

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) [m³/s]	デムラ(バルー) [m³/s]	カチプール橋地点 [m³/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
Gum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)	Gumティ橋 (Gum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。

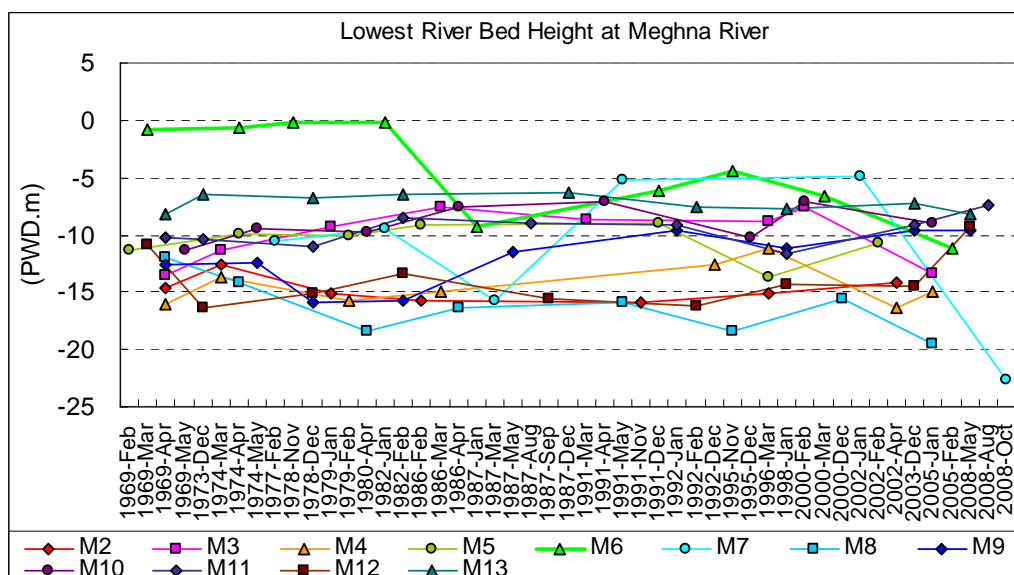


図 5.3.1 メグナ川における平均河床高の経年変化

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

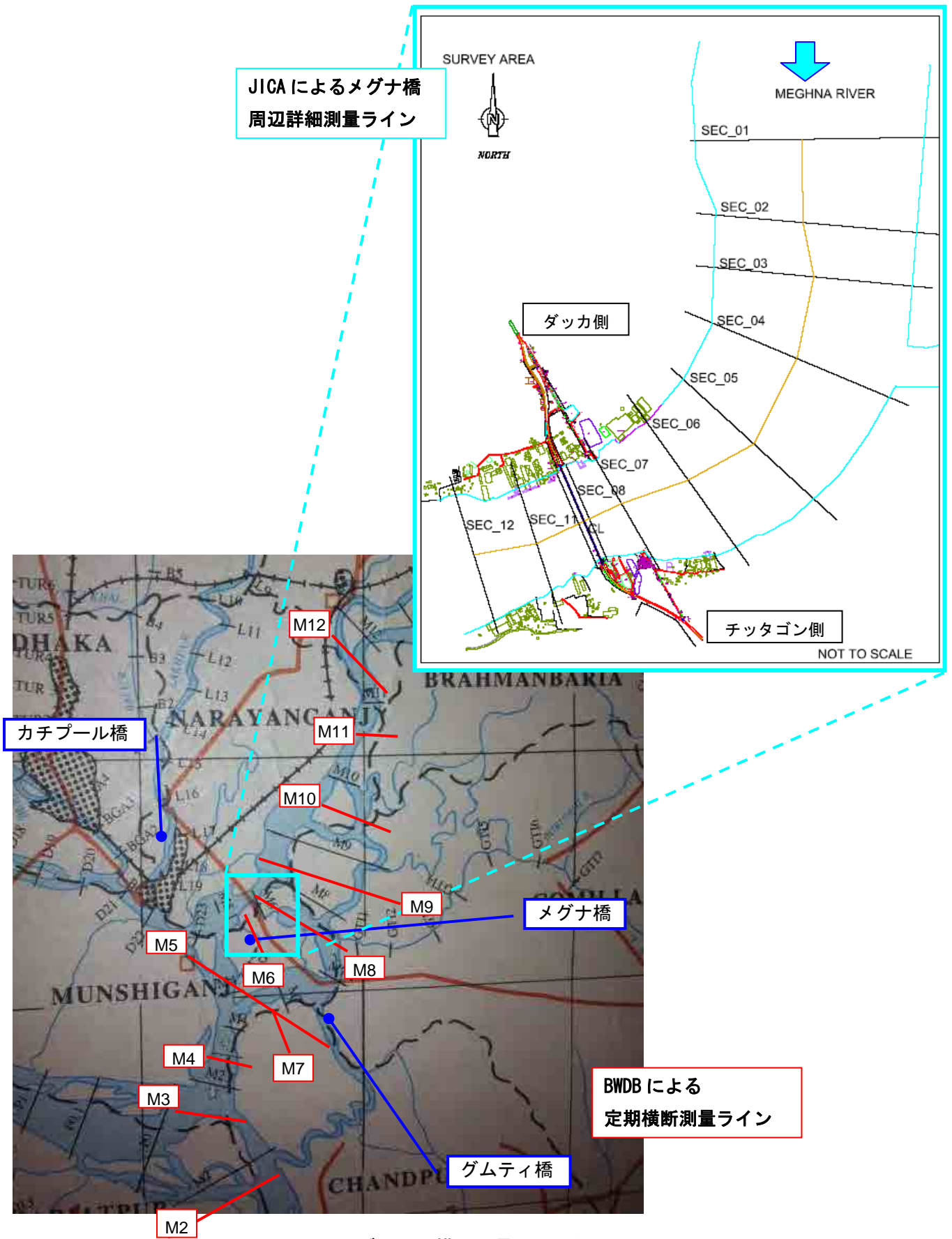


図 5.3.3 メグナ川 横断測量ライン位置図

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。

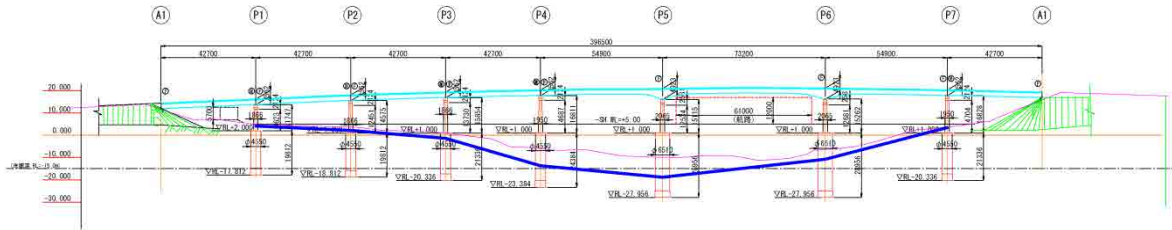


図 5.3.4 カチプール橋における予想最深河床高包絡線

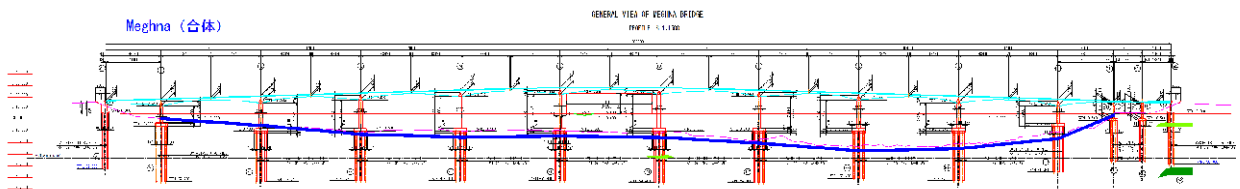


図 5.3.5 メグナ橋における予想最深河床高包絡線

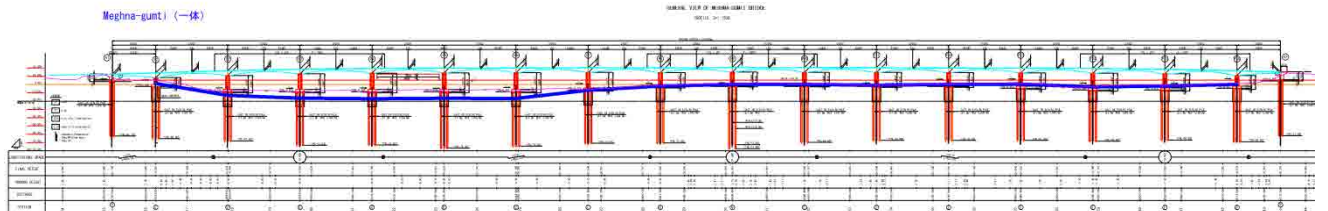


図 5.3.6 Gumティ橋における予想最深河床高包絡線

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

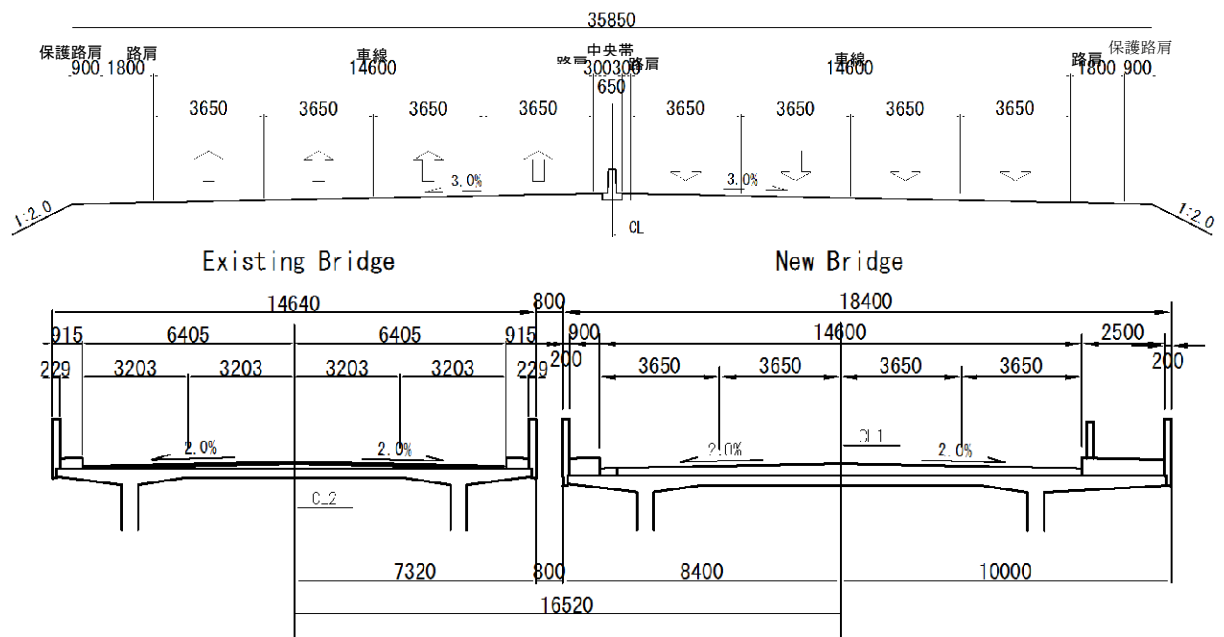


図 6.1.1 カチプール橋 標準横断面図

(2) メグナ橋

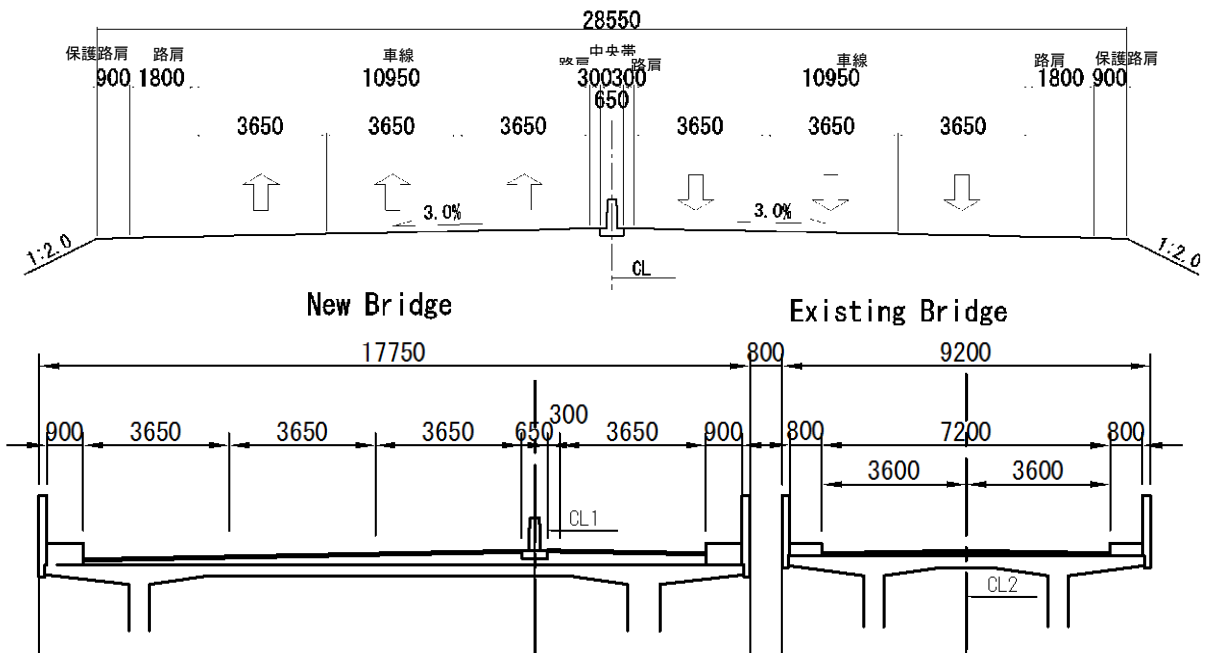


図 6.1.2 メグナ橋 標準横断面図

(3) Gumティ橋

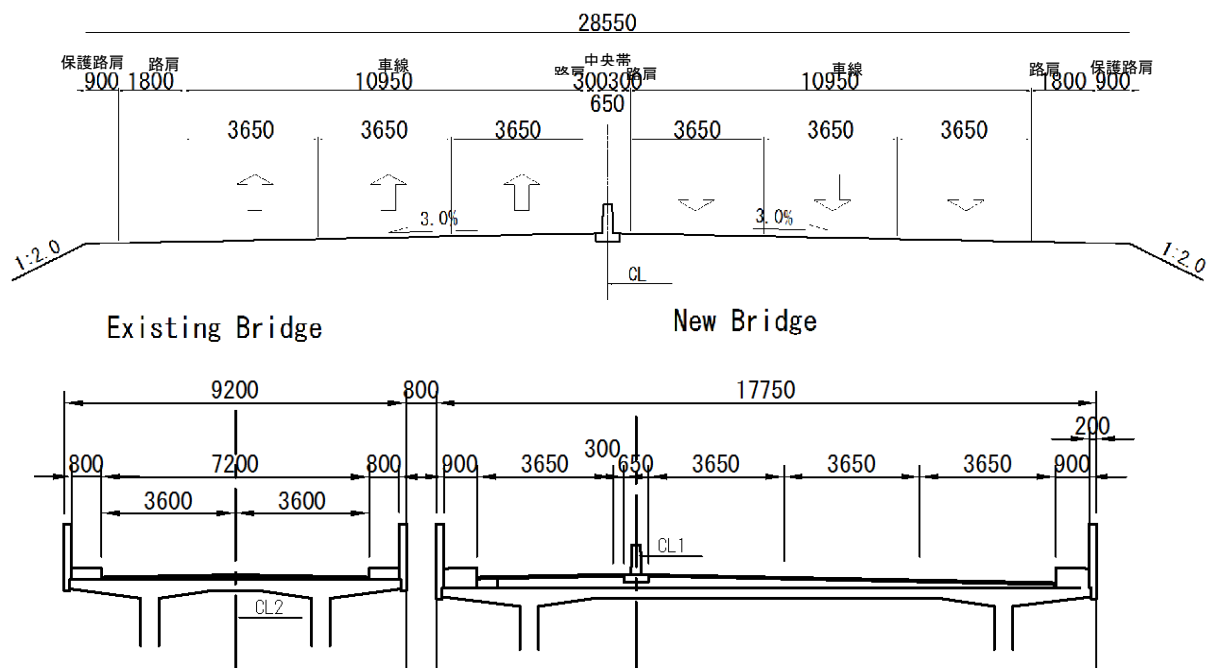


図 6.1.3 Gumティ橋 標準横断面図

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

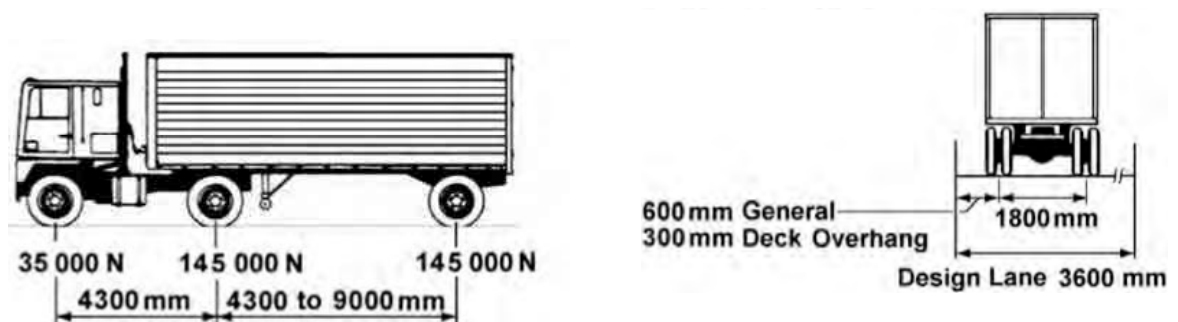
すべての新橋の主桁および下部工設計に用いる活荷重は AASHTO LRFD 橋梁設計基準 2010 年版に規定する HS20-44 荷重により以下の通りとする。

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)

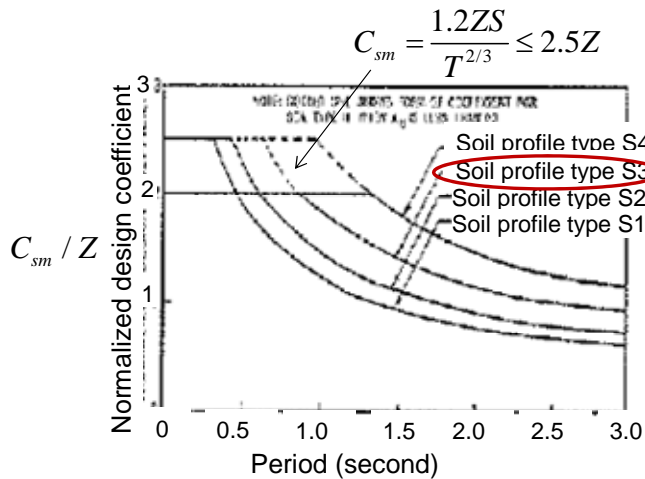


図 6.2.1 設計応答スペクトル

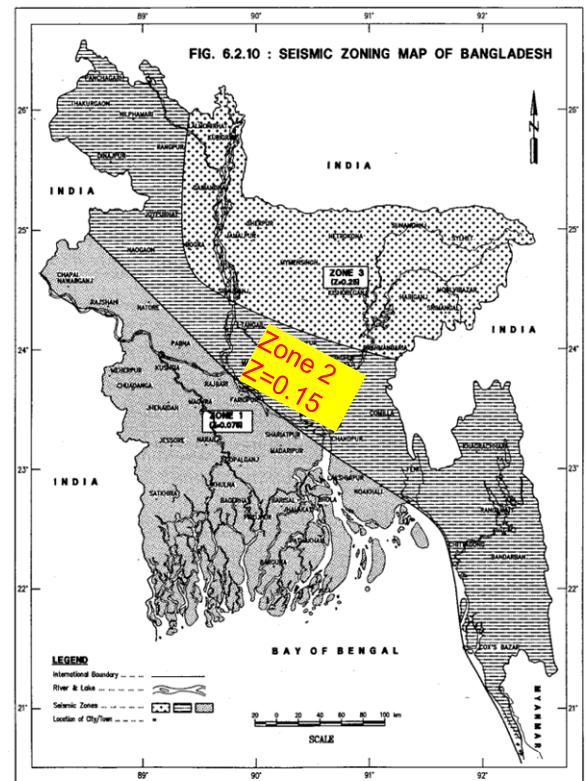


図 6.2.2 地震地域マップ (BNBC)

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

7. 新橋の橋梁形式検討

7.1 橋梁形式選定の手順

第2カチプール橋、第2メグナ橋及び第2グムティ橋の架橋位置と、車線数は2012年6月24日付で「バ」国MOCから承認を得た。具体には、第2カチプール橋と第2グムティ橋は既存橋の直近下流側に、第2メグナ橋は直近上流側に計画される。

橋梁形式選定は以下の手順でおこなわれた。

- (1) 既存橋と新設橋が近接しているため、それぞれの基礎の一体化を含めた基礎形式の検討を行った。
- (2) 次に橋梁上部構造として適用可能な橋梁形式を新設3橋それぞれについて4～5案を選定した。
- (3) 新設3橋のそれぞれに選定された上部構造比較案の総合的比較を行い、最適案を提案した。

7.2 橋梁形式選定のための前提条件

新設3橋はそれぞれの既存橋と非常に近接して計画されるために、新設橋の支間割は既存橋の支間割と全く同じとするか、倍あるいは3倍とすることが必要である。

既存橋の耐震設計はいずれも古い「バ」国基準（設計震度0.05）が適用されているが、2006年に設計基本震度を0.15とする新しい設計基準（BNBC）が制定された。また、メグナ橋沿いの水深測量では-22.8m（洗掘深約18m）が観測されている。新設橋の設計及び既存橋の耐震補強を行う際には、洗掘の影響を受けた状態での耐震安定性の検討を行うことが必要である。

7.3 基礎形式の選定

既設のカチプール橋の基礎はオープンケーソン、メグナ橋とグムティ橋の基礎は場所打ちコンクリート杭である。

最も洗掘の影響を受けているメグナ橋P8を例として、既存橋基礎の補強と新設橋基礎の一体化を図った設計を鋼管矢板基礎と場所打ちコンクリート杭基礎で比較を行った結果を表7.3.1に示した。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。

他に適用可能な基礎形式として鋼管杭基礎とケーソン基礎が考えられるが、鋼管矢板基礎と比較して前者はコストが高いこと、後者は施工のために人工島を必要とするために比較対象としなかった。

表 7.3.1 橋脚 P8 (第2メグナ橋) 下部工の選定

	A案: 鋼管矢板基礎 (SPSP)		B案: 現場打ちコンクリート杭基礎		
概要図					
構造	事例	普通	△	普通	△
	基礎サイズ	小さい	◎	大きい	△
施工	仮設道路	不要(船舶施工)	◎	必要(陸上施工) (鋼管シートパイルによる仮設道路)	△
	既存橋梁下での工事 クリアランス	普通	△	普通	△
	施工期間	6ヵ月 (鋼管シートパイルのみ)	◎	1年以上 (RC杭 + 鋼管シートパイル)	△
自然環境	水環境への影響	小さい (基礎少)	◎	大きい (基礎大)	△
	河床浸食	小さい (基礎少)	◎	大きい (基礎大)	△
費用		1.00	◎	2.56	△
評価		◎		△	

凡例: ◎優れている, ○良い, △悪い

7.4 比較橋梁形式の選定

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グ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 7.4.1 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。

波形鋼ウェブの連続 PC 箱桁形式は、メグナ橋とグ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ード形式は、3 橋に比較案として採用された。エクストラード橋は洗掘が最も厳しいと考えられる箇所の基礎を無くした場合の案である。

メグナ橋の比較で洗掘の影響が大きい 3 箇所の基礎 (P7~P9) を無くした斜張橋案はコストが高いために参考にとどめた。

表 7.4.1 適用可能な橋梁形式

橋梁形式	第2 カチプール 橋	第2 メグナ橋	第2 グムティ橋	摘要
PC T桁橋	○			
連続PC箱桁橋	○	○	○	
連続PC箱桁橋 (波形鋼ウェブ)		○	○	
連続鋼箱桁橋	○	○	○	
PCエクストラード橋	○	○	○	メグナ橋とグムティ橋の最大洗掘深の1橋脚・基礎を避ける案。
PC斜張橋		○		メグナ橋の大きな洗掘深の3橋脚・基礎を避ける案。 参考として検討。

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

(1) 比較のための評価項目

橋梁形式比較のための評価項目及び評価基準を表7.5.1に示した。

表7.5.1 評価項目及び評価基準

評価項目		説明
構造性能	適用事例	適用事例数で評価 ◎：200事例以上の場合、○：100事例以上の場合、△：100事例未満の場合
	耐久性	床版形式で評価 ◎：PC床版、○：RC床版
	耐震性	上部工の重量で評価 ◎：鋼桁（軽量）、○：PC桁
施工性	施工法	施工の困難さで評価 ◎：トラック粘土ン架設、○：仮設桁架設及び送り出し架設、△：斜張橋形式
	品質管理	品質管理の困難さで評価 ○：仮設桁架設及び送り出し架設、△：斜張橋形式
	施工期間	工期の長さで評価 ◎：通常より工期が短い場合、○：PC桁橋の工期を通常とする、△：工期が長い場合
維持管理	塗装/防錆	再塗装間隔で評価 ○：一般鋼材、コンクリートを使用した場合（30年毎再塗装）を通常とする
	定期管理	伸縮装置の数で評価 ◎：エクспанションジョイントの数0、○：エクспанションジョイントの数1または2 支承を支える橋脚の数で評価 ◎：支承付き橋脚の数0、○：支承付き橋脚の数2～4、△：支承付き橋脚の数5以上
	ケーブル保護管の交換	ケーブル保護管の交換の必要性で評価 ◎：ケーブル保護管の交換不要、△：ケーブル保護管の交換必要
景観		橋梁のシンボル性で評価 ◎：斜張橋、○：標準的な桁橋
環境への影響	河川流への阻害	橋脚数で評価 ◎：橋脚数少、△：橋脚数多
	浸食	主河川内の橋脚の数で評価 ◎：橋脚数少、△：橋脚数多
	騒音/振動	伸縮装置の数で評価 ◎：伸縮装置数少、△：伸縮装置数多
ライフサイクルコスト		建設費と75年間の維持管理費の合計

(2) 評価結果

第2カチプール橋、第2メグナ橋及び第2グムティ橋それぞれ比較案の評価を表7.5.1の基準に則り評価を行った結果を表7.5.2、表7.5.3及び表7.5.4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、コンストラクションコストなどを評価項目とした。

第2カチプール橋では、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、施工期間が短いために推奨される。

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。

図7.5.1、図7.5.2及び図7.5.3に第2カチプール橋、第2メグナ橋及び第2グムティ橋に選定された連続鋼細幅箱桁橋の橋梁概要、完成予想図及びコンピューターグラフィックを示す。

表7.5.2 第2カチプール橋 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 T桁橋 + PC 箱桁橋		連続PC箱桁橋		連続鋼細幅箱桁橋		PCエクストラードーズ橋		
形状										
構造性能	適用事例	> 200	◎	> 200	◎	> 100	○	> 100	○	
	耐久性	床版の耐久性	十分 (PC床版)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
	耐震性	上部工重量	普通	○	普通	○	有利	◎	◎	
施工性	施工法	施工の困難さ	普通	○	普通	○	普通	○	やや難しい	△
	品質管理	品質管理の困難さ	普通	○	普通	○	普通	○	やや難しい (キャンバー調整)	△
	施工期間		3.0年	○	3.0年	○	2.5年	◎	3.5年	△
維持管理	塗装/防錆	塗装、表面処理の必要性	塗装30年毎	○	塗装30年毎	○	塗装30年毎	○	塗装30年毎	○
	定期管理	伸縮装置の数	1箇所	○	なし	◎	◎	◎	◎	◎
	ケーブル	ケーブルシースの取り替え	5橋脚	△	なし	◎	◎	◎	◎	◎
環境への影響	景観	景観	直線 + スレンダーアーチ	○	スレンダーアーチ	○	直線	○	直線	○
	河川流	河川内の橋脚数	7橋脚	△	5橋脚	○	5橋脚	○	3橋脚	◎
	騒音/振動	伸縮装置の数と状態	2橋脚	○	2橋脚	○	2橋脚	○	1橋脚	◎
コンストラクションコスト (建設費)		1.00	◎	1.07	○	1.03	◎	1.43	△	
評価		2		3		1		4		

凡例: ◎ 優れている, ○ 良い, △ 悪い

選定された橋梁

連続鋼細幅箱桁橋 (42.7+85.4+97.6+73.2+54.9+42.7=396.5m)

現橋より橋脚が2本少なくなる。

全体が連続した橋梁となり伸縮装置は両端だけとなる。

上部工重量が軽く耐震性に有利となる。

施工期間が短い。

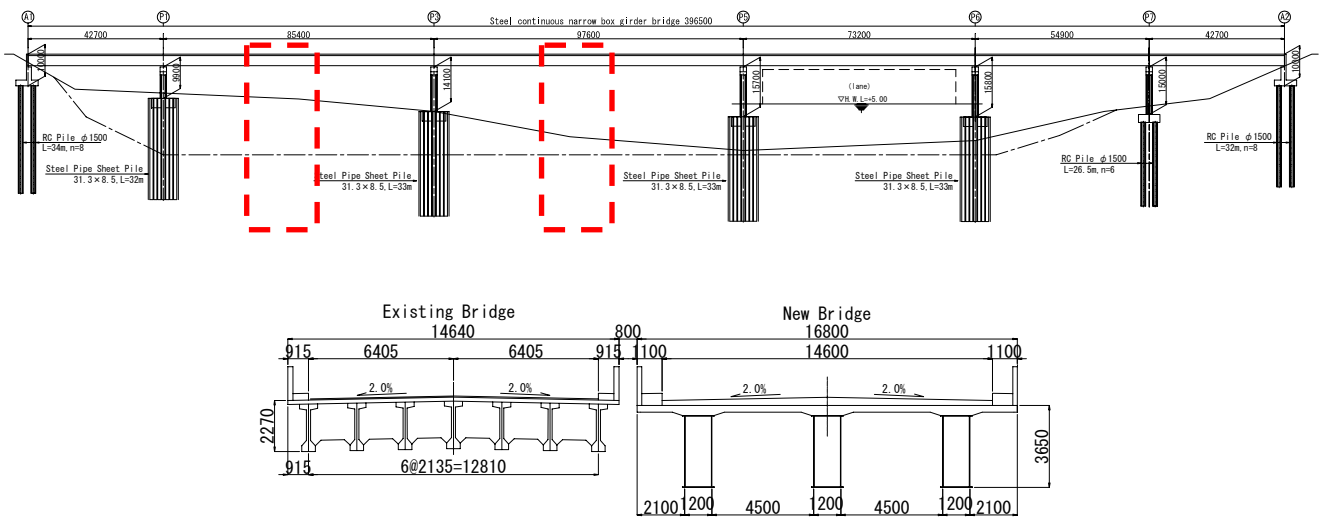


図7.5.1 第2カチプール橋 橋梁概要

表7.5.3 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エクストラードス橋 + PC箱桁橋		
形状										
構造性能	適用事例	> 200	◎	> 100	○	> 100	○	> 100	○	
	耐久性	床版の耐久性 (PC床版)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
	耐震性	上部工重量	普通	○	やや有利	○	有利	◎	◎	
施工性	施工法	施工の難しさ	普通	○	やや難しい	△	普通	○	やや難しい	△
	品質管理	品質管理の難しさ	普通	○	普通	○	普通	○	やや難しい (キャンバー調整)	△
	施工期間		4年	○	4年	○	3年	◎	4年	○
維持管理	塗装/防錆	塗装、表面処理の必要性	塗装30年毎	○	塗装30年毎	○	塗装50年毎	◎	塗装30年毎	○
	定期管理	伸縮装置の数	1箇所	○	1箇所	○	なし	◎	1箇所	○
	ケーブル	ケーブルシースの取り替え	2箇所	○	2箇所	○	11箇所	△	3箇所	○
景観	景観	スレンダーアーチ	○	スレンダーアーチ	○	直線	○	直線	○	
環境への影響	河川流	河川内の橋脚数	11橋脚	○	11橋脚	○	11橋脚	○	10橋脚	◎
	浸食	河川流内の橋脚数	5橋脚	○	5橋脚	○	5橋脚	○	4橋脚	◎
	騒音/振動	伸縮装置の数と状態	3箇所	○	3箇所	○	2箇所	◎	3箇所	○
ライフサイクルコスト (建設費、維持管理費)		1.01	◎	1.00	◎	1.00	◎	1.15	△	
評価		2		3		1		4		

凡例: ◎ 優れている, ○ 良い, △ 悪い

選定された橋梁

連続鋼細幅箱桁橋 (48.5 + 9 X 87 + 73.5 + 25 = 930m)

現橋と同じ径間数となる。

全体が連続した橋梁となり伸縮装置は両端だけとなる。

上部工重量が軽く、耐震性に有利となる。

施工期間が短い。

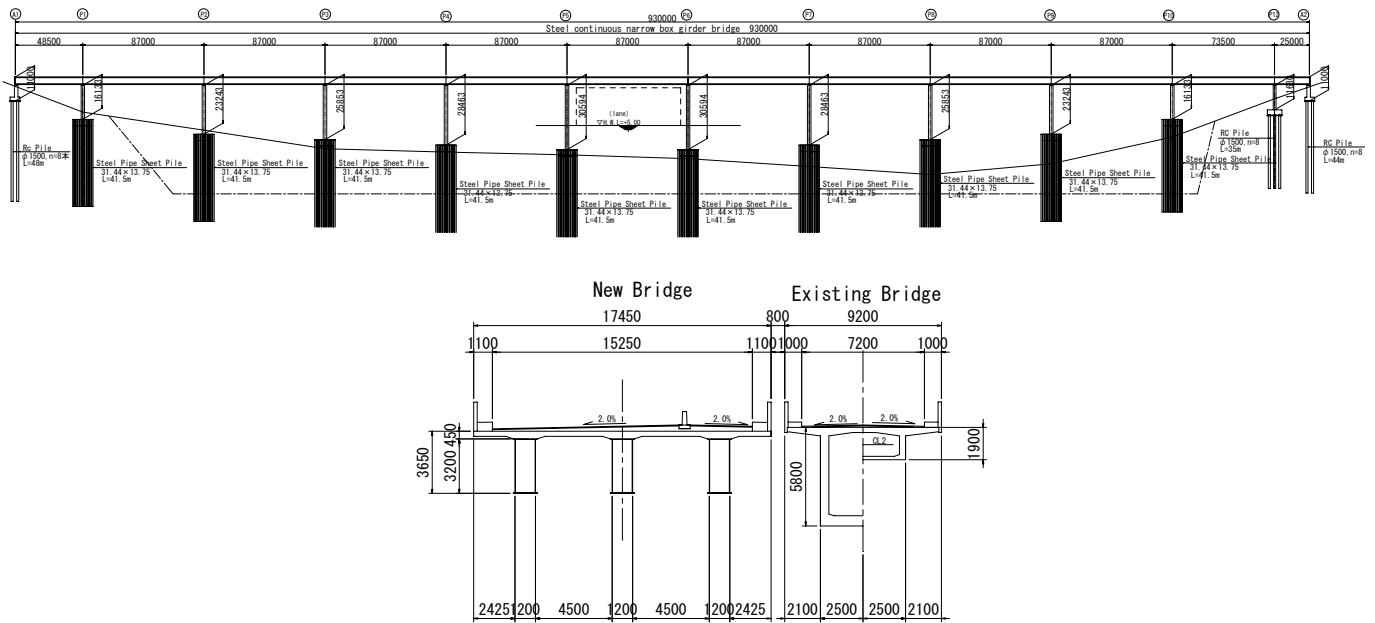


図7.5.2 第2メグナ橋 橋梁概要

表 7.5.4 第2グムティ橋 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エクストラードス橋 + PC箱桁橋	
形状										
構造性能	適用事例		> 200	◎	> 100	○	> 100	○	> 100	○
	耐久性	床版の耐久性	十分 (PC床版)	◎	十分 (PC床版)	◎	十分 (PC床版)	◎	十分 (PC床版)	◎
	耐震性	上部工重量	普通	○	やや有利	○	有利	◎	普通	○
施工性	施工法	施工の困難さ	普通	○	やや難しい	△	普通	○	やや難しい	△
	品質管理	品質管理の困難さ	普通	○	普通	○	普通	○	やや難しい (キャンバー調整)	△
	施工期間		4年	○	4年	○	3年	◎	4年	○
維持管理	塗装/防錆	塗装、表面処理の必要性	塗装30年毎	○	塗装30年毎	○	塗装50年毎	◎	塗装30年毎	○
	定期管理	伸縮装置の数	2箇所	○	2箇所	○	1箇所	◎	2箇所	○
		支承付き橋脚	2箇所	○	2箇所	○	16箇所	△	4箇所	○
	ケーブル	ケーブルシースの取り替え	不要	◎	不要	◎	不要	◎	75年で取り替え	△
景観	景観	スレンダーアーチ	○	スレンダーアーチ	○	直線	○	モニュメント的な景観	◎	
環境への影響	河川流	河川内の橋脚数	16橋脚	○	16橋脚	○	16橋脚	○	15橋脚	◎
	浸食	河川流内の橋脚数	6橋脚	○	6橋脚	○	6橋脚	○	5橋脚	◎
	騒音/振動	伸縮装置の数と状態	4箇所	◎	4箇所	◎	4箇所	◎	4箇所	◎
ライフサイクルコスト (建設費、維持管理費)			1.00	◎	1.01	◎	1.00	◎	1.06	△
評価			2		3		1		4	

凡例: ◎ 優れている, ○ 良い, △ 悪い

選定された橋梁

連続鋼細幅箱桁橋 $\{(52.5+8 \times 87)=748.5 + (7 \times 87+52.5)=661.5\}=1410 \text{ m}$

現橋と同じ径間数となる。

全体を2分割（748.5m と 661.5m の2区間）した連続橋となり、伸縮装置は両端及び中央の3箇所だけとなる。

上部工重量が軽く、耐震性に有利となる。

施工期間が短い。

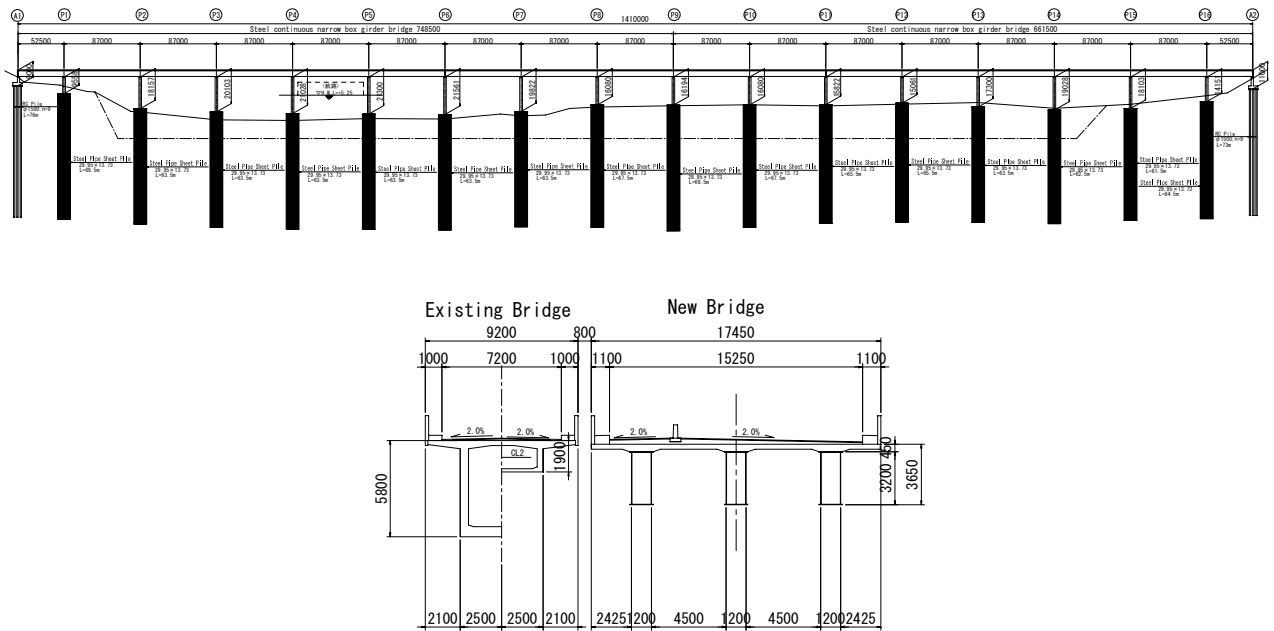


図 7.5.3 第2グムティ橋 橋梁概要

8. 既設橋の改修

8.1 現在の状況

カチプール橋、メグナ橋、Gumティ橋を通じて観察された変状は、ヒンジ沓と伸縮装置は損傷が激しいがその他は小規模なひび割れ鉄筋露出などが主であり、通常の経年劣化の範囲内である。

メグナ橋、Gumティ橋の中央ヒンジ部の損傷は、過積載車両、維持管理不足が原因であると推定される。中央ヒンジと伸縮装置は、RHD の要請を受けて BUET 及び「バ」国陸軍工兵隊が緊急補修を行っている。

8.2 補修・補強工事の範囲

各橋の補修・補強工事の範囲は以下の通りとする。

表 8.2.1 各橋の補修・補強項目と対象

項目		カチプール橋	メグナ橋	Gum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 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
場所打ちコンクリート杭		—	P1, P2	—	

8.3 適用荷重

8.3.1 地震荷重

(1) 原設計

地震時荷重係数 = 0.05

(2) 補修・補強設計

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

ここに、 C_{sm} = 地震時荷重係数

Z = BNBC 地震地域で決まる係数 = 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)

$C_{sm} = 0.27/T_m^{2/3}$ となるので、 T_m の値によって、 $C_{sm} = 0.08 \sim 0.33$ の範囲となる。

8.3.2 活荷重

(1) 元設計

1) 床版設計用活荷重

輪荷重：72 kN（軸重 100 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）

2) 主桁設計用活荷重

一車線当たりのトラック荷重：35+145+145 = 325 kN

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）

8.4 カチプール橋

8.4.1 床版

復元設計で推定された鉄筋量に基づき、補強設計案として3案比較の結果、施工性、経済性に優れる炭素繊維シートによる補強案を採用する。

表 8.4.1 床版補強方法の比較

項目	床版上面増し厚案	床版下面増し厚案	炭素繊維シート補強案
概要			
評価	△	△	◎

8.4.2 主桁

原設計ではPC桁として設計されている。今回の設計では、PRC桁として設計を考えるため十分な耐荷力があり補強の必要がない。

8.4.3 橋脚

復元設計で推定される鉄筋量に基き、補強（補修を兼ねる）設計案として3案比較の結果、施工性、経済性に優れるRC巻き立て+全面隔壁案を採用する。

表 8.4.2 橋脚の補強方法の比較

項目	RC巻き立て+全面隔壁	ポリマーモルタル巻き立て+全面隔壁
概要		
評価	◎実績多く、施工性良好、維持管理も容易で工事費が最も安い	○実績が少なく、施工が難しく、維持管理は、容易だが工事費は最も高い
項目	鋼板巻き立て+全面隔壁	
概要		
評価	△実績は多くない、施工は、容易、維持管理は、再塗装を要する工事費は中間的である。	

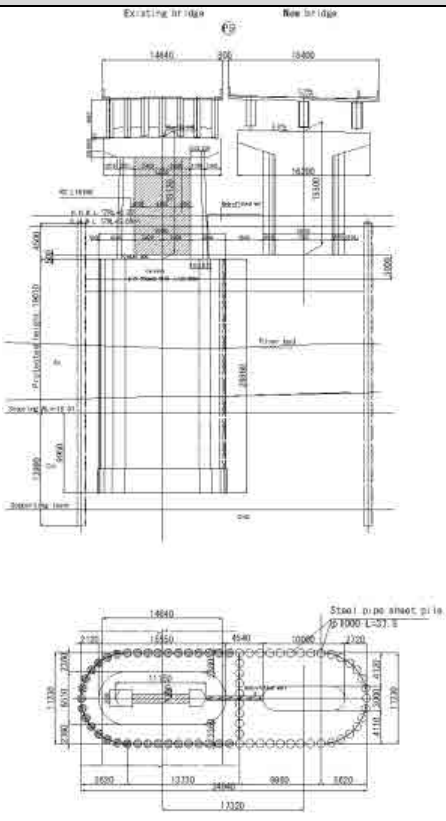
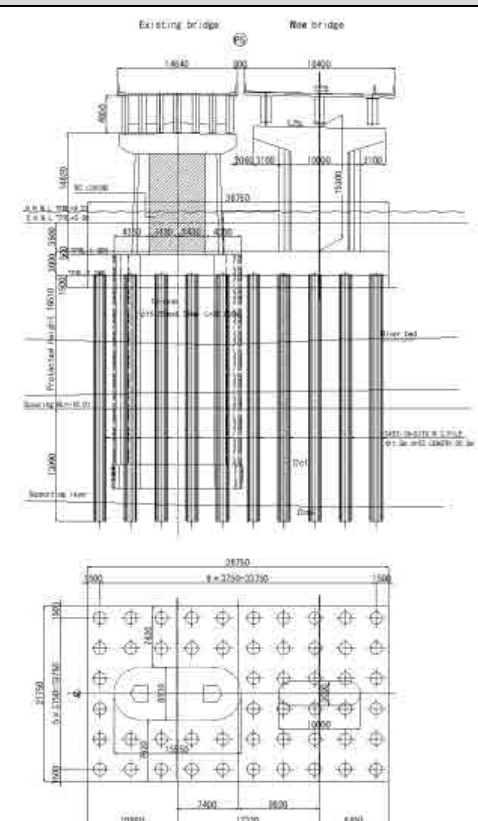
8.4.4 基礎

オープンケーソン基礎として補強することは困難であるため、

- ・鋼管矢板基礎による補強
- ・場所打ちコンクリート杭基礎による補強

を比較した結果、実績のある鋼管矢板基礎による補強を採用する(表 8.4.3 参照)。

表 8.4.3 第2カチプール橋の基礎工比較表

	鋼管矢板基礎	場所打ち杭基礎
概要		
止水	無し	あり
規模	小	大
費用	小	大
評価	◎	

8.4.5 落橋防止工

橋桁の端部が地震時に下部工（橋台、橋脚）から落下することを防止するため、



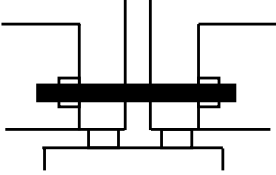
- ・下部工に鋼ブラケットを設ける案
- ・下部工に台座を追加する案
- ・桁端同士を PC 鋼材で連結する案を比較した結果、経済性に優れた鋼ブラケット案（図 8.4.1 参照）を採用する。



図 8.4.1 鋼ブラケット案の事例

ただし、ゲルバー部においては、表 8.4.3 の C Plan のようにゲルバー桁と吊り桁の横桁同士を PC 鋼材で連結するものとする。

表 8.4.3 落橋防止装置比較表

	A 案: 鋼ブラケット		B 案 コンクリートブラケット		C 案: 桁連結	
イメージ						
構造	鋼ブラケットを杏座の前に置き桁端部が橋脚間隔の変化により落下することを防ぐ		杏座を前に出して橋脚間隔の変化による桁端部の落下を防ぐ		桁端部を連結することにより桁の落下を防止する。	
事例	多い	◎	多い	◎	多い	◎
施工性	普通 足場必要	○ △	普通 足場必要	○ △	普通 足場必要	○ △
見栄え	不良	△	不良	△	不良	△
維持管理	普通	○	普通	○	普通	○
価格	1.00	◎	1.07	○	1.62	△
評価	◎		○		△	

評価 : ◎優良, ○良, △劣る

8.5 メグナ橋

8.5.1 主桁

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を連続化する。温度応力が下部工に与える影響を軽減するため、地震による応力と温度応力が同程度にするように設計した結果、全橋中の1ヶ所のみはヒンジ部を残す。

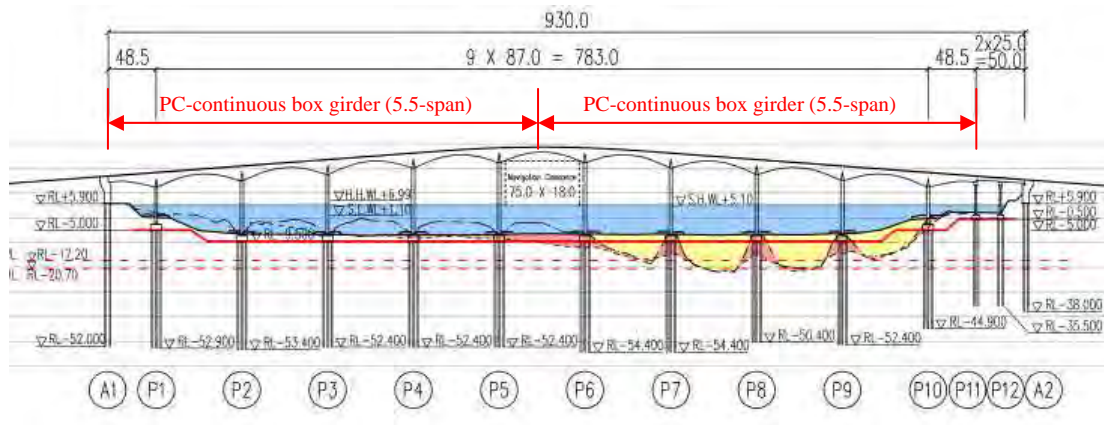


図 8.5.1 メグナ橋の連続化案

ヒンジ部の補修は、

- ・ヒンジ杓全体を交換する案
- ・新たなヒンジ機能を追加する案
- ・部分的に密閉ゴム杓を交換する案（右図参照）

を比較した結果、部分交換案を採用する。

交換

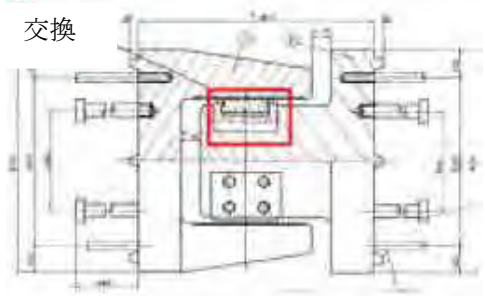


図 8.5.2 ヒンジ構造

表 8.5.1 ヒンジ補修の比較

	A 案: 総交換	B 案: 杓付加	C 案: 損傷部交換
イメージ			
施工性	製作不可能	製作不可能	製作可能
評価	△	△	◎

評価: ◎優良, ○良, △不可

8.5.2 橋脚

橋脚の補強（補修を兼ねる）設計は、3案比較の結果、施工性、経済性に優れる RC 巻き立て案を採用するものとする。

表 8.5.2 橋脚補強の比較

	RC 巻き立て案	鋼板巻き立て案	ポリマーモルタル巻き立て案
概要			
評価	◎	△	△

8.5.3 基礎

洗掘の影響が少ない基礎の補強設計は、施工性、経済性を比較し、場所打ちコンクリート杭基礎を採用した（表 8.5.2 参照）。洗掘の影響を考慮する必要がある場合の基礎の補強設計は、杭基礎による補強案と比較した結果、施工性、経済性に優れた鋼管矢板基礎による補強を採用する（表 8.5.3 参照）。

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）

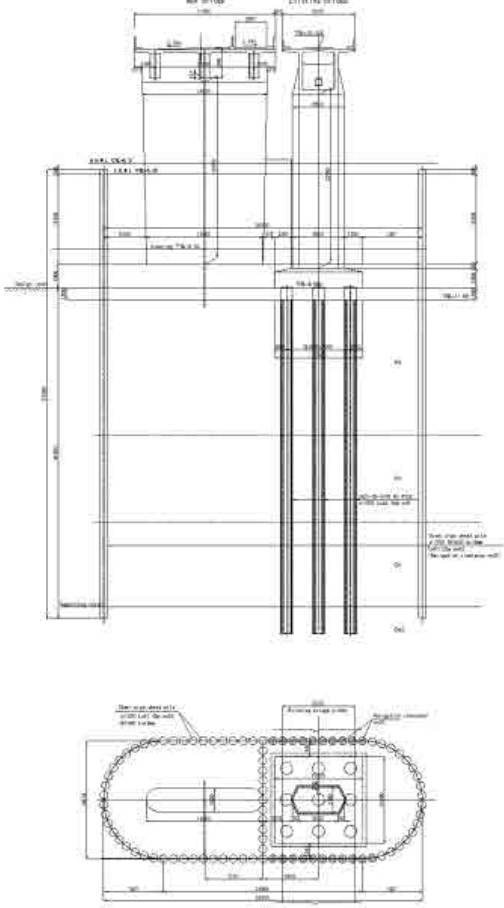
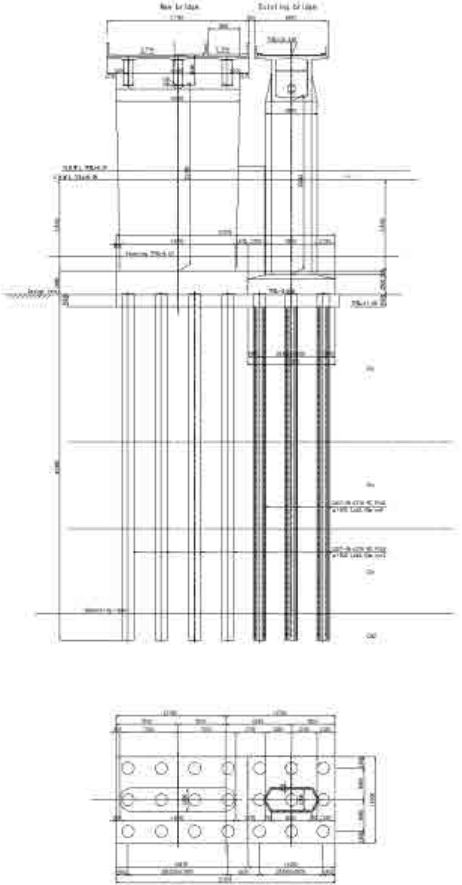
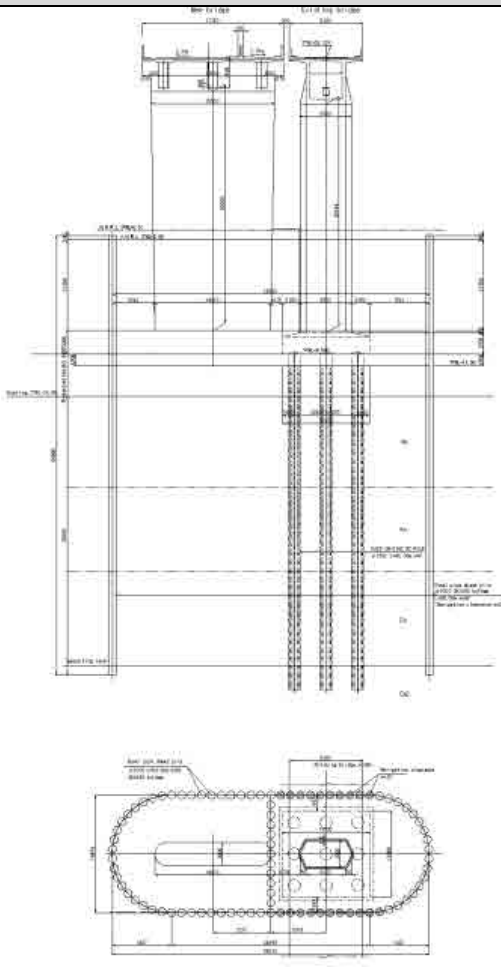
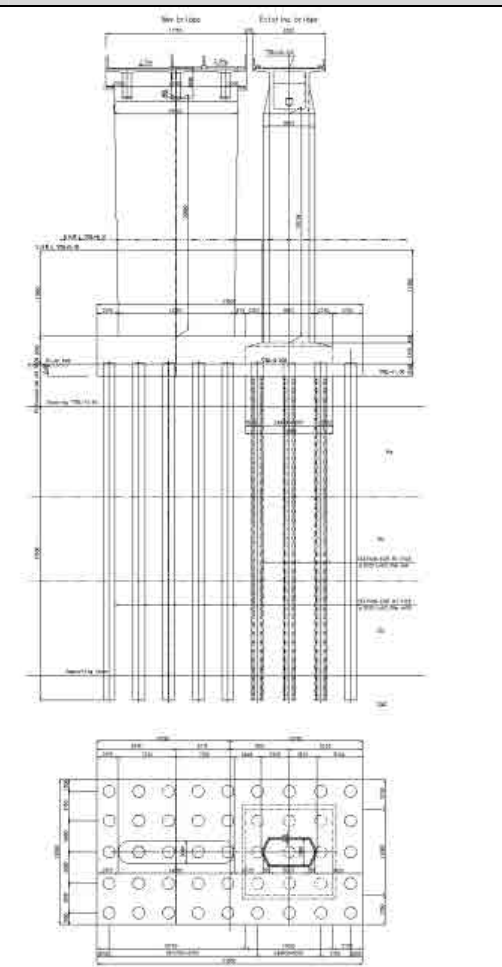
	鋼管矢板基礎	場所打ち杭基礎
概要		
止水	無し	あり
規模	大	小
費用	大	小
評価		◎

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）

	鋼管矢板基礎	場所打ち杭基礎
概要		
止水	無し	あり
規模	小	大
費用	小	大
評価	◎	△

8.5.4 落橋防止工

橋台部における地震時の桁落下を防止するため、8.4.5 に示すように鋼ブラケットを設ける。

8.6 Gumティ橋

8.6.1 主桁

メグナ橋と同様に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を連続化する。ただし、温度応力が下部工に与える影響を軽減するため、メグナ橋と同様に、地震時水平力と温度応力が同程度となるように、全橋中の2ヶ所にヒンジ部を残す。ヒンジ部の補修もメグナ橋と同様、密閉ゴム沓の部分交換とする。

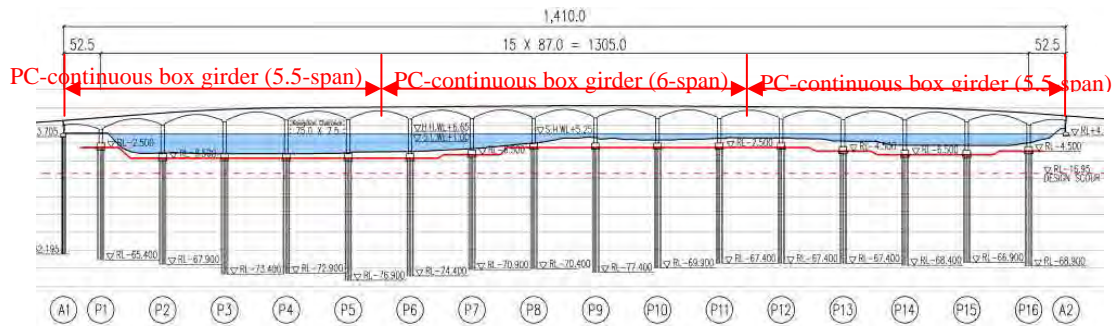


図 8.6.1 Gumティ橋の連続化案

8.6.2 橋脚

メグナ橋と同様、RC巻き立て案を採用する。

8.6.3 基礎

メグナ橋と同様、洗屈の影響を考慮しなければならない場合は、鋼管矢板基礎案を採用する。

8.6.4 落橋防止工

メグナ橋と同様である。

8.7 メグナ橋、Gumティ橋の損傷に対する考察

メグナ橋、Gumティ橋のヒンジ沓および伸縮装置の損傷の原因に対して以下のように考察した。

- 過積載車両の過大な輪荷重とその衝撃力によって予期しないヒンジ部ゴムの早期劣化を招き、その結果生じたわずかな隙間により輪荷重の衝撃力がさらに大きくなり伸縮装置の損傷を招いたと考えられる。ヒンジ部のわずかな隙間と伸縮装置の損傷による路面の不陸によって、さらに輪荷重の衝撃力が増大するといった悪循環の相乗作用によって損傷が進展したと推察する。
- 過積載車両の取締り及び維持管理が十分に実施されなかったことが、損傷の発生と進展を助長させたと推察する。

9. 概略設計

9.1 道路設計

(1) 設計概要

新橋の取付道路は、基準となる幾何構造に従い、現道路と同じ縦断勾配、起終点は現道に擦りつく形で設計を行った。適用した幾何構造概要を表 9.1.1 に示す。

表 9.1.1 取付幾何構造概要

パラメーター	単位	基準値	第2 カチプール橋	第2 メグナ橋	第2 グムティ橋
延長	m		STA 0+0.0 - STA 1+100.0 道路延長=703,5 (橋梁延長 =396.5m)	STA 0+0.0 - STA 1+800.0 道路延長==870 (橋梁延長 =930.0m)	STA 0+0.0 - STA 2+420.0 道路延長==1010.0 (橋梁延長=1410.0m)
最大盛土高	m	-	12.6	10.5	6.3
設計速度	km/h	80	80		
車線幅	m	3.65	3.65		
外側路肩	m	1.8	1.8		
内側路肩	m	0.3	0.3		
標準横断勾配	%	3.0	3.0		
最大片勾配	%	7.0 以下	7.0	7.0	7.0
最小曲線半径	m	250 以上	340	390	350
最急縦断勾配	%	5.0 以下	4.5	3.0	3.0
最小縦断曲線 K 値	m	35 以上	37	35	74

(2) 舗装設計

舗装構成は耐用年数 20 年間の等価単軸荷重を満足する舗装設計とし、表 9.1.2 のように設定した。

表 9.1.2 舗装設計

構成名	材料	厚さ
表層	アスファルト	50mm
基層	アスファルト	200mm
上層路盤	砕石	350mm
下層路盤	砕石	400mm

(3) 道路設計図

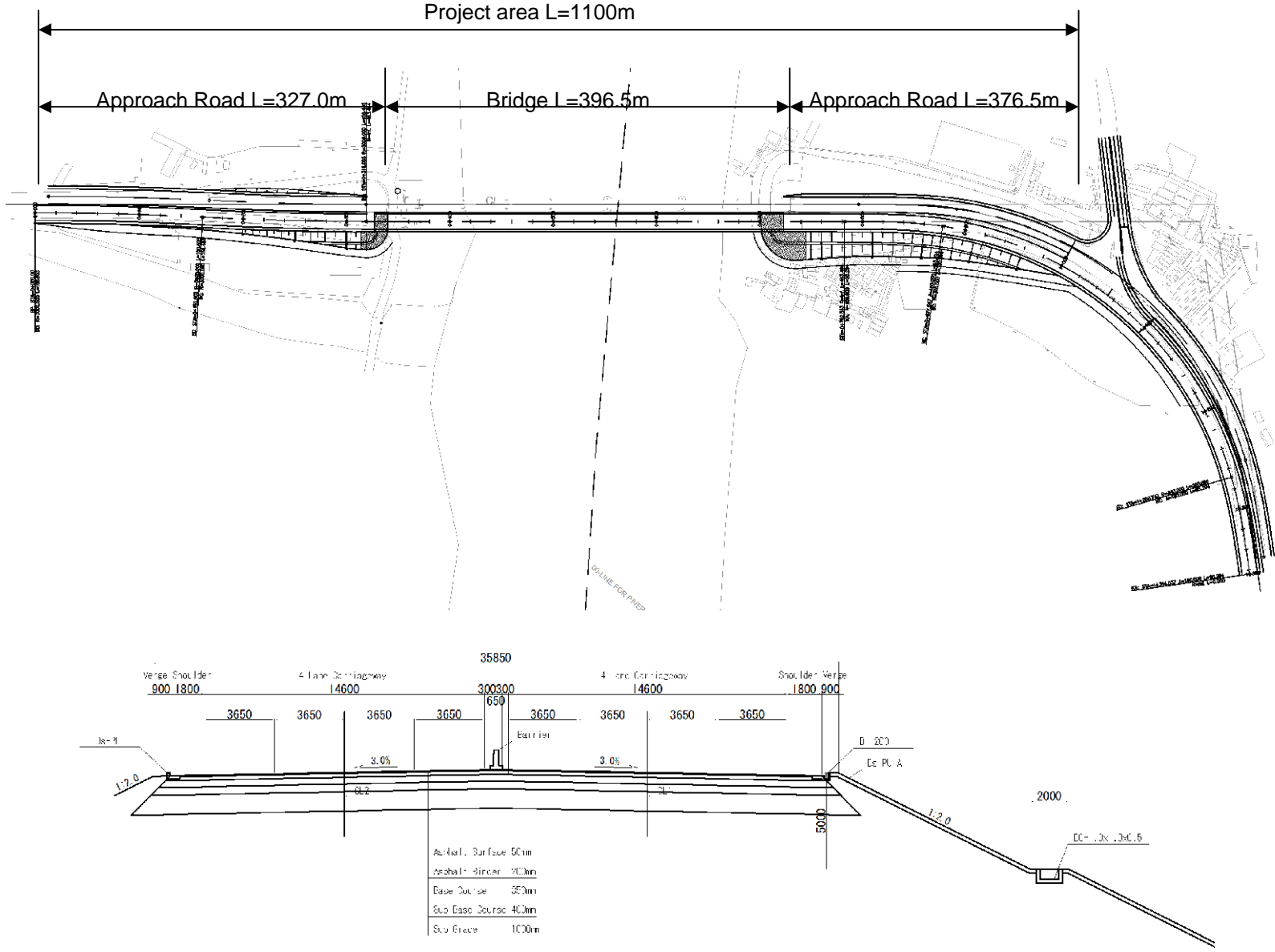


図 9.1.1 平面図、標準横断面図 (第2カチプール橋)

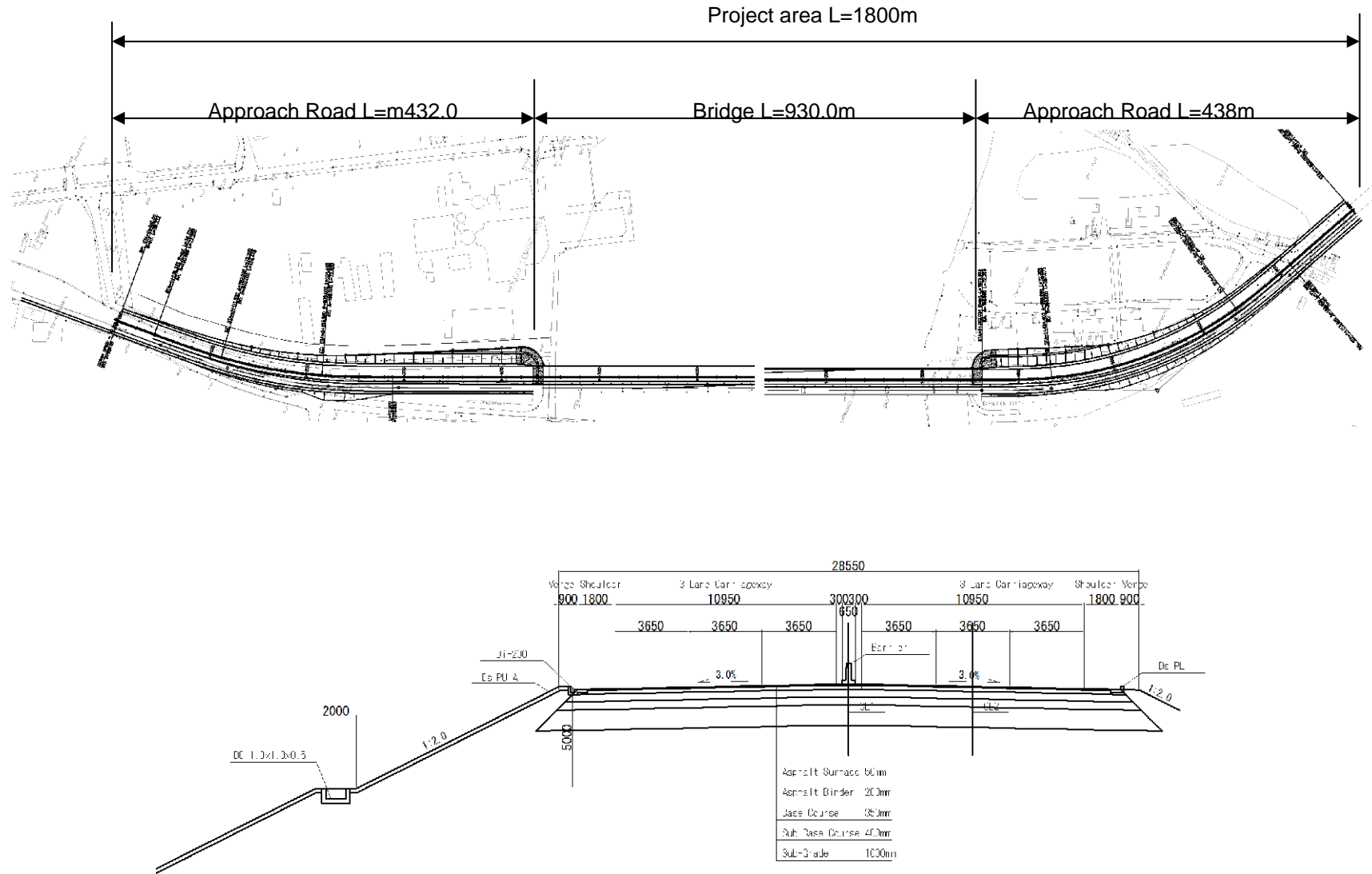


図 9.1.2 平面図、標準横断図 (第2メグナ橋)

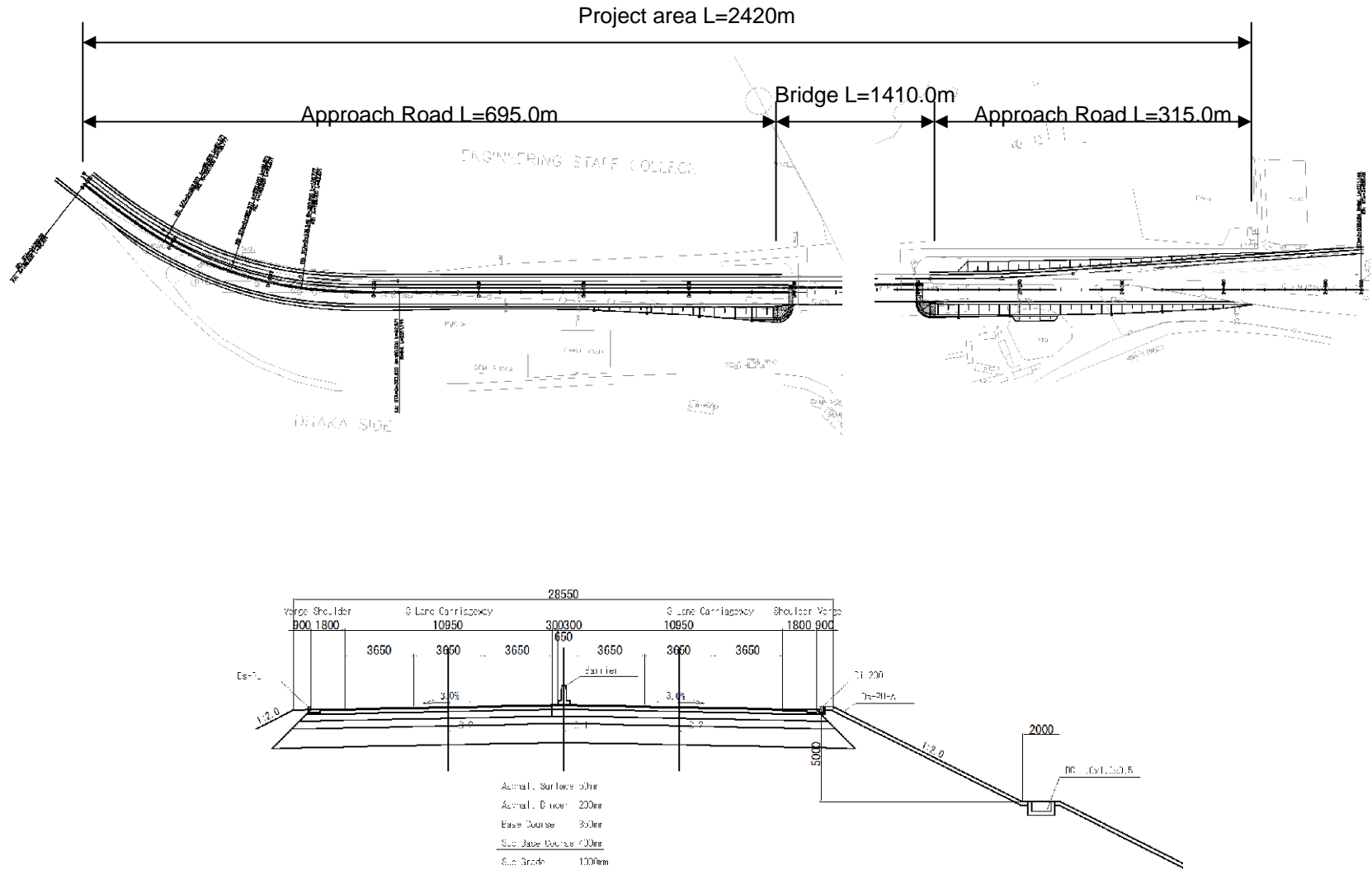


図 9.1.3 平面図、標準横断面図 (第2グムティ橋)

9.2 新設橋の概略設計

9.2.1 第2カチプール橋

(1) 設計洗掘深

下図に示すように、-1.4 mおよび -18.0 mの洗掘深を想定する。

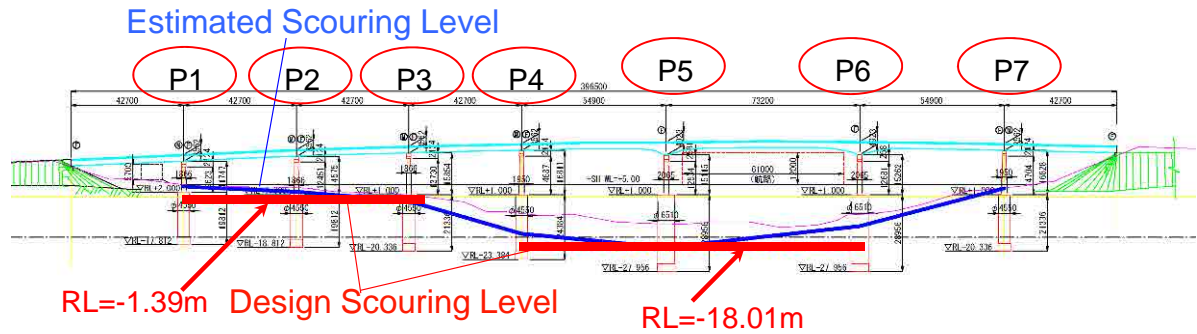


図 9.2.1 カチプール橋の設計洗掘深

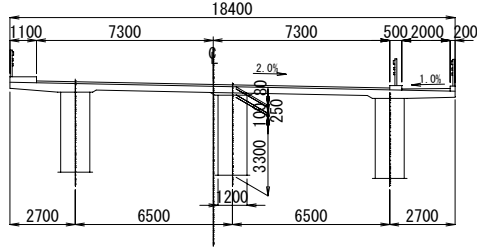
(2) 基礎工の選定

隣接する既存橋基礎の補強と一体で施工することを考慮して、鋼管矢板基礎案と場所打ちコンクリート杭基礎案と比較した結果、施工性、経済性に優れた鋼管矢板基礎案を採用する（表 8.4.3 参照）。

(3) 概略設計結果

表 9.2.1 に設計総括を、図 9.2.2 に橋梁一般図を示す。

表 9.2.1 第2カチプール橋 概略設計総括表

橋梁諸元	橋梁形式		鋼6径間連続細幅箱桁橋
	橋長		396.5m
	桁長		396.0m
	支間割		41.6+85.4+97.6+73.2+54.9+41.6=394.3m
	幅員構成		1.10+4@3.65+2.70=18.40m 4車線
	断面図		
上部工	床版	プレキャストPC床版：25cm	
	主桁	鋼細幅箱桁3主桁：幅1.2m、高さ3.3m	
下部工	橋台	逆T式コンクリート橋台 高さ：7.5m 場所打ちコンクリート杭：φ1.5m、6本、36.0m	
	橋脚	柱式コンクリート橋脚 P1, P3, P5, P6 橋脚 高さ：10.64m~15.55m 鋼管矢板基礎：φ1.0m、L=33m 最大寸法：34.94m x 11.23m (既存橋含む) 最小寸法：33.70m x 8.74m (既存橋含む) P7 橋脚 高さ：15.31m 場所打ちコンクリート杭基礎：φ1.5m、n=8本、L=18.0m	
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		$C_{sm} = \frac{1.2ZS}{T_m^{2/3}} \leq 2.5Z$: 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		+10°C~+50°C
使用材料	上部工	耐候性鋼材	SMA490W、SMA570 (JIS規格) $\sigma_u = 490 \text{ MPa}$ 、570 MPa $\sigma_y = 365 \text{ MPa}$ 、460 MPa
		PC鋼材	SWPR7BL (JIS規格) $\sigma_u = 1850 \text{ MPa}$ 、 $\sigma_y = 1600 \text{ MPa}$
		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

KANCHPUR BRIDGE: GENERAL VIEW

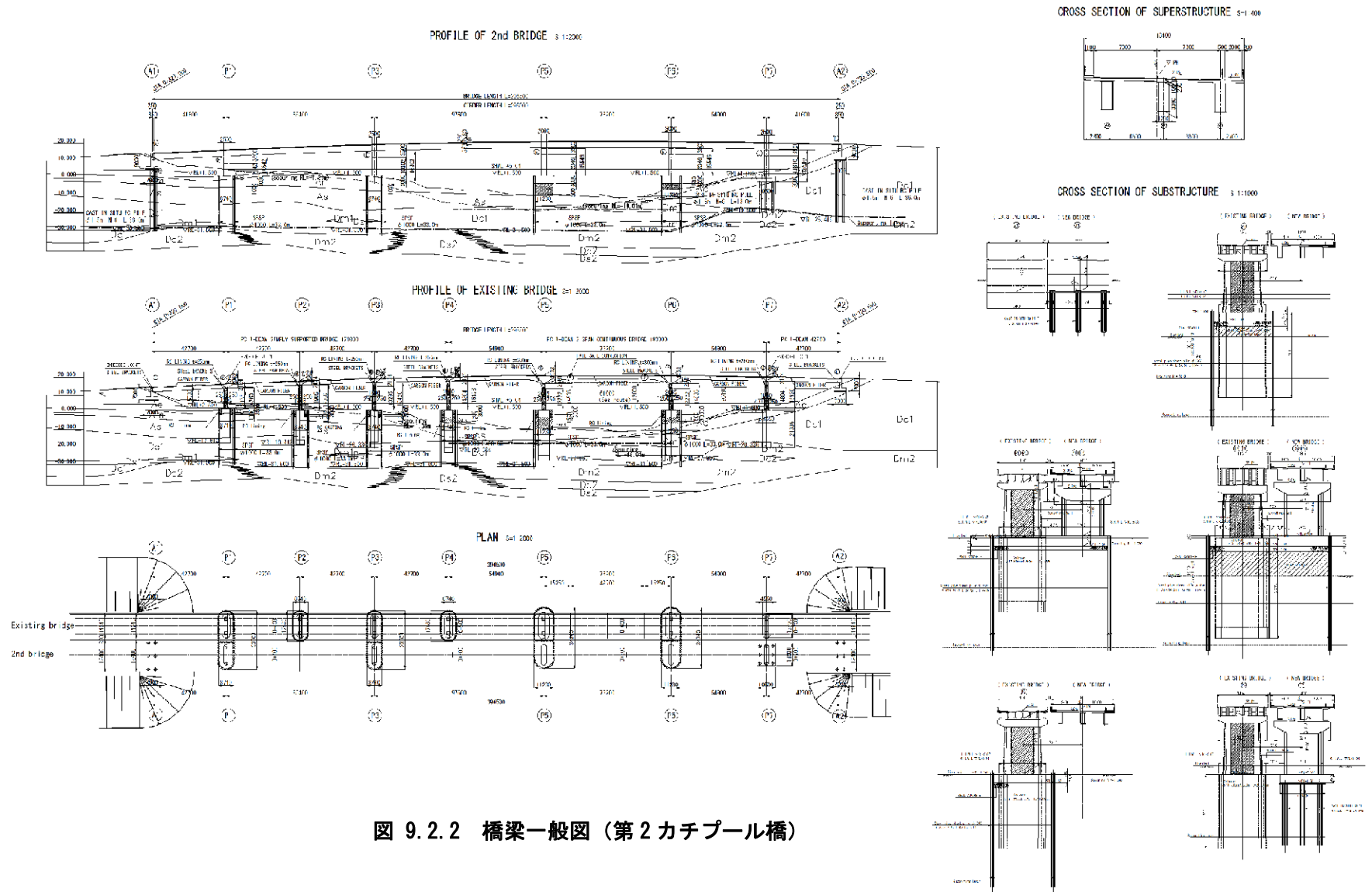


図 9.2.2 橋梁一般図 (第2カチプール橋)

9.2.2 第2メグナ橋

(1) 設計洗掘深

下図に示すように、洗掘深が浅い場合 (-4.6 m)、中間の場合 (-14.9 m) および深い場合 (-26.2 m) を想定する。

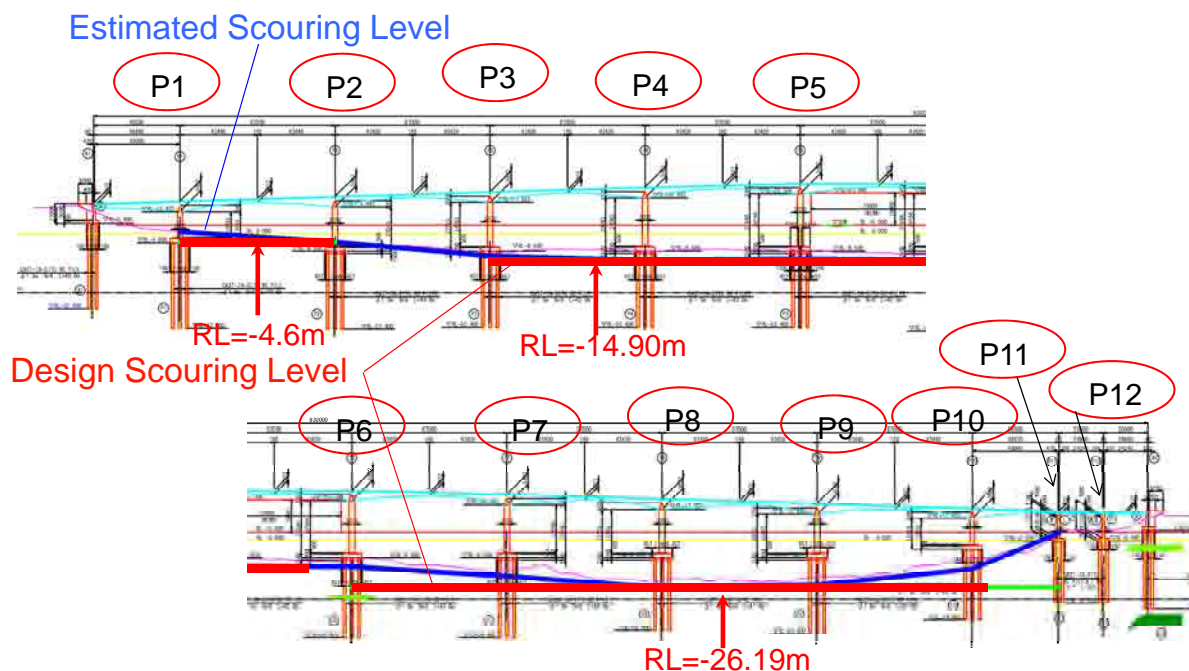


図 9.2.3 メグナ橋の設計洗掘深

(2) 基礎工の選定

洗掘深が深い場合は、鋼管矢板基礎を適用することは 7.3 ですでに述べた。ここでは、洗掘深が浅い場合と中間の場合について鋼管矢板基礎と場所打ちコンクリート基礎の比較検討を行う。

1) 洗掘深が浅い場合 (RL-46m)

洗掘の影響があまりない場合の基礎の設計は、隣接する既存橋基礎の補強と一体で施工されるべきことなども考慮して、鋼管矢板基礎案と比較した結果、経済性に優れる場所打ち杭基礎案を採用する (表 8.5.2 参照)。

2) 洗掘深が中間の場合 (RL-14.9m)

洗掘の影響を考慮する必要がある場合の基礎の設計は、隣接する既存橋基礎の補強と一体で施工されるべきことなども考慮して、場所打ちコンクリート杭基礎案と比較した結果、施工性、経済性に優れる鋼管矢板基礎案を採用する (表 8.5.3 参照)。

(3) 概略設計結果

表 9.2.2 に設計総括を、図 9.2.4 に橋梁一般図を示す。

表 9.2.2 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	プレキャストPC床版：24cm	
		主桁	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=42.65～44.15m 寸法：39.93m x 14.97m (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		$C_{sm} = \frac{1.2ZS}{T_m^{2/3}} \leq 2.5Z$ ：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		+10°c ～+50° c	
使用材料	上部工	耐候性鋼材	SMA490W、SMA570（JIS規格） $\sigma_u = 490 \text{ MPa}$ 、 570 MPa $\sigma_y = 365 \text{ MPa}$ 、 460 MPa	
		PC鋼材	SWPR7BL（JIS規格） $\sigma_u = 1850 \text{ MPa}$ 、 $\sigma_y = 1600 \text{ MPa}$	
		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

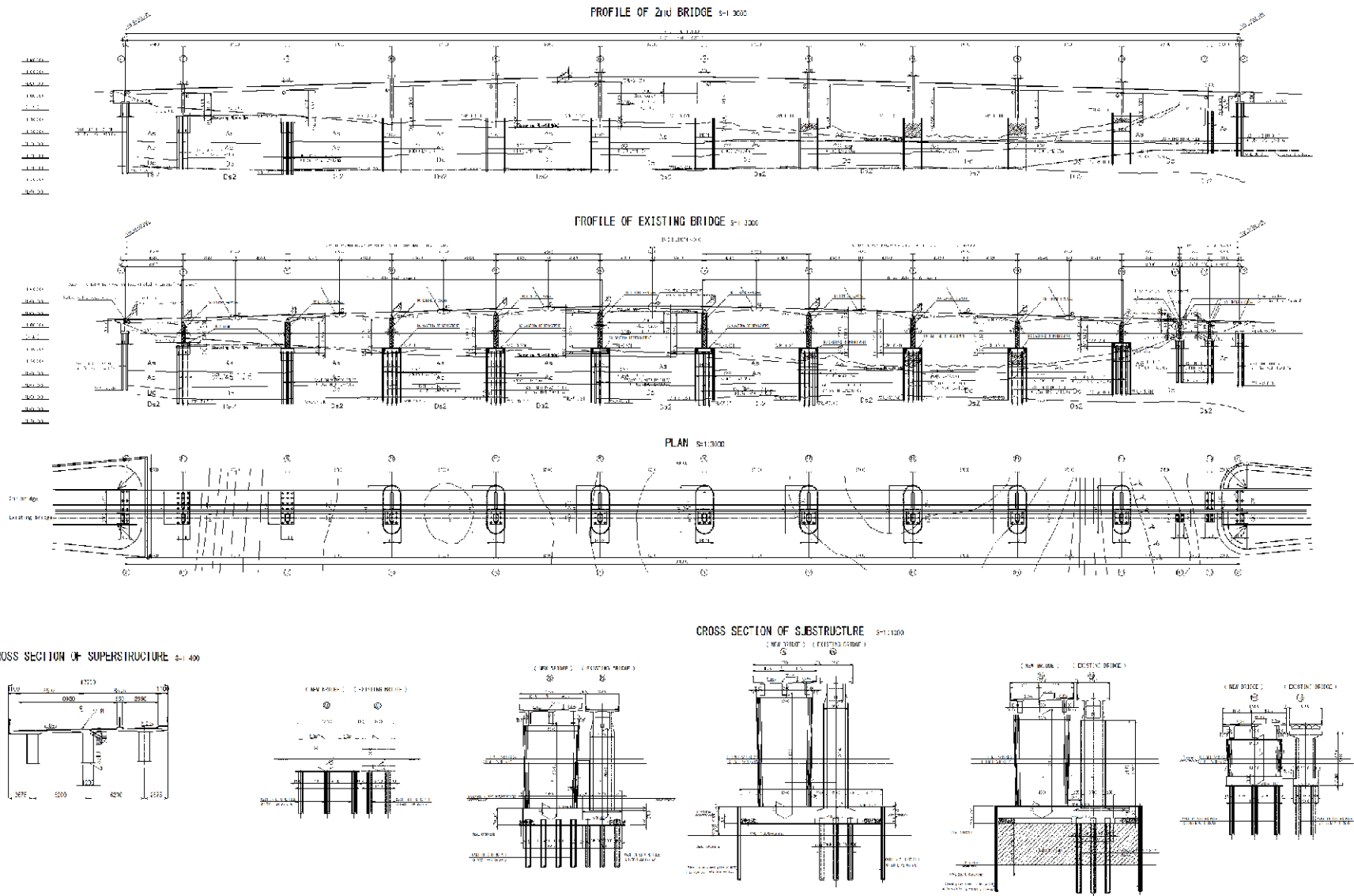


図 9.2.4 橋梁一般図 (第2メグナ橋)

9.2.3 第2グムティ橋

(1) 設計洗掘深

下図に示すように、 $-0.7\sim-2.8\text{m}$ および -17.1m の洗掘深を想定する。

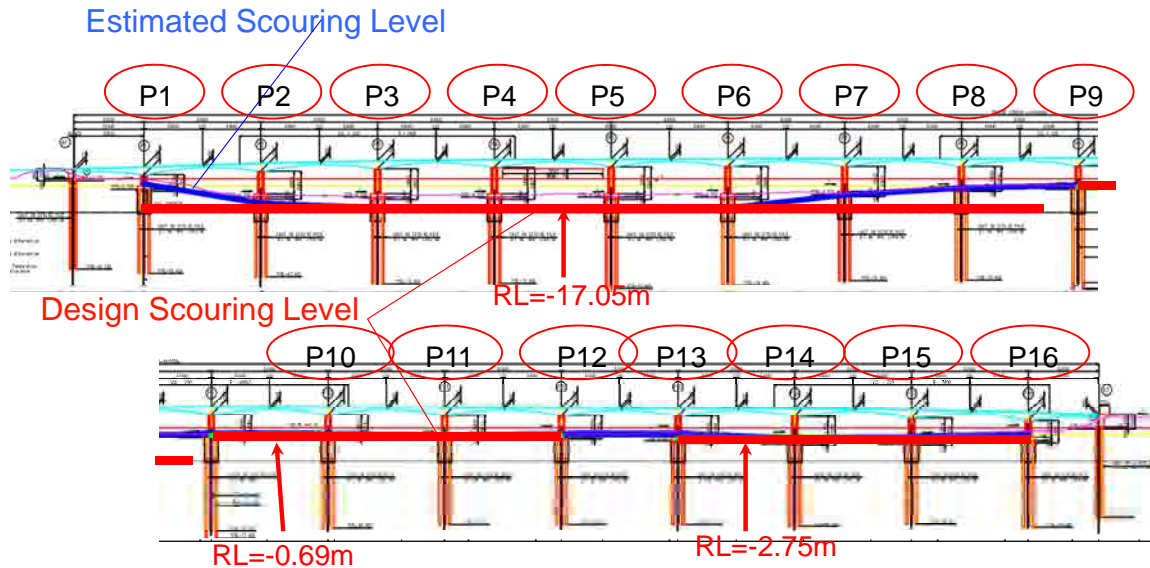


図 9.2.5 グムティ橋の設計洗掘深

(2) 基礎工の選定

第2メグナ橋と同様、洗掘深が浅い場合 ($RL-2.75\text{m}$) は場所打ちコンクリート杭基礎、洗掘深が深い場合 ($RL-17.05\text{m}$) は鋼管矢板基礎とする。

(3) 概略設計結果

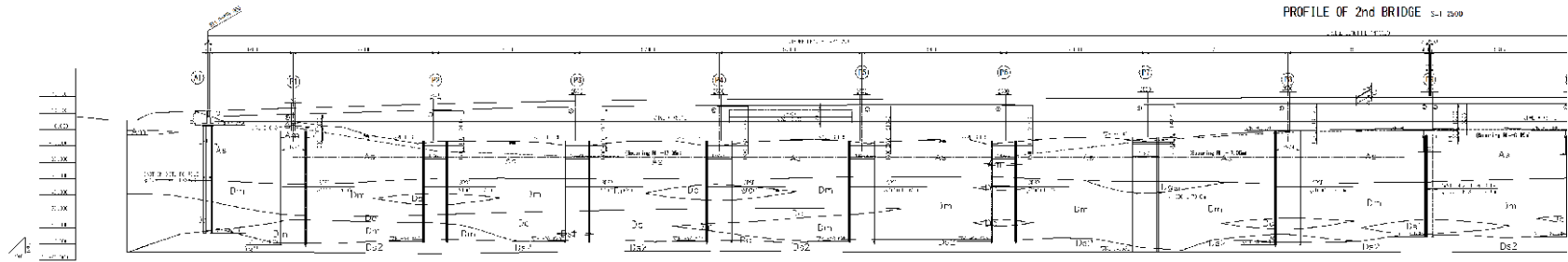
表 9.2.3 に設計総括を、図 9.2.6、図 9.2.7 に橋梁一般図を示す。

表 9.2.3 第2 Gumティ橋 概略設計総括表

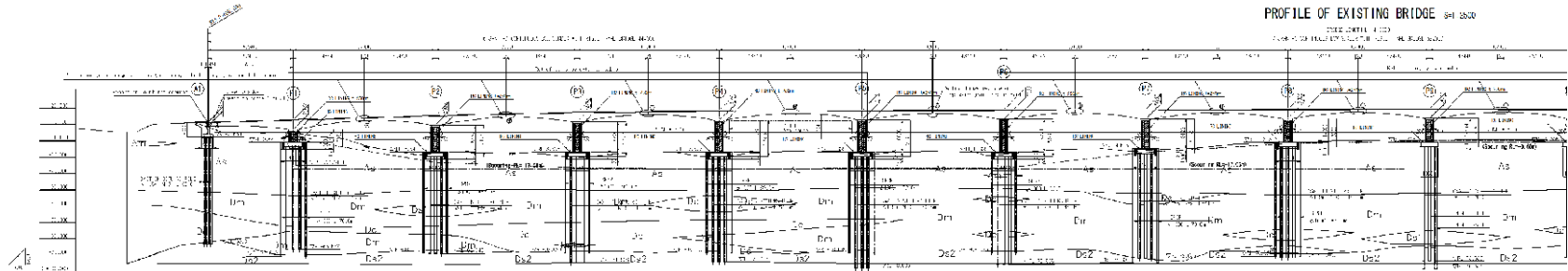
橋梁諸元	橋梁形式	鋼9径間連続細幅箱桁橋 鋼8径間連続細幅箱桁橋	
	橋長	1410m	
	桁長	747.75m, 660.75m	
	支間割	51.40+7@87.00+86.15=746.55m 86.15+6@87.00+51.40=659.55m	
	幅員構成	1.10+3.95+0.65+3@3.65+1.10=17.75m 4車線	
断面図			
上部工	床版	プレキャスト PC 床版 : 24cm	
	主桁	鋼細幅箱桁 3 主桁 : 幅 1.2m、高さ 3.31m	
下部工	橋台	逆 T 式橋台 高さ : 7.5m、9.5m 場所打ち杭 : φ 1.5m、6 本、66.0m	
	橋脚	柱式コンクリート橋脚 P1~P8 橋脚 高さ : 9.6m~16.1m 鋼管矢板基礎 : φ 1.0m、L=62.0~70.0m 寸法 : 39.93m x 14.97m (既存橋含む) P9~P16 橋脚 高さ : 14.2m~21.60m 場所打ちコンクリート杭基礎 : φ 1.5m、n=8 本、L=62.0m	
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	$C_{sm} = \frac{1.2ZS}{T_m^{2/3}} \leq 2.5Z$: 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	+10°C~+50°C	
使用材料	上部工	耐候性鋼材	SMA490W、SMA570 (JIS 規格) $\sigma_u = 490$ MPa、 570 MPa $\sigma_y = 365$ MPa、 460 MPa
		PC 鋼材	SWPR7BL (JIS 規格) $\sigma_u = 1850$ MPa、 $\sigma_y = 1600$ MPa
		コンクリート (プレキャスト)	(JIS 規格) $\sigma_c = 50$ MPa
	下部工	コンクリート (場所打ち)	(RHD 基準) $\sigma_c = 25$ MPa
		鉄筋	Grade-60 (ASTM 規格) $\sigma_u = 620$ MPa、 $\sigma_y = 420$ MPa
		鋼管矢板	SKY400、SKY490 (JIS 規格) $\sigma_u = 400$ MPa、 490 MPa $\sigma_y = 235$ MPa、 315 MPa

GUMTI BRIDGE: GENERAL VIEW

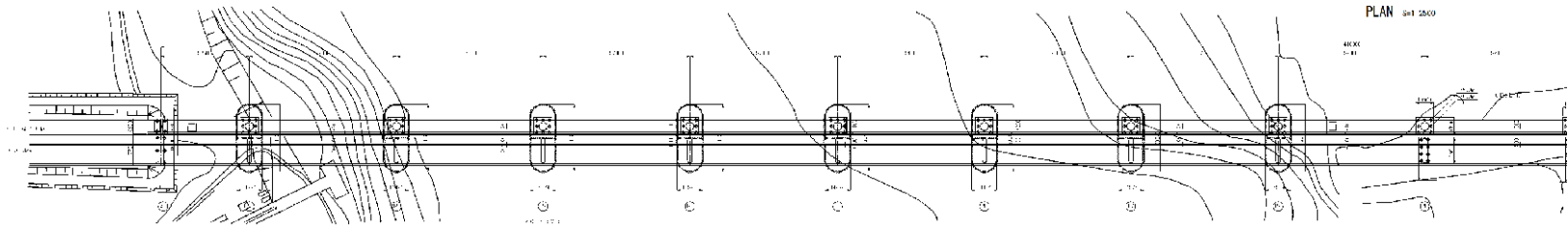
PROFILE OF 2nd BRIDGE S-1 2500



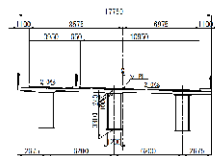
PROFILE OF EXISTING BRIDGE S-1 2500



PLAN S-1 2500



CROSS SECTION OF SUPERSTRUCTURE S-1 400



CROSS SECTION OF SUBSTRUCTURE S-1 400

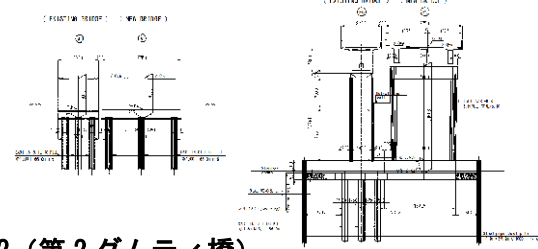


図 9.2.6 橋梁一般図 1/2 (第 2 グムティ橋)

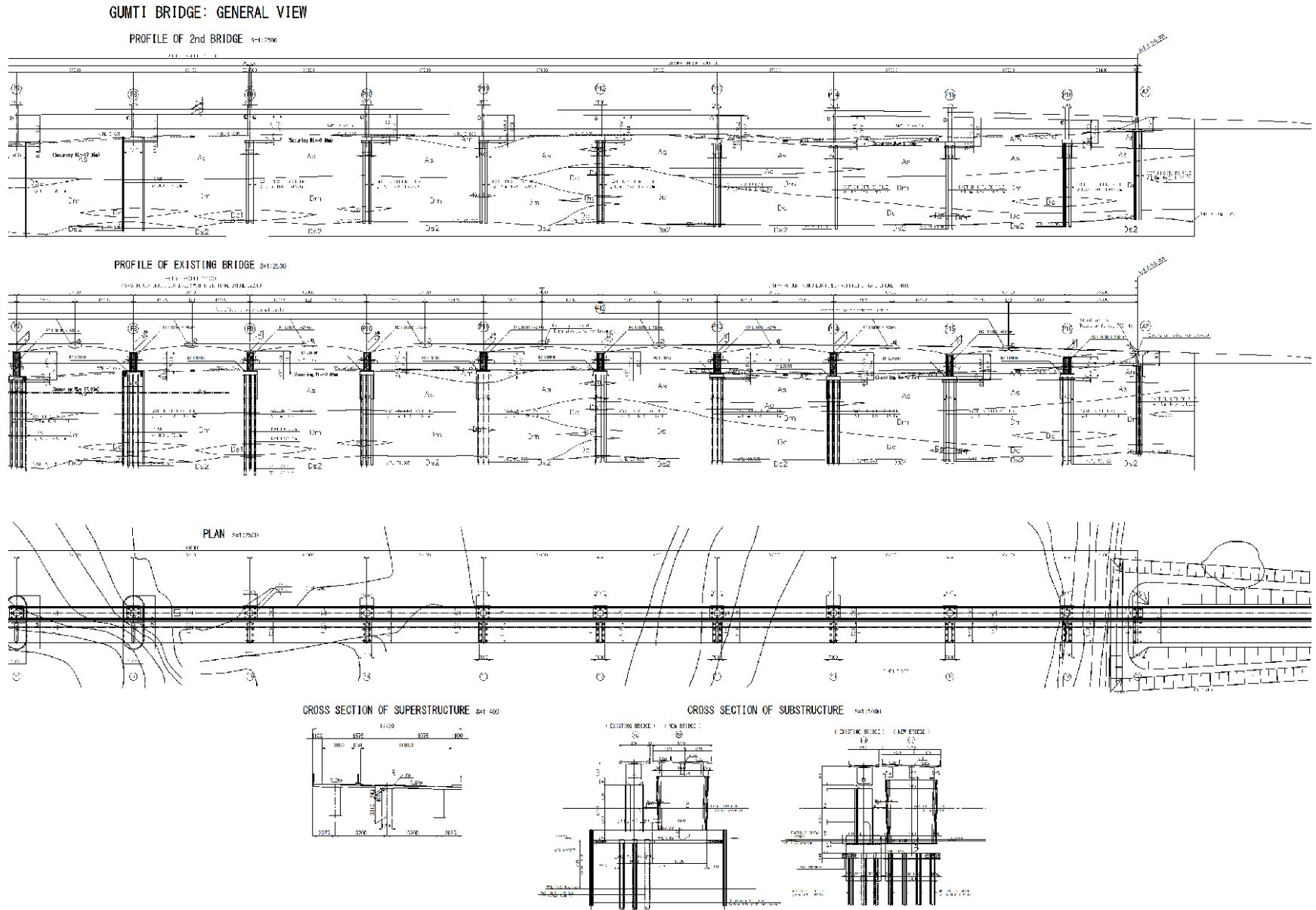


図 9.2.7 橋梁一般図 2/2 (第2グムティ橋)

9.3 既存橋の改修概略設計

第8章に示された既存橋の補修・補強設計方針に則り、既存のカチプール橋、メグナ橋及びグムティ橋の改修概略設計を行った。

概略設計結果を表9.3.1～表9.3.3に、橋梁一般図は新設橋の一般図、図9.2.2、図9.2.4及び図9.2.6～図9.2.7に併記した。

表 9.3.1 既存のカチプール橋 改修概略設計総括表

橋梁諸元	橋梁形式	PC 単純 I 桁橋 (4 連) PC3 径間連続 I 桁橋 PC 単純 I 桁橋	
	橋長	396.5m	
	桁長	4@42.344m, 182.898m, 42.344m	
	支間割	4@41.480m, 54.417+73.200+54.417=182.034m, 41.480m	
	幅員構成	0.915+4@3.2025+0.915=14.640m 4 車線	
	断面図		
上部工	床版	鉄筋コンクリート床版	
	主桁	プレキャスト I 桁 7 主桁	
下部工	橋台	逆 T 式橋台、直接基礎	
	橋脚	ラーメン式コンクリート橋脚、RC オープンケーソン基礎	
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	$C_{sm} = \frac{1.2ZS}{T_m^{2/3}} \leq 2.5Z$ ：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	上部工	ひび割れ剥離補修	不要
		床版補強	炭素繊維接着補強
	付属	伸縮装置取替え	A1～P4、P7、A2
		鋼製ブラケット設置	A1～P4、P7、A2
	橋脚	RC 巻き立て補強	P1～P7
		RC 壁補強	P1～P7
基礎	鋼管矢板基礎補強	P1～P6	

表 9.3.2 既存のメグナ橋 改修概略設計総括表

	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 24.95m, 24.95m	
	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	
橋梁諸元	断面図		
		上部工	床版
		主桁	PC 箱桁 PCT 桁 5 主桁
	下部工	橋台	逆 T 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	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	$C_{sm} = \frac{1.2ZS}{T_m^{2/3}} \leq 2.5Z$: 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
	基礎	底版補強	P1~P10
鋼管矢板基礎補強		P3~P10	
場所打ち杭基礎補強		P1、P2	

表 9.3.3 既存のグムティ橋 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 PC6 径間連続箱桁橋 PC5.5 径間連続箱桁橋	
	橋長	1410m	
	桁長	52.44+4@87.00+43.50=443.94m 43.50+5@87.00+43.50=522.00m 43.50+4@87.00+52.44=443.94m	
	支間割	52.02+4@87.00+43.50=443.52m 43.50+5@87.00+43.50=522.00m 43.50+4@87.00+52.02=443.52m	
	幅員構成	1.0+2@3.6+1.0=9.2m 4車線	
断面図			
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	
下部工	橋台	逆T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	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	$C_{sm} = \frac{1.2ZS}{T_m^{2/3}} \leq 2.5Z$: 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	床版 主桁	ひび割れ 剥離補修	P5~P7 および P10 付近
		中間ヒンジ連続化	P1~P5、P6~P11、P12~P16
	付属	中間ヒンジ補修	P5~P6、P11~P12
		伸縮装置取替え	A1、P5~P6、P11~P12、A2
		鋼製ブラケット設置	A1、A2
	橋脚	RC 巻き立て補強	P1~P16
	基礎	底版補強	P1~P8
鋼管矢板基礎補強		P1~P8	
場所打ち杭基礎補強		なし	

10. 施工計画及び概算事業費

10.1 施工計画

10.1.1 施工の手順

第9章の概略設計に基づいて3橋の新設と改修及び取付道路の施工手順を、以下に示す。

10.1.2 準備工

(1) 仮設道路

仮設道路は、幅員8mから15mとし、よく締め固めた砂利道で計画する。

(2) 施工ヤード及び設備

カチプール橋ダッカ側、メグナ橋チッタゴン側及びグムティ橋ダッカ側の施工ヤードには、請負業者の事務所、コンサルタントのオフィス、品質管理施設、機器の整備場、駐車場、コンクリートプラント、アスファルトプラント及び各種材料の保管ヤード等を設置する。

工事完了後、ヤードは原形復旧する。

10.1.3 橋梁工事

橋梁の新設及び既存橋の改修工事は次のステップで行う計画とする。

- ① 基礎工事：新設橋の基礎工事及び既存橋基礎の補強工事は一体として同時期に実施する。
- ② 橋脚・橋台工事：新設橋の橋脚・橋台の構築工事、その後既存橋橋脚・橋台の補修・補強工事を実施する。
- ③ 新設橋の上部工工事：①及び②の下部工工事完了後、新設橋の床版、舗装を含めた上部工工事を行い完成させる。
- ④ 既存橋上部工の改修工事：新設橋の完成後交通切替を行い、既存橋の上部工の補修・補強を実施する。舗装の打ち替えも行って既存橋の改修工事を完成させる。

(1) 基礎工事

1) 杭基礎

浅い洗掘箇所（RL-4.6m以浅）に適用される場所打ちコンクリート杭基礎は、一般的に鋼管矢板で仮締切り、リバース工法でコンクリート杭施工、その後ドライアップしてパイルキャップ施工の手順で行われる。

2) 鋼管矢板基礎（SPSP）

深刻な洗掘箇所に適用される鋼管矢板基礎は、鋼管矢板で新設橋の基礎と既存橋の基礎を一体とした井筒を施工、その後井筒内をドライアップしてパイルキャップを施工する手順で行われる。

(2) 橋脚・橋台工事

新設橋の橋脚・橋台工事は気中工事として実施される。その後、既存橋の耐震補強としての橋脚コンクリート巻き立て等の補修・補強工事を行う。

(3) 新設橋の上部工工事

1) 鋼桁の施工

鋼細幅連続桁の架設は、取付道路部を組立てヤードとして使用する送り出し工法で計画する。カチプール橋ではダッカ側から、メグナ橋、グムティ橋では工期を短縮するためにダッカ側、チッタゴン側の両方から送り出す。鋼桁の製作、輸送単位は長さ約 10m を原則とし、組立てヤードで鋼細幅桁及び横桁を高力ボルトで接合して3本の鋼細幅桁を一体として送出す。

2) プレキャスト PC 床版、橋面工の施工

鋼桁の架設完了後、プレキャスト PC 床版を施工する。プレキャスト床版間の間詰めは現場打ちコンクリートで行う。その後、舗装を含めた橋面工を実施して完成させる。

(4) 既存橋上部工の補修・補強工事

既存橋上部工の最も大きな補修・補強工事は、メグナ橋及びグムティ橋 PC 桁の連続化である。連続化は、既存の伸縮装置を撤去後、ヒンジ部はコンクリートを詰め PC 棒で締め一体化する。さらに連続化後発生する正曲げモーメントに対しては柱頭部から外ケーブルを配置し緊張するとともに桁下面に炭素繊維シートを張付けて補強する。

10.1.4 取付道路建設工事

新設橋の上部工架設完了後、取付道路の舗装工事を実施して完成させる。既存橋取付道路は、新設橋へ交通が切替えられた後、路盤を含めて舗装の補修を行う。

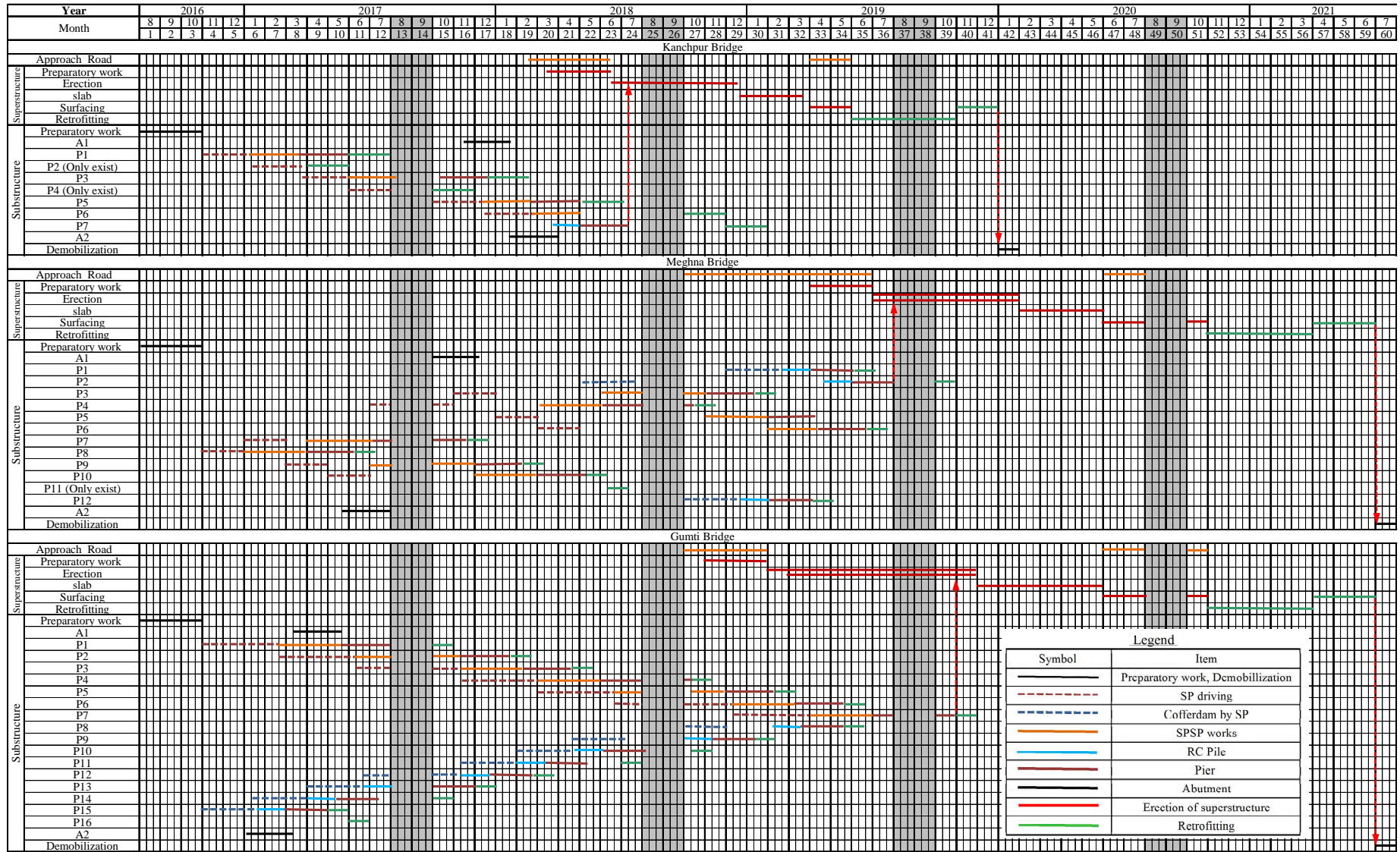
10.1.5 工事工程

図 10.1.1 に3橋の新設橋の建設及び、既存橋の改修工事工程を示す。

カチプール橋は、約2年で下部工工事を終え、約1年で新設橋の上部工を完成、その後既存橋上部工の補修・補強を終え、全体で約3年半の工期である。

メグナ橋では、深刻な洗掘を受けている P6～P10 の下部工事を先行させ、その後、順次下部工工事を終え上部工事へ移る。新設橋の完成までに4年強、既存橋の改修を含め全体で約5年を予定する。

グムティ橋では、橋台側から下部工工事を開始、上部工工事を開始できる段階から着手する。全体の工期はメグナ橋とほぼ同じである。



Note: Construction of the foundation of Meghna Bridge starts from the pier which scoring is severe such as P8, P7, P9

図 10.1.1 工事期間

10.2 概算事業費

10.2.1 事業費算定条件

施工・調達業者契約認証まで非公表

10.2.2 事業費の算定

施工・調達業者契約認証まで非公表

表 10.2.1 プロジェクト費用の見積もり

非公表

11. 維持管理・運営計画

11.1 バングラデシュ国道路、橋梁の現状

「バ」国の道路は大きく3つのカテゴリーに分けられ（表 11.1.1）、幹線道路は RHD が管轄している。

表 11.1.1 「バ」国の道路種別

項目	数量	比率	記述
主要道路 (RHD)	21,571km	8%	都市間道路 (国道, 地域道路, 等); 「バ」国政府管轄
等級付き地方道路	78,495km	29%	村落連絡道路 (国管理と地方政府管轄)
その他地方道路	171,335km	63%	村落道路
道路延長合計	271,401km	100%	
人口当たり国道密度	144.2	単位: Km/ 百万人	21,571km/149,772,364 (人口:149,772,364)
面積当たり国道密度	14.62	km/100 km 平方 総国土 面積	21571km/147570 (国土面積:147,570 Km ²)

出典: WB Web site Transport in South Asia -Bangladesh-Highway data; Road Master Plan (2009), and Bangladesh Bureau of Statics

RHD が管轄する道路の橋梁は、表 11.1.2 に示ようにその数は 18,356 橋梁、総延長は 219,303m に及ぶ。

表 11.1.2 道路局管轄道路における橋梁数

	1991年		2006年		2012年 (出典 RHD ホームページ)	
	カルバートと橋の数	合計延長 (m)	カルバートと橋の数	合計延長 (m)	カルバートと橋の数	合計延長 (m)
国道	1,012	55,393	3,617	64,837	3,649	65,013
地方道路	302	9,896	3,535	43,828	3,612	44,370
地域道路	1,843	26,383	7,560	75,933	11,095	109,920
合計	3,144	91,672	14,712	184,598	18,356	219,303

出典: Road Master Plan (2009), and BMMS database, RHD- www.rhd.gov.bd

11.2 運輸省 (Ministry of Communication, MOC)

実際に道路を管轄する RHD の上位機関は MOC で、MOC には道路、橋梁を管轄する 2 部門がありそれぞれ次官が責任を持っている。道路部門は RHD の他、バングラデシュ道路運輸庁 (Bangladesh Road Transport Authority, BRTA)、バングラデシュ道路輸送会社 (Bangladesh Road Transport Corporation, BRTC)、及び首都運輸調整局 (Dhaka Transport Co-ordination Board, DTCB) がある。道路部門は社会資本整備の重要部門と認識されており、その建設、維持管理、環境対策等が主要な業務である。

11.3 RHD

RHD は 1962 年に設立され、主要幹線道路の建設と維持管理を担当している。2007-08 会計年の時点では、年間予算 34,600 百万 BDT (内、25,500 百万 BDT は開発予算から、9,100 百万 BDT を一般歳入から)を割り当てられている。RHD が管轄する道路網の舗装割合を表 11.3.1 に示すように、国道は概ね 100%、全体で 80%が舗装されている。

表 11.3.1 RHD の管轄する道路網の状況

道路等級	合計延長 (km)	舗装道路 (km)	未舗装 (km)	舗装比率 %
国道	3,570	3,485	85	98
地方道路	4,323	4,117	206	95
地域道路	13,678	9,719	3,959	71
合計	21,571	17,321	4,250	80

出典: Road Master Plan (2009)

RHD の組織は、部長をトップに 14 人の副部長、上級職員 649 名、以下に 3 クラスに分けられた職員 8,717 名、計 9,366 名から構成される。

RHD の管理する資産は控え目に見ても 4,600 億 BDT と見積もられ、これはこの国の一つの機関が管理する額としては、最大のものである。この資産は、適切な維持管理が成されなければ急激に減価 (年間約 8%の割合で) していく。これは、「バ」国経済にとって、日割りにすれば 100 百万 BDT の損失となる。実際にはこの不具合がもたらす経済活動への影響を考えるとさらに大きな損失を与える事となる。従って RHD の道路資産の維持管理に関する責任は重大であり、政府の最優先課題である。最新の「舗装道路の維持管理必要性調査報告書、RHD 作成-2011 年 9 月」によると、2011~2012 年の年間必要な維持管理費は、38,511 百万 BDT としている。

11.4 道路建設・維持管理の予算状況

2003-04 年から 2009-10 年度、6 年間の国家の全歳入の推移を下記の図 11.4.1 に示す。

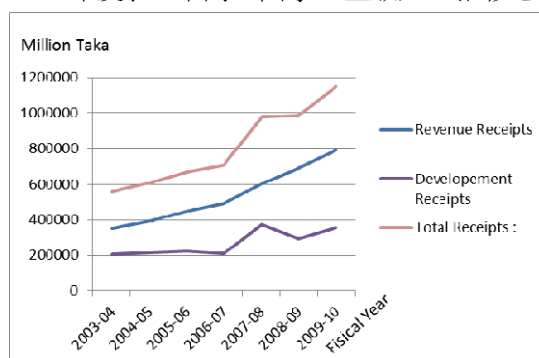


図 11.4.1 国家の全歳入の傾向

全歳入の構成は税を含む歳入とドナー支援を含めた開発関連歳入からなる。税を含む歳入は毎年 12.7%の率で増加している。開発関連の歳入は全体の 1/3 を占めている。

RHD の開発、維持管理費予算の過去 10 年間の推移を下記の図 11.4.2 に示す。これによると、国の歳入の高い伸び率にも関わらず、RHD の道路・橋梁に係る建設及び維持管理の予算はあまり伸びていない。

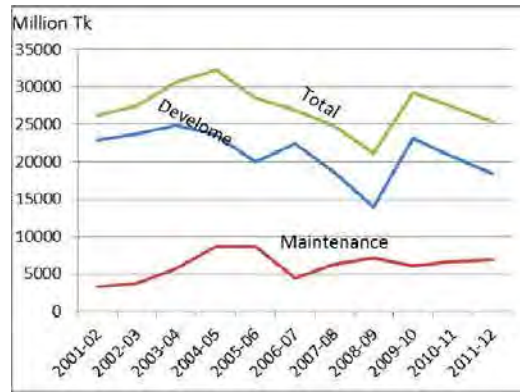


図 11.4.2 RHD 予算の推移

表 11.4.1 は、RHD の維持管理予算の要求額と政府から実際に認められた額を最近 3 年間に
ついて対比したものである。その充足率は 15%前後と非常に低い水準である。

表 11.4.1 維持管理要求額

会計年度	金額 (百万タカ)		配分率
	要求	配分	
2009-2010	40,040	6,100	15.2%
2010-2011	47,450	6,678	14.1%
2011-2012	51,000	6,900	13.5%

出典：RHD 作成「舗装道路の維持管理必要性調査報告書、2011 年 9 月」

メグナ橋、グムティ橋での最近 5 年間の年間料金徴収の状況を図 11.4.3 に示した。この
グラフからは、2007 年から 2009 年には毎年 10%以上の増加率を示していたが、2009 年以降
は増加率が低下し、14 億 BDT 程度で推移している。

現状では、1 年間の料金収入約 14 億 BDT は、法に基づき国庫へ入れられるため、道路維
持管理用予算として直接使用することができない。

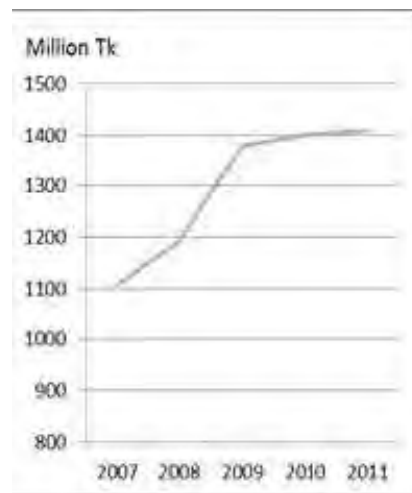


図 11.4.3 メグナ及びグムティ橋の年間料金収入の推移

11.5 維持管理・運営計画

表11.5.1 に運営及び維持管理における日常維持管理、補修あるいは取替えを含む定期的維持管理の項目、頻度、及び必要金額を示す。仮に維持管理期間を 75 年間とするとその間に必要とする額は総額で約 176 億 BDT、年平均約 2.3 億 BDT である。再舗装などの集中的支出は 1 年に 14 億 BDT 程度になることも予想されるが、現在の料金収入約 14 億 BDT が今後も維持できるなら料金収入は新設及び補修・補強された既存 3 橋の維持管理を賄うには十分な金額である。

表11.5.1 運営および維持管理費用

単位：百万BDT

	間隔	カチプール橋	メグナ橋	グムティ橋	合計
日常維持管理					
日常維持管理（道路パトロール・簡易補修等）	毎日	2.8/年	6.5/年	9.8/年	19.1/年
定期的維持管理（取り付け道路）					
舗装の補修	20年	214.2	214.2	316.2	744.6
軸重計の取替え	20年	41.4	40.0	40.0	121.4
重量計	20年	20.7	20.0	20.0	60.7
定期的維持管理（第2橋）					
定期点検	5年	14.0	32.7	49.6	96.3
再塗装	20年	109	264	414	787
伸縮装置の取替え	20年	26.4	27.7	40.7	94.8
舗装の補修（防水層含む）	10年	64.0	134.5	204.0	402.5
定期的維持管理（既存橋）					
定期点検	5年	14.0	32.7	49.6	96.3
中性化補修	30年	5.0	16.9	26.6	48.5
伸縮装置の取替え	20年	41.3	16.9	22.3	80.5
舗装の補修（防水層含む）	10年	49.3	65.0	98.5	212.8
料金所運営費					
料金所運営費	毎年	0.0	23.0～28.0	23.0～28.0	46.0～56.0
過積載車両取締り					
過積載車両取締り	毎日	10.6/年	10.6/年	10.6/年	31.8/年
維持管理					
橋梁検査車両	毎年		4.0		4.0

11.6 効果的な維持管理、運営への提案

経済発展には整備された道路網が不可欠である。このためには、道路・橋梁の適切な運営と維持管理が不可欠で、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が不可欠で、以前から GoB 内で計画されている道路基金の早期設立が重要である。

- ・ 道路・橋梁の維持管理の面から、大型車両の過積載防止とその管理が重要と考え、本事業では、カチプール橋、メグナ橋及びグムティ橋に設けられる料金所に、軸重計及び車重計測装置を設置し、過積載車両の橋梁への侵入を防ぐ計画とする。

12. プロジェクト実施計画

施工・調達業者契約認証まで非公表

13. 経済・財務分析

13.1 経済分析

13.1.1 前提条件

費用便益分析を基にした経済的なキャッシュフローを通して経済分析を行った。経済的指標は経済的内部収益率（Economic Internal Rate of Return, EIRR）、費用便益比率（Cost Benefit Ratio, B/C）及び純現在価格（Net Present Value, NPV）である。

(1) 経済分析のケース

経済分析においては、橋梁区間の交通容量は、橋梁の前後と中間の区間の拡幅に左右されるため、道路区間（カチプール交差点～メグナ橋～グムティ橋）の整備状況を次の2種類に分けて評価した：

- a) プラン1: 道路区間が6車線化される場合
- b) プラン2: 道路区間が整備されず、現状の4車線のままの場合

橋梁計画と道路整備の組合せを、次のように想定した。

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

単位：車線数

ケース		橋梁区間	道路区間
プラン1: 道路区間が6車線化される場合			
カチプール橋	W/ ケース	8	8
	W/O ケース	4	8
メグナ橋	W/ ケース	6	6
	W/O ケース	2	6
グムティ橋	W/ ケース	6	6
	W/O ケース	2	6
プラン2: 道路区間が4車線のままの場合			
カチプール橋	W/ ケース	NA	NA
	W/O ケース	NA	NA
メグナ橋	W/ ケース	6	4
	W/O ケース	2	4
グムティ橋	W/ ケース	6	4
	W/O ケース	2	4

注：NA:適用外

(2) 経済費用

第10章と第11章に記述された建設費と維持管理費を使用して経済分析を行った。経済費用を計算する際の基本的な前提条件は次の通りである。

- ・ **物価上昇**：建設費、維持管理運営費とも、物価上昇分は考慮していない。
- ・ **行政的費用、VAT 及び輸入関税**：消費税、輸入関税は除外した。
- ・ **標準変換係数**：非貿易財に対しては「バ」国の標準変換係数（0.85）を適用した。
- ・ **用地取得費及び補償費**：住民移転計画で積算された移転関連費用を経済分析に使用した。

- ・ 建設費と維持管理費の投資スケジュール：事業実施スケジュールに従って積算された。
- ・ 維持管理費： 日常維持管理、定期修繕及び料金徴収に係る費用から積算した。

(3) 交通需要予測

第3章で予測された需要交通量を、本事業が実施されない場合（W/O ケース）と実施された場合（W/ ケース）の両ケースの経済分析で使用した。また、プラン1及び2においても、この交通需要量は変わらないものと仮定した。

表 13.1.2 プラン1及び2の交通需要予測

単位：AADT (PCU)

橋梁	プラン1				プラン2			
	2012	2020	2023	2025	2012	2020	2023	2025
カチプール橋	76,732	117,202	136,030	150,349	76,732	117,202	136,030	142,985
メグナ橋	65,147	96,813	112,001	123,415	65,147	96,813	112,001	117,552
グムティ橋	65,147	96,813	112,001	123,415	65,147	96,813	112,001	117,552

(4) 経済便益の算定

経済便益はW/O ケースとW/ ケースの旅行時間(Travel Time Cost, TTC)の短縮、走行コスト(Vehicle Operating Cost, VOC)の削減、交通事故コスト(Accident Cost, ACC)の削減、及び洗掘対策費用(Riprap Cost, RRC)の削減の差として計算し、経済便益を算定した。

各プランの経済便益の算定結果は下記の通りである。

表 13.1.3 経済便益の算定結果（プラン1）

単位：百万 BDT

橋梁名/	便益の種類	2020	2025	2030
カチプール橋	旅行時間の短縮	887.6	1,718.6	2,044.4
	走行コストの削減	777.7	4,810.0	8,102.3
	交通事故コストの削減	0.4	0.6	0.6
	洗掘対策費用の削減	20.5	20.5	20.5
	計	1,686.2	6,549.7	10,167.8
メグナ橋	旅行時間の短縮	2,990.6	4,947.5	5,492.8
	走行コストの削減	1,046.6	1,698.7	1,878.2
	交通事故コストの削減	1.0	1.6	1.8
	洗掘対策費用の削減	276.9	276.9	276.9
	計	4,315.1	6,924.7	7,649.7
グムティ橋	旅行時間の短縮	2,867.4	4,743.7	5,266.5
	走行コストの削減	1,003.5	1,628.8	1,800.9
	交通事故コストの削減	1.5	1.9	2.0
	洗掘対策費用の削減	246.2	246.2	246.2
	計	4,118.6	6,620.6	7,315.5
全 橋	旅行時間の短縮	6,745.6	11,409.8	12,803.6
	走行コストの削減	2,827.8	8,137.5	11,781.4
	交通事故コストの削減	2.9	4.1	4.4
	洗掘対策費用の削減	543.6	543.6	543.6
	計	10,119.9	20,095.0	25,133.0

注：全ての便益は2012年価格

表 13.1.4 経済便益の算定結果（プラン 2）

単位：百万 BDT

橋梁名	便益の種類	2020	2025	2030
カチプール橋	旅行時間の短縮	887.6	1,718.6	2,044.4
	走行コストの削減	777.7	4,810.0	8,102.3
	交通事故コストの削減	0.4	0.6	0.6
	洗掘対策費用の削減	20.5	20.5	20.5
	計	1,686.2	6,549.7	10,167.8
メグナ橋	旅行時間の短縮	2,847.2	4,094.9	4,094.9
	走行コストの削減	974.7	1,252.7	1,252.7
	交通事故コストの削減	1.0	1.6	1.6
	洗掘対策費用の削減	276.9	276.9	276.9
	計	6,096.7	5,626.0	5,626.0
グムティ橋	旅行時間の短縮	2,729.9	3,926.2	3,926.2
	走行コストの削減	934.6	1,201.1	1,201.1
	交通事故コストの削減	1.5	1.8	1.8
	洗掘対策費用の削減	246.2	246.2	246.2
	計	3,912.2	5,826.4	5,826.4
全 橋	旅行時間の短縮	6,464.7	9,739.8	10,065.5
	走行コストの削減	2,687.0	7,263.9	10,556.2
	交通事故コストの削減	2.9	3.9	3.9
	洗掘対策費用の削減	543.6	543.6	543.6
	計	9,698.2	17,551.1	21,169.2

注：全ての便益は 2012 年価格

13.1.2 経済分析

上記で算定した経済便益と経済費用に基づき、本事業の建設投資に対して経済分析を行った。評価指標は、EIRR、CBR、及び NPV であり、評価期間は新設橋梁の供用開始から 25 年と仮定した。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。この社会的割引率と EIRR の比較結果により、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）に係らず、本事業は経済的に妥当であると判断される。

表 13.1.5 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	グムティ橋	全橋	カチプール橋	メグナ橋	グムティ橋	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%

13.2 財務分析

13.2.1 概説

本事業の財務分析は、財務的キャッシュフローに基づき、橋梁別及び全体で行った。財務分析はインプットデータとしての財務的建設費、維持管理運営費及び料金収入を算定し、キ

キャッシュインフローとしての有料料金収入とキャッシュアウトフローとして比較し、有料道路事業としての財務的な可能性を検討する。

(1) 財務費用の算出

財務分析では第 10 章、第 11 章に示された建設費及び維持管理運営費を基本としているが、財務費用を算定するに当たっての前提は以下の通りである。

- ・物価上昇分：建設費、維持管理運営費とも、物価上昇分は考慮していない。
- ・税金及び関税：事業費用に含む。
- ・移転費用：住民移転計画で積算された移転費用を含む。
- ・維持管理運営費：日常管理費用、定期管理費用、料金徴収に係る運営費用等。

(2) 料金収入

料金収入は将来交通需要予測の結果と、現在のメグナ橋とグムティ橋で適用されている料金水準に基づいて算定した。また、事業費用には物価上昇を考慮していないことから、料金収入についても物価上昇分の増収を考慮していない。

(3) 財務分析のケース

財務分析では財務費用が各プランで同一であるために、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い。従って、以下のケースについて行った。

- 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グ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: メグナ橋とグムティ橋の料金収入にカチプール橋の料金収入を加え、全 3 橋事業の財務分析

13.2.2 財務分析の結果

(1) 財務分析の結果

料金収入及び事業費の積算に基づき、本事業の財務分析を行った。財務分析の指標は、純現在価値 (Net Present Value, NPV)、財務的内部収益率 (Financial Internal Rate of Return, FIRR)、及び費用回収年 (Cost Recovery Year) であり、財務評価期間は新設橋梁の供用開始後 25 年とした。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。財務分析の結果を表 13.2.1~2 に示す。全 3 橋において料金を徴収するケース 3 の場合のみが経済分析として成り立つことになった。

表 13.2.1 カチプール橋、メグナ橋及びグムティ橋個別（ケース1）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 13.2.2 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

(2) 3橋の事業費を回収できる有料料金の検討

メグナ橋とグムティ橋の料金収入により全橋梁の建設費を賄うケース（ケース2）について有料料金に関する感度分析を行った。料金収入とFIRRの関係を図13.2.1に示す。この結果を見ると、財務的に可能である水準（FIRRが8%）に到達するためには、現在の料金収入（154 BDT）を40%値上げして214 BDTにする必要がある。

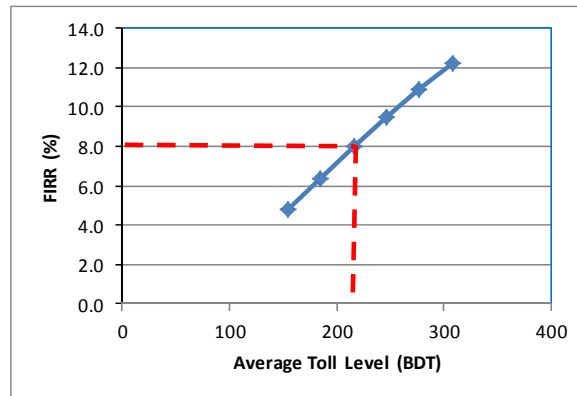


図 13.2.1 料金レベルとFIRRの関係

13.3 運用・効果指標

13.3.1 事業の目的

本事業の目的に基づいて、事業の運用・効果指標を設定することが望ましい。本事業の目的は第1章に述べている通り、ダッカ～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ことである。

13.3.2 運用・効果指標の目標

(1) プラン1及びプラン2の運用指標

プラン1及びプラン2の本事業全体の運用指標は、カチプール橋を通過する交通量の8割がメグナ橋グムティ橋を通過するので、メグナ橋、グムティ橋上の交通量とした。表13.3.1にメグナ橋、グムティ橋上の交通量を示す。また、表13.3.2には3橋の交通量を示す。

表 13.3.1 本事業の運用指標（プラン1及び2）

指標	橋梁	基準年次 2012	新橋 供与開始 2019	プロジェクト 完成年次 2021	モニタリング 年次 2023
年間平均日交通量 (PCU)	メグナ橋/ グムティ橋	65,008	94,106	105,374	116,342

表 13.3.2 本事業（3橋）の運用指標（プラン1及び2）

指標	橋梁	基準年次 2012	新橋 供与開始 2019	プロジェクト 完成年次 2021	モニタリング 年次 2023
年間平均日交通量 (PCU)	カチプール橋	76,732	110,388	123,301	136,030
	メグナ橋	65,008	94,106	105,374	116,342
	グムティ橋	65,008	94,106	105,374	116,342

(2) プラン1の効果指標

本事業の効果を測定するために、モニターする必要がある。モニターすべき効果指標として、旅行速度の向上と旅行時間の短縮を取り上げ、目標値は表13.3.3及び表13.3.4に示す。

モニターする効果指標の影響道路は次のように設定した。

- ・ ダッカ (KP0 地点) から国道1号線 Shahidinagar(グムティ橋東部区間) : 総延長 47.0km
更に、本事業のアプローチ道路を含む3橋の直接区間として、次のように設定した。
- ・ カチプール橋とアプローチ道路: 1.10km
- ・ メグナ橋とアプローチ道路: 1.80km
- ・ グムティ橋とアプローチ道路: 2.42km
- ・ 全橋と全アプローチ道路: 5.32km

表 13.3.3 対象道路区間の効果指標（プラン 1）

指標	基準年次 2012	新橋 供与開始 2019	プロジェクト 完成年次 2021	モニタリング 年次 2023
旅行時間 (分)	74.4	42.5	44.4	46.5
旅行速度 (km/時)	37.9	66.3	63.5	60.7

注: 1) 旅行時間は対象道路 47km
2) 2012 年旅行速度データはベースライン調査

表 13.3.4 橋梁区間の効果指標（プラン 1）

効果指標	橋梁	基準 年次	新橋完成 年次	プロジェクト 完成年次	モニタリング 年次
		2012	2019	2021	2023
旅行速度 (km/時)	カチプール橋	25.0	63.9	61.6	59.3
	メグナ橋	13.0	67.5	64.5	61.4
	Gumティ橋	12.0	67.5	64.5	61.3
	全橋	14.0	66.8	63.9	60.9
旅行時間(分)	カチプール橋 (1.10 km)	2.6	1.0	1.1	1.1
	メグナ橋 (1.80 km)	8.3	1.6	1.7	1.8
	Gumティ橋 (2.42 km)	12.1	2.2	2.3	2.4
	全橋 (5.32km)	23.0	4.8	5.1	5.3

注: 1) 旅行時間は対象道路 47km
2) 2012 年旅行速度データはベースライン調査

(3) プラン 2 の効果指標

プラン 2 の本事業の効果指標の目標は表 13.3.5 及び表 13.3.6 の通りである。

表 13.3.5 対象道路区間の効果指標（プラン 2）

指標	基準年次 2012	新橋供与開始 2019	プロジェクト 完成年次 2021	モニタリング年次 2023
旅行時間 (分)	74.4	55.7	60.4	66.0
旅行速度 (km/時)	37.9	50.6	46.7	42.7

注: 1) 旅行時間は対象道路 47km

2)2012年旅行速度データはベースライン調査

表 13.3.6 対象道路区間の効果指標（プラン 2）

効果指標	橋梁	基準年次	新橋完成年次	プロジェクト完成年次	モニタリング年次
		2012	2019	2021	2023
旅行速度 (km/時)	カチプール橋	25.0	63.9	61.6	59.3
	メグナ橋	13.0	54.9	50.2	45.5
	グムティ橋	12.0	54.9	50.2	45.5
	全橋	14.0	56.8	52.6	48.4
旅行時間(分)	カチプール橋 (1.10 km)	2.6	1.0	1.1	1.1
	メグナ橋 (1.80 km)	8.3	2.0	2.2	2.4
	グムティ橋 (2.42 km)	12.1	2.6	2.9	3.2
	全橋 (5.32 km)	23.0	5.6	6.2	6.7

注: 1) 旅行時間は対象道路 47km

2)2012年旅行速度データはベースライン調査

14. 環境と社会への配慮

14.1 EIA(環境影響評価)

14.1.1 はじめに

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、基礎環境項目のスコーピング、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。

環境調査では、水質（表面と地下水）、大気、騒音、土壌、河川の堆積物等といった基礎環境項目の測定を行った。EIAでは、想定される環境影響やその影響度合いの要旨が示され、また影響があると想定された環境項目について緩和策と環境管理計画を提案する。3度の公開協議は、EIAの一環として実施した。

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

EIAの方法は、RHD発行の環境ガイドライン（第1巻）、「バ」国の他の関連法規、「JICA環境社会配慮ガイドライン」（2010年4月）で記載された手順に基づいている。

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。

14.1.2 政策、法整備と管理システム

「バ」国の法に基づくと、本事業はRedカテゴリー（援助資金供与者のための国際セーフガードガイドラインではカテゴリーAに相当）として分類される。したがって、環境許可証明書（ECC）を得るためには、完全な環境影響評価（EIA）が必要である。

本事業のEIAは「バ」国政府の規定だけでなく、環境社会配慮のためのJICA環境社会配慮ガイドライン（2010年4月）にも従って実施した。また、EIAに関する情報開示はJICAのガイドラインに従った。

14.1.3 基本環境項目の状況

自然環境の観点では、絶滅危惧種の「カワイルカ」がメグナ橋とグムティ橋下を通過するのが観察されている。騒音はほとんどのプロジェクト周辺地域において昼間のWHO環境基準を超えているが、夜間においては道路端を除く周辺地域で概ね70dBよりも低くなっている。メグナ川の流路は頻繁に変わること知られているが、メグナ橋とグムティ橋周辺の流路はほぼ変わらないと考えられており、河川岸の形態は安定しているといえる。

社会環境の観点では、カチプール橋エリアには漁師がいないが、メグナ橋とグムティ橋エリアにはそれぞれ10人以下の漁師がいる。2010年CO2排出量は、国道1号線で年間100万トンと推定した。（約35,000台/年、「バ」国内の排出総量の約3%に相当する。）

14.1.4 代替案の分析

本事業は3つの既存橋梁の補修及び3つの橋梁の新設であり、現在の立地のまま国道1号線のダッカ～チッタゴン間の円滑な輸送を確保するものであることから、有益なものである。新設橋梁の位置は、社会への影響、環境への影響、コスト等からゼロオプションを含む実現可能性を考慮して検討された。

14.1.5 初期環境調査

初期環境調査の目的は、(1)想定される環境への影響を識別、(2)影響の程度を評価する手法と緩和策の計画手法を指定された項目についてスコーピングされた。

表 14.1.1 環境影響評価の結果

	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・先住民民族・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

14.1.6 環境への影響

指定された項目のうち、影響が中程度もしくは重大と予測された項目について緩和策を提案した。

表 14.1.2 環境管理計画（工事前）の概要

環境影響	影響の程度	緩和策
社会環境		
1) 非自発的住民移転	重大：世帯、人々への影響	適切な住民移転計画(RAP) 被影響者への十分な補償の提供
2) 雇用、生活等の地域経済	重大：店主、従業員、耕作者、資産家、大農園所有者への影響	直接的な所得損失はRAP内で十分に補償 被影響者に代わりの雇用機会を提供し所得損失を軽減
3) 土地利用や地域資源活用	中程度：大農園地帯と水産養殖世帯への影響	工事中暫定的に占用された大農園地帯や魚が生息している池の一部は工事後に元の状態に戻し土地所有者に返還

環境影響	影響の程度	緩和策
4) 社会インフラと地域意志決定の社会的機関	中程度：移転が社会的機関へ与える影響	適切な住民移転計画(RAP) 被影響者への十分な補償の提供
6) 貧困層・先住民・少数民族	重大：貧しい家庭もしくは母子家庭の生活への影響	下記に係る RAP の作成 移転住民と補償適格性の基準定義 第三者から構成される外部モニタリング委員会の設立 貧しい人々のために地下水を利用可能にする活動を実施
7) 被害と便益の偏在	重大：移転住民が損害を受ける影響	下記に係る RAP の作成 査定補償は市場価格を基に設定する 移転前に支払実施 第三者から構成される外部モニタリング委員会の設立
8) 地域内の利害対立	中程度：地域コミュニティ間での工事労働志願者の対立	明確な求人情報（人数や就業条件）を地元の人々に公開 技能や被影響者の優先性を考慮して、労働者を選択

表 14.1.3 環境管理計画（工事中）の概要

環境影響	影響の程度	緩和策
社会環境		
1) 非自発的住民移転	重大：世帯、人々への影響	適切な住民移転計画(RAP) 被影響者への十分な補償の提供
2) 雇用、生活等の地域経済	重大：店主、従業員、耕作者、資産家、大農園所有者への影響	直接的な所得損失は RAP 内で十分に補償 被影響者に代わりの雇用機会を提供し所得損失を軽減
3) 土地利用や地域資源活用	中程度：大農園地帯と水産養殖世帯への影響	工事中暫定的に占有された大農園地帯や魚が生息している池の一部は工事後に元の状態に戻し土地所有者に返還
4) 社会インフラと地域意志決定の社会的機関	中程度：移転が社会的機関へ与える影響	適切な住民移転計画(RAP) 被影響者への十分な補償の提供 工事用車両の定期的なメンテナンス 遮音壁の設置
5) 既存の社会インフラとサービス	中程度：地下に埋設されている公共施設（電気、ガス、水道等）への影響	適切な詳細設計を実施し工事前に埋設管を迂回
6) 貧困層・先住民・少数民族	重大：貧しい家庭もしくは母子家庭の生活への影響	下記に係る RAP の作成 移転住民と補償適格性の基準定義 第三者から構成される外部モニタリング委員会の設立 貧しい人々のために地下水を利用可能にする活動を実施
7) 被害と便益の偏在	重大：移転住民が損害を受ける影響	下記に係る RAP の作成 査定補償は市場価格を基に設定する 移転前に支払実施 第三者から構成される外部モニタリング委員会の設立
8) 地域内の利害対立	中程度：地域コミュニティ間での工事労働志願者の対立	明確な求人情報（人数や就業条件）を地元の人々に公開 技能や被影響者の優先性を考慮して、労働者を選択
10) 事故	中程度：工事労働者に重大な事故が起きる影響	安全衛生管理計画(HSMP)の規則や規制に則った請負業者の遵守
11) エイズ等の感染症	中程度：出稼ぎ労働者の流入による病気の伝染	承認されたサービス会社によるエイズ啓発キャンペーンの実施
12) ジェンダー	中程度：男女間の給与格差	労働者への支払賃金に男女格差があるかを確認する、請負業者によるモニタリング
13) 子供の権利	中程度：多くの児童が工事現場で働く影響	請負業者やその関連会社が児童労働を実施しないように定期的な現場モニタリングを実施 児童労働を実施した会社への相応の処置 児童労働者の保護者への支援
15) 河川輸送	中程度：船舶混雑による衝突事故の発生	船の停泊地周辺への夜間照明

環境影響	影響の程度	緩和策
自然と生態環境		
17) 動植物	中程度：鋼管杭を用いた工事によるカワイルカ等の野生動物への影響	<p>廃水等の違法排出の禁止 改変エリアを固定し拡張を回避及び樹木保護 橋の上下流両側でのモニタリング 事業計画地周辺でカワイルカの観測された際、カワイルカが通過するまで杭打ち作業を中断 夜間照明を工事現場に限定</p>
環境汚染		
19) 大気汚染	中程度：工事中における未舗装道路からの粉塵発生	<p>機器や車両の適切なメンテナンス及び稼働 環境に配慮した材料の使用 粉塵発生抑制のための散水 飛散防止のため貨物への防水シートの被覆 適切な材料のメンテナンス 大気質モニタリングと定例集会</p>
20) 水質汚濁	中程度：杭打ち、土工事による泥水、労働者宿舍から廃水、工事用車両からの油漏れ	<p>杭打ち、コンクリート工場、アスファルト工場からの建設汚泥を沈砂池で処理し、残りの汚泥は指定廃棄物処理場で処理 場所打ち杭を用いる際に遮水壁を使用 水質環境基準を満たすために土工事からの汚水は沈砂池で処理し、上澄み水を近隣の河川等へ排水 水質環境基準を満たすために家庭用水は浄化槽で処理 工事労働者が地下水を飲料水として利用する前にヒ素量等の水質調査を行う 廃油は漏洩に注意して貯蔵してから合法処理する 機器や車両への燃料補給施設の床はコンクリートにする 地面に燃料が漏れないように機器や車両は適切にメンテナンスする メンテナンス記録シートを定期的に提出する バッテリー内の有害重金属を含む液体が漏洩もしくは浸透してこないように、バッテリーを不浸透性の容器で保存する 周辺の既存井戸への影響を回避するために、詳細設計時にコンサルタントによる地下水調査を実施することが望まれる</p>
21) 土壌汚染	中程度：油漏れや客土による土壌汚染	<p>指定廃棄物処理場で廃棄 土性テスト 漏洩が生じないように廃油を処理 燃料補給施設の床をコンクリートにする 油分がある液体を入れるタンクの周りはコンクリートフェンスで囲う 機器や車両の適切なメンテナンス バッテリー内の有害重金属を含む液体が漏洩もしくは浸透してこないように、バッテリーを不浸透性の容器で保存する</p>
22) 廃棄物	中程度：建設汚泥及び家庭内廃棄物の発生	<p>廃棄する前に沈砂地を用いて体積を最小限にする 廃棄物を最小限にするために分離化する 廃棄物担当セクションが指定した廃棄物処理場で処理 土性を考慮した可能な限りのリサイクル化</p>
23) 騒音と振動	中程度：建設機械、工事用車両からの騒音と振動	<p>工事用車両の定期的なメンテナンス 住宅街との境に遮音壁を設置</p>
25) 臭気	中程度：建設廃棄物の野焼き、し尿の不適切な処理、重機からの煤煙	<p>野焼きの禁止 工事現場施設からの廃棄物の適正処理 重機の適切なメンテナンス</p>
26) 底質	中程度：河川投棄・廃棄による河床汚染	建設請負業者の河川不法投棄禁止

表 14.1.4 環境管理計画（供用時）の概要

環境影響	影響の程度	緩和策
社会環境		
10) 事故	中程度：交通事故発生	交通標識、道路標識、ハンプ、ゼブラマーク、ガードレール、ポール、縁石等の設置
環境汚染		
16) 水文条件	重大：洗掘による水文環境への影響	鋼管矢板(SPSP)を使用した基礎を選択し、洗掘が橋梁全体の安定性へ悪影響を与えないような、基礎の大きさと深さを設計する
23) 騒音と振動	中程度：基準値を超過する予測値	騒音減衰距離のための緩衝地帯の確保 (RHD、地元官庁による土地利用ガイド)

RHD: 運輸省道路局、NGO: 非政府組織、DoE: 環境局、PAP: 被影響者

14.1.7 環境管理計画

環境管理計画は表 14.1.2、表 14.1.3 及び表 14.1.4 で示したとおりである。

14.1.8 市民参加

公開競技を、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。大気汚染、騒音・振動等の生活環境に関する意見・要望等はなく、生活する場所に係る質問が寄せられた。

14.2 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、175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共有施設所有世帯）及び103戸の借家世帯（98借り住居世帯及び3借り店舗世帯）の計278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。数値等は、表 14.2.1 に示す。

上記影響を緩和するために、現地法制度による不足点を JICA 環境社会はお慮ガイドライン(2010年4月)で補って RAP が準備された。

これらの影響に対する補償金額は、移転によって発生する（1）構造物、樹木等については再取得価格、（2）移転費、再設置費等の移転補助費、及び（3）営業収入損失／賃金労働収入損失額等（再取得価格適用外）に基づき定められる。

補償対象は以下の損失に分類される

- 物理的な居住用／店舗用家屋、樹木他
- 土地所有者と土地利用に当たり正式契約している土地の収穫前農作物、漁業資源、樹木
- 無断で、あるいは土地所有者と土地利用に当たり正式契約していない土地の収穫前農作物、漁業資源、樹木
- 収入損失（営業収入損失、賃金労働収入損失、家賃収入損失）
- 居住用借家／借間／借り店舗の損失

移転住民及びその地域共同体（コミュニティ）は、プロジェクトサイトにおけるグループ協議や、公開競技を通じて補償支払い、住民参画の重要性、移転に当たっての必要事項等の概要についてコンサルテーションを受けた。

影響住民数調査の実施日（カットオフデート）は、カチプールでは2012年3月8日、メグナおよびグムティにおいては同15日に設定された。

住民移転に関する苦情は、RHD、RHDを支援するRAP実施組織（IA）、地方行政組織、影響住民及び設計施工監理コンサル（DCSC）、本事業では、General Consultant(GC)それぞれの代表者を委員とする苦情処理委員会にて全委員出席のもとで処理される。

RHDにはPIUが設立され、監理技師と現場責任技師も配属される。PIUはプロジェクトの準備・実行に全責任をもち、かつ移転実施前の補償費の支払い／便益の還元にも責任を有する。DCSCは影響住民の移転前後における適切な移転とリハビリのためにIAを指定する。

住民移転に要する費用はBDT 84,768,648（米ドルで1,033,763程度）である。この費用には構造物等への補償、プロジェクト便益還元、職業訓練、IAに支払う住民移転実施・運営費および外部モニタリング費用が含まれている。

これに加え、建設ヤードのために撤去されることになるカチプール橋及びグムティ橋におけるRHD職員の構造物への補償も必要となる。この費用はBDT 29,121,415（米ドル355,139）である。

住民移転実施状況の内部モニタリングをPIUとDCSC(GC)／IAが実施責任を負う。さらにDCSC(GC)側の住民移転専門家は住民移転実施状況を確認するためにRHDと独立し外部モニタリングを行う。ただし外部モニタリングの費用はRHDが負う。

住民移転行動計画書は、バングラディッシュ側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。表14.2.1に数量を示す。

表 14.2.1 住民移転計画の数量

損失の種類	支障物件数				影響住民数			
	カチプール	メグナ	グムティ	合計	カチプール	メグナ	グムティ	合計
移転必要								
1 住宅（所有者）	100	1	6	107	412	3	19	434
2 住宅（貸家）	98	0	0	98	313	0	0	313
3 商店（所有者）	26	17	18	61	98	40	61	199
4 商店（店子）	4	1	0	5	12	4	0	16
5 住宅兼商店（所有者）	3	0	0	3	10	0	0	10
小計(1-5)	231	19	24	274	845	47	80	972
移転を伴わない損失								
6 養殖池	1	0	0	1	5	0	0	5
7 植生所有者	0	1	0	1	0	6	0	6
8 労働者(雇用者)	26	0	2	28	26	0	2	28
9 地域所有物	1	1	0	2	1	1	0	2
小計(6-9)	28	2	2	32	32	7	2	41
合計(1-9)	259	21	26	306	877	54	82	1,013

15. 気候変動に関する考慮

15.1 脆弱性の評価

国連の気候変動委員会 IPCC の報告において南アジアに位置する「バ」国は、気候変動によって、気温の上昇と海面の上昇により特に大きな影響を受けるとされている。

15.2 基本的な考え方

15.2.1 橋梁に考慮する気候変動要因

気候変動が本プロジェクトの橋梁に影響を与える要因は以下のとおりとする。

- (1) 気温上昇
- (2) 気温上昇による海面上昇
- (3) 海水温上昇による水蒸気の供給と雨量の増大
- (4) 河川水位低下
- (5) 雨量増大による河川水位上昇
- (6) 気温上昇による熱帯性低気圧の強度上昇がもたらす風速の上昇
- (7) 雨量増大と海面上昇に伴う河川水位上昇
- (8) 海面上昇と河川水位低下に伴う海水の河川への流入

15.2.2 気候変動考察の目標年

橋梁の耐用年数を 75 年、プロジェクト完成年を 2021 年として、橋梁への影響を考察する目標年を 2090 年から 2100 年とする。

15.3 このプロジェクトで採用した気候変動のデータ

15.3.1 データ及び予測値

各種調査研究から気候変動による影響の最大値表 15.3.1 に整理した。

表 15.3.1 気候変動の橋への影響

項目	影響
気温	2100 年 最低 9.9℃～ 最高 46.6℃ (*1, *2)
雨量増大	2100 年 雨量は、1 日 378mm、2 日で 512mm (*3)
河川最大水位	100 年確率の流量、海面上昇、雨量を考慮して 63 cm 最大水位から上昇 (*3)
河川最低水位	メグナでは、平均海面と同じ 0.00 m カチプールは、0.48m Gumティでは、0.22m (*4)
風速	126km/h (*3)

注 ; Data from IPCC(*1)、BDNAPA(*2)、Padoma bridge study(*3)and JICA study team(*4)

15.4 気候変動への対策

気候変動への対策について、設計段階での必要性の有無を表 15.4.1 に、運用段階での対策を表 15.4.2 に示す。

表 15.4.1 設計段階での対策の必要性の有無

項目	影響	設計との対比	対策の有無
温度上昇	気温は、最高気温最低気温とも上昇している。橋梁計画では、気温差が重要である。現在設定の気温よりも最低で1℃、最高で6℃上昇する。	構造物温度変化の範囲は、 ・コンクリート構造物；9℃～43℃、 ・鋼製構造物；10℃～50℃ と設定している。 この温度上昇は設計範囲内である。また、 沓、伸縮装置の設計移動量には、余裕を設けている。	無
雨量	1日 378 mm 2日 512 mm	橋梁上の排水設備設計雨量は、50年確率で120mm/時間としている。したがって、十分対応できている。	無
最大水位	海面上昇と洪水によって63cm最大水位が上昇する。	桁が変断面のため、航路端部では、航路限界を若干侵すが、航路中央では、桁下が最も低いカチプール橋で0.7m以上の余裕がある。	無
最低水位	メグナ橋位置で海面と同じレベルまで河川水位が下がる。	設計上の考慮は、必要がない	無
風速	最大風速は、126km/h.	設計風速は、195km/h であり影響はない。	無

出典：JICA 調査団

表 15.4.2 運用段階での対策

項目	注意点
気温上昇	気温計測と伸縮装置の動きをモニタリングする。
雨量	雨量計測を行う。排水設備の機能を確保のために維持管理を十分に行う。
最大河川水位	水位観測を行う。
最低河川水位	水位観測を行う。
風速	風速の計測を行う。

出典：JICA 調査団