

パングラボシ 人民

ジャムナ河英作作同語各 一

組原 地 第 二

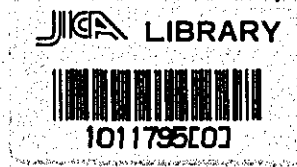
37648 号

国 際 文 学 博 覧 会

バングラデシュ人民共和国

ジャムナ河架橋計画調査報告書

VOLUME Ⅱ 橋梁部門



1976年8月

国際協力事業団	
52.3.8	2/8.1.C
4944	1.7.2.I
	EV-3

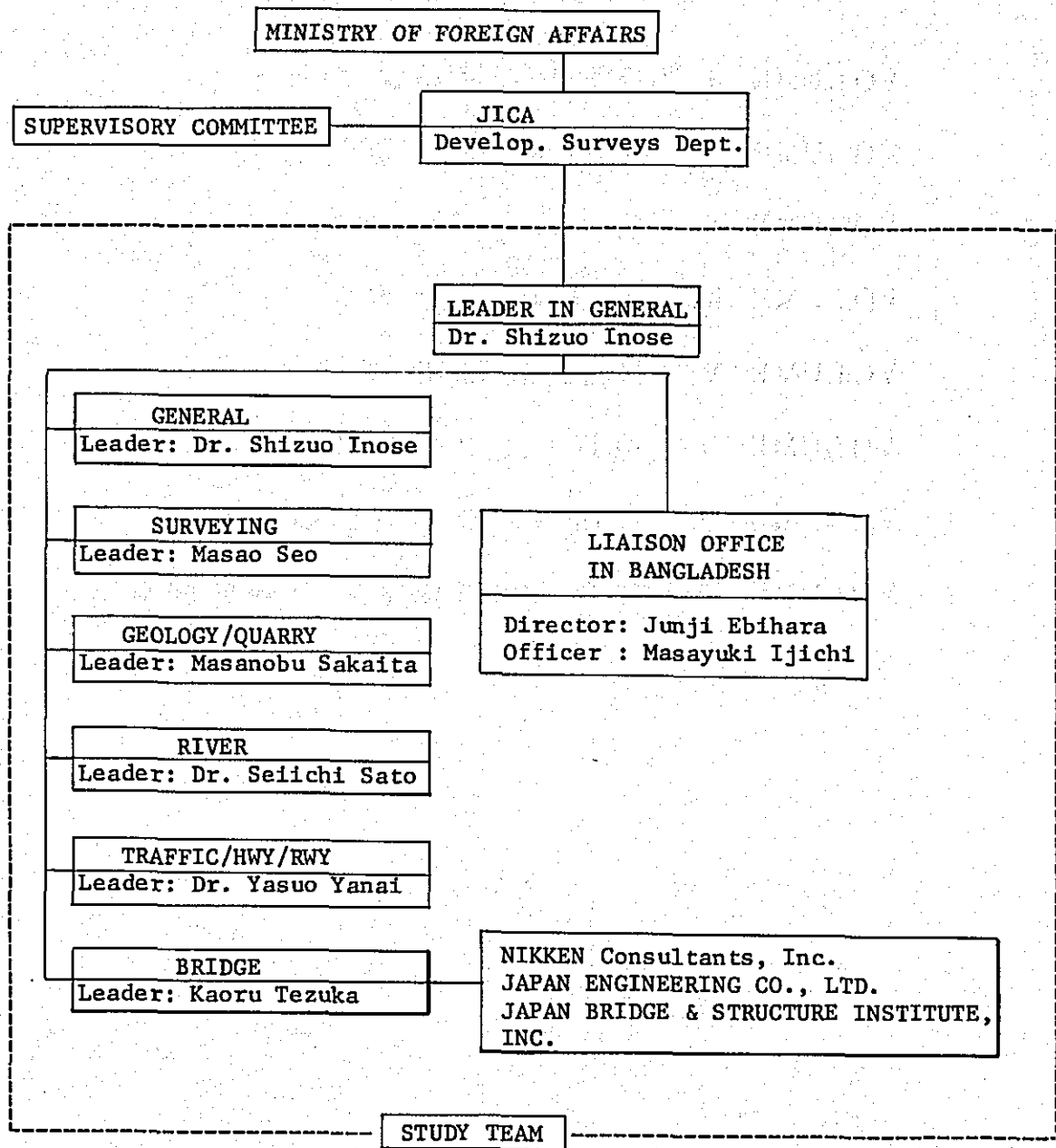
国際協力事業団

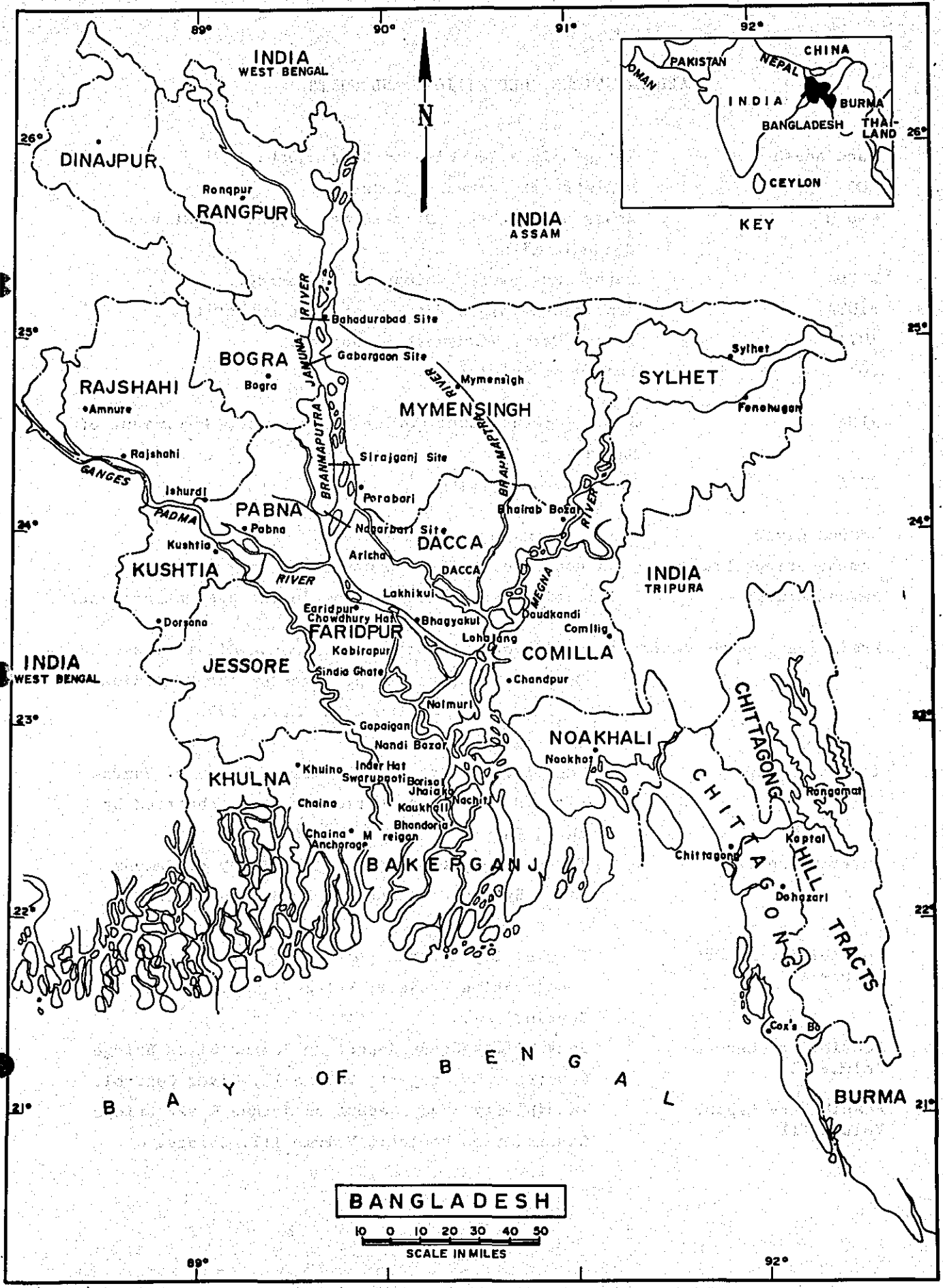
国際協力事業団		
受入 月日	'84. 5. 21	101
登録No. 06225		61.5
		SD

シヤムナ河架橋計画調査報告書

- VOLUME I 概要および結論
- VOLUME II 河川制御計画
- VOLUME III 橋梁計画
- VOLUME IV 接続鉄道計画
- VOLUME V 接続道路計画
- VOLUME VI 地質および石材調査
- VOLUME VII 交通および経済便益調査
- VOLUME VIII 総合工事計画および経済評価

ORGANIZATION CHART OF THE JAMUNA BRIDGE FEASIBILITY STUDY TEAM, JICA, JAPAN





ABBREVIATIONS, DEFINITIONS AND UNITS

Bangladesh	The people's Republic of Bangladesh.
MOC	Ministry of Communications.
R & H	Roads and Highways Directorate of the Ministry of Communications.
WAPDA	Water and Power Development Authority.
BIWTA	Bangladesh Inland Water Transport Authority
IWTA	Inland Water Transport Authority.
SOB	Survey of Bangladesh.
JICA	Japan International Cooperation Agency, Government of Japan.
OTCA	Former name of JICA.
Jamuna River	The Brahmaputra-Jamuna River.
Jamuna Bridge Project	Jamuna River Bridge Construction Project.
Jamuna Bridge	Tentative name of the bridge in the present project.
Preliminary Study Report	Preliminary Report on the Jamuna River Bridge Construction Project prepared by the Preliminary Study Team of the OTCA, Mar., 1973 (written in Japanese)
Inception Report	Inception Report on Feasibility Study of Jamuna River Bridge Construction Project submitted by the OTCA.
Interim Report	Interim Report on Feasibility Study of Jamuna River Bridge Construction Project submitted by the JICA.
Feasibility Report Volume I	Feasibility Study Report on Jamuna River Bridge Construction Project, Volume I, Summary and Conclusions.
Feasibility Report Volume II	Feasibility Study Report on Jamuna River Bridge Construction Project, Volume II, River Control.
Feasibility Report Volume III	Feasibility Study Report on Jamuna River Bridge Construction Project, Volume III, Bridge.

Feasibility Report Volume IV	Feasibility Study Report on Jamuna River Bridge Construction Project, Volume IV, Road links.
Feasibility Report Volume V	Feasibility Study Report on Jamuna River Bridge Construction Project, Volume V, Railway links.
Feasibility Report Volume VI	Feasibility Study Report on Jamuna River Bridge Construction Project, Volume VI, Geology and stone material.
Feasibility Report Volume VII	Feasibility Study Report on Jamuna River Bridge Construction Project, Volume VII, Traffic and economic benefits.
Feasibility Report Volume VIII	Feasibility Study Report on Jamuna River Bridge Construction Project, Volume VIII, Overall con- struction plan and economic evaluation.
Project	Main works including railway links and road links.
Main works	Jamuna Bridge construction works comprizing Jamuna Bridge, approaches, river control and treatment of the Dhaleswari River.
Approach	Railway and/or road between an abutment of the bridge and a point at which it almost descends to the normal formation; 5,100 m respectively from the abutments.
Railway link	Railway between the end of the approach and a connection point on the existing railway.
Road link	Road between the end of the approach and a con- nection point on the existing road.
Guide bank	Dike built to guide river flow.
Cross dike	Dike built crosswise in the river to check river flow and support the function of the guide bank.
Cross dam	Embankment built across the river to close.
WL	Water level.
HWL	High water level.
LWL	Low water level.
DHWL	Design high water level.
PWD	Datum of Public Works Department.

MLLWL	Mean Lowest Low Water Level
LLWL	Lowest Low Water Level
GL	Ground Level
DRB	Design River Bed
RB	River Bed
DH	Design Height
B	Width
H	Height, Water depth
L, l	Length
I	Slope
Q	Discharge
V	Velocity or Volume
N	N-value, given by Standard Penetration Test
B, D	Diameter of foundation pile
C	Cohesion of soil
ϕ	Internal friction angle of soil
E	Modulus of Elasticity, Modulus of Deformation
K	Coefficient of soil reaction
vpd	Vehicles per day
vph	Vehicles per hour
JIS	Japanese Industrial Standard
ASTM	American Society for Testing Materials
BS	British Standard
HTB	High Tension Bolt
km	kilometer
m	meter
cm	centimeter
mm	millimeter
mi	mile
yd	yard
f, ft, (')	foot
in, (')	inch
t, ton	ton (metric)
kg	kilogram
g, gr.	gram
lb	pound
I.G.	Imperial Gallon

yr	year
mon	month
hr	hour
s, sec	second
cu.	cubic
sq.	square
ac	acre
m ³ /s	cubic meter per second
cfs	cubic foot per second
kt.	knot
max.	maximum
min.	minimum
G	Gravity

The conversion table of unit

1. Length

(a)

m	cm	yd	ft	in
1	100	1.09361	3.28084	39.370
0.01	1	0.010936	0.032803	0.39370
0.91440	91.4400	1	3	36
0.30480	30.480	0.33333	1	12
0.02540	2.54000	0.02778	0.08333	1

(b)

km	yd	mile
1	1093.61	0.62137
0.000914	1	-
1.60934	1760	1

2. Area

(a)

m ²	ft ²
1	10.764
0.09290	1

$$1 \text{ ft}^2 = 144 \text{ in}^2 \quad 1 \text{ in}^2 = 0.006946 \text{ ft}^2$$

(b)

ha	km ²	acre	mile ²
1	0.0100	2.471	0.00386
100	1	247.10	0.3861
0.4047	0.004047	1	0.001563
259	2.590	640	1

3. Volume and capacity

ℓ	m ³	ft ³	yd ³	I.G
1	0.001	0.03531	0.001308	0.2200
1,000	1	35.31	1.308	219.99
28.317	0.02832	1	0.03704	6.229
764.6	0.7646	27.00	1	168.21
4.5456	0.004546	0.1605	0.00595	1

4. Weight

kg	t	oz avdp	lb	t (tn)
1	0.001	35.27	2.2046	0.00110
1,000	1	3.527x10 ⁴	2,204.6	1.1023
0.02835	2.835x10 ⁻⁵	1	0.06250	3.125x10 ⁻⁵
0.4536	4.536x10 ⁻³	16	1	0.0005
907.2	0.9072	32.000	2.000	1

5. Velocity

m/sec	km/h	ft/sec	mile/h	knot
1	3.600	3.2808	2.237	1.9438
0.2778	1	0.9113	0.6214	0.5400
0.3048	1.0973	1	0.6818	0.5925
0.4470	1.6093	1.4667	1	0.8690
0.5144	1.8520	1.6878	1.1508	1

6. Temperature (from °C to °F)

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200	-328	-346	-364	-382	-400	-418	-436	-454
-100	-148	-166	-184	-202	-220	-238	-256	-274	-292	-310
0	32	14	-4	-22	-40	-58	-76	-94	-112	-130

°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	32	50	68	86	104	122	140	158	176	194
100	212	290	248	266	284	302	320	338	356	374
200	392	410	428	446	464	482	500	518	536	554
300	572	590	608	626	644	662	680	698	716	734
400	752	770	788	806	824	842	860	878	896	914
500	932	950	968	986	986	1022	1040	1058	1076	1094
600	1112	1130	1148	1166	1184	1202	1220	1238	1256	1274
700	1292	1310	1328	1346	1364	1382	1400	1418	1436	1454
800	1472	1490	1508	1526	1544	1562	1580	1598	1616	1634
900	1652	1670	1688	1706	1724	1742	1760	1778	1796	1814

Inter- polation	°C	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	°F	1.8	3.6	5.4	7.2	9.0	10.8	12.6	14.4	16.2

$$5(t^{\circ}\text{F}-50)=9(t^{\circ}\text{C}-10)$$

要 約

1. 調査の目的と進展状況

この調査の目的は、第1にJamuna河の4ヶ所の架橋候補地すなわち上流から下流に向ってBahadurabad地区、Gabargaon地区、Sirajganj地区およびNagarbari地区の橋梁建設について、技術的見地と経済的見地から適地としての順序を付けることである。その目的を達するために橋梁調査班は、上部構造および下部構造の形式と支間の最適案の決定並びに取付道路の検討を行なった。第2には4ヶ所の架橋候補地から選定された最適架橋候補地に対する橋梁建設について上部構造、下部構造および取付道路の設計、工事計画および建設費の概算を行なうことである。

1972年12月に日本政府の海外協力事業団が派遣したJamuna河架橋計画に対する予備調査班は、架橋の候補地として、次の4ヶ所、すなわち上流から下流に向ってBahadurabadの下流、Gabargaon近辺、Sirajganjの下流約10kmおよびArichaの上流約20kmの地点を提案した。

手塚 薫をチームリーダーとする橋梁調査班5名は、1974年1月7日から同月27日までBangladeshを訪問し、Jamuna河の踏査を行なうと共にJamuna河架橋計画調査に必要な基本的条件に関する資料の収集を行ない、またBangladeshの関係者とそれらの問題について討議した。

橋梁調査班はBangladeshと日本で収集した資料および河川調査班をはじめ他の調査班が収集した各種の資料を用い、日本においてJamuna河架橋計画に関する基本計画を樹立し、設計諸条件と設計基準により予備設計および建設費の概算を行なった。その内容は、橋梁の幅員構成、支間および上下部構造の形式について組合わせたものの比較検討を示すものである。なお、取付道路および接続鉄道、接続道路の橋梁についても検討を加えた。

報告書案の完成の段階で1974年8月31日から9月13日まで東京会議が開かれ、橋梁架設の最適地の選定および各調査班の分担分野毎に若干の問題を討議した。この討議は更に続けて1974年10月28日から11月6日まで開かれたDacca会議で行なわれた。この会議においてSirajganj地区が架橋の最適地として選定された。

1974年12月には日本の測量班で新たに撮った航測資料に基づいてSirajganj地区における橋梁中心線を決定した。この航測に引続き河川に全巾にわたる横断水準測量を含む新しい地形測量がSirajganj地区で1974～75年にわたる乾期に上記の測量班によって行なわれた。更に接続鉄道、接続道路の橋梁区間についても測量が行なわれた。また、橋梁中心線に沿って地質調査が地質調査班によって同時期に行なわれた。これらの調査結果と架橋に対応する河川コントロールの計画Dhaleswari河の処理計画に基づ

いて、橋梁の計画と取付部の計画を完成するための検討が行なわれた。

2. 橋梁の巾員構成と交通方式

橋梁の巾員構成は、Bangladesh の将来の経済発展に影響し、橋梁の建設費の額を決める重要な要素である。この観点から、橋梁の巾員は、将来の交通量の要求に一致する最小巾が望ましい。その巾員構成は、調査の結果、次のように決められた。

いま、将来交通の目標年を2020年にとると、道路交通量は、第Ⅶ巻、交通および経済効果で算定したように、乗用車に換算して、1日当り8,666台になるであろう。この交通量に対し、全巾24'の2車線の道路を考えると、乗用車に換算して1日当り12,905台の容量が推定できる。したがって、将来の自動車交通に対しては2車線で充分である。

また、第Ⅶ巻“交通および経済効果”では、2020年の鉄道交通量は、客車38輛と、貨車21輛、計59輛が、5'6''の広軌に対して想定されている。いま、橋梁の全長と取付部の長さの合計を考えて、河の両側の駅の間隔を6kmと考えると、5'6''の単線広軌は、1日74輛の列車の容量を持っている。したがって、将来の鉄道交通に対して、単線広軌で十分である。

上記の将来交通量に対応する橋梁の交通方式としては、鉄道橋と道路橋をそれぞれ別個に架設する方法と、鉄道、一道路併用橋を架設する方法の2通りがある。前者は後者より当然建設費は高くなる。前述したように、将来交通量に対する最小巾および建設費を考慮した場合、鉄道一道路併用橋を架設するのが最もよい方法であると判断した。

1974年の9月に開かれた東京会議において、Bangladeshと日本の代表団は、橋梁の交通方式として鉄道一道路併用橋を決定した。

予備設計においては、橋の巾員は(1)将来の交通量の増加を考慮に入れながら、橋の必要最小限の巾員をもって構成する。(2)将来、その橋を通過する交通量の増加と、Bangladeshの将来の経済発展を考慮して構成する。この2通りの考え方に基づいて、橋の巾員構成は、下記の2種類のケースについて検討を加えた。Fig.S-1には2種類の幅員構成を示した。

Case a.	鉄道部	単線の広軌 (5'6'')
	道路部	2車線の車道 (24')
Case b.	鉄道部	複線の広軌 (5'6'')
	道路部	2車線の車道 (48')

3. 設計基準

a 荷重

Indian Railway Standard(Steel Bridge Code)の規定とインド道路会議、

標準車輛Class "A" が適用された。

下記の項目については Bangladesh の国内の諸条件を考慮して Bangladesh と日本の代表団との協議によって決めた。

標準風速	:	35 m/sec (115 ft/sec)
温度変化の範囲	:	0°C ~ 60°C (32°F ~ 140°F)
地震の加速度 水平分力	:	0.1 G
鉛直分力	:	0

b 建築限界

AASHO 制定の道路橋標準示方書の規格が、道路部分の建築限界として使用され、5'6'' の Bangladesh 鉄道の標準規格が、鉄道部の建築限界に適用された。

c 航路限界

橋梁に適用される最小航路限界は、BIWTAにより次のように決められた。

最小水平空間	:	250 ft (76 m)
DHWL 上の最小垂直空間	:	40 ft (12 m)

d 鋼構造

すべての鋼構造は、日本道路協会制定道路橋標準示方書によって設計された、例外として、日本の土木学会制定鉄道橋標準示方書によって、鉄道橋の床組が設計された。

e コンクリート構造

すべてのコンクリート構造物は、日本土木学会制定鉄筋コンクリート標準示方書によって設計された。

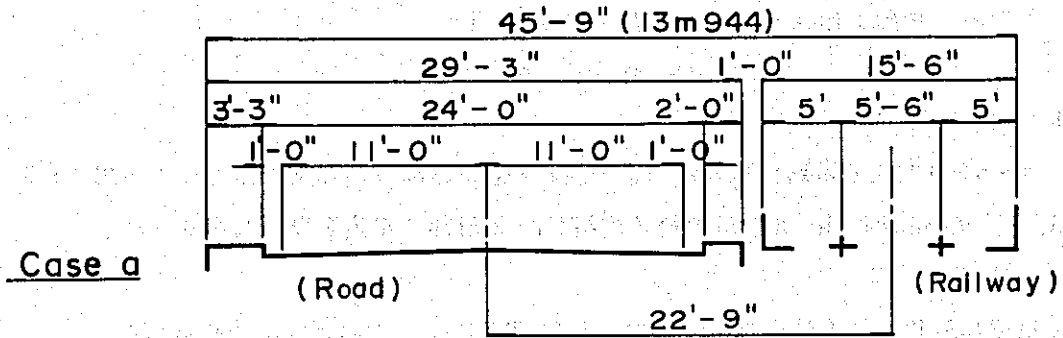
4. 上, 下部構造の形式

Jamuna 橋梁については、橋の純スパンは 250' より大きく、垂直空間は 40' より広くなるように、BIWTA の規定により決められている。一方、第Ⅱ巻“河川コントロール”に述べられているように、橋長は、4 km 以上を必要とする。橋脚の深さは“みを”の移動性の観点から、全体の Guide Bank のスパンを通じて同一でなければならない。更に、第Ⅵ巻-2に述べられている地質調査から、橋梁の支持層は、地表下約 80 m に存在する砂利層になることが明らかとなった。

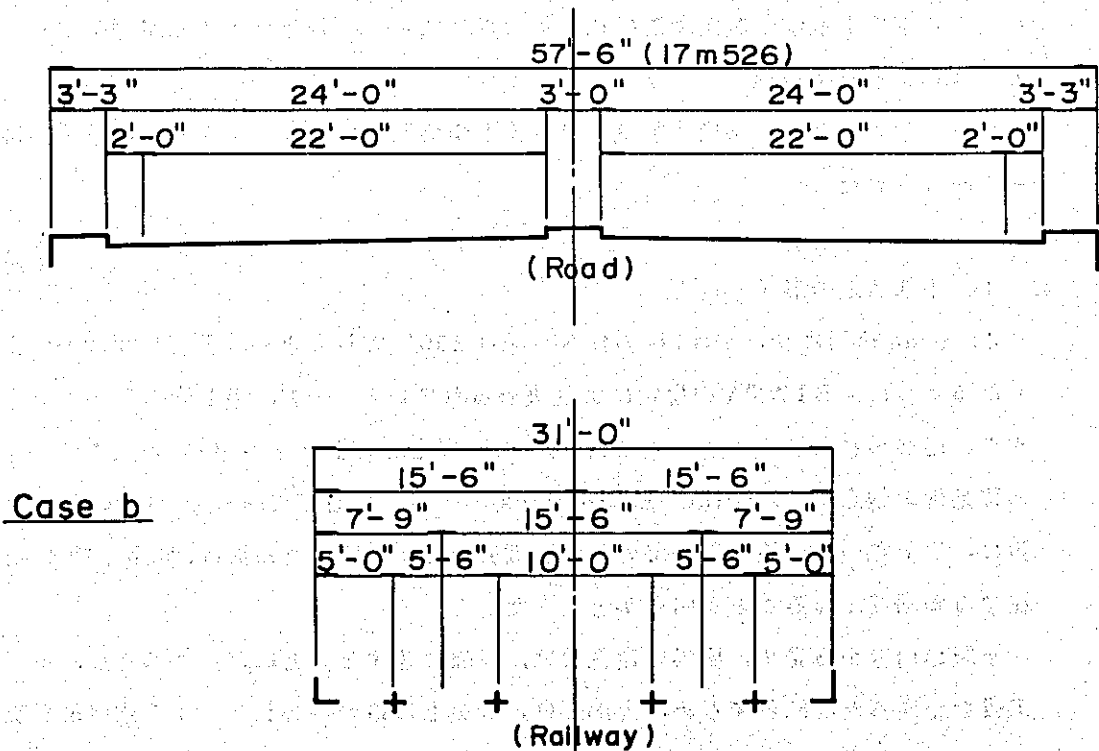
上記の内容から見て、橋梁の建設費は、巨額に達することは容易に考えられる。この工費をできるだけ減らすため、上部工は、鉄道と道路の組合わせによる重荷重を支えることのできる長大スパンとしなければならない。したがって、勿論、上部工の建設材料として、鋼材または PC が考えられる訳である。しかし、そのような長大橋を建造するとき、鋼橋はコンクリート橋より、非常に軽く、架設は容易で、しかも迅速である。更に、地震力による慣性力は、コンクリート橋の場合よりも、鋼橋の方が少ない。これら

Fig S-1 Width System of Bridge

a) In case of two lane , single track.



b) In case of four-lane , double tracks
(for double decks)



の特性を考へて、上部工の材料として、鋼材を採用することが決められた。

一般に知られているように、連続トラスまたはカンチレバートラス形式は、長大スパン橋に適している。Case b の幅員構成における鉄道および道路の位置は、上部工の部材構成と剛性並びに経済性を考慮して、上路に道路、下路に鉄道を置く Double deck type とした。Case a の幅員構成の場合は当然 Single deck type である。その結果、最適スパンの調査研究から、連続トラス形式が、カンチレバートラス形式より、明らかに有利であるという結論になった。この場合、単純な外観から、等スパンが用いられた。

前述のように、非常に長大な橋脚が、Jamuna 河のような条件の下では、施工が確実に迅速でなければならないので、下部工の比較としては、井筒基礎および多柱式基礎が対象となる。井筒基礎は、躯体が大きいので安定性の点で優れている。その構築には極めて深い根入れが必要であるから、施工は大規模になるけれども、施工の点で基本的な困難は認められない。多柱式基礎の場合は、大口径の鋼管が支持層に達するまで深く打ち込まなければならないし、水面上で、その頭部はスラブで剛結しなければならない。この形式は構造上曲り易い。

橋脚周辺の洗掘深さは、多柱式基礎の場合、10m 予想されるが、井筒基礎の場合は、水深の約 1.8 倍に達するであろう。この点で前者は、後者より有利であるが、建設費が不十分な剛性のために増すこと、鋼材使用量が極めて多いために、外貨の占める割合が増し、後者より、逆に不利となる。

上記のことを考へて、下部工としては、井筒基礎を採用することに決った。

井筒基礎に作用する流水圧および地震時慣性力を軽減するために、井筒の天端高は成る可く低い方が望ましい。また、乾期における外観を考慮すると、井筒の頂版上には橋脚を設けて上部工を支持するのが適切である。橋脚躯体は、一般に用いられる鉄筋コンクリート構造と、重量軽減のための鋼構造の 2 種を比較の対象として検討を加えた。鋼構造の橋脚の場合は、防錆のため設計高水位 (DHWL) より高い位置に構築する必要がある。鉄筋コンクリート構造の場合の井筒天端は、平均最低水位 (MLLWL) = 6.22 m より 1.0 m 高くすることで施工できるが、鋼構造の場合は、井筒の天端を DHWL = 15.25 m より高い位置としなければならない。そのために鋼構造の橋脚の場合の井筒の長さは約 9 m 程長くなって、流水圧および地震時の慣性力が増加する。使用鋼材の重量は、約 220 t を要し、工費は鉄筋コンクリート構造の約 2 倍となった。上記の理由から橋脚躯体は鉄筋コンクリート構造とした。

5. 橋梁取付部の形式

橋梁取付部は Railway links と Rood links を橋梁に連絡するのに必要であり、

左右岸に構築される。

取付部の地盤が盛土の重量を支持できれば、取付部を盛土とするのが最も経済的な方法である。この盛土は Guide bank 方式の重要構成部分である Cross dike を兼ねるものである。したがって取付部は直線とする。取付部の長さは、鉄道の縦断勾配によって決まり、予備設計の段階では、鉄道の縦断勾配を $1/200$ としたので、取付道路の長さは片側で約 3.5 km となった。

幅員構成 Case b の場合の橋梁は、上路に道路、下路に鉄道を置く Double deck type としたことは前述した。したがって、橋梁から取付部に道路を連結するためには、下路の鉄道の中心線に対して、道路の中心線を平面的にずらして行かなくてはならない。橋梁の道路面は比較的高く、取付盛土に取付くまでの区間は高架橋が必要となる。この区間の道路中心線は曲線となるので、高架橋の形式は、鋼連続箱桁橋が適している。

盛土の安定については、予備設計の段階では盛土材の性質が不明なので、単位体積重量 1.9 t/m^3 、内部摩擦角 20° 粘着力 0 とし、盛土の法面勾配を $1:2.5$ とした場合の円弧すべりの計算を行なった結果、取付盛土は十分安全であった。

6. 予備設計と最適架橋地点の選定

Inception Report では、日本政府事前調査団が提案した架橋 4 候補地点から最適一地点を選出するとき考慮すべき点として 3 つの要素を挙げている。すなわち (a) 河道の安定性、(b) 橋梁建設費、(c) 交通量である。第 2 の要素である橋梁建設費は、橋梁の上下部工工事費と河川工事費の合計である。橋梁工事費は、河幅に比例して工費が増加するが、河川工事費は河幅によって増加しない。したがって、数種の河幅に対して橋梁建設費の最小値を求めることが必要である。

Jamuna 河の河川制御の方策として、架橋地点部分の流路のみを固定し、溢水あるいは網状運動を防ぐために Guide bank 方式が取り入れられ、4 ケ所の架橋候補地点において、3 種の Guide bank が河川調査班によって検討された。

架橋地点における Guide bank 間隔は、Type A として、乾期における結節部の主水路巾約 2 km をとり、Type B は、Guide bank の最小純巾の検討により約 4 km が必要であるが、橋脚及びそれによる損失分を加えて 4.2 km とした。Type C は各地点の河岸幅 (Cliff) を採用し、これは以下の通りである。

Bahaclurabad 地点	5.6 km
Gabargaon 地点	5.2 km
Sirajganj 地点	5.6 km
Nagarbari 地点	5.2 km

前述したように、予備設計の対象とした巾員構成は、(1) ケース a、単線広軌 (5'6''1,

2車線の車道(24') (2)ケースb複線広軌(5'6''), 4車線の車道(48')の2種類であり、連続トラス形式と多径間カンティレバートラス形式のスパン割りは、航路の最小水平クリアランスと、上下部工の工費のバランスを考慮して100m~350mのスパンを対象とした。

したがって、予備設計において最適スパンを決定するための上部工のスパンは下記の7種類を選定した。

3径間連続トラス橋 (RC床版)

スパン ; 100m 150m 200m

3径間連続トラス橋 (鋼床版)

スパン ; 200m

多径間連続カンティレバートラス橋 (鋼床版)

スパン ; 200m 250m 350m

下部工については、前述したように井筒基礎と多柱式基礎を予備設計の対象とした。

井筒基礎の長さは68m~78mに達するが、井筒基礎の掘削、沈下作業は、乾期のうちに完了させる必要がある。それには、従来工法による三脚デリックとクラムシェルバケットによる方法では無理である。したがって逆還流による排土方式(リバースサーキュレーション工法)の機能を備えた大口径掘削機を用いることにした。

一方、多柱式基礎は、大口径鋼管の打込みと抗頭を剛結する頂版コンクリートの構築が重要である。所定の位置に、所要の間隔を保って抗を打込むためには、鋼製仮枠を設け、頂版の底面型枠を兼ねた鋼製プレートと結合して、杭の打込みのガイドの役目をさせることが施工上有利である。

多柱式基礎は、直径2.0mおよび直径3.0mの2種類の大型鋼管杭について検討した。その結果、直径3.0mの杭を用いた場合の方が、直径2.0mの杭を用いた場合より経済的であることが判った。しかし、直径3.0mの杭を用いた多柱式基礎においても、井筒基礎より工事費は高い。

上部工の架設工法は、陸上部においては、クローラークレーンによるステージング工法を用い、流水部においては、フラットバージによる一括架設工法またはカンティレバー工法を用いる。

上記の幅員構成、上部工の形式、スパン、下部工の形式、形状、および4ヶ所の架橋候補地点におけるGuide bank間隔に対して、それぞれを組合せ、橋梁上下部工費が最小となるスパンを見出すという観点から検討を加えた。すなわち、最適スパンを決めるためには、スパンの変化に対応した各種の組合せによる上下部工合計工費の比較を行った。

その結果によると、各架橋候補地点のいずれも、スパン150m附近が、最も経済的な

スパンとなった。したがって、架橋候補地点の選定に用いる最適スパンは150mと決定した。この場合、上部工の最適形式は3スパン連続トラスであり、下部工の形式は井筒基礎である。

Guide bankの間隔については、Guide bank間隔2kmのType Aは河川調査班の検討によって、Guide bankの間隔は4km以上を必要とするとの結論を得ているので予備設計の対象から除外した。

橋梁上下部工の工事費および取付部の工事費を集計したものをTable S-1に示した。工事費の積算に際しては、Chapter II.5に述べた基準によった。ここに宿舍、モータープール、燃料貯蔵所、資材倉庫、荷役施設および、それらの施設に対する電力供給施設、給排水施設等の一般施設費は含まない。

前述したように、(a)河道の安定、(b)建設工費、(c)交通量の三要素に基づき、最適架橋地点の選定が行なわれた。河道の安定の面からは、SirajganjとGabargaonが最もすぐれていて、この2地点間に区別はできない。建設工費については、橋梁工事やRiver control worksを含む総建設費が比較され、その結果から、Guide bank間隔4.2kmの場合の総建設費が最も経済的であることが判った。交通量についても、人の動き、物資の動きなどを予測、推計して比較された。これらの検討結果はInterim Reportに述べられており、Sirajganj地区は、上記の基準の見地から架橋地点として最適であると決定された。

最適架橋地点決定後、最適スパンの決定についての精度を高めるため、格間長12.5mを考慮して、スパン175mについても検討を加え、上下部工合計工費はスパン150mの場合とほぼ等しいという結果が得られた。

Guide bankの間隔が4.2kmの場合の井筒基礎の基数は、スパン175mの方がスパン150mの方より4基少ない。これは通水断面を確保するにも有利であり、基礎の施工に際して事故の発生の機会が減少することになる。また、Guide bankと橋脚の間隔が狭いと、その部分に洗掘が生じ、Guide bankに悪影響を及ぼすので、上部工のスパンは、できるだけ長い方が有利である。このように175mスパンの利点を考慮した場合、Jamuna橋の最適スパンは175mとすることに決定した。

7. Sirajganj地区における橋梁建設工事

1974年12月に測量調査班で新たに撮った航測資料に基づいてSirajganj地区における橋梁中心線が決定された。橋梁中心線はSirajganjの町の下流約12kmに位置する。この地点は、Sirajganjの狭さく部とSirajganjの堤防防護工の保護を受けている。そして両岸にCharがあって本流のみに保持されている。橋梁中心線が示された地形平面図をFig. S-2に示す。

Table S-1 Total Costs of Bridge Construction Estimated at Preliminary Design.

	Proposed site	Distance btw. guide banks	Total costs (10 ⁸ YEN)
Case a	Bahadurabad	4.2 km	805
		5.6 km	1,009
Two lanes Single track	Gabargaon	4.2 km	819
		5.2 km	959
	Sirajganj	4.2 km	802
		5.6 km	1,006
	Nagarbari	4.2 km	878
		5.6 km	1,024
Case b	Bahadurabad	4.2 km	1,419
		5.6 km	1,767
Four lanes Double tracks	Gabargaon	4.2 km	1,437
		5.2 km	1,673
	Sirajganj	4.2 km	1,420
		5.6 km	1,765
	Nagarbari	4.2 km	1,508
		5.2 km	1,787

橋梁中心線に沿って、地質調査班は支持層の確認とその強度特性、井筒に作用する水平反力係数の把握ならびに各地層の連続性の調査に主眼をおいて調査した。その調査位置と調査結果の要約は、Fig. S-3に示す通りである。

河川調査班においては、1974年の洪水の資料を追加して検討を加え、新しく河川に関する諸数値を求めた。その結果の主なものは、Guide bankの標準断面図と共に、Fig. S-4に示す通りである。

Jamuna河橋梁は、前述の調査に基づき、上部工は175mの等スパンの3径間平行弦連続ワーレントラス、鉄道、道路併用橋、下部工は、外径13mの円形井筒基礎と決定した。橋面の高さは、航路限界と上部工の構造寸法を考慮して鉄道施工基面は $EL = +30.0m$ とした。なお、航路限界は、Guide bankの間は、すべて確保する必要があるため橋梁の縦断勾配は水平とした。鉄道と道路の配置は、それぞれの接続の計画と鉄道を洪水から保護する目的で、鉄道は下流側、道路は上流側とした。

鉄道と道路の平面線形については、まず鉄道は橋軸線に沿って直線であるが、道路は、右岸は橋梁から既存の堤防に至るまでは鉄道と平行する。それを過ぎてからは上流側に大きく曲がる。左岸は締切られたDhaleswari Riverを鉄道と平行して横過するため、鉄道と同じく橋軸線に沿って直進する。

縦断線形については、右岸の鉄道は、橋梁の鉄道施工基面 $EL + 30.3m$ からBlock stationの $1/400$ の縦断勾配を経て $1/300$ で取付部を下り、Hurasagar河を横過する橋梁の鉄道施工基面 $EL = 15.9m$ の高さに取付ける。左岸の鉄道の縦断勾配は右岸と同じであるが、Dhaleswari河は締切堤によって締切られて盛土されるので、内水位より1mのフリーボードをとった高さに取付けた。道路については、右岸は、橋梁の道路計画高、 $EL = +30.58m$ から3%の縦断勾配で、既存の堤防の高さ $EL = +17.1m$ に取付け、 $EL = +17.1m$ の計画高で右岸堤防まで直進し、それから取付部をはなれてRoad linkにすり付くものである。左岸は右岸のような堤防がないので、3%の縦断勾配で、内水位より1mのフリーボードをとった高さに取付けた。

上記の線形関係を図示すると、Fig. S-5に示すものとなる。橋梁の中心から左、右岸へそれぞれ7,500mの位置が橋梁区間とRailway linksの境界である。したがって橋梁区間は15,000mとなる。

Jamuna河の計画流量は、 $96,850 \text{ cu. m/s}$ と決定され、Guide bankの最小純巾は、この計画流量に対して4,200mが求められている。そして橋梁の最も経済的なスパンは175m、必要な橋脚巾は13mと決定した。これにより26基の橋脚が左右のGuide bankの間に必要となる。総橋脚巾の25%を損失巾とみなし、これを総橋脚巾に加え、さらにスパン175mによるGuide bankと橋台の間隔を考慮すると、Guide bankの間隔として4,680mが求まる。以上により、流水有効巾は、4,257.5mとなる。

Fig.S-2 Topographical Map of Bridge Site
and Bridge Axis
(Sirajganj Site)

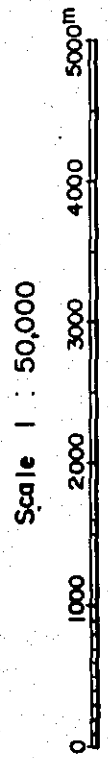
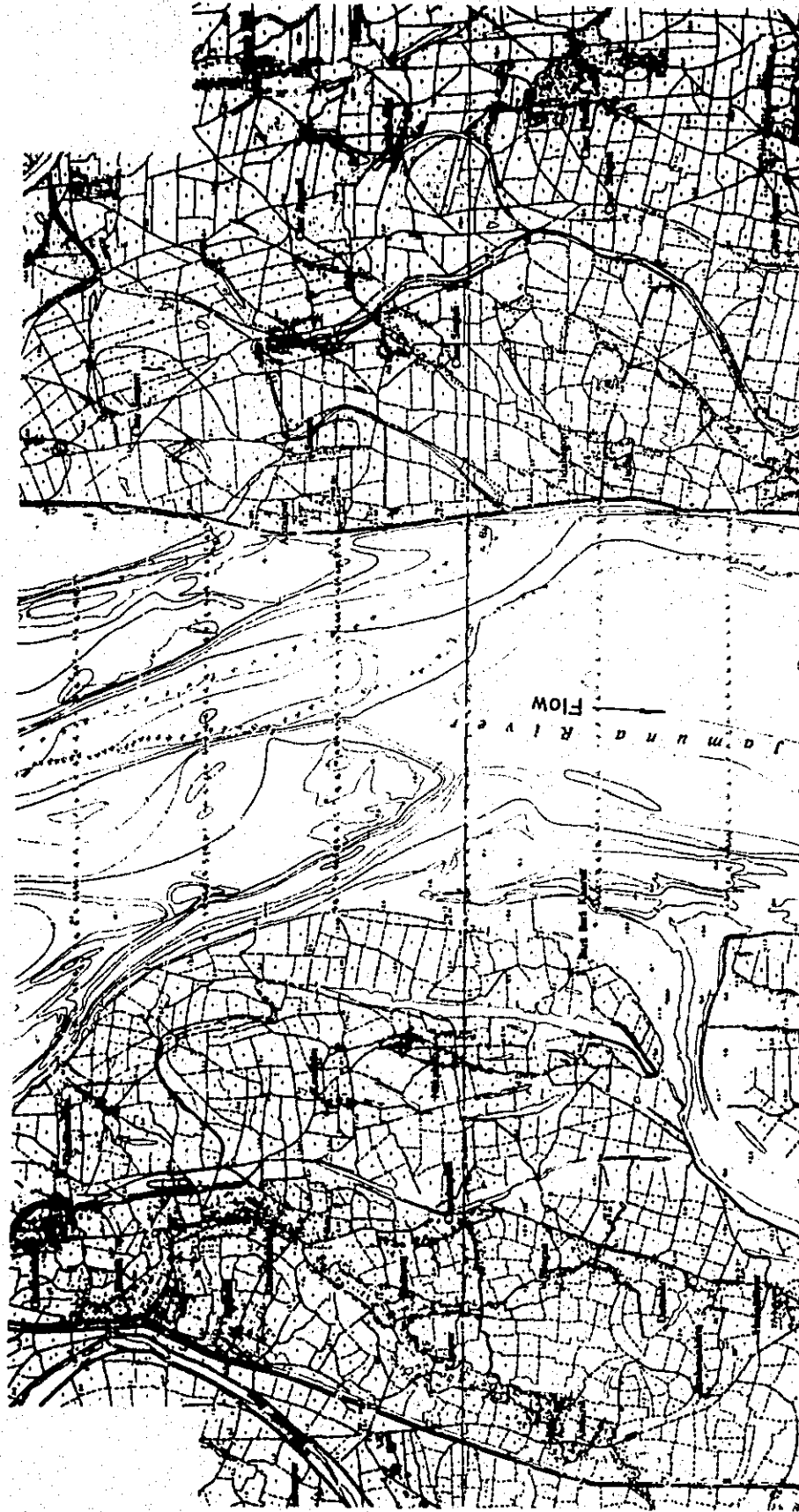
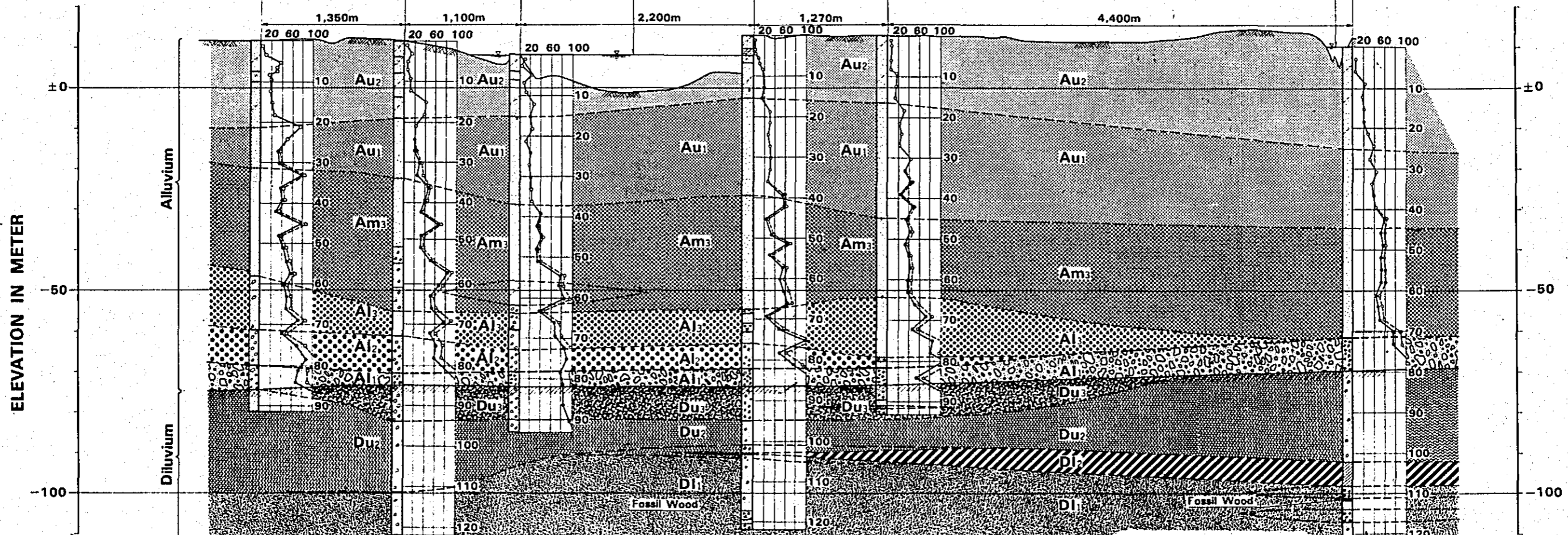
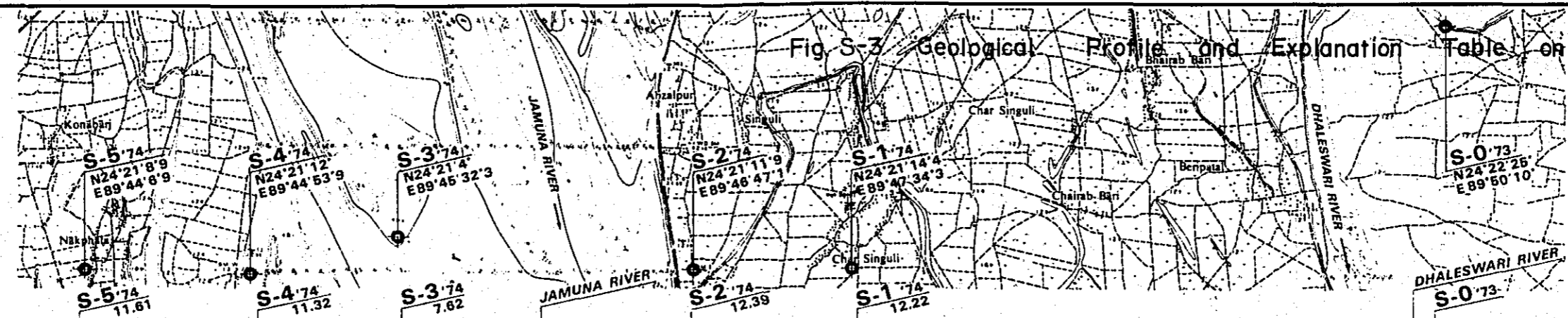
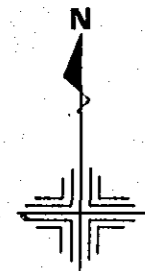
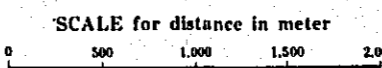
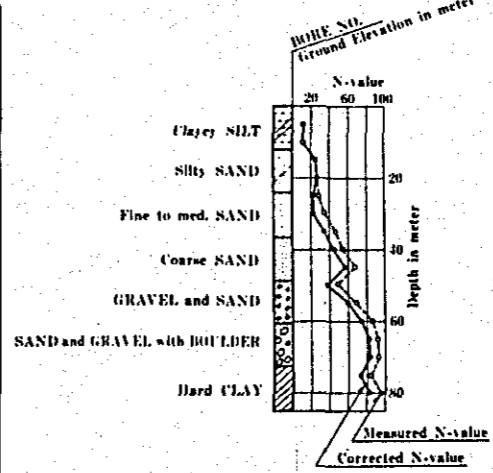


Fig S-3 Geological Profile and Explanation Table on Bridge Site



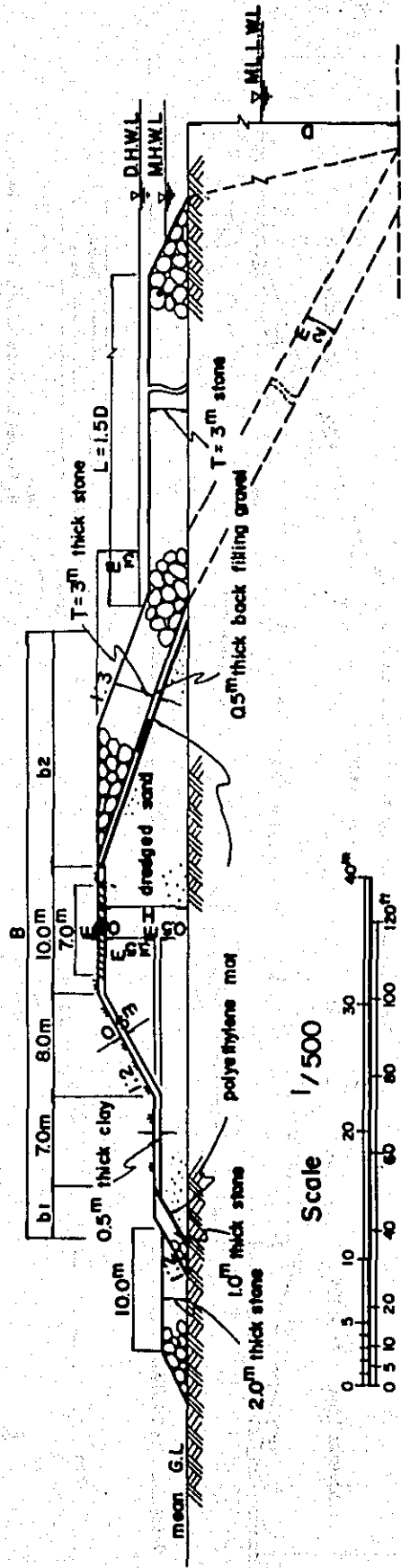
LEGEND for COLUMN

GEOLOGICAL AGE	STRAIT. GRAPHY	STRATA	DESCRIPTION			TYPICAL GRAIN SIZE DISTRIBUTION			UNIFIED SOIL CLASSIFICATION	CORRECTED N-VALUE		DEFORMATION MODULI'S (E-VALUE) (kg/cm ²)			ESTIMATED SOIL MECHANICAL VALUE					
			CHARACTER	COLOR	FACIES	D ₁₀	D ₃₀	D ₆₀		by UTH'S FORMULA	by ISSHI DATA	E ₁	E ₂	E ₃	C	φ	γ _t			
HOLOCENE	YOUNG ALLUVIAL DEPOSITS	UPPER	Au ₂	SILT and FINE SAND	GRAY	Fluvial to deltaic	0.033	0.15	1.3	S-M	8	10	36	28	77	0	0.1	13	32	1.8-1.9
		UPPER	Au ₁	Fine to Med. SAND	-do-	-do-	0.06	0.3	3	S-M	30	36	210	101	89	0	31	2.06		
		MIDDLE	Am ₃	Fine to Med. SAND	-do-	Terrace to Fluvial	0.015	0.3	6.7	S-M	38	40	266	112	111	0	36	2.17		
	OLD ALLUVIAL DEPOSITS	LOWER	AL ₃	GRAVEL and coarse SAND	-do-	Basal of Alluvium	0.063	0.55	8.3	S-Mg	78	60	346	168	114	0	40	2.21		
			AL ₂	GRAVEL and coarse SAND	-do-	-do-	0.05	0.7	14	S-Mg	78	60	346	168	114	0	40	2.21		
			AL ₁	SAND and GRAVEL with BOULDERS	-do-	-do-	0.2	3.6	18	C-M	80	<			230	0	40	2.26		
PLEISTOCENE	OLD DILUVIAL DEPOSITS	UPPER	Du ₃	Coarse SAND with small gravels	-do-	Upper of Diluvium	0.043	0.75	17.4	S-Mg						0	40	2.26		
		UPPER	Du ₂	Coarse SAND scattered small gravels	-do-	-do-	0.04	0.35	8.8	S-Mg										
	LOWER	DL ₂	Hard CLAY	greenish GRAY	Lower of Diluvium	0.009	0.07	7.8	M-H											
		LOWER	DL ₁	Gravel and SAND, dense	GRAY	-do-	0.028	0.35	12.5	S-M										



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	
PEOPLE'S REPUBLIC OF BANGLADESH	
JAMUNA RIVER BRIDGE CONSTRUCTION PROJECT	
GEOLOGICAL PROFILE AND EXPLANATION	
TABLE ON BRIDGE SITE.	
DRAWN	DATE 14-Nov-75
APPROVED	DATE 15-Nov-75
NIPPON KOEI CO.LTD	

Fig. S-4 Standard Cross Section of Guide Banks



Design high water level	D H W L	+ 15.25 m
Mean river bed	M R B	+ 3.57 m
Lowest low river bed	L L R B	- 24.5 m
Mean lowest low water level	M L L W L	+ 6.22 m

Fig. S-5 Diagrammatic Sketch of Jamuna Bridge

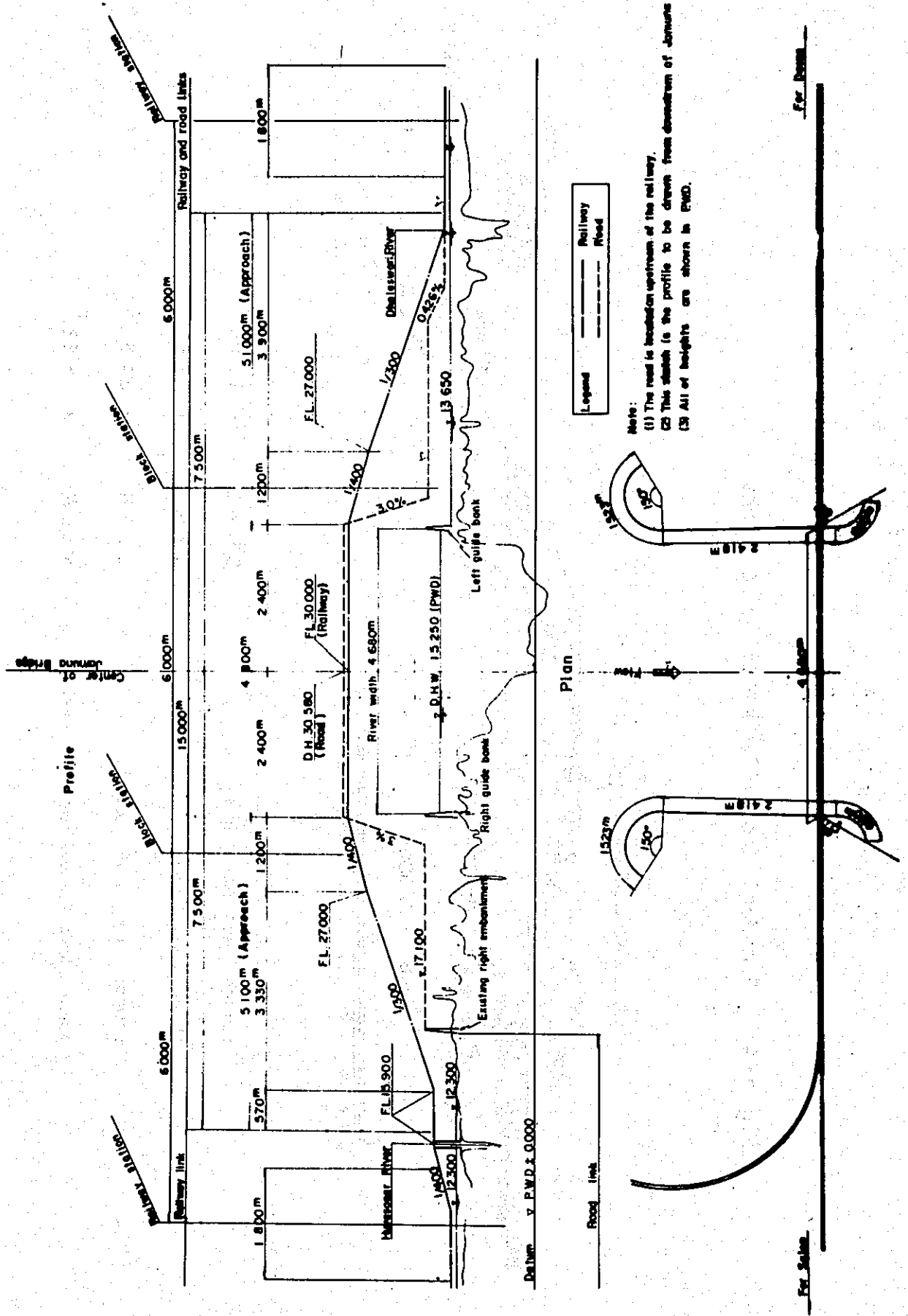
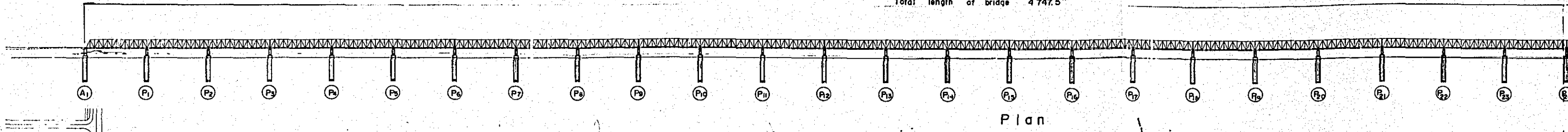


Fig.S-6 General View of Jamuna Bridge

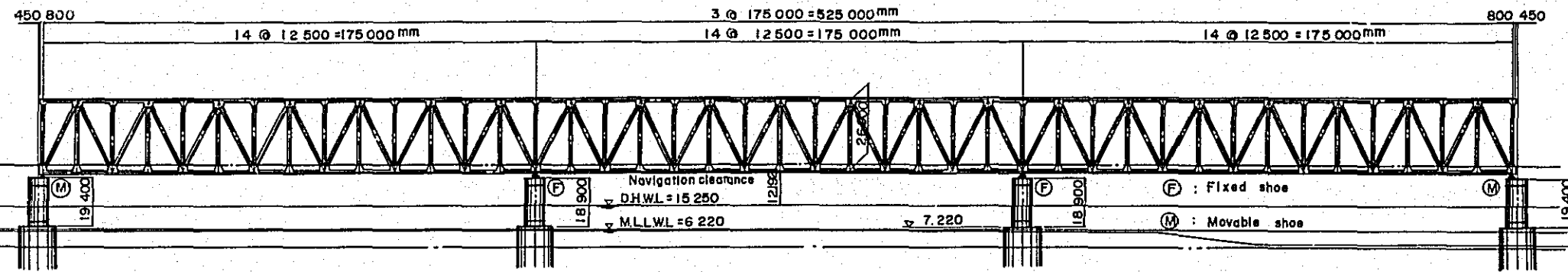
Profile

Total length of bridge 4 747.5 m

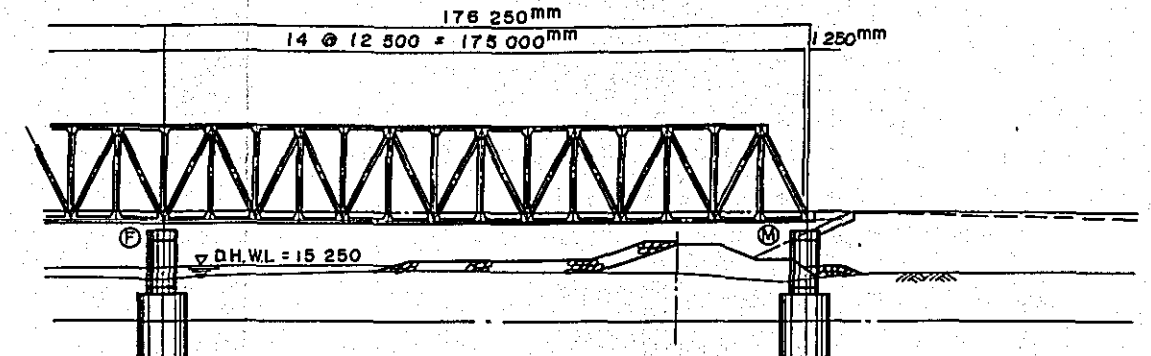
100.00
0.00
M
DL=00.00



One Set of 3-Span Continuous Truss



End Span



Cross Section of Superstructure

Front Elevation of Piers

Side Elevation of Piers

Steel-made-caisson

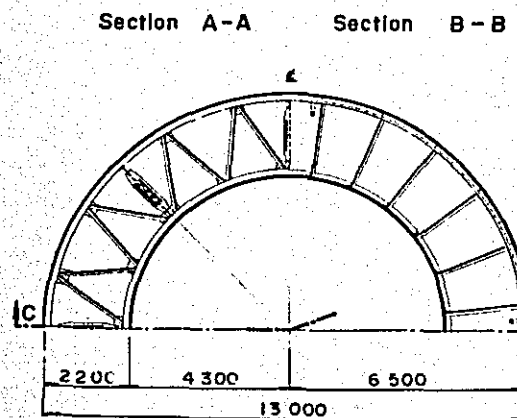
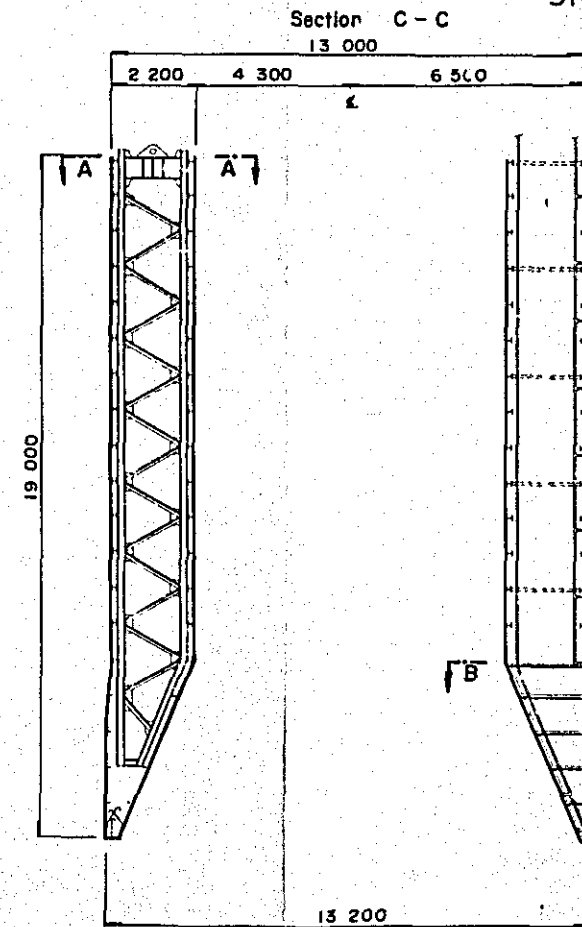
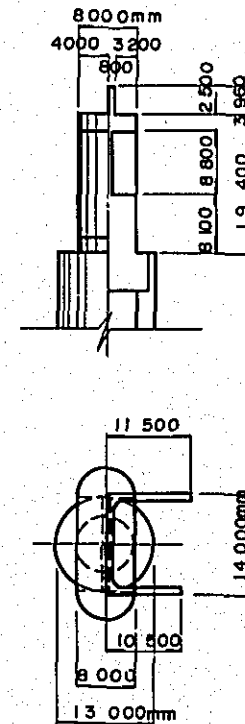
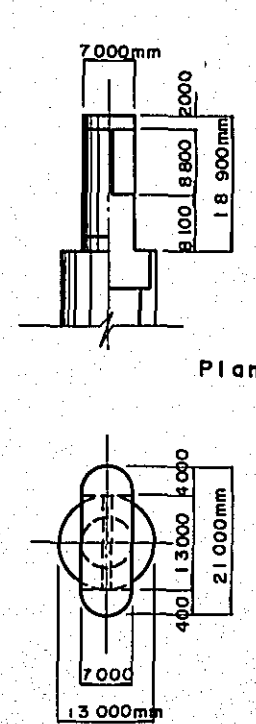
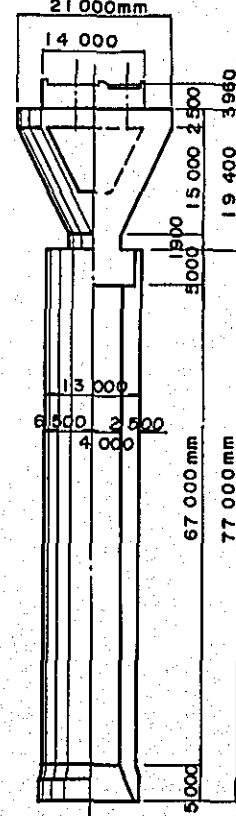
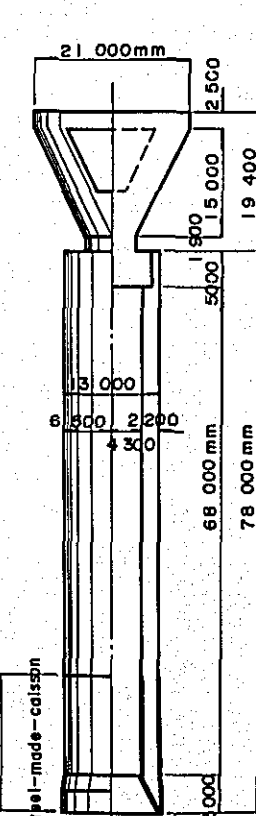
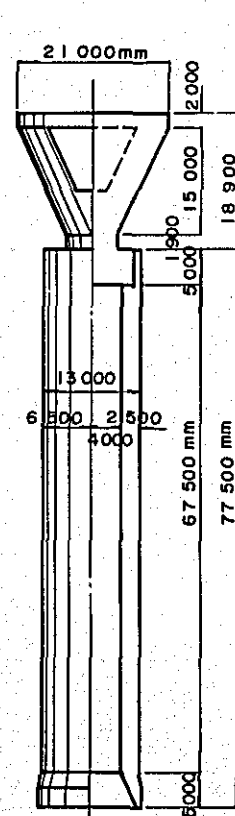
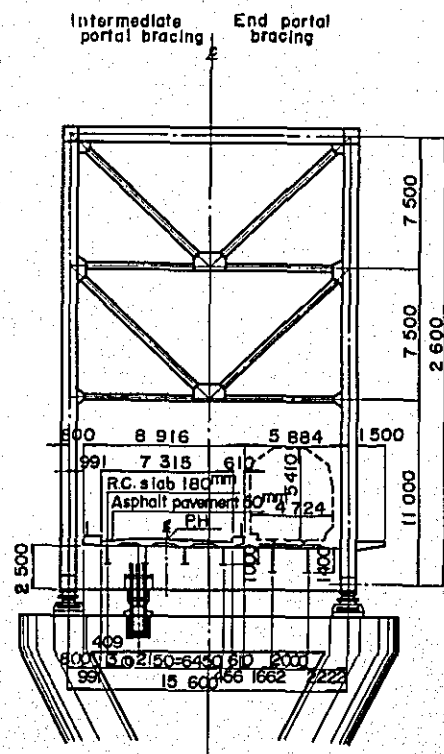
Pier on land

Pier in stream

End pier

Pier

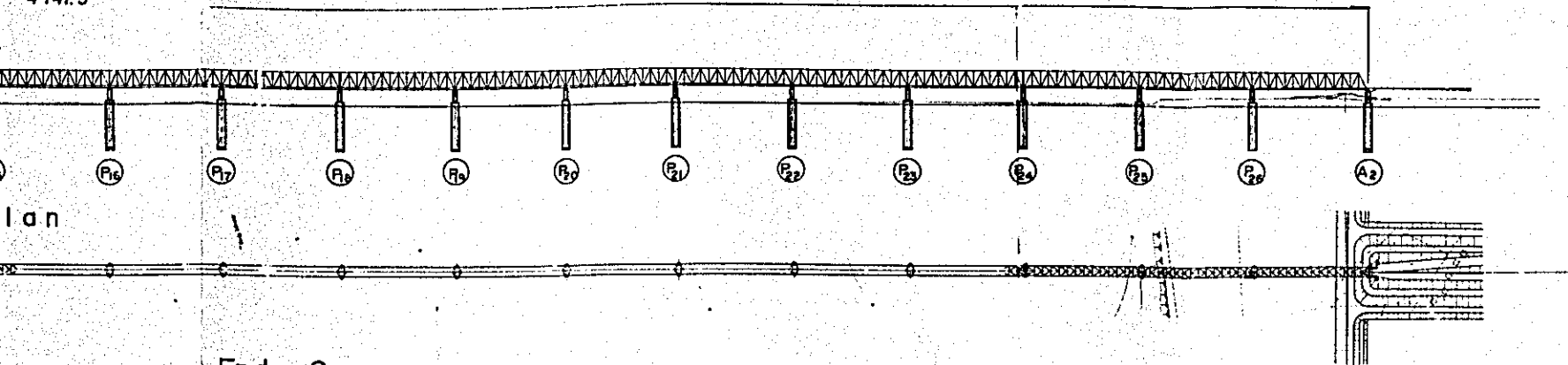
End pier



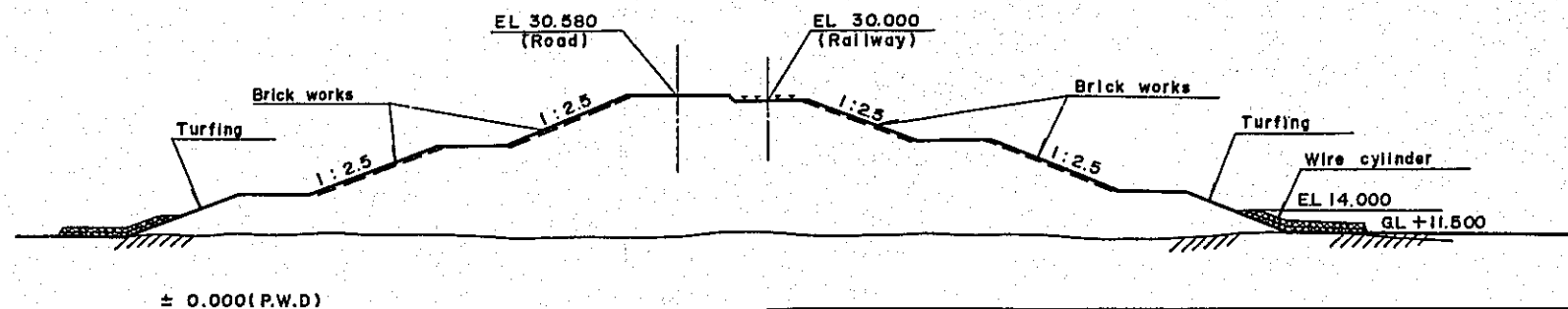
General View of Jamuna Bridge

file

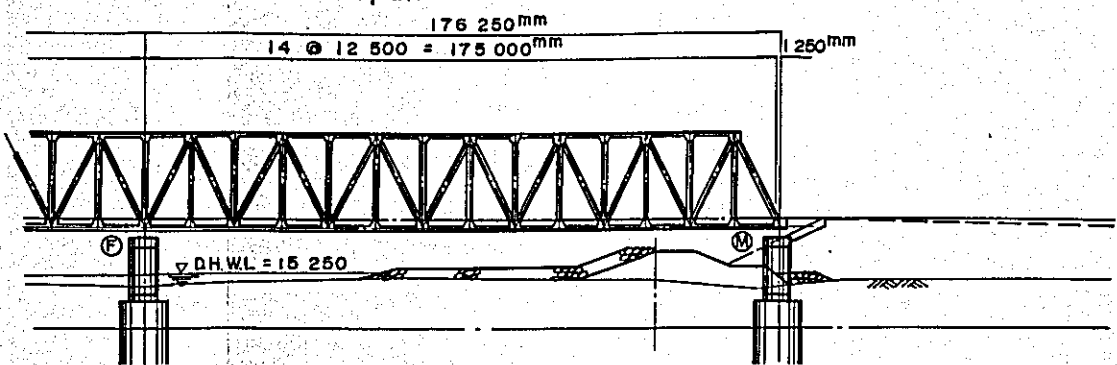
4 747.5 m



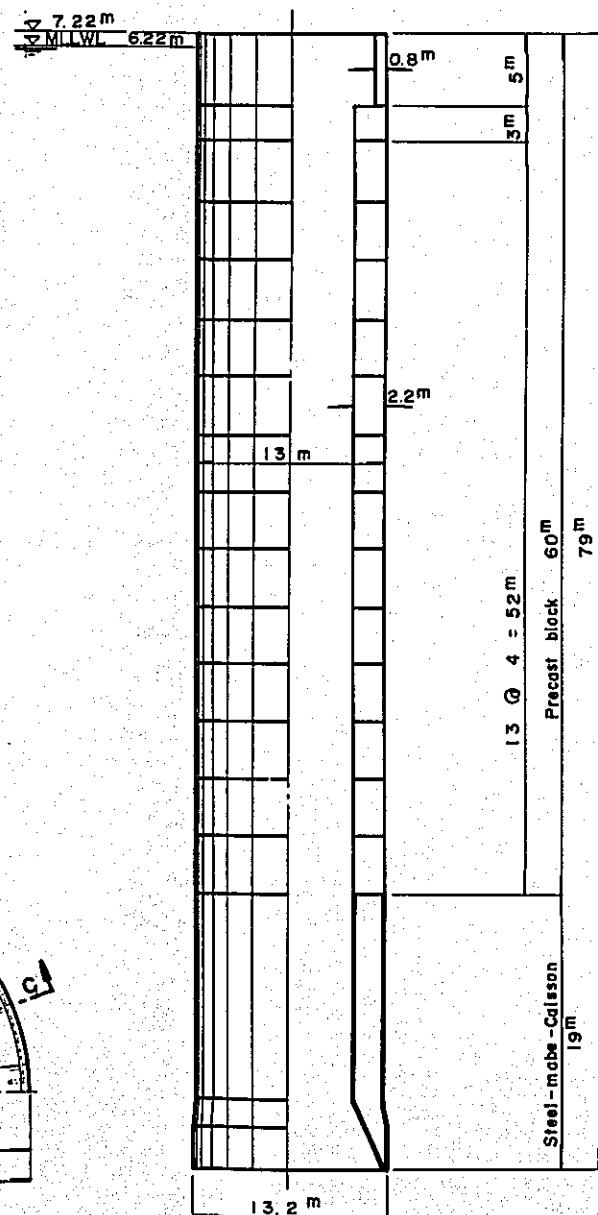
Typical Cross Section of Bridge Approach



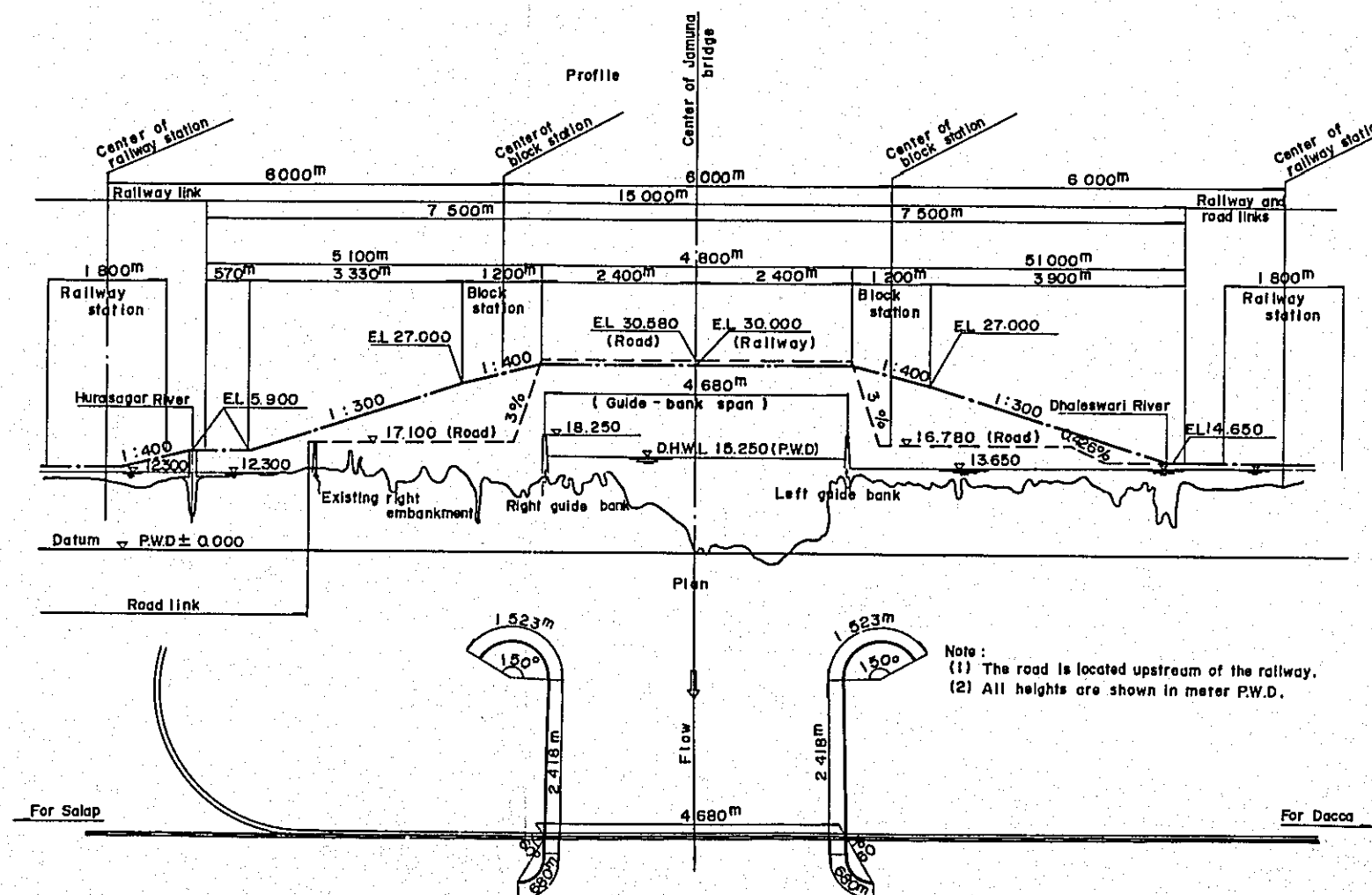
End Span



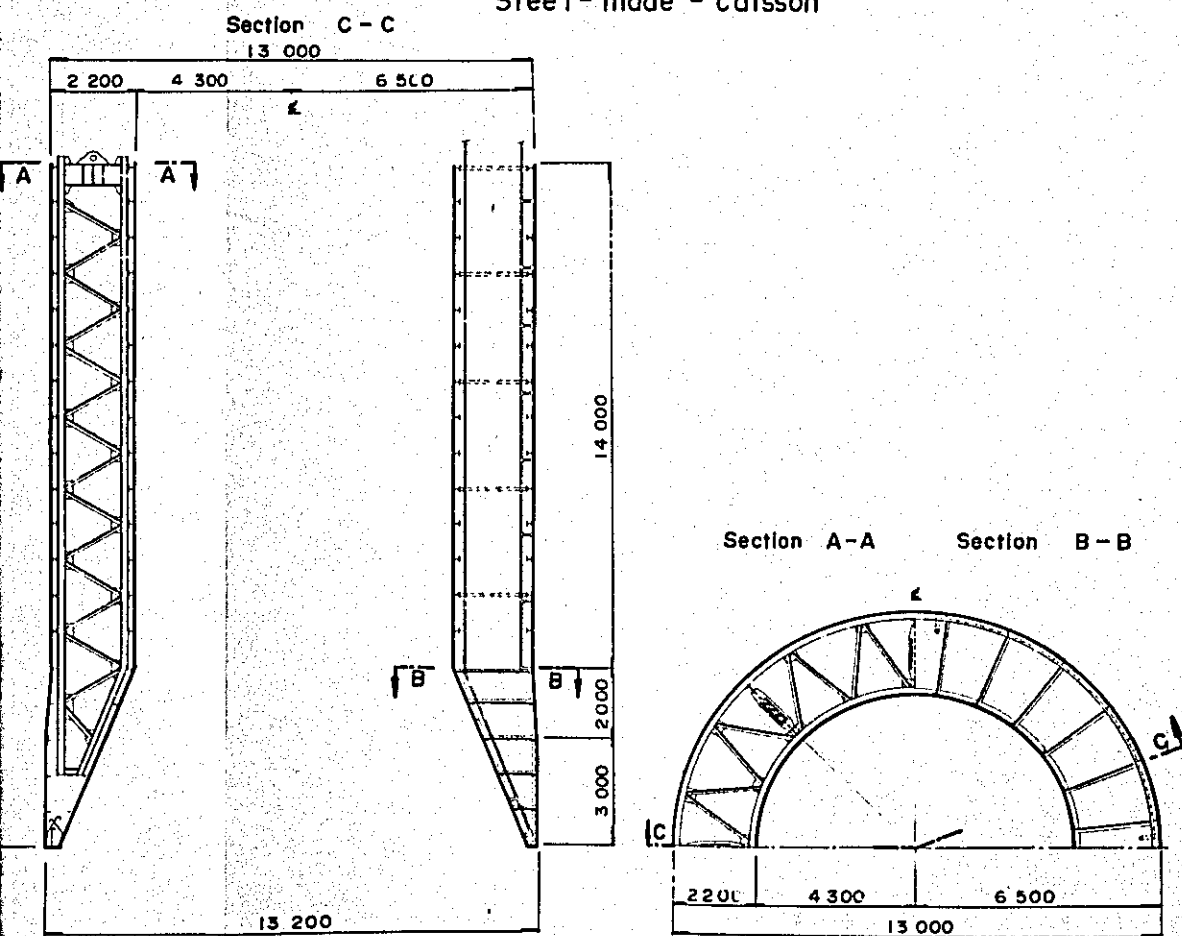
Composition of Rods of Well in Stream



Sketch of Jamuna Bridge



Steel-made caisson



Note:
(1) The road is located upstream of the railway.
(2) All heights are shown in meter P.W.D.

ので、Guide bankの最小純巾4,200mを上廻わる。

橋長は、Guide bankスパン4,680mにより、4,745.5m(バラベット前面間距離)となるので、スパン175mの3径間連続トラスが9連配置される。したがって下部工の基数は28基である。これらを総合すると、Jamuna橋の一般図はFig. S-6に示す通りである。

上部工の構造は、主構の高さ26m、上流側の主構と下流側の主構の間隔は15.6m、ワーレントラスとしての格間長はスパン175mを7等分割して25.0mとした。また床組の断面構成の必要上と、床組の変形による2次応力の減少をはかるため、および橋体の剛性を高めるために、長さ25mの格間に副垂直材を設けて、床組の支間を12.5mとした。上部工の部材の最大部材重量は約22t、最大部材長さ12.5m、最大部材断面形状110cm×80cmである。なお、支承については橋脚の安定をはかるため、3径間連続トラスの支承沓はすべて可動沓とし、中間2支点到ダンパーを設置して、上部工による橋軸方向地震時水平力を分散支持させる方法をとった。

下部工の構造のうち、まず橋脚躯体については、橋脚上の支承の間隔が15.6mあり、支承の設置のために、橋脚頂面の長さは21.0mになる。橋脚躯体の下端は、外径13mの井筒と結合することと、応力上の要求から、直径7.0mの円形断面となる。したがって橋脚躯体の形状は逆三角形となる。

次に、井筒基礎については、前述したように長さが最長79mあるため、井筒の外径寸法は、施工、構造および安定性を考慮し、橋脚下端の断面形状、井筒の掘削、沈下時における偏心、および支持地盤の耐荷力に対する安全側の配慮から、井筒の外径は13.0mとした。次に井筒の壁厚は、応力上から決定されると共に、掘削沈下に要する重量を確保することからも決まる。この場合、井筒基礎を自沈に近い状態で沈下させるために、陸上部施工の井筒の壁厚は2.5m、流水部施工の井筒の壁厚は2.2mとした。

下部工の建造は、乾期に施工できるように計画された。低水路の施工では、水中で築島することが無理なこと、建造時期が限られていることから、井筒の底部は、鋼製ケーソンが採用された。鋼製ケーソンの長さは、施工中の最大洗掘を考慮して19mと決めた。また、同様の理由により、井筒躯体は、コンクリートブロックヤードで造られた円環状のプレキャストコンクリートブロック(高さ4.0m、壁厚2.2m、外径13.0m、重量750t)をフローティングクレーン船で吊込み、プレストレスを導入して逐次積上げて建造する計画を立てた。井筒の天端高さは、前述したように、流水圧および他震時慣性力をできるだけ減らすために、或る可く低く造られる。基礎と橋脚躯体の施工を考慮して、井筒の天端高さは、MLLWL+6.22mより1m高い+7.22mとした。

井筒基礎の周りの局部洗掘は、第Ⅱ巻“河川コントロール”で既に検討した通り、非常に深い所まで到達する可能性がある。この深さは、常時は別に問題はないが、井筒の

根入れは砂利層に止めねばならないので、地震時には、基礎の安定に重要な影響をもっている。したがって Guide bank を設けた後“みを”筋の河床高 EL = -24.5m を設計河床高とし、橋脚の周辺が設計河床高より洗掘されないように捨石によって防護することが必要条件である。

橋梁取付部の最高の高さは、垂直航路限界と上部構造の寸法に基づいて、EL + 30.0 m PWD に決定した。取付部は、数 km にわたって盛土で形成されるので、その勾配は、機関車その他の能力を考慮して、1 / 300 に緩和される。一方、河川の両側では、Sira-rajganj で河川を渡る鉄道交通量に適するように、Block station (列車の行違い施設) を 6 km の間隔に設けねばならない。Block station に対しては、最急勾配を 1 / 400 とした。したがって、取付部の長さは、河川の両側に対して、それぞれ約 5.1 km となった。

盛土が非常に高いので、その安定を確保するため、盛土高さ 7m 毎に巾 10m の小段が作られた。盛土法面の勾配は、盛土の高さの他、列車と車による荷重を考慮して、2割5分に決められた。この勾配は、詳細な解析からも十分安全であることが確認された。盛土材料の機械的性質は、地質調査班の実験によって得られたもので、それを下記に示す。

Dry density	1.6 t / m ³
Moisture content	26 %
Cohesion of soils	1.5 t / m ²
Angle of internal friction	17.5°
Bulk density	2.0 t / m ³

左岸の取付部は、Dhaleswari 河を横切らなければならない。したがって Dhaleswari 河を、締切堤によって締切った。締切堤は盛土の必要巾をとって、橋梁取付部の中心線の上下流を高さ 9m (PWD) まで石堤により締切り、その間を土砂により高さ 12m まで埋立て、この上に盛土が構築される。

上部構造、下部構造および橋梁取付部の数量は、Table S - 2, 3, 4 に示す通りである。下部構造は、陸上部と流水部に区分した。なお、橋梁と取付部の鉄道延長は 15 km あるが、この区間の軌道材料は、Table S - 5 に示した。

工事における稼働率については、下部工工事においては、流水部も陸上部も施工可能期間の稼働率は 0.85 であり、上部工工事における施工可能期間の稼働率は 0.90 である。また取付部のそれは 0.87 である。

仮設備は、共通仮設備と直接仮設備とに分れる。共通仮設備は、Volume VII Overall Construction Plan and Economic Analysis に、他の建設工事の共通仮設備と合せて取扱われる。

Table S-2 Total Materials Used for Superstructure

Unit : Ton

Items	Main bridge work										Sub total
	Main truss	Floor system		Lateral bracing			Sway bracing	Sub total	Sway bracing	Sub total	
		Stringer	Cross beam	Sub total	Upper	Lower					
SM 53 & SM 50Y	18,144	3,024	3,024	3,024	1,377	2,025	3,402	4,536	21,168	35,901	
SS 41 & SM 41	20,439	6,354	1,170	7,524	1,377	2,025	3,402	4,536	35,901	35,901	
Cast steel											
H.T. Weight	918	270	126	396	18	54	72	90	1,476	1,476	
bolt Number	1050210	456660	206910	663570	36270	86670	122940	151380	1988100	1988100	
Total	39,501	6,624	4,230	10,944	1,395	2,079	3,474	4,626	58,545	58,545	

Items	Incidental bridge work				Total		
	Expansion joint	Drainage	Hand rail	Bridge side-walk		Shoe	Sub total
SM 53 & SM 50Y						21,168	
SS 41 & SM 41			711	945	99	1,755	
Cast steel	117	45			801	963	
H.T. Weight						1,476	
bolt Number						1,988,100	
Total	117	45	711	945	900	2,718	

Slab work	
Concrete	11 169m ³
Form area	44 433m ²
Reinforcing bar	2 682t
Asphalt pavement	34 668m ¹
Painting area	
Shop	1,075,356m ²
Field	1,075,356m ²

Table S-3 List of Materials for Substructure

Items		On land	In stream	Total
Total length of wells	m	1,081.5	1,095.0	2,176.5
Excavation				
General	cu.m	63,300	---	63,300
Well	"	144,300	138,800	283,100
Total	"	207,600	138,800	346,400
Concrete				
Pier	cu.m	17,750	17,010	34,760
Top slab	"	---	10,500	10,500
Well	"	90,530	---	90,530
Total	"	108,280	27,510	135,790
In water	"	---	14,700	14,700
Precast	"	---	58,760	58,760
Prepacked	"	6,020	6,300	12,320
Form area	sq.m	86,050	84,760	170,810
Reinforcement				
D32 - D29	ton	3,188	680	3,868
D25 - D16	"	1,783	1,375	3,158
D13	"	16	182	198
Total	"	4,987	2,237	7,224
Structural steel	ton	560	2,100	2,660
Prestressing bar	"	---	2,408	2,408
Coffering wall				
Concrete	cu.m	---	1,400	1,400
Form area	sq.m	---	5,880	5,880
Reinforcement	ton	---	70	70

Table S-4 Materials Used for Bridge Approaches

Description	Unit	Right bank	Left bank	Total
Volume of earth	cu.m	2,894,200	3,367,500	6,261,700
Slope protection works				
Slope dressing	sq.m	329,730	334,950	664,680
Sodding	"	150,730	124,050	274,780
Brick work	"	130,910	134,710	265,620
Wire cylinder (Filled with bricks)	"	50,310	58,450	108,760
Drainage works				
Side ditch 200x200	m	21,500	28,800	50,300
" 250x250	"	5,600	5,700	11,300
Conduit ϕ 350	"	2,600	3,600	6,200
Inlet 500x500x700	nos.	450	580	1,030
Pavement works				
Subbase coarse t=450 mm	sq.m	22,920	37,450	60,370
Surface coarse t= 50 mm	"	22,920	37,450	60,370
Asphalt mixture	t	4,370	7,140	11,510
Stone	cu.m	---	65,000	65,000

Table S-5 Material List of Permanent Way of Railroad

Description	Unit	Quantity	Remarks
Length of permanent way	m	15,000	
Length of permanent way on bridge	"	4,747.5	
Length of permanent way on embankment	"	10,252.5	
Length of siding	"	1,900	
Rail (90 lbs./yd.)	ton	1,537	
Guard rail (90 lbs./yd.)	"	424	Second-hand rail
Fish plate	pcs.	6,760	
"	"	1,899	Second-hand fish plate
Bolt and washer	"	17,318	
Sleeper (wooden)	"	25,378	9' x 5" x 10"
Tie plate	"	46,234	
Rail-spike	"	236,411	
Hook bolt	"	18,040	
Anticreeper	"	2,051	
Guard timber	m	9,495	0.1 x 0.1 x 1.0
Scaffold board	"	4,748	0.03 x 0.4 x 1.0
Ballast	cu.m	19,064	
Switch and crossing #16	set	2	
" #12	"	2	
" # 8	"	2	
Various marks	ls.	1	

of the substructure works throughout the stream area and the land area, was estimated as 0.85 during the term of execution, the superstructure works 0.90 and 0.87 in the bridge approach works, respectively.

The temporary equipment and facilities are divided into preparatory works and temporary works. The preparatory works are handled collectively together with other works in VOLUME VIII OVERALL CONSTRUCTION PLAN AND ECONOMIC ANALYSIS. The temporary works includes facilities which are directly related to the bridge construction works such as a stock yard, a paint shop, a concrete plant, a barge mounted concrete plant, a prepacked concrete plant, an asphalt plant, temporary roads, a power generation system for construction use, a precast concrete block fabrication, an assembling yard of steel caissons, well execution frames and well points etc. The plant capacities for the above structures and

橋梁工事の直接仮設備は、Storage yard 鉄構工場、塗装工場、コンクリートプラント、コンクリートプラント船、プレバックドコンクリートプラント、アスファルトプラント、仮設道路、工事用動力、プレキャストコンクリートブロック製造、鋼製ケーン組立て、ウエル支持枠組立て、および、ウエルポイントなどがある。主な設備プラントの容量は、コンクリートプラントは $80\text{m}^3/\text{hr}$ 、コンクリートプラント船は、 $70\text{m}^3/\text{hr}$ 、プレバックドコンクリートプラントは $20\text{m}^3/\text{hr}$ 、アスファルトプラントは $45\text{t}/\text{hr}$ である。

橋梁工事の主な内容は、井筒工、橋脚躯体工、上部工架設工、床版工および取付盛土工である。

下部工の施工は、陸上部施工と流水部施工に分かれ、陸上部施工は14基、流水部施工も14基である。流水部のウエル沈設のフロチャート、陸上部ウエル沈設のフロチャートはFig. S-7.8にそれぞれ示す通りである。ウエル内部の掘削は、リバースサーキュレーションの機能を備えた直径2.0mのボーリングマシン2台を同時に用いて行なう。ウエルの沈下を促進させるためには、エアージェット工法によりウエル周面摩擦を軽減する。流水部のウエル壁体はプレキャストコンクリートブロックを積上げて構築するが、陸上部ウエルの壁体はスライディング工法によって構築する。ウエルの底盤はプレバックドコンクリート工法で施工し、ウエルの頂版は厚さが5mあるので2層に分けてコンクリートプラント船によってコンクリートの打設を行なう。橋脚躯体工は、大型の型枠を用い $60\text{m}^3/\text{hr}$ の機能をもつポンプ車が装備されているコンクリートプラント船を用いて行なう。コンクリートプラント船へは1,000t級の補給船で骨材、セメント、水を随時補給する。

28基の下部工は、5年で完成させるように計画した。年間の最大構築基数は6基である。そのうち陸上部は3基で、流水部は3基である。流水部と陸上部の下部工1基当りの工事工程表はFig. S-9に示した。工事は河岸から始め順次河の中央部に移行する。

次に、上部工の架設は、陸上部はステーキング工法とし、流水部はフラットバージ工法とした。何れも乾期に工事が行なわれる。ステーキングは、上部工反力が大きいため、2パネルおきに設置し、その基礎は杭基礎とする。架設には最初に下弦材、床組、下横構を行ない、この作業を完了した後に鉛直材、斜材、上弦材、上横構および対傾構の順に行なう。キャンパーの調整は下弦材架設時と上弦材架設時の2回行なう。部材の接合は高力ボルトを用いる。ステーキング工法による架設は15径間である。

フラットバージ工法は、 $P_{13} \sim P_{21}$ 間の12径間(12ブロック)に用いる。先づ、岸壁を有する建設基地において1ブロックづつ立体組立てを行なう。それを、12,000tのフラットバージに塔載し、6隻のタッグボートによって現場に曳航する。そして、あ

Fig. S-7 Flow Chart of Well-Sinking Works in Stream

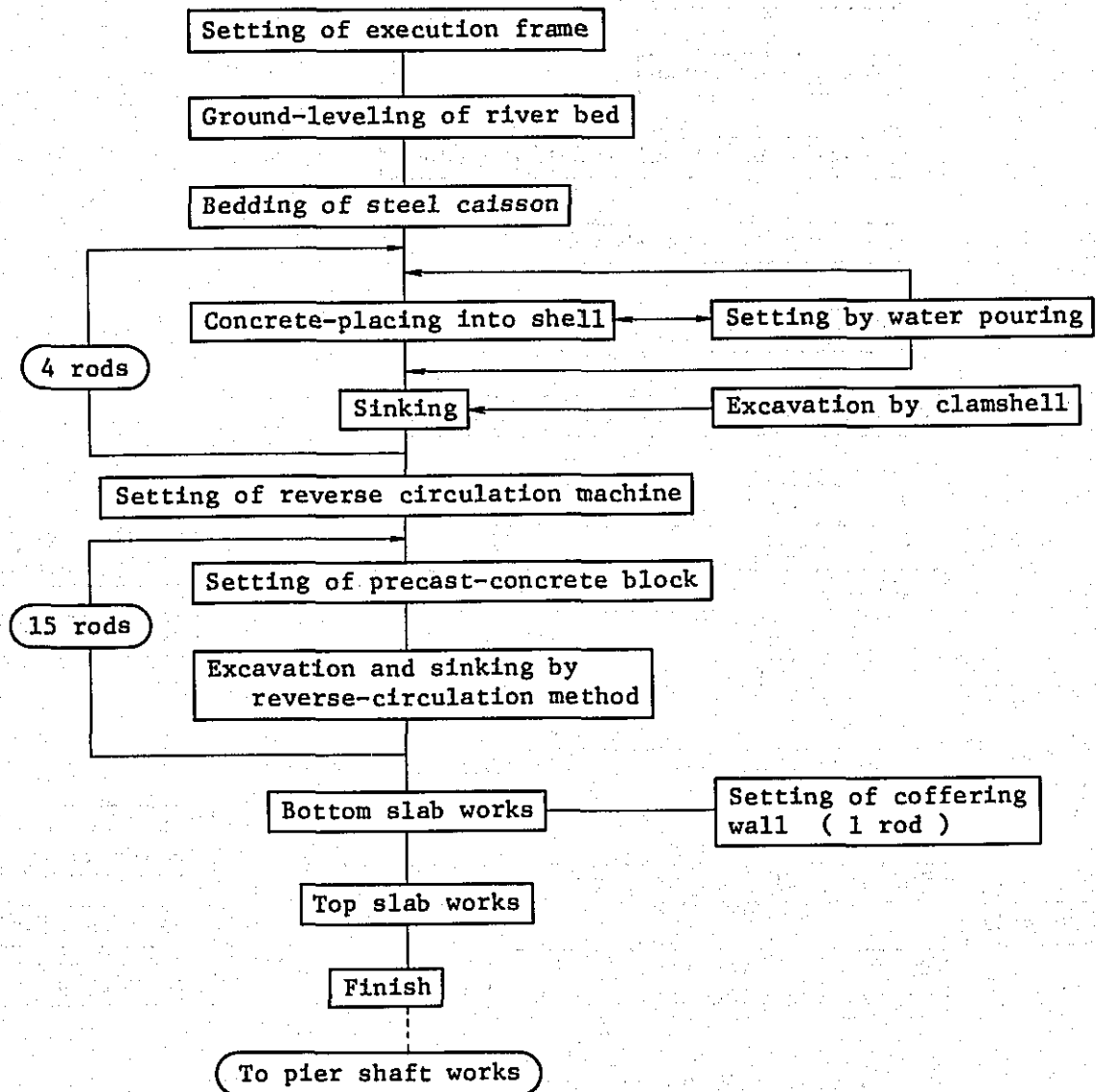


Fig. S-8 Flow Chart of Well-Sinking Works on Land

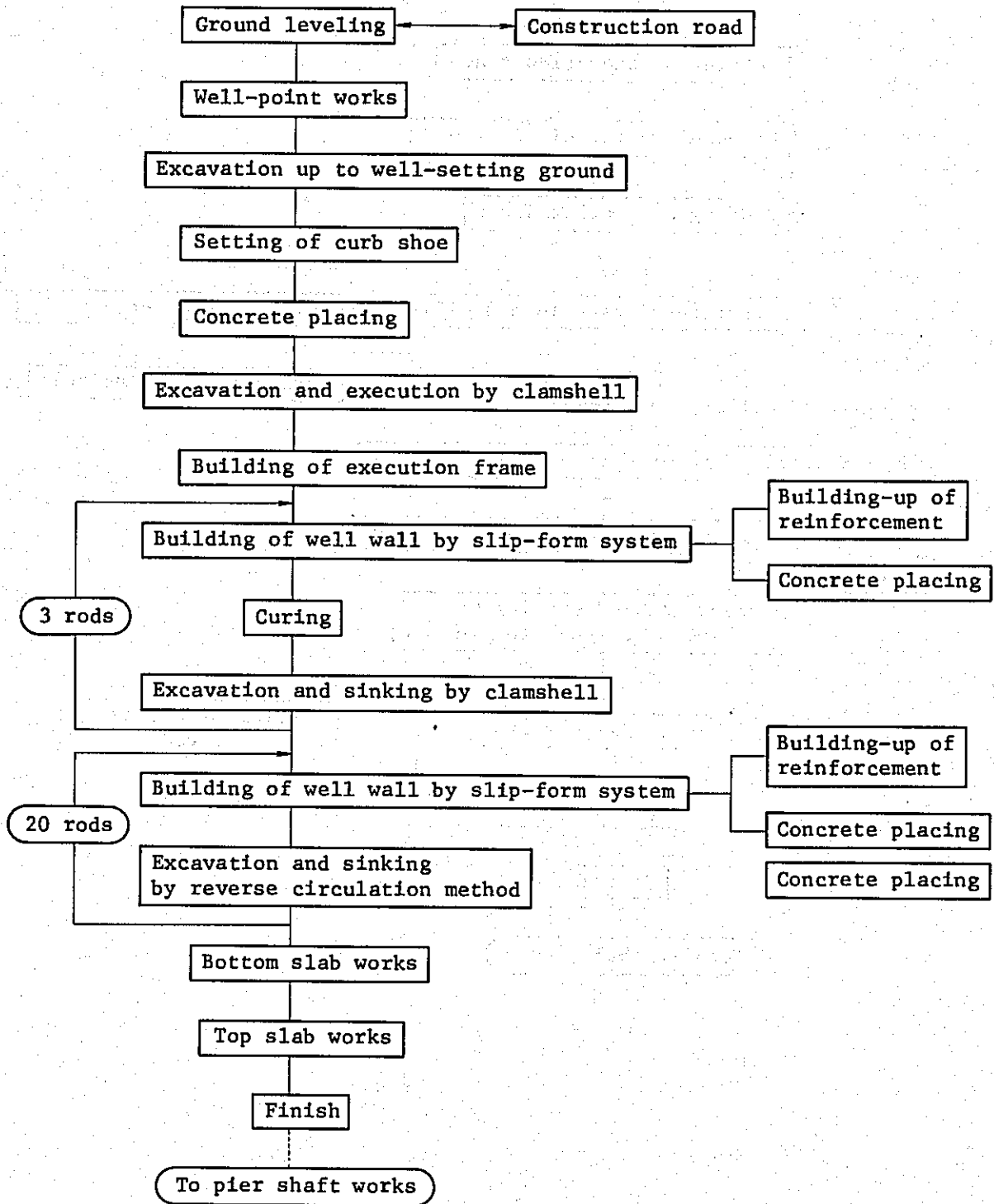
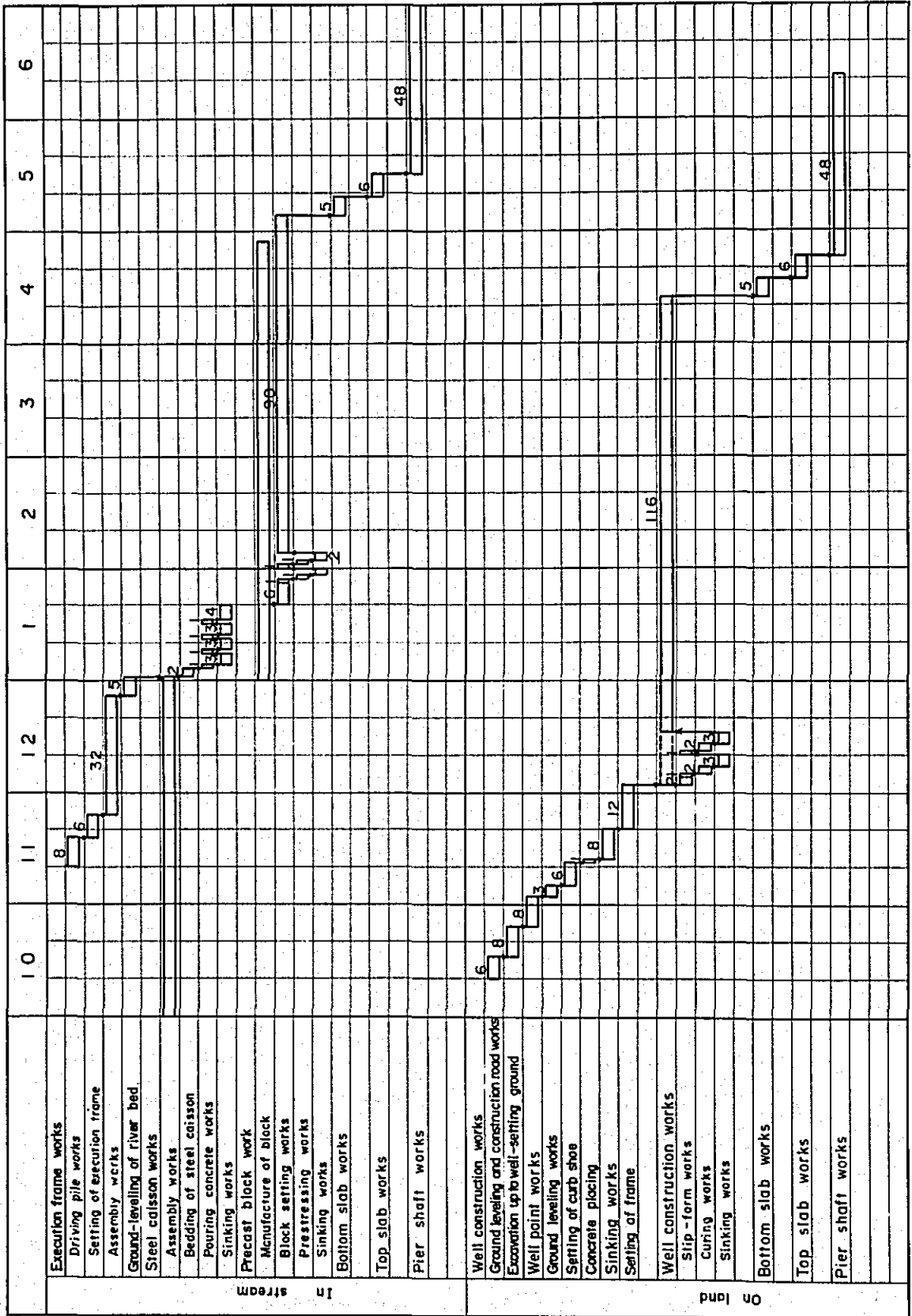


Fig. S-9 Time Schedule of Pier Works (One Pier)



あらかじめ設置されたアンカーに係留索をとり、平面的位置の調整を、フラットバージ上のウインチおよびタッグポートによって行なう。橋脚上に上架するには、4支点の油圧ジャッキとフラットバージ内への注水、排水によって高さを調節しつつ、ブロックの一括架設を行なう。

27 径間の上部工は、下部工の施工から1年遅れて架設を開始し、5年で架設を完了するように計画した。年間の最大架設径間数は、6径間である。そのうち陸上部は3径間、流水部は3径間である。上部工の工事工程表はFig. S-10に示した。

床版工事においては、流水部に位置する上部工の床版コンクリートの運搬は、コンクリートプラント船をその位置にセットして、1日当り500 m³のコンクリートを打設できるように設備し、コンクリートをその場所からポンプで圧送する。

取付盛土工において、左右岸の盛土量は約8900×10³m³もあるため、4800×10³m³を4000PSの浚渫船で吹上げて盛土材料に使用する。残りの約4100×10³m³は取付盛土の下流側から地山を掘削、運搬して盛土材料とする。盛土は、最初の段階で取付盛土の全長にわたって高さ約3.5mを施工する。その標高はEL=+14.0mである。

取付盛土工事は右岸から開始し、建設機械を大量に使用する盛土のみの工事を2年で完了し、左岸に移行する。法面工、排水工、路盤工などは盛土工の2年の工期の他にあと1年を加え計3年を計画した。取付部の盛土の舗装は、橋面舗装と連続して行なう。

取付盛土の法面防護については、盛土の両側の法先にはレンガ蛇籠を施工して流水や波浪に抵抗させ、法面は、盛土の上流側を通る道路（2車線の車道）の路面の高さまで張芝とするが、それから上方部分は、レンガの一層積で保護した。

予定工程および想定した各工種の進行予定と、各工種の所要材料表から、それぞれの施工時期に必要な諸材料を種類別に求め、これらを総括して工事中の所要諸材料を年次別に示す材料計画表を作成した。（第Ⅶ章 Table 7-7,8 参照）

各作業に必要な労務者の所要人員の計画は、作業条件、機械の入手条件を考慮して、各作業に最も適した施工法および使用機械のセットの選定から作業能力を把握して作成した。（第Ⅶ章 Table 7-9 参照）

次に、機械計画の作成に当っては、工程計画によって定められた各作業の作業工程および各作業の総作業量から各作業の進行予定を想定した。そして、作業計画によって推進した各作業の使用機械1セットの作業能力から、作業期間中の所要セット数を決定した。これらを総括して工事に必要な建設機械および設備類の年次別使用計画表を作成した。（第Ⅶ章 Table 7-19 参照）

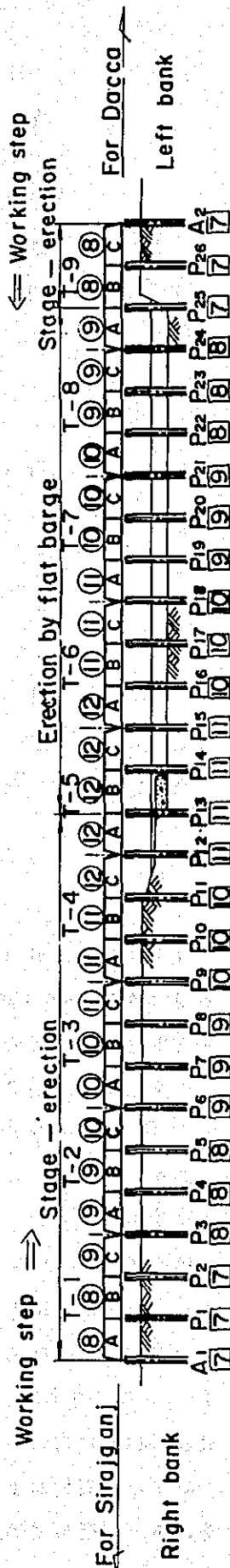
なお、材料および建設機械、設備類の輸送計画は、第Ⅶ巻で検討される。

直接仮設工事および本工事に用いる主要材料の総数量をまとめると、下記に示す通りである。

Fig. S-10 Time Schedule of Erection for Superstructure

Year	6th.	7th	8th.	9th.	10th	11th.	12th.	13th
Works	A O D F A J	A O D F A J	A O D F A J	A O D F A J	A O D F A J	A O D F A J	A O D F A J	A O D F A J
Preparation		Preparation of construction equipment	Construction of yard	Assembly of flat barge				Removing of erection frame at yard
Erection of T - 1		C/C A B spans (6.5) (12)	C/C A B spans (6.5) (11)	C/C A B spans (6.5) (10)	C/C A B spans (6.5) (12)	C/C A B spans (6.5) (11)	C/C A B spans (6.5) (12)	C/C A B spans (6.5) (11)
Erection of T - 2								
Erection of T - 3								
Erection of T - 4								
Erection of T - 5								
Erection of T - 6								
Erection of T - 7								
Erection of T - 8								
Erection of T - 9								

- Notes:
- Number in circle shows erection year of superstructure, and number in a square shows execution year of substructure.
 - Stage erection shall be executed in the dry season.
 - In the case of erection by flat barge, truss shall be erected at yard during dry season and erected truss shall be set up on piers in dry season.
 - Number in bracket shows necessary months for erection.
 - Dry season is about six months from early in November to mid-May and rainy season is from late in May to late in October.



- Legend:
- C/C : Stage erection by crawler crane
 - S/E : Stage erection at yard.
 - S : Removing of scaffold.
 - J : Continued to the erection scaffolding by flat barge

名 称	単 位	数 量
セメント	t	85,000
砂	m ³	192,000
砂 利	"	200,000
鉄 筋	t	12,300
鋼 材	"	106,000
P. C 鋼材	"	1,100
レンガ	個	3,950 × 10 ⁴
レンガ 碎	m ³	158,000
石 材	"	281,500
碎 石	"	8,100
重 油	Kℓ	24,100
軽 油	"	55,800
ガソリン	"	2,300
油脂類	"	4,500
ペンキ	t	1,700

次に、労務者の総員数をまとめると下記に示す通りである。

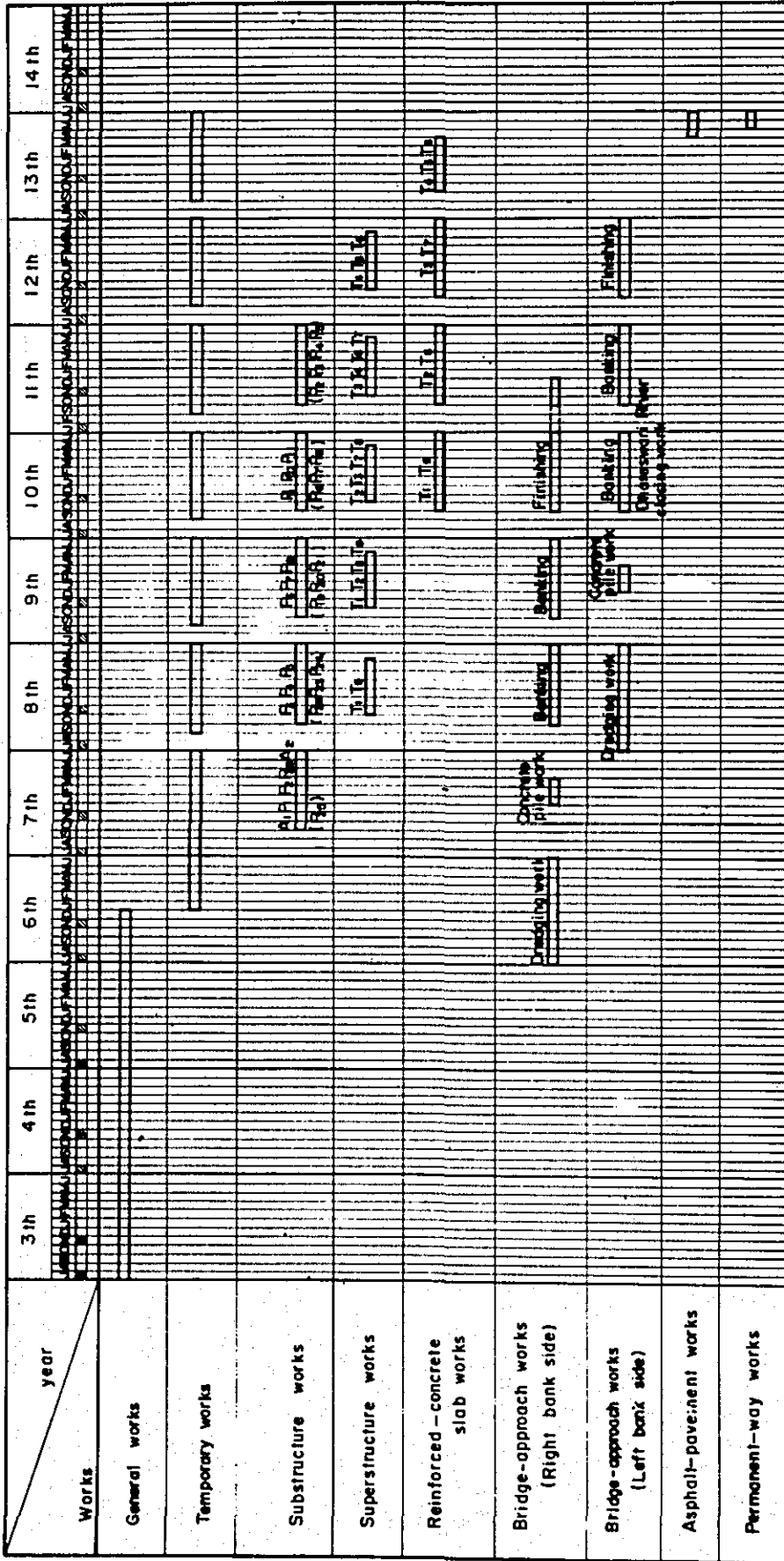
名 称	外 人	国 内 人
熟 練 工	840,000 人日	1,140,000 人日
非 熟 練 工		1,170,000 人日

コンクリート用の粗骨材は、ボラガンジ産を使用する。ボラガンジにおける骨材の生産量は約57,800 m³/年である。この工事で使用する量は約47,000 m³/年なので一応粗骨材は確保できる。

橋梁工事は、橋梁部と取付部を合せたものを指すことは前述したが、共通仮設工事に始まり、直接仮設工事、上、下部工事、床版工事、取付部工事、舗装工事および軌道工事の相互関係を十分に考慮して、全体工事工程表を作成した。Fig S-11は、橋梁工事工程表である。

橋梁工事に従事する作業員の賃金、および建設機械や材料の単価は、国内で調達するもの、外国から輸入するものそれぞれについて、1975年7月にJICAによって組織された価格調査班の調査結果を基にして決めた。したがって、この報告書の工費は1975年7月の単価を用いて積算したものである。また、Projectのために輸入する建設機械や材料については輸入税および物品税を課さないものと仮定した。輸入材料については、石材および油脂類はC.I.F価格とし、その他の材料はFOB価格で積算し、そのあと一括して輸送計画をたて、その費用を加えて工費を積算した。

Fig. S-11 Construction Schedule of Bridge



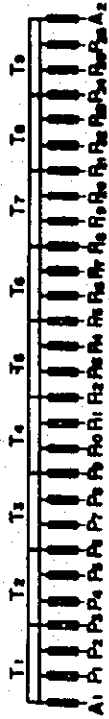
Legend



J June
J July
A August
S September
O October

Flood season

Tempel side (Left bank)



Sirojganj side (Right bank)

積算に用いた通貨のレートは1ドル=13TKとした。

橋梁の建設費は、Table S-6に示す通りである。取付部の工事費にはDharies-wari河を締切るための締切堤の費用も含まれている。ただし、共通仮設費は含まれていない。

橋梁および取付部の維持費としては、橋脚の局部洗掘深さ、取付盛土の変状、および上部工の変状に対する調査費と、橋脚の局部洗掘に対処する河床防護費用、上部工の塗替え費用、取付盛土の維持補修費および事務所経費が考えられる。このための事務所組織費用は、河川施設に対する維持管理とを合せて考える必要がある。したがって、維持費については第Ⅷ巻 Overall Construction Plan and Economic Analysisで取扱われる。

Table S-6. Total Costs of Bridge Construction

Description	Foreign currency (Dollars)	Domestic currency (Taka)	Total (Taka)
Substructure works	107,609,000	156,990,000	1,555,910,000
Superstructure works	194,557,000	104,760,000	2,634,000,000
Bridge approach works	19,834,000	56,490,000	314,330,000
Permanent way works	1,447,000	17,160,000	35,970,000
Land acquisition	---	12,410,000	12,410,000
Total	323,447,000	347,810,000	4,552,620,000

ジャムナ河架橋計画調査報告書

目 次

ジャムナ河架橋計画調査報告書	i
ジャムナ河架橋計画調査組織	ii
バングラデシュ国地図	iii
略号と単位	iv
要 約	xi
目 次	xxxxiv

第 I 章	序 論	1
1	調査の目的	1
2	調査の進展状況	1
3	橋梁調査班の主要人員	2
4	謝 辞	2
第 II 章	基本計画	3
1	現地調査	3
2	架橋候補地点	3
3	交通方式による橋種の選定	6
4	橋梁巾員	6
5	橋梁計画作業範囲	7
6	橋種の選定	7
6.1	ジャムナ河に架かる主橋梁	7
6.2	接 続 部	11
第 III 章	予備設計	14
1	設計条件と基準	14
1.1	ガイドバンクと河川諸元	14
1.2	橋脚周辺の局部洗掘	14
1.3	地 質	14
1.4	上部構造	21

1.5	下部構造	22
1.6	航路限界	22
2	材料の性質	22
2.1	構造用鋼材	22
2.2	構造用鋼材の許容応力度	22
2.3	コンクリートおよび鉄筋の許容応力度	22
2.4	プレストレストコンクリートの許容応力度	22
3	予備設計	22
3.1	概 要	22
3.2	上部構造	24
3.3	下部構造	25
3.4	取付部盛土	33
3.5	橋脚周辺の防護	38
4	橋梁工事	39
4.1	架橋候補地点の自然条件	39
4.2	工 事 量	43
4.3	工 期	48
4.4	施 工	53
4.5	建設工事の問題点	53
5	工 事 費	54
5.1	工事費積算基準	54
5.2	概算工費	55
6	最適構造型式と支間の選定	56
6.1	基礎工型式の決定	56
6.2	最適支間の選定および総工費	56
7	架橋候補地点の順位	60
8	接続部の橋梁	60
9	素渡り案の検討	70
9.1	素渡り案	70
9.2	全流水巾および橋長の決定	70
9.3	予備設計時における工事費	75
9.4	最適支間決定後の工事費	76

第Ⅳ章	架橋最適地点の選定	78
第Ⅴ章	シラジガンジサイトの架橋計画	79
1	最適支間の決定	79
1.1	予備設計の要約	79
1.2	合意事項	79
1.3	支間200mの予備設計	80
1.4	最適支間の決定	80
2	設計条件と設計基準	83
2.1	架橋計画地点の地形平面図	83
2.2	地質条件	83
2.3	河川条件	89
2.4	橋梁条件	89
2.5	線形条件	89
2.6	径間割りの決定	91
2.7	幾何的および構造的設計条件	93
第Ⅵ章	設 計	101
1	構造物の区分	101
2	上部構造	101
2.1	概 要	101
2.2	設計条件	103
2.3	一般寸法	103
2.4	主構の構造形式の選定	103
2.5	主構高の決定	107
2.6	床組の構造形式	107
2.7	横荷重の安定と構造形式	110
2.8	地震時橋軸方向荷重の分散構造	110
2.9	部材の断面形状と断面構成	111
2.10	部材継手の構造と設計	111
2.11	架設応力	111
2.12	構造計算	117
2.13	支 承	123
2.14	た わ み	123

3	下部構造	124
3.1	概 要	124
3.2	設計条件	124
3.3	一般寸法	127
3.4	下部工に作用する荷重	127
3.5	基礎地盤	129
3.6	構造寸法の選定	135
3.7	ウエル基礎の安定計算	139
3.8	構造計算	140
4	取付部盛土	144
5	設計数量	145
第Ⅶ章	工事計画	167
1	工事概要	167
2	施工法の選定	168
2.1	施工法の選定条件	168
2.2	施工法の選定	169
3	稼働日数	174
3.1	流 速	174
3.2	施工時の諸条件	174
3.3	下部工工事の稼働日数	176
3.4	上部工工事の稼働日数	177
3.5	取付部盛土工	177
3.6	雨期の作業不能日	177
4	仮設備計画	177
4.1	概 要	177
4.2	直接仮設備計画	182
4.3	共通仮設備計画	187
5	橋梁本工事	195
5.1	概 要	195
5.2	下 部 工	196
5.3	上 部 工	201
5.4	床 版 工	218
5.5	取付部盛土工	224

6	材料，労務，および機械計画	227
7	全体工程表	232
第Ⅷ章	工事費	252
1	建設費	252
2	維持費	253
APPENDIX	1 昭和48年度現地踏査日程表	(1)
APPENDIX	2 CONTENTS OF ACCUMULATED DATA	(2)
APPENDIX	3～5 MINUTES	(5)～(11)
APPENDIX	6 計画交通量と交通容量	(12)
APPENDIX	7 図 面	(14)
	1. シヤムナ河橋梁一般図	
	2. 右岸取付部一般図	
	3. 左岸取付部一般図	
	4. 上部構造寸法図	
	5. 主構骨組および部材断面構成図（鉄道側）	
	6. " " (道路側)	
	7. 中間支点付近主構詳細図	
	8. 端支点付近主構詳細図	
	9. 対傾構造図	
	10. 上横構造図	
	11. 下横構造図	
	12. 床桁・ストッパー構造図	
	13. 縦桁構造図	
	14. 支承構造図	
	15. 橋台橋脚軀体およびウエル構造図	
	16. 橋脚軀体およびウエル構造図	
	17. 取付部横断詳細図	
	18. 流水部ウエル施工順序図	

第 I 章 序 論

1. 調査の目的

この調査の目的は、第 1 に Jamuna 河の 4 ケ所の架橋候補地すなわち上流から下流に向って Bahadurabad 地区、Gabargaon 地区、Sirajganj 地区および Nagarbari 地区の橋梁について技術的見地と経済的見地から適地としての順序を付けることであり、それには橋梁の上部構造および下部構造の形式と支間の最適案の検討、および取付部の計画を行なうことである。第 2 には選定された架橋候補地に対する橋梁および取付部の設計と工事計画および工事費の概算を行なうことである。

この報告書は、1973 年夏 Bangladesh 人民共和国へ日本の海外協力事業団から提出した Inception Report にしたがって、1973 年夏から 1976 年 3 月までの間に橋梁調査班が行った調査結果を述べるものである。

2. 調査の進展状況

1972 年 12 月に海外協力事業団が派遣した Jamuna 河架橋計画に対する予備調査班は、架橋の候補地として、次の 4 ケ所の候補地、すなわち上流から下流に向って Bahadurabad の下流、Gabargaon 近辺、Sirajganj の下流約 10 Km および Aricha の上流約 20 Km の地点を提案した。

Jamuna 河踏査と Jamuna 架橋計画についての設計および施工に関する基本条件の調査に必要な資料を収集するため、手塚薫、桜井武雄、田中俊雄、若林良彦および上出忠雄の 5 名は 1974 年 1 月 7 日から同月 27 日まで Bangladesh へ派遣された。

橋梁調査班は Bangladesh と 本で収集した資料および他の調査班が収集した各種の資料を用い、日本において架橋に関する基本計画を樹立し、設計諸条件と基準により予備設計および工事費の概算について、幅員構成、支間および上下部構造形式の各組合せに対して行なうと共に、取付部、および接続鉄道、接続道路の橋梁について検討を加えた。

報告書案の完成の段階で 1974 年 8 月 31 日から 9 月 13 日まで東京会議が開かれ、橋梁架設の最適地の選定および各調査班の分担分野毎に若干の問題を討議した。この討議は更に続けて 1974 年 10 月 28 日から 11 月 6 日まで開かれた Dacca 会議で行なわれた。この会議で Sirajganj 地区が最適地として選定された。

Dacca 滞在中の 1974 年 11 月 29 日から 12 月 14 日の間に Interim Report が交通大臣に提出され、Sirajganj 地区における橋梁中心線を 1974 年 12 月に日本の測量班で新たに撮った航測資料に基づいて決定した。

この航測に引続き河川の全巾に亘る横断水準測量を含む新しい地形測量が Sirajga-

nj 地区で、1974～75年に亘る乾期に上記の測量班で行なわれた。更に接続鉄道、接続道路の橋梁区間についても測量が行なわれた。また、橋梁中心線に沿って地質調査が地質調査班によって同時期に行なわれた。これらの調査結果と架橋に対応する River control 計画、Dhaleswari 河の処理計画に基づいて、橋梁の計画と取付道路の計画を完成するための検討が行なわれた。

3. 橋梁調査班の主要人員

橋梁の計画と取付部の計画などの橋梁調査は、1973年1月の現地調査を行なった調査員が中心となって遂行した。

本調査に従事した主な調査員は次の通りである。

チームリーダー	手塚 薫	日本建設コンサルタント㈱
	桜井 武雄	日本技術開発㈱
	田中 俊雄	日本建設コンサルタント㈱
	若林 良彦	㈱日本構造橋梁研究所
	上出 忠雄	日本建設コンサルタント㈱

4. 謝 辞

調査班は Bangladesh 人民共和国政府関係機関が示された協力に対して最高の感謝の意を表す。特に Counterpart team のスタッフには深甚の謝意を表す。また、Dacca の日本大使館に対し、その御協力と激励に対し深く感謝するものである。

第Ⅱ章 基本計画

現在ジャムナ河には橋がないので、フェリーが河を渡る唯一の手段である。フェリーは橋に比べ河を渡る手段としては遙かに遅い。ジャムナ河のような不安定な河は、どんな状態になるか判らないので、フェリーによる輸送は、その影響を受けて更に遅れたり、時には全く混乱に陥いる不利がある。したがって道路、鉄道開発による迅速な輸送は制限されてしまう。このことから、橋またはトンネルによる渡河手段が考えられるが、トンネルによる方法は、施工が困難で、しかも危険性が高く、橋による横断に比べて工事費が遙かに高いことから、トンネルによる方法は、渡河手段には不適當である。

その他、第Ⅰ巻“要旨および結論”に述べられている理由などにより、この橋梁調査においては、河を横断する手 として、橋による方法についてのみ調査するものである。

1. 現地調査

橋梁調査班は、橋梁の計画と設計に必要な各種の調査と資料の収集を行ない、Bangladeshにおいて1974年1月7日から1月27日の間に政府関係当局との間に確認および討議を行なった。これらの資料はすべて検討され、この報告書の基礎となっている。

橋梁調査班の調査期間中の日程と収集した資料内容は、付録-1.2 に示す通りである。鉄道および道路などの標準設計示方書については 日本の調査班と Bangladesh 政府代表部との間で会合を開き、一般項目については両者の間で意見が一致した。その内容は以下に示す通りである。

a 活荷重

鉄道橋の設計に用いる活荷重はFig 2-1に示すインド鉄道橋梁規格の主線荷重で規定される。また道路の活荷重はFig 2-2に示すIRC標準車輛A種の規定による。

b 軌間

鉄道の設計軌間は5'6" (広軌)とする。

c 航路巾

設計に用いる最小航路巾はBIWTAの規定によれば次の通りである。

最小水平距離 250 ft

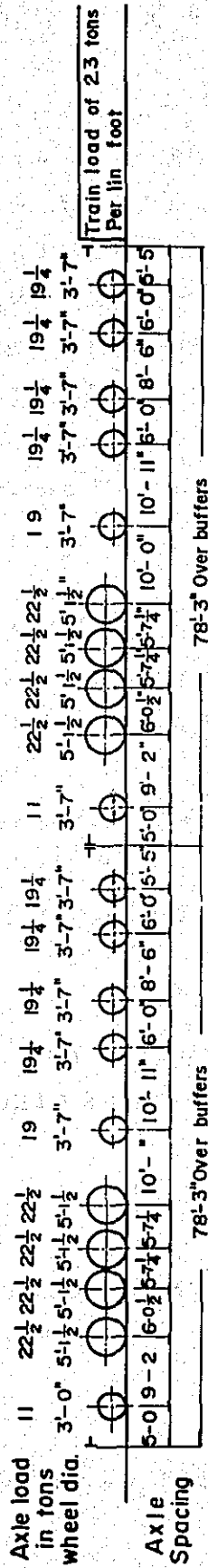
最小鉛直距離 40 ft

2. 架橋候補地点

前述の予備調査班は架橋候補地点としてJamuna河の上流から下流に向って次の4ヶ所を提案した。

第1地点 Bahadrabad

Fig.2-1 BROAD GAUGE STANDARD LOADINGS OF 1926
AXLE LOAD OF 22.5 TONS

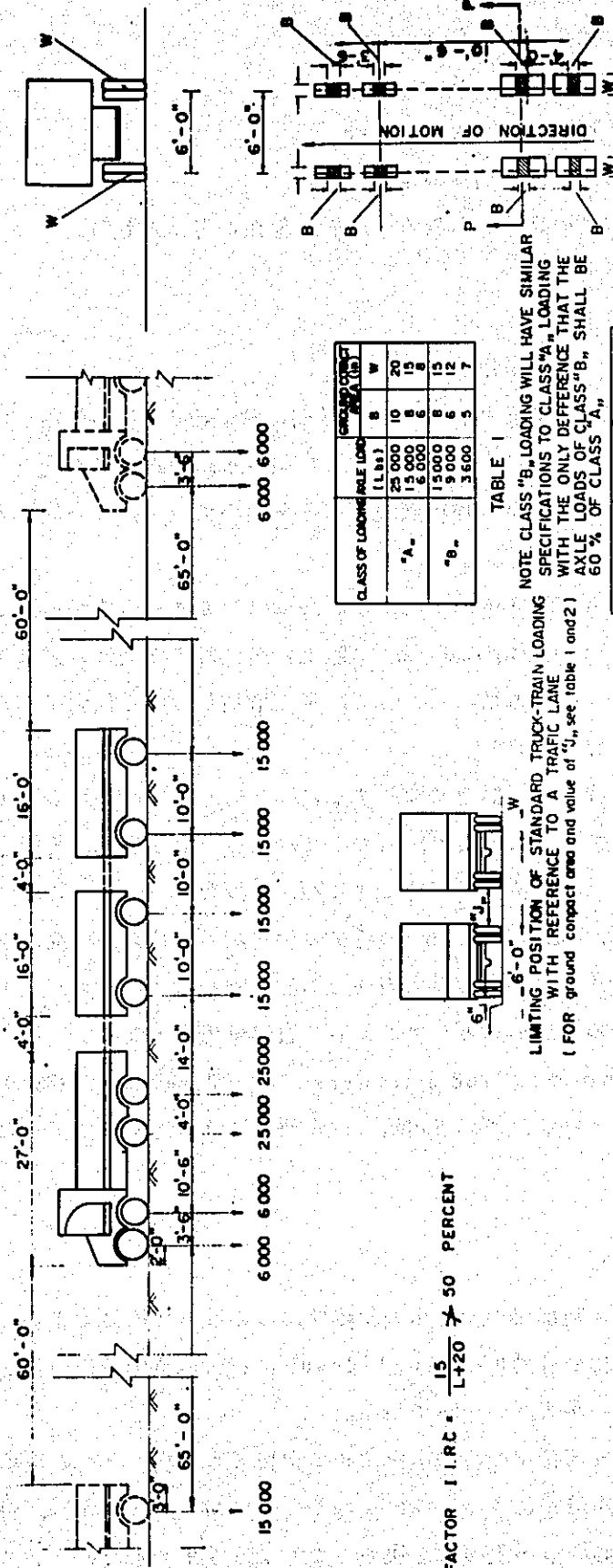


78'-3" Over buffers

78'-3" Over buffers

Fig.2-2 IRC STANDARD VEHICLE

IRC STANDARD VEHICLE CLASS 'A'

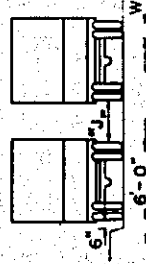


CLASS OF LOADING AXLE LOAD (Lbs)	NUMBER OF AXLES	W	
"A"	25 000	10	20
	15 000	8	15
	6 000	6	8
"B"	15 000	8	15
	9 000	6	12
	3 600	5	7

TABLE 1

NOTE CLASS "B" LOADING WILL HAVE SIMILAR SPECIFICATIONS TO CLASS "A" LOADING WITH THE ONLY DIFFERENCE THAT THE AXLE LOADS OF CLASS "B" SHALL BE 60 % OF CLASS "A"

LIMITING POSITION OF STANDARD TRUCK-TRAIN LOADING WITH REFERENCE TO A TRAFFIC LANE (FOR ground compact area and value of "u", see table 1 and 2)



CLEAR ROAD WIDTH	"u"	"w"
16'-0" or Less	0	0
16'-8" to 16'-0"	Increasing uniformly from 0 to 1'-4" to 16'-0"	
18'-0" to 24'-0"	1'-4" to 4'-0"	
Above 24'-0"	4'-0"	

TABLE 2

LOADING CLASS "A", FOR HIGHWAY BRIDGES

IMPACT FACTOR I.I.R.C. = $\frac{15}{L+20}$ * 50 PERCENT

第2地点 Gabargaon

第3地点 Sirajganj

第4地点 Nagarbari

3. 交通方式による橋種の選定

交通方式の見地からみると次の3種類が考えられる。

- a. 道路単独橋
- b. 鉄道単独橋
- c. 鉄道, 道路併用橋

Bangladesh人民共和国の輸送網は鉄道輸送, 道路輸送, 国内水路輸送および航空輸送から成り, 中でも鉄道輸送および国内水路輸送は最も比重が大きい。特に鉄道はBangladeshでは全国輸送網の大部分を占めていて, 社会的にも最も重要な役割りを果たしているといえる。

したがって, Jamuna河架橋計画に際しては鉄道橋が道路橋より優位を保つことは明白であるが, Bangladeshの陸上輸送に対する最近の調査によると, 道路輸送が, 道路フェリーの能力増加によって次第に増加している傾向がありこの輸送傾向は現在無視できなくなっている。

そのような輸送需要に即応するには2通りの方法がある。1つは鉄道橋と道路橋を別個に架設することであり, 他の1つは鉄道, 道路併用橋を架設することである。前者は後者より大きい便益が期待できるが, 建設費は高額になる。

我々は, Bangladeshの将来の輸送網および経済の発展を考慮して鉄道, 道路併用橋を架設するのが最も良い方法であると判断した。したがって, 最適の架橋地点に選定される橋の予想形式としては鉄道, 道路併用橋となる。

Freeman, Fox and PartnersによるJamuna河架橋の予備調査報告書(第1段階によると, 鉄道, 道路併用橋の想定便益比は, 道路橋の場合の約2倍であろうと報告されている。

4. 橋梁巾員

Jamuna河橋梁の有効巾の決定は, この計画では最も重要な事項の1つである。その理由は, 橋の有効巾はBangladeshの将来の全国輸送のみならず建設総工費にも影響するところから大きいからである。

Jamuna河橋梁の有効巾を決める根拠として次の2つの事項がある。その1つは, 橋の総工費を最小にするように決めることであり, この場合, 将来の交通量の増加を考慮して橋の必要最小限の巾を決めることは言うまでもないことである。他の方法は, 将来その橋を通過する交通量の増加と, Bangladeshの将来の経済発展を考慮して決める

ことであり、この場合、前の場合よりも工事費は高くなるが、将来の発展にとって望ましい事と言える。上述の2つの考え方に基づいて、我々は次の2種類の場合について検討を加えた。

- Case a 鉄道部分；単線・広軌（5' 6"）
道路部分；全巾24 ftの2車線車道
- Case b 鉄道部分；複線・広軌
道路部分；全巾48 ftの4車線車道

Case bの場合は、道路状況が許せば段階施工を取り入れることも可能である。すなわち、最初は必要最小巾で架設しておき橋梁通過交通量の増大に伴って残りの巾を増加してゆく方法である。

上記の2つの場合の標準断面はFig 2-3に示す如くである。

5. 橋梁計画作業範囲

計画する橋梁は次の2つの範囲に分類できる。

a. Jamuna 河に架かる主橋梁

Jamuna 河に架かる主橋梁と取付道路に含まれる盛土、高架部

b. 接続部に含まれる橋梁

鉄道接続部の鉄道橋と道路接続部の道路橋

上記の区分はFig 2-4に示す通りである。

6. 橋種の選定

6.1 Jamuna 河に架かる主橋梁

橋梁形式の選定は次の3点から検討した。

- a. 材料の選定
- b. 上部構造の形式の選定
- c. 下部構造の形式の選定

6.1.1 上部構造用材料

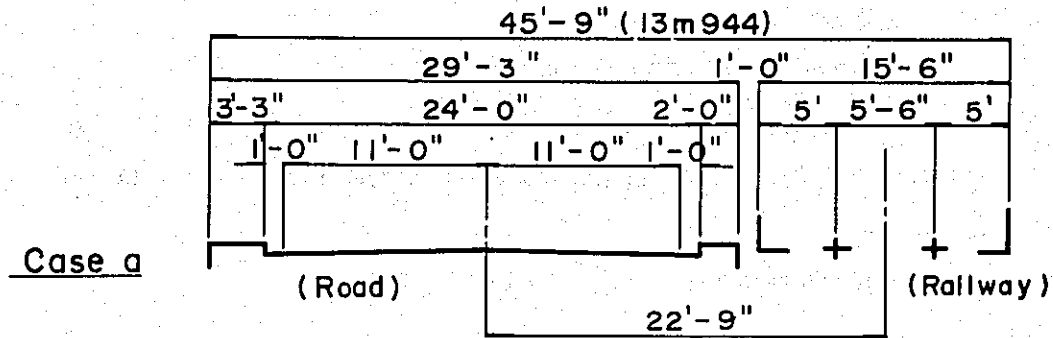
橋梁全長は左右のGuide Bank 間の所要巾から決まるのは明白である。橋梁の各純径間は、BIWTAの規定による航路巾によって決まり、その値は250 ftである。

上記の条件を考えると、構造材料としては、鋼およびコンクリート（プレストレストコンクリート）が対象となることは論を俟たない。プレストレストコンクリート橋と比較した場合の鋼橋の利点は次のごとくである。

- a. 鋼橋の重量はプレストレストコンクリート橋よりも軽いので、地震による鋼橋の水平作用力は同じスパンの場合、下部構造に及ぼす影響が少ない。そのため下部構造は経済的となる。

Fig.2-3 Width System of Bridge

a) In case of two lane , single track.



b) In case of four-lane , double tracks (for double decks)

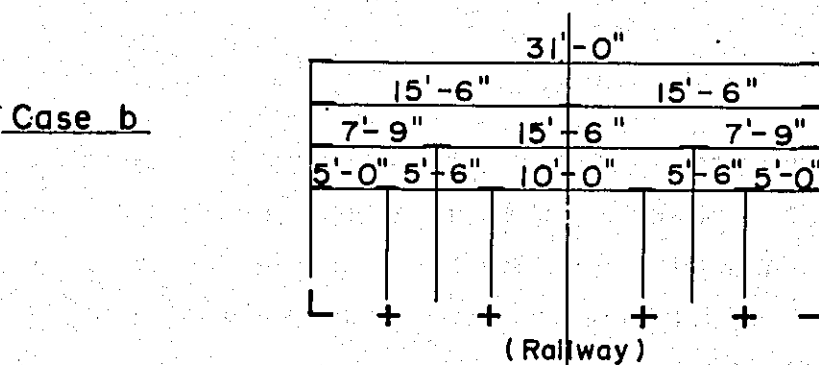
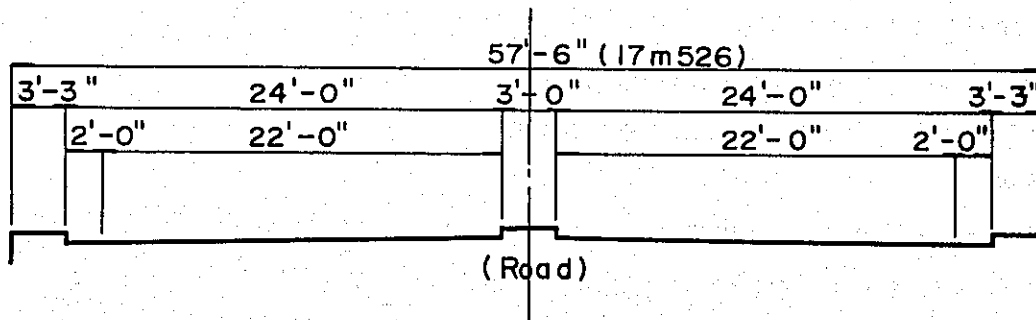
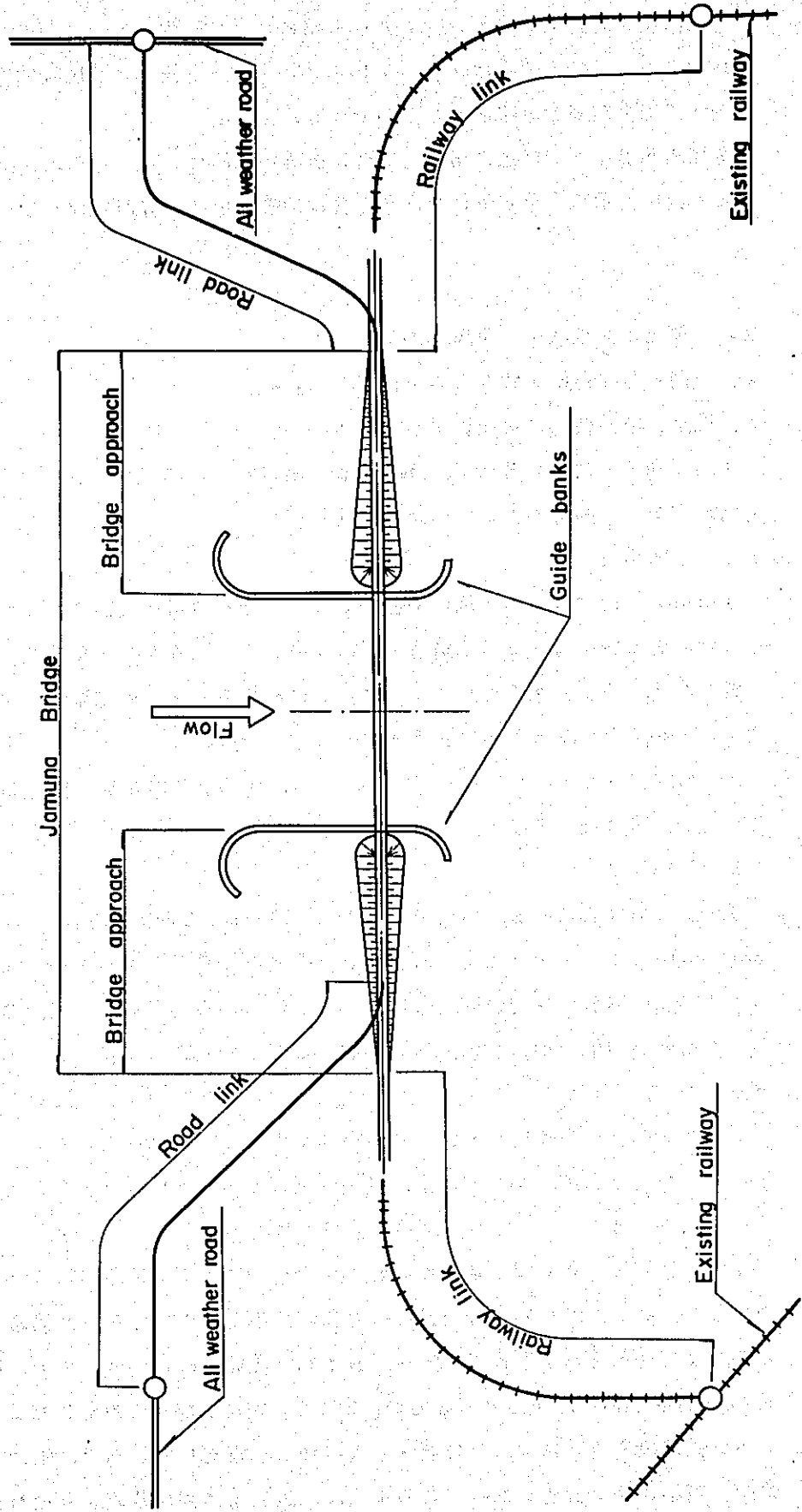


Fig. 2 - 4 Diagrammatic Sketches of Each Part of the Study



b. 鋼橋はプレストレストコンクリート橋に比べて長大スパンに対して一層実用的で有利である。鋼橋の架設はプレストレストコンクリート橋よりも比較的容易で速く、したがって工事期間を短縮することができる。

多柱式基礎を下部構造に用いる場合、橋脚が水流によって水平に変位するが、それによる橋梁支承の水平変位に及ぼす影響は鋼橋の場合の方が処理し易い。

なお、鋼橋の欠点は次の事項である。

a. 一例として再塗装費などの維持費が高い。

b. 国産材料の使用の可能性が限られる。

上記の利点と欠点を考えて、Jamuna 河橋梁の場合は、プレストレストコンクリート橋より鋼橋の方が実際的であるとの結論に到達した。

6.1.2 上部構造

Jamuna 河橋梁は極めて深い基礎が必要で、その費用は高額になることは明白である。そのため総工費に対する下部構造工費の比率が高くなることを意味するので、橋梁の総工費をなるべく少なくするために長大スパンに適する各種の橋梁型式の中から十分慎重に選ぶことが必要であることは言うまでもない。一般にカンティレパートラスまたは連続トラス形式が長大スパンに適している。なお、径間割りは外観の統一を考慮して何れも等しくし、等3径間連続トラスと等3径間カンティレパートラスを考える。

6.1.3 下部構造

Jamuna 河は網状に流れる河であるから、Guide Bankを河道の固定のため River control に用いた場合でも、河道の最深部はその範囲であちこちに移動する。したがってすべての橋脚の基礎は同一の深さであることが必要である。試掘の結果によれば、各4ヶ所の架橋候補地において何れも信頼し得る砂利層は地表下数十メートルに存在することが確認された。

このことは、橋脚は何れも深い基礎が必要であることを意味している。したがって橋梁のスパン割りを決めるためには、構造の調和と簡易化を考慮すると共に、総工費をなるべく減少させるという条件も考慮しなければならない。

上記のように極めて深い基礎を必要とするために、下部構造の形式としては施工性も考慮して、井筒と多柱式基礎を計画の対象とすることができる。井筒基礎はBangladeshでよく使用される形式であるが、基本的な困難さはないとしても、高水位下70m～90m程度井筒を沈下させる必要があるので非常に工事が大規模になる。

多柱式基礎の場合には、支持層まで大口径の鋼管を打ち込んで、水面上でその杭頭を強固に鋼結させる必要がある。この工法は、施工上は井筒基礎より優れているが、構造

的機構から撓み易い。上記の杭基礎の場合は、杭の周囲の局部的洗掘は井筒の場合より比較的少ない。

6.1.4 取付部

取付部の盛土下の地盤が、盛土の重量を支持できれば、接続鉄道と接続道路を橋梁に接続するのに盛土を用いるのが最も経済的な方法である。これらの条件が満足されなければ、取付部に対して多数の短スパン橋が用いられる。

この盛土は Guide Bank と直角に交差し 鉄道の最大許容縦断勾配を $1/200$ とすると、盛土の長さは約 3.5 Km を必要とする。盛土の長さは River control の面からも決まり、盛土の平面線形は直線が望ましい。

Case b の場合に橋梁の断面構造は 2 重橋床式となり、上床に道路、下床に鉄道を通す場合が一般である。したがって、橋の車道と接続道路の車道を連結するため、道路の取付部の中心線は、鉄道取付部の中心線から移動していなければならない。橋の車道の計画勾配は比較的高く、道路取付部の中心線は曲線となるので、鉄筋コンクリート橋またはプレストレストコンクリート橋を造るよりも鋼橋を架設する方が容易である。これらの高架橋部分は杭基礎で支持される。

6.2 接続部

4ヶ所の架橋候補地における鉄道接続部および道路接続部の区間に含まれる河川のうち橋長が 100m 以上となるものを取り上げ、Table 2-1, Table 2-2 に河川名、橋長および最小航路巾と共に示している。

航路巾は、一般に BIWTA の地図に示されているが、その他、Bangali 河、Karatoya 河 (Bogra 市上流) と Chatal 河では最小 12 ft の鉛直クリアランスおよび最小 100 ft の水平クリアランスが航路巾として必要とされる。他の河川の航路巾は、河川の規模と附近の既設橋梁の航路巾を参考として決められる。

架橋地点が 4ヶ所の候補地点から選定された後、計画された鉄道または道路接続部の区間に含まれる橋梁の長さは、測量によって確かめられた。

接続部の橋は、中スパンの橋梁であるから国産の材料の活用と、地元業者の参加のために、この区域では鉄筋コンクリート橋またはプレストレストコンクリート橋が橋梁の型式として望ましく、経済的でもある。

Table 2-1 Data of Bridges (Longer than 330 ft.) in the Part of Railway Links

Sites	Right Side of River - Bank					Left Side of River - Bank					Number of Bridges
	Location (mile)	Name of the River	Total Length of Bridge	Min. Horizontal Clearance (ft)	Min. Vertical Clearance (ft)	Location (mile)	Name of the River	Total Length of Bridge	Min. Horizontal Clearance (ft)	Min. Vertical Clearance (ft)	
1. BAHADURABAD	4.8	Bangali	980	100	12	—	—	—	—	—	2
	7.8	"	660	100	12	—	—	—	—	—	
2. GABARGAON	0.6	Karatoya	330	100	12	30.2	Chatal	1 310	180	25	7
	5.5	Hurasagar	330	100	12	30.7	—	490	60	6	
	11.6	Bangari	490	100	12	31.5	—	490	60	6	
	13.2	—	330	100	12	—	—	—	—	—	
3. SIRAJGANJ	—	—	—	—	—	27.8	Lohatang	330	60	6	6
	—	—	—	—	—	34.2	Fuljani	660	60	6	
	—	—	—	—	—	42.5	Bansi	330	60	6	
	—	—	—	—	—	49.1	—	660	100	12	
	—	—	—	—	—	60.0	Turag	980	100	12	
	—	—	—	—	—	68.5	Tungl	980	100	12	
4. NAGARBARI	9.2	Chikunai	330	60	6	35.9	Old Dhaleswari	660	60	6	9
	9.6	Rukunai	660	60	6	42.9	Dhaleswari	3 770	180	25	
	19.2	Baral	1 970	60	6	48.3	—	330	60	6	
	20.4	Hurasagar	980	180	25	62.1	Bansi	820	150	20	
	—	—	—	—	—	70.6	Turag	490	150	20	

Table.2-2 Data of Bridges (Longer than 330 ft.) in the Part of Road Links

Sites	Right Side of River Bank					Left Side of River Bank					
	Location (km)	Name of the River	Total Length of Bridge	Min. Horizontal Clearance (ft.)	Min. Vertical Clearance (ft.)	Location (km)	Name of the River	Total Length of Bridge	Min. Horizontal Clearance (ft.)	Min. Vertical Clearance (ft.)	Number of Bridges
1. BAHADURABAD		Bangali	980	100	12			330	100	12	3
		Bangali	660	100	12			—	—	—	
		Karatoya	330	100	12			330	60	6	
2. GABARGAON		Bangali	980	100	12		Chatal	1310	180	25	5
		—	—	—	—		—	330	60	6	
3. SIRAJGANJ											
4. NAGARBARI		Hurasagar	1970	180	25		Old Dhaleswari	660	60	6	4
		—	980	60	6			330	60	6	

第 Ⅲ 章 予 備 設 計

1. 設計条件と基準

1.1 Guide Bank と河川諸元

河川調査班の調査によるところのGuide Bankの間隔は、4ヶ所の架橋候補地について、それぞれFig.3-1に示す通りである。橋の中心線がGuide Bankと交わる部分はGuide BankのBodyと言われ、上記の間隔は橋の中心線における値である。

Jamuna河の河川計画による設計高水位(DHWL)設計河床高(DRB)および地盤高(GH)は、橋梁中心線に沿う河川断面で求めた値が、Table 3-1に示してある。このTableで河床高とは河床の最深部の高さを意味している。ここに標高はすべてPWDで標示している。

更に、計画流量 Q (m^3/sec) 平均流速 V_m (m/sec) および河道の最深部での流速 V (m/sec) は、Guide Bank形式A, B, Cの3種に対応してTable 3-2に示した。

1.2 橋脚周辺の局部洗掘

橋脚周辺の局部洗掘の深さは、水深の約1.8倍と推定されるが、これは流心と直角方向の基礎巾が約10~13m井筒基礎の場合である。

杭1本の径が2~3m程度の多柱式基礎の場合には、橋脚周辺の局部洗掘深さの推定値は約10mと考えられ、この場合、杭の中心間隔の最小値は杭径の3倍とされている。

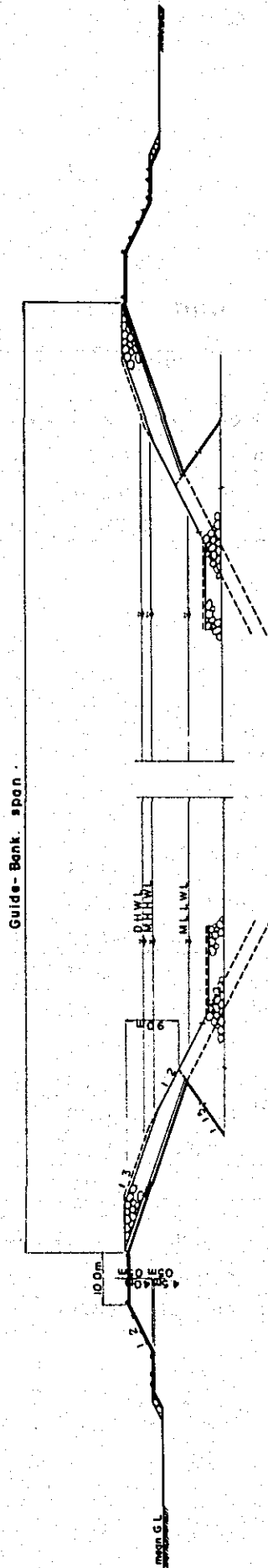
水路巾A, B, Cの場合の橋脚周辺の局部洗掘の予想値は、架橋候補地4ヶ所についてFig.3-2~3-5に計画河床高と地質図と共に示してある。

1.3 地 質

各候補地点での試掘結果によると、上層はシルト混り細砂(AU₂)で、下層は上から下へ順次、細~中砂(AU₁)、中砂(Am₃)、密な細砂混り中砂(A ℓ ₃)となっている。Am₃より下層は標準貫入試験によるN値で60以上を示し、信頼し得る支持層と考えてよい。NagarbariとSirajganjではAm₃の下は、砂利と玉石層(A ℓ ₁)が厚さ約7~9mで、地表下90mおよび70mに存在することが判った。Gaba r ga onとBahadurbadでは、小砂利混りの粗砂(DU₂)が地表下約60mと55mでそれぞれ見出されている。

架橋候補地4ヶ所での地質構造は計画河床高などと共にFig.3-2~3-5に示されている。図中の高さはすべてPWDの標高に従って示した。なお、この図には計画河床高の他に計画高水位、低水位および平均地盤高についてGuide BankのA, B, Cの間隔別に示されている。

Fig. 3 - 1 Distance between Guide Banks



SITE	TYPE	Unit KM(MILE)		
		A	B	C
1. BAHADURABAD		2.0 (1.2)	4.2 (2.6)	5.6 (3.5)
2. GABARGAON		2.0 (1.2)	4.2 (2.6)	5.2 (3.2)
3. SIRAJGANJ		2.0 (1.2)	4.2 (2.6)	5.6 (3.5)
4. NAGRARI		2.0 (1.2)	4.2 (2.6)	5.2 (3.2)

Table 3-1 D.H.W.L., D.R.B and G.H

(m) PWD

Site \ Item	D.H.W.L.	D.R.B			G.H
		A	B	C	
1. Bahadurabad	20.86	- 29.68	- 16.82	- 10.37	17.95
2. Gabargaon	19.44	- 35.45	- 21.60	- 16.11	15.73
3. Siraiganj	15.24	- 38.60	- 25.50	- 18.20	11.38
4. Nagarbari	14.01	- 42.13	- 28.37	- 22.82	9.45

Table 3-2 Q, Vm and V

Site	Item Type	Q	Vm	V
		(m ³ /s)	(m/s)	(m/s)
1. Bahadurabad	A	89 600	2.40	4.66
	B	"	1.93	4.35
	C	"	1.74	3.94
2. Gabargaon	A	89 600	2.21	4.29
	B	"	1.77	4.00
	C	"	1.65	3.73
3. Siraiganj	A	89 600	2.25	4.36
	B	"	1.78	4.03
	C	"	1.63	3.68
4. Nagarbari	A	82 700	1.99	3.87
	B	"	1.58	3.57
	C	"	1.47	3.32

Note; 1km = 0.621 mile 1m = 3.28 feet 1m³ = 35.3 cu. feet

V : Mean velocity at thalweg

D.R.B: Hight of river bed at thalweg

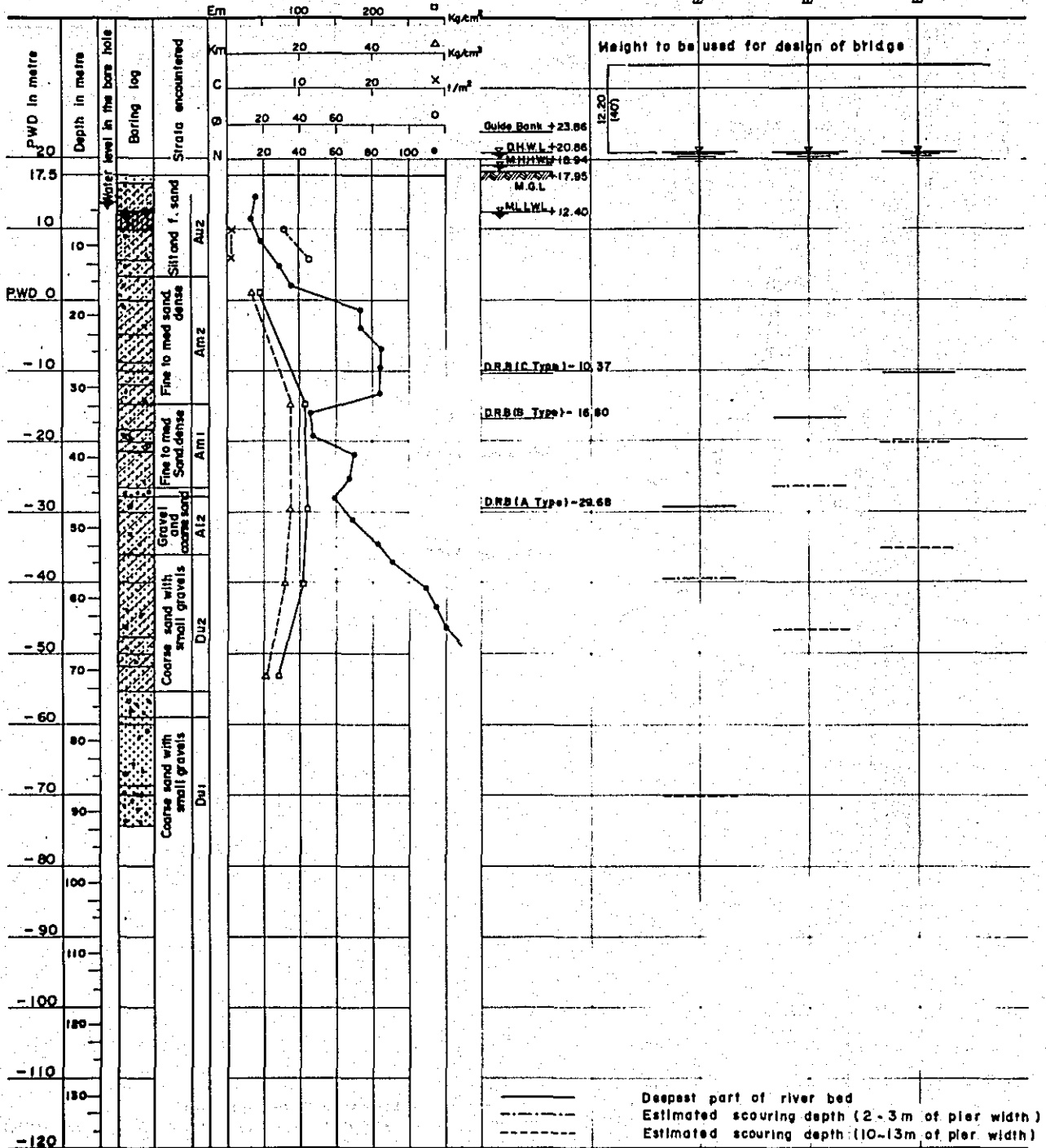
Fig. 3-2 Design River Bed Height and Soil Map.

Site - I BAHADURABAD

A-Type
B = 2000 m

B-Type
B = 4200 m

C-Type
B = 5600 m



Note. B₁ Distance between guide banks
 E₁ Modulus of deformation
 K₁ Modulus of foundation
 C₁ Cohesion
 phi Internal friction angle
 N₁ Values of standard penetration tests

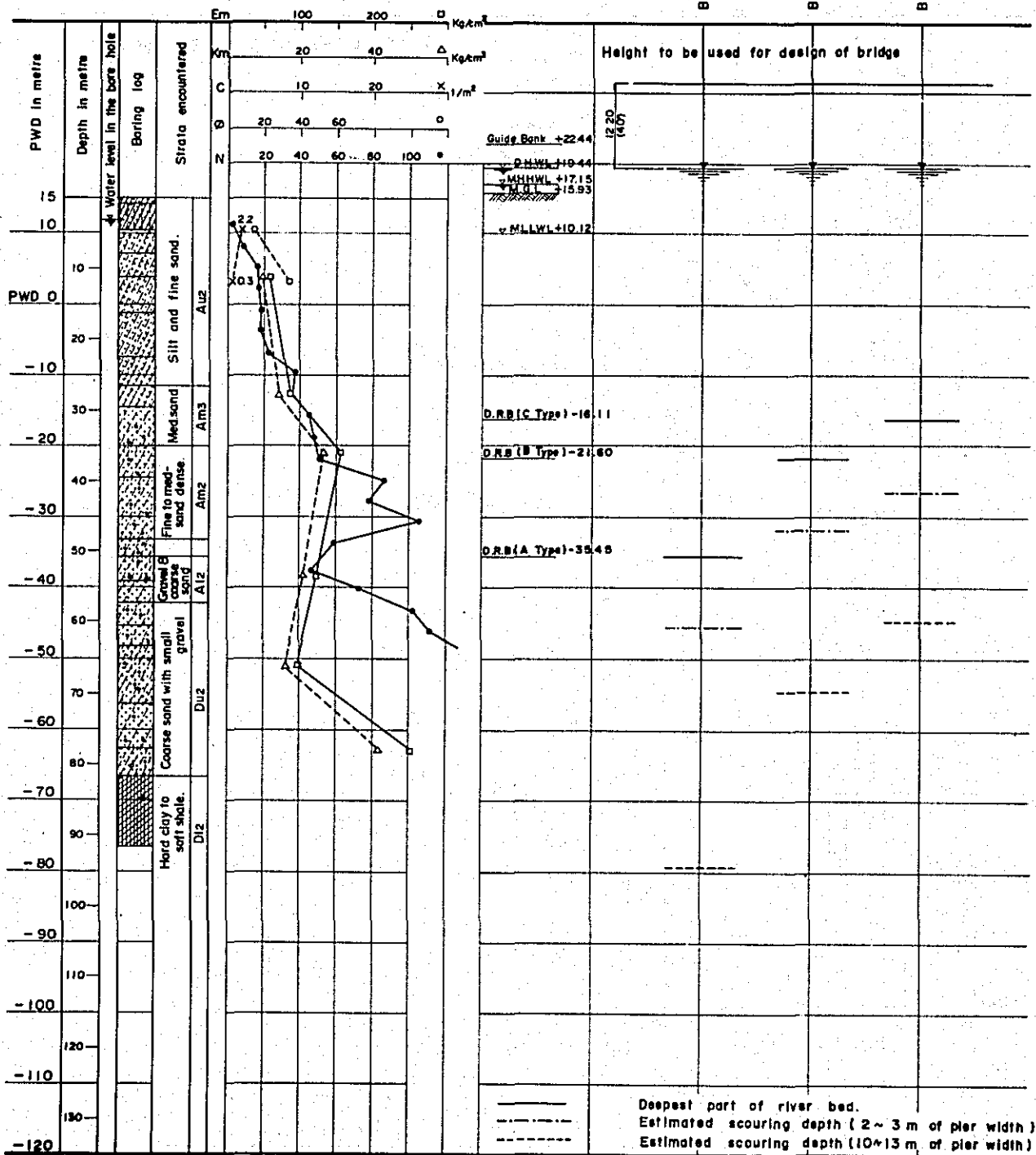
Fig. 3-3 Design River Bed Height and Soil Map.

Site-2 GABARGAON

A - Type
B = 2000 m

B - Type
B = 4200 m

C - Type
B = 5200 m



Note. B, Distance between guide banks
 E, Modulus of deformation
 K, Modulus of foundation
 C, Cohesion
 φ, Internal friction angle
 N, Values of standard penetration tests

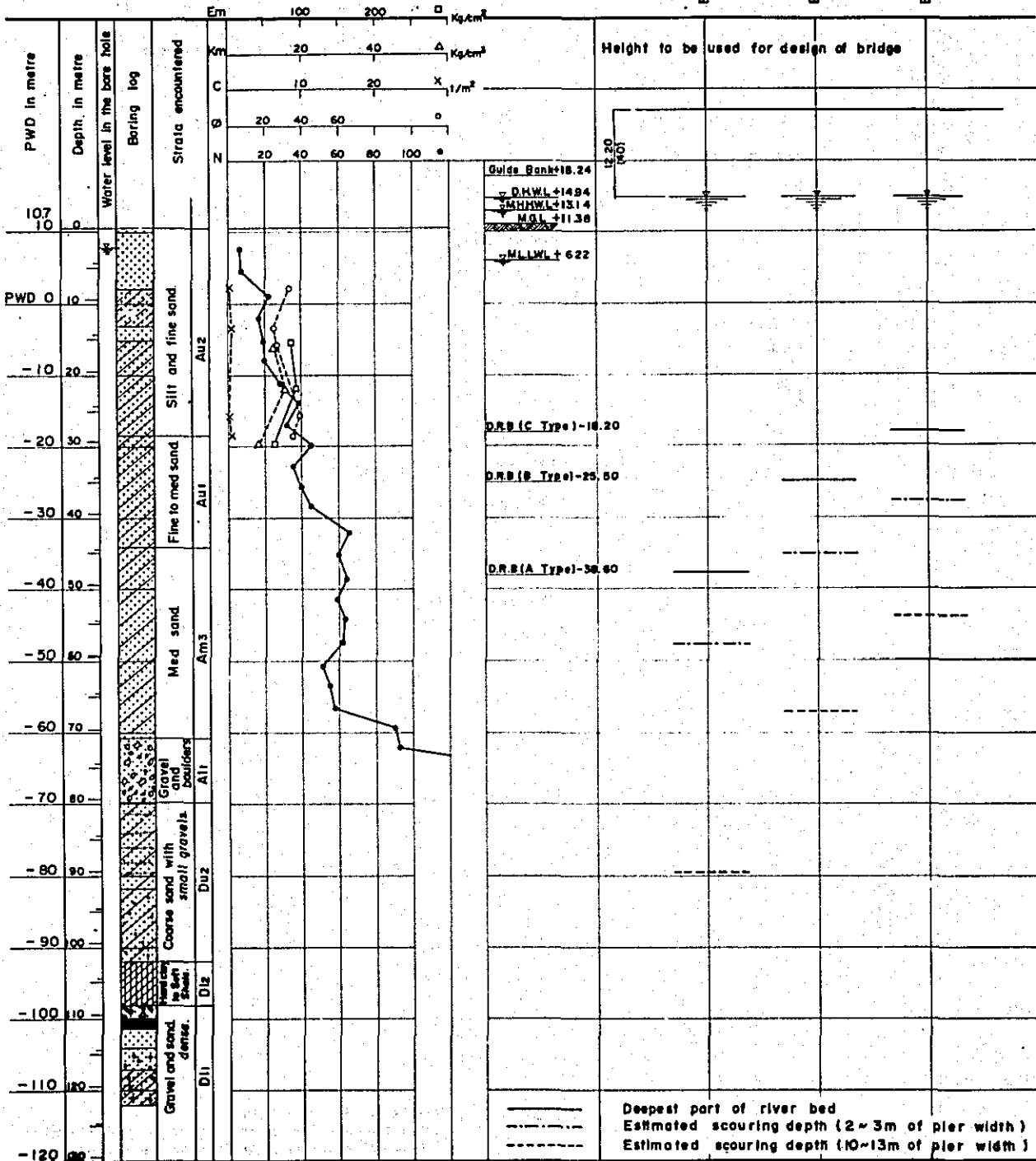
Fig. 3 - 4 Design River Bed Height and Soil Map.

Site-3 SIRAJGANJ

A-Type
B = 2000 m

B-Type
B = 4200 m

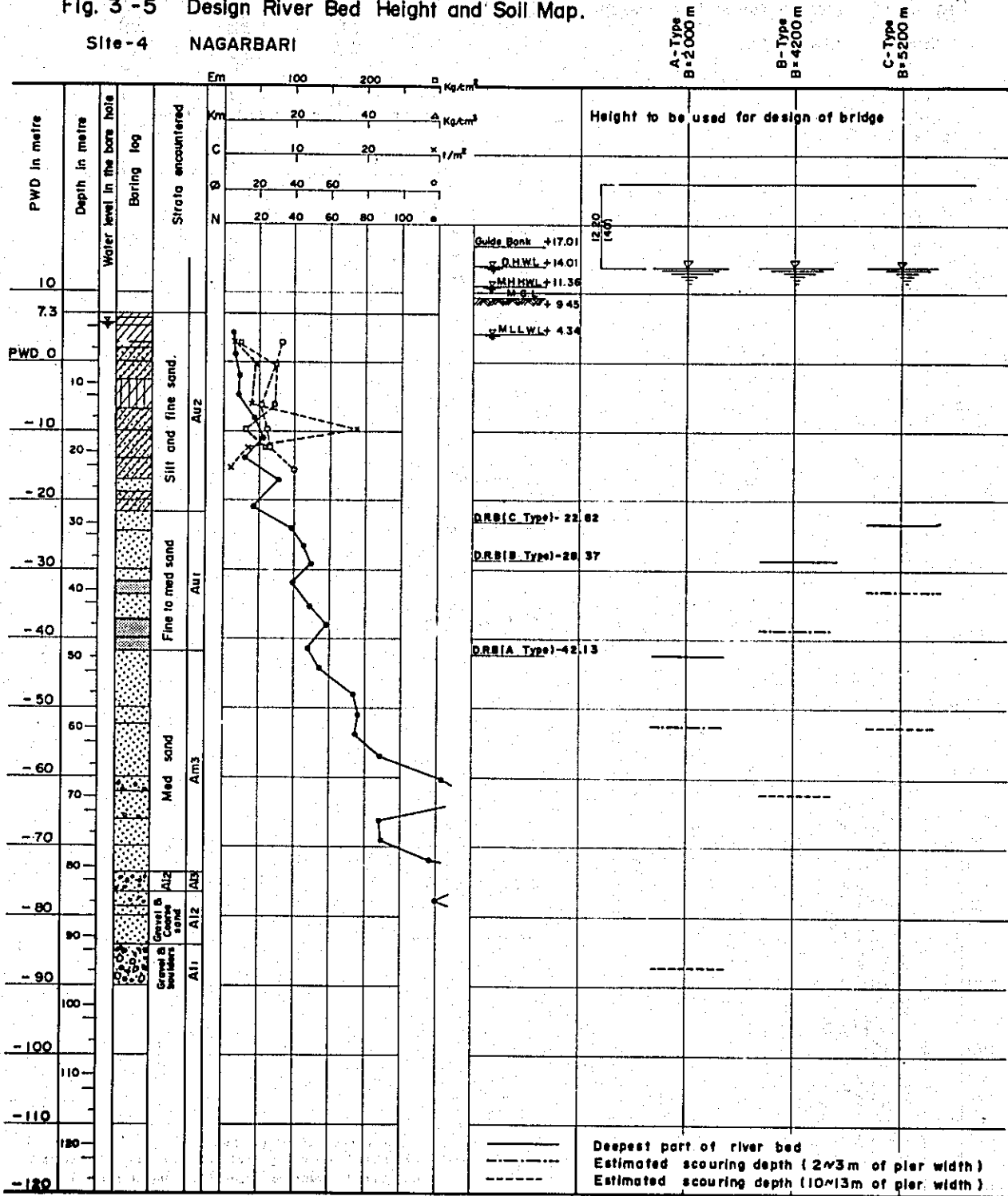
C-Type
B = 5600 m



Note. B_j Distance between guide banks
 E_j Modulus of deformation
 K_j Modulus of foundation
 C_j Cohesion
 ϕ_j Internal friction angle
 N_j Values of standard penetration tests

Fig. 3 - 5 Design River Bed Height and Soil Map.

Site - 4 NAGARBARI



Notes: B; Distance between guide banks
 E; Modulus of deformation
 K; Modulus of foundation
 C; Cohesion
 ϕ ; Internal friction angle
 N; Values of standard penetration tests

1.4 上部構造

1.4.1 鉄道橋

(1) 荷 重 (付録 - 3)

設計に用いる荷重はすべて、Fig. 2-1 に示すインド鉄道の橋梁規格主線荷重の規定による。

(2) 建築限界 (付録 - 3)

建築限界は将来の電化を考慮に入れて、インド鉄道の橋梁規格の規定による。

(3) 軌 間 (付録 - 4)

設計に用いる軌間は 5' 6" (広軌) とする。

(4) 構 造 (付録 - 4)

構造はすべて、日本土木学会制定の鋼鉄道橋設計標準 (日本国有鉄道監修) によるものとする。ただし次の諸項目については、Bangladesh の国内条件を考慮して両者の討議で決めた。

(i) 風 速

設計用風圧の計算の基礎となる風速は 35m/sec とする。

(ii) 温度変化

設計に用いる温度変化の範囲は 0°C ~ 40°C とする。

(iii) 地震時水平震度

設計に用いる水平力計算の基礎となる地震時の水平震度は 0.1 とする。

(5) 材 料 (付録 - 4)

設計に用いる材料はすべて日本工業規格の規定による。

1.4.2 道路橋

(1) 荷 重

設計に用いる荷重はすべて Fig. 2-2 に示す IRC 標準車輛 A 種の規定による。

(2) 建築限界

建築限界は IRC および AASHO の規定による。

(3) 構 造 (付録 - 4)

構造はすべて、日本道路協会の道路橋示方書・同解説 (日本建設省監修) によるものとする。ただし次の諸項目は Bangladesh の国内事情を考慮して、両者の討議で決めた。

(i) 風 速

(ii) 温度変化

(iii) 地震時水平震度

これらの規定の内容は、鉄道橋の場合と同じである。

(4) 材 料

鉄道橋の場合と同じである。

1.5 下部構造

両国の調査班の会議の結果によれば、下部構造の設計基準として、日本土木学会制定鉄筋コンクリート標準示方書（日本建設省監修）が採用された。（付録－４）

1.6 航路限界（付録－５）

BIWTAによって規定された設計用の最小航路巾は次の通りである。

最小水平距離	隣接橋脚間	250 ft
最小鉛直距離	主桁下縁より	40 ft

2. 材料の性質

2.1 構造用鋼材

構造用鋼材の標準としては Table. 3-3 に示す鋼材を使用するものとする。

2.2 構造用鋼材の許容応力度

構造用鋼材の許容応力度は Table. 3-4 に示す通りとする。

2.3 コンクリートおよび鉄筋の許容応力度

2.3.1 上部構造

上部構造に用いるコンクリートおよび鉄筋の許容応力度は、Table. 3-5 に示す通りである。

2.3.2 下部構造

下部構造に用いるコンクリートおよび鉄筋の許容応力度は、Table. 3-6 に示す通りである。

2.4 プレストレスコンクリートの許容応力度

鉄道接続部および道路接続部の区間に入る橋梁の上部構造でプレストレスコンクリート橋を用いる場合、これらの許容応力度は、Table. 3-7 に示す通りである。

3. 予備設計

3.1 概 要

4ヶ所の架橋候補地点で、Guid Bankの間隔は、それぞれ 2.0 km, 4.2 km, 5.2 kmであり、各架橋候補地点でGuide Bankの間隔は3種類である。これは架橋巾であり、すべての架橋巾を予備設計の対象とする。

橋梁の巾員は前述したように下記の2種類を考慮する。

- Case a. 鉄道部分；単線広軌
道路部分；全巾24 ftの2車線車道

Table 3-3 Description of Symbol used for Standard Steel Materials

Standard	Description	Symbol used for steel materials
JIS G 3101	Rolled steel for general structure	SS 41
JIS G 3106	Rolled steel for welded structure	SM 41, SM 50Y, SM 53, SM 58

Table 3-4 Allowable Axial Tensile Stresses for Steel Materials

Steel materials	Allowable axial tensile stress (Kg/ sq.cm)
SS 41, SM 41	1,400
SM 50Y, SM 53	2,100
SM 58	2,600

Table 3-5 Allowable Stress of Reinforced Concrete for Superstructure

Concrete; Design strength σ_{28}	240 Kg/sq.cm
Allowable bending compressive stress for bending	80 "
Allowable compressive stress for normal force	72 "
Allowable shearing stress: concrete	9 "
" : concrete with web reinforcement	20 "
Allowable bond stress	16 "
Allowable bearing stress	72 "
Reinforcing bar;	
Tensile stress (SD 30)	1,800 Kg/sq.cm
Yielding point	3,000 "

Table 3-6 Allowable Stress of Reinforced Concrete for Substructure

Concrete; Design strength σ_{28}	210 Kg/sq.cm
Allowable bending compressive stress for bending	70 "
Allowable compressive stress for normal force	63 "
Allowable shearing stress: concrete	8.5 "
" : concrete with web reinforcement	18.5 "
Allowable bond stress	15 "
Allowable bearing stress	63 "
Reinforcing bar;	
Tensile stress (SD 30): usually	1,800 Kg/sq.cm
" : under water	1,600 "
Yielding point	3,000 "

Table 3-7 Prestressed Concrete for Superstructure

Concrete; Design strength σ_{28}	350 Kg/sq.cm
Allowable compressive stress (for design load)	115 "
Allowable tensile stress (")	13.5 "
Required minimum compressive strength under prestressing	300 "
Maximum size of coarse aggregate	25 mm
Prestressing wire; $\phi 7$ mm	
Ultimate strength	155 Kg/sq.mm
Yielding stress	135 "
Allowable tensile stress (for design load)	93 "
" (at prestressing)	122 "

Case b. 鉄道部分；複線広軌

道路部分 1 全巾 48 ft の 4 車線車道

上部構造については、鋼トラス形式を採用し、スパン長さは、100m, 150m, 250m および 350m の 4 種類が、水平方向の最小航路巾を考慮して検討され、下部構造としては、現地に適合する形式として、井筒基礎と多柱式基礎を検討した。また、これらの組合せについて、工費を最小にするという観点から検討が加えられた。

3.2 上部構造

3.2.1 構造形式

上記のように、Jamuna 河橋梁の計画スパン長さは、100m~350m の範囲であり、この範囲のスパンに適した橋梁の形式は一般に Fig. 3-6 に示す通りである。

Fig. 3-6 Structural Types of Bridge Adequate for Long Span

Bridge Types	Span Length			
	100	200	300	400 (m)
Suspension Bridge			_____	_____
Contilever Truss Bridge		_____	_____	_____
Continuous Truss Bridge	_____	_____	_____	_____
Cable-stayed Bridge		_____	_____	_____

適用される型式としては、吊橋、カンティレパートラス、連続トラス、タイドアーチ、および斜張橋などである。これらの各種の橋梁に関する資料に基づいて、経済的で、構造上の合理性、安全性および走行上の快適度など種々の見地から多くの要素が検討された。この橋梁の場合は鉄道、道路併用橋として 2 種類の目的で設計されるので、重い鉄道荷重に対応できる十分な強度と剛性を持つ形式が必要である。更に Case. b の巾員構成に対しては 2 重橋床式の使える形式が望ましくなる。これらの型式の検討結果からトラス形式が最も適当であると判断した。更に部材の海上輸送を考えると、トラス橋の輸送費は、個々の部材の軽量のため他の形式より安くてすむ、これらがトラス形式を選んだ主な理由である。

上記の理由と、下部構造に対する水平力の分散を考えた上、スパンを 100m と 150m の等スパン 3 径間連続トラスと 250m と 350m の多スパンカンティレパートラスとが考えられた。架設の面と、若干の試算によるスパン 250m と 350m は曲弦トラスの方が、直弦トラスより合理的であるので、トラスの骨組は Fig. 3-7 に示すように決めた。

3.2.2 構造概要

トラスの各部材の断面は箱型とし、縦桁と床桁に対しては、I 型断面を用いた。これらの部材の工場内での組み立ては電気溶接を用い、現場での添接と連結は高張力ボルト

で行なうものとする。

床版の形式としては車道部に対して、鉄筋コンクリート床版と、直交異方性鋼床版が考えられた。鉄筋コンクリート床版はスパン100mと150mの場合に適用し、直交異方性鋼床版はスパン250mと350mの場合に用いられる。長大スパンに対して鉄筋コンクリート床版を用いると死荷重が可成り増加し、そのため上部構造および下部構造に悪影響を及ぼすというのがその理由である。なお、鉄道部は開床式とした。

Case. aの場合単線の鉄道は路面の片側に寄せて配置し、Case. bの場合、複線の鉄道はそれぞれ主構に寄せて配置するように計画した。各スパン毎のCase. aおよびbによる横断図面はFig. 3-8, 9に示す通りである。同図においてスパン250mと350mの構高は支点上とスパン中央におけるものである。

3.2.3 計算結果

計算に際しては、衝撃係数を求めるときの支間、鉄道の荷重に対する疲労の問題に留意した。また、部材の偏心、格点の刚性、横桁のたわみ、弦材の長さの変化による床組の変形、自重による部材のたわみ等の影響でトラス部材に2次応力が生ずる。したがって、断面応力度には余裕を見込んだ。

なお、縦桁と横桁の取合いは施工性を考慮して縦桁は横桁の腹部に取付けることをせず、横桁の上ののせる構造とした。風荷重および架設時の橋梁の横方向剛性を保持するためには、上弦材の面には上横構を、下弦材の面には下横構を設けると同時に橋門構を設けた。

幅員構成によるCase. a, Case. bの区分に従って、各4支間の計算を行ない、一例として、支間150mの場合の計算結果をCase. a, bについてTable. 3-8, 9にそれぞれ示した。これらの表には主構の主要部材の軸力、断面形状、材質、許容応力度、断面応力度および板厚、縦桁および横桁の断面形状、活荷重によるたわみなどを一括して示した。

3.3 下部構造

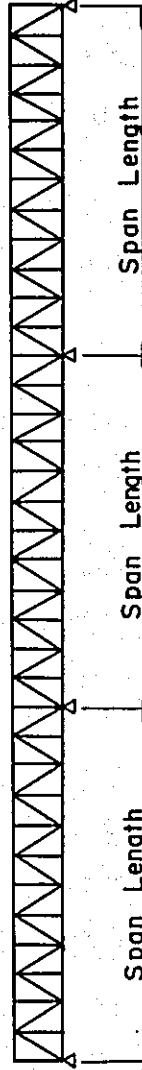
3.3.1 構造形式

基礎に必要な深さ、重要度、施工性を考慮すると、井筒と多柱式基礎とが基礎工の形式として考えられた。Bangladeshでは、過去にHarding橋、King George IV橋に井筒基礎が使われ、近年でもDacca~Aricha道路の橋梁の基礎で施工された。この工法の利点は躯体が大きいために安定度が良いことである。また最近、大口径鋼管杭基礎工法が発達したので、直径2.0~3.0mの大型鋼管杭を多柱式基礎として本橋の基礎形式の対象とした。これらの2種の形式について検討を加えた。

多柱式基礎の場合は、杭頭と橋脚底版とは剛結しなければならない。この底版はDH-WLより上に構築される。この形式の橋脚底版は理論上、大きな剛性を必要とされるの

Fig. 3-7 Truss Frame

3 Span continuous truss frame for span of 100 m or 150 m



Multi-Span cantilever truss frame for span of 250 m or 350 m

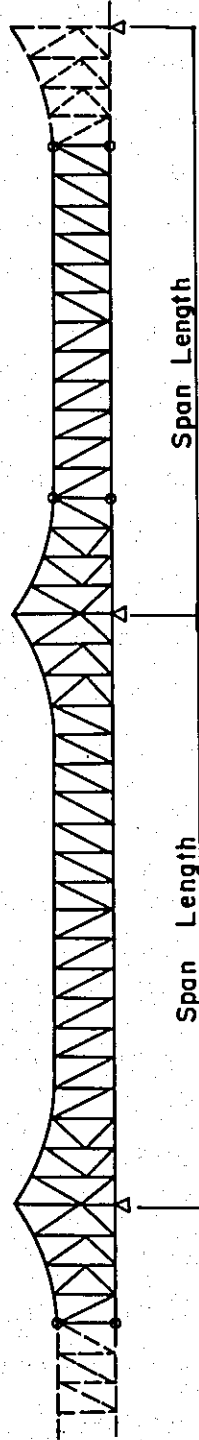
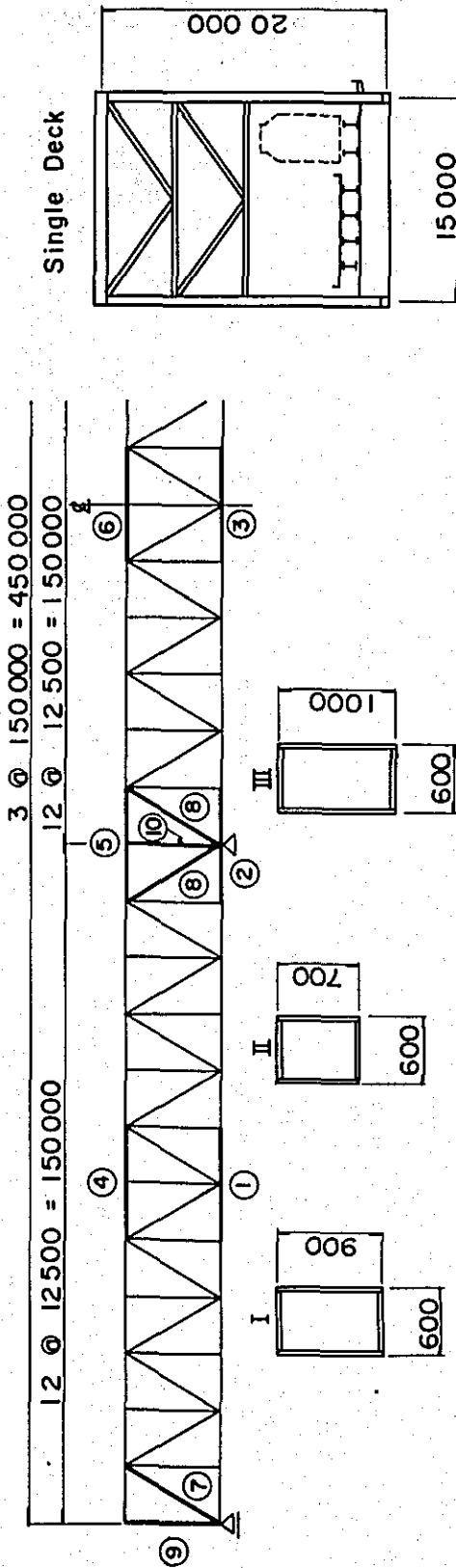


Table. 3-8 Result of Preliminary Design of 3-equal-span Continuous Truss (Span Length 150m)

(Case a)



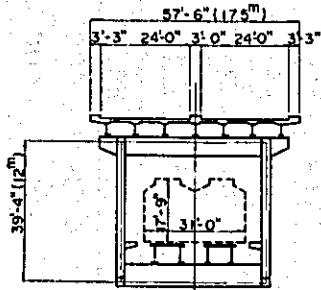
Member	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Axial Force	1 573	-2 422	743	-1 573	1 659	-806	-1 257	-1 678	-1 085	-2 775
Type of Section	I	I	I	I	I	I	III	III	II	III
Material	SM53	SM58	SM53	SM58	SM58	SM53	SM58	SM58	SM58	SM58
Allowable Stress	kg/cm ²	2 100	2 100	2 127	2 600	1 782	896	885	1 496	1 812
Stress	"	1 851	1 838	1 876	2 328	1 523	566	701	1 224	1 585
Plate Thickness	mm	30	17	32	25	22	60	65	40	50

Maximum Deflection (Live-load)	(mm)
Railway (Single Truck)	163
Railway + Road	191

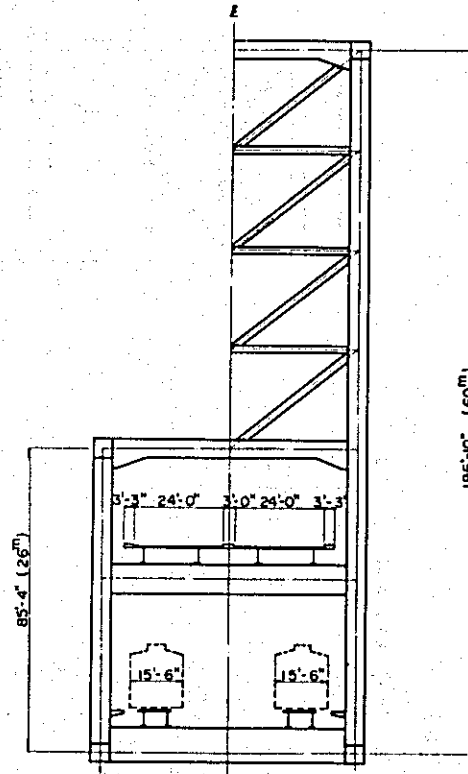
	Road	Railway
Stringer	2-Pls 300 x 22	2-Pls 400 x 25
	1-Pl. 950 x 9	1-Pl. 1400 x 13
Floor Beam	2-Pls 600 x 32	
	1-Pl. 2200 x 12	

Fig. 3 - 9 Typical Cross Section of Superstructure In Case b

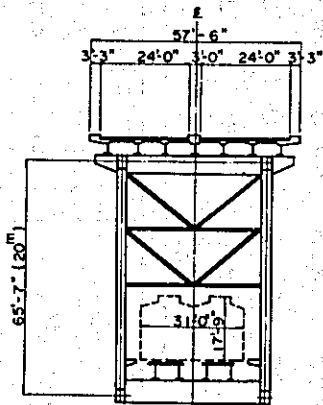
Span length $L = 100^m$



Span length $L = 350^m$



Span length $L = 150^m$



Span length $L = 250^m$

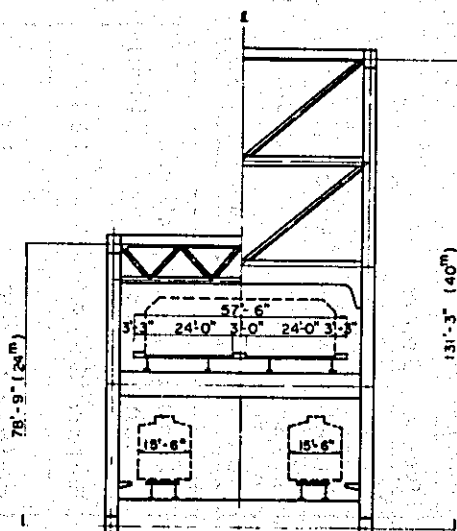
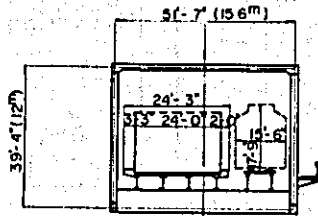
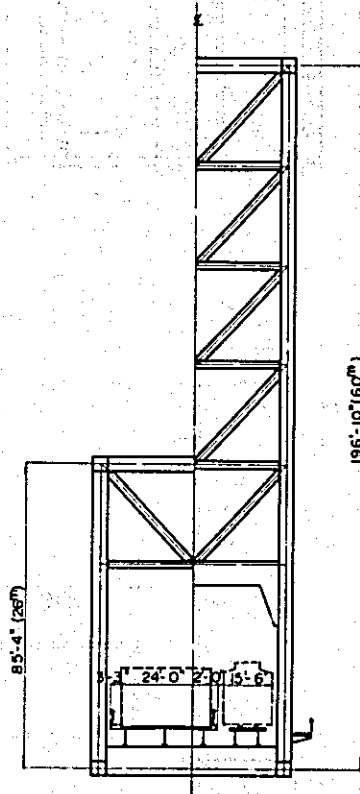


Fig. 3 - 8 Typical Cross Section of Superstructure in Case a

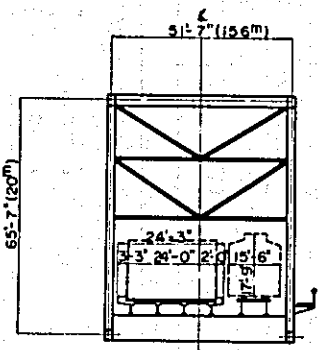
Span length L=100m



Span length L=350m



Span length L=150m



Span length L=250m

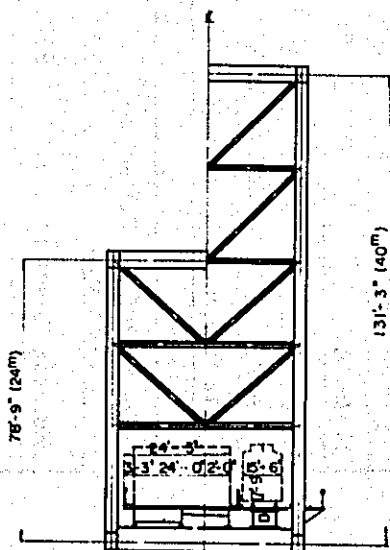
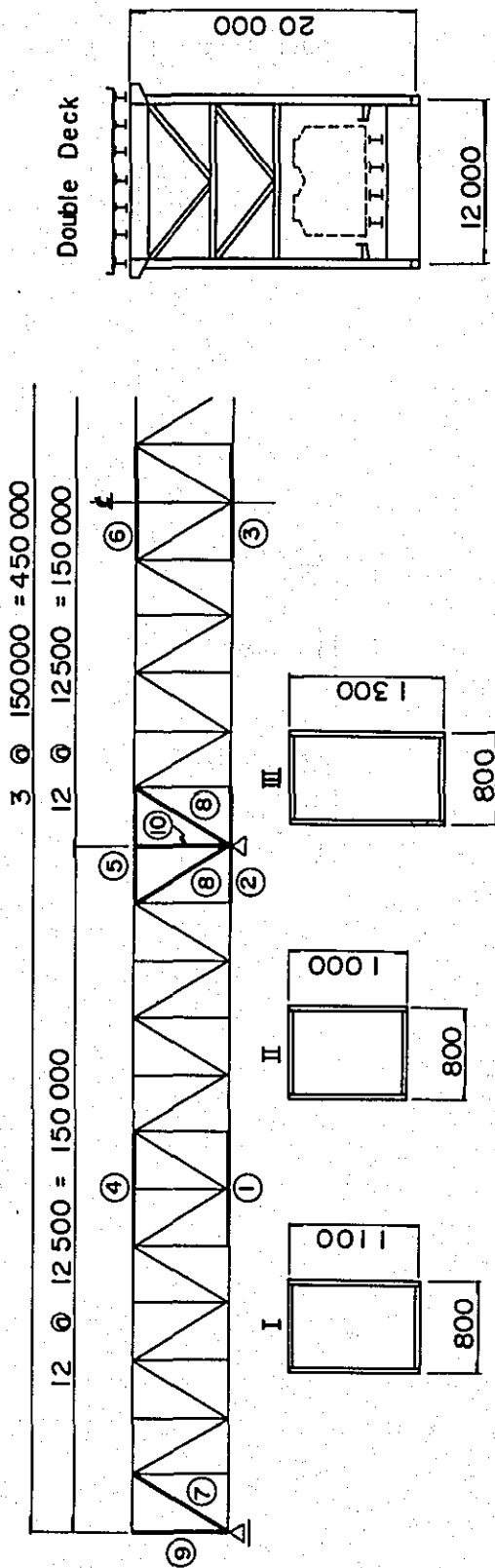


Table. 3-9 Result of Preliminary Design of 3-equal-span Continuous Truss (Span Length 150m)
(Case b)



Member	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Axial Force	2 473	-3 547	1 105	-2 473	2 364	-1 204	-1 893	-2 615	-1 753	4 458
Type of Section	I	I	I	I	I	I	III	III	II	III
Material	SM 58	SM 58	SM 53	SM 58	SM 58	SM 53	SM 58	SM 58	SM 58	SM 58
Allowable Stress kg/cm ²	2 600	2 263	2 100	2 276	2 600	1 868	1 376	1 336	1 969	2 062
Stress kg/cm ²	2 415	2 070	1 879	2 038	2 411	1 645	1 190	1 119	1 783	1 850
Plate Thickness mm	30	50	17	36	27	20	40	60	37	50

Maximum Deflection (Live-load)	Deflection (mm)	
	Railway (Singl Truck)	94
Railway + Road	137	

	Stringer		Floor Beam	
	Road	2-Pls 270 x 22	2-Pls 400 x 28	1-Pl. 1100 x 9
Railway	2-Pls 400 x 25	2-Pls 600 x 30	1-Pl. 1400 x 13	1-Pl. 2000 x 10

で鋼製枠組を骨組とした鉄筋コンクリート構造となる。杭の突出長が長いと、このような構造では可撓性となり、重心も高くなって構造上好ましくない上に、地震または流水による水平変位が大きくなる欠点があるが、施工性の面で検討の対象となるものである。

3.3.2 構造概要

(1) 井筒基礎

井筒に作用する流水圧および地震時慣性力を軽減するためには井筒の天端高は成る可く低い方が望ましい。その他、乾期における外観も考慮に入れて、MLLWLより井筒の天端を1 m上とする。井筒は施工上から乾期の間に沈下を完了させなければならない。これには若干の困難が予想される。この目的のためには、リバースサーキュレーション工法による掘削が最も良いと思われる。この場合、井筒躯体と周囲の土との間の摩擦抵抗を減らす方法を考えることも必要である。井筒の沈下は、その自重に大きく左右されるので躯体の壁厚は沈下速度を促進するため実際上なるべく厚くすることが望ましい。ここでは壁厚を2.5～3.5 mとした。

井筒の十分な根入長は、水平力に対する安定と支持力を保つ上に必要であるから、橋脚周辺の根固め工と、定期的な検査および維持管理は、必要な根入長さを確保する上で重要なことである。

井筒基礎の形状寸法は試算と施工性に対する検討からスパン長100 m, 150 mについては外径12 mの円形断面とし、スパン長250 m, 350 mについては長径24 m, 短径12 mの小判形断面とした。また井筒の長さは各架橋候補地点によって異なり、Bahadurbadは70 m, Gabargaonは72 m, Sirajganjは68 m, そしてNagarbariは78 mである。これらはFig.3-10に示す通りである。

(2) 多柱式基礎

多柱式基礎に用いる鋼管杭の大きさは、直径2.0 mの場合と直径3.0 mの場合の2種を検討した。橋脚底版はDHWLより上に構築するので、橋脚はドライの状態で行うことができる。多柱式基礎の橋脚の形状は、上部構造の主構の直下に十分な厚さを持った台形の壁を設け、2ケの台形壁の間に隔壁を設ける。台形壁の頂辺で沓を支持し、台形壁の底辺は杭頭を剛結した頂版に橋軸に対して平行におき、頂版の剛度を増すようにした。その概要は、Fig. 3-11に示す通りである。

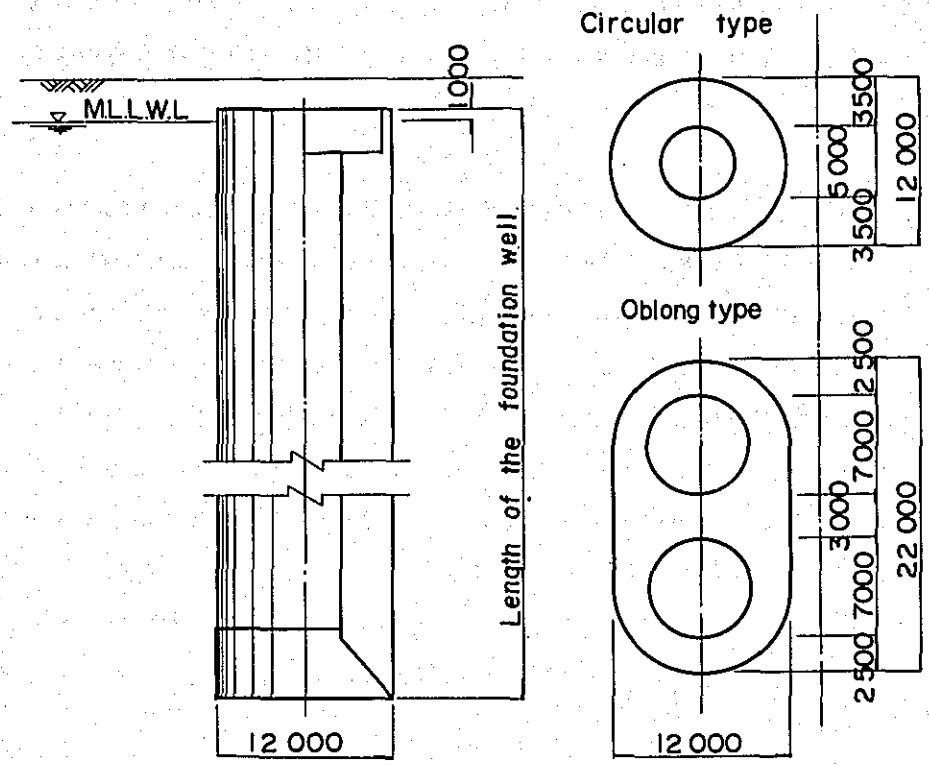
なお、多柱式基礎においては、その局部洗掘は少ないとはいえ、必要根入長さを確保するためには井筒基礎と同様、洗掘防止策を講じなければならない。

3.3.3 計算結果

(1) 井筒基礎

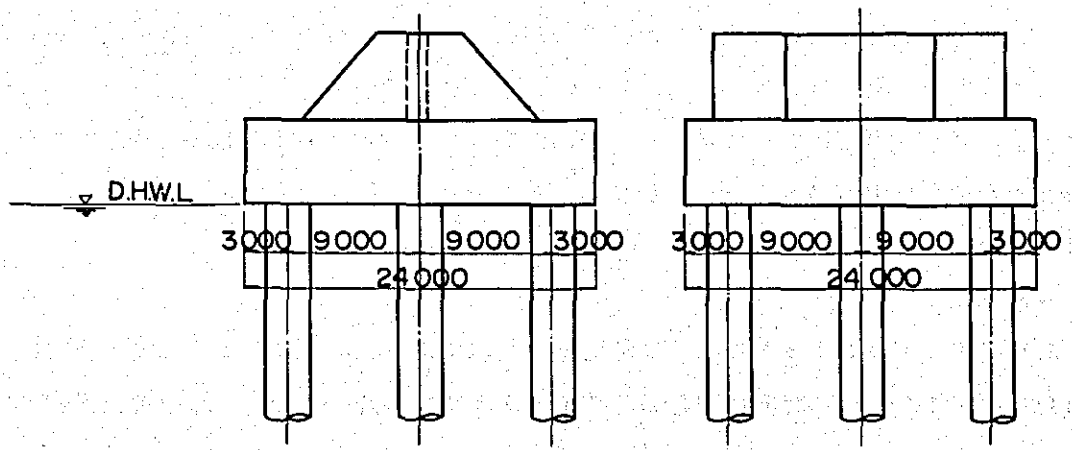
計算に際して最も重要なことは局部洗掘の問題である。前述したように流水方向に直角な巾が10～13 m程度の場合局部洗掘は水深の1.8倍にもなる。基礎の根入れは、

Fig.3-10 Structural Dimensions of Foundation Well



Proposed sites	Length of the well foundation
Bahadurabad	70.0 m
Gabargaon	72.0 m
Sirajganj	68.0 m
Nagarbari	78.0 m

Fig.3-11 Structural Dimensions of Multi-pile Foundation



地質調査結果と井筒の沈下能力を考慮して、深度80～90mにある砂利層または硬質粘度層とするのが妥当と思われるが、Guide Bankの間隔によっては前記の局部洗掘深が、この層を超える場合もあり、これを放置するならば基礎の安定はあり得ない。すなわち、基礎の有効根入長さを確保するために、石材などを投入して人工的に河床を保護する工法を採用しなければならない。したがって本設計における井筒の安定計算は、どの位置まで河床を保護すれば井筒が安定するかということ、すなわち井筒の有効根入長さを求めることである。したがって、細かい間隔で洗掘深さを仮定し、上部構造の4種類のスパン長に対して、それぞれ洗掘深が生じた場合の作用外力から安定計算を行なって、洗掘深と安全率のグラフを書き、各架橋候補地における河床の条件と対比して必要有効混入長を求めた。

一例として、Sirajganj地点における計算結果をFig. 3-12-1～2に示した。この図より明らかなように支間が長い方が、支間の短い方より有効根入長さを長くする必要が判る。

(2) 多柱式基礎

Guide Bankの影響により河床が下り、更に杭があることにより流れに影響を与え局部洗掘を起す。したがって、この多柱式基礎は突出部（自由長）の非常に長いものとなる。

多柱式基礎の突出長 H_p はFig. 3-13に示すように、DHWL時の水深と局部洗掘深10mを加えたものとする。なお、頂版の底面の位置はDHWLに合わせるものとする。

各架橋候補地点におけるGuide Bank間隔毎の突出長さはTable. 3-10に示す通りである。

Guide Bank Type. Aについては突出長が $H_p = 60.5\text{m} \sim 66.1\text{m}$ と非常に長く、試算の結果、杭の自重と躯体の重量のみにしか耐えられなく設計不能となった。したがって4種の支間のCase. a, Case. bについて鋼管杭の $\phi 2\text{m}$, $\phi 3\text{m}$ をそれぞれ用い、14種類の計算を固定支点橋脚と可動支点橋脚について実施した。計算結果により多柱式基礎の形状寸法は一例としてCase. a, 支間長150m杭径3.0mの場合について、Fig. 3-14に示した。

3.4 取付部盛土

3.4.1 盛土

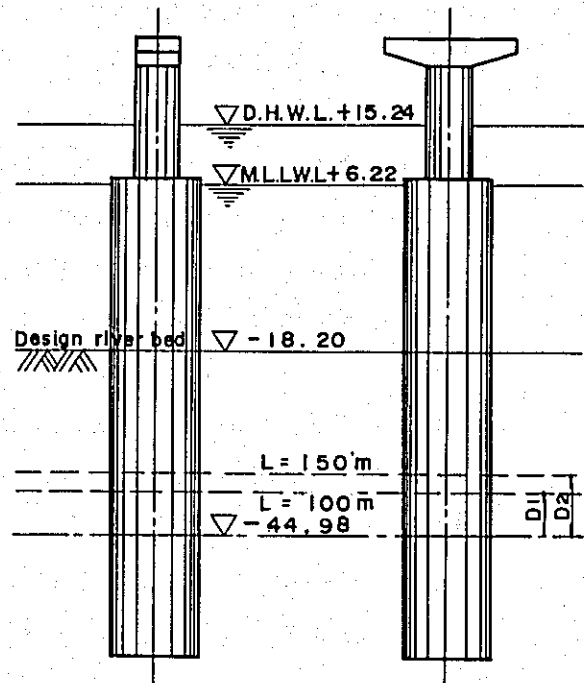
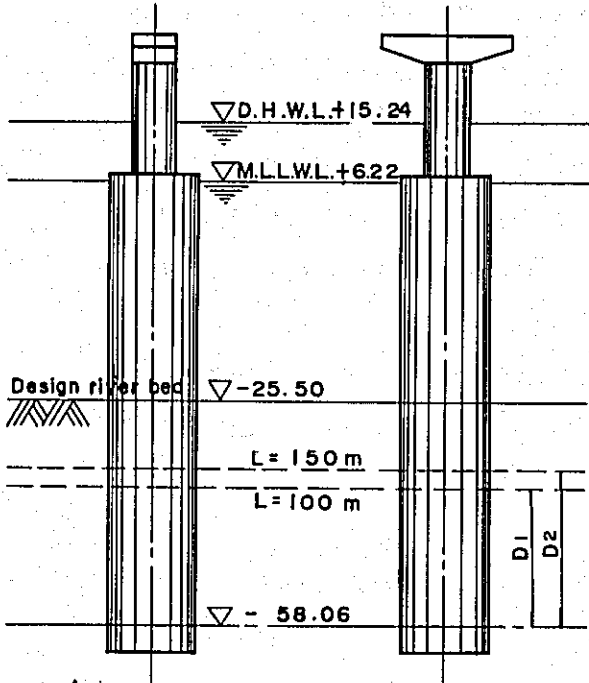
取付部の盛土の長さは、鉄道の縦断勾配によって左右される。Jamunaの河橋梁の鉄道の計画高さはDHWLより約27m上方であるから、鉄道の縦断勾配として $1/200$ をとると、約3.5kmの長さの高盛土を必要とする。

盛土材としては物理的な性質の良好な土が必要とされるが、次記の値を計算に用いた。

Fig. 3-12-1 Necessary Depth of Embedment Required for Stability of Well (Case -a) at Srajanj Site.

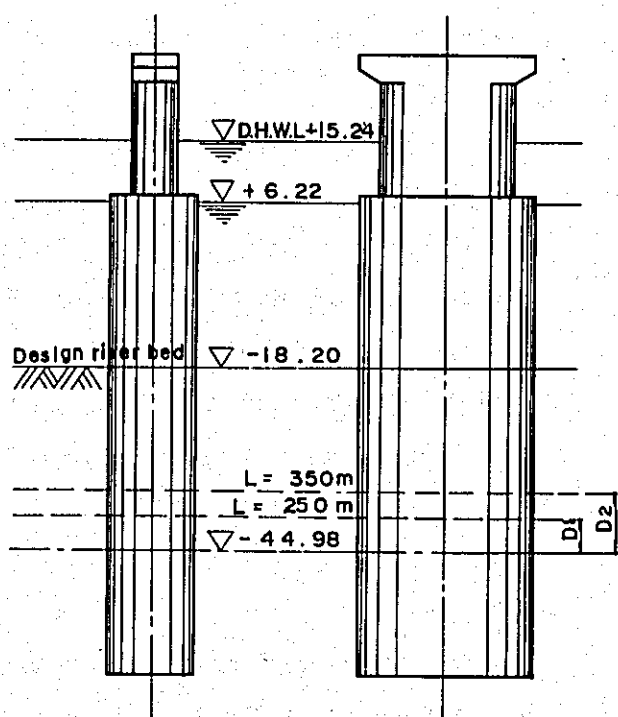
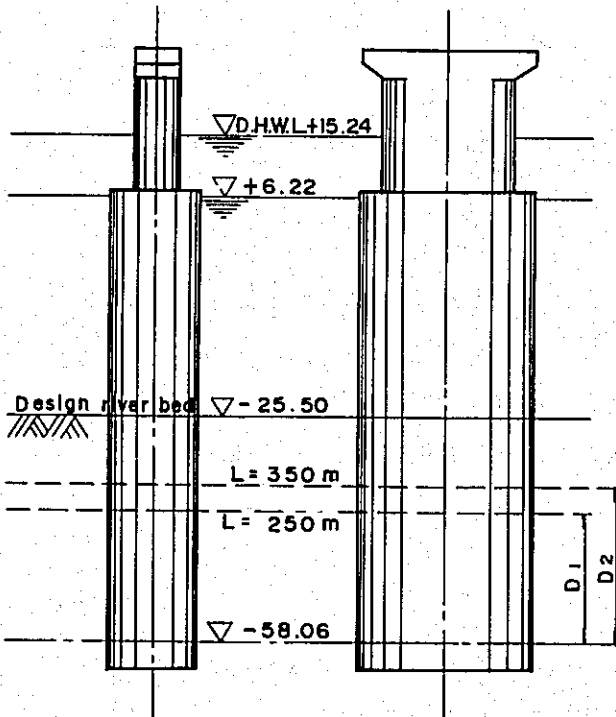
(a) B = 4.2 km
L = 100 m & 150 m

(c) B = 5.6 km
L = 100 m & 150 m



(b) B = 4.2 km
L = 250 m & 350m

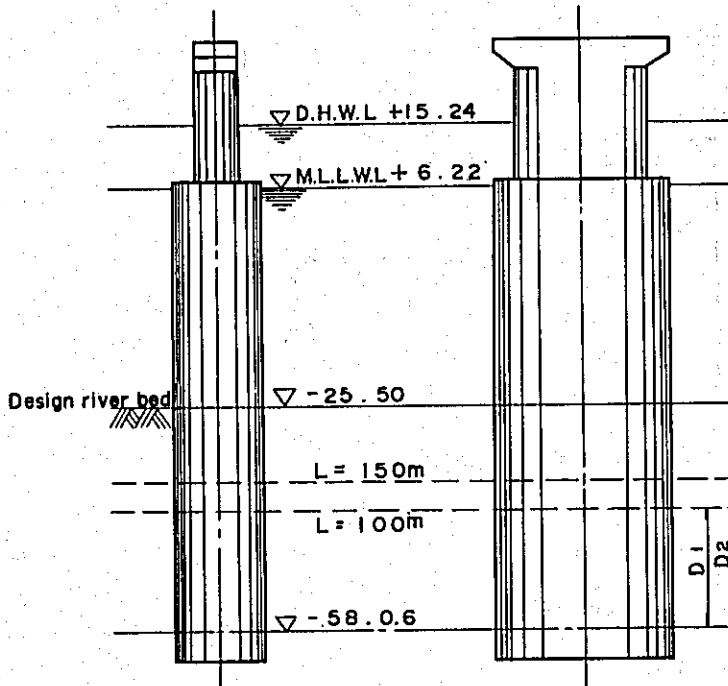
(d) B = 5.6 km
L = 250 m & 350 m



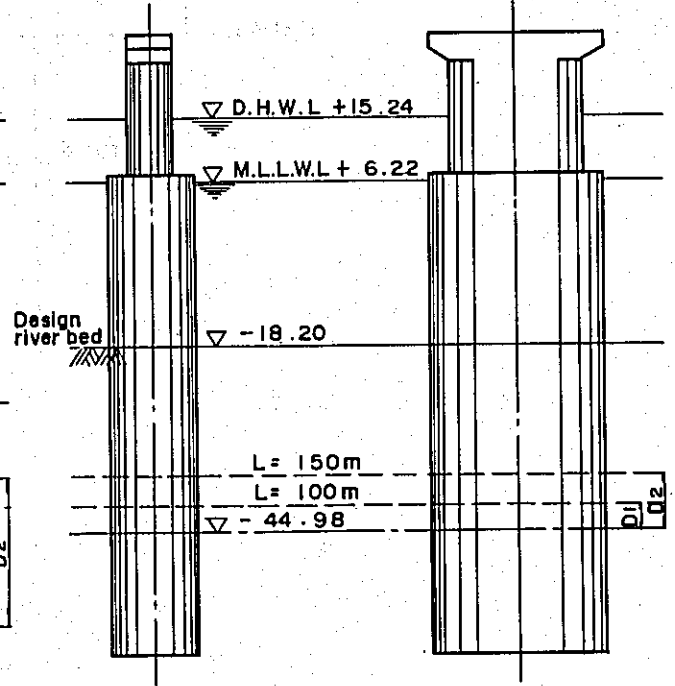
- : Estimated Height of River Bed
- : Height of River Bed required for Stability of Well.
- B : Distance between Guide Banks.
- L : Span Length of Bridge.
- D1, D2 : Necessary Depth at Embedment Required for Stability of Well

Fig. 3-12-2 Necessary Depth of Embedment Required for Stability of Well
(Case - b) at Srajanj site.

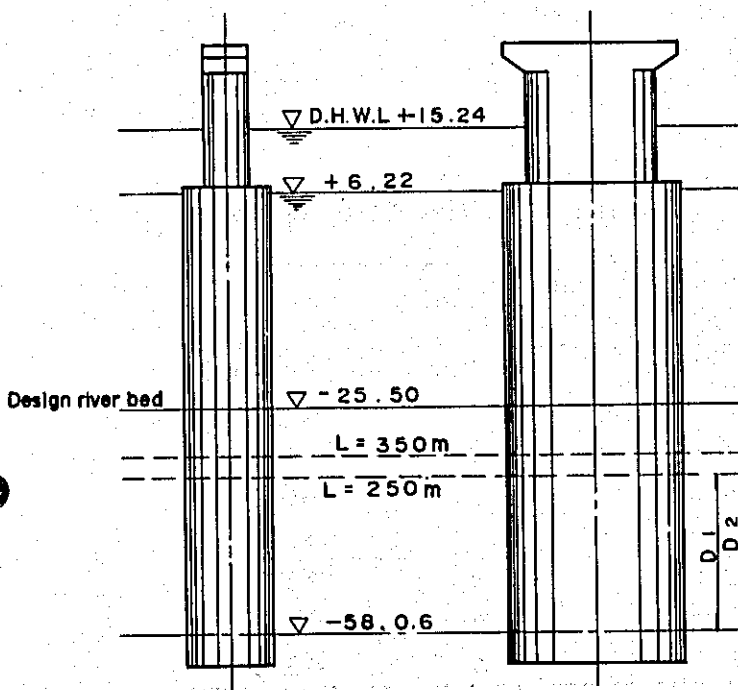
(a) B = 4.2 km
L = 100 m & 150 m



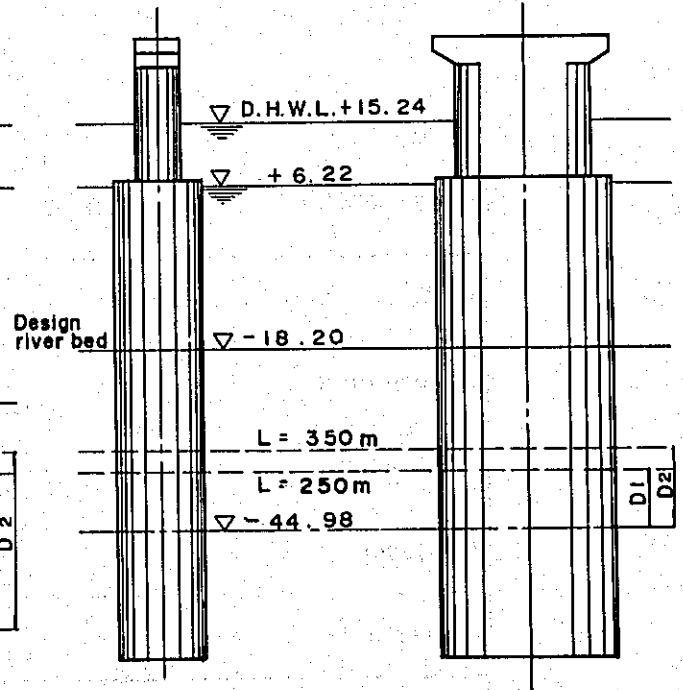
(c) B = 5.6 km
L = 100 m & 150 m



(b) B = 4.2 km
L = 250 m & 350 m

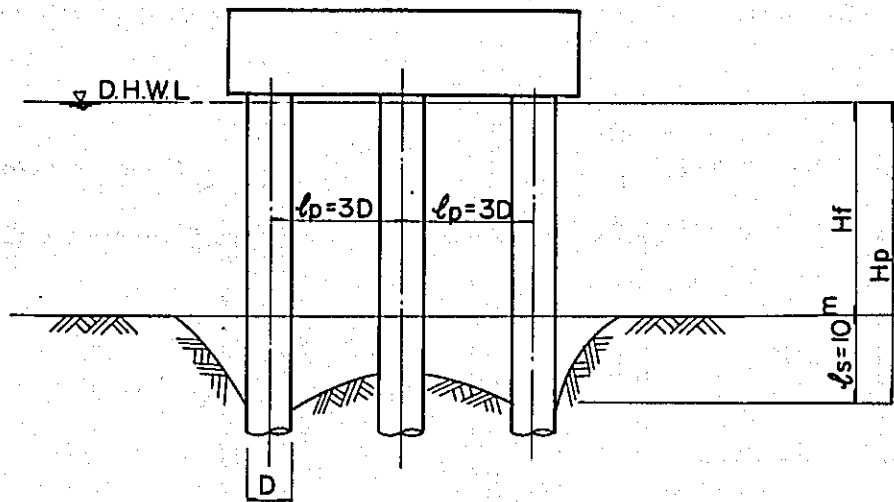


(d) B = 5.6 km
L = 250 m & 350 m



- : Estimated Height of River Bed
- - - - - : Height of River Bed required for Stability of Well.
- B : Distance between Guide Banks.
- L : Span Length of Bridge.
- D₁, D₂ : Necessary Depth of Embedment Require for Stability of Well

Fig. 3-13 Diagrammatic Sketch of Multi-pile - foundation



- (Legend)
- l_p : Pile interval
 - D : Diameter of pile
 - l_s : Scored depth
 - Hf : Depth of water
 - Hp : Free-standing length

Table 3-10 Free-standing Length of Pile at Each Site

Proposed sites	Mark	Type of guide bank		
		Type A	Type B	Type C
Bahadurabad	Hf	50.5 m	37.7 m	31.2 m
	Hp	60.5	47.7	41.2
Gabargaon	Hf	54.9	41.0	35.6
	Hp	64.9	51.0	45.6
Sirajganj	Hf	52.5	39.9	32.6
	Hp	62.5	49.9	42.6
Nagarbari	Hf	56.1	42.4	36.8
	Hp	66.1	52.4	46.8

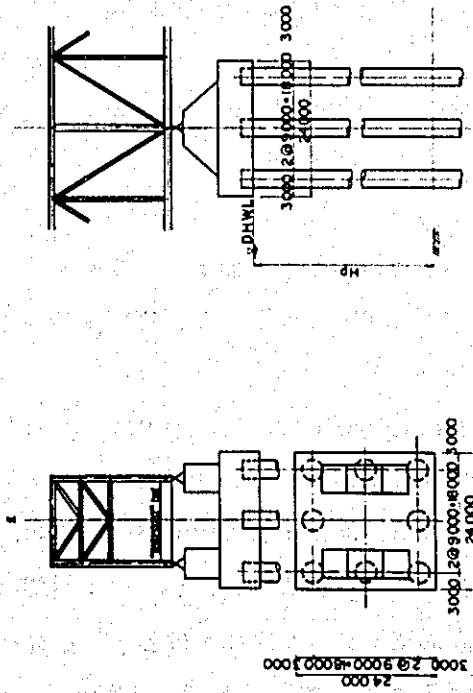
Fig. 3-14 General View of Multi-pile - foundation in Case a

Span length $L = 150.0\text{m}$

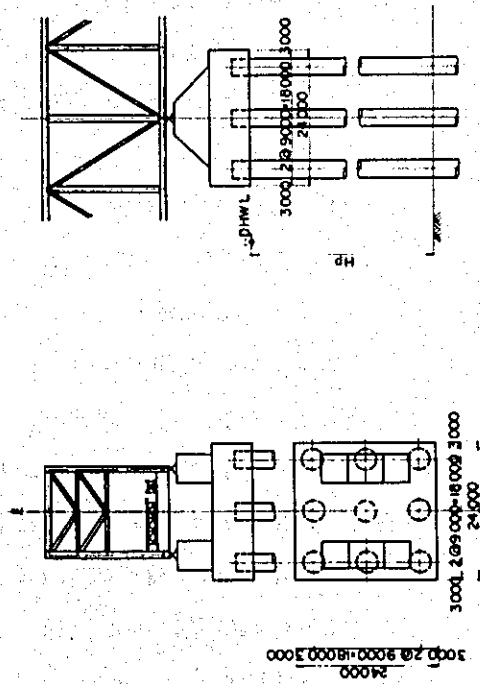
Diameter of pile $D = 3.0\text{m}$

a) Pier with fixed end

i) Distance between guide banks $B = 4.2\text{ km}$

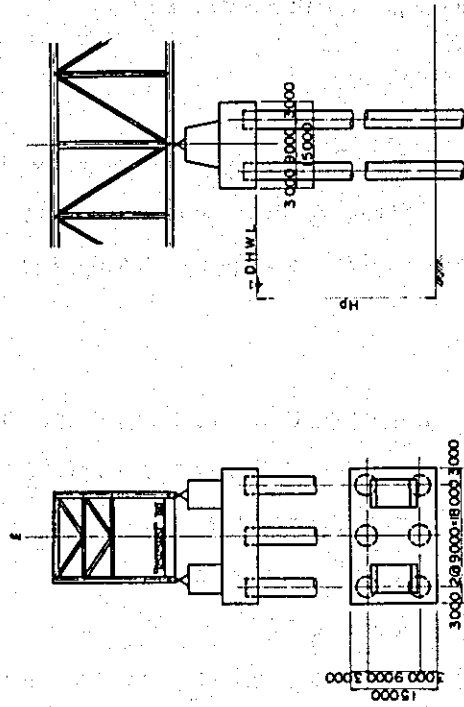


ii) Distance between guide banks $B = 5.2\text{ or }5.6\text{ km}$

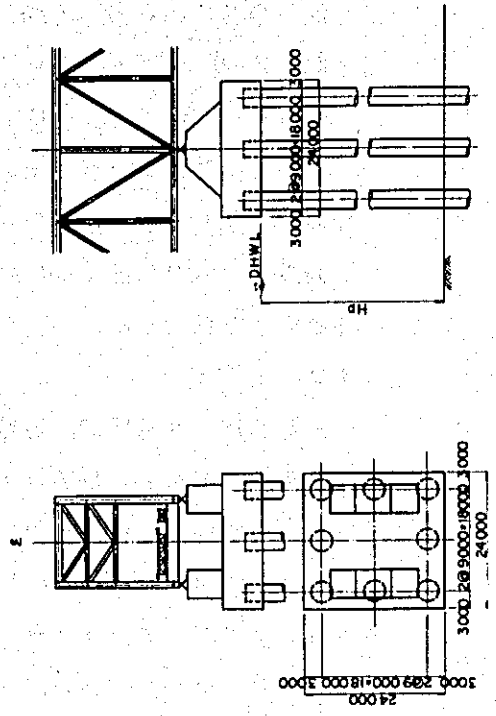


b) Pier with movable end

i) Distance between guide banks $B = 4.2\text{ km}$



ii) Distance between guide banks $B = 5.2\text{ or }5.6\text{ km}$



- (a) 単位体積重量 (γ) 1.9 t/m^3 ($119. \text{ lbs/cft}$)
- (b) 内部摩擦角 (ϕ) 20°
- (c) 粘着力 (C) 0

鉄道と道路による盛土上の過載荷重を考慮して、盛土の法面勾配を $1 : 2.5$ とした場合の円弧工りの計算を行なった結果、斜面の安定は十分安全であった。

高盛土の代りに部分的に高架橋が考えられるが、盛土の方が経済的であるため、取付部は盛土を採用した。

3.4.2 高架部

鉄道部は、複線区間、道路部は、4車線構成の Case. b の場合は、Jamuna 河橋梁は2重橋床構造とし鉄道は下路を通り、道路は上路を通ることは前述したが、その場合橋梁の道路面が取付盛土面まで下がってくるためには高架橋が必要となる。その型式としては、鋼連続箱桁橋を採用し、総工費を最小にするためと、鉄道の中心線から偏移する線形を考慮して、高架橋のスパン構成として支間 60 m の3スパン連続箱桁を計画した。なお、道路部と鉄道部とが上下に平行する部分では、高架橋を支えるため門形ラーメン形式の鋼橋脚を採用した。

3.5 橋脚周辺の防護

Jamuna 河橋梁は、Guide Bank 方式によるため、各架橋候補地点において Guide Bank Type. A, B, および C による河床高は Fig. 3-15 に見るよう極めて深い、したがって井筒を何等の防護もなく自立させるためには、井筒の長さが約 100 m を超えることにもなる。これは、支持層の位置にも関係するが、井筒沈下の施工の困難さと、経済性を無視することになる。そのため井筒の周辺は防護して井筒安定のため必要グリップ長を確保しなければならない。設計計算においても、この考え方に基づいている。以下に河川調査班が行なった橋脚周辺の防護の検討結果を示すことにする。

3.5.1 橋脚周辺防護の範囲

(1) Gales の提案

R. R. Gales は、流れが橋脚に斜めに当ること、および石材が河床と共に沈降して行くときの分散を考慮して、Fig. 3-16 に示すような橋脚防護範囲を提案している。

(2) 石崎、本間の研究

石崎勝義、本間義一は、広範囲にわたる実験に基づき Fig. 3-17, 18 に示す結果を得た。これらの図中、 H ; 洗掘されていないところの水位、 q ; 単位幅流量、 v ; 洗掘されていない水深における平均流速、 x ; 橋脚側壁からの距離、 r ; 円筒橋脚の半径、 d_s ; 橋脚側壁 ($x = 0$) における洗掘深、 H' , q' , v' ; 橋脚による洗掘後水深、単位幅流量、平均流速、 Y ; 橋脚側壁 ($x = 0$) における g'/g の値である。Fig. 3-17 は q'/q と x/r の関係を示したもので、Fig. 3-18 は d_s/H と Y との関係を示したものである。

示したもので、Fig. 3-17から分るように、 D を橋脚の直径とすると、 $x/r < 2$ あるいは $x < D$ の範囲では q'/q の値が1より大きいので、石材の分散を考えても橋脚壁面から $2D$ の範囲内を防護すれば十分であると考えられる。

(3) Hardinge 橋の現状

Hardinge 橋での橋脚周辺の石材調査によると、石材は橋脚壁から、ほぼ $2D$ の範囲に分散していると報告されている。

3.5.2 防護の方法

各予想洗掘深に対して、その河床で流れに抵抗し得る石材の直径とその重量を理論的に求めると極めて大きい値となる。しかし実際には維持、補給につとめるので、理論値より小さな石材でも役に立つと考えられる。

乾期においても流水のある部分の基礎工の施工に際しては、予め基礎工の安定に対する危険洗掘深を算定しておいて、定期的に計測し、その危険洗掘深に局部洗掘深が近づいたら捨石を必要防護範囲に投下する。その厚さは最小 $3.0\text{m} \sim 3.5\text{m}$ を必要とするが、Guide Bankの建設および雨期における増水による河床低下および洗掘によって、捨石は沈降、分散してゆくので、定期的な計測と、捨石の補給が必要なことはいうまでもない。そのため防護工のための維持管理組織と、補給のための捨石の貯蔵が必要となる。

また“みを”の移動によって新しく基礎工の安定をおびやかす洗掘が発生した場合は、直ちに捨石の投下を実施できる態勢が必要である。

4. 橋梁工事

4.1 架橋候補地点の自然条件

4.1.1 気 象

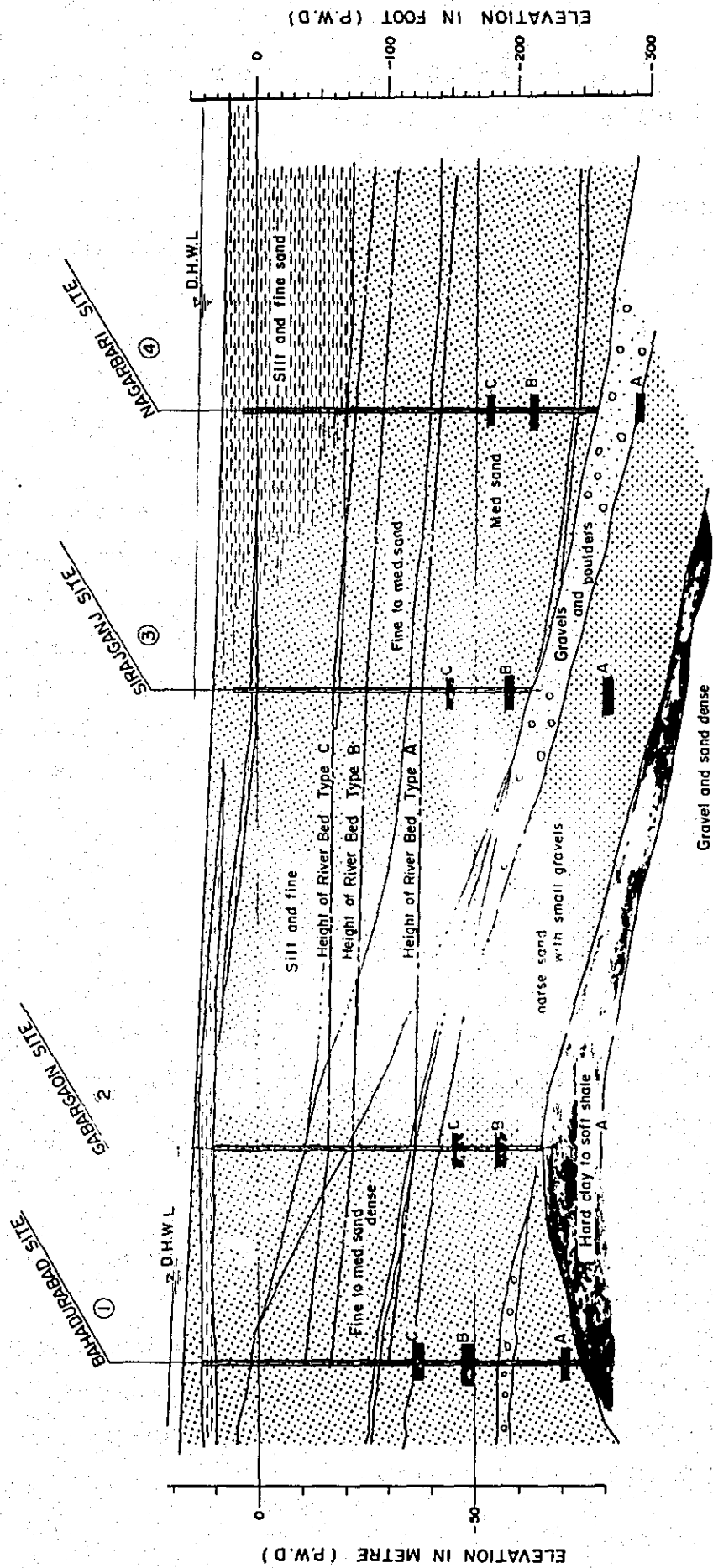
Jamuna 河周辺の気象条件の資料は、河川調査班によって収集されたものである。河川調査班は、その資料を分析、整理してグラフに作成した。橋梁調査班は、橋梁の計画および工法検討の基礎資料に上記資料を活用するものである。気象資料は、Bogra, Sirajganj および Faridpur 測候所におけるものである。

(1) 気 温

1964年4月から1969年3月までの5年間の月平均気温および月例の5年間最高気温、最低気温について、年変化のグラフが作成された。

各測候所とも5月から9月の降雨の多い季節については月平均気温の変動が少なく、 $28^{\circ}\text{C} \sim 31^{\circ}\text{C}$ の範囲内にある。10以降は月平均気温が徐々に低下し、1月に最低気温になり、再び徐々に上昇する。1月の月平均気温は $17^{\circ}\text{C} \sim 19^{\circ}\text{C}$ の範囲内にあり、月平均気温の年較差は $11^{\circ}\text{C} \sim 13^{\circ}\text{C}$ である。

Fig. 3 -15 Geological Profile and Height of River Bed



A : Estimated height of river bed after scouring (Diameter of pier 10-15m) Type A.
 B : " " " " " " Type B.
 C : " " " " " " Type C.

Fig. 3-16 Diagram of Pier - apron

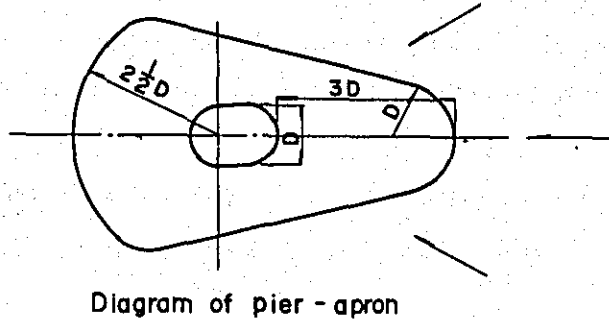


Fig. 3-17 The Relation between q'/q and x/r

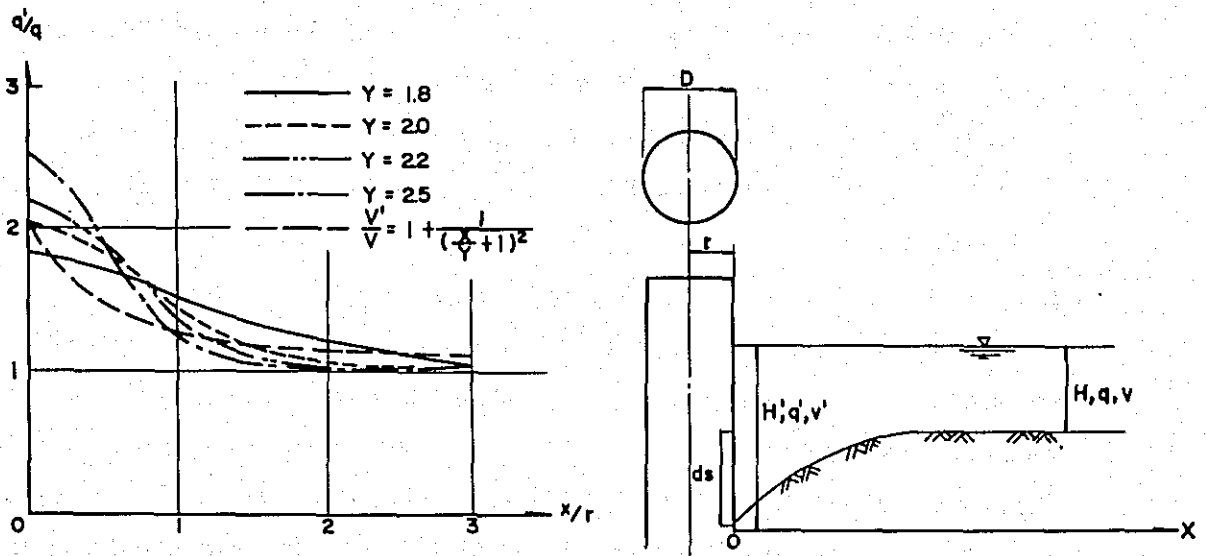
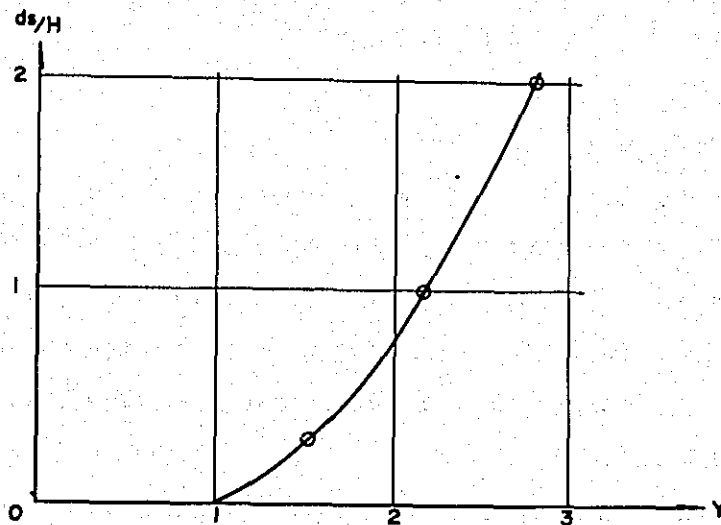


Fig. 3-18 The Relation between ds/H and Y



(2) 風 速

気温の資料と同じく5年間における最大風速と各年の月別最大風速の平均値のグラフと、10knot以上、20knot以上、および30knot以上の風速の発生した日数の調査資料から月別の年平均発生日数(day/month/year)を求めたグラフが作成された。

月変化については各測候所とも11月から2月までの期間において、5年間に一度も10knot以上の風速が記録されていない点は注目される。

(3) 降 雨

降雨についてのグラフは(a)5年間の平均月雨量および月別の5年間の最高月雨量、最低月雨量、(b)月別最高日雨量の5年間最大値、最小値およびその5年間における平均値、(c)降雨量が0.1in/day以上、0.5in/day以上、1.0in/day以上、1.5in/day以上、および2.0in/day以上の降雨量が5年間の範囲についてあった日数、および(d)日雨量別の5年間の平均日数が作成された。

各測候所における5月から10月の期間の降雨量の年降雨量に対する割合は約91～95%である。

4.1.2 河川水位

BWDB所管のBahadurabad地点、Sirajganj地点およびKadamtali地点の3ヶ所の水位観測所と、Jaganathganj地点、Mahura地点における水位資料に基づいて、河川調査班は架橋候補4地点における月平均水位の年変動を推定するために、各水位観測所の相関関係を調べ、各地点間距離も考慮して、各候補4地点の推定月平均水位を求めている。Fig. 3-19は以上の検討結果により求めた月別の平均水位の年変動と、地盤高および平衡河床高を示したものである。

各架橋候補地点においては、一般に最高平均水位は7月、8月に生じ、その前後で水位が低下し、2月、3月に最低水位となっている。この間の月平均水位の変動高は、約6.5m～7.0mである。

4.1.3 工事可能日数

架橋候補4地点のうち、Sirajganj地点について1960年から1969年までの風速と水位、および1964年4月から1969年3月までの降雨日数を総括したものがFig. 3-20である。同図には、風速に関しては10knot以上の風速の発生日数とその風速、水位に関しては40ft(Sirajganj水位観測所地点の平均地盤高程度)以上の水位になった期間、さらに降雨に関しては、0.5in/day以上の降雨にあった月別5ヶ年平均日数が示されている。

橋梁工事の予備計画に際して、現場において工事を実施できる年間の日数を求めるために、Sirajganj地点で次の基準により求め、これを他の各架橋候補地点にも適用す

ることとした。

(1) 河川水位

橋梁下部工事において、基礎を井筒基礎とする場合は、井筒の天端をMLLWLより1.0 m高くするものであり、多柱式基礎とする場合はDHWLを頂版の底面としている。井筒の場合、ある程度の高さに止水壁を設けて増水に対処して工事を続行できるようにして頂版コンクリートを打設し、橋脚躯体を築造するものとするれば、作業船の往来に困難が生ずる7月から9月までを作業中断期間とする程度でよいと考えられる。また多柱式基礎の場合も同様とする。

橋梁上部工事においては、架設部材を橋上を通して運搬することができれば河川水位の影響を受けないことになる。架設部材を運搬船より吊り上げて架設するなど河面の利用を計画すると、下部工事と同じ期間中断すれば十分であろう。

したがって、橋梁工事について河川水位による工事中断期間は7月から9月までとする。

(2) 降 雨

日雨量が0.5 in/day以上の日は工事に不都合であると仮定する。

(3) 休 日

休日などで工事を休まなければならない日数を1ヶ月に2日と仮定する。

(4) 風 速

風速10knotまでは工事に支障がないとすると、年間を通じて風速によって工事が中断することはない。ただし、ここでは突発的なものは無視する。

(5) 工事可能日

上記(1)~(4)以外の日はすべて工事可能な日とする。

上記の基準で求めた「工事可能日数」はTable. 3-11に示す通りで、年間の工事可能日数は239日である。

4.2 工 事 量

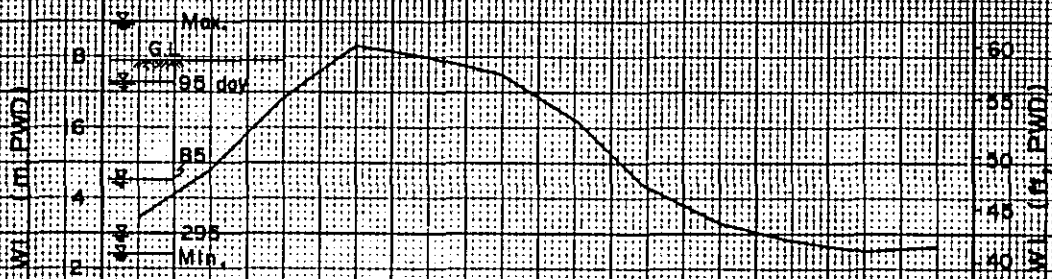
4.2.1 上部構造

支間100m, 150mは3径間連続トラス、支間250m, 350mは多径間カンティレバートラスである。これらの各支間と幅員構成によるCase. a, Case. bについて単位橋長当りと、単位長さ(1m)当りの鋼重をTable. 3-12に示した。Fig. 3-21は単位長さ当り鋼重と支間の関係をグラフに示したものである。

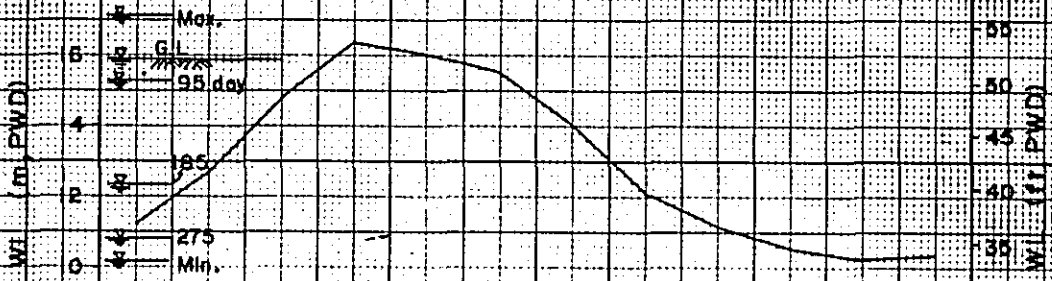
次にGuide Bankの間隔別に総鋼重をTable. 3-13に示した。

Fig 3 - 19 Monthly Mean Water Level at Each Site

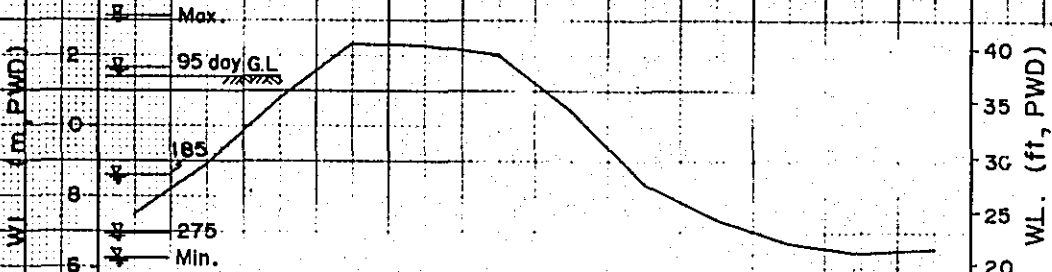
Bahadurabad Site (DHWL = 20.86 m, PWD)



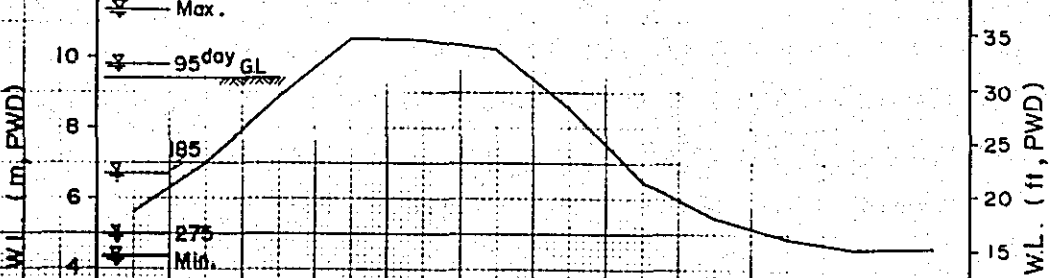
Gabargoon Site (DHWL = 19.44 m, PWD)



Sirajganj Site (DHWL = 14.94 m, PWD)



Nagarbari Site (DHWL = 14.01 m, PWD)



Apr. May Jun. Jul. Aug. Sept. Oct. Nov. Dec. Jan. Feb. Mar.

Fig. 3-20 Natural Condition of Siraganj Site

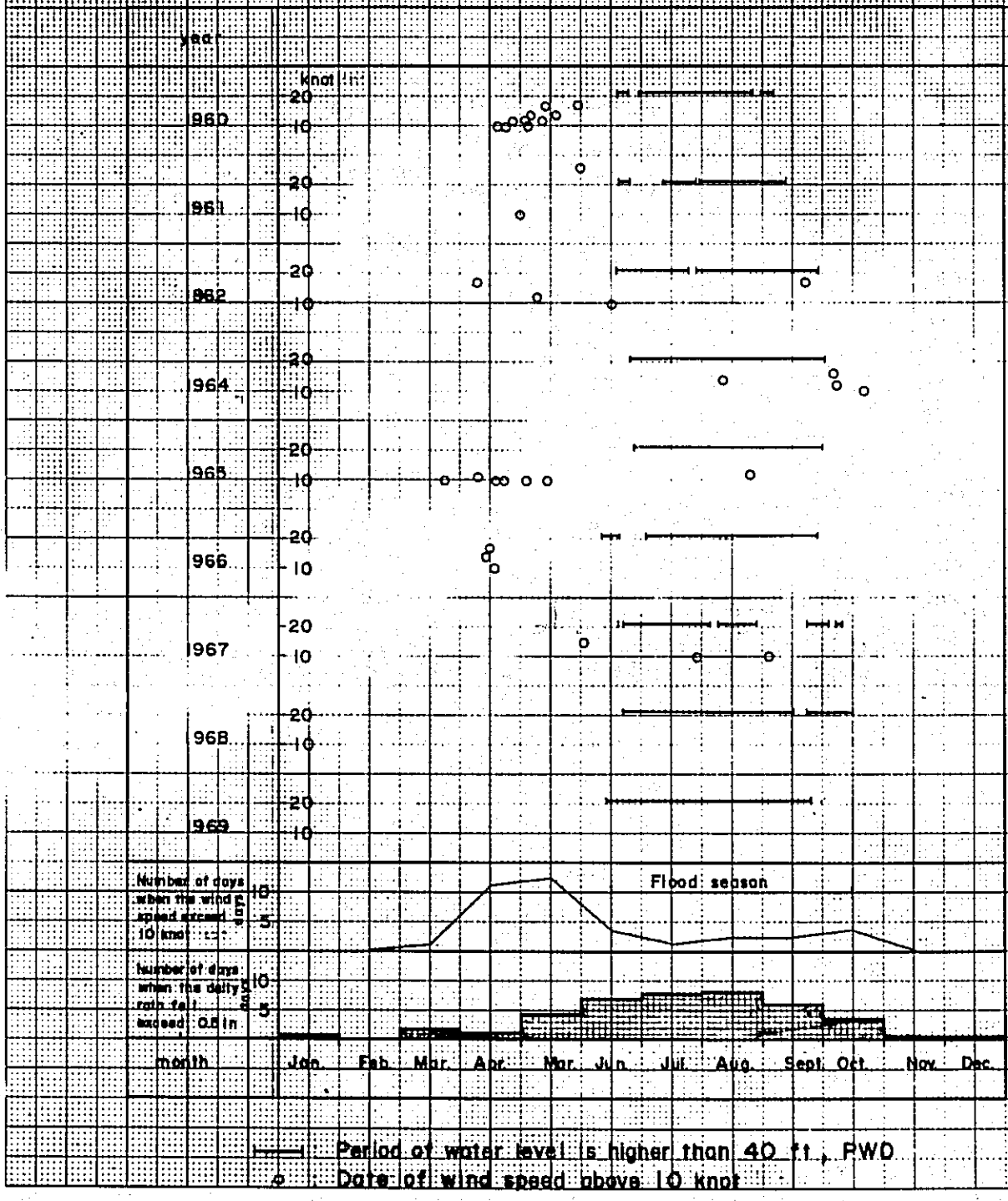


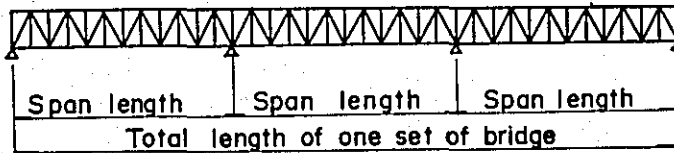
Table. 3 - 11 Workdays

	Month	Days in month	Non Workdays				Total Workdays	30 days	20	10
			by High Water	by Rainy (>0.5 in/day)	by Holiday	Subtotal				
Substructure	Jul.	31	31	7.6	2	31.0	0			
	Aug.	31	31	8.0	2	31.0	0			
	Sep.	30	30	5.8	2	30.0	0			
	Oct.	31	0	3.4	2	5.4	26			
	Nov.	30	0	0.2	2	2.2	28			
	Dec.	31	0	0.2	2	2.2	29			
	Jan.	31	0	0.2	2	2.2	29			
	Feb.	28	0	0	2	2.0	26			
	Mar.	31	0	1.4	2	3.4	28			
	Apr.	30	0	1.0	2	3.0	27			
	May	31	0	4.2	2	6.2	25			
	Jun	30	0	6.8	2	8.8	21			
	Total	365	92	38.8	24	127.4	239			

Table 3 - 12 Comparison of Steel Weight per Unit Length of Bridge

Case	Type	Span length (m)	Total length of one set of bridge	Steel weight B (t)	unit weight B/A (t/m)
a	3 span continuous truss	100	300	2 430	8.10
		150	450	4 833	10.7
	Cantilever truss	250	500	9 783	19.6
		350	700	20 634	26.6
b	3 span continuous truss	100	300	3 249	10.8
		150	450	6 482	14.4
	Cantilever truss	250	500	15 413	30.8
		350	700	28 328	40.5

Marking diagram for span of 100^m or 150^m



Marking diagram for span of 250^m or 350^m

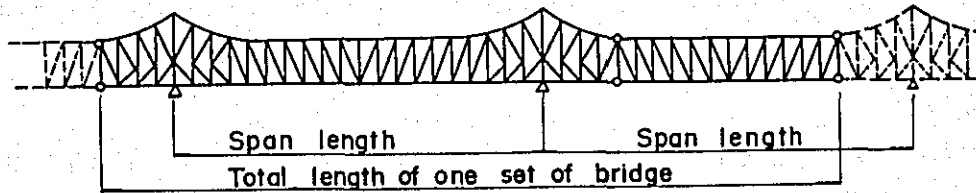


Fig. 3 - 21 Relation between Span Length and Steel Weight

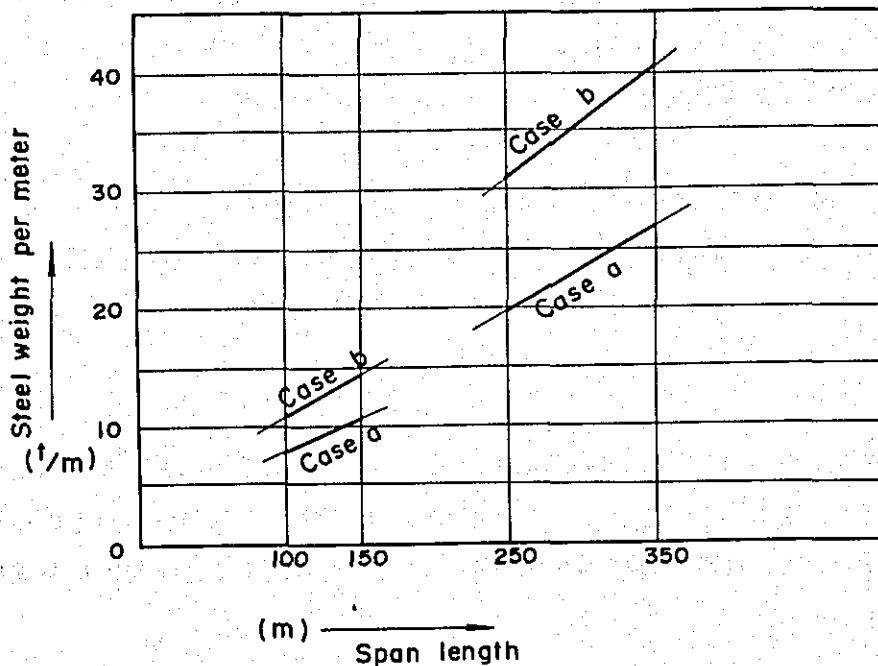


Table. 3-13 Total Weight of Steel of Superstructure
Unit: Ton

Case	Span (m)	Distance between guide banks			
		2.0 km	4.2 km	5.2 km	5.6 km
a	100	16,230	34,054	42,018	45,412
	150	22,823	47,251	57,023	61,908
	250	43,050	91,281	110,881	110,881
	350	68,469	130,438	171,750	171,750
b	100	21,705	45,403	56,394	60,793
	150	30,311	62,734	75,704	82,188
	250	67,880	143,901	174,791	174,791
	350	94,125	179,233	235,971	235,971

4.2.2 下部構造

(1) 井筒基礎

架橋候補地点4ヶ所について、上部構造の各型式、支間による下部構造の数量を、Guide Bankの間隔毎に集計し、下部構造に用いるコンクリートの体積と、井筒基礎の掘削土量をCase. a, Case. bに区分してTable. 3-14-1, 2に示した。

(2) 多柱式基礎

井筒基礎と同様、各架橋候補地点および各支間に関する多柱式基礎の主要数量は杭径 ϕ 2m, ϕ 3mのそれぞれについてCase. a, Case. bに区分してTable. 3-15に示した。同規模の上部構造に対して基礎に ϕ 2mの杭を用いた場合と、 ϕ 3.0mの杭を用いた場合を比較すると総鋼重は ϕ 3.0mの方が ϕ 2.0mより少なく、両者の工費を比較するまでもなく ϕ 3.0mの杭を用いることの有利性が判明したので、これからの多柱式基礎の杭は ϕ 3.0mについてのみ計画することとする。

4.2.3 取付部

取付部の盛土に要する良質の土砂, Dredged Sand, Pitching Ston および張芝などの材料はTable. 3-16に示す通りである。またCase. bにおける高架橋に要する鋼材, 鋳鉄, 鉄筋コンクリート体積および鋼管杭などの材料はTable. 3-17に示す通りである。

4.3 工期

Jamuna 河橋梁に関する橋梁工事の工期としては、2年の準備期間と7年の本工事工期を合わせて全工期を9年と予定している。この工事は極めて大量の資機材を用いる大規模な工事となること、雨期には制約を受けることなどから、工事は集中的に急速に実施しなければならない。

Table 3-14-1 Total List of Construction Materials of Well Foundations in Case a

Span (m)	Dist. Btw. G.B (Km)	Items	Proposed site				Unit : m ³
			Bahadurabad	Gabargaon	Sirajganj	Nagarbari	
L= 100	4.2	R.C	329,970	337,640	322,310	360,640	
		G.V	345,670	356,170	334,600	380,730	
	5.2	R.C	---	419,990	---	448,600	
		R.V	---	443,040	---	473,590	
	5.6	R.C	442,650	---	432,370	---	
		G.V	463,710	---	448,860	---	
L= 150	4.2	R.C	225,350	230,580	220,110	246,290	
		G.V	236,070	243,240	228,510	260,010	
	5.2	R.C	---	280,000	---	299,070	
		G.V	---	295,360	---	315,720	
	5.6	R.C	297,770	---	290,860	---	
		R.V	311,950	---	301,960	---	
L= 250	4.2	R.C	238,950	244,570	233,340	261,430	
		G.V	312,790	322,270	302,760	344,500	
	5.2	R.C	---	298,910	---	319,530	
		G.V	---	393,890	---	421,060	
	5.6	R.C	292,050	---	285,180	---	
		G.V	382,290	---	370,040	---	
L= 350	4.2	R.C	159,300	163,040	155,550	174,290	
		G.V	208,520	214,850	201,840	229,670	
	5.2	R.C	---	217,390	---	232,380	
		G.V	---	286,460	---	306,220	
	5.6	R.C	212,390	---	207,400	---	
		G.V	278,030	---	269,120	---	

(Note) R.C. : Reinforced Concrete
G.V. : Gross Volume of Wells

Table 3-14-2 Total List of Construction Materials of Well Foundations in Case b

Span (m)	Dist. Btw. G.B (Km)	Items	Proposed site				Unit : m ³
			Bahadurabad	Gabargaon	Sirajganj	Nagarbari	
L= 100	4.2	R.C	560,060	572,850	547,270	611,270	
		G.V	712,460	734,060	689,620	784,700	
	5.2	R.C	---	712,570	---	760,360	
		G.V	---	913,100	---	976,090	
	5.6	R.C	751,360	---	734,150	---	
		G.V	955,740	---	925,100	---	
L= 150	4.2	R.C	382,480	391,220	373,750	417,450	
		G.V	486,560	501,310	470,960	535,890	
	5.2	R.C	---	375,050	---	506,910	
		G.V	---	608,740	---	650,730	
	5.6	R.C	505,410	---	493,870	---	
		G.V	642,950	---	622,340	---	
L= 250	4.2	R.C	235,880	251,500	240,270	268,360	
		G.V	312,790	322,270	302,760	344,500	
	5.2	R.C	---	307,380	---	328,000	
		G.V	---	393,890	---	421,060	
	5.6	R.C	300,520	---	293,650	---	
		G.V	382,290	---	370,040	---	
L= 350	4.2	R.C	163,920	167,660	160,170	178,910	
		G.V	208,520	214,850	201,840	229,670	
	5.2	R.C	---	223,550	---	238,540	
		G.V	---	286,460	---	306,220	
	5.6	R.C	218,550	---	213,560	---	
		G.V	278,030	---	269,120	---	

Table 3-15 Rough Estimation of Weight of Steel Pipe Piles
for Multi-pile Foundation

1. Diameter of pile D=2.0 m, thickness t=40 mm.

a) Width system of bridge.....Case a

Unit : Thousand tons

Distance btw. guide banks	(m)	Proposed sites			
		Bahadulabad	Gabargaon	Sirajganj	Nagarbari
4.2 km	100	---	---	---	---
	150	162	207	203	209
	250	108	177	174	180
	350	159	203	200	205
5.2 km	100	112	---	114	---
	150	119	192	121	195
or 5.6 km	250	88	141	90	130
	350	122	207	124	209

b) Width system of bridge.....Case b

4.2 km	100	---	---	---	---
	150	229	276	271	279
	250	170	248	244	251
	350	181	237	232	239
5.2 km	100	166	---	169	---
	150	194	272	198	275
or 5.6 km	250	142	203	144	205
	350	181	236	184	239

2. Diameter of pile D=3.0 m thickness t=60 mm

a) Width system of bridge.....Case a

4.2 km	100	72	99	98	101
	150	65	80	79	82
	250	63	87	86	89
	350	65	82	81	85
5.2 km	100	79	87	79	89
	150	76	77	76	78
or 5.6 km	250	64	75	64	76
	350	74	83	74	85

b) Width system of bridge.....Case b

4.2 km	100	82	99	98	101
	150	97	136	134	140
	250	90	113	111	116
	350	95	99	98	101
5.2 km	100	90	99	90	101
	150	106	114	107	116
or 5.6 km	250	88	106	88	108
	350	117	123	118	125

Table 3-16 List of Materials Required for Bridge Approach Embankment

Items	Case a	Case b							
		Selected earth	Dredged sand	Pitching stone	Sodding	Selected earth	Dredged sand	Pitching stone	Sodding
	2.0 Km	1,740	1,250	212	247	2,561	1,750	212	247
Bahadurabad	4.2 "	1,740	1,699	314	359	2,561	2,379	314	359
	5.6 "	1,740	2,357	385	459	2,561	3,300	385	459
	2.0 "	1,740	1,069	224	253	2,561	1,497	224	253
Gabargaon	4.2 "	1,740	1,930	338	388	2,561	2,702	338	388
	5.2 "	1,740	2,585	393	484	2,561	3,619	293	484
	2.0 "	1,740	1,555	208	249	2,561	2,177	208	249
Sirajganj	4.2 "	1,740	2,246	375	412	2,561	3,144	375	412
	5.6 "	1,740	3,137	453	521	2,561	4,392	453	521
	2.0 "	1,740	2,051	278	313	2,561	2,871	278	313
Nagarbari	4.2 "	1,740	2,920	400	442	2,561	4,088	400	442
	5.2 "	1,740	3,713	457	521	2,561	5,198	457	521

Unit : Thousand m³

Table. 3-17 List of Materials used for Viaduct of Bridge Approach in Case b

	Items	Unit	Quantities	Remarks
Superstructure	Structural steel	ton	7,404	SM53, SS41
	Cast steel	"	276	Shoe
	Reinforced concrete	m ³	9,260	Slab
	Asphalt pavement	m ²	27,504	
Substructure	Structural steel	ton	2,504	SM53, SS41
	Reinforced concrete	m ³	26,000	
	Steel pipe pile	ton	5,600	φ 600

4.3. Term of construction works.

The term of construction works for Jamuna Bridge Project was estimated at about nine years including two years for preparation and seven years for main construction works. For the execution of the works, best efforts must be concentrated in the direction of speed-up of the execution and reduction in erection schedules of the works on a gigantic scale, in which massive materials, equipment and machinery are used. Moreover, the work is under a strict restraint of weather--rainy seasons.

For the main bridge works, priority is given to the foundation wells works which starts, first of all, and the substructure, including foundation wells and piers must be completed, one after another, within the course of one single dry season, meanwhile, the superstructure works were planned to start in succession 1 year later, over the substructure, and to finish the works after six years.

4.4. Construction method and equipment.

4.4.1. Transportation.

Khulna port is expected to be available for the unloading materials and equipment from abroad while Chittagong port may be used for unloading a part of them.

Transportation by railway does not answer the purpose because of increase of freight trains and an improvement of rail gage are needed to supplement the shortage of waggons and to avoid loading and unloading arise from difference of rail gages.

Transportation by road does not answer also the purpose because there are few roads available for rainy seasons and having enough bearing strength for the heavy load, in addition, due to limitation of weight and ferry capacity.

To smoothen the transportation by barge, it is requested to construct a wharf which can be available throughout a year and to construct a new road connecting the wharf with the bridge site.

橋梁工事は、基礎工事を先行し、下部工は井筒基礎から橋脚躯体までも1乾期に完成させるものとする。上部工は1年ずらして下部工完成ヶ所から逐次架設して6年間で架橋を完了するよう計画した。

4.4 施 工

4.4.1 輸 送

外国からの資機材の荷揚げは、主としてKhulna港とし、一部はChittagong港を利用することもあり得る。鉄道については貨車が慢性的に不足していること、レールゲージの相異によって積み込み、積み卸し作業が何回も生ずること、などからその利用については、貨車の増強や、レールゲージの改良を実施しなければ期待できない。道路については、雨期にも利用できる全天候道路が少ないこと、乾期においても運搬重量と、フェリーの能力に制限があること、などから鉄道と同様に資機材の輸送には余り期待できない。したがって河川を利用した水運によるのが適切であり、架橋地点に年間を通じて利用できる物揚場を設け、所要の場所に輸送路を新設して輸送する計画とした。

4.4.2 下部構造

約70mにも達する井筒の掘削、沈下を短期間に完了させなければならないため、従来工法である三脚デリックとクラムシェルパケットによる方法では無理である。したがって大口径掘削機と逆還流による排土方式(リバースサーキュレーション)を用いた工法を採用することにした。

多柱式基礎は、大口径鋼管の建込みと頂版コンクリートの打設が重要である。流水部においては大型杭打船を用いなければならない。所定の位置に、所要の間隔を保って杭を建込むために水中に鋼製仮枠を設け、頂版の底面型枠を兼ねた鋼製プレートと結合して、杭打込みのガイドの役目をさせることが施工上有利である。陸上部においては、橋軸線に沿って開削し、杭打船が移動できるようにする。

4.4.3 上部構造

上部工の架設工法は、水深が浅く流速の遅いところ、および陸上部はベント工法による。その他の場所はカンティレバーエレクション工法またはフラットバージ工法による一括架設とする。

4.5 建設工事の問題点

4.5.1 準備工の問題点

(a) 大量の輸入資機材をKuluna港に陸揚げして、バージまたは貨車輸送によって逐次現地に搬入することになるが、そのためにはKuluna港にはその規模にふさわしい荷役設備仮置場が必要である。

(b) コンクリートを使用する各種工事に便利な位置にコンクリートプラントを設けるこ

と。

- (c) 工事中建設機械の主燃料や発電機の燃料が多量に必要なので、大規模な燃料供給施設が右岸側および左岸側の2ヶ所に必要である。
- (d) 各種建設機械の点検および修理のための大規模なモータープールが右岸側および左岸側の2ヶ所に必要である。
- (e) 上記の諸設備や、工事従事者の宿舎、給排水施設、電力供給施設、ヘリポートなど作業基地として必要な諸施設が必要である。作業基地は洪水に際しても水面下に没しないように築造しなければならない。

4.5.2 仮設工の問題点

- (a) 工事中道路は作業基地から架橋位置まで設けられるが、雨期には使用できなくなり、しかも水没した道路は流失して仕舞うと思われるので、工事中道路は工事期間は毎年建設することを考えておく必要がある。
- (b) 河中に設置する鋼製仮枠、架台および上部工用のベントおよび型枠などは迅速に撤去ができるよう、組立て解体が容易なものとする。

4.5.3 直接工事の問題点

- (a) 各種工事は急速な施工を必要とするので、建設機械は高能率のものがよく、また構造は単純にし、省力化の工夫をして工期の短縮につとめる必要がある。
- (b) 施工の大部分が乾期に集中すること、工事量が歴大であること、各種工事が重なって施工されるため、工事現場内が錯そうすることが予想される。したがって建設機械および労務者に対する運行管理上の問題が重要である。
- (c) 豊富な労働力を活用する工夫が必要である。

5. 工事費

5.1 工費積算基準

工費積算に際して、宿舎、モータープール、燃料貯蔵所、資材倉庫、荷役施設およびそれらの施設に対する電力供給施設、給排水施設等の一般施設費は含まない。また、次の事情が考慮されている。

- (a) 一般の単価は1974年3月末での価格調査の結果に基づくものとした。
- (b) 主要建設機械は工事期間中に償却を完了し、残存価格は0と考える。
- (c) 石材調査班の調査によれば、石が4架橋候補地点の石材置場に搬入した時点での単価は次のように見積られている。

Bahadurabad	6.0 TK/ft ³
Gabargaon	6.3 "
Sirajganj	7 "
Nagarbari	7.4 "

(d) 工事に用いる主要材料の単価は次の通りである。

構造用鋼	2,200 TK/t	79,000 円/t	日本より
異形鉄筋	2,080 "	75,000 "	"
鋼鉄板	1,610 "	58,000 "	"
軽量鉄板	1,720 "	62,000 "	"
セメント	321 "	11,500 "	"
砂	448 TK/100 cft	5,700 円/m ³	
砂利	700 "	8,500 "	

5.2 概算工費

5.2.1 上部工

2.0 km, 4.2 km, 5.2 km および 5.6 km の 4 つの Guide Bank の間隔について、上部工の各支間による概算工費を Case. a, Case. b 別に求めた。その内訳は構造用鋼の材質別、杣、製作、架設、舗装、床版および輸送に区分して積算した。それぞれの単価は下記の通りである。

構造用鋼	SS41	60,000 円/t
	SM50	83,000 "
	SM58	98,000 "
鑄鋼		500,000 "
製作費		150,000 "
架設	キャンティレバー	360,000 "
	ベント	260,000 "
舗装		2,000 円/m ²
床版		70,000 円/m ³

上部工の各ケースについての合計工費を一括して Table. 3-18 に示した。また同表には単位鋼重当りの工費も示した。

上部工費は、Guide Bank の間隔によって表示され、各架橋候補地点に対しては、Guide Bank の間隔に適合する工費をあてはめることで作成することができる。

5.2.2 下部工

下部工に対しては、架橋候補地点の条件によって影響されるので、各地点毎に上部工の支間別とそれを適用する Guide Bank 間隔について求めた。

井筒基礎については、鉄筋コンクリート量および井筒の沈下掘削土量に工費を集約して求め、多柱式基礎についても同じく鉄筋コンクリート量および鋼管杭に工費を集約して求めた。それぞれの工費集計表は Table. 3-19, 20 に示す通りである。

ただし、河川調査班の検討によれば「架橋幅の決定に際して、その幅は現状河幅より

大きくとることが最も望ましい。あるいは河道改修工事が進み、将来の河床や性状の変化の可能性と同じく、河川計画を考える時発生してくる流量増の点から現状河幅をせばめることは望ましくない。たとえ河幅をせばめたとしても約4,000m以上とすべきであろう」と結論付けている。したがってGuide Bank間隔2,000の場合には工費集計表から除外した。

5.2.3 取付部

各架橋候補地点、各Guide Bank間隔毎の工事費はCase. a, Case. bについてTable. 3-21に示す通りである。

6. 最適構造型式と支間の選定

最適構造型式の選定について、上部工は支間100mおよび150mは鋼連続3径間連続トラス、支間250mおよび350mは鋼カンティレバートラス橋が妥当な型式であることは既に述べた通りである。下部工については井筒基礎と多柱式基礎の優劣を比較して基礎工の型式をどちらかに選定する。次いで架橋候補地点別にGuide Bank間隔および支間長による上下部工の合計工費の比較によって最適支間を求めることができる。

6.1 基礎工型式の選定

井筒基礎と多柱式基礎の比較のために、Table. 3-19の井筒基礎の工費と、Table. 3-20の多柱式基礎の工費を各架橋候補地点毎とCase. a, b別にグラフにした結果、Case. aの場合、どの架橋候補地点、どの支間長でも井筒基礎の方が、多柱式基礎より経済的であることが明かとなった。なお、Guide Bank間隔4.2kmの方が、Guide Bank間隔5.2kmあるいは5.6kmの方より両者の工費の差が大きいことは注目される。Case. bの場合は井筒基礎では支間長が変わっても同一形状寸法の井筒を用いたので、長大支間になると基数が減るため、工費は井筒の基数に比例して減少している。多柱式基礎の場合は、井筒の場合程、極端な変化はなく、支間長の変化に工費は必ずしも比例しない。Case. aの場合のように井筒基礎が多柱式基礎より大部分経済的となっているが、Guide Bank間隔5.2kmあるいは5.6kmの場合で支間100mの場合についてのみ多柱式基礎の方が井筒基礎より経済的となった。

以上により、基礎工の型式はCase. aの場合には、井筒基礎が妥当であり、Case. bの場合も大部分は井筒基礎が妥当であるという結果になった。

6.2 最適支間の決定および総工費

一般に上部工の工費は、縦軸に工費、横軸に支間長をとったグラフに示すと、支間長が長くなるに従って急カーブで増大する。また下部工も、その一基づつは上部工の径間が長くなると規模が大きくなる。しかし下部工の工費の増加は上部工の工費の増加に比べて少ない。今ある定まった橋長を持つ多径間の橋梁を考えた場合、上部工の総工費は、

Table 3-18 List of Rough Estimated Construction Costs of Superstructure

	Case	Span (m)	Distance between guide banks (km)		
			4.2	5.2	5.6
Total costs of construction (100 million yen)	a	100	194.0	234.6	251.0
		150	268.7	318.5	342.8
		250	506.1	603.5	603.5
		350	726.0	938.8	938.8
	b	100	265.7	324.5	346.9
		150	366.0	434.2	467.2
		250	798.0	951.6	951.6
		350	997.9	1,290.0	1,290.0
Costs per unit weight (10 thousand yen)	a	100	57	56	55
		150	57	56	55
		250	55	54	54
		350	56	55	55
	b	100	59	58	57
		150	58	57	57
		250	55	54	54
		350	56	55	55

Table 3-19 Rough Estimate of Construction Costs of Well Foundation

Unit : 100 million yen

Dist. btw. G.B (km)	Span(m)	Proposed site				
		Bahadurabad	Gabargaon	Sirajganj	Nagarbari	
Case a	4.2	100	459.4	472.3	445.9	504.8
		150	313.7	322.5	304.5	344.7
		250	390.7	401.8	379.0	429.5
		350	260.4	267.9	252.6	286.3
	5.2 or 5.6	100	616.2	587.5	598.1	627.9
		150	414.6	391.7	402.4	418.6
		250	477.5	491.0	463.2	524.9
		350	347.2	357.1	336.8	381.8
Case b	4.2	100	896.4	921.8	869.9	984.9
		150	612.1	629.5	594.1	672.6
		250	389.4	404.7	381.9	432.4
		350	262.3	269.8	254.6	288.2
	5.2 or 5.6	100	1,202.5	1,146.7	1,166.8	1,225.2
		150	809.0	722.4	784.9	816.9
		250	481.0	494.6	466.7	528.5
		350	349.8	359.7	339.4	384.4

Table 3-20 Rough Estimate of Construction Costs of Multi-pile Foundation

Unit : 100 million yen

Dist. btw. G.B (km)	Span(m)	Proposed site				
		Bahadurabad	Gabargaon	Sirajganj	Nagarbari	
Case a	4.2	100	565.0	708.0	711.3	721.9
		150	479.0	596.2	559.0	607.2
		250	465.7	648.9	592.1	660.8
		350	487.6	597.9	583.2	609.2
	5.2 or 5.6	100	578.4	700.7	581.6	710.6
		150	570.7	566.0	573.8	574.6
		250	490.9	553.1	493.3	561.4
		350	561.0	631.1	564.0	640.5
Case b	4.2	100	881.5	995.8	1,006.8	974.5
		150	708.1	994.8	922.9	1,014.0
		250	669.0	818.0	792.3	833.7
		350	694.3	714.9	708.0	728.7
	5.2 or 5.6	100	986.9	1,076.0	991.8	1,091.5
		150	806.8	836.7	810.9	849.4
		250	668.9	750.0	672.3	762.0
		350	870.3	902.4	874.9	916.2

Table 3-21 Rough Estimate of Construction Costs for Bridge Approaches

Unit : 100 million yen

Case	Proposed site	Distance between guide banks	Earth work by dredging	Earth work for embankment	Viaduct	Total	
a	Bahadurabad	4.2 Km	49	90	-	139	
		5.6 "	53	90	-	143	
	Gabargaon	4.2 "	53	90	-	143	
		5.2 "	57	90	-	147	
	Sirajganj	4.2 "	53	90	-	147	
		5.6 "	69	90	-	159	
	Nagarbari	4.2 "	89	90	-	179	
		5.2 "	53	90	-	183	
	b	Bahadurabad	4.2 Km	51	133	94	278
			5.6 "	56	133	94	283
Gabargaon		4.2 "	56	133	94	283	
		5.2 "	60	133	94	287	
Sirajganj		4.2 "	66	133	94	293	
		5.6 "	72	133	94	299	
Nagarbari		4.2 "	93	133	94	320	
		5.2 "	98	133	94	325	

6.2. Decisions of the optimum span length and total construction costs.

Generally speaking, as indicated graphically, costs of superstructure in ordinate and span length in abscissa, costs of superstructure increase extremely curving sharply upward in accordance with an increase in its span length.

As for substructure, an individual scale of foundation will be enlarged in accordance with the increment of span length, but the increasing rate of the total costs of substructure is less than that of superstructure. Now, considering a multi-span bridge having the constant bridge length, total costs of superstructure increase in accordance with the increment of span length of bridge but the total costs of substructure decrease in a slow curve gradually because the number of piers decreases due to increment of span length.

支間長が増大するに従って増すが、下部工の基数は支間が長くなると減少するので、下部工の総工費は支間の増加にしたがってゆるいカーブで減少する。この両者を合算したとき、そのカーブは一般に下向きに凸となる。この凸部に位置する支間長の橋梁が経済的に最小のものとなり、これを最適支間と判定することができる。この方針に基づいて4種の径間と各架橋候補地点に対して検討を加えた結果 Case. a について Fig. 3-22-1~4, Case. b については Fig. 3-23-1~4 が得られた。

これらのグラフから明らかなように、Case. a, b および各架橋候補地点のいずれも支間長150 m前後がもっとも経済的であると判断できる。この場合、上部工の型式は3径間連続トラスであり、下部工の型式は井筒基礎である。したがって、この予備設計の範囲においては150 mの径間をもって最適径間として、架橋候補地点選定の基礎資料とする。

Fig. 2-4の分類により、Jamuna River Bridgeの範囲の総工費を一括して示すとTable. 3-22の通りである。Table. 3-22には、Case別、架橋候補地点別、Guide Bank間隔別に、上部工、下部工、取付部および輸送費の合計を示したものである。ただし、主橋梁の上部工は支間150 mの鋼3径間連続トラス橋、下部工は井筒基礎である。

7. 架橋候補地点の順位

主橋梁の最適構造型式および最適支間により求めた各架橋候補地点の工事費はTable 3-22に示したが、この表から最適架橋候補地点の順位を求めるとTable 3-23のようになる。

Table 3-23 Priority Order of Proposed Sites with Regard to Bridge Construction Costs

Case	a		b		
	Distance btw. guide banks	4.2 km	5.2 km or 5.6 km	4.2 km	5.2 km or 5.6 km
Site					
Bahadurabad		2	3	2	3
Gabargaon		3	1	3	1
Sirajganj		1	2	1	2
Nagarbari		4	4	4	4

8. 接続部の橋梁

鉄道接続部および道路接続部の区間に含まれる支間300 ft以上の橋梁はTable. 2-1, Table. 2-2に示したが、それらに架設する橋梁の上部構造型式はすべてP.O

Fig. 3-22-1 The Relation between Construction Costs and Span Length of Bridge in Case a (Well Foundation)

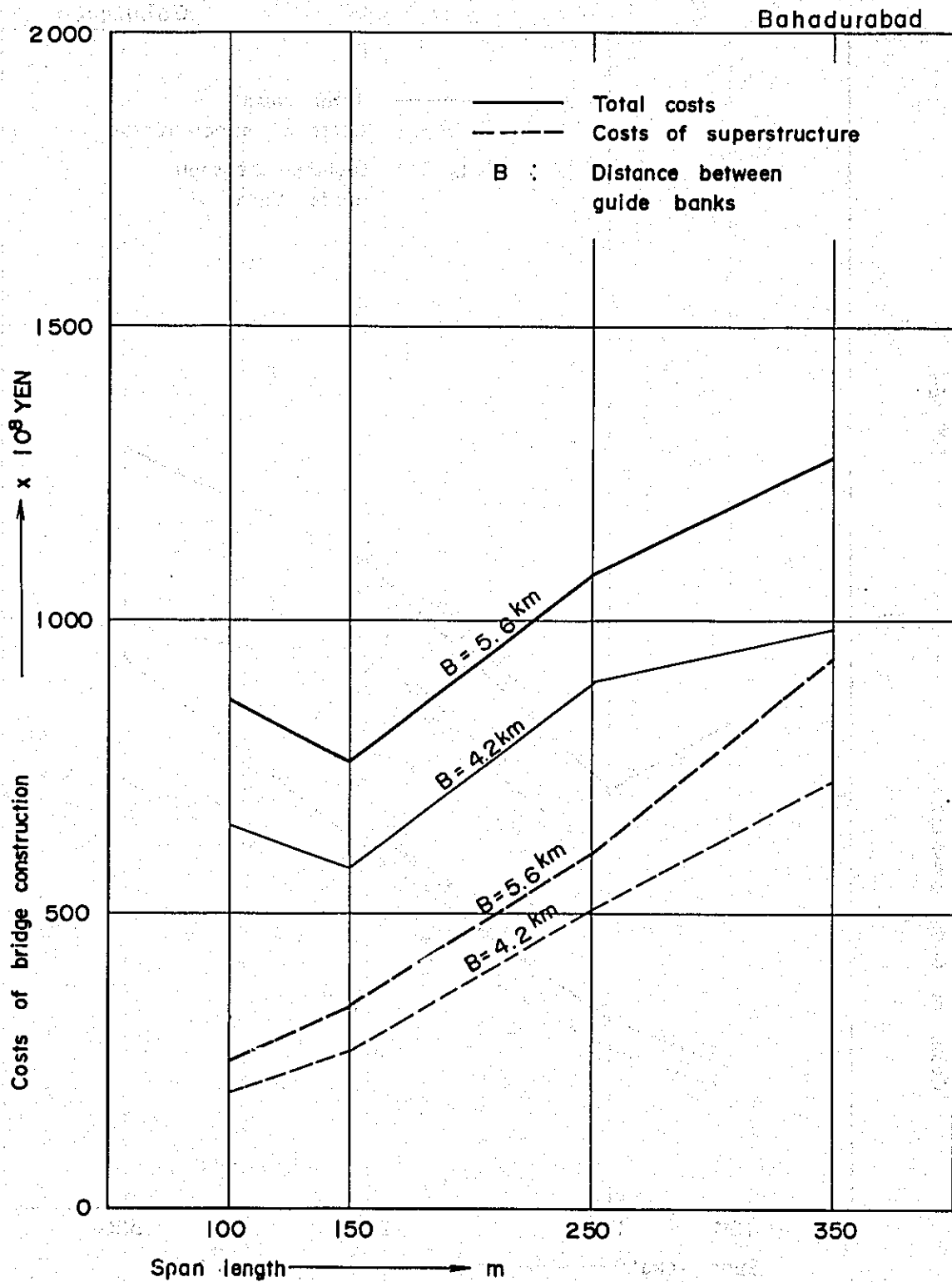


Fig. 3 - 22-2 The Relation between Construction Costs and Span Length of Bridge in Case a (Well Foundation)

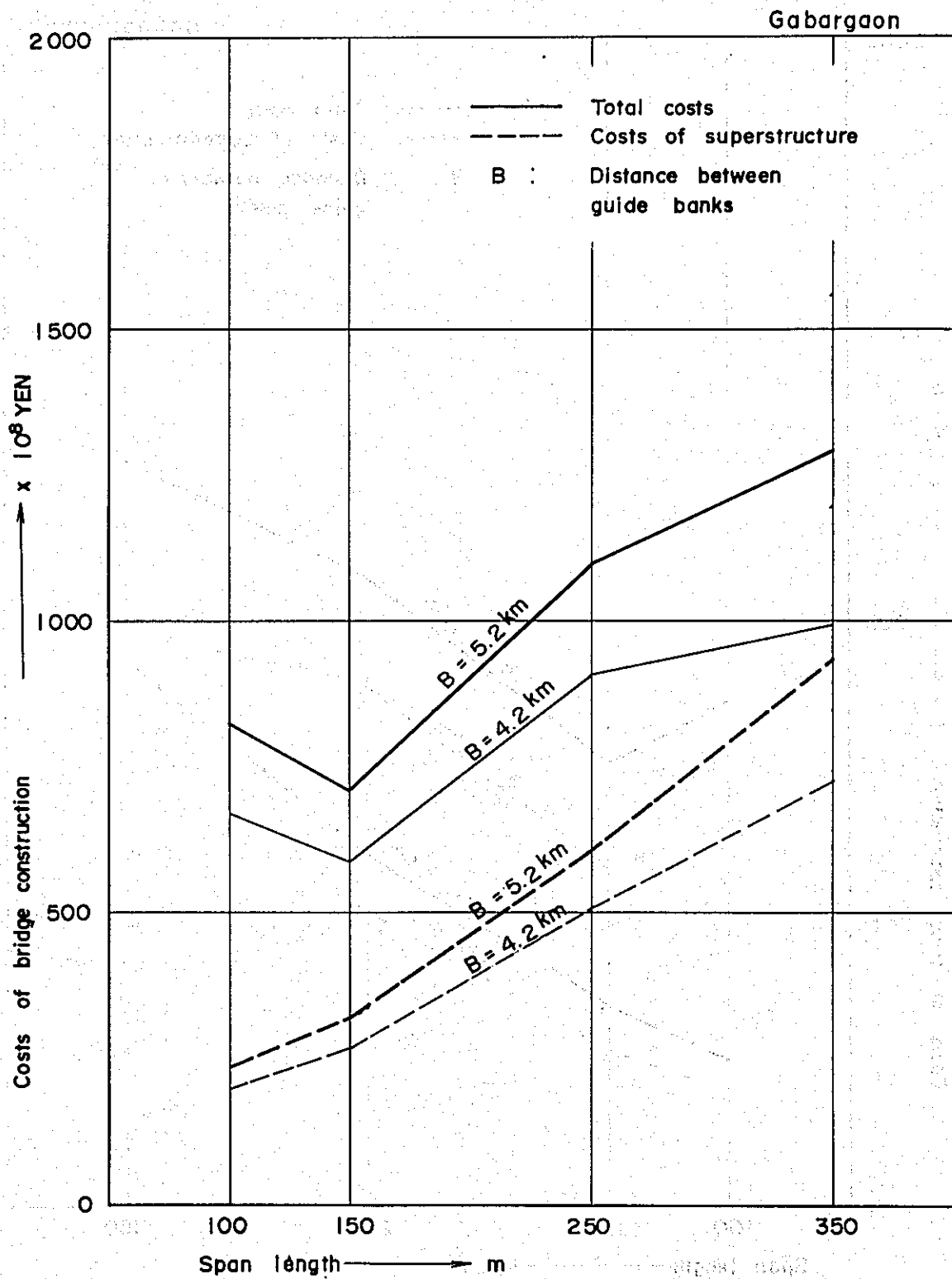


Fig. 3-22-3 The Relation between Construction Costs and Span Length of Bridge in Case a (Well Foundation)

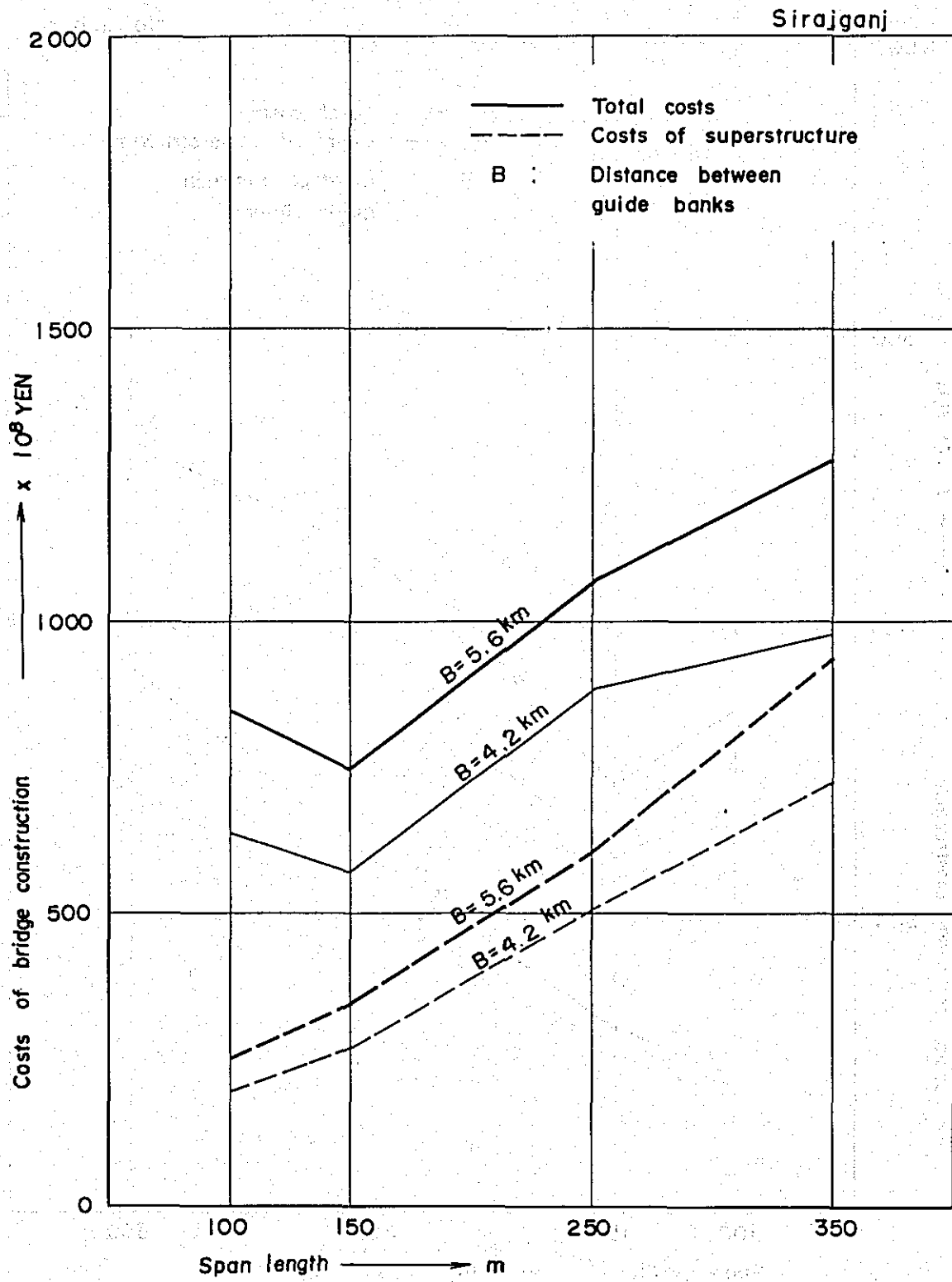


Fig. 3-22-4 The Relation between Construction Costs and Span Length of Bridge in Case a. (Well Foundation)

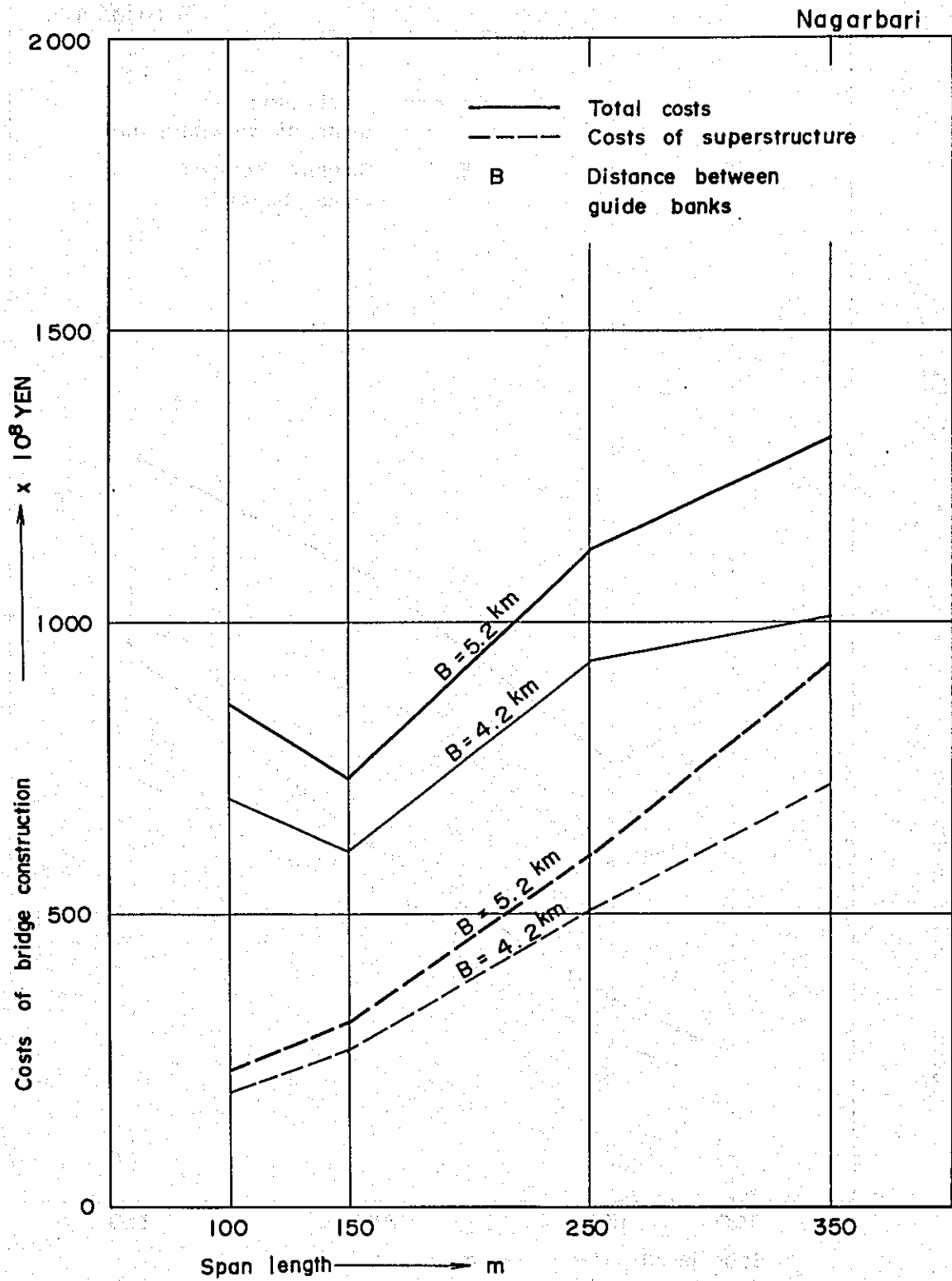


Fig. 3-23-1 The Relation between Construction Costs and Span Length of Bridge in Case b (Well Foundation)

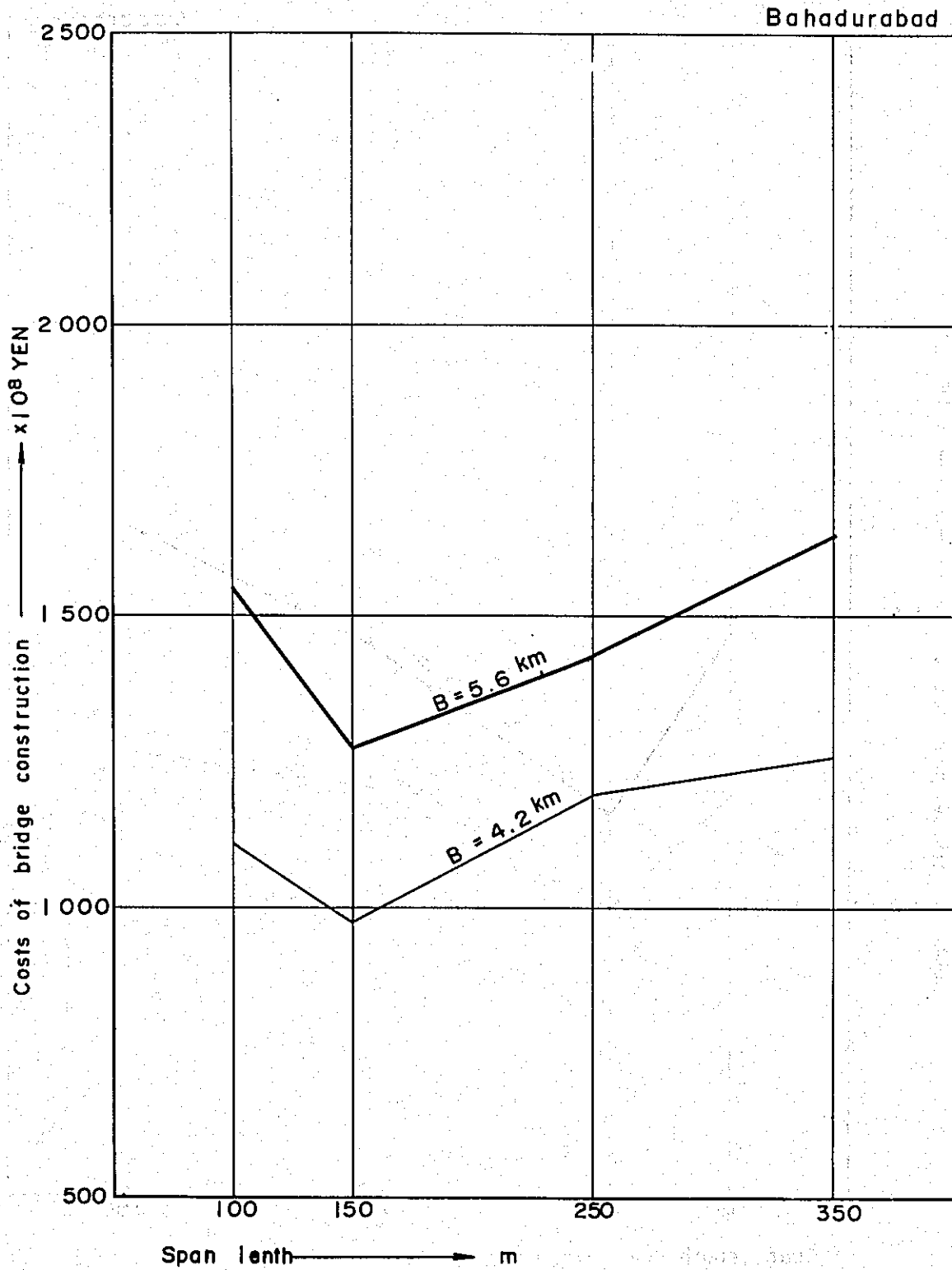


Fig. 3-23-2 The Relation between Construction Costs and Span Length of Bridge in Case b (Well Foundation)

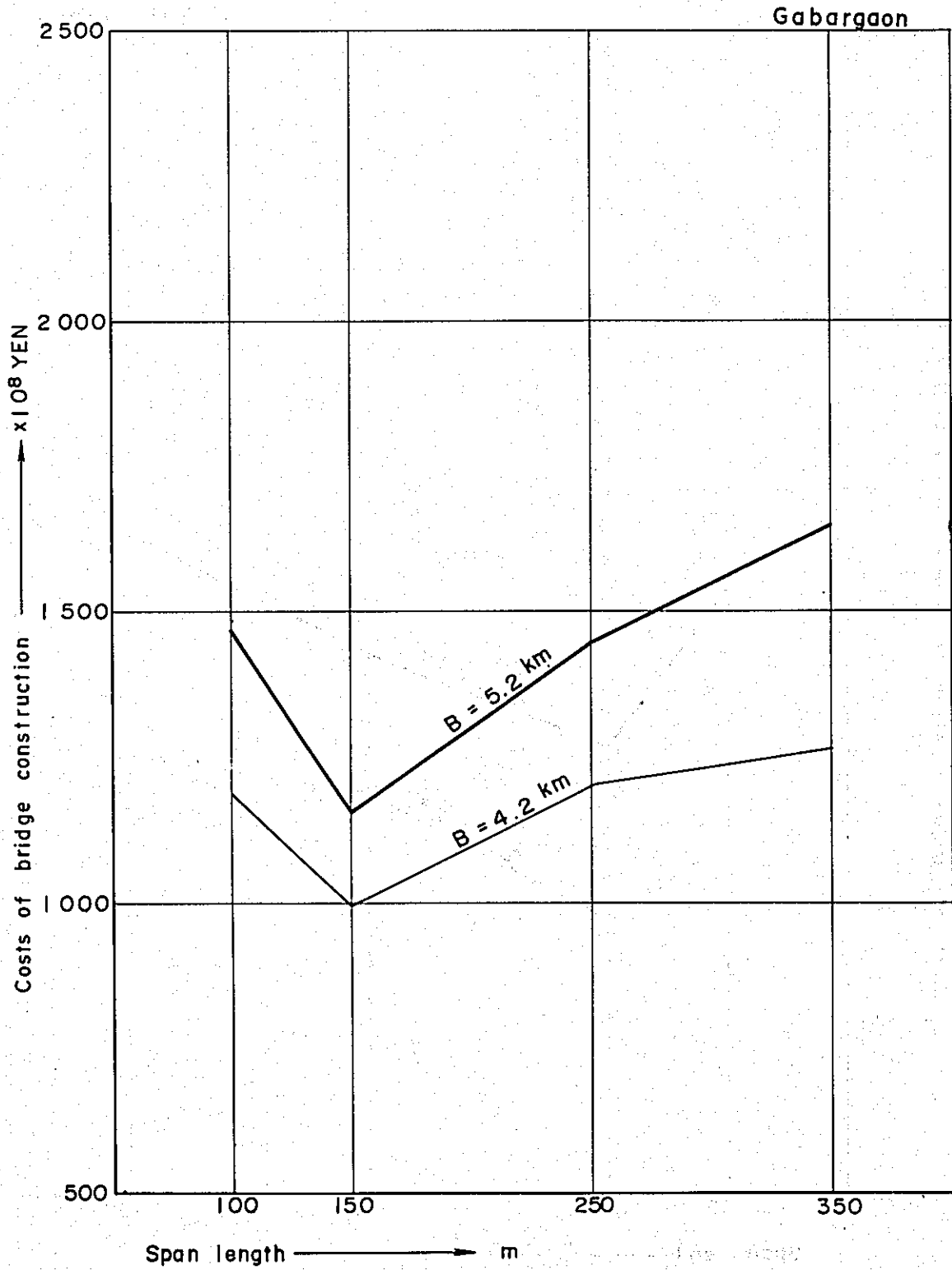


Fig. 3-23-3 The Relation between Construction Costs and Span Length of Bridge In Case b (Well Foundation)

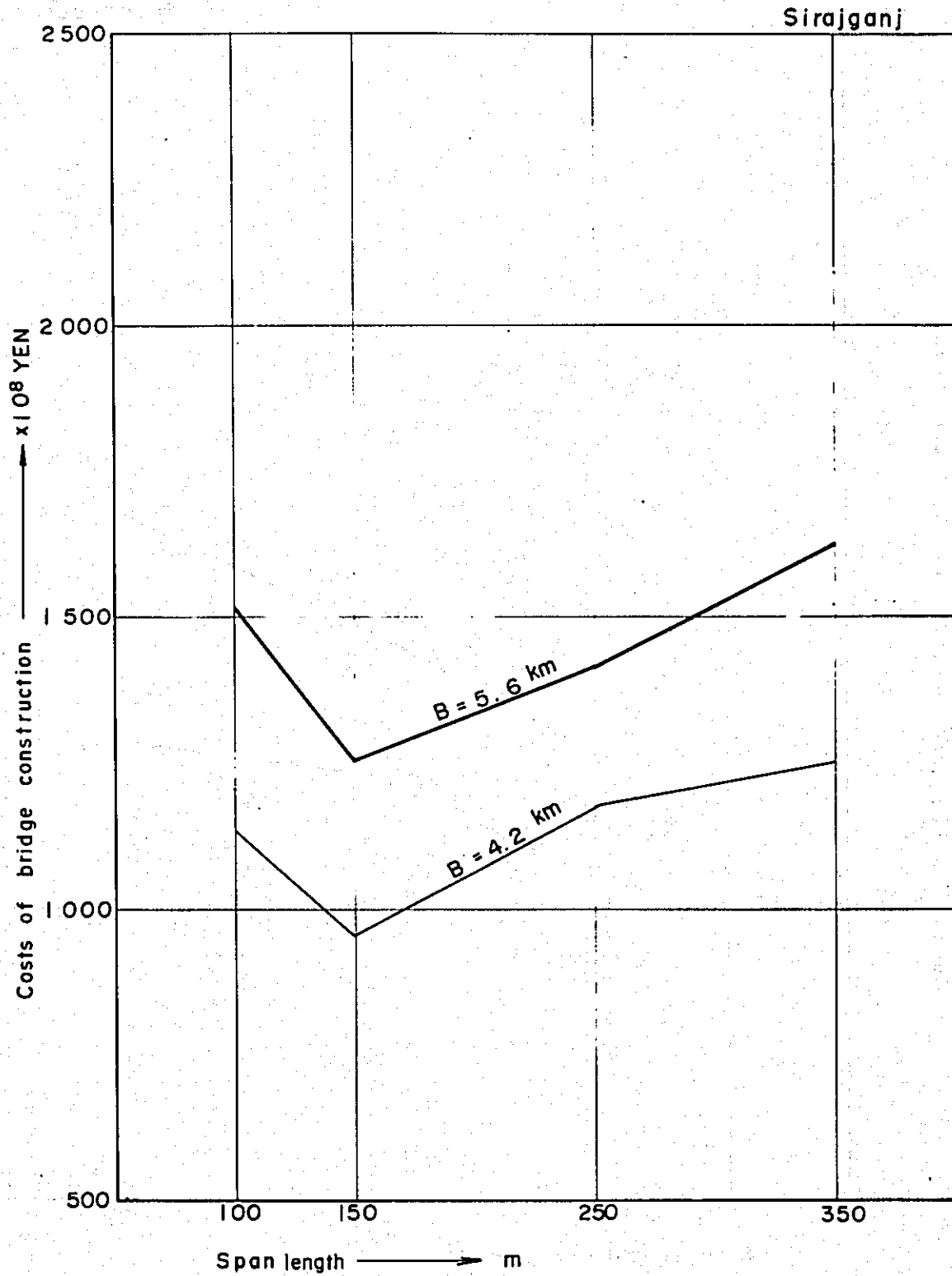


Fig. 3-23-4 The Relation between Construction Costs and Span Length of Bridge in Case b (Well Foundation)

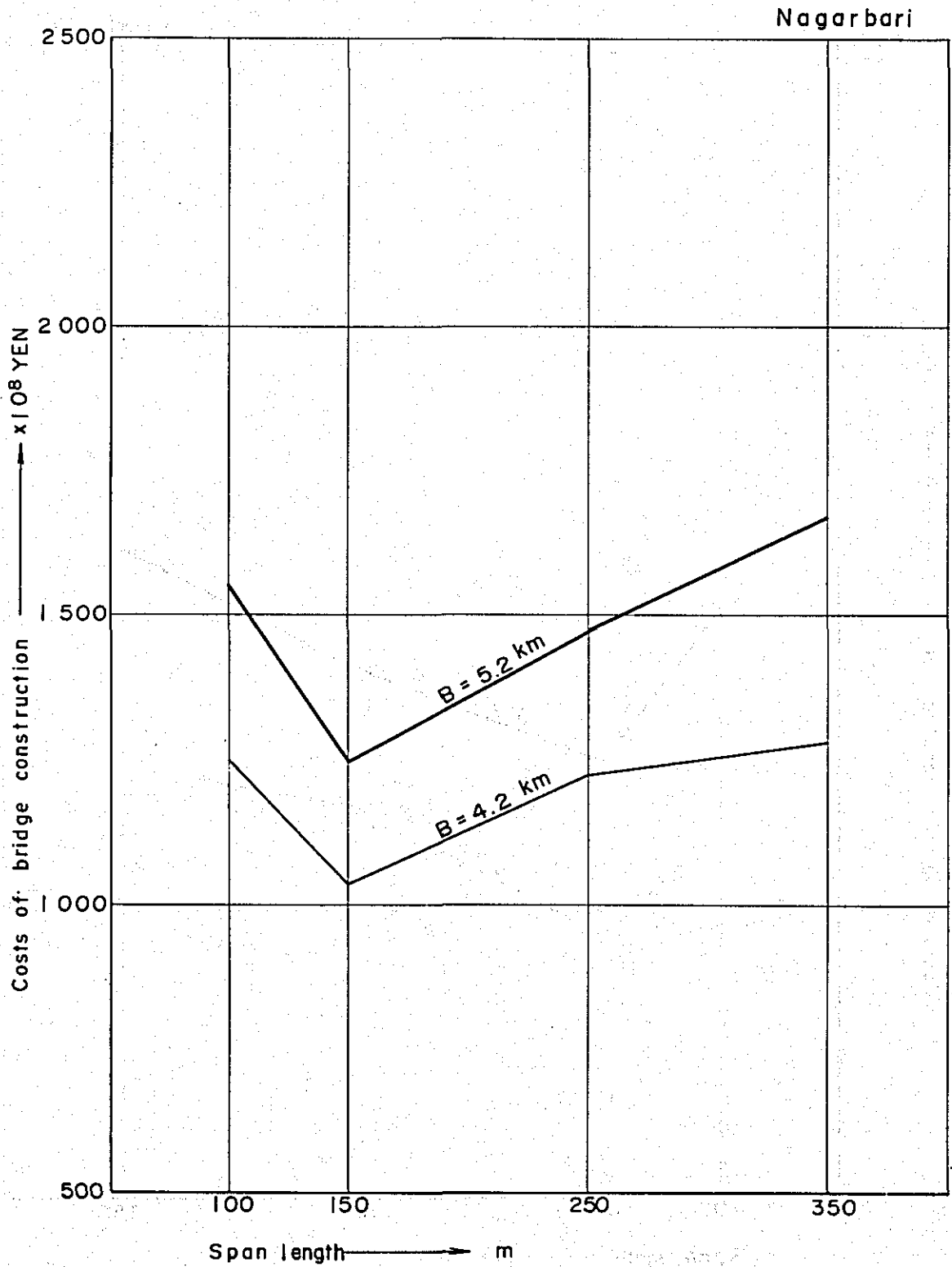


Table 3-22 Rough Estimate of Bridge Construction Costs

Unit : 100 million yen

Case	Proposed site	Distance btw. guide banks	Super-structure	Sub-structure	Bridge approach	Subtotal	Transportation costs	Total
a	Bahadurabad	4.2 km	269	314	139	722	83	805
		5.6 km	343	415	143	901	108	1,009
	Gabargaon	4.2 km	269	323	143	735	84	819
		5.2 km	319	392	147	858	101	959
	Sirajganj	4.2 km	269	305	147	721	81	802
		5.6 km	343	402	159	904	102	1,006
Nagarbari	4.2 km	269	345	179	793	85	878	
		5.2 km	319	419	183	921	103	1,024
b	Bahadurabad	4.2 km	366	612	278	1,256	163	1,419
		5.6 km	467	809	283	1,559	208	1,767
	Gabargaon	4.2 km	366	630	283	1,279	158	1,437
		5.2 km	434	722	287	1,443	230	1,673
	Sirajganj	4.2 km	366	594	293	1,253	167	1,420
		5.6 km	467	785	299	1,551	214	1,765
Nagarbari	4.2 km	366	673	320	1,359	149	1,508	
		5.2 km	434	817	325	1,576	211	1,787

橋とした。支間割については次の2点から決められる。それは架橋を要する河川の航路限界と、全工費を最小にする配慮である。後者の配慮は基礎に井筒を用いるか、くいを用いるかによって支間割りが変ることになる。ここでは局部洗掘が予想されるところでは井筒基礎とし、他の場所ではくい基礎として計画した。

鉄道接続部の橋梁の型式と支間割りについてTable. 3-24にそれぞれ示した。これらの型式と支間割りに基づいて工費を算出すると、鉄道接続部はTable. 3-26に示すものとなり、道路接続部はTable. 3-27に示す通りである。

なお、Sirajganj地点の接続部は左岸でDhaleswari河を横過するので、Dhaleswari河は閉鎖して下流の分派川を浚渫することになるが、これに要する費用は道路接続部の工費に組込まれる。その費用は大略締切工/9億円、浚渫工44億円の計63億円である。

9. 素渡り案の検討

9.1 素渡り案

河川調査班の調査によると、Jamuna河に橋を架ける場合に、橋は全流水幅に対して架けない限り、締切堤を有する人工堤防(Guide Bank)が必要であると結論している。この締切堤を有する人工堤防によって洪水の流路は、締切堤による死水域と人工堤防による導流機能により堤防間に固定することになる。また、この締切堤は橋への接近道路としても利用され、洪水による河岸浸食に対しても、いかなるみをもの変動に対しても破壊されないように設計されなければならない。上記の機能を持つGuide Bankを用いて、河幅をせばめて橋を架設する案も検討の対象となる。この案を素渡り案と称し、以下にそれを検討する。

9.2 全流水巾および橋長の決定

地形学的特性からJamuna河は、上流部と下流部とに分けられる。上流部は国境からSirajganjまでを言い、下流部はSirajganjからGanges河合流点までを言う。上流部は河道巾が広く、網状流をなしている。また上流部は沖積扇状地としての特性をもっているが、下流部は自然堤防河川としての特性をもっている。

Jamuna河の河岸の変遷はIWTAの1830年から1963年までの河岸に関する資料、およびSOBが撮影した航空写真のうちから1952年、1963年および1970/71年の乾期に撮影したJamuna河のほぼ全河をカバーする航空写真などを比較することにより知ることができる。これらの図から、(1)Jamuna河は典型的な網状河川であること、(2)河川は、架橋4候補地点では他の部分に比べ安定していること、および(3)乾期の主水路巾は、おおよそ2kmであることなどがわかる。

Jamuna河では、網状運動により少なくともBangladesh国土内のほとんど全川で

Table. 3-24 Miscellaneous Data for Bridges ($\geq 100m$) in the Part of Railway Links

Name of Site	Name of Bridge	Side of River Bank	Total Length of Bridge	Span Length (m)	Type of Superstructure	Type of Sub-Structure
1 BAHADURABAD	1 - A	Right	300	9 @ 33	P.C. Simple - G	R.C. Pile
	1 - B		200	6 @ 33	"	"
2 GABARGAON	2 - A	Right	100	3 @ 33	"	"
	2 - B		100	3 @ 33	"	"
	2 - C		150	5 @ 30	"	"
	2 - D		100	3 @ 33	"	"
	2 - E	Left	400	7 @ 57	P.C. 3-Cont.Box-G	Open Caisson
	2 - F		150	7 @ 21	P.C. Simple - G	R.C. Pile
	2 - G		150	7 @ 21	"	"
3 SIRAJGANJ	3 - A	Left	100	5 @ 20	"	"
	3 - B		200	10 @ 20	"	"
	3 - C		100	5 @ 20	"	"
	3 - D		200	6 @ 33	"	"
	3 - E		300	9 @ 33	"	"
	3 - F		300	9 @ 33	"	"
4 NAGARBARI	4 - A	Right	100	5 @ 20	"	"
	4 - B		200	10 @ 20	"	"
	4 - C		600	30 @ 20	"	"
	4 - D		300	5 @ 60	P.C. 3-Cont.Box-G	Open Caisson
	4 - E	Left	200	10 @ 20	P.C. Simple - G	R.C. Pile
	4 - F		150	20 @ 57.5	P.C. 3-Cont.Box-G	Open Caisson
	4 - G		100	5 @ 20	P.C. Simple - G	R.C. Pile
	4 - H		250	5 @ 50	P.C. 3-Cont.Box-G	Open Caisson
	4 - I		150	3 @ 50	"	"

(note) P.C. : Prestressed Concrete 3-Cont. : 3-Span Continuous
R.C. : Reinforced Concrete G : Girder

Table. 3-25 Miscellaneous Data for Bridges ($\geq 100\text{m}$) in the Part of Road Links

Name of Site	Name of Bridge	Side of River Bank	Total Length of Bridge	Span Length (m)	Type of Superstructure	Type of Sub-structure
1 BAHADURABAD	1 - 1	Right	300	9 @ 33	P.C. Simple - G	R.C. Pile
	1 - 2	"	200	6 @ 33	"	"
	1 - 3	Left	100	5 @ 20	R.C. Simple - G	"
2 GABARGAON	2 - 1	Right	100	3 @ 33	P.C. Simple - G	"
	2 - 2	"	300	9 @ 33	"	"
	2 - 3	Left	100	5 @ 20	R.C. Simple - G	"
	2 - 4	"	400	7 @ 57	P.C. 7-Cont. Box - G	Open Caisson
	2 - 5	"	100	5 @ 20	R.C. Simple - G	R.C. Pile
3 SIRAJGANU	3 - 1	"	150	7 @ 21	R.C. Simple - G	R.C. Pile
4 NAGARBARI	4 - 1	Right	600	10 @ 60	P.C. 3-Cont. Box - G	Open Caisson
	4 - 2	"	300	15 @ 20	"	"
	4 - 3	Left	200	10 @ 20	R.C. Simple - G	R.C. Pile
	4 - 4	"	100	5 @ 20	"	"

(note) P.C. : Prestressed Concrete

R.C. : Reinforced Concrete

3-Cont. : 3 Span Continuous

G. : Girder

Table 3-26 Rough Estimated Costs of Bridge Constructions
in the Part of Railway Links

Proposed Site	Name of Bridge	Name of the River	Total Length of Bridge (m)	Cost (x Million yen)		Total	Unit Price (yen/m)
				Super Structure	Sub-Structure		
Bahadurabad	1-A	Bangali	300	240	150	390	1,320,000
	1-B	Bangali	200	160	110	270	
Gabargaon	2-A	Hurasagar	100	80	60	140	1,390,000
	2-B	Karatoya	100	80	60	140	
	2-C	Bangali	150	120	80	200	
	2-D	Bangali	100	80	60	140	
	2-E	Chatal	400	330	350	680	
	2-F		150	90	60	150	
2-G		150	90	60	150		
Sirajganj	3-A	Lohatang	100	60	40	100	1,210,000
	3-B	Futjani	200	120	80	200	
	3-C	Bansi	100	60	40	100	
	3-D		200	160	110	270	
	3-E	Turag	300	240	150	390	
	3-F	Tungi	300	240	150	390	
Nagarbari	4-A	Chikunai	100	60	40	100	2,010,000
	4-B	Rukunai	200	120	80	200	
	4-C	Baral	600	350	230	580	
	4-D	Hurasagari	300	540	360	900	
	4-E	Old-Dhaleswari	200	120	80	200	
	4-F	Dhaleswari	1,150	2,100	1,400	3,500	
	4-G		100	60	40	100	
	4-H	Bansi	250	210	140	350	
	4-I	Turag	150	120	90	210	

Table 3-27 Rough Estimated Costs of Bridge Constructions
in the Part of Road Links

Proposed Site	Name of Bridge	Name of the River	Total Length of Bridge(m)	Cost (x Million yen)		Unit Price (yen/m)
				Super Structure	Sub-Structure	
					Total	
Bahadurabad	1-1	Bangali	300	180	100	280
	1-2	Bangali	200	120	70	190
	1-3		100	53	52	110
Gabargaon	2-1	Karatoya	100	59	50	110
	2-2	Bangali	300	180	120	300
	2-3		100	53	52	110
	2-4	Chatal	400	450	450	900
	2-5		100	53	52	110
Sirajganj	3-1		150	89	56	150
Nagarbari	4-1	Hurasagar	600	680	650	1,330
	4-2		300	160	140	300
	4-3	Old-Dhaleswari	200	110	90	200
	4-4	Old-Dhaleswari	100	53	52	110

崖状河岸をなしている。この崖状河岸の間が洪水流を流す有効巾と考えられる。

河岸が崖状をなしているにもかかわらず、Ganges 河の Sara に見られるような粘度質河岸は Jamuna 河に見当たらない。換言すると侵蝕に抵抗できるような河岸が Jamuna 河にはないということになる。このことは、河川のどの部分も人工的な護岸なしに固定することが出来ないことを意味し、網状の腹部同様、節部においてもそうである。

一方、高水期には、洪水は慣習的に、両岸にあふれて 2 つの Barind に挟まれた低地は水路、陸地にかかわりなく常に湛水する。この現象は、派川への水の溢水を伴うばかりでなく、河岸の絶えまない洗掘を伴う。この意味で、この河は河岸のない河と呼ばれる。

Jamuna 河は上述したような性格を持つ河であるから、全流水巾を推定して橋長を決めることは極めて難かしいが、今までに得られた資料を検討した結果、次のように架橋 4 候補地点における橋長を決めた。(1)洪水流を流す有効巾を考えられる崖状河岸間に長スパンの橋梁を架設し、(2)湛水の著しいヶ所や自然堤防を考慮して、その範囲には短支間の高架橋を架設し、(3)取付道路によって現地盤高に導びくものである。架橋 4 候補地点において、素渡り案に適するヶ所を選んで決めた橋長は、Fig. 3-24 に示す通りである。

9.3 予備設計時における工事費

予備設計時に用いた建設費に準拠して、各サイトの素渡り案について概算工費を算出した。その結果は Table. 3-28-1 に示す通りである。なお、河川制禦を行なった場合の橋梁建設費は、Table. 3-28-2 に示す通りである。両者を比較すると後者に比して前者は建設費が遙かに高くつくことが明らかとなった。したがって、素渡り案は、Jamuna 河架橋計画調査の対象から除外する。

Table 3-28-1 Rough Estimate of Bridge-Construction Costs
(Without Guide Banks)

Site	Unit : 10 ⁸ Yen				Total(A)
	Substructure	Superstructure	Bridge-approach	Viaduct	
Bahadurabad	900	972	50	132	2054
Oabargaon	770	810	78	107	1765
Sirajganj	657	729	85	81	1552
Nagarbari	984	972	39	177	2,172

[Note] Superstructure: 3-span continuous truss (3 @ 150m).

Substructure: Well foundation.

Table 3-28-2 Rough Estimate of Bridge-Construction Costs
(With Guide Banks)

Unit : 10⁸ Yen

Site	Bridge Construction	River Training	Total (B)	$\frac{A-B}{B} \times 100 (\%)$
Bahadurabad	805	299	1,104	86
Gabargaon	819	346	1,165	52
Sirajganj	802	335	1,137	36
Nagarbari	878	409	1,285	69

(Note) Superstructure : 3-span continuous truss (3 @ 150m)
Substructure : Well foundation.
Guide-bank span: 4.2 km.

9.4 最適支間決定後の工事費

Sirajganj 地点が、最適架橋地点に選定された後、新たに行なった橋梁建設工事費の算出基準を用いて素渡り案の工費を積算した。ここでは参考までに Sirajganj 地点ののみについて積算した。その橋長は、取付部の鉄道の勾配を考慮して Fig. 3-25 に示すものとなる。素渡り案の架橋位置は Sirajganj 市のほぼ南側を通る位置に計画した。Table. 3-29 には素渡り案の概算工費と、後述する河川制梁を行なった場合の橋梁建設費を示した。同表には、接続鉄道および接続道路の建設費は除いたが、素渡り案の場合には、接続鉄道の延長は長くなり、接続道路の延長は短くなるので、それぞれの増額分および減額分のみを計上した。また維持費についても計上した。その結果は予備設計時に行なった結果と同じように Jamuna 河架橋計画には素渡り案が適切でないことが明らかとなった。

Table 3-29 Bridge Construction Costs of The Plan with-and-without Guide Banks

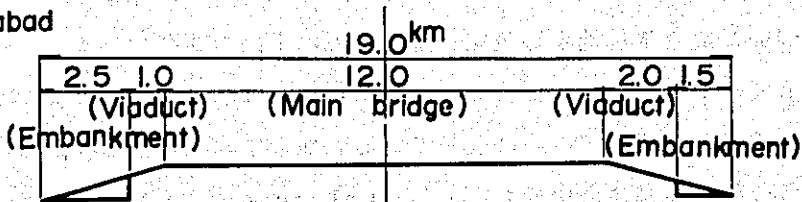
Unit : 10⁸ Yen

Item	Without Guide Banks	With Guide Banks
Substructure	667	359
Superstructure	1,148	610
Bridge Approach	64	79
Viaduct	70	---
Railway Links	28	---
Road Links	-12	---
Guide Banks	---	278
Dhaleswari New Channel	---	16
Subtotal	1,965	1,342
Maintenance Costs	132	154
Total	2,097	1,496

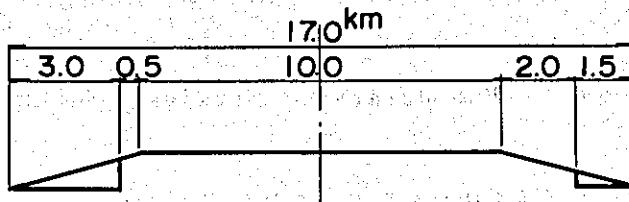
(Note) Guide-bank span is 4,680 m in the plan with guide banks.
Superstructure : 3-span continuous truss (3 @ 175).
Substructure : Well foundation 13 m in diameter.

Fig. 3-24 Length of Bridge-crossing without Guide Bank at Each Site

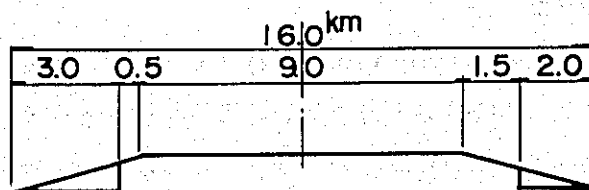
1 Bahadurabad



2 Gabarugaon



3 Sirajganj



4 Nagarbari

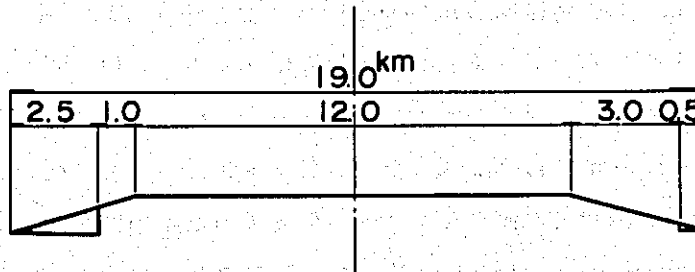
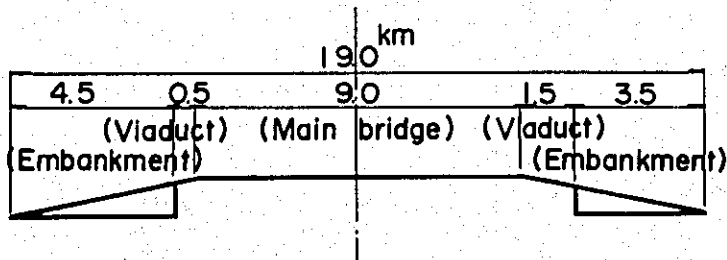


Fig. 3-25 Length of Bridge-crossing without Guide Bank at Sirajganj Site



第IV章 架橋最適地点の選定

Inception Reportでは、架橋の最適地点の選定は、(a)河道の安定、(b)建設工費、(c)交通量の3つの基準によるものと述べている。他の調査班の調査結果を含め、上記の3つの規準に基づいた最適架橋地点の選定に至る経過は下記の通りである。

前述のごとく、架橋地点として推せんされた4地点はすべて錯そうした流れの節に当り、何れも河川を横過して架橋するのに適している。地形学的見地からは、Sirajganj 狭さく部は4ヶ所の架橋候補地点中最も安定し、Gabargaonはその次で、Bahadurabad地区は前の2ヶ所に比べて不利で、Nagarbari地区は最も悪く、他の3地区は堤防線の変形が、1860年以来ほとんど一定であることから判断してほぼ等しい。しかし、中でも、Gabargaon地区は最も良く、BahadurabadとSirajganj地区は、堤防線の間隔の点ではほぼ等しい。

したがって、地形および河川状況からは、この2地点すなわちSirajganj、Gabargaonの間に区別はできない。

Sirajganjでは、橋の中心はSirajganj 狭さく部のやゝ下流に選んだ、この地区はSirajganj 堤防防護と同じく狭さく部の防護の影響を受けている。そして兩岸にCharがあつて本流のみに保持されている。このことは、この地区が架橋に最適であることを意味している。しかし、この地区はDhaleswari河へ2支川に分れる所である。その一つは堤防上の道で渡らねばならない。幸に計画橋軸線は2支川の入口の間にある。そこで上流の流入口に近づけて計画し、下流の流入口はDhaleswari河の主流とするのがよい。

橋梁工事やRiver control worksを含む総工事費についても比較され、また交通量についても、人の動き、物質の動きを4ヶ所の架橋候補地点毎に予測、推計して比較された。これらはInterim Reportにおいて、A、B、Cの3ランクに評価して述べられており、Sirajganj地区は、上記の基準の見地から架橋地点として最適であると決定された。

なお、将来交通予測から、橋梁の中身構成は、鉄道単線、道路2車線を収容し得るもので良いとの判断も同時に得られた(Appendix 6. 参照)。

第V章 シラジガンジサイトの架橋計画

1. 最適支間の決定

1.1 予備設計の要約

予備設計においては、鉄道単線広軌、道路2車線 (Case a) と鉄道複線広軌、道路4車線 (Case b) の2種類の巾員構成に対して、下記に示す4種類の支間に対する橋梁の検討を行なった。ただし Case a に対しては Single deck type, Case b に対しては Double decks type を採用した。

- (a) 支間長 100m 3径間連続等支間トラス (RC床版)
- (b) 支間長 150m " (")
- (c) 支間長 250m 多径間カンチレバー等支間トラス (鋼床版)
- (d) 支間長 350m " (")

下部構造については、 $\phi 2\text{m}$ と $\phi 3\text{m}$ の大口径鋼管ぐいを用いた多柱式基礎型式と、 $\phi 12\text{m}$ の円形と $12\text{m} \times 22\text{m}$ の小判形の井筒基礎型式について検討を行なった。

また架橋候補地点については、Bahadurabad, Gabargaon, Sirajganj および, Nagarbari の4地点が計画され、それぞれの地点に対して、Guide Bank の間隔、 $B = 2.0\text{Km}$, 4.2Km と 5.2Km または 5.6Km の3種について検討が加えられた。

以上の内容に対する検討により下記に示す結果を得た。なお橋梁調査に関連する他の調査班の検討結果も併記する。

- (a) 概略工事費の比較によって、下部工は井筒基礎、上部工は3径間連続トラス、支間150mが他の3種類の支間より経済的である。
- (b) 鉄道複線、道路4車線の工事費は、鉄道単線、道路2車線の工事費より高いことは当然である。なお交通経済調査班により50年後の将来交通量に対して、後者の幅員構成で十分対応できることが明らかとなっている。
- (c) 河川調査班による Guide Bank の工事費に橋梁の工事費を加えて各 Guide Bank 間隔の経済性を比較すると、Guide Bank 間隔 4.2Km の場合が最も経済的である。

1.2 合意事項

Interim Report の内容に対し、Jamuna River Bridge Construction Project Team と Bangladesh との間の合意事項のうち橋梁調査に関連するものは下記の通りである。

(a) 橋の交通容量

単線の広軌 ($5' 6"$) と2車線の車道 ($24'$) の鉄道道路併用橋とすることで、交通容量は50年後の将来交通量にも対応できる。

(b) 橋の有効巾員

鉄道において単線広軌(5'6"), 道路に対して2車線の車道(24')とする。交通に対する緊急待避所は、詳細設計の段階で考えられるべきである。

(c) 架橋最適地の選定

技術上、施工上、交通および経済上の見地からシラジガンジサイトを選定する。

1.3 支間200mの予備設計

1.3.1 概説

予備設計の対象とした4種類の支間において、支間長100mと150mの支間長の差に比して、150mと250mの支間長の差が大きく、最適支間長の確定にはや、不十分である。したがって、支間長200mを補足して予備設計の精度を高め、最適支間長決定のための資料を作成するものである。

支間長200mの検討の対象とする型式は下記の通りである。

- (a) 3径間連続等支間トラス(RC床版)
- (b) " (鋼床版)
- (c) 多径間カンチレバー等支間トラス(鋼床版)
- (d) (a)~(c)に対する井筒基礎

以上について検討を行なうと共に、支間長175mについても簡単な計算を行ない、工費の概算をすることにより最適支間長を求めるものである。

1.3.2 概算工費

Guide Bank間隔4.2Kmと5.6Kmについて、補足支間長の概算工費をTable 3-22に追加作成すると、Table 5-1が得られる。この表には支間長175mもGuide Bank間隔4.2Kmについて併記してある。この表により支間長と工費のグラフを作成するとFig 5-1が得られる。このグラフには取付部の工費は含んでいない。

Guide Bank間隔4.2Kmに着目して見ると、支間200mの場合、多径間カンチレバー橋の上部工は他の2橋より高いが、上部工の地震力が分散されるので、他の型式より下部工が安く、上下部合計工費は他の型式より安くなっている。それでも、支間長、150mの場合より約72億円高い。支間長200mにおいて3径間連続トラスの場合の下部工は、固定支点の下部工が小判型の井筒基礎となるが、多径間カンチレバートラスにおいては、どの井筒基礎も円形で十分であることが上記の結果となった。支間長200mの補足によって、最適支間の決定の精度が上ったが、支間長150mと200mの間の支間長として格間長12.5mを考慮し、支間長175mを考え、上部工は推定鋼重によって求めた。下部工は検討の結果、円形断面の井筒基礎で固定支点を支持できるので、下部工は比較的安くなった。この結果、支間長150mと175mの工費は近似することとなった。

1.4 最適支間の決定

Table 5-1 Rough Estimate of Bridge Construction Costs

Unit : 100 million yen

Distance between guide banks (km)	Span (m)	Super-structure	Sub-structure	Bridge approach	Sub total	Transportation costs	Total	Remarks
	100	252	598	159	1,009	83	1,092	Continuous truss Br. (R.C. slab)
	150	343	402	159	904	102	1,006	
	200	461	412	159	1,032	138	1,170	
	200	471	412	159	1,042	144	1,186	Continuous truss Br. (S.D. plate)
	200	483	320	159	962	146	1,108	
5.6	250	604	463	159	1,226	179	1,405	Cantilever truss Br. (S.D. plate)
	350	939	337	159	1,435	268	1,703	
	100	194	446	147	787	63	850	Continuous truss Br. (R.C. slab)
	150	269	305	147	721	81	802	
	200	350	304	147	801	103	904	
4.2	200	358	304	147	809	107	916	Continuous truss Br. (S.D. plate)
	200	374	243	147	764	110	874	
	250	506	379	147	1,032	147	1,179	Cantilever truss Br. (S.D. plate)
	350	726	253	147	1,126	204	1,330	
4.2 km	175	302	264	147	713	91	804	Continuous truss Br. (R.C. slab)

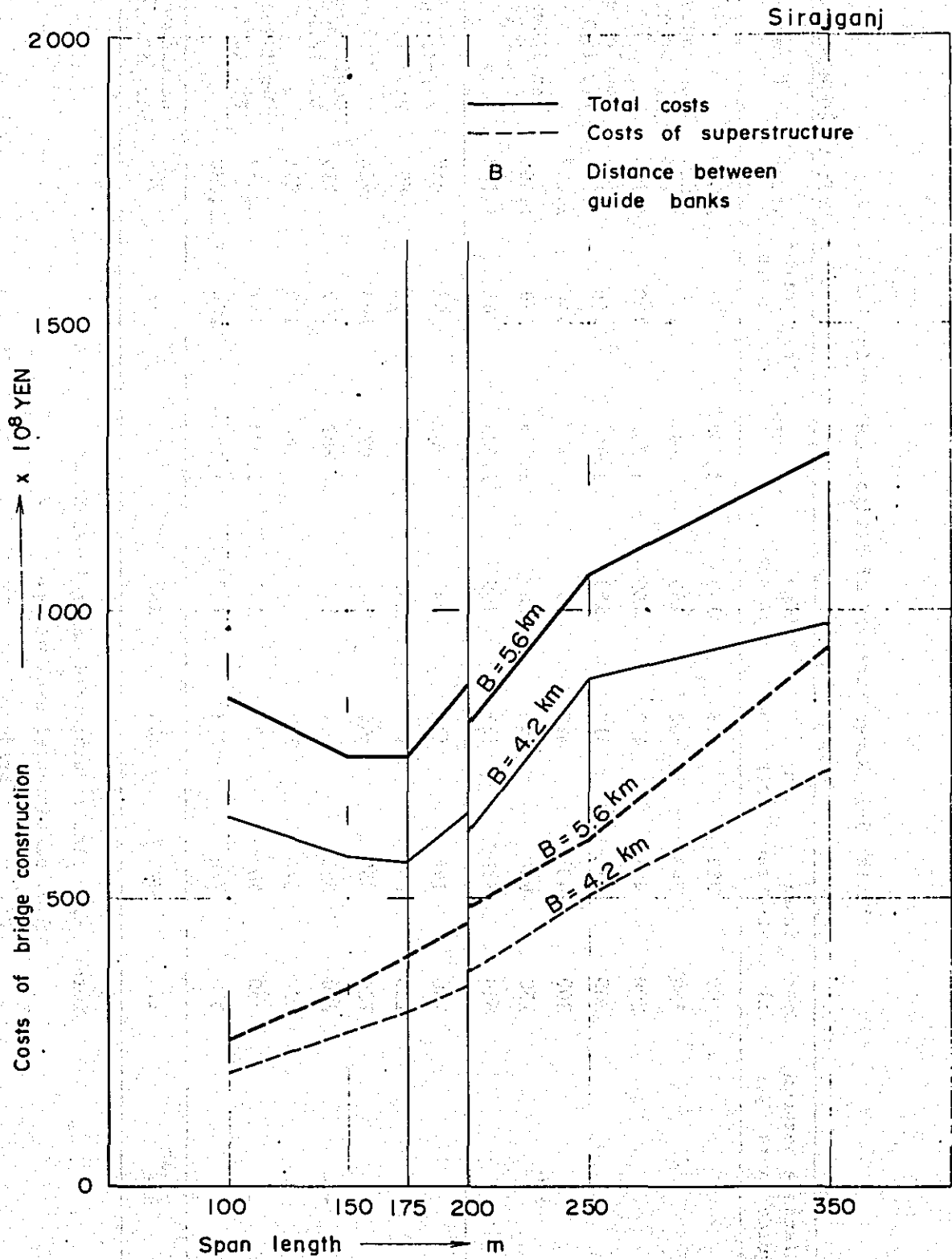
Note: R.C. slab : Reinforced concrete slab.

S.D. plate: Steel deck plate.

Br. : Bridge.

Fig. 5-1

The Relation between Construction Costs and Span Length of Bridge



Note : The total costs mean the sum of superstructure and substructure only

予備設計の範囲から、支間長 150 m と 175 m は工費がほぼ等しく、他の支間長に比して工費の面から両者は最も適切な支間長である。したがって最適支間長は、この両者から選ぶことになるが、その選択は工費以外の面からも検討する必要がある。

(a) 井筒基礎の施工は大規模な上に、困難さが予想されるので、基数が少ないことは、それだけ基礎の施工に際して不確定な要因による事故発生の機会が減少する。支間長 175 m は Guide Bank 間隔が 4.2 Km の場合において支間長が 150 m の場合より井筒基礎の数は 4 基少ない。

(b) 井筒基礎の数の減少は、河川の面から見ると障害物がそれだけ減るわけで、必要河中の縮少につながる。両支間長とも同じ通水断面を確保するためには、支間長 175 m の場合は、支間長 150 m の場合より橋長を約 6.0 m 短かくすることができる。

(c) 井筒基礎と Guide Bank の法先との間隔は、流水による Guide Bank の法先の洗掘を避けるため長いことがよく、一般に止むを得ない場合でも 2 D 以上 (D = 井筒の直径) を必要としている。したがって支間の長い方が有利である。

この他に、Guide Bank 間隔 4.2 Km において、その間を流水が Guide Bank に平行して流れるとは限らないので、井筒基礎の断面が円形であることは好ましい。もし断面が小判形のようなものだと、斜めの流れに対して局部洗掘が著しく、安定性に乏しい。したがって断面が円形の井筒 (D = 12 m 程度) を用いて支持できる上部工の最大支間長が 175 m であることも、経済性の面から支間長 175 m を有利とする材料である。

ただし、上部工については支間長 150 m より支間長 175 m が有利であるという理由は特にないが、下部工における支間長 175 m の場合の有利性が、上部工の経済性の不利を十分に補っていることが判る。

したがって、上記のように各角度から検討を加えた結果、ジャムナ河橋梁の最適支間長は 175 m と決定した。

2. 設計条件と設計基準

2.1 架橋計画地点の地形平面図

前述したように、橋梁中心線が決定され新しく地形測量が実施された。Fig 5-2 は取付部を含む範囲の地形平面図である。

橋梁中心線は Sirajganj の狭さく部のやゝ下流に位置する。この地区は Sirajganj 堤防防護と同じく狭さく部の影響を受けている。そして兩岸に Char があって本流のみに保持されている。このことは、この地区が架橋に最適であることを意味している。

2.2 地質条件

2.2.1 地質調査の内容

橋梁区間の調査は、予備設計の段階の調査結果により地層の構成が予想されたことと、

橋梁区間も可成り限定されてきていることから、Jamuna河本流兩岸河岸に各1本、これより約1 Km陸地に入った地点に各1本、本流中央部に1本の計5本のボーリングを実施し、かつ前回調査で実施した1本を引用して6本のボーリングの結果から、支持層の確認とその強度特性、井筒に作用する水平反力係数の把握ならびに各地層の連続性の調査に主眼をおいた。

取付道路の路床、路盤としての調査は、スエーデン式サウンディングを実施し、要所においてハンドオーガボーリングとビット掘削による攪乱試料を採取し、室内CBR試験が行われた。それらの結果から設計用土性値が求められている。また盛土材料については、現地土を使用することを前提として設計値が導かれた。

橋梁区間における調査位置と調査結果の要約はFig 5-3に示す通りである。

2.2.2 地質概要

Fig 5-3において[Al₁]層から上は沖積層であり、その下方は洪積層である。架橋位置の地質は、最上部がSilty fine sandを主とし、深さを増すにつれ粒度が徐々に粗になり、密度も徐々に増大する傾向にあって、沖積層最下部は時に人頭大の巨礫を伴う連続性の良い砂礫層が分布し、この上面はEL-70mとほとんど水平である。一方洪積層に至っては礫層、礫混り砂層、固結粘土層等からなり、極めて高い密度にあり、時に軟質の岩盤状を呈する。沖積層最下部はいわゆる基底礫層(Basal gravel layer)である。掘進中のfeelingではφ60mm以上の玉石が10~20%を占めるようであると報告されており、粒度分布が良いことと、極めて深い位置にあることから高い密度をもっていて、橋脚基礎の支持層としては申し分なくしっかりしたものである。

取付道路区間においては、全般的に深さ5~3m以浅の地層はシルト質土が優勢であり、それ以深は砂質土が卓越している。したがって盛土の基盤はシルト質土が多く、この土質力学的強度は必ずしも大きくはない。しかし、シルト質土層厚が比較的薄く、下部が砂質土からなるので圧密沈下による障害はない。

盛土材料においては、盛土の安定に支障をきたさない範囲で最も近接した範囲から直接採取する場合は、盛土基礎の土と同一のものとなる。

2.2.3 設計用土性値

橋脚基礎の設計土性値として重要である土の基本値、N_C、φ、r_s、r_tおよびEの値は地質調査班報告書(Volume VI)に述べられている各種の検討によりTable 5-2が求められた。

盛土基盤の設計土性値も調査資料の検討によりTable 5-3に示すものが求められた。

次に盛土材料の設計土性値については突固めおよびCBR試験結果によりTable 5-4が求められた。

Fig. 5-2 Topographical Map of Bridge Site
and Bridge Axis
(Sirajganj Site)

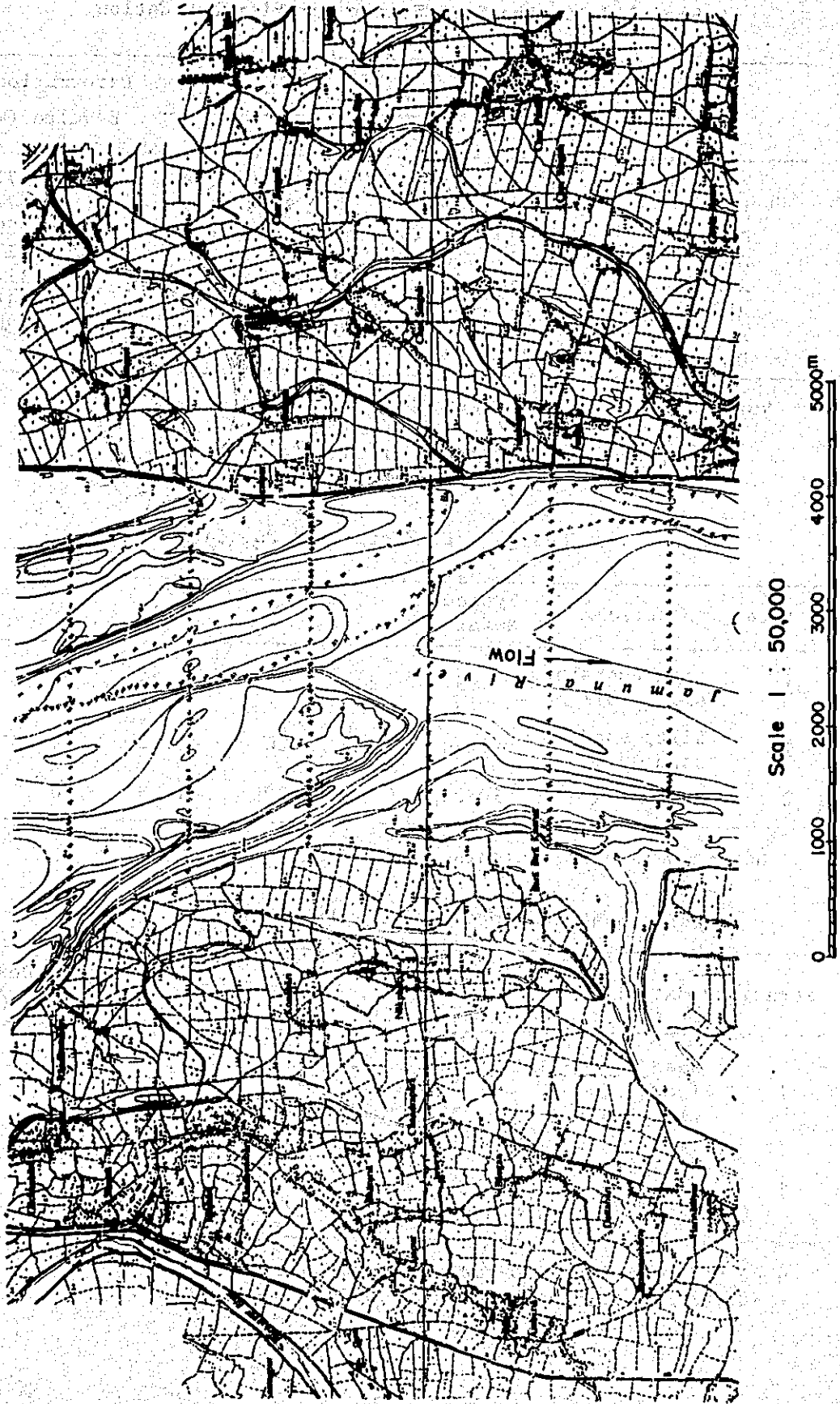


Table 5-2 Design Soil Factor for Pier Foundation

Strata	Typical N-Value	Estimated soil mechanical indices				Deformation modulus E-Value (kg/cm ²)
		C	ϕ	γ_s	γ_t	
Au2 Silty part	8	0.1	13	2.70	1.8	77
Sand	10	0	32	2.70	1.9	77
Au1	30	0	34	2.70	2.06	89
Am1	38	0	36	2.70	2.17	111
AL3	78	0	>40	2.70	2.21	114
AL2	78	0	>40	2.70	2.21	114
AL1	>80	0	>40	2.70	2.26	230
Du3	>80	0	>40	2.70	2.26	-

Notes: C : Cohesion (kg/cm²).
 ϕ : Internal friction (degree).
 γ_s : Specific gravity of soil (g/cm³).
 γ_t : Unit weight (g/cm³).

Table 5-3 Design Soil Factor for Foundation

Strata	Material	Typical N-Value	γ_t	w	γ_d	C	ϕ
1	Sand contained silty soil	<6	1.8	32	1.36	0.1	13
2	Silty sand to sand	6~10	1.9	20	1.58	0	28
3	Sand	10~20	1.9	20	1.58	0	32

Note: W : Water contents.

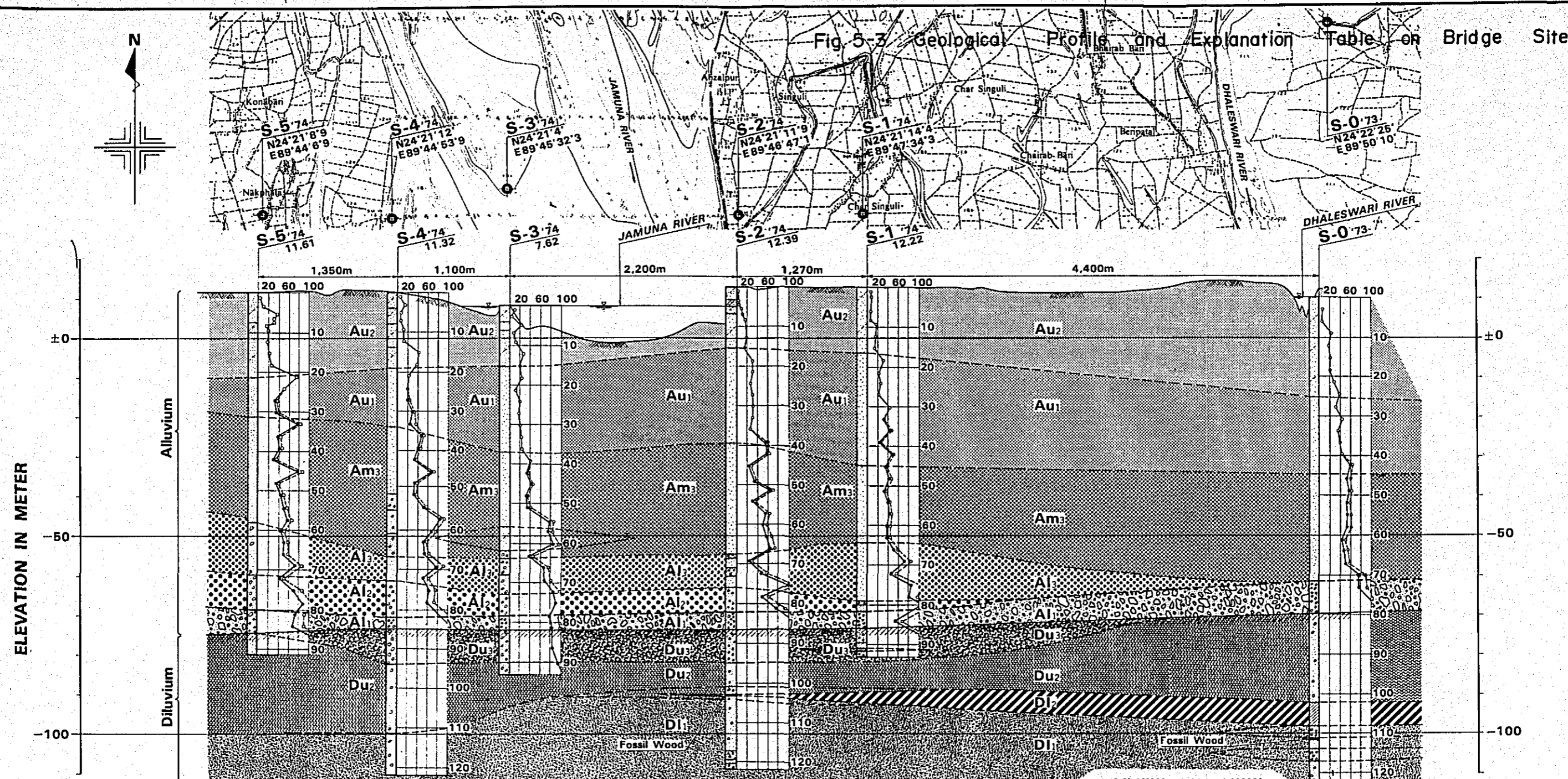
Table 5-4 Bank Material for Embankment

Strata	Material		γ_d	w	γ_t	C	ϕ	Design C.B.R
1	Sand conta- ined silty soil	*A	1.7	22	2	0.2	20	6
		*B	1.6	26	2	0.15	17.5	5
2	Silty sand to sand	A	1.75	20	2.1	0	30	8
		B	1.65	22	2	0	27	7

*A 95% Modified on D-ratio of AASHO compaction.

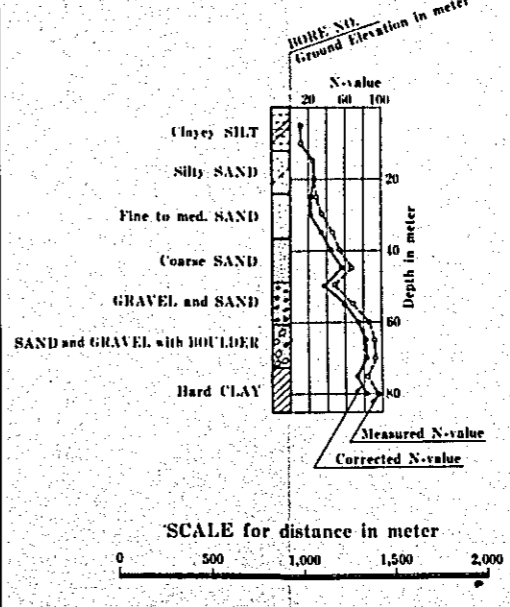
*B 90% Modified on D-ratio of AASHO compaction.

Fig 5-3 Geological Profile and Explanation Table on Bridge Site



LEGEND for COLUMN

GEOLOGICAL AGE	STRATIGRAPHY	STRATA	DESCRIPTION			TYPICAL GRAIN SIZE DISTRIBUTION				UNIFIED SOIL CLASSIFICATION	CORRECTED N-VALUE		DEFORMATION MODULUS (E-VALUE)			ESTIMATED SOIL MECHANICAL VALUE			
			CHARACTER	COLOR	FACIES	20	60	100	AVERAGE OF		by UTO'S FORMULA	by INSITU DATA	E ₁	E ₂	E ₃	c	φ	γ _t	
HOLOCENE	YOUNG ALLUVIAL DEPOSITS	UPPER	Au2	SILT and Fine SAND	GRAY	Fluvial to deltaic	0.03	0.15	1.3	S M	8	10	56	28	77	0	0.1	13 - 32	1.8 - 1.9
		MIDDLE	Au1	Fine to Med. SAND	-do-	-do-	0.06	0.3	5	S M	30	36	210	101	89	0	34	2.06	
		LOWER	Am3	Fine to Med. SAND	-do-	Terrace to Fluvial	0.045	0.3	6.7	S M	38	40	266	112	111	0	36	2.17	
	OLD ALLUVIAL DEPOSITS	LOWER	AL3	GRAVEL and coarse SAND	-do-	Basal of Alluvium	0.065	0.55	8.5	S-Mg	78	60	546	168	114	0	40 <	2.21	
			AL2	GRAVEL and coarse SAND	-do-	-do-	0.05	0.7	14	S-Mg	78	60	546	168	114	0	40 <	2.21	
			AL1	SAND and GRAVEL with BOULDERS	-do-	-do-	0.2	3.6	18	C-M	80 <				230	0	40 <	2.26	
PLEISTOCENE	YOUNG DILUVIAL DEPOSITS	UPPER	Du3	Coarse SAND with small gravels	-do-	Upper of Diluvium	0.043	0.75	17.4	S Mg						0	40 <	2.26	
		UPPER	Du2	Coarse SAND scattered small gravels	-do-	-do-	0.04	0.35	8.8	S Mg									
	LOWER	Dl2	Hard CLAY	greenish GRAY	Lower of Diluvium	0.009	0.07	7.8	M H										
		Dl1	Gravel and SAND, dense	GRAY	-do-	0.028	0.35	12.5	S M										



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
 PEOPLE'S REPUBLIC OF BANGLADESH
 JAMUNA RIVER BRIDGE CONSTRUCTION PROJECT
 GEOLOGICAL PROFILE AND EXPLANATION
 TABLE ON BRIDGE SITE
 DRAWN: [Signature] DATE: 14-Nov-75
 APPROVED: [Signature] DATE: 15-Nov-75
 NIPPON KOEI CO.LTD

2.3 河川条件

河川調査班においては1974年の洪水の資料を追加して検討を加え、新しく河川に関する諸数値を求めた。その結果の主なものはGuide Bankの標準断面図と共にFig. 5-4に示す通りである。ここに設計高水位は+15.25m、平均最低水位は+6.22m、河床の最深部の深さは-2.45mである。なお井筒基礎によるその周辺の局部洗掘深は前述のように流心と直角方向の基礎巾が12m前後の場合は、水深の1.8倍と推定されるので、局部洗掘深は $15.25 - (15.25 + 2.45) \times 1.8 = -56.30$ mとなる。

なおGuide Bankの間隔は4.680mである。

2.4 橋梁条件

ここで言う橋梁条件とは、上記の地質条件や河川条件などと同じく、橋梁計画に必要な基本的な数値を指すものとする。前述のように橋梁区間には橋梁部と取付部とがあり、これまでの検討からそれぞれ下記の数値が得られる。

(a) 橋梁部

上部工の最適支間長は175mであることは前述した通りである。基礎工は外径13mの円形断面で長さは約78mを計画した。橋面の高さは、航路限界と上部工の構造寸法を考慮して、鉄道基面は30.00m、道路の計画高は30.58mとした。また橋梁の縦断勾配は水平である。

(b) 取付部

取付部における鉄道の最急勾配は、勾配区間が極めて長いこと列車の能力を考慮して1/300とした。また鉄道による将来の輸送量と輸送能力から駅間距離が約6kmとなるため、橋長から見て、橋梁の前後に列車の行違い施設(Block station)を設けなければならない。したがって、この行違い施設内では最急勾配を1/400とする。道路の最急勾配は3%なので、鉄道と平行することなく早く地上に降すことができる。

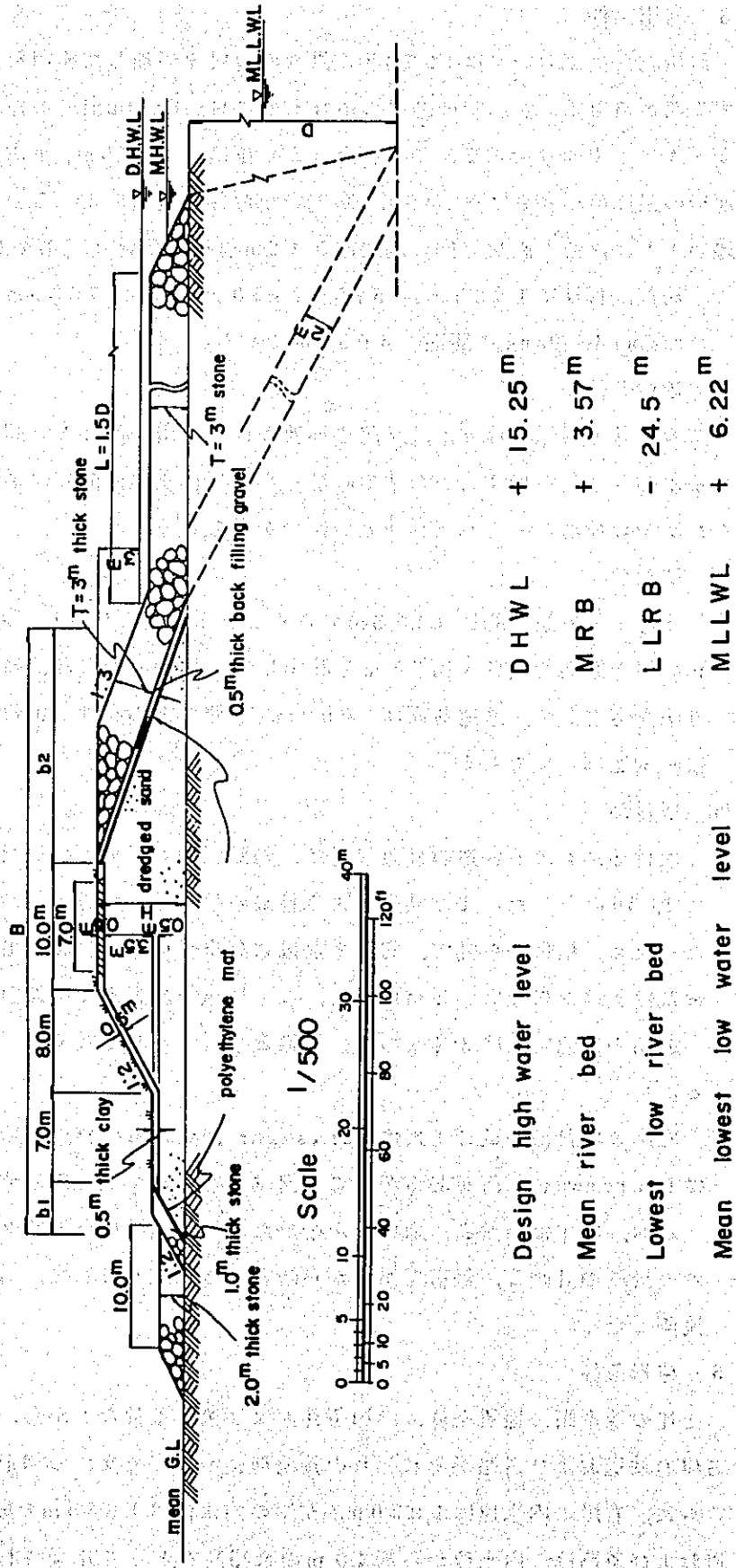
右岸の取付部の延長上にはHurasagar河があって橋梁が横過する。左岸の取付部はDharieswari河があるが、この河は締切られて取付部の盛土が構築される。

なお、橋梁は、鉄道、道路併用橋のため、鉄道単線、道路2車線の配置は、それぞれの接続の計画と、鉄道を洪水から防護する意味も兼ねて、道路を上流側、鉄道を下流側となる。

2.5 線形条件

上述の地形図、地質条件、河川条件および橋梁条件などから、Jamuna河を横過し左、右岸の鉄道および道路がそれぞれの接続部につながるまでの線形関係は次の通りである。ここに、右岸の内水位は12.30m、左岸の内水位は13.65mである。また、接続部の鉄道および道路は、内水位から約1.0mの余裕高をとって計画されている。

Fig.5-4 Standard Cross Section of Guide Banks



平面線形については、鉄道は橋軸線に沿って直線であるが、道路は、右岸は橋梁から既存の堤防に至るまでは鉄道と平行するが、それを過ぎてからは上流側に大きく曲がる。左岸は締切られた Dhaleswari 河を盛土上で横過するため鉄道と平行する。

縦断線形については、右岸の鉄道は、橋梁の鉄道基面 30.00m から、Block station の 1/400 の縦断勾配を経て、1/300 で下り Hurasagar 河を鉄道基面 15.90m で横過して次の駅に入る。左岸の鉄道の縦断勾配は右岸と同じであるが、Dhaleswari 河は前述のように橋梁で横過する必要がないので 1/300 のまゝの縦断勾配で接続部につながる。

道路については、右岸は既存の堤防の高さ 17.1m であるから橋梁の道路計画高 30.58m から 3% の縦断勾配で 17.1m の高さを取付けその高さで、右岸堤防まで鉄道に平行に直進し、それから取付部をはなれて道路接続部にすり付くものである。左岸は右岸のような堤防がないので、3% の縦断勾配で接続部の計画高に近い高さの取付盛土の小段に取付ける。

これらの線形関係を図示すると Fig 5-5 に示すものとなる。橋梁中心から左、右岸へそれぞれ 7,500m の位置が橋梁区間と接続部の境界である。したがって橋梁区間は、15,000m となる。

2.6 径間割りの決定

2.6.1 径間割り決定のための要因

今までに述べてきた調査研究に基づいて径間割りを決定することは、今後の調査研究を行なう基本を決めることで、極めて重要なことである。すなわち径間割りの決定と、河川巾の決定との間には密接な関係があり、一方が他方に無関係に決るものではない。

径間割り決定のための要因の主なものは次の通りである。

(a) 流量、河巾

河川調査班による検討の結果、下記の値を得た。

計画高水時には流水巾として $B_0 = 4.2 \text{ Km}$ 必要流量 ; $Q = 3,420,000 \text{ cfs}$ (96,850 m^3/sec)

(b) 橋梁支間長

$l = 175 \text{ m}$

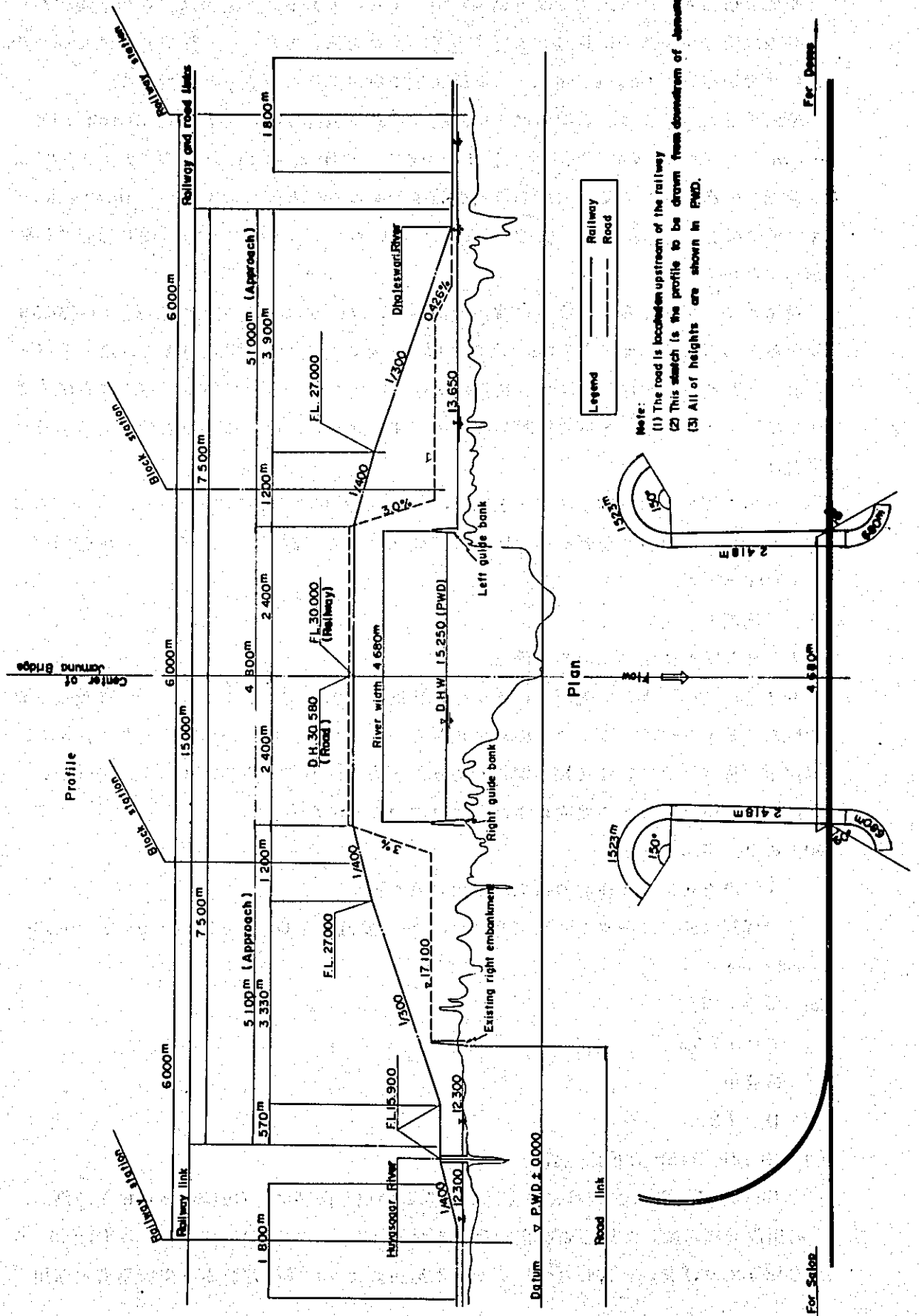
(c) 橋脚巾

$D = 13 \text{ m}$

(d) Guide Bank と橋脚位置の関係

Guide Bank と、それに最も近い橋脚との位置関係は、Guide Bank を防護し、河川設計に考慮した以上の洗掘を避けるために $L_1 > 2D$ (記号については Fig. 5-6 参照) あれば良いと言われているが、本河川のような不確定要素の多い不安定河川で

Fig. 5-5 Diagrammatic Sketch of Jamuna Bridge



は、河川安定上 $L_1 > 3D$ が必要である。そのため、 $L = 140 \sim 145 \text{ m}$ が必要である。

しかも高盛土の橋軸方向法勾配を考慮すると、支間は成る可く長い方がよい。

2.6.2 径間割りの決定

上記の要因を考慮して径間割りを行なって次の結果を得た。

$$\begin{aligned} \text{橋長} \quad L &= 4,745.5 \text{ m} \quad (\text{パラベット前面間距離}) \\ \text{径間割} \quad &27 @ 175 \text{ m} \quad (3 \text{ 径間連続トラス } 9 \text{ 連}) \\ \text{Guide Bank 間隔} \quad B &= 4,680 \text{ m} \\ \text{流水有効巾} \quad B_0 &= 4,680 - 26 \times 13 \times 1.25 \\ &= 4,680 - 422.5 \\ &= 4,257.5 \text{ m} > 4,200 \text{ m} \end{aligned}$$

この結果により、Guide Bankと橋脚の位置関係を図示すると Fig 5-7 が得られ、Guide Bankの安定は確保することができたことが判る。

以上により Jamuna 河橋梁の径間割りは Fig 5-8 に示す通りである。

2.7 幾何的および構造的設計条件

2.7.1 鉄道定規

a. 軌間

第II章 1.4.1.(3)より

単線広軌 5'-6"

b. 建築限界

建築限界は将来の電化を考慮して、Fig. 5-9 に示す Schedule of Dimensions 5'6", Bangladesh Railwayの規定による。

2.7.2 道路幅員

全幅 24 ft の 2 車線車道で、幅員構成は Fig 5-10 による。

2.7.3 橋梁幅員構成

橋梁幅員構成は Fig. 5-10 による。

2.7.4 線形要素

平面線形、縦断勾配は Fig. 5-11 による。なお、横断勾配は Fig 5-10 に示す通りである。

2.7.5 航路限界

第II章 1. cより、

最小水平距離 250 ft

最小鉛直距離 40 ft

2.7.6 鉄道荷重

鉄道荷重は第II章 1.(a)による。

Fig. 5-6 Descriptive Sketch of the Relation between Guide Banks and Pier

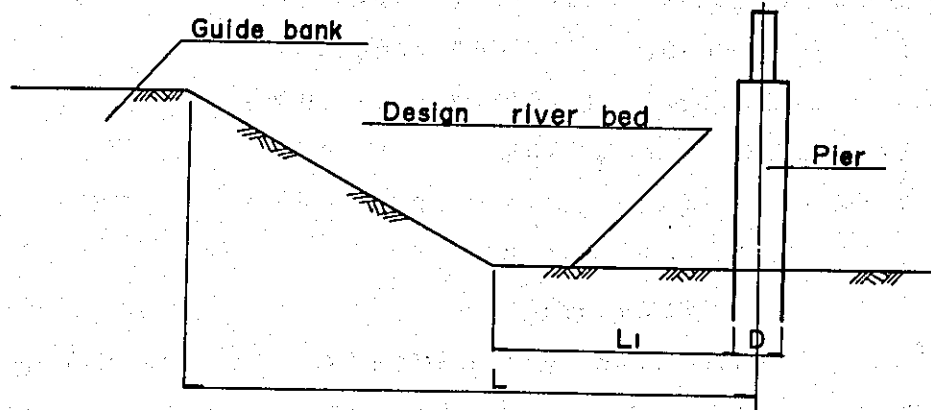


Fig 5-7 Relative Position of Guide Bank and Pier

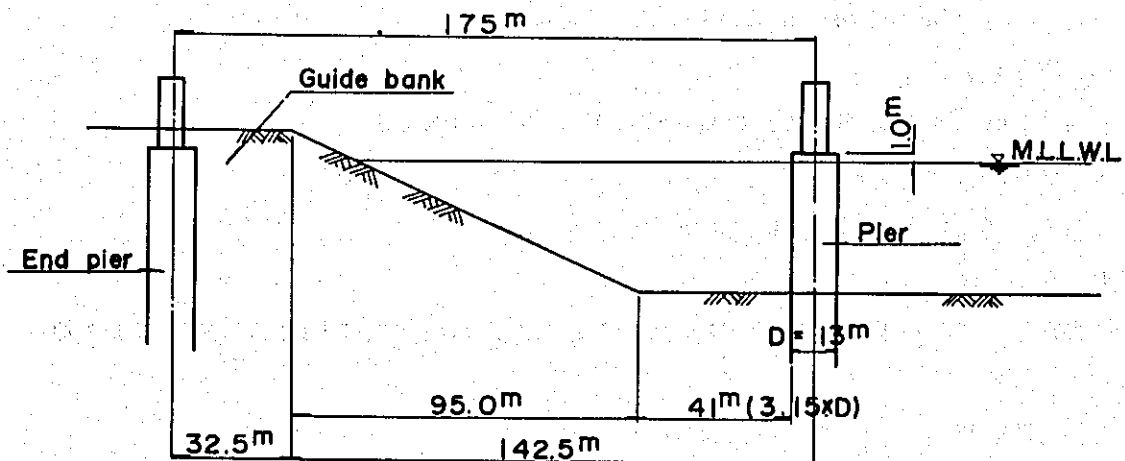


Fig. 5 - 8. Composition of Spans and Length of Bridge

(in meter)

Length of bridge 4 747.5

9 @ 525 = 4 725

Distance between guide banks 4 680

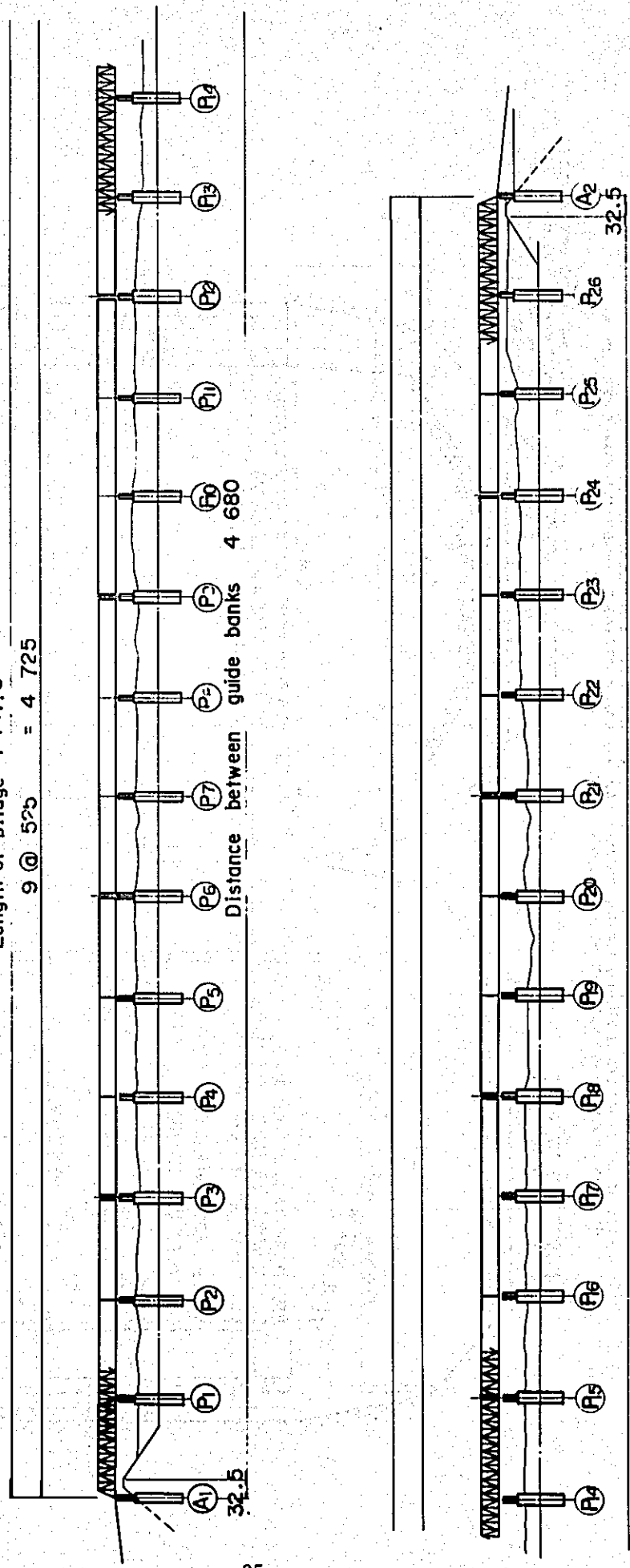


Fig. 5 - 9

Standard Dimensions for Tunnels & Through Girder Bridges

SCHEDULE 1 - CHAPTER 1

DIAGRAM NO. 1A

5 FT 6 IN GAUGE

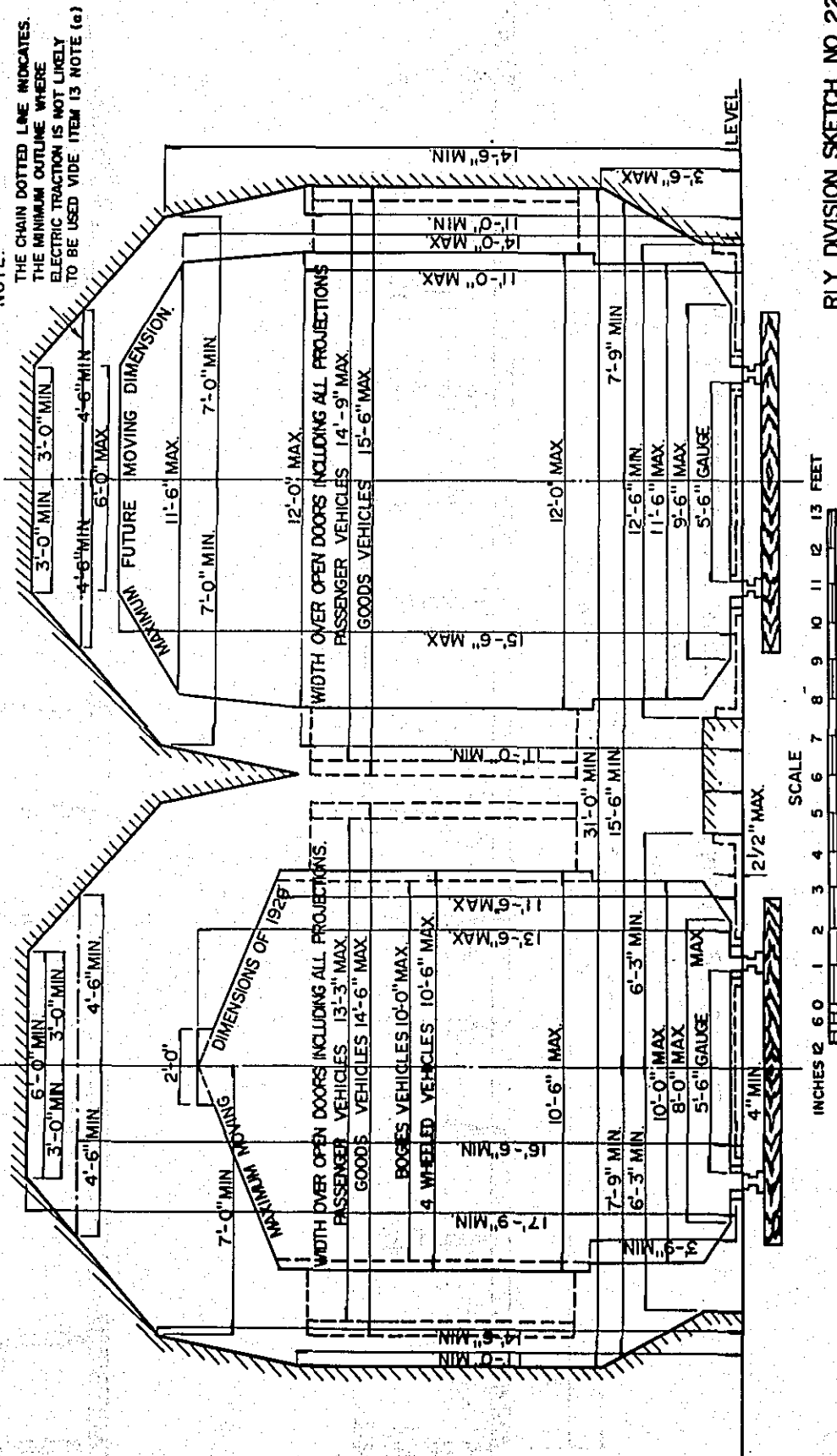
1939

(1) WHERE THE LINE IS ON A CURVE, THE HORIZONTAL DISTANCE OF ANY STRUCTURE FROM THE CENTER OF ADJACKS TRACK AND THE DISTANCE BETWEEN CENTERS OF TRACKS ARE TO BE INCREASED ACCORDING TO THE APPENDIX.

(2) WHEN RE-SPACING EXISTING LINES, THE MINIMUM DISTANCE CENTER TO CENTER OF TRACKS MAY BE PRODUCED FROM 15'-6" TO NOT LESS THAN 14'-9" FOR THE PURPOSE OF AVOIDING HEAVY ALTERATIONS TO TUNNELS OR THROUGH GIRDER BRIDGES. THE 15'-6" DIMENSION IS TO BE ADOPTED FOR ALL NEW WORKS.

NOTE.

THE CHAIN DOTTED LINE INDICATES THE MINIMUM OUTLINE WHERE ELECTRIC TRACTION IS NOT LIKELY TO BE USED VIDE ITEM 13 NOTE (a)



RLY. DIVISION SKETCH NO. 226

Fig. 5 - 10 Width System of Bridge

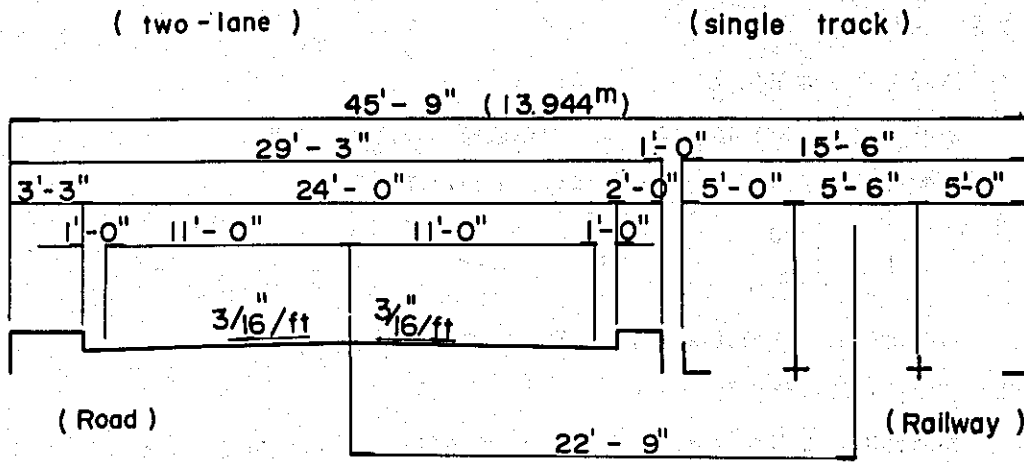
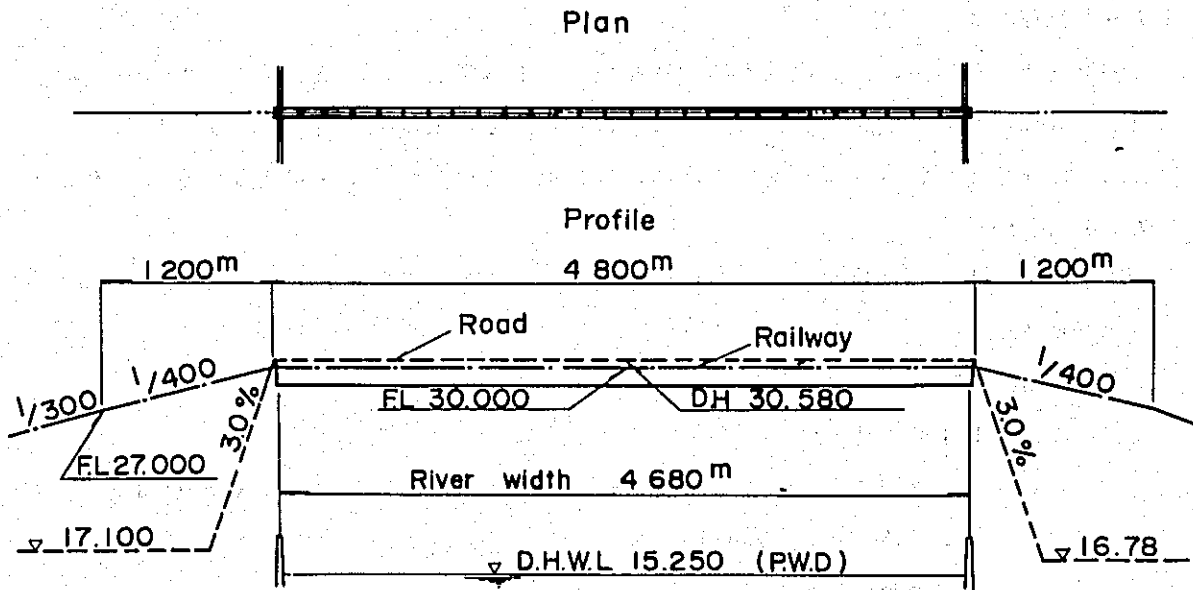


Fig. 5 - 11 Diagrammatic Sketch of the Bridge



2.7.7 道路荷重

道路荷重は第Ⅱ章 1.(a)による。

2.7.8 衝撃係数

(1) 鉄道荷重の衝撃係数

設計に用いる衝撃係数は、インド鉄道標準の規定による。

衝撃係数 "i" は次の通りである。(単線)

$$i = \frac{20}{14+L}$$

ここで、L : 「鋼鉄道橋設計標準・解説」土木学会による。

(2) 道路荷重の衝撃係数

設計に用いる衝撃係数は、I.R.C.標準車輛 "A" 種の規定による。

衝撃係数 "i" は次の通りである。

$$i = \frac{15}{20+L}$$

ここで、L : 「道路橋示方書・同解説」日本道路協会による。

2.7.9 制動荷重

制動荷重については、「鋼鉄道橋設計標準」(土木学会)による。すなわち、レール面上 1.8 m の高さに橋軸方向に作用するものとし、その値は列車荷重の 15 % とする。ただし、上部工の鉛直荷重に支承の摩擦係数を乗じて得られる値を越えないものとする。

2.7.10 流水圧

流水圧は流水方向に対する橋脚の投影面積に作用する水平荷重とし、その大きさは次の通りとする。

$$P = K \cdot V^2 \cdot A$$

ここに、P ; 流水圧 (t)

K ; 橋脚の形状によって決まる定数で、円形に対しては $K = 0.04$

V ; 流速 (m/sec)

A ; 橋脚の投影面積 (m²)

また、流水圧 P の作用する位置は、水深を H (m) とすると、水底より 0.6 H の位置とする。

2.7.11 風荷重

設計用風荷重の計算の基礎となる風速の決定に当り、バングラデシュ国内の 3 観測地点 (Bogra, Sirajganj, Faridpur) の過去 5 年間の観測資料に基づくと、最大風速は Bogra で 12 m/sec, Sirajganj で 9 m/sec, Faridpur で 27 m/sec であるが、サイクロンや突発的な風等を考慮して基本風速は 35 m/sec とする。

基本風速を構造物の高度および水平長による補正をした風速を設計風速とする。その補正および荷重強度の計算は次の文献、示方書による。なお各観測地点における5年間の最大風速とその月の各年の最大風速の平均値はTable 5-5に示す通りである。

- 本州四国連絡橋の耐風に関する調査研究報告書
- 道路橋示方書・同解説(日本道路協会)

Table 5-5 最大風速と平均最大風速

(1964・4~1969・3)

観測地点	最大風速の発生した月	最大風速 (m/sec)	平均最大風速 (m/sec)
Bogra	7	12	7.5
Sirajganj	4	9	5.5
Faridpur	10	27	11.0

2.7.12 温度変化

設計に用いる温度変化の範囲は、1964年4月~1969年3月の過去5年間の Bangladesh 国内の3観測地点(Bogra, Sirajganj, Faridpur)の観測資料に於ての最高、最低気温より0°~45°C程度の温度変化が考えられる。更に、鋼材の直射日光を受ける部分と日陰になる部分の温度差を15°Cと考慮して、本橋の設計には0°~60°Cの温度変化を考える。なお各観測地点における5年間の最大気温と最低気温はTable 5-6に示す通りである。

Table 5-6 最大気温と最低気温(5年間)

観測地点	最大気温(°C)		最低気温(°C)	
	年 月 日	気温	年 月 日	気温
Bogra	1966. 5. 3	43.4	1968. 2. 4	1.7
Sirajganj	1965. 5. 2 1966. 4. 17 1966. 5. 3~5	41.7	1965. 1. 1~2	6.7
Faridpur	1965. 5. 1~2	41.7	1968. 2. 4~5	6.7

2.7.13 地震震度

第三章 1.4.1(4)(iii) により

水平震度 $K_h = 0.1$ とする。

2.7.14 疲労と二次応力

(1) 疲労許容応力度

疲労許容応力度は「鋼鉄道橋設計標準・解説」土木学会に規定するAグループのみ

考慮し、他のグループについては疲労の起きないように構造を考えた。疲労許容応力度を求める場合のKは次式による。

$$K = \frac{d}{d + \ell}$$

ここで K：疲労許容応力度係数
d：死荷重応力度
 ℓ ：活荷重応力度

(2) 二次応力

部材の偏心、格点の剛性、横桁のたわみ、弦材の長さの変化による床組の変形、自重による部材のたわみ等の影響でトラス部材に二次応力が生ずる。したがって、本橋の設計では約200Kg/cm²の応力度を考え、設計断面に余裕を見込んだ。

2.7.15 たわみ規定

活荷重（衝撃を含まない）による主桁、横桁および縦桁の最大たわみは併用橋の場合、特に規定がないが、本橋では次の通りとする。

a. 主桁のたわみ（鋼鉄道橋設計標準・解説）

$$\text{トラス形式} \quad L/1000$$

b. 横桁の縦桁取付点におけるたわみは、端横桁において4mm以下、中間横桁において5mm以下とする。

c. 縦桁のたわみ

$$\text{道路側} \quad L^2/20000 \quad (\text{道路橋示方書})$$

$$\text{鉄道側} \quad L/800 \quad (\text{鋼鉄道橋設計標準})$$

ここで、L：支間長（m）