

第 7 章

Guide Banks

1. 概説

河川の網状化は、蛇行河川に於けるよりは、急な勾配と、大きな流砂量によると一般に言われており、もし、河川勾配が過大 或いは流量が比較的大きくなると、河岸の局部洗掘量及び堆積量が流れを網状化させるのに十分な大きさになるのかもしれない。

現状の Jamuna 河は典型的な網状河川である。Jamuna 河がこの様な網状河川である理由についての十分な研究は今のところなされていない。しかしながら当 Jamuna 河の網状化の主原因は次の事柄の内にあると思われる。

(1) Jamuna 河の流量が突然、Tista 川の流路変更により増加した。この事は Old-Brahmaputra 川から現在の Jamuna 河に移った主要原因の一つであるとみなされている。

(2) 現在の Jamuna 河は南北にほぼ直線に走るくぼ地に沿ってその流路をとっており、このことは、Jamuna 河の勾配が Ganges 河の様な大河川と比べて非常に急であることを示している。

(3) この沖積扇状地における河の長さが流量や沈んでん物質の規模に比べて短かすぎる。

網状河川は遠い将来、最終的には蛇行河川に移行すると考えられる。現状の Jamuna 河も又同じ性質と持っているに違いない。たとえ Jamuna 河がこの性質を存していても蛇行状態に 100 年や 200 年では到達しないだろう。なぜなら Old-Brahmaputra 河が現在の Jamuna 河に流路をかえてからわずか 200 年しか経過していないからである。従って、Jamuna 河架橋は網状河川であるとの前提に立って計画されねばならない。

当 Jamuna 河において網状は少なくとも Bangladesh 国内では、全川に亘り崖状の岸を形づくっている。この兩岸の崖にはさまれた部分が洪水流下の際しての有効河幅を与えるものと思われる。兩岸に崖が形成されているにもかかわらず Ganges 河の Sara 地点に見られる粘土質の岸は当 Jamuna には見当らない。言い換えれば、岸のいかなる部分も浸食に対する抵抗力を持たない。これは岸の部分に対して人工的な保護を加えることなしに岸は固定しえない事を意味しており、このことは網状の腹部ばかりでなく結節の部分にも云えることである。

日本政府事前調査団が架橋候補地点として網状河川の 4 つの節部を提案している。これは少なくとも過去 100 年の間これ 5 節部が現在地に位置していることからして適切な提案である。しかし、この事は統計に基づいたものであり、現段階においては、この様な結節が

つられ 100年もの長い間存在する理由を明確にできないことは非常に残念な事である。

架橋地点として節を選んだ事は適切であるが、この結節部が将来に亘り変動もなく同一地点に存在するであろうという保証はなんら見い出せない。それどころか網状の結節部に於いてさえも絶え間ない河岸浸食が起るといふ事である。例えば Sirajganj では激しい河岸浸食が起り、毎年多額の保護工が施されていることは良く知られた事実である。それ故、橋梁がこの結節部において岸から岸へ架けられる様な場合であってもなんらかの護岸工が橋台を守るために当然必要になるであろう。さらに、毎年の高水期において、洪水は兩岸から常に溢れ、兩岸の Barind とよばれる台地にはさまれた低平地は河道部、陸地部にかかわらず氾濫する。この現象は派川への分派ばかりでなく、絶え間のない河岸浸食をも促進させることとなる。この意味で当 Jamuna 河は岸を持たぬ河と呼ぶことができるのである。従って橋梁建設に際して橋台と橋梁への接近道路は、かかる河岸浸食に対しても、また、かかるみお筋の変動に対しても、破壊されぬ様に設計すべきである。

この目的のため、洪水を常に堤防間の一定水路に導くための

護岸と締切堤を有する人工堤防 (guide bank) が必要である。換言すれば、洪水の流路は、締切堤による死水域と人工堤防による導流機能による。堤防向に固定する必要がある。また、この締切堤は橋への接近道路としても利用される。河の全幅に架橋しようか、又はもっとせまく架橋しようか、いずれにしても締切堤を計った guide bank が必要である。

結論として、Jamuna 河には、全河道幅より、おほい長い橋を架けざる限り、guide bank が必要である。

2. 架橋地帯の河幅

航空写真からわかることより、Jamuna 河の河幅は、架橋候補地帯に存する 4 節部を以て、5 km あり、網状の腹部では、15 km もある。その縮小比は約 0.33 である。

また水路は、節部に於いては、1 主水路に導約 2 分を導き得る。著しい網状性は残っている。前節で述べた理由により、guide bank は、洪水流の誘導と、河岸の防護の両目的を満すために通用される。河を橋で渡る場合、河川工事と、架橋工事の合計工費を比較するに、数種の河幅を以て、検討は行われる。従って、ここでは、各地帯を以て、三種の河幅を想定し、検討する。

(1) Type - A

Hardinge 橋の場合、乾期の最低路幅を検討して、架橋幅として 1 mile を適用して、いさようである。Jamuna 河の場合、第 6 章で述べた通り、4000 m 以下の架橋幅は望ましくない。しかし、単に河川工事費積算のための 1 ケースとの観点から、架橋幅 2000 m くらいも検討する。これを Type - A と呼ぶことにする。

(2) Type - B

既に述べた通り、河道の最小幅として約 3900 m が冬季である。橋脚の水位に伴う損失を考慮して、架橋幅を 4200 m とし、これを Type - B とする。

(3) Type - C

各架橋候補地質に於ける河岸(涯)向の河幅をとり、これを Type - C とする。この架橋幅は次のとおりである。

Nagarhari Site : 5,200 m (17,000 ft)

Sirajganj Site : 5,600 m (18,400 ft)

Gabergaon Site : 5,200 m (17,000 ft)

Bahadurabad Site : 5,600 m (18,400 ft)

3. Guide Bank 法線

R.R. Gales (118 GB) は、洪水流を出来るだけ一様に橋軸を流過させ、接近道路及び橋脚の破損を防止するに洪水流を誘導し、水に火事な guide bank の法線とその長さについて提案している。この法線と長さは、Fig. 7-1 に示すとおりの如き。本図で Gales は "permanent banks" という言葉を使っているが、この言葉は、Ganges 河の場合には、川岸が粘土質河岸であるので、適切であるが、Jamuna 河の場合にはあまり適当とは思われない。

Jamuna 河の場合、permanent bank の幅を河道が自由に動ける幅とすると、それは、1970/71 年乾期航路が夏より、約 20 km と見積り出来た。

Fig. 7-1 に示す如き、permanent bank 幅の guide bank 幅の 1.3 倍ある場合には、橋軸より上流側の guide bank 長は、guide bank 幅の 2 倍、permanent bank 幅の guide bank 幅の 1.7 倍あるときは、guide bank 幅の 1 倍の長さにするべきであるとしている。その中間に於ては、内挿する。本調査の場合、Type-A のみを用いることになっているが、橋軸より上流の guide bank 長は 3000m とする。

しかし、他の Type A 場合は内径出流範囲から行われている。
 Type-B, Type-C の場合は、長 guide bank 幅に關係なく 3000 m を採用することとする。これは、Type-B, C の場合でも
 片側長は Type-A の場合と同じ流水の状態に於けることが予想
 され、guide bank の機能を保持するのにはこれだけの長さ
 が必要と判断されたからである。

guide bank の頭部については Gales の提案に従い、河道
 の弯曲を考慮して円弧状としその半径を 627 m (1910 ft) と
 した。またその頭部円弧の長さも、円弧の内角が 120° と
 なることとし、特に Type-A の場合は、その円弧
 の先に 250 m の直線部を付加する。

橋軸より下流部の guide bank の長さは Type-A の場合、
 Fig. 7-1 a (3L/8 とする標準) に従い 750 m とした。他の Type
 の場合は、特に途中より短くなる理由はなから、全 Type
 750 m を適用した。

以上の結果を Fig. 7-2-1 ~ 7-2-4 に示した。結局
 guide bank の長さは Type-A の場合片側 5495 m、両側 10,995 m、
 Type-B, C の場合片側 4,634 m、両側 9,268 m とした。
 さらに将来詳細設計の段階で、guide bank 法線の長さに関し
 水理模型実験を実施するの予定がある。

4. Guide Bank の標準断面

guide bank の標準断面は、次の事項を検討して設計しなければならない。

- a. 堤高：計画高水流量に対応する計画高水位
- b. 余裕高：波浪の打上げ、河床変動、計画流量に対応する安全率
- c. 天端幅：堤体内の浸潤線、工事上の維持管理に必要の幅
- d. 法勾配：堤体の安定及び法面保護
- e. apron長：guide bank の河幅を縮小するに際し、最大可能に延長する。

(1) 計画高水位 (DHWL)

1. 測量断面

Jamuna河の Ganges河合流点から Tista河合流点と流下する範囲に対する横断測量は BWDBより 1964/65年頃から毎年乾季に定期的に実施されておりました。その断面間隔は、1964/65年が 8 mile, 1965/66年以降が 4 mile である。一方、Jamuna河架橋4條補地渠を付した上下流 10 km 計約 20 km の範囲については、Jamuna河架橋計画調査団測量作業隊より、1973年9月から10月に渡って河川横断が測られた。この横断は Nagarbari-Site, Sirajganj-Site の約 1 km 間隔, Gabargaon-Site, Bahadurabad-Site の約 2 km 間隔で測られており、洪水低減期の河川横断であると見做す。

これらの両測量横断を、地盤高、河道幅、河床高、地盤面以下河道面積を、1970/71年撮影航空写真モザイクを参考にして比較検討した結果次の事項が明らかになった。

(a) 河道形状の変化は激しいが、1970/71年航空写真モザイクを参照して、BWDB 及び測量作業隊による測量横断の平面形状を推察することは出来る。

(b) BWDB横断面積を測量作業隊横断と同一標高で比較すると、測量作業隊横断断面面積は、小さく、1964/65年以降の BWDB 測量断面面積の年変動幅から考えてもそうである。このことは、乾季水路は

雨季水路断面積より小さいと言う経験的予測とも反している。

航空写真をザイクと比較した流路のありはから、Chara 裏側等で測量作業隊が測量範囲に含まれていない部分があるからそれが断面積の小さいを原因のありとは考え難い。

- (c) 両測量横断の地盤高を比較すると、測量作業隊横断地盤高が BWDB 横断より高く、Nagarbari-Site, Sirajganj-Site での差異は特に著しい。BWDB 横断地盤高の年変動幅は比較的小さく、両測量横断地盤高の差異が測量年度の違ひによるものとは考え難い。

上記の差異の原因を調べて、標高検討の結果、両測量断面の差異が、標高基準高の違ひによるものと判断し、比較的年変動の少ない地盤高が平均的に両者一致するよう測量作業隊標高に下記の修正を加え用いることとした。

- | | | |
|----------------------|---------|----------|
| (a) Nagarbari-Site | 測量作業隊標高 | - 1.43 m |
| (b) Sirajganj-Site | " | - 1.88 m |
| (c) Gabargaon-Site | " | - 0.09 m |
| (d) Bahadurabad-Site | " | - 0.64 m |

ii. 計画水位算定に関する予備的検討

(i) 河道断面の取扱い : Jamuna 河の横断は Char 部より、数個の水路に分割されているが、計算の便宜上これらの水路を一括して一水路断面として取扱う。Jamuna 河の水路幅は、水害に比し充分大きいので、この二つによる水位への影響は小さいと考えられる。

Jamuna 河の計画水位算定に際しては、河道断面を次のとおり設定した。

- (a) 河幅の測量横断面、航空写真モザイクより、有効河幅を検討し、河岸を定め、
- (b) 地盤面を越える水位に打つ水路としては、上記左右河岸に鉛直堤防があるものと想定す。河道内の Char に対しては、流の目途として、平均地盤高に等しい水位で、水面上に顔を出すものについては、これを河道幅から除外するものとした。これは、Char の部分は、水路部に較べ水深が浅く、流量負担割合が小さいと考えられること及び、設計水位算定に際し、安全側の配慮をしないとの判断によるものである。
- (c) 測量作業隊横断に対しては、航空写真、BWDB 横断を手掛りとして、水路でありながら測量範囲に入らない部分等により、修正を加す。
- (d) Jamuna 河全川に対する水位計算 : 本章 2 節河道変遷横断面図に依り、平均地盤高以下の水深は、全川に渡りほぼ等しく、河床も緩急配分がある。また横断面間隔も 4 mile であるので、等流水深より、全川に渡り水位変化を検討する事は、出来る。

先ず近年最も大きな出水である1970年7月28日のBahad-
 urabad地塊流量に基づき Old Brahmaputra 河及び Dhaleswari
 河の分派を考慮して、同出水時の流量配分を推定し、BWDB 1969/70
 年夏季測量横断計による流水位を計算すると Fig. 7-3 (plate-9) のとおりで
 ある。同図には、1970年7月28日出水時の実測水位も併記されている。
 前計算の際には実測水位水面勾配 $\pi = 0.020$ を適用した。

次に、前述の計画流量(100年確率流量)に対し、BWDB 1964/65年
 以降の測量平均横断計より流水位を計算した。計算結果は、併記
 Fig. 7-3 のとおりである。

iii. Guide bank 区画 計画水位の算定

Guide bank 区画については、測量作業隊による約1km 或は約2km 間隔の河川横断があり、この横断を用いて下等流計算により、水位を算定した。計算に用いた諸条件は次のとおりである。

(a) 流量：計画流量(100年確率流量)

(b) 下流端水位：各 site において、下流5km 程度の平均横断に対する水位流量曲線を等流計算により作成し、これを適用した。

各 site の水位流量曲線は Fig. 7-4 のとおりで、同図には、測量作業隊の流量観測結果及び併記の全川水位に関する予備的検討

結果(100年確率流量に対する水位・流量)と比較のため併記した。又 Sirajganj-site は Dhalaswari 河に締め切つてそのとす。

(c) 粗度係数： $n = 0.020$

(d) 計算断面区画距離：計算の便宜上 $\Delta x = 500m$ 程度とする。測量断面の他に内さう断面を補充した。

計算結果は、Table 7-1 に示すとおりである。この計算結果に基づいて計画高水位(DHWL)を次のとおり設定した。

(a) Nagarbari-site $H_{at.10} = 14.01 m, PWD \quad I = 1/25,000$

(b) Sirajganj-site $H_{at.11} = 15.24 m, PWD \quad I = 1/18,500$

(c) Gabargaon-site $H_{at.12} = 18.44 m, PWD \quad I = 1/15,000$

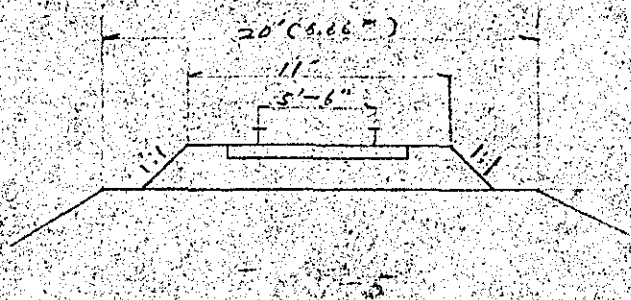
(d) Bahadurabad-site $H_{at.13} = 20.86 m, PWD \quad I = 1/15,000$

計画水位の縦断的变化を図7-2に示す。

(2) 天端中

工事中の便宜、完成後の維持の便宜を考へて Broad gauge の
 鉄道一車線は Patrol car 一台を通行に必要なるを考へて Guide
 Bank の天端中を 10m とした。

考へとして Broad gauge 一車線を通行に必要の敷地中は下図
 の如くある。



(3) 余裕高

異常出水、波浪および将来の河床変動などを予想して余裕高を
 付ける。Jumuna 河は河中が広大なるが時に波浪に於て検討を行う。

7. 波浪の打止り高

(a) 風速

Bangladesh 国内の諸地質の過去の最大風速を調べると Table-
 7-2 の如くある。Table-7-22 を地図上に移して、方位を調べると

Fig. 7-1 の如くである。図からわかる事は Chittagong
 Cox's Bazar の南東海岸地帯が最大風速を生じている。本
 図に転記したものが、又、内陸部に於ては生じて最大風速
 は同じ Rangpur 2 5.6 m/s, Rajshahi 2 11.8 m/s, Sylhet 2 13.4 m/s

と728。 = 水、の波の波高を検討するに、風速を17
15 m/s を採用する。

(ii) Fetch の水深

Fetch は現場の地形条件を考慮して 10.4 m とする。 = 水、の波の
水深は10 m を考慮する。

(iii) 波高の周期

条件

風速 $U_{10} = 15 \text{ m/s}$

Fetch $F = 10.4 \text{ m}$

水深 $h = 10 \text{ m}$

上記条件により Bretschneider の淡水波推算式(表 1.1) 波高
を求めた。(水理公式集 P.486, P.493)

$$gF/U_{10}^2 = 9.8 \times 10.4 \times \frac{1}{15^2} = 4.36$$

$$gh/U_{10}^2 = 9.8 \times 10 \times \frac{1}{15^2} = 0.436$$

波の諸元

波高 $gH_{1/2}/U_{10}^2 = 0.046 \quad \therefore H_{1/2} = 0.946$

周期 $T_{1/2} = 3.86 \sqrt{H_{1/2}} = 3.86 \sqrt{0.946} = 3.75 \text{ sec}$

波長 $L = 14.03 + (24.65 - 14.03) \times 0.75 = 21.99 \text{ m}$

波速 $C = 4.68 + (6.16 - 4.68) \times 0.75 = 5.20 \text{ m/sec}$

波形白配 $H_{1/2}/L = 0.946/21.99 = 0.043$

$1/3$ 有義波 $H_{1/3}$ に対する最大波高は、Rayleigh 分布から求められ、
 又の $1/N$ 最大波高と N との関係は次の様である。(水理公式集 P.480)

N	50	100	200	500	1000	10,000
$H_{max}/H_{1/3}$	1.42	1.53	1.64	1.77	1.86	2.15

N の大きい所では近似的に次式が成立する。

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

今、 $U_{10} = 15 \text{ m/s}$ の風が 1 時間吹送したものとすれば波数 N
 は

$$N = \frac{3600}{T_{1/3}} = \frac{3600}{3.75} = 960 \text{ 波}$$

したがって

$$\begin{aligned} H_{max} &= 1.07 \sqrt{\log_{10} 960} \cdot H_{1/3} \\ &= 1.07 \sqrt{\log_{10} 960} \cdot 0.946 \\ &= 1.85 \times 0.946 = 1.75 \text{ m} \end{aligned}$$

(iv) 波の打上高

Savill Jr. の実験 Data から打上高を算定する。(水理公式集
 P.533)

打上^波 R と深海相当波 H_0 との比は、法面勾配 1:3 の場合
 次の様である。

滑面の場合

$$\frac{R}{H_0} = 1.5$$

消波工(堤形)は 1:2 法面 (石の場合)

$$\frac{R}{H_0} = 0.64$$

$H_{1/3} = 0.946 \text{ m}$ は波と深海波に近いため、法面を滑面と考へた

場合の打上高 R を採用し

$$R = 1.5 \times 0.946 = 1.42 \text{ m}$$

同時に H_{max} について算定すると

$$R = 1.5 \times 1.75 \text{ m} = 2.63 \text{ m}$$

実際には院令で保護の水深が定められているから、これらの値より小さくした。

ii. 余裕高の決定

波浪のみからみれば、 H_{max} で、堤面の打上高の場合でも設計水位上 2.63 m の水深は多い。しかし、波力によるや、流速の異常出水、将来の河床変動を考慮して若干の余裕を盛り込み設計水位以上 3 m を余裕高とした。

(4) 法白配

堤防の表法白配は Galas の Recommendation Overall apron の式をとり、法白配 1:3 とする。

裏法白配は、1:2 を採用し、途中に小段を設け、全体の平均法白配が 1:3 になる様に設計した。

法覆工は、表法に対しては、捨石護岸とし、裏法に対しては 30 cm 厚の粘土被覆を行う。その上に芝付工を行う。

表法の底面の大きさについては波力からの検討を行う。

Hudson の式

$$W = \frac{W_r \cdot H^3}{K_D \left(\frac{W_r}{W_0} - 1 \right)^3 \cot \alpha}$$

茲に

- W : 捨石またはブロックの最小重量 (t)
 W_r : 石またはブロックの単位体積重量 (t/m^3)
 W_0 : 水の単位体積重量 (t/m^3)
 α : 斜面が水平面となす角
 H : 斜面位置における進行波の高 (m)
 K_D : 被覆材によつて定まる定数

$K_D = 2.8 \sim 4.3$	粗石
$K_D = 3.2$	砕石 3 層以上のとき
$K_D = 6.6 \sim 12.6$	異型ブロック

今、捨石の場合に於いて、 $W_r = 2.65$, $W_0 = 1$, $\cot \alpha = 3$ (1.5)

$H = H/3 = 0.946$ m, $K_D = 3.2$ とし、 W を算定すると

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{2.65 \times 0.946^3}{3.2 \left(\frac{2.65}{1} - 1 \right)^3 \times 3} \\
 &= 0.0522 \text{ t} = 52.2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

(5) Apron

1. 河幅を縮小した場合の平均水深

(1) 計算式

Guide bankで河幅が縮小されると、縮小部での流速が増大し、河床が低下する。この低下量は縮小部は必ずしも下流に於ける流砂量を一定とした場合の平衡河高に推算する。幅の広い長河断面水路(河幅 B , 水深 H)の場合、指数型流量式とManning式を2断面間の流量、流砂量一定の条件のもとに連立して解くと、2断面間の水深比(H/H_0)は次式で表わされる。

$$\frac{H}{H_0} = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-\frac{1-n}{n}} \quad (\text{指数 } n \text{ は基準断面諸元を表わす})$$

ここで n は、流砂量式を $Q_s = \alpha B u_*^n$ と表わした場合の指数で、佐藤・吉田公式では $n=3$ 、Brown公式では $n=5$ である。従って

$$\frac{H}{H_0} = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-\frac{4}{7}} = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-0.57} \quad (\text{佐藤・吉田公式})$$

$$\frac{H}{H_0} = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-\frac{24}{35}} = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-0.69} \quad (\text{Brown公式})$$

一方、E. H. Laursenは次式を提案している。

$$\frac{d_s}{H_0} = \left(\frac{B_0}{B}\right)^{0.59} - 1 \quad \text{for } u_* / w < 1/2 \quad (\text{掃流})$$

$$\frac{d_s}{H_0} = \left(\frac{B_0}{B}\right)^{0.64} - 1 \quad \text{for } u_* / w = 1 \quad (\text{遷移})$$

$$\frac{d_s}{H_0} = \left(\frac{B_0}{B}\right)^{0.69} - 1 \quad \text{for } u_* / w > 2 \quad (\text{洩流})$$

ここで、 d_s は沈泥深で $d_s = H - H_0$ 、 u_* は摩擦速度、 w は砂粒の沈降速度である。縮小部と、非縮小部の流速差は必ずしも

縮小による損失水頭が小さい場合には、 $H/H_0 = (d_s/H_0) + 1$ であるので式は次の如く書き換えられる。

$$\frac{H}{H_0} = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-0.59} \quad \text{for } u_* / w < 1/2 \quad (\text{掃流})$$

$$\frac{H}{H_0} = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-0.64} \quad \text{for } u_* / w = 1 \quad (\text{遷移})$$

$$\frac{H}{H_0} = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-0.69} \quad \text{for } u_* / w > 2 \quad (\text{洩流})$$

Jamuna河の河床材料平均粒径(d_m)は、第3章3節の検討結果より Nagarbari, Suragany B. & Gabargaon の各 site で $d_m = 0.018 \text{ cm}$, Bahadurabad-site では $d_m = 0.027 \text{ cm}$ であり、各 site に於ける設計流量(100年確率流量)に対し、 u_* / w を計算すると、Guide bank 幅による A, B, C の各 type のいずれの場合も $u_* / w > 2$ である。この場合、Brown 流砂公式による平衡河床計算式と Laursen 公式とは一致する。

従って、河幅縮小した場合の平均水深算定には、次式を適用するものとする。

$$\frac{H}{H_0} = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{-0.69}$$

(ii) 計算式の検証

式を Jamuna 河に適用するため、河道を、設計流量に対応する平均水深を有する長方形水路に単純化する。単純化した水路に対する式の妥当性を検証するため、現状水路に対し平衡河道水深を計算する。

まず、基準断面として、各 site の下流端計算断面の河幅を B_0 、平均水深を H_0 とし、各断面の平衡河道水深を求めた。結果は現状河道水深の縦断的变化とかなり近いものであったが、基準断面の採り方に起因すると考えらる若干の偏誤差が見られた。

次に、現河道水深と平衡河道水深が各 site 毎に平均的に等しくなるよう、基準断面水深を修正し、再度計算を行った。結果は Table 7-3 及び Fig. 7-6 に示すとおりで、現状断面をかなり良く説明出来る結果が得られた。

以上の検証計算の結果、本計算法を Guide bank による河幅縮小部の平均水深算定に適用することの妥当性が検証された。

(iii) 各縮小幅に対する平衡河道水深算定

先項で定めた基準断面を適用し、Guide bank による河幅縮小、各 case について、平衡河道水深を算定した。結果は Table 7-4 及び後 Fig 7-8 に示すとおりである。尚、架橋地帯有効河幅の推算に際しては、橋梁径間 200 m、橋脚厚 12 m、及び橋脚により来流が受ける諸損失を橋脚厚の 25% 幅相当として見積った。

II. 予想最大洗掘深

(1) Jamuna 河に於ける流路偏心率と最大洗掘深

Jamuna 河の Ganges 合流處から上流 220 km 現在迄の B.W.D.B の調査した 1945 年～1970 年の横断面と、今回 (1973 年) 調査された横断面から深掘れが烈しい地帯を抽出し、流心の偏心率 \bar{e} (\bar{e} は流路中心から最大洗掘深位置迄の距離、 B は流路巾) と、平均水深 (R) と洗掘深 (H_{max}) との比 (H_{max}/R) から調査した。その結果は Fig. 7-7 に示すとおりである。図中の ○印は B.W.D.B 調査の横断面からのものであり、●印は今回調査の横断面からのものである。前者は乾季に測量されたものであり、後者は洪水期に測量されたものである。両者の変化は顕著ではなから、強いとその差を認めると、乾季に測量された資料は、洪水期に測量されたもの比べて、同一偏心率 \bar{e} に對する H/R が大きい。このことは、洪水期に洗掘された断面が、乾季に埋戻されてはゐるが、最大洗掘深の位置が完全に埋戻しが進んでおらず、結果ではなからかと考へられる。

又、参考として Lacy の公式に \bar{e} を計算結果を代入してみた。この値は、Jamuna 河実測値に比べると H_{max}/R の値は若干小さい様である。

(ii) 各架橋中に対応し適用

安全側を考慮して Fig 7-7 に上限線を引く。偏心の最大量
 として、 $\frac{H_{max}}{R} = 0.9$ を採用すれば、その $\frac{H_{max}}{R}$ は 3.4 になる。
 $\frac{H_{max}}{R} = 3.4$ として、各架橋予想地質・予想橋脚の最大洗堀深を算定
 すると Fig 7-8-1 ~ Fig 7-8-4 に示す様である。

図中、×印は D.H.W.L からの平均水深 R を示し、○印は同様に
 $\frac{H_{max}}{R} = 3.4$ の場合の予想最大洗堀深を示す。

Fig 7-8-2 (Sirajganj site) に、Gales が提唱した
 予想最大洗堀深を ⊙印で示した。⊙印は最大洗
 堀深であり Guid Bank の Head に用い、⊙印は Body & Tail の部分
 (Fig 7-1 参照) の設計水深としてある。又 Hardinge Bridge
 の Ganges 河の計画流量は 2,500,000 cfs 程度との流量に相当する Sirajganj の DHWL
 からの水深 H_{max} を示すと図の矢線のようにある。この
 矢線の延長を Gales の提唱した ⊙印と一致する。こ
 れが Fig 7-8-2 に採用した計算方法が Gales の提唱した最大
 洗堀深と同一の洗堀深を示すものとする。

(iii) 最大洗堀深の設計値

Apron 設計の目的の最大洗堀深の設計値は、各 Type の Guide Bank に対して次の値に定めた。

a. A-Type

• Head 部分

11) で算定された予想最大洗堀深をそのまゝ採用した。その値は次の値である。

Nagarbani site 71 m

Sirajganj site 68 m

Gabargan site 69 m

Bahadurabad site 64 m

• Body と Tail 部分

Gales の堤堰としてのみ、Head 部分と

Body と Tail の部分の水深比をそのまゝ適用して、Gales の経験を取り入れた。その値は次の値である。

Nagarbani site 57 m

Sirajganj site 54 m

Gabargan site 55 m

Bahadurabad site 51 m

b. B-Type

B-Type は架橋桁が長手方向のみで、Guide Bank に於ける下流方向への整流は期待しにくいため Head 部を、Body and Tail 部分をそれぞれ同量とし、(ii) で算定した予想最大洗堀深をその半、Guide Bank 全長に適用することとした。その値は次の様である。

Nagarbari site	43 m
Sirajganj site	41 m
Gabargaon site	42 m
Bahadurabad site	38 m

c. C-Type

B-Type と同様、(ii) で算定した予想最大洗堀深をその半、Guide Bank 全長に適用することとした。その値は次の様である。

Nagarbari site	37 m
Sirajganj site	34 m
Gabargaon site	36 m
Bahadurabad site	32 m

III. 防護工

Apron の機能は、洗堀部の河床に予め捨石を敷き、最初洗堀されるに従い、捨石は洗堀河床に順次沈下して、洗堀河床全面を覆い、最終的には 1、2 の勾配が安定し、護岸の役目を果たすことをわらわけるのである。Gales が堤防に用いる

Overall apron の構造を示す Fig. 7-9 の様である。

Apron 構造は Fig. 7-9 の Overall apron 形式を適用することにした。その諸元について説明するに次の様である。

~~(i) Apron の敷高~~

~~Apron の敷高は等しき 2 (3) の式で決定した平均洗堀量 $\times L/WL$~~

~~の間として基準とする。~~

(i) Apron の高さ

Apron の高さ $L = 1.5D$ とする。D は Apron 敷高から予想最大洗堀深さの深さである。

(ii) Apron の捨石の厚さ

捨石が最終的に安定したとき、吸出しの影響を受けたことのない床面厚さにおおきくあり、Gales はその厚さを $7/8 D_{50}$ とする。
(Head 部は $1/2 D_{50}$)
(Body and Tail 部は $1/2 D_{50}$)

である。現在、二種類の捨石に関する研究は進んでいないので Gales の値を参考することにした。沈下の安定した状態での厚さ $H=0$ から Apron の厚さを求めると次の様である。

Head $T = 1.5 T_1 = 1.5 \times 7' - 0'' = 10' - 6''$ (3.2 m)

Body and Tail $T = 1.5 T_1 = 1.5 \times 6' - 3'' = 9' - 3''$ (2.82 m)

上記数値に若干の余裕をみて、次の値を採用した。

A-Type	
Head 部分	3.5 m
Body and Tail 部分	3.0 m
B, C-Type	
	3.0 m

なお Gales のよえてみる厚さは、A-Type に相当する Guide Bank に対するものである。したがって、B, C-Type に対しては、水衝力が軽減されるので上記の Body and Tail 部分の値を採用するにとする。又 (III) b. で説明した理由により B, C-Type は Body 部分と Tail 部分を区別しない。

IV. 堆石の大きさ

干潟最大洗掘深に相当する腐蝕速度を算定し、その移動距離を推定し算定する。Table 7-6 に示した通りである。

Gales の堆積 V による堆石の大きさは、

One-man stone と表現してある One-man stone とは、1人の労働者運搬に便利であったと解釋される。約 90 kg ~ 70 kg 程度である。この堆石の重さを Table 7-6 で算定された抵抗力にたいして、十分な安全率がある。

平均粒径より、高い埋戻部分では、波浪に對して耐水性が低い。したがって、第 7 章、2 (4) で検討した堆石の大きさ (径 2.25 m) であり、30 ~ 70 cm の範囲に入り、^{範囲の}より大き目のものを用いる。これは安全と云った不安定率を考慮する場合は、100% 程度の余裕を考慮する必要がある。

(b) Guide bank の標準断面

(1)~(5) の検討に従って諸元を算定し、Guide bank の標準断面を設計した。設計された標準断面を示すと、図-7-11 に示すとおりである。

図-7-10 の下段に示されているものは、水中部に施工する場合である。図からわかる様に Bank の両端に Stone dike を築造してその間に盛土する構造とした。Stone dike の天端高は、平均水位程度になる様に Guide bank の天端高から下 9cm とした。又、Apron は、それぞれの地盤の地盤上に捨石を敷くとした。

平均地盤高上に築造した場合の予想沈下深 D 、Apron の長さ L 、及びその厚さ T を Table 7-7-1, 7-7-2, 7-7-3 に示す。

5 Guide Bank 及び Closing Dike の設計

先に述べた検討及び標準断面に基づき Guide bank 及び Closing dike を設計した。これらの諸元は Fig 7-11-1 ~ 7-11-4 に示すとおりで設計断面に対する材料は、次の基準に従って算出した。

a. Guide bank

基礎部石堤及び法尻から 20m の範囲の Apron 部石材を Guide Bank 工用石材として含めず。

b. Apron

Apron 部 20m 幅の区域は Apron 工用石から除外する。

c. Closing works (締切工)

Closing dike 建設のため、Type-A, B の場合、締切工を設ける。締切工の平面位置及びその標準断面は、Fig 7-11-1 ~ 7-11-4 及び Fig 7-12 に示すとおりである。

d. Closing dike (締切堤)

Guide bank の機能を助けるため、Fig 7-11-1 ~ 7-11-4 及び Fig 7-13 に示す Closing dike を設ける。Closing dike に必要となる材料は、計画高水位 (D.H.W.L.) 以下の部分についてはこれを河川工事として積算した。これより上部の二重堤の西河岸から陸側の接近道路の工事については、これを河川工事として扱わず、橋梁部門報告書中で積算されているほかである。

各築陸地長の設計断面における工事材料は、Table 7-2 ~ 7-11 に示すとおりで、この中に、令盛及び工事中の損失等に対する割増材料は含まれていない。

Fig. 7-1 Dimension of Guide Bank
(by Gales)

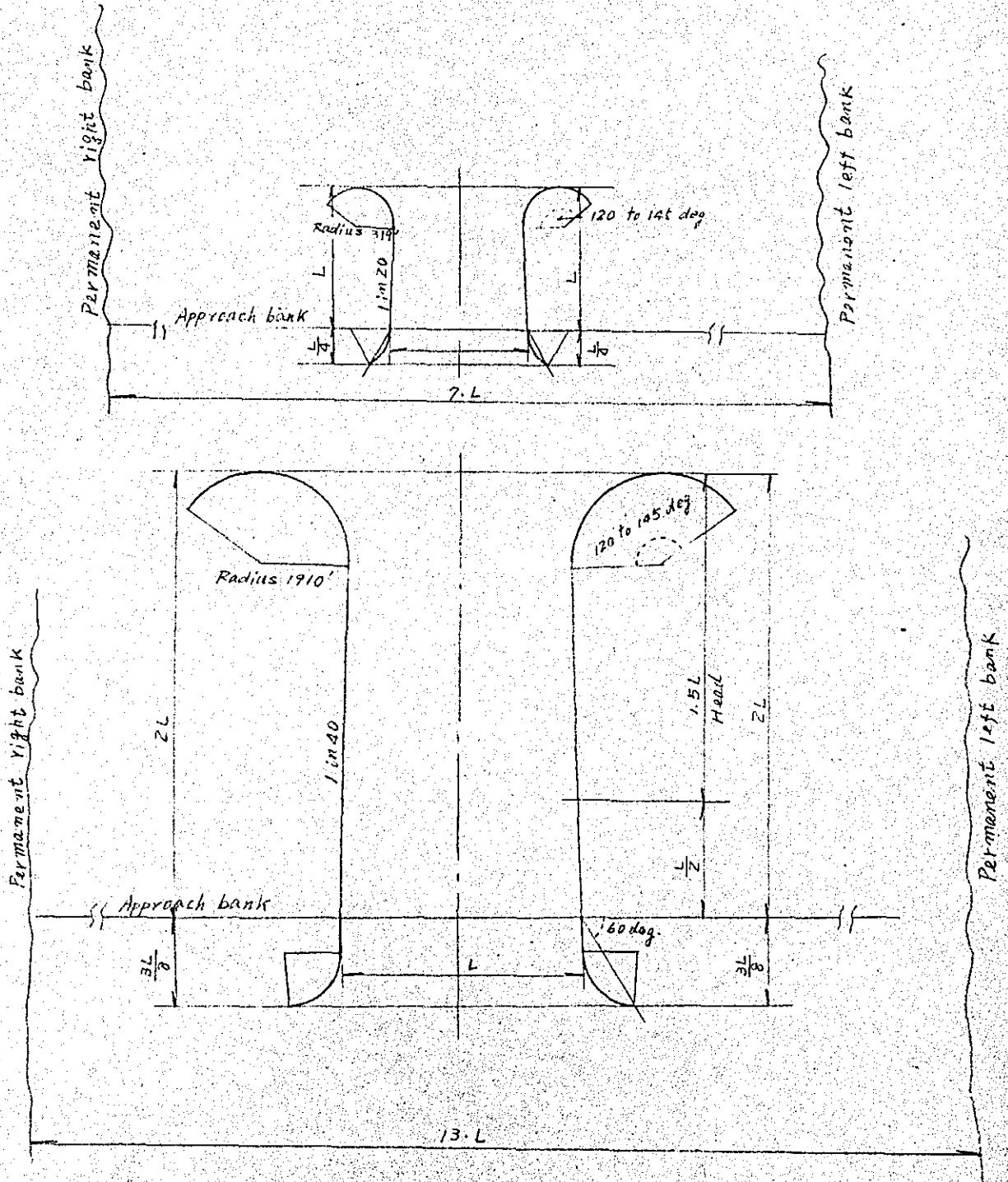


Fig.7-2-1

Nagarbari Site

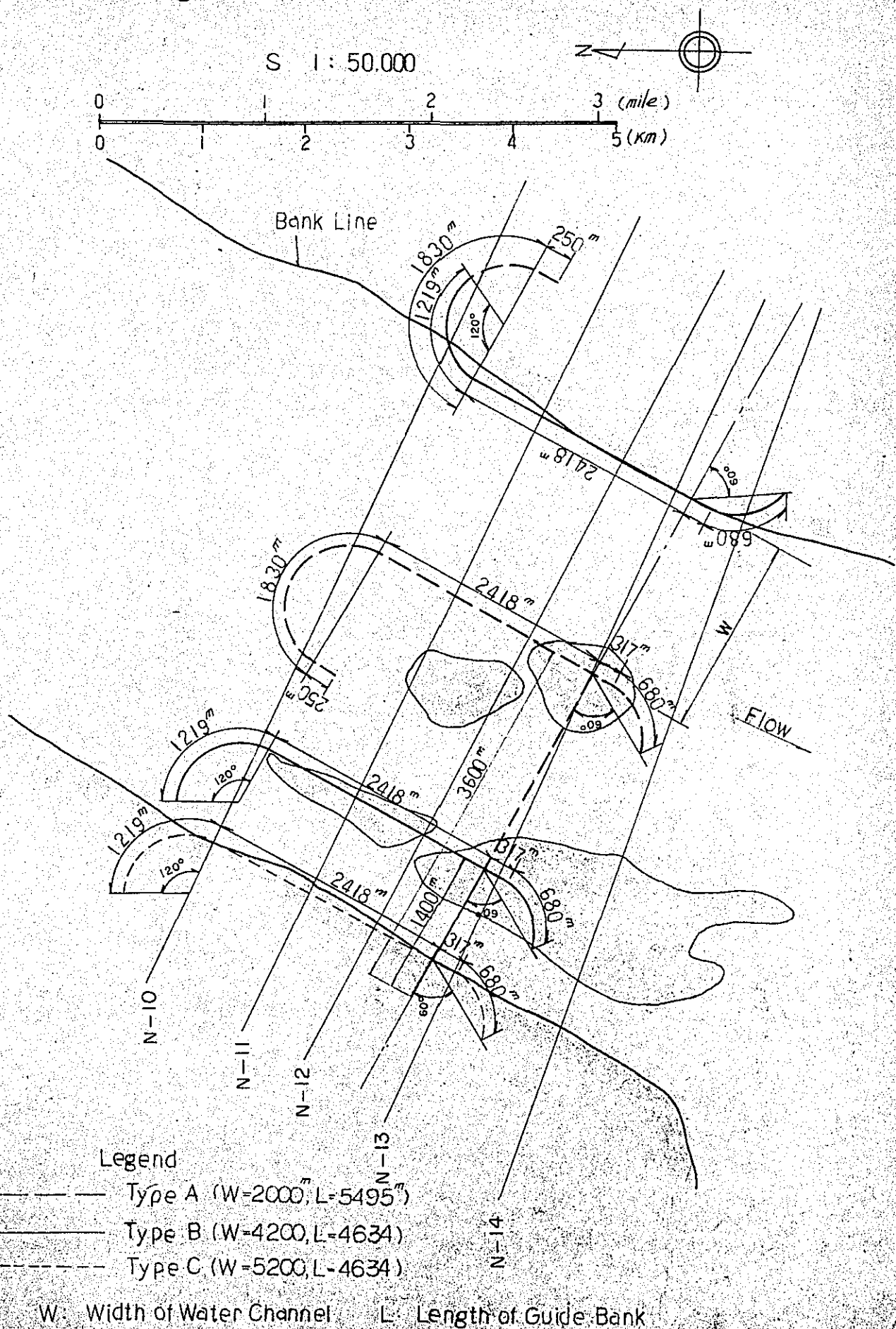
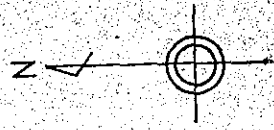
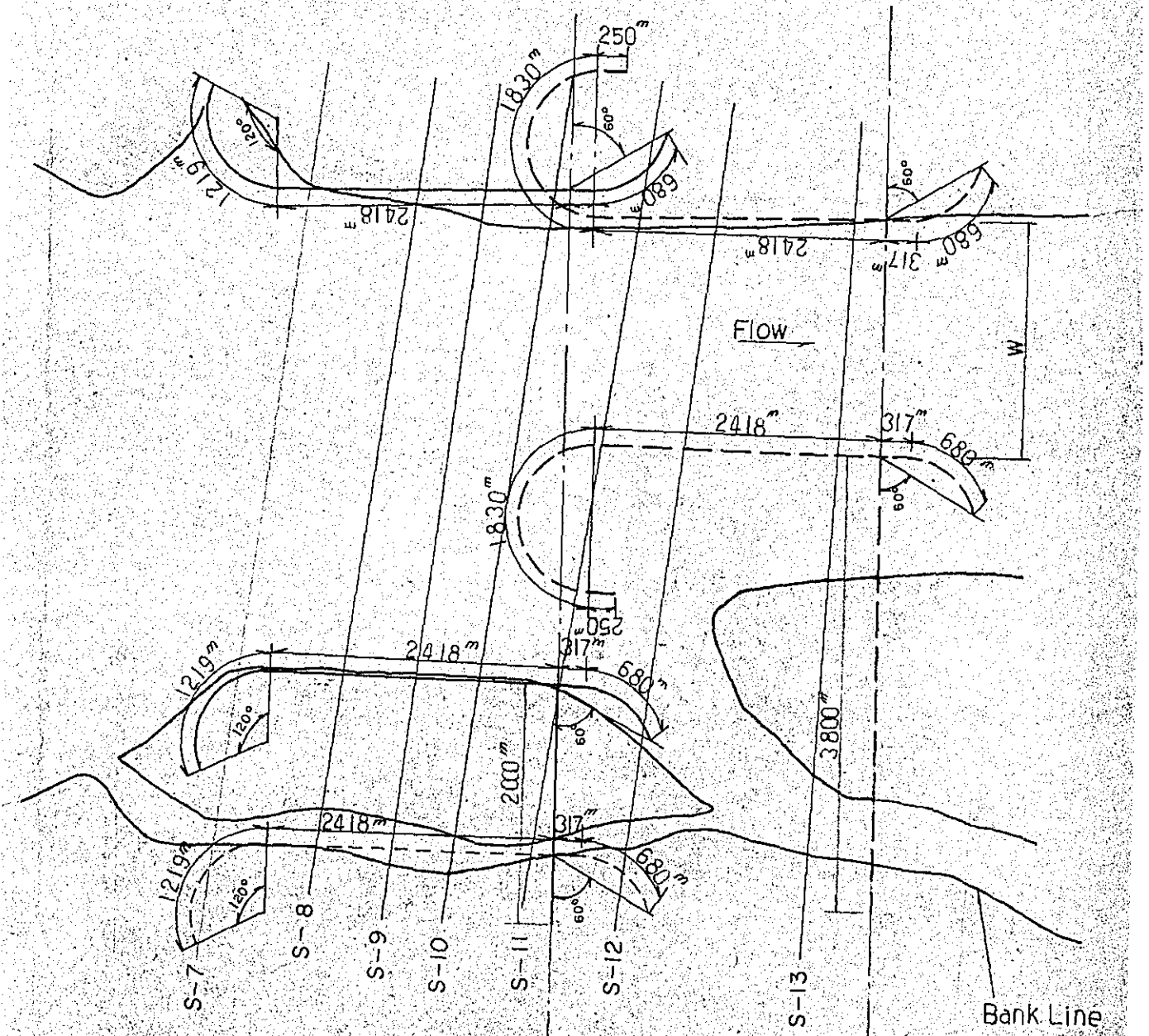
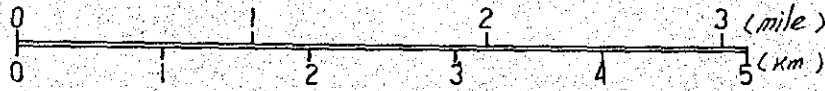


Fig. 7-2-2 Sirajganj Site



S 1 : 50,000



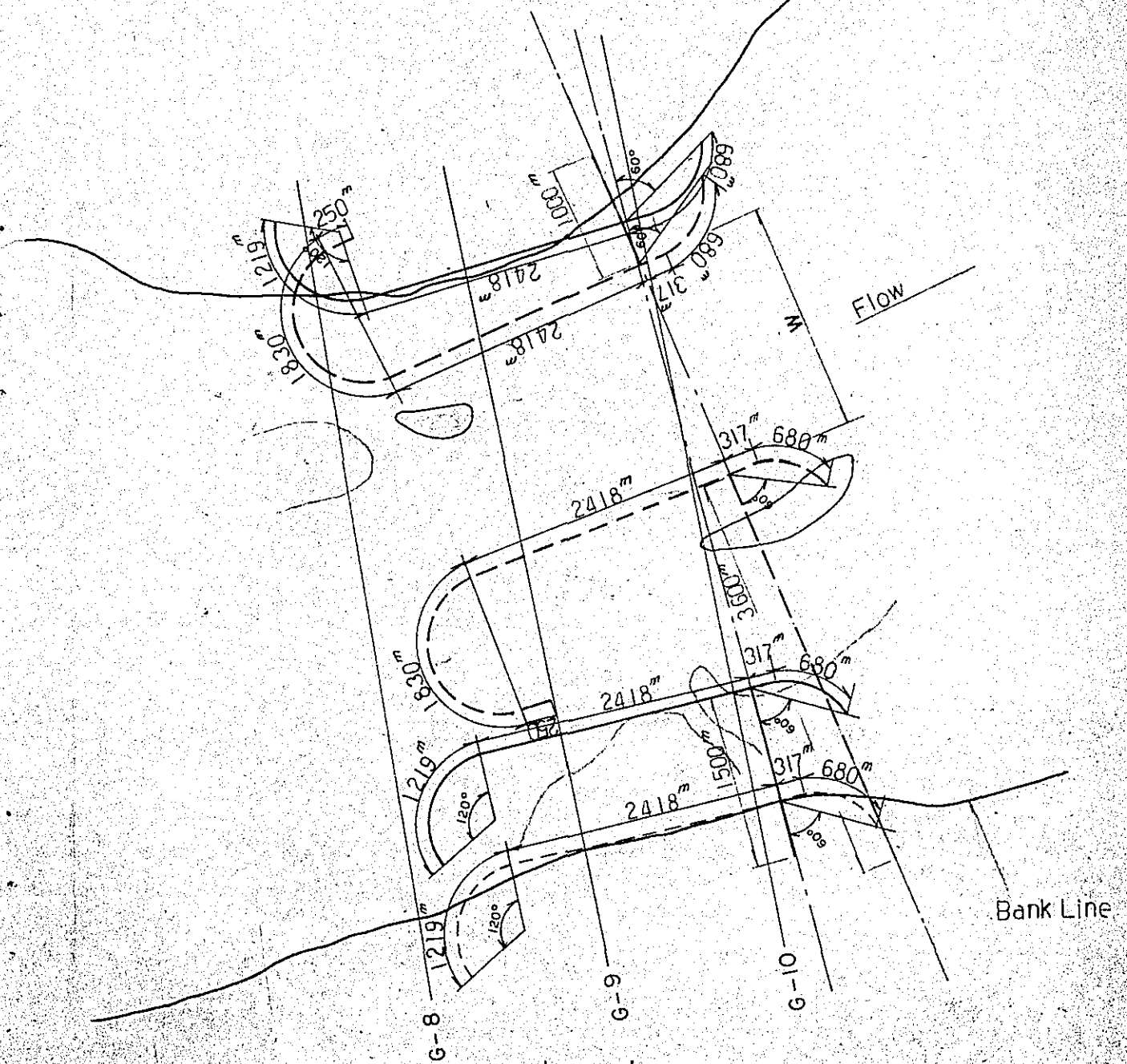
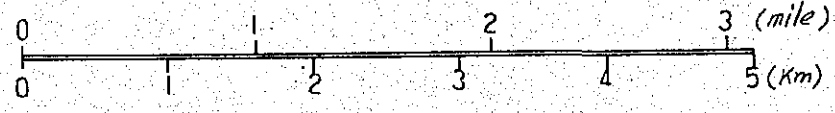
Legend

- Type A (W=2000^m, L=5495^m) W: Width of Water Channel
- Type B (W=4200, L=4634) L: Length of Guide Bank
- Type C (W=5600, L=4634)

Fig.7-2-3 Gabargaon Site



S 1:50,000

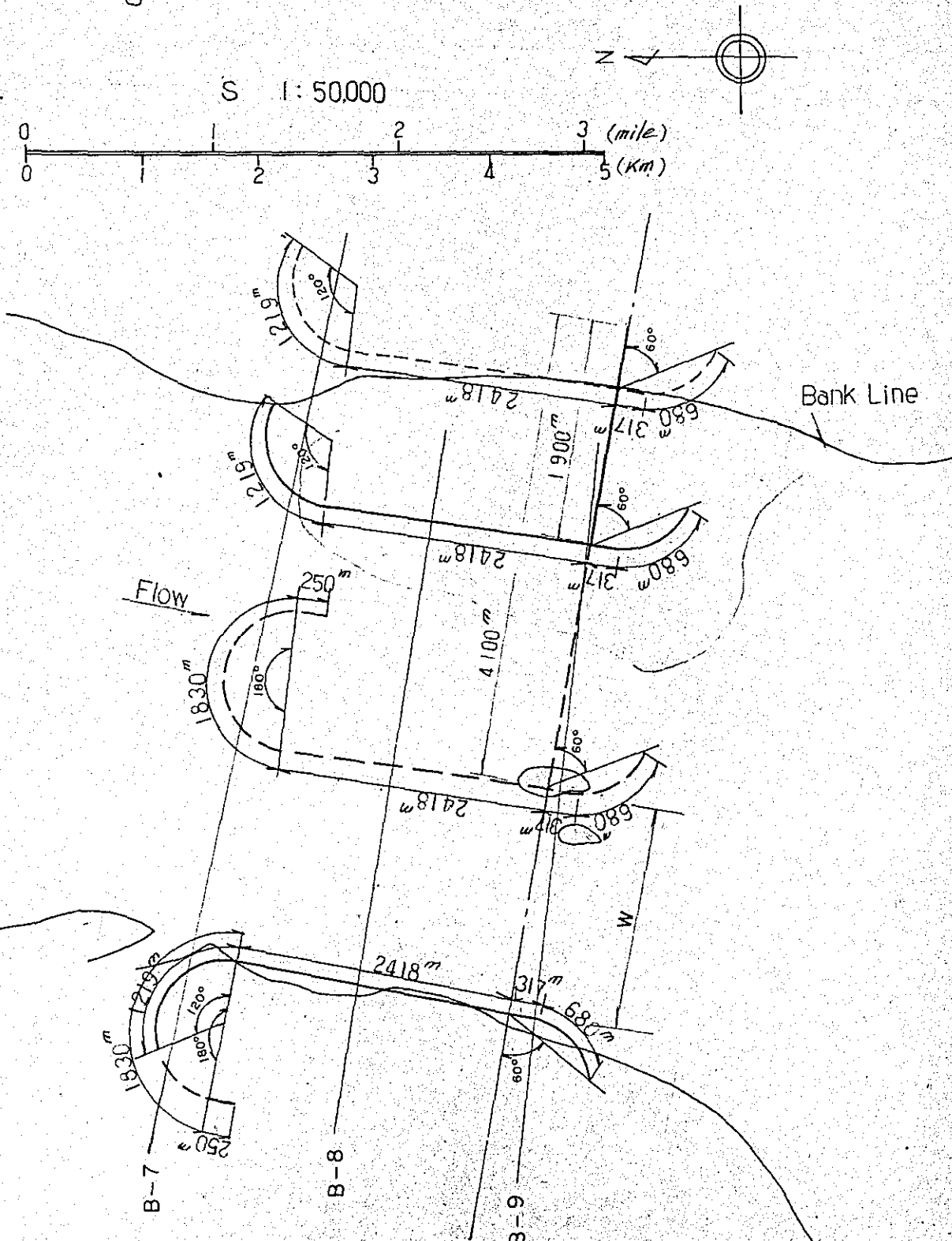


Legend

- Type A (W=2000 L=5495^m)
- Type B (W=4200 L=4634^m)
- Type C (W=5200 L=4634^m)

W: Width of Water Channel L: Length of Guide Bank

Fig. 7-2-4 Bahadurabad Site



Legend

- Type A (W=2000, L=5495)
- Type B (W=4200, L=4634)
- Type C (W=5600, L=4634)

W: Width of Water Channel L: Length of Guide Bank

Fig. 7-3 Water Level Calculated by Mannings Formula

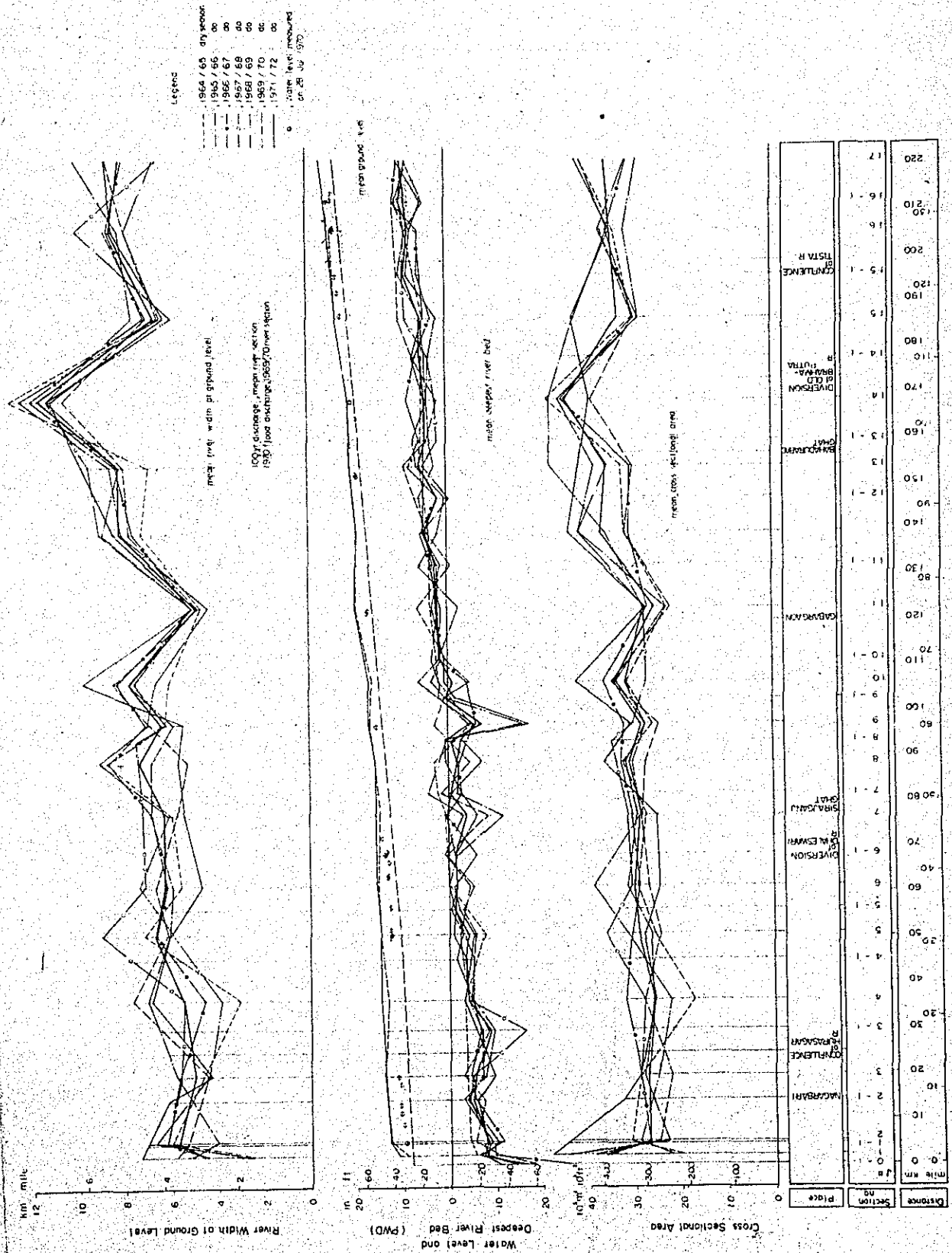
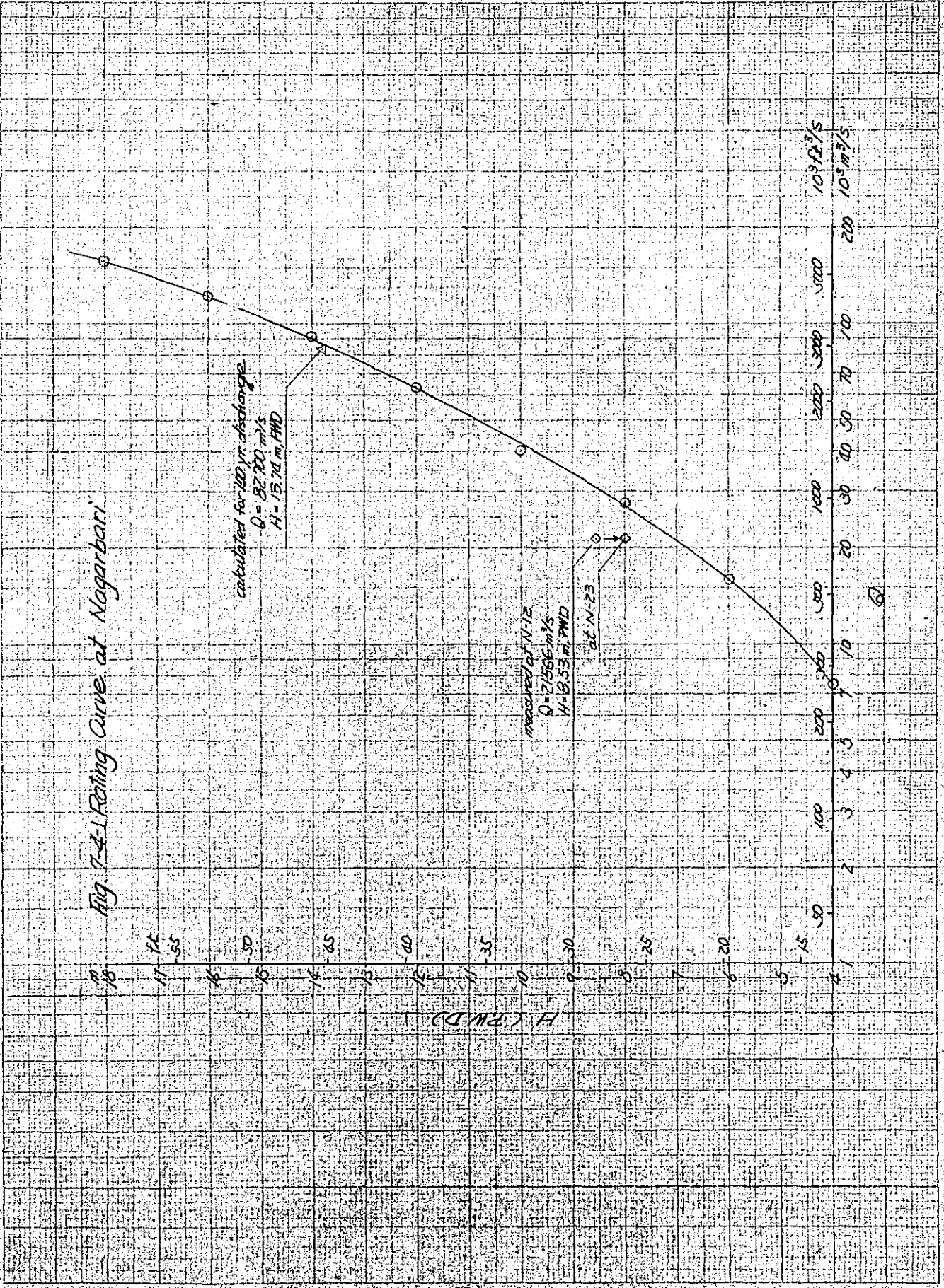


Table 7 - 1 Mean Velocity along the River Course
 (1970 Maximum Flood and 1969/70 Cross Sections)

sect. No. J#	water stage		water area (10^3 m^2)	discharge (m^3/s)	mean velocity		remarks
	(m, PWD)	(ft, PWD)			(m/s)	(ft/s)	
1	9.00	29.51	41.52	70,660	1.70	5.57	n = 0.002
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	

Fig. 7-4-1 Rating Curve at Nagarbari



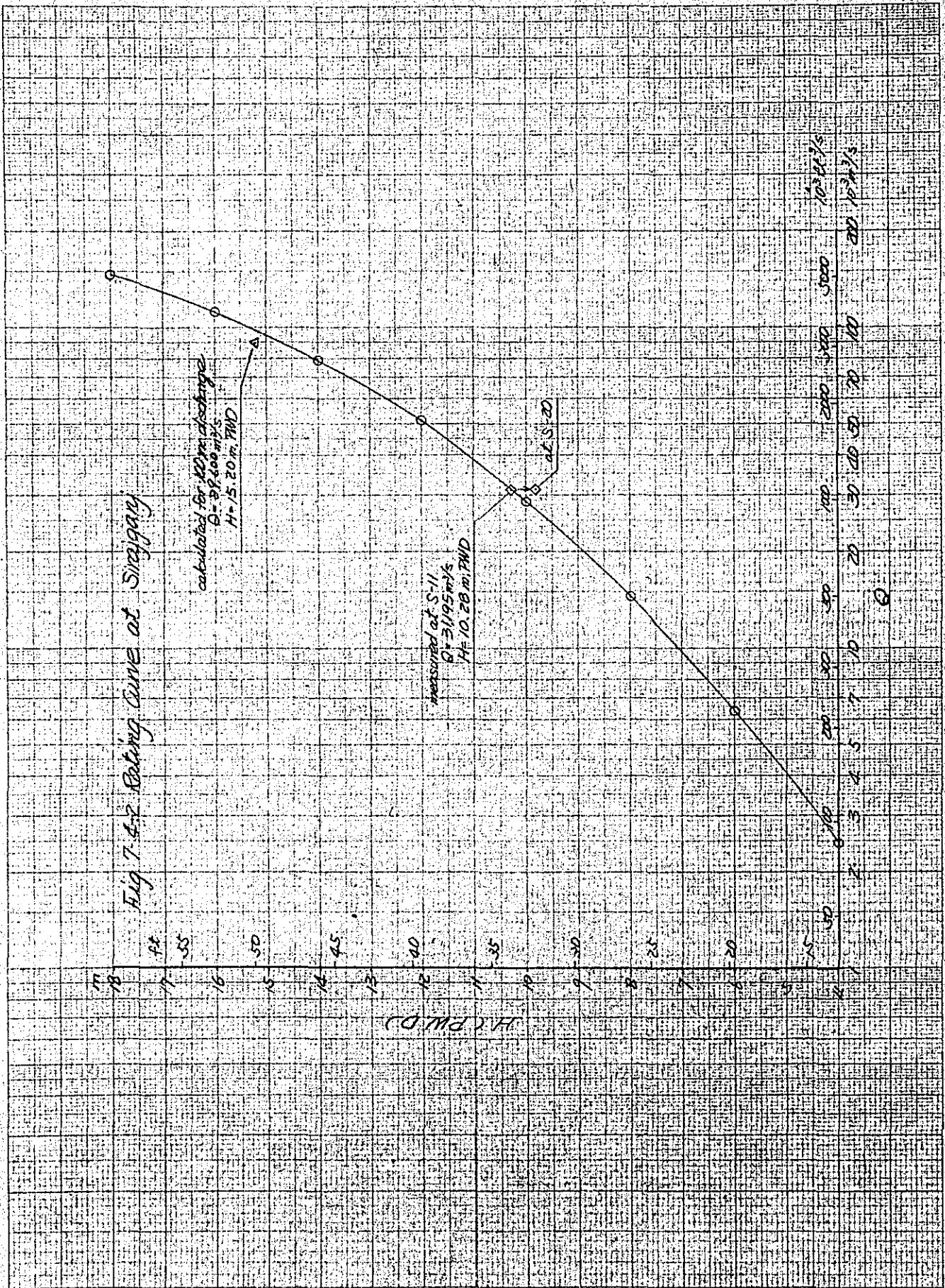
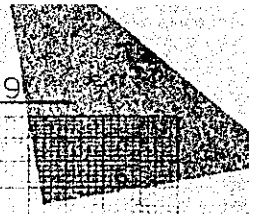
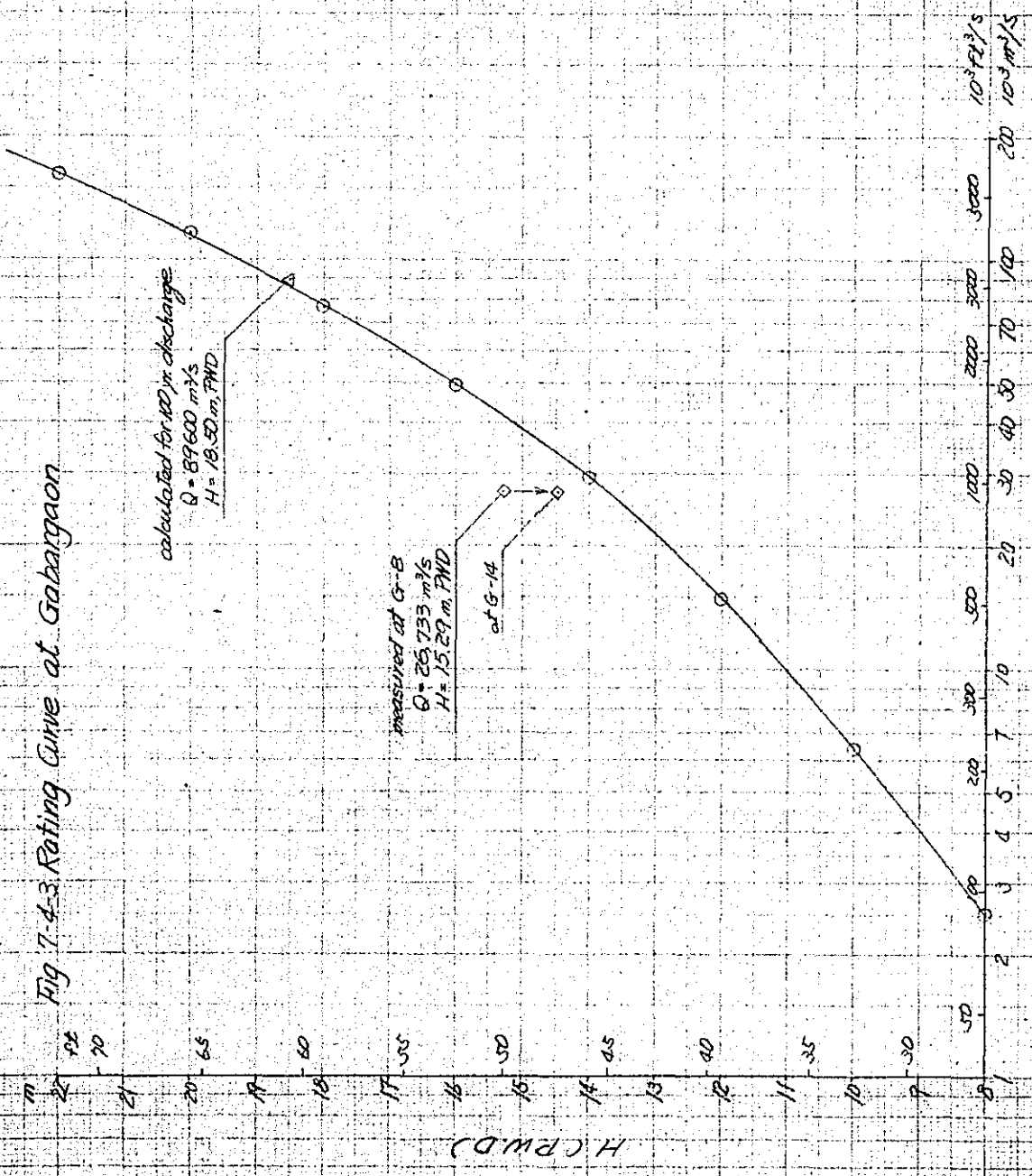


Fig 7-4-3 Rating Curve at Gabargaon



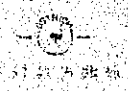


Fig. 7-4-4 Rating Curve at Bahadurabad

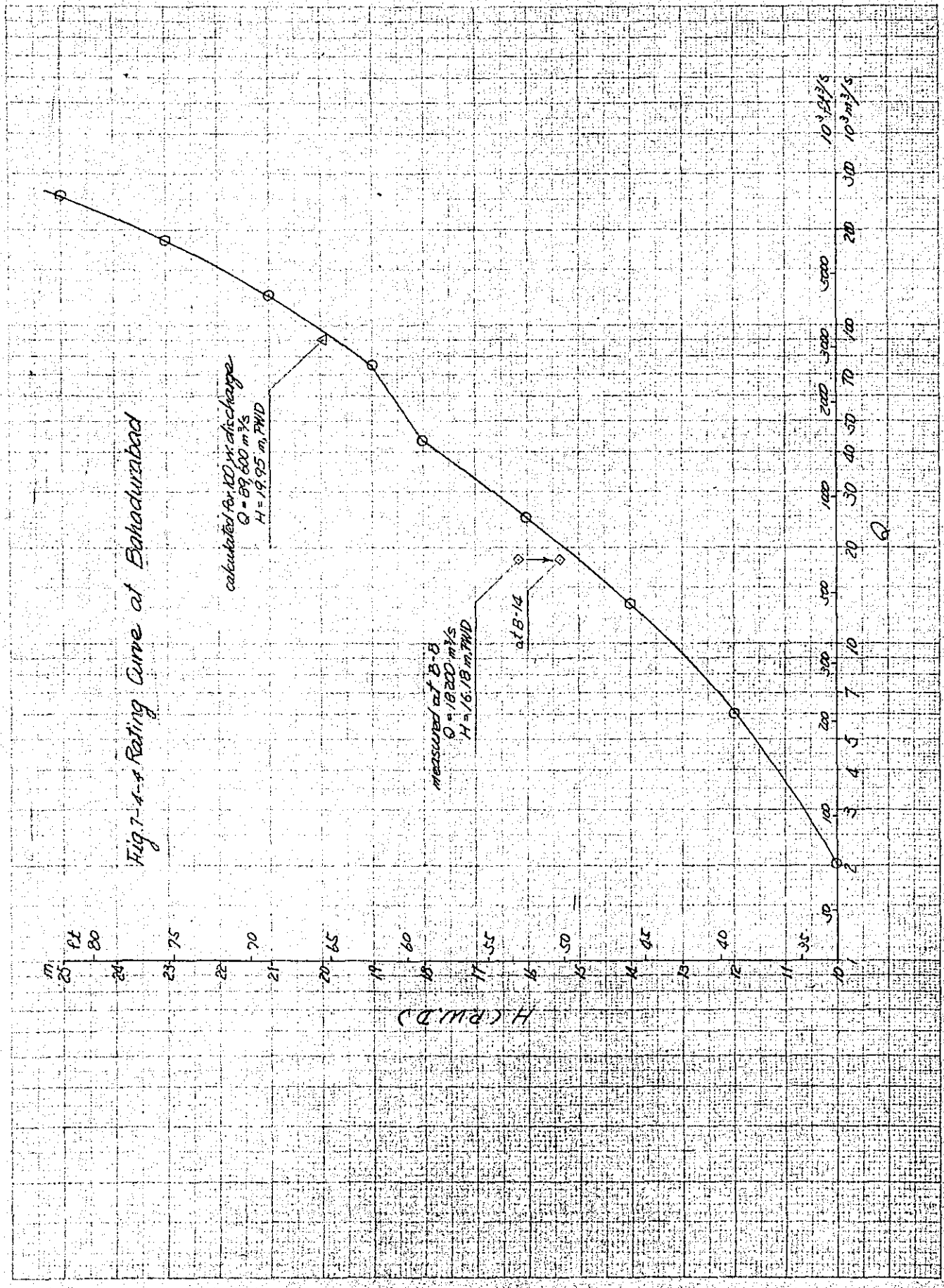


Table 7 - 2 - 1 Calculation of Design Water Level

Nagarbari - site		Sirajgani - site											
Section NO	Distance (km)		Section NO	Distance (km)		Average G. H. (m, FWD)	Calculated W. L. (m, FWD)	Design H.W.L. (m, FWD)	L. W. L. (m, FWD)	Average G. H. (m, FWD)	Calculated W. L. (m, FWD)	Design H.W.L. (m, FWD)	L. W. L. (m, FWD)
	between sections	cumulative		between sections	cumulative								
N-23	0	0	S-20	0	0	10.650	14.620	14.700	48.20	10.650	14.620	14.700	48.20
22	1.14	1.14	19	1.07	1.07	10.728	14.689	14.758	48.39	10.728	14.689	14.758	48.39
21	1.10	2.24	18	1.09	2.16	10.808	14.724	14.877	48.78	10.808	14.724	14.877	48.78
20	0.90	3.14	17	0.96	3.12	10.879	14.764	14.869	48.75	10.879	14.764	14.869	48.75
19	1.15	4.29	16	1.14	4.26	10.962	14.813	14.930	48.95	10.962	14.813	14.930	48.95
18	1.05	5.34	15	1.18	5.44	11.049	14.862	14.994	49.16	11.049	14.862	14.994	49.16
17	1.22	6.56	14	1.01	6.75	11.145	14.919	15.065	49.39	11.145	14.919	15.065	49.39
16	1.00	7.56	13	1.28	8.03	11.238	15.008	15.134	49.62	11.238	15.008	15.134	49.62
15	0.88	8.44	12	1.28	9.31	11.332	15.069	15.203	49.85	11.332	15.069	15.203	49.85
14	0.80	9.24	11	0.66	9.97	11.380	15.108	15.239	49.96	11.380	15.108	15.239	49.96
13	0.98	10.22	10	0.71	10.68	11.432	15.128	15.277	50.09	11.432	15.128	15.277	50.09
12	0.68	10.90	9	0.54	11.22	11.472	15.166	15.302	50.19	11.472	15.166	15.302	50.19
11	0.80	11.70	8	0.57	11.79	11.514	15.187	15.337	50.29	11.514	15.187	15.337	50.29
10	1.10	12.80	7	0.88	12.67	11.578	15.278	15.385	50.44	11.578	15.278	15.385	50.44
9	1.22	14.02	6	1.27	13.94	11.621	15.343	15.454	50.67	11.621	15.343	15.454	50.67
8	1.05	15.07	5	1.11	15.05	11.753	15.442	15.514	50.87	11.753	15.442	15.514	50.87
7	1.01	16.08	4	1.02	16.07	11.827	15.512	15.569	51.05	11.827	15.512	15.569	51.05
6	0.92	17.00	3	0.90	16.97	11.893	15.586	15.617	51.20	11.893	15.586	15.617	51.20
5	1.18	18.18	2	1.09	18.06	11.973	15.605	15.676	51.40	11.973	15.605	15.676	51.40
4	1.01	19.19	1	1.05	19.11	12.050	15.653	15.733	51.58	12.050	15.653	15.733	51.58
3	0.75	19.94											
2	0.76	20.70											
1	0.95	21.65											

Table 7 - 2 - 2 Calculation of Design Water Level

Gabargan - site

Bahadurabad - site

Section NO	Distance (Km)		Average G. H. (m.PWD)	Calculated W. L. (m.PWD)	Design H.W.L		Section NO	Distance (Km)		Average G. H. (m.PWD)	Calculated W. L. (m.PWD)	Design H.W.L	
	between sections	cumulative			(m.PWD)	(ft.PWD)		between sections	cumulative			(m.PWD)	(ft.PWD)
G-14	0	0	15.350	18.710	18.950	62.14	B-14	0	0	17.300	19.700	20.300	66.56
13	2.04	2.04	15.512	18.879	19.086	62.58	13	2.00	2.00	17.455	19.987	20.433	67.00
12	1.64	3.68	15.641	18.989	19.195	62.91	12	2.12	4.12	17.620	20.233	20.575	67.47
11	1.87	5.55	15.789	19.083	19.320	63.35	11	1.28	3.40	17.719	20.344	20.660	67.74
10	1.81	7.36	15.933	19.202	19.441	63.75	10	1.59	6.99	17.843	20.437	20.766	68.09
9	1.52	8.88	16.053	19.294	19.542	64.08	9	1.40	8.39	17.951	20.510	20.859	68.40
8	1.30	10.18	16.156	19.381	19.628	64.36	8	1.44	9.83	18.063	20.673	20.952	68.71
7	1.30	11.48	16.259	19.464	19.715	64.65	7	1.36	11.19	18.169	20.805	21.046	69.01
6	1.10	12.58	16.364	19.557	19.788	64.89	6	0.89	12.08	18.238	20.931	21.105	69.20
5	1.34	13.92	16.452	19.640	19.878	65.18	5	1.38	13.46	18.345	21.031	21.192	69.51
4	1.56	15.48	16.576	19.778	19.982	65.52	4	1.82	15.28	18.486	21.202	21.318	69.90
3	1.55	17.03	16.698	19.923	20.085	65.86	3	1.93	17.21	18.636	21.349	21.447	70.52
2	1.70	18.73	16.833	20.034	20.198	66.23	2	1.45	18.66	18.748	21.472	21.544	70.64
1	1.48	20.21	16.950	20.126	20.297	66.55	1	1.31	19.97	18.850	21.566	21.631	70.93

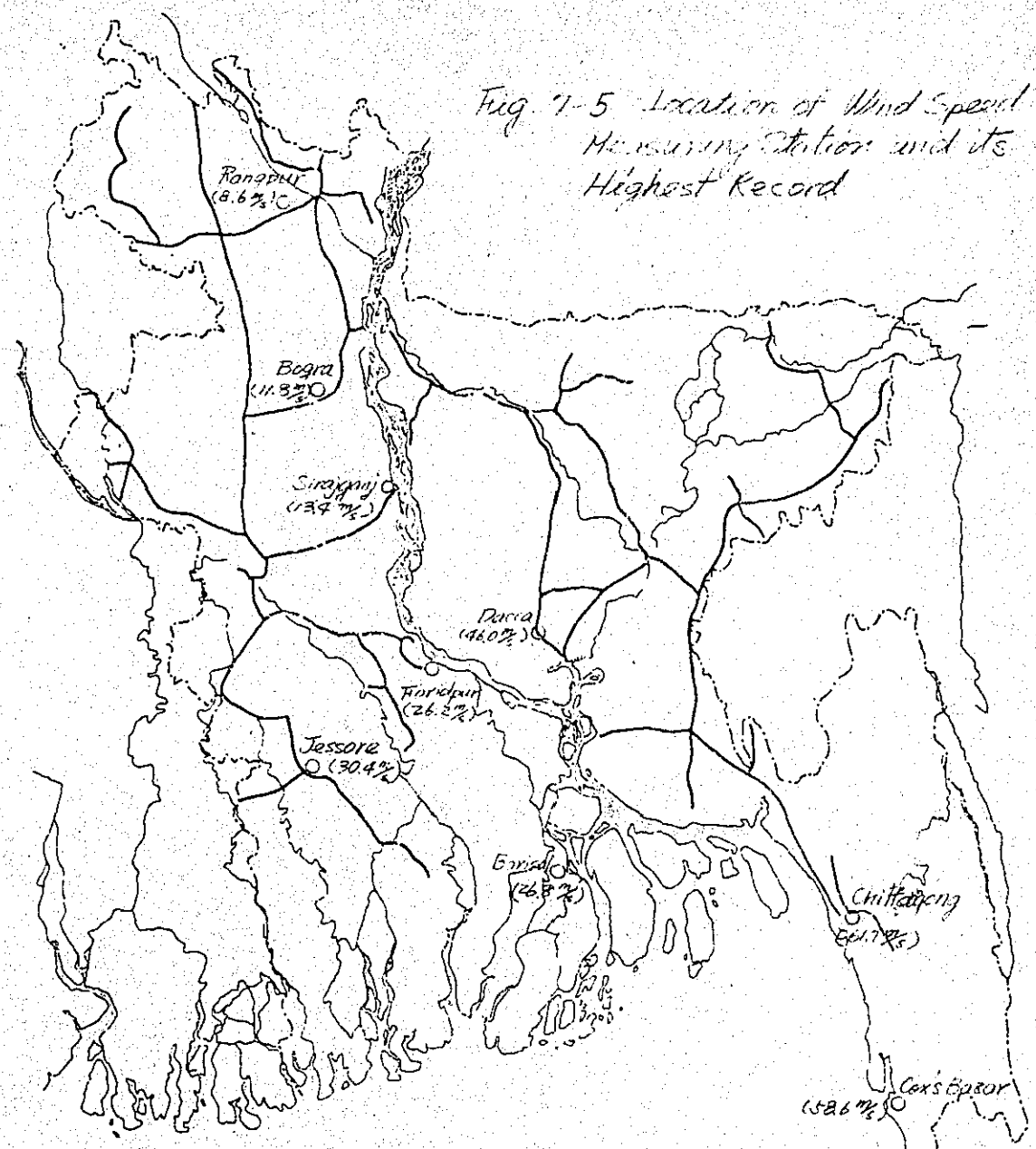


Fig. 7-5 Location of Wind Speed Measuring Station and its Highest Record

Table 7-3 Highest Record of 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	"	11.3	23
Dacca	1855 ~ 1910	46.0	89
Chittagong	"	51.7	120
Cox's Bazar	1960 ~ 1970	58.6	114
Barisal	1964 ~ 1970	26.8	52
Jessore	1960 ~ 1969	30.4	59

Table 7-4-1/ Calculation of Equilibrium Depth for Existing River Channel

Nagarbari (B = 5,200 m ; H = 10.218 m)

Sect. No.	River width		Mean depth (m)		Calculation of equilibrium depth			
	low water b (km)	total b (km)	(m)	(ft)	B/B _o (R/B)	H/H _o (H _o /H)	H	
							(m)	(ft)
N - 23	5.20	5.20	10.523	34.50	1.000	1.00	10.218	33.50
22	5.20	5.20	10.568	34.65	1.000	1.00	10.218	33.50
21	5.20	5.20	10.611	34.79	1.000	1.00	10.218	33.50
20	5.00	5.00	10.895	35.72	0.962	1.04	10.627	34.84
19	4.95	4.95	10.619	34.82	0.952	1.05	10.729	35.18
18	5.20	5.20	10.022	32.86	1.000	1.00	10.218	33.50
17	5.50	5.50	9.976	32.71	(0.945)	(1.05)	9.751	31.90
16	5.70	5.70	9.801	32.13	(0.912)	(1.08)	9.461	31.02
15	5.60	5.60	9.507	31.17	(0.929)	(1.06)	9.640	31.61
14	5.28	5.28	9.483	31.09	(0.985)	(1.02)	10.018	32.85
13	5.15	5.15	9.527	31.24	0.990	1.01	10.320	33.84
12	5.10	5.10	9.627	31.56	0.981	1.02	10.422	34.17
11	5.15	5.15	9.992	32.76	0.990	1.01	10.320	33.84
10	5.05	5.05	11.261	36.92	0.971	1.03	10.525	34.51
9	5.00	5.00	11.270	36.95	0.962	1.04	10.627	34.84
8	5.10	5.10	10.808	35.44	0.981	1.02	10.422	34.17
7	5.24	5.24	9.954	32.64	(0.992)	(1.01)	10.117	33.17
6	5.13	5.13	10.465	34.31	0.987	1.02	10.422	34.17
5	3.52	4.83	9.943	32.60	0.929	1.07	10.933	35.85
4	4.18	5.25	9.272	30.40	(0.990)	(1.01)	10.117	33.17
3	5.26	5.26	10.786	35.36	(0.989)	(1.01)	10.117	33.17
2	4.70	4.70	11.809	38.72	0.904	1.08	11.035	36.18
1	4.70	4.70	10.846	35.56	0.904	1.08	11.035	36.18

Sirajganj (B = 6,350 m ; H = 8.561 m)

N- 20	6.35	6.35	8.815	27.92	1.000	1.00	8.561	28.07
19	6.28	6.28	9.675	30.74	0.989	1.01	8.647	28.35
18	6.06	6.06	9.590	30.46	0.954	1.03	8.818	28.91
17	6.05	6.05	9.525	30.25	0.955	1.03	8.818	28.91
16	6.00	6.35	8.988	28.49	1.000	1.00	8.561	28.07
15	5.23	6.09	8.784	27.82	0.959	1.03	8.818	28.91
14	4.18	5.58	8.843	38.01	0.879	1.09	9.331	30.59
13	4.50	5.35	9.374	29.75	0.845	1.13	9.674	31.72
12	5.84	4.80	9.948	31.83	0.756	1.21	10.359	33.96
11	4.14	4.50	10.610	33.80	0.709	1.27	10.872	35.65
10	5.59	4.10	11.032	35.19	0.646	1.35	11.557	37.89
9	5.30	4.05	11.409	36.42	0.638	1.36	11.643	38.17
8	3.40	4.50	9.951	31.64	0.709	1.27	10.872	35.65
7	4.30	4.80	10.253	32.63	0.756	1.21	10.359	33.96
6	5.00	5.00	9.532	30.27	0.787	1.18	10.102	33.12
5	5.75	5.75	9.099	28.85	0.906	1.07	9.160	30.03
4	6.01	6.01	9.175	29.10	0.946	1.04	8.903	29.19
3	6.46	6.46	9.990	31.77	(0.983)	(1.01)	8.476	27.79
2	5.99	6.50	8.881	28.13	(0.977)	(1.02)	8.393	27.52
1	5.10	6.50	8.717	27.60	(0.977)	(1.02)	8.393	27.52

Table 7 - 4 - 2 Calculation of Equilibrium Depth
for Existing River Channel

Cabargaon ($B_o = 6,500$ m ; $H_o = 7.018$ m)

Sect. No.	River width		Mean depth H_m		Calculation of equilibrium depth			
	low water b (km)	total B (km)	(m)	(ft)	B/B_o (B_o/B)	H/H_o (H_o/H)	H	
							(m)	(ft)
C -14	7.23	8.50	6.663	21.85	0.897	1.00	7.018	23.01
13	6.00	9.00	6.647	21.79	(0.944)	(1.05)	6.684	21.91
12	6.03	8.50	7.060	23.15	1.000	1.00	7.018	23.01
11	5.22	7.00	7.530	24.69	0.824	1.15	8.071	26.46
10	4.91	5.50	6.776	28.77	0.647	1.35	9.474	31.06
9	4.86	5.15	9.799	32.13	0.606	1.42	9.966	32.68
8	5.50	5.50	8.870	29.08	0.647	1.35	9.474	31.06
7	5.90	5.90	8.250	27.05	0.694	1.29	9.053	29.68
6	6.67	6.67	8.138	26.68	0.785	1.19	8.351	27.38
5	5.99	7.00	7.436	24.38	0.824	1.15	8.071	26.46
4	6.00	7.65	7.005	22.97	0.900	1.09	7.650	25.08
3	7.45	8.50	7.032	23.06	1.000	1.00	7.018	23.01
2	7.45	8.50	7.143	23.42	1.000	1.00	7.018	23.01
1	7.45	8.50	7.235	23.72	1.000	1.00	7.018	23.01

Banadurabad ($B_o = 9,250$ m ; $H_o = 6.123$ m)

B -14	7.82	9.25	5.344	17.52	1.000	1.00	6.123	20.08
13	7.82	10.00	5.330	17.48	(0.925)	(1.07)	5.722	18.76
12	6.13	9.50	5.684	18.64	0.974	1.02	6.245	20.48
11	6.00	7.00	7.604	24.93	0.757	1.21	7.409	24.29
10	4.80	6.00	8.192	26.86	0.649	1.35	8.266	27.10
9	4.06	5.65	7.514	24.64	0.611	1.41	8.633	28.30
8	4.45	5.00	8.578	28.12	0.541	1.53	9.368	30.71
7	4.70	4.70	9.238	30.29	0.508	1.60	9.797	32.12
6	5.35	5.35	9.381	30.76	0.578	1.47	9.001	29.51
5	6.45	6.45	7.823	25.65	0.697	1.30	7.960	26.10
4	7.57	7.57	7.340	24.07	0.818	1.15	7.103	23.29
3	8.05	8.05	6.916	22.68	0.870	1.10	6.735	22.08
2	8.65	8.65	6.872	22.53	0.935	1.06	6.490	21.28
1	9.00	9.00	6.822	22.37	0.973	1.02	6.245	20.48

Fig. 7-6-1 Longitudinal Profile : Nagarbari site

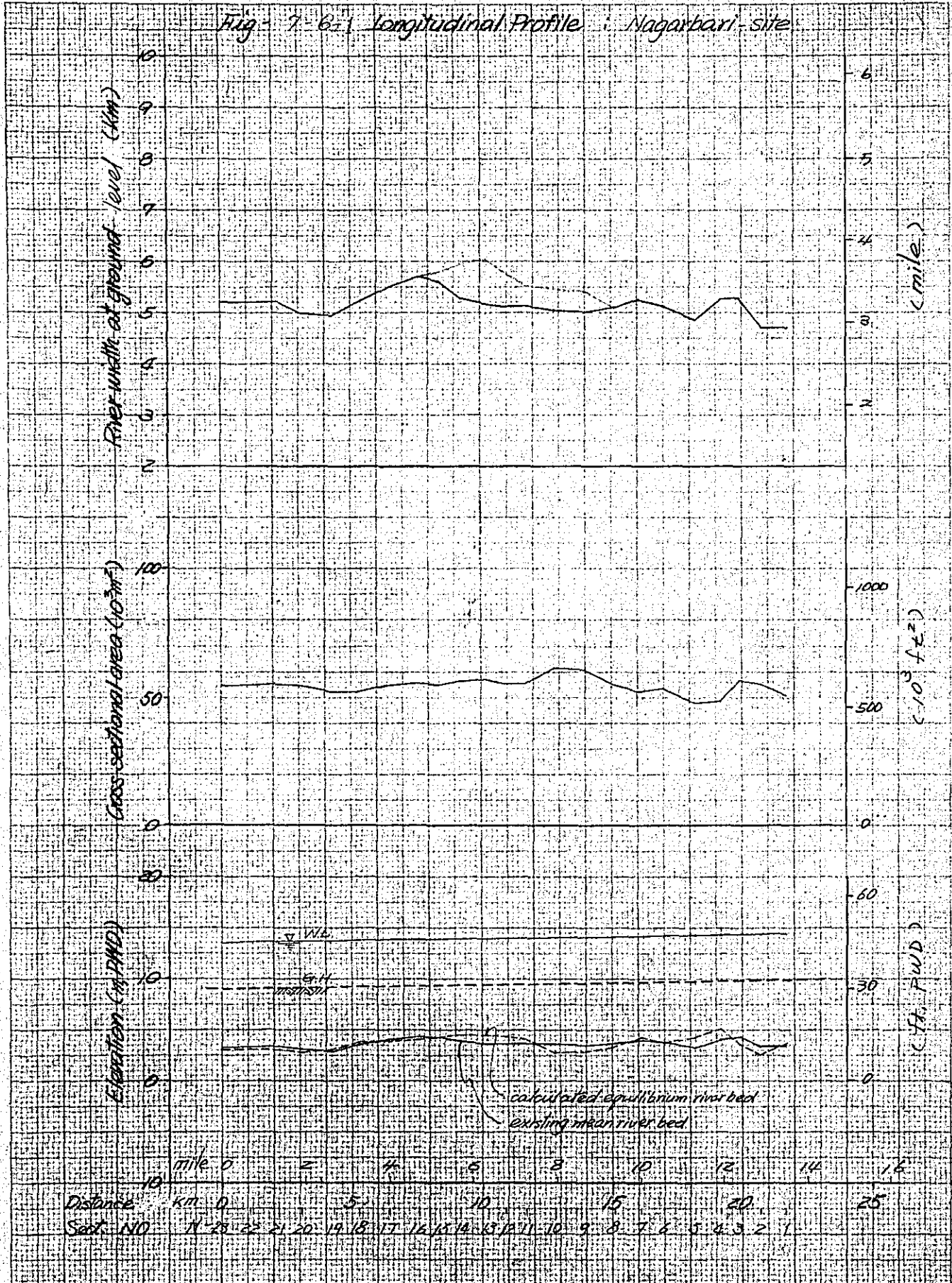


Fig- 7-6-2 Longitudinal Profile : Sirajganj-site

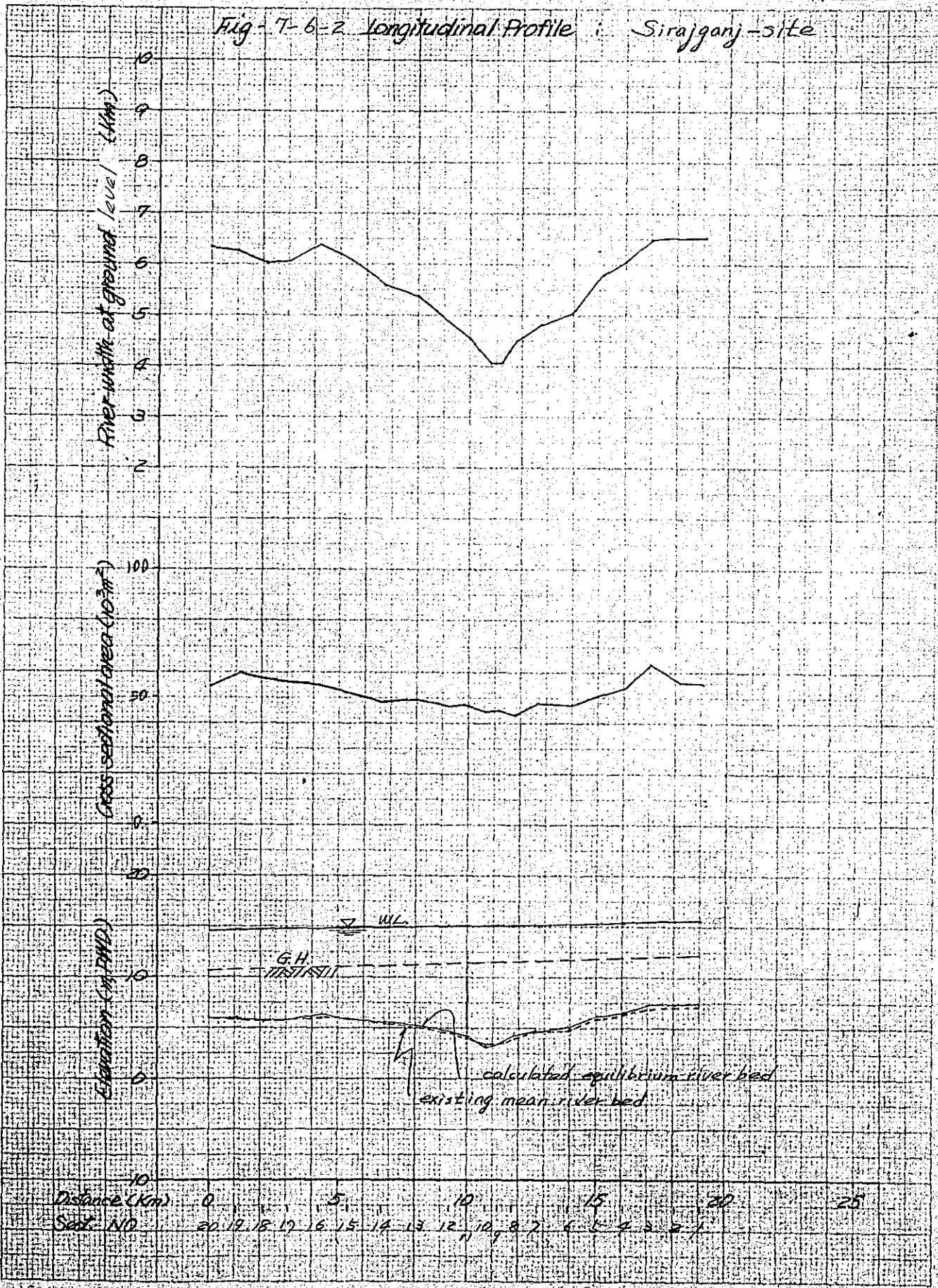


Fig- 7-6-3 Longitudinal Profile : Gabargaon-site

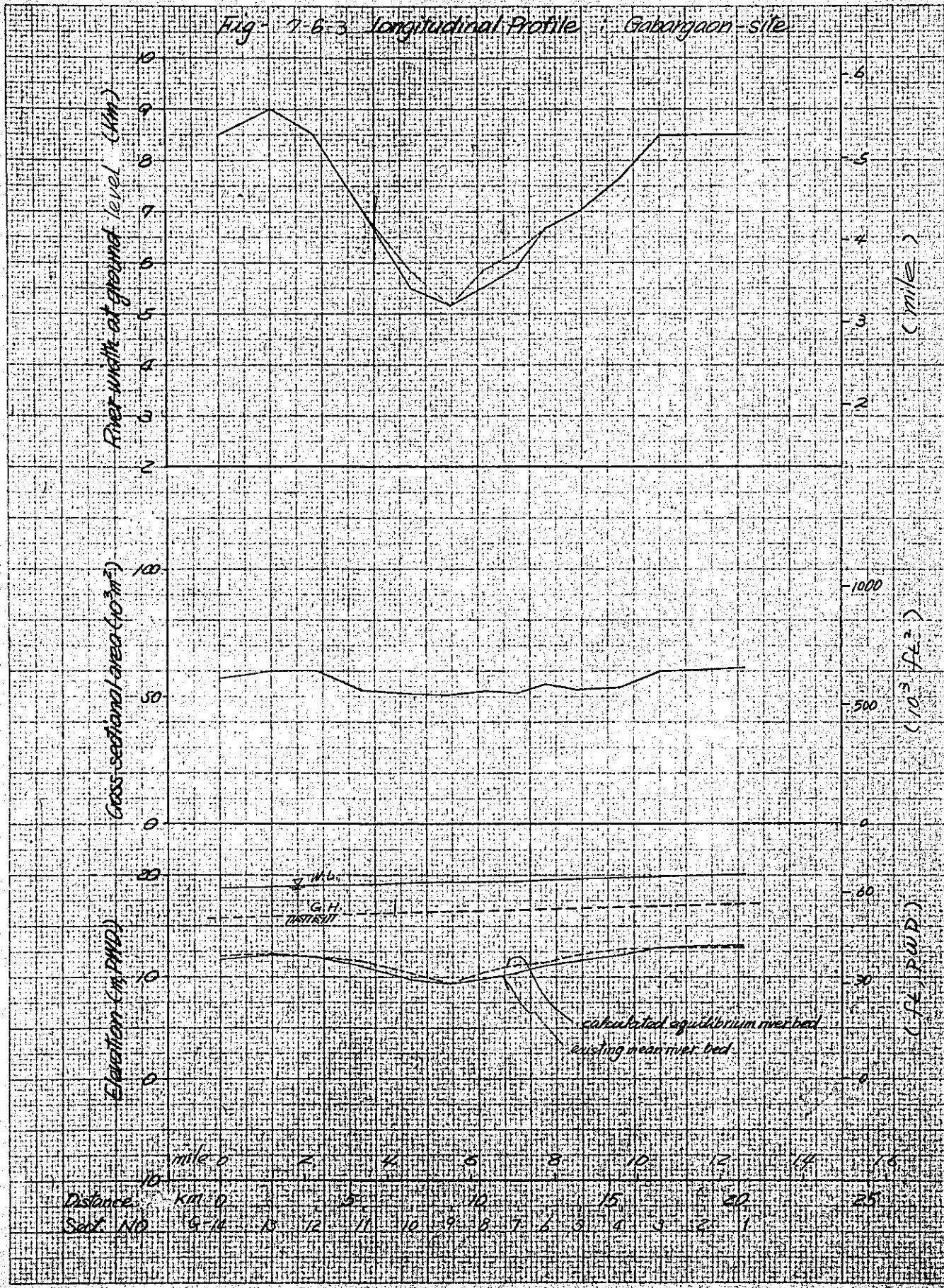


Fig. 7-6-4 Longitudinal Profile Bahadurabad site

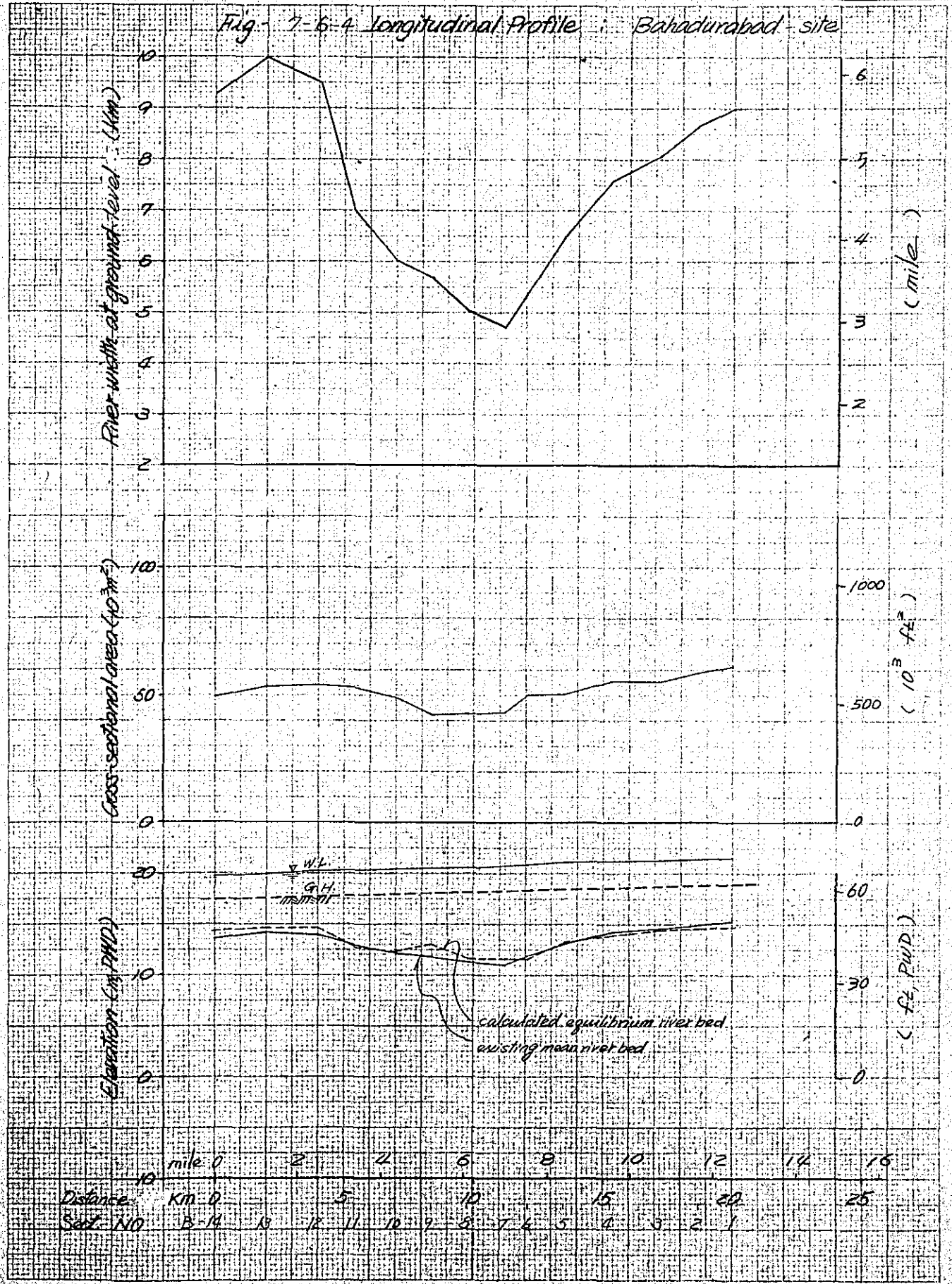
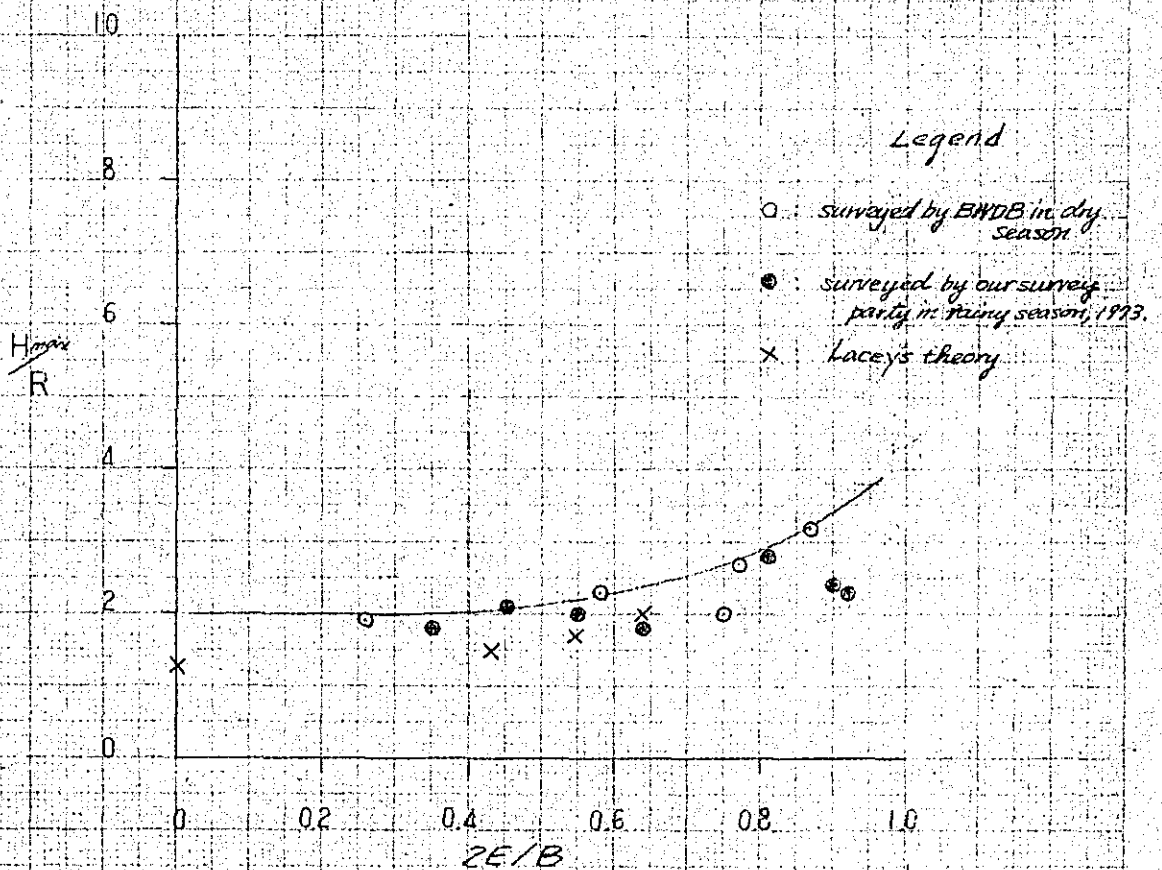


Table 7 - 5 Calculation of Equilibrium Depth at the Constriction due to Guide Banks

Site	Type	Width between guide banks of piers B (m)	Number of piers	Net width Be (m)	Calculation of equilibrium depth		Maximum depth (ft)		
					(B/B _o)	(H/H _o)	H (ft)	H _{max} at head of G.B.	H _{max} at body of G.B.
Nagarbari B _o = 5,200 m H _o = 10.218	A	2,000	9	1,265	0.359	2.03	20.743 (68.02)	70.586 (231.26)	56.139 (184.08)
	B	4,200	20	3,900	0.750	1.22	12.466 (40.88)	42.584 (138.98)	42.584 (138.98)
	C	5,200	25	4,825	0.928	1.06	10.831 (35.51)	36.825 (120.75)	36.825 (120.75)
Sirajganj B _o = 6,350 m H _o = 8.561	A	2,000	9	1,865	0.294	2.35	19.949 (65.41)	67.820 (222.36)	53.862 (176.60)
	B	4,200	20	3,900	0.614	1.40	11.985 (39.30)	40.749 (133.60)	40.749 (133.60)
	C	5,600	27	5,195	0.818	1.15	9.845 (32.28)	33.475 (109.75)	33.475 (109.75)
Gabargaon B _o = 8,500 m H _o = 7.018	A	2,000	9	1,865	0.219	2.89	20.282 (66.50)	68.959 (226.12)	54.891 (179.99)
	B	4,200	20	3,900	0.459	1.72	12.071 (39.58)	41.041 (134.57)	41.041 (134.57)
	C	5,200	25	4,825	0.568	1.49	10.457 (34.29)	35.554 (116.58)	35.554 (116.58)
Bahadurabad B _o = 9,250 m H _o = 6.123	A	2,000	9	1,865	0.202	3.05	18.675 (61.24)	63.495 (208.20)	50.542 (165.73)
	B	4,200	20	3,900	0.422	1.61	11.083 (36.34)	37.682 (123.56)	37.682 (123.56)
	C	5,600	27	5,195	0.562	1.50	9.185 (30.12)	31.229 (102.40)	31.229 (102.40)

Fig. 7-7 Relation of H_{max}/R to $2E/B$



Data on Max. Depth in Existing River

Data by BWDB					Data by our survey team				
Section NO.	Hmax (m)	R (m)	H_{max}/R	$2E/B$	Section NO.	Hmax (m)	R (m)	H_{max}/R	$2E/B$
6546J#9	32.0	10.1	3.17	0.872	S-18	23.1	8.3	2.78	0.812
6289-1	27.6	12.0	2.30	0.575	N-22	22.9	12.9	1.78	0.636
68189-7	25.9	13.6	1.90	0.264	S-7	22.9	10.7	2.14	0.418
6990-7	23.1	8.5	2.72	0.767	S-9	22.4	12.3	1.82	0.350
6687-9	22.1	11.0	2.01	0.746	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. 7-o-1 Water Depth at Constriction due to Guide Bank
Nagarbari Site

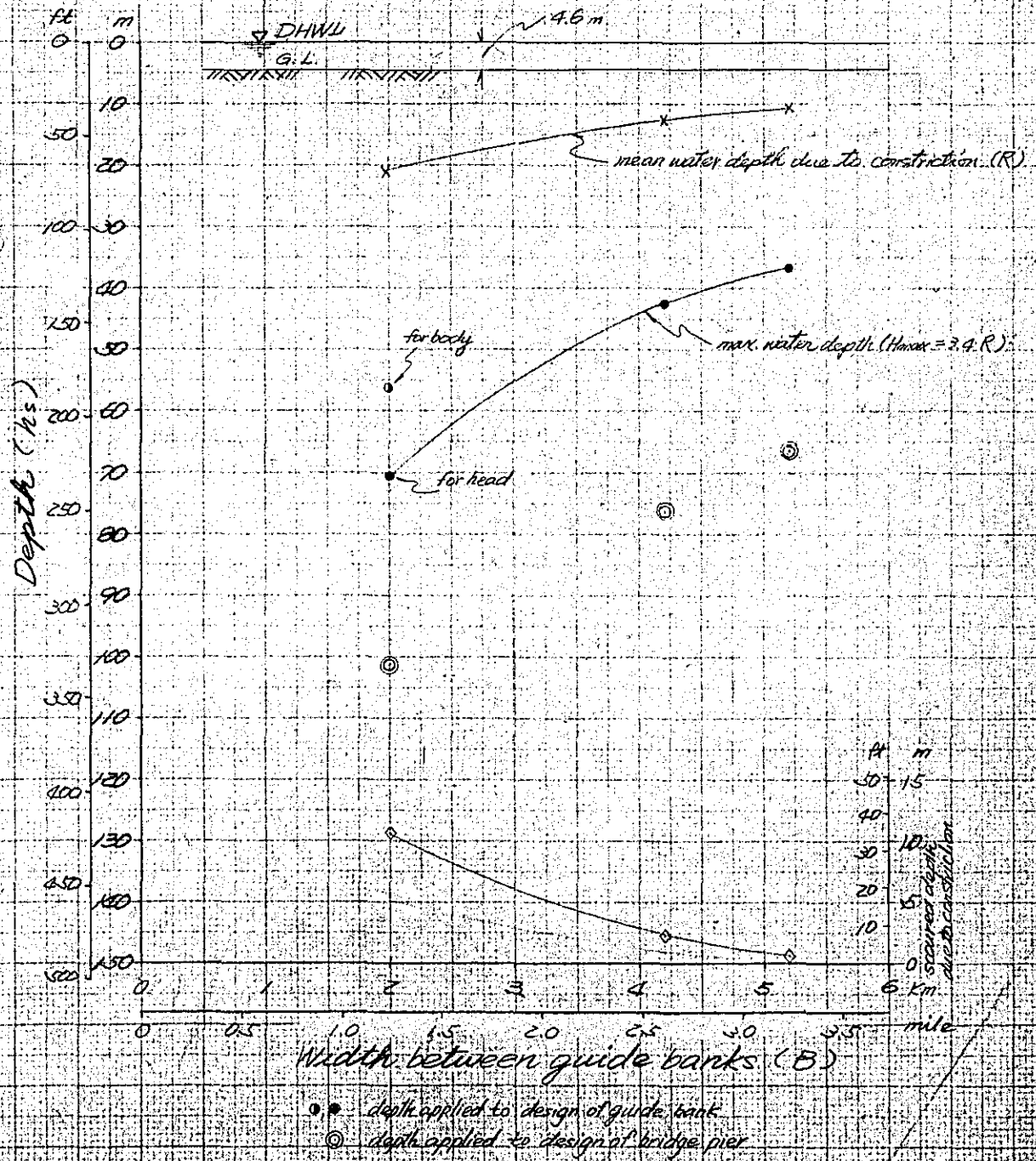
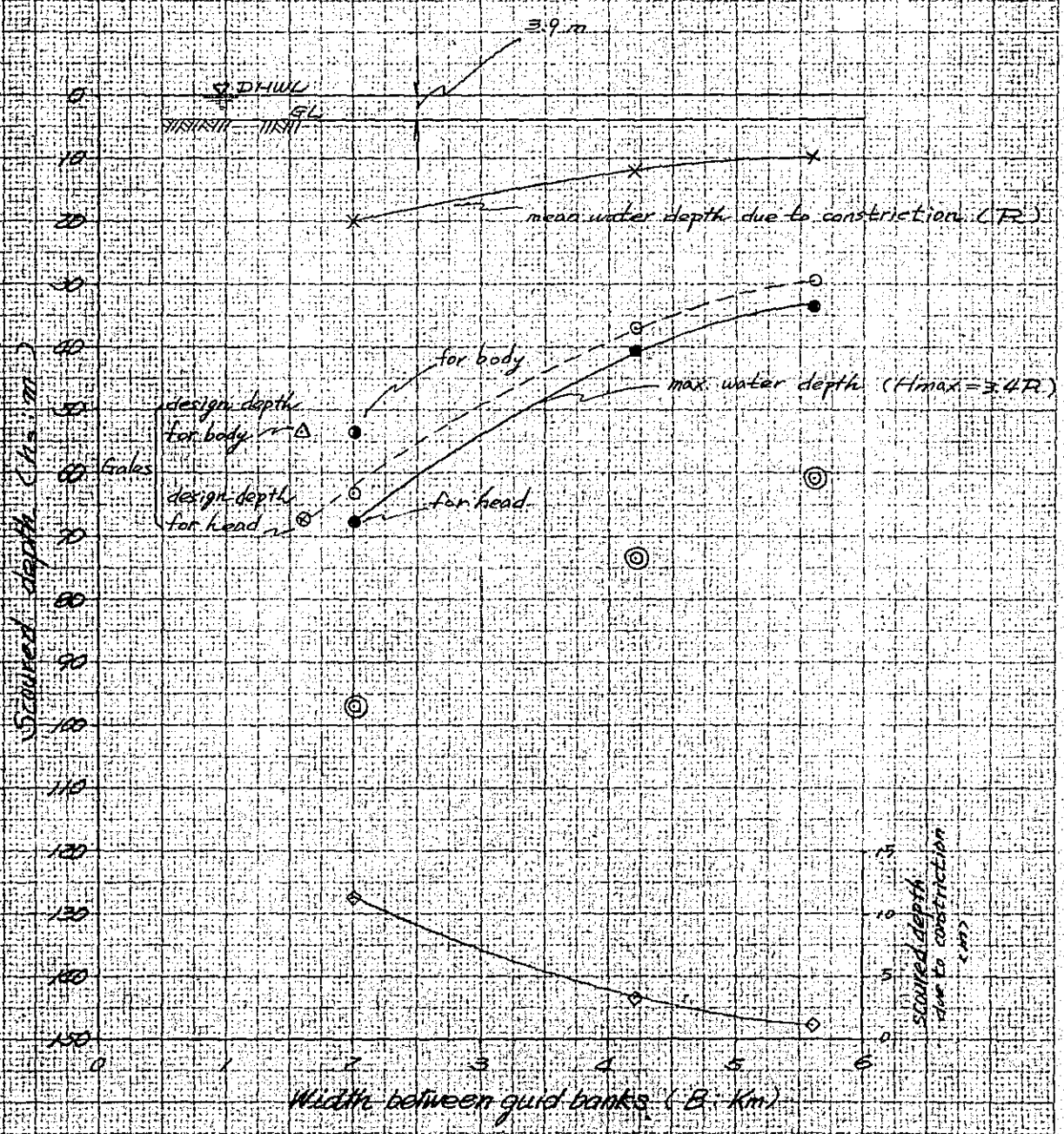


Fig. 2-8-z Water Depth at Constriction due to Guide Bank

site: Sirajganj



design depth for body
design depth for head

Width between guide banks (B in km)

● depth applied to design of G.P.
○ depth applied to design of bridge pier

scoured depth due to constriction (Hs)



Fig. 7-8-3 Water Depth at Constriction due to Guide Bank
Gabargaon Site

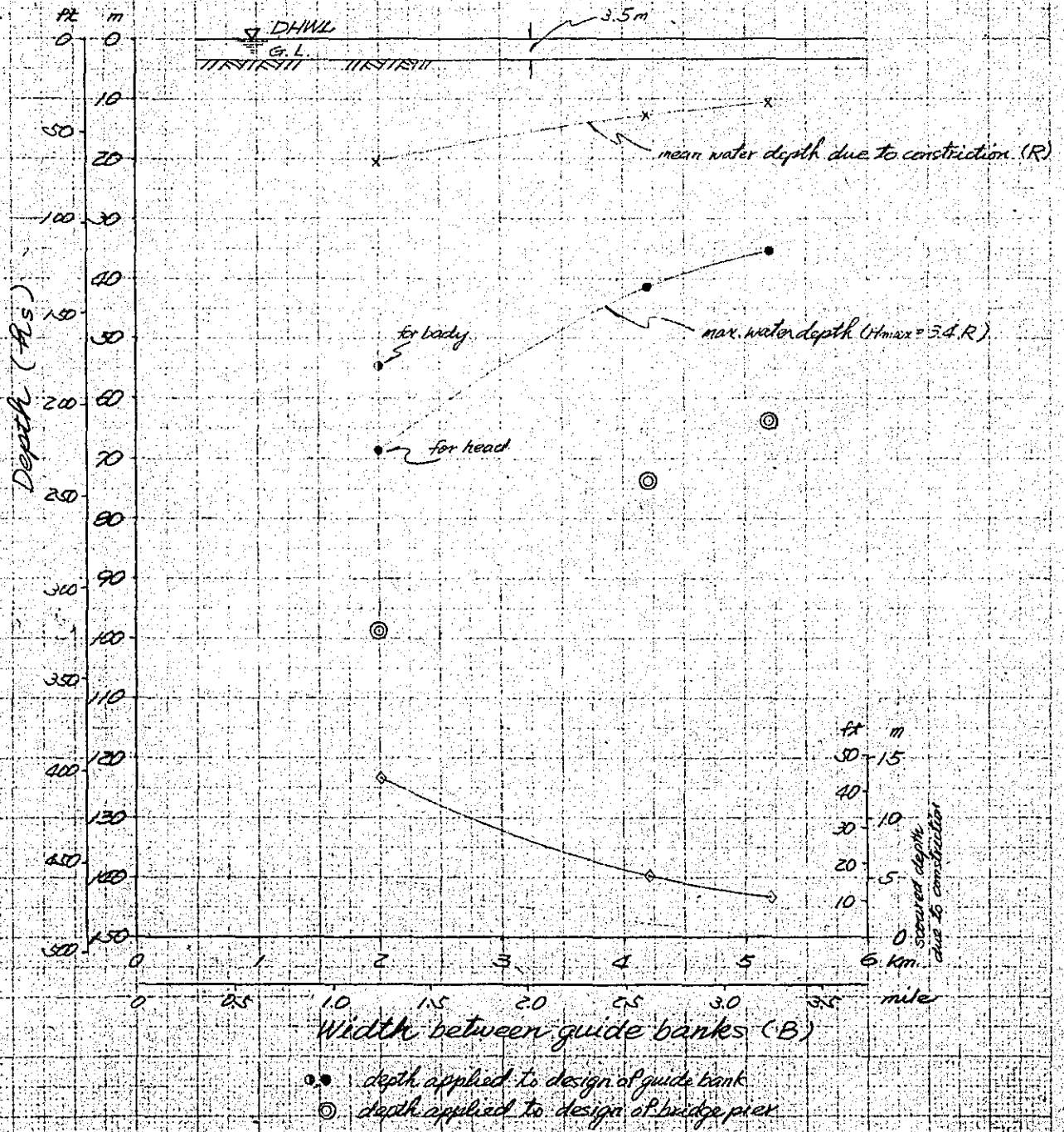


Fig. 7 8-4 Water Depth at Constriction due to Guide Bank
Bahadurabad Site

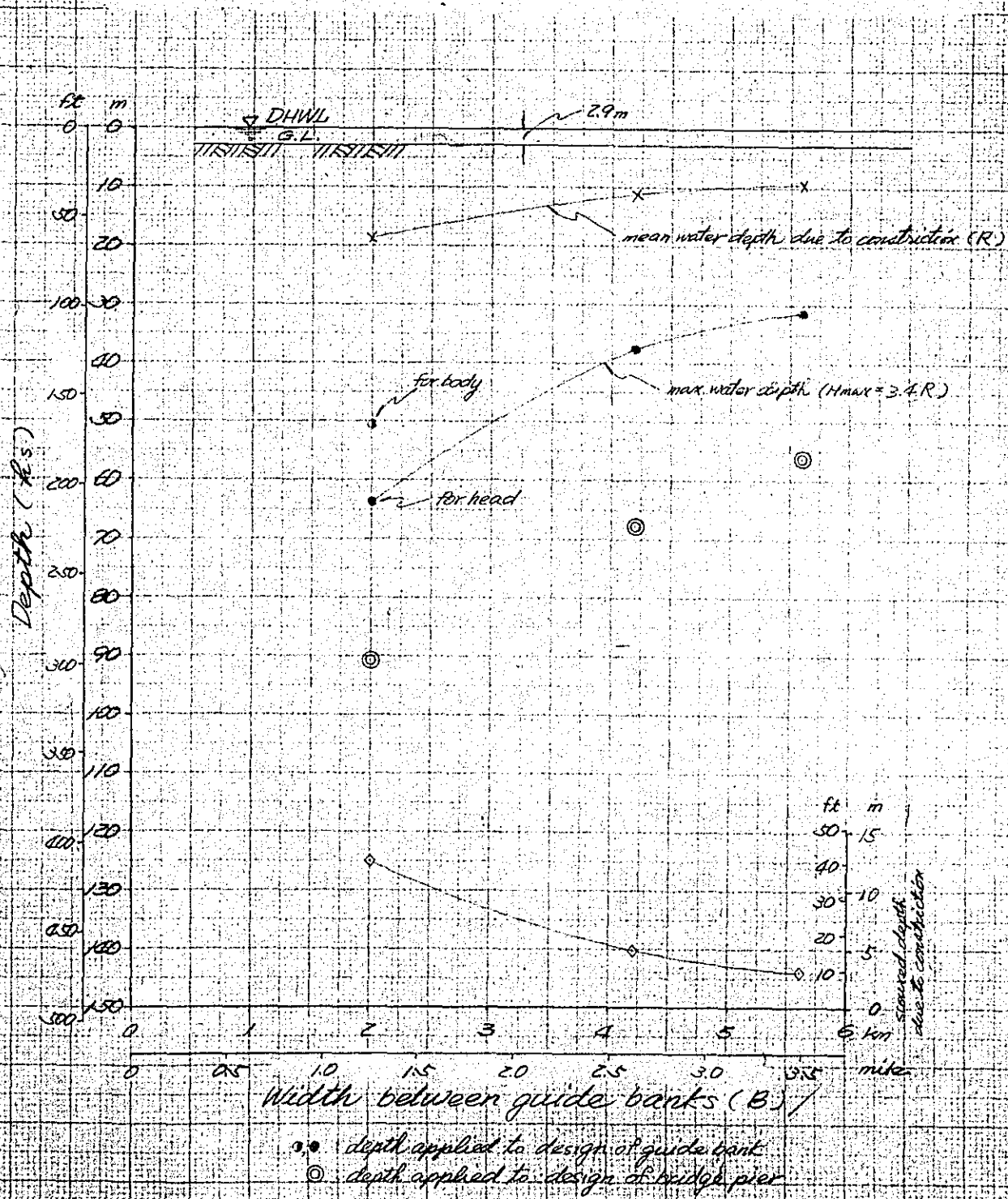
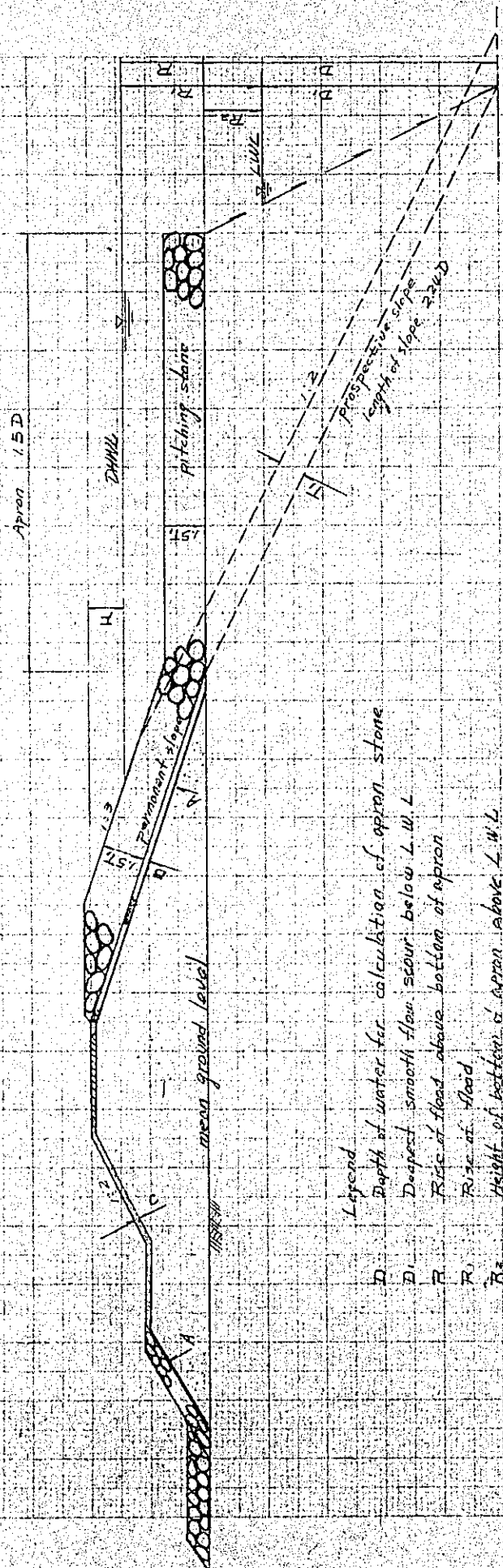


Fig. 7-9 DIAGRAM OF OVER-ALL APRON

Scale 1:50,000



Legend

- D. Depth of water for calculation of apron stone
- D₁ Deapest smooth flow scour below L.W.L
- R Rise of flood above bottom of apron
- R₁ Rise of flood
- R₂ Height of batteri of apron above L.W.L
- T₁ Thickness of stone of prospective slope below bottom of apron
- T₂ Thickness of stone of permanent slope and of apron
- B Thickness of ballast (0.5 m)
- C Thickness of clay (0.5 m)
- F Face board (2.0 m)
- A Thickness of asphalt mat

Table 7 - 6 Critical Grain Size Calculated by Kramer's Formula

site	type	H (cm)	I	$u_* = \sqrt{gHI}$ (cm/s)	u_*^2	d (cm)
Nagarbari	A, head	7052.6	1/25400	16.496	272.118	10.097
	A, body	5613.9	"	14.719	216.590	8.037
	B	4238.4	"	12.788	163.533	6.068
	C	3682.5	"	11.920	142.086	5.272
Sirajganj	A, head	6782.0	1/18500	18.945	358.903	13.317
	A, body	5386.2	"	16.883	285.038	10.577
	B	4074.9	"	14.685	215.644	8.002
	C	3347.3	"	13.309	177.139	6.573
Gabargaon	A, head	6895.9	1/15000	21.226	450.543	16.718
	A, body	5489.1	"	18.937	358.610	13.306
	B	4104.1	"	16.375	268.141	9.950
	C	3555.4	"	15.241	232.288	8.619
Bahadurabad	A, head	6349.5	1/15000	20.367	414.815	15.392
	A, body	5054.2	"	18.172	330.222	12.253
	B	3768.2	"	15.690	246.176	9.135
	C	3122.9	"	14.284	204.033	7.571

Fig. 7-10 Standard Cross Section of Guide Bank (Scale 1/500)

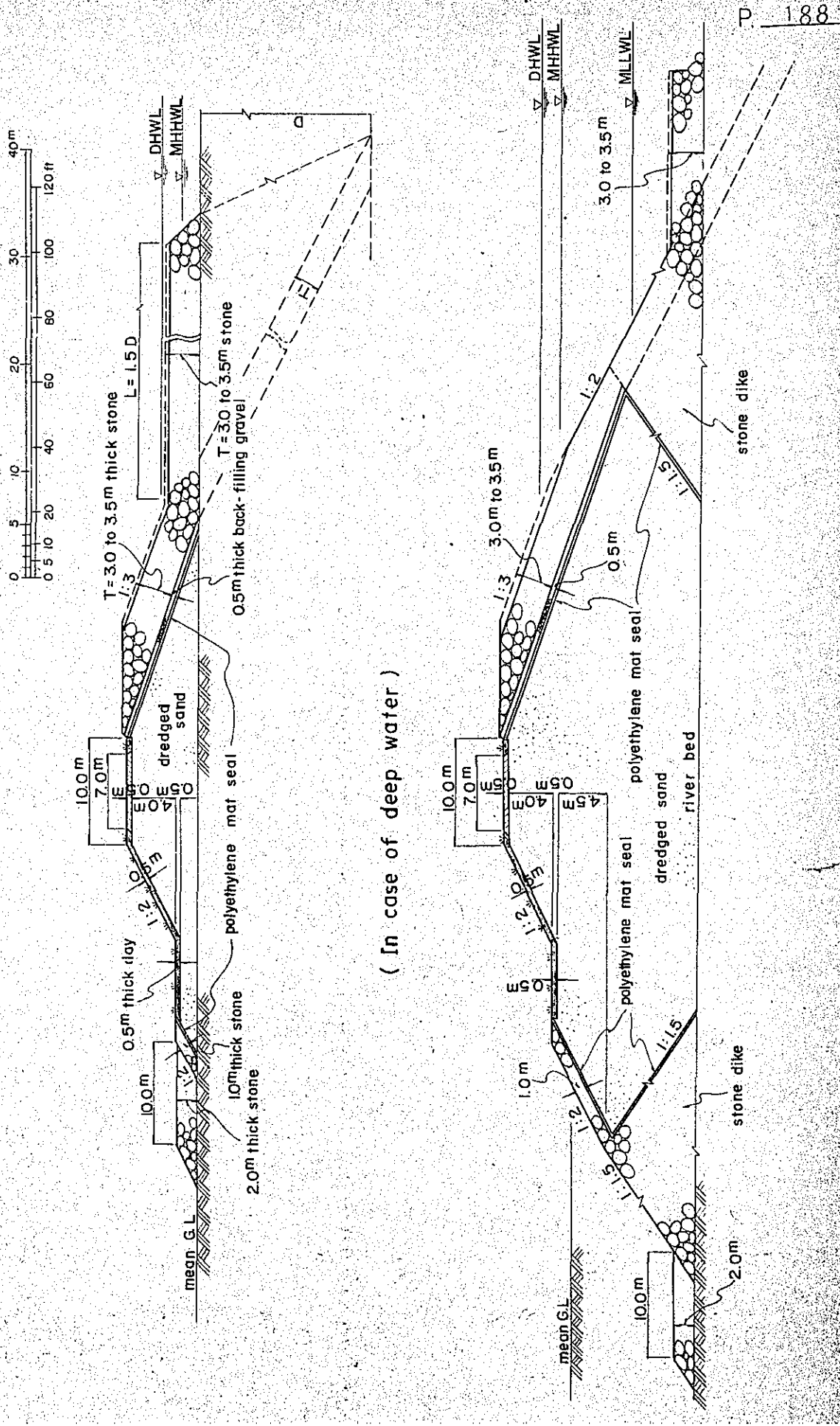


Table 7 - 7 - 1 Design Max. Scoured Depth : D
(Under Average Ground Level)

Site	Part of G.B.	D					
		Type	A	Type	B	Type	C
Nagarbari	Head	66 ^m	(216.4) ^{ft}	38 ^m	(124.6) ^{ft}	33 ^m	(108.2) ^{ft}
	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 7 - 7 - 2 Design Length of Apron : L = 1.5 D

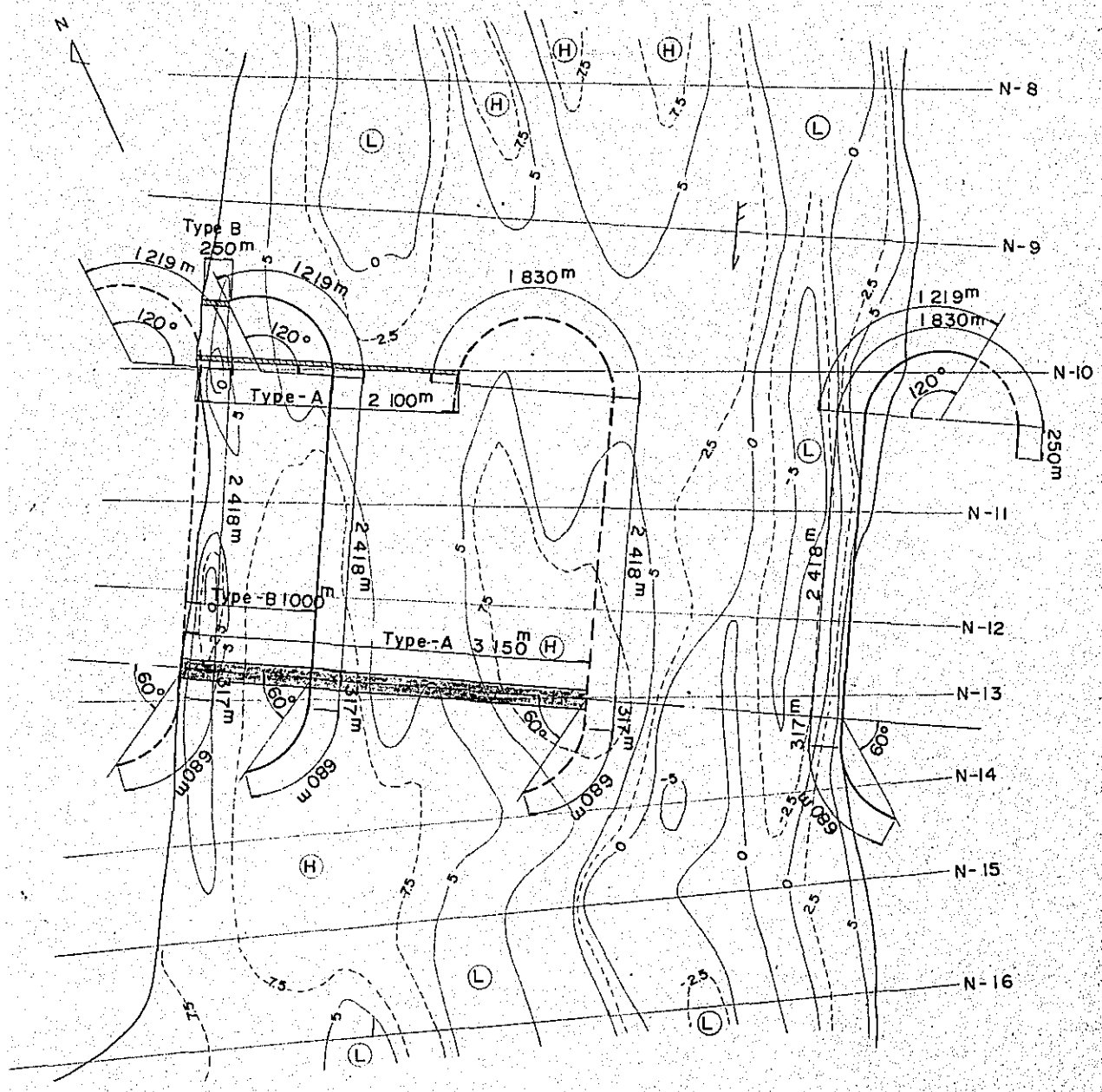
Site	Part of G.B.	1.5 D					
		Type	A	Type	B	Type	C
Nagarbari	Head	99	(324.6)	57	(186.9)	49.5	(162.3)
	Body, Tail	78	(255.7)	57	(186.9)	49.5	(162.3)
Sirajganj	Head	96	(314.8)	55.5	(182.0)	45	(147.5)
	Body, Tail	75	(245.9)	55.5	(182.0)	45	(147.5)
Gabargaon	Head	99	(324.6)	57	(186.9)	49.5	(162.3)
	Body, 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 7 - 7 - 3 Thickness of Stone of Slope, Apron(T)

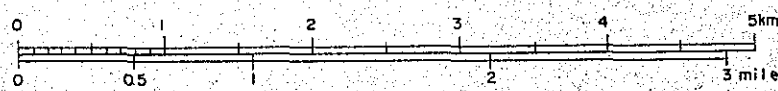
Type	Permanent slope		Apron		Prospective slope	
	Head	Body, Tail	Head	Body, Tail	Head	Body, Tail
A	3.5(11.5)	3(9.8)	3.5(11.5)	3(9.8)	2.34(7.7)	2(6.6)
B	3 (9.8)	3(9.8)	3 (9.8)	3(9.8)	2 (6.6)	2(6.6)
C	3 (9.8)	3(9.8)	3 (9.8)	3(9.8)	2 (6.6)	2(6.6)

Fig. 7-11- 1 Location of Guide Bank, Closing Dike and Closing Works

SITE : Nagarbari



SCALE : 1 / 50,000



LEGEND :

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

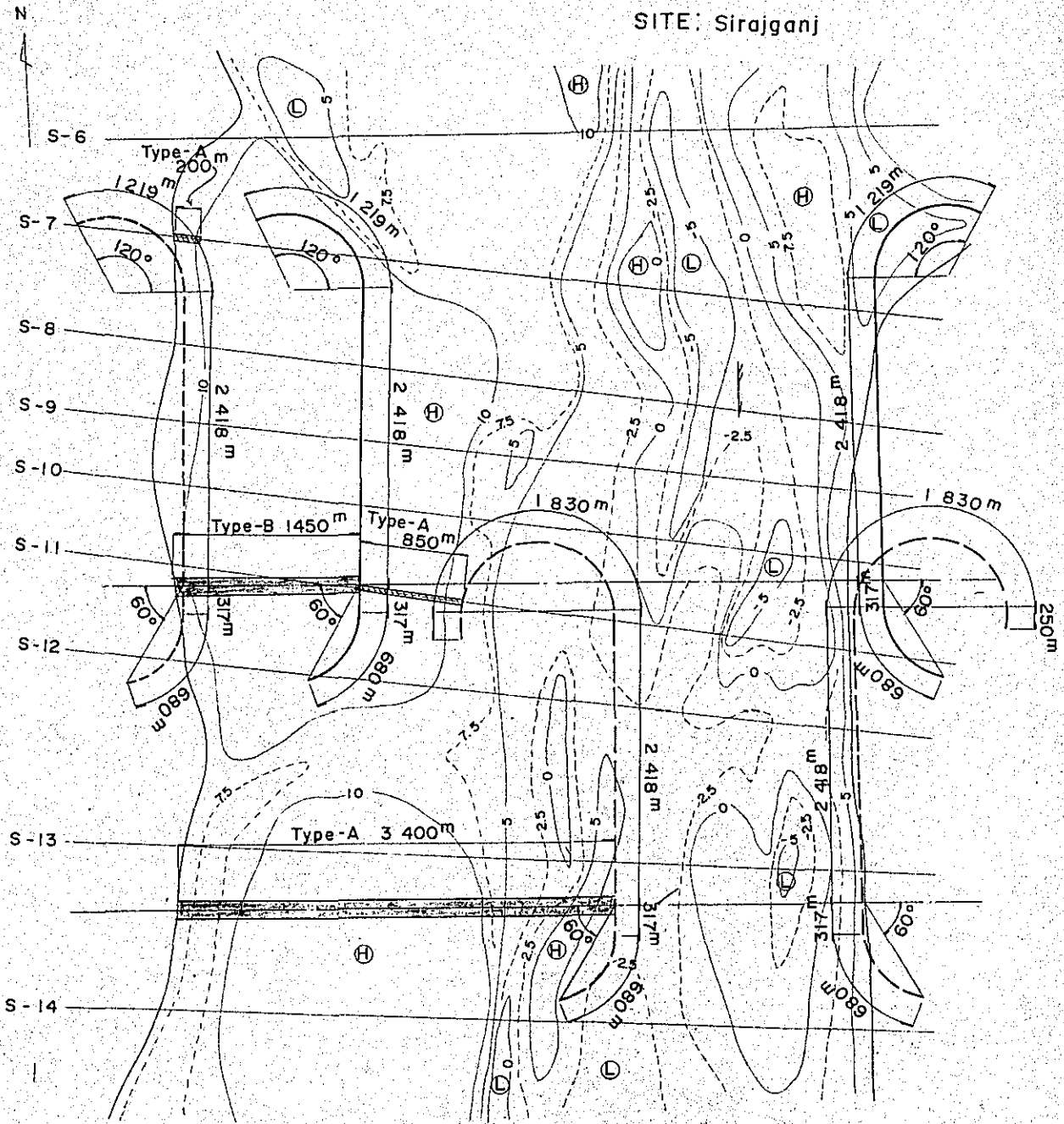
DIMENSION :

(unit : m)

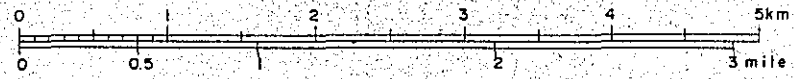
TYPE	Guide bank		Closing dike		Closing work	
	Channel width	Length	Right side	Left side	Right side	Left side
A	2 000	5 495 x 2	3 150	0	2 100	0
B	4 200	4 634 x 2	1 000	0	250	0
C	5 200	4 634 x 2	0	0	0	0

CONTOUR LINE : In m, PWD.

Fig.7-11-2 Location of Guide Bank, Closing Dike and Closing Works



SCALE : 1/ 50,000



LEGEND :

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

DIMENSION :

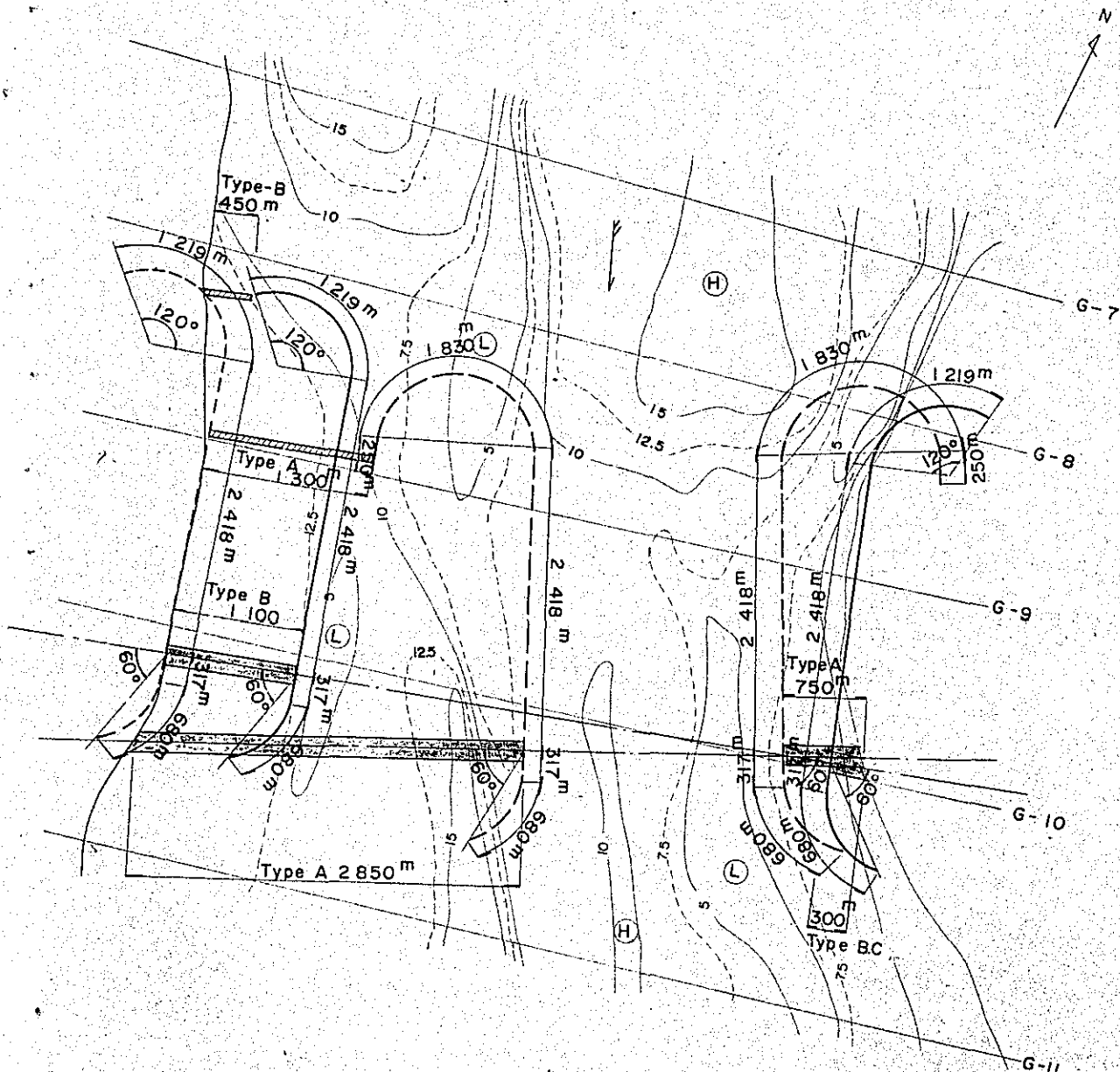
(unit : m)

TYPE	Guide bank		Closing 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. 7-11-3 Location of Guide Bank, Closing Dike and Closing Works

SITE : Gabargaon



SCALE : 1 / 50,000

LEGEND :

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

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

DIMENSION :

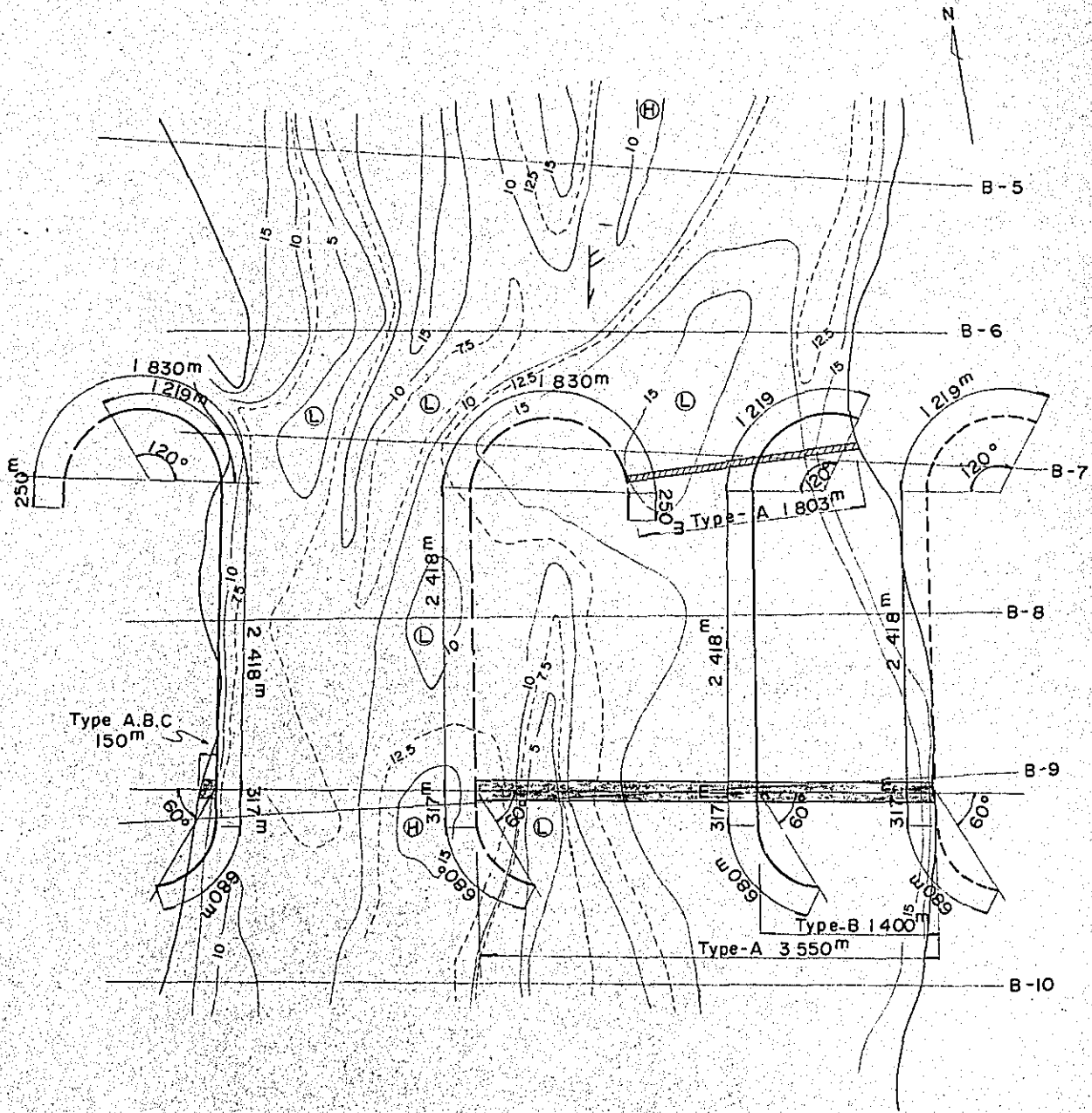
(unit : m)

TYPE	Guide bank		Closing 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.7-11-4 Location of Guide Bank, Closing Dike and Closing Works

SITE : Bahadurabad



SCALE 1/50,000

LEGEND

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

DIMENSION

(unit : m)

TYPE	Guide bank		Closing 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.

Fig. 7-12 STANDARD CROSS SECTION OF CLOSING WORK

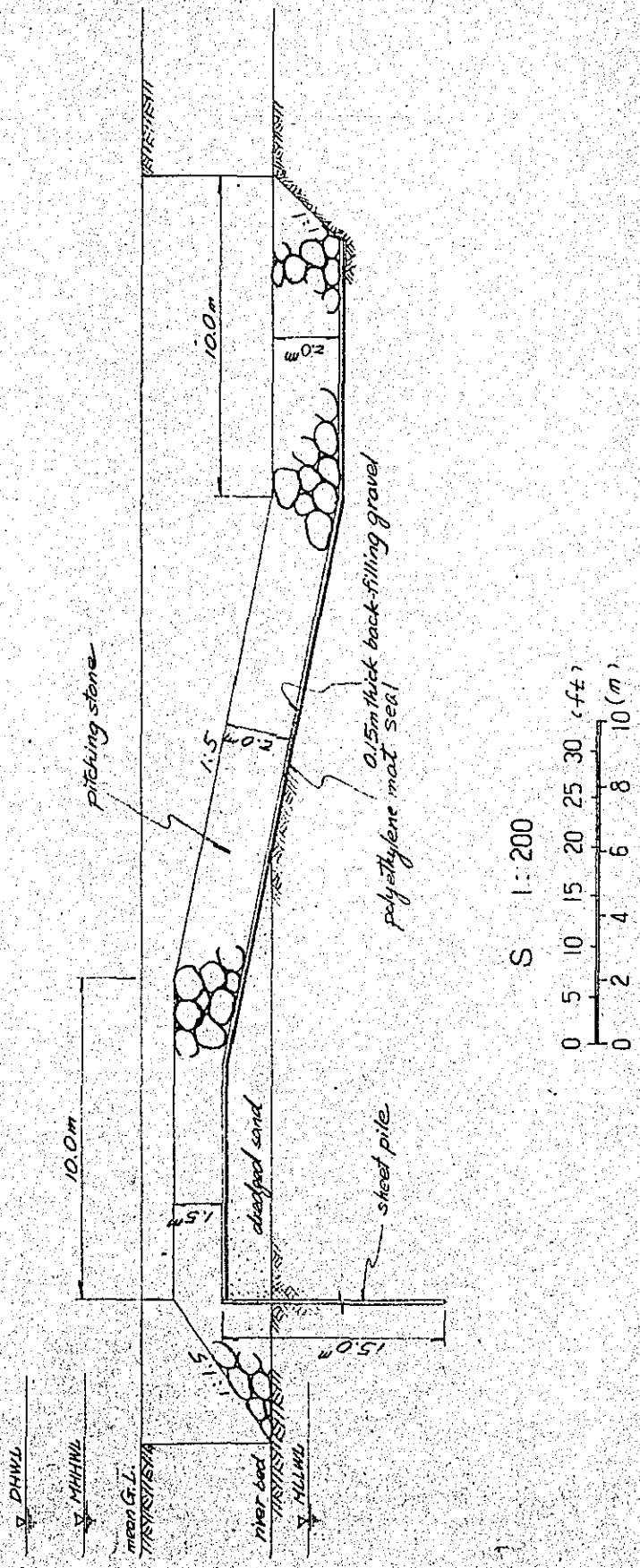


Fig. 7-13-1 Typical Cross Section of Approach Road (Scale 1/2,000)

(Double track railway & four lane road, in the vicinity of guide bank)

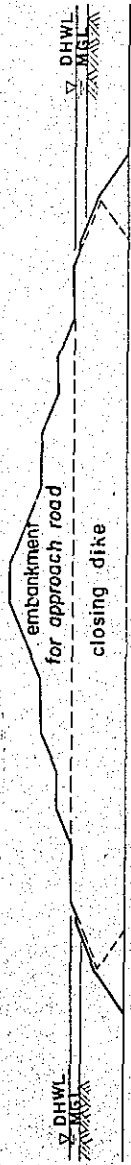
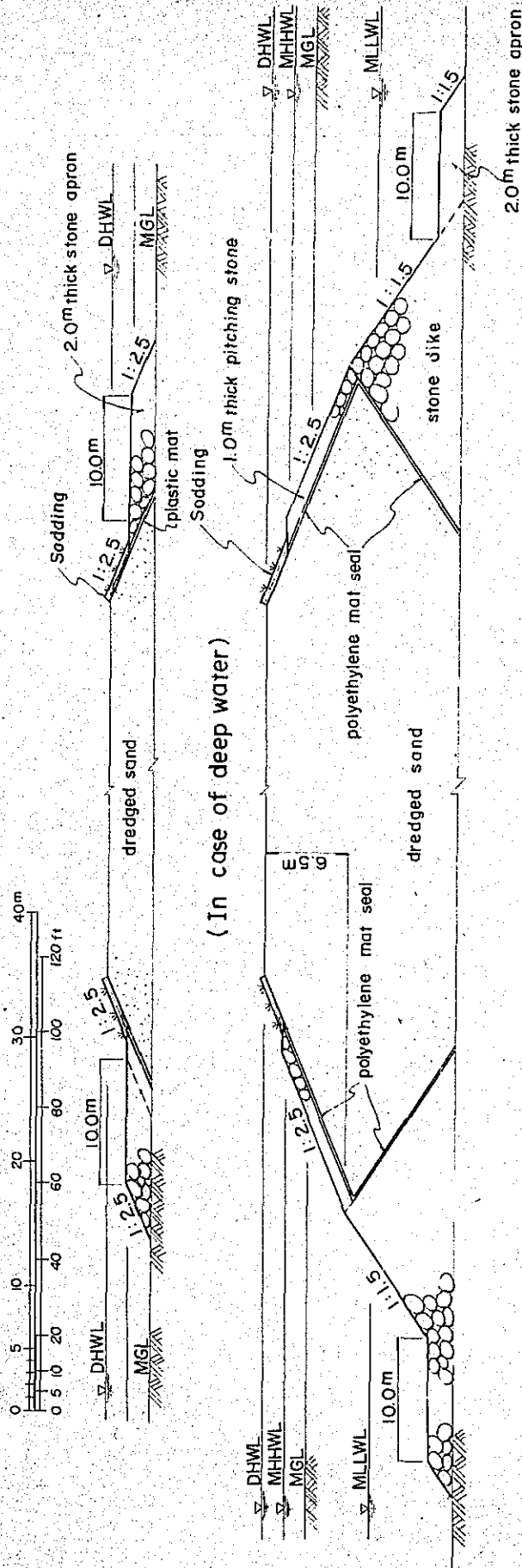


Fig. 7-13-2 Standard Cross Section of Closing Dike (Scale 1/500)



第 8 章

橋脚周辺の洗掘とその防護

1. 橋脚周辺の洗掘深に関する研究

P. Andru (124 GB) は bed factor (Q^2/B^2H^3) と洗掘深の関係を、ついで実験値と実験結果を整理して、次式を得た (Fig. 8-1)。

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

或は $H_s = 1.8 H$

ニハ

H_s = 水面から測つた洗掘深

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. Laurson は、広範囲の実験により、次式を得た (123 GB)。

$$H_s = H + d_s \times k_s \times k_a \times k_c \quad (2)$$

ニハ

d_s = 洗掘前河床から測つた洗掘深。 H/b と d_s/b の関係曲線が用意されて、3 (Fig. 8-2-1)。

b = 橋脚幅

k_s = 橋脚の形状に関する補正係数。橋脚断面形状毎の数表 (Fig. 8-2-2) が用意されている。

k_a : 橋脚の流向と迎角に関する補正係数。
 α , L/b_p と k_a に関する曲線 (Fig. B-2-3) を
 用意しておく。

α : 橋脚の流水に対する迎角。

L : 橋脚の流水方向長さ。

k_r : 河床砂の移動形態と掃流力に関する補正係数。
 u_* / w_o , d_s / H と k_r に関する曲線 (Fig. B-2-4)
 を用意しておく。尚、 $u_* / w_o < 1/2$ の場合は
 $k_r = 1.0$ とする。

u_* : 摩擦速度

w_o : 河床砂の沈降速度

Breusers の研究 (133 GB) による、動的平衡洗掘深
 は、円筒形橋脚の場合、次式で与えられる。

$$d_s = 1.4 b \quad (3)$$

一系 Larras (134 GB) は、同じく円筒形橋脚の場合、次式を
 得た。

$$d_s = 1.05 b^{0.75} \quad (d_s, b: m) \quad (4)$$

Shen, Schneider and Karaki は、clear-water の平衡洗
 掘深、 d_s に関する式も与えた。

$$d_s = 0.00223 Re^{0.619} \quad (d_s: m) \quad (5)$$

== 1 ==

$Re = Ub / \nu$: 橋脚 Reynolds 数

U : 橋脚の仮定場合の平均流速

ν : 動粘性係数

上で述べた(1)式~(5)式を比較して Fig. 8-3 に示す。
 このうち, Andru, Laurssen 及び Shen の各公式は, Siragganj
 に於ける値を示した。この図からわかる通り、各公式に
 よる値は、相当はらつていゝから、次の事が言える。

- a. Andru 公式は、洗掘深が水深だけに与りしおり、小径
 の橋脚に対しては適用すべきでない。
- b. Laurssen 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。
- c. Breuser 公式及び Karas 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よう。しかし、 H/b の小さな小径の
 橋脚については適用出来るようである。
- d. Shen 公式は、橋脚幅のかなり広範囲に対して適用出来る
 ようである。

結局、Jamuna 河のよりの大径の河の場合には、10 m
 以上の橋脚幅の場合には、Andru 公式が、3 m より小さい
 橋脚幅の場合には、Shen 公式が適用出来るかと判断した。

2. 幅の広い橋脚の周辺洗堀深.

橋脚基礎工として well type を適用すると、橋脚幅は 12m 程後となる。いま、 $b = 12\text{ m}$ 、 $K_s = 0.90$ 及び $K_\alpha = 1.0$ とすると Laursen 公式は次のとおり書きなおせる。

$$H_s = H + 0.9 K_s d_s$$

Jamuna 河の場合、 $u_* / w_0 > 2$ である。 $H/b = 1 \sim 7$ の範囲に於いて計算した H_s/H の値を Fig. 8-4 に示す。これを見ると、

Andru 公式では、 $H_s/H = 1.86$ であるのに対応して、

Laursen 公式では、 $H/b > 3$ の範囲では、 $H_s/H < 1.8$ 、 $H/b < 3$ の範囲に於いては、 $H_s/H > 1.8$ であることがわかる。

架橋4 候補地帯の縮小河幅の各 type について Andru 公式及び Laursen 公式により橋脚周辺洗堀深を計算し、結果を Table 8-1 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。これらの結果を複計して Andru 公式による値を Fig. 7-8 に "○" で示した。

3. 幅の広い橋脚の周辺防護工

橋脚は、何の防護工もなく、自主生長を充分容れ、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へて、橋脚周辺防護の範囲及びそれに必要とする根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。

(1) 橋脚周辺防護の範囲

i. Gales の提案

R. R. Gales は、流中の橋脚に斜めに当たること及び石根が河床と共に沈降し行くときの分散を考慮して、

Fig. 8-5 に示すような橋脚防護範囲を提案した。

ii. 石崎・本岡の研究

石崎勝義・本岡勝一 (129 GB) は、広範囲に渡り実験に基づき、Fig. 8-6, 8-7 に示す結果を得た。これらの図中、 H : 洗堀さじの水深、 q : 単位幅流量、 U : 洗堀さじの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、 d_s : 橋脚側壁 (i.e. $x=0$) に於ける洗堀深、 H' , q' , U' : 橋脚に於ける洗堀後

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. 8-6 は q'/q と x/r の関係を示したもので Fig. 8-7 は d/H と y の関係を示したものである。 Fig. 8-6 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, 石枝の分散を考慮しても橋脚壁面から $2D$ の範囲内を防護すれば充分である。

iii. Hardinge 橋の現状

Hardinge 橋での橋脚周辺の石枝調査によれば, 石枝は橋脚壁からほぼ $2D$ の範囲に分散していることが報告されている。

(2) 石枝の大きさ

S. V. Isbash (1906) は, 流中の rock-fill dam の安定について研究し, 安定は比平均流速と石重量の関係式を得た。

$$v = EK\sqrt{d} \quad (7)$$

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

ここで,

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 = 水及び石枝の単位重量 (t/m^3)

$g =$ 重力加速度 (m/sec²)

$E =$ dam 頂の形状に関する係数 (無次元) 2"

三角形堰頂の場合: $E = 0.86$

台形堰頂の場合: $E = 1.20$

Fig. 8-6 K 系石工の局部洗堀部 2-1 2

$$v = g/H, v' = g'/H' \rightarrow v' = (H/H')y v \quad (8)$$

(8) 式を (7) 式に代入すると、

$$d = (H/H')^2 (y/EK)^2 v^2 \quad (9)$$

従って、洗堀部の深さ (橋脚側壁での単位幅流量は q 、洗堀部の水深が y のとき、洗堀部で流石は抵抗を蒙り石の大きさが (9) 式で求めらる。石の重量は、近似して次式で求めらる。

$$W = 2.65 (4/3) \pi (d/2)^3 \quad (10)$$

平均流速 (v) は、河道断面内の流心部の平均流速を取り入れている。 v は v を流心部平均流速とし、 v_m は全断面平均流速とする。

$$v = (1/m) H^{2/3} I^{1/2}, v_m = (1/m_m) R^{2/3} I_m^{1/2} \rightarrow v = (H/R)^{2/3} v_m \quad (11)$$

∴

$m, m_m =$ 流心部及び全断面の粗度係数、 $m = m_m$ 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、 $I = I_m$ とする。

1) $g = 9.8 \text{ m/s}^2$; $w_s = 2.65 \text{ t/m}^3$, $w_0 = 1 \text{ t/m}^3$ 及 $u_* E = 1.20$ とする (9) 式は

$$d = 0.0215 (H/H')^2 y^2 u_*^2 \quad (12)$$

石崎・本岡の研究によれば、 d_s/H と y の関係は Fig. 8-7 2) と同じ。もし、 $H/H' = 1.8$ 或は $d_s/H = 0.8$ とすれば、同図から $y = 2.05$ とする。一方、洗堀の無い場合の理論解は、次式 2) と同じ橋脚側壁では $y = 2.0$ とする。

$$v/u_* = 1 + (x/r + 1)^{-2}$$

このことから、 $H/H' = 1.8$ 或は $d_s/H = 0.8$ と仮定すれば、 y の値は洗堀が進行するに、2.0 から 2.05 まで変化する。かわかると、このように y 値の変化は少ないので、 $y = 2.05$ を採用すれば、(12) 式は

$$d = 0.09035 (H/H')^2 u_*^2 \quad (13)$$

Table 8-2-1 ~ 8-2-4 は、各平準洗堀深さに対してその河床で流水に抵抗する石の直径とその重量を求めたものである。この計算には (13) 式と (10) 式を用いた。この表中、 E の値はそれぞれ、 H は流心部平均水深、 H_s は平衡洗堀水深、 H' は現在平衡状態に達していない状態の洗堀水深である。

以上の計算結果から次のことが考察される。

a) 橋脚周辺の洗堀が甚しくも許さばならないから、次に示す

石枚より大きなものを置くことが理論的には必要であるが、実際には、これより小さな石枚でも維持補給を免れるなら、役立ち得る。

Type A:	Site	d =	W =
	Nagarbari Site	135 cm	3,430 kg
	Sirajganj Site	171	6,959
	Gabargaon Site	166	6,370
	Bahadurabad Site	196	10,479

Type B:		d =	W =
	N	115 cm	2,120 kg
	S	146	4,343
	G	144	4,160
	B	171	6,960

Type C:		d =	W =
	N	100 cm	1,380 kg
	S	122	2,518
	G	125	2,740
	B	140	3,820

b. 橋脚を平衡洗堀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はない。これは、平衡状態にある洗堀部へは、絶えず流砂の補給が流入しているか、或は一定の平衡洗堀深を保持するからである。表に示すおける石の大きさは、砂の補給が止まる時にも或は洗堀河床高を保持する、必要の値を示すものである。

c. もし、洗堀深を減少させ、Hより小さいHを保持しようとするなら、表に示すHに相当した値を補給の

石積を捨てることは必要となる。この場合も、維持補給を考慮せねばならぬ。つまり、小さな石積でも役に立つであろう。

d. 表に示した石積の大きさは、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積を使っても良いであろう。

(3) Pier Apron の厚さ

石積向から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。

Fig. 3-1 Relation between Scoured Depth and Discharge by Andru

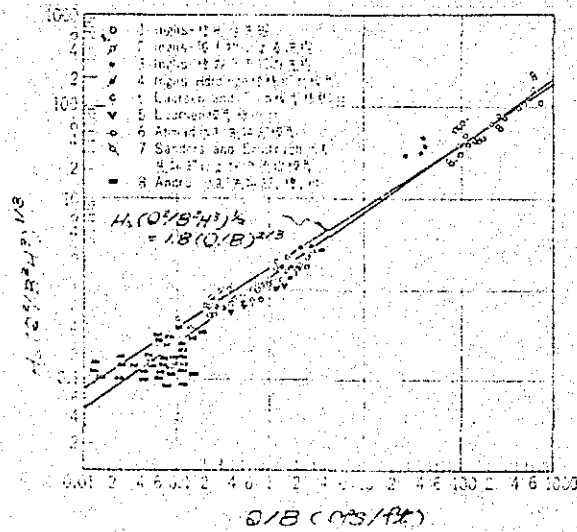


Fig. 8-2 Diagrams for the Calculation of Scoured Depth by Laursen

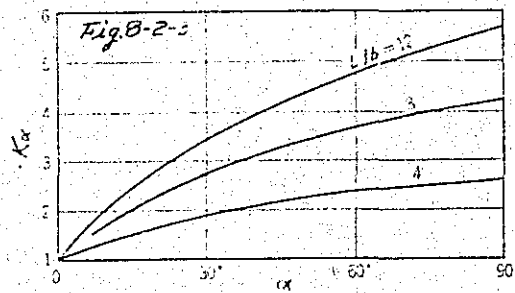
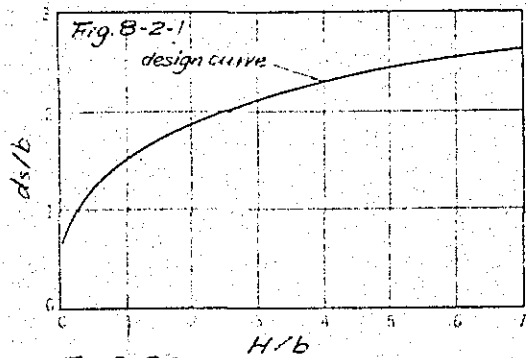


Fig. 8-2-2

橋脚形状	長径比	K_s
長方形	2:1 3:1 4:1 5:1 6:1	1.00
正方形		0.90
長方形		0.80
正方形		0.75
正方形		0.70

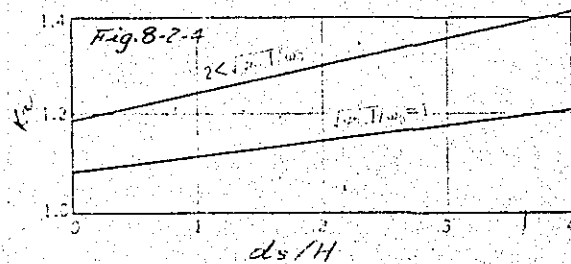


Fig. 8-4 H_s/H Curve for Jamuna Bridge

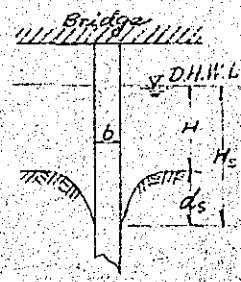
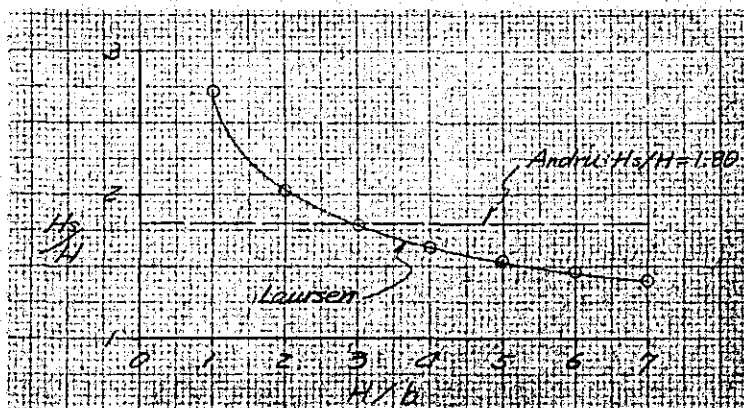
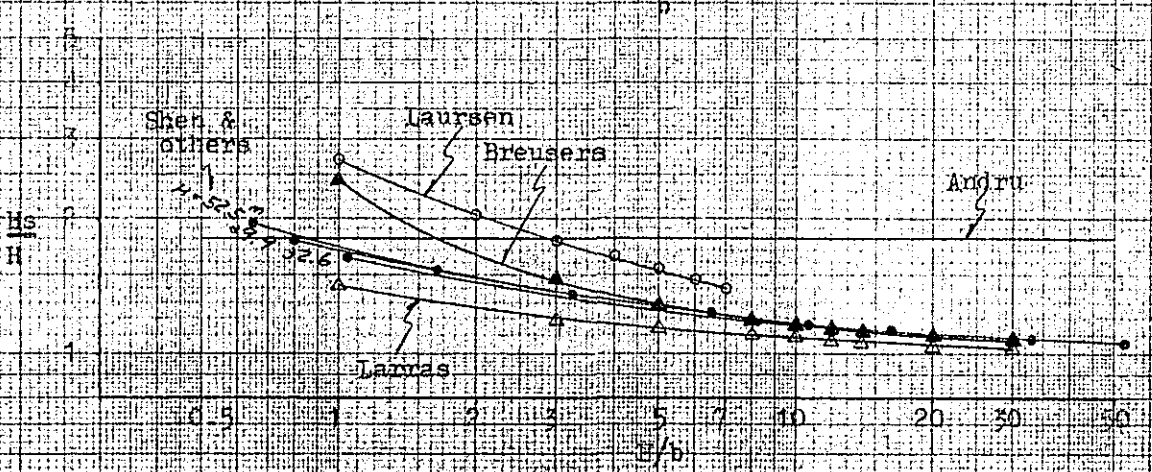
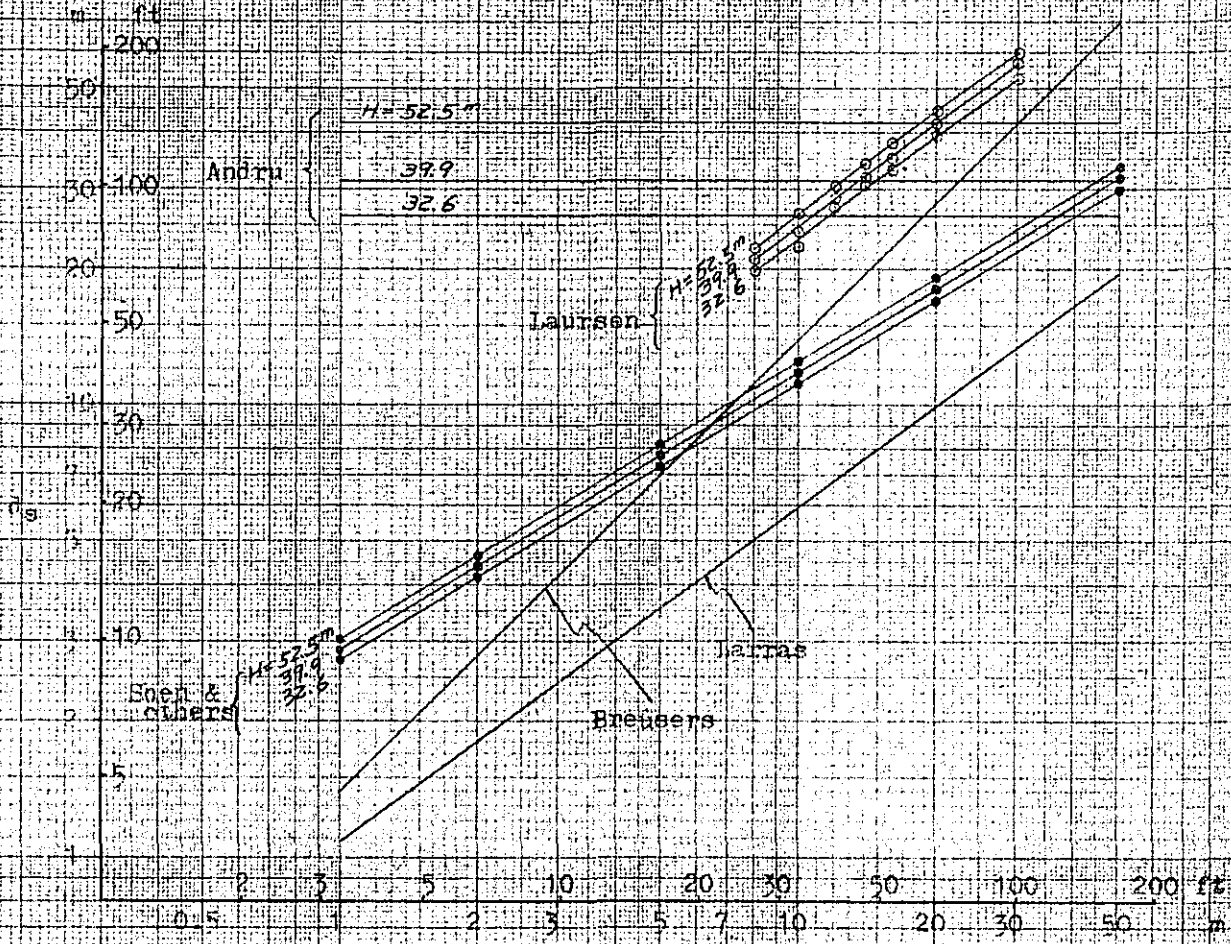


Fig. 8-3 Scoured Depth around Bridge Pier



Andru	$d_s/H = 1.6$
Breusers	$d_s = 1.4b$
Laursen	$d_s = 7.05b^{0.75}$ (m)
Shen & others	$d_s = 0.00223re^{0.619}$ (m)

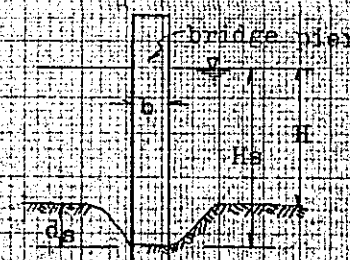


Table 8 - 1 Estimation of Scoured Depth around Bridge Pier

$$b_p = 12.0^m$$

Site	Type	Depth H (m)	Lausen's method		Andrus's formula		Design Water depth at piers
			H/b _p	H _s /H	H _s (m)	H _s /H	
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
	C	36.825	3.069	1.77	65.180	"	66.285
Sirajganj	A	53.862	4.489	1.57	84.563	"	96.952
	B	40.749	3.396	1.71	69.681	"	73.348
	C	33.473	2.789	1.82	60.921	"	60.251
Gabargaon	A	54.891	4.574	1.56	85.630	"	96.804
	B	41.041	3.420	1.70	69.770	"	73.874
	C	35.554	2.963	1.80	63.997	"	63.997
Fahadurabad	A	50.542	4.212	1.60	80.867	"	90.976
	B	37.682	3.110	1.75	65.944	"	67.828
	C	31.229	2.602	1.86	58.086	"	56.212

Fig. 8-5

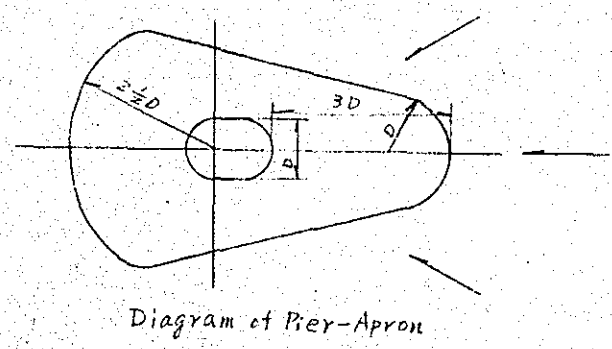


Fig. 8-6

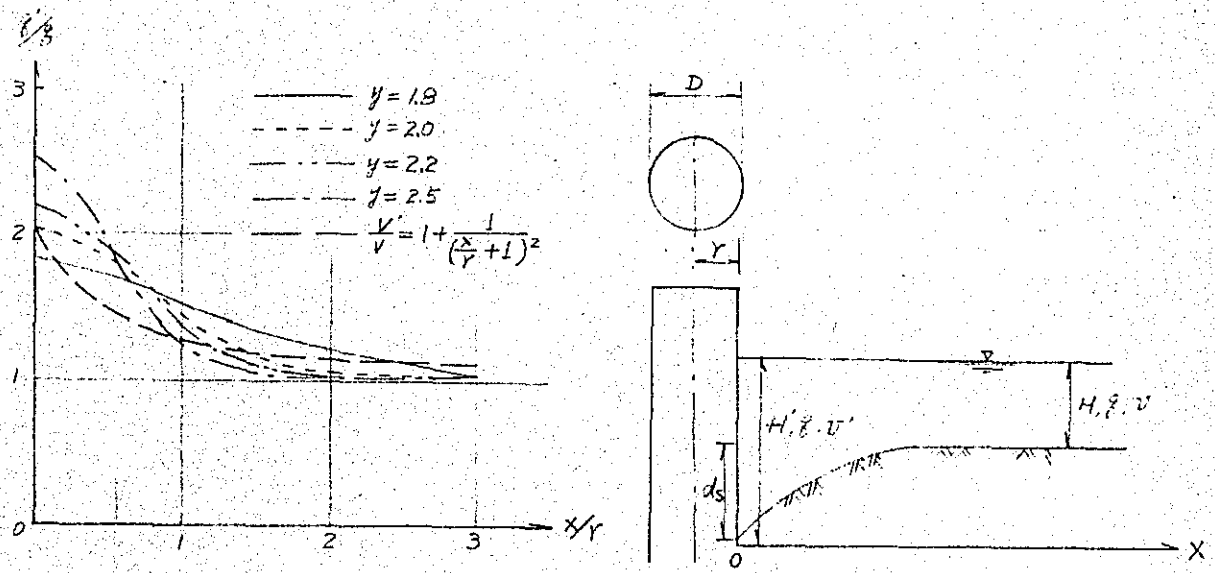


Fig. 8-7

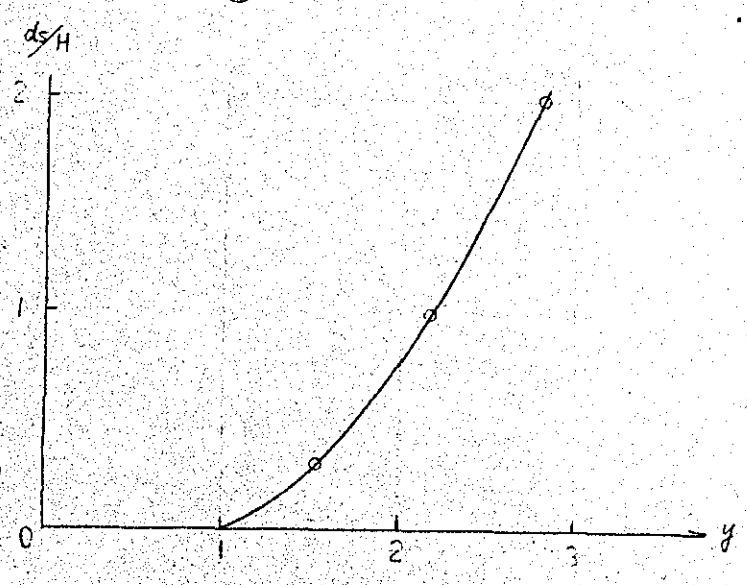


Table 8-2-1

Weight of Stones

Site: Nagarbari

Type	B (m)	\bar{U}_m (m/s)	H (m)	\bar{U} (m/s)	H'	H/H'	d (m)	W (t)
A	2,000	1.993	56.139	3.871	Hs = 101.050 Hs/H = 1.8			
					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
B	4,200	1.580	42.384	3.573	Hs = 76.291 Hs/H = 1.8			
					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
C	5,200	1.468	36.825	3.319	Hs = 66.285 Hs/H = 1.8			
					36.825	1	0.997	1.379
					44	0.857	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

Table 8-2-2

Weight of Stones

Site: Sirajganj

Type	B (m)	\bar{U}_m (m/s)	H (m)	\bar{U} (m/s)	H'	H/H'	d (m)	W (t)
A	2,000	2.246	53.862	4.356	Hs = 96.952 Hs/H = 1.8			
					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
B	4,200	1.780	40.749	4.026	Hs = 73.348 Hs/H = 1.8			
					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
C	5,600	1.625	33.473	3.676	Hs = 60.251 Hs/H = 1.8			
					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 8-2-3 Weight of stones

Site: Gabargaon

Type	B (m)	U_m (m/s)	H (m)	U (m/s)	H' (m)	H/H'	d (m)	W (m)
A	2,000	2.209	54.891	4.291	Hs = 98.804 Hs/H = 1.8			
					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
B	4,200	1.767	41.041	3.997	Hs = 73.874 Hs/H = 1.8			
					41.041	1	1.442	4.160
					49	0.838	1.012	1.438
					57	0.720	0.742	0.581
					65	0.631	0.574	0.262
C	5,200	1.648	35.554	3.728	Hs = 63.997 Hs/H = 1.8			
					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	0.150
					63.997	0.556	0.388	0.081

Table 8-2-4 Weight of stones

Site: Bahadurabad

S	2,000	2.400	50.542	4.662	Hs = 90.976 Hs/H = 1.8			
					50.542	1	1.961	10.179
					60	0.842	1.391	3.807
					70	0.722	1.022	1.481
					80	0.632	0.783	0.609
B	4,200	1.925	37.682	4.354	Hs = 67.828 Hs/H = 1.8			
					67.828	0.556	0.606	0.309
					36.682	1	1.711	6.962
					45	0.837	1.199	2.400
					52	0.725	0.899	1.011
C	5,600	1.742	31.229	3.940	Hs = 56.212 Hs/H = 1.8			
					56.212	0.556	0.529	0.207
					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