

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

II 河川制御計画

1976年8月

国際協力事業団

ジャムナ河架橋計画調査報告書

II 河川制御計画

101  
615  
KE

バングラデッシュ人民共和国

ジャムナ河架橋計画調査報告書

VOLUME II 河川制御計画

JICA LIBRARY



1011792E7J

1976年 8月

国際協力事業団	
巻入 冊数	52.3.8
登録No.	4943
	218.10
	[72.1
	EV-2

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. 06224	61.5 KE

# ジャ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

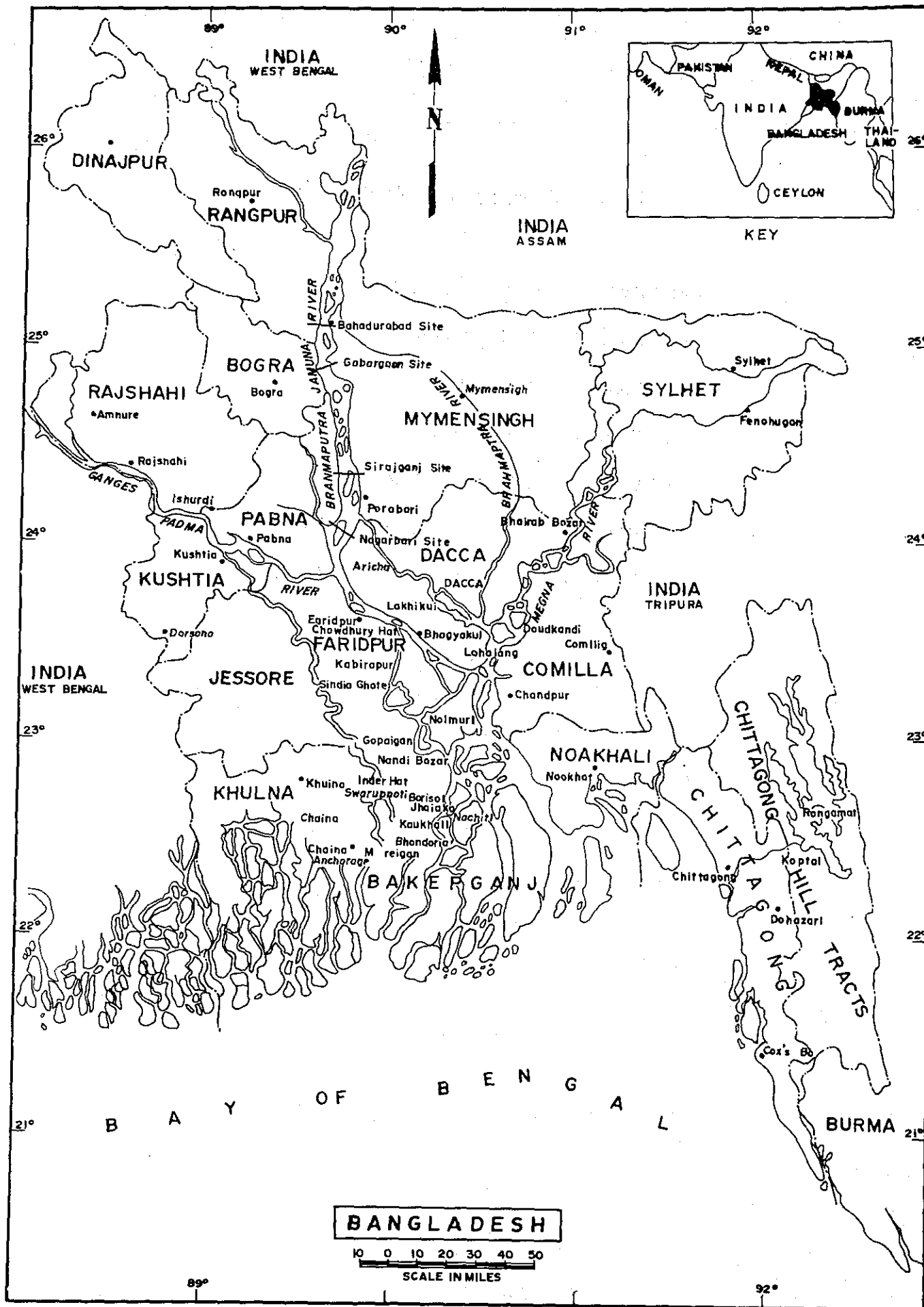
VOLUME III 橋梁計画

VOLUME IV 接続鉄道計画

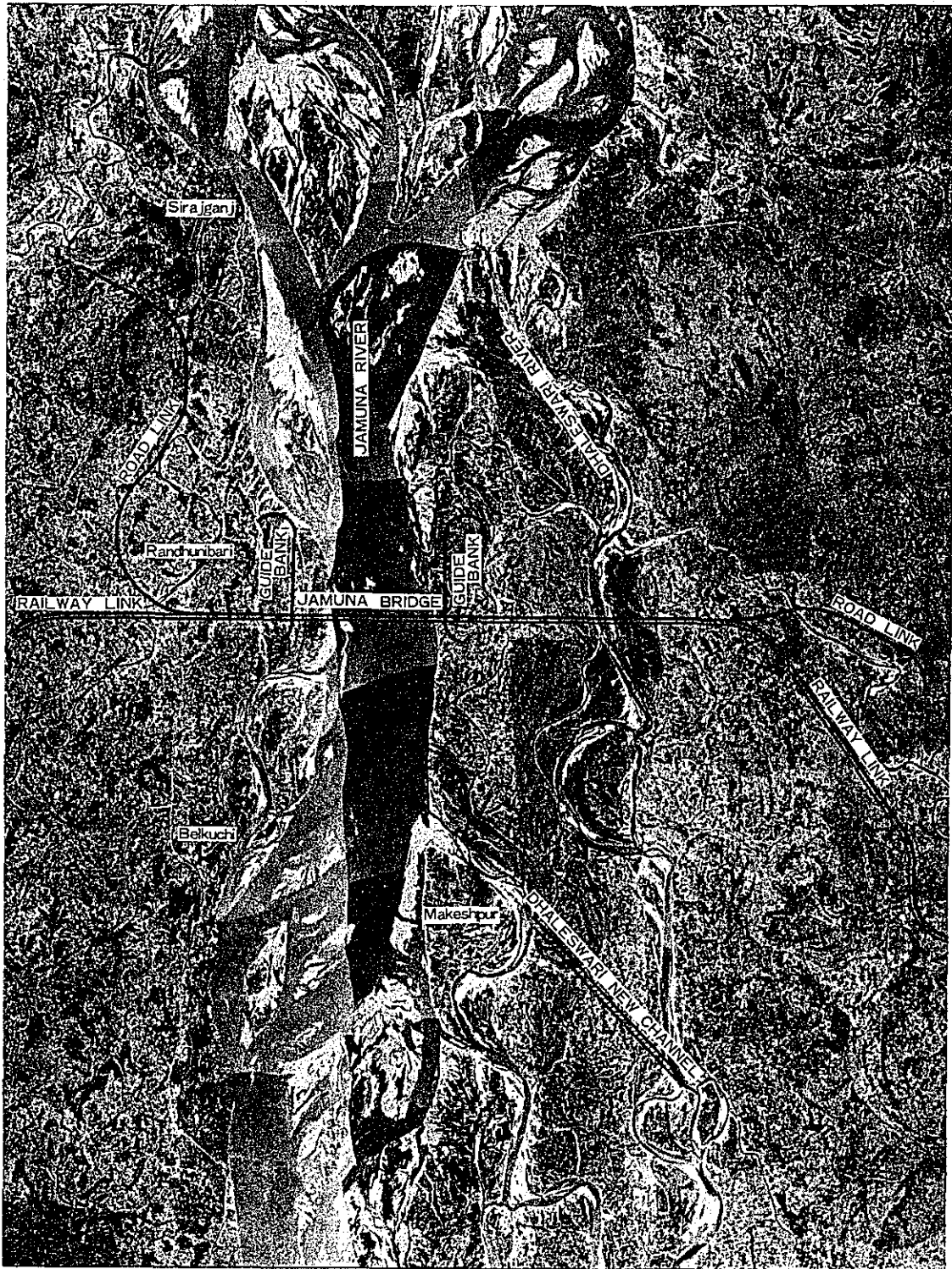
VOLUME V 地質および石材調査

VOLUME VI 交通および経済便益調査

VOLUME VII 総合工事計画および経済評価



THE JAMUNA RIVER  
SIRAJGANJ SITE FOR BRIDGE CROSSING



## 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.
BWDB	Bangladesh Water Development Board.
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, Railway links.
Feasibility Report Volume V	Feasibility Study Report on Jamuna River Bridge Construction Project, Volume V, Road 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 construction plan and economic analysis.
Main construction works	Construction works comprizing Jamuna Bridge, River control, Railway links and Road links.
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 links	Road between the end of the approach and a connection point on the existing road.
Guide bank	Bank built in the river to guide stream.
Cross dike	Dike built in the river to check river flow and support the function of the guide bank.
Cross dam	Embankment built across the Dhaleswari 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.
GL	Ground level.
km	kilometer.
m	meter.
cm	centimeter.
mm	millimeter.
mi	mile.
yd	yard.
f, ft	foot.
in	inch.
cub.	cubic.
sq.	square.
ac	acre.
kl	kiloliter.
l	liter.
IG	imperial gallon.
m <sup>3</sup> /s, cub.m/s	cubic meter per second.
cfs	cubic foot per second.
t, ton	metric ton.
kg	kilogram.
lb	pound.
KV	kilovolt.
KW	kilowatt.
KVA	kilovolt-ampere.
yr	year.
mon	month.
h, hr	hour.
s, sec	second.

1 mi = 5280 ft = 1.6093 km.

1 yd = 0.9144 m.

1 ft = 0.3048 m.

1 in = 2.54 cm.

1 ac = 0.4046 ha = 0.004046 sq.km.

1 sq.ft = 0.0929 m<sup>2</sup>.

1 cub.ft = 0.0283 cub.m.

1 cfs = 0.0283 cub.m/s.

1 in/mi = 1/63,360.

1 ft/mi = 1/5,280.

1 IG = 4.546 liters.

\$ = U.S. Dollar.

Tk = Bangladesh Taka

\$1 = Tk13

Tk1 = ¥36 (used in the First Stage)

Tk1 = ¥23 (used in the Second Stage)

# 要 旨

## 1. 調査の目的と過程

本報告書の目的は、地形学及び河道地形の両観点から、架橋に対する4候補地点の適合性を調査し、架橋のための適切な河川制御計画を見出しその工費を積算し、さらに橋脚周辺の洗掘深を調査し、洗掘に対する防護策を検討することにある。

1972年12月、日本政府調査団がJamuna河架橋計画の事前調査を行なうためBangladeshに特派された。事前調査団は帰国後、架橋候補地点としてBahadurabad下流、Gabargaon周辺、Sirajganjの下流約10km及びArichaの上流約20km(Nagarbari)の4地点を提案した。

この調査は、佐藤清一博士(日本建設コンサルタント株式会社)の総括の基に河川調査班が実施し、同博士及びその調査員が現地調査、資料収集及び関連機関の担当者との打ち合せ等で10数回もBangladeshを訪問している。

他方、1973年の洪水期に測量隊の手により4候補地点の地形図を作成し、さらに同所に於いて流量観測を実施した。東京に於いて、これらの資料を用いて4地点の架橋の予備設計を行ない、1974年10月28日から同年の11月6日までDacca会議が開催され、Sirajganj地点が最適地点として選定された。

1974年12月、測量隊により同年11月に撮影された航空写真に基づいて、Sirajganj地点に橋軸を設定した。さらに1974/75の乾季に河道の横断測量を含めて新たに地形測量を実施した。このSirajganj地点の地形図、河道横断図を用いて河川制御計画及びDhaleswari河の取扱いを検討した。この調査結果を簡単に説明すると以下の通りである。

## 2. 河の自然特性

Brahmaputra河はHimalaya山脈の北部に位置するMonosarwar湖にその源を発し、Tibet Plateauを西から東へ走り、Himalaya山脈東部を横切ってAssam Plainを東から西へ走り、Shillong Plateau東部で南へ向きを変えている。その後流路は、国境を越えBangladeshに入り、Tista河を合流し、ほとんど直線状に南下しAricha付近でGanges河と合流している。この河の北部国境からGanges河合流点までの部分をBrahmaputra—Jamuna河と呼んでいる。Ganges河との合流後、この河はPadma河と名を変え、南東方向へ約100km流下しChandpur付近でMeghna河を合流し、Bengal湾へ注ぐ。河川流域はChina、Bhutan、India及びBangladeshの4国にまたがる世界の大河川の一つである。

一方、Ganges河は、Gangotri山(6,614m)の氷河に端を発し、Hindustan Plainを西から東へ走り、Rajmahal Hillの縁で南東へ流向を変える。その後Ganges平野を流下し、ArichaでBrahmaputra—Jamuna河と合流する。

Ganges 河との合流点に於ける Brahmaputra — Jamuna 河の流域面積及び延長は、夫々 580,000 Km<sup>2</sup> ( 224,000 mi<sup>2</sup> ), 2,600 km ( 1,620 mi ) であり、同じく Ganges 河の場合は 977,000 Km<sup>2</sup> ( 377,000 mi<sup>2</sup> ), 2,200 km ( 1,370 mi ) である。

Bangladesh の気象は、熱帯に属し乾季と雨季に明確に別れる。Sirajganj では、月平均温度の最低は、18°C であり 1 月に発生する。さらに同最高は 29°C で 4 月あるいは 5 月に発生する。過去に於ける日最低及び最高は、夫々 7.2°C, 42.8°C である。雨季の月平均湿度は、80% を越え、乾季に於ては 50% ~ 70% の範囲である。

Bengal 湾で発生するサイクロンのほとんどは、Bangladesh 国土に襲来する。しかしながらその進路は、陸地に近づくにしたがって多くは東に向きを変えるので、Bangladesh の北西の内陸部には、一般に影響を与えない。

年間雨量は 1,520 mm ( 60 in ) から 6,350 mm ( 250 in ) の範囲にあり、北東部、沿岸部に多く、Jamuna 河の周辺区域では、相対的に少なくなっている。年雨量の約 80% が 5 月から 9 月のモンスーン期に降り、前記以外の月に残りの 20% が降るが、12 月、1 月及び 2 月の各月は、ほとんど無降雨である。

モンスーン期に於ては、Bangladesh 国外の広大な流域から集まる河川水は、同国内の内水と重なり、国土の 30% にも達する面積が水没する。Jamuna 河の河川沿は、常習的に幅約 100 km が湛水する。Jamuna 河の最大流量は、一般に 7 月あるいは 8 月に発生し、Ganges 河のそれは、8 月あるいは 9 月に発生する。すなわち両者の間には、1 ヶ月間の時差がある。Bahadurabad に於ける既往最大流量は、1974 年の 3,210,000 cfs であり、Hardinge 橋に於ける同流量は、1961 年の 2,582,000 cfs である。

Bangladesh の陸地は、Holocene 期にできた Chittagong Hills, 東西両 Barind 台地, tippera surface 及び alluvial plain から構成される。さらに alluvial plain は, alluvial fan, 後背湿地を有する自然堤防及び感潮デルタ ( Sundarbans ) から成っている。

日本の地質調査隊の手により得た Jamuna 河、河川沿いの地質柱状図によると砂利層が、非常に深い所に存在しており、かなり厚い細砂あるいはシルト層により覆われている。さらに同調査隊は砂利層の表面付近に埋没するかなり古い木片を発見した。この木片は、carbon dating によれば約 28,000 年前のものであろうと推定される。これらの事から判断すると砂利層は Würm 氷期に形成され、砂利層を覆う厚いシルト混り細砂は、Holocene 期に堆積されたものであろう。

Barind Terrace は地盤の隆起運動により形成され、Tippera Surface は Holocene 期に形成されたものと判断できる。これに対し Jamuna, Ganges, Meghna の各河沿いの alluvial plain は地盤沈下地帯に存在し、Sylhet 盆地も又、連続する沈降運動により形成されたと判断できる。

Majar James Rennel が 1764 年から 1779 年の間に Bengal 地方を調査した頃は、

Brahmaputra河の主水路は現在のOld Brahmaputra河の位置であり、現状のJamuna河道の上流部はJhinai、下流部はJamuna河と呼ばれていた。1810年Buchanan HamiltonはBrahmaputraの河が現在のJamuna河道にその流路をまさに移行せんとしているのを観察した。McIntireは、この分流は一つは東Barind Terraceの傾斜に、また一つには西Barind Terraceの傾斜によるTista河の現Jamuna河道への移行に起因するものであると云っている。

### 3. 河道の自然特性による4地点の比較

分流の結果、新alluvial plainが、旧河川により形成された自然堤防、後背湿地から成る旧alluvial plain上に形成されつつある。Bahadurabad及びGabargaonは、alluvial plain上に位置しており、Sirajganjは自然堤防地帯に位置する。さらに、NagarbariとArichaは、自然堤防あるいはデルタ地帯にある。Alluvial plainは1830年以降のわずかの期間のみしか経ていないので、この河道沿いの狭小な自然堤防も少しずつ安定に向いつつ今後とも変化するであろう。他方、自然堤防地帯では、地形上の変化は起っていない。しかし、Aricha、Nagarbari地域は、GangesとJamunaの合流による影響が特に著しい。自然堤防地帯のSirajganj周辺には、幅約6マイルの古くからの狭さく部が存在している。

河道地形調査からみると、4候補地点は河幅変化の結節部に位置しており、ここでの河岸線の変化は、比較的安定していることが判明した。4地点に於ける河幅と河岸線の調査結果から、Nagarbariを除いた4地点の河幅は、ほぼ一定であり、河岸線の変動も、1830年から1860年の期間を除き、ほぼ一定となっている。これに対しNagarbari地点での変動は、非常に大きい。

結論として、地形学的観点からみると、Sirajganj地点が4地点の中で、架橋にとり最も適しており、Gabargaon地点がこれに次ぐ。Bahadurabadは、前2地点とくらべると劣り、Nagarbari地点は、最も不利な地点である。さらに河道地形の面からみると、Nagarbari地点が最も悪く、他の3地点は1860年以降の河岸線の変動量から判断して、ほぼ同等であるが、3地点の中でも、Gabargaon地点が最も良く、BahadurabadとSirajganj両地点が、河岸幅の規模からみて、ほぼ同等である。

従って、地形学、河道地形の両面からみると、SirajganjとGabargaonの両地点の優劣はつけがたい。

### 4. 河川制御の方策

一般に、河川の網流化は、蛇行河川よりも急な勾配と、それに基づく大きな流砂量に関連する。そして若し、水路勾配が過大域は、流量増加率が比較的に大きいと、局部的な洗掘量或は、沈でん量は、流路を網流化させるのに十分な大きさになる。

現状のJamuna河は、典型的な網流河川である。何故、Jamunaがこんなに網流化しているかと言ふ理由については、遺憾ながら十分な研究が見当らない。しかしこの河が、網流を呈している主な原因は、次の理由によるのではないかと考えられる。

- (1) Jamuna河の流量はBrahmaputra—Jumuna河と旧Tista河の現Jamuna河道への流路変更により急激に増大した。これが、Old Brahmaputra河から現在のJamuna河へ主水路を変えた理由であるとも考えられる。
- (2) 現在のJamuna河流路は、北から南へほとんど直線的な陥没線に沿って流路をとることとなり、その結果Jamuna河の勾配はGanges河級の大河川と比較して過大なものとなった。
- (3) このalluvial plainに於ける河川長が流量の規模及び流砂量と比較して、あまりに短かすぎる。

網流河川は、遠い将来究極的には、蛇行河川に移行するものと推測される。Jamuna河も又、この性質を有しているに違いない。たとえ、Jamuna河がそうであってもJomuna河がOld Brahmaputra河から現河道へ移ってから200年にも満たないので、今後100年或は200年の内に蛇行河川状態に移行することは無いであろう。従って架橋建設は、網流河川と言ふ前提に立って計画されるべきである。

この河は、少なくともBangladesh国土内のほとんど全河岸が網流運動により、崖状河岸をなしている。この崖状河岸の間が、洪水流を流す有効幅と考えられる。

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土質河岸は、Jamuna河に見当らない。換言すると、侵蝕に抵抗出来るような河岸がJamuna河にはないと言ふことになる。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、網流の腹部同様結節部についても同じである。

日本政府事前調査団は、架橋地点として、網流の4結節部を候補地として提案した。確かに、これらの結節部は、少なくとも過去100年間現状の位置にあり、適切な提案である。しかしながらこれは、統計上の事にすぎず、遺憾ながら、その結節部が何故形成され、しかも100年という長期間安定しているかを説明することは、現段階ではできない。

架橋地点として、これらの結節部を選んだことは非常に適切ではあるが、これらの結節部が永久に形状を変えないことと同じ場所にあるという保証を見出すことは出来ない。逆に絶え間ない洗掘が結節部に於いてさえ生じていると言ふ事実がある。Sirajganjの河岸では、激しい洗掘が生じており、毎年高額な防御工事が実施されていることは、良く知られていることである。それ故、この様な場所に橋をかける場合に於ては橋の橋台を守るために護岸工事がどうしても必要になるであろう。

一方高水期には、洪水は慣習的に、兩岸に溢れ、2つのBarindにはさまれた低地は、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、河岸の絶え間ない洗掘を伴う。この意味でこの河は、河岸の固定しない河とも呼

ぶことができよう。この河川の兩岸を全川護岸することは現段階では、ほとんど不可能であるので、架橋地点部分の流路のみを固定し、溢水或は網流運動を防がなければならない。

この目的から、広大な幅を有する流水部を兩岸の cross dike でさえぎり、cross dike 間の固定した開口部を流れる様に閉じ込めなければならない。換言すると cross dike でさえぎられた地域、或は死水域の水位と開口部水位との水位差を利用して流水を固定した開口部へ導びかなければならない。この場合 2 つの guide bank が必然的に開口部の両端に必要となる。Cross dike の両端を防護するとともに、流れを出来るだけスムーズに開口部に導くためである。結論として、橋を全流水幅に対して架けない限り guide bank が必要である。

Guide bank の計画に際して、開口部幅、guide bank の長さ及び形状を決めること及び、guide bank 並びに cross dike の防護法を決定することが重要な問題となる。cross dike は又橋梁部への接近道路としても利用される。

Inception Report では、日本政府調査団が提案した架橋 4 候補地点から、最適一地点を選定する際に、考慮すべき点として、3 つの要素を挙げている。つまり、(a)河道の安定性 (b)橋梁建設費及び(c)交通量である。

才 2 の要素である橋梁建設費は、河川工事費と、橋梁の上下部工費の合計である。他方、橋梁工費は、ほとんど合計支間長或は河幅に比例して、工費が増加すると予想されるが、河川工事費は、河川幅の増加に対して減少の傾向である。従って、数種の河道幅に対して、橋梁工費の最小値を求めることが必要である。仮りに工費を最小とする河幅があるとすれば、Lacey などにより提案されている最小河幅と比べてみななければならない。このため、あらかじめ、最小河幅或は河幅の最小限度を知っておく必要がある。もし Lacey 公式が Jamuna 河にも適用しうるものとする、 $Q = 90,000 \text{ m}^3/\text{s}$  に対する安定最小河幅は、 $1500 \text{ m}$  ( $4,900 \text{ ft}$ ) と計算される。実際にこの幅が形成されたとすると、guide bank 間の河岸地盤面下の水深は、流心部で  $78 \text{ m}$  にも達するので、架橋工事並びに構造物の維持という観点から实际的でない。したがってこの場合 Lacey 公式は、適用すべきでない。

一方、Inglis 公式では、同一流量に対して  $2,700 \text{ m}$  ( $8,700 \text{ ft}$ ) の幅となり、両式は全く異なった値を与える。それ故、我々はこれらの公式は使わないで、Jamuna 河本来の自然特性の側面から、最小河幅について研究することとした。その結果河岸地盤高における河幅と、それ以下の流積との関係を研究することにより、与えられた流量相応の最小河幅が存在することがわかった。今仮りに  $90,000 \text{ m}^3/\text{s}$  に対する最小河幅を求めると  $3,900 \text{ m}$  となる。この方法から河幅を求め、更にその他堰上量、Pier の配置などの面からも検討を加え河幅を決定した。

## 5. 架橋のための計画流量

最小河幅と計画高水位の決定のために、4 地点毎に計画流量を設定する必要がある。計画

流量は、橋の規模・重要性から見て確率で100年以下の規模にはすべきでない。

Bahadurabad 観測所を除いては、長期間の洪水記録がないので Old Brahmaputra 河、Dhaleswari 河の分派及び Hurasagar 河の合流を考慮して、Bahadurabad に於ける確率流量から各地点の計画流量を推定しなければならない。

Bahadurabad に於ける100年確率流量は3,278,000 cfsあるいは $92,770 \text{ m}^3/\text{sec}$ であり、150年確率流量は3,358,000 cfsである。2流量の違いによる影響は無視できるほど小さいので、100年確率流量を採用することにした。

各地点の100年確率流量は、次の仮定の基に決定した。すなわち Old Brahmaputra 河には、Barrage が将来建設される構想があるので、これにより、Old Brahmaputra は、30,000 cfs に制限され、Hurasagar 河の合流量は、Jamuna 河の背水により流入しない。さらに Jamuna 河の流量は、将来兩岸に築造される堤防間に閉じこめられるものとする。この様にして Jamuna 河の流量配分を求めると次の通りである。

3,420,000 cfs ( $96,850 \text{ m}^3/\text{s}$ ) : Old Brahmaputra 河分派点から Dhaleswari 河分派点までの区間。 3,160,000 cfs ( $89,490 \text{ m}^3/\text{s}$ ) : Dhaleswari 河分派点から Ganges 河合流点までの区間。

#### 6. 橋脚周辺の洗掘

橋脚周辺の洗掘深を、数種の公式で検討した。この中で10 m以上の橋脚の場合は Andru 公式を適用するのが、本地点では最も応わしいと判断した。

もし下部工として、ウエル型式を採用するとなると、橋脚幅あるいはその径は、13 mのオーダーとなる。この場合の洗掘後の河床は guide bank 間の幅、地点により異なるが、凡そ水面下60 m~100 mの範囲となる。

橋脚は、周辺防護なしで、自立できるのに十分な根入が必要である。もし根入れをとることに技術的困難性、あるいはあまりにも不経済と言った理由があれば、望ましいことではないが橋脚周辺防護について何らかの処置を考えざるを得ない。この目的で、橋脚周辺の防護範囲及び捨石の大きさについて検討を行った。

1965/66~1971/72に亘る各架橋地点付近の河道横断図が測られている。これらの横断図を地点毎に重ねてみると、砂洲及びみお筋の変化は、非常に激しく、みお筋は横断内で固定していないことが確認できる。それ故に橋脚の深さは、guide bank 間の全幅にわたり同一としなければならない。

#### 7. 4地点の予備設計及び比較

架橋計画の工費を比較するために、1974年洪水期以前に入手した地形図、水文資料を用いて、河川制御工事の予備設計を実施した。工事の比較の便のために、各地点について、3種の guide bank 間隔を設定した。タイプAは網流河川の結節部に於ける乾季の最小河幅である2,000 mを guide bank 間隔とする。タイプBは、計画流量に対する最小河幅である



4,000 m, タイプCは, 各地点の通常河幅をとり平均 5,500 mとする。

Guide bankの延長, 法線は, Galesの提案に基づき計画し, guide bankの築造による河道縮小により発生する河床低下とみお筋の変化により起る局所洗掘に対する防護工は, falling apronシステムを採用した。Apron用の捨石の大きさを検討した結果, apron工に対しては, いわゆるOne-man-stoneで充分であることがわかった。しかしながら, guide bankの川表の法面に対しては, 60Kg~100Kgの捨石を用いることを提案する。

石材に替る材料として, コンクリート・ブロック, soil cement blockなどについて検討を加えた。前者は大量のセメントと骨材を必要とし, 後者は, 耐久性がなく比重が軽いために巨大なブロックにするか, これを防護するためのsteel jackなどを施工せねばならない。したがって, いずれも石材に比較して不経済であり, 技術的に不確実である。経済的・技術的に石材に替る材料は見当らないので, この計画では石材を使うことに定めた。しかしながらguide bank工法には多量の石材が必要になり, これを輸入に俟たねばならない困状としては, 石材を国内で開発するか, 石材を不必要とする何らかの新工法を開発することは多大の利益となるので, この点について工事実施までに充分検討する必要がある。

Guide bankは, 浚渫土でもって, 築造する計画とする。陸上部で捨石工を行なう場合, 以下の順で実施する計画とする。

- (1) トラクターショベルにより積み込み
- (2) ダンプトラックで運搬し
- (3) 人力で捨石する。

しかし陸上作業が不可能な場合は, 次の通りである。

- (1) トラクターショベルとダンプトラックで積込み
- (2) 底開きバージで運搬し
- (3) バージより水中へ投棄する。

この工事に必要な主要建設機械は, トラクターショベル, ダンプトラック, タイヤドーザブルドーザ, バイプロ・パイル・ドライバー, クローラクレーン, エンジンダイナモ, 底開きバージ及びポンプ式浚渫船である。この他に大量の石材, シートパイル, 燃料及びその他の材料が必要である。この様にして, 各架橋地点の3種のguide bankに対する河川制御のための工費を積算し, これをTable 5-14に示した。積算はV章の8で説明した条件の下で行なったが, 建設基地, モータ・プール資材置場, 工事用道路, 鉄道の各施設の費用は, この中に含めていない。

Inception reportでは, 架橋地点の選定条件として, (a)河道の安定性, (2)工費, (3)交通量の3要素を挙げている。オ一の要素では, SirajganjとGabargaonの2地点が4地点の中で適地として立証され, その優劣はつけ難い。他の2要素を合せ考え, すなわち予備設計の段階で推定した交通量, 河川工事をも含めた総工費から総合的にみて, Sirajganj地点が架橋にとり, 最適地点であると決定された。

## 8. Sirajganj に於ける河川工事及び Dhaleswari 河の取扱い

1974年の11月、測量隊により撮影された航空写真に基づく地形学的な考察に基づき、橋軸を Sirajganj Town の下流約12kmの位置に選定した。この地点は、Sirajganj の河岸保護工と狭さく部による保護下にあり、単一水路からなる利点を有している。前述した考えに従って、guide bank システムを採用した。これらの配置は Fig 8-1 の通りである。

この場合、左岸側の接近道路は、Dhaleswari 河を渡らなければならない。仮りにここを橋で渡るとすると、この開口部への洪水流が増加する可能性があり、接近道路のみでなく、橋梁にも大被害を与える可能性がある。この脅威から接近道路を守るために、この開口部にももう一対の guide bank が必要となる。この guide bank の規模も、本川の guide bank とほぼ同等としなければならない。特に Dhaleswari 河の右岸側の guide bank と本川の左岸側の guide bank とは連結する必要がある。これではさらに巨額の費用を要し、それにもかかわらず、開口部を流下する洪水流の大脅威に対して安全とは言えない。したがって Dhaleswari 河は、cross damにより締切ることとし、橋軸の下流約6kmの位置にある派川を利用して、新水路を開削しこれに Dhaleswari 河を付替えることとした。この新水路を Fig 8-1 に示した。

Guide bank 間隔は、計画流量 3,420,000 cfs に対する最小河幅を基に 4,680 m ( 15,354 ft ) と設定した。これは  $\phi$  13 m の橋脚を 26 本配置し、27 径間 ( 1 径間長 177.5 m ) から成っている。橋軸に於ける計画高水位は、計画流量が橋軸の下流で Dhaleswari 新水路が分派するまで、提防により河道に押し込められたとする条件の基に 15.25 m PWD ( 50.033 ft ) となった。水位計算の結果、guide bank による縮小、Dhaleswari 河の付替え等による水位上昇量は、橋軸直上流地点で、わずか 9 cm であり、橋脚による損失水頭は、わずかに 2.5 cm である。

Falling apron を有する guide bank の法線及び延長は図 8-1, DRW No V111-1 の通りであり、その標準断面は、Fig 8-6, DRW No V111-1 に示した。Apron 用の捨石の重量は 30 kg ~ 70 kg と決めたが、川表の護岸に関しては、60 kg ~ 100 kg が必要であろう。

Dhaleswari 河は、乾季には流水がほとんど枯れるので、締切りは容易に行なえるであろう。河道は、cross dike で締切り、その上に築堤し、接近道路を設ける。cross dam の代表断面は図 9-1 の通りである。Dhaleswari の新水路は、現状水路と同等の河積を確保することが必要であり、これを考慮して新水路の標準横断面図を Fig. 9-2 に示した。

Guide bank, Dhaleswari 新水路の工事量は、Table 10-1 の通りであるが、cross dam の工事量は、左岸側の接近道路の一環として橋梁工事に含めてある。

片岸の guide bank は、2年間で完成させる。工事はまず、右岸より開始し、工事終了後左岸側に移動する。Dhaleswari 新水路の開削は、左岸側 guide bank の完成後に開始し、その後3年間で完成させる。洪水期の流砂の沈澱による埋戻しを避けるため、新水路は才1年目にまずある幅で全川開削し、その後2年間で拡幅し、完成させるものとする。さらに、

cross dam 工事を開始する年に、左岸側の接近道路を完成させて、上記構造物により、新水路左岸側堤内地上の流水の乱れを防ぎ、堆砂することなしに、洪水水路としての機能を発揮できることを期待する。これら河川工事の工程を Fig.10-3 に示した。

連絡、運搬の便のために、右岸側の鉄道、同河岸内の道路、本、副建設基地、石材置場及び新水路工事のための事務所等を Fig. 10-4 の通り配置する。

Guide bank の築造は、Fig.10-5, 10-6 に示した様に浚渫により実施するものとする。捨石は、石材置場よりトラクターショベルで積み、建設用ダンプトラックで運搬し、タイドローザの力を借りて人力により捨石するものとする。Dhaleswari 新水路の開削は、Guide bank 工事に用いた浚渫船により実施する。排土は、新水路の付近の低地に捨て、新水路への流入を防ぐため、シートパイルを打つものとする。これらの工事に必要な主要機械数は Table 10-2 に収録した。工事現場に於ける主な資材量と日最大在场人数は Table 10-3, 10-4, 10-5 の通りである。

Guide bank, Dhaleswari 新水路の両工事から成る河川工事の費用を積算するに当り、資機材、現地労務者、海外よりの労務者等の各単価は1975年7月JICAより派遣された、単価調査団の結果に基づき、設定した。したがって、この報告書における費用は1975年7月現在のものである。石材単価は仮に、India の Manikarchar, Dhubri, Dhulian 及び Pakur から集まる石材単価を加重平均して用いた。

このプロジェクトで輸入する資機材に対しては、輸入及び物品の両税は賦課しないものとした。工事費積算に用いた単価を表10-7に収録した。

全河川工事費は、Table 10-8に示した。尚 cross dike, cross dam の両工事に必要な費用は、橋梁の接近道路の一環として、橋梁工事費に含めてある。

この河川工事に必要な大多数の資機材は輸入にたよることとする。

河川施設に対する維持費は、調査、測量、guide bank の補修、Dhaleswari 新水路の維持及び事務所の維持を含めた管理に必要な費用を含むべきものである。したがって、橋梁に対する維持費をも含めた維持費は、Vol. VIII 総合工事計画及び経済評価で取扱われた。

# 目 次

Bangladesh 国の地図：架橋 4 候補地点	ii
Jumuna 河写真：Sirajganj 架橋地点	iii
略語，定義，単位	iv
要 旨	viii
目 次	xvii
才 I 章 概 論	1
1. 目 的	1
2. 調査の経過	1
3. 河川班調査員	2
4. 謝 辞	2
第一次調査	3
才 II 章 Brahmaputra—Jamuna 河の特性	4
1. 河川の概要	4
2. 地形学的特性	6
2.1 Bangladesh 国土の地形分類	6
2.2 Jamuna 河平野の地形発達	12
2.2.1 氷河性海面変動の影響	12
2.2.2 地盤変動の影響	13
2.3 Ganges 河の流路変遷	13
2.4 Brahmaputra 河の流路変遷と，分派の影響	15
3. 河川地形学的特性	18
3.1 河岸の変遷	18
3.2 洲と流心の変遷	18
3.3 河道横断面の変遷	28
4. 水文学的特性	28
4.1 水位の概要	28
4.2 Bahadurabad 地点の流量	34
4.3 河床材料	39
4.4 浮遊砂	43
4.4.1 浮遊砂資料	43
4.4.2 浮遊砂に関する考察	45
4.5 架橋四候補地点に於ける流量観測	49
4.6 表面流速と平均流速	51

4.7 粗度係数	58
才Ⅲ章 河川制御の方策	62
1. Guide bank system	62
2. 最小河幅	63
才Ⅳ章 架橋のための計画流量	67
1. Bahadurabad 地点の確率高水流量	67
2. 派川への流量分派	68
2.1 Old Brahmaputra 河への分派	68
2.2 Dhaleswari 河への分派	68
2.3 架橋四候補地点に於ける計画流量	68
才Ⅴ章 河川工事の予備設計	72
1. 架橋地点に於ける Guide bank 間隔	72
2. Guide bank 法線	72
3. 計画高水位	74
4. Guide bank の標準断面	79
4.1 余裕高	79
4.2 天端幅	81
4.3 法面勾配	81
4.4 Apron	81
4.4.1 Guide bank 間の平均水深	82
4.4.2 Guide bank 間の流心部水深	83
4.4.3 Guide bank の防護工	88
4.4.4 捨石の大きさ	90
4.5 Guide bank の標準断面	91
5. Cross dike の標準断面	91
6. 河川工事の工事数量	91
7. 河川工事の施工	91
7.1 架橋候補地点の自然条件	91
7.1.1 気 象	91
(1) 気 温	91
(2) 風 速	104
(3) 降 雨	104
7.1.2 水 位	108
7.1.3 工事に好都合な期間	118
7.2 工事施行と施工資機材	122
7.2.1 Guide bank	122

7.2.2	Cross dikes	123
7.2.3	締切工	123
7.2.4	建設工事工程	124
7.2.5	主要機械数と燃料量	124
7.2.6	資材置場	124
7.2.7	所要人員数	124
8.	河川工事費	124
才VI章	橋脚洗掘	130
1.	橋脚洗掘深の研究	130
2.	広幅員橋脚の洗掘深	132
3.	広幅員橋脚の防護工	132
3.1	防護工の範囲	135
3.1.1	Gales の提案	135
3.1.2	石崎, 本間の研究	135
3.1.3	Hardinge 橋の現状	135
3.2	石の大きさ	135
3.3	石の布設厚	140
才VII章	架橋四候補地点の比較	141
1.	地形学的比較	141
1.1	Bahadurahad 地点及びその周辺	141
1.2	Gabargaon 地点及びその周辺	141
1.3	Sirajganj 地点及びその周辺	141
1.4	Aricha, Nagarbari 地点及びその周辺	141
1.5	四地点の比較	141
2.	河川地形学的比較	144
3.	工費比較	144
4.	架橋最適地点の選定	147
	第二次調査	148
才VIII章	Sirajganj 地点での河川工事	149
1.	架橋地点の選定	149
2.	計画高水流量	155
3.	Guide bank の間隔及び計画高水位	157
4.	Guide bank 及び cross dikes	160
4.1	Guide banks	160
4.2	Cross dikes	161

4.3	石材に代る材料の検討	163
5.	工事数量	163
才IX章	Dhaleswari 河の取扱い	165
1.	Dhaleswari 河を横断する cross dam	165
2.	Dhaleswari 河の新分水路	165
3.	工事数量	165
才X章	河川工事の施工とその工費	168
1.	工事現場の自然条件	168
2.	工事数量	168
3.	河川工事の施工	168
(a)	Guide-banks	168
(b)	Dhaleswari 新水路	171
(c)	河川工事施工日程	171
4.	河川工事の施工	171
4.1	仮設鉄道及び仮設道路	171
4.2	Guide bank	171
4.2.1	築堤	171
4.2.2	捨石工	176
4.3	Cross — dike	176
4.4	Cross damと Dhaleswari 新水路	176
4.4.1	Cross dam	176
4.4.2	Dhaleswari 新水路	179
4.5	主要建設機械	179
5.	資材	180
6.	労務者	180
7.	河川工事管理に必要な主要施設	180
8.	工事費	183
APPENDIX A	DRW No. II-1 Guide bank の設計	(1)~(2)
B	日最大在场機械台数	(3)
C	日最大所要労務者数	(4)
D	文献及び資料	(5)

# 第 I 章 概 論

## 1. 目 的

本調査の目的は、第1にJamuna河の上流から下流に及ぶ架橋四候補地点について、地形学及び河川地形学的観点から、その適合性の優劣順位を検討することにある。架橋四候補地点としては、上流からBahadurabad地点、Gabargaon地点、Sirajganj地点及びNagarbari地点が選定された。

第2の目的は、河川制御に関する最適計画を見出し、工事費を積算すること、さらに橋脚周辺の洗掘深を算定し、その防護計画を作ることである。

本報告書は、河川調査班が1973年8月から1976年3月までに実施した調査の結果を集録したもので、この調査は、1973年8月国際協力事業団(JICA)がBangladesh人民共和国へ提出したinception reportに基づいて行った。

## 2. 調査の経過

1972年12月に海外技術協力事業団(旧OTCA)から派遣されたJamuna河架橋計画事前調査団により、架橋のための四候補地点が提案された。つまり、上流から下流の順に、Bahadurabadの下流、Gabargaon附近、Sirajganjの約10km下流及びArichaの約20km上流(Nagarbari)の四地点である。

Jamuna河の視察及び上記四候補地点の調査検討に必要な資料を収集する目的でDr.佐藤清一、実広登及び野辺隆行が1973年9月3日から、1973年10月18日までBangladeshへ派遣された。続いて、Jamuna河視察及び河川工事施工計画に必要な資料を収集するため、安達径治及び黒沢和男が1973年11月8日から1973年12月22日迄Bangladeshへ派遣された。また、Jamuna河視察及び地形学の観点から資料を収集するため、大矢雅彦が1974年1月4日から同年同月16日迄、1974年3月16日から同年同月30日迄及び1975年1月5日から同年同月19日迄の三度Bangladeshへ派遣された。

さらに、Dr.佐藤清一は、Jamuna河流域の乾期の状態を視察するため、1974年2月18日から同年同月27日迄派遣された。

Bangladesh及び日本で収集された資料さらに1973年洪水期に実施された、流量観測資料及び地形測量成果を用いて河川の特長、架橋のための河川制御工事、橋脚周辺洗掘工事施工法及び施工機械に関する調査を日本国内で実施し、河川工事の予備設計と概算工費積算を行った。

上記のdraft reportが出来上がった段階で、架橋最適地点の選定及び、各部門の諸問題について討議するため、1974年8月31日から1974年9月13日までTokyo Meeting(東京会議)が開催された。この討議は、1974年10月28日から1974年11



月6日までのDacca Meetingでも続けられ、この会議で、架橋最適地点としてSirajganj地点が選定された。

1974年11月29日から1974年12月14日までのDacca滞在中に、interim reportがMinistry of Communicationへ提出され、1974年11月に日本政府測量班により撮影された航空写真に基づき、Sirajganj地点に橋軸が設定された。

上記の航空写真に従い、上記測量班が1974/75乾期にSirajganj地点で河川全幅に渡る水準測量を含む新たな地形測量を実施した。これらの測量成果及び、1975年洪水に関する追加資料を用いて、架橋地点の河川制御計画及びDhaleswari河の取扱いに関する計画を完成するための調査を実施した。

これらの調査のうち、Dacca Meetingにより架橋最適地点として、Sirajganj地点が選定された時点迄の調査を本報告書のphase Iにfirst stage of the study(第一次調査)として収録し、Sirajganj選定後の調査をphase IIにsecond stage of the study(第二次調査)として収録した。

### 3. 河川班調査員

本調査は、日本建設コンサルタント株式会社が実施した。本調査に従事した主な調査員は次のとおりである。

工博	佐藤清一	調査団長、総括
理博	大矢雅彦	地形学担当
	川端昭至	河川計画担当
	実広登	水理担当
	野辺隆行	水文担当
	三谷健	工事施工法担当
	安達径治	施工機械担当
	黒沢和男	施工機械担当

### 4. 謝 辞

本調査に際し、協力を賜ったBangladesh人民共和国政府の関係当局、特にcounterpart teamの方々から感謝致します。また、協力と激励を賜ったDacca駐在日本大使館に対し、深甚の謝意を表します。

# 第 一 次 調 査

## 第 II 章 Brahmaputra-Jamuna河の特性

### 1. 河川の概要

Brahmaputra河は、Fig 2-1に示す様にHimalaya山脈北部のMonosarwar湖にその端を発し、Tibet Plateauを西から東へ走り、Himalaya山脈東部を横切って、Assam plainを東から西へ走りShillong Plateau東部で南へ向きを変えている。その後流路は、国境を越え、Bangladeshに入り、Tista河を合流し、ほとんど直線状に南下し、Aricha附近でGanges河と合流している。この河の北部国境からGanges河合流点までの部分をBrahmaputra-Jamuna河と呼んでいる。Ganges河との合流後この河はPadma河と名を変え、南東方向へ約100km流下し、Chandpur附近でMeghna河を合流し、Bengal湾へ注ぐ。河川流域はChina, Bhutan, India及びBangladeshの4国にまたがり、世界の大河川の一つである。

一方、Ganges河は、Gangotri山(6,614m)の氷河に端を発し、Hindustan plainを西から東へ走り、Rajmahal hillの縁で南東へ流向を変える。その後Ganges平野へ流下し、ArichaでBrahmaputra-Jamuna河と合流する。

この二河川の流域面積と河川長は、次のとおりである。

#### a. 流域面積

Jamuna河：

流域上流端からBangladesh国境まで； 533,000  $km^2$  (206,000  $mi^2$ )

Bangladesh国境からGanges河合流点まで； 47,000  $km^2$  (18,000  $mi^2$ )

Ganges河：

流域上流端からJamuna河合流点まで； 977,000  $km^2$  (377,000  $mi^2$ )

Padma河： 13,000  $km^2$  (5,000  $mi^2$ )

Meghna河： 80,000  $km^2$  (31,000  $mi^2$ )

合計 1,650,000  $km^2$  (637,000  $mi^2$ )

#### b. 河川長

Jamuna河：

流域上流端からBangladesh国境まで； 2350  $km$  (1,460  $mi$ )

Bangladesh国境からGanges河合流点まで； 250  $km$  (160  $mi$ )

Ganges河：

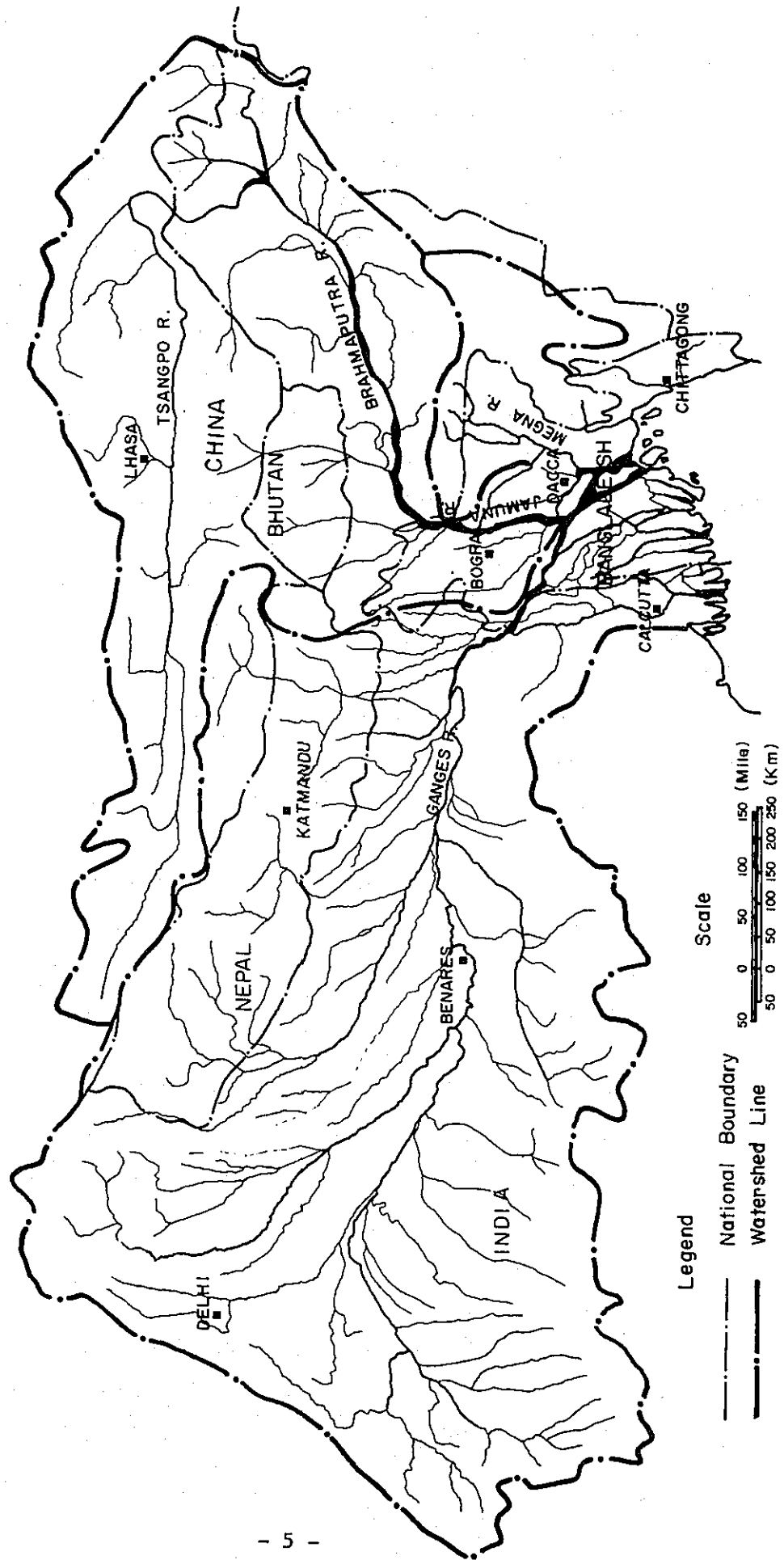
流域上流端からJamuna河合流点まで； 2,200  $km$  (1,370  $mi$ )

Padma河： 100  $km$  (60  $mi$ )

Padma-Meghna河：

Meghna河合流点からBengal湾まで； 130  $km$  (80  $mi$ )

Fig 2-1 Basin Map of Ganges, Brahmaputra (Jamuna) & Megna Rivers



Jamuna 河合計河川長

Ganges 河合流点まで；

2,600 km (1,620 mi)

Jamuna 河及びGanges 河の河川勾配は、それぞれ、約 $1/15,000$ 及び $1/20,000$ でJamuna 河の方がGanges 河より急勾配である。

Bangladesh の気象は、熱帯気候に属し、乾期と雨期の明確な区分がある。Sirajganj 気象台の気温観測記録によると、月平均最低気温は、1月の約 $18^{\circ}\text{C}$ で月平均最高気温は4月或は5月の約 $29^{\circ}\text{C}$ である。既往最低気温及び最高気温は、それぞれ $7.2^{\circ}\text{C}$ 及び $42.8^{\circ}\text{C}$ である。月平均湿度は雨期に80%を越え、乾期には、約50%~70%である。

Bengal 湾に発生するcyclone の大多数がBangladesh 国土をおそう。しかしFig. 2-2 からわかるとおりそのほとんどが海岸附近で東へコースを変えるのでBangladesh の北西部へcyclone の影響が及ぶことはほとんどない。

Bangladesh の平均年雨量は、Fig. 2-2 に示すとおり、 $1,520\text{mm}$  (60 in) ~  $6,350\text{mm}$  (250 in) の範囲にあり、北東部及び海岸地域では多雨で、Jamuna 河流域では比較的小雨である。年雨量の約80%は、5月から9月のモンスーン期に降り、約20%は他の月に降る。12月、1月及び2月にはほとんど無降雨である。Jamuna 河周辺のBogra 気象台及びSirajganj 気象台の記録によると、雨季の月雨量は、 $300\text{mm}$ 程度 (13 in) で時折、最大 $760\text{mm}$  (30 in) を越える降雨量がある。

モンスーン期には、Bangladesh の外部の膨大な流域から流れ込む流水がBangladesh 国土に降る雨水と重なり合って、国土の約30%にも及ぶ広大な面積が水没する。

Jamuna 河流域は、常習的に幅 $100\text{km}$ にも及ぶ湛水地域と化する。

Jamuna 河のBahadurabad 地点及びGanges 河のHardinge 橋地点に於ける流量ハイドログラフを、Fig. 2-3 に示す。Jamuna 河の最大流量は普通7月に現われるのに対し、Ganges 河では、8月或は9月に生じ、両者には約1ヶ月の時間差がある。

Jamuna 河とGanges 河の合流点下流にあるGoalundo 地点の水位は、二河川の影響を受け高水位は6月から10月までの約5ヶ月間継続する。Bahadurabad 地点及びHardinge 橋地点に於ける1950年から1970年迄の既往最大流量は、それぞれ、1970年の $76,500\text{m}^3/\text{s}$  (2,700,000 cfs) 及び1961年の $73,500\text{m}^3/\text{s}$  (2,582,000 cfs) でJamuna 河の最大流量が、わずかに、Ganges 河のそれより大きい。又、1974年にJamuna 河Bahadurabad 地点で1970年の流量を上廻る $90,900\text{m}^3/\text{s}$  (3,210,000 cfs) が観測された。

## 2. 地形学的特性

### 2.1 Bangladesh 国土の地形分類

大矢は、1972年12月から1973年2月の間にERTS (Earth-Resources Technology) により、撮られた航空写真を用いて、Bangladesh 国土の地形分類図を作成した。これを図2-4に示す。これからわかる様に国土は(1) 山地、(2) 台

### Fig.2-2 Annual Rainfall and Cyclone Paths

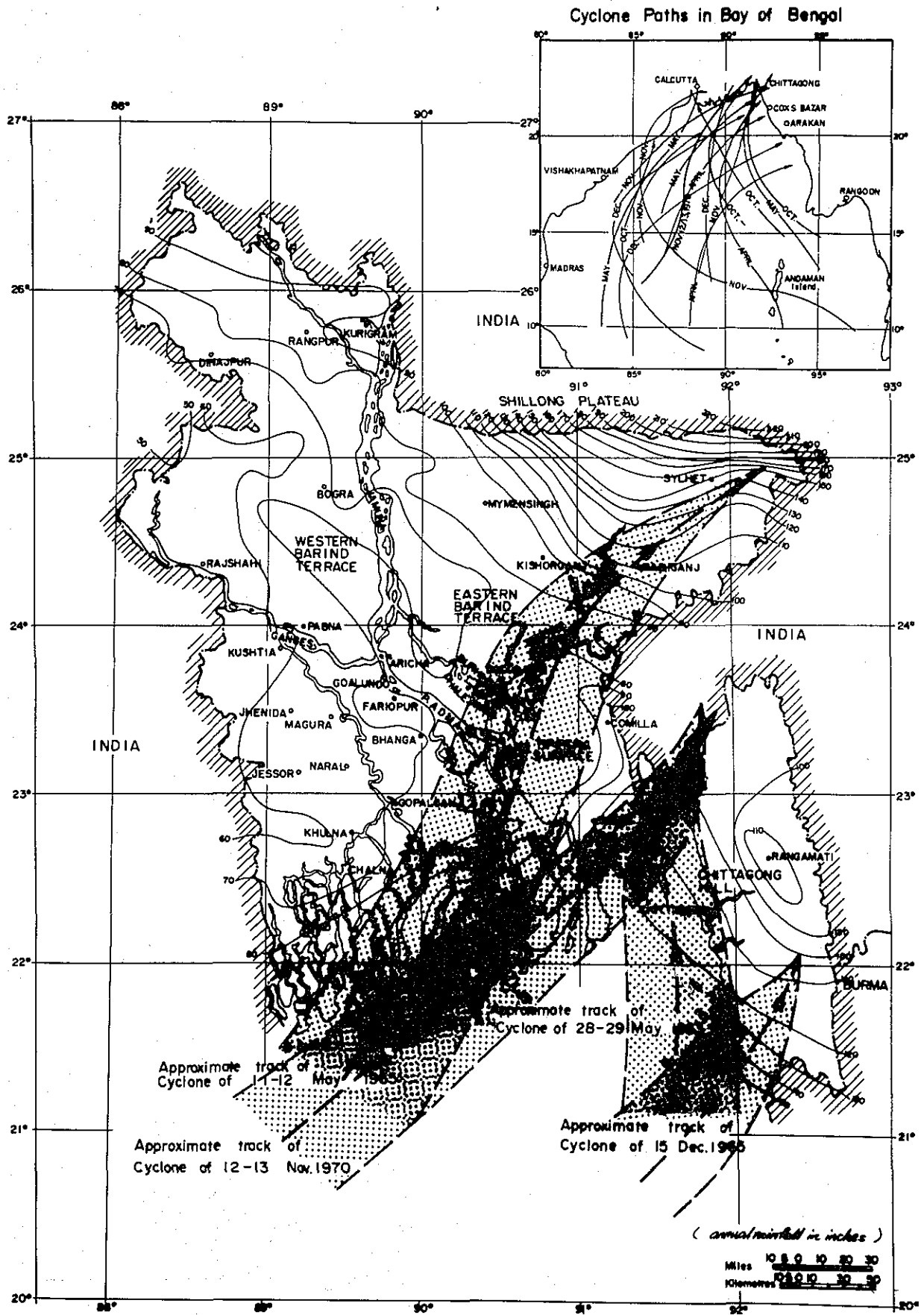
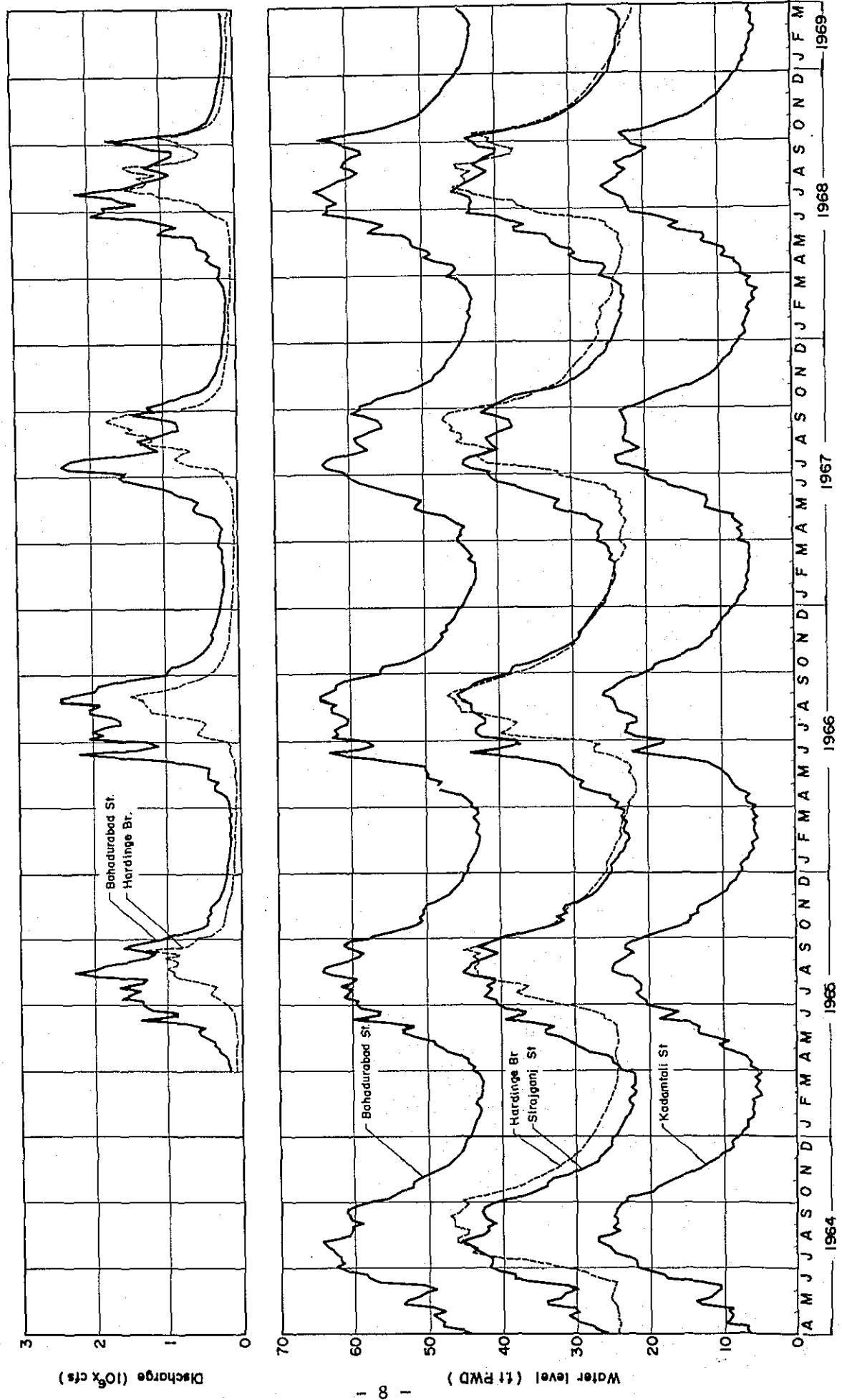


Fig. 2-3 Discharge and Stage Hydrograph of the Jamuna and the Ganges



EXPLANATORY NOTES

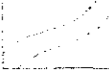
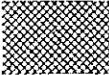





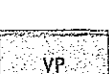

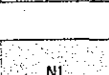


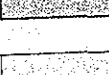
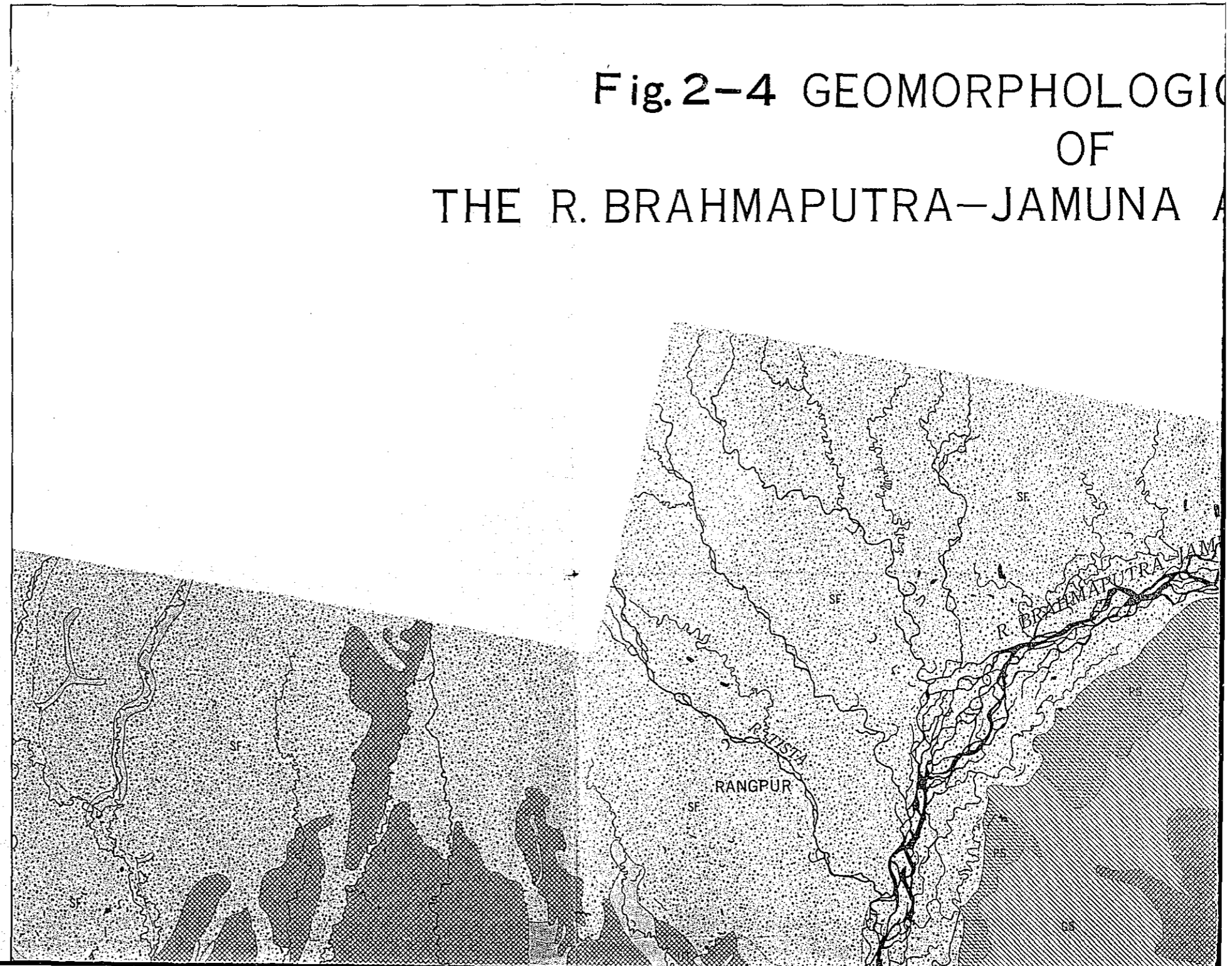
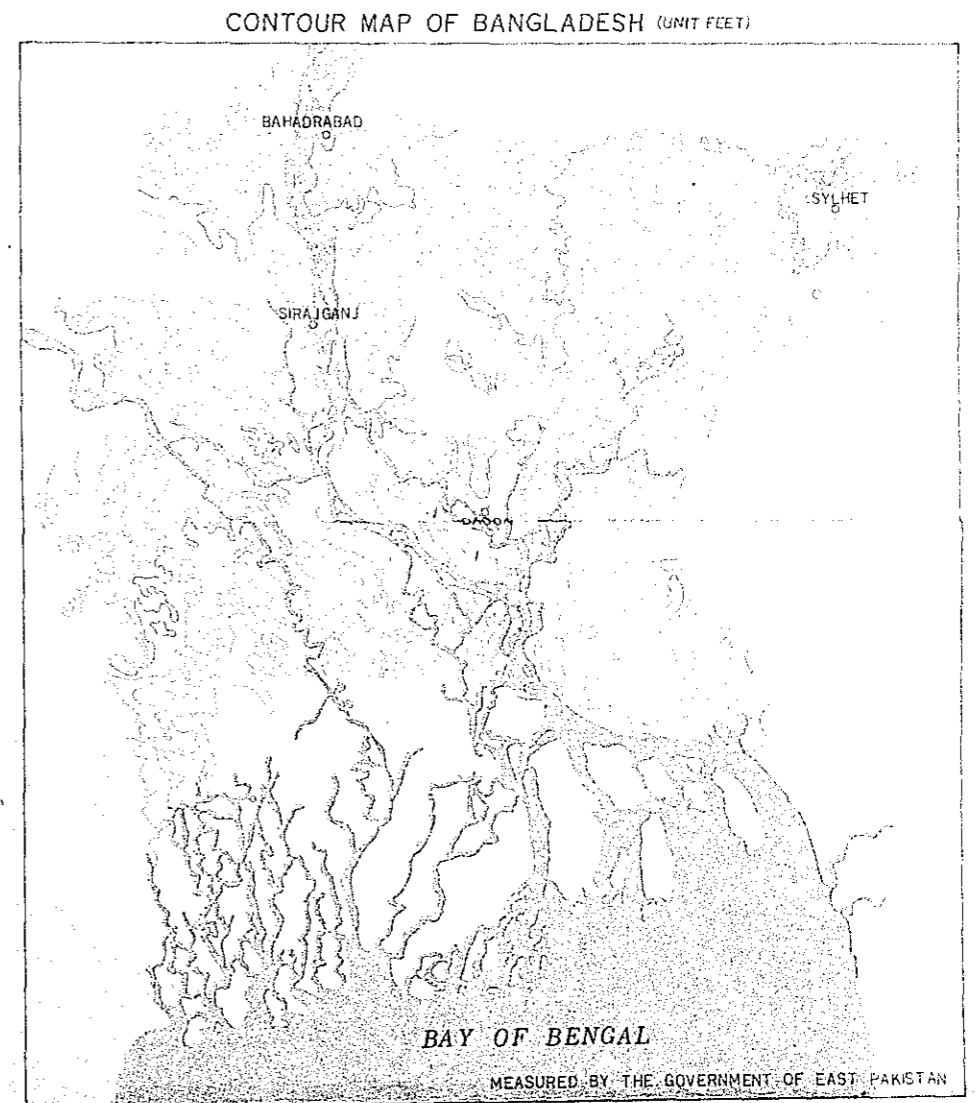
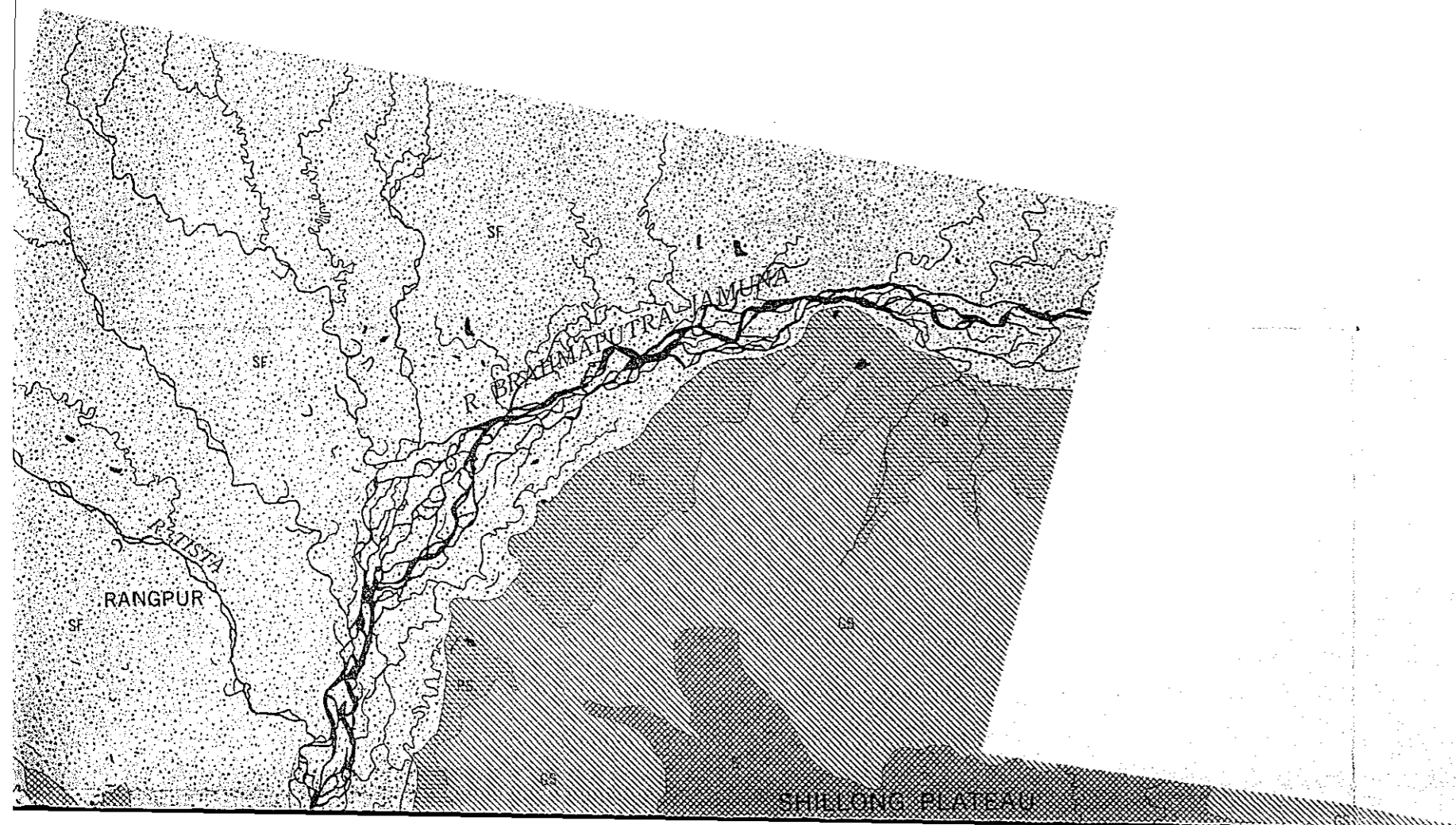
-  BOUNDARY OF TOPOGRAPHY
-  STEEP SLOPE IN THE MOUNTAIN
-  GENTLE SLOPE IN THE MOUNTAIN
-  PIEDMONT GENTLE SLOPE
-  HILL
-  UPPER TERRACE
-  LOWER TERRACE
-  VALLEY PLAIN
-  SANDY ALLUVIAL FAN WITH GENTLE SLOPE
-  NATURAL LEVEE
-  FORMER OR UPPER DELTA
-  BACK SWAMP OR DELTA
-  DELTA INFLUENCED BY TIDE

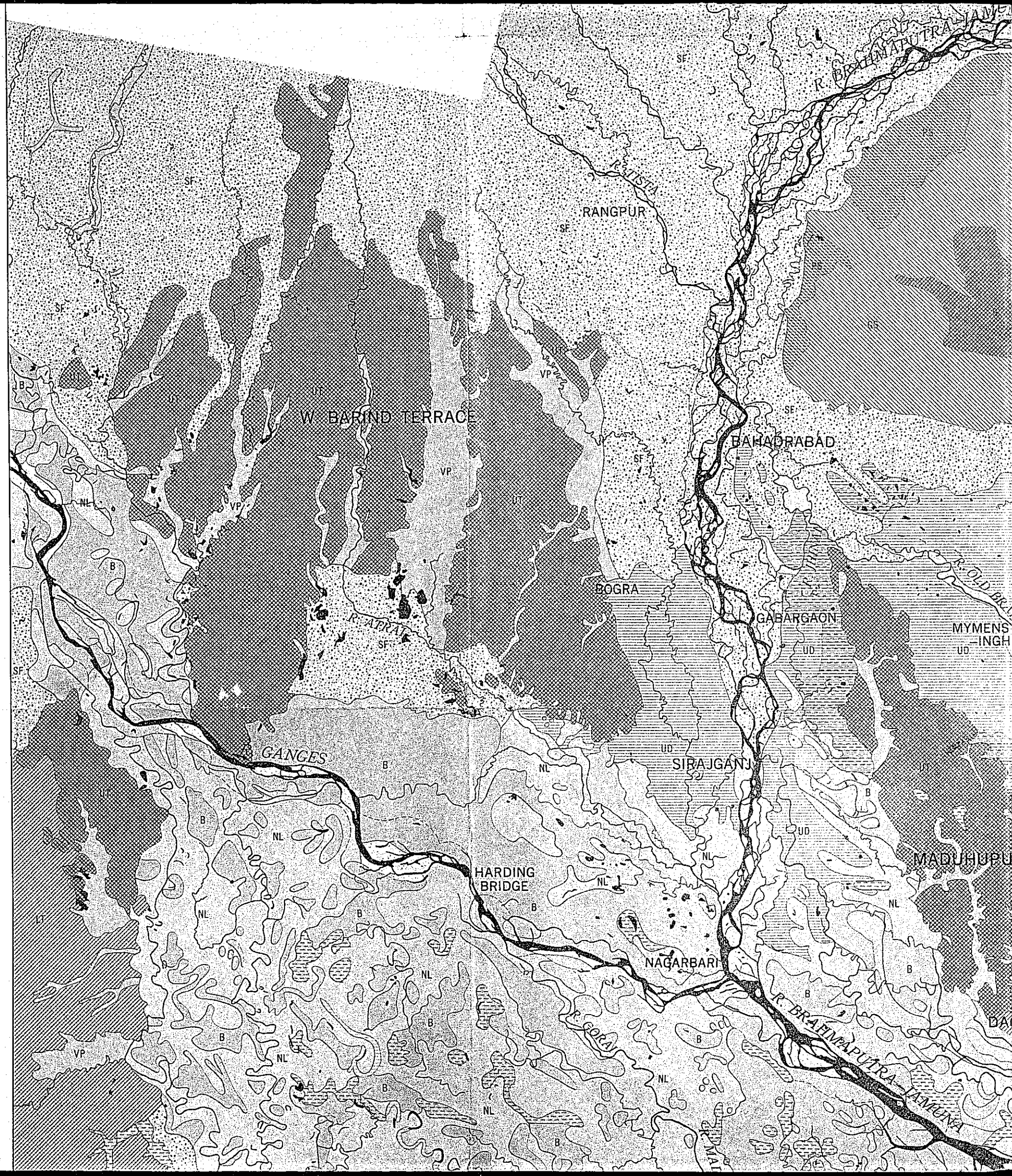
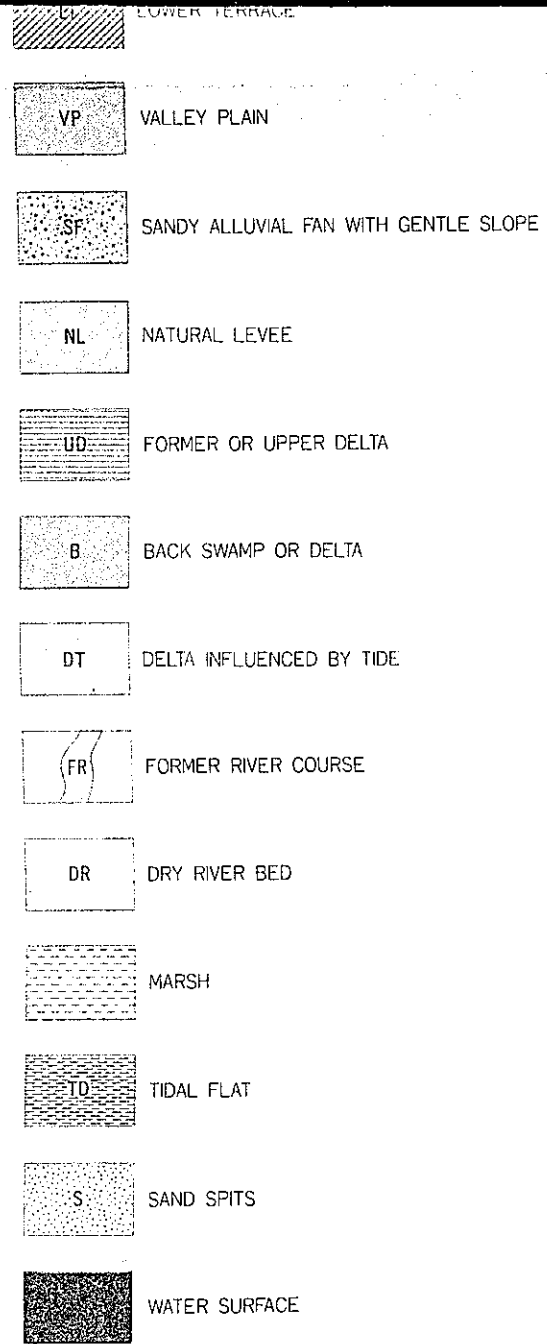
Fig. 2-4 GEOMORPHOLOGIC  
OF  
THE R. BRAHMAPUTRA-JAMUNA A





# 2-4 GEOMORPHOLOGIC MAP OF RAHMAPUTRA-JAMUNA AND R. GANGES PLAIN





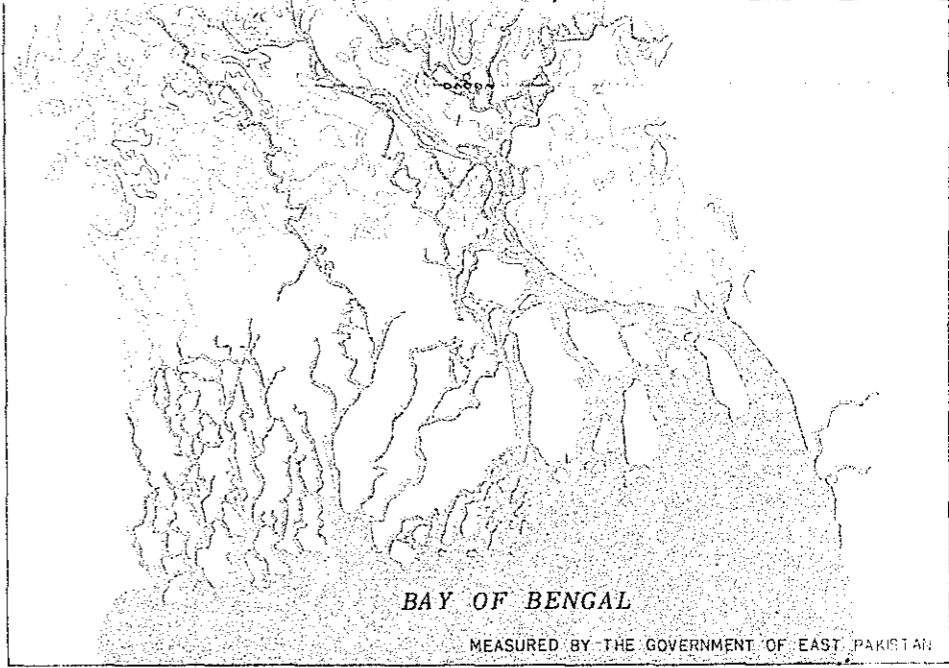
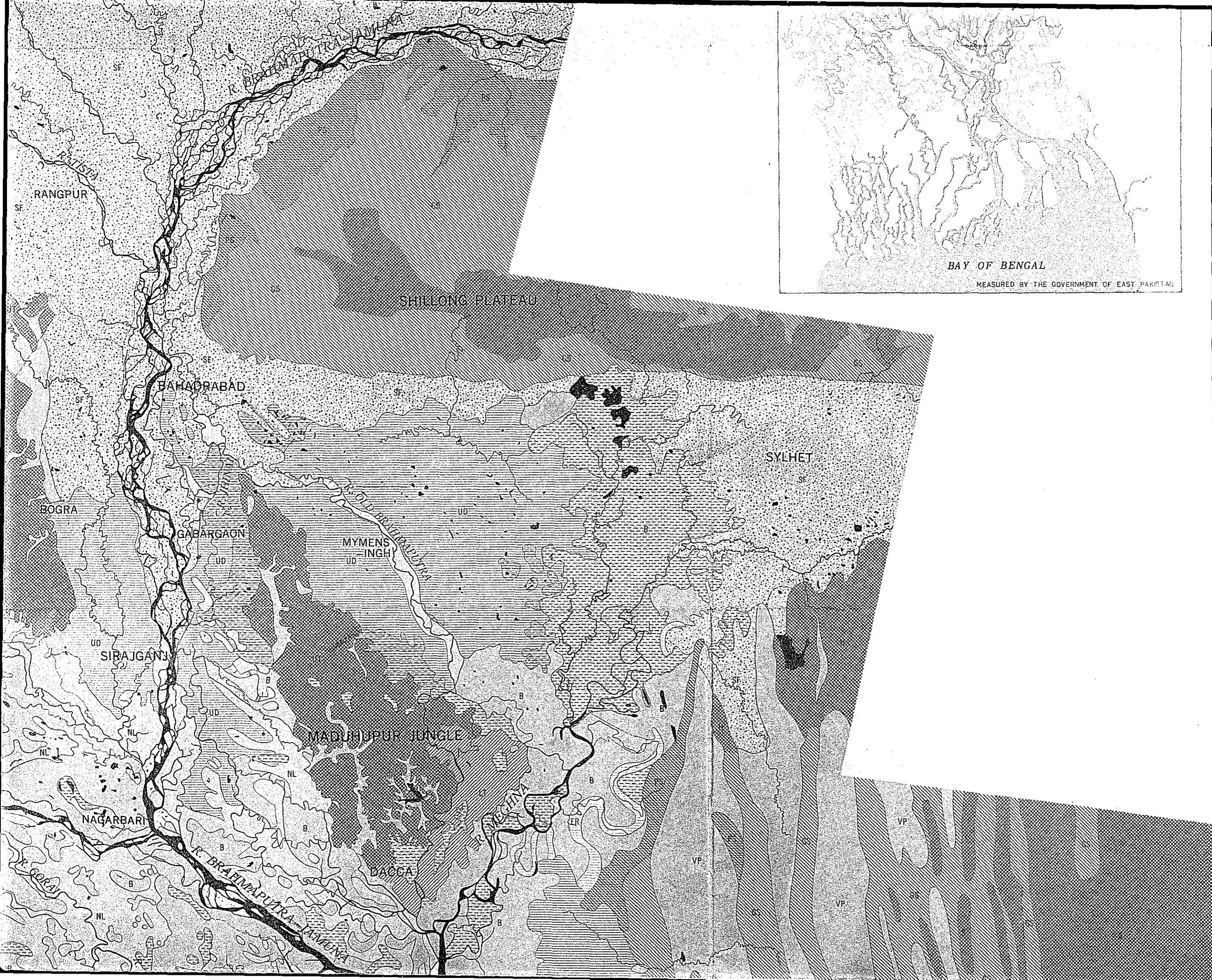
### Explanation of the geomorphologic map

The geomorphologic map has been prepared utilizing the mosaic of the photographs of Earth Resources Technology Satellite as a base map. The photographs were taken in the dry season in 1972.

Utilizing the photographs of the ERTS, the topographic maps or geological maps and field observation by helicopter and jeep, one could classify the area into the geomorphologic elements as shown in the explanatory notes.

In the photo-interpretation of ERTS for geomorphologic land classification, near-infrared photographs are most suitable. Because in the photographs, the water surface i, e, river, lake, sea etc. is photographed as a black colour and the marshy land i, e, back-swamp, tidal flat etc. and the dry area i, e, terrace, natural levee etc. is photographed as a white colour. So, by distinguishing the contrast of the colours, one can classify the area.

The violet line designates the boundaries of topographic divisions. The dotted violet line shows the variation of the slopes in each topo-



BAY OF BENGAL

MEASURED BY THE GOVERNMENT OF EAST PAKISTAN

## Explanation of the geomorphologic map

The geomorphologic map has been prepared utilizing the mosaic of the photographs of Earth Resources Technology Satellite as a base map. The photographs were taken in the dry season in 1972.

Utilizing the photographs of the ERTS, the topographic maps or geological maps and field observation by helicopter and jeep, one could classify the area into the geomorphologic elements as shown in the explanatory notes.

In the photo-interpretation of ERTS for geomorphologic land classification, near-infrared photographs are most suitable. Because in the photographs, the water surface i, e, river, lake, sea etc. is photographed as a black colour and the marshy land i, e, back-swamp, tidal flat etc. and the dry area i, e, terrace, natural levee etc. is photographed as a white colour. So, by distinguishing the contrast of the colours, one can classify the area.

The violet line designates the boundaries of topographic divisions. The dotted violet line shows the variation of the slopes in each topographic division.

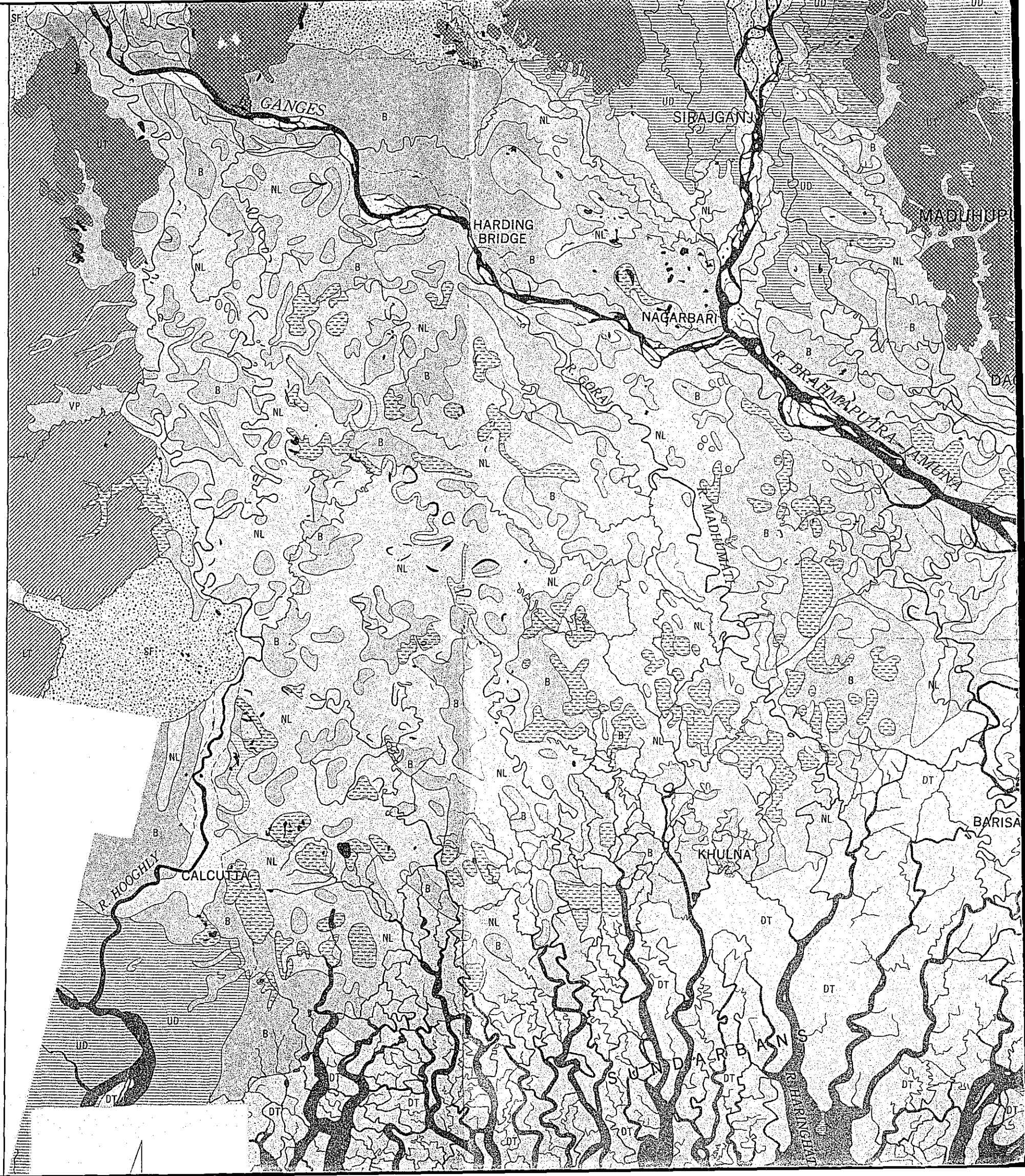
The area consists of three groups of topography. One is mountainous regions, i, e, Shillong Plateau and Chittagong Hill. The area consists of hard rock. The second is terrace or dissected fan. The former is Eastern Barind Terrace or Maduhupur Jungle. The city of Dacca is situated on the terrace. The latter is Western Barind Terrace.

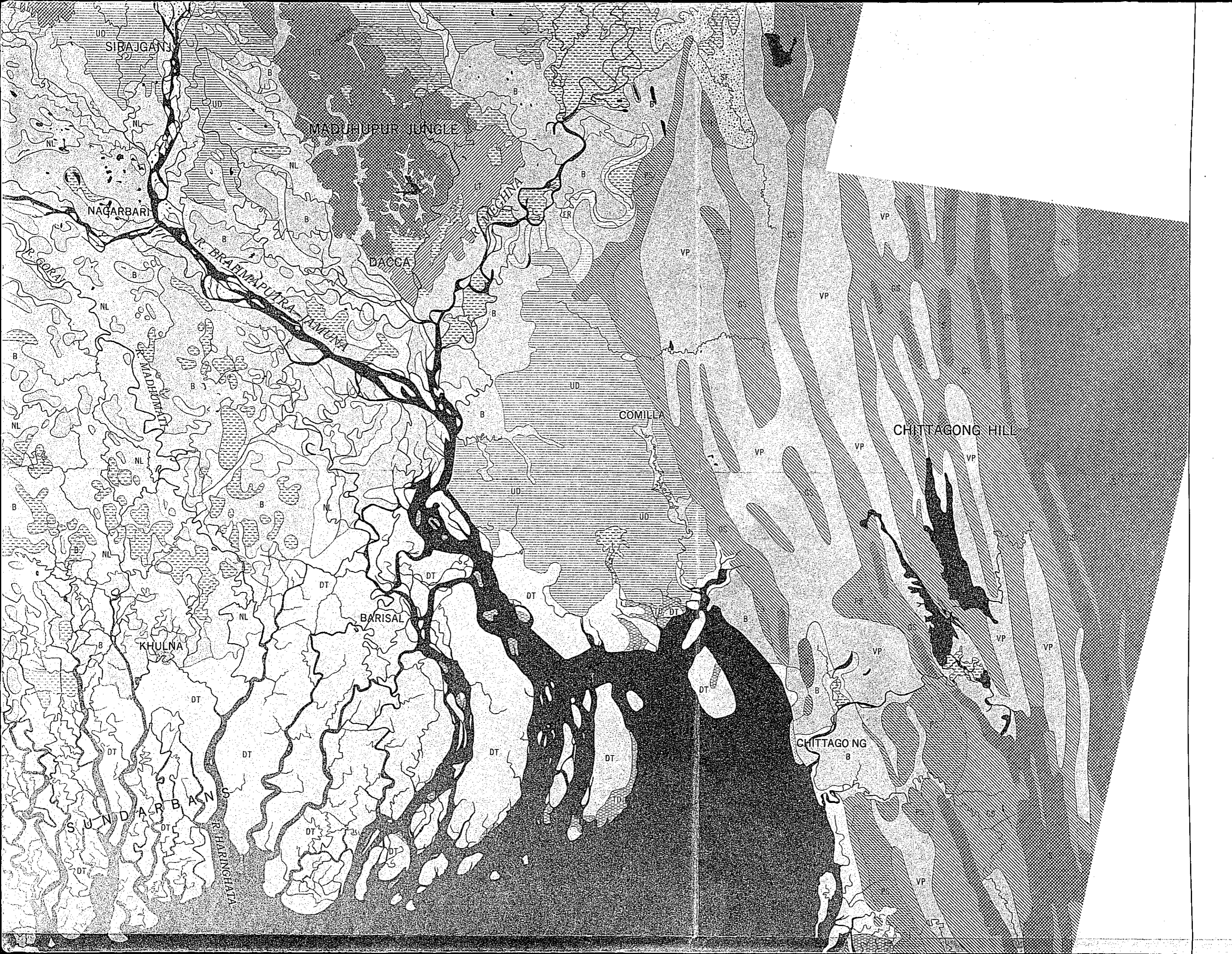
These terraces have been formed by upheaval ground movement. Surface geology of the terrace or dissected fan is harder than that of the alluvial plain.

The third is alluvial plain. The plain consists of fan, natural levee, back-swamp, upper delta and delta. The fan in this region is composed of sand and has gentle slope. A remarkable difference is seen between the fan in the area and the fan in Japan which consists of sand and gravel with steep slopes. The former or older delta is located in the lower reaches of the Old Brahmaputra and Sirajganj and its surrounding, and the upper delta is located in the western part of Comilla. The former has been formed before 1830, by Old Brahmaputra and Tista etc. the latter has been formed by the upheaval ground movement.

The geomorphologic map serves not only the purpose of studying geomorphology and geomorphologic development, but also the purpose of estimating the flooding, condition of the ground water at a level close to the surface of the ground. The geomorphologic maps will also help one to investigate the conditions of soil, because the result of geomorphologic classification coincides with that of the soil classification.

And that is very useful for the purpose of establishing plans for land development (i, e, road construction, bridge construction etc.) land conservation and improvement project.





These terraces have been formed by upheaval ground movement. Surface geology of the terrace or dissected fan is harder than that of the alluvial plain.

The third is alluvial plain. The plain consists of fan, natural levee, back-swamp, upper delta and delta. The fan in this region is composed of sand and has gentle slope. A remarkable difference is seen between the fan in the area and the fan in Japan which consists of sand and gravel with steep slopes. The former or older delta is located in the lower reaches of the Old Brahmaputra and Sirajganj and its surrounding, and the upper delta is located in the western part of Comilla. The former has been formed before 1830, by Old Brahmaputra and Tista etc. the latter has been formed by the upheaval ground movement.

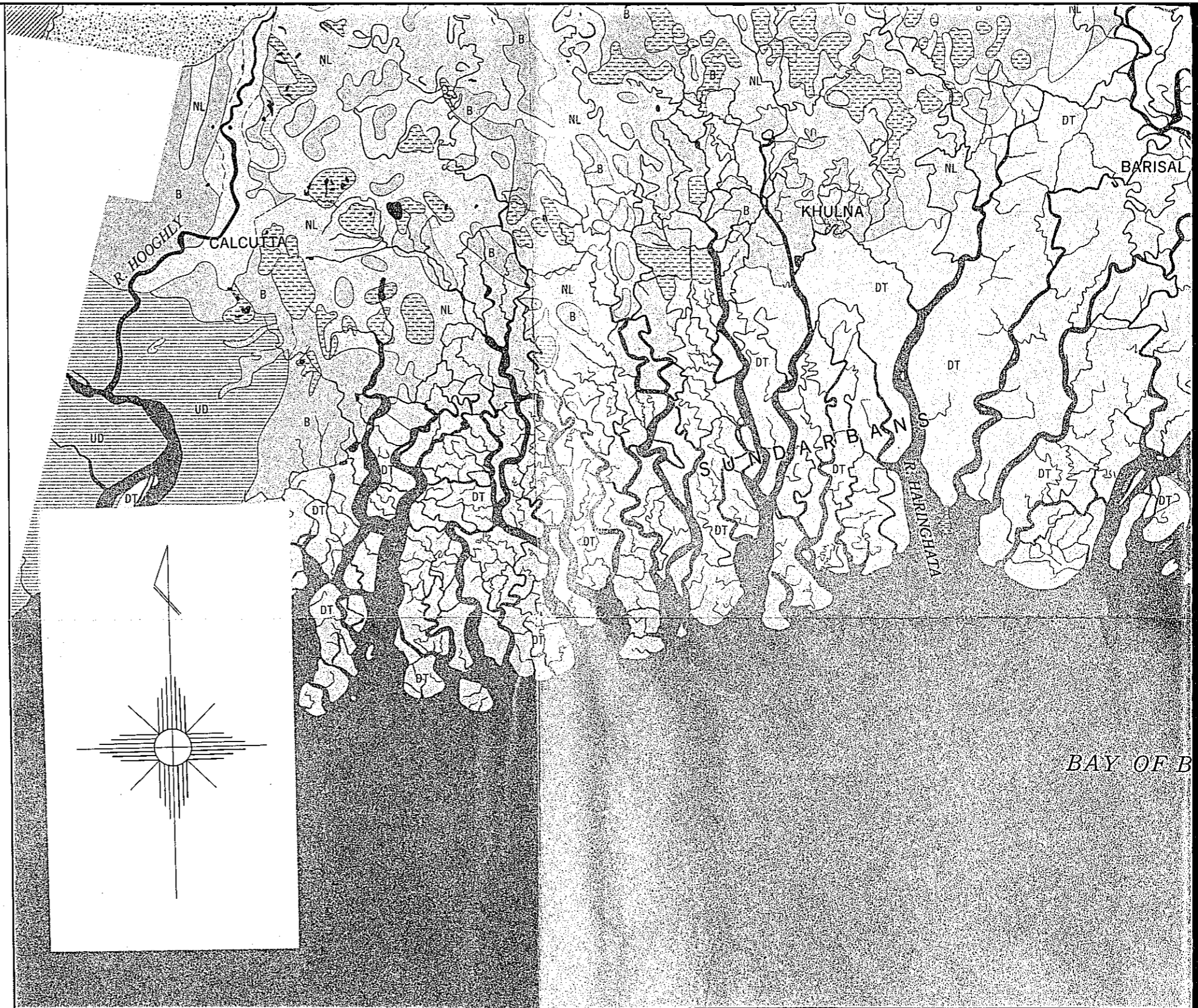
The geomorphologic map serves not only the purpose of studying geomorphology and geomorphologic development, but also the purpose of estimating the flooding, condition of the ground water at a level close to the surface of the ground. The geomorphologic maps will also help one to investigate the conditions of soil, because the result of geomorphologic classification coincides with that of the soil classification.

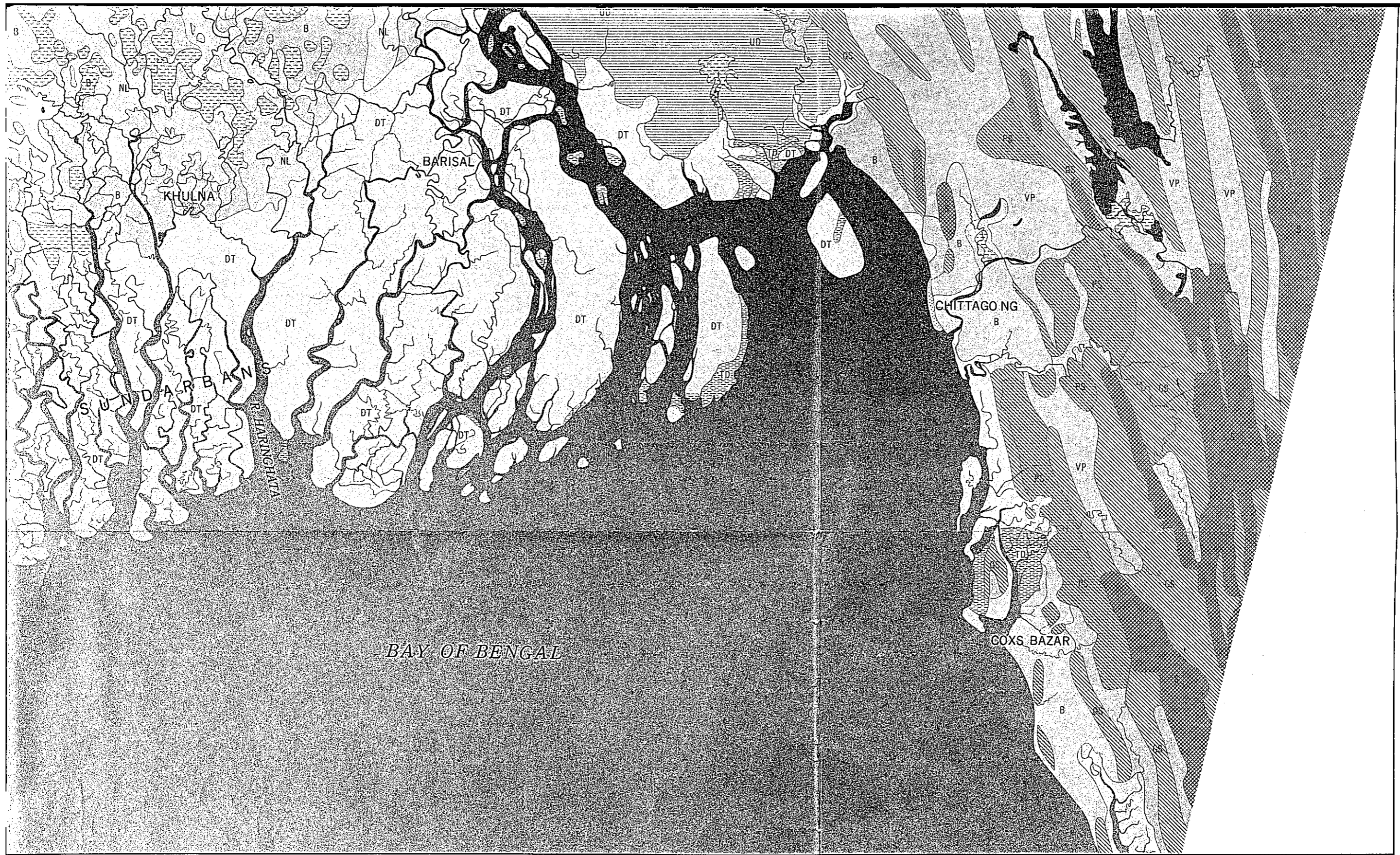
And that is very useful for the purpose of establishing plans for land development (i. e. road construction, bridge construction etc.) land conservation and improvement project.

SCALE 1:1,000,000

SURVEYED, COMPILED AND CARTOGRAPHED  
BY MASAHIKO OHYA

PRINTED BY KOKUDO CHIZU CO., LTD. TOKYO 1976





*BAY OF BENGAL*

地、及び(3) 沖積平野の3地域に分けられる。

山地地域は、この国の南東部にあるChitagong丘陵にあり、山脈は、北北西から南南東へ走る、しゅう曲山脈である。

台地は、洪積世以後の地盤の隆起運動により形成されたものでGanges河とJamuna河、Jamuna河とMeghna河のそれぞれの間にある。McIntire教授は前者をBarind台地、後者をMadupur Jangleと呼び(136GM)、断層崖にかこまれている。しかし、Mohamed教授は両者をBarind台地と称しており、(137GM)ここでは、Mohamed教授の意見に従うものとし、前者を、Western Barind台地、後者をEastern Barind台地と呼ぶことにする。

1972年12月から1973年2月の期間に、Earth-Resources Technology Satellite(ERTS)で撮影した赤外線衛星写真では、台地は、乾燥して白く、沖積平野は、地下水が豊富なため湿潤でやや黒く撮影されているので、台地の分布範囲は、この濃淡を利用して、比較的容易に識別することが出来る。

McIntire(136GM)によると、台地と低地の土じょう粒子には、差はないが、台地の上は、酸化作用のため、赤色化しており、しかも、台地の土の方が良く固結していて、侵蝕に対する抵抗力が沖積平野よりも大きい。

Eastern Barind台地の平面形は、三角形をなしている。この台地は、高位台地と低位台地とに分けられる。両台地とも、北北西より、南南東方向の浅い谷が刻まれている。

台地と低地の間は、2~10mの崖となっている。Eastern Barind台地の西の崖は、明瞭であるが、東部は、明瞭でなく、徐々に平野へ移っており、やがて、沖積平野下へ埋没している。このことは、この台地が傾動地塊であることを示している。

Dacca市は、低位台地の南端近くに位置している。

Western Barind台地には、北から南へ向って幾つかの浅い谷が刻まれている。これらの浅い谷は、Himalaya山脈からGanges河へ達する古い河道である。Western Barind台地は、Ganges河左岸に広がり、一部は、Ganges河の右岸にも広がっている。このことは、Ganges河が、現河道を形成した後、台地の一部が隆起したものであることを暗示している。

Meghna河左岸には、Tippera面と呼ばれる比高3~6mの低い台地がある。この台地は、沖積世の地盤の隆起運動によって形成されたものである。

上記の洪積世に形成された台地及び完新世に形成された他の台地を除く、Bangladesh全土は、沖積平野である。

一般的に言って、日本のような造山帯にある沖積平野の地形要素の組合せは、沖積扇状地、自然堤防、後背湿地及びデルタからなっている(138GM)。Bangladeshは、Alps-Himalaya造山帯に位置し、Bangladeshの平野も日本の平野と同じよ



うに四つの地形要素から成立っている。

沖積扇状地は、Western Barind 台地の北部、Jamuna河の上流部及びShillong丘陵の南端に分布する。

Shillong 高原の南麓には、多くの沖積扇状地が分布する。しかし、その規模は小さい。この扇状地上をIndia、Bangladeshの国境線が通過している。このため、礫の比較的多く含まれる扇頂部はIndiaの領であり、Bangladesh側は、礫の少ない扇端部のみである。

Western Barind 台地の北部はTista河、Karatoya河、Atrai河等Himalaya山脈から発する諸河川の形成する扇状地に被覆されている。熱帯或は、亜熱帯地域の盛んな風化作用のため、堆積層のほとんど全てが、砂或は、わずかな礫からなっている。

地形学的特性から、Jamuna河は(1) 上流部と(2) 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、河道幅が広く、網状流をなしている。上流部は、沖積扇状地としての特性を持っているが、下流部は、自然堤防河川としての特性を持っている。

しかし、Jamuna河から遠く離れた内陸地域の地形学的要素の型式は異っている。例えば、Jamuna河の左岸では、沖積扇状地の扇端部は、Gabargaon地点にあり、自然堤防及び後背湿地が扇状地にある。河川に沿った沖積扇状地の扇端部は、内陸地域のそれよりさらに下流にのびている。このことは、自然堤防及び後背湿地が先ず、Tista河等により形成され、その後Jamuna河により、新しい河道及び新しい扇状地が、上記の地域に形成されたことを示している。

Ganges河の南部にある沖積平野は主にGanges河により、形成された。地形学的観点から、この地域は、2つの部分に分けられる。つまり(1) 自然堤防地域及び(2) 感潮デルタ地域である。これらの地域の境界線は、Calcutta、Khulna、Gopalganj及びMadaripurを連ねる線である。後背湿地は、これらの自然堤防の間に存している。

感潮デルタは、Sundarbansと呼ばれ、マングローブ、ニッパ椰子、シヤア等の密林におおわれている。一大湿地がSylhetの南西部つまり、Meghna河の上流にある。

この湿地は、地盤沈下により形成された。

## 2.2 Jamuna河平野の地形発達

### 2.2.1 氷河性海面変動の影響

洪積世には、氷河性海面変動があり、Wurm氷河の最盛期(25,000年前)には、海面は現在より約100m低かったと言われる。また当時は、気温とくに、山地の気温が、低かったため岩石の物理的風化作用が今より、さかんであって、多量の岩屑が河床

に供給され、礫は、平野まで流下して、大型の扇状地を形成していた。この礫層は、日本、朝鮮半島等の温帯のみならず台湾或は、ラオスの Vientiane 平原等、熱帯、亜熱帯の平野でも見られるのである。

Jamuna 河に沿って、今回日本政府地質調査班によって行なわれた、boring 調査記録がある。Fig 2-5 は、Bahadurabad, Gabargaon, Sirajganj 及び Aricha に於ける boring 記録を示す。この地層図の深い所に礫層があり、この層は、砂と厚いシルト層でおおわれている。この礫層表面の勾配は Sirajganj, Aricha 間では、 $0.36/1,000$  で、同地点の現地盤勾配は、 $0.04/1,000 \sim 0.05/1,000$  であり、礫層表面勾配は、現地盤よりも急勾配である。Sirajganj では、この礫層のすぐ下の地層から、化石木が出土し、 $C^{14}$  による年代測定の結果、これは、28,000年前のものであることがわかった。この年代と礫層の深度、分布から、筆者は、この礫層が Würm 氷期に形成されたものと考え、礫層上の砂とシルトの層は完新世に堆積したものである。

日本或は、朝鮮の場合、これらの礫層の上に海成層がある。しかし、この地域には、海成層がない。これは、Jamuna 河の堆積が大きく絶えず、海進を上廻っていたか、或は、Aricha が海岸より、かなり、離れた内陸にあるためであろう。

## 2.2.2 地盤変動の影響

この地域の地盤運動は著しく、その運動は、洪積世だけでなく、沖積世にまで及んでいる。先に述べた Tippera 面は沖積世の地盤隆起運動によって形成されたものであり、一方、Jamuna 河、Meghna 河等の低地は、沈降運動の続いている地域に存する。

地震については、1762年、1775年、1812年、1888年、1897年及び、1912年等に発生し、それに伴う地盤の変動があったことも報告されている。

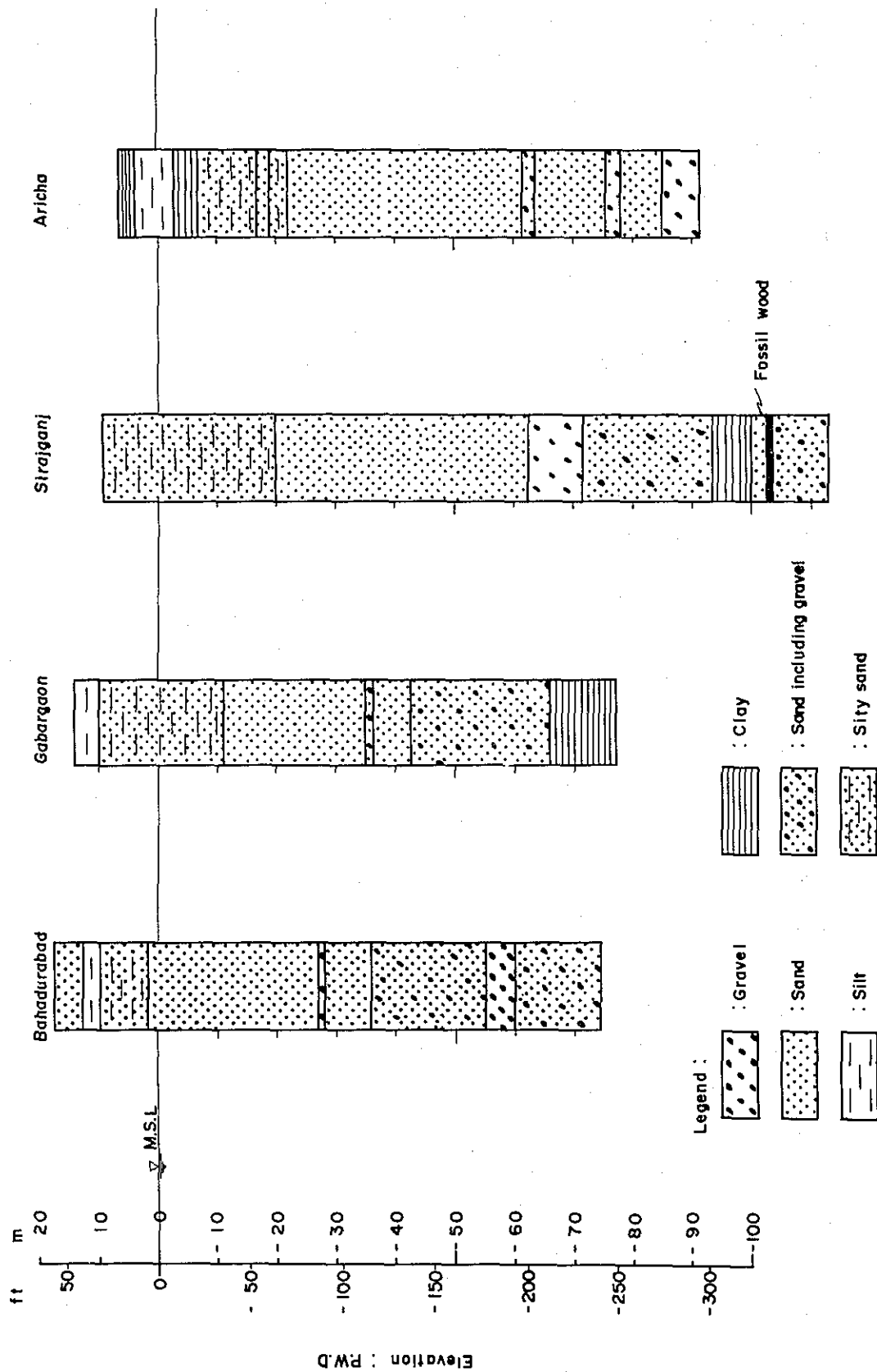
Sylhet 盆地は、海岸より 250 km も内陸側に位置しながら、地盤高は 3 m しかない。これは、地盤の沈降によるものである。地形学的特性から Ganges 平野の北西部は、地盤隆起し、またその南東部は、地盤沈降したものと推定される。上に述べた著しい地盤変動は、河川流路変遷の有力な原因の一つとなっているのである。

## 2.3 Ganges 河の流路変遷

Ganges 河及び Brahmaputra-Jamuna 河の河道変遷の激しいのは、次の原因によるものと思われる。つまり、この平野が著しく平坦であること、地盤運動が著しいこと、河川の堆積が大であること、流量の年変化が著しいこと、河川改修工事がなされていないこと等の原因である。

1964年 Dacca で開催された、湿潤熱帯デルタの科学的問題とその意味に関するシンポジウムに於いて、Ganges 河流路変遷について、2つの異なる意見が提出された。

Fig. 2-5 Geological Records of Borings at Bahadurabad, Gabargaon, Sirajganj and Aricha



Compiled from the data of the Japanese Geological Survey Team

インド灌漑局のV.N.Nagarajaは、Ganges河は、西から東へ次第に流路を変遷したと述べた。彼によれば、Hooghly河がかって本流であり、英国のインド侵入当時(1700年代)Calcutta港は、今よりもっと上流にあったのが、その後の河道変遷による流量の減少と河道の埋積で今のところまで南下した。そして、Hooghly河とGanges河との間にあるIchamati河、Jalang河、Garai河等の河道は、Ganges河の西より、東への変遷の過程において形成されたと言う。この説は、インド地質調査所及びインドの地理学者により、支持されている。

一方、M.I.Chowdhury教授は、別の見解(140GM)を述べた。現在のGanges河(Padma河)は、A.D.150年に編さんされたPtolemyの地図にすでに記されている。またThomas Kitchinの正確な地図と言われているBengal地方の地図でもRajmahal附近でGanges河が分岐しており、Padma河には、大Ganges、Bhagirati-Hooghly河には小Gangesと名称が付けられている。さらに、ChowdhuryはCambridge大学の水理実験場で実験を行い、自然流水が山地から、平野部へ流入するとき、勾配が小さくなり、2或は、それ以上の水路に主水路が分岐することを観測した。これらの研究に基づき、彼はHooghly河と共にGanges河が、昔から、現在の位置に存在していたと推察している。大矢(141GM)は、Sundarbansを調査してSundarbansの東部と西部では、地形上の差があると言う事実を見出した。西部の自然堤防は、東部のそれより、高く、西部の地盤が隆起し、東部が沈降している。従って、Ganges河が古くからHooghly河と共存していたとしても、かつては、Hooghly河は、現在よりも大きく、最近になって、縮小し、一方Ganges河は、次第に大きくなって来たものと考えている。

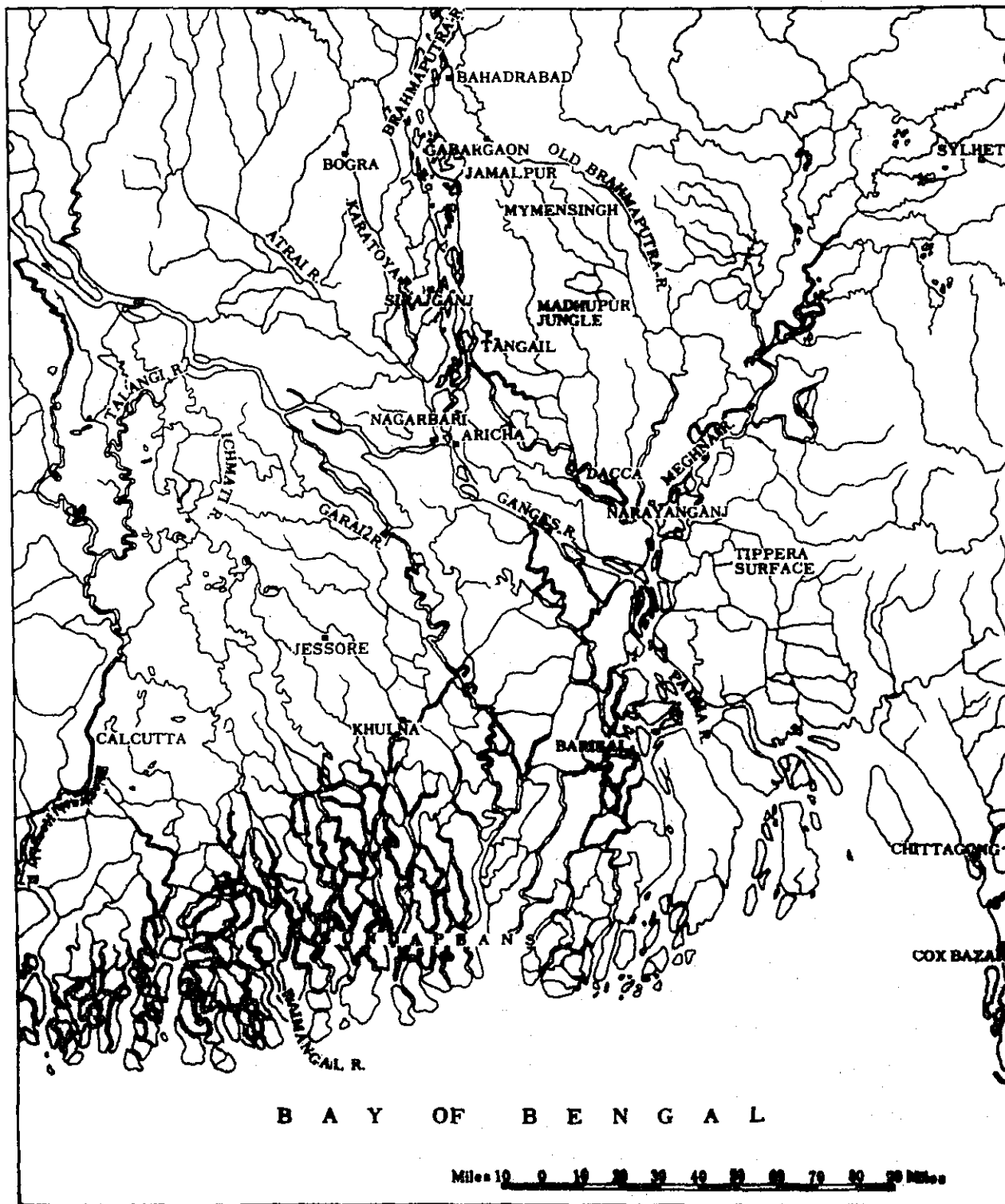
#### 2.4 Brahmaputra-Jamuna 河の流路変遷と分派の影響

1764年から1779年にBengal地方を調査したM.J.Rennellによると、Brahmaputra河本流は、現在のOld Brahmaputra河の流路であった。そして、現在のBrahmaputra-Jamuna河の河道は、上流側をJhinai、下流側をJamunaと呼ぶ小河川にすぎなかった。

Hirstによれば、Old-Brahmaputraから現在のBrahmaputra-Jamuna河への流路の変遷は、1830年までに終了していたと言う。それはRennellの地図が出来た50年後である。Buchanan Hamiltonは、1810年にBrahmaputra河がまさに、現河道に移行せんとしているのを観察し、Jhinai河の流路が著しく増大し、その結果大規模な洪水が発生し、侵蝕、堆積が著しくなっていると報告している。

上記の変遷とは別に、Fergussonは、かつて、Brahmaputraが今の流路を流れていたことがあったと推定している。Morgan及びMcIntireは、大Brahmaputra級の河川のこん跡が、Mymensing及びSylhet盆地のShi-

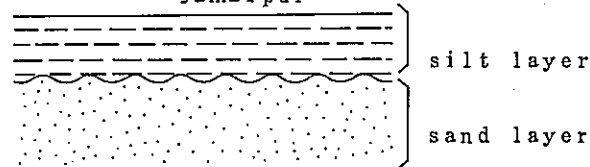
Fig.2-6-1 River System in the Ganges - Jamuna Plain



Il long台地の南端にあると報告している。

大矢は、Old-Brahmaputraに沿うJamarpurでFig.2-6-2に示すような堆積層を見た。この層は、下層が砂層で上層がシルト層である。砂層はOld Brahmaputraが本流であったときの堆積物で、シルト層は、その後の堆積物であろうと推察される。

Fig.2-6-2 Outcrop of fluvial layers of the Old Brahmaputra River at Jamalpur



このBrahmaputraの大変遷について、Hirstは、地盤運動特に、東Barind台地の隆起とJamuna河低地の沈降によるものと考えた。これに対し、Haydon, Pasco等は、La Touche説を支持して反論した。La ToucheはBrahmaputra河の一支流DihangがTibetを流れているTsangpo河を略奪し、そのためBrahmaputra河水量が急増し、河道変遷が起つたと述べた。Gregoryは、いくつもの河川の争奪が、Tibet高原、インドシナ半島との間でおこつたと推定している。彼によると、揚子江は紅河の上流を、Mekong河は、Mae Nam Chao Phya河の上流を、Salween河は、Mae Nam Chao Phya河の支流Mae Ping河の上流を、Irrawaddy河は、Sittang河の上流を奪つた。そして、同じ頃Irrawaddy河の支流であるChindwin河の上流であったTsangpo河がBrahmaputra河によつて奪われたと言う。Hirstの説は、Gregory説に影響を受けたと思われる。然し、Gregory説は、小縮尺の地図を用いてなされた推定にすぎない。保柳睦美博士は、揚子江と紅河の河川争奪に関する最近の中国の文献を紹介し、過去200年の間に、Brahmaputra河とTsangpo河の争奪を否定している。

McIntire教授は、この河道変遷がEastern Barind台地の傾動とWestern Barind台地の傾動に起因するTista河の傾動により生じたと推定している。

Tista河のBrahmaputraへの流入により、流量が著しく増大し、合流点附近で、大洪水が発生した。この水の或部分はRennell作図時代から存在したBrahmaputra河の派川のJhinai河へ流れ、この派川は次第に大きくなり、やがて、現在のBrahmaputra-Jamuna河本流となつたのである。

また、Tista河は、多量の砂をBrahmaputra河へ供給した。これが河道に堆

横して、いくつもの洲が形成され、水の流通がさまたげられ、河道変遷の一因となった。河道変遷の結果 Brahmaputra 河は、Mymensingh を通っていたそれまでの流路より短い現河道で海へ注ぐようになった。

Rennell の地図によると、右岸側に西から東の順に、Jhinai 河、Bansi 河、Banar 河等の多くの支川がある。氾濫原の主要排水支川は、Jhinai 河、Bansi 河及びそれらの支川である Lohajang 河、Nanglai 河、Atrai 河等である。

この分脈により、これらの支川は、Brahmaputra 河へ流入する粗い堆積物の増大により閉鎖され、この期間に、これらの氾濫原水路は、本川から切断された。同時に、これらの水路の流量は著しく減少し、小河川となった。現在、Lohajang 河、Atrai 河及び Jhinai 河の旧川は、以前の盛んな流れのときの大水路の極小部分を占めるやせほそった河川になっている。

Old Brahmaputra 河は、今なお、若干の水を Brahmaputra 河から流しているが、ほんのわずかである。しかも、乾期には非常に少なくなる。

また、堆積物の変化も生じて来ている。Tista 河等扇状地を流れる河が、Jamuna 河へ流入するため、それ以前に、シルトが堆積し、自然堤防が形成されていた所が、粗砂の堆積に変わり、扇状地形態を示すようになった。

### 3. 河川地形学的特性

#### 3.1 河岸の変遷

事前調査報告書によると、IWTA は、1830 年から 1963 年までの河岸に関する資料を収集し、Fig. 2-7 に示すような河岸変遷図に整理している。次節 3.3 で述べた我々の調査からわかるように、これらの河岸線は、Jamuna 河から、分派し、合流する小水路或は派川の外側の線を示したものである。

これらの資料を用いて、河岸線及び河幅の変化を、1830 年に於けるものと比較した。Fig 2-8 の最初の図は、Jamuna 河に沿って、緯度 1 分毎の各点に於ける河幅の変化を示したもので第 2、第 3 の図は、それぞれ、緯度 1 分毎の 1830 年河岸からの右岸及び、左岸の変移量を示したものである。

#### 3.2 洲と流心の変遷

SOB (Survey of Bangladesh) が撮影した航空写真のうちから、1952 年、1963 年及び 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を取り出した。Fig. 2-9-1 及び 2-9-2 は、この写真を用いて、主水路及び、小水路であっても再び、主水路に合流するものを、3 年分重ね合せたものである。

これらの図から、(1) Jamuna 河は、典型的な網流河川であること、(2) 河川は、架橋 4 候補地点では、他の部分に比べ、安定していること及び、(3) 乾期の主水路幅は、お

Fig. 2-7 BANKLINES

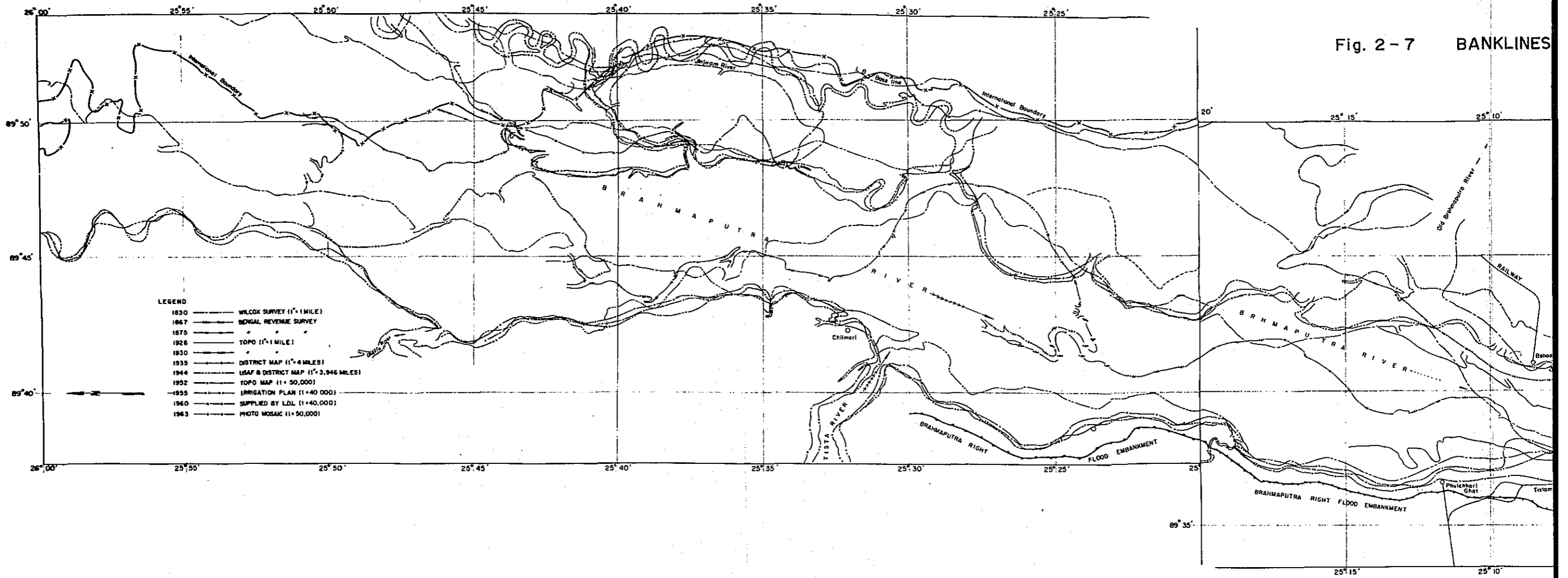
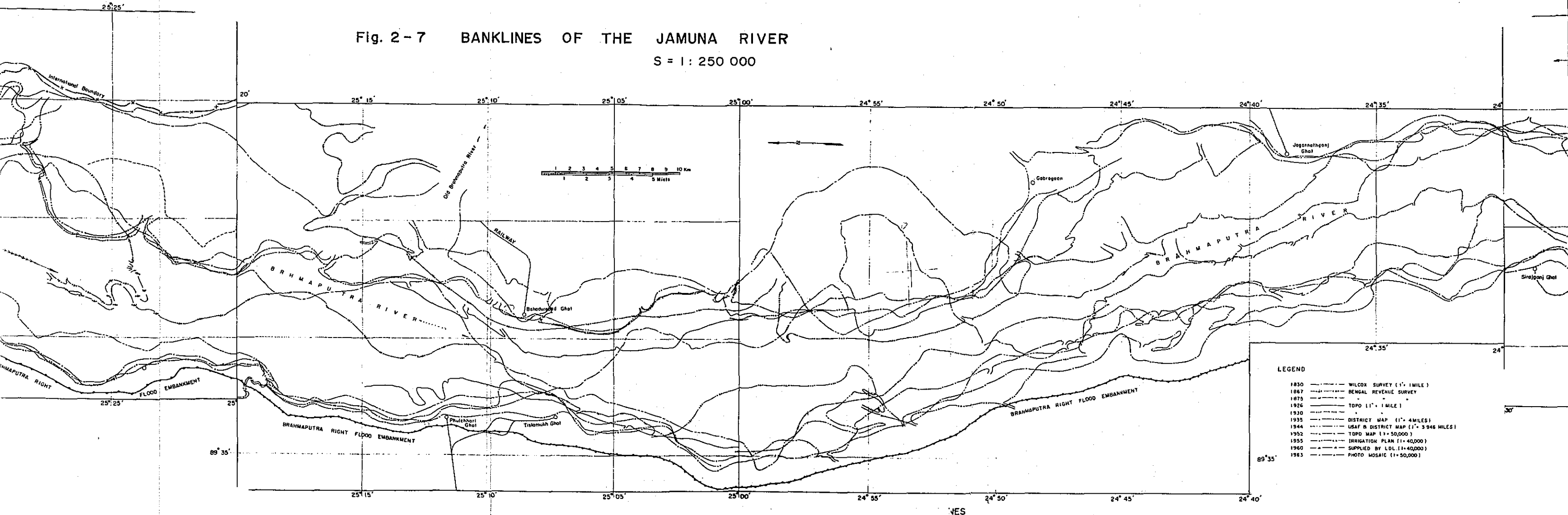
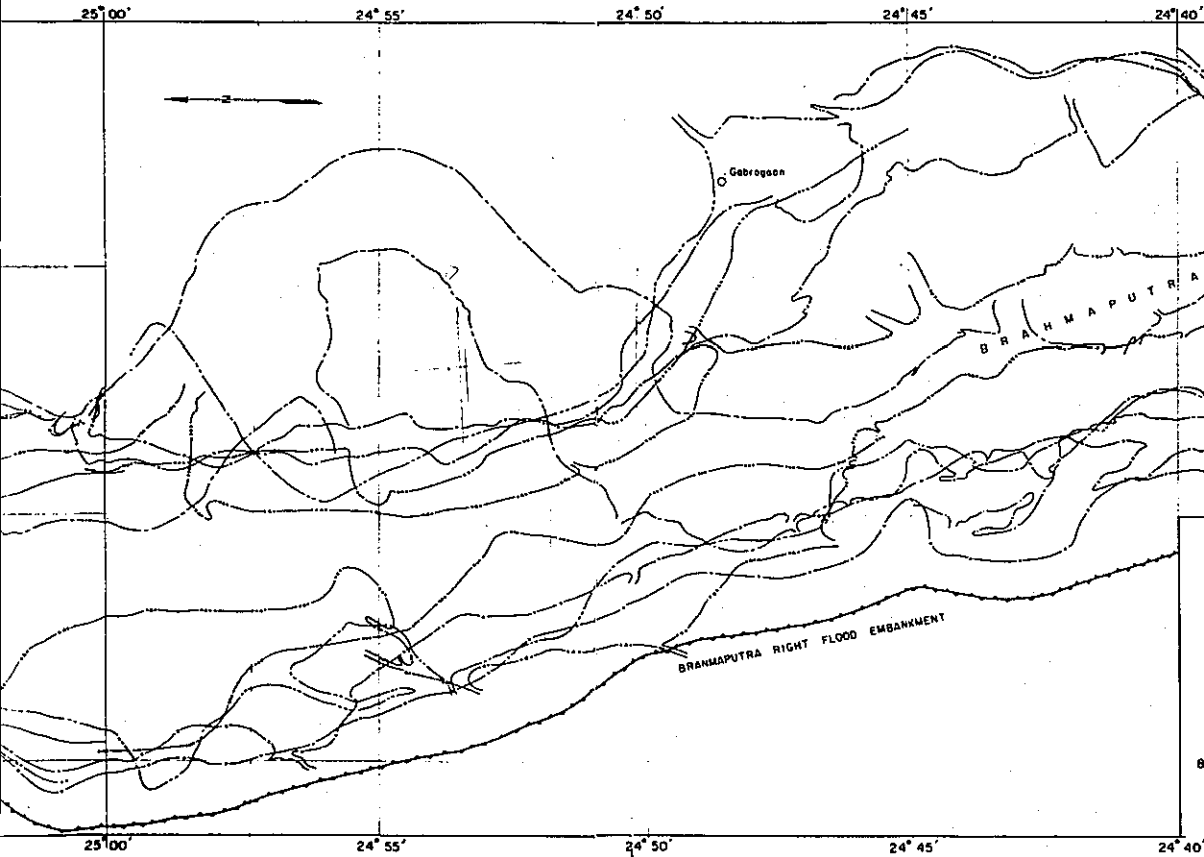




Fig. 2-7 BANKLINES OF THE JAMUNA RIVER  
S = 1 : 250 000



UNA RIVER  
250 000

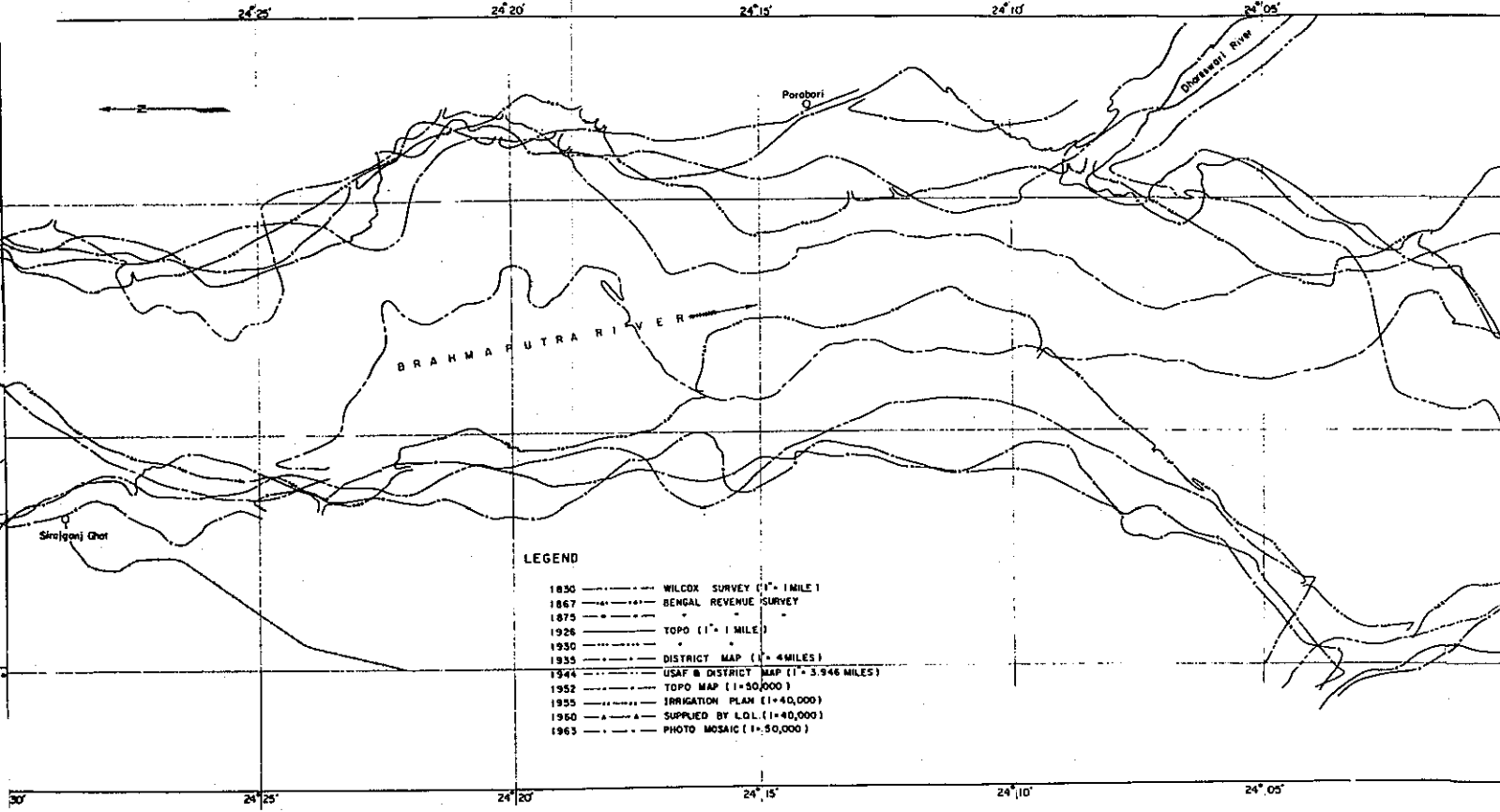


LEGEND

- 1830 WILCOX SURVEY (1" = 1 MILE)
- 1867 BENGAL REVENUE SURVEY
- 1875 " "
- 1926 TOPO (1" = 1 MILE)
- 1930 " "
- 1935 DISTRICT MAP (1" = 4 MILES)
- 1944 USAF B DISTRICT MAP (1" = 3.946 MILES)
- 1952 TOPO MAP (1:50,000)
- 1955 IRRIGATION PLAN (1:40,000)
- 1960 SUPPLIED BY L.D.L. (1:40,000)
- 1963 PHOTO MOSAIC (1:50,000)

89°35'

VES



LEGEND

- 1830 WILCOX SURVEY (1" = 1 MILE)
- 1867 BENGAL REVENUE SURVEY
- 1875 " "
- 1926 TOPO (1" = 1 MILE)
- 1930 " "
- 1935 DISTRICT MAP (1" = 4 MILES)
- 1944 USAF B DISTRICT MAP (1" = 3.946 MILES)
- 1952 TOPO MAP (1:50,000)
- 1955 IRRIGATION PLAN (1:40,000)
- 1960 SUPPLIED BY L.D.L. (1:40,000)
- 1963 PHOTO MOSAIC (1:50,000)

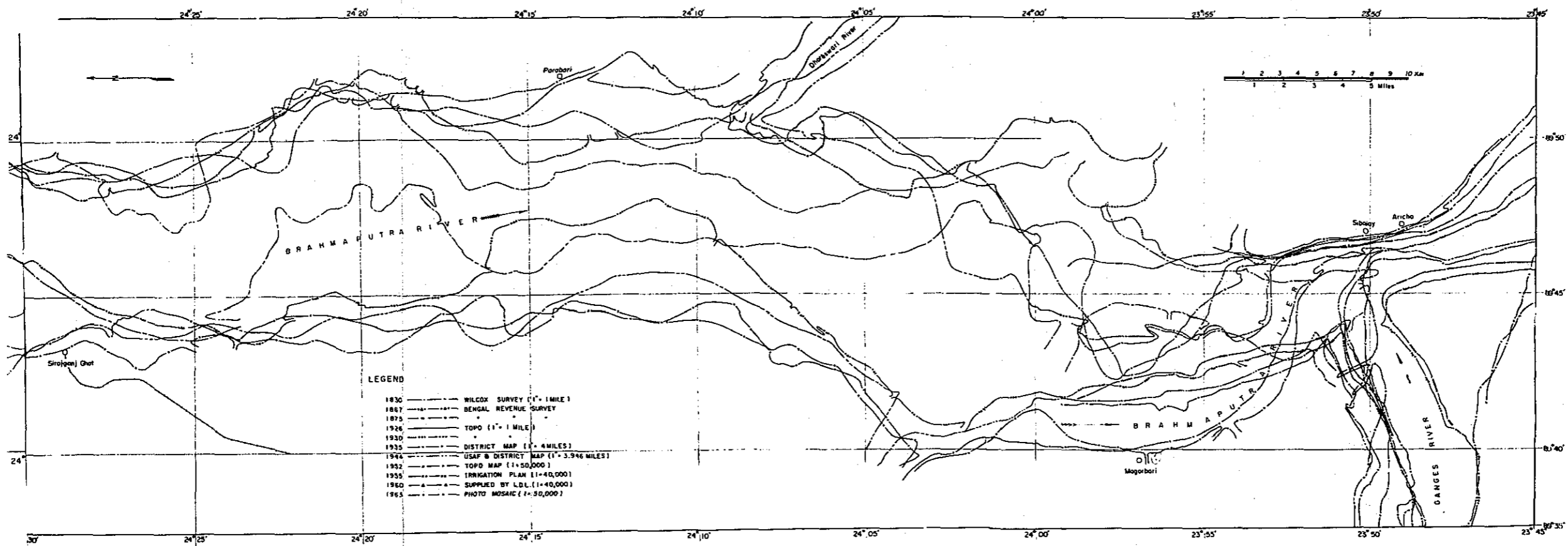
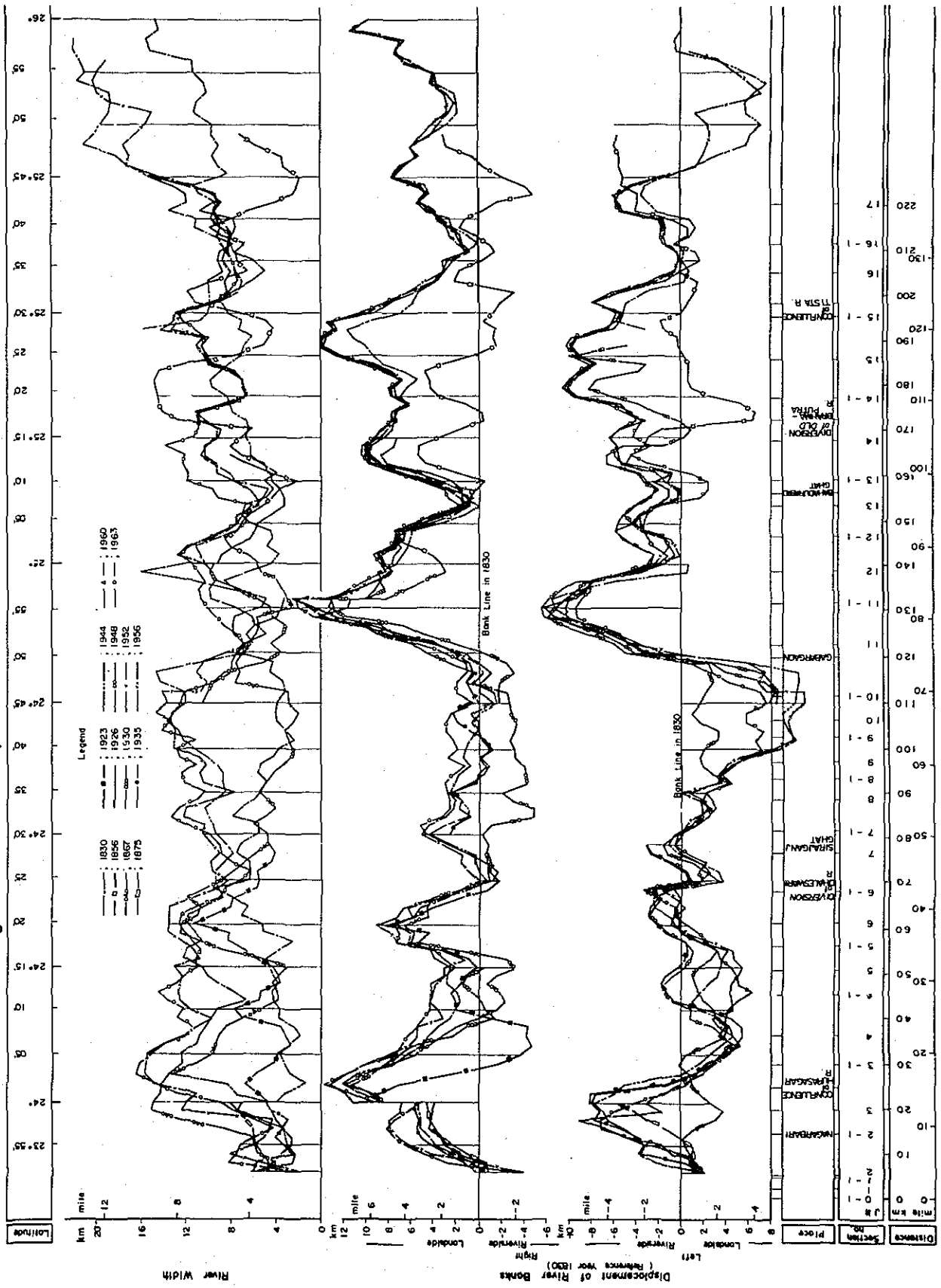


Fig.2-8 Displacement of River Banks





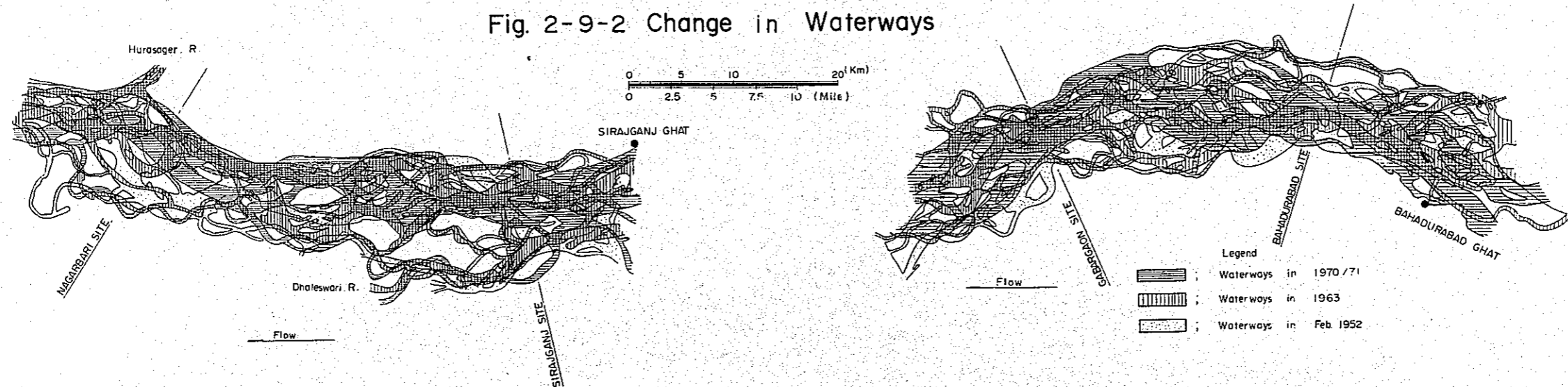
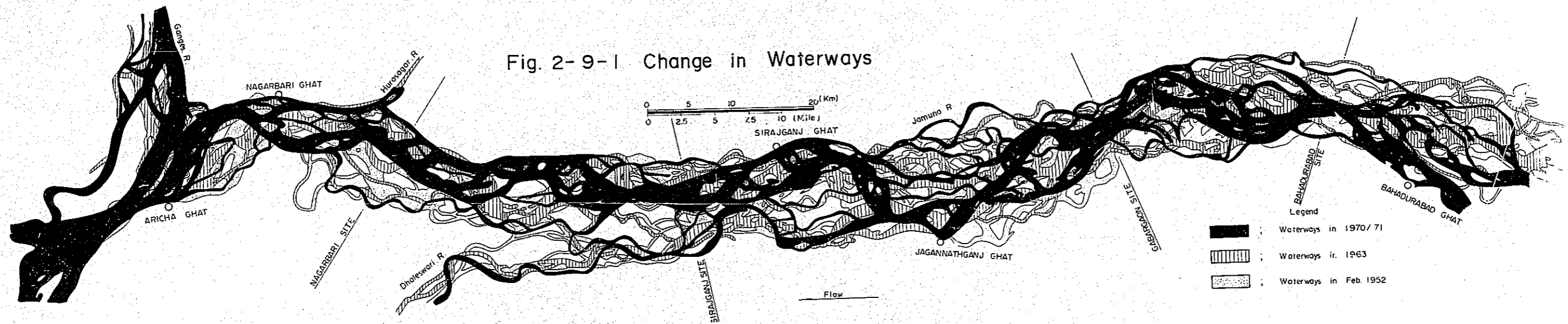


Fig. 2-10 Location of River Section Survey

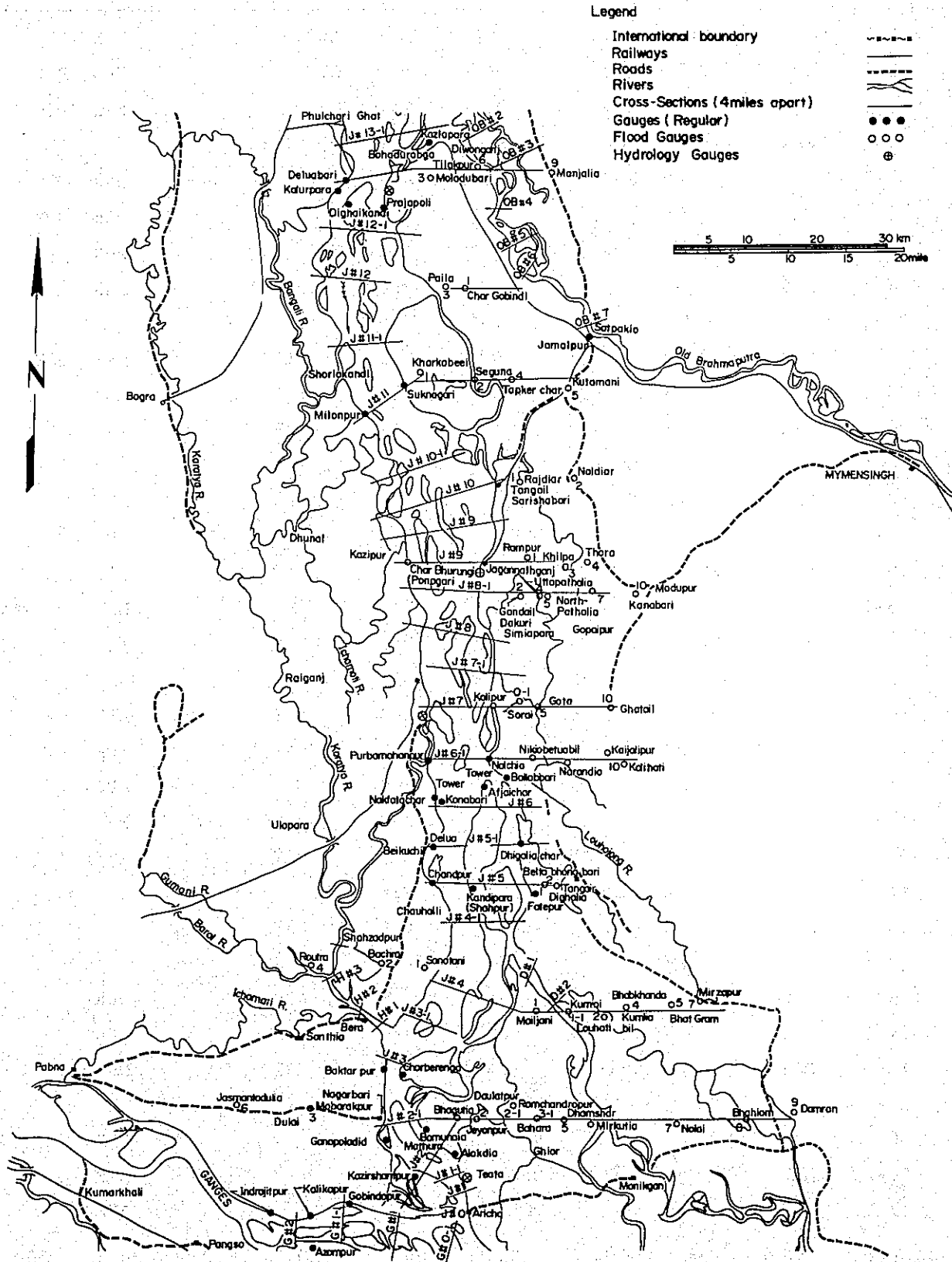
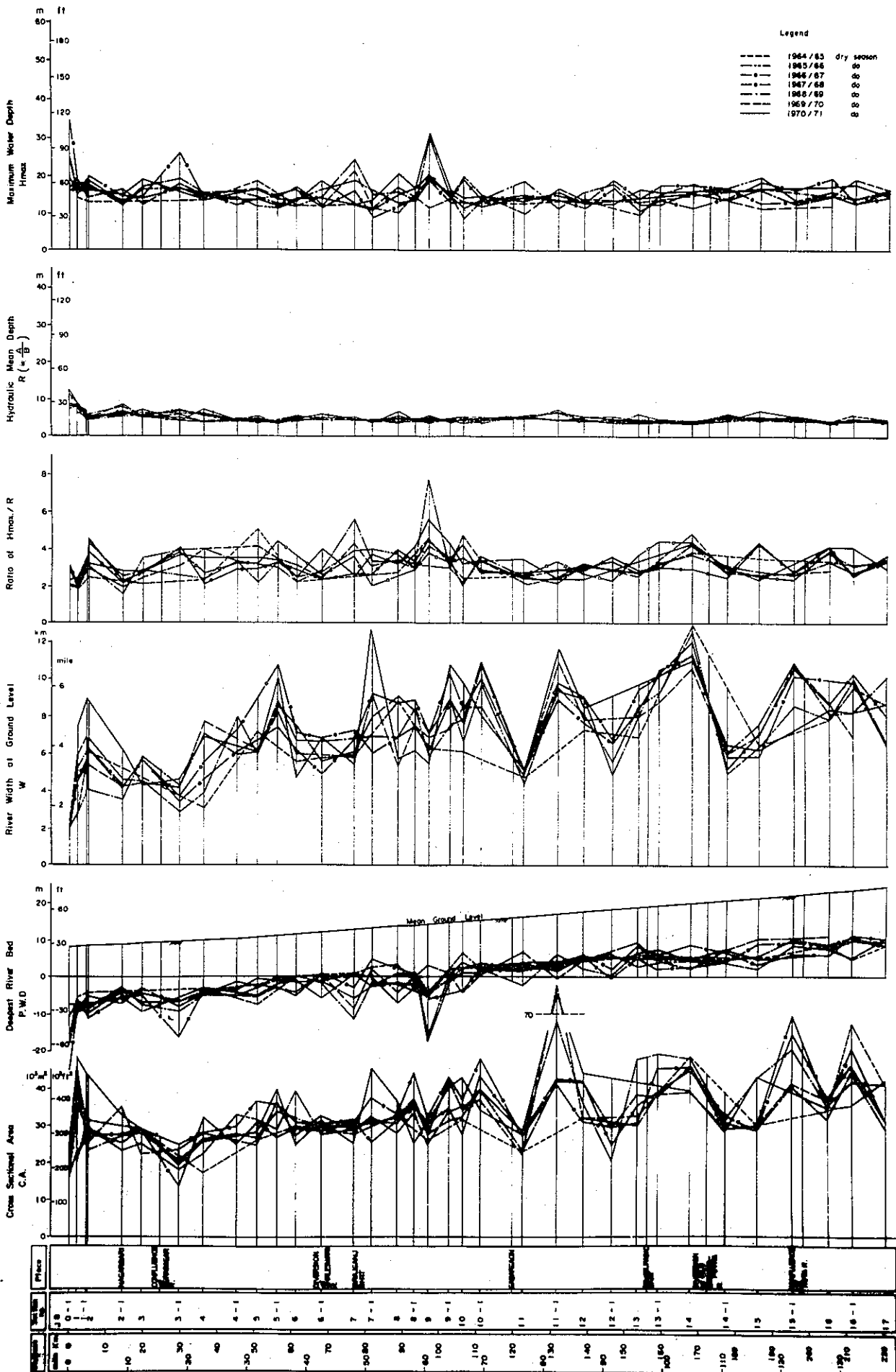


Table 2-1 Cross Section Surveyings on Jamuna River

Sect.No.	1965	65-66	66-67	67-68	68-69	69-70	70-71	71-72	72-73
J#-0-1		MAY	NOV	MAR	MAY	NOV		FEB	DEC
1	FEB	DEC	NOV	MAR	MAY	NOV		FEB	DEC
1-1		DEC	NOV	MAR	MAY	NOV		FEB	DEC
2	MAR	DEC	NOV	FEB	MAY	NOV			DEC
2-1		JAN	NOV	FEB	APR	NOV		MAR	DEC
3	MAR	FEB	NOV	FEB	APR	DEC		MAR	NOV
3-1		FEB	NOV	MAY	APR	DEC		MAR	
4	MAR	MAY	APR	APR	FEB	JAN		MAR	
4-1		MAY	APR	FEB	FEB				
5	MAR	MAR	FEB	FEB	FEB	FEB		MAY	MAY
5-1		FEB	FEB	JAN	FEB	FEB		MAY	
6	APR	FEB	JAN	DEC	JAN	MAR		MAY	
6-1		JAN	DEC	DEC	NOV	MAR		APR	
7	MAR	JAN	NOV	NOV	NOV	APR		APR	
7-1		JAN	NOV	NOV	MAY	APR		APR	
8	APR	DEC	FEB		MAY	JUNE		MAY	DEC
8-1		DEC	FEB	FEB	MAY	MAY		MAY	JAN
9	APR	NOV	JAN	JAN	MAY	MAY		MAY	JAN
9-1		DEC	JAN	JAN	MAY	MAY		APR	
10	APR	NOV	FEB	JAN	APR	MAY		APR	
10-1		MAR	JAN	DEC	APR	MAY		APR	
11	JAN	MAY	FEB	DEC	APR	MAY		APR	
11-1		FEB	JAN	DEC	MAR	MAY		MAY	
12	MAY	OCT	JAN	DEC	MAR	MAY		MAY	
12-1		JAN	DEC	MAR	FEB				
13	APR	JAN	DEC	MAY	FEB	MAY			
13-1		JAN	DEC	MAR	FEB	JAN			
14	MAY	DEC	DEC	FEB	JAN	APR		MAR	
14-1		JAN	DEC	JAN	JAN	MAR		APR	
15	MAY	DEC	DEC	JAN	JAN	MAR		MAY	
15-1		DEC	NOV	DEC	DEC	MAR			
16	MAY	OCT	NOV	NOV	DEC	NOV		FEB	
16-1	MAY	NOV	NOV	DEC	NOV			MAR	
17	MAY	NOV	NOV	NOV	NOV			APR	
Total	18	34	34	33	34	30	0	28	10



Fig. 2-11 Channel Features of the Jamuna River



およそ 2 km ( 1.2 mi ) であることなどがわかる。

### 3.3 河道横断面の変遷

BWDBによって Fig. 2-10 に示す横断面で定期的に横断測量が実施されている。横断間隔は約 8 miles で、その間の補間断面測量もなされている。本調査班が収集した横断面の断面番号と、測量年月日は Table 2-1 に示すとおりである。これらの内、1965/66, 1966/67, 1967/68, 1968/69, 1969/70 及び 1971/72 を本調査のために選出した。

Fig. 2-11 は、(1) 平均地盤高、(2) 最深河床高、(3) 地盤面下最大水深、(4) 地盤面下平均水深、(5) 最大水深と平均水深の比、(6) 地盤高河川幅及び、(7) 地盤面下河道流積について、Ganges 河との合流点 (断面 NO. J#0-1) から Tista 河合流点上流 (断面 NO. J#17) までの区間に於ける縦断変化を示すものである。

これらの図から (1) 下流部の約 9 km が  $1/20,000$  である以外は、河川勾配は、ほぼ  $1/13,000$  であること (2) 最深河床高は、ほとんど地盤表面に平行、つまり、下流部で若干増加する傾向にはあるが、最大水深は全川に渡り、ほとんど一定で、約 15 m ( 49 ft ) であること、(3) 平均水深は全川にわたりほぼ一定で約 5 m ( 16 ft ) であること、(4) 河幅と流積は断面毎に大きく変化するが、上流程大きくなる傾向があることがわかる。

次に、Nagarbari 地点、Sirajganj 地点、Gabargaon 地点及び Bahadurabad 地点の代表断面として、それぞれ J#3-1, J#6, J#11-1 及び J#13 を選出し、1965/66, 1967/68, 1969/70 及び 1971/72 年に測量された断面を各地点毎に重ね合せた。この比較は、Fig. 2-12-1~2-12-4 に示すとおりである。

これらの図から、洲 (char) 及び流心 (thalweg) の変化が著しく、流心の位置がかならずしも、横断面内で固定していないことがわかる。

## 4. 水文学的特性

### 4.1 水位の概要

Jamuna 河周辺の河川系統を Fig. 2-13 に示す。BWDB は、2つの流水観測網を持っている。つまり、Surface Water Section で管理されているものと、River Morphology, Research and Training Section で管理されているものである。

Jamuna 河周辺の主要な観測所は Fig. 2-14 に示すとおりで、これらの観測所で、使用出来る資料は、Table 2-2 のとおりである。Table 2-2 からわかるように、比較的長期間の水位資料があるのは、Bahadurabad 観測所と Sirajganj 観測所で、流量資料については、Bahadurabad 観測所のみである。

1964 年以降の水位資料は、四月から翌年三月までの各水文年毎に BWDB により整理

Fig. 2-12-1 Cross Section Near Nagarbari Site (J# 3-1)

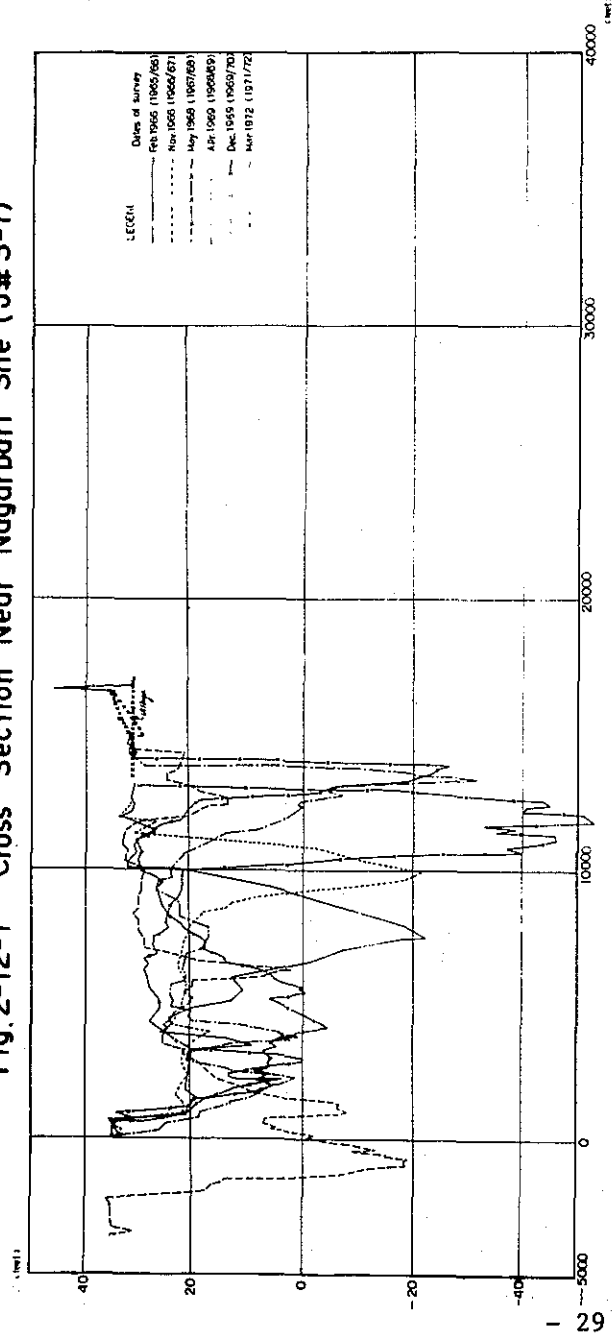


Fig. 2-12-2 Cross Section Near Sirajganj Site (J# 6)

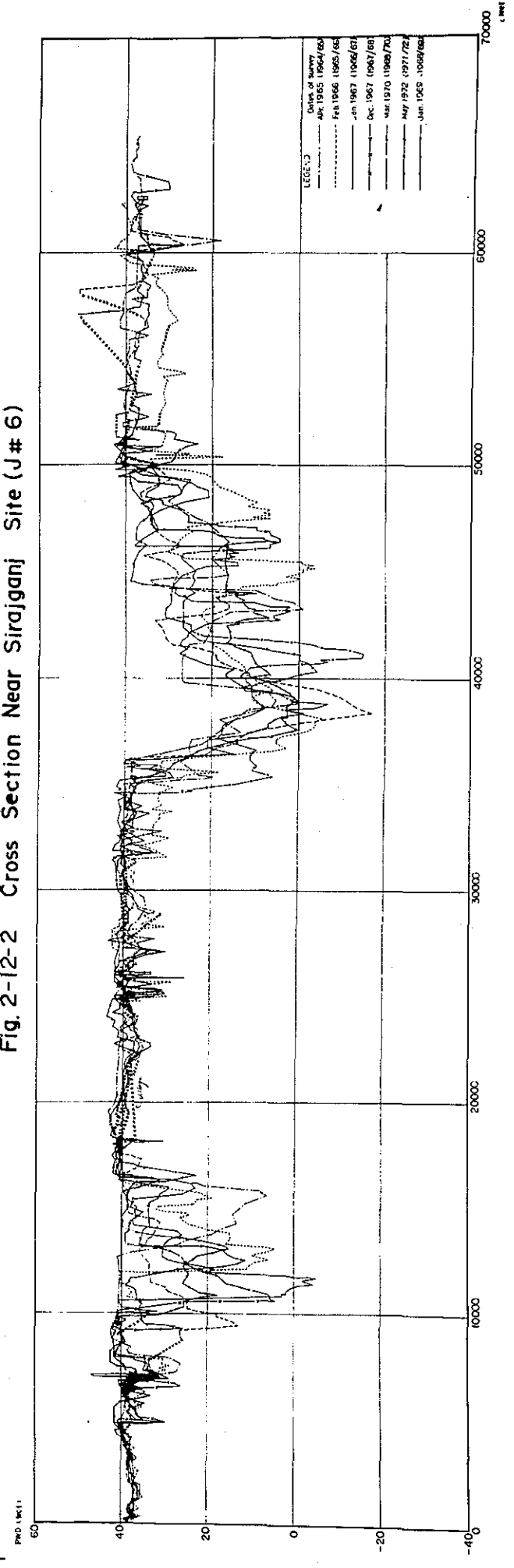


Fig. 2-12-3 Cross Section Near Gabargaon Site (J # 11-1)

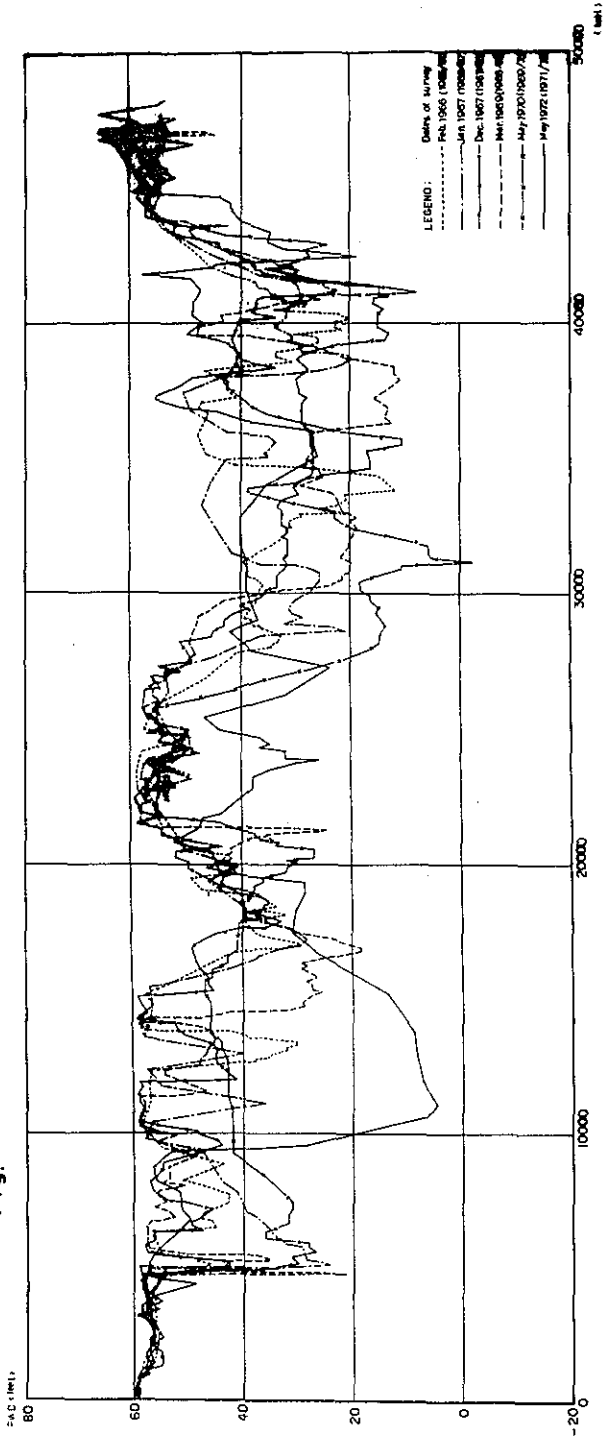


Fig. 2-12-4 Cross Section Near Bahadurabad Site (J # 13)

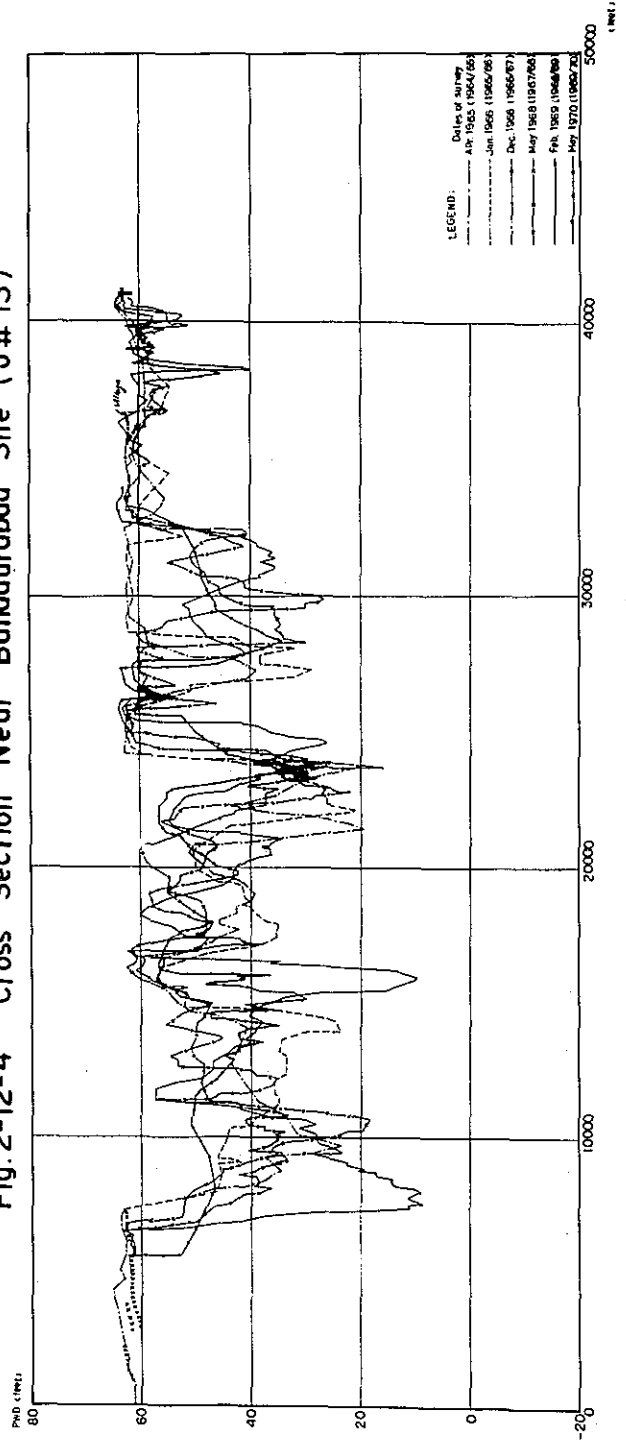
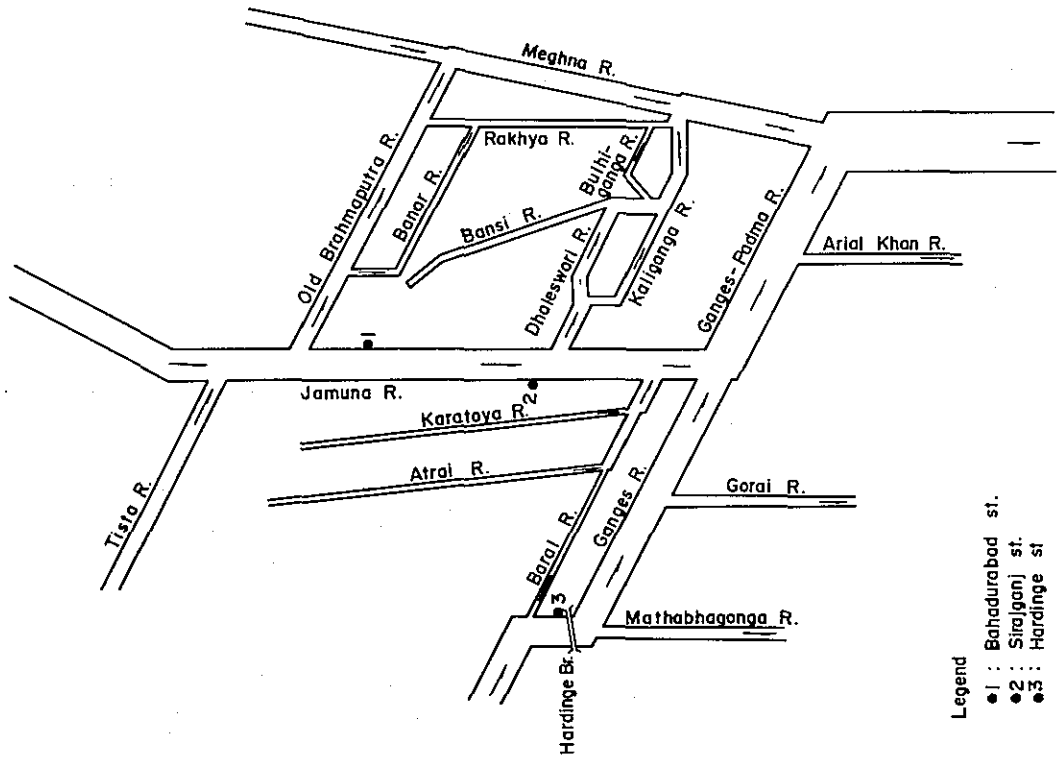


Fig. 2-13 River System Around the Jamuna River



- Legend
- 1 : Bahadurabad st.
  - 2 : Sirajganj st.
  - 3 : Hardinge st

Fig. 2-14 Location of Gauging Stations

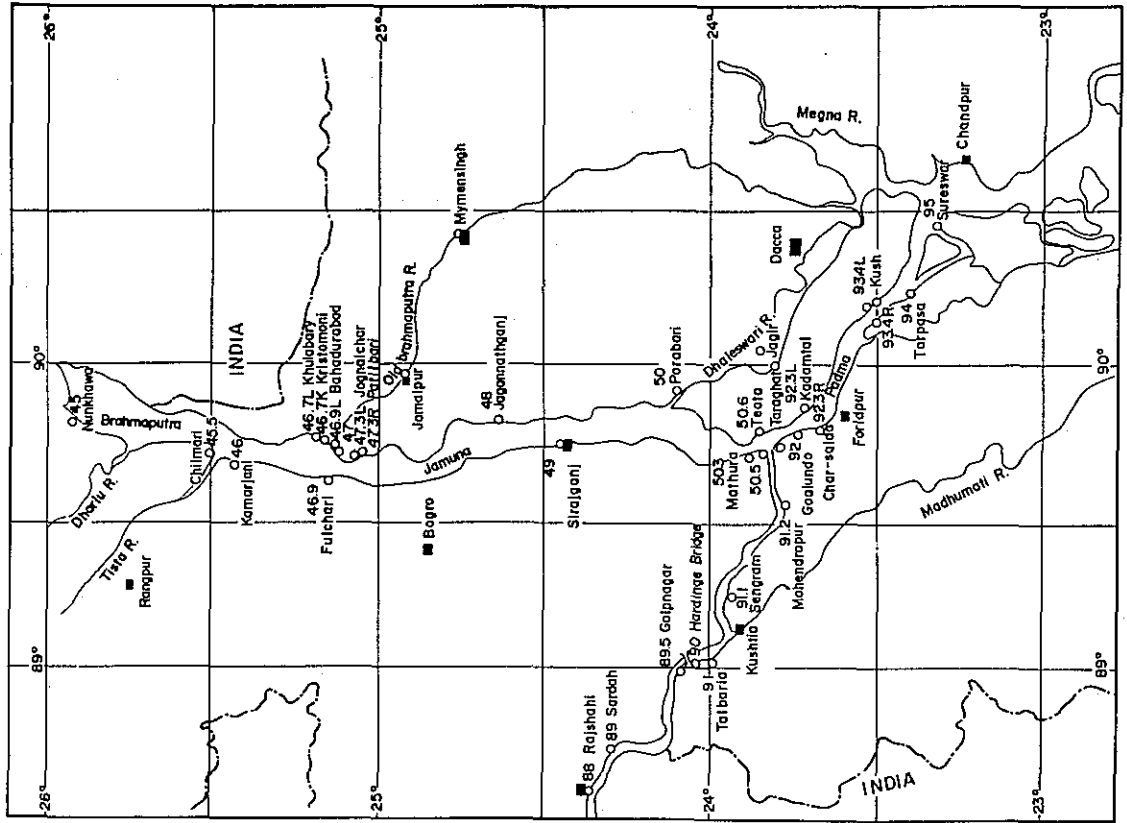


Table 2-2 List of Available Data on Water Level & Discharge

I T E M	River	Station	Year														Lack of Data		
			1957	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70		71	72
J A M U N	Nunkhawa	Nunkhawa	○	○	○	○	○	○	⊖	○	○	○	○	○					1957 Jan.-Apr.
		Chilmari	○	○	○	○	○	○	⊖	○	○	○	○	○					
		Kamarjani			○	○	○	○			○	○	○	○					
		Khulabary char								⊖	○	○	○	○	○				1963 Jan.-June
		Kristomoni char								⊖	○	○	○	○	○				1963 Jan.-June
		Bahadurabad tr.									○	○	○	○	○				1963 Apr.-July
		Fulcharighat									○	○	○	○	○				
		Bahadurabad	From Jan. 49	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○				1956 Jan.-May
		Jognai char									○	○	○	○	○				1956 Jan.-Mar.
		Patilbari									○	○							
W A T E R	Jagannathganj	Sirajganj	From June 45	○	○	○	○	○	○	⊖	○	○	○	○	○			1960 Jan.-Mar.	
		Porabari				○	○	○	○	⊖	○	○	○	○	○			1960 2,3,4 Apr.	
		Mathura (Nagarbari)								⊖	○	○	○	○	○			'63 '64 Jan.-Mar.	
		Alukdia char									○	○	○						
		Teota									○	○	○	○	○				
L E V E L	G	Urakanda									○	○	○	○	○			'67 '68 Apr.-Mar.	
		Baruria tr.									○	○	○	○	○			"	
		Goalundo										○	○	○	○	○		"	
		Goalundo				○	○	⊖	○			○	○	○	○	○		"	
L E V E L	G	Kadamtari									○	○	○	○	○				
		Char-Salda										○	○	○	○	○			
D I S C H A R G E	Jamu- na	Bahadurabad			⊖	⊖	○	○	○	○			⊖	⊖	⊖				
		Sirajganj					○	○	○										
A R B H A P U T R A	Gan- ges	Hardinge br.	From 1934	○	○	○	⊖	⊖	⊖	○			⊖	⊖	⊖				
		Baruria												⊖	⊖	⊖			
		Goalundo	Baruria & Goalundo were combined												⊖	⊖	⊖		
D H A L E S - W A R I	Old- Brah- mapu tra	Off-take of Banshi									○	○	○					1964 Jan.-Mar.	
		Off-take of Sutia									○	○	○	○				1964 '68 Jan.-Mar.	
		Mymensingh												○				1968 Jan.-Mar.	
		Rly br.												○				"	
K A L I - G A N G A	Dhales- wari	Jagir									○	○	○	○				1964 & '68 Jan.-Mar.	
		Taraghat										○	○	○	○			1964 & '68 Jan.-Mar.	
																	1965 Feb.-Mar.		

○ : daily data are available  
 ⊖ : max. & min. values in a year are available  
 ⊖ : only annual max. values are available

Fig. 2-15 Time Variation of Water Level (1964/65 ~ 1968/69)

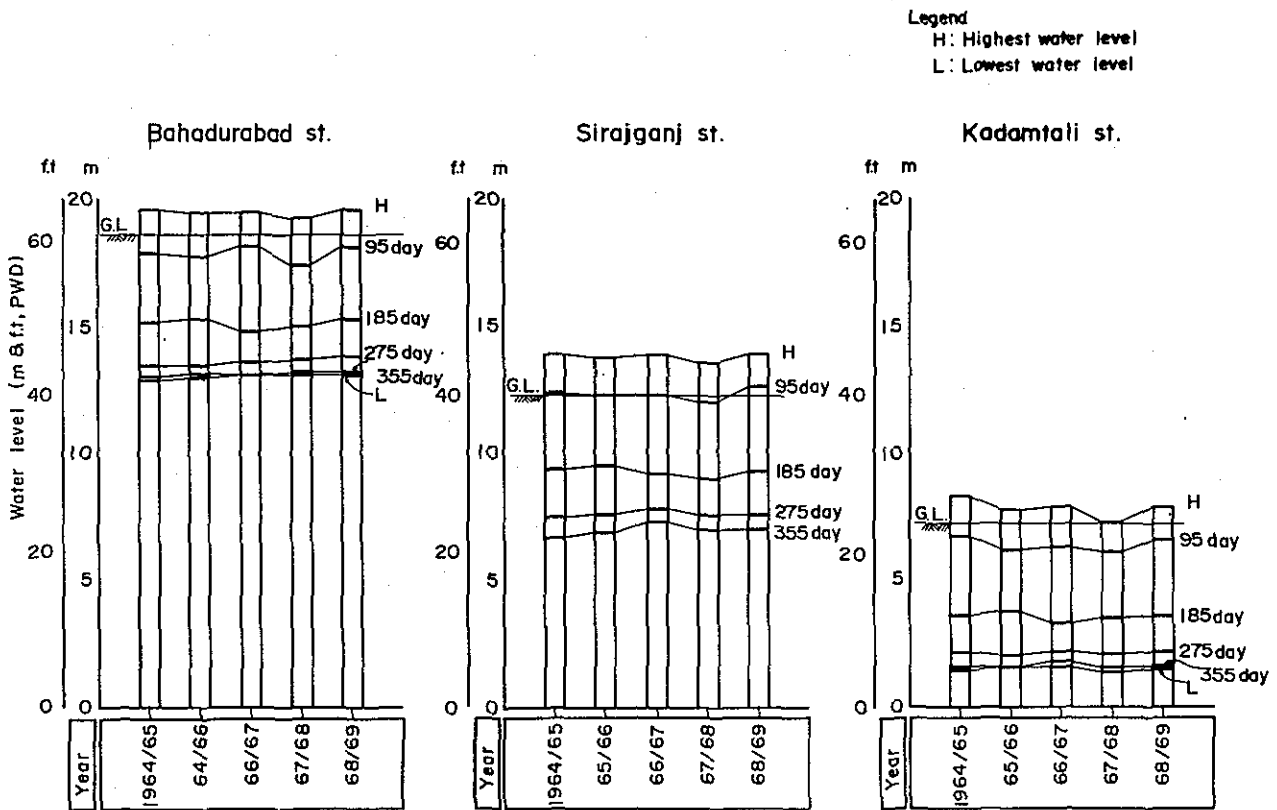
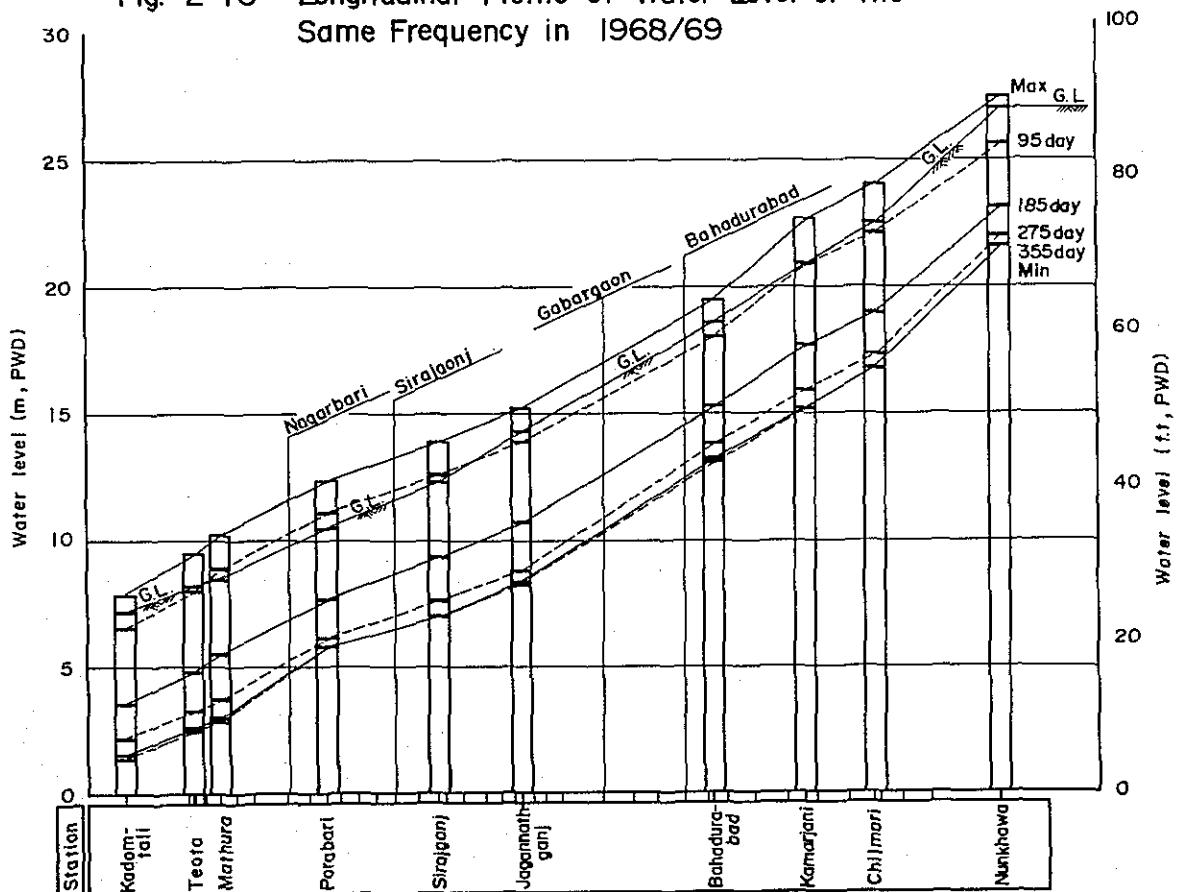


Fig. 2-16 Longitudinal Profile of Water Level of the Same Frequency in 1968/69



されており、本調査では、これをも、使用した。

水位が、河床の変化に影響されているかどうかを明らかにするため、幾つかの種類の頻度毎変化を、Bahadurabad, Sirajganj 及びKadamtari 各観測所の最近5年間の資料を用いて検討した。また、Jamuna河の水位の縦断的な安定性を検討するため、Nunkhawa, Chilmar, Kamarjani, Bahadurabad, Jagannathganj, Sirajganj, Porabari, Mathura, Teota 及びKadamtari の各観測所の1968/69年の資料について、同頻度の水位縦断を調べた。結果をFig. 2-15及び2-16に示す。

Bahadurabad 観測所の年最低水位に関しては、年毎に徐々に上昇する傾向がうかがえる。もし、大流量についても、同様な傾向が存在するなら、実測の高水位から、水位流量曲線を用いて流量を推定することの信頼度は減少する。Fig. 2-17は、1956年から、1968年の期間の各年の実測水位と、実測流量に基づき作成した水位流量曲線を用いて、幾つかの種類の流量に対応する水位の年変化を示すものである。

この図は、大きな流量に対する水位は3 ft程度の水位のばらつきはあるが、経年的な上昇傾向はなく一定であること、一方、小流量に対する水位には経年的な水位上昇傾向があることを示している。これらの事実と、航空写真モザイクから、この低水位上昇傾向は、Bahadurabad 観測所地点の水路幅拡張或は、網状化に原因があるのではないかと判断される。航空写真モザイクによると、同地点に於ける洲を含む河道幅は、1952年から1970年までに約5 kmから10 kmに拡張し、水路数は、やはり同期間に2本から6本に増えている。

これらの事から、大流量と、高水位との関係は、水路状態の変化にもかかわらず、かなり安定した状態にあると言える。

#### 4.2. Bahadurabad 地点の流量

Water Supply Paper や Hydrological Year Book に掲載されている日流量は、年毎に作成される水位流量曲線を用いて観測水位から計算されたものと思われる。この水位流量曲線は、年間頻ばんに行なわれる流観資料に基づき作られたものである。1956年から1962年の期間のBahadurabad 観測所の実測流量に着目して、水位と流量の関係を検討すると、Fig. 2-18に示すとおりである。この図は、河道状態が大きく変化しているにもかかわらず、水位流量関係がかなり安定していることを示している。

Jamuna河の流量観測地点は、Bahadurabad と Sirajganj 地点であり、このうちSirajganj 地点は1965年以降の資料が得られるに過ぎず、これに比べてBahadurabad 観測所の年最大流量は、1956年から1970年の15年間の資料が得られる。したがって流量確率の検討は、Bahadurabad の資料を用いることにした。



Bahadurabadの年最大水位は1949年11月から存在するので、この水位資料を用いて、何らかの方法で、流量を推定できれば、標本数を増加させることができ、好都合である。

BWDBによる実測流量資料、BWDBに計算した流量資料及び、Jamuna河に関連する他のprojectでの流量調査資料を注意深く検討した結果、Bahadurabad観測所の年最大流量として次の4組の流量を得た。これら4組の流量数値はTable 2-3に示すとおりで、その概要は、次のとおりである。

- (a) Series 1 ; 流量観測開始後の全年最大資料 ; 1956年～1970年迄の15年間
- (b) Series 2 "Design Report on Bank Protection Structure for the Protection of Sirajganj Town from Erosion by the Jamuna River, Dec. 1970 (32PJT)" から1950年～1955年の年最大流量を引用し、series 1に追加したもの ; 1950年～1970年の21年間
- (c) Series 3 Fig.2-18に示す平均水位流量曲線を用いて、1950年～1955年の年最大流量を推算し、series 1に追加したもの ; 1950年～1970年の21年間
- (d) Series 4 1956年～1970年までの年最大流量と水位の関係が、BWDB作成の1966年水位流量曲線にほとんど一致するので、この1966年水位流量曲線を用いて、1950年～1955年年最大流量を推算し、series 1に追加したもの ; 1950年～1970年の21年間

超過確率計算を、Thomas plot法により上記4組の流量について実施した。結果は、Fig 2-19 及びTable 2-4に示すとおりである。

Fig. 2-17 Variation of Water Level

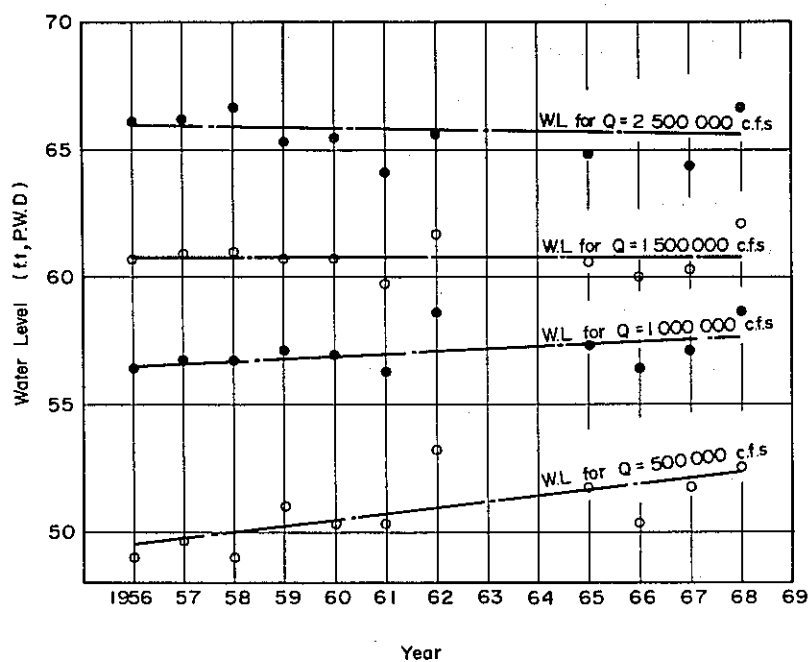


Fig. 2-18 Stage Discharge Relation (Bahadurabad on Jamuna River)

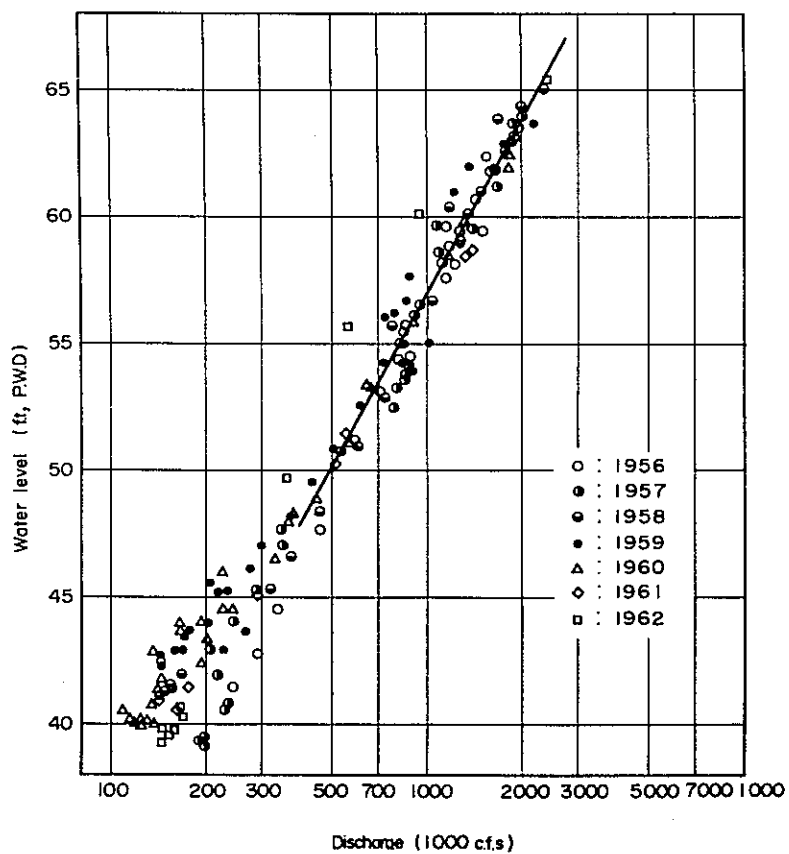


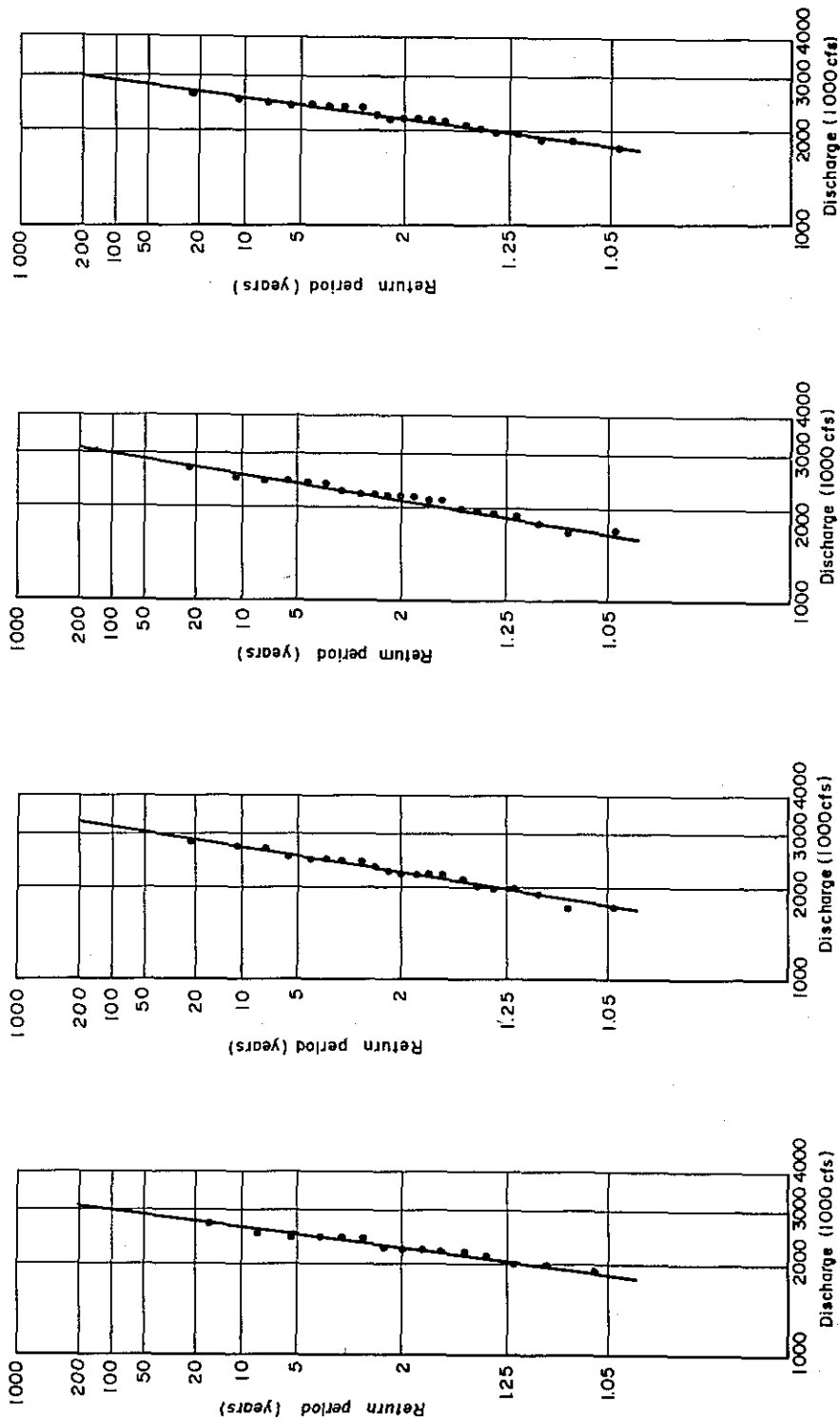
Table 2-3 Annual Maximum Discharges at Bahadurabad Station

Date	Water level (ft. PWD)	Discharge( $10^3$ cfs)				
		Series-1	Series-2	Series-3	Series-4	
50.	7.20	62.02		1,730	1,680	1,870
51.	7.19	62.80		2,020	1,800	2,050
52.	7.15	63.55		2,310	1,950	2,230
53.	7.31	62.00		1,730	1,680	1,890
54.	7.31	64.50		2,660	2,140	2,450
55.	8. 1	64.95		2,800	2,240	2,600
56.	6.24	64.18	2.130	2,130	2,130	2,130
57.	8.12	64.78	2.210	2,210	2,210	2,210
58.	8.18	65.65	2.520	2,520	2,520	2,520
59.	6.26	64.15	2.420	2,420	2,420	2,420
60.	9.18	63.90	2.190	2,190	2,190	2,190
61.	7.19	62.03	1.900	1,900	1,900	1,900
62.	8.23	65.60	2.460	2,460	2,460	2,460
63.	7.16	63.43	1.990	1,990	1,990	1,990
64.	8. 4	64.40	2.230	2,230	2,230	2,230
65.	8.15	64.00	2.270	2,270	2,270	2,270
66.	8.31	64.05	2.430	2,430	2,430	2,430
67.	7.12	63.43	2.460	2,460	2,460	2,460
68.	7.25	64.22	2.200	2,200	2,200	2,200
69.	7.23	64.65	1.980	1,980	1,980	1,980
70.	7.28	65.20	2.700	2,700	2,700	2,700

Table 2-4 Return Period of Discharge at Bahadurabad  
(by Thomas method)

Return period (year)	Discharge ( $10^3$ cfs)				
	Series-1	Series-2	Series-3	Series-4	Average
10	2.624	2.717	2.604	2,618	2,641
20	2.738	2.871	2.748	2,739	2,774
30	2.798	2.955	2.826	2,804	2,846
40	2.840	3.013	2.880	2,848	2,895
50	2.871	3.056	2.920	2,881	2,932
60	2.896	3.091	2.952	2,908	2,962
80	2.934	3.114	3.002	2,949	3,007
100	2.963	3.185	3.041	2,980	3,042
150	3.014	3.258	3.108	3,036	3,104
200	3.050	3.309	3.155	3,074	3,147

Fig. 2-19 Return Period of Discharge at Bahadurabad



Series-1 Data from 1956 to 1970  
n=15

Series-2 Adding the data used in Sirajganj town protection report  
n=21

Series-3 Average Rating curve from 1956 to 1962 was applied for the estimation of discharge from 1950 to 1955  
n=21

Series-4 Rating curve for 1966 prepared was applied for estimation of discharges from 1950 to 1955  
n=21

これら4組のいずれについても、標本数及び、推算精度の面で優劣付け難く、従って、Bahadurabad観測所の確率流量としては、これらの平均を採ることとした。その数値は、Fig. 2-20に示すとおりである。

#### 4.3 河床材料

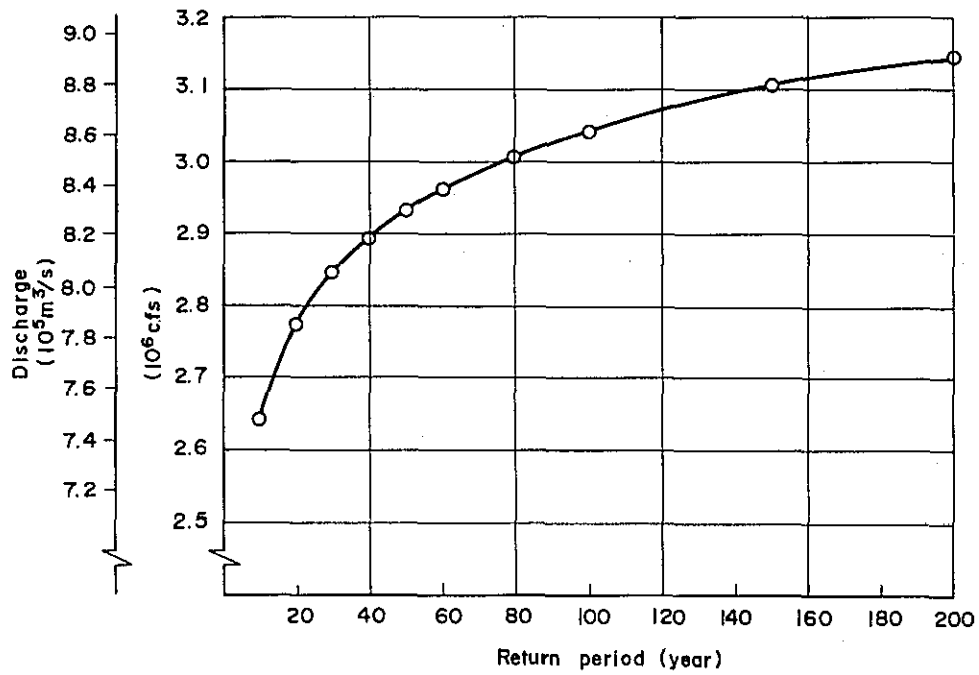
河床材料の採取及び分析が主要河川の多くの地点で、BWDBにより実施されている。これらのうち、Jamuna河及びPadma河の河床材料特性を調査する観点からFig 2-21に示す16地点を選出した。

まず最初に、河道横断面内の粒径変化を調べるため、比較的豊富な資料のあるBahadurabad地点を選定した。D<sub>65</sub>粒径を左岸側からプロットするとFig 2-22のとおりで一断面内では、粒径がほとんど一定であることがわかる。

次に、粒径の季節的変化も調べるため、資料入手可能な、Nakfater Char 及びNagarbari の2地点を選定した。D<sub>65</sub>粒径を1968年及び1969年について月毎にプロットするとFig. 2-23のとおりで、河床材料粒径は、わずかに、洪水期に大になり、乾期に小さくなる傾向がうかがえる。しかし、本調査では資料のばらつきがあるのでこれらの平均値を用いることとした。

上記16地点に於けるD<sub>65</sub>、D<sub>60</sub>、D<sub>mean</sub>及び均等係数(U.C)の平均値は、Table 2-5のとおりである。

Fig. 2-20 Return Period of Discharge at Bahadurabad



Return period (year)	Discharge		Remarks
	( $10^3$ cfs)	( $10^3$ m <sup>3</sup> /s)	
10	2 641	74.79	
20	2 774	78.56	
30	2 846	80.60	
40	2 895	81.99	
50	2 932	83.04	
60	2 962	83.89	
80	3 007	85.16	
100	3 042	86.15	
150	3 104	87.91	
200	3 147	89.12	

Fig. 2-21 Location of Sampling of Bed Materials

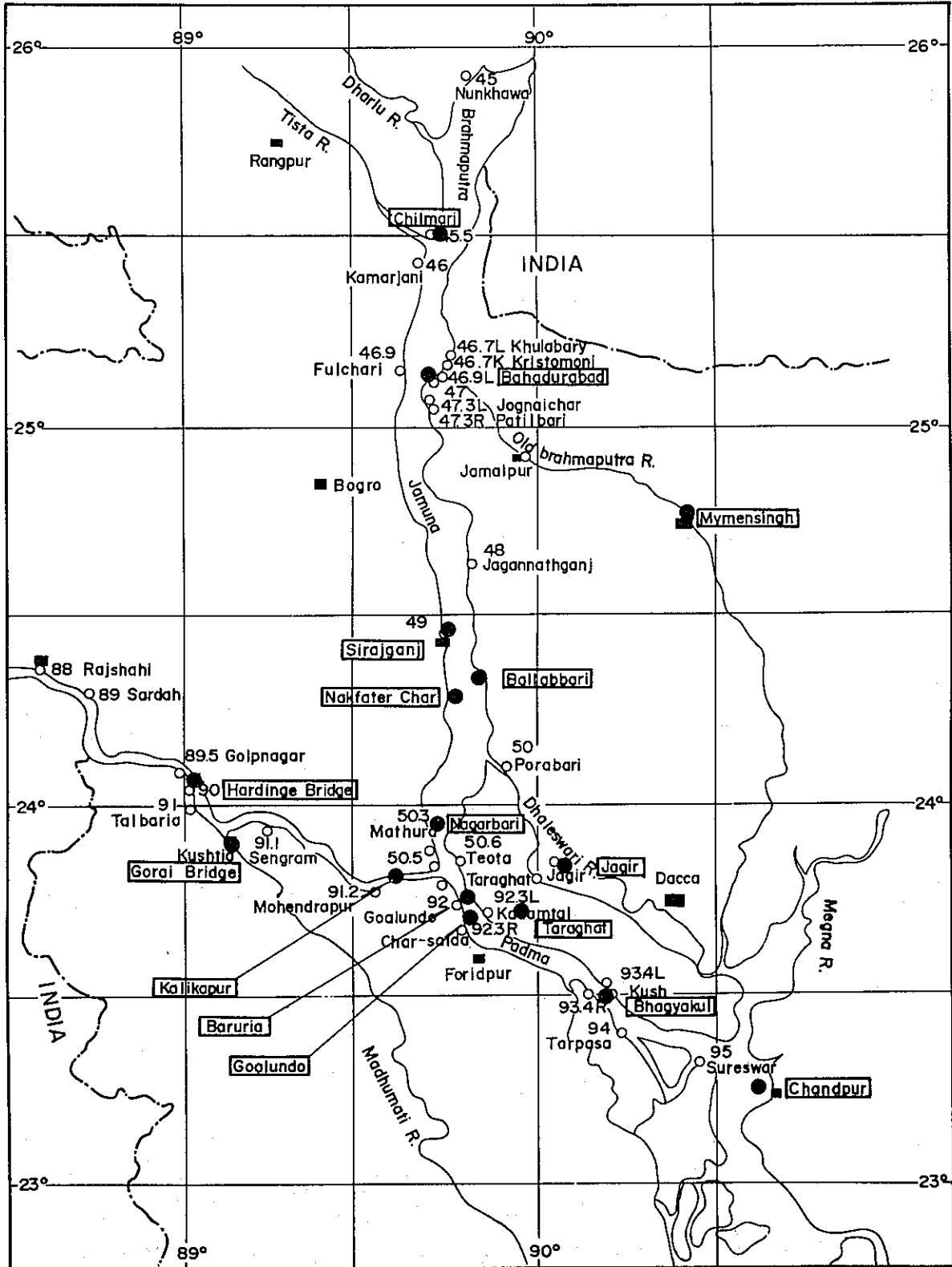


Fig. 2-22 Cross Sectional Variation of D<sub>65</sub>

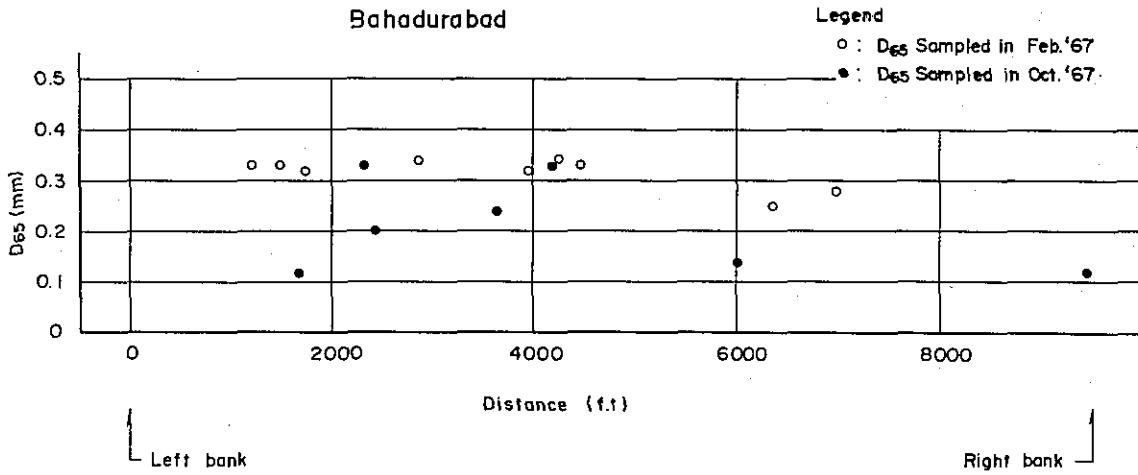


Fig. 2-23 Seasonal Variation of D<sub>65</sub>

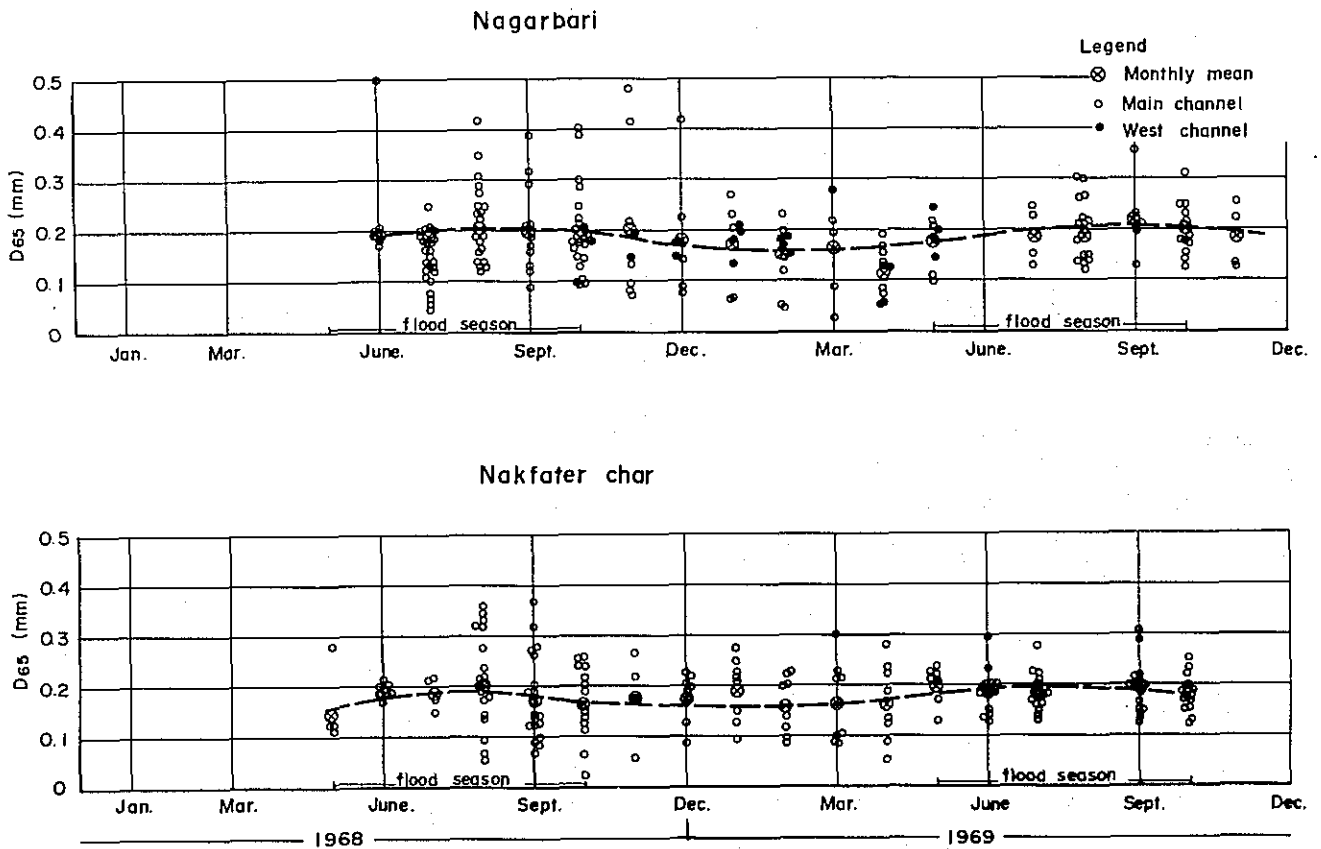




Table 2-5 Grain Size of Bed Materials

	Prace	D <sub>65</sub>	D <sub>60</sub>	D <sub>mean</sub>	U.C
Brahmaputra -Jamuna	Chilmari	0.266	0.249	0.261	1.9
	Bahadurabad	0.270	0.259		1.8
	Sirajganj	0.171	0.149	0.172	1.9
	Ballabbari	0.166	0.161	0.162	2.0
	Nakfater char	0.186	0.174	0.176	1.8
	Nagarbari	0.181	0.172	0.176	2.0
Ganges	Hardinge Br.	0.181	0.163		4.6
	Kalikapur	0.134	0.126	0.131	2.1
	Gorai	0.193	0.187		1.8
Ganges- Padma	Baruria	0.164	0.153		2.6
	Goalundo	0.153	0.144		2.5
	Taraghat	0.139	0.129		1.8
	Bhagyakul	0.187	0.175		2.1
	Chandpur	0.180	0.129		1.9
Other river	Jagir	0.165	0.162		2.2
	Mymensingh	0.222	0.210		2.6

Fig. 2-24 は、前表に示された  $D_{mean}$  と  $D_{60}$ ,  $D_{65}$  の関係を示すもので、 $D_{mean}$  の代りに  $D_{65}$  を用いることが出来ることがわかる。

Fig. 2-25 は、Padma 河の Chandpur 地点から Jamuna 河の Chilmari 地点までの河道に於ける河床材料粒径の縦断変化を示すものである。この図を見ると、Bahadurabad から Chilmari までの上流部以外では、 $D_{65}$  粒径が、ほぼ一定で  $0.17 \text{ mm}$  である。Ganges 河の  $D_{65}$  の平均値も  $0.17 \text{ mm}$  である。

#### 4.4 浮遊砂

##### 4.4.1 浮遊砂資料

BWDB により Jamuna 河及び Ganges-Padma 河の浮遊砂が、低水期を除いた期間について採取されている。採取の年及び地点は Table 2-6 に示すとおりで、採取は、Binkley suspended sediment sampler で行なわれている。

BWDB は、浮遊砂を 2 領域に分類している。つまり、 $0.05 \text{ mm}$  より粗い coarse sediment 及び  $0.05 \text{ mm}$  より細い fine sediment である。fine sediment は、BWDB の浮遊砂調査報告書では、wash load とも呼んでいる。

Fig. 2-24 Relation between Grain Sizes

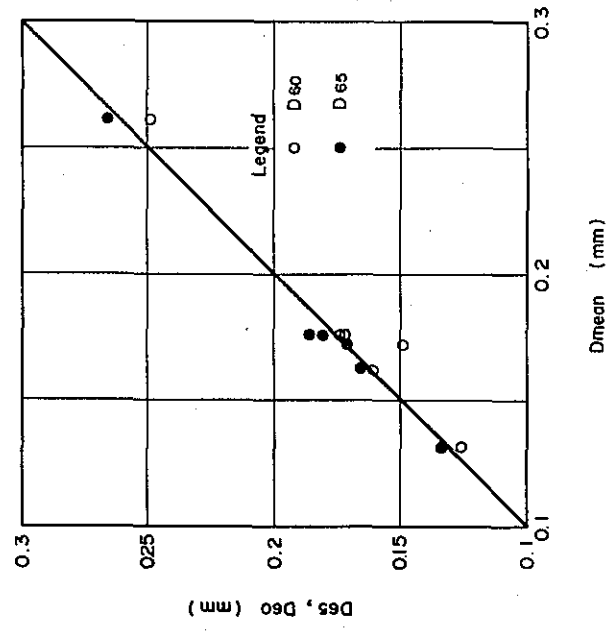


Fig. 2-25 Longitudinal Variation of Bed Materials (Des, Uniformity Coefficient)

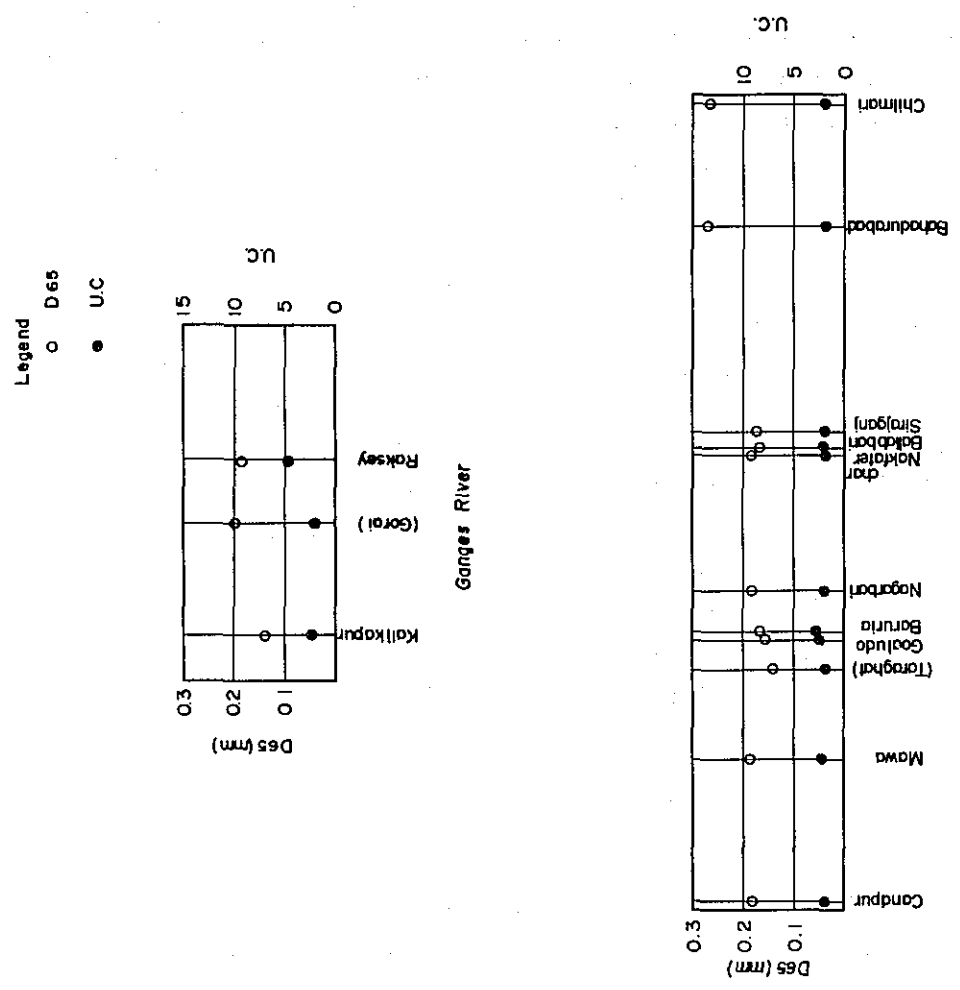


Table 2-6 Available Data on Suspended Materials

River	Station	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Jamuna R.	Chilmari		A	A	A	A	
	Bahadurabad		A	A	A	A	A
	Sirajganj	A	A	A	A	A	
	Radhunibari			A			
	Nakfater Char	A	A	A	A	A	
	Nagarbari			A	A	A	A
Old Brahmaputra R.	Mymensingh		A	A	A	A	A
Dhaleswari R.	Ballabbari	A		A	A	A	
	Jagir			A	A	A	A
	Taraghat			A	A	A	A
Ganges R. & Ganges-Padma R.	Hardinge Br.		A	A	A	A	A
	Kalikapur				A	A	A
	Baruria				A	A	A
	Goalundo		A	A	A	A	A
	Bhagyakul		A	A	A	A	A
Gorai R.	Gorai Br.		A	A	A	A	A
	Kamarkhari			A	A	A	A

Note: A means available.

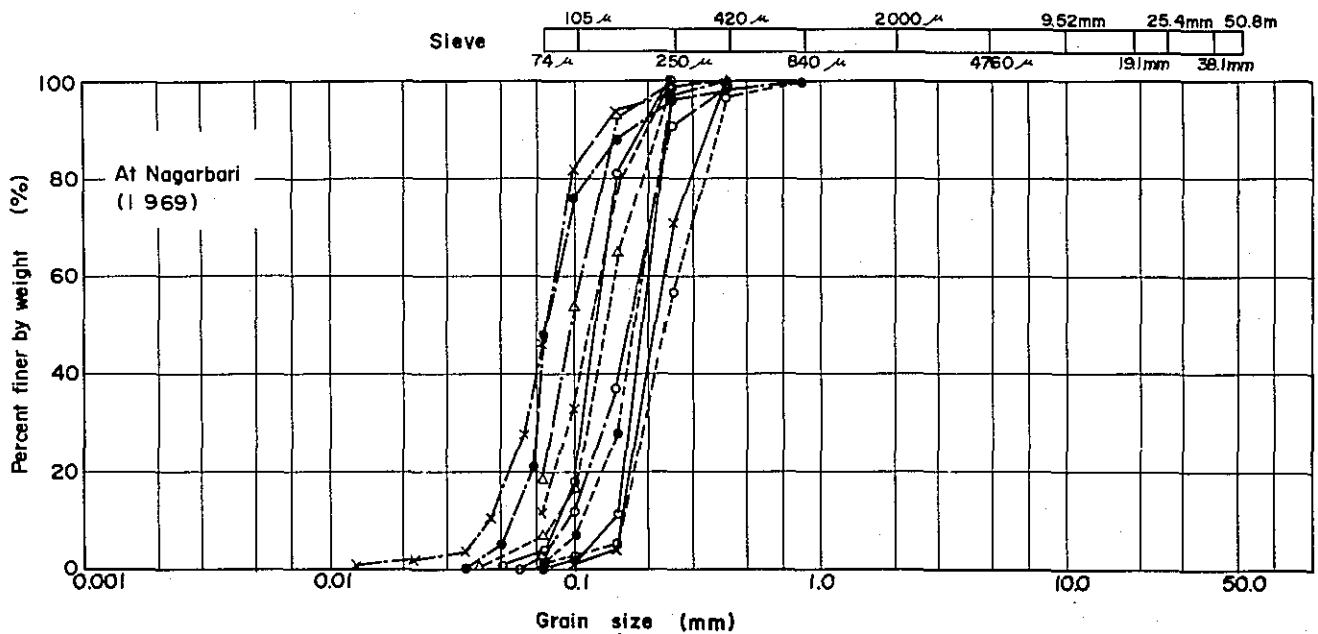
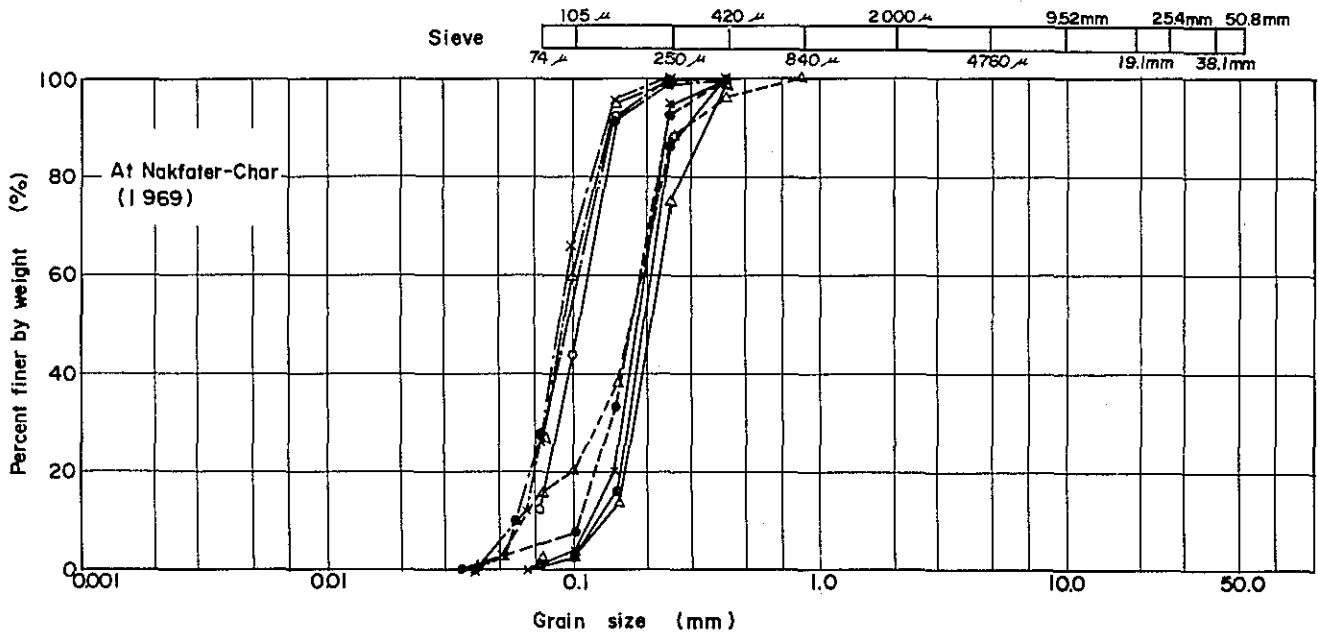
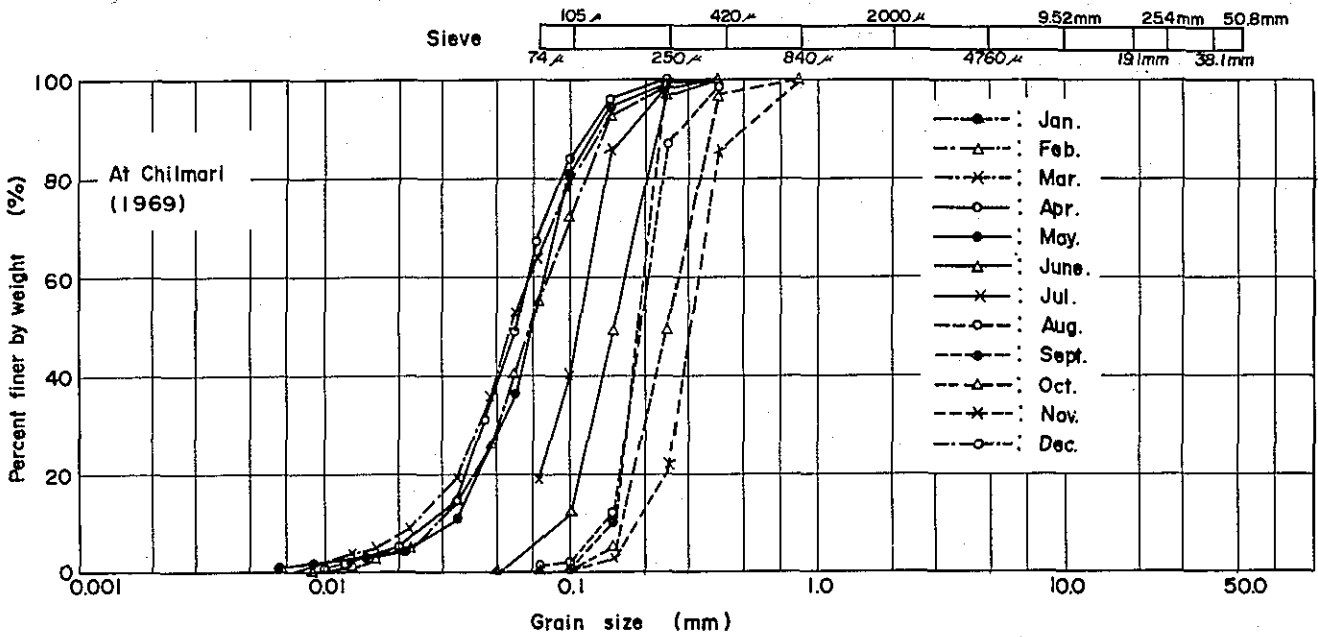
Chilmari, Nakfater Char及びNagarbari については、河床材料粒度曲線があり、そのうち幾つかを、次の基準で抽出し、Fig. 2-26 に示した。

- a. 1ヶ月の内に何度かの河床材料採取がなされている場合、その月の最初の日付の資料を採った。
  - b. 同一日に同一断面内の数地点で採取がされている場合は、最深河床部の資料を採った。最深河床部は、河床の活動的な部分を代表していると考えられるからである。
- Fig. 2-26 は、高水期には河床材料が粗く、低水期には細くなることを示しており、このことは、低水期に、流水中の細い浮遊物質が粗材料からなる河床上に沈んでし、河床材料を高水期より細粒化すると思われる。Fig. 2-26 はまた高水期の河床材料は  $0.05 \text{ mm}$  より細かい材料をほとんど含まないことを示しており、これは、高水期の流水中に浮遊する物質は、wash-load と見做しうることを意味している。

#### 4.4.2 浮遊砂に関する考察

M. L. Rasul 等は、これらの採取資料に基づき、全断面流砂量資料を作成した。この資料を用いて、Chilmari, Bahadurabad, Nakfater Char 及びNagarbari

Fig. 2-26 Grading Curves of Bed Materials  
( Jamuna River : 1969 )



資料を流砂量と、それに対応する流量でプロットしたのが Fig. 2-27 である。

これらの資料のうち、wash load を含まない浮遊砂量資料があるのは、1966年～1969年迄の Bahadurabad 地点である。従って、浮遊砂量と流量の関係を、この Bahadurabad 地点の資料のみについて調査した。

全断面単位時間浮遊砂量を  $Q_s$ 、流量を  $Q$  とすると、両者の関係は、一般に次式で表わされることが知られている。

$$Q_s = K Q^n \quad (2.1)$$

ここに、 $n$  は、ほぼ 2 に等しい指数で、 $K$  は、河川状態及び河床材料に依る定数である。これは、浮遊砂に関する H. Kikkawa の研究で明らかにされたもので、彼は次式で表現した (131 GB)。

$$Q_s = K Q^2 / A \quad (2.2)$$

上式は、広幅員水路に対するもので、 $A$  は流積である。一方、S. Sato は、掃流砂量は、ほぼ、流量に比例することを示し、次式を与えた (132 GB)。

$$Q_b = K' Q^{0.9} \quad (2.3)$$

ここに、 $Q_b$  は掃流砂量で  $K'$  は定数である。

従って、総流砂量  $Q_t$  は次式で表わされる。

$$Q_t = Q_b + Q_s = K' Q^{0.9} + K Q^2 / A \quad (2.4)$$

上式は、高水期には、浮遊砂が支配的となり、低水期には、掃流砂が重要な役割を果たすことを意味している。

次に、流量が大きいとき、掃流砂ばかりでなく、浮遊砂をも含んでいると言われている Brown 公式について検討する。

$$q_t / U_* d = 10 U_*^4 / (\sigma / \rho - 1)^2 (g d)^2 \quad (2.5)$$

ここに、

- $U_*$  : 摩擦速度
- $d$  : 流砂の粒径
- $\sigma$  : 流砂密度
- $\rho$  : 水の密度
- $g$  : 重力加速度
- $q_t$  : 単位幅流砂量 (純容積)

いま、水路幅を  $B$ 、平均水深を  $R$  ( $R = A / B$ )、平均流速を  $v$ 、粗度係数を  $n$ 、水面勾配を  $I$  で表わすと、

$$v = (1/n) R^{2/3} I^{1/2} \quad (2.6)$$

$$Q = A v \quad (2.7)$$

$$U_* = (g R I)^{1/2} \quad (2.8)$$

式 (2.6)、(2.7) 及び (2.8) を (2.5) 式に適用すると、

Fig. 2-27 Relationship between Liquid Discharge and Sediment Discharge

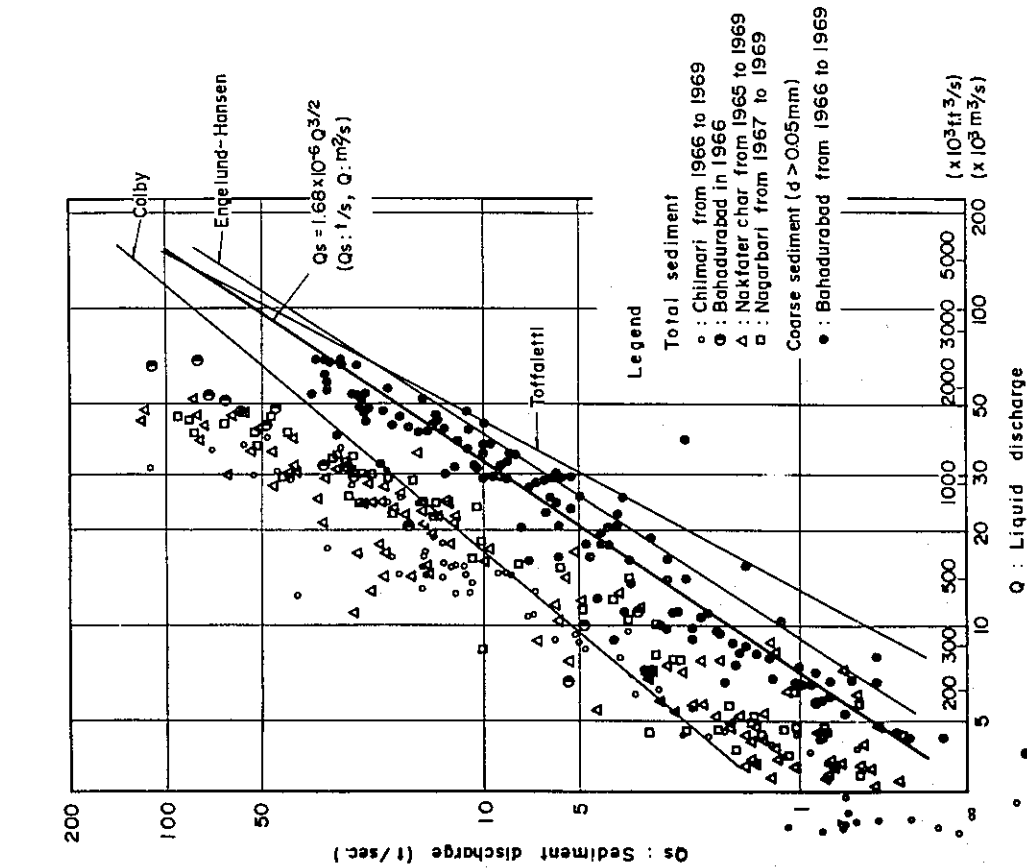
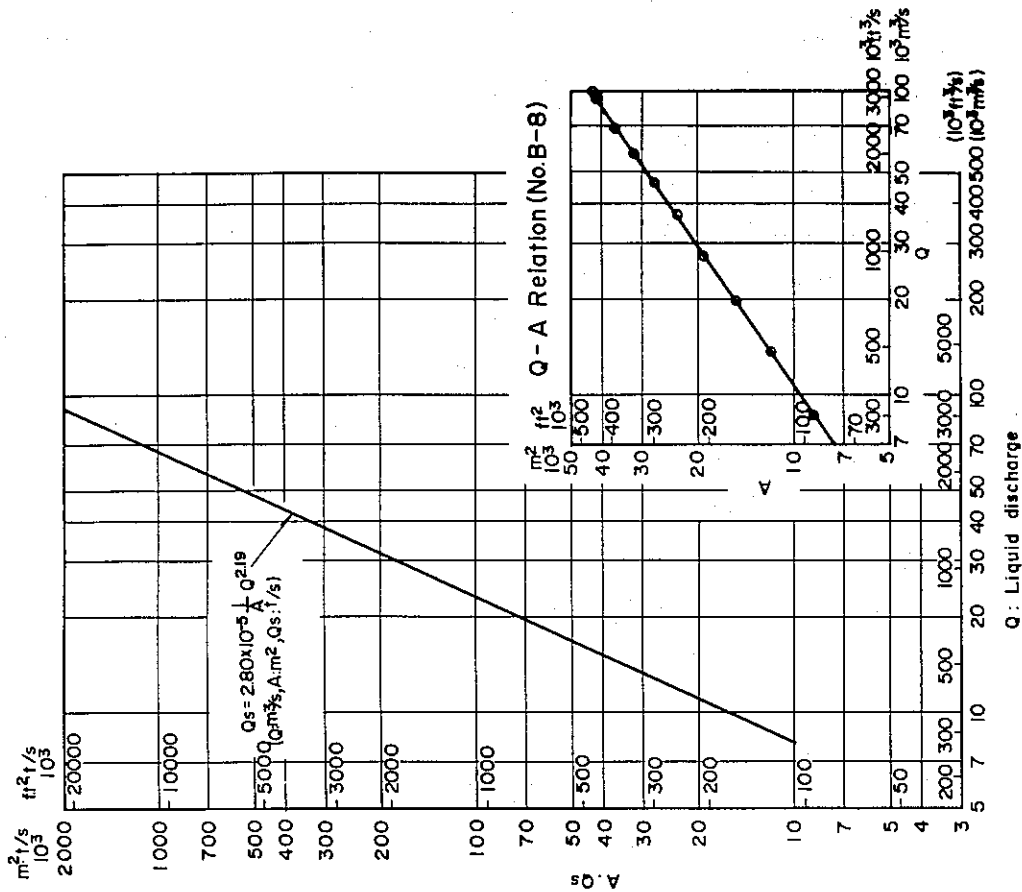


Fig. 2-28 Q - AQs Relation (Coarse Sediment at Bahadurabad)



$$Q_t = a Q^{9/4} / A^{5/4} \quad (2.9)$$

ここに、 $Q_t$  は、全断面流砂量を純重量で表わしたもので、 $Q_t = q_t B \sigma g$ 、及び  $a$  は、次式で表わされる定数である。

$$a = 10 \sigma n^{9/4} g^{3/2} I^{11/8} / d (\sigma / \rho - 1)^2 \quad (2.10)$$

従って、(2.9)式は、次のとおり書き直すことが出来る。

$$Q_t = a (Q/A)^{5/4} Q$$

(2.9)式は、流砂量が、大流量時にほとんど  $Q^2$  に比例し、小流量時に、 $Q/A$  がほとんど一定なら、低水期には、ほぼ、 $Q$  に比例することを示している。

結局、Jamuna 河流砂量は、高水期には、 $n$  がほぼ 2 に等しい  $Q^n$  を含む式で表現できる。言いかえるなら、全流砂量を浮遊砂量  $Q_s$  で表現することが出来る。

そこで、Jamuna 河流量が  $5,000 \text{ m}^3/\text{s}$  以上の場合について次式を検討する。

$$Q_s = K Q^n / A \quad (2.11)$$

この目的に対し、流砂量採取地点に近い NO. B-8 断面の A-Q 曲線を作成した。この断面は、1973 年の洪水期に、日本政府測量班が測量したものである。この A-Q 曲線を Fig. 2-28 に示す。

この曲線を用いて、(2.11)式の定数を検討し、Fig. 2-28 に示した。結局、Jamuna 河の浮遊砂量公式は、次式で表わすことが出来る。

$$Q_s = 2.80 \times 10^{-5} Q^{2.19} / A \quad (2.12)$$

ここに、 $Q_s$  は  $t/s$  及び  $Q$  は  $\text{m}^3/s$  単位である。

一方、Task Committee for Preparation of Sediment Manual, Committee of Sedimentation of the Hydraulics Division in the Proceeding of the American Society of Civil Engineers が推選した Colby, Taffaletti 及び Engelund-Hansen 公式により、計算した結果を Fig. 2-27 に同時に示した。

図から見られる様に、Engelund Hansen 公式による結果が最も傾向的によい様である。

#### 4.5 架橋四候補地点に於ける流量観測

他の日本政府調査班により、Nagarbari 附近の N-12 断面 (1973 年 10 月 4 日) Sirajganj 附近の S-12 断面 (1973 年 9 月 24 日)、Gabargaon 附近の G-8 断面 (1973 年 10 月 17 日) 及び Bahadurabad 附近の B-8 断面 (1973 年 10 月 11 日) で、洪水期の流量観測が実施された。これらの流観資料は、同一日のものではないので河道による流量減に関する検討には適用出来ないが、粗度係数の決定には、非常に有効な資料である。

Fig. 2-29 は、架橋四候補地点近くにある、Char-Bharenga, Nakfater-Char, Milanpur 及び Projapati 観測所で、B W D B が観測した、水位ハイドログラフである。この図から、各流量観測所の観測時水位を読み取ることが出来る。

流速観測は、電流速計を用いて、一断面 7 ~ 11 垂直測線を取り、水表面から 1 m 間隔で行った。

Fig. 2-29 Stage Hydrograph from Sept. to Oct., 1973

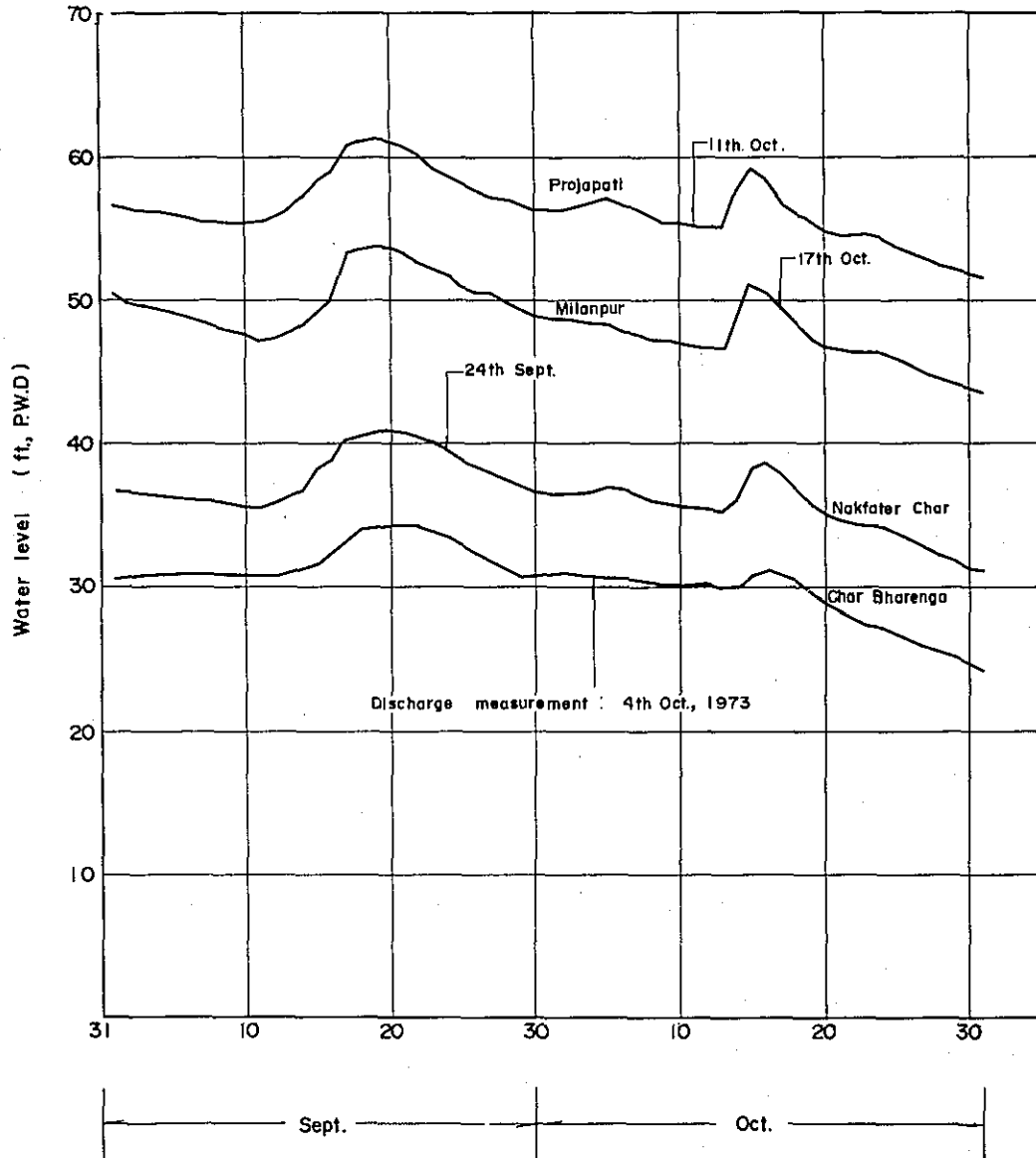




Fig. 2-30 は、各断面の測線毎の流速分布で、Fig. 2-31 は、各垂直測線の平均流速の横断分布を示したものである。Table 2-7 に流量計算を示してあるが、各地点の観測流量は、次のとおりである。

(地 点)	(流 量)
Nagarbari	761,500 cfs (21,566 m <sup>3</sup> /s)
Sirajganj	1,101,500 cfs (31,195 m <sup>3</sup> /s)
Gabargaon	943,940 cfs (26,733 m <sup>3</sup> /s)
Bahadurabad	643,910 cfs (18,236 m <sup>3</sup> /s)

#### 4.6 表面流速と平均流速

本節では、平均流速と、表面流速の関係を検討する。ここでは、垂直測線上の平均流速を  $V_m$ 、表面流速を  $V_s$ 、横断面内の最大  $V_m$  値を  $V_{mmax}$ 、全断面平均流速を  $VM$ 、平面流速を  $V_s$ 、水面から垂直に水深の 0.2 及び 0.6 の点の流速をそれぞれ  $V_{0.2H}$  及び  $V_{0.6H}$  と記号する。

Fig. 2-32 は、 $V_m$  対  $V_{0.6H}$ 、 $V_m$  対  $V_s$  及び  $V_m$  対  $V_{0.2H}$  の関係を示し、これらは全て、1973 年の洪水期に Jamuna 河で、観測されたものである。Fig. 2-33 は Table 2-8 に示す Hardinge Bridge で観測した  $V_m$  対  $V_s$  の関係を示すものである。

これらの図から、0.6 の水深の流速は平均流速に等しく、

$$V_{0.6H} = V_m$$

Jamuna 河の平均流速と表面流速の比は

$$V_m / V_s = 0.78$$

Ganges 河の Hardinge 橋地点では、

$$V_m / V_s = 0.83$$

であることがわかる。

平均として、次のとおりとなる。

$$V_m / V_s = 0.8$$

事前調査報告書(117JB)によると、1950年～1971年の Ganges 河 Hardinge 橋で観測された最大流量、水位、測線上平均流速の最大値 ( $V_{mmax}$ ) 及び、表面流速 ( $V_s$ ) は、Table 2-8 のとおりである。

他の水文資料から、水位、流量及流積の明らかなる資料をさらに、Table 2-8 から、水位が R.L. 246.0 ft より高い 4 資料を流積検討のために選出した。これらの資料を計画諸値と共に、Table 2-9 に示した。

Table 2-8, 2-9 に示した資料を用いて、水位と流量、水位と流積及び流量と平均流速 ( $VM$ ) の関係を調べ、Fig. 2-34 に示した。

Table 2-10 は、日本政府調査団が得た資料 (Table 2-7) 及び Ganges 河で得た資料 (Table 2-9, 2-8) を  $VM$  及び  $V_{mmax}$  にまとめたもので、これを用いて、 $VM$  及び  $V_{mmax}$  について検討し、Fig. 2-35 に示した。

Fig. 2-30 Vertical Distribution of Velocity

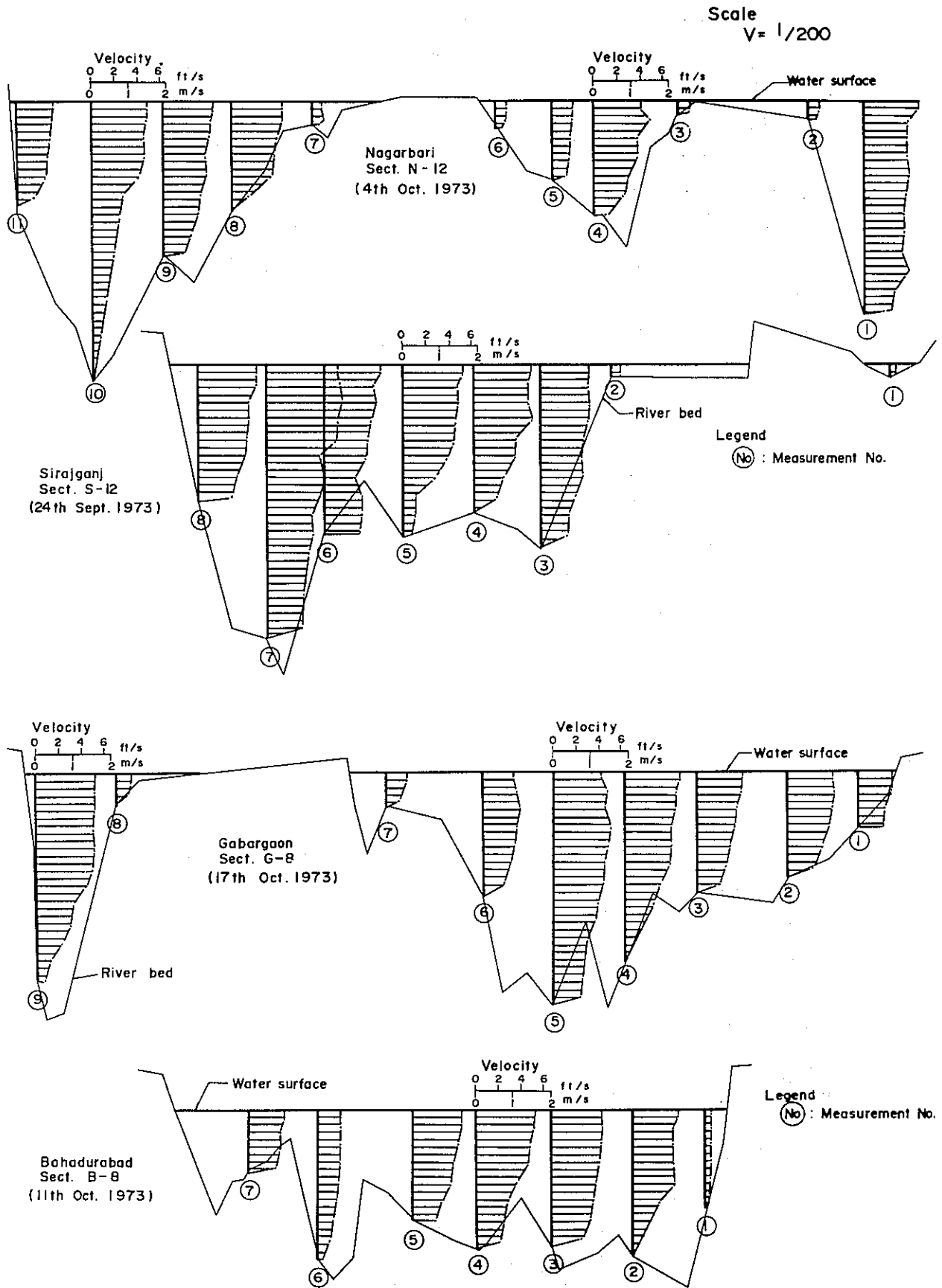
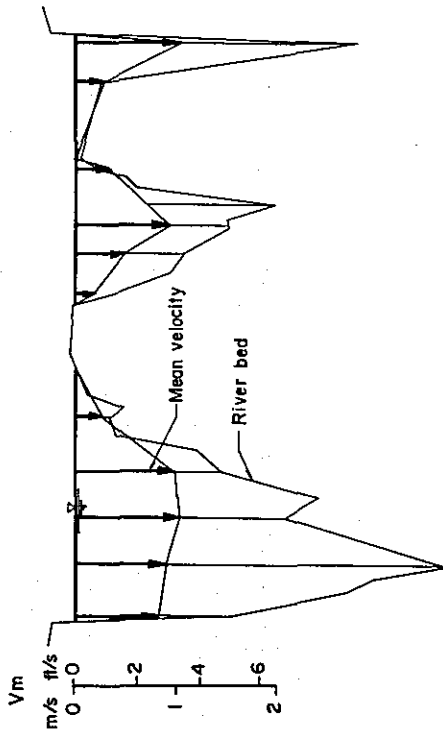
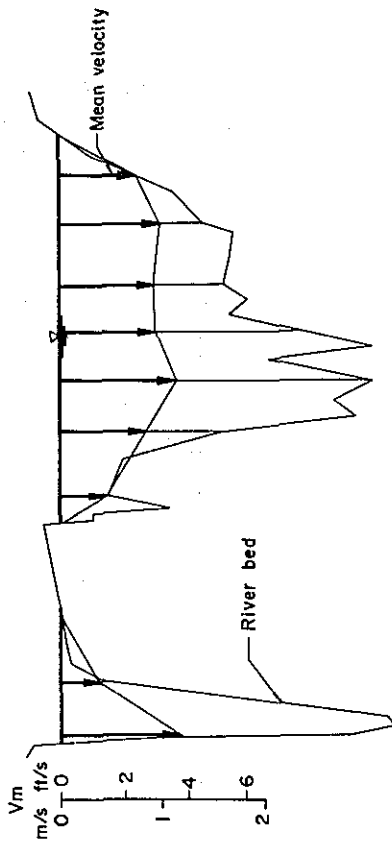


Fig. 2-31 Lateral Distribution of Mean Velocity ;  $V_m$

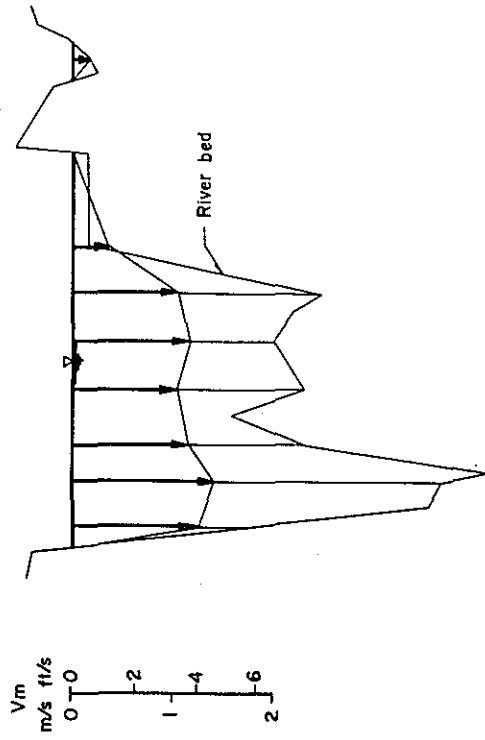
Nagarbari (N-12) (Measured on 4th Oct., 1973)



Gabargaon (G-8) (Measured on 17th Oct., 1973)



Sirajganj (S-12) (Measured on 24th Sept., 1973)



Bahadurabad (B-8) (Measured on 11th Oct., 1973)

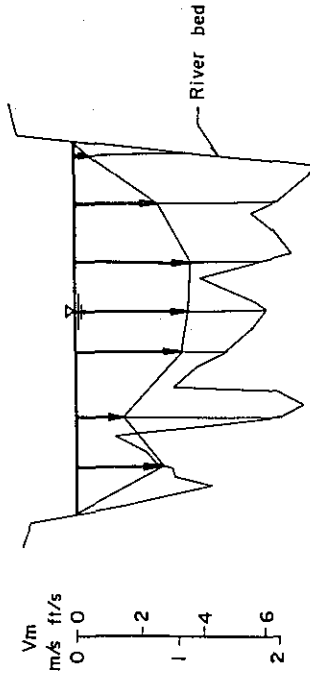


Table 2-7 Discharge at Proposed sites

Nagarbari on 4th Oct. 1973				Gabargaon on 17th Oct. 1973					
Measurement No.	Mean velocity (m/s)	Segment area <sub>2</sub> (m <sup>2</sup> )	Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Remark	Measurement No.	Mean velocity (m/s)	Segment area <sub>2</sub> (m <sup>2</sup> )	Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Remark
1	1.08	2,164	2,337	$Q = 21,556 \text{ m}^3/\text{s} = 761,500 \text{ cfs}$ $\text{Mean velocity} = 0.858 \text{ m/s}$	1	0.78	1,337	1,074	$Q = 26,733 \text{ m}^3/\text{s} = 934,940 \text{ cfs}$ $\text{Mean velocity} = 1.178 \text{ m/s}$
2	0.28	1,020	287		2	0.99	3,238	3,206	
3	0.35	733	257		3	0.94	3,639	3,421	
4	0.97	2,665	2,585		4	0.95	4,378	4,159	
5	0.50	1,364	682		5	1.17	5,001	5,851	
6	0.22	568	125		6	0.86	3,761	3,234	
7	0.26	829	216		7	0.47	1,293	608	
8	1.01	2,966	2,966		8	0.40	2,036	814	
9	1.04	4,617	4,802		9	1.19	3,669	4,366	
10	0.91	5,936	5,402		Total		22,687	26,733	
11	0.83	2,261	1,877						
Total		25,127	21,566						

Sirajganj on 24th Sept. 1973				Bahadurabad on 11th Oct. 1973					
Measurement No.	Mean velocity (m/s)	Segment area	Discharge	Remark	Measurement No.	Mean velocity (m/s)	Segment area	Discharge	Remark
1	0.16	119	19	$Q = 18,236 \text{ m}^3/\text{s} = 643,910 \text{ cfs}$ $\text{Mean velocity} = 0.82 \text{ m/s}$	1	0.13	2,486	323	$Q = 18,236 \text{ m}^3/\text{s} = 643,910 \text{ cfs}$ $\text{Mean velocity} = 0.82 \text{ m/s}$
2	0.36	1,182	426		2	0.83	4,192	3,479	
3	1.06	3,865	4,097		3	1.16	3,648	4,232	
4	1.16	3,752	4,352		4	1.14	3,075	3,506	
5	1.05	4,031	4,233		5	1.05	2,926	2,068	
6	1.16	4,264	4,946		6	0.49	3,416	1,674	
7	1.42	6,387	9,070		7	0.89	2,309	2,555	
8	1.28	3,166	4,052		Total		21,952	18,236	
Total		26,766	31,195						

Fig. 2-32 Relation between Velocities

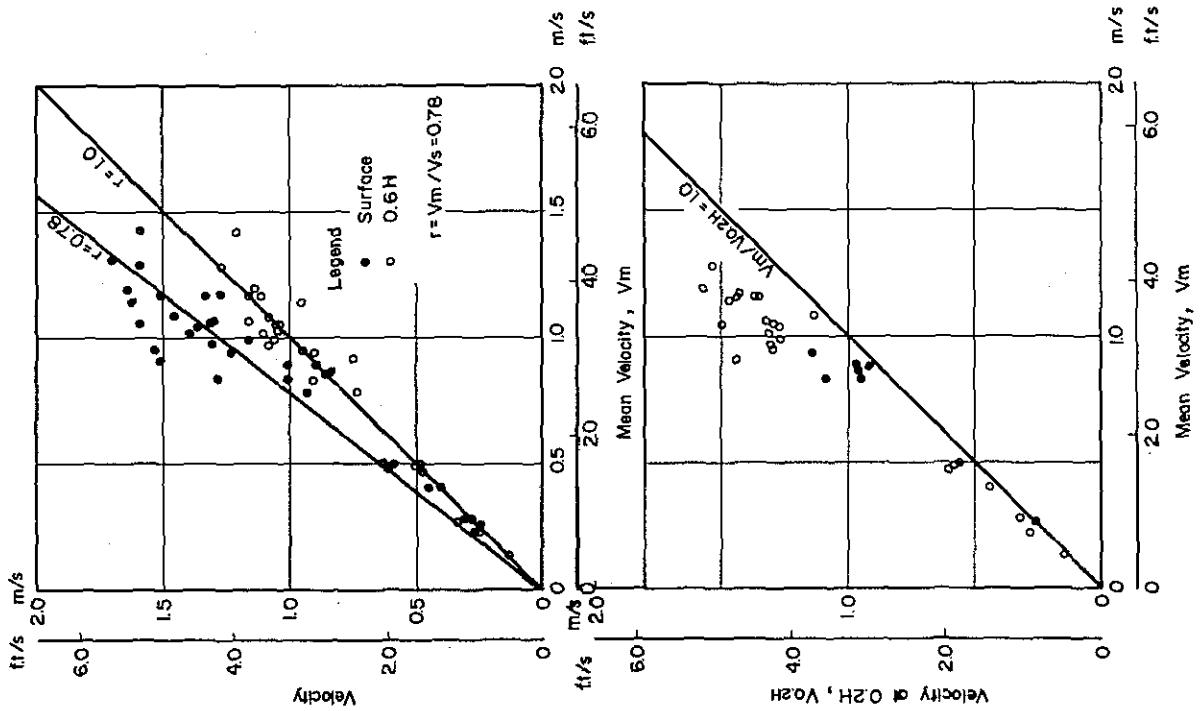


Fig. 2-33 Relation between Velocities

Ganges River, Hardinge Bridge

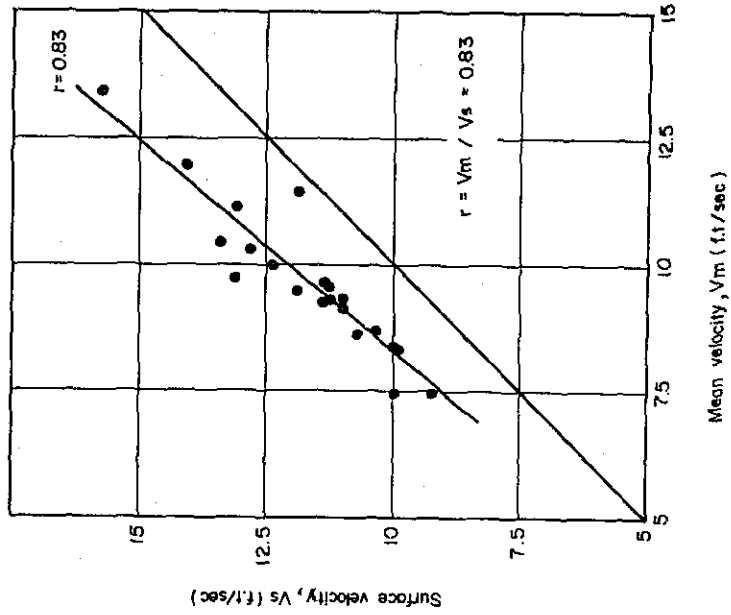


Table 2-8 Discharge and Velocity at Hardinge Bridge

Date	Max. discharge (cfs)	Mean velocity (f/s)	Surface velocity (f/s)	Water Level (R.L. ft)
Aug. 19,1950	1 815,158	11.14	13.10	246.50
Aug. 29,1951	1 487,707	8.63	10.72	244.80
Aug. 30,1952	1,654,063	9.31	11.25	246.50
Aug. 30,1953	1,833,286	10.29	12.80	246.50
Aug. 25,1954	2,006,438	9.56	11.25	246.80
Aug. 23,1955	2,085,524	9.27	11.35	247.20
Sept. 22,1956	2,028,366	9.65	11.35	246.10
Sept. 7,1957	1,541,722	8.41	9.99	244.30
Aug. 15,1958	1,094,755	8.33	9.90	245.70
Aug. 23,1959	1,762,436	8.70	10.37	245.50
Aug. 23,1960	1,687,261	9.32	11.00	245.50
Aug. 9,1961	1,892,246	7.45	9.25	246.40
Sept. 8,1962	1,547,055	7.46	9.99	246.00
Sept. 7,1963	1,902,571	9.99	12.36	245.50
Aug. 7,1964	1,807,006	9.56	11.25	244.90
Sept. 16,1965	1,521,838	9.49	11.84	243.50
Aug. 30,1966	1,808,899	9.15	10.98	245.10
Sept. 24,1967	2,066,198	11.95	14.06	245.30
Aug. 31,1968	1,721,796	9.73	13.10	244.30
Aug. 23,1969	1,952,475	10.43	13.40	246.00
Sept. 24,1970	1,957,002	11.43	11.84	243.90
Aug. 26,1971	2,162,707	13.39	15.75	248.00

Table 2-9 Discharge and Mean Velocity at Hardinge Bridge

Date	R.L. (ft)	A (10 <sup>3</sup> ft <sup>2</sup> )	Q (10 <sup>3</sup> cfs)	(ft/s) V <sub>M</sub>	(m/s)
Design	250.0	294	2,500	8.50	2.59
Aug. 26,1971	248.0	285	2,163	7.58	2.31
Sept. 16,1970	242.5	237	1,577	6.66	2.03
Aug. 15,1970	243.2	254	1,637	6.43	1.96
Aug. 23,1969	246.0	277	1,952	7.05	2.15
Sept. 22,1956	246.1	277	2,028	7.32	2.23
Aug. 23,1955	247.2	282	2,086	7.40	2.26
Aug. 25,1954	246.8	280	2,006	7.17	2.18

Fig. 2-34 Correlation among Velocity, Water Stage, Water Area and Discharge at Hardinge Bridge

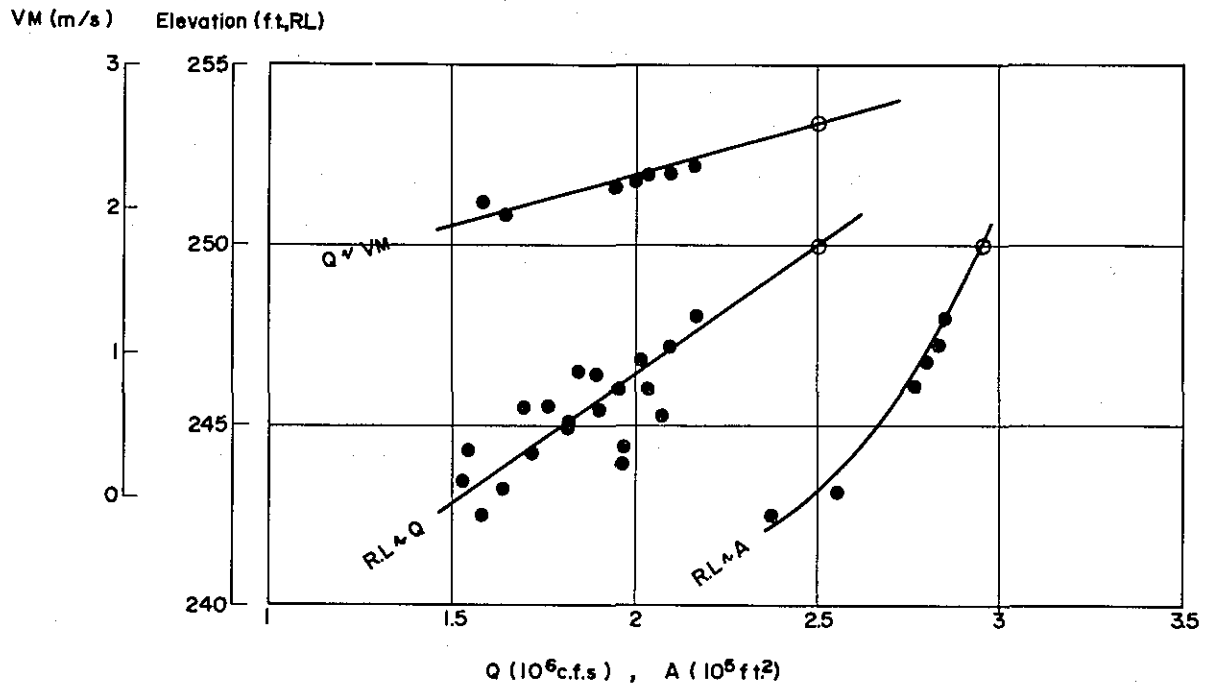


Fig. 2-35 Relation between  $V_m$  max. and  $V_M$

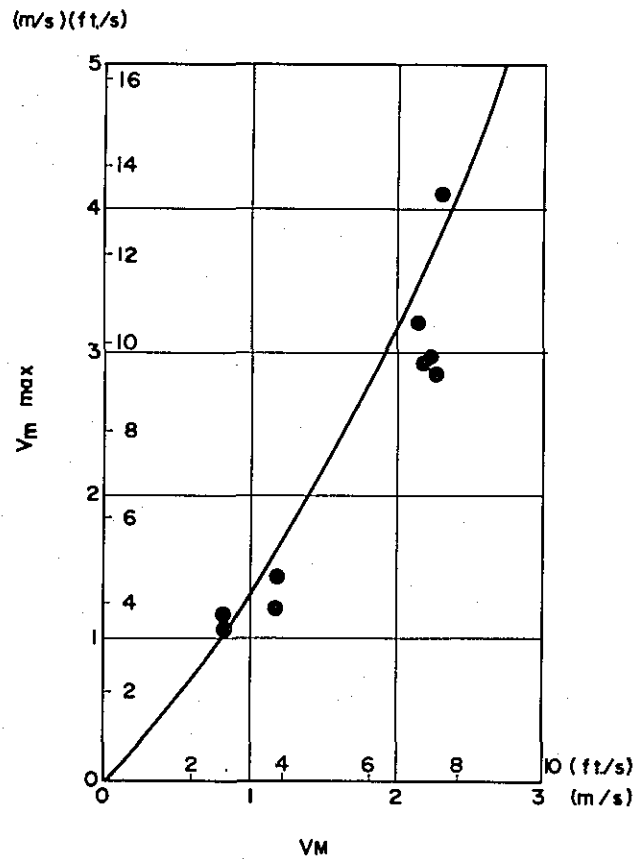


Table 2-10  $V_M$  and  $V_{Mmax}$  of the Jamuna and the Ganges

Date	Site	$V_M$ (m/s)(ft/s)	$V_{Mmax}$ (m/s)(ft/s)	
Oct. 4, 1973	Nagarbari	0.86 (2.82)	1.08 (3.54)	Table 2-7
Sept. 24, 1973	Sirajganj	1.17 (3.84)	1.42 (4.66)	"
Oct. 17, 1973	Gabargaon	1.18 (3.87)	1.19 (3.90)	"
Oct. 11, 1973	Bahadurabad	0.83 (2.72)	1.16 (3.80)	"
Aug. 26, 1971	Hardinge	2.31 (7.57)	4.08 (13.38)	Table 2-8
Aug. 23, 1969	Hardinge	2.15 (7.05)	3.18 (10.43)	"
Sept. 22, 1956	Hardinge	2.23 (7.31)	2.94 (9.64)	"
Aug. 23, 1955	Hardinge	2.26 (7.41)	2.83 (9.28)	"
Aug. 25, 1954	Hardinge	2.18 (7.15)	2.92 (9.57)	"

## 4.7 粗度係数

粗度係数を、まず、1973年流量観測結果から求めた。計算には、Manning 公式を用いた。

$$V = (1/n) R^{2/3} I^{1/2}$$

ここに、

$V$  ; 平均流速 (m/s)

$I$  ; 水面勾配

$R$  ; 平均水深 (m)

$n$  ; 粗度係数

計算のため Table 2-7 の  $Q$ ,  $A$  ( $V=Q/A$ ) 及び  $R$  ( $=A/W$   $W$ は水面幅) を用いた。また、水面勾配  $I$  としては、Fig. 2-36 の同時水位縦断から求めた。この水位縦断は、流量観測期間中に BWD B が測定した 25 観測所水位から作成したものである。

Table 2-11 は架橋四候補地点の粗度係数計算を示したもので、Fig. 2-37 に Jamuna 河の粗度分布を示した。

平均粗度係数は、Bahadurabad 地点以外では、 $n=0.02$  である。

次に、乾期に測量された断面に対する粗度係数を求めるため、水位に対応する流量記録のある Bahadurabad 周辺上下流で水面形を計算した。計算に際し、1969/70 乾期断面に、1970年洪水流量 (2,700,000 cfs 於 Bahadurabad 観測所, 1970年7月28日) が流れるものとし、3種の粗度係数について行った。結果は、Fig. 2-38 のとおりである。

図から、 $n$ -値は、0.015~0.018 の間にあることがわかる。一方、Flood Control Plan for East Pakistan, First Stage (113GN) では、 $n=0.017$  を採用している。従って、乾期断面に対する合理的な  $n$ -値としては、 $n=0.017$  が妥当であろう。



先に述べた如く、洪水流量と、洪水期断面から求めた粗度は、 $n = 0.020$ で、他方、洪水流量と、乾期断面とから求めた粗度は、 $n = 0.017$ である。この結果から洪水期の粗度は、 $n = 0.020$ と思われる。

これは、洪水の終りには、浮遊砂が沈でんし、ある程度まで、河道水深を浅くすることが、この差異の原因と思われるが、さらに今後の研究が必要である。

本調査では、水位が高めになる  $n = 0.020$  を用いた。

Fig. 2-36 Water Surface Profile from Sept. to Oct., 1973

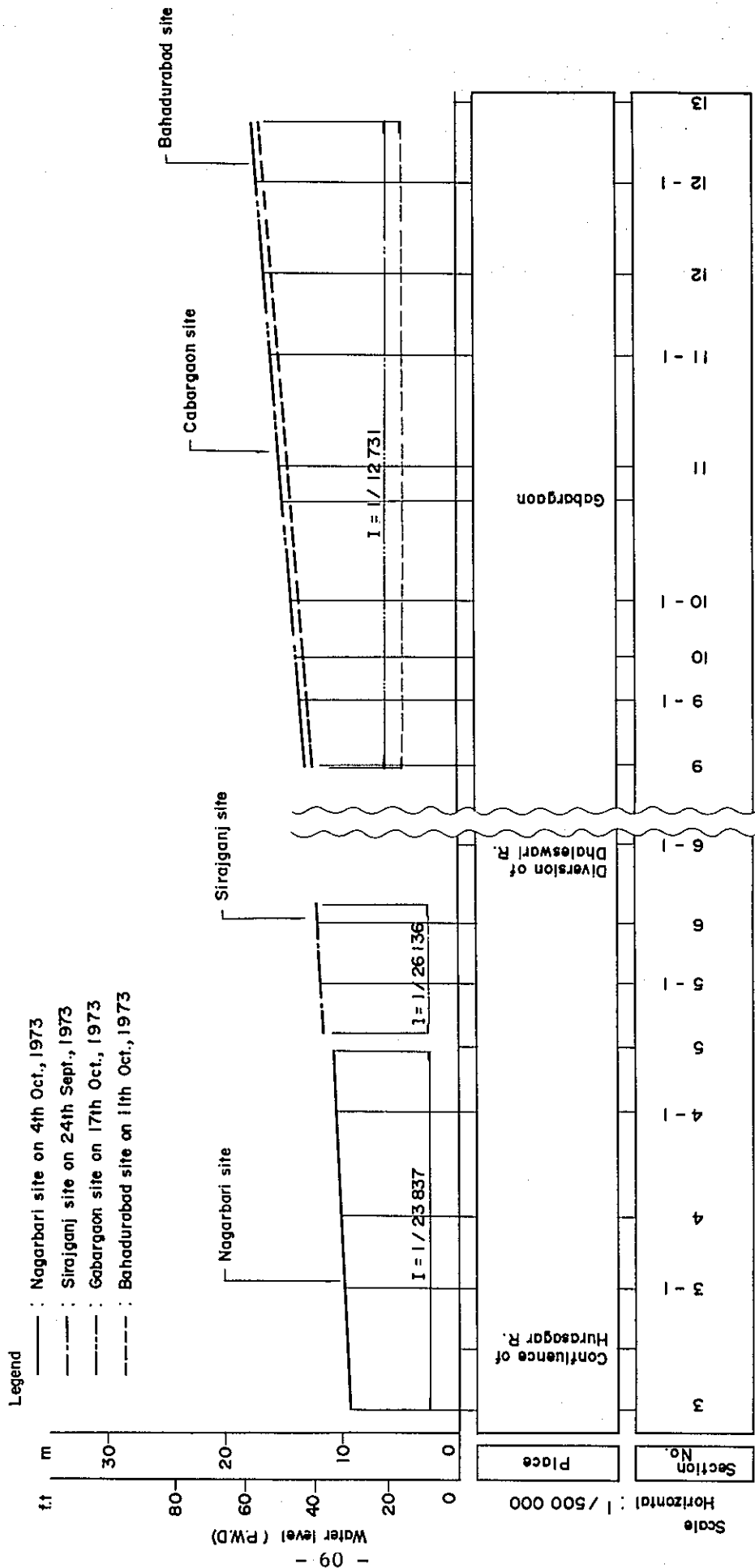


Fig. 2-37 Values of n Calculated from Discharge Measurements

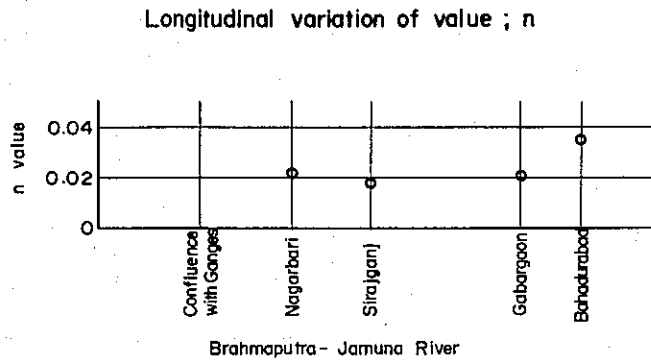
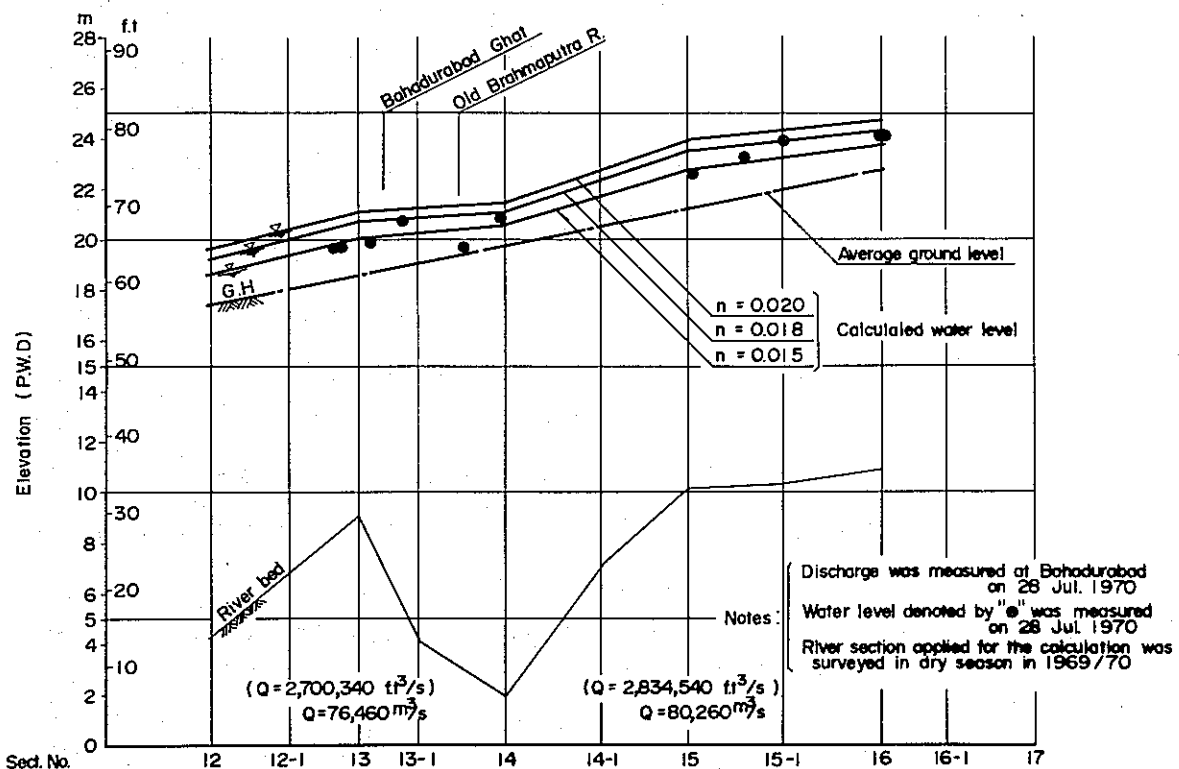


Table. 2-11 Calculation of Value ; n

Site	Nagarbari	Sirajganj	Gabargaon	Bahadurabad	Remarks
Measured	Q/A 0.858 m/s	1.166 m/s	1.178 m/s	0.831 m/s	
	1/23840	1/26140	1/12730	1/12730	
R	4.87 m	6.34 m	4.56 m	5.97 m	A/B
$\frac{1}{R^2}$	0.006477	0.006185	0.008863	0.008863	
$R^{\frac{2}{3}}$	2.873	3.426	2.750	3.291	
n	0.022	0.018	0.021	0.035	

Fig. 2-38 Comparison of Calculated Water Level and Measured Water Level



### 第Ⅲ章 河川制御の方策

#### 1. Guide bank system

一般に、河川の網流化は、蛇行河川より急な勾配と、大きな流砂量により、助長される。そして、若し、水路勾配が過大或は、流量が比較的大きく増加すると、局部的な、洗掘量或は、沈でん量は、流路を網流化されるに十分な大きさになる。

現在検討中の Jamuna 河は、典型的な網流河川である。何故 Jamuna 河がこんなに網流化しているかと言う理由については、遺憾ながら、十分な研究が見当たらない。

しかし、この河が網流を呈している主な原因は、次の事情によるのではないかと考えられる。(1) Jamuna 河は、Tiste 河の流路変更により急激に流量が増大し、これが、また、Old Brahmaputra 河から現在の Jamuna 河へ主水路を変えた理由であるとも考えられる。(2) 現在の Jamuna 河流路は、北から南へほとんど直線的な陥没線に沿って流れており、これが Jamuna 河勾配を Ganges 河級の大河川と比較して過大なものにしてている。(3) この沖積平野に於ける河川長が流量の大きさ、及び流砂量と比較して、あまりに短かすぎる。

網流河川は、遠い将来最終的に、蛇行河川に移行するものと予想される。Jamuna 河もまたこの性質を有しているにちがいない。たとえ Jamuna 河がそうであっても、Jamuna 河が Old Brahmaputra 河から現河道へ移ってから、200年にも満たないので、今後100年或は200年の内に蛇行河川状態になることは無いであろう。従って、橋梁建設は、網流河川という前堤に立って計画されるべきである。

この河川では、網流運動により、少なくとも Bangladesh 国土内のほとんど全川で崖状河岸をなしている。この崖状河岸の間が、洪水流を流す有効幅と考えられる。

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土質河岸は、Jamuna 河に見当たらない。換言すると、侵蝕に抵抗出来るような河岸が 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、網流の腹部同様、結節部についてもそうである。

日本政府事前調査団は、架橋地点として、網流の4結節部を候補地として提案した。確かに、これらの結節部は、少なくとも過去100年間現状の位置にあり、適切な提案である。

しかしながら、これは、統計上の事にすぎず、遺憾ながら、その結節部が何故形成され、しかも、100年という長期間安定しているかを説明することは現段階では出来ない。

架橋地点として、これらの結節部を選んだ事は、非常に適切ではあるが、これらの結

節部が、永久に、形状を変えることなく、同じ場所にあると言う保証を見出すことは出来ない。逆に、絶えまない洗掘が結節部に於いてさえ、生じていると言う事実がある。Sirajganj の河岸では、激しい洗掘が生じており、毎年高額な防御工事が実施されていることは、良く知られている事である。従って、この様な地点に片方の岸から対岸へ架橋する場合であっても橋台を防護するため何がしかの護岸工事をする事は避けられない。

一方、高水期には、洪水は、慣習的に、兩岸にあふれ、2つの Barind にはさまれた低地は、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、河岸のない河と呼ぶことができる。この河川の全川兩岸を護岸することは難しい或は、現段階では、ほとんど不可能であるので、架橋地点部分の流路のみを固定し、溢水或は網流運動を防がなければならない。

この目的から、広大な幅を有する流水は、兩岸の cross dike でさえぎり、cross dike 間の固定した開口部を、流れるように閉じ込めなければならない。言い換えると、cross dike でさえぎられた地域或は、死水域の水位と開口部水位との水位差を利用して、流水を、固定開口部へ導びかれなければならない。この場合2つの guide bank が必然的に開口部の両端に必要となる。cross dike の両端を防護するとともに、流れを出来るだけスムーズに開口部へ導くためである。結論として、橋を全流水幅に対して架けない限り、guide bank が必要である。

## 2. 最小河幅

Guide bank の計画に際して、開口部幅、guide bank の長さ及び形を決める事及び、guide bank 並びに cross dike の防護法を決定することが重要な問題となる。

Cross dike は、また、橋梁部への接近道路としても利用される。

Inception report では、日本政府事前調査団が提案した架橋四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。つまり(a) 河道の安定性(b) 橋梁建設費 及び(c) 交通量である。

第2の要素である橋梁建設費は、河川工事費と、橋梁の上下部橋梁工費の合計である。他方、橋梁工費は、ほとんど、合計支間長或は、河幅に比例して、工費が増加すると予想されるが、河川工事費は、河川幅によって増加しない。従って、数種の河道幅に対して橋梁工費の最小値を求めることが必要である。このため、あらかじめ、最小河幅或は、河幅の最小限度を知っておく必要がある。

G·Lacey (114GB) は、India 及び Pakistan に於ける河川及び水路を調査して、沖積平野の大河川の最小安定河幅を与える次式を提案した。

$$W = 2.67\sqrt{Q} \quad (3.1)$$

ここに、 $W$ は、安定河道の最小河幅 (ft) で  $Q$ は、流量 (cfs) である。

第V章に於ける予備検討によると、Bahadurabad から Ganges 河合流点までの区間に於ける100年確率流量は、 $89,600 \div 90,000 \text{ m}^3/\text{s}$  である。もし、Lacey 公式を Jamuna 河にも適用すると、最小安定河幅は、 $4,900 \text{ ft} (1,500 \text{ m})$  と計算される。さらにもし、実際にこの河幅が形成されたとすると、平均流速は、 $2.7 \text{ m/s} (9 \text{ ft/s})$  と言う大きなものになり、最大垂直測線平均流速は、 $4.9 \text{ m/s} (16 \text{ ft/s})$  になると言うことが Fig. 2-35 からわかる。従って、表面流速も、 $6.1 \text{ m/s} (20 \text{ ft/s})$  と言う高流速になる。

第V章での調査によると、このような高流速は激しい河床低下を生ずることになり、地盤高以下の平均水深は  $20 \text{ m}$  にもなり、流心部では、 $78 \text{ m}$  にもなる。これは、河川工事は橋梁工事並びに、これら構造物の維持と言う観点から実際的でない。従って、Lacey 公式は、今回の場合適用すべきでない。

一方、C.C. Inglis は、洪水氾濫原の蛇行河川の河幅として、次の公式を与えている。

$$W = 4.88\sqrt{Q} \quad (3.2)$$

ここに、 $W$ は、水路幅 (ft) で、 $Q$ は流量 (cfs) である。

この公式では、上述と同じ条件に対し、 $W = 2,700 \text{ m} (8,700 \text{ ft})$  となる。両式は、かなり異った値を与えるので、本計画では、上記公式とは別に、Jamuna 河本来の性質に立脚した調査が必要である。

このために、1964/65年から1971/72年の毎乾期に BWDB が Ganges 河合流点から、Bahadurabad 上流地点までの約  $220 \text{ Km}$  の区間に対して行った。横断測量結果を用いて地盤高河道幅と、地盤高下河道面積の関係を調べた。この関係は、Fig. 3-1 に示すとおりである。

この図を見ると、網流河川であるため、点が広範囲に分布しているが、流積が与えられたときある最小河幅が存在することを示している。この特性は最小河幅を求めるのに利用出来ると思われる。

今、流水が兩岸上の堤防内にとじ込められ、水位が地盤面上に高くなるとし、流量を  $Q$  で表わすと、

$$Q = A_1 V_{m1} + A_2 V_{m2} \quad (3.3)$$

ここに、 $A_1$ 、 $V_{m1}$  は、地盤面上の流積及び平均流速及び、 $A_2$ 、 $V_{m2}$  はそれぞれ地盤面下のものである。次に (3.3) 式を用いて、 $Q$  を与えて、 $A_2$  値を求める。上式から

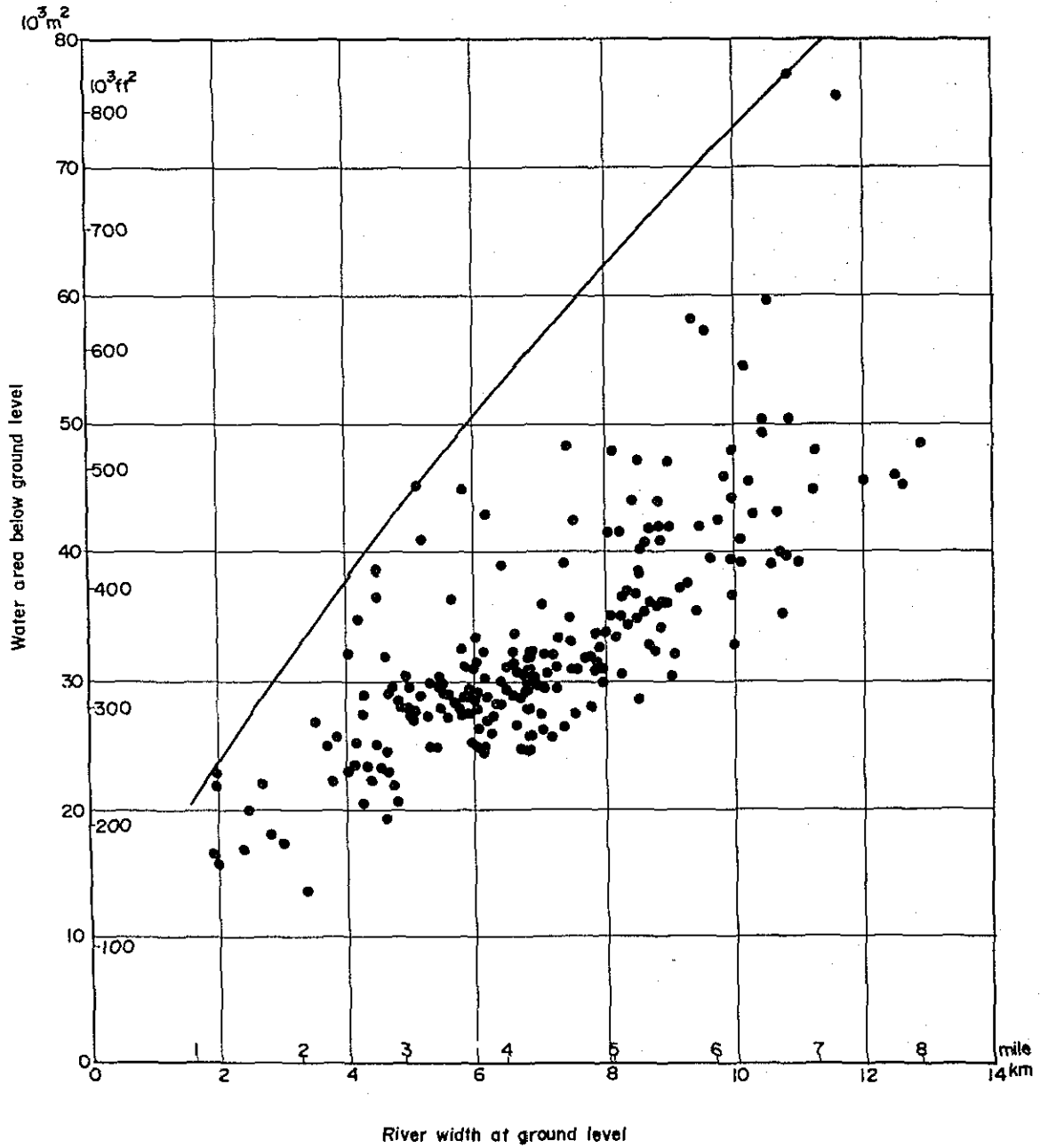
$$A_2 = Q/V_{m2} - A_1 (V_{m1}/V_{m2}) \quad (3.4)$$

上式で、 $V_{m1}/V_{m2}$  の代わりに、 $V_s/V_m$ 、 $V_{m2}$  の代わりに  $V_m$  で近似すること、 $A_1$  が与えられたとき、 $A_2$  を求めることが出来る。

第V章の予備検討から、 $V_{m2}$  は約  $1.6\text{ m/s}$  で流量  $90,000\text{ m}^3/\text{s}$  の場合、水位上昇は  $4\text{ m}$  である。従って河道幅を仮定すれば、 $A_1$  一値が求まり、(3.4)式から、 $A_2$  一値が求まる。

AからFig.3-1を用いて最小河幅が求まる。この過程を、仮定河幅が最小河幅の読値に等しくなるまで繰返し、結果として、流量  $90,000\text{ m}^3/\text{s}$  ( $3,180,000\text{ cfs}$ ) に対応する最小河幅として、 $3,900\text{ m}$  が推算された。一方河幅を縮小した場合の堰上げ量を検討した結果、巾  $2\text{ Km}$  の場合、 $10\text{ cm}$  以上、 $4\text{ Km}$  の場合  $5\sim 6\text{ cm}$ 、 $5.5\text{ Km}$  の場合  $1.5$  程度と推定された。又平均流速は  $2\text{ Km}$  の場合は約  $2.3\text{ m/s}$ 、 $4\text{ Km}$  の場合は、 $1.8\text{ m/s}$ 、 $5.5\text{ Km}$  の場合は  $1.7\text{ m/s}$  である。更に第V章8での検討結果から川巾を  $4\text{ Km}$  より狭めると水中工事が急激に増加し、工事の危険性が増大するとともに工費が急激に増大する。これらの点から総合的に判断すると Jamuna 河の資料から得た第3の方法が Jamuna 河に於ては、最小河幅を与えるものと判断できる。

Fig. 3-1 Relation Between Water Area below Ground Level and River Width at Ground Level





## 第IV章 架橋のための計画流量

### 1. Bahadurabad 地点の確率高水流量

現時点の調査では架橋の候補地として、(a) Bahadurabad 下流、(b) Gabargaon 周辺、(c) Sirajganj の下流約 10 Km、及び (d) Aricha の上流約 20 Km の 4 地点とする。橋梁計画のための最小河幅及び計画高水位を決定するために各地点の計画流量を決める必要がある。この計画流量は橋梁の規模、重要性から考えて、100 年確率規模とすべきである。

一方、Bahadurabad での記録を除いて、長期間の洪水記録は取られていない。従って、Bahadurabad に於ける流量の超過確率より各地点の計画流量を推定することとする。この場合、Old Brahmaputra と Dhaleswari の両河は分派するものとし、Hurasagar 河が合流するとする。

Bahadurabad に於ける 100 年確率流量は  $86,900 \text{ cu} \cdot \text{m/s}$  ( $3,042,000 \text{ cfs}$ ) であり、これは、既に第 2 章の 4.2 で説明した通りである。仮りに 150 年確率をとるとすれば、 $Q = 87,840 \text{ cu} \cdot \text{m/s}$  ( $3,104,000 \text{ cfs}$ ) となる。これはわずか 2% 増である。

次に、マンニング式を用いると  $Q$  は次の様に表わされる。

$$Q = \frac{W}{n} H^{5/3} I^{1/2}$$

ここで、 $W$  ; 河幅

$H$  ; 平均水深 ( $H \doteq R = A/W$ ,  $A$  ; 流積)

$n$  ; 粗度係数

$I$  ; 水面勾配

流量  $Q$  が  $\Delta Q$  増加するとすると次の如くなる。

$$Q' = Q + \Delta Q = \frac{W}{n} H'^{5/3} I^{1/2}$$

$H'$  ; 河幅  $W$  巾での増加後の水深

次に増加後の水深を  $H' = H + yH$  として上記 2 式を代入すると  $1 + y = (1 + X)^{3/5}$  となり約  $y = \frac{3}{5}X$  となる。

仮りに 100 年洪水の代りに 150 年洪水を採用するとすれば、流量の増加率  $X$  は前述の如く、わずか 2% である。水深の増加率  $y$  で云えば、上式より 1.2% となる。100 年洪水が兩岸に築造された堤防内に押しこめられると、平均水深は約 1.8 m となる。従って、150 年確率洪水が堤防内に押しこめられた場合の水位上昇量は 0.2 m に過ぎない。したがって流量増による水位上昇は、架橋計画上、あまり問題はなく、現状では 1/100 確率流量を採用すれば充分と考える。

## 2. 派川への流量分派

### 2.1 Old Brahmaputra 河への分派

Bahadurabad 観測所に於ける流量 ( $Q_B$ ), Mymensingh に於ける流量  $Q_M$  とて、これらより、同地点の同日相関をしらべ、これを Fig.4-1 に示した。

この図より次に示す、かなり良い相関式を得た。

$$Q_M = 0.0536 Q_B - 10.5 \quad (Q_M, Q_B; 10^3 \text{ cfs})$$

### 2.1 Dhaleswari 河への分派

Dhaleswari 河は Jamuna 河より分派後、Dhaleswari 河と Kaliganga 河の2つにさらに分かれる。従って、この河の流量は、Jagir 観測所 (Dhaleswari 河) と Taraghat 観測所 (Kaliganga 河) の流量を合計する必要がある。しかし、これら2観測所と同年時に測られた Sirajganj 観測所に於ける流量はない。したがって、Sirajganj 観測所の代わりに Bahadurabad に於ける流量資料によらざるを得ない。

Jagir と Taraghat 観測所が、Bahadurabad 観測所と 150 Km 程度離れているので、相関解析に当っては、時差を考える必要がある。数回の試算後、好ましい時差は1日であろうと思われる。この下に2流量の相関を求めると Fig.4-2 の通りであり、相関式を求めると次の通りである。

$$Q_{J+T} = 0.0789 Q_B - 5.9 \quad (Q_{J+T}, Q_B; 10^3 \text{ cfs})$$

ここに、

$Q_{J+T}$  ; Dhaleswari 河流量 (Tagir + Taraghat)

$Q_B$  ; Bahadurabad 流量

### 2.3 架橋四候補地点に於ける計画流量

流量配分に当っては、次の様に考えるものとする。

- a Old Brahmaputra 河への分流量は、将来同川に建設される barrage により、30,000 cfs と制限することになっている。(87GN)
- b Dhaleswar 河への分流量は左岸堤が完成された時でも現状の分派比率に従うものとする。
- c Hurasagar 河は Jamuna 河の出水ピーク時、その背水のため合流が止まるので、合流量は無視する。
- d 左岸側への越流は将来左岸堤が出来ることからして考慮しない(87GN)
- e Jamuna 河道の流量低減は、洪水が河川延長にくらべ、非常にフラット長く、さらに水位上昇がゆるやかであるため考慮しない。

以上の条件で Jamuna 河の 100 年確率洪水に於ける流量配分は次の通りである。

89,600 cu·m/s (3,163,000 cfs); Old Brahmaputra 河の分派点から Dhaleswari 河の分派点までの区間

82,700 cu·m/s (2,919,000 cfs) ; Dhaleswari 河分派点から Ganges 河  
の合流点までの区間

参考までに, Old Brahmaputra 河分派点上流区間は 90,500 cu·m/s  
(3,193,000 cfs) であり, Old Brahmaputra 河には 850 cu·m/s (30,000  
cfs) と制限し, Dhaleswari 河へは, 6,910 cu·m/s (244,000 cfs) であ  
る。これらの流量配分を現状と比較して Fig. 4-3 に示す。

Fig. 4-1 Correlation of Discharges

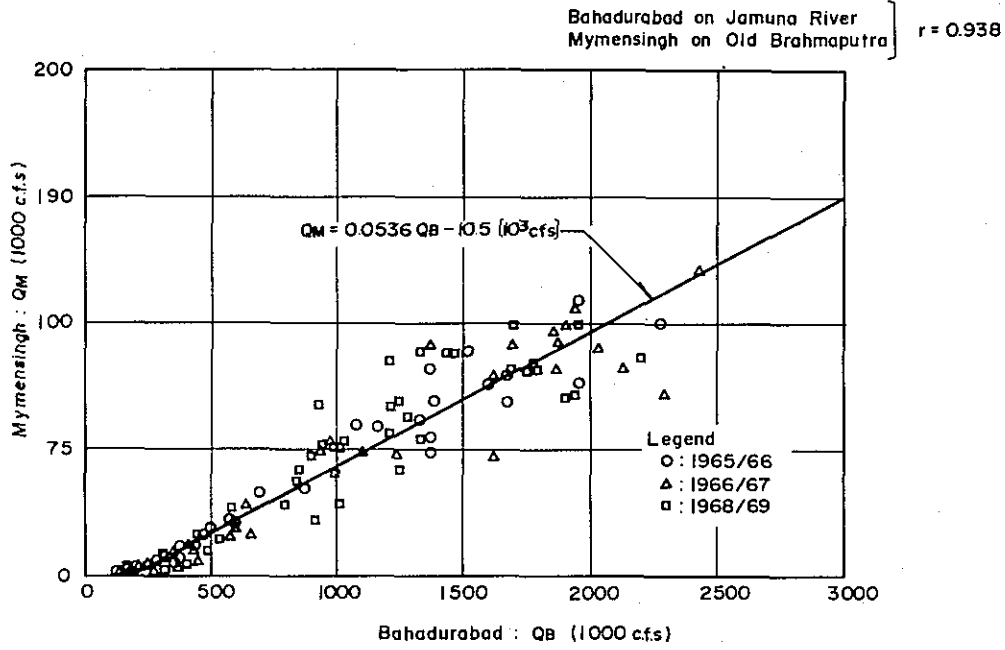
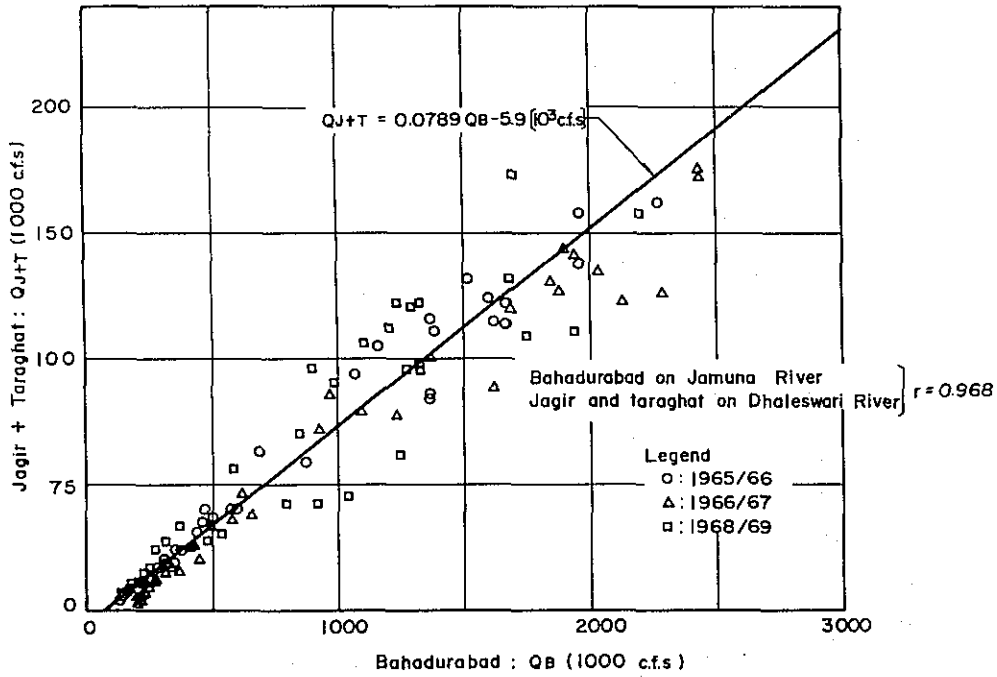


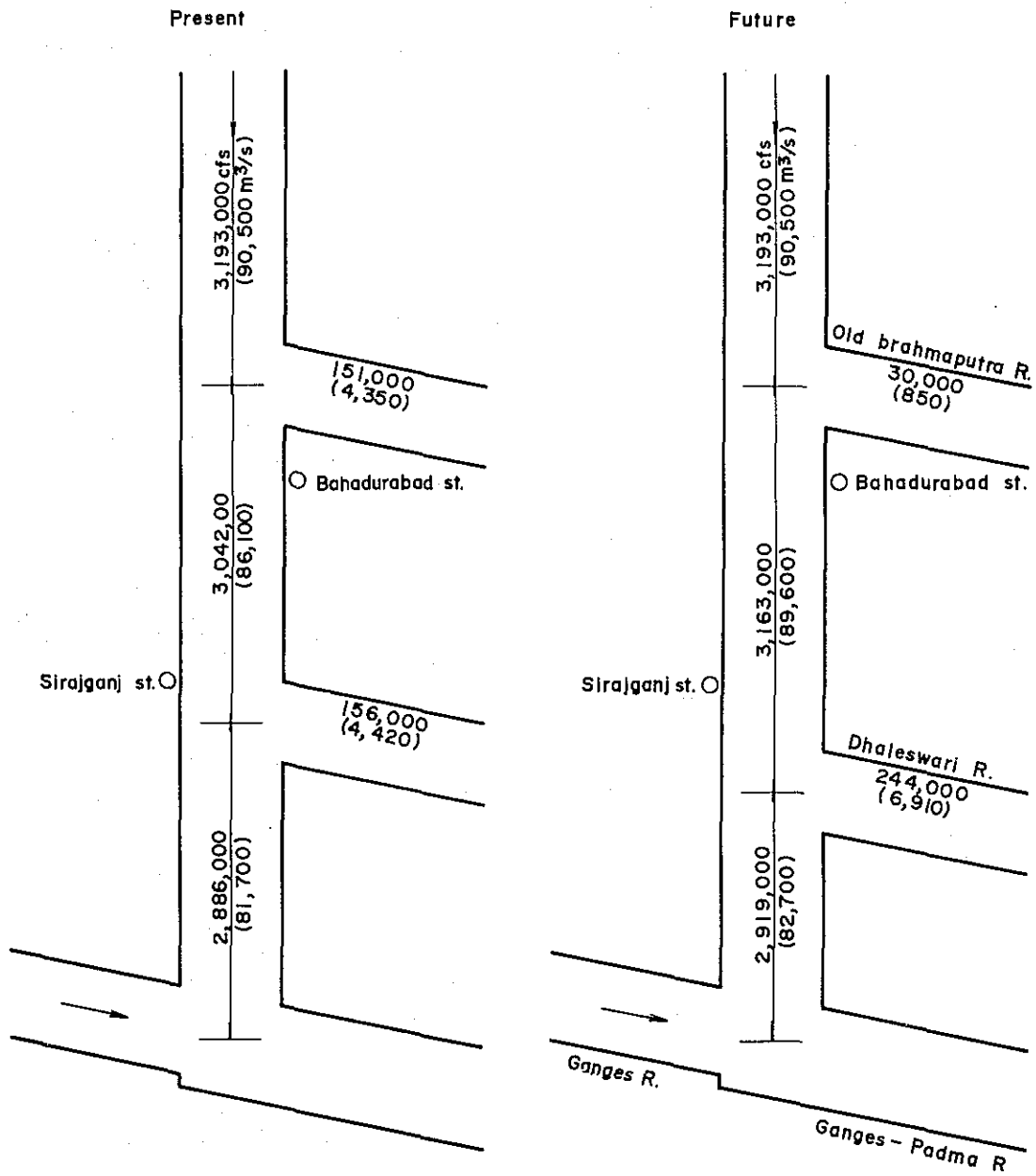
Fig. 4-2 Correlation of Discharges



\* 1 day is considered as time-lag between two stations

Fig. 4-3 Discharge Allocation of Jamuna River

( for 100yr. flood )



## 第V章 河川工事の予備設計

Inception report に従って Fig. 2-9 に示した4計画架橋地点の適否の比較のために河川工事の工事費を予備的に積算する必要がある。河川工事の予備設計のために1973年の洪水期に日本の測量隊により測量された地形図、河道横断図と1970/71年の乾季に撮られた航空写真を併せ用いた。

予備設計が1974年の洪水期の前に実施されたので1974年の洪水は流量確率計算には含めていない。このために超過確率解析の結果は第2章4で説明した。予備設計段階に於ける4架橋地点の計画流量は Fig. 4-3 の流量配分図より次の通りである。

8 9,6 0 0 cu.m/s (3,1 6 3,0 0 0 cfs) : Old Brahmaputra 河の分派点から Dhaleswari 河の分派点までの区間

8 2,7 0 0 cu.m/s (2,9 1 9,0 0 0 cfs) : Dhaleswari 河分派点から Ganges 河合流点までの区間

予備設計では河川工事、橋梁工事を含めた総工事費を比較するために計画4地点に於て3種の guide bank が検討された。

### 1. 架橋地点に於ける guide-bank 間隔

#### (a) タイプA

1970/71年乾季に撮られた航空写真あるいは Fig. 2-9 に見られる通り乾季に於ける主水路幅は結節部で約 2 Km (6,6 0 0 ft) である。この幅をタイプAとした。

#### (b) タイプB

第3章2で既に説明した通り Guide bank の最小純幅として約 4 Km (13,1 0 0 ft) が必要となる。橋脚及びそれによる損失分を全幅に加えて 4.2 Km (13,8 0 0 ft) をタイプB Guide bank スパンとした。

#### (c) タイプC

タイプCは各地点の河岸幅 (cliff 間) を採用し、これは以下の通りである。

5.2 Km (17,0 0 0 ft) : Nagarbari 地点

5.6 Km (18,4 0 0 ft) : Sirajganj 地点

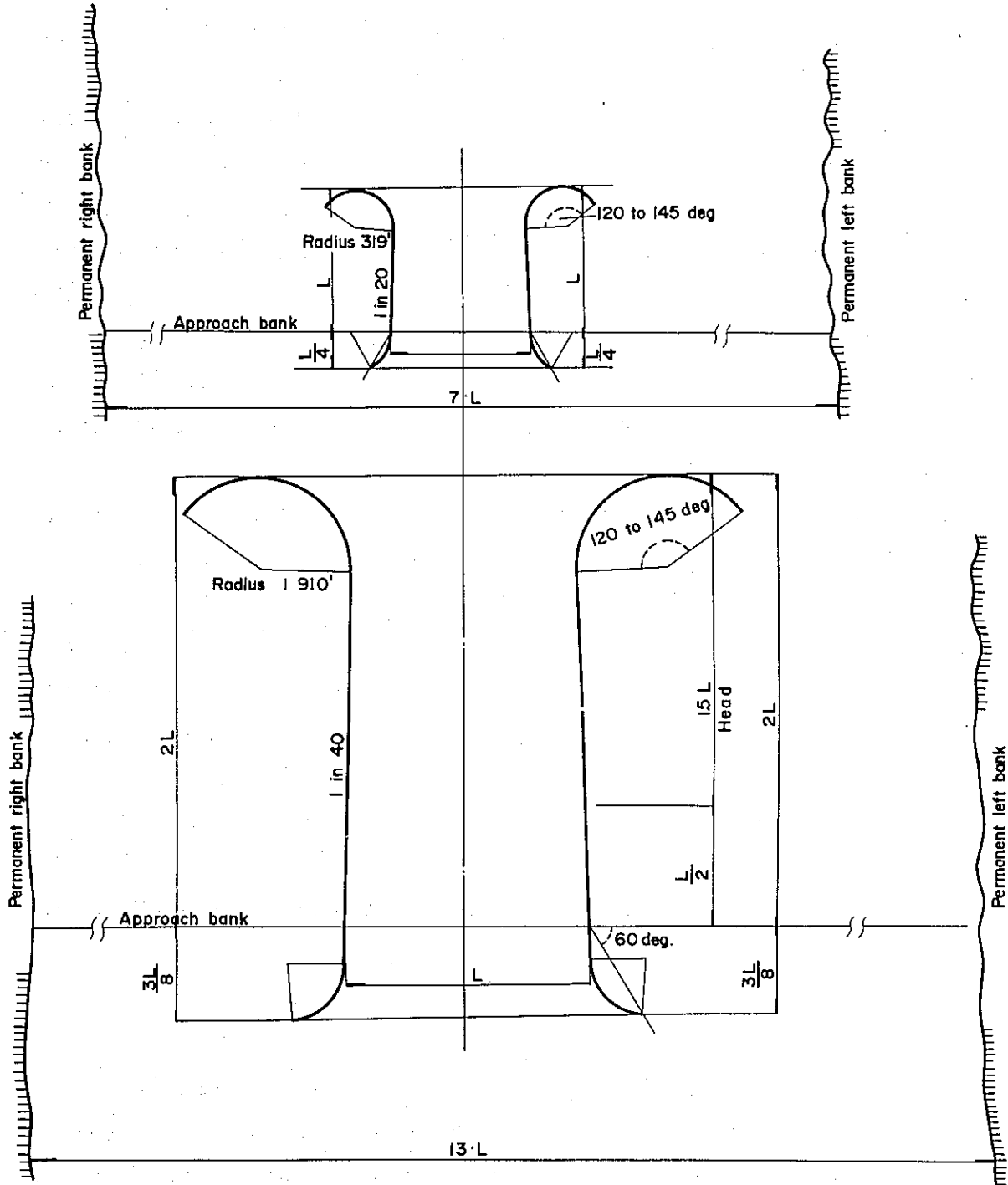
5.2 Km (17,0 0 0 ft) : Gabargaon 地点

5.6 Km (18,4 0 0 ft) : Bahadurabad 地点

### 2. Guide-bank 法線

R.R. Gales はアプローチに対する被害を避け、出来るだけ橋梁下を流下する洪水流を均等化して橋脚を護るために必要な法線及びその延長をその著書 (118 GB) で提案している。これに依れば標準的な法線及び延長は Fig. 5-1 の通りである。この図の中で Gales は permanent bank という言葉を用いている。しかしながら Jamna 河の場合、この言葉

Fig. 5-1 Dimension of Guide Bank  
(by Gales)



に相当するものは見あたらないが Ganges 河の場合便宜的に Sara 地点の河岸の粘土層を指し、これと呼んでいるものと思われる。

Jamna 河の場合、河道幅は年々変化するので兩岸の permanent bank 間の距離をとるとすると 1970/71 年に撮られた航空写真によれば約 2.0 Km (1.24 マイル) である。

Fig.5-1 によれば permanent bank 間の幅が guide bank スパンの 1.3 倍であれば橋軸上流の guide bank 部分の延長は guide bank スパンの 2 倍とすべきであると説明している。さらに permanent bank 間距離が guide bank スパンの 7 倍の場合 guide bank スパンに等しい延長が必要となる。この中間の場合は内挿により求めるものとする。

この調査に於てはタイプ A のみが内挿となる。そこで橋軸より上流部の guide bank 延長は内挿により 3,000 m とした。しかしながら他の 2 タイプは上記範囲外である。これら 2 タイプの guide bank に対しては流れがタイプ A で予期されるものと同じであり導流機能を保持するに必要な延長として調査団の判断により橋軸上流の guide bank 長は 3,000 m とした。

Guide bank の先端部 (上流部) に於ては水路部の曲がり方を考慮して円弧形を採用しその半径は Gales の提案に従いがい 627 m (1,910 ft) とした。Guide bank スパン 2000 m の場合さらに 250 m の直線部を円弧の先端に追加し、他のタイプに於ては円弧長は 120° の角度内におさめるものとする。

橋軸下流側の guide bank の設計長は Fig.5-1 に示した標準値  $3L/8$  に従いがい guide bank スパン 2,000 m に対して 750 m と計算される。他のケースに対して上記延長よりも短かくする理由はないので全ケースに 750 m を適用することとする。Fig.5-1 に示した平面形も又全ケースに適用することとする。この様にして guide bank の法線は Fig.5-10-1 から Fig.5-10-4 の様に計画し guide bank の総延長は次の通りとなる。

- Guide bank スパン 2,000 m の場合には片岸で 5,495 m (18,020 ft) であり両岸では 10,995 m (36,050 ft) となる。
- 上記以外の guide bank については片岸で 4,634 m (15,190 ft)、両岸で 9,268 m (30,390 ft) となる。

さらに将来詳細設計の段階では guide bank の法線、延長の決定に水理模型実験が必要となる。

### 3. 計画高水位

まず第一に兩岸の堤防内に洪水が押しこめられた場合の河道の水面形、流速等の一般的特性を知る必要がある。計算は 1974 年以前の Bahadurabad に於ける最大流量である。

1970 年 7 月 28 日の洪水流量に基づき Old Brahmaputra と Dhaleswari 河の分派を考慮して設定した流量を 1969/70 年の乾季に BWDB により測られた横断面図を用いて水位計算を行なった。



この測量は4マイル毎の大間隔で行なわれている。したがって水位計算に当っては不等流計算は適用できない。この場合摩擦抵抗による水頭損失が支配的であるので、等流計算によるものとし、粗度係数は  $n = 0.02$  を採用した。

計算した水位縦断は Fig. 5-2 の通りであり、その流速は Table 5-1 の如くである。Fig. 5-2 には 1970 年 7 月 28 日実測の洪水水位も比較のため示した。さらに参考のため計画流量 (100 年確率) の水面形も併せて示した。計画流量の場合は 1964/65 年以降 BWD B により測られた平均横断面を用いた。

Fig. 5-2, Table 5-1 より (a) 流量が堤防内に押しこめられた時の水位上昇量は下流部では地盤上 4 m, 上流部では同 2.5 ~ 3.0 m に達する。これに対し兩岸に越流を許した場合の水位上昇量は全区間に亘り約 2.5 m 程度であり、(b) その平均流速は数断面を除いて約 1.6 m/s 程度となる。

Table 5-1 Mean Velocity on the River Course  
(1970 flood and 1967/70 cross section)

Sect. No.	Water stage (m. PWD)(ft. PWD)	Water area ( $10^3 m^2$ )	Discharge ( $m^3/s$ )	Mean Velocity (m/s) (ft/s)	Remarks
J					
1	9.00 (29.51)	41.52	70,660	1.70 (5.57)	n = 0.02
2	12.68 (41.57)	53.13	70,660	1.33 (4.36)	
3	14.07 (46.13)	44.13	70,660	1.60 (5.25)	
4	13.25 (43.44)	55.25	70,660	1.28 (4.20)	
5	14.83 (48.62)	50.34	70,660	1.40 (4.59)	
6	15.20 (49.83)	52.06	70,660	1.36 (4.46)	
7	14.93 (48.95)	43.47	76,460	1.76 (5.77)	
8	15.77 (51.70)	42.19	76,460	1.81 (5.93)	
9	16.96 (55.61)	46.71	76,460	1.64 (5.38)	
10	16.60 (54.43)	51.24	76,460	1.49 (4.89)	
11	19.86 (65.11)	40.33	76,460	1.90 (6.23)	
12	19.64 (64.39)	49.18	76,460	1.56 (5.11)	
13	21.10 (69.18)	49.93	76,460	1.53 (5.02)	
14	21.30 (69.84)	56.05	80,260	1.43 (4.69)	
15	23.67 (77.61)	46.92	80,260	1.71 (5.61)	
16	24.54 (80.46)	51.73	80,260	1.55 (5.08)	
			mean	1.57 (5.15)	

4 架橋地点の水位縦断図は前述した設計流量と日本の測量隊により 1 Km あるいは 2 Km の間隔で測られた横断図により計算を行なった。この計算では計画流量は堤防内に押しこめられ粗度係数  $n = 0.02$  の条件の下に不等流計算法によった。各架橋地点の区間に於ける下流端水位は下流 5 Km の区間の平均横断と前述した水面勾配等から等流計算により水位・流量曲線を作成し、これにより決定した。さらに 1 Km あるいは 2 Km の間隔は不等流計算にとっては大きすぎるので順次 500 m 間隔で内挿断面を設けた。

計算結果は Table 5-2 の通りである。この結果に基づいて計画高水位を以下の如く決定した。

a. Nagarbari 地点

Fig. 5-2 Water Level Calculated by Mannings Formula

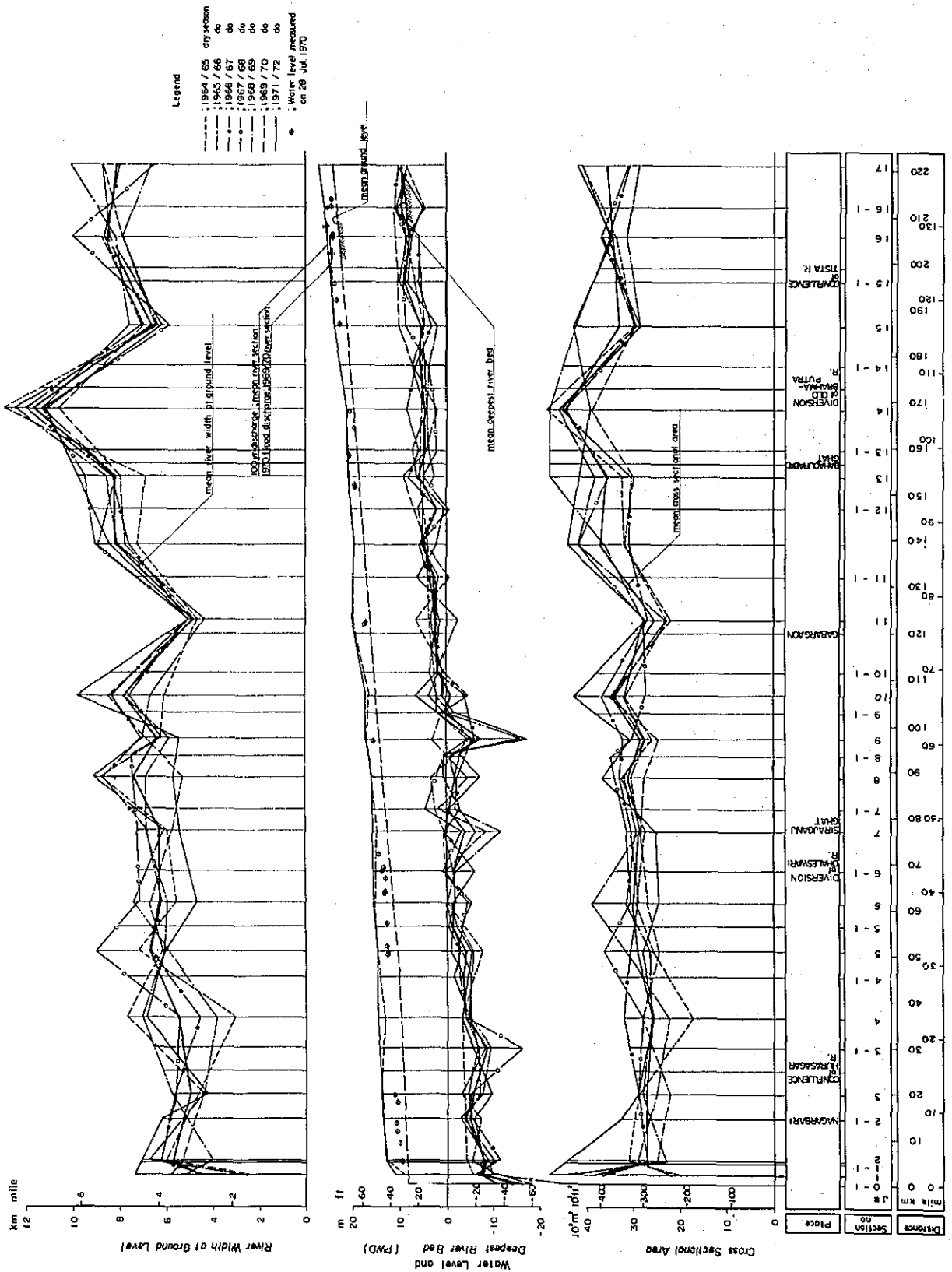


Table 5-2-1 Design High Water Level

Nagarbari - site		Sirajganj - site			
Section NO.	Distance(Km)		Section NO.	Distance(Km)	
	between sections	cumulative		between sections	cumulative
	Average G.H. (m,PWD)	Calculated W.L. (m,PWD)	Average G.H. (m,PWD)	Calculated W.L. (m,PWD)	Design L.W.L. (m,PWD)
N-23	9.100	13.550	10.650	14.620	14.700
22	9.139	13.595	10.728	14.689	14.758
21	9.178	13.638	10.808	14.724	14.877
20	9.209	13.668	10.879	14.764	14.869
19	9.249	13.704	10.962	14.813	14.930
18	9.285	13.748	11.049	14.862	14.994
17	9.327	13.814	11.145	14.919	14.065
16	9.362	13.860	11.238	15.008	15.134
15	9.392	13.894	11.332	15.069	15.203
14	9.420	13.934	11.380	15.108	15.239
13	9.454	13.978	11.432	15.128	15.277
12	9.478	13.999	11.472	15.166	15.307
11	9.505	14.030	11.514	15.187	15.337
10	9.543	14.092	11.578	15.278	15.385
9	9.586	14.123	11.671	15.343	15.454
8	9.622	14.135	11.753	15.442	15.514
7	9.657	14.162	11.827	15.512	15.569
6	9.689	14.210	11.893	15.586	15.617
5	9.730	14.233	11.973	15.605	15.676
4	9.715	14.293	12.050	15.653	15.733
3	9.791	14.370			
2	9.817	14.391			
1	9.850	14.403			

Table 5-2-2 Design High Water Level

Gabargaon - site			Bahadurabad - site						
Section NO.	Distance (Km)		Average Calculated Design HWL		Section NO.	Distance (Km)		Average Calculated Design HWL	
	between sections	cumulative	G.H. (m,PWD)	W.L. (m,PWD)		between sections	cumulative	G.H. (m,PWD)	W.L. (m,PWD)
	(km)	(km)	(m,PWD)	(ft,PWD)		(km)	(km)	(m,PWD)	(ft,PWD)
G-14	0	0	15.350	18.710	B-14	0	0	17.300	19.700
13	2.04	2.04	15.512	18.879	13	2.00	2.00	17.455	19.987
12	1.64	3.68	15.641	18.989	12	2.12	4.12	17.620	20.233
11	1.87	5.55	15.789	19.083	11	1.28	3.40	17.719	20.344
10	1.81	7.36	15.933	19.202	10	1.59	6.99	17.843	20.437
9	1.52	8.88	16.053	19.294	9	1.40	8.39	17.951	20.510
8	1.30	10.18	16.156	19.381	8	1.44	9.83	18.063	20.673
7	1.30	11.48	16.259	19.464	7	1.36	11.19	18.169	20.805
6	1.10	12.58	16.364	19.557	6	0.89	12.08	18.238	20.931
5	1.34	13.92	16.452	19.640	5	1.38	13.46	18.345	21.031
4	1.56	15.48	16.576	19.779	4	1.82	15.28	18.486	21.202
3	1.55	17.03	16.698	19.923	3	1.93	17.21	18.636	21.349
2	1.70	18.73	16.833	20.034	2	1.45	18.66	18.748	21.472
1	1.48	20.21	16.950	20.126	1	1.31	19.97	18.850	21.566

D.H.W.L. (N-13 断面) = 1 4.0 1 m (4 5.9 4 ft), PWD

I = 1 / 2 5,4 0 0

b. Sirajganj 地点

D.H.W.L. (S-11 断面) = 1 5.2 4 m (4 9.9 7 ft), PWD

I = 1 / 1 8,5 0 0

c. Gabargaon 地点

D.H.W.L. (G-10 断面) = 1 9.4 4 m (6 3.7 4 ft), PWD

I = 1 / 1 5,0 0 0

d. Bahadurabad 地点

D.H.W.L. (B-9 断面) = 2 0.8 6 m (6 8.4 0 ft), PWD

I = 1 / 1 5,0 0 0

計画高水位を Table 5-2 に併記した。

#### 4. Guide bank の標準断面

##### 4.1. 余 裕 高

余裕高は風浪とか将来に於ける計画流量や河床の変化等を考慮して決めるべきであろう。Jamuna 河の右岸堤の場合には5フィートの余裕高がとられている。したがって仮りに3mの余裕高をとればこの場合十分である。しかしながら余裕高として3mを確認するためには風浪による打ち上げ高を以下に示す如く調べる必要がある。

Bangladesh に於ける既往最大風速は Fig.5-3 及び Table 5-3 の通りである。この図より Chittagong や Cox's Bazar のような南東部海岸により大きな最大風速が発生している。これに対し内陸部、西方に向い最大風速は減少し、Sirajganj では 1 3.4 m/s, Bogra では 1 1.8 m/s 及び Rangpur では 8.6 m/s の如くである。これらの値より波の計算に用いる風速は 15 m/s (4 9.2 ft/s) とする。吹送距離や水深は地形特性から判断して各々 10 Km, 10 m を採用するものとする。

有義波高  $H_{1/3}$  は浅水波に於ける Bretschneider の理論 (1 1 9 GB) により計算し、その条件は次の通りである。

条件；風 速  $U_{10} = 15 \text{ m/s}$

吹送距離  $F = 10 \text{ Km}$

水 深  $h = 10 \text{ m}$

以上より求めた波の諸元は次の通りである。

波 高 ( $H_{1/3}$ ) :  $gH_{1/3} / U_{10}^2 = 0.046 \therefore H_{1/3} = 0.946 \text{ m}$

周 期 ( $T_{1/3}$ ) :  $T_{1/3} = 3.86 \sqrt{H_{1/3}} = 3.75 \text{ sec}$

波 長 ( $L$ ) :  $L = \frac{gT_{1/3}^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi h}{L}\right) \therefore L = 21.9 \text{ m}$

波 速 ( $C$ ) :  $C = L / T_{1/3} = 5.84 \text{ m/s}$

Fig. 5-3 Location of Wind-Speed Measuring Station and Record of the Highest

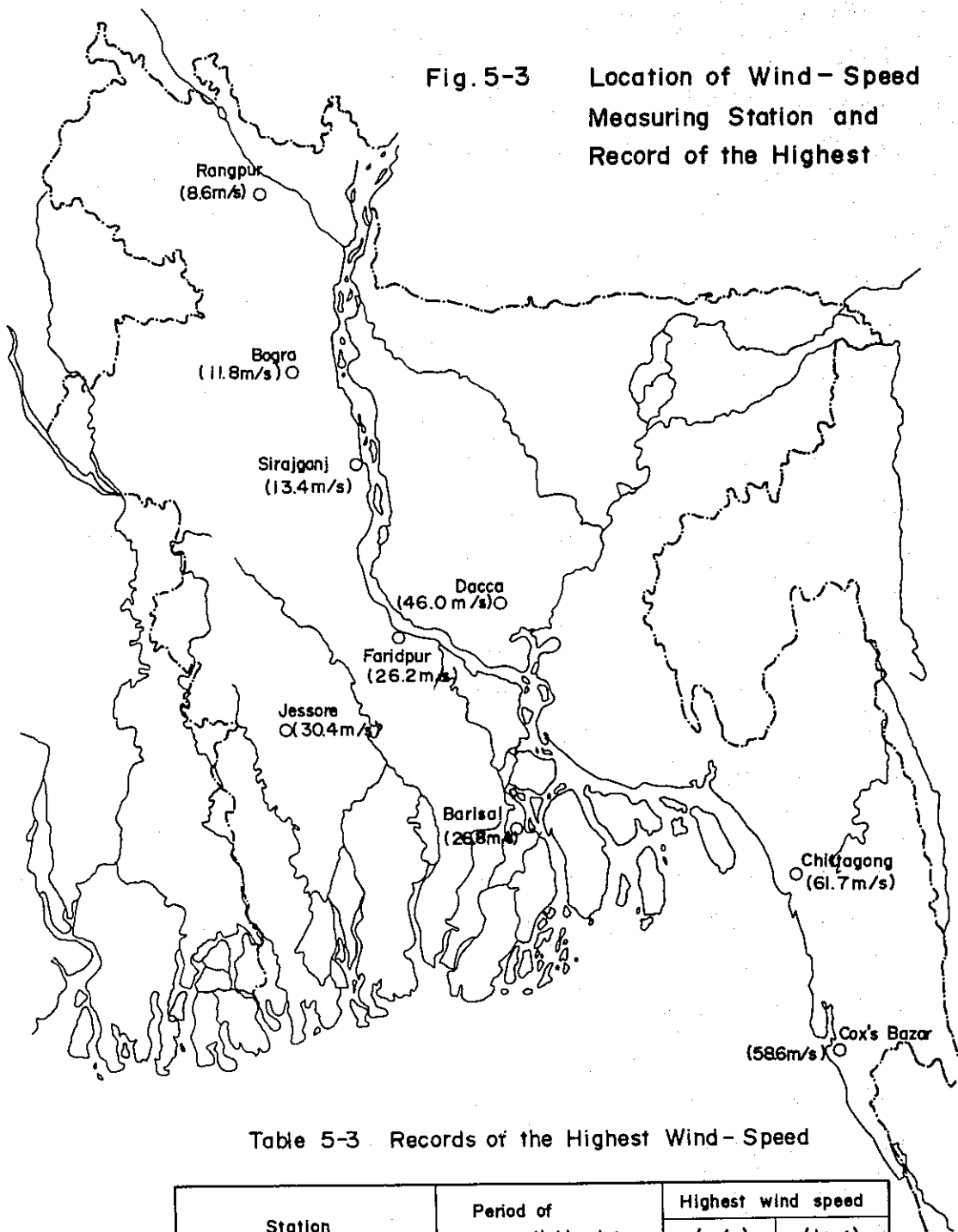


Table 5-3 Records of the Highest Wind-Speed

Station	Period of available data	Highest wind speed	
		(m/s)	(knot)
Rangpur	1960 ~ 1972	8.6	17
Faridpur	" "	26.2	51
Sirajganj	" "	13.4	26
Bogra	" "	11.8	23
Dacca	1955 ~ 1970	46.0	89
Chittagong	" "	61.7	120
Cox's Bazar	1960 ~ 1970	58.6	114
Barisal	1964 ~ 1970	26.8	52
Jessore	1960 ~ 1969	30.4	59

$$\text{波形勾配 (H}_{1/3} / L) : H_{1/3} / L = 0.043$$

次に波数をNとすると有義波高  $H_{1/3}$  とN波の最大波高とはRayleighにより次の様に与えられる。

N	50	100	200	500	1,000	10,000
$H_{\max}/H_{1/3}$	1.42	1.53	1.64	1.77	1.86	2.15

さらにNが増加するとほぼ次の式が成立する。

$$H_{\max}/H_{1/3} = 1.07\sqrt{\log_{10} N}$$

ここで15 mの風が1 hr 吹続したとすると波数は960となり、これより

$$H_{\max} = 1.85 \times 0.946 = 1.75 \text{ m} = 5.74 \text{ ft} \quad \text{となる。}$$

Guide bankの斜面上に於ける波浪の打ち上げ高はSavilの研究(119GB)により推算した。堤防勾配1:3の場合、沖波相当波高 $H_o$ に対する打ち上げ高Rの比率は

$$\text{滑面} : R/H_o = 1.5$$

$$\text{消波工 (異形コンクリートブロック等で被覆した場合)} : R/H_o = 0.64$$

である。

波高0.946 mはほぼ沖波波高に等しいので打ち上げ高は滑面の場合、次の通りとなる。

$$\text{有義波に対して} \quad R = 1.5 \times 0.946 = 1.42 \text{ m} (4.66 \text{ ft})$$

$$\text{最大波に対して} \quad R = 1.5 \times 1.75 = 2.63 \text{ m} (8.62 \text{ ft})$$

法面は石で被覆されるので実際の打ち上げ高は上記の値よりも減少するであろう。

打ち上げ高だけから見ると最大波、滑面の場合に於ても2.63 mで余裕高として十分である。しかしながら将来起るであろう計画流量や河床の変化を考慮して3 m (9.8 ft)を余裕高として採用することとする。

#### 4.2. 天端幅

Guide bankの天端幅は建設工事や工事完了後の維持に便宜を与える事を考慮して10 mを採用することとする。

#### 4.3. 法面勾配

Guide bankの河側の勾配はGalesにより提案されたOver-all apronシステムに従って1:3とする。一方堤内側は小段を設け全体として1:3となる様に1:2の勾配とする。法覆工は表法に対してはポリエチレン・マットによる被覆を行ない裏法に対してはポリエチレン・マットと芝付工を施すものとする。表法面上の捨石の重さは波力抵抗を考慮してHudson式を用いて検討した。捨石の単位重量を2.65 t/m<sup>3</sup>, 水を1 t/m<sup>3</sup>, 被覆材により決まる定数を3.2とすると1つの石の必要重量は52.2 Kgあるいは115.1 lbとなる。

#### 4.4. Apron

#### 4.4.1. Guide bank 間の平均水深

河道が guide bank により局部的に縮小されると流速は局部的に増加し河床は縮小部で低下することとなる。この低下量は流砂量が縮小部及びその上下流の区間に於て等しいという条件の下に推定できる。連続する2断面間で流量と流砂量が一定であるとしてマンニング式と流砂式とを連立して解くと2断面間の水深比は次の通り与えられる。

$$\frac{H}{H_0} = \frac{B}{B_0} - \left(1 - \frac{1}{P}\right)^{6/7}$$

ここで  $P$  は流砂量式を  $Q_s = aB U_*^P$  と表わした場合の指数であり各符号の説明は次の通りである。

$Q_s$  : 流砂量

$a$  : 定数

$P$  : 指数

$U_*$  : 摩擦速度

さらに  $B, H$  : 水路幅及び水深

$B_0, H_0$  : 基準断面の水路幅, 水深と定義する。

指数  $P$  の値は佐藤・吉川・芦田式 (119GB) では3, ブラウン式 (119GB) では5となる。従って上式は次の通りとなる。

$$\frac{H}{H_0} = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-4/7} = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-0.57} \quad ; \text{佐藤, 吉川, 芦田式}$$

$$\frac{H}{H_0} = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-24/35} = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-0.69} \quad ; \text{ブラウン式}$$

一方 EM ロールセン (123GB) は次式を提案している。

$$\frac{ds}{H_0} = \left(\frac{B_0}{B}\right)^{0.59} - 1 \quad ; U_* / W < 1/2 \quad (\text{掃流})$$

$$\frac{ds}{H_0} = \left(\frac{B_0}{B}\right)^{0.64} - 1 \quad ; U_* / W = 1 \quad (\text{遷移})$$

$$\frac{ds}{H_0} = \left(\frac{B_0}{B}\right)^{0.69} - 1 \quad ; U_* / W > 2 \quad (\text{浮流})$$

ここで  $ds$  : 洗掘深 =  $H - H_0$

$U_*$  : 摩擦速度

$W$  : 粒子の沈降速度

縮小による損失水頭が小さいと次の如くとなる。

$$\frac{H}{H_0} = \frac{ds}{H_0} + 1$$

これより上記3式は次の通り書き換えられる。



$$\frac{H}{H_0} = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-0.59} \quad : U_* / W < 1/2$$

$$\frac{H}{H_0} = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-0.64} \quad : U_* = 1$$

$$\frac{H}{H_0} = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-0.69} \quad : U_* / W > 2$$

第2章の4.3によれば河床材料の平均粒径はNagarbari, Sirajganj, Gabargaoonの3地点では0.017cmでありBahadurabadに於ては0.027cmである。沈降速度に対する摩擦速度の比が2より大きいのでタイプA, B, Cの全ケース共ロールセン式がブラウン式に一致する。

一般に河状の変化は非常にゆるやかなので人工的な力が加えられない限り、長期間を通しての変化の過程の中では河状は平衡状態とみなし得る。したがって上記公式の適合性を自然河道に上式を適用することにより検討することとする。

この様にして 
$$\frac{H}{H_0} = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-0.69} \quad \dots\dots (5.1)$$

式を日本の測量隊により測られた現状河道区間に適用した。

区間下流端の基準断面に於ける水深を多少調節した後、Fig.5-4に示した様に測量値と計算値とがかなり良く合致する結果となった。したがってguide bankのための縮小による河床の低下量計算には(5.1)を適用することに決定した。

上記の様に調整した基準断面により計算を行なった。その場合の橋軸地点の有効巾は橋梁の全spanから総橋脚幅12m(39.3ft)及び総橋脚幅の25%分さらに減少するものとする。橋軸地点に於ける計算結果はTable 5-4, Fig.5-6の通りとなった。

#### 4.4.2. Guide bank 間流心部水深

流心部水深は平均水深より大きく流心の偏心が大きい程水深が大きくなる。

水路幅をB, 水路幅とみお筋の各中心間距離をE, みお筋の偏心量を2E/B, 平均水深をR, みお筋の水深をHmaxとし、2E/BとHmax/Rとの関係をBWDBにより測られたGanges河合流点から上流220Kmの区間の横断図及び1973年に日本の測量隊により測られた横断図とから特にみお筋が偏心している断面をとり出してしらべた。この結果をFig.5-5に示した。

この図に於いて○印はBWDB, ・印は日本の調査隊により各々測られた横断図について得た特性である。さらにLaceyの研究に基づく資料(×印)も併記してある(114GB)。この資料を見ると○印は乾季に, ・印は洪水期に測られたにもかかわらず、両者の間には目立った差異はない。しかしながらみお筋に於ける水深は偏心度(2E/B)の増加に従って増えるという傾向を示している。

Fig. 5-4 Comparison of River Beds Surveyed and Calculated

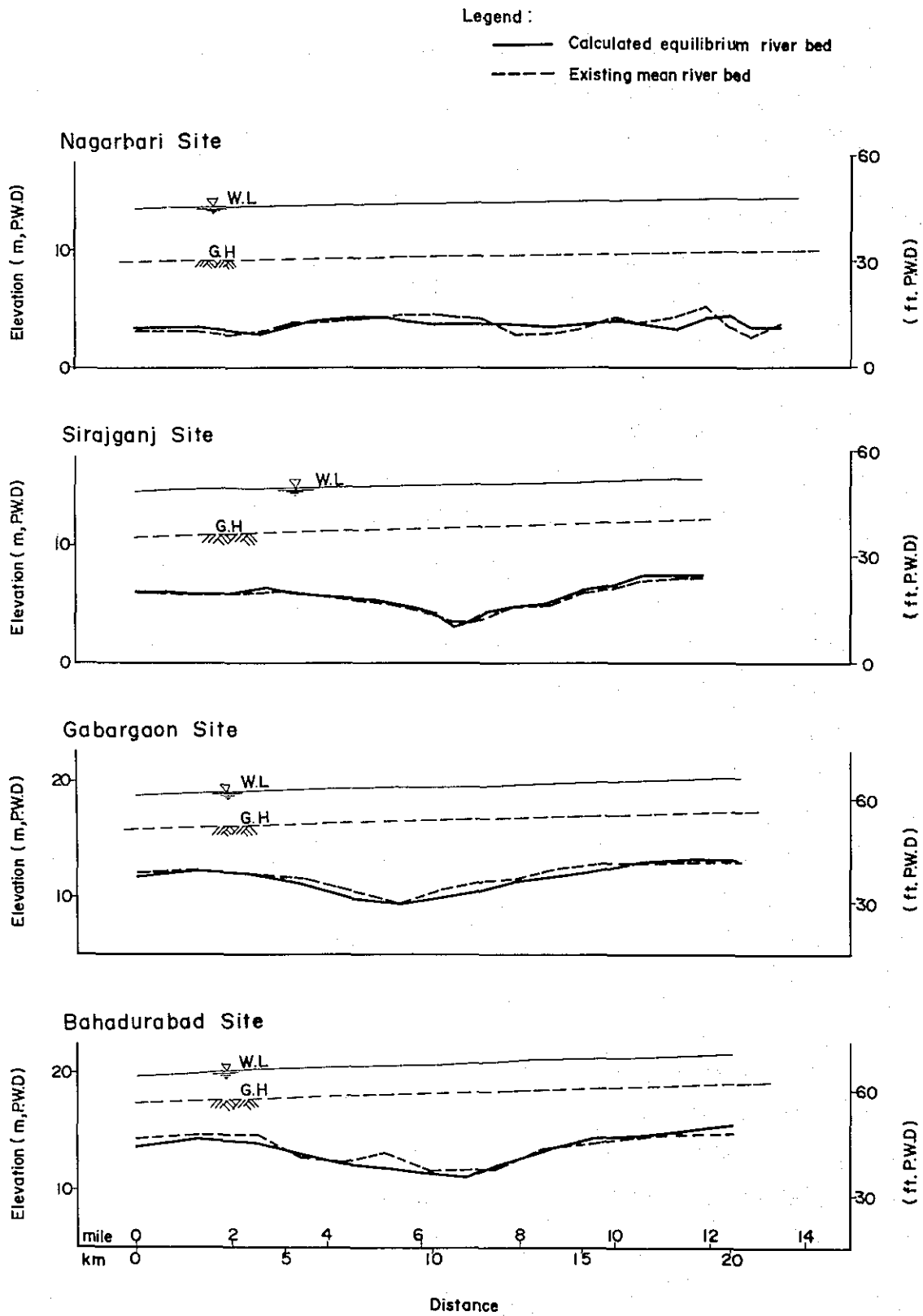


Fig. 5-5 によればみお筋の偏心にはある上限値があるように思われる。したがってこの上限値を 0.9 とすればそれに対する最大値は 3.4 となる。これより全架橋地点の 3 タイプの縮小に対し  $H_{max}/R = 3.4$  の値を用いて最大水深を計算した。この結果を Fig. 5-6 に示した。

Table 5-4 Water Depth at the Constriction to be formed  
by Guide Banks

	type	Width between Number		Water depth Thalweg depth ( $\frac{m}{ft}$ )			
		guide banks (m)	of Piers (m)	Net width (m)	m (ft)	Hmax at head of G.B	Hmax at body of G.B
Nagarbari	A	2000	9	1865	20743 (68.02)	70526 (23126)	56139 (184.08)
	B	4200	20	3900	12466 (40.88)	42384 (138.98)	42384 (138.98)
	C	5200	25	4825	10831 (35.51)	36825 (1207.5)	36825 (1207.5)
Sirajganj	A	2000	9	1865	19949 (65.41)	67820 (22236)	53862 (17660)
	B	4200	20	3900	11985 (39.30)	40749 (13360)	40749 (13360)
	C	5600	27	5195	9845 (32.28)	33473 (1097.5)	33473 (1097.5)
Gabargaon	A	2000	9	1865	20282 (66.50)	68959 (22612)	54891 (17999)
	B	4200	20	3900	12071 (39.58)	41041 (13457)	41041 (13457)
	C	5200	25	4825	10457 (34.29)	35554 (116.58)	35554 (116.58)
Bahadurabad	A	2000	9	1865	18675 (61.24)	63495 (208.20)	50542 (165.73)
	B	4200	20	3900	11083 (36.34)	37682 (12356)	37682 (12356)
	C	5600	27	5195	9185 (30.12)	31229 (10240)	31229 (102.40)

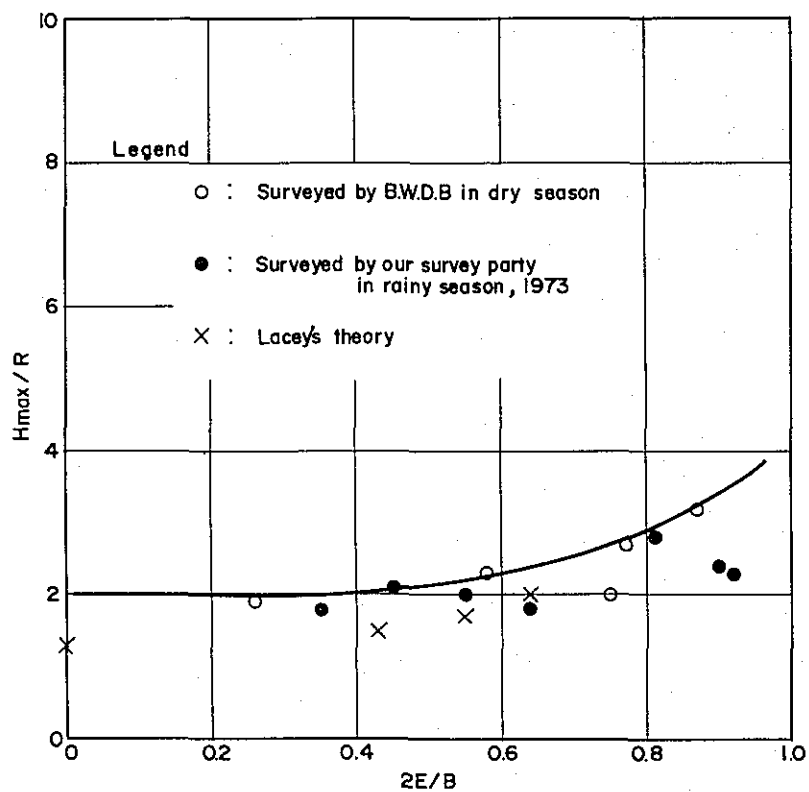
これらの図に於いて×印は計画高水位面下の平均水深を、・印は  $H_{max}/R = 3.4$  とした場合の最大水深を示している。Fig. 5-6 に於ける○印は Hardinge 橋の縮小部を計画流量である 2,500,000 cfs が流下した場合の最大水深を表わしている。さらに同図の⊗印は Hardinge 橋の guide bank の head 部の設計に Gales が適用した最大水深であり、△印は同 body 部に対する最大水深である。Gales により提案された最大水深は Jamuna 河での計算値と良く一致していることがわかる。

以上の様にしてエプロンの設計最大水深を次の様に決定した。

a. タイプ A

Guide bank の head 部：上述の方法で最大水深を求めた。

Fig. 5-5 Relation of  $H_{max}/R$  and  $2E/B$



Data on Max. Depth in Existing River

Data by B.W.D.B

Section NO.	Hmax (m)	R (m)	Hmax / R	2E / B
65/66 J-9	32.0	10.1	3.17	0.872
67/68 3-1	27.6	12.0	2.30	0.575
68/69 7	25.9	13.6	1.90	0.264
69/70 7	23.1	8.5	2.72	0.767
66/67 9	22.1	11.0	2.01	0.746

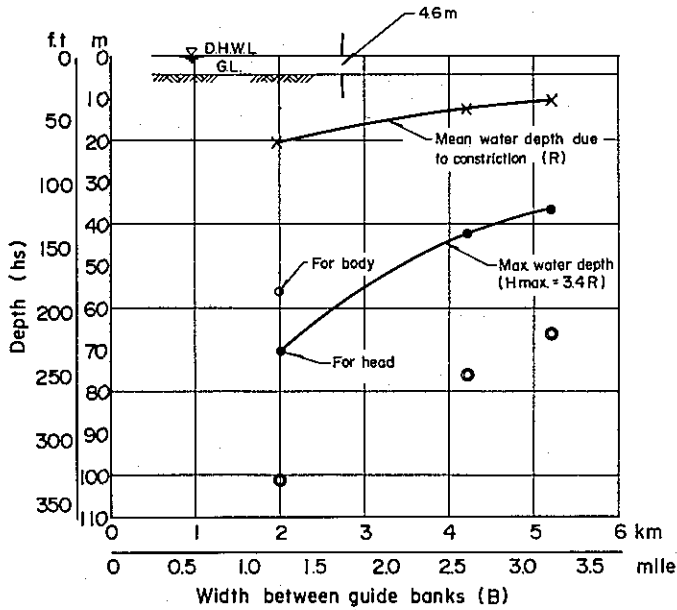
Data by our survey team

Section NO.	Hmax (m)	R (m)	Hmax / R	2E / B
S - 19	23.1	8.3	2.78	0.812
N - 22	22.9	12.9	1.78	0.636
S - 7	22.9	10.7	2.14	0.448
S - 9	22.4	12.3	1.82	0.350
S - 1	21.2	10.8	1.96	0.552
G - 4	20.4	8.6	2.37	0.896
B - 12	18.8	8.2	2.29	0.916

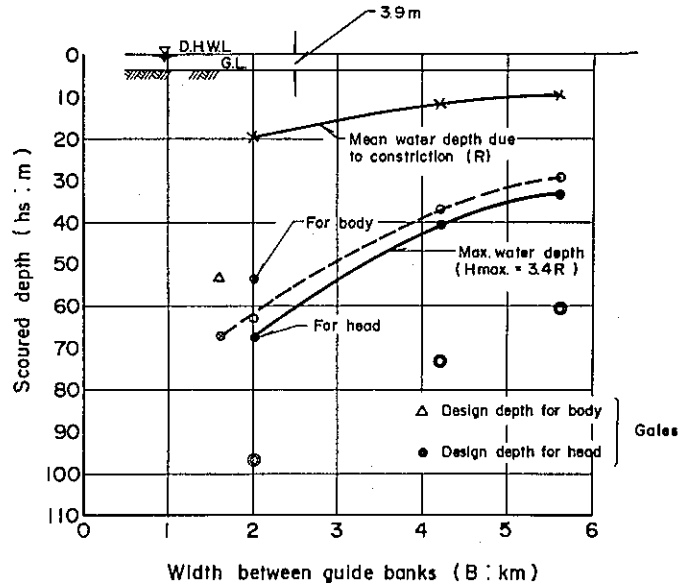
Fig. 5-6 Water depth at constriction due to guide bank

- : Depth applied to design of G.B.
- : Depth applied to design of bridge pier

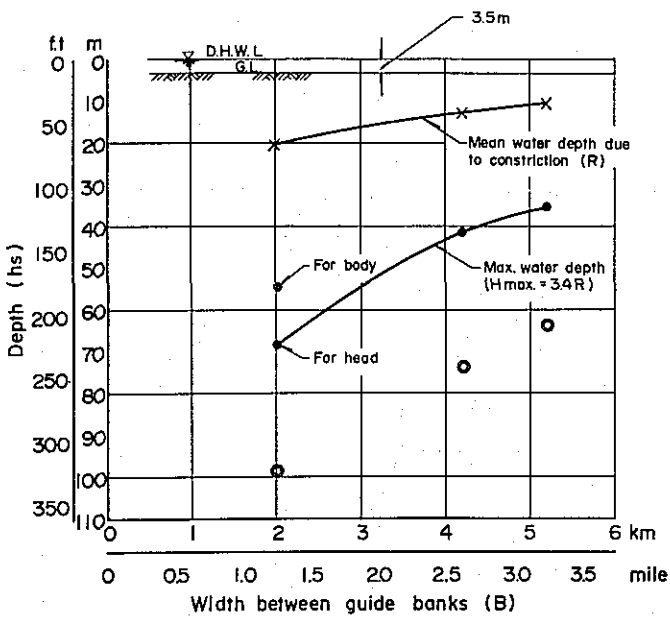
Nagarbari site



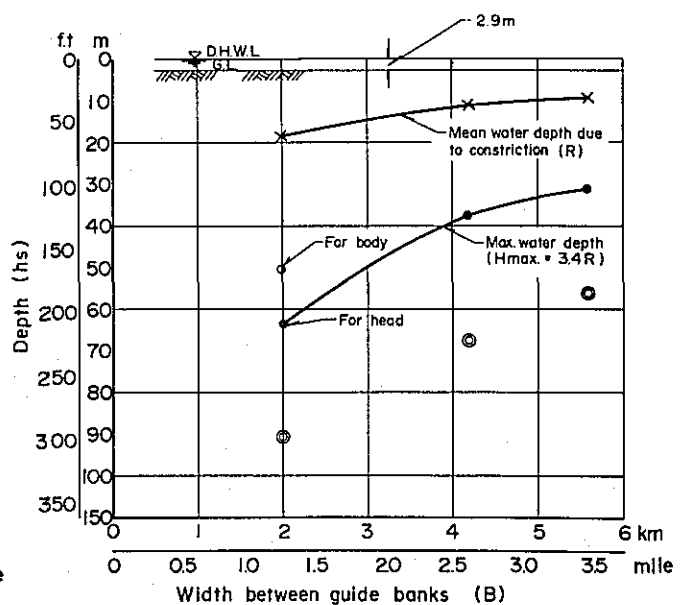
Sirajganj site



Gabargaon site



Bahadurabad site



- 71 m ( 233 ft ) : Nagarbari 地点
- 68 m ( 223 ft ) : Sirajganj 地点
- 69 m ( 226 ft ) : Gabargaon 地点
- 64 m ( 210 ft ) : Bahadurabad 地点

Guide bank の body, tail 部 : body, tail 部に対する設計水深は Gales の提唱した head 部に対する body, tail 各部の水深比をそのまま適用して Gales の経験を生かし次の様に決定した。

- 57 m ( 187 ft ) : Nagarbari 地点
- 54 m ( 177 ft ) : Sirajganj 地点
- 55 m ( 180 ft ) : Gabargaon 地点
- 51 m ( 167 ft ) : Bahadurabad 地点

b. タイプ B

このタイプの guide bank 幅は非常に大きく guide bank の整流機能も期待してないので 3 部分共上述の head 部に対する比率で求め同一水深とした。

- 43 m ( 141 ft ) : Nagarbari 地点
- 41 m ( 134 ft ) : Sirajganj 地点
- 42 m ( 138 ft ) : Gabargaon 地点
- 38 m ( 125 ft ) : Bahadurabad 地点

c. タイプ C

タイプ B と同一の考えで設計水深として次の値を採用した。

- 37 m ( 121 ft ) : Nagarbari 地点
- 34 m ( 111 ft ) : Sirajganj 地点
- 36 m ( 118 ft ) : Gabargaon 地点
- 32 m ( 105 ft ) : Bahadurabad 地点

4.4.3. Guide bank の防護工

Guide bank の前面に置いた石材はその前面の洗掘に従がい沈下し、最終的には guide bank の前面に 1 : 2 の勾配で法面を防護する役目を期待したものである。この考えに基づき Fig.5-7 に示した over-all apron システムを採用した。

(1) エブロン長

上図によればエブロン長 : L は  $L = 1.5 D$  となる。D はエブロン部の平均地盤面から将来河床までの高さ (水深) である。

(2) エブロン の 捨石厚

エブロン捨石のスキ間からの土砂の流出を防ぐのに十分な厚さが必要である。Gales の提案に従がい guide bank の head 部に対しては 7 ft, body 及び tail 部に対しては 6 ft 3 inch の厚さとする。Fig.5-7 で  $T_1$  を 7 ft, 6 ft 3 inch とすればエブロン の 必要厚さ T は以下の様になる。

$$T = 1.5 T_1 = 10 \text{ ft } 6 \text{ inch} \quad : \text{ head に対して}$$

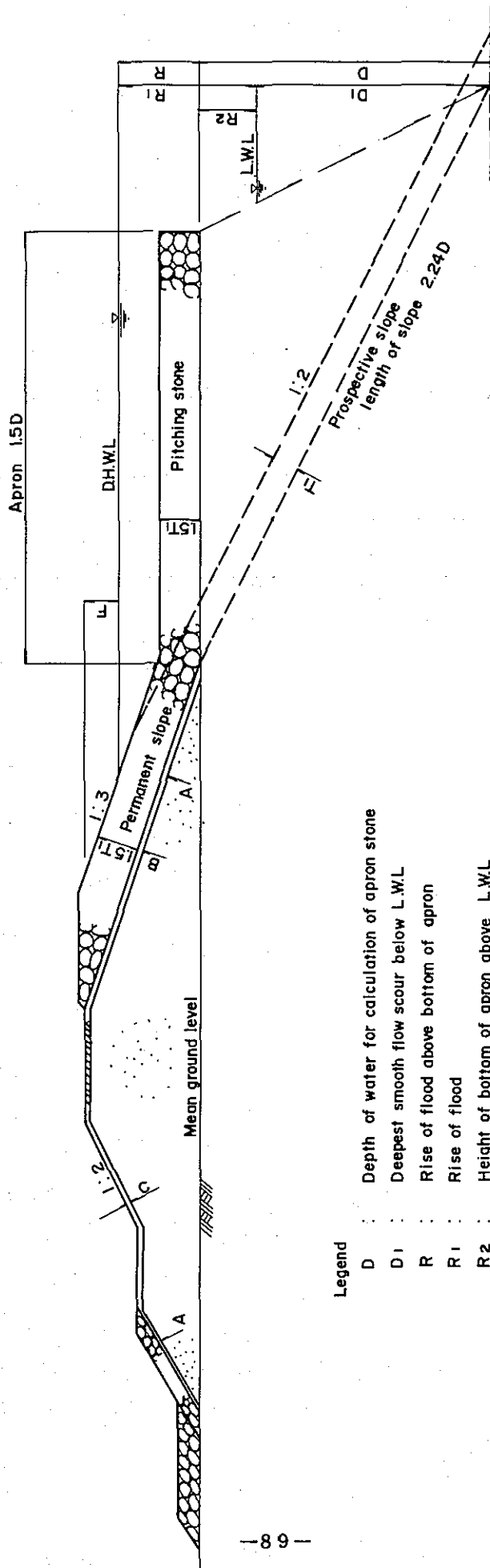
$$T = 1.5 T_1 = 9 \text{ ft } 3 \text{ inch} \quad : \text{ body, tail に対して}$$

したがって多少の余裕を見こんで設計厚を次の様に決定した。

a. タイプ A

Fig. 5-7 Diagram of Overall Apron

Scale 1 : 50,000



Legend

- D : Depth of water for calculation of apron stone
- D1 : Deepest smooth flow scour below L.W.L
- R : Rise of flood above bottom of apron
- R1 : Rise of flood
- R2 : Height of bottom of apron above L.W.L
- T1 : Thickness of stone of prospective slope below bottom of apron
- 1.5T1 : Thickness of stone of permanent slope and of apron
- B : Thickness of ballast (0.5<sup>m</sup>)
- C : Thickness of clay (0.5<sup>m</sup>)
- F : Free-board (3.0<sup>m</sup>)
- A : Thickness of asphalt mat

3.5 m : head に対して

3.0 m : body, tail に対して

b. タイプ B, C

3.0 m : head, body, tail に対して

#### 4.4.4. 捨石の大きさ

予想最大洗掘深の河床上でさえも流水に対して移動しない捨石の大きさを4計画架橋地点の各 guide bank タイプに対して計算した。この場合限界掃流力は Kramer の式を用いた。

$$U_*^2 = 26.95 \cdot d \quad (\text{CGS 単位})$$

又、第 VI 章 3.2 で説明する S. V. Isbash の式により粒径  $d'$  を算定した。

これら2種類から算定された粒径  $d$ ,  $d'$  は Table 5-5 のとおりである。

Table 5-5 Critical Size Calculated by Kramer's Formula and Isbash Formula

Site	Type	H (cm)	I	V (m/s)	$U_*\sqrt{gHI}$ (cm/s)	$U_*^2$	d (cm)	$d'$ (cm)
Nagarbari	A, head	70521	1/25400	5.36	16496	272118	10	62
	A, body	56139	"	4.60	14717	216590	8	45
	B	42384	"	3.81	12788	163533	6	31
	C	36825	"	3.47	11920	142086	5	26
Siraigani	A, head	67820	1/18500	6.12	18945	358903	13	81
	A, body	53862	"	5.25	16883	285038	11	59
	B	40749	"	4.36	14685	215644	8	41
	C	33473	"	3.82	13309	177139	7	31
Gabargaon	A, head	68959	1/15000	6.87	21226	450543	17	101
	A, body	54891	"	5.90	18937	358610	13	75
	B	41041	"	4.86	16375	268141	10	51
	C	35554	"	4.42	15241	232288	9	42
Bahadurabad	A, head	63495	1/15000	6.50	20367	414815	15	91
	A, body	50542	"	5.58	18172	330220	12	67
	B	37682	"	4.59	15690	246176	9	45
	C	31229	"	4.05	14284	204033	8	35

Table 5-5 は最深部に対してそれぞれの式を適用したものである。表からわかるように両者の間には相当の開きがある。その理由は、限界掃流力からのものはその相当部分が動きいわゆる掃流状態になる限界の粒径であり、一方は、単独でも動く限界の粒径であるから、両者に差があっても当然である。又、Harding 橋など guidebank に使用されている石は  $d = 30 \sim 40 \text{ cm}$  のものである。これらのことから考え B, C type は  $30 \sim 40 \text{ cm}$  ( $30 \sim 70 \text{ Kg}$  前後) A type の head 部は  $d = 70 \sim 100 \text{ cm}$  ( $800 \text{ Kg}$  前後) body 部は  $d = 50 \sim 70 \text{ cm}$  ( $300 \text{ Kg}$  前後) の石を採用することにする。



上記の様に計算した B. C. type の捨石の大きさは一般に "One man stone" と呼ばれている石よりも小さい。しかしながらこの章の 4.3 で求めた波力に抵抗する石の重量が 5 2.2 Kg であることから考えて 60 Kg (13 2 1 b) から 1 0 0 Kg (2 2 1 1 b) の範囲の石を採用することにする。

#### 4.5. Guide-Bank の標準断面

Guide bank の標準断面は前述の調査に基づき Fig. 5-8 に示した様に計画し、同下図は水中部に建設する guide bank の標準断面を示したものである。この場合堤脚の両端にまず石堤を作りその間に砂を埋めることになる。石堤の天端面の高さは平均低水面となるようにする。エブロンは現平均地盤上の堤脚部に置くものとする。

Table 5-6-1 から Table 5-6-3 は平均地盤上に建設される guide bank の場合の予想洗掘深(D), エブロン長(L)及びその厚さ(T)を示したものである。

#### 5. Cross dike の標準断面

Cross dike は第 3 章の 1 で説明した概念に従がい計画した。この結果標準断面は Fig. 5-9-2 の通りであり、同下図は水中部に cross dike を築堤する場合を示したものである。

#### 6. 河川工事の工事数量

Guide bank, cross dike 及び締切堤の平面配置は Fig. 5-10-1 から Fig. 5-10-4 の通りでありその工事量, 必要材料は Table 5-7-1 から Table 5-7-2 及び Table 5-8-1, Table 5-8-2 に収録した。この表中の材料は建設中の沈下, 流失等を考え, 余裕を含めたものである。

ここに示した cross dike の材料の中には計画高水位上の堤体及び両河岸の堤内側のアプローチに関しては含めていない。したがってその部分に関しては橋梁計画の報告書に記されている。

#### 7. 河川工事の施工

##### 7.1. 架橋候補地点の自然条件

##### 7.1.1. 気 象

Bogra, Sirajganj, Faridpur の 3 気象観測所が計画架橋地点の周辺にあるので工事に対する気象条件を 1960 年から 1972 年の間に上記観測所で観測された気温, 風速及び 1964/65 (Water year) 年から 1969/70 年までの同観測所で測られた日降雨量を基にしらべた。

##### (1) 気 温

Fig. 5-11 は 1964 年 4 月より 1969 年 3 月までの 5 ケ年の月平均気

Fig. 5-8 Standard Cross Section of Guide Bank (Scale 1/500)

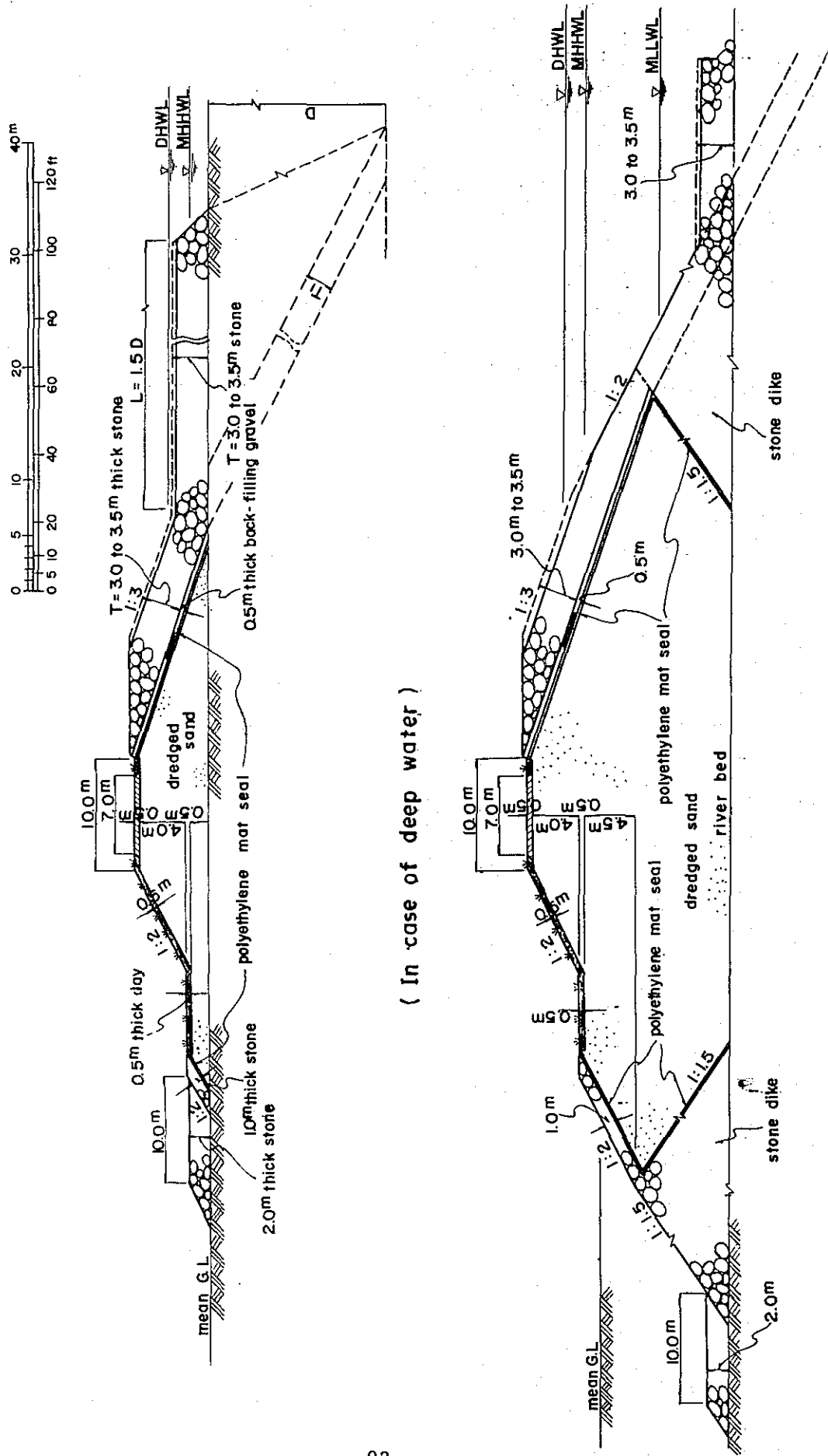


Table 5-6-1 Design Max. Scoured Depth : D  
(Below Average Ground Level)

Site	Part of G.B.	D					
		Type A		Type B		Type C	
		m	ft	m	ft	m	ft
Nagarbari	Head	66	(216.4)	38	(124.6)	33	(108.2)
	Body, Tail	52	(170.5)	38	(124.6)	33	(108.2)
Sirajganj	Head	64	(209.8)	37	(121.3)	30	(98.4)
	Body, Tail	50	(163.9)	37	(121.3)	30	(98.4)
Gabargaon	Head	66	(216.4)	38	(124.6)	33	(108.2)
	Body, Tail	52	(170.5)	38	(124.6)	33	(108.2)
Bahadurabad	Head	61	(200.0)	35	(114.8)	29	(95.1)
	Body, Tail	48	(157.4)	35	(114.8)	29	(95.1)

Table 5-6-2 Design Length of Apron : L = 1.5 D

Site	Part of G.B.	1.5 D					
		Type A		Type B		Type C	
		m	ft	m	ft	m	ft
Nagarbari	Head	99	(324.6)	57	(186.9)	49.5	(162.3)
	Body, Tail	78	(255.7)	57	(186.9)	49.5	(162.3)
Sirajganj	Head	96	(314.8)	55.5	(182.0)	45	(147.5)
	Body, Tail	75	(245.9)	55.5	(182.0)	45	(147.5)
Gabargaon	Head	99	(324.6)	57	(186.9)	49.5	(162.3)
	Body, Tail	78	(255.7)	57	(186.9)	49.5	(162.3)
Bahadurabad	Head	91.5	(300.0)	52.5	(172.1)	43.5	(142.6)
	Body, Tail	72	(236.1)	52.5	(172.1)	43.5	(142.6)

Table 5-6-3 Thickness of Stones of Slope, Apron (T)

Type	Permanent slope		Apron		Prospective slope	
	Head	Body, Tail	Head	Body, Tail	Head	Body, Tail
	A	3.5(11.5)	3(9.8)	3.5(11.5)	3(9.8)	2.34(7.7)
B	3 (9.8)	3(9.8)	3 (9.8)	3(9.8)	2 (6.6)	2(6.6)
C	3 (9.8)	3(9.8)	3 (9.8)	3(9.8)	2 (6.6)	2(6.6)

Fig. 5-9-1 Typical Cross Section of Approach Road (Scale 1/2,000)  
 (Double-track railway & four-lane road, in the vicinity of guide bank)

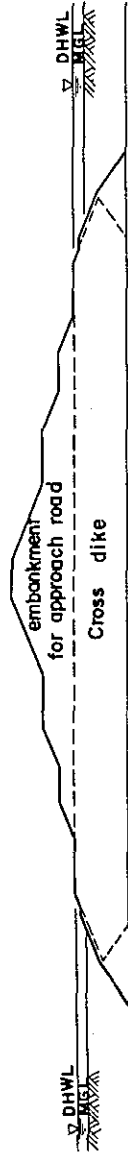


Fig. 5-9-2 Standard Cross Section of Cross Dike (Scale 1/500)

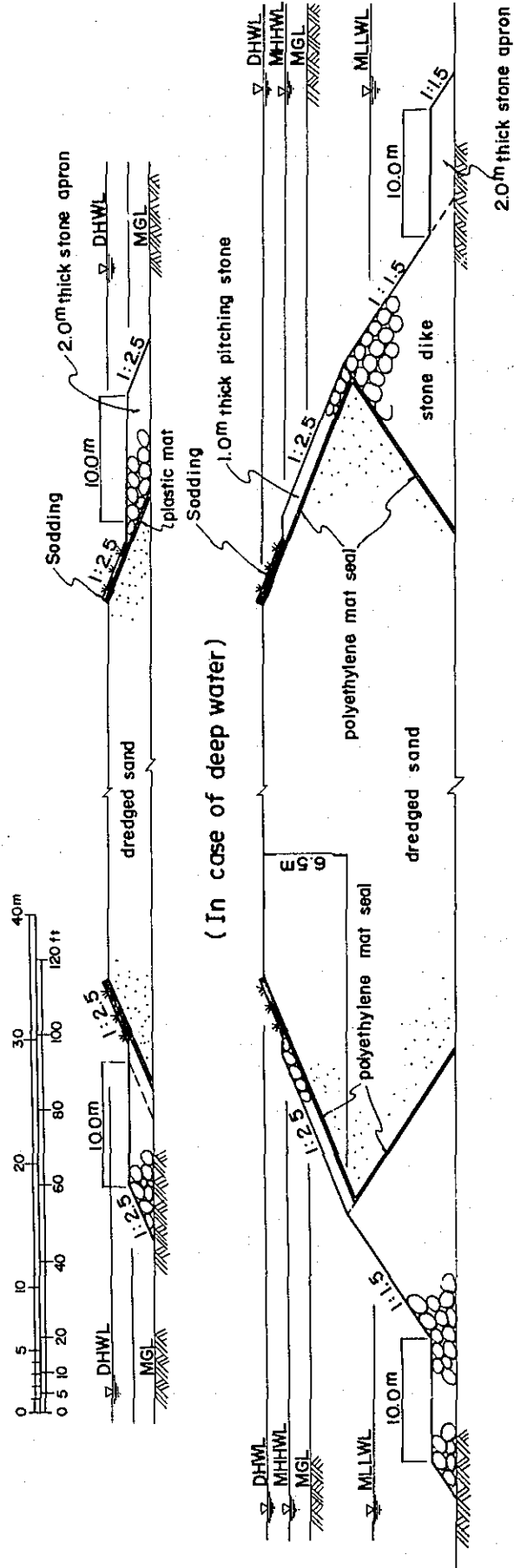
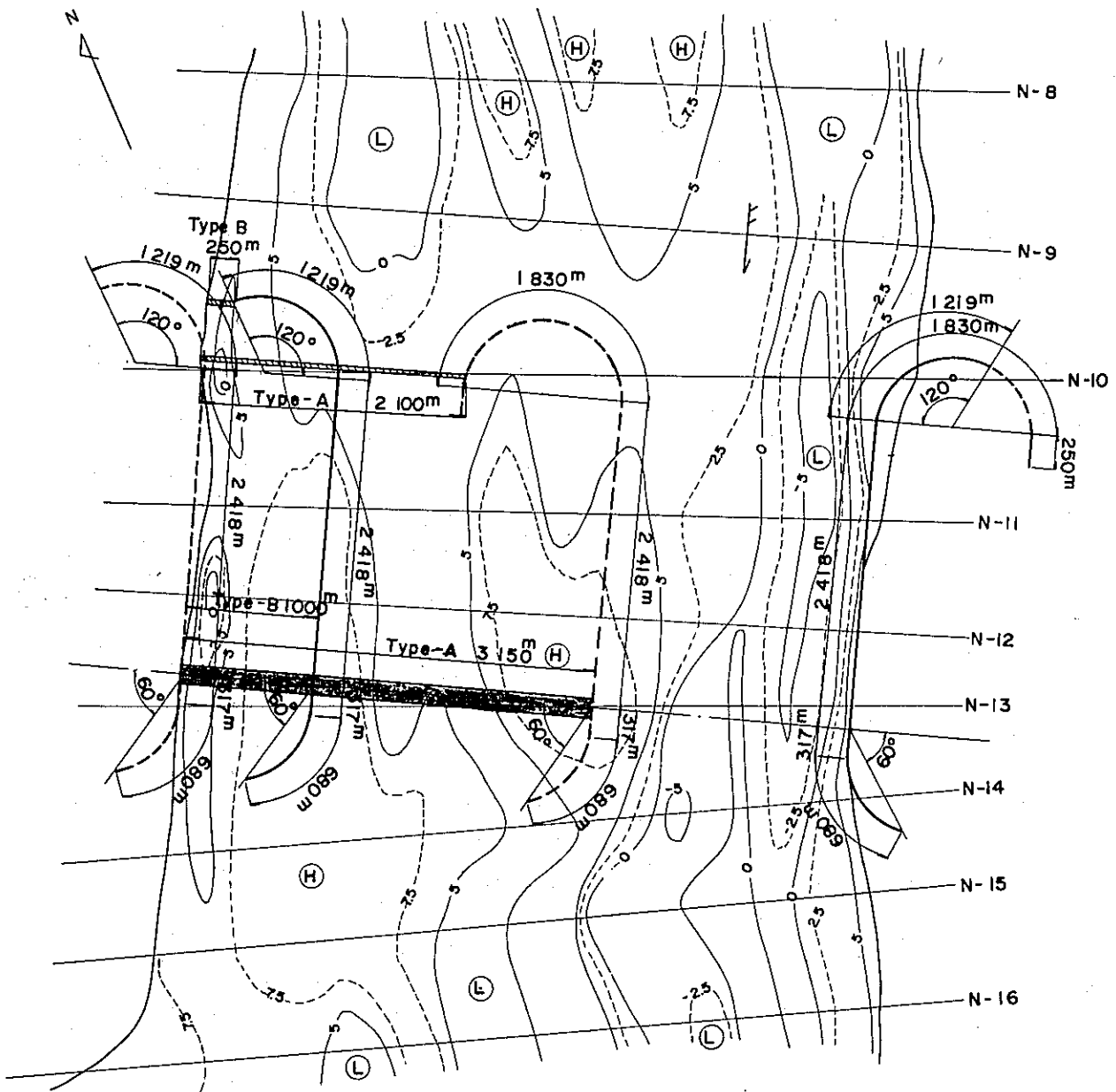


Fig.5-10-1 Arrangement of Guide Banks, Cross dikes and Closing Work

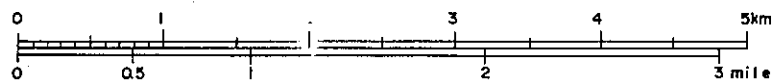
SITE : Nagarbari



SCALE : 1 / 50,000

LEGEND :

- : Type - A
- : Type - B
- : Type - C
- : Guide bank
- : Cross dike
- : Closing work
- : Bridge axis



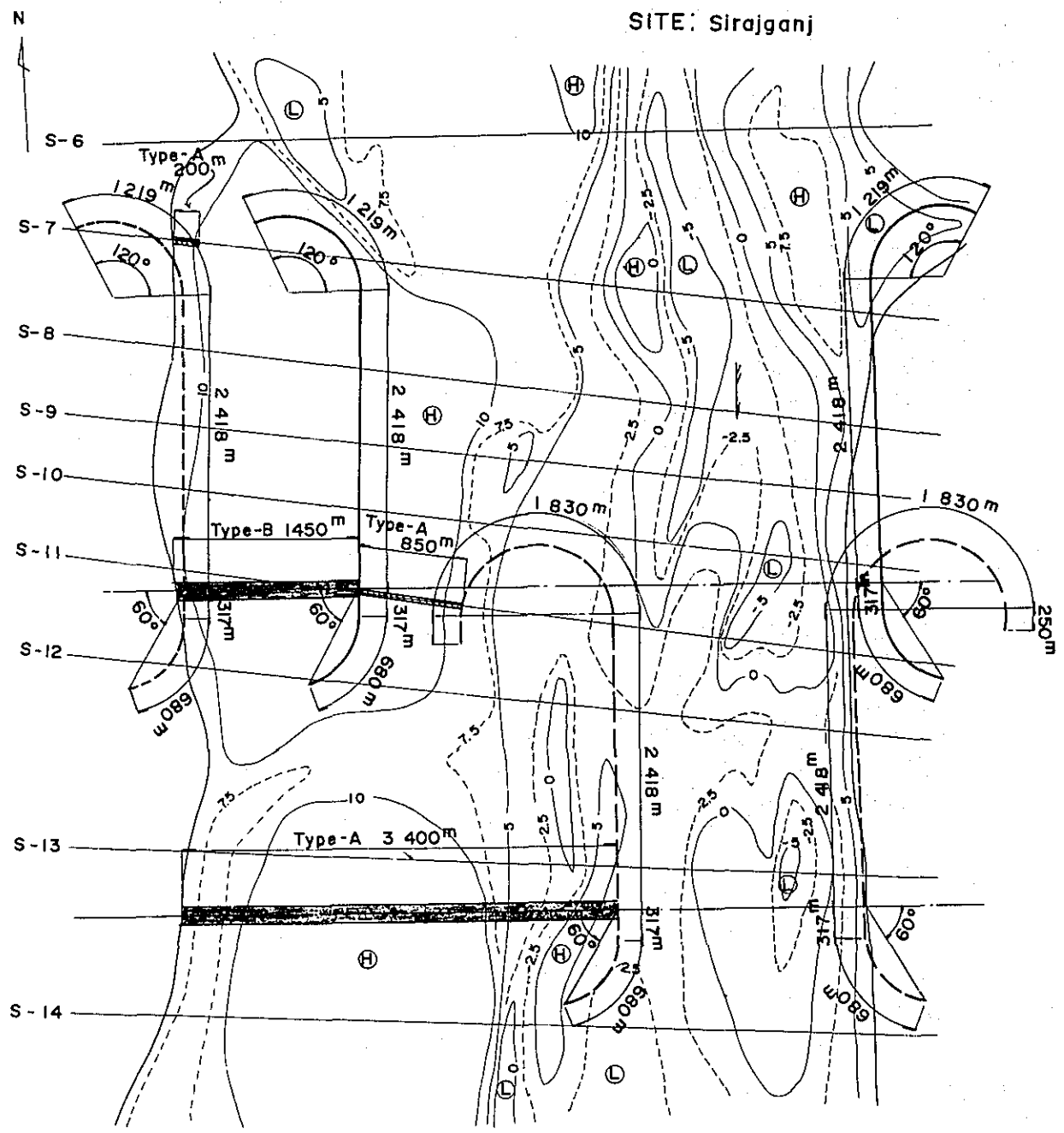
DIMENSION :

( unit : m )

TYPE	Guide bank		Cross dike		Closing work	
	Channel width	Length	Right side	Left side	Right side	Left side
A	2 000	5 495 x 2	3 150	0	2 100	0
B	4 200	4 634 x 2	1 000	0	250	0
C	5 200	4 634 x 2	0	0	0	0

CONTOUR LINE : in m, PWD.

Fig.5-10-2 Arrangement of Guide Banks, Cross dikes and Closing Work



SCALE : 1 / 50,000

LEGEND :

- - - - - : Type-A  
 ———— : Type-B  
 - - - - - : Type-C

Guide bank

: Cross dike

: Closing work

- - - - - : Bridge axis

DIMENSION :

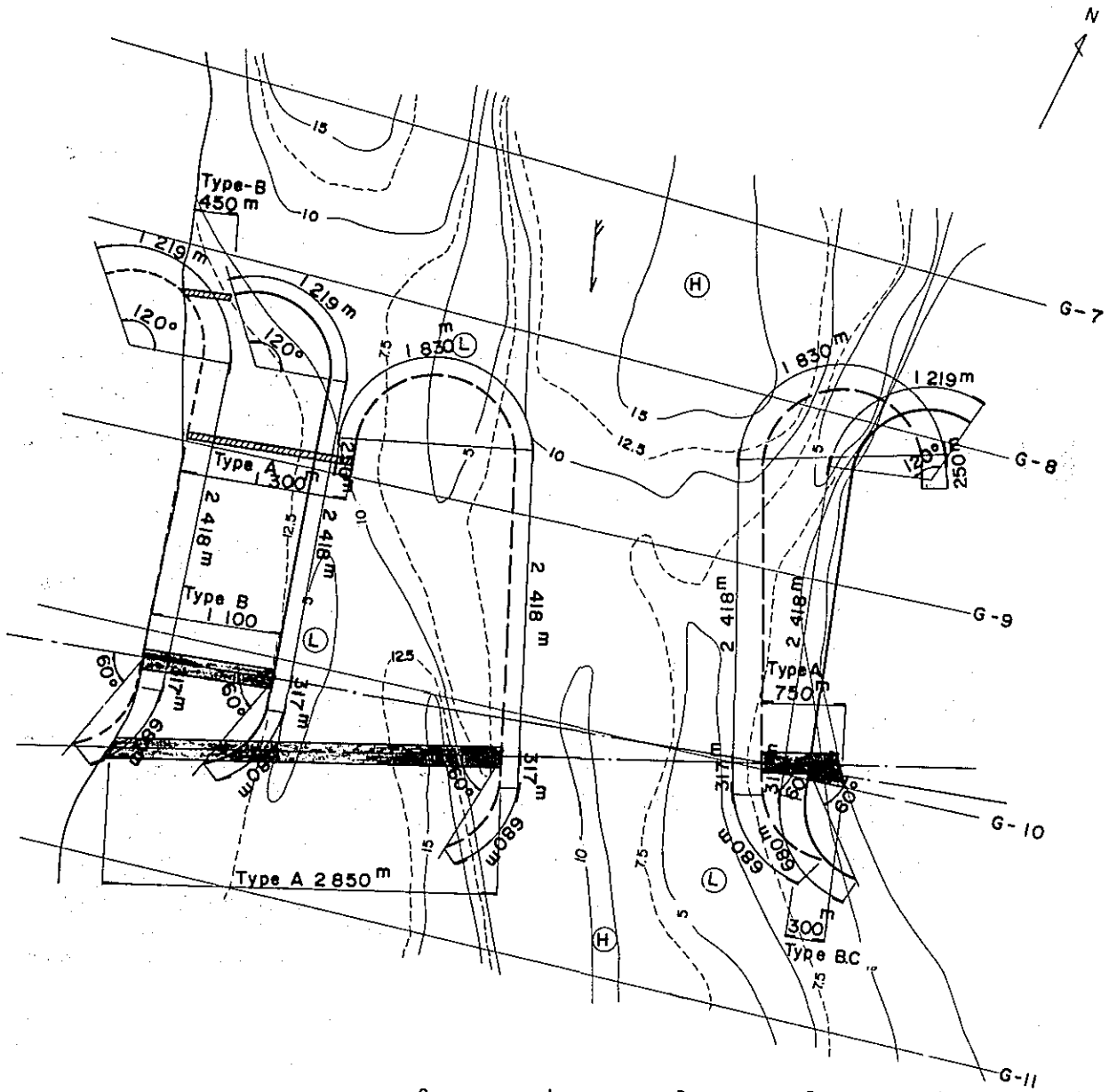
( unit : m )

TYPE	Guide bank		Cross dike		Closing work	
	Channelwidth	Length	Right side	Left side	Right side	Left side
A	2 000	5 495 x 2	3 400	0	1 050	0
B	4 200	4 634 x 2	1 450	0	200	0
C	5 600	4 634 x 2	0	0	0	0

CONTOUR LINE : in m, PWD.

Fig.5-10 -3 Arrangement of Guide Banks, Cross dikes and Closing Work

SITE : Gabargaon


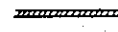



SCALE : 1 / 50,000

LEGEND :

- - - - - : Type - A  
 - - - - - : Type - B  
 - - - - - : Type - C

Guide bank

 : Cross dike  
 : Closing work  
 : Bridge axis

DIMENSION :

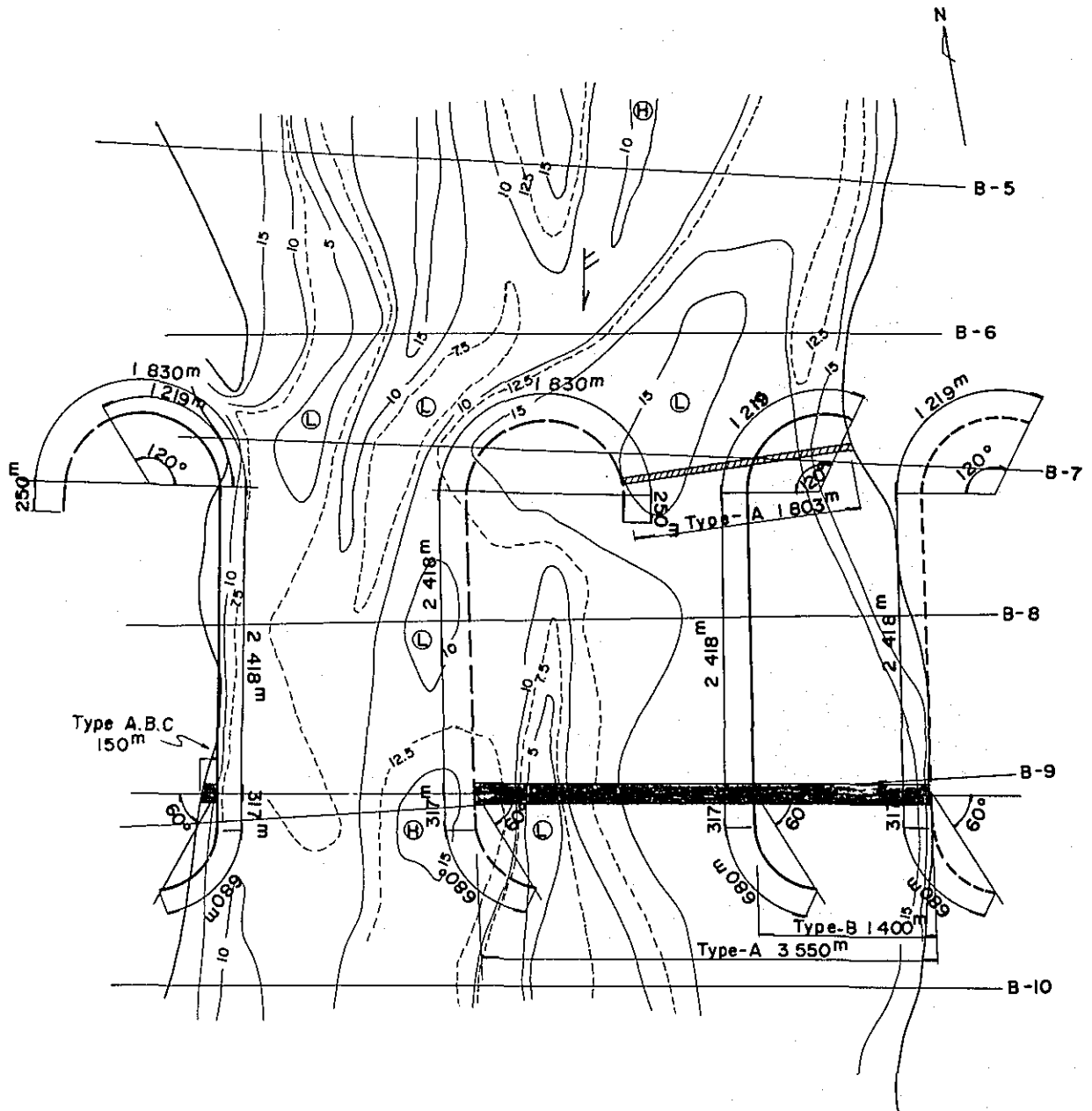
( unit : m )

TYPE	Guide bank		Cross dike		Closing work	
	Channel width	Length	Right side	Left side	Right side	Left side
A	2 000	5 495 x 2	2 850	750	1 300	0
B	4 200	4 634 x 2	1 100	300	450	0
C	5 200	4 634 x 2	0	300	0	0

CONTOUR LINE : in m, PWD.

Fig.5-10-4 Arrangement of Guide Banks, Cross dikes and closing Work.

SITE : Bahadurabad



SCALE : 1 / 50,000

LEGEND :

- : Type - A
  - : Type - B
  - - - : Type - C
- } Guide bank

- : Cross dike
- : Closing work
- : Bridge axis

DIMENSION :

( unit : m )

TYPE	Guide bank		Cross dike		Closing work	
	Channel Width	Length	Right side	Left side	Right side	Left side
A	2 000	5 495 x 2	150	3 550	0	1 805
B	4 200	4 634 x 2	150	1 400	0	0
C	5 600	4 634 x 2	150	0	0	0

CONTOUR LINE : In m , P.W.D.



Table 5-7-1 Quantity of Works

site: Nagarbari

Works	Condition	Unit	Type A		Type B		Type C		
			Left	Right	Left	Right	Left	Right	
Guide bank	Embankment	O.G.	km	5.5	2.8	4.6	4.6	4.6	4.6
		U.W.	km	0	2.7	0	0	0	0
		Σ	km	5.5	5.5	4.6	4.6	4.6	4.6
	Apron	O.G.	km	5.5	2.8	4.6	4.6	4.6	4.6
		U.W.	km	0	2.7	0	0	0	0
		Σ	km	5.5	5.5	4.6	4.6	4.6	4.6
	Pavement		km	5.5	5.5	4.6	4.6	4.6	4.6
	Cross dike	O.G.	km	0	2.10	0	0.50	0	0
		U.W.	km	0	1.05	0	0.50	0	0
Σ		km	0	3.15	0	1.00	0	0	
Closing work	O.G.	km	0	2.1	0	0.25	0	0	
	U.W.	km	0	0	0	0	0	0	
	Σ	km	0	2.1	0	0.25	0	0	
Construction road	O.G.	km	5.5	9.7	3.2	4.6	3.2	4.6	
	U.W.	km	0	2.2	1.4	2.0	1.4	0	
	Σ	km	5.5	11.9	4.6	6.6	4.6	4.6	
Jetty		nos.	(0)	6 (6)	(0) 1	(1)	(0)	0 (0)	

Site: Sirajganj

Guide bank	Embankment	O.G.	km	5.5	1.0	4.6	4.6	4.6	4.6
		U.W.	km	0	4.5	0	0	0	0
		Σ	km	5.5	5.5	4.6	4.6	4.6	4.6
	Apron	O.G.	km	5.5	1.0	4.6	4.6	4.6	4.6
		U.W.	km	0	4.5	0	0	0	0
		Σ	km	5.5	5.5	4.6	4.6	4.6	4.6
	Pavement		km	5.5	5.5	4.6	4.6	4.6	4.6
	Cross dike	O.G.	km	0	2.30	0	1.45	0	0
		U.W.	km	0	1.10	0	0	0	0
Σ		km	0	3.40	0	1.45	0	0	
Closing work	O.G.	km	0	1.05	0	0.20	0	0	
	U.W.	km	0	0	0	0	0	0	
	Σ	km	0	1.05	0	0.20	0	0	
Construction road	O.G.	km	5.5	12.3	3.3	6.9	3.3	1.5	
	U.W.	km	0	0.6	1.3	0.5	1.3	3.1	
	Σ	km	5.5	12.9	4.6	7.4	4.6	4.6	
Jetty		nos.	(0)	10 (10)	(0) 0	(0)	(0)	0 (0)	

O.G. : Works on the ground  
U.W. : Works under water  
Σ : Sum of O.G. and U.W.

Table 5-7-2 Quantity of Works

Site: Gabargaon

Works	Condition	Unit	Type A		Type B		Type C				
			Left	Right	Left	Right	Left	Right			
Guide bank	Embankment	O.G.	km	1.4	0.3	4.6	4.6	4.6	4.6		
		U.W.	km	4.1	5.2	0	0	0	0		
		$\Sigma$	km	5.5	5.5	4.6	4.6	4.6	4.6		
Guide bank	Apron	O.G.	km	1.4	0.3	4.6	4.6	4.6	4.6		
		U.W.	km	4.1	5.2	0	0	0	0		
		$\Sigma$	km	5.5	5.5	4.6	4.6	4.6	4.6		
Guide bank	Pavement		km	5.5	5.5	4.6	4.6	4.6	4.6		
		Cross dike	O.G.	km	0.30	1.95	0.75	1.10	0	0	
		U.W.	km	0.45	0.90	0	0	0	0		
	$\Sigma$	km	0.75	2.85	0.75	1.10	0	0			
Closing work	O.G.	km	0	1.30	0	0.45	0	0			
	U.W.	km	0	0	0	0	0	0			
	$\Sigma$	km	0	1.30	0	0.45	0	0			
Construction road	O.G.	km	5.5	10.7	3.0	4.2	3.0	4.6			
	U.W.	km	0	1.2	1.6	2.4	1.6	0			
	$\Sigma$	km	5.5	11.9	4.6	6.6	4.6	4.6			
Jetty		nos.	(9)	11	(11)	(0)	0	(0)	(0)	0	(0)

Site: Bahadurabad

Guide bank	Embankment	O.G.	km	3.7	5.5	4.6	4.6	4.6	4.6		
		U.W.	km	1.8	0	0	0	0	0		
		$\Sigma$	km	5.5	5.5	4.6	4.6	4.6	4.6		
Guide bank	Apron	O.G.	km	3.7	5.5	4.6	4.6	4.6	4.6		
		U.W.	km	1.8	0	0	0	0	0		
		$\Sigma$	km	5.5	5.5	4.6	4.6	4.6	4.6		
Guide bank	Pavement		km	5.5	5.5	4.6	4.6	4.6	4.6		
		Cross dike	O.G.	km	3.10	0.15	1.40	0.15	0	0.15	
		U.W.	km	0.45	0	0	0	0	0		
	$\Sigma$	km	3.55	0.15	1.40	0.15	0	0.15			
Closing work	O.G.	km	1.80	0	0	0	0	0			
	U.W.	km	0	0	0	0	0	0			
	$\Sigma$	km	1.80	0	0	0	0	0			
Construction road	O.G.	km	11.9	5.5	7.4	4.6	4.6	4.6			
	U.W.	km	0.8	0	0	0	0	0			
	$\Sigma$	km	12.7	5.5	7.4	4.6	4.6	4.6			
Jetty		nos.	(6)	6	(0)	(0)	0	(0)	(0)	0	(0)

O.G. : Works on the ground  
 U.W. : Works under water  
 $\Sigma$  : Sum of O.G. and U.W.

Table 5-8-1 Quantity of Materials (1)

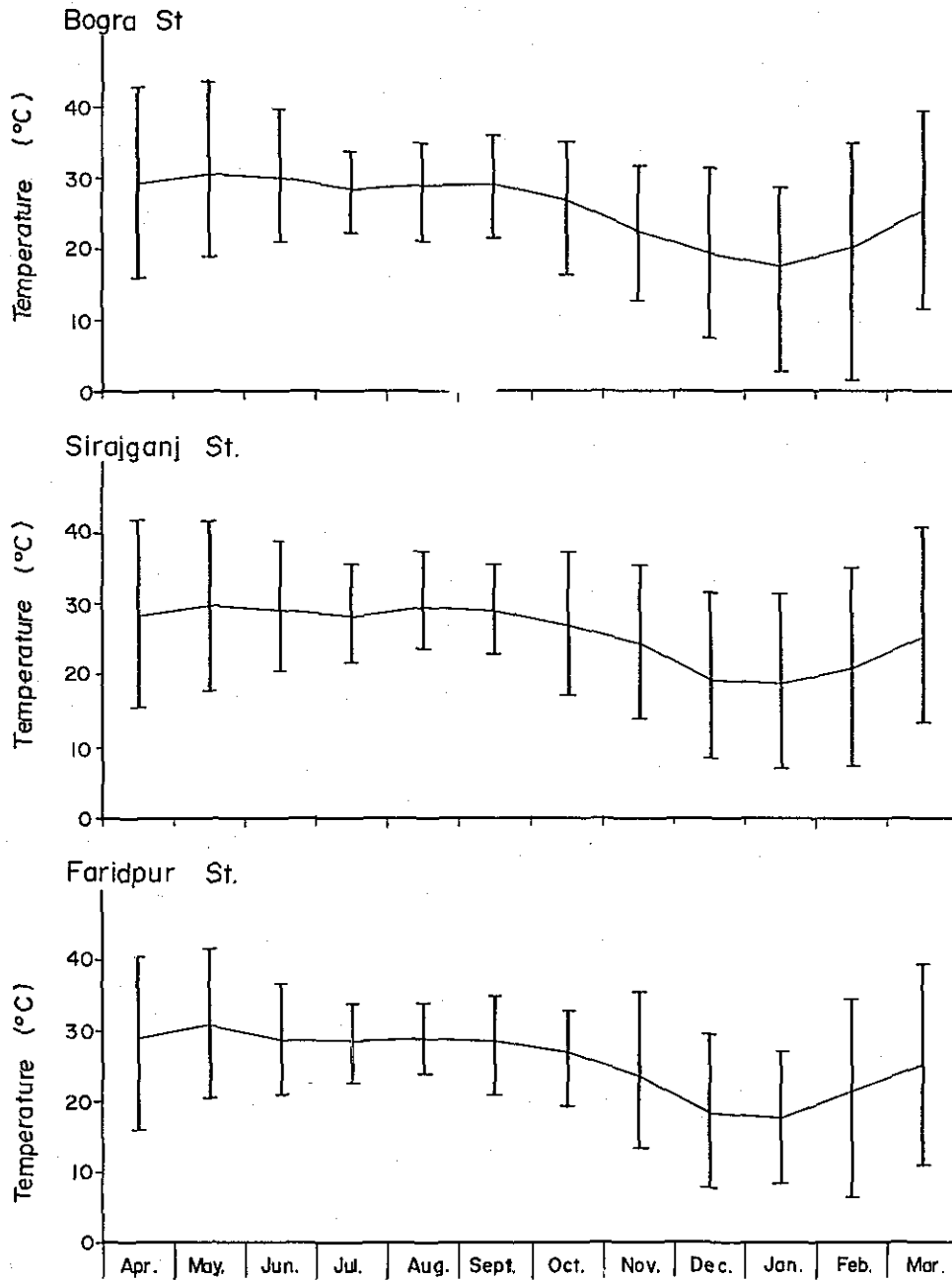
Site	Type	Side	Unit	Guide Bank			Cross Dike			Closing Work			Total		
				Stone	Chip	Dred- ged sand	Stone	Chip	Dred- ged sand	Stone	Chip	Dred- ged sand	Stone	Chip	Dred- ged sand
Bahadurabad	A	L	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	2615	225	2596	397	7	4428	139	8	-	3151	240	7024
		R		2309	219	1873	11	1	236	-	-	-	2320	220	2109
	B	L		1230	188	890	78	2	1092	-	-	-	1308	190	1982
		R		1290	174	1737	11	1	236	-	-	-	1301	175	1973
	C	L		1087	154	795	-	-	-	-	-	-	1087	154	795
		R		1146	174	1737	11	1	236	-	-	-	1157	175	1973
Gobarigaon	A	L		2861	142	3300	78	3	1500	-	-	-	2939	145	4800
		R		2943	159	3903	341	9	4877	100	6	-	3384	174	8780
	B	L		1381	148	1649	21	1	473	-	-	-	1402	149	2122
		R		1471	187	2346	69	3	1129	56	3	-	1596	193	3475
	C	L		1255	148	1649	21	1	473	-	-	-	1276	149	2122
		R		1203	157	851	-	-	4975	-	-	-	1203	157	851
Siraiganj	A	L		2338	203	1082	-	-	-	-	-	-	2338	203	1082
		R		2905	176	3760	313	9	4975	78	4	-	3296	191	8735
	B	L		1312	150	1428	-	-	-	-	-	-	1312	150	1428
		R		1311	189	1086	79	2	1126	20	1	-	1410	192	2212
	C	L		1144	150	1428	-	-	-	-	-	-	1144	150	1428
		R		1210	160	1726	-	-	-	-	-	-	1210	160	1726
Nagarbari	A	L		2560	229	2299	-	-	-	-	-	-	2560	229	2299
		R		2952	216	3360	289	10	5176	293	15	315	3534	241	9951
	B	L		1422	171	1921	-	-	-	-	-	-	1422	171	1921
		R		1518	185	2349	111	3	-	-	1	-	1648	189	3971
	C	L		1290	171	1921	-	-	1622	19	-	-	1290	171	1921
		R		1230	167	1321	-	-	-	-	-	-	1230	167	1321

Table 5-8-2 Quantity of Materials (2)



Site	Type	Side	Guide Bank			Cross Dike			Closing Work			Total			
			Poly-ethylene mat (x10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	Sod-ding (x10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	Crown pave-ment (x10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	Poly-ethylene mat (x10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	Sod-ding (x10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	Poly-ethylene mat (x10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	Earth exca-vation (x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Sheet pile (x10 <sup>3</sup> m)	Poly-ethylene mat (x10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	Sod-ding (x10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	Crown pave-ment (x10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	Earth exca-vation (x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Sheet pile (x10 <sup>3</sup> m)
Bahadurabad	A	L	251.0	107.5	38.5	66.2	81.8	54.7	75.8	2.09	371.9	189.3	38.5	75.8	2.09
		R	190.3	107.2	38.5	3.7	3.5	-	-	-	194.0	110.7	38.5	-	-
	B	L	116.8	90.3	32.4	14.6	32.2	-	-	-	131.4	122.5	32.4	-	-
		R	172.7	90.3	32.4	3.7	3.5	-	-	-	176.4	93.8	32.4	-	-
	C	L	103.4	90.3	32.4	-	-	-	-	-	103.4	90.3	32.4	-	-
		R	172.7	90.3	32.4	3.7	3.5	-	-	-	176.4	93.8	32.4	-	-
Gabraigon	A	L	270.3	107.3	38.5	25.3	17.3	-	-	-	295.6	124.6	38.5	-	-
		R	309.3	107.3	38.5	81.2	65.7	100.4	45.9	1.32	490.9	173.0	38.5	45.9	1.32
	B	L	162.8	90.5	32.4	7.4	6.9	-	-	-	170.2	97.4	32.4	-	-
		R	218.8	90.4	32.4	18.5	25.3	20.0	15.9	0.47	257.3	115.7	32.4	15.9	0.47
	C	L	162.8	90.5	32.4	7.4	6.9	-	-	-	170.2	97.4	32.4	-	-
		R	112.7	80.3	32.4	-	-	-	-	-	112.7	90.3	32.4	-	-
SiraJganj	A	L	161.2	107.1	38.5	-	-	-	-	-	116.2	107.1	38.5	-	-
		R	319.6	105.2	38.5	74.6	78.3	29.1	37.1	1.09	423.3	183.5	38.5	37.1	1.09
	B	L	148.0	90.4	32.4	-	-	-	-	-	148.0	90.4	32.4	-	-
		R	83.0	90.4	32.4	14.1	33.4	7.7	7.1	0.22	104.8	123.8	32.4	7.1	0.22
	C	L	146.0	90.4	32.4	-	-	-	-	-	146.0	90.4	32.4	-	-
		R	175.0	90.5	32.4	-	-	-	-	-	175.0	90.5	32.4	-	-
Nagarbari	A	L	182.6	107.3	38.5	-	-	-	-	-	182.6	107.3	38.5	-	-
		R	285.0	107.3	38.5	85.7	72.6	96.9	0	2.12	467.6	179.9	38.5	74.1	2.12
	B	L	188.5	90.5	32.4	-	-	-	-	-	188.5	90.5	32.4	-	-
		R	211.9	90.5	32.4	26.8	23.0	7.1	8.8	0.27	245.8	113.5	32.4	8.8	0.27
	C	L	188.5	90.5	32.4	-	-	-	-	-	188.5	90.5	32.4	-	-
		R	147.8	90.3	32.4	-	-	-	-	-	147.8	90.3	32.4	-	-

Fig. 5-II Mean Temperature

(according to date from Apr.1964 to Mar.1969)



LEGEND

-  : mean Temperature in 5 years
-  : range of max. & min Temperature in 5 years

温及び月別の最高、最低気温を示したものである。これら図より次の考察を行なった。

a. 3観測所間の気温差

Bogra 観測所は Sirajganj の北北西約 57 Km, Faridpur 観測所は同南南東 92 Km の位置にあるにもかかわらず 3 観測所間の気温に差は見られない。

b. 月平均気温

月平均気温は 3 観測所共雨季の 5 月から 9 月までの期間、 $28^{\circ}\text{C}$  から  $31^{\circ}\text{C}$  の範囲でほぼ一定である。平均気温は 10 月以降徐々に低下し、1 月に最低に至りその後再び上昇する。

1 月に於ける月平均気温は  $17^{\circ}\text{C}$  から  $19^{\circ}\text{C}$  の範囲であり、この平均気温の年較差は  $11^{\circ}\text{C}$  から  $13^{\circ}\text{C}$  の範囲である。

c. 最高、最低気温

いずれの観測所に於ても最高、最低気温の差は雨季の最中である 7 月、8 月あるいは 9 月が最小で、2 月あるいは 3 月に最大に達した後徐々に差が増大する。5 年間の最高、最低気温は次の通りである。

観測所	最高気温 ( $^{\circ}\text{C}$ )		最低気温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	
	日	温度	日	温度
Bogra	1966. 5. 3	43.4	1968. 2. 4	17
	1965. 5. 2			
Sirajganj	1966. 4. 17	41.7	1965. 1. 1~2	6.7
	1966. 5. 3~5			
Faridpur	1965. 5. 1~2	41.7	1968. 2. 4~5	6.7

(2) 風速

Fig.5-12 は 5 年間の 3 観測所の月別の最大風速及びその平均値を示したものである。この図によれば 3 観測所共月変化の傾向は見当たらないが、11 月から 2 月に於ける風速は他の月とくらべ幾分小さい様である。5 年間の風速資料に基づいて  $10\text{Kt}$  以上、 $20\text{Kt}$  以上、 $30\text{Kt}$  以上の風速の月別の年平均発生日数 (日数/月/年) をしらべこれを Fig.5-13 に示した。

この図より風速が  $10\text{Kt}$  を超える日数は内陸部の北部に向かう程増加するが 11 月から 2 月の間には  $10\text{Kt}$  以上の風速は一度も記録されていない。

(3) 降雨

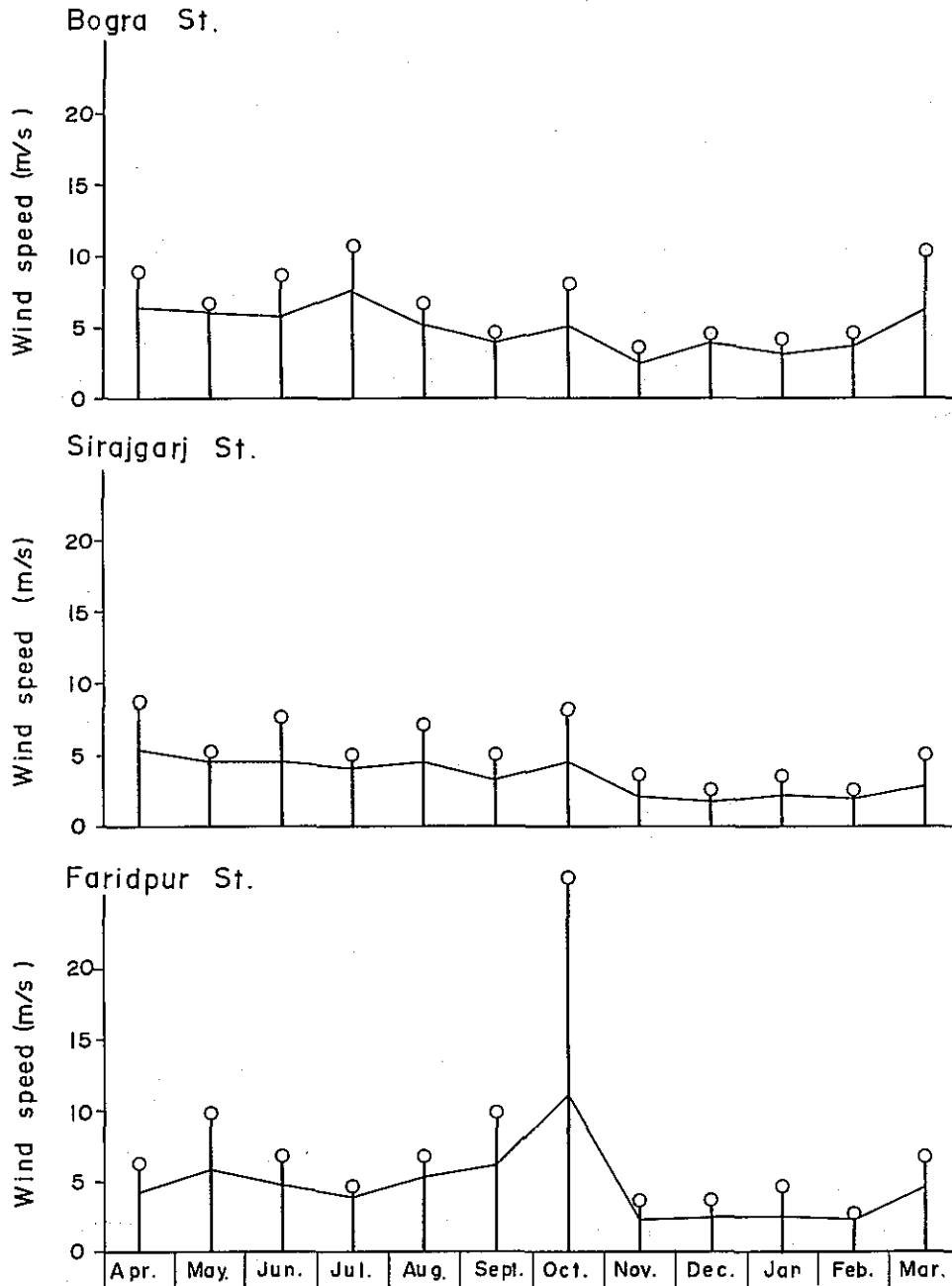
1964 年 4 月から 1969 年 3 月までの 5 年間に於ける 3 観測所の月雨量、日雨量の月変化、さらに日雨量の高さ別の発生日数をしらべた。

a. 月雨量

5 年間の平均月雨量及び最大、最小の各月雨量を Fig.5-14 に示した。全観測所の雨量は 8 月か 9 月に最大に達し、その前後の月から減少し、最多雨

Fig. 5-12 Maximum Wind Speed

(according to data from Apr 1964 to Mar. 1969)

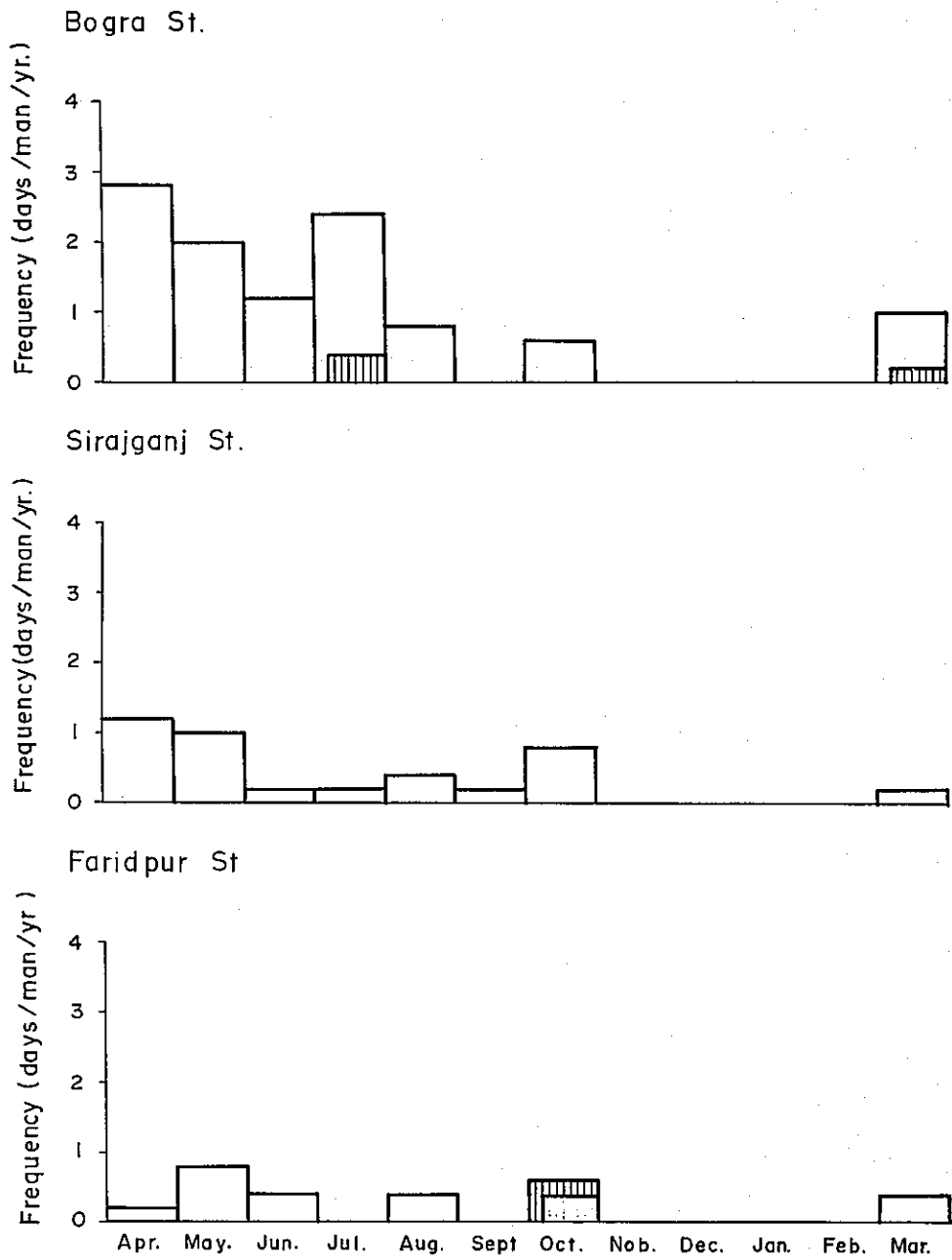


LEGEND

- : max. wind speed in 5 years.
- : mean value of max wind speeds in 5 years.

Fig. 5-13 Frequency of Wind Speed

(According to data from Apr 1964 to Mar 1969)



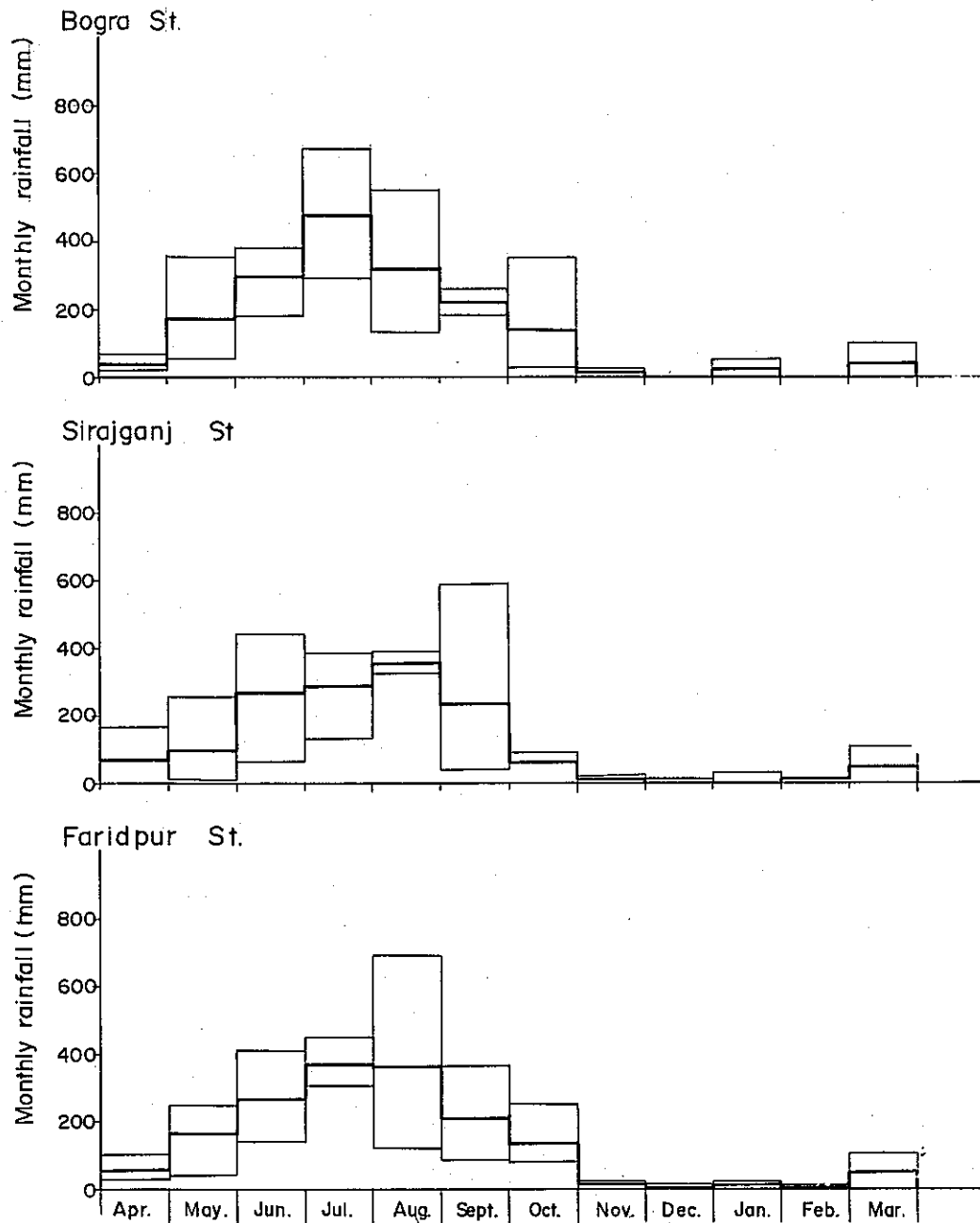
LEGEND

- : Wind speed higher than 10 knots (5.1 m/s)
- : Wind speed higher than 20 knots (10.3 m/s)
- : Wind speed higher than 30 knots (15.4 m/s)






Fig 5-14 Mean Monthly Rainfall

( According to data from Apr. 1964 to Mar. 1969 ).



LEGEND

-  ← max. monthly rainfall in 5 years
-  ← mean monthly rainfall in 5 years
-  ← min. monthly rainfall in 5 years

時期は5月から9月に集中している。5年間の平均年雨量と年雨量に対する5月から10月の間の雨量比を求めると次の通りである。

観測所	A : 年雨量 (mm)	B : 5月から10月までの 雨量 (mm)	B/A (%)
Bogra	1,651.9	1,566.1	94.8
Sirajganj	1,621.6	1,497.9	92.4
Faridpur	1,426.6	1,298.2	91.0

b. 最大日雨量

過去5年間の日雨量の最大、最小及び平均値を示すとFig.5-15の通りである。過去5年間の3観測所に於ける最大日雨量は次の通りである。

観測所	月 日	最大日雨量 (mm)
Bogra	1965. 7.30	171.5
Sirajganj	1965. 7. 9	172.8
Faridpur	1964. 6.15	152.4

c. 降雨日数 (日雨量別)

降雨量が0.1in/day以上, 0.5 in/day以上, 1.0 in/day以上, 1.5 in/day以上, 2 in/day以上の降雨があった日数を日雨量を基に5年間に亘りしらべFig.5-16に示した。さらに5年間の日雨量の強度別の降雨日数の平均を求めるとFig.5-17-1からFig.5-17-3の通りである。

7.1.2. 水 位

4計画架橋地点周辺のBWDBの水位標による水位は第2章でFig.2-15, Fig.2-16に示した。これよりBahadurabad, Sirajganj, Kadamtaliの各観測所を選び5年間の各主要水位の平均値を求めると次の通りである。

種 別	Bahadurabad st.		Sirajganj st.		Kadamtali st.	
	ft. PWD	m PWD	ft PWD	m PWD	ft. PWD	m PWD
MHHWL	64.01	19.52	45.34	13.83	25.74	7.85
95日	58.61	17.87	40.42	12.33	20.86	6.36
185日	49.59	15.12	30.44	9.28	11.58	3.53
275日	44.71	13.64	24.96	7.61	7.05	2.15
MLLWL	42.91	13.09	22.80	6.95	4.93	1.50

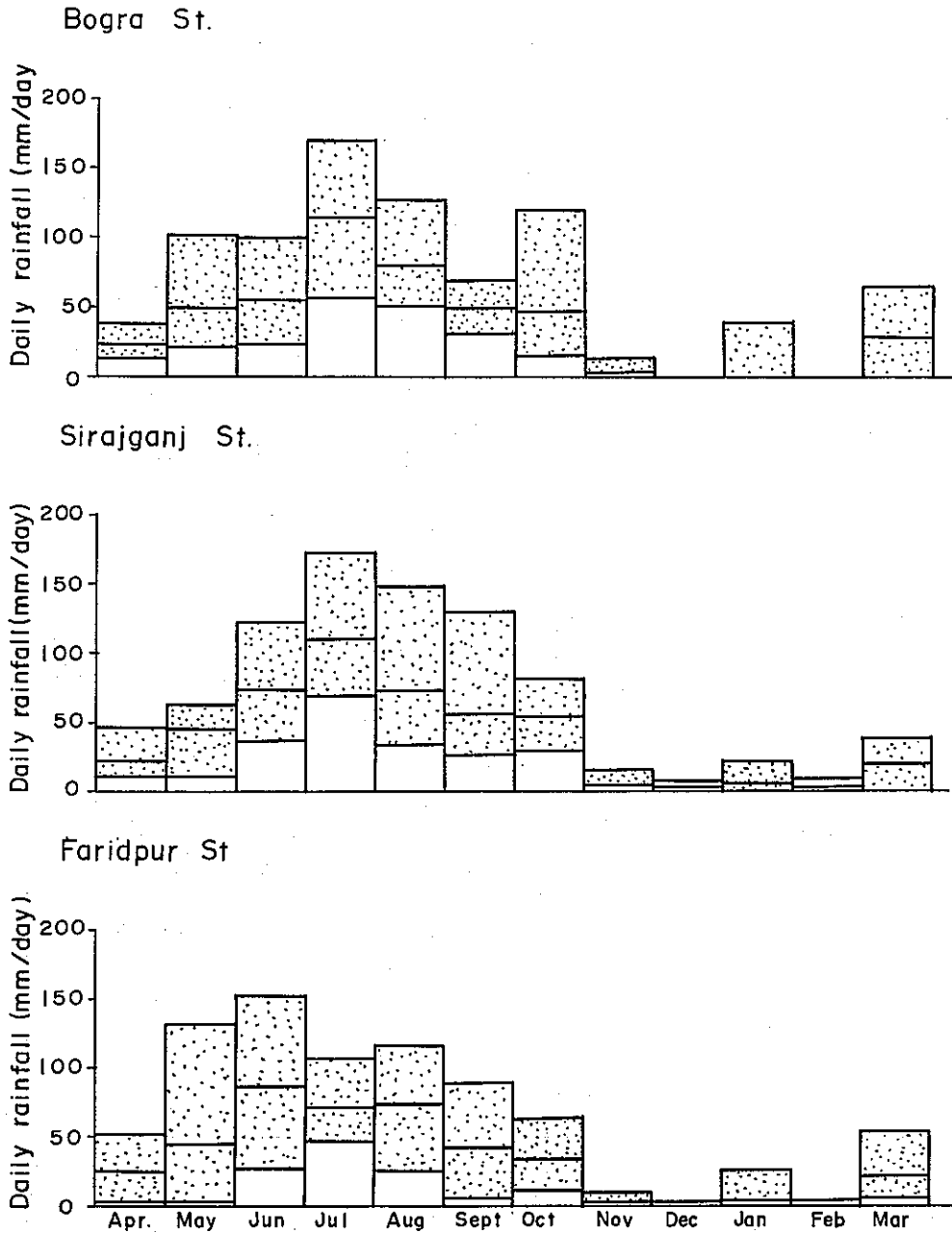
Note : M.H.H.W.L.; 5年間に於ける各年最大水位の平均値

: M.L.L.W.L.; " 各年最低水位 "

3観測所の過去5年間の最大、最低、平均の各水位の年変化をしらべるとFig.5-18の通りである。この図より最大、最低水位は上流側の観測所でより早く発生し、全観測所共7月か8月に最大が発生し、この前後で水位は低下し、2月か3

# Fig. 5-15 Daily Rainfall

(According to data from Apr. 1964 to Mar. 1969)



## LEGEND

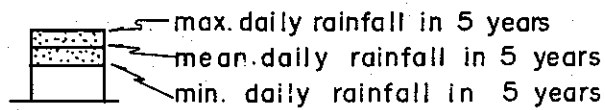
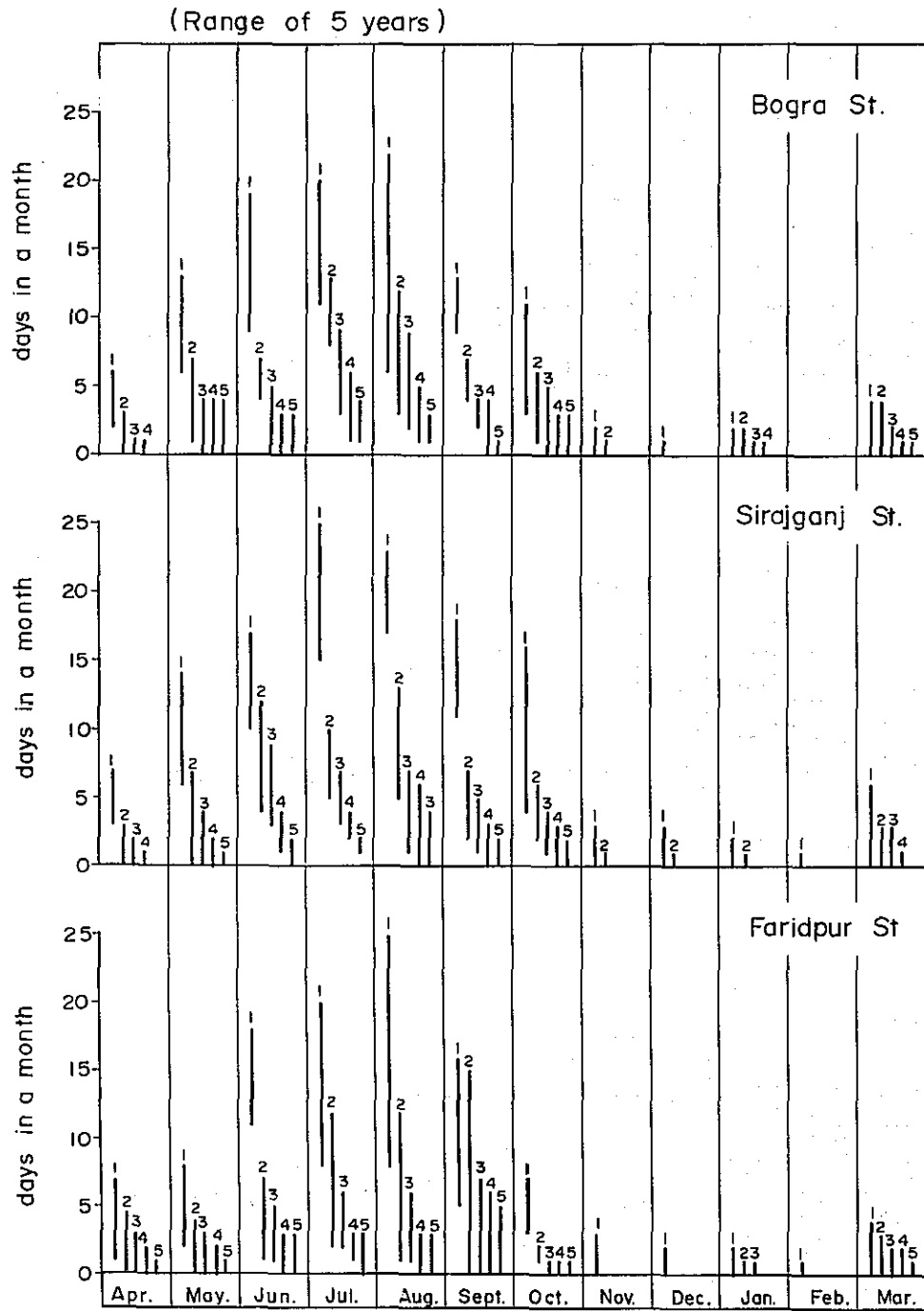


Fig. 5-16 Frequency of Rainfall by Each Month

(according to data from Apr.1964 to Mar.1969)

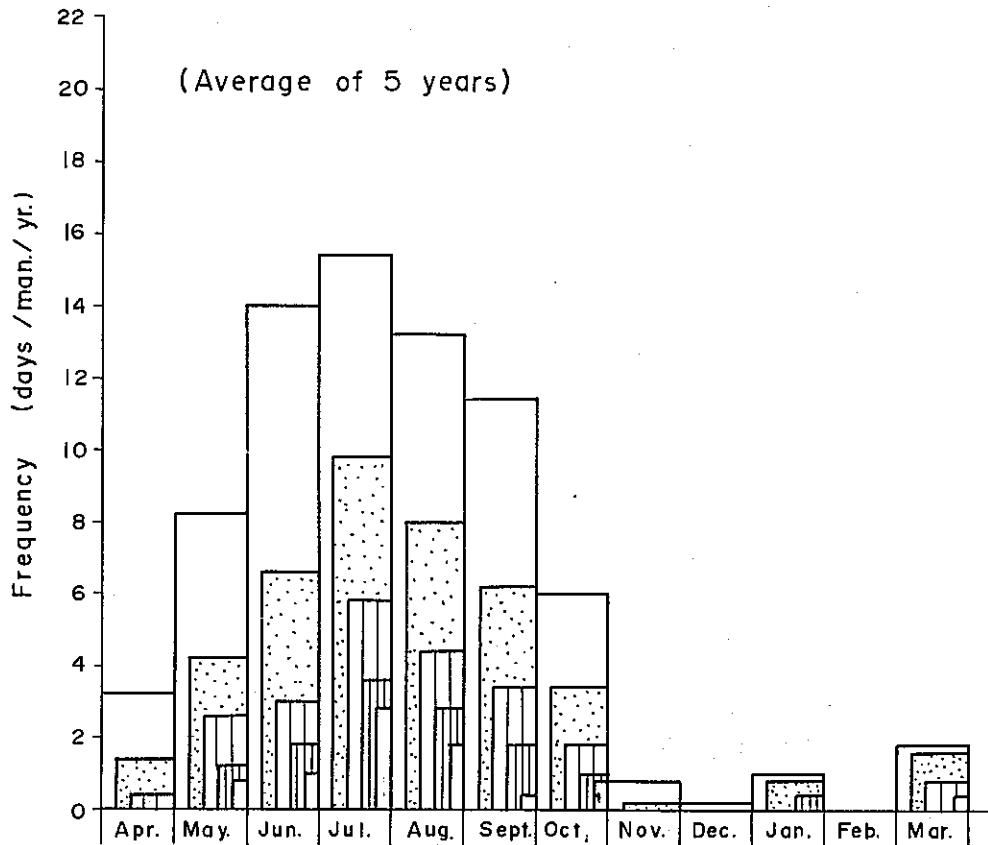


1,2,3,4,5: case of intensity of daily rainfall more than 0.1, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0m/day, respectively

┌ range of days at each intensity in 5 years.

Fig. 5-17-1 Frequency of Rainfall at Bogra St.

(according to data from Apr. 1964 to Mar. 1969)



LEGEND

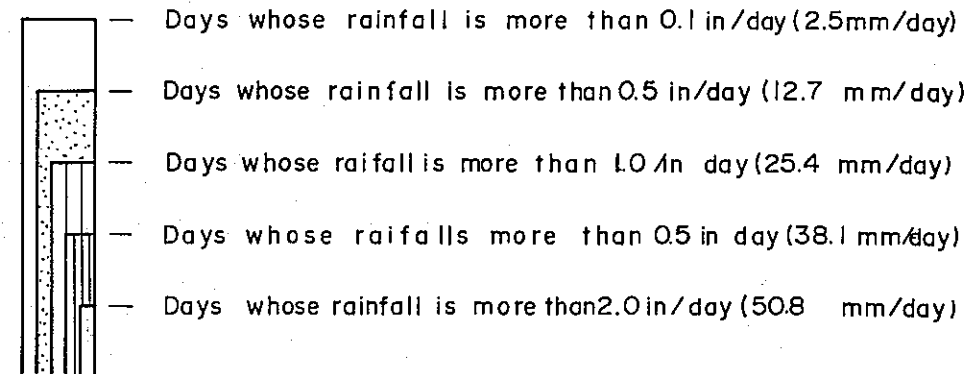
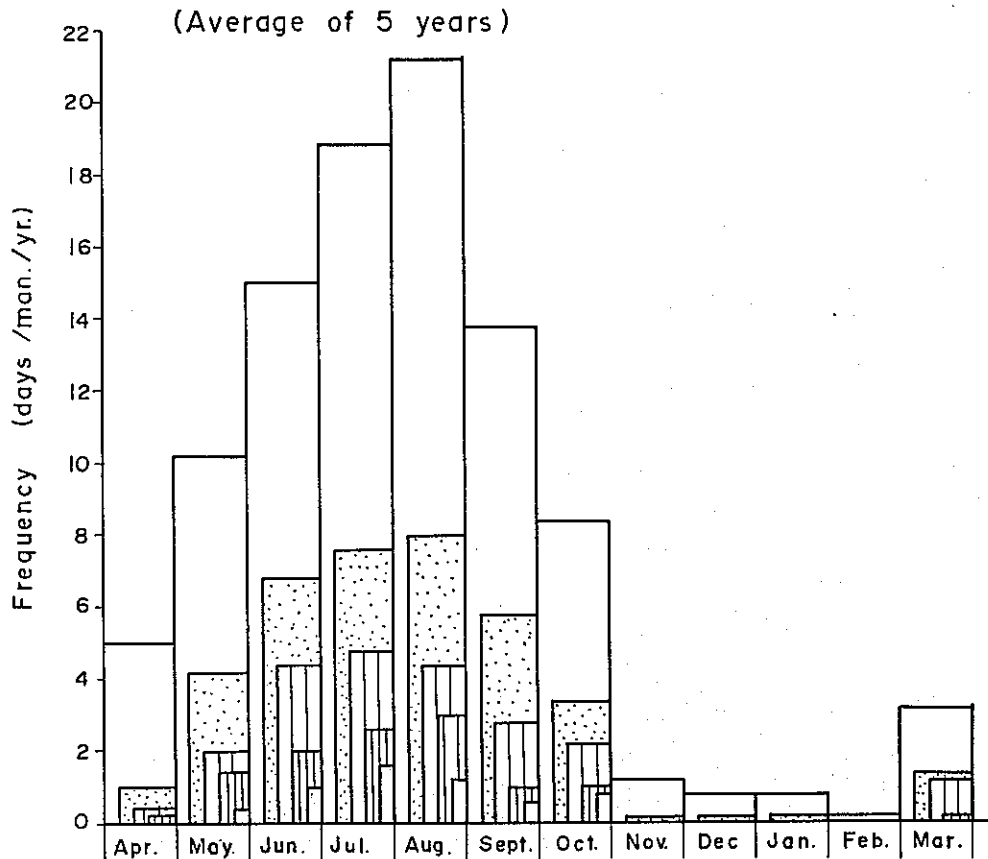


Fig 5-17-2. Frequency of Rainfall at Sirajganj St

(according to data from Apr. 1964 to Mar. 1969)



LEGEND

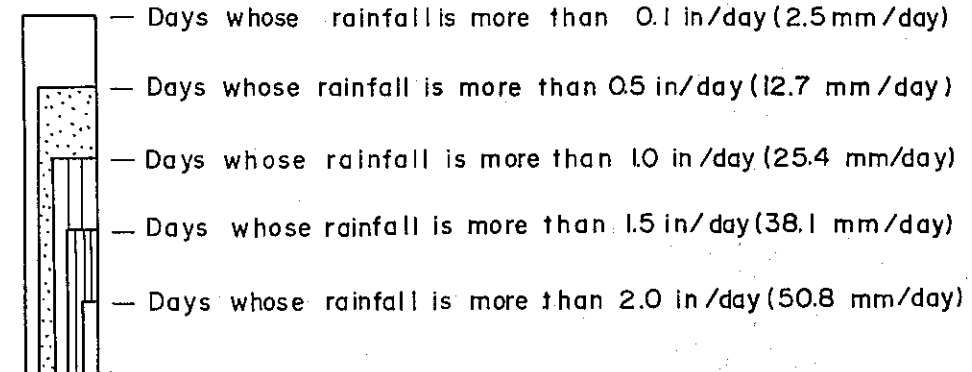
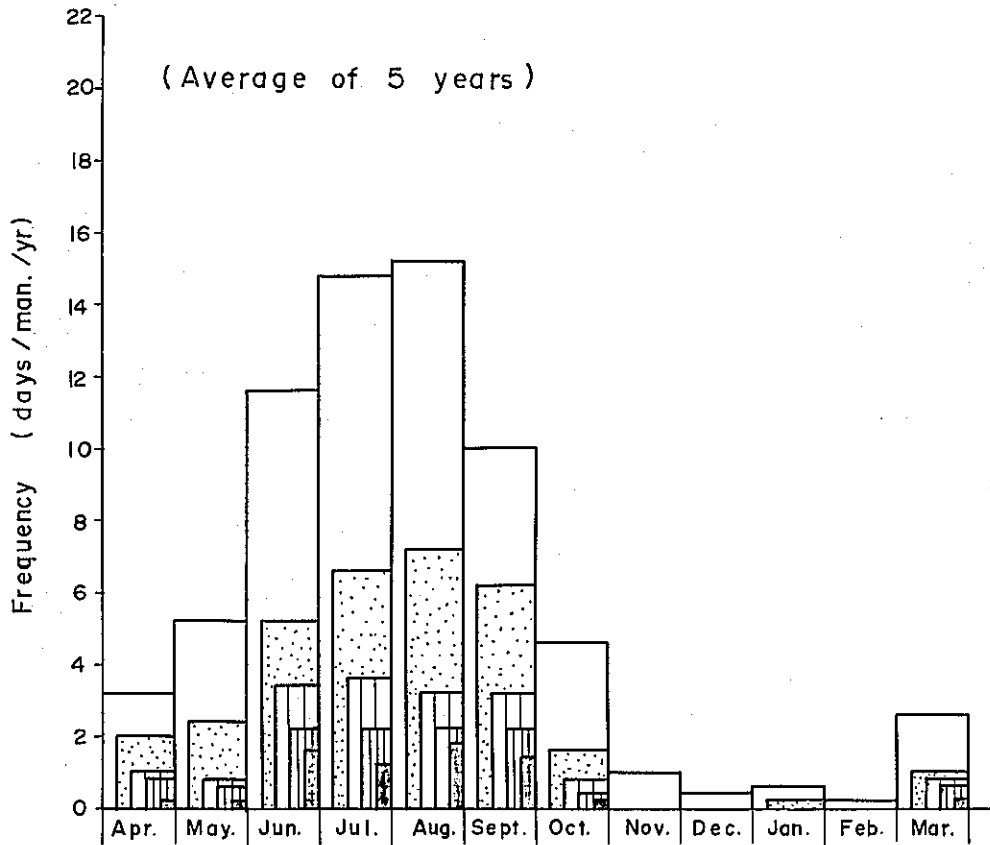


Fig. 5-17-3 Frequency of Rainfall at Faridpur St

(according to data from Apr. 1964 to Mar. 1969)



LEGEND

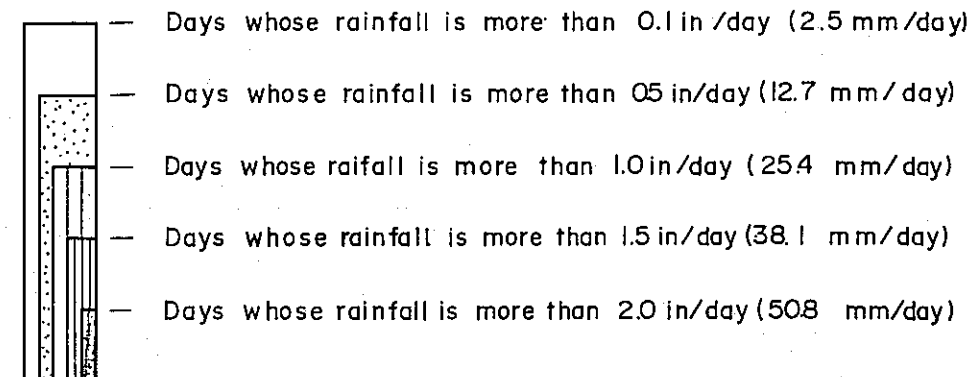
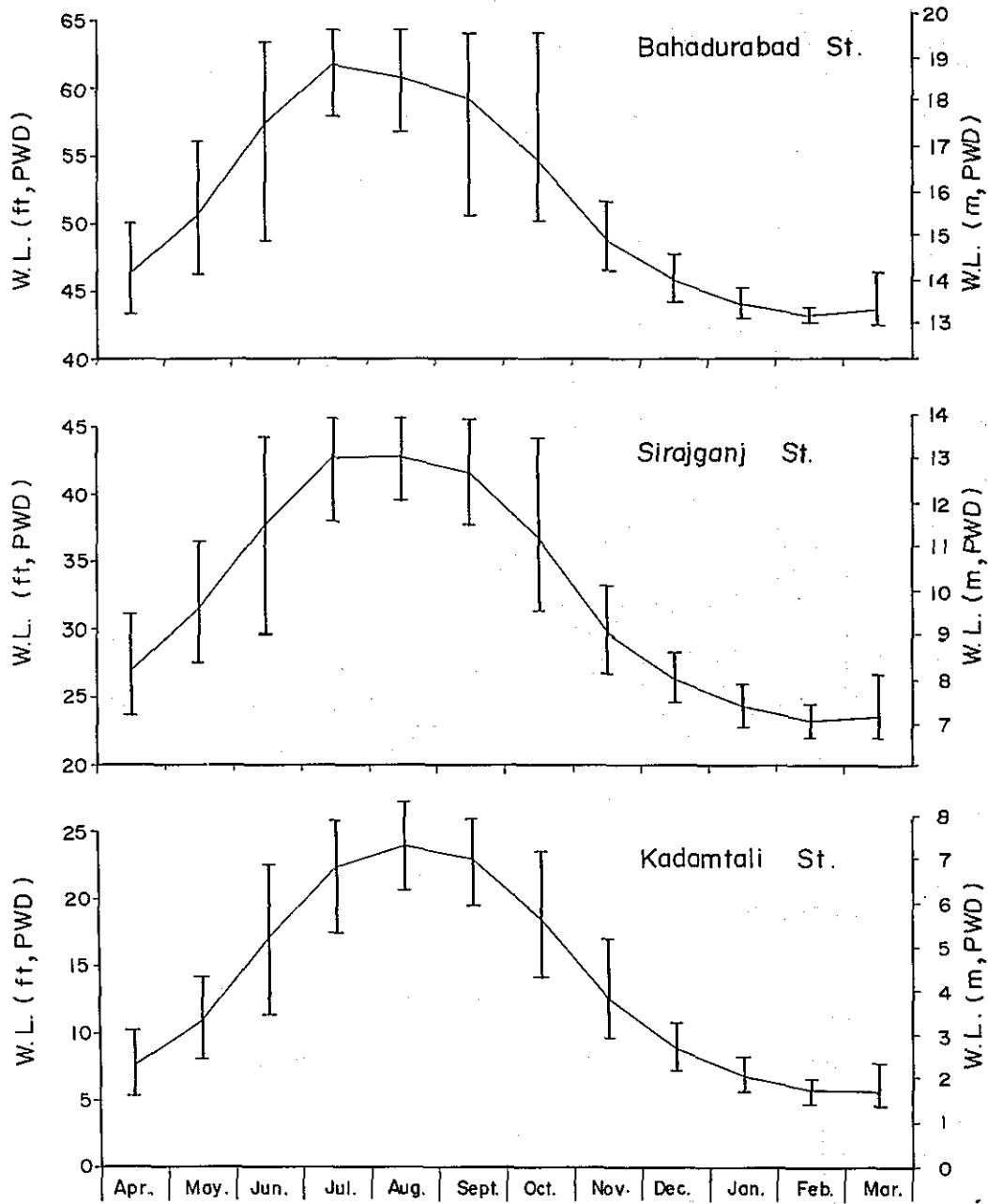




Fig. 5-18 Mean Water Level

( according to data from Apr. 1964 to Mar. 1969 )



LEGEND

-  : mean of monthly mean water level in 5 years
-  : range of monthly max. & min water levels in 5 years



月に於いて最低に達する。月平均水位の変動幅は約 2.15 から 2.30 ft である。Bahadurabad と Sirajganj の両観測所の 5 年間の月最大水位は 6 月から 10 月にかけてほとんど変わらない。これは洪水が両岸にあふれることにより水位を低下させるものと思われる。全観測所共月平均水位の変動幅は 2 月が最低となり、6 月から 10 月にかけてその幅はかなり大きい。後者については、この期間に異常高水位、異常低水位が起りやすい可能性をもつ事を示している。

Bahadurabad と Jagannathganj の両観測所及び Sirajganj と Mathura の両観測所で 1968/69 の一年間につき月平均水位の相関をしらべた。Fig. 5-19 の通り相関関係は非常に良いことがわかる。

Bahadurabad と Jagannathganj 地点は Bahadurabad と Jagannathganj 観測所間にあり Sirajganj と Nagarbari 地点は Sirajganj と Mathura 観測所間にあるので前二者と後二者はそれぞれの観測所間の距離に応じて内挿により水位関係を求めた。この相関は Fig. 5-19 に示した通りである。

この相関曲線を用いて、月平均水位を 4 地点につき Fig. 5-20 の様に推算した。又この図には同曲線を用いて主要水位も推算して併記した。Table 5-9 にはこの月平均水位と主要水位を 4 地点別にまとめたものである。

Table 5-9 Estimated Water Level at the Four Sites  
Monthly Water Level (m, PWD)

Month	Bahadurabad WL St.	Bahadurabad Site	Gabargaon Site	Sirajganj WL St.	Sirajganj Site	Nagarbari Site
Apr.	14.09	13.41	11.20	9.19	7.46	5.55
May.	15.40	14.78	12.61	9.58	8.85	6.97
June.	17.45	16.82	14.82	11.53	10.81	8.96
Jul.	18.84	18.29	16.30	13.02	12.31	10.48
Aug.	18.54	17.99	16.00	13.01	12.30	10.47
Sept.	18.11	17.50	15.50	12.66	11.95	10.11
Oct.	16.67	16.20	14.00	11.14	10.42	8.56
Nov.	14.90	14.25	12.06	9.03	8.30	6.41
Dec.	13.98	13.30	11.10	7.98	7.25	5.34
Jan.	13.44	12.77	10.52	7.41	6.67	4.76
Feb.	13.18	12.45	10.20	7.08	6.34	4.42
Mar.	13.29	12.60	10.34	7.16	6.42	4.50

Water Level Duration

Days of WL counted from HHWL	Bahadurabad Site	Gabargaon Site	Sirajganj Site	Nagarbari Site
	m, PWD	m, PWD	m, PWD	m, PWD
MHHWL	18.94	17.10	13.14	11.36
95 days	17.24	15.24	11.64	9.80
185 days	14.48	12.31	8.60	6.70
275 days	12.98	10.78	6.95	5.00
MLLWL	12.40	10.12	6.22	4.34
Mean ground level	17.95	15.93	11.38	9.45

Fig. 5-19 Correlation Between Monthly Mean Water Levels  
(according to data in 1968/69)

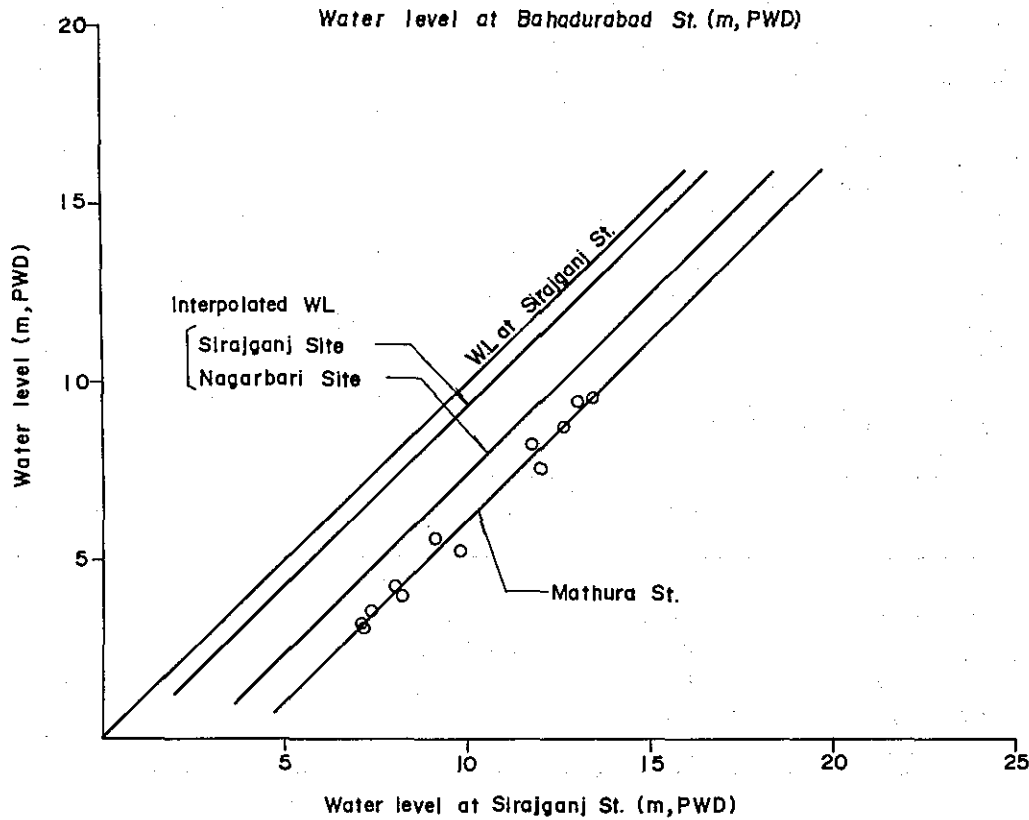
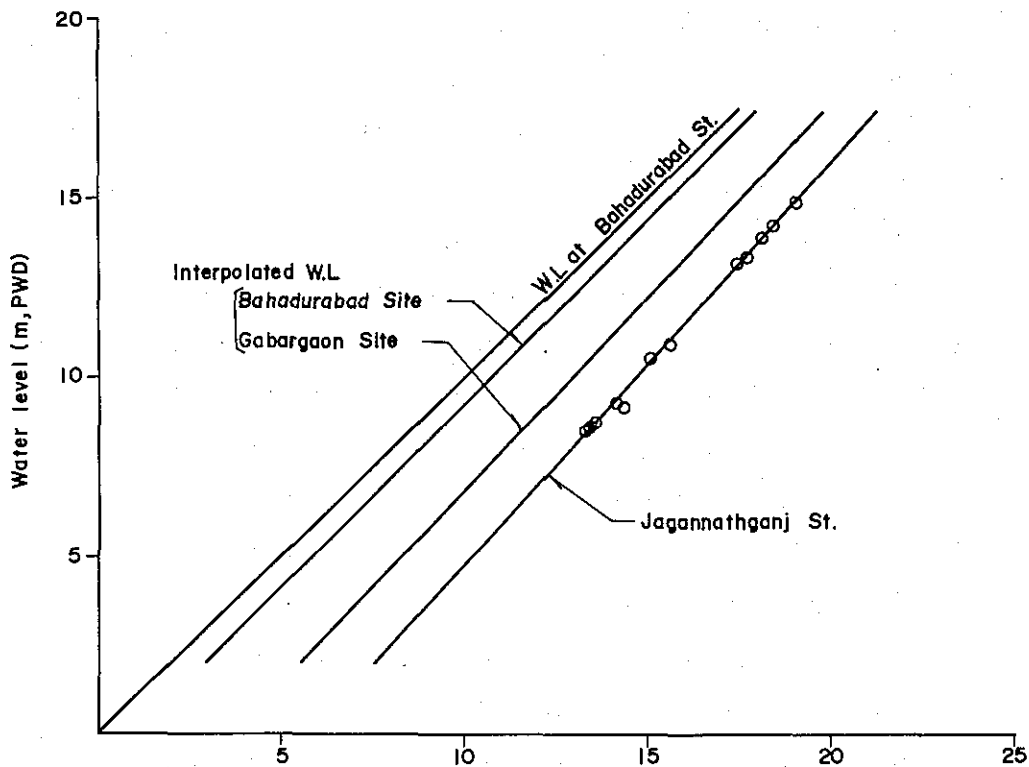


Fig. 5-20 Monthly Mean Water Level at Bridge Sites

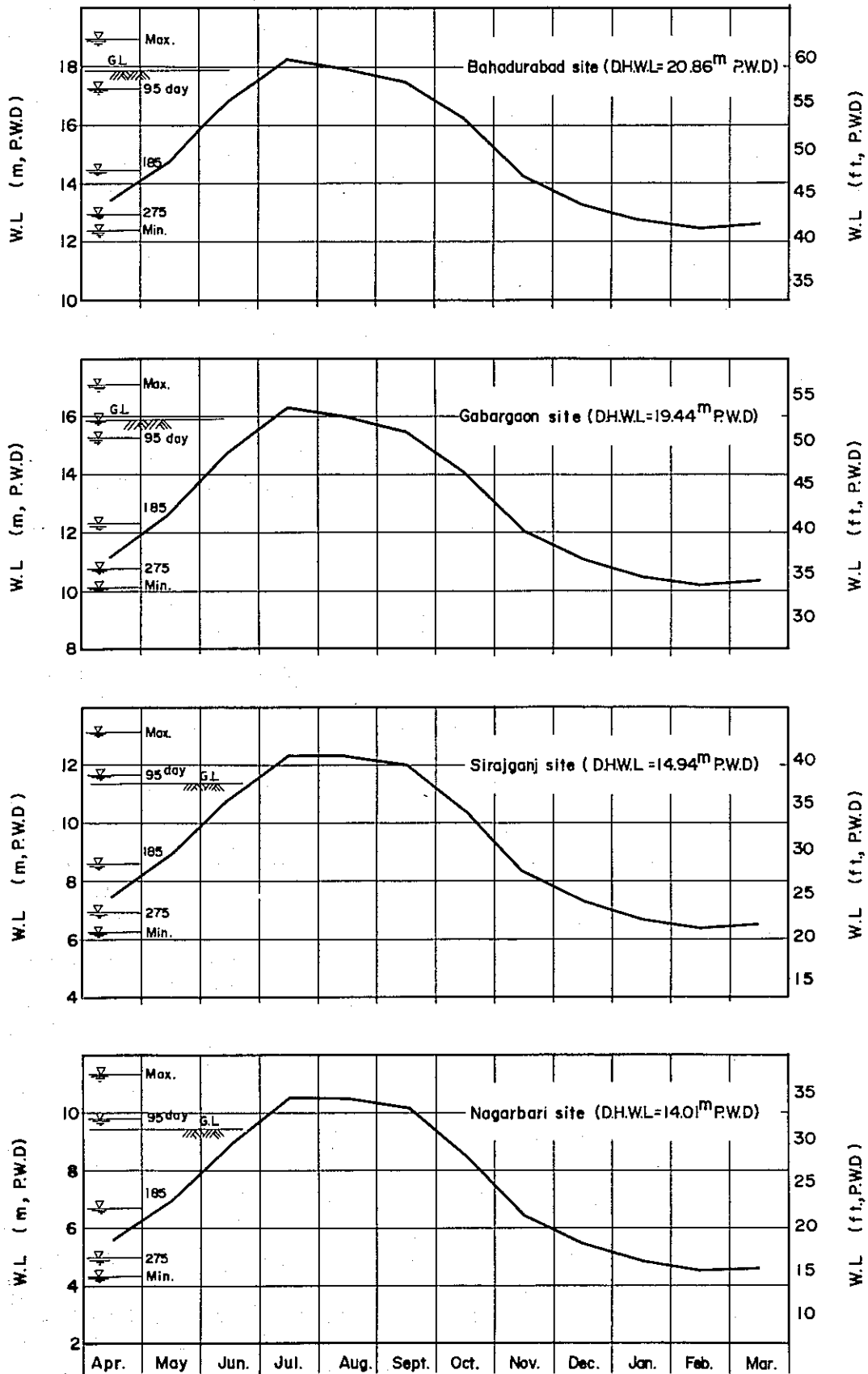


Fig. 5-21 は 4 計画地点の水位，地盤面，推定河床（将来河床）を示し Fig. 5-22 は 1970 年洪水中に BWDB により測られた内水位を示したものである。

7.1.3. 工事に好都合な期間

Fig. 5-23 は Sirajganj 地点に関して 1960 年から 1969 年の期間に於ける 40 ft PWD よりも高い水位（ほぼ Sirajganj 観測所周辺の地盤高に等しい）の平均期間，10 Kt より大きな風速のあった平均日数及び 1964 年 4 月から 1969 年 3 月までの期間平均で 0.5 in/day 以上の降雨日数を示したものである。

Guide bank 工事，cross dike 工事，締切り工の様な工事を実施するのに好都合な期間を次の条件に従ってしらべた。

(a) 水位

平均地盤高よりも高い水位は工事に不都合である。すなわち 7 月 16 日から 10 月 15 日は Fig. 5-23 の通り工事に不都合な期間である。

(b) 降雨

日雨量が 0.5 in/day あるいは 12.7 mm/day 以上の降雨日は工事に不都合である。0.5 in/day 以上の月平均降雨日数は Fig. 5-23 より次の様である。

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
Days	0.2	0	1.4	1.0	4.2	6.8	7.6	8.0	5.8	3.4	0.2	0.2

(c) 休日

仕事休止日として 2 日/月を考える。

以上の様にして工事に都合の良い日数として 1 年につき 215 日となり，これを Table 5-10 に詳細を示した。さらにこの工事期間は他の地点にも適用するものとする。

Table 5-10 Days Favorable for Work

Month	Days in month	Days off			Total work days	
		High water days (H>HGL)	Rainy days (>0.5 in/day)	Holidays		
Oct.	31	15	3.4	2	17.7	13
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
June	30	15	6.8	2	19.4	10
Jul.	31	31	7.6	2	31.0	0
Aug.	31	31	8.0	2	31.0	0
Sept.	30	30	5.8	2	30.0	0
Total	365	122	38.8	24	150.3	215

Fig. 5-21 Water Level, Ground Level and River Bed

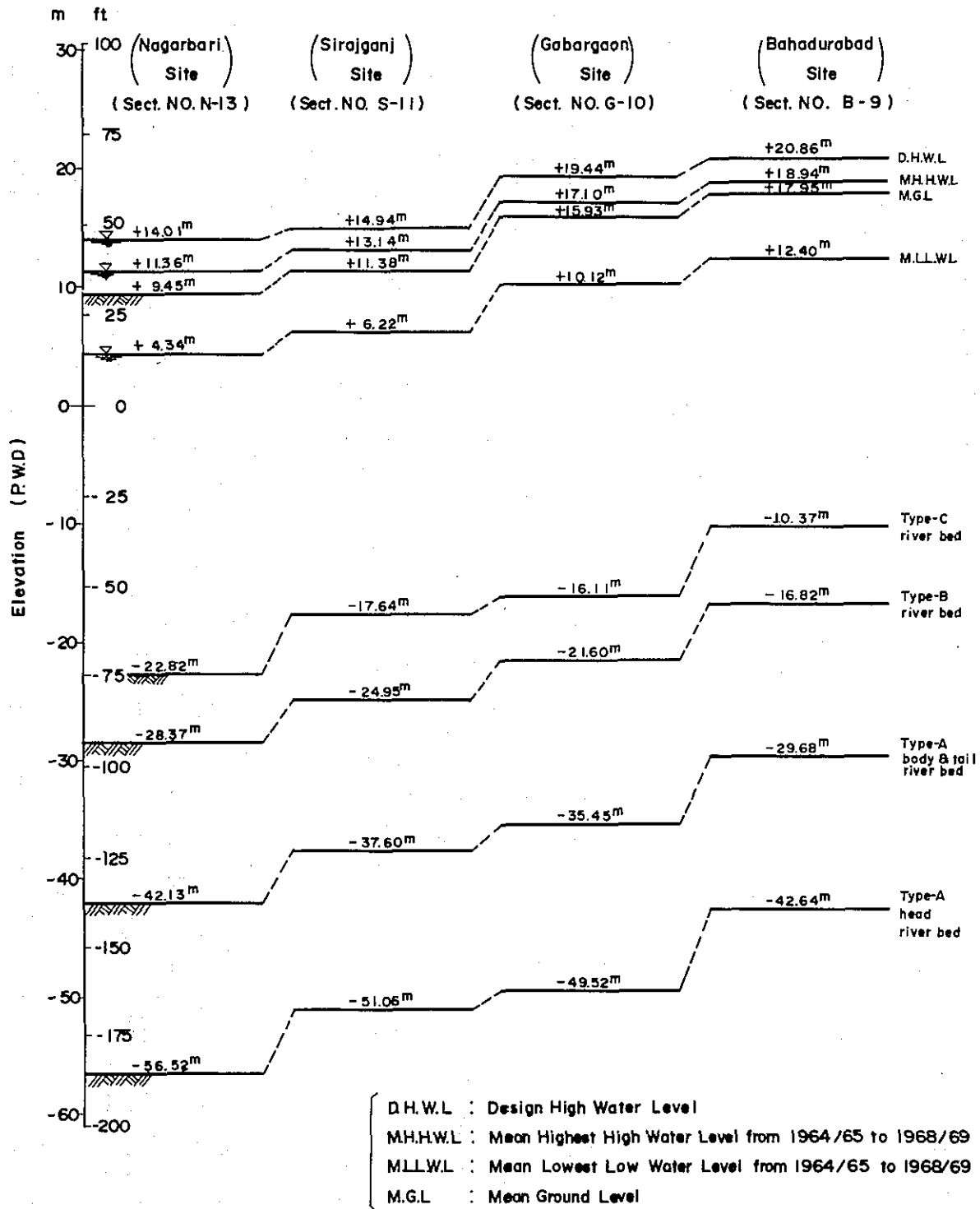


Fig. 5-22 Inland Water Level

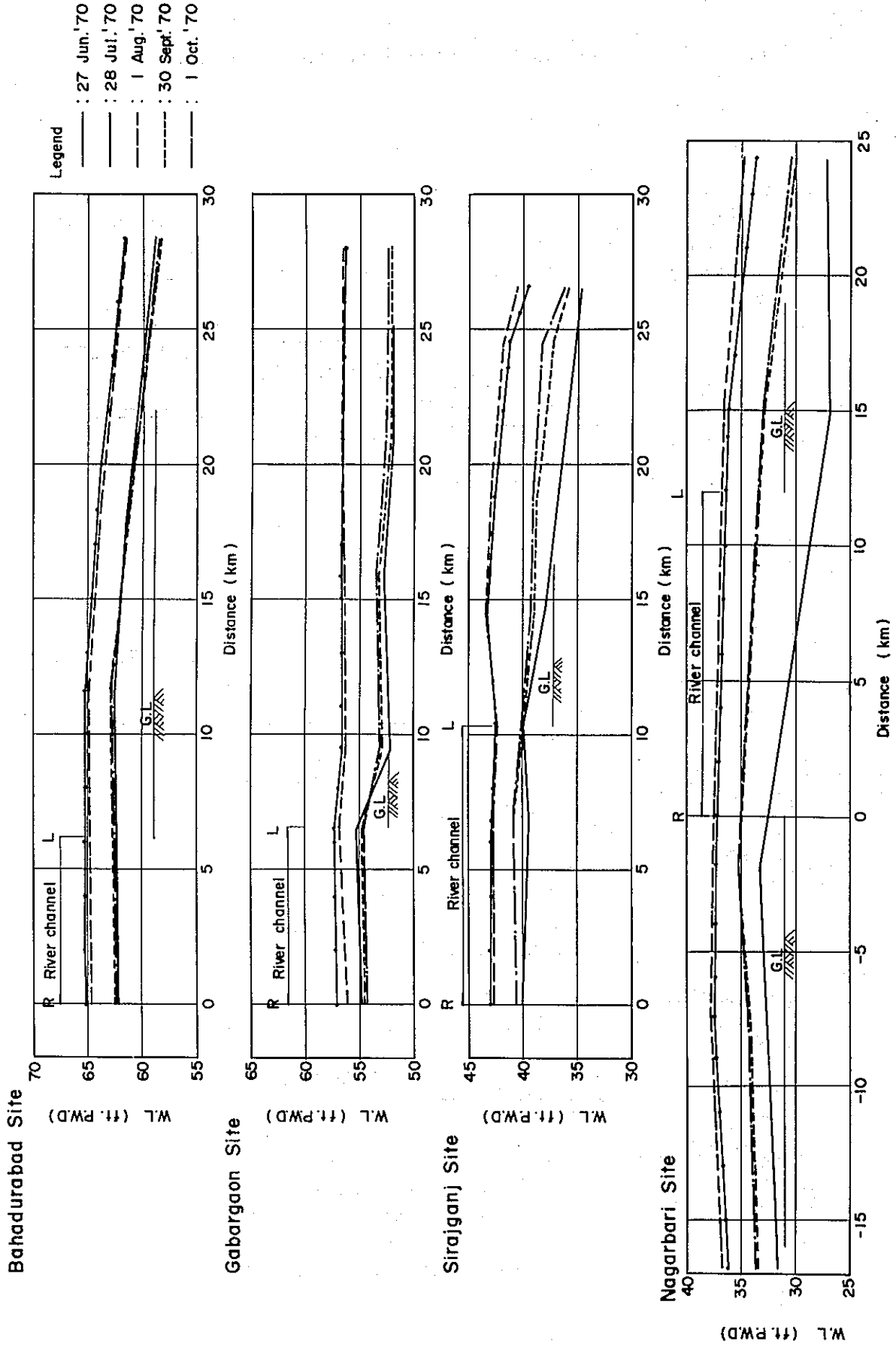
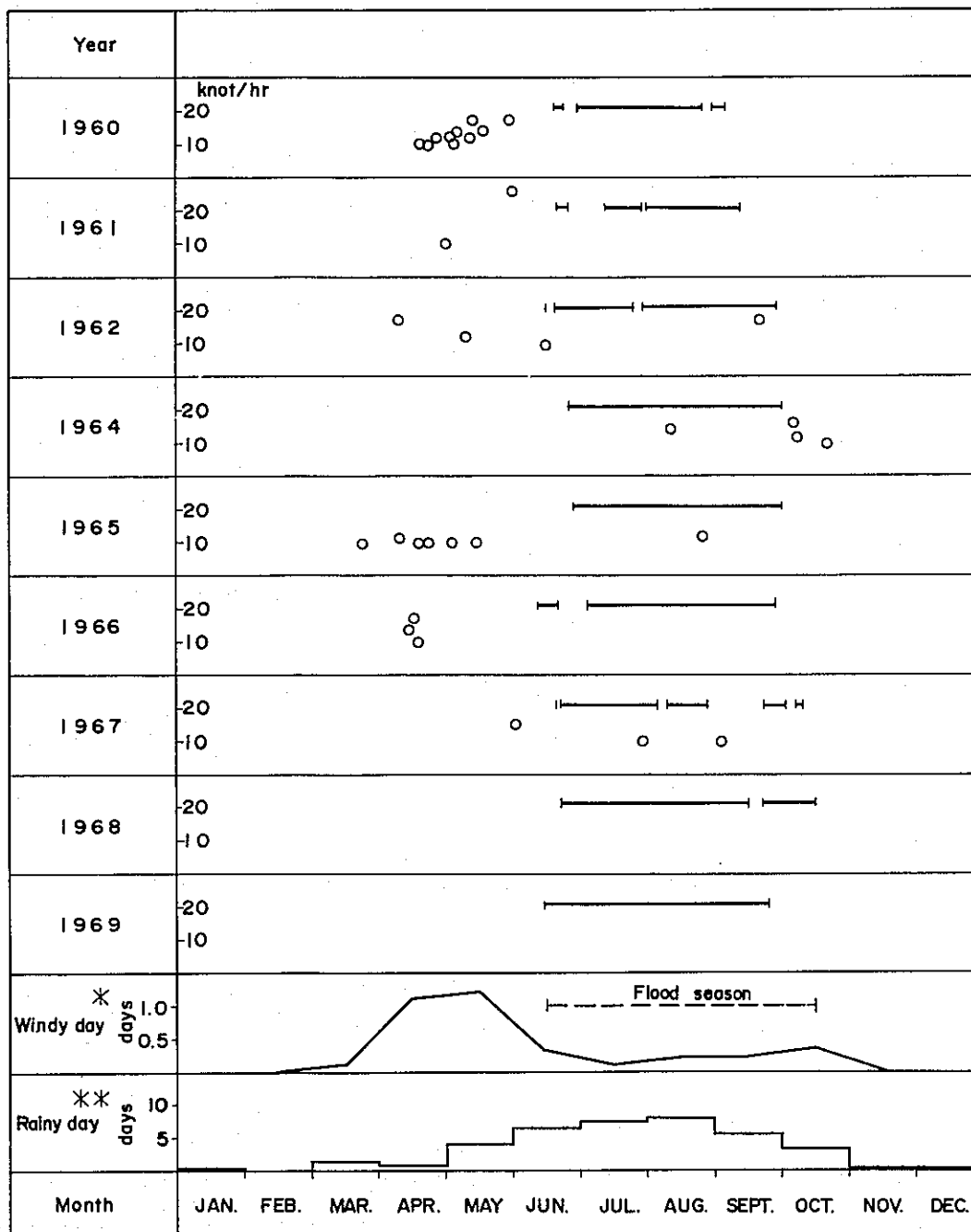


Fig. 5-23 Natural Condition at Sirajganj St.



- \* : Days of wind speed more than 10 knot
- \*\* : Days of rainy day more than 0.5 in day
- : Period water level is higher than 40 ft.,P.W.D.
- o : Day wind speed is higher than 10 knot.

## 7.2. 工事施工と施工資機材

建設工事区域は毎年洪水期中は常に湛水している。したがって片岸の guide bank 及びそれに関連する施設は工事用材料や工事の手戻り等を避けるため、比較設計では、1 乾季で完成させることにした。そのためには guide bank, cross dike, 締切工等から成る河川工事は2年間で完成させる必要がある。

河川工事にとっては必要な石材量の引出し、工事現場にいかんして安く合理的に輸送するかが非常に重要な問題である。しかしながら第一段階調査の段階では、その問題が未解決なので工事実施に応じて必要量が現場で入手できるものとした。

### 7.2.1. Guide-banks

Guide bank の構造は既に第4章の4で示した通りである。堤体は浚渫土で築造される。浚渫土の流失を防ぐ目的でポリエチレンマットが浚渫土と捨石の間に敷かれる。

主としてタイプAの低水位以下の部分を建設する場合、石堤を低水位上1.0 mの高さまで盛り上げる。これは浚渫土による盛土が水中で始まり、さらに堤体の安定を画る理由から考えたものである。さらに同場合では低水水路は石堤により締切るものとする。

エプロンの建設に対しては石とチップに対する石置場が guide bank の両終端近くにまず設け、石とチップを輸送、配置するための目的で上記2つの石置場を結ぶ一方通行の循環道路をエプロン部に沿って建設するものとする。このためにエプロン部上に2車線の道路を計画した。建設道路の第一層は地盤面上に0.5 m厚の stone chip を敷くものとする。水中部に於ては水表面まで石を積み上げ、その上に stone chip を0.5 m厚で敷くものとする。エプロンに対する建設用道路はエプロンの建設過程に応じ0.5 mずつ積上げが完成した時点で傍らの新たな道路へ移行する。

特殊なケースを除き捨石は次の順序で地盤上に運ばれるものとする。

- (1) トラクターショベルにより積込み
- (2) ダンプトラックにより運搬し人力により敷きならす

一方陸上作業が不可能な場合には次の通りである。

- (1) 底開きバージで運搬し
- (2) バージから水中に投棄する

陸上作業は乾季に於て水の無い地盤上の建設工事に適用され水中工事はタイプAのケースに見られるようにダンプ・バージに対して水深が十分な場所に適用される。エプロンの陸上作業に必要な主要機械は次の通りである。

積込み：5 m<sup>3</sup>の車輪式トラクターショベル

運搬：32 tの重量用ダンプ・トラック及び19 tのタイヤ・ドーザ



捨石：人力

エプロンの水中作業に必要な主要機械は次の通りである。

積込み：5 m<sup>3</sup>の車輪式トラクターショベルと32 tの重量用ダンプ・トラック

運搬：1,000 m<sup>3</sup>の底開きバージ

捨石：バージより

堤体を築堤する場合浚渫土をシート・パイルで囲いをしたブロックに吹きこみ、1ブロックの延長は500 mとする。吹きこみの高さは1回につき1.5 mとする。シート・パイルの壁面を支えるために湿地用ブルドーザでその背後に土砂を盛り上げるものとする。築堤作業に用いられる機械は次の様である。

4,000馬力のディーゼルポンプドレッチャー

20 tのクローラクレーンを持った15 Kwのバイプロ抗打機(杭抜き機)

125 KVAの発動発電機

### 7.2.2. Cross-dikes

Cross dike の構造図は第5章の5ですでに示した通りである。堤体は浚渫土を用いて盛土する。堤体の両法面はM.H.H.W.L.の高さまで石を積み上げ防護するものとする。築堤作業に用いられる機械は次の通りである。

Guide bank に対する工事用道路を cross dike の建設に際しても併用する。石材の積みこみ、運搬、敷き均しの方法及び盛土方法も guide bank 建設と同一方法とする。

### 7.2.3. 締切工

主水路の他に小水路がある場合、これらは事前に cross dike の建設を容易にするために締切るものとする。締切堤の天端高は平均地盤面よりも低くし堤体は石で被覆するものとする。洗掘防止と工事を容易にするためにシートパイルを打ちこむものとする。

Guide bank に対する工事用道路は締切工事にも併用されるものとする。

小水路の地盤面が水面上にある場合、工事は次の様に行なわれる。

- (a) 5 m<sup>3</sup>の車輪式トラクターショベルと32 tダンプトラックで捨石を積みこみ運搬する。
- (b) 20 t級のクローラクレーンを持つ15 Kw及び37 Kwのバイプロ杭打機でシートパイルを打ちこむ。
- (c) 16 t湿地ブルドーザーで土砂を掘削、盛土する。
- (d) 人力による捨石

小水路であり、締切が乾季に行なわれることから締切るべき水路の流れは一般にそれ程強くない。流れが多少強い場合には流れを減勢させるためにシートパイルを打ち込む前に捨石をする必要があろう。この場合の水中工事は次の通りである。

- (a) 5 m<sup>3</sup>の車輪式トラクターショベルと32 tダンプトラックで捨石を積みこみ運搬する。
- (b) 台船上で20 t級のクローラクレーンを持った37 Kwのバイプロ杭打機によりシートパイルを打ちこむ。
- (c) 4,000馬力のディーゼルポンブドレッチャーと16 t湿地ブルドーザーで浚渫盛土を行う。
- (d) 人力で石張工を行う。

#### 7.2.4. 建設工事工程

河川工事の工程はFig.5-24のとおりである。これは最初の1年でguide bank, cross dikes 及び締切工を片側河岸について施工し、次の年にもう一つの河岸のこれらの工事を実施すると言う基本計画に従うものである。

一般的に一年間の工事期間は、11月から翌5月までの乾期7ヶ月に限定される。しかし、9月、10月の2ヶ月を水中施行が必要な部分のBargeによる捨石工のため上記の期間に追加する。

#### 7.2.5. 主要機械数と燃料量

所要主要機械数或は工事施工に必要な日当り最大機械数を上記工程に合わせて見積りTable 5-11に示す。上記機械運転に必要な日最大燃料消費料及びその総量は、Table 5-12に示すとおりである。

#### 7.2.6. 資材置場

一般的に工事施工の便宜上一方のguide bankの上流側、下流側2ヶ所に資材置場を設ける。

タイプAのようにbargeによる捨石が必要な場合には、guide bankの工事現場より10 Km程度の範囲の適当な位置に接岸用突堤を備えた資材置場がもう一つ必要である。

ここで述べた資材置場は石材用ばかりでなく、鋼材及び他の必要資材のためにも用いられる。

#### 7.2.7. 所要人員数

石張工に必要な日当最大労務者数はTable 5-13のとおりで、この数は人力による最大運搬距離を40 m、労務者の1グループを20人編成とし、出来るだけ均等に工事範囲に配置させるものとして見積ったものである。

上記労務者以外の浚渫船、dump barge等含む建設機械運転等に必要な人員は世話人、運転手、労務者及び乗組員から成っている。これらの人員もTable 5-11に示した。

## 8. 河川工事費

Fig. 5-24 Progress Schedule of River Control Works

Preparatory Works or Maintenance Works  
Main Works

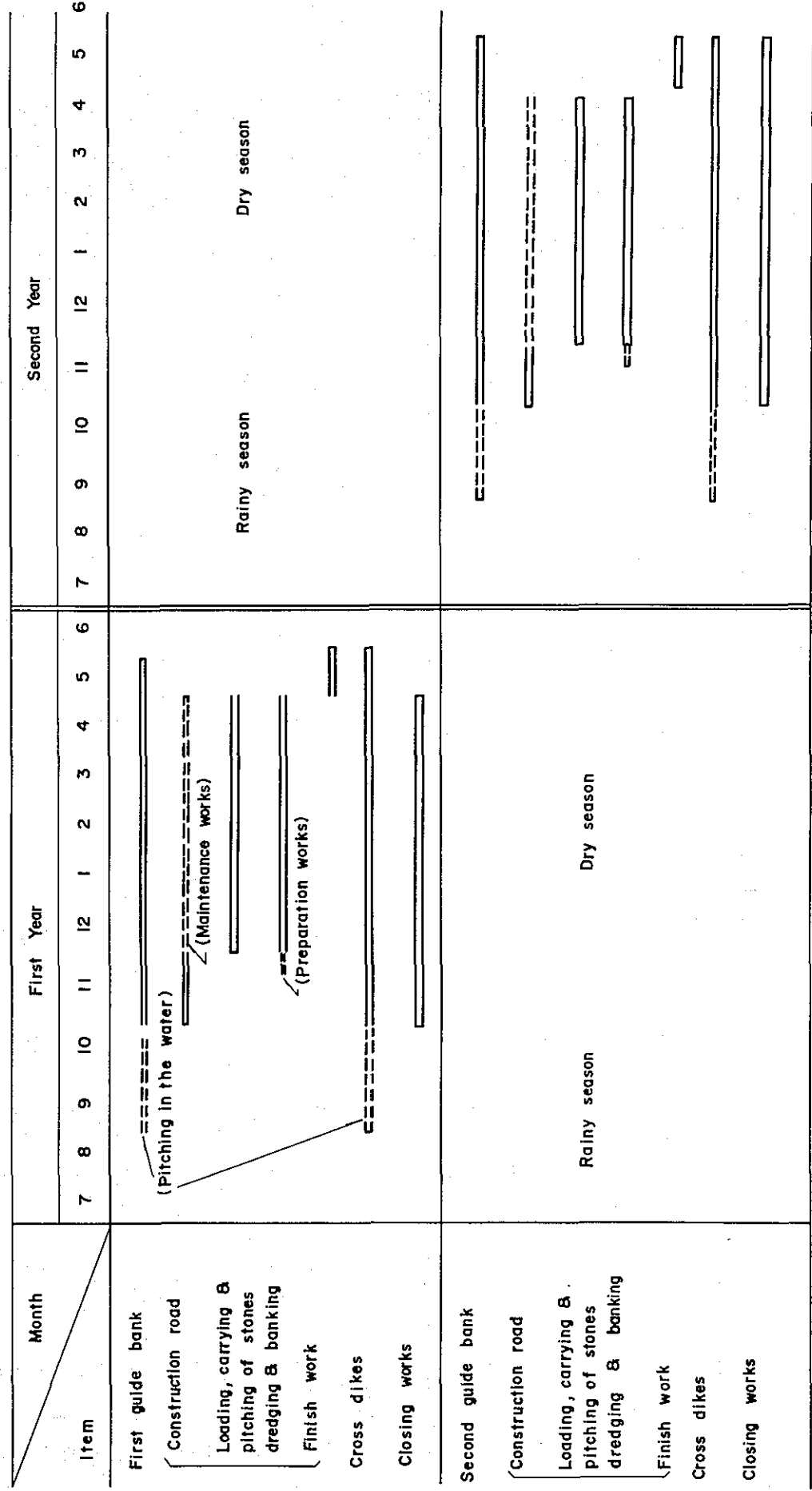


Table 5-11 Necessary Number of Equipment and Personnel

Site	Type of Machine	Equipment										Personnel			
		Tractor shovel (5m <sup>3</sup> )	Dump truck (32t)	Tire dozer (19t)	Bull- dozer (16t)	Vibro crane (15KW+20t)	Vibro crane (37KW+20t)	Engine dynamo (125KW)	Pump dredger (4000ps)	Dump barge (1000m <sup>3</sup> )	Jetty Foreman	Operator	Labor	Crew	
Bahadurabad	L	15	109	12	18	121	1	33	6	9	6	482	467	8518	264
	R	15	72	5	13	91	-	23	3	-	-	475	331	8875	96
	L	9	48	8	9	54	-	15	2	-	-	281	216	5070	64
Bahadurabad	R	9	38	5	13	59	-	16	3	-	-	277	219	5091	96
	L	7	31	5	4	41	-	11	1	-	-	227	174	4162	32
Bahadurabad	R	8	34	5	13	59	-	16	3	-	-	250	199	4622	96
	L	16	36	5	17	115	-	30	5	15	9	225	357	3840	280
Gobarigaon	R	23	54	12	18	174	-	45	7	20	11	294	533	4871	384
	L	8	36	5	13	63	-	17	3	-	-	270	225	4935	96
Gobarigaon	R	11	49	7	14	73	1	20	3	-	-	319	273	5870	96
	L	8	32	5	13	63	-	14	3	-	-	246	215	4557	96
Gobarigaon	R	8	34	5	4	41	-	11	1	-	-	249	159	4601	32
	L	15	71	5	8	60	-	15	2	-	-	470	256	8733	64
Siraiganj	R	20	74	13	18	140	2	38	10	18	10	358	484	6030	464
	L	8	34	5	8	50	-	13	2	-	-	264	205	4694	64
Siraiganj	R	10	52	8	10	54	1	16	2	-	-	296	226	5371	64
	L	7	29	5	8	50	-	13	2	-	-	222	178	4084	64
Siraiganj	R	8	32	5	4	41	-	11	1	-	-	232	149	4305	32
	L	16	78	5	8	82	-	21	2	-	-	521	318	10198	64
Nagarbari	R	16	103	12	17	173	3	47	8	11	6	550	585	9497	344
	L	9	39	5	8	60	-	15	2	-	-	294	212	5445	64
Nagarbari	R	11	52	7	14	86	-	23	4	1	1	324	304	5808	136
	L	9	36	5	8	60	-	15	2	-	-	294	209	5445	64
Nagarbari	R	8	35	5	4	41	-	11	1	-	-	255	160	4665	32

Table 5-12 Quantity of Main Fuel and Sheet Piles

Site	Type	Light Oil			Heavy Oil			Sheet Pile		
		Total Consumption (kl)	Max. Daily Consumption (kl)	Max. Daily Consumption (kl)	Total Consumption (kl)	Max. Daily Consumption (kl)	Max. Daily Consumption (kl)	Light Steel Type (t)	Heavy Steel Type (t)	Heavy Steel Type (t)
Bahadurabad	A	8,255	35	13,055	92	8,959	1,485	-	-	-
	B	4,509	17	6,460	46	5,468	-	-	-	-
	C	3,554	16	4,408	46	3,952	-	-	-	-
Gabargaon	A	7,646	31	20,693	124	11,566	-	-	-	-
	B	4,906	20	7,706	46	7,353	1,057	-	-	-
	C	3,771	15	5,426	46	5,243	-	-	-	-
Sirajganj	A	7,505	31	14,300	156	8,076	330	-	-	-
	B	4,442	18	6,155	30	5,245	330	-	-	-
	C	3,452	12	4,514	30	4,076	-	-	-	-
Nagarbari	A	8,578	40	14,789	123	8,769	4,770	-	-	-
	B	4,876	22	7,781	62	6,262	-	-	-	-
	C	3,783	15	4,954	30	4,076	-	-	-	-

Table 5-13 Necessary Number of Stone Pitching (unit; persons per day)

Site	Type		Guide bank	Closing work	Cross dike
Bahadurabad	A	L	6,400	620	650
		R	8,200	—	40
	B	L	4,400	—	280
		R	4,600	—	40
	C	L	3,900	—	—
		R	4,100	—	40
Gabargaon	A	L	2,900	—	170
		R	3,000	450	730
	B	L	4,400	—	80
		R	4,800	250	250
	C	L	4,000	—	80
		R	4,300	—	—
Sirajganj	A	L	8,300	—	—
		R	4,100	350	680
	B	L	4,300	—	—
		R	4,600	90	290
	C	L	3,700	—	—
		R	4,000	—	—
Nagarbari	A	L	9,100	—	—
		R	6,300	1,310	710
	B	L	5,000	—	—
		R	5,000	85	220
	C	L	4,500	—	—
		R	4,400	—	—

Table 5-14 Construction Costs of Jamuna Bridge at Four Sites

Conversion rate: Tk 1 = ¥ 36

Unit: crore Tk

Bridge site	Guide-bank span km (mile)	River control
Bahadurabad	2.0 (1.2)	167
	4.2 (2.6)	83
	5.6 (3.5)	69
Gabargaon	2.0 (1.2)	194
	4.2 (2.6)	96
	5.2 (3.3)	79
Sirajganj	2.0 (1.2)	194
	4.2 (2.6)	93
	5.6 (3.5)	80
Nagarbari	2.0 (1.2)	217
	4.2 (2.6)	113
	5.2 (3.3)	93

河川工事費は各架橋候補地点の各タイプに対して次の条件で積算しTable 5-14に示した。しかしこの工事の中には居住区，モータープール，燃料貯蔵所，資材置場，荷役施設及び電力施設等の一般施設の費用は含まれていない。

- (a) 石材置場へ運搬される石材の単価は，石材調査班の第1次調査に基づき Bahadurabad 地点で6 Tk/cft, Gabargaon 地点で6.3 Tk/cft, Sirajganj 地点で7 Tk/cft 及びNagarbari 地点で7.4 Tk/cft とした。
- (b) 資材，人件，工事の各単価は1974年3月の単価調査結果に基づくものである。
- (c) 主要機械の損料は建設省の建設機械損料表（1974年版）によった。
- (d) 鋼矢板及び軽量鋼矢板の単価は1974年3月末現在の日本での価格58,000 ¥/ton 及び62,000 ¥/ton をそれぞれ用いた。

## 第 VI 章 橋 脚 洗 掘

### 1. 橋脚洗掘深の研究

P. Andru (1 2 4 G B) は bed factor ( $Q^2/B^2H^3$ ) と洗掘深の関係について実験値及び実測結果を整理して、次式を得た。(Fig. 6-1)

$$H_s (Q^2/B^2H^3)^{1/3} = 1.8 (Q/B)^{2/3} \quad (6.1)$$

或は  $H_s = 1.8 H$

ここに  $H_s$  = 水面から測った洗掘深

$Q$  = 流量

$B$  = 広矩形水路の河幅

$H$  = 橋脚がない場合の水深

一方, E.M. Laursen は広範囲な実験により次式を得た。(1 2 3 G B)

$$H_s = H + ds \times ks \times ka \times k_2 \quad (6.2)$$

ここに  $ds$  = 洗掘前河床から測った洗掘深,  $H/b$  と  $ds/b$  の関係曲線が用意されている。

$b$  = 橋脚幅 (Fig. 6-2-1)

$ks$  = 橋脚の形状に関する補正係数で橋脚前面形状毎の数表 (Fig. 6-2-2) が用意されている。

$ka$  : 橋脚の流向との迎角に関する補正係数で,  $a$ ,  $L/b_p$  と  $ka$  に関する曲線 (Fig. 6-2-3) が用意されている。

$a$  : 橋脚の流れに対する迎角

$L$  : 橋脚の流れ方向長さ

$k_r$  : 河床砂の移動形態と掃流力に関する補正係数で,  $U^*/w_0$ ,  $ds/H$  と  $k_r$  に関する曲線 (Fig. 6-2-4) が用意されている。尚  $U^*/w_0 < 1/2$  の場合は  $k_r = 1.0$  である。

$U^*$  : 摩擦速度

$w_0$  : 河床砂の沈降速度

Breusers の研究 (1 3 3 G B) によると動的平衡洗掘深は, 円筒形橋脚の場合次式で与えられる。

$$ds = 1.4 b$$

一方, Larras (1 3 4 G B) は同じく円筒形橋脚の場合, 次式を得た。

$$ds = 1.05 b^{0.75} \quad (ds, b: m) \quad (6.4)$$

Shen, Schneider and Karaki は, clear-water の平衡洗掘深として次式を与えた。

$$ds = 0.000223 Re^{0.619} \quad (ds: m) \quad (6.5)$$

ここに  $Re = Ub/\nu$  : 橋脚 Reynolds 数

$U$  = 橋脚のない場合の平均流速



Fig. 6-1 Relation Between Scour Depth and Discharge (Andru)

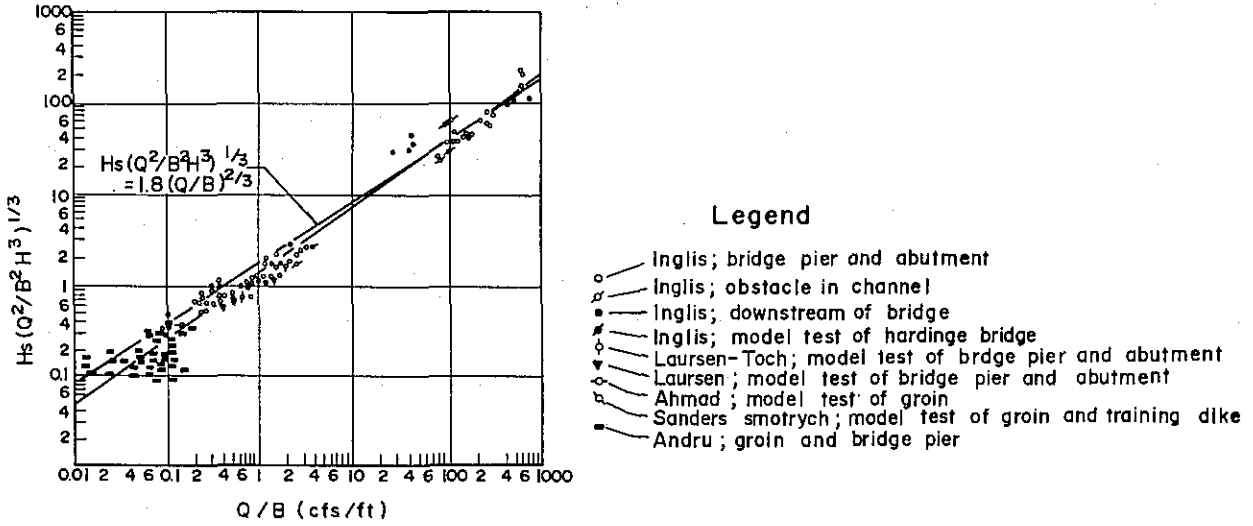


Fig. 6-2 Diagrams for Calculation of Scour Depth (Laursen)

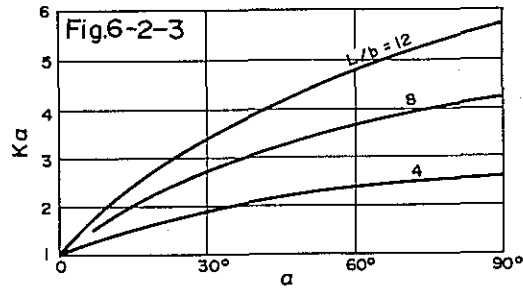
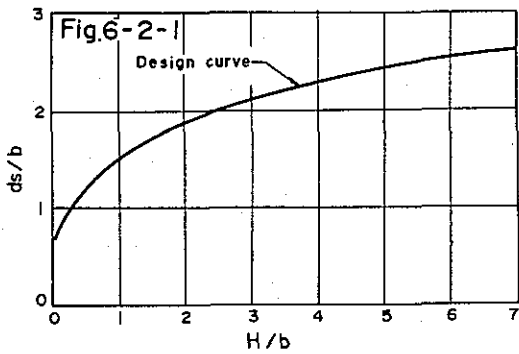






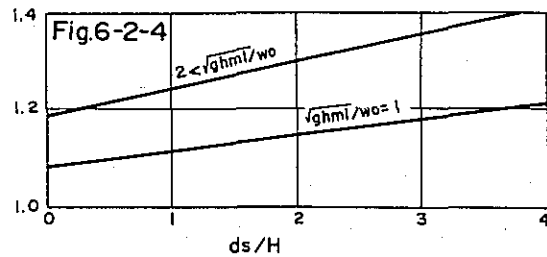


Fig. 6-2-2

Nose form	Length-width ratio	Ks
Rectangular		1.00
Semicircular		0.90
Elliptic	2 : 1 	0.80
	3 : 1 	0.75
Lenticular	2 : 1 	0.80
	3 : 1 	0.70



$\nu$  = 動粘性係数

上で述べた (6.1) 式～(6.5) 式を比較して Fig. 6.3 に示す。このうち Andru Laur-  
sen 及び Shen の各公式は Sirajganj に於ける値を示した。この図からわかるとおり各公  
式による値は相当ばらついているが、次の事が言える。

- (1) Andru は洗掘深が水深だけによつており、小径の橋脚に対しては適用すべきでな  
い。
- (2) Laursen 公式は  $H/b$  が 1～7 の範囲に対して得た公式であるので、比較的大きな径  
の橋脚に対して適用出来るようである。
- (3) Breuser 公式及び Larras 公式は、洗掘深が流速及び河床材料に無関係で橋脚幅のみ  
に関係するとしているので、少なくとも比較的大きな径の橋脚の場合に適用するのは不合  
理と思われる。しかし、パイプのような小径の橋脚については適しているようである。
- (4) Shen 公式は橋脚幅のかなり広い範囲に対して適用出来るようである。

結局、Jamuna 河のような大水深の河で 10 m 以上の橋脚幅の場合には Andru 公式が、  
3 m より小さな橋脚幅の場合には Shen 公式が適用出来ると判断した。

## 2. 広幅員橋脚の洗掘深

橋脚基礎工として welf type を適用すると、橋脚幅は 12 m 程度となる。いま、 $b=12$   
m,  $k_s = 0.90$  及び  $K_a = 1.0$  とすると Laursen 公式は次のとおり書きなおされる。

$$H_s = H + 0.9 k_r d_s$$

Jamuna 河の場合  $U^*/w_o > 2$  である。 $H/b = 1 \sim 7$  の範囲に対して計算した  $H_s/H$  の値を  
Fig. 6-4 に示す。これを見ると、Andru 公式では  $H_s/H = 1.8$  と一定であるのに対して  
Laursen 公式では  $H/b > 3$  の範囲では  $H_s/H < 1.8$ 、 $H/b < 3$  の範囲に対しては  $H_s/H > 1.8$   
であることがわかる。

第 V 章の予備的設計では、上記 2 公式を用いて各架橋候補地点及び各工事タイプについて  
洗掘深を計算した。結果は Table 6-1 に示した。両公式による計算結果を比較すると、  
type-A, B に於いては Andru 公式による値が大きく、type-C に於いては両者がほ  
ぼ等しい。これらの結果から Andru 公式を採用するものとし、Fig. 5-6 に "◎" でその  
値を示した。

## 3. 広幅員橋脚の防護工

橋脚は何の防護工もなく、自立出来るよう充分深く根入れをしておくべきである。しかし  
それが非常に困難或は非常に非経済的である場合には、不本意ではあるが、橋脚周辺の防護  
工について検討せざるをえない。ここではそのような場合のあり得ることを考えて、橋脚周  
辺防護の範囲及びそれに必要な石材の大きさについて検討する。尚この橋脚周辺防護工を  
pier apron と呼ぶことにする。

Fig. 6-3 Scoured Depth around Bridge Pier

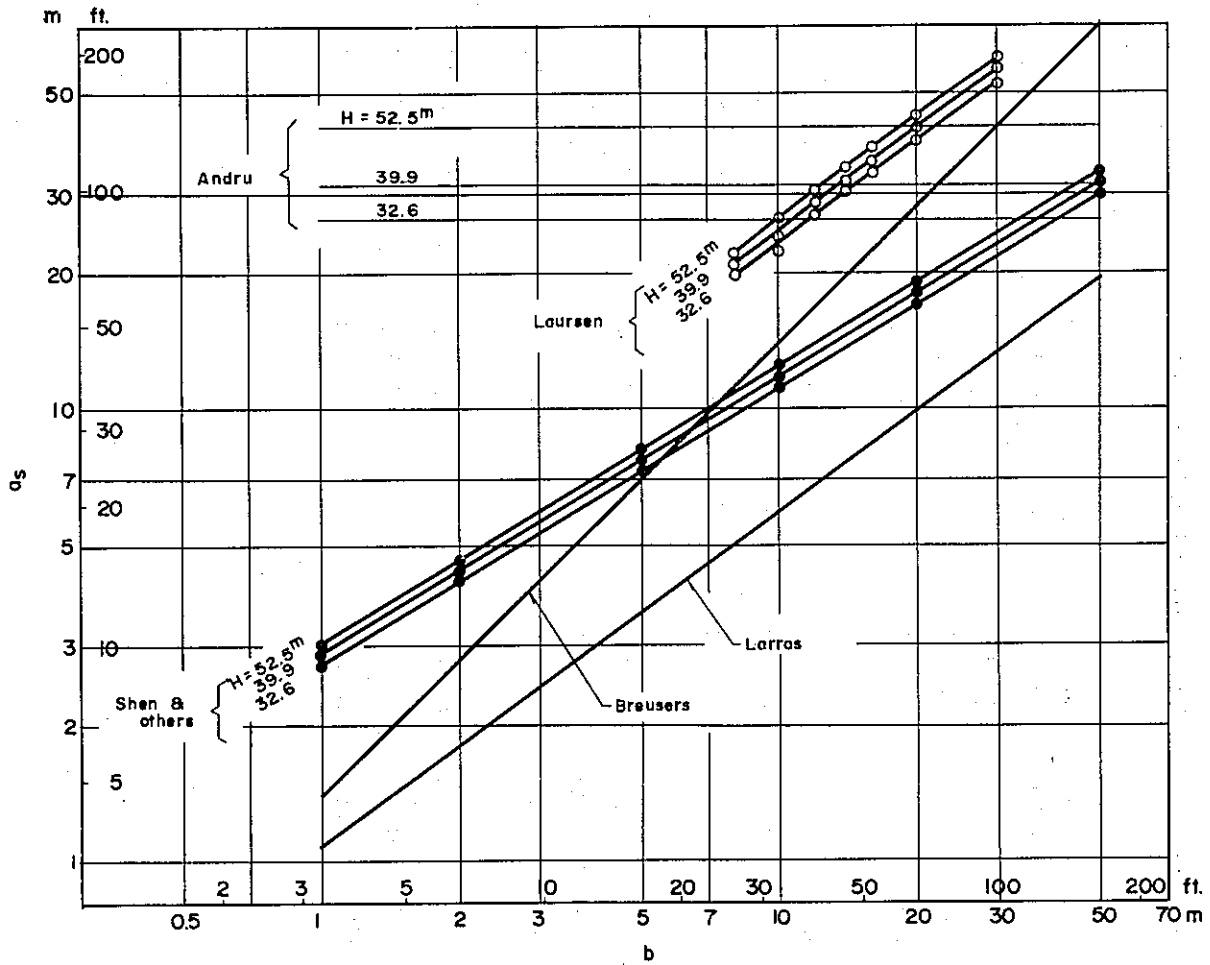
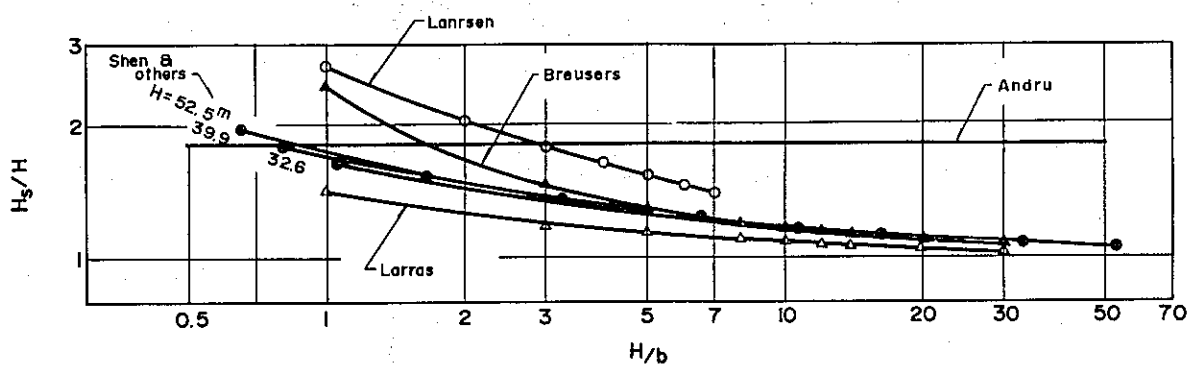


Fig. 6-4 Relation between  $H_s/H$  and  $H/b$



Notes ;

- Andru ;  $H_s/H = 1.8$
- Breusers ;  $d_s = 1.4b$
- Larras ;  $d_s = 1.05b^{0.75}$  (m)
- Shen & others ;  $d_s = 0.000223Re^{0.619}$  (m)

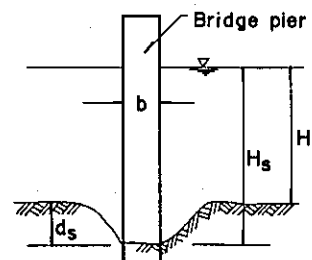


Table 6-1 Scour Depth around Bridge Pier

$b = 12.0^m$

Site	Type	Depth H (m)	Laurssen's method			Andru's formula		Design water depth at piers $11^m$ 102 <sup>m</sup> (334.4)
			H/b	Hs/H	Hs (m)	Hs/H	Hs (m)	
Nagarbari	A	56.139	4.678	1.56	87.577	1.80	101.050	
	B	42.384	3.532	1.69	71.629	"	76.291	77 (252.5)
	C	36.825	3.069	1.77	65.180	"	66.285	67 (219.7)
Sirajganj	A	53.862	4.489	1.57	84.563	"	96.952	97 (318.0)
	B	40.749	3.396	1.71	69.681	"	73.348	74 (242.6)
	C	33.473	2.789	1.82	60.921	"	60.251	61 (200.0)
Gabargaon	A	54.891	4.574	1.56	85.630	"	98.804	99 (324.6)
	B	41.041	3.420	1.70	69.770	"	73.874	74 (242.6)
	C	35.554	2.963	1.80	63.997	"	63.997	64 (209.8)
Bahadurabad	A	50.542	4.212	1.60	80.867	"	90.976	91 (298.4)
	B	37.682	3.140	1.75	65.944	"	67.828	68 (223.0)
	C	31.229	2.602	1.86	58.086	"	56.212	57 (186.9)

### 3.1. 防護工の範囲

#### 3.1.1. Gales の提案

R.R.Gales は流れが橋脚に斜めに当たること、及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.6.5 に示すような橋脚防護範囲を提案した。

#### 3.1.2. 石崎・本間の研究

石崎勝義, 本間勝一 (129 GB) は, 広範囲に渡る実験に基づき Fig.6-6, 6-7 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深, q: 単位幅流量, v: 洗掘されていない水深に於ける平均流速, x: 橋脚側壁からの距離, r: 円筒橋脚の半径, ds: 橋脚側壁 (i.e. X=0) に於ける洗掘深, 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) に於ける q'/q の値。Fig.6-6 は q'/q と X/r の関係を示したもので Fig.6-7 は ds/H と y の関係を示したものである。

Fig.6-6 からわかるように D を橋脚の直径とすると  $X/r < 2$  或は  $X < D$  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充分であろう。

#### 3.1.3. 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。

### 3.2. 石の大きさ

S.V.Isbash (130 GB) は, 流水中の rock-fill dam の安定について研究し, 安定に必要な流速と石重量の関係式を得た。

$$V = EK\sqrt{d} \quad (6.7)$$

$$K = \sqrt{2g(w_s - w_0)/w_0}$$

ここに, V = 限界平均流速 (垂直測線上の平均流速) (m/s)

d = 石の直径 (m)

$w_s, w_0$  = 水及び石材の単位重量 (t/m<sup>3</sup>)

g = 重力加速度 (m/sec<sup>2</sup>)

E = dam 頂の形状に関する係数 (無次元) で

三角形堰頂の場合: E = 0.86

台形堰頂の場合: E = 1.20

Fig.6-6 に示すような局部洗掘部では

$$V = q/H, V' = q'/H \rightarrow V' = (H/H') y V \quad (6.8)$$

(6.8) 式を (6.7) 式に代入すると

$$d = (H/H')^2 (y/EK)^2 V^2 \quad (6.9)$$

従って洗掘部の深さ, 橋脚側壁での単位幅流量及び洗掘前の水深がわかると, 洗掘部

Fig. 6-5 Pier Apron

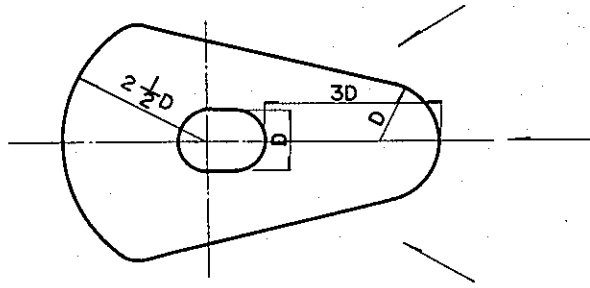


Fig. 6-6 Relation Between  $q'/q$  and  $x/r$

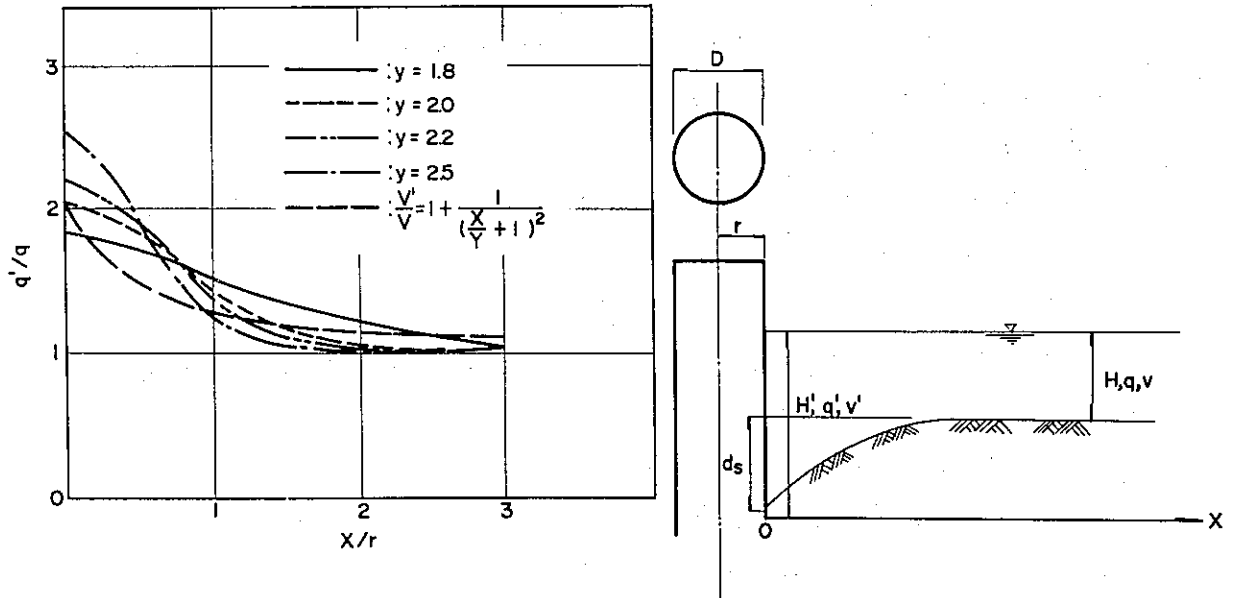
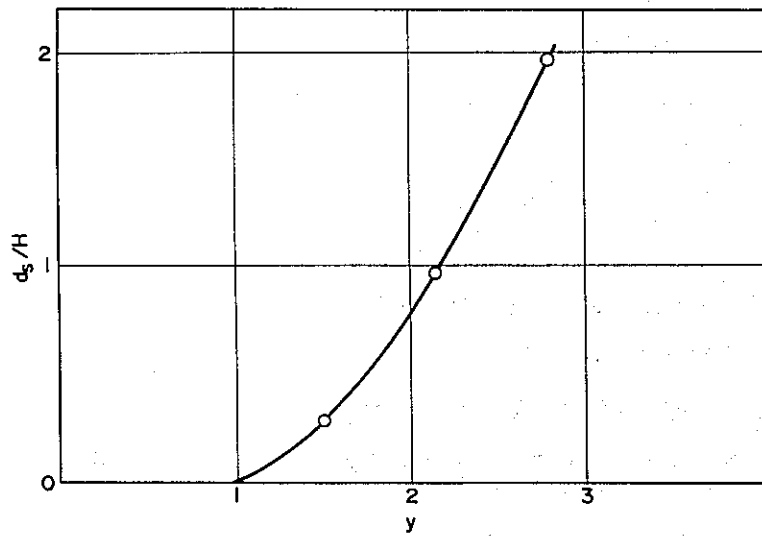


Fig. 6-7 Relation Between  $d_s/H$  and  $y$



で流れに抵抗出来る石の大きさが(6.9)式で求められる。石の重量は近似的に次式で求められる。

$$W = 2.65 (4/3) \pi (d/2)^3 \quad (6.10)$$

平均流速は(v)は河道断面内の流心部の平均流速を取るべきである。いま、vを流心部平均流速とし、 $V_M$ を全断面平均流速とすると

$$V = (1/n) H^{2/3} I^{1/2}, \quad V_M = (1/n_M) R^{2/3} I_M^{1/2} \rightarrow v = (H/R)^{2/3} V_M \quad (6.11)$$

ここに、 $n, n_M$  = 流心部及び全断面の粗度係数で  $n = n_M$  とする。

$R$  = 全断面平均水深

$I, I_M$  = 流心部及び全断面の水面勾配で  $I = I_M$  とする。

いま、 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ,  $w_s = 2.65 \text{ t/m}^3$ ,  $w_o = 1 \text{ t/m}^3$  及び  $E = 1.20$  とすると

$$(9) \text{式は } d = 0.0215 (H/H')^2 y^2 V^2 \quad (6.12)$$

石崎・本間の研究によると、 $d_s/H$ と $y$ の関係はFig.8-7で与えられ、もし $H/H = 1.8$  或は  $d_s/H = 0.8$  とすると同図から  $y = 2.05$  となる。一方、洗掘のない場合の理論解は次式で与えられ、橋脚側壁では  $y = 2.0$  となる。

$$V'/V = 1 + (X/r + 1)^{-2}$$

このことから、 $H'/H = 1.8$  或は  $d_s/H = 0.8$  と仮定すると、 $y$ の値は洗掘が進むにつれ、2.0から2.05まで変化することがわかる。このように $y$ 値の変化は少ないので  $y = 2.05$  を採用すると、(12)式は

$$d = 0.09035 (H/H')^2 V^2 \quad (6.13)$$

Table 6-2-1~6-2-4は各予想洗掘深に対してその河床で流れに抵抗しうる石材の直径とその重量を求めたものである。この計算には(6.13)式(6.10)式を用いた。この表中上で述べたとおり、 $H$ は流心部平均水深、 $H_s$ は平衡洗掘水深、 $H'$ はまだ平衡状態に達していない状態の洗掘水深である。

以上の計算結果から次のことが考慮される。

- (a) 橋脚周辺の洗掘が少しも許されないなら、次に示す石材より大きなものを置くことが理論的には必要であるが、実際上はこれより小さな石材でも維持補給を考えるなら役立つであろう。

Type A:	Nagarbari	Site (N)	$d = 135 \text{ cm}$	$w = 3,430 \text{ Kg}$
	Sirajganj	Site (S)	171	6,959
	Gabargaon	Site (G)	166	6,370
	Bahadurabad	Site (B)	196	10,479
Type B:	N		$d = 115 \text{ cm}$	$w = 2,120 \text{ Kg}$
	S		146	4,343
	G		144	4,160

Table 6-2-1 Weight of Pitching Stone for Pier Apron

Site: Nagarbari

Type	B (m)	vm (m/s)	H (m)	v (m/s)	H' (m)	H/H'	d (m)	W (t)
Hs = 101.050 Hs/H = 1.8								
A	2,000	1.993	56.139	3.871	56.139	1	1.352	3.429
					67	0.838	0.950	1.190
					78	0.720	0.701	0.480
					89	0.631	0.538	0.216
					101.050	0.556	0.418	0.101
Hs = 76.291 Hs/H = 1.8								
B	4,200	1.580	42.384	3.573	42.384	1	1.152	2.121
					50	0.848	0.828	0.788
					59	0.718	0.594	0.291
					68	0.623	0.447	0.125
					76.291	0.556	0.356	0.063
Hs = 66.285 Hs/H = 1.8								
C	5,200	1.468	36.825	3.319	36.825	1	0.997	1.379
					44	0.837	0.696	0.468
					51	0.722	0.518	0.193
					58	0.635	0.401	0.090
					66.285	0.556	0.307	0.041

Site: Sirajganj

Hs = 96.952 Hs/H = 1.8								
A	2,000	2.246	53.862	4.356	53.862	1	1.712	6.959
					60	0.898	1.381	3.653
					70	0.769	1.013	1.442
					80	0.673	0.776	0.648
					96.952	0.556	0.529	0.205
Hs = 73.348 Hs/H = 1.8								
B	4,200	1.780	40.749	4.026	40.749	1	1.463	4.343
					50	0.815	0.971	1.270
					60	0.679	0.674	0.425
					70	0.582	0.495	0.168
					73.348	0.556	0.452	0.128
Hs = 60.251 Hs/H = 1.8								
C	5,600	1.625	33.473	3.676	33.473	1	1.220	2.518
					40	0.837	0.854	0.864
					50	0.669	0.546	0.226
					60	0.558	0.380	0.076
					60.251	0.556	0.377	0.074



Table 6-2-2 Weight Pitching Stone for Pier Apron

Site: Gabargaon

Type	B (m)	vm (m/s)	H (m)	v (m/s)	H'	H/H'	d (m)	w (t)
					Hs = 98.804		Hs/H = 1.8	
A	2,000	2.209	54.891	4.291	54.891	1	1.662	6.370
					65	0.844	1.184	2.303
					76	0.722	0.866	0.901
					87	0.631	0.662	0.403
					98.804	0.556	0.514	0.188
					Hs = 73.874		Hs/H = 1.8	
B	4,200	1.767	41.041	3.997	41.041	1	1.442	4.160
					49	0.838	1.012	1.438
					57	0.720	0.748	0.581
					65	0.631	0.574	0.262
					73.874	0.556	0.446	0.123
					Hs = 63.997		Hs/H = 1.8	
C	5,200	1.648	35.554	3.728	35.554	1	1.254	2.736
					42	0.847	0.900	1.011
					49	0.726	0.661	0.403
					56	0.635	0.506	0.180
					63.997	0.556	0.388	0.081

Site: Bahadurabad

					Hs = 90.976		Hs/H = 1.8	
A	2,000	2.400	50.542	4.662	50.542	1	1.961	10.479
					60	0.842	1.391	3.807
					70	0.722	1.022	1.481
					80	0.632	0.783	0.669
					90.976	0.556	0.606	0.309
					Hs = 67.828		Hs/H = 1.8	
B	4,200	1.925	37.682	4.354	36.682	1	1.711	6.962
					45	0.837	1.199	2.400
					52	0.725	0.899	1.011
					60	0.628	0.675	0.429
					67.828	0.556	0.529	0.207
					Hs = 56.212		Hs/H = 1.8	
C	5,600	1.742	31.229	3.940	31.229	1	1.401	3.824
					37	0.844	0.998	1.379
					43	0.726	0.738	0.558
					50	0.625	0.547	0.228
					56.212	0.556	0.433	0.113

B	$d = 171 \text{ cm}$	$w = 6,960 \text{ Kg}$
Type C: N	$d = 100 \text{ cm}$	$w = 1,380 \text{ Kg}$
S	122	2,518
G	125	2,740
B	140	3,820

(b) 橋脚を平衡洗掘河床からさらに充分の根入れを行って建設する場合には、勿論橋脚周辺を捨石防護する必要がない。これは平衡状態にある洗掘部へは絶えず流砂の補給が流入によりなされ、或る一定の平衡洗掘深を保持するからで、表に示されている石の大きさは、砂の補給がされない時にでも或る洗掘河床高を保持するに必要な値を示すものである。

(c) もし、洗掘深を減少つまり  $H_s$  より小さな  $H'$  を保持しようとするなら、表に示す  $H'$  に対応した値程度の石材を捨石することが必要となる。

(d) 表に示した石材の大きさは、橋脚側壁の最大流速に抵抗できる値を求めたものであるから橋脚の下流側ではもう少し小さな石材を使っても良いであろう。

### 3.3. 石の布設厚

石材間からの砂の吸い出しを防止するとの観点から guide bank apron と同じ厚さが必要と判断される。

## 第 VII 章 架橋四候補地点の比較

### 1. 地形学的比較

大矢は写真判読と現地視察により、計画架橋地点を含む4区域の地形学的な分類図を作成した。これを Fig. 7-1, 7-2 に示した。

#### 1.1. Bahadurabad 地点及びその周辺

Jamuna 河の沿岸には alluvial fan が存在している。日本に於ける alluvial fan は砂、砂利から成り、急勾配を形成している。しかし Bahadurabad 地域では砂のみで平坦化している。この現象は日本とくらべ岩石の化学風化作用が亜熱帯地域に属しているためと思われる。Fan の幅も狭く、延長も短い。左岸に沿って2つの alluvial fan が細長く発達している。自然堤防と後背湿地から成る旧 alluvial plain は上述の fan にあり、これは 1830 年以前に形成された。Fan の形状は未だ形成過程が完了していない事を示している。

#### 1.2. Gabargaon 地点及びその周辺

この区域の alluvial plain の幅は Bahadurabad 周辺とくらべより広い。1830 年以前に形成された旧 alluvial plain は fan の中であちこちに見られる。旧 alluvial plain は自然堤防、後背湿地、旧河道等から成っている。右岸側には多くの河道が存在している。

#### 1.3. Sirajganj 地点及びその周辺

上述の2地点には扇状地が存在するがこの地帯は自然堤防から成っている。幾つかの派川が Bahadurabad 地点で分派し Sirajganj 区域の上流部で収束している。すなわち上流で分派し再び本川に戻っている。その後は Sirajganj の下流域で再び分派することとなる。現状の沖積平野と Jamuna 河左岸上の旧沖積平野の間には比高 4 m 程度の cliff が存在している。Fig. 7-2 に示した様に新旧沖積平野の間には地形上明確な差異が見られる。旧沖積平野には多くの自然堤防が見られるが、現沖積平野にはわずかしか見られない。Sirajganj Town は旧沖積平野すなわち旧沖積平野により形成された狭小な平地（幅約 10 Km or 6.2 マイル）に位置している。右岸の自然堤防上には 150~200 年前につくられた村落が見られる。

#### 1.4. Aricha, Nagarbari 地点及びその周辺

この地帯の左右岸の間には地域的、地形学的に明確な差異が見られる。右岸側には大きな湿地帯が存在し、これは洪水時 Ganges 河の背水によりつくられたものである。一方左岸側には自然堤防が発達している。この自然堤防の形成は Jamuna 河だけでなく、旧河道によってもなされた。この左岸側には幅 3.5 Km (2.2 マイル) の旧河道がはっきりと見られる。

#### 1.5. 4 地点の比較

Fig.7- 1 Geomorphological Land Classification Map of the Jamuna River Basin

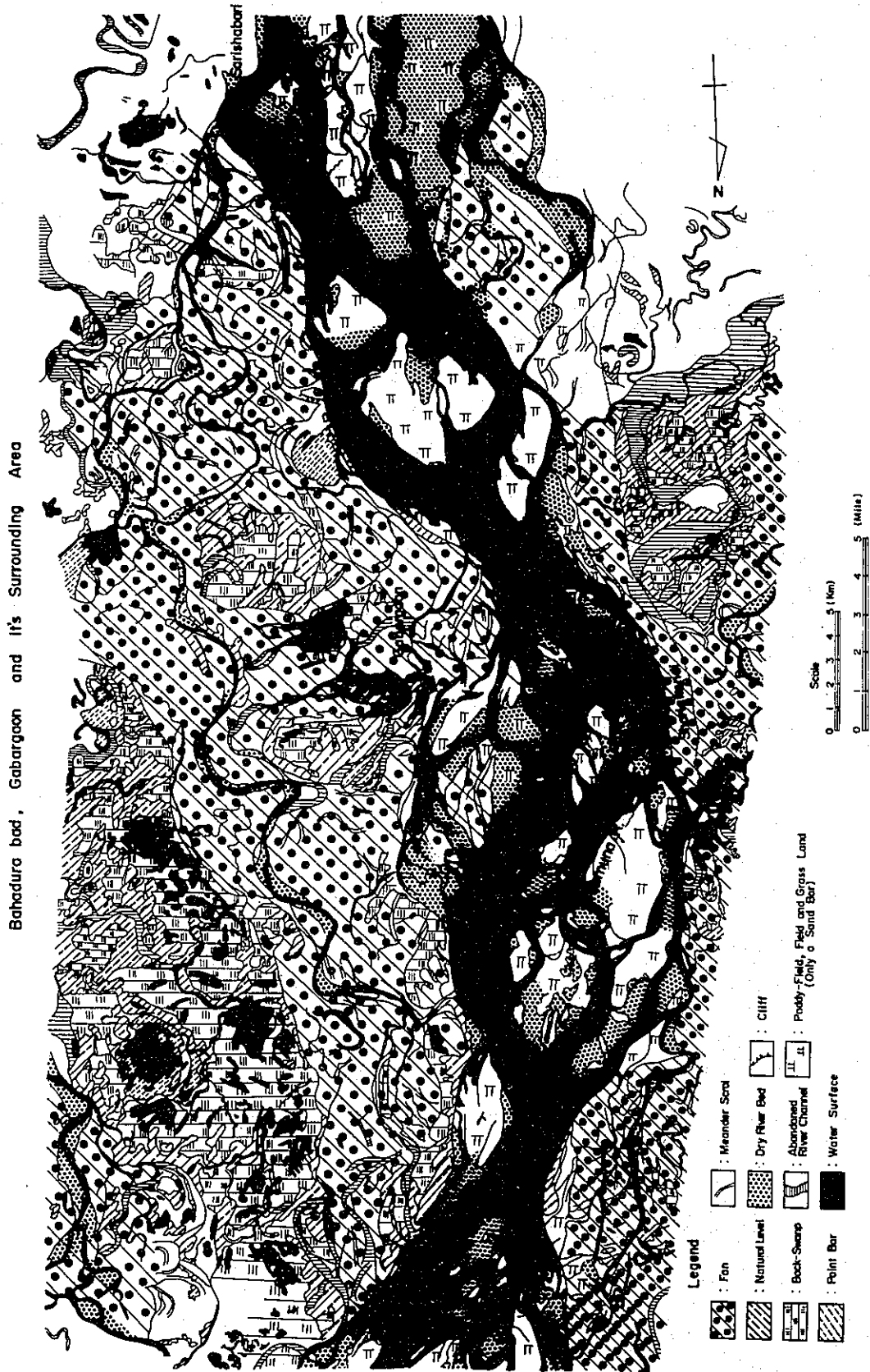
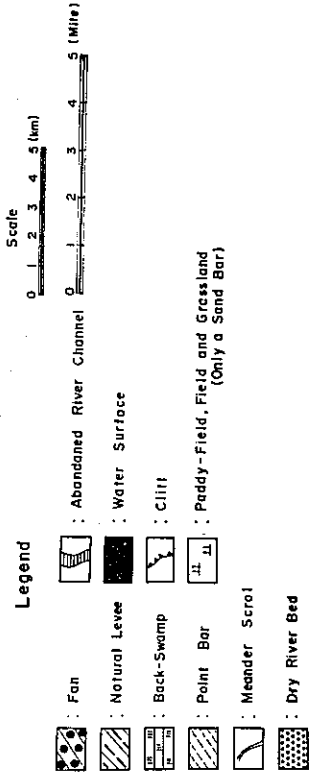


Fig.7 - 2 Geomorphological Land Classification Map of the Jamuna River Basin

Sirajganj and its Surrounding Area



Nagarbari, Aricha and its Surrounding Area



4地点の地形学的特性をTable 7-1にまとめた。要約するとBahadurabad と Gabargaon は扇状地上にあるのに対してSirajganj は自然堤防地帯にありNagarbari及びAricha は自然堤防あるいはデルタ地帯に位置するといえる。

一般に扇状地上の河道の移動はしばしば起ることである。扇状地上の河道幅は自然堤防地帯とくらべ前者が洪水流を河岸内におしこむことが不可能であることから広がっている。さらに扇状地の形成時期が1830年以降と新しいのでBahadurabad と Gabargaon 地域は不安定である。しかしながら少しずつではあるがこの地帯のJamuna 河も安定化に向かっていると思われる。小さな自然堤防が河道沿いに形成されつつあり、これは少しずつ河道が安定化しつつあることを示しているといえよう。

自然堤防地帯の河道は上記扇状地におけるよりもさらに安定状態にある。この理由は自然堤防が上流部からの洪水流ではなく、主水路からその周辺水路に洪水流が越流することにより形成されたことによる。スジ状の自然堤防は河道が安定していることを表わしている。日本では扇状地上とくらべ自然堤防地帯に多くの橋梁がある。この観点からもSirajganj 地点は4地点の中で最も安定しているところである。

Aricha 及びNagarbari 地点は自然堤防、デルタ地域に位置している。しかしこの地帯はGanges の流況に非常に影響をうけるので4地点の中では河道の位置変化が最大と思われる。

Sirajganj 地点では幅10 Km (6.2マイル)を持つ旧沖積平野によりつくられた狭小部が存在する。日本に於ける研究によれば狭小部は背斜部に位置しているが拡大部は向斜部に位置している。さらにこの地帯の調査を行えば上述の狭さく部の形成過程がくわしく判るものと思われる。

## 2. 河川地形学的比較

第2章, 3で述べたJamuna 河の河岸線の変化をFig.2-7, Fig.2-8に示してある。この図より計画架橋地点は河岸幅の多様に変化する結節部に位置しており、これら結節部においては河岸線の変化は比較的安定している。

Fig.7-3は1830年を基準年として河岸幅及び河岸線の経年変化を示したものである。これらの図よりNagarbari を除いた3地点の河幅は非常に安定しており、初期の30年間を除いて河岸線の移動も安定状態にある。但しNagarbari 地点の移動量は非常に大きい。

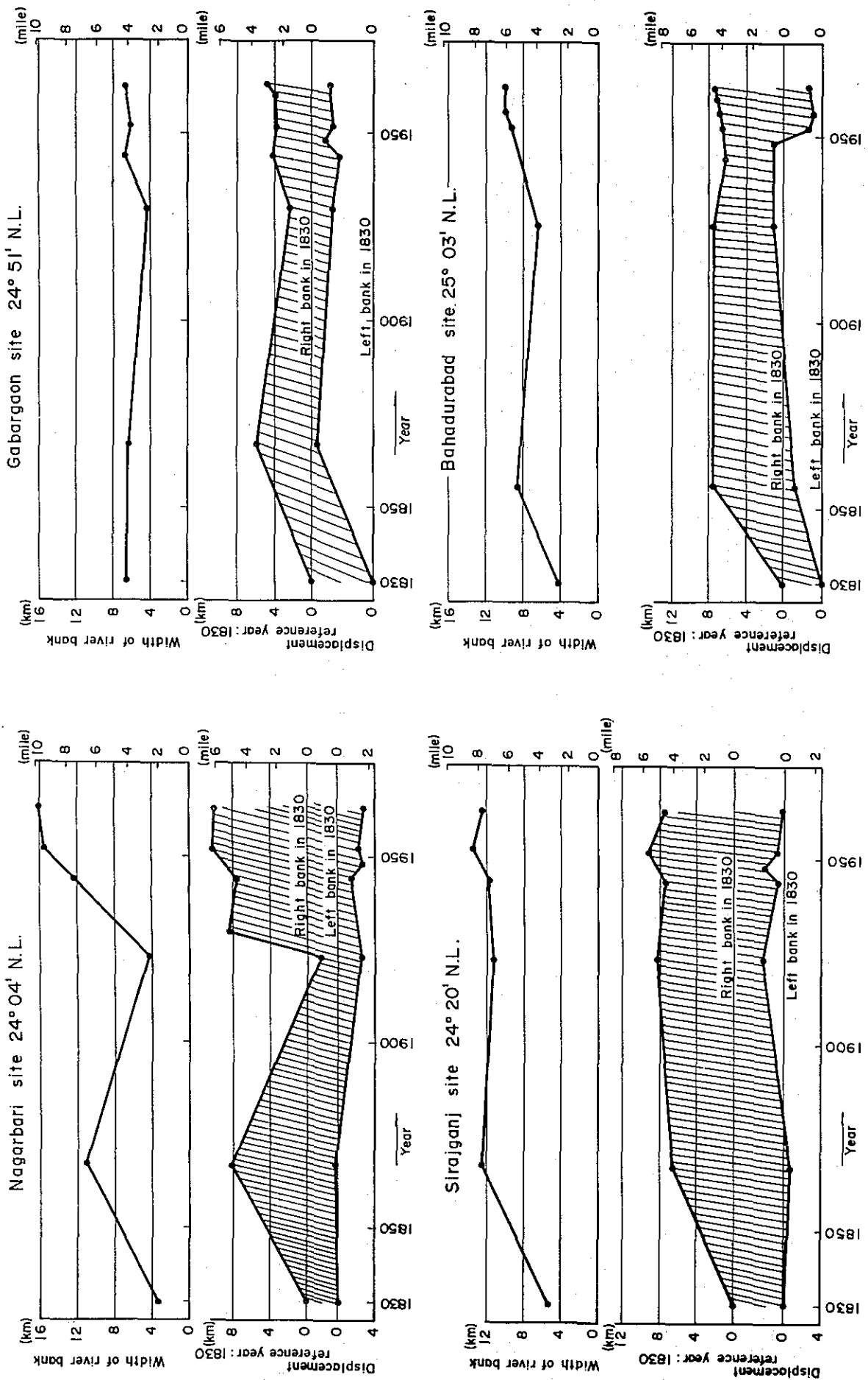
## 3. 工費比較

予備設計の段階ではriver control works のコストは第5章, 8で精算した。全ケース共タイプAが最も高くguide bank スパンの増加に従がいコストも急激に低下している。従って河川制御工事のコストに関するかぎりではタイプCが最も経済的となっている。

Table 7-1 Comparison of geomorphology among the four proposed bridge sites

Item of Comparison	Geomorphology of inland region			
	River morphology	Left bank	Right bank	
Place Name	Geomorphological element	Deposition by Jamuna River	Deposition by former river	Deposition by Jamuna River former river
BAHADURABAD	Braided stream	Alluvial fan	Natural levee	Alluvial fan
	Alluvial fan	Natural levee	Back-swamp	Natural levee
GABARGAON		Back-swamp	Point bar	Back-swamp
		Point bar	Former river	Natural levee
		Former river	course (big)	Back-swamp
		course (big)		Natural levee
SIRAJGANJ	Braided stream	Alluvial fan	Natural levee	Alluvial fan
	Alluvial fan	Natural levee	Back-swamp	Natural levee
NAGARBARI	Natural levee	Former river	Back swamp	Back-swamp
		Back-swamp	(big)	Natural levee
NAGARBARI	Natural levee	Natural levee	Back swamp	Former river
	Change of the river bank is remarkable	Delta	Delta	course (clear)

Fig. 7-3 Displacement of River Banks





#### 4. 架橋最適地点の選定

Inception Report では最適架橋地点の選定要素として、(a)河道の安定性、(b)河川制禦工事を含めた工事費、(c)交通量の3点に基づくと述べられている。

上述した様に架橋地点として提案された4地点とも架橋に最も好ましい綱流河川の結節点に位置していることである。

地形学的見地からすれば Sirajganj の狭さく部が4地点の中では最も安定しており Gabargaon 地点が次に良く、Bahadurabad 地点は前2点にくらべ多少劣り Nagarbari 地点が最も好ましくない。

河道地形の面からすれば Nagarbari 地点に最も悪く、約1860年以降の河岸線の変動量がほぼコンスタントであることからみて他の3地点は同等である。しかしながらこの中でも Gabargaon 地点が好ましく Bahadurabad と Sirajganj 両地点は河岸の幅の面からしてほぼ同等である。

従って地形学、河道地形学の両面からすると Sirajganj と Gabargaon の両地点の優劣の差異はつけがたい。

Sirajganj 地点に於ける橋軸は狭さく部のわずか下流に選ばれている。当地点は Sirajganj の河岸防護工と狭さく部の保護下にあり両岸が州からなる1つの主水路となっている。これは当地点が架橋にとり最も好ましい事を意味している。しかしこの地点には Dhaleswari 河への2つの派川があり、1つは cross dam により締切られる。幸いにも計画橋軸をはさんで上下流に派川の入口があるので上流の呑口を締切り、Dhaleswari 河への主水路として下流の呑口を改良することが最善の策といえよう。

Interim Report 及び Feasibility Study Report Vol.I で説明されている様に上述の地形学的、河道地形学的見地、river control work と橋梁建設費を含めた全体工事費の比較及び交通量の経済的見地などの総合的見地から Sirajganj 地点が最適地点に選ばれた。



第 二 次 調 査



Fig. 8-1 Topography of the Area Surrounding the Axis

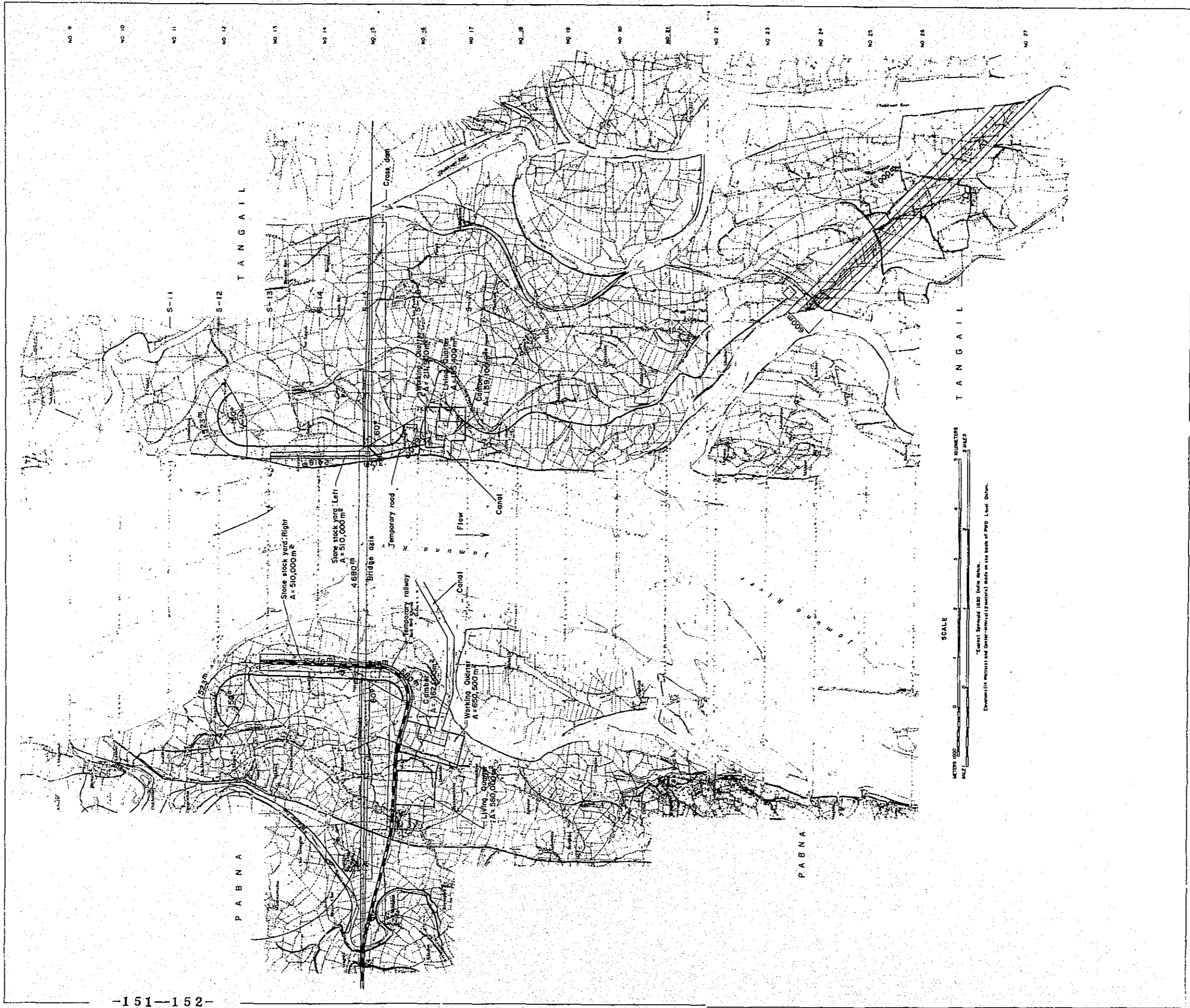
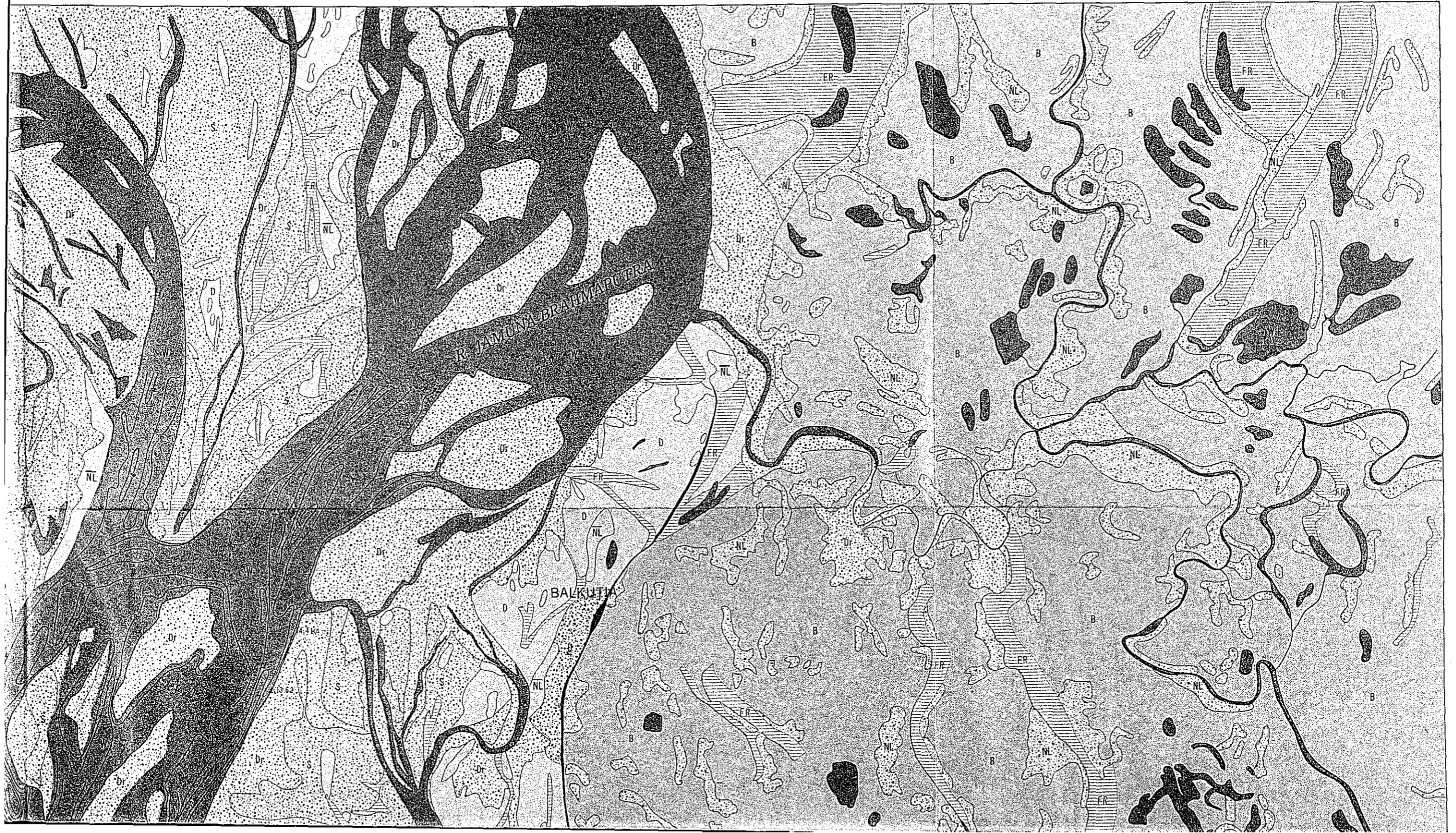


Fig. 8-2 GEOMORPHOLOGIC MAP OF THE BRAHMAPUTRA  
(SIRAJGANJ AND ITS SURROUNDINGS)

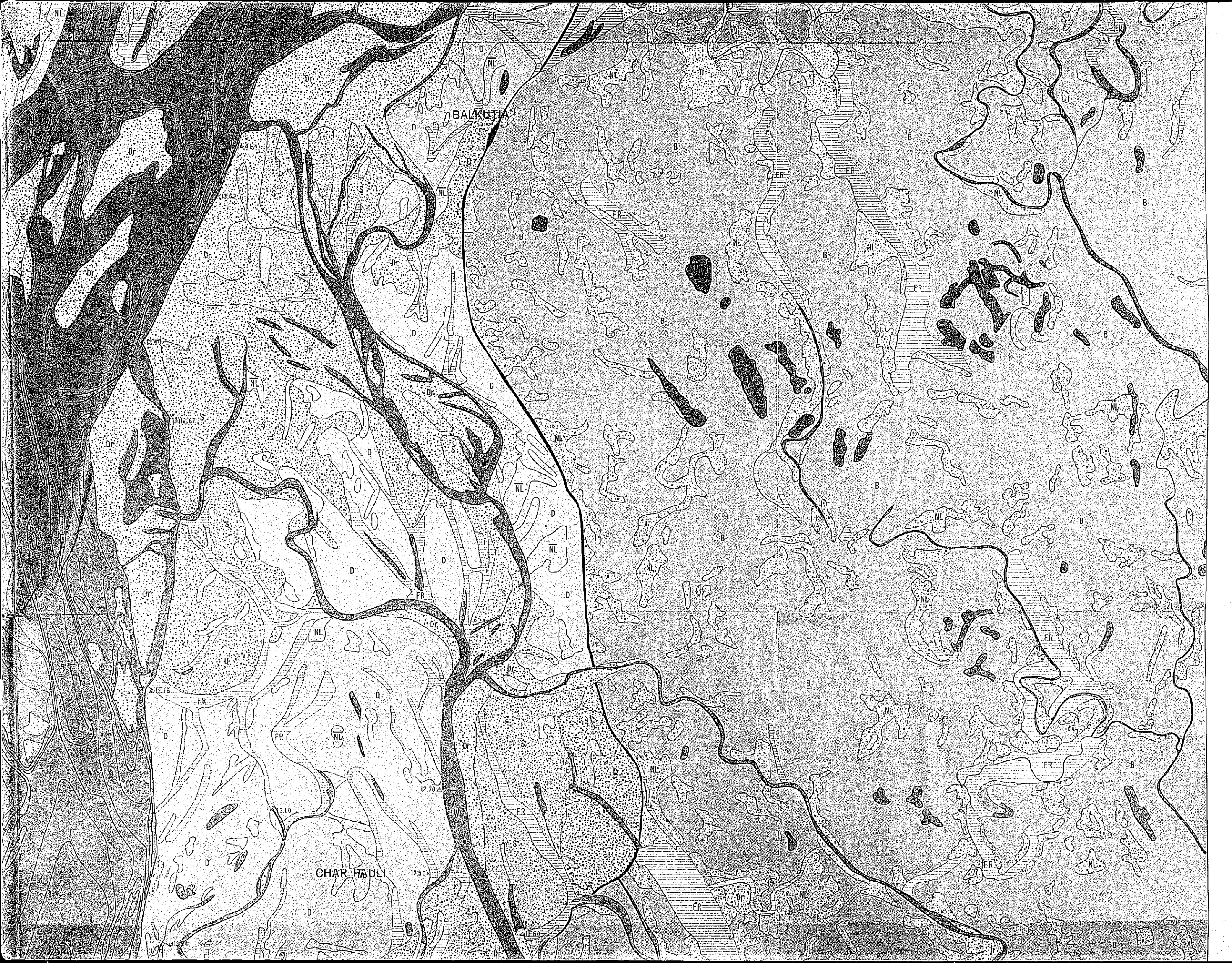


# C MAP OF THE BRAHMAPUTRA-JAMUNA RIVER BASIN (AJGANJ AND ITS SURROUNDING AREA)

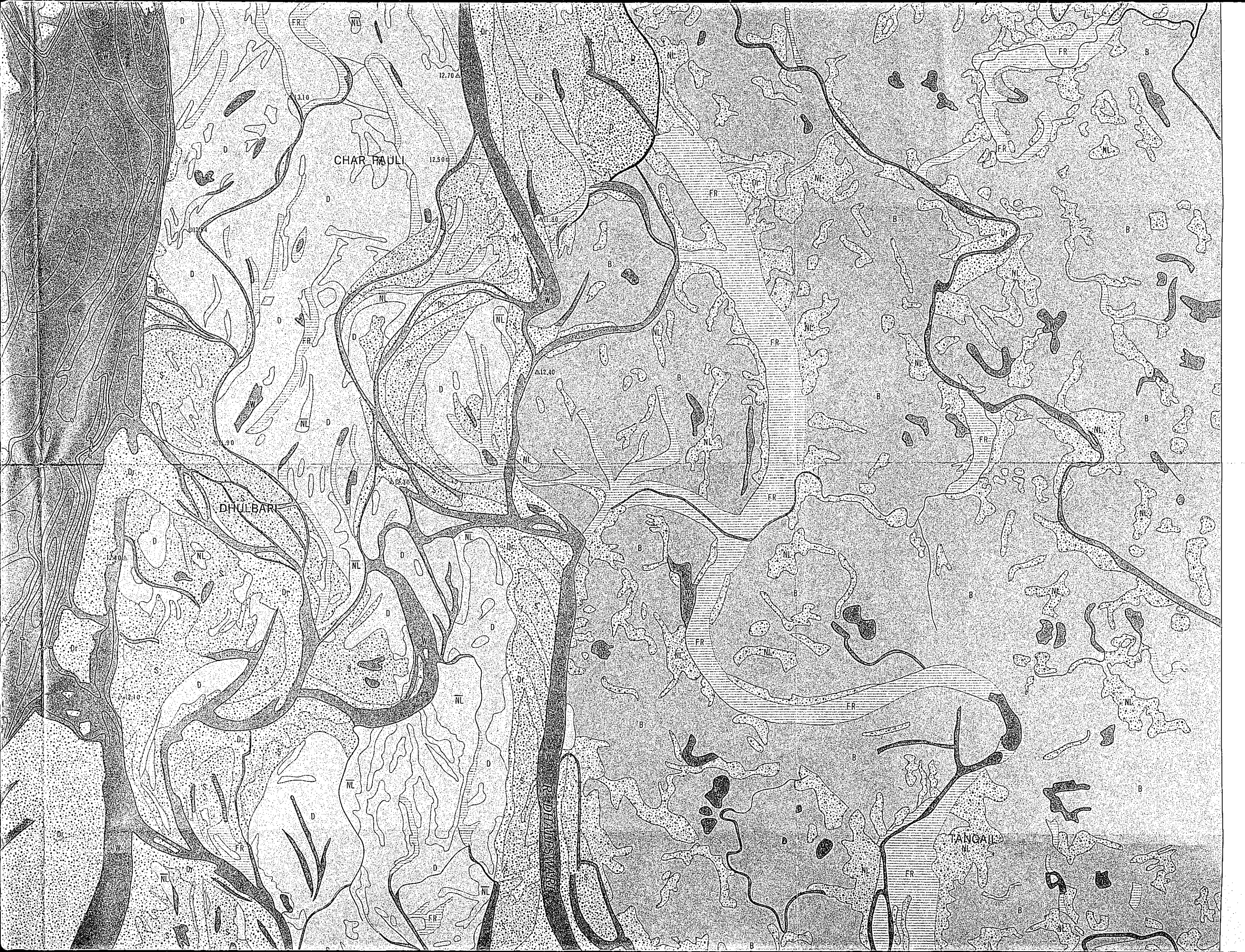










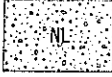



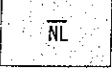
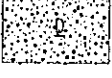
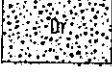


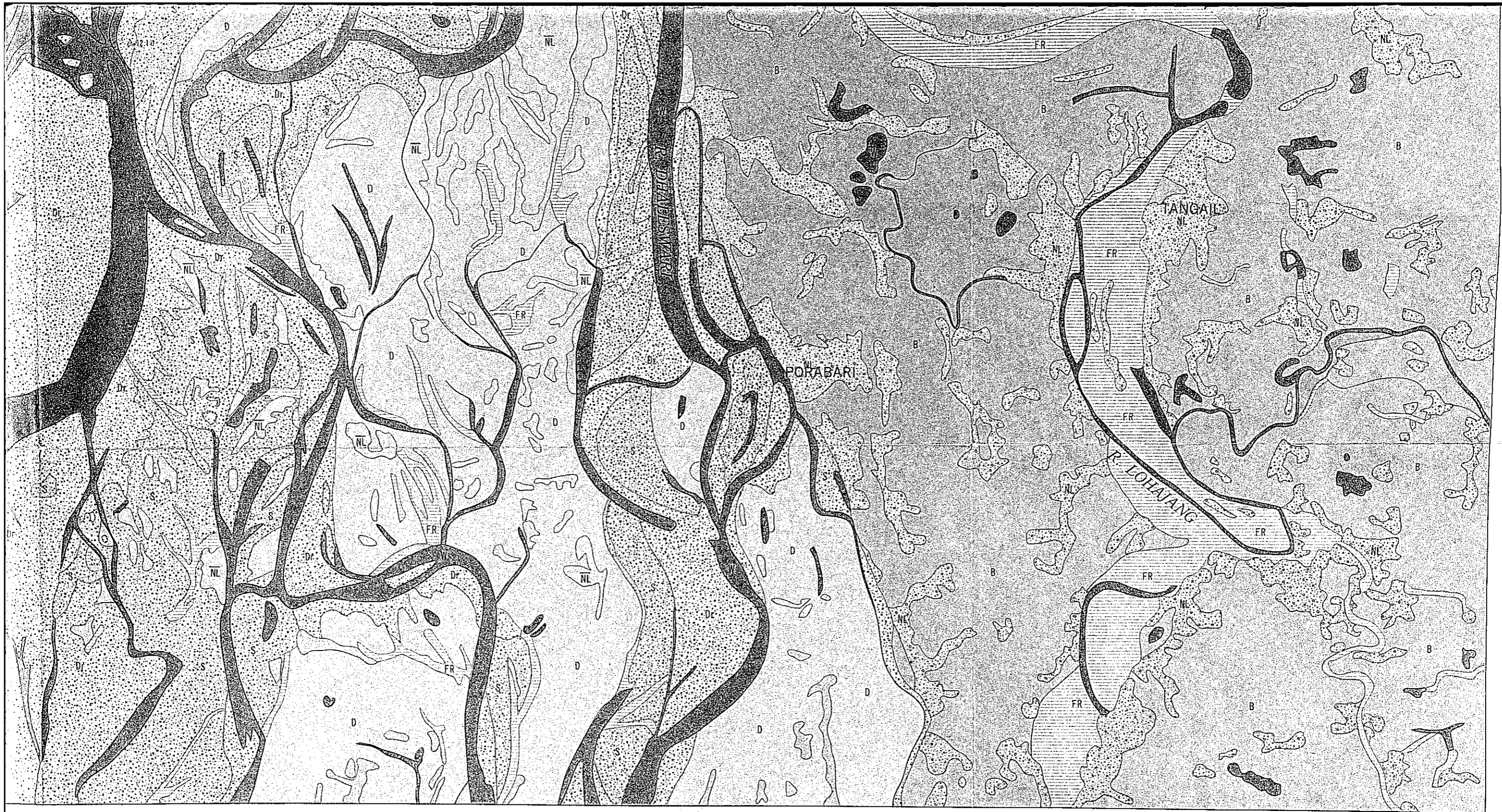






EXPLANATORY NOTES

- |   |  |   |                        |   |   |   |  |
|---|--|---|------------------------|---|---|---|--|
|  | BOUNDARY OF TOPOGRAPHY AND CLIFF   |  | B BACK-SWAMP           |  | D SANDY DELTA FORMED BY R. BRAHMAPUTRA-JAMUNA DURING THE LAST 140-160 YEARS |  | W WATER SURFACE  |
|  | NL UPPER NATURAL LEVEE   |  | FR FORMER RIVER COURSE |  | S SAND BANK COVERED BY VEGETATION   |  | CONTOUR LINE OF THE GROUND HEIGHT IN METERS OF THE RIVER BED |
|  | NL NATURAL LEVEE FORMED BY R. BRAHMAPUTRA-JAMUNA DURING THE LAST 140-160 YEARS |  | D UPPER SANDY DELTA    |  | Dr DRY RIVER BED  |   |  |



BASE PHOTO MAP WAS MADE FROM AERIAL PHOTOGRAPHS TAKEN IN DECEMBER 1974.

ELEVATIONS AND CONTOUR LINES WERE TRACED AND COMPILED FROM THE BASE MAP WHICH WAS MADE BY THE JICA AND THE GOVERNMENT OF BANGLADESH (ELEVATIONS IN METERS AND CONTOURS MADE ON THE BASIS OF PWD LEVEL DATUM)

SCALE 1:50,000

SURVEYED, COMPILED AND CARTOGRAPHED  
BY MASAHIKO OHYA

RAHMATNAGAR-JAMUNA  
RIVERS



WATER SURFACE

ELEVATION



CONTOUR LINE OF THE GROUND HEIGHT IN METERS  
OF THE RIVER BED

PRINTED BY KOKUDO CHIZU CO., LTD. TOKYO 1976

## 2. 計画高水流量

1974年7月に過去最大と言われる洪水が発生した。

B. W. D. Bからの情報によれば、そのBahadurabad観測所の水位及び流量は次の様であった。

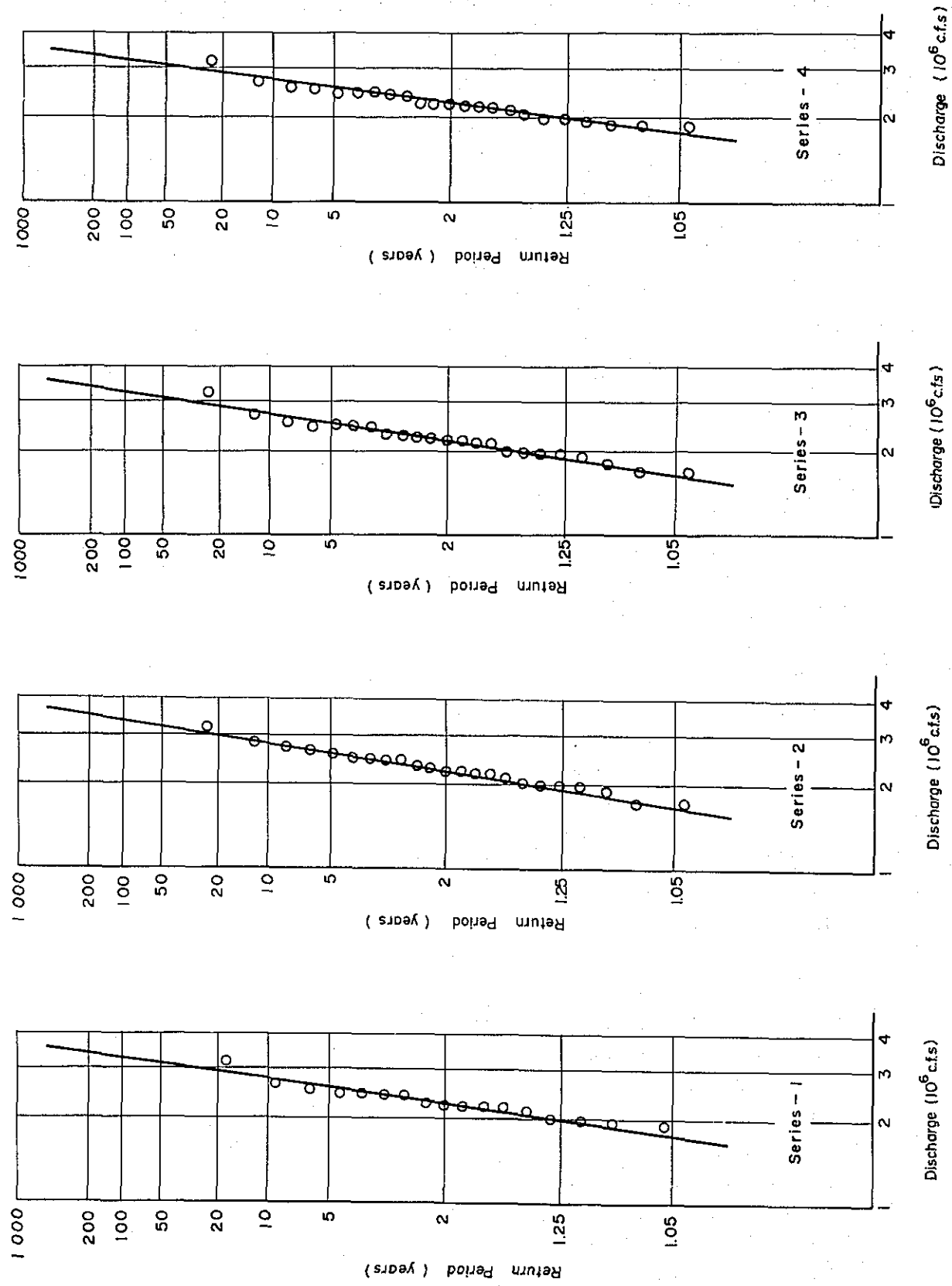
日付	1974年8月7日
水位	65.55 ft PWD
流量	3,210,000 cfs (90,920 m <sup>3</sup> /S)

この流量は、Table 2-3の流量と比較すればわかる様に、記録的に大きなものである。Phase Iのstudy後に発生したので第IV章1の統計解析の標本には含まれていない。しかし、この洪水は極めて重要なので、Table 2-3の標本にこの洪水とその後判明した1971年の資料をも加えて第IV章1と同一方法で再検討を行った。Table 8-1に資料を示し、Fig. 8-4にThomes Plotによる結果を示す。Table 8-2はFig 8-4により得られた確率流量を示す。これら一連の計算のseries 1, 2, 3, 4は第IV章1で説明されたとおりである。

Table 8-1 Annual Maximum Discharges at Bahadurabad Station

Date	Water level (ft, PWD)	Discharge (10 <sup>3</sup> cfs)				
		Series-1	Series-2	Series-3	Series-4	
50.	7.20	62.02		1730	1680	1870
51.	7.19	62.80		2020	1800	2050
52.	7.15	63.55		2310	1950	2230
53.	7.31	62.00		1730	1680	1890
54.	7.31	64.50		2660	2140	2450
55.	8.01	64.95		2800	2240	2600
56.	6.24	64.18	2130	2130	2130	2130
57.	8.12	64.78	2210	2210	2210	2210
58.	8.18	65.65	2520	2520	2520	2520
59.	6.26	64.15	2420	2420	2420	2420
60.	9.18	63.90	2190	2190	2190	2190
61.	7.19	62.03	1900	1900	1900	1900
62.	8.23	65.60	2460	2460	2460	2460
63.	7.16	63.43	1990	1990	1990	1990
64.	8.04	64.40	2230	2230	2230	2230
65.	8.15	64.00	2270	2270	2270	2270
66.	8.31	64.05	2430	2430	2430	2430
67.	7.12	63.43	2460	2460	2460	2460
68.	7.25	64.22	2200	2200	2200	2200
69.	7.23	64.65	1980	1980	1980	1980
70.	7.28	65.20	2700	2700	2700	2700
71.	8.21	63.05	1960	1960	1960	1960
74.	7.28	65.55	3210	3210	3210	3210

Fig. 8-4 Return Period of Discharge at Bahadurabad



これらの検討の結果第IV章1の場合と同様の理由により、Table 8-2のseries 1, 2, 3, 4の平均値をBahadrurabad地点の確率流量と定めた。

Table 8-2 Return Period of Discharge at Bahadurabad

(by Thomas method)

Return Period (years)	Discharge ( $10^3$ cfs)				
	Series-1	Series-2	Series-3	Series-4	Average
10	2797	2809	2719	2739	2766
20	2960	2989	2893	2893	2934
30	3048	3087	2990	2977	3026
40	3109	3154	3055	3034	3088
50	3154	3205	3105	3077	3135
60	3191	3246	3145	3112	3174
80	3248	3309	3207	3166	3233
100	3291	3358	3254	3207	3278
150	3369	3444	3338	3279	3358
200	3422	3504	3396	3330	3413

計画流量はBahadrabad地点の100年確率流量92,800 cms (3,278,000 cfs)を基準として第IV章2, 3で説明した考え方にしたがって流量配分を行うとFig 8-5のとおりとなる。

Fig.8-5からSirajganj地点の架存のための設計流量を96,850 cms (3,420,000 cfs)と定めた。

### 3. Guide bankの間隔及び計画高水位

Guide bankの最小幅は第III章2の結論に従がい、その第3の方法により、前述の計画流量 $96,850 \text{ m}^3/\text{S}$  (3,420,000 cfs)を適用して計算すると4,200 mとなる。他方橋梁計画の面から最も経済的なスパンとして177.5 m, 必要な橋脚幅として13 mが提案された。これより26基の橋脚が必要となる。総橋脚幅の25%を損失幅とみなし、これを総橋脚幅に加え、さらに次に示す様にguide bank, 橋台を配置するとguide bankスパンとして4,680 m (15,354.3 ft)が得られた。

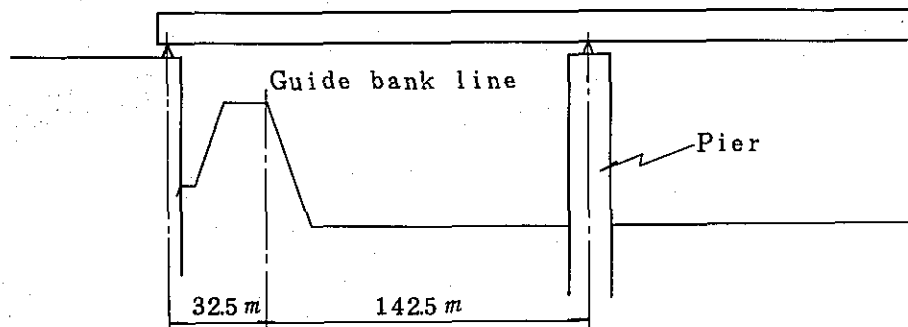
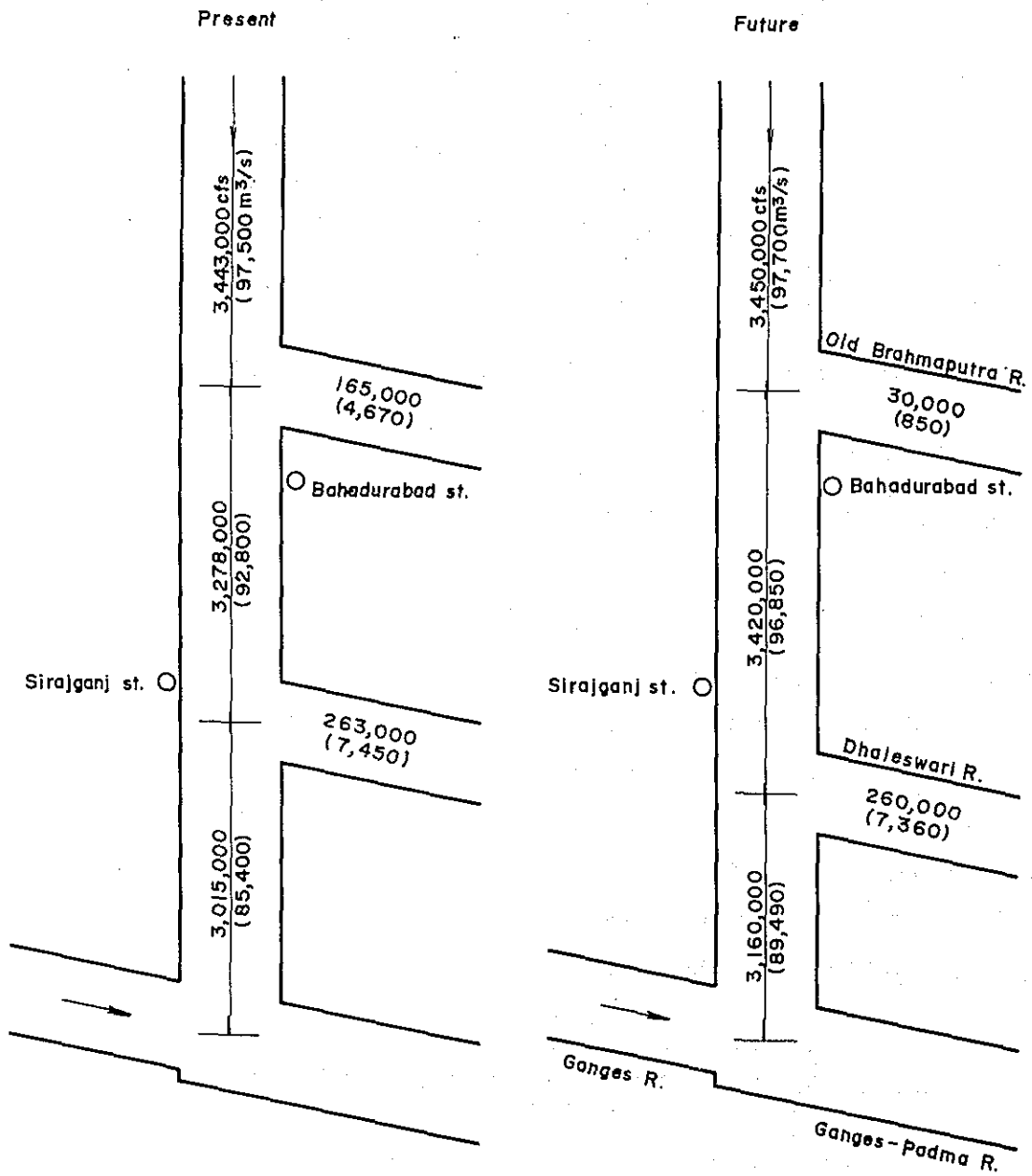




Fig. 8-5 Discharge Allocation of Jamuna River

( for 100yr. flood')



1974年11月から1975年2月の乾季に日本の測量隊により測られた地形図及び河川横断面を用いて断面番号26から3までの23Kmの区間について水位計算を行なった。計算条件は以下の通りである。

- (a) 流量；  $Q = 96,850 \text{ cms (3,420,000 cfs)}$
- (b) 下流端水位； 第5章と同一方法で決定
- (c) 粗度係数；  $n = 0.020$
- (d) 計算断面間隔； 1 Km
- (e) 兩岸の cliff 間距離； 河道の有効幅

従って河道内には浅瀬があり，河道断面は複断面として取扱い，将来兩岸に堤防が築造され，この中に流量が押し込められると想定し，計算は不等流計算によった。

次に，水位縦断面を次の3ケースについて求めた。

ケース1： 現状（guide bankがなく Dhaleswari 河の分派点は現状通り上流部）

ケース2： ケース1の河道が一組の guide bank により縮小された場合，この場合 7,360 cms (260,000 cfs) の流量を持つ Dhaleswari 河は橋軸の下流約 6 Km 地点で分派するとする。又縮小による河床低下も考慮。

ケース3： ケース2の河道に橋脚を設置した場合，橋脚による損失水頭は Yarnel の修正係数を乗じた Nagler 公式により計算した。

上記3ケースの結果は Table 8-3 の通りである。

Table 8-3 Water Level on the Stretch of 23Km of the Sirajganj Bridge Site

No.	ケース 1		ケース 2		ケース 3	
	P.W.D(m)	P.W.D(ft)	P.W.D(m)	P.W.D(ft)	P.W.D(m)	W.D(ft)
26	14.550	47.74	14.550	47.74	14.550	47.74
25	14.611	47.94	14.611	47.94	14.611	47.94
24	14.654	48.08	14.654	48.08	14.654	48.08
23	14.685	48.18	14.685	48.18	14.685	48.18
22	14.710	48.26	14.710	48.26	14.710	48.26
21	14.747	48.38	14.753	48.40	14.753	48.40
20	14.847	48.71	14.882	48.83	14.882	48.83
19	14.876	48.81	14.913	48.93	14.913	48.93
18	14.936	49.00	14.983	49.16	14.983	49.16
17	15.032	49.32	15.079	49.47	15.079	49.47
16	15.109	49.57	15.162	49.74	15.162	49.74
15	15.106	49.56	15.196	49.86	15.221	49.94
14	15.090	49.51	15.151	49.71	15.176	49.79
13	15.230	49.97	15.303	50.21	15.327	50.29
12	15.348	50.35	15.445	50.67	15.468	50.75
11	15.420	50.59	15.546	51.00	15.568	51.08
10	15.419	50.59	15.494	50.83	15.517	50.91
9	15.562	51.06	15.659	51.37	15.680	51.44
8	15.705	51.53	15.821	51.91	15.840	51.97
7	15.783	51.78	15.909	52.19	16.928	52.26
6	15.947	51.99	16.094	52.80	16.112	52.86
5	16.049	52.65	16.208	53.18	16.226	53.23
4	16.136	52.94	16.306	53.50	16.323	53.55
3	16.215	53.20	16.382	53.75	16.398	53.80

この表より(a)ケース1とケース2の水位差は橋梁(No.15)直上流地点で9cmであり、これはguide bankによる縮小とDhaleswari河の呑口付替が橋梁直上流地点で9cmの水位上昇を引起すことを意味する。(b)ケース2とケース3の水位差は同じく2.5cm、これは橋脚による損失水頭が2.5cmという結果である。しかしながらこれらの水位上昇量は全ケース共洪水流が兩岸に建設された堤防内に押し込められたとした場合の結果である。現状にguide bankが建設された場合は第Ⅲ章2で説明した様に約5cm程度の堰上げ量と推定され殆んど問題はない。

ケース3のNo.15地点の水位15.221を考察した結果、橋軸に於ける計画高水位として15.25m PWD(50.033ft)と決定した。

#### 4. Guide banks 及び cross dikes

##### 4.1. Guide banks

第5章の2で述べた研究に従ってguide bankをFig 8-1の様に配置した。Guide bankの上流端の円弧長は1,523mであり直線部は2,735m及び下流側の円弧長は680mであり、したがって一本のguide bankの総延長は4,938m(16,200ft)となる。さらに対岸に同規模、同型のguide bankを設けると総延長は9,876m(32,400ft)に達する。他の諸元は第4章の4での調査と同一手法により決定した。

##### (a) Guide bankの天端高

天端高は計画高水位上3mの余裕高を見込み18.25m PWDとする。

##### (b) 天端幅

天端幅は10mとする。

##### (c) 法面勾配

河側の法面勾配は1:3とし、堤内側は1:2とする。但し堤内側は小段を設け平均1:3となる様にする。

##### (d) Apron

一対のguide bank間の河床低下及びみお筋に於ける水深は第5章の4で説明した方法により計算した。結果はTable 8-4に示す。この表から、みお筋に於ける地盤面下の水深は、左岸側guide bankの傍で、37.1m、及び右岸側guide bankの傍で36.1mである。これらの水深を用いて、apron長を次のとおり決めた。

$$\text{Left apron : } L=1.5D=55.7 \text{ m}$$

$$\text{Right apron : } L=1.5D=54.2 \text{ m}$$

Apron工の厚さは第Ⅴ章と同様3mをとった。

##### (e) 捨石の重量

捨石の重量は、第Ⅴ章での調査に従い、河川側法面護岸部では、60Kg~100Kg、apron部では、30~70Kgと決定した。

(f) Guide Bank の標準断面

上記の諸元に基づく標準断面を Fig.8-6 に示す。

Table 8-4 Mean Depth and Thalweg Depth between Both Guide-Banks

Without guide-banks:

B (m)	B <sub>m</sub> (m)	H <sub>m</sub> (m)	A (m <sup>2</sup> )
5,560	4,697	9,776	45,915

With guide-banks:

B <sub>c</sub> (m)	B <sub>m,c</sub> (m)	B <sub>m,c</sub> /B <sub>m</sub>	(B <sub>m,c</sub> /B <sub>m</sub> ) <sup>-0.69</sup>	H <sub>m,c</sub>	H <sub>max</sub> (m)
4,680	3,628	0.7724	1.195	11,682	39,719

Without guide-banks

B : River width

A : Water area

H<sub>m</sub> : Mean depth

B<sub>m</sub> : A/H<sub>m</sub>

With guide-banks

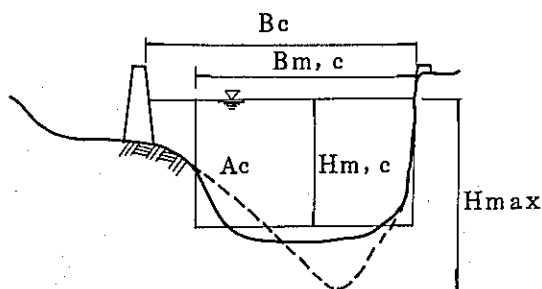
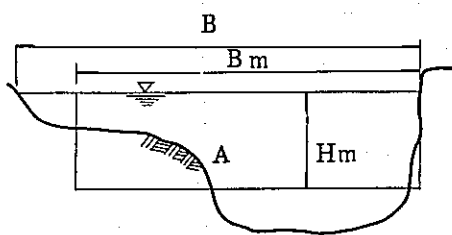
B<sub>c</sub> : River width

A<sub>c</sub> : Water area

H<sub>m,c</sub> : Mean depth

B<sub>m,c</sub> : A<sub>c</sub>/H<sub>m,c</sub>

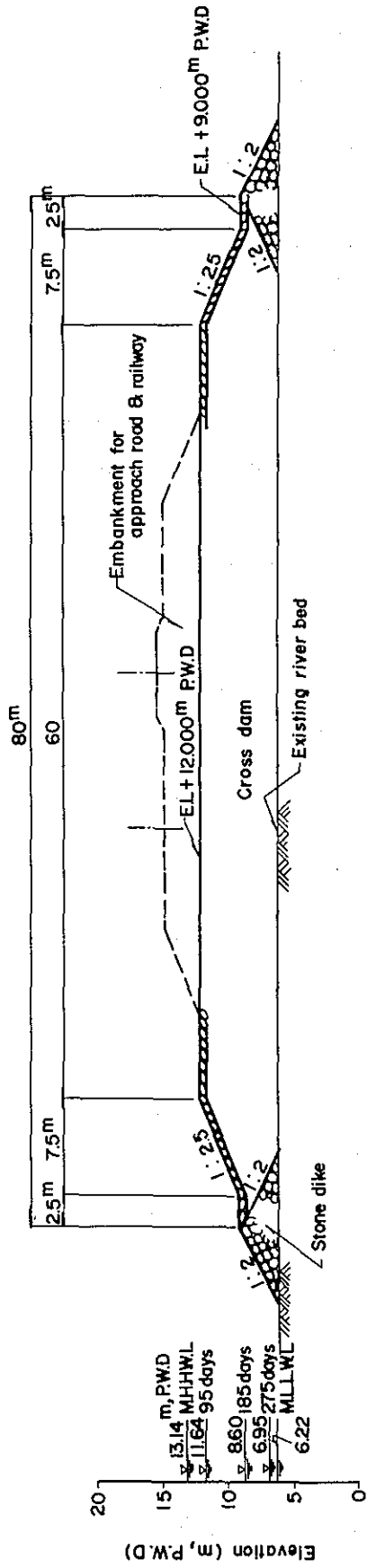
H<sub>max</sub> : Thalweg depth



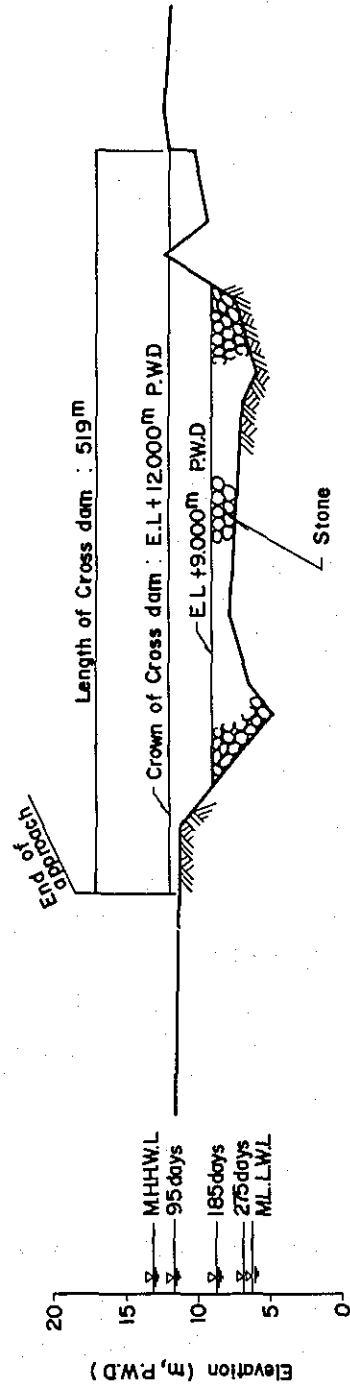
4.2. Cross dikes

橋梁への接近道路は、cross dikeとして利用される。接近道路はそれ自身充分な強度を有していなければならず、cross dikeとして役立つ。しかし、道路は流水や、波に抵抗出来るよう14.0mPWD(45.93ftPWD)まで、石積護岸としなければならない。標準断面を、DRW NO.II-1に示す。

Fig. 9-1 Typical Cross Section of Cross dam ( No.26 + 399 ) : 1 / 500



Cross Section of the Dhaleswari R. on Bridge Axis : H = 1 / 5000, V = 1 / 500



#### 4.3. 石材に代る材料の検討

充分な強度比重のコンクリートブロックは、石材に代る材料として使用し得るであろう。しかし、この様なコンクリートブロックを得るためには、大量のセメントと粗骨材を必要とし、石材に比べて経済的とは言えない。しかし、siteの砂を利用してsoil cement blockを造りこれを利用出来れば cementを除く材料は siteで安価に入手出来るので極めて経済的である。反面、崩潰し易くて耐久性がなく、比重が軽い欠点がある。比重が軽いと流水に低抗するため大きくせねばならない。形が大きくなると流水低抗が増加してますます大きくせねばならない。この点について、第VI章3.2の(6・7)式を用いて、石材の比重2.65 soil cement blockの比重1.83として検討すると石材の約6倍の重さのsoil cement blockが必要である。即ち70Kgの石材に代るには約420Kgのblockが必要になる。この様に大きなblockのpitchingは石材に比べて不利であり、且つ、崩潰し易く耐久性がないことは、この種の河川工事材料として適当とは考えられない。

Sirajganjの護岸工事では、soil cement blockのこの様な欠点を補うため、steel jackでblockの上を覆う工法がとられた。1975年7月に派遣された単価等調査団の調査結果によればblock 100 cft当りの工事単価は約1,200TK/10<sup>2</sup>cftであり、石材による単価に比べて決して有利ではない。且つ、この工法も現在実施中であり工法的に成功か否か現在のところ判定し得る段階ではない。

以上の様に、現段階では技術的にも経済的にもapronの材料として石材に代る有利な材料は見当たらない。しかし、莫大な石材を必要とし、この石材は国内には産出せず輸入に俟たねばならない。したがって、石材を国内で開発するか、或いは石材をあまり必要としない新工法を開発することは多大の利益となるので、施工時期迄に充分検討する必要がある。

#### 5. 工事数量

Guide Bankの工事数量をDRW NO. II-1に示す設計に基づき積算した。結果はTable 8-5のとおりである。これらのcross-dike工事数量は、Vol. III 橋梁編接近道路工事に組込まれる。

Table 8 - 5 Quantity of Works of Guide Banks and Cross Dikes

Works	unit	Left	Right	Total
<b>Guide-Bank</b>				
Embankment	(1,000m <sup>2</sup> )	727.6	692.5	1,420.0
Stone pitching	(1,000m <sup>2</sup> )	1,278	1,273	2,551
Placing of mat	(1,000m <sup>2</sup> )	112	108	220
Sodding	(1,000m <sup>2</sup> )	80	80	160
Crown protection	(1,000m <sup>2</sup> )	35	35	70
<b>Cross-Dike ( Bridge Approach )</b>				
Embankment	(1,000m <sup>2</sup> )	2,894	3,367	6,262
Gabion (brick)	(1,000m <sup>2</sup> )	58.5	50.3	108.8
Placing of mat	(1,000m <sup>2</sup> )	42	35	77
Sodding	(1,000m <sup>2</sup> )	124	150.7	274.7
Slope protection ( brick )	(1,000m <sup>2</sup> )	134.7	130.9	265.6

## 第Ⅸ章 Dhaleswari 河の取扱い

### 1. Dhaleswari 河を横断する cross dam

第8章の1で既に説明した通り Dhaleswari 河は cross dam により、締切ると決定した。その結果橋軸の下流約 6 Km の地点にある一派川を利用して新水路を開削し Dhaleswari 河を下流に付替えることとした。この新水路の法線は既に Fig. 8-1 に示した。

Dhaleswari 河は乾季流水がほとんどなくなるので締切るとは容易であろうと思われる。同河は cross dike により締切られ直ちにその上に鉄道、道路の併用橋の取付部が盛土される。Fig. 9-1 は cross dam の代表横断面を示したものである。同図に見られる様にまず両端（上下流端）において河床より高さ 9.00 m PWD の高さまで stone dike を積み上げ、次にこの stone dike にはさまれた部分は平均地盤面である 12.0 m PWD の高さまで土砂を埋め立てるものとする。

### 2. Dhaleswari 河の新分水路

Dhaleswari 河の 100 年確率流量は 7,360 cms (260,000 cfs) であるが、これは Old Brahmaputra 河の流量が 30,000 cfs と限定され Jamuna 河の流量が兩岸の堤防により押しこめられたと想定した場合の将来に於ける流量であり、現状のものではない。現在に於てはこの流量は考えることなく、現状の Dhaleswari 河に等しく河積を確保する新取水路とすれば十分であろう。平均地盤面以下の河積は 1,400 m<sup>2</sup> であり、平均河岸幅は 600 m である。これらの要素を考えて新水路の標準断面を Fig. 9-2 の通り決定した。

### 3. 工事数量

Dhaleswari 新水路の浚渫工事数量は、次のとおりである。

#### 浚渫工事

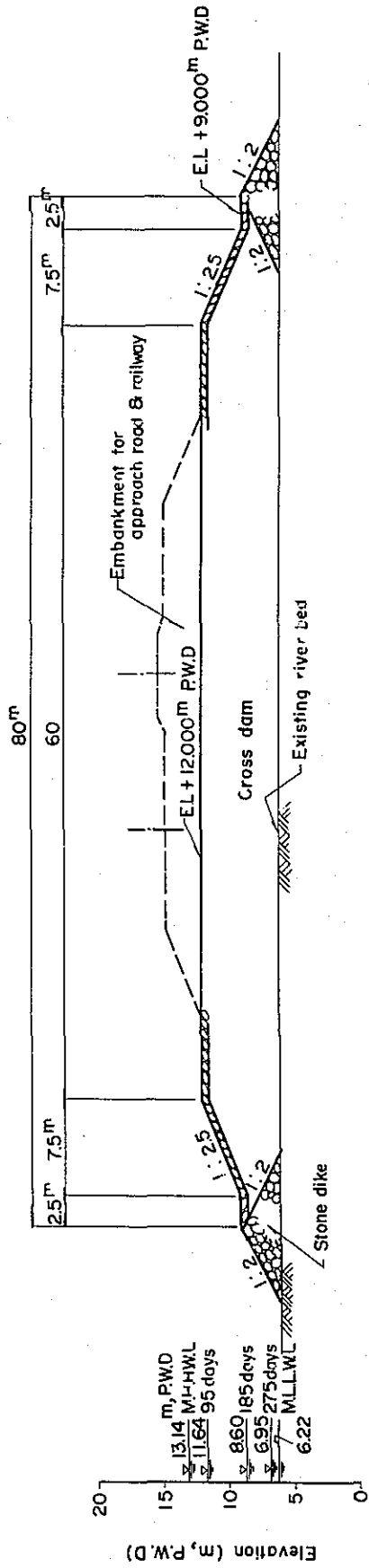
長さ	6 Km
土量	6,600,000 m <sup>3</sup>
排土用地面積	2,970,000 m <sup>2</sup>

排土は附近の河川跡の低地や荒地などに捨てる。浚渫工事開始前に、新水路が横切る小水路を排土の流出を防ぐため、矢板で締切る。この矢板は guide-bank の築堤に使用されたものをこの締切工に流用する。

Cross dam 工事は、長さ 350 m (65,000 m<sup>3</sup>) の石堤と、141,300 m<sup>3</sup> の土工量を要す。これらの工事は、Vol. III 橋梁編の橋梁接近道路工事に組込まれて実施される。



Fig. 9-1 Typical Cross Section of Cross dam (No. 26 + 399) : 1 / 500



Cross Section of the Dhaleswari R. on Bridge Axis : H = 1/5000, V = 1/500

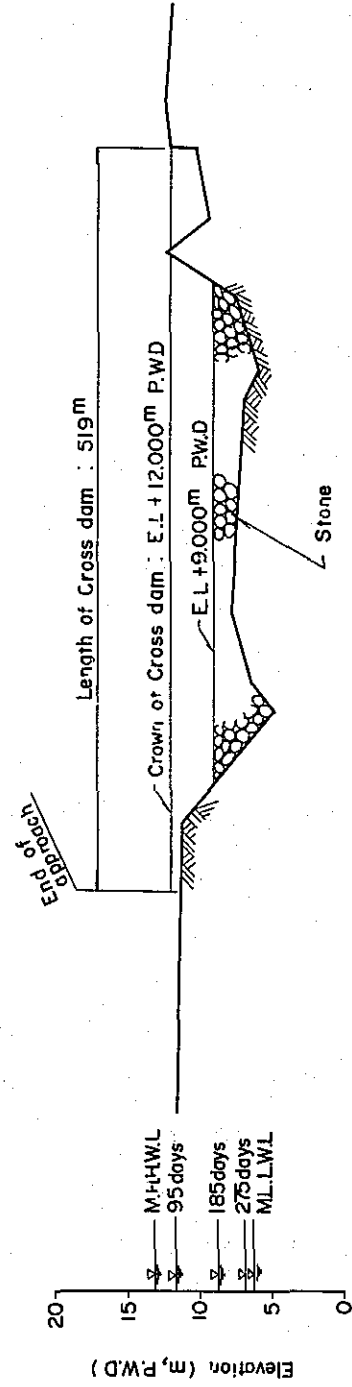
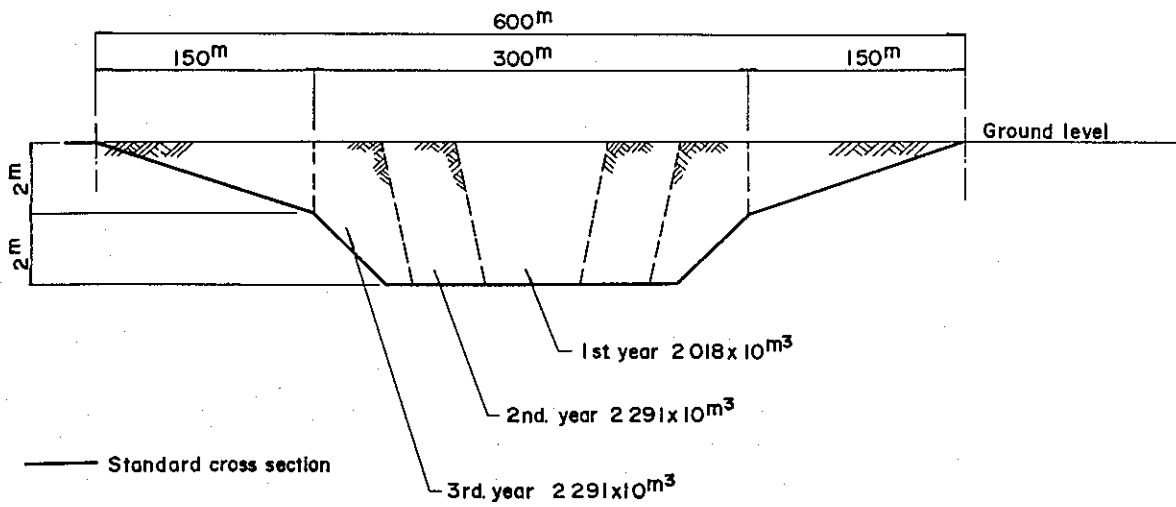
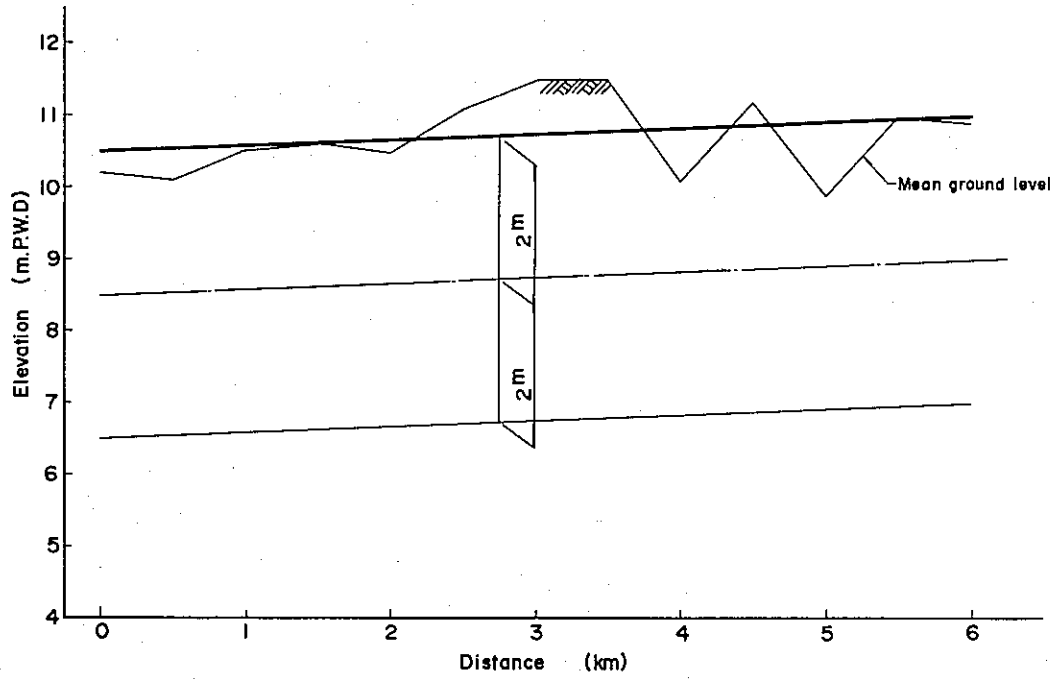


Fig. 9-2 Standard Cross Section and Profile of New Inlet Channel of the Dhaleswari



## 第 X 章 河川工事の施工と工事費

### 1. 工事地点の自然条件

工事地点に於ける気温，風，降雨及び水位等の自然条件については，すべて第 V 章 7.1. で述べた。これらの資料を工事工程を設定するのに用いる。

### 2. 工事数量

Guide-bank の工事数量は Table 10-1 に示すとおりで，工事中の損失及び余盛りを考慮して Table 8-5 の数量に対して捨石工については 10%，土工については 20% の工事量の割増しを行った。apron 工のための工事用道路は，apron 工の一部を成しており，従って，工事用道路の工事数量は，apron 工中に含まれる。また，cross-dike 工事量は橋梁計画の項で述べられる橋梁取付道路工事に含まれている。

### 3. 河川工事の施工

#### (a) Guide-banks

Guide-bank 工事は右岸側から始める。この工事は，1.5 年の期間をかけ鉄道で右岸側石材置場に片側 guide-bank の総必要量の約半分に相当する 700,000  $m^3$  以上の石材が貯えられた後に開始する。片側の guide-bank を 2 年で完成する。つまり土工と約 1/2 の捨石工を第 1 年目に施工し残りの工事を次の年に施工する。右岸 guide-bank が完成すると左岸側 guide-bank に移行する。左岸側 guide-bank は，右岸側 guide-bank 同様所要総量の約 1/2 以上の石材が，石材置場に貯えられた後開始され，2 年間で完成する。左岸側の石材は，船により運搬される。

結局，guide-bank 工事は 4 年で完成する。施工の日程を Fig.10-1 に示す。

Table 10 - 1

## Quantity of Construction Works

## Guide-banks

Works	Unit	Right G.B.	Left G.B.	Total	Remarks
Apron works					
Loading, transportation and unloading	$10^3 m^3$ ( $10^3$ cft)	1400 (49435)	1406 (49647)	2806 (99082)	Rate of increase 1.1 (including chip)
Stone pitching	$10^3 m^3$ ( $10^3$ cft)	1400 (49435)	1406 (49647)	2806 (99082)	
Miscellaneous		l. s.	l. s.	l. s.	
Embankment works					
Embankment	$10^3 m^3$ ( $10^3$ cft)	831 (29432)	874 (30862)	1705 (60294)	Rate of increase 1.2
Dredging	$10^3 m^3$ ( $10^3$ cft)	1188 (41949)	1248 (44068)	2436 (86017)	Rate of increase 10/7
Placing mat	$10^3 m^2$ ( $10^3$ sft)	108 (1163)	112 (1206)	220 (2369)	
Miscellaneous		l. s.	l. s.	l. s.	
Dike protection works					
Sodding	$10^3 m^2$ ( $10^3$ sft)	80 (861)	80 (861)	160 (1722)	
Crown pavement	$10^3 m^2$ ( $10^3$ sft)	35 (377)	35 (377)	70 (754)	
Miscellaneous		l. s.	l. s.	l. s.	

## Dhaleswari new channel

Works	Unit	Dhaleswari new channel	
Sheet pile driving and drawing works			
Driving	m (ft)	3,000 (9,843)	
Drawing	m (ft)	3,000 (9,843)	
Miscellaneous		l. s.	
Dredging works			
Dredging	$10^3 m^3$ ( $10^3$ cft)	6,600 (233,051)	
Miscellaneous		l. s.	

Fig. 10-1 Execution Schedule of River Control Works

Works	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	Remrks
(Working Days)	0	0	0	13	28	29	29	26	28	27	25	10	215
1st. year (Right G.B.)													
Preparatory work				=====									
Apron work				=====									
Embankment work				=====									
Dike protection work										=====			
2nd. year (Right G.B.)													
Preparatory work				=====									
Apron work				=====									
3rd. year (Left G.B.)													
Preparatory work				=====									
Apron work				=====									
Embankment work				=====									
Dike protection work										=====			
4th. year (Left G.B.)													
Preparatory work				=====									
Apron work				=====									
(D. New channel)													
Preparatory work				=====									
Sheet pile driving work				=====									
Dredging work					=====								
5th. year (D. New channel)													
Preparatory work				=====									
Dredging work				=====									
6th. year (D. New channel)													
Preparatory work				=====									
Dredging work				=====									
Sheet pile driving work							=====						

(b) Dhaleswari 新水路

Dhaleswari 新水路の開削工事は左岸側 guide-bank 工事の embankment が完成した次の年に開始し、3年間で完成する。洪水期の流砂で水路が閉鎖してしまうのを防ぐため、第1年目に、小幅員で、全川開削し、次の2年間で水路を拡幅し、3年間で完成させる。さらに cross dam 工事は新水路開削工事の第1年目に完成させ、同年に左岸側取付道路も洪水溢流を許さない 1.4 m PWD (45.9 ft PWD) の高さ迄完成させる。これはこれらの構造物が、新水路の北部地域にある水路の乱れを防ぎ、新水路を流砂で閉鎖させることなく、洪水路としての機能を助長させると言う点を考慮したものである。この様な処置により必要断面は水流の自然運搬作用により、3年を俟たず自然に造成され浚渫量も大巾に節約出来る可能性をも期待し得る。しかし、工事費としては、これらの期待量は考えないで、Fig.9-2 に示す量を見込んだ。新水路の施工日程を Fig.10-1 に示す。

(c) 河川工事の施工日程

Fig.10-2 に、河川工事の全工事日程を示す。

4. 河川工事の施工

4.1. 仮設鉄道及び仮設道路

右岸側の工事に必要な石材及び資材を輸送するため、仮設鉄道を、取付鉄道末端と右 guide-bank の中央部近くの石材置場の間に布設する。鉄道長は、約 8,400 m で平面線型は Fig.10-3 のとおりである。

通信、運搬のため、右岸側の最寄りの道路から石材置場間、左岸側の副建設基地から左岸側石材置場間及び副基地から Dhaleswari 新水路の事務所間に、仮設道路を布設する。それぞれの長さは、次のとおりである。

右岸側仮設道路	: 3,100 m
左岸側仮設道路	: 3,150 m
Dhaleswari 新水路への仮設道路	: 7,400 m
合 計	: 14,000 m

これら仮設道路の平面線型を Fig.10-3 に示す。

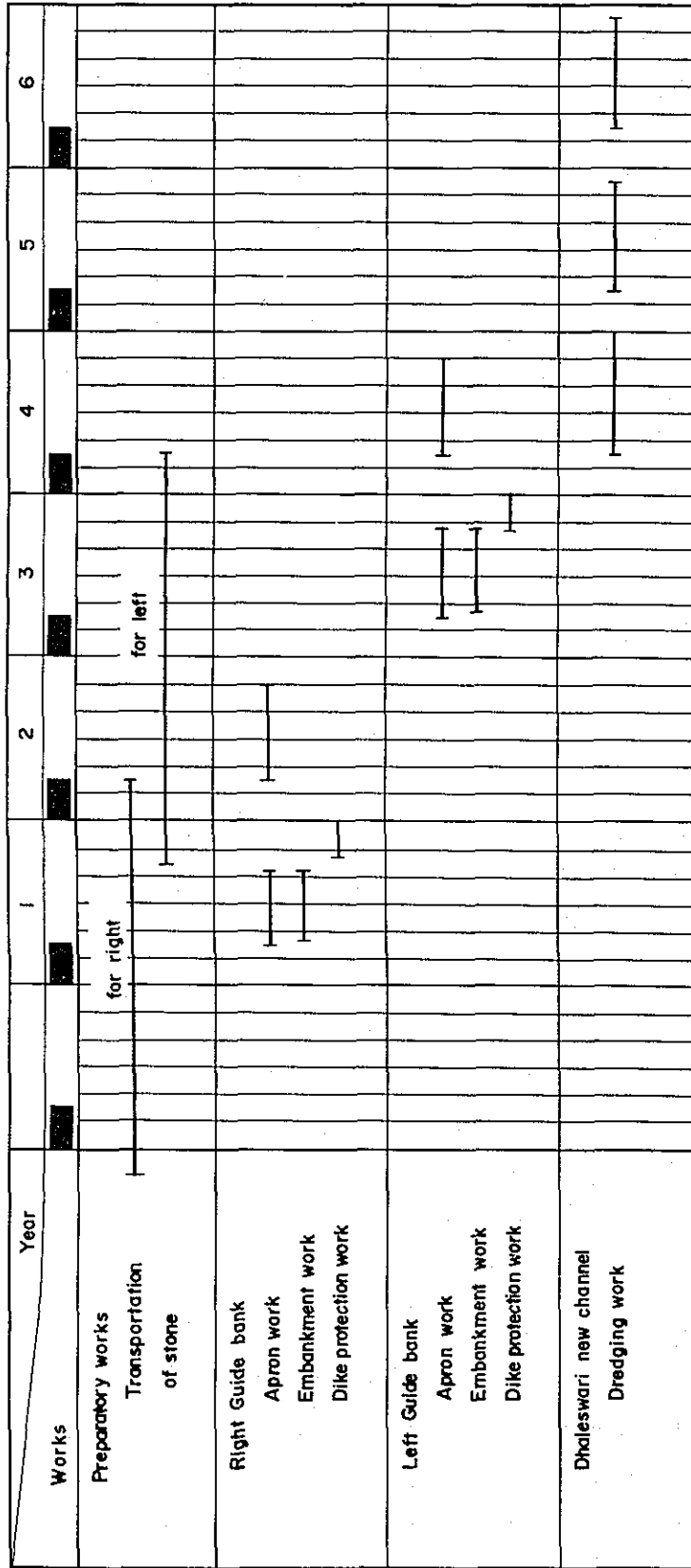
4.2. Guide-bank

4.2.1. 築堤

工事地点は、毎洪水期に水没するので、工事途中に洪水流により、工事材料や、工作物が、流失するのをさけるため、1乾期中に築堤工、法面護岸工及び apron の一部を仕上げてしまわなければならない。このため、大量を短期間にしかも安価に土砂輸送の出来る浚渫による築堤法を採用した。

築堤の概要を Fig.10-4 に示す。浚渫砂は、鋼矢板で仕切られた長さ 500 m のブロックの中に排土築堤される。築堤高は一度に 1.5 m づつ施工され、囲繞堤として使われ

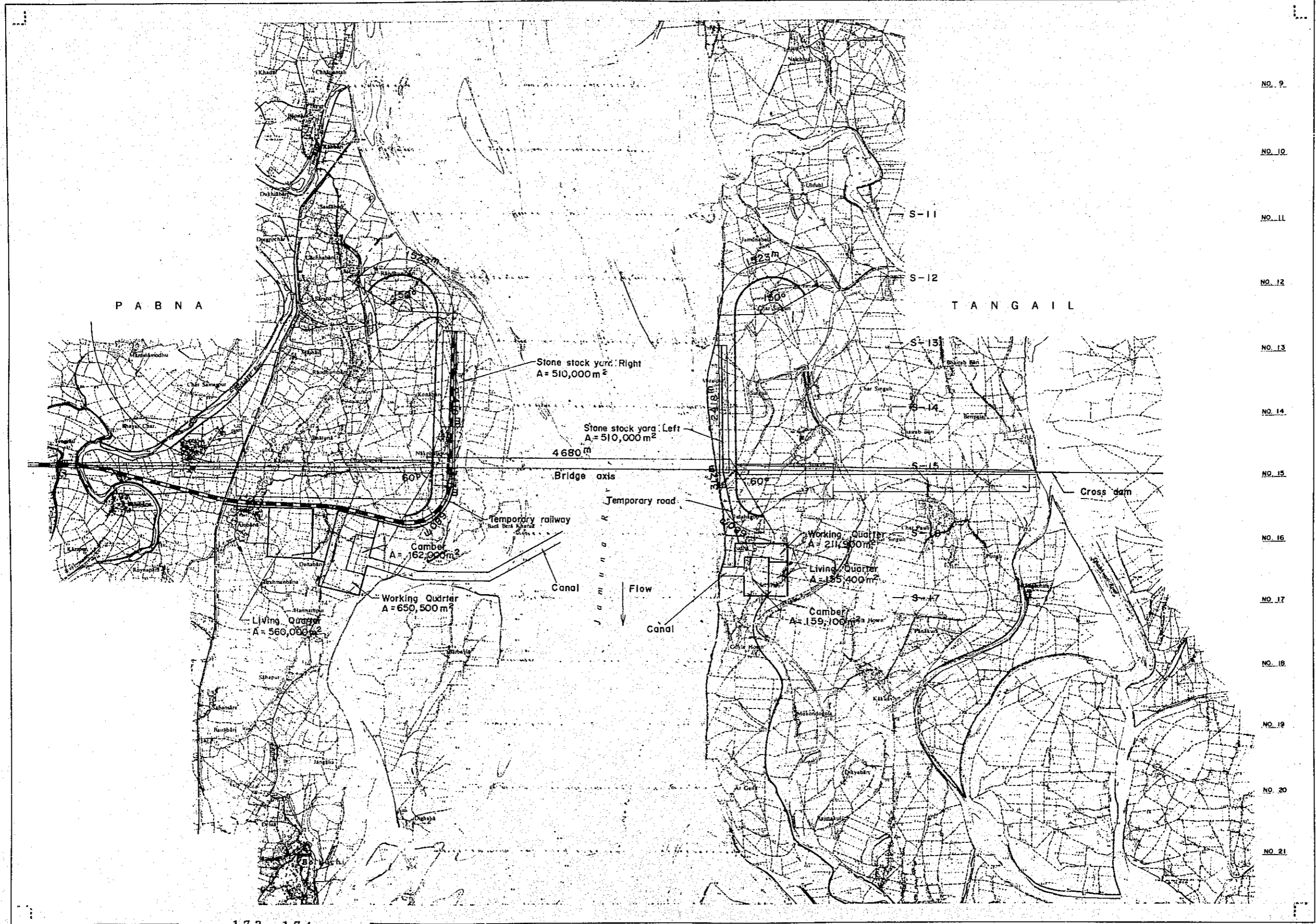
Fig. 10-2 Execution Schedule of River Works



Legend : Rainy season

Fig 10-3 Location of Guide banks, Temporary Railways, Temporary Roads, Construction Base and Stone Stock Yard

SCALE  
0 1000<sup>m</sup> 2000<sup>m</sup> 3000<sup>m</sup> 4000<sup>m</sup> 5000<sup>m</sup>

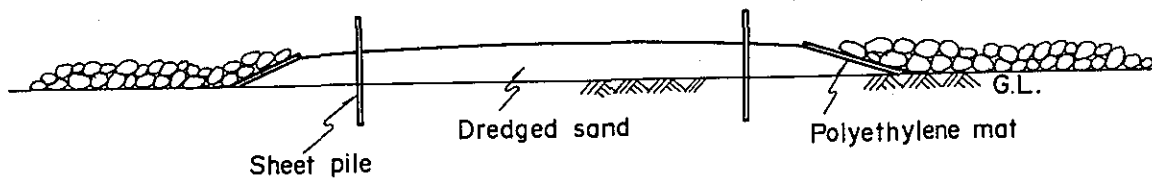


NO. 9.  
NO. 10.  
NO. 11.  
NO. 12.  
NO. 13.  
NO. 14.  
NO. 15.  
NO. 16.  
NO. 17.  
NO. 18.  
NO. 19.  
NO. 20.  
NO. 21.

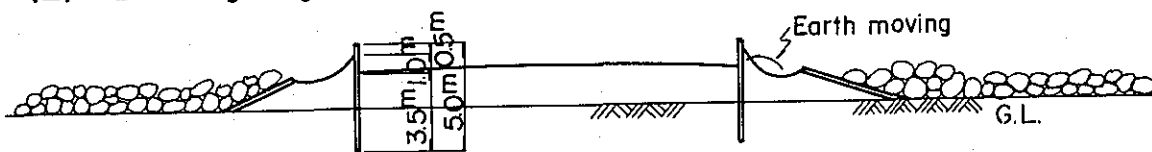


Fig. 10-4 Schematic View of Banking Work

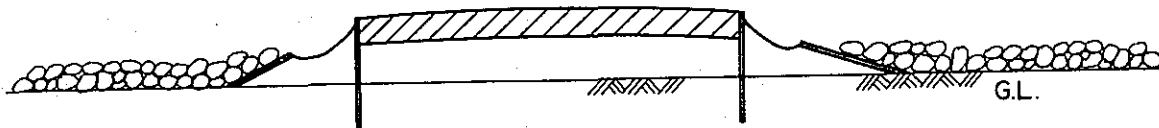
(1) Sheet pile driving



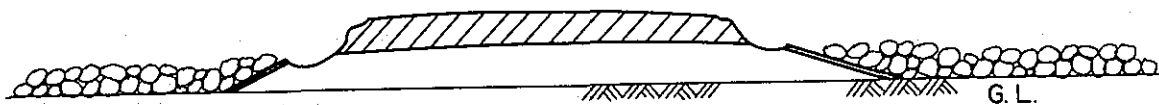
(2) Banking against the back of sheet pile walls



(3) Dredging, banking and drying-up



(4) Sheet pile drawing



(5) Polyethylene mat and filling-up chips



る鋼矢板を支えるため、矢板の裏面に湿地ブルドーザーでおさえ盛土する。この浚渫工事のため、築堤高、排送距離及び築堤量を考慮して4,000PS級浚渫船を採用した。工事の流れはFig 10-5に示すとおりで主な建設機械は、次のとおりである。

4,000PSディーゼルポンプ浚渫船

200-PSアンカー台船

15Kw振動杭打(杭抜)機

20tonクローラークレーン

125KVAエンジン発電機

16ton湿地ブルドーザー

#### 4.2.2. 捨石工

Fig.10-3からわかる様に、guide bank法線は現状cliffから充分の距離がある。調査の結果cliffの年間移動の最高は500m程度と考えられるので1年でapronを全部完成させなくとも、大部分の場所で1洪水期間でcliffが築堤に達する場所はないものと判断できる。したがってapronの捨石工は石の輸送力を軽減させること、石置場の面積を節約すること、労働力の集中化をさけるなどの理由により、2年間で完成させることにした。最初の1年目は築堤法面とその周辺及びみお筋が近く危険なヶ所など、全体石材量の半分を施工し、残りを2年目に完成させる。

Fig.10-6はguide bank工事のための工事用道路の平面配置と、横断面でguide bankのapron部に設けられた一方交通路である。第1層は砕石で0.5m厚に敷く。この層を工事用道路として、その傍にapron用石材を運搬する。道路傍のapronが路面より0.5m高くなると工事用道路を新しく出来たapron上に切変え、さらにapron工事を続ける。この新しいapronを工事用道路とするときには、apron上に目つぶし用のchipを敷く。この様な工程を繰り返すことによりapronを所定の厚さに布設する。

石材は、石材置場で、トラクターショベルで積荷し、重ダンプトラックで運搬し、人力で布設する。布設のための作業員数は人力による運搬距離を40m、1グループを20人編成、そしてこのグループを出来るだけ均等に作業地に配置させると言う仮定に基づき積算した。さらに19t級のタイヤドーザーを人力捨石の補助として配置する。捨石工のための主要な機械は次のとおりである。

積荷： 5<sup>m</sup>車輪式トラクターショベル

運搬： 32t重ダンプトラック

捨石： 人力、19tタイヤドーザー

#### 4.3. Cross dike

Cross dikeの施工についてはVol III橋梁編に記載する。

#### 4.4. Cross dam 及び Dhaleswari 新水路

##### 4.4.1. Cross dam

Fig. 10-5 Flow of Construction Works of Guide Banks

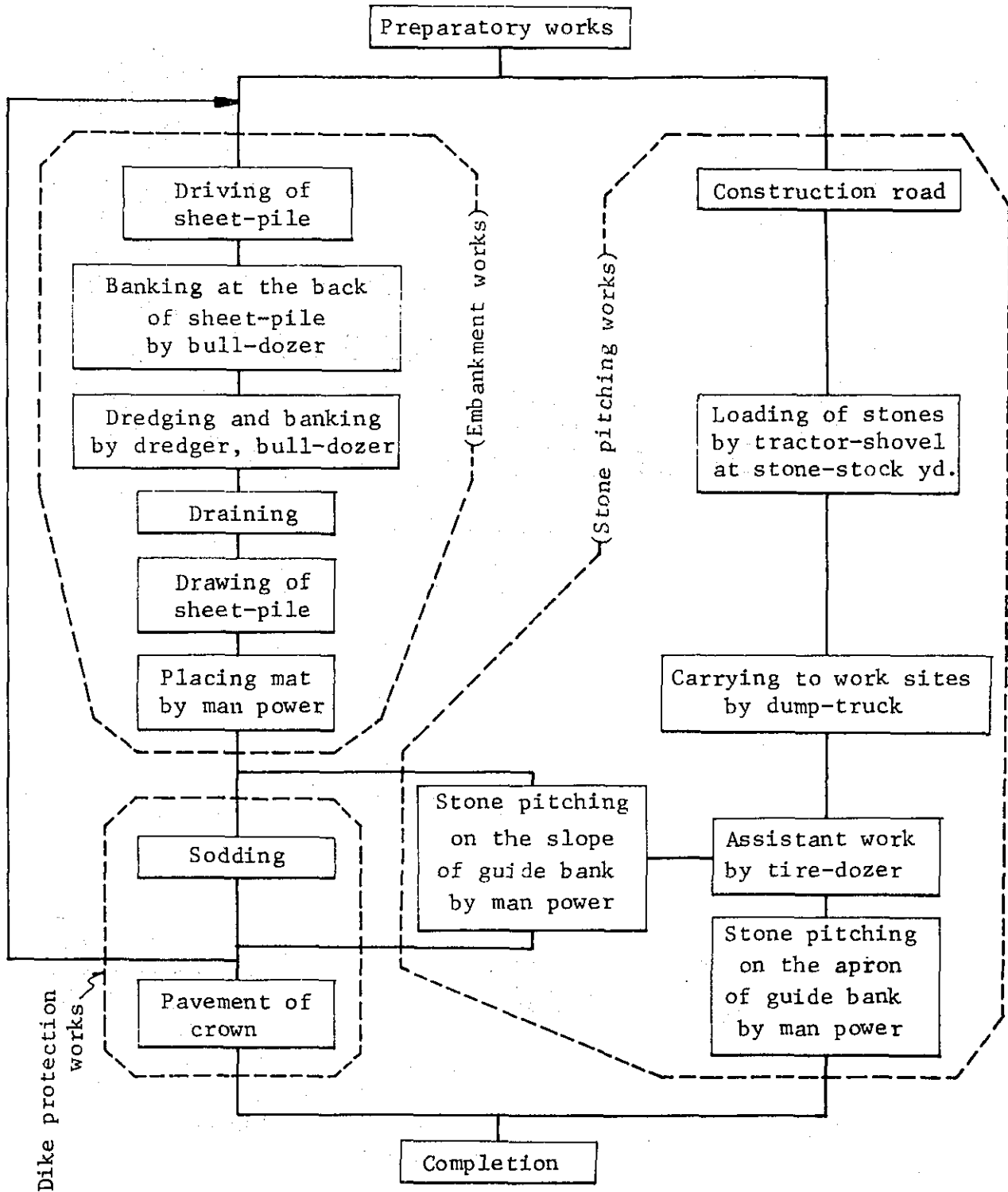
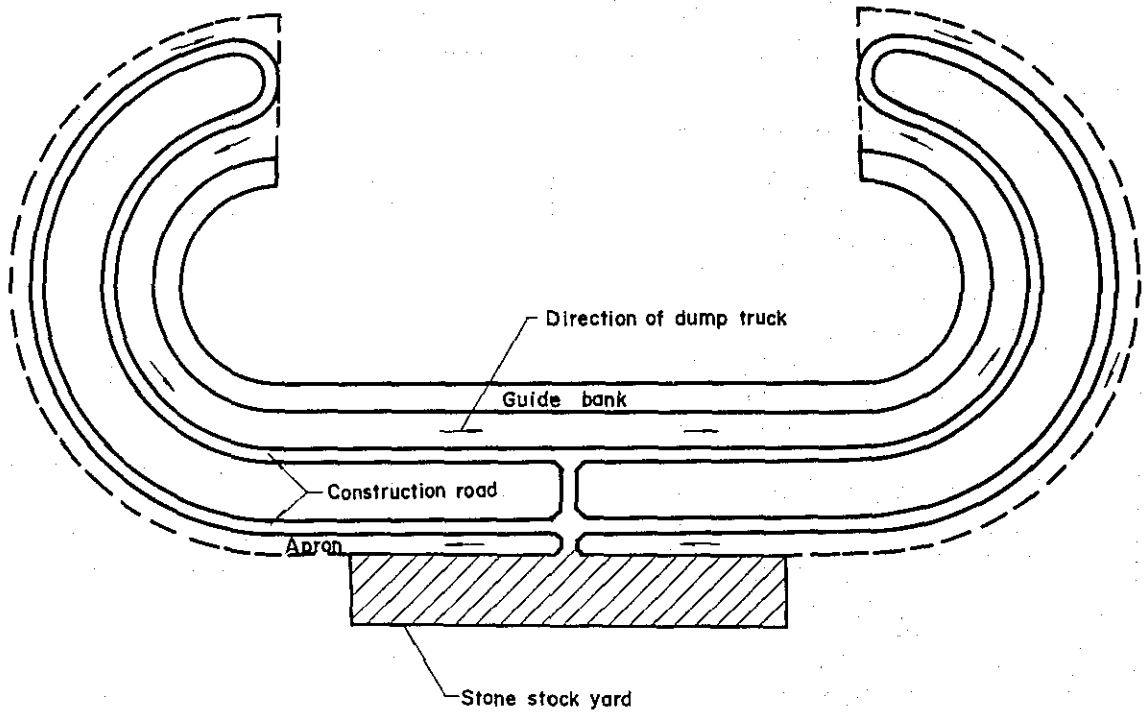
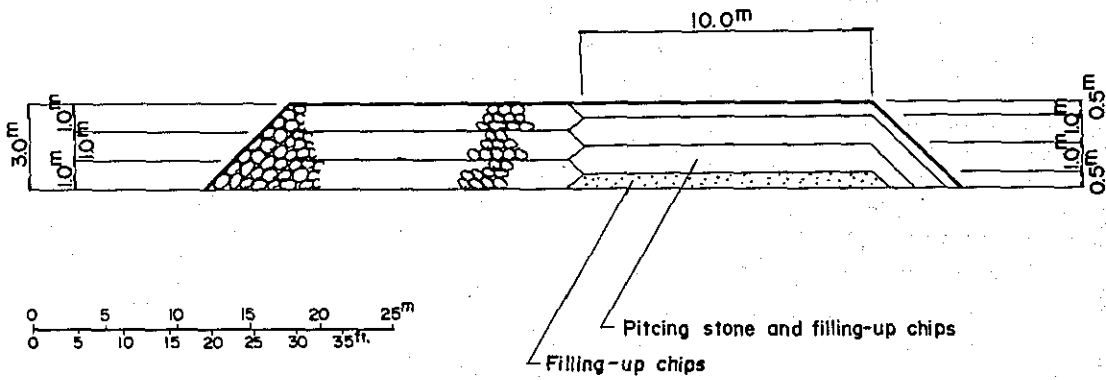


Fig. 10-6 Construction Roads

Construction Road Schelton



Cross Section



Cross damの石堤は、32t重ダンプトラックで運んだ石材で造る。この場合guide-bank工事で用いたダンプトラックを流用し、捨石は人力で行う。石堤の完成後取付道路と同じ方法で、築堤が行なわれる。工事計画はVol IIIの取付道路の項で述べる。捨石工に必要な主要機械は、次の通りである。

積荷： 5m<sup>3</sup>車輪式トラクターショベル

運搬： 32t重ダンプトラック

捨石： 人力

#### 4.4.2. Dhaleswari新水路

Dhaleswari新水路の建設は、guide-bank工事に使用した浚渫船を用いて行う。Fig 9-2に示すとおり、底幅6.5mの中央水路は最初の年に全長に渡り開削し、2年間の拡幅工事の後、完成する。排土は、隣接する2,970,000m<sup>2</sup>の底地に捨てる。湿地ブルドーザーをこの浚渫工事の補助機械として配備する。排土工には、矢板を用い、この排土用低地と、新水路とを仕切るものとし、湿地ブルドーザーを補助機械として、ここにも使用する。この工事に必要な主要機械は、次のとおりである。

4,000PS級ディーゼルポンプ浚渫船(排土管長6,000m)

200PSアンカーバージ

15kw振動杭打(杭抜)機

20tクローラークレーン

125KVAエンジン発電機

16t湿地ブルドーザー

32t重ダンプトラック

#### 4.5. 主要建設機械

主要な建設機械数をFig 10-2に示す河川工事日程に従い工種、月及び年毎に積算した。要約をTable 10-2に示す。

Table 10-2 Major Equipment for Construction Works

Equipment	Specification			Number of Equipment	
	Capacity	Rated H.P.	Weight(t)	Requirement	Purchase
Tractor shovel	5m <sup>3</sup>	325ps	299	5	6
Dump truck	32t	427ps	261	17	19
Tire dozer	19t	200ps	189	5	6
Bull dozer(for swamp)	16t	140ps	162	8	9
Vibro pile driver	15kw	15kw	1.1	68	73
Crawler crane	20t	98ps	265	68	73

Equipment	Specification			Number of Equipment	
	Capacity	Rated H.P.	Weight(t)	Requirement	Purchase
Sheet pile	l=5m	b=0.333m(1235t)	0.074	5550m	6000m
Engine dynamo	125kVA	160kw	3.1	18	20
Diesel pump dredger	4000PS	4000PS		1	1
Anchor barge	15t	200PS		1	1
Pipe	l=5m	D=710mm (1000sets)		6000m	6000m
Floater	l=4.5m	D=1,300mm (268 sets)		1210m	1210m
Joint	l=1.5m	(266sets)		400m	400m
Macadam roller	10-12t	65kw	10	15	16
Asphalt sprayer	200l	4PS	0.2	6	7
Tamper	60Kg	4PS	0.08	5	6
Spare parts and others				l.s.	l.s.

#### 5. 資材

主要な資材の必要量を Fig.10-3 に示す河川工事日程に従い、工程、日及び年毎に積算した。要約を Table 10-3 及び 10-4 に示す。これらの表には、guide bank 工事で使用した後、Dhaleswari 新水路工事に使用される矢板も含まれている。

#### 6. 労務者

熟練労務者及び未熟練労務者の人数を、Fig.10-2 に示す河川工事日程に従い、工程、月及び年毎に積算した。熟練、未熟練労務者の日最大所要人数を年毎に示すと Appendix C の通りで、この中には雑務用労務者は、含まれていない。Appendix C の合計を Table 10-5 に示す。

Table 10-5 Daily Maximum Number of Labor at Work Sites

	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
熟練労務者	2,090人	150人	2,090人	300人	120人	120人
未熟練労務者	2,215	2,205	2,210	2,210	0	0

#### 7. 河川工事管理に必要な主要施設

右岸の建設本基地に建設事務所をおき、各工事現場に工事事務所をおく。また石材置場には、管理事務所を設ける。工事事務所は guide bank 工事及び Dhaleswari 新水路工事を管理するためのものである。

Table 10-3 Materials Required for River Construction Works (1)

Guide banks

Materials	Unit	Right G.B.	Left G.B.	Total
Apron works				
Stone	$10^3 \text{ m}^3$	1,400	1,406	2,806
Light oil	kl	1,345	1,368	2,713
Miscellaneous		1.s.	1.s.	1.s.
Embankment works				
Log	$\text{m}^3$	1,073	1,100	2,173
Polyethylene mat	$10^3 \text{ m}^2$	119	123	242
Light oil	kl	734	734	1,468
Heavy oil	kl	1,680	1,764	3,444
Miscellaneous		1.s.	1.s.	1.s.
Dike protection works				
Sodding	$10^3 \text{ m}^2$	88	88	176
Ballast (chip)	$10^3 \text{ m}^3$	30	30	60
Asphalt emulsion	kl	305	305	610
Light oil	kl	81	81	162
Miscellaneous		1.s.	1.s.	1.s.

Dhaleswari new Channel

Materials	Unit	Quantity
Sheet pile driving work		
Light oil	kl	44
Miscellaneous		1.s.
Dredging		
Light oil	kl	298
Heavy oil	kl	9,341
Log	$\text{m}^3$	396
Miscellaneous		1.s.
Sheet pile drawing work		
Light oil	kl	34
Miscellaneous		1.s.

Table 10-4 Main Materials Schedule

Materials	Unit	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	Total
Stone	10 m <sup>3</sup> (10 cub.ft)	667 (23,552)	733 (25,883)	678 (23,835)	731 (25,812)	-	-	2,806 (99,082)
Log	m <sup>3</sup> (cub.ft)	1,073 (37,888)	-	1,100 (38,842)	132 (4,661)	132	132 (4,661)	2,569 (90,713)
Polyethylenemat	10 m <sup>2</sup> (10 sq.ft)	119 (1,281)	-	123 (1,324)	-	-	-	242 (2,605)
Light oil	kl (I.G.)	1,455 (320)	705 (155)	1,481 (326)	836 (184)	106 (23)	136 (30)	4,719 (1,038)
Lubricants		1.s.	1.s.	1.s.	1.s.	1.s.	1.s.	1.s.
Heavy oil	kl (I.G.)	1,680 (369)	-	1,764 (388)	2,855 (628)	3,243 (713)	3,243 (713)	12,785 (2,811)
Sod	10 m <sup>3</sup> (10 sq.ft)	88 (947)	-	88 (947)	-	-	-	176 (1,894)
Ballast (chip)	10 m <sup>3</sup> (10 cub.ft)	30 (1,059)	-	30 (1,059)	-	-	-	60 (2,118)
Asphalt emulsion	kl (I.G.)	305 (67)	-	305 (67)	-	-	-	610 (134)
Misellaneous		1.s.	1.s.	1.s.	1.s.	1.s.	1.s.	1.s.



#### 建設本基地内建設事務所

敷地面積 : 2,000  $m^2$

床面積 : 300  $m^2$

#### 左右 guide-bank 及び Dhaleswari 新水路工事用 3 工事事務所

敷地面積 : 6,000  $m^2$

床面積 : 900  $m^2$

#### 石材置場用 2 管理事務所

敷地面積 : 1,600  $m^2$

床面積 : 400  $m^2$

連絡施設、自動車及びその他の必要施設を上記事務所に配備する。

Fig.10-3 に示すように、石材置場は、guide-bank の中央部近くに設けられる。各置場は 1 年間に 700,000  $m^3$  を貯えるに必要な敷地を持つ。石材は右岸側は、鉄道で左岸側は船で運ばれる。ポリエチレンマットも、この石材置場に貯えられ、他の諸資材及び機械は、石材置場に作られる倉庫に貯えられる。資材置場として必要な面積及び倉庫の床面積は次のとおりである。

資材置場面積 : 510,000  $m^2 \times 2$

倉庫及び床面積 : 800  $m^2$

Guide-bank 工事に必要なモーターブールは、両岸に配置する。左岸側のモーターブールは Dhaleswari 新水路工事用にも使用する。

上記の諸施設に関する詳細計画は、Vol.V III 総合工事計画及び経済分析で述べる。

## 8. 工事費

### 8.1 単価

1975 年 7 月に日本政府から派遣された<sup>1)</sup> 現地役務、材料等調査団<sup>2)</sup> (143CS) の成果に基づいて労務・資材の単価を定めた。

輸入労務・資材については、1975 年 7 月の単価を採用した。又、捨石材の単価は、石材調査団の成果 (Vol. VI) を基に、Table 10-6 に示す様に、仮に、インドのビハール州アッサム州の各地から集められるものとして、それぞれの地域からの費用を輸送量の加重平均として求めた。

この様にして求められた単価をまとめると Table 10-7 に示す通りである。

Table 10-7 のうち石材の CIF 価格は、国境なるが故に、前記調査団の成果 (Vol. VI) の FOB 価格をそのまま CIF 価格とした。Oil 類、アスファルト乳材の CIF 価格は、現地に於ける価格を分析して CIF 価格及び国内諸費 (輸送費など) を求めた。ポリエチレンマットについては FOB 価格に、I & F 価格を推算してこれに加え CIF 価格を求め、更に、国内輸送諸費を加えて現地到着価格とした。

Table 10-10 に示す機械類の価格は、FOB 価格に I & F 価格を推算してこれに加え、CIF 価格を求めた。これに国内輸送諸費を推算して現地到着価格とした。

これらの輸入資機材については、免税担置が施工されることを前提として単価を求めた。したがって、これらの単価には輸入税、売買税は含まれていない。

## 8.2 河川制御工事費

Table 10-7 の単価を用いて積上げた工事内訳を Table 10-8 に示す。

Table 10-8 には、Dhaleswari 河を締切るための cross dam に必要な工事費及び cross dike に必要な工事費は含まれていない。これらの工事費は、橋梁計画部門 (Vol. III) の Approach I の工事費に含められている。Table 10-9 は、Table 10-8 の工事費のうちの労務費の内訳を示す。又、Table 10-10 は、機械購入費の内訳を示し、同様に Table 10-11 は材料費の内訳を示す。

Table 10-12-1, Table 10-12-2 は、guide banks, Dhaleswari new channel の工事費を、Fig. 10-2 の工程計画に基づいて年度別に割振った年度別工事費内訳を示す。

## 8.3 維持費

河川施設に対する維持費としては、各種調査費と guide banks, Dhaleswari new channel の維持補修費及び事務所諸経費が考えられる。これらの河川施設の維持費は、project 全体施設の維持費の一部を構成するものであり、河川施設のための維持費として論ずることは適当ではない。したがって、Vol. VIII 総合工事計画及び経済評価の第 VI, VII 章で project 全体の維持費の一環として論じられる。

Table 10-6 Purchase Plan of Pitching Stone

Transportation	Unit	Sources of stone in India						Total
		Assam			Bihar			
		Manikarchar	Dhubri	Jagioghopa	Dhulian	Pakur		
		by boat	by boat	by boat	by boat	by boat	by train	
Quantity required per annum	Tk/yr 10 <sup>2</sup> cft/yr	162,540 32,508	141,750 28,350	124,740 24,948	378,000 75,600	900,000 180,000		1,707,030 341,406
Unit price F O B	Tk/10 <sup>2</sup> cft	390	243	165	312	234		
Annual cost F O B	Tk/yr	12,687,120	6,889,050	4,116,420	23,587,200	42,120,000		89,399,790
Unit Price at site	Tk/10 <sup>2</sup> cft	570	453	404	645	391		
Annual cost at site		18,529,560	12,842,560	10,078,992	48,762,000	70,380,000		160,593,103

Mean unit price;

$$\text{F O B : } \frac{89,399,790}{34,140,600} = 262 \text{ Tk}/10^2 \text{ cft}$$

$$\text{At site : } \frac{160,593,102}{34,140,600} = 470 \text{ Tk}/10^2 \text{ cft}$$

Table 10-7 Unit Price

## 1. Wages.

Labor	\$/day	Tk./day
Skilled labor		
Operator 1 (Crawler crane)	66.5	45
Operator 2	66.5	28
Assistant operator (Crawler crane)	44.8	
Driver	60.8	28
High class crew	110	
Crew	81.8	
Special skilled labor	70.2	
Skilled labor	62.7	23
Foreman	66.5	45
Unskilled labor		17

## 2. Materials

Item	Unit	FOB	Transportation Tk	At site Tk
Stone and chip	100 cft	*20.15 (Tk 262)	208	470
Light oil	IG	*0.2815(Tk 3.66)	0.80	4.46
Lubricants	IG	*3.255 (Tk 42.31)	1.93	44.24
Heavy oil	IG	*0.2892(Tk 3.76)	0.88	4.64
Polyethylene mat	m <sup>2</sup>	2.967		
Asphalt emulsion	kl	*115.4 (Tk 1500)	194	1694
Log	cft			90
Sod	100 ft			8

Note: IG = Imperial gallon

\* = C I F

3. Land acquisition 1 acre Tk 12,000

Table 10-8 Construction Costs of Guide-banks and New Channel

Works	Unit	Quantity	Costs		
			Local	Foreign	Total
			10 <sup>3</sup> Tk	10 <sup>3</sup> \$	10 <sup>3</sup> Tk
(1) Right guide-bank					
Apron	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> (10 <sup>3</sup> cft)	1,400 (49,435)	118,450	11,933	273,579
Embankment	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> (10 <sup>3</sup> cft)	831 (29,343)	4,756	14,345	191,241
Dike protection	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> (10 <sup>3</sup> cft)	Sodding 80(861) Pavement 35(377)	3,985	254	7,287
Miscellaneous			6,357	1,315	23,452
Subtotal			133,548	27,847	495,559
(2) Left guide-bank					
Apron	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> (10 <sup>3</sup> cft)	1,406 (49,647)	119,140	11,947	274,451
Embankment	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> (10 <sup>3</sup> cft)	874 (30,862)	4,867	14,366	191,625
Dike protection	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	Sodding 80(861) Pavement 35(377)	3,985	255	7,300
Miscellaneous			6,397	1,319	23,544
Subtotal			134,389	27,887	496,920
(3) Dhaleswari new channel					
Sheet pile	m (ft)	3,000 (9,843)	17	572	7,453
Dredging	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> (10 <sup>3</sup> cft)	6,600 (233,051)	3,697	4,325	59,922
Miscellaneous			186	245	3,371
Subtotal			3,900	5,142	70,746
Total (1)+(2)+(3)			271,837	60,876	1,063,225
(4) Equipment					
Total (1)+(2)+(3)+(4)			273,644	77,092	1,275,840
(5) Land acquisition					
Right guide-bank	acre	157	1,883		1,883
Left guide-bank	acre	151	1,812		1,812
Dhaleswari new channel	acre	900	10,799		10,799
Subtotal			14,494		14,494
Grand total			288,138	77,092	1,290,334

1\$ = 13 Tk

Table 10-9 Labor Cost

Works	Description	Person No. (m.d)		Amount (10 <sup>3</sup> )
Right guide-bank				
Apron	Skilled	29,620	Tk	1,210
	Unskilled	877,500	Tk	14,930
	Foreign	29,620	\$	1,946
	Subtotal	936,740	Tk	41,430
Embankment	Skilled	28,700	Tk	670
	Unskilled	680	Tk	10
	Foreign	210,690	\$	14,430
	Subtotal	240,070	Tk	188,270
Dike protection	Skilled	35,990	Tk	940
	Unskilled	45,980	Tk	780
	Foreign	-	\$	-
	Subtotal	81,970	Tk	1,720
Total	Skilled	94,310	Tk	2,820
	Unskilled	924,160	Tk	15,720
	Foreign	240,310	\$	16,376
	Total	1,258,780	Tk	231,420
Left guide-bank				
Apron	Skilled	30,090	Tk	1,230
	Unskilled	891,540	Tk	15,170
	Foreign	30,090	\$	1,977
	Subtotal	951,720	Tk	42,090
Embankment	Skilled	28,700	Tk	670
	Unskilled	710	Tk	10
	Foreign	210,690	\$	14,420
	Subtotal	240,100	Tk	188,270
Dike protection	Silled	35,990	Tk	930
	Unskilled	45,980	Tk	780
	Foreign	-	\$	-
	Subtotal	81,970	Tk	1,720
Total	Skilled	94,780	Tk	2,830
	Unskilled	938,230	Tk	15,960
	Foreign	240,780	\$	16,406
	Total	1,273,790	Tk	232,070
Dhaleswari new channel				
Sheet pile	Skilled	-	Tk	-
	Unskilled	-	Tk	-
	Foreign	8,700	\$	595
	Subtotal	8,700	Tk	7,730
Dredging	Skilled	25,020	Tk	600
	Unskilled	-	Tk	-
	Foreign	51,180	\$	3,895
	Subtotal	76,200	Tk	51,230
Total	Skilled	25,020	Tk	600
	Unskilled	-	Tk	-
	Foreign	59,880	\$	4,490
	Total	84,900	Tk	58,970
Grand total	Skilled	214,110	Tk	6,250
	Unskilled	1,862,390	Tk	31,680
	Foreign	504,970	\$	37,272
	Grand total	2,617,470	Tk	522,470

Including miscellaneous work (5%)

Table 10-10 Cost of Equipment

Equipment	Quantity	Unit price (\$)	Costs	
			F.C. (10 <sup>3</sup> \$)	D.C. (10 <sup>3</sup> Tk)
Tractor shovel (5 m <sup>3</sup> )	6	167,800	1,007	-
Dump truck (32t)	19	135,800	2,756	-
Tire dozer (19t)	6	66,000	396	-
Bull dozer (16t, swamp)	9	63,390	571	-
Vibro pile driver (15 kw)	73	8,645	631	-
Crawler crane (20t)	73	59,660	4,355	-
Sheet pile (l=5m, b=0.333m)	1,355t	267	356	-
Engine dynamo (125kvA)	20	20,000	400	-
Diesel Pump dredger (4,000PS)	1	accounted in construction base works		
Anchor barge (15t)	1	-do-		
Dredging pipe (φ710mm, 5m)	500sets	808	404	-
Floater (φ1,300mm, 4.5m)	134sets	3,630	486	-
Joint (l-1.5m, rubber)	500sets	1,400	186	-
Macadam roller (10-12t)	16	20,700	331	-
Asphalt sprayer (200 l)	7	1,220	9	-
Tamper (60kg)	6	495	3	-
Spare parts and others (30% above)			3,568	-
Total amount in FOB price			15,459	-
Total amount in CIF price			16,216	1,807

Notes: These equipments are used for the guide-bank works and some of them are applied for the Dhaleswari new channel works.

Table 10-11 Cost of Materials

Item	Quantity		Cost		Remarks
	Unit	Quantity	D.C. (10 <sup>3</sup> Tk)	F.C. (10 <sup>3</sup> \$)	
<b>GUIDE BANK WORKS</b>					
Domestic materials					
Log	m <sup>3</sup>	2,173	6,902	-	
Sod	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	176	150	-	
Miscellaneous	l.s.	1	353	-	
Total			7,405	-	
Foreign materials					
Stone	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	2,806	206,090	19,969	
Ballast (chip)	"	60	4,410	427	
Light oil	Kl	4,341	764	269	
Heavy oil	"	3,444	665	219	
Lubricants	l.s.	1	153	54	
Asphalt emulsion	Kl	610	118	70	
Polyethylene mat	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	242	-	718	FOB
Miscellaneous	l.s.	1	10,522	1,080	
Subtotal of CIF			222,722	22,052	
Subtotal of FOB			-	752	
CIF cost for above			480	900	
Total			223,202	22,952	
Grand Total			230,607	22,952	
<b>DHALESWARI NEW CHANNEL WORKS</b>					
Domestic materials					
Log	m <sup>3</sup>	396	1,258	-	
Miscellaneous	l.s.	1	63	-	
Total			1,321	-	
Foreign materials					
Light oil	Kl	378	66	23	
Heavy oil	"	9,341	1,805	594	
Lubricants	l.s.	1	13	5	
Miscellaneous	l.s.	1	95	30	
Total			1,979	652	
Grand Total			3,300	652	



Table 10-12-1 Construction Cost by Year

Works: Guide Banks

Outline of works: Embankment, stone pitching, sodding, pavement and miscellaneous.

Year	Equipment		Materials		Labor			Total	
	D.C. (10 <sup>3</sup> Tk)	F.C. (10 <sup>3</sup> \$)	D.C. (10 <sup>3</sup> Tk)	F.C. (10 <sup>3</sup> \$)	Skilled D.C. (10 <sup>3</sup> Tk)	Unskilled D.C. (10 <sup>3</sup> Tk)	F.C. (10 <sup>3</sup> \$)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1st.									
2nd.									
3rd.									
4th									
5th									
6th	1,807	16,216	53,997	5,655	2,180	15,360	7,930	55,804	21,871
7th			60,850	5,733	630	1,016	7,790	70,960	21,093
8th			54,790	5,784	2,210	15,394	8,190	63,210	6,800
9th			60,820	5,729	630	1,012	7,770	71,220	21,123
10th			150	51				8,550	1,063
11th									
12th									
13th									
Total	1,807	16,216	230,607	22,952	5,650	32,782	31,680	269,744	71,950

Table 10-12-2 Construction Cost by Year

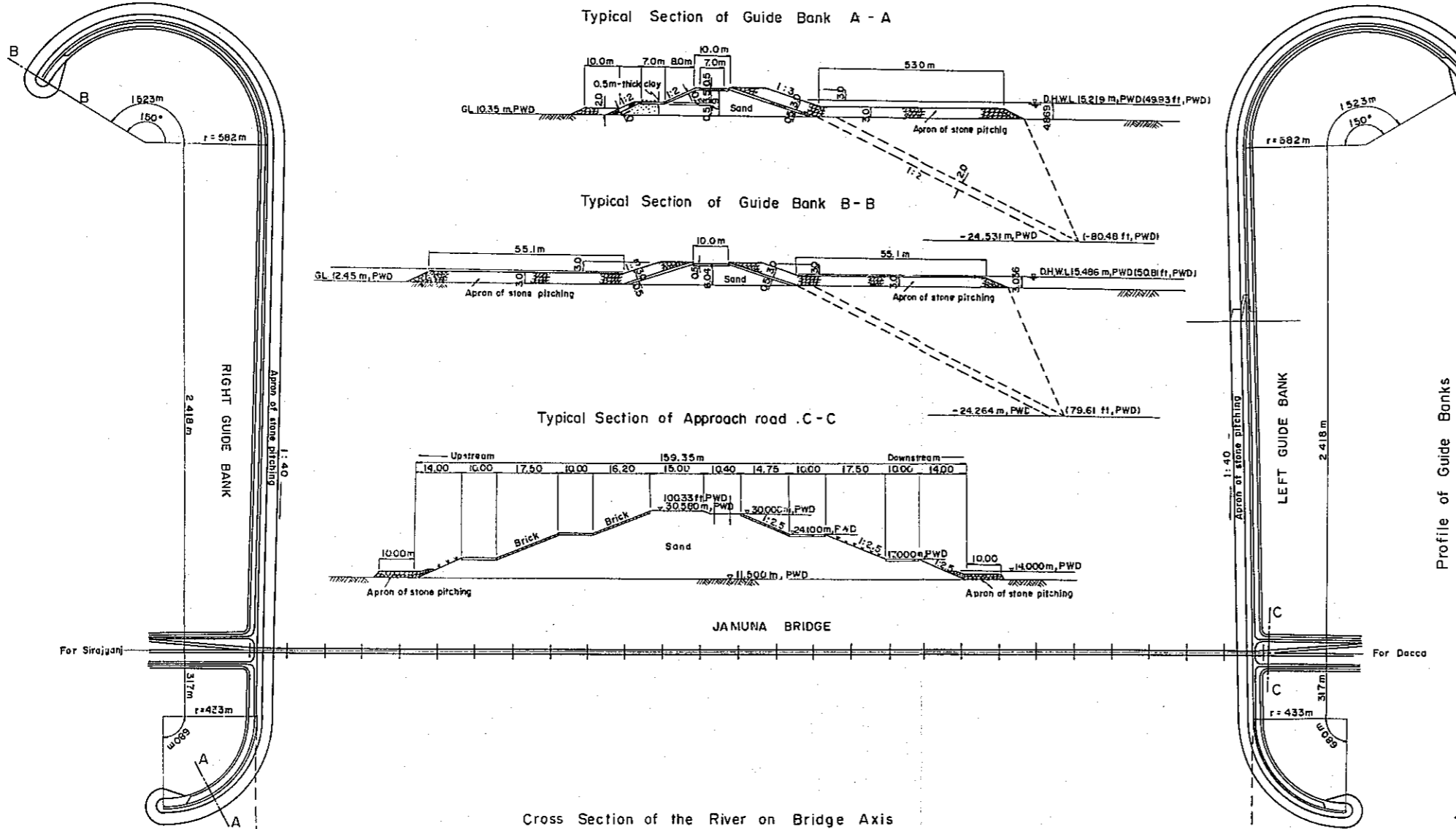
Works: Dhaleswari New Channel

Outline of works: Dredging and miscellaneous.

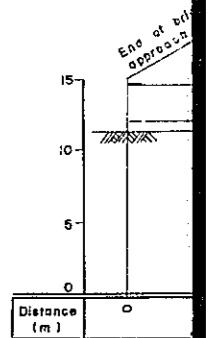
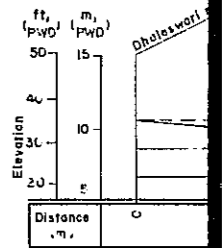
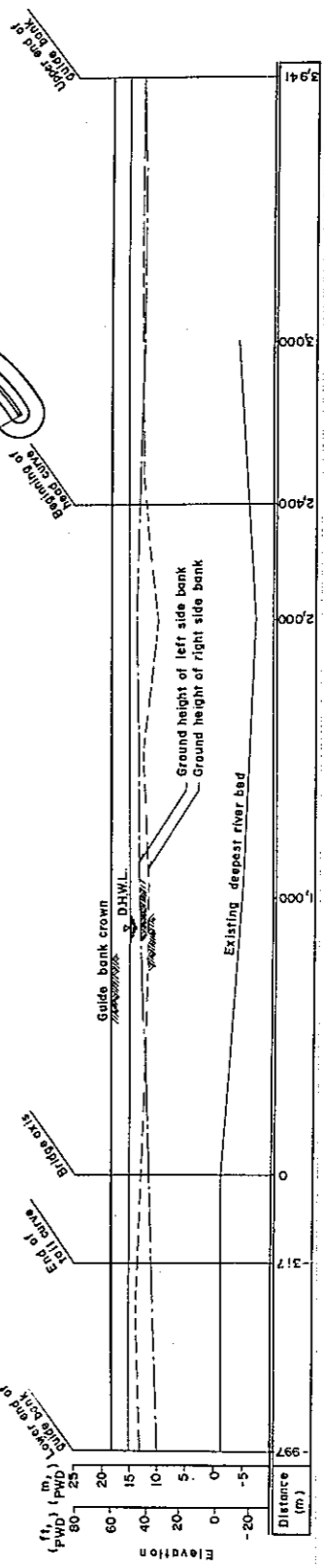
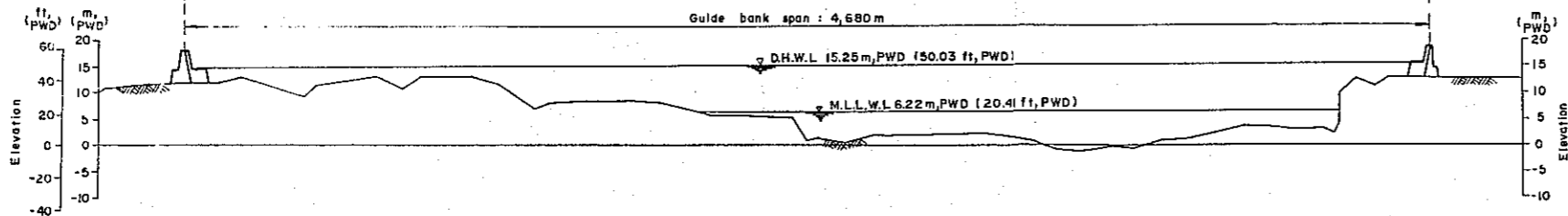
Year	Equipment		Materials		Labor		Total	
	D.C. (10 <sup>3</sup> Tk)	F.C. (10 <sup>3</sup> \$)	D.C. (10 <sup>3</sup> Tk)	F.C. (10 <sup>3</sup> \$)	Skilled	Unskilled	D.C. (10 <sup>3</sup> Tk)	F.C. (10 <sup>3</sup> \$)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1st.								
2nd.								
3rd.								
4th								
5th								
6th								
7th								
8th								
9th								
10th			1,050	201	200	1,569		1,250
11th			1,120	225	200	1,334		1,320
12th			1,130	226	200	1,587		1,330
13th								
Total			3,300	652	600	4,490		3,900
								5,142

## APPENDICES

General Plan of Guide Banks and Bridge

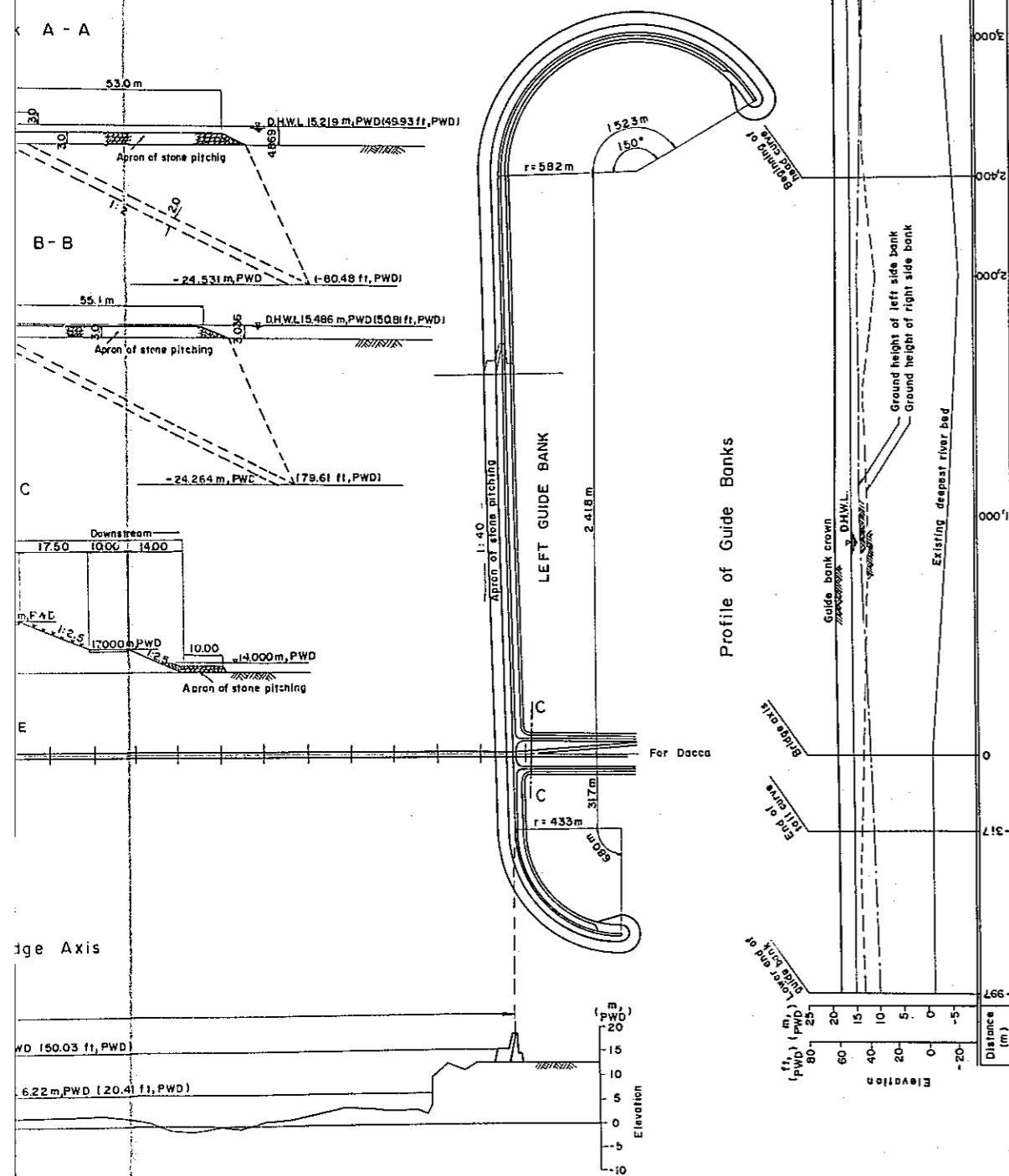


Cross Section of the River on Bridge Axis

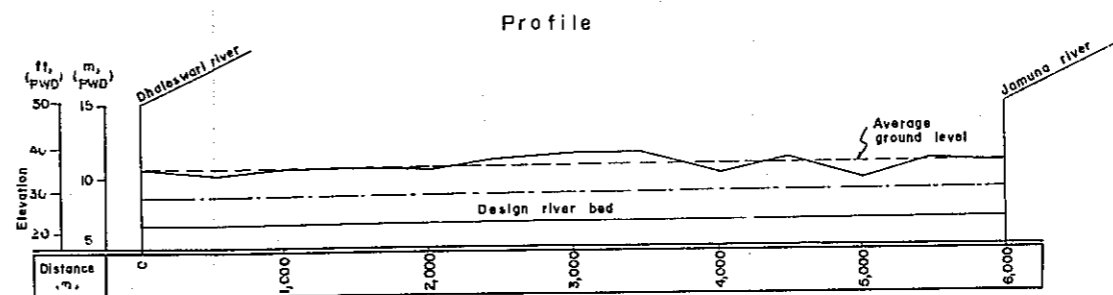


Appendix A

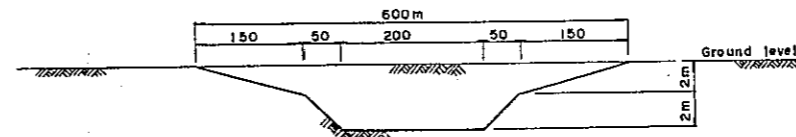
Banks and Bridge



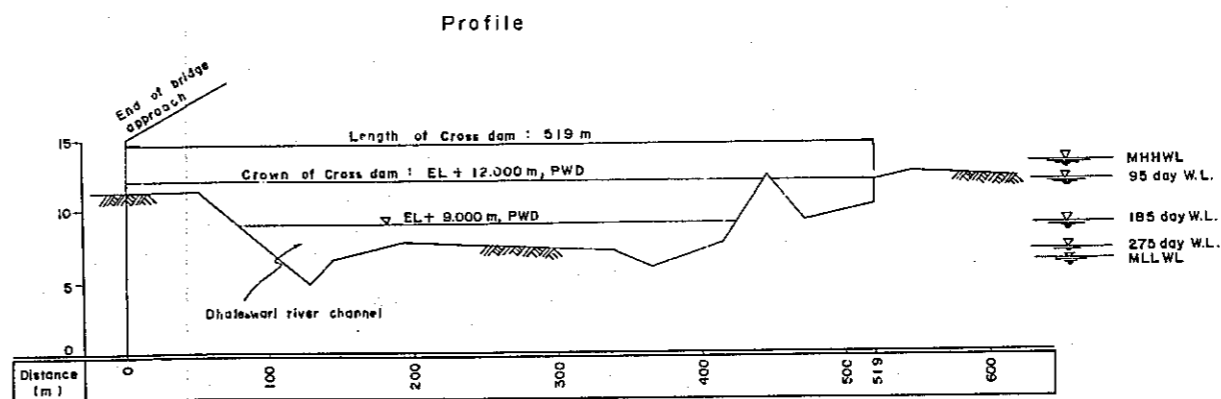
Dhaleswari New Channel



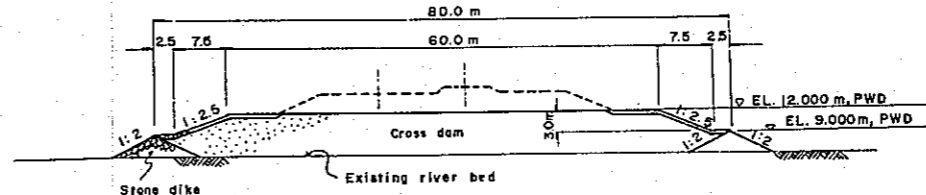
Standard Cross Section



Cross dam Crossing the Dhaleswari River



Typical Cross Section of Cross dam



PEOPLES' REPUBLIC OF BANGLADESH	
JAMUNA RIVER BRIDGE CONSTRUCTION PROJECT	
VOLUME II RIVER CONTROL	
DESIGN OF GUIDE BANKS AND	
DHALESWARI NEW CHANNEL	
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	
NIKKEN CONSULTANTS, INC.	
Scale	Date
Drawn	DRW. NO. II-1
Approved	

Appendix B Equipment Schedule

Works: Guide bank											
Item	Unit	Year									Total
		6th	7th	8th	9th	10th	11th	12th	13th		
EQUIPMENT (FOREIGN)											
Tractorshovel (5m <sup>3</sup> )	nos		6	6	6	6					
Dump truck (32t)	"		19	19	19	19					
Tire-dozer (19t)	"		6	6	6	6					
Bull-dozer(swamp.,16t)	"		9		9						
Vibro-pile driver(15KW)	"		73		73						
Crawler crane (20t)	"		73		73						
Sheet pile (5mx0.333m)	t		1,355		1,355						
Engine dynamo (125KW)	nos		20		20						
Diezel pump dredger (4,000PS)	"		1		1						
Anchor barge (15t)	"		1		1						
Dredging pipe (φ710mmx5m)	"		1,000		1,000						
Flooter(φ1,300mmx4.5m)	"		268		268						
Joint (rubber, 1.5m)	"		266		266						
Macadam roller (10t)	"		16		16						
Asphalt sprayer(200 l)	"		7		7						
Tamper (60Kg)	"		6		6						

Works: Dhaleswari new channel											
Item	Unit	Year									Total
		6th	7th	8th	9th	10th	11th	12th	13th		
EQUIPMENT (FOREIGN)											
Dump truck (32t)	nos					2	2	2			
Bull-dozer(swamp.,16t)	"					5	5	5			
Vibro-pile driver(15KW)	"					3		3			
Crawler crane (20t)	"					3	2	3			
Engine dynamo (125KW)	"					3		2			
Diezel pump dredger (4,000PS)	"					1	1	1			
Anchor barge	"					1	1	1			
Dredging pipe (φ710mmx5m)	"					1,000	1,000	1,000			
Flooter(φ310mmx4.5m)	"					268	268	268			
Joint (rubber, 1.5m)	"					266	266	266			
Sheet pile(5mx0.333m)	t					1,355	1,355	1,355			

Appendix C Labor Schedule (Max. Number of field labor per a day)

Works	Description	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
<b>Guide-banks</b>							
Apron	Skilled	76	76	76	76	-	-
	Local labor	77	77	77	77	-	-
Embankment	Unskilled	2,208	2,203	2,203	2,209	-	-
	Skilled	1,218	-	1,218	-	-	-
	Local labor	167	-	167	-	-	-
	Unskilled	5	-	5	-	-	-
Dike protection	Skilled	-	-	-	-	-	-
	Local labor	625	-	625	-	-	-
	Unskilled	796	-	796	-	-	-
<b>Dhaleswari new channel</b>							
Sheet pile	Skilled	-	-	-	33	-	33
	Local labor	-	-	-	-	-	-
	Unskilled	-	-	-	-	-	-
Dredging	Skilled	-	-	-	79	81	79
	Local labor	-	-	-	40	40	40
	Unskilled	-	-	-	-	-	-

## APPENDIX D

### BIBLIOGRAPHY AND DATA

All bibliography and data collected in Bangladesh and in Japan and used in the present study are listed in this appendix. For the convenience of reference, they have been classified into the categories shown below.

- WL : Data on water level.
- DIS : Data on discharge.
- RF : Data on rainfall.
- FLD : Data on flood.
- SED : Data on sediment.
- BR : Data on boring test.
- RC : Data on river course.
- SVY : Data on surveying.
- TOP : Topographic map.
- PHT : Photograph.
- CS : Data on construction cost.
- PJT : Report on project concerning the Jamuna River.
- GN : Data on general description of the Jamuna River.
- ADM : Data on administration.
- CF : Data on consulting firm.
- MET : Data on meteorology.
- CON : Data on construction works.
- GB : General bibliography.
- JB : Report on the Jamuna Bridge.
- GE : Report on geography.
- GM : Report on Geomorphology.



Seri. No.	Kind of Data	Bibliography or Data	Data Sources
1	WL	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 168 Gauge Readings of Brahmaputra-Jamuna River at Sirajganj, 1945 - 56	Surface Water Hydrology Directorate, BWDB
2	WL,DIS	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 2 Gauge & Discharge Observations for Ganges River at Hardinge Bridge, Paksey, 1933 - 58	"
3	WL,DIS	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 18 Gauge & Discharge Records for B-J River at Bahadurabad, 1948 - 58	"
4	WL	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 53 Gauge Readings of B-J River at Chilmari, 1957 - 58	"
5	WL	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 55 Gauge Readings of B-J River at Chilmari, 1957 - 58	"
6	WL	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 142 Gauge Readings of B-J River at Sirajganj, 1957 - 58	"
7	WL,DIS	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 102 Gauge & Discharge Observations of B-J River, 1959 - 61	"
8	WL,DIS	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 194 Gauge Readings & Discharge Observations of Ganges River, 1959 - 61	"
9	WL,DIS	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 192 Gauge Readings & Discharge Observations of B-J River, 1962	"
10	WL	HYDROLOGICAL YEAR BOOK, 1964 - 65 Vol II : Water Levels	"
11	DIS	HYDROLOGICAL YEAR BOOK, 1964 - 65 Vol III : Discharge	"
12	WL	HYDROLOGICAL YEAR BOOK, 1965 - 66 Vol II : Water levels	"
13	DIS	HYDROLOGICAL YEAR BOOK, 1965 - 66 Vol III : Discharge	Surface Water, BWDB
14	WL	HYDROLOGICAL YEAR BOOK, 1966 - 67 Vol II : Water Levels	"
15	DIS	HYDROLOGICAL YEAR BOOK, 1966 - 67 Vol III : Discharge	"
16	WL	HYDROLOGICAL YEAR BOOK, 1968 - 69 Vol II, Part-A : Water Levels	"

Seri. No.	Kind of Data	Bibliography or Data	Data Source
17	DIS	HYDROLOGICAL YEAR BOOK, 1968 - 69 Vol III : Discharge	Surface Water, BWDB
18	ADM	Organization Chart of BWDB and River Morphology, Research and Training	River Morphology, Research and Training, BWDB
19	GN	REPORT ON STUDY OF BANK MOVEMENT OF RIVER BRAHMAPUTRA by IECO, 1964	"
20	FLD	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 7 Technical Report on Flood in East Pakistan, 1960	Surface Water, Hydrology, BWDB
21	FLD	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 223 Annual Report on Flood in Bangladesh for 1964	"
22	FLD	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 251 Annual Report on Flood in East Pakistan for 1965	"
23	FLD	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 272 Annual Report on Flood in East Pakistan for 1966	"
24	FLD	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 308 Annual Report on Flood in East Pakistant for 1967	"
25	FLD	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 355 Annual Report on Flood in Bangladesh for 1970	"
26	FLD	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 357 Annual Report on Flood in Bangladesh for 1971	"
27	WL, DIS	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 318 Water Level & Discharge Observation Records of Ganges River, Jan. 1963 - Mar. 1965	Surface Water, BWDB
28	SED	FAO-SF SECOND HYDROLOGICAL SURVEY IN BANGLADESH : Sediment Investigation, 1966 & 1967	"
29	SED	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 359 Sediment Investigations in Main Rivers of Bangladesh, 1968 & 1969	"
30		Omitted	
31	GN	REPORT ON HYDROLOGY OF BANGLADESH By J. TH. THIJSSE, 1964	River Morphology, BWDB
32	PJT	DESIGN REPORT ON BANK PROTECTION STRUCTURE FOR THE PROTECTION OF SERAJGANJ TOWN FROM EROSION BY THE RIVER JAMUNA by Engineering Consultants, Inc. 1970	Western Zone, BWDB

Seri. No.	Kind of Data	Bibliography or Data	Data Source
33	PJT,CS	Serajganj Town Protection Project °Plan : scale 16" = 1 mile °Weekly progress report for the week ending, 17 Aug. 1973	Western Zone, BWDB
34	GN	WATER RESOURCES DEVELOPMENT AND FLOOD CONTROL IN BANGLADESH	Planning, BWDB
35	PJT	BRAHMAPUTRA LEFT EMBANKMENT by International Engineering Co. Inc., 1965	"
36	PJT	BRAHMAPUTRA FLOOD EMBANKMENT PROJECT: Feasibility Report, Phulchari to Sirajganj; by International Engineering Co. Ltd., 1962	"
37	PJT	BRAHMAPUTRA FLOOD EMBANKMENT PROJECT: Definite Report by International Engineering Co., Ltd.	"
38	PJT	BRAHMAPUTRA BARRAGE; Studies	"
39	PFT	FEASIBILITY REPORT FOR THE PROTECTION OF CHANDPUR TOWN: Vol. I Summary, Conclusion and Recommendations by Prokaushali Sangsad Limited	"
40	SED	MATERIAL TESTING REPORT: Report No. SED - 60, 1969	River Morphology, BWDB
41	SED	SEDIMENT TESTING REPORT: Report No. SED - 68, 1970	"
42	SED	SEDIMENT PROBLEM STUDY: Note on Computation of Sediment Discharge and Bed-load, 1972	"
43	DIS	Discharge Observation by River Morphology: Discharge Explanatory Notes Chilmari : 1965/66 - 1972/73 (1971/72; no data) Sirajganj: 1965/66 - 1972/73 Nagarbari: 1965/66 - 1971/72 Kalikapur: 1968/69 - 1972/73 Haripur : 1968/69 - 1972/73 (1971/72; no data) Jamalpur : 1968/69 - 1972/73 (1971/72; no data)	"
44	SED	Data on Sediment Discharge for 1970/71 at Nagarbari and Kalikapur	"
45	WL	Monthly Maximum Water Level of Regular Gages and Valley Gauges Since 1965	"

Seri. No.	Kind of Data	Bibliography or Data	Data Source
46	RC	Cross Section of the Brahmaputra River Within the Extent from Aricha to Bahadurabad for the Period from 1965 to 1973	River Morphology, BWDB
47	RF	HYDROLOGICAL YEAR BOOK, 1964 - 65 Vol I: Rainfall & Evaporation	Surface Water, BWDB
48	RF	HYDROLOGICAL YEAR BOOK, 1965 - 66 Vol I: Rainfall & Evaporation	"
49	RF	HYDROLOGICAL YEAR BOOK, 1966 - 67 Vol I: Rainfall & Evaporation	"
50	RF	HYDROLOGICAL YEAR BOOK, 1967 - 68 Vol I: Rainfall & Evaporation	"
51	RF	HYDROLOGICAL YEAR BOOK, 1968 - 69 Vol I: Rainfall & Evaporation	"
52	RF	HYDROLOGICAL YEAR BOOK, 1969 - 70 Vol I: Rainfall & Evaporation	"
53	TOP	Irrigation Maps; scale = 1 : 40,000 No.79(E/9), 79(E/3), 78(H/9) - 78(H/16); 78(G/9) - 78(G/16)	River Morphology, BWDB
54	WL,DIS	Stage Discharge Relation of River Brahmaputra; Sirajganj : 1967/68, 1966/67 Chilmari : 1967/68	"
55	WL	Water Level Record of Regular and Valley Gauges for the Period from Apr. 1970 to Mar. 1971	"
56	BR	Exploratory Drilling Logs; East West Interconnector Project	Ground Water, BWDB
57	BR	Exploratory Drilling Logs; 1000 Tube Well Project	"
58	CS	STATISTICAL DIGEST OF BANGLADESH No.7 : 1970 - 71	Bureau of Statistics Bangladesh
59	CS	Revised Estimates of Gross Domestic Product of Bangladesh for 1960/70 and 1972/73, Apr. 1973	"
60	CS	Price Index for 1972/73; °Wholesale Prices of Agricultural Products in Bangladesh Including Detail prices of Some Selected Items °Cost of living : Dacca Middle Class °Consumer Price Index for Industrial Workers at Narayanganj °Wholesale Prices of Industrial Products of Some Selected Items	"

Seri. No.	Kind of Data	Bibliography or Data	Data Source
61	ADM	MANIFESTO OF BANGLADESH AWAMI LEAGUE	AWAMI LEAGUE IWATA
62	RC	Sounding Maps; scale 1 : 25,000 Nagarbari to Mirkutia via Char Pechokhole Sohagpur to Sirajganj Ghat, Sirajganj	
63	HDG	Data on Hardinge Bridge Typical Cross Section of Left Guide Bank Protection Works at Right Bank Left Guide Bank Showing Progress in Different Years Plan Showing Successive Alignment in Damukdia & Right Guide Bank in Connection with Closure of Gap	
64	HDG	Hardinge Bridge Section Taken at Center Line; from Jan. to Jun., 1968 from Jul. to Dec., 1968 from Jan. to Jun., 1969 from Jan. to Jun., 1970 from Jul. to Dec., 1970	
65	DIS,HDG	Discharge Measurements at the River Gauges at Hardinge Bridge from the Year 1968 to 1970	
66	HDG	HISTORY OF THE HARDINCE BRIDGE up to 1941	
67	HDG	RIVER TRAINING AND CONTROL by Francis J. E. Spring	
68	FLD	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 67 Flood Report of East Pakistan, 1961	Surface Water, BWDB
69	FLD	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 119 Annual Report on Flood in Bangladesh for 1962	"
70	FLD	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 182 Annual Report on Flood in Bangladesh for 1963	"
71	FLD	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 330 Annual Report on Flood in East Pakistan for 1968	"
72	FLD	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 357 Annual Report on Flood in Bangladesh for 1971	"
73	WL	HYDROLOGICAL YEAR BOOK, 1967-68 Vol II : Water Level	"
74	RF	Daily RAINFALL OF EAST PAKISTAN Jan. to Dec., 1960	"
75	RF	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 170 Daily Rainfall of East Pakistan Jan. to Dec., 1961	"

Seri. No.	Kind of Data	Bibliography or Data	Data Source
76	RF	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 227 Daily Rainfall of East Pakistan Jan. to Dec., 1962	Surface Water, BWDB
77	RF	BWDB WATER SUPPLY PAPER - 226 Daily Rainfall of East Pakistan Jan. to Dec., 1962	"
78	GN	Line Diagram Showing Important River System in Bangladesh	"
79	WL	Monthly Max & Min Water Level; Supplemental Data on Water Level of the Brahmaputra-Jamuna River and Ganges River	"
80	RPL	FEASIBILITY REPORT FOR THE PROTECTION OF CHANDPUR TOWN; Vol II Economic Investigation & Urban Planning	Planning, BWDB
81	RPL	FEASIBILITY REPORT FOR THE PROTECTION OF CHANDPUR TOWN; Vol III Engineering Aspects & Legislation	"
82	RPL	RESUME AND DESIGN Drawings for Chandpur Town Protection, 1st Phase	"
83	GN	RIVER AND FLOOD PROBLEMS OF BANGLADESH AND THEIR SOLUTIONS	Ministry of Flood Control and Water Resources
84	WL	HYDROLOGICAL YEAR BOOK, 1969 - 70 Vol II Part - A : Water Level	Surface Water, BWDB
85	CS	Unit Cost of Construction Works, Materials and Wages	Western Zone, BWDB
86	PJT,CS	FEASIBILITY REPORT FOR THE PROTECTION ON CHANDPUR TOWN; Vol IV Financial Consideration & Project Evaluation	Planning, BWDB
87	GN	MASTER PLAN: Vol II by IECCO	River Morphology, BWDB
88	PJT	REPORT FOR PRELIMINARY ENGINEERING SURVEY AND CONSTRUCTION ESTIMATE FOR ISHURDI-PABNA-NAGARBARI RAILWAY PROJECT, 1963	Railway, MOC
89	PJT	REPORT FOR PRELIMINARY ENGINEERING SURVEY AND CONSTRUCTION ESTIMATE FOR DACCA-TUNGI-ARICHA RAILWAY PROJECT, 1963	"

Seri. No.	Kind of Data	Bibliography or Data	Data Source
90	WL	Water Level Records of All Regular Gauges within the Extent from Aricha to Bahadurabad for the Period from 1st Sept. 1973 to 31st Oct. 1973	River Morphology, BWDB
91	PHT	Aerophotographs Covering the Jamuna River for 1952, 1960 and 1970 - 71, scale 1 : 50,000	Survey of Bangladesh
92	PHT	Aerophotographs Covering the Four Proposed Sites for 1970 - 71: scale nearly 1 : 10,000	"
93	TOP	Topographic Maps Covering the Jamuna River; scale 1:250,000, 1 : 50,000	Survey of Bangladesh
94	TOP	Topographic Maps Covering the Whole Country; scale 1:250,000, 1 : 50,000	"
95	PHT	Photographs of Right & Left Bank along the Jamuna River Taken from Helicopter at 1,000 m in altitude	River Study Team
96	BR	SOIL TESTING REPORT OF BRIDGE OVER RIVER BRAHMAPUTRA & JAMUNA, Miranpur (Bogra) Hole No.G4	Hydraulic Research Laboratory
97	SVY	Geodesic Triangulation Station	Survey of Bangladesh
98	GN	SEMINAR ON FLOOD CONTROL AND WATER RESOURCES DEVELOPMENT IN BANGLADESH, Aug. 1972	Ministry of Flood Control and Water Resources
99	PJT	DACCA SOUTH-WEST PROJECT : Feasibility Report Vol. IV Hydrology and River Hydraulics by ECI-ACE, Aug. 1970	
100	MET	Data on Meteorology for the Period from 1960 to 1972 at Rangpur, Bogra, Sirajganj and Faridpur	Meteorological and Geophysical Center in Chittagong
101	GN	Extract from SOME ASPECTS OF SEDIMENTOLOGY AND GEOLOGY OF BENGAL BASIN WITH SPECIAL REFERENCE TO THE BRAHMAPUTRA BASIN	Ground Water, Hydrology, BWDB
102	GN	Extract from RIVER OF THE BENGAL DELATA, by S. C. Majumder, 1941	"
103	GN,PJT	Extract from RIVER MECHANICS AND MORPHOLOGY, DACCA SOUTH-WEST PROJECT BANGLADESH, Reported by D. B. Simon & Others	"
104	PJT	PRELIMINARY DESIGN REPORT: EAST-WEST INTERCONNECTOR PROJECT, Vol. II plates, Acres International Ltd. Consulting Engineers (PAK) Ltd.	"

Seri. No.	Kind of Data	Bibliography or Data	Data Source
105	Br	Well Record Card; Kuchma X-1, Bogra X-1, Hazipur HX-1	Ground Water Hydrology, BWDB
106	ADM	PORT OF CHITTAGONG (Booklet), year book of information, 1972-73	Chittagong Port Trust
107	CS	Rental Rates of Schedule of Equipment MEO, BWDB	MEO, BWDB
108	CON	A SHORT NOTE ON DREDGING IN BANGLADESH, submitted by Adal Chief Engineer Services, BWDB	Dredger Organization BWDB
109	CS	BASIC DATA AND IDEAS ABOUT FUTURE DEVELOPMENT, Chittagong Steel Mill Ltd.	Chittagong Steel Mill Ltd.
110	SC	PRICE LIST, Chittagong Steel Mill Ltd.	"
111	CS	GENERAL ABSTRACT OF BUDGET OF SIRAJGANJ TOWN PROTECTION SCHEME UNDER BORGHA W.D. CIRCLE FOR THE YEAR 1973-74	Brahmaputra Survey Division BWDB
112	CON	NOTE ON EXPERIMENTS WITH MODELS OF FALLING APRONS, Oct. 1935, Irrigation Research Division	BRB
113	GN	FLOOD CONTROL PLAN FOR EAST PAKISTAN, First Stage, East Pakistan Water and Power Development Authority, Oct., 1964.	
114	GB	Gerald Lacey: STABLE CHANNELS IN ALLUVIUM, Proc. I.C.E. Vol. 229, 1929-30.	
115	GB	C.C. Inglis: THE RELATIONSHIP BETWEEN MEANDERING BELTS, DISTANCE BETWEEN MEANDERS ON AXIS OF STREAM, WIDTH OF DISCHARGE OF RIVERS IN FLOOD PLAINS AND INCISED RIVERS; Government of India, Central Board of Irrigation and Power, Annual Report, 1938-1939, New Delhi.	
116	JB	BRAHMAPUTRA (JAMUNA) RIVER CROSSING FEASIBILITY STUDY, Stage One; Freeman, Fox and Partners; Roads and Highways Directorate, Government of East Pakistan.	
117	JB	PREFEASIBILITY STUDY REPORT ON JAMUNA RIVER BRIDGE PROJECT IN BANGLADESH, March 1973, Overseas Technical Cooperation Agency, Japan (in Japanese).	
118	GB	Sir Robert Richard Gales: THE PRINCIPLES OF RIVER TRAINING FOR RAILWAY BRIDGES, AND THEIR APPLICATION TO THE CASE OF HARDINGE BRIDGE OVER THE LOWER GANGES AT SARA; Jour. Inst. C.E., 1938.	
119	GB	Formulas on Hydraulics, published by the Japan Society of Civil Engineers, 1971.	
120	GB	Bertram Lionel Harvey: THE RESTORATION OF THE BREACHES IN THE RIGHT GUIDE BANK OF THE HARDINGE BRIDGE; Jour. Inst. C.E., Vol.4, 1936-37.	



- 121 GN Abdul Latif: INVESTIGATION OF BRAHMAPUTRA RIVER; Proc. A.S.C.E., Sept., 1969.
- 122 GN FLOOD CONTROL PLAN OF EAST PAKISTAN; Water and Power Development Authority, Sept., 1968.
- 123 GB Emmett M. Laursen: SCOUR AT BRIDGE CROSSINGS, Trans. A.S.C.E., Vol. 127, 1962, Part I.
- 124 GB Akihiko Tsuchiya: SCOUR AROUND PIER; Bridge and Foundation, Vol. 4, Jan., 1970 (in Japanese).
- 125 GB G. Suga and K. Ishizaki: Local Scour in River; Civil Engineering Data, Sept., 1967, Vol. 9, No. 9, Public Works Research Institute, Ministry of Construction, Japan (in Japanese).
- 126 GB Tetsuo Kunihiro: PRELIMINARY STUDY ON THE JAMUNA RIVER CROSSING BRIDGE PROJECT, CIVIL Engineering Data, Jun., 1973, Vol. 15, No. 6, Public Works Research Institute, Ministry of Construction, Japan (in Japanese).
- 127 GB Kiyoshi Sato: DAMAGES DUE TO CYCLONE IN BANGLADESH, Proc. J.S.C.E., Vol. 56, No. 4, April 1971 (in Japanese).
- 128 GB Sir Robert Richard Gales: THE HARDINGE BRIDGE OVER THE LOWER GANGES AT SARA, Proc. Inst. C.E., Vol. 205, 1917-18.
- 129 GB Katsuyoshi Ishizaki and Katsuichi Honma: STUDY ON SCOUR AT PIERS, Annual Report of the Public Works Research Institute, Ministry of Construction, Japan, 1968 (in Japanese).
- 130 GB S.V. Isbashi: CONSTRUCTION OF DAMS BY DEPOSITING ROCK IN RUNNING WATER, Second Congress on Large Dams (1936).
- 131 GB Hideo Kikkawa: SOME CONSIDERATIONS ON SUSPENDED LOAD, Report of the Public Works Research Institute, Ministry of Construction, Japan, 1952 (in Japanese).
- 132 GB Seiichi Sato: ON THE DESIGN OF RIVER CHANNELS, Journal of Japanese Society of Civil Engineers, Vol. 42, No. 4, 1957 (in Japanese).
- 133 GB H.N.C. Breusers: SCOUR AROUND DRILLING PLATFORMS, Bulletin, Hydraulic Research 1964 and 1965, International Association for Hydraulic Research, Vol. 19, P. 276.
- 134 GB J. Larras: MAXIMUM DEPTH OF EROSION IN SHIFTING BEDS AROUND RIVER PIERS, Annales des pots et chaussées, Vol. 133, No. 4, pp411-424.
- 135 GB H.W. Shen, V.R. Schneider and S. Karaki: LOCAL SCOUR AROUND BRIDGE PIERS, Journal of the Hydraulic Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Nov., 1969, HY 6, pp1919-1940.
- 136 GM J.P. Morgan and W.C. McIntire: QUARternary GEOLOGY OF THE BENGAL BASIN, EAST PAKISTAN AND INDIA, Bulletin of the Geological Society of America, 70, 1959.
- 137 GE Centre for Urban Studies: Bangladesh Geographical Account.

- 138 GM Masahiko Oya: CLASSIFICATION OF ALLUVIAL PLAINS BASED ON THE MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS, The Scientific Researches 20 School of Education, Waseda University, 1971.
- 139 GE MOUNTAINS AND RIVERS OF INDIA, 21st International Geographical Congress, 1968.
- 140 GM M.I. Showdhury: ON THE GRADUAL SHIFTING OF THE GANGES FROM WEST TO EAST IN DELTA BUILDING OPERATIONS, Proceeding of the Dacca Symposium, 1964.
- L\$L GM Masahiko Oya: COMPARATIVE STUDY OF THE GEOMORPHOLOGY AND FLOODING IN THE PLAINS OF THE CHO-SHUI-CHI, SHAO-PHYA, IRRAWADDY AND GANGES, Proceeding of the Dacca Symposium, 1964.
- 142 GM A.I.H. Rizve: COMPARATIVE PHYSIOGRAPHY OF THE LOWER GANGES AND LOWER MISSISSIPPI RIVER, Louisiana State University, 1955.
- 143 CS SURVEY REPORT ON UNIT PRICES FOR JAMUNA BRIDGE PROJECT, August 1975, Japan International Cooperation Agency (written in Japanese).

