

第7章 橋梁およびその取付道路

第7章 橋梁およびその取付道路

7-1 メグナ橋梁とその取付道路

7-1-1 橋梁の設計手法

架橋地点の現場状況が明らかになった初期の段階において、主に、橋梁中心線の位置、河川横断に必要な項目、支間割りと橋梁形式についての検討を行ない、主要構造型式決定のために概略計算を行なった。

この章では、橋梁中心線、橋梁延長および支間をどのように決定したか、そして、その技術的な理由を述べた。

一般に、橋梁の最終型式を決定するためには多くの事項が必要であり、必ずしも経済的な支間割りとはならない。橋梁型式決定のための一般的な手順を Fig. 7-1-1 に示した。

最適な橋梁型式を上記の手法による比較検討と、評価を通じて決定した。

7-1-2 橋梁中心線の決定

1) メグナフェリー周辺の現状

メグナ河を横断するフェリーはダッカの東約 25 km に位置しており、メグナ河の河幅 800 m を含み、ダッカ側 2,500 m とコミラ側 700 m の合計約 4,400 m 区間の道路が直線となっている。

ダッカ側には、メグナ河の西岸からそれぞれ 1,250 m と 1,600 m の位置に長さ 154 m と 107 m の2つのコンクリート橋梁がある。

また、コミラ側のフェリー乗り場近くには、道路に沿って約 50 軒の店があり、フェリー待ちの人たちのために、軽食やタバコを売っている。

幅 6 m の排水路があつて、現在は土砂が詰っている。道路の南側約 1,400 m のところに、この水系の小さな川がコミラ側から左岸に通じている。

右岸のフェリー乗り場の上流約 2,000 m の位置に砂洲があり、毎年大きくなっている。現在、この砂洲は 100 万 m^2 以上の面積であり、その幅は 500 m 以上となっている。メグナ河の蛇行はフェリー乗り場に近づきつつあり、左岸のフェリー乗り場の下流部では、部分的な浸食が生じている。

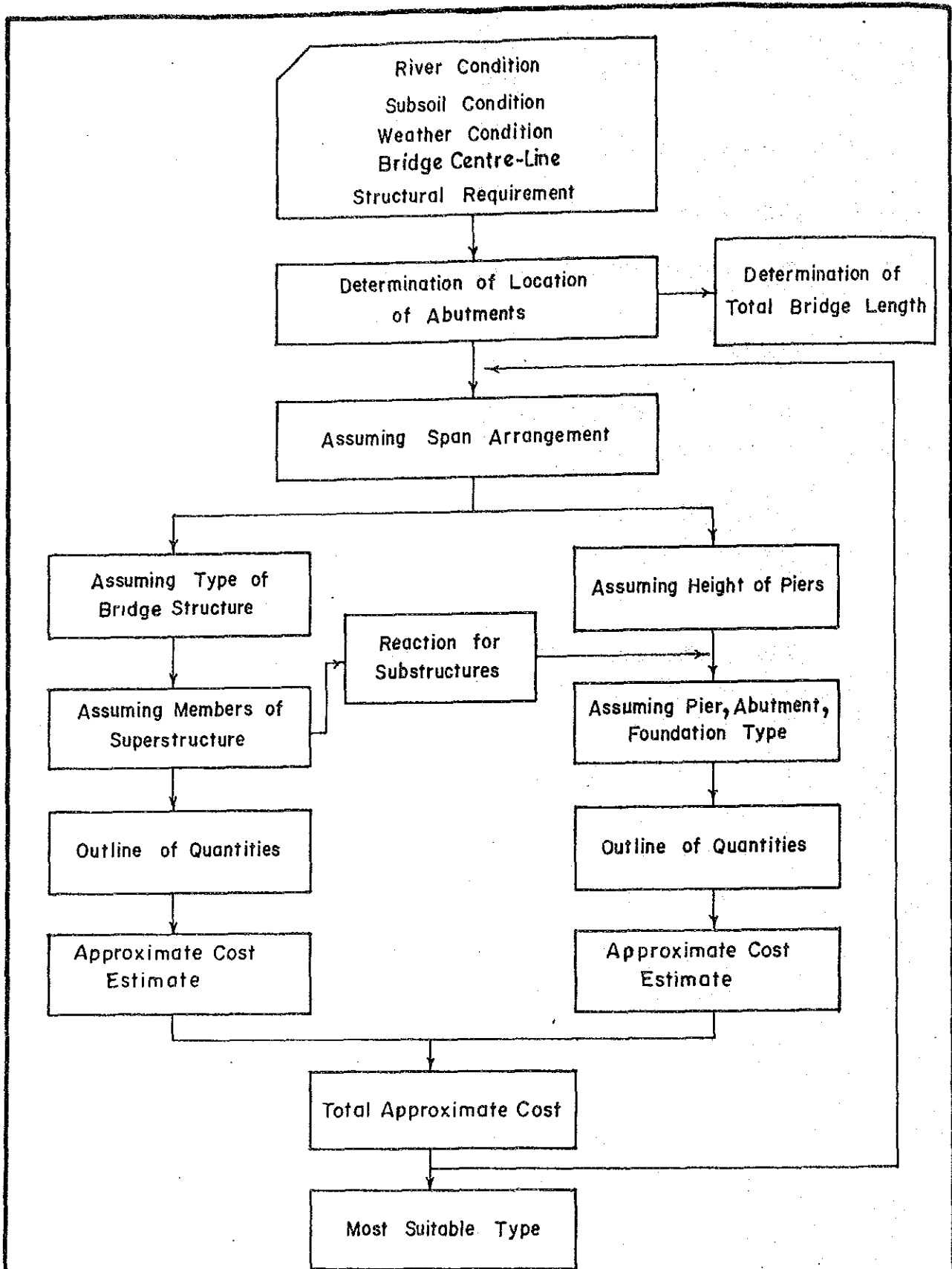


FIG. 7-1 -1 GENERAL FLOW CHART OF DETERMINATION OF BRIDGE TYPE

2) 比較ルートを選定

以下の点がメグナ橋梁の路線決定に配慮された。

- a) 現在のフェリー航路を中心として上、下流それぞれ 500 幅以内に架橋位置を選定し、既存のダッカーチャッタゴン道路をできる限り有効に使用する。
- b) 長い道路の新設を避けるため、現在の両フェリー突堤よりダッカおよびコミラ側にそれぞれ 1,300 m 以内に起終点を選定する。
- c) メグナ橋の橋台を河岸浸食から守るために、架橋位置は浸食対策の容易な場所とする。
- d) メグナ橋の円滑な工事施工に施工期間中の交通整理費用、フェリー施設、そして店舗の移設補償費用を最小限にする。
- e) 架橋地域の将来計画に合わせて、架橋地点を整合したものとする。

Fig 7-1-2 に示すように5案の比較ルートを取りあげ、以下にその概要を述べる。

Aルートは、現在のフェリー航路上に架橋位置を求めたもの。

Bルートは、フェリー航路より上流側に架橋位置を求めたもの。

C-1ルートは、フェリー航路より下流側を通過するルートの中で一番フェリー航路に近く、ダッカ側は 100 m 下流、コミラ側は 200 m 下流で河岸部を通過するもの。

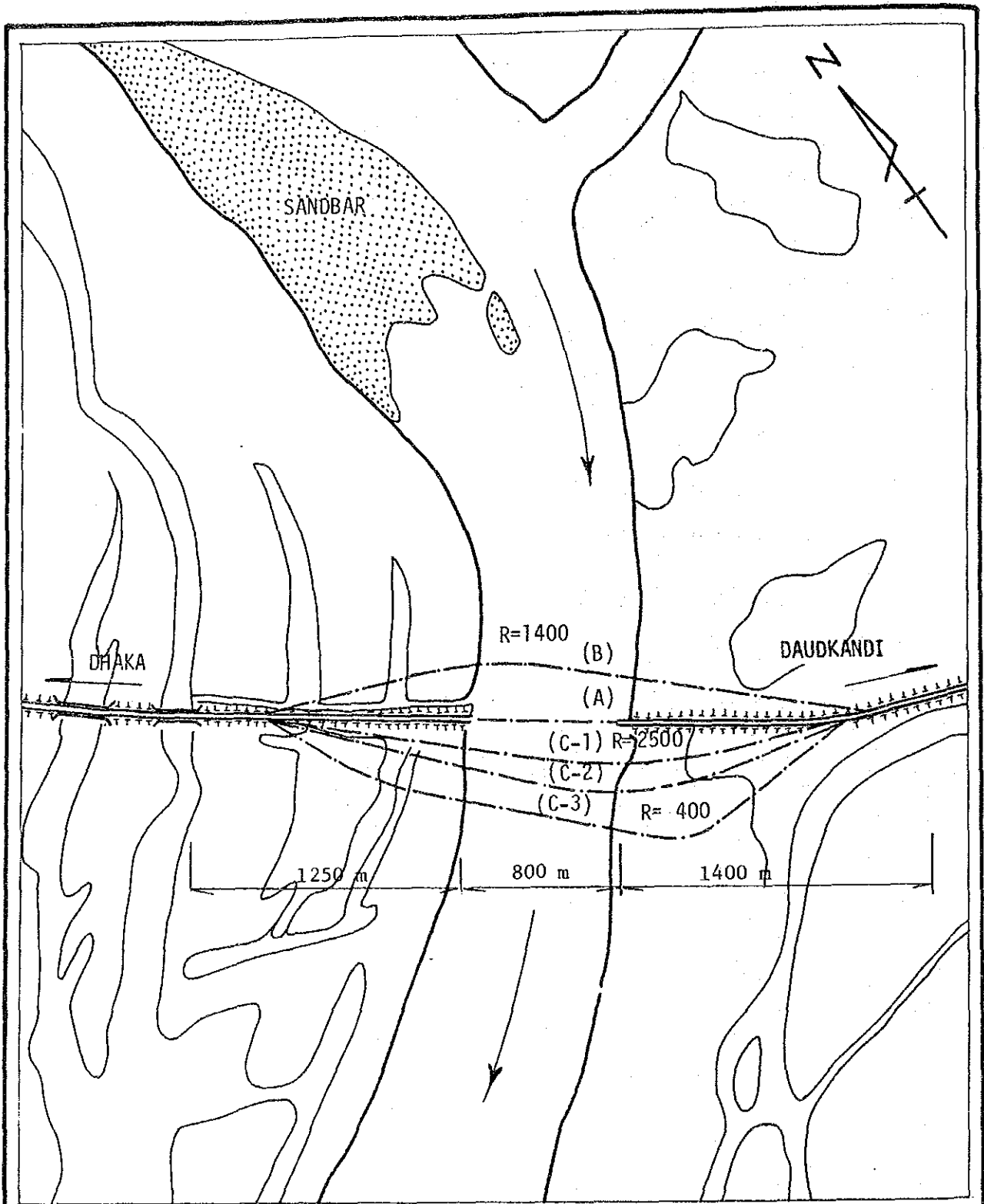
C-2ルートは、ダッカ側は 200 m 下流、コミラ側は 300 m 下流で河岸部を通過するもの。

C-3ルートは、一番下流を通過するルートで、ダッカ側は 350 m、コミラ側は、450 m 下流で河岸部を通過するもの。

3) 中心線を選定

以下に中心線選定の経緯を簡単に述べる。

Aルートには、線形の良さ、既設道路の路面高を変更するだけで新設の取付道路が必要でないこと、さらに用地取得面積も最少と予想される長所がある。しかし、フェリー突堤とか売店の移設が必要であり、工事の進捗に支障が予



SCALE 1:25000

FIG. 7-1-2 ALTERNATIVE ROUTES OF MEGHNA BRIDGE

想されることと、決定的な欠点として、コミラ側に蛇行侵食が進行しつつある河川に対し、有効な対策が立てにくいルートであるため、この案は採用されなかった。

Bルートは同じく蛇行侵食対策がとりにくいことと、さらに上流の発達しつつある砂洲の堆積によって航路が障害をうけるルートであるため採用されなかった。

残りのC-1、C-2、C-3ルートの場合は、現在の道路と新設の取付道路に囲まれた三角形の部分に盛土することにより、コミラ側の蛇行侵食対策を講じやすいという利点がある。すなわち、この盛土が、河川に接する河岸部をシートパイルで補強することにより、橋台部の保護盛土として役立つことが考えられる。

しかし、C-1ルートには円曲線を橋面にまで入れる必要があることと、フェリー突堤部の下流側附近にはすでに局所的な河川侵食がみられるため、この附近を通過するこのルートは選定されなかった。

結局、残されたC-2、C-3ルートに近いものでそれぞれを多少修正することにより、最終ルートを決定した。すなわち、右岸側、左岸側それぞれフェリー乗り場の250 m、320 m下流位置を通るルートとした。

以上の比較検討の結果をAp. Table 7-1にまとめた。

7-1-3 基礎および下部工

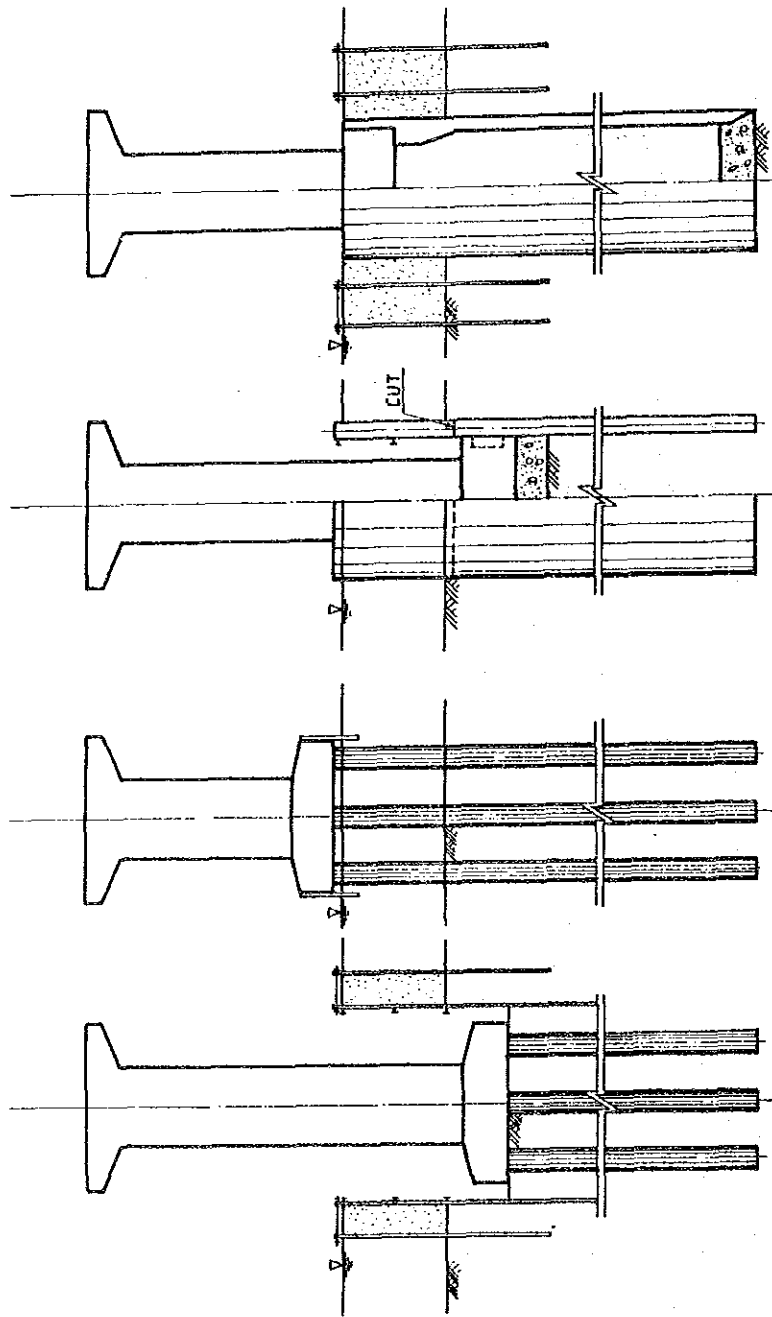
メグナ橋の基礎型式の代替案として以下のものを対象とした。

- a) リバース工法による場所打ち鉄筋コンクリート杭：略称リバース杭
- b) 鋼管杭
- c) 鋼管矢板井筒
- d) 井筒

代替案については、Fig 7-1-3参照。上記4案に対して比較検討を行い、最適基礎型式を選定した。

1) 基礎型式の選定

沖積細砂とシルトから成る中間層は、構造物の重量を支持できる耐力がない



(NON-PROJECTION TYPE) (PROJECTION TYPE) c) Interlocked Steel Pile Well d) Open Caisson
 a) AND b): Pile Foundation

Source: The Study Team

FIG. 7-1-3 ALTERNATIVE TYPES OF FOUNDATION

ため、深度 D. L. - 5.5 m を有効根入深さと決定した。これには、洗掘量 1.0 m も見込んである。

上記 a) と b) の杭基礎では、Fig. 7-1-3 に示すように、突出型と埋込型の 2 つに大別できる。突出型では、工事中の築堤が不要で経済的である。しかし、メグナ河のように河床材の洗掘量が大きく、流水圧や地震荷重下での水平方向の変位が過大となる場合には、突出型は好ましくない。そこで、杭基礎では埋込式を基本案とした。

基礎工 a) ~ b) 案の比較検討を Table 7-1-1 に示す。比較表から以下の事が明らかとなった。

- b) 鋼管杭は工期が他案より短い。更に、鋼管杭は、工場製作であるために均一材料が入手できる。しかし、鋼管杭は、腐食による耐用年数と中空断面による先端の支持力の不確実性などの問題が大きい。

- 井筒基礎では、工期が長期におよぶ。また、メグナ橋のように深い基礎では、井筒の沈下中に傾き易く、所定の位置に設置できない場合が予想される。たとえベントナイト注入方式等により工期の短縮をはかっても、工事費の点でリバース杭を超えると予想される。

以上の理由から、鋼管杭と井筒は選定方式から除外された。残りの 2 型式（リバース工法による場所打ち鉄筋コンクリート杭と鋼管矢板井筒）について以下に比較する。

- 鋼管矢板井筒は、鋼管を壁状に隣接させて打設し、通常の鉄筋コンクリート井筒の剛性に匹敵する剛性が得られるようにしたものである。水中施工においては、この方法は、鋼管が仮設堤の一部として利用でき有効である。そして、この仮築堤部分の鋼管は、工事後撤去する。これらの長所があるけれども、工費はリバース杭の 1.6 倍となり、経済性の観点から、基礎型式として適当でない。

- 鋼管矢板井筒と比較して、リバース杭はメグナ橋の適用上の欠点はない。水中施工の際にも、ケーシング・パイプを用いることで問題はなく、100 m 以上の掘進も可能である。さらに、大口径杭の場合、大きな耐荷力を得ることが可能であり、その結果、杭本数および工費を減らすことができる。

上述のことから、リバース杭が最適な基礎型式として選定された。

Table 7-1-1 Comparison of Alternative Foundation Types

ITEM	TYPE	R.C.D. Pile	Steel pipe pile	Interlocked steel pipe well	Open Caisson
Experiences in Bangladesh		Some	Few	None	Many
Construction period per one pier		Relatively short (5.5 months)	Short (5.0 months)	Short (4.5 months)	Long (11 months)
Construction cost per pier (x 10 ³ Tk)		15,638	17,437	25,116	14,084
Required temporary works		Cofferdam and temporary staging	Cofferdam and temporary staging	Temporary staging	Cofferdam/Artificial Island
Required Workability		Protection of the bored hole surface	High welding technique	Accurate driving operation and high welding technique	Many efforts are required : Easy to incline and difficult to sink to the proposed depth
Availability of material in domestic market		Easy	Not possible	Not possible	Easy
Ease of quality control		Relatively difficult	Easy	Easy	Relatively difficult
Confirmation of bearing stratum		Relatively easy	Relatively difficult	Relatively difficult	Relatively easy
Reliability of supporting		Reliable	Relatively unreliable because of open bottom	Relatively reliable	Reliable
Durability against corrosion		No problem	Less durable	Less durable	No problem
Security against ship collision		Safe with pier protection	Safe with pier protection	Safe with pier protection	Not so safe because of wide projection
Overall Evaluation		Recommendable due to the ease of construction and short construction period	Not recommendable due to unreliability of support	Not recommendable due to the highest construction cost	Not recommendable due to long construction period and difficulty of construction

Source: The Study Team

2) 下部工と基礎工の基本寸法

下部工と基礎工の基本寸法はそれぞれ以下のように決定された。

(1) 橋台

- 型式：鉄筋コンクリート扶壁式橋台

- 橋台高：15 m

- 杭型式と本数：鉄筋コンクリート既成杭、49本 / 箇所

(45 cm × 45 cm の正方形断面、杭長 = 20 m)

(2) 橋脚

- 型式：逆T式橋脚

- 橋脚高：1.8.3 m ~ 34.3 m

- 杭型式と本数：リバース杭、9本 / 箇所

(∅ 1.5 m、杭長 = 44 m)

3) 船舶防衝工

船舶の衝突に対する橋脚の保護工を検討した。調査団の推奨案は Ap. Fig. 7-1 に示す通りである。

注：防衝工については、道路局と調査団で協議の上、1984年7月下旬道路局に口頭で承認されたものである。

7-1-4 主径間および側径間部の上部工

1) 経済的支間長

支間割りの決定の前に、Table 7-1-2 に示す8種類の上部工型式に対して工費と支間の関係を検討した。この場合に採用した基礎型式には7-1-3節での検討をふまえて、リバース杭を考えた。

Table 7-1-2 Types of Superstructure and Span Length Studied

Type of Superstructure	Span Lengths (m)		
PC Box Girder (Cast-in-situ)	60,	90,	120
PC Box Girder (Segmental Box)	60,	90,	120
PC Box Girder* (Incremental Launching)	35,	45,	60
PC T-Beam Girder* (Precast beam)	25,	30,	45
Steel Truss Girder	60,	90,	120
Steel Lohse Girder	60,	90,	120
Steel Box Girder	45,	60,	90
Steel Composite Plate Girder*	25,	30,	45

Note: Types marked with * are used for side span bridge only.

工費と支間の関係を求める作業手順は Fig. 7-1-1 に示した通りである。

なお、この検討において積算した工事費は、次の通りである。

- a) 上部工、下部工、基礎工といった橋梁本体の直接工事費は全て見込むが、仮栈橋、締切り仮設工、取付道路およびその他附帯工関係は除いた。
- b) 工費比較に際して影響ないと考えられる共通項目は含まない。すなわち、橋面舗装、ハンドレール、地覆、歩道、排水管等。
- c) 施工業者の経費、利益等の間接費と関税、セールス税など輸入品に負荷される税金も含まない。
- d) 単価は、1984年6月のバングラデシュ国内の市況価格である。

工費-支間関係の検討結果は、Fig. 7-1-4 に示す通りである。経済性の観点より、以下の型式が適当であると判断された。

a) 主径間部の橋梁

	<u>経済支間 (m)</u>
- プレストレスト・コンクリート箱桁 (場所打ち)	90 *
- プレストレスト・コンクリート箱桁 (ブロック工法)	90 *
- 鋼箱桁	90 *

b) 側径間部の橋梁

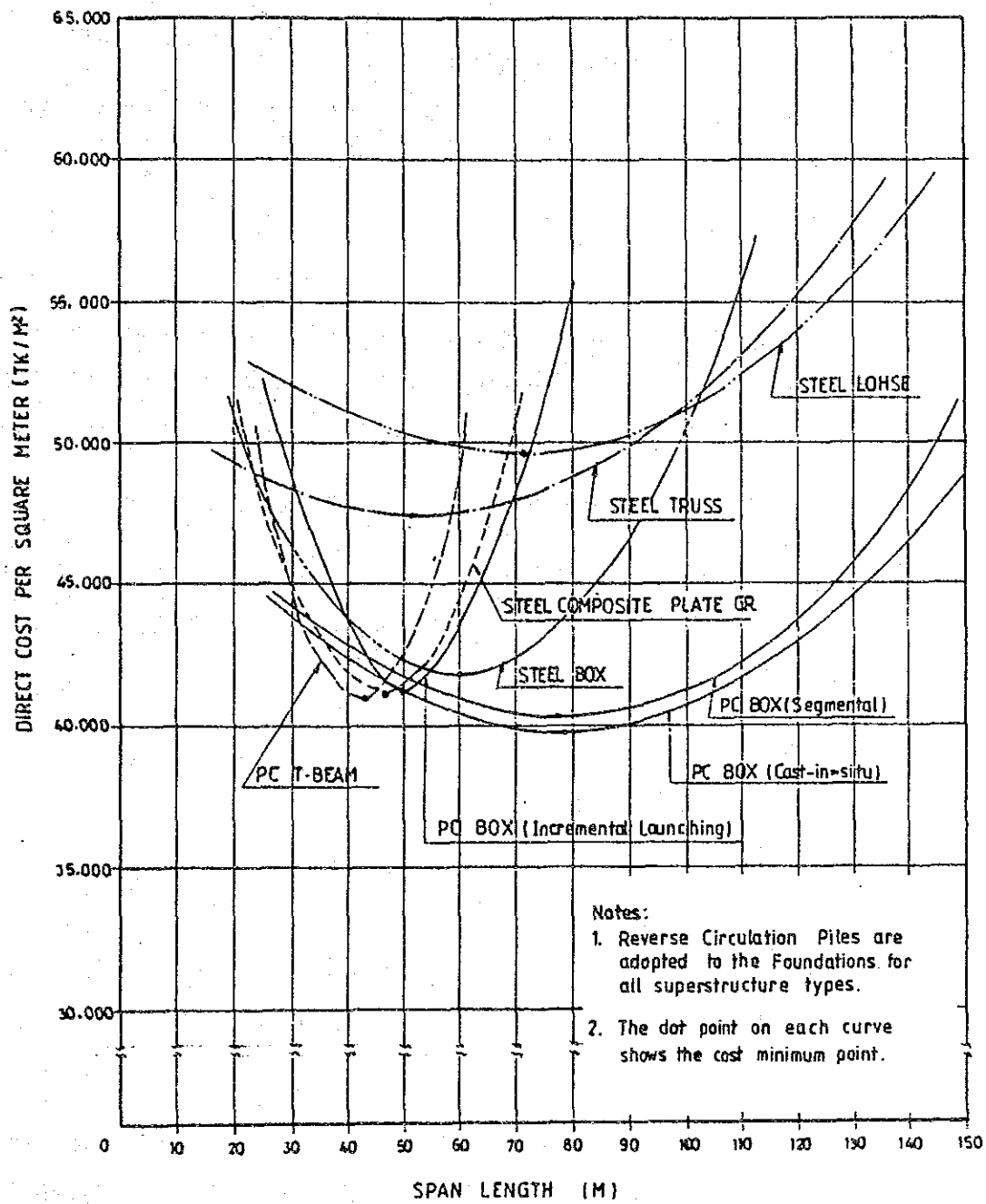
- プレストレスト・コンクリート箱桁 (場所打ち)	80
- プレストレスト・コンクリート箱桁 (ブロック工法)	80
- プレストレスト・コンクリート T-桁 (プレキャスト)	45
- 合成鋼桁	45

注) * 主径間部橋梁の最小支間長は航路限界から決定された。

2) 支間割り

支間割りの決定は、経済性全体に直接影響し、橋梁計画を行う上で最も重要なものの1つである。この検討では、以下の事項を考慮した。

- a) 支間割りの決定に影響する構造上の要因、施工上の要因、経済性、美観などの検討。



Source: The Study Team

FIG. 7-1-4 DIRECT COST-SPAN RELATION FOR MEGHNA BRIDGE STUDY

b) 前項で述べた経済支間長。

c) 支間割りと橋長の決定に最も影響する乾期における河川幅としては、測量の結果から 820 m とした。

d) 橋台と側径間の最端橋脚の位置

メグナ河は、侵食しやすい河である。将来の侵食に対する余裕を見込んで、ダッカ側の橋台とコミラ側の最端部の橋脚については、河岸から 30 m 離すことで十分と考えた。

当初、Ap. Note 7-1 に示すような 5 つの支間割り代替案を考えたが、検討の結果、上記の b) ~ d) の特殊性を考慮して、Fig. 7-1-5 に示すような 2 案を採用した。

これら 2 つの支間割り代替案の概要は次の通りである。

代替案 A

カンチレバー工法によるプレストレスト・コンクリート箱桁、9 径間。
標準径間が 87 m で、全長 930 m。

代替案 D

カンチレバー工法によるプレストレスト・コンクリート箱桁。
航路部径間 90 m、その両側 55 m。
側径間は 42.5 m 長さのプレストレスト・コンクリート T-桁で、全長 930 m。

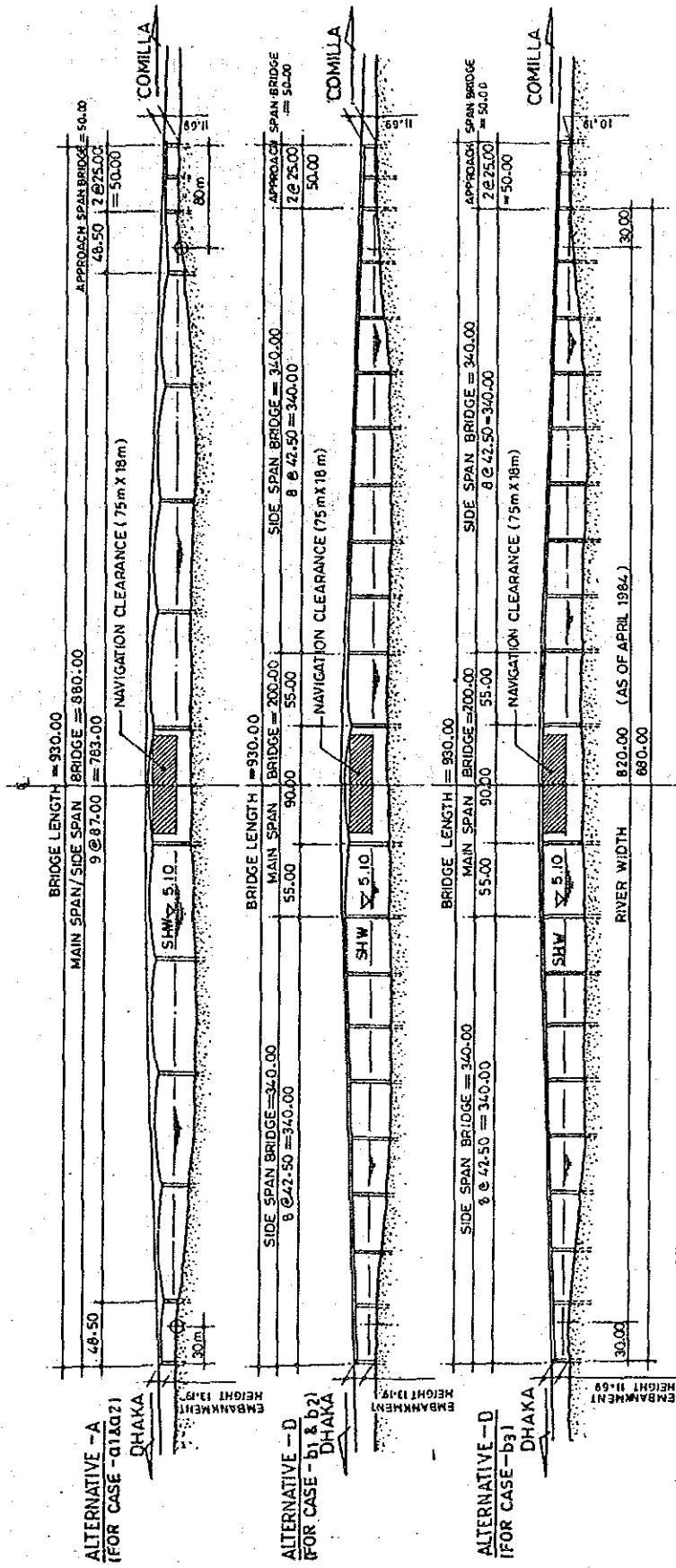
上部工の型式は、主に経済性の観点から決められた。型式と支間割りを考慮した代替案を Table 7-1-3 に示し、その一般図を Ap. Figs. 7-2 ~ 7-4 に示した。

3) 橋梁型式の比較

橋梁型式別に 5 種類の代替案 (Case a₁、a₂、b₁、b₂、b₃) を技術面、経済面から比較検討し、最も適切なものを選定した。Table 7-1-4 はこの検討をまとめたものである。

この表中の橋梁工事費は次の事項を検討して積算した。

- 構造解析、主部材の所要断面決定、数量計算
- 施工方法、工期
- 単価計算、積算



NOTES

- 1 THE DIMENSIONS ON THE DRAWINGS ARE SHOWN IN METERS.
- 2 THE LENGTH OF MAIN SPAN BRIDGE AND SIDE SPAN BRIDGE IS DETERMINED AS 880m TAKING INTO CONSIDERATION THE ACTUAL RIVER WIDTH OF 820m AND LAND CLEARANCE OF 30m EACH SIDES.
- 3 THE ALTERNATIVE NAME FOR SPAN ARRANGEMENT CORRESPONDS TO THE INTRODUCTION IN AF. NOTE 7-1.

Source: The Study Team

FIG. 7-1-5 SPAN ARRANGEMENTS FOR MEGHNA BRIDGE

Table 7-1-3 Alternative Span Arrangements by Bridge Type

		Case-a1	Case-a2	Case-b1	Case-b2	Case-b3
Span Arrangement*		Alternative A	Alternative A	Alternative D	Alternative D	Alternative D
Main Span Bridge	Type	PC Box (Cast-in-situ)	PC Box (Segmental)	PC Box (Cast-in-situ)	PC Box (Segmental)	Steel Box
	Total Length	880 m	880 m	200 m	200 m	200 m
Side Span Bridge	Type	-	-	PC T-Beam	PC T-Beam	Steel Composite
	Total Length	-	-	680 m	680 m	680 m
Approach Span Bridge	Type	PC T-Beam	PC T-Beam	PC T-Beam	PC-T Beam	Steel Composite
	Total Length	50 m	50 m	50 m	50 m	50 m

* Note: Details of span lengths are referred to in Fig. 7-1-5.
Source: The Study Team

Table 7-1-4 Comparison on Bridge Alternatives over Meghna

Alternative		Case - a1	Case - a2	Case - b1	Case - b2	Case - b3
Description						
Span Arrangement		48.5m+9887.0m+48.5m +2823.0m = 930m	48.5m+9887.0m+48.5m +2823.0m = 930m	8842.5m+55.0m+90.0m+55.0m +8842.5m+2823.0m = 930m	8842.5m+55.0m+90.0m+55.0m +8842.5m+2823.0m = 930m	8842.5m+55.0m+90.0m+55.0m +8842.5m+2823.0m = 930m
Side View Outline						
Principal Material of Superstructure		Prestressd Concrete	Prestressd Concrete	Prestressd Concrete	Prestressd Concrete	Structural Steel
Structural Features	Superstructure	Main/Side Span Bridge Cast-in-situ PC box with a central barge with a central barge Approach Span Bridge Precast PC T-beam	Main/Side Span Bridge Cast-in-situ PC box with a central barge with a central barge Approach Span Bridge Precast PC T-beam	Main Span Bridge Cast-in-situ PC box with a central barge with a central barge Side/Approach Span Bridge Precast PC T-beam	Main Span Bridge Segmental PC box with a central barge Side/Approach Span Bridge Precast PC T-beam	Main Span Bridge 3-span continuous steel box girder Side/Approach Span Bridge Steel composite girder
	Foundation	Main/Side Span Bridge Cast-in-situ RC pile (Reverse Circulation Drill) Approach Span Bridge Precast RC pile	Main/Side Span Bridge Cast-in-situ RC pile (Reverse Circulation Drill) Approach Span Bridge Precast RC pile	Main/Side Span Bridge Cast-in-situ RC pile (Reverse Circulation Drill) Approach Span Bridge Precast RC pile	Main/Side Span Bridge Cast-in-situ RC pile (Reverse Circulation Drill) Approach Span Bridge Precast RC pile	Main/Side Span Bridge Cast-in-situ RC pile (Reverse Circulation Drill) Approach Span Bridge Precast RC pile
Construction Aspect	Main Span Br.	First experience in Bangladesh	First experience in Bangladesh	First experience in Bangladesh	First experience in Bangladesh	First experience in Bangladesh
	Side Span Br.	-	-	Already experienced	Already experienced	Already experienced
Remark		To require one construction process repeatedly	To require one construction process repeatedly			
Availability of Materials from Domestic Market		Mostly available	Mostly available	Mostly available	Mostly available	Not available
Bridge Construction Period		38 months	31 months	38 months	34 months	32 months
	Superstructure Subst. & Fund Total	Million Taka 138 259 397	Million Taka 192 259 451	Million Taka 122 212 435	Million Taka 131 214 445	Million Taka 194 242 436
Maintenance Cost		Almost free	Almost free	Almost free	Almost free	Almost free**
Aesthetics		Good	Good	Fair	Fair	Fair
Travelling Quality on Bridge Surface		Good	Good	Fair	Fair	Fair
Overall Evaluation		Recommendable due to construction cost, applicability of technology to future projects, and construction ease				

Notes : * The bridge construction cost excludes the cost of approach road, temporary work and ancillary work. The bridge construction cost is estimated by 1984 price, and includes direct and indirect costs except custom duty & sales tax (C.D., S.T.) in Bangladesh.
 Breakdown of these cases is shown in Ap. Table 7-2 through 7-6.
 ** For the purpose of maintenance-free, Hot-Dip-Galvanizing is adopted for the protective coat of steel corrosion.

Source: The Study Team

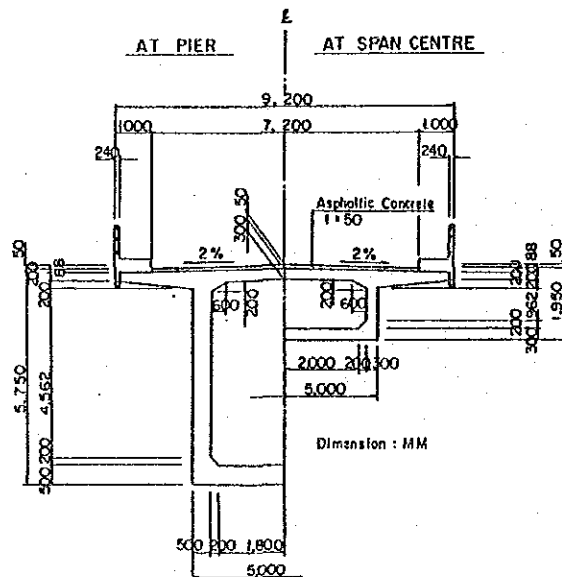
検討の結果、代替案 Case a₁ が、経済性、将来の他プロジェクトへの技術の
 応用、一種類の作業手順の繰返しによる施工の容易さ等々の見地から最適橋
 梁型式であることが判明した。そこで、これをメグナ橋の最終型式とするこ
 ととした。

4) 主径間と側径間部橋梁の上部工の基本寸法

提案した橋梁型式、代替案 (Case - a₁) の構造概要は以下に示す通りであ
 る。Case - a₁ の一般図は、Ap. Fig. 7-2 に示す。

- 橋 長 : 880 m
 (アプローチ橋梁 50 m 分含まず)
- 橋 梁 幅 員 (全幅) : 9.2 m
- 車 道 幅 員 : 7.2 m
- 歩 道 幅 員 : 両側にそれぞれ 1.0 m
- 上部工型式 : 場所打ちプレストレスト・コンクリート箱桁
 (カンチレバー工法)
- 支 間 長 : 87.0 m
- 桁 高 : 5.75 m (橋脚上)、1.95 m (支間中央)

Fig. 7-1-6 に橋梁の断面図を示す。



Source: The Study Team

Fig. 7-1-6 Cross Section of Main Girder for Meghna Bridge

7-1-5 取付部の橋梁

メグナ河の蛇行侵食による左岸の移動を配慮して、取付部を橋梁として、河岸より50m後背地まで計画した。

取付部の橋梁は地面よりあまり高くなく、支持層も比較的浅い深度にあると判断されるので、主径間および側径間部のような長い径間とする必要はない。また、設計基準は、7-1-4節の主径間および側径間部の橋梁と同じものを採用した。

1) 橋 台

橋台の型式はAp. Table 7-7に示すように、その構造高さで決定される。メグナ橋の橋台高さは13~15mとなるので扶壁式橋台を選んだ。

2) 上 部 工

取付部橋梁には大きい径間は経済的ではない。径間長2.5m程度の橋として次の3型式を考えた。

- a) 鋼合成桁橋
- b) プレストレスト・コンクリートT-桁橋
- c) プレストレスト・コンクリート穴あき床版橋

上記3案のうちc)穴あき床版橋は全面支保工による建設となるため工事費、工期ともに不利と判断し、残りの2案を比較対象の型式として選んだ。7-1-4節の3)における比較5案(a₁、a₂、b₁、b₂、b₃)に対して、それぞれ次のような取付部の橋梁型式が考えられ、その結果、主径間と側径間がプレストレスト・コンクリート箱桁であるCase a₁と、取付部をプレストレスト・コンクリートT-桁とする組合せが採用された。

比較案	主 径 間	側 径 間	取付部の橋梁型式
a ₁ 、a ₂	プレストレスト・コンクリート箱桁	プレストレスト・コンクリート箱桁	プレストレスト・コンクリートT桁
b ₁ 、b ₂	プレストレスト・コンクリート箱桁	プレストレスト・コンクリートT桁	プレストレスト・コンクリートT桁
b ₃	鋼箱桁	合成鉄桁	合成鉄桁

7-1-6 橋梁の施工手順

リバース杭基礎と現場打ちプレストレスト・コンクリート箱桁上部工の橋梁を採用したが、この工事の工程は48ヶ月と見積り、詳細はFig. 7-1-7に示した。このうち、少なくとも3ヶ月は、建設業者の資機材調達にあてられることになるであろう。

プロジェクト現場は、雨期（6月～10月）において冠水するので、建設業者は、河川の兩岸に作業場所の埋立を行なわなければならないが、これは、現地の機械を使用して2ヶ月目から開始されよう。

1) 仮設栈橋

輸入された建設資機材の一部は、チタゴン港から陸上運搬されるが、重量のある資機材は水上輸送される。それに加えて、国内で調達される砂、碎石、セメントなども船で運搬される。したがって、建設の初期段階において、作業場に資機材の陸揚げを行なうための仮栈橋が必要となる。

2) 仮設足場

仮締切のための矢板打設や、リバーサーキュレーション工法を台船上から行なう方法が通常行なわれる方法である。しかし、この方法を採用すれば、杭打ち機、リバーサーキュレーション設備、クレーン等のために、少なくとも4隻の台船が必要である。これに加えて、引船、土運搬船等の作業船が必要となり、現場が煩雑となって、思わぬ問題が生じ易い。

したがって、本プロジェクトでは仮設足場による工法を採用することにした。これによって、仮締切用の鋼矢板や、リバーサー杭を正確な位置に打設することができ、比較的風のある日でも施工ができるので、施工が早くなる。

3) 仮締切り（二重締切り）のための鋼矢板打設

河床面下の橋脚フーチング施工のために、鋼矢板による二重締切りを行なう。これは、水圧による崩壊や噴砂現象を防ぐために二重構造にしたのであり、撤去後再使用が可能である。

4) リバーサーキュレーション杭

主径間、側径間部の橋脚基礎として、リバーサーキュレーション工法を採用する。この場合、打設機械用の小さな足場が必要となる。

5) 河床でのフーチングの施工

リバーサー杭のコンクリート打設後、下部工のフーチング部の施工手順は次のとおりである。

- 現河床部を盤下げのため仮締切り内部での水中掘削
- 噴砂現象を抑えるための水中コンクリートの打設

- 締切り内の排水作業
- 腹起しと切梁の施工
- 鉄筋コンクリートの施工

この一連の下部工フーチング工事は乾期の低水位期に施工されるよう計画されなければならない。

6) 上部工の施工

現場打ちプレストレスト・コンクリート箱桁施工のために、4組の移動式型枠を使用する。このうち、2組は、3回使用、残りの2組は2回使用となる。

移動式型枠工により、ブロックごとにコンクリートを打設して緊張し、次々に荷重のバランスを配慮して、両方に同時に張り出していく工法がとられる。

7) 橋梁の建設工程

詳細な橋梁工事の各工程を検討した。Fig. 7-1-7は選定案(Case a₁)の工程を図示した。

7-1-7 取付道路の線形と設計

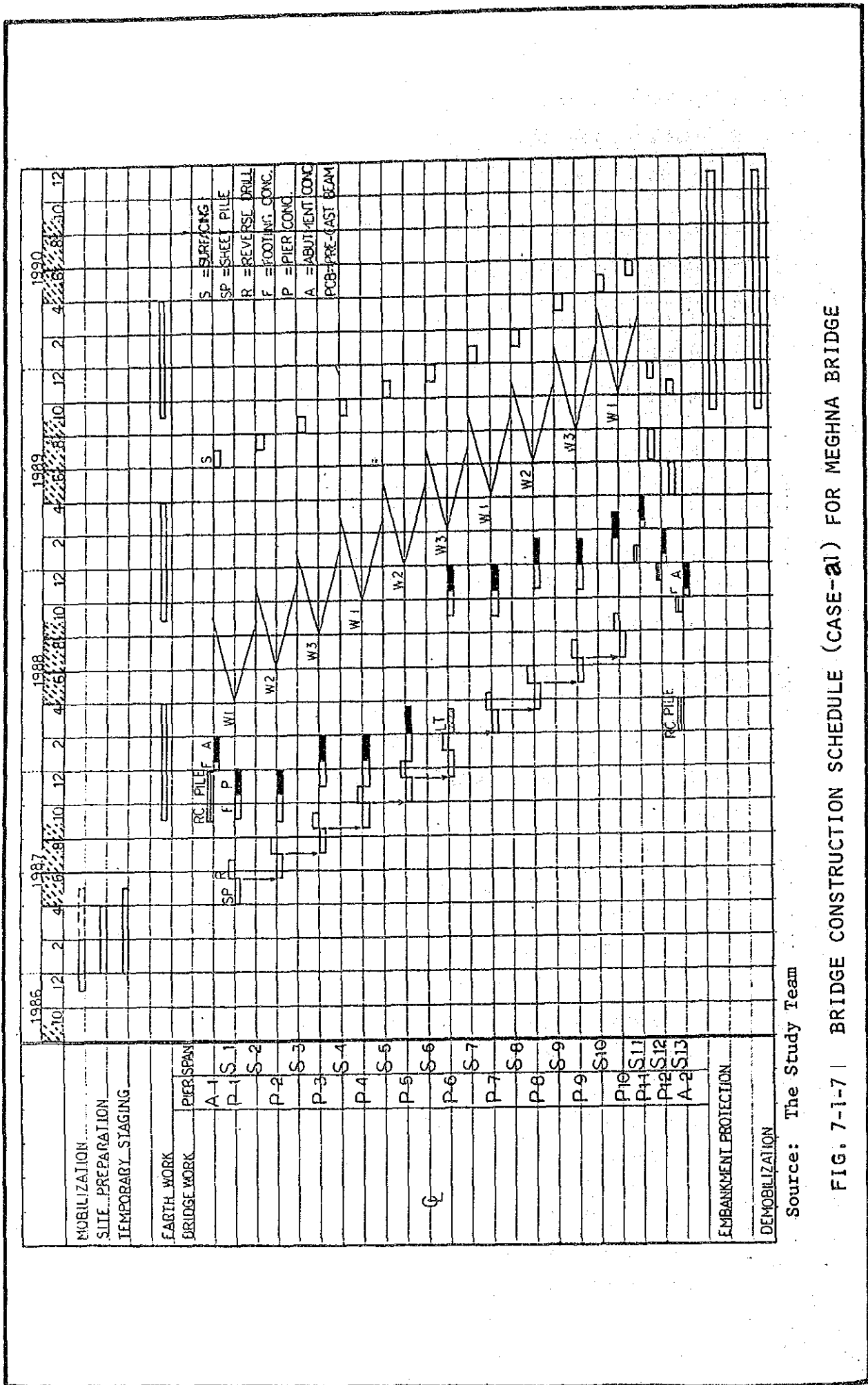
調査の初期段階において行なった地形測量をもとにして、作成した縮尺1:3,000の地形図を使って、取付道路の線形の検討を行なった。取付道路の予備設計は以下の項目を考慮して行なった。

- 幾何構造基準に従うこと。
- 最終設計において多少の変更がなされても、十分な余裕をもった平面線形と縦断線形とすること。
- 既存フェリーの円滑な運行を確保すること。
- 道路の樹木の撤去を最小限にすること。

1) 平面線形

橋梁中心線の位置は7-1-2節の検討で決定された。安全走行と美観の良い線形を確保するため次の項目を考慮して検討した。

- 橋梁中心線と水流方向を直角にすること。
- 長い直線部の間に小半径の平面曲線を入れないこと。
- 急カーブを避けること。



Source: The Study Team

FIG. 7-1-7 | BRIDGE CONSTRUCTION SCHEDULE (CASE-21) FOR MEGHNA BRIDGE

平面線形における最小曲線半径を 400 m とした。なお、最終設計段階においては、平面曲線の中に緩和曲線を挿入することになるであろう。

縮尺 1:3,000 の図面を使用し、最終線形を路肩の線、橋梁や、カルバートの位置等とともに Drawings № 3-1 ~ 3-3 に示した。

2) 縦断線形

縦断線形は橋梁と取付道路、とくに取付道路が短い場合に影響される。

航路限界と設計洪水位が縦断線形を設計する場合に重要な要因となるが、その他の要因は以下の通りである。

- 平面線形と調和した縦断曲線を選定すること。
- 他の既存の道路との交差に配慮すること。

縦断線形を鉛直縮尺 1:1,000、水平縮尺 1:3,000 で、Drawings № 3-1 ~ 3-3 に示した。

3) 路線の概要

提案した路線はダッカ側のフェリー乗り場から 1,250 m の所にある鉄筋コンクリート橋よりフェリー乗り場側へ 240 m の位置で、既設のダッカーチタゴン道路より分かれる。そして、既設道路とフェリー航路にほぼ平行に走り、河の対岸側で、既設道路に結合する。全長は、橋梁部を含めて 2,895 m であり、その概要は以下の通りである。

- 既設道路との分岐点とメグナ河の西岸までの区間の路線は、主に乾期においては耕作地であり、雨期においては冠水する地域を通過している。
- 左岸部 (Gazaria 側) は、歩行者や荷車の通る狭い村道と交差する。
- 左岸と上述の村道との区間は、乾期においては耕作地となる区域を通り、村道とこの路線の終点の間の稲作地を通過する。この区域は雨期にはジュートがあちこちで栽培されている。

4) 舗装

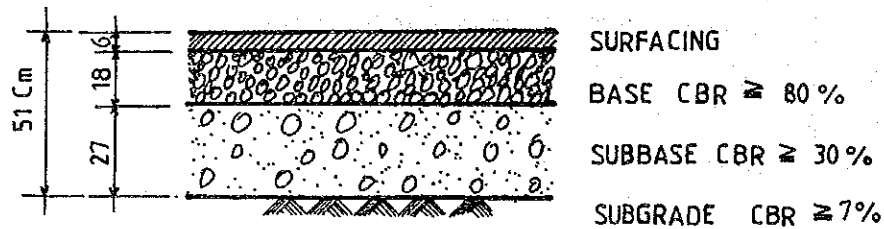
a) 設計方法

たわみ性舗装の設計において使用する各層の厚さと強さを決める標準的な方法は、CBR、路床材料の特性、舗装の計画寿命に対する予測交通荷重をもとにして行なうものである。

イギリスにある Transport and Road Research Laboratory による経験的な公式と図表を舗装の設計に使用した。なお、図表は、Road Note 29 (新設道路の舗装構造設計指針) と、Road Note 31 (熱帯および亜熱帯地方における歴青舗装道路の構造設計指針) にのせてあるものを参照した。舗装設計の詳細を Ap. Note 7-2 に示す。

b) 舗装構造

想定年における年等価標準軸重 (ESA) にもとづいて設計した舗装構造を Fig. 7-1-8 に示す。



- SURFACING = ASPHALTIC CONCRETE SURFACE
- BASE = WET MIX MACADAM ROAD BASE
- SUB BASE = 50% LOCAL SAND AND 50% PEA GRAVEL

Fig. 7-1-8 Pavement Structure

5) 道路容量と車線数

第 11 章において将来交通量の予測を行ない、この章では橋梁と取付道路の予備設計を行なった。そして、この節では、2 車線、2 方向の橋梁 / 道路の交通容量を将来交通量と走行速度の観点から確認した。

バングラデシュでは、平均日交通量から時間交通量に換算する係数 (K) についての資料がなかった。1984 年 6 月の交通量 24 時間観測の結果によれば、最大時間交通量は、日交通量の 5~6% であった。この検討には将来交通動向を考慮して 6% を採用することにした。

a) 対象将来交通量

2020年における推定交通量は以下の通りである。

車種	日交通量	乗用車換算日交通量 [*]
トラック	5,153	15,459
バス	2,388	7,164
小型バス	463	463
乗用車	3,455	3,455
その他	207	207
合計	11,666	26,748

(* Ap. Note 6 - 1 参照)

上記乗用車換算日交通量より、換算係数 $K = 6\%$ に対して 1,600 乗用車/時を得る。

2030年次の交通量を2通り推定し、同様に時間当り乗用車換算台数に算出すると、次のようになる。

推定	日交通量	乗用車換算日交通量	乗用車換算時間交通量
高	16,000台	36,500台	2,200台
低	17,000	38,800	2,300

b) 橋梁/道路上のサービス交通容量

理想的で交通流が妨げられない状態での2車線、2方向道路におけるサービス交通容量を時間当りの乗用車換算で表わせれば、2,500台となる。現地の状況で幾分補正が必要となる。例えば、車線幅、側方余裕、沿道状況、道路勾配等が関係する。本設計では、車線幅が3.25mで問題がない。架橋地点は地方にあって、交通信号器を必要とするような交差点はない。道路勾配は最大3%を採用した。しかし橋梁の側方余裕は0.75mをとっている。将来牛車や大八車が通行するようになることを予想すれば、これは少し狭いように考えられる。ゆえに、補正係数として0.8を採用した。この橋梁/道路のサービス交通容量は、下記のようになる。

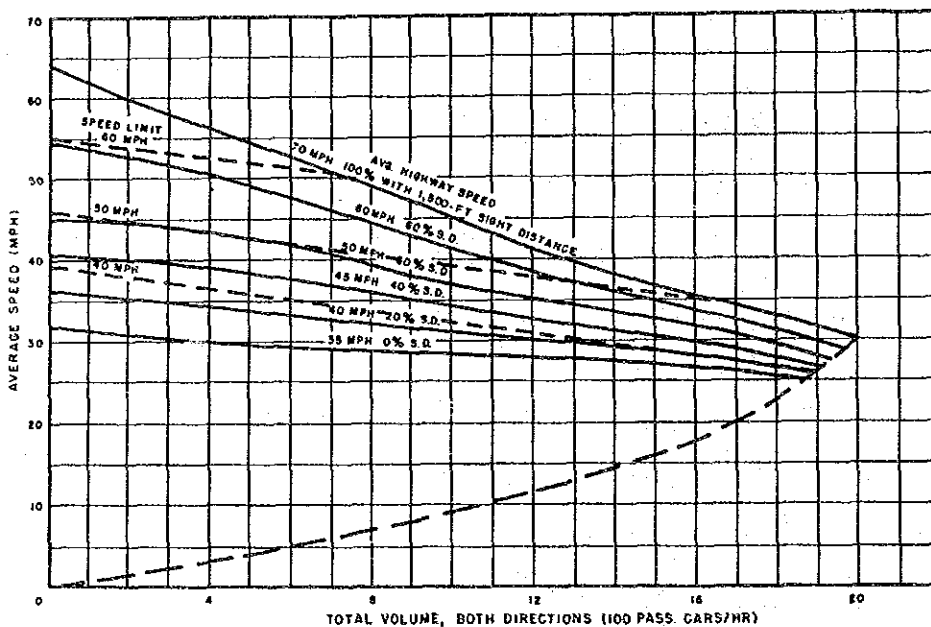
$$2,500 \text{ 台/時} \times 0.8 = 2,000 \text{ 台/時 (乗用車換算)}$$

上記2,000台/時を前項a)の1,600台/時と比べれば、本計画の2車線、2方向の橋梁/道路は、計画年次2020年でも充分であることが判明した。その時は自動車は安定した流れで通行しているはずである。

c) 交通量－速度関係の点検

交通量が増えると、運転者は好む速度を出せない。速く走っている運転者は遅く走っている運転者よりも速度を落とさざるをえない。それで速度の範囲が縮ってくる。何年次にピーク時の交通量が前記サービス交通量に達するか調べてみた。これには下載のように " Highway Capacity Manual 1965 " の図を参考にした。

図によれば、時速80km(50マイル)で走っている自動車は、交通量が2,000台(1時間当り乗用車換算)に近づくと、時速48km(30マイル)に落とさざるをえないようになる。本調査では、これは2025年以後となると推定される。



Typical relationships between total volume for both directions of travel and average speed under ideal uninterrupted flow conditions on two-lane rural highways.
(Source: BPR, combined data from various studies)

Source: Highway Capacity Manual 1965

7-2 メグナ・グムティ橋梁とその取付道路

7-2-1 橋梁の設計手法

メグナ・グムティ橋の概略設計の方法は、メグナ橋の場合と同じく7-1-1節に述べた通りである。

7-2-2 橋梁中心線の決定

1) メグナ・グムティフェリー附近の現状

フェリーの突堤はダッカより40km程東側に設けてあり、これを通るダッカ-チタゴン間の幹線道路は、突堤の手前600mの所で、南東方向から東方向に進路を変えて、渡河している。

メグナ・グムティ河の河幅はメグナ河の支流が600m、グムティ河が300m、その中間の中洲が約450mで構成されている。水運航路局は毎年の洪水期に上流より運ばれて堆積する砂の浚渫を行って、フェリー航路を維持管理している。

コミラ側のフェリー突堤より2.5km程の所でDaudkandiよりチタゴンに向う道路に合流している。

メグナ・グムティ河の両岸にはモスクや道路局の宿舎、冷凍庫等の建物がある。

2) 比較ルートを選定

検討にあたり留意した事項は次の通りである。

- a) 出来るだけ既存の施設（取付道路、フェリー施設、店、その他の建物）を移設しないで建設される新ルートとし、工事の進捗のはかりやすいものにする。
- b) 河川内の架橋ルートはフェリー航路と交叉せず、しかも土地の人々の通路の妨げにならないところを選ぶ。
- c) より短い一直線でしかも用地面積の少ないルートを選ぶ。

以上の前提にもとづいて、Fig. 7-2-1に示すように、次の5ルートが選定された。以下にその概要を述べる。

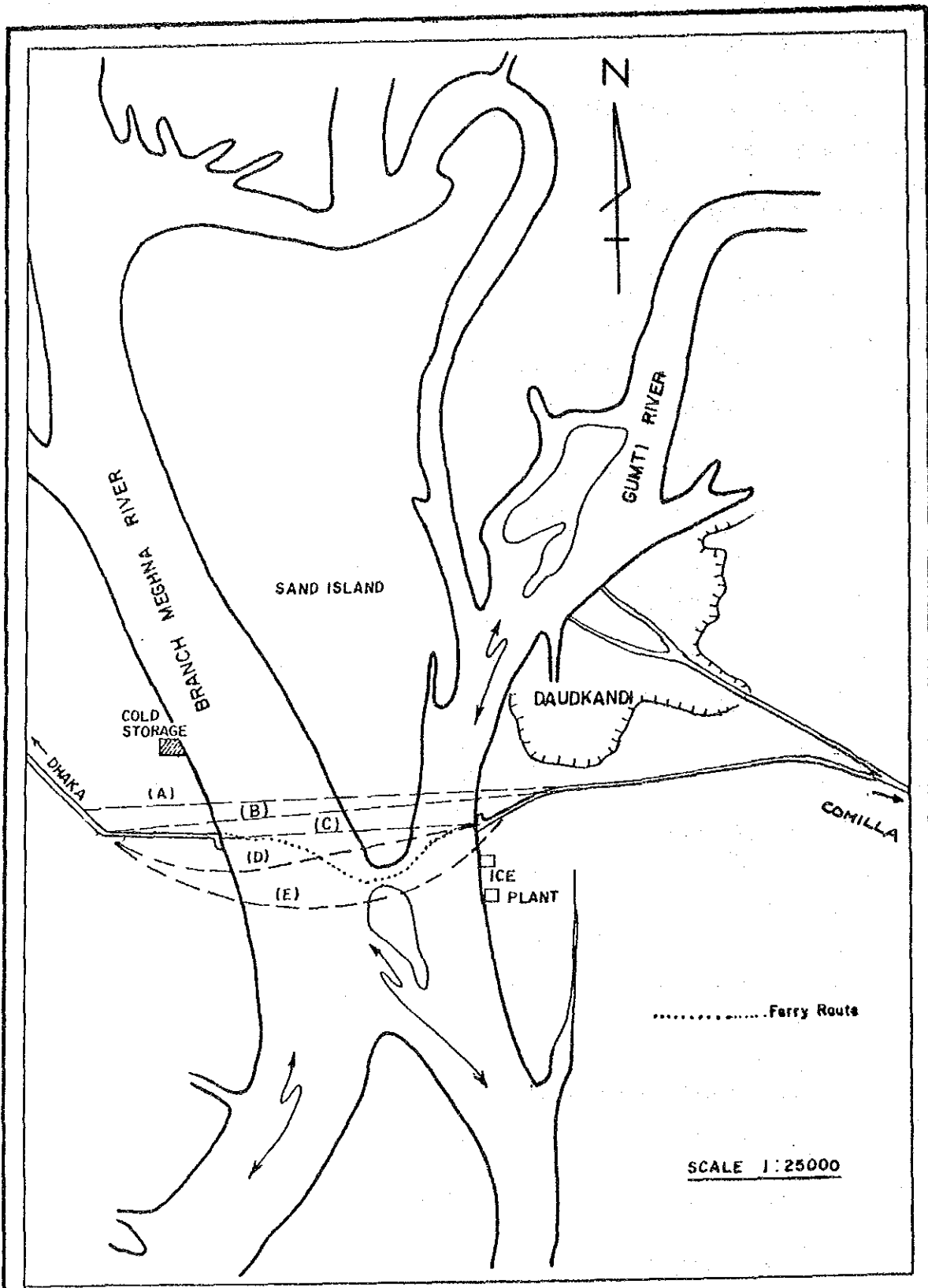


FIG. 7-2-1 ALTERNATIVE ROUTES, MEGHNA-GUMTI BRIDGE

Aルートは、フェリーより上流側を通るルートであり、東西のフェリー突堤より約100 m離れているので、工事期間中フェリーの運航の妨げにはならない。

Bルートは、A案を修正したもので、ダッカ側の取付道路をより現道に近づけたもので、ダッカ側の最北部の突堤を下流側へ移設しなければならない。

Cルートは現在のフェリー突堤を結ぶルートで、既存のフェリー施設や店の全面的移設が求められる。

Dルートは河川をほぼ直角に交叉して渡るので、最短のルートとなっているが、フェリー航路と交叉するので、両側のフェリー施設とともにその移設が求められる。

Eルートはフェリー航路を避けて下流側を通る曲線ルートとなっている。

3) 中心線の選定

Aルートは、橋梁と取付道路の延長が最長となる。しかし、このルートは前述の留意事項 a)、 b) を満足している。Daudkandi 側の取付道路埋立地が道路局の所有地である。

Bルートは、ダッカ側の最北端にある突堤1つを移設する必要がある。しかし、ダッカ側の取付道路は部分的に道路局の所有地と重なるので、用地取得費用を節約でき、また、Daundkandi 側の取付道路用埋立地もAルートと同様道路局が所有している。

Cルートは、現在の取付道路を使用する案であるので、ダッカ側とコミラ側に仮設道路が必要となり、両側のフェリー施設ともに、少なくとも2つの突堤の移設が必要となる。

Dルートは、最短ルートであるが、次の3つの欠点がある。すなわち、橋梁位置が、現状フェリー航路と交差するため、安全施工が保証されないこと、ダッカ側の3突堤とコミラ側の2突堤の移設が必要となること、フェリー航路の移動によりダッカ側の仮設道路が長くなることである。この結果、このルートを採用しなかった。

Eルートは、橋梁が曲線形状となり、ダッカ側の取付道路も長くなり、このための用地取得も必要となる。したがって、この案を採用しなかった。

上記のことから、最適ルートは、A案とB案を多少調整したルートとし、右岸側を既設フェリー乗り場の50m上流、左岸側を120m上流の位置とした。この選定比較をAp. Table 7-8にまとめた。

7-2-3 基礎および下部工

1) 基礎工の選定

メグナ・グムティ橋の基礎工には、7-1-3節で述べたと同じ理由から、リバース杭を選んだ。

2) 下部工および基礎工の基本寸法

(1) 橋台

— 型 式：鉄筋コンクリート扶壁式橋台

— 橋台高さ：10.0m

— 杭本数および型式：(45cm×45cm正方形断面、杭長=32m)の既製杭32本

(2) 橋脚

— 型 式：逆T式橋脚

— 橋脚高：4.5m～19.5m

— 杭本数および型式：河川内基礎工(径1.5m、長さ50m)のリバース杭9本
中間砂洲基礎工(径1.5m、長さ65m)のリバース杭8本

(3) 橋脚防衝工

メグナ橋の防衝工と同じものを計画した。Ap. Fig. 7-1に参考図を示した。

7-2-4 上部工

1) 経済的支間長

河川内渡河部と中間砂洲部のそれぞれについて、工費と支間長の関係と比較検討した。なお、この関係の算出手順は、メグナ橋の場合と同じであるので、7-1-4節を参照されたい。

(1) 河川部渡河橋

Table 7-2-1に示す5型式の上部工について検討した。なお、基礎工としては、リバース杭を使用するものとした。

Table 7-2-1 Types of Superstructure and Span Length Studied
 - River Crossing Bridge -

Type of Superstructure	Span Lengths (m)		
PC Box Girder (Cast-in-situ, Cantilever)	60,	90,	120
Steel Truss Girder	60,	90,	120
Steel Box Girder	45,	60,	90
PC T-Beam Girder (Precast Beam)	25,	30,	45
Steel Composite Plate Girder	25,	30,	45

検討結果を Fig. 7-2-2 に示し、次の型式を選定した。

a) 航路部の橋梁型式

- プレストレスト・コンクリート箱型断面橋（現場打ち、片持ち梁方式）：90 m

b) 他の河川部の橋梁型式

- プレストレスト・コンクリート箱型断面橋（現場打ち、片持ち梁方式）：87 m

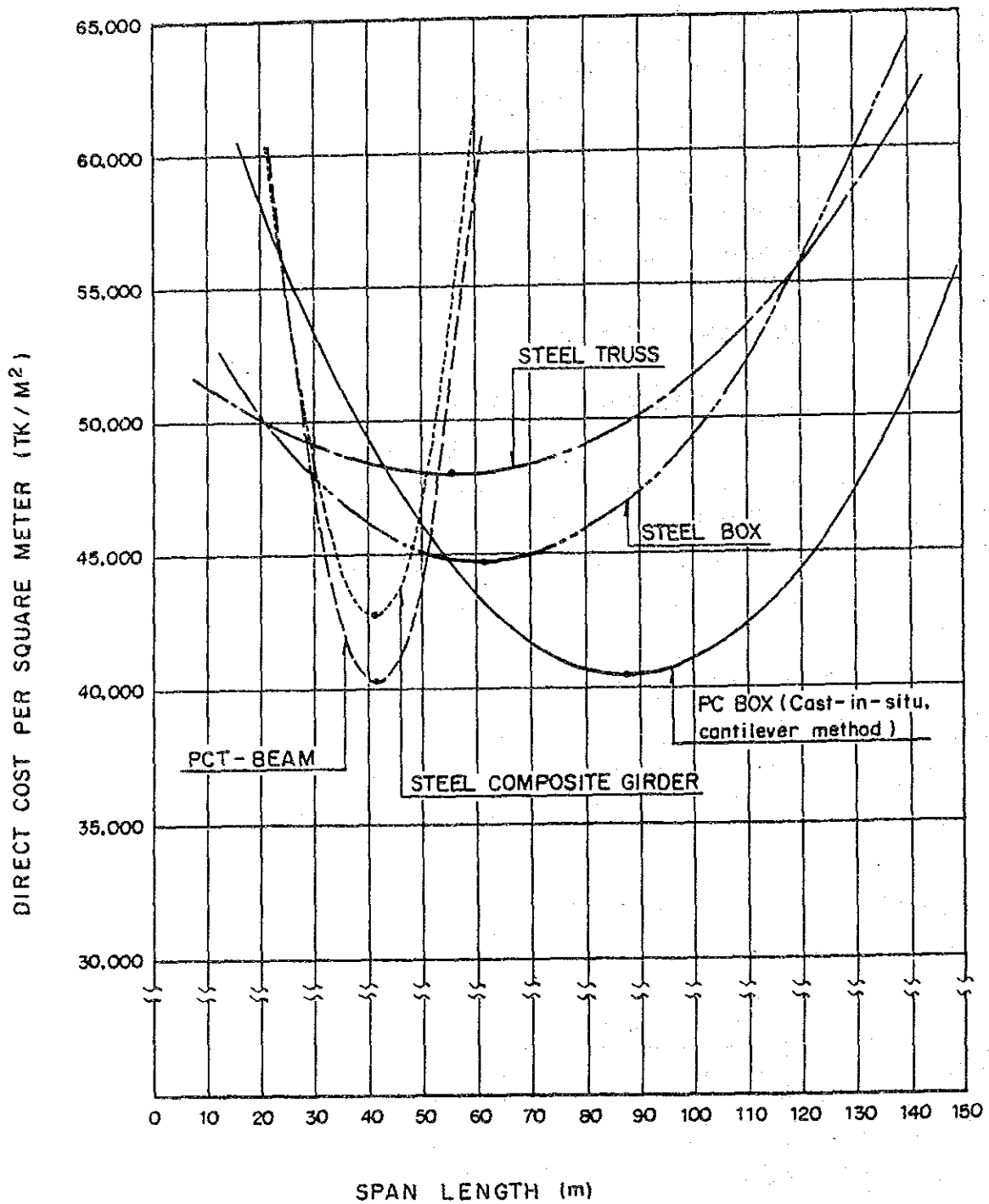
- プレストレスト・コンクリートT型断面桁（プレキャスト桁）：42 m

(2) 中間砂洲上の高架橋

Table 7-2-2 に示す6型式の上部工を対象として検討した。これは全面支保工によるプレストレスト・コンクリート桁橋の案を新たに追加検討したものである。なお、この場合も基礎工をリバース杭として考えた。

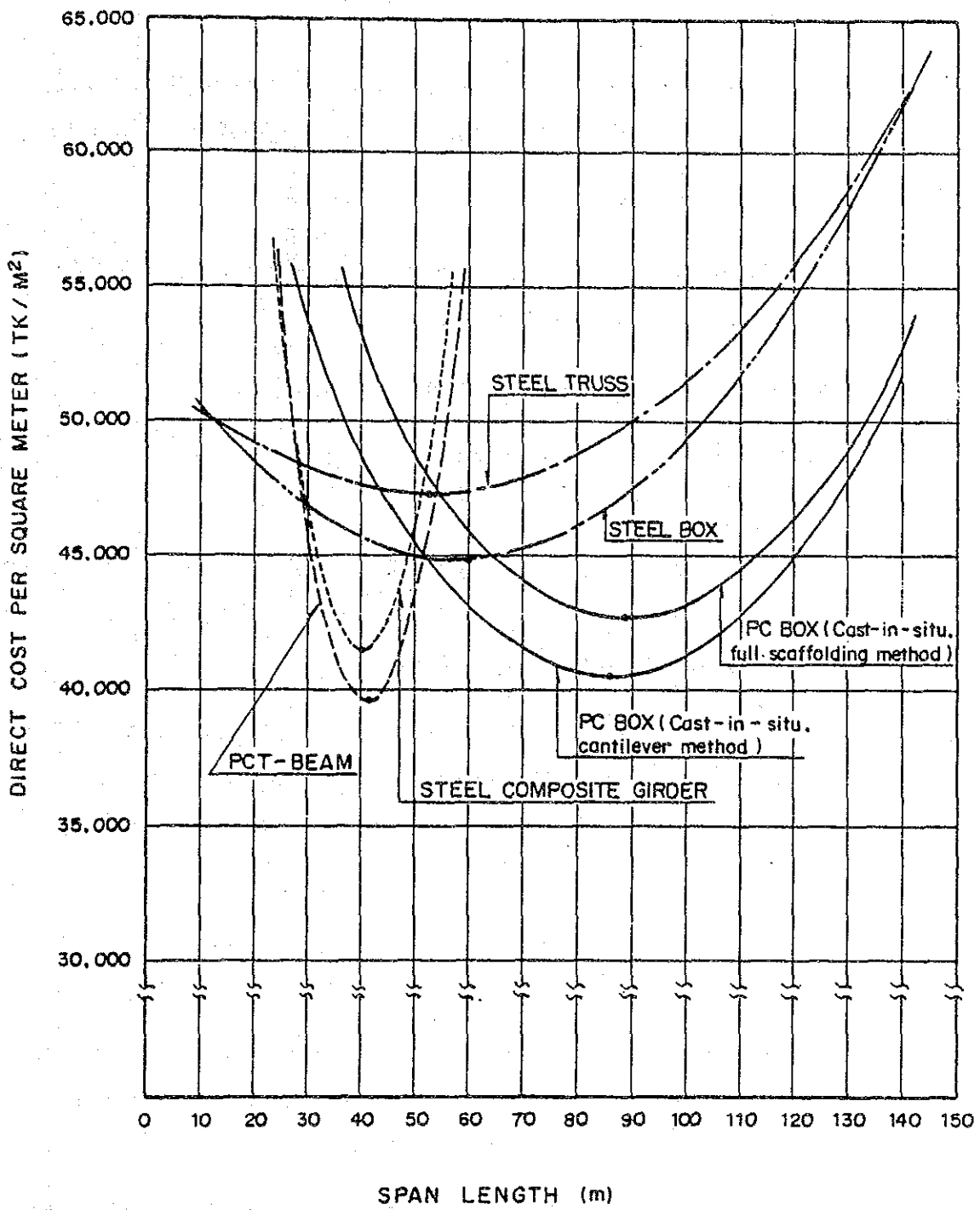
Table 7-2-2 Types of Superstructure and Span Length Studied
 - Viaduct over Sand Bar -

Type of Superstructure	Span Lengths (m)		
PC Box Girder (Cast-in-situ, Cantilever)	60,	90,	120
PC Box Girder (Cast-in-situ, Full-scaffolding)	60,	90,	120
Steel Truss Girder	60,	90,	120
Steel Box Girder	45,	60,	90
PC T-Beam Girder (Precast Beam)	25,	30,	45
Steel Composite Plate Girder	25,	30,	45



Source: The Study Team

FIG. 7-2-2 DIRECT COST-SPAN RELATION FOR MEGHNA-GUMTI BRIDGE STUDY



Source: The Study Team

FIG. 7-2-3

DIRECT COST-SPAN RELATION FOR VIADUCT OVER SAND-BAR ACROSS MEGHNA-GUMTI

工事費と支間長の関係を図.7-2-3 にまとめ、経済的な型式として次のものを選んだ。

- プレストレスト・コンクリート箱型断面橋（現場打ち、片持ち梁方式）：85 m
- プレストレスト・コンクリートT型断面桁（プレキャスト桁）：42 m

2) 支間割りと橋梁型式

橋梁計画にあたりその支間割りと橋梁型式を決定することは最も重要なことであり、特に下記の点に留意した。

a) 航路限界……6-2-1 節参照

b) 経済的径間長……7-2-4 節参照

c) 航路中心間距離

光波測距儀を使用した地形測量により、メグナ支流とグムティ河の2つの航路中心間距離は860 mと計測されたが、この間の支間割りに適する径間が、橋梁全体の経済的径間となる。

メグナ橋梁の場合、鋼製箱桁を含めて、比較検討を行なったが、経済性および材料の調達観点から、最適型式としては採用しなかった。

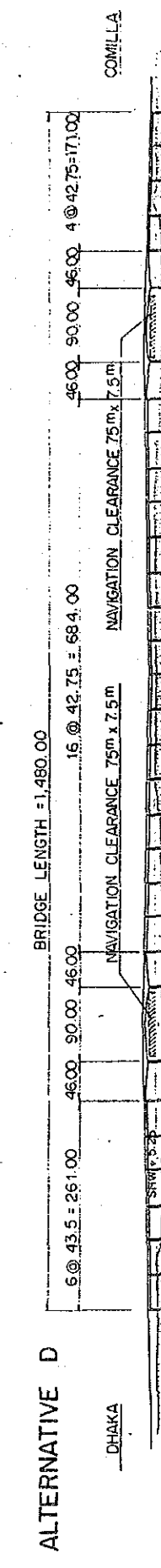
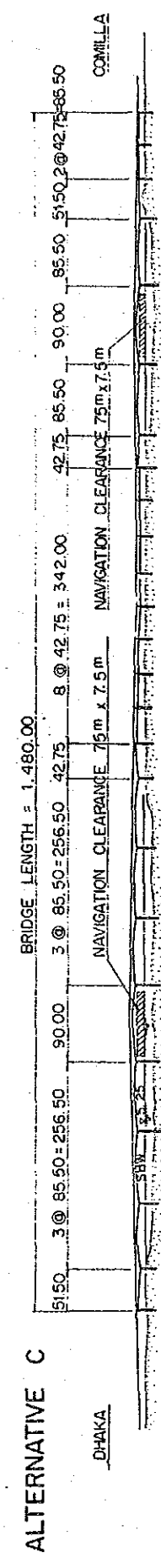
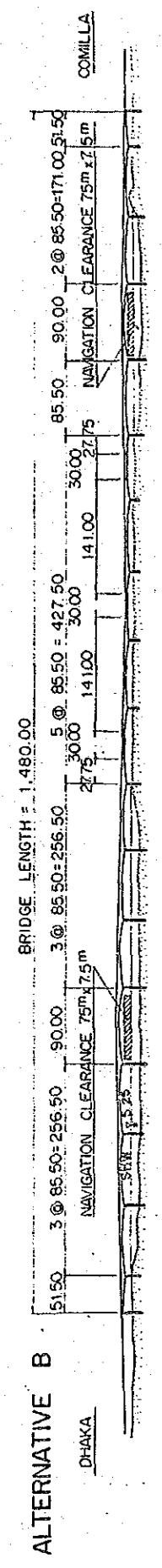
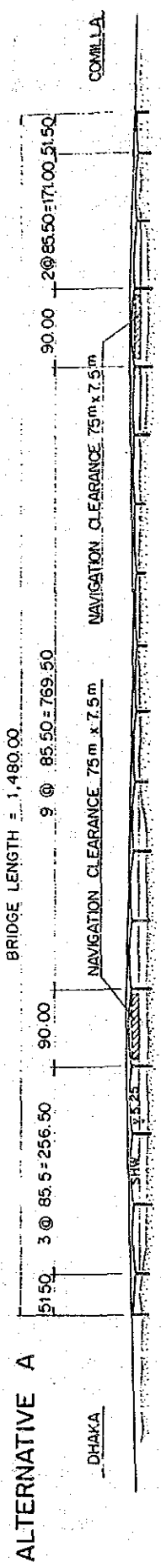
このことから、メグナ・グムティ橋の場合には、鋼構造型式を検討対象から除外した。

したがって、図.7-2-4 に示すような4案を選定したが、その概要は以下の通りである。

A案 片持ち梁方式のプレストレスト・コンクリート箱型断面が全長にわたり適用され、標準支間は90 mの航路部以外はすべて85.5 mとなっている。全橋長は1,480 mである。

B案 河川部はA案と同一としているが、2つの航路中心間の中間砂洲部にはゲルバータイプのプレストレスト・コンクリート桁方式を選んだ。片持部27.75 m、中央吊り径間部30.0 mのT型断面桁で計画し、全橋長は1,480 mである。

C案 河川部は航路部分も含めてA案と同一、中間砂洲部には長さ42.75 mのプレストレスト・コンクリートT型断面桁を計画した。全長は1,480 mである。



Source: The Study Team **Fig. 7-2-4 SPAN ARRANGEMENTS FOR MEGHNA-GUMTI BRIDGE**

D案 航路部を除く他の全区間に長さ 43.5 m および 42.75 m のプレストレスト・コンクリート T 型断面桁を計画した。航路部 (90 m) の側径間は 46 m の箱型断面とした。全長は 1,480 m である。

なおこれら A-D の比較案の一般図を Ap. Fig. 7-5 ~ 7-8 に添付した。

3) 橋梁型式の比較

上記 A、B、C、D 案に関して、それぞれの技術的長所・短所および工事費を比較検討し、Table 7-2-3 に要約した。

その結果、A 案が工事費の面でも最小で、かつ、1つの建設方式を繰り返すことによる作業の単純性に良さがみられ、最終案として選定した。

4) 上部工基本寸法

選定した上部工構造の基本寸法は以下の通りに要約される。

一橋	長	1,480 m
一橋梁幅員 (全幅)		9.2 m
一車道幅員		7.2 m
一歩道幅員		両側にそれぞれ 1.0 m
一上部工型式		片持ち梁方式によるプレストレスト・コンクリート現場打ち箱型断面桁
一支間	長	航路部 90.0 m 一般部 85.5 m
一桁	高	航路部 5.95 m (橋脚上) ~ 1.95 m (支間中央) 一般部 5.65 m (橋脚上) ~ 1.95 m (支間中央)

桁の橋脚上における断面図を Fig. 7-2-5 に示した。

7-2-5 橋梁の施工手順

提案した A 案のリバース杭基礎、プレストレスト・コンクリート現場打ち箱型断面桁施工を検討して、工事の工程は 58 ヶ月と見積り、その詳細を Fig. 7-2-6 に示した。このうち、少なくとも、3 ヶ月は建設業者の資機材調達にあてられることになるであろう。

プロジェクト現場は雨期 (6 月 ~ 10 月) において冠水するので、建設業者は、河川の兩岸およびメグナ支流およびグムティ河の間の砂洲上に、作業場所を埋立てによって設置しなければならない。

Table 7-2-3 Comparison of Bridge Alternatives over Meghna-Gumti

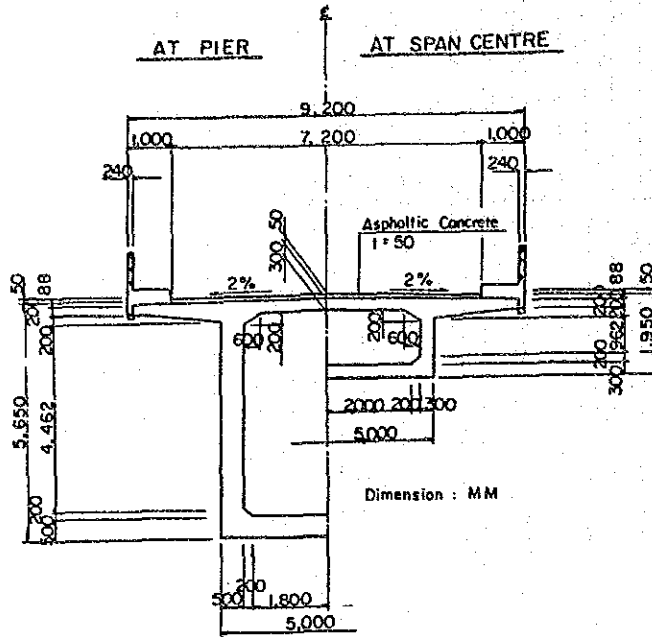
Description	Alternative	CASE - A			CASE - B			CASE - C			CASE - D			
		Span Arrangement	Side View Outline	Principal Material of Superstructure	Superstructure	Structural Features	Construction Aspect	Availability of Materials from Domestic Market	Bridge Construction Period	Bridge Construction Cost*	Maintenance Cost	Aesthetics	Travelling Quality on Bridge Surface	Overall Evaluation
Span Arrangement		51.5m + 3085.5m + 90.0m + 2085.5m + 90.0m + 2085.5m + 51.5m = 1,480 m	85.5	PC BOX	51.5m + 3085.5m + 90.0m + 3085.5m + 85.5m** + 85.5m** + 85.5m** + 90.0m + 2085.5m + 51.5m = 1,480 m	85.5	PC BOX	51.5m + 3085.5m + 90.0m + 3085.5m + 85.5m** + 85.5m** + 85.5m** + 90.0m + 2085.5m + 51.5m = 1,480 m	85.5	PC BOX	6043.5m + 46.0m + 90.0m + 46.0m + 16042.75m + 46.0m + 90.0m + 46.0m + 4042.75m = 1,480 m	85.5	PC T-BEAM	6043.5m + 46.0m + 90.0m + 46.0m + 16042.75m + 46.0m + 90.0m + 46.0m + 4042.75m = 1,480 m
Side View Outline	River Crossing Bridge													
Side View Outline	Viaduct over Sand-Bar													
Principal Material of Superstructure		Prestressed Concrete	Prestressed Concrete	Prestressed Concrete	Prestressed Concrete	Prestressed Concrete	Prestressed Concrete	Prestressed Concrete	Prestressed Concrete	Prestressed Concrete	Prestressed Concrete	Prestressed Concrete	Prestressed Concrete	
Superstructure		River Crossing Bridge Cast-in-situ PC Box (Cantilever method) Viaduct over Sand-Bar Cast-in-situ PC Box (Cantilever method)	River Crossing Bridge Cast-in-situ PC Box (Cantilever method) Viaduct over Sand-Bar GELBER PC BOX	River Crossing Bridge Cast-in-situ PC Box (Cantilever method) Viaduct over Sand-Bar GELBER type consisting of PC Box and PC T-Beam	River Crossing Bridge Cast-in-situ PC Box (Cantilever method) Viaduct over Sand-Bar	River Crossing Bridge Cast-in-situ PC Box (Cantilever method) Viaduct over Sand-Bar	River Crossing Bridge Cast-in-situ PC Box (Cantilever method) Viaduct over Sand-Bar	River Crossing Bridge Cast-in-situ PC Box (Cantilever method) Viaduct over Sand-Bar	River Crossing Bridge Cast-in-situ PC Box (Cantilever method) Viaduct over Sand-Bar	River Crossing Bridge Cast-in-situ PC Box (Cantilever method) Viaduct over Sand-Bar	River Crossing Bridge Cast-in-situ PC Box (Cantilever method) Viaduct over Sand-Bar	River Crossing Bridge Cast-in-situ PC Box (Cantilever method) Viaduct over Sand-Bar	River Crossing Bridge Cast-in-situ PC Box (Cantilever method) Viaduct over Sand-Bar	
Structural Features		River Crossing Bridge Cast-in-situ RC Pile (Reverse Circulation Drill) Viaduct over Sand-Bar Cast-in-situ RC Pile (Reverse Circulation Drill)	River Crossing Bridge Cast-in-situ RC Pile (Reverse Circulation Drill) Viaduct over Sand-Bar	River Crossing Bridge Cast-in-situ RC Pile (Reverse Circulation Drill) Viaduct over Sand-Bar	River Crossing Bridge Cast-in-situ RC Pile (Reverse Circulation Drill) Viaduct over Sand-Bar	River Crossing Bridge Cast-in-situ RC Pile (Reverse Circulation Drill) Viaduct over Sand-Bar	River Crossing Bridge Cast-in-situ RC Pile (Reverse Circulation Drill) Viaduct over Sand-Bar	River Crossing Bridge Cast-in-situ RC Pile (Reverse Circulation Drill) Viaduct over Sand-Bar	River Crossing Bridge Cast-in-situ RC Pile (Reverse Circulation Drill) Viaduct over Sand-Bar	River Crossing Bridge Cast-in-situ RC Pile (Reverse Circulation Drill) Viaduct over Sand-Bar	River Crossing Bridge Cast-in-situ RC Pile (Reverse Circulation Drill) Viaduct over Sand-Bar	River Crossing Bridge Cast-in-situ RC Pile (Reverse Circulation Drill) Viaduct over Sand-Bar	River Crossing Bridge Cast-in-situ RC Pile (Reverse Circulation Drill) Viaduct over Sand-Bar	
Construction Aspect		Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	
Construction Aspect		Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	Same method as Meghna Bridge	
Construction Aspect		To require one construction process repeatedly	To require one construction process repeatedly	To require one construction process repeatedly	To require one construction process repeatedly	To require one construction process repeatedly	To require one construction process repeatedly	To require one construction process repeatedly	To require one construction process repeatedly	To require one construction process repeatedly	To require one construction process repeatedly	To require one construction process repeatedly	To require one construction process repeatedly	
Availability of Materials from Domestic Market		Mostly available	Mostly available	Mostly available	Mostly available	Mostly available	Mostly available	Mostly available	Mostly available	Mostly available	Mostly available	Mostly available	Mostly available	
Bridge Construction Period		About 4 Years	About 4 Years	About 4 Years	About 4 Years	About 4 Years	About 4 Years	About 4 Years	About 4 Years	About 4 Years	About 4 Years	About 4 Years	About 4 Years	
Bridge Construction Cost*		210 Million Taka	216 Million Taka	216 Million Taka	216 Million Taka	216 Million Taka	216 Million Taka	216 Million Taka	216 Million Taka	216 Million Taka	216 Million Taka	216 Million Taka	216 Million Taka	
Bridge Construction Cost*		402	402	402	402	402	402	402	402	402	402	402	402	
Bridge Construction Cost*		612	618	618	618	618	618	618	618	618	618	618	618	
Maintenance Cost		Almost free	Almost free	Almost free	Almost free	Almost free	Almost free	Almost free	Almost free	Almost free	Almost free	Almost free	Almost free	
Aesthetics		Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	
Travelling Quality on Bridge Surface		Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	
Overall Evaluation		Recommendable due to construction cost and construction ease	Recommendable due to construction cost and construction ease	Recommendable due to construction cost and construction ease	Recommendable due to construction cost and construction ease	Recommendable due to construction cost and construction ease	Recommendable due to construction cost and construction ease	Recommendable due to construction cost and construction ease	Recommendable due to construction cost and construction ease	Recommendable due to construction cost and construction ease	Recommendable due to construction cost and construction ease	Recommendable due to construction cost and construction ease	Recommendable due to construction cost and construction ease	

Notes : * The bridge construction cost excludes the cost of approach road, temporary work and ancillary work, and CDST also.
 Breakdown of these cases is shown in Ap. Table 7-9 through 7-12.

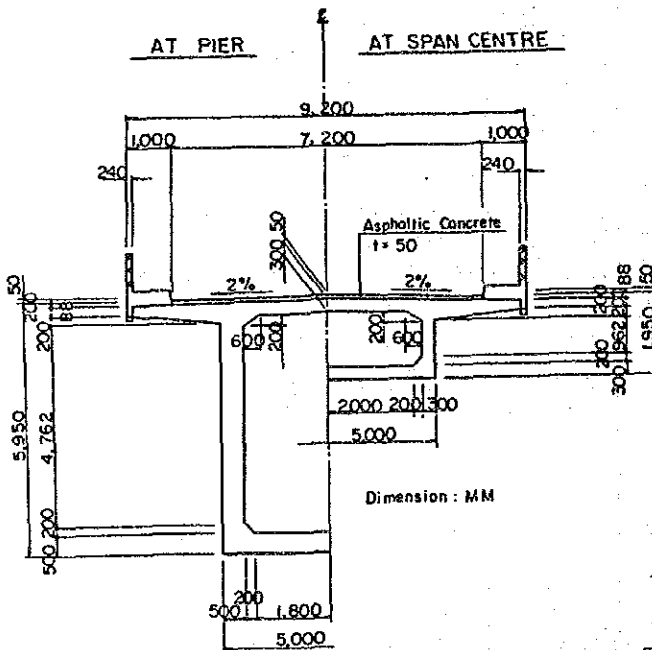
** Galber type of superstructure consists of cantilever span of 27.75m by PC box girder and suspended span of 30.0m by PC T-beam.

Source: The Study Team

FOR STANDARD SPAN



FOR NAVIGATION SPAN



Source: The Study Team

Fig. 7-2-5 Cross Sections of Main Girder by Span for Meghna-Gumti Bridge

1) 仮設栈橋

メグナ橋の場合と同じ状況と考えられる。7-1-6 節の 1) 項を参照。

2) 仮設足場

7-1-6 節の 2) 項で述べたように、杭打ち、コンクリート打設等のため仮設足場による施工法を適用した。施工時の航行船舶のため中央スパン位置は常に航行できるよう開いていなければならない。仮設足場は、300 m 長×4 m 幅をダッカ側より、130 m 長×4 m 幅をコミラ側より、760 m 長×4 m 幅を中砂洲上より航路中心に向かって設けることになろう。

3) 仮締切りのための鋼矢板打設

メグナ橋と同様に、二重締切り鋼矢板工を適用した。7-1-6 節 3) 項を参照。

中間砂洲の上でも鋼矢板工を設けるべきであるが、この場合フーチングの周りは一重締切り鋼矢板でよいと考えられる。

4) リバースサーキュレーション杭

主径間、側径間部の橋梁の基礎には、2組のリバースサーキュレーション設備を使用する。この場合、打設機械用の小さな足場が必要となる。

5) 河床でのフーチング施工

フーチングの施工は 7-1-6 節 5) 項に述べた。河中および中間砂洲上での作業は、水中工事の事故を避けるため低水位期に施工するよう計画をたてる。

6) 上部工の施工

現場打ちプレストレスト・コンクリート箱断面桁施工のため、6組の移動式型枠を使用する。このうち、5組は3回使用、残りの1組は2回使用する。

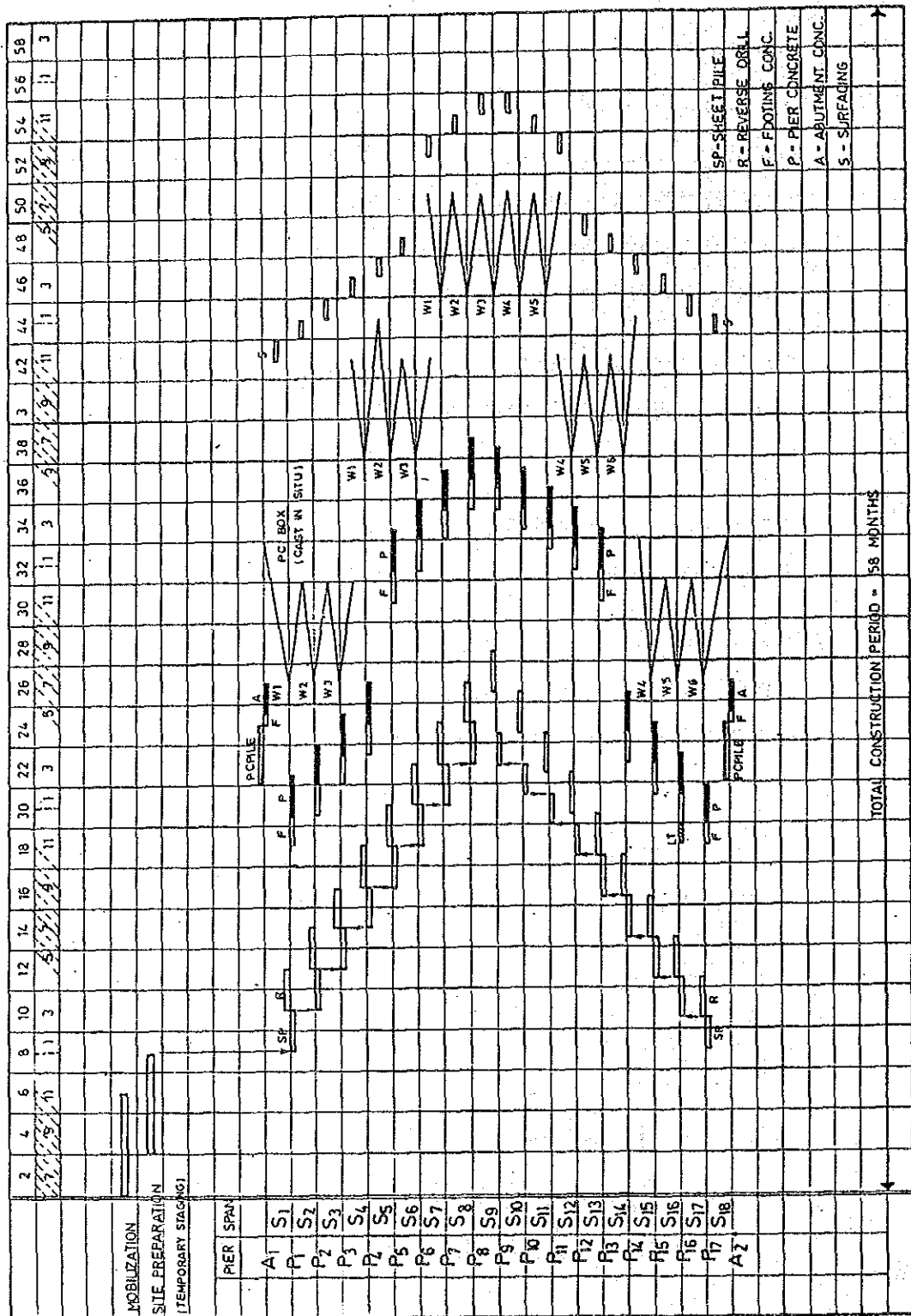
移動式型枠工については 7-1-6 節 6) 項を参照のこと。

7) 橋梁の建設工程

橋梁型式の選定および予備設計のために、橋梁代替案ごとに施工計画を検討した。Fig. 7-2-6 に A 案の図を示した。

7-2-6 取付道路の線形と設計

地形測量により作成された縮尺 1:3,000 の地形図を使って、取付道路の線形



Source: The Study Team
 FIG. 7-2-6 BRIDGE CONSTRUCTION SCHEDULE (CASE-A) FOR MEGHNA-GUMTI BRIDGE

の検討を行なった。また、取付道路の予備設計は、7-1-7節で行なった方法で行なった。

1) 平面線形

橋梁中心線位置は、7-2-2節の検討で決定された。安全走行と美観のよい線形を確保するため、次の項目を考慮して検討した。

- 小半径の曲線を避けること。
- 急カーブを避けること。

メグナ橋の場合と同様に、最小曲線半径を400 mとした。

また、最終設計段階においては、平面曲線の中に緩和曲線を挿入することになるであろう。

2) 縦断線形

縦断線形に関しても、7-1-7節2)項で述べた方法と同様な方法で検討を行なった。

メグナ・グムティ橋においては、メグナ支流およびグムティ河にそれぞれ航路限界があるため、縦断線形はこれに応じたものとする事になる。このため、2つの河川間の砂洲の部分、経済性、および農民が容易に砂洲上におりられることを考えて低くすることとした。

最終縦断線形を、鉛直縮尺1:1,000、水平縮尺1:3,000の寸法で、Drawings No 17-1~17-3に示した。

3) 路線の概要

提案した路線はダッカ側のフェリー乗り場から900 m離れた位置で、既設ダッカーチタゴン道路から分れる。そして、既設道路とほぼ平行に走り、メグナ支流、砂洲およびグムティ河を横断して、コミラ側でダッカーチタゴン道路に合流する。

全長は、橋梁を含めて2,820 mであり、その概要は以下の通りである。

- 分岐点からメグナ支流の両岸までは、洪水期において冠水する稲作地域を通過する。
- 砂洲上の通過地も年間を通じて稲作が行なわれている。ただし、これも洪水期においては冠水する。

一左岸から合流点までは浚渫土砂により埋立てられた道路局の所有地を通過する。現在、この埋立地は、Sylhet から運ばれた石や砂の積み換え場となっている。

4) 舗 装

7-1-7 節 4) 項で述べた方法と同じ方法で、メグナ・グムティ橋の取付道路の舗装設計を行なった。

5) 道路 / 橋梁の容量

メグナ・グムティ橋の道路 / 橋梁の容量算出はメグナ橋の場合と同じであり、7-1-7 節 5) 項を参照されたい。

第8章 既存のRHDフェリーと将来 フェリーの必要事項の調査

第8章 既存のRHDフェリーと将来フェリーの必要事項の調査

8-1 前置き

2つの河川を横断する将来交通量のすべてをフェリー施設で運ぶものとするれば、広範囲にわたる調査が必要である。(最小限の拡張に必要な投資で)河川横断交通量を運ぶためのフェリー施設を存続する案を、経済比較調査の1代替案に選んだ。既存のフェリー施設を存続する案は、本計画を実行するために必要となる拡張範囲、維持費、運搬費を見積るための基礎データとなるために必要である。この章では、メグナ河とメグナ・グムティ河のフェリー施設の現状を調査し、この目的に合ったフェリー拡張計画をたてる。

8-2 フェリーの現状

ダッカーチタゴン道路のメグナ河とメグナ・グムティ河フェリーは、RHDにより運営されており、道路輸送に必要なサービスを提供している。どちらか一方のフェリーを利用する車両のほとんどが、他方のフェリーも利用するため、フェリー料金は1度に徴収される。

車 種	料 金 (Tk.)
トラック	200
バ ス	75
乗用車	10
マイクロバス	12
小型自動三輪車	6

8-2-1 メグナフェリーの現状

現在、メグナフェリーでは、4隻のUtilityフェリー・ボート(Type I)と1隻のUtilityフェリー・ボート(Type II)と3隻のUnifloteフェリー・ボートが運行している。1回当りの積載量は、Utilityフェリー・ボート(Type I)がトラック9台分で、Utilityフェリー・ボート(Type II)とUnifloteフェリー・ボートがそれぞれトラック4台分である。兩岸のフェリー施設には6隻のポンツーン、6基の浅橋、6基の突堤および6本の取付道路が設けられている。

車両の平均乗降時間は20分である。メグナ河横断の航行時間は平均8分である

が、車輛の待ち時間はピーク時およびピークでない時、また、車種によって異なる。通常の運行時間は午前6時から午後10時までであるが、2隻の大型フェリー・ボートが午後10時から翌日午前6時まで運行されている。

現在、103人がメグナフェリー場で働いており、そのうち36人がフェリー・ボートで、67人がターミナル施設で働いている。

8-2-2 メグナ・グムティフェリーの現状

フェリー・ボートの隻数、積載容量およびターミナル施設はメグナフェリーと同じである。

船着場における車輛の平均乗降時間もメグナフェリー場のそれとほとんど同じであるが、メグナ・グムティ河の横断航行時間は1回当たり15分、車輛の待ち時間も異なっている。

現在110人の従業員がメグナ・グムティフェリー場で働いており、そのうち32人がフェリー・ボートで、78人がターミナル施設で作業をしている。

8-2-3 両河川を横断する車輛交通量

1984年6月に詳細な交通調査がフェリー場で行なわれた。この調査の結果、1日の交通量は1,468台であり、その内訳はトラックが55%、バス30%、乗用車7%、小型バス5.8%、残りがその他の4輪車、トレーラー、小型自動三輪車、二輪バイク等であった。午後10時から午前6時までの夜間のトラック交通量は1日のトラック総交通量の約50%を占め、バスの交通量は、全般的に午前7時から午後7時までに集中していた。乗用車の台数は少ないが、東へ向かう交通が午前8時から昼の12時までに集中し、西に向かう交通は、午後3時から午後7時に集中していた。両方向をいれての全体の交通量は、午前6時から午後6時までに集中し、それはおよそ全体の60%であった。

8-3 既存フェリーの運搬容量

8-3-1 前提条件

1984年6月に行なった車両の河川横断時間調査をもとにして、既存フェリーの運搬容量を待ち行列理論のシミュレーションによって算出した。前提条件は以下の通りである。

- フェリーは1日24時間稼働とする。
- 8隻のうち1隻のフェリー・ボートは予備とする。
- フェリー・ボートの大型車換算積載量(HVE)は、次の通りとする。
 - Utilityフェリー(Type I) : 9台
 - Utilityフェリー(Type II) : 4台
 - Unifloteフェリー : 4台
- 車種別の大型車換算係数は次の通りとする。
 - トラックとバス = 1.0 HVE
 - 小型バス = 0.67 HVE
 - 乗用車、その他 = 0.33 HVE
- 運行時のフェリー・ボート1隻当り平均大型車換算積載量は
$$\frac{6 \text{ 隻} \times 9 \text{ 台} \times 4 \text{ 隻} \times 4 \text{ 台}}{8 \text{ 隻}} = 6.5 \text{ 台/隻}$$
- 平均大型車換算積載量の積込み損失を10%とすれば、
$$6.5 \text{ 台/隻} \times 0.9 = 5.85 \text{ 台/隻}$$
- 乗降時の車両の移動間隔時間は6秒とする。
- 車両の平均到着時間は、同じ時間帯では一定とする。
- 同じ時間帯に各フェリー・ボートに乗る車種の構成は同じとする。

8-3-2 メグナフェリーの運搬容量

通常、メグナ河の横断航行時間は片道当り8分であり、平均乗降時間は20分であるので、計28分となる。ゆえに1隻のフェリー・ボートが1日25往復でき、7隻で175往復となる。したがって、メグナフェリーの1日当りの運搬容量は次のようになる。

$$7 \text{ 隻} \times 25 \text{ 回/隻} \times 5.85 \text{ 台} = 1,024 \text{ 台/片道/日}$$

この1,024という数字はフェリー・ボートが1日フルに稼働した時の片道当りの運搬容量である。ところが現在東へ向かう交通量は673台である。

シミュレーションによれば現施設では、待ち車輛の最大数が0であって、平均横断時間が36分で、メグナフェリーの現状はその運搬容量の79%に当る。メグナフェリーの現在の運搬容量は1993年の交通量まで可能と推定される。

8-3-3 メグナ・グムティフェリーの運搬容量

通常、メグナ・グムティ河の横断航行時間は片道当り15分であり、平均乗降時間が20分であるので、計35分となる。ゆえに1隻のフェリー・ボートが1日20往復でき、7隻で140往復となる。したがって、メグナ・グムティフェリーの1日当りの運搬容量は次のようになる。

$$7 \text{ 隻} \times 20 \text{ 回} / \text{片道} \times 5.85 \text{ 台} = 819 \text{ 台} / \text{片道} / \text{日}$$

この819台という数字はフェリーが1日に運搬できる片道当りの容量である。ところが現在西へ向かう交通量は678台である。

シミュレーションによれば、現施設では、待ち車輛の最大数が25台であって、平均横断時間が69分で、メグナ・グムティフェリーの現状はその運搬容量の87%に当る。ゆえにメグナ・グムティの現在の運搬容量は1992年までの交通量が可能であると推定される。

8-4 フェリー施設の拡張

8-4-1 フェリー施設の拡張計画

1) 将来フェリー施設の必要項目

メグナ河とメグナ・グムティ河の現在のフェリーは、うまく運営され、8-3節で述べたように現在の交通量に応じ、十分な容量をもっている。調査団の予測では、メグナフェリー施設は、1994年に、メグナ・グムティフェリー施設は1993年に拡張する必要がある。

将来の河川横断交通量の便宜をはかるために（架橋計画がない場合）、フェリーの拡張を下記のように仮定した。

メグナ、メグナ・グムティ両フェリーに対して、それぞれ1日当り、177台、141台の増加交通量として、1隻のフェリー・ボートを就航させる必要がある。2隻のフェリー・ボートの追加に対して1台の予備エンジンが必要となる。2～3隻のフェリー・ボートの増加に対して、1組のターミナル施設（ポンツーン、栈橋、突堤および取付道路）が必要になる。

将来予想される（大型車換算）交通量に対して、メグナ、メグナ・グムティ両フェリーが必要となるフェリー・ポート、エンジン、ターミナル施設の数量をそれぞれ Table 8-4-1 および 8-4-2 に示した。

2) 新設フェリー施設の位置

水文・河川、地形、土地利用および地盤状況を考慮してフェリー拡張のための現場調査を行なった。

a) メグナフェリー

メグナ橋の中心線決定調査と同様に、河川が安定し、将来河川の蛇行もないことから、現在のフェリー施設の下流側に施設を拡張すべきである。ただし、左岸の下流側は部分的に浸食をうけるので注意を要する。

メグナ河の右岸および左岸に提案したフェリー拡張施設の位置をそれぞれ Ap. Fig 8-1 および 8-2 に示した。

b) メグナ・グムティフェリー

現在のメグナ・グムティフェリー施設は、メグナ支流とグムティ河が合流するところに位置しており、雨期には1つの川になり、乾期には中間に砂洲が現われる。上流側には Donar Char と呼ばれる大きな砂洲があり、下流側には小さな砂洲ができています。メグナ・グムティ河を横断するフェリーはこの2つの砂洲の間を通過して航行している。調査団の調査によれば、浸食は起らないようである。

フェリーが最短ルートを航行するためには、将来のフェリー拡張施設は、現在の施設の下流側に設けるべきである。フェリー施設は右岸の下流側に容易に設けることができるが、左岸は下流側に Siddique Ice Plant があるため、2つの接岸施設しか設けることができない。このため、残りの接岸施設は上流側に設置しなければならない。

メグナ・グムティ河右岸および左岸に提案した将来のフェリー施設の位置を、それぞれ Ap. Fig 8-3 および 8-4 に示した。

3) 追加フェリー・ポート

メグナ河およびメグナ・グムティ河のフェリー・ポートは、接岸および航行時に前進、後進できる Utility (Type I), Utility (Type II), Uniflote型である。RHDのフェリー部は Utility フェリー (Type I) を将来も続けて

Table 8-4-1 Expansion Plan of Meghna Ferry

Year	Traffic Volume in HVE	Ferry Boat		Spare Engine		Pontoon/Gangway & Approach	
		Needed units	New unit	Needed units	New unit	Needed sets	New set
1990	983	8	0	4	0	3	0
91	1044	8	0	4	0	3	0
92	1105	8	0	4	0	3	0
93	1167	8	0	4	0	3	0
94	1228	9	1	5	1	4	1
95	1289	9	0	5	0	4	0
96	1350	9	0	5	0	4	0
97	1411	9	0	5	0	4	0
98	1473	10	1	5	0	4	0
99	1534	10	0	5	0	4	0
2000	1595	11	1	6	1	5	1
01	1680	11	0	6	0	5	0
02	1765	12	1	6	0	5	0
03	1851	13	1	7	1	5	0
04	1936	13	0	7	0	5	0
05	2021	14	1	7	0	6	1
06	2105	14	0	7	0	6	0
07	2188	15	1	8	1	6	0
08	2272	15	0	8	0	6	0
09	2355	16	1	8	0	6	0
10	2439	17	1	9	1	7	1
11	2558	18	1	9	0	7	0
12	2677	19	1	10	1	7	0
13	2796	19	0	10	0	7	0
14	2915	20	1	10	0	8	1
15	3034	21	1	11	1	8	0
16	3152	21	0	11	0	8	0
17	3271	22	1	11	0	8	0
18	3389	23	1	12	1	9	1
19	3508	24	1	12	0	9	0
20	3626	25	1	13	1	10	1

Source: The Study Team

Table 8-4-2 Expansion Plan of Meghna-Gumti Ferry

Year	Traffic Volume in HVE	Ferry Boat		Spare Engine		Pontoon/Gangway & Approach	
		Needed units	New unit	Needed units	New unit	Needed set	New set
1990	991	8	0	4	0	3	0
91	1053	8	0	4	0	3	0
92	1115	8	0	4	0	3	0
93	1178	9	1	5	1	4	1
94	1240	9	0	5	0	4	0
95	1302	10	1	5	0	4	0
96	1364	10	0	5	0	4	0
97	1426	11	1	6	1	5	1
98	1488	11	0	6	0	5	0
99	1550	11	0	6	0	5	0
2000	1612	12	1	6	0	5	0
01	1698	12	0	6	0	5	0
02	1784	13	1	7	1	5	0
03	1869	14	1	7	0	6	1
04	1955	15	1	8	1	6	0
05	2041	15	0	8	0	6	0
06	2126	16	1	8	0	6	0
07	2212	16	0	8	0	6	0
08	2297	17	1	9	1	7	1
09	2383	18	1	9	0	7	0
10	2468	19	1	10	1	7	0
11	2589	19	0	10	0	7	0
12	2709	20	1	10	0	8	1
13	2830	21	1	11	1	8	0
14	2950	22	1	11	0	8	0
15	3071	23	1	12	1	9	1
16	3191	24	1	12	0	9	0
17	3311	25	1	13	1	10	1
18	3431	26	1	13	0	10	0
19	3551	27	1	14	1	10	0
2020	3671	28	1	14	0	11	1
21	3791	29	1	15	1	11	0
22	3911	30	1	15	0	11	0
23	4031	31	1	16	1	12	1
24	4151	32	1	16	0	12	0
25	4271	33	1	17	1	12	0

Source: The Study Team

使用することを考えている。ここでは、タイプ I Utility フェリー・ボート（積載容量：9 台）を増やすこととする。

4) 陸揚げ施設

a) 陸揚げ方法

フェリーは、roll-on, roll-off タイプである。作業を容易にするために陸揚げ施設の方向は、水の流れに対して直角とすべきである。突堤の配置は、フェリーの安全操業を考慮して 50 m 間隔とする。陸揚げは、栈橋を突堤の上で滑らせて調整する。水位の変動に合わせるため、ローラを栈橋の端部の下側に取付ける。

b) 突堤（傾斜連絡路）

フェリー接岸堤の概略を Ap. Fig. 8 - 8 に示す。突堤の傾斜は、大型車両の乗降がスムーズに行なわれる程度の最大勾配である 9 % とする。突堤の幅は 7.6 m とする。突堤の表面は、厚さ 200 mm のコンクリート舗装とする。

突堤の先端部は土留めおよび洗掘防止のための鋼矢板工とし、鋼矢板の上部はタイロットで拘束する。

c) ポンツーンおよび栈橋

長さ 19.81 m、幅 7.92 m のポンツーンを使用する（Ap. Fig 8 - 7 参照）。接岸側には防舷材と、ウインチによって操作する鋼製傾斜板をとりつける。栈橋はできる限り軽いものとし、長さ 13.5 m、幅 4.0 m とする。陸上側の端部の両端はローラを取付け、水位変動に応じて、突堤上に取付けたガイドレールの上を転がるようにする。

d) 浸食防止工

雨期における盛土部の保護のために、突堤の斜面に保護工を必要とする。このため鉄筋コンクリートブロックを斜面部上に設置する。

5) ターミナル

ターミナル内部の道路は、最小 6 m 幅（2 車線）とし、待機車両の駐車車線部のため 9 m および 12 m に拡幅できるようにする。道路の表面はアスファルト舗装とする。

8-4-2 フェリー施設拡張のための投資費用

フェリー施設拡張のために必要となる費用の調査を行なった。RHDのフェリー部から与えられた、フェリー・ボート、予備エンジン、ポンツーンと栈橋の費用は次の通りである。

フェリー・ボート、タイプ I	: Tk. 8,700,000 / 隻
予備エンジン	: Tk. 2,962,000 / 台
ポンツーンと栈橋	: Tk. 1,750,000 / セット

上記の費用の内訳はそれぞれ Ap. Tables 13-2, 13-3, 13-4 に示した。突堤が場所により異なるため、河川および河岸ごとに、突堤と取付道路の建設費用を見積った。費用の概要は以下の通りである。

メグナフェリー

ダッカ側の突堤	: Tk. 1,998,000 / 基
コミラ側の突堤	: Tk. 2,797,000 / 基

メグナ・グムティフェリー

ダッカ側の突堤	: Tk. 2,427,000 / 基
コミラ側の突堤	: Tk. 1,903,000 / 基

第9章 プロジェクト費用の積算

第9章 プロジェクト費用の積算

9-1 積算の基本方針

9-1-1 建設費

建設費は1984年6月における市況価格とし、換算レートは、US\$1.0=Tk. 25.0 = ¥235 とした。

1) 材料および建設機器

バングラデシュ国の定める「輸入政策に関する政令」(1983-1984)や「輸入貿易管理令」に従って、本プロジェクトに関する輸入品目については、国内市場で自由に入手出来ない次のものだけを選んだ。

- 建設機械、プラント類、ただしポンプ浚渫船、作業台船、引船等の海上建設機器を除く
- JIS G 3112 に規定される異形鉄筋(SD30)
- 河川内の仮設工事に使用される型钢
- 高張力鋼棒、鋼線および緊張金具類
- 沓、センターピンチ(桁端連結)、伸縮金具(橋面端部)等

本プロジェクトに使用される他の資機材はバングラデシュの国内で十分に生産されている。

各材料と燃料の単価を内貨、外貨、税金分に内訳して Ap. Table 9-1 に示した。輸入資機材に対する輸入関税、販売税等(以下関税等と呼ぶ)の税率を Ap. Table 9-2 に示した。建設機器の日当り損料額は日本建設機械化協会の「建設機械等損料算定表」昭和59年版にもとづいて計算し、Ap. Table 9-3 に示した。1日当りの機械運転費は損料、燃料費、運転手の人件費から成る。

輸入機械の関税等は海上輸送の項目で一括計上扱いとした。また、輸入品目の海上輸送費は、日本の横浜港からとし、Ap. Table 9-4 に示した。

2) 労 力

バングラデシュ国では今日もなお、

- 1) 市内の人力車の活躍

- ii) 工事現場における人力による掘削、運搬作業
 - iii) 人力ハンマーによる河川玉石の砕石作業
- 等の労働集約作業がみられることに特徴がある。

一方、バングラデシュには中近東の国々で建設工事現場で働いた経験を持つ熟練技術者も数多くみられるので、本プロジェクトのような近代的機械化工事でさえ、国内で充分にその労力がまかなわれるであろう。これらの労務の賃金をダッカ市内の建設業者に質問して、その調査結果をまとめて Ap. Table 9-5 に示した。また、所得税は“ Bangladesh Income Tax Manual, July 1977 ”と“ Salient Features of Finance Ordinance 1983 ”を参照して引用した。

3) コンクリートの配合

コンクリートは本プロジェクトの主要項目であり、その用途別の配合はプロジェクトの工事費に多大な影響を与えるので、暫定的に積算用の配合として Ap. Table 9-6 に明らかにした。

4) 建設現場の就業状況

月間平均就業日数は水資源開発局の過去10年間の降雨記録にもとづいて次のように計算した。

年間平均月当り稼働日数	19日/月
雨期における平均月当り稼働日数	14日/月
乾期における月当り稼働日数	23日/月

これに関する詳細を Ap. Table 9-7 に示した。

水資源開発局のメグナフェリー突堤附近と Daudkandi における河川水位記録によれば、その水位変化は Ap. Fig. 9-1 のグラフに表現され、次のように要訳される。

- a) 最高水位と最低水位の差の最大値は平均で約 4.0 m ある。
- b) 最高水位は 8 月に記録され、最低水位は 2 月に記録される。
- c) 河川水位の干潮による日変化の最大値は 4 月における約 80 cm、最小値は 8 月における約 8 cm である。

これらの状況から、雨期（6月～9月）における河川内の基礎工事、とくに仮締切り工事をともなう橋脚フーチング工事は、危険とおもわれるので、これらを配慮した工程および単価とした。

5) 税金

工事費に含まれた税金を次のように分類し積算した。

a) 直接的関税等

- (1) 橋梁構造本体に使用される輸入資材の関税等は、その満額を計上した。
- (2) 河川内に建造される仮橋、締切り、作業足場用の仮設材用型鋼の関税等は本工事が完成後撤去出来ることを配慮して、その残存価値に比例してその税額を差し引いた。
- (3) 輸入された建設機械、プラントの関税等は、本来そのCIF価格に含まれるものであるが、ここではその関税等をその償却率に比例して一括計上した。

しかし、本プロジェクトを受注した工事業者は、その建設資機材の輸入に際して、これらの関税等の満額を税関で支払わねばならない。

b) その他の税金

- (1) セメントの原材料でありクリンカー、燃料、アスファルト等の原料である原油、鋼材の原料となる鋳塊や鉄棒にかかる関税等
- (2) 国内工業生産品にかかる国内消費税
- (3) 建設作業に従事する労務者の所得税

以上の税金等は建設業者が購入に際してすでにその価格に満額含まれているもので、間接的税金と考えられる。

メグナ橋、メグナ・グムティ橋の工事費に積算された税額を、上記の分類に従って分析し、Ap. Table 9-8および9-9にその内訳を示した。

直接的関税等の総額はいずれも税額全体の約85%を占めている。

6) 諸経費および予備費

直接工事費合計の約20%を諸経費として計上し、諸経費を含む全体工事費

の7.5%を予備費として計上した。

7) 用地買収費および技術サービス費

用地取得に関するバングラデシュ道路局の単価をAp. Table 9-10に示した。用地買収の対象は取付道路敷地だけでなく、工事業者の作業用地も含めてその対象とした。工事業者の作業敷地は5年確率高水位、すなわち+5.90mまで埋立てされる必要があり、借地としての積算は出来ないと判断された。コンサルタントが行う技術サービス費を、外国のコンサルタントが本プロジェクトの詳細設計も工事監理も行うものとして積算し、現地コンサルタントに対する技術移転も出来るよう配慮した。

9-1-2 維持管理費

1) 道路の維持管理費

バングラデシュの過去における年間道路支出は、その道路の規格の向上や拡幅等に当てられてきており、ダッカーアリチャ道路でkm当りTk. 150,000～235,000、ダッカーチタゴン道路ではkm当りTk. 75,000～140,000となっている。これらを参考として、本プロジェクトにおいて新たに建設される取付道路の維持管理費を、km当り約Tk. 45,000～55,000と積算した。将来の再舗装は重車輛の将来交通量の伸びに合わせて計画した。

2) 橋梁の維持管理費

バングラデシュの鉄道総局より、過去の鋼鉄道橋に関する再塗装費用等の資料を入手することが出来た。これによれば、バイラブ・バザール橋(56,130 m^2 の塗装面積)が年間平均約Tk. 400,000、カルナフリ橋(17,818 m^2 の塗装面積)が年間平均約Tk. 130,000程度であった。しかし、PC橋の維持費に関する記録はバングラデシュでは入手出来なかった。本プロジェクトの現地環境条件は良好で、Ap. Fig. 9-2に示すように、工業廃棄ガスや海水の飛散等の影響のない地域といえる。さらに、架橋附近の河砂の塩分量の試験結果によれば、その量は微量でコンクリートの塩害の心配もないため、PCコンクリート橋の維持管理費は無視出来る程度といえよう。

しかしながら、将来の自動車利用時代におけるトラック軸重の増加とか、2010年頃には重車輛の交通量が一方向で3,000台/日を超えることが予想される点を配慮して、世界先進国の維持管理費の現状を反映して積算する

ことにした。すなわち、1982年にワシントンで開かれた橋梁構造技術国際協会による「橋梁の維持補修管理に関するシンポジウム」での以下の発表論文の概要を参考にした。

—ヨーロッパにおいては次のような維持管理費が報告されている。^{*}

$$\text{年間当り 検 査 費} = 2 \sim 7 \times 10^{-4} \times (\text{橋梁建設費})$$

$$\text{年間当り 補修維持管理工事費} = 0.3 \sim 1.5 \times 10^{-2} \times (\text{橋梁建設費})$$

一般にPC橋梁にはより細部にわたる維持管理体制の組織化が求められており、これを無視するとすれば、その橋梁の寿命はより短いものになるであろう。したがって、本プロジェクトのPC橋梁の維持管理費を次のように積算した。

$$\text{年間当り 検 査 費} = 1.0 \sim 1.5 \times 10^{-4} \times (\text{橋梁建設費})$$

$$\text{年間当り 補修維持管理工事費} = 0.04 \times 0.05 \times 10^{-2} \times (\text{橋梁建設費})$$

一方、鋼橋もまた、たとえ耐候性鋼板とか亜鉛メッキ鋼板を用いたとしても、維持管理作業を無視出来るわけではない。むしろその費用はPC橋梁のそれよりも大きいものと判断された。すなわち、アメリカにおける耐候性橋梁の70%に、局部的ではあるが錆が発生し、補修工事が必要となったとの報告もなされている。^{**}

注： * 報告されたテーマは「橋梁の補修計画における経済的考察」H. H. Gotfredsen (デンマーク)

** 1980年 アメリカ鉄鋼研究所により報告されたもの。

9-2 メグナ橋の費用

9-2-1 建設費

メグナ橋の建設費を Table 9-2-1 に要約して示した。

Table 9-2-1 Capital Cost for Meghna Bridge Construction

(Unit: 1,000 Taka, June 1984 prices)

Items	Foreign Currency	Local Currency	Total
A. Construction Cost			
1) Approach Roads	11,134	38,964	50,098
2) Main & } 3) Approach Span Bridge }	196,101	52,191	248,292
4) Temporary Works	45,673	14,748	60,421
5) Ancillary Works	8,130	46,846	54,976
6) Traffic Maintenance	7,461	3,508	10,969
7) Seasurface Transport	11,706	-	11,706
8) Inland Transport	329	3,157	3,486
9) Engineer's Office	2,505	4,856	7,361
Direct Cost Total	283,039	164,270	447,309
Overhead (20%)	50,947	89,545	140,492
Initial Const. Cost	333,986	253,815	587,801
Physical Contingency (7.5%)	25,049	19,036	44,085
Tax of A.	-	254,746	254,746
Subtotal	359,035 (40.5%)	527,597 (59.5%)	886,632 (100%)
B. Engineering Services			
1) Detail Design Cost	21,112	771	21,883
2) Supervision Cost	53,811	7,045	60,856
Subtotal	74,923	7,816	82,739
Tax of B.	-	3,392	3,392
C. Land Acquisition			
	-	11,561	11,561
Total Cost of A. + B. + C.	433,958	550,366	984,324

Source: The Study Team

工事費単価の内訳を Ap. Table 9-11 に示した。

年次別工事費の支出計画を Table 9-2-2 のように百分率で示した。

Table 9-2-2 Disbursement Plan for Meghna Bridge

(Unit: %)

Items	Year	1986	1987	1988	1989	1990
1) Approach Roads		-	65	-	10	25
2) Main } Bridge						
3) Approach }		-	20	45	25	10
4) Temporary Works		100	-	-	-	-
5) Ancillary Works		-	-	-	30	70
6) Traffic Maintenance		20	20	30	20	10
7) Sea-surface } Transport						
8) Inland }		60	40	-	-	-
9) Engineer's Office		80	5	7.5	5	2.5

Source: The Study Team

9-2-2 維持管理費

1) 取付道路の維持管理費

取付道路延長 1.97 km (ダッカ側: 0.94 km、コミラ側: 1.03 km) に対する年間当りの維持管理費と建設後の舗装の再舗装の費用を Table 9-2-3 に示した。

Table 9-2-3 Maintenance Cost of Approach Roads for Meghna Bridge

(Unit: Taka, June 1984 prices)

Items of Maintenance	Foreign Currency	Local Currency	Total
A. Annual Maintenance per 1.97 km			
1) Daily Maintenance		13,368	13,368
2) Seasonal Maintenance After Flood	32,587	51,194	83,781
Overhead (10%)	2,933	5,983	8,916
Tax of A.	-	1,816	1,816
Subtotal (Tk. 54,800/km)	35,520	72,361	107,881
B. Overlay (5 cm) in 1998 Asphalt Concrete: 1,650 ton	848,364	1,349,815	2,198,179
Overhead (10%)	76,353	143,879	220,232
Tax of B.		273,307	273,307
Subtotal	924,717	1,767,001	2,691,718
C. Overlay (5 cm) after 2005 Asphalt Concrete: 1,650 ton	848,364	1,349,815	2,198,179
Overhead (10%)	76,353	143,879	220,232
Tax of C.	-	273,307	273,307
Subtotal	924,717	1,767,001	2,691,718

Source: The Study Team

2) メグナ P C 橋の維持管理費

Table 9-2-4 はメグナ P C 橋の維持管理費の算出結果を示す。

Table 9-2-4 Maintenance Cost of Meghna Bridge

(Unit: Taka, June 1984 prices)

Item of Maintenance	Foreign Currency	Local Currency	Total
A. Annual Inspection			
1) Weekly Inspection	28,242	44,625	72,867
2) Seasonal Inspection After Flood	7,115	14,323	21,438
B. Annual Maintenance			
1) Daily Maintenance, Electricity Charge, etc.	97,192	58,790	155,982
Overhead (10%) for (A. + B.)	11,929	11,742	23,671
Tax of (A. + B.)	-	15,356	15,356
Subtotal	144,478	144,836	289,314
C. Periodical (every 5 years) Inspection	32,587	90,589	123,176
D. Periodical Maintenance			
1) Ordinary Repair of Shoe	27,563	2,611	30,174
Expansion Joint	52,847	2,038	54,885
Central Hinge	236,929	7,348	244,277
Handrail	7,037	10,160	17,197
Patching	2,070	3,294	5,364
Pier Protection	86,974	21,948	108,922
Others	65,175	20,107	85,282
2) Repair of Concrete Surface	32,779	81,597	114,376
Overhead (10%) for (C. + D.)	48,956	79,565	128,521
Tax of (C. + D.)	-	658,647	658,647
Subtotal (C. + D.)	592,917	977,904	1,570,821
Inspection Cost per year : 142,470 = 1.4×10^{-4} of the const. cost			
Maintenance Cost per year: 461,009 = 0.05×10^{-2} of the const. cost			

Source: The Study Team

9-3 メグナ・グムティ橋の費用

9-3-1 建設費

メグナ・グムティ橋の建設費を積算し、Table 9-3-1 に示した。

Table 9-3-1 Capital Cost for Meghna-Gumti Bridge Construction

(Unit: 1,000 Taka, June 1984 prices)

Items	Foreign Currency	Local Currency	Total
A. Construction Cost			
1) Approach Roads	5,045	15,071	20,116
2) & 3) Main Span Bridge	318,524	120,228	438,752
4) Temporary Staging	61,921	21,408	83,329
5) Ancillary Works	1,392	16,138	17,530
6) Traffic Maintenance	11,329	3,823	15,152
7) Seasurface Transport	6,821	-	6,821
8) Inland Transport	57	659	716
9) Engineer's Office	3,392	5,346	8,738
Direct Cost Total	408,481	182,673	591,154
Overhead (20%)	73,527	102,674	176,201
Initial Const. Cost	482,008	285,347	767,355
Physical Contingency (75%)	36,151	21,401	57,552
Tax of A.	-	363,077	363,077
Subtotal	518,159 (43.6%)	669,825 (56.4%)	1,187,984 (100%)
B. Engineering Service			
1) Detail Design Cost	15,541	1,125	16,666
2) Supervision Cost	41,721	8,142	49,863
Subtotal	57,262	9,267	66,529
Tax of B.	-	3,495	3,495
C. Land Acquisition Cost			
	-	5,833	5,833
Total Cost of A.+B.+C.	575,421	688,420	1,263,841

Source: The Study Team

建設費の内訳を Ap. Table 9-1 2 に示した。また年次別工事費支出計画は百分率で Table 9-3-2 に示した。

(実施計画の代替案に関しては 1 3-3 節と 1 4-2 節参照)

Table 9-3-2 Disbursement Plan for Meghna-Gumti Bridge
- Alternative Plan 1 -

(Unit: %)

Items	Year	1991	1992	1993	1994	1995
1) Approach Roads		-	50	30	20	-
2) & 3) Main Span Bridge		-	15	25	40	20
4) Temporary Works		100	-	-	-	-
5) Ancillary Works		-	-	-	-	100
6) Traffic Maintenance		20	20	20	30	10
7) Sea-surface	} Transport	100	-	-	-	-
8) Inland						
9) Engineer's Office		80	5	7.5	7.5	2.5

Source: The Study Team

9-3-2 維持管理費

1) 取付道路の維持管理費

全長 1.34 km の取付道路の維持管理費を Table 9-3-3 に示すごとく積算した。取付道路の再舗装はメグナ・グムティ橋が 1996 年に供用されるものとして計画した。

Table 9-3-3 Maintenance Cost of Approach Roads for Meghna-Gumti Bridge

(Unit: Taka, June 1984 prices)

Items of Maintenance	Foreign Currency	Local Currency	Total
A. Annual Maintenance per 1.34 km			
1) Daily Maintenance		13,368	13,368
2) Seasonal Maintenance After Flood	21,725	20,902	42,627
Overhead (10%)	1,955	3,135	5,090
Tax of A.	-	1,122	1,122
Subtotal (Tk. 46,400/km)	23,680	38,527	62,207
B. Overlay (5 cm) in 2003 Asphalt Concrete: 1,000 ton	514,160	818,070	1,332,230
Overhead (10%)	46,274	87,199	133,472
Tax of B.		165,640	165,640
Subtotal	560,434	1,007,909	1,631,343
C. Overlay (5 cm) after 2010 Asphalt Concrete: 1,000 ton	514,160	818,070	1,332,230
Overhead (10%)	46,274	87,199	133,463
Tax of C.	-	165,640	165,640
Subtotal	560,434	1,007,909	1,631,343

Source: The Study Team

2) メグナ・グムティ PC 橋の維持管理費

メグナ PC 橋の維持管理費と同じく、メグナ・グムティ PC 橋の維持管理費を積算し Table 9-3-4 に示した。この維持管理費はメグナ橋の場合とほとんど同じとなった。

Table 9-3-4 Maintenance Cost of Meghna-Gumti Bridge

(Unit: Taka, June 1984 prices)

Items of Maintenance	Foreign Currency	Local Currency	Total
A. Annual Inspection			
1) Weekly Inspection	25,674	40,569	66,243
2) Seasonal Inspection After Flood	11,653	20,881	32,534
B. Annual Maintenance			
1) Daily Maintenance, Electricity Charge, etc.	97,192	72,438	169,630
Overhead (10%) for (A.+B.)	12,107	13,174	25,281
Tax of (A. + B.)	-	15,296	15,296
Subtotal (A. + B.)	146,626	162,358	308,984
C. Periodical Inspection (every 5 years)	32,587	90,589	123,176
D. Periodical Maintenance			
1) Ordinary Repair of Shoe,	27,563	2,611	30,174
Expansion Joint	73,986	2,853	76,839
Centre Hinge	445,394	11,021	456,415
Handrail	10,790	15,579	26,369
Patching	3,016	4,800	7,816
Pier Protection	121,763	30,728	152,491
Others	81,468	25,134	106,602
2) Repair of Concrete Surface	49,169	123,297	172,466
Overhead (10%) for (C.+D.)	76,116	110,810	186,926
Tax of (C. + D.)	-	945,381	945,381
Subtotal (C. + D.)	921,852	1,362,803	2,284,655
Inspection Cost per Year	147,127	$= 1.2 \times 10^{-4}$ of the const. cost	
Maintenance Cost per Year	618,788	$= 0.05 \times 10^{-2}$ of the const. cost	

Source: The Study Team

