

No.



独立行政法人 国際協力機構 (JICA)
 Bangladesh 国ジャムナ多目的橋公団 (JMBA)

バングラデシュ国 パドマ橋建設計画調査

ファイナル・レポート

和文要約

2005年3月



日本工営株式会社



株式会社建設企画コンサルタント

社会

J R

05-016

本報告書では以下の換算レートを使用した。

(2004年7月現在)

US \$ 1.00 = Tk.60.0 (バングラデシュ・タカ) = ¥110.0

序文

日本国政府は、バングラデシュ国政府の要請に基づき、同国のパドマ橋建設計画にかかる開発調査を行うことを決定し、独立行政法人 国際協力機構がこの調査を実施いたしました。

当機構は、平成 15 年 5 月から平成 17 年 2 月までの延べ 20 ヶ月にわたって、日本工営株式会社の澁谷實氏を総括とし、日本工営株式会社および株式会社建設企画コンサルタントから構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、バングラデシュ国政府関係者と協議を行うとともに、開発対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書の運びとなりました。

この報告書が、経済開発の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力いただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 17 年 3 月

独立行政法人 国際協力機構

理 事 松 岡 和 久

平成 17 年 3 月

独立行政法人 国際協力機構
理事 松岡 和久 殿

伝 達 状

拝啓 時下益々御清栄のこととお慶び申し上げます。

さて、ここにバングラデシュ国パドマ橋建設計画調査の最終報告書を提出致します。本報告書は、貴機構の契約に基づいて、2003 年 5 月から 2005 年 3 月までの間、日本工営株式会社と株式会社建設企画コンサルタントが共同で実施した調査結果をとりまとめたもので、要約、本編、及び別冊付録より構成されています。

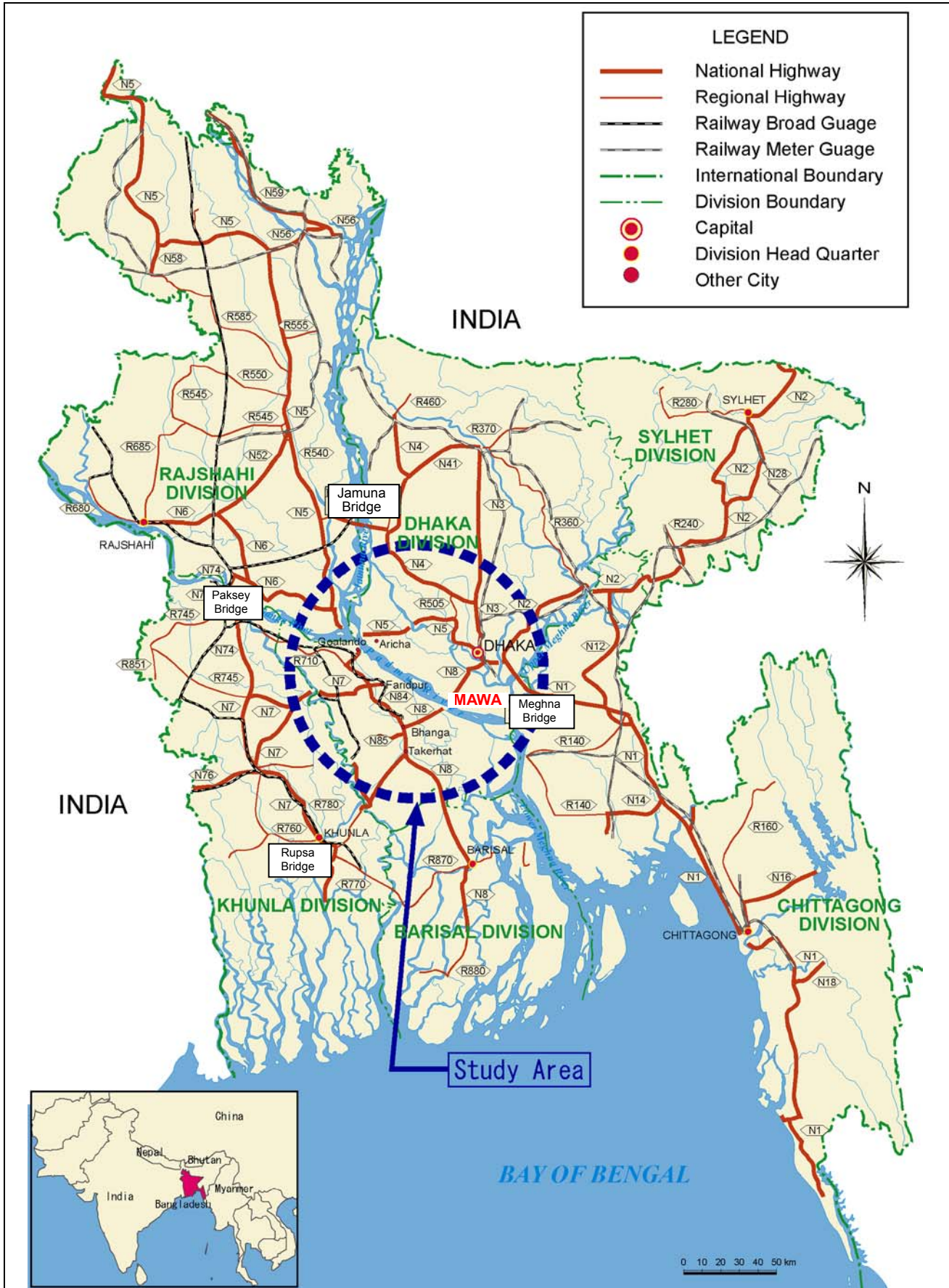
今回の調査に際しましては、貴機構及び日本側関係者からの御意見、御助言、またバングラデシュ国関係者からの御意見を賜って報告書の完成の運びとなりました。

本報告書の提出に当たり、諸般の御協力および御助言を賜った貴機構、外務省に心から感謝を申し上げますとともに、バングラデシュ国政府の監理委員会およびカウンターパート、貴機構バングラデシュ事務所、在バングラデシュ日本大使館、バングラデシュ国の経済開発に理解を共有する国際援助機関の方々の御厚意、御協力に深く感謝いたします。調査を通じ国内支援委員会としての御助言と御支援を賜りました東京大学、東洋大学、国土交通省及び日本道路公団の関係者に対し、深い感謝の意を表するものであります。

この報告書が、南西部地域、ひいてはバングラデシュ国全体の経済状況の改善に寄与することを願うものです。

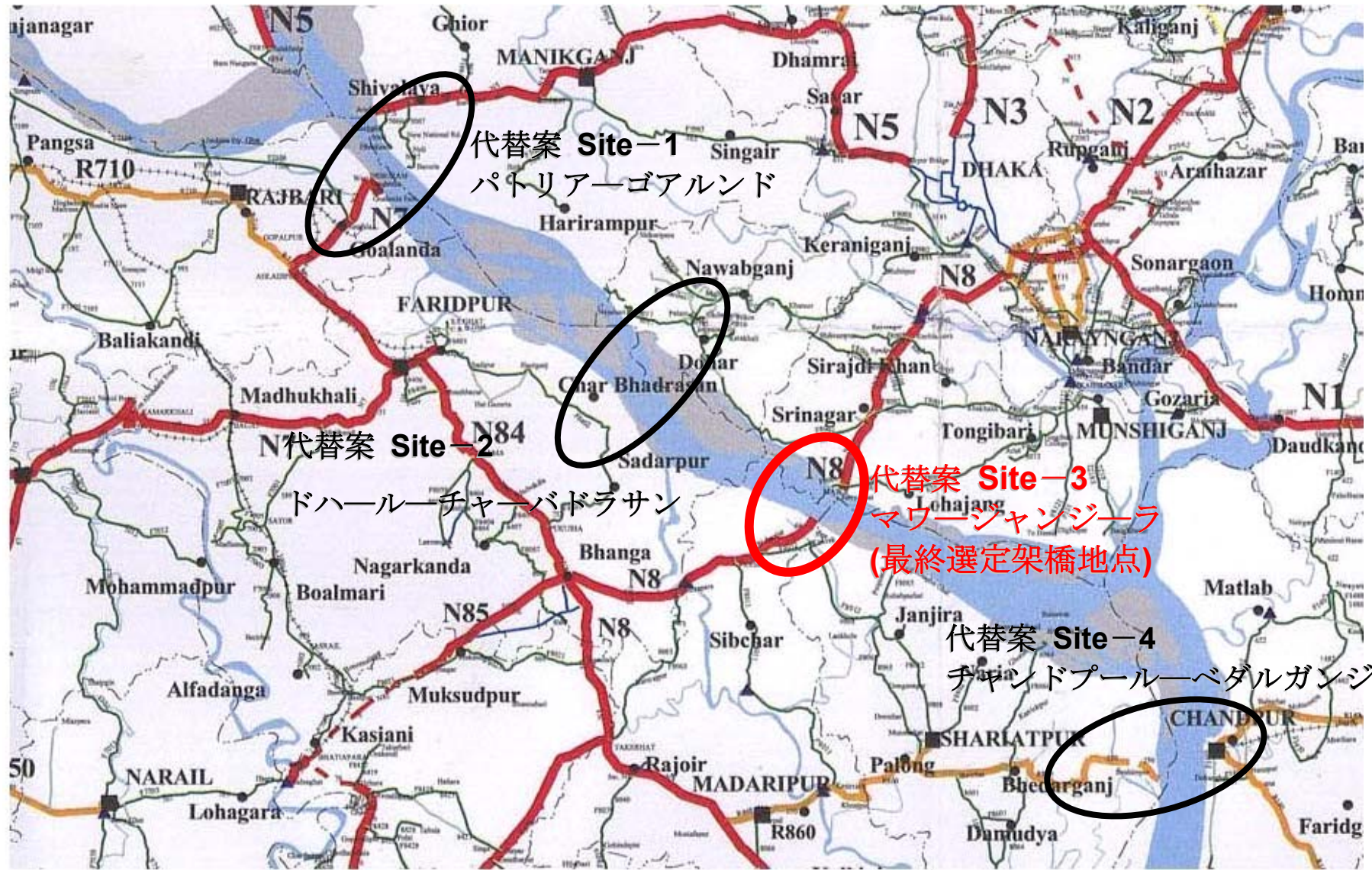
敬具

総括 澁谷 實
バングラデシュ国パドマ橋建設計画調査団



バングラデシュ国パドマ橋建設計画調査

位置図 (1)



バングラデシュ国パドマ橋建設計画調査

位置図 (2)



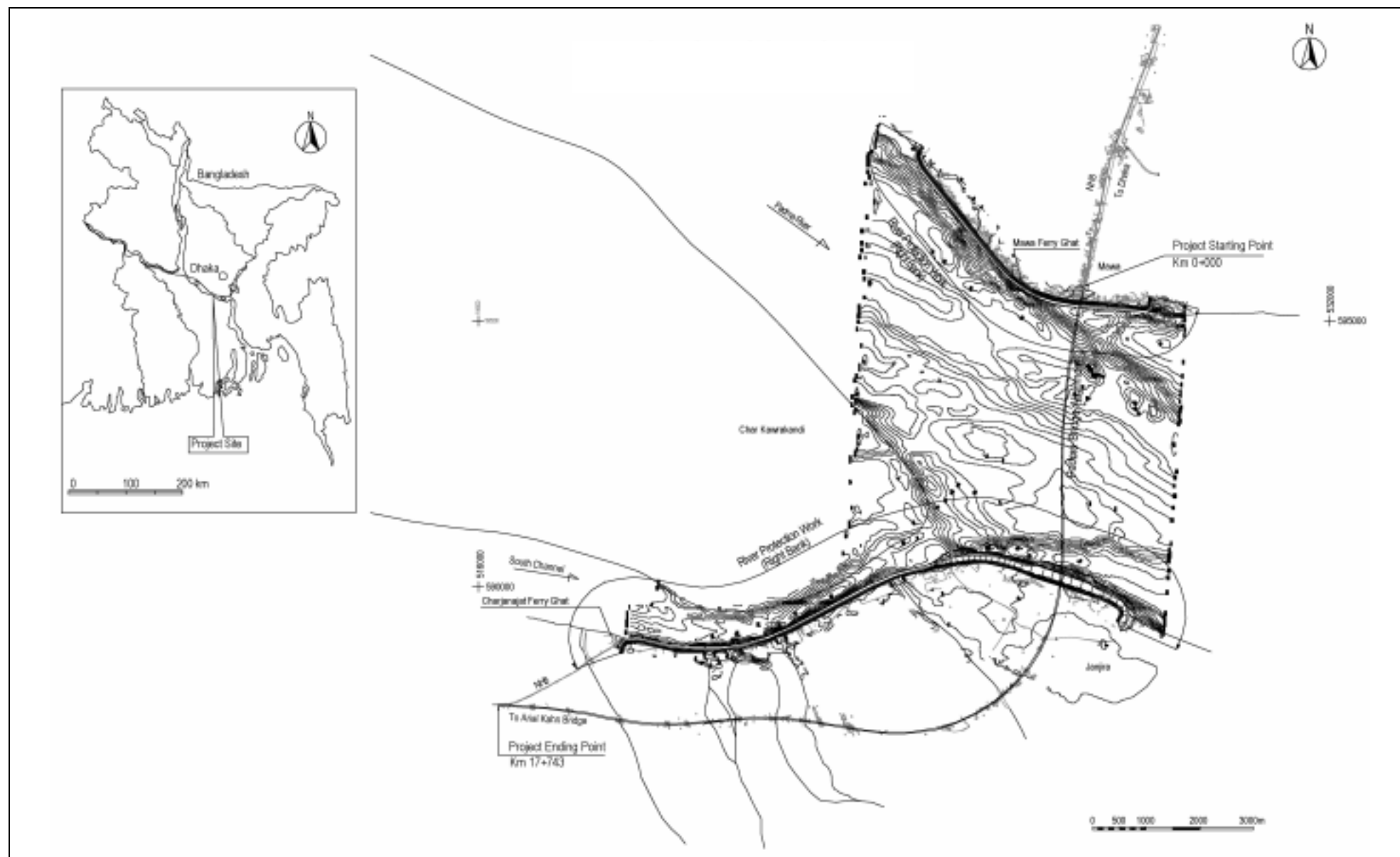
バングラデシュ国パドマ橋建設計画調査

完成予想図 (1)



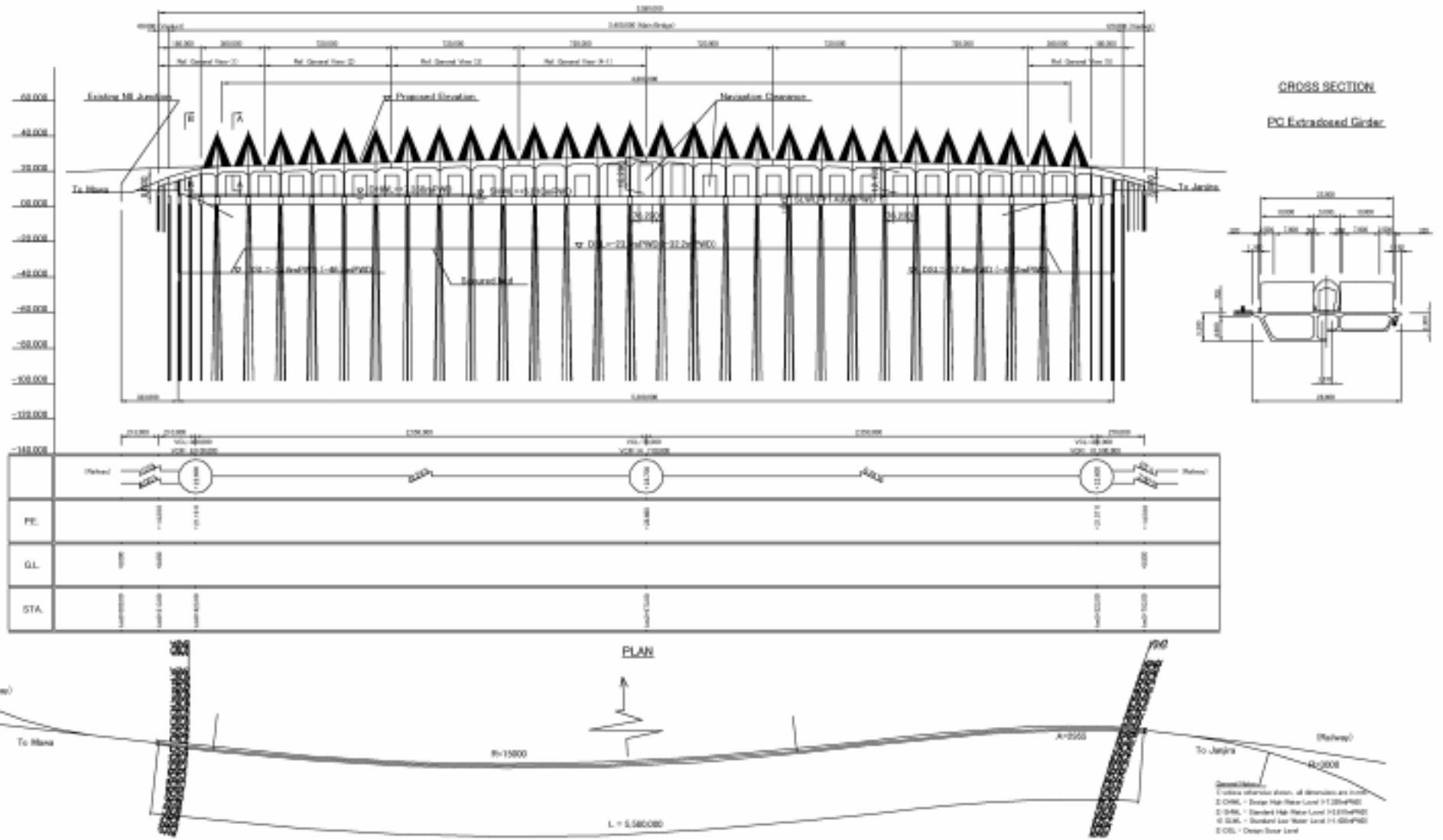
バングラデシュ国パドマ橋建設計画調査

完成予想図 (2)

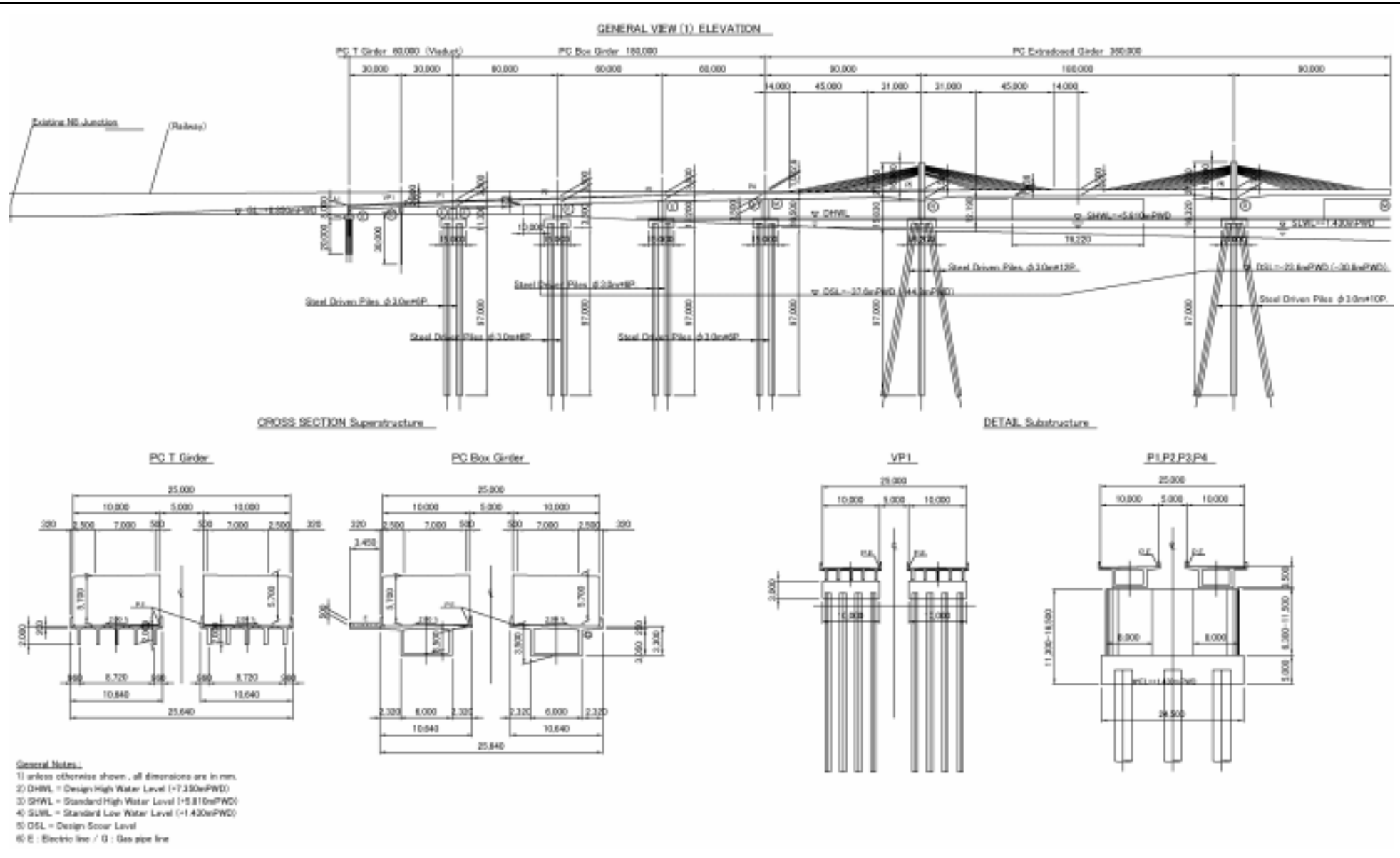


パドマ橋建設計画 路線平面図

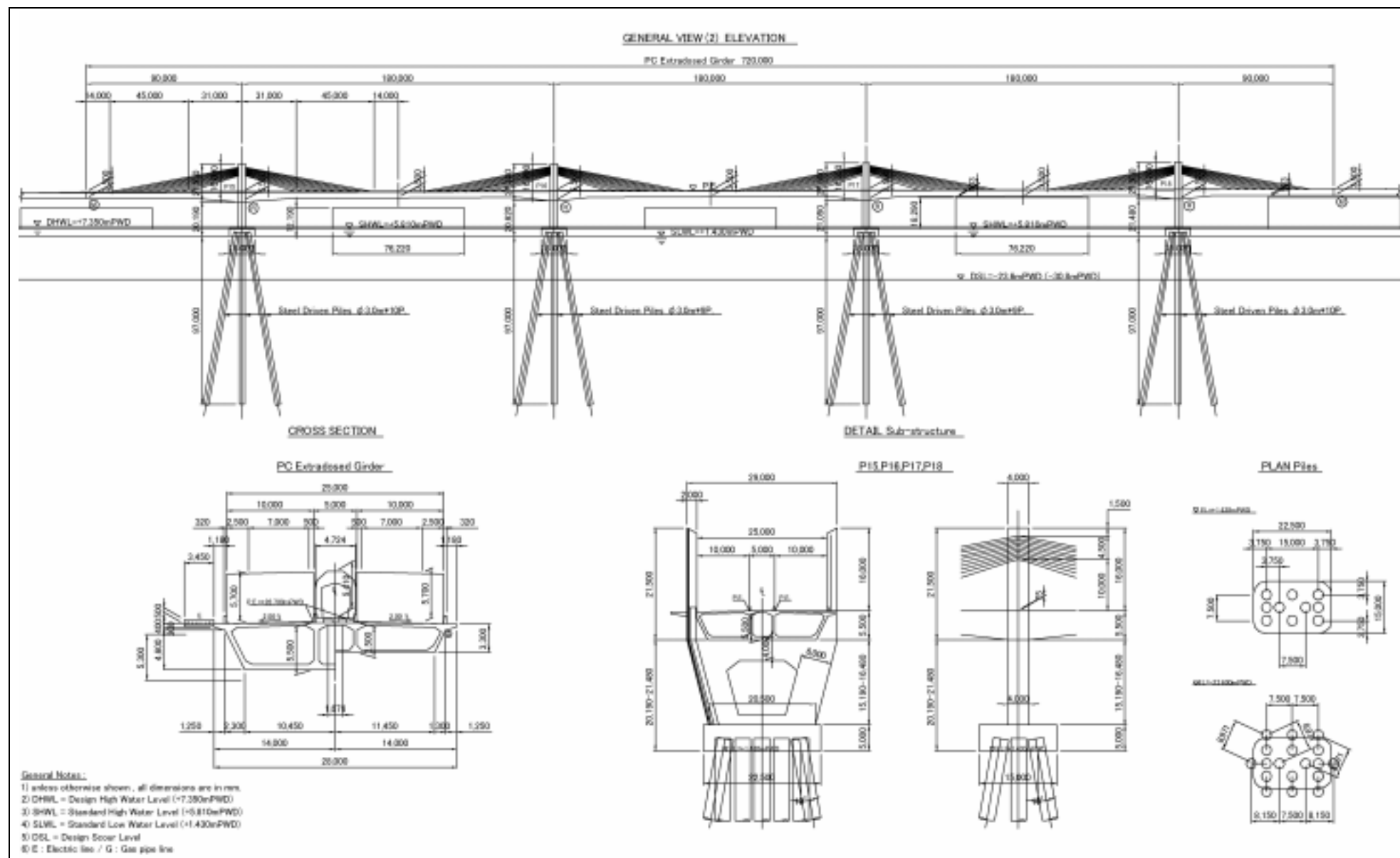
SIDE VIEW H/V=10



パドマ橋建設計画 主橋梁側面図



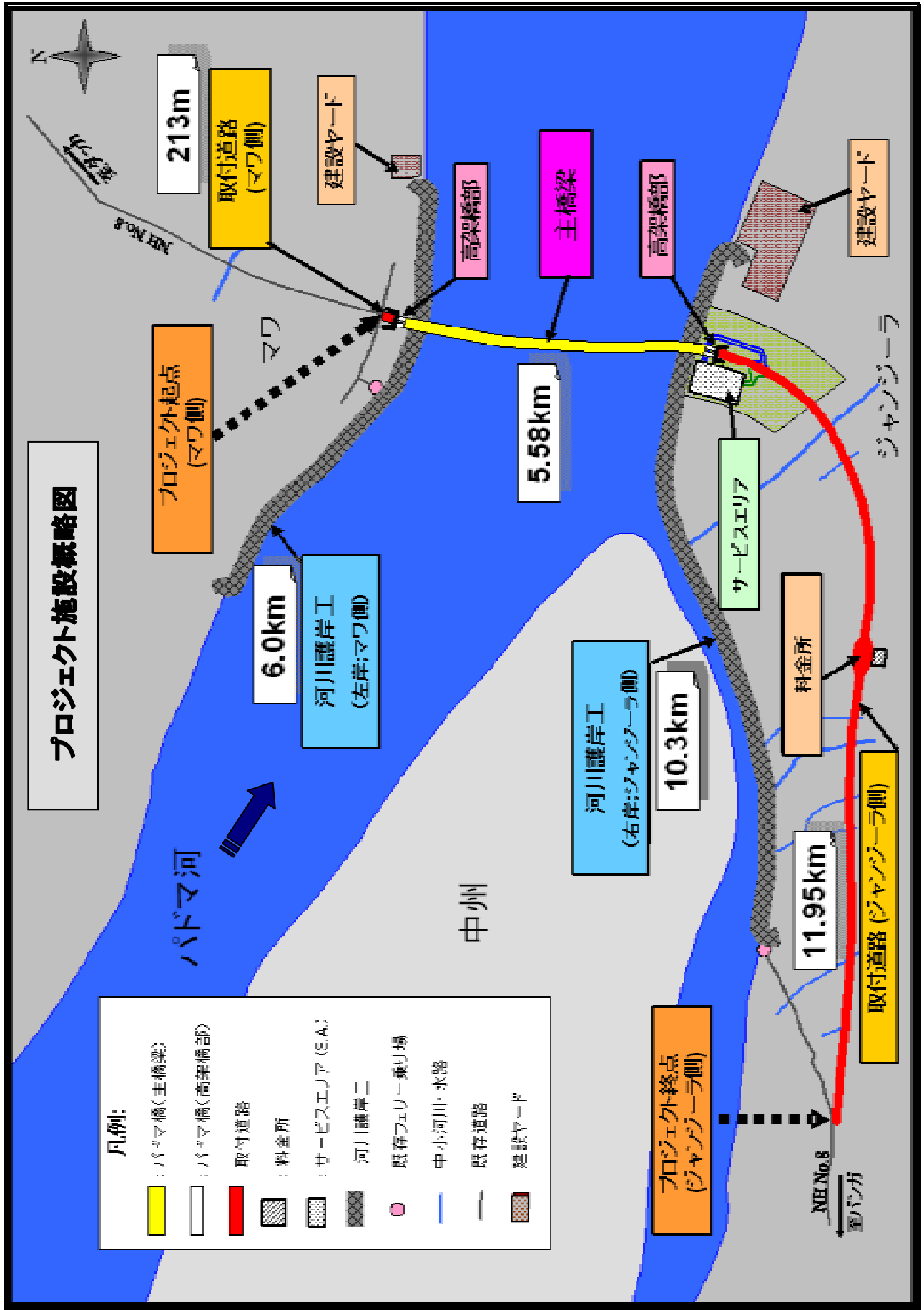
パドマ橋建設計画 主橋梁側面図・横断図(高架橋との接続部)



パドマ橋建設計画 主橋梁側面図・横断図(中央径間部)

パドマ橋建設プロジェクトの概要

- (1) プロジェクトの所在地： **バングラデシュ国のムンシガンジ、シャリアトプールおよびマダリプールの各 district に亘るマワ ジャンジーラ間**
- (2) パドマ橋：**鉄道の施設を可能とし、橋長は 5,580 m**
- 主橋梁： 延長 5400 m、幅員 25 m (往復分離で両方向とも 2 車線、鉄道敷設可能)の PC エクストラードード桁および PC 箱桁。基礎工は径 3 m の鋼管杭。
 - 高架橋： 幅員 10m、上下線分離構造の PC T 桁。マワ側の延長 60m、ジャンジーラ側の延長 120m。基礎工はいずれも径 1.2m の鋼管杭。
- (3) 取付道路：**総延長： 12,163 m**
- マワ側：延長 213 m、幅員 25 m (中央分離帯付き、両方向 2 車線)の盛土道路
 - ジャンジーラ側：延長 11,950 m、幅員 25 m (中央分離帯付き、両方向 2 車線)の盛土道路。内陸河川を渡る中小橋梁 6 橋、コミュニティ道路と交差するボックスカルバート 13 箇所、料金所、サービスエリア、等。
- (4) 河川工事：**河川護岸延長： 16,300 m**
- マワ側の護岸工： 延長計 6000 m
 - ジャンジーラ側の護岸工： 延長計 10,300 m
 - 浚渫土量： 9,500,000 m³ (そのうち 2,500,000 m³ を取付道路の盛土に、7,000,000 m³ を埋立地に利用)
- (5) 概略事業費：**US\$ 1,256,822,720 (2004 年価格)**
- (6) 概略建設工期：**54 ヶ月**
- (7) 経済内部収益率 (EIRR)：**14.80%**
- (8) 交通需要：**2015 年： 21,300 台/日**
2025 年： 41,600 台/日
- (9) パドマ橋の間接効果：**地域経済発展への貢献と貧困削減、公共施設 (送電線、ガスパイプライン、電信電話線) の添架による地域開発の促進、近隣諸国との交易の促進。**



本要約の要点

1 序

パドマ橋建設計画のフィージビリティ調査は、バングラデシュ政府から日本政府への要請に基づき、独立行政法人国際協力機構（JICA）の技術協力によって実施された。ファイナルレポートは、このフィージビリティ調査による成果を取り纏めたものである。本要約の要点では、当該調査の主要な結果と、調査団による結論および提言を取り纏めた。調査のより詳細な内容はこれに続く要約、メインレポート(Final Report – Vol. II (Main Report))および Appendix を参照されたい。

2 経済及び交通の調査

パドマ橋は、バングラデシュ国全体、特に南西地域の発展に寄与すると考えられる。将来の交通需要を予測するにあたっては、国全体および各交通ゾーン別の人口増加や地域生産額の社会経済指標を使用した。さまざまな交通手段の中で、道路輸送は、旅客交通の主要部分を占め、主に鉄道からの転換があったこともあり、1974年の54%から1996年では73%へ増加した。貨物輸送については、水運が1974年の37%から1996年の30%と若干の減少は見られたものの、道路輸送に次ぐ主要な輸送手段となっている。このように、バングラデシュ国における道路網の急速な拡大と自動車の普及により、道路輸送は交通手段のなかでも重要な位置を占めるようになってきている。

3 架橋位置の検討

パドマ河の河川形状をもとに、4箇所の渡河地点(パトリア - ゴアルンド、ドハール - チャーバドラサン、マワ - ジャンジューラ そしてチャンドプール - ベダルガンジ)を架橋位置の候補地点として検討した。4地点の全てにおいて、自然条件、技術的課題、経済的側面、地域の基盤施設整備状況、並びに環境社会配慮からの比較を行い、初期絞り込みを実施して、優位な2地点、すなわち、パトリア - ゴアルンドと、マワ - ジャンジューラを選定した。選択されたこれら2地点について、(i) 経済的フィージビリティ(経済内部収益率、便益/費用比、純現在価値)、(ii) 経済費用(直接投資費用、維持管理費)、(iii) 地域開発(地域生産額の増加/貧困削減)、そして(iv) 環境社会配慮を考慮してさらに比較を行った。最終的に、パトリア - ゴアルンドと比べて不利な社会的影響があるものの、河岸の安定性、交通需要の多さ、より少ない事業費、EIRR(経済内部収益率)の高さ、更には、南西地域へのアクセシビリティの改善や国際道路網の形成といった間接効果の観点も含めて総合的に判断し、マワ - ジャンジューラを架橋建設地点として最終選定した。

4 選定された架橋地点における現地調査

橋梁、取付道路および河川施設の概略設計に必要な地形測量、地形・地質および河川調査を実施した。地質調査では左右岸の橋台位置で各1箇所、河川内(砂州内)で2箇所、並びに右岸側取付道路上に計画された内陸河川橋の位置でボーリング調査を実施した。地形測量は、施設が計画されるエリアに対して実施し、河川部では深淺測量を実施した。河川調査では数値水理解析モデルを用いた、橋梁および護岸施設の建設による洪水位と浸食性・安定性への影響調査を実施した。左岸側のマワにおける最近30年間の浸食は年間5mであったが、最近の15年間では年平均1.5mであって、年間最大浸食幅は20mと推定される。それに対し右岸側のジャンジューラでは、過去30年間における年間最大浸食幅は500mであり、年間最大堆積幅は300mが観測されている。

5 概略施設設計

橋梁形式として、PC箱桁橋、PC斜長橋、PCエクストラードズ橋を比較検討したが、パドマ架橋の諸条件のもとではPCエクストラードズ形式がコスト面で有利とされた。なお、バングラデシュでは鋼材が高価なため、鋼橋はコスト面でコンクリート橋に劣る結果となった。パドマ橋の橋長は5.58 kmと計画され、エクストラードズ部5.4 kmおよび両端の取付高架橋部で構成される。車線数を上下線合計で4車線とし、他の関連施設として、マワ側の取付道路0.21 km、ジャンジーラ側取付道路11.95 km、延長6.0 kmのマワ側護岸工、延長10.3 kmのジャンジーラ側護岸工、料金所、サービスエリア等が計画された。また、パドマ橋を観光資源として有効活用するために、護岸工建設で発生する浚渫土で造成される土地にサービスエリアを設ける計画とした。

6. 施工計画および積算

事業費の積算は、橋梁基礎工事、橋梁上部工工事、河川構造物について行われた。施工計画および施工方法は、バングラデシュ国における労働力及び資機材調達の実態を考慮に入れて決定した。事業費は、下記の3種類の形式による道路橋について次のように積算した。

- 代替案 H1: PCエクストラードズ橋 [基礎ケース] – US\$1178 百万
- 代替案 H2: PCエクストラードズ橋及びPC斜長橋 – US\$1219 百万
- 代替案 H3: PCエクストラードズ橋で最小投資費用のケース – US\$1069 百万

橋梁、河川構造物及び取付道路を含めた暫定的な建設工程は、54箇月(4年6箇月)と見込まれている。

7. 環境調査

プロジェクトによる環境影響を評価するため、初期環境調査(IEE)を2箇所の架橋候補地点について実施し、最終選定されたマワ-ジャンジーラに対しては環境影響評価(EIA)を実施した。橋梁建設による周辺地域の水文および洪水傾向に与える影響は、パドマ河の水位上昇が最大で10 cm程度と解析されたため、ほとんど無い。右岸側の取付道路には十分な開口部を設け、排水の問題が生じないように計画した。水理数値解析によると、パドマ河岸の侵食と堆積の影響は少ないという結果が得られた。本プロジェクトは、生態学的に保護すべき地域や影響を受けやすい地区を通っておらず、プロジェクト地域付近には絶滅危惧種の限定生息地は無い。本調査の初期環境管理計画(EMP)で提案された環境影響への軽減策を適切に実施することで、影響は十分に克服されるものと考えられる。EMPの費用はUS\$3百万と見積もられた。

本調査の結果を受けて、種々の調査が提案された。それらは、EMPにおける表面水・地下水質調査、大気汚染調査、騒音調査、詳細設計時に水文調査、社会調査、および、個々の調査となるHilsha(魚)の回遊調査、土地利用・景観計画(地域開発計画)、野生動物調査、中洲(Charland)の調査である。

8. 社会影響・住民移転調査

橋梁および関連施設の建設には616.5 haの用地を必要とし、さらに建設期間中には建設ヤード等の施設に174 haの追加用地が暫定的に必要となる。影響を受けると考えられる全ての世帯や建物に対して統計調査が実施されたが、合計で、3150世帯/商業施設(マワ側1343世帯、ジャンジーラ側1807世帯)がプロジェクトの用地取得により、全部あるいは部分的に土地・家屋や店舗を失うことになる。さらに、約5000世帯が移転の必要がない用地取得のみの影響を受ける。これら影響を受ける世帯のうち、約1500世帯は自然の河岸侵食により移転を余儀なくされた世帯(Nadibashi)であり、この住民は他人の土地もしくは借地で生活している。本調査では、統計調査の中で影響住民の蒙る損失の種類を13カテゴリーに分類し、それぞれのカテゴリーごとの

損失に基づいて、影響住民の全ての資産(土地と建物)に対する補償及び住民移転に対する補償を受ける資格のマトリクス (Entitlement Matrix)を作成した。この補償マトリクスは、特に社会的弱者に配慮したもので、女性や最貧困層に対する社会開発プログラムとして提供した。これらの用地取得及び住民移転の費用は約 4324 百万タカ(US\$72 百万)と見積もられた。

本調査では、詳細設計及び事業実施の期間にプロジェクトの実施機関すなわちジャムナ多目的橋公団 (JMBA)によって遂行されるべき主な計画と実施業務を提示した。それらの内容は、(i) 用地取得計画 (Land Acquisition Plan: LAP)の作成及び(ii) 住民移転計画 (Resettlement Action Plan: RAP)の作成である。その基本方針と移転住民の補償を受ける資格についてはこの計画枠組の中で明記してあるが、影響を受ける世帯や店舗に対する補償と社会復帰政策は、その予算も含めてさらなる詳細な計画に基づいて再考されるべきである。

9. 経済・財務評価

橋梁建設の経済的フィージビリティの検証と、最適な代替案を選定する目的で経済評価を行った。本プロジェクトによる便益と実現に必要な費用をもとに経済内部収益率 (EIRR)、便益・費用比 (B/C) および純現在価値 (NPV)の指標によって比較した。その結果、全ての道路橋代替案について計算された EIRR は割引率 12 %より高く、B/C 比は 1.0 より大であり、NPV は正值であることにより、プロジェクトは経済的にフィージブルであると判断された。EIRR が最も高かった代替案は H3 であり、最小の EIRR は代替案 H2 であった。しかし、代替案 H3 はアジアハイウェイの基準を満たさず、代替案 H1 はその基準を満たす上に、EIRR も 15 %を超えたことにより、代替案 H1 を最適案として提案した。

財務分析は、プロジェクトの財務的採算性の評価と財務計画の基礎データを提供する目的で実施された。提案された道路橋の代替案全てについて、10%前後の比較的高い財務内部収益率 (FIRR)が示された。しかしながら、この FIRR では民間が単独でプロジェクトを実施するには不十分であるが、公共と民間との協調システム (PPP)を十分に検討し、事業への支援体制が整備されれば民間事業の可能性を残している。結論としては、バングラデシュ政府による従来の公共投資と、国際金融機関あるいは外国政府からの事業支援による財源調達 が最も实际的である。

10. 鉄道の施設を可能とする代替案

パドマ橋は、国連 ESCAP が計画しているアジアハイウェイ A-1 号線上に建設される架橋であるため、調査団はアジアハイウェイの基準とバングラデシュ国の Road and Highway Department (RHD)の基準に従って、道路橋としての幅員を検討した。

道路橋としての経済性が確認されたため、調査団は、代替案 HR (鉄道敷設を可能とする道路橋)のための概略設計と建設費の積算を行った。別途計画される鉄道が敷設される前の幅員構成は、アジアハイウェイ基準に従い中央分離帯を有する往復分離の片側 2 車線とし、鉄道の軌道を橋梁に敷設する際には、幅員構成を変えて AH 修正基準およびバングラデシュ国鉄の基準を満たした単線の広軌鉄道を建設するものとした。この代替案 HR の事業費は、道路橋のみで提案した代替案 H1 よりも約 US\$80 百万の費用増となる。代替案 HR についての経済評価の結果、EIRR は 14.80%となり、経済的にフィージブルであることや国際交通回廊を形成することの重要性を考慮すると、代替案 HR が建設されるべきであると結論づけた。

11. 社会経済インパクト

パドマ橋は、バングラデシュ国の運輸交通分野のみならず、より広域的な国民経済全体及び地域経済へも多大なインパクトを与え、それによって生産、雇用、所得の増加、さらには貧困の削減に寄与することが期待されている。具体的には、パドマ橋の建設により、国民経済レベルとしての GDP 成長率を 1.2 % 押し上げ、付加価値としての所得を 1.4 %、さらに 743,000 人・年分の

新しい雇用機会を生み出すものと推測される。ただし、これらのインパクトが発現するには、パドマ橋の建設に要する期間や投資による効果発現までの時間のギャップを考慮すると、4 - 5 年ほど待たねばならない。

さらに、パドマ橋と国境を連絡する“パドマ橋回廊”のインパクトは、バングラデシュ国全体への便益をより以上に高めるであろう。

12 事業実施計画

調達方法として通常の契約方式 (Conventional Contracting) と、設計施工 (Design - Build) 契約方式の 2 種類を検討した。両調達方法の得失を比較した結果、通常の契約方式のほうが、施工主である JMBA にとって有利であることを提示した。しかしながら、この方式ではバングラデシュ国政府が希望する着工年度としての 2006/2007 年より 3 年ほど遅れることになることから、計画期間を短縮させるために作業項目を同時進行させる方式を取り入れた通常の契約方式を提案した。同時に、この方式は工事入札時における公平性を確保するものでもある。

13 運営・維持管理計画

パドマ橋の運営・維持管理計画については、現在、既に有料橋として運営されているジャムナ橋、バイラプ橋、パクセー橋における運用実績に留意しながら策定した。

一般的に、道路管理者の行う道路の日常維持作業には、点検(日常、定期、および特別)、清掃(路面、附属施設、および付属物)、植栽(樹木/森林管理、芝生管理、および法面植栽)、一部の交通事故復旧、交通規制、および橋梁床版レベル、河床の洗屈の継続監視等があり、また、電気、ガス、水道等の公共施設と機材の維持管理がある。

パドマ橋に特有なものとしては、河岸および護岸工の監視とそのデータ解析・診断、維持工事の計画と実施から成る河川構造物の維持管理があり、それは道路管理者の重要な任務となる。

これらの検討の結果、主としてジャムナ橋の例に基づいて、当該道路橋の維持管理のために約 160 名の人員よりなる管理組織が提言された。

14 結論と提言

- (1) マクロ経済の観点からパドマ橋の建設は実現可能であり、地域経済の発展や貧困削減に大きく寄与するだけでなく、国際回廊としても大きく貢献する。よって、本計画は早期に実現されるべきである。ただし、自然環境および社会環境への十分な配慮が前提条件となる。
- (2) 国際回廊としての重要度を勘案すると、アジアハイウェイの要件である往復合計 4 車線に加え、将来の鉄道敷設を可能とする空間を確保することが望ましい。将来の鉄道敷設を可能とするには、通常の道路橋の建設費に約 US\$80 百万を上乗せする必要があるが、それでも EIRR は 14.80%が確保されるため、経済的に実現可能と言える。ただし、鉄道敷設の可能性については、緊急の追加調査が必要である。
- (3) 建設費 US\$1257 百万のうち、外貨分 US\$895 百万は国際金融機関もしくは外国政府からの協調融資で賄い、内貨分 US\$362 百万はバングラデッシュ国政府が負担するのが望ましく、また、この資金配分が最も標準的かつ現実的であると考えられる。
- (4) プロジェクトの実施に向け、JMBA は詳細設計の開始までに、政府からプロジェクト・コンセプト・ペーパー、プロジェクト・プロフォームの承認、また環境省からは環境認可を得て、その後、政府に外貨借入の申請をする必要がある。JMBA は同時に上述した内貨資金を調達するための調整を行うことになる。
- (5) 契約方式を選定するうえで、通常契約方式と設計施工契約方式を比較した結果、期間内の

同時進行を伴う通常契約方式が施主にとって最も有利であるという結果が得られた。運営・維持管理に関しては、ジャムナ橋と同様に国際入札で契約業者を選定するのが望ましい。

- (6) 本計画を成功させるには、円滑でタイムリーな用地取得および住民移転が不可欠である。JMBA は本報告書、並びにジャムナ橋を始めとする他の橋梁プロジェクトの事例を参考にし、今後の手続きや作業を早期に遂行しなければならない。今後の作業の一つとして、住民移転計画(RAP)の作成は、資産の補償、移転、生計回復、社会的弱者の権利を守るうえで非常に重要である。
- (7) パドマ橋建設による地域経済への効果を最大限発揮させるために、政府は下記の事項を実施すべきである。
- パドマ橋に接続する国道 N8 号線の交通量がその容量を超える前に、2 車線から 4 車線へ拡幅すること。
 - パドマ橋の影響地域の道路網を強化すること。
 - パドマ橋の影響地域に企業や工場を誘致すること。
 - サービスエリアを地域住民の雇用や地場産業に活用すること。
 - ダッカ市街地への出入口となる道路を改良すること。
- (8) パドマ橋を、国家間はもとより国際的な回廊として、近隣諸国一帯の経済を押し上げるために、政府は下記の事項を実施すべきである。
- 越境交通を円滑にするための国際協定を締結すること。
 - 国際協定に必要な規則や法令を整備すること、また、これらの法令に関する教育を政府職員に対して実施すること。
 - ベナポール等の国境施設を整備すること。
 - バングラデシュ国内の運送業関係者に本計画の情報を公開すること。

パドマ橋建設計画 プロジェクト・デザイン・マトリックス(PDM)

		成果判定指標	検証方法	重要な外部要因																					
上位目標	バングラデシュ国において特に経済活動が停滞している同国南西部と首都ダッカを結ぶ道路網を整備し、同国南西部の社会・経済の発展と貧困削減、国際回廊アジアハイウェイ A-1 の整備による国際物流と人民交流の促進を目標とする。	・バングラデシュ国南西部のクルナ・ディビジョン及びバリサル・ディビジョンにおける GDP の伸び。 ・貧困層の減少	・バングラデシュ国経済統計。 ・家計調査 (Household Income & Expenditure Survey)	・同国の政治が安定し、同国の経済成長が今後も継続する。 ・近隣国インドとの貿易協定が締結される。																					
プロジェクト目標	同国南西部と首都ダッカの間に流れるパドマ川(ガンジス川とジャムナ川が合流した後の川)に架橋することでアジアハイウェイ A-1 ルートとなる国道 8 号線のミッシング・リンク(現在フェリーサービス)を解消する。	車両の旅行時間の短縮、交通事故及びフェリー事故件数の減少。	RHD(道路局)の交通事故統計と BIWTA(同国内陸水運公団)のフェリー事故統計、及び事業実施後の事後評価報告書。	・政治が安定し、同国の公共事業政策の変更が無い。																					
期待される成果	1 フェリーサービスに替わり橋梁を利用することにより、ダッカと同国南西部との車両走行時間の短縮。 2 通常交通及び誘発交通の増加。 3 国際回廊アジアハイウェイ A-1 ルートの整備による国際物流の円滑化及び人民交流の促進。 4 フェリーサービスに替わって橋梁を利用することによるパドマ川渡河のフェリー事故犠牲者の削減。 5 河川護岸施設を整備することにより、川道の安定化及び洪水被災の削減。 6 第 2 の港湾であるモングラ港へのアクセス向上	1 事業実施前と後の走行時間。 2 2025 年の予測交通量と実績値の比較。(予測値:41,550 台/日) 3 事業実施前と後の交通量及び国際物流量と旅客数。 4 事業実施前と後のフェリー事故による犠牲者数と橋梁箇所の交通事故犠牲者との差。 5 事業実施前と後の河岸侵食規模、洪水時の冠水範囲。 6 工業出荷額、農業生産額の変化、所得の増加	1 事後調査報告書。 2 実績値は有料道路料金所の記録。 3 施主による架橋利用交通量観測調査及びベナポール等の国境施設における記録。 4 同国内陸水運公団のフェリー事故記録及び JMBA(ジャムナ多目的橋梁公団、施主)による橋梁上の交通事故記録。 5 デピュティ・コミッショナー事務所の記録。 6 同国経済統計及び住民への事後ヒアリング																						
活動	1 施主の事業実施に対する同国政府承認。 2 用地取得、住民移転計画、環境保護対策の作成。 3 同国政府による事業資金の調達。 4 コンサルタントによる詳細設計。 5 コンサルタントの詳細設計の中で用地取得、住民移転計画、環境保護対策の最終化。 6 用地取得、住民移転計画、環境保護対策の実施とモニタリング。 7 業者による橋梁、取付道路・有料道路施設、護岸工の施工及びコンサルタントによる施工監理。 8 施工監理コンサルタントによる事後評価の実施。 9 同国・国有鉄道によりパドマ橋中央分離帯部分に広軌鉄道敷設及び既存鉄道網との接続。 10 架橋周辺地の支線道路(フィーダー道路)の整備。	投入計画 事業費 <table border="0" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td align="right">US\$百万</td> </tr> <tr> <td>コンサルタントの詳細設計</td> <td align="right">17.8</td> </tr> <tr> <td>4車線、延長 5.58km の橋梁工事</td> <td align="right">482.7</td> </tr> <tr> <td>4車線、延長 12.16km の取付道路と有料道路施設工事</td> <td align="right">49.2</td> </tr> <tr> <td>延長 16.3km の護岸工事</td> <td align="right">361.0</td> </tr> <tr> <td>コンサルタントの施工監理</td> <td align="right">35.7</td> </tr> <tr> <td>施主(JMBA)の建設時管理費用</td> <td align="right">5.4</td> </tr> <tr> <td>616.5ha の用地取得、19,021 人の住民移転、環境保護対策</td> <td align="right">75.0</td> </tr> <tr> <td>予備費</td> <td align="right">133.9</td> </tr> <tr> <td>VAT 等の輸用品に対する税金</td> <td align="right">96.1</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td align="right">1,256.8</td> </tr> </table> 注) 為替レート: US\$ 1.0 = ¥ 110.0 = TK 60.0 バングラデシュ政府自己資金: TK 21,708 mil. (US\$ 361.8 百万) 国際資金援助機関からの外貨借入: US\$ 895.0 百万		US\$百万	コンサルタントの詳細設計	17.8	4車線、延長 5.58km の橋梁工事	482.7	4車線、延長 12.16km の取付道路と有料道路施設工事	49.2	延長 16.3km の護岸工事	361.0	コンサルタントの施工監理	35.7	施主(JMBA)の建設時管理費用	5.4	616.5ha の用地取得、19,021 人の住民移転、環境保護対策	75.0	予備費	133.9	VAT 等の輸用品に対する税金	96.1	合計	1,256.8	前提条件 1 現在片側 1 車線の国道 N-8 (アジアハイウェイ A-1)を片側 2 車線の 4 車線化。 2 パドマ橋の影響地域の道路網を強化。 3 パドマ橋の影響地域に企業や工場の誘致。 4 サービスエリアを地域住民の雇用や地場産業に活用。 5 国道 N-8 からダッカ市街地への出入り口の交通容量改善。
	US\$百万																								
コンサルタントの詳細設計	17.8																								
4車線、延長 5.58km の橋梁工事	482.7																								
4車線、延長 12.16km の取付道路と有料道路施設工事	49.2																								
延長 16.3km の護岸工事	361.0																								
コンサルタントの施工監理	35.7																								
施主(JMBA)の建設時管理費用	5.4																								
616.5ha の用地取得、19,021 人の住民移転、環境保護対策	75.0																								
予備費	133.9																								
VAT 等の輸用品に対する税金	96.1																								
合計	1,256.8																								

バングラデシュ国 パドマ橋建設計画調査

ファイナル・レポート (和文要約)

目次

位置図

完成予想図

橋梁概略設計図

パドマ橋建設プロジェクトの概要

本要約の要点

プロジェクト・デザイン・マトリックス (PDM)

目次

略語集

1.	調査の概要	1
1.1	調査の背景と経緯	1
1.2	調査体制	2
1.3	各委員会とカウンターパートチームの役割	2
2.	経済および交通の現況	3
2.1	社会経済状況	3
2.2	交通現況	4
2.3	プロジェクト地域の概況	5
3.	橋梁位置の検討	6
3.1	架橋位置代替案の選定	6
3.2	架橋地点代替案の絞り込み	7
3.3	最終架橋地点の選定	16
4.	選定された架橋地点に対する現地調査	32
4.1	地形測量および深淺測量	32
4.2	地質調査	33
4.3	河川調査	34
5.	概略設計	36
5.1	河川施設の概略設計	36
5.2	パドマ橋の概略設計	41
5.3	道路の概略設計	47
6.	施工計画および積算	48
7.	環境調査	50
7.1	調査の概要	50
7.2	調査の内容	50
7.3	調査範囲とプロジェクト構成要素	51
7.4	類似案件の環境調査	51
7.5	調査の方法	51
7.6	調査の範囲	52
7.7	情報公開と住民参加	52
7.8	環境ベースライン調査	52
7.9	影響評価と軽減策	52

7.10	影響評価	52
7.11	環境管理計画 (EMP) の枠組み	53
7.12	結論と勧告	53
8.	社会影響・住民移転調査	54
9.	経済・財務評価	54
9.1	経済分析	54
9.2	財務分析	57
9.3	民間セクター参入に関する定性分析	59
10.	鉄道の敷設を可能とする代替案の検討	60
10.1	目的	60
10.2	鉄道敷設可能性の代替案の設計	61
10.3	鉄道敷設代替案の経済・財務分析	64
10.4	鉄道との併用橋の便益(代替案 HR)	65
11.	社会経済インパクト	65
11.1	国民経済へのインパクト	65
11.2	地域経済開発への影響	66
11.3	周辺諸国との国際交通へのインパクト	66
11.4	便益分配分析および貧困インパクト分析	68
11.5	国家財政への影響に関する検討	69
12.	実施計画の検討	69
12.1	調達方法の比較	69
12.2	作業の同時進行を考慮した通常契約方式	70
12.3	バングラデシュ政府の便宜供与	70
13.	運営・維持管理計画	73
14.	結論と提言	73

略語集

略語	英文名称	和文名称
AASHTO	: American Association of State Highway and Transport Officials	アメリカ全州道路運輸行政官協会
ADB	: Asian Development Bank	アジア開発銀行
AIT	: Asian Institute of Technology, Bangkok	アジア工科大学
APW	: Abutment Protection Works	橋台保護工
B/C(比)	: Benefit/Cost (Ratio)	便益/費用(比)
BIWTA	: Bangladesh Inland Water Transport Authority	バングラデシュ内陸水運交通公社
BIWTC	: Bangladesh Inland Waterways Transport Corporation	バングラデシュ内陸水運交通会社
BPW	: Bank Protection Works	護岸工
BR	: Bangladesh Railway	バングラデシュ国鉄
BWDB	: Bangladesh Water Development Board	バングラデシュ水資源開発局
CBR	: California Bearing Ratio	路床土支持力比
CEGIS	: Center for Environmental and Geographic Information Services	バングラデシュ環境・地理情報サービスセンター
DHWL	: Design High Water Level	設計高水位
DMSD	: Design Maximum Scour Depth	設計最大洗掘深
EIA	: Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EIRR	: Economic Internal Rate of Return	経済的内部収益率
EMP	: Environment Management Plan	環境管理計画
FAP	: Flood Action Plan	洪水行動計画
FGD	: Focus Group Discussions	フォーカス・グループ・ディスカッション
FIRR	: Financial Internal Rate of Return	財務的内部収益率
FY	: Fiscal year	会計年度
GBW	: Guide Bund Works	ガイドバンド工
GDP	: Gross Domestic Product	国内総生産
GJM River	: Ganges-Jamuna-Meghna River	ガンジス河-ジャムナ河-メグナ河
GOB	: The Government of Bangladesh	バングラデシュ国政府
GRDP	: Gross Regional Domestic Product	地域総生産
GRP	: Gross Regional Product	地域総生産
IEE	: Initial Environmental Examination	初期環境調査
JBIC	: Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JICA	: Japan International Cooperation Agency	独立行政法人 国際協力機構
JMBA	: Jamuna Multipurpose Bridge Authority	ジャムナ多目的橋公団
JMREMP	: Jamuna-Meghna River Erosion Mitigation Project	ジャムナ河-メグナ河浸食軽減事業
LGED	: Local Government Engineering Department	地方自治体技術局
MJ	: Mawa - Janjira	マワージャンジール
NPV	: Net Present Value	純(正味)現在価値
NS-EGPRSD	: National Strategy for Economic Growth, Poverty Reduction and Social Development	経済成長、貧困削減および社会開発に関する国家戦略
OD	: Origin-Destination	起終点調査
O&M, O/M	: Operations and Maintenance	運営・維持管理
PC	: Prestressed Concrete	プレストレスト・コンクリート

略語	英文名称	和文名称
PG	: Paturia - Goalundo	パトリアーゴールンド
PRA	: Participatory Rapid Appraisal	パーティシパトリー・ラピッド・アプレイザル
Pre-FS	: Pre-feasibility Study	プレ・フィージビリティ調査
PWD	: Public Works Datum	公共基準点(標高)
RC	: Reinforced Concrete	鉄筋コンクリート
RHD	: Roads and Highways Department	バングラデシュ国 道路局
RTW	: River Training Works	河川整備工事/事業
SAARC	: South Asian Association for Regional Co-Operation	南アジア地域協力連合
SASEC	: South Asia Sub-regional Economic Cooperation	南アジアサブリージョン経済協力
Tk, TK	: Taka	バングラデシュ・タカ(通貨単位)
UN ESCAP	: United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific	国連アジア太平洋経済社会委員会
WB	: The World Bank	世界銀行

1. 調査の概要

1.1 調査の背景と経緯

バングラデシュ国の南西地域は、パドマ河とガンジス河により他の地域と分断されている。パドマ河の上流部であるジャムナ河、ガンジス河およびメグナ河等の主要河川に建設された橋梁により、道路網が発達している。一方、南西部の道路網の整備は徐々に進められているものの、未だにパドマ河を横断する交通手段はフェリーだけである。

フェリーの交通容量は非常に限られており、現在フェリー乗り場ではバスや乗用車類は平均1時間、貨物車では2時間の待ち時間が発生している。さらに、パドマ河の河岸は非常に不安定であり浸食と堆積を頻繁に繰り返すため、季節毎に船着場の移動を強いられている状況である。よって、このように河川状況が不安定なことから恒久的なフェリー船着場の整備は技術的に容易ではない。これに加え、ダッカと南西地域間で運行している船舶は事故が頻発しており、安全で信頼性の高い陸上交通に置き換える必要性もある。特に、パドマ河とメグナ河の合流点周辺は危険水域であり、定員を超過したフェリーが頻繁に沈没し死亡者が多数発生している。

首都ダッカの南西部から隣接するインド国コルカタに至る路線は、アジアハイウェイ A-1 号線の一部を構成している。このアジアハイウェイ A-1 号線の整備は、国連 ESCAP が計画しているもので、東京を起点としてアジア(韓国の釜山、中国の北京、インドのデリー)を経由してヨーロッパ(トルコのイスタンブールを経てカピクレまで)を結ぶ。この路線はバングラデシュ国とインド国の交易に重要な役割を担うものであり、この路線に位置するパドマ河架橋プロジェクトを実施するためのフィージビリティを総合的に検討することは同国にとって有意義なことである。

パドマ河架橋プロジェクトのプレ・フィージビリティ調査はジャムナ多目的橋公団(JMBA)によって1999年5月から2000年2月にかけて行われた。

その後、バングラデシュ国政府は、日本国政府に対して本格的なフィージビリティ調査となるパドマ橋建設計画調査(本調査)の実施を要請した。この要請を受け、日本国政府は、関連する日本国法規に準拠して本調査を実施することを決定した。これに基づき独立行政法人国際協力機構(JICA)は、パドマ橋建設計画調査に対する予備調査団を2001年11月25日から12月4日にかけてバングラデシュ国に派遣し、同国関係諸機関との協議の上、本調査の調査業務範囲を決定した。

2003年5月、JICAは、国内支援委員会および調査団を編成し、同月に調査団を現地に派遣し調査を開始した。調査開始に当たり、調査団はバングラデシュ国政府にインセプション・レポートを提出し、調査全体の概要・方針について説明・協議を行った。

2003年9月、調査団はプロGRESS・レポート(1)を提出した。この報告書の中では、最初、技術的および交通工学的な観点から、架橋地点代替案として4案を設定した。この4箇所の架橋地点代替案を比較検討した結果、パトリアーゴアルンド地点とマワージャンジラ地点の2箇所を有力地点として選定した。

2004年2月、調査団はインテリム・レポートを提出した。この報告書においてマワージャンジラ地点を最終架橋地点として選定した。この最終架橋地点の選定結果に対し、2004年7月14日、バングラデシュ政府は、書面をもって合意した。

2004年9月、調査団はプロGRESS・レポート(2)を提出した。この報告書では、パドマ橋、取付道路と料金徴収施設、河川護岸工等の施設の概略設計結果を報告した。

2004年10月から調査団は、事業費概略積算、事業実施計画、経済・財務分析、環境調査、住民移転計画に関わる調査を行い、2005年1月にドラフト・ファイナル・レポート(DF/R)を提出した。

この報告書の中で、上記調査全般の調査結果および結論と提言をとりまとめた。

本ファイナル・レポートは、上記 DF/R に対するバングラデシュ側、日本側、アジア開発銀行や国際協力銀行を含む国際援助機関、等からのコメント(特に 2005 年 2 月 2 日に開催された DF/R に関するセミナーでの議論、2005 年 2 月 12 日付のバングラデシュ側が作成したコメント)を反映し作成した。

1.2 調査体制

調査を効率的に実施するため、図 1.1 のような調査体制が組織された。

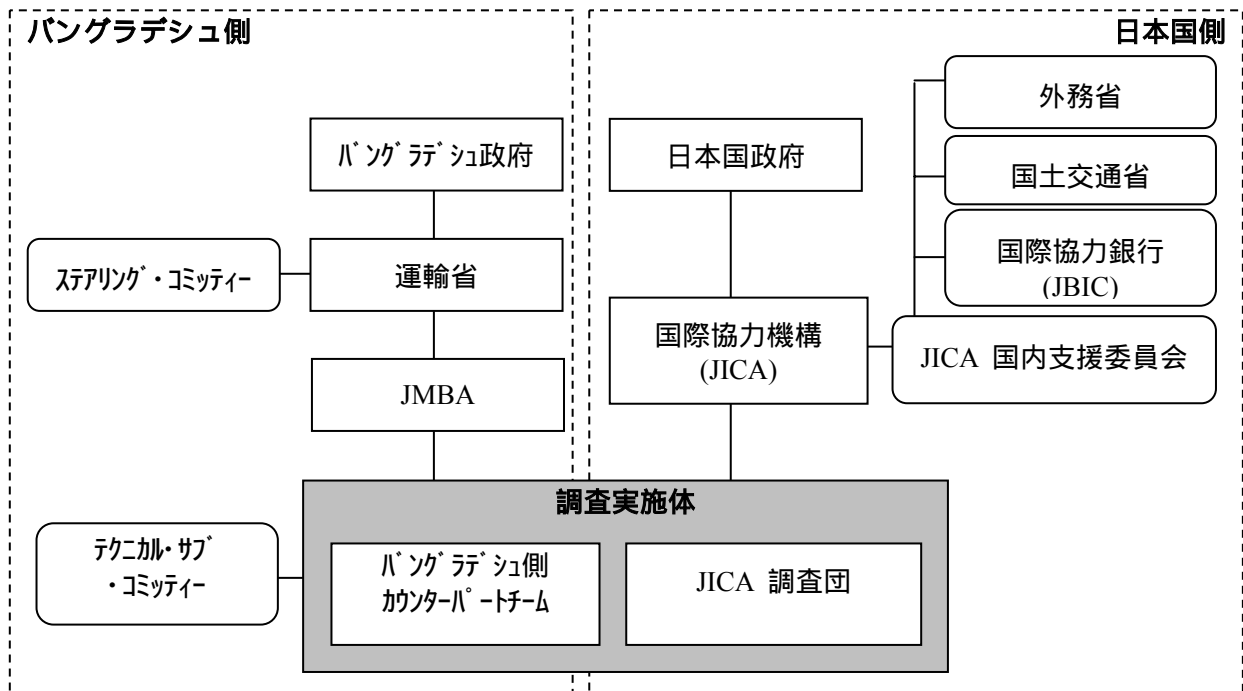


図 1.1 調査体制

1.3 各委員会とカウンターパートチームの役割

(1) バングラデシュ側

ジャムナ多目的橋公団 (JMBA) はバングラデシュ側のカウンターパート機関である。主な会議の設定、関連諸機関からの資料・データ収集等は全て JMBA を通じて行われた。JMBA のメンバーはテクニカル・サブ・コミティー会議にも参加した。調査団は JMBA の担当者への技術移転も実施した。

ステアリング・コミティーは、関連する省庁からの代表者によって構成され、バングラデシュ国運輸省の次官が議長を務めた。この委員会の目的は、プロジェクトに関する情報を関係省庁間で共有し、プロジェクトの重要事項について高次の決定を与えることであった。委員会はまた各調査報告書の提出段階で調査団との協議を実施しコメントを提示した。それらの議事内容は議事録に記録され、バングラデシュ側と日本側双方の代表者によって署名された。

テクニカル・サブ・コミティー (カウンターパートチーム) は、同国政府機関や大学・研究機関に所属する専門家や大学教授から構成される。技術的観点から深い議論が行われ、カウンターパートチームと調査団の間で意見の交換が行われた。これらの議論の内容も調査報告書に反映されている。このテクニカル・サブ・コミティー会議は原則として毎月開催された。

(2) 日本国側

JICA 国内支援委員会は、大学および政府機関の専門家から構成された。本支援委員会は調査団に対して、調査方法および調査結果に技術的見地から助言、提案およびコメントを与える目的で JICA によって設置された。合計 11 回の支援委員会が JICA 本部で開催された。委員会では、外務省、国土交通省を含む日本国政府機関からの代表者も出席し、意見交換のため国際協力銀行(JBIC)からも出席があった。支援委員会のメンバーは現地で実施されたステアリング・コミティー会議に出席し、立会人として同議事録に署名した。また、セミナーやワークショップにも参加し、議論に加わるとともに、調査に関連した特別講演を行った。

2. 経済および交通の現況

2.1 社会経済状況

(1) マクロ経済の趨勢

最近 10 年間に、バングラデシュ国は天然資源や人的資源の制約と繰り返される自然災害のもとで二つの国家開発計画、すなわち第 4 次(1989/90 – 1994/95)および第 5 次(1996/97 – 2001/02) 5 箇年計画を実行し、そのような制約下であったにもかかわらず、バングラデシュ経済は顕著な発展を遂げた。第 5 次 5 箇年計画期間中の実質経済成長率は、目標値の年平均 7%に対して 5.3%と目標値にこそ達しなかったものの、同国の経済成長率が 5%を越えたのは過去 30 年間で初めてのことであった。

(2) 人口増加率

バングラデシュ国の人口増加率は、1970 年代は年平均 2.4%、1980 年代は年平均 2.1%の高い率で増加した。しかし、2001 年センサスの速報によれば、1990 年代の人口増加率は年平均 1.49%であり、1991 年センサスと比較して、人口の増加速度は低下傾向にある。

(3) 財政運営

バングラデシュ政府の財務状況は慢性的に赤字となっており、過去 10 年間の財政赤字の対 GDP 比は 3% - 6%に達している。また、国家歳入の対 GDP 比は 9% - 10%であり、アジア諸国の中でも最も低い国のひとつとなっている(各国の 2000 年における国家歳入の対 GDP 比をみると、インド 15.8%、パキスタン 17.2%、スリランカ 16.7%である)。このような状況では、歳入は歳出の 70%のみを賄うにすぎず、残りの 30%は海外および国内からの資金を調達することで賄っている。

(4) 将来社会経済フレームの設定

バドマ橋にかかわる将来交通需要予測のための社会経済的基礎データとして、将来社会経済数値(人口および GDP)をバングラデシュ国全体と交通ゾーン別に予測した。予測の目標年次は 2025 年である。

現在実施中の中期開発計画は、財政年度 2004、2005 および 2006 年を計画期間とする”Three-Year Rolling Plan”であり、2006 年度以降 2015 年度までの長期計画は”National Strategy for Economic Growth, Poverty Reduction and Social Development (NS-EGPRSD)”である。

国全体の 2025 年までの将来人口の予測は、過去の人口センサスの時系列データを使用した回帰分析によって行った。その結果、2010 年までの人口増加率は年平均 1.35%、2015 年までは 1.26%と予測され、これらの予測値はそれぞれ上記 NS-EGPRSD による目標値である 1.4%および 1.3%とほぼ一致している。

GDP の予測に関しては、部門別(第 1 次、第 2 次、第 3 次産業別)の回帰分析により、表 2.1 に示すように、本調査で算出した将来伸び率を他の予測値と比較した。

表 2.1 GDP 成長率予測の比較

年次	本調査		1) パドマ橋 Pre-FS	2) ジャムナ橋 FS	3) NS- EGPRSD
	1995/96 年の要素 価格表示による GDP				
	(百万 Taka)	% p.a.			
1997	1,679,529				
1998	1,769,275				
1999	1,857,603				
2000	1,971,585		5.70	4.0	
2001	2,078,231		5.70	4.0	
2002	2,177,566	5.33	5.70	4.0	4.4
2003	2,296,324	5.41	5.00	4.0	5.2-5.5
2005	2,550,425	5.41	5.00	4.0	6.0
2010	3,320,241	5.42	4.70	4.0	6.5
2015	4,324,376	5.43	4.00	4.0	6.5-7.0
2020	5,643,784	5.44	4.00	4.0	
2025	7,345,706	5.45			

出典: 1) Padma Bridge Study, Pre-feasibility Report, Volume II, ANNEX A, Feb. 2000
 2) Jamuna Bridge Project, Draft Feasibility Study, ANNEX H, Feb.1989
 3) National Strategy for Economic Growth, Poverty Reduction and Social Development,
 Economic Relations Division, Ministry of Finance, March 2003

NS-EGPRSD の 2005 年度～2015 年度までの目標伸び率は本調査の予測値より高いが、この理由は NS-EGPRSD の設定値が、現在の貧困レベルを 2015 年までに半分にするのに要する「必要成長率(required growth rates)」としたためである。

2.2 交通現況

(1) 現況の交通システム

バングラデシュ国の交通は、道路、鉄道、内陸水運、港湾(2 港)、そして海上運輸から構成されている。道路セクターの旅客輸送分担率は主に鉄道からの転換により、1974 年の 54%から 1996 年では 73%へ増加した。貨物輸送では、1974 年の 37%から 1996 年の 30%へ若干の分担率の低下はあったものの、水運が貨物輸送で重要な役割を担っている。一方、道路による貨物輸送は、やはり主に鉄道からの転換により 1996 年には全体の 63%を分担するまで増加した。このように、道路網の拡大と自動車の急速な普及は、道路を貨物輸送の主要な輸送機関としたが、水運による輸送も依然として主要な部分を占めている。

(2) 道路交通

バングラデシュ国の道路行政は、Road and Highway Department (RHD)と Local Government Engineering Department (LGED)の両機関によって分担されている。前者(RHD)は国道、地方道路および Zila Road (以前の支線道路 Feeder Road A) の計画、建設、維持管理を担当している。一方、後者(LGED)は Upazila Road、Union Road、Village Road (以前の Feeder Road B)を担当している。1999 年の RHD 管轄の総道路延長は約 21,000 km であり、そのうち舗装道路は 12,500

km であるが、8,500 km は未舗装である。また、国道、地方道路、支線道路の延長はそれぞれ 3,090 km (15%)、1,750 km (8%)、16,166 km (77%)である。2000 年末における LGED 管轄の道路総延長のうち、舗装道路は 41,179 km (62%)、未舗装道路は 24,717 km (38%)である。

(3) 鉄道交通

バングラデシュ国鉄は、公共によって運営されている唯一の組織である。鉄道の軌道は広軌 (Broad Gauge) とメーター軌 (Meter Gauge) からなっており、広軌は約 34%、メーター軌は 66% を占める。バングラデシュ国鉄は国土全体を網羅しており、パドマ河およびブラマプトラ河を境として東部に 255 駅、西部に 234 駅を有している。

(4) 内陸水運

内陸水運の基本的システムは、ふたつの港湾(チッタゴンおよびモングラ)と首都圏のダッカ - ナラヤンガンジの三角形で構成されている、内陸水運の路線総延長は 14,000 km に及ぶが、そのうち運行可能な路線は雨季では 5,968 km、乾季では 3,600 km と限定される。

水路の開発、維持管理は Bangladesh Inland Waterway Transport Authority (BIWTA) によって行われており、乾季における河川の沈殿と流量の減少の問題はあるものの、安価な交通手段として運営されている。また、Bangladesh Inland Waterway Transport Corporation (BIWTC) は僅かではあるが都市間旅客輸送と貨物輸送を行っている。

2.3 プロジェクト地域の概況

(1) プロジェクト地域

パドマ橋は、バングラデシュ全体に様々な便益を与えると思われるが、それらの裨益地域のうち特にダッカ地区の一部、並びにクルナ地区とバリサル地区からなる南西地域が最も大きい。従って、本調査における主なプロジェクト地域は南西地域とする。

(2) 自然条件の概要

地形および地質: バングラデシュの地形は、平坦で低地帯として特徴付けられ、調査地域の標高は 3m から 8m である。同国の殆どの国土は第三紀および第四紀代に堆積された堆積平地 (Bengal Plain) に位置する。調査地域における沈積の厚さは、基礎岩盤上 12 km から 14 km である。

気候および水文: バングラデシュの気候は、熱帯モンスーン地域に属しており、特色のある季節変化がある。すなわち、雨季が 7 月から 10 月、気温が低下する冬が 11 月から 2 月、また、暑く乾燥した夏が 3 月から 6 月である。調査地域の年平均雨量は約 2000 mm であり、そのうち 70-80% が雨季に集中している。雨季における大量の降雨のため、6 月から 9 月にかけて流量が増加する。

(3) プロジェクト地域の社会経済概況

南西地域の 2001 年現在の人口は約 3000 万人であり、人口密度および人口増加率ともに国全体の平均より低い。2000 年度のダッカ地区の地域総生産 (Gross Regional Product: GRP) は国全体の 38% を占め、一人当たり GRP も最も高い。一方、クルナ地区とバリサル地区の GRP は双方で国全体の GDP の 17.4% を占めるにすぎない。農業と漁業が南西地域の伝統的産業であり、バリサル地区では GRP の 38%、クルナ地区では 33% を占め、2000 年度の国全体の平均 25.5% より高い。

クルナ地区のバゲルハットには最も盛んなエビ養殖センターがあり、南西地域で養殖されるエビは国全体の約 80%を占める。同地域の主要な産業はジュート生産であるが、世界市場における価格の低下のため低迷している。また、モングラ輸出加工地区(Export Processing Zone : MEPZ)がモングラ港に隣接した地域で部分的に稼動している。

(4) 環境の特色

パドマ河付近の地形は一般的に平坦であり、プロジェクト地域の土質は主に沖積世の堆積からなっている。プロジェクト地域の気候は亜熱帯モンスーンに属し、主な植生は森林と穀類の耕作である。パドマ河沿いの全体の景観は単調だが、河岸の侵食と堆積はパドマ河に通常見られる現象である。特定の季節に繰り返される水害は中州部や本河川沿いの氾濫原に共通して発生する。また、パドマ河における潮位の影響は上流から下流にかけて異なる。

3. 橋梁位置の検討

3.1 架橋位置代替案の選定

ガンジス河とジャムナ河の合流点からメグナ河との合流点に至るまでのパドマ河に沿った地点のうち、河川形態学的観点から川幅が安定していると見なされる 4 箇所を架橋地点として設定した。1999 年/2000 年に実施したプレ・フィージビリティ調査では、パトリアー - ゴアルンドとマワ - チャージャナジャット*の 2 地点のみを調査対象としていたが、本調査においては河川形態、交通工学および既存道路網状況の観点から総合的に考えて以下の架橋代替案 4 箇所を設定した。

- Site-1 案:パトリアーゴアルンド地点 (ガンジス河とパドマ河合流点直下流のパドマ河地点)
- Site-2 案:ドハールーチャーバドラサン地点 (Site-1 案より約 30km 下流の地点)
- Site-3 案:マワージャンジラ*地点 (Site-2 案より約 31km 下流の地点)
- Site-4 案:チャンドプール- ベダルガンジ地点 (パドマ河とメグナ河合流点直下流の地点)

* ジャンジラはマワの対岸にある架橋候補地点の地名であり、一方、チャージャナジャットはジャンジラ側にある現行フェリーターミナルの地名である。

これら 4 箇所の架橋地点代替案の位置図を図 3.1 に示す。

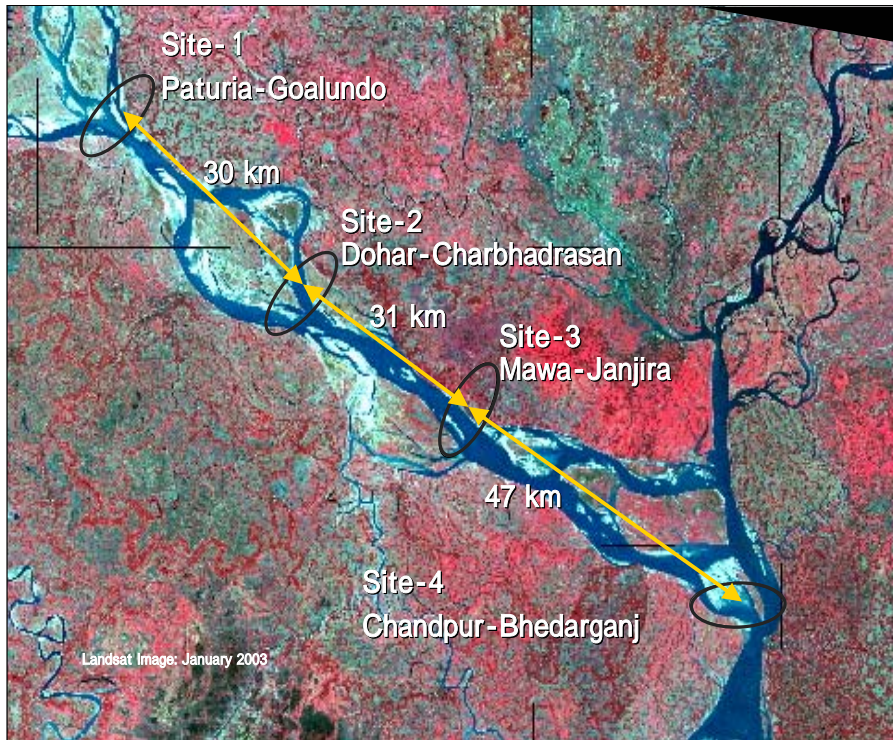


図 3.1 パドマ架橋候補地点

3.2 架橋地点代替案の絞り込み

調査団は、1)将来交通、2)河川概要、3)道路工学、4)橋梁工学、5)自然環境影響、6)社会環境影響の観点から架橋地点代替案に対する初期絞り込みを実施した。

(1) 交通需要予測

パドマ河渡河交通量

パドマ河を渡河する旅客は、主にパトリアーゴアルンドか、あるいはマワーチャージャナジャットの船着場からフェリーまたはラウンチボートを利用している。フェリーは旅客と車輛の双方を輸送するのに対して、ラウンチボートは徒歩旅客のみを輸送している。年間ほぼ 100 万台の車輛と 2,100 万人の旅客がパトリアーゴアルンドとマワーチャージャナジャットからパドマ河を渡河している。また毎日 58,000 人以上がフェリーあるいはラウンチボートを利用している。2003 年に調査されたパドマ河の渡河交通量を表 3.1 に示す。

表 3.1 パドマ河渡河交通量(日交通量、双方向:2003 年)

船/車輛	パトリアーゴアルンド		マワ - チャージャナジャット		パドマ河横断合計	
	車両台数	通行者数	車両台数	通行者数	車両台数	通行者数
フェリー		-		-		-
バス	687	(26,600) ¹	227	(7,000) ¹	914	33,600
乗用車/バン/ピックアップ	572	(上項に含む)	128	(上項に含む)	700	(上項に含む)
貨物車	1217	-	78	-	1295	-
小計	2,476	26,600	433	7,000	2,909	33,600
ランチ						
乗客 ²		15,559		9,126		24,685
合計	2,476	42,159	433	16,126	2,909	58,285

出典: BIWTC (2003 年 7 月の連続する 3 日間の平均値)および同年 7 月に実施した本調査

交通分布の面からみると、パドマ河を渡河する交通のうち、東部地域からの交通の78%はダッカに起点を持っている。一方、南東地域のチッタゴンからは9%、北東地域のシレットからは1%のみである。残りの交通は北東地域に分散している。南西地域内では交通の起終点はさらに散らばっている。その中でもクルナからの発生集中が14%と最も多く、ジェソールとインド国境のベナポールは双方に起終点を持つ交通が20%を占めている。このことは南西地域を通過する東西ルート的重要性を示している。貨物車に限ってみると、ジェソール、クルナ、クシュティア、ベナポールはそれぞれ貨物車交通の発生集中が多く、パドマ河渡河交通の54%を占める。チッタゴンからへの貨物車交通は15%である。

フェリー船着場における貨物車の待ち時間は他の車種と比較して著しく長い。バスと乗用車/バン/ピックアップの平均待ち時間はパトリアーゴアルンドおよびマワーチャージャナジャットともに約1時間であるが、貨物車の平均待ち時間は約2時間半である。また、マワーチャージャナジャットの2時間の渡河時間はパトリアーゴアルンドの35分と比較して著しく長く、そのため、より多くの交通がパトリアを選好する理由となっている。

内陸水運による旅客輸送

1998年度には約8,800万人の旅客が内陸水運によって輸送されている。その大部分は民間の船舶によるものであり、1989年から1997年の輸送量の年平均増加率は11%であった。BIWTAのデータによれば、2003年のダッカから南西地域への内陸水運による旅客輸送量は、一日当たり約34,000人である。その行き先の大部分は、南西地域の東部に位置するバリサルであり、南西地域への総輸送人員の三分の一に相当する。

内陸水運による貨物輸送

大量の貨物が国内に120以上の港を有する内陸水運によって輸送されている。1999年度では約6百万トンの貨物が内陸水運によって輸送された。そのうち、チッタゴン港は総貨物量の29%を取扱い、次いでダッカ港が15%、モングラ港とクルナ港は19%を取り扱っている。

国境交通

ペトラポール(インド)ーベナポール(バングラデシュ)のルートは、インドからバングラデシュへの道路による輸出ルートの中で最も交易が盛んな国境ルートでもある。現在、取引金額からみてインドからの輸出の約70%がこのルートを利用しており、一日当たり200台から300台の貨物車が往来している。二国の貨物車は互いの領土内に入ることは出来ず、指定された場所での相互交易が行われている。そこではインドの貨物車から降ろされた貨物のバングラデシュの貨物車への積み替えが行われており、逆も同様である。

交通需要予測

パドマ橋の交通需要予測は、将来の社会経済フレームの設定をもとに、交通現況分析および現況の交通調査の結果を適用して行われた。利用交通を通常交通、他の交通機関からの転換交通、そして誘発交通に分類して行われた。その手法の概略は以下のとおりである。

- 現況2003年の通常交通を、交通調査の結果および既存データから、車種別O-D表(Origin-Destination Matrix)として作成する。
- 通常交通は、従来適用されている手法と同様に、過去の交通データとGDPおよび交通ゾーン別車種別の将来GRDPの伸び率を適用し、生成交通、発生集中交通、分布交通量の予測を行った。
- 内陸水運からの転換交通量は旅客、貨物双方に関して機関分担モデルを作成して予測した。
- 誘発交通は”With Project”と”Without Project”の両ケースにおけるアクセシビリティの差と、他のプロジェクトの有り無しによる差を考慮し、重力モデルを作成して予測を行った。

- パドマ橋の将来交通量は、将来の車種別OD表を、他の道路計画を含んだ道路網に配分することによって予測した。

2025年の架橋位置代替案別交通量は表3.2に要約されるとおりである。

表 3.2 架橋位置代替案別将来交通量 (2025)

単位: 台/日

	車種	Site-1	Site-2	Site-3	Site-4
通常交通	乗用車(*)	3,830	3,790	4,450	160
	バス	7,650	10,870	12,880	2,430
	貨物車	4,350	4,220	4,690	1,320
	小計	15,830	18,880	22,020	3,910
他のプロジェクトによる誘発交通	乗用車(*)	360	430	460	20
	バス	1,260	2,260	2,470	470
	貨物車	580	570	610	160
	小計	2,200	3,260	3,540	650
パドマ橋による誘発交通	乗用車(*)	420	2,430	2,430	50
	バス	850	8,010	10,820	130
	貨物車	350	1,780	2,020	200
	小計	1,620	12,220	15,270	380
転換交通	バス	160	400	580	30
	貨物車	40	120	140	70
	小計	200	520	720	100
合計	乗用車(*)	4,610	6,650	7,340	230
	バス	9,920	21,540	26,750	3,060
	貨物車	5,320	6,690	7,460	1,750
	小計	19,850	34,880	41,550	5,040

出典: JICA Study Team

注: Site-1:Paturia - Goalundo Site2:Dohar - Charbhadrasan Site3:Mawa - Janjira
Site-4:Chandpur - Bhedarganj

(*): バン、ピックアップを含む

(2) 河川概要

(a) 過去 30 年間の河川状況

Site - 1 案: パトリア - ゴアルンド(Paturia - Goalundo)地点

ガンジス河とパドマ河合流地点の直下流に位置し、完全な河川結節点(ノード)を形成している。衛星写真(2003年1月)を判読すると中洲を含めた現状河川幅は、約 4.8 km である。右岸側にはガンジス河の枝川が何本か走っている。ゴアルンドのフェリー突堤は、その一つの枝川の出口にあたる。中洲は、右岸沿いに発達している。

Site - 2 案: ドハール - チャーバドラサン(Dohar - Charbhadrasan)地点

上流側でパドマ河は大きく広がって 2 本の河道を形成しているが、架橋地点はこの 2 本の河道に挟まれた場所にある。両岸には洪水時に冠水する低地帯が広がっており、河川内には砂洲が発達している。低地帯は、洪水時には河川と見なされるものである。架橋地点はノードを形成しつつあるが、未だ不完全な状況である。衛星写真(2003年1月)を判読すると中洲を含めた現状河川幅は、約 4.4 km である。架橋地点の下流側でパドマ河からアリアルカーン川が枝分かれている。

Site - 3 案: マワ - ジャンジーラ(Mawa - Janjira)地点

上流側でパドマ河は大きく広がっているが、架橋地点では川幅が狭く完全にノードを形成しており、右側にある河道は縮小傾向にある。衛星写真(2003年1月)を判読すると中洲を含めた現状河川幅は、約4.9 kmである。プレ・フィージビリティ調査によると左岸側に厚い粘土層が分布していると報告されている。

Site - 4 案: チャンドプール - ベダルガンジ(Chandpur - Bhedarganj)地点

パドマ河とメグナ河合流点の直下流で河川幅は縮小しているが、この縮小部に架橋地点が位置する。衛星写真(2003年1月)によると川幅は2.7 kmである。しかし、右岸側に洪水時に冠水する低地帯が広がっており、パドマ河の枝川が幾つかこの低地帯を走っている。狭まった川幅であり潮位の影響を受けるこの架橋地点では、流速が危険なくらい速く、また水深は大きく川床標高は-65.0m PWDと深い(2002年5月測定)。左岸は、現在河岸侵食が深刻である。

(b) 過去 30 年間の河川安定性**Site - 1 案: パトリア - ゴアルンド地点**

- 河川幅の変化(W_{min} から W_{max}): 2.44 から 5.00 km
- 平均河川幅(W_{ave}): 4.27 km
- 変化係数 = $(W_{max}-W_{min})/W_{ave}$: 0.61
- 30年間の河川範囲: 5.20 km

Site - 2 案: ドハール - チャーバドラサン地点

- 河川幅の変化(W_{min} から W_{max}): 3.56 から 8.48 km
- 平均河川幅(W_{ave}): 5.25 km
- 変化係数 = $(W_{max}-W_{min})/W_{ave}$: 0.94
- 30年間の河川範囲: 8.88 km

Site - 3 案: マワ - ジャンジーラ地点

- 河川幅の変化(W_{min} から W_{max}): 2.00 から 4.92 km
- 平均河川幅(W_{ave}): 3.81 km
- 変化係数 = $(W_{max}-W_{min})/W_{ave}$: 0.60
- 30年間の河川範囲: 5.24 km

Site - 4 案: チャンドプール - ベダルガンジ地点

- 河川幅の変化(W_{min} から W_{max}): 2.68 から 9.60 km
- 平均河川幅(W_{ave}): 5.31 km
- 変化係数 = $(W_{max}-W_{min})/W_{ave}$: 1.30
- 30年間の河川範囲: 9.60 km

パドマ河の川幅には変化が多く、川岸には低地帯が数多く形成されているが、これら架橋地点代替案の地点では比較的川幅が狭くまた河川断面も安定している。特に、パトリア、マワ、チャンドプールでのパドマ側左岸は安定しているが、なかでも、過去30年間の河岸変化履歴を調査した結果、Site-1とSite-3が他の2地点より安定している。

(c) 想定護岸工

パドマ橋で想定される主要河川工事は、ガイドバンド工事、それに続く護岸工事および低地帯の河道工事である。河川工事の観点では、以下の理由からSite-1およびSite-3が他地点より

優位である。

ガイドバンド工事:ここまでの調査に関する限り、架橋地点代替案ごとの優劣は無い。

ガイドバンドに続く護岸工事:河道の不安定な Site-2 および Site-3 では河道と流向の安定化のためより多くの護岸工事が必要である。

低地帯の河道工事:Site-2 および Site-3 では、取付道路延長が長くなる。洪水域を横断する取付道路では中小河川渡河施設と横断排水施設がより多くなる。

(3) 道路計画

(a) バングラデシュ国の道路システムと機能上の要求条件

バングラデシュ国の道路システムは、管理機関および地域への輸送系統から、国道、地方道、ジラ道路、ウパジラ道路、ユニオン道路、村落道路および市道に区分されている。現状の道路管理機関とプロジェクトの性格上、本調査で計画する道路は、国道へ、最低限でも地方道へ接続されるのが望ましい。

(b) 道路計画上の架橋地点代替案の特徴

Site - 1 案:パトリア - ゴアルンド地点

予想されるプロジェクト規模:

- 橋長: 6.1km
- 左岸側取付道路: 8 km
- 右岸側取付道路: 3 km
- 全長: 17 km

本ルートは、道路延長、橋長ともに比較的短く、パトリア側で国道 N5、ゴアルンド側で国道 N7 にそれぞれ接続し、現状ではフェリーがこれら 2 つの国道を接続している。これらの道路の状況は良好であり、改良は不要である。

地勢学的な見地からは、この代替案は、ダッカから南西部に向かう交通よりも、ダッカから北西部に向かう交通にとって望ましいものである。このため、この代替案はジャムナ橋と競合する位置にあることから、南西部にとっては他案より魅力的でない。

Site - 2 案:ドハール - チャーバドラサン地点

予想されるプロジェクト規模:

- 橋長: 9.6 km
- 左岸側取付道路: 32 km
- 右岸側取付道路: 16 km
- 全長: 57 km

4 代替案の中で最長の道路延長を要する。ダッカ近傍の国道 N8 とファリドプールで N84 に接続することになり極めて長い取付道路が兩岸に建設されることになる。接続する道路は改良する必要が無いものの、このように延長の大きな新設の取付道路と長大橋を洪水地帯に建設することは現実的でない。

位置的には、この架橋地点はダッカと南西部を結ぶ交通にとって望ましいものである。しかし、現在フェリー施設が無く、アクセス道路も無いためこの地点を利用する交通は無い。仮にこの地点に架橋されると、現在改良中のダッカと南西部を結ぶ国道 N8 の交通と競合する路線となる。

Site - 3 案:マワ - ジャンジーラ地点

予想されるプロジェクト規模:

- 橋長: 6.1 km
- 左岸側取付道路: 4 km
- 右岸側取付道路: 9 km
- 全長: 19 km

本ルートは、道路延長的にも橋長的にも小規模であり、現在フェリー運航に頼っている国道 N8 のミッシング・リンク部分に架橋することになる。接続する N8 はダッカと南西部を結ぶ道路で、ADB 資金による延長 162 km におよぶ道路改良が実施中であり、2005 年までに完了する見込みである。この改良中の N8 は高規格道路であり、本プロジェクト道路の接続道路としては十分である。地理的な条件と N8 が改良中であることから、この地点での架橋は他の代替案よりもダッカと南西部を結ぶという観点から望ましい。

Site - 4 案:チャンドプール - ベダルガンジ地点

予想されるプロジェクト規模:

- 橋長: 10.8 km
- 左岸側取付道路: 7 km
- 右岸側取付道路: 15 km
- 全長: 33 km

本ルートの延長は Site-1 案、Site-3 案と比して大規模であり、橋長は最大となる。取付道路は、チャンドプール側で国道ではなく比較的到低規格な地方道 R140 に接続し、ベダルガンジ側では同じく地方道 R360 に接続することになる。これら接続する地方道では、かなりの規模の改良工事が必要となる。

この代替案は、ダッカと南西部を直接結ぶものではなく部分的にバングラデシュ国東部を経由することになる。更に、ダッカとチャンドプールを直接南北に結ぶ幹線道路が無く、本架橋地点経由のダッカ・南西部間交通はチャンドプールからダウドカンディ間で極めて低規格道路であるジラ道路を使わざるを得ない。これに変わるものとしてコミラで国道 N1 に接続する長い迂回道路として R140 を利用することになる。いずれにしても、国道 N1 (ダッカ・チッタゴン道路) を部分的に利用することになる。

このことから、この架橋地点ではチッタゴン・南西部間交通には望ましいもののダッカ・南西部間交通にとっては余り望ましいものではない。

これらの結論として、道路計画的には Site-3 が最も望ましく、次に望ましいものが Site-1 である。

(4) 橋梁計画**(a) 予備的橋長**

架橋代替案を比較するために予備的橋長を検討した。ジャムナ橋と同様に、ガイドバンド建設を考慮して低水期における川岸から十分な余裕幅を設けることとし、各代替案の橋長の検討に反映することとした。これら予備的橋長は、以下のものを合計することで算出した。

- a) 過去 30 年間の低水期の最大川幅
- b) ガイドバンド施工に必要な余裕幅。ここでは、護岸法勾配を 1:6 に仮定し予想洗掘深まで掘削し、その掘削底面から護岸と反対側に川床表面まで掘削する法勾配を 1:4 とし、計 170m の幅を必要幅とした。

- c) ガイドバンドから橋台までの高架橋の長さ。この部分については、取付道路の盛土の安定性を考えて 60m を必要幅とした。

結果として、以下の予備的橋長を推算した。

Site-1 案: パトリアーゴアルンド地	= 6.1 km
Site-2 案: ドハーラーチャーバドラサン地点	= 9.6 km
Site-3 案: マワージャンジーラ地点	= 6.1 km
Site-4 案: チャンドプルーベダルガンジ地点	= 10.8 km

(b) 可能な基礎工形式

非常に大深度の基礎を設置するため、考えられる基礎工形式は以下に限定される。

Site - 1 案: パトリア - ゴアルンド地点

基礎工深度: 90m 以上

- 基礎工形式: a) 大口径 RC 場所打ち杭。これは、世界的に多用されているもの。
 b) 大口径鋼管杭。ジャムナ橋で経験済みのもの。
 c) RC オープンケーソンでケーブルアンカーを用いたジャッキダウン施工。日本では例が多く、インドでも使用されだしているもの。

Site - 2 案: ドハーラー - チャーバドラサン地点

基礎工深度: 80m 以上

- 基礎工形式: a) 大口径 RC 場所打ち杭
 b) RC オープンケーソンでケーブルアンカーを用いたジャッキダウン施工
 c) 大口径鋼管杭

Site - 3 案: マワ - ジャンジーラ地点

基礎工深度: 80m 以上

- 基礎工形式: a) 大口径 RC 場所打ち杭
 b) 大口径鋼管杭
 c) RC オープンケーソンでケーブルアンカーを用いたジャッキダウン施工

Site - 4 案: チャンドプルー - ベダルガンジ地点

基礎工深度: 100m 以上。この深度は、BWDB の実施した測量結果から河床水深 65m (2002 年調査) が記録されたことによる。このような大水深に適切な基礎工は無い。

以上の結果、Site-1 および Site-3 は、橋長が短いこと、可能性のある基礎工形式が幾つかあることから優位と考えられる。河床が極めて深い Site-4 については、施工上と構造物の安定性から現時点においては許容できないリスクを抱えていると見なした。

(5) 環境社会配慮

(a) 環境配慮

本パドマ橋建設計画調査での環境調査の流れは以下の通りである。

- 1) 架橋候補 2 地点の選定を目的とした環境調査・評価
- 2) 初期環境調査(IEE)の実施(最終架橋地点の選定)
- 3) 選定された架橋地点に対する環境影響評価(EIA)の実施

4) EMP の枠組みの策定

これらの環境調査は、主にバングラデシュ国と JICA の環境ガイドラインに従い実施したが、他の国際機関のガイドライン等も参考としている。

2003 年 5 月から 7 月にかけて実施された初期調査では、4 つの架橋候補地点から 2 地点を絞り込むことを目的とした。ここでは、全 4 候補地点に対する概略環境評価とパドマ河の生態系の調査が実施された。調査の方法は 4 候補地点に関する広範な現地調査と 2 次データの分析であり、主な調査項目は以下の通りである。

- 1) 自然保護区、少数派民族居住地、絶滅危惧種の生息地の有無の確認
- 2) 4 地点の環境の特徴の確認・評価
- 3) 4 地点において予想される環境影響の差異の評価

4 候補地点はいずれも農村地帯であるため、パドマ橋の建設は、周辺住民への直接的な影響はもとより、河川形状や排水環境への影響が懸念された。初期調査では、対象 4 地域には自然保護区や遺跡等の文化財が認められず、また、それぞれの自然環境や土地利用状況に大きな差異はないことが判明した。よって、プロジェクトによる環境影響の大小は、道路の延長および河川護岸工の規模に比例すると言える。取付道路の検討では Site-1 および Site-3 の道路延長が短く見積もられており、また、河岸に関してもこれらの 2 つのサイトが比較的安定しているという結果が得られている。よって、Site-1 および Site-3 は他の 2 つの候補地と比べて環境影響の面で有利と言える。

(b) 社会影響

パドマ橋の建設は、護岸工の設置による河岸の安定、商業・産業の振興、地域開発の面で周辺住民に利益をもたらす。更には、マーケットへのアクセスの改善や雇用機会の増大が貧困削減にも寄与し、バングラデシュ南西部地域の経済発展を誘発することが予測される。しかしながら、橋梁建設に要する用地取得による負の社会影響が多岐にわたることは否めない。取得が必要となる主な土地の用途は (i) 取付道路、(ii) 橋台周辺のサービスエリアや電器施設、(iii) 河川護岸工、(iv) 本橋の下部工(河川内の中州; Char)、に分類される。さらに、移転世帯数が明らかとなれば、その人数に応じた移転用地を取得する必要も生じる。

現地踏査と 2 次データの分析より、予定される架橋候補 4 地点(取付道路周辺および河岸を含む)の世帯密度や土地利用には大きな差異が認められないことが明らかとなった。よって、プロジェクトによる社会影響はプロジェクトの規模に比例すると考え、社会影響の観点からは、取付道路がより短い Site-1 および Site-3 が有利であると考えられた。なお、この調査段階では各 4 候補地点に必要な護岸工の規模が異なるかどうかは不明であった。

(6) 有望な架橋地点代替案 2 案への絞り込み

プロジェクト地域における現況、将来交通需要、概略河川調査、道路計画および橋梁計画などの技術検討、環境影響と社会インパクト等の観点から架橋地点代替案 4 箇所について検討した。

4 箇所について比較検討を加え、それを総括したものを表 3.3 に示す。この結果、Site-1 パトリアゴアルンドおよび Site-3 マワ-ジャンジエラが有望地点とされ、以降の最終架橋地点選定のための対象候補とする。

表 3.3 架構地点代替案の比較総括表

比較項目		サイトの特徴	Site-1: バトリアゴアルンド	Site-2: ドハール -チャールバトラサン	Site-3: マワー-ジャンジーラ	Site-4: チャンドプー -ベダルガンジ
1. 物理的条件	河川幅	4.8 km	4.4 km	4.9 km	2.7 km	
	最大観測水深	21 m (☆☆☆)	22 m (☆)	30 m (☆☆☆)	65 m (☆)	
	平均河川幅	4.27 km	5.25 km	3.81 km	5.31 km	
	変化係数	0.61	0.94	0.6	1.3	
2. 技術的条件	最大河川幅 ^{Note-1}	5.20km	8.88 km	5.24 km	9.60 km	
	(優位度)	有利(☆☆☆)	不利(☆)	有利(☆☆☆)	不利(☆)	
	2025年における通常交通の走行距離 (TL) (vkm/day)	10,451,259	10,192,696	9,830,143	10,484,861	
	2025年における通常交通の走行時間 (TL) (vkm/day)	220,536	203,077	184,259	223,149	
3. 社会環境	ダッカからの距離 モンズガラ港(クルナ) ベナポール国境(ジエンロール)	312km 253km (☆☆)	284km 225km (☆☆)	211km 199km (☆☆☆)	290km 317km (☆)	
	概算橋長(ガイドバンド工を想定) 基礎支持層までの深さ	約6.1 km 90 m以上 (☆☆☆)	約9.6m 70 m以上 (☆)	約6.1 km 80 m以上 (☆☆☆)	約10.8 km 80 m以上 (☆)	
	取付道路長 接続する道路	11 km N5 および N7 (☆☆)	48 km N8 および N84 (☆)	13 km N8 (アジアン・ハイウェイ A1) (☆☆☆)	22 km R140 および R360 (☆)	
	ガイドバンド工 追加護岸工 氾濫原対策工	現時点で大きな差異は無し 少 少	現時点で大きな差異は無し 多 多	現時点で大きな差異は無し 少 少	現時点で大きな差異は無し 多 多	
3. 社会環境	(優位度)	有利(☆☆☆)	不利(☆)	有利(☆☆☆)	不利(☆)	
	3.1 自然環境影響	(☆☆)	(☆)	(☆☆)	(☆)	
3. 社会環境	(相対評価)	(☆☆)	(☆)	(☆☆)	(☆)	
	総合評価	有利	不利	有利	不利	
3. 社会環境	工事費(参考)	有利	不利	有利	不利	
		低	高	低	高	

*この調査時点での結果であり、後の調査により数値・条件は変更する

(備考)

1. 評価: ☆☆☆優、☆☆良、☆可として各小項目別に評価した。次に分野毎の評価として有利、不利と判定した。表の最後に、有利、不利と総合評価して2箇所を提案した。但し、不利と判断した架橋地点は4箇所の相対比較の結果として不利と判断されたものであり、将来の架橋地点として不適切であることを意味するものではない。
2. 略語: N:国道、R:地方道

3.3 最終架橋地点の選定

有望架橋地点とされた Site-1 パトリアーゴアルンドおよび Site-3 マワージャンジーラの 2 箇所に對して調査し、最終架橋地点を選定した。

(1) 概略河川調査

河川調査作業:河川調査では以下の作業を実施した。

- 1) 調査地域の気象と水文状態を明確化すること
- 2) パドマ河の河道と川岸の過去の変遷を明確化すること
- 3) 施設設計に必要な水理条件を設定すること
- 4) 橋梁に対する護岸工配置計画を作成すること

ガンジス・ジャムナ・メグナ河流域とパドマ河:ガンジス・ジャムナ・メグナ河(GJM 川)の集水面積は、1,740,000 km²である。パドマ河はガンジス・ジャムナ合流点(ゴアルンド)から始まりパドマ・メグナ合流点(チャンドプール)までの GJM 川の本流である。バングラデシュ国は GJM 川の最下流域にあり全集水面積の 5%を占めるに過ぎず、上流の気象変動や河川関連の変化が直接的に調査対象地域のパドマ河の流水に影響する。

河道の変遷:1770 年頃にはガンジス・パドマ河は、現在のアリアルカーン川の川道付近を流れており、ジャムナ河とは別々にベンガル湾に流れ込んでいた。1830 年から 1860 年のある時期に、パドマ河はマワの下流側にあるチャンディナ沖積層を横切ってメグナ河と合流したため、次第に北側にシフトし、現在の位置に移動した。パドマ河は、大きな砂洲を伴うか否かでその輪郭を変えており、この変化が川岸、主として右岸の状態に影響している。パトリアとマワの左岸はとりわけ安定しており、過去 78 年間、線幅は小さい状態を保っている。

流水:ハイドログラフの平均によると、1 年間のサイクルで 8 月に高水位ピーク、2 月に低水位の最低となる。水位の季節変動は、バルリア・トランジット(パトリア付近の水位観測点)で約 6 m、マワ(マワの水位観測点)で約 4.5 m であり、マワでは、潮位変動の影響を受ける。

(2) 地形および土質特性

(a) 地形測量および深淺測量

プロGRESSレポート(1)で絞り込まれた 2 箇所の架橋地点に対して地形測量と深淺測量を実施した。

次の計画地域に対して地形測量と深淺測量を実施した。概略位置図を図 3.2 に示す。

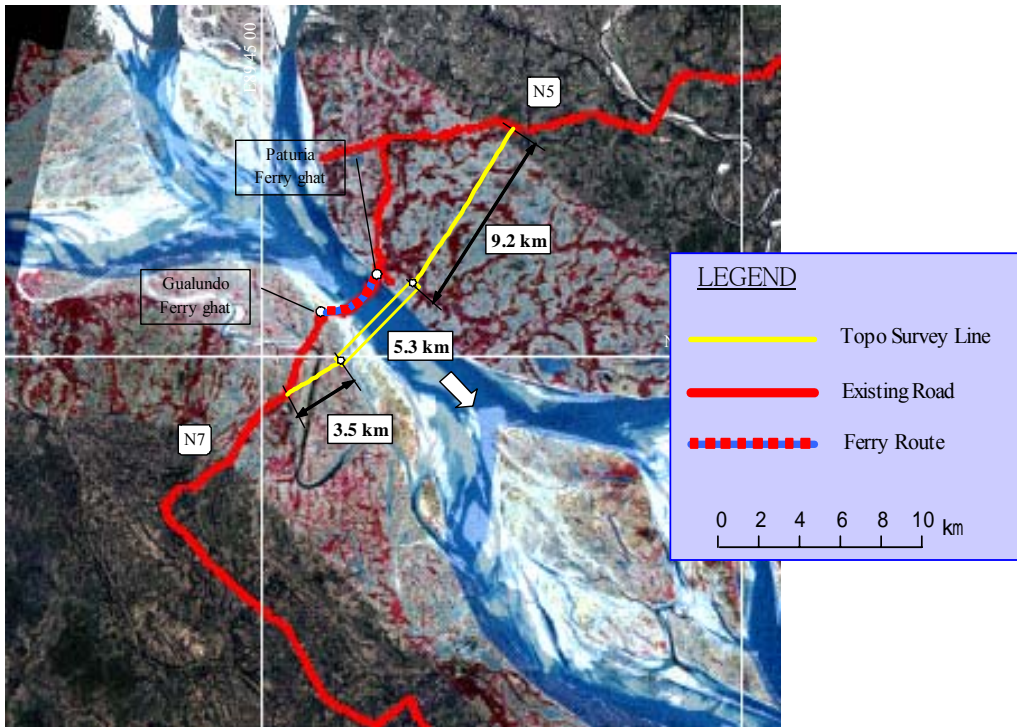


図 3.2 (a) 地形測量エリア(パトリア - ゴアルンド)

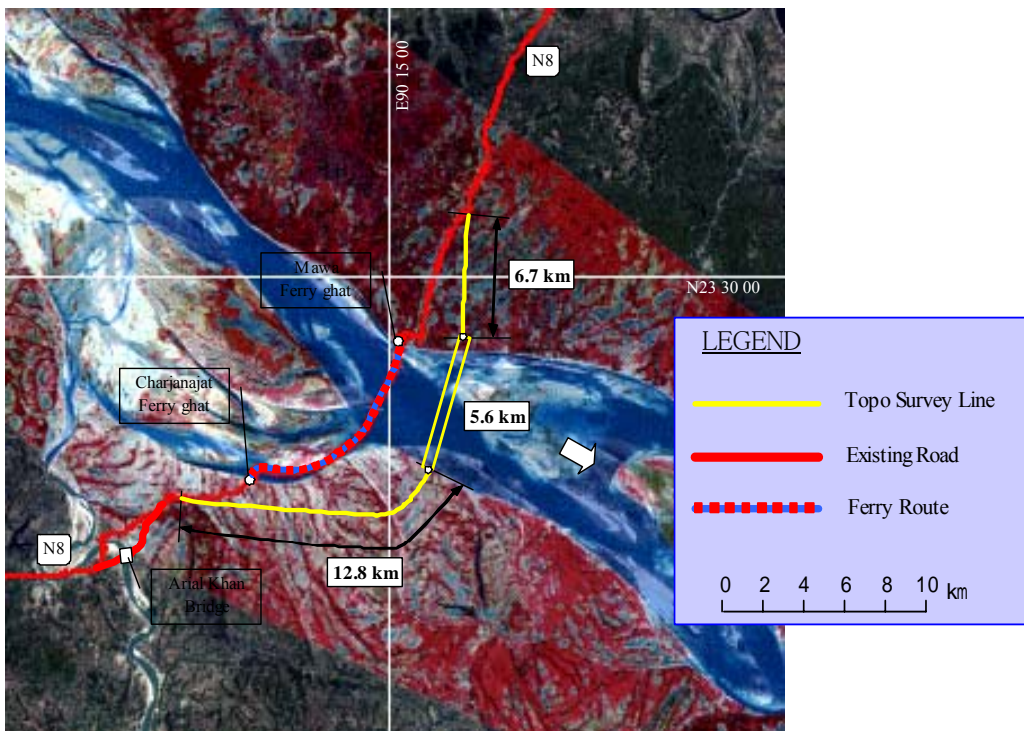


図 3.2 (b) 地形測量エリア(マワ - ジャンジーラ)

(b) 土質特性**i) 土質横断図**

マワ・ジャンジーラ地点とパトリア・ゴアルンド地点の土質横断図のために以下に示す年代的かつ地層の区分を使用した。この地層区分では粒度試験の結果に準じている。

地層	項目	条件
Unit-1a	粘土または細砂を含むシルト	粘土+シルト \geq 50%
Unit-1b	シルト質極細砂	20% \leq 粘土+シルト<50%
Unit-2	シルト質細砂	粘土+シルト<20% かつ中粒度砂<10%
Unit-3	シルト質細中粒度砂	粘土+シルト<20% かつ中粒度砂 \geq 10%

図 3.3 および図 3.4 にそれぞれマワ・ジャンジーラとパトリア・ゴアルンドの地質横断図を示す。これら地質横断図は、標準貫入試験時にスプリットスプーンサンプラーから得られた攪乱資料に対して粒度試験、目視観察を行って図化したものである。

マワの左岸側で実施した JMBH1 と JMBH2 によると Unit-1a が上部の標高-10.293m~-15.397m にあり、これは粘土または細砂を含んだシルト層である。Unit-1a の下層部には、Unit-1b が分布しておりこの層は極細砂である。JMBH2 サイトでは、Unit-1a と Unit-1b の間の標高-10.293m~-19.293m に Unit-2 が分布しているが、この層はシルト質細砂である。

ii) 土質試験結果

土質試験結果として、橋梁基礎工の設計データとなる以下のことが結論付けられた。

- マワ・ジャンジーラ地点とパトリア・ゴアルンド地点とでは顕著な際が見られた。即ち、マワ・ジャンジーラでは Unit-1b の分布が支配的であるがパトリア・ゴアルンドでは Unit-2 の分布が支配的である。Unit-2 の粒度曲線では勾配が急であり均等係数が極めて小さいため、Unit-2 の土質は貧配合で Unit-1a や Unit-1b よりも締りが悪い。
- マワ・ジャンジーラ地点の標高-40m 以深の N 値はパトリア・ゴアルンドのものより大きい。洗掘後のマワ・ジャンジーラ地点の N 値がパトリア・ゴアルンドのものより大きい。この理由は、パトリア・ゴアルンド地点の基礎は貧配合の砂であるためである。
- 横地盤半力係数の Em 値は N 値との相関関係が顕著である。下部工設計に用いる N 値と Em 関係式として $Em = 4.52N$ が得られた。
- 液状化分析の結果、マワ・ジャンジーラ地点では洗掘前後に拘らず液状化の可能性は低い。一方、パトリア・ゴアルンド地点では深さにおいては液状化の可能性はある。

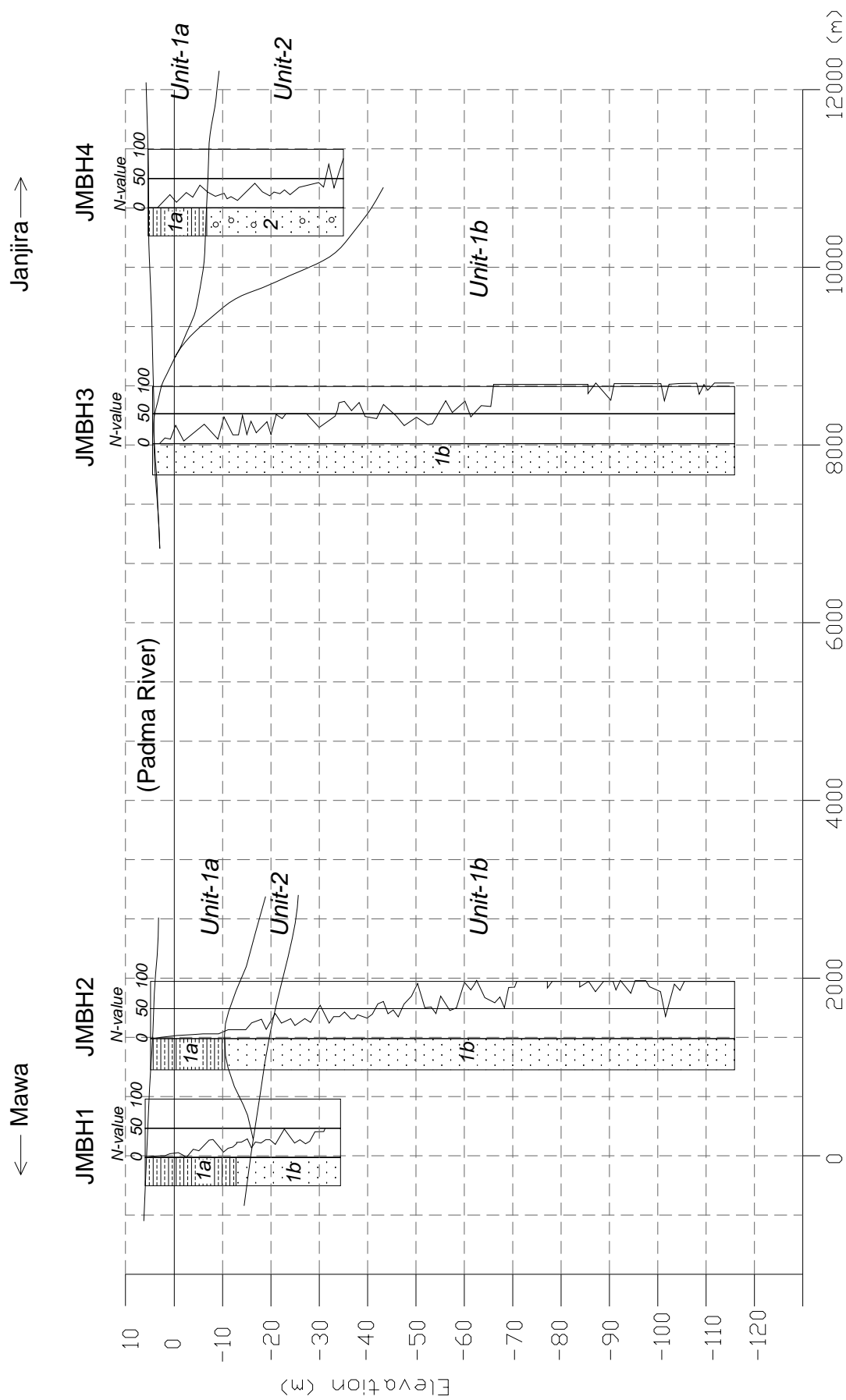


图 3.3 マワ - ジャンジラ地点土質横断面図

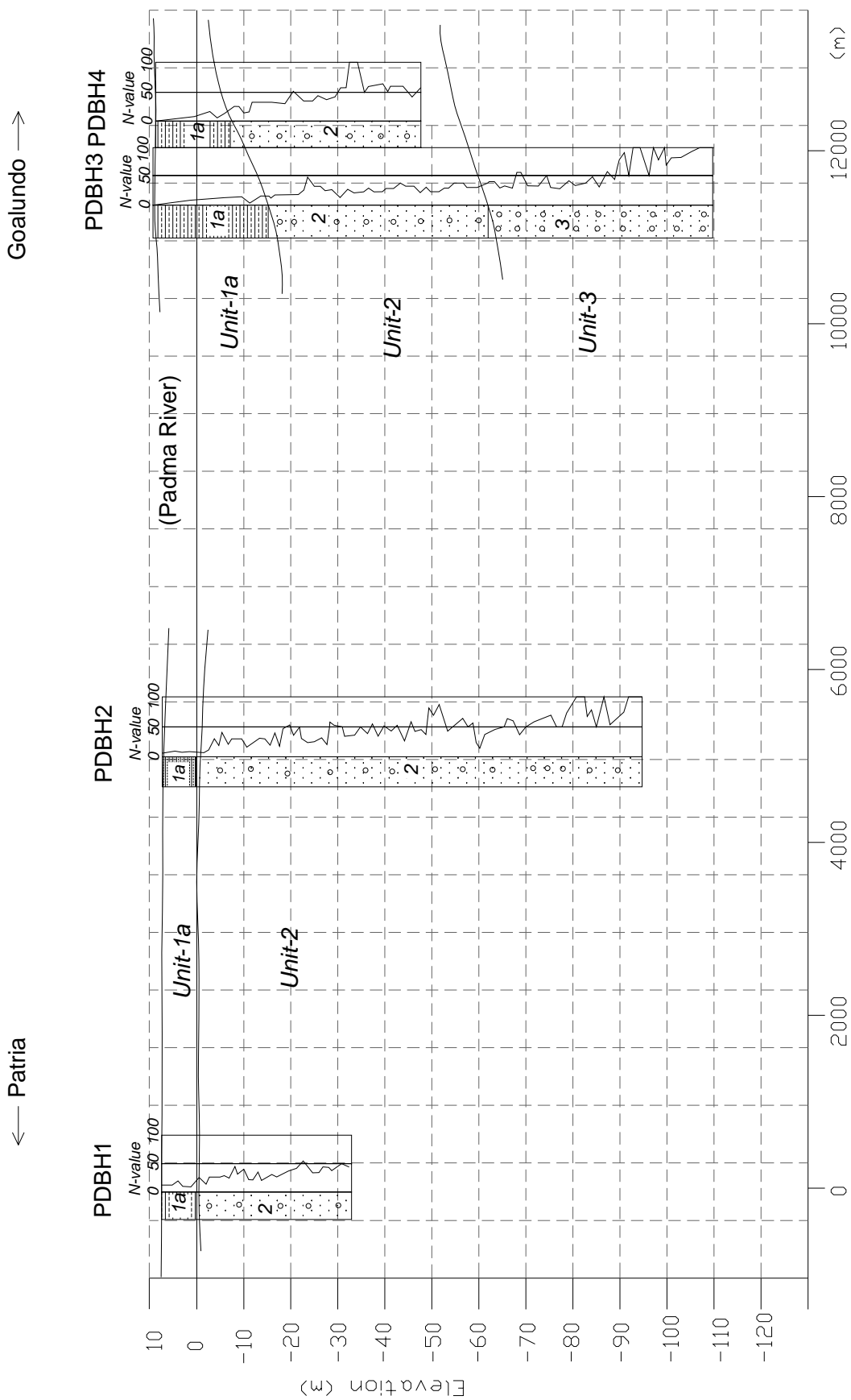


図 3.4 パトリア - ゴアルンド地点土質横断面図

(3) 河川施設の初期検討

河川断面の変遷:パトリアーゴアルンド地点では、河川範囲は約 8 km であるが、過去 33 年間左岸は同じ位置を保っている。マワージャンジーラ地点では河川範囲は約 6.5 km で川幅は 3.5 km から 4.5 km の範囲で比較的狭くなっている。1993 年から 1995 年にかけてマワージャンジーラ地点では左岸側の川床が非常に低下したことがあった。

施設設計で考慮する推定最大洗掘深:合流点の影響、湾曲部洗掘、護岸工や橋脚周辺の局部洗掘を考慮して、施設設計に用いる最大洗掘深を算出した。最大洗掘深は、以下の通りである。

設計条件

1) 設計流量(Q100)	151,400 m ³ /s	134,400 m ³ /s
2) 設計 HWL	9.72m PWD	7.35m PWD

護岸近傍

3) 湾曲部と護岸工による洗掘	43.5m (-33.8m PWD)	44.9m(-37.5m PWD)
4) 橋脚による洗掘(3m 径)	49.0m (-39.3m PWD)	50.4m(-43.0m PWD)

河川のその他の部分

5) 合流点による洗掘	32.8m (-23.1m PWD)	33.7m(-26.4m PWD)
6) 橋脚による洗掘(3m 径)	38.3m (-28.6m PWD)	39.2m(-31.9m PWD)

耐侵食性護岸の認識:耐侵食性護岸について把握するため、タイのアジア工科大学(AIT)およびバングラデシュの CEGIS に調査を委託した。この調査によると(1)バドマ河は過去 240 年間北東方向に移動して来ている、(2)右岸は近年の未だ締まっていない堆積物であり年間 100 m 単位での河岸侵食がある、(3)左岸の侵食性は均一でないがパトリアとマワでは年間 0 m~15 m と比較的耐侵食性となっている。

計画方針:最適架橋地点を選定するため、河川護岸工としてパトリア・ゴアルンド地点とマワージャンジーラ地点に対して概略計画と概略設計を行った。以下の項目に配慮して計画した。

- 1) **大規模河道移動:**現状の調査は、現況を維持することとして護岸工を計画し、大規模な河道移動の問題は維持補修の活動として取り扱うものとする。
- 2) **安定河岸:**既存の安定/侵食の少ない左岸を自然のハードポイントと見なして有効活用する。
- 3) **開口断面:**架橋による河川開口断面としては、現状の河川幅と施工の作業性を考えて計画する。
- 4) **河川施設工:**ガイドバンド(GBW)、橋台保護工(APW)、護岸工(BPW)を河川施設工として検討する。GBW は、橋梁部分に流向を誘導するもので、結果として橋台および取付道路の洗掘を防ぐ。BPW は、GBW と APW の機能を確保するためのもので架橋地点における現状の流水状態を維持するものである。

パトリア・ゴアルンド地点の河川施設工

- 1) **左岸側橋台保護工:**GBW と APW が代替案として考えられる。GBW(3200 m)は直接流水に面するように設置するものであり、APW(500 m)は安定護岸の背後に設計するもので基礎は浅い。
- 2) **右岸側橋台保護工:**侵食性が高いことに配慮し、GBW(3200 m)を直接流水に面するように設置する。

- 3) **BPW**:BPW はガンジス・ジャムナ合流点における現在の流水状態を維持する目的で計画するもので、ガンジス河からの枝川の活動を抑えるものである。
- 4) **イチャマティ川**:GBWを設置する場合、左岸側にあるイチャマティ川をGBWの上流側でパドマ河に合流させる必要がある。この対策をしないのであれば、橋台位置を左岸から約1.5km 陸側にセットバックしなければならない。

河川施設代替案 : GBW と APW を組み合わせた以下の 2 案が考えられる。

代替案	川幅	左岸河川施設	右岸河川施設	護岸工
PG-1	5,000 m	GBW (3,200 m)	GBW (3,200 m)	12,000 m
PG-2	6,500 m	APW (500 m)	GBW (3,200 m)	12,000 m

パトリアーゴアルンド地点に提案する河川施設工:直接工事費を代替案毎に推算し、双方を比較した結果、PG-2 案の費用が低廉となった。費用のほかでも、PG-1 の左岸側の GBW 工事は、現状の安定している河岸を阻害してしまう恐れがある。図 3.5 に代替案 PG-2 の概略平面図を示す。

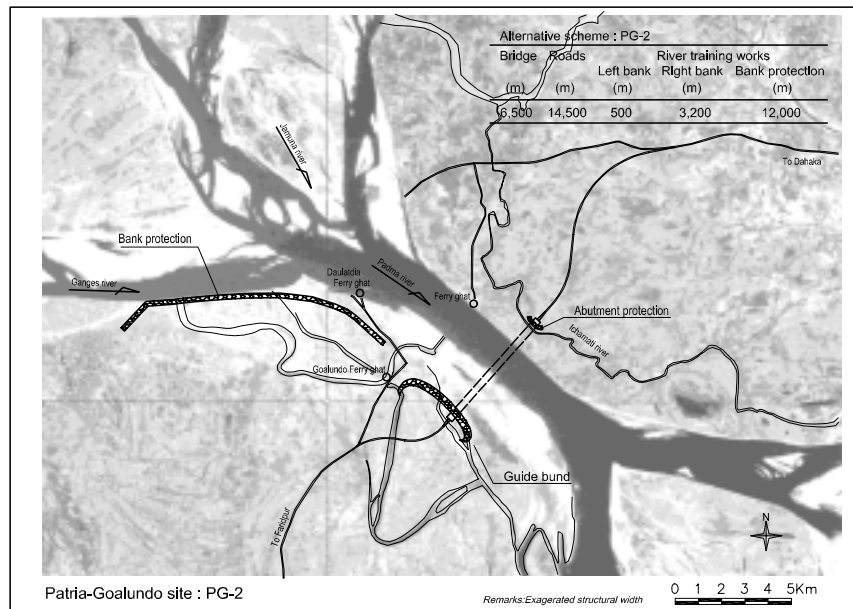


図 3.5 代替案:PG-2

マワージャンジーラ地点の河川施設工

- 1) **左岸側橋台保護工**: GBW (3200m)は直接流水に面するように設置するものであり、APW は安定護岸の背後約 1 km に設計するもので基礎は浅い。
- 2) **右岸側橋台保護工**:侵食性が高いことに配慮し、GBW(3200m)を直接流水に面するように設置する。
- 3) **BPW**:BPW はチャーカワルカンディの南側水路に計画するもので、GBW の機能維持と取付道路を侵食から防ぐものである。

河川施設代替案:GBW と APW を組み合わせた以下の 2 案が考えられる。

代替案	川幅	左岸河川施設	右岸河川施設	護岸工
MJ-1	5,200 m	GBW (3,200 m)	GBW (3,200 m)	5,000 m
MJ-2	6,200 m	APW (500 m)	GBW (3,200 m)	5,000 m

マワージャンジーラ地点に提案する河川施設工:直接工事費を代替案毎に推算し、双方を比較

した結果、MJ-2 案の費用が低廉となった。また、MJ-1 における左岸側の GBW 工事は、現状の安定している河岸を阻害してしまうため、マワージャンジラ地点には MJ-2 を提案する。図 3.6 に代替案 MJ-2 の概略平面図を示す。

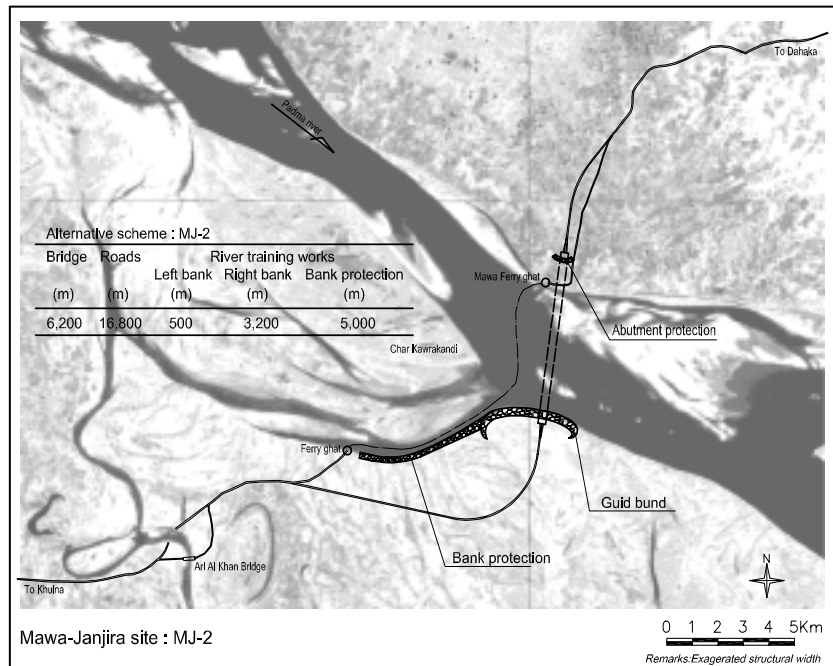


図 3.6 代替案 MJ-2

(4) 橋梁の初期検討

橋梁の概略設計は 2004 年 5 月に開始したが、この概略設計に先行して最終架橋地点選定および今後実施する概略設計のための資料作成を目的とした予備検討を実施した。

(a) 上部工の初期検討

材料調達の可能性、施工性、走行性等について検討し、PC 箱桁、PC エクストラロードド桁、PC 斜張橋、鋼箱桁、鋼斜張橋を想定可能な橋梁形式とした。この場合、図 3.7 の橋梁幅を適用した。

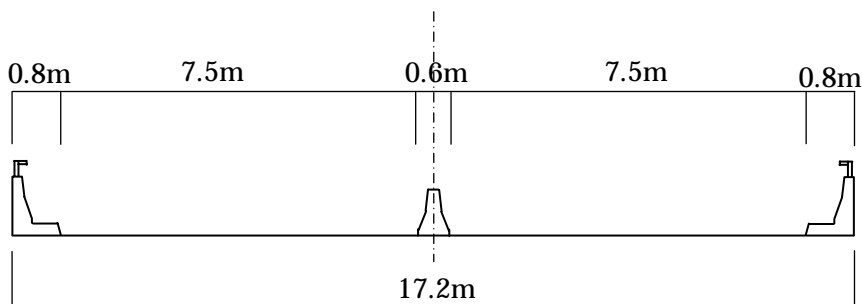


図 3.7 4 車線標準横断面図

(b) 下部工の初期検討

予備的建设費を推算する目的で鋼管杭を基礎工とした RC 橋脚および RC 塔について検討した。この場合、土質条件についてはパトリア・ゴアルンド地点とマワージャンジラ地点で実施した調査結果を反映させた。

(c) 支間・建設費の関係

上記に従いパドマ橋の支間・建設費関係を作成した。この支間・建設費関係から次の結論を得た。

- 鋼橋の建設費は、可能性のある最も安価な単価を使用しても PC 形式の橋梁よりも割高となる。
- マワージャンジラ地点の建設費がパトリアーゴアルンド地点よりも低廉である。
- 建設費が最小となるものは、マワージャンジラ地点では概ね支間長約 200m 付近である。

プロジェクトの予備的建設費を推算するために使用される支間・建設費関係図は、図 3.8 のとおりである。

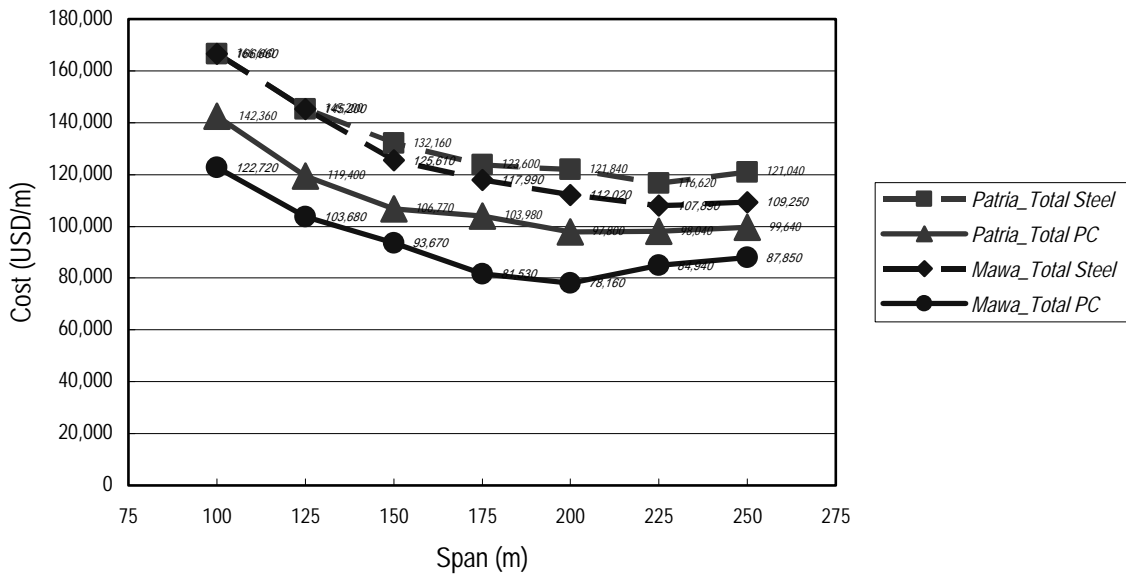


図 3.8 支間・建設費関係図

(5) 概略道路設計のための基礎分析

パトリアーゴアルンド地点およびマワージャンジラ地点ともに接続道路は国道である。地形測量沿いの地盤高と技術調査から得られた洪水位を把握した。

将来交通、地形、土質の特性を踏まえ道路幾何構造基準、パラメータ、標準横断構成および取付道路の舗装設計の予備検討を実施した。

パトリアーゴアルンド地点およびマワージャンジラ地点の地形測量線に従って初期インベントリ一調査を行い予備的建設費推算に必要な主要構造物、用地等を特定した。表 3.4 および表 3.5 にそれぞれの路線における基礎情報を示す。

表 3.4 パトリア - ゴアルンド路線代替案

項目		数量	備考	
1. 延長	橋梁	5.7km		
	取付道路	左岸	11.2km	パトリア側
		右岸	3.4km	ゴアルンド側
		小計	14.6km	
	合計	20.3km		
2. 車線数		4		
3. 法面傾斜		1:3	RHD 基準	
4. 用地取得面積(想定)		128ha	道路 85ha + 土取場 43ha	
5. 主要構造物	ボックス・カルバート	9 Nos.	中小道路との立体交差	
	中小橋梁	3 Nos.	延長 460m (内陸河川、鉄道)	
	料金所	2 Nos.		

表 3.5 マワ - ジャンジーラ路線代替案

項目		数量	備考	
1. 延長	橋梁	7.3km		
	取付道路	左岸	3.5km	マワ側
		右岸	12.8km	ジャンジーラ側
		小計	16.3km	
	合計	23.6km		
2. 車線数		4		
3. 法面傾斜		1:3	RHD 基準	
4. 用地取得面積(想定)		128ha	道路 96ha + 土取場 48ha	
5. 主要構造物	ボックス・カルバート	22 Nos.	中小道路との立体交差	
	中小橋梁	7 Nos.	延長 371m (内陸河川)	
	料金所	2 Nos.		

(6) 初期環境調査および初期社会影響調査

(a) 初期環境調査(IEE)

IEE は、選定された 2 つの架橋候補地点(パトリアーゴアルンドおよびマワージャンジーラ)について、2003 年 8 月から 12 月までの期間に実施された。IEE の主な目的は、橋梁建設により発生すると考えられる重大な環境影響を確認し、最終架橋地点に対して実施される EIA での調査内容を決定することである。また、2 架橋候補地点各々の IEE 結果を、架橋地点選定における比較項目の一つとした。調査の実施にあたっては JICA、JBIC、バングラデシュ政府が定める初期環境調査(IEE)の要件に従った。

本調査ではパドマ橋建設に向けて作成した環境テンプレートを使用し、評価した。テンプレートの作成ステップは以下の通りである。

- 1) これまでの調査結果や種々の文献を参考に、影響の原因、発生頻度、影響の本質、等を分析して主要となる 40 の環境要素を抽出し、それらを自然環境、生態系、環境汚染、および社会環境の 4 分野に分類。
- 2) 抽出された環境要素に対し、バングラデシュ国における様々な調査事例、パドマ橋建設の特性、国家開発への重要度と環境保護の重要性を考慮して重み係数を決定。
- 3) 各環境要素に対する影響軽減策を提示。

架橋位置の選定を目的とし、以下の 3 種のテンプレートを用いて評価した。

- 1) 2次データ、現地踏査、住民のコンサルテーション、他の類似案件での事例を反映させ評価するテンプレート。このテンプレートでは影響の種類(直接/間接)、時期・期間(施工中/施工後)、範囲(地域限定/広範囲)、軽減の可否(完全/部分的)、モニタリングの可否(完全/部分的)について評価することを目的とする。
- 2) 上記1)で評価した影響の性質に対し、正/負の影響を評点で示すテンプレート。このテンプレートは配慮すべき負の影響、すなわち環境に優しい国家開発を持続させるために注意しなければならない環境項目の抽出を目的とする。
- 3) 軽減策の効果を評価するテンプレート。プロジェクトの実施に対し、軽減策の実施/未実施による環境の変化を、レオパルドマトリクスを用いて点数で評価したものである。このような評価法は通常EIAで実施するものでIEEレベルでは用いないが、2地点の比較を目的として簡易的に実施した。

2地点の比較評価において、1)のテンプレートでは、2つの地点における環境影響の特徴は類似していることが判った。2)のテンプレートでは、環境影響の度合いに大きな差異がないことが判った。評価の結果は、40の環境項目に対し、8項目で正の影響、8項目で影響なし、24項目で負の影響という内容であった。この結果、2つの地点における環境影響面での比較では、その優劣には殆ど差が無いことが判った。

(b) 社会影響および住民移転

橋梁地点を選定する過程で、プロジェクトの実施における2つの候補地点での社会影響の比較を行った。対象地域の人口、社会経済、住居、共同体、生計手段、等を調査し、用地取得・住民移転の影響について評価した。住民移転規模の観点でマワ - ジャンジーラ サイトの方がより社会的影響が大きいことが判明したが、予測交通量と経済収益性の観点から、最終架橋地点はこのサイトが選定されている。選定に当たって、概略設計時の配慮、並びに影響住民とのコンサルテーションを通じてこれらの影響の最小化が可能であることを考慮した。架橋地点の決定後まもなく、該当地域で一連のPRA (Participatory Rapid Appraisal)を実施し、損失や移転に対する補償等の軽減策に関する意見交換を行った。

(7) 概略積算

パトリアーゴアルンド地点およびマワ - ジャンジーラ地点の2代替ルートに対して、ジャムナ橋の工事費を参考に、表3.7および表3.7のとおり、概略積算を実施した。

表 3.6 パトリア - ゴアルンド・ルートの概略積算

項目	金額		合計 (USD)	備考
	現地貨 (Taka)	外貨(USD)		
主要橋梁	8,340,584,000	447,834,100	639,763,000	6,500m
取付道路	251,364,000	13,451,300	17,766,000	14.5km
中小橋梁及びボックス・カルバート	284,652,000	15,395,900	20,282,000	
河川護岸工	8,215,703,000	329,070,000	470,100,000	
添架物(送電線、ガスパイプ、等)	596,788,000	23,903,600	34,148,000	
接続道路の拡幅(ダッカ〜マワ)	0	0	0	
小計 1	17,689,091,000	829,654,900	1,185,233,000	
間接費	3,537,818,000	165,931,000	237,046,600	20% of Subtotal 1
小計 2	21,226,909,000	995,585,900	1,422,279,600	
エンジニアリング費	1,061,345,000	49,779,000	71,114,000	5% of Subtotal 2
総計 1	22,288,254,000	1,045,364,900	1,493,393,600	

表 3.7 マワ - ジャンジーラ・ルートの概略積算

項目	金額		合計 (USD)	備考
	現地貨 (Taka)	外貨(USD)		
主要橋梁	6,384,450,000	341,906,800	488,439,000	6,200m
取付道路	299,649,000	15,964,500	21,108,000	16.8km
中小橋梁及びボックス・カルバート	249,348,000	13,418,200	17,698,000	
河川護岸工	5,421,210,000	217,140,000	310,200,000	
添架物(送電線、ガスパイプ、等)	733,943,000	29,397,200	41,996,000	
接続道路の拡幅 (ダッカ～マワ)	370,153,000	18,849,500	25,204,000	
小計 1	13,458,753,000	636,676,200	910,086,000	
間接費	2,691,751,000	127,335,200	182,017,200	20% of Subtotal 1
小計 2	16,150,504,000	764,011,400	1,092,103,200	
エンジニアリング費	807,525,000	38,201,000	54,605,000	5% of Subtotal 2
総計 1	16,958,029,000	802,212,400	1,146,708,200	

(8) 経済効果と予備的経済可能性の検討

(a) 経済可能性

直接経済効果

パドマ橋の予備的経済評価を行うため、2 つの架橋候補地点について下記の直接便益を計測した。

- 1) 自動車走行経費(VOC)節約便益
- 2) 旅行時間節約便益
- 3) 貨物の荷痛み減少便益
- 4) フェリー維持管理運営費用節約便益
- 5) 交通事故減少便益
- 6) 大気汚染減少便益 (CO2 および NOX)
- 7) 公共施設 (ガスパイプライン、電信・電話、電線等)の添加による便益
- 8) 土地涵養便益 (埋立てや侵食・洪水から制御されることにより土地の価値が上昇する便益)

プロジェクトの費用

プロジェクトの費用は下記の項目から構成されている。

- 1) 主橋梁および取付道路の建設費用
- 2) ボックスカルバートおよび中小橋梁
- 3) 護岸工事
- 4) 電気および公共添加物
- 5) 道路拡幅 (ダッカ～マワ ルートのケース)
- 6) エンジニアリング・サービス
- 7) 土地取得および移転補償費
- 8) 維持管理運営費

経済評価

便益・費用のキャッシュフロー分析により下記の三種類の指標を算定した。

- 1) 経済内部収益率; Economic Internal Rate of Return (EIRR)
- 2) 純現在価値; Net Present Value (NPV)
- 3) 便益/費用比; Benefit/ Cost Ratio (B/C Ratio)

経済評価の結果は以下に示されるとおりである。

	パトリア - ゴアルンド	マワ - ジャンジーラ
EIRR	9.6 %	16.9 %
NPV (Million TK)	-9,857	23,140
B/C	0.71	1.81

従って、経済的妥当性の見地から、マワ - ジャンジーラ案がパトリア - ゴアルンド案より優位である。

(b) プロジェクトの間接経済効果

主な検討項目

架橋位置の比較および間接効果の分析にあたって以下の項目が検討された。

- 1) アクセシビリティの改善
- 2) 国際道路網の形成
- 3) 地域経済発展への貢献
- 4) 他の地域開発プロジェクトとの関連

比較検討結果

経済・財務分析の観点からの二つの架橋位置代替案の比較結果を表 3.8 に要約する。

表 3.8 経済・財務分析による架橋位置代替案の比較結果

項目	パトリア - ゴアルンド	マワ - ジャンジーラ
交通需要 (2025 年)	19,850 台/日	41,550 台/日
経済性	EIRR = 9.6 %	EIRR = 16.9 %
財務的費用	US\$1,260 百万	US\$1,074 百万
アクセシビリティの改善	(走行時間)	(走行時間)
	ダッカ - モングラ 4.5 時間	ダッカ - モングラ 3.6 時間
	ダッカ - ベナポール 4.6 時間	ダッカ - ベナポール 3.6 時間
	(裨益人口)	(裨益人口)
	ダッカから 3 時間圏内： 2,791,000 (9%)	ダッカから 3 時間圏内： 0,417,000 (35%)
ダッカから 4 時間圏内： 12,738,000 (42%)	ダッカから 4 時間圏内： 22,247,000 (74%)	
支線道路の密度	大差無し	
国際道路網形成		アジアハイウェイ A-1 の一部。国境のベナポールとモングラ港に近い
地域経済発展への貢献	南西部の GRDP 増加率 18% (1.2% /年)	南西部の GRDP 増加率 35% (2.3% /年)
架橋地点近傍の中心市街地	大差無し	

(9) 最終架橋地点の選定

これまでの種々の観点からの架橋位置代替案の比較結果を表 3.9 にまとめる。

バドマ橋開通 10 年後を想定した 2025 年将来交通需要は、マワ - ジャンジーラが 41,550 台/日であり、パトリア - ゴアルンドの 19,850 台/日と比して 2 倍以上の予測結果となった。概算の財務的費用は、主に橋梁や河川施設の規模の差によりパトリア - ゴアルンドが 3 割近く高い結果となった。アクセシビリティに関しては、ダッカから南西部地域の基点都市までの到達時間で比較す

ると、マワージャンジューラが約1時間有利であり、裨益人口の密度も高く、よって南西部地域の経済発展に対しより高く寄与する。また、マワージャンジューラはアジアハイウェイ A-1 路線上に位置することから、国際交通網の整備にも寄与する。これらから、経済性の面ではマワージャンジューラの EIRR が 16.9%であるのに対し、パトリアーゴアルンドは 9.6%であり大きな差が生じた。一方、住民移転・社会環境影響の観点からは、マワージャンジューラ案は、マワ周辺の人口密度の高さから住民移転が多く発生し、負の影響がより大きいとの結果が得られている。しかしながら、これは今後の調査進める中で施設計画の調整等を行うことにより負の影響を最小化できる余地がある。これらを総合的に判断し、調査団はマワージャンジューラ案を最終架橋地点として選定するに至った。

表 3.9 最終架橋地点評価比較表

評価項目		パトリアーゴアルンド	マワージャンジューラ
将来交通需要	2015 年	10,300 台/日	21,260 台/日
	2025 年	19,850 台/日	41,550 台/日
経済性	EIRR	9.6 %	16.9 %
	B/C 比	0.71	1.81
	NPV (百万 TK)	- 9,857	23,140
財務的費用 (概算)		1.49 billion US\$	1.15 billion US\$
アクセシビリティの改善	走行時間 ダッカ - モングラ	4.5 時間	3.6 時間
	ダッカ - ベナポール	4.6 時間	3.6 時間
裨益人口密度	ダッカからの時間		
	3 時間圏内 4 時間圏内	2,791,000 人(9%) 12,738,000 人 (42%)	10,417,000 人(35%) 22,247,000 人(74%)
国際道路網形成			アジアハイウェイ A-1 の一部。国境のベナポールとモングラ港に近い
地域経済発展への貢献	南西部の GRDP 増加率	18% 上昇 (年率 1.2%)	35% 上昇 (年率 2.3%)
架橋地点近傍の中心市街地		大差無し	
環境影響	IEE の結果	大差なし	
住民移転・社会環境	移転世帯数	1,842	2,635
	影響施設	18	60
	影響人口 (直接および間接)	40,000 - 45,000	70,000 - 80,000
	概算 RAP 費用	23.7 百万 US\$	38.79 百万 US\$

(10) “Without Project”における代替案

“プロジェクト無し”の場合には通常下記の二種類の代替案が考えられる。

- 1) 将来交通需要に対応するため、フェリー棧橋(あるいはフェリーターミナル)を拡張し、フェリーを増便する等、現行フェリーサービスの改善を行う。
- 2) 現行フェリーのまま運行(現状維持)

しかしながら、選択された架橋候補地点は、他の地点と比較して河川性状がより安定しているものの、パドマ河はその川幅を頻繁に変化させ、川岸に低地帯を形成している。パトリアでは過去 30 年間で川幅は最小 2.44 km から最大 5 km まで変化し、マワでは最小 2 km から最大 4.92 km まで変化した。さらに、使用される仮設のフェリー棧橋は季節ごとに変えなければならない状況である。

このような不安定な状況下では、パドマ河に大規模で恒久的なフェリーターミナルを新設したり、現行フェリー運航を改善することは非常に困難である。従って、“プロジェクト無し”のケースで、現行フェリー運航の増強を代替案として想定することは非現実的であると判断せざるを得ない。本調査では、代案として上の 2)のケース、すなわち現状維持の代替案を想定し、将来交通需要

の増加に従ってフェリー棧橋での待ち時間が増加することとした。

上記に加え、ダッカ - 南西地域間の危険な現行フェリー/ラウンチ運航を安全で信頼性の高い陸上交通に置き換えるべき緊急な要請がある。この水路はパドマ河とメグナ河の荒れる合流点である危険水域付近を通っており、定員オーバーの船舶が頻繁に沈没している。1976 年以来、270 隻の船舶事故のため約 4000 人が死亡した(毎年平均 9 隻が沈没または転覆し、140 人が死亡している)。そしてこのような状況は過去 30 年間全く改善されていない。

このような状況下では、現行フェリー/ラウンチの増強を“プロジェクト無し”のケースでの代替案とすることは出来ない。

(a) フェリー運行の容量増強による効果

上記のような状況であるものの、フェリー運行の改善効果をチェックするため、下記のような追加計算を実施した。

現行フェリー運行の容量計算

現行のフェリーサイクルタイムは表 3.10 のようになっている。

表 3.10 現行フェリーのサイクルタイム

(単位:分)

ルート	乗船時間	渡河時間	下船時間	合計
パトリア - ダウラットディア	20	35	10	65
マワ - チャーjanaジャット	20	122	10	152

現行フェリーは 24 時間営業であり、フェリー1隻、1日あたりの(可能)渡河回数は表 3.11 のように計算される。

表 3.11 フェリー1隻,1日あたり可能渡河回数

ルート	回数
パトリア - ダウラットディア	22.1 (rounded to 20)
マワ - チャーjanaジャット	9.4 (rounded to 9)

また、BIWTC (Bangladesh Inland Water Transport Corporation)から、各ルートのフェリー船舶の数と、船舶ごとの容量(貨物車当量で表示)に関する情報を入手し、それを整理すると表 3.12 のようになる(修繕中のフェリーを除く)。

表 3.12 ルート別、現行フェリー運行の容量の計算

ルート	フェリー 1 隻の容量 (貨物車当量) (A)	フェリーの数 (B)	容量計 (A) * (B)
パトリア - ダウラットディア	27	1	27
	25	6	150
	20	2	40
	14	1	14
	13	1	13
	小計		
	当該ルートの総容量/日		244*20=4880
マワ - チャーjanaジャット	17	1	17
	13	4	52
	8	2	16
	3	3	9
	小計		
	当該ルートの総容量/日		94*9=846

Original Source: BIWTC

従って、現行フェリー運行による1日あたり容量は、パトリアルートで 4,880 台/日(貨物車当量)、マワルートで 846 台/日と計算される。

運行容量とフェリー将来交通需要との比較

フェリー運行の容量を種々変化させて改善した場合を想定し、その状況下で何年に将来交通需要が容量に達するかを検討した。各ルートの検討結果は以下のように要約される。

i) パトリア - ダウラットディア ルート

- 現行フェリーのまま:2011 年頃に容量に達する
- 容量を30%増加(投入船舶数の増加とフェリーターミナルの拡張が必要):2014年に容量に達する。
- 50%の容量増加:2017 年に容量に達する。

従って、パトリアルートでは例え容量を 50%増加させても 2017 年以前に容量に達することになる。

ただし、パトリアルートはパドマ橋がマワに建設されても継続して運行され、パドマ橋の代替ルートとして利用されることを注記しておく必要がある。

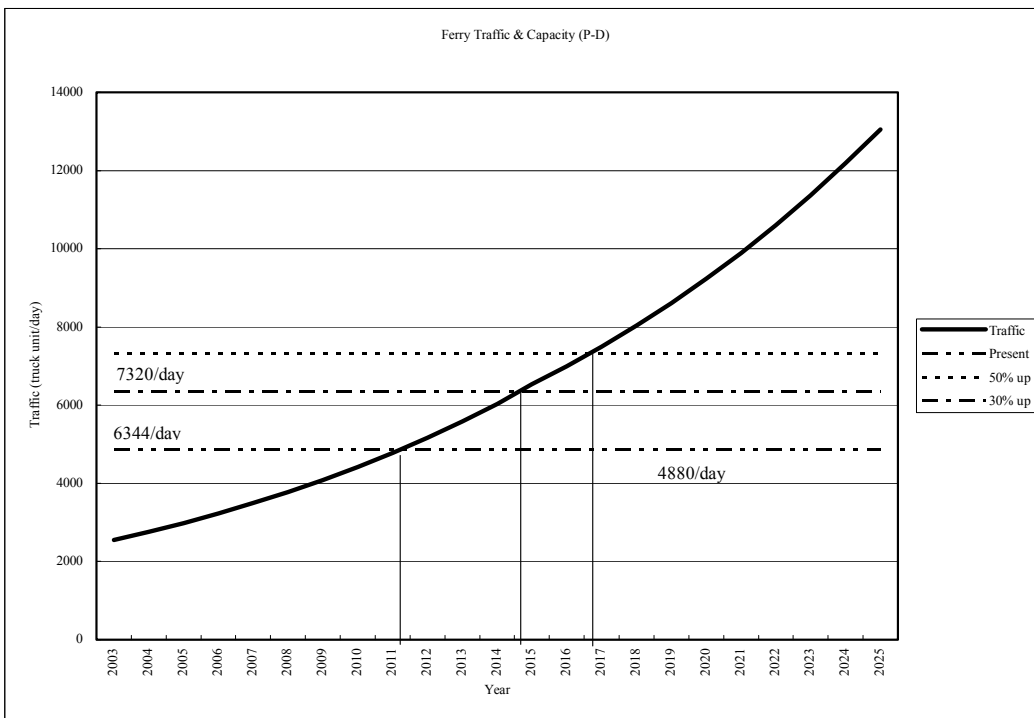


図 3.9 フェリー運行容量と交通需要との比較 (パトリア - ダウラットディア)

ii) マワ - チャーjanaジャット ルート

マワルートに関しては、もし容量が 100%増加しても交通需要は 2010 年に容量を超える結果となっている。

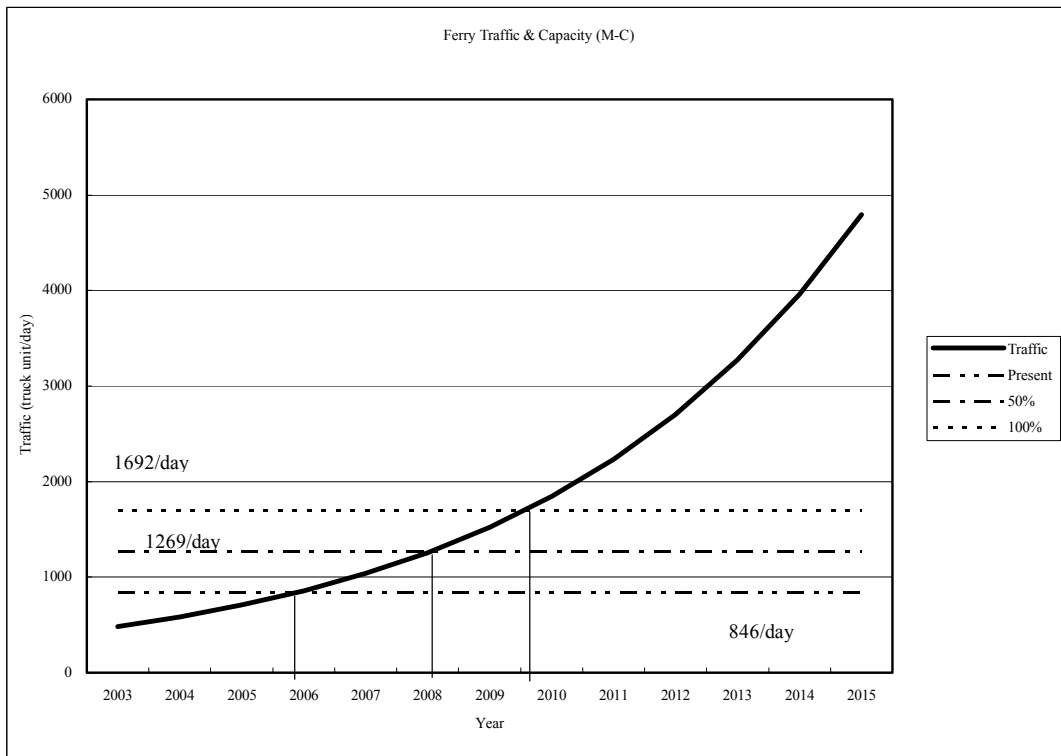


図 3.10 フェリー運行容量と交通需要との比較 (マワ - チャージャナジャット)

(b) 結論

フェリー施設拡張の困難さ、安全で全天候型の交通手段の提供、および効率的な投資の観点から、マワルートのフェリー運行は将来の最適時期にパドマ架橋に置き換えるべきである。

4. 選定された架橋地点に対する現地調査

4.1 地形測量および深淺測量

既に記述したとおりマワージャンジエラを最終架橋地点として選定した。

この段階での調査の目的は、橋梁、取付道路および河川構造物に対する概略設計のための測量を実施することである。

地形測量は 2 種類に大別される。即ち、取付道路および河川構造物の線形上の現場測量、計画地点の河川の深淺測量である。

表 4.1 に実施した主要数量を示す。

表 4.1 調査地域の作業数量

	設置した基準点 の測量 (pts)	縦断測量 (km)	平面地形測量 (ha)		深浅測量 (km)
			取付道路	河岸	
左岸側	2	5.2	117	150	
右岸側	2	12.2	157	250	
河川内					71
水路		6 nos			
合計	4	17.4	274	400	71

4.2 地質調査

最終架橋地点として選定されたマワージャンジエラ地点に対し、本橋、取付道路と中小構造物の地質、並びに盛土材料の調査を目的とした地質調査を実施した。

(1) 架橋地点の地質調査

- 各調査孔での N 値は分散しているため、設計に用いる値としてそれらの下限値と平均値を算出した。
- 水平載荷試験を実施し N 値と弾性係数 (Em) の関係を求め、 $Em = 2.89 N$ が得られた。
- 局部洗掘深 -23.6m PWD および -37.6m PWD を考慮した、基礎工の設計に用いる数値は次表の通りである。

表 4.2 橋梁下部工設計値 (局部洗掘深-23.6m)

Layer	Depth PWD (m)	Thickness (m)	N-value	Density γt (kN/m ³)	Strength Parameters		Modulus of Elasticity Em (kN/m ²)
					c (kN/m ²)	ϕ (degree)	
(1)* ¹	1.425 ~ -23.6	25.025	-	-	-	-	-
(2)	-23.6 ~ -46.5	22.900	17	19.0	0	27	4,913
(3)	-46.5 ~ -64.1	17.600	40	19.5	0	35	11,560
(4)	-64.1 ~ -80.0	15.900	59	20.0	0	40	17,051
(5)	below -80.0		68	20.0	0	40	19,652

表 4.3 橋梁下部工設計値 (局部洗掘深-37.6m)

Layer	Depth PWD (m)	Thickness (m)	N-value	Density γt (kN/m ³)	Strength Parameters		Modulus of Elasticity Em (kN/m ²)
					c (kN/m ²)	ϕ (degree)	
(1)* ¹	1.425 ~ -37.6	39.025	-	-	-	-	-
(2)	-37.6 ~ -54.4	16.800	20	19.0	0	28	5,780
(3)	-54.4 ~ -70.4	16.000	40	19.5	0	35	11,560
(4)	-70.4 ~ -80.0	9.600	56	20.0	0	40	16,184
(5)	below -80.0		62	20.0	0	40	17,918

(2) 取付道路沿線の地質調査

取付道路上の中小橋梁の基礎工の設計に用いることを目的に、各橋梁近傍で地質調査を実施した。

(3) 盛土材の土質調査

路床材としての盛土材は CBR8%以上を要求される。締固め試験および CBR 試験の結果から、4.5Ec で締固め密度 γ_d (95%)が求められる。

(4) 液状化試験

- 陸上部に関しては、Unit-1b 層の粘土やシルトの混合率が 20%以上であることから、局部洗掘の有無に拘わらず、液状化の可能性がないことが判った。
- 中州での地質調査に関しては、N 値が非常に小さいことから深さ約 5m(洗掘前)付近での液状化の可能性があると判った。しかし、この液状化の可能性は局部的であり、大きな問題とはならない。

(5) 詳細設計時に求められる試験

橋梁基礎工と取付道路の詳細設計に際しては、以下の追加調査が望まれる。

- 橋梁基礎の設計に必要なパラメータの中で、N 値は最も重要であり、詳細設計では可能な限り正確な N 値が必要とされる。よって、詳細設計時の標準貫入試験は下層の締固めに影響しないロータリー式試験機の使用が望まれる。
- ルプシャ橋施工時、杭の載荷試験の際に杭の異常沈下が発生したことが報告されている。この原因の一つにゆるい砂層の周面摩擦が小さかったことが推察される。砂層の周面摩擦は橋梁の杭基礎の安定に大きな影響を与える。よって、詳細設計時にはコーン貫入試験を実施し、砂層の周面摩擦を詳細に検討する必要がある。

4.3 河川調査

(1) 河川地形調査

長期的な河道変遷:1770 年頃、ガンジス河(旧パドマ河)はほぼ現在のアリアルカーンの流路に沿って流れ、ジャムナ河とは別にベンガル湾へ注いでいた。1830 年までにガンジス河はジャムナ河と現在の合流点付近で合流しており、この合流点下流の河道をパドマ河と称する。1830 年から 1860 年の間にパドマ河はマワ地点下流のチャンディナ沖積層を突き破り現在のパドマ河流路を形成するところとなった。長期的にはパドマ河は北東方向へ遷移する傾向を持っている。

近年の河道変動:遅くとも 1914 年以降パドマ河本川は現在の計画架橋地点を低浸食性の左岸に張り付くように流れている。さらに、1960 年以降は架橋断面で中州を持たない単断面を維持している。パドマ河は節(固定点)を架橋断面にもって、蛇行河道と直線河道を交互に繰り返しているようである。一例を挙げるなら、1967 年に蛇行の最盛期にあった河道は 13 年かけて 1980 年に直線河道になり、さらに 13 年かけて 1993 年に蛇行河道に戻るといように、26 年周期で変動している。

河岸の変動速度:過去 30 年間の左岸の平均浸食速度は 5m/年で、ここ 15 年に限れば 1.5m/年である。年間浸食幅の最大値は 20m 程度であろう。一方、右岸は若いルーズな堆積層のため変動し易く、年間の浸食幅は最大 500m にも達し堆積幅も最大 300m に達する。

河道変移帯:パドマ河道は低侵食性の現左岸と右岸の旧氾濫原(現右岸から約 10km 内陸)の間で変移している。右岸の旧氾濫原は少なくともここ 90 年間パドマ河による浸食を経験していない。この河道変移帯の中でパドマ河は左岸沿いに流路を取り、おそらく折々の流水・流砂の変動に影響され右岸の位置を頻繁に変えながら流下している。

河岸の地質:既存および今回調査の地質資料から、シルト/粘土層が河岸の低侵食性に大きな役割を担っていることがわかった。左岸ではこのシルト/粘土層厚が 12m から 25m あるのに対

し、右岸ではせいぜい 5 m 程度である。ボーリング資料と自然堤防の分布から判断して、左岸の低浸食層の幅は 1km 以上あると思われる。

(2) 数値モデル解析

数値モデル解析の目的:

- 1) 計画架橋地点付近河道の現状流況の検討
- 2) 水理設計値および計画施設の諸元の評価
- 3) 計画施設の水理的影響の検討

擬似二次元モデル解析: 擬似二次元モデルによるシミュレーション結果によると、計画橋梁および取付道路による氾濫域および氾濫水位への影響は微小で、最高水位の上昇量は 10cm 程度である。

二次元モデル解析 (2003/04 Padma 2-D Core Model): シミュレーション結果によると、概略設計で設定した設計値は妥当で、2003/04 河道状態における計画施設の河道水理・河道変動への影響は微小である。“事業なし”と“事業あり”状態の差異で表した影響は全体として小さく、100 年洪水に対し最高推移の上昇はほとんど無視できる程度で水深平均の流速が僅か +0.1m/sec 増えるだけである。

二次元モデル解析 (2003/04 Padma 2-D Long-term Model): 長期的シミュレーションによって地点ごとの 5 年および 10 年間の概略の河床変動傾向が把握できる。シミュレーション結果によると、事業の実施による中長期的な河道変動への影響は小さいと予想される。

(3) 最大洗堀深の推算

河床洗堀のタイプ: 最大洗堀深の推算のため、自然洗堀および構造物による洗堀を考慮する。自然洗堀は湾曲洗堀と合流洗堀が同時に生起する事態を想定し合計値を取るものとし、構造物洗堀はこの自然洗堀状態で河岸防護工や橋脚周辺の洗堀深を推算する。

計画最大洗堀深: 上記洗堀深の最悪の組合せを仮定して合計洗堀深を求め、これに予想できない要因や構造物の複合効果などに配慮し 2 割の余裕を見込んで計画最大洗堀深(DMSD)とする。アリアルカーン河が閉鎖した場合の 100 年流量に対する計画最大洗堀深は下記のとおりである。

- 1) 河岸防護工前面: DMSD = 計画高水位以下 44.9 m (洗堀河床高 -37.6 m,PWD)
- 2) 河道断面中央部: DMSD = 計画高水位以下 31.0 m (洗堀河床高 -23.6 m,PWD)

河床洗堀記録: 架橋地点付近の定期横断測量記録は 1968 年以降の 35 年間ある。これら記録によると、最深河床高は 1970 年の -37.01 m,PWD で続いて 1985 年の -31.73 m,PWD で、いずれも架橋地点上流の低浸食性左岸の法先で発生している。ほとんどの深い河床は低浸食性左岸の近くで生じている。幾つかは河川中央で発生しており、これらは泣かす下流での水路合流による流水の乱れによるものと思われる。河床洗堀記録とくらべ、推算した最大洗堀深は妥当と判断される。

5. 概略設計

5.1 河川施設の概略設計

(1) 河川施設計画の方針

河川工事の目的:

- 1) 河道断面の安定を確保し現状の河道および流況を維持すること。
- 2) 橋梁構造物を強固に防護すること。

取組方針:上記の目的を達成するため、下記方針を設定する。

- 1) 架橋地点として望ましい現河川状況を維持し、河道や流況に大きな影響を与えず河川工事で補強する。
- 2) 現状の常水路幅は縮小しない。
- 3) パドマ河の特性を勘案の上、同様の特性を持つ河川への対策としてバングラデシュで開発された最新の河岸防護工法と伝統的な工法とを組み合わせ適用する。

パドマ橋の河川対策:既往の調査や橋梁工事をレビューすると、パドマ橋の河川対策としては、現状河岸を固定するために最新の河岸防護工を適用し、これに橋梁構造物を強固に防護するための超高質の伝統的河岸防護工を組み合わせ適用すべきであることがわかる。

- 1) ハーディング橋:1915年にガンジス河下流を横断して建設された橋梁でガイドバンク工を備えている。ガイドバンク工は伝統的な河岸防護工施設で蛇行河川を対象に開発されたもので、その設計基準の多くは蛇行河川の特性和関連付けられている。
- 2) ジャムナ橋:網状のジャムナ河を横断して1998年に建設された橋梁でガイドバンド工とハードポイント工を備えている。蛇行河川のための設計基準は必ずしも適用できないので、多くの水理模型実験、数値モデル解析に基づき設計された。
- 3) 河岸防護技術の開発:河岸防護手法の改善を目指して近年多様な試みがなされている。1991年から2001年の10年余にわたり実施されたFAP-21/22(洪水行動計画-21)、2001年から2008年までの予定で実施されているジャムナ・メグナ河浸食軽減事業(JMREMP)などである。これらの事業で開発された河岸防護工は実河川に建設され、モニタリングによって満身に機能することが確かめられている。

(2) 河川施設の概略設計

河岸防護工の配置:現状河岸を固定しパドマ河の流れを円滑に架橋地点断面へ導くため、河川両岸に連続した下記防護工を設ける。

- 1) 左岸工:橋梁構造物周辺の防護(L1、L2サイト)およびマワ渡船場上流の突出河岸の補強(L3サイト)のため、総延長6.0kmの河岸防護工の設置
- 2) 右岸工:浸食されやすい右岸の安定化と橋梁構造物周辺の防護(R1、R2、R3サイト)のため、総延長4.0kmの河岸防護工の設置
- 3) 南水路工:南水路の南遷を食い止め右岸取り付け道路防護するため、チャージャナジャット渡船場から下流右岸工までの総延長6.3kmの河岸防護工の設置

河岸防護工:河岸防護工として護岸工を採用する。護岸工は主に盛土とその法覆工およびローンチングエプロンとフォーリングエプロンから成る根固め工とで構成される。根固め工の施工方法の異なるタイプAおよびタイプBの護岸工を提案する。タイプA護岸はFAP-21が推奨する最新の護岸工で陸上施工であるのに対し、タイプB護岸は水中施工で予め浚渫で掘削整形し

た法面上にローンチングエプロンを敷設するもので、ジャムナ橋で採用された工法である。タイプ A 護岸は工事が確実で容易にできるが、洗堀法の防護が自然任せであるため、そのリスク回避のため多量の捨石が必要になる。一方、タイプ B 護岸は、確実な機能が建設後直ちに実現できるがコスト高である。護岸タイプの特性と河岸防護の目的を勘案の上、タイプ A 護岸を左岸工と南水路工に適用し、浸食に弱いバドマ右岸工には確実な機能を期待してタイプ B 護岸を採用することにした。

(3) 設計検討

タイプ A およびタイプ B 護岸の設計に当っては、主にジャムナ橋の河川工事および 10 年余の試験事業と調査の成果である FAP-21 マニュアルを参照した。

盛土と法覆工の設計: 防護すべき河岸沿いの盛土は法覆工法線を整え維持管理活動や資材置き場年としての使用に供するために設計する。橋量構造物前面の L1 および R1 サイトは通年の使用に耐えられるよう天端高を高くし+8.85 m,PWD (DHWL+1.5m)とするが、他の盛土天端高は SHWL や周辺地盤高を考慮し+6.00 m,PWD とし、盛土天端と両法面は越水に耐えられるよう防護する。盛土法覆工の法先高は+2.00 m,PWD とする。

根固め工の設計: 根固め工は法覆工の堤脚を流水による洗堀から防護するため必要である。FAP-21 で推奨する根固め工をタイプ A 護岸に、ジャムナ橋で適用した工法をタイプ B 護岸に採用する。タイプ B 護岸で予め掘削整形する法の勾配としてはジャムナ橋の経験、最近の事例、FAP-21 調査の提言等を考慮して1:6とする。橋梁構造物前面のタイプ B 護岸(R1 サイト)の浚渫高はポンプ式浚渫船の最大浚渫深と推定自然洗堀深に配慮して-25 m,PWD とし、他の右岸工(R2、R3 サイト)については浚渫船の稼働能力と稼働期間に配慮して-15.0 m,PWD に設定した。

施設設計図: 各サイトごとに護岸工の設計図を作成した。河川工事の一般平面図およびタイプ A1

およびタイプ B1 護岸標準設計図を図 5.1 から 図 5.3 に示す。

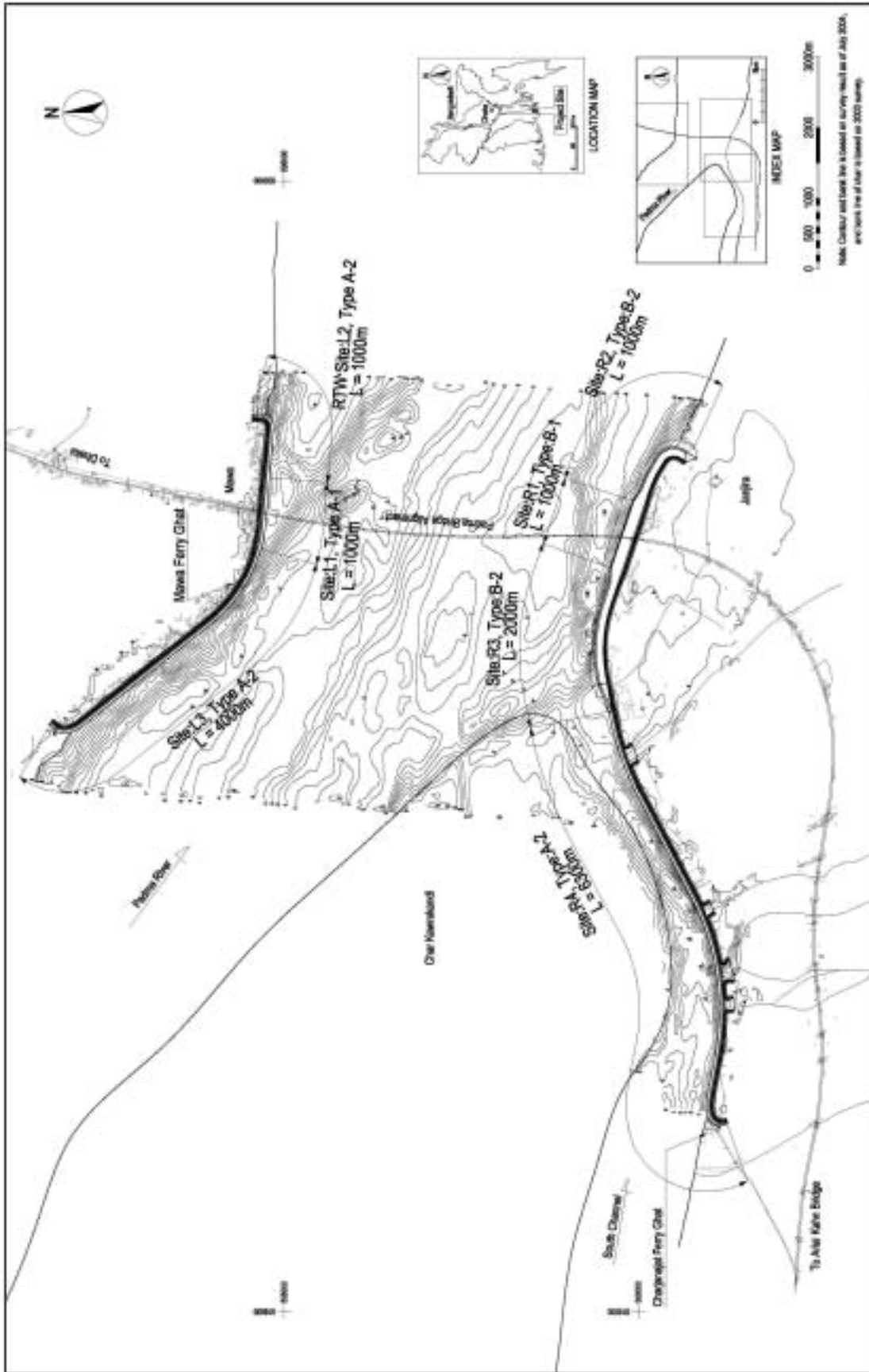


図 5.1 河川護岸工一般図

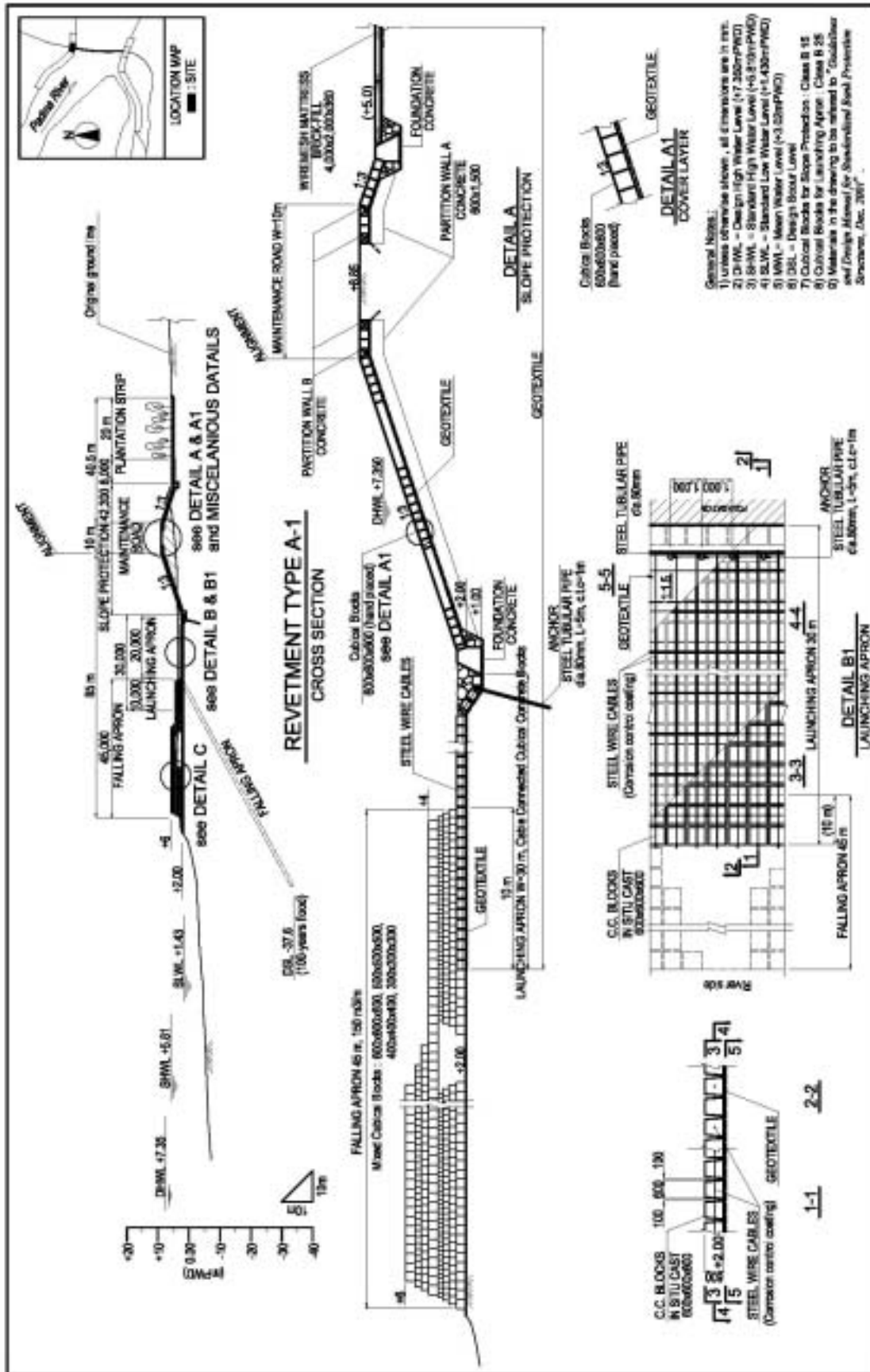


図 5.2 護岸工 Type A-1 一般図

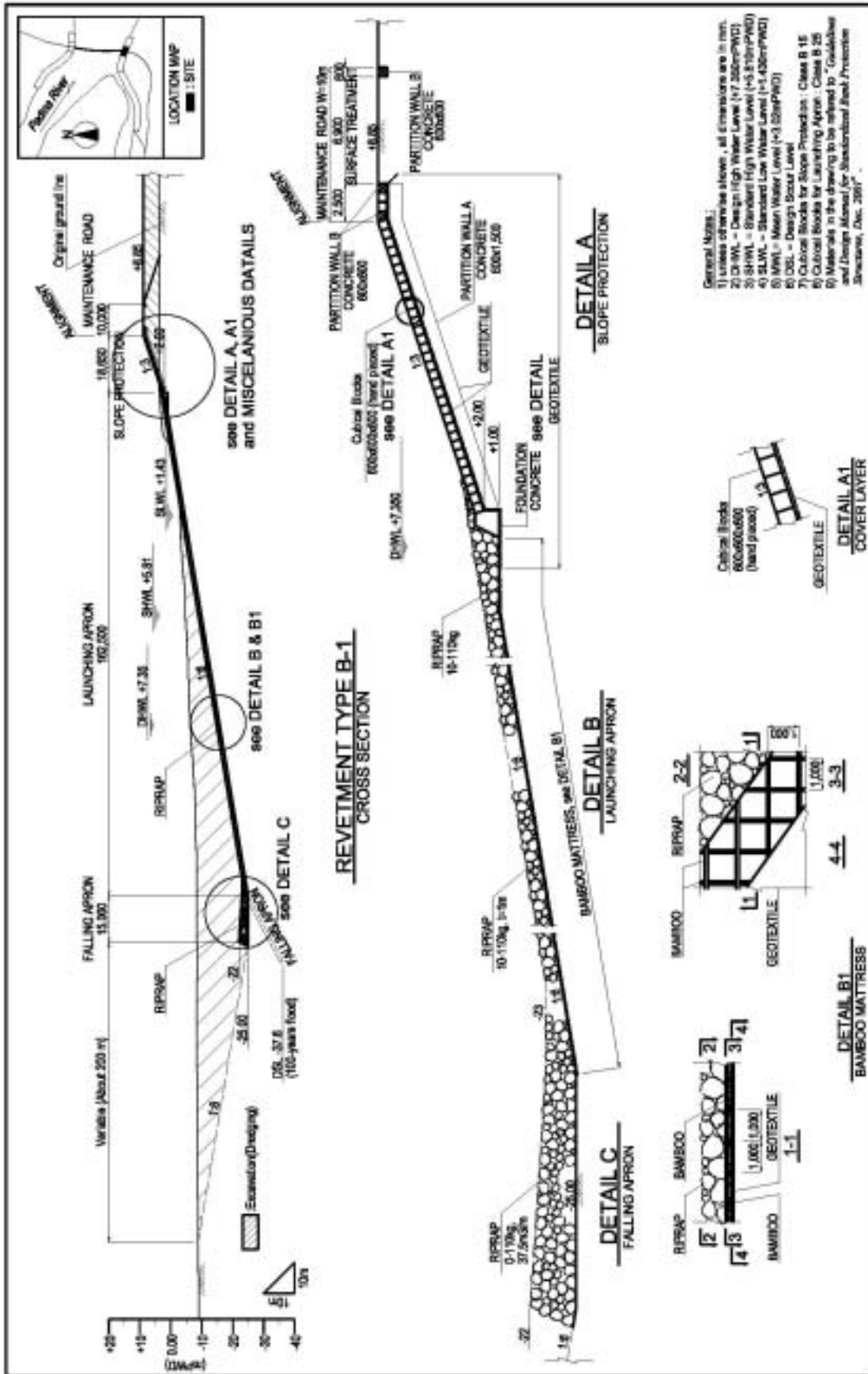


图 5.3 護岸工 Type B-1 一般図

5.2 パドマ橋の概略設計

(1) 概略設計案の橋梁幅員

(a) アジアハイウェイに準拠した橋梁幅員

国連 ESCAP が計画しているアジアハイウェイ A-1 号線にパドマ橋が建設されることになる。調査団はアジアハイウェイ基準とバングラデシュ国道路局 RHD 基準を検討した。図 5.4 は、アジアハイウェイ基準で中央分離帯幅を縮小した片側 2 車線の幅員である。

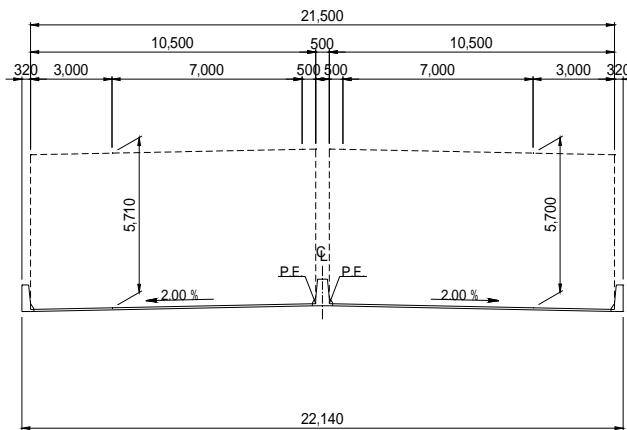


図 5.4 アジアハイウェイ基準の中央分離帯幅を縮小した橋梁幅員

上記の幅員を以降の(2)および(3)項に示す標準橋梁形式・支間検討に際してのベースケースとする。

(b) RHD 縮小基準に準拠した橋梁幅員

上記のアジアハイウェイ基準に加えて投資額最小ケースを考えた代替案を図 5.5 に示す。この案は、RHD 基準にある片側 2 車線 7.3 m で片側側帯 0.5 m の橋梁幅員である。

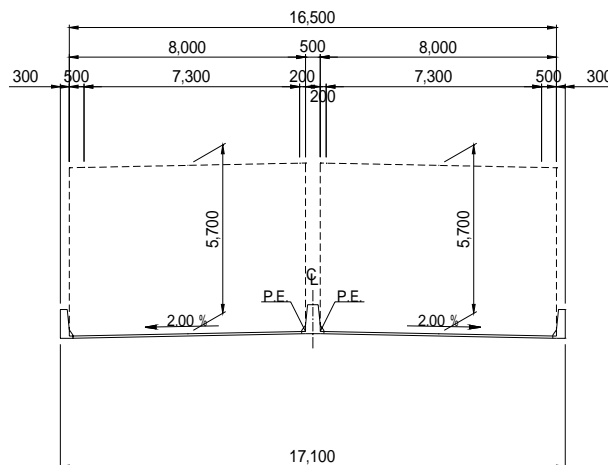


図 5.5 RHD 縮小基準に準拠した橋梁幅員

(2) 設計条件および基準

本調査では、アジアハイウェイ基準と RHD 基準に準拠して概略設計を行う。RHD 基準は AASHTO 基準に類似している。これに加え、バングラデシュ建築基準(BBC)、日本道路協会

(JRA)、BSI とインド道路会議(IRC) 基準を補助基準とする。

死荷重	AASHTO に準拠	風荷重	風速:55 m/秒 BBC 基準
活荷重	HS 20-44, AASHTO 基準	航路限界	H = 250 ft, V = 60 ft at river BIWTA 基準
衝撃	AASHTO 基準	船舶衝突荷重	Ps = 23.7 MN (1,500 t, 10 knot), SHWL より上方 4m BIWTA との協 議結果
温度変化	AASHTO 基準	鉄道荷重	バングラデシュ国鉄基準
地震荷重	水平震度 : 0.2 ~ 0.24 (AASHTO の 0.125 g および soil type III)	添架物	送電線:400 kV、ガスパイプライン、 電信・電話線

(3) 支間長

調査団が架橋地点調査のところで行った橋梁形式・支間関係の検討結果として、コンクリート形式の橋梁の建設費が低廉であることから鋼橋形式よりも有利であると判定された。最も適切な橋梁形式と支間長あたりの建設費の積算を行ったが、この場合、幅員のベースケースに対して、以下の橋梁形式と支間長との関係を調べた。

- PC 箱桁 支間長 100 m、120 m、140 m、160 m
- PC エクストラードズド桁 支間長 140 m、160 m、180 m、200 m
- PC 斜張橋 支間長 180 m、200 m、220 m、240 m

この結果得られた橋梁形式毎の建設費・支間長関係を図 5.6 に示す。

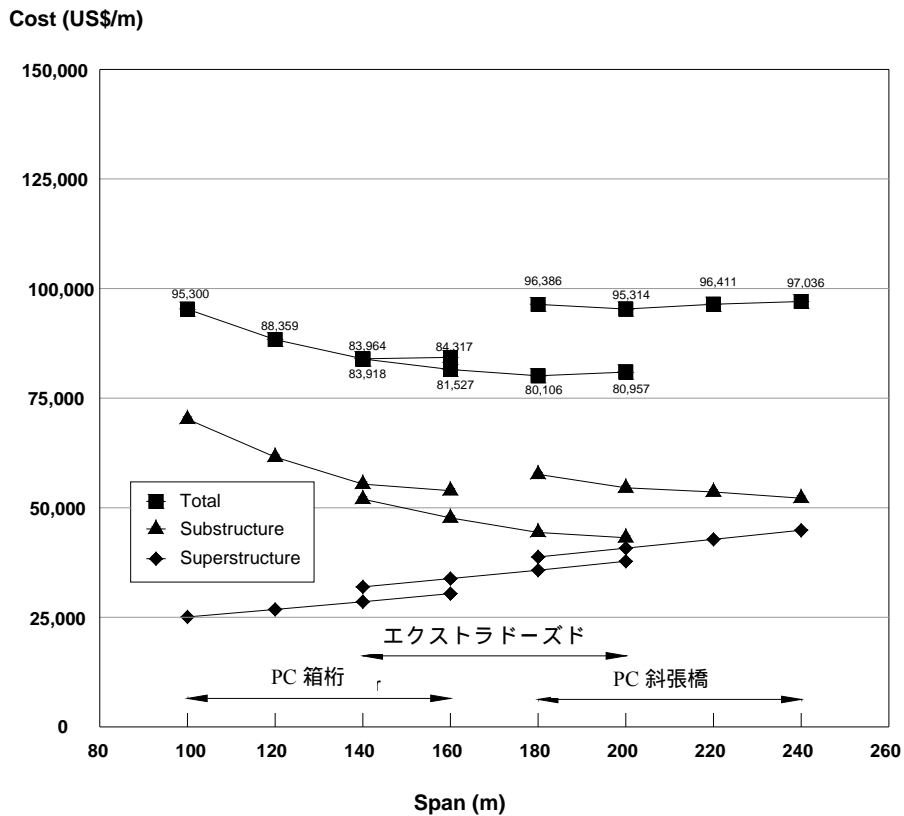


図 5.6 建設費・支間長関係図

ベースケースの幅員に対する上記の結果に基づき 180 m 支間長の PC エクストラードード桁を概略設計の対象とする。この PC エクストラードード桁を標準橋梁とした主たる理由は以下の通りである。

- 上記の建設費・支間長関係図から PC エクストラードード桁の建設費が最も低廉となった。
- PC エクストラードード桁では、バングラデシュ国に経験されている PC 箱桁のコンクリートと同じ強度のものを使うことになる。このコンクリート強度上の問題は無い。
- エクストラードード桁の場合、バングラデシュ国で経験している PC 箱桁のように PC ケーブルをシース内に配置し隙間にモルタル充填することなく、外ケーブル施工となる。このことから、将来の維持補修が容易である。

(4) 概略設計の標準橋梁

ベースケース幅員の PC エクストラードード桁の上部工概略構造を図 5.7 に示す。下部工については、公称径 3 m (3150 mm) の打ち込み鋼管杭の基礎で橋脚はラーメン構造とする。

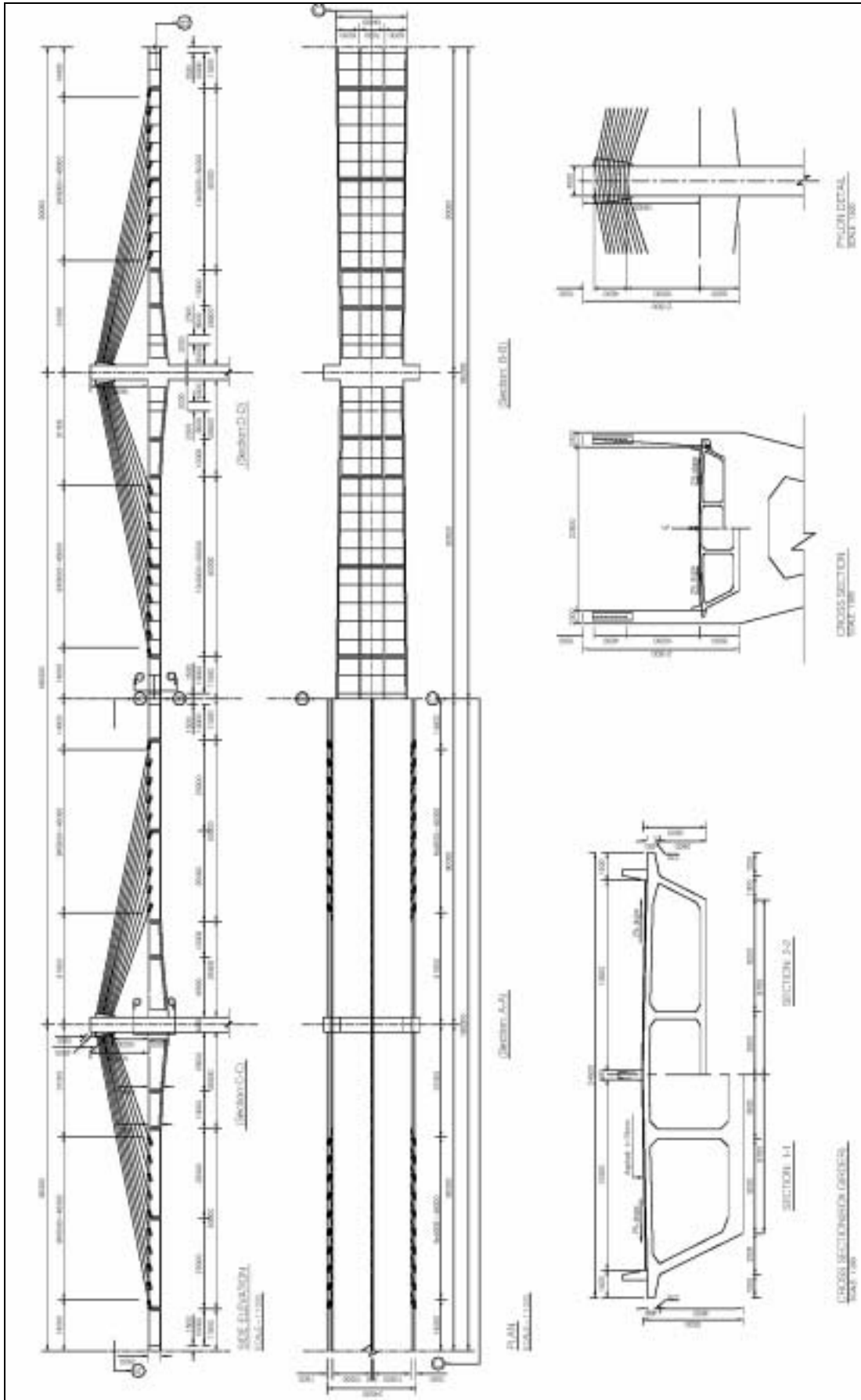


図 5.7 エクストララージードボックス桁上部工一般図

(5) 橋梁代替案

河川調査と河川施設計画から固定された河川幅を基準に求められた橋台位置より、主橋梁延長を 5,400m と決定した。前述の橋梁形式ごとの建設費と支間長の検討より、支間長 180m のエクストラードズド桁の繰返しが最も好ましい案といえる。

温度変化の影響を考えると連続構造長は最大 750m 程度であることから、4 x 180m = 720m が連続した 180m 支間長エクストラードズド桁の1モジュールとなる。そして伸縮継手間隔は、720m となる。

バングラデシュ国側よりPC斜張橋を川の中央部付近に建設する代替案の検討を求められた。この場合、720m モジュール 1 個分を PC 斜張橋に置き換える案となる。

縦断線形に関しては、最大勾配 3%とするが、部分的に 4%を許容することとした。BIWTA との協議の結果、鉛直航路限界 60 フィート部分は、1支間分のみで良く、その他の支間では 40 フィートとした。全体での航路幅は、4,800m となる。

これらより、橋梁形式としてエクストラードズド桁を基本とし、斜張橋部の有無、また 2 種の幅員構成を考慮し、次の 3 代替案について事業費の積算と経済・財務分析を行うこととした。

- 代替案 H1:PC エクストラードズド桁でアジア・ハイウェイ幅員基準(基準案)
- 代替案 H2:PC エクストラードズド桁と PC 斜張橋でアジア・ハイウェイ幅員基準
- 代替案 H3:PC エクストラードズド桁でバングラデシュ国 RHD 縮小幅員基準

これらの概要図を図 5.8 に示す。また、主要数量を総括すると以下の表 5.1 のとおりである。

表 5.1 代替案別の主要材料表

構造要素		材料種別	単位	代替案		
				H1	H2	H3
上部工	桁と床板	コンクリート	Cu. m	139,402	128,559	110,825
		PC 鋼材	Ton	5,822	5,392	4,628
		鉄筋	Ton	22,178	20,458	17,632
	塔	コンクリート	Cu. m	12,000	13,725	9,540
		鉄筋	Ton	2,640	2,920	2,099
	ステーケーブル	ケーブル、定着具	Ton	4,695	4,871	2,733
鋼桁	構造用鋼材	Ton	--	4,851	--	
下部工	橋脚	コンクリート	Cu. m	165,254	223,530	158,251
		型枠	Sq. m	79,720	86,048	69,653
		鉄筋	Ton	13,487	15,718	11,385
	基礎工	鉛直鋼管杭(3m 径.)	m	--	1,280	--
		斜杭 (3m 径)	m	21,856	23,488	19,914
		場所打ち RC 杭 (1.2m 径)	m	1,379	1,379	1,140

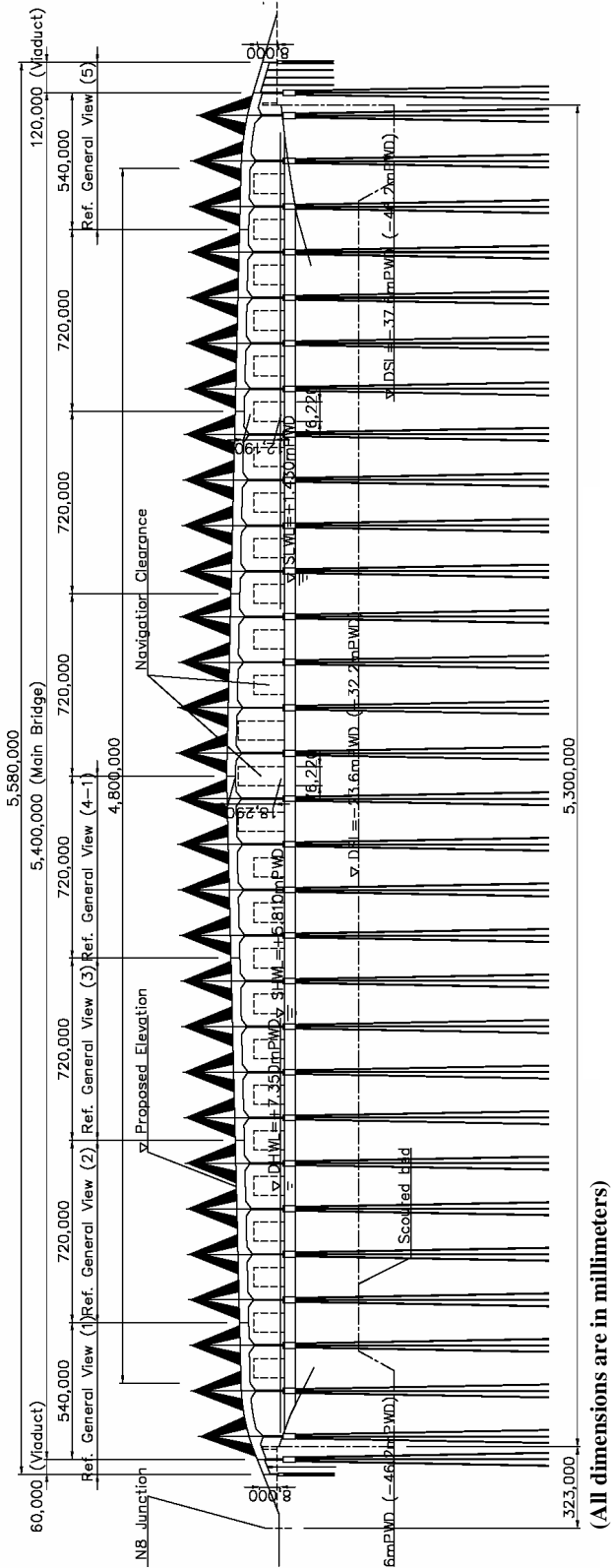


図 5.8 (a) 側面図 (代替案 H1, H3)

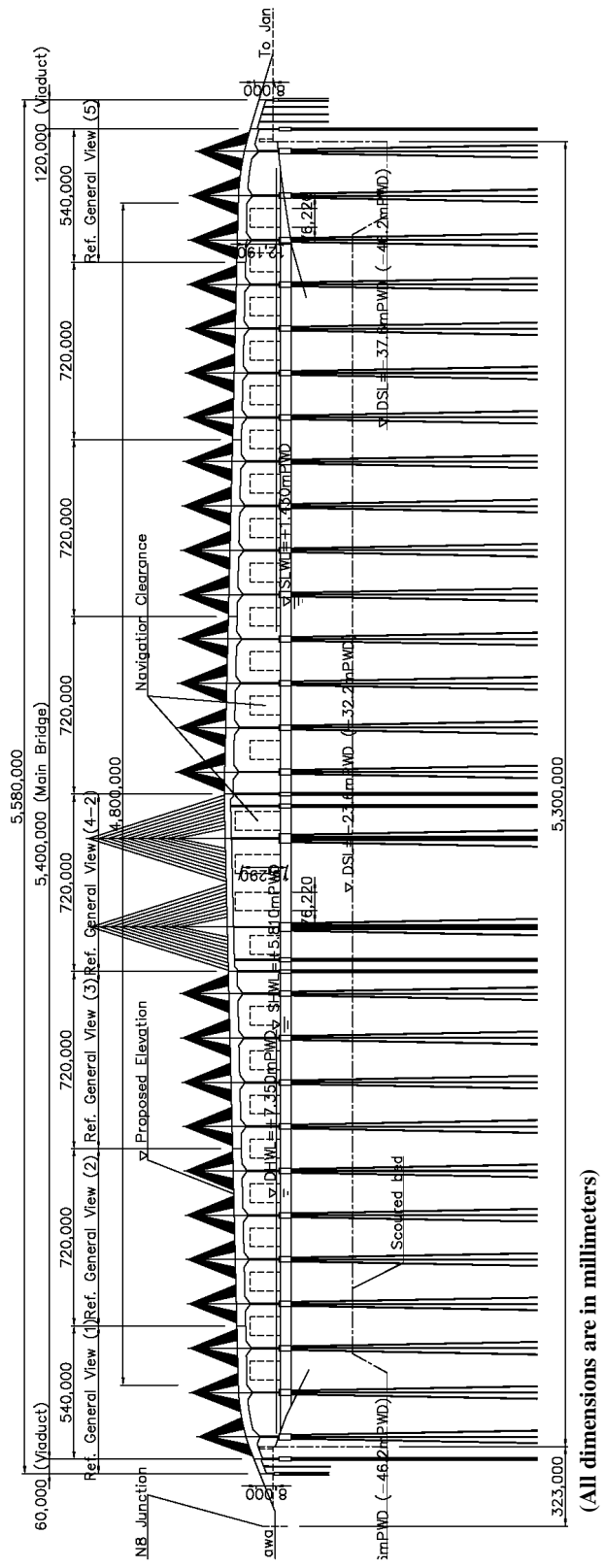


図 5.8 (b) 側面図 (代替案 H2)

5.3 道路の概略設計

(1) 道路概略設計の設計基準

道路概略設計に適用する設計基準は、バングラデッシュ国 RHD 幾何設計基準、および UN ESCAP のアジアハイウェイ規格および設計基準である。プロジェクト道路は、道路種別として完全アクセスコントロール、位置として地方部、地形として平地部、交通水準として 41,550 台/日 (2025 年予測値) という特性を持ち、RHD では”Type 2” (設計速度 80 km/h)、アジアハイウェイでは”Primary Level Terrain”(同 120 km/h)と分類され、車線数は両方向で4となる。

二つの基準を共に適用することは、アジアハイウェイ基準をより多く採用する傾向となり、その設計速度は明らかに RHD 基準より高い速度となる。しかし、両者による橋梁総幅員の差は、将来の鉄道敷設を考慮した場合、実際は極僅かであり、従って、建設費用への影響も僅かである。さらに、プロジェクトに連絡する現在の国道 N8 号線の状況はアジアハイウェイ基準を下回るが、この道路はパドマ橋のプロジェクトライフである 100 年の間に改良される可能性がある。このプロジェクトのような巨大橋梁が完成した後にそれを拡幅することは著しく困難であり、かつ費用の掛かる事である。加えるに、交通安全の局面から、不十分な幅員しかない路肩が連続する計画は避けるべきと調査団は判断する。さらに、RHD 基準に規定されている幅員 1.8 mの路肩は狭すぎるため、パドマ橋では避けるべきである。しかしながら、RHD 基準を適用した橋梁幅員については、最小投資費用のケースとして代替案の一つで検討している。

プロジェクト道路の幾何構造設計

マワージャンジエラ地点におけるプロジェクト道路の顕著な特徴は、国道 N8 号線の重要な欠落リンクを補完するということであり、それは、河川条件、地形、既存道路網、地質、社会環境要因、公共ユーティリティとともに、パドマ河およびその氾濫原のルート計画に反映されている

平面線形設計の基本方針は、直線、円曲線、緩和曲線の組み合わせにより十分滑らかで連続的な線形とすることであり、結果的に全体での最小曲線半径は 3000 m となった。

縦断線形に関しては、パドマ河での最小航路限界と氾濫原での洪水水位からの適切な高さを確保することが条件となり、河川中央部、河川側方部、取付道路において SHWL よりそれぞれ 60ft、40ft、3.04m 以上の計画高を確保することとなった。これら基本計画高さは標準で3%、最大で4%以下の直線勾配と適切な縦断曲線で連結されている。

プロジェクト道路の標準断面は、

主橋梁部分	アジアハイウェイ(中央分離帯幅縮小)	21.5 m
取付道路部分	アジアハイウェイ標準	25.0 m

と設定した。

取付道路概略設計

プロジェクト道路は 12,163 m の取付道路(左岸 213 m、右岸 11,950 m)を有する。天端幅 27.0m、平均地上高 4m の盛土には、プロジェクトの右岸側河川工事から発生する浚渫土の利用を検討する。取付道路の舗装厚は 72cm と設計され、その全用地幅は 100m と計画された。

取付道路には、横断する中小河川上に 30~270 m の 6 橋の橋梁、交差する中小道路のための 13 の道路カルバート、並びに 16 の排水カルバートを計画した。また、地元住民の利便のため、取付道路の両側に幅 6 m の側道を設けた。測道は本道の路面から約 2 m の落差を設け、本道と分離している。

附帯施設計画

プロジェクト道路は、もっとも単純な単独型、単一料金区間型の有料道路として運営されるのは確かであるので、単純なバリアタイプの両方向料金ゲートが望ましい。料金所広場への条件と運営の効率化を考慮して、基本案として右岸側の取付道路の中間地点が各方向 5 車線の集約型料金ゲートの位置として選ばれた。料金所広場の路側には料金事務所とともに O/M 基地を設置すべきである。なお、バングラデッシュ側の主張に従い、方向別分離型の料金ゲート計画も代替案として提示された。

駐車場、食堂、売店、便所、給油/修理所、および園地を有するサービスエリアの設置が、巨大河川上の長大橋梁を観光資源として活用し、かつプロジェクトの河川工事からの浚渫土の有効活用を図る目的で提案された。

6. 施工計画および積算

本章では、道路橋としてのパドマ橋の施工計画と概算事業費を検討した。

施工計画は、事業の経済性を勘案し可能な限りバングラデッシュ国で調達可能な労働力および資・機材を利用することを前提条件として実施した。事業費は策定した施工計画に基づき算定した。

工事の実施工程は、できるだけ早い時期に事業の運用を目的として、実施可能な範囲の中で最短となるように計画した。本事業における主要な工事項目は下記のとおりである。

- 橋梁基礎工事: 橋梁の基礎工事には世界有数の大型杭打台船を用い、鋼管杭(杭径 3.0 m、杭長 100 m)を 268 本打設する。杭工事の施工期間は 16 ヶ月を要する。
- 橋梁上部工工事: 橋梁上部工の架設工事は、30 基のフォームトラベラーを用い、30 ヶ月内で架設を完了させる。
- 河川構造物工事: 河川構造物(護岸工)の工事は、主として 3 回の低水位期に実施し、工事期間は 41 ヶ月を要する。主要材料として、140 万トンの岩石、84 万平米のジオテキスタイル、230 万立米のモルタルブロックが必要となる。

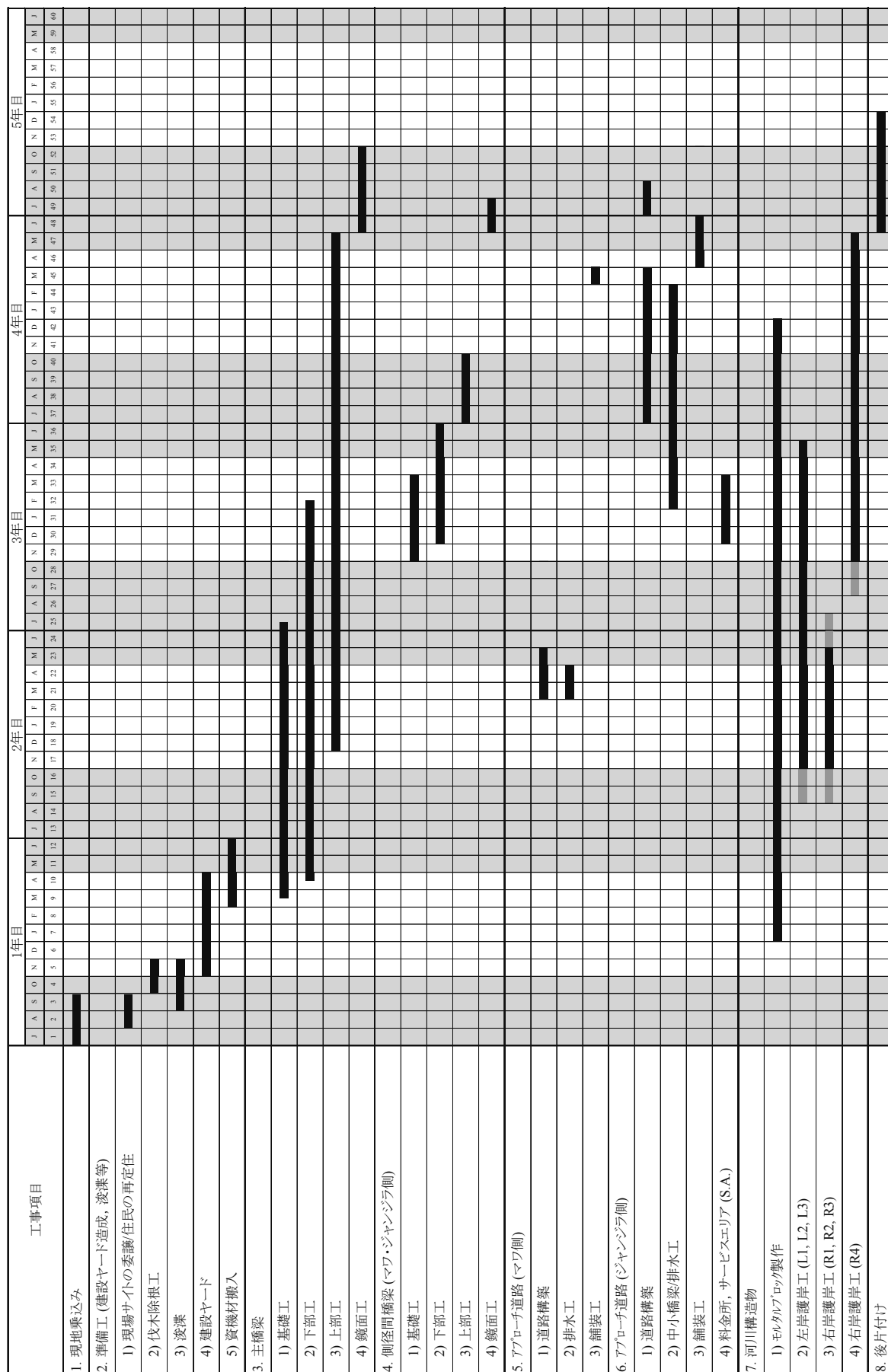
橋梁、河川構造物(護岸)および取付道路を含めた全体の建設工程は、54 ヶ月(4 年 6 ヶ月)を要する。全体工程表を図 6.1 に示す。

積算に必要な基礎データは、バングラデッシュ国における過去のプロジェクトおよび地元業者への聞き取り調査等から収集した。

本プロジェクトの事業費は、建設費、エンジニアリング費、管理運営費、土地収用費/環境管理計画費、および予備費で構成されている。

本調査では、下記に示す 3 案の橋梁形式に対しそれぞれの事業費を算定した。積算結果を表 6.1 に示す。

- 代替案 H1: PC エクストラードード橋「基礎ケース」
- 代替案 H2: PC エクストラードード橋および PC 斜張橋
- 代替案 H3: PC エクストラードード橋(RHD 基準を縮小した幅員を適用した場合のケース)



Remarks;
 ■ High Water Season
 □ Low Water Season

図 6.1 事業実施工程

表 6.1 事業費の比較

事業費	(通貨単位 : USD)			
	比較案	代替案 H1	代替案 H2	代替案 H3
	橋梁形式	エクストラースト橋	エクストラースト橋および斜張橋	エクストラースト橋
渡河施設	道路	道路	道路	
1. 建設費	833,593,440	856,174,562	746,944,948	
1) 橋梁	423,396,040	445,977,162	336,747,548	
2) 取付道路	49,193,790	49,193,790	49,193,790	
3) 河川構造物	361,003,610	361,003,610	361,003,610	
2. エンジニアリング費	50,015,590	59,932,210	50,015,590	
1) 詳細設計	16,671,860	25,685,230	16,671,860	
2) 施工監理	33,343,730	34,246,980	33,343,730	
3. 管理運営費	5,001,550	5,993,210	4,481,650	
1) 詳細設計時	1,667,180	2,568,520	1,493,880	
2) 施工監理時	3,334,370	3,424,690	2,987,770	
4. 土地収用費/環境管理計画費	75,000,000	75,000,000	75,000,000	
5. 予備費	125,039,010	128,426,180	112,041,740	
6. 税金 (VAT 等)	89,686,310	92,984,830	80,891,490	
総事業費	1,178,335,900	1,218,510,992	1,069,375,418	
(事業費比率)	(1.00)	(1.03)	(0.91)	

7. 環境調査

7.1 調査の概要

選定された最終架橋地点(マワージャンジーラ)に対して実施された本環境調査の目的は以下の通りである。

- 重大な環境影響の確認(正/負)
- 環境影響に対する軽減策の提案
- JICA、JBIC、バングラデシュ国の環境要求事項を満たすこと
- 環境管理計画(EMP)の枠組みの策定とその費用の概算

一方、本調査を含む、パドマ橋建設計画調査での環境調査の流れは以下の通りであった。

- 1) 架橋候補 2 地点の選定を目的とした環境調査・評価(2003 年 5 月～7 月)
- 2) 初期環境調査(IEE)の実施(最終架橋地点の選定)(2003 年 8 月～12 月)
- 3) 選定された架橋地点に対する環境影響評価(EIA)の実施(2004 年 6 月～12 月)
- 4) EMP の枠組みの策定

7.2 調査の内容

調査の内容は以下の通りである。

- それぞれのプロジェクト構成要素(橋梁、河川護岸工、道路、等)に対する環境調査の実施。
- バングラデシュ国内で実施された大型橋梁プロジェクトの EIA のレビュー、並びに各 EIA での評価と現状との比較。
- 詳細な調査方法の設定。

- 環境ベースラインデータの収集(1次データおよび2次データ)。
- 大気、水質(表面水、地下水)、騒音、河床材料、の各調査。
- 社会影響調査データの利用。
- アンケート調査の実施。
- ステークホルダー会議の実施(FGD および PRA)。
- 環境影響の解析。
- 影響評価。
- 軽減策の提案。
- 軽減策を考慮した環境影響の評価。
- EMP の枠組みの策定と概略積算。
- 次段階で求められる追加調査に関する提言。

7.3 調査範囲とプロジェクト構成要素

EIA は最終架橋地点として選定されたマワージャンジーラルルートに対して実施された。影響範囲は架橋位置のパドマ河本流、支流、関連する水路、並びに取付道路周辺となる。調査範囲は Munshiganj 地区, Shariatpur 地区、および Madaripur 地区である。また、環境評価は以下のプロジェクト構成要素に対して実施された。

- 取得される用地
- 本橋および接続高架橋
- 河川護岸工
- 両岸の取付道路
- サービスエリア
- 料金所

7.4 類似案件の環境調査

バングラデシュ国ではすでに多くの大型橋梁案件が実施されており、全てのプロジェクトで EIA が実施されている。しかしながら、建設後の環境モニタリングに対する評価は実施されていない。本調査では、以下の橋梁プロジェクトについて EIA で予測された環境影響と現状を比較した。

- パドマ橋のプレ F/S
- ジャムナ橋
- パクシー橋
- バイラブ橋
- ルプシャ橋

バングラデシュ国における建設プロジェクト後の環境変化について包括的に調査された例は少なく、本調査が初の試みであると考えられる。調査した上記の全ての橋梁案件について、実際の環境影響は EIA での予測値より小さい結果となっていることが明らかとなった。更に、橋梁建設後に一般的に発生する上流側の水位の上昇や下流側の浸食は調査対象の橋梁では観察されなかった。これは、河川と洪水域の規模が大きいことに起因すると考えられる。これらより、パドマ橋建設による環境影響も、本 EIA での予測値より橋梁建設後の実測値の方が小さくなることが予想される。一方で、これら主要な橋梁プロジェクトでは社会影響が重大であった。

7.5 調査の方法

調査方法は、対象地域の自然環境と社会経済概況のデータ収集、アンケート調査、本 F/S 調査で得られた各分野の情報、FGD、PRA、現地踏査、大気汚染調査、水質調査、河床材料調査、騒音測定、データ解析、重大な影響を受ける環境要項目の特定、および種々のガイドラインを

適用した EIA の作成、等の実施から構成される。また、EIA の結果から、負の影響を軽減し正の影響を増強することを目的とした環境管理計画(EMP)の枠組みを提示した。

7.6 調査の範囲

EIA の調査範囲は IEE の結果を基に決定した。

7.7 情報公開と住民参加

JICA 環境ガイドラインに則り、プロジェクト全般、並びに予測される環境影響に関する情報公開、およびステークホルダー会議に代表される住民参加型の調査が、本調査期間内において連続的に実施された。本調査では影響住民に対し、計 7 回の FGD および PRA が実施され、計 344 人の住民が参加した。本調査の主な目的を以下に挙げる。

- プロジェクトの内容を影響住民に的確に伝えること
- EIA が実施中であることを影響住民に伝えること
- 重要環境項目とそれらの優先順位の設定に関し、住民からの情報を取り入れること
- 環境影響への軽減策を特定すること

7.8 環境ベースライン調査

現在の環境状況を確認するために、広範なベースライン調査が実施された。

7.9 影響評価と軽減策

IEE の結果、他の橋梁プロジェクトの EIA レポート、並びに FGD/PRA での調査結果を基に、EIA で評価する 28 の重要環境項目を選定した。影響評価と軽減策の策定はこれら 28 の項目に対して実施した。さらに、これらの項目に対し、他の橋梁プロジェクトでの経験、FGD/PRA の結果、および専門家の判断を基に環境項目の優先順位付けを試みた。ちなみに、影響住民の最大の関心事は社会影響であり、その他は自然環境、生態系、環境汚染の順であった。

7.10 影響評価

影響の規模、緊急性、持続性/可逆性の観点から環境影響を評価した。評価項目の分類は以下の通りである。

- 規模
 - 影響の種類(直接、間接、累積性)
- 緊急性
 - 影響の時期・期間(建設中、建設後)
 - 影響の範囲(局地的、広範囲)
- 持続性と可逆性
 - 軽減される可能性(全体、部分的)
 - モニタリングの可否(全体、部分的)

それぞれの環境項目に対し 21 段階(-10~+10)の評点を付けた。1~10 は有益な影響、-1~-10 は負の影響である。相対的な重み付けにおいては、直接的かつ視覚的な影響を考慮し、「規模」を 40%、「緊急性」および「持続性と可逆性」はそれぞれ 30%と設定した。

影響の評価に使用する重み係数の決定は IEE での値を参考とした。評点は「軽減策有り」と「軽減策無し」の場合に対して算定した。この結果から、重要環境項目への影響は、各々の項目に対して提案された「軽減策」を実施することで大きく軽減されることが明らかとなった。

7.11 環境管理計画(EMP)の枠組み

EMP は、実施機関(JMBA)がバングラデシュ国の環境省から環境認可を得た後に詳細設計時に最終化するものである。環境認可には IEE レポートを添付する「サイト認可」と EIA レポートを添付する「環境認可」の 2 段階を要する。本調査では以下に示す EMP の枠組みを提示した。

- EMP の目的
- 環境軽減策(建設前、建設中、建設後に分けて作成する)
- 環境強化策(植林、レクリエーション施設の設置、土地利用・景観計画、収入回復/拡大プログラム、並びに女性の地位向上策)
- EMP を実施する組織作り
- 環境モニタリング
- 実施計画(担当組織の明確化)

上記枠組みを基にした EMP の実施に必要な費用は約 US \$ 3 百万と見積もられた。ただし、この額はあくまでも概算であり、実際の費用は EMP 策定時に再計算される。

7.12 結論と勧告

パドマ橋建設の EIA に関する結論を以下に示す。

- 橋梁建設による水位の上昇は最大で 10 cm であり、地域の水文や洪水傾向への影響はほとんど無い。
- 洪水域である右岸側の取付道路には十分な開口部が設けられており、排水の問題は生じない。
- 河岸の侵食と堆積の影響は少ない。
- 327,868 本の樹木が伐採されるが、238,692 本を植樹することで補充される。
- 58 箇所の池(計 4.18ha) および 74 箇所の水路(計 2.66 ha) がプロジェクトの影響を受け、魚貝類の生産高に毎年約 11 トンの影響が出る。
- プロジェクトの影響地域に環境保護区等はない。
- プロジェクトの影響地域に絶滅危惧種の限定生息地はない。しかし、パドマ河は絶滅危惧種である Gangetic Gharial および Gangetic Dolphin の二次的な生息地(プロジェクト地域では殆ど観察されない)である。
- パドマ河はヒルシャ(魚)の重要な繁殖地である。
- 616ha の用地取得により 3,150 件の家屋が影響を受ける。影響を受ける住民は土地取得計画(LAP)と住民移転計画(RAP)において全て補償される。
- 収入への損失は総計 210 百万タカであり、このうち農業への影響は 45 百万タカ/年である。
- 合計 41 箇所の文化施設(学校、宗教施設、墓地、等)が移転を余儀なくされる。
- 提案された各軽減策を実施することで、負の影響は最小化される。
- EMP 実施費用は概算で US \$ 3 百万である。

また、本調査結果より、次のような様々な追加調査が望まれる。表面水・地下水質調査、大気汚染調査、騒音調査、盛土材質調査、将来的な大気・騒音の予測調査、水文調査、社会調査、ヒルシャの回遊調査、土地利用・景観計画(地域開発計画)、野生動物調査、中州(Char)の変動に関する調査。

8. 社会影響・住民移転調査

パドマ橋と関連施設の建設は 616.5 ha の用地取得、並びに建設ヤードとして 174ha の借地が必要である。これら用地の 35%以上は河川護岸工用地であり、続いて 25%がジャンジーラ側の取付道路用地である。用地はマワ側より取付道路延長の長いジャンジーラ側が多くを占める。直接的な影響を受けると考えられる全ての住民・世帯に対して実施された統計調査では、合計で 3,150 の世帯(商業施設を含む)(内訳:マワ側 1,343 世帯、ジャンジーラ側 1,807 世帯)が全てもしくは部分的に土地、家屋あるいは店舗を失うことが明らかとなった。加えて、計約 5,000 世帯が移転の必要のない用地取得のみの影響を受ける。なお、最終的な影響世帯数・住民数は土地取得計画(LAP)作成時に確認される。

影響を受ける世帯のうち、1500 世帯は自然の河岸侵食により移転を余儀なくされた人々(Nadibashi)である。Nadibashi は他人の土地もしくは借地で生活しており、過去のプロジェクトでは、これらの住民に対する補償が問題となった例がある。本調査では、統計調査を基に影響住民を 13 種に分類し、それぞれのカテゴリーに対し補償マトリクスを作成することで、全ての影響住民に対する補償の内容と補償を受ける資格についての枠組みを明示した。これらの枠組みでは、複数の移転手段、すなわち(i)自主管理による移転、(ii)小規模な共同体単位による移転、(iii)プロジェクトが整備し提供する移転地への移転、の選択も可能とした。補償マトリクスは特に社会的弱者に配慮しており、女性や最貧困層に対する社会開発プログラムを提供した。用地取得および住民移転の費用は約 US\$72 百万と見積もられた。

本調査では、主に、社会影響評価、住民移転の枠組みの策定、概略費用の積算、および他の住民移転を含むプロジェクトのレビューを実施した。また、情報開示と影響住民のコンサルテーションを重視し住民とのミーティングを数多く実施した。今後の用地取得と住民移転をスムーズに実施するためには、実施機関(JMBA)による(i)必要なタスクの理解(流れと繋がり)(ii)NGO を含めた組織の設立と職員の訓練、(iii)施工計画とリンクし十分に練られた作業計画の策定、が求められる。本報告書では JMBA によって遂行されるべき主な実施計画とタスクを提示した。移転住民の補償は枠組みとして明示したが、補償内容や社会復帰方策は追加調査を実施のうえで再考されるべきである。JMBA は本報告書を基に、用地取得と住民移転に係る詳細インベントリーを作成し、ジャムナ橋や他の住民移転の経験を最大限活用したうえで、住民移転計画(RAP)を最終化しなければならない。また、RAP および LAP は本プロジェクトへの融資を予定する機関によるレビューも必要である。

9. 経済・財務評価

9.1 経済分析

(1) 調査の方法

代替案別橋梁整備計画の経済的可能性を検証すること、および最適代替案を選定するため経済評価を行った。評価は本プロジェクトからの推計経済便益とプロジェクトの費用から算定される経済的内部収益率(EIRR)、便益費用比(B/C)純現在価値(NPV)等の評価指標を用いて行われ、バングラデシュ国のマクロ経済的視点での経済的実施妥当性が検討された。

(2) 経済的プロジェクト・コスト

プロジェクトのコストは橋梁代替案 H1、H2、H3 毎に経済価格で算定され、建設計画に沿って、表 9.1 に示す建設期間各年でのコスト投入計画が作成された。

表 9.1 経済的プロジェクト・コスト投入計画

単位:百万 TK

年	代替案H1	代替案H2	代替案H3
2004	0.0	0.0	0.0
2005	0.0	0.0	0.0
2006	0.0	0.0	0.0
2007	1697.3	1928.5	1697.3
2008	1697.3	1928.5	1697.3
2009	1315.2	1315.2	1315.2
2010	7470.0	7679.0	6720.1
2011	20418.0	20989.2	18368.2
2012	11952.0	12286.3	10752.1
2013	7968.0	8190.9	7168.1
2014	5322.5	5378.2	5122.5
合計	57840.3	59695.8	52840.9

(3) フェリー運航停止に伴う経済費用

マワ - チャーjanyaジャットで運航されている現行フェリーは、パドマ橋がマワで供用された後運航を停止することになる。その場合、通常、現行フェリー運航に従事している労働者は失業あるいは他のフェリー地点への移転に対して補償され、それらの費用はプロジェクトの費用に含める必要がある。しかしながら、現在、パドマ河でフェリーサービスを行っているのはバングラデシュ内陸水運交通会社(Bangladesh Inland Water Transport Corporation: BIWTC)であり、フェリー運航に責任を負う Ministry of Shipping 下にある政府部門である。

BIWTC によれば、マワおよびパトリア地区でフェリーを運航している民間会社は無く、さらに、バングラデシュ国では他に多くのフェリーサービス候補地点があり、彼らはそこでフェリー運航を継続することが可能であるとのことである。従って、BIWTC に対して補償を行う必要はなく、また、ラウンチ・ボートの運航とフェリーターミナルの管理はバングラデシュ内陸水運交通公社 (Bangladesh Inland Water Transport Authority: BIWTA)に属する。

フェリー運航の停止に伴って補償が必要な唯一の例外は、マワ - チャーjanyaジャットのフェリー棧橋へのアプローチに立地している零細店舗の所得損失に対する補償である。それらの店の所有者や従業員は店舗の閉鎖や他のフェリー地点への移転を余儀なくされる。従って、彼らへの補償は必要であり、これらに必要な費用は既に住民移転費用の中に含まれている。

(4) プロジェクトの便益

一方、プロジェクトの便益は下記の項目について推計した。

- 自動車走行費用(VOC) 節約便益
- 自動車走行時間(TTC) 節約便益
- フェリー待時間(FWT) 節約便益
- 貨物劣化価値 (FVD) 節約便益
- フェリー運航費用 (FOC) 節約便益
- 高圧線敷設(UPT) 便益
- 電信電話施設敷設 (UTC)便益
- ガスパイプライン敷設便益 (UGP)便益
- 土地涵養(LE)便益

各便益の推計結果を表 9.2 に示す。

表 9.2 便益推定結果

単位: 百万 TK

便益	2015 年	2025 年
自動車走行費用(VOC) 節約便益	2210.5	4381.5
自動車走行時間(TTC) 節約便益	966.4	2276.4
フェリー待時間(FWT) 節約便益	3492.6	6797.9
貨物劣化価値 (FVD) 節約便益	7.6	16.1
(a) 走行中 の節約	2.9	6.1
(b) フェリー待時間中の節約	4.7	10.3
フェリー運航費用 (FOC) 節約便益	1706.2	3154.2
高圧線、電信、ガス敷設による便益	1145.6	開通年のみ
(a) 高圧線敷設(UPT) 便益	91.3	開通年のみ
(b) 電信電話施設敷設 (UTC)便益	91.3	開通年のみ
(c) ガスパイプライン敷設便益 (UGP)便益	963.0	開通年のみ
土地涵養(LE)便益	6374.3	開通年のみ
合計	15903.2	16626.1

(5) 経済評価

(a) 経済評価の前提

経済評価の前提を下記のように設定した。

- a. 供用開始年と評価期間: 供用開始年は 2015 年に設定した。また評価期間は供用後 30 年間とした。
- b. プロジェクト・コストは整備代替案別にコスト投入計画に沿って年次配分した。
- c. プロジェクトからの便益は 2015 年と 2025 年の予測値をベースに評価期間中に配分した。
- d. 交通量の上限を 4 車線道路の容量 48,000 台/日の 1.5 倍 75,000 台/日に設定した。これは交通量配分に用いた交通量と速度の関係から走行速度が設計速度の 1/10 になる時の交通量である。
- e. 経済的残存価値を評価の最終時点である 2044 年に計上した。
- f. 建設費との対応で決定される維持管理費を各年に計上した。
- g. 割引率はバングラデッシュ国の公認値である 12%を適用した。

(b) 経済評価結果

算定された評価指標を代替案別に表 9.3 に示す。すべての評価値が基準値を上回るため各代替案とも経済的にフィージブルと判定された。すなわちすべての EIRR は割引率 12%以上、B/C は 1.0 以上、NPV は正の値を示す。EIRR の最大値は橋梁代替案 H3 において、また最小値は橋梁代替案 H2 において算定された。しかし橋梁代替案 H3 はアジア・ハイウェイ基準を満たさない低い規格であることを考慮すれば、この規格を満たす 2 つの代替案 H1、H2 の比較から、より収益性の大きい代替案 H1 が最適案と判定できる。

表 9.3 算定評価指標

代替案	EIRR(%)	B/C	NPV (百万 TK)	NPV (百万ドル)
H1	15.35	1.46	12404.2	206.7
H2	15.01	1.41	11432.4	190.5
H3	16.18	1.61	14652.2	244.2

(c) 経済感度分析

表 9.4 に示す感度分析の結果より、費用が 20%上昇し、便益が 20%下落してもプロジェクトは

12%以上の EIRR を維持することが示された。

表 9.4 EIRR に関する感度分析結果

対象: 代替案 H1 単位: %

費用 \ 便益	20% 下落	10% 下落	基準値	10% 上昇	20% 上昇
20%下落	15.35	16.48	17.54	18.54	19.48
10%下落	14.26	15.35	16.36	17.31	18.21
基準値	13.33	14.38	15.35	16.26	17.12
10%上昇	12.52	13.53	14.47	15.35	16.18
20%上昇	11.81	12.78	13.69	14.54	15.35

9.2 財務分析

(1) 分析の方法

当該プロジェクトの財務的採算性を検討すること、および財務計画に資する資料を作成するため財務分析を行った。分析では財務価格でのコストフローと料金収入から成るキャッシュ・フローが作成され、これをベースに財務的内部収益率(FIRR)、収入費用費(R/C)などの指標が算定した。なお分析に必要な資本の費用についてはバングラデッシュ国の標準値である 12%を適用している。

(2) 収入の算定

(a) 有料橋の料金収入

有料橋の料金収入は次の 2 つの料金下で算定した。

ケース 1: 現ジャムナ橋の料金水準:乗用車/バン/ピックアップ; 400TK、バス; 800TK 貨物車; 1000TK

ケース 2: 交通量と設定料金の関係で推定された収入を最大にする料金水準:乗用車/バン/ピックアップ; 415TK、バス;1040TK、貨物車; 1095TK

2015 年の年間料金収入はケース 1 で 5952.4 百万 TK またケース 2 で 6266.0 百万 TK と算定された。

(b) 高圧線、ガスパイプライン、電信電話施設による収入

高圧線、ガスパイプライン、電信電話施設からの収入は以下のように設定された

- 高圧線: 42 百万 TK/年
- ガスパイプライン: 52.5 百万 TK/年
- 電信電話: 52.5 百万 TK/年

(3) 財務分析の結果と感度分析

それぞれのパドマ橋建設計画代替案および道路料金ごとに算出したFIRRおよびR/C計算値を表 9.2.1 にまとめた。FIRRは全部のケースでバングラデッシュ国における資本の機会費用である 12%を下回り、R/Cも同様に 1.0 以下となった。

代替案H1について事業費用と事業収入における感度分析を試みた。道路料金収入を最高の場合(ケース 2)に、費用と収入をベースライン・ケースの+/-20%と設定した。算出結果は表 9.2.2 に示したとおりであり、料金収入を 20%増加させた場合のみFIRRが 12%を超えた。

(4) 事業収入および維持管理費用から算定した投資限度額

事業収入および維持管理費用から算定した投資限度額を、代替案H1、道路料金ケース2の場合で試みた。投資限度額の計算では下記の算式を使った。

$$\begin{aligned} \text{投資限度額} &= [\text{収入総額の現在価値}] - [\text{維持管理費用総額の現在価値}] \\ &= 28,969.7 \text{ mil TK} - 1263.1 \text{ mil TK} \\ &= 27,706.6 \text{ mil TK} (= \$461.8 \text{ mil}) \end{aligned}$$

割引率 12%を用いて計算した結果、この場合の投資限度額は 27,706.6 mil TK (= \$461.8 mil) となり、これは事業費用 74,600.2 mil TK (= \$1243.3 mil) の 37.1% に相当する。

この計算結果によると、27,706.6 mil TK (= \$461.8 mil) を超えない事業費用であれば、事業収入だけで財務的に採算性が保証されることを意味する。

(5) 民間による施設建設費負担を仮定した場合の財務分析

施設建設費を民間で負担した場合の財務分析値への影響を計るために、施設建設費を除外した財務分析を、道路料金が最高額である代替案 H1 の場合で試みる。施設建設費は 3900 mil TK (= \$64.9 mil) と見積もられているが、その詳細は次のとおりである。

- 高圧線: 3666.0 mil TK (= \$61.0 mil)
- ガスパイプライン: 225 mil TK (= \$3.75 mil)
- 電信電話: 9 mil TK (= \$0.15 mil)

表 9.5 に計算結果を見ると、施設建設費を除外しない場合と指標値の差はそれほど変わらず、このケースが財務指標の基準値である FIRR = 12% や B/C = 1.0 を上回るような影響を与えないことが分かる。その理由は、巨額な橋梁建設費に対して施設建設費の占める割合が小さいからである。

表 9.5 施設建設費を民間で負担した場合の FIRR および R/C 計算値

(乗用車類：415TK, バス：1040TK, 貨物車：1095TK)

代替案	FIRR	R/C Ratio
H1	11.04	0.88

(6) 財務分析の結論

- 財務分析の結論として、各整備代替案毎の FIRR は資本の機会費用である 12% を下回り、また、R/C 比も 1.0 を下回ることにより、本プロジェクトは財務的にフィージブルであるとは判定できない。
- 感度分析では、当初のプロジェクト費用の下でも、料金収入において初期設定料金の 120% 以上の増加があれば、12% 以上の FIRR が達成されるとの結果を得た。このことは、適正な料金政策の下で適正な料金値上げが行われれば、ある程度の財務的採算性が保証されることを示唆する。
- 収入と維持管理費との関係で算定された投資限界値は、27706.6 百万 TK、すなわち 461.8 百万ドルであった。このことは、この事業費を超えないサブプロジェクトにおいて、事業収入だけによる採算性やプライベート・ファイナンスによるプロジェクト実施の可能性を示唆するものである。
- しかしながら、本調査の財務分析の結果から総合的に判断すると、当該事業は、バングラデッシュ政府が国際機関や外国政府からの資金援助のもとに実施すること最も現実的であると思われる。

表 9.6 算定財務指標

ケース 1: 現ジャムナ橋料金

(乗用車類:400TK, バス:800TK, トラック:1000 TK)

代替案	FIRR	R/C Ratio
H1	10.16	0.79
H2	9.90	0.76
H3	10.85	0.87

ケース 2 収入最大化料金

(乗用車類:415TK, バス:1040TK, トラック:1095TK)

代替案	FIRR	R/C Ratio
H1	10.74	0.85
H2	10.48	0.82
H3	11.44	0.93

表 9.7 感度分析結果(FIRR)

対象:代替案 H1

ケース 2 料金水準

単位: %

費用 \ 便益	20% 下落	10% 下落	基準値	10% 上昇	20% 上昇
20%下落	10.74	11.66	12.50	13.30	14.05
10%下落	9.86	10.74	11.56	12.32	13.04
基準値	9.10	9.95	10.74	11.48	12.17
10%上昇	8.44	9.26	10.03	10.74	11.41
20%上昇	7.84	8.65	9.39	10.09	10.74

9.3 民間セクター参入に関する定性分析

民間資金の活用を検討するために、パドマ橋事業への民間セクターの参入可能性について、現地調査および既存文献等のレビューを通じた定性評価を行った。最初に、運輸交通分野における BOT 事業や PPP 事業が成功する要件を既存文献から拾い出し、それらの要件とバングラデシュ国における事業との関連性から民間セクターの参入可能性を検討する。

運輸交通分野における BOT 事業や PPP 事業の成功要件として、次の 3 点が挙げられる。①安定的な需要確保および妥当な料金設定、②適切な事業規模、③公共側と民間投資者を含めたステークホルダー間における適切なリスクシェアリング。

これらの検討結果として、民間資金は、ステークホルダーのリスクを最小限に抑えながらプロジェクトの一部あるいはサブプロジェクトに限定して導入されるものであると言える。具体的には、橋梁が開通した後の運営・維持管理については、ジャムナ橋の事例で見られるように、民間業者と契約を交わして業務を委託する方法であり、これはパドマ橋にも適用できるものである。実際、パドマ橋の運営・維持管理を担当する公的機関である JMBA がこうした実績を重ねているので、この方式は実現可能であろう。さらには、①サービスエリアの建設・運営等を民間に任せ、②橋梁に敷設する電話線、ガスパイプラインを民間会社に建設・運営させる方法なども考えられる。

本節では、パドマ橋事業への民間セクターの参入可能性について、既存文献等のレビューを通じた定性評価を行った。

橋梁のような社会インフラを BOT や PPP 方式により整備することは、バリュー・フォー・マネー (Value for Money) や公的支出削減等の観点から現在、世界的な潮流となっているが、交通分野の BOT(PPP) 事業の成功例は必ずしも多くない。事業を成功させるためには、需要の安定化や公共支援など一定の事業環境の整備が不可欠であり、その環境を十分に整備せずに計画しても成功は困難である。以下、文献調査により抽出した BOT(PPP) 事業の成功要件を 3 点挙げる。

民間セクター参入の可能性についての検討

BOT(PPP) 事業に求められる要件	問題点と制約
安定的な需要確保および妥当な料金設定	一定の交通量が確保できるとされる料金水準においても、高い収益性は期待できない。
適切な事業規模	本プロジェクトではバングラデシュにおいて過去に例の無い事業規模が想定されており、過大である。
リスクシェアリングを含む、公共側の積極的支援	公共側の積極的な支援は事実上望めず、適切なリスクシェアが実現できる可能性は極めて低い。住民移転に関する政府のコミットメント、交通量に対する最低補償、為替交換および送金に対する保証など、民間参入実現に向けたハードルは極めて高い。

想定されるリスクとヘッジ方法の一例

リスクの種類	リスクの内容	想定されるリスクヘッジ方法
市場リスク	予想需要量が確保できない、料金改定ができないといった市場動向等、事業運営に関わるリスク 有料道路においてアクセス道路の整備が遅れたり競合路線が整備されたりすることによって、予測交通需要量が確保できないリスク	需要量がある一定の需要量(最低需要量)に達しない場合、関係公的機関の保証をコンセッション等の契約で明記する。 料金改定に関する関係公的機関の保証を、コンセッション等の契約で明記する。
信用リスク (事業契約不履行リスク)	民間事業主体や関係公的機関の一方的な事業からの撤退、契約内容の不履行によって発生するリスク。	コンセッション等の契約において、契約不履行時の罰則などを明記する。
資金調達(ファイナンス完了)リスク	事業実施のための資金調達ができない、あるいは資金調達が遅延するリスク。	出資者から出資未払い相当額の銀行保証を民間事業主体が取り付ける内容を、コンセッション等の契約で明記する。
カントリーリスク (政治リスク)	法制度の不備や法制度・政策等の変更などの発生により事業続行が不可能となるようなリスク。	民間事業主体と関係公的機関との事業実施上の合意事項を、コンセッション等の契約において明記する。 国際機関および政府機関の保険や保証を活用 理想的には、国会決議により事業実施の担保が実現すればベター
インフレ、金利、為替に関するリスク	急激なインフレにより収益性が悪化してしまうリスク 外国為替の交換が制限されてしまうリスク	インフレ指数と連動する料金改定メカニズムの採用 政府による、為替交換に対する保証

10. 鉄道の敷設を可能とする代替案の検討

10.1 目的

前節において、道路橋としてのパドマ橋の経済的可能性が確認され、道路橋代替案 H1 が最適案として選択された。これらの結果に基づき、この道路橋に広軌の鉄道を敷設する可能性について、一つの設計代替案として検討することとした。鉄道敷設を可能とする代替案 (HR) を準備する目的は、将来、バングラデシュ政府および国鉄の財政状況や他の環境が整った際に、パドマ橋に鉄道を搭載できる可能性を維持しておくためである。

10.2 鉄道敷設可能性の代替案の設計

パドマ橋は国連 ESCAP が計画しているアジアハイウェイ A-1 号線に架橋されるものである。調査団は、アジアハイウェイ基準に従って道路橋としての幅員を検討した。鉄道が載る前の幅員は、図 10.1 に示すアジアハイウェイ基準に従い中央分離帯を有するものとする。鉄道が橋梁に載る時には、図 10.2 に示すように中央分離帯を若干広げて広軌の鉄道を通すものとするが、この場合の車道幅員は路肩幅を縮小した AH 基準を満足できる。

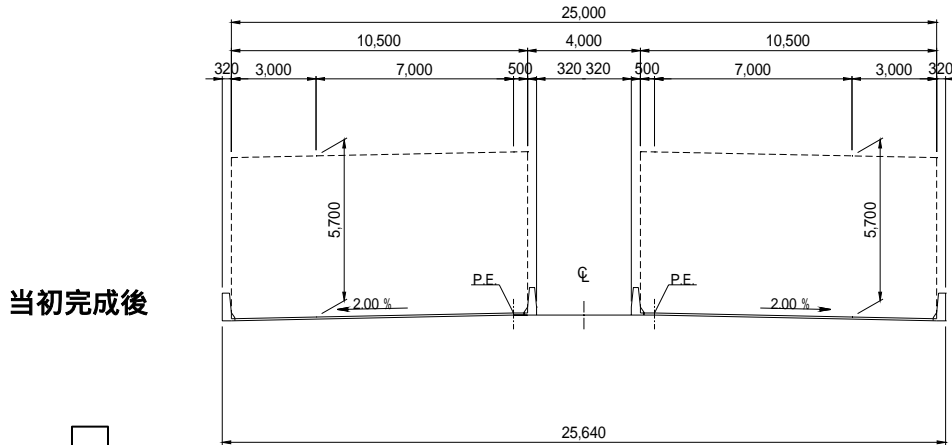


図 10.1 道路橋として使用する場合

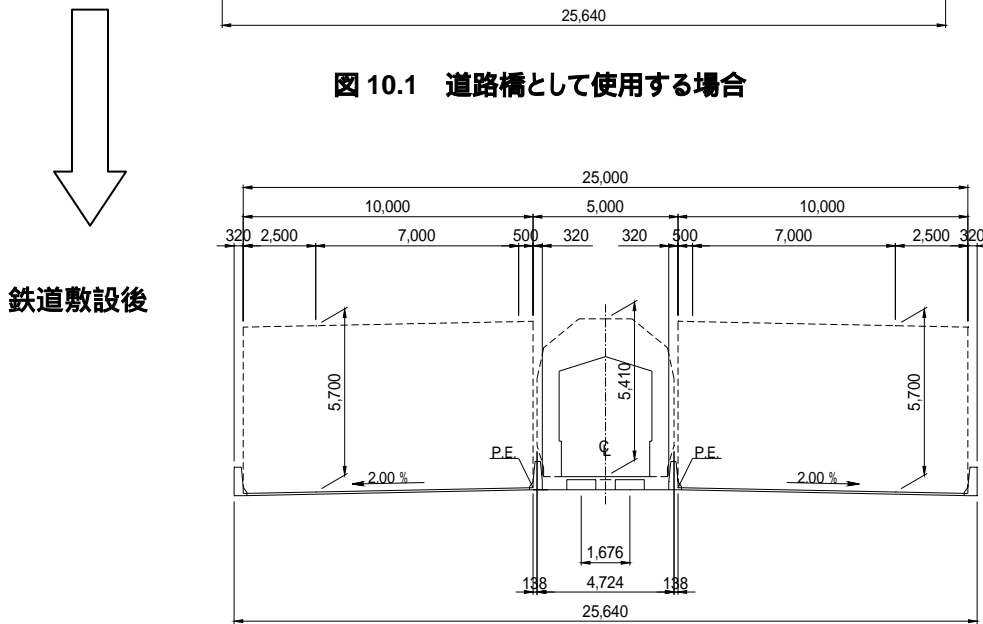


図 10.2 道路・鉄道併用用として使用する場合

概略設計(図 10.3 から 10.6)と建設費積算を代替案 HR に対して実施した。概略積算の結果を表 10.1 に示す。代替案 HR の概算事業費は、道路橋として推奨した代替案 H1 よりも約 US\$80 百万のコスト増となる。

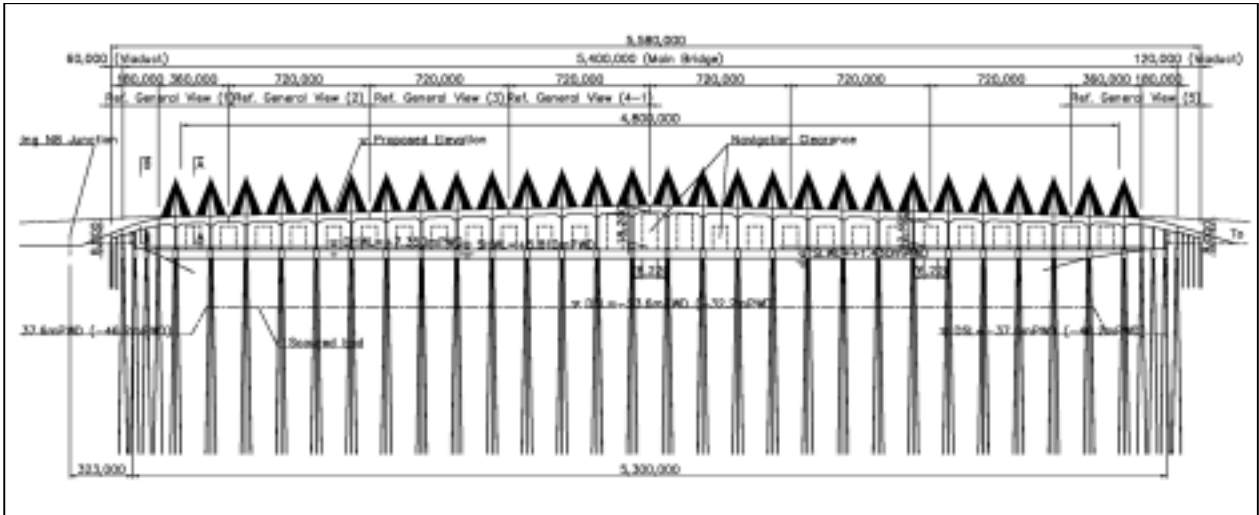


図 10.3 代替案 HR の一般図

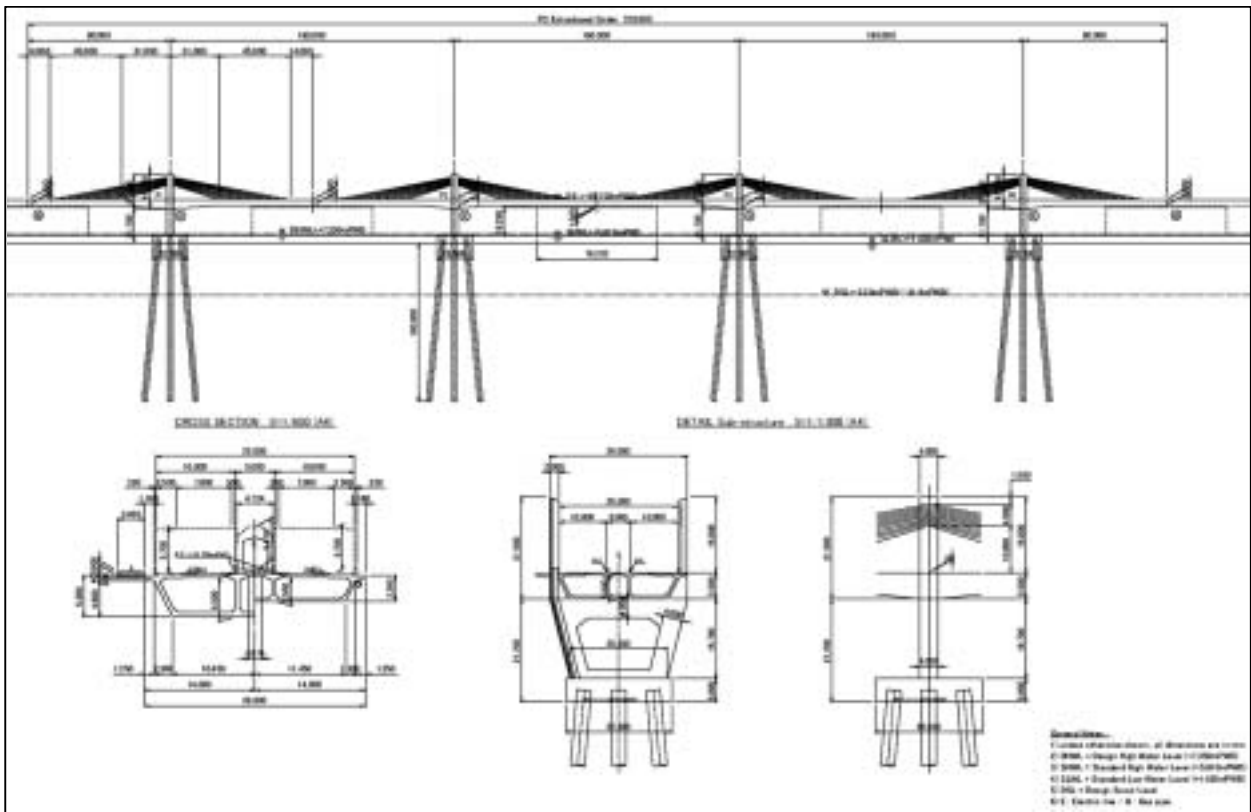


図 10.4 代替案 HR の主橋梁部

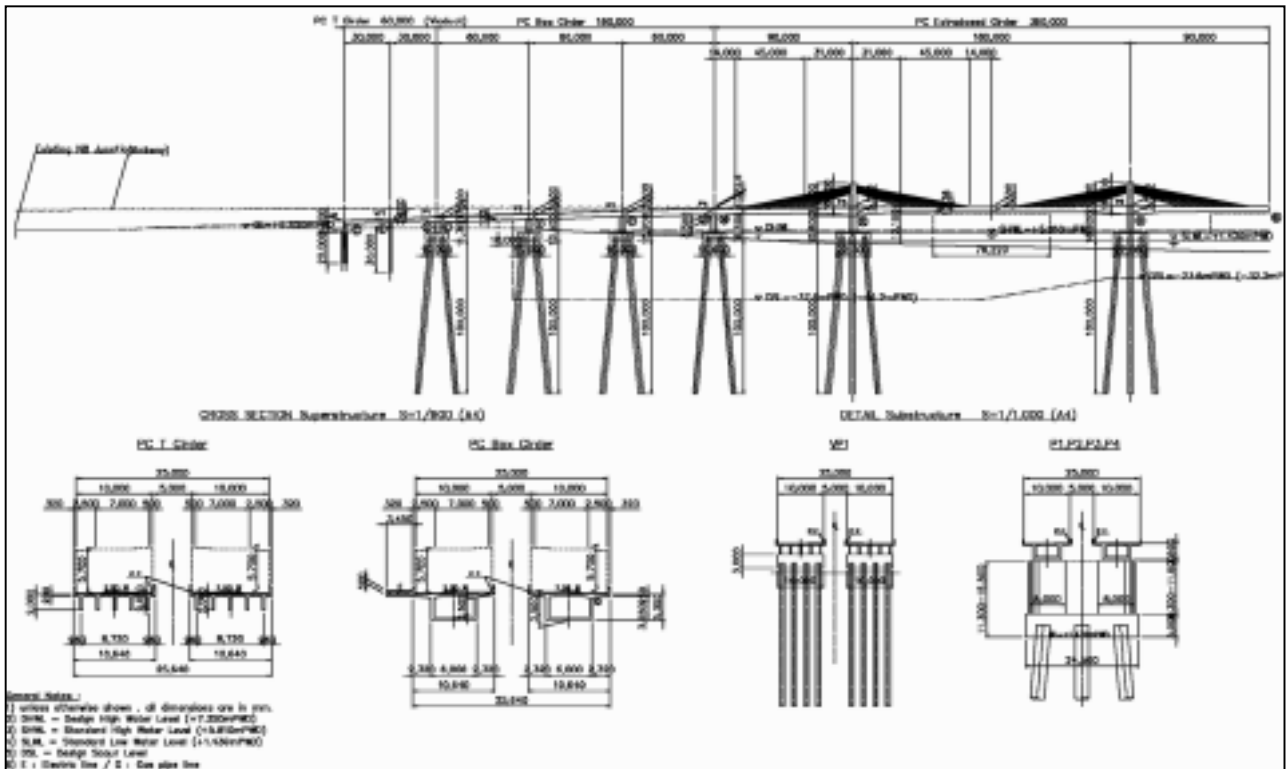


図 10.5 高架橋との接合部

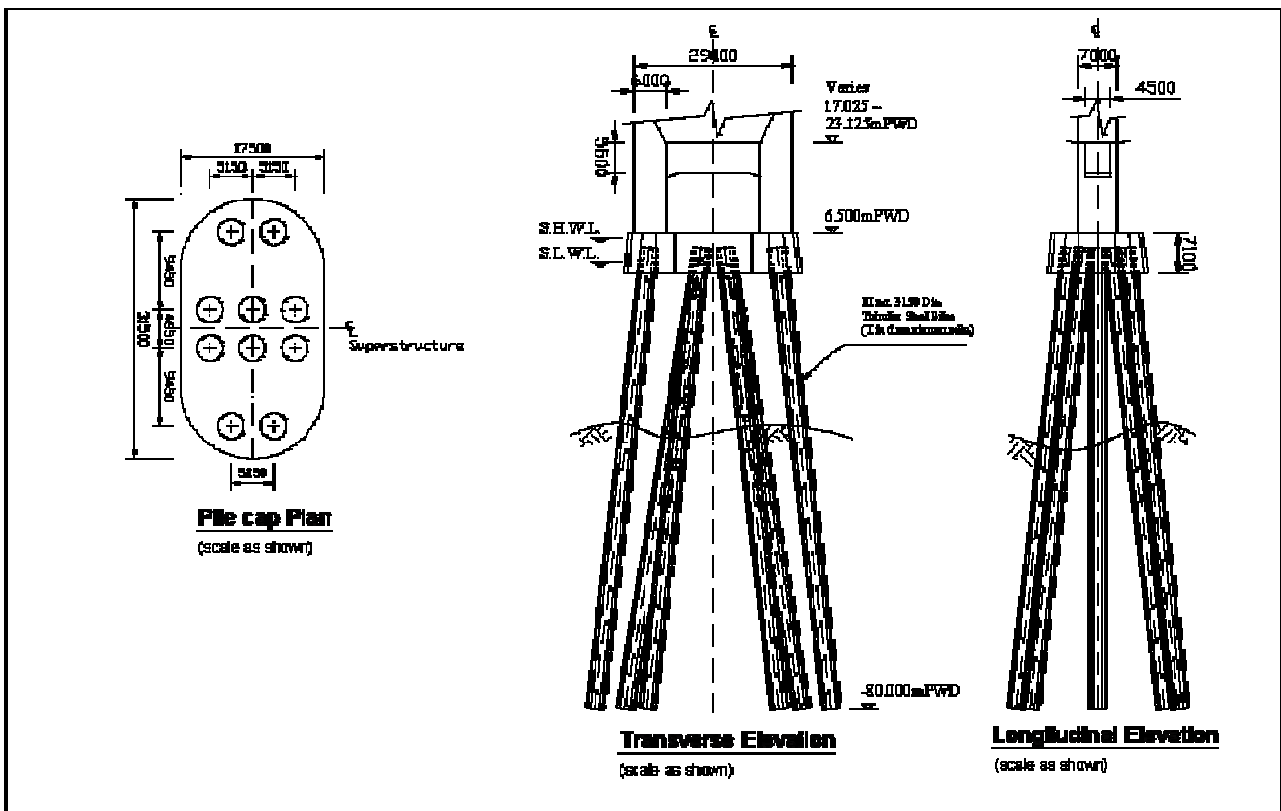


図 10.6 河川内の橋脚

表 10.1 代替案 HR の概算事業費

事業費	(通貨単位 USD)	
	比較案	代替案 HR
	橋梁形式	エクストラースト橋
	渡河施設	道路および 将来の鉄道敷設に対応
1. 建設費		892,891,870
1) 橋梁		482,694,470
2) 取付道路		49,193,790
3) 河川構造物		361,003,610
2. エンジニアリング費		53,573,500
1) 詳細設計		17,857,830
2) 施工監理		35,715,670
3. 管理運営費		5,357,340
1) 詳細設計時		1,785,780
2) 施工監理時		3,571,560
4. 土地収用費/環境管理計画費		75,000,000
5. 予備費		133,933,780
6. 税金 (VAT 等)		96,066,230
総事業費		1,256,822,720

10.3 鉄道敷設代替案の経済・財務分析

代替案 HR の経済分析を実施した結果として、EIRR が 14.80%となり経済的に実施可能であることが分かった。道路橋代替案 H1 の EIRR は 15.35%であるが、これと比較しても大差ないものと考えられる。

この、鉄道橋事業の経済性を明らかにするために、2 つのケースを設定して簡略な経済分析を行った。1 つ目のケースは代替案 HR の建設であり、2 つ目は代替案 H1 を建設した後で、独立した鉄道専用橋を新たに建設するケースである。割引年率 12%を適用した場合、パドマ橋の建設後 10 年以内に鉄道を敷設するのであれば、代替案 HR の建設が経済的に有利であるという結果となった。

鉄道を含むパドマ横断回廊が開通する時期は予測できないが、この代替案 HR の建設はパドマ横断鉄道の実現を後押しするものとなる。

また、国際交通回廊を形成することの重要性を考慮すると、代替案 HR を実施することが望まれる。

その代替案 HR について財務分析を行った結果、財務内部収益率 FIRR は 10.28 %を示した。

また、経済分析の結果からは、鉄道と併用する道路橋の建設は、経済的に採算性があることが分かった。しかも、簡便な経済分析ではあるが、早期に鉄道建設を実現化する方が、将来的に実現するよりも経済的に優位であることを示唆している。この道路との併用橋の追加事業費用は、約 4,700 mil. TK (\$78 mil.)であり、道路橋だけの建設費用(代替案H1)の 7%以下に過ぎない。

道路専用橋としての代替案(H1、H2、H3)では財務的に採算性が取れないとされたが、道路と鉄道の併用橋として、道路と鉄道からの有料道路料金収入と施設利用料を合わせた事業収入では、早期のうちに建設費用を返済できることが見込まれる。

しかも、本調査では資本の機会費用を 12%としているが、この数値は、財務分析をおこなう上で国内あるいは国際市場の状況により左右されるものである。したがって、代替案 HR は依然として FIRR 値の 10%以上を示して採算性が取れるようになる可能性を維持している。このような状況下で、代替案 HR は財務的に非採算的であると安易に結論付けるのは間違いであろう。

10.4 鉄道との併用橋の便益(代替案 HR)

インド国からバングラデシュ国への国際輸送から期待される便益を整理すると、次のようになる。

- 1) 外貨獲得(通貨料金)
- 2) 新規事業機会の増大(ガソリン、飲料水、食料の販売、休憩所、ショッピングセンターの供用、トラックやバスの修理整備工場等)
- 3) 新規雇用機会の増大(二国間交渉に依るが、トラックやバスの運転手をバングラデシュ国民に限定する)

なお、こうした便益を実現するための条件を次に列挙する。

- 1) サービスの提供は国内輸送向けとしない。つまり、鉄道の供用を国内向けに限定するとその推定交通量が十分でないため事業の妥当性がなくなる。
- 2) 商品や貨物は、コンテナで輸送とする(一般貨物や雑貨)、あるいはタンカー(液体)でゆそうする。また、目的地まで安全に運搬することを担保する。
- 3) コンテナやタンカーは、バングラデシュ領域外で開錠する。
- 4) 鉄道車両はバングラデシュ鉄道(BR)が運行し、鉄道やトラックの運転手はバングラデシュ国民に限定する(二国間交渉に依る)。
- 5) インドの鉄道貨車を円滑に輸送するために、バングラデシュ側における軌道の広軌化を図る。

11. 社会経済インパクト

11.1 国民経済へのインパクト

パドマ橋は交通面のみならず、より広域な国民経済全体および地域経済へも多大なインパクトを与え、それによって生産、雇用、所得の増加、そして最終的には貧困の削減を実現することが期待されている。

本節では投入産出モデル (Input – Output Model)を援用して主に国民経済レベルでの誘発/間接経済効果を数量的に把握する。ここで計測されるインパクトはパドマ橋の建設によって誘発される生産額増加 (需要増加)、付加価値 (要素所得)誘発額および雇用誘発効果であり、それらの効果はパドマ橋への投資と供用開始後の交通部門の需要増加による乗数効果である。シミュレーションのシナリオは下記のとおりである。

- パドマ橋の建設に要する費用を主要な資機材別(セメント、鋼管杭、PC ケーブル等々)に細分し、それらの費用項目が属する産業セクターへの最終需要(投資)として与える。資機材の総費用は 22,576 million Taka である。
- パドマ橋の供用に伴い交通部門の需要が国全体レベルで 20%増加する。

シミュレーションは 2000 年のバングラデシュの全国投入産出表 (産業連関表)を適用し、下記のモデル式によって行われた。

<バランス式>

$$X = AX + F(D) + F(E) - M(AX + F(D))$$

<モデル式>

$$X = [I - (I - M)A]^{-1}[(I - M)F(D) + F(E)]$$

ここで、

X :セクター別生産ベクトル
 A :投入係数行列
 F(D) :最終需要行列 (輸出を除く)

F(E) :輸出ベクトル
 M :輸出係数ベクトル
 []⁻¹ :逆行列

シミュレーションの結果は以下のとおりである。

- 誘発生産額: 54,486 million Taka (国民経済レベルで 1.2%の増加)
- 誘発付加価値額: 32,638 million Taka (国民経済レベルで 1.4 の増加)
- 誘発雇用: 743,000 人・年

従って、もし想定されたシナリオが実現されれば、パドマ橋の建設は GDP を 1.2%押し上げ、要素所得である付加価値を 1.4%上昇させる。また年間 743,000 人の雇用を新たに創出するであろう。

11.2 地域経済開発への影響

パドマ橋の建設により、南西地域は多大な影響を受けることになり、バングラデシュ国で最大規模の市場であるダッカを往復するアクセスが改善されことにより地域経済も促進される。南西地域の地域総生産(GRP)成長率へ与える経済的インパクトを定量化したが、地域の入出に関わる既存データが不足しているため、並びにアクセスの改善を明確にモデルに反映するために、南西地域の GRP へのインパクトを算定する代替手法として後退分析(regression analysis)を実施した。

後退分析では下記の算式を使うことにより、ダッカ地区と南西地域の GRP データは、ダッカを往復する所要時間とフィーダー道路の密度のような地域インフラの状況をもとに、明らかにすることができた。

$$\text{Ln}(G) = 3.0453 - 0.5482 \text{Ln}(T) + 0.4926 \text{Ln}(F) \quad (R = 0.902)$$

ここで、

G	: GRDP/km ²
T	: 南西地域からダッカまでの所要時間(時)
F	: フィーダー道路の密度 (km/km ²)
Ln	: 自然ログリズム

上記算式と「パドマ橋がある場合」におけるダッカへの往復所要時間を用いて(フィーダー道路密度は一定とする)、GRP の変化へのインパクトを計算した。その結果、パドマ橋が建設された場合、南西地域の GRP は「パドマ橋がない場合」に比較すると 35%も上昇する。この上昇率は、パドマ橋が15年以内に完全に供用された場合には、GRP の成長率に与える影響が年 2.3%となることを示している。

11.3 周辺諸国との国際交通へのインパクト

(1) 議論の内容

国民経済および地域経済レベルにおけるインパクトに加え、パドマ橋は全天候型の強力な道路リンクを提供することにより、周辺諸国(インド、ネパール、ブータンおよびミャンマー)との交易の促進に貢献することが期待されている。現在、バングラデシュと周辺国との貿易量は必ずしも多くはなく、また陸上交通による輸入は4%程度にすぎないが(2000年度)、南アジアにおける国際貿易にパドマ橋が果たす役割や如何にして貢献出来るかは重要なトピックである。

まず、最初に、バングラデシュは下記に記すような国際間リンクを提供し得る戦略的に優位な位置にあることを指摘しておく必要がある。

- インド、ブータン、ネパールとのリンク
- 内陸国に対して主要港湾へのアクセスを提供

- インド東部州の Tripura, Manipur および Mizoram 州への通過ルート

ここでの議論は、はたして、あるいは如何にしてパドマ橋がこれらの国際交通ルートの強化に貢献することが可能か、またそのような状況を実現するための必要条件は何かを検討することである。周辺国との交易を促進するにあたり、国際地域間交易に影響を与えたり制御する要因は制度的枠組 (SAARC、SASEC や BIMST-EC 等)と、国際交通のためのインフラ (Asian Highway や Trans-Asian Railway)を取り上げる。

(2) パドマ橋に関連する国境交通の制度的枠組

SAARC (South Asian Association for Regional Co-operation) の活動は、残念ながら個々の開発プログラムよりもより上位の政策面に限られており、その憲章に依ると二国間との課題を協議することを排除している。従って、常に二国間の課題である国境交通についてはSAARCの議題になっていない。アジア開発銀行は、地域経済協定としての SASEC (South Asia Sub-regional Economic Cooperation)における開発可能性として次の5点を列挙している、すなわち、1) 大量の労働力、2) 肥沃な米作用農耕地、3) エネルギーの開発、4) その他の天然資源 (鉱石、森林資源、家畜飼育、海洋資源)、5) 港湾 (チッタゴン、モングラ、コルカタ とハルディアを連絡するネットワーク)。これに関連してパドマ橋は、その交通網の形成に貢献するものと思われる。さらに、SASEC の交通グループは、現在の二国間協定のレビューや国境交通の貨物検査の簡略化と標準化を呼びかけており、これらの動向は、円滑な国境交通と周辺国間の交易の促進を実現するための前提条件となる。また、BIMST-EC (Bangladesh-India -Myanmar -Sri Lanka-Thailand -Economic Co-operation: recently changed to “Bay of Bengal Initiative for Multi-Sectoral Technical and Economic Cooperation”,) 中のグループでは、メンバー国の首都を連絡する Trans Asian Highway の建設に関する協議や、運輸通信分野における主要な陸上交通ルートと国境交通に関する調査がインドによって実施されている。

(3) パドマ橋による周辺諸国との交易へのインパクト

- 1) 提案されているパドマ橋は、アジアハイウェイ A-1 における全天候型の道路を連絡することで、国際道路網の形成に貢献するような最適な場所に位置する。さらに、バングラデシュ国鉄によって提案されている将来における鉄道の連絡もまた国際鉄道網を形成し、“Trans-Padma Corridor”を通じて周辺国との交易を盛んにすると思われる(図 11.1 および図 11.2)。

2) 鉄道の敷設による便益

バングラデシュ国鉄は、図 11.2 に示すように、パドマ橋を経由して首都ダッカと南西地域を連絡する鉄道網拡張計画を策定している。周辺国との交易に関連して当該計画がもたらす便益は以下のとおりである。

- BR によって提案された新鉄道リンクは、ダッカ – パドマ橋 – ジェソール – ベナポール を直接連絡するもので、現在のジャムナ橋を経由するダッカ – ダルサナ – コルカタ ルートの距離 403 km、およびベナポール からジャムナ橋を経由する Dhaka までの距離 518 km を大幅に短縮する(ベナポールから ダッカまで パドマ橋経由で 200 km)。
- ベナポールからの貨物輸送が、より迅速、且、より低廉なコストで実現できる。
- 迅速な輸送は、交通量の増加とそれによる投資費用の回収を容易にする。
- パドマ橋を利用する鉄道は、ダッカとバングラデシュの南西地域およびモングラ港間の陸上交通・通信の分野で新しい時代を切り開く。

3) 国際通過交通へのインパクト

インドの西ベンガル州から“Trans-Padma Corridor”経由でバングラデシュ国内を通過し、インド東

部の7州 (“Seven Sisters”)へ物資を輸送できれば、輸送距離を大幅に短縮することが可能である。将来的にパドマ橋上の鉄道計画が実現されれば、道路と鉄道による複合手段による国際交通の形成に貢献することになると同時に、そのような国際貨物を輸送することによってバングラデシュ国鉄の収入増加を図ることが可能となる。



図 11.1 Trans-Padma Corridor



図 11.2 バングラデシュ国鉄の提案によるパドマ橋経由の将来鉄道リンク

11.4 便益分配分析および貧困インパクト分析

ここでは、パドマ橋事業により発生する各種の直接便益がどの主体(ステークホルダー)に帰着するかを分析(Distribution Analysis)し、その便益がバングラデシュの貧困層にどの程度配分されるのかを算出(Poverty Impact Analysis)してPIR(Poverty Impact Ratio)を求めた。これらの分析結果により、誰がプロジェクトの主要な受益者なのか、あるいは被害者なのかを特定し、プロジェクトが貧困層に寄与するか否かの疑問へ回答するものとして用いられる。

上記の配分分析の結果では、乗用車の乗客、バスの乗客、貨物車、施設会社、地元住民がプロジェクトの裨益者となり、政府だけが唯一の被害者となってしまった。また貧困インパクト率(Poverty Impact Ratio、PIR)は4.25と極めて高い数値となった。これはプロジェクトが「超貧困向け」の性格を示すものであり、その便益はGDPにおける貧困層のシェアを遥かに上回っている。さらに貧困インパクト率に対して感度分析を行ったところ、いずれのケースもPIRが1を超えたことから、パドマ橋事業は、バングラデシュ国の貧困削減に大きく寄与するプロジェクトであると結論づけられる。

しかしながら、より長期的観点から、パドマ橋の間接効果や誘発効果により国民経済全体が発展し、政府部門も裨益者となることが期待される。

11.5 国家財政への影響に関する検討

プロジェクトの事業資金として US1,200 百万を必要とするものであることから、政府予算にかなりの影響を与えるものと思われる。ここでは、パドマ橋事業がバングラデシュ国家経常支出に与える影響を定量的に算出し、国家予算のパドマ橋事業に対する財務的余裕度(Affordability)をその投資可能性の観点から検討した。

維持管理費、借入金返済、建中金利を合計した運転費用に関するシミュレーションの結果では、プロジェクトはその費用を十分に賄えるだけの余剰が出ることを示している。このことから、プロジェクトの財務的余裕度(Affordability)は全く問題ないと結論付けられる。

一方、残りの事業費である内貨ポーション約4億ドルについては、バングラデシュ国がさまざまな財源から調達して、その初期投資額を緊急に確保する必要がある。開発予算がこの主要な財源になるものと思われるが、全体額の約45%が、その依存度は年々下がる傾向にあるものの、各国ドナーからの援助に頼っているのが実情である。そこで、考えられる借入方法を先進国の例をとって提言したい。

パドマ橋の場合には、4億ドルを調達する有力なひとつの方法として、パドマ橋の料金収入を担保とした政府ボンドの発行が考えられる。本プロジェクトは、運転費用(維持管理費、借入金返済、建中金利)を十分に賄えるだけの余剰が出るものと予測され、その余剰は、また、借入にも利用できるものである。もちろん途上国におけるインフラ事業でのボンドの発行は、きわめて困難を伴うが、詳細に検討するに値するものと思われる。

12. 実施計画の検討

12.1 調達方法の比較

通常契約方式と設計施工契約方式の2種類の調達方法を考えた。

通常契約: 施主である JMBA は、設計コンサルタントを雇用しプロジェクトの施設を設計する方法。これを通常「詳細設計契約」と称する。詳細設計が完了するか完了に近い状態で、施主は詳細設計図書に基づいて施工業者を調達する。これを通常「工事契約」と称する。工事期間中、施工業者の行う工事内容を施工監理コンサルタントが監理する。

設計施工契約: 施主である JMBA は、詳細設計と施工をまとめて建設会社に発注する方法。入札段階において、コンセプトデザイン・コンサルタントの作成した設計パラメータを満足するような設計を提案できる。

この2種類の調達方法の得失比較を表 12.1 に要約した。

表 12.1 本件に関する通常契約と設計施工契約の得失比較表

	通常契約	設計施工契約
JICA の FS 調査 (2005 年 3 月) から 工事開始までの所要期間	- 54 ヶ月 (着工:2009 年 10 月) <i>施主にとって有利</i>	- 最短 57 ヶ月 (着工: 2010 年 1 月 ただし、契約交渉の長期化に伴う着工を遅れが予見される)
コスト増加の可能性	- 現場状況に対する微調整からのコスト増が考えられるが、全体コストに及ぼす影響は小さい。	- 物理的、地質的、河川工学的に予期できない要素が多分にあるため、入札価格が割高になる可能性がある。
詳細設計と工事に対する施主のコントロール	- 詳細設計が実施済みのため、予期できない物理的条件は少ない。 - 詳細設計と工事のコントロールは比較的容易である。 <i>施主にとって有利</i>	- 詳細設計時に、地質や河川にかかわる調査を入札業者が独自の判断で行うため、施主によるコントロール・判断が困難となる。 - 詳細設計に施工業者の特殊技術・専門性を反映できる。 - 入札業者から様々な設計提案があるため、技術的な判断が難しく、選定に時間がかかる。 - 施工時に施工業者から数多くの追加要求が発生する可能性がある。
工事入札にかかわる公平性	- 1 つの設計に対する工事入札であるため、公平性が高い <i>施主にとって有利</i>	- 様々な設計が提案されるため、評価の公平性に問題が生じる可能性がある。 - 入札時点で契約図書が最終化されていないため、競争は暫定的となる。 - 入札価格だけで落札業者を決定できない(技術面での明確な評価基準がない)。
総合評価	通常契約方式が有利であるが、工事着工までの期間短縮のため特別な配慮が必要である。	

上記の表から通常契約方式が有利であるが、バングラデシュ政府の希望よりも工事着手が約 3 年遅い。このため、実施計画作成に関して特別な配慮が必要である。

12.2 作業の同時進行を考慮した通常契約方式

調査団は、工事開始までの期間の短縮と通常契約方式の利点の採用を目的とし、次に示す通常契約方式に作業項目の同時進行(オーバーラップ)を考慮した実施計画を作成した。

- コスト増が比較的に小さいこと、施主による設計と施工にかかわるコントロールが容易であること、および入札時の公平性の観点から通常契約方式による調達方法とする。
- バングラデシュ国政府は 2006 年/2007 年会計年度での工事着工を希望している。そこで建設工事着工前の手続きを同時進行させることを考慮する。
- ADB の技術援助(TA)と詳細設計の実施が可能であると仮定し、2008 年 10 月工事着工、完工を 2013 年 3 月となるような計画を作成した。図 12.1 に示す「パドマ橋建設計画実施工程表」参照。

12.3 バングラデシュ政府の便宜供与

(1) バングラデシュ政府による承認事項

- JMBA による PCP (Project Concept Paper) の作成、PCP 承認を受けるため計画委員会 (Planning Commission) への提出
- サイト認可と環境認可の取得
- プロジェクト・プロフォーマの作成、国家経済評議会の執行委員会(ECNEC: Executive

Committee for National Economic Council)への承認依頼

(2) 資金調達

- i) 国際金融機関、援助機関への要請
- ii) バングラデシュ貨部分調達

(3) 詳細設計コンサルタントの調達

- i) 援助機関の可能性のない場合、バングラデシュ政府により以下の作業を実施する。
- ii) 実施設計コンサルタント業務に対する関心表明の公示
- iii) 関心表明の受理とショートリストの作成
- iv) ショートリストされたコンサルタントへの TOR 配布
- v) ショートリストされたコンサルタントからのプロポーザルの受理と評価
- vi) 詳細設計コンサルタント業務の契約交渉と契約締結

(4) 用地買収計画、移転計画、環境管理計画

- i) 用地買収計画(LAP)、住民移転計画(RAP)、環境管理計画(EMP)の作成
- ii) 住民移転および環境対策にかかわる部署の JMBA 内での新設
- iii) 用地取得計画(LAP)、住民移転計画(RAP)、環境管理計画(EMP)の承認取得のための書類提出
- iv) 取得する資産の合同検証
- v) 補償費の支払い
- vi) 住民移転先の団地整備のための公示
- vii) 同 入札、評価、契約交渉、契約調印
- viii) 影響住民の移転先への移動
- ix) LAP、RAP、EMP のモニタリング

(5) 施工監理コンサルタントと施工業者の調達

- i) 施工監理コンサルタントのショートリストのための公示
- ii) 施工監理コンサルタント業務の TOR 配布
- iii) コンサルタント選定、契約交渉、契約
- iv) 工事パッケージ毎の事前資格審査の公示
- v) 事前資格審査の書類配布
- vi) 事前資格審査書類の受理
- vii) 入札図書 of 配布
- viii) プレ・ビッド会議の開催
- ix) 入札、開札、評価
- x) 落札業者の決定
- xi) 工事パッケージ毎の契約締結

全体の実施計画を図 12.1 に示す。この図には本調査終了後、プロジェクトが完成するまでにバングラデシュ政府がとるべき必要な行為を提示した。この実施計画には関連企業が行うべきと考えられる電力線、ガスパイプラインおよび電話線の敷設工事は含まれていない。

この実施計画は、ADB、WB や JBIC 等の援助機関によって作成された調達・契約に関するガイドラインを参考に、可能なかぎり短期間で実施されることを想定した。実際には調達・契約時の交渉や認証等により更なる時間を要することも考えられる。

Activities / Required Months	2004				2005				2006				2007				2008				2009				2010				2011				2012				2013			
	Year	Quarter	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
(1) GOB's Approval on the Project	JICA Feasibility Study																																							
	ADB Supplementary TA																																							
(2) Financial Arrangement	i) Preparation of PCP by JMBA and Submission of Planning Commission Under MOP for PCP Approval																																							
	ii) Environmental Clearance consisting of Site Clearance and Environmental Clearance																																							
(3) Procurement of Detailed Design	iii) Preparation of PP (Project Pro forma) and Submission to ECNEC (Executive Committee for National Economic Council) under MOP for PP Approval																																							
	iv) Request to International Funding Agencies, Donor Agencies																																							
(4) LA Plan, RAP and EMP	-Approval by international funding agencies and international donor agencies for Detailed design																																							
	-Approval by international funding agencies and international donor agencies for Construction																																							
(5) Procurement of CS	ii) Notice for Expression of Interest for Detailed Design Consultancy Services																																							
	iii) Receiving Expression of Interest from Consulting Firms and Conclusion of Short List																																							
(6) Construction Contract	iv) Distribution of TOR for Detailed Design Consultants																																							
	v) Receiving of Proposals from short-listed Consultants and Evaluation																																							
(7) Construction Contract	vi) Negotiation and Signing of Design Consultancy Services																																							
	vii) Detailed Design by DD Consultants																																							
(8) Construction Contract	viii) Preparation of LA plan, RAP and EMP																																							
	ix) Submission of LAP, RAP and EMP to MOC/MOL for review and comments																																							
(9) Construction Contract	x) Updating and finalization of LAP, RAP and EMP by DD consultants																																							
	xi) Submission of Revised LA Plan, RAP and EMP for Approval by MOC/MOL																																							
(10) Construction Contract	xii) Establishment of Separate Resettlement & Environmental Unit in JMBA																																							
	xiii) Notification under Section 3 of LA Act by DC(s) to land owners for acquisition																																							
(11) Construction Contract	xiv) Joint Verification of Acquired Assets																																							
	xv) Submission of LA cost estimate to JMBA/MOC by DC(s)																																							
(12) Construction Contract	xvi) Payment of compensation																																							
	xvii) Announcement for Bid for Construction of Relocation and Residential Sites and Bid open for Construction of Relocation and Residential Sites, Evaluation, Contract																																							
(13) Construction Contract	xviii) Relocation of Affected Persons																																							
	xix) Supervision and monitoring of LAP, RAP and EMP																																							
(14) Construction Contract	xx) Invitation for Short List for CS Consultant and Evaluation																																							
	xxi) Distribution of TOR for CS Consultant																																							
(15) Construction Contract	xxii) Selection of CS Consultant																																							
	xxiii) Pre-construction by CS Consultant																																							
(16) Construction Contract	xxiv) Construction Supervision by CS Consultant																																							
	xxv) Public Notice for PQ Construction																																							
(17) Construction Contract	xxvi) Distribution of pre-qualification (PQ) Documents																																							
	xxvii) Receipt of PQ Documents and PQ Evaluation																																							
(18) Construction Contract	xxviii) Distribution of Bid Documents for Construction																																							
	xxix) Holding of a Pre-Bid Meeting for Construction																																							
(19) Construction Contract	xxx) Bid Open Evaluation for Construction																																							
	xxxi) Selection of Successful Bidders for Construction																																							
(20) Construction Contract	xxxii) Construction by Contractor																																							
	Oct. 2008																																							
March 2013																																								

図 12.1 パドマ橋建設計画実施工程表

13. 運営・維持管理計画

維持管理の技術的手法、組織人員計画および費用算定を盛り込んだ、有料道路としてのパドマ橋の維持管理計画を作成するために、まずジャムナ橋、バイラブ橋、パクセー橋を含むバングラデッシュにおける有料道路として供用中の既存橋梁の維持管理の実際の活動を検証し、その特徴が簡略にまとめた。

一般的に、道路運用(Operation)は道路管理者によってなされる交通関連型の活動を指し、一方道路維持は、広義には、日常維持作業、修繕工事および改良を含むより工学的色彩の強い業務を指す。これらの中で、通常、道路運用と日常維持作業は道路管理者によって直接実行され、修繕工事は年間契約等の長期契約を結んだ専門業者に外注されるが、改良工事は競争入札によって受注した建設業者が実施する。従って、本報告書では改良工事はプロジェクト道路の維持管理業務の対象から除外した。

道路運用としては、道路管理者は、財産管理、交通監視制御、情報管理、異常事態対応、巡回、故障車援助、規格外車両の排除、料金徴収、災害防備、および機器運用等に責任を持つ。道路管理者の行うプロジェクト道路の日常維持作業には、点検(日常、定期、および特別)、清掃(路面、附帯施設、および付属物)、植栽(樹木/森林管理、芝生管理、および法面植栽)、一部の交通事故復旧、交通規制、および橋梁床版レベル、河床の洗屈の継続監視等がある。道路管理者の重要な任務のうち、パドマ橋に特有なものとしては、河岸および護岸工の監視とそのデータ解析・診断、維持工事の計画、並びに実施よりなる河川構造物の維持管理があげられる。常駐の専門業者によって実施される修繕工事には、通常舗装修繕と橋梁付属物修繕が含まれる。

本報告書では、主としてジャムナ橋の例に基づいて、プロジェクト道路の維持管理のために約160名の人員よりなる管理組織を提言した。

ライフサイクル的考察に基づく維持管理費用の推定については、建設費に対する割合を開通後の経過年数で変化させて年間の費用を算出する方法を提案した。

バングラデッシュ国における道路・橋梁の維持管理の費用調達の一般的状況については、保険付保の問題とともに概説した。

14. 結論と提言

- (1) マクロ経済の観点からパドマ橋の建設は実現可能であり、地域経済の発展や貧困削減に大きく寄与するだけでなく、国際回廊としても大きく貢献する。よって、本計画は早期に実現されるべきである。ただし、自然環境および社会環境への十分な配慮が前提条件となる。
- (2) 国際回廊としての重要度を勘案すると、アジアハイウェイの要件である往復合計4車線に加え、将来の鉄道敷設を可能とする空間を確保することが望ましい。将来の鉄道敷設を可能とするには、通常の道路橋の建設費に約US\$80百万を上乗せする必要があるが、それでもEIRRは14.80%が確保されるため、経済的に実現可能と言える。ただし、鉄道敷設の可能性については、緊急の追加調査が必要である。
- (3) 建設費US\$1257百万のうち、外貨分US\$895百万は国際金融機関もしくは外国政府からの協調融資で賄い、内貨分US\$362百万はバングラデッシュ国政府が負担するのが望ましく、また、この資金配分が最も標準的かつ現実的であると考えられる。
- (4) プロジェクトの実施に向け、JMBAは詳細設計の開始までに、政府からプロジェクト・コンセプト・ペーパー、プロジェクト・プロフォーマの承認、また環境省からは環境認可を得て、その後、政府

に外貨借入の申請をする必要がある。JMBA は同時に上述した内貨資金を調達するための調整を行うことになる。

- (5) 契約方式を選定するうえで、通常契約方式と設計施工契約方式を比較した結果、期間内の同時進行を伴う通常契約方式が施主にとって最も有利であるという結果が得られた。運営・維持管理に関しては、ジャムナ橋と同様に国際入札で契約業者を選定するのが望ましい。
- (6) 本計画を成功させるには、円滑でタイムリーな用地取得および住民移転が不可欠である。JMBA は本報告書、並びにジャムナ橋を始めとする他の橋梁プロジェクトの事例を参考にし、今後の手続きや作業を早期に遂行しなければならない。今後の作業の一つとして、住民移転計画(RAP)の作成は、資産の補償、移転、生計回復、社会的弱者の権利を守るうえで非常に重要である。
- (7) パドマ橋建設による地域経済への効果を最大限発揮させるために、政府は下記の事項を実施すべきである。
 - パドマ橋に接続する国道 N8 号線の交通量がその容量を超える前に、2 車線から 4 車線へ拡幅すること。
 - パドマ橋の影響地域の道路網を強化すること。
 - パドマ橋の影響地域に企業や工場を誘致すること。
 - サービスエリアを地域住民の雇用や地場産業に活用すること。
 - ダッカ市街地への出入口となる道路を改良すること。
- (8) パドマ橋を、国家間はもとより国際的な回廊として、近隣諸国一帯の経済を押し上げるために、政府は下記の事項を実施すべきである。
 - 越境交通を円滑にするための国際協定を締結すること。
 - 国際協定に必要な規則や法令を整備すること、また、これらの法令に関する教育を政府職員に対して実施すること。
 - ベナポール等の国境施設を整備すること。
 - バングラデシュ国内の運送業関係者に本計画の情報を公開すること。