴史研究所(NHI)などの関係政府機関と協議し、当該事業と関係機関の将来開発計画との整合性について確認した。
- 国立歴史研究所(NHI)との協議に基づき、第2アヤラ橋計画ルート内に、歴史的モニュメントや場所がないことを確認した。このためNHIは、当該事業の実施に賛成の意を示した。
- 橋梁用地は、カルロス パランサ Sr. 通りに沿ったバランガイ 647 ゾーン 67、サンミゲルとエルミタ地区ナティビダド ロペス通りに沿ったバランガイ 659-A ゾーンにある。両バランガイとも、数棟の放置された建造物および倉庫が移転することになる。その中には、パッシング川南西堤防上に MWSS (マイニラド)の居住地域内と、N.ロペス通り沿いの商業ビルディング内に3棟の住宅がある。
- 社会条件調査では、57人の不法居住者、当該事業の影響を受ける3家族(PAFs)が確認され、第2アヤラ橋の工事期間中は、移転が必要である。このことは、調査団が提示した道路線形により影響を受ける人が最少人数であることを示している。移転の対象者は、影響をうける3家族のうち、2家族である。これから、移転先の提供を必要としない。
- 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の増加など負の影響は、工事期間中において最小であると予測される。

20. ジョーンズ橋

現状評価

上部構造

主要な損傷

- 橋脚 P2 付近で、外桁 G1 (上流側) のウェブの 1/3 と下フランジおよび対傾構の破損
- 中央径間の橋脚付近で、上流側および下流側の外桁における異常な水平変形
- 主桁 G7、外桁 G1 および G8 の溶接部でのクラック
- 主桁と継ぎ手部でのボルトの紛失
- 主桁と他部材の腐食

主要損傷原因

- 上流側および下流側の外桁および対傾構の変形と破損の原因は、船舶との衝突である。
- 船舶の衝突の原因は、橋脚付近で高さ 3.6m であり、鉛直方向の航路高さ不足にある。
- 部材の腐食の原因は、塗装の剥離および定期的な維持管理の不徹底さにある。



船舶の衝突による外桁の破損

鋼部材のクラックと変形

下部構造

主要な損傷

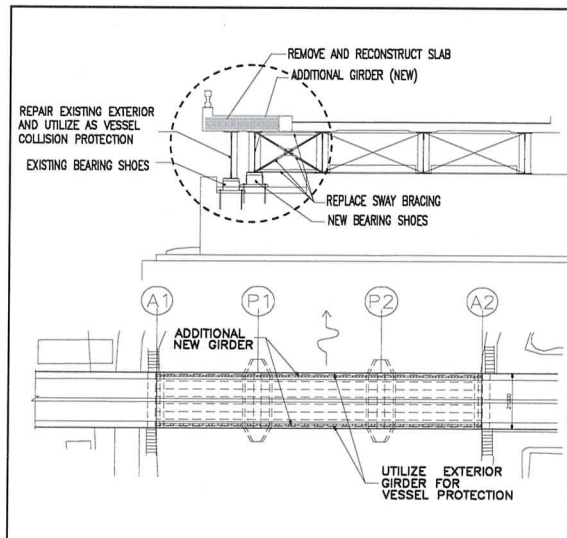
- 下部構造では、重大な損傷は観察されなかった。

改善対策工の提案

改善策として 3 案を提示した。すなわち、小規模補修、中規模補修および大規模補修。補修最適案を選出するにあたり、技術面、経済面などの数項目について比較検討した。

対策工法の提案

技術面、経済面などの項目を検討した上で、大規模補修工法を最適案として提案した。これによって構造物の耐荷力および耐久性が改善される。追加桁は、上部構造の耐荷力と安定性を増し、桁の変形を避けられる。現在の外桁は、上部構造へ衝撃力を伝えることなしに船舶衝突防護工として利用する。



第3案：大規模補修案

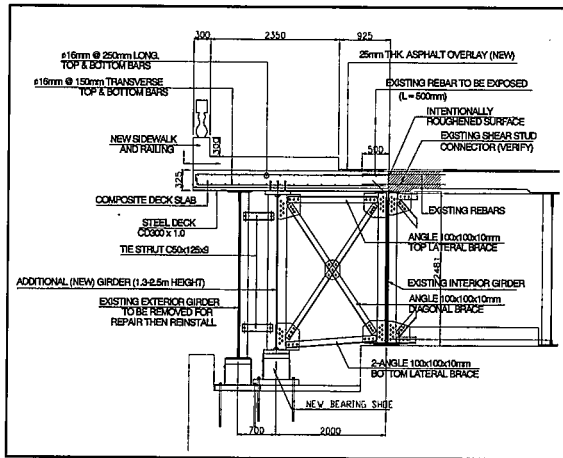
主要工事

- 橋梁全体を対象とした、鋼材の清掃と塗装の実施
- 破損した対傾構の置換
- 現外桁に近接して新しい支承を有する主桁の追加
- 船舶の衝突防護工として機能させるために現外桁の補修と残置
- 現床版の一部（工事に関係する部分）、歩道、高欄と伸縮継手の撤去と再建設

予備設計

本計画案は、船舶の衝突防護工としての機能を現外桁に期待するものであり、新外桁を現外桁に近接して、内側に設置する。それ故、橋梁の全幅と道路線形は現状通りである。

- 追加(新)鋼桁は、新支承を設置するための間隔を保持する位置に現外桁に近接して設置する。新設桁の高さは、現外桁と同じとする。
- 新設外桁および現外桁間の対傾構は、撤去し、置換する。
- 新設床版は、建設期間を短縮するために鋼床版合成タイプとする。撤去した高欄及び照明柱は再利用する。



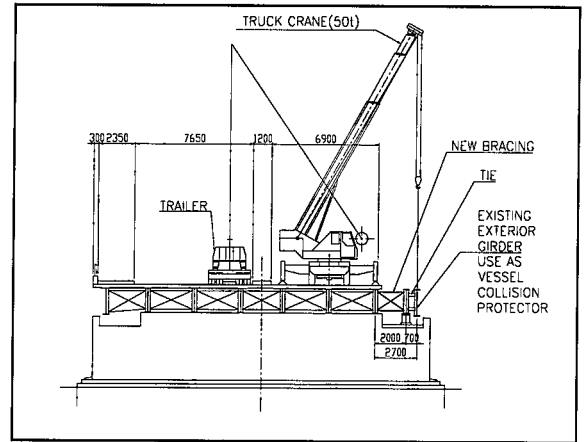
追加桁と新設の歩道詳細

建設工法と交通管理

歩道および対傾構の撤去と新設桁用の支承を設置した後、新設桁を搬入し、クレーンで架設する。その後、上流側の歩道を置換する。

交通規制は以下の通りである。

- 工時期間中、現橋梁の2車線を供用する。
- 工時期間中、現橋梁上の自動車重量は制限する。
- 迂回用の架設橋は設置しない。



建設工法

事業費

| 事業費 | | 単位: 百万円 | |
|--------------|-------------|--------------|-------|
| Construction | Engineering | Right of Way | Total |
| 310.2 | 40.3 | - | 350.5 |

経済評価

経済評価の結果、純現在価値 (NPV) は 445 百万円であり、BCR は橋梁の耐用年数 40 年以上、NEDA により指定された割引率 15% として 1.97 である。経済的内部収益率 (EIRR) は 24.0% であった。

費用便益解析の経済指標

| | |
|--------------------|-----------|
| Net Present Value | 444.9 百万円 |
| Benefit Cost Ratio | 1.97 |
| EIRR | 24.0 % |

環境影響評価

- ジョーンズ橋は、マニラ市ビノンド地区で 2 地区のバランガイに囲まれている。即ち、北西側アプローチ部はバランガイ 291、南東側アプローチ部はバランガイ 656 である。ジョーンズ橋の補修工事中は、本橋梁付近に居住者がいないことから、移転の対象となる家族はいない。
- 騒音レベル、TSP レベル、その他各種の建設機材の操作による SOX および NOX のような空気汚染物質、および河川の汚濁などの増加による負の影響は最小で短期間である。

21. ケソン橋

現状評価

上部構造

主要な損傷

- 主として、ガセットプレート、ブレースングおよびタイ桁などの床組の著しい腐食
- 床組で結合部合計 44 箇所が改善工事の対象。113 本の横構が切断又は置換の対象であり、少なくともガセットプレート 45 箇所は置換が必要
- 床組 8 箇所ですばいと塗装が必要
- 雨水が床組に浸入するのを防止するために、漏水防止工が 51 箇所の鉛直吊材の位置で必要

主要損傷原因

- 激しく腐食した床組は、床版と鉛直吊材の隙間から浸入した雨水が原因
- 橋台付近の縦桁の腐食は、床版の伸縮継手からの漏水が原因
- 鋼構造の老朽化と鋼材の腐食防護工の劣化が原因
- 部材の腐食は、塗装の剥離と定期的維持管理の欠如が原因



腐食した鉛直吊材

腐食したガセットプレート

下部構造

主要な損傷

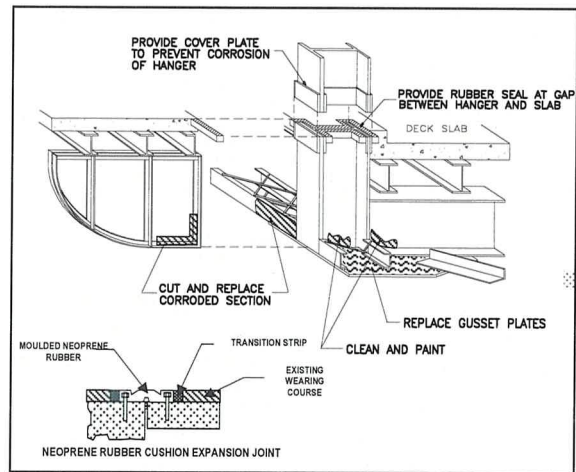
- 橋台表面の軽微なクラック

改善対策工の提案

改善策として 3 案を提示した。すなわち、小規模補修、中規模補修および大規模補修。最適案を選出するにあたっては、技術面、経済面などの数項目について比較検討した。

対策工法の提案

技術面で最適案としたのは、第 2 案であり、中規模の補修案である。橋梁の構造上の耐荷力と耐久性が、腐食の激しい部材の置換と腐食防止工の施工により改善される。



第 2 案：中規模補修案

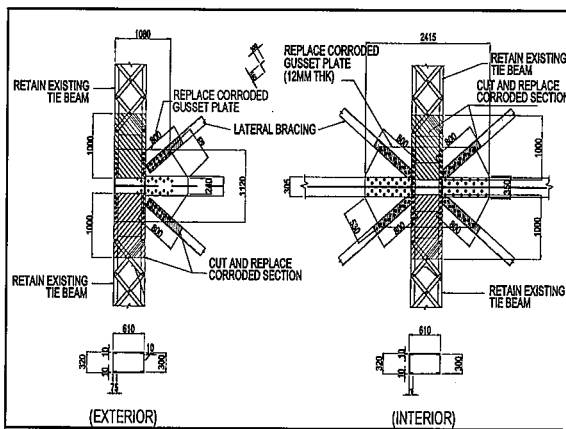
主要工事

- 腐食した鉛直吊材とトラスを含む床組みの清掃と塗装
- 漏水をシールするため伸縮継手の置換
- ガセットプレートの置換
- 床桁、橋軸方向のタイ桁および鉛直吊材などの腐食断面の切除と新材材による置換
- 鉛直吊材と歩道コンクリート間の隙間のシーリング、さらに鉛直吊材を腐食から防護するためのプレートの設置
- 橋台付近の床版の撤去と再建設
- 橋台近傍の腐食した縦桁の置換

予備設計

点検調査結果にもとづいて、著しく腐食した結合部の置換、更なる部材の腐食を防止するため防水工の設計を実施した。

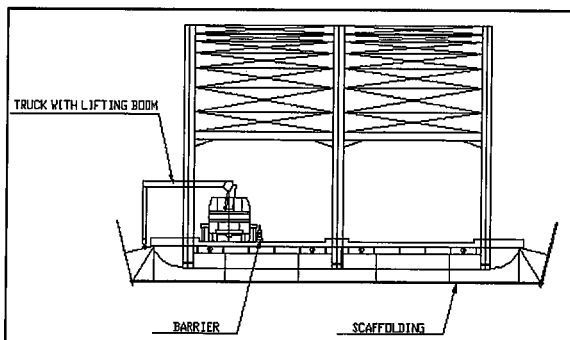
- 床組、橋軸方向のタイ材および鉛直吊材などの腐食断面は切断し新部材に置換する。
- 鉛直吊材周辺に防水版の溶接、鋼板と床版との隙間は、図示したように弾性ゴムでシールする。
- 支承部の腐食を防ぐために、床版の現排水管に新設排水管をつなぐ。
- 床組みの腐食を防止するために、防水型伸縮継手を設置する。



腐食部材の置換

建設工法と交通管理

補修工事は、仮設足場の上で施工され、建設機器は輸送された後、トラックの吊り上げブームで吊り上げる。工事は、工事期間を短縮するために、2組の作業グループで施工することとした。



建設工法

交通規制は以下の通りである。

- 両側鉛直ハンガーの工事期間中は、工事のために1車線使用となるが、通常は3車線供用する。
- 中央鉛直ハンガーの工事期間中は、工事のために3車線使用し、一般交通用に1車線提供する。

事業費

| 事業費 | | | 単位：百万円 |
|--------------|-------------|--------------|--------|
| Construction | Engineering | Right of Way | Total |
| 226.04 | 29.48 | - | 255.52 |

経済評価

経済評価の結果、純現在価値 (NPV) は、421百万円であり、橋梁の耐用年数40年以上、BCRはNEDAにより指定された割引率15%として2.81である。経済的内部収益率 (EIRR) は34.3%であった。

費用便益解析の経済指標

| | |
|--------------------|------------|
| Net Present Value | 421.47 百万円 |
| Benefit Cost Ratio | 2.81 |
| EIRR | 34.3% |

環境影響評価

- ケソン橋の修復工事により影響を受ける地域は、3地区のバランガイである。ケソン橋の北東部のアプローチ部にはバランガイ 384 ゾーン 39 と 306 ゾーン 30 クイアポ地区およびマニラ市がある。南西部のアプローチ部には、バランガイ 659がある。
- ケソン橋の改善工事では、橋梁下と両側に居住している不法居住者 59 人の移転を伴う。これらの不法居住者には職業の保障が得られる地域に移転することと公共サービスを受けられることを提案する。
- 交通渋滞、騒音レベル、埃、大気汚染物質、および河川の汚濁などその他の負の影響の増加は最小にし、修復工事期間中に限るものとする。

22. ランビンガン橋

現状評価

上部構造

主要な損傷

- ゲルバーヒンジ部の損傷
- 外桁外面のクラック
- 橋脚 1 および橋脚 2 の上の主桁の曲げクラック
- 吊桁中央部の橋軸方向でのクラックと露出鉄筋
- 中央スパンでの桁のたわみ

主要損傷原因

- ゲルバーヒンジ支点部でのクラックは、主桁の鉄筋が不十分であることが原因
- 橋脚支点上で見られる曲げクラックは、供用自動車荷重時（死荷重含む）の引張り応力が原因
- 吊桁中央部の損傷は、上流からの船舶航行中の法外の高さの荷物（トラック）の衝突が原因
- 桁のたわみは、橋軸方向の PC ケーブルの不足が原因。同様に、側径間長対中央スパン長の比率は 0.65 以下であることから側径間の橋台で桁にアップリフトが生じていることが原因



ゲルバーヒンジでのクラック

船舶の衝突による損傷

下部構造

主要な損傷

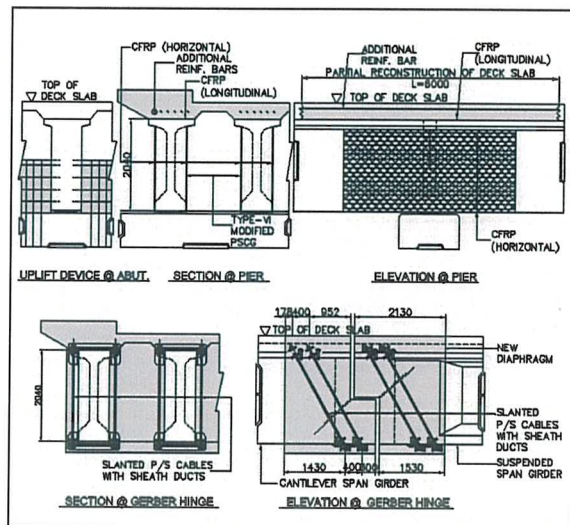
- 下部構造に重大な損傷は、観察されなかった。

改善対策工の提案

改善策として、小規模補修、中規模補修および大規模補修の 3 案を計画した。最適案を選出するにあたり、技術面、コスト面、工事の困難性などを考慮に入れて、比較検討した。

対策工法の提案

計画 3 案の中から選定した改善案は、中規模補修案である。この計画案を用いて、橋台でのアップリフトの問題は解決する。同様に、せん断抵抗の増加によってゲルバーヒンジ部を改善する。橋脚支点上の曲げは、炭素繊維強化ポリマー（CFRP）を用いて改善すると同時に更なるクラックの進行を防ぐ。



第 2 案：中規模補修案

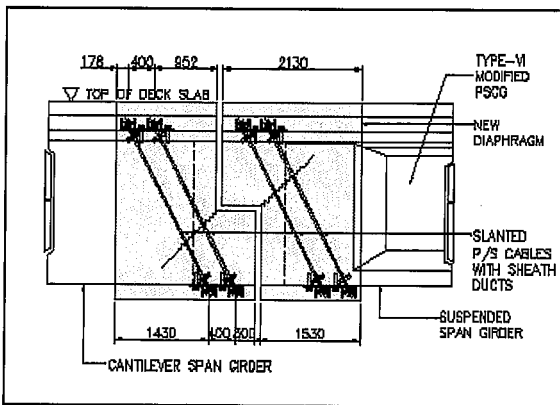
主要工事

- アップリフト対策工法として橋台と桁にコンクリートブロックを設置
- ゲルバーヒンジ部付近でウェブの鉛直方向と、橋脚支点部で主桁上部に橋軸方向に CFRP を施工
- コンクリートクラック、豆板空洞および剥離の補修およびシーリングの実施
- ゲルバーヒンジ部で斜め PC ケーブルによるプレストレスの導入
- ゲルバーヒンジ部の隔壁の再建設

予備設計

点検調査結果にもとづいて、ゲルバーヒンジと橋脚上の桁の上部の損傷・ひび割れヶ所および橋台のアップリフトアンカーの設計を実施した。

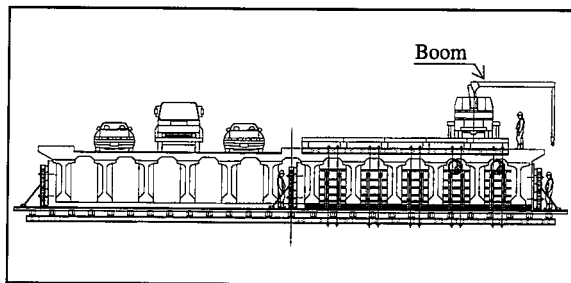
- 斜め PC ケーブルは、主桁の外側に配置する。ゲルバーヒンジ部の隔壁は、床版からの反力を分配するために幅を広げて施工する。
- 炭素維持強化ポリマー (CFRP) と追加鉄筋は、橋軸方向の負鉄筋の抵抗力を増加させるために橋脚の位置で主桁の外側に設置する。
- 追加コンクリートブロック用の追加鉄筋は、アップリフトに対する抵抗を増加させるために橋台支点に設置する。



斜め PC ケーブルの配置

建設工法と交通管理

この補修工事は、主桁の部分的建設である。すべての工事は、部分的に足場を組んだ上で施工し、建設材料および機器は、橋面からブームクレーンによって足場上に搬入する。



建設工法

交通規制は以下の通りである。

- 交通車線の部分的閉鎖は、補修工事中必要である。
- 自動車重量は、現隔壁と床版の撤去と再建設中、および PC ケーブルの緊張作業中は制限する。
- PC ケーブルの緊張中とコンクリート打設時は一時全面閉鎖とする。

事業費

| 事業費 | | 単位：百万円 | |
|--------------|-------------|--------------|-------|
| Construction | Engineering | Right of Way | Total |
| 99.0 | 55.7 | - | 154.7 |

経済評価

経済評価の結果、純現在価値 (NPV) は、105 百万円であり、BCR は橋梁の耐用年数 30 年以上、NEDA により指定された割引率 15% として 2.20 である。経済的内部収益率 (EIRR) は 22.5 % であった。

費用便益解析の経済指標

| | |
|--------------------|-----------|
| Net Present Value | 105.1 百万円 |
| Benefic Cost Ratio | 2.20 |
| EIRR | 22.5 % |

環境影響評価

- 補修工事により直接影響を受ける地域は、バランガイ 888 ゾーン 98、ニューパナデロス、アナ駅とバランガイ 892、プンタ、アナ駅である。これらの地域はランビンガン橋の南西側アプローチ部である。
- ランビンガン橋の改善工事では、橋梁下と両側に居住している不法居住者 18 人の移転を伴う。これらの不法居住者が職業の保障が得られる地域に移転すること、公共サービスを受けられることを提案する。
- 交通渋滞、騒音レベル、埃、大気汚染物質および河川の汚濁などその他の負の影響の増加は最小にし、修復工事期間中に限るものとする。

23. グアダルーペ橋

現状評価

上部構造

主要な損傷

- ゲルバーヒンジ部での外桁の外面には、ゲルバー接続点での回転と吊桁部での異常振動により多くの重大なクラックが発生
- 異常なたわみにより、橋脚 P1 と P2 の支点上の外桁に曲げクラックが発生

主要損傷原因

- ゲルバー部の沓座幅は、最新の基準に合致していない。
- ゲルバー部の鉄筋は曲げおよびせん断力に対し不十分である。



ゲルバーヒンジ部クラック

下部構造

主要な損傷

- 下部構造には、特に損傷は観察されなかった。
- 解析結果によれば、現橋脚は、元設計荷重に対し健全ではなく、また基礎の安定は、設計地震荷重に対し不十分である。

損傷原因

- 現下部構造は、設計要求水準の変更により最新の基準に対応していない。

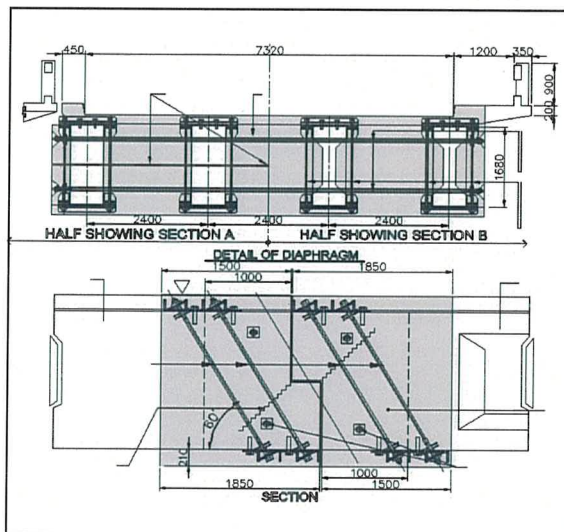
改善対策工の提案

改善策として、小規模補修、中規模補修および大規模補修の3案を計画した。比較検討では、技術面、コスト面、工事期間中の交通に与える影響などの要因を考慮した。

対策工法の提案

技術面から最適案として第3案である大規模補修案を選定した。

橋梁の耐荷力と耐久性は、ゲルバーヒンジ部と隔壁部に PC ケーブルを施工することにより著しく改善できる。本計画案の建設工事期間は、12ヶ月であり、事業費は妥当である。



第3案：大規模補修案

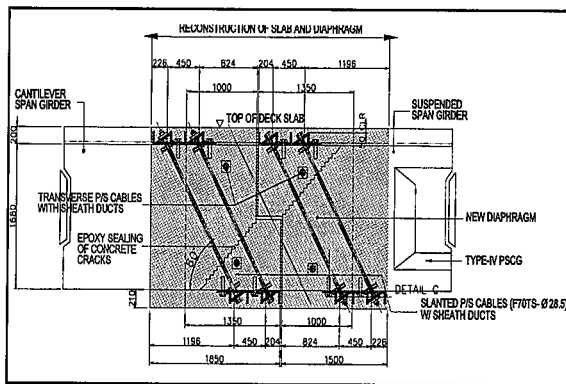
主要工事

- コンクリートクラック、豆板空洞、と剥離の補修とシーリング
- 斜め PC ケーブルでゲルバーヒンジ部の補修工事
- ゲルバーヒンジ部での隔壁と部分的床版の再建設
- 隔壁に弾性支承パッドを追加
- ゲルバーヒンジ部の隔壁に直角方向の PC ケーブルの施工

予備設計

外側ゲルバーヒンジ部でのクラックが、本橋梁の主要な損傷である。この欠陥を補修するための対策工法は以下の通り。

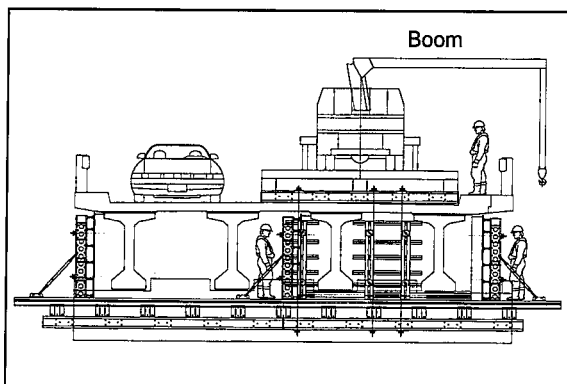
- ゲルバーヒンジ部の強化のために、斜め PC ケーブルをヒンジ部クラック周辺の主桁の外側に設置する。
- 荷重分配のために、ヒンジ部の隔壁を拡幅し、直角方向の PC ケーブルを設置する。
- 現支承の破損を防ぐために、弾性支承パッドを隔壁に追加する。



ゲルバーヒンジの補強

建設工法と交通管理

当該修復工事は、主桁の部分的工事である。すべての工事は、一部足場の上で施工し、建設材料および機器は、橋面からブームクレーンによって足場上に搬入する。



建設工法

交通規制は以下の通りである。

- 交通車線の部分的閉鎖は、補修工事中必要である。
- 自動車重量は、現隔壁と床版の撤去と再建設中、および PC ケーブルの緊張作業中は制限する。
- 現隔壁と床版の撤去および再建設中は、通行可能車線の切替えが必要である。

事業費

| 事業費 | | 単位：百万円 | |
|--------------|-------------|--------------|-------|
| Construction | Engineering | Right of Way | Total |
| 38.7 | 5.1 | - | 43.8 |

経済評価

経済評価の結果、純現在価値 (NPV) は、328 百万円であり、BCR は橋梁の耐用年数 30 年以上、NEDA により指定された割引率 15% として 8.58 である。経済的内部収益率 (EIRR) は 41.8 % であった。

費用便益解析の経済指標

| | |
|--------------------|-----------|
| Net Present Value | 328.9 百万円 |
| Benefit Cost Ratio | 8.58 |
| EIRR | 41.8 % |

環境影響評価

- 修復工事により直接影響を受ける地域は、マンドルヨン市バランガイ、バラングカ イラヤである。この地域は橋梁の北部に位置している。
- 橋梁の修復工事では、橋梁下と両側に居住している不法居住者 18 人の移転を伴う。これらの不法居住者は職業の保障が得られる地域に移転すること、公共サービスを受けられることを提案する。
- 交通渋滞、騒音レベル、埃、大気汚染物質、河川の汚濁と交通渋滞の増加などの負の物理的および社会経済的影響は、補修工事中において最小であると予想される。

24. バルガス橋

現状評価

上部構造

主要な損傷

- 外桁ゲルバーヒンジ部外面のクラック（クラックは、非破壊試験により桁内部への広がり調査した。）
- 橋脚支点上の主桁の曲げクラック
- 自動車の円滑な運転に著しい影響を与えている、大きなたわみ

主要損傷原因

- ゲルバーヒンジ支点部のクラックは、主桁の吊鉄筋の不足が原因
- 橋脚 P2 および P3 上の主桁上部の曲げクラックは、供用活荷重時（死荷重含む）による引張り応力が原因
- 張出し部の異常なたわみは、橋軸方向の PC ケーブルの量的不足が原因（側径間長と中央径間長の比率は 0.65 より小さい。この結果、側径間にアップリフトが生じている。）



ゲルバーヒンジ部クラック



主桁のたわみ

下部構造

主要な損傷

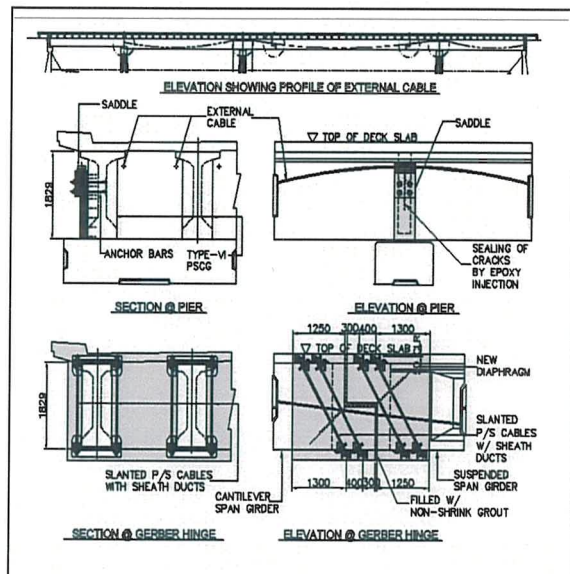
- 下部構造に損傷は観察されなかった。

改善対策工

改善策として、小規模補修、中規模補修および大規模補修の 3 案を計画した。比較検討に当たっては、技術面、コスト面および工事の難易度を考慮した。

対策工法の提案

第 3 案である大規模補修案を最適案として選定した。この計画案は、PC ケーブルによりゲルバーヒンジ部のクラックを修復することと外ケーブルにより張出し部材の異常なたわみを改善することが主内容である。



第 3 案 : 大規模補修案

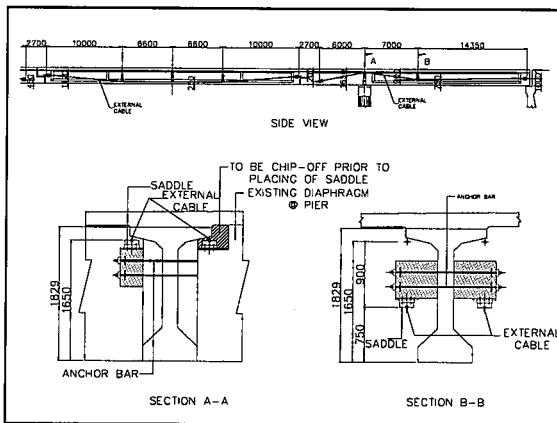
主要工事

- コンクリートのクラック、豆板空洞、と剥離の補修とシーリング
- 橋脚支点上で主桁上部の橋軸方向とウェブの水平方向、さらにゲルバーヒンジ部の水平方向に炭素繊維強化ポリマー（CFRP）の施工
- 橋脚支点上の床版の一部置換
- 斜め PC ケーブルによるゲルバーヒンジ部の補修
- ゲルバーヒンジ部の隔壁と床版の再建設
- 主桁の両側に、たわみと逆方向に外ケーブルの施工

予備設計

主要な損傷は、ゲルバーヒンジ部での主桁の異常な変形とクラックである。これらの欠陥を修復するための対策工を以下に示す。

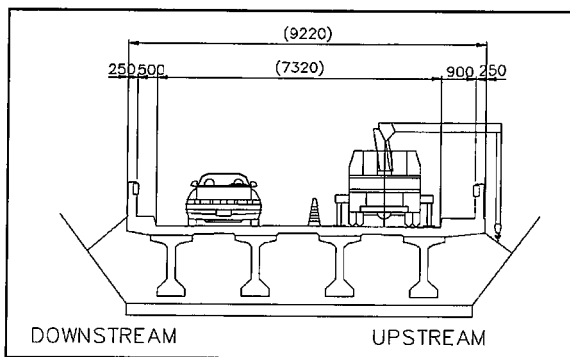
- ゲルバーヒンジ部の強化のために、ヒンジ部クラック周辺の主桁の外側に斜め PC ケーブルを設置する。
- 主桁の変形防止のために、橋軸方向に外 PC ケーブルを設置する。



外ケーブルによる主桁の変形対策

建設工法と交通管理

この修復工事は、主桁の部分的工事である。すべての工事は、一部足場上で施工され、建設材料および機器は、橋面からブームクレーンによって足場上に搬入する。



建設工法

交通規制は以下の通りである。

- 部分的交通規制は、現隔壁の撤去時と床版の部分撤去期間を通じて必要である。
- 橋梁の一時的全面閉鎖は、PC ケーブルの緊張時とコンクリート打設期間中必要である。
- 通行可能車線の切替えは、現隔壁と床版の撤去と再建設工事中、および PC ケーブルの緊張作業中に必要である。

事業費

事業費 単位：百万円

| Construction | Engineering | Right of Way | Total |
|--------------|-------------|--------------|-------|
| 49.3 | 6.4 | - | 55.7 |

経済評価

経済評価の結果、純現在価値 (NPV) は、41.6 百万円であり、BCR は橋梁の耐用年数 30 年以上、NEDA により指定された割引率 15% として 1.97 である。経済的內部収益率 (EIRR) は 24.1 % であった。

費用便益解析の経済指標

| | |
|--------------------|----------|
| Net Present Value | 41.6 百万円 |
| Benefit Cost Ratio | 1.97 |
| EIRR | 24.1 % |

環境影響評価

- 補修工事により直接影響を受ける地域は、パシグ市の 2 箇所のバランガイであり、バランガイ カニオガンとバゴン イログである。当該地域は、それぞれ橋梁の東側と西側直下である。
- バルガス橋の補修工事では、橋梁下と両側に居住している不法居住者 35 人の移転を伴う。
- 騒音レベル、埃、大気汚染物質、河川の汚濁と交通渋滞の増加などの負の物理的および社会経済的影響は、最小であり、補修工事期間は短期間である。

25. 事業の実施

実施時期

- マスタートプランの中で 2004 年から 2010 年（7 年間）の短期目標のプロジェクトを実施する。

優先度

事業実施は、技術的緊急性を必要とする橋梁を優先させた。

優先度 1（極めて緊急）

- アヤラ橋；補強
著しく損傷し、腐食した下弦材と床組の補強
- ジョーンズ橋；大規模補修
主桁の破損と大きな水平変形
- グアダルペ橋；中規模補修
主桁ヒンジ部での重大なクラックと吊桁部の異常振動

優先順位 2（緊急）

- ケソン橋；中規模補修
床組で著しく腐食したガセットプレート、プレーシングとタイ材
- ランピンガン橋；中規模補修
ゲルバーヒンジ部で中位のクラックと主桁端支点でアップリフト対策
- バルガス橋；大規模補修
ゲルバーヒンジ部で中位のクラックと大規模補修工事を必要とする大変形、しかし、「極めて緊急」ではない。

優先順位 3（交通容量の改善）

- 第2アヤラ橋；新設
アヤラ橋、ケソン橋など近接橋梁での交通容量と交通流の改善を目的とする。経済的に最適な時期での実施が望ましい。

実施スケジュールと年間資金需要

単位：百万円

| | | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | SUB-TOTAL | TOTAL | | |
|--------------------|--|--|-----------------|----------|----------|---------|--------|--------|-----------|----------|----------|--------|
| Package I | Ayala Bridge | Detailed Design | 88.15 | 31.56 | | | | | | 77.31 | 2,375.55 | |
| | | ROW Acquisition | | 119.07 | | | | | | 119.07 | | |
| | | Tender | | | | | | | | - | | |
| | | Construction | | | 1012.47 | 1012.29 | | | | 2,024.76 | | |
| | | Const. Supervision | | | 77.30 | 77.11 | | | | 154.41 | | |
| Package I | Jones Bridge (ROW Acquisition not required) | Detailed Design | 15.5 | | | | | | | 15.50 | 350.40 | |
| | | Tender | | | | | | | | - | | |
| | | Construction | | | 103.88 | 206.77 | | | | 310.15 | | |
| | | Const. Supervision | | | 4.26 | 16.49 | | | | 24.75 | | |
| Package I | Guadalupe Bridge (ROW Acquisition not required) | Detailed Design | 1.89 | | | | | | | 1.89 | 43.65 | |
| | | Tender | | | | | | | | - | | |
| | | Construction | | | 19.37 | 19.37 | | | | 38.74 | | |
| | | Const. Supervision | | | 1.51 | 1.51 | | | | 3.02 | | |
| Sub-Total | | 56.14 | 290.15 | 1,333.91 | 1089.40 | - | - | - | 2,769.60 | | | |
| Package II | Quezon Bridge (ROW Acquisition not required) | Detailed Design | | 11.34 | | | | | | 11.34 | 255.53 | |
| | | Tender | | | | | | | | - | | |
| | | Construction | | | | 75.36 | 150.70 | | | 226.05 | | |
| | | Const. Supervision | | | | 6.03 | 12.09 | | | 18.14 | | |
| | Package II | Lambingan Bridge (ROW Acquisition not required) | Detailed Design | | 4.91 | | | | | | 4.91 | 111.88 |
| | | | Tender | | | | | | | | - | |
| | | | Construction | | | | | 99.03 | | | 99.03 | |
| | Package II | Vargas Bridge (ROW Acquisition not required) | Detailed Design | | 2.46 | | | | | | 2.46 | 55.76 |
| Tender | | | | | | | | | | - | | |
| Construction | | | | | | | 49.83 | | | 49.83 | | |
| Const. Supervision | | | | | | | 3.97 | | | 3.97 | | |
| Sub-Total | | - | 11.34 | 88.77 | 323.06 | - | - | - | 423.17 | | | |
| Package III | Second Ayala Bridge | Detailed Design | | | | 73.52 | | | | 73.52 | 1,779.10 | |
| | | ROW Acquisition | | | | | | | | 359.11 | | |
| | | Tender | | | | | | | | - | | |
| | | Construction | | | | | | 612 | 612 | 1,224.0 | | |
| | | Const. Supervision | | | | | | 61.23 | 61.23 | 122.47 | | |
| Sub-Total | | - | - | - | 253.07 | 179.56 | 673.23 | 673.24 | 1,779.10 | | | |
| GRAND TOTAL | | 56.14 | 301.49 | 1,422.68 | 1,665.53 | 179.56 | 673.23 | 673.24 | 4,971.87 | | | |

26. 結論と提言

結論

事業の妥当性

- 改善対策実施計画は、調査結果の報告にもとづいて妥当と判断されたものである。著しく劣化した構造物、交通容量の制限と船舶との衝突などの問題に対処するものである。
- 輸送施設としてのライフラインの機能を有する現橋梁の改善計画は、メトロマニラ市の社会経済活動を推進するものである。

本事業の可能性

改善対策は、種々の観点から評価され、以下のように事業可能性が高いと結論した。

- 技術的観点

橋梁改善事業は、高度な最新技術を、特にアヤラ橋とケソン橋に対して必要とする。

- 経済的・財政的観点

各橋梁の改善事業と第2アヤラ橋の建設事業は、高い経済的内部収益率(EIRR)を示している。これは、本事業の早期実施の妥当性を示唆している。

- 環境影響評価

現橋梁の改善事業の特性から、事業実施に伴う負の影響は、社会的影響と道路用地取得の観点から極めて小さい。当該調査対象橋梁のなかで、アヤラ橋は、5家屋4家族、第2アヤラ橋は10家屋3家族に影響を与えるだけである。他の橋梁に関しては、多くの不法居住者に影響を与える。

提言

早期事業実施

改善事業は緊急に必要とされるものであり、以下の事前準備を実施し、早期に事業実施に意向することを提言する。

- ECCの取得
- R.O.W.の取得
- 当該事業により影響を住民に対し移転先を用意する。
- ファンドの準備

アヤラ橋に対する自動車重量制限の暫定的実施

実施が遅くれる場合には、フィージビリティ調査で報告されているように、アヤラ橋利用者の安全を確保するために自動車重量制限を暫定的に実施する。

緊急改善工事対象橋梁のモニタリング

下記の橋梁については、損傷や異常振動・変形のモニタリングを強く提言する。損傷の進行が認められた場合には必要な対策を講じる。

- アヤラ橋：確実な荷重制限の実施に加え、自動車走行時の異常振動
- ジョーンズ橋：鋼桁のクラックの進行程度及び新しい船舶衝突の発見
- グアダルーペ橋：ゲルバーヒンジ部のひび割れ幅の進行程度

第2アヤラ橋建設の実施

- 第2アヤラ橋の提案ルートに沿って道路用地内の開発を制限する。
- ルートの将来延伸に関する調査を実施する。

持続的ヒューマンキャパシティ向上計画の一環としての確立した技術の普及

本フィージビリティ調査のもとで、現橋梁の構造上の健全度の評価に関する高度な工学技術、損傷診断、ロードレイティング解析手法などは確立され、マニュアルに編集した。

これらの技術の普及が、持続的ヒューマンキャパシティの向上計画の一環として実行されることを強く提案する。

JICA本部、作業管理委員会および調査団**JICA 本部**

| | | | |
|-------|---|---------|-----------------------------------|
| 干山 善幸 | : | 社会開発調査部 | 次長 (2002年10月～2004年3月) |
| 成瀬 猛 | : | 社会開発調査部 | 社会開発調査第一課 課長 (2002年10月～2003年5月) |
| 黒柳 俊之 | : | 社会開発調査部 | 社会開発調査第一課 課長 (2003年5月～2003年9月) |
| 中村 明 | : | 社会開発調査部 | 社会開発調査第一課 課長 (2003年9月～現在) |
| 角前 庸道 | : | 社会開発調査部 | 社会開発調査第一課 課長代理 (2002年10月～2003年7月) |
| 丸山 英朗 | : | 社会開発調査部 | 社会開発調査第一課 課長代理 (2003年7月～現在) |
| 田中 伸一 | : | 社会開発調査部 | 社会開発調査第一課 (2002年10月～2004年3月) |
| 横山 英樹 | : | 社会開発調査部 | 社会開発調査第一課 (2004年4月～現在) |

JICA 作業管理委員会

| | | |
|-------|---|--------------------------|
| 税田 賢二 | : | 日本道路公団高速道路部高速道路建設第二課 |
| 下里 哲弘 | : | 首都高速道路公団保全施設部保全技術課技術管理班長 |

JICA 調査団

| | | |
|----------|---|-------------------|
| 戸次 庸夫 | : | 総括／橋梁設計 1 |
| 五瀬 伸吾 | : | 副総括／橋梁設計 2 |
| 五十嵐 功 | : | 橋梁健全度調査／評価 |
| 千田 信次 | : | 都市土木施工計画／積算 |
| 土田 貴之 | : | 交通計画 |
| 溝田 祐造 | : | 河川航路計画・施設／河川計画 |
| アハ・ル・アレラ | : | 環境影響評価 |
| 木村 俊夫 | : | 経済／財務分析 |
| ホト・サントス | : | 橋梁健全度調査／評価／橋梁設計 3 |

DPWH運営委員会、技術委員会、カウンターパートチーム**DPWH Steering Committee**

| | | |
|----------------------------|---|--|
| Mr. Manuel BONOAN | : | Chairman, Undersecretary, DPWH (March 1, 2003～Present) |
| Mr. Teodoro ENCARNACION | : | Chairman, Undersecretary, DPWH (Nov. 2002～Feb. 28, 2003) |
| Mr. Roberto CASTAÑARES | : | Member, Assistant Secretary, DOTC (Jan. 3, 2003～Present) |
| Mr. George ESGUERRA | : | Member, Assistant Secretary, DOTC (Nov. 2002～Jan. 2, 2003) |
| Ms. Corazon BAUTISTA CRUZ | : | Member, Assistant General Manager, MMDA |
| Ms. Bingle GUTIERREZ | : | Member, Executive Director, PRRC |
| Mr. Arthur COSINGAN | : | Member, Commandant, PCG (Nov. 2003～Present) |
| Mr. Rueben LISTA | : | Member, Commandant, PCG (Nov. 2002～Nov. 2003) |
| Col. Delfin BANGIT (PA) | : | Member, GSC, Group Commander, PSG (Feb. 2003～Present) |
| Mr. Hermogenes ESPERON Jr. | : | Member, Commanding General, PSG (Nov. 2002～Feb. 2003) |

DPWH カウンターパートチームおよび技術委員会

| | | |
|-------------------------|---|---------------------------------|
| Mr. Carlos BADION* | : | Group Leader, URPO |
| Mr. Emmanuel SUPE* | : | Alternate, URPO |
| Mr. Rogelio DAVID** | : | Road Engineer, BOD |
| Mr. Edwin MATANGUIHAN** | : | Bridge Engineer, BOD |
| Mr. Leonardo LINGAN** | : | River Engineer, BOD |
| Mr. Antonio ELLIMA** | : | Geotechnical Engineer, BRS |
| Mr. Bibiano CALANOG** | : | Road Transport Supervisor, URPO |
| Mr. Rommel ROSALES** | : | River Transport Planner, URPO |
| Mr. Rodrigo DE LEON** | : | Road Transport Planner, URPO |
| Mr. Romeo ABRIGO** | : | River Transport Planner, URPO |
| Ms. Jocelyn CORTEZ** | : | Economist, URPO |
| Ms. Belinda FAJARDO** | : | Environmental Specialist, EIAPO |
| Ms. Sol ABASA** | : | Sociologist, EIAPO |

Note: * - assigned on a full-time basis
 ** - assigned on a part-time basis