

バングラデシュ国

ダッカ～チッタゴン間国道1号線橋梁 改修・建設事業準備調査 (カチプール・メグナ・グムティ 第2橋建設及び既存橋改修事業)

最終報告書

要約編

平成25年3月
(2013年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 オリエンタルコンサルタンツ
株式会社 片平エンジニアリング・インターナショナル

基盤
CR(4)
13-031

バングラデシュ国

ダッカ～チッタゴン間国道1号線橋梁 改修・建設事業準備調査 (カチプール・メグナ・グムティ 第2橋建設及び既存橋改修事業)

最終報告書

要約編

平成25年3月
(2013年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 オリエンタルコンサルタンツ
株式会社 片平エンジニアリング・インターナショナル

本プロジェクトにおいては、以下の外国通貨交換レートを適用した。

USD 1.00 = BDT 81.7 = JPY 79.0 (December 2012)

*BDT: Bangladesh Taka



バングラデシュ人民共和国

People's Republic of Bangladesh

調査対象地域 位置図



バングラデシュ人民共和国の基礎データ

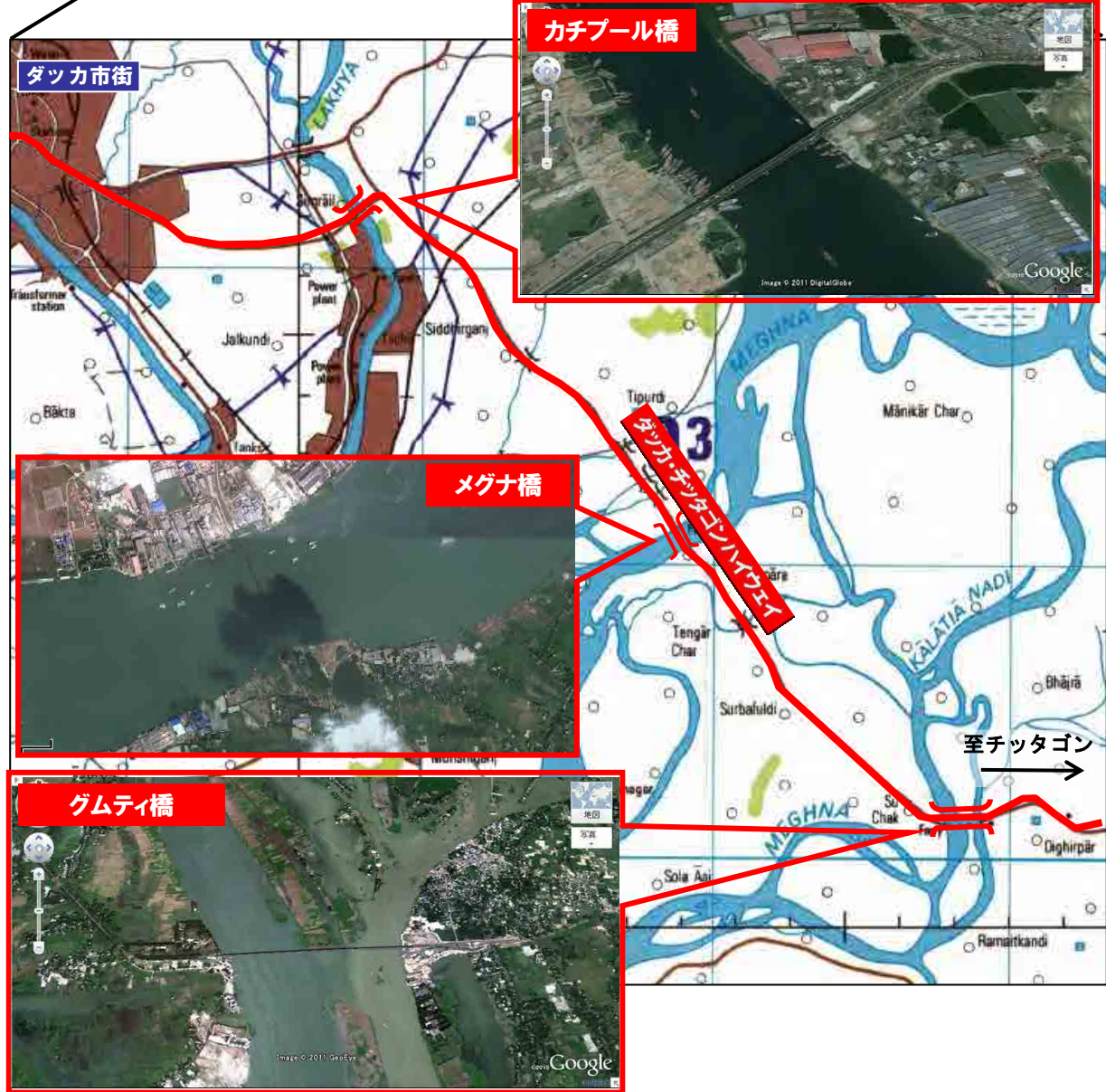
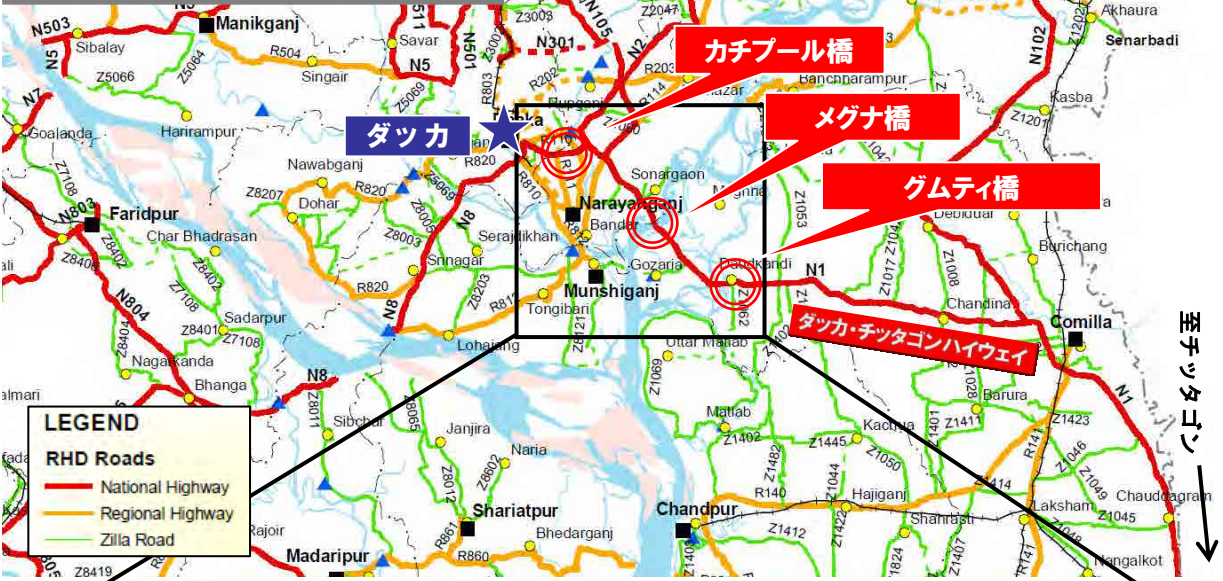
出典) 外務省「各国・地域情勢」(2011年10月現在)

- 面積 約 14.4 万 km² (日本の約 4 割)
- 人口 1 億 2,319 万人 (2011 年、バ統計局)
- 首都 ダッカ
- 民族 ベンガル人が大部分を占める。チッタゴン丘陵地帯には、チャクマ族等を中心とした仏教徒系少数民族が居住。
- 言語 ベンガル語 (国語)
- 宗教 イスラム教徒 89.7%、ヒンズー教徒 9.2%、仏教徒 0.7%、キリスト教徒 0.3%
- 主要産業 衣料品・縫製品産業
- 1 人当たり GDP 684 ドル
(2010 年度*暫定値、バ中央銀行)

※「バ」国会計年度は 7 月～翌年 6 月末

- 経済成長率 6.0% (2009 年度、バ財務省)
- 物価上昇率 6.5% (2009 年度、バ財務省)
- 総貿易額 (2009 年度暫定値、バ中央銀行)
 - (1) 輸出: 162 億ドル
 - (2) 輸入: 214 億ドル
- 主要貿易品目
 - (1) 輸出: ニットウェア (40%)、衣料品 (37%)
 - (2) 輸入: 繊維、石油製品、鉄鋼製品、機械機器
- 通貨 タカ 1 米ドル=69.18 タカ
(2010 年度平均: バ中央銀行)
- 日本の援助 (2009 年度)
 - (1) 有償資金協力: 387.92 億円
 - (2) 無償資金協力: 27.65 億円
 - (3) 技術協力: 25.03 億円

プロジェクトサイト周辺図





第2カチプール橋完成予想図（ダッカ側）



第2メグナ橋完成予想図（チッタゴン側）



第2グムティ橋完成予想図（ダッカ側）

プロジェクトの概要

1. 国名:	バングラデシュ人民共和国
2. 調査名:	ダッカ・チッタゴン間国道 1 号線橋梁改修・建設事業準備調査
3. 受入機関:	通信省道路局 (RHD)
4. 調査の目的:	ダッカ・チッタゴン間国道 1 号線橋梁改修・建設事業は国道 1 号線上に位置するカチプール橋、メグナ橋及びメグナ・グムティ橋の区間における第 2 橋の新設及び既設橋の改修及び耐震補強を行うことによって、交通渋滞問題の改善を図る。また、我が国円借款事業として実施するための審査に必要な調査を行うことを目的とする。
5. プロジェクトの内容:	<p>Stage 1: 背景の確認、基礎情報の収集・調査</p> <p>(1) 計画及び調査手順のレビュー (2) 事業の背景の調査・確認 (3) 「バ」国設計基準のレビュー (4) サイト状況調査</p> <p>Stage 2: 事業の基本的内容の検討</p> <p>(5) 新設橋の架橋位置、道路線形の検討 (6) 既設橋の耐震補強方法、補修方法等の検討 (7) 施工計画の策定 (8) 環境社会配慮 (9) 運営・維持管理体制 (10) 事業の基本的内容の決定</p> <p>Stage 3: 概略設計と事業効果の確認</p> <p>(11) 概略設計 (12) 事業実施計画の検討 (13) 事業実施体制の検討 (14) 概略事業費の積算 (15) 本事業実施方法の策定 (16) 経済・財務分析</p>
6. 結論と提言:	<p>1) 結論 調査結果に基づく結論は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> プロジェクトは、技術的にも経済的にも実現可能である。 財務的な実現性についても、3 橋で料金を徴収した場合、実現可能である。 新橋を建設するルートは既存橋に隣接・平行な位置が最適ルートとして選定されている。 新橋の必要車線数は 4 車線とする。 選定された橋梁形式は主に基礎は SPSP タイプで上部工は鋼細幅箱桁橋である。 新橋の建設と既存橋の補修は 2016 年 8 月に開始され、2021 年 7 月に完了する予定である。 <p>2) 提言 調査結果として、調査団による提言は以下のとおりである。</p> <p><自然・社会環境></p> <ul style="list-style-type: none"> 今回の調査では、環境管理計画 (EMP) を策定した。事業化において確実に実施することが重要である。 社会環境面での要因は住民移転である。詳細設計段階では用地確定後に速やかに移転協議を行い、工事実施を滞りなく進めることが重要である。 <p><維持管理></p> <ul style="list-style-type: none"> 効率的な維持管理を実施するために、料金収入を使った道路基金を設立することを提案する。 適切な維持管理を実施するために、適切な間隔での日常・定期補修の実施が必要である。橋梁点検車の導入により、日常点検、定期点検が安全かつ迅速に実施することが可能である。 <p><過積載対策></p> <ul style="list-style-type: none"> 過度な道路や橋梁への損傷を防止するために、過積載のトラックの管理をすることが必要である。この過積載のトラックは橋梁料金所に軸重計、車重計を設置することで管理することが可能である。

調査の概要

1. 調査の背景と目的

1.1 調査の背景

バングラデシュ国(以下「バ」国)では、2000年代において年率6%前後のGDP成長率を維持する堅調な経済発展に伴い、1975年から2005年までの過去30年間で貨物取扱量が約8倍にまで拡大し、近年ではGDP成長率と並ぶ6~7%のペースで増加しており、旅客輸送量も同期間中に約6.5倍に増加するなど、貨物量・旅客数ともに堅調な拡大を続けている。「バ」国の主要運輸交通モードには、内陸水運、鉄道、道路があるが、旅客・貨物双方において道路利用に対する集中が進んでいる。

ダッカ首都圏と主要都市間を結ぶ基幹道路上の交通容量が、年々増加する交通量に追いつかず、こうした物流ルートのボトルネック解消が喫緊の課題となっている。他方、政府の維持管理能力の低さ等から、道路・橋梁の損傷が進行しており、交通に支障をきたす点も大きな課題となっている。さらには、1993年に橋梁の設計基準として「Bangladesh National Building Code (BNBC)」が制定され、「バ」国内の耐震基準が引き上げられたものの、既設の橋梁は国内の耐震基準を満たしておらずその改修・補強も喫緊の課題となっている。

「バ」国では今後20年間の交通需要の伸びに対応するための最も必要な事業の一つとして、国道1号線の強化を具体的に挙げており、2008年以降全区間において4車線化を進めている。しかし、橋梁部については資金の目処が立たず、通行容量の拡大が進んでいないため通行のボトルネックになっており、さらには通行車両による損傷が進行し未だ耐震基準を満たしていない既存橋を走行している状況が続いている。

これらの状況を受け、「バ」国政府は、我が国政府に国道1号線上のカチプール橋、メグナ橋及びグムティ橋に対する改修・補強、ならびに第2カチプール橋、第2メグナ橋及び第2グムティ橋の新設に係る調査を要請した。JICAは我が国政府の指示により2011年11月調査団を「バ」国へ派遣した。

1.2 調査の目的

本事業は、ダッカからチッタゴン間国道1号線上に位置するカチプール橋、メグナ橋及びグムティ橋の区間に第二橋として3橋の新設及び3既存橋の改修及び耐震補強を行うことによって、交通ネットワークの改善を通じた輸送能力の強化と効率化を図り、「バ」国経済全体の活性化に寄与する。

本調査は、上記の経緯を踏まえ、当該事業の目的、概要、事業費、事業実施体制、運営・維持管理体制、環境及び社会面の配慮等、我が国円借款事業として実施するための審査に必要な調査を行うことを目的とする。

2. 新設橋の車線数

交通需要予測の基本データ収集を目的として、2012年2月に、国道1号線及び接続道路部で交通量、OD、交差点交通量、速度調査を行った。調査結果(平均日交通量)

は、カチプール橋では 34,453 台/日 (76,872PCU/日)、メグナ橋及びグムティ橋では 27,578 台/日 (65,147PCU/日) であった

交通量予測の増加率は、経済指標や交通需要の弾性値から推定した。また、ダッカ～チッタゴン間の鉄道強化による交通需要の減少やチッタゴン港湾開発による増加の影響を考慮して、最終的な交通需要を推定した (表 2.1.1)。

将来日交通量と道路容量から必要車線数が算出される。予測では、カチプール橋で 2029 年から 12 車線以上、メグナ橋とグムティ橋では 2030 年から 10 車線以上の車線数が必要となる。この交通量はダッカ～チッタゴン間の将来日交通量であって、単に国道 1 号線だけを 10 車線以上に拡幅することは現実的ではない。ダッカ～チッタゴン間には 4 車線の高速道路プロジェクトもあることから、対象路線はこの高速道路プロジェクトを勘案して、必要車線数は、カチプール橋を 8 車線、メグナ橋及びグムティ橋を 6 車線とした。

表 2.1.1 新設橋の車線数の提案

測定箇所	2012 年		2021 年		2030 年		車線数		
	PCU/日	必要 レーン数	PCU/日	必要 レーン数	PCU/日	必要 レーン数	採用	既存橋	新設橋
カチプール橋	76,732	6	123,301	8	192,687	12	8	4	4
メグナ/ グムティ橋	65,008	4	105,374	6	165,168	10	6	2	

3. 最適ルートを選定

各橋のルート案についてそれぞれ 3 案を立案した (表 3.1.1)。

表 3.1.1 新橋の比較ルート案

ルート名		既存橋に対しての位置	概要
第 2 カチプール橋	ルート A	下流側	<u>新橋の位置を既存橋下流側とし、 近接位置に設置した案</u>
	ルート B	下流側	新橋位置を既存橋の下流側とし、 洗掘影響を避けた距離を確保した案
	ルート C	上流側	新橋の位置を既存橋上流側とし、 近接位置に設置した案
第 2 メグナ橋	ルート A	上流側	<u>新橋の位置を既存橋上流側とし、 近接位置に設置、また、ホルシムセメント用地 の影響を最小限に配置した案</u>
	ルート B	上流側	既存橋上流側 250m の旧フェリールートに設置 した案
	ルート C	上流側	B ルートに対して住民移転を最小限にするため に、チッタゴン側のルートをシフトした案
第 2 グムティ橋	ルート A	下流側	<u>新橋の位置を既存橋下流側とし、 近接位置に設置した案</u>
	ルート B	下流側	新橋位置を既存橋の下流側とし、 洗掘影響を避けた距離を確保した案
	ルート C	上流側	新橋の位置を既存橋上流側とし、 近接位置に設置した案

各橋とも工事費が最も安く、住民移転等の社会環境への影響が最も少ないルート A が採用された。代表的事例として第 2 メグナ橋の比較を表 3.1.2 に示す。第 2 メグナ橋について、ルート A 案の場合ダッカ側でホルシムセメント占有の用地に一部影響があるが、RHD とホルシムセメント間で協議を行われ合意された。

ルート選定について 6 月 6 日のテクニカルコミッティで説明が行われ、6 月 24 日付で MOC より承認レターが発出された。

表 3.1.2 第 2 メグナ橋 ルート比較表

メグナ橋	ルート A	ルート B	ルート C	
ルート図				
概要	新橋の位置を既設橋上流側とし、近接位置に設置した案	既設橋上流側250mの旧フェーラールートに設置した案	Bルートに対して住民移転を最小限にするためにチャッタゴン側をシフトした案	
社会環境への影響	① 河床性	◎ No specific problem	◎ No specific problem	◎
	② 移転	◎ 構造物 10件 (家5件, 店5件)	△ 構造物 250件 (家90件, 店150件, 屋台10件)	△ 構造物 60件 (家10件, 店50件)
	③ 公共施設	◎ 影響なし	◎ モスク移転	◎ 影響なし
	④ 土地収用	◎ ホルシムセメント用地域から15m影響 (RHDはホルシムセメントと合意済み)	◎ 0 m ²	◎ 0 m ²
	⑤ 船舶への安全性	◎ 両橋の基礎を一体とするため、現況とかわらず、ほぼ影響なし	◎ 両橋の基礎が別れていて、通過する基礎が増えるため、わずかに影響あり	◎ 両橋の基礎が別れていて、通過する基礎が増えるため、わずかに影響あり
	⑥ 経済活動	◎ 店5件, 漁業	◎ 店150件, 漁業	◎ 店50件, 砂運搬労働者 30人, 漁業
自然環境への影響	⑦ エコシステム	△ 小規模アラン・サンクションの影響、建設時に動植物に対して、多少影響がある	△ 道路脇の木が伐採される	△ 道路脇の木が伐採される
	⑧ 河床状態	◎ 両橋の基礎を一体とした場合、洗船が大きくなるが、河床侵食への影響は少ない	◎ 両橋への影響は少ないが、既設橋周辺の洗船は大きくなる	△ (新橋の位置は河床は深いので、洗船は大きくなる、また既設橋は防波が必要)
	⑨ 騒音 / 空気汚染	◎ チャッタゴン側の道路沿いに数件家がある程度なので、ほぼ影響なし	◎ チャッタゴン側の道路沿いに多くの家があるため、新橋の建設時に学校があるため影響が大きい	△ 道路沿いに多くの家があるため、新橋の建設時に学校があるため影響が大きい
	⑩ 河川流	◎ ほぼ影響なし (両橋の基礎を一体とした場合)	◎ 両橋の基礎が別れていて、わずかに影響あり	◎ 両橋の基礎が別れていて、わずかに影響あり
社会環境への影響	⑪ 景観	◎ 両橋が近接し、一体の印象を受けるため、ほぼ影響なし	◎ 両橋に距離があり複雑な印象を受ける、また道路沿いの木々が失われるため、わずかに影響あり	◎ 両橋に距離があり複雑な印象を受ける、また道路沿いの木々
	⑫ 苦慮物件 (鉄塔、水運管、ガス管等)	◎ 特に問題なし	◎ 特に問題なし	◎ 特に問題なし
	⑬ 建設規模	◎ 建設期間は最も短い 橋長延長: 930m 土工: 39,000m ³	△ 建設期間は最も長い 橋長延長: 1,100m 土工: 84,000m ³	◎ ルート B より建設期間は短い 橋長延長: 980m 土工: 128,000m ³
⑭ 事業費	◎ 事業費が比較的安い	△ 最も事業費が高い	△ 事業費が比較的高い	
評価	◎	△	○	

4. 新設橋の橋梁形式

橋梁形式選定は以下の手順でおこなわれた。(1) 既存橋と新設橋それぞれの基礎の一体化を含めた基礎形式の検討、(2) 橋梁上部構造として適用可能な橋梁形式の選定、(3) 選定された上部構造比較案の総合的比較。

4.1 基礎形式の選定

洗掘の影響を最も受けているメグナ橋 P8 を例として、既設橋基礎の補強と新設橋基礎の一体化を図った鋼管矢板基礎と場所打ちコンクリート杭基礎の設計比較を行った。大きな洗掘を受ける状態では、場所打ちコンクリート杭基礎は杭本数が多くなり巨大な平面寸法を必要とする。その結果、工期、コスト面で鋼管矢板基礎が圧倒的に有利となる。3 橋の基礎で洗掘の影響が大きい箇所では鋼管矢板基礎を採用することとした。

4.2 比較橋梁形式

既設カチプール橋の支間長は最大 73.2m、最小 42.7m、既設メグナ橋及び既設ゴムティ橋の大部分の支間長は 87m である。

これらの支間長の制約条件の下で各橋の比較橋梁形式を表 4.2.1 に選定した。

PC T 桁形式は支間長が短いカチプール橋だけの比較案とした。

連続 PC 波形鋼板ウェブ箱桁形式は、メグナ橋とゴムティ橋の比較案に採用した。

連続 PC 箱桁形式、連続鋼箱桁形式とエクストラドーズ形式は、3 橋に比較案として採用された。エクストラドーズ橋は洗掘が最も厳しいと考えられる箇所の基礎をなくした場合の案である。

表 4.2.1 各橋の比較橋梁形式

橋梁形式	適用可能 スパン (m)	新設橋			適用
		カチプール	メグナ	ゴムティ	
PC T 桁橋	25 - 45	○	-	-	既設橋梁と同一スパン
連続 PC 箱桁橋	45 - 100	○	○	○	
連続 PC 箱桁橋 (波形鋼ウェブ)	50 - 120	-	○	○	
連続鋼箱桁橋	50 - 120	○	○	○	
PC エクストラドーズ橋	150 - 240	○	○	○	既設橋梁に対して 2 倍のスパンの場合

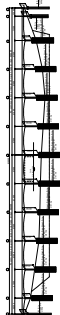
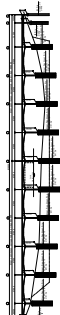
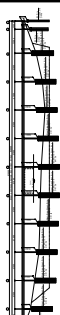
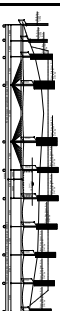
4.3 第 2 カチプール橋、第 2 メグナ橋及び第 2 ゴムティ橋の橋梁形式選定

第 2 メグナ橋の 4 オプションの比較結果を表 4.3.1 に示す。比較にあたり、耐久性、耐震性、施工期間、維持管理、環境への影響、及びコンストラクションコストなどを評価項目とした。第 2 メグナ橋では、オプション 1 の連続 PC 箱桁橋、オプション 2 の連続 PC 波形鋼板ウェブ箱桁橋、及びオプション 3 の連続鋼細幅箱桁橋のコンストラクションコストはほぼ同等であるが、オプション 3 が、耐震性に有利であること、施工期間が短いことなどにより推奨される。

第 2 カチプール橋でも、オプション 3 の連続鋼細幅箱桁橋が、オプション 1 の「PCT 桁橋+PC 箱桁橋」に比べ、耐震性に有利であること、施工期間が短いために推奨され

る。第2グムティ橋についても、第2メグナ橋と同様の評価でオプション3連続鋼細幅箱桁橋が推奨される。

表 4.3.1 第2メグナ橋 橋梁形式評価結果

橋梁形式		オプション1		オプション2		オプション3		オプション4	
PC箱桁橋		PC箱桁橋 + 波形鋼ウェブ		連続鋼細幅箱桁橋		PCエクストラトラス橋 + PC箱桁橋			
形状									
構造性能	適用事例	> 200	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100
	耐久性	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	床版の耐久性	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
施工性	耐震性	○	○	○	○	○	○	○	○
	上部工重量	普通	やや有利	有利	有利	有利	有利	普通	普通
	施工の困難さ	普通	やや難しい	△	普通	普通	普通	やや難しい	やや難しい
	品質管理の困難さ	普通	普通	○	普通	普通	普通	やや難しい	やや難しい
維持管理	施工期間	4年	4年	4年	4年	3年	3年	4年	4年
	塗装/防錆	塗装30年毎	塗装30年毎	塗装30年毎	塗装30年毎	塗装30年毎	塗装30年毎	塗装30年毎	塗装30年毎
景観	定期管理	1箇所	1箇所	1箇所	1箇所	なし	1箇所	1箇所	1箇所
	ケーブル	2箇所	2箇所	2箇所	2箇所	11箇所	11箇所	3箇所	3箇所
	ケーブルの取替え	不要	不要	◎	◎	◎	◎	◎	◎
環境への影響	景観	スレンダーアーチ	スレンダーアーチ	スレンダーアーチ	スレンダーアーチ	直線	直線	モニュメント的な景観	モニュメント的な景観
	河川内	11橋脚	11橋脚	11橋脚	11橋脚	11橋脚	11橋脚	10橋脚	10橋脚
	河川内	5橋脚	5橋脚	5橋脚	5橋脚	5橋脚	5橋脚	4橋脚	4橋脚
コスト	騒音/振動	5箇所	3箇所	3箇所	3箇所	2箇所	2箇所	3箇所	3箇所
	エクストラクションポイントの状況	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
コストラックシヨコスト (建設費)		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.17	1.17
評価		2		3		I		4	

凡例:◎優れている,○良い,△悪い

5. 概略設計

5.1 取付道路の概略設計

取付道路の主要設計条件は、RHD 道路幾何構造基準に則り、a) 設計速度；80km/時、b) 車線幅；3.65m、c) 外側路肩；1.8m、d) 内側路肩；0.3m のとおりである。

第 2 メグナ橋取付道路平面線形及び標準横断図を図 5.1.1 に示す。舗装構成は耐用年数 20 年間の等価単軸荷重を満足するように設定した。

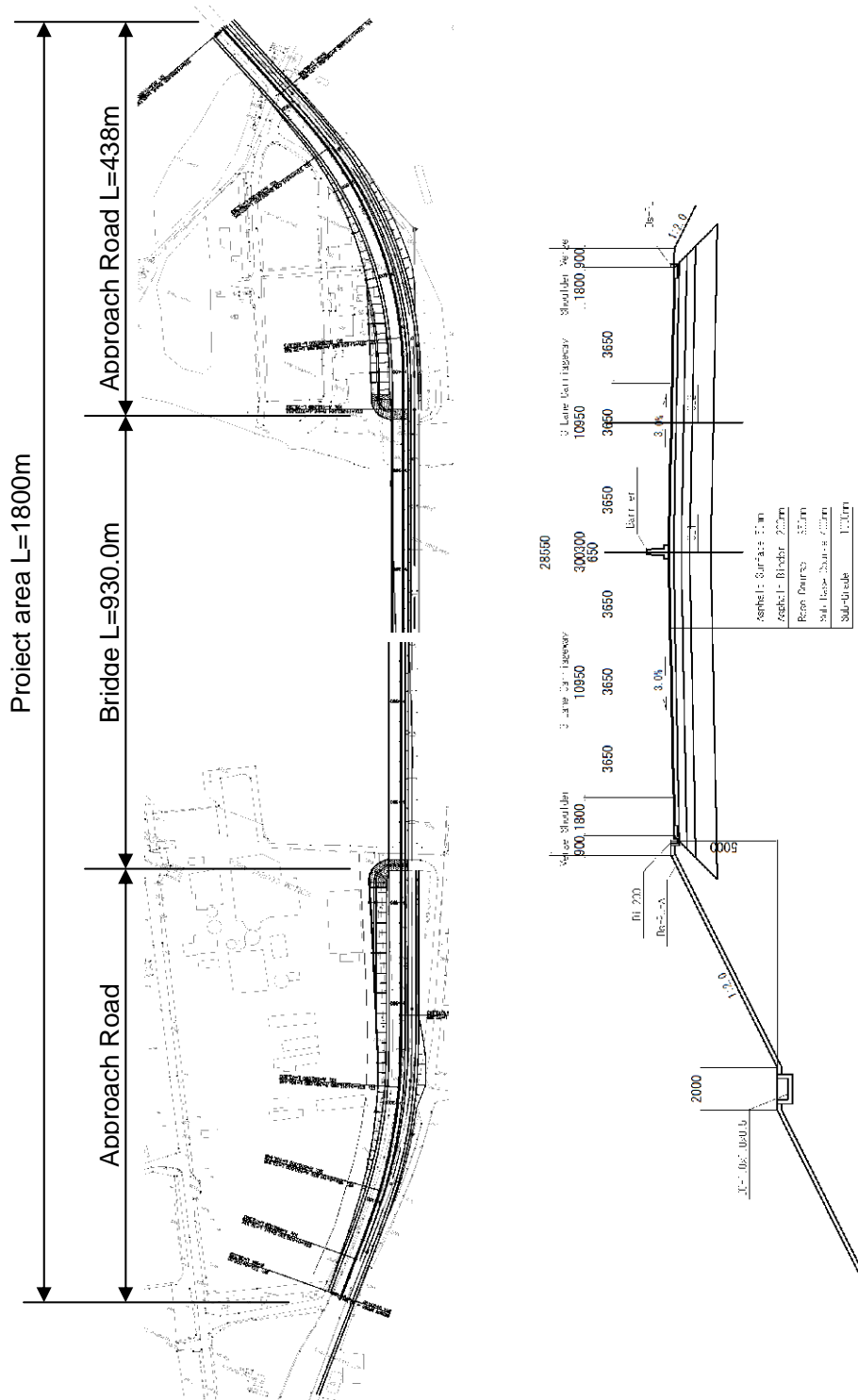


図 5.1.1 平面図、標準横断図 (第 2 メグナ橋)

5.2 新設橋の概略設計

新設橋に連続鋼細幅箱桁橋を採用して新設橋と既存橋の支間割を合わせることによって、新設橋の基礎と既存橋の基礎を一体化して計画した。

洗掘深と適用基礎形式の検討の結果、設計洗掘深が深い場合と中間の場合（深さ 26～15m 程度）には鋼管矢板基礎を、洗掘深が浅い場合（深さ 5m 程度まで）には場所打ちコンクリート基礎を適用した。

表 5.2.1 に第 2 メグナ橋の概略設計総括表を、図 5.2.1 に一般図を示す。

表 5.2.1 第 2 メグナ橋 概略設計総括表

橋梁諸元	橋梁形式	鋼 12 径間連続細幅箱桁橋	
	橋長	930.0m	
	桁長	929.1m	
	支間割	47.4+9@87.0+73.5+23.9=927.8m	
	幅員構成	1.10+3@3.65+0.65+3.95+1.10=17.75m 4車線	
	断面図		
	上部工	床版 主桁	プレキャスト PC 床版：24cm 鋼細幅箱桁 3 主桁：幅 1.2m、高さ 3.31m
	下部工	橋台	逆 T 式橋台 高さ：8.0m、9.5m 場所打ち杭：φ1.5m、6 本、48.0m
		橋脚	柱式コンクリート橋脚 P1、P2、P12 橋脚 高さ：9.9m～23.1m 場所打ちコンクリート杭基礎：φ1.5m、n=6～12 本 L=35.0m～44.0m P3～P10 橋脚 高さ：16.0m～30.4m 鋼管矢板基礎：φ1.0m、L=12.65～44.15m 寸法：39.93m x 11.97m（既存橋含む）
	設計荷重	活荷重	床版設計：道路橋示方書（日本） 主桁設計：AASHTO HS20-44（アメリカ） 下部工設計：AASHTO HS20-44（アメリカ）
地震荷重		$C_m = \frac{1.2ZS}{T_m^{0.5}} \leq 2.5Z$ ：ここに、Z=0.15、S=1.5、 T_m =固有周期	
風荷重		3.0 kN/m ²	
温度変化		+10℃～+50℃	
使用材料	上部工	耐候性鋼材	SMA490W、SMA570（JIS 規格） $\sigma_u = 490 \text{ MPa}$ 、 $\sigma_y = 570 \text{ MPa}$ $\sigma_u = 365 \text{ MPa}$ 、 $\sigma_y = 460 \text{ MPa}$
		PC 鋼材	SWPR7BL（JIS 規格） $\sigma_u = 1850 \text{ MPa}$ 、 $\sigma_f = 1600 \text{ MPa}$
		コンクリート （プレキャスト）	（JIS 規格） $\sigma_c = 50 \text{ MPa}$
	下部工	コンクリート （場所打ち）	（RHD 基準） $\sigma_c = 25 \text{ MPa}$
		鉄筋	Grade 60（ASTM 規格） $\sigma_u = 620 \text{ MPa}$ 、 $\sigma_y = 420 \text{ MPa}$
		鋼管矢板	SKY400、SKY490（JIS 規格） $\sigma_u = 400 \text{ MPa}$ 、 490 MPa $\sigma_y = 235 \text{ MPa}$ 、 315 MPa

MEGHNA BRIDGE - GENERAL VIEW

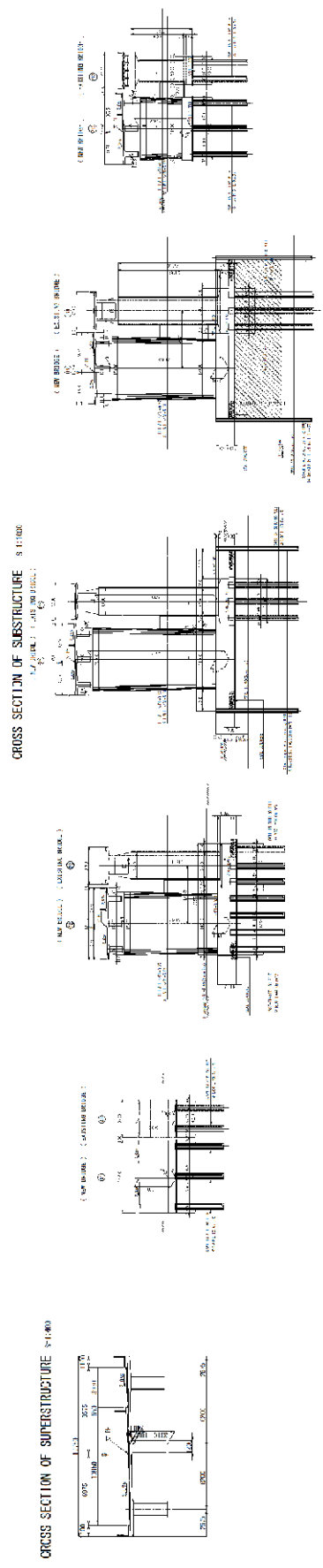
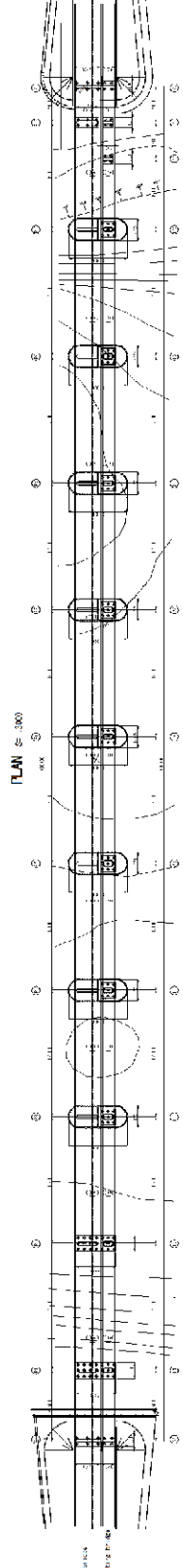
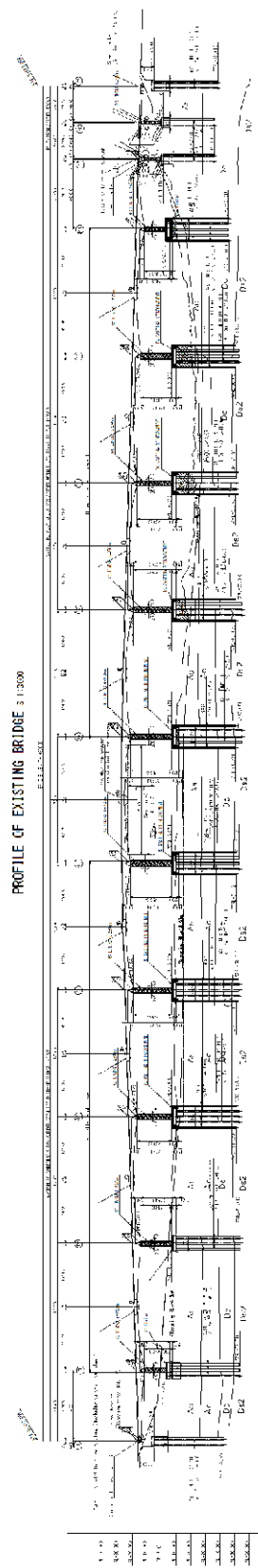
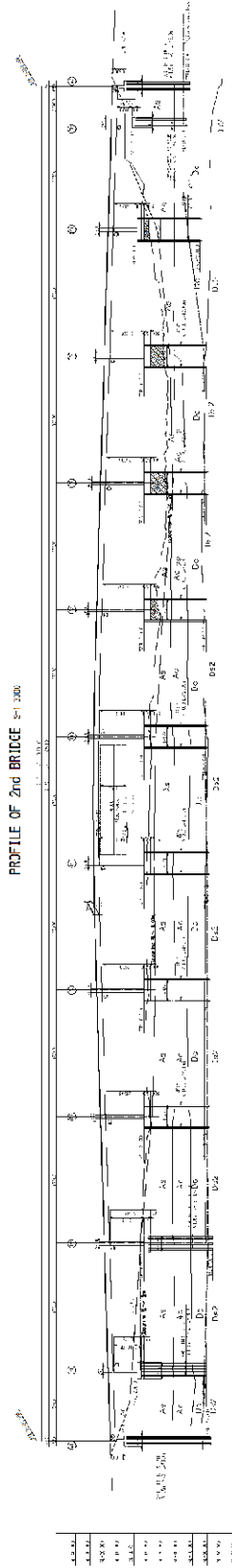


図 5.2.1 橋梁一般図 (第 2 メグナ橋)

5.3 既存橋の概略設計

現地調査結果と最新の設計基準の適用に基づき、既存のカチプール橋、メグナ橋及びゴムティ橋の補修・補強工事の内容は表 5.3.1 のとおりである。

表 5.3.1 各橋の補修・補強項目と対象

項目		カチプール橋	メグナ橋	ゴムティ橋	
補修	ひびわれ、鉄筋露出補修	○	○	○	
	ヒンジ部連続化	—	○	○	
	ヒンジ部補修	—	○	○	
	伸縮継手交換	○	○	○	
補強	鋼製ブラケット支持	○	○	○	
	桁連結	○	—	—	
	床版補強	○	—	—	
	橋脚	橋脚コンクリート巻き立て	○	○	○
		隔壁	○	—	—
	基礎	パイルキャップ結合	P1, P3, P5, P6	P1～P10	P1～P8
		鋼管矢板基礎による補強	P1～P6	P3～P10	P1～P8
場所打ち杭		—	P1, P2	—	

メグナ橋とゴムティ橋では走行性改善と維持管理性向上を目的として、ヒンジ部を剛結し可能な限り主桁の連続化を図る。構造計算上、湿度変化による桁伸縮が下部工に大きな影響を与えない範囲で連続化を行うこととした。メグナ橋では中央 1 箇所、ゴムティ橋では 2 箇所のヒンジ部を残す必要がある。

表 5.3.2 に既存のメグナ橋の改修概略設計総括表を、図 5.2.1 に一般図を示す。

表 5.3.2 既存のメグナ橋 改修概略設計総括表

橋梁諸元	橋梁形式	PC5.5 径間連続箱桁橋 (2 連) PC 単純箱桁橋 (2 連)	
	橋長	930m	
	桁長	48.44+4@87.00+43.50=439.94m 43.50+4@87.00+48.47=439.97m 21.95m, 21.95m	
	支間割	48.00+4@87.00+43.50=439.50m 43.50+4@87.00+48.00=439.50m 24.24m, 24.24m	
	幅員構成	1.0+2@3.6+1.0=9.2m 4 車線	
断面図	<p>断面図</p> <p>中間支点部 支間中央部</p>		
上部工	床版	プレストレストコンクリート床版	
	主桁	PC 箱桁 PCT 桁 5 主桁	
下部工	橋台	逆丁式橋台、場所打ちコンクリート杭基礎：φ1500	
	橋脚	柱式コンクリート橋脚、場所打ちコンクリート杭基礎：φ1500	
設計荷重	活荷重	上桁設計：AASHTO HS20-44 (アメリカ) 下部工設計：AASHTO HS20-44 (アメリカ)	
	地震荷重	$C_{sm} = \frac{1.2ZS}{T_m^{2/3}} \leq 2.5Z$: ここに、 $Z=0.15$ 、 $S=1.5$ 、 T_m =固有周期	
	風荷重	3.0 kN/m ²	
	温度変化	26°C ± 17°C	
補修補強概要	主桁 床版	ひび割れ 剥離補修	P12~A2
		中間ヒンジ連続化	P1~P5、P6~P10
	付属	中間ヒンジ補修	P5~P6
		伸縮装置取替え	A1、P5~P6、A2
		鋼製ブラケット設置	A1、A2
	橋脚	RC 巻き立て補強	P1~P12
		底板補強	P1~P10
基礎	鋼管矢板基礎補強	P3~P10	
	場所打ち杭基礎補強	P1、P2	

6. 施工計画と概算事業費

3橋の新設橋の建設及び既存橋の改修工事工程を図6.1.1に示す。準備工開始から工事完了まで5年間を想定する。

本プロジェクト費用は、88,464百万円である（表6.1.1）。

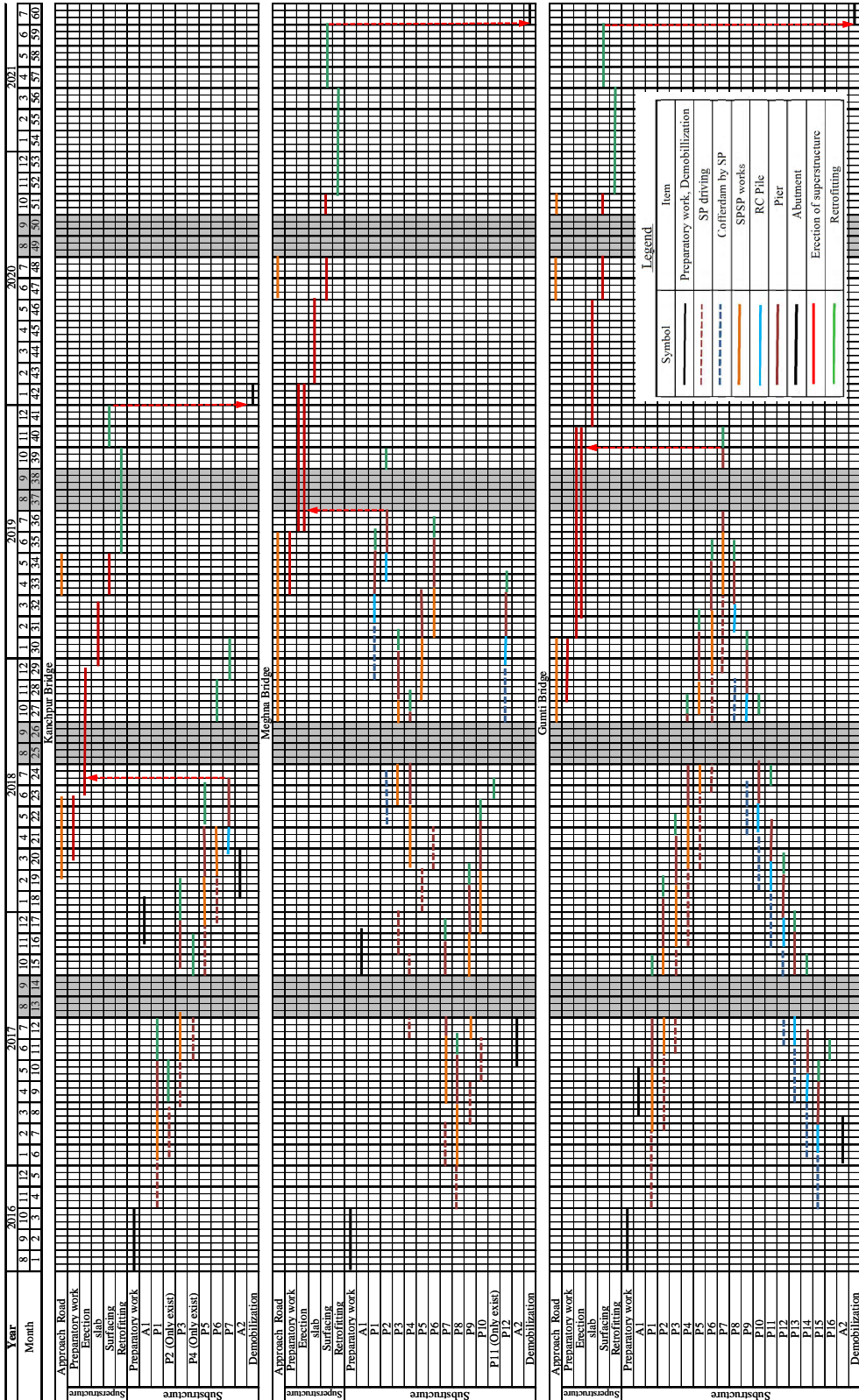


図 6.1.1 工事期間

表 6.1.1 概算事業費見積もり

事業費	外貨 (百万円)	内価 (百万 BDT)	合計 (百万円)
日本側負担			
建設費	36,999	24,120	60,299
エンジニアリング費	3,324	2,678	5,911
小計	40,322	26,798	66,209
現地政府負担			
影響家屋移転・補償費	0	97	94
現地政府体制費	0	6,864	6,630
消費税	0	4,550	4,396
輸入税	0	11,490	11,100
小計	0	23,001	22,219
建中金利	36	0	36
合計	40,358	49,800	88,464

出典: JICA 調査団

7. 維持管理・運営計画

経済発展には整備された道路網が必要である。道路・橋梁の適切な運営と、維持管理の実施のために以下の事柄を提案する。

- ・道路・橋梁の維持管理に必要な資金の安定的な供給のために、従前から計画されている道路基金の早期実現が重要である。
- ・道路・橋梁の維持管理の面から、大型車両の過積載禁止とその管理が重要と考え、本プロジェクトでは、メグナ橋及びグムティ橋に設けられる料金所に、軸重計及び車重計を設置し、過積載車両の橋梁上走行を防止する。

8. プロジェクト実施計画

日本の ODA スキームに合わせたプロジェクト実施スケジュールを図 8.1.1 に示す。実施計画における主なスケジュールは以下の通りである。

- ・プロジェクト実施についての E/N は 2013 年 1 月に、L/A は E/N から 3 ヶ月以内、ローンプレッジの後、2013 年 3 月に締結される予定である。
- ・詳細設計、入札補助、施工管理を実施するコンサルタント選定に計 10 ヶ月要する。
- ・F/S レビュー、測量、土質調査、入札図書の作成を含む詳細設計に 12 ヶ月要する。
- ・建設業者の選定に 18 ヶ月要する。
- ・3 新設橋の建設および既存橋の改修とも、2016 年 8 月に開始する。
- ・新設橋の建設及び既存橋の改修工事は 2021 年 7 月に完了する。
- ・瑕疵期間は各工事工程完了後 24 ヶ月間とし、最終瑕疵期間は 2023 年 7 月に完了する。

9. 経済・財務分析

9.1 経済分析

評価指標は、EIRR、B/C、及びNPV、評価期間は新設橋梁の供用開始から25年と仮定して経済分析を行った。経済的妥当性は、算定されたEIRRと用いられる社会的割引率12%との比較によって評価した。この評価結果により、現状はカチプール橋は4車線、メグナ橋・ゴムティ橋が2車線であり、道路区間が6車線化される場合（プラン1）及び道路区間が4車線のままの場合（プラン2）に拘らず、本事業は経済的に妥当であると判断される（表9.1.1.）。

表9.1.1 3橋梁事業の経済分析結果

指標	プラン1: 道路が整備される場合				プラン2: 道路が未整備の場合			
	カチ プール 橋	メグナ 橋	ゴム ティ橋	全橋	カチ プール 橋	メグナ 橋	ゴム ティ橋	全橋
経済的内部収益率 EIRR(%)	38.5%	24.1%	19.1%	24.9%	38.5%	21.4%	16.5%	23.2%
費用便益比率 B/C	6.22	1.96	1.72	2.59	6.22	1.59	1.40	2.27
純現在価値 NPV(百万 BDT)	19,337	9,290	9,127	41,446	19,337	5,751	5,088	33,150

注:1) 経済評価期間は25年、2) 社会的割引率は12%

9.2 財務分析

財務分析では、経済分析と異なりプラン1とプラン2の2つのケースを考慮しなかった。なぜなら、料金収入が両ケースとも等値になるためである。従って、以下のケースについて財務分析を行った。

- a) ケース 1: 3橋各々個別の財務分析
- b) ケース 2: 現在料金徴収をしているメグナ橋とゴムティ橋の料金収入により、全3橋事業の財務分析
- c) ケース 3: メグナ橋とゴムティ橋の料金収入にカチプール橋の現行の料金体系のままの料金収入を加え、全3橋事業の財務分析

評価指標は、NPV、FIRR、及び費用回収年、財務評価期間は橋梁の供用開始後25年として財務分析を行った。財務的妥当性は「バ」国で一般的に用いられる財務省発行の長期（10年）債券利率8%との比較によって評価した。3橋梁事業は、3橋全体の料金収入で財務評価を行った場合、表9.2.2に示すように費用回収が可能となる（表9.2.1、表9.2.2）。

表 9.2.1 カチプール橋、メグナ橋及びグムティ橋の財務分析結果

指標	ケース 1-1 カチプール橋	ケース 1-2 メグナ橋		ケース 1-3 グムティ橋	
		プラン 1	プラン 2	プラン 1	プラン 2
純現在価値 NPV(百万 BDT)	21,978	4,733	781.3	-1,297	-5,249
財務的内部収益率 FIRR (%)	30.4%	10.2%	8.1%	7.4	5.4%
費用回収年 (年)	4	15	23	NO	NO

注: 1) 割引率は 8%、2) 評価期間は 25 年

表 9.2.2 ケース 2 及び 3 の財務分析結果

指標	ケース 2 カチプール橋を有料にしない場合		ケース 3 カチプール橋を有料にする場合	
	プラン 1	プラン 2	プラン 1	プラン 2
純現在価値 NPV(百万 BDT)	-3,883	-11,787	23,628	15,517
財務的内部収益率 FIRR (%)	7.2%	5.1%	12.4%	11.3%
費用回収年 (年)	No	No	12	12

注: 1) 割引率は 8%、2) 評価期間は 25 年

10. 環境と社会への配慮

10.1 環境影響評価 (Environmental Impact Assessment, EIA)

EIA 報告書は、事業計画、現地調査、利害関係者との協議、データ収集、基礎環境項目のスクーピング、環境モニタリング、「バ」国内の類似事業の報告書に基づき作成した。調査は、2012 年 3 月～8 月中に実施された。EIA は、物理的、生態学的、環境的、社会的、文化的、経済的資源を含む、プロジェクト地域の一般的な環境概要を網羅している。

新橋の位置について、社会環境、自然環境やコストなどに関して影響検討を実施した。その結果、ルート A が社会環境、自然環境に影響が少ないことが明らかになった。

「バ」国政府 (GOB) からの環境許可証明書 (ECC) の取得のために、定められている EIA の形式で、2012/05/23 日付けの DoE/Clearance/5150/2012/317/2002/900 で環境配慮条件が規定されている。

EIA 報告書は 2012 年 10 月 11 日に DOE に提出され、2012 年 11 月 12 日に承認された。

表 10.1.1 EIA の結果

	項 目	カチプール橋			メグナ橋			グムティ橋		
		総 合	工事前 / 工事中	供用時	総 合	工事前 / 工事中	供用時	総 合	工事前 / 工事中	供用時
1	非自発的住民移転	A	A	D	A	A	D	A	A	D
2	雇用、生活等の地域経済	A	A	D	A	A	D	A	A	D
3	土地利用や地域資源活用	B	B	D	B	B	D	D	D	D
4	社会インフラと地域意志決定の社会的機関	D	D	D	B	B	D	B	B	D
5	既存の社会インフラとサービス	D	D	D	B	B	D	D	D	D
6	貧困層・先住民・少数民族	A	A	D	A	A	D	A	A	D
7	被害と便益の偏在	B	B	B	B	B	B	B	B	B
8	地域内の利害対立	B	B	B	B	B	B	B	B	B
9	文化遺産	D	D	D	D	D	D	D	D	D
10	事故	B	B	B	B	B	B	B	B	B
11	エイズ等の感染症	B	B	C	B	B	C	B	B	C
12	ジェンダー	B	B	C	B	B	C	B	B	C
13	子供の権利	B	B	C	B	B	C	B	B	C
14	浸食と洗掘	C	C	C	A	C	A	A	C	A
15	河川輸送	B	B	B	B	B	B	B	B	B
16	水文条件	B	B	B	B	B	B	B	B	B
17	動植物	B	B	C	B	B	C	B	B	C
18	地球温暖化	C	C	C	C	C	C	C	C	C
19	大気汚染	B	B	C	B	B	C	B	B	C
20	水質汚濁	B	B	D	B	B	D	B	B	D
21	土壌汚染	B	B	D	B	B	D	B	B	D
22	廃棄物	B	B	D	B	B	D	B	B	D
23	騒音と振動	B	B	C	B	B	C	B	B	C
24	地盤沈下	C	D	C	C	D	C	C	D	C
25	臭気	C	C	C	C	C	C	C	C	C
26	底質	C	C	D	C	C	D	C	C	D
27	景観	C	C	C	C	C	C	C	C	C

評価は、A:影響大、B:限定的な影響 C:影響が不明 D:負の影響が殆どない

10.2 市民参加

公開競技（ステークホルダーミーティング）を、3月15日、8月1日及び9月1日にカチプール橋及びメグナ橋・グムティ橋関連の住民に対して開催、プロジェクト内容及び環境への影響・対策などを説明、理解を得た。

10.3 住民移転行動計画書（Resettlement Action Plan, RAP）

新橋の建設および既存橋の改修によって、171戸の持ち家世帯（107居住世帯、61店舗、3居住店舗兼用世帯、1養魚地所有世帯、1植林オーナー世帯及び2地域共有施設）及び101戸の借家世帯（98借り住居世帯及び3借り店舗世帯）の計274世帯及び28の賃金労働世帯がプロジェクトによる影響を受ける。移転人数は、972人で移転を伴わない損失影響人数は、41人で総計1013人に影響する。

上記影響を緩和するために、現地法制度とJICAガイドラインの間の差異を解消させた住民移転行動計画書が準備された。

住民移転行動計画書は、「バ」国からの承認を得るためにRHDに提出され、2012年11月28日にMOCより承認された。

目 次

位置図

第2カチプール橋完成予想図

第2メグナ橋完成予想図

第2グムティ橋完成予想図

プロジェクトの概要

調査の概要

目次

図表目次

1. 調査の背景と目的.....	1-1
1.1 調査の背景・経緯.....	1-1
1.2 調査の目的.....	1-2
1.3 調査対象地域.....	1-2
1.4 関連開発計画.....	1-4
2. プロジェクトサイト状況調査.....	2-1
2.1 自然条件調査.....	2-1
2.2 交通量調査.....	2-9
2.3 現況の船舶交通量調査.....	2-9
2.4 構造物の詳細調査.....	2-10
2.5 基礎環境調査.....	2-12
3. 交通需要予測.....	3-1
3.1 予測方法.....	3-1
3.2 経済・交通指標.....	3-1
3.3 交通需要予測.....	3-2
3.4 必要車線数.....	3-2
4. 最適ルートを選定.....	4-1
4.1 比較案の立案と最適ルートを選定.....	4-1
4.2 カチプール交差点改良案.....	4-5
5. 水理・水文解析.....	5-1
5.1 水文解析.....	5-1
5.2 設計水位の算定.....	5-2
5.3 橋脚廻りの局所洗掘量の推定.....	5-4
6. 設計基準.....	6-1
6.1 道路設計基準.....	6-1

6.2	橋梁設計基準.....	6-3
7.	新橋の橋梁形式検討.....	7-1
7.1	橋梁形式選定の手順.....	7-1
7.2	橋梁形式選定のための前提条件.....	7-1
7.3	基礎形式の選定.....	7-1
7.4	比較橋梁形式の選定.....	7-3
7.5	第2カチプール橋、第2メグナ橋及び第2グムティ橋の橋梁形式選定.....	7-4
8.	既設橋の改修.....	8-1
8.1	現在の状況.....	8-1
8.2	補修・補強工事の範囲.....	8-1
8.3	適用荷重.....	8-1
8.4	カチプール橋.....	8-2
8.5	メグナ橋.....	8-5
8.6	グムティ橋.....	8-9
8.7	メグナ橋、グムティ橋の損傷に対する考察.....	8-9
9.	概略設計.....	9-1
9.1	道路設計.....	9-1
9.2	新設橋の概略設計.....	9-5
9.3	既存橋の改修概略設計.....	9-15
10.	施工計画及び概算事業費.....	10-1
10.1	施工計画.....	10-1
10.2	概算事業費.....	10-4
11.	維持管理・運営計画.....	11-1
11.1	バングラデッシュ国道路、橋梁の現状.....	11-1
11.2	運輸省（Ministry of Communication, MOC）.....	11-1
11.3	RHD.....	11-2
11.4	道路建設・維持管理の予算状況.....	11-2
11.5	維持管理・運営計画.....	11-4
11.6	効果的な維持管理、運営への提案.....	11-4
12.	プロジェクト実施計画.....	12-1
12.1	実施計画.....	12-1
12.2	プロジェクトの実施体制.....	12-3
12.3	契約パッケージおよび調達.....	12-4
12.4	その他コンサルタントの活動.....	12-5
13.	経済・財務分析.....	13-1
13.1	経済分析.....	13-1
13.2	財務分析.....	13-3

13.3	運用・効果指標.....	13-5
14.	環境と社会への配慮.....	14-1
14.1	EIA(環境影響評価).....	14-1
14.2	住民移転行動計画書 (Resettlement Action Plan, RAP)	14-5
15.	気候変動に関する考慮.....	15-1
15.1	脆弱性の評価.....	15-1
15.2	基本的な考え方.....	15-1
15.3	このプロジェクトで採用した気候変動のデータ	15-1
15.4	気候変動への対策.....	15-2

図 表 目 次

【図 目次】

図 2.1.1	平均降雨量.....	2-1
図 2.1.2	平均気温.....	2-1
図 2.1.3	メグナ川・グムティ川の流路変遷（1997年→2006年）.....	2-3
図 2.1.4	横断測量観測機器.....	2-4
図 2.2.1	調査位置.....	2-9
図 4.2.1	カチプール交差点改良案.....	4-5
図 5.1.1	メグナ橋、グムティ橋地点における 1/100年確率流量と流域面積との関係.....	5-2
図 5.3.1	メグナ川における平均河床高の経年変化.....	5-4
図 5.3.2	メグナ川架橋地点周辺の横断形状の経年変化.....	5-5
図 5.3.3	メグナ川 横断測量ライン位置図.....	5-6
図 5.3.4	カチプール橋における予想最深河床高包絡線.....	5-7
図 5.3.5	メグナ橋における予想最深河床高包絡線.....	5-7
図 5.3.6	グムティ橋における予想最深河床高包絡線.....	5-7
図 6.1.1	カチプール橋 標準横断図.....	6-1
図 6.1.2	メグナ橋 標準横断図.....	6-2
図 6.1.3	グムティ橋 標準横断図.....	6-2
図 6.2.1	設計応答スペクトル.....	6-5
図 6.2.2	地震地域マップ（BNBC）.....	6-5
図 7.5.1	第2カチプール橋 橋梁概要.....	7-7
図 7.5.2	第2メグナ橋 橋梁概要.....	7-9
図 7.5.3	第2グムティ橋 橋梁概要.....	7-11
図 8.5.1	メグナ橋の連続化案.....	8-5
図 8.5.2	ヒンジ構造.....	8-6
図 8.6.1	グムティ橋の連続化案.....	8-9
図 9.2.1	カチプール橋の設計洗掘深.....	9-5
図 9.2.3	メグナ橋の設計洗掘深.....	9-8
図 9.2.5	グムティ橋の設計洗掘深.....	9-11
図 11.4.1	国家の全歳入の傾向.....	11-2
図 11.4.2	RHD 予算の推移.....	11-3
図 11.4.3	メグナ及びグムティ橋の年間料金収入の推移.....	11-3
図 12.2.1	第1段階 PIU.....	12-3
図 12.2.2	第2段階 PIU.....	12-4
図 13.2.1	料金レベルと FIRR の関係.....	13-5

【表 目次】

表 1.3.1	国道1号線沿線地域における現在の市場価格でのGDP成長率の推移	1-4
表 2.1.1	年最大流量観測値 (単位: m ³ /s)	2-2
表 2.1.2	年最高水位観測値 (単位: PWD.m)	2-2
表 2.1.3	年最低水位観測値 (単位: PWD.m)	2-2
表 2.1.4	横断流速/平均流速観測結果	2-4
表 2.2.1	各橋での平均日交通量 (2012.2)	2-9
表 2.3.1	船舶交通調査結果	2-9
表 2.4.1	損傷の点検結果 (構造物)	2-10
表 2.4.2	損傷の点検結果 (付属物)	2-11
表 3.2.1	登録車両台数の推移	3-1
表 3.2.2	GDPの推移 (1995-1996時点)	3-1
表 3.2.3	弾性値	3-2
表 3.2.4	交通需要の成長率	3-2
表 3.2.5	各プロジェクトの成長率比較	3-2
表 3.3.1	将来日交通量 (カチプール橋)	3-2
表 3.3.2	将来日交通量 (メグナ橋、グムティ橋)	3-2
表 3.4.1	必要車線数 (カチプール橋)	3-3
表 3.4.2	必要車線数 (メグナ橋、グムティ橋)	3-3
表 4.1.1	新橋の比較ルート案	4-1
表 5.1.1	バイラバザール地点における1/100年確率流量推定値	5-1
表 5.1.2	バイラバザール地点流域面積および残流域面積	5-1
表 5.1.3	カチプール橋地点における1/100年確率流量	5-2
表 5.2.1	水理解析における境界条件表 (100年確率)	5-3
表 5.2.2	3橋梁の設計水量、設計水位及び観測水位	5-3
表 6.2.1	各橋梁の航路幅及び高さ	6-3
表 6.2.2	橋梁材料の重量	6-3
表 6.2.3	河川条件	6-6
表 6.2.4	新橋・補修工事における各鋼材の降伏点応力度及び引張強度	6-7
表 6.2.5	既存橋における各鋼材の降伏点応力度及び引張強度	6-7
表 7.3.1	橋脚 P8 (第2メグナ橋) 下部工の選定	7-2
表 7.4.1	適用可能な橋梁形式	7-3
表 7.5.1	評価項目及び評価基準	7-4
表 8.2.1	各橋の補修・補強項目と対象	8-1
表 8.4.1	床版補強方法の比較	8-2
表 8.4.2	橋脚の補強方法の比較	8-3
表 8.4.3	第2カチプール橋の基礎工比較表	8-4
表 8.5.1	ヒンジ補修の比較	8-6
表 8.5.2	橋脚補強の比較	8-6
表 8.5.3	第2メグナ橋の基礎工比較表 (洗掘深が浅い場合)	8-7

表 8.5.4	第2メグナ橋の基礎工比較表（洗掘深が中間の場合）	8-8
表 9.1.1	取付幾何構造概要	9-1
表 9.1.2	舗装設計	9-1
表 9.2.1	第2カチプール橋 概略設計総括表	9-6
表 9.2.2	第2メグナ橋 概略設計総括表	9-9
表 9.2.3	第2 Gumティ橋 概略設計総括表	9-12
表 9.3.1	既存のカチプール橋 改修概略設計総括表	9-15
表 9.3.2	既存のメグナ橋 改修概略設計総括表	9-16
表 9.3.3	既存の Gumティ橋 改修概略設計総括表	9-17
表 10.2.1	プロジェクト費用の見積もり	10-5
表 11.1.1	「バ」国の道路種別	11-1
表 11.1.2	道路局管轄道路における橋梁数	11-1
表 11.3.1	RHDの管轄する道路網の状況	11-2
表 11.4.1	維持管理要求額	11-3
表 11.5.1	運営および維持管理費用	11-4
表 12.3.1	工事パッケージ検討	12-5
表 13.1.1	橋梁事業有無のケースと橋梁区間・道路区間の車線数	13-1
表 13.1.2	プラン1及び2の交通需要予測	13-2
表 13.1.3	経済便益の算定結果(プラン1)	13-2
表 13.1.4	経済便益の算定結果(プラン2)	13-3
表 13.1.5	3橋梁事業の経済分析結果	13-3
表 13.2.1	カチプール橋、メグナ橋及び Gumティ橋個別（ケース1）の財務分析結果	13-5
表 13.2.2	ケース2及び3の財務分析結果	13-5
表 13.3.1	本事業の運用指標（プラン1及び2）	13-6
表 13.3.2	本事業（3橋）の運用指標（プラン1及び2）	13-6
表 13.3.3	対象道路区間の効果指標（プラン1）	13-7
表 13.3.4	橋梁区間の効果指標（プラン1）	13-7
表 13.3.5	対象道路区間の効果指標（プラン2）	13-7
表 13.3.6	対象道路区間の効果指標（プラン2）	13-8
表 14.1.1	環境影響評価の結果	14-2
表 14.1.2	環境管理計画(工事前)の概要	14-2
表 14.1.3	環境管理計画(工事中)の概要	14-3
表 14.1.4	環境管理計画(供用時)の概要	14-5
表 14.2.1	住民移転計画の数量	14-6
表 15.3.1	気候変動の橋への影響	15-1
表 15.4.1	設計段階での対策の必要性の有無	15-2
表 15.4.2	運用段階での対策	15-2

1. 調査の背景と目的

1.1 調査の背景・経緯

バングラデシュ国(以下「バ」国)では、2000年代において年率6%前後のGDP成長率を維持する堅調な経済発展に伴い、1975年から2005年までの過去30年間で貨物取扱量が約8倍にまで拡大し、近年ではGDP成長率と並ぶ6~7%のペースで増加しており、旅客輸送量も同期間中に約6.5倍に増加するなど、貨物量・旅客数ともに堅調な拡大を続けている。「バ」国の主要運輸交通モードには、内陸水運、鉄道、道路があるが、旅客・貨物双方において道路利用に対する集中が進んでいる。

ダッカ首都圏と主要都市間を結ぶ基幹道路上の交通容量が、年々増加する交通量に追いつかず、こうした物流ルートのボトルネック解消が喫緊の課題となっている。他方、政府の維持管理能力の低さ等から、道路・橋梁の損傷が進行しており、交通に支障をきたす点も大きな課題となっている。さらには、1993年に橋梁の設計基準として「Bangladesh National Building Code (BNBC)」が制定され、「バ」国内の耐震基準が引き上げられたものの、既設の橋梁は国内の耐震基準を満たしておらずその改修・補強も喫緊の課題となっている。

「バ」国では、今後20年間の交通需要の伸びに対応するための最も必要な事業の一つとして、国道1号線の強化を具体的に挙げており、2008年以降全区間において4車線化を進めている。しかし、橋梁部については資金の目処が立たず、通行容量の拡大が進んでいないため通行のボトルネックになっており、さらには通行車両による損傷が進行し未だ耐震基準を満たしていない既存橋を走行している状況が続いている。

これらの状況を受け、「バ」国政府は、我が国政府に国道1号線上のカチプール橋、メグナ橋及びグムティ橋に対する改修・補強、ならびに第2カチプール橋、第2メグナ橋及び第2グムティ橋の新設に係る調査を要請した。JICAは我が国政府の指示により2011年11月調査団を「バ」国へ派遣した。

1.1.1 既存橋の補修・補強の必要性

カチプール橋、メグナ橋及びグムティ橋は、それぞれ1977年、1991年及び1995年に建設された。

(1) 既存橋の状況

カチプール橋では伸縮装置が損傷している。メグナ橋及びグムティ橋は、それぞれ11径間PC箱桁有ヒンジラーメン橋及び17径間PC箱桁有ヒンジラーメン橋である。ヒンジ部の道路面には伸縮装置が設置されている。メグナ橋とグムティ橋ではヒンジと伸縮装置の損傷が著しい。損傷の主要原因は過積載車の走行によるもので、ヒンジ部のゴム支承と伸縮装置が損傷を受け、損傷が過積載車通行による衝撃を増幅させ、さらに伸縮装置及びヒンジ部の損傷を進行させたと考えられる。

これらのほかに若干のクラックが観察されたが、これらは経年によるものである。

これら3橋の耐震設計は設計水平震度0.05で実施されていたが、2006年にBNBCにおいて0.15に修正された。

また、メグナ橋では河床が設計値の-20.7mが-22.8mまで低下していることが確認された。

(2) 補修・補強の計画

メグナ橋及びグムティ橋の上部構造は損傷を受け易い伸縮装置及びヒンジを無くして桁を連続化する補修・補強を計画した。橋脚及び基礎については洗掘により河床が低下していることを考慮して新しい耐震設計基準で補修・補強計画を策定した。

1.1.2 増加する交通量への対応

2012年で、カチプール橋、メグナ橋及びグムティ橋で年平均交通量がそれぞれ約75,000PCU及び約65,000PCUで交通容量をそれぞれ10%、60%超過している。さらに、2025年には100%及び200%超過することが予想される。

1.2 調査の目的

本事業は、ダッカからチッタゴンまでの国道1号線上に位置するカチプール橋、メグナ橋及びグムティ橋の区間に第二橋として3橋の新設及び3既存橋の改修及び耐震補強を行うことによって、交通ネットワークの改善を通じた輸送能力の強化と効率化を図り、「バ」国経済全体の活性化に寄与する。

本調査は、上記の経緯を踏まえ、当該事業の目的、概要、事業費、事業実施体制、運営・維持管理体制、環境及び社会面の配慮等、我が国円借款事業として実施するための審査に必要な調査を行うことを目的とする。

1.3 調査対象地域

調査対象地域は、国道1号線上のカチプール橋、メグナ橋及びグムティ橋とする。3橋の位置及び周辺の状態を図1.3.1に示す。

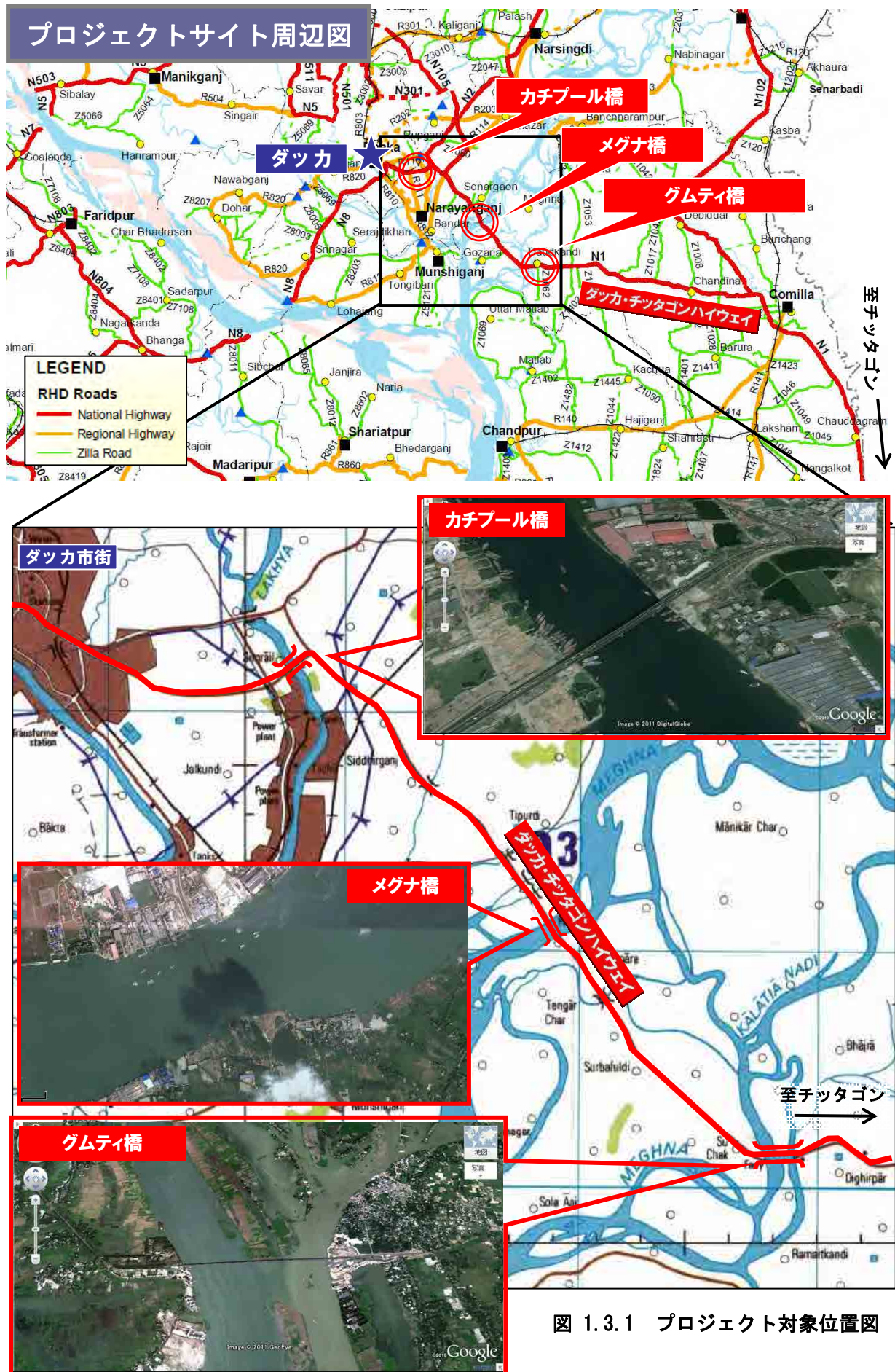


表 1.3.1 は、国道1号線沿線地域の経済力が「バ」国全体で占める割合を GDP の割合で示したもので、ダッカからチッタゴン、コックスバザールまでの沿線7地域の合計 GDP は全国の約1/3を担う重要な地域であることが明らかとなった。

表 1.3.1 国道1号線沿線地域における現在の市場価格での GDP 成長率の推移

Areas	1995-96				2005-06				Average change p.a.
	Agriculture	Industry	Service	Total	Agriculture	Industry	Service	total	
Dhaka	62	2,348	3,304	5,714	82	4,103	5,311	9,496	6.6%
Narayanganj	48	503	546	1,097	62	848	841	1,751	6.0%
Munshiganj	74	78	173	325	70	134	262	466	4.3%
Comilla	362	239	544	1,145	410	338	887	1,635	4.3%
Feni	85	61	141	287	99	95	235	429	4.9%
Chittagong	357	1,061	1,637	3,055	421	1,861	2,581	4,871	5.9%
Cox's bazar	214	117	234	565	233	203	383	819	4.5%
Bangladesh	9,355	9,717	19,321	38,393	11,014	16,674	31,356	59,044	5.4%
Contribution to National economy	13%	45%	34%	32%	13%	46%	33%	33%	-

Unit: million US\$

出典: Center for Policy Dialogue (CPD) report on Growth, Income, Inequality and Poverty (2008)

1.4 関連開発計画

1.4.1 関連道路計画

(1) ジャトラバリ～カチプール間道路の8車線化計画

国道1号線のダッカ市内ジャトラバリからカチプール間9kmを渋滞対策のために2011年1月から8車線化事業を開始、2013年6月完成を目標に運輸省国道・道路部 (Ministry of Communication, Roads and Highways Department, RHD) が事業を進めている。2012年7月時点で進捗率は10%である。

(2) ダッカ～チッタゴン間道路の4車線化計画

ダッカからグムティ橋の手前までの道路区間は4車線化が完了している。グムティ橋のチッタゴン側のダウカンディからチッタゴンまでの198kmの4車線化事業がRHDによって2006年から開始され、2013年末完成を目標としている。10工区に分割された事業は2012年7月時点で進捗率は約20%である。

(3) ダッカ～チッタゴン間道路の6車線化計画

第6次5カ年計画 (2011～2015) でダッカ～チッタゴン間の6車線化が述べられているが、現時点では計画の段階である。

(4) ダッカ～チッタゴン間のPPPによる高速道路計画

ダッカ～チッタゴン間道路の重要性に鑑み、「バ」国政府はPPPによる4車線高速道路計画の検討を2006年に一度行っており、再度2015年9月までに当該路線の可能性調査から詳細設計実施予定である。2012年4月からコンサルタント選定手続きを進めている。

1.4.2 関連開発計画

(1) 輸出加工区 (Export Processing Zone, EPZ) の開発

「バ」国は、地域加工産業を集約、育成して輸出を促進する輸出加工区 (EPZ) を 1983 年に設置、全国 8 箇所のうち国道 1 号線沿いには、ダッカ、アダムジェ、コミラ、チッタゴン及びカルナプリの 5 箇所の EPZ がある。表 1.4.1 は、各 EPZ の 1983 年からの累計を示す。輸出額においては、チッタゴンが半分以上を占め、ダッカと合わせると 90%以上を担っている。

(2) 大水深港湾計画

現時点における「バ」国の輸出入の主要港湾であるチッタゴン港は狭く、水深が浅いため、に港湾としての機能の限界にある。2009 年に「バ」国は独自予算でコックスバザールでの大水深港湾の可能性調査を行った。すでに、6 社のコンサルタントが一次選定され、コンサルタント調達の手続きが進められている。

(3) ダッカ～チッタゴン間鉄道の複線化計画

ダッカ～チッタゴン間鉄道 327km のうち 213km は単線で運行されている。この区間を、第 1 区間 (トンギ～バイラブバザール 64km)、第 2 区間 (アクハウラ～ラクサム、71km) 及び第 3 区間 (ラクサム～チンキアスタナ、61km) に分割され、第 1 区間は ADB の支援のもと 2015 年完成予定で事業が進められている。第 2 区間も ADB 支援で調査が進められる予定である。第 3 区間は JICA 支援で 2015 年完成予定である。

2. プロジェクトサイト状況調査

2.1 自然条件調査

2.1.1 気象・水理調査

(1) 降雨量

以下に、Dhaka および Comilla 観測所における月別降雨記録を示す。各月の値は2000年から2009年の間の平均値である。この間の年間総降雨量は2000～2500mm前後である。

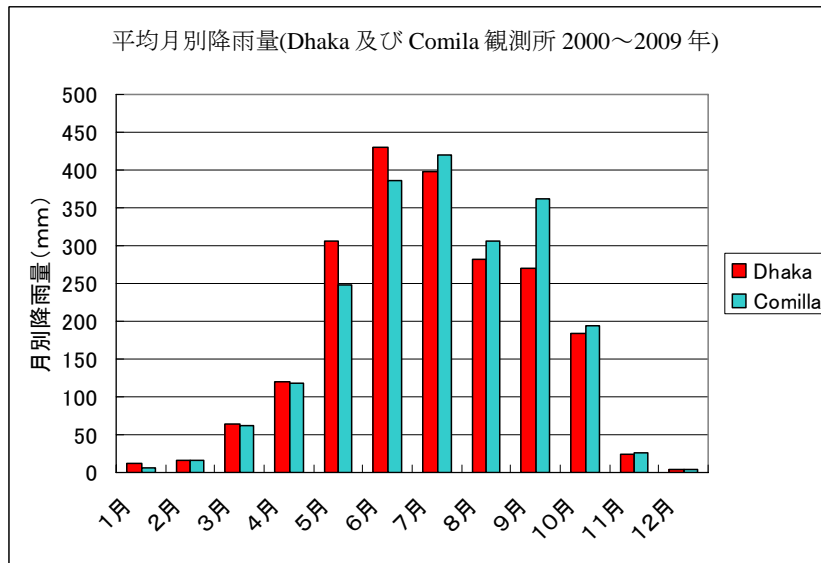


図 2.1.1 平均降雨量

(2) 気温

以下に、Dhaka および Comilla 観測所における月別の最高、最低および平均気温記録を示す。各月の最高および最低は1999年から2008年の間におけるそれぞれ最高および最低値を示し、平均は、同期間における平均値である。

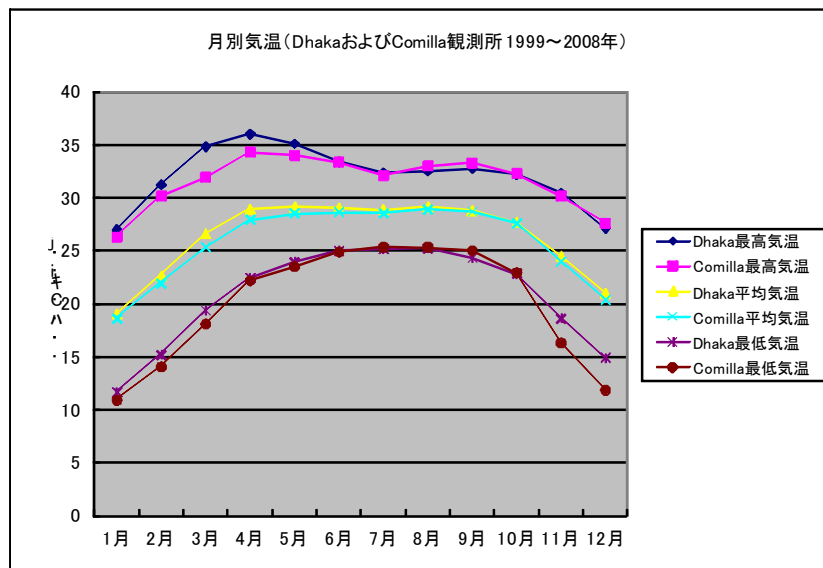


図 2.1.2 平均気温

(3) 水文・水理調査

雨季（出水期）の河川流況および3橋の既存橋脚・新設橋脚周辺の局所洗掘量を予測するには、ラキヤ川（カチプール橋）、メグナ川（メグナ橋）、グムティ川（グムティ橋）周辺の水理資料を収集し、水理特性を把握する必要がある。そのためバングラデシュ水管理委員会（Bangladesh Water Development Board, BWDB）を通じて既存の観測資料・横断測量資料等を収集し、水理量推定の基本条件として整理した。

1) 水文資料収集・整理

対象3河川の過去の流量・水位資料として、1960年代から最新（2011年）までの資料を収集した。下表は各観測地点の年最大流量・年最高水位・年最低水位を整理したものである。年最大流量・年最高水位は設計対象洪水算定の基礎資料として用いた。また年最低水位は渇水期の船舶航行の可能性等の評価に用いた。

表 2.1.1 年最大流量観測値（単位：m³/s）

河川	メグナ川	ラキヤ川	ラキヤ川支流のバル川
観測所	Bhairab Bazar	Demra	Demra
最大値	19,900	2,742	744
最小値	7,375	657	88
平均値	12,936	1,784	389

表 2.1.2 年最高水位観測値（単位：PWD.m）

河川	メグナ川	グムティ川	ラキヤ川
観測所	Meghna Ferryghat	Daudkandi	Demra
最高値	6.76	6.77	7.11
最低値	3.50	4.40	5.07
平均値	5.50	5.55	5.82

表 2.1.3 年最低水位観測値（単位：PWD.m）

河川	メグナ川	グムティ川	ラキヤ川
観測所	Meghna Ferryghat	Daudkandi	Demra
最高値	1.61	3.14	1.56
最低値	0.20	0.22	0.48
平均値	0.85	1.09	0.86

ここでPWDは平均海水面高さ

2) 河道地形資料収集・整理

過去の河道地形変遷を把握するため、BWDBによる定期横断測量成果および2010年にメグナ橋・グムティ橋の補強対策検討時の横断測量成果を収集・整理した。

BWDBによる横断測量は、縦断方向約6kmピッチで測量されており、かつ横断測線位置も一定ではないため、横断地形の経年変化把握に用いることは難しいが、縦断的な変化把握には活用できるものであった。一方、2010年の補強対策検討時の横断測量は、メグナ橋・グムティ橋の上下流1kmの範囲（合計2km）を20mピッチで測量されたものであり、現状のメグナ橋・グムティ橋周辺の河床高状況把握に活用した。

3) 聞き取り調査

3橋周辺の河川地形の変遷、および出水期の橋梁廻りの状況を把握するため、3橋周辺の地元住民に聞き取り調査を行った。聞き取り調査により、主要出水時には各橋梁の橋台付近まで水位上昇すること、河岸位置等の河川地形は見た目にはあまり変化が無いこと等の実態を把握した。

4) 衛星写真による河道地形変遷調査

3 橋のうち、メグナ橋とグムティ橋の位置するメグナ川、グムティ川は雨季・乾季の河川流量に応じて河川流路、河岸位置が大きく変化することが知られていることから、衛星写真（ランドサット写真）を元に近年の10年程度の間隔での流路変遷を整理した。なお、ラキヤ川は大きな流路変遷が生じないことから検討対象外とした。

航空写真から読み取った流路変遷（図 2.1.3）によると、メグナ川とグムティ川は雨季の出水規模に応じて流路が変遷する様子が見受けられる。図中の1989年は近年でも大規模な出水が生じており（上流約50kmのバイラブバザール地点で15,500m³/s）、ある程度の規模の出水以上になるとメグナ川の流路では洪水を流下できず、メグナ川流路の左岸側から溢水してグムティ川方向に分流する様子が見受けられる。

メグナ橋、グムティ橋の設計流量の設定においては、流量観測が行われている上流のバイラブバザール地点での観測流量が2橋の架橋地点に到達するまでにどのように分派するかを把握することが重要であるが、現実問題として既存資料によりこれを把握することは困難である。

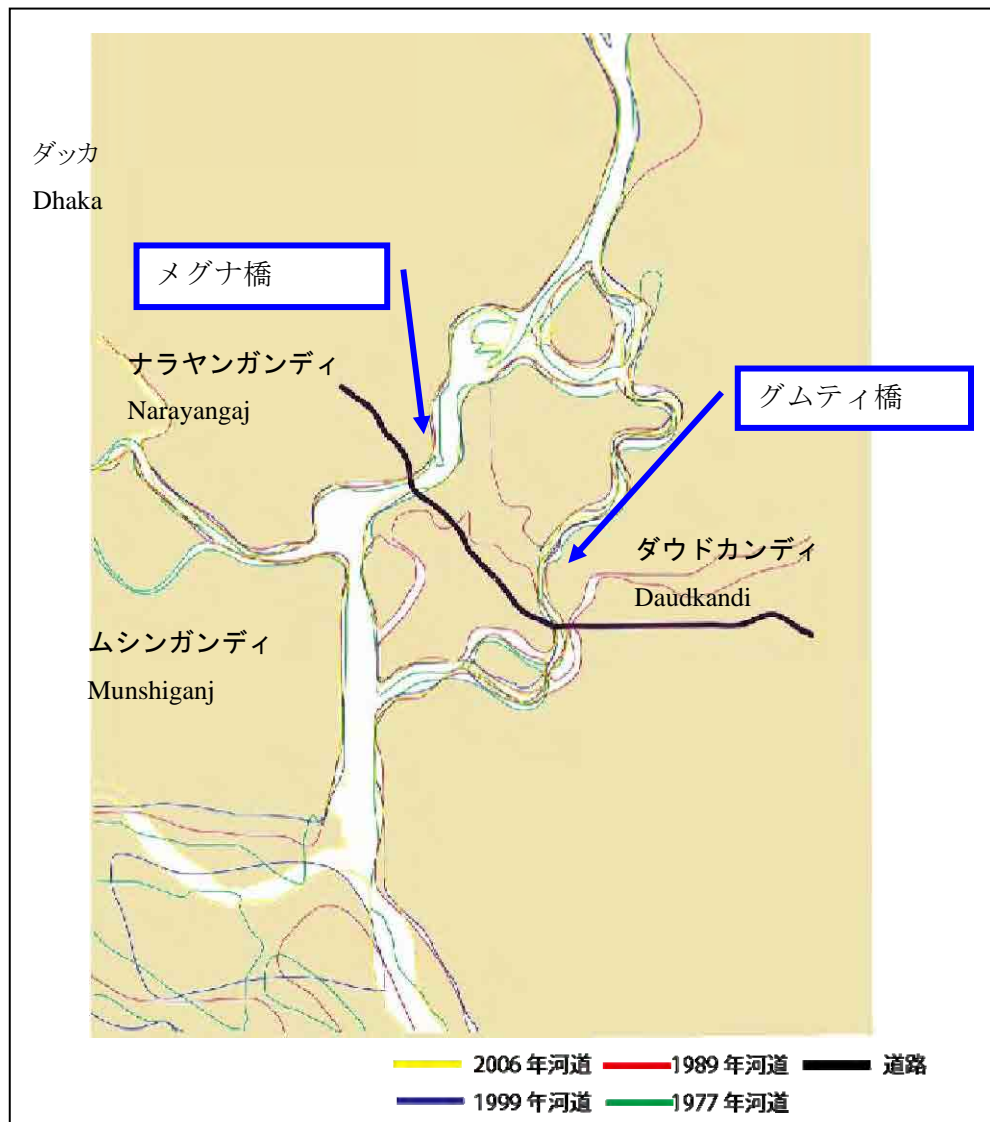


図 2.1.3 メグナ川・グムティ川の流路変遷（1997年→2006年）

5) 河床材料調査

橋脚周辺の河床洗掘量を推定するため、河床材料粒径調査記録を整理した。1997年のJICAによる調査(バングラデシュ国 メグナ橋護岸改修計画基本設計調査-平成9年5月)の結果によると、河床材料はほぼ均一な砂とシルトで構成されており、粘土分はほとんど含まれておらず粘着性も見られないと報告されている。また河床材料の平均粒径は0.167mm程度である。

(4) 河川横断測量調査

BWDBによる横断測量成果は、縦断距離ピッチが6kmと粗いことと、2010年度の応急対策検討時の横断測量成果はメグナ橋・Gumティ橋上下流1kmの範囲に限定されており、数値シミュレーションモデルの構築には不十分であった。

本調査において、数値シミュレーションモデル等に反映するものとするため、3橋周辺の最新の河道地形を把握するため横断測量を実施した。

河川横断測量は、2012年の乾季(1月~3月)に、船上からの音響探査により行った。

- ・水面下の測量：音響探査機器による調査
- ・陸上部の測量：レベルによる水準測量



音響測深器：Echotrac DF3200 MKII

GPS装置：Odom Hydrographical Systems Inc.

図 2.1.4 横断測量観測機器

(5) 河川流量調査

雨季の3橋周辺の流速・水位・流量等水理条件の把握と、数値シミュレーションモデル結果との比較による妥当性評価を行うため、3橋梁付近で流速観測調査を2012年7月30日に実施した。

観測結果によると、メグナ川とGumティ川の流量配分比は10:1程度であった。図2.1.3の流路変遷によると、バイラブバザール地点流量15,500m³/s程度(1989年洪水実績)の場合にはメグナ橋上流の湾曲部左岸側から洪水流が氾濫しGumティ橋方向に流下することから、観測時の流量(メグナ橋+Gumティ橋=12,700m³/s)より大きな洪水流量時にはメグナ橋とGumティ橋の流量比率が変化し、よりGumティ橋側の流量が増加するものと想定される。

表 2.1.4 横断流速/平均流速観測結果

	単位	カチプール橋	メグナ橋	Gumティ橋
水位	M. S. L	3.96	3.72	3.69
流量	m ³ /s	1248.4	11637.0	1063.5
流下断面積	m ²	2267.5	13245.9	7416.0
平均流速	m/s	0.554	0.892	0.143

2.1.2 地質調査

(1) 地質調査の項目

地質調査は下記の4項目について実施した。

- ・ボーリング調査
- ・標準貫入試験
- ・孔内水平載荷試験
- ・室内試験（密度試験、粒度試験、含水比試験、液塑性限界試験、一軸圧縮試験）
- ・CBR試験

(2) ボーリング調査の概要

ボーリング調査位置はカチプール橋では、既存橋の中心線より15m下流位置で、すべての橋脚および橋台位置（計9本）で実施した。

メグナ橋では、既存橋の中心線より255m上流位置で、すべての橋脚および橋台に相当する位置（計14本）で実施した。新橋のルートは既存橋直近の上流側となったが、ボーリング調査実施時点では用地の問題から、新橋のルートが既存橋より255m上流にある旧フェリールートが濃厚であったため、このルート沿いに調査を行った。

グムティ橋では、既存橋の中心線より12m下流位置において、すべての橋脚および橋台位置（計18本）で実施した。

(3) 調査結果概要

1) カチプール橋

N値が10程度の粘土層(Ac)およびシルト層(Am)が地表から10mまで存在する。その下層に、N値が15程度の砂層(As)が10m程度存在し、N値が20程度の粘土層(Dc1)が15m程度存在する。その下層に、N値50以上のシルト層(Dm2)および砂層(Ds2)が存在する。Dm2およびDs2は本橋の支持層となり、地表面から20~35m程度の深さに存在する。（図2.1.5参照）

2) メグナ橋

N値が10~30程度の砂層(As)が地表から20mまで存在する。その下層に、N値が5程度の粘土層(Ac)が10m程度存在し、N値が20程度の粘土層(Dc)が5m程度存在する。その下層にN値50以上の砂層(Ds2)が存在する。Ds2は本橋の支持層となり、地表面から20~45mの深さに存在する。（図2.1.6参照）

3) グムティ橋

N値が10~30程度の砂層(As)が地表から25mまで存在する。その下層に、N値が15程度の粘土層(Dc)とN値が15程度のシルト層(Dm)が35m存在する。その下層にN値50以上の砂層(Ds2)が存在する。Ds2は本橋の支持層となり、地表面から60~75mの深さに存在する。（図2.1.7参照）

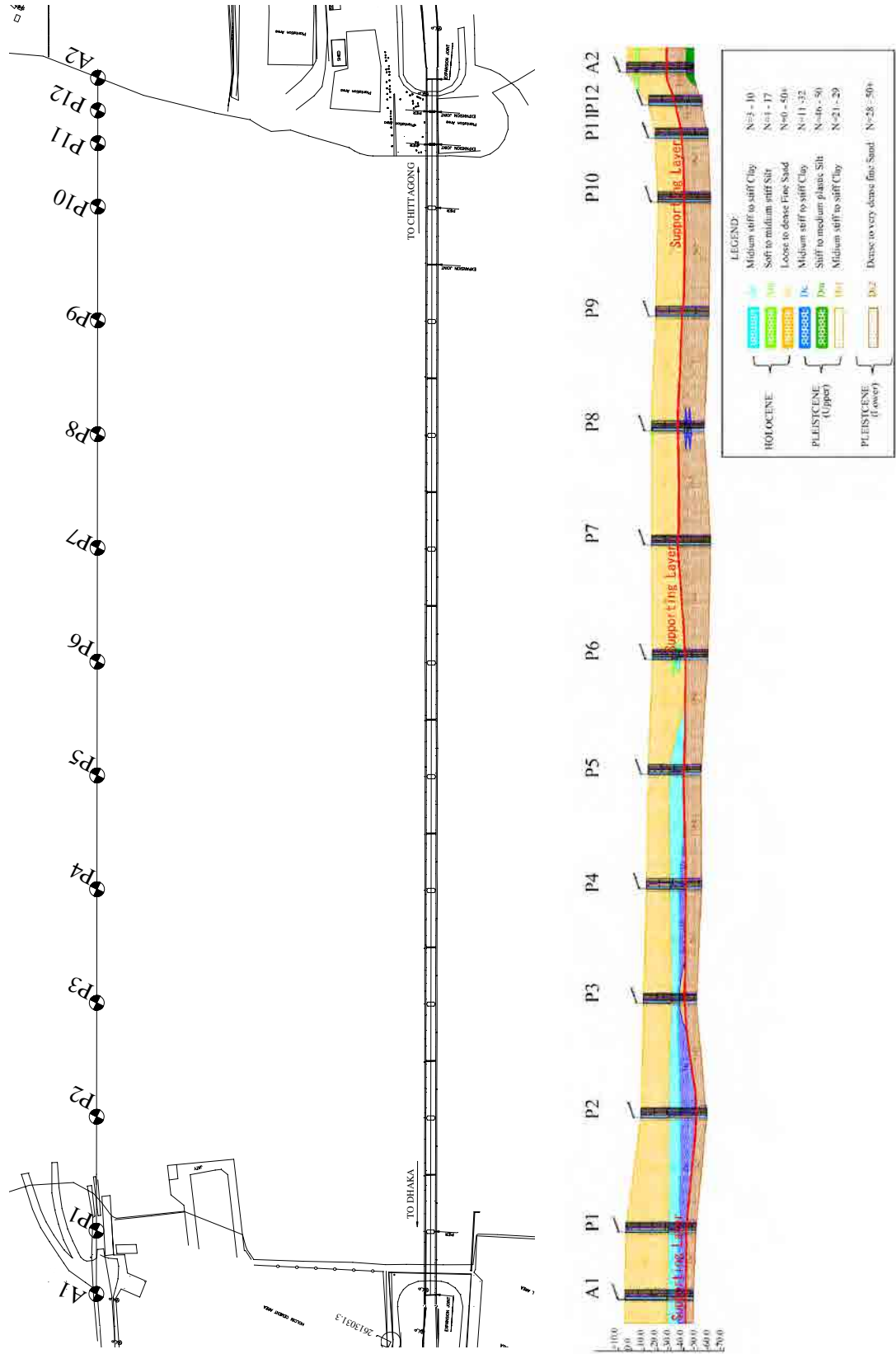


図 2.1.6 メグナ橋ボーリング調査位置および地質縦断面図

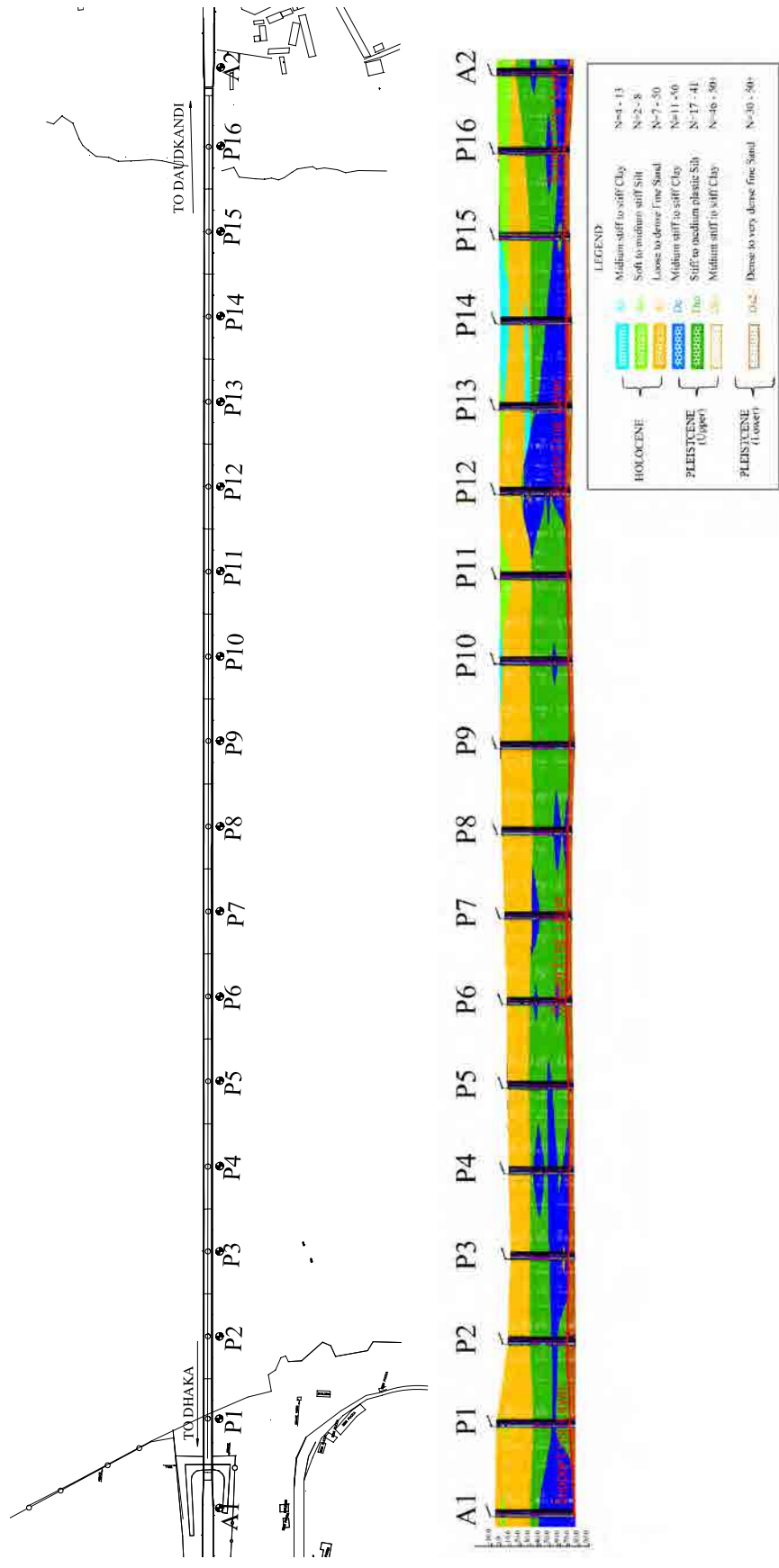


図 2.1.7 Gumティ橋ボーリング調査位置および地質縦断面図

2.2 交通量調査

交通需要予測の基本データ収集を目的として、2012年2月に、国道1号線及び接続道路部で交通量、OD、交差点交通量、速度調査を行った。各調査の位置を図2.2.1に示す。表2.2.1に調査結果（平均日交通量）を示す。カチプール橋は34,453台/日（76,872PCU/日）、メグナ橋、グムティ橋は27,578台/日（65,147PCU/日）であった。



図 2.2.1 調査位置

表 2.2.1 各橋での平均日交通量 (2012.2)

〈台数ベース〉 単位：台/日

	大型トラック	中型トラック	小型トラック	大型バス	ミニバス	マイクロバス	実用車	乗用車/タクシー	小型/三輪タクシー	オートバイ	合計
カチプール橋	4,974	3,417	2,349	4,958	3,766	2,559	2,690	3,237	5,472	1,031	34,453
メグナ橋、グムティ橋	3,337	4,944	1,797	4,138	1,986	2,929	2,740	2,937	2,509	260	27,578

出典：JICA調査団

〈PCUベース〉 単位：PCU/日

	大型トラック	中型トラック	小型トラック	大型バス	ミニバス	マイクロバス	実用車	乗用車/タクシー	小型/三輪タクシー	オートバイ	合計
カチプール橋	14,921	10,252	7,046	14,875	11,297	7,676	2,690	3,237	4,104	773	76,872
メグナ橋、グムティ橋	10,012	14,831	5,392	12,413	5,958	8,786	2,740	2,937	1,882	195	65,147

出典：JICA調査団

2.3 現況の船舶交通量調査

現況の船舶交通量を把握することは、施工計画立案上重要である。調査は、平均的な船舶交通量を把握するために、平日の朝7時～夕方6時とした。調査項目は、カチプール橋、メグナ橋及びグムティ橋とも上下線側それぞれ250mとした。調査結果を表2.3.1に示す。

表 2.3.1 船舶交通調査結果

		船舶交通の頻度
カチプール橋	(ラキヤ川)	1日の平均として概ね2分に1隻
メグナ橋	(メグナ川)	1日の平均として概ね1分に1隻
グムティ橋 (グムティ川)	ダッカ側	1日の平均として概ね4分に1隻
	チッタゴン側	1日の平均として概ね3分に1隻

出典：JICA調査団

2.4 構造物の詳細調査





2.4.1 目視点検

目視点検の結果を表 2.4.1 に示す。

表 2.4.1 損傷の点検結果（構造物）

項目	カチプール橋	メグナ橋	グムティ橋
下部工	<p>A1 橋台および A2 橋台において 0.2mm 以上のひび割れが発見され、A1 橋台については漏水が確認された。P2 および P3 橋脚は鉄筋露出が確認された。</p> <p>A1 橋台</p>  <p>ひび割れおよび漏水</p>	<p>P3, 6, 8, 9, 10, 11 橋脚および A2 橋台において 0.2mm 以上のひび割れが発見された。小さなコンクリートの損傷が P3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12 橋脚で発見されたが鉄筋の損傷は見られなかった。</p> <p>P3 橋脚</p>  	<p>P1 橋脚で 0.2mm 以下のひび割れが発見された。P2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16 橋脚で 0.2mm 以上のひび割れが発見され、P14, 16 橋脚では漏水も確認された。小さなコンクリートの損傷が P1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16 橋脚で発見されたが鉄筋の損傷は見られなかった。</p> <p>P14 橋脚</p>  
主桁及び横桁	<p>ひび割れは見られなかった。</p>	<p>P12 橋脚から A2 橋台の間で鉄筋露出が見られた。</p> <p>P12 橋脚から A2 橋台</p> 	<p>P5 から P7、P10 橋脚間で漏水が見られた。</p> <p>P5～P6 橋脚間の状況</p> 
床版	<p>ひび割れは見られなかった。</p>	<p>P12 橋脚から A2 橋台間で遊離石灰が見られた。</p>	<p>ひび割れは見られなかった。</p>
状態	通常の経年劣化したの他の橋梁と同様		
悪化の原因	経年劣化		

表 2.4.2 損傷の点検結果（付属物）

項目	カチプール橋	メグナ橋	グムティ橋
伸縮装置	アスファルトによる応急補修 	欠落したゴム伸縮装置を応急補修 	欠落した伸縮装置 
ヒンジ		PTFE 支承版の損傷 	
状態	損傷は、道路走行に重大な支障を与える状態		
悪化の原因	過積載車両の通行と維持管理不足		

2.4.2 カチプール橋調査

(1) 寸法計測

カチプール橋は竣工時の図面が残っていなかったため、高精度測量システムのことでトータルステーションやメジャーを使用して橋梁の寸法計測を実施した。

(2) シュミットハンマー試験

シュミットハンマー試験によりカチプール橋の橋脚のコンクリート強度の調査を行った。「工事記録 海外における橋りょう工事」（1978年1月コンクリート工学に記載された工事報告書）に示されている 211kg/cm² 以上の強度が確認されたため、設計には 211kg/cm² を使用することとした。

(3) 鉄筋探査

鉄筋探査の結果から、鉄筋配置及びかぶりは以下のように推定した。

- ・ 主鉄筋（D29）の間隔は 150mm
- ・ フープ筋（D16）の間隔は 300mm
- ・ フープ筋の最小かぶりは 35mm

2.5 基礎環境調査

(1) 日平均交通量 (ADT)

日平均交通量は、以下のとおりである。

項目 位置		日平均交通量 (台/日)		
		動力車両	非動力車両	計
カチプール橋	(車両数)	34,453	767	35,220
	(In PCU※)	76,872	1,275	78,147
メグナ・ グムティ橋	(車両数)	27,578	-	27,578
	(In PCU※)	65,147	-	65,147

PCU：乗用車換算係数 出典：JICA 調査団

(2) 走行速度

カチプール橋からグムティ橋間における平均走行速度は、以下のとおりである。

位置	カチプール橋-グムティ橋間	
平休別	平日	休日
平均走行速度	37.9 (km/h)	42 (km/h)

出典：JICA 調査団

(3) 事故率

カチプール橋からグムティ橋間において起こった事故数は以下のとおりである。

	死亡事故件数	非死亡事故件数	合計
1998-2006	98	34	132
	12(平均)	4(平均)	16(平均)
2007-2008	26	6	32 16(平均)
2009-2010	11	1	12 6(平均)

出典：交通事故データ Accident Research Institute data から JICA 調査団

(4) 大気質

大気質は橋梁付近の道路近傍で測定した結果、次のことがわかった。

	大気質の概要	「バ」国環境基準
浮遊粒子状物質 (SPM) (μ g/m ³)	339~1,530	500 (工業地域) 400(商業地 域)
粒子状物質 (PM2.5 と PM10) (μ g/m ³)	61~197 (PM2.5)	65(全地域)
	131~510 (PM10)	150 (全地域)

二酸化硫黄 (SO ₂) (ppm)	55～191	120(工業地域)100(商業地域)
二酸化窒素 (NO ₂) (ppm)	50～160	100(工業地域)100(商業地域)

出典： JICA 調査団

(5) 水質

地表水は、2012年5月と2012年7月に、橋梁の上流側と下流側で測定した結果、次のことがわかった。

項目	水質の概要	「バ」国環境基準
pH	6.6～8.4	6.5～8.5(飲料水基準)
濁度	3～158	—
溶存酸素 (DO)	0.1～6.7	>6
全蒸発残留物 (TDS)	47～2305	—
全浮遊性物質 (TSS)	9～248	—
化学的酸素要求量 (COD) と生物学的酸素要求量 (BOD)	5～128 (COD) 1～20 (BOD5)	— (COD) 2> (BOD5)
アンモニア態窒素 (NH ₄ -N)	0.1～9.6	-
油濃度	0.1～6.2	0.01 (飲料水基準)

出典： JICA 調査団

(6) 地下水

事業計画地周辺では、井戸が掘られ地域住民の飲料水として使用されている。地下水の水質検査を行い次のことがわかった。

項目	地下水水質の概況	「バ」国環境基準
濁度	24.7～43.1	10>
鉄	2.0～3.6	0.3～1.0
マンガン	0.053～1.156	0.1>
ヒ素	0.052～0.079	0.05>

出展 JICA 調査団

- ・ ヒ素は IARC の分類ではグループ 1 (発ガン性のあるグループ) となっているが、鉄やマンガンはそれほど有害ではないとされている

(7) 土壌汚染

橋梁付近の表土を採取し分析した結果、すべての採取土が基準値を満足していた。このため、事業計画地では土壌汚染は生じていないといえる。

項目	土壌の概況	ガイドライン		
		カタ環境品質ガイドライン	米国環境保護庁	日本土壌汚染対策法基準
ヒ素	1.8～2.7	-	-	150
カドミウム	0.07～0.10	0.822	850	150
クロム	18～28	87	850	-
鉛	3.6～9.2	600	400	150
水銀	0	50	510	15
強熱減量	2,200～2,800	-	-	-

出典：JICA 調査団

(8) 底質

多くの船舶に係留する場所の底質を採取し分析した結果、重金属、ヒ素、カドミウム、クロム、鉛、水銀の量は採取した全ての底質で基準値を満足していた。また、有機物含有量も許容範囲であった。以上から、事業計画地では底質汚染は生じていないといえる。

単位：mg/kg Dry soil

項目	底質の概況	米国環境保護庁
ヒ素	0.9～4.2	33
カドミウム	<0.002～0.8	4.98
クロム	6～20	111
鉛	3.6～9.2	128
水銀	0	1.06
強熱減量	2,000～6,700	-

出典：JICA 調査団

3. 交通需要予測

3.1 予測方法

交通量予測の増加率は、経済指標や交通需要の弾性値から推定した。また、ダッカ～チッタゴン間の鉄道強化による交通需要の減少やチッタゴン港湾開発による増加の影響を考慮して、最終的な交通需要を予測した。交通需要予測の期間は20年間とした。

3.2 経済・交通指標

(1) 登録車両

「バ」国交通局 (Bangladesh Road Transport Authority, BRTA) の登録車両統計資料を成長率設定の基本データとした (表 3.2.1)。

表 3.2.1 登録車両台数の推移

単位：台/日

年	乗用車	ジープ/ ワゴン	タクシー	バス	ミニバス	トラック	電動 リキシャ	オートバイ	Total
1997	80,858	33,778	2,009	27,972	26,753	36,152	69,087	201,145	477,754
2000	95,807	40,269	2,908	28,862	28,238	43,628	78,765	246,795	565,272
2005	128,037	55,841	11,987	32,257	34,347	56,749	112,330	389,514	821,062
2010	207,503	90,635	12,298	38,404	35,908	81,561	182,749	792,933	1,441,991

出典：BRTA

(2) GDP (Gross Domestic Product)

「バ」国財務省 (Ministry of Finance, MOF) が統計を取っている GDP を成長率設定の基本データとした (表 3.2.2)。

表 3.2.2 GDP の推移 (1995-1996 時点)

年	GDP (百万 BDT)
1997	1,752,850
2000	2,049,280
2005	2,669,740
2010	4,986,350

出典：JICA 調査団

(3) 成長率

登録車両と GDP データの増加率から表 3.2.3 に示す交通需要への弾性値を算出した。また、「バ」国財務省が 2011 年から 2015 年の間に予測している GDP の成長率を参考に、本事業における GDP 成長率を高成長 8.00%、中成長 7.35%、低成長 6.70% と設定した。この成長率と弾性値から算出した各車両における交通需要の成長率を表 3.2.4 に示す。類似計画の成長率と比べると、本事業で適用した成長率は“ジャトラバリ 8 車線化計画”を除く計画の成長率と近い値となった (表 3.2.5)。

表 3.2.3 弾性値

車両タイプ	弾性値
乗用車/タクシー/実用車	1.06
バス/ミニバス	0.36
電動リキシャ	1.02
オートバイ	1.44
トラック	0.89

出典：JICA 調査団

※注記：上記車両タイプの弾性値を以下のように交通量需要の車両区分に適用した。

乗用車/タクシー/実用車	→ 乗用車、タクシー、 実用車（ジープ/ワゴン）
バス/ミニバス	→ 大型・ミニバス、マイクロバス
電動リキシャ	→ 小型/三輪タクシー
オートバイ	→ オートバイ
トラック	→ 大型・中型・小型トラック

表 3.2.4 交通需要の成長率

	GDP 成長率(%)	大型・中型・ 小型トラック	大型・ ミニバス	マイクロバス	実用車	乗用車/ タクシー	小型/ 三輪タクシー	オートバイ	荷重平均
高成長	8.00%	7.12%	2.88%	2.88%	8.48%	8.48%	8.16%	11.52%	6.21%
中成長	7.35%	6.54%	2.65%	2.65%	7.79%	7.79%	7.50%	10.58%	5.71%
低成長	6.70%	5.96%	2.41%	2.41%	7.10%	7.10%	6.83%	9.65%	5.20%

出典：JICA調査団

表 3.2.5 各プロジェクトの成長率比較

基準年	ダッカ～チッタゴン 4車線化 計画	ジャトバラ 8車線化 計画	ダッカ～チッタゴン 高速道路 計画	チッタゴン 環状道路 計画		本プロジェ クトで採用 した成長率
				高成長	低成長	
2012	6.0%	10.0%	6.00%	6.25%	4.98%	5.71%

出典：JICA 調査団

3.3 交通需要予測

上記の増加率より算出した交通需要に加え、ダッカ～チッタゴン鉄道強化及びチッタゴン港湾開発による交通の減少・増加影響を考慮して将来日交通量を算出した(表 3.3.1、表 3.3.2)。

表 3.3.1 将来日交通量 (カチプール橋)

年	大型ト ラック	中型ト ラック	小型ト ラック	大型バス	ミニバス	マイク ロバス	実用車	乗用車/ タク シー	小型/三輪 タク シー	オートバイ	合計	港湾 需要 増	鉄道需要 減	合計
2012	14,921	10,252	7,046	14,875	11,297	7,676	2,690	3,237	4,104	773	76,872	-	140	76,732
2022	27,524	18,910	12,997	19,141	14,538	9,878	5,555	6,684	8,253	2,044	125,526	6,733	2,800	129,459
2032	47,907	32,914	22,621	24,040	18,259	12,407	10,712	12,889	15,538	4,939	202,225	15,524	5,086	212,662

出典：JICA調査団

表 3.3.2 将来日交通量 (メグナ橋、グムティ橋)

年	大型ト ラック	中型ト ラック	小型ト ラック	大型バス	ミニバス	マイク ロバス	実用車	乗用車/ タク シー	小型/三輪 タク シー	オートバイ	合計	港湾 需要 増	鉄道需要 減	合計
2012	10,012	14,831	5,392	12,413	5,958	8,786	2,740	2,937	1,882	195	65,147	-	140	65,008
2022	18,467	27,358	9,946	15,974	7,667	11,306	5,659	6,065	3,785	516	106,744	6,733	2,800	110,677
2032	32,143	47,618	17,312	20,063	9,629	14,200	10,911	11,696	7,125	1,246	171,943	15,524	5,086	182,380

出典：JICA調査団

3.4 必要車線数

将来日交通量と道路容量から必要車線数を算出した。予測では、カチプール橋では 2025 年から、メグナ橋、グムティ橋では 2030 年から 10 車線以上車線数が必要となる。この交通

量はダッカ～チッタゴン間の将来日交通量であり、国道1号線を10車線以上に拡幅することは現実的ではない。ダッカ～チッタゴン間では4車線の高速道路プロジェクトもあることから、対象路線はこのプロジェクトを勘案して、必要車線数は、カチプール橋を8車線、メグナ橋、Gumティ橋を6車線とした。

表 3.4.1 必要車線数 (カチプール橋)

	日交通量 (pcu/日)	ピーク時交通量 (pcu/時)	必要車線数
2012	76,732	5,970	6
2019	110,388	8,588	8
2020	117,202	9,118	8
2021	123,301	9,593	8
2023	136,030	10,583	8
2025	150,349	11,697	10
2029	183,295	14,260	12

出典：JICA 調査団

表 3.4.2 必要車線数 (メグナ橋、Gumティ橋)

	日交通量 (pcu/日)	ピーク時交通量 (pcu/時)	必要車線数
2012	65,008	4,414	4
2017	83,424	5,664	6
2020	100,123	6,798	6
2021	105,374	7,155	6
2023	105,374	7,155	6
2025	128,680	8,737	8
2030	165,168	11,215	10

出典：JICA 調査団

4. 最適ルートを選定

4.1 比較案の立案と最適ルートの選定

各橋のルート案について、それぞれ3案を立案した（表 4.1.1）。

表 4.1.1 新橋の比較ルート案

ルート名		既存橋に対しての位置	概要
第2 カチプール橋	ルート A	下流側	<u>新橋の位置を既存橋下流側とし、 近接位置に設置した案</u>
	ルート B	下流側	新橋位置を既存橋の下流側とし、 洗掘影響を避けた距離(約 100m)を確保した案
	ルート C	上流側	新橋の位置を既存橋上流側とし、 近接位置に設置した案
第2 メグナ橋	ルート A	上流側	<u>新橋の位置を既存橋上流側とし、 近接位置に設置、また、ホルシムセメント用地 の影響を最小限に配置した案</u>
	ルート B	上流側	既存橋上流側 250mの旧フェリールートに設置 した案
	ルート C	上流側	Bルートに対して住民移転を最小限にするため に、チッタゴン側のルートをシフトした案
第2 Gumティ橋	ルート A	下流側	<u>新橋の位置を既存橋下流側とし、 近接位置に設置した案</u>
	ルート B	下流側	新橋位置を既存橋の下流側とし、 洗掘影響を避けた距離(約 100m)を確保した案
	ルート C	上流側	新橋の位置を既存橋上流側とし、 近接位置に設置した案

各橋のルート比較を表 4.1.2～表 4.1.4 に示した。

各橋とも工事費が最も安く、住民移転等の社会環境への影響が最も少ないルート A が採用された。第2メグナ橋について、ルート A 案の場合ダッカ側でホルシムセメント占有の用地に一部影響があるが、RHD とホルシムセメント間で協議を行われ合意された。

ルート選定について6月6日のテクニカルコミッティで説明が行われ、6月24日付でMOCより承認レターが発出された。

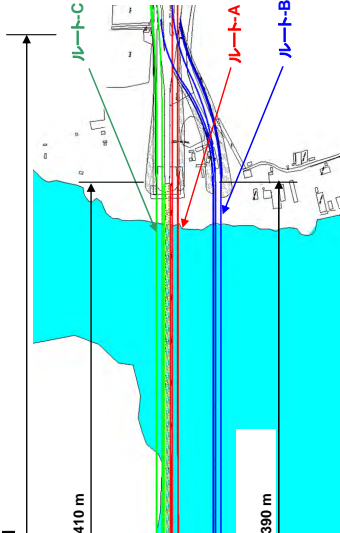
表 4.1.2 第2カチプール橋 ルート比較表

カチプール橋	ルートA	ルートB	ルートC
<p>ルート図</p>	<p>既設橋</p> <p>ルート-A 橋梁延長=400m</p> <p>ルート-B 橋梁延長=540m</p> <p>ルート-C</p>	<p>プロジェクト範囲</p> <p>ルート-A 橋梁延長=400m</p> <p>ルート-B 橋梁延長=540m</p> <p>ルート-C</p>	<p>ルートC</p>
概要	新橋の位置を既設橋下流側とし、近接位置に設置した案	新橋位置を既設橋の下流側とし、洗掘影響を避けた距離を確保した案	新橋の位置を既設橋上流側とし、近接位置に設置した案
① 利便性	特に問題なし	既設道路と接続する部分で2つの交差点が必要となり、安全性に劣る	特に問題なし
② 移転	構造物 45件 (家15件, 店20件, 屋台10件)	構造物 60件 (家30件, 店20件)	構造物 60件 (家30件, 店20件)
③ 公共施設	影響なし	モスク移転	影響なし
④ 土地収用	0 m ²	5,000 m ²	2,000 m ²
⑤ 船舶への安全性	両橋の基礎を一体とするため、現況とかわならず、ほぼ影響なし	両橋の基礎が別れていて、通過する基礎が増えるため、わずかに影響あり	両橋の基礎を一体とするため、現況とかわならず、ほぼ影響なし
⑥ 経済活動	店20件, 露天10件, 砂運搬労働者 30人	店20件, 砂運搬労働者 30人	店30件, 砂運搬労働者 60人
⑦ エコシステム	建設時に動植物に対して、多少影響がある	建設時に動植物に対して、多少影響がある	建設時に動植物に対して、多少影響がある
⑧ 河床状態	わずかに影響あり (両橋の基礎を一体とした場合、洗掘が大きくなる)	ほぼ影響なし (既設橋と同程度)	わずかに影響あり (両橋の基礎を一体とした場合、洗掘が大きくなる)
⑨ 騒音 / 空気汚染	道路沿線に残っている家に対して中程度の影響あり	道路沿線に残っている家に対して中程度の影響あり	道路沿線に残っている家に対して中程度の影響あり
⑩ 河川流	ほぼ影響なし (両橋の基礎を一体とした場合)	わずかに影響あり (両橋の基礎が別れている場合)	ほぼ影響なし (両橋の基礎を一体とした場合)
⑪ 景観	両橋が近接し、一体の印象を受けるため、ほぼ影響なし	両橋に距離があり、煩雑な印象を受けるため、わずかに影響あり	両橋が近接し、一体の印象を受けるため、ほぼ影響なし
⑫ 支障物件 (鉄塔、水道管、ガス管等)	特に問題なし	特に問題なし	特に問題なし
⑬ 建設規模	ルートBより建設期間は短い 橋梁延長: 400m 土工: 47,000m ³	最も建設期間が長い 橋梁延長: 540m 土工: 102,000m ³	ルートBより建設期間は短い 橋梁延長: 400m 土工: 35,000m ³
⑭ 事業費	事業費が比較的安い	事業費が高い	事業費が最も安い
評価	◎	△	○

表 4.1.3 第2メグナ橋 ルート比較表

メグナ橋	ルートA		ルートB		ルートC	
	新橋の位置を既設橋上流側とし、近接位置に設置した案	既設橋上流側250mの旧フェリールートに設置した案	プロジェクト範囲 ルートB 橋梁延長=1100 m	プロジェクト範囲 ルートC 橋梁延長=980m	プロジェクト範囲 ルートA 橋梁延長=930m	
概要	新橋の位置を既設橋上流側とし、近接位置に設置した案	既設橋上流側250mの旧フェリールートに設置した案	プロジェクト範囲 ルートB 橋梁延長=1100 m	プロジェクト範囲 ルートC 橋梁延長=980m	プロジェクト範囲 ルートA 橋梁延長=930m	
① 利便性	No specific problem	No specific problem	No specific problem	No specific problem	No specific problem	No specific problem
② 移転	構造物 10件 (家5件, 店5件)	構造物 250件 (家10件, 店150件)	構造物 60件 (家10件, 店50件)	モスク移転	影響なし	影響なし
③ 公共施設	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし
④ 土地収用	ホルシムセメント用地境界から15m影響 (RHDはホルシムセメントと合意済み)	0 m ²	0 m ²	0 m ²	0 m ²	0 m ²
⑤ 船舶への安全性	両橋の基礎を一体とするため、現況とかわらず、 ほぼ影響なし	両橋の基礎が別れていて、通過する基礎が増えるため、 わずかに影響あり	両橋の基礎が別れていて、通過する基礎が増えるため、 わずかに影響あり	両橋の基礎が別れていて、通過する基礎が増えるため、 わずかに影響あり	両橋の基礎が別れていて、通過する基礎が増えるため、 わずかに影響あり	両橋の基礎が別れていて、通過する基礎が増えるため、 わずかに影響あり
⑥ 経済活動	店5件, 漁業	店150件, 漁業	店50件, 漁業	砂運搬労働者 50人, 漁業	店50件, 漁業	砂運搬労働者 30人, 漁業
⑦ エコシステム	小規模プランテーションへの影響、 建設時に動物物に対して、多少影響がある	道路脇の木が伐採される	道路脇の木が伐採される	道路脇の木が伐採される	道路脇の木が伐採される	道路脇の木が伐採される
⑧ 河床状態	わずかに影響あり 小規模プランテーションへの影響、 建設時に動物物に対して、多少影響がある	わずかに影響あり (新橋への影響は少ないが、既設橋周辺の洗掘は大きくなる)	わずかに影響あり (新橋への影響は少ないが、既設橋周辺の洗掘は大きくなる)	わずかに影響あり (新橋への影響は少ないが、既設橋周辺の洗掘は大きくなる)	最も悪い (新橋の位置は河床は深いので、洗掘は大きくなる、また既設 橋は防護が必要)	最も悪い (新橋の位置は河床は深いので、洗掘は大きくなる、また既設 橋は防護が必要)
⑨ 騒音 / 空気汚染	チッタゴン側の道路沿いに数件家がある程度なので ほぼ影響なし	チッタゴン側の道路沿いに多くの家が残り、新たな道路近くに学校があるた め影響が大きい	チッタゴン側の道路沿いに多くの家が残り、新たな道路近くに学校があるた め影響が大きい	チッタゴン側の道路沿いに多くの家が残り、新たな道路近くに学校があるた め影響が大きい	チッタゴン側の道路沿いに多くの家が残り、新たな道路近くに学校があるた め影響が大きい	チッタゴン側の道路沿いに多くの家が残り、新たな道路近くに学校があるた め影響が大きい
⑩ 河川流	ほぼ影響なし (両橋の基礎を一体とした場合)	わずかに影響あり (両橋の基礎が別れている場合)	わずかに影響あり (両橋の基礎が別れている場合)	わずかに影響あり (両橋の基礎が別れている場合)	わずかに影響あり (両橋の基礎が別れている場合)	わずかに影響あり (両橋の基礎が別れている場合)
⑪ 景観	両橋が近接し、一体の印象を受けるため、 ほぼ影響なし	両橋に距離があり煩雑な印象を受ける、また道路沿いの木々 が失われるため、わずかに影響あり	両橋に距離があり煩雑な印象を受ける、また道路沿いの木々 が失われるため、わずかに影響あり	両橋に距離があり煩雑な印象を受ける、また道路沿いの木々 が失われるため、わずかに影響あり	両橋に距離があり煩雑な印象を受ける、また道路沿いの木々 が失われるため、わずかに影響あり	両橋に距離があり煩雑な印象を受ける、また道路沿いの木々 が失われるため、わずかに影響あり
⑫ 支障物件 (鉄塔、水道管、ガス管等)	特に問題なし	特に問題なし	特に問題なし	特に問題なし	特に問題なし	特に問題なし
⑬ 建設規模	建設期間は最も短い 橋梁延長: 930m 土工: 39,000m ³	建設期間は最も長い 橋梁延長: 1,100m 土工: 84,000m ³	建設期間は最も長い 橋梁延長: 1,100m 土工: 84,000m ³	建設期間は最も長い 橋梁延長: 980m 土工: 128,000m ³	建設期間は最も長い 橋梁延長: 980m 土工: 128,000m ³	建設期間は最も長い 橋梁延長: 980m 土工: 128,000m ³
⑭ 事業費	事業費が比較的安い	事業費が比較的安い	事業費が比較的安い	事業費が比較的安い	事業費が比較的安い	事業費が比較的安い
評価	◎	◎	△	△	△	○

表 4.1.4 第2グムティ橋 ルート比較表

グムティ橋	ルートA	ルートB	ルートC
<p>ルート図</p> 			
<p>概要</p>	<p>新橋の位置を既設橋下流側とし、近接位置に設置した案</p>	<p>新橋位置を既設橋の下流側とし、洗脚影響を避けた距離を確保した案</p>	<p>新橋の位置を既設橋上流側とし、近接位置に設置した案</p>
<p>① 利便性</p>	<p>特に問題なし</p>	<p>特に問題なし</p>	<p>特に問題なし</p>
<p>② 移転</p>	<p>構造物 20件 (家5件, 店15件)</p>	<p>構造物 80件 (家40件, 店40件)</p>	<p>構造物 20件 (店20件)</p>
<p>③ 公共施設</p>	<p>影響なし</p>	<p>影響なし</p>	<p>影響なし</p>
<p>④ 土地収用</p>	<p>0 m²</p>	<p>0 m²</p>	<p>32,000m²</p>
<p>⑤ 船舶への安全性</p>	<p>両橋の基礎を一体とするため、現況とかわらず、ほぼ影響なし</p>	<p>両橋の基礎が別れていて、通過する基礎が増えるため、わずかに影響あり</p>	<p>両橋の基礎を一体とするため、現況とかわらず、ほぼ影響なし</p>
<p>⑥ 経済活動</p>	<p>店15件 砂運搬労働者100人 農業(中洲) 漁業</p>	<p>店40件 砂運搬労働者100人 農業 漁業</p>	<p>店20件 砂運搬労働者100人 農業(中洲) 漁業</p>
<p>⑦ エコシステム</p>	<p>建設時に動植物に対して、多少影響がある</p>	<p>建設時に動植物に対して、多少影響がある</p>	<p>建設時に動植物に対して、多少影響がある</p>
<p>⑧ 河床状態</p>	<p>わずかに影響あり (両橋の基礎を一体とした場合、洗脚が大きくなる)</p>	<p>ほぼ影響なし (既設橋と同程度)</p>	<p>わずかに影響あり (両橋の基礎を一体とした場合、洗脚が大きくなる)</p>
<p>⑨ 騒音 / 空気汚染</p>	<p>道路沿いに家は残らないため、影響なし</p>	<p>道路沿線に残っている家に対して中程度の影響あり</p>	<p>道路沿線にほとんど家が残らないため、ほぼ影響なし</p>
<p>⑩ 河川流</p>	<p>ほぼ影響なし (両橋の基礎を一体とした場合)</p>	<p>わずかに影響あり (両橋の基礎が別れている場合)</p>	<p>ほぼ影響なし (両橋の基礎を一体とした場合)</p>
<p>⑪ 景観</p>	<p>両橋が近接し、一体の印象を受けるため、ほぼ影響なし</p>	<p>両橋に距離があり、煩雑な印象を受けるため、わずかに影響あり</p>	<p>両橋が近接し、一体の印象を受けるため、ほぼ影響なし</p>
<p>⑫ 動植物(鉄塔、水道管、ガス管等)</p>	<p>特に問題なし</p>	<p>特に問題なし</p>	<p>特に問題なし</p>
<p>⑬ 建設規模</p>	<p>ルートBより建設期間は短い 橋梁延長: 1,410m 土工: 33,000m³</p>	<p>最も建設期間が長い 橋梁延長: 1,390m 土工: 41,000m³</p>	<p>ルートBより建設期間は短い 橋梁延長: 1,410m 土工: 33,000m³</p>
<p>⑭ 事業費</p>	<p>事業費が比較的安い</p>	<p>わずかに事業費が高い</p>	<p>事業費が比較的安い</p>
<p>評価</p>	<p>◎</p>	<p>△</p>	<p>○</p>

4.2 カチプール交差点改良案

カチプール交差点は、国道1号線と2号線の交差部分であり、現状でも交通渋滞が発生している。将来国道1号線の交通量が増加していく場合、更なる渋滞は避けられない。カチプール交差点は本事業の対象外であるが、カチプール橋の検討に影響を与える可能性があるため本調査で検討を行った。検討では7案の交差点解析を行い、その内、交差点運用が可能な5案から工事費が最も安くなる図4.2.1に示す案を提案した。

提案改良案：国道1号線を交差する右折交通流（国道1号線チッタゴン側⇒国道2号線、国道2号線⇒国道1号線ダッカ側）を高架とした案、高架橋上で平面交差が発生するが信号処理で対応可能と考える。

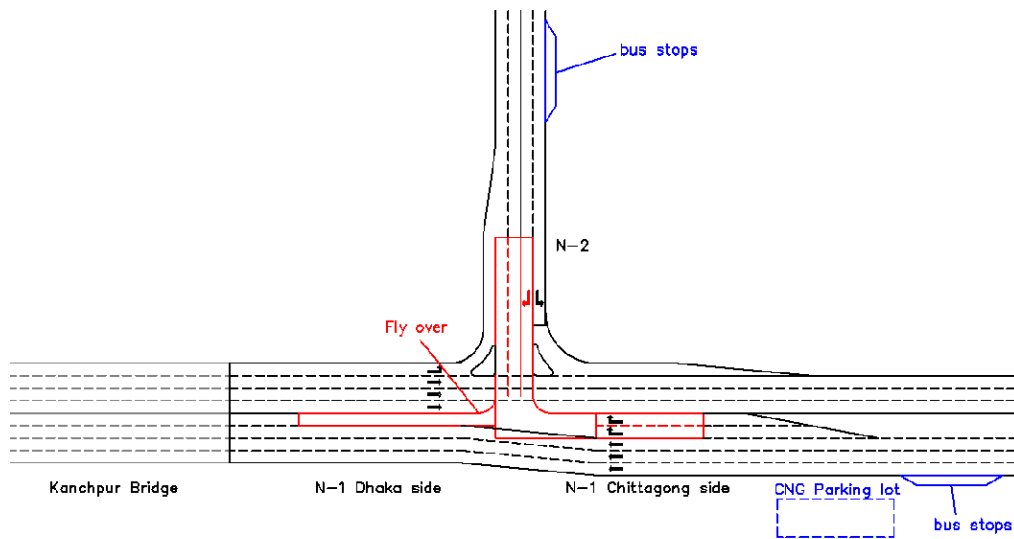


図 4.2.1 カチプール交差点改良案

5. 水理・水文解析

5.1 水文解析

水文解析は、架橋地点水位等を予測するために架橋地点における計画流量を算出するものである。架橋地点の流量は、観測地点の流量および流域面積等の関係から算出する。

(1) メグナ橋及びグムティ橋

メグナ橋とグムティ橋の計画流量は、既往計画での設定値および最新の流量観測資料からの推定値を比較し、最大となるものを採用する。

メグナ川での流量観測地点は、メグナ橋とグムティ橋上流のバイラブバザール (BWDB 管理) だけである。

バイラブバザール地点の1/100年確率流量は、表5.1.1に示した通り3通りの値が算出されている。このうち今回収集資料による推定流量については、わが国の国土交通省の技術基準に従い統計解析により算出したものである。これらの3通りの推定流量のうち、最大となる1985年JICAレポート(バングラデッシュ国メグナ・メグナ橋建設計画調査報告書-昭和60年3月:国際協力事業団)で示されたメグナ橋・グムティ橋設計時の計画流量23,700m³/sを採用した。

架橋地点での流量については、バイラブバザール地点の流域面積、メグナ橋とグムティ橋地点での残流域面積およびメグナ川上流のバイラブバザール地点下流のメグナ川、グムティ川の流量配分比に応じて推定した。なお、メグナ川、グムティ川の流量配分比は前述の1985年JICAレポートにおいてメグナ川：グムティ川=55%：45%と設定されている。第2章での流量観測結果や流路変遷整理結果より、流量規模と流量分派率の関係を明確に設定することが困難なことから、今回は既往分派率を踏襲した。

- ・メグナ橋地点1/100年確率流量 : 15,200m³/s
- ・グムティ橋地点1/100年確率流量 : 12,400m³/s

表 5.1.1 バイラブバザール地点における1/100年確率流量推定値

	流量算定値 [m ³ /s]	備考
1985 JICA report	23,700	採用
1992 FAP9B	20,300	
今回収集資料による推定流量	22,848	

表 5.1.2 バイラブバザール地点流域面積および残流域面積

	バングラデシュ国外 [km ²]	バングラデシュ国内 [km ²]	全面積 [km ²]
バイラブバザール地点集水面積	41,390	21,570	62,960
バイラブバザール地点下流残流域面積	2,760	4,170	6,930
架橋地点での推定集水面積	44,150	25,740	69,890

出典：1985年国際協力事業団メグナ・メグナ橋建設計画調査報告書



Source: Estimated by the study team according to 1985's JICA report

図 5.1.1 メグナ橋、グムティ橋地点における 1/100 年確率流量と流域面積との関係

(2) カチプール橋

カチプール橋近傍の流量観測点は、カチプール橋上流のデムラ橋上流直近のラキヤ川とバルー川の 2 箇所にある。カチプール橋地点流量は、これらの 2 河川の合流後の値であることから、それぞれの観測所の 1/100 年確率流量を算定し、その合計値を架橋地点の確率流量とした。

- ・カチプール橋地点 1/100 年確率流量 : 3,480m³/s

表 5.1.3 カチプール橋地点における 1/100 年確率流量

	デムラ(ラキヤ) [m ³ /s]	デムラ(バルー) [m ³ /s]	カチプール橋地点 [m ³ /s]
100年確率流量	2,596	884	3,480

5.2 設計水位の算定

本節では、平面二次元数値シミュレーションモデルにより 3 橋梁地点の水位・流速等の水理量を算定し、橋脚周辺の予想洗掘深等の算定の基礎資料とする。本調査では、北海道大学

の清水教授により開発された平面二次元流況解析・河床変動解析が実行可能なソフトウェア「NAYS2D」で行った。

本調査で収集した河道横断測量成果を基に3橋梁周辺の地形をモデル化し、下表の境界条件の元で各橋梁地点における1/100年確率流量時の水理量を算定した。

表 5.2.1 水理解析における境界条件表 (100年確率)

橋梁名	100年確率流量(m ³ /s)		100年確率水位(MSL.m)			
	観測地点 流量	橋梁地点 流量	観測地点 水位	水理モデル 下流端水位		
カチプール橋	デムラ (ラキヤ)	2,596	3,480	デムラ (ラキヤ)	7.01	6.59
	デムラ (バルー)	884				
メグナ橋	バイラブバザール	23,700	15,200	メグナフェリー 乗り場	6.52	6.39
グムティ橋			12,400	ダウドガンディ	6.90	6.81

出典：JICA 調査団

設計に用いる河川水量、水位条件及び過去の観測高水位、低水位は、3つの各橋梁に対して以下の通りとする。

表 5.2.2 3橋梁の設計水量、設計水位及び観測水位

		カチプール橋 (ラキヤ川)	メグナ橋 (メグナ川)	グムティ橋 (グムティ川)
設計資料	流量 (m ³ /sec)	3,480	15,200	12,400
	設計水位 (MSL.m)	6.57	6.49	6.91
観測水位 MSL (m)	最高高水位 (HHWL)	6.37	6.27	6.32
	最低高水位 (LHWL)	4.29	3.01	3.95
	平均高水位 (MHWL)	5.04	5.01	5.10
	最低低水位 (LLWL)	-0.30	-0.29	-0.23

出典：JICA 調査団

5.3 橋脚廻りの局所洗掘量の推定

橋脚廻りの洗掘は流水による浸食現象に起因して生じるものである。洗掘現象は流水に依存して周期的に生じるものであり、洗掘深の推定を複雑にする要因となっている。洗掘深は洪水ピーク時に最も深くなるが、減水期には再び埋め戻されるためにピーク時の洗掘深を見ることは難しい。一般に橋脚廻りの局所洗掘深は数回の洪水を経て最大深さまで洗掘が達することが知られている。

5.3.1 洗掘量推定手法

橋梁下部工の設計において、橋脚廻りの局所洗掘深を推定することが重要であり、そのためには水面下の河床変動に関する情報が非常に重要となる。洗掘深は、「長期的河床変動量」と「局所洗掘量」の2つの要素から生じるものである。

5.3.2 長期的河床変動量

河床上昇および河床低下は、長期間に河床に作用する自然的・人為的な要因により生じる河床高の変動量を指す。河床上昇は橋梁上流からの流れにより上流側で浸食された河床材料が堆積することで生じるものであり、河床低下は上流からの供給土砂量が不足することにより生じるものである。基本的に、河川の構成要素が長期間にわたり概ね等しい状態では、河床変動は土砂輸送のバランスに依存するものと考えられる。

メグナ橋周辺の河川横断地形の変遷（図 5.3.2）を見ると、河床高は1989年から2012年の間に大きく低下している。BWDB 測量成果に基づく長期的河床高変遷（図 5.3.1）を見る限り近年で大きな河床低下・上昇は見られないことから、この河床低下は自然的な要因によるものではないと想定される。

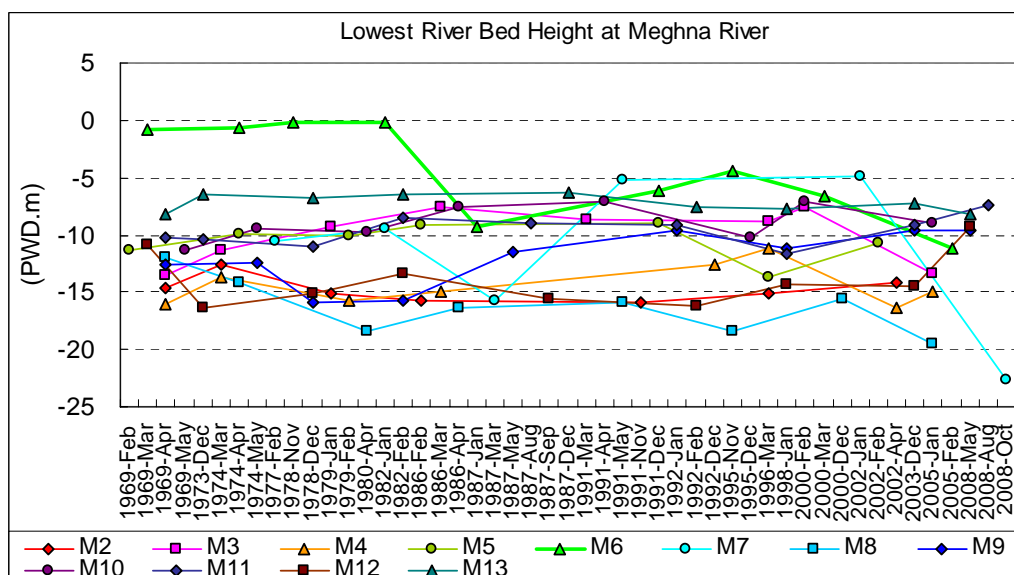


図 5.3.1 メグナ川における平均河床高の経年変化

一方、現地報道では、「バ」国内では近年の経済発展に伴う不法浚渫が盛んで、社会問題になっているとのことで、これが河床低下の主要因となっていると想定される。



出典: JICA 調査団

図 5.3.2 メグナ川架橋地点周辺の横断形状の経年変化

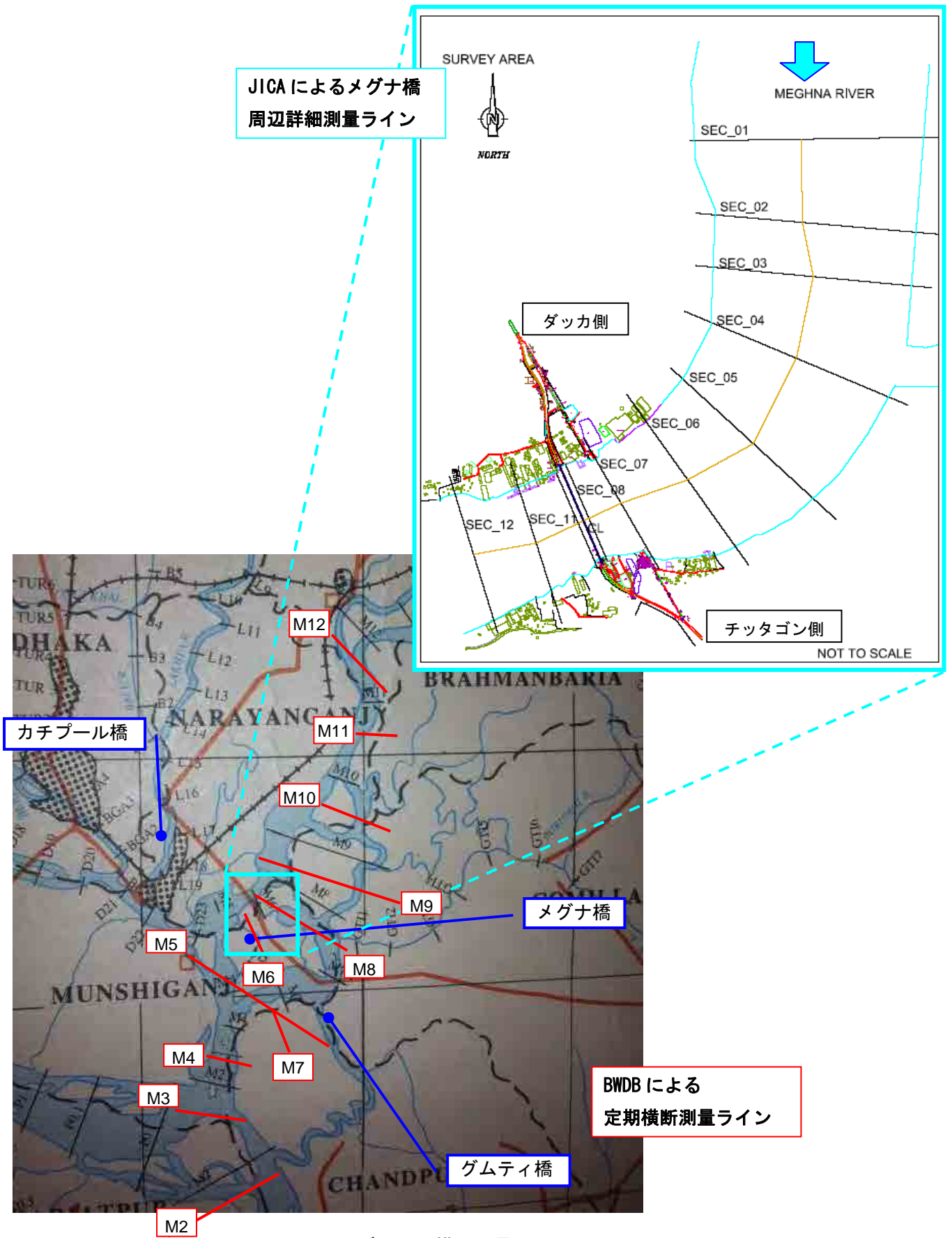


図 5.3.3 メグナ川 横断測量ライン位置図

5.3.3 局所洗掘量の算定

橋脚廻りの局所洗掘量の算定は、我が国の建設省土木研究所による洗掘深推定法に基づき行った。橋脚廻りの予想洗掘深は、橋脚（下部工）幅に依存するため、下部工幅が広い一体化案の方が河川流に対する前面投影面積が広く洗掘深が大きくなる。各橋梁の洗掘深包絡線は以下の通りである。

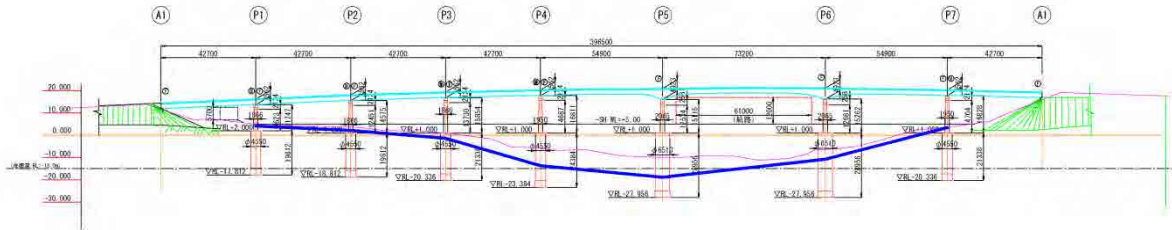


図 5.3.4 カチプール橋における予想最深河床高包絡線

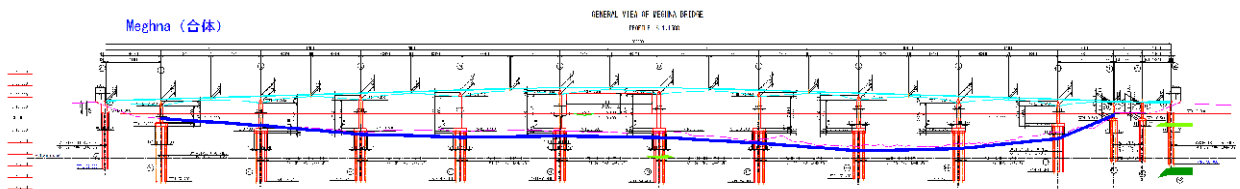


図 5.3.5 メグナ橋における予想最深河床高包絡線

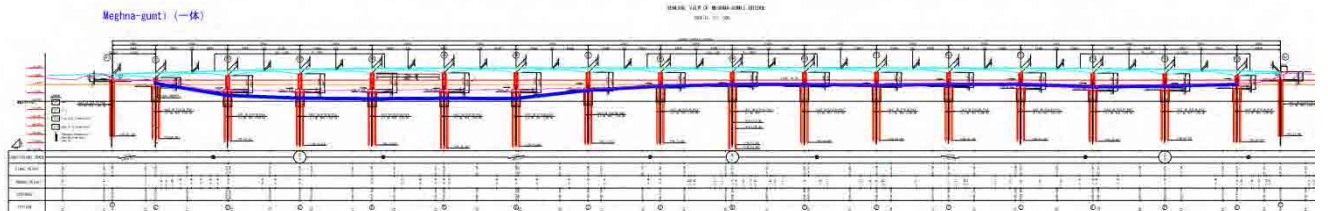


図 5.3.6 Gumティ橋における予想最深河床高包絡線

5.3.4 対策工の検討

なお、「バ」国陸軍工兵隊が行うメグナ橋緊急補修工事の中で河床低下対策として下部工のパイルキャップまでをジオバッグ（麻袋に砂を詰めた物）で埋め戻す計画であるため、当面は橋脚周辺の安定性は確保できると考えられる。

6. 設計基準

6.1 道路設計基準

6.1.1 設計基準

道路設計に適用される設計基準は「バ」国の基準・指針および AASHTO 基準・指針を参考にして以下の通りとする。

- RHD 道路幾何構造基準 2001 年
- RHD 舗装設計指針 2005 年
- AASHTO 舗装設計 1993 年
- AASHTO LRFD 橋梁設計基準 2010 年第5版（擁壁設計用）

6.1.2 標準横断面図

各橋部の標準横断面図を以下に示す。

(1) カチプール橋

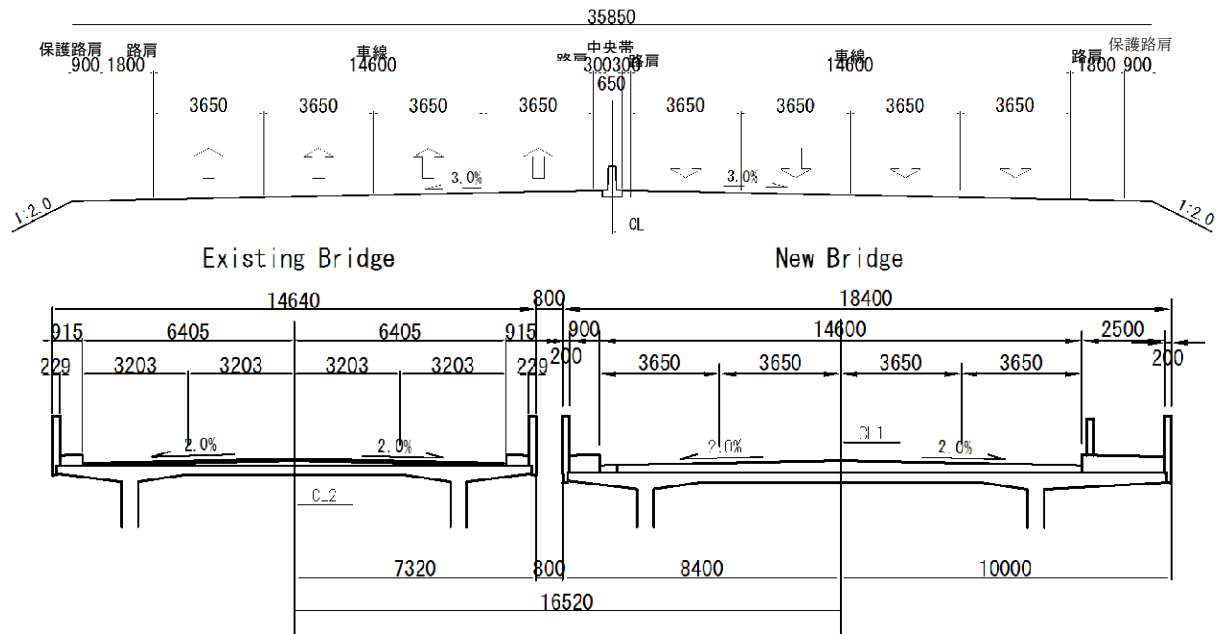


図 6.1.1 カチプール橋 標準横断面図

(2) メグナ橋

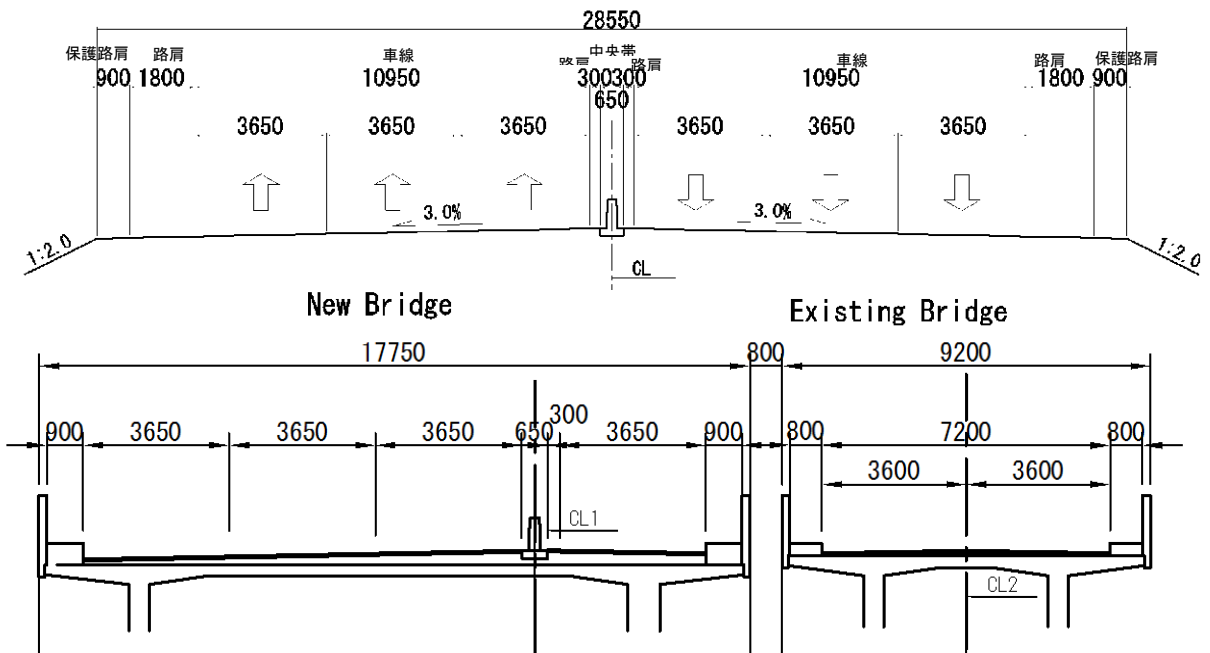


図 6.1.2 メグナ橋 標準横断面図

(3) Gumティ橋

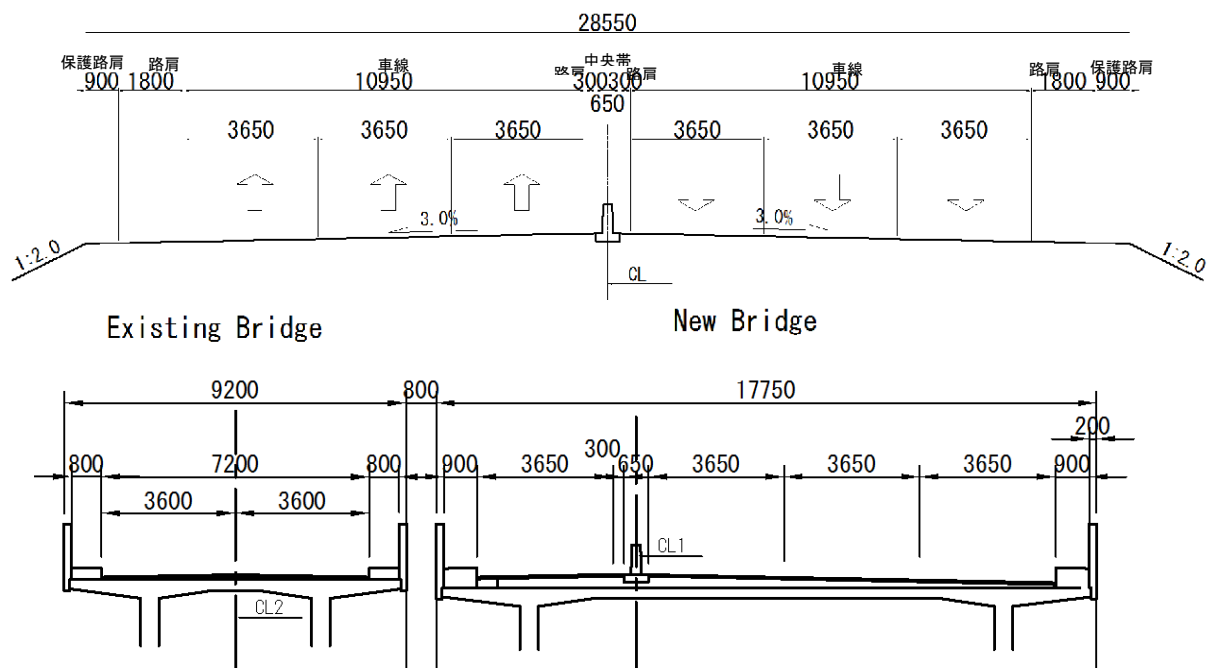


図 6.1.3 Gumティ橋 標準横断面図

6.2 橋梁設計基準

6.2.1 設計基準

橋梁設計に適用される設計基準は、「バ」国の基準・指針、AASHTO 基準・指針、インド国基準および日本国基準を参考にして以下の通りとする。

- ・ RHD 橋梁設計基準 2004 年
- ・ バングラデシュ建造物基準 (BNBC) 1993 年－2006 年改定
- ・ RHD 道路幾何構造基準 2001 年
- ・ RHD 入札図書標準第7節技術仕様 2011 年
- ・ AASHTO LRFD 橋梁設計基準 2010 年第5版
- ・ AASHTO LRFD 橋梁耐震設計指針 2011 年第2版
- ・ インド道路会議 (IRC) 道路橋梁標準示方書：II 2010 年
- ・ 道路橋示方書 (JRA 日本道路協会)

6.2.2 橋梁設計基本条件

(1) 航路限界

各橋梁の橋脚間、桁下で確保すべき航路限界は次の通りとする。

表 6.2.1 各橋梁の航路幅及び高さ

橋梁名	航路幅 (m)	航路高 (m)
カチプール橋	61.0	12.2
メグナ橋	75.0	18.0
Gumティ橋	75.0	7.5

出典：BIWTA (「バ」内水運輸交通局) に準拠

(2) 建築限界

橋梁上面で確保すべき建築限界は 5.7 m とする。(RHD 道路幾何構造基準)

(2) 設計荷重

1) 死荷重

橋梁で使用される各材料の重量 (密度) は以下の通りとする。

表 6.2.2 橋梁材料の重量

材 料	単位体積重量 (k N/m ³)
鋼材	77.0
無筋コンクリート	23.0
鉄筋コンクリート	24.5
プレストレストコンクリート	24.5
アスファルト混合物	22.5

2) 活荷重

a) 床版設計用活荷重

すべての新設橋の床版設計および既設カチプール橋の床版補強設計に用いる活荷重は、安全を期して、床版設計用の輪荷重が最も大きい日本の道路橋示方書 B 活荷重により以下の通りとする。

輪荷重：100 kN（軸重 200 kN）

載荷幅：橋軸方向 200 mm 橋軸直角方向 500 mm

衝撃係数：20 / (50+L) L=床版支間長（m）

ただし、既設カチプール橋の床版補強設計の前に行う復元設計では、AASHTO LRFD 橋梁設計基準 1998 年版に規定する HS20-44 荷重により以下の通りとする。

輪荷重：73 kN（軸重 145 kN）

載荷幅：橋軸方向 250 mm 橋軸直角方向 500 mm

衝撃係数：15.24 / (38+L) L=床版支間長（m）

b) 主桁および下部工設計用活荷重

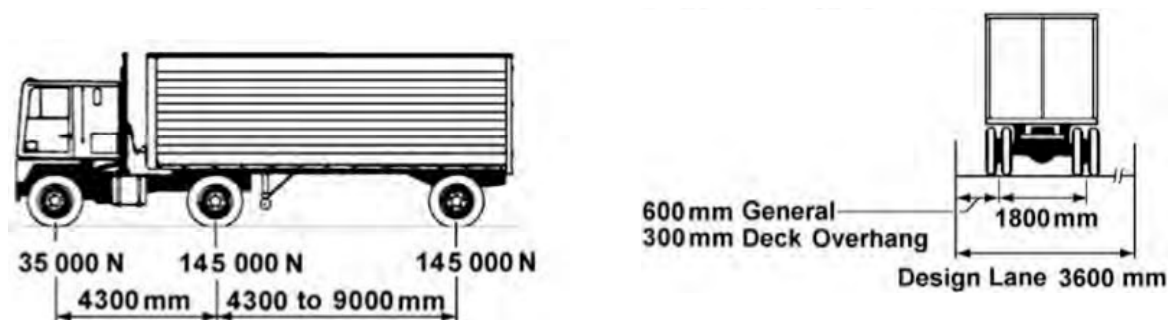
すべての新橋の主桁および下部工設計に用いる活荷重は AASHTO LRFD 橋梁設計基準 2010 年版に規定する HS20-44 荷重により以下の通りとする。

一車線当たりのトラック荷重：35+145+145 = 325 kN（軸荷重配置は下図参照）

一車線当たりの等分布荷重：9.3 kN/m

車線数に応じた低減係数：65 %（4 車線の場合）

衝撃係数：33 %（トラック荷重にのみ適用）



既設カチプール橋の床版補強設計の前に行う復元設計では、AASHTO LRFD 橋梁設計基準 1998 年版に規定する HS20-44 荷重によることになるが、内容は上記と同様である。

3) 地震荷重

地震時の荷重係数は図 6.2.1 のスペクトルに示すように、次式で求めるものとする。

$$C_{sm} = \frac{1.2ZS}{T_m^{2/3}} \leq 2.5Z$$

ここに、

C_{sm} = 地震時荷重係数

Z = 図 6.2.2 (BNBC による地震地域マップ) の地域から決まる係数 = 0.15
(Zone1、2、3のうち Zone 2)

S = 地盤種別から決まる係数 = 1.5 (S1、S2、S3、S4のうち S3)

T_m = 振動モード m 次における固有周期 (秒)

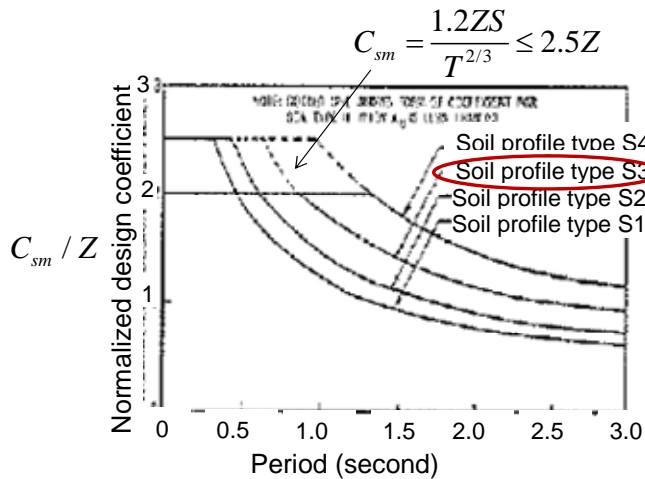


図 6.2.1 設計応答スペクトル

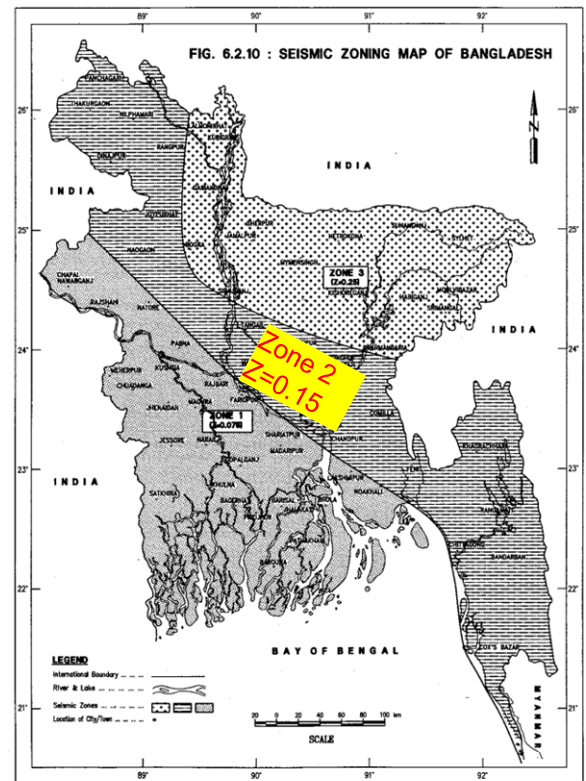


図 6.2.2 地震地域マップ (BNBC)

4) 風荷重

a) 上部工 (基本的に道路協会 道路橋示方書による)

上部工に加わる風荷重は次式で求めるものとする。

$$1 \leq B/D < 8 \text{ の場合, } p = [4.0 - 0.2 (B/D)] D \geq 6.0 \text{ (kN/m)}$$

$$8 \leq B/D \text{ の場合, } p = 2.4 D \geq 6.0 \text{ (kN/m)}$$

ここに、

p = 上部工に水平に加わる設計風荷重 (橋軸方向長さ m 当たり kN)

B = 上部工全幅員 (m)

D = 上部工全高 (m) に高欄高さ (m) を加えたもの

高欄高さは、壁高欄の場合は全壁面高、ガードレールの場合は全高から 40 cm を差し引いたものとする。

b) 下部工

下部工に加わる風荷重は次式で求めるものとする。

$$\begin{aligned} \text{円形および小判形断面の場合、} & q = 1.5 \text{ kN/m}^2, \\ \text{長方形断面の場合、} & q = 3.0 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

ここに、

$$q = \text{下部工に水平に加わる設計風荷重 (下部工の投影面積 m}^2 \text{ 当たり kN)}$$

c) 並列橋

新橋と既存橋が並列状態となるため、その影響を考慮して、上記の風荷重には下記の係数を乗じるものとする。

上部工に対して、風上側、風下側：1.3

下部工に対して、風上側：1.3、風下側：1.0

5) 温度荷重 (道示による)

a) 設計温度変化

設計で考慮すべき温度変化は以下の通りとする。

コンクリート桁の場合：9°C～43°C (26°C±17°C)

鋼桁の場合：10°C～50°C (中央値最低値は、現地観測結果)

b) 温度差

設計で考慮すべき床版と主桁との間の温度差は以下の通りとする。

コンクリート桁の場合：5°C

鋼桁の場合：15°C

6) 荷重組合せおよび荷重係数

AASHTO LRFD 橋梁設計基準 2010 年第5版に従う。第4章の表 4.2.10 参照。

(3) 降雨強度

設計降雨強度は、Dhaka、Comilla で観測された月別、日別降雨量に基づき、諸基準を参考に工学的判断を加えて時間当たり、120 mm/hr とした。

(4) 河川条件

設計に用いる河川水量、水位条件は、3つの各橋梁に対して以下の通りとする。

表 6.2.3 河川条件

項目	カチプール橋 (ラキヤ川)	メグナ橋 (メグナ川)	グムティ橋 (グムティ川)
設計水量 (m ³ /sec)	3,480	15,200	12,400
設計水位 (MSL.m)	6.57	6.49	6.91

(5) 材料

新橋の建設および既存橋の補修・補強工事に使用する材料および仕様は以下の通りとする

1) コンクリート

PC床版：JIS 50 MPa（28日シリンダー強度）

場所打ち杭、橋台、橋脚その他：RHD 25 MPa（28日シリンダー強度）

2) 鋼材

表 6.2.4 新橋・補修工事における各鋼材の降伏点応力度及び引張強度

	鋼材規格	公称降伏点応力度(MPa)	公称引張強度(MPa)
鉄筋	ASTM Grade 40	280	420
	ASTM Grade 60	420	620
PC 鋼材	7-wire Strand SWPR7BL	1,583	1,860
	Bar SBPR930	930	1,180
溶接構造用 鋼材	SMA400A/ ditto B	235	400～510
	SMA490A/ditto B	315	490～610
	SM570	460/450	570～720
鋼管矢板	SKY400 or SKK400	235	400
	SKY400 or SKK400	315	490

(6) 既存橋材料強度・仕様

既存橋の材料強度・仕様は、竣工図の記載および現地でのシュミットハンマー検査結果に基づき、以下のように推定する。

1) コンクリート

a) 竣工図より（28日シリンダー強度）

メグナ橋、グムティ橋基礎工：30 MPa

メグナ橋、グムティ橋橋脚：24 MPa

メグナ橋、グムティ橋主桁：35 MPa

b) シュミットハンマー検査より

カチプール橋橋脚工：21 MPa（28日シリンダー強度）

2) 鋼材（メグナ橋、グムティ橋竣工図より）

表 6.2.5 既存橋における各鋼材の降伏点応力度及び引張強度

鋼材規格	公称降伏点応力度(MPa)	公称引張強度(MPa)
異形鉄筋	295	485
PC ストランド	1,470	1,715
PC 鋼棒	930	1,180